

4.3 Intensification of main pipelines diagnostics with non-contact current measurements

4.3.1 Актуальність інтенсифікації діагностування трубопроводів

Підземні (і підводні) трубопроводи (ПТ) відіграють важливу роль у промисловості, сферах побуту та є важливим стратегічним фактором народногосподарського комплексу. У різних регіонах світу налічують понад 2 млн. км трубопроводів, якими транспортують газ, нафту, воду, сировину та продукти хімічної промисловості.

Впливи середовища призводять до корозійних пошкоджень трубопроводів. Це спричиняє втрати та перебої постачання транспортованих продуктів, забруднення, аварії та катастрофи. Необхідні великі обсяги робіт та фінансові витрати на ліквідацію результатів аварій. Аварійність ПТ через корозію зростає з часом аж до непридатності їх для подальшого використання. Для підвищення надійності та продовження термінів експлуатації металевих трубопроводів використовують комплексний протикорозійний захист (ПКЗ). Для цього використовують ізоляційні покриття та катодну поляризацію (електрохімічний катодний захист від корозії). Щоб запобігти необоротним корозійним пошкодженням, потрібно вчасно і у відповідних місцях налагоджувати ПКЗ. Це потребує періодичних обстежень виявлення корозійно небезпечних місць і ділянок. Над цією комплексною проблемою працюють вчені різних спеціальностей та практики – будівельники та експлуатаційники трубопровідних систем.

У практиці обстежень ПТ в основному використовують контактні електрометричні методи з поверхні землі, що є трудомістким і недостатньо інформативним. Ефективність та оперативність обстежень можна суттєво підвищити з використанням безконтактних методів індикації та вимірювань, що обумовлює їх актуальність.

У Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України розвинуто метод безконтактних вимірювань струмів (БВС) та створено нові

прилади для контролю стану ПКЗ ПТ в умовах експлуатації. Розроблено нову технологію оперативних інтегральних, диференційних і локальних обстежень та кількісних оцінок розподілу вздовж траси параметрів ПКЗ ПТ. Це дає змогу суттєво підвищити оперативність, інформативність і вірогідність результатів обстежень і контролю технічного стану підземних металевих трубопроводів.

Далі коротко аналізуємо сучасний стан систем контролю корозії ПТ, отримані авторами результати науково-технічних розробок методів та засобів діагностичних обстежень та контролю стану захисту від корозії ПТ, їх практичні використання та перспективи подальшого розвитку.

4.3.2 Аналіз розвитку систем контролю корозії трубопроводів

У результаті численних досліджень та практики експлуатації зроблено комплексний метод захисту від корозії сталевих підземних та підводних трубопроводів ізоляційними покриттями та катодною поляризацією [243-245]. Ізоляція руйнується, старіє зазвичай швидше ніж метал. Змінюється електродинамічна ситуація вздовж траси. Це потребує періодичного контролю стану захисту від корозії з метою обґрунтованого планування своєчасного ремонту для запобігання пошкоджень та аварій. Тому особливо важливо своєчасно виявляти найімовірніші вздовж трас місця корозії ПТ.

Для обстежень, контролю, діагностики та моніторингу технічного стану магістральних трубопроводів використовують інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), які поділяють на три типи. Стаціонарні ІВС реалізують системами датчиків, розміщених у певних точках траси та пов'язаних з диспетчерським пунктом. Такі системи дають інформацію лише про стан трубопроводу в точках траси, де встановлені датчики та інтегрально між ними. Внутрішньотрубну дефектоскопію металевої стінки труби реалізують спеціальними магнітними або ультразвуковими системами (снарядами відбору та накопичення вимірювальної інформації), які пропускають по трубопроводу з потоком продукту, що транспортується. Проте внутрішньотрубна дефектоскопія виявляє тільки наявні пошкодження металу труби, але не дає потрібної інформації про стан захисту для запобігання корозії. Тому необхідні обстеження стану зовнішньої поверхні труби

(ізоляції, електричної поляризації) та середовища. Більше інформації про стан ПКЗ надають системи польових експедиційних досліджень.

Традиційно для корозійних обстежень ПТ використовують контактні електрометричні методи, які досить прості як по суті так і в інструментальній реалізації. Проте їх продуктивність обмежується трудомісткістю забезпечення достатньої кількості надійних контактів вимірювальних електродів із трубою та землею. Безконтактні ж методи обстежень щодо мобільності, продуктивності та інформативності мають значні переваги порівняно з традиційними контактними методами [245, 246].

Важливу інформацію про корозійні процеси металу в електропровідному середовищі мають електричні струми. Їх розподіл найбільш чутливий до складу середовища та стану ізоляційних покриттів [244-248]. Але застосування контактних методів вимірювань струмів мало придатне для обстежень ПТ. Для підвищення оперативності та інформативності контролю корозійного стану магістральних трубопроводів проведено наукові дослідження та розробки електромагнітного методу та засобів діагностичних обстежень ПТ [245-252].

На даний час безконтактні методи застосовують лише для визначення розташування трубопроводів і кабелів та іноді для пошуку пошкоджень ізоляції. Практично мало використовують можливості безконтактних вимірювань струмів (БВС) для контролю розподілу струму установок катодного захисту (УКЗ) (що призводить до нераціональних витрат електроенергії) та для кількісних оцінок розподілу перехідного опору ПТ і його компонент (ізоляції та поляризації) як основних показників стану ПКЗ на різних ділянках ПТ. Тому актуальними є популяризація, широке впровадження та подальше вдосконалення цих методів.

4.3.3 Безконтактні вимірювання струмів (БВС) ПТ

Електричний струм, що протікає вздовж трубопроводу, можна вимірювати без розриву струмопроводу трьома різними методами. По-перше, за напругою на ділянці труби, електричний опір якої відомий; використовують закон Ома. По-друге, за магнітним потоком по замкнутому контуру, який охоплює

струмопровід; використовують закон повного струму. По-третє, за характеристиками просторового розподілу магнітного поля струму, використовуючи закон Біо-Савара. Перший метод вимагає контактів із металом труби. Другий є безконтактним інтегральним та потребує кругового доступу до труби. Тому вони не придатні для оперативного обстеження ПТ. Третій метод – диференційний можна використовувати для нашої задачі.

Розвинуто теоретичні основи диференційного методу БВС ПТ [245-246]. Виділено класи градієнтних (радіальних), паралакських (азимутальних), інваріантних та різницевих методів [245-246].

Запропоновано нові способи та пристрої БІТ для оперативних обстежень ПТ з метою запобігання пошкодженням трубопроводів [245-249]. Розроблена апаратура БІТ-КВП дає можливості визначення місця, напрямку і глибини залягання трубопроводів (струмопровідних комунікацій) та вимірювання струму з корекцією рельєфної похибки без підключення до труби і землі (рис. 1). Додатково споряджена вольтметром для традиційних контактних вимірювань та електронною пам'яттю. Результати вимірювань через інтерфейс за спеціальною програмою переводять у персональний комп'ютер для автоматичної обробки та документування. Інший варіант апаратури типу БВС забезпечує вимірювання глибини залягання ПТ, сили струму і додатково споряджений блоком системи глобального позиціонування GPS для визначення географічних координат точки вимірювання.



Рис. 1. Робота з апаратурою БІТ-КВП (з азимутальною орієнтацією бази) під час обстежень підземного трубопроводу.

4.3.4 Технологія безконтактних обстежень ПТ

Створені засоби БВС дають можливість оперативно проводити **інтегральні** та **диференційні** обстеження і контроль параметрів протикорозійного захисту а також **локальні** [245 – 248, 252] деталізаційні діагностичні обстеження корозійного стану трубопроводів та пов'язаних з ними інших підземних металевих споруд.

Запропоновано способи вимірювання розподілу струму установок катодного захисту (УКЗ) між різними нитками та плечами трубопроводів (рис. 2) та визначення густини струму катодного захисту ПТ за результатами БВС та коефіцієнтом гармоніки для довільної точки в зоні дії УКЗ.

Розроблено методи визначення перехідного опору "труба-земля" на різних ділянках ПТ (рис. 3) та його складових: опорів ґрунту, ізоляції та поляризації [245, 246, 250, 252]. Запропоновано новий спосіб визначення поляризаційного потенціалу поверхні металу в електропровідному середовищі з вилученням оммічної складової за вимірами постійних та змінних напруг [246, 248].

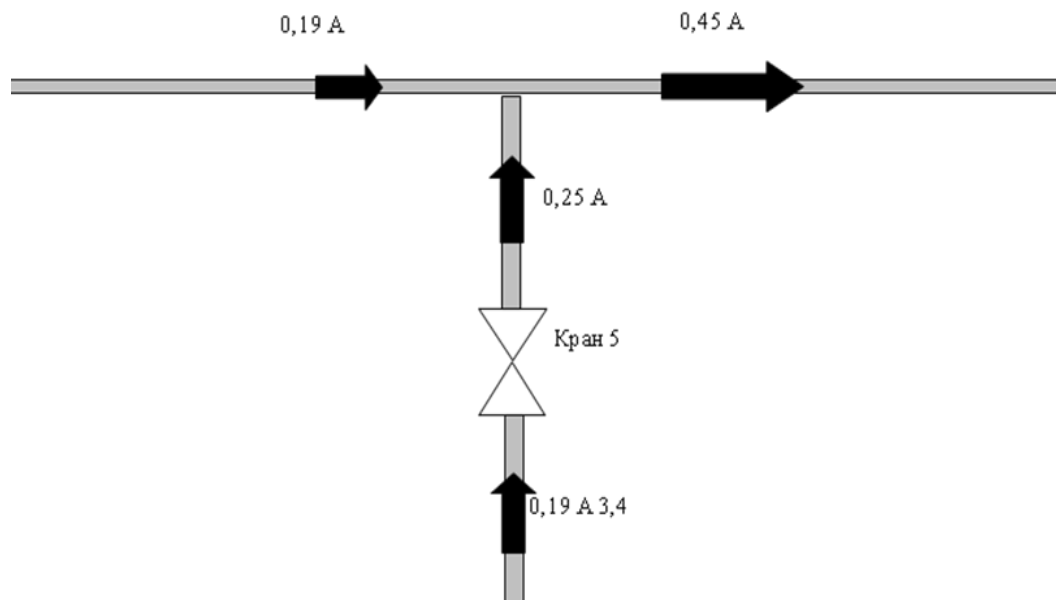


Рис. 2. Схема розподілу струму УКЗ на відгалуженні підземного газопроводу за вимірам БІТ-КВП.

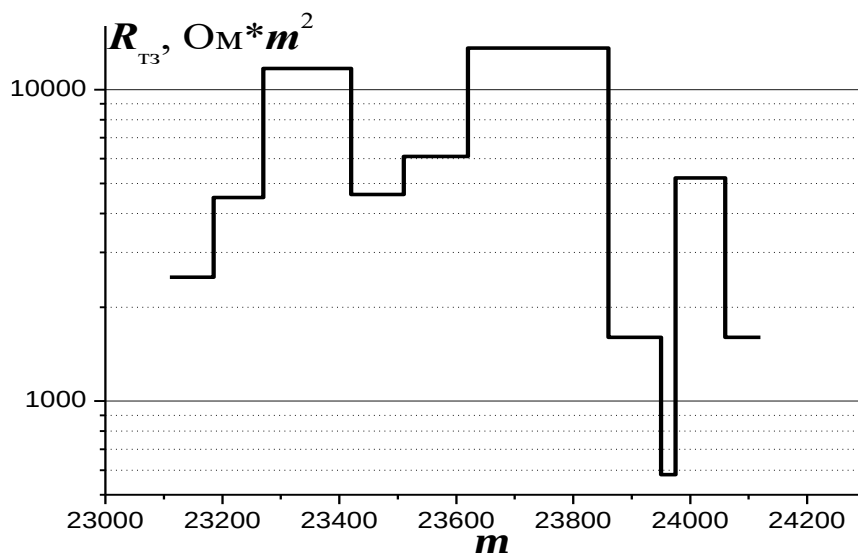


Рис. 3. Розподіл перехідного опору «труба-земля» і виявлення місць пошкодження ізоляції ПТ.

Запропоновано концепцію та розвинуто нову інформаційну технологію обстеження стану ПКЗ ПТ на основі БВС для оперативного виявлення найбільш ймовірних місць корозії з подальшим використанням удосконаленої контактної електрометрії у місцях аномально великої витрати струму УКЗ для кількісних

оцінок параметрів стану ізоляції та електрохімічного захисту з метою запобігання пошкоджень ПТ [246 – 248, 251, 252].

З приладами БВС на даний час працює один оператор (рис. 1), який переміщується з приладом вздовж траси, визначає місце та глибину залягання ПТ, вимірює силу струму з автоматичним записуванням результатів вимірювань в електронну пам'ять для подальшого документування та опрацювання. За характером розподілу (змін) вимірюваного струму оператор має можливість оперативно аналізувати стан контрольованого ПКЗ і, при потребі, здійснювати додаткові вимірювання на трасі.

У перспективі можна автоматизувати переміщення апаратури типу БІТ вздовж траси з використанням транспортних засобів, зокрема, безпілотних літальних апаратів.

4.3.5 Висновки

Практично важливі підземні сталеві трубопроводи (ПТ) захищають від корозії ізоляційними покриттями та катодною поляризацією. Для контролю їх стану зазвичай використовують, переважно, контактні електрометричні способи. Недоліками їх є трудомісткість, локальний характер контролю та недостатня інформативність.

Ефективність та оперативність діагностичних обстежень ПТ суттєво підвищують застосування безконтактних методів, зокрема безконтактних вимірювань струмів (БВС).

У ФМІ НАН України розвинуто теоретичні основи методу безконтактних вимірювань струмів та створено нові прилади типу БВС для контролю стану протикорозійного захисту ПТ в умовах експлуатації. Розроблено технологію інтегральних, диференціальних і локальних обстежень та кількісних оцінок параметрів протикорозійного захисту ПТ. Запропоновано нові методи оперативного виявлення місць незадовільної ізоляції ПТ, визначення розподілу вздовж траси густини струму катодного захисту і перехідного опору «труба-земля» та його компонент (опорів ізоляції, ґрунту, поляризації).

Ефективність створеної методики та апаратури безконтактних обстежень перевірено шляхом зіставлень з результатами традиційної контактної електрометрії під час діагностичних обстежень ПТ у процесі експлуатації. Розроблені метод та апаратура БВС істотно підвищують оперативність та інформативність діагностичних обстежень і вірогідність результатів контролю ПКЗ підземних трубопроводів.