УДК 621.19

ФАЗОВИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІДЗЕМНИХ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ

А.В. Яворський, С.П. Ващишак, А.М. Карпаш

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, тел. (8-0342) 50-47-08, e-mail: andryyus@yahoo.com

Проаналізовано застосування безконтактного амплітудного методу обстеження ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів, який широко використовується на практиці. При цьому показано, що даний амплітудний метод володіє суттєвими недоліками, які приводять до отримання недостовірних даних про стан ізоляційного покриття. Розкрито теоретичні основи і переваги фазового методу безконтактного обстеження ізоляційного покриття. Запропоновано технологічну схему проведення контролю фазовим методом.

Проведен анализ использования бесконтактного амплитудного метода исследования изоляционного покрытия подземных нефтегазопроводов, который широко используется на практике. При этом показано, что данный амплитудный метод владеет существенными недостатками, которые приводят к получению недостоверной информации о состоянии изоляционного покрытия. Раскрыто теоретические основы и преимущества фазового метода бесконтактного обследования изоляционного покрытия. Предложено технологическую схему проведения контроля фазовым методом.

The noncontact amplitude method of the isolating coating of oil and gas pipeline (which is widely used in practice) is analysed . It is shown that this amplitude method has significant defects which result in getting uncertain results concerning the state of the isolating coating. The theoretic basis and advantages of the phase method used for a noncontact survey of isolating coating are revealed. The technological scheme of the control procedure using the phase method is offered.

Безконтактні засоби обстеження підземних нафтогазопроводів з метою виявлення траси їх пролягання, визначення глибини залягання і діагностування ізоляційного покриття з поверхні землі застосовуються на зарубіжних і вітчизняних теренах вже більше 20-ти років. Проте, незважаючи на всі переваги, на даний час безконтактні обстеження не змогли витіснити класичні контактні обстеження, які проводяться для виявлення місць пошкоджень ізоляційного покриття підземних трубопроводів. Така ситуація зумовлена в першу чергу відсутністю вітчизняної нормативної бази, яка регламентує застосування безконтактних засобів обстеження ізоляційного покриття (ДСТУ 4219-2003 [1] регламентує застосування тільки контактних методів обстеження), і певними недоліками, виявленими в процесі експлуатації безконтактних засобів обстеження. Як правило, в основі таких засобів лежить так званий амплітудний метод обстеження – точно над віссю контрольованого трубопроводу фіксуються значення напруженості магнітного поля, яке виникає внаслідок протікання по стінці труби струму від підключеного до комунікації спеціального генератора чи станції електрохімзахисту. Таку вимірювальну ситуацію ілюструє навчальний посібник англійської фірми Radiodetection – світового лідера з випуску пошукової апаратури [2].

На рис.1 представлена процедура визначення глибини залягання трубопроводу і сили струму в його стінках, заникання якого вздовж досліджуваної ділянки трубопроводу характеризує стан його ізоляційного покриття.

Наведені на рис.1 залежності для амплітудного методу закладені в програмному забезпеченні переважної більшості засобів безконтактного контролю і в єдиному на теренах СНД нормативному документі Російської Федерації ВРД 39-1.10-026-2001 [3],

який регламентує застосування безконтактних засобів для обстеження ізоляційного покриття підземних трубопроводів.

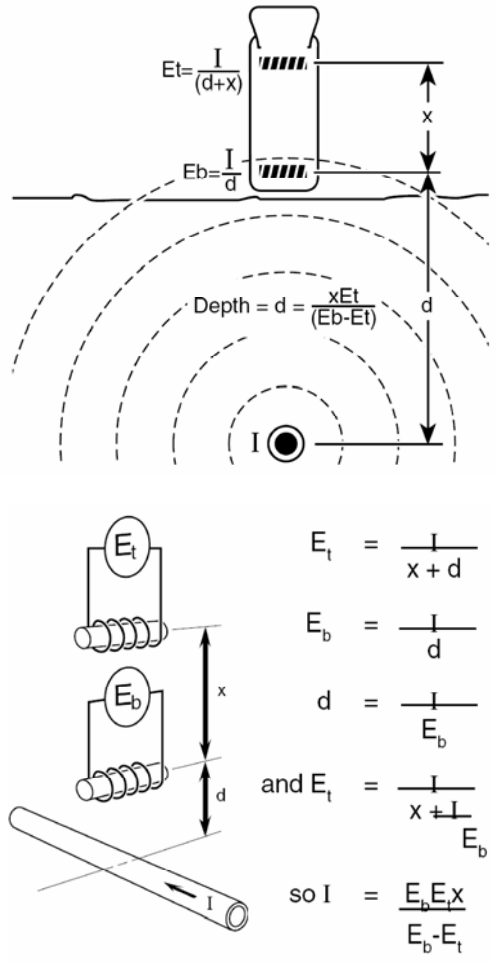


Рисунок 1 - Визначення глибини залягання трубопроводу і значення сили струму в його стінках (фірма Radiodetection)

До суттєвих недоліків наведеного вище амплітудного методу можна віднести те, що для отримання адекватних значень глибини залягання і струму в стінках трубопроводу необхідно якомога точніше позиціонувати пошуковий пристрій над трубопроводом, що не завжди є простою задачею в польових умовах. Крім того, залежності, які закладені в програмне забезпечення апаратури, не враховують послаблення напруженості магнітного поля у випадку, якщо трубопровід вкривається захисними матеріалами, що викликають ефект магнітного екранування (наприклад, захисні протиерозійні геомати Рено, які виконані з дрібнокоміркової металічної сітки подвійного кручення [4]). Також можна відмітити, що амплітудні методи дозволяють впевнено фіксувати тільки низькоомні пошкодження – пошкодження ізоляційного покриття з великою площею поверхні. Даний метод взагалі не дозволяє фіксувати відшарування ізоляційного покриття від поверхні труби у випадку, коли немає низькоомного контакту металу труби з ґрунтовим електролітом (як правило до 200 Ом).

Ще на початку 80-х років минулого століття на основі моделювання і розрахунку електричних параметрів трубопроводів було доведено можливість використання як інформаційного параметру при контролі стану ізоляційного покриття підземного трубопроводу не тільки значення струму в стінках труби (амплітудний метод), а й його фази [5]. Таким чином було закладено основу фазового методу безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних трубопроводів. Проте розвиток приладобудування і мобільної обчислювальної техніки не дозволив реалізувати ці теоретичні здобутки на практиці.

Проілюструвати теоретичні основи фазового методу контролю можна за допомогою електричної еквівалентної схеми трубопроводу з дефектом (рис.2) [5, 6].

На рис. 2 показані електричні елементи трубопроводу, які складаються з активного опору металу трубопроводу R_T, індуктивності трубопроводу L_T, ізоляційного покриття, які складаються з активного опору $R_{ІЗ}$ і ємності метал-грунт $C_{ІЗ}$; наскрізного дефекту в ізоляційному покритті, які складаються з активного опору ґрунтового електроліту в дефекті R_E і нелінійних величин на границі метал-електроліт, поляризаційного опору $R_П$, поляризаційної ємності $C_П$. Величини поляризаційної ємності і опору нелінійно залежать від густини постійного струму поляризації і не залежать від змінного струму (на якому проводиться контроль), які протікають по металу трубопроводу i_1, i_2 і в дефекті Δi.

Виходячи з рис. 2, для дефектних і бездефектних ділянок трубопроводу існують наступні залежності [6]:

$$C_П >> C_{ІЗ},\ R_П << R_{ІЗ},\ R_П + R_E << R_{ІЗ},$$

$$R_П + R_E < R_{ГР},\ R_{ІЗ} >> R_{ГР}. \qquad (1)$$

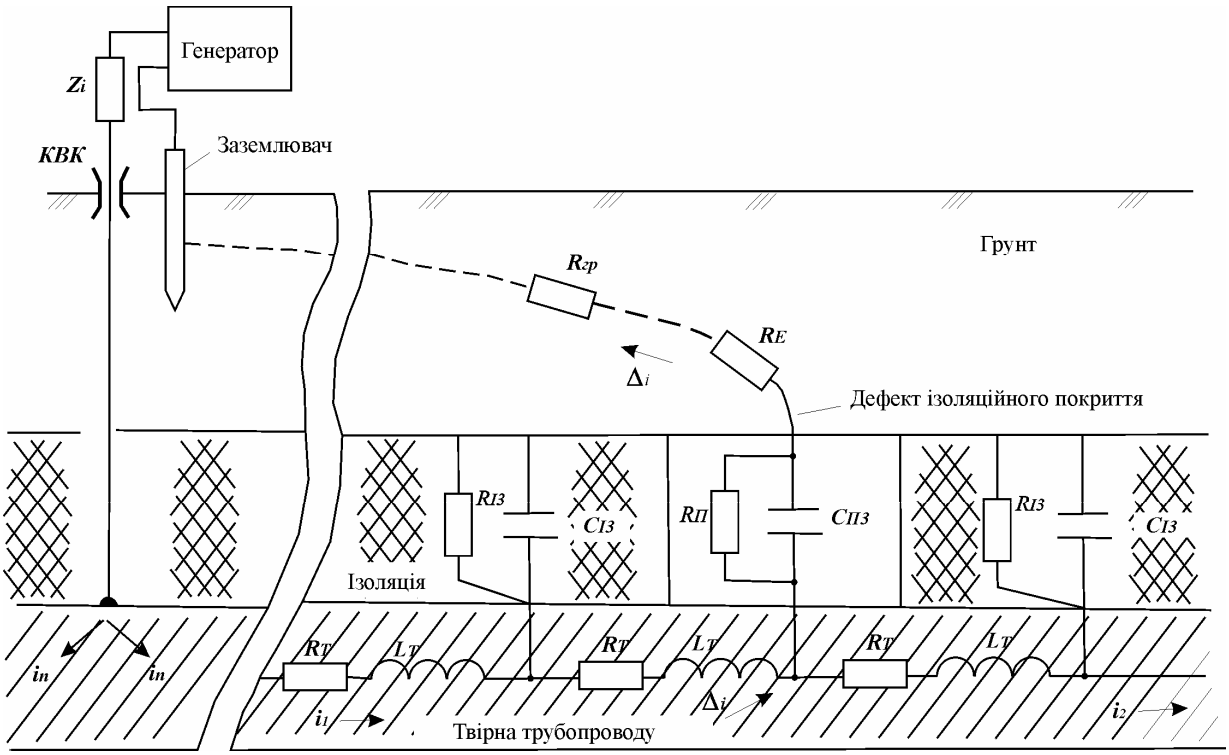


Рисунок 2 - Електрична еквівалентна схема трубопроводу з дефектом

Зсув фази струмового сигналу в точці дефекту ізоляційного покриття відносно вхідного $i_П$ (рис. 2) φ згідно [5] визначається так:

$$\varphi = 2\pi f \sqrt{\frac{R_П L_T C_П}{Z_i + R_T + R_{ГР} + R_E + R_П}}, \qquad (2)$$

де f – частота сигналу, Z_i – вхідний опір генератора.

Таким чином, величина фази і її зміни не залежать від величини амплітуди отриманого сигналу з трубопроводу, а залежать тільки від електричних параметрів трубопроводу і електричних характеристик його ізоляційного покриття для даної частоти сигналу. За величиною фази можна судити про стан ізоляційного покриття трубопроводу і про місце та величину дефекту в місці пошкодження покриття без точного позиціювання пошукового пристрою над контрольованим трубопроводом.

На даний час фазовий метод безконтактного контролю ізоляційного покриття реалізований тільки в апаратурі контролю підземних кабельних ліній «Поиск-310Д-2» і «Поиск 410» (рис.3) виробництва компанії «Связьприбор» [7].

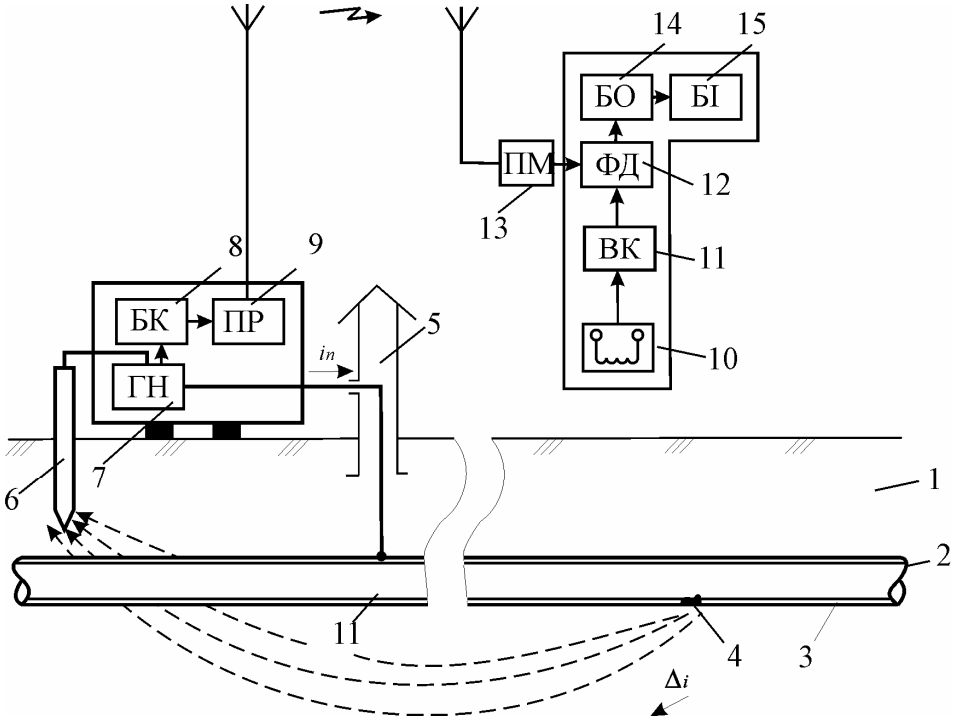


Рисунок 3 – Апаратура безконтактного контролю ізоляційного покриття «Поиск-310Д-2» і «Поиск 410» виробництва компанії «Связьприбор»

Як показує практика, за допомогою наведеної вище пошукової апаратури можливий надійний пошук високоомних пошкоджень ізоляційного покриття порядку 10-20 кОм, в той час як амплітудний метод дозволяє реєструвати пошкодження тільки на рівні 200 Ом. Така ситуація дозволяє проводити безконтактний контроль ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів в ґрунтах з високим питомим опором (піщаних, субпіщаних).

Однак, попри позитивні сторони при експлуатації апаратури, яка наведена на рис. 3, виявлені суттєві проблеми з так званим «плаванням» фази прийнятого сигналу. На нашу думку, ця проблема пов'язана з автономним значенням «накопичення» фази вздовж контрольованої комунікації, яка реалізована в даних пошукових системах. На початковій точці пошуку підстроюється внутрішній опорний генератор на нульовий фазовий зсув відносно сигналу, сприйнятого від контрольованої комунікації. Така точка над комунікацією приймається як реперна для розрахунку фазового зсуву (при переміщенні від точки відбувається накопичення фазового зсуву). Під час руху над трубопроводом чи кабелем зсув фази сигналу відносно реперної точки записується в пам'ять приймача системи. Проте така система, незважаючи на свою відносну простоту, є несинхронізованою в часі, а тому цілком можливе «плавання» фази інформаційного сигналу, яке пов'язано із різноманітними внутрішніми і зовнішніми чинниками (внутрішні шуми, вплив температури). Крім того, така побудова системи не дозволяє рухатись оператору у взаємопротележних напрямках вздовж траси (наприклад, для уточнення місця пошкодження), оскільки «правильне» накопичення фази можливе лише за умови віддалення від точки, де був створений «опорний» нульовий зсув фаз.

Щоб уникнути «плавання» фази нами на основі накопиченого практичного досвіду обстеження ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів [8] пропонується наступна технологічна схема обстеження ізоляційного покриття із застосуванням фазового методу (рис. 4).



1-грунт; 2-нафтогазопровід; 3-ізоляційне покриття; 4-пошкодження ізоляційного покриття; 5-контрольно-вимірювана колонка; 6-заземлювач; 7-генератор; 8-блок керування; 9-передавач; 10-магнітна антена; 11-вимірювальний канал; 12-фазовий детектор; 13-приймач; 14-блок обробки; 15-блок індикації

Рисунок 4 – Технологічна схема безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів з використанням фазового методу

Рішення, яке відображене на технологічній схемі (рис.4), полягає в передачі через радіоканал опорного сигналу для фазового детектора приймального модулю, що дозволяє уникнути виникнення ефекту «плавання» фази, яке притаманне для існуючих пристроїв (рис. 3), в яких інформативне фазове зміщення отримується за допомогою внутрішнього опорного генератора, що є неефективним з точки зору синхронізації. Таким чином, технологічна схема наведена на рис. 4 дозволяє отримати реальний зсув фази в довільній точці над трубопроводом при переміщенні оператора у взаємопротилежних напрямках.

Звичайно, на даний час фазовий метод обстеження ізоляційного покриття не може бути передовим, проте на ближчий час слід очікувати подальшого розвитку методу в напрямку підвищення чутливості і надійності фазової дефектоскопії. Крім того, доцільним є одночасне поєднання амплітудного і фазового методів безконтактного обстеження ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів для підвищення достовірності контролю.

ВИСНОВОК

Фазовий метод безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів дозволяє визначати не тільки місця пошкоджень ізоляційного покриття, але й його параметри. Однак для цього необхідно провести ще належне доопрацювання методу.

Література

1. ДСТУ 4219-2003. Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії.-Київ: Держспоживстандарт України, 2003.-68 с.

2. ABC of location buried pipes and cables. www.radiodetection.com.

3. Методика оценки фактического положения и состояния подземных трубопроводов. ВРД 39-1.10-026-2001. – М.: ВНИИГАЗ. – 2001.

4. ГОСТ Р 52132-2003. Изделия из сетки для габионных конструкций. Технические условия.

5. Сидоров Б.В., Щербаков Л.Ф. О расчете электрических параметров трубопроводов // Изоляция трубопроводов/ Тр. ВНИИСТа. – 1982. – С. 92-109.

6. Сидоров Б.В., Ботов В.М. Комплексный подход к оценке фактического состояния подземных трубороводов // Надежность газопроводных конструкций. Сб. науч. тр. – М.: ВНИИгаз. – 1990. – С. 24-39.

7. Компанія «Связьприбор» http://www.svpribor.ru/.

8. Яворський А. В., Кісіль І. С. Усунення впливу електромагнітних завад при проведенні безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів // Фізичні методи та засоби контролю середовищ матеріалів та виробів (серія), Вип. 10: Акустичні та електромагнітні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів; Зб. наук. праць.- Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України. – 2005. – С.119-125.

Рекомендована до друку Оргкомітетом 5-ої Міжнародної н/т конференції „Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання", яка відбулася в ІФНТУНГ 02–05.12.2008р.