

## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Доморощина Сергія Вікторовича на тему «Удосконалення методів прогнозування ризиків порушення роботи розподільчих пристроїв високої напруги», яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Ми, рецензенти Тиховод С.М. і Жорняк Л.Б., розглянувши дисертацію та наукові публікації, у яких висвітлено основні наукові результати дисертації, а також за результатами фахового семінару, проведеного на кафедрі електричні та електронні апарати, дійшли такого висновку.

1. Дисертаційна робота Доморощина Сергія Вікторовича «Удосконалення методів прогнозування ризиків порушення роботи розподільчих пристроїв високої напруги» є завершеною науково-дослідною роботою, направленою на вирішення завдання спрямованого на підвищення ефективності прогнозування ризиків порушення роботи розподільчих пристроїв високої напруги (РПВН) на основі контролю технічного стану (ТС) кожного елемента схеми та врахування топологічного впливу ймовірнісних показників надійної роботи кожного елемента на роботу розподільчого пристрою.

Мета, яка сформульована в роботі, відповідає обраному напрямку дослідження, отримані результати мають наукову новизну та сприяють досягненню мети.

2. Наукова новизна результатів, що визначають ступінь і характер новизни досліджень, полягають у такому:

– розроблений ймовірнісно-топологічний метод прогнозування ризиків порушення роботи РПВН, який на відміну від відомих методів, враховує топологічний вплив ймовірнісних показників надійної роботи кожного елемента схеми на ризики порушення роботи РПВН; удосконалено визначення загального ризику порушення роботи електроустановки, як добуток матриці окремих ймовірнісних складових ризиків всієї номенклатури однотипного обладнання і матриці фінансових збитків, що

дозволяє розраховувати фінансові збитки для однотипного обладнання в цілому;

– запропоновано новий спосіб прогнозування порушення роботи РПВН, який пропонує визначати ймовірність відмови комірки в цілому, як елемента РПВН, що дозволяє врахувати вплив ТС всіх її складових, на надійність роботи в цілому;

– обґрунтовано необхідність застосування експертно-статистичного методу визначення ймовірності відмови елемента схеми РПВН на інтервалі часу, що дає можливість модифікувати статистичну функцію розподілу ймовірностей відмови, за поточними даними системи безперервного контролю (СБК), із застосуванням нечітких моделей, що дозволяє корегувати прогноз порушення роботи електроенергетичних систем (ЕЕС) у реальному часі;

– розроблена узагальнена нечітка математична модель, для уніфікації вхідних параметрів впливу на ТС відповідального обладнання РПВН, яка відрізняється від відомих моделей можливістю інтегрувати різні за своєю природою походження діагностичні параметри, на базі якої розроблені нечіткі математичні моделі для визначення ТС: елегазового вимикача, роз'єднувача, трансформатора струму, апарату для захисту від перенапруг.

3. Основний зміст дисертаційної роботи викладено в 9 наукових працях, з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України (серед них 1 – у науково метричній базі Scopus), 3 – у матеріалах конференцій.

1) Доморощин С.В. Визначення спрацьованого ресурсу елегазового вимикача типу HGF 100/2 В,С GEC ALSTOM за нечіткою моделлю / С.В. Доморощин, П.В. Махлін // Електротехніка та електроенергетика. – 2016. – № 2. – С. 72-81.

*Здобувачем проаналізовані чинники, які впливають на ТС елегазового вимикача, розроблена нечітка модель визначення спрацьованого ресурсу елегазового вимикача типу HGF 100/2 В,С GEC ALSTOM.*

2) Доморошин С.В. Оцінювання ймовірності відмови елегазових вимикачів «GEC ALSTOM» на інтервалі часу / С.В. Доморошин, В.В. Літвінов // Гідроенергетика України. – 2018. – №1-2. – С. 39-44.

*Здобувачем за розробленою нечіткою моделлю визначення ТС елегазового вимикача, використовуючи ймовірнісно-статистичний метод, розраховано ймовірність відмови елегазового вимикача типу HGF 100/2 В,С GEC ALSTOM на інтервалі 1 рік.*

3) Доморошин С.В. Нечітке моделювання ймовірності відмови апаратів захисту від перенапруг / С.В. Доморошин, О.А. Сахно // Електротехніка та електроенергетика. – 2018. – № 3. – С. 39–51.

*Здобувачем проаналізовані чинники, які впливають на ТС апарату захисту від перенапруг, розроблена нечітка модель визначення ймовірності відмови розрядника типу РВМК – 750М.*

4) Domoroshchyn S.V. Improvement of the nonequilibrium-compensation method for state diagnostics of high-voltage apparatus with condenser insulation / A.A. Sakhno, L.S. Skrupskaya, S.V. Domoroshchyn // Electrical engineering and power engineering. – 2019. – №4. – P. 56-64.

*Здобувачем проаналізовані методи безперервного контролю високовольтних апаратів з конденсаторною ізоляцією, виявлені основні недоліки, надані пропозиції щодо їхнього усунення.*

5) S. Domoroshchyn. Estimating the failure probability of an instrument transformer cell in the high voltage distributing device using an expert-statistical method / S. Domoroshchyn, O. Sakhno // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №4/2. – P. 70-81.

*Здобувачем проаналізовані чинники, які впливають на ТС трансформатора струму та роз'єднувача, розроблені нечіткі моделі визначення ТС; обґрунтовано застосування експертно-статистичного методу при визначенні ймовірності відмови електрообладнання; запропоновано і обґрунтовано прогнозування ймовірності відмови комірки в цілому, як елемента розподільчої електроустановки.*

6) Доморошин С.В. Метод ризик-аналізу порушення функціонування розподільчих пристроїв високої напруги / С.В. Доморошин, О.А. Сахно // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2020. – №3 (51). – С. 41–52.

*Здобувачем проаналізовані основні чинники впливу на відповідальне обладнання РПВН за якими побудована узагальнена нечітка модель визначення ТС, яка полегшує інтегрування в СБК; розроблений новий ймовірно-топологічний метод прогнозування ризиків порушення роботи РПВН.*

7) S. Domoroshchin. Comparative analysis of methods for residual life of current transformers prediction / A. Sakhno, S. Domoroshchin. L. Skrupskaya // Innovative engineering, technology and industry. International scientific conference. Seattle, Washington, USA. Global science and education in the modern realities. August 26-27. – 2020. – P. 7–10.

*Здобувачем проведено порівняльний аналіз методів прогнозування залишкового ресурсу електрообладнання на прикладі трансформатора струму, які базуються на контролі основних параметрів впливу на ТС апарату.*

8) S. Domoroshchin. Generalized mathematical model for determining technical condition of responsible electrical equipment of high-voltage switchgear / A. Sakhno, S. Domoroshchin // Innovative engineering, technology and industry. International scientific conference. Svishtov, Bulgaria. Search for scientific answers to the challenges of our time'2020. December 28-29. – 2020. – P. 5–8.

*Здобувачем розроблена узагальнена нечітка математична модель визначення технічного стану відповідального обладнання розподільчих пристроїв високої напруги, яка інтегрує основні уніфіковані експлуатаційні чинники впливу на ресурс електрообладнання.*

9) S. Domoroshchin. Probabilistic-topological method for determining risk of disruption of high-voltage switchgear / A. Sakhno, S. Domoroshchin // Innovative engineering, technology and industry. International scientific conference.

Karlsruhe, Germany. The current stage of development of scientific and technological progress'2021. No 15 on February 9. – 2021. – P. 5–7.

*Здобувачем розроблений ймовірнісно-топологічний метод прогнозування ризиків порушення роботи розподільчих пристроїв високої напруги, який враховує топологічний вплив ймовірнісних показників надійної роботи кожного елемента РПВН на інші елементи схеми.*

Дисертація виконана автором самостійно і базується на результатах досліджень, що опубліковані. Всі наукові результати, отримані в дисертації, базуються на дослідженнях, проведених особисто здобувачем. У ході роботи над дисертацією Доморошин С.В. сформував ряд положень спрямованих на підвищення ефективності прогнозування ризиків порушення роботи розподільчих пристроїв високої напруги на основі контролю технічного стану кожного елемента схеми та врахування топологічного впливу ймовірнісних показників надійної роботи кожного елемента на інші елементи розподільчого пристрою. Їм було розроблена узагальнена нечітка математична модель визначення технічного стану електрообладнання, яка враховує основні діагностичні параметри незалежно від природи фізичного походження параметру. На базі уніфікованої моделі розроблені нечіткі математичні моделі визначення технічного стану відповідального обладнання розподільчого пристрою високої напруги які можливо інтегрувати в системи безперервного контролю обладнання. Розроблені моделі дозволяють вдосконалити існуючу систему експлуатаційної діагностики високовольтного обладнання розподільчих пристроїв за рахунок прогнозу ймовірності відмови за показниками поточного технічного стану, що особливо актуально в умовах критичного старіння експлуатованого парку високовольтного обладнання в Україні і пов'язаного з ним зростання експлуатаційних витрат на періодичну діагностику.

#### 4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Наукове значення виконаного дослідження полягає у подальшому розвитку методів та засобів підвищення ефективності експлуатації електрообладнання високовольтних електричних мереж та систем за рахунок вдосконалення існуючої системи прогнозування порушень роботи розподільчих мереж енергосистем 110 кВ і вище, прогнозування ймовірності

відмов електрообладнання на інтервалі часу за фактично визначеним технічним станом, який визначається системою безперервного контролю. Результатом модернізації є зниження експлуатаційних витрат на устаткування за підвищення стійкості енергосистеми; можливості оцінки поточного стану й прогнозу залишкового ресурсу устаткування, для планування розподілу фінансових активів, в умовах критичного старіння експлуатованого парку устаткування; можливість створення підстанцій без постійного обслуговуючого персоналу та «інтелектуальних» електроенергетичних систем.

Отримані результати, методи та рішення можуть бути використані у подальшому вивченні експлуатаційної надійності електричного обладнання, при проектуванні електричних схем розподільчих пристроїв та у теоріях оптимального керування електричними мережами та системами. Результати роботи можуть бути використані у програмах навчальних курсів: електричні апарати високої напруги, випробування та ремонт електрообладнання, електрична частина станцій та підстанцій.

Практична цінність роботи для електроенергетичної галузі:

- за розробленими нечіткими моделями визначення ТС експертно-статистичним методом розраховано ймовірність відмови елементів РПВН на інтервалі часу, що дало підвищення точності прогнозування ризиків порушення роботи РПВН, за даними поточного ТС елементів електроустановки, в умовах неповноти ретроспективної інформації щодо функціонування електрообладнання. За результатами впровадження точність досягає 90-95%, що перевищує існуючі методи на 15-20%;

- підвищення обґрунтованості рішень щодо розподілення матеріально-фінансових активів підприємств ЕЕС з урахуванням прогнозованого ресурсу елементів РПВН електроенергетичних об'єктів;

- можливість впровадження розроблених моделей оцінки поточного ТС в СБК інтелектуальних мереж SmartGrid, для підвищення ефективності заходів, спрямованих на забезпечення сталого режиму роботи ЕЕС;

– результати роботи впроваджені, в рамках дослідної експлуатації, при виробництві СБК (моніторингу) обладнання розподільчих пристроїв для ПС – 500 кВ «Нура» (Республіка Казахстан).

Всі наукові результати, що виносяться на захист, отримані здобувачем особисто. Поршень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях не виявлено.

Дисертація відповідає вимогам, передбаченим пунктом 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, і рекомендується до захисту у спеціалізованій вченій раді.

Рецензенти:

Д.т.н., доцент кафедри теоретичної і загальної електротехніки, НУ «Запорізька політехніка»

С.М. Тиховод

К.т.н., доцент кафедри електричних та електронних апаратів, НУ «Запорізька політехніка»

Л.Б. Жорняк

Підписи рецензентів Тиховода С.М. і Жорняк Л.Б. посвідчую.

Вчений секретар  
НУ «Запорізька політехніка»  
доц. каф. СР та П



В.В. Кузьмін