

УДК 621.643:620.191.4

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ

© Ващишак С. П., Яворський А. В., 2000

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

Запропоновано вдосконалення існуючого безконтактного методу контролю ізоляційного покриття з використанням системи безконтактного вимірювання струму в інженерних комунікаціях з ортогональним розміщенням приймальних антен. Розроблена схема і алгоритм роботи приладу безконтактного контролю підземних нафтогазопроводів.

На даний час більшість підземних комунікацій (локальні і магістральні трубопроводи) відслужили свій термін, але ще експлуатуються. Крім того, термін експлуатації більшості з них перевищує допустимий. Внаслідок складних економічних умов ремонту, заміна і ввід в дію нових підземних комунікацій здійснюється нерегулярно, в терміни, що значно перевищують допустимі згідно технічних умов експлуатації. Для прикладу, незважаючи на прийняті заходи захисту трубопроводів від корозії, в період з 1988 р. по 1992 р. на магістральних нафтогазопроводах України з причин підземної корозії сталося 26 аварій, що становить 24% від всіх аварій за 4 роки. В 1990 р. частка таких аварій становила 36 % від загальної кількості [1]. За період з 1981 р. по 1985 р. втрати металу по Україні з причин корозії становили 5 млн.т, що дорівнювало 1,5 % металофонду України [2]. Крім того, останнім часом постала проблема виявлення несанкціонованого відбору нафтопродуктів з продуктопроводів. Несанкціоновані врізки призводять до корозійного та механічного руйнування, суттєво підвищують можливість виникнення аварій. Проблема швидкого пошуку замаскованих врізок на даний час не вирішена. У зв'язку з цим першочерговим питанням є здійснення контролю технічного стану підземних комунікацій за допомогою приладів, які б давали змогу оцінити пошкодження ізоляції, визначити напрям траси і глибину його залягання.

Існує багато методів контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів. Однак існуючі методи не є універсальними - на контрольований об'єкт накладається багато різних вимог для проведення контролю. Точність вимірювань пов'язана з багатьма факторами оточуючого середовища.

Повністю безконтактним і перспективним методом контролю електричних параметрів ізоляцій-

ного покриття можна вважати електромагнітний метод вимірювання, який оснований на вимірюванні напруженості магнітного поля, що виникає внаслідок протікання в стінках нафтогазопроводу струму і визначення величини цього струму. Крім цього даний метод контролю дозволяє одночасно проводити розмітку траси і визначати глибину залягання нафтогазопроводу.

Існуючі методи і пристрої визначення стану ізоляції за результатами вимірювань напруженості магнітного поля мають ряд суттєвих недоліків, один з яких полягає в тому, що більшість пристроїв безконтактного контролю проводять вимірювання струму, джерелом якого є станція катодного захисту (СКЗ). При такому вимірюванні в кінцевий результат вноситься похибка, яка може звести нанівець проведений контроль. Причин спотворення результатів вимірювання є декілька: по-перше, частота струму станції катодного захисту дорівнює 100 Гц, що є кратним частоті загальної електромережі. Отже при умові, що в зоні контролю крім трубопроводу проходять електрокомунікації контроль стає неможливим або сильно затрудненим внаслідок забиття малопотужного інформаційного сигналу сигналом промислової частоти. По-друге, значення струму в стінках трубопроводу при роботі СКЗ становить 10...30 А. При такому значному струмі випрямляючі вентелі СКЗ при перемиканні видають в лінію потужний шумовий сигнал з широким спектром, що також відображається на результатах контролю. На рис. 1. зображено характер напруженості магнітного поля, яка характеризується сигналом, що вимірюється приймальною котушкою над трубопроводом.

По-третє, прилади які розраховані на роботу з сигналом частотою 100 Гц мають великі габарити і масу, що погіршує їх транспортування і проведення контролю особливо в гірській місцевості. Крім того

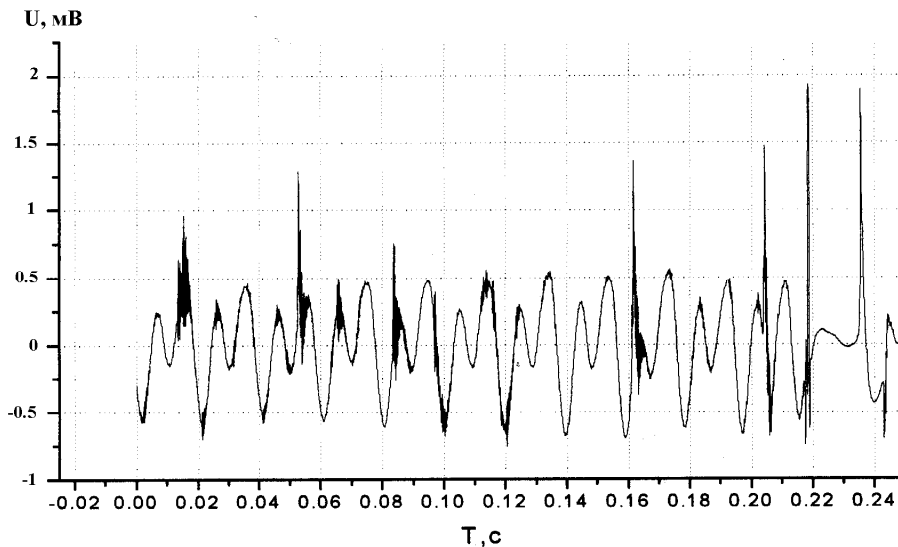


Рис. 1. Осцилограма сигналу, який виникає при проходженні в стінках струму трубопроводу струму станції катодного захисту.

суттєвим недоліком даного методу є те, що станціями катодного захисту в більшості обладнані тільки магістральні нафтогазопроводи, а трубопроводи місцевого значення, зокрема на нафтопромислах, експлуатуються здебільшого без СКЗ. Ще одним з недоліків є те, що неможливо провести контроль у випадку, коли на невеликій відстані від трубопроводу, на якому проводиться контроль, проходить інший трубопровід, що під'єднаний до СКЗ. Вище наведених недоліків позбавлені прилади контролю, які працюють в парі з власним генератором. Для зменшення габаритів приладу і підвищення точності пошуку траси робочий сигнал вибирають здебільшого в діапазоні 500-2000 Гц з оригінальною частотою що не є кратною 50 Гц (наприклад, 589.77 Гц). Наявність у вимірювальному комплекті генератора забезпечує стабільність і чистоту робочого сигналу, роботу з трубопроводами, які не підключені до СКЗ. Але і такий метод має теж недолік, який впливає на результати контролю: при збільшенні частоти сигналу на характер отриманих результатів впливає ємність "труба-грунт". Фактично сигнал замикається на землю по ємнісній складовій, що призводить до отримання хибних результатів про характер пошкодження ізоляції трубопроводу. Встановлено, що із збільшенням частоти струму в комунікації від 100 Гц до 5 кГц для слабо провідних середовищ методична похибка зростає майже в 10 разів [3]. Для отримання неспотворених результатів про стан ізоляції в ідеальному випадку потрібно досліджувати зникання постійного струму, але вимірювання постійного магнітного поля з допомогою магнітометра не дає бажаного результату оскільки на результат дослідження впливає магнітне поле Землі, намагніченість металічних об'єктів, різні магнітні аномалії

тощо.

У зв'язку з вищенаведеним пропонується вдосконалити відомий пристрій безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів [4]. За основу взято систему безконтактного вимірювання струму в інженерних комунікаціях з ортогональним розміщенням приймальних антен, яка зарекомендувала себе на практиці і застосовується в пристроях контролю даного типу. Схематично система контролю зображена на рис.2. Приймальні антени 1 і 2 пристрою орієнтовані так, що їхні нормалі лежать в площині перпендикулярній до осі трубопроводу і паралельно до поверхні землі. Нормаль антени 3 розташована перпендикулярно до поверхні землі в тій же площині, а центр цієї антени збігається з центром антени 2. Антена 1 розташована вертикально над віссю трубопроводу.

При цьому, враховуючи напрям поля, створеного струмом у підземному у підземному трубопроводі відносно приймальних антен 2 і 3, справедливе таке співвідношення для визначення відстані від осі трубопроводу до антени 1:

$$h = x \frac{H_2}{H_3}, \quad (1)$$

де x – відстань між 1-ю, 2-ю, і 3-ю антенами; H_2 , H_3 – напруженості магнітного поля, сприйняті відповідно антенами 2 і 3.

Величину струму, що протікає по трубі, визначають із співвідношення:

$$I = 2\pi h H_1, \quad (2)$$

де H_1 – напруженість поля, сприйнята антенною 1 при точній орієнтації над трасою в точці, коли H_1 – максимальна. Відповідно за допомогою такою системи можна провести відбивку траси, використовую-

ючи приймальну антену 1 як елемент трасошукача, визначити глибину залягання комунікації і значення струму в ній. Оскільки на практиці така система є одночастотною і працює з сигналом СКЗ або з сигналом додаткового генератора, то їй притаманні вищевказані недоліки, які суттєво впливають на результат контролю.

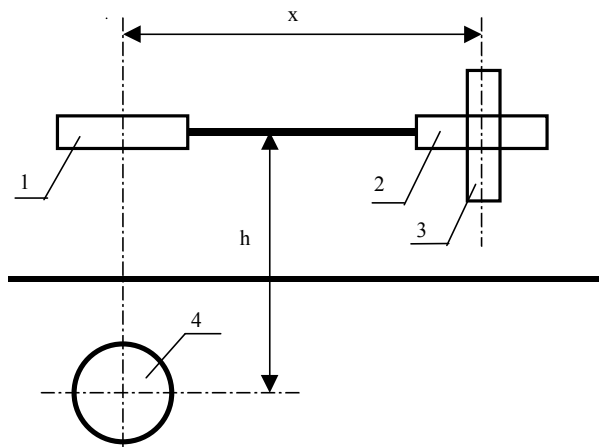


Рис. 2. Система безконтактного вимірювання струму з ортогональним розміщенням приймальних антен.

Одним з реальних варіантів вирішення даної проблеми є суміщення позитивних сторін обох методів для створення досконалого приладу контролю. Такий прилад фактично повинен складатись з двох частин - трасошукача (для пошуку осі трубопроводу) і магнітометра для дослідження топології заникання струму в трубопроводі. Прилад повинен працювати в комплекті з генератором, який подає в трубопровід одночасно два сигнали - височастотний (в діапазоні 500-2000 Гц з оригінальною частотою для роботи трасошукача) і інфранизькочастотний (в діапазоні 3-9 Гц, який по характеру заникання наближається до постійного струму, вибір частотного діапазону зумовлений можливостями апаратної обробки сприйнятого сигналу).

Використання інфранизькочастотного сигналу, близького до сигналу постійного струму, дозволить уникнути втрат сигналу, які виникають внаслідок ємнісної складової. Практично всі втрати сигналу проходять через пошкодження ізоляції або електричного контакту з іншими металічними структурами.

Функціональна блок-схема приладу, який реалізує запропоноване рішення, зображена на рис.3. Пристрій контролю стану ізоляційного покриття містить 3 приймальні антени (1, 2, 3), магнітометричний перетворювач 4 (давач Холла).

Кожна з приймальних антен і магнітометричний перетворювач приєднані відповідно до каналу обробки сигналу, який складається з підсилювачів

(6, 7, 8, 9) і керуємих смугових фільтрів (10, 11, 12, 13). З виходу каналу обробки сигнал подається через аналоговий комутатор 14 на блок виділення абсолютної величини 15 (детектор сигналу). Після блоку виділення абсолютної величини сигнал подається на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 16. Перетворений у цифровий вигляд сигнал з АЦП подається на мікропроцесорний блок 17. За допомогою мікропроцесорного блоку здійснюється керування приладом, розрахунок значень глибини залягання і струму в підземному нафтогазопроводі і вивід результатів обробки на блок індикації 18.

Прилад працює в наступних режимах:

- режим трасошукача,
- режим визначення глибини залягання об'єкту контролю (ОК),
- режим визначення струму в ОК.

Попередньо перед проведенням контролю потрібно провести підключення спеціального сигнал-генератора до ОК, який видає в лінію одночасно два сигнали - "пошуковий" (з оригінальною частотою, яка задається в діапазоні від 500 до 2000 Гц) і "струмовий" (відповідно з вибраною частотою в діапазоні від 3 до 9 Гц).

В режимі трасошукача сигнал від ОК сприймається приймальною антеною 1, підсилюється підсилювачем 6, за допомогою смугового фільтра 10, частота пропускання якого рівна "пошуковій" частоті, виділяється інформаційний "пошуковий" сигнал, який несе інформацію про положення ОК. Протектований блоком 15 сигнал відповідно обробляється за допомогою АЦП 16 і мікропроцесорного блоку 17, після чого його абсолютне значення H_1 виводиться на блок індикації 18. Коли приймальна антена буде знаходитись над віссю ОК, значення сприйнятого сигналу H_1 буде максимальним, таким чином (по максимуму сигналу) відбувається орієнтація на вісь траси ОК і її розмітка. Для візуалізації виходу на вісь ОК в канал обробки трасошукача вводиться аналоговий індикатор 20 з детектором 19.

Після виходу на вісь траси прилад переводиться в режим визначення глибини залягання ОК. Для цього приймальний блок встановлюється точно над вісю ОК на заданій висоті h_c над ґрунтом. Потім проводиться по чергове опитування приймальних антен 3 і 2 (обробка сигналу аналогічна режиму трасошукача). Абсолютні значення H_2 і H_3 , зняті з приймальних антен, заносяться в пам'ять мікропроцесорного блоку. Розрахунок глибини залягання ОК h_z проводиться на основі формули (1) і відомого значення h_c :

$$h_z = x \frac{H_2}{H_3} - h_c. \quad (3)$$

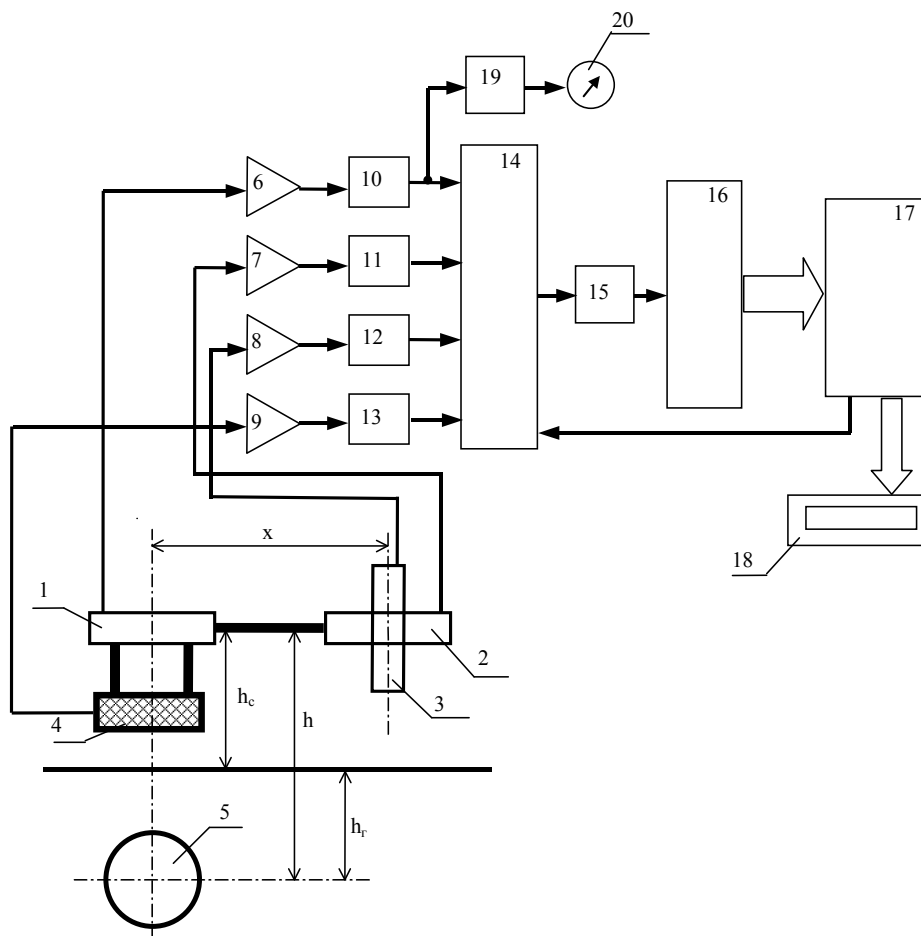


Рис. 3. Функціональна блок-схема приладу контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів.

Не змінюючи положення приймального блоку визначається струм в ОК. При цьому опитується магнітометричний перетворювач і сигнал виділений смуговим фільтром 13, частота пропускання якого дорівнює частоті інфранизького "струмового" сигналу. Після виділення "струмового" сигналу проводиться відповідна його обробка і абсолютне значення H_m запам'ятовується. На основі попередньо визначеної глибини залягання ОК проводиться розрахунок струму в ОК згідно (2) таким чином:

$$I_{OK} = 2\pi h H_m. \quad (4)$$

Отримані значення глибини залягання і струму в ОК запам'ятовуються (парі даних "глибина-струм" присвоюється порядковий номер). Провівши ряд таких вимірювань з певним кроком вздовж ОК по отриманому набору даних будується топографічний графік заникання струму в ОК з прив'язкою до довжини проконтрольованої ділянки. По характеру заникання струму визначаються аномальні ділянки (де є підозра на пошкодження ізоляції або замикання з іншим металічним предметом – наприклад, врізка). Для визначення характеру пошкоджень і проведення

в подальшому ремонтних робіт в зоні визначених аномальних ділянок проводиться шурфування.

Розроблений прилад дає змогу підвищити точність вимірювання, знизити затрати на проведення контролю, проводити експрес-діагностику на великих ділянках інженерних комунікацій.

1. Кузьменко Ю. О. Моніторинг корозійного стану магістральних нафтопроводів // *Нафтова і газова промисловість*. - 1994. - № 2. - С. 43-44.
2. Середницький Я. А., Ніронович І. О. Протикорозійний захист магістральних трубопроводів та перспективи впровадження вискоелективних ізоляційних покриттів // *Нафтова і газова промисловість*. - 1995. - № 1. - С. 33-36.
3. Максименко О. П. Систематичні похибки безконтактних вимірювачів струму катодного захисту і координат інженерних комунікацій // *Відбір і обробка інформації*. - 1997. - № 1(87). - С. 54-58.
4. Устройство безконтактного измерения токов в подземных магистральных трубопроводах: А. с. 1308905 СССР, МКИ G01R19/00 / Р. М. Джала.

