

## ВІДГУК

*рецензента КОШЕЛЕНКА Євгенія Валерійовича*

*на дисертаційну роботу БАБЕНКА Миколи Володимировича*

«Енергоефективна електротехнічна система катодного захисту підземного сталевих трубопровода», яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### **Актуальність теми.**

Проблема електрохімічної корозії підземних сталевих трубопроводів - одна з найсерйозніших у сфері експлуатації інженерних мереж, упродовж тривалого часу може мати прихований характер і призводити не тільки до економічних збитків, але також до забруднення ґрунтів і підземних вод.

Корозія підземних сталевих трубопроводів обумовлена руйнуванням металу внаслідок електрохімічних реакцій, які відбуваються у вологому ґрунті, що має певні електролітичні властивості. В процесі експлуатації трубопровода і його взаємодії з навколишнім середовищем відбувається перерозподіл зарядів між його окремими ділянками та утворення анодних і катодних ділянок на поверхні труби. Це явище супроводжується окисненням металу в анодній зоні та утворенням вільних електронів. У катодній зоні внаслідок міграції електронів спостерігається реакція відновлення кисню. Вищі провідні властивості мають вологі глинисті ґрунти, в яких електрохімічна корозія прискорюється. Електрохімічні кородуючі пари можуть утворюватися не тільки між окремими ділянками труби, але також і зі сторонніми об'єктами, що також має значення при визначенні заходів із захисту трубопроводів.

У зв'язку з цим вдосконалення моделей і методів вибору структури комплексного джерела живлення для систем електрохімічного захисту є актуальною науковою задачею, вирішенню якої присвячено дисертаційну роботу Бабенка М.В.

У дисертаційній роботі поставлена наукова задача полягає у визначенні раціональних значень потенціалів захисту трубопроводу шляхом встановлення

закономірностей існування енергоефективних режимів роботи автономних електрогенеруючих комплексів з відновлюваними джерелами енергії та системами керування вентильними перетворювачами, які відрізняються від існуючих можливостями реалізації раціональних значень потужності станцій катодного захисту у спектрі частот до 50 кГц, що забезпечить необхідний рівень електромагнітної сумісності, оптимізує витрати електроенергії, дозволить створити децентралізовану розгалужену систему живлення станцій.

**Положення, висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі Бабенка Миколи Володимировича, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів.**

**Достовірність результатів досліджень** забезпечується коректністю поставлених задач, використаних вихідних даних для моделювання, прийнятих допущень, застосованих методів статистичного аналізу й обробки даних. Дослідження виконані з використанням сучасного математичного апарату та спеціалізованого програмного забезпечення для виконання моделювання електротехічних процесів. Отримані результати перевірені на діючих об'єктах газотранспортної системи України, що підтверджує достовірність сформульованих в дисертаційній роботі результатів дослідження, наукових положень, висновків і рекомендацій.

#### **Оцінка змісту дисертації та відповідність встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Бабенка М.В є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із 115 найменувань та 4 додатка.

*У вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначені задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими темами, наведено дані про наукову новизну, практичне значення, апробацію результатів та публікації.

*У першому розділі* виконано аналіз стану проблематики даного напрямку дослідження, показано варіативність технічних параметрів сталевих підземних трубопроводів для транспортування нафти й газу. Дослідження та публікації в області електрохімічної корозії вказують на відсутність єдиного щодо визначення оптимальних значень захисного потенціалу та закономірностей його

розподілу по довжині траси трубопроводу. Встановлено, що налаштування режимів роботи активних і пасивних станцій катодного захисту (СКЗ) з урахуванням усього діапазону змінних, пов'язаних з електротехнічними, гідрогеологічними й електрохімічними процесами, дозволяє забезпечити надійну та безаварійну експлуатацію підземних сталевих металокопункцій.

У другому розділі досліджено аналітичні моделі для визначення рівнів захисного потенціалу системи захисту від електрохімічної корозії, як функції двох змінних (часу та координати відстані трубопроводу). При цьому був прийнятий обґрунтований рівень припущень і початкових умов, який дозволив створити адекватні схеми заміщення трубопроводів з урахуванням геометричних розмірів конструкції, параметрів ґрунтів, наявності полімерних вставок для з'єднання секцій трубопроводів, якісних показників ізоляції та параметрів вентильних перетворювачів СКЗ.

У третьому розділі виконано аналіз складових повної потужності та отримані залежності, які дозволяють визначити електричні режими з максимальною енергетичною ефективністю з точки зору мінімальних втрат потужності та емісії вищих гармонік до електричної мережі за умови живлення СКЗ у несиметричному режимі від централізованих систем обмеженої потужності у віддалених районах електричних мереж та/або при острівних режимах енергосистеми.

У четвертому розділі в середовищі Simulink / MATLAB були створені моделі мережі з розподіленою генерацією, що включає в себе споживача у вигляді СКЗ ( $S_{СКЗ} = 3$  кВА), а також сонячні та вітрові електростанції малої потужності (3 кВт та 5 кВт). Для моделювання використовувалися реальні набори даних з навантаженням та генерацією електроенергії, а також метеопараметри (швидкість вітру та рівень сонячної інсоляції), притаманні трьом різним регіонам України.

У висновках наведено основні результати роботи щодо вирішення поставлених задач дослідження.

Список використаних джерел із 115 найменувань достатньо охоплює предметне поле дослідження і відображає опрацювання автором значної

кількості іноземних та вітчизняних інформаційних джерел.

У додатках наведені основні результати дисертаційного дослідження та інформація щодо практичного впровадження результатів.

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях**

Основні положення і результати дисертаційних досліджень, відображено у 10 наукових публікаціях: 7 статей у наукових періодичних фахових виданнях України категорії «Б», з яких 4 проіндексовано у Міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science; 2 у матеріалах апробаційного характеру, 1 патент на корисну модель.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що дослідження, представлені у дисертаційній роботі Бабенка М.В. є достатньо висвітленими, виконаними самостійно. У написаних у співавторстві працях зазначено особистий внесок здобувача, який відповідає його дисертаційним дослідженням.

### **Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових публікаціях, в яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків здобувача. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

**Основні результати отримані Бабенко М.В. в дисертаційній роботі, які мають суттєву наукову новизну.**

1. Аналіз особливостей формування умов ефективного захисту від електрохімічної корозії електротехнічного комплексу «Підземний трубопровід – група станцій катодного захисту» дозволив отримати їх унікальну режимну особливість, яка відрізняється врахуванням впливу неоднорідності ґрунту на градієнт захисного потенціалу, точкові неоднорідності у вигляді перетинів залізниць, автомобільних доріг, кабельних підземних ліній електропередачі, що

дозволяє при стохастичному характеру графіку електричних навантажень станцій отримати енергоефективний режим даного електротехнічного комплексу.

2. Розвинуто механізми вибору параметрів комплексного джерела автономного електропостачання станцій катодного захисту підземних сталевих трубопроводів з урахуванням режиму вентиляційних перетворювачів, умов прокладання трубопроводів та наявності неоднорідностей, що дозволяє реалізувати максимальну енергетичну ефективність роботи комплексу в умовах технологічних обмежень енергосистеми або блекаутах.

3. Вперше отримано аналітичні та графічні залежності параметрів електричного режиму СКЗ для різних умов роботи по просторовій поздовжній координаті, що дозволяє істотно підвищити якість формування функції захисного потенціалу та має визначні особливості у вигляді змінної складової захисного потенціалу.

***Практична цінність роботи*** полягає в:

– розробці рекомендацій щодо вибору комплексного джерела живлення СКЗ з відновлюваним джерелами енергії при врахуванні ймовірнісних характеристик зміни навантаження;

– обґрунтуванні впливу спектрального складу вихідного струму СКЗ на ефективність захисту;

– розробці технічного рішення з вибору типу та потужності фотоелектричних модулів та/або вітроенергетичної установки за географічним розташуванням об'єкту захисту.

**По дисертаційній роботі Бабенка М.В. є зауваження:**

1. Потребує уточнення термін «комплексне джерело живлення» СКЗ.

2. На стор. 92 (рис. 2.8) наведена схема заміщення для металевого трубопроводу. Доцільно обґрунтувати необхідність врахування поперечних елементів у цій схемі.

3. З тексту дисертації незрозуміло, яким чином формується захисний потенціал від групи катодних станцій у активному режимі?

4. У розділі 3 дисертаційної роботи виконано аналіз спектрального складу струму перетворювача катодної станції. Ці моделі стосуються керованих чи некерованих перетворювачів?

5. Чим обґрунтовано вибір потужності сонячної та вітрової електростанції, а також ємності системи зберігання енергії для автономної системи електропостачання СКЗ?

6. У додатках наведено результати експериментальних досліджень. Чи приймав участь автор роботи в цих дослідженнях особисто? Чи пройшли ці результати публікацію та апробацію?

7. Як саме у моделях автора враховується режим роботи ВДЕ при змінних погодних умовах, наприклад, раптове падіння потужності?

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Бабенка М.В., її наукову новизну та практичну цінність.

## ВИСНОВОК

Дана дисертаційна робота за своїм змістом відповідає спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач **Бабенко Микола Володимирович** заслуговує **присудження наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.**

### Рецензент:

Декан Електротехнічного факультету  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка», к.т.н.



Євгеній КОШЕЛЕНКО