

2. Коней Б.В., Максимук О.В., Щербина Н.М., Коней В.Б., Стеліга І.І. Спосіб підвищення ресурсу, міцності і довговічності трубопроводу. Патент України №60506, 15.10.03. Бюл.№10, 2003.
3. Писаренко Г.С., Квітна О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів /за ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища

школа, 1993. – 655 с. 4. Безвербный А.Ф. Силовые и геометрические соотношения в многослойных трубах и сосудах давления. В кн.: Многослойные сварные конструкции и трубы. – К.: Наук. думка, 1984. – С. 296-302.

УДК 621.317

ВСТАНОВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВІДДАЛІ МІЖ ПРИЙМАЛЬНИМИ КОТУШКАМИ В СКЛАДІ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЗМІННОГО СТРУМУ В СТІНКАХ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

© Стрілецький Ю.Й., 2006

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Визначено оптимальну віддаль між котушками в складі системи для вимірювання змінного струму в стінках підземного металевого трубопроводу. Проведено імітаційне моделювання впливу білого шуму на результат визначення струму і встановлено віддаль між котушками, при якій цей вплив мінімальний

При дослідженні стану підземних металевих трубопроводів важливу роль відіграють методи інтегральної оцінки стану ізоляційного покриття за величиною втрат струму із стінок трубопроводів через оголені ділянки поверхні трубопроводу. Такі дослідження окрім визначення величини пошкодженої ділянки ізоляційного покриття дають можливість опосередковано контролювати роботу станцій катодного захисту.

Інтегральну оцінку проводять за результатами вимірювання струму, що протікає в стінках металевого підземного трубопроводу. Для визначення величини струму використовують системи котушок, які дають можливість визначити напруженість магнітного поля навколо трубопроводу і за певними алгоритмами встановлюють змінну складову струму, який створив це поле [1].

При збільшенні віддалі між котушками зростає діапазон досліджень системи, тобто можна досліджувати стан трубопроводів на більшій віддалі. Проте при більшій віддалі між котушками зростають вимоги до рівномірності поля завад, на фоні якого зможе працювати пристрій, а збільшення габаритів системи ускладнює роботу з нею. Тому важливо визначити оптимальну віддаль між котушками, яка буде задовольняти наведені вимоги для контролю стану ізоляції більшості трубопроводів.

Чутливість приймальної котушки характеризується кругизною залежності ЕРС, що наводиться в котушці при переміщенні котушки горизонтально, а також чутливістю самого

пристрою [2]. Для горизонтального переміщення чутливість G визначається наступним чином:

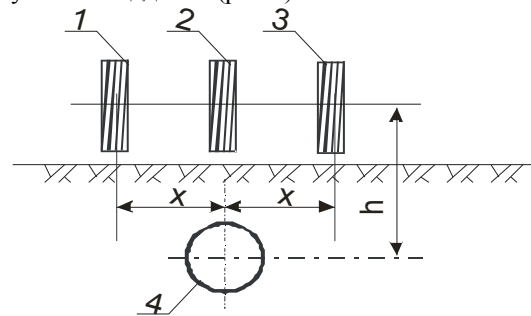
$$G = E(x) \cdot \frac{\partial E(x)}{\partial x}, \quad (1)$$

де $E(x)$ – напруга на вході підсилювача, x – віддаль між котушками.

При використанні декількох котушок

$$G = \sum E(x) \cdot \sum \frac{\partial E(x)}{\partial x}. \quad (2)$$

Якщо вважати, що котушки повинні бути закріплені на однаковій віддалі [1] одна від одної, то, вибравши початок координат посередині системи з трьох котушок, отримуємо, що 1-а і 3-я котушки знаходяться на віддалі x одна від одної, 2-а котушка на віддалі 0 (рис.1).



1-3 – вимірювальні котушки; 4 – контрольований трубопровід;

h – відстань по вертикалі від котушок до осі трубопроводу

Рис. 1. Положення вимірювальних котушок відносно підземного трубопроводу

Тоді (2) можна записати у вигляді:

$$G = [E(0) + 2 \cdot E(x)] \cdot \left(\frac{\partial E(0)}{\partial x} + 2 \cdot \frac{\partial E(x)}{\partial x} \right). \quad (3)$$

ЕРС, наведена в котушці без осердя, визначається так:

$$E(x) = \frac{I \cdot \cos(\varpi \cdot t) \cdot \varpi \cdot h \cdot 2 \cdot 10^{-7}}{h^2 + x^2} \cdot w \cdot S, \quad (4)$$

де I - струм в трубопроводі, ϖ - кругова частота струму, w - кількість витків котушки, S - площа перерізу котушки.

Ввівши позначення

$$K = I \cdot \cos(\varpi \cdot t) \cdot \varpi \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot w \cdot S$$

і спростивши (3), можна записати, що

$$G = \left(\frac{2 \cdot K \cdot h}{h^2 + x^2} + \frac{K \cdot h}{h^2} \right) \cdot \left(\frac{-4 \cdot K \cdot h \cdot x}{[h^2 + x^2]^2} \right). \quad (5)$$

Оптимальна віддаль між котушками визначається з умови, що:

$$\frac{dG}{dx} = 0. \quad (6)$$

Продиференціювавши вираз (5), отримуємо:

$$\frac{dG}{dx} = \frac{12 \cdot K^2 \cdot (4 \cdot h^2 \cdot x^2 + x^4 - h^4)}{(h^2 + x^2)^4}. \quad (7)$$

Приймаючи $G' = 0$ з (7) знаходимо оптимальне значення віддалі між котушками для випадку, коли система котушок знаходиться над віссю газопроводу:

$$x = \sqrt{\sqrt{5} - 2} \cdot h. \quad (8)$$

Інші розв'язки (7) не задовольняють граничні

умови.

Таким чином віддаль між котушками, можна визначити для певної відстані встановлення котушок над трубопроводом. Якщо середня віддаль від системи котушок до осі трубопроводу знаходиться в межах до 2 м, то за формулою (8) знаходимо, що оптимальна віддаль між котушками в складі системи становить приблизно 1 м.

Проаналізуємо за допомогою імітаційного моделювання роботу системи із трьох котушок. Для цього змішуємо результати моделювання напруженості магнітного поля з білим шумом. Шум генерується генератором випадкових чисел і рівномірно розподіляється в межах 1% від модельованих значень напруженостей.

За допомогою алгоритму визначення струму в трубопроводі [1] при допомозі трьох котушок визначаємо струм, який прийняли при моделюванні магнітного поля.

Результат визначення похибки між струмом, який приймали в розрахунках магнітного поля, і струмом, який визначили при змішуванні, представлено на рис. 2. Суцільною лінією представлено залежність похибки визначення струму для різних глибин залягання трубопроводу при віддалі між котушками 1 м. Штриховою лінією із коротким штрихом представлено результати моделювання при віддалі між котушками 0,5 м і штриховою лінією із довгим штрихом представлено результати для випадку віддалі між котушками 1,5 м.

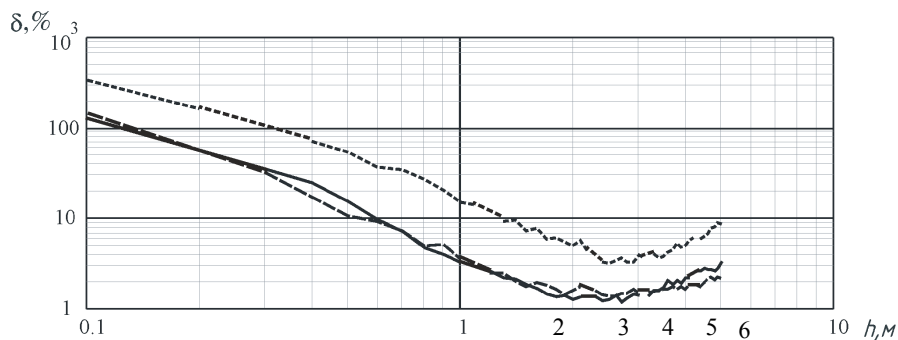


Рис. 2. Залежність відносної похибки вимірювання струму в трубопроводі від глибини його залягання при різних віддальях між приймальними котушками

Із наведеної залежності на рис. 2 можна зробити висновок про вірність проведених розрахунків щодо оптимальності віддалі між котушками 1 м.

При меншій віддалі зростає похибка вимірювання струму, а її збільшення вже не дає суттєвого покращення результату.

1. Стрілецький Ю.Й., Кісіль І.С. Визначення змінної складової струму в підземному газопроводі за допомогою системи приймальних котушок // Методи та прилади контролю якості.- 1998, №2.-С.69-73.
 2. Бондаренко П.М., Березин В.Л., Колчин В.А. Определение оптимальных параметров дифференциального трассоискателя газопроводов // Коррозия и защита. – 1971. №3. – С. 18-21.