

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра “Електричні та електронні апарати”

(назва кафедри, яка відповідає за дисципліну)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Ректор (перший проректор)

“ _____ ” _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання та дослідження електротехнологічних комплексів

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність **141 –Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) **Електромеханічне обладнання
енергоємних виробництв**

(назва спеціалізації)

інститут, факультет: **фізико-технічний, електротехнічний**

(назва інституту, факультету)

мова навчання: **українська**

Робоча програма навчальної дисципліни: «Моделювання та дослідження електротехнологічних комплексів» для студентів спеціальності 141 –Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма (спеціалізація) Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв

„_20_” _08_., 2018 року- _12_ с.

Розробник: Коцур Михайло Ігорович, доцент кафедри ЕЕА, к.т.н., доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри «Електричні та електронні апарати»

Протокол від “_21_” _серпня_ 2018 року № _1_

Завідувач кафедри електричних та електронних апаратів

_____ (П.Д. Андрієнко)
 _____ (підпис) (прізвище та ініціали)
 “_____” _____ 20__ року

Схвалено науково-методичною комісією Електротехнічного факультету

Протокол від. “_23_” _серпня_ 2018 року № _1_

“_____” _____ 2018 року Голова _____ (М.Л. Антонов)
 _____ (підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми*

_____ (_____) _____ Керівник групи _____
 _____ (підпис) (прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань 14 – Електрична інженерія (шифр і назва)	обов'язкова (вибіркова) за вибором ЗНТУ	
Модулів – 2	Спеціальність (освітня програма, спеціалізація) 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Електромеханічне обладнання енергосмних виробництв) (код і назва)	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 5		5-й	5-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання ___ - ____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 180		9-й	9-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 10	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		36 год.	8 год.
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		24 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		120 год.	166 год.
Індивідуальні завдання: -			
Вид контролю: екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60/120

для заочної форми навчання – 14/166

1. Мета навчальної дисципліни

Мета. Метою вивчення дисципліни є формування у студентів навичок самостійної проєктувальної та дослідницької роботи, що передбачає досконале володіння теорією та технікою моделювання та дослідження енергоємних електротехнологічних комплексів та систем.

Завдання. Формування теоретичних знань, умінь та практичних навичок у майбутніх фахівців з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки відповідно до поставленої мети. Вивчити основні положення, методики та закони побудови моделей і проведення досліджень динаміки процесів функціонування енергоємних електротехнологічних комплексів та систем: електроприводи відцентрових насосів; поршневі насоси й компресори; системи водопостачання; системи теплопостачання; електроприводи вентиляторів і турбокомпресорів; електроприводи конвеєрів й транспортерів; підйомно-транспортних механізми; електроприводи ліфтів; електроприводи керування дуговими сталеплавильними печами; дугові електричні печі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

загальні компетентності:

- здатність до узагальнення, аналізу, сприйняття інформації, постановці мети і вибору шляхів її досягнення;

- здатність здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел;

- здатність здійснювати постановку системних задач досліджень з використанням технології структурного передбачення і методології інноваційного синтезу для довільних класів електромеханічних об'єктів

фахові компетентності:

- здатність розробляти математичні моделі досліджуваних електротехнологічних комплексів та систем, фізичних процесів і явищ у професійній сфері, проводити розрахунки пристроїв, елементів, систем керування та регулювання обладнанням енергоємних електротехнологічних комплексів та систем, проводити дослідження електромагнітних процесів у об'єктах енергоємних електротехнологічних комплексів та систем;

- здатність використовувати сучасні програмні продукти для моделювання для дослідження електромагнітних процесів у об'єктах енергоємних електротехнологічних комплексів та систем;

- здатність використовувати системи та закони керування обладнання енергоємних електротехнологічних комплексів та систем.

Очікувані програмні результати навчання: студент має оволодіти основними сучасними методами математичного моделювання та законами керування обладнання енергоємних електротехнологічних комплексів та систем.

Преквізіти: "Програмні засоби проектування електромеханічних систем", "Основи силової електроніки", "Моделювання електротеханічних систем", "Електричні силові апарати енергоємного виробництва"

Кореквізіти: "Оптимізація інженерних та проектних рішень обладнання енергоємного виробництва", "Науково - дослідний курсовий проект".

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Системи регулювання об'єктів електротехнологічних комплексів.

Тема 1. Класифікація та етапи розвитку систем регулювання електротехнологічних комплексів. *(Класифікація та різновиди систем регулювання електротехнологічними комплексами. Загальні та вдосконалені схеми перетворювачів, їх переваги та недоліки Особистості застосування перетворювачів в електротехнологічних комплексах.)*

Тема 2. Інвертори відомих мережею. *(Особливості та область застосування інверторів відомих мережею. Системи керування інверторами відомих мережею. Класифікація та різновиди алгоритмів керування ними.)*

Тема 3. Загальна характеристика систем «автономний інвертор напруги» та «автономний інвертор струму». *(Узагальнена схема станів трифазного інвертора з базовим законом комутації. Розподіл струму навантаження по елементам схеми та умови роботи ключів інвертора. Умови роботи джерела живлення інверторів.)*

Змістовий модуль 2. Системи регулювання об'єктів електротехнологічних комплексів на основі автономних інверторів.

Тема 4. Автономні інвертори з широтно-імпульсною модуляцією напруги. *(Принцип широтно-імпульсної модуляції. Закон широтно-імпульсної модуляції. Мостові широтно-імпульсні модулятори. Трифазні автономні інвертори з ШІМ. Побочні ефекти ШІМ. Вибір частоти ШІМ).*

Тема 5. Системи широтно-імпульсної модуляції струму. *(Фазові системи ШІМ струму. Особливості векторних систем ШІМ струму.)*

Змістовий модуль 3. Алгоритми та режими керування інверторами з ШІМ.

Тема 6. Модифіковані алгоритми систем з ШІМ. *(Структура модифікованої системи ШІМ. Питання термінології й основні співвідношення. Симетричні та несиметричні ШІМ. Перемодуляція задаючого впливу. Загальна структура координатної системи ШІМ.)*

Тема 7. Векторні системи ШІМ. *(Математична модель з векторною ШІМ. Основні етапи синтезу векторних систем ШІМ)*

Змістовий модуль 4. Моделі систем «перетворювач частоти - навантаження».

Тема 8. Моделювання робочих процесів в системі «автономний інвертор напруги – навантаження». *(Математичні моделі силового блоку об'єкта ЕТК)*

з автономним інвертором. Моделювання режимів керування з модуляцією вихідної напруги інвертора.)

Тема 9. Моделювання режимів роботи електротехнічних систем при частотному керуванні. (Моделювання сталих та динамічних режимів роботи об'єктів ЕТК. Моделювання перехідних режимів асинхронного двигуна при змінній частоті. Моделювання активних випрямлячів як елементів енергозберігаючого електроприводу змінного струму).

Змістовий модуль 5. Застосування електротехнічних комплексів для автоматизації технологічних процесів.

Тема 10. Автоматизація технологічних процесів на основі частотно-регульованого електропривода як засобу й енергозбереження. (Основні шляхи підвищення енергетичної ефективності асинхронних електроприводів. Електроприводи відцентрових насосів. Поршневі насоси й компресори. Системи водопостачання. Системи теплопостачання. Електроприводи вентиляторів і турбокомпресорів. Електроприводи поршневих машин. Електроприводи конвеєрів й транспортерів. Підйомно-транспортних механізми. Електроприводи ліфтів. Електроприводи керування дуговими сталеплавильними печами. Дугові електричні печі.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Системи регулювання об'єктів електротехнологічних комплексів.												
Тема 1. Класифікація та етапи розвитку систем регулювання електротехнологічних комплексів.	4	4	-	-	-	4	4	2	-	-	-	2
Тема 2. Інвертори відомих мережею.	14	4	-	4	-	10	14	2	-	2	-	10
Тема 3. Загальна характеристика систем «автономний інвертор напруги» та «автономний інвертор струму».	10	4	-	-	-	6	10	2	-	-	-	8
Разом за змістовим модулем 1	28	12	-	4	-	20	28	6	-	2	-	20
Змістовий модуль 2. Системи регулювання об'єктів електротехнологічних комплексів на основі автономних інверторів.												
Тема 4. Автономні інвертори з широтно-імпульсною	24	8	-	8	-	8	-	2	-	4	-	-

модуляцією напруги.												
Тема 5. Системи широтно-імпульсної модуляції струму.	18	6	-	-	-	12	18	-	-	-	-	18
Разом за змістовим модулем 2	42	14	-	8	-	20	42	2	-	4	-	36
Разом за модулем 1	78	26	-	12	-	40	78	8	-	6	-	64
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Алгоритми та режими керування інверторами з ШІМ.												
Тема 6. Модифіковані алгоритми систем з ШІМ.	17	10	-	4	-	3	17	-	-	-	-	17
Тема 7. Векторні системи ШІМ.	15	-	-	-	-	15	15	-	-	-	-	15
Разом за змістовим модулем 3	32	10	-	4	-	18	32	-	-	-	-	32
Змістовий модуль 4. Моделі систем «перетворювач частоти - навантаження».												
Тема 8. Моделювання робочих процесів в системі «автономний інвертор напруги – навантаження».	13		-	4	-	9	13	-	-	-	-	13
Тема 9. Моделювання режимів роботи електротехнічних систем при частотному керуванні.	22		-	4	-	18	22	-	-	-	-	22
Разом за змістовим модулем 4	35		-	8	-	27	35	-	-	-	-	35
Змістовий модуль 5. Застосування електротехнічних комплексів для автоматизації технологічних процесів.												
Тема 10. Автоматизація технологічних процесів на основі частотно-регульованого електропривода як засобу енергозбереження.	35	-	-	-	-	35	35	-	-	-	-	35
Разом за змістовим модулем 5	35	-	-	-	-	35	35	-	-	-	-	35
Разом за модулем	102	10	-	12	-	80	102	-	-	-	-	102
Усього годин	180	36	-	24	-	120	180	8	-	6	-	166

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття навчальним планом не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження трифазного інвертора відомого мережею	4
2	Дослідження однофазного (мостового) інвертора з симетричним керуванням	4
3	Дослідження однофазного (мостового) інвертора з несиметричним керуванням	4
4	Дослідження трифазного (мостового) інвертора з симетричним керуванням	4
5	Дослідження трифазного (мостового) інверторного випрямляча	4
6	Дослідження трирівневого інвертора	4
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація та етапи розвитку систем регулювання електротехнологічних комплексів.	4
2	Інвертори відомих мережею.	10
3	Загальна характеристика систем «автономний інвертор напруги» та «автономний інвертор струму».	6
4	Автономні інвертори з широтно-імпульсною модуляцією напруги.	8
5	Системи широтно-імпульсної модуляції струму.	12
6	Модифіковані алгоритми систем з ШІМ.	3
7	Векторні системи ШІМ.	15
8	Моделювання робочих процесів в системі «автономний інвертор напруги – навантаження».	9
9	Моделювання режимів роботи електротехнічних систем при частотному керуванні.	18
10	Автоматизація технологічних процесів на основі частотно-регульованого електропривода як засобу й енергозбереження.	35
	Разом	120

9. Індивідуальні завдання

Підготовка рефератів з самостійної роботи для студентів денної форми навчання.

10. Методи навчання

Робочою програмою передбачені такі форми організації навчального процесу як лекції, лабораторні роботи, самостійна робота студентів, консультації та контрольні заходи.

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:

- розповідь - для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення - для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда - для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація - для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);
- практична робота - для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- аналітичний метод - уявного (практичного розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак);
- індуктивний метод - для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод - для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу - для створення проблемної ситуації.

Студент повинен володіти практичними навичками роботи з персональними ЕОМ.

11. Очікувані результати навчання з дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- сучасні основні вискоєфективні методи математичного моделювання об'єктів та процесів у електротехнологічних комплексах та сфери їх застосування, сучасні інструментальні (програмні) засоби;

- основні положення, методик та закони побудови моделей і проведення досліджень динаміки процесів функціонування обладнання енергоємних електротехнологічних комплексів та систем;

системи та закони керування обладнання енергоємних електротехнологічних комплексів та систем.

вміти:

- самостійно проводити розрахунки пристроїв, елементів, систем керування та регулювання обладнанням енергоємних електротехнологічних комплексів та систем;
- самостійно проводити дослідження електромагнітних процесів у об'єктах енергоємних електротехнологічних комплексів.

12. Засоби оцінювання

Контроль успішності студентів денної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання лабораторних робіт;
- захисту звітів про виконання самостійних робіт;
- двох рубіжних модульних контролів;
- екзамену.

Контроль успішності студентів заочної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання лабораторних робіт;
- виконання контрольної роботи;
- екзамену.

13. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2		Змістовий модуль 3		Змістовий модуль 4		Змістовий модуль 5		100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
5	10	10	10	10	10	10	10	10	15		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним

			вивченням дисципліни
--	--	--	-------------------------

14. Методичне забезпечення

1. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни "Моделювання та дослідження електротехнологічних комплексів".

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Моделювання та дослідження електротехнологічних комплексів” для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізація "Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв", денної форми навчання / Укл.: М.І. Коцур, М.В. Цабенко, Ю. С. Безверхня – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. 35 с.

15. Рекомендована література

Базова

1. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты [Текст] / Р. Т. Шрейнер. Екатеринбург.: УРО РАН, 2000 – 654с. (рос. мовою).

2. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод [Текст] / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков. М: АСАДЕМА, 2004. – 202с. (рос. мовою).

3. Онищенко Г. Б. Автоматизированный электропривод промышленных установок [Текст] / Г. Б. Онищенко, М. И. Аксенов, В. П. Грехов и др., - М.: РАСХН – 2001 – 520с.

Допоміжна

4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем [Текст] / С.Г. Герман-Галкин; - Санкт-Петербург.: 2001. - 320 с. (рос. мовою).

5. Дашенко А. Ф. MATLAB в инженерных и научных расчетах [Текст] / А. Ф. Дашенко, В. Х. Кириллов, Л. В. Коломиец, В. Ф. Оробей. – Одесса: Астропринт, 2003. – 210с. (рос. мовою).

6. Черних И. В. Моделирование электротехнических устройств в MatLAB, SimPowerSystems и Simulink. [Текст] / И. В. Черних. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288с. (рос. мовою).

7. Забродин Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю. С. Забродин. М.: Высшая школа, 1981. – 532с. (рос. мовою)

8. Парфенов Э.Е. Вентильные каскады [Текст] / Э.Е. Парфенов, В.А. Прозоров; Л., «Энергия» 1968, - 92 с. (рос. мовою)

9. Руденко В. С. Преобразовательная техника [Текст] / В. С. Руденко, В. И. Синько, И. М. Чиженко. К.: Вища школа. Головное из-во, 1983 – 431с. (рос. мовою)

10. Шавьолкін О.О. Перетворювальна техніка: навчальний посібник / О.О. Шавьолкін, О.М.Наливайко. – Краматорськ: ДДМА, 2008. - 326с. (рос. мовою)

16. Інформаційні ресурси

Цифровий репозиторій ЗНТУ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eir.zntu.edu.ua>.

Коцур М.І., 2018 рік