

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2023
Електротехнічний факультет

Збірник тез доповідей щорічної
науково-практичної конференції серед студентів,
викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів

24–28 квітня 2023 року

Електронне видання на DVD-ROM

м. Запоріжжя

УДК 378:001.891
Т39

*Рекомендовано до видання Вченою радою
Національного університету «Запорізька політехніка»
(протокол № 9 від 29.05.2023 р.)*

Упорядник Татарчук Т.В.

Редакційна колегія:

*Вадим ШАЛОМЄЄВ, проф., д-р техн. наук (відповід. ред.);
Олексій КУЗЬКІН, проф., д-р техн. наук.;
Василь ГЛУШКО, доцент, канд. техн. наук.;
Олександр КЛИМОВ, доцент, канд. техн. наук.;
Микола АНТОНОВ, доцент, канд. техн. наук.;
Віра САВЧЕНКО, доцент, канд. техн. наук.;
Олександр МАЛИЙ, доцент, канд. техн. наук.;
Микола КАСЬЯН, доцент, канд. техн. наук.;
Владислав КОРОЛЬКОВ, доцент, канд. екон. наук;
Микола ДЄДКОВ, доцент, канд. іст. наук;
Олена ВАСИЛЬЄВА, професор, д-р. фіз.-мат. наук;
Ірина ПУЩИНА, доцент, канд. пед. наук;
Юрій ФІЛЕЙ, професор, канд. юр. наук;
Таїсія ГАЙВОРОНСЬКА, доцент, канд. філос. наук.
Михайло БРИКОВ, начальник НДЧ, професор, д-р техн. наук;
Наталя ВИСОЦЬКА, начальник патентно-інформаційного відділу;
Наталя САВЧУК, начальник редакційно-видавничого відділу;
Сніжана ВИЧУЖАНІНА, керівник відділу наукової роботи студентів;
Юлія ЧУШКІНА, провідний фахівець відділу наукової роботи студентів;
Сергій ЛЕОЩЕНКО, голова НТСА.*

Тези доповідей друкуються методом прямого відтворення тексту, представленого авторами, які несуть відповідальність за його форму і зміст.

Т39 Тиждень науки-2023. Електротехнічний факультет Тези доповідей науково-технічної конференції, Запоріжжя, 24-28 квітня 2023 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 440 с. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.

ISBN 978-617-529-404-8

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-технічній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, що проводяться на факультеті управління фізичною культурою та спортом Національного університету «Запорізька політехніка». Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

ISBN 978-617-529-404-8

© Національний університет
«Запорізька політехніка»
(НУ «Запорізька політехніка»),
2023

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА»

Качан Ю. Г., Шрам О. А.

Класифікація споживачів щодо доцільності для них
вимог до якості електричної енергії.....20

Попов В.В.

Розробка методики визначення втрат електроенергії
у цехових мережах електропостачання22

Кулагін Д.О., Климко О.М.

Підвищення енергоефективності дизель-генераторних
енергетичних установок засобів транспорту.....23

Махлін П.В.

Дослідження якості електроенергії у мережах з
перетворювальними установками25

Заболотный А.П.

Підвищення ефективності систем електропостачання
групи цехів27

Дьяченко В.В.

Оцінка ефективності компенсації реактивної потужності
під час плануванні енергозберігаючих заходів28

Шрам О. А., Климко О.М., Свєргун А. В.

Вплив напівпровідникової перетворювальної техніки на
якість електричної енергії внутрішньозаводських мереж.....31

Кулагін Д.О., Смородін Д.А., Кулагіна Н.А.

Особливості розвитку вітрової енергетики в Україні32

Мищенко В.Ю., Ліуш Ю.Б., Гудко І.О.

Дослідження можливості використання сонячної енергії
побутовими споживачами34

Шрам О. А., Климко О.М., Менькова Л. А.

Аналіз аварійних режимів в енергетичній системі37

Братковська К.О., Ліуш Ю.Б., Меньков Н.О.

Перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії в Україні39

Мищенко В.Ю., Ліуш Ю.Б., Прядко Д.В.

Щодо можливості використання альтернативних джерел
енергії для індивідуального опалення42

Прихно В.Л., Гузей Я.О. Вибір компенсації реактивної потужності на
підставі техніко-економічного розрахунку43

Попов В.В., Курса М.В.

Проектування цехових мереж та вибір оптимального
варіанту електропостачання44

Махлін П.В., Ярошенко С.В., Ралдугін В.А.

Дослідження нормальних та аварійних режимів роботи
системи електропостачання феросплавного заводу46

Братковська К.О., Маркін Д.С., Брабець О.С.

Вплив підвищення тарифів на електричну енергію на
добробут населення з різними доходами.47

Махлін П.В., Репко М.Н.

Дослідження енергоефективності та надійності роботи
системи електропостачання титаномagneзівового комбінату49

Махлін П.В., Репко М.Н.

Щодо можливості економії електричної енергії у побуті51

Дьяченко В.В., Томаченко Д.І.

Сучасні тенденції енергетичного менеджменту52

Дьяченко В.В., Томаченко Д.І.

Перспективи розширення складу енергозберігаючих
заходів для систем електропостачання53

Братковська К.О., Ходаков Я.Е., Кравченко А.О., Солтус О.І.

Перспективи розвитку енергетичних технологій в умовах
цифровізації енергетики55

Ліуш Ю.Б., Кучер Д.О., Терещенко Д.О., Томаченко Д.І.

Сучасний стан сонячної теплоенергетики в Україні57

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»

Яримбаши Д.С.

Особливості визначення критичних значень о
порів обмоток трансформаторів з довготривалими
строками експлуатації59

Петрик О.А.

Екологічні аспекти продування високотемпературного
агрегату киснем61

Коцур І.М.

Імітаційне моделювання режиму гальмування
протиключенням асинхронного двигуна з фазним ротором63

Безверхня Ю.С.

Дослідження електромагнітних процесів при визначенні
параметрів тролів шинопровода64

<i>Солодовнікова Т.П.</i>	
Актуальність моделювання періодичних електромагнітних процесів силових трансформаторів.....	65
<i>Назаренко І.А.</i>	
Аналіз сучасного стану питання ефективного використання палива	66
<i>Дьомічева Г.В.</i>	
Дослідження зміни взаєміндуктивного опору розсіювання між обмотками трансформатора при розподілі МРС.....	68
<i>Галушко І.Д.</i>	
Перспективи впровадження сверхпровідних кабельних ліній	70
<i>Кузьменко А.А.</i>	
Використання низькотемпературних джерел теплоти в схемі котельні з тепловим насосом	71
<i>Лапкіна С. О.</i>	
Моделювання магнітного кола просторової симетричної магнітної системи трифазного трансформатора	73
<i>Дівчук Т.Є., Бабкін Д.О.</i>	
Система вимірювання втрат неробочого ходу трансформатора на основі інтернету речей.....	75
<i>Klytov O., Yarymbash D.</i>	
Increasing the reliability and stability of operation of operating oil-filled electrical equipment.....	78
<i>Яримбаши Д.С., Тютюнник П.О.</i>	
Моделювання електромагнітних процесів індукторів мундштука потужного пресу	79
<i>Яримбаши Д.С., Кучерявий А.В.</i>	
Визначення параметрів неробочого ходу однофазного трансформатора	81
<i>Тютюнник О.В., Яримбаши Д.С.</i>	
Аналіз системи керування активною потужністю печі графітації змінного струму	84
<i>Закревський М.А.</i>	
Методика визначення інтенсивності сонячної радіації.....	86
<i>Самко Є.С., Яримбаши Д.С.</i>	
Вимірювання струмів шихтованих шинопроводів з великими струмовими навантаженнями	89
<i>Круголь О.М., Терещенко Я.Д., Солодовнікова Т.П.</i>	
Використання відновлюваних джерел енергії для надійного енергозабезпечення децентралізованих споживачів України	91

<i>Назаренко І.А., Васильєва Д.Р.</i>	
Методи діагностування силових трансформаторів в робочих режимах (моніторинг силових трансформаторів).....	93
<i>Назаренко І.А., Кізілов С.А.</i>	
Радіаційні властивості поверхонь теплообміну нагрівальних печей	95
<i>Назаренко І.А., Хірний Д.Р.</i>	
Можливості визначення параметрів та характеристик однофазних трансформаторів за інтегральними значеннями активних та реактивних потужностей.....	97
<i>Назаренко І.А., Кривогузов М.М.</i>	
Аналіз питання розподілу температури в злитках при нагріванні у рекуперативних нагрівальних колодязях	98
<i>Каюков Ю.М., Медіновська-Артьоменко Г.М.</i>	
Ефективність відновлювальних джерел енергії	100
<i>Каюков Ю.М., Стукал Д.Є.</i>	
Екологічні аспекти вироблення електричної енергії вітрогенераторами	101
<i>Каюков Ю.М., Сачко О.С.</i>	
Способи визначення магнітних втрат трансформатору	103
<i>Лапкіна С. О., Кашипор Д.А., Глушкова Я.В.</i>	
Аналіз трифазного синхронного двигуна з постійними магнітами	104
<i>Каюков Ю.М., Щербина М.В.</i>	
Загальні відомості про схеми заміщення однофазного трансформатору у робочому режимі.....	106
<i>Кузьменко А.А., Пендак А.М.</i>	
Використання триступінчастої схеми випаровування в паровій котельній установці Е – 25 – 14 ГМ	107
<i>Кузьменко А.А., Самсоненко Д.С.</i>	
Аналіз енергозберігаючих заходів зі зменшення втрат теплоти з відхідними газами в котельній установці БМ – 35 М.....	109
<i>Кузьменко А.А., Чернецький М.П.</i>	
Термодинамічні основи процесів зрідження та заморожування газів .	112
<i>Петрик О.А., Петрик Б.В.</i>	
Перспективний режим нагріву металу в нагрівальних колодязях.....	115
<i>Петрик О.А., Остапенко О.А., Петров М.І.</i>	
Розробка енергоефективних режимів розігріву високотемпературних агрегатів (Повідомлення 1)	116
<i>Петрик О.А., Пазюк Ю.О.</i>	
Розробка енергоефективних режимів розігріву високотемпературних агрегатів (Повідомлення 2)	121

<i>Ларченко О.С., Жданов Ю.В., Тиховод С.М.</i>	
Метод розрахунку перехідних процесів в електричних кіл на основі використання поліномів Лежандра	123
<i>Катющев Р.А., Терещенко А.В., Солодовнікова Т.П.</i>	
Моделювання температурного поля асинхронного двигуна	126
<i>Кучерявий А.В., Бабкіна О.Ю.</i>	
Особливості визначення опорів обмоток трифазного ненавантаженого трансформатора засобами польового моделювання	128
<i>Матяш М.О., Якушев Є. Р., Яровий В.П., Ізосімов В. О.</i>	
Дослідження впливу несиметрії фазних напруг на режими роботи асинхронних двигунів засобами імітаційного моделювання	130
<i>Озеров В.С., Муха М. С., Яланський А.А., Гриб Г. В.</i>	
Моделювання теплових режимів електродвигунів за допомогою програмного пакету Comsol Multiphysics.....	131
<i>Гріщенко К.А., Шило П.О., Козаченко О.Є.</i>	
Дослідження розподілу магнітної індукції по висоті обмоток реактора	132
<i>Шмідт Е.В., Ропало Д.А., Риженков Ю.М.</i>	
Визначення впливу короточасних навантажень на вібраційну стійкість трансформатора	134
<i>Крім О.М., Сазонова А.М., Святовець М.О.</i>	
Дослідження параметрів короткого замикання силового триобмоткового трансформатора	135
<i>Ларченко М.С., Карпенко Д.Г., Дівчук А.А.</i>	
Застосування комбінованого підходу до розрахунків електротехнічних пристроїв	138
<i>Марусенко В. А., Кірєєв М. Ю., Голобородько Є. С., Яланський А. А.</i>	
Дослідження та аналіз параметрів тролей шинопроводів враховуючи конструктивні особливості	140
<i>Мартиненко В.М., Лавров С.А.</i>	
Моделювання електромагнітних процесів асинхронного двигуна	142
<i>Савенко А.А.</i>	
Дослідження динамічних режимів асинхронного двигуна 4АН180М6У3 та його проектування.....	144
<i>Беляєв Є.І., Бережецький С.О.</i>	
Моделі та методи діагностування силових трансформаторів.....	145
<i>Швець В.О.</i>	
Вплив горизонтальних каналів в обмотках на поперечне поле розсіювання та опір розсіювання	146

Сапа А.О., Тарасюк Д.Я., Шпак В.М.

Визначення параметрів в системах шинопроводів з
врахуванням дії вищих гармонік струму147

Шило О.М., Шило А.Ю.

Вибір конструктивної схеми магнітної системи
силового трансформатора149

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНІ І ЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ»

Калиніченко Д.В.

Адаптація контуру зворотного зв'язку резонансних
інверторів з частотно-імпульсною модуляцією (PFM)
до широкого діапазону навантажень151

Андрієнко П.Д., Немикіна О.В.

Порівняння результатів світлотехнічного розрахунку
виробничого приміщення аналітичним та чисельним методом153

Жорняк Л.Б., Данилевський Я.І., Мазенков С.С.

Аналіз можливості підвищення якості постачаємої
електроенергії напругою до 10 кВ155

Борисенко В.В., Коцур М.І.

Реалізація режиму гальмування противмиканням в
асинхронному електроприводі з фазним ротором158

Tytariiev M., Kotsur M.

Development of a thermal substitution scheme of an
induction motor.....159

Гавріков С.М., Новіков В.О., Сьотка О.І., Чабан І.М.

Аналіз конструктивних методів підвищення роботоздатності
високовольтних вводів вимірювальних трансформаторів160

Tsybulin Yu., Kotsur M.

Design optimization of the rotor of an induction
motor by field method.....163

Liesik Ye., Komarov D., Zhorniak L.

Modeling of OLTC regulating transformer in Matlab Software163

Жорняк Л. Б., Лушпай В. В., Тищенко І. М.

Підвищення якості електроенергії за рахунок керованих
шунтувальних реакторів168

Антонова М.В., Василевський В.В., Салабай М.І.

Системи керування приводними механізмами170

Антонова М.В., Панасюк Б.В., Проскура В.А.

Розгляд замкнених систем компримування.....171

<i>Сахно О.А., Скруська Л.С., Остапенко В.Ю.</i> Модернізація системи захисту силового трансформаторного обладнання від аварій внаслідок пошкодження головної ізоляції вводів	172
<i>Сахно О.А., Шило С.І., Одіяка К.В.</i> Визначення цінності діагностичних параметрів масла для систем неперервного контролю трансформаторного обладнання	174
<i>Антонова М.В., Турлов О.М., Міщенко І.С., Ткаченко М.О., Назарко М.М.</i> Системи керування двигунами постійного струму	176
<i>Афанасьєв О.І., Костянко О.Ф., Федоров С.С., Челноков Є.А</i> Дослідження структури струмопровідного контуру та впливу на втрати потужності в розподільних пристроях та їх комплектуючих	177
<i>Сахно О.А., Скруська Л.С., Спиця А.Г.</i> Модернізація системи моніторингу технічного стану високовольтних вводів під робочою напругою	179
<i>Сахно О.А., Скруська Л.С., Маколкин В.В.</i> Оцінка ступеня зволоження трансформаторного обладнання на принципі температурної міграції вологи в трансформаторному маслі	181
<i>Сахно О.А., Скруська Л.С., Петренко В.М.</i> Діагностування стану нелінійних обмежувачів перенапруг 110 – 750кВ під робочою напругою	183
<i>Сахно О.А., Скруська Л.С., Хоменко С.В.</i> Модернізація шафи керування системою охолодження трансформатору	185
<i>Брагіна С.М., Василевський В.В., Каплієнко О.О., Василевська Я.А.</i> Перспективи застосування ChatGPT у виробництві електротехнічних пристроїв	187
<i>Сахно О.А., Каплієнко О.О., Штефан О.Ю.</i> Моніторинг технічного стану та попередження відмов пристроїв регулювання напруги силових трансформаторів під навантаженням	188
<i>Афанасьєв О.І., Афанасьєв А.В., Бойко О.Ю., Влахно М.І., Фокін А.В., Щербак М.В.</i> Дослідження показників експлуатаційної надійності в залежності від конструктивних чинників та режиму навантаження елементів високовольтних розподільних пристроїв	190

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД»

Рябінін А.А., Крисан Ю.О.

Стенд електропривода на основі безколекторного
двигуна постійного струму192

Рябінін О.А., Рябінін А.А., Крисан Ю.О.

Моделювання системи автоматичного вводу резерву
(авр) на базі мікроконтролера Siemens LOGO!8194

Олейніков М.О., Назарова О.С., Осадчий В.В.

Огляд стану питання позиціонування вантажу на гнучкому підвісі
мостового крана196

Шульженко С.С., Назарова О.С., Осадчий В.В.

Вплив напруги живлення мережі на роботу
двошвидкісного ліфта.....198

Зіновкін В.В., Тарарін О.В., Кулинич М.Е., Куніцин А.В.

Аналіз мов програмних засобів систем керування
малими літальними об'єктами.....200

Зіновкін В.В., Третьяков А.О., Маковський В.О., Зінов'єв Р.В.

Автоматизована система контролю поточного стану
електротехнічного устаткування спеціального призначення204

Романіченко Г.М.

Розрахунок співвідношень між векторами
електромагнітного поля в ближній зоні
випромінювання диполя Герца.....206

Козлов В. В., Набокова О. В.

Алгоритм розрахунку сонячної електроустановки
для приватного будинку207

Козлов В. В., Набокова О. В.

Струм або напруга, ось у чому питання209

Афанасьєва І. О.

Платформа Splan для створення схем при
вивченні електротехніки211

Осадчий В. В., Назарова О.С., Рудім Б.Ю.

Знаходження коефіцієнтів пі-регулятора в системі
автоматичного керування рівнем рідини.....213

Назарова О.С., Шокуров Д.Р.

Використання баз даних у діагностиці
електроенергетичного обладнання.....215

<i>Кулинич Е.М., Осадчий В.В., Васильєва Є.В., Кулинич М.Е.</i> Формування концепції та вимог до лабораторного стенду засобів автоматизації фірми siemens на базі ПЛК	217
<i>Зіновкін В.В., Хлебніков П.І., Мовчан О.Ю., Мальцев О.В.</i> Математична модель шуму потужного електротехнічного устаткування в спектрі октавних частот	219
<i>Зіновкін В.В., Зінов'єв Р.В., Рябінін О.А., Соколов Я.О.</i> Моделювання режимів навантаження асинхронного електропривода в складі перетворювача Simovert Master Drives Vector Control.....	221
<i>Залужний М.Ю., Рудім Б.Ю.</i> Розробка давача температури для системи моніторингу	223
<i>Назарова О.С., Салтиков Д.О., Петков А.О., Храцук М.В.</i> Засоби моделювання мехатронних і електромеханічних систем	225
<i>Назарова О.С., Мironenko О.О., Ключев О.О., Курганович М.С.</i> Роль і місце математичного моделювання в інформаційних технологіях	227
<i>Корогод Д.М., Васильєва Є.В.</i> Дослідження електромеханічних систем з урахуванням пружності їх механічних передач.....	229
<i>Мальцев О.В., Андріяс І.А., Крисан Ю.О.</i> Математична модель механічної частини механізму переміщення електрода дугових печей.....	231
<i>Волков В.О., Панарін Т.Р.</i> Геотермальна електростанція приватного будинку.....	234
<i>Деев С.Г., Дорофєєв В.Є.</i> Лабораторний стенд з випробування двигунів гвинтомоторної групи для БПЛА	235
<i>Волков В.О., Плохой В.І.</i> Термоелектрогенератори	236
<i>Романіченко Г.М., Євдокімов І.В.</i> Механічні характеристики асинхронних двигунів	238
<i>Форов В.В., Романіченко Г.М.</i> Скrapлений азот як спосіб зберігання енергії.....	240
<i>Козлов В. В., Дєридович Д. Р.</i> Який автономний генератор кращий?	243
<i>Деев С.Г., Осипов В.О., Хрупін І.М.</i> Система автоматичної стабілізації повздовжнього руху БПЛА.....	244
<i>Форов В.В., Романіченко Г.М.</i> Особливості роботи термоелектричних генераторів	246
<i>Романіченко Г.М., Чернев Д.А.</i> Інверторні двигуни для пральних машин.....	248

<i>Козлов В. В., Хлебніков П. І.</i>	
Вибір оптимальної напруги у побутовій електричній мережі	249
<i>Набокова О. В., Гайдаш К. С.</i>	
Види та характеристика реле часу	251
<i>Набокова О. В., Голубцова В.Р.</i>	
How hydroelectric units work at the dnieper hydroelectric power plant	254
<i>Набокова О. В., Фісун М. О.</i>	
How solar energy converts into electricity	255
<i>Набокова О. В., Христич М. А.</i>	
Commissioning of air lines	257
<i>Набокова О. В., Чорнокнижний Д. С.</i>	
Development of flexible supercapacitor	258
<i>Афанасьєва І. О., Калінін Д.С.</i>	
Зварювальні генератори та перетворювачі.....	259
<i>Афанасьєва І. О., Цветкова М. І.</i>	
Електропривод підйому мостового крана	261
<i>Афанасьєва І. О., Семиліт Д.Г.</i>	
Електрофільтри. Класифікація та основні параметри	263
<i>Афанасьєва І.О., Підопригора К.О.</i>	
Сигнал та його основні характеристики	265

СЕКЦІЯ «ФІЗИКА»

<i>Єршов А.В., Зеленіна О.А.</i>	
Тепловий баланс опалювальної кімнати.....	267
<i>Єршов А.В., Зеленіна О.А.</i>	
Розрахункові оцінки впливу додаткової теплоізоляції кімнати	269
<i>Єршов А.В.</i>	
Оптимальна швидкість звукового польоту пасажирського літака з ТРД.....	271
<i>Сейдаметов С.В., Павленко Д.В., Щетініна М.О., Лоскутов С.В.</i>	
Релаксація залишкових напружень у сплаві ЕП-718ІД під дією магнітного поля	274
<i>Манько В.К.</i>	
Автоматичне вмикання пасивної системи поливу	276
<i>Курбацький В.П., Мірошниченко Д.О.</i>	
Співвідношення невизначеностей в дискусії Бора з Ейнштейном.....	278

<i>Правда М.І., Чорний Є.Г.</i>	
Удосконалення лабораторного практикуму з фізики в розділі «Електрика та магнетизм»	281
<i>Ципуштанов І.М., Луцин С.П.</i>	
Розрахунок ізоляції трансформатора ТФЗМ – 132	284
<i>Shishkin I.R., Lushchin S.P.</i>	
Usage of igbt-transistors in power electronics	285
<i>Chornoknyzhnyi D.S., Lushchin S.P.</i>	
High efficiency photocells for solar batteries	286
<i>Hristich M.A., Lushchin S.P.</i>	
Usage of modern magnetic alloys in electrical devices	288
<i>Dubinin Y.P., Lushchin S.P.</i>	
Analysis of the efficiency of voltage stabilizers	289

СЕКЦІЯ «АНГЛІЙСЬКА МОВА»

<i>Zhukova N.</i>	
Developing active listening skills in ESP classes for the students of the faculty of computer sciences and IT	291
<i>Букова Ю.</i>	
Teaching listening at ESP lessons, blended learning	292
<i>Войтенко С.В.</i>	
Розвиток навичок аудіювання на заняттях з іноземної мови за професійним спрямуванням в умовах дистанційного навчання	293
<i>Kuzmenko V.</i>	
Effective listening skills in professional communication	295
<i>Syvachuk O.</i>	
Real life listening skills your students need and how to improve them	297
<i>Суворова Т.М.</i>	
Використання відеоматеріалів на занятті з іноземної мови професійного спрямування як засіб інтенсифікації навчального процесу	298
<i>Антілогова Є.Д.</i>	
Лінгвістичні особливості технічного дискурсу	300
<i>Bilyi V., Voitenko S.</i>	
Modern methods of web-services design and developing	303
<i>Vedmedev S., Voitenko S.</i>	
Development of the phenotyping system of sunflower seeds for selection	305

<i>Matiukhina T., Voitenko S.</i>	
Overview of modern sheet metal stamping technologies.....	306
<i>Bekdamyrov E., Voitenko S. O</i>	
Optimum provision of national interests of states through sanctions policy	308
<i>Ivanenko D., Voitenko S.</i>	
Exploring the possibilities and challenges of integrating artificial intelligence into construction	310
<i>Filobok Ye., Voitenko S.</i>	
Improvement features of active sound reduction	312
<i>Dorosh A., Grushko S., Voitenko S.</i>	
Implementation of algorithms for managing communication channels of an intelligent agent in a complex telecommunication network.....	313
<i>Ponomarenko Ye., Nelasa A., Voitenko S.</i>	
"Hyperelliptic curves isogenies in cryptography".....	315
<i>Naumyk O., Voitenko S.</i>	
Improvement of the structure and properties of the responsible castings from heat-resistant nickel alloys using the hot isostatic pressing method	316
<i>Usenko K., Teslenok I., Voitenko S.</i>	
Impact of turbulent environment on innovative projects	317
<i>Vikhliaieva Ya., Voitenko S.</i>	
Use of art therapy methods in family counseling.....	318
<i>Voloshin V., Voitenko S.</i>	
The importance and algorithm of the constructing bomb shelters in Ukraine	320
<i>Vialkin O., Voitenko S.</i>	
Features of social work with internally displaced persons.....	320
<i>Shchus V., Voitenko S.</i>	
Estimation peculiarities of external polymer insulation reliability of gas-filled instrument transformers	322
<i>Frolov O., Voitenko S.</i>	
Activities of the social worker in the social security system	323
<i>Pronozha V., Zhukova N.</i>	
Applications and prospects for the development of unmanned aerial vehicles (UAVs)	324
<i>Bulish S., Kapustian O., Zhukova N.</i>	
Features of titanium powders for additive manufacturing	325
<i>Dereviahin M., Zhukova N.</i>	
Global trends in the use of industry 4.0 technologies in the aircraft industry	327

<i>Gorobiy P., Zhukova N.</i> Emerging trends in transportation: from smart cities to autonomous vehicles.....	329
<i>Tomin D., Zhukova N.</i> Surge protection in centrifugal compressors.....	330
<i>Popelyushenko O., Zhukova N.</i> Types of heat-resistant coatings used in the aviation industry	331
<i>Pozdnyakov O., Zhukova N.</i> Analysis of cloud solutions for development and operation of software	332
<i>Chulkov A., Zhukova N.</i> Improving the performance characteristics of aircraft engine transmission parts.....	335
<i>Syerov L., Nazarenko I., Zhukova N.</i> DC microgrids. efficiency and advantages of use.....	336
<i>Puhlovskiy S., Zhukova N.</i> Increasing the efficiency of air purification by the engine air particle separator of the helicopter	337
<i>Babarykin I., Kapustian O., Zhukova N.</i> Application of selective laser sintering methods in dentistry	338
<i>Tararin A., Zhukova N.</i> The rapid development of electric vehicles, its impact on the power grid and the environment, and how to deal with it.....	340
<i>Tiutiunnik P., Zhukova N.</i> Increasing the energy efficiency of induction heating complexes for electrode products manufacturing	341
<i>Selivanov M., Zhukova N.</i> Analysis of existing methods and tools for designing computer system interfaces.....	342
<i>Lavrenko V., Tabunshchyk G., Syvachuk O.</i> Development of intelligent methods and tools of preventive maintenance of technical objects	343
<i>Vereshchaka M., Syvachuk O.</i> Modeling of information security processes in technical systems.....	345
<i>Donets D., Syvachuk O.</i> Formation of investment attractiveness of the enterprise in the context of uncertainty and risk.....	346
<i>Kucheriavyi A., Syvachuk O.</i> EVALuation of no-load losses in dry three-phase transformers	348
<i>Brunak A., Syvachuk O.</i> Influence of retentions in loading cycles on hot parts of GTE in service life monitoring	350

<i>Manzhos V., Syvachuk O.</i>	
Improving the quality of manufacturing and repairing blades of gas turbine engine.....	352
<i>Yakhno D., Dyadya S., Syvachuk O.</i>	
Vibration analysis during root milling of parts	354
<i>Kobko O., Syvachuk O.</i>	
Power supply of an industrial enterprise.....	355
<i>Shchegolevatykh D., Syvachuk O.</i>	
Anti-crisis management under conditions of uncertainty and risk.....	357
<i>Tretiakov A., Syvachuk O.</i>	
Multilevel diagnostics and automation analysis of the current condition of the transformers for specific purpose	358
<i>Piven I., Syvachuk O. I</i>	
Increasing the resource and service life of gas turbine engines.....	360
<i>Mohamad Mohamad, Afanasieva A.</i>	
Future of 5G Impact on Mobile Technology and IoT.....	362
<i>Dolganov O., Bykova Yu.</i>	
Using Artificial Intelligence in solving business problems	363
<i>Balabukha A., Bykova Yu.</i>	
Continuous evolution of programming languages	365
<i>Poiman Eu., Bykova Yu.</i>	
Windows as the operating system of our lives.....	366
<i>Motsak A., Bykova Yu.</i>	
"Planning on the Left Side and Managing on the Right"	368
<i>Symonov P., Bykova Yu.</i>	
Water treatment for all industries in Ukraine.....	369
<i>Furtat M., Voytenko S.</i>	
Electricity and aviation	370
<i>Holubtsova V., Voytenko S.</i>	
Foreign experience in the use of alternative energy on the example of China	371
<i>Koroliov E., Voytenko S.</i>	
Current state of the chernobyl NPP	372
<i>Hristich M., Voytenko S.</i>	
The technological process of assembling the panel	373
<i>Fisun M., Voytenko S.</i>	
The religious basis of hryhorii skovoroda's philosophy	374
<i>Chornoknyzhnyi D., Voytenko S.</i>	
Repair of a low-oil switch.....	376
<i>Shishkin I., Voytenko S.</i>	
Alternative methods of obtaining electricity.....	377

<i>Dubinin Y., Voytenko S.</i>	
Types of voltage stabilizers	378
<i>Hrianysta S., Zhukova N.</i>	
Air charging	379
<i>Shalev H., Zhukova N.</i>	
Transparent Solar Cells with Multi-Excitons	381
<i>Makarenko A., Zhukova N.</i>	
Revolutionary fusion reactor	382
<i>Pikalova L., Zhukova N.</i>	
Computer system security and data protection in the face of threats from hackers and viruses	383
<i>Druzhko R., Zhukova N.</i>	
Information technology in the aerospace industry: software and workflow automation	385
<i>Alekperov V., Zhukova N.</i>	
AI: From the origins to new achievements and trends	387
<i>Dubil N., Zhukova N.</i>	
Unchaining the Future: Exploring the Power of Blockchain Technology ..	388
<i>Terentiev O., Zhukova N.</i>	
Use of information technologies in the medical field	390
<i>Shlapik O., Zhukova N.</i>	
Quantum computing: theory and applications	391
<i>Khomenko A., Zhukova N.</i>	
Technologies of virtual and augmented reality in the gaming industries	392
<i>Zhuravlov P., Zhukova N.</i>	
Microservice Architecture: advantages and challenges	394
<i>Kucher I., Zhukova N.</i>	
Development of interactive virtual environments for learning and research	395
<i>SergeevM., Zhukova N.</i>	
Comparative analysis of the performance of neural networks in C++ and Python programming languages	396
<i>Parkhomenko I., Zhukova N.</i>	
Virtual environments for Smart house system study	398
<i>Glebov M., Zhukova N.</i>	
Game development using virtual reality and augmented reality	400
<i>Maryakhin R., Zhukova N.</i>	
Artificial intelligence and modern art	402
<i>Tyupa A., Zhukova N.</i>	
Edge computing	403

<i>Onyshchenko O., Zhukova N.</i>	
The Future of Urban Living: How AI and IoT are Shaping Modern Cities	404
<i>Katykhina A., Zhukova N.</i>	
Robotics of the future: boston dynamics.....	406
<i>Stepanov I., Zhukova N.</i>	
Lo+w-code and no-code development.....	407
<i>Dedov D., Zhukova N.</i>	
Using AI in software development: GitHub Copilot system	408
<i>Kocheva M., Zhukova N.</i>	
Virtual reality: another world within sight.....	410
<i>Nikitina A., Zhukova N.</i>	
Development and application of machine learning for pattern recognition and image processing	412
<i>Shram O., Shram O., Zhukova N.</i>	
Analysis of methods for studying the static stability of a generator without automatic excitation control.....	414
<i>Pavlov M., Zhukova N.</i>	
energy efficiency of residential buildings in ukraine: Modernization or new design.....	417
<i>Medvid O., Kuzmenko V.</i>	
Chat generative pre-trained transformer and its advantages	418
<i>Leshchynska A., Kuzmenko V.</i>	
Research of organization of user interaction with virtual environment	419
<i>Kovalenko V., Kuzmenko V.</i>	
Programming in different industries	420
<i>Stepanov V., Syvachuk O.</i>	
Ensuring industrial enterprises' power supply reliability	422
<i>Nevtyrya K., Syvachuk O.</i>	
Inverter generators	423
<i>Pidlisniy O., Syvachuk O.</i>	
Advantages and disadvantages of autotransformers	425
<i>Bondarenko A., Syvachuk O.</i>	
The difference between a contactor and a magnetic starter	427
<i>Bilionova O., Syvachuk O.</i>	
Guerrilla marketing.....	428
<i>Titova D., Syvachuk O.</i>	
Word-formation as a fundament of the english language	429
<i>Dulida D., Syvachuk O.</i>	
The impact of social networks on consumers	431
<i>Trius O., Syvachuk O.</i>	
The Zoo and Its Benefits: Conservation, Education and Research	432

<i>Lysak I., Skrypnyk N.</i>	
Using mecanum wheel in moving cargo.....	433
<i>Stelmakh Ye., Skrypnyk N.</i>	
Prospects for electric vehicles in Ukraine.....	436
<i>Kuzmin M., Rudenko N.</i>	
Modern automation trends in the context of remote work of enterprises	438
<i>Plakhtii V., Skrypnyk N.</i>	
CAR of the year 2022	440

УДК 621.311

Качан Ю. Г.¹, Шрам О. А.²

¹ д-р. техн. наук., проф. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук., доц. НУ «Запорізька політехніка»

КЛАСИФІКАЦІЯ СПОЖИВАЧІВ ЩОДО ДОЦІЛЬНОСТІ ДЛЯ НИХ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Як відомо, якість електричної енергії безпосередньо впливає на режими роботи електроспоживачів всіх промислових підприємств у цілому. Дослідження впливу показників якості електричної енергії на режими роботи електрообладнання та електротехнологічних установок, а також оцінка доцільних обсягів її в електромережах промислових підприємств є важливою та актуальною задачею.

Проблемам якості електричної енергії та електромагнітної сумісності споживачів присвячено багато робіт вітчизняних та закордонних вчених: І. В. Жежеленко, Г. Г. Півняка, Ю. Л. Саєнко, Д. Арриллага, Г. Боджера, Д. Бредлі та інших. Так в роботі [1], де проаналізовано причини зниження рівня показників якості електричної енергії та її впливу на роботу електроспоживачів, відмічається, що підключення нелінійного навантаження до мереж промислових підприємств відбувається хаотично та неузгоджено. А це призводить до неконтрольованого збільшення встановленої потужності обладнання й викривляє форми кривих напруги та струму i , відповідно, призводить до порушення електромагнітної сумісності споживачів електроенергії [1 – 3].

Для підвищення рівня показників якості електричної енергії в електромережах промислових підприємств пропонується застосовувати низку технічних та організаційних заходів. До перших з них відносяться використання пасивних та активних фільтрів вищих гармонічних складових, лінійних дроселей, динамічних компенсаторів викривлення напруги, встановлення вольтододаткових трансформаторів тощо. До організаційних заходів можна віднести оптимізацію схеми та режимів роботи мережі, регулювання напруги, вирівнювання навантаження фаз тощо.

Для забезпечення електромагнітної сумісності споживачів, а також для комплексного покращення якості напруги в локальних системах електропостачання використовуються фільтри струмів нульової послідовності (ФСНП), параметричні та регульовані фільтросиметруючі пристрої, а також гібридні фільтрокомпенсуючі перетворювачі на їх основі.

Очевидно, що забезпечувати всіх споживачів підприємства якісною електроенергією не завжди доцільно, оскільки це збільшує, як показа-

но, витрати на електропостачання через необхідність застосування технічних заходів з підвищення якості. Крім того, в багатьох роботах розглядаються питання щодо різного ступеня впливу окремих показників якості електричної енергії на ефективність роботи споживачів. Тож на даний час стає актуальним питання щодо доцільних обсягів якісної ЕЕ в електромережах конкретних підприємств. Щоб оцінити ці обсяги пропонується розділити їх споживачів на декілька, наприклад, три категорії; кожна з яких визначається доцільністю забезпечення для них існуючих вимог щодо якості електроенергії.

Перша категорія – це споживачі, режим роботи яких суттєво залежить від якості електричної енергії і для яких потрібно забезпечувати вимоги щодо неї у повному обсязі. До них можна віднести: електричні двигуни, електролізні установки, технологічне обладнання (обладнання поточних ліній, верстати з числовим програмним керуванням тощо), освітлювальні установки із світлодіодними та газорозрядними лампами.

Другу категорію складають споживачі ЕЕ режим роботи яких допускає незначне відхилення щодо показників якості електроенергії без порушень технологічних процесів та ті, що мають власні засоби її забезпечення: зварювальні установки, обчислювальні машини, радіостанції, телестанції, рентгенівські установки, конденсатори та вентиляльні випрямлячі.

До третьої категорії відносяться споживачі ЕЕ, режим роботи яких не суттєво, або зовсім не залежить від показників якості електричної енергії: кранові установки, печі опору, дугові сталеплавильні печі, установки електричного нагріву.

Використання запропонованого підходу до класифікації споживачів та встановлення технічних засобів забезпечення якості електроенергії тільки для споживачів категорії І дозволяє знизити капітальні витрати на них до 50 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Электромагнитная совместимость потребителей: монография / И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк, Ю.Л. Саенко, Н.А. Нойбергер. М.:Машиностроение, 2012. 349 с.
2. Шидловський А. К., Жаркін А. К., Новський В. О., Капличний Н. М., Козлов О. В., Малахатка Д. О. Забезпечення електромагнітної сумісності в локальних електричних мережах. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, 2018. № 26(1). С. 174–183.
3. Lumbreras D., Gálvez E., Collado A., Zaragoza J. Trends in power quality, harmonic mitigation and standards for light and heavy industries: A review. *Energies*, 2020. Vol. 13(21). P. 5792–5816.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ЦЕХОВИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Для вибору оптимального варіанта схеми мережі цехового електропостачання, необхідно визначити втрати електроенергії у її мережах.

Точне визначення втрат за інтервал часу T можливо при відомих параметрах R і ΔP_x і функцій часу $I(t)$ і $U(t)$ на всьому інтервалі. Параметри R і ΔP_x зазвичай відомі, і в розрахунках їх вважають постійними. Але при цьому опір проводника залежить від температури. Інформація про режимних параметрах $I(t)$ і $U(t)$ є зазвичай лише для днів контрольних замірів. На більшості підстанцій без обслуговуючого персоналу вони реєструються 3 рази за контрольну добу. Ця інформація є неповною і обмежена достовірною, так як виміри проводяться апаратурою з певним класом точності і не одночасно на всіх підстанціях.

У залежності від повноти інформації про навантаження елементів мережі для розрахунків навантажувальних втрат можуть використовуватися такі методи:

- методи поелементних розрахунків;
- методи характерних режимів;
- методи характерних діб;
- методи числа годин найбільших втрат t ;

методи середніх навантажень, використовують формулу;

Статистичні методи, які використовують регресійні залежності втрат електроенергії від узагальнених характеристик схем і режимів електричних мереж.

При використанні статистичних методів втрати електроенергії розраховують на основі стійких статистичних залежностей втрат від узагальнених параметрів мережі, наприклад сумарного навантаження, сумарної довжини ліній, числа підстанцій і т.п. Самі ж залежності отримують їх основі статистичної обробки певної кількості схемотехнічних розрахунків, для кожного з яких відомі розраховане значення втрат і значення чинників, зв'язок втрат з якими встановлюється. Статистичні методи не дозволяють намітити конкретні заходи по зниженню втрат. Їх використовують для оцінки сумарних втрат в мережі. Але при цьому, застосовані до безлічі об'єктів, наприклад ліній 6-10 кВ, дозволяють з великою ймовірністю виявити ті з них, в яких знаходяться місця з підвищеними втратами. Це дає можливість сильно скоротити

обсяг схемотехнічних розрахунків, а отже, і зменшити трудовитрати на їх проведення.

При проведенні схемотехнічних розрахунків ряд вихідних даних і результати розрахунків можуть представлятися в ймовірнісній формі, наприклад у вигляді математичних сподівань і дисперсій. У цих випадках застосовується апарат теорії ймовірностей, тому ці методи називаються ймовірнісними схемотехнічними методами.

Мережі 0,38 кВ енергосистем характеризуються відносною простотою схеми кожній лінії, великою кількістю таких ліній і низькою достовірністю інформації про навантаження. Перераховані фактори роблять недоцільним на даному етапі застосування для розрахунків втрат електроенергії у цих мережах методів, аналогічних застосуванню у мережах більш високих напруг і заснованих на наявності інформації про кожен елемент мережі. У зв'язку з цим набули поширення методи, засновані на представленні ліній 0,38 кВ у вигляді еквівалентних опорів.

УДК 621.436:621.31:656

Кулагін Д.О.¹, Климко О.М.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук., доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Транспортні засоби займають провідне місце в задоволенні потреб виробничої сфери, військового та агропромислового комплексів у перевезеннях, розвитку зовнішньоекономічних зв'язків держави і є важливим фактором забезпечення сталого економічного розвитку даних галузей [1], від чого напряму залежить зростання валового національного продукту України.

Для розв'язання практичної проблеми зниження енергетичних витрат транспортної галузі важливою є задача підвищення енергетичної ефективності парку дизельних агрегатів, для вирішення якої досліджуються та створюються сучасні конструкції мобільних енергетичних засобів та джерел енергії для них, зокрема проводиться встановлення електричних трансмісій на базі сучасної перетворювальної техніки, розробляються сучасні алгоритми управління рухом [1]. Об'єктивними перевагами транспортних засобів з електричними трансмісіями є зменшення експлуатаційних витрат до 40%, зниження кількості шкідливих

викидів до 25%, менший рівень шуму [2-7]. Але питання підвищення вартості енергоресурсів визначає науково-прикладну проблему розвитку наукових основ зменшення енергоємності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту. В основі даної проблеми лежить недовикористання енергетичного потенціалу дизель-генераторних систем (робота поза можливими для даної транспортної одиниці межами максимального статичного та динамічного ККД та мінімального питомого рівня витрат палива) [1, 2], яке пов'язане з необхідністю підвищення енергетичної ефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту за статичними та динамічними характеристиками, а також при застосуванні електричного гальмування на коротких дистанціях руху, необхідністю вдосконалення систем керування та алгоритмів управління рухом.

Вирішення задачі підвищення енергетичної ефективності дизель-генераторних енергетичних установок засобів транспорту в умовах складної ситуації на ринку енергетичних ресурсів України та надання пріоритетності розвитку транспортного комплексу України дозволяє забезпечити зростання незалежності вказаної галузі від цілої низки чинників, які мають значний вплив на основні показники роботи багатьох підприємств та суміжних сфер. Енергозбереження та раціональне використання енергії під час виконання технологічних процесів у всіх службах та господарствах транспорту є основним резервом розвитку та забезпечення стабільності багатьох суміжних галузей в найближчій перспективі.

Вказана практична проблема носить комплексний, багатокритеріальний характер. Її вирішення вимагає дослідження цілої низки складних науково-практичних задач, поєднання їх рішень в єдину систему взаємопов'язаного функціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галузева програма енергозбереження та впровадження альтернативних видів палива на транспорті на 2006-2010 роки Electronic Resource. ДП «ДержавтотрансНДІпроект». Mode of access: www.insat.org.ua/files/menu/tk/info/programa.doc Last access: 20-03-2008. Title from the screen.

2. Басов Г. Г. Методика оцінки технічного рівня дизель-поїздів. Підвищення експлуатаційної ефективності тягового рухомого складу. Х. : ХарДАЗТ. 2000. № 41. С. 5-8.

3. Шафи Надери Али Асгар. Современные дизель-поезда. Железные дороги мира. 2003. № 12. С. 22-33.

4. Дизель-поезда с механической передачей. Железные дороги мира. 2006. № 10. С. 25-27.

5. Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Голубничий М. А., Шаповалов Д. І. Повышение технико-экономических показателей трактора тягового класса 30 кН типа ХТЗ-17022. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Серія «Технічні науки». 2013. Випуск 135. С. 30-38.

6. Флоренцев С. Н., Гаронин Д. Л., Воробьев И. К., Гордеев Л. И. Городской маршрутный автобус ЛИАЗ 5292ХХ с комбинированной энергоустановкой. Часть I. Общие характеристики автобуса ЛИАЗ 529ХХ. Электротехника. № 7. 2009. С. 20-25.

7. Рудая К. И., Логинова Е.Ю. Тепловозы. Электрическое оборудование и схемы. Устройство и ремонт: Учеб. для техн. шк. М.: Транспорт, 1991. – 303с.

УДК 692.92

Махлін П.В.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МЕРЕЖАХ З ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ

На заводах чорної та кольорової металургії та підприємствах хімічної промисловості, де технологічний процес проводиться постійному струмі широке застосування системи випрямленого струму з використанням вентильних перетворювачів. Особливістю роботи таких споживачів є вплив їх на якість електроенергії живильних мереж. У свою чергу нормальна робота електроустаткування залежить від якості електроенергії живильної системи. Такий взаємний вплив електрообладнання та живильної системи визначають терміном «електромагнітна сумісність». Актуальною задачею є зменшення впливу перетворювальних установок на мережі

Характерною особливістю роботи вентильних перетворювачів є генерація вищих гармонійних складових у напрузі. Для дослідження впливу таких установок проведемо розрахунок вищих гармонійних складових напруги в електричній мережі за формулою:

$$U_{vd} = Z_{vd} I_{vd} \sum , \quad (1)$$

де U_{vd} – напруга v -ї гармоніки на затискачах d –ї ланки, Z_{vd} – повний опір ланки на частоті цієї гармоніки, $I_{vd\Sigma}$ – сума гармонічних складових струму у d -ій ланці, що обумовлена дією всіх джерел вищих гармонік.

Струм v -ї гармоніки в d –ї ланки, обумовлена напругою r -ї ланки I_q розраховується за формулою:

$$I_{vd} = k_{vpd} I_{vp}, \quad (2)$$

де k_{vpd} – коефіцієнт розподілу напруги v -ї гармоніки між r -ї і d -ї ланками схеми заміщення.

Підсумовування вищих гармонік напруги нелінійних навантажень, підключених до різних секцій (системам шин) одної або декількох підстанцій, в кожній ланці схеми заміщення проводиться з урахуванням характеру нелінійного навантаження. Для 12-пульсної випрямної установки достатньо обмежитися розрахунком 25-ї гармонічної складової.

Як показали розрахунки коефіцієнт спотворення синусоїди напруги для потужних споживачів перевищує допустиме значення – більше 5%, і треба вводити фільтро-компенсуючі пристрої – фільтри вищих гармонічних складових.

Для потужних споживачів на випрямленому струмі вибрані фільтри вищих гармонічних складових 3-ї, 5-ї, 7-ї та 11-ї гармонік. При резонансі струмів у вузлі мережі з боку вищої напруги за частотою v -ї гармоніки опір мережі виявляється чисто активним. У цьому випадку найбільше значення коефіцієнта спотворення синусоїди напруги:

$$k_{HC}^{max} = -\frac{1}{k_R} \sqrt{\sum_{v=2}^n [I_{v\Sigma} * v\sqrt{v}]^2}, \quad (3)$$

де $k_R = R_k / X_k$ – еквівалентні активний і індуктивний опору короткого замикання у вузлі; $I_{v\Sigma}$ – відносне значення сумарного струму v -ї гармоніки джерел; n – номер останньої з врахованих гармонік.

В результаті проведених досліджень при введенні фільтрів вищих гармонічних складових знизився рівень 11-ї та 13-ї гармонічних складових напруги, а також зменшився коефіцієнт спотворення синусоїди напруги до нормованого значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ ІЕС 61000-2-2-2001. Електромагнітна сумісність. Частина 2. Електромагнітне оточення. Розділ 2. Рівні сумісності для низько-частотних кондуктивних завад та сигналів систем передавання в низьковольтних електропостачальних системах загального призначення (ІЕС 61000-2-2:1990, IDT).

2. Сенько В.І. Силова перетворювальна техніка. Конспект лекцій. Навчальний посібник Електронне мережне навчальне видання/ В.І. Сенько, К.В. Трубіцин. В.І.Чибеліс. – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського.- 2022р. –241с.

УДК 628

Заболотный А.П.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГРУПИ ЦЕХІВ

Прискорення науково-технічного прогресу вимагає впровадження сучасних технологічних процесів, в яких застосовані установки і пристрої з використанням електричної енергії. Це потребує подальшого розвитку електричних мереж промислових підприємств та сільського господарства та їх модернізації для забезпечення економічного та надійного електропостачання споживачів.

Зниження втрат електроенергії у живлячій та розподільчій мережах групи цехів, а також застосування енергозберігаючих технологій і систем автоматичного керування технологічного процесу забезпечує зниження собівартості продукції, що випускається (особливо ефективним є зниження втрат електроенергії для енергоємних виробництв, де частки втрат на електроенергію становлять значну величину у загальних витратах на випуск продукції), і в кінцевому підсумку призводить до підвищення конкурентної здатності продукції.

До енергозберігаючих заходів, які застосовуються в електричних мережах належать :

– вибір раціональної кількості і розташування джерел живлення та вузлів навантаження, а також схеми їх електричних з'єднань, що забезпечує вимоги надійності електропостачання споживачів у відповідності до їх категорії за ПУЕ;

– вибір раціональної кількості і режиму роботи трансформаторів КТП;

– вибір оптимальної потужності і місця установки компенсуючих пристроїв;

– застосування автоматичного керування електроспоживанням на основі використання комп'ютерних технологій.

При проектуванні системи електропостачання групи цехів також необхідно забезпечити якість електроенергії у відповідності до вимог ГОСТ 13109-97 – «Якість електричної енергії».

Конструктивне виконання мереж електропостачання групи цехів повинно враховувати вимоги техніки безпеки, категорією приміщення за ПУЕ, а також доцільність застосування комплектних пристроїв, що забезпечує скорочення строків монтажу завдяки застосуванню індустріальних методів.

Крім того, релейний захист і автоматика є частиною комплексу електрообладнання систем електропостачання. Без них на сучасному технічному рівні неможливо здійснювати надійне електропостачання споживачів.

Також при проектуванні електричних мереж промислових підприємств потрібно виконувати вимоги охорони праці та промислової санітарії.

УДК 621.311

Дьяченко В.В.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

Одним із основних засобів щодо зниження втрат електричної енергії в системах електропостачання є компенсація реактивної потужності (КРП) [1,2]. Визначальними задачами КРП є вибір потужності компенсуючих пристроїв (КП) та способів їх підключення у мережі. Розв'язання цих задач зумовляють вартість КП та зону компенсації, й, як наслідок, техніко-економічні показники електричної мережі.

Для оцінки ефективності КРМ необхідно розрахувати наступні техніко-економічні показники: капіталовкладення на КП та комірки для підключення високовольтних КП; річні витрати на амортизацію й поточний ремонт вказаного електрообладнання; вартість втрат електроенергії в системі електропостачання.

Треба враховувати й плату за реактивну електроенергію [3]. Так, незважаючи на те, що під час розрахунку КРП додержуються вимогам забезпечення коефіцієнту реактивної потужності – 0,25, однак застосування стандартних номінальних потужностей КП замість розрахункових призводить до небалансу реактивної потужності, а значить й до різного споживання реактивної електроенергії. Плата за реактивну потужність визначається за формулою, грн [3]:

$$П = П1 + П2 - П3, \quad (1)$$

де $П1$ – основна плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії; $П2$ – надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП; $П3$ – знижка плати за генерацію та споживання реактивної електроенергії у разі участі споживача у оптимальному добовому регулюванні режимів мережі електропередавальної організації у розрахунковий період.

Надбавка $П2$ начисляється у разі, якщо коефіцієнт реактивної потужності $\text{tg}\varphi$ більш за 0,25. Знижка $П3$ рівняється 0, так як завод не бере участь у регулюванні режиму споживання для енергосистеми. Основна плата за реактивну електроенергію (для заводу – режим споживання) $П1$ визначається за формулою:

$$П1 = WQ \cdot D \cdot \beta \quad (2)$$

де WQ – споживання реактивної електроенергії за рік, кВАр·год; D – економічний еквівалент реактивної потужності, (наприклад, для досліджуваної електропередавальної організації дорівнює 0,0572 кВт/кВАр); β – тариф за електричну енергію, грн/кВт·год.

Споживання реактивної електроенергії за рік визначається так:

$$WQ = Q'_{ек} \cdot T_{ма}. \quad (3)$$

Одним з напрямків підвищення енергоефективності електричних мереж у рамках реконструкції комбінату був вибір типу його джерела живлення. Розглядалися наступні варіанти: 1 варіант – підключення цехових КТП 10/0,4, а також високовольтних синхронних двигунів (СД-10 кВ) до джерела живлення – ПГВ 150/10 кВ, який розташовується у центрі електричних навантажень; 2 варіант – застосування двох джерел живлення РП1 й РП2 без трансформації, які розташовуються біля насосної та компресорної, де встановлені СД-10 кВ. Ці варіанти, як

показали розрахунки, мають свої розв'язання проблеми КРП: для першого застосовуються високовольтні КП сумарною потужністю 1800 кВАр, а у другому 3600 кВАр, що призведе до різного споживання реактивної електроенергії, а значить й до різної плати за неї. Визначимо, наскільки ця плата різниться.

За рахунок використання СД-10 кВ насосної та компресорної у якості джерела реактивної потужності, знизилась величина споживання реактивної потужності ($Q_{p'}$). Також при застосуванні реактивної потужності високовольтних КП ($Q_{вкп}$) складеться небаланс реактивної потужності (ΔQ). Тоді замість величини $Q_{ек}$ (яка надається від енергопостачальної організації), буде споживатися величина $Q'_{ек}$. При небалансі реактивної потужності, який визначається за формулою:

$$\Delta Q = Q_{p'} - (Q_{ек} + Q_{вкп}), \quad (4)$$

може знизитися (або збільшитися) величина реактивної потужності, що передається від енергосистеми, тобто:

$$Q'_{ек} = Q_{ек} \pm \Delta Q. \quad (5)$$

З розрахунків режиму споживання реактивної електроенергії для першого варіанту небаланс реактивної потужності складе від'ємне значення 313,3кВАр, а скорегована величина реактивної потужності, що передається від енергосистеми буде дорівнювати: 2830,1 кВАр. Для другого варіанту ці величини складуть відповідно 578,9 кВАр й 1029,5 кВАр. Споживання реактивної енергії від двох джерел живлення знизиться у 2,7 рази й порівняно з першим варіантом річна оплата за неї знизиться більш чим на 2,5 млн.грн (при тарифі 4,17 грн/кВт·год).

Як показують подальші дослідження, для коректної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів (як в умовах експлуатації так й проектуванні) треба обов'язково включати до загальноприйнятих економічних показників й плату за споживання реактивної енергії. Це відноситься до прийняття рішення під час вибору такого заходу як КРП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шкрабець Ф. П. Основи електропостачання. Дніпропетровськ: НГУ, 2012. 465 с.
2. Мілих В. І., Павленко Т. П. Електропостачання промислових підприємств. Харків: ФОП Попов, 2016. 272 с.
3. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії /Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики 30.11.2020 р. №764. – Режим доступу до журн.: <https://ips.ligazakon.net/document/MN023638>

ВПЛИВ НАПІВПРОВІДНИКОВОЇ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКИХ МЕРЕЖ

Напівпровідникова перетворювальна техніка – це пристрої, що мають у своєму складі напівпровідникові елементи для перетворення електричної енергії з однієї форми в іншу та регулювання її параметрів. До них відносяться: інвертори напруги, що перетворюють постійну напругу на змінну напругу різної частоти і амплітуди, широтно-імпульсні модулятори (ШИМ), які використовуються для керування змінною напругою в електроприводі, керуючі вентиля, що використовуються для керування електричним струмом в електричних мережах, комутаційні пристрої, які використовуються для перемикання електричного струму в силовій електричній мережі, пристрої частотно-регульованого приводу тощо.

Якість електричної енергії – це сукупність показників якості електроенергії (ПЯЕ), до них відносяться такі показники як: відхилення напруги, розмах коливання напруги, коефіцієнт спотворення синусоїдальної кривої напруги, коефіцієнт несиметрії напруг за зворотної послідовності, коефіцієнт несиметрії напруг за нульової послідовності, відхилення частоти, тривалість провалу напруги, коефіцієнт тимчасової перенапруги.

Попри широке використання напівпровідникової перетворювальної техніки в промисловості та як наслідок покращення якості технологічних процесів, можливості широкого керування швидкістю обертів асинхронного електричного двигуна, використання напівпровідникової перетворювальної техніки має й свої недоліки, зокрема погіршення ПЯЕ [1]. В багатьох роботах вітчизняних та закордонних вчених зазначається негативний вплив напівпровідникових елементів на коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги. Так в роботі [2] зазначається, що використання вентиляційної перетворювальної техніки спричиняє появу вищих гармонічних складових напруги 3-ого, 5-ого, 7-ого порядків. В роботі [3] розглянуто застосування ЧРП в електричних мережах, при застосуванні ЧРП підвищується коефіцієнт спотворення синусоїдальної напруги в електричних мережах.

Вищі гармонічні складові напруги негативно впливають на роботу конденсаторних установок, можуть призвести до виходу із ладу радіоелементів і мікросхем комп'ютерних систем, негативно впливають на роботу систем телемеханіки та автоматики, знижують надійність та

підвищують вартість використання електричних мереж, зменшують термін експлуатації електрообладнання та призводять до інших негативних наслідків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисяк Г.В., Сабат М.Б., Шелех Ю.Л., Чечель В.О. Вплив несиметричності напруги на роботу вузла навантаження з конденсаторними установками // The II International Science Conference “Trends in the scientific development”, September 28 – October 01, 2021, Vancouver, Canada. – 2021 – 417р. – DOI: 10.46299/ISG.2021.II.II.

2. Войцицький А.П., Колос Ю.А Аналіз причин погіршення якості показників електроенергії які характеризують форму напруги // Вісник Житомирського національного агроекологічного ун-ту. 2016. №1 С.164 – 170.

3. Artyukhov I I, Molot S V, Stepanov S F, Kalganova S G, Trigorly S V and Tulepova G N 2018 Voltage quality problems in power supply system of boiler stations using pumps with variable-frequency drive 19th International ScientificConference on Electric Power Engineering. EPE 2018 147–52.

УДК 629.92

Кулагін Д.О.¹, Смородін Д.А.², Кулагіна Н.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Вітроенергетика є способом отримання електричної енергії за допомогою вітру. Засоби отримання енергії вітру – вітротурбіни (вітрогенератори, вітрові установки), які об’єднують у так звані вітроелектростанції (ВЕС). Вітроенергетика – галузь відновної енергетики, яка спеціалізується на використанні кінетичної енергії вітру. Це один з тих способів використання енергії навколишнього середовища, що був відомий з давніх часів. Джерело вітроенергетики – Сонце, оскільки саме його активність спричинює утворення вітру. Атмосфера Землі вбирає сонячну радіацію нерівномірно через неоднорідність її поверхні та різний кут падіння світла у різних широтах у різні пори року. Повітря розширюється та підіймається угору, утворюючи потоки. Там, де повітря нагрі-

вається більше, ці потоки піднімаються вище і зосереджуються у зонах низького тиску, а холодніше повітря залишається нижче, створюючи зони високого тиску. Різниця атмосферного тиску змушує повітря пересуватися від зони високого тиску до зони низького тиску з пропорційною швидкістю. Цей рух повітря ми і називаємо вітром. Щоб найкраще використати вітряну енергію, важливо досконало розуміти добо-ві та сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру залежно від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також мати статистичні дані Хоча б за останні 20 років. Від загальної кількості енергії Сонця лише 1–2 % перетворюється на енергію вітру. Ця кількість вп'ятеро перевищує річну світову енергетичну потребу. Сучасна технологія дає змогу використовувати тільки горизонтальні вітри, що розміщені близько до поверхні Землі і мають швидкість від 12 до 65 км/год. Основна відмінність такої електростанції від традиційних (теплових, атомних) полягає у повній відсутності сировини та відходів. Єдина основна вимога – високий середньорічний рівень вітру. Потужність сучасних промислових вітрогенераторів досягає 6 МВт. Людство використовує енергію вітру вже більше 5000 років. Одним з найперших винаходів, який застосовував використання енергії вітру, було вітрило. Ще у 3500 р. до н. е. мореплавці використовували силу вітру, щоб іти під вітрилами. Вітрильні човни ходили Нілом у Давньому Єгипті. Тобто вітрило було першою лопатевою машиною, що використовувала енергію вітру. Звичайні вітрові млини були вже в Китаї 2200 років тому. На Середньому Сході, у Персії, близько 200 р. до н. е. почали застосовувати вітряні млини з вертикальною віссю для перемелювання зерна, їх виготовляли з в'язанок очерету, прикріплених до дерев'яної рамки, що оберталася, коли дув вітер. Стіна, що оточувала вітряк, спрямовувала потік вітру проти лопатей. Найпростіші вітрові млини мали досить низький ККД, незважаючи на те, що лопаті виготовлялись з досить легкого дерева чи матерії. Причиною неефективності було те, що сила вітру, яка штовхала одну половину вітроколеса, одночасно гальмувала іншу частину. У Радянському Союзі перша вітрова електростанція потужністю 8 кВт була споруджена у 1929–1930 рр. під Курськом.

Через рік у Криму було побудовано більшу ВЕС потужністю 100 кВт, що на той час була найбільшою у світі. Вона успішно працювала до 1942 р., але під час війни була зруйнована. Проте найшвидше вітроенергетика розвивалася у США – ще у 1941 р. там побудували першу ВЕС потужністю 1250 кВт. Останніми роками вітер все ширше використовується для одержання електроенергії. Створюються вітряки великої потужності і встановлюються на місцевості із частими й сильними вітрами. Кількість і якість таких двигунів зростає щорічно, налагоджено серійне виробництво. Наприклад, у Нідерландах спостерігається так

званий мірошницький бум. Уряд запропонував великі субсидії усім, хто відкриве вітряк. Навіть парламент країни, що дбайливо охороняє «характерний національний пейзаж» і виступає проти надмірного шуму, цього разу не заперечував проти використання екологічно чистої вітрової енергії. Нині на території Нідерландів, що позбавлені запасів вугілля, нафти й газу, діють близько тисячі вітрогенераторів струму, що задовольняє потреби всієї країни в електроенергії приблизно на 10 %. Вітер є стихією потужною і практично всюдисущою. Проте вона має і недоліки, що завадило їй поширитися як основне джерело забезпечення.

УДК 621.3

Мищенко В.Ю.¹, Ліуш Ю.Б.², Гудко І.О.³

¹ асист. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-512м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОБУТОВИМИ СПОЖИВАЧАМИ

Сонячна енергетика є відносно новою галуззю в Україні. При цьому темпи її розвитку є надзвичайно високими, у порівнянні з іншими секторами вітчизняної економіки. Так, за підсумками 2021 року на сонячну енергетику в Україні припало понад 5% загального виробництва електроенергії. Вся територія нашої держави є придатною для розташування сонячних електростанцій. При цьому найбільш сприятливими для цього є південні регіони України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька та частина Донецької області, АР Крим), де сьогодні зосереджено понад 60% промислових СЕС. Станом на кінець 2021 року сумарна потужність сонячних електростанцій склала 6320 МВт (без урахування тих, що знаходяться на тимчасово окупованих територіях) [1].

У зв'язку із складною енергетичною ситуацією в країні все більше приватних домогосподарств віддають перевагу альтернативним джерелам енергії у тому числі і використанню сонячних електричних панелей для забезпечення власних потреб в електричній енергії. Особливо актуальним це питання постає для мешканців прифронтових регіонів, де вже більше року є перебої або зовсім відсутнє централізоване електропостачання.

В кліматичних умовах Запорізької області активне використання сонячної енергії з березня по жовтень, що становить 1900–2400 годин в рік. Загальне середньорічне сонячне випромінювання становить 1250

кВт·год/км² у місяць [2]. Виходячи з цього стає можливим та доцільним використання сонячних електричних панелей для власних потреб.

Слід також зазначити, що реалізація проекту встановлення індивідуальної сонячної електростанції потребує певних інвестицій. Загальна схема підключення всіх необхідних елементів станції представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Елементи та схема з'єднання індивідуальної сонячної електричної станції

Як ми бачимо з рисунку, окрім сонячних електричних панелей, необхідно встановити контролер, накопичувальні батареї та інвертор. Параметри останніх підбираються виходячи із загальної номінальної потужності споживання. Необхідно враховувати той факт, що максимальна потужність станції буде у сонячні дні, а у ночі живлення споживача відбувається за рахунок енергії, що накопичилась в акумуляторних батареях.

Отже в нашому регіоні можливе використання сонячної енергії побутовими споживачами, однак слід враховувати наступні перепони: – значні фінансові вкладення; – обмеження в можливості накопичення енергії в сонячні дні та використання її в ночі; – чим вища номінальна потужність станції, тим більша вартість додаткового обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Офіційний сайт «Українська енергетична біржа» <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/galuz-sonyachnoi-energetiki-v-ukraini/>
2. Форкун Я. Б. Сонячна теплоенергетика : конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми – «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») / Я. Б. Форкун, О. О. Шкурпела ; Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 88 с.

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Аварійні режими, які виникають в енергетичній системі на повітряних, кабельних лініях електропередач, в трансформаторних підстанціях та у розподільних пристроях призводять до пошкодження електрообладнання, перерв в електропостачанні споживачів та до погіршення якості електричної енергії.

Аварійні процеси, що виникають в енергосистемі є наслідком пошкоджень обладнання, перекриття та пробою ізоляції, хибних спрацьовувань пристроїв та апаратів, помилкових дій персоналу, внаслідок яких можуть відбуватися відключення елементів енергетичної системи.

До аварійних режимів енергосистем можна віднести порушення статичної та динамічної стійкості, виникнення поздовжньої та поперечної несиметрії, короткі замикання [1, 2]. В свою чергу, розрізняють симетричні та несиметричні короткі замикання. До симетричних КЗ відноситься трифазне коротке замикання $K^{(3)}$, до несиметричних – двофазне $K^{(2)}$, однофазне $K^{(1)}$ та двофазне на землю $K^{(1,1)}$ (рис. 1).

Короткі замикання виникають внаслідок низки причин, а саме – старіння та пробою ізоляції, обривів проводів ліній електропередач, механічних ушкоджень повітряних та кабельних ліній, ударів блискавки тощо. Коротке замикання в будь-якому з елементів енергетичної системи може порушити її функціонування та призвести до важких системних аварій.

Для обмеження струмів КЗ в енергосистемах використовуються як схемні рішення, так і спеціальні пристрої. Найбільш розповсюдженими засобами обмеження струмів коротких замикань є установка струмообмежувальних реакторів, секціонування електричних мереж, використання трансформаторів з розщепленою обмоткою. На сучасних промислових підприємствах із великою кількістю електричних машин для обмеження струмів короткого замикання застосовують систему електропостачання з керованим аварійним режимом. В момент виникнення аварії вмикаються спеціальні тиристорні струмообмежувачі шунтового типу, які обмежують складову струму короткого замикання від мережі. Після вимкнення вимикачем струму підживлення тиристорні струмообмежувачі відключаються. Ступінь обмеження аварійного струму регулюється струмообмежувальним резистором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pijarski P. Modelling of multi-winding transformers for short-circuit calculations in the power system – Modelling accuracy and differences in equivalent circuits. International Journal of Power and Energy Systems, 2023. Vol. 148. 10.1016/j.ijepes.2023.108971.

2. Nasser Tleis. Power Systems Modelling and Fault Analysis: Theory and Practice. Elsevier. 2019. 656 p.

УДК 620.91:338.23

Братковська К.О.¹, Ліуш Ю.Б.², Меньков Н.О.³

¹ канд. екон. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-111 НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

За останні 10 років світ зробив великий крок на зустріч глобального «зеленого» переходу з метою протистояння кліматичним змінам та недопущення зростання середньої глобальної температури вище +2 °С.

Відновлювана енергетика в Україні почала розвиватися з 2009 року з веденням «зеленого» тарифу як стимулюючого інструменту.

До 2012 року на території країни діяло 120 об'єктів, що використовують поновлювані джерела енергії, серед яких було

2 об'єкти, які використовують біомасу;

13 вітроелектростанцій;

27 сонячних електростанцій;

78 гідроелектростанцій різної потужності.

Загальна потужність цих об'єктів склала 530 МВт, а обсяг виробленої електроенергії – 600 млн кВт-год.

В період з 2016 по 2020 роки встановлена потужність ВДЕ в Україні збільшилась майже у 4 рази, що становила 7737 МВт станом на початку 01.01. 2021, та 8148 МВт станом на 01.06.2021. Частка сонячних електростанцій домінує в загальному енергетичному балансі ВДЕ і становить 7166 МВт [1].

Вітрові електростанції займають друге місце -1475 МВт. Найбільшими областями України за встановленою потужністю ВДЕ є

Дніпропетровська – 1163,9 МВт;

Миколаївська – 1073 МВт;

Херсонська – 1063,7 МВт;

Запорізька – 862,9 МВт;

Одеська – 594,3 МВт.

За останні 7 років Україні вдалось виконати взяті на себе зобов'язання в Національному плані дій з відновлюваної енергетики на період до 2020, досягши понад 11% частки ВДЕ в кінцевому енергоспоживанні.



Рисунок 1 – Загальна частка ВДЕ в енергобалансі України (%)

Україна у 2019 році продовжила скорочувати свої викиди парникового газу. Минулого року вони склали 196 мільйонів тонн. У 2018-му викиди були на рівні 203 мільйонів тонн, а у 1990 році – 783 мільйони тонн. Український показник нижчий за середні світові викиди на душу населення – 4,9 тонн CO₂ у минулому році.

Чому потрібна зелена енергетика ? Найперше тому, що:

- вона отримується з джерел, присутніх в природі постійно або періодично, на відміну від викопних, які не є вічними;
- розвиток відновлюваної енергетики (в.е.) сприяє енергетичній незалежності країни;
- перехід на ВДЕ допомагає зменшити обсяг викидів вуглекислого газу;
- встановлення невеликих домашніх СЕС приносить хороший прибуток, власник повністю забезпечує електроенергією своє домашнє господарство, а її надлишок продає державі за «зеленим» тарифом.

Недоліки зеленої енергетики:

- у хмарні чи безвітряні дні СЕС та ВЕС призводять до дисбалансу, рівень їхньої енергії знижується до нуля. Тому чим більше є станцій ВДЕ, тим більше потрібно маневрених (зазвичай шкідливих), котрі будуть перекривати нестачі.

Вітряна енергетика в Україні є найбільш перспективною. Її потенціал дозволяє встановити в країні вітроелектростанції сумарною поту-

жністю 15 000 МВт. (загальна встановлена потужність енергосистеми України – 55 000 МВт)

На відміну від вітроенергетичних установок, сонячні електростанції будувати набагато простіше і швидше. Однак СЕС відрізняються найнижчим рівнем (КВВП), що становить близько 15%. Також найбільш високою на енергоринку вартістю кіловата (досягає в лютому 11,7 гривень за 1 кВт-год). Загальна потужність сонячних електростанцій в країні, половина з яких розташовані в Криму, складає близько 800 МВт.

Біоенергетика має найбільш високим потенціал в сфері виробництва тепла. За різними оцінками, біомаса і біогаз можуть витіснити від 10 до 20 млрд кубометрів газу. Хороші перспективи біоенергетики обумовлені кліматичними умовами України, наявністю потужного аграрного сектора і достатньої кількості робочої сили. У той же час істотно стримуючим фактором є недостатньо розвинені інфраструктура та сировинна бази для забезпечення безперебійних поставок сировини, низький рівень розвитку галузей – постачальників обладнання, а також низька генеруюча потужність біоустановок.

Українські гідроелектростанції незабаром зможуть суттєво збільшити генерацію завдяки реконструкції та модернізації агрегатів вітчизняних ГЕС, а також добудови Дністровської та будівництва Канівської ГАЕС. В ПрАТ «Укргідроенерго» анонсують, що до 2022 року модернізовані агрегати зможуть дати понад 300 МВт робочої потужності, а за шість років масштабна програма реконструкції дозволить збільшити частку ГЕС і ГАЕС в енергобалансі країни майже вдвічі, до 15%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Що таке ВДЕ України? Реальна статистика. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://euea-energyagency.org/uk/novyny-ta-podiyi/publikatsiyi/shho-take-vde-v-ukrayini-realna-statystyka-lypen-2021/>
2. Дослідження Єврокомісії: Україна скорочує викиди CO₂. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.dw.com/uk/doslidzhennia-yevrokomisii-ukraina-skorochuie-vykydy-co2/a-54868014>
3. Зелена енергетика: плюси та мінуси. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://galinfo.com.ua/news/zelena_energetyka_plyusy_ta_minusy_344614.html
4. Перспективи розвитку ВДЕ в Україні. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://smarteco.biz.ua/news/renewable-energy-in-ukraine-where-to-invest/>

УДК 621.3

Міщенко В.Ю.¹, Ліуш Ю.Б.², Прядко Д.В.³

¹ асист. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-512м НУ «Запорізька політехніка»

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ

Діючі в Україні системи центрального тепlopостачання є досить енергозатратними. Відсутність автоматичного регулювання виробництва та відпуску тепла, неякісна теплова ізоляція зовнішніх теплових мереж призводять до значних втрат тепла. Ці втрати нерідко становлять 40-50%. Крім того відсутність автоматичного регулювання відпуску тепла є причиною неможливості цілодобового забезпечення комфортних умов. В той же час значна частина котелень промислових підприємств, які крім промислових об'єктів, забезпечують теплом і житлові будинки виводяться з експлуатації [1].

Індивідуальні системи опалення, що оснащені сучасним устаткуванням (ККД яких дорівнює 92-95%) більш економічні ніж централізовані. Сучасні автономні автоматизовані установки обслуговуються нечисленним персоналом, дозволяють здійснювати їх монтаж і пуск в експлуатацію в короткі строки. До того ж розміщення цього обладнання не потребує відведення спеціальних територій [2].

Серед альтернативних джерел енергії для індивідуального опалення можна виділити наступні: – використання сонячних колекторів; – встановлення теплового насосу; – використання в якості палива відходів від інших виробництв – паливні брикети.

На даному етапі розвитку технологій встановлення сонячних колекторів для забезпечення тепlopостачання приміщення є не дуже доцільним у зв'язку із значними перешкодами у можливості їх застосування в зимову пору року (кількість сонячної радіації мінімальна та тривалість світлового дня коротка). Більшість сонячних колекторів призначені для гарячого водопостачання. А ось використання теплового насосу має багато переваг: – економічність – витрачена електрична енергія на роботу насосу в рази менша від отриманої корисної теплової енергії; – екологічність – не використовує викопні копалини; – необмеженість ресурсу – тепловий насос може працювати і при низькотемпературному середовищі.

Отже як альтернативне джерело теплової енергії для опалення можна використовувати температуру навколишнього середовища та відносно постійну підземну температурну землі за допомогою застосування принципу дії теплового насоса.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кравченко Г.М. Оцінка ефективності роботи водяних систем опалення // Теплоенергетик. – 2004. – № 4. – С. 72–75.
2. Мартинов А.В. Установки для трансформації тепла і охолодження. – М.: Вища школа, 1989. – 200с.

УДК 621.311

Прихно В.Л.¹, Гузей Я.О.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-119 НУ «Запорізька політехніка»

ВИБІР КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ПІДСТАВІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ

Компенсація реактивної потужності є одним з найефективніших енергозберігаючих заходів, який дозволяє знизити втрати активної електроенергії при її передаванні, розподілу та перетворюванні у трансформаторах мережі електропостачання промислових підприємств за рахунок зниження величини реактивної потужності, що передається через елементи електричної мережі.

Встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності в мережах промислових підприємств стимулюється енергопостачальною організацією шляхом визначення оптимального коефіцієнта реактивної потужності ($\text{tg } \varphi_{\text{опт}}$) в режимі максимального навантаження, який встановлюється в договорі на постачання електроенергії між енергосистемою та підприємством. У разі перевищення заданого коефіцієнта реактивної потужності в режимі максимальних навантажень збільшується величина тарифної ставки оплати електроенергії на величину пропорційну перевищенню заданого коефіцієнта реактивної потужності.

Загальна потужність пристроїв компенсації реактивної потужності Q_{KV} визначається на основі забезпечення балансу реактивної потужності на границі балансової належності: енергопостачальна організація – підприємство, за умови забезпечення заданого коефіцієнта реактивної потужності в режимі максимального навантаження.

Запропоновано метод вибору оптимального варіанта розподілу КРП за умовою мінімальних зведених витрат. Розглянемо суть запропонованого метода.

Вибір пристроїв КРП проводиться в такій послідовності:

– для кожної КТП визначається оптимальний коефіцієнт завантаження;

– визначається потужність НКУ за умовою забезпечення пропускної здатності трансформатора за реактивною потужністю;

– визначається різниця приведених витрат для варіантів з використанням і без використання КБ на стороні НН трансформатора.

Змінюючи у варіантах вихідні дані (число і потужність трансформаторів КТП, вартість електроенергії і так далі) можливо визначення оптимального варіанта вибору і розподілу компенсуючих пристроїв, що відповідає вимозі $3_{\Sigma} = 3_{\min}$.

Запропонований метод вибору компенсуючих пристроїв дозволяє:

– визначити оптимальний варіант розподілу компенсації реактивної потужності на стороні НН і ВН трансформаторів КТП;

– визначити оптимальне число і номінальну потужність трансформаторів;

– визначити економічну ефективність від впровадження компенсації реактивної потужності;

– формалізувати розрахунок компенсації реактивної потужності в комплексі з вибором інших елементів електричної мережі.

Даний метод може бути використаний як на стадії проектування електропостачання, так і при оцінюванні ефективності електропостачання підприємства, яке знаходиться в експлуатації.

УДК 621.311

Попов. В.В.¹, Курса М.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-119 НУ «Запорізька політехніка»

ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХОВИХ МЕРЕЖ ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Вибір схеми цехового електропостачання здійснюється шляхом вирішення таких питань:

– вибір числа вузлів навантажень, їх розташування і розподілу ЕП по вузлам навантаження;

– вибір схеми живлячої і розподільчої мереж;

– вибір конструктивного виконання цехової мережі;

– вибір перерізів проводників цехової мережі;

– розрахунок втрат електроенергії в елементах цехової мережі;

– розрахунок капітальних витрат, експлуатаційних витрат і зведених витрат.

Згідно рекомендацій радіальну схему живлення доцільно застосовувати для достатньо потужних ЕП, особливо якщо вони комплектно розташовані (насосні, компресорні станції, вентиляційні системи, тощо). Також, радіальну схему доцільно застосовувати для живлення ЕП, які потребують керування в ході техніко-економічного процесу (печі опору, засувка трубопроводів і т.д.). Магістральна схема живлення з використанням розподільних шинопроводів застосовується для рівномірного розподілення навантаження у цехах, де ЕП малої та середньої потужності розташовані близько один до одного.

Магістральні схеми є зручними для електропостачання машинобудівних виробництв, де перегруповання ЕП, зміни технологічного процесу – явища достатньо розповсюджені.

До переваг радіальних схем належить: підвищена надійність електропостачання (при аварії у живлячій лінії порушується електропостачання обмеженої кількості ЕП або окремого ЕП), гнучкість мережі відносно можливого розширення мережі (для нових груп ЕП прокладають окремі самостійні живлячі лінії), а також можливість застосування автоматизації на спорудження та організації доцільного керування режимом роботи ЕП.

Недоліками радіальних схем є початкові капітальні витрати на спорудження мережі, наявність великої кількості шаф РУ-0,4 кВ КТП, обумовлено значною кількістю живлячих ліній, що підвищує вартість КТП і збільшує її габарити.

Недоліками магістральних схем є нижча надійність електропостачання в порівнянні з радіальними схемами (при пошкодженні магістралі втрачають живлення багато ЕП, які до неї підключені), неможливість в деяких випадках застосування автоматизації і використання дистанційного керування.

Оптимальний варіант цехового електропостачання вибирається за умови забезпечення мінімальних зведених витрат.

На зведені витрати цехової мережі впливають наступні показники:

- кількість ЕП і їх номінальна потужність, яка характеризується відносною активною потужністю і середньозваженим значенням коефіцієнта потужності ($\cos\varphi_{св}$);
- режим електроспоживання ЕП, який характеризується середньозваженим значенням коефіцієнта використання;
- співвідношення між величиною тарифу на електроенергії і питомі вартості кабельно-провідникової продукції, питомої ціни шинопроводів і ціни на силові пункти при їх різному виконанні.

Доцільність використання розподільних шинопроводів зростає при збільшенні числа ЕП, зменшення їх відносної потужності і зменшення коефіцієнта використання.

УДК 692.92

Махлін П.В.¹, Ярошенко С.В.², Ралдугін В.А.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е -112м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ТА АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРОСПЛАВНОГО ЗАВОДУ

Особливістю технологічного процесу виробництва феросплавів є велика енергоємність та нерівномірність споживання електроенергії. З урахування того, у собівартості продукції, що випускається феросплавним заводом, значна частина вартості електроенергії задача забезпечення надійності електропостачання феросплавного виробництва з найменшими втратами електроенергії є актуальною.

Феросплавний завод отримує живлення від вузлової підстанції енергосистеми та від гідроелектростанції (ГЕС). Причому електроспоживання від гідроелектростанції залежить від часу доби, пори року та положення в енергосистемі. Система електропостачання феросплавного заводу є складною та може декілька варіантів електричних схем в залежності від положення комутаційних апаратів.

Для виявлення оптимального режиму роботи системи електропостачання проведені дослідження втрат потужності електроенергії в кожному із варіантів.

Так при включенні міжшинних та секційних вимикачів на вузловій підстанції три автотрансформатори включаються паралельно по обмоткам середньої напруги 150 кВ. При цьому всі лінії електропередач (ЛЕП) системи електропостачання феросплавного заводу підключені до одного джерела. При відключенні секційних вимикачів кожна ЛЕП отримує живлення від окремого автотрансформатору. При кожній із схем на вузловій підстанції проведені дослідження при включеному та відключеному секційному вимикачу на головній знижувальній підстанції феросплавного заводу. Крім того з урахуванням значної нерівномірності споживання електроенергії проведені дослідження потоків потужності та втрат електроенергії при максимальному і мінімальному режимі.

Проведені також дослідження при живленні споживачів феросплавного заводу від енергосистеми та ГЕС при частково і повному включенні її в роботу. У зазначених режимах проведений розрахунок потоків потужності та визначені втрати електроенергії в елементах електромережі. Знайдений оптимальний режим роботи.

Проведені дослідження системи електропостачання феросплавного заводу в аварійному режимі. роботи Для цього розраховані струми

трифазних і однофазних коротких замикань (КЗ) при різних електричних схемах. Як показали проведені дослідження рівень струмів КЗ дуже високий. Для зниження рівня трифазних КЗ розглянута можливість використання ділильної автоматики, що діє на відключення секційних вимикачів на шинах 150 кВ вузлової підстанції. При цьому зменшувалась кількість ланцюгів підживлення КЗ. Для зниження рівня струмів однофазних у нейтраль автотрансформаторів включалися реактори. Виведена залежність стуму однофазного КЗ від опору реактора та визначений опір реактору.

На основі проведених досліджень обраний оптимальний режим роботи системи електропостачання феросплавного заводу з точки зору мінімуму втрат потужності, розраховані аварійні режими роботи системи електропостачання та обрані заходи для зниження струмів КЗ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок: Глава 4.2. Розподільчі установки і підстанції напругою понад 1кВ / Мінпаливенерго України. К: НПЦР, 2017 – С. 473- 530.

2. Півняк Г.Г. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен. – Дніпропетровськ Національна гірнича академія України. 2000.– 573с.

УДК 338.24.021.8

Братковська К.О.¹, Маркін Д.С.², Брабець О.С. ²

¹ канд. екон. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-111 НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ПІДВИЩЕННЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ НА ДОБРОБУТ НАСЕЛЕННЯ З РІЗНИМИ ДОХОДАМИ.

На сьогодні реформа встановлення тарифу на електроенергію в Україні, так само як і в інших перехідних економіках, є не простим питанням. Актуальні тарифи на електроенергію є найнижчими в Європі. Для порівняння вартість 1 кВт·год електроенергії для населення в євро за даними Євростату на 2021 р. [1] складає 0,3193 – в Німеччині, 0,1548 – в Польщі, 0,0851 – в Молдові, а в Україні ж тариф дорівнює 0,0485 євро/кВт·год. Тобто діючий тариф на електричну енергію є в 1,75 разів нижчим порівняно із тарифом на електроенергію у Молдові та в 6,57 у Німеччині.

Згідно опитувань, домогосподарства з сукупним доходом менше 10000 грн споживають в середньому 152,5 кВт·год електричної енергії,

домогосподарства з доходом в 10000–20000 грн споживають 140,6 кВт·год, з доходом в 20000-30000 споживають 133,3 кВт·год, з доходом в 30000–40000 споживають 164,2 кВт·год, а домогосподарства з доходом понад 40000 споживають 217,1 кВт·год. На 2022 рік за даними ПАТ Запоріжжяобленерго [2] витрати на постачання електричної енергії населенню становлять 0.34564 грн/кВт·год (0,00945 доларів США/кВт·год). Витрати на постачання електричної енергії населенню в організації економічного співробітництва та розвитку становить 0,143 доларів США/кВт·год [3], в подальших розрахунках використано це значення як величину для майбутнього підвищення тарифу. Результати, які отримано шляхом оцінки втрати в добробуті, спираючись на припущення, що споживання електричної енергії залишиться на тому ж самому рівні наведено в таблиці 1.

Найбільше в добробуті втратили б найбідніші та з доходом нижче середнього, в той час як більш заможна частина населення не відчула б такого економічного тиску. Для найбідніших, більше 9% сукупного доходу витрачатиметься на електричну енергію, для населення з доходами вище середнього цей показник становитиме близько 2 %.

Таблиця 1. Втрати в добробуті серед населення при підвищенні тарифу на електроенергію

Група за сукупним доходом на домогосподарство у грн.	<10000	10000-20000	20000-30000	30000-40000	>40000
Зміна витрат на електроенергію на одну особу в % від сукупного доходу	> 6 %	3,7%	1,5%	1,3%	<1,6%
Можливе співвідношення витрат на електроенергію до сукупного доходу різних груп за доходами	> 9 %	5,7%	2,5%	2%	<2,3%

Таким чином, через підвищення тарифів до середнього рівня в організації економічного співробітництва та розвитку, втрати в добробуті стануть значними. Субсидії для найбідніших домогосподарств тоді будуть не достатніми. Тож, встановлення деякої межі, до якої споживачі оплачували б електричну енергію відповідно до тарифу, що частково покриватиме витрати, може стати інструментом послаблення економічного тягара для найбідніших домогосподарств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Electricity prices for household consumers (англ.).Eurostat (4 квітня ,2022). Режим доступу до даних: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_pc_204.
2. Електронний ресурс : Запоріжжяобленерго (zoe.com.ua). Режим доступу до даних: <https://www.zoe.com.ua/>
3. Наукові матеріали № 7 / Борис Додонов, Петра Опітц та Вольфганг Пфаффенбергер, Максим Кац, Роберт Райт/ «Наскільки підвищення тарифу на електроенергію в Україні погіршить добробут найбідніших?» / травень 2001. Режим доступу до даних: http://www.ier.com.ua/files/publications/WP/2001/WP7_ukr.pdf.
4. Stern J. and J. R. Davis, 1998: Economic Reform of the Electricity Industries of Central and Eastern Europe, Economics of Transition, vol. 6, pp. 427 – 460.

УДК 692.92

Махлін П.В.¹, Репко М.Н.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-112м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТИТАНОМАГНІЄВОГО КОМБІНАТУ

Особливістю процесу виробництва продукції титаномангнієвого комбінату є велика енергоємність. У собівартості продукції титаномангнієвого комбінату значна доля вартості електроенергії.

Технологічний процес виробництва кристалів титану на випрямленому струмі, а система електропостачання дуже складна. Споживачі титаномангнієвого комбінату відносяться до першої та другої категорії. таким чином задача забезпечення надійного та енергоефективного електропостачання є актуальною.

Джерелом електроенергії є підстанції є дві вузлові підстанції енергосистеми, лінії електропередач, по яким подається живлення на головну знижувальну підстанцію титаномангнієвого комбінату, підключені до шин 150кВ та до відгалудження ліній зв'язку цих підстанцій. Крім того, джерелом електроенергії є гідроелектростанція (ГЕС). В залежності від часу доби, пори року, положення в енергосистемі режими роботи ГЕС можуть бути різними.

Для вибору найбільш енергоефективного режиму роботи вибрані можливі електричні схеми:

Секційні та міжшинні вимикачі на підстанції включені. У цьому випадку живлення споживачів титаномagneісового комбінату здійснюється трьома паралельно включеними автотрансформаторами,

Секційні вимикачі відключені, і живлення кожної з ліній проводиться від окремого автотрансформатору.

При включеному і відключеному положенні секційного вимикача на головній знижувальній підстанції комбінату.

Дослідження проведені при максимальному і мінімальному режимі електроспоживання.

Крім того проведені дослідження при включенні в роботу ГЕС.

Для дослідження енергоефективності у вибраних режимах проведено розрахунок потоків потужності електроенергії по різних лініях зв'язку та втрати потужності в елементах електромережі. Визначений режим роботи системи електропостачання, при якому втрати електроенергії найменші.

Для забезпечення надійності роботи системи електропостачання проведені дослідження в аварійних режимах роботи. у вибраних варіантах схеми електропостачання розраховані струми трифазних та однофазних коротких замикань (КЗ).

Як показали проведені дослідження рівень струмів КЗ дуже високий, причому рівень однофазних КЗ перевищив трифазні. Для зниження рівня трифазних КЗ запропоновано використання ділильної автоматики, що діє на відключення секційних вимикачів на шинах 150 кВ вузлової підстанції. В результаті зменшувалась кількість ланцюгів підживлення КЗ.

Для зниження рівня струмів однофазних у нейтралі автотрансформаторів включалися заземлюючі реактори. Для вибору оптимального значення опору заземлюючого реактору проведені дослідження зниження рівня струмів однофазних КЗ від його опору. Обрано оптимальне значення опору реактора.

На основі проведених досліджень визначений найбільш ефективний режим роботи системи електропостачання титаномagneісового комбінату, а надійність її показана у запропонованих заходах при дослідженні аварійних режимів роботи системи електропостачання

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок: Глава 4.2. Розподільчі установки і підстанції напругою понад 1кВ / Мінпаливенерго України. К: НПЦР, 2017 – С. 473- 530.

2. Півняк Г.Г. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я.Рибалко, Л.І.Несен. – Дніпропетровськ Національна гірнича академія України. 2000.- 573с..

УДК 621.3

Міщенко В.Ю.¹, Ведмедко А.А.²

¹ асист. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-512 НУ «Запорізька політехніка»

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОБУТІ

В наш час все більш актуальним постає питання економії електричної енергії саме побутовими споживачами. Розроблено багато рекомендації щодо правильного і раціонального використання електроенергії серед яких можна вибілити:

- не залишайте електроприлади у режимі очікування. Будь-який електроприлад під'єднаний до мережі все рівно споживає енергію.

- ефективне використання електроприладів. Не має сенсу кип'ятити повний чайник, коли вам потрібно заварити одну кружку чаю.

- заміна старих лампочок розжарювання на нові – енергозберігаючі;

- та інше.

Також в умовах відсутності централізованого гарячого водопостачання у суспільстві виникає багато питань щодо раціонального використання бойлера з точки зору мінімізації витрат на оплату електричної енергії. Сучасні побутові бойлери мають потужність від 1,1 кВт до 1,5 кВт. Загалом це невелика потужність однак з врахуванням тривалого часу його роботи загальне споживання за місяць становить понад 100 кВт·год. Слід зазначити, що цей показник буде коливатися в залежності від пори року, оскільки температура вхідної холодної води різна.

Існують багато думок, що краще нагрівати воду у бойлері в ночі, а вдень вимикати з мережі, щоб він не споживав електроенергію в режимі очікування. В такому випадку необхідно враховувати ряд факторів: – наявність двохзонного лічильника електричної енергії (при його відсутності плата за електроенергію однакова); – об'єм бойлера (чи вистачить об'єму гарячої води для споживання протягом дня); – буденні звички споживачів (кількість осіб в родині, розпорядок дня членів сім'ї); – та інше. Також вважають, що при заданих низьких температурах бойлера (+50°C) споживання електричної енергії менше. Це так і є оскільки менша різниця між вхідною і заданою температурою води, однак слід пам'ятати що при інтенсивному використанні бойлера в такому режимі час його роботи буде більший при однаковій номінальній потужності, а звідси і витрата електроенергії.

В даний час в науковій літературі не зустрічається обґрунтованих рекомендацій щодо доцільності вибору того чи іншого режиму роботи бойлера для мінімізації витрат електричної енергії для різних побутових споживачів. Тому необхідно провести комплексні дослідження для кожної групи побутових споживачів з урахуванням всіх можливих варіантів з метою узагальнення та порівняння реальних обсягів споживання електричної енергії побутовим бойлером та можливості його енергоефективного використання.

УДК 621.311

Дьяченко В.В.¹, Томаченко Д.І.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-511 НУ «Запорізька політехніка»

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Енергетичний менеджмент є дуже важливою галуззю на сучасному ринку, оскільки забезпечення стабільного та надійного постачання енергії має вирішальне значення для економічного розвитку та задоволення потреб населення, промислового й сільського господарств країни.

Сучасний енергоринок України потребує підвищеною ефективності. Ці спонукає енергетичні компанії працювати над зниженням витрат на енергію та підвищенням енергоефективності своїх процесів. Одним із ключових аспектів енергоменеджменту є використання альтернативних джерел енергії, таких як енергія вітру, сонця та води. Це зменшує залежність від традиційних джерел енергії, таких як нафта і газ, і знижує витрати на паливо.

Другою важливою задачею енергоменеджменту є впровадження енергозберігаючих технологій і процесів для промислових й агропромислових підприємств, а також у містах й селищах держави. Це дозволить підприємствам скоротити витрати на електроенергію та зменшити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Також в рамках задач енергоменеджменту, важливо бути в курсі законодавчих змін і впроваджувати нові технології для зменшення впливу на навколишнє середовище та забезпечення безпеки виробництва енергії та її використання.

Орієнтованість України на подальшу інтеграцію у світове співтовариство зумовлює потребу у формуванні інноваційної моделі розвитку енергоринок, інноваційні зрушення у виробничій і соціальній сферах. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема підвищення рівня енергетичної незалежності України та нової парадигми державної

енергоефективної політики, що ґрунтується на принципах емерджентності, транспарентності, екологічності, суверенітету та соціальної відповідальності [1].

У сучасних реаліях енергетики країни тільки застосування енергетичного менеджменту як системи, де використовується комплекс дій, може надати конкретні, якісні й ефективні рішення щодо забезпечення надійного та стабільного енергопостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Самойленко І.О. Енергетичний менеджмент та енергоефективність: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /І.О. Самойленко, О.Г. Гриб, А.О. Запорожець та ін.-Харків: ФОП Бровін О.В., 2020.– 348 с.

УДК 621.311

Дьяченко В.В.¹, Томаченко Д.І.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-511 НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ СКЛАДУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Підсумком роботи алгоритму формування програми енергозбереження для систем електропостачання (СЕП) є перелік технічних енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ) для реалізації. Їх економічно доцільний склад визначається собівартістю заощадженої електроенергії і порівнянням її з діючим тарифом [1]. Незважаючи на закладений в пропонуваному алгоритмі механізм виявлення максимального резерву економії електроенергії, отримане значення граничного потенціалу енергозбереження задіється не повною мірою. Це пов'язано з політикою формування тарифів на електроенергію і вартістю на електроустаткування. Залишивши останнє як даність в нинішніх ринкових умовах господарювання, пропонуються наступні шляхи по збільшенню складу ЕЗЗ для СЕП промислових підприємств.

Перший – задіяти економічні механізми правової бази в області енергозбереження, які сприяють стимулюванню енергозбереження на підприємстві. Також законодавством України передбачений ряд пільг по оподаткуванню діяльності, що пов'язана з розробкою, впровадженням і використанням ЕЕЗ і енергоефективних проектів. Наприклад, положенням «Про оподаткування прибутку підприємств» встановлено,

що від податків звільняється прибуток (впродовж п'яти років з моменту першого її отримання), якщо це сталося внаслідок підвищення енергоефективності виробництва за рахунок економії і раціонального використання енергетичних ресурсів. Рекомендоване зниження втрат електроенергії в СЕП промислового підприємства сприяє поліпшенню загального режиму його електроспоживання, а отже й підвищенню енергоефективності виробництва. Тому можна розглядати використовуване для цієї мети нове електроустаткування як енергозберігаюче, оскільки його застосування бере участь в процесі енергозбереження, зокрема для електропостачання підприємства.

Другий шлях – врахувати при складанні програми енергозбереження динаміку збільшення тарифів на електричну енергію. Дослідження [1] показали, що для коректного вирішення задачі за визначенням складу ЕЗЗ для СЕП промислових підприємств бажано враховувати прогноз збільшення тарифів на термін реалізації програми енергозбереження. Це дозволить в перспективі розширити об'єми реалізації потенціалу енергозбереження і точніше спрогнозувати економічну ефективність програми енергозбереження в області електропостачання, тим самим поліпшити її інвестиційну привабливість.

Підвищити ефективність Програм енергозбереження в галузі електропостачання можливо також шляхом спільного використання отриманих результатів і практичних рекомендацій з галузі теорії управління проектами та результатів нових економічних досліджень. Пропонований у [2] принцип оптимізації Програм енергозбереження ґрунтується на тому, що позитивний ефект дає саме комплексна реалізація програми. Це зумовлено тим, що її економічно доцільний потенціал визначається економічною ефективністю всіх заходів у сукупності, періодом їх впровадження та відповідним обсягом заощаджених енергоресурсів. При такому підході, виявлені технічні заходи для СЕП до нього за рахунок інших на основі принципу самоокупності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Качан Ю.Г. Оценка потенциала и программы энергосбережения в системе электроснабжения на примере коксохимического производства / Ю.Г. Качан, В.В. Дьяченко // Энергетика: економіка, технології, екологія. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – №2(21). – С.55-59.
2. Качан Ю.Г. Щодо оптимізації послідовності реалізації програм енергозбереження за економічним критерієм / Ю.Г. Качан, К.О. Братковська // Вісник економічної науки України. – 2009. – №1. – С. 97 – 100.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИКИ

За останні роки темпи цифровізації життєдіяльності суспільства суттєво прискорились. Цифрові моделі, платформи, алгоритми обробки інформації проникнули у всі сфери економіки та управління. Завдяки інноваційним технологіям та доступу до нових типів даних з'являються нові бізнес-процеси, послуги на ринку, зменшуються витрати та знижуються бар'єри для входження на ринок нових учасників, зростає рівень поінформованості учасників щодо розвитку ситуації та цінових параметрів необхідних послуг. Для учасників енергетичного ринку цифрові інструменти та платформи забезпечують ефективнішу інтеграцію різних джерел енергії та типів споживачів, сприяючи кращому задоволенню потреб споживачів та надійності функціонування систем енергозабезпечення. У той же час цифровізація створює нові можливості для бізнесу та джерела доходу для постачальників енергетичних послуг, водночас допомагаючи споживачам краще розуміти своє споживання енергії та зменшувати свої рахунки.

Розвиток новітніх енергетичних технологій суттєвим чином впливає на стратегічні пріоритети розвитку енергетики. Окремі технології, водночас, зумовлюють зміну умов та принципів функціонування не тільки окремих енергетичних систем, але й соціокультурних аспектів енергоспоживання. Новітні енергетичні технології та бізнес-моделі роботи на енергетичних ринках відкривають нові можливості для виробників, постачальників та споживачів енергії як щодо підвищення ефективності їх виробничої діяльності чи споживання енергії, так і щодо можливості отримання економічної вигоди від участі в роботі на ринку, в т.ч. в результаті розширення використання відновлюваних джерел енергії, децентралізації енергозабезпечення, участі в регулюванні попиту, наданні послуг з балансування системи чи прямої онлайн-торгівлі електроенергією на біржах.

З одного боку, сучасні тенденції розвитку енергетики характеризуються зростанням частки вітрової та сонячної енергетики в загальному балансі виробництва електроенергії. Водночас їх режими роботи є нестабільними і це створює проблему для електромереж, оскільки необхідно передбачити, коли надходження енергії від цих джерел пада-

тиме, коли зростатиме. З іншого боку, розвиток новітніх акумуляторних технологій є суттєвою зміною умов функціонування енергосистем, оскільки їх можна інтегрувати в енергетичну мережу та забезпечити вирівнювання графіку. Адже саме рівномірний графік виробництва та споживання енергії є найбільш ефективним режимом роботи системи енергозабезпечення, що дуже важко забезпечити у реальних умовах.

Для подальшого збільшення частки відновлювальних джерел в енергобалансі, розвитку електроакумуляуючих систем та їх інтеграції до Об'єднаної енергетичної системи України з урахуванням необхідних параметрів якості та надійності постачання електроенергії доцільним є впровадження технологій інтелектуальних електромереж (Smart Grid).

У переважній більшості країн не існує спеціальних правових режимів підтримки розвитку електроакумуляуючих систем, однак запроваджено державні програми підтримки. Так, існують спеціальні програми фінансування розвитку таких систем для розбудови розосередженої генерації (наприклад, у Німеччині). У 2016 р. США встановили податкові преференції для суб'єктів, що експлуатують батарейні, маховикові накопичувачі, накопичувачі енергії стиснутого повітря та гідроакумуляуючих електростанцій. Будівництво накопичувачів великої потужності потребує значних інвестицій і все одно стикається з необхідністю зменшення інвестиційних ризиків. Актуальними для досліджень залишаються такі специфічні питання для інвестицій в електроакумуляуючі системи будь-якої потужності та балансової належності: ліцензування, підключення до мережі та ціноутворення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Штучний інтелект в енергетиці: аналіт. доповідь / Суходоля О. М.— К.: НІСД, 2022. — 49 с. — <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>

2. Перспективи розвитку технологій електроакумуляування для забезпечення сталих енергетичних трансформацій в умовах нового ринку електроенергії / У.Є. Письменна, О.С.Биконя // Економіка та суспільство. — 2018. — №17. — С.148-152. — <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2018-17-21>

УДК 621.3

Ліуш Ю.Б.¹, Кучер Д.О.², Терещенко Д.О.², Томаченко Д.І.²

¹ доцент НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-511 НУ «Запорізька політехніка»

СУЧАСНИЙ СТАН СОНЯЧНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Використання енергії Сонця для отримання теплової енергії має давні традиції і дуже широкий спектр застосування. В сучасному світі енергія сонячного випромінювання широко використовується для теплопостачання, включаючи гаряче водопостачання і опалення, а також для постачання холоду, кондиціювання повітря, та в різноманітних технологічних процесах. Теплову енергію сонячного випромінювання можна використовувати в житлових, громадських та промислових будівлях, для сушіння різноманітних продуктів та матеріалів, для використання в технологічних процесах у промисловості та сільському господарстві. Застосування в системах теплопостачання обладнання сонячної теплової енергетики є позитивним з точки зору екології – кількість шкідливих викидів в атмосферу зменшується на величину, яка утворювалась би при згорянні заощадженого органічного палива. [1] Зокрема, сонячна енергетика - один з перспективних напрямів застосування альтернативних джерел енергії в нашій країні.

Постачання тепла, завдяки використанню енергії Сонця, має достатньо великий досвід і спирається на нормативну базу. Потенціал промисловості дає можливість вирішити виробляти геліотехнічне обладнання необхідної кількості, а енергетичний потенціал теплової енергії Сонця дозволяє суттєво зменшити витрати органічного палива та зменшити шкідливий вплив на екологію. Як відомо, термін ефективного використання геліоенергетичного обладнання у південних областях України – 7 місяців (з квітня до жовтня), у північних областях – 5 місяців (з травня до вересня) [2, 3].

Слід зазначити, що сучасні сонячні колектори забезпечують достатньо високий рівень використання сонячної енергії та стабільність тепло- та гарячого водопостачання впродовж всього року на всій території нашої країни. При переведенні 10% індивідуальних споживачів на сонячне теплопостачання в регіонах України можна заощадити 0,17 млн т у.п./рік. При ефективному використанні сонячного випромінювання потужністю 4300 МДж/м² на рік можна забезпечити потреби споживачів в опаленні до 25%, у гарячому водопостачанні – до 50%, у кондиціюванні – до 75%. Заміна традиційних котелень сонячними установками дозволяє замінити і зекономити органічне паливо, знизити

ти об'єм теплових викидів і викидів продуктів згоряння у навколишнє середовище, а також вирішити низку соціальних проблем у районах, де немає централізованого енергопостачання, і задіяти виробничий потенціал нерентабельних нині підприємств [4].

Використання сонячної енергії здатне покривати до 60% річної потреби енергії для гарячого водопостачання, а в літню пору року навіть до 100%. Один сонячний колектор площею $2,4 \text{ м}^2$ за день може заощадити близько $0,7 \text{ м}^3$ природного газу, а річна його економія складе близько 145 м^3 . [5].

В той же час слід зазначити, що в Україні системи сонячного тепlopостачання не отримали широкого застосування. Основна причина – це брак вітчизняного обладнання на внутрішньому ринку навіть для індивідуального споживача. Також негативний вплив має відсутність стимулюючої державної політики та обмежена, недостатня поінформованість потенційних споживачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Відновлювані джерела енергії: моногр. / Барило А.А., Бенменні М., Будько В.І. та ін.; під заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
2. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495с.
3. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Під ред. Н.М. Мхітаряна. – Київ: ТОВ «Видавництво Вікторія», - 2012. – 61с.
4. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України: моногр. / Г.Г. Півняк, О.С. Бешта, М.М. Табаченко та ін.; під заг. ред. Г.Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 333 с.
5. Підготовка пропозицій із чистої енергії: практичний посібник / Під загальною редакцією Тормосова Р.Ю., Романюк О.П., Сафіуліної К.Р. – К.: ТОВ «Поліграф плюс», 2015. – 176 с.

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»

УДК 621.3.013.1

Яримбаш Д.С.

д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ОПОРІВ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРІВ З ДОВГОТРИВАЛИМИ СТРОКАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Потужні силові високовольтні трансформатори, як правило обладнуються автоматичним підпресуванням обмоток. З одного боку це обумовлено потребами забезпечення динамічної стійкості обмоток в комутаційних режимах або аварійних режимах раптового короткого замикання. З іншого боку це обумовлено зміною висоти обмоток під час експлуатації внаслідок колоїдних властивостей твердої целюлозної електроізоляції, яка змінює свої розміри і об'єм в залежності від питомої вологомісткості, а також із-за зменшення ступеня полімеризації внаслідок довготривалої температурної деструкції.

Зміни осьових розмірів первинних і вторинних обмоток потужних високовольтних силових трансформатора та їх взаємного розташування на стрижнях магнітної системи трансформатора впливають на зміни складових їх опорів. Зміна їх значень дозволяє встановити критичні відхилення, які можуть істотно збільшити вірогідність виникнення пошкоджень під час експлуатації.

Тому існує потреба доповнити дані моніторингу параметрів і стану силового трансформатора під час експлуатації відповідними даними, що характеризують їх початкові значення під час введення в експлуатацію або для його проектного стану. Тоді порівняння зміни фактичних відхилень електричних опорів обмоток із модельними змінами дозволить встановити критичні відхилення геометрії обмоток для довготривалої експлуатації.

Отже, проблема визначення опорів первинних і вторинних обмоток навантажених високовольтних силових трансформаторів під навантаженням з урахуванням зміни їх геометрів і взаємного розташування є актуальною як у науковому так і практичному плані.

Підвищення точності розрахунку складових опорів первинних і вторинних обмоток потужних силових високовольтних трансформаторів із врахуванням їх геометричної будови, геометричних розмірів її складових, зовнішніх розмірів і взаємного розташування на стрижнях трансформатора потребує розробки просторової 3D геометричної моделі. Цю геометричну модель необхідно сполучити з моделями електрофізичних властивостей провідникових, електроізоляційних феромаг-

нітних і конструкційних матеріалів активної частини трансформатора, а також математичними моделями нестационарних просторових електричних і магнітних полів.

Реалізація просторової 3D моделі нестационарних електромагнітних полів силового трансформатора здійснювалася методом кінцевих елементів у структурі засобів Comsol Multiphysics, що дозволило істотно скоротити витрати часу на розробку алгоритмів і спеціалізованого програмного забезпечення.

За даними схемного моделювання аварійних режимів силових трансформаторів визначалися гранично допустимі значення складових опорів обмоток, для яких ударні зусилля в обмотках збільшувалися понад 25%. Методом упорядкованого перебору для відхилення висот кожної з обмоток, та їх асиметричних зсувів на кожному стрижні магнітної системи встановлювалися вихідні значення геометричних параметрів обмоток для подальшого 3D моделювання.

Такий підхід дозволив істотно скоротити витрати часу для зміни параметрів просторової геометричної моделі і не потребував додаткових польових розрахунків для уточнення складових опорів обмоток низької і високої напруги для кожної із фаз трансформатора.

Крім того він дозволив провести дослідження для випадків різновисоких обмоток на різних фазах трансформатора. Усього були здійснені розрахунки для трьох критичних пар параметрів висоти і асиметрії для кожної фази, що обумовило виконати розрахунки для 27 варіантів пар геометричних параметрів кожної з фаз.

Встановлено, що найбільший вплив на складові опори обмоток має їх різновисокість, а асиметричний зсув по висоті стрижня має значно менший вплив. Доведено, що відносні відхилення по висоті обмоток, що обумовлюються, насамперед, значно більшою висотою вертикальних стовпів прокладок в обмотках високої напруги, мають бути меншими 2,5%. У разі збільшення відхилень у висоті обмоток понад 3,3% відносно початкового стану необхідно планувати заходи з ремонту і доповнення вертикальних стовпів прокладок додатковими прокладками.

Істотною перевагою запропонованого способу відновлювального ремонту у разі критичного відхилення даних моніторингу від даних польового моделювання слід вважати, що цей ремонт не потребує демонтажу обмоток. Зовнішнє розташування обмоток високої напруги дозволяє доповнити стовпи їх прокладок додатковими безпосередньо на активній частині трансформатора, що істотно скорочує строки і вартість такого ремонту.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОДУВАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО АГРЕГАТУ КИСНЕМ

Для створення ефективних теплових та кисневих режимів виплавки сталі сталеплавильного агрегату необхідно врахувати екологічні аспекти його роботи, зокрема кількість пилу, що утворився під час продування розплаву киснем, а також викиди шкідливих речовин (CO , NOx) у навколишнє середовище.

Залежно від обраного теплового та кисневого режиму виплавки сталі мають місце викиди шкідливих речовин (пил, CO , NOx) у навколишнє середовище.

На підставі даних вивчення взаємодії зустрічних масопотоків кисню в газовій фазі та парів конденсованих фаз на поверхні горіння металу, покритого окисною плівкою у сталеплавильних агрегатах з продуктивністю до 60 т/год проведено дослідження та проаналізовано питання процесу пилоутворення при продуванні розплаву струменем кисню в сталеплавильній ванні з позиції фізико - гідродинамічних і теплофізичних особливостей стану реакційної зони.

Згідно методики, приведеної у роботах [1, 2] розрахунковим шляхом встановлена залежність кількості пилу, що утворюється, від інтенсивності продування ванни киснем та тривалості плавки.

При цьому слід зазначити, що випари заліза відбуваються не з усією ванни, а в реакційних зонах (місцях занурення фурм у розплав).

Визначення раціональної інтенсивності продування ванни киснем при мінімальній кількості пилу приведено на рисунку 1.

Як видно з рисунку 1 зі збільшенням інтенсивності продування від 4000 м³/год до 8000 м³/год відбувається ріст утвору пилу від 6,0 до 8,8 кг/т, при цьому тривалість плавки знижується від 3,70 до 3,38 годин.

На підставі результатів досліджень, проведених у даній роботі, розроблений раціональний теплотехнічний режим плавлення сталі з визначенням оптимальної витрати кисню для досягнення мінімальних викидів пилу в навколишнє середовище виходячи зі співвідношення продуктивності агрегату (тому що зі зниженням інтенсивності продування збільшується тривалість продувального періоду, а відповідно й тривалість плавки, що приводить до зниження продуктивності агрегату).

Раціональна інтенсивність подачі кисню на ванну склала 6500 м³/год при тривалості плавки 3,5 години (при мінімальній кількості пилу 7,75 кг/т).

Отримані результати дозволяють підійти до питання оптимізації теплового і кисневого режимів виплавки сталі для досягнення мінімальних викидів пилу в навколишнє середовище.

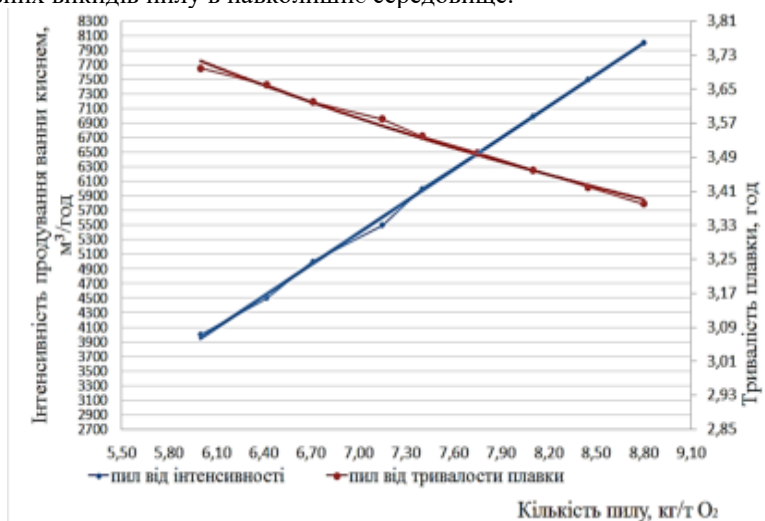


Рисунок 1 - Визначення раціональної інтенсивності продування ванни киснем при мінімальній кількості пилу

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яковлева І.Г. Дослідження впливу параметрів продування металу киснем у конвертері на процес пилоутворення випарного походження [Текст] / І.Г. Яковлева, О.А. Петрик // *Металлургическая и горнорудного промышленность*. – 2017. – № 2. – С. 72–77.
2. Яковлева І.Г. Дослідження впливу параметрів продування металу киснем у конвертері на процес пилоутворення механічного (бризки) походження [Текст] / І.Г. Яковлева, О.А. Петрик // *Металлургическая и горнорудного промышленность*. – 2017. – № 3. – С. 103-106.
3. Адоньев С.М. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии [Текст] / С.М. Адоньев, О.В. Филиппев. М.: «Металлургия», 1973. – 200 с.
4. Говорова Н.М. Влияние окислительного потенциала газовой фазы на образование бурого дыма в кислородном конвертере [Текст] / Н.М. Говорова, Ю.Д. Глебов, А.Г. Киселев // *Изв. вуз. Черная металлургия*. – 1988. – № 5. – С. 112–118.
5. Явойский В.И. Теория продувки сталеплавильной ванны [Текст] / В.И. Явойский, Г.Л. Дорофеев, И.Д. Повх. М.: Металлургия, 1974. – 496 с.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ГАЛЬМУВАННЯ ПРОТИВКЛЮЧЕННЯМ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ФАЗНИМ РОТОРОМ

Переважна більшість працюючих кранових установок використовує релейно-контакторне управління асинхронного двигуна з фазним ротором. Крім енергетичних витрат, вказане управління викликає додаткові механічні навантаження в елементах конструкції крана, які призводять до збільшення витрат на експлуатацію.

У зв'язку із зазначеним виникає науково-технічне завдання щодо модернізації електроприводів при одночасному продовженні терміну служби механічної конструкції.

В [1] були показані шляхи удосконалення схеми імпульсного регулювання частоти обертання асинхронного двигуна з фазним ротором, що забезпечують плавність розгону електроприводу при високій енергоефективності та електро-магнітній сумісності з мережею.

Завданням даної роботи було довести можливість забезпечення ефективного гальмування в режимі противключення асинхронного двигуна з фазним ротором по схемі яка реалізує імпульсне регулювання.

Для проведення дослідження реалізації режиму гальмування противключенням асинхронного двигуна з фазним ротором з модифікованою системою імпульсного регулювання у середовищі MatLAB [2] за допомогою структурних засобів Simulink сформована імітаційна модель електромагнітних процесів асинхронного електроприводу.

За допомогою імітаційної моделі були отримані осцилограми процесу гальмування противключенням кранового асинхронного двигуна з фазним ротором типу МТН-111-6 потужністю 3.5 кВт при напрузі мережі $U_n = 380$ В.

Аналіз осцилограм показав, що в сталому режимі інвертуємий струм має переривчастий характер. Випрямлений струм ротора модульовано частотою ковзання. У режимі рекуперації випрямлений струм ротора визначається величиною гістерезиса уставки струму, середнє значення якого є величиною постійної. Запропонована схема забезпечує режим рекуперації енергії в мережу в режимі гальмування противключенням.

Дослідження на імітаційній моделі показали, що при реверсі фаз і постійному струмі ротора спостерігаються значні коливання моменту, які пов'язані з наявністю аперіодичної складової при реверсі, величина

якої залежить від фази напруги в момент реверсу. Для усунення зазначеного недоліку необхідно використовувати гібридний контактор із контролем фази реверсу.

Іншим, більш раціональним способом, є використання задатчика інтенсивності ланцюга завдання струму уставки струмообмеження, що дозволяє отримати плавне наростання моменту двигуна.

Таким чином, використання цієї схеми дозволяє забезпечити енергоефективне керування режимами роботи кранових механізмів при їх модернізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Коцур М.И. Особенности режимов работы модифицированной системы импульсного регулирования АД с фазным ротором [Текст] // М.И.Коцур, П.Д.Андриенко, И.М. Коцур / Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – №3 (19). – с.163-165.

2.Матеріали за продуктами MATLAB & Toolboxes. [Електронний ресурс]. URL: <https://tech-story.net/matlab-r2020b-windows-macos-linux/> (дата звернення 07.07.2020).

УДК 621.316.35

Безверхня Ю.С.

докт. фісоф, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ ТРОЛЕЇВ ШИНОПРОВОДА

Класичні інженерні методи розрахунку параметрів і електромагнітних характеристик тролейного шинопровода в різних режимах роботи різноманітних струмоприймачів, засновані на цілому ряді припущень [1]. Поряд з існуючими методами в інженерній практиці, відомим є застосування методів схемного моделювання.

Досить актуальним спрямуванням є розробка математичної двомірної моделі в частотних постановках розрахунку розподілу магнітного поля. Ця модель дозволяє враховувати конструктивні особливості системи тролейного шинопровода, нелінійність магнітних та електрофізичних властивостей матеріалів, ефекти близькості, поверхневі та зовнішні поверхневі ефекти, вплив гармонійних складових струму на падіння напруги та втрати потужності в процесі електропередачі.

Тому, для дослідження електромагнітних параметрів тролей шинопроводу, та верифікація отриманих результатів розрахунку за допо-

могою просторової (3D) та плоско-паралельної (2D) математичних польових моделей.

Отримані значення падіння напруги, розрахованої за просторовою моделлю електромагнітного поля та значення результуючого падіння напруги за двовимірною польовою моделлю у частотній постановці задачі. Результати верифікації за розрахованим падінням напруги підтверджують високу точність розрахунку та достовірність отриманих результатів (похибка не перевищує $1,73\% \div 1,9\%$) двовимірної моделі у частотній постановці по відношенню до просторової моделі в постановці задачі залежної від часу електромагнітного поля.

Запропонована математична модель для завдання у частотному формулюванні електромагнітних процесів в сталевих та мідних тролєях шинопровода може застосовуватись для розрахунку параметрів, втрат напруги, енергії магнітного поля та активних втрат для різних форм тролєїв шинопровода та відстаней між ними з урахуванням та без урахування екрануючих елементів для кожних k -х гармонік мережевого струму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Федоров, А. А. Справочник энергетика промышленных предприятий. Том 1 [Текст] / А. А. Федоров, Г. В. Сербиновский, Я. М. Большаков. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1961 г. – 840с.

УДК 621.313

Солодовнікова Т.П.

старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

АКТУАЛЬНІСТЬ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Силові трансформатори мають суттєвий вплив на якість експлуатації електричних мереж. Вони визначають надійність і економічність їх режимів. Але, в свою чергу, на їх функціонування впливають процеси, що протікають в об'єднаній електроенергетичній системі (ОЕС), як в нормальних, так і в аварійних режимах її роботи. Причому цей взаємовплив ускладнюється нелінійністю їх характеристик і параметрів.

Математичне моделювання є найбільш ефективним методом вивчення процесів в трансформаторах, як елементах ОЕС. Але традиційний математичний апарат не достатньо точно відтворює фізичні проце-

си трансформаторів та ускладнює їх реалізацію в комп'ютерному вигляді. Тому є актуальною проблема адекватності математичної та фізичної моделей.

Задачі аналізу і синтезу безпосередньо пов'язані з розробленням нових об'єктів і дослідженням вже існуючих.

Задачі аналізу зазвичай поділяють на:

- розрахунок усталених і періодичних режимів;
- дослідження перехідних процесів.

До задач синтезу відноситься вплив зміни параметрів об'єкту на його вихідні характеристики.

Однією з найважливіших задач, які найчастіше зустрічаються в практиці, є аналіз усталених і періодичних процесів, завдяки масовому застосуванню в техніці пристроїв періодичної дії.

Таким чином успіх досліджень електромагнітних процесів цілком залежить від наявності максимально пристосованих до комп'ютерної реалізації математичних моделей, які спираються на математичний апарат, спроможний одночасно розв'язувати у неперервному часі такі задачі, як перехідні і усталені процеси.

В існуючих математичних моделях силових трансформаторів нелінійність характеру зв'язків враховують за допомогою коефіцієнтів само- і взаємоіндукції.

Розв'язування таких моделей пов'язане з використанням матричних розрахунків, що є однією з найбільш трудомістких операцій чисельних методів.

Тому на часі є необхідність розроблення засобів моделювання періодичних електромагнітних процесів в силових трансформаторах, які б дозволяли досліджувати і покращувати їх техніко-економічні показники.

УДК 662.614.2:661.975:669.18

Назаренко І.А.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА

Увага до проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів не слабшає в усіх промислово розвинених країнах. Наприклад, в Німеччині розпочато дослідження за програмою, основний напрямок якої - впровадження нових технологічних процесів з більш низькою питомою витратою теплової енергії, в яких поряд з економією енергії передбачено поліпшення екологічної ситуації [1]. В Японії триває роз-

робка енергозберігаючих технологій для металургійних печей, а в кінці 80-х років розпочато впровадження системи діагностування стану печей за допомогою штучного інтелекту [2].

У чорній металургії одним з найбільш енергоємних є прокатне виробництво. У полум'яних нагрівальних і термічних печах цієї межі витрачається більше 10 % всього палива, яке споживається галуззю. При цьому у собівартості готового прокату витрати на нагрів металу становлять від 20 % до 40 % суми витрат по переділу, а на технологічне паливо доводиться до 44 % загальних витрат на нагрів [3]. За рівнем палива використання наша чорна металургія відставала від передових країн.

Розвиток конструкцій і вдосконалення роботи нагрівальних і термічних печей металургійної промисловості в останні роки відбувалося в двох основних напрямках: підвищення економічності роботи і поліпшення якості нагріву заготовок, яке визначається рівномірністю нагрівання. Автоматизація печей вирішувала ті ж завдання підвищення економічності і якості нагріву, проте більшою мірою була спрямована на зниження питомих витрат енергії за рахунок оптимізації процесів спалювання палива і використання енергії в печах.

Заходи, спрямовані на зниження витрати палива, можна розділити на три основних напрямки: перший - організаційні заходи; друге - технічні та конструкційні заходи, пов'язані зі зміною конструкції або способу опалення печей; третє - вдосконалення режимів управління нагріванням металу в печах.

Перші два напрямки приносять ефект за рахунок більш узгодженої роботи сталеплавильних і прокатних цехів, за рахунок поліпшення рекуперації тепла газів, що відходять, зниження втрат тепла в навколишнє середовище, інтенсифікації теплообміну в робочому просторі різними способами і т.д. Однак, коли перші два напрямки вичерпані стає актуальною задача оптимального управління з використанням різних критеріїв оптимальності. В останні роки все ширше використовуються мікропроцесорні пристрої керування об'єктом, що дозволяють реалізувати будь-які допустимі режими управління.

Кількісний аналіз різних способів енергозбереження проводять з використанням коефіцієнта використання теплоти палива (КИТ). Питома витрата умовного палива знижується паралельно зі збільшенням КИТ. Збільшення КИТ забезпечується підвищенням теплоти згорання палива, підігрівом палива і окислювача, зниженням втрат з газами.

Втрати теплоти з відхідними газами, визначаються їх температурою і обсягом. Зменшення обсягу газів досягається вдосконаленням процесу спалювання палива або використання кисню для збагачення повітря.

Автори роботи [4], розглядаючи стратегію використання енергії, відзначають, що попит на енергію в усьому світі безперервно збільшу-

ється, незважаючи на те, що неконтрольоване її споживання несе в собі глобальну загрозу навколишньому середовищу. За рік людство спалює таку кількість викопного палива, на виробництво якого природа затратила мільйон років. Накопичення в атмосфері діоксиду вуглецю та інших продуктів згоряння загрожує зміною клімату. Енергозберігаючі технології можуть сприяти зниженню споживання палива без шкоди для економічного розвитку.

Особливе значення для промисловості і енергетики України має таке зручне для застосування, чисте і висококалорійне паливо як природний газ. На частку природного газу припадає близько 20 % виробництва і споживання промислових видів палива. У міру виснаження наявних джерел триватиме зростання цін на паливо. Чи стане економічно доцільно розробляти інші види енергії і вдосконалювати способи використання наявного палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Neues Programm zur Forderung rationaler Energieverwendung in der Industrie. Stahl und Eisen.- 1988.-108. - №13.- s.654.
2. Кекайси Ненре Разработка энергосберегающих технологий для металлургических печей [Текст] // Ненре Кекайси. Металлургия. - 1990.- №1.- с.11.
3. Тайц Н.Ю. Методика определения себестоимости нагрева металла [Текст] // Н.Ю. Тайц, Т.Г. Бень, Е.И. Гончаров. Металлургия и коксохимия; Респ.межвед. научн.-техн.сб.- Київ: Техніка.- 1971.- вып.27.- с.125-129.
4. Джон Х. Стратегия использования энергии / Х. Джон, Питер Д. Блейр, Холли Л. Гуин //Промышленная энергетика. - 1991. - №6. - с.51-54.

УДК 621.313

Дьомічева Г.В.

старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЗАЄМОІНДУКТИВНОГО ОПОРУ РОЗСПОВАННЯ МІЖ ОБМОТКАМИ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ РОЗПОДІЛІ МРС

Із зростанням потужності енергосистем відбувається поступове збільшення потужності одиниць трансформаторів, що пояснюється як економічними, так технічними і експлуатаційними причинами.

Незважаючи на свою відносну простоту, сучасні трансформатори висувають ряд проблем, досить складних, щоб притягнути до себе увагу інженерно-технічних працівників, зайнятих у виробництві, випробуваннях і експлуатації трансформаторів.

Польові методи визначення активних і індуктивних опорів обмоток трансформатора на підставі картини поля дають непогані результати при розрахунку простих концентричних обмоток, а також симетричних обмоток, що чергуються.

Реальні обмотки трансформаторів зазвичай складаються з декількох ділянок, що відрізняються геометричними розмірами в напрямі, перпендикулярному потоку розсіяння, товщиною ізоляції, щільністю струму і так далі. Для вирішення цих проблем застосовують метод, заснований на теорії багатообмоткового трансформатора, метод потужностей.

В обмотках із великим радіальним розміром, для покращення відводу тепла передбачають вертикальні канали, які розбивають обмотку на декілька концентрів (наприклад, на два (рис. 1)). При цьому МРС рівномірно розподіляється по висоті обмотки. Така конструкція обмоток призводить до зміни взаємоіндуктивного опору розсіювання.

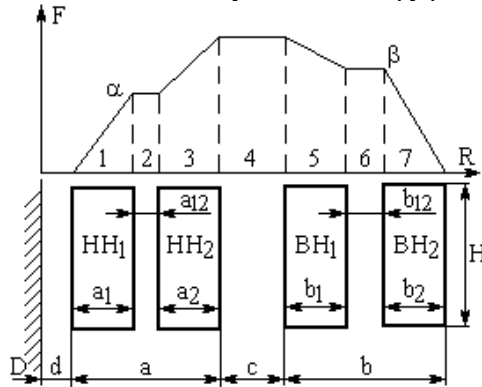


Рисунок 1 – Розташування обмоток з вертикальними каналами та епюра розподілу МРС

При цьому враховується, що еюра розподілу МРС в радіальному перерізі складається із семи ділянок з лінійним розподілом МРС.

При дослідженні доцільно застосовувати метод планування експерименту другого порядку і скласти матрицю плану експерименту для чотирьох факторів в кодованих одиницях.

Функцією мети оберемо індуктивний опір розсіювання по осі d – χ_{sd} , факторами, що впливають на функцію мети, приймемо ширину каналів a_{12}, b_{12} , та місце розташування цих каналів в радіальному пере-

різі обмоток, тобто відношення радіальних розмірів концентрів, які пропорційні відношенням МРС концентрів $НН_1 - НН_2$ й $ВН_1 - ВН_2$.

Таким чином, отримаємо поліном залежності функції мети від чотирьох факторів

$$x_{\sigma d} = f(a_{12}, b_{12}, a_1/a_2, b_1/b_2).$$

Після чого значення факторів перераховуємо із кодованих у абсолютні та проводимо розрахунок індуктивного опора розсіювання вздовж осі стрижня.

За визначеними коефіцієнтами полінома проводимо його аналіз, що дає нам змогу визначити оптимальні значення ширини вертикальних каналів та місця їх розташування за умови, що $x_{\sigma d} \rightarrow \min$.

УДК 621.313

Галушко І.Д.

старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СВЕРХПРОВІДНИХ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Дослідження та розробки різних типів електротехнічних пристроїв на основі високотемпературної надпровідності (ВТНП) ведуться у всьому світі. Цими пристроями можуть бути електричні машини, силові кабелі, струмообмежувачі, індуктивні накопичувачі енергії та ін. Причому саме силові надпровідні кабелі є найбільш розробленим та просунутим видом застосування надпровідності в електроенергетиці.

До основних переваг надпровідних кабелів можна віднести:

- легку вагу за рахунок меншої кількості використовуваного матеріалу;
- відсутність електромагнітних та теплових полів розсіювання, екологічна чистота та пожежна безпека;
- низькі втрати енергії у надпровідній кабельній лінії.

Не менш цінними є можливості заміни існуючого кабелю на кабель з більшою переданою потужністю за тих же габаритів та передача великих потоків енергії при порівняно низькій напрузі.

Високотемпературні надпровідні кабельні лінії (ВТНП КЛ) постійного та змінного струмів є інноваційною розробкою, що дозволяє вирішити значну частину проблеми електричних мереж.

При використанні ВТНП КЛ постійного струму набувається ще й нова якість передачі, так як лінія стає керованим елементом мережі, що регулює потоки переданої енергії аж до реверсу передачі. ВТНП КЛ

постійного струму, мають ряд додаткових переваг у порівнянні з лініями змінного струму, а саме:

- обмеження струмів короткого замикання, що дозволяє з'єднати по «низькій стороні» окремі сектори енергосистеми без збільшення струмів короткого замикання;
- запобігання каскадним відключенням споживачів та підвищення стійкості мережі за рахунок взаємного резервування енергетичних районів;
- регулювання розподілу потоків потужності у паралельних лініях;
- передача потужності з мінімальними втратами в кабелі та, як наслідок, зниження вимог до кріогенної системи;
- можливість зв'язку несинхронізованих енергосистем.

У електричних мережах можливе створення схеми із застосуванням ВТНП КЛ як змінного, так і постійного струмів. Обидві системи мають свої кращі сфери застосування, і в кінцевому підсумку вибір визначається і технічними, і економічними міркуваннями.

УДК 669.04

Кузьменко А.А.

старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ В СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ

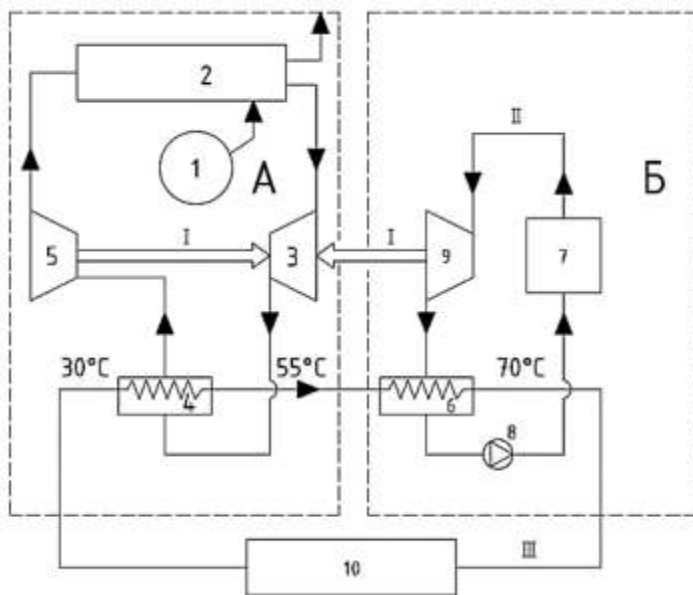
Основними джерелами теплоти для великих теплонасосних установок слід рахувати штучні джерела – теплові відходи. Швидкий зріст споживання енергоресурсів виснажує природні багатства і призводить до теплового забруднення біосфери.

Наприклад, теплові електростанції, в тому числі атомні електростанції, втрачають з охолоджуючою водою (50...55) % енергії палива. Промислові підприємства споживають величезну кількість води для охолодження машин та робочих тіл в різних технологічних процесах. Об'єм зворотної води складає 61 % води, що використовується всією промисловістю. Ці теплові ріки цілий рік мають температуру (20...40) °С, що практично дає можливість використовувати теплоту безпосередньо. Ця величезна кількість води охолоджується в градирнях і в інших випарних охолоджувачах, віддаючи в атмосферу разом з теплою частину води у вигляді пари.

Якщо орієнтовно рахувати, що в загальному по Україні об'ємі зворотного водопостачання охолоджується тільки 75 % води, тобто 120 км³ за рік, температурний перепад якої дорівнює 10 оС, то орієнтовне скидання низькопотенційної теплоти промисловістю складає ≈ 5 млрд

ГДж за рік. Вода, яка один раз використовується промисловими підприємствами ($\approx 40\%$ всього об'єму), в кінці кінців через каналізацію потрапляє в природні водойми.

Значне енергозбереження може забезпечити система котельні з тепловим насосом (рис. 1), що являє собою систему постачання гарячої води, в якій використання теплоти відбувається з високою ефективністю завдяки сумісному оснащенню котельні тепловим насосом і котельною установкою. З високотемпературної пари видобувається енергія і теплота. Завдяки здобутій енергії тепловий насос приводиться в дію, теплота відбирається з атмосферної теплоти і низькотемпературного джерела теплоти, використання яких раніше було важким.



А – цикл теплового насосу; Б – паровий цикл теплопостачання;

І – регенераційна потужність; ІІ – трубопровід пари; ІІІ – трубопровід гарячої води;

1 – низькотемпературне джерело теплоти; 2 – випарник для добування теплоти з низькотемпературного джерела; 3 – компресор; 4 – конденсатор холодоагенту; 5 – детандер; 6 – конденсатор водяної пари; 7 – котельна установка; 8 – водяний насос; 9 – паросиловий генератор; 10 – обладнання для утилізації теплоти заводу, холодильне і опалувальне обладнання

Рисунок 1 – Схема котельні з тепловим насосом

В результаті сумісного використання теплоти, кількість сумарної одержаної теплоти збільшується за рахунок конденсації водяної пари, а температура гарячої води досягає (60...90) °С. Окрім того, заміна дросельного вентиля теплового насоса детандером гвинтового типу дозволяє здійснити зворотний ізентропний процес, реалізувати силову регенерацію і підвищити загальний ККД.

В результаті здійснення запропонованої схеми реалізується економія палива (30...50) % порівняно з існуючими котельними аналогічної продуктивності. Дана схема застосовується для обладнання місцевих систем охолодження і опалення, забезпечення гарячою водою виробничих підприємств та інших об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чумак І.Г. Холодильні установки: підручник [Текст] / І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський. Одеса:Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.
2. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин і теплових насосів:підручник [Текст] / Т.В.Морозюк. Одеса: Студія «Негоціант», 2016. – 712 с.

УДК 621.3.013.1

Лапкіна С. О.

асист. НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОГО КОЛА ПРОСТОРОВОЇ СИМЕТРИЧНОЇ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ ТРИФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Порівняно з традиційним трифазним плоским трансформатором з багатошаровим сердечником, тривимірний трансформатор з обмоткою має переваги симетрії магнітного ланцюга, низького рівня вібрації та шуму і може застосовуватися в галузі силового перетворення енергії. Щоб покращити загальну питому потужність системи, необхідно максимально збільшити робочу амплітуду щільності магнітного потоку осердя трансформатора, тому необхідно точно оцінити робочі характеристики тривимірного трансформатора з намотаним осердям в стані насичення. У цій статті в основному вивчається моделювання трифазного трансформатора з просторовим осердям з урахуванням нелінійності осердя, створюється трифазна модель магнітного ланцюга.

Сердечник трансформатора складається з трьох каркасів, намотаних зі стрічки електротехнічної сталі, і об'єднаних в загальний магнітопровід як показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Навитий просторовий магнітопровід

Позначаємо кожен стрижень як А, В, С, відповідно кожен каркас магнітопровід матиме позначення АВ, ВС, СА. Магнітні потоки, що протікають у трьох одиничних каркасі тривимірного намотаного сердечника, дорівнюють $\Phi_{AB}(t)$, $\Phi_{BC}(t)$ і $\Phi_{CA}(t)$, а середні магнітні потоки А-фази В-фази та С-фази: $\Phi_A(t)$, $\Phi_B(t)$, $\Phi_C(t)$. Рівняння зв'язку матиме вигляд:

$$\begin{cases} \Phi_{AB}(t)R_{mAB}(t) = w_1 I_A(t) - w_1 I_B(t) \\ \Phi_{BC}(t)R_{mBC}(t) = w_1 I_B(t) - w_1 I_C(t), \\ \Phi_{CA}(t)R_{mCA}(t) = w_1 I_C(t) - w_1 I_A(t) \end{cases} \quad (1)$$

де w_1 – кількість витків первинної та обмотки; R_{mAB} , R_{mBC} , R_{mCA} – опору кожного окремого каркасу;

I_A , I_B , I_C – струми в обмотках кожної фази.

З формули 1 отримаємо:

$$\Phi_{AB}(t)R_{mAB}(t) + \Phi_{BC}(t)R_{mBC}(t) + \Phi_{CA}(t)R_{mCA}(t) = 0. \quad (2)$$

Коли робочі точки кожного однорамкового магнітопроводу розташовані на лінійній ділянці кривої намагнічування, магнітний опір кожного одиничного каркаса в основному однаково, тоді

$$\Phi_{AB}(t) + \Phi_{BC}(t) + \Phi_{CA}(t) = 0. \quad (3)$$

Згідно з наведеним вище теоретичним аналізом, еквівалентний магнітний ланцюг трансформатора буде мати вигляд, показаний на рис. 2.

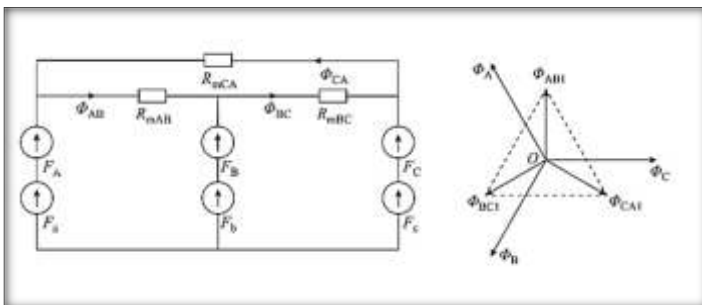


Рисунок 2 – Магнітний ланцюг та векторна діаграма потоків трансформатора

Можна бачити, що Φ_{AB} , Φ_{BC} і Φ_{CA} утворюють замкнутий контур, існує шлях потоку нульової послідовності. Магнітний потік однокорпусного залізного сердечника, що збуджується ідеальним синусоїдальним джерелом напруги, містить тільки основні хвильові складові і гармонійні складові нульової послідовності. З формули (1) видно, що магнітний потік у сердечнику синтезується основний хвильової складової та гармонійної складової нульової послідовності двох одиночних каркасів, а гармонійні складові нульової послідовності двох одиночних каркасів компенсують один одного, тому магнітний потік у стрижні сердечника в основному синтезується основними хвильовими компонентами двох одиночних каркасів. Оскільки площа поперечного перерізу стовпця сердечника вдвічі перевищує площу поперечного перерізу одиночного каркаса, середня амплітуда щільності магнітного потоку стовпця сердечника в 0,866 разів перевищує амплітуду основної щільності магнітного потоку одиночної рамки.

УДК 621.3.013.1

Дівчук Т.Є.¹, Бабкін Д.О.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВТРАТ НЕРОБОЧОГО ХОДУ ТРАНСФОРМАТОРА НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Від надійності роботи силового трансформатору, як ключового обладнання в електричних мережах, залежить безпека енергосистеми. Тому обов'язково необхідно контролювати та оцінювати стан трансформаторів. Втрати неробочого ходу можуть відображати стан осердя та обмоток і тому вони є важливим параметром при випробуванні транс-

форматора. Зазвичай втрати неробочого ходу трансформатору вимірюються шляхом автономного випробування без навантаження. Однак виникає багато складнощів при проведенні автономних випробувань на підстанціях. Необхідний блок живлення з високою напругою та великою потужністю, а також випробування під навантаженням в автономному режимі необхідно відключити трансформатор, що впливає на безперервність живлення. Крім того, параметри магнітного кола і температура автономних трансформаторів можуть відрізнятися від робочих трансформаторів. Для своєчасної оцінки втрат неробочого ходу необхідно вимірювати втрати трансформатора на місці на основі запровадження та використання нових технологій моніторингу.

В останні роки багато вітчизняних та зарубіжних учених почали вивчати оперативні методи виявлення втрат силових трансформаторів. Існуючі методи онлайн-вимірювання не дозволяють забезпечити високоточне вимірювання струму неробочого ходу, і як наслідок, вимірювання втрат неробочого ходу.

Втрати трансформатора під час роботи можна розділити на втрати неробочого ходу та втрати навантаження. Втрати неробочого ходу можна поділити на основні та додаткові втрати. Причинами основних втрат неробочого ходу є гістерезис та вихрові струми в осерді. Місцеві вихрові струми, спричинені погіршенням ізоляції в листах із електротехнічної сталі, призводять до додаткових втрат. Втрати неробочого ходу переважно пропорційні квадрату напруги. Оскільки напруга трансформатора під час роботи залишається практично незмінною, втрати холостого ходу вважаються сталими.

Струм в обмотках викликає втрати навантаження. Вони переважно пропорційні квадрату струму. Тому їх називають змінними втратами.

Коли трансформатор працює в номінальному режимі, падіння напруги імпедансу первинної обмотки досить низьке, а струм збудження набагато нижчий за номінальний струм первинної обмотки. При розробці системи вимірювання треба використовувати не Т-подібну схему заміщення, а Г-подібну тоді похибка, спричинена апроксимацією, дуже мала і допускається для інженерних розрахунків.

При автономному випробуванні на неробочому ході ланцюг вторинної обмотки розімкнено. Поточного струму немає. Під час випробування під навантаженням в автономному режимі відбувається коротке замикання однієї з обмоток.

Втрати неробочого ходу та втрати навантаження можна розрахувати шляхом онлайн-вимірювання електричних параметрів первинної та вторинної обмоток відповідно.

Щоб запобігти перевищенню граничного значення температури трансформатора, струм неробочого ходу має бути дуже низьким. Що

стосується трансформаторів великої потужності, відсоток струму холостого ходу зазвичай не перевищує 1%.

Метод оперативного виміру теоретично можна реалізувати, але він вимагає високої точності трансформаторів струму. Обмежений точністю трансформаторів струму в полі, струм збудження не може бути отриманий за рахунок різниці значень струмів первинної і вторинної обмоток. Крім того, для забезпечення точності вимірювання необхідно реалізувати синхронний збір даних про трифазну напругу та струм. Оскільки датчик струму працює при високому потенціалі, коли втрати неробочого ходу вимірюються в режимі он-лайн, необхідно забезпечити надійну ізоляцію.

Тому доцільно застосовувати інший метод виміру втрат неробочого ходу в польових умовах. Він безпосередньо виконує дослідження без навантаження, використовуючи електромережу як джерело живлення для експерименту. Враховуючи проблеми з ізоляцією первинної обмотки, для вимірювання струму неробочого ходу необхідно розробити спеціальний блок датчику струму на основі технологій Інтернету речей, який буде мати бездротовий канал зв'язку малої потужності і забезпечувати синхронний збір даних про напруги та струми неробочого ходу.

Пристрій буде живитися від внутрішньої батареї та керуватись блоком мікроконтролеру, який буде отримувати інструкції від віддаленого комп'ютеру, а потім починати збирання даних. Дані зберігаються в пам'яті та надсилаються на віддалений комп'ютер за допомогою бездротового зв'язку. Пристрій повинен забезпечувати три основні вимоги: точність, зв'язок та синхронізація.

Для забезпечення точності необхідно використовувати спеціальні датчики для вимірювання струму неробочого ходу. Наприклад, для діапазону струму холостого ходу 2 А – датчик затискного типу з точністю 0,1%.

Для забезпечення зв'язку блок вимірювання струму неробочого ходу необхідно встановити на виході високовольтної втулки. А джерело живлення експерименту забезпечується електромережею. Враховуючи високий рівень напруги у високовольтному введенні, використовується технологія зв'язку IoT із низьким енергоспоживанням LoRa.

Струм холостого ходу вимірюється датчиком струму, а напруга вимірюється трансформатором напруги на місці. Для розрахунку втрат холостого ходу потрібне синхронне отримання струму та напруги. Тому для запуску дискретизації потрібний синхронний сигнал запуску. Для забезпечення синхронізації можна використовувати модуль GPS, який може посилати тригерний сигнал із невизначеністю близько 15 нс. Вимірювання напруги запускається окремим модулем GPS. Система виміру напруги може з'єднується з ПК через послідовний зв'язок.

Як правило, високовольтний трансформатор має високий ККД, що становить близько 99% або навіть вище. Для трифазного трансформато-

ра потужністю 40 000 кВА при номінальній роботі на резистивне навантаження загальні втрати становлять приблизно 200 кВт. Похибки вимірювання струмів та напруги не повинні перевищувати 0,2 %.

Розробка и використання нового методу вимірювання втрат холостого ходу трансформатора в польових умовах, заснованого на Інтернеті речей, який забезпечить передачу даних з бездротового зв'язку та безпосереднє випробування на неробочому ході, використовуючи електромережу як експериментальне джерело живлення для вирішення проблеми джерела живлення. Для передачі даних можна використовувати технологію LoRa IoT і керувати дистанційно за допомогою модулів GPS, забезпечуючи синхронне отримання даних про струми та напругу. Система оперативного вимірювання втрат навантаження трансформаторів повинна розроблятися на основі Г-подібної схеми заміщення трансформатору. Якщо похибки вимірювання струму та напруги не будуть перевищувати 0,2 % то похибка при визначенні втрат буде обмежена 10 %.

УДК 621.31

Oleksandr Klymov¹, Dmytro Yarymbash²

¹PhD student, EM Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (EM), professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

INCREASING THE RELIABILITY AND STABILITY OF OPERATION OF OPERATING OIL-FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT

Due to the fact that a large amount of electrical equipment, in particular power transformers, was put into operation in 1960s-1980s, the transformer oils used for the manufacture of this equipment are more than 30 years old, and sometimes 50-60 years old. It is impossible to manufacture or import most brands of transformer oil used in domestic transformer production. Therefore, in order to support the sustainable production of electrical products, the further safe and reliable operation of transformers and all oil-filled electrical equipment the following issues have become topical, namely, finding and developing analogues to previously used types of transformer oils and the possibility of mixing existing types of oils with new ones without deteriorating their properties and reliability, and without compromising the safety of electrical equipment.

The aim is to study the influence of the physicochemical and electrophysical properties of transformer oil on the reliability and stability of electrical equipment.

Research is carried out using the methods given in standards and regulations, mixing of transformer oils, determination of physicochemical and dielectric properties. According to the research results, an algorithm will be developed for testing and operation of transformer oil according to physicochemical and electrophysical properties and operating conditions, and for determination of changes in the dependence of physicochemical and electrophysical properties when mixing different types of transformer oils. There will also be a method and algorithm developed for evaluation of mixed transformer oils and their application in electrotechnical equipment.

As a result, organizations that operate oil-filled electrical equipment will receive recommendations on methods of acceptance and application of new insulating fluid in new equipment, as well as application of new transformer oil in existing equipment.

УДК 621.365.5

Яримбаш Д.С.¹, Тютюнник П.О.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ ІНДУКТОРІВ МУНДШТУКА ПОТУЖНОГО ПРЕСУ

На вуглеграфітовому виробництві для виготовлення заготовок вугільно-графітових блоків і графітових виробів використовуються потужні преси з мундштуками, обладнаними індукторами нагріву. При проведенні через мундштук пресу відбувається ущільнення і формоутворення вугільно-графітової маси у заготовки. Від якості цих процесів залежить рівень втрат сировини в процесі виробництва та якості кінцевої продукції.

Забезпечення стабільності температурних режимів на робочих поверхнях мундштуків є основним критерієм якості для формування структури вугільно-графітових заготовок. Пресування заготовок блоків здійснюється із зусиллям до 63000 кН, через це мундштуки виготовляють дуже масивними. Для дотримання температурних режимів пресування мундштуки пресу обладнують пристроями індукційного нагріву – індукторами, які живляться від джерел змінного струму промислової частоти. Як правило, встановлюють два індуктори нагріву: один – на «заході» вугільно-графітової або графітової маси у мундштук, а другий – над «калібром» мундштука перед виходом заготовки. Масивні індуктори «заходу» і «калібру» мають велику потужність та складну конструктивну будову і разом із джерелами живлення змінним струмом промислової частоти та автоматизованою системою регулювання тем-

пературних режимів нагріву робочих поверхонь мундштука являють собою електротехнічний комплекс індукційного нагрівання. Основним критерієм роботи цього комплексу є забезпеченні високої точності технологічних температурних режимів під час процесу пресування заготовок. Зважаючи на складність конструкції, багатокомпонентність елементів, нелінійність фізичних процесів, пов'язаних з перетворенням електричної енергії в тепло, а також механічних і електрофізичних властивостей матеріалів, проектування таких систем стає складною, але дуже важливою науково-практичною задачею. Відомі інженерні методи та методики проектування мають свої обмеження щодо можливості створення нових конструктивних рішень і модернізації існуючих конструкцій.

Розвиток комп'ютерної техніки, математичних методів та програмного забезпечення відкриває нові можливості для розробки підходів до створення нових конструкцій за допомогою математичного моделювання електротеплових процесів в системі «індуктори - мундштук». Однак, для успішної реалізації цих можливостей необхідно розробити тривимірну математичну модель, яка дозволить визначати конструктивні параметри та і відтворити робочі режими з необхідною для виробництва точністю.

Метою роботи була розробка тривимірної електромагнітної моделі, яка відображає складну багатокомпонентну конструктивну будову індукторів, нелінійність фізичних властивостей його складових та її реалізація на основі методу скінчених елементів.

Геометрична модель мундштука пресу із встановленими індукторами створюється у середовищі Comsol Multiphysics. Виділяються групи конструктивних елементів, що мають однакові механічні, електрофізичні та теплофізичні властивості і характеристики. В середовищі Comsol Multiphysics створюється модель електромагнітних процесів, задаються значення параметрів і коефіцієнтів та функціональні описи залежностей електромагнітних властивостей. На поверхнях сполучення конструктивних елементів обирають умови спряження з урахуванням питомих значень теплових і електричних опорів. Для опису гістерезисних характеристики намагнічування масивних сталевих осердь індуктора використовується модель Джайлса-Атертона.

Процесам електромагнітного перетворення електричної енергії в індукторах мундштука преса відповідає система диференціальних рівнянь Максвелла у формулюваннях для електричного і векторного магнітного потенціалів яка доповнюється граничними умовами та умовами спряження. Реалізація моделі була здійснена методом скінчених елементів.

Застосування тривимірної математичної моделі дозволило визначити та проаналізувати крайові ефекти у лобових частинах обмоток та прилеглих до них частинах масивних індукторів. За результатами мо-

делювання було визначено, що для традиційної конструктивної схема розташування індукторів на зовнішній поверхні мундштука пресу характерна висока інтенсивність теплопередачі в оточуюче середовище. Було визначено, у лобових частинах індукторів теплова потужність на 12...18% більша ніж у центральній частині за рахунок крайових ефектів в індукторі при роботі на промисловій частоті. Внаслідок теплових втрат ефективність індукторів не дозволяє підвищити якість підтримання технологічного температурного рівня робочих поверхонь мундштука пресу на кінцевому етапі циклу пресування заготовок.

Це потребує проведення подальших досліджень з пошуку нового більш ефективного конструктивного виконання індукторів та визначення місць їх розташування для підвищення ефективності системи індукційного нагрівання. Такі дослідження доцільно буде проводити з використанням запропонованої тривимірної математичної моделі, що реалізується методом скінченних елементів і дозволяє враховувати складну багатокомпонентну конструктивну будову індукторів, нелінійність фізичних властивостей його складових.

УДК 621.3.013.1

Яримбаш Д.С.¹, Кучерявий А.В.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕРОБОЧОГО ХОДУ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРУ

Однофазні трансформатори малої потужності (ОТМП) отримали широке розповсюдження в різних електротехнічних установках, різноманітних пристроях для передачі і переробки інформації, системах автоматики. За своєю фізичною природою процес роботи ОТМП по суті такий же, як в трансформаторах середньої і великої потужності, але деякі параметри і величини, що пов'язані з потужністю трансформатора, є значно відмінними. Зокрема, струм неробочого ходу, який може сягати 50% значення первинного робочого струму трансформатора, величина номінальної напруги короткого замикання.

Втрати при роботі ОТМП поділяють на неробочого ходу і короткого замикання. Втрати неробочого ходу виникають внаслідок перемагнічування активної сталі осердя. Вони вважаються постійною складовою повних втрат потужності і залежать від якості трансформаторної сталі (марки, товщини), технології та якості виготовлення магнітної системи, якості проектування магнітопроводу. Останнім часом всі бі-

льше уваги приділяється саме рівню втрат неробочого ходу, рівень яких закладається ще на етапі конструкторської підготовки виробництва.

Якість конструкторської підготовки виробництва визначається достовірністю математичного опису процесів, що протікають при роботі ОТМП, а саме електромагнітних процесів перетворення електричної енергії змінного струму. Параметри режимів неробочого ходу, окрім конструктивних особливостей магнітної системи, визначаються впливом ефектів гістерезису і вихрових струмів, що обумовлюють гармонійний склад струму неробочого ходу, рівень питомих втрат і питомої потужності намагнічування.

В основному моделювання роботи трансформаторів базується на аналітичних або скінчено-елементних моделях [1]-[5]. Аналітичні моделі характеризуються відносною простотою та обчислювальною ефективністю, але не завжди адекватно і достовірно враховують конструктивні особливості і описують процеси, що протікають в самому трансформаторі [3]. Завдяки розвитку комп'ютерної техніки та спеціалізованого програмного забезпечення, поширення набули скінчено-елементні моделі. Вони дозволяють враховувати конструктивні особливості магнітної системи ОТМП і властивості матеріалів [4]. Їх головний недолік пов'язаний з необхідністю наявності значних обчислювальних ресурсів. Скінчено-елементні моделі не враховують вплив параметрів і процесів у зовнішньому по відношенню до трансформатора ланцюзі. Це обмежує можливості розрахункових моделей трансформаторів і ускладнює комплексний облік всіх факторів. Таким чином, для розробки повної і точної моделі трансформатора, що враховує всі фактори, необхідно подальший розвиток методів, які забезпечать спільну реалізацію схемних і скінчено-елементних моделей.

Метою роботи була розробка розробка і реалізація математичної моделі, яка враховує параметри зовнішнього ланцюга, комплексний вплив ефектів і конструктивних параметрів ОТМП параметри роботи в режимі неробочого ходу.

Комплексна математична модель повинна включати модель зовнішнього ланцюга і модель самого трансформатора. При цьому доцільно модель зовнішнього ланцюга уявити еквівалентною до схемної моделі, а модель трансформатора геометричною моделлю і моделлю електромагнітних полів, що описує процеси перетворення енергії змінного струму. Схемна модель зовнішнього по відношенню до трансформатора ланцюга може бути представлена ЕРС системи і еквівалентним комплексним опором, яке може мати активний, активно-індуктивний або активно-ємнісний характер. Модель електромагнітних процесів описується системою диференціальних рівнянь електромагнітного поля у фор-

мулюваннях напруженості магнітного і електричного поля, векторного магнітного потенціалу та індукції магнітного поля [4].

На внутрішніх границях розрахункової області задаються умови сполучення тангенціальних складових напруженості магнітного поля [4]. На зовнішніх – приймаються однорідні граничні умови [4].

Реалізація запропонованої комплексної моделі для режиму неробочого ходу розглядалася на прикладі однофазного трансформатора ТБС2-0.1 в програмному середовищі FEMM, який є безкоштовним та відрізняється простотою використання та точністю. Основні розміри і параметри трансформатора:

$$\begin{aligned}l_l &= 56 \text{ мм}; \\l_{sy} &= 18 \text{ мм}; \\h_{sy} &= 18 \text{ мм}; \\h_l &= 36 \text{ мм}; \\d &= 36 \text{ мм}; \\l_w &= 50 \text{ мм}; \\U_{HV} &= 380 \text{ В}; \\W_{HV} &= 1360; \\W_{LV} &= 147.\end{aligned}$$

Кістяк трансформатора збирається з пластин гарячекатаної тонколистової сталі марки 1511 товщиною листа 0.3 мм. Магнітна система складена з пластин прямокутної форми з прямими стиками. Властивості цієї сталі задавались кривою намагнічування

Для покращення результатів моделювання та скорочення часу ініціалізації процесу проектування в даній роботі застосовувалось поєднання програмного забезпечення FEMM та Octave [5], [6]. Також це поєднання дозволить при дистанційному керуванні FEMM за допомогою GNU Octave ідеально проектувати і отримувати електромагнітні характеристики.

В роботі за допомогою скрипту, який запускався в програмному середовищі GNU Octave та моделі трансформатора виконувався автоматичний розрахунок вектору струму неробочого ходу. Розрахунок базується на використанні матриці імпедансу трансформатора без навантаження (тобто відкрита вторинна обмотка) з первинної обмоткою, що працює при номінальній проектній напрузі. Приблизний імпеданс використовується для масштабування похибки між необхідним і обчисленим напруженнями для отримання нового наближення вектора струму.

Враховуючи те, що задача є нелінійною, ітераційний розрахунок відбувається до тих пір, поки похибка між необхідною і обчисленою напругою на клеммах не стане меншою ніж 0,1 В.

Запропонована комплексна математична модель трансформатора, що заснована на синтезі схемної моделі зовнішнього електричного

кола, геометричної моделі та моделі електромагнітних полів, дозволила з високою достовірністю описати процеси електромагнітного перетворення енергії в трансформаторі. Завдяки цьому було враховано комплексний вплив ефектів гістерезису, вихрових струмів, конструктивних параметрів і параметрів зовнішньої ланцюга на процеси і параметри трансформатора.

Порівняння результатів моделювання з експериментальними даними показало високу точність комплексної моделі. Похибка по амплітуді струмів неробочого ходу не перевищує 0,38%, по фазі 0,45%. Похибка по втратах неробочого ходу не перевищує 0,78%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dommel H. W. Electromagnetic Transients Program Reference Manual (EMTP Theory Book); 2nd ed. [Text] / H. W. Dommel, S. Bhattacharya, V. Brandwajn, H. K Lauw, L. Marti. Portland, OR: Bonneville Power Admin., 1992.

2. Kasztenny B. An improved transformer inrush restraint algorithm [Text] // Kasztenny B., Kulidjian A. / 53rd Ann. Conf. Protective Relay Engineers. GER-3989A, College Station, April 11-13. – 2000.

3. Jamali M. Calculation and Analysis of Transformer Inrush Current Based on Parameters of Transformer and Operating [Text] / M. Jamali, M. Mirzaie, S. Asghar-Gholamian / Elektronika and Elektrotechnika. – 2011. – Vol. 109. – No. 3. – pp. 17–20. DOI: 10.5755/j01.eee.109.3.162.

4. Yarymbash D. Analysis of inrush currents of the unloaded transformer using the circuit-field modelling methods [Text] / D. Yarymbash, S. Yarymbash, M. Kotsur, T. Divchuk \ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 3. – No. 5/93. – pp. 6–11, DOI: 10.15587/1729-4061.2018.134248

5. Finite Element Method Magnetics: <https://www.femm.info>

6. CNU Octave: <https://octave.org/>

УДК 621.365.32

Тютюнник О.В.², Ярымбаш Д.С.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АКТИВНОЮ ПОТУЖНІСТЮ ПЕЧІ ГРАФІТАЦІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ

Основними регульованими параметрами, що впливають на масовий вихід та якість електродної продукції, є електрична потужність печі

графітації та загальна кількість електроенергії, спожита піччю за одну кампанію. Виробництво карбіду кремнію, як правило, здійснюється одночасно на кількох секціях графітації (трансформаторах), в кожній з яких періодично підключаються нові печі. Кількість печей графітації в секції може досягати 8-10 може досягати, кожна з яких має свої електроізоляційні характеристики, що залежать від зносу печі. Витіки струму, викликані зносом ізоляції печі, призводять до недостатнього вибору електроенергії, недотриманню технологічного процесу і як наслідок позначаються на якості електродної продукції.

Розроблено систему керування активною потужністю печі графітації змінного струму з урахуванням електричного ККД печі. Запропоновано математичну модель печі графітації змінного струму, складену методом «вхід-вихід» за масивом вимірюваних електричних параметрів печі:

В якості змінної стану моделі обрана електрична провідність печі графітації змінного струму, а в якості керуючого впливу – напруга на відводах головного шинного пакету секції, що підводиться від регульованого трансформатору. Розрахунок електричної провідності здійснюється відповідно до електротеплової моделі печі графітації та даних вимірювань на стороні низької напруги, що дозволяє на основі електричних параметрів, визначених в певні моменти часу, обчислити фактичний опір керну печі.

Це дозволяє оцінити електричний ККД печі. В якості автоматичного регулятора потужності було застосовано адаптивний ПІ-регулятор, параметри якого розраховуються рекурентним методом найменших квадратів. Імітаційне моделювання дозволило оцінити похибку регулювання активної потужності печі, що становить 5%.

Розроблена система керування активною потужністю печі графітації змінного струму дозволяє вести графітації в автоматичному режимі за довільно заданим графіком. Керування з урахуванням поточного ККД виключає вплив ізоляційних характеристик різних печей на хід технологічного процесу графітації. Це призводить до більш однорідної якості та масового виходу електродної продукції, що дозволяє технологам проводити більш точні дослідження з розробки нових рецептів шихти та графіків графітації.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ

На сьогодні електростанції, що використовують фотоелектричні перетворювачі енергії набувають все більшої популярності для електропостачання різноманітних об'єктів. Більшість досліджень спрямовано на створення нових технологій і обладнання для ефективного використання сонячної енергії використання сонячної енергії споживачами для різних регіонів. При проектуванні будь-якої фотоелектричної установки першочерговим питанням є вибір джерела актинометричних даних. Існує велика кількість підходів до визначення валового потенціалу сонячної енергії, однак не всі вони містять повний масив даних, необхідних для проектування, а деякі з них не дуже точні, а інші складні у використанні та їх точність обмежена періодом спостереження.

Метою роботи було розробка методики оцінки потенціалу сонячної енергії, яка поєднує розрахункові та експериментальні данні, і дозволяє з високим ступенем достовірності визначати погодинні суми всіх компонентів сонячної радіації на різноорієнтованих приймальних поверхнях.

Сучасна концепція розвитку глобальної енергетичної системи України та основні тенденції політики ресурсо- та енергозбереження визначають необхідність серйозної інтеграції традиційних і відновлюваних енергогенераторів. Серед численних електростанцій, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, найбільш швидко розвиваються електростанції, які в даний час реалізують у своїй роботі принцип використання сонячної енергії. Потік сонячної радіації є основним доступним джерелом високоякісної енергії, яку легко акумулювати та перетворювати в інші види енергії. Пристрої для його перетворення – фотоелектричні установки відрізняються надійністю, стабільністю, простотою обслуговування і практично необмеженим терміном служби. Невелика вага, габарити, модульна конструкція дозволяє створювати установки будь-якого призначення і потужності. Тому в даний час фотоелектричні перетворювачі енергії набувають все більшої популярності для електропостачання різних об'єктів як паралельно з мережею, так і в автономному режимі.

При проектуванні будь-якої фотоелектричної установки пріоритетним є вибір джерела актинометричних даних. Усі підходи до визначення інтенсивності сонячної радіації можна розділити на два види: розрахункові та експериментальні. До аналітичних методів відноситься

метод розрахунку валового потенціалу сонячної енергії з обмеженою кількістю інформації та з повною інформацією. Більшість основних підходів до визначення інтенсивності сонячного випромінювання вимагають додаткової оцінки точності в порівнянні з даними, отриманими за допомогою метеорологічних спостережень поблизу заданої географічної точки, яка не завжди є у вільному доступі і вимагає трудомісткої обробки. Крім того, не всі вони дозволяють розрахувати всі необхідні характеристики сонячного випромінювання. Розрахункові методи не можуть бути застосовані для розрахунків геліотехніки, оскільки порівняння та аналіз результатів, проведених аналітичними методами, виявив необхідність їх перевірки супутниковими даними про інтенсивність сонячного випромінювання. Найбільш достовірні вихідні дані містяться в інформаційних базах прямих актинометричних вимірювань характеристик сонячної радіації, отриманих за допомогою наземних і супутникових вимірювань. Для підвищення точності масиву даних сонячної інтенсивності період спостережень повинен бути значним, що не завжди можливо реалізувати.

В роботі представлено та досліджено метод експрес-оцінки потенціалу сонячної енергії, отриманий шляхом поєднання розрахункових та експериментальних даних, який дозволяє з високою точністю визначати погодинні суми всіх компонентів сонячної радіації на різноорієнтованих приймальних поверхнях.

Погодинні суми прямої та розсіяної сонячної радіації на приймальній поверхні, розташованій горизонтально до поверхні Землі при яасному небі, визначаються широтою місцевості, часом і порядковим номером доби, процесами заломлення та поглинання прямого та розсіяне сонячне випромінювання в атмосфері озonom, сумішшю газів, водяною парою, а також релеївське та аерозольне розсіювання сонячного випромінювання. Для врахування впливу атмосферних умов на величину прихідного потоку сонячної радіації вводяться коефіцієнти атмосферних умов, значення яких визначаються на основі середньомісячних значень прямої та розсіяної сонячної радіації на 1 м² площі горизонтальної приймальної зони, отримана на основі багаторічних актинометричних вимірювань. Моніторинг роботи сонячної електростанції в Запорізькій області надав експериментальні дані, отримані за період часу п'ять років.

Інтенсивність сонячної радіації за період з 2016 по 2021 рр. була отримана шляхом постійного контролю експериментальним шляхом та шляхом розрахунку за запропонованою методикою для заданої точки. Короткі періоди спостережень не можуть забезпечити високої точності, тому що навіть за одну добу для різних років отримані значення інтенсивності сонячного випромінювання можуть сильно відрізнятися один

від одного через низку впливаючих факторів, включаючи короткий період усереднення.

Отримано середнє відхилення 0,5...7 % для кожного дня протягом року, що підтверджує високу точність запропонованого методу розрахунку валового потенціалу сонячної енергії. Але також були виявлені періоди з більш високими значеннями середнього відхилення. Це періоди великої хмарності, вологості та низької температури повітря. Середнє відхилення виміряних і розрахункових значень коливається в діапазоні 7...28 %.

Розрахункові та актинометричні значення різняться в діапазоні від 0,5% до 9,2% по місяцях року. Найвищі значення абсолютного відхилення добової сонячної інтенсивності отримано для червня та березня за аналізом умов хмарності навесні та високої частки прямої сонячної енергії. інсоляційна складова влітку внаслідок ясного неба під час моніторингу експлуатаційних характеристик СЕС. У липні та серпні зафіксовано значення сонячної радіації на 3,6-5,9% вище розрахованих експериментальними приладами. Такі відхилення в отриманих результатах можна пояснити тривалістю періоду експериментальних спостережень. Відхилення розрахункових і виміряних значень знаходиться в межах до 3,9% для інших місяців і 2,7% для року, що свідчить про достатній рівень точності результатів, отриманих запропонованим методом.

Висновок: Розрахункові методи визначення потенціалу сонячної енергії не завжди дають результат, який має повний масив необхідної інформації, а також потребує додаткових розрахунків для підвищення їх точності. Сфера застосування баз даних, довідників, атласів також обмежена через низьку розгалуженість пунктів спостереження за сонячною радіацією земної поверхні та станом атмосфери. Поєднання аналітичного та експериментального підходів спрямоване на підвищення точності результатів оцінки потенціалу сонячної енергії. Для підвищення ефективності поєднання цих підходів пропонується використовувати усереднені данні період понад 15-20 років, з їх подальшою інтерполяцією. Відхилення для кожної доби протягом року знаходиться в межах 0,5-7%, що свідчить про високу достовірність результатів розрахунку сумарної інтенсивності сонячної радіації, отриманих за запропонованою методикою. Абсолютне значення відхилень розрахункових значень від актинометричних по місяцях року коливається від 0,5% до 9,2%.

ВИМІРЮВАННЯ СТРУМІВ ШИХТОВАНИХ ШИНОПРОВОДІВ З ВЕЛИКИМИ СТРУМОВИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ

На підприємствах, що виробляють великогабаритні електрографітові вироби, застосовуються потужні печі опору змінного струму, які об'єднуються у секції печей. Для живлення таких секцій печей застосовують шихтовані багаторядні шинопроводи змінного струму, які мають значну довжину і працюють з великими або з надвеликими струмовими навантаженнями.

Такі шинопроводи повинні мати високу надійність в експлуатації. Проте контроль їх струмового навантаження здійснюється розрахунковим способом за даними виміру струмів на високій стороні пічного трансформатора.

На цей час для контролю стану і розподілу струмових навантажень по шинах шихтованих шинопроводів відсутні апаратні засоби для таких струмових вимірювань. Проте їх розробку слід вважати актуальною і у практичному, і у технічному, і у науковому плані.

Для побудови нової системи вимірювань запропоновано поєднання добре апробованих датчиків струму на основі поясів Роговського, які проектується за даними математичного моделювання магнітних полів, що створюються змінними струмами кожної шини з кожного ряду шихтованих шинопроводів.

У зв'язку із обмеженими відстанями між шинами у рядах шихтованих шинопроводів запропоновано по дві пари вимірювальних обмоток поясу Роговського розміщувати по ширині шин як над ними, так під ними перпендикулярно бічним поверхням. Такі обмотки необхідно з'єднувати між собою послідовно таким чином, щоб утворити біфілярні контури, які охоплюють кожну шину у шинопроводі.

Отже, для вимірювання струму у шинах необхідно змонтувати по дві обмотки, бажано з прямокутним контуром. Проте осьовий розмір зазначених обмоток не може перевищувати ширину шини. Отже він буде мати обмеження від 10 до 20 мм у разі застосування шин прямокутного профілю з алюмінію.

У зв'язку з тим, що силові лінії поля над шинами і під ними мають істотну кривизну, то проектування обмоток поясів Роговського здійснювали за даними польового моделювання осесиметричного поля для пакету шин одного ряду шинопроводу.

За даними моделювання розподіл горизонтальної складової магнітної індукції на відстані 10 мм від верхньої поверхні шини є виражено нерівномірним. Так горизонтальна складова індукції над бічною поверхнею шини у 2,5 – 2,7 раз менше її значення над серединою ширини шини.

Для усунення негативного впливу такого розподілу магнітного поля було запропоновано спроектувати обмотки із розгоном витків і середній області по їх осьовому розміру. Тоді щільність витків буде збільшена у зворотній пропорції до зменшення горизонтальної складової індукції магнітного поля уздовж осі вимірювальної обмотки. Крім того розгін витків по осі обмотки не призводить до зміни їх зовнішніх розмірів і не ускладнює їх монтаж на шинах.

У зв'язку із зміною напрямку струмів на зворотній у розташованих поруч шинах пояси Роговського кожної з таких шин з'єднуються у зустрічному порядку. Тоді результуючий сигнал від усіх поясів Роговського буде відповідати струмовому навантаженню для окремого ряду багаторядного шинопроводу із коефіцієнтом підсилення 2.

Результати розрахунку і проектування системи вимірювання струму дворядного шихтованого шинопроводу з прямокутними шинами на основі поясів двохобмоткових поясів Роговського верифікувалися з даними 2D польового моделювання у структурі засобів FEMM.

Верифікацію здійснювали для ділянки довжиною 1 м для однорядного шинопроводу з 16 шинами шириною 12 мм і висотою 120 мм кожна. Відстань між шинами складала 15 мм.

Була встановлена пропорційна залежність сумарного сигналу обмоток поясів Роговського від струмового навантаження шинопроводу. Тому порівняння модельної точності вимірювань із вихідними даними струмового навантаження здійснювалося у відносних одиницях. При зміні струмового навантаження від 10% до 120% від номінального вихідний сигнал поясів Роговського змінювався від 9,98% до 121,11%. Отже максимальне значення струмової похибки для запропонованої системи вимірювання, яке відповідає максимальному струмовому навантаженню, не буде перевищувати 0.925%.

Отже запропонована система вимірювання струмів з класом точності 1 повністю задовольняє технологічні вимоги до вимірювання струмового навантаження великих печей опору для забезпечення відповідності виробничих процесів технологічним завданням вводу потужності.

Проведені дослідження, аналіз їх результатів та зроблені висновки дозволяють розширити область застосування запропонованої системи вимірювання великих струмів на інші технологічні системи і обладнання змінного струму, яке використовується на підприємствах електрометалургійного профілю.

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ НАДІЙНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СПОЖИВАЧІВ УКРАЇНИ

Енергопостачання стало самою уразливою ланкою сільської інфраструктури України. Відносно сільських територій досить сказати, що роботи по підтримці мереж в робочому режимі не фінансуються більше десяти років, повністю призупинено їх оновлення і реконструкція. При цьому враховуючи незадовільний стан електричних мереж регіональним мережевим компаніям економічно не вигідно передавати від 10 до 100 кВт електричної потужності деяким споживачам, що викликано величезними втратами.

У більшості сіл України за наявності електричного світла немає гарячого водопостачання і доволі часто центрального опалення. У цих населених пунктах проблема опалювання житла стає усе більш напруженою. Рішення її з більшою часткою ймовірності можливо за допомогою відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). У зв'язку з цим, специфічні особливості енергопостачання децентралізованих споживачів регламентують економічну доцільність використання місцевих енергоресурсів на базі ВДЕ. Потреба в енергії таких споживачів викликається необхідністю забезпечення, в основному, для опалювання житла, приготування їжі і освітлення.

Застосування в якості енергоносіїв різних видів ВДЕ матиме для таких споживачів вагомий внесок. У багатьох сільських районах країни зосереджені різні види ВДЕ – сонячної, вітрової, органічних відходів тваринництва і сільського господарства, малих гірських і передгірних потоків та ін. Одне із головних переваг ВДЕ в таких районах полягає в тому, що вони знаходяться безпосередньо в місцях їх використання.

Проте енергія використання одного виду поновлюваного джерела не дозволяє забезпечити повну електрифікацію цих районів, із-за нестійкості приходу первинного ресурсу. Тому гарантію в енергопостачанні може забезпечити паралельна робота декількох видів ВДЕ.

Особливість об'єднання енергоустановок на базі ВДЕ пов'язана не лише зі змінним характером приходу первинної енергії, а також з проблемою акумуляції і резервування. Для того, щоб ці проблеми звести до мінімуму, необхідно передбачити можливість комплексного використання декількох видів ВДЕ шляхом створення мікроенергосистем.

Для формування МЕС потрібне, передусім, знати характеристику району її розміщення по виду і об'єму енергоресурсів поновлюваних джерел і характерні риси споживачів.

Поняття мікроенергосистеми автономного енергопостачання, працюючої на ВДЕ можна представити як комбінацію пристроїв (установок), які виробляють електричну енергію за допомогою: фото- і термоперетворювачів, вітроенергетических установок, гідроелектростанцій та інших електростанцій, або комбінацію пристроїв (установок), що перетворюють енергію ВДЕ в теплову енергію. І також преобразовательних підстанцій для узгодження параметрів електричної або теплової енергії із загальними параметрами енергії в електричних і теплових мережах, акумуляторів, установок споживачів електричної, або теплової енергії.

В той же час, об'єднання в одну енергосистему установок тих, що використовують декілька різних за характером поновлюваних джерел, дає можливість вирівнювати енергію, що виробляється, і на тривалих, і на коротких тимчасових інтервалах. Це пов'язано, передусім, з різночасним характером приходу первинної енергії і наявністю значної випадкової складової. У практичному аспекті використання великий інтерес представляє розгляд коротких інтервалів спостереження - річного, місячного, тижневого, добового, годинного і коротших інтервалів. Зі зміною інтервалу спостереження залежності для оцінки приходу енергії поновлюваних джерел відрізняються. Можна виділити характерні тимчасові ряди, впродовж яких одне джерело поновлюваної енергії може виступати гарантованим (що має постійний прихід), а з іншою слід розглядати як стохастичний. Наприклад, при короткостроковому (година, доба) і середньостроковому (тиждень, місяць) інтервалах об'єднання гідравлічної енергії з сонячною і вітровою забезпечує досить стійку систему, оскільки гідроенергія може забезпечити демпфування коливань сонячної і вітрової енергії. Якщо ж узяти годинний інтервал, то гарантованими джерелами можуть бути і сонячна і вітрова енергія.

Економічне застосування ВДЕ можливо буквально в кожній області, кожному районі України вже зараз. При цьому для надійного енергозабезпечення споживачів вирівнювання графіку вироблення енергії від ВДЕ, необхідно враховувати характер приходу первинної енергії. В ході досліджень районів і площ, які відповідають вимогам на наявність ВДЕ, а також і комплексного їх застосування, можна буде підібрати для таких районів свою схему системи енергопостачання на базі ВДЕ. Для здійснення ефективного енергообеспечення споживачів, потрібне розміщення таких систем ближче до населеного пункту.

Можливість комплексного використання ВДЕ в районах децентралізованого енергопостачання дозволяє вирішити ряд важливих завдань енергетики України: використання усіх джерел енергії, окремо

взятого району; постачання віддалених споживачів енергії, шляхом створення автономних енергооб'єктів; забезпечення екологічної безпеки робіт таких об'єктів; створення децентралізованих електро- і теплостанцій; проведення енергозбережної політики.

Крім того, спільна дія ВДЕ дозволяє використати їх взаємозамінюваність, понизити залежність від сезону і погодних умов, підвищити надійність електропостачання, скоротити капітальні вкладення, створити додаткові робочі місця.

У зв'язку з цим створення і дослідження функціональних можливостей автономного комплексного вузла на ВДЕ і з'ясування принципів управління режимами функціонування (генерації, перетворення і споживання енергії) є основною проблемою синтезу енергоперетворюючих пристроїв. Об'єм досліджень в області нетрадиційної енергетики в Україні і у світі, проведений на сьогодні, а також промислові розробки енергоустановок на основі поновлюваних джерел, гостро ставлять завдання розвитку використання ПДЕ на першочерговий рівень.

УДК 661

Назаренко І.А.¹, Васильєва Д.Р.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-211 НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ В РОБОЧИХ РЕЖИМАХ (МОНІТОРИНГ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ)

В останні роки загострилося завдання забезпечення надійної експлуатації силових трансформаторів. Це пов'язано зі зростанням кількості трансформаторів, відпрацювали свій нормативний термін експлуатації, та зниженням розмірів фінансування ремонтних та випробувальних робіт. В більшості випадків перебої в електропостачанні споживачів спричинені раптовими пошкодженнями трансформаторного обладнання, при яких ремонт або заміна пошкодженого трансформатора є витратними (як за часом, так і за фінансовими витратами) заходами. У той же час, існуючі методи випробувань та діагностування силових трансформаторів, що не дозволяють достовірно виділити трансформатори, у яких поява дефекту найімовірніша. Тому графіки ремонтів силових трансформаторів складаються не за результатами визначення їхнього поточного стану, а за терміном служби. В літературних джерелах по діагностуванню силових трансформаторів використовується чотири принципи класифікації систем діагностування:

По призначенню:

- поточне – визначення стану, правильності та можливості виконання об'єктом його функцій;

- прогнозує – збір даних для прогнозування можливих змін об'єкту;

За засобом проведення діагностування:

- функціональне (в робочому режимі, без виводу трансформатора з експлуатації);

- тестове.

По режиму роботи:

- безперервний – постійний контроль вибраних параметрів об'єкта в процесі його роботи;

- періодично діючий – контроль параметрів здійснюється періодично через задані проміжки часу;

- разовий – використовується, коли необхідно отримати додаткову інформацію про контролюєми об'єкт.

За ступеню автоматизації:

- автоматичні – алгоритми збору, перетворення і обробки інформації функціонують без безпосередньої участі людини;

- автоматизовані – збір і перетворення інформації відбувається автоматично, але аналіз інформації приводиться оперативним персоналом.

Відомі нормативні документи по випробуванню силових трансформаторів. Однак, ряд авторів відмічають, що стандартні процедури діагностування не відповідають сучасним вимогам надійності та економічній доцільності та пропонують нові альтернативні рішення [1]. При цьому основне напруження у розвитку методів діагностування полягає в більш детальному уявленні технічного стану обладнання за рахунок застосування нових методів діагностування і автоматизації вимірів параметрів обладнання в режимі моніторингу (під робочою напругою). Є пропозиції о доцільності організації комплексного діагностування за сукупністю непрямих ознак про наявність дефектів [2]. Найбільшою ефективністю у попередженні аварій трансформаторів мають системи безперервного контролю, які використовують комплекс датчиків, що реагують на максимально можливе число видів дефектів, які розвиваються при роботі, іншими словами системи моніторингу.

Загальними для систем моніторингу є мета – виявлення на ранній стадії розвитку небезпечних для трансформатора дефектів безпосередньо під час роботи. Також загальною є наявність загальної системи обробки, аналізу і відображення в зручному для експлуатаційного персоналу параметрів стану трансформатора. Різними є комплекси чутливих к дефектам датчиків і методи виявлення небезпечного стану вузлів трансформаторів [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабін С.В. Особливості розрахунку трансформаторів струму з комбінованим магнітопроводом [Текст] // С.В. Бабін, В. В. Карасев / Електротехніка. – 1983. – № 7. – с. 42–45.
2. Dranetz power platform. Operetor's manual. USA, dranetz technologies, INC. - 1994. – 70 p.

УДК 661

Назаренко І.А.¹, Кізілов С.А.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-251сп НУ «Запорізька політехніка»

РАДІАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХОНЬ ТЕПЛООБМІНУ НАГРІВАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ

Питання вивчення радіаційних характеристик набувають все більшого значення у зв'язку з розширенням можливостей розрахунків теплотехнологічних агрегатів. Значення радіаційних характеристик поверхонь, що беруть участь в теплообміні, дозволяє підвищити точність розрахунків. Вогнетривке футерування є активним елементом і створює істотний вплив на теплообмін випромінюванням в робочому просторі полум'яних печей. В процесі експлуатації вогнетривке футерування зазнає значних змін під дією високих температур і агресивних середовищ. В першу чергу змінюються поверхневі шари, властивості яких є визначальними при радіаційному теплообміні в промислових печах.

Створення оптимальних умов протікання процесів теплообміну випромінюванням в самих різних металургійних печах вимагає знання радіаційних характеристик всіх компонентів робочого простору. Дуже мало робіт проводилося за визначенням ступеня чорноти вогнетривів, що застосовуються для футерування печей. Експериментальні дані вітчизняних вогнетривів майже відсутні, а їх спектральна і інтегральна ступінь чорноти дослідженні вкрай слабо. Тому дослідження інтегральних радіаційних характеристик ряду промислових вогнетривів є актуальним завданням.

В роботі [1] досліджено залежність радіаційних характеристик вогнетривів в залежності від їх терміну служби. Досліди показали, що нові вогнетриви мають доволі низьку спектральну міру чорноти в діапазоні коротких хвиль (1...4) мкм. Але зі збільшенням строку служби спектральна міра чорноти в цьому діапазоні суттєво збільшується. Таким чином після двох років експлуатації міра чорноти у діапазоні усіх довжин хвиль має приблизно однакове значення. В процесі експлуатації інтегральна ступінь чорноти, як високоглиноземистих, так і шамот-

них вогнетривів футерування зростає в 1,4 – 1,7 рази в порівнянні з новими вогнетривами.

Цікаві дослідження авторів [2] які також стверджують, що при аналізі теплообміну випромінюванням необхідно знати радіаційні характеристики всіх компонентів робочого простору. Для твердих матеріалів вони в значній мірі залежать від стану поверхні і конкретних умов нагріву. В процесі експлуатації в прохідних нагрівальних печах поверхню вогнетривкої футеровки піддається впливу високотемпературних продуктів горіння і пилоподібних матеріалів, внаслідок чого змінюється мінералогічний склад поверхневого шару і відповідно радіаційні характеристики футерування. У роботі [3] наведені дослідження спектральної міри чорноти вогнетривів. Показано, що для найбільш поширених в нагрівальних печах алюмоселікатних вогнетривів в зазначеному спектральному діапазоні для нових вогнетривких матеріалів ця величина лежить в межах (0,4 ... 0,5). Проведені на практиці дослідження показали, що тільки до (1,5 ... 2) років експлуатації величина ϵ стає рівною (0,8 ... 0,9).

Висновки. Слід відзначити, що створення оптимальних умов протікання процесів теплообміну випромінюванням в самих різноманітних металургійних печах потребує знання радіаційних характеристик усіх компонентів робочого простору. Однак радіаційні характеристики елементів робочої камери печі вивчені недостатньо. Дуже мало робіт проводилося по визначенню міри чорноти вогнетривів, що застосовуються для футерування печей. Експериментальні дані вітчизняних вогнетривів майже відсутні, а їх спектральна та інтегральна міра чорноти дослідженні вкрай слабо. Тому дослідження інтегральних радіаційних характеристик ряду промислових вогнетривів є актуальною задачею. Зазначимо, що не дивлячись на окремі публікації, більшість науковців, стверджують, що вогнетриви не мають рахуватися сірими та селективність радіаційних властивостей футерування необхідно враховувати у розрахунках теплообміну випромінюванням в робочому просторі печей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Neues Programm zur Forderung rationaler Energieverwendung in der Industrie [Text]. Stahl und Eisen. – 1988. – 108. – №13. – s.654.
2. Кекайси Н. Разработка энергосберегающих технологий для металлургических печей [Текст] //Ненре Кекайси / Soc.Jap. – 1988. – 67. – №7. – с.607–609.
3. Jones J.M. A compilation of data on the radiant emissivity of some materials at high temperatures [Text] // J.M. Jones, P.E.Mason, A.Williams / Journal of the Energy Institute. – 2019. – Vol. 92. – Issue 3. – P. 523-534. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2018.04.006>

МОЖЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОФАЗНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗА ІНТЕГРАЛЬНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ АКТИВНИХ ТА РЕАКТИВНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ

Однофазні трансформатори малої потужності (ТМП) широко використовуються в різних електротехнічних установках, різноманітних пристроях для передачі та переробки інформації, у різних системах автоматики. Як правило, експериментальні параметри та характеристики ТМП визначаються за допомогою дослідів – холостого ходу та короткого замикання, що вимагають виведення трансформатора з робочого режиму. У той же час рік у рік зростає інтерес до контролю параметрів і характеристик ТМП саме в робочому режимі [1].

Загальновідомі, але мало використовуються практично можливості визначення низки параметрів і характеристик трансформаторів по активним і реактивним потужностям.

Справді, для будь-якої k -тої ділянки СЗ трансформатора справедливі формули

$$R_k = \frac{P_k}{I_k^2} ; X_k = \frac{Q_k}{I_k^2} \quad (1)$$

На жаль, пряма процедура визначення реактивної потужності за миттєвими значеннями струму та напруги невідома. Реактивну потужність у принципі можна знайти за формулою Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК)

До речі відзначимо, що поняття «реактивна потужність» та її визначення протягом тривалого часу є предметом суперечок, особливо при аналізі енергопроцесів у ланцюгах, що містять пристрої, що впливають на синусоїдність форми кривих напруги та струму (трансформатор – характерний приклад таких пристроїв!). Безліч формул для визначення реактивної потужності отримані при різних вихідних посилках без належного фізичного обґрунтування, а в саме поняття реактивної потужності різними авторами вкладається неоднаковий сенс. У більшості робіт визначення реактивної потужності пов'язується з інтенсивністю фізичних процесів обміну електромагнітною енергією між окремими частинами електричного ланцюга, причому причиною такого обміну називається

наявність у ланцюзі реактивних елементів. На сьогоднішній день існує кілька основних визначень реактивної потужності ланцюга змінного струму.

Інше визначення реактивної потужності було дано Фризе на початку тридцятих років і утвердилося в термінології з електротехніки. Тут реактивна потужність – це корінь квадратний із різниці квадратів повної та активної потужностей. Це визначення повторює запис у вигляді формули

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{U^2 I^2 - P^2}, \quad (2)$$

У роботі [2] показано, що реактивну потужність в ланцюзі з несинусоїдальними величинами необхідно розраховувати по іншому, ніж у ланцюзі, де передача та споживання електричної енергії відбуваються при синусоїдальних струмах та напругах; там же розглянуті проблеми, що породжуються наявністю реактивної потужності у разі несинусоїдального навантаження.

Звідси випливає, що використання якоїсь універсальної реактивної потужності не є обґрунтованим, тим більше що обидва визначення формальні і не мають чіткого фізичного сенсу (хоча вони цілком правильні математично, якщо мати на увазі лише чисельне значення реактивної потужності).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабін С.В., Особливості розрахунку трансформаторів струму з комбінованим магнітопроводом [Текст] // С.В. Бабін, В. В.Карасев / Електротехніка. – 1983. – № 7. – с. 42–45.

2. Dranetz power platform. Operetor's manual. USA, Dranetz technologies, INC, 1994. – 70 p.

УДК 662.614.2:661.975:669.18

Назаренко І.А.¹, Кривогузов М.М.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-251сп НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ПИТАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗЛИТКАХ ПРИ НАГРІВАННІ У РЕКУПЕРАТИВНИХ НАГРІВАЛЬНИХ КОЛОДЯЗЯХ

Рекуперативні нагрівальні колодязі з опаленням з центру поду мають істотні конструктивні недоліки, що впливають на якість металу, що нагрівається, питома витрата палива і інші показники. Підвищення якості нагріву особливо важливо для підприємств, де виробляються

високолеговані і спеціальні сталі. Режими нагрівання таких марок сталі вимагають тривалої витримки, тому важливо дослідження і вдосконалення теплообмінних процесів в цей період.

Дослідження температурного поля злитків, що нагріваються в колодязях, пов'язане зі значними труднощами, чим пояснюється невелика кількість публікацій на цю тему, присвячених, в основному, нагріванню злитків рядових марок сталі [1]. Особливість теплової роботи колодязів полягає в вертикальному розташуванні факела і нерівномірному тепловиділенні по висоті, що призводить до нерівномірного нагрівання злитків. Для оцінки нерівномірності нагрівання виміри температури проводилися в осьовому перерізі зливка на трьох рівнях по висоті: верхньому (у головній частині), середній і нижній [2].

В ході підготовки до досліджень були виготовлені два досвідчених зливка з нержавіючої сталі, вагою 3,5 т з отворами для термопар. У бічній стіні колодязя під час ремонту виконали прорізи, через які в досвідчений злиток вводилися термопари, після чого отвори герметизувати. Термопари були встановлені також перед і після рекуператорів на димовій стороні і в горизонтальних каналах підігрітого повітря перед пальником (див. рис. 1).

У досвідчених нагрєвах злиток з отворами встановлювали поряд з робочою термопарою, показання якої виведені на щит КВП. Температура в дослідному зливку контролювалася в семи точках: у верхньому перетині розташовувався дві точки, в середньому - три, в нижньому - дві. Замір температури проводили термопарами в захисних чохлах з жароміцної сталі в комплекті з багаточетним потенціометром.

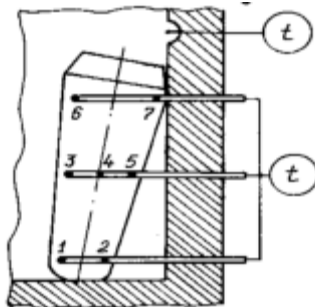


Рисунок 1 - Схема розміщення термопар на нагрівальному колодязі в зливку, що досліджувався

Досліджувані колодязі опалюються коксодоменною сумішшю з теплою згоряння 6,7 МДж / м. Розміри робочої камери 4,8...4,6 м, висота 3,0 м.

У колодязі будуть нагріватися п'ятнадцять злитків сталі 08Х18Н10Т. Дослідні злитки нагріватимуться спільно зі злитками такої

ж ваги, форми і подібної марки стали. Необхідно контролювати також витрату палива, повітря, тиску в осередку. Витрата повітря буде підтримуватися системою автоматичного регулювання співвідношення «газ-повітря». Посад і нагрів металу проводиться згідно до діючої інструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Neues Programm zur Forderung rationaler Energieverwendung in der Industrie. Stahl und Eisen. 1988. – 108. – №13. – s.654.

2. Кекайси Н. Разработка энергосберегающих технологий для металлургических печей [Текст] // Ненре Кекайси / Soc.Jap. – 1988. – 67. – №7. – с.607–609.

УДК 661

Каюков Ю.М.¹, Медіновська-Артьоменко Г.М.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-232м НУ «Запорізька політехніка»

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Сучасний розвиток світової економіки невід’ємно пов’язаний із зростанням темпів виробництва енергії. Біля 90 % енергії ми отримуємо за рахунок органічних видів палива- нафти, вугілля, газу. Ці джерела енергії ще називають невідновлюваними, бо швидкість їх нагромадження в надрах Землі набагато менша швидкості їх витрачання (приблизно у 106 разів) [1].

Людству необхідно все більше й більше енергії, отримати яку за рахунок невідновлюваних джерел у недалекому майбутньому буде важко чи взагалі неможливо. Дійсно, за різними оцінками, розвіданого органічного палива вистачить на 30...50 років. Якщо врахувати так звані геологічні запаси, які будуть своєчасно розвідані, а експлуатація їх не затримується, то, з урахуванням все зростаючого рівня витрат енергії, органічного палива може вистачити ще років на 100...150. Причому тільки вугілля ще довгий час може зберігати своє місце в енергетичному балансі. Проте використання його супроводжується високим рівнем забруднення атмосфери Землі. Ядерна енергетика, яка на сьогодні має значно більше сировинних ресурсів ніж органічне паливо, динамічно розвивалась у світі протягом останніх 20...30 років [2].

Тому у світі все більше звертають увагу на використання так званих відновлюваних джерел енергії – тепла Землі, енергії вітру, припливів та

відпливів, біогазу, сонячного випромінювання, тощо. Практично всі ці джерела енергії повністю зумовлені прямою дією Сонця. Серед зазначених джерел одним із найбільш перспективних є пряме перетворення сонячного випромінювання в електрику в напівпровідникових сонячних елементах [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична стратегія України до 2035 року. <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245214948> (Дата звернення 02.06.2021)
2. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона Україні Solarsistem: веб сайт. URL: <https://solarsystem.com.ua/ru/shho-take-sonyachna-energetyka-chy-potribna-vona-ukrayini/> (дата звернення: 15.05.2021)
3. Сонячна енергетика в Україні Avenston: веб сайт. URL: <https://avenston.com/articles/solar/> (дата звернення: 15.05.2021).

УДК 661

Каюков Ю.М.¹, Стукал Д.Є.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-212м НУ «Запорізька політехніка»

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРОГЕНЕРАТОРАМИ

Існуючі на сьогодні джерела енергії поділяють на традиційні та альтернативні. До традиційних відносять корисні копалини - нафту, газ, вугілля. Їх найбільший недолік полягає в тому, що це - непоправні запаси. У цьому полягає перший фактор, який призводить до розуміння необхідності використання інших енергоносіїв. Рано чи пізно навіть найбагатші родовища вичерпають себе, тому пошук нових варіантів отримання енергії стає з кожним роком більш актуальною [1].

Питання збереження екології стає все більш актуальним з кожним роком. Одним з найважливіших його чинників є пошук альтернативних джерел енергії, до яких відноситься і вітряна електроенергія.

Вітровий генератор є другим найбільш поширеним джерелом альтернативної енергії і поступається тільки сонячним електростанціям [2].

Довгий час вітрові установки використовувалися виключно для промислової генерації енергії з-за своїх великих габаритів і дорожнечі. З розвитком технології ККД вітрогенератора вдалося підвищити, а розміри зменшити, що зробило вітряки доступними для приватних домогосподарств.

Вітроустановки виробляють електричну енергію практично без забруднення навколишнього середовища, але при цьому їх негативний вплив пов'язано з відведенням під будівництво значних територій і зміною ландшафту, шумовими ефектами, перешкодою поширенню радіосигналів, вібраційних дією, загрозою загибелі птахів, металоемкістю вітроустановок, що обумовлює забруднення при виробництві металу [3].

Основним недоліком вітроенергетичних станцій є використання під будівництво ВЕС значних земельних ресурсів. Під потужні промислові ВЕС необхідна площа з розрахунку від 5 до 15 км² / МВт в залежності від рози вітрів і місцевого рельєфу району. Максимальна потужність, яка може бути отримана з 1 км² площі, залежить від району установки ВЕС, типу станції і технологічних особливостей конструкції; середнє значення одержуваної потужності дорівнює приблизно 10 МВт. Для ВЕС потужністю 1000 МВт потрібно площа в 70-200 км², хоча велика частина цих земель може бути використаною. Самі ВЕС займають лише 1% всієї території, на 99% решти можна займатися сільським господарством або іншою діяльністю, що здійснюється в таких густонаселених країнах, як Данія, Нідерланди, Німеччина.

Один з недоліків таких ВЕС – неприємні звуки, викликані обертанням лопатей ротора. Люди скаржилися, що нерідко при наближенні до електростанції вони починали відчувати дискомфорт і іноді навіть напади невмотивованого страху. Тварини і птиці воліли відразу залишати зони, забудовані ВЕС, а перелітні птахи ухилялися від маршруту і робили гак у кілька кілометрів, щоб їх облетіти.

Особливу екологічну проблему представляють шумові впливи вітроагрегатів потужністю 250 кВт і вище. Проблема генерації ВЕУ ультразвуку була подолана шляхом вибору профілю лопаті і швидкості обертання вітроколеса, а точніше-решт лопаті вітроколеса [4,5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична стратегія України до 2035 року. <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245214948> (Дата звернення 02.06.2021)
2. Енергетичний перехід. Індустрія вітроенергетики в Україні набирає оберти. <https://energytransition.in.ua/industriya-vitroenergetyky-v-ukrayini/>
3. Держенергоефективності. Вітроенергетика. <https://sace.gov.ua/uk/ae/windenergy>
4. Вітрогенератори: типи, принцип роботи, ефективність <https://comfortsellers.com.ua/vitroheneratory-typu-pryntsy-roboty/>
5. Півняк Г. Основи вітроенергетики: підручник [Текст] / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро: НГУ. – 2015. – 335 с

СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНИХ ВТРАТ ТРАНСФОРМАТОРУ

Традиційні способи визначення магнітних втрат детально описані у [1]. Існують два принципово різних підходи до визначення магнітних втрат. Перший, і найбільш розповсюджений підхід, оснований на індукційному методі вимірювання і дає змогу безпосереднього визначення тільки електричних величин: е.р.с. у вимірювальній обмотці і струму у намагнічувальній обмотці трансформатора. прикладами таких методів є : метод ампер-вольтметра; потенціометричний метод, вимірювання втрат за допомогою ваттметрів; диференціальний метод визначення втрат та інші. Другий підхід – це калориметричні випробування – це випробування, при яких втрати у машині, визначаються на підставі кількості тепла, що виділяється, втрати підраховуються виходячи з тепла, яке поглинається охолоджувальним агентом і тепла, яке розсіюється до навколишнього середовища. Очевидно, що на практиці у робочих режимах силових трансформаторів реалізується тільки перших підхід.

Розглянемо метод визначення магнітних втрат, який описаний у [1]. На первинну обмотку трансформатора подають номінальну напругу, а вторинну обмотку залишають ненавантаженою. При цьому вимірюють струм в первинній обмотці трансформатора і напругу у його вторинній обмотці. Виміряні струм та напруга представляють у формі масивів миттєвих значень і зберігають у пам'яті оперативного зберігального пристрою. Потім з отриманими масивами миттєвих значень проводять ряд обчислень. За масивом струму розраховують миттєві значення напруженості магнітного поля. Миттєві значення магнітної індукції визначають за допомогою інтегралу напруження у вторинній обмотці, вважаючи відомими площину активного перерізу магнітопроводу, число витків вторинної обмотки і частоти перемагнічування. Далі знаходять питомі магнітні втрати за площиною петлі гістерезису. При цьому для визначення пошуканої площини використовують формулу площини трапецій, а для розрахунку питомих втрат – густину матеріалу зразка. Повну потужність втрат розраховують за добутком діючих значень напруги і струму, а реактивну складову потужності визначають як корінь з різниці квадратів повної і активної потужностей.

Аналогічно виглядають і інші традиційні методи визначення магнітних втрат: спочатку визначають електричні величини – струм і на-

пругу; потім з використанням характеристик магнітопроводу розраховують магнітні параметри напруги і індукції магнітного поля і вже за ними визначають значення магнітних втрат. Особливістю описаного методу є застосування масивів миттєвих значень струмів і напруги і специфічних алгоритмів розрахунку, які використовуються для визначення за цими масивами інтегральних значень напруги і площини петлі гістерезису [2].

Такий підхід має два істотних недоліки. По-перше, інформація про середню силову лінію та переріз магнітопроводу реальних силових трансформаторів в ряді випадків може бути не достовірною або зовсім бути відсутньою, і по-друге, перехід від електричних величин до магнітних істотно ускладнює розрахунки. Крім того, такий метод не може бути використаний для визначення магнітних втрат, коли трансформатор працює в своєму нормальному робочому режимі, а дослід холостого ходу не проводився.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мілих В.І. Електротехніка та електромеханіка: Навч. Посібник [Текст] // Мілих В.І. – К.: «Каравела», 2006.

2. Трансформатори. Загальні відомості про трансформатори. Принцип дії та будова. ДПТНЗ «ВМВПУ»: веб сайт. URL: <http://vmvpu.vn.ua>. (дата звернення: 7.04.2021)

УДК 621.365.5

Лапкіна С. О.¹, Кашпор Д.А.,² Глушкова Я.В.³

¹ асист. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-212м НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-222м НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ТРИФАЗНОГО СИНХРОННОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Оскільки останніми роками забруднення навколишнього середовища та брак енергії стають дедалі помітнішими, країни в усьому світі почали звертати увагу на ці дві проблеми та висувати контрзаходи. Як високопродуктивний двигун змінного струму, синхронний двигун з постійними магнітами має переваги невеликого розміру, високої надійності, високого коефіцієнта потужності та питомої потужності, а також високої ефективності. Таким чином, розробка та популяризація синхронних двигунів із постійними магнітами зможе значною мірою задовольнити потреби промисловості сучасного суспільства у високоефек-

тивних двигунах. Але в той же час, як система, яка може реалізувати перетворення між електромеханічною енергією, структура двигуна складається з електричних систем та механічних систем, таких як статори, ротори та підшипники, та його загальна структура відносно проста.

У цій статті аналізується розрахований трифазний синхронний двигун з постійними магнітами потужністю 1 кВт, а також моделюються та аналізуються характеристики синхронного двигуна без навантаження та під навантаженням.

Характеристики моделі двигуна без навантаження були проаналізовані методом кінцевих елементів, включаючи рішення проти-ЕРС холостого ходу, гармонійного складу проти-ЕРС і радіального розподілу щільності потоку в магнітному полі повітряного зазору. Коли синхронний двигун з постійними магнітами працює без навантаження, існують лише постійні магнітні поля (основне магнітне поле та магнітне поле розсіювання), створювані постійними магнітами двигуна. Протиелектрорушійна сила (E_0) холостого ходу є дуже важливим параметром синхронного двигуна з постійними магнітами. Величина E_0 в значній мірі впливає на динамічні й усталені характеристики двигуна. Розумна конструкція двигуна може зменшити струм холостого ходу та покращити коефіцієнт потужності та ефективність, та зменшити температуру двигуна. Після аналізу відношення амплітуди проти-ЕРС холостого ходу проєктованого синхронного двигуна з постійними магнітами до амплітуди прикладеної напруги U становить близько 0,95, що доводить, що конструкція двигуна вдала і має хороші характеристики холостого ходу.

Крім того, були змодельовані стаціонарні характеристики синхронного двигуна з постійними магнітами при номінальному навантаженні та отримані форма хвилі вихідного крутного моменту, втрати в міді в обмотці статора та втрати в залізнму сердечнику (включаючи втрати на гістерезис у залізнму сердечнику та втрати на вихрові струми); проаналізовано процес роботи двигуна від половинного навантаження до повного навантаження, і доведено, що двигун має хорошу вантажопідйомність та динамічні характеристики. Дане дослідження створює основу подальшого аналізу моделювання.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРУ У РОБОЧОМУ РЕЖИМІ

Одною з головних проблем сучасної енергетики є наявність великої кількості силових трансформаторів, які вже відпрацювали свій нормативний ресурс. За деякими даними сумарна потужність парку ключових силових трансформаторів, які встановлені в енергосистемах країн СНД та які відпрацювали більше 25 років складає більше 600ГВА. Кожного року кількість таких трансформаторів збільшується приблизно на двісті одиниць.

Таким чином, найбільш актуальною задачею електроенергетики на найближчі десять років стає забезпечення тривалості надійної експлуатації «старого» парку. Існує основні дві причини за якими, ніякі гарантії не зможуть закрити проблеми безвідказної, безаварійної експлуатації силових трансформаторів: по-перше, термін дії виробу – є величиною ймовірною і, по-друге, невідповідність предписаних режимів експлуатації реальним може приводити до прискорення витрати ресурсу. Вирішують цю проблему за допомогою діагностичного контролю.

У подальших дослідженнях будуть розглядатися повздовжні гілки заміщення трансформатора, параметри яких відповідають активним опорам і індуктивностям розсіювання обмоток трансформатора. Аналіз процесів, які проходять у трансформаторі можна вести за допомогою схем його заміщення: Т-подібної, Г-подібної. При цьому важливо мати на увазі, що Т-подібна схема більш точно відображає процеси, які відбуваються у трансформаторі, у той час як застосування Г-подібної схеми значно спрощує процес визначення параметрів схеми заміщення. Дослідження проводимо для двох випадків: перший випадок – трансформатор має одну ненавантажену обмотку, доступну для вимірів; другий – коли трансформатор такої обмотки не має. Основна складність розрахунків Т-подібної схеми заміщення заключається у недоступності для безпосереднього вимірювання напруги і струмів. Наявність у трансформатора додаткової ненавантаженої обмотки дозволяє повністю вирішити цю проблему. Тому по-перше розглянемо саме цей випадок і будемо для його розрахунку використовувати Т-подібну схему заміщення. У другому випадку суворий розрахунок Т-подібної схеми заміщення не можливий, тому в цьому випадку будемо використовувати спрощену Г-подібну схему заміщення.

Керуючись міркуваннями, які викладені вище, будемо мати на увазі використання миттєвих значень струмів і напруги, які представлені у вигляді масивів числових значень. У наступному етапі, вказані дані передаються на комп'ютер або мікроконтроллер, де проводяться їх обробка за допомогою програм, які реалізують зазначені методики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мілих В.І. Електротехніка та електромеханіка: Навч. Посібник [Текст] // Мілих В.І. – К.: «Каравела», 2006.

2. Трансформатори. Загальні відомості про трансформатори. Принципи дії та будова. ДПТНЗ «ВМВПУ»: веб сайт. URL: <http://vmvpu.vn.ua>. (дата звернення: 7.04.2021)

УДК 669.04

Кузьменко А.А.¹, Пендак А.М.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-250 сп НУ «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ ТРИСТУПІНЧАСТОЇ СХЕМИ ВИПАРОВУВАННЯ В ПАРОВІЙ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВЦІ Е – 25–14 ГМ

В барабанних котельних установках з природною циркуляцією, до яких відноситься котельна установка Е – 25 – 14 ГМ, для виключення можливості утворення накипів необхідно, щоб концентрація солей у воді була нижчою за критичну, при якій починається їх випадання з розчину. З метою підтримки необхідної концентрації солей, з котельної установки продувкою виводиться деяка частина води, і разом з нею видаляються солі в такій кількості, як вони надходять з поживною водою. В результаті продування кількість солей, що міститься у воді, стабілізується на допустимому рівні, що виключає їх випадання з розчину. Застосовують безперервне та періодичне продування котельної установки.

Безперервне продування забезпечує рівномірне видалення з котельної установки розчинених солей, що накопичилися, і здійснюється з місця найбільшої їх концентрації - у верхньому барабані.

Періодичне продування застосовується для видалення шламу, що осів в елементах котельної установки, і проводиться з нижніх барабанів і колекторів котельної установки через кожні (12...16) годин.

Безперервне продування p , %, встановлюється за допустимою концентрацією у воді котельної установки розчинних домішок, найчас-

тіше за загальним солемістом, і виражається у відсотках паропродуктивності котельної установки

$$P = D_{\text{пр}} / D,$$

де $D_{\text{пр}}$ і D - витрати продувної води та номінальна паропродуктивність котельної установки, кг/год.

Витрата поживної води $D_{\text{пв}}$, за наявності безперервного продування, становить, кг/год

$$D_{\text{пв}} = D + D_{\text{пр}}.$$

Кількість води, що видаляється безперервним продуванням, встановлюється з рівняння сольового балансу котельної установки, кг/год

$$D_{\text{пв}} S_{\text{пв}} = D S_{\text{n}} + D_{\text{пр}} S_{\text{пр}} + D S_{\text{отл}}$$

де $S_{\text{пв}}$; S_{n} ; $S_{\text{пр}}$ - солемісти поживної води, пари та продувної води, мг/кг;

$S_{\text{отл}}$ - кількість речовин, що відкладаються на поверхнях нагрівання, віднесене до 1 кг пари, що отримується, мг/кг.

В котельних установках середнього тиску типу Е - 25 - 14 ГМ кількість солей, що виносяться парою, незначна, і член $D S_{\text{n}}$ можна прирівняти до нуля. Відкладення солей на поверхні нагрівання при нормальному водному режимі котельної установки не допускається, і член $D S_{\text{отл}}$ також має дорівнювати нулю. Тоді кількість води, що видаляється з продуванням, кг/год

$$D_{\text{пр}} = D_{\text{пв}} S_{\text{пв}} / S_{\text{пр}} = D S_{\text{пв}} / (S_{\text{пр}} - S_{\text{пв}}).$$

Тобто

$$P = S_{\text{пв}} 100 / (S_{\text{пр}} - S_{\text{пв}}).$$

Застосування безперервного продування, що є основним способом підтримки необхідної якості води барабанної котельної установки, пов'язане зі збільшенням витрати поживної води та тепловими втратами. На кожний кілограм продувної води витрачається теплота, кДж/кг

$$q = (h_{\text{пр}} - h_{\text{пв}}) / \eta_{\text{к}},$$

де $h_{\text{пр}}$ і $h_{\text{пв}}$ - ентальпії продувної та поживної води, кДж/кг;
 $\eta_{\text{к}}$ - ККД котельної установки.

З метою зменшення втрат теплоти з продуванням, слід прагнути до зменшення кількості води, що виводиться з котельної установки. Ефективним методом зниження продування є ступінчасте випаровування води.

В котельній установці Е – 25 – 14 ГМ реалізована схема триступінчастого випаровування з виносними циклонами, які разом з включеними в них екранами, утворюють сольові відсіки котельної установки. Сутність ступінчастого випаровування або ступінчастого продування полягає в тому, що випарна система котельної установки поділяється на ряд відсіків, з'єднаних за парою та розділених по воді. Поживна вода подається лише у перший відсік. Для другого відсіку поживною водою служить продувна вода з першого відсіку. Продувна вода з другого відсіку надходить у третій відсік.

Оскільки концентрація солей у воді третього відсіку значно вища, ніж у воді при одно- та двоступінчастому випаровуванні, для виведення солей з котельної установки потрібен менший відсоток продування, що піднімає ККД котельної установки та приводить до економії палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зиков А.К. Парові і водогрійні котли [Текст] / А.К. Зиков. Київ: Вища школа, 2017. - 128 с.

2. Ткаченко С.Й. Котельні установки: навч. посіб. [Текст] / С.Й. Ткаченко, Д.В. Степанов, Л.А. Боднар. Вінниця: ВНТУ, 2016. - 185с.

УДК 669.04

Кузьменко А.А.¹, Самсоненко Д.С.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-250 сп НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ З ВІДХІДНИМИ ГАЗАМИ В КОТЕЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ БМ - 35 М

Аналіз проводиться при спалюванні в котельній установці БМ – 35М природного газу з газопроводу Дашава - Київ. Втрати теплоти з відхідними газами займають основне місце серед теплових втрат котельної установки і становлять (5...12) % теплоти палива (в нашому випадку – 7,2 %). Цей вид втрат виникає через те, що фізична теплота (енталпія) газів I_{yx} , що виходять з котельної установки при температурі v_{yx} ,

перевищує фізичну теплоту повітря, що надходить в котельну установку та палива.

Втрати теплоти з відхідними газами визначають за формулою, %

$$q_2 = (Q_2 / Q_{p^p}) 100,$$

де Q_2 – абсолютна величина втрат, кДж/м³;

Q_{p^p} – наявна теплота палива, кДж/м³.

Величина втрати теплоти з відхідними газами залежить від об'єму, а також складу продуктів згоряння, і від температури відхідних газів, тобто

$$Q_2 = f(v_e^0 / Q_n^c; \alpha_{yx}; v_{yx}).$$

1. Відношення v_e^0 / Q_n^c характеризує якість палива, показує відносний вихід продуктів згоряння (при $\alpha = 1$) на одиницю теплоти згоряння палива та залежить від вмісту в ньому баластових складових (азоту N_2 , двоокису вуглецю CO_2 та кисню O_2 - для газового палива). Зі збільшенням вмісту в паливі баластових складових і, отже, величини v_e^0 / Q_n^c , втрата теплоти з відхідними газами зростає.

2. Одним з можливих напрямів зниження втрати теплоти з відхідними газами є зменшення коефіцієнту витрати повітря в відхідних газах α_{yx} . Величина α_{yx} залежить від коефіцієнту витрати повітря в топці α_m та повітря, що присмоктувалося в газоходи котельної установки $\Delta\alpha$

$$\alpha_{yx} = \alpha_m + \Delta\alpha.$$

Зі зменшенням α_m втрата теплоти Q_2 (q_2) знижується, проте при цьому, у зв'язку зі зменшенням кількості повітря, що подається в топку, можлива поява іншої втрати теплоти – від хімічної неповноти згоряння палива Q_3 (q_3). Оптимальна величина α_m вибирається з урахуванням досягнення мінімального сумарного значення ($q_2 + q_3$).

Можливість зменшення α_m залежить від роду палива, що спалюється, і типу топкового пристрою. При спалюванні газового палива коефіцієнт витрати повітря у топці приймають $\alpha_m = (1,1 \dots 1,15)$ в залежності від паропроductивності котельної установки. Для котельної установки БМ – 35 М при спалюванні природного газу $\alpha_m = 1,15$. Присоси повітря газовим трактом котельної установки ($\Delta\alpha$) практично приймають рівними $\Delta\alpha = (0,15 \dots 0,3)$. Для даної котельної установки $\Delta\alpha = 1,35 - 1,15 = 0,2$.

3. Найважливішим фактором, що впливає на Q_2 , є температура відхідних газів v_{yx} . Зниження v_{yx} досягається установкою в хвостовій частині котельної установки тепловикористовуючих поверхонь водяно-

го економайзера і повітропідігрівача, що реалізовано в котельній установці БМ – 35 М.

Чим нижче температура газів і, відповідно, менше температурний напір Δt між газами і робочим тілом, що нагрівається (поживна вода або повітря), тим більша поверхня потрібна для охолодження газу на одну і ту ж величину. Підвищення ж температури відхідних газів призводить до збільшення втрат з Q_2 та, отже, до додаткових витрат палива при виробленні однієї й тієї кількості пари. В ряді випадків зниження v_{yx} обмежується можливістю зовнішньої корозії хвостових поверхонь нагрівання через конденсацію ними водяних парів, які знаходяться у продуктах згоряння. Температура газів не повинна перевищувати температуру точки роси, значення якої багато в чому визначається вмістом в димових газах оксидів сірки, тобто $v_{yx} < t_{роси}$.

Температура відхідних газів промислових парових котельних установок, залежно від їх паропродуктивності, якості і вартості палива, температури поживної води і повітря, що надходить, приймається рівною (110...170) °С і вище. Температура газів має вирішальний вплив на теплову економічність котельної установки. Зниження температури газів на (12...16) °С підвищує ККД котельної установки приблизно на 1 %.

Зменшення температури відхідних газів пов'язано з необхідністю збільшення конвективних поверхонь нагрівання і зростанням витрати електроенергії на тягу і дуття. Додаткові витрати, що виникають при цьому, можуть окупатися за рахунок економії палива.

В загальному випадку оптимальна температура відхідних газів з котельної установки визначається на підставі техніко – економічних розрахунків за мінімумом розрахункових витрат за даної ціни палива. Для котельної установки БМ – 35 М визначена $v_{yx} = 160$ °С.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кисельов Н.А. Котельні установки [Текст] / Н.А. Кисельов. Київ: Вища школа, 2015. – 280 с.
2. Волощук В.А. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. [Текст] / В.А. Волощук, А.К. Денісов, І.П. Трофимчук. Рівне: НУВГП, 2013. – 277с.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ЗРІДЖЕННЯ ТА ЗАМОРОЖУВАННЯ ГАЗІВ

$T - S$ діаграма процесів переведення газу в рідкий та твердий стани зображена на рисунку 1. Початковий стан газу в т.1 – $P_{нс}$ і $T_{нс}$. Розглянемо випадки, коли $T_{нс} > T_{кр}$, оскільки при $T_{нс} < T_{кр}$ рідкий стан газу може бути досягнуто лише ізотермічним стисканням без використання інших процесів. Якщо охолоджувати газ від т. 1 при $P_{нс} = \text{const}$, то температура його буде знижуватися до т. 2, а потім у процесі (2 – 3) відведення теплоти буде супроводжуватися зменшенням ступені сухості до тих пір, поки весь газ не перейде в рідкий стан. Тобто газ буде переведено в рідкий стан при тому ж значенні $P_{нс}$. Кількість теплоти, що при цьому необхідно відвести $q_{зр} = h_1 - h_2$, а мінімальна робота для зворотного проведення цього процесу дорівнюватиме різниці ексергій в кінцевому та початковому станах $l_{зр} = e_3 - e_1$.

Для отримання твердої речовини відведення теплоти необхідно продовжити. При подальшому відведенні теплоти речовина при $T = T_4 = \text{const}$ перейде спочатку в рідкий, а потім в твердий стан т. 5.

Кількість теплоти, що відводиться при цьому, буде більше $q_{зр}$ і дорівнюватиме $q_{замор} = h_1 - h_5$, а мінімальна робота $l_{замор} = e_5 - e_1 > l_{зр}$.

Переведення газу в рідкий і твердий стани може бути здійснено і при $P > P_{нс}$, для чого потрібно стиснути газ до відповідного тиску при $T_{нс}$. Якщо $P < P_{кр}$, то процес протікатиме аналогічно з тією різницею, що конденсація проходитиме при більш високій температурі, а питома теплота пароутворення r зменшиться, поки при $P = P_{кр}$ не стане рівною 0.

При надкритичному тиску $P > P_{кр}$ газ переходить в рідкий стан також при $T = T_{кр}$ (т. 7), але без поступової конденсації. Подальший перехід у рідкий та твердий стани (7 – 8 – 9) відбувається так само, як і при інших тисках. Частина теплоти, що відводиться при $T = T_{нс}$, залежно від тиску, може змінюватися від 0 до 1.

Таким чином, процес зрідження та заморожування газу може бути проведений трьома способами:

1. Відведенням теплоти при $P_{нс} = \text{const}$ і температурах, що змінюються від $T_{нс}$ до температури фазових переходів.

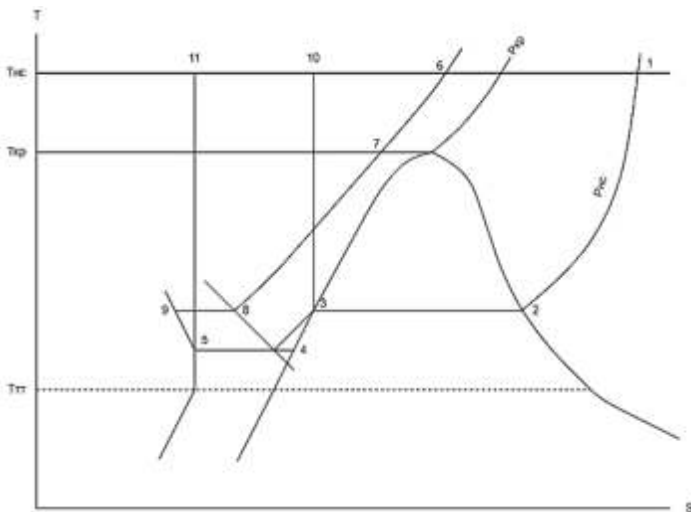


Рисунок 1 – $T-S$ діаграма процесів зрідження та заморожування газів

В таблиці 1 наведено значення мінімальної роботи та теплоти процесів зрідження та заморожування деяких кріоагентів при $P_{nc} = 0,1$ МПа; $T_{nc} = 293$ К, в кДж/кг.

Таблиця 1 – Робота та теплота процесів зрідження та заморожування

Кріоагент	Зрідження		Заморожування	
	$l_{зр}$	$q_{зр}$	$l_{замор}$	$q_{замор}$
Аргон	462,5	270,0	547,2	302,5
Азот	740,5	421,0	1121,0	470,0
Водень	15 500,0	3860,0	18800,0	4000,0
Повітря	710,0	421,0	-----	-----
Гелій	6633,0	1527,0	-----	-----
Метан	1050,0	900,0	1320,0	1030,0
Неон	1572,0	361,0	1812,0	383,0
СО	733,0	220,0	1538,0	658,0
СО2	363,0	208,0	656,0	309,0
Кисень	615,0	398,0	861,0	476,0

2. Відведенням всієї теплоти при T_{nc} в процесі ізотермічного стискання з подальшим ізобарним охолодженням при температурах, що знижуються.

3. Відведенням всієї теплоти при T_{nc} з подальшим адіабатним розширенням до кінцевого тиску $P = P_{кр}$.

Третій спосіб не знайшов застосування, оскільки для його здійснення газ необхідно стискати до тиску в десятки і сотні МПа.

У всіх трьох випадках при зворотному проведенні процесів, сумарна робота повинна бути однаковою за однакових початкових і кінцевих параметрах і дорівнювати різниці ексергій $l_{\min} = e_{\text{кін}} - e_{\text{поч}}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Двойнос Я.Г. Процеси глибокого охолодження: теорія і практичні завдання: навч.посіб [Текст] / Я.Г. Двойнос. Київ: КПІ, 2019. – 67с.
2. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія: навч.посіб. [Текст] / М.М. Масліков. Київ: НУХТ, 2010. – 98 с.

УДК 669.04

Петрик О.А.¹, Петрик Б.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-250 НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВНИЙ РЕЖИМ НАГРІВУ МЕТАЛУ В НАГРІВАЛЬНИХ КОЛОДЦЯХ

Створено і досліджено оптимальні, перспективні і безпечні режими нагріву металу в колодці, з вдосконаленням технологічного процесу, що буде здійснюватися розрахунково. Новий режим нагріву металу призведе до зниження температур, що впливають на метал під час тривалого знаходження у нагрівальних колодцях, що у свою чергу дозволить знизити угар металу, за рахунок скорочення кількості шлаку, що з'являється та отримати значний економічний ефект на виробництві.

Завданням нагрівальних колодязів є отримання доведених до температури прокатки та рівномірно прогрітих по перерізу злитків [1,2]. Розроблений режим спрямований на зниження надходження металу в зоні високих температур вище за 1300 оС (томлення проводиться тільки один раз), що дозволяє знизити їх перегрів у процесі нагрівання і, як наслідок, зменшити оплавленість злитків та підвищене окалиноутворення.

Таблиця 1 – Порівняльні дані розрахунку з даними, що отримуються за класичною методикою

Розглянута величина	Дослідний режим	Класична методика	відхилення
Середня температура поверхні злитку, °С	1340	1320	+20
Тривалість нагрівання, час в годинах	3,33	2	+1,33
Тривалість томлення, час в годинах	1,23	2,57	-1,34
Коефіцієнт окалиноутворення, мм/год ^{0,5}	2,646	2,445	+0,201
Квадрат товщини окалини, мм ²	12,593	19,541	-6,948
Витрата металу із шлаком, кг/м ²	11,214	13,969	-2,755
Маса шлаку, кг	112	139,52	-27,52
Витрата шлаку, кг/т	7,12	8,87	-1,75

Згідно з новим режимом нагрівання, злитки, після посадки в нагрівальні колодязі, нагріваються до температури 1200 оС (замість 1320–1340 оС за класичною схемою нагрівання металу [3]). Потім нагрівання

припиняється та здійснюється підтримка температури на заданому рівні до початку нагрівання за мінімально можливий час.

Розраховано вплив нового режиму нагрівання на питому витрату зварювального шлаку.

Розрахунок витрати шлаку при нагріванні злитків з витримкою після посадки при температурі 1200 оС і одним з нагріванням у нагрівальних колодязях виконаний відповідно до методики [4]. Результати зведені до таблиці 1.

Таким чином, при впровадженні нового режиму з витримкою при температурі 1200 оС після посадки злитків у нагрівальний колодязь і з одним нагріванням відбувається очікуване зниження витрати шлаку, що складе – 1,75 кг/т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Губінський В.І. Металургійні печі: Навч. Посібник [Текст] / В.І. Губінський. Дніпро: НМетАУ, 2006. – 85 с.

2. Гребельний, В.М. Підвищення ефективності роботи нагрівальних колодязів прокатних цехів [Текст] / В.М. Гребельний, В.М. Плотинний. Київ: Техніка, 2007. – 192с.

3. Аксельруд, Л.Г. Сучасні нагрівальні колодязі. Сталь №3 [Текст] / Л.Г. Аксельруд. Металург, 2000. – 231с.

4. Казанцев Е. И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. 2-е издание, дополненное и переработанное [Текст] / Е. И. Казанцев М. «Металлургия», 1975. – 368 с.

УДК 662.614.2:661.975:669.18

Петрик О.А.¹, Остапенко О.А.², Петров М.І.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-251сп НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ РОЗІГРІВУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ АГРЕГАТИВ (ПОВІДОМЛЕННЯ 1)

Теплотехнологічна установка (піч-агрегат), являє собою сукупність робочого простору, у межах якого здійснюється високотемпературний процес, і устаткування, що забезпечує його реалізацію.

Верхня частина огороження реактора (робочого простору) називається склепінням. Склепіння – це елемент, що визначає стійкість агрегату загалом і впливає на техніко-економічні показники виробництва.

На печах з інтенсивним продуванням ванни киснем стійкість склепіння становить близько 300 плавов. У процесі плавки на склепіння печі впливають такі фактори:

- нерівномірність нагріву внутрішньої поверхні склепіння по довжині та ширині внаслідок нерівномірності температурного поля факела при розігріванні агрегату;
- коливання температури ходу залежно від технологічних періодів;
- зміна хімічного та фазового складів вогнетривкого матеріалу склепіння в результаті впливу бризок шлаку та металу, плавильного пилю та газової атмосфери робочого простору печі.

Інтенсифікація теплового та технологічного режимів сприяє посиленню та прискоренню дії вищевказаних процесів.

Тому питанню якісного розігрівання склепіння агрегату треба приділяти особливу увагу.

Розглянемо схему потоків теплоти у високотемпературному агрегаті при розігріві високотемпературного агрегату (Рис.1).

Тепловий баланс буде мати вигляд:

$$M_{\text{прих}} = M_{\text{витрат}} \quad (1)$$

Прихід теплоти розраховується по наступній формулі:

$$M_{\text{прих}} = M_{\text{хім.т}} + M_{\text{фіз.т}} + M_{\text{фіз.пов}}, \quad (2)$$

де $M_{\text{хім.т}}$ – хімічна теплота палива, ГДж;

$M_{\text{фіз.т}}$ – фізична теплота палива, ГДж;

$M_{\text{фіз.пов}}$ – фізична теплота повітря, яке надійшло на горіння, ГДж.

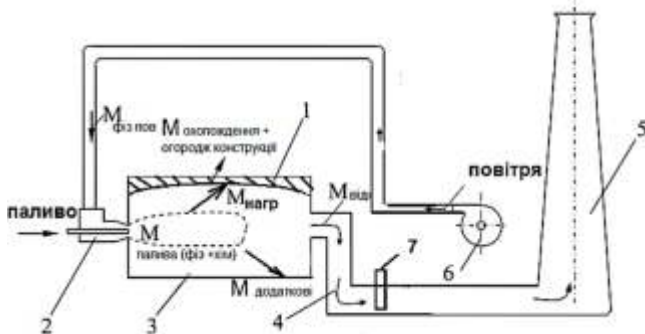


Рисунок 1 – Потoki теплоти у високотемпературному агрегаті при розігріві:

1 – робочий простір печі; 2 – пальник; 3 – склепіння; 4 – димовий канал;

5 – димова труба; 6 – вентилятор; 7 – димовий шибер

Витрати теплоти розраховуються по наступній формулі:

$$M_{\text{витрат}} = M_{\text{нагрів}} + M_{\text{відх}} + M_{\text{охол.к}} + M_{\text{охол.ш}} + M_{\text{ок}} + M_{\text{випром}} + M_{\text{виб.г.}} + M_{\text{підсм}}, \quad (3)$$

де $M_{\text{нагрів}}$ – витрати теплоти на нагрів склепіння, ГДж;

$M_{\text{відх}}$ – витрати теплоти з димовими газами, що відходять з печі, ГДж;

$M_{\text{охол.к}}$ – витрати теплоти на охолодження кришок завалочних вікон, ГДж;

$M_{\text{охол.ш}}$ – витрати теплоти на охолодження шиберів, ГДж;

$M_{\text{ок}}$ – витрати теплоти через огорожувальні конструкції, ГДж;

$M_{\text{випром}}$ – витрати теплоти випромінюванням через відчинені вікна й гляділки, ГДж;

$M_{\text{виб.г.}}$ – витрати теплоти з газами, що вибиваються, ГДж;

$M_{\text{підсм}}$ – витрати теплоти від холодного повітря, що підсмоктується в піч, ГДж.

Розрахувавши тепловий баланс (Табл. 1) нагріву склепіння відповідно до класичного графіку розігріву [1] і методики [2] відзначимо присутність профіциту теплоти. На підставі отриманих результатів і наявності надлишку теплоти в прибутковій частині розрахунковим шляхом виконаємо підбір тривалості й витрат палива для нового графіку (нового теплового режиму). Результати розрахунків зведено в табл. 1.

Слід зазначити, що у пічній системі, витрати теплоти з димовими газами, що відходять з печі, складаються з фізичної теплоти гарячих газів, що відходять, та їх об'єму [2]. При цьому на них має істотний вплив швидкість газів, що відходять.

Щоб мати змогу знизити витрати палива при розігріванні високо-температурного агрегату, треба знизити втрати теплоти з димовими газами, що відходять. Одним із шляхів є зменшення швидкості продуктів згоряння шляхом зменшення розрідження (на 20-25%) в димовому тракті (газів, що йдуть на димову трубу), за допомогою керування системою димових шиберів.

Оцінка надлишку теплоти проводиться по наступній формулі:

$$\Delta H = M_{\text{вир}} - (M_{\text{вир}} - M_{\text{прих}}) * 100\% / M_{\text{прих}} \quad (4)$$

Варто відзначити, що при $\Delta H > 0$ – є присутній надлишок прибуткової частини теплоти, тобто в агрегат вноситься більше теплоти, ніж споживається, що у свою чергу йде на збільшення втрат; при $\Delta H < 0$ – в агрегат вноситься менше теплоти, ніж необхідно для забезпечення нормальної теплової роботи агрегату (агрегат працює з недоліком тепло-

ти), що у свою чергу призводить до неякісного прогрівання склепіння. Найбільш раціонально вести тепловий баланс плавки з надлишком теплоти в діапазоні до 1 % [3].

Таблиця 1 – Розрахунки теплового балансу

№ п / п	Прихід теплоти	Класичний графік нагрівання 32 год		Запропонований графік нагрівання 28 год		№ п / п	Витрата тепла	Класичний графік нагрівання 32 год		Запропонований графік нагрівання 28 год	
		ГД ж	%	ГД ж	%			ГДж	%	ГД ж	%
1	Хімічна теплота палива	20 14, 9	93, 7	17 80	93, 8	1	На нагрів склепіння	559, 3	27,5 6	559 ,3	29,4
2	Фізична теплота палива	2,0	0,1	2,0	0,1	2	З газами, що відходять	1079	53,1 5	866 ,0	45,6
3	Фізична теплота повітря, що надійшло на горіння	13 2,7	6,2	11 6	6,1	3	На охолодження кришок завалочних вікон	67,0	3,30	58, 7	3,09
						4	На охолодження шибєрів	24,1	1,19	21, 1	1,11
						5	Через огорожувальні конструкції	211, 3	10,4 1	189 ,4	9,98
						6	Випромінюванням через відкриті вікна та гляділки	7,1	0,35	6,9	0,36
						7	З газами, що вибиваються	60,4	2,98	178 ,0	9,38
						8	від холодного повітря, що підсмоктується в піч	21,3	1,05	18, 6	0,98
	Загальний прихід теплоти	21 49, 5	10 0	18 98	10 0		Сумарні теплові витрати	2029 ,4	100	189 8,0	100
нев'язка балансу класичний графік							5,59%				
							0,0%				

Виконаний порівняльний аналіз розігрівання дослідного та базового варіантів режимів розігрівання. З аналізу встановлене наступне:

- тривалість розігрівання знижено на 4 години або на 12,5 % (з 32 до 28 години);
- витрата палива знижена на 234,9 ГДж або 10,7 % (з 2014,9 до 1780,0 ГДж);
- витрата теплоти з газами, що відходять, знижено на 212,7 ГДж або 19,7 % (з 1079,0 до 866,0 ГДж).

При цьому нев'язку по балансу знижено на 5,59 % (з 5,59 до 0 %).

Дані Таблиці 1 свідчать про істотне поліпшення показників нагрівання агрегату, корисно використовуване тепло агрегату зростає, а витрати палива знижуються.

Отримані результати дозволяють впритул підійти до питання побудови нового раціонального графіка розігрівання склепіння високотемпературного агрегату. Що дозволить знизити витрати палива на нагрівання, а також підвищити продуктивність агрегату за рахунок скорішого виходу на робочий режим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сушіння та розігрів печей
<https://studfile.net/preview/9329465/page:3/>
2. Губінський В.І. Металургійні печі: Навч. посібник. / В.І. Губінський. Дніпро: НМетАУ, 2006. – 85 с.
3. Сущенко А. В. Порівняльний аналіз методик розрахунку матеріального та теплового балансів киснево-конвертерної плавки [Текст] / А. В. Сущенко // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наукових праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2013. – Вип. 27. – С. 17–29.
4. Ревун М.П. Математическое моделирование нагрева металла в печи (сообщение 2) [Текст] / М.П. Ревун, А.И. Чепрасов // Металургія: наукові праці ЗДІА.- Запоріжжя: ЗДІА, – 2011. – № 23. – С. 163–171.
5. Тымчак В.М. Расчеты нагревательных и термических печей: справочник [Текст] / В.М. Тымчак, В.Л. Гусовский. – М.: Металлургия, 1983. – 481 с.
6. Губинский В.И. Нагревательные печи металлургии – сегодня и завтра [Текст] / В.И. Губинский // Теория и практика металлургии, – 2004. – № 6. – С. 56-60.

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ РОЗІГРІВУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ АГРЕГАТІВ (ПОВІДОМЛЕННЯ 2)

Згідно [1] розігрівання сталеплавильних печей після повної заміни склепіння здійснюється за 32 годинними графіками. Швидкість розігрівання при постійній подачі палива складає 55–75 °C/год. Підймання температури склепіння здійснюється безперервно та без температурних витримок, що не враховує виникаючі в процесі розігрівання внутрішні механічні напруження вогнетривких матеріалів, що виникають внаслідок підвищеного лінійного розширення прямов'язаних периклазохромтових вогнетривких виробів, пов'язаних з їх перекристалізацією в інтервалах 300–350 °C і 800–850 °C, що може призвести до утворення тріщин і, як наслідок, сколу склепінь в процесі подальшої експлуатації, зниження стійкості головного склепіння.

На основі розрахунків, в основі яких лежать рівняння теплового балансу високотемпературного агрегату [2] виконаних у [повідомленні 1], а також рекомендації [3,4] щодо розігріву вогнетривких виробів, розроблено новий раціональний режим розігрівання. Графіки розігрівання склепіння високотемпературного агрегату за класичною технологією [1] та запропонований приведено на рис. 1.

Згідно запропонованого температурного режиму швидкість розігрівання при диференціальній подачі палива складає: з 1 по 6 годину – 43 °C/год, витримка при температурі 300°C (тривалістю 3 години), з 9 по 17 годину – 62 °C/год, витримка при температурі 800°C (тривалістю 3 години), з 20 до 28 години – 100 °C/год.

За розрахунками (повідомлення 1), кількість теплоти, що необхідно підвести до склепіння, щоб його нагріти складає:

за класичною технологією – 13 ГДж/м²,

за новою технологією – 11,6 ГДж/м² (зниження на 1,4 ГДж/м² або 10,7%).

Новий тепловий режим розігріву склепіння печі дозволить забезпечити рівномірний температурний градієнт по всій поверхні склепіння, а також простору печі: з витримкою на 300°C і 800°C в зонах підвищеного лінійного розширення прямов'язаних периклазохромтових виробів. При цьому зниження палива складає 10,7%.

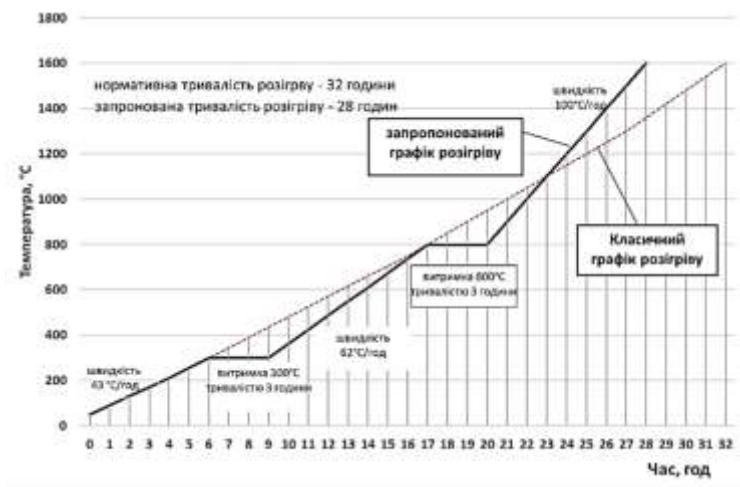


Рисунок 1 – Графік розігрівання склепіння високотемпературного агрегату за класичною технологією (1) та запропонований (2).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сушіння та розігрів печей
<https://studfile.net/preview/9329465/page:3/>
 Губінський В.І. Металургійні печі: Навч. посібник. [Текст] / В.І. Губінський. Дніпро: НМетАУ, 2006. – 85 с.
2. Пат. Україна, № 20930. Спосіб управління тепловим режимом сталеплавильної печі [Текст] / А. Н. Рыженков, Б. П. Крикунов, Ю. В. Петров и др. – Опубл. 15.02.2007. Бюл. № 2.
3. Терещенко М.О. Вогнетривких матеріалів промисловість / М.О. Терещенко, А.М. Горський // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Желязняк [та ін.]; НАН України, НТШ. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2005. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-35277>

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІНОМІВ ЛЕЖАНДРА

При комутаціях електротехнічних системах виникають перехідні електромагнітні процеси. Це призводить до небезпечних кидків струму та перенапруг.

У роботі [1], використано апроксимацію рішення для функції струму в електричному колі рядами по поліномах Чебишова. В результаті отримано метод, що дозволяє значно підвищити швидкість моделювання. Метод розкладання функцій у ряди по ортогональних поліномах називається спектральним методом. Це є аналогією розкладання функцій у ряд Фур'є по тригонометричним функціям, де сукупність коефіцієнтів розкладання є частотним спектром. Є актуальним провести дослідження застосування інших ортогональних поліномів для розрахунку перехідних процесів. Для досліджень обрано популярні поліноми Лежандра.

Розглянемо електричне коло, що містить послідовно резистивний R, індуктивний L і ємнісний C елементи. До комутації конденсатор вважаємо зарядженим до значення напруги $u_c(t_0)$. Якщо момент $t=t_0$ підключити джерело змінної ЕРС $e(t)$, то у колі відбувається перехідний процес. Цей процес описується лінійним інтегро-диференціальним рівнянням із постійними коефіцієнтами:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt + u_c(0) = e(t) \quad (1)$$

Поставимо умову, щоб рівняння (1), що складене за законом напруг Кірхгофа, дотримувалося точно заданому ряді N вузлових часових точок $t_0, t_1, \dots, t_{N-1}$ для функції $i(t)$.

Функцію зміни $i(t)$, розкладемо в ряд за поліномами Лежандра:

$$i(t) \approx p(t) = c_0 P_0(t) + c_1 P_1(t) + \dots + c_{N-1} P_{N-1}(t) \quad (2)$$

де аргумент $t \in [a, b]$.

Поліноми Лежандра мають область визначення аргументу. В цьому випадку для зручності аргумент t замінимо безрозмірним аргументом

$$x \in [-1, 1], \quad x = \frac{2t - (a + b)}{b - a}.$$

Тоді розкладання в ряд (2) набуває вигляду:

$$i(x) \approx p(x) = c_0 P_0(x) + c_1 P_1(x) + c_2 P_2(x) + \dots + c_{N-1} P_{N-1}(x) \quad (3)$$

Ряди по ортогональних поліномах можна диференціювати, а також інтегрувати:

$$i'(t) \approx p'(t) = c_0 P'_0(t) + c_1 P'_1(t) + \dots + c_{N-1} P'_{N-1}(t), \quad (4)$$

$$J(x) = \int p(x) dx = \int (c_0 P_0(x) + c_1 P_1(x) + c_2 P_2(x) + \dots + c_{N-1} P_{N-1}(x)) dx \quad (5)$$

Формування матричних рівнянь.

Виділимо на інтервалі часу $[a, b]$ ряд точок t_m ($m = 0, 1, 2, \dots, N-1$), що відповідає точкам x_m змінної x на нормованому інтервалі. Якщо умову (2) записати для кожної точки, то отримаємо систему лінійних рівнянь алгебри, яка в матричній формі має вигляд:

$$V \cdot C = I - I_0, \quad (6)$$

де $C = [c_1 \ c_2 \dots \ c_{N-1}]^T$ – вектор значень коефіцієнтів полінома (3) без коефіцієнта c_0 ;

$I = [i(x_1) \ i(x_2) \dots \ i(x_{N-1})]^T$ – вектор значень струму в точках $1, 2, \dots, N-1$.

Якщо рівняння (4) для похідних записати для кожної вузлової точки $x_1, x_2, \dots, x_{N-1}$, то отримаємо систему лінійних рівнянь, яка в матричній формі має вигляд:

$$I' = D \cdot C, \quad (7)$$

Інтеграли від поліномів виражаються формулами (5). Інтеграл з верхньою межею x_m має вигляд:

$$J(x_m) = \int_{x_0}^{x_m} (c_0 P_0(x) + c_1 P_1(x) + c_2 P_2(x) + \dots + c_{N-1} P_{N-1}(x)) dx = c_0 \int_{x_0}^{x_m} P_0(x) dx + \int_{x_0}^{x_m} (PC) dx \quad (8)$$

Для вузлових точок зі значенням наведеного аргументу x_m ($m=1 \dots N-1$) відповідають значення функції (8) як рядка матриці J :

$$J = [J_1 \quad \dots \quad J_{T-1}]^T \quad (9)$$

Поліноми Лежандра обчислюються за рекурентними формулами:

$$P_n(x) = [(2n-1)x \cdot P_{n-1}(x) - (n-1) \cdot P_{n-2}(x)]/n, \quad P_0(x) = 1, \quad P_1(x) = x. \quad (10)$$

Використовуємо вектор поліном Лежандра, як функцію від x . Тоді розкладання функції струму в ряд (2) набуває вигляду:

$$i(x) \approx p(x) = c_0 P_0(x) + \mathbf{P}(x) \cdot \mathbf{C}. \quad (11)$$

Запис рівняння стану електричного кола через поліноми.

Напишемо рівняння (1) для вузлових точок за зміни номера $m = 1, 2, \dots, N-1$. Отримаємо систему рівнянь, яка у матричній формі має вигляд:

$$L\mathbf{I}' + R\mathbf{I} + B\mathbf{J} + u_{C0} = \mathbf{e}, \quad (12)$$

де $B = 1/C$, $\mathbf{e}$ – вектор значень ЕРС джерела у точках $1, 2, \dots, N-1$ часового сегмента; $\mathbf{I}, \mathbf{I}', \mathbf{J}$ – вектори струму (6), похідної струму (11) та інтеграла струму (13) у вузлових точках,

u_{C0} – значення напруги на конденсаторі на момент t_0 .

Якщо підставити у вираз (12) вектори $\mathbf{I}$ (9), $\mathbf{I}'$ (7), $\mathbf{J}$ (9), то отримаємо вираз другого закону Кірхгофа для зображення $\mathbf{C}$:

$$(L\mathbf{D} + R\mathbf{V} + B\mathbf{S})\mathbf{C} = \mathbf{e} - u_{C0} - R\mathbf{i}_0 - B \cdot \Delta \cdot \mathbf{i}_0. \quad (13)$$

В результаті рішення (13) визначається вектор коефіцієнтів $\mathbf{C}$ поліноміальної апроксимації струму. Тоді при відомому початковому значенні струму i_0 та початковому значенні напруги на конденсаторі можна визначити значення струму у всіх довільних точках часового сегмента згідно (2).

Висновки

1. Вектори поліноміальних коефіцієнтів задовольняють законам струмів та напруг Кірхгофа для схеми заміщення та є рішеннями системи алгебраїчних рівнянь.

2. Для модельної задачі відзначено найкращу швидкодію розрахунку порівняно з відомими числовими методами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tykhovod, S. Calculation of Transients in Electrical Circuits at the Use of Solution Approximation by Tchebyshev's Polynomials [Text] // S. Tykhovod, D. Patalakh / 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). Date Added to IEEE Xplore: 06 January 2020 ISBN Information: INSPEC Accession Number: 19247158 Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8949129>

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Сталий розвиток промисловості вимагає вирішення питань підвищення енергоефективності та надійності технологічних процесів та комплексів, зокрема тих, в складі яких є електроприводи змінного струму. Широкого розповсюдження отримали електроприводи з асинхронними двигунами, ефективність і надійність роботи яких визначається параметрами і характеристиками АД. На параметри і характеристики АД мають значний вплив особливості конструкції та режими роботи, що обумовлюють їх температурний стан, ефективність та надійність роботи. Тому при вирішенні питань ефективності та надійності роботи АД особливу увагу необхідно приділяти дослідженню та аналізу теплових процесів, що протікають при різних режимах роботи та визначенню факторів, що на них впливають.

Тепловий розрахунок проводять для визначення розподілів температур с елементах та внутрішньому просторі асинхронних двигунів при різних режимах роботи. Для проведення таких розрахунків зазвичай використовуються теплові схеми заміщення, параметри яких визначаються на основі аналітичних виразів. Для підвищення точності такого підходу дослідники намагаються збільшувати кількість числа вузлів теплових схем заміщення, але це в свою чергу призводить до збільшення кількості диференціальних рівнянь у системі та ускладнення її розв'язку. В окремих практичних випадках можна обмежитись декількома вузлами. Не зважаючи на це, ці підходи не отримали подальшого розвитку у сучасній практиці, оскільки не вдалось побороти складності, пов'язані із коректністю визначення теплового опору або провідності кожної області АД через.

Тому все більшого розвитку набувають підходи, що базуються на методах чисельно-польового моделювання температурного стану АД із застосуванням спеціалізованих програмних комплексів, наприклад Femm. Для реалізації цих методів та отримання достовірних результатів необхідно поєднувати моделювання електромагнітних та теплових полів.

Метою роботи була розробка та реалізація чисельно-польової моделі для визначення температурного поля АД засобами програми Femm.

В якості об'єкту дослідження було обрано АД 4A250M6Y3 з попередньо розрахованими проєктними параметрами.

Для розрахунків електромагнітного і теплових полів в середовищі програми Femm була створена геометрична модель дослідного АД в поперечному перерізі. Для фізичних моделей електромагнітного і температурного поля задавались властивості матеріалів областей та умови на їх границях. Для зон обмоток задавались розраховані значення фазних струмів для кожної фази. Моделі електромагнітного і температурного полів було сформовано окремо одна від одної.

Розрахунок проводився із застосуванням Lua-скрипту, який реалізовував ітераційний алгоритм розрахунків між електромагнітною і тепловою моделлю. Суть якого зводилась до наступного. На першому етапі за попереднім тепловим розрахунком, який базується на аналітичних виразах, визначались середні значення температур для вузлів осердь та обмоток з урахуванням яких отримувались значення електрофізичних параметрів областей електромагнітної моделі. Після цього виконувалась чисельна реалізація електромагнітної моделі і визначались втрати (джерела теплоти) в перерізі АД, які були вихідними даними для теплової моделі. Розрахунки проводились до досягнення умови «сталості», коли різниця температур між ітераціями не перевищувала заданої похибки.

Реалізація запропонованого підходу дозволила суттєво підвищити точність моделювання температурного поля асинхронного двигуна у порівнянні із класичними інженерними методиками.

Висновки:

Застосування засобів програми Femm надало можливості провести моделювання температурного поля АД на основі поєднання чисельного розрахунку електромагнітного і теплового поля. На базі проведених розрахунків та принципах аналізу електромагнітних параметрів АД 4A250M6Y3 можна проводити аналогічні розрахунки для інших асинхронних двигунів.

Використання чисельно-польового моделювання електромагнітних і теплових полів асинхронних двигунів із використанням спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема програми Femm, може стати дуже ефективною основою температурних розрахунків асинхронних двигунів для підвищення ефективності і надійності їх роботи.

УДК 621.3.013.1

Кучерявий А.В.¹, Бабкіна О.Ю.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-912м НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРІВ ОБМОТОК ТРИФАЗНОГО НЕНАВАНТАЖЕНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗАСОБАМИ ПОЛЬОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сучасні тенденції у реалізації систем моніторингу силових трансформаторів базуються на поєднанні засобів польового моделювання, схемних підходів до побудови цифрових двійників, системах обробки великих обсягів даних від апаратних сенсорів і методах штучного інтелекту для прогнозування вірогідних місць пошкодження активної частини.

При такому підході велика увага приділяється достовірному визначенню опорів обмоток на сторонах низької і високої напруги, які мають активні і реактивні складові. Для порівняння початкових значень таких опорів із даними вимірів в експлуатації потрібно з високою точністю визначити їх початкові модельні значення, що стає актуальною задачею для високовольного трансформаторного обладнання, яке тривалий час знаходиться в експлуатації.

Для такого обладнання значення активних і реактивних складових опорів обмоток на час введення в експлуатацію, як правило, є невідомими. Тому їх визначення потребує застосування сучасних підходів просторового 3D моделювання електромагнітних полів у багатокомпонентних середовищах з нелінійними властивостями складної геометричної форми на основі спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад, Comsol Multiphysics, або подібного до нього.

Необхідність саме 3D моделювання обумовлена високими вимогами до його точності та потребою врахування особливостей конструктивної будови високовольних силових трансформаторів у відповідності до наявної проектної документації.

Побудова «time-depended» схемно-польової багатокомпонентної моделі силового трансформатора, яка дозволила відтворити електромагнітні процеси під час експлуатації, вимагала визначення параметрів нелінійних гістерезисних характеристик, насамперед, для магнітних властивостей електротехнічних сталей із застосуванням алгоритмів ройового інтелекту.

Числова реалізація такої «time-depended» моделі у структурі засобів Comsol Multiphysics дозволила перевести силовий трансформатор із одного стаціонарного стану, коли він не був підключений до мережі живлення в інший стаціонарний стан ненавантаженого трансформатора, підключеного до мережі живлення.

Падіння напруги на первинних обмотках трансформатора визначалося за розрахунковими даними для змінних у часі періодичних напруг і струмів на первинних обмотках із врахуванням даних для змінних у часі періодичних напруг вторинних обмоток при значеннях коефіцієнтів трансформації для кожного ступеня регулювання напруги.

Засобами гармонійного аналізу визначалися параметри основної гармоніки падіння напруги на первинній обмотці і основної гармоніки струму цієї обмотки у режимі ненавантаженого трансформатора. Відмінність від режиму дослідного неробочого ходу полягала у тому, що до уваги бралось не тільки число витків для первинної сторони трансформатора при номінальній напрузі, а також усі числа витків, які є допустимими при регулюванні напруги під навантаженням.

Отже складові опорів первинних обмоток визначалися як для режимів перезбудження ненавантаженого трансформатора, так і для режимів збудження нижчих за номінальний.

Це надало можливість врахувати залежність складових опорів первинних обмоток від режимів збудження силового трансформатора. Відхилення вказаних складових опорів від номінального є досить незначними у межах від $-0,5\%$ до $+1,2\%$.

Основним недоліком запропонованого підходу для дослідження опорів первинних обмоток ненавантажених силових трансформаторів засобами польового моделювання слід вважати великі витрати часу польових розрахунків для значної кількості ступенів регулювання напруги трансформатора під навантаженням.

Застосування диференційних методів для визначення струмів збудження силових трансформаторів під навантаженням із врахуванням відхилень у значеннях складових опорів первинних обмоток при змінах навантаження дозволило зменшити струмові похибки з $1,2 - 1,8\%$ до $0,1 - 0,5\%$, а кутові похибки від $3 - 4,5$ ел. градусів до $0,8 - 2,4$ ел. градусів.

Таким чином запропонований авторами підхід для визначення зміни складових опорів первинних обмоток ненавантаженого трансформаторів із тривалими строками експлуатації, за відсутності відповідних експериментальних даних, отриманих під час введення трансформаторів в експлуатацію, дозволяє доповнити масиви вихідних даних для систем моніторингу і покращити прогнозування залишкового ресурсу експлуатації обмоток і магнітних систем, а також розробити заходи поточних вибіркового ремонту для його продовження понад нормативними термінами.

УДК 621.313

Матяш М.О.¹, Якушев Є. Р.¹, Яровий В.П.¹, Ізосімов В. О.²

¹ студ. гр. Е-212м НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-222м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕСИМЕТРІЇ ФАЗНИХ НАПРУГ НА РЕЖИМИ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

При дослідженні роботи асинхронних двигунів (АД) актуальною є задача оцінки впливу несиметрії фазних напруг на режими роботи двигунів. Через порушення ізоляції припиняють свою роботу близько 75% АД.

Порушення ізоляції може виникнути в результаті ненормальних режимів мережі живлення, наприклад відхилення напруг у фазах і несиметрії фазних напруг, викликаних, перш за все, великою кількістю однофазних навантажень, таких як сучасні джерела світла, комп'ютерна техніка, залізнична електрична тяга та інші силові прилади, які містять нелінійні перетворювачі. Очевидно, що все це призводить до передчасного виходу з ладу двигуна або скорочення його терміну служби, крім того порушення і можливу зупинку технологічного процесу.

Для запобігання і своєчасного прогнозування даних ситуацій необхідно всебічне дослідження режимів роботи асинхронних двигунів. Тому моделювання зазначених режимів і дослідження статичних та динамічних характеристик АД є важливою науково-технічною задачею.

Для дослідження режимів роботи АД використовується схема, що складається з трьох однофазних джерел електричної енергії, асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, блоків для вимірювання основних параметрів двигуна, осцилографів для вимірювання струму, напруги, моменту і швидкості. Схема моделювання для дослідження режимів роботи асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, сформована засобами імітаційного моделювання в середовищі MATLAB / Simulink,

На базі розробленої віртуальної моделі можна виконувати дослідження статичних і динамічних характеристик в різних режимах роботи асинхронних двигунів. Розроблена модель дозволяє виявити деякі проблемні режими, при яких може спостерігатися нестабільна робота АД при виникненні гальмівних і пульсуючих моментів сил.

Отримані результати дослідження будуть затребувані при налаштуванні релейного захисту електродвигунів в умовах несиметрії напруг. Також можливе застосування для розробки і настройки програм управління частотно-регульованого електроприводу, в умовах зміни відхилення напруги живлення.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ COMSOL MULTIPHYSICS

Аналіз науково-технічної вітчизняної та зарубіжної літератури показав, що роботи, які присвячені оцінці теплових полів складних конструкцій електротехнічних пристроїв недостатньо досліджені. Необхідно дослідження процесів розподілу теплових потоків всередині і зовні пристроїв, визначення та ідентифікації внутрішніх пошкоджень електродвигунів. Проведені раніше дослідження створили передумови для вирішення завдань ідентифікації внутрішніх порушень, що впливають на тепловий режим роботи електродвигуна, і визначення його місця розташування. Тому теоретичне узагальнення процесів теплового розподілу і ідентифікація на цій основі його ушкоджень (стану працездатності) є актуальною науковою задачею. Очевидно, що при кожному конкретному дефекті буде свій розподіл теплового поля, а значить і свої наслідки. Передбачення нових дефектів за допомогою аналізу цього поля - досить дієвий спосіб попередження різних поломок електродвигуна. Одним з перспективних напрямків розвитку систем моніторингу в частині діагностування є розробка діагностичних моделей з урахуванням інформації про конструктивні і технологічні особливості кожної одиниці електродвигуна. Перевірка результатів розрахунку спеціалізованих моделей можлива при прийнятно-здавальних або типових випробуваннях. Часто для оцінки стану електродвигунів створюються математичні моделі, що містять в собі велику кількість розрахунків, що вимагають багато часу для власного розрахунку для кожної окремої одиниці. До того ж, при розрахунку складних систем нерідко можна допустити помилки чисто математичного характеру.

Більш перспективним і наочним є створення інтерактивних моделей в різних програмних пакетах. Вони дозволяють створювати моделі, близькі до реальних. У даній роботі для моделювання використовується програмний пакет Comsol Multiphysics. Це потужне інтерактивне середовище для моделювання і розрахунків більшості наукових і інженерних задач заснованих на диференціальних рівняннях в часткових похідних методом кінцевих елементів. Повну тривимірну комп'ютерну модель електродвигуна, можна визначити як загальну підмодель. Вона може включати в себе опис геометрії і детальної структури обмоток. За

допомогою Comsol Multiphysics можливе створення варіантів моделей т електродвигуна з дефектами і без таких. Дефекти можуть бути задані як додаткові джерела теплоти. Очевидно, що там, де розташований де- фект, температура вище, ніж в аналогічній моделі нормального режиму (без дефектів. Отже, використання Comsol Multiphysics дозволяє змоде- лювати і наочно продемонструвати розподіл температурних полів при різних режимах роботи електродвигуна. Створення інтерактивної мо- делі може стати дуже зручним і перспективним способом діагностики і моніторингу дефектів в різних його частинах.

УДК621.318.1

Гріщенко К.А.¹, Шило П.О.,¹ Козаченко О.Є.¹

¹ студ. гр Е-912м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ПО ВИСОТІ ОБМОТОК РЕАКТОРА

Магнітне поле реактора визначається як сума первинного поля обмотки та поля вторинних джерел

$$B(z,r) = B_{oc} \left(Iw|_Q \right) + B_{eo} \left(\delta|_G \right)$$

Первинне поле обмотки визначається як сума полів циліндричних провідників (зон-котушок), розташованих по перерізу Q обмотки. До цього поля додається поле вторинних джерел, які з кусково- постійною щільністю δ розподіляються на поверхні G дискретних феромагнетиків. Вони визначаються згідно граничних умов для сумарно- го поля на поверхнях феромагнетиків.

Для розрахунку використовується програма MPR [1,2]. Результат такого розрахунку у вигляді розподілу осьової $B_{oi}(y)$ та радіальної $B_{Ri}(y)$ складових магнітної індукції по висоті y на внутрішній $i = 1$, середній $i = 2$ та зовнішній $i = 3$ обмотках показані на рисунку.

В силу розташування в середній частині обмотки (в зоні введення струму) поперечних каналів більшого розміру, ніж в інших її частинах, у вказаній зоні мають місце переходи радіальної складової індукції магнітного поля «крізь нуль», відповідно в цій зоні має місце зменшена величина осьової складової індукції. Основна інтенсивність поля – на внутрішній твірній обмотці $B_{oi}(y) = 331,3$ мТл.

Визначене таким чином магнітне поле реактора використовується для розрахунку додаткових втрат від вихрових струмів і електромагнітних сил в провідниках обмотки, для розрахунку їх міцності від дії осьових та радіальних складових вказаних сил. Розподіл магнітного поля на поверхні стрижня використовується для визначення вихрових струмів, нагрівів електростатичних екранів. Магнітне поле по висоті вертикальних стяжних шпильок з немагнітної сталі також визначає вихрові втрати та їх нагрів. Розподіл магнітного поля на поверхні стінок баку використовується для розрахунку втрат, оцінки нагрівів.

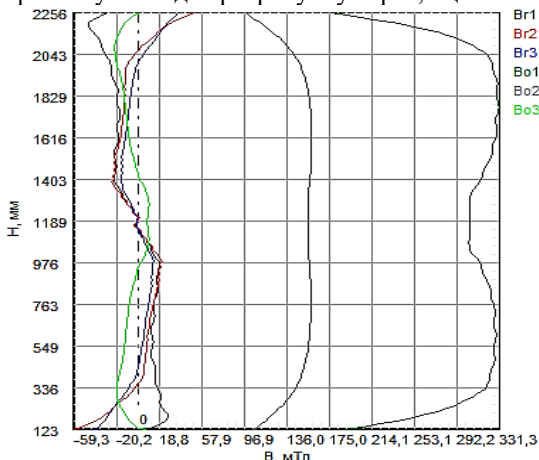


Рисунок 1 – Розподіл складових магнітної індукції по висоті обмотки

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Іванков В. Ф. Розрахунок вольт-амперної характеристики шунтувального реактора з проміжками в стрижні [Текст] / В.Ф. Іванков, А.В. Басова, Н.В. Шульга // Технічна електродинаміка. – 2015. – № 2. – С. 70 – 74.
- 2.Іванков В.Ф. Розрахункова підсистема автоматизованого проектування трансформаторів і реакторів [Текст] / В.Ф. Іванков, Ю.Н. Шафір // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. Збірник наукових праць. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України. – 2008. – № 18. – С. 123 – 131.

УДК621.318.1

Шмідт Е.В.¹, Ропало Д.А.¹, Риженков Ю.М.²

^{1,2} студ. гр Е-912м НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр Е-211сп НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОРОТКОЧАСНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВІБРАЦІЙНУ СТІЙКІСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

Для визначення короточасних навантажень при дослідженнях та розрахунках значення допустимих напруг приймають більшими ніж при звичайних умовах, але таким щоб воно знаходилося між межею пластичності та межею міцності

$$[\sigma]_s = \min \left(\frac{\sigma_T \cdot \gamma_c}{\gamma_m}, \frac{\sigma_B}{\gamma_m} \right),$$

де $\gamma_m = 1,05$ – коефіцієнт надійності відповідного матеріалом;

$\gamma_c = 1,4$ – коефіцієнт умов роботи;

σ_T – межа пластичності;

σ_B – межа міцності.

В дослідній моделі при моделювання обмоток трансформатора використовувався умовний матеріал для забезпечення її інерційних характеристики.

При дослідженні відповідно до [1] синусоїдальна вібрація приймалася в діапазоні частот 0,5–100 Гц з максимальною амплітудою 0,12 у горизонтальних напрямках.

Дослід проводився методом скінчених елементів із використанням програмного середовища ANSYS [2]. Після побудови геометричної моделі було згенеровано сітку скінчених елементів відповідно до розмірності моделі.

Під час дослідження в середовищі програмного засобу ANSYS були визначені наступні елементні області системи:

1 – SHELL181 – площинні елементи, що враховують товщини листів – для елементів основи та ярмових балок;

2 – SOLID185 – об'ємні елементи для магнітопроводу.;

3 – BEAM188 – для шпильок та елементів кріплення.

Модел ь закріплена у місцях кріплення болтів опорних елементів.

Дослідження було проведено для 19 значень частоти, що дало змогу виявити самий критичний діапазон частот для вібраційної стійкості трансформатора, який досліджувався. Таким діапазоном є 30–50 Гц.

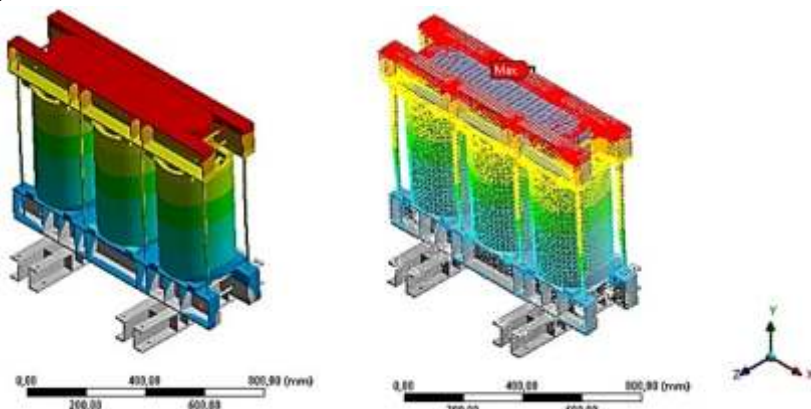


Рисунок 1 – Форма коливань у вигляді ізоповерхонь при частоті 37,98 Гц

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.ДСТУ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования к механическим внешним воздействующим факторам.

2.Ansys: веб сайт. URL: <https://www.ansys.com/academic> (дата звернення 06.10.2022)

УДК621.318.1

Кріт О.М.¹, Сазонова А.М.¹, Святовець М.О.¹

¹ студ. гр Е-222м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ СИЛОВОГО ТРИОБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

При короткому замиканні слід розлічати симетричне коротке замикання або трифазне коротке замикання та несиметричне коротке замикання: однофазне, двофазне або двофазне на нуль. Далі буде розглядатися симетричне коротке замикання трифазного трансформатора. Так як всі три короткозамкнені обмотки однакові то при симетричному короткому замиканні в трансформаторі присутня система струмів рівних за величиною та здвинутих одна відносно другої на $\frac{2\pi}{3}$. Асиметрія магнітних ланцюгів в тристрижневих трансформаторах не

має значного значення так як вона відноситься тільки до незначного намагнічуючого струму. Тому достатньо розглядати коротке замикання тільки для однієї фази трифазного трансформатора.

Дослідне короткого замикання проводиться для визначення:

- основних втрат в обмотках;
- додаткових втрат в обмотках;
- основних втрат у відводах;
- додаткових втрат у відводах;
- втрати в стінках баку.

При дослідному короткому замиканні номінальні струми в обмотках виникають при відносно малій напрузі (5–10% номінального значення), а втрати в магнітній системі трансформатора дуже малі тому ними можна знехтувати.

В силовому триобмотковому трансформаторі, модель активної частини якого зображена на рисунку 1, розраховуються та вимірюються значення втрат короткого замикання для трьох парних поєднань обмоток (НН-СН, НН-ВН, СН-ВН) при навантаженні кожної пари обмоток струмом, якій відповідає повній потужності трансформатора. Втрати короткого замикання триобмоткового трансформатора змінюються в залежності від того як розподілене навантаження між трьома його обмотками. Допускається любе розподілення навантаження між трьома обмотками, але таке щоб жодна з обмоток не була довго навантажена струмом, який би перевищував номінальний струм +5% перевантаження, а загальні втрати короткого замикання трьох обмоток не перевищували максимальні втрати. При цьому максимальними втратами вважаються ті які приведені до розрахункової температури втрат короткого замикання тієї пари обмоток, яка має найбільші втрати короткого замикання.

В процесі розрахунку ПЗ FEMM було отримано картину розподілу магнітного поля силового трансформатора (рис. 2), що дало можливість отримати розрахункові параметри для режиму короткого замикання силового триобмоткового трансформатора для кожної з обмоток. Рисунок 2 – Розподіл індукції магнітного поля в режимі короткого замикання (НН-СН)

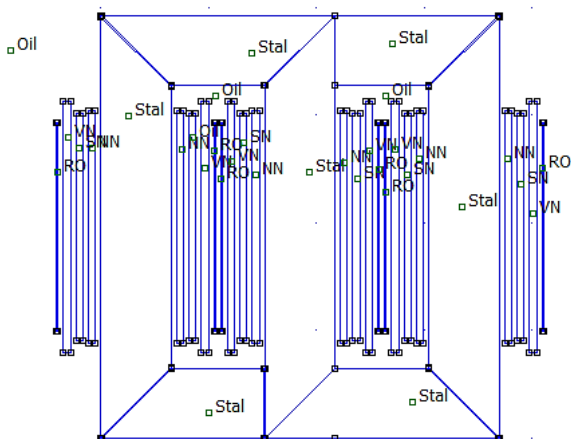


Рисунок 1 – Модель активної частини трансформатора в ПЗ FEMM

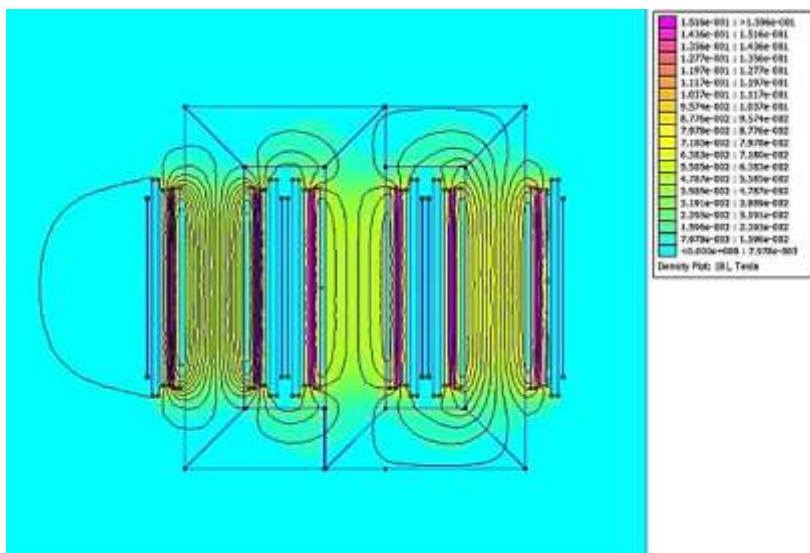


Рисунок 2 – Розподіл індукції магнітного поля в режимі короткого замикання (НН-СН)

УДК621.318.1

Ларченко М.С.¹, Карпенко Д.Г.¹ Дівчук А.А.²

¹ студ. гр Е-222м НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр Е-211 НУ «Запорізька політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРАХУНКІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Електромеханічні пристрої мають дуже широке застосування у промисловості. Теорія таких пристроїв до теперішнього часу розроблена доволі детально. Однак, разом з тим, у цій області залишаються недостатньо дослідженими такі явища як вихрові струми у магнітопроводах при різних процесах, наприклад перехідних. Вид характеру протікання перехідних процесів у електромеханічних пристроях суттєво залежить надійність їх роботи. Врахування впливу на перехідні процеси вихрових струмів пов'язано зі значними труднощами. Вихрові струми виникають в магнітопроводах, які містять поряд з шихтованими також і масивні елементи. Складність процесів і умов, при яких порушуються вихрові струми, не дозволяє з високою точністю врахувати їх вплив на перехідні процеси в силових ланцюгах постійного струму. Тому зазвичай, при складанні та розрахунках схемних моделей електромеханічних пристроїв, впливом вихрових струмів або нехтують, або враховують наближено.

В останні роки широке застосування отримали прикладні пакети програм, що дозволяються виконувати розрахунки електромагнітних полів методом скінчених елементів, наприклад FEMM. Перевагою пакету FEMM є відкрита ліцензія, що дає змогу його безоплатного використання.

Рішення задач за допомогою ПЗ FEMM базуються на диференційних рівняннях в частинних похідних, аналітичне рішення яких можливо отримати тільки в разі простих форм рівнянь, граничних умов та конфігурацій границь. Тому для рішення більшості задач застосовується чисельний метод, який називається методом скінчених елементів. Ідея цього методу полягає в тому що розрахункова область розбивається на велику кількість окремих простих областей в яких шукана функція апроксимується простим виразом. Якщо області доволі малі, то ці прості функції достатньо точно описують шукану функцію. В результаті диференційні рівняння в часткових похідних перетворюються в систему лінійних рівнянь, кількість невідомих яких сягає кілька десятків тисяч. Однак існують алгоритми, які вирішують такі задачі за відносно невеликий час.

Дана програма розбиває область на трикутні елементи з лінійною залежністю потенціалу всередині трикутника. В основі метода лежить мінімізація функціонала, який визначає енергію системи (система завжди прагне до положення, в якому енергія мінімальна). Розглянемо загальний підхід до рішення на прикладі пласкої задачі.

В цьому випадку приймається, що всередині кожного трикутного елемента шукана функція визначається простою формулою

$$A = a + b \cdot x + c \cdot y, \quad (1)$$

В (1) можливо визначити коефіцієнт полінома через функції в вершинах трикутника:

$$\begin{aligned} A_1 &= a + b \cdot x_1 + c \cdot y_1, \quad A_2 = a + b \cdot x_2 + c \cdot y_2, \\ A_3 &= a + b \cdot x_3 + c \cdot y_3, \end{aligned} \quad (2)$$

де A_i - значення функції в вершинах трикутника.

Тоді

$$a = f_1(A_1, A_2, A_3), \quad b = f_2(A_1, A_2, A_3), \quad c = f_3(A_1, A_2, A_3) \quad (3)$$

Підставивши в (1) значення (3) отримаємо вираз для шуканої функції в залежності від координат вершин трикутника та значення шуканої функції у вершинах трикутника

$$A = f(a, b, c, x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3, A_1, A_2, A_3, x, y) \quad (4)$$

Енергія поля для рівняння Лапласа

$$F(A) = \frac{1}{2} \cdot \int |\nabla \cdot \bar{A}|^2 \cdot dS \quad (5)$$

Енергія поля для рівняння Пуассона

$$F(A) = \frac{1}{2} \cdot \int |\nabla \cdot \bar{A}|^2 \cdot dS - \mu \cdot \int \bar{A} \cdot \bar{J} \cdot dS \quad (6)$$

Рівняння (5, 6) є функціоналом енергії у випадку лінійного середовища.

У випадку нелінійного середовища для пласкої задачі

$$F(A) = \frac{1}{2} \cdot \int W(A) \cdot dS - \int \bar{A} \cdot \bar{J} \cdot dS, \quad (7)$$

де $W(A) = \int \bar{H} \cdot d\bar{B}$ - щільність енергії.

Мінімізуючи функціонал енергії для невідомих значень потенціалу во внутрішніх вузлах сітки, отримаємо систему алгебраїчних рівнянь.

$$\frac{d}{dA_i} \sum_{m=1}^n F^m = 0, i = 1 \dots I, \quad (8)$$

де I - кількість невідомих вершин трикутника; n - кількість трикутників; F^m - вклад енергії кожного трикутника в функціонал.

Система (8) повинна бути доповнена граничними умовами.

Застосування такого комбінованого підходу, дозволить поєднати переваги обох методів розрахунку, простоту і швидкодію схемного методу, та високу точність польового моделювання. Такий комбінований метод можна застосовувати для будь-яких електромеханічних, а також, електротехнічних пристроїв. Це дасть змогу забезпечити єдність підходів для розрахунку таких пристроїв, систематизувати такі розрахунки та суттєво підвищити їх точність, що в свою чергу дозволить проєктувати нові пристрої з високими показниками енергоефективності та надійності.

УДК 621.316.35:006.354

Марусенко В. А., ¹ Кіреєв М. Ю. ¹

Голобородько Є. С. ² Яланський А. А. ³

¹ студ. Гр Е-212м НУ «Запорізька політехніка»

² студ. Гр Е-232м НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. Гр Е-912м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ТРОЛЕІВ ШИНОПРОВІДІВ ВРАХОВУЮЧИ КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ

Для модернізації сучасних енергосистем підприємств металургійної та інших промисловостей України необхідно застосування сучасних рішень в області енергоресурсозбереження.

Для забезпечення надійної роботи струмопровідних систем залежно від характеру навантаження та коефіцієнта потужності мережі, необхідно точно визначити параметри струмонесучої частини шинопроводів. В практичних розрахунках використовують емпіричні методи оцінки параметрів тролей шинопроводу, які базуються на використанні схемо-технічних методів моделювання. Але, зазначені методи мають велику кількість припущень. Ці припущення включають:

- не враховується вплив гармонійного складу струму,
- не враховується ефект близькості,
- не враховується ефект зміщення струму,
- не враховується поверхневі ефекти
- не враховується електрофізичні властивості матеріалів.

У роботі [1] запропоновано дослідження електромагнітних параметрів тролей шинопроводу, та верифікація отриманих результатів розрахунку за допомогою просторової (3D) і плоско-паралельної (2D) математичних польових моделей. Дослідження проводилися з застосуванням методів теорії електромагнітного поля (ЕМП), інтерполяції та апроксимації, математичної фізики, скінченних елементів. Розроблено математичну просторову модель електромагнітних процесів у сталевому тролейному шинопроводі у часовій постановці задачі розподілу ЕМП.

За допомогою цієї двовимірної математичної моделі у частотній постановці задачі для існуючих форм магістральних та тролейних шинопроводів визначено вплив електромагнітних параметрів шинопровода з врахуванням вищих гармонік струму на їх параметри. На підставі польового моделювання електромагнітних процесів L , W , X , I U – форм фазних тролейних шинопроводів виконано порівняльний аналіз їх повних активних та індуктивних опорів залежно від коефіцієнта THD за струмом та матеріалу, з яких вони виготовлені. Показаний рівень несиметрії фазних повних активних та індуктивних опорів розглянутих шинопроводів, викликаний ефектами близькості, поверхневими ефектами, скін-ефектами та іншими крайовими ефектами.

За результатами розрахунків була проведена верифікація за розрахованим падінням напруги підтверджує високу точність розрахунку та достовірність отриманих результатів (похибка не перевищує 1,88 – 2,06 %) двовимірної моделі у частотній постановці по відношенню до просторової моделі в постановці задачі залежної від часу розподілу ЕМП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коцур, М.І. Особливості польового моделювання електромагнітних процесів тролейного шинопровода [Текст] / Коцур, М.І., Яримбаш, Д.С., Безверхня, Ю.С., Дівчук, Т.Є. // Електротехніка та електроенергетика. – 2021. – № 1. – С. 46-60. – Режим доступу: DOI : 10.15588/1607-6761-2021-1-5

УДК 621.313.3

Мартиненко В.М.¹, Лавров С.А.¹

¹ студ. гр. Е-222м НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Трифазні асинхронні двигуни набули широкого розповсюдження, зокрема у складі електроприводів різноманітних систем та механізмів. Не зважаючи на понад вікову історію розвитку, світові вчені продовжують напрацювання щодо підвищення ефективності та розвитку методик проектування асинхронних двигунів [1]. Найбільш перспективним є застосування в методиках розрахунку параметрів та проектування АД чисельних методів розрахунку електромагнітних полів. Застосування цих методів дозволяє підвищити достовірність опису та визначення електромагнітних параметрів ті процесів, що протікають при роботі асинхронних двигунів [2]. Для спрощення і підвищення ефективності реалізації чисельних методів розрахунку застосовується спеціалізоване програмне забезпечення. В разі моделювання електромагнітних процесів в АД у плоскопаралельному наближенні широкого розповсюдження набула програма Femm, яка має безкоштовну ліцензію та є загальнодоступною [3]. Середовище програми Femm реалізує моделювання електромагнітних процесів на базі методу скінченних елементів. Вона досить ефективна у разі можливості обмежитись моделюванням електромагнітних процесів у плоско-паралельному наближенні (2D) у мажах активної частини АД. Її можна застосовувати для уточнення системи проектування асинхронного двигуна. Вона має зручний і зрозумілий інтерфейс, вбудовану мову програмування, дозволяє автоматизувати процеси побудови геометричних моделей, фізичних моделей, завдання властивостей, граничних елементів, розрахунку, аналізу та визначенню параметрів АД.

Метою роботи була реалізація чисельно-польового моделювання електромагнітних процесів та визначення електромагнітних параметрів для АД.

В якості об'єкту дослідження було обрано АД 4A250M6Y3 з попередньо розрахованими проектними параметрами.

Для розрахунку електромагнітного поля в середовищі програми Femm була створена геометрична модель дослідного АД в поперечному перерізі. Для фізичної моделі електромагнітного поля задавались властивості матеріалів областей та умови на їх границях. Для зон обмоток задавались розраховані значення фазних струмів для кожної фази.

Розрахунок проводився у два етапи. На першому етапі проводились розрахунки для ідеалізованого режиму неробочого ходу, коли було задано лише значення струмів статора. На другому етапі виконувались розрахунки при заданні також струмів ротору. Після виконання розрахунків формувалась дискретна функція магнітного потокозчеплення, обчислювались фазні ЕРС оботок, коефіцієнт потужності, вхідна потужність, електромагнітний момент, електромагнітна потужність, корисна потужність. Порівняння результатів розрахунків вихідної потужності за класичною методикою та за результатами модулювання електромагнітного поля показали, що відносна похибка менше 5%, що може свідчити про правильність проектного розрахунку, не зважаючи на зроблені припущення.

Висновки:

Застосування програм надає широкі можливості фахівцям для автоматизації розрахунків електромагнітних параметрів та фахових співвідношень на основі чисельного розрахунку електромагнітного поля асинхронного двигуна. На базі проведених розрахунків та принципах аналізу електромагнітних параметрів АД 4A250M6Y3 можна проводити аналогічні розрахунки для інших асинхронних двигунів. На прикладі 4A250M6Y3 було визначено проблеми проектування за класичними методиками, які використовують методи магнітних ланцюгів із цілим рядом припущень та спрощень, і не завжди можуть давати достовірні результати розрахунків, особливо для нових перспективних конструктивних виконань АД.

Використання системи чисельно-польового моделювання електромагнітних полів та визначення електромагнітних параметрів асинхронних двигунів із використанням спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема програми Femm, може стати дуже ефективною основою для перевірочних розрахунків спроектованих двигунів та їх уточненого проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яримбаш, Д.С. Особливості тривимірного моделювання електромагнітних полів асинхронного двигуна [Текст] / Д. С. Яримбаш, М. І. Коцур, С. Т. Яримбаш, І. М. Коцур // Електротехніка та електроенергетика. – 2016. – № 2. – С. 43-50. – Режим доступу : DOI : <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2016-2-5>.
2. Яримбаш, Д.С. Особливості визначення параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна для короткого замикання [Текст] / Д. С. Яримбаш, М. І. Коцур, С. Т. Яримбаш, І. М. Коцур // Електротехніка та електроенергетика. – 2017. – № 1. – С. 24-30. – Режим доступу : DOI : <http://dx.doi.org/10.15588/1607-6761-2017-1-4>.
3. Finite Element Method Magnetics: <https://www.femm.info>

УДК 621.313

Савенко А.А.

студ. гр Е-911м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА 4АН180М6УЗ ТА ЙОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Асинхронні електродвигуни є одним з найбільш поширених типів електричних машин в промисловості. Вони широко використовуються в різних пристроях, таких як насоси, вентилятори та транспортні засоби. Але, незважаючи на їх широке використання, іноді потрібно здійснити керування асинхронним двигуном у двохфазній системі, наприклад, при використанні деяких типів інверторів або систем з постійним струмом.

Перетворення трьохфазної системи асинхронного двигуна у двофазну може бути здійснене за допомогою перетворення Кларка. Це перетворення дозволяє перетворити трьохфазний сигнал у дві незалежні фази, що дозволяє керувати асинхронним двигуном у двохфазній системі. Для цього необхідно знати фазові струми та фазові напруги.

Перетворення Кларка полягає в наступному. Спочатку знаходяться декілька векторів напруги у трьохфазній системі. Потім ці вектори перетворюються у два вектори у двофазній системі. Для перетворення необхідно знати кут між фазовими напругами у трьохфазній системі, який становить 120 градусів.

Для знаходження фазових струмів у двофазній системі необхідно використовувати матрицю перетворення. Ця матриця містить коефіціє-

нти, які дозволяють перетворити струми у трьохфазній системі у струми у двофазній системі.

Після того, як були знайдені фазові струми та фазові напруги у двофазній системі, можна розрахувати необхідні параметри для керування асинхронним двигуном у двофазній системі, такі як потужність, швидкість, струм та напруга.

При переведенні трьохфазної системи на двофазну за допомогою перетворення Кларка, можливо досягти стабільної роботи двигуна в широкому діапазоні швидкостей, знизити втрати енергії та збільшити коефіцієнт корисної дії. Також цей метод дає можливість знизити складність системи керування та використовувати більш економічні компоненти.

Однак, перетворення Кларка має свої недоліки. Зокрема, метод потребує використання додаткових компонентів, таких як конденсатори та інвертори, що може підвищувати вартість системи. Також може бути складніше контролювати двигун в режимах низьких швидкостей.

Отже, підсумовуючи, перетворення трьохфазної системи асинхронного двигуна у двофазну керуючись перетворенням Кларка є ефективним і зручним методом для забезпечення роботи двигуна в широкому діапазоні швидкостей. Даний метод має свої переваги та недоліки, що необхідно враховувати при його використанні.

УДК 621.313

Беляєв Є.І.¹, Бережецький С.О.²

¹студ. гр. Е-219 НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. Е-212 НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Одними з найбільш важливих та масових елементів електричних мереж є силові трансформатори. Вихід трансформаторів з ладу при аварії ставить під загрозу якісну експлуатацію підстанцій, що призводить, в свою чергу, к зниженню надійності енергосистем в цілому.

Планово-попереджувальні ремонти силових трансформаторів в наш час стають все більш малоефективними як з економічних причин, так і через збільшення ймовірності відмови в міжремонтний період.

Тому є актуальною розробка нових та удосконалення існуючих методів діагностування. Нова стратегія технічного обслуговування вимагає застосування сучасних комп'ютерних технологій автоматичного збирання, оброблення та аналізування даних.

Для сучасної електроенергетики особливо необхідне впровадження систем діагностування силових трансформаторів, у зв'язку з тим, що близько 40–50 % трансформаторів України відпрацювало свій встановлений термін служби.

Наразі в Україні, країнах Євросоюзу та США впроваджуються сучасні системи діагностування силових трансформаторів, такі як: комплекс діагностування основної ізоляції трансформаторів на базі ІДК «Регіна», системи TPAS, Siemens TMDS, ABB TEC, AREVA T&D MS 3000.

Такі системи діагностування зазвичай встановлюються на потужні трансформатори, які тільки вводяться в експлуатацію, що обумовлено високою вартістю програмного та апаратного забезпечення. Тому виникає велика необхідність розроблення та вдосконалення моделей і методів діагностування для трансформаторів малого та середнього габариту. Ця ж проблема стосується трансформаторів з великим терміном служби, коли використання таких методів як вібраційний та ін. економічно недоцільне та алгоритми їх роботи не завжди дають змогу достовірно оцінювати технічний стан трансформаторів, бо в умовах експлуатації електричних мереж вони враховують тільки граничний контроль за вимірними діагностичними параметрами.

Актуальність розробки нових, як і вдосконалення існуючих математичних моделей та методів визначення та аналізу діагностичних параметрів стану силових трансформаторів обумовлені економічною необхідністю в підвищенні їх довговічності та рівні технічного обслуговування в процесі експлуатації.

УДК 621.313

Швець В.О.

студент гр. Е-220сп НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ КАНАЛІВ В ОБМОТКАХ НА ПОПЕРЕЧНЕ ПОЛЕ РОЗСПОВАННЯ ТА ОПІР РОЗСПОВАННЯ

Обмотки силових трансформаторів складаються з декількох ділянок, які відрізняються геометричними розмірами в напрямі, перпендикулярному потоку розсіювання, товщиною ізоляції, густиною струму і тому подібне, що призводить к збільшенню індуктивності розсіювання.

При наявності горизонтальних охолоджуючих каналів в обмотках трансформатора окрім повздовжнього поля розсіювання виникає поперечне поле, силові лінії якого замикаються по горизонтальним каналам, збільшуючи, в свою чергу, індуктивності розсіювання.

Методика визначення індуктивних опорів в цьому випадку базується на заміні намагнічуючої дії кожної обмотки сумою намагнічуючих дій двох обмоток:

обмотки низької напруги (НН) – сумою дій НН₁ та НН₂,

обмотки високої напруги (ВН) – сумою дій ВН₁ та ВН₂.

Обмотки НН₁ та ВН₁ мають рівномірний розподіл магніторухливих сил (МРС) та створюють повздовжнє поле розсіювання.

Кожна із обмоток НН₂ та ВН₂ складена із котушок, що чергуються. Сума МРС кожної із цих обмоток дорівнює нулю. Ці обмотки створюють лише поперечне поле.

В цьому випадку взаємоіндуктивний опір між реальними обмотками НН та ВН дорівнює

$$x_{\sigma \text{НН-ВН}} = x_{\sigma d} + x_{\sigma q \text{НН}} + x_{\sigma q \text{ВН}}.$$

Для дослідження застосовують метод планування експерименту.

Якщо прийняти, що величина охолоджуючих каналів обмоток НН₂ та ВН₂ h_2 між усіма котушками n висотою h_1 однакова, то можна дослідити залежність $x_{\sigma q} = f(h_2, n)$, враховуючи діапазон зміни двох факторів, при висоті обмотки $H = n(h_1 + h_2)$.

Складемо матрицю плану експерименту другого порядку для двох факторів в кодованих одиницях. Функцією мети обираємо індуктивний опір розсіювання по осі q .

Таким чином, отримаємо поліном залежності функції мети і переведемо значення факторів із кодованих у абсолютні. Проведемо розрахунок $x_{\sigma q}$, і, після визначення коефіцієнтів полінома та його аналізу отримаємо змогу визначити оптимальні значення ширини горизонтальних каналів та місця їх розташування за умови, що $x_{\sigma q} \rightarrow \min$.

УДК 621.316.35:006.354

Сапа А.О.¹, Тарасюк Д.Я.¹, Шпак В.М.¹

¹студ. гр Е-211сп НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ В СИСТЕМАХ ШИНОПРОВОДІВ З ВРАХУВАННЯМ ДІЇ ВИЩИХ ГАРМОНІК СТРУМУ

Забезпечення виконання більшості технологічних операцій для виробництва продукції на сучасних підприємствах використовуючи підйомно-транспортні механізми, в тому числі кранових електроприводів вважається доволі енергоємним та ресурсозатратним. Дуже важливо, щоб системи цехового електропостачання забезпечували високу ефективність виробничого процесу, і тому вкрай важливо відповідати жорс-

тким вимогам високої надійності. Слід зауважити, що одним із вагомих елементів систем цехового електропостачання є тролейні шинопроводи. На даний час існують інженерні методи визначення параметрів, втрат напруги та потужності, але при цьому всі відомі методи не можуть забезпечити істотну точність розрахунків та мають високі похибки [1]; інші відомі методи мають високу ефективність розрахунку, але не дозволяють визначити падіння напруги в залежності від коефіцієнта потужності мережі [2]. Тому розробка нового підходу є досить важливим питанням для оптимізації виконання технологічних операцій на виробництві.

Розроблений підхід [3] дозволяє визначити з високою точністю параметри та падіння напруги у тролєях шинопровода залежно від коефіцієнта потужності мережі, який заснований на декомпозиції електромагнітних процесів у тролейному шинопроводі за допомогою живлення однієї із фаз шинопровода для визначення активного та реактивного опорів без врахування впливу зовнішнього магнітного поля, а також двох фаз шинопровода для визначення активного і реактивного опорів при наявності зовнішнього магнітного поля, викликаного дією сторонніми струмами, що протікають в сусідніх тролєях шинопровода.

Найбільш суттєвими результатами є визначення на основі польового моделювання активних та реактивних опорів, залежно від частоти гармонік струму та відстані між фазами тролєїв шинопровода. За результатами запропоновано залежності для визначення значень активного та реактивного опорів для відповідних фаз та гармонік струму. Вдосконалено математичну модель втрат напруги в тролєях від коефіцієнта потужності мережі. Дані експериментального дослідження підтверджують високу ефективність та точність підходу. Значимість результатів полягає у більш точному визначенні параметрів та втрат напруги в кожній фазі тролєїв шинопровода незалежно від їх розташування, кількості, форми, а також симетрії струмів без витрат часу на польове моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Федоров, А. А. Справочник энергетика промышленных предприятий. Том 1 [Текст] / А. А. Федорова, Г. В. Сербиновский, Я. М. Большам. - М.–Л.: Госэнергоиздат, 1961 г. - 840с.
2. Popa I. C. Numerical modeling of three-phase busbar systems: Calculation of the thermal field and electrodynamic forces [Text] / I. C. Popa, A. I. Dolan International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, Romania, November 2016.

3. Yarymbash, D. Parameters Determination of the Trolley Busbars by Electromagnetic Field Simulation [Text] / D. Yarymbash, M. Kotsur, Yu. Bezverkhnia, I. Kotsur // IEEE: 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), September 10-14, Kharkiv, Ukraine, 2018, pp. 76-79. DOI: 10.1109/IEPS.2018.8559576

УДК621.318.1

Шило О.М., Шило А.Ю.

студ. гр Е-212 НУ «Запорізька політехніка»

ВИБІР КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

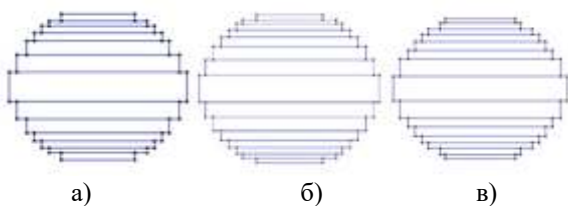
Однією з основних задач проектування силового трансформатора є вибір конструктивної схеми магнітної системи. При її розрахунку в першу чергу повинні бути передбачені можливості зменшення втрат та струмів неробочого ходу, мінімальні витрати електротехнічної сталі. Для пласкої шихтованої магнітної системи визначають: план шихтування пластин, кількість ступенів в перерізі стрижнів та ярма, розміри пакетів – ширина пластин та товщина пакетів, розташування та розміри охолоджуючих каналів, повні та активні перерізи стрижня та ярма, висота стрижня, відстань між вісями стрижнів. Геометричні розміри магнітної системи обираються у відповідності з попереднім розрахунком, спираючись на оптимальний варіант співвідношення параметрів неробочого ходу та розмірів її конструктивних елементів, та, як наслідок, витрат активних матеріалів, що є актуальним питанням сьогодення.

Існуюча конкуренція на ринку виготовлення трансформаторів та електропромислових виробів взагалі вимагає модернізації та швидкого реагування на вимоги споживачів електротехнічної продукції. Тому існує необхідність уточнення методів розрахунку та скорочення витрат часу на них.

Класичні методи розрахунку конструкції магнітної системи трансформатора передбачає розрахунок кількох варіантів магнітної системи за стандартизованими розмірами її пакетів (рис. 1)

Для кожного з варіантів прораховуються всі конструктивні параметри та втрати та струм неробочого ходу.

Комп'ютерне моделювання дозволяє в кілька разів скоротити час розрахунку, спираючись тільки на розміри стрижня та ярма, що дозволяє одночасно обрати оптимальний варіант конструкції всього трансформатора з заданими електротехнічними параметрами (таблиця 1) тільки за картиною магнітного поля.



а) $d_{min}=0,22$ м; б) $d_c=0,24$ м, який відповідає мінімальній вартості; в) $d_{max}=0,27$ м.

Рисунок 1 – Перерізи стрижнів для обраних діаметрів силового трансформатора типу ТМ – 1000/35-У1

Таблиця 1 – Дані отримані за допомогою комп'ютерного моделювання

Діаметр стрижня, d_c , м	Енергія поля, Дж	Індукція (B , Тл) в стрижні фази А	Індукція (B , Тл) в стрижні фази В	Індукція (B , Тл) в стрижні фази А	Середнє значення індукції, B , Тл
0,22	21,9	2,152	2,244	2,152	2,18
0,24	23,52	2,147	2,242	2,146	2,178
0,27	18,26	2,061	2,24	2,06	2,12

Використання комп'ютерного моделювання дозволило отримати реальну картину магнітного поля силового трансформатора та спираючись на завдані параметри неробочого ходу визначити оптимальні конструктивні розміри магнітної системи та перейти до розрахунку параметрів короткого замикання силового трансформатора, а також значно скоротити час розрахунку силового трансформатора в цілому.

УДК 621.314.58

Калиніченко Д.В.

асп. НУ «Запорізька політехніка»

**АДАПТАЦІЯ КОНТУРУ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ
РЕЗОНАНСНИХ ІНВЕРТОРІВ З ЧАСТОТНО-ІМПУЛЬСНОЮ
МОДУЛЯЦІЄЮ (PFM) ДО ШИРОКОГО ДІАПАЗОНУ
НАВАНТАЖЕНЬ**

Резонансні інвертори успішно використовуються, наприклад, в установках індукційного нагріву (УІН), блоках живлення великої потужності за рахунок високого ККД і малих ЕМ-випромінювань і масогабаритними показниками (відносно традиційних інверторів з широтно-імпульсною модуляцією). На жаль, ці переваги нівелюються необхідністю додержання роботи перетворювача у вузьких межах вихідної потужності P_{OUT} , вхідної та вихідної напруги, а також складністю розробки надійних пристроїв цього типу.

Так як основним вибором в типі управління транзисторами у резонансних інверторах є частотно-імпульсна модуляція (PFM), то для їх розробки таких найчастіше використовують апроксимовану за першою гармонікою модель резонансного перетворювача. Це дозволяє оцінити параметри компонентів перетворювача згідно з зазначеними вимогами до нього. Згідно цієї моделі можна помітити, що передавальна характеристика перетворювача, а отже і вихідна напруга, значною мірою залежить від значення добротності резонансного контуру, яка, в свою чергу, залежить від приведенного навантаження R' .

У той час як проблеми з граничними випадками можливих значень R' вирішують додаванням схем захисту у вигляді відключення інвертора при небажаних навантаженнях, менш наочною, але відомою є проблема з налаштуванням схем регулювання вихідної потужності. У випадку з PFM схемами управління, де потужність перетворювача регулюється частотою роботи інвертора, часто виникає проблема у перерегулюванні схеми управління і появи періодів часу, коли інвертор працює на частоті нижчій за резонансну, через що транзистори виходять з ладу через ємнісний характер навантаження на них. Ситуація погіршується при значній зміні навантаження від номінальної, через що реакція інвертора на зміну робочої частоти також змінюється. Через це може виникнути ситуація, коли налаштований на конкретний вузький діапазон R' контур зворотного зв'язку є незадовільним у інших випадках.

Одним з рішень проблеми налаштування схеми регулювання резонансного інвертора є зміна регулювальних коефіцієнтів цієї схеми

відповідно до зміни навантаження. Таким чином, PID-регулятор, який налаштований на конкретний діапазон навантаження, зможе адекватно реагувати на зміну навантаження поза цього діапазону.

У якості прикладу реалізації такої модернізованої схеми регулювання потужності використовується модель установки індукційного нагріву, де застосовується алгоритм фазової автопідстройки частоти (ФАПЧ). Спрощений вигляд цієї моделі представлений на рис.1.

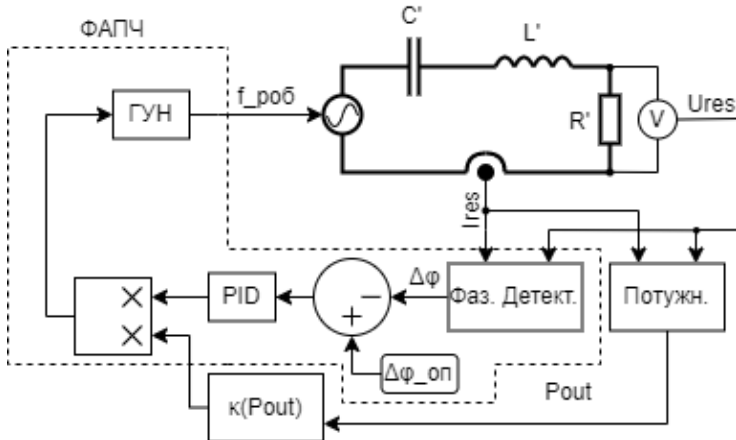


Рисунок 1 – Модель установки індукційного нагріву з управлінням на основі модифікованого алгоритму ФАПЧ з розширенням діапазоном робочої потужності

У випадку резонансних УІН PFM регулювання потужності з використанням ФАПЧ за сигнал зворотного зв'язку приймають фазовий зсув струму у резонансному контурі відносно фази напруги. Тоді множник κ , який розраховується з вихідної потужності, повинен компенсувати зміну робочої частоти під час зміни фазового зсуву при зміні R' . Таким чином, зменшуючи коефіцієнт передачі схеми регулювання сигналу похибки, зменшується ймовірність появи автоколивальних процесів в схемі управління, яка призвела б до виходу з ладу УІН.

Вищезазначена теорія роботи запропонованої модифікації була перевірена за допомогою макета УІН потужністю 10кВт. Експериментальні дослідження показали її дієздатність. Дана модифікації є привабливою тим, що розрахунок залежності $\kappa(R')$ проводиться ще на етапі розробки пристрою з урахуванням обраної схеми управління.

Отже, запропонована модифікація стандартних схем управління резонансних перетворювачів може забезпечити регулювання вихідних параметрів роботи приладу при широкому діапазоні навантаження без зменшення його відмовостійкості.

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ АНАЛІТИЧНИМ ТА ЧИСЕЛЬНИМ МЕТОДОМ

Світлотехнічні розрахунки освітленості приміщення проводяться аналітичним методом або точнішим і сучаснішим чисельним методом з використанням спеціальних світлотехнічних програм. В даний час розроблено ряд світлотехнічних програм, до яких входять європейські програми: такі як DIALux evo (Німеччина), Relux (Швейцарія), Litestar (Італія) американські Lightscape та інші. Кожна з програм, незважаючи на свою універсальність, має певну орієнтацію для вирішення конкретних світлотехнічних завдань. Програма DIALux evo при розрахунку використовують метод «випромінювання» і має назву RadiCal. Метод «випромінювання» пов'язаний з рішенням рівняння глобального освітлення. Основною перевагою ядра RadiCal є не тільки можливість візуалізації світлового середовища з високим ступенем точності відображення картини освітлення в 3D просторі, але і розрахунок чисельних значень освітлення в заданих областях приміщення.

Один з аналітичних методів при розрахунку освітлення для виробничих приміщень, у яких прийнято рівномірне освітлення робочих горизонтальних поверхонь є метод коефіцієнту використання світлового потоку (κ_e). Відповідно до цього методу фактичну освітленість $E_{\text{факт}}$ визначають, враховуючи світловий потік, що падає від світильників безпосередньо на поверхню і відбитий від стін, стелі та самої поверхні. Усі світлотехнічні розрахунки вимагають побудови плану розміщення світильників, відповідно визначаються L_{cv}/L_p – відстань між світильниками в ряді/відстань між рядами світильників. Для побудови плану розміщення світильників прийнято використання коефіцієнту λ , що визначає відношення L_{cv} і L_p до висоти підвісу світильників над робочою поверхнею h . Загалом це має невизначеність, оскільки λ залежить від трьох параметрів (L_{cv} , L_p , h), та від кривої сили світла (КСС) світильників, що викликає необхідність багатоваріантного розрахунку.

Для прикладу наведено результати порівняльного розрахунку для промислового приміщення при використанні LED- ламп площею $S=3456 \text{ м}^2$, довжиною $A=72 \text{ м}$, шириною $B=48 \text{ м}$, висотою $H=6,5 \text{ м}$. Висота підвісу світильників $h_c=0,7 \text{ м}$, а розрахункова висота підвісу джерел світла над робочою поверхнею $h=6,5-0,7=5,8 \text{ м}$; нормована освітленість $E_{\text{норм}}=300 \text{ Лк}$. Похибка рівня освітленості приміщення ΔE повинна бути

від -10% до + 20% від нормованої. Кількість світильників N необхідне для побудови плану розміщення визначають в наступній послідовності $N=f(\lambda)$; $\Phi_{розр}=f(N, E_{норм}, S, \kappa_a)$ або при відомому $\Phi_{ном}$ лампи визначають $N=f(\Phi_{ном}, E_{норм}, S, \kappa_a)$ далі використовують $\lambda_{св}=L_{св}/h$ і $\lambda_p=L_p/h$ і визначають кількість світильників у ряді $N_{св}$ і кількість рядів N_p . В результаті багатоваріантного розрахунку кількості світильників N було прийнято $\lambda \approx 1 \div 1,2$ для КСС – К та $\lambda \approx 1,2 \div 2$ для КСС – Д.

Таблиця 1 – Результати світлотехнічного розрахунку при використанні LED- ламп

Тип лампи- потужність (Вт)	LED – 130		LED – 200	
Тип світильника	ДСП03-130-101 Orion 750		ДСП06-200-101 Moon 750	
КСС (λ)	К (0,4÷0,7)		Д (1,2÷1,6)	
Тип розрахунку	Аналітичний	DIALux EVO	Аналітичний	DIALux EVO
$L_{св}/L_p$, м	5,14/6		10,28/6	
$\lambda_{св}/\lambda_p$	1,03/1,2		2,05/1,2	
$N=N_{св}/N_p$, шт	112=14·8		56=7·8	
Світовий потік $\Phi_{ном}$, лм	16 236		31 451	
$E_{факт}$ ($E_{ср}$), лк	289,16	474	294,25	424
ΔE , %	-3,61	58	-1,92	41,3

Позначення в таблиці: $\lambda_{св}/\lambda_p$ – найбільш вигідне розрахункове значення $\lambda_{св}=L_{св}/h$ та $\lambda_p=L_p/h$ для відповідної КСС при розташуванні світильників у вершинах прямокутника; $E_{факт}$ – фактична освітленість приміщення; $E_{ср}$ – середня освітленість.

Аналіз таблиці показує, що при однаковій кількості світильників виходить різне значення середньої (результат чисельного розрахунку) та фактичної (результат аналітичного розрахунку) освітленості. При чисельному розрахунку середня освітленість збільшується більш ніж на 58% порівняно з нормованими значеннями, що дозволить зменшити кількість ламп порівняно з аналітичним світлотехнічним розрахунком. З табл. 1 видно значну відмінність рекомендованого значення λ для кожної КСС в порівнянні з розрахунковим значенням $\lambda_{св}$ і λ_p при використанні LED світильників.

Для зменшення трудоемності при побудові плану розміщення світильників необхідно провести коригування діапазону рекомендованого значення для LED світильників залежно від параметра h при побудові плану розміщення світильників ($L_{св}$, L_p).

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОСТАЧАЄМОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НАПРУГОЮ ДО 10 КВ

Завдання аварійного відключення пошкодженої ділянки мережі, секціонування мереж, включення резерву виконували пункти секціонування мереж (ПСМ). Певний час це були будівлі із встановленим у них необхідним електротехнічним обладнанням, яке потребувало періодичних перевірок та ремонтів. На сьогодні до основних функцій ПСМ додається облік спожитої електроенергії, а для пошуку несправностей і локалізації аварійних ділянок мереж 6-10 кВ створювались спеціалізовані системи та пристрої, що оснащують ті самі мережі своїми датчиками для збору інформації.

Основна частина функцій мереж сьогодні вирішується стовповим пунктом секціонування – реклоузером. Реклоузер – це комутуючий пристрій на основі вакуумного вимикача, що виконує функцію автоматичного відключення відрізка (секції) лінії електропередачі у разі виникнення перевантаження (наприклад, короткого замикання) у цій секції або за технологічної необхідності. Він має в своєму складі комплекс елементів моніторингу та керування мережею, необхідних для виявлення аварійної ситуації та відключення ділянки мережі, а також для подальшого повторного включення ланцюга (автоматичного повторного включення – АПВ). Для нього не потрібно спеціального приміщення, бо він розміщується на опорі, оскільки має невелику вагу. Практично не потребує обслуговування – контактні реле замінені електронними пристроями. Має можливість передавати інформацію диспетчеру мережі про факт аварії, про поточні вимірювання параметрів мережі для локалізації аварійної ділянки; забезпечує комерційний облік відпущеної електроенергії; диспетчер має можливість дистанційної перекомутації для виконання секціонування мережі, підключення резервних ліній тощо.

Це дозволяє знижувати витрати експлуатуючих організацій, зменшувати перерви в електропостачанні об'єктів, збирати дані щодо АСКУЕ та АСДУЕ з розподільчої мережі та споживачів електроенергії (див. рис. 1).

Для виконання цих функцій у реклоузерах застосовані сучасні методи вимірювання та передові технічні рішення, такі як:

- антиферорезонансні датчики струму та напруги;
- вакуумний вимикач з магнітною засувкою;
- GSM- або PLC-модем;
- спеціалізовані блоки РЗА;
- можливість встановлення лічильника АСКУЕ та інші функції.



Рисунок 1 – Можливості зниження витрат експлуатуючих організацій постачання електроенергії

Реклоузер може стати вирішенням таких проблем, як:

- споживачі втрачають електропостачання у разі аварії чи пошкодження і, як наслідок, зазнають збитків від його значної перерви;
- споживач витрачає десятки годин на пошук та локалізацію пошкодження;
- задіяність великої кількості персоналу та техніки для усунення пошкоджень;
- немає надійного зв'язку з диспетчерським пунктом;
- у споживача є складнощі з керуванням мережею;
- обслуговування мережі трудомістке та операції здійснюються вручну;
- у споживача немає GSM-зв'язку та не можете дистанційно керувати реклоузером.

Крім доступу до керування обладнанням в онлайн-режимі, реклоузер дозволяє безперервно відстежувати на пульті керування результа-

ти моніторингу електродинамічних процесів, а також переглядати результати в пам'яті пристрою.

В склад реклоузера зазвичай входять: 1 – комутаційний модуль; 2 – шафа керування; 3 – інсталяція для кріплення комутаційного модуля аналогічно шафі керування; 4 – трансформатор напруги (встановлюється додатково у разі двостороннього живлення) поряд із комутаційним модулем.

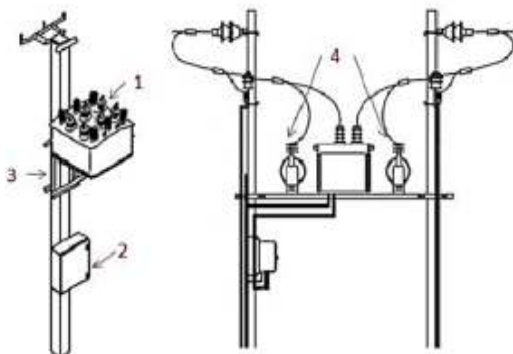


Рисунок 2 – Склад реклоузера



Рисунок 3 – Комутаційний модуль реклоузера

Високовольтний модуль є збірно-звареною металевою конструкцією. Всередині модуля встановлюються: вакуумний вимикач, трансформатори струму, трансформатор власних потреб; трансформатор напруги, за наявності функції обліку електроенергії. Склад апаратури вибирається залежно від схеми головних кіл мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Внедрение реклоузеров в целях повышения надежности электроснабжения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://energobelarus.by/articles/tekhnologii/vnedrenie_reklouzerov_v_tsely_akh_povysheniya_nadezhnosti_elektrosnabzheniya/

2. Підприємство «ТЕУ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tavrida-ua.com/products/>

УДК 621.316.71

Борисенко В.В.¹, Коцур М.І.²

¹ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ГАЛЬМУВАННЯ ПРОТИВМИКАННЯМ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ З ФАЗНИМ РОТОРОМ

Швидкий розвиток безконтактних систем регулювання асинхронного двигуна з фазним ротором (АДФР) призвело до зниження капітальних витрат на продукцію та підвищення енергоефективності виробничих механізмів. Проте існують такі виробничі цикли, котрим необхідне виконання миттєвих чи аварійних гальмувань АДФР. Тут для всіх систем асинхронно-вентильного каскаду (АВК) та імпульсного регулювання (ІР) виконання таких операцій призводить до суттєвого підвищення споживання електроенергії, а іноді і якнайшвидшого виходу з ладу електроприводу. Порівняльний аналіз показав, що найбільш енергоефективною є модифікована система ІР.

Відмінною особливістю даної модифікованої системи ІР є наявність імпульсного регулятора в колі випрямленого струму ротора, представленого у вигляді перетворювача підвищуючого типу та інвертора, який на відміну від АВК, працює з постійним мінімальним кутом інвертування. За рахунок цього забезпечується високий коефіцієнт потужності і коефіцієнт корисної дії в широкому діапазоні ковзання АДФР. Тому саме цій системі регулювання варто приділити увагу при її синтезі з контакторною схемою, що реалізує режим гальмування

проти включенням, так як вона дозволить підвищити енергоефективність всього електроприводу в момент гальмування за рахунок рекуперації енергії ковзання ротора в мережу.

Тому метою роботи є підвищення ефективності роботи та енергетичних показників АДФР з модифікованою системою ІР у режимі гальмування противмиканням.

За результатами роботи отримано синтез контакторної схеми, що реалізує режим гальмування противмиканням з сучасною системою імпульсного регулювання. Розробка математичної моделі дослідження модифікованою системою ІР АДФР із реалізацією гальмування противмиканням. Визначено величину додаткового опору в ланцюзі випрямленого струму ротора, що забезпечує узгодження ЕРС ротора АДФР та ЕРС інвертор. При цьому забезпечується обмеження наростання струму статора в 3 рази, струму ротора – в 3,5 рази та електромагнітного моменту – в 2 рази. Це дозволить знизити ударну складову електромагнітного моменту в період реверсу, а також унеможливити розсіювання енергії ковзання ротора в обмотках статора та ротора АДФР. При цьому енергія ковзання ротора через інвертор рекуперується в мережу, що призводить до підвищення енергоефективності електроприводу.

UDK 621.316.71

Tytariev Mykyta¹, Mykhailo Kotsur²

¹ student of group E-412m NU «Zaporizhzhia polytechnic»

² PhD, assistant professor NU «Zaporizhzhia polytechnic»

DEVELOPMENT OF A THERMAL SUBSTITUTION SCHEME OF AN INDUCTION MOTOR

Currently, due to the widespread use of PCs, the use of temperature field method of thermal assessment has become possible both at the research stage and at the design stage of the induction motor. This allows to do without traditional methods of calculation and method of thermal scheme of replacement of thermal state of induction motor, and to pass from temperature resistances, as parameters of the thermal scheme of substitution, to geometrical conductivity of the given scheme.

Thus, the development of an adequate electro-thermal field mathematical model to obtain more accurate results of the calculation of the thermal state of induction motor is an urgent scientific and technical task.

As a result of the research the peculiarities of simulating of thermal processes in the cross section of an induction motor are considered. A mathematical electrothermal field model has been developed, which allows to

take into account the peculiarities of interconnected electromagnetic and thermal processes in structural elements of an induction motor with a squirrel-cage rotor, nonlinear properties of materials, change of states of thermal conductivity coefficients of each units of the induction motor depending on change of its temperature.

The results of field electro-thermal calculation were compared with empirical calculations for estimating the temperatures of the main and main components of the induction motor according to the methods of O.D Goldberg and I.P. Kopylova. The relative error in relation to the results of field calculation, according to the method of O.D Goldberg is 20.2%, according to the method of I.P Kopylova – 15,6%.

Thus, given the fact that the field electro-thermal model has a very accurate calculation, is a very important result and can be used at the design stage of induction motor, as an alternative way to assess the thermal state of induction motor.

УДК 621.316

Гавріков Є.М.¹, Новіков В.О.², Сьотка О.І.¹, Чабан І.М.¹

¹ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-812м НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Обладнання енергосистем (ОЕС) має бути здатним успішно працювати в періоди максимумів споживання, щоб надійно забезпечувати електроенергією промислових та соціальних споживачів саме тоді, коли вона найбільш потрібна. Високовольтне обладнання із зовнішньою ізоляцією в повітрі з цієї причини також має витримувати різні впливи навколишнього середовища, включаючи екстремальні температури повітря, вологість, забруднення повітря (наприклад, природні забруднення, сіль або промислові забруднення), суворі погодні умови (наприклад, циклони, урагани), і навіть землетрусу. Відбір, розробка та використання кращих матеріалів, здатних протистояти операційним навантаженням та умовам навколишнього середовища, що використовуються для високовольтного обладнання з такою зовнішньою ізоляцією, мають основне значення для забезпечення надійної експлуатації високовольтних систем [1].

Значна кількість електричного обладнання відкритих розподільних пристроїв (ВРП), а також електричних станцій та підстанцій роз-

ташовується на відкритому просторі, тому при розробці схем та конструктивного виконання головних знижувальних та розподільчих підстанцій необхідно враховувати електричні властивості пробою цього обладнання в повітряному середовищі. А отже, через те, що мінімальні ізоляційні відстані в повітрі для обладнання ВРП та закритих розподільних пристроїв (ЗРП) з напругою від 3 кВ до 220 кВ, які забезпечують умови безпеки та зручність обслуговування (мінімальні відстані від струмопровідних частин до заземлених конструкцій, а також між струмопровідними частинами різних фаз тощо), регламентовані ПУЕ, то це може призвести до збільшення площі при розміщенні та встановленні такої апаратури [1 – 4]. Оскільки основне обладнання трансформаторних підстанцій відпрацювало свій розрахунковий технічний ресурс, то відсутність заходів щодо модернізації та реконструкції діючих електричних мереж та підстанцій, а також будівництва нових ліній призводить до зниження надійності роботи ОЕС. Одним із головних шляхів підтримки експлуатаційної надійності та продовження робочого ресурсу основного обладнання на станціях є організація ефективного контролю його стану у процесі експлуатації. Тому при визначенні перспективних завдань і програм розвитку першорядну увагу необхідно приділяти розробкам, спрямованим на підвищення ефективності та надійності роботи всього обладнання станцій і підстанцій, створення нових методів діагностування, які дають можливість організувати контроль електрообладнання без його відключення, під робітником напругою, а також на модернізацію обладнання, що знаходиться в експлуатації. При цьому необхідно враховувати сучасні вимоги та тенденції світової електротехніки та електроенергетики.

У пристроях масляного обладнання застосовують вводи з твердою ізоляцією типу RBP (Resin Bonded Paper) – папір склеєний смолою, а вже з 2004р. – типу RIP (Resin Impregnated Paper) – папір, просочений смолою, типу RIN (Resin Impregnated Nonwoven). Дані види ізоляції забезпечують необхідні характеристики, що забезпечують внутрішню ізоляцію високовольтних вводів. Найсучасніша тверда RIP-ізоляція, теж схильна до впливу вологи, хоча й меншою мірою, ніж RBP-ізоляція. Вводи бувають різних типів, які класифікуються за особливостями конструкції, наповненості маслом або іншою хімічною складовою, типології ізоляції. Навіть термовакuumне просочення епоксидним компаундом не усуває повністю гігроскопічність паперу. Молекули компонентів компаунда мають великі розміри в порівнянні з розмірами молекул води і не в змозі створити повну непроникність для вологи, тому що в найбільш дрібні пори паперу вони не можуть проникнути. з

Для вирішення проблеми, пов'язаної з впливом зовнішнього середовища та погоди, багато компаній-розробників запропонували використовувати кремнійорганічну гуму на напруги більшою за 110 кВ. Відомо, що силіконові порожнисті ізолятори H1VOLT [3, 4] виготовлені з високоміцної

скловолоконної трубки з формованою силіконовою гумою. На обох кінцях ізоляторів зібрані металеві фланці з алюмінієвого сплаву, порожнисті ізолятори з силіконової гуми HIVOLT мають необхідні як механічні, так і електричні характеристики. Продукція широко використовується для автоматичних вимикачів, введів силових та розподільних трансформаторів, вимірювальних трансформаторів, кабельних виводів, розрядників перенапруги тощо. Порожнисті композитні ізолятори в діапазоні напруг від 36 кВ до 500 кВ змінного струму протестовані та сертифіковані відповідно до ІЕС 61462.

Особливу важливість має контроль за дотриманням технології виготовлення на всіх стадіях виробничого циклу. Саме склад компаунду та технологічні режими, які відпрацьовувалися як розрахунковим так і експериментальним шляхом протягом тривалого часу є гарантією збереження високих діелектричних властивостей RIP-ізоляції остовів протягом тривалого терміну експлуатації. Ретельний контроль за дотриманням технологічних режимів у процесі сушіння, просочення, а також під час циклу затвердіння забезпечують постійну високу якість ізоляційних остовів щодо рівня часткових розрядів та механічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Афанасьєв, О. І. Електричні апарати високої напруги / О. І. Афанасьєв, Л. Б. Жорняк, В. М. Щусь. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 356 с.
2. Волкова, О. Г. Диагностика силовых трансформаторов длительное время находящихся в эксплуатации [Текст] / О. Г. Волкова, Л. Б. Жорняк, И. В. Левенков // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – Х.: НТУ «ХП». – 2018. - № 32 (1308). - С. 3 – 7.
3. Жорняк, Л. Б. Особливості регулювання напруженості електричного поля уздовж зовнішньої ізоляції газонаповнених трансформаторів напруги [Текст] / Л. Б. Жорняк, О. І. Афанасьєв, В. М. Щусь // Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХП». – 2019. – №2. – С. 13 – 17.
4. Жорняк, Л. Б. Аналіз конструктивних та структурних особливостей матеріалів зовнішньої ізоляції високовольтних апаратів [Текст] / Л. Б. Жорняк, О. І. Афанасьєв, В. М. Щусь // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХП». – 2022 – № 2 (8). – С. 8 – 15.

УДК 621.316.71

Yurii Tsybulin¹, Mykhailo Kotsur²

¹ student of group E-412m NU «Zaporizhzhia polytechnic»

² PhD, Ass. prof., NU «Zaporizhzhia polytechnic»

DESIGN OPTIMIZATION OF THE ROTOR OF AN INDUCTION MOTOR BY FIELD METHOD

The use of the field method of calculating the electromagnetic parameters of an induction motor will reduce the error in determining the energy performance at the design stage of the induction motor and allows to do without traditional research methods based on alternate circuits.

In this regard, the peculiarities of the calculation of electromagnetic parameters of induction motors were considered. The analysis and choice of mathematical methods for researches and optimization of geometrical dimensions of a rotor of induction motors is carried out.

The general characteristic of the software for field calculation of induction motors is executed. An electromagnetic field model of an induction motor has been developed, which takes into account the geometric features of the design of the active part of the stator and rotor core, as well as the spatial location of the stator winding and squirrel-cage rotor winding.

An approach to the construction of a spatial mathematical model of electromagnetic field distribution in the design of the active part of an induction motor with a squirrel-cage rotor is developed, which allows to determine the optimal dimensions of the core and squirrel-cage rotor winding to improve the energy performance of an induction motor.

As a result of improving the design of the core and squirrel-cage of the rotor of an induction motor, an increase in net power by 0,91% and efficiency by 1,03%, while the total losses remain approximately unchanged.

УДК 621.316

Yevhen Liesik¹, Danylo Komarov², Liudmila Zhorniak³

¹ student of group E-412m NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

² student of group E-412ma NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

³ PhD, associate professor NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

MODELING OF OLTC REGULATING TRANSFORMER IN MATLAB SOFTWARE

Today's advanced industrial processes are often sensitive to power supply interruptions and voltage distortions. On the other hand, the growing

use of non-linear loads generates interference and contributes to the increased levels of voltage contamination in power networks. This situation can affect normal operation of other customers connected to those networks. Thus, in recent years the sensitivity towards power quality issues has been increasing mainly as a result of the demands posed by many consumers.

Currently, the power systems use a large number of devices, which ensure the maintenance of the required voltage level. First of all, transformers with an adjustable transformation ratio under load, capacitors, secondary batteries, reactors, synchronous compensators, generators, power plants, and so on are used. [1, 2]. These devices are equipped with regulators that maintain the voltage at a predetermined level. The main means of regulating the voltage in electrical networks are power transformers with on-load tap changers (OLTC).

To increase the regulation stability [3, 4] a model that allows take into account the sign of the derivative enveloping the regulated voltage is proposed. It allows not to make additional transformer tap switch, if regulating my parameter is out of the deadband, but under the influence of external factors moves in this zone.

It allows not making additional transformer tap switch, if regulating my parameter is out of the deadband, but under the influence of external factors moves in this zone. Assessment of the stability of the investigated automatic control systems (ACP) in [4] is combined with the assessment of the quality of its transient (the latter in case of stable system will damp over time). In turn, the transition process in the system is measured by its response to the greatest possible jumps setting or exciting effects of voltage. Obviously, the synthesized system refers to the essentially nonlinear, and the investigation of its stability should be carried out by computer simulation. The mathematical model of the ACP-voltage power transformer with on-load tap changer of RNTA – 60/630 (eight switching steps) can be implemented by dependencies [3]:

Simulation model of three-phase three-winding power transformer with on-load tap changer, as shown in figure 1, is created in the software package MATLAB (Simulink 4) [4] to solve the provided dependencies. Since the voltage control channels in the direction of its decrease or increase work uniformly, only one channel was implemented in the model, which greatly simplifies the calculations. In addition, one can take into account that at significant deviations of voltage, regulation system provides switching of OLTC without delay (at least for two positions). Therefore, to simplify the model, it was assumed that the device has only two tap-changer section. A transformer with OLTC was simulated in MATLAB package using controlled transmission system (FACTS) [4]. This was possible because the OLTC switch is used to switch the load and carry current in the windings of the

transformer without breaking the circuit. Since the real time of the windings switching (30 ... 60 ms) is much smaller than the actual time of selection taps (3 ... 10 s), this block can be represented by vector model to investigate the stability of the power system in range from several seconds to several minutes.

A 25 kV distribution network consisting of three 30km distribution feeders connected in parallel supplies power to a 36 MW/10Mvar load (0.964 PF lagging) from a 120 kV, 1000 MVA system and a 120kV/25 kV OLTC regulating transformer. Reactive power compensation is provided at load bus by a 15Mvar capacitor bank. The same circuit is duplicated in order to compare the performance of two different models of OLTC transformers:

1. Model 1 is a detailed model where all OLTC switches and transformer characteristics are represented. This model can be used with either continuous or discrete solvers to get detailed wave shapes or with the phasor simulation method to observe variations of phasor voltages and currents.
2. Model 2 is a simplified phasor model where the transformer and OLTC are simulated by current sources. This model can be used only with the phasor solution method. It is much faster to execute and it should be the preferred model for transient stability studies, when several such devices are used in the same system.

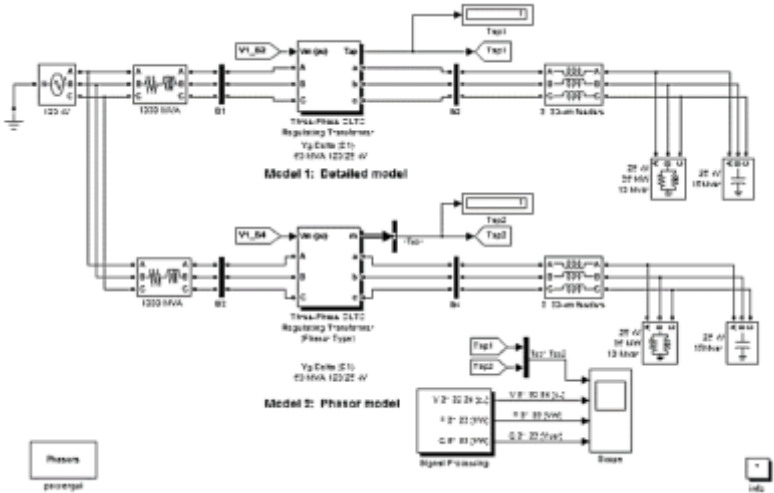


Figure 1 – Model used

Both OLTC transformer models implement a three-phase regulating transformer rated 47MVA, 120kV/25 kV, Wye/ Delta, with the OLTC con-

nected on the high voltage side (120 kV). The OLTC transformers are used to regulate system voltage at 25 kV buses B 2 and B 4.

Voltage regulation is performed by varying the transformer turn ratio. This is obtained by connecting on each phase, a tapped winding (regulation winding) in series with each 120/sqrt (3) kV winding. Nine (9) OLTC switches allow selection of 8 different taps (tap positions 1 to 8, plus tap 0 which provides nominal 120 kV/25 kV ratio). A reversing switch included in the OLTC allows reversing connections of the regulation winding so that it is connected either additive (positive tap positions) or subtractive (negative tap positions). For a fixed 25 kV secondary voltage, each tap provides a voltage correction of ± 0.01875 pu or $\pm 0.875\%$ of nominal 120 kV voltage. Therefore, a total of 17 tap positions, including tap 0, allow a voltage variation from 0.85 pu (102 kV) to 1.15 pu (138 kV) by steps of 0.01875 pu (2.25 kV).

Start the simulation and observe OLTC operation on the Scope (look at fig. 2):

- trace 1 shows the tap position;
- trace 2 shows a superposition of positive-sequence voltages at 120 kV bus B1 (yellow), at 25 kV bus B2 (magenta) and bus B4 (cyan);
- traces 3 and 4 show the active and reactive powers measured on 120 kV side (buses B1 and B3).

These graphs allow estimating how quickly transient processes when exposed to step excitation are damped in the synthesized system of automatic voltage regulation of power transformer with on-load tap changer RNTA – 60/630. More than that, whether additional tap switching of OLTC is required until the transition process ends.

Simulation of control voltage in programming software MATLAB (Simulink 4) can significantly improve not only the quality of delivered energy in energy-producing industries, but also the efficiency of production. The results obtained in the simulation and related calculations suggest how rapidly synthesized in the automatic voltage regulation in the power transformer on-load tap changer (in this example RNTA – 60/630) is damped transients-step winding, and whether such an additional tap-tap-changer until the transition process is ended. Prediction of the number and speed of the switching power transformer windings will optimize not only the regulation of the power consumption, but also ultimately provide the requested process.

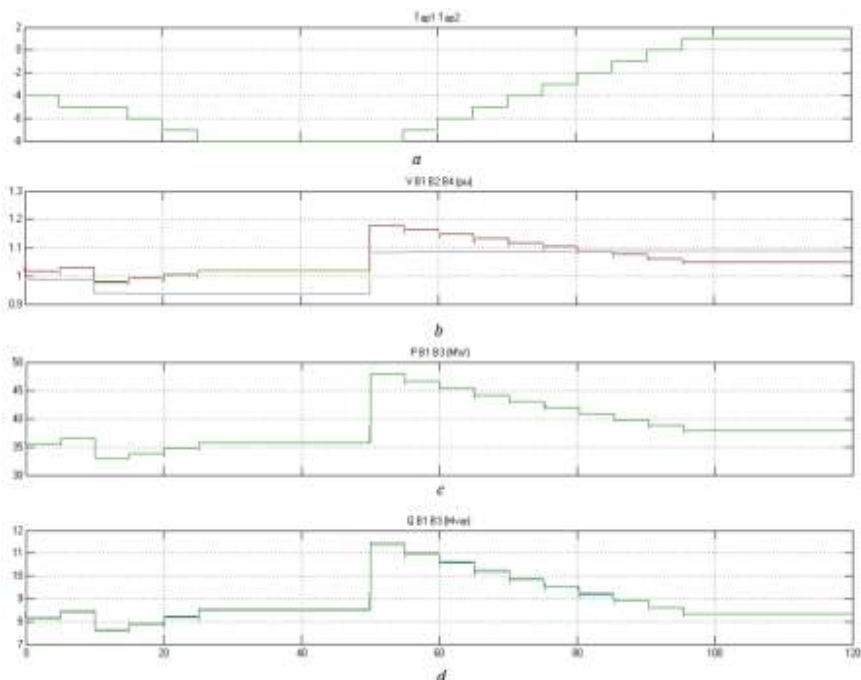


Figure 2 – Waveforms of tap changing process

LIST OF REFERENCES

1. Грабко, В. В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. Монографія [Текст] / В. В. Грабко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 109 с.
2. Розанов, Ю. К. Современные методы улучшения качества электроэнергии (аналитический обзор) [Text] / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчинский // Электротехника. – 1998. – № 3. – С. 10-17.
3. Zhorniak, L. Adaptable model of OLTC regulating transformer in MATLAB software [Text] / L. Zhorniak, O. Volkova, K. Shapka // Power Engineering and Information Technologies In Technical Objects Control: collection of scientific works / CRC Press / Taylor & Francis Group. – London, UK, 2016. pp. 279 - 283.

УДК 621.316

Жорняк Л. Б.¹, Лушпай В. В.², Тищенко І. М.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Ез-412м НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК КЕРОВАНИХ ШУНТУВАЛЬНИХ РЕАКТОРІВ

Генерація електричної енергії та її споживачі зазвичай не знаходяться близько один від одного. Великі міста і великі промислові регіони часто отримують електроенергію від джерел, що знаходяться на великій відстані. Складові системи і навантаження включають в себе джерела реактивної потужності (конденсатори і котушки індуктивності), які впливають на профіль напруги мережі і стабільність системи. Лінії передачі високовольтних систем (735 кВ) можуть мати до 200 МВАр ємнісної потужності на довжину 100 км. Кабельні з'єднання можуть давати навіть більшу реактивну потужність. Великі навантаження, що містять електричні дугові печі або потужні приводи, можуть мати до 100 МВАр індуктивної реактивної потужності. Без відповідної компенсації реактивної потужності в довгих лініях передачі можуть наступити критичні умови роботи системи через сильні коливань напруги і проблем зі стабільністю. Ці проблеми можуть бути вирішені за допомогою схем паралельної і послідовної компенсації [1, 2].

Реактивний струм, що циркулює між генератором енергопостачальної компанії і споживачем, перетворюється на теплову енергію в системі розподілу електроенергії, тобто створюється додаткове навантаження на генератори, трансформатори, кабелі та розподільчий пристрій. Це призводить до втрат електроенергії і падіння напруги. Якщо частка реактивного струму висока, наявні перетини провідників не можуть повністю використовуватися для передачі корисної енергії, можливо, їх потрібно відповідно збільшити.

Серед цілого ряду переваг від застосування пристроїв компенсації реактивної потужності можна виділити п'ять головних:

1. Економія енергоспоживання, тобто за умови впровадження компенсуючих пристроїв реактивної потужності дає суттєвий економічний ефект. Зниження рівня енергоспоживання може скласти до 40-50% від загального обсягу. При таких обсягах термін окупності систем компенсації потужності складе не більше одного року.

2. Збільшення терміну служби обладнання, тобто засоби компенсації збільшують термін служби силових трансформаторів, оскільки їх використання знижує навантаження на устаткування. Використання

установок компенсації також знижує навантаження на лінії передач і нагрів проводів, що дозволяє використовувати струмопровідні жили меншого перетину.

3. Економія витрат на пристрій електромереж, тобто на етапі проектування і будівництва нових будівель монтаж системи компенсації реактивної потужності дозволяє істотно заощадити на облаштуванні розподільчої електромережі.

4. Покращення якості енергопостачання, тобто застосування засобів компенсації реактивної потужності дає можливість подавити мережеві перешкоди, уникнути глибокої просадки напруги і мінімізувати несиметрію фаз. Крім того, системи компенсації в складі пасивних фільтрів дозволяють знизити рівень вищих гармонік.

Висновок. У даний час виникли об'єктивні передумови для розвитку електроенергетики України XXI століття на новій технологічній основі, що характеризує перехід до нового розвитку світової економіки шляхом створення інтелектуальної енергосистеми з активно-адаптивною електричною мережею, що побудована на концепції Smart Grid («розумні мережі») [1]. Розвиток електроенергетики в передових країнах супроводжується інтенсивним пошуком нових технологій для вирішення проблеми подальшого підвищення ефективності роботи магістральних електричних мереж з метою оптимального розподілу потоків потужності об'єднаної енергосистеми. У США, Індії, Європейському Союзі, Канаді, Китаї концепція Smart Grid є по суті державною політикою технологічного розвитку електроенергетики майбутнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шескин, Е. Б. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы [Текст] / Е. Б. Шескин и др.; под ред. Г. А. Евдокунина. – СПб: Родная Ладога, 2013. – 280 с.

2. Жорняк, Л. Б. К вопросу о повышении эффективности работы шунтирующих реакторов большой мощности [Текст] / Л. Б. Жорняк, В. И. Осинская., А. С. Пальцун // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика, Т.1. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014 – № 42 (948). – С. 10 – 15.

Антонова М.В.¹, Василевський В.В.², Салабай М.І.³

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИВОДНИМИ МЕХАНІЗМАМИ

Сучасні високі вимоги до продуктивності різних механізмів та до якості виробів можуть бути забезпечені тільки на основі автоматизованих електроприводів. Успіх автоматизації залежить в значній мірі від технічних засобів її реалізації, тобто від індивідуальних механізмів або елементів, сукупність яких утворює промислову електромеханічну систему – автоматизований електропривод.

Сучасний електропривод являє собою сукупність електродвигунів, систем передачі та засобів керування, які забезпечують автоматизовану роботу промислових механізмів.

Метою роботи є вирішення наступних проблем, які виникають при створенні систем керування сучасними електроприводами:

1. Витиснення механічних ланок та кінематичних зв'язків електричними. Це значно спрощує конструкції машин, покращує якість технологічного процесу, збільшує швидкість машин, покращує умови обслуговування та полегшує працю.

2. Введення раціонального електропривода з автоматичним керуванням, що дозволить поліпшити якість роботи механізмів.

В наш час існує велика кількість машин, механізмів та промислових агрегатів, для яких існує потреба в створенні певного оптимального режиму, що задовольняє промисловий процес. В одних випадках потрібно підтримувати постійну швидкість обертання, в інших – змінювати швидкість обертання за певним законом та регулювати її в певних границях.

Автоматизація керування процесом лежить в автоматичному пуску, зупинці, зміні швидкості та реверсуванні механізмів з потрібною послідовністю. Автоматизація керування часто супроводжується блокуванням негативних або неправильних операцій.

Автоматизація регулювання здійснює раціональний перебіг процесів в функції технологічних параметрів з заданою точністю, що не можливо при регулюванні вручну.

Автоматизація захисту процесу призводить до значних його прискорень, покращенню якості продукції, скороченню впливу людського впливу та полегшенню праці.

Найбільш досконалою являється комплексна автоматизація, що включає всі вище перераховані елементи.

РОЗГЛЯД ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМ КОМПРИМУВАННЯ

Автоматизація технологічних процесів є одним з вирішальних факторів підвищення продуктивності та поліпшення умов праці. Всі існуючі і споруджувані об'єкти в тій чи іншій мірі оснащуються засобами автоматизації.

Проектами найбільш складних виробництв, особливо в чорній металургії, нафтопереробки, хімії і нафтохімії, об'єктах виробництва мінеральних добрив, енергетики, передбачається комплексна автоматизація ряду технологічних процесів.

Об'єктом є розгляд системи компримування в системах керування нагнітальними механізмами.

Метою роботи – проектування системи керування приводом компресорних агрегатів.

Створення систем управління, наявність великої кількості контрольованих параметрів до необхідності вирішення задачі раціонального подання її оператором, що стало можливим тільки шляхом використання сучасної електронної апаратури на базі обчислювальної техніки.

Найважливішою вимогою до системи управління сучасних агрегатів аміаку стало забезпечення високої надійності управління процесом, що виключає виникнення аварійних ситуацій, так як зупинка агрегату пов'язана з великими економічними втратами.

АСУ ТП агрегату синтезу аміаку забезпечує централізований контроль параметрів процесу на цифрових, самописних і аналогових приладах, попереджувальну і аварійну сигналізацію, відхилення параметрів технологічного процесу від допустимих значень; дистанційне керування регулюючими і запірними органами; дистанційну аварійну та планову зупинку виробництва; дистанційний пуск основних стадій; періодична роздруківка параметрів; автоматичне регулювання параметрів процесу; розрахунок техніко-економічних показників виробництва і видачу їх на цифрові покажчики, цифро-буквене друк і дисплей; розрахунок оптимальних режимів роботи та видачу керуючих впливів на задатчики деяких регуляторів; контроль спрацьовування захисту, аналіз передаварійних, аварійних і після аварійних ситуацій.

Система будується за блоковим принципом і за своєю структурою складається з чотирьох автономних підсистем.

Підсистема автоматичної стабілізації, яка забезпечує регулювання основних технологічних параметрів процесу та своєчасне зняття збурень, що виникають у виробництві.

Підсистема аварійної ситуації, яка служить для запобігання аварій, можливих в результаті відмов апаратури, механізмів машин або помилкових дій оператора.

Інформаційна підсистема, яка призначена для представлення оператору відпрацьованої інформації про технологічний процес і видачі сигналів про відхилення параметрів на мнемосхему, цифрову індикацію, обчислювальну підсистему і звичайні шкальні прилади, встановлені на щиті.

Обчислювальна підсистема, яка забезпечує математичну або логічну відпрацювання інформації відповідно до закладених програмами, вироблення та видачу керуючих впливів на задавачі деяких регуляторів. Математичне забезпечення цієї підсистеми складається з алгоритмів першої та другої черги.

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Скруська Л.С.², Остапенко В.Ю.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД АВАРІЙ ВНАСЛІДОК ПОШКОДЖЕННЯ ГОЛОВНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ВВОДІВ

Пошкодження головної ізоляції вводів є однією з найбільш поширених причин аварій силового трансформаторного обладнання на класи напруги 110кВ та вище. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) у п.3.2.60 вимагають обов'язковий пристрій контролю ізоляції вводів (КІВ) 500 – 750 кВ, з дією на сигнал за часткового пробою, і на вимкнення в разі пошкодження ізоляції вводу (до повного пробою).

Електромеханічний пристрій КІВ використовує нерівноважно-компенсаційний метод – струм небалансу. Класична схема підключення викладена в [1], вона включає в себе використання спеціалізованого трансформатору типу ТПС-0,66, який використовується для «балансування» схеми, за рахунок підключення вимірювальних виводів вводів до різних відпайок первинної обмотки цього трансформатору. Подібні трансформатори у разі виникнення високочастотних перенапруг на шині розподільчого пристрою становляться причиною виникнення

неприпустимих перенапруг на ізоляції вимірювального виводу, та можуть стати причиною пошкодження вводу, особливо для сучасних вводів з так званою RIP-ізоляцією. Згідно з результатами математичного моделювання, проведеного авторами, встановлено, що навіть без використання погоджувального трансформатора, напруга на ізоляції вимірювального виводу при перенапругах з частотою більше 18кГц може привести до пошкодження ізоляції, але під час експлуатації обладнання – частота грозових та комутаційних перенапруг може складати біля 1МГц [2], а за результатами проведених авторами досліджень – до 10МГц.

Тому авторами запропонована схема модернізованого пристрою КІВ (рис.4), на мікропроцесорній базі, що дозволяє використовувати вимірювальний вивід вводу у режимі глухого заземлення (вимірювальний каскад такого пристрою представляє собою мініатюрний прохідний трансформатор струму, через «вікно» якого проходить жила сигнального кабелю).

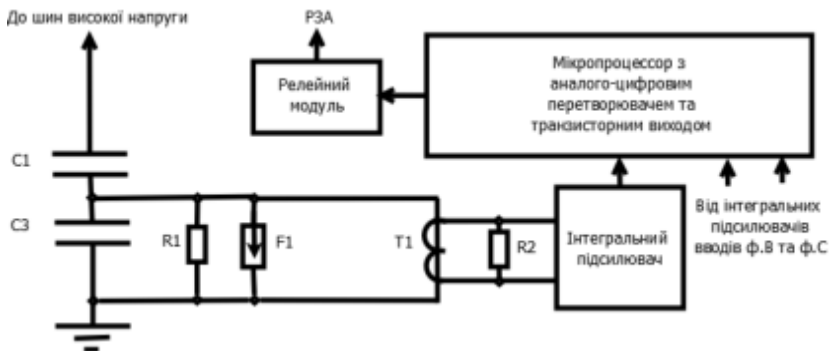


Рисунок 4 – Структурна схема модернізованого пристрою КІВ:

C1 – ємність головної ізоляції, C3 – ємність останніх шарів ізоляції, R1 – захисний резистор в адаптері підключення, F1 – швидкодіючі елементи захисту від перенапруг (розрядники, варистори), T1 – прохідний трансформатор струму, R2 – навантажувальний резистор для T1 (каскади фаз «В» та «С» умовно не показані)

Цей пристрій має наступні переваги:

- безпечність схеми підключення для ізоляції контрольованого вводу – відмова від імпортного погоджувального трансформатора ТПС-0,66, що має великі масо-габаритні показники та негативний вплив на ізоляцію вводу під час перенапруг;
- захист від обриву кабелю – забезпечують безпечну (для персоналу та обладнання) величину напруги (нижче 42В) на розімкнених кінцях кабелю при номінальних режимах роботи обладнання;

– переваги мікропроцесорного пристрою (автоматизоване балансування, можливість використання даних про фазу вектору небалансу та багато інших).

Захисний резистор R1 та елементи захисту від перенапруг, що знаходяться в адаптері підключення працюють тільки у разі пошкодження кабелю від вимірювального виводу вводу до шафи КІВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методические указания по техническому обслуживанию устройств КИВ: МУ 34-70-39-83. – [введен 1983-08-01]. – М.: СОЮЗТЕХЭНЕРГО, 1983 – 32 с.

2. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст] Введ. 01.01.00. – К.: Госстандарт Украины, 1999. – 31 с.

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Шило С.І.², Одіяка К.В.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ЦІННОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАСЛА ДЛЯ СИСТЕМ НЕПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ

Контроль якості трансформаторної масла згідно СОУ-ЕЕ 20.302:2007 [1] повинен проводитись за більш ніж двома десятками параметрів. На сьогоднішній день із цих параметрів в експлуатації використовується не більше десяти. У діагностиці важливе значення має опис об'єкта в системі ознак, що мають вагому діагностичну цінність для оцінки технічного стану об'єкту. Кількісне визначення діагностичної цінності ознаки визначається інформацією, яка вноситься ознакою у систему станів. Якість трансформаторних оливі характеризується декількома десятками його показників.

На підставі лабораторних випробувань набувають конкретних значень показники, що лежать в умовно розділених областях: область «нормального стану» – коли стан якості масла гарантує надійну роботу електроустаткування; область «ризик» – коли погіршення навіть одного показника якості масла призводить до зниження надійності роботи

електроустаткування. Перехід хоча б одного показника з області нормального стану масла в область ризику говорить про присутність в обладнанні дефекту та необхідність визначення несправного вузла.

Таблиця 1 – Загальна діагностична цінність
(за спаданням цінності параметрів масла

Показники	Практична цінність, в.о.	Теоретична цінність, в.о.	Результуюча цінність, в.о.	Можливість використання при неперервному контролі
Вологовміст	78,34	1,5	117,51	Так, але за розрахунком, по даним відносного вологонасичення
ХАРГ	59,78	1,5	89,67	Так, але не тільки методом хроматографії
Тангенс кута діелектричних втрат	19,58	1	19,58	-
Вміст домішок	44,32	0,33	14,63	-
Кислотне число	19,58	0,38	7,58	-
Пробивна напруга	22,68	0,25	5,67	-
Температура спалаху	4,12	1	4,12	-
Прозорість	4,12	1	4,12	-
Вміст водорозчинних кислот	2,06	1	2,06	-

Враховуючи, що зношеність високовольтних трансформаторів на сьогодні становить понад 50%, а так само те, що виявлення всіх видів дефектів не вдається забезпечити з технічних та з економічних причин, виникає потреба у пошуку основних параметрів щодо змін яких з'являється можливість визначення ступеня старіння трансформаторного обладнання та його технічного стану при неперервному контролі (моніторингу) технічного стану.

На основі матеріалів [2], де запропоновано використання розрахунку діагностичної цінності параметрів на основі теоретичної діагностичної цінності, методу пошуку кореляції між параметрами та аналізу статистичних даних ушкодження високовольтного обладнання. Розрахунок діагностичної цінності параметрів найбільш впливових параметрів

рів та можливість його використання при неперервному контролі наведено в табл. 1. Використання систем неперервного контролю є невід’ємним засобом переходу до обслуговування обладнання за реальним технічним станом трансформатора, а не за календарним часом.

З урахуванням даних табл. 1 для систем моніторингу трансформатора можливо обмежитися двома параметрами, що мають найбільшу діагностичну цінність, та перекривають виявлення більшості можливих дефектів трансформатора. Використання цих параметрів у системах неперервного контролю дозволяє значно зменшити трудомісткість, скоротити час, що витрачається при проведенні аналізу трансформаторного масла, підвищити можливість своєчасного виявлення дефекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2020 – Норми випробування електрообладнання. ПАТ «НЕК «УКРЕНЕРГО» [Текст]. – 2020р. – 238с.

УДК 621.313

Антонова М.В.¹, Турлов О.М.²,

Міщенко І.С.³, Ткаченко М.О.³, Назарко М.М.²

¹ ст. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-419 НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-810сп НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНАМИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

До теперішнього часу більшість основних виробничих механізмів, що вимагають регулювання робочих швидкостей в досить широкому діапазоні і формування при цьому раціональної динаміки, оснащуються, як правило, електроприводами постійного струму. До таких електромеханічних об’єктів в першу чергу можна віднести металургійні агрегати, більшість метало ріжучих верстатів, всілякі стежачи і позиційні системи. Живлення електродвигунів в таких приводах здійснюється зазвичай від мережі змінного струму через перетворювачі енергії різного вигляду або від мережі постійного струму за допомогою широко-імпульсних перетворювачів.

Мета роботи – дослідження систем керування електроприводами постійного струму.

Електродвигун і перетворювач є силовою частиною електроприводу і є об’єктом керування в системі автоматичного керування. За-

мкнуті САК повинні забезпечувати необхідні закони зміни змінних стану ОК в перехідних режимах, наприклад, розгін і гальмування електродвигуна з постійним прискоренням, або стабілізацію цих змінних на необхідному рівні з необхідною точністю. Для реалізації заданих законів зміни керованої змінної і компенсації впливу різних збурюючих дій на ОК подається керуюча дія, яка виробляється керуючим пристроєм або регулятором. Керуюча дія, формується регулятором на підставі алгоритмів, визначуваних метою керування. Рішення компромісної задачі забезпечення заданої статичної точності САК при необхідній якості процесу керування досягається введенням спеціальних керуючих пристроїв, які змінюють динаміку системи в потрібному напрямі.

У замкнутій системі регулювання швидкості перехід від режиму регулювання напругою до режиму регулювання потоком збудження забезпечується за рахунок того, що на швидкостях вище основної за допомогою спеціального регулятора, діючого на ланцюг порушення, підтримується рівність ЕРС двигуна номінального значення. Оскільки ЕРС двигуна $e = c_d \omega$ в умовах, коли $e_d = E_d = const$, а значення ω задається вхідним сигналом, потік збудження буде змінюватися обернено пропорційно швидкості двигуна. ЕРС перетворювачі у встановленому режимі вище ЕРС двигуна на значення падіння напруги в якорного ланцюга від струмів i_a . Якщо момент навантаження зростає, то в умовах, коли швидкість і ЕРС двигуна підтримуються своїми системами регулювання постійними, зростає падіння напруги в ланцюзі якоря буде покрито за рахунок відповідного збільшення ЕРС перетворювача при незмінному значенні потоку збудження.

УДК 621.314

Афанасьєв О.І.¹, Костянко О.Ф.², Федоров С.С.², Челноков Є.А.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Ез-412м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ СТРУМОПРОВІДНОГО КОНТУРУ ТА ВПЛИВУ НА ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ ТА ЇХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ

Системи електропостачання, що забезпечують передачу електричної енергії зі збірних шин підстанцій живлення та їх розподільних пристроїв до споживачів достатньо різноманітні. При цьому має місце нагрів елементів струмопровідного контуру, на що витрачається частина електроенергії. Крім того, має місце витрата енергії на створення електромагнітних полів причому тім більше, чім вище величина номінальної напруги мережі. У підсумку всі вище означені втрати мають

назву втрати електроенергії і повинні враховуватися при проектуванні мережі. Обсяг таких втрат у значній мірі залежить від характеру навантаження, а також його коливання у процесі експлуатації. Крім того, суттєвий вплив має така особливість, як якість електричної енергії та засоби для її забезпечення. В умовах експлуатації якість електричної енергії визначається показниками, що характеризують відповідність напруги нормованим величинам в умовах номінальних значень таких параметрів, як частота мережі живлення, напруга та струм навантаження.

Для розподільних пристроїв забезпечення якості електричної енергії складається у забезпеченні рівнів напруги та частоти мережі максимально наближених до номінальних величин. В умовах енергоємних виробництв застосовано цілий ряд споживачів (прокатні стани, дугові сталеплавильні пічки, випрямляючі пристрої, системи електролізу тощо) з різко змінними навантаженнями, або суттєвою нерівномірністю їх розподілу між фазами. Крім того, присутні струми та напруги, форма яких значно відрізняється від синусоїдальної. Наявність таких споживачів порушує якість електричної, наприклад відхилення напруги, розкид змінення напруги, коефіцієнт несинусоїдальності кривої напруги, коефіцієнт зворотній послідовності напруг, відхилення частоти тощо.

Негативна дія низької якості електричної енергії на роботу розподільних пристроїв та сприяє зростанню втрат електричної енергії, скороченню протяжності роботи обладнання, технологічних втратах, що сприяють зниженню виробничих можливостей та погіршенню якості продукції, що виробляється. Таким чином, суттєвого зниження втрат потужності можливо отримати шляхом регулювання рівнів напруги, що у свою чергу, залежить від величини втрат напруги у мережі, які визначаються її опором. У розподільчих пристроях активний опір більше реактивного, що робить його найбільш ефективне регулювання забезпечити шляхом змінення площі зрізу струмопровідних елементів. У живлячих мережах навпаки – реактивний опір більше активного, тому втрати напруги у значній мірі визначаються реактивним опором ліній, який мало залежить від площі зрізу. Найбільш часто змінення реактивного опору використовують для регулювання напруги шляхом включення у лінію конденсаторних батарей за схемами прокольного або поперечного регулювання. Активну потужність живлячих мереж не можливо використовувати для оперативного регулювання напруги, тому найбільш ефективним засобом залишається реактивна потужність. Для змінення реактивної потужності використовують різноманітні регулюючи пристрої, серед яких найбільш широке використання отримали пристрої наступних видів: батареї статичних конденсаторів, синхронні компенсатори, статичні джерела реактивної потужності та ін.

Для дослідження втрат потужності в електричних мережах розроблені алгоритми розрахунку потрібних параметрів та головних показників якості електричної енергії. При цьому враховується вплив конкретних особливостей мережі, а також специфіки споживачів енергії та схеми їх підключення. Для цього розроблено комп'ютерну модель для дослідження процесів протікання струмів та розподілу потужностей на прикладі схеми розподільного пристрою для живлення споживачів з індуктивним навантаженням. На основі цієї моделі створено програмне забезпечення, що дозволяє визначити основні показники якості електричної енергії та здійснити визначення ефекту, що отримується внаслідок використання тих чи інших засобів.

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Скрупська Л.С.², Спиця А.Г.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ ПІД РОБОЧОЮ НАПРУГОЮ

Оцінка стану ізоляції високовольтного трансформаторного обладнання є одним з актуальних завдань сучасної енергетики України. Вирішення завдання полягає в провадженні нових сучасних технологій контролю ізоляції без виведення обладнання з експлуатації (контроль під робочою напругою).

При вимірах параметрів ізоляції під робочою напругою обирається еталонний об'єкт, відносно якого проводяться вимірювання характеристик іншого об'єкта. В якості еталонних об'єктів зазвичай використовують як однотипні об'єкти, наприклад, ввід - ввід, так і різнотипні: ввід – трансформатор напруги та інші [1]. У разі відсутності можливості підключення сигналів від еталонних об'єктів, на практиці поширений нерівноважно-компенсаційний метод, який використовує геометричне складання трьох векторів струмів провідності основної ізоляції вводів (струм небалансу). В енергетичних компаніях існує багатий досвід експлуатації приладів КІВ-500Р та інших, заснованих на цьому методі приладів та систем. Однак, часто цей досвід негативний, основна причина цього - недостовірність інформації, яка видається такими системами в умовах експлуатації, що є наслідком впливу режимів роботи енергосистеми на взаємні кути між фазними векторами.

Авторами пропонується метод виміру параметрів головної ізоляції вводів, в якому в якості еталонного об'єкту використовується низькопотенційний електрод, встановлений на нижньому фланці високовольтного вводу. Принцип методу полягає в тому, що між шиною високої напруги та електродом утворюється повітряний конденсатор, струм витоку якого вважається еталонним (рис.1). Дослідження, проведені на діючій підстанції 330кВ, підтвердили, що рівень сигналу, отриманого від низькопотенційного електроду, є достатнім для достовірного виміру ємності основної ізоляції вводу при різних погодних умовах з похибкою не більше 2-3%, та тангенсу кута діелектричних втрат ($\text{tg}\delta_1$) у суху погоду.

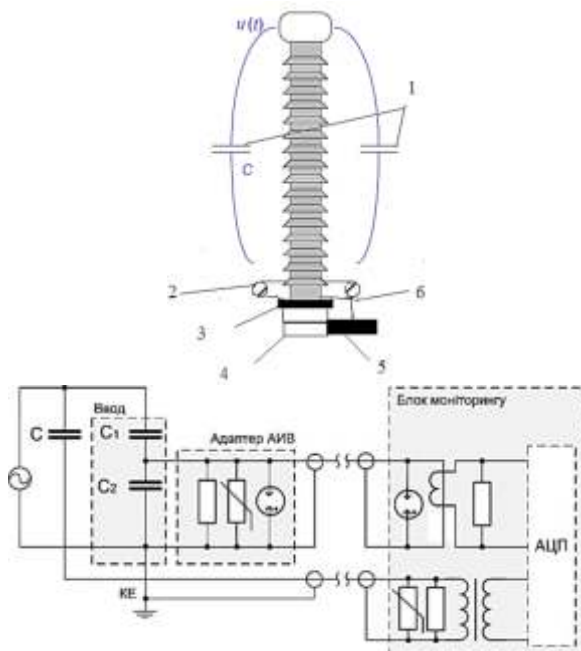


Рисунок 1 – Принцип отримання опорного сигналу

1 – повітряний (еталонний) конденсатор між шиною високої напруги та електродом у нижній частині ізоляційної конструкції; 2 – кільцевий електрод (КЕ); 3 – ізоляційний хомут зі штангами для кріплення електроду; 4 – нижній фланець вводу; 5 – адаптер вимірювального виводу (АИВ); 6 – сигнальний кабель від КЕ; С – ємність повітряного (еталонного) конденсатора між шиною високої напруги та електродом; C1 – ємність головної ізоляції вводу; C2 – ємність останніх шарів ізоляції.

Пропонований метод має наступні переваги:

- незалежність результату від параметрів напруги живлення (як від коливання амплітудних значень, так і від коливання міжфазних кутів трифазної системи);
- відсутність необхідності «навчання приладу» режимам роботи енергомережі для фільтрації впливів параметрів напруги живлення;
- точне визначення дефектного введення трифазної групи.

До недоліків методу можна віднести залежність характеристик повітряного конденсатору від вологості оточуючого середовища та опадів. Для врахування впливу погодних умов використовуються датчики вологості повітря та індикатори інтенсивності опадів. Програмний алгоритм методу передбачає можливість відключення вимірів у разі наявності відповідних умов.

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Скрупська Л.С.², Маколкін В.В.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗВОЛОЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ПРИНЦИПІ ТЕМПЕРАТУРНОЇ МІГРАЦІЇ ВОЛОГИ В ТРАНСФОРМАТОРНОМУ МАСЛІ

Головними негативними факторами вологи у паперово-масляній ізоляції є зниження діелектричних властивостей (електричної міцності) масла, зниження стійкості до часткових розрядів, прискорення старіння целюлозної ізоляції. Внаслідок повільності процесу дифузії вологи в ізоляції основна маса вологи зосереджується переважно в тонкій ізоляційній структурі. Істотно нерівномірний розподіл вологи в ізоляційних деталях зберігається протягом експлуатації трансформатора. При безпосередньому контакті ізоляції з навколишнім повітрям у процесі монтажу та ремонту волога концентрується у тонких поверхневих шарах ізоляції. Наприклад, протягом 50 годин контакту з повітрям при відносній вологості 50% вологість картону товщиною 3 мм може збільшитися на 1,07%, проте до 95% вологи зосереджено шарах глибиною 0,3-0,35 мм [1].

У ряді випадків, особливо в погано герметизованому устаткуванні, можливе проникнення рідкої води та концентрація її на дні бака.

У працюючому трансформаторі відмінність температур окремих зон спричиняє відмінність відносної вологості масла в контакт з ізоля-

цією. Якщо прийняти розподіл температури у трансформаторі у відповідність до МЕК60076-7 розподіл вологості приблизно наведено на рис.1.

Метод використовується на підприємстві НІЦ ЗТЗ-Сервіс [2], і отримав назву Water Heat Run Test (WHRT) передбачає оцінку ймовірності зниження запасів електричної міцності через забруднення масла вологою та домішками, а також оцінку ступеня зволоження трансформатора на основі примусової температурної міграції вологи домішок після нагрівання трансформатора внутрішніми втратами до максимальної робочої температури.

Трансформатор під навантаженням нагрівається за допомогою зменшення охолодження з метою зниження відносної вологості масла та створення «потенціалу вологості» в поверхневих шарах ізоляції, стимулюючи виділення вологи в масло, і витримується протягом деякого часу при періодичному контролі вологовмісту масла або відносного вологонасичення, а також пробивної напруги масла.

Такий метод дозволяє провести: оцінку рівня зволоження ізоляції та оцінити розподіл вологи шляхом вимірювання швидкості виділення вологи в масло.

Тривалість витримки трансформатора при заданій температурі має бути досить великою, щоб забезпечити дифузію помітної кількості вологи з поверхневих шарів ізоляції в масло. Досвід показує, що якщо ізоляція зволожена понад 2-2,5%, достатньо витримати її за розрахункової температури 24 години.

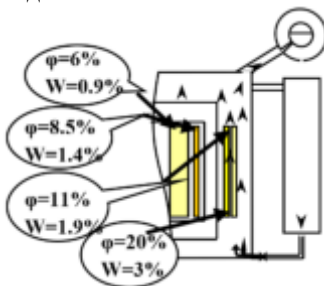


Рисунок 1 – Рівноважний розподіл вологості ізоляції відповідно до температурного профілю, рекомендованого МЕК для системи охолодження ДЦ

Авторами запропоновано застосування такого підходу до оцінки зволоження трансформатору в процесі його експлуатації із застосуванням автоматизованої системи моніторингу, для чого пропонується вимикати (або зменшувати ефективність системи охолодження трансформатора) в процесі його навантаження на 24 години, а завдяки постій-

ній автоматичній реєстрації температур та відносного вологонасичення масла (кожні 2 хвилини) робити автоматичний протокол та заключення про зволоження ізоляційної конструкції та розподіл вологи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sokolov, V. V., Vanin, B. V. Evaluation of power transformer insulation through measurement of dielectric characteristics [Text] / V.V. Sokolov, B.V. Vanin // Proc. Int. Conf. Doble Clients, Boston, USA. – 1996. – pp. 1 – 19.

2. Sokolov, V. V. Vanin, B. V. Experience with In-Field Assessment of Water Contamination of Large Power Transformers [Text] / V.V. Sokolov, B.V. Vanin // Proceedings of the EPRI Substation Equipment Diagnostic Conference VII, New Orleans, LA, February 20-24, 1999.

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Скрупська Л.С.², Петренко В.М.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ НЕЛІНІЙНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ 110 – 750КВ ПІД РОБОЧОЮ НАПРУГОЮ

Сучасні нелінійні обмежувачі перенапруг (ОПН) на класи напруги 110кВ та вище не потребують реєстратора спрацьовувань, оскільки в апаратах застосовуються нестаріючі варистори, на відміну від вентиляних розрядників, для яких такий реєстратор необхідний для своєчасного виведення в капремонт апарату (зазвичай після 20 спрацьовувань).



Рисунок 1 – Включення датчика для контролю струму витоку ОПН в шину заземлення

Найбільш інформативним методом діагностики стану ОПН є контроль температури варисторів у середній частині апарату, у поєднанні з безперервним контролем струму провідності. Внаслідок нелінійності вольт-амперної характеристики варисторів у кривій активної складової струму містяться 3-я, і 7-а, і 11-а гармоніки, 3-я гармоніка має найбільшу амплітуду, і контроль активної складової доцільно виконувати за нею.

Дані вимірювань струмів доцільно приводити до значень тривало допустимої робочої напруги за формулою:

$$I(U_n) = I_{\text{факт}} \cdot U_n / U_{\text{факт}} \quad (1)$$

де $I(U_n)$ – приведені значення струму; $I_{\text{факт}}$, $U_{\text{факт}}$ – виміряні значення струму та напруги; U_n – номінальна напруга.

Запропоновані авторами методика та пристрій діагностування використовують зв'язок між струмом третьої гармоніки та активною складовою робочого струму варисторів (приблизно $I_a = 1,8 \cdot I_3$), з похибкою, що не перевищує 20% [1]. Експериментально при дослідженнях авторами струмів ОПН 500кВ встановлено, що величина струмів витоку по поверхні може складати до 2мА залежно від ступеня забруднення поверхні ізолятора та вологості повітря, бо поверхня є нелінійним провідником, що дорівнює робочому струму через варистори, але струм витоку по поверхні забрудненої ізоляції не є показником бракування, тому передбачено автоматичний розрахунок кореляція значень параметрів струму з вологістю навколишнього середовища для додаткового аналізу його впливу на результати діагностування.

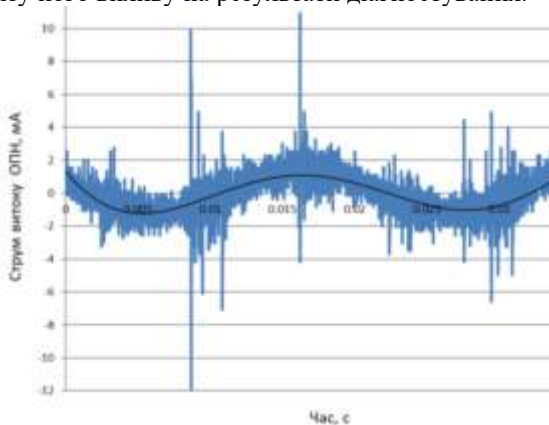


Рисунок 2 – Осцилограма струму витоку ОПН 500кВ (замір під робочою напругою на діючій підстанції)

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Скрупська Л.С.², Хоменко С.В.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ШАФИ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРУ

На цей час в Україні існує велика кількість силового трансформаторного обладнання, яке обладнано шафами керування охолодженням на базі «релейної логіки». Більшість трансформаторів, випущених до кінця 90-х років 20 століття не були обладнані індикаторами температури обмотки, тому алгоритм роботи шафи управління не враховував температуру обмотки, а також не враховував навантаження трансформатора. Алгоритм роботи таких шаф не враховує ресурс двигунів вентиляторів та насосів, не враховує очікувані зміни навантаження (на рис.1 наведено малюнок системи охолодження типу ДЦ).

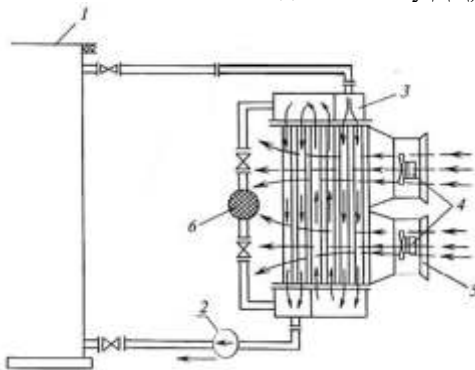


Рисунок 1 – Схема підключення охолоджувача до трансформатора:
трансформатор; 2 – насос; 3 – колектор для масла; 4 – вентилятори; 5 – дифузори

В останні десятиліття 21-го століття стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки надав можливість використовувати у шафах керування програмованих логічних контролерів (ПЛК), які на основі зовнішніх сигналів можуть забезпечити гнучку роботу системи охолодження, яку не може забезпечити на базі релейної логіки.

На основі проведених досліджень режимів навантаження та за даними температур верхніх шарів масла, оточуючого середовища, астрономічного часу та навантаження, а також з використанням алгоритму

моделювання температури масла та обмоток трансформаторів [1] авторами запропоновано схему модернізованої шафи керування, що має наступні переваги:

- вибір оптимальної кількості вентиляторів та насосів;
- згладити пікові значення температури найбільш нагрітої точки обмотки і тим самим знизити фактичний знос ізоляції та прогнозувати навантажувальну здатність;
- не використовує дорогі індикатори температури обмотки;
- не потребує окремих вбудованих трансформаторів струму;
- дозволяє зменшити знос елементів системи охолодження (розрахунково до 10%, в залежності від типового навантаження);
- дозволяє зменшити знос ізоляції трансформатору (розрахунково до 5%).

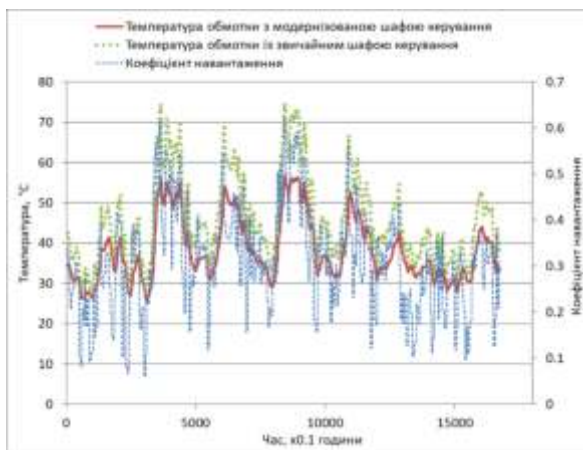


Рисунок 2 – Графік зміни температури найбільш нагрітої точки обмотки при різних алгоритмах охолодження

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. IEC 60076-7:2018. Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers [Text]. – IEC, 2018. – 89 с.

УДК 621.3

Брагіна С.М.¹, Василевський В.В.², Каплієнко О.О.³ Василевська Я.А.⁴

¹ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

⁴ асист. НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ CHATGPT У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

ChatGPT – це велика мовна модель машинного навчання, заснована на архітектурі GPT-3.5. ChatGPT може бути використаний в сучасному виробництві електротехнічних пристроїв для автоматизації процесів виробництва та тестування. Розглянемо декілька можливих застосувань ChatGPT в цій галузі.

Виробництво: ChatGPT може бути використаний для покращення процесів виробництва електротехнічних пристроїв. Наприклад, модель може бути навчена прогнозувати несправності та поломки виробничого обладнання з використанням даних, зібраних з датчиків виробничих ліній. Це дозволить забезпечити більш точну інформацію про стан обладнання та запобігти можливим збоєм, що зменшить витрати на ремонт та заміну обладнання.

Крім того ChatGPT може бути використаний для планування виробництва електротехнічних пристроїв. Наприклад, модель може бути навчена аналізувати дані про попит на продукцію та можливості виробництва, щоб прогнозувати кількість потрібних матеріалів, обладнання та робочої сили на різних етапах виробничого процесу.

Узагальнення технологічної документації: ChatGPT можна використовувати для автоматичного узагальнення великої кількості технологічної документації, такої як технологічні інструкції, маршрутні та операційні карти, що полегшує співробітникам пошук необхідної інформації.

Тестування: ChatGPT може бути використаний для автоматизації процесу тестування електротехнічних пристроїв на етапі виробництва. Так, модель може бути навчена відповідати на запитання про результати тестування та виявлені несправності пристроїв. Це дозволить швидко виявляти проблеми та забезпечити оперативне усунення неполадок.

Покращення якості продукції: ChatGPT може бути використаний для покращення якості виробництва електротехнічних пристроїв. Наприклад, модель може бути навчена відповідати на запитання про технічні характеристики продукції та надавати рекомендації щодо покращення.

щення якості продукції, що збільшить задоволеність клієнтів та підвищить конкурентоспроможність компанії виробника.

Усі ці застосування ChatGPT можуть підвищити ефективність та продуктивність виробництва електротехнічних пристроїв, зменшити витрати та покращити якість продукції.

УДК 621.3.048.1

Сахно О.А.¹, Каплієнко О.О.², Штефан О.Ю.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-412м НУ «Запорізька політехніка»

МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІДМОВ ПРИСТРОЇВ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

Статистика ремонтів показує, що пошкодження пристроїв регулювання напруги під навантаженням (РПН) є однією з найпоширеніших причин аварій силового трансформаторного обладнання [1]. Тому актуальною задачею є розробка концепції та пристрою моніторингу пристроїв РПН, що дозволять перейти від систематичного технічного обслуговування до технічного обслуговування за реальним технічним станом та запобігає раптовим відмовам та аварійним станам обладнання.

Авторами запропоновано концепцію моніторингу на базі віддаленого показчика положення пристрою РПН, яка основана на використанні значень: струму двигуна приводу пристрою РПН, струму навантаження, температури масла, вологонасичення масла, положення пристрою РПН.

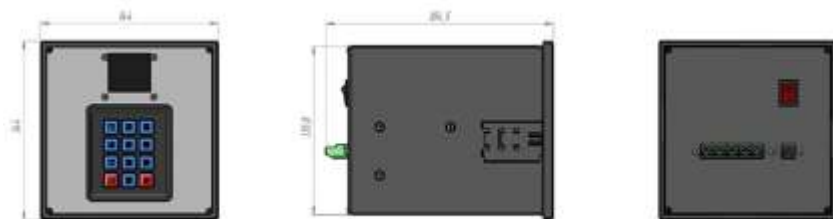


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд віддаленого показчика РПН з функціями моніторингу EA-TCRD-01

Реєстрація вказаних параметрів дозволяє проводити:

- облік ресурсу РПН (реєстрація кількості перемикачів РПН (механічних та електричних), час роботи на кожній отпайці РПН);
- контроль температурного режиму РПН;
- попередження аварійних режимів пристрою РПН внаслідок перевищення вологонасичення та температури масла;
- відслідковування змін в механічних вузлах пристрою РПН та його приводу (на основі аналізу осцилограм струму обмоток двигуна приводу);
- реалізацію функції релейної автоматики та сигналізації (блокування за низьких температур, сигналізація крайніх положень та інші).



Рисунок 2 – Структурна схема пристрою

На основі запропонованої концепції авторами розроблено віддалений показчик положення приводу РПН EA-TCRD-01 призначений для віддаленої індикації номера положення пристрою РПН та реалізації функцій моніторингу. Пристрій може застосовуватися як для заміни (модернізації) старих стрілочних показчиків, що працюють з приводами MZ, EM, ED-S, PHT, ПДП, так і при комплектації нового устаткування.

Окрім індикації положення, пристрій укомплектовано вихідними інтерфейсами, для видачі сигналів у пристрої «верхнього рівня» або централізовані системи моніторингу та АСК ТП.

Модернізований показчик положення сприяє зниженню експлуатаційних витрат з підвищенням технічної стійкості енергосистеми; забезпечує оцінку поточного стану та прогноз залишкового ресурсу РПН, для планування розподілу фінансових активів, в умовах критичного старіння парку устаткування; забезпечує автоматизацію діагностування для створення підстанцій (ПС) без постійного обслуговуючого персоналу та створення інтелектуальних електроенергетичних систем в Україні.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КОНСТРУКТИВНИХ ЧИННИКІВ ТА РЕЖИМУ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИСОКОВОЛЬТНИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Підвищення вимог щодо експлуатаційної надійності як підстанцій високої напруги, так і їх складових частин у повній мірі залежить від їх електричної складової головних кіл. Аналіз електроапаратної частини підстанцій та їх розподільних пристроїв (РП) показав, що значного ефекту від підвищення експлуатаційних характеристик, наприклад, ізоляційної конструкції (ІК), є покращення системи захисту від різного роду перенапруг, а також більш рівномірним розподіленням електричного навантаження та особливостей резервування [1, 2].

Подальше зростання вимог щодо нормування та прогнозування показників експлуатаційної надійності ІК та її елементів потребують необхідність вирішення задачі розрахунку та аналізу показників надійності окремих елементів. При цьому слід більш точно враховувати їх структурні особливості та характеристики фізичних процесів, що okazують вплив на окремі електричні апарати, що складають РП високої напруги [3, 4]. Опит експлуатації показує, що термін праці більшості електричних апаратів визначається двома головними чинниками, це умовами теплового режиму роботи та режимом електричного навантаження їх ІК. Якщо перший чинник достатньо стабільний у процесі експлуатації, то другий чинник має суттєву залежність від умов експлуатації та конструктивних особливостей, наприклад системи екранування.

У сучасних електричних апаратів високої напруги для виготовлення ІК все ширше застосовують полімерні ізоляційні матеріали. Їх високу трекінго-ерозійну та дугову стійкість, а також вологостійкі характеристики забезпечуються використанням спеціального ребристого покриття з використанням силіконової або етиленпропіленової електротехнічної гуми. Аналіз головних характеристик вище позначених елементів показав, що важливим чинником, який має вплив на показники експлуатаційної надійності є напруженість електричного поля. В структурі ІК таких електричних апаратах для комплектації РП, як вимірювальні трансформатори, обмежувачі перенапруг, шинні опори, тощо

має місце суттєво нерівномірне розподілення напруженості поля уздовж висоти або довжини ІК, що може значно впливати на тривалість експлуатації і, як наслідок цього, на показники експлуатаційної надійності. В таких умовах виникає необхідність оцінити вплив напруженості поля на термін експлуатації та відповідно на показники надійності ІК.

Більш того, на окремі складові РП трансформаторних підстанцій суттєвий вплив оказує структура системи резервування головних кіл в умовах обрання тих чи інших схемних рішень. У більшості випадків підвищення глибини резервування приводить до покращення показників надійності, але при цьому можуть знижуватися економічні показники, наприклад зростання капіталовкладень у будівництво підстанції. В цьому випадку гостро виникає необхідність проведення низки досліджень щодо вибору оптимальних співвідношень між такими складовими процесу проектування, як технічні рішення, рівень підвищення надійності та додаткові економічні витрати, що потрібні для цього.

З метою вирішення цієї задачі розроблено алгоритм та необхідне програмне забезпечення для визначення розподілення напруженості поля уздовж опорної ІК для різних видів апаратів. Використання цього комплексу дозволяє оцінювати такі показники надійності, як ймовірність безвідмовної праці, математичне очікування середнього напрацювання до відмови та густину розподілу в умовах застосування нормального закону розподілу часу напрацювання до відмови. Розроблено логічну розрахункову модель та необхідний для її реалізації математичний апарат для оцінки головних показників надійності складних резервованих схем РП в умовах використання в якості теоретичного експоненціального закону розподілу випадкової величини.

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД»

УДК 621.3.078.3

Рябінін А.А.¹, Крисан Ю.О.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

СТЕНД ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВІ БЕЗКОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Безколекторні двигуни постійного струму (BLDC) зараз використовуються в багатьох промислових і господарських сферах. Вони забезпечують високу ефективність, малу вагу, компактність та низький рівень шуму. BLDC дозволяють регулювати швидкість і обертовий момент з високою точністю, що робить їх ідеальним вибором для застосування в електротранспорті, промислових насосах, вентиляторах та інших системах автоматизації. Цей тип приводу, адаптований до технології векторного керування, здатний працювати в гальмівних режимах і, крім того, не вимагає спеціальних рішень в галузі силової частини. Уніфікація силової частини для такого типу приводу на базі добре відпрацьованих в промисловості рішень може здешевити привод і забезпечити скорочення термінів розробки.



Рисунок 1 – Етапи створення лабораторного стенда.

Лабораторний стенд (рис. 1) створено на основі безколекторного двигуна постійного складється з пари двигунів на загальній основі. Вал випробовуваної машини пов'язаний з машиною навантаження через датчик обертового моменту. В якості навантажувальної машини використовується окремо збуджений двигун постійного струму. Безколекторний двигун закріплений консольно з одного боку за штатне кріп-

лення статора, а з іншого боку зовнішній ротор двигуна через перехідне пристосування передає обертальний момент на вал.

Складові стенда: дослідний приводний двигун GT36-48/600F-D; навантажувальний двигун 2ПН 100L 1.1кВт; муфти з'єднувальні; датчик положення на аналогових елементах Холла; реостат; джерело живлення.

Схема випробувального стенду представлена на рис 2.

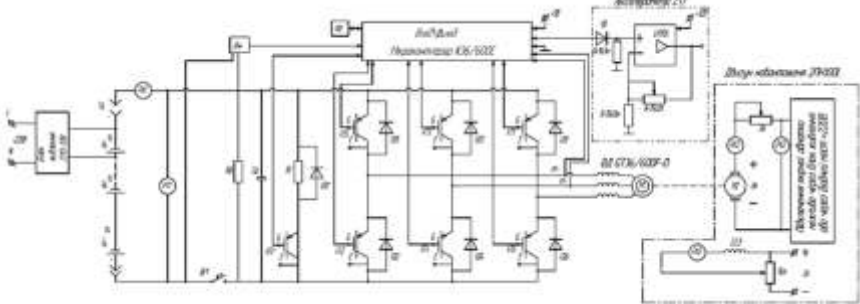


Рисунок 2 – Лабораторний стенд. Схема електрична принципова.

Лабораторний стенд може бути використаний для проведення наступних досліджень та тестувань:

- вивчення властивостей безколекторного двигуна постійного струму в залежності від напруги та струму живлення;
- вимірювання швидкості та крутного моменту безколекторного двигуна постійного струму за різних умов живлення;
- дослідження електричної та механічної структури безколекторного двигуна постійного струму;
- проведення експериментів для вивчення взаємодії безколекторного двигуна постійного струму з різними типами навантажень;
- оцінка ефективності безколекторного двигуна постійного струму за різних умов живлення та навантаження;
- дослідження можливості застосування безколекторного двигуна постійного струму для різних промислових застосувань.

Стенд також може бути використаний для навчання та навчальних цілей. Студенти можуть навчитися розуміти принцип роботи електричних приводів, оцінювати їх властивості та визначати їх ефективність за різних умов живлення та навантаження.

Використання цього стенду може допомогти студентам отримати практичні навички у галузі електромеханіки та підготуватися до роботи в промисловості.

УДК 621.3.078.3

Рябінін О.А.¹, Рябінін А.А.², Крисан Ю.О.³

¹ студ. гр. Е-312м НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВВОДУ РЕЗЕРВУ (АВР) НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА SIEMENS LOGO!8

Система автоматичного введення резерву (АВР) є важливим компонентом електричної мережі, яка забезпечує неперервну роботу обладнання та пристроїв, які працюють в умовах незадовільної надійності основного джерела живлення. АВР є системою, яка автоматично перемикає живлення з основного джерела на резервне джерело живлення у разі відмови основного джерела. АВР широко використовуються в системах електропостачання на промислових підприємствах, об'єктах зв'язку та транспорту для забезпечення надійності електропостачання споживачів 1-ї та 2-ї категорії.

Моделювання системи АВР на базі мікроконтролера Siemens LOGO!8 є важливим етапом проектування та розробки системи. Мікроконтролер Siemens LOGO!8 є потужним інструментом для програмування та контролю роботи системи АВР. Ця технологія дозволяє забезпечити надійну та безперебійну роботу електричної мережі та обладнання в умовах незадовільної надійності основного джерела живлення.

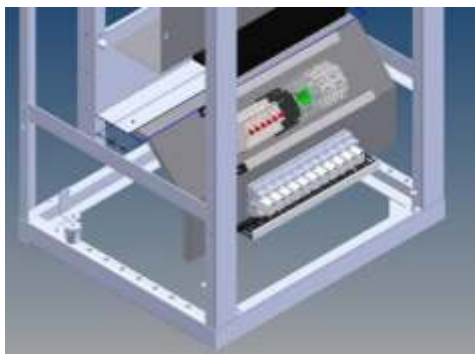


Рисунок 1 – Проектування камери керування АВР.

Схема керування та сигналізації в автоматичному режимі контролює наявність усіх фаз, відстежує послідовність чергування фаз обох вводів. У разі невідповідності даних умов схема дає команду відключення.

чення контактора/мотор-автомата проблемного введення із включенням секційного контактора/мотор-автомата. Передбачені тимчасові затримки подачі команд увімкнення/вимкнення. При цьому стани введення та роботи контакторів відображаються світловими індикаторами на лицьовій панелі шафи АВР. Через додаткові контакти контакторів на контролер надходить інформація про роботу відповідного пристрою. У разі виходу з ладу одного з вступних контакторів відбувається включення секційного з одночасною заборобою включення аварійного контакторів.

Ручний режим роботи містить функції включення/відключення всіх трьох контакторів з відображенням інформації світловими індикаторами на лицьовій панелі шафи АВР і як правило використовується кваліфікованим обслуговуючим персоналом для перевірки працездатності контакторів, а також в екстрених випадках.



Рисунок 2 – Практичне моделювання.

Розроблена моноблочна камера у програмі «Autodesk Inventor» та спроектована принципова схема ЕЗ усього комплексу, Siemens LOGO!8 оперує вимикачами високої напруги ІЕК SVA50-3-0630А за допомогою приводів ІЕК ЕП-40, через контакти АКДК-40 виконаний зворотній зв'язок.

Програма АВР у додатку «logo soft comfort v8.3» пишеться на блочному FBD рівні. FBD (Function Block Diagram) – це графічна мова програмування високого рівня, що дозволяє використовувати потужні алгоритми простим викликом функцій та функціональних блоків.

Доопрацьована світло-індикація робота схеми у ручному режимі за допомогою операторської панелі обслуговуючим персоналом.

Використання системи АВР на базі мікроконтролера Siemens LOGO!8 є ефективним рішенням для забезпечення надійної роботи системи в разі відмови основного джерела живлення. Це може допомогти уникнути перебоїв у роботі системи та забезпечити стабільну роботу важливого обладнання. Моделювання системи АВР є важливим кроком у забезпеченні надійності технічних систем.

УДК 681.527.2

Олейніков М.О.¹, Назарова О.С.², Осадчий В.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ ПОЗИЦІЮВАННЯ ВАНТАЖУ НА ГНУЧКОМУ ПІДВІСІ МОСТОВОГО КРАНА

У промисловості масово використовуються мостові крани завдяки зручності їх використання. Їх широко застосовують в промислових і ремонтних цехах будівельних підприємств для підйому та переміщення вантажів. Їх використання дозволяє суттєво знизити трудовитрати, скоротити час виконання технологічних операцій у виробничих процесах. Тому актуальним є питання забезпечення точного позиціонування вантажу в задану точку із мінімальним розгойдуванням.

Мета – виконати огляд опублікованих джерел із методами зменшення коливань та точного позиціонування вантажу на гнучкому підвісі.

У роботі [1], як засіб зменшення розгойдування вантажу, також пропонується використання способів гальмування кранів (візків) за допомогою таких пристроїв як резистори, тахогенератори і прості електричні схеми.

В роботі [2] запропонований метод керування переміщення крану з підвішеним вантажем при заданому значенні шляху за умови забезпечення найбільшої швидкодії та зменшення коливань вантажу наприкінці перехідного процесу.

Методи, розглянуті в роботах [1, 2] дозволяють ефективно зменшити коливання вантажу. Але існує велика кількість кранів, що працює зовні приміщення, де є такі збурюючі фактори як, наприклад, вітрове навантаження. Недоліками цих робіт є відсутність зворотного зв'язку положення вантажу, що не дає можливості демпфувати коливання, викликані зовнішніми збуреннями.

Сучасна тенденція розвитку мікропроцесорних технологій дає можливість відмовитись від ручного керування механізмами та розробляти складні системи автоматичного керування для покращення якості готової продукції та збільшення продуктивності виробництв [3, 4].

У статті [5] розглядається система керування 30-ти тонним промисловим мостовим краном. Основним елементом системи керування являється захист від розгойдування та контроль позиціонування вантажу.

Інформація про розгойдування вантажу отримується за допомогою системи машинного зору. Це камера з можливістю отримування та обробки зображень.

Впровадження системи захисту від розгойдувань із застосуванням зворотного зв'язку у вигляді машинного зору дозволило зменшити коливання вантажу приблизно на 90%. Дана система здатна враховувати непрогнозовані зовнішні збурення та змінні параметри [6].

Висновки. Провівши аналіз робіт, націлених на рішення проблем розгойдування та точного позиціювання вантажу мостових кранів, можна визначити, що найбільш ефективними методами являється використання замкнутих та розімкнутих систем керування.

Основною перевагою розімкнутої системи є відносна простота розробки. Але вона не може забезпечити стійкість до зовнішніх збурюючих впливів таких як вітрове навантаження.

Для рішення цієї проблеми доцільно використовувати замкнену систему керування. Її недоліком являється необхідність використання коштовного давача зворотного зв'язку - системи машинного зору, оскільки стандартні методи виміру тут неможливі для реалізації.

Тому встановлено, що перспективним напрямом досліджень є аналіз залежності показників якості від частоти дискретизації системи машинного зору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ловейкін, В.С. Динаміка та оптимальне керування рухом мостових кранів. Монографія / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.А. Голдун, В.В. Крушельницький. – К.: ЦП «КОМПРІНТ», 2019. – 460 с.
2. Герасимyak, Р. П. Оптимальне керування механізму переміщення крану з підвішеним вантажем при заданому значенні шляху / Р. П. Герасимyak, Д. О. Махортова, С. П. Савич // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2014. - № 15 (91). - С. 151-154.
3. Nazarova, O. Software and Hardware Complex for The Study of Electropneumatic Mechatronic Systems / O. Nazarova, V. Osadchyy, S. Shulzhenko, M. Olieinikov // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022. - P. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005698.
4. Osadchyy, V. The Research of a Two-Mass System with a PID Controller, Considering the Control Object Identification / V. Osadchyy, O. Nazarova, M. Olieinikov // 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2021. - P. 1-5, doi: 10.1109/MEES52427.2021.9598542.
5. Sorensen, K. A multi-operational-mode anti-sway and positioning control for an industrial bridge crane / K. Sorensen, H. Fisch, S. Dickerson, W. Singhose, U. Glauser, // IFAC Proceedings Volumes , 2008. – № 41 (2). – P. 881-888.

6. Osadchyy, V. Adjustable Vibration Exciter Based on Unbalanced Motors / V. Osadchyy, O. Nazarova, T. Hutsol, S. Glowacki, K. Mudryk, A. Bry's, A. Rud, W. Tulej, M. Sojak // Sensors, 2023. – Vol. 23. – P. 2170. <https://doi.org/10.3390/s23042170>.

УДК 681.527.2

Шульженко С.С.¹, Назарова О.С.², Осадчий В.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ МЕРЕЖІ НА РОБОТУ ДВОШВИДКІСНОГО ЛІФТА

Через складні обставини робити енергосистеми України, на сьогоднішній важливим питанням при роботі ліфтового транспорту є стабільність систем при великих та миттєвих змінах значень напруги та частот. Досягнення постійної напруги живлення – одне з найважливіших завдань, оскільки що менше коливань і падінь напруги у системі, то довше термін служби устаткування. Крім того, від цього залежить стабільність роботи систем управління та виконавчих механізмів. Адже стабільність роботи обладнання безпосередньо впливає на безпеку та життя людей. Враховуючи все перераховане вище, дана робота спрямована на підвищення точності позиціонування як застарілих, так і сучасних систем управління з урахуванням чинних норм і вимог до експлуатації, за умови економії фінансових витрат [1-3].

Графічна візуалізація проведених розрахунків та експериментів дозволяє побачити всі зміни. Для всіх значень ступеня завантаження спостерігається закономірність впливу напруги живлення мережі на точність позиціонування. Так, знижена напруга живлення істотніше впливає на розрахунки, ніж підвищена, тим самим погіршуючи точність зупинки.

Для рис. 1 прийняті наступні позначення кривих: 1 – графік зміни точності позиціонування при напрузі живлення 334,4 В, 2 – теж при 342 В, 3 – теж при 349,6, 4 – теж при 361 В, 5 – теж при 372,4 В, 6 – теж при 380 В, 7 – теж при 387,6, 8 – теж при 399 В, 9 – теж при 410,4 В, 10 – теж при 418 В, 11 – теж при 425,6 В.

З отриманих графіків видно, що при зміні напруги живлення метод ідентифікації недостатньо ефективний. Однак при знаходженні залежностей впливу напруги живлення на розрахунки можливе коригування точності позиціонування з метою зменшення діапазону зупинки [4, 5].

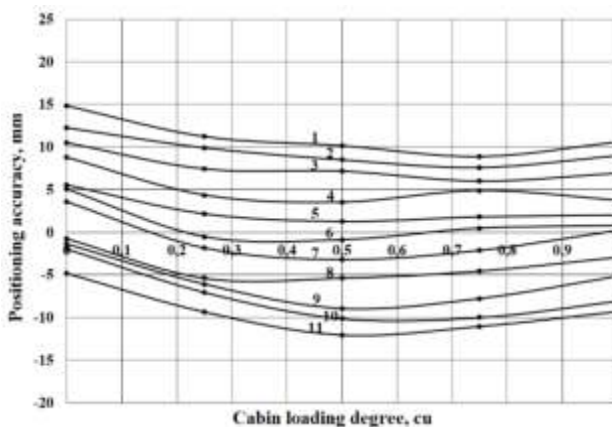


Рисунок 1 – Залежність похибки позиціонування від величини напруги живлення при різних ступенях завантаження кабіни з використанням методу ідентифікації.

Відповідно до досліджень проведених на комп'ютерній моделі ліфта у середовищі Matlab/Simulink отримано наступне. При відхиленні напруги живлення мережі від номінальних 380В у межах $\pm 5\%$ система управління ліфта відпрацьовує з досить високою точністю. Розраховані значення точності позиціонування входять у діапазон діючої в Європі вимоги EN 81-20:2014, який вказує на дозволена похибка зупинки в ± 10 мм. Слід зауважити, що для завантажень вище 25% ступеня, в допустимий діапазон ± 10 мм входять всі розрахунки в межах зміни напруги живлення мережі $\pm 10\%$ від номінального.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rong, Q. Dynamic Elevator Group Control Algorithm Based on the Shortest Distance and the Shortest Time / Q. Rong, F. Chen, J. Fan, W. Chang, H. Wang, H. Guo // 2022 34th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), Hefei, China, 2022. - P. 1727-1731. doi: 10.1109/CCDC55256.2022.10033804.
2. Maune, D. Speed Control for Lifting Devices with Conical Cable Drum through Indirect Position Determination / D. Maune, B. Krüger, P. Sahm, S. Soter // 2020 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2020. - P. 401-405, doi: 10.1109/ICIT45562.2020.9067244.
3. Volkov, V. Energy saving in positional frequency regulated asynchronous electric drives by optimization their acceleration and deceleration times / V. Volkov // 2017 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2017. - P. 200-203. doi: 10.1109/MEES.2017.8248889.

4. Nazarova, O. Influence of Supply Voltage on the Accuracy of Two-Speed Elevator Positioning / O. Nazarova, V. Osadchyy, S. Shulzhenko // 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2021. - pp. 1-4, doi: 10.1109/MEES52427.2021.9598664.

5. Nazarova, O. S. Computer modeling of electromechanical system of two-speed elevator / O. S. Nazarova, V. V. Osadchyy, S. S. Shulzhenko // Herald of Advanced Information Technology, 2022. - №5(2). – С. 133–142. <https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.11>.

УДК 621.314.2:621.3.

Зіновкін В.В.,¹ Тарарін О.В.,² Кулинич М.Е.,³ Куніцин А.В.⁴

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр.Е-311сп НУ «Запорізька політехніка»

⁴ студ. гр.Е-310 НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ МОВ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МАЛИМИ ЛІТАЛЬНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

У світовій науково-практичній спільноті особливої актуальності приділяється увага до розробки та використання малих літальних об'єктів різного технічного призначення та конструкцій в залежності від вимог сучасності. При вирішенні відповідних питань необхідно визначитись із програмними і мікропроцесорними засобами автоматизації, що найбільш оптимально задовольняють умовам проектування та практичного використання. Таким чином, повстає питання які програмні засоби доцільно використовувати в залежності від складності задачі, що вирішується.

Мета роботи полягає у виконанні порівняльного аналізу різних мов програмних засобів в залежності від складності поставленого завдання в поєднанні із оптимальним практичним використанням мікропроцесорних і програмних засобів автоматизації та складності і призначення літальних систем та об'єктів, яким притаманні обмежені масогабаритні показники.

На даний час у світі використовується біля 10000 мов програмування. Деякі із них використовуються у досить обмежених умовах, наприклад у хакерів, деякі – у медицині, деякі у вищих навчальних закладах, наприклад Pascal тільки тому, що так треба незважаючи на дуже обмежені можливості та спроможність.

Коротко розглянемо найбільш популярні мови програмування.

PHP є мовою програмування, що використовується при розробці вебресурсів – сайти, СМС, систем управління контентом у WordPress,

що використовується у 1/3 всіх сайтів в інтернеті, Facebook. Ця мова програмування достатньо доступна для вивчення поперше тому, що ідеально розроблена для знайомства. Доцільно відзначити, що у 2021 році ця мова посідала 8 місце, а у 2022 році 11. Це пояснюється динамічним розвитком новітніх розробок.

До недоліків необхідно віднести неоднорідний синтаксис, що призводить до нерозуміння того, що написав інший програміст в РНР. При розробці нових програмних засобів на РНР можливо отримати 1000 доларів.

Javascript/JS відноситься до найбільш динамічного розвитку в напрямках загального призначення. На цій мові написано веб-сайти, мобільні додатки, серверні частини та багато іншого. В якості прикладу можливо посилатись на бізнес ресурс LinkedIn або пошукач Yahoo. JavaSprint найбільш розповсюджена програмна мова серед програмістів при вирішенні питань фронтенд розробок. Вона постійно використовується із 1995 року. Їй притаманні властивості легкості та постійного удосконалення, динаміка розвитку та швидкість роботи, простота вивчення та викий рівень юзабіліті інтерфейсів для користувачів, підтримка скриптів сього денних веб-браузерів. Оволодівши мовою Javascript/JS можливо стати ведучим фахівцем спеціальності ІТ в певних напрямках.

Доцільно відзначити, що суттєвих недоліків у Javascript/JS немає, але вона відноситься до досить складного засвоєння. Оволодівши цією мовою можливо знайти роботу, яка достатньо оцінюється у світовій спільноті.

Python – мова програмування на теперішній час вважається найбільш розповсюдженою починаючи із 1999 року. Її доцільно використовувати при вирішенні науково-практичних завдань, тринажерів, бекенда, системного адміністрування, а також в якості доповнення до інших мов програмування.

Вона достатньо доступна для використання в навчанні в порівнянні із іншими. На підставі цього її доцільно використовувати при набутті навиків веб-розробників та вирішення інших завдань.

Тестування Python проєктів доцільно здійснювати у відповідних спеціалізованих організаціях. На її підставі можливо написати навіть інші мови програмування. Python по популярності входить до ТОП 3 у світових розробників програмних засобів, наприклад у Google. Програмісти Python можуть отримувати зарплату до 7000 доларів. Вважається, що ця мова буде успішно використовуватись в найближчі 10 років. Більш доцільну інформацію можливо отримати, наприклад у ГіперХост.

Java також доволі розповсюджений програмний продукт. Їй притаманні досить високі можливості, але вона є достатньо складною, Її

доцільно використовувати при вирішенні питань бекенд мобільних розробок, захисту від небажаних завад та програм, оскільки їй притаманні дуже високі показники динамічності в поєднанні із швидкістю, властивості адаптування, достатня простота, що сприяє розповсюдженню і використанню серед розробників програмних засобів різного призначення. Вона значно динамічна в порівнянні із C та C++. Доцільно відзначити, що не слід порівнювати Java із JavaSprint.

C/C++ найбільш розповсюджена програмна мова. Вона, переважно, використовується при розробці керування швидкими процесами, машинного навчання та ін. C та C++ максимально продуктивні мови програмування, які дозволяють досягти найбільшої оптимальності при використанні мікропроцесорних засобів автоматизації.

Основна перевага C та C++ полягає у досягненні максимальної швидкості виконання певного коду в порівнянні із більш високорівневими мовами Python, Java, C#. Доцільно відзначити, що мови C найбільш ефективно використовувати для розробки оперативних систем. На цій мові написані Linux, Microsoft, Windows, Mac JS. Тому вивчення C/C++ доцільно використовувати розробникам з метою загального розуміння процесів роботи ОС із середини. Синтаксис програмування досить складний, а іноді не послідовний. Незважаючи на недоліки ця мова досить розповсюджена і постійно користується запитами.

SQL мова використовується переважно при вирішенні питань взаємно пов'язаних баз даних. Вона сприяє пошуку відповідного рішення серед множини масиву даних. Оскільки на практиці бази даних постійно доповнюються та змінюються, то це потребує постійного оновлення, модернізації та доповнення, що призводить до певного оновлення програмних засобів. Але цій мові притаманні певна специфічність та менший попит в порівнянні із пропозиціями.

Kotlin є альтернативою мови Java і розроблений компанією JetBrains та використовується переважно важливим інструментом кожного андроїд-розробника. Цій мові притаманні наступні властивості: функціональне програмування, що означає відсутність необхідності задання послідовності певних команд, а достатньо описати взаємні відносини між командами та підпрограмами. Це слід сприймати таким чином, що розробник задає певні правила, а код вирішує в яких випадках доцільно скористатись певними залежностями відповідно до умов, що сформувалися внаслідок певних обставин.

До переваг необхідно віднести: простоту та зручність використання; лаконічність, сприйняття та зрозумілість синтаксису; узгодженість із Java; безпечність; відсутність лишніх функцій та модулів; чистота та компактність.

До недоліків відносяться: низька швидкість компіляції; відносно невелика кількість доповнень.

C# або «Си шарп» вважається сучасним об'єктно-орієнтованою та типом-безпечною мовою програмування. На її підставі розробляються різноманітні типові виконання безпечних та надійних приложень, що виконуються у NET технологіях. При цьому можливо розробляти програми як для IOS так і до Linux.

До переваг доцільно віднести: простоту, надійність та масштабування; легкий пошук похибок та порушення логістики; захист від втрати пам'яті; використання відомих синтаксисів.

До недоліків відносяться доволі складний синтаксис та відносно невелика продуктивність.

На підставі порівняльного аналізу існуючих мов програмування та ефективності використання в літальних об'єктах можливо зробити наступні висновки:

1. В світовій науковій та практичній спільноті використовується досить велика кількість мов програмування які призначені для вирішення конкретних викликів промисловості та побуту людства.

2. Найбільше розповсюдження отримали мови програмування PHP, Java, Javascript/JS, Python яким притаманні досить великі можливості забезпечення керування складними електромеханічними об'єктами та системами але вбачається, що для використання в літальних об'єктах їх використати не доцільно внаслідок відсутності програмних засобів поточного корегування зв'язків між окремими параметрами конкретного об'єкта.

3. Для керування поточним станом літального об'єкта доцільно використовувати мови програмування C# або «Си шарп», C#, Kotlin, C/C++ оскільки їм притаманні властивості узгодженості між окремими параметрами, що можуть примусово змінюватись та корегування відповідно до певного програмного засобу.

4. Доцільно продовжити дослідження з метою визначення поточної узгодженості між множиною сукупності параметрів різної фізичної природи, що притаманні певним виконавчим механізмам та програмними засобами автоматизації поточним станом літального об'єкта або системи обмежених масо-габаритних показників.

УДК 621.314.2:621.3.016.33

Зіновкін В.В.,¹ Третьяков А.О.², Маковський В.О.³, Зінов'єв Р.В.³

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-312м НУ «Запорізька політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Електротехнічне устаткування є невід'ємними елементами промислових підприємств, побуту та національної безпеки майже всіх країн світової спільноти. Значна частина цього устаткування розроблено відповідно до вимог державних стандартів до обладнання загального призначення та дотримання певних показників до якості електричної енергії. На практиці значно частина устаткування працює в режимах, що, в окремих випадках, перевищують номінальні навантаження, що призводить до погіршення нормованих показників якості електричної енергії та виходів із ладу потужного електротехнічного устаткування. Збудниками таких небажаних процесів є приводи прокатних станів, лінії та вставки постійного струму, дугові сталетопні печі та ін. Такі навантаження призводять до формування нестаціонарних електромагнітних процесів в просторі устаткування, які в свою чергу призводять до формування додаткових загальних та місцевих втрат, теплових перевантажень активних деталей конструкції та пресуючи вузлів, втрати електродинамічної стійкості систем збудження електромагнітного поля, розвитку урівноважуючих потоків та ін. Сукупності дії таких процесів найбільш характерно проявляються в устаткуванні, що працює в мережах живлення технологічних установок з різкозмінними навантаженнями. Такі процеси призводять до скорочення термінів роботи устаткування та аварійним виходам із ладу.

Науково-технічні публікації, що присвячені переважно методам контролю часткових розрядів, хроматографічному аналізу охолоджуючої олії в потужному трансформаторному устаткуванні не дозволяють отримувати поточну інформацію про технічний стан устаткування оскільки інформація отримується в певні інтервали часу та при технічних ревізіях і ремонтних роботах.

Мета роботи полягає в розробці науково-технічних методів запобігання аварій потужного електротехнічного устаткування шляхом пошуку методів упередження виходів із ладу з використанням сучасних мікропроцесорних і програмних засобів автоматизованого аналізу поточного технічного стану.

З метою запобігання аварійних виходів із ладу потужного трансформаторного устаткування шляхом автоматизованого аналізу його поточного технічного стану в роботі пропонується автоматизована система реєстрації та візуалізації сукупності електромагнітних параметрів, що свідчать про формування початкових відхилень в конструкції.

Запропоноване науково-технічне рішення призначено для поточно-го моніторингу сукупності електромагнітних параметрів устаткування спеціального призначення. Його можливо використовувати для контролю за технічними станом устаткування і загального призначення.

Наукова новизна запропонованого рішення полягає в визначені сукупності відповідних електромагнітних параметрів, що відображають технічний стан, постійно контролюються і порівнюються із директивним завданням шляхом розробленої автоматизованої системи. По певним відхиленням певних параметрів можливо відслідковувати про формування та подальший розвиток небажаних процесів, що відбуваються в порожнині устаткування і таким чином упередити аварійні виходи із ладу. До них відносяться: перевищення струмів технологічних і зовнішніх коротких замикань, струмів включення, їх продовжність, кількість, характер; загальні рівні шуму та у спектрі октавних частот, які формуються в наслідок магнітострикційних процесів, відносно початкових показників (їх зростання в часі свідчить про наявність відхилення у певних вузлах та деталях; часткових розрядів в охолоджуючому середовищі або олії (що свідчить про погіршення діелектричних властивостей внаслідок появи провідникових частинок або змінення внаслідок перевищення місцевих перегрівів); фазних опорів системи збудження електромагнітного поля розсіювання (що свідчить про порушення взаємної індуктивності між обмотками); випробування в режимах короткого замикання, що дозволяє встановити ступінь пошкодження обмоток шляхом порівняння результатів дослідження при різних комбінаціях обмоток. (Складність завдання полягає в тому, що у трифазному устаткуванні первинні і вторинні обмотки мають різні схеми гальванічного поєднання всередині, а виводи знаходяться зовні.); програмно-аналітична методика приведення між фазних опорів до фазних (по градієнтам змінення фазних опорів визначається пошкодження певної фази системи збудження електромагнітного поля).

У випадку, коли сукупність електромагнітних параметрів перевищують нормовані показники устаткування передбачено сигналізація оперативному персоналу та послідовне примусове відключати устаткування від мережі. а.

Доповідь ілюструється відповідними засобами автоматизації, схемами та результатами експериментального дослідження.

РОЗРАХУНОК СПІВВІДНОШЕНЬ МІЖ ВЕКТОРАМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В БЛИЖНІЙ ЗОНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДИПОЛЯ ГЕРЦА

Класична теорія електромагнітного поля при розрахунку диполя Герца завдовжки ℓ збуджуваного ефективним струмом I , який змінюється за гармонійним законом, визначає вектори електромагнітного поля залежно від довжини хвилі λ , відстані r від диполя до точки спостереження і кутової сферичної координати Θ .

Комплексні амплітуди векторів електричного і магнітного полів краще представити нормованими через хвильове число k і по довжини хвилі λ із відповідними коефіцієнтами:

$$H_0 = \frac{I \cdot \ell}{\lambda^2}; \quad E_0 = \frac{I \cdot \ell \cdot Z_0}{\lambda^2},$$

щоб отримати модулі компонент поля:

$$E_\Theta = \pi \cdot \frac{\sqrt{k^4 r^4 - k^2 r^2 + 1}}{k^3 r^3} \cdot \sin(\Theta); \quad (1)$$

$$E_r = 2\pi \cdot \frac{\sqrt{k^2 r^2 + 1}}{k^3 r^3} \cdot \cos(\Theta); \quad (2)$$

$$H_\varphi = \pi \cdot \frac{\sqrt{k^2 r^2 + 1}}{k^2 r^2} \cdot \sin(\Theta), \quad (3)$$

де $k=2\pi/\lambda$ – хвильове число.

Після диференціювання (1), (2) і (3) по змінній r/λ , отримаємо вирази для градієнтів модулів векторів поля:

$$\text{grad} \left(\frac{|E_\Theta|}{E_0} \right) = 2\pi^2 \cdot \frac{k^4 r^4 - k^2 r^2 + 3}{\sqrt{k^4 r^4 - k^2 r^2 + 1}} \cdot \sin(\Theta) ; \quad (4)$$

$$\text{grad} \left(\frac{|E_r|}{E_0} \right) = 4\pi^2 \cdot \frac{8k^2 r^2 + 3}{k^4 r^4 \cdot \sqrt{k^2 r^2 + 1}} \cdot \cos(\Theta) ; \quad (5)$$

$$\operatorname{grad} \left(\frac{|H_{\varphi}|}{E_0} \right) = 2\pi^2 \cdot \frac{k^2 r^2 + 2}{k^3 r^3 \cdot \sqrt{k^2 r^2 + 1}} \cdot \sin(\Theta). \quad (6)$$

Різниця фаз ортогональних компонент електричного і магнітного полів, як і розташування ближньої і далекої зони випромінювання диполя Герца, залежать тільки від відношення r/λ :

$$\Psi_{E_{\Theta}} - \Psi_{H_{\varphi}} = \operatorname{arctg}(kr) - \operatorname{arctg}\left(kr - \frac{1}{kr}\right). \quad (7)$$

Гradient функції (7) дорівнює:

$$\operatorname{grad} (\Psi_{E_{\Theta}} - \Psi_{H_{\varphi}}) = 2\pi \cdot \frac{3k^2 r^2}{k^6 r^6 + 1} \cdot \sin(\Theta).$$

Приведені співвідношення дозволяють досліджувати загальні закономірності зміни характеристик полів випромінювання і їх gradientів залежно від відстані від диполя до точки спостереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпов Ю. О., Ведміцький Ю. Г., Кухарчук В. В. Теоретичні основи електротехніки. Електромагнітне поле; за ред. проф. Ю. О. Карпова. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. - 338 с.

2. Горобець М.М. Gradientи векторів пружності електричного і магнітного поля випромінювання диполя Герца на кінцевій відстані / М.М. Горобець, Г.М. Романіченко // Вісник Харківського університету, 1999. - № 427. - С. 205-208.

УДК 621.314

Козлов В. В.¹, Набокова О. В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Отримання електроенергії від альтернативних джерел як ніколи є актуальним у наш час. Сонячна електроустановка може використовуватися як додаткове джерело електрики, так і як основне, якщо немає можливості отримання електроенергії від електричних мереж.

Проектування такої установки завжди включає оптимізацію електроспоживання (наприклад, заміна ламп розжарювання на світлодіодні) та визначення 4 параметрів:

- сумарна потужність сонячних панелей;
- сумарна ємність акумуляторів;
- вибір контролера заряду акумуляторів;
- вибір типу інвертора.

Для визначення сумарної потужності панелей є два варіанти розрахунку.

I варіант: шляхом складання розрахункової таблиці в якій враховують усі можливі споживачі з урахуванням їх кількості, потужності та тривалості включення. Такий розрахунок зручно виконати у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Обчислення середньодобового споживання електроенергії

Найменування	Потужність, Вт	Кількість, шт.	Тривалість роботи, год.	Споживання, Вт·год
Пральна машина	1500	1	0,3	500,0
Сумарне споживання за добу, Вт·год				

Складання такої таблиці зазвичай ускладнено через те, що деякі споживачі (як, наприклад, пральна машина) використовуються не кожен день і тому їхню загальну тривалість роботи за місяць треба розділити на відповідну кількість днів. Цей метод доцільно використовувати, якщо будинок не був підключений до централізованого електропостачання.

II варіант: якщо будинок був підключений до централізованого електропостачання, то достатньо місячні показання електролічильника поділити на кількість днів на місяць та отримати середньодобове споживання електроенергії. Знаючи середньодобове споживання та враховуючи, що сонячна панель з максимальною потужністю працює в середньому 5 годин на добу (хоча світловий день триває довше, але потрібно враховувати кут падіння сонячних променів та хмарність, які зменшують потужність панелі), розраховуємо необхідну потужність та відповідно кількість стандартних сонячних панелей.

Вироблену протягом світлового дня електроенергію необхідно зберігати у буферних акумуляторах. Їхню ємність слід вибирати із запасом не менше 70%. Це зумовлено, по-перше, тим, щоб не експлуатувалися акумулятори на межі їх можливостей, а, по-друге, у деякі дні споживання може істотно перевищувати середньодобове. Оскільки

серед споживачів електричної енергії зазвичай є пристрої, що мають у своєму складі двигуни: холодильник, пральна машина, пилосос, то необхідно використовувати інвертор який має на виході синусоїдальну форму напруги, а не квазісинусоїду. Його потужність вибирається з умови максимально потужності одночасно включених споживачів. Тому доцільно рознести у часі роботу найбільш енергоємних споживачів (наприклад, бойлер та пральна машина). Це дозволить знизити потужність, відповідно і вартість інвертора. Номінальну вхідну напругу вибираємо зі стандартного ряду напруг (12, 24, 48 В). Виходячи з обраної напруги визначаємо схему з'єднання акумуляторів та сонячних панелей. Найбільш зручною є напруга 24 В.

Слід пам'ятати, що для нормальної та довгострокової роботи обладнання сонячної електроустановки всі округлення у передбачуваних розрахунках слід робити у бік округлення. Після виконання попередніх електротехнічних розрахунків слід із отриманих значень параметрів електроустановки вибрати за каталогами необхідне обладнання та постаратися оптимізувати його з погляду ціна-якість.

УДК 621.3.01

Козлов В. В.¹, Набокова О. В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

СТРУМ АБО НАПРУГА, ОСЬ У ЧОМУ ПИТАННЯ

Відповідь на питання, що є первинним в електричних колах – струм чи напруга не може бути однозначним, оскільки вони є взаємозалежними фізичними величинами, які грають головну роль переважають у всіх електромагнітних процесах. Незважаючи на їхній взаємний зв'язок слід пам'ятати, що це два принципово різні фізичні явища. Напруга являє собою різницю потенціалів U на кінцях ділянки електричного кола або джерела ЕРС, а електричний струм I являє собою електричний заряд q , який рухається через поперечний переріз провідника.

Тому неможливо перетворити напругу на струм і, навпаки, струм на напругу. Напруга або струм можуть бути перетворені тільки відповідно на напругу або струм, що мають інші значення. При цьому відбувається перетворення електричної енергії. Якщо при цьому значення напруги знижується, то значення струму підвищується і навпаки, якщо значення напруги збільшується, значення струму зменшується. Але кількість енергії відповідно до закону збереження енергії при цьому не змінюється (якщо знехтувати втратами енергії у процесі перетворення).

Енергія електричного поля W – це енергія положення електричного заряду в електричному полі (тобто за своєю суттю це потенційна енергія)

$$W = U \cdot q. \quad (1)$$

Електричний струм – це переміщення заряду за одиницю часу t

$$I = \frac{q}{t}. \quad (2)$$

Внаслідок цього при перетворенні енергії в будь-якому перетворювальному пристрої зі значення $W_1 = U_1 \cdot q_1$ на вході в значення $W_2 = U_2 \cdot q_2$ на виході (якщо нехтувати втратами $W_1 = W_2$), при зменшенні різниці потенціалів між точками електричного поля, в якому відбувається переміщення заряду ($U_2 < U_1$) на виході збільшиться кількість заряду, який переміщується за одиницю часу ($q_2 > q_1$) і, навпаки, при зменшенні кількості заряду, який переміщується за одиницю часу ($q_2 < q_1$) різниця потенціалів на виході буде вищою, ніж різниця потенціалів на вході ($U_2 > U_1$).

У класичній електротехніці струм та напруга пов'язані законом Ома

$$I = \frac{U}{R}, \quad (3)$$

де R - опір ділянки електричного кола.

Звідси випливає, що для того, щоб у провіднику протікав електричний струм на його кінцях необхідно створити різницю потенціалів. Тому напруга часто сприймається як первинна величина. Але, з іншого боку, під час аналізу електричних кіл зазвичай розраховують електричний струм.

У багатьох випадках вибір між цими величинами залежить від конкретної ситуації та необхідної точності вимірювання. У деяких випадках більш зручним і точним може бути вимірювання напруги, а в інших – струму.

В області електроніки, наприклад, вибір між струмом і напругою може бути важливим при виборі правильного джерела живлення або проектування електронної схеми. У цьому випадку вибір може залежати від необхідної для роботи пристрою напруги та струму. Наприклад,

якщо необхідно подати напругу певного рівня на певний компонент, то може бути зручнішим вимірювати напругу в даній ситуації. З іншого боку, якщо необхідно контролювати струм, то вимірювання струму може бути більш зручним та точним. В галузі електропостачання вибір між струмом і напругою може відігравати важливу роль при виборі джерела живлення або проектуванні електричної мережі. У цьому випадку вибір може залежати від необхідної потужності та розподілу навантаження. Якщо необхідно забезпечити певну потужність для роботи пристрою, то вимірювання напруги може бути зручнішим у цій ситуації. З іншого боку, якщо необхідно контролювати струм для захисту від перевантажень, то вимір струму може бути більш зручним і точним.

Таким чином, відповідь на питання про те, що первинне - струм чи напруга, не може бути однозначним і залежить від контексту та ситуації, в якій вони розглядаються. Однак важливо розуміти, що струм і напруга є взаємопов'язаними величинами і відіграють ключову роль в електроніці, електротехніці та електроенергетиці.

УДК 623.3.01

Афанасьєва І. О.¹

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ПЛАТФОРМА SPLAN ДЛЯ СТВОРЕННЯ СХЕМ ПРИ ВИВЧЕННІ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Графічний редактор sPlan, представляє собою одну з найбільш зручних і простих програм, призначених для креслення радіоелектронних та електричних схем. Дуже простий та зрозумілий інтерфейс. Може використовуватися як текстовий редактор, легко створювати таблиці.

В програмі велика бібліотека найрізноманітніших радіоелементів, зручно представлених на вертикальній панелі поруч з інструментами малювання, вставки текстових написів і графічних зображень.

Але якщо не знайдете потрібної вам деталі, то рисунок для неї ви зможете за декілька хвилин створити самі і додати у бібліотеку для наступного багатократного використання. У програмі присутня автоматична нумерація компонентів, зручні лінійки для масштабування та багато інших корисних дрібниць.

З друкуванням ваших схем теж не має з'явитись проблем, бо ви можете все передивитись, змінити масштаб та обрати рамку для вашої схеми. Є можливість вставляти власні рисунки, що ще більше розширює можливості використання програми.

Після запуску програми sPlan обираємо в основному меню Опції - Основні параметри - Бібліотеки - для Standard, натискаємо кнопку перегляду каталогів і обираємо у папці «Library» потрібну бібліотеку (наприклад, «Стандартна») – Натискаємо кнопку ОК і в програмі стане доступна стандартна бібліотека. Для створення схеми необхідно просто перетягнути необхідні елементи із Бібліотеки на аркуш і з'єднати між собою. Всі необхідні елементи автоматично прив'язуються до сітки аркушу. В корені папки «Library» також міститься *Бібліотека компонентів*. Всього доступно 8 різних бібліотек, в налаштуваннях програми можна вказати декілька різних бібліотек, всі категорії і компоненти з них стануть доступні для роботи в програмному середовищі sPlan. Для підключення ще однієї бібліотеки потрібно натиснути / кнопку «Створити», потім вказати шлях до бібліотеки і її назву. Для того щоб вставити зображення із програми sPlan в документ текстового редактора Word необхідно:

- виділити зображення в sPlan (або його частку);
- в меню « Файл» обрати пункт « Буфер обміну»;
- у вікні « Копіювання в буфер обміну» встановити якість зображення та які елементи скопіювати (всі або ті, що виділено) та натиснути ОК;

Налаштування зберігаються і при наступному запуску. Також в програмі присутні й інші налаштування – спробуйте і налаштуйте все під себе.

Переваги в роботі із sPlan:

- вбудований калькулятор і календар;
- не потребує підключення до Інтернету;
- інтуїтивно зрозуміле меню;
- покроковий майстер для комфортного освоєння керування;
- зручне налаштування головного вікна і функціональних панелей;
- засіб автоматичного угруповання об'єктів та зображення;
- масштабування дозволяє наблизити об'єкт у багатократному розмірі.

Недоліки: іноді трапляються збої при додаванні змін у файл .lib.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маліновський С.М. Загальна електротехніка: Підручник – Львів: Видавництво «Бескід-Біт», 2003. – 640 с.

2. Цифрова-схемотехніка: веб-сайт. URL: <http://cxem.net> (дата звернення: 25.03.2023).

3. Splan: веб-сайт. URL: <http://radiostorage.net> (дата звернення: 25.03.2023).

УДК 62-83:004.9

Осадчий В. В.¹, Назарова О.С.¹, Рудім Б.Ю.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-310сп НУ «Запорізька політехніка»

ЗНАХОДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ПІ-РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ РІДИНИ

Підтримання заданого рівня рідини є важливою задачею у багатьох сферах промисловості, таких як виготовлення будівельних матеріалів, харчова і хімічна промисловість, нафтопереробний сектор та інші.

Стабільний рівень дозволяє забезпечити безаварійність технологічного процесу, в той час як перевищення допустимих значень може призвести до втрат сировини, зниження продуктивності та, відповідно, до економічних втрат. Для задач стабілізації найбільш розповсюдженими є П- та ПІ-регулятори [1-3]. Зважаючи на недолік П-регулятора, а саме, статична похибка при наявності витрати рідини, більш привабливим є використання ПІ-регулятора. З іншого боку транспортне запізнення, призводить до збільшення коливальності перехідного процесу відносно системи без запізнення.

Тому знаходження коефіцієнтів ПІ-регулятора системи автоматичного керування рівнем рідини шляхом комп'ютерного моделювання з урахуванням транспортного запізнення, нелінійності регульовальної характеристики насосу і наявності зони нечутливості, є актуальною задачею.

Метою роботи є знаходження коефіцієнтів ПІ-регулятора, які максимально наближають перехідний процес в системі з транспортним запізненням до параметрів системи без запізнення з урахуванням нелінійності регульовальної характеристики насосу і наявності зони нечутливості.

Дослідження проводилися з використанням комп'ютерної моделі лабораторного стенду [4]. Пошук оптимальних коефіцієнтів ПІ-регулятора, які б забезпечували бажані характеристики перехідних процесів [5, 6], проводився шляхом мінімізації відхилення реального перехідного процесу від цільового.

У якості критерія оптимальності використовувався інтегральний квадратичний функціонал. Пошук мінімуму функціоналу проводився шляхом послідовного заповнення результатами моделювання комірок п'яти таблиць розміром 5x5, в яких рядки відповідають значенням інтегральної складової регулятора (K_i), а стовпчики - значенням пропорційної складової регулятора (K_p). Комірка з найменшим значенням

функціоналу поточної таблиці визначала коефіцієнтам K_i , K_r , в наступній таблиці розташовувалась по центру.

При цьому інтервал між сусідніми значеннями коефіцієнтів зменшувався в два рази. В результаті дослідження встановлено, що точки мінімуми функціоналу для сигналу керування і рівня рідини не співпадають. При цьому у точці мінімуму функціонала для рівня рідини спостерігається більша амплітуда коливань сигналу керування, а у точці мінімуму функціонала для сигналу керування – збільшення тривалості перехідного процесу.

Отже, використання інтегрального квадратичного функціоналу дозволяє здійснити пошук оптимальних значень коефіцієнтів П-регулятора, які максимально наближають реальні перехідні процеси до заданих для сигналу керування і рівня рідини.

Остаточне рішення щодо вибору коефіцієнтів повинно базуватися на встановленні пріоритетів між швидкістю і зносом обладнання, яке обумовлене більшою амплітудою і коливальністю сигналу керування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rahmawati, T. A. A remedy design of PI controller for liquid level control, / Rahmawati, T. A., Fakhriy, N. A., Pratama, G. N. P., Cahyadi, A. I., Herdjunto, S. // International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), Yogyakarta, 2018. - P. 661-666. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT.2018.8350821>
2. William L.Luyben, Liquid level control: Simplicity and complexity / L.Luyben William // Journal of Process Control, 2020. - Vol. 86. - P. 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2019.12.008>
3. Kouadria, S. Development of real time wind turbine emulator based on DC motor controlled by PI regulator / S. Kouadria, S. Belfedhal, E. M. Berkouk and Y. Meslem // 2013 Eighth International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2013. - P. 1-5. doi: 10.1109/EVER.2013.6521602.
4. Osadchyy, V. Laboratory stand for investigation of liquid level microprocessor control systems / V. Osadchyy, O. Nazarova // 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020. - P. 1-4, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240868.
5. Nazarova, O. Software and hardware complex for the study of electropneumatic mechatronic systems / O. Nazarova, V. Osadchyy, S. Shulzhenko, M. Olieinikov // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022. - P. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005698.

6. Osadchyy, V. Adjustable Vibration Exciter Based on Unbalanced Motors / V. Osadchyy, O. Nazarova, T. Hutsol, S. Glowacki, K. Mudryk, A. Bry's, A. Rud, W. Tulej, M. Sojak // *Sensors*, 2023. – Vol. 23. – P. 2170. <https://doi.org/10.3390/s23042170>.

УДК 004.65:621.31

Назарова О.С.¹, Шокуров Д.Р.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-711 НУ «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ БАЗ ДАНИХ У ДІАГНОСТИЦІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Бази даних використовуються в різних галузях, таких як бізнес, медицина, наука, освіта, громадський сектор та інші, де потрібно збирати, організовувати та використовувати великі обсяги інформації. Історично електроенергетична промисловість використовувала комп'ютерні системи в промислових лабораторіях, цехах та центрах для моніторингу та керування пристроями енергосистеми [1]. Тому актуальним є дослідження шляхів розвитку напрямку використання баз даних при побудові систем діагностики електроенергетичного обладнання.

Метою роботи є огляд можливостей використання баз даних для діагностики в електроенергетичній сфері.

База даних (БД), у найзагальнішому розумінні, це організований набір даних. Більш конкретно, база даних - це електронна система, яка дозволяє легко отримувати доступ до даних, маніпулювати ними та оновлювати їх. Іншими словами, база даних використовується організацією як метод зберігання, управління та пошуку інформації. Управління сучасними базами даних здійснюється за допомогою системи керування базами даних (СКБД) [2].

СКБД дозволяє користувачам виконувати цілу низку завдань. Визначення даних: використовується для створення, модифікації та редагування структури БД, яка визначає організацію даних у цій базі. Оновлення даних: використовується для вставки, модифікації та видалення фактичних даних у базі даних. Отримання даних: використовується для отримання даних із бази даних, які можуть використовуватися програмами для різних цілей. Адміністрування користувачів: використовується для реєстрації та моніторингу користувачів, підтримки цілісності даних, забезпечення безпеки даних, управління паралельним процесом, моніторингу продуктивності та відновлення інформації, пошкодженої через неочікуваний збій [3].

Бази даних в електроенергетичній сфері використовуються для збереження та обробки інформації про споживання енергії, що дозволяє ефективніше управляти електромережами та зменшити витрати. Інформація баз даних використовується при розробці різних цифрових технологічних проєктів, таких як розумна мережа, мікромережа, інфраструктура зарядки електромобілів та багато іншого. Дані використовуються клієнтами для вдосконалення стратегії розвитку бізнесу для експансії на різні ринки цифровізації електромереж [4].

Передбачено можливість збору даних в реальному часі про споживання енергії та аналізу їх для виявлення несправностей, збоїв та інших проблем у електромережах. Допомагають визначати потенційні проблеми у електромережах та забезпечувати їх попередження за допомогою систем моніторингу та діагностики. Використовуються для прогнозування споживання енергії на основі історичних даних та даних про погоду, що дозволяє планувати роботу електростанцій та забезпечити надійність енергопостачання; створювати звіти про споживання енергії та аналізувати їх для забезпечення ефективності роботи енергосистем та технологічних комплексів [5-7].

Отже, застосування баз даних у діагностиці дозволяє покращити якість та ефективність процесу діагностики. Бази даних забезпечують збереження та управління великим обсягом даних, що дозволяє швидко та точно знаходити відповідну інформацію про можливі причини виникнення проблем та шляхи їх вирішення. Загалом, бази даних є необхідним інструментом для ефективної та точної діагностики та підтримки рішень у різних галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Database methods in power system control centres – Режим доступу:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014206158390025X>
2. Database. – Режим доступу:
<https://www.techopedia.com/definition/24361/database>
3. DBMS Tutorial. – Режим доступу:
<https://www.javatpoint.com/dbms-tutorial>
4. Power: Smart Grid Database. – Режим доступу:
<https://www.globaldata.com/marketplace/power/power-smart-grid/>
5. Rednikov, S. N. Experience in Using Combined Diagnostic Systems for Assessing State of Metallurgical Equipment / S. N. Rednikov,

E. N. Akhmedyanova, D. M. Zakirov // 2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC), 2018. - P. 1-6. doi: 10.1109/GloSIC.2018.8570148.

6. Назарова, Е. С. К вопросу разработки систем диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки [Текст] / Е. С. Назарова // Электротехника та електроенергетика. – 2013. – № 1. – С. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2013-1-6>

7. Nazarova, O. S. Monitoring of electromechanical processes of the cold rolling mill taking into account the variation of the inertia moment / O.S. Nazarova, B.V. Vasiliev, M.S. Punda // International scientific conference «Interaction between science and technology in modern conditions» : conference proceedings (November 3–4, 2022. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. – P. 50-54. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-264-7-12>

УДК 62-83:681.5

Кулинич Е.М.¹, Осадчий В.В.¹, Васильева Є.В.², Кулинич М.Е.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-311сп НУ «Запорізька політехніка»

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЙ ТА ВИМОГ ДО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ФІРМИ SIEMENS НА БАЗІ ПЛК

Сучасна автоматизація базується на широкому використанні комплексних засобів автоматизації, які включають в себе комп'ютерні технології, засоби людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ), промислові мережі, інтелектуальні давачі процесів, програмовані логічні контролери (ПЛК) та мікропроцесорні електричні привода, а також відповідне програмне забезпечення. Але особливу центральну роль виконують ПЛК, які становлять собою основу будь-якої системи керування.

Тому дуже нагальною потребою для виховання сучасного фахівця 141 спеціальності є надання йому знань та практичних навичок використання сучасних контролерів ПЛК при побудові систем керування технологічними процесами та установками.

Для цього необхідно не тільки дати основи програмування ПЛК, але й навчити студента використовувати ПЛК для збору даних з давачів технологічного процесу, їх обробці та виробити керування виконавчими механізмами, а також забезпечити автоматизоване керування з участю людини за допомогою ЛМІ (SCADA системи, операторські панелі).

Враховуючи важливість і відповідальність даної задачі актуальним є дослідження сучасних методів, методик та засобів, які забезпечать отримання таких знань та навичок. Найбільш ефективним засобом є використання стендів з реальними ПЛК, які дозволяють досліджувати роботу ПЛК у складі певної системи керування. Отже, розробка стенду є актуальним завданням.

Але найбільшу цінність мають такі стенди, які дозволяють не просто, як то кажуть «помігати лампочками» та включити-виключити якийсь елемент, чи то зняти дані з якогось датчику, але й побудувати якусь закінчену систему керування певним технологічним процесом, або невеликою промисловою установкою. Все це передбачає вивчити не тільки окремі елементи та їх взаємодію, а зробити пов'язану систему керування, в якій всі ці елементи будуть працювати з метою виконання якогось технологічного процесу.

Для розробки концепції стенда треба зробити аналіз подібних стендів, які використовуються в нашому університеті [1] та в інших вишах та фірмах. Тому сформулюємо вимоги до стенду, який ми розробляємо. Треба також врахувати, що кафедра має вже здобутки та певний досвід роботи з технікою автоматизації фірми Siemens. Тому було сформовані наступні вимоги.

1. Стенд повинен мати контролер S7-1200 фірми Siemens з модулями розширення, блоками живлення та комунікаційними модулями тих самих форм факторів, що і контролер.

2. В стенді застосовуються засоби людино-машинного інтерфейсу, а саме операторська панель фірми Siemens.

3. До складу стенда повинні входити програмно технічні засоби з розробки програмного забезпечення контролерів, розробки проектів візуалізації ЛМІ (програмувати чи комп'ютер з програмним забезпеченням розробки).

4. Стенд повинен мати органи керування (кнопки, перемикачі, потенціометри) та індикації (лампочки, індикатори, стрілочні прибори).

5. Стенд повинен мати сучасні приводи з асинхронними двигунами.

6. Стенд повинен мати давачі.

7. Наявність елементів якогось технологічного процесу або установки, якими потрібно керувати з можливістю спостереження змін в ході технологічного процесу, які виникають при керуванні.

8. Можливість вивчити якісь типові технологічні задачі та способи їх розв'язання за допомогою обладнання стенду (дозування, позиціонування, регулювання або стабілізація якогось параметра техпроцесу).

9. Передбачати поєднання зі SCADA системою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко В.І. Сучасні підходи і методи викладання прикладних дисциплін при підготовці фахівців з електромеханіки: / В.І. Бондаренко, А.В. Пирожок, В.В. Осадчий // Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика, Харків, 2010. – С. 588-589.

УДК 621.314.2:621.3.016

Зіновкін В.В.,¹ Хлебніков П.І.², Мовчан О.Ю.², Мальцев О.В.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-310 НУ «Запорізька політехніка»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ШУМУ ПОТУЖНОГО ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ В СПЕКТРІ ОКТАВНИХ ЧАСТОТ

Невід’ємною частиною електротехнічного устаткування є системи збудження електромагнітного поля та магнітна система. Перша представляє собою систему обмоток які поєднуються між собою по певним схемам в залежності від практичного призначення і служить для створення електромагнітного поля розсіювання в середовищі певного устаткування. Друга представляє собою три стрижневу конструкцію, що виготовляється із електротехнічної сталі і призначена для каналізації магнітного потоку в просторі системи обмоток внаслідок того, що їй притаманна більша магнітна проникність в порівнянні із повітрям і охолоджуючим середовищем.

Найбільш поширеними видами устаткування є потужні трансформатори та електроприводи. В першому система обмоток та магнітна система при роботі є непорушними, а в електроприводах має місце бігуче магнітне поле в просторі електричного двигуна, що призводить до ускладнення розрахунків електромагнітних процесів.

Для вирішення поставленого науково-практичного завдання розглянемо узагальнену математичну модель для приведенного устаткування. При цьому відзначимо, що рівні шуму устаткування обмежуються вимогами державних технічних стандартів та санітарними нормами. Особливу увагу ці питання набувають в розвинутих країнах, оскільки вони суттєво впливають на персонал і навколишнє середовище. При цьому нормуються загальні рівні шуму і зовсім нехтуються рівні шуму у спектрі октавних частот.

Мета роботи полягає в розробці математичної моделі загального рівня та в спектрі октавних частот шуму електротехнічного устатку-

вання та експериментального дослідження для порівняння отриманих результатів.

Математична модель шуму представляє собою систему нелінійних інтегро-диференціальних рівнянь в якій взаємно пов'язані збуджуючі зовнішні параметри та внутрішні електромагнітні, що відбуваються в магнітній системі внаслідок дії магнітного поля розсіювання. Це пояснюється тим, що магнітопровід є найбільш характерним джерелом шуму устаткування, оскільки складається із множини пластин електротехнічної сталі якій притаманні нелінійні залежності між магнітним полем та індукцією.

Наукова новизна полягає в розробці математичної моделі потужності звуку (шуму) в спектрі октавних частот, задовольняє початковим та граничним умовам які фізично відображають магнітну систему із притаманній їй постійній часу. При цьому, система збудження електромагнітного поля не є джерелом шуму оскільки в повній мірі відповідає вимогам до пресуючих зусиль та забезпечення електродинамічної стійкості. (Доцільно відзначити, що на практиці доволі часто мають місце випадки коли джерелом шуму є пошкодження обмоток.)

В роботі показано, що внаслідок магнітострикційних фізичних процесів в поєднанні із нелінійними властивостями електротехнічної сталі шум посилюється в режимах: перезбудження магнітопроводу; недостатнього забезпечення пресуючих механічних зусиль; пошкодження між певними пакетами магнітної системи; шум в спектрі октавних частот зростає в залежності від перевищення індукції відносно номінального значення; погіршення показників якості електричної енергії. Вони призводять до розвитку кумулятивних процесів та низки небажаних нестаціонарних електромагнітних явищ не тільки в магнітній системі, а і в інших вузлах та неактивних деталях конструкції, що може бути завданням до наступних науково-практичних завдань.

В роботі приведено результати порівняльного аналізу рівнів шуму на трьох трансформаторах номінальної потужності 63 МВА. Аналіз цих результатів дозволив встановити, що на одному із них має місце перевищення рівнів шуму та у спектрі октавних частот.

В результаті дослідження встановлено, що запропоновану математичну модель доцільно доповнити відповідними математичними рівняннями, що відображають також і стан системи збудження електромагнітного поля та використовувати для діагностики поточного технічного стану електротехнічного устаткування в цілому.

Доповідь проілюстрована відповідними наглядовими плакатами та залежностями і порівняльними результатами, що отримані при виконанні науково-технічного завдання.

УДК 621.314.2:621.3.014

Зіновкін В.В.,¹ Зінов'єв Р.В.², Рябінін О.А.², Соколов Я.О.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-312м НУ «Запорізька політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ АСИНХРОНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА В СКЛАДІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА SIMOVERT MASTER DRIVES VECTOR CONTROL

Пріоритетними напрямками розвитку державної економічної політики є досягнення визначальних показників до рівня міжнародної спільноти. Особливої актуальності ці питання набувають у вітчизняних енергоємних електротехнологіях з використанням асинхронних електроприводів.

Мета роботи полягає у розробці та дослідженні нової енергоощаджуючої електромеханічної системи яка досягається шляхом впровадження нових мікропроцесорних і програмних засобів автоматизації в сукупності із сучасним силовим устаткуванням.

Наукова новизна досягається шляхом підвищення ефективності асинхронного електропривода (забезпечення високої динамічності регулювання швидкості і моменту, вихідної напруги і частоти) за рахунок використання сучасних мікропроцесорних і програмних засобів автоматизації в поєднанні із перетворювачем Simovert Master Drives Vector Control (Simovert VC) виконання «Компакт» типу 6SE7023-4EC61. Він відповідає високим вимогам забезпечення високої динаміки регулювання швидкості і моменту, вихідної напруги і частоти. При векторному керуванні номінальний струм двигуна не меншим $1/8$ від номінального струму перетворювача ($I_{номдв} \geq I_{номдв} \cdot 1/8$). та. рівні шуму 60 дБл. Перетворювач забезпечує високу динаміку регулювання обертової швидкості і моменту $T_{рег.} = 20\text{мс}$, $T_{рег.} = 5\text{мс}$. До складу системи керування входять: шафа керування приводами і шафа силової комутації; шафи логістики і програмований контролер Siemens; управління системою (головного пульта управління, постів обліку); технологічний сервер системи адресації і сервером антивірусного програмного забезпечення. Програмований контролер Siemens призначений для керування послідовними логічними процесами в умовах промислового використання в реальному масштабі часу. Зв'язок з пристроями читання/запису поточної інформації мобільних носіїв, перетворювачами «Simovert Master Drives Vector Control» здійснюється за допомогою інтерфейсу PROFIBUS DP. Електроживлення перетворювачів «Simovert Master Drives Vector Control» виконується трифазними електричними

ланцюгами напругою 380(+22-33) В змінного струму промислової частоти (50±1) Гц. Потужність, споживана перетворювачами від мережі первинного електроживлення 380 В, не перевищує 45 кВт. Відзначимо, що для керування частотою обертання асинхронного двигуна використовується перетворювач частоти SIMOVERT VC. У перетворювачі застосовується частотне керування двигуном.

Імітаційне моделювання виконувалось в системі MatLab. Її можливості дозволяють моделювати процеси в наступних межах: у області програмування вбудованих математичних функцій; програм, написаних на Сі і ФОРТРАН; автоматичне перекодування процедур MATLAB в тексті програм на мовах Сі і С++; у області візуалізації і графіки (пакетів інструментів - toolbox). Для створення моделі асинхронного електропривода використовуємо стандартні функції Matlab та стандартні блоки SimPowerSystem. У даній моделі напруга на привод подається від джерела змінної напруги 220 В з промисловою частотою 50 Гц. Завдання на швидкість задаємо ступінчастим сигналом. На вході системи керування реальний вхідний сигнал має трапецеїдальну форму. Що забезпечує відпрацювання контуру швидкості відповідно завданню.

Результати моделювання проілюстровані відповідними графічними залежностями: струму статора $I_s=f(t)$ (що задовольняє умовам технологічного процесу); обертової частоти ротора двигуна $n_s=f(t)$ (завдання обертової частоти ротора двигуна та реальна частота обертання ротора); моменту навантаження $M=f(t)$ (відображають реальний перехідний процес у системі електропривода); напруги постійного струму $U_{dc}=f(t)$. Отримані результати дослідження перехідних процесів електромеханічної системи у складі асинхронного двигуна, Simovert Master Drives Vector Control (Simovert VC) та мікропроцесорних і програмних засобів автоматизації підтверджують ефективність науково-технічного рішення якому притаманні енергозаощадження, скорочення часу між технологічними операціями та зниження втрат електричної енергії, що сприяє вирішенню поставленої мети.

УДК 681.5: 004.5

Залужний М.Ю.¹, Рудім Б.Ю.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-310сп. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ДАВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ ДЛЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Моніторинг температури в приміщеннях є однією з найбільш частих та типових задач в промисловості, побуті, торгівельних та офісних приміщеннях. Важливим є забезпечення комфортних умов роботи та навчання, де температура повітря суттєво впливає на ефективність роботи. Також температура в приміщеннях повинна відповідати санітарним нормам.

На кафедрі «Електропривод та автоматизація промислових установок» був розроблений та створений давачі температури для системи моніторингу температури повітря. 3-D модель давача температури наведена на рисунку 1. На цей час давачі температури встановлені в двох аудиторіях кафедри.

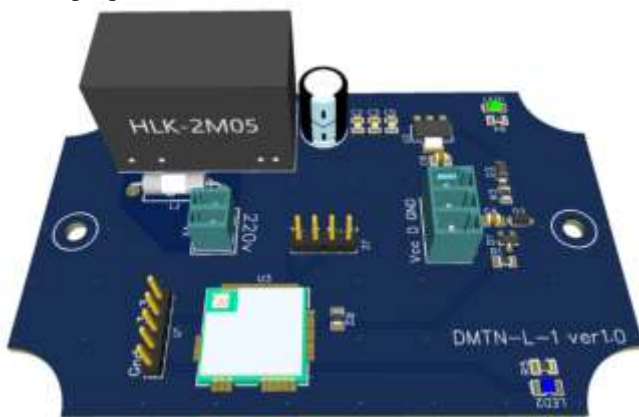


Рисунок 1 – 3-D модель давача температури.

Давачі вимірюють температуру раз на хвилину, живлення давачів від мережі 220В. Пакет даних надсилається до серверу по бездротовому зв'язку за допомогою протоколу LoRaWAN.

LoRaWAN – це абревіатура від Long Range Wide Area Network. Це тип малопотужної глобальної мережі, яка використовує технологію з відкритим вихідним кодом і передає інформацію за допомогою радіосигналів у неліцензованому діапазоні частот. Розроблена для Інтернету

речей (IoT) технологія LoRaWAN забезпечує набагато більший радіус дії, ніж з'єднання Wi-Fi або Bluetooth, добре працює всередині приміщень.

IoT Gateway встановлено в аудиторії кафедри та має покриття всього університету.

IoT Gateway – це мережевий компонент, який діє як транслятор між пристроями IoT та іншими об'єктами мережі, такими як сервери, програми та інші пристрої. Основною функцією шлюзу IoT є переклад пакетів даних з одного протоколу в інший, щоб передача була доступною для читання одержувачем. Але пристрої IoT часто мають обмежену пропускну здатність даних і заряд акумулятора, тому шлюзи IoT відіграють інші важливі ролі, зокрема додають рівні безпеки, з якими сам пристрій не може працювати.

Структурна схема системи моніторингу наведена на рисунку 2.



Рисунок 2 – Структурна схема системи моніторингу.

LoRaWAN та IoT Server створені на віртуальному комп'ютері, це дозволяє мати доступ до них цілодобово та з будь-якої країни.

До IoT Server можливе під'єднання з будь-якого пристрою, який має web browser та не потребує додаткового програмного забезпечення.

IoT Server має складну ієрархію користувачів. Зареєстровані користувачі можуть створювати панелі приладів та ланцюги правил. Всі інші можуть зайти за публічними посиланнями та побачити панель приладів.

Зараз в публічному доступі є панель приладів на якій можна подивитись поточну температуру в аудиторіях, графік змін температури за вибраний період, налаштувати межі температури та назву датчиків.

Усі зміни на панелі приладів та виходу температури за налаштовані межі відображаються в Telegram каналі.

В подальшому цей проект буде мати розвиток та удосконалення як на фізичному рівні, так і програмному. Матеріали будуть використані в дипломному проектуванні та планується створення навчального курсу для студентів.

ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАТРОННИХ І ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

З огляду на швидкий розвиток промисловості і разом з тим більш стрімке використання автоматизованого виробництва, виникає необхідність, на етапі передпроектної підготовки, мати в наявності інструментальний засіб, придатний для швидкої перевірки працездатності і отримання основних характеристик системи [1].

Мехатронні системи, як один з видів динамічних систем [2] призначені для реалізації заданого руху й основу їх становить деякий виконавчий механізм та привод – електромеханічний, гідравлічний або якийсь інший.

Метою є огляд програм моделювання мехатронних та електромеханічних систем з урахуванням їх особливостей, таких як одночасна робота виконавчих пристроїв, зміна експлуатаційних характеристик впродовж робочого циклу і терміну експлуатації, способів регулювання тощо.

На даний момент існує багато програм, які дозволяють моделювати мехатронні та електромеханічні системи, причому деякі є вузькоспеціалізованими, а інші – більш універсальними: Vensim, IThink, Dynamo, Stella, Powersim, MedModel, Arena, GPSS, Stratum, Scilab, Berkeley Madonna, NI MATRIX, ACSLx, Modular Modeling System (MMS), Virtual Test Bed (VTB), JModelica.org, MATLAB/Simulink, Simscape, MapleSim, Dynast, Multisim, Dymola, PSIM, SamSim, SimApp, SimulationX, Simplorer, VisSim, SystemModeler, тощо.

До розгляду взято кілька програм, придатних для проектування і проведення модельних експериментів з багатопровідними цикловими системами: FluidSim 4.0 та MatLab/SimuLink.

Перевагами програми FluidSim є можливість наочного візуального відтворення, широкий вибір виконавчих, керуючих пристроїв і датчиків, можливість реалізації схем з використанням реле тиску, реле часу, гідроаккумуляторів, коригування параметрів пристрою, інтерактивності, яка полягає в тому, що при моделюванні роботи системи є можливість включати і вимикати перемикачі, кнопки, перемикати розподільники і т.д. До недоліків цієї програми можна віднести те, що значна частина часу витрачається на технічну роботу, не пов'язану з функціонуванням системи і складністю моделювання систем з великою кількістю виконавчих пристроїв [1,3].

Перевагами MatLab/SimuLink є можливість представити досліджувані системи безпосередньо диференційними рівняннями, що зручно для прогнозування їх поведінки у часі. Оскільки кожна мехатронна або електромеханічна система має об'єкт та пристрій управління, система для моделювання повинна володіти широкими можливостями щодо синтезу, аналізу та оптимізації САУ [2,4].

Отже, при виборі програмного продукту для моделювання мехатронних чи електромеханічних систем необхідно планувати експеримент, проводити аналіз можливостей досліджуваних об'єктів та зважаючи на це аналізувати можливості засобів моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левченко, О.В. Особливості моделювання роботи мехатронних систем з гідравлічним і пневматичним силовими приводами / О.В. Левченко, А.В. Кузнецов // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування. 2016. - №1 (76). - С. 73-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2305-9001.2016.76.67075>

2. Василенко, О. В. Аналіз програм для моделювання мехатронних систем / О. В. Василенко // Радіоелектроніка, інформатика, управління, 2015. – №3. - С.80-87. DOI 10.15588/1607-3274-2015-3-10

3. Osadchyy, V. Adjustable Vibration Exciter Based on Unbalanced Motors / V. Osadchyy, O. Nazarova, T. Hutsol, S. Glowacki, K. Mudryk, A. Bry's, A. Rud, W. Tulej, M. Sojak // Sensors, 2023. – Vol. 23. – P. 2170. <https://doi.org/10.3390/s23042170>.

4. Nazarova, O. Software and hardware complex for the study of electropneumatic mechatronic systems / O. Nazarova, V. Osadchyy, S. Shulzhenko, M. Olieinikov // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022. - P. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005698.

РОЛЬ І МІСЦЕ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Основним джерелом системи збирання, передавання, перетворення, зберігання та подання в зручному вигляді різної інформації є комп'ютери. Інформація створюється для використання та навчання людей, які ухвалюють рішення у різних сферах професійної діяльності та в побуті. Отже, впровадження нових інформаційних технологій означає «просування» формалізованих методів у нові сфери використання [1].

Потужним стимулятором наукового методу пізнання є використання системного методу, поєднання аналізу та синтезу, використання методів математичного моделювання.

Щодо конкретної модельованої системи, розробники математичної моделі допомагають лише ті математичні схеми, які пройшли апробацію для певного класу систем і показали ефективність у прикладних дослідженнях на комп'ютері.

Типову математичну схему визначають як ланку при переході від змістовного до формального опису процесу функціонування технічної системи з урахуванням впливу навколишнього середовища. Тобто при формалізації процесу функціонування технічних систем наявний ланцюжок: «описова модель – типова математична схема – математична модель» [1].

Типові математичні схеми мають переваги в наочності та простоті при значному зменшенні можливостей їх застосування. Так, якщо при дослідженні технічних систем не враховуються випадкові фактори (детерміновані моделі), то в математичному моделюванні застосовуються диференціальні, інтегральні, інтегродиференціальні та інші рівняння. Для моделювання систем, які функціонують у дискретному часі, рекомендують застосовувати математичний апарат і типові математичні схеми теорії кінцевих автоматів. Під час моделювання систем з урахуванням часу (дискретні моделі) та випадкових факторів (стохастичні моделі) застосовують імовірнісні автомати [1-4].

У своїй більшості електромеханічні, електротехнічні та електроенергетичні об'єкти представляють собою нелінійні та взаємопов'язані системи, що обумовлює складність регулювання процесів, які в них

виникають. Проблеми ефективного керування зазначеними об'єктами набувають усе більшої актуальності, відносяться до числа фундаментальних науково-технічних проблем. Відомо, що класичні методи керування ефективні для обмеженої низки об'єктів, або для об'єктів, до яких застосовані певні спрощення при математичному описі цього об'єкта [2].

Серед найпоширеніших проблем застосування традиційних методів управління можна виділити такі: використання лінійних регуляторів для об'єктів з нестабільними станами, навантаженнями, нелінійностями, збурення; фіксованість параметрів регуляторів; робота в екстремальних режимах; параметрична невизначеність електроенергетичної системи, тощо. Більшість із цих проблем можна вирішувати, застосовуючи синергетичні алгоритми керування, нечіткі нейронні мережі і методи нечіткої логіки.

Актуальність використання принципів штучно-го інтелекту в електроенергетичних системах полягає в забезпеченні необхідного рівня обміну інформацією між складовими елементами системи на основі інтелектуальних методів. На теперішній час одним із шляхів розв'язання задачі побудови ефективної автоматичної системи керування або прийняття рішення є використання інтелектуальних методів на основі математичного апарата нечіткої логіки, які реалізують керування на основі експертних відомостей і не потребують математичного опису поведінки системи [2].

Нечітка логіка дає можливість широко використовувати експертні знання при побудові систем прийняття рішень та систем автоматичного керування завдяки наявності розмитих в кількісному відношенні параметрів. Тому при розробці систем управління об'єктами, що складно формалізуються, доцільно застосовувати моделі та методи на принципах нечіткої логіки. Такі ситуації мають місце при наявності участі операторів у функціонуванні технологічного об'єкта або за відсутності точних знань щодо цього об'єкта керування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Павленко, П. М. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, О. М. Чередніков, В. В. Трейтак – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
2. Кирик, В.В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: під-ручник [Текст] / В.В. Кирик. – Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 224 с.

3. Osadchyy, V. Adjustable Vibration Exciter Based on Unbalanced Motors / V. Osadchyy, O. Nazarova, T. Hutsol, S. Glowacki, K. Mudryk, A. Bry's, A. Rud, W. Tulej, M. Sojak // Sensors, 2023. – Vol. 23. – P. 2170. <https://doi.org/10.3390/s23042170>.

4. Nazarova, O. Software and hardware complex for the study of electropneumatic mechatronic systems / O. Nazarova, V. Osadchyy, S. Shulzhenko, M. Olieinikov // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022. - P. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005698.

УДК 621.3.078.3

Корогод Д.М.¹, Васильєва Є.В.²

¹ студ. гр. Е-310 НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ ПРУЖНОСТІ ЇХ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕДАЧ

Дослідження електромеханічних систем (ЕМС) з урахуванням пружності їх механічних передач є складною проблемою, для вирішення якої потрібно визначити раціональні підходи отримання математичних моделей, вибрати зручну форму їх подання, визначити ефективні методи комплексного вирішення завдань аналізу та синтезу системи керування, оцінити вплив основних збурень на процеси, що відбуваються.

Електромеханічна система сучасних промислових машин та агрегатів (прокатні стани, безперервно-технологічні агрегати текстильної і хімічної промисловості, конвеєри, скіпи, ліфти та багато інших механізмів) характеризується досить складною структурою механічної та електричної частин. Механічна частина являє собою багатомасову механічну систему з жорсткими та пружними передачами. Електрична частина також є досить складною системою, в залежності від способу керування, схеми з'єднань, діапазону і точності регулювання і таке інше. Тому такі електромеханічні системи характеризуються взаємозв'язком електромагнітних процесів, механічних явищ і технологічних факторів, дією зовнішніх (зміна моменту опору, напруги живлення, температури навколишнього середовища та ін.) і внутрішніх (зміна електромеханічних параметрів системи) збурень. Вказані аспекти повинні бути враховані при математичному описі електромеханічного об'єкта.

Структурна схема двомасової системи зображена на рисунку 1.

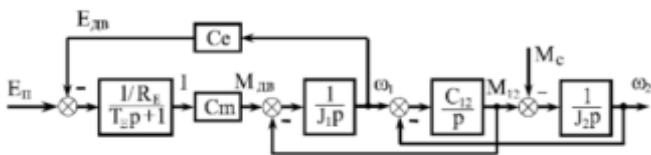


Рисунок 1 – Структура двомасової електромеханічної системи з двигуном постійного струму незалежного збудження

Ця схема має дві вхідні координати: зі сторони керування – напруга подана на двигун від перетворювача, зі сторони збурення – статичний момент опору, механічними втратами в двигуні знехтуємо.

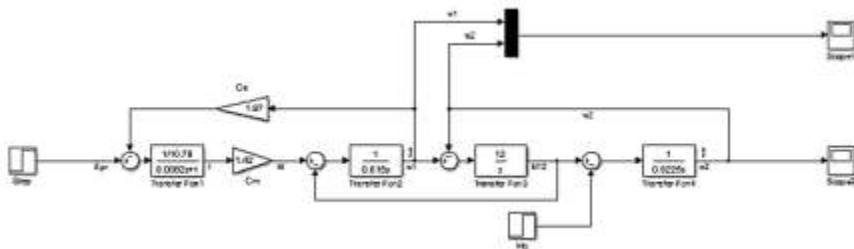


Рисунок 2 – Комп'ютерна модель двомасової електромеханічної системи з двигуном постійного струму незалежного збудження.

Результати моделювання перехідних процесів наведені на рисунку 3.

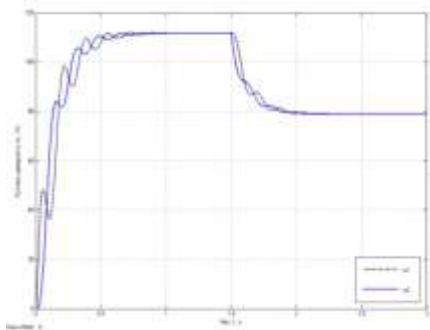


Рисунок 3 – Перехідні характеристики двомасової електромеханічної системи

Для моделювання системи в середовищі MATLAB Simulink, побудовано комп'ютерну модель (рис. 2), з початковими параметрами: номінальна напруга двигуна $U_n=220$ В; еквівалентний опір якорного кола $R_e=10.78$ Ом; еквівалентна електромагнітна стала часу якорного кола $T_e=0.0082$ с; конструктивний коефіцієнт якорного кола двигуна

$C_e=1.97 \text{ В}\cdot\text{с}$; механічна постійна двигуна $C_m=1.42 \text{ Н}\cdot\text{м/А}$; приведений момент інерції першої маси $J_1=0.015 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; приведений момент інерції другої маси $J_2=0.022 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; пружність двомасової електромеханічної системи $C_{12}=12$; номінальний момент $M_n=8.55 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Дослідження електромеханічних систем з урахуванням їх механічних передач та пружності є важливим завданням, оскільки такі системи мають складну структуру та взаємозв'язок електромагнітних процесів, механічних явищ та технологічних факторів. При цьому необхідно визначити раціональні підходи для отримання математичних моделей, вибрати зручну форму їх подання, визначити ефективні методи комплексного вирішення завдань аналізу та синтезу системи керування, а також оцінити вплив основних збурень на процеси, що відбуваються.

УДК 621.3.078.3

Мальцев О.В.¹, Андріяс І.А.², Крисан Ю.О.²

¹ студ. гр. Е-310 НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОДА ДУГОВИХ ПЕЧЕЙ

Тенденції останніх років свідчать про стрімкий розвиток світової металургії і, відповідно, щорічне збільшення виробництва сталі. Дедалі більше країн віддають перевагу електродуговому способу виробництва сталі. Світові тенденції націлені на зростання електросталеплавильного та киснево-конвертерного способів виробництва сталі. На сьогоднішній день частка виробництва сталі за допомогою дугових електропечей зростає щорічно. На даний момент вона складає 28%. За прогнозами, незабаром вона складе 37%, поступово витісняючи мартенівський спосіб через його екологічні та енергетичні параметри. Зростання потреб у сталі та збільшення ролі електросталеплавильного виробництва призводить до необхідності створення нових дугових електроустановок та модернізації вже існуючих комплексів, а конкурентоспроможний ринок вимагає постійного покращення характеристик створюваних установок та підвищення їх продуктивності.

Останнім часом найбільш широке застосування отримали дугові сталеплавильні печі постійного струму, які не мають багатьох недоліків печей змінного струму, таких як вугар металу, великі кількості пилогазових викидів, відсутність перемішування розплаву, великий вугар графітованих електродів, інтенсивний шум, різкозмінний характер

навантажень на системи електроживлення, високий споживання електроенергії тощо.

Задача пошуку нових алгоритмів керування ДСП та створення регулятора потужності, що виключає поломки електродів, на сьогоднішній день є актуальною.

Відомо, що швидкодія регулятора потужності ДСП залежить від швидкості переміщення електрода, тому на сьогоднішній день сформувалася тенденція до збільшення швидкостей переміщення електродів. Робота електродугової печі на підвищених швидкостях переміщення електрода на початкових етапах плавки призводить до виникнення процесів, що негативно впливають на механічну цілісність електродів, вузлів та механізмів печі. Робота з високими швидкостями переміщення електродів збільшує їх витрати, пов'язані з поломками при запалюванні дуги на тверду шихту, тому особлива увага приділяється процесам, що відбуваються при дотику електрода та шихти, та їх впливу на роботу регулятора потужності.

Від швидкості переміщення електрода залежить сила удару електрода, що виникає на стадії запалювання дуги при тиску на шихту. Результатом впливу цих сил часто є поломка електрода.

Механізм переміщення електрода є невід'ємною частиною регулятора потужності. Типова конструкція механізму переміщення електрода з електромеханічним приводом (рис. 1) складається з електрода 1, електродтримача 2, рейкової передачі 3, механічного перетворювача (редуктора) 6, виконавчого двигуна 4. У якості виконавчого приводу на печах з електромеханічним регулятором потужності використовуються двигуни постійного струму та асинхронні трифазні двигуни. Інші типи приводів (крокові, серво тощо) не отримали поширення у зв'язку з труднощами керування та високою вартістю. Для реалізації регулятора потужності привід повинен бути керованим, тому на вхід окрім живлення необхідно подавати сигнал завдання.

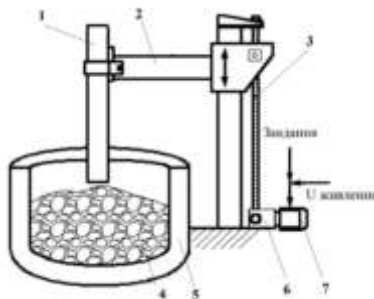


Рисунок 1 – Схема механічної частини регулятора потужності.

Для дослідження регулятора потужності складена математична модель його механічної частини. Функціональна схема (рис. 1) лягла в основу моделі, структурна схема якої наведена на рис. 2.

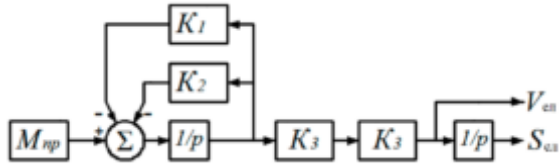


Рисунок 2 – Структурна схема механічної частини регулятора потужності

Аналіз і синтез системи доцільно проводити методами структурного моделювання, використовуючи пакет прикладних програм MatLAB/Simulink [1, 2]. Для цього створена математична модель, яка представлена на рис. 3.

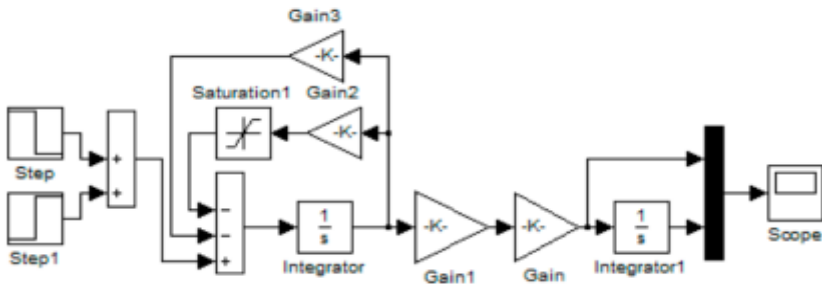


Рисунок 3 – Математична модель механічної частини регулятора потужності

У даній моделі відсутні будь-які обмеження по переміщенню, тому електрод з рівномірною швидкістю опускається протягом усього часу моделювання.

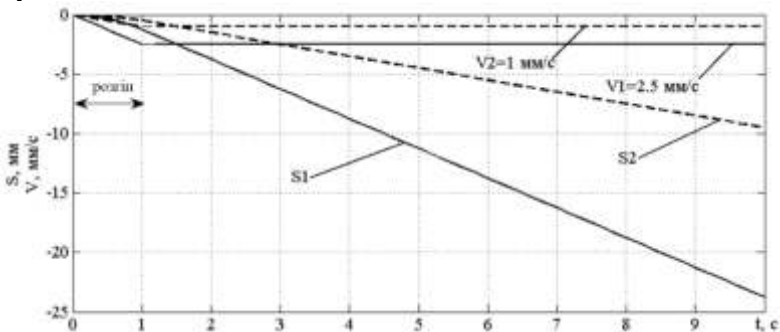


Рисунок 4 – Осцилограми переміщення та швидкості електрода

Результати дослідження підтверджують адекватність розробленої моделі, яка може бути використана для порівняння різних кінематичних схем механізмів та вибору доцільного варіанту для конкретного регулятора.

УДК 621.3.07

Волков В.О.¹, Панарін Т.Р.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-311 НУ «Запорізька політехніка»

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Ідея використовувати тепло земних надр для опалення приватного будинку вже давно не фантастика. Геотермальні опалювальні системи добре зарекомендували себе, як у північних, так і в південних широтах. Щоправда, для цього потрібно спеціальне обладнання, здатне акумулювати природне тепло та передавати його в теплоносії системи опалення. Геотермальне обладнання включає: випарник, що знаходиться глибоко під землею, необхідний для поглинання теплової енергії з ґрунту; конденсатор, який доводить антифриз до потрібної температури та тепловий насос, забезпечує циркуляцію антифризу в системі та контролює роботу всієї установки. Далі нагрітий антифриз надходить у буферний бак, де здійснюється передача енергії теплоносія. Усередині буферного бака знаходиться внутрішній бак з водою із системи опалення та змішувик, яким рухається розігрітий антифриз.



Рисунок 1 – Схема роботи геотермальної електростанції

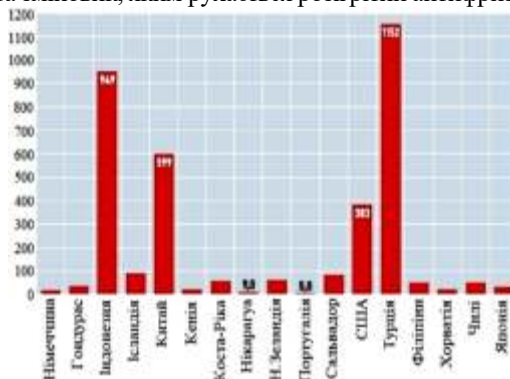


Рисунок 2 – Електрична потужність добутку ГеоЕС (МВт) країнами світу

Найбільш поширеним та придатним в даний час до технічного використання ванн джерелом геотермальної енергії в Україні є геотермальні води, прогнозований енергетичний потенціал яких складає: у Закарпатській обл. – 490МВт, у Миколаївській обл – 2820МВт, у Одеській обл. – 2350МВт, у Херсонській обл. – 4230МВт.

УДК 621.317

Деєв С.Г.¹, Дорофєєв В.Є.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-619 НУ «Запорізька політехніка»

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД З ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ГВИНТОМОТОРНОЇ ГРУПИ ДЛЯ БПЛА

Метою роботи є розробка та обґрунтування технічних рішень, спрямованих на створення лабораторного стенда для вимірювання тяги, створюваної гвинтомоторною групою, струму електродвигуна, напруги живлення та керування контролерами двигунів безпілотних літальних апаратів (БПЛА) різного типу з тяговим зусиллям до 10кг.

У переважній більшості БПЛА використовуються безколекторні двигуни, які в парі з гвинтом утворюють гвинтомоторну групу. Розроблений стенд (рис.1), вивчати роботу електропривода гвинта, визначати тягове зусилля та струм двигуна, що дозволяє визначити значення коефіцієнта корисної дії (ККД) електропривода з гвинтомоторною групою.

Основу стенда складає тензодатчик, який закріплено до рухомої платформи. Для підсилення та перетворення сигналу з тензодатчика використовується 24-бітний АЦП на базі мікросхеми HX711. Для обробки сигналу від АЦП та керування контролером двигуна, використовується мікроконтролер Atmega 328p у складі платформи Arduino nano. Для виводу отриманих параметрів використано дисплей LCD2004. Для живлення використовується акумулятор БПЛА та контролер в залежності від типу двигуна, що вивчається. Результат досліджень двигуна гвинтомоторної групи представлено в табл.1.

Таблиця 1 – Результати випробування

Оберти двигуна, %	Тягове зусилля, г	Сила струму двигуна, А	Напруга живлення, В
20	77	1,1	11,78
40	186	3,2	11,56
60	355	6,5	11,2
80	424	11,8	11,0
100	453	12,2	10,96

Висновок. Розроблений стенд дозволяє проводити випробування гвинтомоторної групи БПЛА з визначенням ККД в різних режимах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Фрайден Дж. Сучасні датчики. Довідник. [Текст] / Дж. Фрайден. - М: Техносфера. – 2005.

УДК 621.3.07

Волков В.О.¹, Плохой В.І.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-311 НУ «Запорізька політехніка»

ТЕРМОЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРИ

Термоелектрогенератор – це технічний пристрій (електричний генератор), призначений для прямого перетворення теплової енергії в електрику за допомогою використання в конструкції термоелементів (термоелектричних матеріалів).

До незаперечних переваг термоелектричного прямого перетворення теплової енергії в електричну слід віднести відсутність проміжної ланки, як, наприклад, у роботі теплової або атомної електростанції, де теплова енергія перетворюється на механічну, а потім механічна енергія перетворюється на електричну. Також термоелектричні генератори (ТЕГ) мають такі унікальні якості, як повна автономність, висока надійність, простота експлуатації, безшумність та довговічність. Серед переваг, що визначають при виборі серед інших пріоритет термоелектричного перетворення, у багатьох додатках – відсутність рухомих частин і, як один із наслідків, відсутність вібрацій, а також необхідність застосування рідин та/або газів під високим тиском.

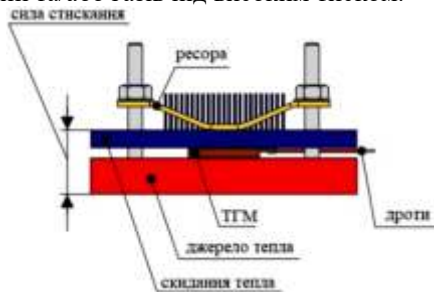


Рисунок 1 – Схема роботи ТЕРМОЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА

До практичних прикладів застосування ТЕГ (рис.1) можна віднести:

- використання відведеного від двигунів тепла;
- автономні джерела живлення електроенергії для забезпечення працездатності котелень, установок з переробки відходів;
- автономне забезпечення енергією електронних блоків та насосів водяних котлів та сміттєспалювальних установок;
- перетворення тепла природних джерел (наприклад, геотермальних вод) на електричну енергію;
- забезпечення автономним живленням малопотужних електронних пристроїв.

У спрощеному вигляді термоелектричний генератор можна подати у вигляді металевої теплорозподільної пластини з боку джерела тепла, термоелектричного генераторного модуля (ТГМ) й охолоджуючого радіатора, що відводить тепло, котре проходить через модуль в навколишнє середовище і створює необхідний для роботи ТГМ перепад температур. Вся конструкція повинна стискатися з зусиллям, що забезпечує надійну передачу тепла від джерела в навколишнє середовище з одного боку і не перевищує допустиме зусилля при тепловому розширенні конструкції.

В Україні розробкою термоелектричного генераторного модуля займається науково-виробнича фірма «Модуль» (м. Київ), вона випускає MTG2-16-127T2S, короткі характеристики котрого наведені у табл.1.

Таблиця 1 – Теплові і електричні параметри MTG2-16-127T2S

Параметри	Розмірність.	Значення		
Температура гарячої сторони	°C	200	150	100
Температура холодної сторони	°C	50	50	50
Напруга розмікненого кола	В	8.4	5.5	1.4
Сила струму короткого замикання	А	2.6	1.9	1.0
Опір узгодженого навантаження	Ом	3.3	3.0	2.7
Потужність на узгодженому навантаженні	Вт	5.4	2.6	0.7

Досить цікаве рішення використання ТГМ елементів запропонувала фірма BioLite (США): піч-зарядка гаджетів BioLite CampStove (рис.2) – це пристрій, що виробляє електричну енергію шляхом спалювання дров та інших органічних відходів (шишок, сухого листя, кори). Застосовується для туристичних походів в якості автономного джерела електричної енергії. В останніх модифікаціях пристрою вбудовано акумулятор ємністю до 2600 мАг.



Рисунок 2 – BioLite CampStove



Рисунок 3 – Електрогенеруюча дров'яна піч Термофор Індигірка

Аналогом такого рішення у нашому ринку є електрогенеруюча дров'яна піч Термофор Індигірка 12V, 50Вт (рис.3) з вбудованим теплоселектрогенератором, що перетворює теплову енергію палива (яка горить у печі) в електричну енергію. Об'єм опалювального приміщення при цьому складає 50 м³. Матеріал виготовлення пристрою – жаростійка сталь.

УДК 623.3.01

Романіченко Г.М.¹, Євдокімов І.В.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. М-311 НУ «Запорізька політехніка»

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Конструкція асинхронної машини складається з двох частин, між якими є невеликий повітряний зазор. Перша частина, нерухома – це статор. Друга, що обертається – це ротор.

Принцип роботи в режимі двигуна полягає у взаємодії обертового магнітного поля статора і струмів, що наведені цим магнітним полем у роторі.

В асинхронному двигуні (АД) для отримання електромагнітного поля, що обертається, використовуються обмотки статора, які підключено до симетричної трифазної мережі. Електромагнітне поле, що утворене струмами статора створює ЕРС в провідниках ротора. Наявність ЕРС і замкнутої обмотки ротора призводять до появи струмів у роторі. Взаємодія магнітного поля статора і струму в обмотці ротора створює електромагнітну силу, що спричиняє появу крутного моменту на валу двигуна.

Ротор, що обертається, намагається «наздогнати» поле статора. Швидкість обертання ротора є повільнішою за швидкість магнітного поля статора, що і забезпечує асинхронність їхніх швидкостей.

Ковзання асинхронного двигуна – це відносна різниця швидкостей обертання ротора (n_2) і магнітного потоку в обмотках статора (n_1):

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Залежність крутного моменту на валу ротора від ковзання ($M=f(s)$) – основний показник механічної роботи асинхронного двигуна.

Ротор – це вал, на який насаджено осердя із обмоткою. Існує два види конструкції роторів: короткозамкнені та фазні. Короткозамкнені обмотки – це стрижні або з алюмінію, або з міді, які по торцях замикаються кільцями.

Ротор із фазною обмоткою має більш складну конструкцію. Він складається з осердя, в який покладено трифазну обмотку, що є аналогічною до обмотки статора. Ці обмотки з'єднуються з трьома контактними кільцями, що розташовано на валу ротора. За допомогою декількох метало графітових щіток (зазвичай двох), які закріплено на щіткотримачі і притиснуті пружинами до кілець, в ланцюг обмотки ротора вводяться додаткові опори.

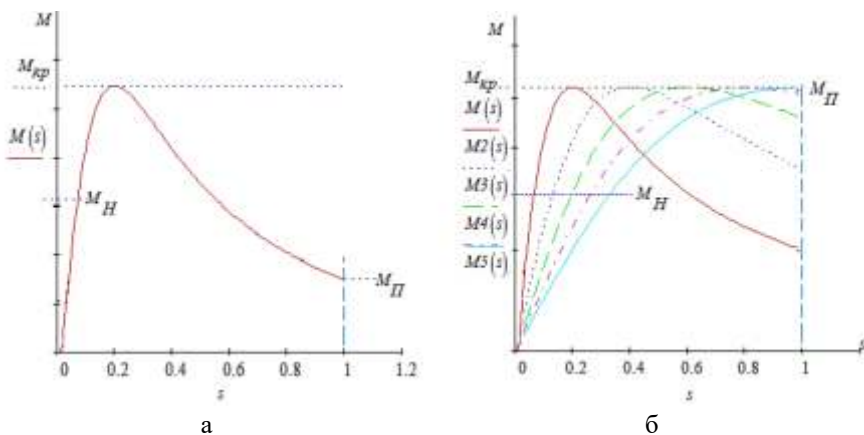
Максимальний додатковий опір вмикається тільки для пуску двигуна, що дає можливість плавного пуску при максимальному крутному моменті на валу і потім автоматично зменшується. Після завершення розгону і встановленню робочої швидкості регулятор вимикає додаткові опори з роботи – ротор працює, як звичайний короткозамкнений.

Статор асинхронного двигуна з фазним ротором виконаний, так само, як і в звичайному двигуні. Саме за рахунок ускладнення конструкції ротора, такий двигун володіє хорошими пусковими і регулювальними характеристиками (Рис.1,б).

Але з тієї ж причини, його вартість зростає приблизно в 1.5 рази в порівнянні зі звичайним АД. Крім того збільшується маса, розміри і, як правило, зменшується надійність двигуна.

У сирих і вологих приміщеннях, де діють підвищені вимоги до електробезпеки, треба застосовувати електродвигуни із відповідним класом захисту (морські, тропічні, вологозахищені, хімічно захищені, тощо).

Механічні характеристики двох двигунів представлені на рисунку 1.



а – $M=f(s)$ для короткозамкненого ротора; б – $M=f(s)$ для фазного ротора.

Рисунок 1 – Механічні характеристики асинхронних двигунів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маліновський С.М. Загальна електротехніка: підручник. Львів: Видавництво «Бескід-Біт», 2003. – 640 с.

2. Технічні засоби автоматизації (Частина 2) / Лукінюк М.В. та ін. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2018. – 455 с.
URL:https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/49746/1/Tekhnichni_zasoby_avtomatyz_chast_2.pdf (дата звернення: 10.02.2023).

УДК 620.93

Форов В.В.¹, Романіченко Г.М.²

¹ студ. гр. Е-612_2 НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

СКРАПЛЕНИЙ АЗОТ ЯК СПОСІБ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Енергетичні проблеми, які існують в сучасному світі, полягають в забезпеченні стабільного енергопостачання та зменшенні використання традиційних джерел енергії, таких як викопне вугілля, нафта та природний газ, які сприяють утворенню парникового ефекту в атмосфері і призводять до забруднення довкілля. Одним із напрямків розвитку альтернативних джерел енергії є сонячна енергія, яка вважається екологічно чистим та відновлюваним джерелом енергії.

Однак однією з головних проблем, пов'язаних з використанням сонячної енергії, є її непостійність та періодичність, які залежать від погодних умов, сезонних коливань та пори доби. Така вада вимагає розробки ефективних систем зберігання енергії, які б дозволяли зберігати надлишкову енергію для подальшого використання в періоди низької сонячної активності або вночі.

Застосування надлишкової сонячної енергії для скраплення та зберігання азоту з атмосферного повітря може стати потенційним рішенням цієї проблеми, оскільки скраплений азот може використовуватися як ефективний носій енергії та матеріал для акумуляції тепла. Такий підхід дозволяє зберігати енергію та використовувати її пізніше для виробництва електроенергії.

Всі необхідні технології отримання енергії від сонця, скраплення газу та його зберігання існують. Таким чином, основною проблемою є визначення оптимальних методів вилучення азоту з повітря, системи його скраплення, а також дослідження можливості інтеграції таких систем з існуючими системами зберігання та виробництва енергії. Вирішення цієї проблеми допоможе забезпечити більш стабільне енергопостачання на основі відновлюваних джерел, зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяти більш сталому та екологічному розвитку енергетичної галузі.

Для цієї цілі азот має ряд переваг, які роблять його цікавим для досліджень та практичного застосування. Азот є одним з найбільш поширених елементів у атмосфері, становлячи більше 78% атмосферного повітря, що робить його економічно вигідним для використання в системах зберігання енергії. Він має низьку температуру скраплення (приблизно $-195,8^{\circ}\text{C}$) при нормальному атмосферному тиску, що дозволяє ефективно зберігати надлишки енергії у вигляді скрапленого газу.

Тепло-акумуляційні властивості скрапленого азоту дозволяють зберігати та відпускати великі кількості теплової енергії під час процесів конденсації та випаровування. Азот є хімічно стабільним та інертним газом, що є безпечним під час процесу скраплення, зберігання та випаровування. Він не вступає у реакцію з іншими матеріалами під час цих процесів, що знижує ризик витоку або вибуху. Азот також є нетоксичним газом, безпечним для людей та навколишнього середовища.

Враховуючи всі ці фактори, використання азоту для акумуляції та зберігання енергії є перспективним рішенням для розвитку сталої та екологічно чистої енергетичної системи.

Для скраплення газів з атмосферного повітря використовуються різні технології. Однією з основних є *фракційна дистиляція*, яка передбачає охолодження атмосферного повітря до криогенних температур, при яких різні компоненти повітря (азот, кисень, аргон тощо) стають

рідкими і можуть бути відокремлені на основі їхніх відмінностей в температурі кипіння.

Інша технологія – мембранне розділення, яка використовує мембрани зі спеціальними порами для відокремлення компонентів газу на основі їхнього розміру або хімічних властивостей. Ця технологія може бути використана для збагачення азоту чи кисню в атмосферному повітрі перед скрапленням.

Також використовуються адсорбційні технології, при яких різні компоненти газу з атмосферного повітря відокремлюються за допомогою адсорбентів, таких як активоване вугілля, молекулярні сита або алюмінієві силікати. Цей процес використовують для збагачення газів перед їх скрапленням.

Нарешті, криогенні турбоекспандери можуть бути використані для скраплення газів з атмосферного повітря. В цих системах газу попередньо охолоджуються за допомогою теплообмінника, потім проходять через турбоекспандер, де тиск та температура газу знижується аж до його скраплення.

Найбільш енергоефективною технологією скраплення газів з атмосферного повітря є фракційна дистиляція. Вона використовує криогенні температури для охолодження атмосферного повітря до точки, коли окремі компоненти стають рідкими і можуть бути відокремлені на основі їхніх відмінностей в температурі кипіння. Цей метод не потребує додаткових хімічних реагентів або високих тисків, які можуть збільшити енергоспоживання системи.

Однак, він потребує значного споживання енергії для охолодження повітря до криогенних температур. Відповідно, енергоефективність фракційної дистиляції для охолодження повітря може бути покращена шляхом використання відновлюваних джерел енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cryogenic thermoelectric generation using cold energy from a decoupled liquid air energy storage system for decentralised energy networks – ScienceDirect.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261921010941>
(дата звернення: 13.10.2017).

ЯКИЙ АВТОНОМНИЙ ГЕНЕРАТОР КРАЩИЙ?

Системи електропостачання з використанням автономних джерел стають все більш популярнішими серед власників дач та заміських будинків. Пов'язано це тим, що вартість електроенергії, яка поставляється централізовано, неухильно зростає рік у рік. До того ж, у зв'язку з військовою ситуацією в країні, перебої в електропостачанні, які виникають в деяких регіонах, взагалі виключають нормальне користування електроенергією. Тому власне джерело живлення стає необхідністю.

Як джерело можна використовувати переносні генератори, які працюють за схемою Г-Д.

Незалежно від їхньої потужності, двигунам генераторів потрібне паливо. Більшість портативних генераторів працюють на бензині чи газі. Обидва типи палива мають свої переваги та недоліки.

Рідкопаливні генератори – найпоширеніший тип генераторів, тому що бензин або солярку можна придбати на будь-якій АЗС.

Перший недолік бензинового генератора – це ціна рідкого палива. Навіть за сьогоднішнього падіння ціни вона досить висока. Витрата рідкого палива становить приблизно 250 г на 1 кВт*годину.

Другий його недолік – токсичність. Під час роботи бензинового генератора у вихлопних газах міститься велика кількість чадного газу (СО), який потрапляючи в організм навіть у невеликих кількостях, викликає сильний головний біль, отруєння організму.

Третій недолік – висока пожежна небезпека. Пролитий під час заправки бензин є вогненебезпечний. Достатньо навіть невеликої іскри, щоб виникла пожежа.

Четвертий недолік – зазвичай переносний генератор – це джерело електрики під час надзвичайної ситуації, коли немає електрики від основної мережі. Тому на АЗС також може не бути електроенергії, щоб накачати бензин. Це призводить до того, що власники генераторів, готуючись до надзвичайних ситуацій, роблять запаси палива, забуваючи про те, що бензин має обмежений термін придатності (зазвичай протягом року він втрачає свої властивості).

Газові генератори менш поширені, але стає дедалі популярнішим через численні переваги перед бензиновими генераторами.

Зріджений газ поставляється в балонах і навіть якщо його пролити, пропан відразу випаровується. Вартість пропану значно менша від

вартості бензину, що досить істотно при тривалій роботі генератора. Крім того, газові генератори працюють тихіше.

Ще одна перевага – скраплений газ має тривалий термін зберігання. Хоча рекомендується використовувати газ протягом 12-18 місяців, але практичний досвід показує, що його можна зберігати значно довше без втрати властивостей. Це дозволяє робити запаси тривалого зберігання.

Зберігати запас зрідженого газу можна в газових балонах по 50 л. Такого запасу вистачить для газового генератора потужністю 5 кВт приблизно на 15 годин при безперервному навантаженні.

Ще краще, якщо є можливість підключення до магістрального газу. В цьому випадку тривалість роботи обмежується лише рекомендованими перервами на «відпочинок».

Недоліком газових генераторів є складніша система живлення та неможливість їх ремонту в домашніх умовах. Крім того, використовувати скраплений газ при негативних температурах неможливо.

Для того, щоб поєднати всі переваги газових та рідкопаливних генераторів, можна використовувати бі-паливні генератори, які можуть працювати на обох видах палива. Для цього можна придбати готові генератори або переробити існуючи його власними силами використовуючи спеціальний газовий комплект для переробки рідкопаливного генератора на газ.

Для мешканців сільської місцевості доцільно для отримання газу встановити систему утилізації відходів та вироблення газу, від якого працюватимуть газовий котел, газовий генератор та ваш автомобіль. Такі системи існують і називаються біоустановки або установки для отримання біогазу (у його складі до 65...80% метану).

УДК 681.865.8

Деев С.Г.¹, Осипов В.О.², Хрупін І.М.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-610сп НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОВЗДОВЖНЬОГО РУХУ БПЛА

В роботі розглянуто повздовжній горизонтальний рух мультироторного БПЛА типу квадрокоптер з урахуванням вертикальних поривів вітру.

Відомостей про можливу реалізацію автоматичного режиму польоту квадрокоптерів та взагалі БПЛА в сучасній технічній літературі загалом недостатньо [1].

Призначення і мета створення структури системи: забезпечення стійкості та якості польоту безпілотного літального апарату (БПЛА) мультироторного типу за наявності вітрових збурень.

Завдання стабілізації повздовжнього руху являє собою частинний випадок завдання керування польотом БПЛА.

Процес створення структури системи автоматичного стабілізації має на меті формування об'єкту автоматичного стабілізації (ОАС), пристрою автоматичної стабілізації (ПАС) та усієї системи в цілому.

Оскільки розміри БПЛА, що розглядається, є достатньо компактними, то в таких системах в багатьох випадках використовуються вимірювачі, що побудовані за MEMS-технологіями. Їхніми характерними рисами є помітна нестабільність характеристик та відносно низька точність вимірювання. У даному випадку розглядається, що кутове положення розраховується виходячи з отриманого сигналу гіроскопа, а висота вимірюється за допомогою барометру. Підвищити точність в такій системі можна, якщо застосувати в системі попередньо розрахований коригуючий пристрій.

Розглянута структура системи автоматичної стабілізації, яка повинна підтримувати задане значення висоти та швидкості польоту при зовнішньому збуреному впливі під дією вітру.

Будемо вирішувати це завдання з використанням принципу керування за відхиленням. Для здійснення цього завдання необхідно порівняти дійсне значення керованої величини із задавальним та залежно від отриманого результату керувати об'єктом.

Блок датчиків включає датчики, які забезпечують визначення положення квадрокоптера в повітряному просторі, зокрема трьохосові гіроскоп та акселерометр, та інші.

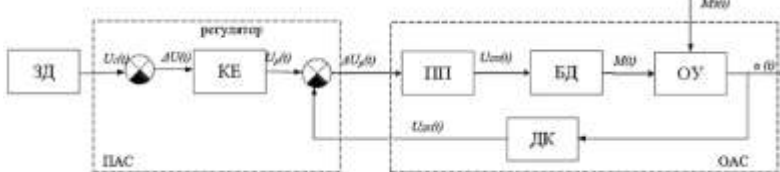
Зміна горизонтальної швидкості, вектора кутової швидкості, обертання квадрокоптера навколо поперечної осі (пов'язане зі зміною кута тангажу) здійснюється автоматично управлінням тангажем та висотою БПЛА. При управлінні повздовжнім рухом БПЛА головна задача управління полягає в стабілізації та автоматичному управлінні кута тангажу та висоти польоту.

Обертові гвинти мультироторного БПЛА створюють силу тяги. Гвинти, що розташовані діагонально, обертаються у різних напрямках та забезпечують компенсацію реактивних моментів.

Окрім стабілізації кутового руху і висоти польоту БПЛА та кутового руху політ БПЛА потребує підтримання швидкості польоту, пов'язану зі зміною висоти.

З огляду на викладене при управлінні тангажем є необхідність використати також датчик висоти. Інформація про зміну швидкості з перетворювача потрапляє в канал регулювання висоти, що потребує ко-

рективи в значенні кута тангажу і підвищує точність підтримання швидкості. Розроблена схема системи стабілізації приведена на рис.1.



ОАС – об’єкт автоматичної стабілізації; ПАС – пристрій автоматичної стабілізації; ЗД – задатчик початкових умов; $\theta(t)$ – кут тангажа; град; KE – коригувальний елемент; БД – блок двигунів; ОУ – об’єкт управління; $\Delta U(t)$ – відхилення; В; $U_z(t)$ – задавальний сигнал, В; ДК – датчик кута; ПП – підсилювачі потужності; $U_{пп}(t)$ – сигнал підсилювача потужності, В; $U_p(t)$ – сигнал з регулятора, В; $M(t)$ – поздовжній момент, Н·м; $M_z(t)$ – момент збурення, Н·м; $U_{ДК}(t)$ – сигнал з датчиків, В.

Рисунок 1 – Схема структури системи автоматичної стабілізації.

Висновок. Розроблена структура системи дозволяє забезпечити стабілізацію повздовжнього руху БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Павловський В.Є. Моделювання та дослідження процесів керування квадрокоптера [Текст] / В.Є. Павловський, С.Ф. Яцун, О.В. Ємельянова, А.В. Савицький // Робототехніка і технічна кібернетика, 2014. - № 4(5). - С. 49-57.

УДК 621.31

Форов В.В.¹, Романіченко Г.М.²

¹ студ. гр. Е-612_2 НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

В наш час відбувається інтенсивне використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних та вітрової енергії, з метою досягнення глибокої декарбонізації в енергетичному секторі. Швидка інтеграція відновлюваних джерел енергії ставить перед електричною мережею виклики, оскільки такі джерела зазвичай працюють з перервами, та не можуть безпосередньо забезпечити надійне та стабільне постачання електроенергії.

Різновидом відновлюваного джерела є термоелектричний генератор (ТЕГ) – пристрій, який використовує напівпровідникові термоелементи, що сполучені між собою (послідовно або паралельно), для безпосереднього перетворення теплової енергії в електричну. Основний принцип роботи ТЕГ заснований на ефекті Сібєка.

ТЕГ складається із термоелектричних модулів. Термоелектричний модуль (ТЕМ) складається з двох різних термоелектричних матеріалів, з'єднаних на їхніх кінцях: напівпровідник типу n (з негативними носіями заряду) та типу p (з позитивними носіями заряду). Прямий електричний струм буде протікати в контурі, якщо існує температурна різниця між кінцями матеріалів. Загалом, величина струму пропорційна різниці температур:

$$J = -\sigma \cdot S \cdot \Delta T, \quad (1)$$

де: σ – локальна електропровідність; S – коефіцієнт Сібєка; ΔT – градієнт температури.

ТЕМ зазвичай виготовляють з пари високотемпературних напівпровідникових матеріалів, таких як бісмут-телурид, селенід свинцю або селенід кадмію. Кожна пластинка містить дві частини – «гарячу» і «холодну».

Набір таких пластин – основна складова ТЕГ. Гарячі частини пластин розташовують біля джерела тепла, такого як витяг зовнішнього двигуна, а холодні частини знаходяться на поверхні, що охолоджується, наприклад, повітря або вода. Коли температура гарячої частини пластини вища, ніж температура холодної частини, електричний струм починає протікати через перетинку, що знаходиться між цими частинами. Цей струм можна зібрати за допомогою контактів на кінцях пластин і використати для живлення електричних пристроїв, таких як лампи, мотори або зарядні пристрої.

Одною з великих переваг ТЕГ є їх безшумність та відсутність рухомих частин, що робить їх більш надійними та довговічними в порівнянні з іншими джерелами електричної енергії. Крім того, ТЕГ можуть працювати на будь-якій температурі: криогенних температурах, кількох десятків градусів Цельсія до кількох сотень градусів, залежно від матеріалів, які використано для виготовлення пластинок.

Серед недоліків, які обмежують використання ТЕГ – низький коефіцієнт перетворення теплової енергії на електричну. Це означає, що лише частина тепла може бути перетворена на електрику. Також ТЕГ не здатні генерувати велику електричну потужність, що обмежує їх використання для живлення більш потужних пристроїв.

Термоелектричні генератори все ще розвиваються і досліджуються для використання в різних галузях, таких як транспорт, промисло-

вість та енергетика. Наприклад, ТЕГ можуть використовуватися для виробництва електроенергії з теплових відходів в автомобілях або з теплових відходів від промислових процесів.

Зазвичай для створення термоелектричних генераторів використовуються сполуки бісмут-телурид (Bi_2Se_3), селенід бісмут (Bi_2Se_3), телурид свинцю (PbTe), силіцій-германій (SiGe).

ТЕГ, які вироблено на основі бісмут-телуриду мають досить високий коефіцієнт термоелектричної емісії та високий коефіцієнт термічного опору. Це дозволяє створювати великі градієнти температур при невеликих розмірах, що забезпечує їх високу ефективність в термоелектричних генераторах.

ТЕГ на основі селеніду бісмуту мають найбільш високий коефіцієнт термоелектричного перетворення і може генерувати електричну енергію з теплової енергії при дуже низьких температурах, що робить його ідеальним матеріалом для використання при кріогенних температурах.

ТЕГ на основі телуриду свинцю можуть працювати в широкому діапазоні температур, а силіцій-германієві – мають високу термічну стійкість, що дозволяє використовувати їх в електроніці та термоелектричних пристроях при високих робочих температурах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Thermoelectric generator for utilizing cold energy of cryogen liquids Y. Lobunets, Journal of Electronic Materials, 48. 2019.

УДК 623.3.072.3

Романіченко Г.М.¹, Чернів Д.А.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-411 НУ «Запорізька політехніка»

ІНВЕРТОРНІ ДВИГУНИ ДЛЯ ПРАЛЬНИХ МАШИН

На сьогоднішній час виробники застосовують три види електродвигунів для пральних машин:

- колекторний двигун (щітки та ременний привод);
- асинхронний двигун (без щіток);
- інверторний двигун (прямий привод).

Це дослідження стосується інверторних двигунів, які призначено використовувати для пральних машин. Головні деталі конструкції:

моховик (ротор) з постійними магнітами, нерухомий статор з катушками індуктивності (обмотками), інверторний блок.

Прицип в дії інверторного двигуна полягає в перетвореннях робочого струму двигуна. Інвертор (змінювальник напруги) спочатку випрямляє напругу живлення, згладжує її за допомогою фільтра – отже перетворює струм живлення зі змінного в постійний. Далі інвертор формує позитивні і негативні керуючі імпульси. З їхньою допомогою створюється змінна напруга (необхідної величини і частоти) на виході перетворювача, яка потім подається на статорні котушки двигуна. Отримаємо двигун фактично незалежний від мережі та з контрольованою швидкістю обертів.

Інверторний двигун компактний, не займає багато місця. Він, як інші механізми, має підшипники, але не має щіток, по яким на ротор поступає струм, а також ремня, що обертає барабан. Вони малопоміжні саме через відсутність щіток і ремня, мають можливість плавного пуску. Двигун з барабаном з'єднаний напряму через пласмасову втулку для запобігання розмагнічуючої дії змінних магнітних полів на постійні магніти ротора (технологія LG).

Інверторний двигун економить більше 15% електроенергії, ніж інші електродвигуни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальна електротехніка і основи електроніки: навч. посібн./ Співак В.М., Гуржий А.М., Нельга А.Т., Ітякін О.С. Київ: КПІ, 2020. 266 с.

2. Переваги різних типів двигунів у пральних машинах. веб-сайт. URL: <https://gayka.com.ua/blog-majstra/perevagi-r%D1%96znix-tip%D1%96v-dvigun%D1%96v-u-pralnix-mashinax/> (дата звернення: 10.04.2023).

УДК 621.3.027

Козлов В. В.¹, Хлебніков П. І.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-310 НУ «Запорізька політехніка»

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ НАПРУГИ У ПОБУТОВІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Рівень напруги – одні із критеріїв якості електропостачання. Усі побутові електроприлади розраховані на тривалу нормальну роботу

249

лише за умови живлення його від напруги, що знаходиться в межах допустимих значень.

На рівень напруги електричної мережі впливає безліч різних чинників. Електрика від електростанції до кінцевого споживача, зокрема до житлових будинків, проходить, пройшовши кілька етапів перетворення. Спочатку напруга підвищується для передачі його на великі відстані по енергосистемі. Далі електрика проходить кілька етапів перетворення напруги до значень, які використовуються в побуті.

Фіксоване значення напруги в різних ділянках енергосистеми неможливо забезпечити, тому що в енергетичній системі постійно відбуваються різні процеси: збільшується або знижується навантаження, відповідно змінюється і кількість електроенергії, що виробляється на електростанціях, виникають аварійні ситуації на різних ділянках електричної мережі, які в тій чи іншій мірі впливають на рівні напруги. Тому на кожному етапі перетворення електроенергії здійснюється регулювання рівня напруги, як у бік збільшення, так і у бік зменшення.

Основним завданням регулювання напруги є забезпечення рівня напруги різних ділянок електричної мережі у межах допустимих значень.

У побутовій однофазній електричній мережі з напругою 220 В нормально допустимі відхилення значення напруги знаходяться в межах $\pm 5\%$. Таким чином значення напруги в діапазоні 209...231 В є нормальним і дотримання напруги електричної мережі в межах даних значень є одним з критеріїв якісного електропостачання.

У зв'язку з тим, що в електричній мережі можуть виникати аварійні режими роботи, які впливають на рівні напруги в електричній мережі, існує ще одна норма – гранично допустимі відхилення значення напруги, які становлять $\pm 10\%$ або 198...242 В.

Такі відхилення значення напруги допускаються лише на час ліквідації аварійної ситуації в електричній мережі або на час оперативних перемикань, у процесі яких відбувається тимчасова зміна значень напруги електричної мережі.

Ці норми напруги є загальними для низьковольтних електричних мереж.

У зв'язку з цим побутові електроприлади, як правило, проектуються для нормальної роботи в діапазоні гранично допустимих відхилень значень напруги, тобто 198...242 В. При цьому електроприлади не повинні виходити з ладу у разі нетривалого перевищення значення напруги вище 242 В.

Виходячи з діапазону допустимих значень напруги, всі побутові електроприлади можна розділити на три групи.

Перша група - електроприлади, на які мало впливають перепади напруги - це електричні чайники, електропечі, бойлери, електричні обігрівачі та інші електроприлади, в основі конструкції, яких присутній нагрівальний елемент.

У паспортах електроприладів першої групи зазвичай вказано робочу напругу, що рекомендується, 230 В. Але дані електроприлади будуть працювати і при більш низькій напрузі, правда менш ефективно.

Друга група – це електроприлади, такі як кондиціонери, холодильники, пілососи, у складі яких конструкційно передбачені електродвигуни.

Прилади цієї групи розраховані на роботу при номінальній напрузі не більше 220...230 В. Зменшення напруги в електричній мережі призводить до збільшення струму навантаження в електродвигунах, що у своє чергу призводить до перегріву їх обмоток і скорочення терміну служби ізоляції.

Третя група – це електроприлади, такі як комп'ютерна техніка, аудіо- та відеотехніка та інші, до складу яких входять електронні елементи.

Електроприлади третьої групи, оскільки на них найбільше впливають перепади напруги, проектується з урахуванням роботи в широких діапазонах. Зазвичай діапазон робочої напруги таких приладів виходить за нижні межі допустимих. Наприклад, блоки живлення аудіо-відеоапаратури, зарядні пристрої мобільних телефонів розраховані на значення напруги в межах 100...240 В.

Таким чином, з урахуванням діапазонів допустимих напруг всіх побутових електроприладів, найбільш оптимальною напругою в електричній мережі є напруга значенням 230 В. Така напруга забезпечує роботу в номінальному режимі електроприладів всіх груп.

УДК 621.316.925

Набокова О. В.¹, Гайдаш К. С.²

¹доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-211 НУ «Запорізька політехніка»

ВИДИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЛЕ ЧАСУ

Реле часу – це реле, яке призначене для створення незалежної витримки часу та забезпечення певної послідовності роботи елементів схеми. Застосовується у випадках, коли необхідно автоматично виконати якусь дію не відразу після появи керуючого сигналу, а через встановлений проміжок часу.

Електромагнітне реле часу (рис. 1) застосовуються лише у колах постійному струмі. Крім основної обмотки, реле цієї серії мають додаткову короткозамкнену обмотку, яка являє собою мідну гільзу.



Рисунок 1 -Електромагнітне реле часу

При наростанні основного магнітного потоку, ця обмотка створює додатковий магнітний потік, який перешкоджає наростанню основного магнітного потоку. В наслідок цього результуючий магнітний потік збільшується повільніше, чим забезпечується витримка часу.

Цей вид реле часу забезпечує витримку часу при спрацьовуванні від 0,07 до 0,11 с, при відключенні від 0,5 до 7 с. Недоліками електромагнітного реле є складність конструкції та мала зносостійкість. Перевагами – великі витримки часу та висока точність послідовності перемикавання контактів.

Пневматичне реле (рис. 2) призначене для передачі команд з одного електричного кола в інше з певними, заздалегідь встановленими, витримками часу з допомогою вакуумної повітряної камери. Регулювати час витримки пневматичних реле можна шляхом зменшення або збільшення прохідного перерізу трубки, через яку здійснюється підведення повітря.



Рисунок 2 – Пневматичне реле часу

Для цих цілей конструкції пневматичних реле забезпечуються регулювальним гвинтом. Параметри комутованого струму до 16 А. В якості комутатора використовується міні-перемикач на два канали. Діапазон встановлення тимчасової затримки пневматичних реле становить в середньому 1...60 с. На практиці відзначені невеликі похибки (близько 10%) у плані точності спрацьовування за встановленими значеннями.

Електронне реле часу (рис. 3) має ряд переваг: малі габарити корпусу, висока точність спрацьовування, зручний механізм настройки, візуальне відображення інформації. Основою конструкції цих реле є цифрові імпульсні лічильники. Сучасні прилади побудовані на високопродуктивних мікропроцесорах і розраховані на комутацію малоіндуктивних або неіндуктивних навантажень.



Рисунок 3 - Електронне реле часу

Для налаштування реле часу цифрового типу досить задати потрібні тимчасові параметри за допомогою функціональних клавіш, розміщених безпосередньо на фронтальній панелі корпусу. Налаштування зазвичай доступна в широких межах по часу, що дозволяє охоплювати не тільки секунди, хвилини, години, але також дні тижня. Електронний таймер з функціями автоматичних включень-відключень може вдало використовуватися у схемах управління різними видами пристроїв. Так зване «тижневє» реле часу забезпечує виконання функцій комутації відповідно до встановленого проміжку часу в рамках тижневого циклу. Наприклад, завдяки приладу відкриваються можливості: комутувати системи освітлення в заданий час, запускати або зупиняти технологічне обладнання, активувати/деактивувати охоронні системи.

Висновок: Звичайно ж, всі існуючі модифікації реле часу не охопити одним оглядом. Для розгляду всього асортименту приладів потрібно написати цілу книгу. Реле часу знайшло широке застосування в електротехніці, електрики, електроніки. В залежності від складності механізму приладу організовуються різні за складністю виконання електричні схеми. Завдяки наявності реле в схемних рішеннях вдається реалізовувати більш гнучкі функції управління різними пристроями.

УДК 621.3.012

Набокова О. В.¹, Голубцова В.Р.²

¹доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-411а НУ «Запорізька політехніка»

HOW HYDROELECTRIC UNITS WORK AT THE DNIEPER HYDROELECTRIC POWER PLANT

The basic concept behind a hydroelectric power plant is simple: water flowing through a turbine generates mechanical energy, which is then converted into electrical energy. However, the process of generating electricity from water involves many complex steps and requires a lot of engineering and infrastructure.

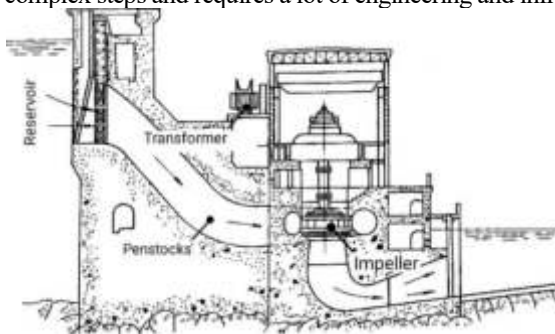


Figure 1 - Cross section of the hydroelectric building

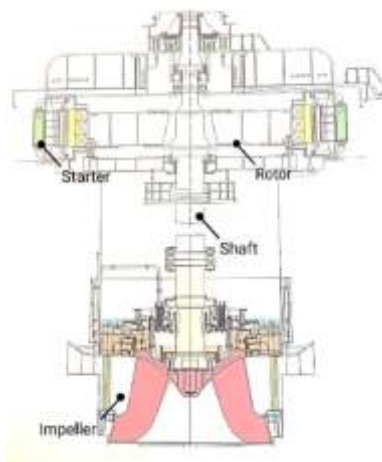


Figure 2 - Section of the DHPP-1 hydraulic unit

Nine vertical hydro units with a capacity of 72 MW and an auxiliary unit of 2.6 MW are installed in the engine room of HPP-1. Each of the main hydraulic units is connected to three single-phase transformers with a capacity of 3x30 MVA, with a voltage of 13.8/154 kV, except for hydraulic units 4,6,7,8,9, where three-phase transformers with a capacity of 95 MVA and 125 MVA were installed during the reconstruction.

Let's take a closer look at how it works:

1. Water is collected in a dam or reservoir, which creates a large body of water.

2. When the water is needed, it is released from the dam through large pipes called penstocks. The penstocks direct the water to a turbine in the impeller.

3. As the water flows through the blades, it causes the shaft to spin, with which the rotor also begins to rotate.

4. The rotor together with the starter is a generator, which converts the mechanical energy of the spinning turbine into electrical energy.

5. The electrical energy produced by the generator is then sent to a transformer, which increases the voltage of the electricity so that it can be transmitted over long distances.

6. The electricity is then transmitted over power lines to homes, businesses, and other customers.

7. After the water passes through the impeller, it is released into a river downstream.

In conclusion, hydroelectric power plants are an important source of renewable energy that harnesses the power of flowing water to generate electricity. While the process of generating electricity from water is complex, the benefits of hydroelectric power - including its reliability, cleanliness, and renewability - make it an attractive option for countries looking to reduce their reliance on fossil fuels.

УДК 620.91

Набокова О. В.¹, Фісун М. О.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-411а НУ «Запорізька політехніка»

HOW SOLAR ENERGY CONVERTS INTO ELECTRICITY

Solar energy can be converted into electricity in two main ways: thermodynamic and photovoltaic. With the thermodynamic method, electricity can be generated from solar energy using traditional schemes in thermal

plants, in which the heat from fuel combustion is replaced by a stream of concentrated solar radiation.

Solar photovoltaics is the direct conversion of solar radiation into electrical energy. The principle of operation of a photovoltaic converter is based on the use of the internal photoelectric effect in semiconductors and the effect of separation of photogenerated charge carriers (electrons and holes) by an electron-hole junction or a potential barrier such as a metal-dielectric-semiconductor.

The photoelectric effect occurs when a photon (light beam) falls on an element made of two materials with different types of electrical conductivity (hole or electronic). Once in such a material, the photon knocks an electron out of its environment, forming a free negative charge and a "hole". As a result, the equilibrium of the so-called p-n junction is disturbed and an electric current is generated in the circuit.

To improve the efficiency of photovoltaic conversion of solar energy, gallium arsenide is used as a starting material, whose photovoltaic losses at high temperatures are much lower than those of silicon.

Two three-stage cells with high efficiency at a concentration level of 1000 or more were created on the basis of gallium arsenide. Laboratory samples of solar cells with an area of 0.5 cm^2 with $k = 500$ and efficiency 40%.

Experts in the field of photovoltaic conversion of solar radiation show that the most promising will be concentrators with $k = 1000$, which work with multi-stage arsenidgallium solar cells of a new generation. Solar cells are usually used as converters of solar energy into electricity, which are connected together to form solar panels.

The average annual amount of total solar energy received annually in Ukraine is in the range of $1,070 \text{ kWh/m}^2$ in the northern time zone.

Photovoltaic equipment can be operated quite efficiently throughout the year however, it is most effective during 7 months of the year (from April to October).

The conversion of solar energy into electricity in Ukraine should be focused primarily on the use of photovoltaic devices. The availability of significant reserves of raw materials, industrial and scientific and technical base for the manufacture of photovoltaic devices can fully meet not only the needs of domestic consumers, but also export more than two-thirds of the products.

COMMISSIONING OF AIR LINES

The construction of new or reconstruction of existing overhead power line (PL), as a rule, is performed by a specialized construction and installation organization. All works are performed according to the project. Before the start of work, the project is considered by the operational organization, which will then have to accept the finished power line (PL) into operation.

During the construction of PL, operational staff conducts technical supervision over the performance of construction and installation works. The task of operational personnel is to provide assistance to builders and installers during the detection of defects, omissions and deviations from the project.

After the completion of the work, the construction and installation organization notifies the operating organization on the need to accept the line into operation. For this, an acceptance commission is appointed, to which the necessary design and technical documentation of the PL is transferred (line project, passport and inventory description, three-line scheme with phase coloring and transposition of drives, route plan and profile, land allocation documentation, acts for hidden works, etc.). To assist the reception committee, working committees are created with the participation of electricians-linemen. Members of the working commissions perform a detailed inspection of the submarine (climbing onto each support) and draw up reports listing the defects and deficiencies found.

After the construction and assembly organization eliminates all deficiencies and inconsistencies with the project, the line is re-inspected and an additional act is drawn up. On the basis of the acts of the working commissions and a review of the documentation, the acceptance commission determines the readiness of PL to be put into operation.

Switching on the PL under voltage is performed by the operational staff of the power system upon application and with the permission of the head of the acceptance commission. The voltage on the line is supplied by a pulse at the minimum current and time settings on the protection relay. Before closing under the load, overhead line is phasing.

Under load, the PL is tested during the day. Upon positive test results, an act on the transfer of PL into operation is drawn up.

The damage of overhead power line causes harm to the national economy, therefore protection of PL from damage is an important state matter.

The "Rules for the protection of high-voltage electrical networks" were approved by a special government resolution.

For the normal maintenance of PL, security zones have been established along line, which pass through populated areas. They are limited by parallel lines located from the extreme wires at distances. The distances of the location of the outermost wires are given in the next table.

Table 1 – Distances of location of the extreme wires depending on the voltage of a power line

Voltage, kV	20	35	110	150-220	330
Distance, m	10	15	20	25	30

The width of the glade in forest areas and green plantations must be at least the distance between the outermost wires plus 3 m in each direction from the outermost wires for planting heights of up to 4 m and not less than the length of the support traverse plus a distance equaled to the height of the main forest area in each direction from extreme wires, for the height of plantings over 4 m.

It is forbidden to build cut-in structures, perform earthworks, construction and installation works, put haystacks, etc. within the boundaries of protection zones and passages.

It should be noted that the land area, which is under the PL, is not taken from the land users, and it is usually cultivated for sowing and planting.

Only the areas under the line supports are withdrawn from land users.

УДК 621.3.011.4

Набокова О. В.¹, Чорнокнижний Д. С.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-412а сп НУ «Запорізька політехніка»

DEVELOPMENT OF FLEXIBLE SUPERCAPACITOR

Scientists from Lviv Polytechnic National University, in collaboration with the Taiwan Textile Research Institute, have come up with a flexible fabric supercapacitor that runs on a solar battery. The device is a compact energy saving system that bends and attaches to most surfaces.

Work on the invention began back in the 1990s in the laboratory of Korniy Tovstyuk, a correspondent of Academy of Sciences of Ukraine, in Chernivtsi. In 1993, LLP "Acer" was created specifically for the development of the supercapacitor and systems that use it, which carried out several projects with partners from the USA, Japan, and Germany. Since the first

half of the 2000s Lviv Polytechnic National University has been working in this direction.

The invention is an autonomous power supply system for household appliances. The principle of its operation is that the solar cell generates an electrical signal, which subsequently enters a supercapacitor with a large capacity. It accumulates energy, and then optimally distributes it with the help of a special electronic manager.

Flexible part, where solar energy is converted into electricity, has already been developed in the world. But Lviv scientists created a flexible supercapacitor, which would allow the implementation of an autonomous system.

First embodiment of the technology was a bag in which you can charge just a mobile phone, because its power is only 2 watts. Now they are working on creating more powerful systems that can charge a tablet or laptop and are also working to create a flexible light-emitting device based on it. Developers say that there can be many modifications of the autonomous power source. If you increase the power of the installation, you can supply energy to the whole house. If used on surface of tourist tents it can be a permanent accumulator of solar energy and make it possible to heat the tent or cook food on electrical appliances without lighting a fire. In addition, the system works even in diffused sunlight.

The flexible fabric supercapacitor was included in the top 100 research and development projects in the world according to the influential scientific journal "Research & Development". This proves that flexible fabric supercapacitors will be in high demand once they reach the stage of mass production.

УДК 621.313.3

Афанасьєва І. О.¹, Калінін Д. С.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-411 НУ «Запорізька політехніка»

ЗВАРЮВАЛЬНІ ГЕНЕРАТОРИ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Для механізованого зварювання плавкими електродами у вуглекислому газі потрібно джерело живлення з жорсткою зовнішньою характеристикою тому, що вольт-амперна характеристика дуги в такому разі буде зростаюча. Для цього способу зварювання призначений перетворювач ПСГ-500-1 з колекторним генератором постійного струму ГСГ-500-1 із системою самозбудження і вбудованим трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором. Генератор має жорсткі

характеристики, що створені спеціальною схемою самозбудження та особливою конструкцією магнітної системи.

Магнітна система генератора має чотири основні полюси (N, S), і чотири додаткові (n, s, n, s), які забезпечують безіскрову роботу щіток. Чергування полярності основних полюсів – звичайне. Жорсткі характеристики генератора забезпечуються тим, що одна пара основних полюсів, має в осердях вирізи, внаслідок чого ці полюси під час роботи генератора насичені. Котушки обмоток збудження розташовані на ненасичених полюсах, з'єднані паралельно. Вихідна напруга генератора регулюється резистором R , включеним у коло обмотки збудження, розташованої на ненасичених полюсах. Зі зменшенням опору напруга генератора збільшується; діапазон регулювання вихідної напруги 16...40 В при силі струму 60...500 А. Резистор служить для регулювання напруги неробочого ходу перетворювача.

Зварювальні кабелі підключаються до двох затискачів «+» та «-». Пуск перетворювача здійснюється ввімкненням двигуна в мережу пакетним вимикачем. Напруга генератора регулюється реостатом, який включено у коло паралельної обмотки. Налаштування зварювального струму змінюють швидкістю подачі дроту напівавтоматом.

Призначення і запуск універсальних генераторів

Універсальні генератори ГД-304 і ГД-502 випускаються без двигунів. Вони призначені для однопостового ручного зварювання та зварювання під флюсом на крутоспадаючих зовнішніх характеристиках і для напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі на жорстких характеристиках.

До складу генератора ГД-304 входять індуктори з головними та додатковими полюсами, якор, корпус з підшипниковими щитами та струмознімач. На корпусі змонтовано баластні реостати та пристрій керування. На головних полюсах розміщено котушки незалежної та послідовної обмоток збудження.

Генератор призначено для роботи у закритих приміщеннях. Він приводиться в обертання двигуном через вал відбору потужності та редуктор.

Перед пуском залежно від потрібного типу зовнішньої характеристики до відповідних затискачів підключаються зварювальні кабелі, а перемикач напруги встановлюється у відповідне положення. Після пуску двигуна реостатом плавно регулюють струм або напругу.

Генератор ГД-502 має аналогічні будову й принцип роботи.

Круто спадаючі зовнішні характеристики одержують при ввімкненні послідовної обмотки так, щоб магнітний потік, створюваний нею, був направлений назустріч потоку незалежного збудження. Чим більший струм при роботі під навантаженням, тим сильніша дія послідов-

ної обмотки. Результиуючий магнітний потік, ЕРС та напруга генератора внаслідок цього зменшуються. Жорсткі зовнішні характеристики генератора одержують при ввімкненні послідовної обмотки так, щоб напрямки її магнітного потоку і обмотки незалежного збудження збігалися.[1]

Призначення вентильних генераторів

Випрямний блок вентильних генераторів складається з кремнієвих вентилів, які випрямляють змінний струм підвищеної частоти, що наводиться в статорних обмотках, у постійний зварювальний струм. Вентильні генератори забезпечують високу стабільність горіння та еластичність дуги. ККД таких генераторів в середньому на 10% більший за ККД генераторів самозбудження типу ГСО і ГД, а маса значно менша. Це дозволяє у 2-3 рази зменшити розбризкування металу, поліпшити якість зварних швів, забезпечити високу надійність в експлуатації [1].

Серед безконтактних електричних генераторів найбільшого поширення набули генератори індукторного типу завдяки простоті конструкції, надійності в роботі та не високої ціни. Індукторні генератори знайшли широке застосування на тракторах, вантажних автомобілях, сільгоспмашинах, на вітроелектростанціях, на залізничному транспорті. Однак більш широке поширення їх стримується із-за невисоких масогабаритних питомих показників. Вага їх порівняно з контактними генераторами в два рази більша [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров О.Г. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням: Навч. посіб. / О.Г. Александров, І.І. Заруба, І.В. Пінковський - Київ: Техніка, 1998. - 176 с.

2. Лущик В. Вентильні індукторні генератори радіального збудження з суміщеними обмотками / В. Лущик // Електротехніка і Електромеханіка. 2014. - №6. - С. 47-49.

УДК 621.875

Афанасьєва І. О.,¹ Цветкова М. І. ²

¹старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. Е-312сп НУ «Запорізька політехніка»

ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДЙОМУ МОСТОВОГО КРАНА

Мостовий кран - це тип крану, де міст покладений на надземний рейковий шлях. Вантажозахватний орган з'єднаний з вантажним візком або електроталією, які переміщуються по мосту.

Робота механізму підйому складається з періодів підйому та опус-

кання вантажу, періодів підйому та опускання порожнього гака. Під час навішування вантажу на гак і звільнення гака, двигун відключений і механізм підйому не працює.

Електропривод характеризується по повторно-короткочасним режимом роботи при великій частоті включень, широкому діапазоні регулювання швидкості та постійно виникаючих значних перевантаженнях при розгоні і гальмуванні механізмів. Особливі умови використання електроприводу у вантажопідйомних машинах стали основою для створення спеціальних серій електричних двигунів і апаратів кранового виконання. В даний час кранове електрообладнання має в своєму складі серії кранових електродвигунів змінного і постійного струму, серії силових та магнітних контролерів, командо-контролерів, кнопкових постів, кінцевих вимикачів, гальмівних електромагнітів і електрогідравлічних штовхачів, пускогальмівних резисторів та ряд інших апаратів, що комплектують різні кранові електроприводи.

Вимоги до електроприводу механізму підйому мостового крана

При виборі структури електроприводу слід враховувати особливості технологічного процесу, вимоги надійності, гнучкості в управлінні, зручності наладки. До електроприводів механізмів підйому мостових кранів, які в більшості випадків керуються оператором, висувуються жорсткі вимоги до простоти їх експлуатації і надійності при забезпеченні необхідного діапазону регулювання швидкості.

До електроприводів механізму підйому мостового крана висувється ряд загальних і спеціальних вимог.

До загальних вимог відносяться:

- надійність;
- висока продуктивність;
- простота в ремонті та експлуатації;
- економічність.

Для якісного виконання підйому чи спуску вантажів електропривод повинен задовольняти спеціальним вимогам:

- регулювання кутової швидкості обертання валу двигуна в порівняно широких межах (4:1).
- забезпечення жорсткості механічних характеристик приводу, особливо регульованих, для того щоб низькі швидкості майже не залежали від вантажу;
- обмеження прискорень до допустимих меж при мінімальній тривалості перехідних процесів;
- реверсування електроприводу та забезпечення його роботи як у руховому, так і у гальмівному режимах.

Для виконання зазначених вимог система управління електроприводом повинна бути напівавтоматичною або повністю автоматичною, особливо при роботі в перехідних режимах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алієв І. І. Довідник з електротехніки та електроустаткування / І. І. Алієв – М: Фенікс, 2004. – 480 с.
2. Удут Л. О, Мальцева О. П. Системи управління електроприводів: Навчальний посібник / Л. О. Удут, О. П. Мальцева – Видавництво ТПУ, 2007. – 152 с.
3. Шеховцов В. П. Довідковий посібник з електроустаткування і електропостачання. – М.: ФОРУМ: ІНФРА-М, 2008. – 136 с. (дата звернення: 25.03.2023).

УДК 621.372

Афанасьєва І. О.¹, Семиліт Д.Г.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

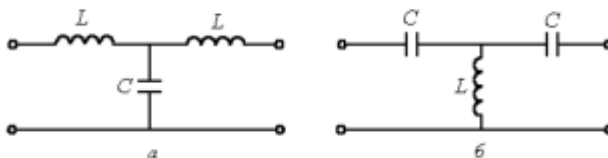
² студ. гр. Е-312сп НУ «Запорізька політехніка»

ЕЛЕКТРОФІЛЬТРИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ

Електричний фільтр – це прилад для виділення або приглушення сигналів певних частот. Вони класифікуються на шість типів залежно від смуги частот, які пропускають:

- Фільтр нижніх частот пропускає сигнали з частотою від 0 до ω_n .
- Фільтр верхніх частот пропускає сигнали з частотою від ω_n до нескінченності.
- Смуговий фільтр пропускає сигнали з частотою від ω_n до ω_v .
- Режекторний фільтр не пропускає сигнали заданої частоти або смуги частот.
- Гребінчастий фільтр має кілька смуг пропускання.
- Режекторний гребінчастий має кілька смуг пригнічення.

Схема найпростішого низькочастотного фільтра представлена на рисунку 1,а та найпростішого високочастотного фільтра – на рисунку 1,б.



а – низькочастотний фільтр;

б – високочастотний фільтр.

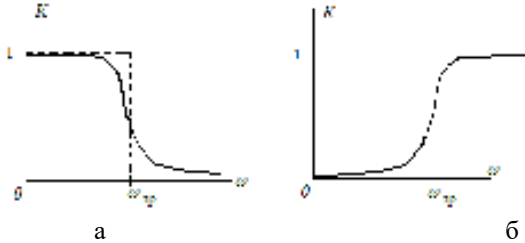
Рисунок 1 – Схеми найпростіших фільтрів

Характеристики електричних фільтрів

Смуга пропускання та вибіркковість являються основними характеристиками електричних фільтрів.

Межі смуг пропускання (ω_v , ω_n) визначаються частотами, де коефіцієнт посилення K_p зменшується в $\sqrt{2} \approx 0,707$ разів.

Вибірковість – це міра здатності фільтра розділяти дві групи коливань з близькими частотами. Вона визначається крутістю спаду коефіцієнта передачі $K(\omega)$ на перехідній ділянці між смугою пропускання та смугою придушення. Зазвичай оцінюється в логарифмічних одиницях.



а – АЧХ низькочастотного фільтра; б – АЧХ високочастотного фільтра.

Рисунок 2 – АЧХ реальних фільтрів

Фільтри можуть бути активними, які містять підсилювальні елементи та пасивними, що містять тільки пасивні елементи, такі як резистори, конденсатори та котушки індуктивності.

Пасивні фільтри тільки використовують енергію сигналу яка фільтрується, тоді як активні фільтри використовують додаткову енергію.

Для покращення характеристик фільтрів всіх типів доцільно виконувати їх у вигляді ланцюгової схеми з чотирьох полюсниками, які включено каскадом. При забезпеченні узгодженого режиму роботи всіх ланок схеми коефіцієнт загасання такого фільтра зростає, що наближає фільтр до ідеального.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи теорії ланцюгів: Навч. для вузів / Г. В. Зевеке, П. А. Іонкін, А. В. Нетушил, С. В. Страхов. -5-е вид., Перераб. -М.: Вища шк., 1989. 528 с.
2. Теоретичні основи електротехніки. / Каплянський А. Е. та ін. Вид. 2-ге. Навч. посібник для електротехнічних та енергетичних спеціальностей вузів. -М.: Вищ. шк., 1972. 448 с.

СИГНАЛ ТА ЙОГО ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Сигнал – це спосіб передавати інформацію від однієї точки до іншої. Розглядатимемо метод передачі за допомогою електромагнітних сигналів, тобто електрозв'язок. Такий спосіб зв'язку передбачає передачі інформації за рахунок зміни будь-якого параметра електричного сигналу. Цей процес отримав назву модуляції. У найпростішому випадку несучим сигналом виступає синусоїда. Сигнал має три основні параметри: амплітуду, частоту та початкову фазу.

Амплітуда – це максимальне відхилення напруги сигналу від нульового порогу, область позитивних чи негативних значень. Являє собою межі, в яких змінюється сигнал.

Частота – кількість коливань сигналу в одиницю часу. Для стандартизації прийнято як одиниця часу використовується одна секунда. Одиницею виміру частоти служить *Герц (Гц)*. Величина, яка є зворотною до частоти – період, який показує різницю в часі між сусідніми значеннями сигналу рівної величини (наприклад, максимальними значеннями).

Фаза показує, з якого початкового значення змінюється сигнал. Фаза вимірюється у градусах чи радіанах.

Для передачі сигналів використовують канали зв'язку. Канал зв'язку – це сукупність технічних засобів, які сприяють проходженню сигналу. Канал зв'язку організовується в будь-якій лінії зв'язку: у металевому або оптичному кабелі, радіорелейна, супутникова або якась інша лінія зв'язку.

Електрозв'язок базується на тому, що сигнали не мають власної інформаційної здатності. Вони передають інформацію тільки завдяки попередній домовленості між джерелом та приймачем про значення зміни будь-якого параметра сигналу, що передається. З цього випливає, що головна проблема процесу передачі інформації полягає в можливо-му зовнішньому втручанні (умисному або ненавмисному), яке перешкоджає передачі сигналу у середовищі. Таким втручанням можуть бути електромагнітні наведення інших ліній зв'язку, впливи від промислового та побутового обладнання, зловмисне дія третіх осіб. Щоб захистити сигнали використовують розмаїти засоби: шифрування, кодування, спеціальні методи модуляції, екранування ліній зв'язку і т.п. Однак повного усунення перешкод, як правило, не досягаються, тому розгля-

дають різні показники якості передачі: кількість помилок за секунду, максимальне число послідовних помилок і т.п..

Важливими властивостями сигналу є: ширина спектру сигналу (ΔF), його динамічний діапазон (D_c) тривалість сигналу (T_c).

Ширина спектру – це різниця між найвищою і найнижчою частотами спектру сигналу, які здатен забезпечити канал зв'язку для якісної передачі інформації.

Динамічний діапазон – це відношення максимальної миттєвої потужності сигналу до мінімальної. Зазвичай його вимірюють в логарифмічних одиницях – децибелах: $D_c = 10 \cdot \lg(P_{max}/P_{min})$. Динамічний діапазон забезпечує задану якість передачі інформації.

Проміжок часу, протягом якого передається сигнал, називають тривалістю сигналу.

Добуток цих параметрів визначає його об'єм сигналу: $V_c = \Delta F_c \cdot D_c \cdot T_c$.

Кількісно інформацію виражають в спеціальних одиницях – бітах. Один біт – це кількість інформації, яку містить один розряд двійкового цифрового коду. Швидкість передачі інформації виражають в бітах за секунду (біт/с) і позначають літерою C . Отже, об'єм сигналу: $V_c = C \cdot T_c$.

Сигнали класифікують по чотирьом типам:

- Аналогові – неперервні в часі і на множині значень;
- Дискретизовані – дискретні в часі та неперервні на множині значень;
- Квантовані – неперервні в часі та дискретні на множині значень;
- Цифрові – дискретні одночасно в часі та на множині значень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Частотні Характеристики Динамічних Ланок В Цілому: веб-сайт. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/1 (дата звернення: 23.03.2023).

2. Мандзій Б.А., Железняк Р.І. Основи теорії сигналів: навч. посіб. Львівська політехніка. 2022. 240 с.

СЕКЦІЯ «ФІЗИКА»

УДК 620.9:662.61.004.1

Єршов А.В.¹, Зеленіна О.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КІМНАТИ

Дефіцит палива та його подорожчання в усьому світі останніми роками сприяє пошуку шляхів економії тепла у житлових приміщеннях. Для отримання практичних рекомендацій бажано мати розрахунки складових теплового балансу, який відбувається між житловим приміщенням та зовнішнім середовищем у холодну пору року. Тому названу тему дослідження слід вважати актуальною.

Розглянемо тепловий стан кімнати багатоквартирного будинку. Будемо вважати, що тепловий потік підводиться двопластинчастим радіатором опалення та сонячним випромінюванням, а відводиться лише через зовнішню стіну з вікном та вентиляційний канал. Баланс енергії має вигляд

$$Q_p + Q_c = Q_{ст} + Q_v + Q_k, \quad (1)$$

де Q_p та Q_c – потужність радіатора опалення та сонячного випромінювання, яке надходить через вікно; $Q_{ст} + Q_v + Q_k$ – витрати енергії через зовнішню стіну, вікно та вентиляційний канал. Визначимо кожну складову балансу енергії, враховуючи, що виміряні температури кімнати та радіатора склали 20 °C та 45 °C, відповідно.

Потужність радіатора опалення визначалася з урахуванням конвективного та радіаційного теплоперенесення з нагрітої поверхні за формулою:

$$Q_p = \alpha S(t_p - t) + 0,5 \varepsilon \sigma (T_p^4 - T^4) = 390 + 119 = 509 \text{ Вт}, \quad (2)$$

де $\alpha = 5,6 + 4V = 7,6 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ – коефіцієнт тепловіддачі при висхідній швидкості повітря $V = 0,5 \text{ м/с}$; $S = 2 \text{ м}^2$ – загальна нагрівальна поверхня двопластинчастого радіатора; $t_p = 45 \text{ °C}$ – виміряна температура радіатора; $t = 20 \text{ °C}$ – температура кімнати; $\varepsilon = 0,78$ – ступінь чорноти радіатора, покритого масляною фарбою; σ – стала Стефана-Больцмана. Враховано, що зовнішня випромінювальна поверхня двопластинчастого радіатора удвічі менша за його загальну нагрівальну поверхню.

Витрати тепла через кондуктивну теплопровідність зовнішньої стіни:

$$Q_{cm} = S_{cm} \cdot \lambda \cdot \Delta t / \Delta b = 150 \text{ Вт}, \quad (3)$$

де $S_{cm} = 8 \text{ м}^2$ – площа поверхні зовнішньої стіни; $\lambda = 0,75 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ – теплопровідність стіни з цегли; $\Delta t / \Delta b = 25 \text{ К/м}$ – градієнт температури у стіні товщиною 0,8 м при різниці температур $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{С}$. Вважалося, що зовнішня температура складала $0 \text{ }^\circ\text{С}$.

Витрати тепла **через вікно** площею $S_v = 3 \text{ м}^2$ враховували потік теплопередачі та променеву складову:

$$Q_v = S_v \cdot [K \cdot \Delta t_o + \varepsilon \sigma (T_k^4 - T_z^4)] = 198 + 109 = 307 \text{ Вт}, \quad (4)$$

де $K = 3,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт теплопередачі для подвійного скла вікна; $\Delta t_o = 20 \text{ }^\circ\text{С}$; T_k і T_z – температури кімнати та зовнішнього середовища в К; $\varepsilon = 0,3$ – приведена ступінь чорноти вікна:

$$\varepsilon = (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)^{-1}, \quad (5)$$

де $\varepsilon_1 = 0,5$ та $\varepsilon_2 = 0,5$ – ступені чорноти кімнати та зовнішнього середовища.

Приймаємо, що нагрів кімнати **сонячним випромінюванням** відбувається один день на тиждень протягом періоду $T_c = 3$ год і сонячні промені падають під середнім кутом до нормалі вікна $\alpha = 60^\circ$. Тоді середня потужність сонячного нагріву кімнати визначиться через сонячну сталу $R_c = 1,4 \text{ кВт/м}^2$ наступним чином:

$$Q_c = (T/24 \cdot 7) \cdot R_c \cdot S_v \cdot \cos \alpha = 50,3 \text{ Вт}. \quad (6)$$

Витрати тепла через **вентиляційний отвір**, що припадають на одну кімнату, складали четверту частину загальних витрат та визначалися за формулою:

$$Q_k = \rho V S_v C_p (T_k - T_z) / 4 = 69 \text{ Вт}, \quad (7)$$

де $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря; $V = 1,1 \text{ м/с}$ – швидкість повітря у критичному перерізі вентиляційної решітки площею $S_k = 10^{-2} \text{ м}^2$; $C_p = 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність повітря; $T_k - T_z = 20 \text{ }^\circ\text{С}$ – різниця температур кімнати та зовнішнього середовища.

Інтегральний баланс енергії для нагріву кімнати:

$$Q_p + Q_c = 509 + 50,3 = 559,3 \text{ Вт}. \quad (8)$$

Витрати енергії, що призводять до охолодження кімнати:

$$Q_o = Q_{ст} + Q_v + Q_k = 150 + 307 + 69 = 526 \text{ Вт.} \quad (9)$$

Баланс енергії між нагрівом та охолодженням кімнати сходиться.
Висновки.

1. За результатами розрахунків отримано практично важливі складові теплового балансу. Визначено, що витрати енергії через вікно у два рази перевищують витрати через стіну кімнати, що робить актуальним додаткову теплоізоляцію вікна.

2. Енергія випромінювання через вікно складає біля 50% енергії потоку теплопередачі. Використання віконних штор зменшує теплове випромінювання вікна завдяки екрануванню.

УДК 620.9:662.61.004.1

Єршов А.В.¹, Зеленіна О.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРАХУНКОВІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ДОДАТКОВОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КІМНАТИ

Тепловий опір кімнати R_o визначається як відношення різниці температур кімнати та зовнішнього середовища $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ до теплового потоку із кімнати ($Q_o = 526 \text{ Вт}$):

$$R_o = 20/526 = 0,038^\circ\text{C/Вт.} \quad (1)$$

Плівка «третє скло» при щільному приляганні за периметром рами зменшує потік теплопередачі Q_v на третину, що складе $\Delta Q = 66 \text{ Вт}$. Зміна температури у кімнаті визначається як похідна зміни теплового потоку на тепловий опір кімнати

$$\Delta T_{вк} = \Delta Q \cdot R_o = 66 \cdot 0,038 = 2,5^\circ\text{C.} \quad (2)$$

Двобічна плівка при приляганні за периметром рами зменшує потік теплопередачі наполовину ($\Delta Q = 99 \text{ Вт}$), що дає

$$\Delta T_{вк} = 99 \cdot 0,038 = 3,8^\circ\text{C.} \quad (3)$$

Півпрозора плівка «Теплове дзеркало» в однокамерному склопакеті затримує теплове випромінювання із кімнати на 90%, що для нашого випадку становить 100 Вт. Схема вікна «Теплове дзеркало» в однокамерному склопакеті показана на рис. 1.

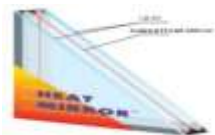


Рис.1 – Схема вікна «Теплове дзеркало».

Крім того, плівка зменшує потік теплопровідності на 66 Вт. Загалом $\Delta Q = 166$ Вт, що дає

$$\Delta T_{вк} = 166 \cdot 0,038 = 6,3 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4)$$

Утеплення стіни піноплексом 5 см зменшує потік теплопередачі удвічі – $\Delta Q = 75$ Вт, що аналогічно дає $\Delta T_{ст} = 2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Тепловий екран за радіатором (фольга+теплоізоляція) повертає до кімнати не більше третини теплового випромінювання радіатора, оскільки значна частина випромінювання поглинається самим радіатором. У цьому випадку випромінювання теплового екрану до кімнати становить 40 Вт, що дає підвищення температури у кімнаті на $1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

У разі утеплення вікна піноплексом розглядаються два випадки:

1) непрозоре цілодобове піноплексове утеплення вікна у вигляді віконниць або ролетів, при якому тепловий потік через нього складе:

$$Q_{\text{в}} = S(\lambda/\delta)\Delta t = 54 \text{ Вт}, \quad (5)$$

де $\lambda = 0,046$ Вт/м·К – теплопровідність піноплексу; $\delta = 0,05$ м – товщина піноплексу.

Якщо віконниці не відкривати на день, то маємо $\Delta Q_{\text{в}} = 307 - 54 = 253$ Вт, що дає підвищення температури у кімнаті на

$$\Delta T_{\text{вк}} = 253 \cdot 0,038 = 9,8 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (6)$$

2) при 12-ти годинному закритті віконниці середньодобовий потік $Q_{\text{в}}$ складе 180 Вт, а $\Delta Q_{\text{в}} = 127$ Вт, що підвищить температуру у кімнаті на

$$\Delta T_{\text{вк}} = 127 \cdot 0,038 = 4,8 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (7)$$

3) таку ж ефективність теплоізоляції можна отримати і при закритті віконницею половини вікна.

Якщо замість піноплексу поставити плити ДСП, які мають $\delta = 0,05$ м, $\lambda = 0,128$ Вт/м·К, то $\Delta Q_{\text{в}} = 150$ Вт, то підвищення температури становитиме

$$\Delta T_{\text{вк}} = 150 \cdot 0,038 = 5,7 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (8)$$

Плити ДСП використовують для захисту вікон від удару, а також для утеплення за відсутності скла. Тому для спрощення тут не враховано тепловий опір склопакету, частка якого близько 40% від опору плити ДСП.

Розрахункові оцінки показують, що окремі варіанти додаткового підвищення теплового опору призводять до підвищення температури кімнати на величину:

прозора плівка при приляганні за периметром рами.....2,5 °С;
двобічна прозора плівка за периметром рами.....3,8 °С;
півпрозора плівка «Теплове дзеркало» у склопакеті.....6,3 °С;
утеплення стіни піноплексом 5 см.....2,8 °С;
тепловий екран за батареєю (фольга+теплоізоляція).....1,5 °С;
піноплексові плити, віконниці (ролети) цілодобово 9,8 °С;
плити ДСП цілодобово.....5,7 °С;
піноплексові віконниці вночі на 12 годин4,8 °С.

Висновки.

1. Показана ефективність використання **піноплексових віконниць** у нічний час, оскільки економія витрат теплового потоку із кімнати становить близько 25%, що удвічі перевищує ефективність утеплення зовнішньої стіни піноплексом.

2. При 12-ти годинному використанні віконниць у нічний час середньодобова температура кімнати підвищується на 4,8 °С.

УДК 629.735.33.016

Єршов А.В.

д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

ОПТИМАЛЬНА ШВИДКІСТЬ ДОЗВУКОВОГО ПОЛЬОТУ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІТАКА З ТРД

Витрати авіаційного палива для пасажирських літаків становлять 4...6 т на тисячу кілометрів польоту та складають близько 30% від усіх витрат авіакомпаній. На економію палива значно впливає вибір оптимальних параметрів польоту – висоти і швидкості. Інформації в опублікованих роботах ще недостатньо для аналізу та визначення умов економії палива.

Метод оптимізації параметрів польоту. Виконано розрахунки оптимальних характеристик крейсерського польоту літака типу Боїнг 737. Найбільша дальність польоту літака залежить від кілометрової витрати палива – C_L , яка визначається за формулою

$$C_L = C/V = C_n \cdot q \cdot mg/V, \quad (1)$$

де $C, \text{кг/год}$ – годинна витрата палива літака; $C_n, \text{кг/H}\cdot\text{год}$ – питома годинна витрата палива на 1 Ньютон тяги двигуна; V – швидкість; q – тягоозброєність літака, яка визначається як відношення тяги двигунів до ваги літака mg .

Оптимальна тягоозброєність залежить від висотної характеристики двигуна і визначає оптимальну висоту польоту. Для вирішення поставленої проблеми використано систему рівнянь для сил опору F_x та підйомної сили F_y

$$F_x = C_x \cdot \rho S V^2 / 2, \quad (2)$$

$$F_y = C_y \cdot \rho S V^2 / 2, \quad (3)$$

де C_x та C_y – коефіцієнти опору та підйомної сили літака; S – площа крила; ρ – густина повітря.

Для горизонтального польоту на максимальній висоті тягоозброєність дорівнює відношенню C_x/C_y і є зворотною від максимального коефіцієнта аеродинамічної якості літака. Тоді формула (1) набуває вигляду

$$C_L = C_{num} \cdot mg \cdot C_x / C_y \cdot \alpha \cdot M, \quad (4)$$

де α – швидкість звуку; M – число Маха.

Змінною величиною у (4) є співвідношення

$$C_x / C_y \cdot M, \quad (5)$$

яке є зворотною величиною від максимального коефіцієнта аеродинамічної якості літака та числа Маха.

Для проведення розрахунків використано полярну літака, якою є залежність аеродинамічного коефіцієнта підйомної сили C_y від коефіцієнта опору C_x при заданих числах Маха, яку наведено на рис.1.

Маючи полярну літака для різних чисел Маха, було визначено залежність (5) та швидкість літака від M , що приведені у таблиці 1. Враховано, що швидкість звуку на висоті 11 км складає 1040 км/год.

Таблиця 1 – Залежність $C_x/C_y \cdot M$ та швидкість літака

M	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,8	0,85	0,90
$C_x/C_y \cdot M$	0,135	0,124	0,113	0,105	0,104	0,105	0,111	0,123
$V, \text{км/год}$	570	625	680	730	780	840	890	940

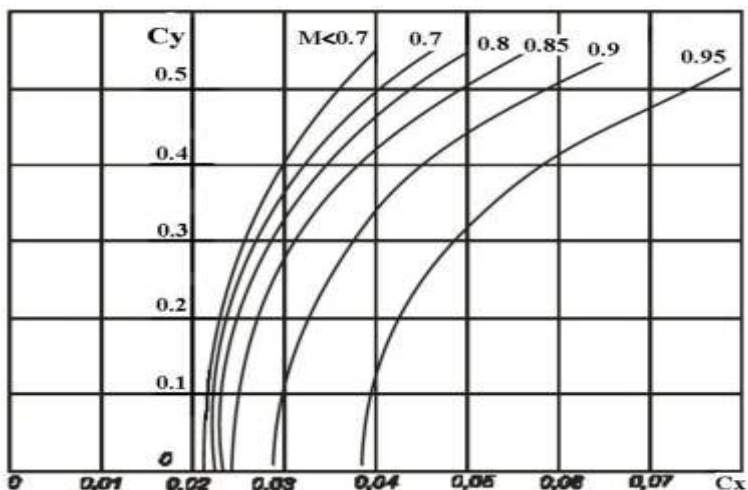


Рис. 1 – Зміна аеродинамічних коефіцієнтів опору C_x та підйомної сили C_y залежно від числа Маха літака типу Боїнг 737.

Як видно з таблиці 1, мінімальна величина залежності $C_x/C_y \cdot M$, яка є пропорційною витраті палива, відповідає швидкості 730...840 км/год. При підвищенні швидкості до 890 км/год витрати палива збільшуються вже на 5% внаслідок збільшення хвильового опору літака.

Висновки.

1. Встановлено, що оптимальна швидкість крейсерського польоту літака типу Боїнг 737 становить 730...840 км/год на максимальній висоті польоту 11 км. При подальшому збільшенні швидкості помітно зростає хвильовий опір літака, що приводить до підвищення витрати палива.

2. Показано, що оптимальний режим кілометрової економії палива на максимальній висоті польоту відповідає умові польоту з максимальною аеродинамічною якістю літака.

УДК 53.098

Сейдаметов С.В.¹, Павленко Д.В.², Щетініна М.О.³, Лоскутов С.В.⁴

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ зав. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

⁴ д-р фіз.-мат. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

РЕЛАКСАЦІЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У СПЛАВІ ЕП-718ІД ПІД ДІЄЮ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Залізонікелеві сплави широко використовуються в авіаційній галузі завдяки високій міцності, стійкості до високих температур, окислення та корозії, а також добрій оброблюваності. Залишкові розтягуючі напруження, що виникають у деталях під час їх виготовлення та експлуатації, а також теплової і механічної обробок, є важливим фактором, який впливає на міцність та довговічність конструкцій, оскільки їх висока концентрація призводить до утворення втомних тріщин. З метою їх усунення використовують термічний, механічний, ультразвуковий вплив на вироби. Найпоширенішим способом зняття залишкових напружень є термічна обробка [1, 2], яка разом з низькою перевагою має і суттєві недоліки – великі енерговитрати на нагрівання та зміна структури, що веде до втрат характеристик міцності деталі. Перспективним з цієї точки зору є використання магнітного поля.

Зразки зі сплаву ЕП-718ІД (ХН45МВТЮБР) призматичної форми розміром 59×10×1,9 мм були вирізані з листа, отриманого за традиційною технологією (ГОСТ 19903-74). Залізонікелевий жароміцний сплав належить до аустенітного класу, а, отже, при кімнатній температурі є парамагнітним.

Розтягуючі залишкові напруження на поверхні зразків формувались шляхом шліфування на плоскошліфувальному верстаті 3Г71, а визначались методом послідовного зняття тонких шарів металу електролітичним поліруванням за допомогою приладу ПІОН-2. Електроліт мав наступний склад: плавикова кислота – 2%; азотна кислота – 30%; решта – вода. Запис прогину зразка здійснювався самописом. Маса зразка до і після електрополірування визначалась за допомогою аналітичних терезів типу АДВ-200 з точністю 0,001 г.

Для отримання імпульсного магнітного поля використовували розряд конденсаторної батареї електрогідроімпульсного преса моделі Т1220 через мідний соленоїд.

Обробка зразків імпульсним магнітним полем проводилася багаторазово (10 імпульсів) у режимі зарядки конденсаторної батареї до

$U=5$ кВ. При цьому температура зразків, що вимірювалась за допомогою термопари хромель-копель, не змінювалась.

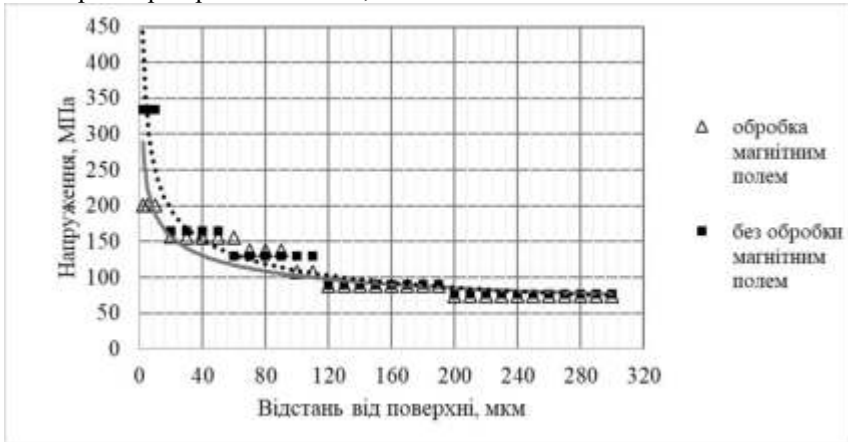


Рисунок 1 – Розподіл залишкових напружень у поверхневому шарі зразків

Результати досліджень (рис. 1) розподілу залишкових напружень у поверхневому шарі зразків показують, що обробка імпульсним магнітним полем зменшує величину залишкових напружень на глибині до 20 мкм майже на 40%.

Зниження залишкових напружень у парамагнітному залізонікелевому сплаві пов'язано з перебудовою дислокаційної структури під дією магнітного поля, т.з. магнітопластичним ефектом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Evolution of microstructure, mechanical properties and residual stress of a cold rolled invar sheet due to heat treatment / S.J. Park, S.-H. Jo, J.G. Kim and others // Metals. – 2022. – № 12: 110.
2. In situ study of the stress relaxation during aging of nickel-base superalloy forgings / P.E. Aba-Perea, P.J. Withers, T. Pirling and others // Metallurgical and materials transactions. – 2019. – Vol. 50A: 3555.

АВТОМАТИЧНЕ ВМИКАННЯ ПАСИВНОЇ СИСТЕМИ ПОЛИВУ

Головною проблемою дачників є не тільки наявність поливної води, а і вчасний полив рослин. Оптимальним є полив у вихідні і один раз серед тижня, наприклад, у середу. Але останнє є проблематичним. Як правило, вода серед тижня не подається у більшості товариств. Окрім цього, приїхати на ділянку ще і серед тижня мають можливість не всі. Більшість дачників працюють, декому важко за станом здоров'я або банально дорого. Тому система автоматичного поливу за відсутності господаря є актуальною. Причому зручно мати енергонезалежну систему, яка б не потребувала будь-якого джерела живлення – ні електромережі (не у всіх вона є, не завжди функціонує, та і небезпечно залишати її увімкненою без нагляду), ні акумуляторів, які потрібно ще купити і регулярно заряджати, ні сонячних батарей, так як вони дорогі. Саме така система і пропонується в даній роботі. Єдиною вимогою є наявність достатньої ємності для води, яка, до речі, має бути на кожній садовій ділянці за вимогами пожежної безпеки. Така система показана на рисунку 1.

До її складу входять: бак 1 з водою, піднятий над поверхнею землі; кран 2; поливний шланг 3; крапельна система 4 (можна купити в аптеці); відкрита посудина 5 на 2, 3 чи 5 літрів, підвішена на мотузці до муфти 6, яку можна переміщувати по направляючій 7 і фіксувати гвинтом 8; пластина 10, яка може повертатись відносно горизонтальної осі 9. Поворот пластини обмежений упором 11. На пластині розміщена гиря 12, з'єднана мотузкою 13 з горизонтальним плечем Г-подібного важеля 15, який через шарнір 16 закріплений на баку. Через край горизонтальної стійки 14 перекинтий гумовий шланг 3, який з'єднує бак з поливною системою (найзручніше крапельною системою). Вертикальне плече Г-подібного важеля дотикається до найвищої точки 17 шлангу.

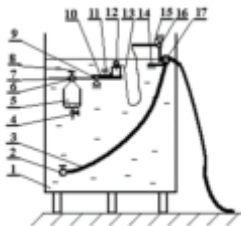


Рисунок 1 – Система автоматичного поливу

Налаштування системи. Перекинути шланг 3 через край стійки 14. При цьому рівень води в баку повинен бути не вище найвищої точки 17 шлангу. В протилежному випадку через сифонний ефект вода відразу після відкриття кранів почне поступати в поливальну систему. Випробовуємо, щоб гиря 12 при падінні з площадки 10 надійно зіштовхувала важелем 15 шланг зі стійки, і він падав на землю, не переламуючись. Відкриваємо крани поливної системи та на баку. Заповнюємо водою посудину 5 приблизно на 5% і встановлюємо муфту 6 так, щоб гиря починала опускатись. Залишок води необхідний, щоб при повному звільненні посудини 5 гиря надійно переважувала і падала вниз. Фіксуємо положення муфти гвинтом 8. Заливаємо в посудину стільки води, щоб вона викапувала за час затримки поливу (приблизно 70 годин). Попередньо необхідно відрегулювати швидкість витоку води з баклажки через капіляр 4. Була виявлена недосконалість штатної крапельної системи. При великому періоді (декілька секунд) слідування крапель внутрішні стінки стискуваної поліуретанової трубки неконтрольовано злипались, і витік рідини припинявся. Тому всередину цієї трубки під затискач була вставлена рибацька волосін діаметром 0,1...0,2 мм. Таким чином, вдалося відрегулювати крапельницю так, що 0,5 л води викапували приблизно за 10 годин. Вимірюючи час витоку відомого об'єму води, легко розрахувати необхідний початковий об'єм води в посудині 5 для вибраного часу затримки.

Як працює система? У вихідному стані рівень води в баку і шлангу за законом сполучених посудин однаковий. А оскільки найвища точка 17 шлангу знаходиться вище рівня води в баку, вона з нього не витікає. Полив не відбувається. По мірі витоку води з посудини при досягненні критичного стану рівноваги похилої площини-площадки вона повертається і при певному куті гиря 12 зісковзує з неї і своєю інерцією та вагою важелем 15 зіштовхує шланг на землю. Вода поступає в поливну систему до повного звільнення бака. Відкритість посудини 5 надає системі певної «інтелектуальності». Уявимо собі, що пішов дощ, і полив потрібно відмінити, або принаймні відстрочити. Це відбувається автоматично за рахунок поповнення посудини 5 водою від опадів.

СПІВВІДНОШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ В ДИСКУСІЇ БОРА З ЕЙНШТЕЙНОМ

Дискусії Н. Бора з А. Ейнштейном з основ квантової механіки, які відбувались на протязі багатьох років, за словами Бора «були для нього надзвичайно цінними і стимулюючими» [1]. Вони і зараз зберігають велике наукове і методичне значення.

Ці дискусії безпосередньо стосуються співвідношень невизначеностей, тому сформулюємо їх у відповідній інтерпретації.

Точність, з якою можуть бути зафіксовані координата q і відповідний імпульс p квантово-механічного об'єкта, обмежена співвідношенням

$$\Delta q \Delta p \sim \hbar, \quad (1)$$

де Δq і Δp – невизначеності у вимірюваних значеннях цих величин; $\hbar$ – стала Планка.

Схожим співвідношенням пов'язані між собою невизначеності вимірюваних значень енергії і часу:

$$\Delta E \Delta t \sim \hbar. \quad (2)$$

Оскільки мова йде про процес вимірювання, важливо відзначити, що під вимірювальним приладом розуміється фізичний об'єкт, який з достатньою точністю підкоряється класичній механіці. Якщо квантово-механічний об'єкт приходить у взаємодію з класичним об'єктом, стан останнього, взагалі кажучи, змінюється. Характер і величина цієї зміни залежать від стану квантово-механічного об'єкта і тому можуть служити його кількісною характеристикою [2].

З точки зору законів збереження походження невизначеностей в (1) і (2) можна віднести на рахунок можливості обміну імпульсом і енергією між об'єктом і вимірювальним приладом.

В дискусіях на Сольвейському конгресі 1928 року важливість такого роду міркувань проявилась на прикладі установки, зображеної на рис.1. Якщо паралельний пучок електронів падає зліва на першу діафрагму, то при звичайних умовах досліду ми будемо спостерігати на фотопластинці інтерференційну картину, зображену на правому боці рисунку. При інтенсивному опроміненні ця картина складається шля-

хом накоплення численних одиничних процесів, кожний з яких дає по одній маленькій плямі на фотографічній пластинці. Такий же розподіл повинен отримуватись із статистики за великим числом дослідів, проведених з опромінюванням настільки слабким, що при кожній окремій експозиції до пластинки дійде тільки один електрон, який і виявиться в одній-єдиній точці, як це показано зірочкою на рисунку. В цьому випадку слід чекати, що імпульс, наданий діафрагмі, буде різним в залежності від того, пройшов електрон через верхню або через нижню щілину другої діафрагми.

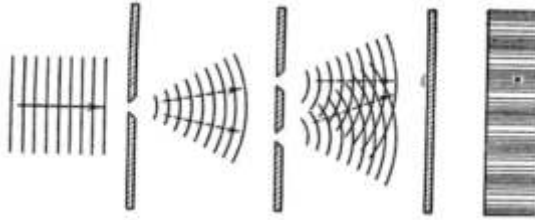


Рисунок 1 – Дослід з інтерференції електронних пучків

Спираючись на це, Ейнштейн указав, що контроль над переданим імпульсом дозволив би провести більш детальний аналіз процесу і, зокрема, надав би можливість вирішити, через яку з двох щілин пройшов електрон перед тим, як потрапити на пластинку [3]. Проте більш ретельний розгляд показав, що запропонований контроль над передачею імпульсу неможливий без неточності визначення положення діафрагми, неточності, яка виключає виникнення інтерференційних явищ.

Справді, якщо φ означає малий кут між припустимими шляхами електрона через верхню і нижню щілини, то різниця між переданими імпульсами в обох випадках буде дорівнювати $\hbar k\varphi$ і будь-який контроль над імпульсом діафрагми з точністю, достатньою для вимірювання цієї різності, призведе до неточності у визначенні положення діафрагми принаймні порядку $1/k\varphi$ згідно співвідношенню невизначеностей (1). Число смуг на фотопластинці на одиницю довжини $\sim k\varphi$, а оскільки невизначеність $1/k\varphi$ в положенні першої діафрагми викликає таку ж саму невизначеність в положенні смуг, то ніякої інтерференції відбутися не може.

Таким чином, якщо призначення вимірювальних приладів полягає в тому, щоб визначати просторово-часові рамки квантово-механічних явищ, то контроль над обміном імпульсом і енергією виключається. В якості заперечення проти цієї точки зору Ейнштейн висунув аргумент, що такий контроль нібито можливий, якщо прийняти до уваги вимоги

теорії відносності. Зокрема, залежність між енергією і масою, виражена формулою

$$E = mc^2, \quad (3)$$

нібито дозволяє виміряти повну енергію системи за допомогою простого зважування і таким чином в принципі контролювати енергію, перенесену на систему за час її взаємодії з атомним об'єктом.

В якості підходящої для цього установки Ейнштейн запропонував прилад, схематично зображений на рис.2. Він складається з ящика з отвором в одній із стінок, причому отвір можна відкривати або закривати затвором, який приводиться в рух за допомогою часового механізму, поміщеного всередині ящика.

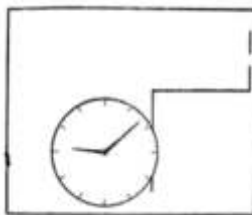


Рисунок 2 – Ящик з фотонним газом

Нехай спочатку ящик містить випромінювання, а годинник відрегульований так, що в певний момент його механізм відкриває затвор на дуже короткий час. Таким влаштуванням можна було б досягнути того, що в момент часу, який буде відомий з будь-якою бажаною точністю, через отвір пройде один-єдиний фотон. Але, окрім того, зважуючи ящик до і після цієї події, здавалося би, можна виміряти енергію фотона з будь-якою бажаною точністю – в прямій суперечності із співвідношенням невизначеностей для енергії і часу (2).

Будемо вважати, що ящик підвішений на пружинних вагах. Положення ящика можна відлічувати за шкалою. Зважування ящика можна провести з будь-якою точністю Δt , але справа в тому, що визначення положення ящика за шкалою із заданою точністю Δq тягне за собою невизначеність Δp в значенні імпульсу ящика, причому Δp пов'язане з Δq співвідношенням (1). Ця невизначеність, очевидно, повинна бути меншою за повний імпульс, який може бути переданий полем тяжіння тілу з масою Δm на протязі часу T процесу зважування; звідси випливає

$$\Delta p \approx \frac{\hbar}{\Delta q} < T g \Delta m. \quad (4)$$

З іншого боку, за загальною теорією відносності годинник, пересунутий в напрямку сили тяжіння на відстань Δq , змінить свій хід таким чином, що його покази на протязі проміжку часу T відхиляться на величину ΔT , визначену рівнянням

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{g\Delta q}{c^2}. \quad (5)$$

Порівнюючи (4) і (5), бачимо, що після зважування покази годинника містять невизначеність

$$\Delta T > \frac{\hbar}{c^2 \Delta m}. \quad (6)$$

Разом з (3) ця формула приводить до співвідношення

$$\Delta E \Delta T > \hbar \quad (7)$$

у згоді з принципом невизначеностей. Внаслідок цього використання приладу як засобу для точного вимірювання енергії фотона завадить нам встановити точний момент його вильоту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bohr, N. Discussion with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics / N. Bohr. – Evanston, 1949. – 267 p.
2. Ландау, Л.Д. Квантовая механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М: Наука, 1974. – 752 с.
3. Бор, Н. Дискусии с Эйнштейном по проблемам теории познания в атомной физике / Н. Бор. – М: Наука, 1971. – 675 с.

УДК 537

Правда М.І.¹, Чорний Є.Г.²

¹ канд. фіз.-мат. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-112 НУ «Запорізька політехніка»

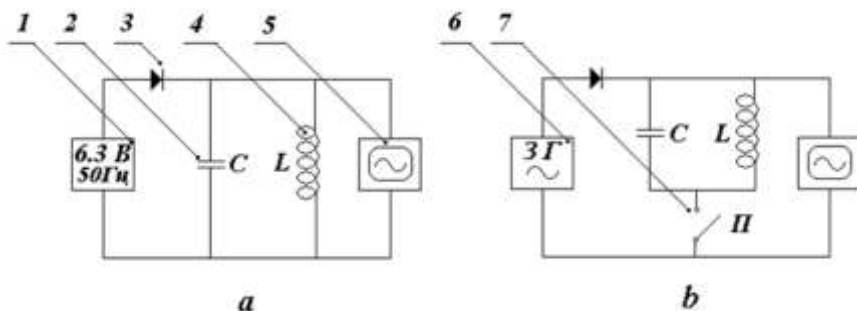
УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ФІЗИКИ В РОЗДІЛІ «ЕЛЕКТРИКА ТА МАГНЕТИЗМ»

Розділ «Електрика та магнетизм» для студентів електротехнічного факультету є найважливішим із усіх розділів курсу фізики, тому що саме ця частина курсу фізики є теоретичною та практичною основою освіти інженера-електрика. Лабораторний фізичний практикум має безперечне значення для формування наукового світогляду майбутнього інженера, тому що власноруч виконуючі лабораторні

роботи, студент на власному досвіді впевнюється у справедливості фізичних законів і зокрема законів електромагнетизму.

На рисунку 1а представлена електрична схема установки до лабораторної роботи № 46 «Затухаючі електромагнітні коливання у коливальному контурі», яка зараз використовується в лабораторному практикумі кафедри фізики НУ «Запорізька політехніка»[1].

Джерело живлення 1 генерує синусоїдальний сигнал фіксованої напруги 6,3 В, та після проходження через діод 3, посилає із частотою 50 Гц імпульси напруги на коливальний контур, що складається із ємності 2 та індуктивності 4.



а – до модифікації; б – після модифікації

Рисунок 1 – Схема установки лабораторної роботи № 46 «Затухаючі електромагнітні коливання у коливальному контурі»

Таким чином, конденсатор коливального контуру періодично із частотою 50 Гц отримує певний заряд. Ємність та індуктивність коливального контуру підібрані так, щоб частота його власних коливань була значно більшою за 50 Гц і тому певний час у контурі відбуваються затухаючі коливання, які можна спостерігати на екрані осцилографа 5.

У даній роботі пропонується модифікована схема лабораторної установки, представлена на рисунку 1б. Джерело живлення 1 замінюється звуковим генератором 6, а також в схему вводиться додатковий перемикач 7.

Якщо перемикач 7 розімкнено, то коливання в контурі не відбуваються і на екрані осцилографа можна спостерігати або просто синусоїду, або імпульси напруги після її проходження через діод. Якщо встановити частоту генератора більшою за частоту власних коливань контуру, то затухаючі коливання у контурі не встигають відбуватись і на екрані осцилографа спостерігається «проста» синусоїда (рис. 2а).

Зменшення частоти призводить до появи певних викривлень «чистої» синусоїди (рис.2b), обумовлених процесами у коливальному контурі; подальше зменшення частоти виявляє процес затухання у коливальному контурі (рис. 2c) і в решті решт дає осцилограму затухаючих коливань (рис. 2d).

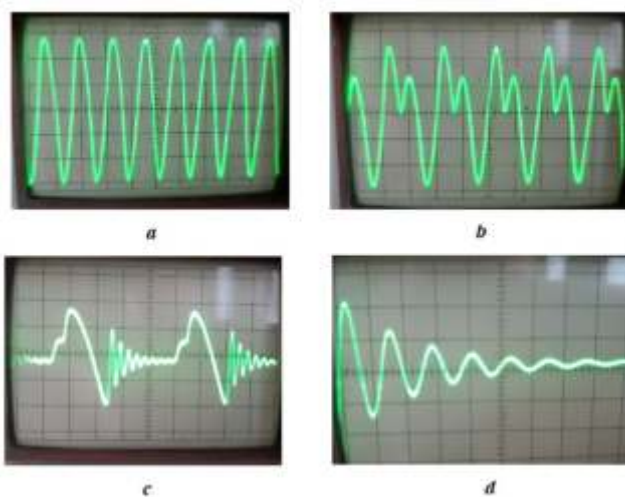


Рисунок 2 – Зміна осцилограм при зменшенні частоти звукового генератора

Таким чином, запропонована модифікація даної лабораторної установки дозволяє безпосередньо спостерігати та краще зрозуміти періодичні процеси, що відбуваються у коливальному контурі.

Запропонована схема також може бути корисною для більш ґрунтовної постановки завдання в роботі №24 «Дослідження періодичних процесів за допомогою осцилографа» [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коливання та хвилі: методичні вказівки до лабораторного практикуму з фізики для студентів інженерно-технічних спеціальностей / Укладачі: В.К. Манько, М.І. Правда, С.В. Сейдаметов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 16 с.

2. Електрика та магнетизм: методичні вказівки до лабораторного практикуму з фізики для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної форми навчання / Укладачі: С.В. Лоскутов, В.П. Курбацький, С.П. Луцін, В.К. Манько, В.Г. Корніч, М.І. Правда, О.І. Денисова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 78 с.

УДК 631.371

Ципуштанов І.М.¹, Лушин С.П.²

¹ студ. гр. Е-272сп НУ «Запорізька політехніка»

² канд. фіз.-мат. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРАХУНОК ІЗОЛЯЦІЇ ТРАНСФОРМАТОРА ТФЗМ – 132

Один із основних параметрів трансформатора струму, який впливає на його придатність до роботи – електрична міцність, вона в свою чергу, залежить від ізоляції між обмотками трансформатора, тому дуже важливо правильно підібрати ізоляційні матеріали та їх розміри. Розміри ізоляції суттєво впливають на масу та габарити трансформатора, тому важливо правильно їх розрахувати.

Розрахуємо електричну міцність паперово-масляної ізоляції між обмотками трансформатора ТФЗМ-132. За величиною номінальної напруги трансформатора знаходиться найбільша робоча напруга, згідно ГОСТ 1516.3-76 вона становить $U_p=151,3$ кВ.

Для трансформатора струму напругою до 220 кВ включно число ступенів ізоляції як правило дорівнює двом. Напруга, на яку повинна бути розрахована одна ступінь ізоляції, знаходиться за формулою [1, 2]:

$$U_{cm} = \frac{U_p \cdot \kappa}{\sqrt{3} \cdot n}, \quad (1)$$

де U_{cm} – напруга, на яку розрахована ступінь ізоляції, кВ; U_p – найбільша робоча напруга, кВ; κ – коефіцієнт запасу, який враховує виробничі відхилення в якості ізоляції ($\kappa=1,05\dots1,15$), приймається 1,15; n – кількість ступенів ізоляції, у даному випадку $n=2$. Розрахунок дає значення $U_{cm}=50,23$ кВ.

При розрахунку паперово-масляної ізоляції робиться припущення, що електроди мають циліндричну форму. Внутрішній електрод (первинна обмотка) знаходиться під потенціалом мережі, а зовнішній (поверхня ізоляції) має потенціал землі. Користуючись виразом для знаходження напруженості електричного поля між двома коаксіальними циліндрами, знаходиться товщина ізоляції між ними [2, 3]:

$$R = r \cdot e^{\frac{U_{cm}}{E_{\max} \cdot \Gamma}}, \quad (2)$$

де R – радіус зовнішнього циліндру, мм; $E_{\max}$ – умовний робочий максимальний градієнт напруги, кВ/мм; для паперово-масляної ізоляції

$E_{\text{мак}}=(2\dots4)$ кВ/мм, приймається 2 кВ/мм; r – радіус внутрішнього циліндру, мм.

За даними геометрії шин обмоток значення радіуса внутрішнього циліндру $r=21$ мм. Визначаємо за вище наведеною формулою зовнішній радіус після намотування ізоляції, його значення $R=47$ мм. Товщина ізоляції первинної обмотки для однієї ступені визначається як різниця між зовнішнім і внутрішнім радіусом: $h=R-r=26$ мм. Ізоляція рівномірно розподіляється між первинною та вторинною обмотками, тому на вторинній обмотці буде ізоляція такої ж товщини.

Наведений розрахунок ізоляції трансформатора ТФЗМ-132 дозволяє визначити її розміри для забезпечення необхідної електричної міцності трансформатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панченко, В.В. Расчёт и конструирование электрических аппаратов высокого напряжения / В.В. Панченко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 248 с.
2. Афанасьев, В.В. Трансформаторы тока / В.В. Афанасьев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 341 с.
3. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения / Под ред. Афанасьева В.В. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 544 с.

УДК 621.316

Shishkin I.R.¹, Lushchin S.P.²

¹ student of group E-412A NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD (Phys.-math. sciences), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

USAGE OF IGBT-TRANSISTORS IN POWER ELECTRONICS

In modern engineering different types of switching devices are used: electromagnetic and electronic. The electromagnetic contactor has positive aspects: low price, ease of installation and repair. But it has a number of problems: burning of contacts, electric arc, weakening of the return spring, due to which the power contacts are de-energized with a delay or remain under high current at all, large weight and dimensions of the contactor, the inability to work at high switching frequencies.

Modern electronic switches based on IGBT- transistors do not have these problems. The IGBT-transistor is a three-electrode power semiconduc-

285

tor device that combines two transistors in one semiconductor structure: bipolar (forms a power channel) and field (forms a control channel). This device has absorbed the positive properties of a bipolar transistor (high voltage between the collector and the emitter) and a field-effect transistor (control occurs with the help of an electric field, and not with a current, as in a bipolar transistor).

The IGBT- transistor has a number of positive properties: light weight, not large size, power, high switching frequency, absence of physical wear, longer storage life. Disadvantages include: price, a more complicated installation and setup process, passive cooling is required for heat removal, power is lost at high switching frequencies (approximately 20...50 kHz).

On the basis of IGBT-transistors, frequency converters for electric drives, transformer less converters and inverters, welding equipment, and current regulators of powerful drives are produced. In the frequency range of 10...20 kHz switches on IGBT- transistors significantly outperform semiconductor devices of other types. IGBT- transistors are used in networks with a voltage rating from 1 kW to 10 kW, while ensuring safe and reliable operation of electrical equipment. They are used in powerful control drives of trolleybuses, electric locomotives, and modern electric cars. Their use allows increasing the efficiency, ensuring the maximum possible smoothness of the technique.

Scientists from CREE have invented Cree Mosfet-Transtor, which is analogous to the IGBT mentioned above, works with voltages above 1700 V, calmly switch with frequency over 100 kHz, and lower switching losses, therefore more efficiency.

УДК 631.371

Chornoknyzhnyi D.S.¹, Lushchin S.P.²

¹ student of group E-412a sp NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD (Phys.-math. sciences), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

HIGH EFFICIENCY PHOTOCELLS FOR SOLAR BATTERIES

The operation of a solar photovoltaic cell is based on the photovoltaic effect, which consists in the emergence of an electromotive force at the boundary of the p-n junction under the influence of solar radiation. The main part of a classic panel consists of an interconnected closely spaced photovoltaic cells, usually made of silicon. The use of silicon is dominant in the solar energy market, with an estimated 80% share. Monocrystalline and polycrys-

talline silicon are used in the manufacturing technology of photocells. In such panels, the efficiency ratio is 15...22%.

In 2022, the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems developed a panel with a record 47,6% efficiency as one of the steps of its “50 percent” project. The upper tandem solar cell is made of gallium - indium phosphide (GaInP) and aluminum - gallium arsenide (AlGaAs), which were connected by company «Soitec» to the lower tandem solar cell made of arsenide - gallium - indium phosphide (GaInAsP) and gallium - indium arsenide (GaInAs). With such combination of substances, the solar panel cells are able to absorb light in a wide range from 300 to 1780 nm. This range includes both visible and infrared light. Conventional solar cells made of silicon absorb sunlight with wavelengths up to 1200 nm [1].

Using four different layers of III-V complex semiconductors deposited on a silicon panel, improving the contact of the layers and applying a 4-layer anti-reflective coating, which reduced resistance losses and reflections on the front side of the device, made it possible to obtain 47,6% efficiency. Experimentally this percentage is achieved when concentrated sunlight of 665 solar powers is directed on miniature solar batteries with an area of only a few square millimeters [1].

Thus, the development of the technology for the production of multi-layer photovoltaic cells can be considered the most promising for the development of solar batteries.

REFERENCES

1. Panel with a record efficiency of 47,6% Fraunhofer ISE article [Electronic resource]. – Access to the resource: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2022/fraunhofer-ise-develops-the-worlds-most-efficient-solar-cell-with-47-comma-6-percent-efficiency.html>

UDC 621.3

Hristich M.A.¹, Lushchin S.P.²

¹ student of group E-412a sp NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD (Phys.-math. sciences), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

USAGE OF MODERN MAGNETIC ALLOYS IN ELECTRICAL DEVICES

Today, one of the most promising magnetic alloys for electrical devices is neodymium magnets. A neodymium magnet is a powerful permanent magnet consisting of an alloy of the rare earth element neodymium, boron, and iron (NdFeB). It shows high pulling power and high resistance to demagnetization. Neodymium magnets lose no more than 1...2% of their magnetization in 10 years. They are used in relays and sensors, rotors of electric motors and generators at industrial hydroelectric power stations and wind turbines. They are used instead of excitation winding that enables large currents through the rotor windings, and also allows you to do without sparking brushes. The use of neodymium magnets in the rotors of brushless synchronous generators and multi-turn brushless DC motors is easy to control and does not require special maintenance.

Powerful neodymium magnets on the motor rotor allow you to achieve a greater torque on the shaft. Such an engine heats up much less than a collector engine. As a result, the engine efficiency is higher, power indicators per kilogram of weight are higher, a wide range of adjustment of the speed of rotation of the rotor and almost complete absence of generated radio interference. Structurally, engines of this type are easily adapted for operation in water and in aggressive environments.

The use of neodymium magnets in electric motors and generators is determined by the operating temperature, so it is essential to operate them in the permitted temperature regime. When heated above the Curie temperature, they demagnetize and lose their magnetic properties. That is, excessive operation of an electric motor or generator can lead to its overheating, which will cause its further inoperability. We have analyzed existing magnetic alloys according to operating temperature, residual magnetic induction, coercive force, and magnetic energy. Neodymium magnets of class 38EN have the best performance characteristics: operating temperature $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, residual magnetic induction 1220...1250 mT, coercive force $\geq 2388\text{ kA}$, magnetic energy 287...310 kJ [1].

REFERENCES

1. Режим доступу: <https://neodim.net.ua/uk/harakteristiki>

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF VOLTAGE STABILIZERS

A significant increase in the use of stabilized energy sources over the last year requires an analysis of their efficiency for successful use in conditions of unstable operation of electrical networks. The voltage stabilizer is electrical equipment, which designed to normalize the voltage in the network when loaded in a narrow range. The main purpose is ensuring voltage supply to all consumers within $220\text{ V} \pm 10\%$, that is, in the range of $198 \dots 242\text{ V}$ [1].

The following main types of voltage stabilizers are distinguished: relay, electronic, electromechanical, ferroresonant, inverter [2].

Relay stabilizers are electronic devices, which the principle of operation is built on the basis of stepwise regulation of electricity with using the control unit. Regulation is provided by a series of relays that automatically connect the necessary winding of the autotransformer. The output voltage is measured and compared with the reference voltage of the control unit. If there is a deviation, the control processor gives a command to turn on the corresponding relay, adjusting the additional voltage so that the output voltage acquires the reference value. The value of the additional voltage, depending on the oscillation of the input, is either added or subtracted from the distorted voltage.

Advantages of relay stabilizers: satisfactory voltage regulation voltage – 40 ms on average; resistance to voltage drops; protection against overvoltage and short circuit; stability to minus temperatures – can work in free-standing unheated rooms; do not require additional cooling.

Relay voltage stabilizers have several significant disadvantages: lack of power reserve – it is not recommended to use them for powerful motor equipment, it is worth using a device with a significant power reserve (30...40%); relays wear out over time, which reduces stabilization accuracy and increases the probability of repair operations; the stepped control system does not provide high accuracy at the voltage output, which is necessary for the operation of modern electronics; errors can reach up to 20 V [2].

The basic principle of operation of electronic stabilizers is similar to that of relay stabilizers. They consist of the following elements: automatic transformer, control circuit, measuring sensors, frequency filters.

Advantages of electronic stabilizers: stabilization of the input current over a wide voltage range; high accuracy and response; compact dimensions

due to the absence of mechanical parts; functioning at low temperatures (some models).

Disadvantages of electronic stabilizers: increased reaction time with a large number of steps; high sensitivity to interference in the network; the complexity of the construction; step voltage equalization; under heavy loads, the simistors and thyristors may burn out [3].

Electromechanical voltage stabilizers function thanks to the movement of the carbon electrode along the windings of the autotransformer with the help of an electric drive. As a positive moment are low cost, smooth voltage regulation and small dimensions.

Such devices also have small disadvantages – high noise during operation, low trigger speed, do not like the cold.

Inverter voltage stabilizers are considered the best. The scheme of this device is based on an inverter in double voltage conversion. First, the alternating voltage becomes constant, and then it is converted back into an alternating output voltage. As a result, we have perfectly uniform and accurate voltage: without drops and almost without deviations. The main advantage is accuracy and speed of operation. Another positive point is that it works without a transformer. It also has compact dimensions, does not make noise during operation and has additional functionality. As for the latter, inverter-type voltage stabilizers can protect household appliances from overvoltage and other external interference in the electrical network. The scheme of such a model is stepless, so voltage surges and overloads are not important for it. As for the minuses, only their cost can be attributed [4].

Thus, inverter voltage stabilizers are the most effective and promising type in terms of performance characteristics of all existing ones.

REFERENCES

1. Режим доступу: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/288-chto-takoe-stabilizator-napryazheniya-dlya-doma>
2. Режим доступу: <https://electro100.ua/blog/vidi-stabilizatoriv-naprugi>
3. Режим доступу: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/332-sravnienie-relejnogo-i-elektronного-stabilizatorov-napryazheniya>
4. Режим доступу: <https://artline.ua/uk/news/stabilizator-napryazheniya-zashchita-vashikh-bytovykh-ustroystv-i-kompyutera>

УДК 378

Nataliia Zhukova

PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

**DEVELOPING ACTIVE LISTENING SKILLS
IN ESP CLASSES FOR THE STUDENTS OF
THE FACULTY OF COMPUTER SCIENCES AND IT**

Active listening (AL) is considered a key communication skill that implies absorbing the information someone shares with you, and responding to that person trying to take into account not only the verbal message, but the meaning and intent behind it. AL is the basis for a successful conversation in different contexts, be it study, work, home, or social interactions in general.

AL is listed among the valuable workplace skills because it leads to more efficient communication, networking and more meaningful relationships with colleagues, managers, and clients.

AL techniques include:

1. Using encouraging verbal cues,
2. Asking (open-ended) questions,
3. Paraphrasing and summarizing,
4. Listening to understand without planning meanwhile what to say

next,

5. Paying attention to and using body language,
6. Being non-judgemental and withholding your advice.
7. Benefits of AL can be seen both in personal, academic, and professional settings. They are as follows, but not limited to:
 - a) It contributes to psychological safety (makes people feel heard and valued, fosters trust and empathy);
 - b) It helps to manage emotions;
 - c) It empowers people to provide support and show empathy;
 - d) It also works for better retention of information;
 - e) It helps to maintain a spirit of collaboration, be clear about mutual responsibilities, and solve problems or even resolve conflicts;
 - f) It makes people more productive.

AL is a life skill, particularly relevant now when the Ukrainians have been going through such difficult times of the war. It should be cultivated for our students to become more supportive better engage with their leaning, and enjoy the other benefits of AL listed above.

Special attention should be paid to the verbal signs of AL and specific strategies for developing and honing their AL skills are to be implemented.

The syllabi for ELT to the students of the Faculty of Computer Sciences and IT at NU "Zaporizhzhia Polytechnic" include the modules which provide enough opportunities for the focus on developing AL. The classes are designed with the view to practise paraphrasing, summarizing, asking questions among other skills.

УДК 372.881.111.1

Yuliya Bykova

senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

TEACHING LISTENING AT ESP LESSONS, BLENDED LEARNING

The role of English as one of the world's international languages leads to efforts to find more effective ways to teach it as a foreign language for special purposes. When teaching English, none of the types of speech activity should be excluded from the educational process. In other words, while teaching listening, we simultaneously teach productive types of speech activity, form the cognitive activity of students and develop mental processes such as memory, thinking and, consequently, speech.

It should be noted that listening is one of the most difficult tasks for teaching a foreign language for special purposes, while being the first to comprehend and, therefore, considered to be a key language skill. A lot of scientists have studied this skill, the peculiarities of its obtaining, ways and means of improving the process.

Listening is a process involving a list of activities such as the differentiation of language sound, intonation, visual characteristics, interpretations, value, and reaction for the content of meaning.

It should be noted that in the process of teaching ESP, with the dominant of reading as the most accessible way of obtaining professionally significant information, other types of speech activity should be recognized as equally important.

Listening is defined as a receptive type of speech activity, which is the simultaneous perception and understanding of speech by ear. This is one of the most difficult types for mastering, since it is an active process, during which the hard work of all mental mechanisms takes place, the received information is perceived in the form of a sound form, its processing, recognition and understanding of the meaning.

The goal of teaching listening at a technical university is to form strategies for perceiving and understanding information by ear with the subsequent use of the information obtained in oral or written communication in a foreign language.

In other words, the student must learn to extract the information he needs not only from a printed source, but also from audio or video resources in order to use these materials in further work for analysis, systematization, comparison, selection of the main one, etc.

When teaching a foreign language for special purposes, the implementation of a blended learning system allows you to pay more attention to listening as a goal and as a learning tool in which teaching in the classroom is carried out in turn and independent work, monitored and managed through educational social networks.

The model of blended learning of foreign languages for professional purposes is a combination of classroom work together with a teacher and extracurricular independent in proportions that are optimal for the specific conditions in which the educational process takes place, the organization of listening training should provide students with the need and opportunity to use audio and video materials.

Note that when organizing listening training for professional purposes within the framework of blended learning of a foreign language, it is advisable to rely on video materials rather than audio.

УДК 372.881.111.1

Войтенко С.В.

старш. викл. НУ "Запорізька політехніка"

РОЗВИТОК НАВИЧОК АУДІОВАННЯ НА ЗАНЯТТЯХ З ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

З прискоренням науково-технічного прогресу, переходом до інформаційного суспільства, в якому сприйняття й розуміння усного мовлення є одним із засобів отримання інформації, аудіювання є надзвичайно актуальним, важливим інструментом у будь-якої сфері людської діяльності.

Зміст навчання аудіювання включає три компоненти: лінгвістичний, психологічний, методологічний а) лінгвістичний – являє собою мовний та мовленнєвий матеріал. До мовного матеріалу відносяться: фонemi, морфemi, слова, фразеологічні сполучення, мікро та макротексти. В цьому випадку увага зосереджена на обробці елементів мови. Мовленнєвий матеріал становлять одиниці мовлення – ситуативно обумовлені висловлювання різної протяжності (від слова до макротексту), в котрих елементи мови організовані по семантико-комунікативному признаку. Психологічний компонент – доведення сприйняття і розуміння мовлення, яке звучить на англійській мові до рівня навички та вміння. Необхідною умовою оволодіння таким складним видом мовленнєвої діяльності, як розуміння мовлення на слух на іноземній мові, являється концентрація уваги слухача на тому, що він повинен чути, тому що найменше відволікання від прослуховування веде до втрати змісту. Необхідно формувати у студентів уміння сприймати, розуміти, а отже активно опрацювати сприйняте, що пов'язано з умінням членити мовленнєве повідомлення на смислові частини. Не менш важливим є формування уміння утримувати в пам'яті все довші звукові ланцюжки, тобто розвивати слухову пам'ять. Наступна важлива умова у сприйнятті на слух мовлення – це уміння виділяти, знаходити головну думку, відокремлювати основну інформацію від другорядної.

Успішність аудіювання залежить 1) від самого слухача (від його індивідуально-психологічних особливостей: рівня розвитку у нього мовленнєвого слуху, пам'яті, наявності уваги, інтересу, загальних інтелектуальних передумов, фактичних знань, знань та вмінь в рідній мові, іноземних знань, навичок та вмінь, мотивації, 2) від мовних особливостей аудіотексту та його відповідності мовленнєвому досвіду і знанням учнів; 3) від умов сприймання аудіо тексту. Значну роль відіграють такі індивідуальні особливості слухача як кмітливість, уміння слухати і швидко реагувати на сигнали усної мовленнєвої комунікації (паузи, логічні наголоси, риторичні запитання, фрази зв'язку тощо), вміння переключатися з однієї розумової операції на іншу, швидко схоплювати тему повідомлення, співвідносити її з широким контекстом. Для розуміння при сприйманні на слух велике значення має - композиційно-смислова структура аудіотекстів, - спосіб викладу думок в ни, - міжфразові зв'язки. Особливо складним для сприймання на слух є діалогічне мовлення (у порівнянні з монологічним) через необхідність диференціювати мовленнєвих партнерів і додатково виконувати аналітико-синтетичні дії. Проте надавати перевагу аудіюванню однієї з форм мовлення недоцільно. Важливо вчити студентів сприймати обидві форми говоріння.

Процес формування умінь аудіювання передбачає такі три види: 1. Аудіювання під час введення нового матеріалу, коли особливо інтенсивно формуються звукові образи нових мовних елементів. У цій програмі значна увага приділяється не тільки розумінню почутого, а й усвідомленому сприйманню фонетико-акустичних особливостей цих мовних одиниць. 2. Аудіювання як елемент діалогічного мовлення. Цей вид є попутним у плані формування умінь говоріння і фактично обумовлений необхідністю тому, що без аудіювання не буває спілкування. 3. Аудіювання як спеціальна різновидність іншомовних вправ, тобто як спеціальна програма. Йдеться про слухання мовлення вчителя або диктора, яке включає як діалоги різних осіб, так і монологічні єдності.

Навчання аудіювання проходить через наступні етапи: I. Дотекстовий: а) антиципація; б) предикція; в) комунікативне завдання. II. Текстовий: а) представлення аудіотексту; б) перевірка розуміння. III. Післетекстовий: а) розвиток комунікативних умінь; б) творчі вправи і завдання.

УДК 811.111

Valentyna Kuzmenko

senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

EFFECTIVE LISTENING SKILLS IN PROFESSIONAL COMMUNICATION

For truly effective communication, business people must hone their listening skills to ensure they fully understand the whole message: not just the content, but the motivation behind what's being said, the circumstances around which they're conversing, even what gets left out of the conversation. Colleagues must listen with ears and eyes, picking up on voice tone and physical cues to take in the whole message.

Hearing. Quite literally, you can't listen if you can't receive audible input. To make it easy to hear, find a place with no interruptions or background noise – space that may be difficult to find on an assembly line or sales floor. Reduce background noise, phone calls, pinging email notices or any other stimuli that might tempt you to multi-task. Stop work, look at the colleague and focus on what he is saying.

Attending. With physical distractions minimized, concentrate on the speaker, filtering out extraneous ideas. Wait until the coworker has finished a thought, allowing for pauses between sentences. Even if you agree with what she says, interrupting the thought can distract her or make her

feel too uncomfortable to flesh out the thought further. Important facts or ideas go off-course this way, sometimes permanently.

Understanding. Once you take in the message, follow up to ensure comprehension. Ask questions to clarify parts you feel unsure about, preferably by repeating the particular point that is an issue and asking your colleague to elaborate or even rephrase until you gain clarity.

Responding. Throughout the conversation, but particularly toward the end, provide feedback. Maintain eye contact, with the body squarely facing the speaker, and nod or give encouragement with “yes” or “I see.” Then recap or paraphrase key points, summarizing in your own words what you heard and giving the speaker time to confirm or correct these summaries.

Remembering. The most important way to make the speaker feel confident that he has been heard is to remember the conversation. During the conversation, write down points or phrases to jog your memory later. These notes can include nonverbal cues, like “seemed very agitated” or “was enthusiastic” to help recall the intensity or tone of the message. Look for specifics to act on, then get back to your coworker and show how these actions made a difference. This reinforces confidence and trust that you really do listen, and encourages colleagues to speak up more often.

Repeating the Message. Another listening technique that is very useful is distilling what you just heard and repeating it back to the speaker in short form to clarify your understanding of the message. Preface this with “So, what you are saying is...” and recap what he just told you. This truly shows that you were listening and paying attention. It also signifies that you care about the message the speaker is trying to impart and that you want to make sure you heard them correctly.

Ask questions to ensure you understand the message. Don’t jump to conclusions - allow the speaker to deliver the whole communication before you respond. Reflect the speaker’s message back to him at appropriate points during the conversation by summarizing, clarifying or expanding on a critical piece of the message. Sentences such as “So you’re saying that ...” or “I understand you want to ...” confirm you have heard and processed what the speaker has said. Practice reflecting with a trusted colleague to become more comfortable with the technique and avoid sounding forced and insincere.

Continue listening as the speaker responds to your questions or comments. A conversation with an employee might involve asking questions to get additional information. As you ask careful questions, you gain understanding, which can enable you to offer advice, if appropriate. A conversation with an unhappy customer may include paraphrasing what you think you understand so you can help solve a problem. When you paraphrase what the customer stated, you help the customer feel validated and understood. This often diffuses a situation.

REAL LIFE LISTENING SKILLS YOUR STUDENTS NEED AND HOW TO IMPROVE THEM

Whether it is in their first language or second, people are constantly hearing and processing language. But what exactly do we do when we process it? And what do we do to teach our students to listen?

What we need to understand is that teaching listening skills presents a series of challenges as it is the most complicated task to tackle, hard to understand, teach and assess. And we often, being English teachers, know how to listen. But not many of us have taken listening classes. How then do we teach listening when we have never had a listening class of our own and have no model to follow?

We do listen in English, but those skills come instinctually. Therefore here are a few real life listening skills which are the keys our students need to learn to help them understand what they hear every day. Firstly, they need to define what they hear. Is it a lecture, a conversation, an argument, or a small talk? In other words, the type of speech determines what listening skills they will need to engage.

Once they know what they are listening to, they need to figure out what exactly they are hearing. Students should focus on phrases, patterns of speech, and ideas. It is a good idea to encourage them to make notes in English rather than translate what they hear. When students understand and remember chunks of language or ideas, their comprehension increases.

When students know what type of speech they hear and understand the message, they should try and guess what is coming next whether it is a lecture, a conversation, or a negotiation. When they can make mental predictions, they will be better able to understand and process the language that is to come.

Another thing that can help students in improving their listening skills is their previous knowledge. They need to remember what they already know about the subject matter of the piece of information they are listening to and make connections. If it is possible, get your students thinking about the subject before the listening exercise with discussion questions or a chart. In real life, however, your students will not always get a heads up on a conversational topic.

Another real life listening skill is deciding what the speaker means. Sometimes meaning goes deeper than the words that are said. Sometimes a speaker's meaning is implied, that is, the speaker means something deeper

than the words on the surface. Students need to be able to determine the intended meaning of the speakers and decide whether words are used literally or figuratively.

Once students acquire these listening skills, they will begin to enjoy listening more as they can comprehend better. But real life listening skills taught in class are not always authentic which often leads to a few issues that students need to handle. Among them are intonation, the rate of speech, pronunciation. Differences in syntax may cause another problem. In authentic speech, speakers more often speak in incomplete sentences and lengthy, sometimes ungrammatical sentences. There are also vocabulary differences between fabricated and authentic listening texts. And, finally, the background noise is often absent in classroom listening tasks while we are distracted by ambient noises all the time in real life.

So, our next task is to help our students improve their listening skills and get them to listen and understand everyday authentic English. Here are a few ways to achieve this. If there is such an opportunity and you can invite a guest speaker, it will be of benefit to your students. They might find it difficult to communicate with the person at first, but if you ask your guest to discuss the topic you are teaching at the moment, the students will be ready to talk and they will appreciate the chance to communicate with an English-speaking person. It is not always easy to find an English-speaking person in the neighbourhood, so your guest speaker could be a colleague of yours, which might also do the trick.

Other sources for real life listening practice include TV commercial, weather reports, movies and television, radio, audio books, YouTube videos, video lectures, webinars, recorded conversations, etc. There are always lots of ways to practice and improve one's listening skills. However, the main message is that perfection lies in regular and persistent practice.

УДК 372.881.111.1

Суворова Т.М.

старш. викл. НУ "Запорізька політехніка"

ВИКОРИСТАННЯ ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ НА ЗАНЯТТІ З ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ІНТЕНСІФІКАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Вивчення сучасного стану підготовки фахівців у ВНЗ України свідчить про недостатнє володіння випускниками технічних ВНЗ навичками професійного спілкування та навичками роботи з технічною документацією іноземною мовою і недостатнє використання іннова-

ційних технологій у процесі іншомовної професійної підготовки, які б стимулювали активність студентів і були б спрямовані на розвиток ключових компетенцій, необхідних сучасному фахівцю.

Однією з таких технологій є використання автентичних відеоматеріалів на заняттях. Багатий автентичний матеріал, реальні ситуації спілкування дають можливість зробити процес вивчення іноземної мови цікавим, природним та невимушеним, оскільки забезпечується наочність для створення реальних і уявних ситуацій спілкування під час навчання, що призводить до інтенсифікації іншомовного спілкування та оптимізації всього навчального процесу.

Мета статті полягає в обґрунтуванні вибору завдань на кожному з етапів роботи з відеоматеріалом на занятті з іноземної мови професійного спрямування. Іншомовне професійне спілкування вимагає оволодіння студентами такими вміннями: суто комунікативними, вміннями говоріння, сприйняття на слух, читання, письма, які дозволяють одержувати відповідну іншомовну інформацію на професійні теми з подальшим її використанням для професійного самовдосконалення, компетентно висловлювати свою думку в ході вербальної і невербальної взаємодії з іншими суб'єктами в процесі професійної діяльності.

Заняття із застосуванням автентичних відеоматеріалів складається з таких традиційних етапів: підготовка до відео перегляду (підготовчий етап), власне перегляд і завдання на перевірку розуміння почутого (демонстраційний етап) та виконання завдань після перегляду з їх подальшим обговоренням (постдемонстраційний етап). Кожен етап має свою типологію вправ, хоча деякі вправи можуть повторюватись на різних етапах.

Підготовчий етап – це етап психологічної підготовки студентів до сприйняття мови. Основні цілі підготовчого етапу: мотивація студентів, зняття можливих мовних труднощів сприйняття тексту і розуміння його змісту. Відомо, що багато студентів бояться аудіювання, оскільки їх дуже бентежить факт нерозуміння прослуханого. На цьому етапі вводяться нові лексичні одиниці, перевіряється розуміння вивченого раніше лексичного та граматичного матеріалу, аналізуються незнайомі автентичні розмовні формули для подальшого сприйняття форми і змісту відеофільму. Серед завдань, які доречно використовувати на цьому етапі можна зазначити такі: 1) ознайомлення студентів із новою лексикою та зняття мовних труднощів; 2) закріплення нової лексики з теми відеоматеріалу; 3) актуалізацію лексики з теми відеоматеріалу; 4) передбачення змісту відео сюжету. Проте важливо, щоб на цьому етапі викладач лише підготував студентів до перегляду, а не розкрив весь зміст відеоматеріалу, оскільки в такому випадку може спостерігатися зниження інтересу до перегляду.

Мета демонстраційного етапу - формування навичок аудіювання, розвиток механізмів аудіювання, забезпечення подальшого розвитку мовної, мовленнєвої та соціокультурної компетенції студентів. Перший перегляд здійснюється для отримання загального уявлення, а другий перегляд(при потребі, з зупинками)- для отримання детальнішої інформації. Контроль за виконанням завдань демонстраційного етапу здійснюється одразу по їх завершенні. Виконання завдань на цьому етапі сприятиме кращому розумінню побаченого та розвитку комунікативних вмінь студентів.

Постдемонстраційний етап спрямований на обговорення теми та розвиток навичок монологічного та діалогічного мовлення і навичок письма. Доречно запропонувати написати переказ чи твір за змістом сюжету, скласти діалог між героями відеосюжету, провести дискусію чи дебати, організувати рольову гру, в основу якої покладено сюжет або ситуацію з відеоматеріалу, переписати певну сцену з фільму, знайти додаткову інформацію з теми відеоматеріалу, написати огляд фільму, роздум на тему переглянутого відеосюжету тощо. Вправи, що виконуються після перегляду, розраховані не лише на активізацію мовного матеріалу за допомогою вправ на закріплення, але й на розширення змісту матеріалу. На цьому етапі активізується комунікативна та творча діяльність студентів, а також розширюються знання з певної теми за фахом, зміцнюються знання з іноземної мови, закріплюються слова шляхом їх використання для створення власного продукту.

УДК 811.111

Анпілогова Є.Д.

викл. НУ "Запорізька політехніка"

ЛІНГВІСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ДИСКУРСУ

Пізнання сучасного світу відбувається через призму технічних досягнень. Отже, виникає потреба у вивченні технічного дискурсу, який притаманний фахівцям інженерної галузі. У зв'язку з цим необхідно враховувати особливості технічного дискурсу, а саме інженерного дискурсу [1], який допоможе ефективно працювати спеціалістам у своїй сфері діяльності, а звичайним людям – успішно взаємодіяти з технологіями.

В результаті аналізу технічної літератури були виділені лінгвістичні особливості технічного дискурсу.

1. Інформативність, логічна послідовність. Перше, що слід виділити як відмінну рису технічного дискурсу, – це його інформативність,

зв'язність тексту, суворі послідовність викладу, точність. Важливо зазначити, що в технічному дискурсі використання образних засобів зведено до мінімуму.

2. Аббревіатури. Скорочення слів забезпечує швидке написання, зберігає час і простір, тобто дані передаються в стислому вигляді. Приклад аббревіатури: HRSA – head resistant super alloys (жароміцні суперсплави). Приклади мішаних аббревіатур: X-ray (X-radiation), H-bomb (hydrogen bomb). Аббревіатури-скорочення за кількома літерами: NOM – nominal, MIN – minimum, MAX – maximum, HOR або HORIZ – horizontal, ELEC – electrical, TEMP – temperature, DWG – drawing, CTR – centre. Аббревіатури-акроніми: CAD – Computer Aided Design, CAM – Computer-Aided Manufacturing, IQC – Internal Quality Control, OQC – Outgoing Quality Control. Скорочені (усічені) слова: prof замість professional, lab замість laboratory, engr замість engineer, cab замість cabin тощо. Ці короткі слова однаково використовуються в неофіційному спілкуванні чи неофіційному діловому листуванні, а також у типових документах: креслення, технологічні/маршрутні карти, посібники та ін. Досить часто в письмовому мовленні можна зустріти скорочення одиниць фізичних величин (m, km, kg, gr, t, s тощо).

3. Малюнки, таблиці, рисунки, формули, розрахунки. Ці дані зустрічаються у технічній документації і дають необхідну для фахівців інформацію.

4. Термінологія. Вона є одним із найважливіших параметрів будь-якого типу дискурсу. Технічна термінологія складається зі слів або словосполучень, що позначають поняття приладів, інструментів, механізмів, частин, робочих операцій тощо. У технічному дискурсі специфічна термінологія несе значне смислове навантаження і є досить поширеною.

5. Неологізми. Їх поява пов'язана зі швидким розвитком науки і техніки. Приклади неологізмів: to version (створити нову версію чогось), to science (розв'язати проблему, використовуючи науковий підхід); de-risk (зменшити ризик); upgrade (оновлення, модернізація програмного забезпечення, обладнання); building biology (екобудівництво); three-dimensional/2-D modeling (створення макетів на комп'ютері в тривимірному чи двовимірному просторі) тощо.

6. Мовленнєві кліше. Характерним є наявність шаблонних фраз, кліше: for the purpose of, in most cases, it is stressed that, summing it up, for a small/big amount of, with the aid of, be divided into, as a method of, include the following, be necessary to limit, an example is shown opposite/below/above, depends on, the reason for this is тощо.

7. Модальні дієслова. Використовуються в інструкціях з техніки безпеки, експлуатації, посадових інструкціях. Характерним є використання модальних дієслів *should, may, can, must, need*.

8. Пасивний стан. Ще однією особливістю технічного дискурсу є інтенсивне використання пасивного стану. Пасивний стан найчастіше зустрічається в інструкціях, посібниках, де часто виконавець дії очевидний або не такий значущий, як результат цієї дії.

9. Об'єднання синтаксичних груп. Іншою граматичною особливістю технічного дискурсу є використання слів, що походять від злиття цілих синтаксичних груп: *work-related injuries and diseases* (замість *injuries and diseases related by work*); *noise-induced hearing loss* (замість *hearing loss induced by noise*); *carbide-reinforced steel* (замість *steel reinforced by carbide*); *air-powered tools* (замість *tools powered by air*). Використання цих конструкцій акцентує увагу адресата на головній фразі, що несе основне смислове навантаження. Складні слова в інженерному дискурсі є звичайним явищем, вони допомагають зробити дискурс більш містким, не втрачаючи повноти картини.

10. Спонукальні речення. Вони використовуються в інструкціях по застосуванню, де можуть показати послідовність дій (інструкції), заборону або необхідність якоїсь дії. У них зазвичай немає теми речень, оскільки в цьому немає потреби. Такі інструкції адресовані другій особі: *keep, use, do not allow, do not change, never check, remove, do not use*. Також можливе використання інших наказових речень, до складу яких входять такі присудки: *take care, remove, replace, don't attempt, don't drop, report, turn on/off, clean*, тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Карабан, В. І.** Переклад англійської наукової і технічної літератури: 2 ч. Лексичні, термінологічні та жанрово-стилістичні труднощі [Текст] / В.І. Карабан. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 303 с.

MODERN METHODS OF WEB-SERVICES DESIGN AND DEVELOPING

Modern web-services operate according to the principles of "client-server" architecture, where the browser acts as the client, and the web-server acts as the server. The peculiarity of such approach is that the application itself is located and executed on the server - the client receives only the results of the work. The main task of the client is correct displaying of the received information, as well as sending requests and user data to the server. Transferring of the requests and results of their processing are going through the Internet.

According to the development methods, web-services are divided into two main types: single-page (SPA) and multi-page (MPA). Let's consider the differences between them.

"Single-page" services allow you to imitate the work of desktop programs, as they respond to user actions without delay. The concept of SPA is that all resources which are required for work (CSS elements, scripts, etc.) are located on one page and loaded during initialization. With such approach, there is no need to reload or load additional pages - the content is updated dynamically using JavaScript (AJAX requests).

"Multi-page" services work according to the traditional scheme. This means that when the data changes slightly or when you go to another page, the browser makes a new request to the server and re-loads all resources, even those components that are repeated on every page (header, footer, etc.). Thus, performance is wasted loading the same elements.

Summing up, we can conclude that each architecture has its advantages for certain types of projects. So, the MPA approach is well suited for those cases when you need to display a large amount of content, for example, when creating an online store, business site, catalog. However, due to the higher work speed, the SPA concept is gradually replacing the traditional approach, in which the page is reloaded after each user action.

Developing of the web-services from scratch requires a lot of work. At the same time, in most cases, you have to spend time reproducing functions that have already been performed thousands of times. Frameworks help to deal with this problem by providing a kind of skeleton for the future application and a set of additional tools designed to speed up the product creation.

When developing a web-service based on the SPA concept, which involves a clear separation of responsibilities between the external presentation (front-end) and internal implementation (back-end), you will need to choose an individual framework for both the server and client parts.

The most popular frameworks for the server side at the moment are: Django, Laravel, Ruby on Rails. For the client side: Vue.js, React, Angular.

In web-services built on the SPA architecture, the server side is limited to the backend through some API (Application Programming Interface) entry points. The client sends requests to these endpoints and the server returns a response. The most common approach of API interfaces design is REST (Representational State Transfer). It is not a standard, but it defines limitations such as statelessness, client-server communication, and a unified interface. With such approach, the body of the request and response from the server is represented as JSON object.

According to the architectural principles of the REST, there are at least 4 HTTP methods corresponding to basic operations on entities: loading data (GET), saving (POST), editing (PUT/PATCH) and deleting (DELETE). This list is also accompanied by such operations as handling errors in the request, delimiting access and validating input data.

In any web-service the database has the key role. Therefore, you should spend enough time designing its structure, especially if there is a need to work with large amounts of information. When working with relational databases, normalization mechanisms can help you with it.

Normalization consists in transformation of the data storage structure to normal forms. Normal form is a set of requirements for the structure of tables to ensure the database integrity and eliminate excessive functional dependencies. Usually, when designing a database, it is sufficient to transform it to the first three normal forms: first normal form: each table must have a primary key; each attribute should consist only of elementary (indivisible) values and not contain repeating groups (atomicity); the second normal form: data that repeatedly appear in several rows should be stored in separate tables; third normal form: data should not be stored in a table if it can be obtained from non-key fields.

DEVELOPMENT OF THE PHENOTYPING SYSTEM OF SUNFLOWER SEEDS FOR SELECTION

Phenotyping is a digital determination of an object phenotype. The object of our research was sunflower seeds. Phenotyping includes obtaining reliable information on the size and color of seeds. The development is intended for selective breeding of individual samples or plants. Special techniques have been developed to describe the phenotype of seeds. The state method of Ukraine is called "Methodology for determining homogeneity and stability (VOS)". The European method is called: "INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS (UPOV)". The European method has one gradation more. The physical dimensions of the seeds hesitate from 5 to 25 mm in length and from 3 to 7 mm in width.

The thickness of the seed is less than the width. In the description documents, there are four gradations of seed shape. The color of sunflower seeds is described using 4 or five signs with gradations. In cultivated sunflower, which is used for breeding, the general color of the seeds is quite dark, even with stripes.

The inheritance of coloration of different layers of seed fertilization was studied at the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences of Ukraine. As a result, a collection was created, which is divided into 12 groups by color. Breeders need to evaluate individual seeds and individual plants by size and color and make these analyzes more accurate. Our task is to create a fully automated algorithm and program for collecting a seed database with a description of its size and color.

As a research material, a part of the automatic phenotyping device of seeds developed at the IOC of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences by Aliev E. B. was used, namely a device for photographing seeds. The device is connected to a laptop and transmits information directly. Sunflower seeds from the collection of the Institute of Oil Crops also served as research material.

As a result of the work, a program was developed for the analysis of the seed image, which will be able to create a database of sizes based on the color of the seed. A photographic image of the seed from a stationary device is used. Information is transferred in the form of a table that can be pro-

cessed in the Excel program. Measurement of sizes and configuration is performed using software developed in the Python environment.

Program algorithm. We load a seed photo file into the program input using the directory = 'images' function. We turn the photo into a matrix of ones and zeros. According to the program code, we make the matrix square so that the number of rows is equal to the number of columns. We create an array in which we will store the sum of units of diagonals parallel to the main one. Similarly for the auxiliary diagonal. We carry out a consistent comparison of the amount received from the assembly of the mattress with the subsequent one. As a result, we are going to get the maximum value of the diagonal. The obtained maximum among diagonals is the parameters of the length and width of the seed. The thickness is measured by the second photo, in which the seed is on the rib. This is how data is processed for one seed or for counting the number of pixels of the pattern. We can use it to convert dimensions from the number of pixels to metric dimensions, such as millimeters.

The next step of work was to determine the color of the seeds. To do this, we add the function of to determine colors and output their general table in Excel format to the program. The result of the work is a table that can be opened in the Excel program.

УДК 621

Tetiana Matiukhina¹, Svitlana Voitenko²

¹ PhD student, PTM Dpt., NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

² senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

OVERVIEW OF MODERN SHEET METAL STAMPING TECHNOLOGIES

At the current stage of development of the machine-building industry, the share of large-scale and mass production is gradually decreasing. As a rule, consumers demand a greater variety of goods with a small batch production. Under such conditions, the competitiveness of production will be determined by the ability to launch new products in the shortest possible time at the lowest cost.

In one-off and small batch production, when manufacturing axially symmetrical parts and semi-finished products without thinning, roller rolling or rotary drawing is traditionally used with universal or special pressing equipment. However, the use of rotary methods is limited by the need for expensive power tracking hydraulic drives, electro-hydraulic copying devices and numerical control systems, or the involvement of highly skilled la-

bour when using universal equipment. With the increase in series production, the traditional multi-stage die drawing becomes more efficient.

It is possible to increase the efficiency of the technology of obtaining parts by stamping (especially in serial production) only by optimization, that is, by forming the product with the minimum possible number of main and auxiliary operations using the most simple in design stamping equipment and universal press equipment.

That is why the authors of propose to use computer modelling programmes for axisymmetric stretching processes in the DEFORM environment to predict the loss of stability of a thin sheet billet during deformation. According to the results of the study, it was found that modelling the process of pulling a thin sheet in the DEFORM 3D environment allows visualising the process of corrugation formation with a high degree of probability and thus predicting the loss of stability of the workpiece in real deformation processes, provided that deformation occurs with a relatively simple geometry of the initial workpiece and deforming tool.

Under more complicated deformation conditions, the results of a full-scale experiment and computer modelling may differ. This somewhat complicates the prediction of corrugation formation, but the problem is solved by an extended analysis of the stress-strain state and behaviour of the billet metal in the deformation zone. The appearance of areas in the workpiece where there is an unpredictable and uncontrolled loss of contact between the workpiece material and the deforming tool or areas with significant unevenness in the speed of movement of the workpiece points clearly indicates problem areas with an increased probability of corrugation formation in the actual drawing process. The use of computer modelling programmes can help to improve production efficiency.

In addition to the use of modelling programmes in modern conditions to increase productivity and reduce labour intensity and cost, elements of stamping equipment made of polyurethane are used. The authors of conducted a number of studies and found that polyurethane can be used to manufacture moulding tools, individual parts of the units for pushing finished products out of moulding cavities and units for pressing the workpiece during extraction, as well as damping devices to compensate for impulse loads. Equipment that uses an elastic medium is often ten times cheaper than special or universal rigid dies. Replacing the rigid metal parts of the dies with elastic polyurethanes has provided a number of advantages of the new polyurethane stamping process, but also revealed its disadvantages. The main disadvantage is a significant increase in the stamping force due to the need to deform both the workpiece and the polyurethane itself. The paper points out that polyurethane stretching of parts of complex configurations requires a force that is almost an order of magnitude higher than the stretching force

in rigid dies. The equipment produced for polyurethane stamping is designed for a rated force that is at least three times higher than the deformation force of the same range of parts in rigid dies.

The use of the pneumatic impact method of stamping with moving media is also relevant for sheet metal stamping production, according to the authors of . The advantages of this method are environmental friendliness, safety, wide technological capabilities, low energy and material costs, high versatility and mobility. The authors also drew attention to the degree of influence of manufacturing errors on the accuracy parameters of stamped parts.

Production errors are inherently random variables, subject to the general laws of probability theory and mathematical statistics, which is why the study of production errors should be carried out using statistical methods of analysing experimental data, with the following stages of research: identifying the impact of the main factors (geometric dimensions of parts, shape, material thickness, tool wear) on the accuracy of the process.

The authors of drew attention to magnetic-elasto-pulse stamping, which makes it possible to produce parts on magnetic-pulse machines regardless of the conductivity of the workpiece material. This is a modern method. High-speed pulse action leads to a new quality in the behaviour of the metal being processed. This new quality is called hyperplasticity. The practical use of the hyperplasticity effect makes it possible to deform without breaking and to stamp products that are impossible to produce using known methods.

Thus, in the modern world, the use of sheet metal stamping technologies remains important and is developing through the use of new technologies, equipment and materials. Modelling software is becoming more widely used.

УДК 327

Emil Bekdamyrov¹, Svitlana Voitenko²

¹PhD student, GLPS Dpt., NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

²senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

OPTIMUM PROVISION OF NATIONAL INTERESTS OF STATES THROUGH SANCTIONS POLICY

Russia's unprovoked military aggression against Ukraine back in 2014 with the subsequent occupation and annexation of the Crimean peninsula, subversive and subversive activities of Russian special services in the south-east of Ukraine confirm the relevance of the study.

The policy of sanctions is an instrument of influence on countries whose military deterrence threatens to turn into a world war with the use of weapons of mass effect. The choice by the United States and EU member states of a policy of sanctions to curb the aggression of the Russian Federation against Ukraine and de-escalate the Ukrainian crisis as a whole convincingly proves the expediency of conducting a comprehensive study of the mechanism of the application of sanctions policy.

Optimum provision of the national interests of states through the policy of sanctions is determined by the following circumstances: broad international political support for sanctions by major powers at all stages of their implementation, which is ensured by the coincidence of their national interests in the target country; foreign policy involvement of the states of the target country's geopolitical environment in the implementation of sanctions measures; the formed regulatory and legal framework, which defines the principles and regulates the specifics of the implementation of the policy of sanctions against the target state; institutional support for the implementation of sanction measures; export-import dependence of the target country on the sanctioning state, which is often ensured by previous positive political relations between the sanctioning country and the target state; the moderation of political goals pursued by the policy of sanctions, which are in the realm of adjusting the foreign policy activity of the target country, but are not directly aimed at changing the political regime in the target state; the presence of formed political forces/opposition in the target country, which are foreign-policy-oriented towards the state implementing the sanctions policy, demonstrate readiness to meet its goals in the presence of mechanisms of public influence on political decision-making.

Ways to optimize the use of sanctions policy in modern international realities can be the intensification of cooperation between international institutions and states during the implementation of sanctions measures through the formation of appropriate coordinating institutional mechanisms; development of the concept of information support for the implementation of the sanctions policy in accordance with the target country; final rejection of the concept of comprehensive sanctions in favor of the application of the doctrine of targeted sanctions; involvement of highly qualified specialists in the development of sanctions policy on an ongoing basis.

EXPLORING THE POSSIBILITIES AND CHALLENGES OF INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO CONSTRUCTION

Despite the fact that construction is a major sector of the global economy, the pace of its development lags behind other sectors, as the total economic output per employee remains at the same level. The urgency of the problem stems from the fact that the construction industry is one of the most under-digitalized in the world and is slow to integrate innovative technologies.

Of course, integrating new technology is a difficult task, but it can be simplified by using machine learning and artificial intelligence, which will help create efficient workforces and save money on their training. Artificial intelligence solutions that have proven effective in other industries are beginning to show themselves in the construction process.

Artificial intelligence (AI) is a general term for factors where a machine imitates human cognitive functions, such as problem solving, key factor recognition, learning, etc. It has the ability to process a large amount of input data in a short period of time, which indicates the potential for use in construction production. Let's analyze the main advantages of using AI in construction:

1. Optimization of the building design process. Information modeling of buildings and structures is based on a 3D model, which allows construction and civil engineering professionals to increase the efficiency of design and manage the process. In order to plan and design construction, 3D models must take into account architectural plans, structural features, engineering systems, and the sequence of workflows. The challenge is to ensure that different models do not conflict with each other. The industry should use machine learning in the form of generative design to identify and eliminate conflicts between different models that are likely to be created by different organizations during the planning stages to minimize rework.

2. Risk reduction. The risk of each construction project manifests itself in many forms: quality, safety, and excessive time and money costs. Large projects can be the riskiest because a large number of contractors interact at construction sites. Today, there are artificial intelligence solutions that general contractors can use to monitor and prioritize risks during the workflow.

AI is used to automatically prioritize and make a value judgment, so that construction managers can work together to minimize risk.

3. Prevent unnecessary spending. It is known that most projects go beyond their budget, even though they have the best "players" among the contractors. Artificial neural networks are used in construction to make predictions about cost overruns based on the following factors: project size, project managers' competence, workers' qualifications, and contract type. In addition, AI allows workers to familiarize themselves with real-time training materials related to a particular project. This reduces the time required to attract new resources.

4. Solving the problem with labor force. Construction companies can increase their productivity by analyzing data in real time. Machine learning and AI allow for better planning of the distribution of personnel and equipment between jobs. Project managers will be able to instantly assess the progress of work and the location of machinery. This means that it will be possible to immediately decide where there is a need to hire additional labor, which will eliminate the possibility of falling behind schedule. Construction works will increase their level of autonomy.

The problem lies in the fact that, along with a conservative view of innovation, artificial intelligence in construction has too little data to work properly, so there is a lack of materials to support the machine's deep learning process. Creating such "safe databases" requires a lot of time and money, at least for the AI to be able to analyze photos and learn to distinguish between "damage" and "no damage." There is also no possibility of conducting research on generative design (in terms of visuals). For civil engineers, this topic is unlikely to remain relevant due to the need to manually check some of the results of structural calculations.

The biggest obstacle to integration remains the low level of readiness of the construction industry to fully utilize digital technologies. The lack of an understandable interface and a certain degree of transparency in the entire planning and production chain is impossible to achieve with digital tools alone.

Thus, the involvement of artificial intelligence in the construction industry can bring significant benefits to construction companies, reducing costs and the number of problems related to human resources policy, risks, and process optimization. However, these benefits become available only after a number of problematic issues are resolved.

IMPROVEMENT FEATURES OF ACTIVE SOUND REDUCTION

An active sound reduction system (ASR) improved effectiveness due to the consideration of the difference in propagation velocities between acoustic and electric signals. This system has increased speed due to improved synchronization of the reduction signal with the sound source.

Further improvement of the active sound reduction method is possible by taking into account the acoustic characteristics of the room. If all the significant technical channels of acoustic information leakage are considered, as well as the acoustic characteristics of the room between the point of the sound source being reduced (speaker) and the points of acoustic information leakage channels at the boundaries of the controlled zone: time-based (time of acoustic wave propagation); amplitude-frequency characteristics (AFC) and phase-frequency characteristics (PFC); reverberation-based (reflection of sound waves from obstacles, echoes, etc.).

This makes it possible to dispense with the use of additional microphones near each channel of speech information leakage. This simplifies the hardware part of the system and the installation process. The above characteristics for each specific room can be taken in advance and entered into electronic control units, which will generate suppression signals. With this approach to protecting acoustic information, the following advantages can be achieved:

1. Each unit is prepared in advance to convert the electrical signal received from the microphone in order to produce the most effective suppression signal without significant time delays. This is provided by the action algorithm (program) entered in advance in the processor.

2. In such a system, only sounds that exist near the main microphone (acoustic information that needs to be protected) will be suppressed, without disrupting the rest of the non-critical part of the sound "picture" (ambient noise both within and beyond the controlled area). In addition, these ambient sounds will also complicate the task of capturing hidden information by intruders.

3. Since the natural sound background is not disturbed, the fact and location of the conversation will be disguised. Intruders will hear only natural sounds of the surrounding environment outside the controlled area. In other similar systems, ideally, there would be absolute silence. This would indicate the presence of secret conversations to some extent.

4. The system resources will not be wasted on suppressing these "extra" (non-relevant) sounds, which will allow the processor to be unloaded from unnecessary work, thus potentially increasing its speed and reliability (less heat generated).

5. The requirements for the maximum power of acoustic transducers can also be reduced since the sound vibrations that need to be suppressed at the boundaries of the controlled zone are often much lower in power (volume) than the extraneous sounds that other systems suppress unnecessarily. This reduces the cost of such hardware kits and reduces their weight and size. As a result, sound transducers (speakers) will have smaller dimensions and can be placed in information leakage channels (air ducts, conditioning systems, etc.) with smaller dimensions.

6. As a result of the above, power consumption will decrease. This property becomes particularly important when powering such systems from an autonomous energy source with limited energy resources (batteries, accumulators, etc.).

7. Since the system will only react to the speaker's speech (as stated in point 2 of this list), which naturally has pauses between words and phrases, the advantages mentioned in points 4-6 of this list will be more evident. During such pauses, the system "rests".

The procedure for setting up the system can be simplified by using automatic tuning with test signals.

УДК 654

Andrii Dorosh¹, Svitlana Grushko², Svitlana Voitenko³

¹PhD student, CST Dpt., NU "Zaporizhzhia polytechnic"

²PhD (Technical), associate professor NU "Zaporizhzhia polytechnic"

³senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS FOR MANAGING COMMUNICATION CHANNELS OF AN INTELLIGENT AGENT IN A COMPLEX TELECOMMUNICATION NETWORK

With the development of telecommunications technologies, the increase in speed and volume of information transmission, and the emergence of resource-intensive network applications, the management of data transmission networks has become an important issue. In the case of communication networks, management is reduced to processes of monitoring and controlling the state of nodes, lines, and interactions between nodes.

In modern technologies and hardware implementation of communication networks, multi-agent systems are widely used as distributed (decentral-

ized) management systems. The basic element of this system is a managing agent (MA) which is responsible for a certain area of the network and exchanges service information with the nearest agents. The MA can be built on the basis of an intelligent network device, such as a managed switch, router, or server with specialized software that contains algorithms for managing the network area for which the agent is responsible.

Cameras with a wide dynamic range, which are capable of recognizing necessary objects in poor lighting conditions, are becoming increasingly widespread when building telecommunications systems. If a DSP processor is used as a camera data processing device, then the problem arises that the bandwidth of the DSP processor is insufficient for processing signals from cameras with a wide dynamic range. In addition, these devices do not provide additional video surveillance functions, such as video analytics.

The solution to this problem may be the use of programmable logic integrated circuits (PLCs), which have sufficient bandwidth to be used as a coprocessor for performing image processing from the video signal sensor and transmitting video streams to the DSP processor for video encoding, for example, in H.264 format, as well as implementing communication channel control algorithms. For example, Intel FPGA PLCs allow adapting the camera to different image sensors and specific interfaces. In addition, as analog cameras are replaced by intelligent IP cameras and video analytics processes are improved based on deep learning algorithms, PLCs are becoming increasingly in demand in such systems. The Cyclone and Arria PLC families are capable of parallel processing large volumes of data, and they can be used as a video processing accelerator on the edge computing platform for video data analysis.

A decentralized telecommunications network management system based on managing agents has been chosen for research. This paper considers the implementation of MA algorithms, which are designed to select the optimal channel or set of channels with minimal bandwidth and cost for transmitting the output information flow in a decentralized agent-based management system. The entire control algorithm can be divided into two components: the bandwidth determination algorithm that belongs to the communication channel agent, and the algorithm for selecting the appropriate transmission paths for information based on QoS criteria.

As known from node power consumption analyses, for example, in a wireless sensor network, the main part of the power source's energy is spent by the node on receiving and transmitting data, rather than processing it. Creating a buffer of collected information is a justified solution from the point of view of reducing the energy consumption of the telecommunications system node.

After analyzing the advantages and disadvantages of possible hardware implementations of the aforementioned management algorithms, the authors propose the implementation of a system of controlling algorithms and a buffer of received information on a programmable logic microchip, which will help increase the speed of information processing through process parallelization, reduce the energy consumption of network nodes by using a buffer, and reduce the number and length of connections in the scheme by using a single microchip.

УДК 003.26

Yehor Ponomarenko¹, Anna Nelasa², Svitlana Voitenko³

¹student, CST Dpt., NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

² PhD (Technical), associate professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

³senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

"HYPERELLIPTIC CURVES ISOGENIES IN CRYPTOGRAPHY"

Isogenies between hyperelliptic curves have recently emerged as a powerful tool in cryptography, enabling new and efficient constructions of cryptographic primitives. This paper presents a review of the underlying mathematical theory and the recent advancements in the practical use of hyperelliptic curve isogenies in cryptography.

Hyperelliptic curve isogenies are mappings between two hyperelliptic curves that preserve certain algebraic structures, such as the group structure. Isogenies can be used in cryptography for various purposes, including key exchange, digital signatures, and hash functions.

The computation of hyperelliptic curve isogenies involves several steps. The following is a brief overview of the process:

Given two hyperelliptic curves E and E' , the first step is to choose a rational function ϕ that defines the isogeny between E and E' . The function ϕ should satisfy certain properties, including being a group homomorphism.

The next step is to compute the kernel of the isogeny. The kernel is the set of points on E that map to the identity element on E' . The kernel can be computed by solving a system of polynomial equations that involve the coefficients of the defining equation of E and the function ϕ .

Once the kernel is computed, the isogeny can be defined explicitly. The points on E that do not belong to the kernel can be mapped to their image on E' using the function ϕ . The points in the kernel can be mapped to the identity element on E' .

The final step is to compute the degree of the isogeny. The degree is a measure of the size of the isogeny and is defined as the number of points in

the kernel. The degree can be computed by counting the number of solutions to the system of polynomial equations used to compute the kernel.

The computation of hyperelliptic curve isogenies can be computationally intensive, especially for large degrees. However, there are algorithms that have been developed to speed up the computation, such as the Schoof-Elkies-Atkin algorithm and the SEA (Schoof-Elkies-Atkin) algorithm. These algorithms use techniques from algebraic geometry and number theory to compute the isogenies efficiently.

Overall, this paper provides a comprehensive overview of the use of hyperelliptic curve isogenies in cryptography, from the underlying mathematical theory to the practical implementations. It is intended for researchers and practitioners interested in the field of post-quantum cryptography and its applications.

УДК 621.74.045:669.24:21.981

Olena Naumyk¹, Svitlana Voitenko²

¹PhD student, MTFP Dpt., NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

²senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

IMPROVEMENT OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE RESPONSIBLE CASTINGS FROM HEAT-RESISTANT NICKEL ALLOYS USING THE HOT ISOSTATIC PRESSING METHOD

Responsible cast parts of aviation and power engineering power units are made of heat-resistant nickel alloys by methods of equiaxial and directional crystallization. As is known, all types of casting are characterized by the presence of such defects as the micropores and other structural imperfections, liquation, inconsistency of the phase composition, which significantly affects the reliability, physical-mechanical, heat-resistant and operational properties of the finished products.

One of the effective methods of correcting casting defects in responsible castings, and therefore improving the structure and increasing the level of properties, is hot isostatic pressing (HIP). The essence of this process is the comprehensive compression of castings in a special liquid or gas environment at high temperatures. For the process the highest possible temperature of the castings is chosen in order to prevent melting of the material structure.

In the process of HIP, the cavities internal surfaces are first brought into contact by the mechanisms of creep and plastic deformation, and then

connect by diffusion welding. At the same time, barometric processing does not remove defects connected to the surface of the casting.

A number of studies were conducted on the basis of JSC "Motor Sich", which revealed the peculiarities of the structure and properties of turbine blades made of highly alloyed foundry heat-resistant alloys, obtained in the process of both equiaxial and directional crystallization, after conducting HIP.

We studied the material quality of working blades and samples cast from the heat-resistant nickel alloy ZhS3DK-VI of various experimental variants that underwent the HIP operation and heat treatment according to the standard regime. Thus, the structure and properties of castings obtained with 50% returns in the charge (after preliminary remelting) as well as alloy modified with nickel-yttrium ligature and ultradispersed titanium carbonitride powders were studied.

It was established that in the process of hot isostatic pressing of the experimental castings at a temperature of 1210 °C and a pressure of 160 MPa, micropores and loose particles that do not reach the surface of the parts (located in the internal volumes of the metal) heal. Micropores are practically absent in the structure of the studied turbines working blades and cast samples after HIP, which contributes to the stabilization of the structure and properties of the material. The size of the single micropores detected after HIP is more than 40 times smaller compared to the pores found in the castings before the HIP operation.

Thus, the conducted research shows the positive influence of hot isostatic pressing (HIP) and standard heat treatment on the structure, physical-mechanical and operational properties of responsible cast products from heat-resistant nickel alloys for aviation and energy power plants.

УДК 65.01

Kyrylo Usenko¹, Iryna Teslenok², Svitlana Voitenko³

¹ PhD student, Management Dpt., NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

² PhD (Economics), associate professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

³senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

IMPACT OF TURBULANT ENVIRONMENT ON INNOVATIVE PROJECTS

In today's fast-paced business environment, innovation has become a key driver of organizational success. However, the ability to innovate can be significantly affected by the turbulent environment in which organizations operate. This thesis aims to explore the impact of a turbulent environment on

innovative projects, specifically focusing on the relationship between environmental factors and innovation performance.

To achieve this objective, a mixed-methods approach will be employed, combining both qualitative and quantitative data collection techniques. The study will start with an extensive literature review to identify the relevant theoretical frameworks and empirical studies related to the impact of environmental factors on innovation. Then, a survey questionnaire will be developed and administered to a sample of firms operating in various industries to collect quantitative data on the level of environmental turbulence, innovation capability, and performance.

Furthermore, to provide a deeper understanding of the relationship between environmental factors and innovation performance, semi-structured interviews will be conducted with key informants within these firms. The interview data will be analyzed using a thematic analysis technique to identify the themes and patterns that emerge from the data.

The findings of this study are expected to contribute to the existing body of knowledge by providing insights into the complex relationship between environmental factors and innovation performance. The study will also help organizations to better understand the impact of environmental turbulence on innovative projects and provide practical recommendations on how to manage such projects in a turbulent environment.

Overall, this research will shed light on the factors that facilitate or hinder innovation in a turbulent environment and provide valuable insights for firms looking to improve their innovation performance in such environments.

УДК 159.9

Yana Vikhliaieva¹, Svitlana Voitenko²

¹PhD student, SW Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

USE OF ART THERAPY METHODS IN FAMILY COUNSELING

Art therapy is one of the softest and at the same time profound methods in the arsenal of psychologists. By drawing, sculpting or describing their problem or mood in literary form, customers receive a coded message from themselves, from their own subconscious. Shape, color, size and many other characteristics of creative products can reveal real, deep desires, fears, hopes, true attitude towards someone or something. In addition to giving the customers the opportunity to understand themselves, art therapy can help change something in life in the direction of harmonization, development of deep self-confidence, and increased flexibility of thinking and perception.

Art therapy is a specialized form of psychotherapy based on art, primarily on visual and creative activities. The main goal of art therapy is to harmonize personality development through the development of self-expression and self-knowledge. The most important technique of art therapeutic interaction is the technique of active imagination, aimed at bringing the conscious and unconscious face to face and reconciling them with each other through effective interaction. Art therapy can be used both as the main method and as one of the auxiliary methods.

In foreign psychotherapy, there are four main directions in the application of art therapy:- use for correction of an already existing work of art through analysis and interpretation (passive art therapy);- encouragement of participants to independent creativity, while the creative act is considered as the main corrective factor (active art therapy);- simultaneous use of the first and second principles;- emphasizing the role of the psychotherapist himself, his relationship with the participant in the process of teaching his creativity.

Advantages of art therapy in family counseling:- creates a positive emotional mood during the consultation process;- facilitates the process of communication with family members, promotes the creation of relationships of mutual acceptance, empathy;- strengthens the child's cultural identity;- allows you to address those real problems or fantasies that for some reason are difficult to discuss verbally;- gives an opportunity on a symbolic level to experiment with different feelings, explore and express them in a socially acceptable form;- develops a sense of internal control;- create conditions for experimentation with kinesthetic and visual sensations, stimulate the development of sensor motor skills;- promotes creative self-expression, development of imagination, aesthetic experience;- increases a person's adaptability to everyday life;- reduces fatigue, negative emotional states and their manifestations;- effective in correcting various deviations and violations of personal development, relying on the healthy potential of the individual, internal mechanisms of self-regulation and healing;- allows you to build a relationship with the child based on love and mutual affection and thereby compensate for their possible absence from the parental home.

Modern art therapy has no limitations and contraindications, it is always resourceful and ecological in terms of its application. Today it is successfully used in family counseling. The method of art therapy is based on the conviction that the inner "I" of a person is transformed into visual materialized symbolic images or specific constructs of artistic creativity whenever it is spontaneous, especially without thinking about what should be the final result, paints pictures, draws, sculpts, creates sculpture, etc. There is an opinion that the images of artistic creativity reflect the content of subconscious processes, including internal conflicts, fears, obsessive thoughts, childhood memories, dreams, etc.

Art therapy is a means of free self-expression and self-discovery. Artistic creativity helps to understand and evaluate one's feelings, memories, images of the future, to find time to restore vitality and a way to communicate with oneself. Relying on symbolism and one's own creative potential, a person is able to achieve self-healing

УДК 693

Volodimir Voloshin¹, Svitlana Voitenko²

¹PhD student, CCE Dpt., NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

THE IMPORTANCE AND ALGORITHM OF THE CONSTRUCTING BOMB SHELTERS IN UKRAINE

Unfortunately, in certain situations today, people require special protection from environmental factors. Safety and protection from weapons of mass destruction have become highly relevant topics nowadays. That is why protective structures are being built. These engineering constructions are designed to provide temporary shelter and protection for people, equipment, and property from dangers that may arise as a result of emergencies in peacetime or from the impact of weapons of destruction during special periods.

When constructing underground facilities, the partial loss of the walls' and floors' load-bearing capacity during operation should be taken into account when making decisions regarding their reconstruction. Therefore, during the design phase, reinforced load-bearing elements of the building structures should be considered as a promising direction.

УДК 364-41

Oleksii Vialkin¹, Svitlana Voitenko²

¹PhD student, SW Dpt., NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²senior teacher NU «Zaporizhzhia Polytechnic»

FEATURES OF SOCIAL WORK WITH INTERNALLY DISPLACED PERSONS

Social work must be flexible and timely respond to today's challenges. One of these challenges was the emergence of such a new vulnerable category of people as internally displaced persons. The emergence of "internal refugees" has challenged many social services.

In work with this category, social workers use short-term and long-term intervention strategies.

Short-term may include: crisis intervention; outreach work is a task-oriented model of social work.

Crisis intervention includes the following techniques: providing information and instructions, using booklets, identifying possible help from relatives.

Much attention is paid to the verbalization of the emotional states of internally displaced persons. The client is helped in recognizing the problem and forming a plan for further actions.

In the course of work, there is a constant review of the work process. The main feature of the crisis intervention strategy is that the social worker does not influence the crisis itself. The specialist works only with the consequences of a crisis or psycho-traumatic situation. The social worker takes a directive position and takes responsibility.

Outreach work consists in providing services outside the social institution. As a rule, a social worker provides assistance in places of compact residence of internally displaced persons. This model is task oriented. The basis is the "small steps" tactic. Thus, the tasks are performed gradually. Steps aimed at restoring the social functioning of a person. Tasks are determined during meetings with a social worker.

The long-term care strategy is based on multi-levels. It is focused on restoring social ties between people and social systems. An important factor is the construction of a support system and the involvement of community resources and volunteers.

Building a new philosophy of the system of social integration of IDPs has become a real challenge for social workers. This category is characterized by a consumerist approach. They have specific value orientations and a narrow "vision of the future".

Social integration and adaptation should not be focused on the planned satisfaction of needs. This can lead to dependence on the help of social workers and volunteers. Modern social workers must move away from the paternalistic paradigm of soviet social security. After all, today many institutions of social protection of the population and social service institutions have inherited this practice.

The work of a social worker should become an impetus for active actions: finding a job, affordable housing, social and cultural development, participation in public life.

As part of such an approach to solving the problems of IDPs, a new idea of modern professional social work is being formed. The ideal of modern social work is the expansion of opportunities. Empowerment is activation and freeing them from the need for a social worker.

Therefore, social work with internally displaced persons should be aimed at overcoming dependence on humanitarian aid. The main tasks of a social worker are based on the restoration of labor potential and socio-cultural ties. Ukrainian social services should take into account the experience of international social work.

ESTIMATION PECULIARITIES OF EXTERNAL POLYMER INSULATION RELIABILITY OF GAS-FILLED INSTRUMENT TRANSFORMERS

The method for estimating the parameters of theoretical distributions for calculating the indicators of operational reliability is proposed. The authors propose a method for estimating the parameters of theoretical distributions for calculating the indicators of the operational reliability of a solid insulating structure of high-voltage devices, which is a supporting insulating cover for high voltage instrument transformers filled with gas as an insulating liquid. This technique makes it possible to estimate the parameters of a new distribution law, which is chosen on the condition that it does not contradict the existing distribution law with its known parameters. The developed technique makes it possible to obtain the values of the indicators of the operational reliability of high-voltage equipment by determining the parameters of theoretical distributions, if the developer is the data of experimental studies or statistical information as a result of monitoring the operation of insulating structures, taking into account the actual operating conditions of such high-voltage devices. This makes it possible to take into account the influence of external factors and performance characteristics inherent in instrument transformers, both current and voltage. In the proposed methodology, as an example, a supporting insulating casing is considered, which is during operation in the most unfavorable conditions, such as external pollution, humidification, overvoltage, etc. The theoretical conclusions are confirmed by the results of calculations using the example of the design of a current transformer of the ТОГ-362 series. A more accurate determination of the effectiveness of the proposed method for predicting the parameters of theoretical distribution laws can be achieved by performing an additional series of calculations and experimental tests of specific insulating structures. Thus, it was concluded that it is possible to use the results obtained to assess the operational reliability of both gas-filled instrument transformers and similar high-voltage equipment.

ACTIVITIES OF THE SOCIAL WORKER IN THE SOCIAL SECURITY SYSTEM

The problems of social protection of the population are among the most discussed in the world.

Social work is an activity aimed at helping people who find themselves in difficult life circumstances, at providing social support for the least protected sections of society. The main function of a social worker is to help people adapt to a complex, specialized, technologically oriented society, a part of which is the immediate environment - family, work team, neighbors, peers.

A feature of modern professional social work is that it aims not only to support a person, but also to return him to a full independent active life.

Today, employment and labor centers operate in the social sphere of Ukraine; social services for youth and services for minors; crisis centers and shelters for children and adults; territorial centers for work with the population, boarding houses and boarding houses; rehabilitation centers for people with special needs, as well as those suffering from serious diseases; socio-psychological departments at enterprises, educational institutions, military units, internal affairs institutions, places of punishment. Also, public organizations that provide social services, protect rights, and carry out work on the prevention of social and personal problems.

Organizations engaged in social work have the active support of both the state and national and international charitable foundations.

The nature of the activity requires the social worker to have knowledge of a wide range of issues. He must know the organization of the social protection system as a whole, relevant legislation, elements of sociology and economics, and the peculiarities of individual work with people. That is, it implies the need for knowledge about a person in applied psychology.

The most promising areas of social work are the prevention of negative phenomena and the formation of a healthy lifestyle; organization of work of private centers of social services; organization of the market of social services; work in communities aimed at uniting and activating internal reserves; implementation of alternative forms of social services for orphans, people with disabilities, alternative forms of rehabilitation of persons with behavioral abnormalities; socio-psychological work at enterprises and organizations.

The task of a modern social worker is to ensure that the person he helps is able to do without this help in the future, which is an indicator of professional success.

The main task of social work is to restore the client's ability to act independently under certain social conditions.

Therefore, a social worker must be able to identify a social problem, establish its causes, and then contribute to its solution. He helps people who find themselves in a difficult life situation to feel like full-fledged members of society. At the same time, social work has certain features. The nature of the problems it faces does not allow us to offer unequivocal methods of their effective solution.

Effective work of social protection institutions is impossible without highly qualified employees who perfectly possess all necessary professional skills and abilities. Therefore, one of the most important directions of work in this area is the preparatory, educational stage, the stage of professional orientation and professional selection of personnel for social services.

УДК 623.746.519

Vladyslav Pronoza¹, Nataliia Zhukova²

¹PhD student, M Dpt. NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²PhD (Philology), associate professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

APPLICATIONS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVS)

UAVs in the aviation sector are among the most promising types of equipment, new designs are shown at exhibitions, development trends are discussed at international symposiums and conferences.

UAVs are used to solve a variety of tasks: in agriculture (for monitoring crop areas); infrastructure (inspection of bridges, buildings); energy (in hard-to-reach places, high towers or deep-sea places); the video market; military sphere; nature conservation (animal population monitoring, forest restoration), etc. One of their main advantages is the safety of the pilot (in case of UAVs, the operator), in the event of a breakdown and destruction of the aircraft.

With such a wide range of possibilities, frequent use of UAVs "for other purposes" (for crimes) is possible, creating a number of disadvantages: interference with the privacy of citizens and commercial companies; use of UAVs for theft and smuggling, etc. It is these acts of breaking the law with the help of drones that point to the fine line between the use of UAVs for peaceful purposes and a deliberate offense. To solve these issues, a legal and

regulatory framework is being developed to regulate the use of drones in the airspace and responsibility for any violations. In Europe, only in 2019, a set of rules was developed to regulate the operation of drones and technical requirements for them, their registration and identification.

It would be logical to study the experience of implementing regulatory documents for drones, to ensure the protection of citizens with the help of European regulations regarding UAVs.

As a result, the use and development of UAVs within Ukraine, with its agricultural potential, rich natural resources and extensive infrastructure, will continue to grow and develop. After all, monitoring, forecasting and control is a prospect and an unambiguous strengthening of the manufacturability of the economy.

УДК 621.791.011

Serhii Bulish¹, Oleksii Kapustian², Nataliia Zhukova³

¹PhD student, Eph Dpt. NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Technology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

³PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

FEATURES OF TITANIUM POWDERS FOR ADDITIVE MANUFACTURING

Titanium alloys are widely used in the aerospace and medical industries due to their improved resistance to oxidation, high stiffness, low density, and biocompatibility [1]. Additive manufacturing (AM) of titanium alloys offers numerous advantages over traditional manufacturing methods. It is possible to create highly complex designs and geometries that are not achievable with conventional manufacturing techniques. Furthermore, AM facilitates the easy customization of products to meet individual customer needs. Also, it is a highly efficient process that minimizes material waste. One of the key advantages of AM is its ability to fabricate parts quickly, without the need for costly moulding and tooling. But the success of this technology relies on the careful selection and preparation of the powders used in the process. The powder properties, such as particle size and its distribution, particle shape and oxygen content have significant effect on the surface roughness, volumetric defect content and mechanical behavior of printed parts.

Particle size is a critical factor in the AM of titanium powders. Powders with median particle sizes, typically in the range of 20-60 μm are used. Fine particles are beneficial for packing behavior, especially in powders with a broad particle size distribution, as they provide high bulk density and pro-

duce high-quality finished components with minimal flaws. However, finer particles have poor flowability due to increased forces of attraction between particles resulting from their decreased size. Parts manufactured from the coarse powder have slightly higher ductility and fatigue resistance. Though they contain more defects due to the inferior packing state and lower heat absorptivity of coarser particles but the maximum defect size is still larger in the fine powder parts [2]. However, it is important to note that using powders with extremely small particle sizes can also result in an increase in oxygen contamination, which can negatively affect the mechanical properties of the printed parts.

In addition to particle size, the shape of the titanium powder can also affect the properties of the printed parts. By manipulating particle shape, it is possible to offset the low flowability associated with fine powders to enhance AM process efficiency. Furthermore, smooth spherical particles also tend to pack efficiently and so can be additionally advantageous from the perspective of achieving high bulk densities. The utilization of powder composed of highly spherical particles can enhance powder flowability, spreadability, and packing state by reducing interparticle friction [3].

The particle size distribution of titanium powder used in AM has a significant effect on the microstructure, mechanical properties and surface quality of the printed parts. A narrow size distribution can improve the flowability, mechanical resistance and hardness of printed parts by reducing the formation of voids and defects [4].

The effect of oxygen content in titanium powder is particularly significant in additive manufacturing processes, such as selective laser melting and electron beam melting, which use powdered titanium alloys to build up parts layer by layer. High oxygen content in the powder can lead to an increase in porosity and decrease in mechanical properties due to the formation of TiO_2 oxide inclusions [5].

The high cost of titanium powders makes it necessary to search for suitable powder recycling strategies. The powder after recycling has larger average particle size because small particles and satellites are removed. Additionally, particles contain a higher concentration of oxygen. Parts made with recycled powder show a noticeable increase in surface roughness, so their fatigue strength is lower compared to ones made with new powder [6].

Controlling and optimizing particle properties (such as finding a balance between particle size and oxygen content) is crucial for achieving high-quality and reliable AM processes and products. Powder recycling should be closely controlled and studied because excessive reuse could imply changes in the morphology of the powder and alterations in the mechanical properties of the obtained parts.

REFERENCES

1. Tshephe, T. S. Additive manufacturing of titanium-based alloys – A review of methods, properties, challenges, and prospects [Текст] / T.S. Tshephe, S.O. Akinwamide, E. Olevsky and others // Heliyon. – 2022. – № 8: e09041.
2. Soltani-Tehrani, A. Ti-6Al-4V powder characteristics in laser powder bed fusion: the effect on tensile and fatigue behavior [Текст] / A. Soltani-Tehrani, M. Habibnejad-Korayem, S. Shao and others // Additive Manufacturing. – 2022. – № 51: 102584.
3. Haferkamp, L. The Influence of Particle Shape, Powder Flowability, and Powder Layer Density on Part Density in Laser Powder Bed FusionM[Текст] / L. Haferkamp, L. Haudenschild, A. Spierings and others // Metals. – 2021. – № 11: 418.
4. Brika, S. E. Influence of particle morphology and size distribution on the powder flowability and laser powder bed fusion manufacturability of Ti-6Al-4V alloy [Текст] / S.E. Brika, M. Letenneur, C.A. Dion et al. // Additive Manufacturing. – 2020. – № 31: 100929.
5. Derimow, N. Additive manufacturing titanium powder oxygen variation within a single powder bed due to differences in powder size and oxygen content [Текст] / N. Derimow, E. Mansfield, J. Holm and others // Additive Manufacturing Letters. – 2023. – № 5:100125.

УДК 338.45:629.735

Mykhailo Dereviahin¹, Nataliia Zhukova²

¹PhD student, IER Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

GLOBAL TRENDS IN THE USE OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN THE AIRCRAFT INDUSTRY

The term ‘Industry 4.0’ (hereinafter I.4.0) was first presented at the Hannover Exhibition in Germany in 2011 to describe a strategic approach to production, which is based on computerization and digitalization of production.

At the present, the aviation industry sector has undergone a powerful influence both from the side of globalization trends, which have led to increased competition and standards in the industry, the introduction of changes in the product life cycle and the digitalization of production processes, and the COVID-19 pandemic and tensions in the Taiwan region, which influenced not only the situation of demand for aviation products, but also changed the usual approach to the introduction of new technologies.

In view of the new challenges, I.4.0 is an important direction for the development of the aviation industry and includes the use of the latest technologies that can improve the efficiency and quality of production, reduce costs and increase competitiveness.

However, in the aircraft industry, the costs associated with the development and implementation of new technologies are extremely high compared to other sub-industries of I.4.0 which makes the introduction of such technologies unprofitable in the short term. This situation necessitates a balanced approach to the selection of new technologies for implementation in the production process.

The result is that, for further use in production, only I.4.0 technologies with significant level of maturity are used, which can significantly reduce the cost of implementation and reduce the time of return on investment.

Global trends indicate a fairly wide range of possibilities for using I.4.0 technologies in the industry. Technologies for automation of production processes, which are used to reduce the human factor in production, improve accuracy and reduce the time of production. Artificial intelligence and data analytics, which are used to analyze large amounts of production data, collect and process information about products that are in operation.

The Internet of Things (IoT) and sensor network are being implemented in industries to ensure a continuous production cycle and prevent the occurrence of defects. In the aviation industry, there is a tendency to introduce IoT to collect and analyze data on the state of aircraft and their operation in real time. However, today the greatest use of I.4.0 technologies is observed in the design work of aircraft manufacturers, namely the use of VR and AR and the use of additive technologies. It should be noted that AR technology was introduced in 1997 and is the most mature I.4.0 technology.

VR and AR can significantly reduce time and costs when creating new prototypes, provide an opportunity to analyze design features and identify significant shortcomings at the design stage. In addition, VR and AR allows you to increase the efficiency of communication between the design bureau, production and the customer. Additive technologies allow you to quickly create and test new prototypes compared to making prototypes in a classical way, which in turn can significantly reduce the final cost of the product.

Thus, at present, the degree of involvement of I.4.0 technologies in the aircraft industry is low, but the introduction of such technologies has a great potential to increase production efficiency and competitiveness of the final product, to ensure even higher standards of quality and safety in the industry.

The introduction of I.4.0 technologies requires significant efforts and investments at all stages without exception, as well as the development and implementation of new standards and protocols for the exchange of data between different systems and devices.

EMERGING TRENDS IN TRANSPORTATION: FROM SMART CITIES TO AUTONOMOUS VEHICLES

Improving transportation and traffic management is one of the crucial steps towards enhancing the quality of life in urban areas. A common trend in this field is the integration of modern technologies such as machine learning, wireless sensor networks (WSNs), Internet of Things (IoT), and Artificial Intelligence (AI) in developing intelligent transportation systems.

One common approach is the use of simulation models to test and optimize traffic flow in smart cities. Simulations can help in designing and evaluating new road layouts, traffic signals, and other transportation infrastructure. Another trend is the use of machine learning algorithms in predicting traffic patterns and reducing congestion. We can also highlight the importance of communication and coordination between vehicles, infrastructure, and traffic management centers.

Also, one of the most prominent aspirations is the use of technology in improving traffic safety and management. For these purposes there are various technologies such as wireless sensor networks, surveillance cameras, and automated vehicles that can be used to collect and analyze data on traffic patterns and road conditions. The data collected can then be used to develop intelligent traffic management systems, improve the efficiency of traffic flow, and reduce the risk of accidents.

Another important aspect that undoubtedly needs to be taken into account is safety and the impact of the human factor on it. At the moment, urban scientists are actively discussing the attitudes, behaviors, and skills of drivers, which can have a significant impact on road safety. For example, the relationship between driver characteristics, such as age, gender, and driving experience, and their risk-taking behavior was examined. Another research explores how factors such as traffic climate, locus of control, and driving skills influence driver's preferences for automated vehicles. Finally, we have reports on a pilot study that assessed participants' acceptance, trust, and perceived safety of automated vehicles, as well as their emotional responses to riding in such vehicles.

The fourth common trend in modern research is the growing importance of interdisciplinary approaches in transportation research. We need to focus on the collaboration between researchers from different fields such as engineering, psychology, and computer science to find comprehensive

solutions to transportation problems. This includes developing standardized methods for assessing driver's behavior and attitudes, improving the reliability and validity of measures, and using multi-methodological designs to capture different aspects of transportation-related phenomena.

Overall, the common trend in modern research is the application of technological solutions to address traffic-related problems, such as reducing speeding, managing traffic flow, and increasing safety. The studies also highlight the importance of human factors, such as personality traits, driving skills, and user attitudes, in the successful implementation of these solutions. Surveys, experimental designs, and statistical analysis, demonstrate the importance of empirical research in transportation and traffic management.

УДК 621.314.58

Denys Tomin¹, Nataliia Zhukova²

¹PhD student, EA Dpt., NU "Zaporizhzhia Politechnic"

²PhD (Philology), associate professor NU "Zaporizhzhia Politechnic"

SURGE PROTECTION IN CENTRIFUGAL COMPRESSORS

Centrifugal compressors are equipment that belongs to the group of dynamic type compressors with a radial design. The main advantage of compressors of this type is their high productivity, which many times exceeds the indicators of compressors of other types. Thereby centrifugal air compressors, the composition of which allows them to be used during intensive operation, are widely used on an industrial scale.

The device and principle of operation of centrifugal compressors are based on the dynamic compression of a gaseous medium. The main element of this equipment is a rotor equipped with a shaft with working wheels, the arrangement of which is symmetrical. During the operation of the equipment, the gas particles are acted upon by the force of inertia, which arises due to the presence of rotational motion carried out by the wheel blades. At the same time, the gas moves from the center of the compressor to the edge of the impeller, and as a result, the gas is compressed and gains speed. One of the main features of installations of this type depends on the power consumed by the equipment, the pressure of the compressed gas and its efficiency, and the level of compressor performance.

The range of adjustment of the compressor at low flows is limited to the limit of the surge zone. At a given injection pressure, it is not possible to reduce the air flow through the compressor below the critical value at which surge occurs. However, the position of the boundary of the surge zone can change significantly depending on the state of the atmospheric air (pressure,

temperature, humidity) and the technical condition of the compressor (compression ratio).

Knowing the current position of the surge zone and the operating point of the compressor, it is possible to adjust the performance of the compressor in such a way that during the movement of the operating point to the low flow zone, the operating point is brought as close as possible to the limit of the surge zone without opening the surge valve. The margin of performance relative to the limit of the surge zone defines a new lower control limit and is selected depending on the speed of movement of the operating point in the direction of decreasing flow.

To ensure the expansion of the operating point, it is necessary to measure the parameters of the atmospheric air, periodically calculate the position of the limit of the surge zone, the speed and direction of movement of the compressor operating point, adjust the performance of the compressor to maintain the specified pressure (or flow) within the extended operating zone by changing the position of the throttle valve, and in if the working point goes beyond the lower limit of the working zone, adjust it by changing the position of the surge valve.

At the same time, reliable surge protection is required, which is triggered, for example, when characteristic fluctuations in the load on the main drive motor appear, as well as fast-acting electric drives of the throttle valve and surge valve. This guarantees that the implementation of the control system will not reduce the safety and trouble-free operation of the units.

УДК629.7

Oleksandr Popelyushenko¹, Nataliia Zhukova²

¹PhD student, EA Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic

TYPES OF HEAT-RESISTANT COATINGS USED IN THE AVIATION INDUSTRY

The exploitation process of gas turbines features various damage to their elements with various effects on their usability. The overheating of the blade material, especially of uncooled blades constitutes damage that is very difficult to identify and a failure hazard that is very difficult to classify.

The article presents the results of testing of selected factors on the condition and degradation of heat-resistant coatings (insulation and protective layers) of gas turbine blades from jet motors for manoeuvring aircraft drive units.

The deliberations were focused on determining the impact of temperature and exhaust fumes on the condition of heat-resistant coatings. The laboratory experiment demonstrated a negative impact of high temperature exceeding the blade's operating range and its duration on the technical condition of the heat-resistant coating. The article's main context regards the assessment of the technical condition of the exploited blade's coatings. The study took into account the chemical and high-temperature impact of the operating factor. The conducted testing allowed determining the changes in the structure and properties of the heat-resistant coatings after long-term impact of exhaust fumes during exploitation.

Each heat-resistant covering and technology of its drawing is developed depending on conditions of its use, temperature modes of operation, ergonomic efficiency. The main method of increasing the operating temperature of the ceramic coating layer is to change the chemical composition of the ceramic by introducing an additional number of alloying rare earth elements. An important method of improving the quality of heat-resistant coatings is to optimize the thickness of the ceramic layer and the formation of a barrier microlayer at the interface.

It was demonstrated that the impact of exhaust fumes with a higher temperature than the operating temperature causes the coating's degradation throughout a longer period of time. It has been found that during the exploitation the quality of coatings decreases non-linearly, which results in deterioration of their protective properties, and, consequently, the durability of gas turbine blades.

УДК 004.4

Oleg Pozdnyakov¹, Natallia Zhukova²,

¹PhD student, CST Dpt., NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²PhD (Philology), associate professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

ANALYSIS OF CLOUD SOLUTIONS FOR DEVELOPMENT AND OPERATION OF SOFTWARE

SAP Business Technology Platform is an enterprise cloud platform that allows companies to develop their applications, extensions, or add-ons for existing SAP products or create a hybrid IT landscape by integrating cloud solutions. The analysis of the limitations and services of SAP Business Technology Platform is performed in this work. The method of business application development in the Cloud Foundry environment of SAP Business Technology Platform is presented [1].

Extensive data management, the Internet of Things (IoT), analytics, machine learning, robotics of routine operations are modern technologies that can be used by enterprises and companies to implement innovative scenarios in business. Ready-made cloud platforms, assembled by large suppliers of software and services provided by subscription, help in building modern digital enterprise-scale solution.

Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS), and Software-as-a-Service (SaaS) are existing cloud service delivery models [2].

Studies have shown that SaaS is the most understandable and convenient model of providing cloud service from the end user's point of view. It is often more comfortable and more efficient to use the ready-made SaaS that is already configured for specific requirements. Nevertheless, ready-made solutions don't always exist, and in this case, PaaS and IaaS models are recommended. There is no universal approach for introducing cloud technologies to improve the enterprise's IT landscape. The selection of a model and the process of migrating to the cloud are non-trivial tasks.

German company SAP is one of the world's market leaders in enterprise applications. The company helps organizations of all sizes and specializations to increase the efficiency of their business management.

The company offers the whole line of solutions for the IoT, which are included into the digital innovation system SAP Leonardo [3].

Significantly, SAP Leonardo platform combines various software capabilities: machine learning, the IoT, Big Data, analytics, and blockchain on SAP Business Technology Platform (BTP) together with the design thinking methodology.

SAP cloud technologies open up endless opportunities to develop the company's resources. They also give the green light to the usage of different innovative technologies. BTP provides the ability to connect people, objects, and businesses, as well as technologies for implementing the Internet of Things and Industry 4.0 in digital logistics, manufacturing, and asset management.

BTP offers tools based on the PaaS model, designed to develop and run cloud applications. BTP is a cloud solution that works on the principle of IaaS.

SAP HANA Enterprise Cloud can be used as a IaaS and PaaS services.

SAP Business Technology Platform is based on open-source standards and gives the developers flexibility and control over clouds, applications and environments deploying. BTP uses different development environments, including Neo and Cloud Foundry, and provides several programming languages.

Thus, the two main tasks that the BTP platform solves are development and operation of IT solutions (hosting, monitoring, scaling, etc.).

BTP provides a full range of service directories, including database, data storage, and backup, report service, and transaction-level for cross-platform software development. BTP clients can use this cloud environment to control software development or they can also use a hybrid model based on the cloud environment and in their own development environment.

The BTP can be integrated with SAP applications, third-party applications, or internal company solutions for data receiving and software development. The platform provides creation, integration, and expansion of cloud applications without spending time and financial costs for IT infrastructure maintenance.

CALMS framework allows assessment of transition to DevOps readiness and can be used as a model to identify possible improvements in the software development, implementation and maintenance processes. Also, an important feature of BTP is the support of BYOL (Bring Your Own Language) model, which provides the usage of any programming language, such as PHP, Python, and others [4].

Analysis of related works, in which examples of development in BTP environment for different tasks are provided, made it possible to form a generalized method for business application developing. It is based on the usage of global standard for cloud application development Cloud Foundry (CF), which allows developers to concentrate more on the tasks and facilitates the process of application deployment and management [5].

REFERENCES

1. SAP Business Technology Platform. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sap.com/products/technology-platform.html>
2. **Gupta, P.** Understanding Cloud, SAP Cloud Models and Offerings [Ел. ресурс]. – Режим доступа: <https://blogs.sap.com/2018/09/08/understanding-cloud-sap-cloud-models-and-offerings/>
3. What is SAP Leonardo? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=sw6ozEwLjDA>
4. Keep cALMs and do mindful SAP DevOps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blogs.sap.com/2018/03/01/keep-calms-and-do-mindful-sap-devops/>
5. Cloud Foundry Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cloudfoundry.org>

IMPROVING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF AIRCRAFT ENGINE TRANSMISSION PARTS

In modern aviation turbojet engines, the design of parts and units of highly loaded transmissions is based on the principles of increasing the physical and mechanical properties of the main parts of the units drive boxes through the use of advanced processing methods based on chemical-thermal and electroplating processes.

The main parts of transmissions are stator case parts made of light alloys based on magnesium and aluminium, as well as parts of the rotor group gears made of structural heat-resistant and wear-resistant steels.

One of the most promising methods of hardening the working surfaces of the gear wheels of aircraft engines is the technology of ionic nitriding in a hydrogen-free saturating gas medium, which eliminates the metal hardening by hydrogen and ensures considerable saving of energy and gases. The ion-plasma surface modification in a non-hydrogen environment opens up new possibilities for improving the strength and durability of gears. This process has a number of advantages in comparison to hydrogen media, such as the elimination of the harmful effects of hydrogen on the metal (hydrogen embrittlement and hydrogen corrosion), improved plasticity of the nitrided layer and reduced consumption of electricity and gas, as well as improved working conditions and environmental protection.

In its turn, micro-arc oxidation (MAO) is one of the newest methods to increase wear and corrosion resistance of aircraft engine body parts made of valve-type materials. The peculiarity of this method is transmitting high anodic currents through the electrolyte in which the metal object is immersed. Such currents cause local micro-plasma discharges on the surface of the oxidized metal which lead to dissolution of its surface and active interaction with oxygen to form oxide layers. The temperature in these discharges rises to 7000...10000 °C, which causes melting of the created oxide coatings, endowing them with unique physical and chemical properties. Thus, the oxide layer, despite its relatively high porosity, effectively protects the oxidized metal from corrosion due to the fact that it is in the pores where the most intensive growth of oxides occurs. In addition to this there is a surface increase in hardness.

Scientific research, as well as development of processing and coating technologies in the above methods to improve the properties of parts and components of modern aircraft engines transmissions will lead to a significant increase in the operating life of products to ensure the ability to withstand operational hazards.

DC MICROGRIDS. EFFICIENCY AND ADVANTAGES OF USE

DC microgrids are an emerging technology for electrical power distribution that have the potential to provide numerous benefits over traditional AC grids. One of the primary advantages of DC microgrids is their higher efficiency compared to AC grids. This is because AC power must be converted to DC power for most modern electronics to function, and this conversion process results in energy losses. DC microgrids, on the other hand, distribute power in its native DC form, reducing the need for these conversions and resulting in less energy loss.

There are several advantages of using DC microgrids, including:

1. Higher Efficiency: DC microgrids have higher efficiency compared to traditional AC power systems. This is because DC power transmission and distribution result in lower power losses due to reduced power conversion stages and lower line losses.

2. Integration of Renewable Energy Sources: DC microgrids can efficiently integrate renewable energy sources such as solar panels and wind turbines, which generate DC power. This makes them a promising technology for sustainable and efficient power distribution.

3. Modularity: DC microgrids are modular, which means that they can be easily expanded or downsized according to the power needs of a particular application.

4. Reduced Infrastructure Costs: Since DC microgrids require fewer conversion stages and fewer transmission lines, they can be installed at a lower cost compared to traditional AC power systems.

5. Improved Power Quality: DC microgrids have better power quality and stability compared to AC power systems. This is because DC power is less susceptible to voltage drops and fluctuations.

6. Improved Energy Security: DC microgrids can provide backup power during grid outages, which can improve energy security in remote or rural areas.

The efficiency of DC microgrids can vary depending on various factors such as the type and size of the system, the components used, and the operating conditions. However, in general, DC microgrids have the potential to achieve higher efficiencies compared to AC systems due to the elimination

of AC-to-DC conversions and associated losses. Studies have shown that the efficiency of DC microgrids can range from 80% to 95%.

Overall, the efficient and advantages of using DC microgrids make them a promising technology for a wide range of applications, from residential homes to industrial facilities and remote communities.

УДК 629.7.067

Stanislav Puhlovskiy¹, Natalia Zhukova²

¹PhD student, AECT Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

INCREASING THE EFFICIENCY OF AIR PURIFICATION BY THE ENGINE AIR PARTICLE SEPARATOR OF THE HELICOPTER

The helicopter is a type of aircraft in which lift and thrust are supplied by horizontally spinning rotors. This allows the helicopter to take off and land vertically on unprepared sites outside airfields and also hovering over the ground.

These operating conditions are characterized by a high degree of dust content in the air. Such conditions are formed due to the action of a jet of air thrown by the rotor blades towards the ground. In certain areas of operation, the dry and dusty conditions are found at high altitudes, where the air is less dense and sometime hotter.

Dust, sand and small stones are composed of silicon dioxide, which has high hardness and strength. Getting into the helicopter engine at high speed, these particles cause abrasive wear of the compressor blades. In the process of wear, the geometry of the blade feather changes. This phenomenon causes a decrease in the gas-dynamic stability of the engine, which leads to power loss, stall and surge. In addition, the blade can collapse and cause engine failure.

Currently, in order to reduce the influence of the above conditions and increase the life of the engine, engine air particle separators (EAPS) are used on helicopters. In the global helicopter industry, the following types of EAPS have found the widest application: vortex tube separators (VTS), integrated inlet particle separators (IPS) and inlet barrier filters (IBF).

All EAPS have a common drawback - the loss of engine power due to the air pressure drop on the separator, and the complication of servicing the helicopter on the ground. Until recently, the most common separators were IPS, that rely on rapid change in curvature of the inlet geometry. Such separators have small dimensions, simple design and low weight, but they have a low efficiency of air purification.

Today, VTS separators are very promising. That rely on centrifugal forces created by large amount of small cyclone-like systems. Compared to other types, they are larger, heavier and take up more space on a helicopter. The use of composite materials made it possible to reduce the weight of the device.

Such separators have a higher degree of air purification and a lower pressure drop. The study of how the materials, design and geometric parameters of the cyclone system affect the efficiency of air purification will further optimize the design of the EAPS and improve its performance.

УДК621.79

Ihor Babarykin¹, Oleksii Kapustian², Nataliia Zhukova³

¹PhD student, EPh Dpt. NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Technology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

³PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

APPLICATION OF SELECTIVE LASER SINTERING METHODS IN DENTISTRY

Additive technologies are widely used in medicine, in particular for the production of serial and individual implants from biocompatible metal alloys. 3D metal printing opens up wide possibilities for manufacturing medical products. This technology is successfully used in traumatology, orthopedics, oncology, maxillofacial surgery and veterinary medicine, and is also practically indispensable for individual prosthetics or operations in dentistry.

Selective laser sintering (SLS) technology, which has a wide selection of metal alloys in the form of powder materials, has the greatest prospects for use in dentistry. This technique was developed and put into practice in the middle of 1989 at the University of Texas. The developers of this technology are Carl Deckard and Joe Beeman.

SLS can include multiple techniques, like selective laser melting (SLM) or direct metal laser sintering (DMLS). These all share the same principles but are branded differently for patenting reasons and often vary slightly. SLS is often reserved for the processing of ceramics and nylons, while SLM is mostly for metal alloys.

The name of this technology is self-explanatory: a laser targets loose, powdered material (e.g. metal) which sinters or ‘melts’ it into the pre-programmed shape. This type of 3D printing is also called powder bed fusion because it uses a bed of powder to support the design and no additional supports are necessary, which keeps the post-processing minimal. This process used to result in a porous and fragile product but this has been improved by using a vacuum and other advancements. Nowadays, the final products

are much denser and stronger and also very accurate (50 - 100 μm). This makes them great for processing metal frameworks such as CoCr or titanium, which are notorious for putting strain on milling machines and burs.

In the process of manufacturing dentures by the method of laser sintering, alloys or compounds with a low melting point are used, such as stainless steel, cobalt-chromium alloys, titanium, aluminium alloys. The SLS process uses a laser beam and a platform that descends with a certain step. The sintering powder is supplied from the feeder and is distributed over the surface of the platform in a thin layer using a special roller. The laser beam first circles the contour of the layer of the future product, and then scans the entire surface inside this contour. As a result, as a result of the thermal effect of laser radiation, the powder particles melt and harden, forming a solid mass of a certain thickness, the shape and dimensions of which correspond to the layer of the 3D model of the prototype product. The generation of the entire product takes place from bottom to top, layer by layer. At the same time, it is constantly immersed in a bath of the initial source powder, which is a supporting support 3D imaging and modelling, and CAD technologies are hugely impacting on all aspects of dentistry.

3D printing makes it possible to accurately make one-off, complex geometrical forms from this digital data, in a variety of materials, locally or in industrial centres. Even now, nearly everything we make for our patients can be made by a 3D printer, but no single technology is sufficient for all our patient's needs.

The technology is already widely used in orthodontics, where high-resolution printing in resin is already an entirely practical proposition, and similar technology is being used to print models for restorative dentistry and patterns for the lost wax process which is becoming increasingly important with the rise of intraoral scanning systems. In maxillofacial and implant surgery, it is becoming commonplace and prerequisite to use anatomical models made by any number of different 3D printing techniques to assist with the planning of complex treatments.

It is widely acknowledged that surgery may be less invasive and more predictable with the use of surgical guides printed in resins (commonly) or autoclavable nylon. For many, the real excitement will be in the direct production of metal-based restorations for implants and teeth, but this is yet to become routine in the dental laboratory in the UK.

Although 3D printers are becoming more affordable, the cost of running, materials, maintenance, and the need for skilled operators must also be carefully considered, as well as the need for post-processing and adherence to strict health and safety protocols. Despite these concerns it is clear that 3D printing will have an increasingly important role to play in dentistry. The congruence of scanning, visualisation, CAD, milling and 3D printing technologies, along with the professions innate curiosity and creativity makes this an exceptionally exciting time to be in dentistry.

THE RAPID DEVELOPMENT OF ELECTRIC VEHICLES, ITS IMPACT ON THE POWER GRID AND THE ENVIRONMENT, AND HOW TO DEAL WITH IT

While we are looking for our sustainable future the two major trends are starting to appear – the increasing demand for renewable sources of energy to power our home and a popularization of electric vehicles (EV) to transport us elsewhere. But what does this mean in terms of the electric power grid?

For a first look it sounds rather normal and self-sufficient. We have large volumes of new electricity generation and a lot of new electricity consumers, ideal balanced situation, right? But considering that the bigger part of this generation are solar power stations that work during the day and most of EVs will charge during the night it seems already disturbing. Thereby we'll have a lot of unwanted generation at the one part of the day and a big demand for it at another, what is critical for our energy system (critical enough to force us to burn even more coal or gas just to cope these “green” changes).

So what can (and should) we do? First thing that comes to mind is as simple as this: charge your EV at day! Locally optimized controls and high home charging can strain the grid while shifting to uncontrolled, daytime charging can reduce storage requirements, excess non-fossil fuel generation and emissions. But for that we must create appropriate power infrastructure that will be capable to charge your EV while you are working, shopping or just relaxing in a park. Careful planning of charging station placement could lessen or eliminate the need for new power plants too. And as a bonus it will even allow us to use regular EV as a portable power accumulation unit. Electric vehicle batteries alone could satisfy short-term grid storage demand by as early as 2030 making unprofitable accumulation stations unnecessary. That all could make our power grid more efficient and thus more ecological.

But talking about ecology, did you know that electric car of yours could be bigger pollutant than a car with a combustion engine? It all goes from a complicated manufacturing process which makes breath-taking quantity of emissions to let you drive your new EV without them. And while that's true, the bigger lifespan of an EV is, the better. We have two solutions for that problem: redesigning procurement incentive programs in a manner

that (re)distributes incentives towards the second-hand EV market and popularization of shared electric vehicles (SEV).

While the last are capable not to just increase average lifespan of a car, but to decrease the load on a transport network by minimizing the quantity of cars (or rather to say EVs manufactured) on a road. If one shared vehicle replaces ten individually owned vehicles and under an appropriate pricing strategy, it could decrease the carbon footprint by about 41% in 2050, PM 2.5 emission by 56–64% and energy consumption by 53–61%. With the further introduction of vehicle electrification, the last two indexes can rise further to 76% and 74% respectively.

As a result, we can achieve rapid growth in electric transportation and get the most effective electric transportation system so that it will be not a burden but a benefit to both our environment and our power grid. We just need to make it right.

УДК 621.3

Pavlo Tiutiunnik¹, Nataliia Zhukova²

¹PhD student, EA Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF INDUCTION HEATING COMPLEXES FOR ELECTRODE PRODUCTS MANUFACTURING

The modern development of the ferrous and non-ferrous metallurgical industry is characterized by increasing requirements for the quality of electrode products with a simultaneous decrease in their cost price.

To a large extent, the quality of carbon and bottom blocks is determined at the stage of production of blanks by the method of pressing with simultaneous electrothermal treatment, primarily due to the stabilization of the temperature field of massive mouthpieces and the formation of the appropriate surface temperature distribution of the block blanks.

The efficiency of the electric heating of the mouthpiece can be increased on the basis of theoretical and experimental studies of temperature fields, characteristics and new constructive solutions of inductors installed on the mouthpieces, taking into account the peculiarities of the temperature control system during the pressing of blanks.

These theoretical and experimental studies require the development of connected mathematical models of the complex interaction of electromagnetic and thermal fields, methods of their calculation, algorithms and computer programs, which will allow to optimize the design parameters of in-

ductors and temperature regimes of pressing, to ensure the improvement of the quality of blanks of blast furnace and floor blocks with simultaneous reduction of energy consumption.

The use of research results in engineering practice at enterprises of the electrode industry will allow to increase the efficiency of operation of unique equipment for the manufacture of furnace and furnace blocks, to ensure the introduction of energy-saving technological modes and to reduce the cost of production, which is relevant for modern electrode production.

The development and implementation into production of an improved system for controlling the modes of induction electric heating of the mouthpiece of the press for the production of carbon and bottom blocks will ensure the stabilization of temperature modes of pressing, the reduction of the interval of temperature run-up in the mouthpiece and the uniform distribution of the temperature field on the surface of the blanks of the blocks, will allow to improve the quality of products and reduce energy costs by 15...18%.

УДК 004.5

Maksym Selivanov¹, Nataliia Zhukova²

¹PhD student, CST Dpt., NU “Zaporizhzhya Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND TOOLS FOR DESIGNING COMPUTER SYSTEM INTERFACES

Interface design is one of the most important factors affecting the satisfaction and efficiency of users when using CS interfaces.

Currently, there are many interface design methods and tools that help provide users with a convenient and efficient interface for interacting with the system.

With the large number of design methods and tools, there is also a problem when choosing them, so it is necessary to analyze the methods and tools to understand which and when methods and tools are used in the design of the CS interface, and how they can be improved, for example, using AI, which is now very actively developing, so this topic is relevant today.

As the research has shown, there are several main methods and tools of CS interface design that designers use to design CS interfaces.

One of the approaches to designing a computer system interface is to use the concept of a ‘smart’ or ‘adaptive’ interface. This approach involves creating an interface that can adapt to the needs of users and provide a more personalized user experience.

Another popular method of interface design is the use of Google's Material Design. This approach involves the use of visual effects such as shadow and relief to create a feeling of three-dimensionality and realism. Material Design also recommends the use of animations to enhance the user experience.

Another example of an existing method is Apple Human Interface Guidelines. It is mainly used for mobile applications for IOS and MacOS operating systems.

Unfortunately, there is no single, best method and tool for designing CS interfaces, so the designer needs to be thoughtful when choosing them. When designing an interface, designers can use only one of the above methods, or use concepts from all methods at once, depending on many factors. For example, the device and OS for which the interface is being designed, and the choice of method can also be influenced by the programming language that will be used for the program or application.

Artificial intelligence, which has been developing very rapidly recently, is already being used by more and more specialists, and even very large corporations such as Google or Microsoft have already started to implement it in their products. That's why design methods are already starting to change with the help of AI.

To summarize, we can say that design methods and tools, on the one hand, exist to unify some solutions for the design of CS interfaces, but on the other hand, their choice and use form new problems that can be solved by improving methods and tools with the help of AI, which is now actively happening.

УДК 004.6:62

Vitalii Lavrenko¹, Galyna Tabunshchuk², Olena Syvachuk³

¹ PhD student, CST Dpt., NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

² PhD (Technical Sciences), professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

³ senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT METHODS AND TOOLS OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF TECHNICAL OBJECTS

The realities of any production, as well as individual business sectors, are based on the high requirements to the quality. Quality is an essential requirement for any kind of objects (entities of different subject areas) such as equipment for large factories, household items, or simply services provided to consumers in various service industries. Quality assurance is often the

most expensive item for various businesses, and it determines the reputational dividends in the long-term perspective.

The ability to proactively prevent equipment breakdowns, to detect calculation issues or simply identify which process is causing quality degradation is a huge advantage for any business, which provides possibilities of minimizing resource costs (manufacturing defects), production downtime and efficient competitive fight [1].

Modern technologies for collecting and processing Big Data make it possible to achieve previously inaccessible opportunities in the field of preventive detection of failures in production or other business processes [2]. At the moment, there are a large number of methodologies, models and methods that are used in a particular industry, but none of them gives correct predictability without a preliminary analysis of a specific subject area. It is the adaptation of solutions to specific requirements that is the first critical step in building systems for proactive problem detection and maintenance.

An analysis of literary sources shows that in most modern solutions there is a storage of information for analysis, known as Big Data. The number of sources from which data comes, the reliability and variability of incoming data, the speed of data delivery and analysis, and the ability to aggregate data from different sources are key requirements for incoming data processing and decision-making systems.

One of the most effective methods of processing Big Data is based on machine learning and in some cases uses artificial intelligence systems [3]. Additionally High-Performance Computing cloud technologies became the gold standard for most modern solutions [2][4].

REFERENCES

1. Basri E.I., Abdul Razak I.H., Ab-Samat H. and Kamaruddin S. (2017), Preventive maintenance (PM) planning: a review. // [Электронный ресурс]. Journal of Quality in Maintenance Engineering, vol. 23 no. 2, pp. 114-143. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/315597657_Preventive_Maintenance_PM_planning_a_review (accessed 23 March 2023).
2. Lee C. K. M., Ng Kam K.H., Cao Y. (2017) Big Data Analytics for Predictive Maintenance Strategies. Supply Chain Management in the Big Data Era. // [Электронный ресурс]. IGI Global, pp. 50-74. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/312004126_Big_Data_Analytics_for_Predictive_Maintenance_Strategies (accessed 23 March 2023).
3. Pandey S., K A., Shaikh M. R., P D. Y. and Vishwakarma Y.. (2023). Data Integration and Transformation using Artificial Intelligence. //

[Електроний ресурс]. 2023 International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT) (India, Bengaluru, 05-07 January 2023), IEEE, pp. 844-849. Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10053513> (accessed 23 March 2023).

4. Big Data & Machine Learning (How Do They Relate?) // [Електроний ресурс]. (2021). Retrieved from: <https://www.weka.io/learn/machine-learning-gpu/big-data-machine-learning> (accessed 23 March 2023).

УДК 621

Maksym Vereshchaka¹, Olena Syvachuk²

1 PhD student, RET Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

2 senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

MODELING OF INFORMATION SECURITY PROCESSES IN TECHNICAL SYSTEMS

Antiviruses are one of the most effective means of protection against information security threats. If an operating system is not protected by an antivirus program, it can become infected with malicious software objects, which can ultimately lead to a threat to information security.

When analyzing suspicious files, VirusTotal provides diagnostics provided by the world's leading commercial antivirus products. When it comes to suspicious web servers, VirusTotal uses a database that is responsible for detecting virtual addresses using malicious methods.

VirusTotal has an Application Programming Interface (API) that allows programmers to query the platform automatically without using a graphical web interface.[1] This document has two APIs that VirusTotal hopes for. The first requests for uploading files to the platform server. The second API is to make commercial anti-virus diagnostics available for files uploaded to the platform by the first API.

As for the first possibility of VirusTotal, the antivirus detects the maliciousness of the suspicious file. In the proposed experimental environment, all sent executable files are malware. Therefore, in the proposed study, the antivirus is triggered when it detects the maliciousness of the file under investigation, which is being executed. The detection of malicious programs indicates that the antivirus provides reliable protection against cyber-intrusions. The larger the blacklist database is, the better the antivirus protection is.

In the second possibility, the antivirus confirms the benign quality of the file under investigation. Therefore, in the proposed study, when the anti-

virus confirms that the file is benign, it is a case of false negative because all samples are malicious. That is, the examined file is malicious software. However, the antivirus incorrectly indicates benignity.

In the third possibility, the antivirus does not report a suspicious file being executed. An oversight indicates that the examined file has never been evaluated by an antivirus and does not have sufficient reliability to be evaluated in real time. The lack of antivirus diagnostics indicates its limitations in large-scale services.

Not all modern antiviruses are able to resist even currently known information security threats nor are they able to resist them at a sufficient level. In order to develop the competitiveness of antiviruses with a lower level of protection, it is necessary to develop a greater number of protective components, as well as to regularly monitor and respond to the emergence of new modern information security threats, so the protection of the information system must be comprehensive and include software and hardware firewalls, antiviruses, and proper operating system settings.

REFERENCES

1. Sidney M.L. de Lime, Heverton K. de L. Silva et al. (2020) Artificial intelligence-based antivirus in order to detect malware preventively. Progress in Artificial Intelligence (electronic journal) // [Електроний pecypc]. no. 10(2), pp. 1-22. Режим доступа: Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/345943461_Artificial_intelligence-based_antivirus_in_order_to_detect_malware_preventively// [Електроний pecypc]. (accessed 19 March 2023)

УДК 330.322.012

Dmytro Donets¹, Olena Syvachuk ²

¹ PhD Student, EM Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

FORMATION OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE ENTERPRISE IN THE CONTEXT OF UNCERTAINTY AND RISK

The ongoing war in Ukraine has created a challenging environment for Ukrainian enterprises to attract investment. The high level of uncertainty and risk associated with the war has led to a decrease in investment attractiveness. This is because investors perceive Ukraine as a high-risk country due to the conflict, which affects the overall stability of the country. In addition,

the war has resulted in a deterioration of infrastructure and weakened institutions, which further compounds the risks associated with investing in Ukraine.

Despite these challenges, some sectors of the Ukrainian economy have demonstrated resilience to the effects of the war and provide opportunities for investment. For example, the agriculture sector has remained stable due to Ukraine's fertile soil and favorable climate, which makes it an attractive investment opportunity. Similarly, the IT sector has grown rapidly in recent years, thanks to the country's large pool of skilled IT professionals and favorable tax policies for IT companies.

However, corruption remains a significant obstacle to attracting investment in Ukraine. The level of corruption increases the level of risk and uncertainty for investors, as it affects the transparency and predictability of the investment climate. Therefore, addressing corruption is a key priority for policymakers and business leaders to improve the investment climate in Ukraine.

To assess the investment attractiveness of Ukrainian enterprises, several approaches have been proposed in the literature. One commonly used method is the calculation of the investment attractiveness index (IAI), which considers a range of factors that affect investment attractiveness. These factors include financial performance, market position, management quality, innovation, and strategic planning. By evaluating these factors, the IAI provides a comprehensive assessment of the investment potential of an enterprise.

Another approach to assess investment attractiveness is the use of risk assessment models. These models evaluate a range of risks and uncertainties, including political, economic, social, and environmental risks, which can impact the success of an investment. The models allow investors to evaluate the level of risk associated with investing in a particular enterprise and make informed investment decisions.

To improve the investment attractiveness of Ukrainian enterprises, policymakers and business leaders need to focus on several key areas. Firstly, addressing corruption is critical to improve the transparency and predictability of the investment climate. This can be achieved through the implementation of anti-corruption measures, such as strengthening regulatory oversight, increasing transparency in procurement processes, and improving corporate governance standards.

Secondly, adopting best practices in corporate governance and management is essential to attract investment. This includes improving financial reporting standards, enhancing risk management practices, and adopting ethical business practices. Investors need to have confidence that their in-

vestments will be managed effectively and that they will receive a return on their investment.

Finally, focusing on innovation and strategic planning can help to create a competitive advantage for Ukrainian enterprises. This involves investing in research and development, developing new products and services, and expanding into new markets. By doing so, Ukrainian enterprises can differentiate themselves from their competitors and attract investment from both domestic and international investors.

In conclusion, the formation of investment attractiveness of Ukrainian enterprises in conditions of uncertainty and risk, taking into account the war in Ukraine, is a complex and pressing issue. While the war has created challenges for Ukrainian enterprises to attract investment, some sectors have demonstrated resilience to the effects of the conflict and provide opportunities for investment. However, addressing corruption, adopting best practices in corporate governance and management, and focusing on innovation and strategic planning are essential to improve the investment attractiveness of Ukrainian enterprises. The proposed methods of assessment of investment attractiveness, such as the IAI and risk assessment models, provide investors with useful tools to evaluate the investment potential of Ukrainian enterprises.

УДК 621.3.048.1

Artem Kucheriavyi¹, Olena Syvachuk²

¹ PhD student, EE Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

EVALUATION OF NO-LOAD LOSSES IN DRY THREE-PHASE TRANSFORMERS

Electric energy normally passes on the way from generation to consumer several transformers. Although individual transformers mostly do have high energy efficiency, in total the transformers nevertheless cause a few percent of energy losses in the T&D chain [1].

Distribution transformers play an important role in achieving the ambitious energy efficiency targets set by many countries in the world. Distribution transformers are of high value in terms of energy efficiency because of the number of installed units. In this context, energy efficiency metrics have been introduced and programs are on-going dealing with transformer losses [2].

Dry-type transformers do not contain any inflammable liquids, they are safe and reliable and expected to strongly increase their market penetration, as distribution transformers.

The energy efficiency requirements for transformers are either maximum load loss and no-load loss or a minimum “Peak Efficiency Index” (PEI) [1,4].

The use of PEI provides scope for further reduction in losses as it allows the transformer to be designed to match the load, either minimizing copper or iron losses as appropriate. This is typically achieved by specifying the minimum PEI with load and no-load loss capitalization values. Using PEI method, peak efficiency for all the designs is the same, whereas the load at which the peak efficiency occurs can be adjusted according to the loss capitalization values.

The no-load loss of a power transformer is the active power loss in the power transformer when it is energized but not supplying a load. It consists primarily of a core loss. These losses can represent a significant operating expense for a utility, especially if its energy costs are high [3].

The distribution transformer efficiencies steadily increased with the introduction of improved materials and manufacturing methods [5].

Of the various materials required to build a transformer, the electrical steel comprises the largest investment. But also important is the design of the magnetic core and the methods and quality of assembly of this design [6]. The disadvantage of reduced transformer loss is the need for an increased amount of material or the usage of more expensive materials. The no-load loss of a transformer can be reduced by either increasing the core cross-section, reducing the magnetic flux density, or by using electrical steel of a higher, more expensive grade.

In today’s realities, where the price of a dry-type transformer is one of the key factors, while energy efficiency remains the same, it is the search for new solutions in the design of the magnetic circuit that is central to further research.

REFERENCES

1. Tepper J., Carlen M. (2015) Ecodesign of dry transformers. [Текст] /Proceedings of the 23rd International Conference on Electricity Distribution (France, Lyon, June 15-18, 2015), pp. 1299-1304.
2. Das Bhaba P., Milledge R. (2022) A review of distribution transformer energy efficiency metrics: in the Australian and New Zealand context. Transformers Magazine // [Электронный ресурс]. (electronic journal), vol. 9, no. 2, pp. 66-74. Retrieved from: <https://transformers-magazine.com/magazine/a-review-of-distribution-transformer-energy-efficiency-metrics-in-the-australian-and-new-zealand-context/> (accessed 18 March, 2023)

3. Nabhani F., Hodgson S., (2015) Estimation of temperature rise in MVA range dry-type transformers and practical verification based on simulated loading. [Текст] / Proceedings of the Proceedings of the World Congress on Engineering 2015 (UK, London, July 1 - 3, 2015).

4. Arseneau R., So E. (2005) Measurements and correction of no-load losses of power transformers. IEEE transactions on instrumentation and measurement // [Електроний ресурс]. (electronic journal), vol. 54, no. 2, pp. 503-506. Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1408220> (accessed 18 March, 2023)

5. Olivares J.C., Liu Y., Cañedo J.M. (2003) Reducing losses in distribution transformers. IEEE transactions on power delivery // [Електроний ресурс]. (electronic journal), vol. 18, no. 3, pp. 821-827. Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1208362> (accessed 18 March, 2023)

УДК 621.452.3:669.018.44:539.431

Andrii Brunak¹, Olena Syvachuk²

¹ PhD student, MC Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

INFLUENCE OF RETENTIONS IN LOADING CYCLES ON HOT PARTS OF GTE IN SERVICE LIFE MONITORING

Calculation of the strength of gas turbine engine (GTE) main parts is an important and difficult task. The failure of these GTE main parts could lead to dramatic consequences. Increased safety factors lead to a decrease in GTE efficiency on the whole, and their reduction may not provide the required level of engine safety. Therefore, when assigning the safety factors, it is necessary to take into consideration the complex loading acting on the part. It becomes critical for calculating the residual lifetime of engine parts in service.

Currently, the calculations of GTE main parts for long-term strength and low-cycle fatigue are carried out separately [1]. So, their mutual influence, which, as experiments show, is of great importance, is not factored in. Taking into account the combined effect of two-component loading, it is advisable to consider a trapezoidal loading cycle [2], with retentions at maximum stresses (and temperatures), which reflects the actual operation of the gas turbine engine.

Using the method of linear summation of damage from long-term strength and low-cycle fatigue, the equation may be as follows:

$$\frac{\tau_{\Sigma}}{t_f} + \frac{N_{\tau}}{N_f} = 1 \quad (1)$$

where τ_{Σ} is total time of all retentions,
 N_{Σ} is the number of cycles to failure on a trapezoidal cycle,
 t_f is time to failure under continuous loading,
 N_f is the number of cycles to failure under a triangular loading cycle.

The solution of this damage summation equation makes it possible to determine the durability (lifetime) of the material. However, as shown by numerous studies [3, 4, 5], the direct use of formula (1) does not make it possible to obtain high accuracy in determining the lifetime of GTE hot parts.

Therefore, it is proposed to use the loading interruption factor as K_z , then formula (1) will be as follows:

$$\frac{\tau_{\Sigma}}{t_f \cdot (K_z)^m} + \frac{N_{\Sigma}}{N_f} = 1 \quad (2)$$

where m is the index of the long-term strength curve, and:

$$K_z = \frac{\sigma(t_f)}{\sigma[t_f(z)]} \quad (3)$$

where $\sigma(t_f)$ is material long-term strength limit, determined at a given temperature T and time to failure t_f under a single ($z=1$) loading according to the generally accepted model of long-term strength,
 $\sigma[t_f(z)]$ is material long-term strength limit under the temperature T and time to failure $t_f(z)$.

Model (3) gives good results when performing verification on some materials that are currently used to manufacture parts of the hot part of aircraft engines, in particular, for blades and disks. Therefore the accuracy of their residual lifetime calculation can be improved using this equation.

REFERENCES

1. Sheremetev A.V. (2018) Ob uchete mnogokomponentnogo nagru-zheniya pri obespechenii prochnostnoj nadezhnosti detalej aviacionnyh GTD [On considering multicomponent loading while providing strength reliability

of the aviation GTE components]. [Текст] / Bulletin of Engine Design, no. 2, pp. 164-169. (in Russian)

2. He J., Sandstrom R., and Vujic S. (2016) Creep, low cycle fatigue and creep-fatigue properties of a modified HR3C. [Текст] / 21st European Conference on Fracture, 20-24 June 2016, Catania, Italy.

3. Dowson Ph., Dowson D. (2011) Remaining life assessment technology applied to steam turbines and hot gases expanders. [Текст] / Proceedings of ASME Turbo Expo 2011, June 6-10, Vancouver, British Columbia, Canada.

4. Simbirsky D.F., Brunak A.O. (2013) Modelnyye issledovaniya vliyaniya vyderzhek v tsikle na soprotivlenie materiala malotsiklovoy ustalosti s ispolzovaniem zakonomernostey povtorno-staticheskogo nagruzheniya [Model studies of the effect of retentions in a cycle on the resistance of a material to low-cycle fatigue using the regularities of repeated static loading]. [Текст] / Aerospace Engineering and Technology, no. 9(106), pp. 166-172. (in Russian)

5. Simbirsky D.F., Brunak A.O. (2014) Chuvstvitelnost splava ZhS-6KP k povtornosti dlitelnykh staticheskikh nagruzheniy pri povyishennykh temperaturah [Sensitivity of the alloy ZhS-6KP to the repetition of long-term static loading at elevated temperatures]. [Текст] / Aerospace Engineering and Technology, no. 7(114), pp. 110-115. (in Russian)

УДК 67.02

Vitalii Manzhos¹, Olena Syvachuk²

¹ PhD student, MC Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

IMPROVING THE QUALITY OF MANUFACTURING AND REPAIRING BLADES OF GAS TURBINE ENGINE

Manufacturing of rotor parts of gas turbine engines is an expensive and complex progress of achieving a high reliability product at a minimum cost. It includes high precision 5-axis machining; a huge variety of non-destructive examination methods such as ultrasonic, magnetic and penetrant inspection, logistics and assembling, long and thorough testing and repeating until the final products meets the customer demands.

In mass production, one of the main problems is still a huge waste of metals in machining such as Ti or Ni-based alloys. To reduce the tendency worldwide, manufacturers use different and sometimes experimental methods in technical processes, which allow them not only to produce faster but

also to increase an overall quality and quantity of a newly made or repaired part.

A relatively new method of manufacturing by laser brazing-joining was proposed by Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG (patent #8242406) to produce BLISK turbine engine components. Using brazing powder that is jetted into the laser beam and shields the blade ensures that only the brazing metal is heated and melted. The disk material is molten in the joining area and alloys with the similar brazing metal; the blade material is not melted and connects to the solidifying, dissimilar brazing metal by adhesion. Despite the fact that this is a relatively new method with a small number of real-life operations, it may apply mainly in repairing separate parts or modules that are not considered to be replaced by newly made ones and therefore be the one to repair the fastest.

Another method that is widely used in production is electro chemical method (E.C.M.). The machining process done by electrolysis where voltage is applied between a form electrode (cathode) and the part to be manufactured (anode) through an electrolytic liquid. For both production and repair, this may optimize parameters and allow for a better accuracy to be obtained. Moreover, for BLISK-type parts this can be one of a few solutions because of complex geometry and material of a part itself: the machining process is performed without thermal and mechanical stresses, thus material properties are not disturbed, so there is no presence of white layer. Still there are a few other disadvantages presented by this process such as a higher machine investment and lower cutting feeds (~ 0.5 mm/min).

Besides, a new method has appeared – additive manufacturing (AM) – which has become a competitive alternative or complement technology in such exact sectors as aeronautical and automotive. The main challenges reside on good heat dissipation generated during the process and reduction of distortions. On the contrary, AM offers advantages as the good powder utilization reduces material waste and increases the possibility of generating complex geometries, which are impossible to other technologies. It achieves tolerance for Ti and Ni-based super alloys with material components to the order of $100\ \mu\text{m}$ or higher. One of the methods of AM that may be applied in repairing or even manufacturing from the blank is 3D laser method deposition (LMD). Its main applications are direct blades fabrication for small blisks and repair for damaged areas. For repairing operations, LMD process requires following stages: component damaged area inspection, repairing tool-path strategy definition, studying repairing necessities and feasibility and, finally, a measuring and control stage for the final obtained geometry and the material properties. In both, directed blade manufacturing and damaged component repair through LMD, a posterior stage of machining is required to achieve the final desired geometry accomplishing tolerance re-

quirements. Hence, this additive manufacturing process provides an initial geometry closer to the final geometry, so it is embedded inside the “Near-Net-Shape” concept. Unfortunately, one of the main disadvantages of most of AM methods is that the process still doesn’t have the capability of achieving the tough finishing dimensional requirements, the finishing stage is needed for a material removing manufacturing process.

УДК 621.914.2

Denys Yakhno¹, Serhii Dyadya², Olena Syvachuk³

¹ PhD student, MC Dpt, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD(Technical), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

³ senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

VIBRATION ANALYSIS DURING ROOT MILLING OF PARTS

In the process of machining the parts by cutting, vibrations occur that degrade the quality of the machined surface, increase tool and machine wear, and lead to misalignment of joints in the machine and devices. Vibrations accompany any physical process. But attention is paid to them only when their intensity leads to undesirable results. Strong vibrations cause a decrease in the productivity of the cutting process, and sometimes work on the machine becomes impossible at all.

Vibrations arise under the condition that the oscillatory system is given energy when it is removed from the equilibrium position.

Vibrations occurring due to the internal forces of the system are called free vibrations. Vibrations, as a result of the impact of a periodic perturbing force on the system, cause forced vibrations.

When processing, self-oscillations may occur – vibrations without a periodic action of a driving force. That is, these are vibrations in which energy losses are replenished due to a periodic influx of energy from a source that does not have oscillatory properties. This type of vibration is the most complex and its intensity is influenced by the type of metal being processed and its mechanical properties, cutting modes, geometric elements of the cutting part of the tool, and the rigidity of the machine-tool-part system.

A distinctive feature of milling is the interrupted cutting process. In the tool-part system, vibrations that are excited are observed in various elements: free vibrations, forced vibrations due to the periodic nature of the change in cutting forces that are associated with the cutter tooth getting in/out of the allowance, as well as self-oscillations. Self-oscillations during milling arise due to excitation during cutting of the surface formed during the previous pass of the cutting edge of the tool. The system oscillations

occur at a frequency different from the frequency of pass of the cutting edges and tending to one of the natural frequencies of the system. Vibration amplitudes turn out to be significant, so vibrations lead to a significant increase in cutting forces and a decrease in the quality of processing.

Currently, milling of parts from various types of materials is performed at cutting modes, which are usually selected experimentally, taking into account the level of emerging vibrations and their effect on productivity, tool life, dimensional accuracy and surface quality. There are known traditional means to reduce these vibrations. However, there are many unresolved issues that are currently important and require additional consideration and research.

УДК 621.311.1

Oleksandr Kobko¹, Olena Syvachuk²

¹ PhD student, EE Dpt, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

POWER SUPPLY OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

The power supply system is a complex production complex, all elements of which participate in a single production process.

Power supply factors include:

1. rapid flow of phenomena when the simultaneous generation of electricity and its consumption takes place;
2. a change in the power supply regime, which will lead to a deficit or excess of active and reactive power, and as a result – to a change in such parameters as voltage, frequency, load on the elements of the power supply system.

The use of the automation system in the power supply systems of industrial enterprises allows reducing the total number of accidents, preventing their development, reducing the time of shutdowns of electrical installations and downtime of mechanisms. Besides, a significant part of electrical installations of substations can be transferred to work without constant maintenance.

The purpose of this study is to analyze the most common and promising models and schemes for replacing the power supply system. A large amount of electrical equipment at lower levels depends on a single electrical apparatus at higher levels. The use of a model of the power supply system in the form of a finite state machine allows you to check the reliability of power supply to consumers, simplify the design of the power supply system of an industrial enterprise.

Power supply with alternating current with a frequency of 50 Hz is usually carried out from a three-phase industrial network of 110 kV through a step-down three-phase transformer. Power supply systems are displayed in the form of diagrams.

The indicators of the effectiveness of the system's functioning are reliability and fault tolerance. To simplify the analysis of the operation of the power supply scheme, we will divide them into levels: power source, switching devices and elements of electric energy transportation, power receivers. The main indicator of the effectiveness of the automated control system of the power supply of industrial enterprises in combination with the automation of substations is the improvement of the reliability and uninterrupted power supply of industrial enterprises, which contributes to the rhythmic work of enterprises, reducing the number of defective products, and improving its quality.

The main economic indicator of the effectiveness of the automatic power consumption management system is the reduction of electricity consumption due to the automated hourly and daily electricity accounting for each connection of commercial and technical accounting, the reduction of the cost of unmaintained substations, the optimal distribution of reactive power thanks to centralized operational management.

Electric energy is used by a wide variety of consumers: from industrial, smaller, but with a large capacity, to household, characterized by a small capacity, but very numerous, which are used both in the city and in the countryside. When supplying electricity, it is necessary to observe two main aspects. On the one hand, it is product quality (refers to technical parameters such as voltage amplitude, frequency, harmonic content and symmetry of three-phase systems), and on the other hand, service quality (refers to continuity of supply and refers to short/long interruptions and safety in supply).

Much of the equipment in use today, especially electronic devices and computers, requires a good PQ. However, due to its non-linearity, the same equipment often distorts the power supply voltage of installations, i.e. leads to the occurrence of a non-sinusoidal current when a sinusoidal voltage is supplied. Thus, maintaining a satisfactory quality of electricity is a joint responsibility of the supplier and consumer of electricity.

ANTI-CRISIS MANAGEMENT UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND RISK

Today, anti-crisis management has become increasingly important in conditions of a crisis, and it involves preventing the development of crisis situations, a realistic evaluation of a company's activities and its development prospects. It is worth noting that there are issues related to anti-crisis financial management that have not yet been fully researched. Resolving these issues will help improve the system of anti-crisis financial management for enterprises.

In the current crisis conditions, the economy of Ukraine faces significant uncertainty, which is caused the dynamic development of the global and national economies, unpredictable market trends, constant legislative adjustments to the regulatory framework, fast product life cycles, rapid scientific and technological progress, and a revolution in the entire system of production forces and scientific and technological progress.

In such conditions, weaknesses in economic stability indicators of enterprises signal about the development of crisis processes. The crisis situation in Ukrainian enterprises is related to the COVID-19 pandemic and Russian armed aggression, leading to a reduction in production volumes, a decrease in investment and innovation activity, a lack of working capital, imbalanced financial flows, suboptimal capital structure, and unsatisfactory changes in economic stability indicators.

In light of the armed aggression by Russia, significant losses in production capacity of many enterprises, deterioration of the logistics supply system, and instability of the national currency exchange rate, all enterprises should focus on active crisis management based on the established company development strategy.

Anti-crisis management at the enterprise is necessary and possible for several reasons. Crisis phenomena can be predictable, accelerated and mitigated, so it is necessary to prepare for them. Crisis management requires special approaches, specialized knowledge and experience. Crisis processes can be managed to some extent, and crisis management can contribute to their acceleration and minimization of consequences.

Enterprise anti-crisis management is a comprehensive system consisting of external and internal anti-crisis management. It includes methods and techniques applied at the enterprise to overcome crisis situations, minimize

negative consequences, effectively manage internal and external policies, and restore or increase economic stability.

In Ukraine, the application of anti-crisis management systems is complicated by several reasons. Among them are uncertainty in society, social and political contradictions, the absence of unified social and economic standards in reproduction, as well as significant subjectivity in assessing the functioning of especially complex socio-economic systems. These factors complicate the development of a clear system of objectives and actions for the development of different management objects and coordinated activities between them.

The conditions of a crisis situation require compromise decisions from anti-crisis management that may be less optimal than those made in normal management conditions. In such circumstances, anti-crisis management aims to urgently mobilize financial resources, suspend investment activities in favour of investing in promising projects, ensure the functioning of the enterprise in conditions of resource scarcity instead of rational resource use, and suspend the implementation of social programs. In such circumstances, the decisions made are compromise solutions that may be less optimal than those made in normal management conditions, but they are the best among the proposed alternatives. Such decisions may be of poorer quality and fewer in number than during uninterrupted enterprise operation.

Therefore, it is important to use the mechanism of anti-crisis management, which aims to create management decisions with minimal risk and negative consequences in order to achieve the set goals. First, it is necessary to diagnose the crisis situation, identify deviations of parameters from the norm, establish cause-and-effect relationships, and forecast possible directions of crisis development. The second stage is the development of a crisis management concept, the creation of situational plans or scenarios, and the implementation of strategic directions in practice.

УДК 621.3.014.12

Andrii Tretiakov¹, Olena Syvachuk²

¹ PhD student, EE Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

MULTILEVEL DIAGNOSTICS AND AUTOMATION ANALYSIS OF THE CURRENT CONDITION OF THE TRANSFORMERS FOR SPECIFIC PURPOSE

The ASSOCIATION AGREEMENT between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community

and their member states, on the other hand, predicts gradual adaptation of Ukrainian legislation to EU norms, including in the field of energy.

These changes provide for control over the quality of electricity, the introduction of norms for the restoration of electricity supply to consumers, and so on. This, in turn, requires the transition of the energy system to digital standards, remote control of equipment, etc.

In this article, we will separately consider the situation with monitoring the condition of a transformer filled with power oil. Life cycle of the transformers is about 25-30 years. According to accepted practice, the first overhaul of power transformers should be carried out no later than 12 years after the transformer is put into operation. However, transformer producers in their "struggle" for tenders, by reducing the cost of the goods, optimize the cost of the materials used, which leads to the fact that there is sometimes a small margin of safety in modern transformers. Statistics for SERGI Transformer Protector (France) show that the largest percentage of safety system activation occurs in the first 3 years of a new transformer operation.

That is why control of transformer parameters is very important, both new and those that have been in operation for a long time. The evaluation of these data offers the possibility of detecting oncoming faults early. For this purpose, off- and online diagnostic methods and systems for power transformers have been developed in recent years [1].

Equipping the transformer with an online condition monitoring system will allow switching to the transformer maintenance program based on their current condition.

KEMA ((Keuring van Elektrotechnische Materialen te Arnhem) NV, established in 1927, is a global energy consultancy company headquartered in Arnhem, Netherlands) studies have shown that the implementation of post-condition maintenance programs for the existing power infrastructure in North America and Europe during the first 10 years will save more than 3 billion USD through maintenance costs and capital investment postponement. This statement is based on the fact that several power supply companies around the world have implemented, for the purpose of testing, condition-based maintenance, and maintenance costs have decreased by 14-18%. In support of this claim several utilities around the world that have used condition-based maintenance programs are achieving as much as 14-18% reduction in maintenance costs [2].

Such issues are particularly actual in the networks that feed electro-metallurgical industries, including arc steel furnaces, rolling mill drives, gas and oil refining industry, electrolysis, inverting and rectifying devices of direct current power transmission lines, modules for converting energy from 50Hz to 60Hz, etc. [3-4]. This is explained by the fact that such technologies lead to a deterioration of the quality indicators of electrical energy, as a re-

sult of which the equipment operates in modes whose indicators exceed those set by state standards and other regulatory and technical documentation. Such regimes are called "variable" [4-5].

REFERENCES

1. Tenbohlen S., Coenen S., Djamali M., Müller A., Samimi M.H., Siegel M. (2016) Diagnostic Measurements for Power Transformers. [Текст] / Energies (open access journal), pp. 1-2. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/1996-1073/9/5/347> (accessed 04 March 2023).
2. [Electronic resource]. – Retrieved from: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/227797/Neoptix_Brochures/Iris_Powers_Brochures/CM-S32-01L-01E_SMARTSUB.pdf (accessed 04 March 2023)
3. Shidlovsky A.K. (2004) Palyvno-enerhetychnyy kompleks Ukrayiny v konteksti hlobalnykh enerhetychnykh peretvoren [Текст] / [Fuel and energy complex of Ukraine in the context of global energy transformations]. Kyiv: Ukrainian encyclopedic knowledge. (in Ukrainian)
4. Arrillaga J., Watson N.R. (2003) Power systems harmonics [Текст] / Second Edition. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
5. Feshchenko P.P., Zinovkin V.V., Sergienko S.L. (1993) Analiz povrezhdayemosti silovykh transformatorov pri rezkoperemennoy nagruzke [Текст] / [Analysis of the accident rate of power transformers under rapidly variable load]. Kyiv: Energy and electrification. – no. 4. – p.24-27. (in Ukrainian)

УДК 629.7.03

Ihor Piven¹, Olena Syvachuk ²

¹ PhD student, MC Dpt., NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

INCREASING THE RESOURCE AND SERVICE LIFE OF GAS TURBINE ENGINES

Aircraft are evolving towards higher speeds, higher altitudes, higher payloads, lower fuel consumption, and lower emissions. Improvement of these indicators, first of all, is achieved by improvement of the main engine indicators. Let's consider modern changes in the main GTE parameters by way of example of developments made by the world leaders in the engine industry:

1. PRATT & WHITNEY company creates GTF™ engines.

“At the heart of aviation’s transformation and drive to net zero emissions is a revolutionary concept: a geared fan that fundamentally changed how more sustainable propulsion works. This gear system has quickly become the foundation of our industry’s future and re-set the bar on the good that all other advanced technologies can deliver – from advanced materials to hybrid-electric systems to sustainable aviation fuels.

The GTF engine is the only geared propulsion system in service that is delivering industry-leading sustainability benefits, mature dispatch reliability and world-class operating costs. Simply put, is the quietest, greenest and most efficient family of engines for single-aisle aircraft. With more than 1,400 aircraft and more than 18 million engine flight hours of service experience, the dependable path to growing your business and improving your environmental stewardship is here”. [1]

2. The ROLLS-ROYCE company creates the UltraFan engine.

“UltraFan is a demonstrator aero engine – the largest in the world – containing a suite of new technologies that deliver greater fuel efficiency, which in turn means lower emissions and greater sustainability.

Those technologies are scalable, capable of being developed to create an engine with a thrust range of 25,000lb to more than 100,000lb, for narrowbody or widebody aircraft that may be developed from the 2030s” [2].

3. GENERAL ELECTRIC Aviation and Safran company are working on the CFM International RISE (Revolutionary Innovations for Green Engines) technology demonstration program.

“The CFM International RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines) Technology Demonstration Program was launched on June 14, 2021. Program goals include reducing fuel consumption and carbon dioxide (CO₂) emissions by more than 20% compared to today’s most efficient engines, as well as ensuring compatibility with alternative energy sources like Sustainable Aviation Fuels (SAF) and hydrogen to provide more sustainability benefits” [3].

The modern world is unthinkable without modern GTEs, as the absolute majority of passenger and military aircrafts operate exclusively on gas turbine engines.

Analyzing the modern development of engines, we can conclude that the future development of GTEs must be more than 20% more efficient than current generation engines, they must reduce carbon dioxide emissions by 80-100%, operate on a new generation of aviation fuel – Sustainable Aviation Fuel™ (SAF).

REFERENCES

1. [Electronic resource]. – Retrieved from: <https://pwgtf.com/> (accessed 19 March 2023)
2. [Electronic resource]. – Retrieved from: <https://www.rolls-royce.com/innovation/ultrafan.aspx> (accessed 19 March 2023)
3. [Electronic resource]. – Retrieved from: <https://airinsight.com/the-cfm-rise-program/> (accessed 19 March 2023)

УДК 53-3937

Mohamad Mohamad¹, Antonina Afanasieva²

¹student of group PT-812m NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

FUTURE OF 5G IMPACT ON MOBILE TECHNOLOGY AND IOT

The introduction of 5G networks is poised to have a significant impact on the future of mobile technology and the Internet of Things (IoT). 5G networks are the fifth generation of mobile networks and offer much higher speeds and lower latency than previous generations. This increasing performance will enable a wide range of new use cases and applications, particularly in the areas of mobile technology and IoT.

One of the key areas where 5G networks will have a vital impact is in the field of mobile technology. The increasing speeds and lower latency of 5G networks will enable faster download and upload speeds for mobile devices. This will make it possible for users to stream high-definition video, play online games, and use virtual and augmented reality applications with minimal lag. Additionally, 5G networks will also permit faster connections between devices, allowing for better coordination and collaboration between them.

The impact of 5G networks on IoT is even more profound. IoT refers to the interconnection of everyday devices, allowing them to collect and share data. The increasing speeds and lower latency of 5G networks will allow for larger number of devices to be connected, and will also enable them to communicate with each other faster and more efficiently. This will open up a wide range of new possibilities for IoT applications such as smart cities, industrial automation, and autonomous vehicles.

In addition to the improved performance, 5G networks also provide better security and reliability than previous generations. 5G networks have been designed to support a large number of connections and to handle large amounts of data traffic. This will enable them to support a wide range of

new use cases that were not possible with previous generations of mobile networks.

One of the key challenges of IoT is the sheer volume of data that needs to be transmitted and processed. 5G networks will allow for faster data transfer rates and lower latency, which will allow large amounts of data to be transmitted and processed in real-time. This will permit for a more efficient use of IoT devices and will also enable new use cases that were not possible before.

In conclusion, 5G networks will have a substantial impact on the future of mobile technology and the Internet of Things. The increasing speeds and lower latency of 5G networks will enable faster download and upload speeds for mobile devices, open up new possibilities for IoT applications such as smart cities, industrial automation, and autonomous vehicles and will also improve security and reliability. These capabilities will bring new opportunities for innovation and growth in different industries, but also it will bring new challenges for security, privacy and regulation. As these networks continue to be deployed, it's important for individuals, businesses, and governments to be aware of the potential risks and benefits and to take appropriate actions to take advantage of the capabilities that 5G networks offer.

УДК: 004.832.28

Oleg Dolganov¹, Yuliya Bykova²

¹student of group CST-212 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOLVING BUSINESS PROBLEMS

Artificial intelligence (AI) is transforming the way business is working, making it more efficient and cost-effective. AI is not just future, but a present reality, as it grows and improves areas like machine learning and decision-making that used to belong only to humans. Computers can now learn, adapt and think with algorithms that automate tasks and generate useful data. Businesses have different kinds of projects, from software and logistics to finance, and they all need planning, management and control. AI can help businesses with these aspects by providing them with tools and solutions that can optimize processes, reduce errors, improve quality, and save time and money.

Artificial intelligence (AI) offers many advantages for businesses in different sectors:

- 1.Higher productivity;
- 2.Better customer service;

- 3.Smarter decision-making;
- 4.Greater accuracy;
- 5.Cost reduction;
- 6.Improved risk management;
- 7.Increased innovation;
- 8.Competitive edge

Businesses today are working in a changing and complex environment, so they face challenges when evaluating data. That's why many businesses use artificial intelligence in business analytics to get valuable and useful information from data. This information helps improve marketing effectiveness, understand customers better, create business strategies for corporate decision-making, and use AI for recommendations that can raise customer satisfaction, loyalty, improve decision-making quality and speed, identify opportunities and risks, and contribute to innovation and creativity.

AI has many advantages, but it also has problems with its implementation. One big challenge is the cost of creating and applying AI solutions, but AI need a lot of investment, which can be an obstacle for smaller businesses. Moreover, there is a lack of skilled AI professionals, which makes it hard for businesses to find and keep qualified staff. There are also worries about the ethical consequences of AI, especially in relation to privacy and security. AI can pose risks to the privacy and security of data and users, as it can collect, process, and share sensitive information without consent or oversight. AI can also raise ethical dilemmas about the responsibility and accountability of its actions and outcomes, as well as the potential bias and discrimination that it can introduce or amplify.

AI is a new force in the market and businesses can benefit from this powerful technology. However, a lot of people worry that they will be replaced by machines and businesses will cut jobs. While AI will reduce the number of jobs that humans do now, the benefit is that humans will be free to do more important functions that a machine cannot. AI can enable humans to focus on more creative, strategic and complex tasks that require human skills and judgment, such as problem-solving, communication, collaboration and innovation. AI can also enhance human capabilities and productivity by providing assistance, guidance and feedback.

УДК: 519.682

Artem Balabukha ¹, Yuliya Bykova²

¹student of group CST-212 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

CONTINUOUS EVOLUTION OF PROGRAMMING LANGUAGES

A long history of programming languages and their diversity.

The devices we use in our daily lives work and perform their tasks using code specified by one of most programming languages. So, by using code, people can communicate with devices and give commands to the device itself to execute.

The total number of programming languages is estimated to be between 250 and 9,000. Why such a number and variety of programming languages when it was possible to create one language and modify it for all needs and tasks, and improve it year by year by adding new functions? Programmers went the other way, creating highly specialized languages suitable for one or several tasks, but not for all at once. To create a functional program, 3 to a dozen languages are needed to perform various functions and tasks from linking to databases to displaying visual effects and animations on the screen.

Programming languages and their types

In general, all programming languages, both new and old, can be divided into two main categories: low-level languages and high-level languages.

Low-level languages are used to record computer instructions in binary code, that is, machine code consisting of the digits 0 and 1. Examples of low-level languages are machine language and assembly language. Machine language is the first generation of computer programming that uses instructions in binary form that can be directly interpreted by a central processor without the need for translation. Assembler language is the second generation of low-level computer programming. This type of language allows programmers to write computer instructions using symbolic code rather than binary code consisting only of zeros and ones.

High-level languages are programming languages that allow software developers to write computer instructions using commands written in natural languages such as English. Each high-level language has its own set of rules and grammar for writing instructions for programming any digital device. These unique sets of rules are commonly referred to as the "syntax" of a particular programming language. Each high-level programming language uses its own built-in translation program, called a compiler.

The reasons for this variety of programming languages

Technology is constantly evolving and this is the first and perhaps most important reason why we have so many programming languages. As new technologies emerge and evolve, we need more and more tools that can create software for those technologies. A problem can be so unique that there are no existing solutions to handle it, so people or companies decide to create a new language themselves.

The second reason is that different kinds of developer work require different languages. As there are different kinds of software and platforms, each requiring different tools and capabilities, programmers can specialize in one or some of them. For example, game developers use C++ or C# to create video games for PCs and consoles, while web developers use HTML, CSS, JavaScript and PHP to create websites and web applications. Software developers use C++, C#, and Java to create desktop applications, business applications, and system software. These are not the only languages you can use to accomplish these tasks. These are just examples of some of the most commonly used.

The third reason why there are so many programming languages is that not all of them are suitable for developer's or company's goals. Different developers have different goals and priorities, and some programming languages are better for certain types of tasks than others. Some developers need a super-fast and productive programming language. They want Go or C++. These languages provide very fine-grained control over system resources such as memory and threads. Other developers want a programming language in which a program can be written in days, not weeks. That's for JavaScript. It's hard to find a more versatile language. JS can be used everywhere from the backend to web and mobile applications.

To sum up, the main reason why there are so many programming languages is because you need different tools for different tasks. Each programming language has certain features and characteristics that make it suitable for specific tasks.

УДК: 004.451.9

Eugene Poiman¹, Yuliya Bykova²

¹student of group CST-212 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

WINDOWS AS THE OPERATING SYSTEM OF OUR LIVES

It is rather difficult to give a precise definition of an operating system. It can be said that it is a software that runs in a kernel mode, but this statement will not always correspond to the true state of affairs. Part of the prob-

lem here is that operating systems implement two very different functions: provide application programmers with a completely understandable abstract set of resources instead of an unordered set of hardware and manage these resources.

Operating system as an extended machine

A program that hides all the realities of the hardware from a programmer and provides the ability to simply, conveniently view the specified files, read or write - this is an operating system. In each case, the abstract, imaginary machine that the user can now deal with, thanks to the operating system, is much simpler and easier to handle with than the actual hardware that underlies this abstract machine.

Operating system as a resource management system

Another view gives an idea of the OS as some kind of mechanism that controls all parts of a complex system. The second approach is the function of the OS to allocate processors, memory, devices and data among processes that compete these resources. The OS must manage all the resources of the computer in such a way to ensure maximum efficiency of its functioning.

Operationg system classification

Operating systems can differ in the implementation of internal algorithms for managing the main computer resources (processors, memory, devices), the features of the design methods used, the types of hardware platforms, areas of use, and many other properties.

Windows

Microsoft's Windows operating system, in all its forms, is by far the most widely used PC operating system today, with over 150 million IBM PC-compatible computers in the world, and 100 million of them have Windows installed. Knowledge of the Windows system is a necessary brick in the wall of PC knowledge.

Advantages and disadvantages of Windows

Advantages:

Convenience and device support. The main difference between programs for DOS and for Windows is that a DOS program can work with computer hardware directly bypassing DOS, while a Windows program must access external devices only through Windows.

Unified user interface. Windows provides programmers with all the tools they need to create a user interface, so programmers use them instead of inventing similar tools of their own.

Opportunities for developers. All of the Windows features listed are also useful for software developers. For example, Windows' standard user interface tools make it unnecessary to invent your own tools.

Disadvantages:

The main disadvantage of Windows for users is that the described advantages of Windows are achieved at the expense of a significant increase in the load on the computer hardware. The GUI, support for scalable fonts, support for multitasking, etc. require a lot of CPU power, a lot of RAM and disk space. There are some downsides to Windows programming as well.

The fact is that Windows forces programmers to use the Windows Programming Interface (API) - more than 600 functions. In addition, the programmer must be fluent in very complex conceptual concepts of object-oriented programming, operate with objects, messages, shared resources and so on.

Windows is the most common operating system, and for most users, it is the most suitable due to its simplicity, good interface, acceptable performance, and a huge number of applications for it.

УДК 33.338

Anastasiia Motsak¹, Yuliya Bykova²

¹student of group BAD-312 NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

"PLANNING ON THE LEFT SIDE AND MANAGING ON THE RIGHT"

Planning and managing are two critical functions of management that require different skill sets. Planning focuses on setting goals for the future and relies on analytical and logical thinking, whereas managing involves executing these plans and requires intuition, creativity, and emotional intelligence. In his book "Mintzberg on Management," Mintzberg suggests that planning occurs on the left side of the brain, whereas managing occurs on the right side. Effective managers possess both sets of skills and balance them to achieve organizational objectives and lead teams effectively. Balancing analytical and intuitive approaches is crucial for effective decision-making, particularly in today's fast-paced and constantly changing business environment.

While some individuals may emphasize a rational approach to the exclusion of intuition, many contemporary management experts emphasize the importance of a more balanced approach that takes into account both rational and intuitive processes in decision-making. Herbert A. Simon emphasized the importance of bounded rationality, suggesting that individuals make decisions within the limits of their cognitive abilities and available information. Gary Klein, on the other hand, believed that intuition is not im-

portant at all in decision-making, as rational analysis is often a more effective approach. However, both Simon and Klein agreed that decision-making should be based on careful analysis of data, with intuition used in conjunction with rational analysis.

Effective management requires a balance between analytical and intuitive approaches. Managers must develop their interpersonal skills and emotional intelligence to be successful leaders, while also relying on rational analysis and careful evaluation of alternative options. By balancing analytical and intuitive skills, managers can make informed decisions, respond to challenges, and achieve organizational goals.

УДК 33.332

Pavlo Symonov¹, Yuliya Bykova²

¹student of group BAD-612 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

WATER TREATMENT FOR ALL INDUSTRIES IN UKRAINE

The quality of natural water sources in Ukraine is often not sufficient for industrial use, so water treatment is crucial for all industries to ensure the quality of water used in industrial processes, which can directly impact the quality of the final product. The process of water treatment involves removing contaminants from water through physical and chemical treatments, and other methods of water treatment can be used to remove specific contaminants. Reverse osmosis is one of the most efficient and cost-effective ways of water purification and is commonly used for desalination, treating wastewater, and producing purified drinking water. The materials used to make membranes must be semi-permeable, resistant to chemical attack and mechanical damage to ensure the longevity and efficiency of the reverse osmosis system. Water treatment companies in Ukraine offer a range of services, including water analysis, system design, installation, and maintenance.

Water treatment is essential for all industries in Ukraine, including agriculture, food and beverage production, pharmaceuticals, and manufacturing. There are several methods of water treatment available, and the type of treatment used depends on the quality of the water source and the intended use of the water. In addition to reverse osmosis, other methods of water treatment such as ion exchange and electrochemical treatment are used to treat industrial water. Each method has its own advantages and disadvantages and may be more suitable for certain industries or types of water. Companies specializing in water treatment in Ukraine offer a range of services to ensure the quality of water used in industrial processes.

УДК 62-97/-98

Mykhailo Furtat ¹, Svitlana Voitenko²

¹student of group E-411a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

ELECTRICITY AND AVIATION

Today, aviation is one of the main sources of carbon dioxide and other harmful substances in the atmosphere. This poses a serious threat to our environment and natural resources. Therefore, the solution to the problem of reducing emissions depends on how we can change the way we design and operate aviation systems.

One possible solution is the use of electricity in aviation. Electric engines can replace traditional engines that use oil and gas to generate power. electric aircraft can achieve much greater economic efficiency and environmental safety, as they do not emit harmful substances into the atmosphere.

One of the advantages of electric aviation is the reduction in operating and fuel costs. according to official reports, the cost of operating an electric aircraft is reduced by 10 times compared to a traditional aircraft that uses oil and gas. In addition, electric aircraft can fly much quieter, which reduces the harmful impact on the environment and reduces noise pollution in the vicinity of airports.

Electric aviation can also significantly reduce emissions of carbon dioxide and other harmful substances into the atmosphere. This reduces the environmental impact of aviation and helps to preserve natural resources.

However, today, electric aviation is a relatively new technological solution that is not yet fully developed. One of the main challenges is the limited range of electric aircraft, as current batteries cannot provide enough energy for long flights. There is also the problem of charging batteries, which can take a significant amount of time.

Nevertheless, developers continue to work on solving these problems, and well-known airlines have already released the first electric aircraft used for short regional flights. Over time, electric aviation technologies will improve, allowing them to be used for longer flights.

All of the above factors, together with the variety of benefits of electric aviation, make it clear that this is the future of aviation and the answer to the environmental challenges of our time. electric aviation will become one of the most important innovations in the transport sector, reducing CO₂ emissions and ensuring safer and more efficient use of aircraft.

The development of electric aviation requires further support and investment from the government and the private sector. This will allow

developers to accelerate the development of new technologies and reduce the cost of producing electric aircraft. In addition, the government can help support the development of charging infrastructure for electric aircraft, which will help ensure that they are used to their full potential.

The need to develop electric aviation and reduce the environmental impact of aviation is a hot topic today. Increasing air traffic and the carbon dioxide emissions that accompany it have a negative impact on the climate and human health. Electric aviation can be an important step in combating these problems and provide a safer and more environmentally friendly way of travelling. I believe that in the future, electric aviation will become the standard to help ensure the sustainable and safe development of the aviation industry.

УДК 62-97/-98

Vladyslava Holubtsova¹, Svitlana Voytenko²

¹ student of group E-411a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

FOREIGN EXPERIENCE IN THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY ON THE EXAMPLE OF CHINA

China is one of the largest energy consumers in the world, and the country has been actively promoting the use of alternative energy sources in recent years to reduce its reliance on fossil fuels and address the issue of air pollution. The country has made significant progress in the development and deployment of renewable energy sources, becoming a global leader. Here are some examples of China's experience with alternative energy sources:

1. Solar Power. China is the world's largest producer of solar panels, and the country has been investing heavily in solar power infrastructure in recent years. The Chinese government has set a target of generating 110 GW of solar power by 2020, and as of 2021, China has installed more than 253 GW of solar capacity, more than any other country in the world. This has been achieved through significant investments in research and development, as well as policy incentives, such as feed-in tariffs and subsidies for solar power generation.

2. Wind Power: China is also the world's largest producer of wind turbines and has the largest installed capacity of wind power in the world. The Chinese government has set a target of generating 210 GW of wind power by 2020, and as of 2021, China has installed more than 281 GW of wind capacity. The country has also implemented policies to promote the devel-

opment of wind power, such as a national feed-in tariff for wind power generation and tax incentives for wind energy companies.

3. Hydro Power: China has a long history of using hydropower, and it is the world's largest producer of hydroelectricity. As of 2021, China has an installed capacity of more than 370 GW of hydropower, which accounts for around 17% of the country's total energy generation. The development of hydropower has been driven by the country's vast rivers and mountainous terrain, making it a reliable and low-cost energy source.

4. Nuclear Power: China has also been investing in nuclear power, and it is the world's third-largest producer of nuclear energy after the United States and France. As of 2021, China has 50 nuclear power plants in operation, with a total installed capacity of 51 GW. While nuclear power is a controversial source of energy, China has put in place strict safety rules and procedures to ensure the safe operation of its nuclear power plants.

In conclusion, China has made significant progress in the development and deployment of renewable energy sources. The continued growth of renewable energy in China is essential for the country's future economic growth and environmental sustainability. And Ukraine, in turn, could learn from China's experience in integrating renewable energy sources, which will provide great potential for lower prices and dependence on fossil fuels in the short and long term.

УДК 62-97/-98

Egor Koroliiov¹, Svitlana Voytenko²

¹student of group E-41 1a NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

CURRENT STATE OF THE CHERNOBYL NPP

The Chernobyl nuclear power plant disaster of 1986 remains one of the worst nuclear accidents in history. The explosion and subsequent fire at the plant released large amounts of radioactive materials into the environment, causing severe health and environmental consequences.

In the years since the disaster, much has been done to contain the radiation and mitigate the effects of the accident. The area around the plant, known as the Chernobyl Exclusion Zone, remains largely uninhabitable, but efforts have been made to make it safer for workers and visitors. A massive containment structure, called the New Safe Confinement, was completed in 2019 to contain the damaged reactor and prevent further releases of radiation.

Despite these efforts, concerns remain about the safety of the plant and the surrounding area. The damaged reactor remains highly radioactive and is a potential source of further contamination if not properly maintained. In addition, the Chernobyl Exclusion Zone is home to numerous abandoned buildings and structures that pose a risk of collapse, potentially releasing more radioactive materials into the environment.

There have also been reports of illegal logging and poaching in the area, which could disturb the soil and release radioactive materials into the air. However, efforts are being made to combat these activities and protect the environment.

Overall, the Chernobyl nuclear power plant remains a potent reminder of the dangers of nuclear energy and the importance of safety measures to prevent accidents. While much has been done to contain the damage and mitigate the effects of the disaster, ongoing vigilance and maintenance are necessary to ensure the safety of the area and prevent further releases of radiation.

УДК 62-97/-98

Mikita Hristich ¹, Svitlana Voitenko²

¹ student of group E-412sp a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ASSEMBLING THE PANEL

There are 4 different types of electrical panels – the main breaker panel, fuse boxes, main lug panels, and subpanels. The electrical panel typically consists of a main breaker, circuit breakers and bus bars. The main breaker: is the large two-pole circuit breaker that limits the amount of electricity coming in from outside to protect the circuits it feeds. It also identifies your breaker panel's amperage capacity.

There are some signs when you should replace electrical panels, they are: you panel is more than 25 years old, it is warm or smells burnt, breakers trip all the time, see rust in your electrical panel, etc

The technological process of assembling the panel includes the following operations: 1) electrical installation; 2) assembly of the panel; 3) marking; 4) control.

At the first electrical installation operation, the harness is laid out on the assembly table according to the template in accordance with the electri-

cal connection diagram. After all the actions of making jumpers, stripping the wires with pliers, bending the ends of the wires and lengthening them, you need to make sure that the wiring is correct and fill in the accompanying label with the drawing number and the name, attach it to the harness with wire waste.

The second operation of assembling the panel, a metal structure is installed on the work table, on which the surface of the nuts for grounding is cleaned, after which they are lubricated with grease and screws with washers are installed to connect the grounding conductor. Install and fasten the angle to fix the panel in the open position. Panel brackets are attached with a screwdriver. We insert and fix the harnesses with strips and fingers on the metal structure of the panel. Then we install relays and blocks according to the electrical connection diagram. Install intermediate relays, current relays, and time relays in accordance with the specifications. Connect the ends of the wires to the relay and blocks according to the diagram. At the end of the operation, fill in and attach the accompanying label to the panel.

To start with, you need to have a label on the outside of the box indicating that it is a high voltage area to warn people not to open it unless they are qualified. In most cases, you also need to ensure nothing is placed anywhere within 3 feet of the box. Although most home owners may not have to operate circuit breakers in the electric panel too often, it is important to have proper labeling so that the circuit breakers in the panel can be easily identified in the case of emergency, or if electrical repairs or upgrades are being made. Always mark the panel schedule with an ink pen or marker. A sharpie is an ideal choice. If you simply write the information down with a pencil. When marking, the markings of relay blocks are applied with white enamel.

During the control operation, the presence of grounding of the devices and the panel and the absence of breaks are checked. This is done by touching the current-carrying wires of relay contacts, in order to see the installed equipment integrity, the presence of grease in the grounding places.

УДК 62-97/-98

Michail Fisun¹, Svitlana Voytenko²

¹student of group E-41 1a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

THE RELIGIOUS BASIS OF HRYHORII SKOVORODA’S PHILOSOPHY

A lot of time and works have been devoted to the philosophy of Hryhorii Skovoroda, but the philosopher’s religious world remains unknown. D.

Chyzhevsky writes in his works: "Religiosity is in a sense a living source of Skovoroda's philosophy. The world, nature for Skovoroda is in God."

Therefore, we can say that Skovoroda's philosophy is religious. The spiritual source of the artist is the Bible. To understand the unusual religiosity of the prominent thinker, one should carefully read at least one of his works: "The Ring," "The Initial Door to Christian Goodness," "Narcissus," and others. And to feel his bold religiosity, one must spend many years thoughtfully re-reading his works.

In his works, the artist convinces the reader that all our being depends on the being of God. This is his main idea, which he sees and presents quite clearly. The image that is constantly present in the artist's mind is the image of the God-Man-Christ.

Skovoroda moves from understanding God and his being to understanding man and the world. God always cares about the world in general and maintains its existence and harmony. Therefore, according to the philosopher, the existence of the world is the result of God's actions.

It can also be said that H. Skovoroda's religiosity is a secret and mystical thing, in which everything intimate is revealed to a person. The spiritual life itself is also mystical, hidden from everyone. Religious truth is revealed in it in an unusual and mysterious language of signs and symbols, which at first seems strange and unusual, but if you get to know it better, the rich world of God's truth will open up.

As a result, we can say that religiosity is the permanent basis of H. Skovoroda's worldview and philosophy. The artist's religiosity can be characterized by such features as mysticism, Christology, and theocentrism. The belief in God's work, which is confirmed by the mystical experience itself, makes it possible to assert a certain teleological predisposition of the temporary existence of the world. The artist compares this existence of the world to a theater, which shows human existence, all the important moments, emotions and experiences. And the director of this play is God. This should not be overlooked in the study of his work, because one can lose the meaning of his activity, the distortion of his figure in the history of Ukraine.

REPAIR OF A LOW-OIL SWITCH

In design and construction of thermal power stations, nuclear power plants and hydro power plants, as well as transformer substations of energy systems, industrial enterprises, switchgear of internal and external installations are widely used. Low-oil switches are used in switchgear and designed for operational switching on and off of individual electrical circuits.

Switches in which oil is used only as a gas-generating substance for extinguishing the arc when currents are turned off are called low-volume oil or low-oil switches. These switches are used in both closed and open switchgear. Low-oil switches have smaller dimensions, mass and oil content than tank oil switches, which facilitates repair and maintenance, as well as reduces the risk of oil explosion and ignition.

Switches repair and maintenance can be preventive or capital. Preventive maintenance is performed according to the following operations: preparatory; external inspection, checking the condition of structural elements; electrical measurements; taking and checking an oil sample; verification of commutations. During capital repairs, maintenance is performed according to preventive repair operations, and the following operations are also added: dismantling of switch poles; repair of switch elements; electrical strength test; adjustment and installation of the switch; oil filling; painting of switch elements.

After preventive repair and maintenance operations are performed, the low-oil switch is turned off during capital repairs. Repair of switch elements includes: repair of insulators, contacts, arc extinguishing device of each pole, drive mechanism; repair or replacement of worn parts. It is carried out using locksmith tools.

Next, the switch is tested for electrical strength using an electrical stand. Electrical strength of the insulation is checked between conductive and grounded elements. Test is carried out three times in a row for each set of elements.

After the tests, the frame with the switch is installed on the trolley of the cabinet; the switch is turned on together with the drive. Oil is poured into the poles of the switch, current-conducting and grounding busbars on which the coatings were damaged are painted.

ALTERNATIVE METHODS OF OBTAINING ELECTRICITY

Today, mankind has developed many ways to obtain electric current due to natural phenomena. Alternative energy is a set of promising ways of obtaining, storing, transmitting and using energy from sources that are not used as widely as traditional ones, but are of interest because of the profitability of their use with, as a rule, a low risk of causing harm to the environment. There are 5 ways of generating electricity, which are considered unusual for the reason that they have not gained enough popularity. Sometimes it is said that they are economically costly and ineffective, but this does not mean that humanity will abandon them. These innovative methods will soon be able to be used by humans as new sources of electric current. Even with the advent of oil, mankind considered this natural resource ineffective and unknown, but today it is used in many areas of our activities.

So the first one is seawater -salt water reserves on the planet are simply huge, so scientists decided to develop a power plant that will work on this resource. The only power plant was built in Europe by Starkraft. Electrical energy is obtained using the technology of osmosis. In simple terms, the mixing of salt and fresh water takes place, which leads to the generation of energy due to the increase in the entropy of the liquids. This energy is necessary to activate hydro turbines of electric generators. This method is not as efficient as nuclear power plants, but it does not cause much damage to the environment.

The second one - fuel cells - today, a power plant that operates on fuel-type cells with a capacity of up to 0.5 GW has also been developed. It works by burning fuel in an element that converts heat energy into electric current. In essence, this is a diesel generator that does not use diesel fuel. The power plant does not pollute the environment, as it does not emit combustion products into the atmosphere. Also, this source of electrical energy has a high efficiency.

The third, thermal generators - in order to obtain an electric current, you can use heat energy. This theory is more than 100 years old, but today it has become popular due to the wide application of energy saving technologies. Today, this method is also used on an industrial scale. For example, in communal heating systems, they receive heat and electricity for their needs.

The next is piezoelectric generator - the law of conservation of kinetic energy became the basis of works to obtain electricity in experimental instal-

lations - piezoelectric generators. They are used as an experiment in high traffic areas, dance floors, railway stations and subways. There is even an idea to create "green" fitness centers and gyms, in which visitors will be able to produce up to 3.6 megawatts of electricity per year through their actions.

And finally, nanogenerators - did you know that there are micro-oscillations in the human body that can be converted into electrical energy? A nanogenerator is used to convert small fluctuations in the human body into electric current. Such technologies can be used to charge mobile devices. Any human movement can be used to generate electrical energy. Today, there are many developments that combine the use of nanogenerators and solar batteries.

Further development of energy in the world will shift towards the development of alternative energy sources and the so-called small-scale energy. And this is caused, first of all, by a shortage of energy and limited fuel resources. Alternative energy sources are environmentally friendly, renewable, and distributed relatively evenly, so regions with a skilled workforce, susceptibility to innovation and strategic foresight will win the leadership in their use.

УДК 621.316

Yroslav Dubinin¹, Svitlana Voitenko²

¹student of group E-412a NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

TYPES OF VOLTAGE STABILIZERS

The voltage stabilizer is electrical equipment, which designed to normalize the voltage in the network when loaded in a narrow range.

There are the following main types of voltage stabilizers: relay, electronic, electromechanical, inverter.

Relay stabilizers are electronic devices, which the principle of operation is built on the basis of stepwise regulation of electricity with using the control unit. Regulation is provided by a series of relays that automatically connect the necessary winding of the autotransformer. Advantages of relay stabilizers: satisfactory voltage regulation voltage - 40 ms on average; resistance to voltage drops; protection against overvoltage and short circuit; stability to minus temperatures - can work in free-standing unheated rooms; do not require additional cooling. Relay voltage stabilizers have several significant disadvantages: lack of power reserve - it is not recommended to use them for powerful motor equipment. The basic principle of operation of electronic stabilizers is similar to that of relay stabilizers. They consist of the

following elements: automatic transformer, control circuit, measuring sensors, frequency filters.

Advantages of electronic stabilizers: stabilization of the input current over a wide voltage range; high accuracy and response; compact dimensions due to the absence of mechanical parts; functioning at low temperatures (some models). Disadvantages of electronic stabilizers: increased reaction time with a large number of steps; high sensitivity to interference in the network; the complexity of the construction; step voltage equalization; under heavy loads, the simistors and thyristors may burn out.

Electromechanical voltage stabilizers function thanks to the movement of the carbon electrode along the windings of the autotransformer with the help of an electric drive. As a positive moment are low cost, smooth voltage regulation and small dimensions. Such devices also have small disadvantages – high noise during operation, low trigger speed, do not like the cold.

Inverter voltage stabilizers are considered the best. The scheme of this device is based on an inverter in double voltage conversion. First, the alternating voltage becomes constant, and then it is converted back into an alternating output voltage. As a result, we have perfectly uniform and accurate voltage: without drops and almost without deviations. The main advantage is accuracy and speed of operation. Another positive point is that it works without a transformer. It also has compact dimensions, does not make noise during operation and has additional functionality. As for the latter, inverter-type voltage stabilizers can protect household appliances from overvoltage and other external interference in the electrical network. The scheme of such a model is stepless, so voltage surges and overloads are not important for it. As for the minuses, only their cost can be attributed.

Thus, inverter voltage stabilizers are the most effective and promising type in terms of performance characteristics of all existing ones.

УДК 62.9

Sofiiia Hrianysta¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group E-410a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

AIR CHARGING

One of the features of the top smartphones of recent years is the ability to charge wirelessly. It is enough to put the device on a special contact pad to restore the energy reserve of the battery. The charging process ends automatically when the charge level reaches 100%.

Xiaomi has unveiled Mi Air Charge, a new next-generation wireless charging technology that allows you to charge multiple devices simultaneously without the need for cables or a wireless charging cradle.

The patented Mi Air Charge technology uses a special tower/box-shaped device that uses beam-forming technology to send millimeter waves directly to the device. These waves are converted into electrical energy that charges the device.

The tower has 5 phase antennas to help locate a smartphone in a room in milliseconds. It has 144 additional antennas that transmit millimeter waves.

The compatible phone has two antenna units, similar to those in the charger, but much smaller in size. The first is a radio beacon that communicates with the charging station, and the second is a receiving antenna array consisting of 14 antennas that receive millimeter waves converted into electrical energy.

The technology supports simultaneous charging of multiple devices over long distances, with a maximum power of 5 watts per device.

According to Adam Zeng Xuezhong, head of Xiaomi's mobile division, the plan is to charge wearable devices like smartwatches and fitness bracelets using Mi Air Charge Technology.

The main goal is to make 'apartments truly wireless' where speakers, lamps and smart home devices will work from one remote system. However, a spokesman said that the technology will not be used in commercial products this year.

The core technology is about positioning in space and transmitting energy. Charging is carried out through the influence of the induction field on the phone battery within its boundaries. Smartphones that do not support this type of charging require a special receiver-receiver, which can be hidden under the case, but the latest generation of phones has the technology initially installed.

The power standard for wireless charging of mobile devices is called Qi. The name reads 'Qi' because the standard was named after Qi energy, a key concept in Chinese philosophy denoting life energy.

The benefits of wireless charging are as follows.

It removes unnecessary wires from the space.

It is an extension of the ability to charge phones. It will be especially useful for forgetful people, as the charging radius is about 5 meters, which is enough to work fully in a modern apartment.

Security of the device.

With wireless charging, the phone is less susceptible to power surges than when it is plugged into an outlet. So, the battery will last longer.

You do not have to plug the cable into the charging jack all the time. This will save you from unnecessary scratches on the case and prolong the performance of the connector.

Disadvantages.

The environmental impact of wireless chargers has yet to be studied because of the newness of the technology.

УДК 621.313.1

Hnat Shalev¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group E-410a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

TRANSPARENT SOLAR CELLS WITH MULTI-EXCITONS

“Transparent multi-exciton solar cells” is a new type of solar cell that has been developed by scientists at the University of Oxford and the California Institute of Technology (Caltech). The results of the study were published in the journal *Nature Photonics* in 2021.

These transparent solar cells have a unique structure that allows them to convert solar energy into electricity while maintaining their transparency. The structure of the elements is based on the use of multi-excitons, which are electron-hole pairs formed during the absorption of photons of light.

Multi-excitons tend to decay into electrons and holes, which move in different directions and cannot be effectively used to generate electricity. In a new type of solar cell, multi-excitons are captured and stored inside the cell thanks to special quantum wells that ensure their stability.

This approach allows for a high light-to-electricity conversion rate, making these solar cells more efficient than traditional transparent solar panels. In addition, the new elements can be used in building windows without losing transparency, making them more attractive for commercial use.

It should be noted that at present the efficiency of these cells is still lower than that of traditional solar panels, and further work is required to improve them. However, the development of new transparent multi-exciton solar cells represents an important step towards more efficient use of solar energy.

REVOLUTIONARY FUSION REACTOR

For more than 20 years, various researchers have been experimenting with processes in which interactions between elementary particles lead to the release of energy in the form of heat. Such processes can already be initiated at relatively low temperatures.

For modern science, the realization of cold fusion would be the equivalent of the philosopher's stone for the ancient alchemists, or rather the tool thanks to which they claimed to be able to transform poor metals into gold and silver. Nowadays, the real challenge is to fuse two atoms and get a bigger one, thus realizing nuclear fusion.

Atomic nuclei usually only fuse at temperatures of several million degrees Celsius, such as inside the sun. A certain proportion of the mass is converted into energy and released as heat. At room temperature, however, atomic nuclei repel each other and fusion is not possible. Nuclear fusion requires heat and extreme pressure. Andrea Rossi, inventor of the Energy Catalyzer (E-cat) claims to have succeeded and promises, thanks to his device, to wipe out all the energy problems of humanity in one fell swoop.

Rossi demonstrated his E-cat to scientists from the Royal Institute of Technology in Stockholm and the University of Bologna a few years ago.

Although they were not allowed to disassemble the reactor, they were allowed to carry out their own measurements. Their final report confirms that Rossi's reactor appears to have ‘produced energy in significantly greater quantities than would have been possible from any other conventional source.’ And much more energy than is achievable with any known chemical reaction.

With the launch of the E-cat, “cold fusion” is currently experiencing a renaissance. In scientific circles one speaks of Low Energy Nuclear Reactions – i.e. nuclear reactions that take place at comparatively low temperatures. The E-Cat generates large amounts of thermal energy by fusing small amounts of hydrogen and nickel powder with the addition of a catalyst.

E-Cat uses the so-called ‘Rossi effect’, in which helium is ultimately formed with the help of nickel in a long reaction chain from lithium and hydrogen – at (comparatively) low temperatures of 1,300. In this process, which Rossi called transmutation, excess heat is released.

About 50g of nickel are enough to generate a constant amount of energy of 10kW for six months. Around 1% of annual nickel production would be sufficient to meet the energy needs of the entire world population.

Such high efficiency comes from the nuclear forces involved in the fusion process, which can release far more energy than chemical reactions.

The difference to conventional nuclear power is that E-Cat reactors are completely environmentally friendly, requiring neither the use of radioactive materials nor producing radioactive nuclear waste. Small amounts of resulting gamma rays can be easily shielded. In addition, the operation of the E-cat does not release any carbon dioxide or other environmentally harmful greenhouse gases.

The E-Cat will change the world – how we live, how we live together and how we treat our environment. For the nearest future, the E-Cat may be our last chance to find our way back to the harmony between man and nature. The unlimited availability of inexpensive energy opens up possibilities that we don't even dare to dream of today. E-Cat is a symbol of a better future.

УДК 004.056.6

Liza Pikalova¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-522 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

COMPUTER SYSTEM SECURITY AND DATA PROTECTION IN THE FACE OF THREATS FROM HACKERS AND VIRUSES

The widespread use of information technology in all spheres of society makes the issue of information protection, its users, information resources, and data transmission channels from criminal attacks of cybercriminals quite relevant. The concentration of information in computers forces some people to intensify their search for ways to access information, while others intensify control over it for the purpose of protection. The complexity of creating an information security system is determined by the fact that data can be stolen from a computer (copied), while remaining in place. Objects of attacks can be both material technical means (computers and peripherals) and software and databases. It is important to preserve such properties of information as availability, integrity, and confidentiality.

The threat to the security of a computer system is an event (impact) that, if realized, will cause a violation of the integrity of information, its loss, or replacement. Threats can be accidental or intentional. Accidental threats include errors of service personnel and users; loss of information due to

incorrect storage of archival data; accidental destruction or alteration of data; equipment and power supply failures; accidental disclosure of confidential information to third parties.

Intentional threats created by malicious actors lead to serious consequences. Intentional threats include unauthorized access to information and network resources, disclosure and modification of data and programs, copying of data, development and dissemination of computer viruses, theft of magnetic media and financial documents, destruction of archival information, and falsification of messages. Depending on their motives, goals, and methods, the actions of information security violators can be divided into four categories: thrill-seekers, ideological hackers, professional hackers, and unreliable (disgruntled) employees.

To properly build a protection system, it is necessary to determine the types of actions taken against information, what an automated system is, the security threats to automated systems, measures to counter security threats, and the principles of building protection systems.

Encryption mechanisms involve the cryptographic protection of information. These protection methods are increasingly being used in the processing and storage of information on magnetic media. This method is the only reliable one for transmitting information over long communication channels. Counteracting attacks by malicious programs involves a complex of various organizational measures and the use of antivirus programs. The goals of these measures are to detect instances of system infection, reduce the consequences of information infections, localize or destroy viruses, and restore information in the information system.

Currently in the USA, there is a developed standard for assessing the security of computer systems - the criteria for evaluating suitability. It takes into account four types of requirements for computer systems: security policy requirements, accounting requirements, trust in computer systems, and documentation requirements.

Protection of data and programs from unauthorized access, copying, and modification is implemented using software-hardware methods and technological techniques. Passwords, electronic keys, electronic identifiers, electronic signatures, data encryption and decoding tools are classified as software-hardware protection tools. Cryptographic methods are used for data encryption, decoding, programs, and electronic signatures.

INFORMATION TECHNOLOGY IN THE AEROSPACE INDUSTRY: SOFTWARE AND WORKFLOW AUTOMATION

The role of Information Sciences and Technology in the practice of Aerospace Engineering is very important. Aerospace systems rely heavily on computers, software, and digital information; for control, sensors, and other onboard systems. The aerospace industry is one of the most complex, challenging and regulated industries, where safety, quality and reliability are of the highest priority. The industry faces many challenges, such as the need for improved and automated technology, more accurate and reliable calculations, and achieving the most efficiency in the least amount of time and at the lowest cost. To solve these problems, the aerospace industry turns to information technology.

The role of software in the practice of aerospace engineering is critical and continues to grow rapidly. The effective design, development, and manufacturing of aerospace systems rely heavily on computers, software, and digital information. Some aircraft cannot fly without their onboard computers, and many future aerospace vehicles will be unmanned, resulting in even greater software challenges. Software can be used to develop, test, and test various components of air and space vehicles, as well as perform various computational tasks.

However, efficient work requires the automation of workflows (e.g. project planning and management process, the quality control process, the production process, and the material supply process).

The use of information technology and software can reduce the time it takes to complete tasks, improve the accuracy and quality of work, and ensure better coordination of workflows across departments and teams.

In addition, information technology helps ensure the efficient and safe operation of air and space vehicles. Special programs can be used to monitor and analyze various flight parameters, such as temperature, pressure, speed, altitude, and the status of various components and systems. Information technology in the aerospace industry is also used to ensure flight safety.

Software tools can be used to analyze various scenarios, develop strategies and action plans in extreme situations, and train pilots and other specialists.

It is worth mentioning how much NASA’s moon landing programming has changed since it was first launched.

The agency uses HAL/S (High-order Assembly Language/Shuttle), a language designed for real-time aerospace systems. It has been used in many US space projects since 1973, most famously in the Space Shuttle program (approximately 85% of the Shuttle software is written in HAL/S). Although the language is designed primarily for programming onboard computers, it is general enough to meet almost all the needs of producing, verifying, and maintaining aerospace and other real-time applications. The three key principles in developing the language were reliability, efficiency, and machine independence. HAL/S was designed not to include some constructs that were considered error-prone. For example, there is no support for dynamic memory allocation.

United Space Alliance, one of NASA's main shuttle support contractors, has developed a workflow automation system (WAS) in Python.

Here are some specific examples of the use of IT and software in space missions:

1. Curiosity mission on Mars. To control the rover's actions on the surface of Mars, software is used to remotely control the vehicle's movement and monitor the status of its various systems.

2. Juno mission to Jupiter. To collect and process data received from the Juno spacecraft, special software was developed that allows scientists to analyze data and visualize geometric objects based on this data.

3. Apollo mission to the Moon. To calculate the trajectory and navigation of spacecraft during the Apollo mission, special computer programs were used to ensure the accuracy and safety of the flight.

4. Hubble mission in space. To ensure the high quality of the received photos and data from space, special software tools are used to correct technical deficiencies and ensure optimal shooting parameters.

Thus, the use of information technology and software in the aerospace industry helps to ensure high quality and safety of production, improve productivity and efficiency of work processes, and ensure safe and efficient operation of air and space vehicles. Therefore, the use of these technologies is an important factor in the development of the aerospace industry in Ukraine and globally.

AI: FROM THE ORIGINS TO NEW ACHIEVEMENTS AND TRENDS

Artificial Intelligence (AI) has become an increasingly popular topic in recent years, with its potential to revolutionize various industries and solve global challenges. AI refers to the ability of machines to learn from data, adapt to new situations, and perform tasks that typically require human intelligence, such as language processing, image recognition, and decision-making. The rapid advancements in machine learning, deep learning, and other AI techniques have enabled AI to make significant progress, creating new opportunities and challenges.

The origins of AI can be traced back to the 1950s, but it was not until the last decade that AI has shown significant progress, thanks to advances in machine learning and deep learning algorithms. In 2020, OpenAI’s GPT-3 model gained significant attention due to its ability to generate coherent text and mimic human-like language.

AI’s potential to transform various industries has been the subject of much research and discussion.

Artificial Intelligence has already shown its potential in transforming the healthcare industry by enabling faster and more accurate diagnoses, predicting treatment outcomes, and developing personalized treatment plans. It can analyze vast amounts of medical data, including patient records, images, and genomic data, and identify patterns and insights that can help doctors make better decisions. AI-powered medical devices, such as wearables and remote monitoring systems, can also improve patient care by enabling continuous monitoring and early detection of health issues.

In the production industry, AI can optimize manufacturing processes, improve supply chain management, and reduce downtime and maintenance costs. Emerging trends such as the Internet of Things, big data analytics, and quantum computing are likely to shape the future of AI in healthcare and production.

In recent years, AI has also been used to tackle global challenges such as climate change. A 2021 paper by Nature Communications demonstrates the potential for AI to improve the accuracy of climate models, which could help policymakers make more informed decisions.

However, the growing power and complexity of AI systems raise concerns about their accountability, transparency, and potential misuse. There is

the need for AI developers to prioritize ethical considerations in their design, development, and deployment of AI systems.

Federated learning is another emerging trend that involves training AI models on distributed data without centralizing it, thus preserving privacy and security. Edge computing, on the other hand, enables AI to be processed on devices such as smartphones and IoT devices, reducing latency and increasing efficiency.

Neural networks, a subset of AI, have been increasingly used by designers and professionals in the creative industries. They offer various benefits, such as generating novel and unique ideas, enhancing creativity, and saving time and effort. For instance, neural networks can be used to generate original design ideas, which designers can then build upon to create a final product. Additionally, neural networks can be trained to generate persuasive and engaging marketing copy, making professional copywriting more accessible to everyone.

AI-powered design tools can help designers automate repetitive tasks and speed up the design process, allowing them to focus on more creative aspects of their work. As such, neural networks are becoming an indispensable tool in the creative industries, enabling professionals and amateurs alike to produce high-quality work efficiently and effectively.

The history and recent advancements of AI demonstrate the potential for the technology to create value and solve global challenges. However, as AI continues to evolve, it is critical to address its ethical and social implications and promote transparency and accountability in its development and use.

УДК 004.4

Nicolau Dubil¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-222 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

UNCHAINING THE FUTURE: EXPLORING THE POWER OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Blockchain technology has been making waves since it was first introduced in 2008 as the underlying technology behind Bitcoin, a decentralized digital currency. Since then, blockchain technology has evolved to offer many more use cases beyond cryptocurrencies, including supply chain management, voting systems, and smart contracts.

One of the key benefits of blockchain technology is its ability to create a tamper-proof and transparent record of transactions. This is achieved through a network of computers, or nodes, that work together to verify and

validate each transaction on the network. Once a transaction is validated, it is added to a block, which is then added to the blockchain in a permanent and unalterable way. This ensures that all parties involved in a transaction can trust that it has taken place, and that the records of that transaction cannot be changed or manipulated.

Another benefit of blockchain technology is its potential to remove intermediaries from transactions. In traditional transactions, intermediaries such as banks or payment processors are needed to facilitate and validate the transaction. With blockchain technology, transactions can be completed directly between parties, reducing the need for intermediaries and potentially lowering transaction costs.

One industry that has already started to embrace blockchain technology is finance. Blockchain technology can enable faster, cheaper, and more secure cross-border payments. Traditional payment systems can take several days to complete a cross-border payment, and can be expensive due to fees charged by intermediaries. With blockchain technology, cross-border payments can be completed in a matter of minutes, and at a lower cost than traditional payment systems. This has the potential to revolutionize the way we think about cross-border commerce.

In healthcare, blockchain technology can help to securely share patient data and streamline medical record keeping. Medical records are currently stored in silos, making it difficult for healthcare providers to access patient data when needed. By using blockchain technology, medical records can be stored in a secure and decentralized way, allowing healthcare providers to access patient data quickly and easily. This has the potential to improve patient outcomes and reduce medical errors.

In supply chain management, blockchain technology can improve transparency and traceability, helping to reduce fraud and improve efficiency. By using blockchain technology, supply chain stakeholders can track goods and materials as they move through the supply chain, ensuring that they are authentic and have not been tampered with. This can help to reduce the risk of fraud and improve efficiency by reducing the need for intermediaries in the supply chain.

However, there are also challenges to the widespread adoption of blockchain technology. One of the biggest challenges is scalability, as current blockchain networks can struggle to handle large volumes of transactions. Additionally, there are concerns around the environmental impact of blockchain technology, as the energy consumption required for mining and maintaining the network can be significant.

Despite these challenges, the power of blockchain technology lies in its ability to create a secure, transparent, and decentralized system for recording transactions and data. As the technology continues to evolve, it has the po-

tential to transform many industries and change the way we think about trust and accountability in our digital world. From finance to healthcare to supply chain management, blockchain technology is poised to unchain the future and unlock a world of new possibilities.

УДК 62.97

Oleksiy Terentiev¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-522 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MEDICAL FIELD

Information technologies have a huge potential field assisting the improvement of patient outcomes and reduction of healthcare costs.

The use of electronic health records (EHRs) has greatly improved patient care and healthcare delivery. EHRs enable healthcare professionals to access and share patient information quickly and easily, making it possible to deliver care that is more timely, effective, and coordinated.

Telemedicine, which involves the use of digital communication technologies to provide remote healthcare services, became popular during the COVID-19 pandemic and has the potential to improve patient outcomes, reduce healthcare costs, and expand access to care.

Artificial intelligence (AI) in healthcare can improve diagnostic accuracy, personalize treatment plans, and automate administrative tasks, among other benefits. However, there are also challenges associated with AI, such as concerns about privacy and ethical issues.

Wearable devices, e.g. smartwatches and fitness trackers, can be used to monitor vital signs, track physical activity, and detect health conditions.

Big data can be used to identify patterns and trends in healthcare data, improve population health management, and develop personalized treatment plans.

There are also some concerns about data privacy and security.

Blockchain technology has the potential to revolutionize the healthcare industry. It can be used to secure and share patient health data, streamline administrative processes, and reduce healthcare costs.

The challenges associated with blockchain are regulatory and interoperability issues.

Mobile health (mHealth) technologies, such as smartphone apps and text messaging platforms, are becoming increasingly popular. mHealth can be used to monitor patients remotely, provide health education and coaching,

and improve patient engagement. However, there are also concerns about the quality and accuracy of mHealth apps.

Virtual and augmented reality technologies can be used for medical education, surgical planning, and patient rehabilitation, among other applications.

Robots can be used for surgical procedures, rehabilitation, and administrative tasks, among other applications. Automation can be used to improve healthcare workflows, reduce administrative burdens, and increase efficiency.

3D printing can be used to create personalized medical devices and implants, and to produce anatomical models for surgical planning.

УДК 004.31

Oleksiy Shlapik¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-512 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

QUANTUM COMPUTING: THEORY AND APPLICATIONS

Quantum computing is a revolutionary approach to computing that uses quantum mechanics principles to perform calculations. Unlike classical models of computers that use the most fundamental building block, the bit, which can only exist in one of two distinct states, ‘0’ or a ‘1’ quantum computers use ‘quantum bit’, usually referred to as a ‘qubit’.

A quantum computer could perform many operations simultaneously using a single processor. This enables quantum computers to perform certain calculations exponentially faster than classical computers.

Quantum computing is based on a set of principles that differ from classical computing. Some of these principles are as follows.

1. Superposition: Qubits can exist in multiple states at once, allowing for parallel processing of information.

2. Entanglement: Qubits can be linked together so that the state of one qubit is dependent on the state of another qubit, regardless of the distance between them.

3. Parallelism: The ability of a quantum computer to encode multiple computational results into a quantum state in a single quantum computational step.

Quantum algorithms are designed to take advantage of these principles to perform calculations that are difficult or impossible for classical computers.

One example is Shor’s algorithm, which can factor large numbers exponentially faster than classical algorithms. This has implications for cryptography, as many encryption algorithms rely on the difficulty of factoring large numbers.

While quantum computing is still in its early stages, it has the potential to impact a wide range of industries. Here are some examples:

Chemistry. Quantum computers can simulate complex chemical reactions, which could lead to the development of new materials and drugs.

Finance. Quantum computers can optimize investment portfolios and perform risk analysis faster than classical computers.

Cryptography. Quantum computers can break some encryption algorithms, which has implications for data security.

Machine learning. Quantum computers can be used to train machine learning models faster than classical computers.

Cybersecurity. With the help of quantum communication both receiver and sender are alerted when an eavesdropper tries to catch the signal.

Artificial Intelligence. Increasing the speed of operation will help computers to learn faster even using one of the simplest methods - the mistake-bound model for learning.

While there are still challenges that need to be addressed, researchers are making progress in developing quantum computers and quantum algorithms. It will be exciting to see how quantum computing develops in the coming years and the impact it will have on our lives.

УДК 004.891.3

Alisa Khomenko¹, Natalia Zhukova²

¹student of group CST -212 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

TECHNOLOGIES OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY IN THE GAMING INDUSTRIES

The video game industry is ripe for augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applications. For the first time, the VR and AR market have added an entirely new dimension to the games sector, bringing in more than \$7.5 billion in revenue in 2020, as demonstrated through hardware sales and software investment.

VR and AR have reached a level of sophistication to truly engage the gamer. Manufacturers have introduced an innovation that goes beyond imagination to offer its users a smooth and fun experience with the right hardware.

Virtual and augmented reality are technologies that enable the creation of immersive and interactive experiences for users. In the gaming world, the use of these technologies can provide more immersive and realistic gameplay, allowing players to feel part of the virtual world.

VR technologies see an illusory world that is difficult to distinguish from the real world. The owner of the VR headset can interact with objects in the surrounding world, as well as with other involved people.

AR is a technology that overlays digital information, such as images, videos, or 3D models, onto the real world. AR is achieved by using a device such as a smartphone or tablet, which has a camera and a screen, and software that can recognize and track the environment.

AR technology is well-known for bringing together the virtual and the real, creating a dreamlike middle-path for users. Game manufacturers will be able to use real-time digital interaction to enhance their products. Real-time interaction with gamers around the globe will enhance their perception and allow for better levels of engagement.

One of the benefits of using virtual and augmented reality in the gaming industry is the ability to provide greater immersion and interactivity to players.

With these technologies, players can feel part of the virtual world and manipulate it through body movements and gestures.

The release of the Pokemon GO game in 2016 was a watershed moment that demonstrated the potential of AR in the gaming industry. The game quickly became a global phenomenon, with millions of people playing it on their smartphones. The success of the first AR mobile games has led to a renewed interest in AR technology from the gaming industry. Several major game companies, including Nintendo, Microsoft, and Sony, are investing heavily in AR technology.

Compared to flat-screen games, VR games allow players to be more involved with the help of a number of tools. VR offers players a gaming experience where they feel directly involved in every event and are solely responsible for the outcomes of the scenes. In addition, 3D games take the user one step forward by placing them within the game environment, making them feel as if they are holding the weapons themselves and firing or are being attacked by the opposition.

In addition, virtual and augmented reality can provide new opportunities for game retailers to create unique and innovative products.

MICROSERVICE ARCHITECTURE: ADVANTAGES AND CHALLENGES

Microservice architecture presents both advantages and challenges to software development. Its ability to quickly develop and implement new features and distribute the load between servers makes it an attractive approach. However, managing many services and their interactions, as well as requiring more resources to run and maintain many individual services, can present difficulties.

Effective design and monitoring of the API, as well as developing mechanisms for automatic scaling and disaster recovery, are crucial to successfully implementing a microservice architecture. Careful attention should be given to log collection and error analysis to quickly identify and fix problems that may arise. By considering these factors, a microservice architecture can improve development speed and scalability of applications.

Furthermore, the microservice architecture can also promote better team collaboration and autonomy in software development. Since each service can be developed and released separately, different teams can work on different parts of the application at the same time, allowing for faster development and improved time-to-market.

In addition, the use of microservices can enable better fault tolerance and resilience in applications. If one service fails, it does not necessarily affect the entire system, which allows for faster recovery and improved system uptime. This is particularly important for applications that require high availability and reliability.

Despite the benefits, the use of a microservice architecture can also introduce new security risks that need to be carefully addressed. Since each service is independent and communicates with other services through APIs, it is important to ensure that each service is properly authenticated and authorized to access other services.

Additionally, it is essential to protect the API endpoints against malicious attacks and ensure the security of sensitive data that is transmitted between services. In conclusion, microservice architecture presents significant advantages in terms of faster development, improved scalability, better fault tolerance, and team autonomy.

However, it also brings its own challenges and complexities, particularly in terms of management, monitoring, and security. By carefully considering these factors, and implementing appropriate measures, organizations can fully realize the benefits of a microservice architecture while mitigating potential risks and challenges.

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR LEARNING AND RESEARCH

With the advancement of technology, we are now able to create virtual worlds that can simulate real-life situations and provide an immersive experience for users.

Virtual reality technology is at the forefront of this development, and it has the potential to revolutionize the way we learn and conduct research. By creating virtual environments, we can explore complex concepts in a way that was not previously possible. For example, medical students can use virtual reality to practice surgical procedures without the risk of harming patients. Similarly, architects and engineers can use virtual environments to test designs and simulate potential construction challenges.

To create these virtual environments, we need to rely on cutting-edge computer graphics and software. The graphics need to be realistic and immersive, while the software must be able to simulate interactions and respond to user input. This requires a high level of expertise in computer science, as well as an understanding of the specific applications for the virtual environments.

There are also challenges associated with developing these virtual environments. For example, creating realistic graphics requires a significant amount of computing power, which can be expensive. Additionally, there is a risk of users becoming disoriented or experiencing motion sickness while using the virtual environments, which must be carefully managed.

Despite these challenges, the development of interactive virtual environments has the potential to transform the way we learn and conduct research. With the right technology and expertise, we can create virtual worlds that are not only engaging and immersive, but also practical and informative. As we continue to explore the possibilities of virtual reality, we are sure to uncover new and exciting ways to use this technology to benefit society.

One of the key advantages of virtual environments is that they provide a safe space for learning and experimentation. For example, flight simulators have been used for years to train pilots without putting them in danger. With virtual environments, we can create simulations for a wide range of activities, from emergency response training to hazardous material handling.

Another advantage is that virtual environments can provide a more engaging learning experience. Traditional classroom lectures and textbooks

can be dry and unengaging, which can make it difficult for students to retain information. Virtual environments, on the other hand, provide a more immersive experience that can make learning more enjoyable and memorable.

Virtual environments can also provide opportunities for collaboration and teamwork. In a traditional classroom, students may be limited by their physical proximity to one another. However, in a virtual environment, students can work together regardless of their location. This can be particularly useful for students in remote areas or for research teams that are spread out across the globe.

There are also challenges associated with developing virtual environments. One of the main challenges is ensuring that the environments are realistic and accurate. For example, a virtual environment for medical training needs to accurately simulate the human body and its functions. Another challenge is ensuring that the software is user-friendly and easy to navigate.

In conclusion, the development of interactive virtual environments has the potential to transform the way we learn and conduct research. By creating safe and engaging environments that are accessible to students and researchers around the world, we can increase the accessibility of education and improve the quality of research. As technology continues to evolve, in the future developers will uncover new and exciting applications for virtual environments.

УДК 004.891

Mykola Sergeev¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-212 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF NEURAL NETWORKS IN C++ AND PYTHON PROGRAMMING LANGUAGES

Neural networks are complex mathematical models used to solve various problems in different fields such as machine learning, natural language processing, intelligent data analysis, and others. Different programming languages are used to implement neural networks, but the most popular ones are C++ and Python.

It should be noted that the performance of neural networks depends not only on the programming language but also on hardware resources, algorithms, optimization methods, and data volume. However, the choice of programming language has a significant impact on the performance of the neural network, development efficiency, and training.

Comparing the performance of neural networks in C++ and Python programming languages depends on many factors, such as the size and complexity of the network, the size of the data processed by the network, as well as code optimization.

C++ is a low-level programming language that allows for optimizing code for memory and computation. It is considered faster and more efficient for computations involving neural networks.

However, Python is a simple and convenient programming language for developing and debugging neural networks, which often leads to faster development and debugging of software.

The memory consumption evaluation when executing neural networks on C++ and Python depends on several factors, such as the network architecture, the size of the data processed by the network, the data types used, and the optimization method and framework being used. C++ provides more control over memory and program execution. Therefore, it results in lower memory consumption compared to executing on Python. However, most neural network frameworks, such as TensorFlow and PyTorch, provide implementations on both languages, so the language choice depends on the specific needs and requirements of the project.

There are also several libraries for neural programming in C++. However, their number and functionality are not as extensive as those available in Python. Some of these include Caffe2, TensorFlow C++ API, Torch C++ API, DeepDetect, OpenCV.

C++ is a faster programming language compared to Python since it compiles to machine code. This is especially important for implementing complex algorithms that require a large number of floating-point operations. Python is a language with a higher level of abstraction, which allows reducing the amount of code, which is important when writing a neural network.

Python is a highly popular programming language in the field of machine learning and neural networks, thanks to its simplicity, wide selection of libraries and frameworks, and ease of data visualization and analysis.

However, if program execution speed is a critical factor, for example, if there is a need to process large volumes of data in real-time mode and if the project implies writing complex code that requires highly efficient memory usage, C++ may be a better choice.

VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR SMART HOUSE SYSTEM STUDY

These days, virtual, augmented and cross-reality technologies are used not only in the gaming industry. They also allow organizing 3D learning environments that provide the effect of immersion and user interaction with the objects and processes being studied.

In particular, various applications have been created to study Internet of Things (IoT) technologies as well as Smart House (SH) systems. This area of study is interesting and useful for people, as it allows us to make our lives more comfortable, safer and provide resource saving [1, 2].

Various virtual environments have been developed for virtual reality (VR) helmets and personal computers. They are Multi-purpose SH simulation system, OpenSHS, Electronic House, Live Home, PlanerVR etc. [3].

For instance, a virtual reality environment (VRE) allows a person in the Oculus Go VR helmet to gain experience with a virtual model of SH, both outside and inside the building, and interact with sensors and devices [1].

The application runs on the Android mobile platform and provides the functions of character control, helmet calibration, and interaction with the interface using a controller. The developed VRE allows studying such subsystems as Lighting control, Security control, Climate control, Irrigation control, etc. This enables students to gain knowledge about the structural and functional features of the SH system, as well as the principles of its control [3].

An interactive virtual model for Smart House & IoT remote laboratory was developed on the WebGL platform with HTML5 and JavaScript. Unity 5 game engine and Autodesk 3ds Max 3D environments were also used during the design process. Users can interact with the proposed virtual model and receive data from the model components such as temperature, humidity, soil moisture sensor, solar panel, etc. using control panels of a remote laboratory [4].

The developed virtual model allows: obtaining useful information about the components of SH system; running simulation of various SH subsystems. Thus, it motivates users to create their own home automation system based on the rewarding experience with this remote laboratory and its virtual model. The practical value lies in the fact that the created virtual model allows studying the behavioural characteristics of residents to build

patterns of their activities, on the basis of which it is possible to develop scenarios for efficient consumption of resources in SH [4].

Smart House Virtual Environment (SHVE) is a project that expands the basic functionality of hybrid (remote and virtual) laboratory GOLDi [5]. The developed system consists of two parts. They are the server and the graphical representation of the simulation process. The server can be considered as a message router connecting the users' clients to the SHVE. Communication between the server and SHVE/clients occurs via sockets using the MQTT data transfer protocol [5].

The presented SHVE is a new educational tool, with interesting possibilities of moving a character around the house and interacting with equipment in order to study the basics of control and design of home automation systems. This VR environment provides students with the ability to create scenarios of working with the main subsystems of SH such as lighting and climate control, based on the activities of the SHVE character [5].

The usage of SHVE, which is similar to the role-play game, is of interest to students, as they know the mechanics of computer games well. This environment is intended to train students in developing software (clients) for SH system control. However, students have the opportunity to use the free MQTT client to work with the developed SHVE without programming.

The usage of SHVE allows lecturers to create different realistic tasks related to the functioning of SH systems based on human behavior. Students have the opportunity to solve these tasks and gain practical skills in the development of home automation systems and technologies [5].

In such a way, the development and practical usage of virtual environments opens wide opportunities for experiments in various fields of learning and improves the results of the educational process.

The implementation of virtual experiments in the field of home automation systems provides an interactive learning environment that allows students to participate in the active learning process and increases their motivation to study modern information technologies and processes.

REFERENCES

1. Pirrone, D. Open-source multi-purpose remote laboratory for IoT education [Текст] / D. Pirrone, C. Fornaro, D. Assante // IEEE Global engineering education conference, Vienna, Austria, 21-23 April 2021: proceedings. – 2021. - P. 1462-1468.
2. Virtual environment for Internet of Things technologies studying [Текст] / Y. Yaremchenko, A. Parkhomenko, A. Tulenkov et al. // Computer

modeling and intelligent systems (CMIS-2022): The fifth international workshop, Zaporizhzhia, Ukraine, 12 May 2022: proceedings. – P. 303-314.

3. Virtual environments for Smart House system studying [Текст] / A. Parkhomenko, O. Gladkova, Ya. Zalyubovskiy et al. // Educating engineers for future industrial revolutions / Eds. M.E. Auer, T.Rüütman. - Cham: Springer, 2021. – P. 569-576 (Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1328).

4. Parkhomenko, A. Virtual model for remote laboratory SmartHouse & IoT. [Текст] / A. Parkhomenko, O. Bilov, A. Tulenkov et al. // Intelligent data acquisition and advanced computing systems: technology and applications: 10th IEEE International conference Metz, France, 18-21 September 2019: proceedings. – 2019. – P. 985-990.

5. Virtual environment Smart House for hybrid laboratory GOLDi [Текст] / Y. Yaremchenko, J. Nau, D. Streitferdt et al. // Mobility for Smart Cities and regional development - challenges for higher education / Eds. M. E. Auer, H. Hortsch, O. Michler, T. Köhler. - Cham: Springer, 2022. - P. 250–257 (Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 389).

УДК 004.35

Maksym Glebov¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-132 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

GAME DEVELOPMENT USING VIRTUAL REALITY AND AUGMENTED REALITY

Game development using virtual reality and augmented reality is an exciting field that is rapidly gaining popularity. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies are increasingly being used in the gaming industry to create immersive experiences for players. The use of VR and AR in game development has the potential to make a revolution in the gaming industry, creating more interactive games.

There are interesting scenarios in which VR and AR are being used in game development. VR allows players to enter a completely new world, where they can interact with objects and characters in a way that was not possible before. Some games provide even superhuman abilities, so that it creates an experience we can't feel in real world. AR, on the other hand, overlays digital content onto the real world, creating a mixed reality experience. These technologies are being used to create a variety of games, from action-packed shooters to puzzle games.

One of the main advantages of using VR and AR in game development is the level of immersion that it provides. Players can become fully immersed in the game world, interacting with objects and characters as if they were actually there. This creates a more engaging and interactive experience for players, increasing their enjoyment of the game. When you ‘enter’ VR, you can experience wonderful events and get a feel of completely new adventures in your life. Of course, level of the immersion depends on quality of your headset, because each of them has different viewing angles, screen type, refresh rate and resolution. So, some of them can lower the level of immersion, that can lead to not so interesting experience. However, through time you get used to it quickly and start to enjoy the adventure.

Another advantage of using VR and AR in game development is the potential for increased interactivity. VR and AR technologies allow for a greater level of player interaction, enabling players to control objects and characters in new and exciting ways. This can lead to more creative and innovative gameplay mechanics, enhancing the overall player experience. For example, some headsets have finger tracking on their controllers, that drastically improves level of the immersion. If you want to pick something up, instead of holding the button, you just have to close your palm and the item is in your hand. It depends not only on headset, but on the game itself too. Some old games do not give such level of interactivity and may seem too simple for modern standards. That is, sometimes you cannot even pick up a thing which not important for the main story. These cases ruin the level of immersion and can lead to bad experience with a game.

However, there are also challenges associated with using VR and AR in game development. One of the main challenges is the cost of developing games that use these technologies. Developing games for VR and AR requires specialized hardware and software, which can be expensive. Additionally, the level of complexity involved in developing these games can be challenging for game developers who are not familiar with these technologies. Through time quality of VR and AR games increases, as well as level of effort needed to create a game with up-to-date technologies.

As for the software, some game engines have limitations, that can make VR and AR game development much harder. Developers must keep up with the latest VR gamedev innovations to overcome these challenges. It is important to be aware of the limitations of VR and tailor ideas to its specific strengths.

During the first wave of VR games, a lot of developers just took popular existing concepts and translated them for VR. But time has proven that VR needs ideas tailored for its specific strengths, because the differences between gameplay in VR and on a regular PC or console are night and day. However, situation is constantly changing and the most bleeding edge game

engines like Unreal Engine 5 only help with development of unique games with complex technologies, and don't get in the way.

Despite these challenges, the future of game development using VR and AR is bright. As the technology becomes more widely available and affordable, more developers are likely to start using these technologies in their games. The future of game development using VR and AR is promising, offering players immersive and innovative experiences.

Furthermore, the technology used in VR and AR hardware is constantly evolving, which, on one hand, can pose a challenge for game developers, but on the other hand, greatly improves the possibilities and breaks technology borders, which allows developers to create nearly anything they can imagine. New hardware innovations, such as eye-tracking technology, haptic feedback, and improved motion tracking, are continually being developed and integrated into VR and AR headsets. For example, all of these mind-blowing traits are present in a brand-new PlayStation VR2 headset for the PlayStation 5. While these advancements can enhance the player experience, they also require game developers to keep up with the latest technology and develop games that are optimized for these new features.

УДК 004.8

Roman Maryakhin¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-132 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MODERN ART

AI is radically changing the nature of not only technical professions, but also penetrated into the artistic environment, affect creative processes, and even a phenomenon called digital art has emerged. Without the use of digital processing and computer effects, it is impossible to imagine either modern cinema or music. “Computer” has literally become a canvas, a brush, and a musical instrument these days.

AI-generated artwork has captured the public and even a few collectors' imagination. Apparently, we are already on the threshold of a new era of creativity, when AI and the artist become co-authors, complementing each other in those areas and “skills” where they are strongest.

The new field of digital art pushes the boundaries of creativity and destroys the way art is created. Artists create autonomous robots for collaboration, supply algorithms with data, and train machines to create new visual works. They work with computer programs that mimic human intelligence,

creating an endless stream of unique works of art. AI has become a desirable partner in artistic creativity.

Artists working with AI understand the relationship between randomness and control and use AI to find a balance between them when developing new concepts and visual effects. For example, AI assistants can help restorers recreate Long-Lost Masterpieces of art history by analyzing works of art and learning the unique style of any artist who has ever lived.

Neural style transfer is the simplest and most popular form of using AI in creativity. The model is based on image stylization and is based on convolutional neural networks (CNN). It is embedded in such popular mobile applications as DeepArt and Prisma. There are two images at the input of the model – the template-style and the original.

The technology allows you to successfully imitate the style of Van Gogh, Monet from the template library. Each template corresponds to a set of parameters of a pre-trained neural network. The technology allows the use of character images in advertising and product promotion. If a photo of a real object is submitted to the input of the model, then it is difficult to distinguish the result from the work of the artist – the technology passes the Turing test.

Sculptures created by AI are not as popular as paintings yet, but there is still development in this direction. AI is mainly used to develop a three-dimensional model. Scott Ethan's sculpture debuted at the exhibition 'Artist + AI: figures and forms' and it was created in collaboration with AI. In this case, AI translates the drawings into a three-dimensional form.

People concluded that human/ML complementarity in the arts is a rich and ongoing process, with contemporary artists continuously exploring and expanding technological capabilities to make artworks. Although ML-based processes raise challenges around skills, a common language, resources, and inclusion, what is clear is that the future of ML arts will belong to those with both technical and artistic skills.

УДК 004.67

Andrey Tyupa¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST-132 NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²PhD (Philology), associate professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

EDGE COMPUTING

Edge computing is a distributed IT architecture which moves computing resources from clouds and data centers as close as possible to the originating source. Rather than sending all data to a central server or cloud for processing, edge computing allows for the processing to occur at the 'edge'

of the network, closer to where the data is generated. This approach can offer several benefits, including reduced latency, reduced congestion, and lower network bandwidth requirements.

One of the primary advantages of edge computing is its ability to reduce latency. By processing data closer to the source, edge computing can minimize the time it takes for data to travel back and forth between devices and a central server. This is particularly important for real-time applications like autonomous vehicles, where even a few milliseconds of delay could have serious consequences.

Another benefit of edge computing is reduced congestion. Despite the advancements in the internet infrastructure, the massive amount of data generated daily by billions of devices can still cause significant congestion.

With edge computing, there is the availability of local storage and servers, which can conduct crucial edge analytics even during network disruptions.

In addition to these benefits, edge computing can also help to reduce network bandwidth requirements. This is because only relevant data needs to be transmitted to a central server, rather than all data generated by devices and sensors. This can result in significant cost savings for organizations that need to transmit large amounts of data over a network.

However, there are also some challenges associated with edge computing. One of the main challenges is the security. The level of physical security at edge sites is typically lower compared to that of core sites. Therefore, an edge strategy needs to consider a higher possibility of both intentional and unintentional occurrences.

Overall, edge computing is a promising technology that can offer several benefits for organizations looking to process and analyze data closer to the source. With continued advancements in hardware and software, edge computing is likely to become an increasingly important component of many industries in the years to come.

УДК 004.8

Oleh Onyshchenko¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST -122 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

THE FUTURE OF URBAN LIVING: HOW AI AND IOT ARE SHAPING MODERN CITIES

The Future of Urban Living is an exciting topic that explores the integration of artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) in

modern cities. As urban areas around the world continue to grow, governments and city planners are looking for ways to use technology to make positive changes within their municipalities. Smart cities use modern technology like IoT and AI to improve living environments and promote sustainable urban development. The IoT is regarded as the most important interface for smart cities and involves a network of intricately connected devices designed to communicate and exchange data.

The main aim of smart cities is to use technology to improve the quality of life for their residents. This can be achieved in several ways, such as using IoT to optimize traffic flow and make roads a safer place both for drivers and pedestrians. Some smart traffic control systems use sensors to detect the number of cars on the road at a given time and adjust the timing of traffic lights to ease congestion. IoT also facilitates smart parking, helping drivers to navigate parking lots, find parking spaces, and use digital payment methods. Smart toll roads are equipped with sensors that detect when a car drives through a toll plaza and simply deduct the fees from a linked account.

London is currently the most advanced smart city in the world, with an estimated population of 10 million people within a 1,500 km² area by 2030. The local government has invested heavily in technologies like AI, IoT, and 6G solutions to provide convenience and enhance interconnectedness between residents. The city mayor has implemented a roadmap as well as several initiatives to ensure London becomes the “smartest city in the world.”

IoT is the core technology upon which the future city is built. These intelligent, interconnected cities, rely on data collection for everything. IoT sensors collect data and feed it into a platform so it can be analyzed. In the city of the future, devices must be able to communicate between each other, so decisions can be made. Authorities and city officials must work hand in hand with network operators to position several connectivity points throughout the city to ensure proper communication.

Smart city innovations involving IoT may be more exciting to the average citizen, but blockchain holds massive potential to improve some of the most fundamental services powering urban areas, while also supporting IoT innovations. Blockchain technology can be used to reduce administrative burdens, increase trust, and ensure accountability between governments and citizens. Innovative city, state, and country governments are already deploying the technology to improve public records management, peer-to-peer payments, and digital identity.

Cities around the world are becoming smarter, and with these developments will come new challenges and opportunities. Smart city projects are happening so fast that many people may already live in ones without even knowing it. Electric vehicles, remote heating and camera systems, and even smart roads all contribute to the evolution of cities as we know them. Smart

cities also have their part to play in the reduction of emissions. As our cities currently use 78% of the world's energy, experts hope that smart cities will help to control the negative impact of climate change and carbon emissions on our environment.

УДК 004.896

Anastasiia Katykhina¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST -112 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

ROBOTICS OF THE FUTURE: BOSTON DYNAMICS

Boston Dynamics is a robotics company founded in 1992 that develops and manufactures advanced robots with high speed, maneuverability, and flexibility. The company's robots are known for their ability to move over uneven terrain, climb stairs, open doors, lift heavy loads, and detect and identify objects. Boston Dynamics has made significant strides in the field of robotics, and its products have many potential applications in various industries, from manufacturing and construction to healthcare and logistics.

One of Boston Dynamics' most famous robots is Spot, a quadrupedal robot that looks like a robot dog. Spot can move on uneven ground, climb stairs, open doors, and even dance. The robot is equipped with cameras and sensors that allow it to create 3D maps of construction sites, troubleshoot machines on offshore oil rigs, and perform surveillance and inspection tasks. During the outbreak of the COVID-19 pandemic in 2020, Spot helped hospitals sort patient tests by delivering samples from the testing area to the laboratory. Spot's agility and versatility make it a valuable asset in various industries, from construction and mining to law enforcement and security.

Another well-known robot developed by Boston Dynamics is Atlas; a humanoid robot with its impressive jumping and flipping abilities, Atlas has captured the attention of the public and demonstrated the incredible advancements that have been made in the field of robotics. But Atlas is more than just a showpiece. It is equipped with a range of sensors and cameras that enable it to perceive its surroundings in real-time and interact with objects with remarkable precision. This makes it an ideal tool for complex industrial tasks that require a high degree of accuracy and dexterity.

In 2021, Boston Dynamics announced a new robot called Stretch. Unlike Spot and Atlas, Stretch is not modeled after a human or animal but is designed to be as practical as possible. The robot has a large robotic arm that can grab and move boxes weighing up to 23 kilograms (50 pounds). It is also

designed to be integrated into any existing workstation, making it a versatile tool for loading or unloading goods. Stretch's simple design and practical capabilities make it an ideal choice for logistics companies that need to move heavy loads quickly and efficiently.

Another robot used for logistics purposes is Handle. Handle can lift loads up to 45 kilograms and has two legs with wheels. The wheels can be used on flat surfaces, and the legs can be used to move up and down stairs or to jump over obstacles. Handle's mobility and flexibility make it an excellent choice for warehouse and factory environments, where heavy loads need to be moved quickly and efficiently. Handle's design is also modular, allowing companies to customize the robot to fit their specific needs.

As Boston Dynamics continues to develop new robots and technologies, the possibilities for their applications are virtually limitless. The acquisition of Boston Dynamics by Hyundai Motor Group in 2021 opens up great opportunities for creating new products and technologies that will be useful in many areas of people's lives. For example, using robotics and mobility technologies developed by Boston Dynamics, Hyundai plans to develop a new platform for autonomous electric cars that can be used to move around in bad weather conditions, help people with disabilities, and provide emergency medical care.

The combination of robotics and mobility technologies has the potential to revolutionize transportation and mobility, making it safer, more efficient, and more accessible for everyone.

УДК 004.41

Ihor Stepanov¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST -112 NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

²PhD (Philology), associate professor NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

LOW-CODE AND NO-CODE DEVELOPMENT

Low-code/no-code development platforms are types of visual software development environments that allow enterprise developers and citizen developers to drag and drop application components, connect them together and create mobile or web apps.

Modular, low-code and no-code approaches allow professional developers to build applications effortlessly without writing code line by line. However, the growth in the number of low-code/no-code platforms is driven by a shortage of skilled software developers and the need to solve business problems quickly.

People can create applications with little or no knowledge of programming languages using the platform configurable components. Users see a user-friendly graphical user interface (GUI) that enables them to combine components and third-party application program interfaces (APIs).

Low-code is a method of designing and developing applications using intuitive graphical tools and built-in functions that reduce the size of program code. Low-code development platforms require users to have basic coding skills to develop, while no-code development platforms require no programming knowledge at all.

No-code is also a RAD approach and is part of a modular, low-code, plug-and-play development approach. No-code has a completely hands-off approach, with complete dependence on visual tools, while low-code has some developer involvement in the form of scripting or manual coding.

Low-code/no-code applications can provide close alignment with business requirements, can be implemented quickly, and are generally less expensive than in-house developed systems. These programs do not achieve these benefits by magic, they outsource development to users rather than professional system developers.

Advantages of Low-code/no-code approaches are as follows: they are easy to understand; their increased agility; customer experience.

Disadvantages of Low-code/no-code approaches are reduced flexibility; security and risk; vendor lock-in.

УДК 004.8

Danilo Dedov ¹, Natalia Zhukova ²

¹ student of group CST-132 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD (Philology), assistant professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

USING AI IN SOFTWARE DEVELOPMENT: GITHUB COPILOT SYSTEM

GitHub Copilot is an AI pair programmer that offers autocomplete-style suggestions as you code. You can receive suggestions from GitHub Copilot either by starting to write the code you want to use, or by writing a natural language comment describing what you want the code to do. GitHub Copilot analyzes the context in the file you are editing, as well as related files, and offers suggestions from within your text editor. GitHub Copilot is powered by OpenAI Codex, a new AI system created by OpenAI. GitHub Copilot is available as an extension in Visual Studio Code, Visual Studio, Neovim and the JetBrains suite of IDEs.

This is certainly not the first “AI powered” program synthesis tool. GitHub’s Natural Language Semantic Code Search in 2018 demonstrated finding code examples using plain English descriptions. Tabnine has provided “AI powered” code completion for a few years now. Where Copilot differs is that it can generate entire multi-line functions and even documentation and tests, based on the full context of a file of code.

There are few different ways to use Copilot.

You can start to type a signature of a function and Copilot will suggest a continuation of this function.

For example you can write:

```
int CalculateDaysBetweenDates(
```

Copilot will suggest you the whole function to add. To accept it you need to press the tab. If alternative suggestions are available, you can see these alternatives by pressing Alt+] or Alt+[. To reject all suggestions, press Esc.

Another way to work with Copilot is to simply write a prompt in a comment.

For example, type the following comment. GitHub Copilot will suggest an implementation of the function.

```
using System.Xml.Linq;  
var doc = XDocument.Load("index.xhtml");  
// find all images
```

2. To accept the suggestion, press Tab.

In a recent evaluation, GitHub found that users accepted on average 26% of all completions shown by GitHub Copilot. They also found that on average more than 27% of developers’ code files were generated by GitHub Copilot, and in certain languages like Python that goes up to 40%. However, GitHub Copilot does not write perfect code. It is designed to generate the best code possible given the context it has access to, but it doesn’t test the code it suggests so the code may not always work, or even make sense. GitHub Copilot can only hold a very limited context, so it may not make use of helpful functions defined elsewhere in your project or even in the same file. And it may suggest old or deprecated uses of libraries and languages. When converting comments written in non-English to code, there may be performance disparities when compared to English. For suggested code, certain languages like Python, JavaScript, TypeScript, and Go might perform better compared to other programming languages.

Copilot was created using the open source code from GitHub, therefore the code which Copilot gives you may be borrowed from someone else’s project.

Copilot raises a number of important questions around who has actually authored a piece of software. “Open source” doesn’t mean a complete free-for-all, and there are still license requirements to fulfill and attributions

to include, so if Copilot “borrows” code from one project and suggests it to the author of another project, will this open the floodgates to copyright infringement lawsuits? There has also been a whole heap of discussions around what constitutes fair-use, as well as lack-of-transparency questions that Copilot raises, with Software Freedom Conservancy’s Bradley M. Kuhn penning an in-depth piece last year titled “If Software is My Copilot, Who Programmed My Software?”.

Another problem that people see in Copilot is that it uses Open-Source code but at the same time it has a price. Some people see this as a betrayal of the open-source spirit. Also, this led the Software Freedom Conservancy (supported by a lot of big tech companies) to end its own use of GitHub internally, and introduce a program to help its member projects transition away from GitHub. On top of that, it said that it won’t accept new members that don’t have a clear plan to migrate their open source projects away from GitHub.

On March 22, 2023 GitHub announced Copilot X. This is a new version of Copilot, now based on ChatGPT-4. Copilot X will be embedded much deeper into the IDE, which will give it more vision about the context of your code, warning messages and other information. Also, Copilot X will have a chat window, so that will be a new way to work with it. A developer can get in-depth analysis and explanations of what code blocks are intended to do, generate unit tests, and get proposed fixes to bugs. And another huge new function is voice-to-code AI technology where developers can verbally give natural language prompts.

In conclusion, we can see that the name “Copilot” fits this project really well. It does not write a perfect code, it can use someone else’s code, and you still need to verify everything it does. But at the same time, it still can give a lot of help, and give you a possibility to focus more on software architecture, debugging and optimization, than writing each function and thinking about how to implement them and what algorithm to use.

УДК 004.51

Milena Kocheva¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST -132 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

VIRTUAL REALITY: ANOTHER WORLD WITHIN SIGHT

Virtual reality is a kind of semblance of the world around us, artificially created with the help of technical means and presented in digital form. The created effects are projected onto the human consciousness and allow us

to experience sensations as close as possible to real ones. This technology changed the vision of humanity and made a vital contribution to the development of many fields.

The most common means of immersion in virtual reality are specialized helmets or glasses that are worn on a person's head. The principle of operation of such a helmet is quite simple. The display in front of your eyes displays video in 3D. Attached to the body, a gyroscope and accelerometer track head movements and transmit data to a computing system, which changes the image on the display depending on the readings of the sensors. As a result, the user has the ability to "look around" inside virtual reality and feel in it as in the real world. For the image to have high definition and always fall into focus, special plastic lenses are used.

The active use of virtual (VR) and augmented (AR) realities in a variety of areas forms a "merged reality", in which the boundaries between augmented, virtual and physical worlds are blurred. 7 out of 10 users expect VR / AR technology to revolutionize 6 areas: media, education, work, social, travel and retail.

In mid-October 2020, surgical planning software developer ImmersiveTouch unveiled its VR digital surgery platform. It is intended for dentists and maxillofacial surgeons. In mid-August 2021, a new module for training hip and knee operations in VR was launched on the Osso VR platform. In the face of the pandemic, developers are prioritizing the expansion of the curriculum across multiple majors to provide ongoing training for medical students and residents.

In mid-September 2020, as part of a study, one of the Oxford nursing homes began to implement VR technologies to help patients with dementia. At the same time, VR pictures are created individually for each patient. The pilot project team negotiated with nursing home workers and created a panorama of pictures from the past for dementia patients. Several patients were sent back to their youthful memories: to rock and roll dance halls from the 1950s, to the church where they got married, on trips abroad. Patients described the experienced sensations as "amazing" and added that after such a shake-up they feel much more invigorated. Scientists report that the use of VR technology improved communication and cognitive abilities in more than half of the patients with dementia who participated in the study.

VR projects can not only create conceptually new markets, but also expand existing ones. According to Goldman Sachs analysts, VR in the cinema industry is one of three notable growing market segments, along with the gaming industry and online streaming services. According to analysts, the use of virtual reality technologies will bring the film industry \$ 3.2 billion by 2025 and will have an audience of at least 72 million users.

To summarize, the market for virtual reality technologies mainly influences the human vision of the world. According to experts, the main catalysts for the growth of the AR market have become the availability of technology and the simplicity of smart devices. In addition, the COVID-19 coronavirus pandemic when people had limited physical contact and increasingly used technology for distance communication, education and work, contributed to its growth.

УДК 004.8

Anastasiia Nikitina¹, Nataliia Zhukova²

¹student of group CST -112 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²PhD (Philology), associate professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR PATTERN RECOGNITION AND IMAGE PROCESSING

The development and application of machine learning for pattern recognition and image processing is a very important topic in modern science and technology. To succeed in this area, it is necessary to use special machine learning methods and algorithms, such as neural networks and decision trees.

Machine learning is a branch of artificial intelligence that researches and develops algorithms and techniques that enable computers to learn from data and perform tasks without direct programming [4].

One of the most important applications of machine learning for pattern recognition is computer vision. It is applied in various fields such as medicine, industry, automated production line, facial recognition, and biometrics, helping to automate many processes that require processing visual information [5].

Another application of such training is virtual reality. It can be used to recognize gestures and movements that a user makes in a virtual space to control the process of interacting with the virtual environment.

Machine learning applications can also be used to create autonomous systems, such as robots and unmanned aerial vehicles. These systems can use machine learning to recognize patterns and environmental objects, which will help them adapt to changes in the environment and make autonomous decisions [3].

Currently, some of the most common examples of machine learning applications for pattern recognition and image processing are the following:

1. Face recognition. Machine learning can be used to identify specific features in images and compare them with known samples, allowing you to accurately identify people in the images.

2. Detection of objects in images. For example, machine learning algorithms can be used to detect vehicles in images from city streets, or to detect cancerous tumors in medical images.

3. Automatic processing of photos and videos. For example, these technologies can be used to automatically remove noise in images and automatically improve video quality [2].

Based on what has been pointed out, machine learning is a very important field of information technology used for pattern recognition and image processing. Thanks to it, new opportunities in image processing have become available, in particular in the field of computer vision, where accurate and fast object recognition is important.

Applications of this technology include areas such as medical diagnostics, production quality control, face and voice recognition, unmanned vehicles, and many others. All of these applications have significant advantages in that they can significantly improve the efficiency and accuracy of processing large amounts of data in a short time.

At the same time, the use of machine learning poses some issues, such as the need for large amounts of data to train models, the complexity of managing the reliability and security of systems, and the need for constant updating of models [1].

Therefore, machine learning for pattern recognition and image processing is an important technology that has significant potential for the development of many industries, but its use should be justified and carefully planned.

REFERENCES

1. Gavrilova, Y. Pattern Recognition and Machine Learning in Simple Words [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://serokell.io/blog/pattern-recognition-in-simple-words>

2. Introduction to Pattern Recognition in Machine Learning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mygreatlearning.com/blog/pattern-recognition-machine-learning/>

3. Baheti, P. Pattern Recognition in Machine Learning [Basics & Examples] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.v7labs.com/blog/pattern-recognition-guide>

4. Simplilearn. Pattern Recognition and Machine Learning: Overview, Importance, & More [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.simplilearn.com/pattern-recognition-and-ml-article>

5. Super Annotate. Pattern recognition: Overview and applications [Updated 2023] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.superannotate.com/blog/pattern-recognition-overview>

ANALYSIS OF METHODS FOR STUDYING THE STATIC STABILITY OF A GENERATOR WITHOUT AUTOMATIC EXCITATION CONTROL

The study of electromechanical transients in electrical systems allows us to predict the occurrence of any transient process, preventing possible negative consequences [1, 2]. The following methods are used to study the static stability of power systems: numerical methods, computer simulation methods, and algebraic methods.

Numerical methods such as finite element analysis and finite difference methods can be used to solve complex mathematical equations and simulate the behavior of energy systems under different conditions. These methods can be computationally intensive but can provide highly accurate results [3].

Computer simulation methods can also be used to model and simulate the behavior of energy systems. These methods involve the use of computer programs to model the system's components, inputs, and outputs. By simulating the behavior of the system under different conditions, these methods can provide insights into potential stability issues and ways to optimize system performance [2, 4].

Algebraic methods such as power-flow analysis and load-flow analysis are widely used in the energy industry to study the static stability of power systems. These methods involve the use of algebraic equations and mathematical relationships to model the system's behavior and determine its stability under different conditions [1, 5].

The choice of method will depend on the specific problem being addressed and the resources available. For instance, algebraic methods may be more suitable for studying the steady-state behavior of large power systems, while numerical and simulation methods may be more appropriate for analyzing the dynamic behavior of smaller systems or for simulating the effects of extreme events such as storms or blackouts.

Static stability is the ability of a given steady-state mode to self-establish after the end of the action of small disturbances in the parameters of this mode, and not to “slip” from them, as well as to withstand small disturbances during the gradual deterioration of the mode close to the limit. Small disturbances always accompany the operation of the system and are mainly associated with changes in load, as well as with the reaction of regu-

lating devices to this; with the switching on and off of individual generators or changes in their power; with changes in normal operating schemes during switching, etc.

The task of analyzing the static stability of the system is solved by determining the dependencies that characterize the change in the parameters of a given output mode over time under small disturbances of this mode. In most cases, it is sufficient to determine the change in the rotor runout angle of the SG rotor over time. To do this, it is necessary to solve the nonlinear differential equation (1) (or a system of differential equations) that describes this mode. It is impossible to find a solution to equation (1) in general. Therefore, the stability study is carried out either by integrating the linearized differential equation using the method of small oscillations or by direct integration of the original nonlinear differential equation using numerical methods.

$$\frac{T_j}{\omega_0} \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} + \frac{P_d}{\omega_0} \cdot \frac{d\delta}{dt} = P_0 - \frac{E_q \cdot U_c}{X_c} \cdot \sin \delta, \quad (1)$$

where T_j is the rotor inertia constant, s;

P_d is the damping coefficient, d.u;

P_0 is the power of the turbine at the initial steady-state mode, units;

δ is the generator rotor runout angle, rad;

ω_0 is the synchronous rotor speed, rad/c,

E_q is the transverse synchronous EMF of the generator, in units of time;

U_c is the voltage on the buses of the receiving system, voltages;

X_c is the sum of the resistances of the transmission elements from the point of application of the EMF E_q to the busbars of the receiving system with a voltage U_c , voltages.

The simulation model of the synchronous generator movement with measurement circuits developed in this paper is shown in Fig. 1.

As a result of the studies, the problem of analyzing the static stability of a synchronous generator without automatic excitation control in a wide range of changes in output parameters was solved. Dependences of the rotor runaway angle of a synchronous generator in time were obtained.

The developed software system is used in the educational process of the Department of Power Supply of Industrial Enterprises of the National University "Zaporizhzhia Polytechnic" in the study of the discipline "Electromechanical Transients" for students of specialty 141 "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics".

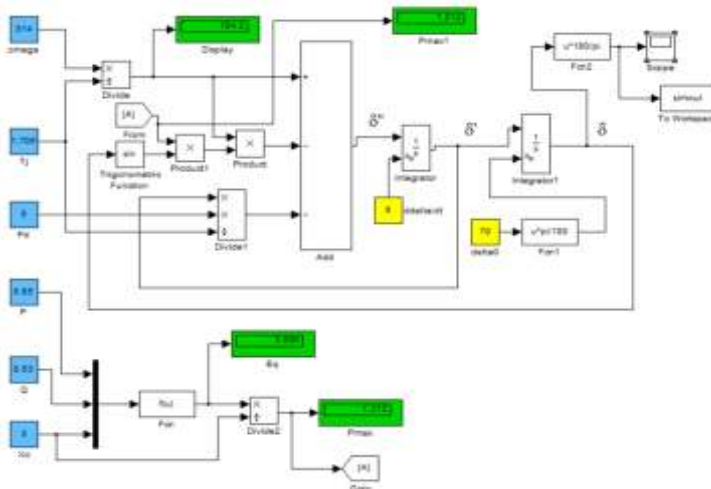


Figure 1 – Simulation model of synchronous generator movement

REFERENCES

1. Kundur, P. Power System Stability and Control [Текст] / – McGraw-Hill, Inc., 1994. – 1200 p.
2. Xu, W., Qiang, S. Research on Electromechanical Transient-Electromagnetic Transient Hybrid Simulation Algorithm for Power System [Текст] / International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE), Changchun, China, 2018. – 152-157 pp.
3. Watanabe, M., Mitani, Y., Tsuji, K. A numerical method to evaluate power system global stability determined by limit cycle [Текст] // IEEE Transactions on Power Systems. – 2004. Vol. 19. – No. 4. – 1925-1934 pp.
4. Definition and Classification of Power System Stability – Revisited & Extended [Текст] / N. Hatziargyriou et al. // IEEE Transactions on Power Systems. – 2021. – Vol. 36. – No. 4. – 1925-1934 pp.
5. Biroon, R. A., Pisu, P., Schoenwald, D. Large-Scale Battery Energy Storage System Dynamic Model for Power System Stability Analysis [Текст] // IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC), College Station, TX, USA, 2020. – 1-5 pp

ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN UKRAINE: MODERNIZATION OR NEW DESIGN

Today, the issues of using renewable energy sources and reducing the impact on the natural environment are the most pressing around the world. Improving the energy efficiency of residential buildings is one of the ways to reduce the consumption of heat and electricity.

Improving the energy efficiency of residential buildings can achieve various goals. The first is to reduce operating costs for the building owner. This can save up to 60% on electricity and heat bills. Over a long period of time, it will produce incredible savings. The second goal, which is achieved by improving energy efficiency, is to save natural resources. An energy-efficient building maintains a comfortable temperature inside, at different temperatures outside, without significant heating or cooling costs.

A negative aspect of an energy efficient building is its higher price compared to a conventional building. Depending on the materials used in construction, the price can increase by up to 13%.

In Ukraine, the majority of the housing stock is represented by old buildings. Their design was based on mass production and low cost. As a result, the energy efficiency of buildings constructed before the 2000s is 10 to 20 times worse than that of residential buildings built in the EU countries of similar years. In our country, the construction of energy efficient buildings is just beginning to develop compared to European countries, where the construction of such buildings has been popular for decades. The main reason why the construction of energy efficient houses is not developed in Ukraine is that a unit of living space in an energy efficient house is 8-13% more expensive than in a house of traditional construction. In this regard, many organizations find it more profitable to invest in the construction of “energy wasteful” residential buildings, thereby generating higher income.

Modern energy efficiency programs in Ukraine and Europe involve the use and development of new construction materials for residential construction. The use of energy-efficient materials for residential construction helps to save raw materials and reduce the subsequent costs of heating and maintenance of the buildings themselves. The selection of energy-efficient building materials and modern technologies for their installation allows for a building that requires less energy to heat than a conventional building. Sometimes these savings amount to 60-80%.

In Ukraine, panoramic windows have recently gained popularity. They look spectacular when viewed from the outside, but we must not forget that any windows are unnecessary heat losses, and panoramic windows are not particularly effective for energy saving.

However, there are ways to compensate for these losses. For example, it is possible to use more expensive facade materials that have better thermal insulation characteristics. This increases the cost and operating costs of the building's occupants, and also complicates the design. The most effective solution is to use double-glazed windows with a small area. They have low thermal conductivity characteristics and a relatively low cost compared to panoramic windows with similar parameters. Efficient glazing allows you to save on other building systems such as heating and ventilation and reduce operating costs.

In summary, the greatest savings in electricity and heat can be achieved in buildings that were planned as energy efficient at the design stage and use modern energy efficient materials in their construction. Modernization of already constructed buildings will be costly and will not bring significant savings.

УДК 025.5

Oleksandr Medvid¹, Valentyna Kuzmenko²

¹student of group CST-512 NU" Zaporizhzhia Polytechnic",

²senior teacher NU" Zaporizhzhia Polytechnic"

CHAT GENERATIVE PRE-TRAINED TRANSFORMER AND ITS ADVANTAGES

ChatGPT is a machine learning model that has been pre-trained on a large amount of textual data and can generate human-like text. It is a type of chatbot that uses natural language processing (NLP) and deep learning techniques to understand and respond to user input.

ChatGPT works using a combination of neural networks and transformer architecture. It learns from a large corpus of textual data using unsupervised learning techniques, which allows it to learn natural language patterns and structures. When a user enters a "what was shown above" text message, ChatGPT uses its pre-trained knowledge to generate a relevant and consistent response.

To use ChatGPT effectively, it is important to provide it with high-quality training data that is relevant to the domain or application in which you are using it. It's also important to fine-tune the model for specific use

cases and evaluate its performance regularly to make sure it's producing accurate and useful responses.

Advantages of ChatGPT over other AIs:

ChatGPT has several advantages over other AI models. First, it has been pre-trained on a large amount of textual data, which allows it to generate more consistent and human-like responses. In addition, it can be fine-tuned for specific use cases, which increases its accuracy and relevance to specific domains. Finally, it can generate answers to open-ended questions, a feature not found in many other chatbot models.

Language comprehension: ChatGPT is trained on vast amounts of text data and can understand and interpret human language in a way that other AI models may not be able to. This allows ChatGPT to engage in more natural and human-like conversations with users.

Large knowledge base: ChatGPT has access to a vast amount of information and can provide answers to a wide range of questions on various topics, from science and technology to history and entertainment.

Continual learning: ChatGPT is continually learning from new text data and user interactions, which helps to improve its accuracy and relevance over time.

Flexibility: ChatGPT can be used in a variety of applications, such as chatbots, virtual assistants, and recommendation systems, making it a versatile AI model.

Open source: ChatGPT is open source, meaning that its code and models are publicly available for use and modification by anyone. This allows developers to customize and adapt ChatGPT to suit their specific needs.

УДК 004.5

Anna Leshchynska¹, Valentyna Kuzmenko²,

¹student of group CST-132 NU "Zaporizhzhia Polytechnic",

²senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

RESEARCH OF ORGANIZATION OF USER INTERACTION WITH VIRTUAL ENVIRONMENT

User interaction with virtual environment involves designing and developing interfaces that allow interact with virtual reality (VR) in a natural and intuitive way, often using various input devices such as controllers, gesture recognition.

One of aspects of user interaction in VR is the design of user interfaces (UIs) that are optimized for virtual environments. This includes considerations such as the placement and layout of UI elements, the use of color and

contrast, and the use of animations and other visual cues to guide user interactions. Researchers also explore the use of natural language processing and voice recognition technologies to enable users to interact with virtual environments through speech.

In recent years, there has been a growing interest in the use of haptic feedback and other forms of sensory feedback to enhance user interactions in virtual environments. Haptic feedback can help create a more realistic sense of touch and can be used to simulate physical interactions with virtual objects.

Also important thing of user interaction in VR is the concept of presence, which refers to the feeling of being fully immersed in a virtual environment. Achieving presence is critical for creating a sense of immersion and enhancing the user experience. To achieve presence, researchers often explore the use of advanced technologies such as 3D modeling, graphics rendering, and spatial audio.

Overall, the research on the organization of user interaction with virtual environments is an important and rapidly evolving area that is critical to the development of high-quality virtual reality experiences. As technology continues to advance, it's likely that researchers will continue to explore new approaches and techniques for designing and developing interfaces that enable more immersive and intuitive interactions with virtual environments.

УДК 004.4

Vladyslav Kovalenko¹, Valentyna Kuzmenko²,

¹student of group CST-122 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

PROGRAMMING IN DIFFERENT INDUSTRIES

Application of Information Technology in Medical Recordkeeping can offer numerous advantages, such as electronic database of patients with a complete history of visits and a list of provided medical services with detailed descriptions, starting from the date of the first visit, fast contextual search of any information in the database, high level of protection for medical data, electronic document flow, keeping records in compliance with current departmental standards and requirements of the Ministry of Health, management of electronic queues and electronic appointments with specialists. It is worth noting that the use of information technology in medical recordkeeping not only improves the efficiency of medical institutions but also enhances the quality of medical care provided to patients. By using electronic records, medical professionals can quickly and accurately access

patient information, which can lead to better diagnoses and treatment plans. Additionally, electronic records can be easily shared between different medical institutions, which can be particularly beneficial in emergency situations or when a patient seeks care in a different city or country. Additionally, programming can be used to develop apps that help patients manage their health, such as fitness tracking apps, medication reminder apps, and symptom tracking apps.

Moving on to finance, programming is used to develop algorithms that perform financial analysis, risk management, and fraud detection. These algorithms can be used to analyse vast amounts of financial data, identify patterns and trends, and make informed investment decisions. Furthermore, programming is used to develop trading bots that can automatically execute trades based on predefined rules and strategies. This technology has made the process more efficient and reduces the risk of human error.

Programming is also essential in the manufacturing industry, where it is used to automate processes, monitor quality control, and optimize supply chain management. For example, programming is used to develop robotics systems that can perform repetitive and dangerous tasks. This technology can help reduce the risk of accidents and improve production efficiency.

In the education industry, programming is used to develop educational software that helps students learn more effectively. For instance, Duolingo is a language-learning platform that uses gamification to make language learning more engaging and fun. The software adapts to the learner's skill level, providing a personalized learning experience. Another example is Scratch, a programming language developed by MIT that teaches children how to code through a visual programming interface.

Programming can also be used in the transportation industry to develop autonomous vehicles. These vehicles use sensors and machine learning algorithms to navigate roads and transport passengers or cargo without human intervention. This technology has the potential to revolutionize the transportation industry, making it safer, more efficient and more sustainable.

ENSURING INDUSTRIAL ENTERPRISES' POWER SUPPLY RELIABILITY

A reliable power supply is vital for industrial enterprises since it guarantees the smooth operation of their processes. The power supply acts as the foundation of most industrial operations, and any interruption can lead to significant losses for the enterprise.

A consistent power supply guarantees efficient performance of equipment and machinery, enhancing production output while minimizing downtime. Furthermore, a stable power supply safeguards equipment against any harm resulting from power supply disruptions.

It also ensures that all necessary safety systems and lighting are operational, reducing the possibility of accidents and injuries. Moreover, it guarantees that industrial enterprises meet customer deadlines and demands, thus enhancing customer satisfaction and loyalty.

Overall, a reliable power supply is critical for industrial enterprises to ensure effectiveness, equipment protection, safety, product quality, and customer satisfaction. Investing in alternative power solutions such as generators or uninterruptible power supplies (UPS) guarantees the continuous and smooth operation of the enterprise's processes in case of power outages or disruptions.

Ensuring power supply reliability requires a combination of proactive measures, such as backup power solutions, power quality monitoring, and reactive measures, like maintenance and power resilience plans.

By implementing these measures, enterprises can minimize the impact of power supply disruptions on their operations and maintain productivity and profitability.

To ensure power supply reliability, enterprises can install backup power solutions like generators, uninterruptible power supplies, or battery storage systems. Power quality monitoring can also help prevent disruptions and optimize energy usage. Regular maintenance and upgrades of the power supply infrastructure can identify issues and improve efficiency.

Diversifying power sources, such as using renewables or multiple providers, can reduce dependence on a single source. Developing power resilience plans can minimize downtime by outlining procedures for outages, including backup power and equipment shutdown/startup.

In conclusion, a reliable power supply is a crucial element for the smooth operation of industrial enterprises, ensuring effectiveness, equipment protection, safety, product quality, and customer satisfaction.

Proactive and reactive measures such as backup power solutions, power quality monitoring, maintenance, diversifying power sources, and power resilience plans are necessary to guarantee power supply reliability.

By implementing these measures, enterprises can minimize the impact of power supply disruptions on their operations and maintain productivity and profitability.

УДК 621.316.54

Kirilo Nevtyrya¹, Olena Syvachuk²

¹ student of group E-419a NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

INVERTER GENERATORS

Inverters are devices with a gasoline, diesel or gas fuel system that allow converting the input alternating current of the network (220 V) into direct current (12 V) by means of a semiconductor rectifier and, after smoothing its pulsations with capacitive filters, transform the DC voltage current back into alternating current with the specified parameters on the load. Due to this method of conversion, it is possible to obtain an output electrical signal characterized by high accuracy of voltage and current.

These devices are generators of periodic voltage, which is most often as close as possible to a regular sine wave in shape. Theoretically, they allow you to get a current at the output that has any necessary parameters that do not depend on the incoming voltage. In this case, it is possible to obtain not static current parameters, but adjustable ones of different frequencies and voltages. A constant voltage of 12 V is generated by the included batteries. The switches are available with thermal, electromagnetic and combined (thermal and electromagnetic) disconnectors with a different number of poles – one, two and three. In single-phase circuits, one and two-pole circuits are used, and in three-phase circuits, three-pole circuits are used.

One of the most popular ways of using an inverter is its operation as an emergency or backup power source for powering household appliances and appliances consuming 220 V AC. Most often they are used to connect kitchen and office equipment, TV, refrigerator, as well as high-frequency equipment in the country or in a country house when the light is suddenly turned off. Depending on the total power of the load connected to it, this technique will be able to work autonomously for at least several hours. Also, with the help of inverter stations, power tools (electric saws, drills, planes) are con-

nected to carry out repair and construction work in places where there is no supply voltage of 220 V. Such units are no less in demand among anglers and hunters.

Basically, inverter stations are designed for episodic operation in case of spontaneous power outage. They are purchased once and serve for many years. The longer service life is explained by the reliability of the mechanism of these devices, provided by the following factors:

1. the presence of a special ignition system at the heart of these devices, which guarantees a quick start of the inverter;
2. control of the devices by means of an automatic control system that contributes to economical fuel consumption, the indicators of which are reduced by 40%.

Depending on the form of the output signal, these devices are divided into two groups that differ in cost. The first includes units with a pure sinusoidal output voltage, the second group consists of devices that provide a simplified output signal (trapezoidal sine).

Most modern electrical equipment can operate normally from inverter generators whose output signal is a modified sine wave. Therefore, if you are faced with the task of providing autonomous power supply to standard household electrical appliances, such as a refrigerator, TV, lighting lamps, etc., then the most optimal and economical solution will be an inverter generating a modified sine wave, and models with a "pure sine" are better to be chosen for more sensitive equipment.

The main modes of operation of inverters are:

1. long-term operation mode which provides for the operation of the inverter at rated power.
2. overload mode: most of these units allow operation for no more than 30 minutes at the maximum power, the value of which can be 1.5 times higher than the nominal. Such large, but short-term overload can occur when the refrigerator is turned on.
3. start-up mode: the power plant is in the process of powering up within a few milliseconds of increased instantaneous power necessary to ensure a normal start of the device and overcome capacitive loads.

The most important advantages of inverters are the wide possibilities expressed in the conversion of electric current, as well as their high speed. Due to this, they are rightfully considered the best sources of independent power for welding equipment. In addition, they are perfectly compatible with a wide range of electrical appliances. These devices are equally suitable for household appliances, electrical tools and electronic equipment.

The features and advantages of generators with an inverter circuit listed in this article allow us to confidently declare high functional, technical, as well as operational characteristics and indicators of this equipment.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF AUTOTRANSFORMERS

Although the advantages of autotransformers have long been known, for a long time they were used only as auxiliary devices for starting asynchronous motors, voltage regulation in laboratory conditions, etc. However, last century, autotransformers were produced as high power and high voltage units and even in some cases replaces transformers in their traditional positions. This is explained by the fact that with the growth of the produced electrical energy and the increase in the voltage of power lines, the use of autotransformers has become more desirable, and sometimes simply necessary, since with the same throughput power, the autotransformer has smaller dimensions and higher efficiency than the transformer. At very high powers and ultra-high voltages this becomes especially important, since only the autotransformer connection allows the construction of transportable units.

The use of autotransformers became possible because ways were found to overcome or, in any case, mitigate the shortcomings of autotransformers that previously blocked their path to large-scale energy. In some cases, however, the disadvantages of autotransformers outweigh their advantages and then transformers are used. Now let us consider the advantages and disadvantages of autotransformers.

For advantages it is a good idea to compare units of the same throughput power.

The production of an autotransformer requires fewer materials (copper, steel, insulating materials, etc.) and is therefore cheaper.

Losses in the autotransformer are lower and therefore its efficiency is higher.

The change in voltage in the autotransformer is less because the short circuit voltage is less.

With the same steel grade and rated induction, the magnetizing current in the autotransformer is less.

The overall dimensions of the autotransformer are smaller, which allows the production of transportable units of higher power throughput.

All these advantages of autotransformers become more apparent, the smaller the difference between the primary and secondary voltages is. Usually in power autotransformers transformation ratio is $k < 2$.

Along with the advantages listed above, autotransformers have several disadvantages that limit their use.

The electrical connection between the high and low voltage sides leads to the fact that any violation of the regime or an accident on one side leads to a violation of the regime on the other. When one of the high voltage lines is shorted to ground, the low voltage line voltage receives the potential U_2 , with respect to ground. As a result, not only the low voltage winding of the autotransformer, but also all the equipment on this side, including the generator, are under increased voltage with respect to ground. The more this voltage exceeds the nominal voltage, the greater the ratio of secondary to primary voltage is (U_2/U_1).

Of greatest interest are the issues of overvoltage in three-phase autotransformers. These issues will be discussed in detail below. The second disadvantage of the autotransformer is the low short-circuit voltage and associated high short-circuit currents and mechanical forces. Since power transformers are usually designed without a large margin of mechanical safety, and the forces acting on their windings at given line-to-line voltages are inversely proportional to the square of the short-circuit voltage, an autotransformer designed like a transformer can be destroyed during a short circuit. An autotransformer with a transformation ratio close to 1 may not be mechanically strong enough if the short circuit currents of the autotransformer are not limited by the resistance of other elements of the system. This must be considered when calculating the mechanical strength of autotransformers. In some cases, it is necessary to increase the leakage resistance of an autotransformer by increasing its stray fields, for example, by reducing the diameter of the rod, increasing the width of the gap between the windings, etc. An increase in stray fields in an autotransformer is, of course, undesirable, since it leads to an increase in losses, local overheating, and increased voltage fluctuations.

Some complications are encountered in solving the problem of voltage regulation under load of power autotransformers.

An autotransformer is a convenient and economical way to transform voltage, but due to its shortcomings, it cannot completely replace simple transformers. But it has firmly occupied its niche, and it has a future. To date, every third product of a transformer is an autotransformer.

THE DIFFERENCE BETWEEN A CONTACTOR AND A MAGNETIC STARTER

Since the magnetic starter and contactor are very similar in appearance and have similar functions, it is very easy to mistakenly think that there is no difference between them. However, it is not the case!

Contactor and magnetic starter are two types of electric switches used to control electric motors. While they serve similar functions, there are some key differences between the two.

A contactor is an electrically controlled switch used for switching an electrical power circuit. It typically consists of a coil that, when energized, creates a magnetic field that pulls in a set of contacts, thus closing the circuit. Contactors are often used in applications where high-current switching is required, such as control of electric motors, lighting systems, or heating systems.

On the other hand, a magnetic starter is a specialized type of contactor used for starting and stopping electric motors. It includes a contactor as well as an overload relay, which is used to protect the motor from damage due to overloading. When the start button is pressed, the magnetic starter energizes the contactor coil, which closes the contacts and starts the motor.

The overload relay works by measuring the current that flows through the motor. If the current exceeds a preset level for a specified amount of time, the overload relay will trip and open the circuit. The preset level is typically set slightly above the motor's full load current, which is the maximum current the motor is designed to draw under normal operating conditions. By tripping the overload relay, the magnetic starter protects the motor from damage due to overloading, which can lead to overheating, insulation breakdown, and other problems.

In addition to overload protection, magnetic starters may also include other safety features, such as interlocks, which prevent the motor from being started accidentally or without proper safety precautions. For example, a magnetic starter may include a door interlock switch that prevents the starter from being energized unless the door to the motor control panel is closed. Other interlocks may be used to prevent the starter from being energized unless certain safety devices, such as emergency stop buttons or safety switches, are in the proper position.

Overall, magnetic starters provide a comprehensive solution for motor control applications, offering both the switching capability of a contactor and the protection of an overload relay. This makes them an ideal choice for applications where motor protection is critical, such as industrial environments where motors are subject to heavy loads and frequent start-stop cycles.

The main difference between a contactor and a magnetic starter is that the latter includes overload protection. While a contactor can be used to control a motor, it does not provide any protection against overloading. On the other hand, a magnetic starter includes an overload relay that is designed to protect the motor from damage due to overloading. Additionally, magnetic starters are often equipped with other safety features, such as interlocks, to ensure that the motor cannot be started accidentally or without proper safety precautions.

In summary, both contactors and magnetic starters are electric switches used to control electric motors, but magnetic starters include overload protection, making them more suitable for motor control applications where protection of the motor from damage due to overloading is important.

УДК 339.138

Olha Bilionova¹, Olena Syvachuk²

¹ student of group FEM-412 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

GUERRILLA MARKETING

Guerrilla marketing is an advertising technique in which the company use surprise and unconventional interactions to market a product or service. The methods are mostly low- or no-cost and include the widespread use of more personal interactions or viral social media messages.

The term "guerrilla marketing" entered the daily life of specialists after Jay Conrad Levinson's book "Guerrilla Marketing" and the book "Marketing Wars" by Jack Trout appeared. Guerrilla marketing has many variations and techniques that help to solve the following goals and objectives. For example, it can help draw attention to products with creativity; popularize the product among different groups of consumers; increase sales at minimum costs; form a positive image of company. Guerrilla marketing takes place in public places that offer the largest possible audience, such as streets, concerts, public parks, sporting events, festivals, beaches, and shopping malls. A key element of guerrilla marketing is choosing the right time and place to run a campaign to avoid potential legal trouble.

There are many kinds of guerrilla marketing, you can choose whatever you want. It could be a viral or buzz marketing when you can focus on word-of-mouth distribution. Or it could be grassroots marketing when you rather highlight a personal connection between the consumer and the brand, and builds a lasting relationship with the brand. Most companies have adopted this guerrilla marketing strategy. For example, Duracell has taken this tactic and made their bus lights look like a Duracell torch. They didn't spend a lot of money or time on it, but it looks effective. McDonald's used a zebra as a means of advertising. Yellow lines drawn on the ground indicate that the fries are coming out of the box and people really love that creativity.

Therefore, guerrilla marketing's advantages and disadvantages. When compared to other marketing campaign strategies, it is frequently a less expensive alternative that typically allows for more innovation. But the greatest downside of guerrilla marketing is its unpredictability. Since there is less structure, marketing professionals may not be able to collect metrics to gauge whether the campaign is successful or not. Besides, guerrilla marketing can use such unconventional methods whose success the company cannot be sure of.

Guerrilla marketing works because it is often a rather memorable and unconventional approach to marketing. A guerrilla marketing campaign's main objective is to leave a positive impression on a customer, and this strategy may be more effective than more straightforward ones.

УДК 81.111

Diana Titova¹, Olena Syvachuk²

¹ student of group FEM-412 NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

² senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

WORD-FORMATION AS A FUNDAMENT OF THE ENGLISH LANGUAGE

The English language only seems difficult and quite different from other languages, but actually it works the same way as Ukrainian – by adding affixes (an addition to the base form or stem of a word in order to modify its meaning or create a new word) to different parts of a word in order to make new meanings and even new parts of speech. For instance, adding a prefix neo- gives an adjective meaning "new" or "modern": neoculture = new culture, neologism = new word etc.

Affixes, mentioned below, are used the most, when we need to add some meaning, negative or positive. They are usually divided into prefixes and suffixes. Their difference is that prefixes are put before the root word

and suffixes – after it. They also can be together in the same word: multicultural, for example, has a prefix multi- (meaning “many/much”) and a suffix -al that is used to make adjectives.

Below you can see a short list of the most popular prefixes and their meanings.

- a) qualitative:
 - 1) mono- = one: monolid = one lid,
 - 2) multi- = many: multicultural = a lot of cultures, multifruit = a lot of fruits;
 - 3) over- = too much: overcharged = too charged;
- b) time:
 - 1) pre- = before (pre-war = before war);
 - 2) post- = after (post-war = after war)
- c) place:
 - 1) extra- = outside of/beyond: extraterrestrial
 - 2) sub- = under: submarine
 - 3) trans- = across: transatlantic = across the Atlantic Ocean;
- d) negative meaning:
 - 1) dis- = remove, not (disagree = not agree, disqualify = remove from a game);
 - 2) down- = reduce (downgrade = reduce to a lower grade);
 - 3) il-/im-/in-/ir- = not: illegal, impossible, insecure, irregular;
 - 4) mis- = incorrect: misuse = the wrong use of something
 - 5) un = not, remove, reverse or opposite to: unusual = not usual, unable = not able, undo = reverse the effects a previous action, unhappy = non happy;
- e) others:
 - 1) auto- = self: autobiography = a biography written by myself;
 - 2) re- = again: repeat, redo;
 - 3) pro- = in favour of: pro-communist = supputing communism and its ideas;
 - 4) semi- = half.

And so on. There are a lot of prefixes, that have different meanings. So many, that you can make a dictionary special for them.

As for suffixes, we classify them not by meaning, but by the part of speech: adjectives have completely different suffixes than nouns, as follows:

- 1. noun suffixes: -age, -dom, -ee, -er(-or), -hood, -ism and -ist, -ship, -sion/-tion/-xion etc;
- 2. adjective suffixes: -able(-ible), -al, -en, -ish, -ive, -y, -ous and so on;
- 3. verb suffixes: -ate, -ife, -ise (-ise);
- 4. adverb suffixes: -ly, -ward(s), -wise.

But not only affixes are used for word formation. We can also use compounding words, converse them from one part of speech to another, even remove parts of a word.

Compounding is linking together two or more words to create a new one: back + ache = backache, cruelty + free = cruelty-free (products, made without experiments on animals), heart + break + suffix -ing = heartbreaking and so on.

There is a problem when you don't know where to put hyphens. For example, is it correct to write "sugarfree" or should we use a hyphen ("sugar-free")? Even English-speaking people make mistakes while writing compound words, so all we can recommend is to check unknown words in a good actual dictionary.

Conversion is changing a word from one class to another. For example, email (write an email) as a letter typed on a computer and to email.

Back-formation is the opposite of word formation, where we do not add any new parts to an existing word but rather remove them. It occurs rarely, but we should know about it. Examples are: intuition - to intuit (-suffix -ion), enthusiasm - to enthuse (-iasm). As we can understand, it is usually used for making new verbs from nouns.

So, there are a lot of methods of making words: you can add and delete parts, combine them to get new words (or neologisms. Moreover, this word is also made with prefix neo-) or even move a word from one class to another. The English language is fluid and has a unique and complex form, despite the seeming simplicity.

УДК 339.138

Dan Dulida¹, Olena Syvachuk²

¹ student of group FEM-412 NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

² senior teacher NU "Zaporizhzhia Polytechnic"

THE IMPACT OF SOCIAL NETWORKS ON CONSUMERS

Social media has a significant influence on consumers. There are several different aspects to consider.

Social media provide consumers with the opportunity to obtain information about products and services, as well as the opinions and recommendations of other consumers. This can have a considerable impact on their purchasing decisions, as well as their behaviour when using the product or service.

Social media can also help consumers understand brands, their values and differentiate them from other brands. Brands can use social media to

create virtual communities where consumers can discuss products and services, which increases brand awareness and support for the product.

In addition, social media can help brands capture the attention of consumers and increase their audience. Advertising companies can use social media to advertise their existing products and services, as well as to promote new products.

Social media can be an important tool for customer support. Businesses can use social media to respond to customer questions and complaints, which increases customer satisfaction and maintains loyalty.

Social media has a huge effect on consumers when they are trying to raise awareness of a particular product. When people face a problem in their lives, they start looking for a solution, most likely on the Internet. But people do not understand which product exactly can solve their problems. Social media has the greatest impact on the consumer at this point.

In real life, a consumer can take a long time to choose and weigh up, but on the Internet, a person is very prone to change their opinion and attitude towards a particular product in accordance with the opinion of society on social media.

Satisfied customers are usually very active in sharing their positive shopping experience by posting comments and reviews on social media. Sellers, on the other hand, actively publish these positive reviews on their social media pages. This, of course, has a huge influence on potential new customers.

Unfortunately, some marketers are engaged in dishonest marketing. They post fake reviews, demonstrate non-existent benefits of their products, and use other tricks to deceive consumers.

Summing up, social media have a profound impact on consumer behaviour. Companies and brands should not ignore the effect of social media, as it is not only a tool to help promote their own brand, but also a space where competitors can crush you without your involvement.

УДК 59.006

Olexandra Trius¹, Olena Syvachuk²

¹ student of group FEM-412 NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² senior teacher NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

THE ZOO AND ITS BENEFITS: CONSERVATION, EDUCATION AND RESEARCH

Visiting a zoo is a wonderful way of spending time. Both children and adults like going to the zoo. Nowadays zoos in big cities have become real

places of interest with lots of tourists. Many people think that zoos are a bad place to keep animals locked up, but they have a number of benefits of their own.

Only establishments accredited by the Association of Zoos and Aquariums (AZA) can be considered real zoos. They demand the high standards regarding animal welfare. Zoos help conserve animal species. Sometimes they become the reason for the existence of species on the planet. There are almost no northern white rhinos left on the planet. The main reasons are poaching and the destruction of their natural habitat. The last male named Sudan died of old age. A female rhino became pregnant thanks to modern technology. On July 28, 2018, a baby was born – the first artificially conceived white rhino in North America. If necessary, the reintroduction of animals under human care back into the nature is very possible. Thanks to the Phoenix Zoo, Oryx returned to the wild, which by 1972 was completely exterminated due to its beautiful skin and tasty meat. And now about 1000 individuals live in the wild. Herbivores animals must constantly be wary of predators in nature. They never go hungry and are always safe in zoo. Zebras and antelopes may not be afraid of big cats. People learn to exist with animals every day and properly equip nature reserves. They try to organize their lives without harming nature. Zoos also help veterinarians. Because veterinarians are being trained to treat wild animals. Australian centres help hundreds of animals recover after wildfires. They also help sick and injured marine animals in bays and oceans. People rehabilitate them in zoos.

Zoos are not just a place to see exotic animals. Preservation and research of biodiversity on our planet is very important and complex work. The more zoos will aim to protect the environment, the more chances we have to save our planet.

УДК 621.8

Illia Lysak¹, Nataliia Skrypnyk²

¹ student of group AE-52-22 KhNAHU

² PhD (Pedagogy), associate professor KhNAHU

USING MECANUM WHEEL IN MOVING CARGO

A mover in a certain sense is a device that converts energy, force from an external source or engine into a certain movement. At the same time, it interacts with the environment in such a way that the platform on which the driver and the engine are located moves in space. Thus, the engine is one of the main parts of land transport, because it is a part in the combination of the engine and the mover that leads to the translational movement of the vehicle.

Very often, not only wheels, and not only types of wheels, but also other types can act as a driving force. The main types are wheel; caterpillar; semi-tracked platform, with wheels; semi-tracked platform, with skis; auger.

Due to its design, the wheel consumes much less energy to move on the main types of roads and surfaces. When using a wheel, work occurs against the force of rolling friction, which in artificial road conditions is significantly less than the force of sliding friction.

An ordinary round wheel is the most primitive type of drive, which in its essence is the founder of other types of wheels that are currently used on transport platforms. There are four main types of wheels (Fig. 1):

(a) Standard wheel: two degrees of freedom. It rotates around the wheel axis (motorized) and the point of contact with the surface.

(б) Turning wheel: two degrees of freedom. Rotates around a displaced wheel joint.

(в, г) Swedish wheel: three degrees of freedom. Rotates around the (motorized) wheel axle, around the roller axles and around the point of contact. Rollers can be placed in two different ways. The 90° variant is shown in the figure (Fig. 1, в) and the 45° variant is shown in the figure (Fig. 1, г).

(д) Ball or spherical wheel: technically difficult to implement.

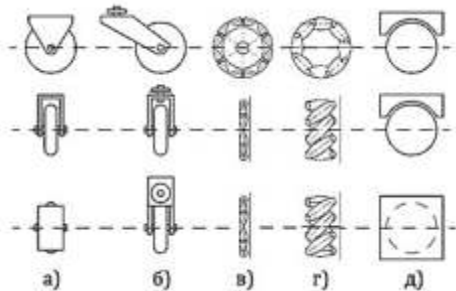


Figure 1 – Scheme of the main types of wheels

Mobility is one of the main problems of robotics and motor vehicles, when the platform has to move in a small and narrow space and avoid obstacles. The omnidirectional drive mechanism is very attractive because it guarantees very good mobility in such cases where conventional wheels are ineffective. This possibility mainly depends on the construction of the wheel and its design.

One type of omnidirectional wheel is the Mecanum wheel, also known as Elon's wheel or, as it is sometimes called, the Swedish wheel. It is a roller bearing wheel with several rollers attached to its circumference, these rollers have an axis of rotation at 45° to the plane of the wheel in a plane parallel to

the axis of rotation of the wheel, and this allows the vehicle to move in any direction. Depending on each individual direction of motion and speed, the resulting combination of all these forces produces a total force vector in any desired direction, allowing the platform to move freely in the direction of the resulting force vector without changing the position of the wheels themselves. Mecanum wheels are widely used in cases where very good platform or robot mobility is required and are ideal for narrow spaces. The advantages are its compact size and high load capacity.

Typical Mecanum wheeled vehicles usually have a square or rectangular platform on which the wheels are mounted (Fig. 2), two wheels on each side of the chassis. Using four of these wheels provides all directionality of movement for the vehicle without using a conventional steering system.

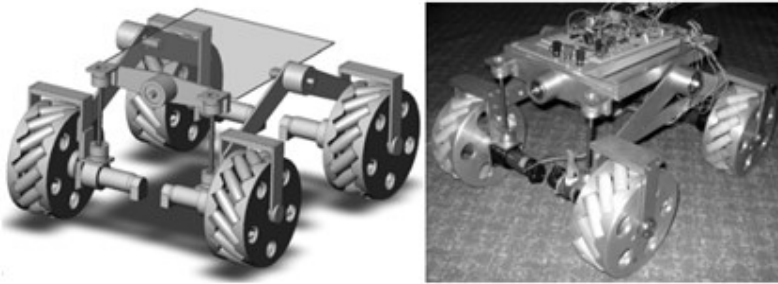


Figure 2 – Mecanum wheeled vehicle

Omni-directional vehicles have great advantages over conventional car-steering platforms for convenient mobility. They can crawl (sideways), turn in place, and follow complex trajectories. These platforms can perform tasks easily in environments with static and dynamic environments, obstacles and narrow passages. Such environments are usually found in factory workshops, offices, warehouses, and hospitals. The omnidirectional vehicle development aims to further prove the effectiveness of this type of architecture and add a capable ground vehicle platform of exceptional maneuverability when moving cargo.

PROSPECTS FOR ELECTRIC VEHICLES IN UKRAINE

We are gradually moving towards the widespread use of more ecological and modern types of transport on electric motors. Electric cars have already become an integral part of our lives, and in the future, this direction will only develop.

The subject area can be divided into three functional groups: electric vehicles (together with hybrids), electric motor vehicles and still exotics such as gyroboards, unicycles, electric skates and gyroscooters.

Electric cars. Electric cars and hybrids were represented both by official importers of car brands offering new equipment, and by grey importers, more specialized in cheaper but used copies. The former include Kia, Hyundai, and BMW importers, while the latter include sellers of old Nissans and Teslas that are not officially delivered to Ukraine. At the same time, the stands of the official Koreans were primarily decorated with hybrid Niro and Ioniq, but the latter was also presented in a fully electric modification, the import of which will begin in our country closer to the end of the year. The i3 displayed at the BMW stand looked beautiful, but it seems that the development and launch of this particular model became one of the main reasons for the decrease in the concern's profit in 2016, recorded against the background of record sales of cars. Even tens of thousands left the showrooms of expensive Bavarian electric cars until they recoup the four-billion-dollar investment in their development.

However, the vast majority of companies that have established their serial production show sales figures for electric cars that are much lower than expected. Despite the powerful PR campaigns that tell about the tenfold increase in sales of cars with electric motors, subsidies and tax breaks, their share of the world market barely exceeded 1 % (!). The reason lies partly in the high cost of such equipment, which makes its purchase economically unattractive.

More than that, the problem of electric cars is not only in the high price: the ideal scenario of their use involves the owner living in a private house, in the yard of which the vehicle can stand all night charging. Residents of high-rise buildings are deprived of the opportunity to charge electric cars at night for obvious reasons. Everyone agrees that the construction of a wide network of charging stations is necessary to create conditions for the normal daily operation of electric cars. Nevertheless, who will pay for this

entire feast and how to compensate these costs for end users is still not very clear. Do not forget that fast charging reduces the problem of traveling long distances, but does not remove it completely.

Electric motor engineering. Against the background of the weak practical appeal of electric cars, electric scooters look like a very promising product. Their assets include a simple design (battery plus motor-wheel), decent enough mileage for local trips on a single charge (50-70 km), silence, especially compared to gasoline counterparts, and a relatively reasonable price (on average from \$600 to \$1200). All this makes them a better alternative to conventional scooters for people living in the private sector.

The downside is that the charging time is quite long – 6-8 hours. With sufficient efforts and resources spent on popularization, electric scooters have every chance of becoming a very popular product and a justified purchase. They will be more convenient for residents of high-rise buildings equipped with wide elevators.

Other electric transport. With electric scooters and electric bicycles, everything is more or less clear: they are controlled, like their non-self-propelled ancestors, and set in motion, like electric scooters, by a motor-wheel. The batteries are either suspended from the bicycle frame and the scooter platform, or integrated into them. Owners of electric bicycles can move by turning the pedals, electric scooters – by pushing off the ground with their feet. Paradoxically, electric bicycles are often more expensive than electric scooters: those who want to can find the device a little cheaper than \$5,000. Electric skates are also controlled like regular skates, but thanks to the electric drive, they are able to ride on a flat surface without the effort of a skateboarder and even climb a mountain.

Gyroscooters and gyroboards are often confused. What they have in common is a horizontal platform with two wheels on the sides, the stability of which is ensured by gyroscopes controlling electric motors. However, in gyroscooters, this platform is solid, and in gyroboards, it consists of two parts and a bridge between them. Forward-backward movement in both cases is carried out by tilting the body, but turns take place differently. In a gyroscooter, by tilting the control handle to the right or left (there are modifications in which you can tilt this "big joystick" not with your hands, but with your knees, which is very convenient). In addition, in order to turn a gyroboard on, it is enough to transfer the weight of the body to one leg, as in alpine skiing. The most difficult thing is to control the unicycle, but it will take a maximum of a few days to master it. The main thing is not to try to stand still as on a gyroboard or a gyroscooter, you need to go immediately.

The battery capacity of most of these devices is designed for 1.5–3 hours of operation. Speed, as a rule, is limited to 18-30 km/h solely for safety reasons.

The practical application of all these devices is limited. In practice, such a scenario is difficult to implement in Ukraine for many reasons. It is possible at production and warehouse complexes or large objects of transport infrastructure, where personnel have to move over long distances during the working day, as well as at exhibitions and during mass events. For everyone else, this personal electric vehicle remains an attraction and a means of active leisure time.

УДК 004.9

Mykyta Kuzmin¹, Nataliia Rudenko²

¹ student of group MA-51-22 KhNAHU

² PhD (Pedagogy), associate professor KhNAHU

MODERN AUTOMATION TRENDS IN THE CONTEXT OF REMOTE WORK OF ENTERPRISES

We are all living in a new reality – an anxious, fragile, non-linear and incomprehensible world. However, almost half of the companies (45%) at the beginning of 2022 claim to have managed to cope with the challenges. Another 15% said they had seen stable business performance despite the difficult conditions. Companies are becoming more flexible, and businesses are massively introducing hybrid or remote working. According to grc.ua, only 59% of job seekers agree to work full-time in the office.

Switching to remote work requires preparation, and in practice, it is not that easy. The transition of offices to remote work is a global trend that is growing every year. The process of a company's transition to remote work includes several mandatory steps.

1. Think over the mechanism of work. If the company does not have described and worked out business processes, it is time to do it. In a remotely operated office, you will not be able to ask, delegate, clarify, or request at any time. You need to know exactly who is doing what and which employees are responsible for which part of the task. Otherwise, confusion will quickly ensue in the company. In addition, business processes will be needed to automate the business and transfer it to online applications.

2. Choose tools for remote work. To work remotely, you will need a number of online services and programs: file sharing, communication, accounting, customer service and task management software. The services you will use for remote work should be selected and tested in advance to make sure they are convenient and functional enough. In addition, it is important to take care of data security on employees' home computers in advance.

3. Prepare your staff. You need to think about how to control work, communicate with the team, and motivate employees. Remote work requires people with a high level of self-discipline and responsibility, who are interested in the result and able to work in the absence of constant communication.

Tools for remote work. When working remotely, almost all tasks have to be performed using online services. Tools for remote work are selected in accordance with the company's objectives.

CRM is the most important programme you should choose when preparing for remote work. Firstly, it will carry out all the main work processes. Secondly, choosing and implementing a CRM is a rather labour-intensive and responsible task.

1. CRM is a "central control panel" for managing a remote company. It contains a unified customer database, all tasks and information on the progress of their implementation, accounting data, documents, and analytics. CRM eliminates the need to send files within the company, as all employees can access the same information online.

2. The CRM system can integrate with other services you use. Thus, you can work with Gmail and GSuite services, social networks, instant messengers, etc. CRM functionality can replace some app. For example, you can stop using email-marketing services, as the CRM system allows sending mass emails via Gmail.

3. CRM simplifies work by automating a number of functions (for example, letter and document templates).

4. In a CRM system, you can carry out qualitative control of the effectiveness of each employee individually, as well as of the department and the company. In addition, CRM has convenient tools for self-management.

Tools for communication. In remote work, most communication takes place in correspondence. The problem with chats is that it is extremely difficult to find the information you need among thousands of messages. Therefore, for practical purposes, it is better to use chats that offer search capabilities, easy file navigation, and the ability to create a conversation structure. One of the most popular corporate chats is Slack.

The second communication app is, of course, a video calling service. Here, it all depends on the required functionality, price, and personal preferences. The most popular video calling apps are Viber, Skype, and Zoom.

File hosting. It is hard to find a team that does not still share documents in the cloud. However, it is worth remembering that you no longer need to download, edit, and send spreadsheets and text files. Services like Google Drive allow multiple users to edit documents and see changes online at the same time.

Time trackers. If you need to control the time each employee spends on work, use one of the time tracking tools: for example, Toggl, Tick, Timesheets, Yaware Time Tracker.

Remote administration. Do not forget that employees who work remotely may need help with their computers. In addition, the system administrator will need to access to home PCs to ensure that work data is protected. Therefore, TeamViewer or a similar service should also be included in the list of software required for remote work.

In conclusion, we can say that well-established business processes, clear work and motivation schemes, as well as useful software, including a CRM system, will definitely be necessary for any company - regardless of whether it works remotely or not.

УДК 621.8

Viktor Plakhtii¹, Nataliia Skrypyk²

¹ student of group AE-52-22 KhNAHU

² PhD (Pedagogy), associate professor KhNAHU

CAR OF THE YEAR 2022

The European **Car of the Year** ("ECOTY") award is an international award established in 1964, by a collective of automobile magazines from different countries in Europe. The current organising companies of the award are Auto (Italy), Autocar (United Kingdom), Autopista (Spain), Autovisie (Netherlands), L'Automobile Magazine (France), Stern (Germany) and Vi Bilägare (Sweden).

The voting jury consists of motoring journalists from publications throughout Europe. Representation from each country is based on the size of the country's car market, and car manufacturing industry. There are no categories or class winners – the stated objective is to find a "single, decisive winner" among all competing cars.

The EV6 has won Kia's first ever Car of the Year award. The innovative South Korean SUV achieved the accolade at a ceremony held in Geneva on 28 February 2022.

It scored 279 points and beat out the Renault Mégane E-Tech Electric (second place 265 points) and Hyundai Ioniq 5 (third place 261 points).

The Kia brand reinvented itself at the beginning of 2021 with a new name, logo and a new design philosophy called "Uniting Opposites". The EV6 was the first vehicle launched in this new direction, and Kia's first dedicated battery electric vehicle based on the latest Electric-Global Modular Platform (E-GMP).

The EV platform also delivers the pleasing performance of the Kia EV6, with all-wheel drive capability and ultra-fast charging times. The car offers a range of up to 482 kilometres on all-electric power. The Kia EV6 offers an unprecedented level of safety, advanced driver assistance systems, and a flat-floor interior with environmentally friendly materials.

At the heart of the Kia EV6 is an energy-intensive nickel-cobalt-manganese battery, available in two sizes (58.0 kWh and 77.4 kWh). This low-mounted, underfloor battery supplies power to both mono- and all-wheel drive electric motors with different outputs on the front and rear axles. The EV6 offers between 167 and 576 horsepower (GT version).

Excerpts from the judges' assessments:

"The EV6 stands out for its combination of energy efficiency, high-capacity battery and ultra-fast charging."

"More sporty driving, stiffer suspension, great range and excellent fast charging via the 800-volt system. Huge interior space, good equipment, nice interior details such as dual-mode navigation and climate control switches."

"The spacious and well-finished interior features technological innovations that enhance the quality of life on board. And behind the wheel, the EV6 offers a smooth and enjoyable driving experience."

"The best electric car of all the finalists. It has the same advantages as the Ioniq 5, but it is even more balanced, more refined in set-up, more attractive in design, with better quality finishes... And we have 585 hp to back it up. GT, developed together with Rimac."

"An excellent electric car thanks to fast charging and a good range. The most attractive price. Compared to the Hyundai, the EV6 offers less body roll, quicker handling and tighter steering. In general, it is a little more sporty."

Наукове електронне видання
Можна використовувати в локальному та
мережному режимах

ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2023

Електротехнічний факультет

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM);
супровідна документація.

Тираж 100 прим. Зам. № 208

Видавець і виготовлювач
Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.