

УДК 621.643:620.191.4

БЕЗКОНТАКТНИЙ КОНТРОЛЬ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ З ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ КІ-1

Б.В. Костів¹⁾, Ю.Й. Стрілецький¹⁾, М.М. Семенен²⁾

1) Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, тел. (8-03422) 4-60-77

2) Український державний конструкторсько-технологічний інститут «Агротранс», вул. Незалежності, 46, м. Івано-Франківськ, 76000, тел. (8-03422) 2-30-03

Описано методи діагностування стану ізоляційного покриття підземних трубопроводів з використанням системи КІ-1. Приведено результати контролю на реальних трубопроводах та встановлено місця пошкодження ізоляційного покриття.

Ключові слова: безконтактний контроль, ізоляційне покриття, підземні трубопроводи, система безконтактного контролю.

Описаны методы диагностирования состояния изоляционного покрытия подземных трубопроводов с использованием системы КИ-1. Приведены результаты контроля на реальных трубопроводах и установлены места повреждения изоляционного покрытия.

Ключевые слова: бесконтактный контроль, изоляционное покрытие, подземные трубопроводы, система бесконтактного контроля.

The methods are described for diagnosing the state of the insulating coating of underground pipelines with the use of KI-1. The results are included of control on real pipelines and the places of coating damaging identified.

Keywords: Contactless control, insulation cover, underground pipelines, touchless control system.

Одним із поширених методів контролю стану ізоляційного покриття підземних металевих трубопроводів є безконтактний метод. Суть такого методу полягає у визначенні струмів, що протікають у стінках трубопроводів, а по характеру заникання цих струмів визначають стан ізоляційного покриття.

На даний час існує велика кількість пристроїв, з допомогою яких можна виконати діагностування ізоляційного покриття підземних трубопроводів. На кафедрі «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) розроблена система для безконтактного визначення струмів КІ-1 (рис. 1), яка дає змогу визначати стан ізоляційного покриття як одного, так і декількох паралельних гальванічно з'єднаних підземних трубопроводів.

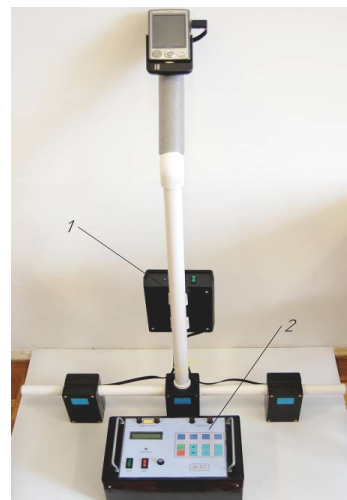
Система КІ-1 складається із генератора КІ-1-Г 2 та приймача КІ-1-П 1 (рис. 1).

Технічні характеристики генератора КІ-1-Г:

- форма імпульсів – прямокутна;
- потужність – 50Вт;
- частота 500-1500 Гц;
- крок зміни частоти – 1Гц;

- діапазон зміни тривалості імпульсу – 20-100%;

- напруга живлення 12В.



1 – приймач сигналів КІ-1-П, 2 – генератор сигналів КІ-1-Г

Рисунок 1 - Система безконтактного визначення струмів в стінках підземних трубопроводів КІ-1

Технічні характеристики приймача КІ-1-П:
 - діапазон вимірювання струмів: 10 – 800 мА;
 - діапазон вимірювання глибин залягання трубопроводів: 0,3 – 5 м;
 - діапазон робочих частот 500-1500 Гц;
 - система позиціонування GPS;
 - призначений для одночасного контролю одного та декількох паралельних гальванічно з'єднаних між собою трубопроводів.

В розробленій системі закладено декілька методів визначення струмів у стінках трубопроводів. Для оперативного визначення струму використовується два блоки магнітних антен, в одному з яких є дві магнітні антени, а в іншому – три. Така конфігурація забезпечує визначення струму в стінці одного трубопроводу без необхідності дотримання перпендикулярності бази приймача КІ-1-П до осі трубопроводу та пошуку місця залягання траси трубопроводу [1].

Для підвищення точності визначення струму в стінках підземних трубопроводів розроблено та реалізовано в пристрої КІ-1 методи оброблення профілів горизонтальної складової напруженості магнітного поля з використанням умовно-нормальних рівнянь [2] та штучних нейронних мереж [3]. Профілі отримують шляхом профілювання системою із трьох розміщених горизонтально з заданим кроком магнітних антен.

Опрацювання результатів вимірювання розробленою системою КІ-1 відбувається автоматично після кожного отримання профілю напруженості магнітного поля. Обчислення виконуються за допомогою розробленого програмного забезпечення на портативному комп'ютері (КПК) системи КІ-1.

Оцінку якості ізоляційного покриття згідно з [4] можна проводити за величиною коефіцієнту затухання струму $k_{зан}$ (мБ/м):

$$k_{зан} = 2000 \cdot \frac{\lg(I_1/I_2)}{\Delta l}, \quad (1)$$

де I_1 і I_2 - струми, виміряні в стінках двох точок контрольованого підземного трубопроводу, рознесених вздовж його траси; Δl - віддаль вздовж траси між точками вимірювань цих струмів.

За критерієм оцінки стану ізоляційного покриття $k_{зан}$ з урахуванням діаметра трубопроводу та частоти струму із таблиць, наведених в [4], можна визначити перехідний опір між металом труби та навколишнім ґрунтом.

Згідно з [5] в багатьох випадках зручніше використовувати відносну величину витрати струму на ділянці трубопроводу:

$$\delta I_n = \frac{2(I_2 - I_1)}{\Delta l(I_2 + I_1)}. \quad (2)$$

На основі визначених струмів в стінках підземних трубопроводів можна обчислити значення перехідного опору $R_{пер}$ між металом труби і ґрунтом на ділянці трубопроводу між точками двох сусідніх вимірювань [5]:

$$R_{пер} = \frac{U_{ex}}{I_{ex}} \frac{\pi D \Delta l}{\ln(I_1/I_2)}, \quad (3)$$

де U_{ex} - напруга в точці під'єднання генератора, I_{ex} - струм в точці під'єднання генератора, D - діаметр трубопроводу.

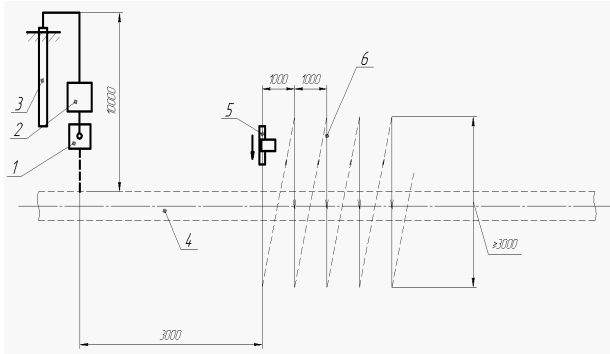
Випробування системи КІ-1 відбувалися на навчально-науковому полігоні кафедри ТД і М ІФНТУНГ, підземному газопроводі КС «Богородчани» та нафтопроводі діаметром 530 мм в НГВУ «Надвірнанафтогаз».

При випробуваннях на навчально-науковому полігоні кафедри ТД і М використовувався металевий трубопровід із пошкодженим ізоляційним покриттям. Під'єднання до трубопроводу здійснювалося через контрольовано-вимірювальний пункт (КВП). Проведення випробувань відбувалося за схемою, зображеною на рис. 2.

Для стабілізації характеристик системи КІ-1 її необхідно перед початком випробувань ввімкнути і прогріти протягом 15 хв. Під'єднання генератора виконувалось згідно з схемою контролю (рис. 2). Робоча частота вибиралася рівною 868 Гц. Перед виконанням обстеження задавалася величина сили струму в трубопроводі (350 мА). Обов'язковою умовою проведення контролю є перпендикулярність ланки КВП-генератор-заземлення до осі трубопроводу та загальна довжина цієї ланки менше 10 м.

Вимірювання починають на відстані 3 м від точки підключення генератора. Для цього розміщують приймач з однієї сторони трубопроводу, що легко здійснити за показами панелі №1 програмного забезпечення (ПЗ) портативного комп'ютера. Далі виконують орієнтування системи перпендикулярно до осі трубопроводу. Для цього шляхом повертання приймача КІ-1 визначають таке його положення, при якому значення індикатора «Кут» буде мінімальним. В такому положенні вмикають

режим вимірювання приймача і проходять перпендикулярно до осі трубопроводу. На графіку, який виводиться на екрані КПК, відображаються величини вимірних сигналів.



1-контрольно-вимірювальна колонка; 2-генератор КІ-1-Г; 3-заземлення; 4-трубопровід; 5-приймач КІ-1-П; 6-маршрут руху оператора

Рисунок 2 - Схема проведення випробувань на навчально-науковому полігоні кафедри ТД і М ІФНТУНГ

Після проходження через трубопровід режим вимірювання вимикають. Необхідно слідкувати, щоб довжина шляху при проходженні через вісь трубопроводу була не меншою 3 м.

Визначення наступного профілю здійснювалось на відстані 1 м від попереднього вздовж осі труби. Відстань визначають за допомогою мірного колеса або рулетки. Траєкторія переміщення оператора показана на рис. 2 (поз. 6).

За результатами проведених випробувань згідно з [4] було побудовано графік зникання струму (рис. 3), встановлено дві ділянки значного зникання струму на відстані 11 м та 13 м від точки початку обстеження, в яких наявні пошкодження ізоляційного покриття. Значне зникання струму вздовж всієї ділянки трубопроводу пояснюється великою вологістю ґрунту. Зникання струму на ділянці 0 – 4 м не приймалося до уваги, оскільки ці дані на таких малих відстанях від точки під'єднання генератора КІ-1-Г можуть бути недостовірними.

Випробування в промислових умовах відбувалося на підземному трубопроводі КС «Богородчани» та нафтопроводі НГВУ «Надвірнанафтогаз». При цьому використовувалася схема, яка практично аналогічна схемі, представленій на рис. 2 за виключенням збільшеного кроку отримання профілів (2м).

Перед початком вимірювань виконували прогрівання системи КІ-1 протягом 15 хв.

Генератор був під'єднаний в обох випадках до контрольованого трубопроводу і наявного контура заземлення. Лінії під'єднання генератора до заземлення та трубопроводу були перпендикулярними до осі контрольованого трубопроводу. Мінімальна довжина ланки заземлення була не меншою 10 м. Робоча частота становила 868 Гц.

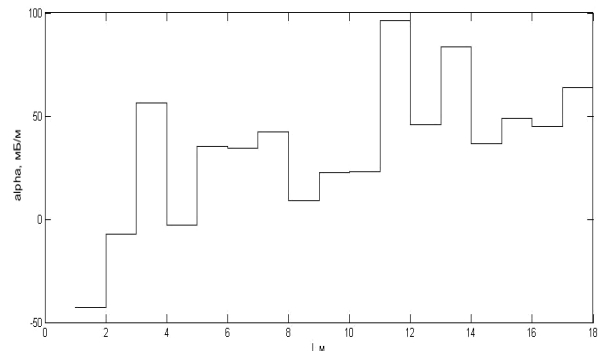


Рисунок 3 - Графік зникання струму вздовж контрольованої ділянки трубопроводу на навчально-науковому полігоні кафедри ТД і М ІФНТУНГ

Для підземного газопроводу КС «Богородчани» встановлювалось значення струму 600 мА, а для нафтопроводу – 400 мА. Вимірювання значень напруженостей магнітного поля та перетворення в значення струму в стінках трубопроводу поля здійснювалось аналогічно, як було описано вище.

В результаті обстеження підземного трубопроводу КС «Богородчани» було встановлено два місця значного зникання струму (рис. 4). В цих місцях на поверхні знаходилися бетонні плити, які могли екранувати сигнал від трубопроводу. Додаткове визначення затухання струму до і після плит дало змогу зробити висновок, що якість ізоляційного покриття добра (коефіцієнт зникання складає 1,206 мВ/м).

Результати обстеження ізоляційного покриття нафтопроводу діаметром 530 мм в НГВУ «Надвірнанафтогаз» приведені на рис. 5. Протяжність ділянки трубопроводу, де виконувались вимірювання, становила 70 м.

За результатами проведених випробувань було встановлено, що на ділянці 0-18 м від точки початку обстеження присутні численні пошкодження ізоляційного покриття (коефіцієнт зникання струму 1,430-2,59 мВ/м). На ділянках 46-48 м та 64-66 м якість ізоляційного покриття задовільна (0,89 мВ/м та 0,85 мВ/м відповідно).

На інших ділянках цього нафтопроводу якість ізоляційного покриття добра (<0,81 мБ/м).

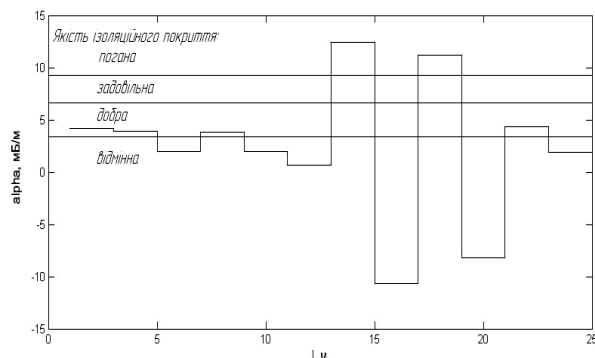


Рисунок 4 - Графік зникання струму в стінках підземного газопроводу діаметром 1420 мм на КС «Богородчани»

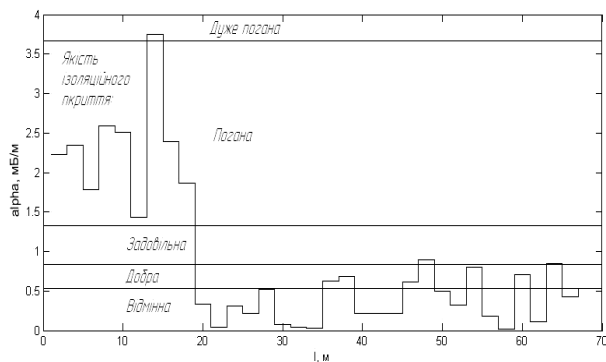


Рисунок 5 - Графік зникання струму в стінках нафтопроводу діаметром 530 мм в НГВУ «Надвірнанафтогаз»

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дали можливість перевірити роботу методів, реалізованих у системі контролю КІ-1, та правильність її технічної реалізації. При проведенні випробувань на навчально-науковому полігоні кафедри ТД і М ІФНТУНГ було встановлено два місця значного згасання струму, в яких знаходяться штучно зроблені дефекти.

За результатами випробувань на підземному газопроводі КС «Богородчани» пошкоджень ізоляційного покриття не виявлено, а на нафтопроводі в НГВУ «Надвірнанафтогаз» виявлено ділянку із численними пошкодженнями та два місця погіршення

ізоляційного покриття, що було підтверджено шурфуванням.

Отже розроблена система КІ-1 може використовуватися для визначення місць пошкодження ізоляційного покриття одного або декількох паралельних підземних металевих трубопроводів.

1. Костів Б.В. Вдосконалення системи магнітних антен для безконтактного визначення струму в стінках підземного трубопроводу в процесі контролю його ізоляції / Б.В. Костів, І.С. Кісіль // *Методи та прилади контролю якості*. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2007. - № 19. - С. 31-34. 2. Кісіль І.С. Методика обробки результатів багатократних спостережень напруженості магнітного поля при безконтактному визначенні параметрів підземних нафтогазопроводів / І.С. Кісіль, Б.В. Костів // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Прилади та методи неруйнівного контролю. - Харків: НТУ «ХПІ» - № 14. - 2009. - С. 11-19. 3. Костів Б.В. Оцінка стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів на основі аналізу профілю напруженості магнітного поля над ними / Б.В. Костів, І.С. Кісіль, Р.Т. Боднар // *Методи та прилади контролю якості*. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2007. - №18. - С.17-21. 4. Методика оцінки фактичного положення і стану підземних трубопроводів: ВРД 39-1.10-026-2001. - [Действительный от 2001-01-29]. - М.: ВНИИГАЗ, 2001, - 62 с. 5. Джала Р. М. Електромагнітні обстеження і контроль корозії трубопроводів / Р. М. Джала // *Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. посібник / під загальною ред. В. В. Панасюка.- Т.5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / під ред. З. Т. Назарчука. - Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України. - 2001. - Розд. 5. - С. 263-330.*

Поступила в редакцію 04.05.2011 р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Кісіль І.С.