

В І Д Г У К

**рецензента ЦИПЛЕНКОВА Дмитра Володимировича
на дисертаційну роботу БАБЕНКА Миколи Володимировича
«Енергоефективна електротехнічна система катодного захисту
підземного сталевих трубопроводу», що подана на здобуття наукового
ступеня доктора філософії за спеціальністю
141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

Актуальність теми

Популярна сьогодні концепція модульної інтеграції джерел живлення для об'єктів критичної інфраструктури обумовлює інваріантність гібридних джерел живлення відносно географічних та кліматичних умов використання. Вибір певних енергетичних модулів та їх потужність визначається ефективністю використання різних видів альтернативних джерел електроенергії у даному географічному регіоні і даних кліматичних умовах з урахуванням геології ґрунтів. Створення micro Smart Grid системи на основі гібридних альтернативних джерел дозволить вирішувати питання автономності, стабілізації рівня захисного потенціалу у динамічних режимах джерел блукаючих струмів та наявності полімерних поздовжніх вставок на трубопроводах, що відрізняється від існуючих методик розподілу станцій катодного захисту (СКЗ) та їх живлення від централізованих систем електропостачання.

В зв'язку з цим створення мікрогрідсистем електропостачання для систем електрохімічного захисту є актуальною науковою задачею вирішенню якої і присвячено дисертаційну роботу Бабенка М.В.

У дисертаційній роботі вирішена наукова задача реалізації 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 Миколи Бабенка, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Відповідно до поданих дисертаційних матеріалів, результати досліджень є складовою частиною науково-дослідних робіт, виконаних на кафедрі електропривода та електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» відповідно до наукових досліджень в рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт «Дослідження поточних та аналіз очікуваних параметрів режиму роботи системи електропостачання водовідливної установки за умови її живлення від дизельного генератора: оцінка необхідної структури, параметрів, вимог, умов для ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» (№072266-23) та «Науково-дослідні роботи з визначення ефективності впровадження установок компенсації реактивної потужності (УКРВ) в підземних мережах 6 кВ підприємств гірничо-видобувної промисловості» (№072212-25). Участь здобувача – виконавць окремих розділів.

Достовірність результатів досліджень забезпечується коректністю методів математичного апарату, статистичного аналізу та законів розподілу. Дослідження виконані з використанням математичного апарату та сучасного комп'ютерного моделювання. Отримані результати перевірені використанням інформації від діючих об'єктів газотранспортної системи

України, що підтверджує достовірність сформульованих в дисертаційній роботі результатів дослідження, наукових положень, висновків і рекомендацій.

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

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

– 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.

– Вперше розроблено метод приєднання активних та пасивних катодних станцій, який відрізняється прийняттям умов прокладання траси трубопроводу, наявності перетинів з залізничними коліями, коліями міського електротранспорту, автомагістралей тощо, що дозволяє для кожної ділянки трубопроводів середнього та високого тиску приймати індивідуальну схему розподілу захисних станцій з урахуванням геології ґрунтів.

Дисертація Бабенка М.В. складається з анотації двома мовами, змісту, переліку умовних позначень і скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг дисертації складає 178 сторінок.

Перший розділ стосується аналізу наукових досліджень відомих українських та світових авторів за проблематикою електрохімічної корозії. Зроблено висновки, що незважаючи на тривалий час експлуатації систем

катодного захисту підземних сталевих трубопроводів, робочих методик визначення рівнів захисного потенціалу та інтервалу розподілу станцій захисту з урахуванням специфіки ґрунтів та інших параметрів прокладання траси не існує. Актуальність та проблематика досліджень висвітлена досконало, у зв'язку з цим поставлені завдання для вирішення.

У другому розділі розроблено нові аналітичні та графічні залежності для різних умов роботи катодних станцій від поздовжньої координати, що дозволяє значно покращити якість формування функції захисного потенціалу. Це характеризує отримані наукові результати стосовно оцінки енергоефективних режимів захисту підземних трубопроводів від електрохімічної корозії.

Змінний характер функції захисного потенціалу на відстані 0–3000 м визначає необхідність та важливість врахування складних неоднорідностей для розробки універсального методу вибору технічних параметрів комплексу електротехнічного захисту та оптимального режиму роботи.

У *третьому розділі* проведено аналіз електричних режимів та енергетичної ефективності при роботі СКЗ з вентильними перетворювачами. Особлива увага приділялась частотному складу первинного струму перетворювачів АС/DC при централізованому живленні системи захисту та можливостям реалізації стабільного рівня потенціалу при автономному живленні від сонячних й вітрових електростанцій (DC/DC перетворювачі).

Рівні вищих гармонік та інтергармонік при роботі випрямлячів та інверторів моделювались за допомогою стандартного математичного апарату на основі рядів Фур'є, що є ефективним інструментом дослідження періодичних функцій.

У *четвертому розділі* в середовищі *MATLAB / Simulink* 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 й рівень сонячної інсоляції).

Отримані результати похибок генерації знаходяться у допустимих для подібних систем значень і можуть бути зменшені при раціональному виборі параметрів перетворювачів, системи зовнішнього електропостачання й Storage-системи, яка дозволить об'єкту критичної інфраструктури працювати надійно під час блекаутів та обмежень електропостачання.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та результати дисертаційної роботи Бабенка М.В. опубліковано у 10 наукових публікаціях, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, чотири статті проіндексовано у міжнародній наукометричній базі даних Scopus, взята участь у двох міжнародних наукових конференціях, отримано один патент на корисну модель.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових публікаціях, у 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.

По дисертаційній роботі Бабенка М.В. є зауваження:

1. У першому розділі не сказано, чи вирішить проблему застосування полімерних труб на усій дистанції газогону?

2. З тексту дисертації не зрозуміло, які саме параметри ізоляції трубопроводів використовуються при моделюванні змінної складової потенціалу?

3. У розділі 2 моделюється змінна складова захисного потенціалу. Як впливає на цю складову наявність зовнішнього джерела блукаючих струмів?

4. Чому у розділі 3 враховуються інтергармоніки при аналізі спектрального складу первинного струму перетворювачів?

5. Які параметри вітроенергетичних установок та сонячних електростанцій було прийнято для моделювання режимів генерації комплексного джерела живлення?

6. З тексту дисертації незрозуміло, який рівень вхідної напруги прийнято при моделюванні режимів DC/DC перетворювачів (розділ 3.5)?

7. У чому була необхідність використання методу Монте-Карло для імітаційного моделювання електричних навантажень СКЗ?

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

ВИСНОВОК

Враховуючи актуальність теми, отримані результати та наявну практичну значимість вважаю, що дисертаційна робота Бабенка Миколи Володимировича «*Енергоефективна електротехнічна система катодного захисту підземного сталевого трубопроводу*» відповідає спеціальності 141 – Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам 6, 7, 8, 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 доктора філософії зі спеціальності 141 – Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка.

Рецензент:

професор кафедри електропривода
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

к.т.н., доцент

Дмитро ЦИПЛЕНКОВ