



УКРАЇНА

(19) UA (11) 28731 (13) A

(51) 6 G01R19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМІВ У ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДАХ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

(21) 97094501

(22) 05.09.1997

(24) 16.10.2000

(33) UA

(46) 16.10.2000, Бюл. № 5, 2000 р.

(72) Стрілецький Юрій Йосипович, Кісіль Ігор Степанович

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

(57) 1. Спосіб безконтактного визначення струмів у підземних трубопроводах, що включає вимірювання системою антен напруженості змінного електромагнітного поля, яке виникає внаслідок проходження струму по трубопроводу, який **відрізняється** тим, що вимірювання здійснюються за допомогою чотирьох приймальних антен, а визначення струму в трубопроводі проводяться шляхом розв'язку такої системи рівнянь

$$\begin{cases} H_1 - H_2 = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi} \left[\frac{1}{(h^2 + L^2)} - \frac{1}{((L + A)^2 + h^2)} \right]; \\ H_1 - H_3 = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi} \left[\frac{1}{(h^2 + L^2)} - \frac{1}{((L + 2 \cdot A)^2 + h^2)} \right]; \\ H_1 - H_4 = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi} \left[\frac{1}{(h^2 + L^2)} - \frac{1}{((L + 3 \cdot A)^2 + h^2)} \right]. \end{cases}$$

Винахід відноситься до контрольно-вимірювальної техніки в області безконтактних вимірювачів струмів у підземних трубопроводах і може бути використаний при уточненні місця знаходження підземного трубопроводу, оцінки стану його ізоляційного покриття і безконтактного контролю роботи станції катодного захисту шляхом визначення діаграми розподілення струмів вздовж контрольованого підземного трубопроводу.

Відомий спосіб і пристрій для безконтактного визначення струмів в підземних трубопроводах (Джала Р.М. Устройство для бесконтактного измерения токов в подземных магистральных трубопроводах. Ас. № 1308905, G01R19/00, 1987, бюл. № 17), в якому використовують три індуктивні антени, з'єднані штангою, дві з яких орієнтовані перпендикулярно одна одній і застосовуються для визначення глибини залягання трубопроводу, а третя орієнтована паралельно до поверхні і вико-

де

H_1, H_2, H_3, H_4 - напруженості електромагнітного поля, які сприйняті відповідно 1-ою, 2-ою, 3-ою, і 4-ою антенами;

I - струм в трубопроводі;

L - віддаль по поверхні землі від першої антени до осі трубопроводу;

h - глибина залягання трубопроводу;

A - віддаль між антенами.

2. Пристрій для визначення струмів у підземних трубопроводах, що містить систему з 3-ох приймальних антен, жорстко закріплених між собою, який **відрізняється** тим, що додатково введено четверту приймальну антену, а самі антени розміщені так, що їх нормалі лежать на одній лінії в площині перпендикулярній трубопроводу і приєднані до блоку обробки, який містить два підсилювачі, два фільтри, комутатор аналогових сигналів, віднімаючий пристрій, детектор фази, АЦП, ЕОМ і індикатор.

ристовується для визначення напруженості магнітного поля над трубопроводом. За певними співвідношеннями визначають значення струму в трубопроводі з врахуванням глибини його залягання.

Однак при використанні даного способу необхідно встановлювати індуктивні антени точно над віссю трубопроводу і орієнтувати з'єднувальну штангу горизонтально поверхні ґрунту, а також відсутня корекція на сторонні електромагнітні поля.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб вимірювання струмів у підземних трубопроводах (Мизюк Л.Я. Методика разностных измерений при бесконтактных коррозионных обследованиях подземных трубопроводов. Защита от коррозии и охрана окружающей среды. ВНИИОЭНГ, 1992, № 3, стор. 10-15), в якому застосовують три приймальні антени орієнтовані паралельно одна одній і встановлені одна над одною в площині, перпен-

(19) UA (11) 28731 (13) A

дикулярній осі трубопроводу. За значеннями різниць електрорушійних сил (ЕРС), наведених в антенах електромагнітним полем, вираховують струм в трубопроводі, враховуючи віддаль до трубопроводу і виключаючи вплив сторонніх електромагнітних полів.

Застосування такого способу також викликає необхідність орієнтації системи антен горизонтально і встановлення її безпосередньо над віссю трубопроводу.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою є пристрій, що містить три приймальні антени, жорстко закріплені між собою (Джала Р.М. Устройство для бесконтактного измерения токов в подземных магистральных трубопроводах. Авт. свид. № 1308905, G01R19/00, 1987, бюл. № 17).

Запропонований винахід направлений на вирішення задачі визначення струмів у підземних трубопроводах і розробки пристрою для його реалізації, які давали б змогу підвищити точність вимірювання струмів у підземних трубопроводах за рахунок виключення впливу положення приймальних антен і напруженості стороннього електромагнітного поля з результатів вимірювань.

Задача вирішується наступним чином.

Відома така залежність для визначення напруженості магнітного поля H_0 , створеного довгим провідником, яким може бути трубопровід (Б.Я. Брунов, Л.М. Гольденберг, И.Г. Кляцкин, Л.А. Цейтлин. Теория электромагнитного поля. М., Л.: Государственное энергетическое издательство, 1962, стор. 195):

$$H_0 = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot R}, \quad (1)$$

де

I - струм в трубопроводі,

R - віддаль від трубопроводу до точки спостереження.

Оскільки індуктивні приймальні антени, які виконані у вигляді циліндричних котушок, мають направлені характеристики, то ЕРС, яка в них наводиться буде пропорційною куту α між нормаллю антени і напрямком вектора напруженості магнітного поля, створеного трубопроводом. При встановленні антени так, що нормаль її орієнтована горизонтально, а сама вона буде знаходитися на віддалі h до осі трубопроводу по вертикалі і L по горизонталі, залежність між горизонтальною складовою напруженості і струмом в підземному трубопроводі визначається наступним чином:

$$H = H_0 \cdot \cos \alpha = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot (h^2 + L^2)}. \quad (2)$$

Оскільки реально на приймальну антену окрім поля, створеного струмом, що протікає по трубопроводу, впливає стороннє електромагнітне поле завод, наприклад полів, створених блукаючими струмами, то залежність (2) можна переписати у такому вигляді:

$$H^* - H' = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot (h^2 + L^2)}, \quad (3)$$

де

H^* - напруженість електромагнітного поля, яка викликає ЕРС в приймальній антені;

H' - напруженість сторонніх електромагнітних полів.

Для розв'язку даного рівняння при чотирьох невідомих - силі струму в трубопроводі I , віддалі по поверхні землі від осі трубопроводу до антени L , віддалі по вертикалі від осі трубопроводу до антени h і напруженості сторонніх електромагнітних полів H' , необхідно мати ще три додаткових рівняння. Такі рівняння можна отримати, використавши значення напруженостей H' вимірюваних на різних віддальях від осі трубопроводу: по вертикалі, чи по горизонталі. Тому, використавши чотири приймальні антени, розташовані так, що їх нормалі лежать на паралельних прямих, отримують додаткові дані для розрахунку. Оскільки конструктивно простіше витримати умову паралельності, коли нормалі всіх антен лежать на одній лінії, то вимірюють напруженість поля на різній віддалі від осі трубопроводу по горизонталі. При фіксованій віддалі між антенами, яка становить A , вимірювання проводять в точках з координатами (L, h) , $(L+A, h)$ і $(L+2A, h)$, $(L+3A, h)$. Враховуючи сказане, можна записати таку систему рівнянь, розв'язавши яку можна визначити струм в підземному трубопроводі

$$\begin{cases} H_1 - H' = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot (h^2 + L^2)}; \\ H_2 - H' = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot ((L + A)^2 + h^2)}; \\ H_3 - H' = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot ((L + 2 \cdot A)^2 + h^2)}; \\ H_4 - H' = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot ((L + 3 \cdot A)^2 + h^2)}. \end{cases} \quad (4)$$

Оскільки немає необхідності визначати напруженість стороннього електромагнітного поля, а є необхідність тільки виключити її вплив на результати визначення струму I , то кількість рівнянь можна скоротити, тобто:

$$\begin{cases} H_1 - H_2 = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi} \left[\frac{1}{(h^2 + L^2)} - \frac{1}{((L + A)^2 + h^2)} \right]; \\ H_1 - H_3 = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi} \left[\frac{1}{(h^2 + L^2)} - \frac{1}{((L + 2 \cdot A)^2 + h^2)} \right]; \\ H_1 - H_4 = \frac{I \cdot h}{2 \cdot \pi} \left[\frac{1}{(h^2 + L^2)} - \frac{1}{((L + 3 \cdot A)^2 + h^2)} \right]. \end{cases} \quad (5)$$

Суть способу полягає в тому, що визначення струмів у підземних трубопроводах включає вимірювання напруженості електромагнітного поля за допомогою чотирьох приймальних антен, розташованих на фіксованій віддалі між собою так, що їх нормалі лежать на одній лінії і в площині, перпендикулярній до осі трубопроводу. При цьому значення струму в трубопроводі визначають на основі розв'язку системи рівнянь (5).

Розв'язуючи дану систему рівнянь, можна визначити значення струмів у трубопроводі, виключивши вплив положення системи приймальних антен відносно трубопроводу і значення сторонніх електромагнітних полів.

Для реалізації даного способу визначення струму в підземному трубопроводі можна застосувати пристрій, функціональна схема якого зображена на фіг. 1, а на фіг. 2 зображено розташування антен даного пристрою відносно трубопроводу.

До складу пристрою (фіг. 1) входять чотири індуктивні антени 1-4, які жорстко з'єднані між собою; комутатор 5; підсилювачі 6 і 7; фільтри 8, 10;

детектор фази 9; віднімаючий пристрій 11; аналого-цифровий перетворювач 12; ЕОМ 13; індикатор 14. Індуктивні антени виконані з ідентичними параметрами, їх нормалі розташовані на одній лінії і напрямлені в одну сторону.

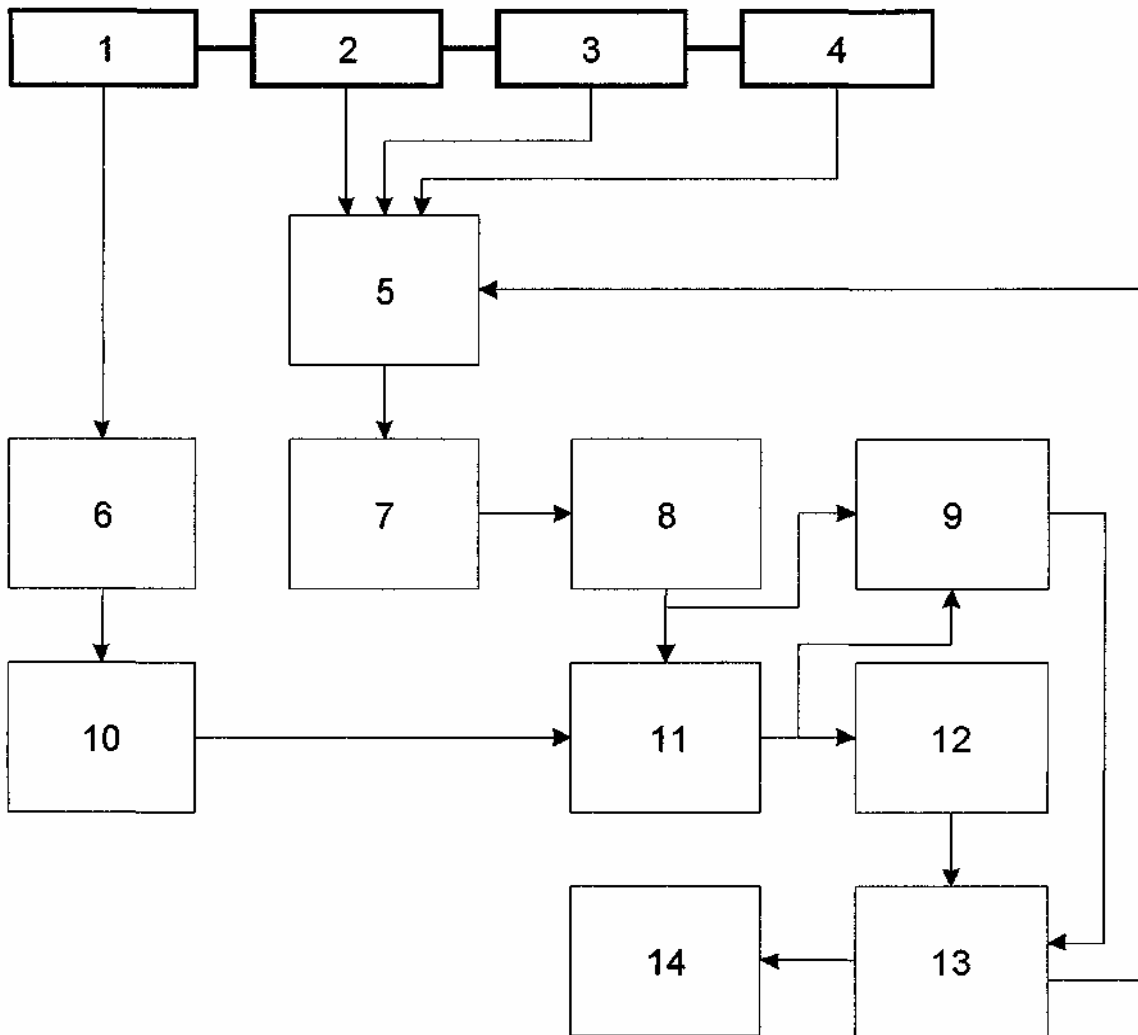
Пристрій працює наступним чином.

Індуктивні антени і фільтри налаштовують на робочу частоту (другу гармоніку мережі живлення). В антенах наводиться ЕРС, яка пропорційна напруженості магнітного поля в точці знаходження відповідної антени. З 1-ої антени сигнал поступає на підсилювач 6 і фільтр 10, сигнали з 2-ої, 3-ої або 4-ої антен за допомогою комутатора 5, керованого ЕОМ 13, по черзі поступають на підсилювач 7 і фільтр 8. Відфільтровані сигнали віднімаються блоком віднімання 11 з метою одержання значень (H_1-H_2) , (H_1-H_3) , (H_1-H_4) . Отримані різниці сигналів разом із сигналом з фільтра 8 поступають на блок детектора фази 9. Крім цього сигнал з віднімаючого пристрою 11 оцифровується блоком АЦП 12 і поступає в ЕОМ, куди також поступає сигнал з детектора фази 9, який визначає знак отриманої різниці.

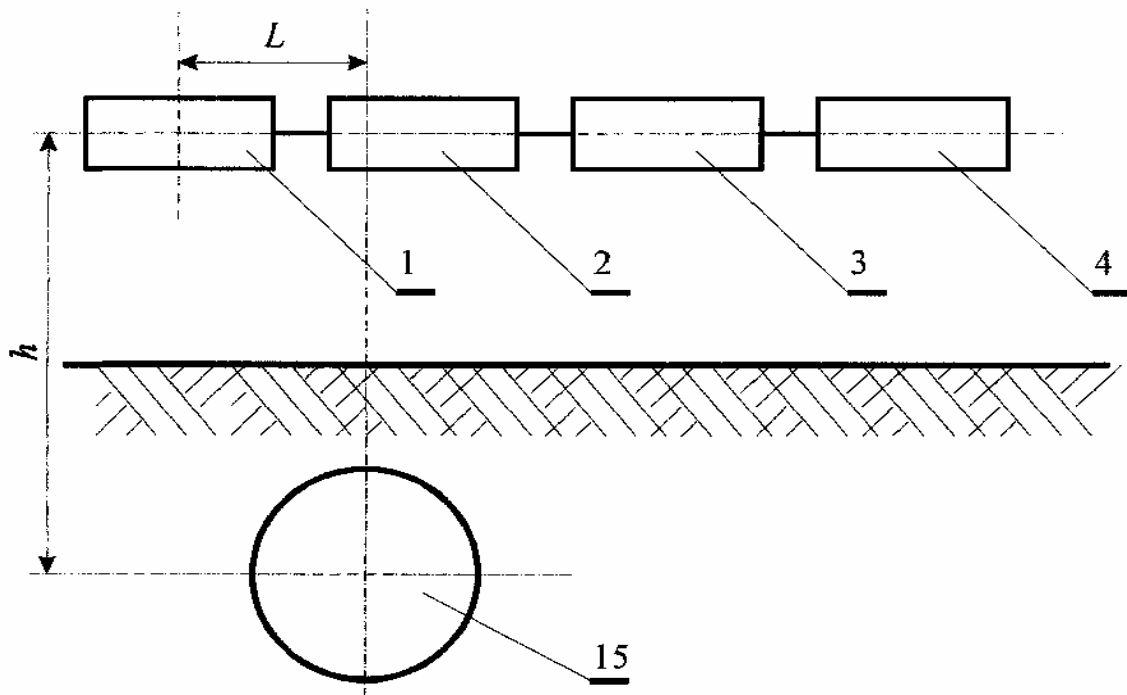
Схема розташування приймальних антен 1-4 відносно трубопроводу 15 показана на фіг. 2. Так як в результаті визначення струму I згідно з описаним способом глибина залягання трубопроводу h і віддаль від першої антени до осі трубопроводу по поверхні землі L компенсується, то немає необхідності у встановленні системи приймальних антен безпосередньо над віссю трубопроводу, чи строго горизонтально. Якщо систему антен буде встановлено не горизонтально, або не над віссю трубопроводу, то зміняться величини L , h і H_1 , H_2 , H_3 , H_4 , а співвідношення між ними і струмом в трубопроводі не зміниться.

Єдиною умовою нормальної роботи пристрою є необхідність встановлення системи антен так, щоб їх нормалі лежали в площині, яка перпендикулярна до осі залягання трубопроводу.

Завдяки вищевказаній компенсації положення системи антен відносно трубопроводу і сторонніх електромагнітних полів підвищується точність визначення струму в підземному трубопроводі, а також стає можливим застосування транспортних засобів.



Фіг. 1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 34 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
