

Винахід відноситься до електромагнітних вимірювань і може бути використаний для безконтактного контролю розподілу постійного захисного струму в підземних нафто-газопроводах та інших металевих комунікаціях.

Відомий спосіб контролю постійного струму в підземному трубопроводі по методу падіння напруги [1], який полягає у підключенні електродів до металу труби в двох точках на ділянці трубопроводу і вимірюванні різниці потенціалів. Використовуючи вимірювану напругу і довідкові дані погонного опору труби, визначають силу струму, що протікає по трубопроводу на даній ділянці. Недоліками відомого способу є труднощі забезпечення достатньої кількості надійних контактів вольтметра з підземним трубопроводом, що ускладнює визначення розподілу струму вздовж трубопроводу.

Відомий також безконтактний спосіб вимірювання постійного струму в підземному трубопроводі шляхом визначення максимуму різницевого сигналу від двох датчиків Холла, розміщених на телескопічній штанзі [2] над трубопроводом. Це дозволяє виключити вплив первинного магнітного поля Землі на результати вимірювання постійного струму. Проте при цьому не враховується наявність вторинного поля намагнічення труби, що приводить до суттєвих похибок при обстеженні масивних підземних трубопроводів і робить такий спосіб практично непридатним для даної задачі.

Найближчим до винаходу по технічній суті є спосіб контролю підземних трубопроводів [3], який полягає у вимірюванні змінного і постійного магнітних полів у площині перпендикулярній трубопроводу і визначенні за ними величин змінного і постійного струмів, що протікають по трубі в даному місці. При цьому за характеристиками магнітного поля змінного струму визначають координати трубопроводу, а при розміщенні датчиків поля додатково враховують напрям магнітного поля Землі відносно труби. Це дає можливість виключити вплив магнітного поля Землі та вторинного поля намагнічення трубопроводу на результати визначення постійного струму. Проводячи виміри в різних місцях вздовж трубопроводу, відтворюють діаграму розподілу постійного струму вздовж траси.

Недоліком цього способу (прототипу) є складна процедура орієнтації датчиків постійного магнітного поля відносно труби і поля Землі та великі методичні похибки при неточній орієнтації датчиків у магнітному полі Землі, яке є потужним джерелом завад. Це ускладнює використання цього способу при обстеженнях трубопроводів.

Технічною задачею, що розв'язує винахід є забезпечення визначення коефіцієнта заникання захисного струму в підземному трубопроводі шляхом спрощення процедури безконтактних вимірювань при зменшенні методичних похибок за рахунок виключення впливу магнітного поля Землі з метою відтворення розподілу постійного захисного струму вздовж траси.

Поставлена задача вирішується шляхом вимірювань напруженості магнітного поля створеного в площині перпендикулярній трубопроводу змінним струмом (що протікає по трубопроводу) безконтактним методом вимірюють величину змінного струму на одній частоті  $f_1$ , додатково на початку ділянки трубопроводу таким же безконтактним методом вимірюють величину змінного струму на другій частоті  $f_2$ , безконтактним методом вимірюють величини змінних струмів на першій і другій частотах на кінці ділянки трубопроводу, вимірюють довжину ділянки  $L$  трубопроводу, використовують відомі дані про радіус  $r_T$  трубопроводу і його поздовжній опір  $R_T$ , коефіцієнта  $\alpha$  заникання постійного захисного струму визначають за формулою

$$\alpha = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^6 \ln \sqrt{f_1/f_2} \cdot \alpha_1^2 \cdot \alpha_2^2 \cdot R_T}{\pi L^2 \ln \frac{39800}{r_T \sqrt{f_1}} \ln \frac{39800}{r_T \sqrt{f_2}} (f_2 \alpha_1^2 - f_1 \alpha_2^2)}} \quad (1)$$

де  $\alpha_1 = L^{-1} \ln(I_1^I/I_1^{II})$ ,  $\alpha_2 = L^{-1} \ln(I_2^I/I_2^{II})$  - коефіцієнти заникання (Неп/м) змінних струмів  $I_1$  і  $I_2$  з частотами  $f_1$  і  $f_2$  (Гц) відповідно, на ділянці трубопроводу довжиною  $L$  (м);

$I_1^I$ ,  $I_2^I$  та  $I_1^{II}$ ,  $I_2^{II}$  - вимірювані величини змінних струмів (А) на початку і кінці ділянки трубопроводу.

При визначенні коефіцієнта заникання постійного струму створеного станцією катодного захисту (СКЗ), частотами вимірюваних змінних струмів вибирають частоти двох гармонік випрямленого струму промислової частоти, яким живиться СКЗ.

Для джерел постійного струму без часових гармонік в мережі захисного струму (протектора) додатково збуджують змінні струми, які підлягають безконтактним вимірюванням для визначення заникання постійного струму.

В основу винаходу покладено використання вимірювань на змінному струмі, що дозволяє проводити безконтактні вимірювання струму з допомогою індуктивних сприймачів (датчиків) і виключити вплив на результати визначення заникання постійного струму постійного магнітного поля Землі і поля намагнічення трубопроводу, цим досягається зменшення методичних похибок.

Безконтактні вимірювання змінного струму заданої частоти згідно з відомим способом [3] здійснюють спеціальними пристроями типу апаратури БИТ-К [4], яка дає можливість (по створеному струмом магнітному полю над трубопроводом) з поверхні землі визначати величину струму, що протікає по підземному трубопроводу.

Величину постійного струму звичайно вимірюють на станції катодного захисту з допомогою стаціонарного контрольного приладу (амперметра). Цей струм розподіляється вздовж трубопроводу як показникова функція.

$$I'' = I' \cdot e^{-\alpha L} \quad (2)$$

Визначивши по запропонованому способу значення коефіцієнта заникання  $\alpha$  і маючи величину постійного струму  $I'$  на початку ділянки трубопроводу поблизу СКЗ, за формулою (2) отримаємо величину постійного струму на кінці першої ділянки і, подібним чином, послідовно на всіх наступних ділянках в зоні даної СКЗ, що дає розподіл захисного струму вздовж траси.

Суттєва ознака - безконтактні вимірювання змінних струмів на двох частотах для визначення заникання

постійного струму на ділянці трубопроводу - не відома ні в аналогів, ні у прототипа, отже відповідає критерію "новизна".

Запропонована нова формула для визначення коефіцієнта  $\alpha$  зникання постійного струму отримана з результатів аналізу розподілу захисного струму у довгій лінії труба-земля [5].

Сукупність ознак, що включає безконтактні вимірювання струму на двох частотах і розрахунок коефіцієнта зникання постійного струму не відома з аналогів і прототипа, що дає підставу вважати відповідність критерію "суттєві відмінності".

Збудження на виході джерела постійного струму змінної складової струму відоме в техніці для визначення належності сигналу до даного контрольованого джерела і використовується [6] в апаратурі УДІП для контролю стану ізоляції підземних трубопроводів. Проте суттєва ознака - збудження двох складових постійного струму для вимірювань з метою визначення зникання і розподілу постійного струму не відома з аналогів і прототипа, що дає підставу вважати її відповідність критеріям "новизна" і "суттєві відмінності".

Запропонований спосіб пояснюється схемою, показаною на кресленні, де Т - підземний трубопровід з радіусом  $r_T$ , А і Б - початок і кінець ділянки трубопроводу довжиною L;  $I^I$  і  $I^{II}$  - струми на початку і кінці ділянки трубопроводу;  $B^I$  і  $B^{II}$  - безконтактні вимірювачі струму в точках А і Б відповідно.

Приклад конкретного виконання. На початку і кінці ділянки  $L = 20$  м трубопроводу з зовнішнім діаметром  $2r_T = 1020$  мм в точках А і Б з поверхні землі безконтактним вимірювачем струмів вимірюємо струми, що протікають по підземному трубопроводу. В зоні дії СКЗ, яка подає від електромережі в трубопровід випрямлений пульсуючий струм (який має змінні складові) вимірювання проводимо на частотах  $f_1 = 100$  Гц і  $f_2 = 200$  Гц, використовуючи апаратуру типу БІТ-К 4. Виміряні величини змінних струмів на першій і другій частотах на початку і в кінці ділянки трубопроводу становлять відповідно  $I_1^I = 5,0$  А,  $I_2^I = 1,0$  А та  $I_1^{II} = 4,88$  А,  $I_2^{II} = 0,97$  А. Погонний електричний опір трубопроводу за довідковими [1] даними  $R_T = 4,25 \cdot 10^{-6}$  Ом/м. Підставляючи ці дані в запропоновану формулу, отримуємо коефіцієнт зникання постійного струму на даній ділянці трубопроводу

$$\alpha = \left[ \frac{5 \cdot 10^6 \ln \sqrt{2} \ln^2 \frac{5}{4,88} \cdot \ln^2 \frac{1}{0,97} \cdot 4,25 \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot 400 \ln \frac{3980}{5,01} \ln \frac{3980}{5,01 \sqrt{2}} (200 \cdot \ln^2 \frac{5}{4,88} - 100 \ln^2 \frac{1}{0,97})} \right]^{1/2}.$$

$$\alpha = 3,66 \cdot 10^{-5} \text{ Неп/м.}$$

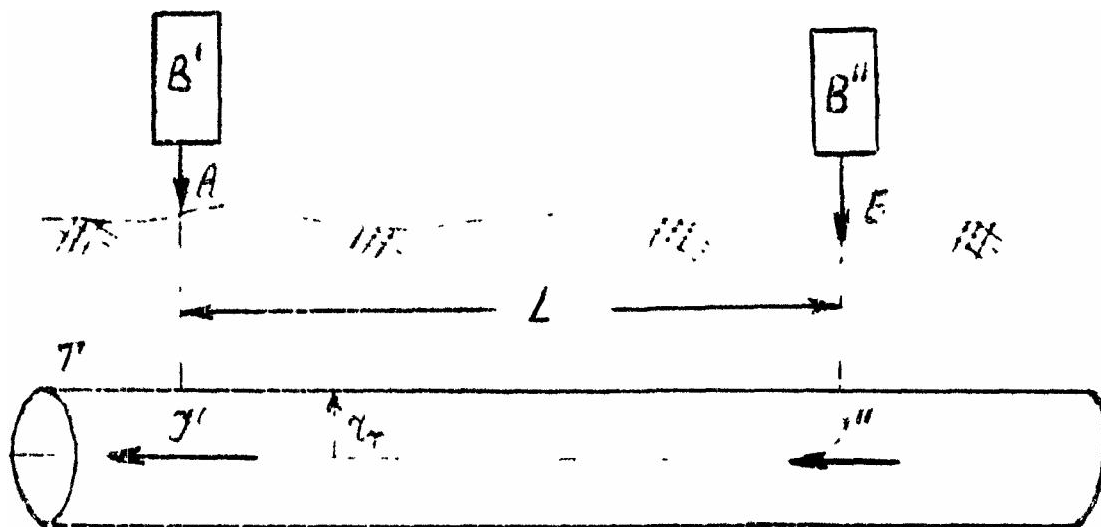
Для співставлення відмітимо, що коефіцієнт замикання змінного з частотою 100 Гц струму на цій же ділянці трубопроводу становить

$$\alpha_1 = \frac{1}{20} \ln \frac{5}{4,88} = 10^{-3} \text{ Неп/м.}$$

Отримані результати узгоджуються з експериментальними даними про коефіцієнти зникання струмів у підземних трубопроводах, приведених у [7], що підтверджує правильність і ефективність запропонованого способу.

Практичне використання запропонованого способу передбачає переміщення вимірюючого пристрою вздовж траси, безконтактні вимірювання змінних струмів двох частот, що протікають вздовж трубопроводу в різних місцях та визначення коефіцієнтів зникання струмів на різних ділянках траси. За значеннями коефіцієнтів зникання оцінюють стан ізоляції та затрати захисного струму на різних ділянках трубопроводів, тобто контролюють стан протикорозійного захисту підземних трубопроводів.

Безконтактні вимірювання змінних струмів позбавлені впливу магнітного поля Землі, що спрощує процедуру вимірювань і дозволяє підвищити оперативність визначення розподілу постійного захисного струму в трубопроводі по запропонованому способу в порівнянні з аналогами і прототипом.



Фіг.