

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук Яворського Андрія Вікторовича
на дисертаційну роботу **Мельника Мар'яна Ігоровича**

«Розроблення методу і засобів контролю поляризаційного потенціалу
підземних трубопроводів», подану до захисту на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю

05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин

Актуальність теми дисертаційної роботи

Широке використання трубопроводів для транспортування газу, нафти, води, продуктів хімічної промисловості, зумовлює інтерес до їх вивчення, оскільки забезпечення їх належного технічного стану має важливе значення для потреб населення і функціонування промисловості. Відповідно зростають вимоги до своєчасного виявлення та локалізації місць майбутніх руйнувань з метою забезпечення надійної роботи трубопроводів, оскільки їх не прогнозовані руйнування призводять до значних економічних втрат і важких екологічних наслідків. Для більшості з експлуатованих в Україні магістральних трубопроводів термін служби перевищує 30 років, тому, питанню їх діагностування і контролю стану необхідно щороку приділяти все більше уваги.

Підземні трубопроводи (ПТ) захищають від корозії ізоляційними покриттями і катодною поляризацією. Основним критерієм захисту вважають різницю потенціалів між металом і середовищем, яку називають поляризаційним потенціалом (ПП). Для сталі у ґрунті ПП повинен знаходитись у межах від $-0,85$ до $-1,15$ В відносно мідносульфатного електрода порівняння. Його перевищення спричинює втрати електроенергії і матеріалу та анодів, а на захисній поверхні виділяється водень, який зумовлює відшарування органічних захисних покриттів та водневе окрихнення сталі. Відомі методи і засоби контролю ПП надто трудомісткі, недостатньо оперативні а їх застосування для обстежень ПТ часто не мають достатнього обґрунтування.

Саме з таких міркувань дисертаційна робота М.І. Мельника, присвячена розробленню методу і засобів вимірювань поляризаційного потенціалу для контролю і діагностичних обстежень протикорозійного захисту підземних трубопроводів і металевих конструкцій, є безперечно актуальною.

Дисертаційна робота Мельника М.І. виконана у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України в рамках держбюджетних і госпдоговірних НДР та Державної науково-технічної програми «Ресурс».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертації, теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені в лабораторних і польових умовах. Проведена апробація в реальних умовах на трасах магістральних трубопроводів. Для досліджень інформативних ознак електромагнітного поля ПТ та розробки контактного методу обстежень ПТ

використано методи теорії електромагнітного поля; теорії кіл з розподіленими параметрами; розрахунку електричних полів в об'ємних провідниках. Дослідження та розробки апаратурного і методичного забезпечення проведені на основі математичного моделювання з використанням лабораторних і натурних випробувань. Результати роботи створених засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) перевірялися їх зіставленням з результатами традиційної контактної електрометрії на випробувальних стендах та при комплексних корозійних обстеженнях ПТ у процесі експлуатації.

Наведені висновки відповідають меті та змісту роботи і достатньо відображають проведені дослідження та отримані теоретичні й експериментальні результати.

Наукова новизна і достовірність одержаних результатів

Серед описаних у дисертаційній роботі результатів як науково нові слід відмітити:

- розвинутий метод визначення поляризаційного потенціалу поверхні металу в електролітичному середовищі з вилучення омичного складника за одночасними вимірами постійних і змінних електричних напруг, вперше реалізований в апаратурі ВПП, придатній для контролю катодної поляризації та пошуку місць пошкодження ізоляції ПТ за відомими методами Пірсона і поперечного градієнта потенціалу;

- вперше на основі розв'язку крайової задачі електродинаміки встановлено залежності ефективної ємності металевого циліндра з ізоляцією в електропровідному середовищі від електрофізичних параметрів структури і частоти поля, що дає змогу обґрунтовано вибирати частоту поля для визначення омичного складника потенціалу;

- розвинуто метод визначення розподілу перехідного питомого опору ізоляційного покриття ПТ за комплексом вимірів струмів, потенціалів і координат для неруйнівного контролю протикорозійного захисту.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректною постановкою задач, використанням розділів математики, фізики, теоретичних основ електротехніки і підтверджена впровадженням теоретичних положень у практику контролю протикорозійного захисту ПТ.

Практична цінність дисертаційної роботи

Серед описаних у дисертації результатів як такі, що мають практичне значення слід відмітити:

- використання вимірювальної системи (ВС) ВПП-М зменшує трудовитрати і підвищує вірогідність результатів контролю електрохімічного захисту, оскільки не потребує відключень катодних установок, чи використання компенсаторів спаду напруги в середовищі, чи стаціонарних електродів порівняння.

- створена ВС ВПП-М з пам'яттю та інтерфейсом дає змогу оперативно отримувати кількісну інформацію про стан ПКЗ на різних ділянках та виявляти

місця пошкоджень ізоляції ПТ одночасно за відомими методами Пірсона та градієнта.

– використання ІВС ВПП-М у комплексі з ВС безконтактних вимірювань струмів (БВС-К) дає змогу в зоні дії установки катодного захисту визначати розподіли вздовж траси густини постійного складника струму катодного захисту та перехідного питомого опору ізоляції на різних ділянках ПТ. У випадку захисту постійним струмом його можна модулювати сигналом з вибраною частотою або застосовувати генератор змінного струму.

– застосування глобальної системи позиціонування (GPS) з визначенням віддалі між вимірами полегшує визначення параметрів ізоляції ПТ і документування результатів діагностичних обстежень.

Отримані в роботі наукові і прикладні результати можуть бути використані для діагностичних обстежень протикорозійного захисту ПТ, у навчанні спеціалістів та у подальших дослідженнях і розробках технічних засобів для неруйнівного контролю технічного стану підземних трубопроводів.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях

Основні результати дисертації достатньо повно викладені у 24 опублікованих працях, у тому числі: 13 статей у фахових виданнях, з них 3 входять до міжнародних наукометричних баз, і 2 патенти.

Автореферат вірно відображає зміст і основні положення дисертації.

Тема дисертації відповідає спеціальності 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Аналіз змісту дисертації, повнота викладення здобувачем основних результатів

Дисертація складається з вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, наукову новизну і практичне значення, особистий внесок здобувача. Наведено відомості про апробацію та впровадження результатів дослідження.

У **першому розділі** наведено огляд і аналіз літератури з контролю протикорозійного захисту підземних сталевих трубопроводів. Окреслено основні методи досліджень корозійного стану металу в електролітичному середовищі, характеристики ґрунтової корозії, фактори небезпеки та вимоги до захисту. Проведено огляд науково-технічної літератури по методах та засобах вимірювань поляризаційного потенціалу, показано необхідність і обґрунтовано вибір напрямку досліджень і розробок.

У **другому розділі** дано обґрунтування нового методу визначення ПП з вилученням омичного складника за вимірами постійних і змінних електричних напруг, на основі розв'язку крайової задачі електродинаміки теоретично досліджено вплив електрофізичних параметрів середовища на ємність ПТ та встановлено діапазон робочих частот. Для експериментального підтвердження

даного методу в натурних умовах проведено вимірювання із застосуванням приладу ОРТ+В2, які підтвердили можливість використання методу в практичних цілях.

У **третьому розділі** сформульовано основні вимоги і описано розробку апаратури вимірювань поляризаційного потенціалу (ВПП), яка повинна забезпечувати можливості вимірювати постійні і змінні з частотою 100 Гц напруги в діапазоні від 1 мВ до 10 В, мати вхідний опір не менше 10 МОм, енергонезалежну пам'ять для масиву даних не менше 1000 вимірів потенціалів і координат, автономне живлення від акумуляторів, діапазон робочих температур від 0 до 30°C, малі масу і габарити.

У **четвертому розділі** описано проведену експериментальну перевірку методу визначення поляризаційного потенціалу та розробленої апаратури ВПП-М. Метрологічними дослідженнями підтверджено відповідність технічних характеристик ВПП-М нормативним вимогам до ІВС для обстежень ПТ. Встановлено, що основна інструментальна відносна похибка вимірювань потенціалів по чотирьох каналах не перевищує 1,2 % а сумарна похибка 2 %. Наведено вираз методичної похибки визначення ПП; для проведених вимірювань вона не перевищує 1,1 %.

У **п'ятому розділі** описано результати випробувань та використання розробленої ІВС ВПП-М, процедури її застосування у комплексі з безконтактним вимірюванням струму і комп'ютерного опрацювання вимірів та характерні приклади роботи на трасах магістральних трубопроводів.

Висновки логічно впливають з проведених досліджень і в повному обсязі відображають найбільш значимі теоретичні та науково-практичні результати, одержані в дисертаційній роботі.

Дисертація викладена на 149 сторінках основного тексту, робота проілюстрована 102 рисунками, включає 19 таблиць, список використаних джерел із 173 найменувань. У 7 додатках наведено керівництво до експлуатації ВПП-М, протоколи метрологічних досліджень і натурних випробувань, акти використання методу і апаратури.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. В списку використаних джерел до дисертаційної роботи наведено невелику кількість іноземних публікацій, доречно було би навести публікації, що стосуються проблематики роботи зокрема за конференціями NACE («National Association of Corrosion Engineers», США), яка є однією з провідних світових організацій, що об'єднує фахівців у галузі корозійного захисту та моніторингу.

2. В роботі наводяться посилання тільки на один вітчизняний нормативний документ ДСТУ 4219-2003 «Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги захисту від корозії», автору доречно було би скористатися і іншими нормативними документами, що стосуються роботи. До прикладу - ДСТУ Б В.2.5-29:2006 «Система газопостачання. Газопроводи підземні сталеві. Загальні вимоги до захисту від корозії».

3. Автору роботи в п. 1.3.2 «Огляд і аналіз методів вилучення омичного складника» доцільно було-би навести більше інформації, щодо методів «інтенсивних вимірювань» (двох- і трьохелектродні методи), що широко використовуються на практиці.

4. На с. 47 дисертаційної роботи представлена феноменологічна електрична схема ділянки підземного трубопроводу, як основа подальших теоретичних досліджень, і зазначено, що значення її параметрів обчислені за формулами, виведеними з урахуванням умов, які наявні при обстеженнях підземних трубопроводів у діапазоні частот $f=1\ldots 1500$ Гц. Однак у висновках до 2-го розділу роботи зазначено, що теоретично і експериментально обгрунтовано правомірність застосування методу визначення поляризаційного потенціалу в ширшому діапазоні від 2 до 2000 Гц. Дане твердження вимагає пояснення.

5. З п. 2.5.2 «Експериментальна перевірка методу ВПП», с.85 не зрозуміло з яких міркувань допоміжний електрод розміщується на поверхні ґрунту на відстані порядку 4...6 значень глибини залягання трубопроводу.

6. По тексту дисертаційної роботи автор використовує терміни «апаратура», «пристрій», «прилад» для розробленого взірця засобу вимірювальної техніки (ЗВТ). Враховуючи, що даний ЗВТ є багатоканальним і об'єднаним з системою глобального позиціонування відповідно до ДСТУ 2681-94 «Метрологія. Терміни та визначення» розроблений ЗВТ є вимірювальною системою (ВС).

7. В роботі доречно було би зобразити повну схему електричну функціональну всієї ВС ВПП-М. Також зображення елементів і їх позначення на схемах електричних принципів необхідно виконувати згідно вимог ЕСКД, наведена схема електрична принципова на рис. 3.6, с.101 є не читабельною.

8. На с. 92 роботи зазначено, що вхідний опір каналу вимірювання постійних напруг становить більше 2 МОм, проте зі схеми електричної принципової, що наведена на рис. 3.3, с. 93 видно, що максимально можливий вхідний опір для каналу підсилення постійної напруги становить максимум 1,3 МОм. Вибір операційних підсилювачів (ОП) LM324 для реалізації вимірювальних каналів є не зовсім вдалим, оскільки дані ОП через значний температурний дрейф майже не використовуються у вимірювальних системах в якості підсилювачів чи елементів фільтрів. У п. 3.2.1 і 3.4.1 не наведено порядок, величину смуги пропускання і значення центральної частоти для смугових фільтрів для каналу підсилення та фільтрації змінної напруги. Наведений фрагмент вже скопійованого програмного коду для мікроконтролера у додатку Г не несе в собі ніякого інформативного навантаження, крім цього, відповідно до встановлених вимог, додаток не може позначатися літерою «Г».

9. У п. 3.4.2 роботи вказано, що ВС ВПП-М скомпонована у пластиковому корпусі відповідно не зрозуміло, яким чином забезпечено захист (екранування) від зовнішніх та внутрішніх (імпульсний перетворювач напруги ВС для забезпечення двополярного живлення) електромагнітних завад вимірювальних каналів ЗВТ.

10. Для 4-го розділу роботи, що стосується метрологічних досліджень, доречно було би розробити схему накопичення похибок для вимірювання поляризаційного потенціалу на базі розробленого методу і з застосуванням ВС ВПП-М.

11. Констатувати наявність корозії для стінок підземного трубопроводу (рис. 5.19, с.155) можна тільки за результатами шурфування і візуально-інструментального обстеження.

Наведені зауваження не стосуються основних положень дисертаційної роботи, мають частковий характер та суттєво не впливають на позитивну оцінку роботи.

Висновок по дисертаційній роботі в цілому

Дисертаційна робота Мельника М.І. «Розроблення методу і засобів контролю поляризаційного потенціалу підземних трубопроводів» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати щодо підвищення оперативності і достовірності контролю протикорозійного захисту ПТ шляхом комплексного використання контактних вимірювань потенціалів розробленою ВС ВПП-М та безконтактних вимірювань струмів, що в сукупності вирішують науково-технічну задачу розвитку методу і засобів контролю корозії у галузі неруйнівного контролю. Роботу написано технічно грамотною державною мовою, вона добре ілюстрована та оформлена відповідно до існуючих вимог.

Зміст дисертаційної роботи відповідає паспорту спеціальності 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин, за якою вона подана до захисту.

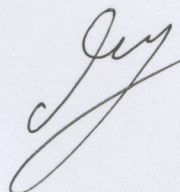
Автореферат дисертації вірно відображає зміст, основні положення, результати і висновки дисертаційної роботи та відповідає існуючим вимогам.

Вважаю, що за актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9 і 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, щодо кандидатських дисертацій, а її автор Мельник Мар'ян Ігорович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Офіційний опонент,

доцент кафедри енергетичного менеджменту і
технічної діагностики Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу,

к. т. н., доцент

 А.В. Яворський

