

вання. Поле деформацій e_{sj}^0 є априорі найбільш інформативним, що є дуже важливим чинником при розв'язуванні обернених задач.

Викладений вище розрахунково-експериментальний метод може бути використаний при діагностуванні залишкових напружень у зварних елементах конструкцій і споруд тривалої експлуатації, зокрема, трубопроводів та резервуарів. Характерною його особливістю є те, що з використанням доступної експериментальної інформації відтворюється поле деформацій e_{ij}^0 з урахуванням неоднорідності розподілу залишкових напружень під давачами приладів і їх часткової релаксації залишкових напружень, зумовленої різними видами обробки після виконання зварних швів. За допомогою цього поля обчислюються залишкові напруження, які задовольняють рівняння рівноваги, сумісності деформацій і граничні умови, а точність їх визначення зумовлюється об'ємом і точністю експериментальних даних.

Подстригач Я. С., Осадчук В. А., Марголин А. М., *Остаточные напряжения, длительная прочность и надежность стеклоконструкций*. – К.: Наукова думка, 1991. – 296 с. Осадчук В., Большаков М., Палаш В. *Неруйнівний метод визначення залишкових напружень у зварних оболонках // Машинознавство*. – 1997. – №1. С.5 – 9. Махненко В.И. *Расчетные методы исследования кинетики сварочных напряжений и деформаций*. – К.: Наук. думка, 1976. – 320 с. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г. *Теория сварочных деформаций и напряжений*. М.: Машиностроение, 1984. – 280 с. Банахевич Ю.В., Юськів В. М., Дзюбик А.Р. *Дослідження напруженого стану в зварних з'єднаннях труб із врахуванням структурних змін // Науковий вісник національного технічного університету нафти і газу*. – 2003. – С. 118 – 121. Шоршоров М. Х., Белов В. В. *Фазовые превращения и изменения свойств стали при сварке*. Атлас. – М.: Наука, 1972. – 219 с.

УДК 621.643:620.191.4

КОНТРОЛЬ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ В УМОВАХ ЗНАЧНИХ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД

© Яворський А.В., Кісіль І.С., 2003

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто основні джерела промислових електромагнітних завад, які можуть знаходитись в зоні контролю ізоляційного покриття підземних трубопроводів. Оцінено вплив даних джерел на результат контролю. Запропоновано систему контролю, яка дає змогу проводити контроль ізоляції в умовах значних промислових завад.

Підземні трубопроводи використовуються для транспортування нафти і нафтопродуктів, природного газу, води тощо. Пошкодження захисного ізоляційного покриття трубопроводу спричиняє до контактування стінки з ґрунтовим електролітом, що в свою чергу призводить до корозії металу труби. І саме корозія викликає значну частину пошкоджень, які спричиняють втрату металу трубопроводу і транспортованого продукту. Тому важливо виявляти місця пошкодження ізоляційного покриття підземного трубопроводу і проводити ремонт в цих місцях, не допускаючи корозійного зносу в місцях контакту труба – ґрунт.

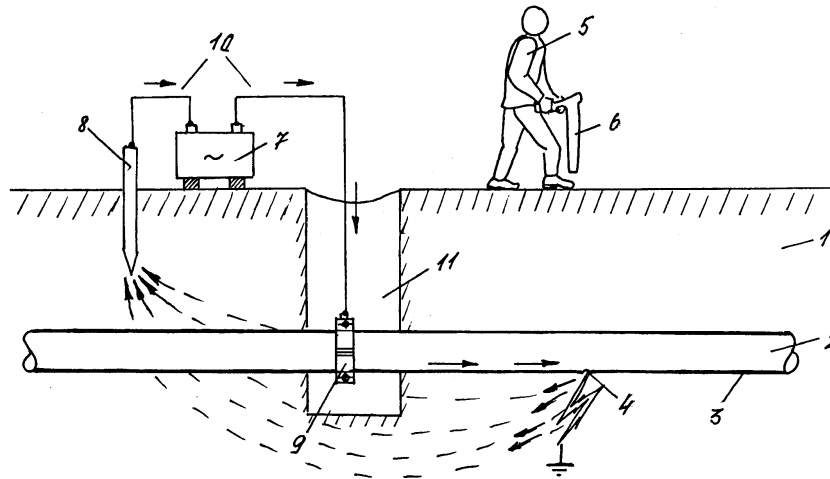
На даний час найбільш ефективні безконтактні методи контролю стану ізоляційного покриття, які базуються на визначенні зникання струму вздовж трубопроводу, що протікає в стінці труби і витікає в місцях пошкодження ізоляції. Зникання струму

вздовж трубопроводу визначається послідовним вимірюванням напруженості магнітного поля, що виникає навколо досліджуваної ділянки трубопроводу при протіканні в ньому цього струму. Узагальнена схема контролю ізоляційного покриття підземного трубопроводу приведена на рис.1.

Джерелом струму при проведенні контролю (рис.1) служить спеціальний генератор (7) або станція катодного захисту, що приєднується до трубопроводу 2 і заземлювача 8. За допомогою приймача пристрою контролю 6 оператор 5, вимірюючи напруженість магнітного поля вздовж вісі контролюваного трубопроводу, знаходить пошкодження ізоляційного покриття 4, що супроводжується різким зниканням струму і відповідним зменшенням напруженості магнітного поля в місці пошкодження

ізоляції. Контрольний сигнал, що створюється генератором 7, змінюється по гармонійному закону. Використання сигналів іншої форми спричиняє до значних похибок по визначенню місць пошкодження ізоляції, оскільки трубопровід для таких сигналів працює як низькочастотний фільтр, характеристики

якого змінюються вздовж контрольованої ділянки. Даний метод контролю є опосередкованим, оскільки про силу струму в стінках трубопроводу судять по величині напруженості магнітного поля над віссю трубопроводу, за величинами аномалій поля можна робити висновки про величину пошкодження [1].



1- ґрунт; 2 – трубопровід; 3 – ізоляційне покриття; 4 – пошкодження ізоляційного покриття; 5 – оператор; 6 – приймач пристрою контролю; 7 – генератор пристрою контролю; 8 – заземлювач; 9 – хомут; 10- з'єднувальні провідники; 11 – експлуатаційний колодязь

Рис. 1. Узагальнена схема контролю ізоляційного покриття підземного трубопроводу

Внаслідок своєї природи електромагнітне поле навколо трубопроводу зумовлене не тільки проходженням контрольованого струму по ньому, але і дією різних джерел електромагнітного поля промислового характеру, які знаходяться в зоні контролю. Зокрема такими джерелами завади, що знаходяться поблизу контрольованого трубопроводу, виступають лінії електропередач, бурові установки, компресори, катодні станції. Промислові завади звичайно мають дискретний спектр з яскраво вираженою основною частотою (звичайно 50 Гц) і лежать в діапазоні від 10 до 1200 Гц, саме в цьому діапазоні частот вибирається частота контрольованого сигналу, оскільки робота на вищих частотах є неефективною [2]. На рис.2 показані спектральні характеристики напруженості поля можливих джерел завади. Тут амплітуда напруженості гармонічних складових поля приведена у відносних одиницях [3].

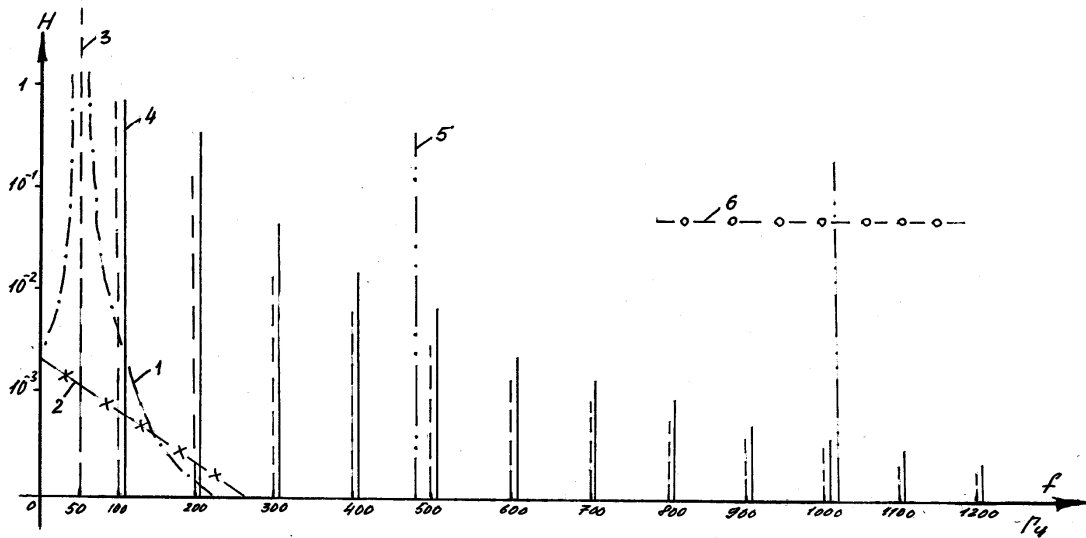
На відстані від джерела завади, що є меншою від довжини хвилі λ , електромагнітне поле має яскраво виражений електричний або магнітний характер. Тому при частотах електромагнітного поля 10-1200 Гц і відстані між джерелом завади і трубопроводом, що не перевищує $10^3 \text{ м} \leq \lambda \leq 3 \cdot 10^3 \text{ м}$ електромагнітні зв'язки здійснюються за рахунок електричних або магнітних полів. Крім того, сам

трубопровід може виступати в ролі випромінювача електромагнітної завади, якщо існує паразитний зв'язок з джерелом завади. Шляхи проникнення завади в трубопровід можна поділити на гальванічні, електростатичні і магнітостатичні. Гальванічний шлях проникнення завади виникає за рахунок безпосереднього підключення трубопроводу до джерела завади. Прикладом такого проникнення завади може бути використання трубопроводу як заземлення електроустановки. Електростатичний шлях проникнення завади зумовлений електричною складовою електромагнітного поля і виникає за рахунок існування паразитних ємностей між трубопроводом і джерелом завади. Магнітостатичний шлях проникнення завади зумовлений магнітною складовою електромагнітного поля і виникає за рахунок паразитних взаємно індуктивностей. Прикладом наведення такої завади індуктивним шляхом є проходження силових кабелів або ліній електропередач паралельно контрольованому трубопроводу.

Невизначеність безпосереднього джерела промислових завод поряд з тим, що відстань до нього в процесі контролю змінюється, значно затрудняє отримання достовірних даних про стан ізоляційного покриття контрольованого трубопро-

воду. Тому при розробці апаратури для без контакт-ного контролю ізоляції підземних трубопроводів обов'язково повинні бути передбачені заходи по ослабленню впливу промислових завод. Одним з найбільш ефективним заходом є вибір робочих частот, при якому вони максимально відрізняються від основної і вищих гармонік промислової електромережі. При цьому суттєво полегшується можли-

вість селекції сигналу і подавлення завади. Рекомендований такий ряд частот: 75, 81, 125, 244, 375, 477, 976, 1125 Гц [2, 4]. Виділити сигнал і послабити завади потрібно на самому початку вимірювального тракту шляхом налагоджування приймального контуру в резонанс на частоту сигналу.



1 – джерела змінного струму; 2 – комутуючі пристрої постійного струму; 3 – некеровані вентельні пристрої; 4 – керовані вентельні пристрої; 5 – перетворювачі частоти; 6 – електропривід постійного струму

Рис.2. Спектральні характеристики джерел промислових електромагнітних завод

Правильний вибір робочих частот є не обхідною, але не достатньою умовою послаблення впливу промислових завод. Застосовуються додаткові заходи подавлення завод в самій апаратурі. З цією метою у вимірювальний тракт вводять загороджувальні фільтри (звичайно налаштовані на частоту 50 Гц), резонансні і смугові фільтри високих порядків, які налаштовані на контрольну частоту. Досить ефективною є система з використанням компенсуючого каналу, що налаштований на частоту основної

гармоніки завади – 50 Гц з протифазним подавленням цієї завади у вимірювальних каналах [5]. Виходячи з цього на рис.3 наведена узагальнена узагальнена структурна схема каналу для вимірювання напруженості магнітного поля що застосовується у більшості приладів призначених для пошуку наскрізних пошкоджень ізоляції підземних трубопроводів, таких як АНПИ, ИПИГ, ИПИ-85, БКИТ.

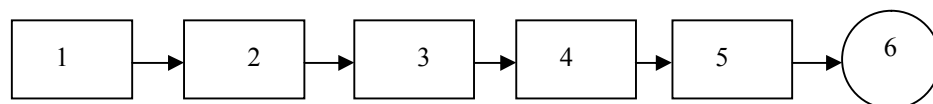


Рис. 3. Узагальнена структурна схема каналу для вимірювання напруженості змінного магнітного поля

Такий вимірювальний канал працює наступним чином. Сигнал з перетворювача магнітного поля 1, який представляє собою резонансний контур, що налаштований на робочу частоту, подається на

попередній підсилювач 2, де підсилюється до необхідного рівня. Після підсилювача 2 сигнал подається на режекторний фільтр 3, за допомогою якого здійснюється подавлення складової сигналу з

частотою 50 Гц. Далі сигнал поступає на активний смуговий фільтр 4-8 порядку з центральною частотою, що дорівнює робочій. З виходу смугового фільтра 4 сигнал подається на детектор 5, де випростовується. Рівень сигналу, що відповідає вимірюваному рівню напруженості магнітного поля, виводиться на пристрій індикації 6. Виходячи з рівня складності таких вимірювальних каналів в пристрої контролю може бути декілька [5, 6, 7].

Проте усі заходи по подавленню завади розраховані на той випадок, коли завада не перевищує рівня корисного сигналу в приймальному тракті. За випадку, коли внаслідок дії значних промислових завад амплітуда сигналу в приймальному тракті є в десятки раз меншою за амплітуду завади, проведення контролю за допомогою апаратури, побудованої за стандартною схемою, неможливе. Завада викликає переваження каскаду фільтрації, так як при попаданні в нелінійну частину амплітудної характеристики виникає різка втрата інформації про сигнал. Фактично проконтролювати стан ізоляційного покриття ділянки трубопроводу, які знаходяться в зоні значних промислових завад, за допомогою існуючої вище наведеної апаратури не вдається.

Для вирішення даної проблеми пропонується побудувати вимірювальний канал пристрою

безконтактного контролю ізоляції підземних трубопроводів (БКПТ) по зовсім іншій схемі. В радіоелектронних системах обробки інформації широко застосовують рішення, що дозволяють виділити корисний сигнал з загального на фоні шуму, що по амплітуді перевищує корисний в десятки разів. Одним з таких пристроїв є синхронний детектор. В цьому активному детекторі знак підсилення визначається не полярністю вхідного сигналу, а опорним (керуючим) сигналом, частота якого рівна частоті "шуканого" сигналу. Крім того, фази вхідного і опорного сигналів один відносно повинні розміщуватись певним чином і бути постійними [8]. Виходячи з цього для роботи такого детектора потрібен синхросигнал контрольної частоти. Використати в приймачі пристрою контролю внутрішній генератор для синхронізації не можна, оскільки його майже неможливо точно засинхронізувати в часі з контрольним сигналом, який створює генератор пристрою контролю. Тому пропонується синхронізувати детектор приймача з генератором пристрою контролю. Дане рішення відображає структурна схема системи для вимірювання напруженості змінного магнітного поля в зоні дії значних промислових завад (рис. 4).

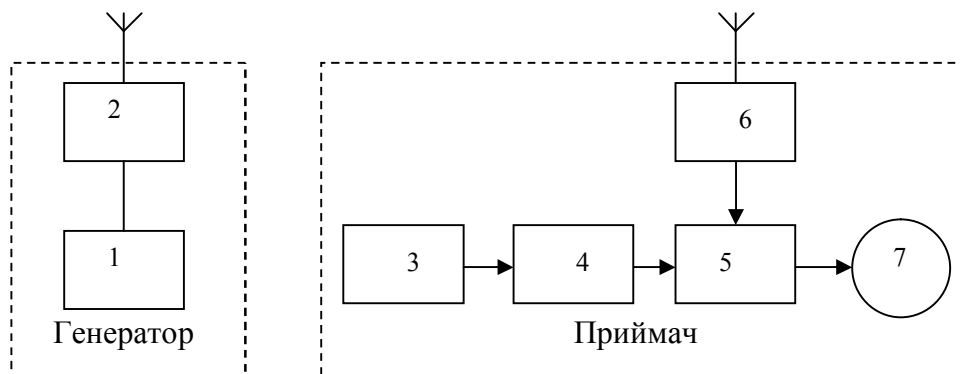


Рис. 4. Структурна схема системи для вимірювання напруженості змінного магнітного поля в зоні дії значних промислових завад

Система працює наступним чином. Сигнал з перетворювача магнітного поля 3 поступає на попередній підсилювач 4, підсилений сигнал з якого подається на синхронний детектор 5, де здійснюється виділення корисного сигналу контрольної частоти з загального. Синхронізація детектора 5 здійснюється від генератора пристрою контролю 1, який і створює контрольний сигнал. Передача синхросигналу здійснюється по радіоканалу, який утворюють передавач 2 і приймач 6. Рівень сигналу виводиться на пристрій індикації 7.

Застосування такої системи дасть змогу проводити контроль ізоляційного покриття підземних трубопроводів з вищою точністю і на ділянках з значним рівнем промислових завад. Крім того, така побудова вимірювального каналу дозволяє не використовувати фільтри високих порядків, які вимагають для своєї реалізації прецизійних термостабільних компонентів і індивідуального налагоджування.

1. Яворський А.В. Методика проведення контролю стану ізоляційного покриття Підземних нафтогазопроводів за допомогою системи бксіт // Методи і прилади контролю якості.- 2001. - №7 – С. 25-28. 2. Гордиенко В.И., Убогий В.П., Ярошевский Е.В. Электромагнитное обнаружение инженерных коммуникаций и локальных аномалий. – Киев: Наук.думка, 1981.–231с. 3. Осипов О.И., Усынин Ю.С. Промышленные помехи и способы их подавления в вентиляльных электроприводах постоянного тока. – М: Энергия, 1979.–325с. 4. Ващишак С.П., Яворський А.В. Вдосконалення приладу для безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів // Методи і прилади контролю якості.- 2000. -

№6 – С. 25-28.5. Деклараційний патент UA 54031 А Україна, МПК 7 G01R31/12. Пристрій дистанційного контролю стану ізоляційного покриття підземних трубопроводів / Кісіль І.С., Ващишак С.П., Яворський А.В. (Україна). Опубл. 17.02.2003, Бюл. №2. 6. Patent 4390836 USA. G01R31/00. Method and apparatus for the detection of pipeline holidays / R.B.Charles, D.J.Irvin//Marathon Oil Company, Findlay, Ohio. 7. Патент 20821 Україна G01R19/00. Спосіб безконтактного вимірювання струму і глибини закладення захованих лінійних підземних провідників/ Л.Я.Мізюк, П.Б.Дуб// Фізико-механічний інститут ім.Г.В.Карпенка НАН України. 8. У. Титце, К. Шенк Полупроводниковая схемотехника. – М: Мир, 1983.–357с.

УДК 621.691.4.002

ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТРУБОПРОВІДІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ГАЗОНАПОВНЮЮЧИХ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

© Лютак І.З., Кісіль І.С., 2003

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто задачу оцінки динамічних напружень трубопроводів високого тиску автомобільних газонаповнюючих компресорних станцій в експлуатаційних умовах. Показано, що амплітуда і частота сил, що викликають вібрації трубопроводів, визначаються амплітудами і частотами коливань газу в цих трубопроводах. Встановлено, що динамічні напруження є співрозмірними із значеннями статичних напружень, що зумовлює не обхідність визначення їх величини при контролі напружено-деформованого стану трубопроводів високого тиску.

Суттєвий вплив на режими експлуатації, надійність роботи автомобільних газонаповнюючих компресорних станцій (АГНКС) вносить рух газу, що транспортується по технологічних трубопроводах. У результаті зворотно-поступального руху поршня компресора і роботи його клапанів у технологічних трубопроводах об'язки компресора виникають пружні хвилі газу. Ці хвилі, відбиваючись від місцевих завод (фасонні частини трубопроводу, технологічні апарати, коліна), повертаються до джерела. Відбита хвиля зустрічається з прямою і в залежності від характеристик трубопровідної системи в різних її перерізах, відбувається сумування чи віднімання їх миттєвих значень швидкостей. У випадку резонансу за рахунок відношення прямої та відбитої хвилі інтенсивність коливань різко зростає.

Хвильові процеси проходять біля рівня середніх складових потоку газу і змінюють його параметри: тиск, температуру та швидкість, які визначаються сумою середньої (стаціонарної) і динамічної складової [1].

Для зниження амплітуди коливань потоку газу використовують різні методи, одним із яких і є використання депульсаторів. При установці депульсатора амплітуда коливань газу в трубопровідній системі зменшується за рахунок зміни спектру Власних коливань та за рахунок дисипації коливальної енергії в депульсаторі. Даний метод дозволяє значно зменшити амплітуди коливань певних гармонік на всіх частотах спектру. Допустимий розмах коливань тиску після депульсатора становить біля 2 % [1].

Смути пропускання та гасіння спектрів коли-