

Дослідження впливу параметрів анодного заземлення на захист газопроводів від електрохімічної корозії

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Представлено короткий аналіз параметрів впливу на антикорозійну стійкість підземних сталевих газопроводів, які захищено катодним електрохімічним захистом. Запропоновано план багатофакторного експерименту для аналізу факторів простору залежності цільової функції опору розтікання струму анодного заземлювача.

Ключові слова: електрохімічний захист, анодний заземлювач, сталевий газопровід, опір розтіканню струму.

Abstract

A brief analysis of parameters of influence on anticorrosive stability of underground steel gas pipelines, protected by cathode electrochemical protection, is presented. The plan of the multifactor experiment for the analysis of the factors of the space of the dependence of the target function of the resistance of the current propagation of anode earthing is proposed.

Keywords: electrochemical protection, anode earthing, steel gas pipeline, resistance to current throttling.

Вступ

Основними причинами виникнення аварійних ситуацій на газорозподільних мережах є корозійне руйнування і корозійне розтріскування під напругою. Збільшення протяжності трубопроводів призводить до підвищення можливості їх руйнування в результаті корозії [1]. Для забезпечення антикорозійного захисту газопроводів використовується комплексне поєднання пасивного (ізоляційні покриття) і активного (електрохімічної) захисту. При пасивному захисті газопроводи при надземному чи наземному прокладанні попередньо ґрунтують (2 шари), а потім покривають 2 шарами фарби, лаку або емалі, що призначені для зовнішніх робіт при розрахунковій температурі зовнішнього повітря в районі будівництва. Антикорозійні покриття повинні бути діелектричними, водонепроникними, хімічно інертними до матеріалу стінки труби і ґрунту, міцними і еластичними, монолітними і однорідними. Електрохімічний захист газопроводів відбувається за рахунок катодної поляризації металу від зовнішнього джерела струму (установки катодного захисту) або з'єднанням з металом, який має більший негативний потенціал порівняно з електродом потенціалом металу, що захищається (установки протекторного захисту). В зонах "блукаючих струмів" для електрохімічного захисту використовується відведення блукаючих струмів до їх джерела (установки дренажного захисту або установки посиленого дренажного захисту) [2]. Критерієм оцінки ефективності електрохімічного захисту є захисний потенціал і захисна щільність струму, які залежать як від фізико-хімічних властивостей корозійного середовища, так і стану обладнання протикорозійного захисту і можуть мінятися в широких межах [3].

Результати дослідження

Електрохімічний захист трубопроводів здійснюється за рахунок підтримання мінімального (негативного) захисного потенціалу на кінцях зони захисту. Завищення по модулю захисних потенціалів щодо нормованих значень призводить до перевитрати електроенергії і в цілому здорожує експлуатацію системи катодного захисту, за рахунок від'ємного впливу на стан ізоляційного покриття і веде до зміни механічних властивостей металу труби, підвищеному розтворенню анодних заземлень. У свою чергу недостатній катодний захист газопроводів призводить до підвищення швидкості корозійного ураження стінки трубопроводу і, як результат, до передчасного виходу його з ладу [4]. Головним елементом катодного захисту підземних споруд від корозії є анодне заземлення.

Неправильно підібране анодне заземлення часто буває причиною виникнення аварійних ситуацій на газових мережах та, як наслідок, подальших дороговартісних ремонтних робіт.

Основним параметром анодного заземлювача по якому визначають ефективність його роботи є опір розтіканню струму з одиничного анодного стрижневого вертикального заземлювача:

$$R = \frac{\rho_z}{2\pi l_e} \left(\ln \frac{2l_e}{d_e} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l_e}{4h-l_e} \right), \quad (1)$$

де l_e – довжина одного заземлювача, м;

h – відстань від поверхні землі до середини одного заземлювача, м;

d_e – діаметр анодного заземлювача;

ρ_z – питомий електричний опір ґрунту, Ом·м.

Приймаючи, що діаметр анодного заземлювача є незмінним, опір розтіканню струму є функцією таких 3-х основних параметрів:

$$R = f(l_e, h, \rho_z) \quad (2)$$

Для дослідження впливу геометричних розмірів анодного заземлювача на опір розтіканню струму при проведенні однофакторних експериментів пов'язаний із значними труднощами і об'ємами робіт. Тому, на наш погляд, доцільно провести багатофакторний експеримент для отримання рівняння регресії для функції відгуку – опір розтіканню струму за допомогою планування багатофакторного експерименту виду 2^3 методом Бокса-Уілсона.

Вибір діапазонів варіювання факторів функції (2) проводився таким чином, щоб будь-яка їх сукупність в передбачених планом експерименту діапазонах могла бути реалізована і не приводила до протиріч. Для цього було проведено пошукові експерименти для визначення області, в якій необхідні нам сполучення рівнів факторів були б стійко реалізовані.

Всі відзначені фактори, які входять в функції (2), є величинами, що мають різну розмірність, а значення величин цих факторів мають різні порядки. Тому для отримання поверхні відгуку цієї функції було проведено операцію кодування факторів, що являє собою лінійне перетворення факторного простору.

Для функції відгуку, тобто опору розтіканню струму, рівняння регресії, згідно з проведеним багатофакторним експериментом для кодованих значень, має вигляд:

$$y = 15,91 - 4,944x_1 - 0,4361x_2 + 9,67x_3 - 0,0325x_1x_2 - 2,833x_1x_3 - 0,235x_2x_3 + 1,344x_1^2 + 0,193x_2^2 + 0,0658x_3^2. \quad (3)$$

Після відкидання факторів із незначимими коефіцієнтами регресії рівняння регресії для функції відгуку, тобто опору розтіканню струму, в кодованих значеннях виглядає таким чином:

$$y = 15,91 - 4,944 x_1 - 0,4361 x_2 + 9,67 x_3 - 2,833 x_1 x_3 + 1,344 x_1^2. \quad (4)$$

Для дійсних значень факторів рівняння регресії для функції відгуку, тобто опору розтіканню струму, має такий вигляд:

$$R = 6,244 - 5,365l_e - 0,8722 h + 0,3834 \rho_z - 0,07081 l_e \rho_z + 1,344 l_e^2. \quad (5)$$

Отримане рівняння регресії (5) може бути використане для математичного моделювання заземлення, а також під час розробки методики інженерних розрахунків параметрів заземлення, які є організаційно-технологічними заходами щодо підвищення надійності лінійної частини підземних трубопроводів зовнішніх газорозподільних мереж.

Досліди виявили, що найбільше на опір розтіканню струму впливає електричний опір ґрунту, а найменше – відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г. С. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж: монографія / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 128 с. – ISBN 978-966-641-582-3.
2. Єнін П. М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом / П. М. Єнін, Г. Г. Шишко, К. М. Предун. – К. : Логос, 2002. – 198 с.
3. Бекман, В. Катодная защита: Справ. Изд. Бекман В. Пер. с нем. / Под ред. Стрижевского И.В. – М.: Металлургия, 1992. – 176 с.
4. Ратушняк Г. С. Корозійно-діагностичний моніторинг підземної сталевіої газотранспортної мережі / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська // Вісник машинобудування та транспорту. – 2017. – № 1 (5). – С. 90–98.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, декан факультету будівництва теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету, академік Академії будівництва України.

Ободяньська Ольга Ігорівна – асистент кафедри інженерних систем в будівництві Вінницького національного технічного університету.

Ratushnyak Georgiy – Candidate of Engineering Sciences, Professor, Dean of the Faculty building, heating and gas supply in Vinnytsia National Technical University, Academician in the Ukrainian Academy of building.

Obodyanska Olga – assistant of department of Gas Supply Vinnytsia National Technical University.