

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента КОЦУРА Михайла Ігоровича  
на дисертаційну роботу ШИХОВА Станіслава Кириловича  
«Електротехнічна система катодного захисту підземного сталевих  
газопроводу з неоднорідною структурою», що подана на здобуття  
наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

**Актуальність теми.** Українська газотранспортна система є невід’ємною складовою сучасної промисловості і представляє собою комплекс об’єктів критичної інфраструктури, до яких входять підземні сталеві трубопроводи. Як наслідок надзвичайно важливими є електротехнічні комплекси, які забезпечують подовження терміну експлуатації цих газопроводів, шляхом захисту від електрохімічної корозії. Ефективна експлуатація цих установок, з урахуванням факторів режимів роботи випрямлячів, неоднорідної структури трубопроводу, фізико-хімічних властивостей ґрунту та стану ізоляції є складним процесом та вимагає глибинного аналізу та високої кваліфікації.

Значна різноманітність сучасних схемних рішень та архітектур вентильних перетворювачів, призводить до наявності великої кількості схемних та режимних комбінацій роботи систем катодного захисту, що формують захисний потенціал вздовж траси газопроводу. Робота орієнтована на визначення впливів режимів роботи випрямлячів в складі станцій катодного захисту підземних сталевих трубопроводів та їх взаємовпливів, з метою подовження термінів їх експлуатації. Таким чином, сама ідея роботи та підходи до її реалізації цілком відповідають сучасним тенденціям в сфері електрохімічного захисту газопроводів.

Враховуючи постійно зростаючу потребу в підвищеній енергетичній безпеці України, саме забезпечення надійного та якісного газопостачання дозволяє забезпечити промисловість та населення енергоресурсами.

У даній роботі запропоновано методи і алгоритми аналізу та керування електротехнічними системами катодного захисту підземних сталевих газопроводів із неоднорідною структурою. Надані рекомендації щодо технічного

забезпечення станцій катодного захисту, на основі спектрального аналізу вихідного сигналу випрямлячів та математичного моделювання поведінки системи «станція катодного захисту – ґрунт – трубопровід» за різних структурних і елементних комбінацій.

В зв'язку з цим вдосконалення методів та моделей побудови систем катодного захисту, що функціонують на підземних сталевих трубопроводах, які набувають електротехнічних неоднорідностей є актуальною науковою задачею вирішенню якої і присвячено дисертаційну роботу Шихова С.К.

У дисертаційній роботі поставлена наукова задача вдосконалення законів і методів керування електротехнічними системами протикорозійного захисту підземних сталевих трубопроводів, що приймають до уваги їх структурні неоднорідності, стан ізоляційного покриття, фізико-хімічних властивостей ґрунту а також особливості роботи випрямлячів сусідніх станцій катодного захисту, з метою зменшення корозійної небезпеки і подовження терміну експлуатації.

Положення, висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі Шихова Станіслава, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів.

*Перший розділ* дисертаційної роботи присвячено ґрунтовному аналізу сучасного стану та напрямків досліджень засобів електрохімічного захисту підземних сталевих трубопроводів. Детально розглянуто стан газотранспортної системи України, проаналізовано нормативно-правову базу, що регламентує її функціонування, експлуатацію газопроводів і забезпечення їх надійної і безперебійної роботи. Заслуговує на позитивну оцінку систематизація сучасних наукових і практичних підходів до електрохімічного захисту, класифікація засобів протикорозійного захисту, аналіз вимог до станцій катодного захисту, їхньої типової структури та наявних комерційних рішень. Крім того, автором проаналізовано сучасні тенденції розвитку газорозподільних мереж, пов'язані зі зростанням використання поліетиленових трубопроводів.

У *другому розділі* досліджено методи формування захисного потенціалу вздовж підземних сталевих трубопроводів та проаналізовані класичні методики розрахунку параметрів станцій катодного захисту. Розглянуто відомі еквівалентні схеми заміщення підземних трубопроводів, досліджено фактори, що визначають її електричні параметри. Важливим науковим результатом є удосконалення математичної моделі та еквівалентної схеми заміщення шляхом урахування індуктивної й ємнісної складових, а також зосереджених неоднорідностей. Окрему увагу приділено аналізу типових схемотехнічних рішень силових випрямлячів, що використовуються у складі станцій катодного захисту.

У *третьому розділі* була вивчена залежність розподілу захисного потенціалу на площі трубопроводу від зміни вхідної напруги в часі та частотних характеристик струму силової перетворювальної техніки, що використовується в станціях катодного захисту. Також було проаналізовано фактори впливу роботи станції СКЗ, а саме: ємнісна та індуктивна складова ізоляційних покриттів трубопроводів, їх вплив на типові електрохімічні процеси пов'язані з роботою станції та функціонування перетворювачів змінного струму в постійний на основі транзисторних ключів.

*Четвертий розділ* роботи сфокусований на вивченні питання сумісного функціонування декількох СКЗ, що є електрично взаємопов'язані за рахунок під'єднання до одного трубопроводу. Було досліджено їх взаємовплив та проведено комп'ютерні моделювання, з метою розробки технічних рекомендації та алгоритму керування за для мінімізації перетікань струмів між ними.

Розроблені засоби дозволяють зменшити різниці потенціалів між суміжними станціями, що, в свою чергу, призведе до збільшення строку служби неоднорідних ділянок трубопроводу.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Шихова С.К. є високою й базується на аналізі інформаційних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних**

методів дослідження, зіставленні і детальному критичному аналізі отриманих результатів з результатами інших дослідників, у якісному формулюванні отриманих висновків.

Положення, висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі Шихова С.К., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів.

**Достовірність результатів досліджень** забезпечується коректністю методів математичного апарату, спектрального аналізу, диференційного числення та теорії несинусоїдальних струмів. 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 Шиховим С.К. в дисертаційній роботі, які мають суттєву наукову новизну.**

1. Вперше розроблено метод керування силовими ключами випрямлячів для мінімізації різниці потенціалів, що утворюються сусідніми мережевими станціями катодного захисту станціями, на границях між відрізками із значно відмінними електротехнічними параметрами, що протидіє виникненню локальних анодних зон на ділянках неоднорідностей.

2. Удосконалено математичну модель системи «станція катодного захисту – ґрунт – трубопровід» шляхом врахування індуктивної та ємнісної складових, опору кабельних ліній, розтікання аноду, власного потенціалу споруди та параметрів неоднорідних вставок, що забезпечує урахування параметрів форми вихідної напруги випрямлячів в складі станцій катодного захисту.

3. Набули подальшого розвитку врахування спектрального аналізу потужності вихідних сигналів високочастотних інверторних перетворювачів для оцінки ефективності формування захисного потенціалу трубопроводів, що

дозволяє визначати вплив імпульсних складових струму на параметрів електрохімічного захисту в умовах реактивного характеру навантаження.

4. За допомогою розробленої еквівалентної схеми заміщення, набули подальшого розвитку засоби імітаційного моделювання режимів роботи систем електрохімічного захисту трубопроводу, що дозволяє аналізувати закономірності просторово-часового розподілу захисного потенціалу залежно від топології силового випрямляча та наявності електротехнічних неоднорідностей трубопроводу.

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 143 джерел та 2 додатків.

Розроблені методики підтверджені актами впровадження від ТОВ «Дайвер» при проектуванні систем електрохімічного захисту на підводних переходах магістральних нафтогазопроводів (зокрема МН «Кременчук – Херсон», МГ «Прогрес»).

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

Основні положення та результати дисертаційної роботи Шихова С.К. опубліковано у наукових публікаціях, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті проіндексовано у міжнародній наукометричній базі даних Scopus, взята участь у 7 міжнародних наукових конференціях, отримано 1 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 Шихова С.К. є зауваження**

1. Потребує уточнення формулювання назви дисертаційної роботи, в напрямку більш повного розкриття проведеної автором роботи.
2. Потребують уточнення вихідні дані для побудови еквівалентні схеми заміщення системи «станція катодного захисту – ґрунт – трубопровід».
3. Чи приймались до уваги джерела блукаючих струмів при перетині трас трубопроводів з іншими інженерними комунікаціями?
4. Уточнити критерії вибору схеми випрямлячів в складі станції катодного захисту.

*Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. У роботі зустрічаються орфографічні, пунктуаційні та граматичні помилки, стилістичні неточності і описки але кількість їх допустима.*

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Шихова С.К., її наукову новизну і практичну цінність.

### **ВИСНОВОК**

Дисертаційна робота Шихова Станіслава Кириловича **«Електротехнічна система катодного захисту підземного сталевих газопроводу з неоднорідною структурою»** є завершеною науково дослідною роботою, яка розв’язує важливу науково-практичну задачу та полягає у вдосконаленні алгоритмів і методів керування електротехнічних систем катодного захисту підземних сталевих трубопроводів з урахуванням неоднорідності їх структури, стану ізоляційного покриття, а також особливостей роботи випрямлячів сусідніх станцій катодного захисту, що дозволить ефективно та надійно захищати газогони із неоднорідною структурою.

Дана дисертаційна робота за своїм змістом відповідає спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», відповідає 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 Шихов Станіслав Кирилович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Офіційний опонент:**

доцент кафедри електричних  
та електронних апаратів

Національного університету

«Запорізька політехніка»,

кандидат технічних наук, доцент



Михайло КОЦУР

Підпис Михайла КОЦУРА засвідчую,

перший проректор

Національного університету

«Запорізька політехніка»,

кандидат технічних наук, доцент



Сергій ШИЛО