

681.518

Я 22

**Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу**



**Яворський Андрій Вікторович**

**УДК 621.370:622.692**

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ТА СИСТЕМИ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО  
КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ НАФТОГАЗОПРОВІДІВ**

**05.11.13 – Прилади і методи контролю  
та визначення складу речовин**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Івано-Франківськ – 2005**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі “Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

*Науковий керівник:*

доктор технічних наук, професор

**Кісіль Ігор Степанович,**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри “Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції”.

*Офіційні опоненти:*

доктор технічних наук, професор

**Горбійчук Михайло Іванович,**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри “Комп’ютерні системи і мережі”;

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

**Джала Роман Михайлович,**

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів.



*Провідна установа:*

**Вінницький національний технічний університет**

ня.

Захи

ціалізованої вченої

ради

університеті нафти і

газу

З ди

ого національного

техні

ківськ, 76019).

Автор

Вчений секретар

кандидат технічних наук

Дранчук М. М.



an782

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

*зми.* Підземні металічні трубопроводи є найбільш металомісткими, що морально не старіють упродовж тривалого часу. Ритмічна робота багатьох галузей промисловості безпосередньо пов'язана з надійністю підземних нафтогазопроводів. Однією із основних причин відмов підземних трубопровідних систем є корозія трубопроводів. Пошкодження захисного ізоляційного покриття трубопроводу робить можливим контакт його стінки з ґрунтовим електролітом, що сприяє корозії металу труби. Корозія приводить не тільки до збільшення витрат на ремонтно-відновлювальні роботи, але і до значно більших втрат, пов'язаних із виникненням аварій і, як наслідок, до перебоїв у транспортуванні нафти, природного газу і нафтопродуктів підземними нафтогазопроводами.

Крім того, корозійні процеси створюють екологічні проблеми (забруднення нафтою акваторій річок, озер, газом навколишнього повітря тощо).

На даний час важливим завданням є контроль ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів при наявності різних промислових електромагнітних завад, контроль ізоляційного покриття електрично з'єднаних між собою декількох підземних нафтогазопроводів.

Відомі контактні технічні засоби контролю ізоляції дозволяють здійснювати контроль за станом ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів з урахуванням вищевказаних факторів. Однак роботи при цьому проводять з продуктивністю не більше 0,25 км/год., що не дозволяє оперативно оцінити стан ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів на нафтових і газових промислах, де їх загальна довжина на одному із них може бути в діапазоні від 100 до 1000 км.

Існуючі безконтактні засоби контролю стану ізоляційного покриття на даний час не дозволяють уникнути впливу вказаних вище факторів на їх роботу, не дають змоги автоматизувати процес проведення контролю, накопичувати дані для моніторингу та прогнозувати стан ізоляційного покриття в майбутньому.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.* Дослідження, результати яких приведені у дисертації, безпосередньо пов'язані із виконанням у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу (ІФНТУНГ) держбюджетної науково-дослідної теми Д4-01-Ф „Наукові основи контролю, управління і екологічного моніторингу об'єктами нафтогазового комплексу України”, номер державної реєстрації 0204U003207 і госпдоговірних тем: № 9/98 “Розробка технології і технічних засобів контролю стану ізоляції підземних промислових нафтогазопроводів нафтогазовидобувних підприємств” (0303U007932), № 35-1/03 “Розробка пристрою для контролю стану ізоляції і наявності врізок в газових і газоконденсатних підземних трубопроводах” (0103U001614), №76/2004 “Розробка методики

проведення метрологічної атестації пристрою для контролю ізоляції газових і газоконденсатних підземних трубопроводів” (0104U005497).

**Мета роботи** полягає у розробці теоретичних, методологічних основ та технічних засобів для безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних промислових нафтогазопроводів при наявності електромагнітних завад і електричного з’єднання між цими нафтогазопроводами.

Відповідно до поставленої мети **завдань** дослідження є такими:

- аналіз впливу електромагнітних завад і електричного з’єднання декількох підземних нафтогазопроводів на результати безконтактного контролю їх ізоляційного покриття;
- дослідження перехідних процесів у стінках підземних нафтогазопроводів, які виникають при підключенні до них сигнал-генератора;
- розробка математичної моделі розподілу горизонтальної складової напруженості магнітного поля над декількома паралельними електрично з’єднаними підземними нафтогазопроводами;
- розробка методу безконтактного визначення струмів в стінках підземних нафтогазопроводів при наявності електромагнітних завад і електричного з’єднання між ними;
- розробка інформаційно-виміральної системи і програмного забезпечення для реалізації розроблених математичних моделей і методу безконтактного визначення струмів в стінках підземних нафтогазопроводів;
- оцінка похибок інформаційно-виміральної системи при контролі ізоляційного покриття як одиночного нафтогазопроводу, так і паралельних електрично з’єднаних нафтогазопроводів;
- розробка методики оцінки стану ізоляції підземних нафтогазопроводів на основі безконтактно визначених струмів в їх стінках за допомогою розробленої інформаційно-виміральної системи;
- проведення лабораторних і промислових випробувань розробленої системи контролю стану ізоляції підземних нафтогазопроводів.

**Об’єкти дослідження:** підземні нафтогазопроводи, які експлуатуються в умовах промислових електромагнітних завад і можуть бути електрично з’єднаними між собою.

**Предмет дослідження:** методи, засоби та системи безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у наступному:

- вперше отримані залежності для опису перехідних процесів встановлення усталеного значення струму в стінках підземних нафтогазопроводів при підключенні до них сигнал-генератора. Показано, що перехідний процес в таких трубопроводах триває не більше 0,375 с;

- вперше розроблена математична модель розподілу горизонтальної складової напруженості магнітного поля в довільній площині перерізу над декількома паралельними електрично з'єднаними підземними нафтогазопроводами при проходженні по їх стінках синфазних струмів, що дозволило розробити метод виключення впливу електричного з'єднання паралельних нафтогазопроводів на результати безконтактного визначення струмів в стінках кожного із них, а також визначити координати їх залягання.

- для знаходження струмів і параметрів залягання декількох паралельних електрично з'єднаних контрольованих підземних нафтогазопроводів вперше використані метод Бокса і метод Девідсона-Флетчера-Пауела для мінімізації розходження між розрахованими і вимірними значеннями горизонтальної складової напруженості магнітного поля над контрольованими нафтогазопроводами.

**Практичне значення одержаних результатів.** Проведені теоретичні, методологічні та експериментальні дослідження дозволили отримати такі практичні результати:

- розроблено методику усунення впливу зовнішніх електромагнітних завад на результати вимірювання напруженості магнітного поля над контрольованими підземними нафтогазопроводами;

- розроблено методику контролю ізоляційного покриття електрично з'єднаних між собою підземних нафтогазопроводів при дії електромагнітних завад;

- розроблено інформаційно-вимірвальну систему БКІТ-2 для безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів в умовах промислових електромагнітних завад і при наявності електричного з'єднання між ними, яка реалізує запропонований метод контролю;

- розроблено програмне забезпечення, яке дозволяють отримувати значення струмів в стінках контрольованих підземних нафтогазопроводів з прив'язкою до місця контролю як безпосередньо в польових умовах, так і в лабораторних умовах;

- здійснена оцінка методичної, інструментальної та сумарної похибок інформаційно-вимірвальної системи БКІТ-2, а також розроблено методику перевірки та програму і методику метрологічної атестації цієї системи.

**Вірогідність результатів.** Вірогідність отриманих наукових результатів в роботі зумовлена виконанням теоретичних досліджень з використанням теорії магнітного поля струмопроводів, суперпозиції магнітних полів, теоретичних основ електротехніки, методики оптимізаційного пошуку методами Девідсона – Флетчера – Пауела і Бокса, а також теоретичних основ метрології.

Вірогідність отриманих результатів експериментальних досліджень зумовлена правильністю виконання експериментів і підтверджується їх збіжністю з результатами теоре-

тичного аналізу, а також з результатами впровадження розробленого методу контролю і інформаційно-вимірювальної системи БКІТ-2.

**Особистий внесок здобувача.** Основна частина теоретичних та експериментальних досліджень, висновки і рекомендації виконані автором самостійно. Автором проаналізовані існуючі методики та прилади для безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів в умовах різних промислових завод [1]; сформовано мету і задачі досліджень; розроблено метод усунення впливу зовнішніх електромагнітних завод на результати вимірювання напруженості магнітного поля над контрольованими трубопроводами [3, 4]; розроблено метод контролю ізоляційного покриття електрично з'єднаних між собою підземних нафтогазопроводів при дії електромагнітних завод; розроблено математичний опис залежності горизонтальної складової напруженості магнітного поля над підземними трубопроводами, яка не вимагає використання як координати точки відліку положення осі одного із контрольованих підземних нафтогазопроводів [6]; розроблена структурна схема інформаційно-вимірювальної системи для безконтактного контролю стану ізоляційного покриття як одиночних, так і паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів в умовах промислових електромагнітних завод; проведений метрологічний аналіз розробленої інформаційно-вимірювальної системи контролю [7].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи обговорювалися на н/т конференціях професорсько-викладацького складу ІФНТУНГ (2001р.); на наукових семінарах кафедри “Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції” (МПКЯ і СП) ІФНТУНГ (2002-2004р.р.); на VIII н/т конференції „Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах” (м. Хмельницький, 2001 р.); на н/т конференції „Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів ЛЕОТЕСТ 2001” (Славське, 2001); на н/т конференції „Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання” (м. Івано-Франківськ, 2002); на IX н/т конференції „Сучасні методи і засоби неруйнуючого контролю і технічної діагностики” (м. Ялта, 2003); на н/т конференції „Приладобудування 2004: Стан і перспективи” (м. Київ, 2004р.); на н/т конференції “Нафта і газ 2004” (м. Судак, 2004 р.).

**Публікації.** Результати роботи висвітлені у 7 статтях у фахових наукових журналах (2 статті одноособові), у 7 збірниках матеріалів і тез н/т конференцій, 1-му деклараційному патенті України.

**Структура дисертації.** Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел із 96 найменувань і викладена на 150 сторінках. Крім того дисертація проілюстрована 68 рисунками, включає 12 таблиць і 22 додатки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* вказана сутність наукової проблеми, її стан та значущість для народного господарства, показаний зв'язок із науковими темами, сформульовані мета та задачі досліджень, подані наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, вказаний особистий внесок здобувача, приведена інформація про публікації по результатах роботи та про їхню апробацію.

У *першому розділі* дано аналіз чинників, які впливають на стан ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів та проведено їх систематизацію. Показано, що найбільший вплив на технічний стан ізоляційного покриття має тип ґрунту, в якому залягає нафтогазопровід, вологість і засоленість ґрунту, маса і температура транспортованого продукту. Крім того суттєво впливають на стан ізоляції сторонні електромагнітні поля (завади), які виникають внаслідок роботи ліній електропередач, електрифікованого рейкового транспорту, потужних електроустановок тощо.

В даному розділі приведено результати аналізу існуючих методів і засобів контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів. На даний час відомі різні контактні та безконтактні методи контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів, які реалізуються при виготовленні відповідних технічних засобів. Однак контактні методи не дають змоги проводити контроль при високому питомому опорі ґрунту (понад 100 Ом·м), під дорожнім покриттям та у зоні дії блукаючих струмів. Продуктивність контролю при використанні засобів, що реалізують ці методи, не перевищує 0,25 км/год, що не дозволяє оперативно проводити контроль значних ділянок підземних нафтогазопроводів.

Відомі безконтактні методи і засоби контролю у порівнянні з контактними виграють у простоті, дальності дії і універсальності, але програють останнім у точності знаходження місця пошкодження ізоляції, на результати контролю цими засобами впливають промислові електромагнітні завади, а також електричні зв'язки між декількома підземними нафтогазопроводами, що має місце на нафтових і газових промислах.

Особливо це проявляється при контролі паралельних електрично з'єднаних трубопроводів, які знаходяться на відстані один від одного, що є меншою за подвійну глибину їх залягання. Відомі контактні і безконтактні методи і засоби контролю для своєї реалізації вимагають точної прив'язки до осі одного із паралельних трубопроводів, причому відстань між цими трубопроводами повинна бути більшою за подвоєну глибину їх залягання.

З урахуванням проведеного аналізу відомих методів і засобів контролю, а також факторів, що впливають на отримані результати контролю, визначені мета і задачі досліджень дисертаційної роботи.

У *другому розділі* розроблено методику безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів при наявності паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів і промислових електромагнітних завод.

Безконтактний контроль ізоляційного покриття базується на визначенні величини зникання струму вздовж підземного нафтогазопроводу, що протікає в стінці труби і витікає у місцях пошкодження його ізоляції (зникання струму). Зникання струму вздовж трубопроводу визначається на основі результатів вимірювання напруженості магнітного поля, що має місце над досліджуваною ділянкою нафтогазопроводу при протіканні в його стінках струму від сигнал-генератора.

Проведений аналіз впливу електромагнітних завад на результати проведення безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів показав, що контрольований нафтогазопровід також може виступати як вторинне джерело завади при такому контролі. Тому первинні і вторинні джерела електромагнітних завад сумарно впливають на результати безконтактного визначення значення струму в стінках контрольованого нафтогазопроводу, що є причиною похибок отриманих значень визначеного таким чином струму.

Слід зазначити, що напруженість магнітного поля завади в кожній точці контролю над підземним нафтогазопроводом може бути різною і на неї впливають ряд наперед невизначених факторів. Тому пропонується застосовувати інформаційно-вимірвальну систему (ІВС) для виключення впливу електромагнітних завад з використанням двох приймальних магнітних антен, як найбільш заводозахиснену (рис.1).

Метод усунення впливу електромагнітних завад на результати вимірювання напруженості магнітного поля над підземним нафтогазопроводом 2 є наступним. В точці контролю над трубопроводом проводять окремо вимірювання напруженості магнітного поля при підключеному і відключеному сигнал-генераторі 5 через комутатор 6 до трубопроводу за допомогою магнітних антен 13 і здійснюється запам'ятовування цих значень блоком керування 15. Значення завади є сумарним від впливу первинного і вторинного джерел завади. Блок керування 15 здійснює також підключення і відключення сигнал-генератора до трубопроводу через радіоканал, який утворений радіопередавачем приймача 17 і радіоприймачем 8 сигнал-генератора 5. На основі різниці вимірних таким чином напруженостей блок 15 розраховує значення струму в стінках контрольованого трубопроводу, який має місце там тільки внаслідок роботи сигнал-генератора, тобто без впливу електромагнітних завад.

Важливою задачею для реалізації запропонованої методу усунення впливу електромагнітних завад є забезпечення мінімального часового інтервалу між вимірюваннями напруженостей магнітного поля сигналу завади і сумарного сигналу. Оскільки струмовий сигнал в трубопроводі, що формується сигнал-генератором, не може прийняти постійне усталене значення миттєво, то необхідно проаналізувати перехідний процес досягнення цього значення в трубопроводі як в електричній системі з розподіленими параметрами. Відповідно значення часу досягнення усталеного значення струмового сигналу в трубопроводі визначатиме величину



часового інтервалу між вимірюваннями напруженостей магнітного поля сигналу завади і сумарного сигналу.

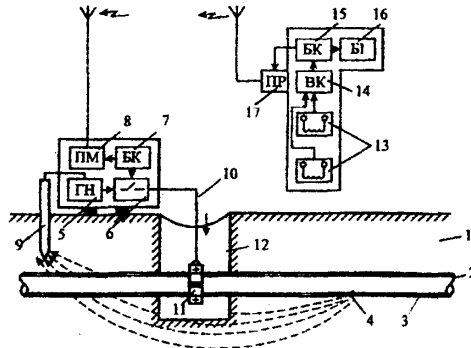


Рис. 1. ІВС для виключення впливу електромагнітних завод на результати вимірювання напруженості магнітного поля над підземним нафтогазопроводом:

- 1- ґрунт; 2 – нафтогазопровід; 3 – ізоляційне покриття; 4 – пошкодження ізоляційного покриття;  
 5 – генератор; 6 – комутатор; 7 – блок керування сигнал-генератора; 8 – радіоприймач;  
 9 – заземлювач; 10 – з'єднувальні провідники; 11 – хомут; 12 – експлуатаційний колодязь;  
 13 – магнітні антени; 14 – вимірювальний канал; 15 – блок керування приймача; 16 – блок індикації; 17 – радіопередавач

Для аналізу перехідного процесу була використана еквівалентна електрична схема заміщення ділянки підземного нафтогазопроводу для змінного струму, яка приведена на рис. 2.

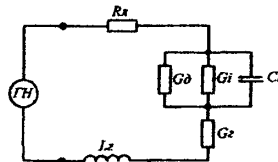


Рис. 2. Електрична схема заміщення ділянки підземного нафтогазопроводу для змінного струму

Схема заміщення включає наступні погонні параметри:  $L_z$ ,  $G_z$  - індуктивність і провідність ґрунту;  $C_i$ ,  $G_i$  - ємність і провідність ізоляції;  $G_\delta$  - провідність дефекту ізоляційного покриття;  $R_z$  - опір провідника, за допомогою якого підземний нафтогазопровід під'єднується до сигнал-генератора ГН.

В результаті проведених досліджень був отриманий такий вираз для струму стінках

підземного нафтогазопроводу в операторній формі:

$$I_1(p) = \frac{U_{ген}(1 + R_2 \cdot C_1 p)}{(p - 2j\pi f)(p^2 L_2 C_1 R_2 + p(L_2 + (R_2 + R_1) \cdot R_2 C_1) + R_2 + R_1 + R_2)}, \quad (1)$$

де  $U_{ген}$  - напруга на виході сигнал – генератора;  $R_2 = R_{i\_ліній} / (\pi \cdot D_T \cdot l)$  - опір ізоляції;  $R_{i\_ліній}$  - питомий електричний опір ізоляційного покриття;  $D_T$  - діаметр трубопроводу;  $l$  - довжина контрольованої ділянки трубопроводу;  $f$  - частота вихідної напруги сигнал-генератора.

Виконуючи зворотнє перетворення Лапласа над (1) за допомогою програмного пакету MathCad Professional, проведений розрахунок тривалості перехідного процесу для різних типів ізоляційних покриттів, різних значень діаметру, довжини трубопроводу та частоти струмового сигналу при задовільному і незадовільному станях ізоляційного покриття. Результати таких розрахунків приведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Результати розрахунку перехідного процесу в стінках підземного нафтогазопроводу

Варіант розрахунку	Діаметр трубопроводу $D_T$ , м	Довжина контролю $l$ , м	Питомий електричний опір $R_{i\_ліній}$ , Ом·м <sup>2</sup>	Частота $f$ , Гц	Час перехідного процесу, с
1	0,089	3000	$5 \cdot 10^4$	87	0,3
2	0,089	3000	$5 \cdot 10^4$	457	0,375
3	0,089	3000	50	87	0,025
4	0,089	3000	50	457	0,02
5	0,089	10000	$5 \cdot 10^4$	87	0,35
6	0,089	10000	$5 \cdot 10^4$	457	0,325
7	0,089	10000	50	87	0,015
8	0,089	10000	50	457	0,018
9	1,22	3000	$5 \cdot 10^4$	87	0,325
10	1,22	3000	$5 \cdot 10^4$	457	0,15
11	1,22	3000	50	87	0,03
12	1,22	3000	50	457	0,025
13	1,22	10000	$5 \cdot 10^4$	87	0,25
14	1,22	10000	$5 \cdot 10^4$	457	0,2
15	1,22	10000	50	87	0,0065
16	1,22	10000	50	457	0,01

Аналізуючи отримані дані (табл. 1) можна сказати, що найбільший вплив на час перехідного процесу має стан ізоляційного покриття підземного трубопроводу. Чим більш є пошкодженою ізоляція трубопроводу, тим меншим є час перехідного процесу. Максимальний час перехідного

процесу з урахуванням даних табл. 1 не перевищує 0,375 с при непошкодженому ізоляційному покритті.

Не менш важливою є задача урахування впливу паралельних електрично з'єднаних між собою підземних нафтогазопроводів на результати визначення струму в стінках кожного із них. Електричний контакт між такими трубопроводами призводить до того, що контрольований струм розповсюджується у стінках в цих трубопроводах і при невеликій відстані між ними в результаті взаємодії магнітних полів ускладнюється визначення положення осей контрольованих трубопроводів і отримання достовірних даних про величину струмів в стінках кожного із них.

Одержання математичного опису розподілу горизонтальної складової напруженості магнітного поля над трубопроводами базується на відомому законі Біо-Савара-Лапласа. У результаті проведених досліджень отримано таку математичну модель розподілу горизонтальної складової напруженості магнітного поля для двох паралельних трубопроводів:

$$H'_y = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{I_1 z_1}{z_1^2 + (y' - d')^2 \cos^2 \varphi} + \frac{I_2 z_2}{z_2^2 + (y' - b' - d')^2 \cos^2 \varphi} \right], \quad (2)$$

де  $I_1$  і  $I_2$  – струми в стінках трубопроводів 1 і 2 (рис. 3);  $z_1, z_2$  – висоти точок спостереження над трубопроводами;  $b$  – відстань між трубопроводами;  $d$  – відстань від точки відліку до осі трубопроводу 1;  $\varphi$  – кут між площиною  $oy'$  (в якій отримуються значення  $H'_y$ ) і перпендикуляром до напрямку шлейфу трубопроводів;  $y'$  – абсциса в площині  $oy'$ .

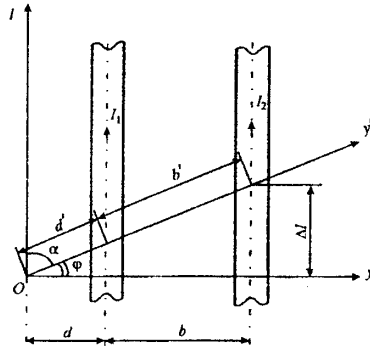


Рис. 3. Розрахункова схема для одержання залежності  $H'_y$

Знаходження значень струмів ( $I_1, I_2$ ) в стінках трубопроводів і параметрів, що визначають їх координати залягання ( $z_1, z_2, b, d, \varphi$ ), здійснюється шляхом мінімізації деякого наперед заданого критерію оптимальності апроксимації  $\Delta a$ , який визначає розходження між теоретичними і експериментальними значеннями напруженості магнітного поля:

$$\Delta a \rightarrow \min_{I_1, I_2, z_1, z_2, \varphi, d', b'} \quad (3)$$

У результаті проведеного чисельного експерименту було встановлено, що найбільш придатним для даної задачі є критерій найменших квадратів:

$$\sigma^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (H'_{y_i}(y) - \tilde{H}'_{y_i}(y))^2, \quad (4)$$

де  $\tilde{H}'_{y_i}(y)$  - значення горизонтальної складової напруженості магнітного поля, які виміряні у площині  $oy'$  над трубопроводами;  $m$  - кількість спостережень.

Теоретичний аналіз і результати розрахунків показали, що у деяких випадках апроксимація даних функцією (2) приводить до небажаних результатів, оскільки отримані у процесі апроксимації значення параметрів функції виходять за реальні межі, тобто такі значення, які не є реальними. Тому у процесі апроксимації необхідно вказати реальні граничні значення параметрів. Критерій оптимальності апроксимації повинен бути сформульований як задача мінімізації з обмеженнями щодо аргументів функцій. Дані обмеження можна записати у наступному вигляді:

$$\begin{aligned} I_{1\min} \leq I_1 \leq I_{1\max}; \quad I_{2\min} \leq I_2 \leq I_{2\max}; \quad z_{1\min} \leq z_1 \leq z_{1\max}; \quad z_{2\min} \leq z_2 \leq z_{2\max}, \\ b'_{\min} \leq b' \leq b'_{\max}; \quad d'_{\min} \leq d' \leq d'_{\max}; \quad -\varphi_{\min} \leq \varphi \leq \varphi_{\max}. \end{aligned} \quad (5)$$

Нами запропоновано задачу мінімізації критерію оптимальності апроксимації (4) звести до задачі мінімізації функції Лагранжа виду:

$$\begin{aligned} F(\overline{X}, \overline{\lambda}, u) = \sigma^2 + \lambda_1(I_1 + U_1^2 - I_{1\max}) + \lambda_2(-I_1 + U_2^2 - I_{1\min}) + \lambda_3(I_2 + U_3^2 - I_{2\max}) + \lambda_4(-I_2 + U_4^2 - I_{2\min}) + \\ \lambda_5(z_1 + U_5^2 - z_{1\max}) + \lambda_6(-z_1 + U_6^2 - z_{1\min}) + \lambda_7(z_2 + U_7^2 - z_{2\max}) + \lambda_8(-z_2 + U_8^2 - z_{2\min}) + \lambda_9(b' + U_9^2 - b'_{\max}) + \\ \lambda_{10}(-b' + U_{10}^2 - b'_{\min}) + \lambda_{11}(-\varphi + U_{11}^2 - \varphi_{\max}) + \lambda_{12}(\varphi + U_{12}^2 - \varphi_{\min}), \end{aligned} \quad (6)$$

де  $\overline{X}$  - вектор аргументів функції (2);  $\overline{X} = (I_1, I_2, z_1, z_2, b, d, \varphi)$ ;  $\lambda_1, \dots, \lambda_{12}$  - відповідні множники Лагранжа;  $U^2_{1}, \dots, U^2_{12}$  - відповідні послаблюючі змінні.

Для знаходження значень  $I_1, I_2, z_1, z_2, b, d, \varphi$  обрано два методи оптимізаційного пошуку: метод Девідсона-Флетчера-Пауела (ДФП) і метод Бокса. Метод ДФП метод має високу точність, але повільну збіжність, що вимагає значної потужності обчислювальних засобів. Цей метод пошуку параметрів доцільно використовувати у лабораторних умовах для точного визначення струму в стінках підземних паралельних нафтогазопроводах на основі результатів вимірювання значень напруженості магнітного поля, отриманих в польових умовах. Перевагами методу Бокса є його простота, зручність при програмуванні. Метод використовує тільки значення функції (4) і обмеження (5) і може бути реалізований безпосередньо в польових умовах з використанням малопотужних обчислювальних засобів (мікро-ЕОМ).

Вираз (2) може бути поширений і на декілька паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів:

$$H'_y = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{I_1 z_1}{z_1^2 + (y' - d')^2 \cos^2 \varphi} + \sum_{j=2}^n \frac{I_j z_j}{z_j^2 + (y'_j - b'_{j-1} - d')^2 \cos^2 \varphi} \right], \quad (7)$$

де  $n$  - кількість паралельних трубопроводів; " / " - позначка, яка вказує на параметри у площині  $OY'$  (рис. 3).

На основі проведених теоретичних досліджень в даному розділі також сформульовані вимоги до розробки ІВС контролю стану ізоляції підземних нафтогазопроводів в умовах промислових завод з метою реалізації нею результатів теоретичних досліджень.

У *третьому розділі* основна увага приділена розробці ІВС для безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів.

Розроблено і описано структурну схему, конструкцію і програмне забезпечення приймача (рис. 4) і сигнал-генератора (рис. 5) ІВС БКІТ-2, за допомогою яких реалізуються запропонований метод контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів.

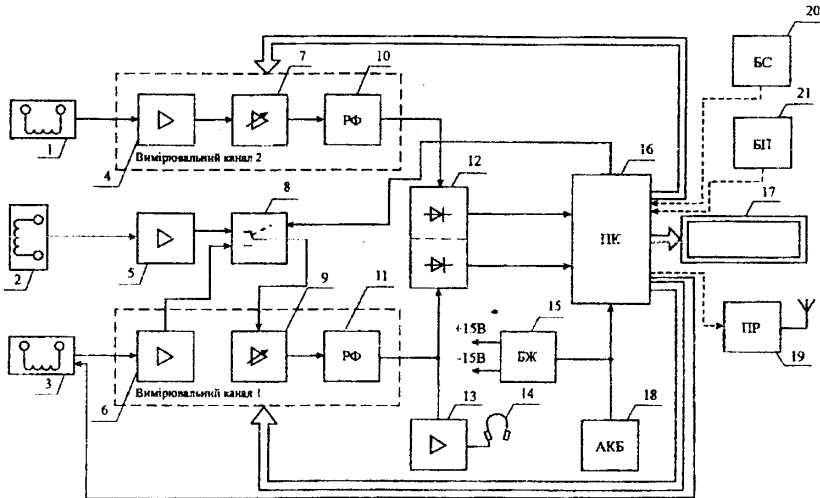


Рис. 4. Структурна схема приймача ІВС БКІТ-2

Приймач складається з трьох магнітних антен 1, 2, 3, трьох попередніх підсилювачів 4, 5, 6, програмованих підсилювачів 7, 9, комутатора 8, активних резонансних фільтрів 10, 11, лінійного детектора 12, звукового підсилювача 13, головних телефонів 14, блоку живлення 15, пристрою керування 16, цифрового індикатора 17, акумуляторної батареї 18, радіопередавача 19, блоків сканування 20 і профілювання 21. Магнітні антени 1, 2 налаштовані на робочу частоту 457 Гц. Магнітна антена 3 перелаштовується з пошукової частоти 457 Гц на вимірювальну частоту 87 Гц.

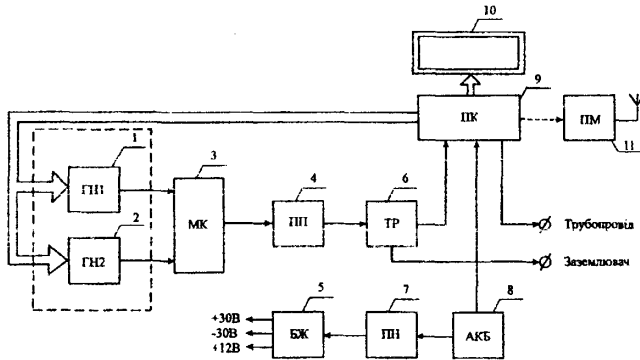


Рис. 5. Структурна схема сигнал-генератора ІВС БКІТ-2

Сигнал-генератор складається з пошукового генератора 1 (робоча частота 457 Гц), вимірювального генератора 2 (робоча частота 87 Гц), мікшера 3, підсилювача потужності 4, блоку живлення 5, вихідного трансформатора 6, перетворювача напруги 7, акумуляторної батареї 8, блоку керування 9, цифрового індикатора 10 і радіоприймача 11.

Для реалізації запропонованих методів визначення значень струмів в стінках паралельних електрично з'єднаних трубопроводів необхідно отримати профіль напруженості горизонтальної складової магнітного поля над цими трубопроводами. Профіль отримують шляхом вимірювання напруженості магнітного поля у перпендикулярному щодо залягання трубопровідного шлейфу напрямку. Вимірювання напруженості магнітного поля проводять з певним кроком (рис. 6).

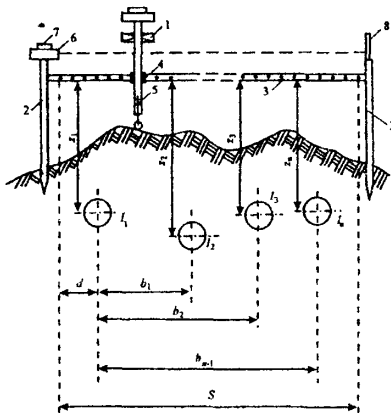


Рис. 6. Технологічна схема визначення значень значень струмів в стінках паралельних електрично з'єднаних трубопроводів:

1-приймач ІВС БКІТ-2; 2-стояк; 3-перфорована стрічка; 4-блок сканування; 5-блок профілювання; 6-лазерний візор; 7-індикатор рівня; 8-мішень

Оцінку стану ізоляційного покриття для кожного із підземних нафтогазопроводів здійснюють на основі графіків заникання струму і значень зміни коефіцієнту питомого затухання струму  $\beta$  в стінках вздовж контрольованої ділянки, які визначають характер пошкодження ізоляції:

$$\beta = \frac{20}{\Delta L} \cdot \left| \lg \frac{I_{i+1}}{I_i} \right| \quad (\text{дБ/м}), \quad (8)$$

де  $\Delta L$  – відстань між 2-ма контрольованими точками нафтогазопроводу ( $i, i+1$ ), в яких визначені значення струму  $I_i$  і  $I_{i+1}$ ;  $i$  - проміжна точка контролю.

В даному розділі також описані конструкції ІВС БКІТ-2 в цілому і окремих її блоків зокрема, особливості розрахунку магнітних антен з урахуванням умов проведення контролю ізоляції. Значна увага приділена розробці необхідного програмного забезпечення для ІВС БКІТ-2 з метою реалізації в нею запропонованих методів оптимізації ДФП і Бокса.

Особлива увага в 3-му розділі приділена розробці і опису методики проведення контролю ізоляційного покриття як одиночних, так і паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів за допомогою ІВС БКІТ-2.

*Четвертий розділ* присвячений метрологічного аналізу запропонованих методу безконтактного контролю ізоляційного покриття, а також ІВС БКІТ-2, яка реалізує цей метод контролю.

Встановлено, що застосований у ІВС БКІТ-2 метод усунення впливу електромагнітних завад дозволяє не враховувати похибку, викликану дією цих завад на результати вимірювання струму в стінках контрольованого нафтогазопроводу при відношенні завада-сигнал по напруженості поля, яке є меншим 35 дБ в точці контролю.

Крім цього, оцінено методичні похибки визначення струму методом Бокса ( $\delta_B \leq 0,8\%$ ) і методом ДФП ( $\delta_{ДФП} \leq 0,4\%$ ), а також абсолютну похибку, яка викликана відхиленням приймача ІВС БКІТ-2 від вертикального положення ( $\Delta I \leq 4,56 \cdot 10^{-4}$  А при відхиленні  $\leq 2$  град.). Відхилення лінії профілювання від горизонтального положення для декількох паралельних електрично з'єднаних підземних трубопроводів приводить до виникнення таких значень абсолютної похибки вимірювання напруженості: для 2-х нафтогазопроводів -  $\Delta H_{(2)} = 4,5 \cdot 10^{-4}$  А/м; для 3-х нафтогазопроводів -  $\Delta H_{(3)} = 8,9 \cdot 10^{-4}$  А/м; для 4-х нафтогазопроводів -  $\Delta H_{(4)} = 1,2 \cdot 10^{-3}$  А/м; для 5-ти нафтогазопроводів -  $\Delta H_{(5)} = 1,5 \cdot 10^{-3}$  А/м; для 6-ти нафтогазопроводів -  $\Delta H_{(6)} = 1,7 \cdot 10^{-3}$  А/м при відхиленні лінії профілювання від горизонталі  $\leq 3$  град.

Проведено аналіз складових інструментальних та сумарних відносних похибок ІВС БКІТ-2 при контролі ізоляційного покриття одиночного трубопроводу і паралельних електрично з'єднаних нафтогазопроводів, в результаті чого встановлено, що сумарна похибка визначення

струму в стінках одиночного трубопроводу не перевищує 5,2%, а для паралельних електрично з'єднаних нафтогазопроводів дана похибка складає: для 2-х нафтогазопроводів - 2,8%; для 3-х нафтогазопроводів - 3,1%; для 4-х нафтогазопроводів - 3,6%; для 5-ти нафтогазопроводів - 4,1%; для 6-ти нафтогазопроводів - 4,7%.

Розроблено методику повірки та програму і методику метрологічної атестації ІВС БКІТ-2, які затверджені в органах Держспоживстандарту України.

У *п'ятому розділі* приведені результати лабораторних і промислових випробувань розробленої ІВС БКІТ-2, описано експериментальну установку для оцінки похибки вимірювання струму за допомогою цієї системи в лабораторних умовах на основі розробленої методики повірки. Приведені результати експериментальних досліджень свідчать про те, що відносна приведена до діапазону вимірювання безконтактного вимірювання струму (0,25 А) не перевищує 5,2% для одиночних нафтогазопроводів.

Приведені результати промислових випробувань ІВС БКІТ-2 з метою оцінки стану ізоляційного покриття одиночних і паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів. Аналіз отриманих результатів оцінки стану ізоляційного покриття підземного продуктопроводу "Дрогобич - Калуш", нафтопроводу "Битків - Пасічна", підземного шлейфу промислових нафтопроводів на нафтовому промислі НГВУ "Надвірнанафтогаз", підземного газопроводу на Стрийському газпромислі ГПУ „Львівгазвидобування” і нафтопроводу "Броди-Держжордон" магістральних нафтопроводів "Дружба" за допомогою ІВС БКІТ-2 показав, що розроблений метод контролю дозволяють безконтактно визначити місця погіршення ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів. Це підтверджено контрольними шурфуваннями у виявлених місцях пошкодження ізоляції.

## ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу відомих методів і засобів для безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів показано, що використання цих методів і приладів не дозволяє проводити безконтактний контроль ізоляційного покриття паралельних електрично з'єднаних нафтогазопроводів, які знаходяться на відстані, яка є меншою за подвосну глибину залягання, що має місце в умовах нафтових і газових промислів при видобуванні нафти і газу. Встановлено також, що суттєвим фактором, який обмежує застосування відомих методів і засобів контролю ізоляційного покриття в промислових умовах, є наявність електромагнітних завод з промисловими частотами в зоні проведення контролю, які збільшують зону невизначеності показів відомих засобів і систем безконтактного контролю ізоляції.

2. Проведено аналіз і оцінку впливу електромагнітних завод на результати безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів. Встановлено, що джерелами таких



завад можуть бути як низьковольтні, так і високовольтні лінії електропередач, різні промислові електроустановки і безпосередньо контрольовані підземні нафтогазопроводи.

3. Вперше досліджено перехідні процеси встановлення усталеного значення струму в стінках підземних нафтогазопроводів, які виникають при підключенні до них сигнал-генератора. Отримані аналітичні залежності враховують реальні параметри і властивості як безпосередньо контрольованих нафтогазопроводів, так і ґрунтів, в яких вони прокладені. Встановлено, що тривалість перехідного процесу в стінках підземного нафтогазопроводу із непошкодженою ізоляцією є не більшою від 0,375 с, а у стінках підземного нафтогазопроводу і пошкодженою ізоляцією є меншою від 0,375 с.

4. Розроблено метод усунення впливу зовнішніх електромагнітних завад при безконтактному контролі ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів, який полягає у вимірюванні і запам'ятовуванні значень напруженостей магнітних полів, що викликані дією електромагнітної завади і одночасною дією електромагнітної завади та корисного струмового сигналу в стінках нафтогазопроводу з подальшим визначенням різниці цих напруженостей, в якій вже відсутній вплив зовнішніх електромагнітних завад.

5. Вперше розроблена математична модель розподілу горизонтальної складової напруженості магнітного поля над декількома паралельними електрично з'єднаними між собою нафтогазопроводами при проходженні в їхніх стінках струмів від задаючого сигнал-генератора без попереднього визначення координат одного із цих нафтогазопроводів. Це дозволило розробити метод виключення впливу електрично з'єднаних паралельних нафтогазопроводів на результати безконтактного визначення струмів в стінках кожного із них і визначати їх місцезнаходження і глибину залягання з більшою точністю.

6. Вперше для безконтактного визначення струмів в стінках декількох паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводах і параметрів їх залягання запропоновано використовувати прямий метод пошуку Бокса і градієнтний метод Девідсона-Флетчера-Пауела шляхом з мінімізацією розходжень між розрахованими і експериментальними даними. Метод Бокса може бути програмно реалізованим мікропроцесорними засобами безпосередньо в польових умовах, а метод Девідсона-Флетчера-Пауела, який дозволяє отримати точніші результати, - за допомогою персональних комп'ютерів в лабораторних умовах.

7. Розроблена ІВС БКІТ-2 і відповідне програмне забезпечення, яке реалізує розроблені математичні моделі і методи безконтактного визначення струмів в стінках одиничного і паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів як безпосередньо в польових, так і в лабораторних умовах.

8. Здійснена оцінка методичних похибок запропонованого безконтактного методу визначення струмів у стінках підземних нафтогазопроводів, інструментальної і сумарної похибок

ІВС БКІТ-2 при визначенні струмів у стінках одиночного і паралельних електрично з'єднаних нафтогазопроводів, в результаті чого встановлено, що сумарна похибка визначення струму в стінках одиночного нафтогазопроводу не перевищує 5,2%, а для паралельних електрично з'єднаних нафтогазопроводів дана похибка складає: для 2-х нафтогазопроводів - 2,8%; для 3-х нафтогазопроводів - 3,1%; для 4-х нафтогазопроводів - 3,6%; для 5-ти нафтогазопроводів - 4,1%; для 6-ти нафтогазопроводів - 4,7%.

9. Розроблена методика оцінки стану ізоляції підземних нафтогазопроводів на основі безконтактно визначених струмів в їх стінках за допомогою ІВС БКІТ-2. Проведені промислові випробування ІВС БКІТ-2 підтвердили її на основі результатів шурфування у виявлених місцях погіршеної ізоляції контрольованих підземних нафтогазопроводів.

10. Розроблено методику перевірки та програму і методику метрологічної атестації ІВС БКІТ-2, які повинні використовуватися для метрологічного забезпечення цієї системи при її експлуатації.

11. Проведені промислові випробування ІВС БКІТ-2 на ділянках підземних нафтопроводів в НГВУ "Надвірнанафтогаз" ВАТ "Укрнафта" і магістральних нафтопроводів "Дружба", на продуктопроводі "Калуш-Дрогобич", на ділянках промислового газопроводу Стрийського газопромислу ДК "Укргазвидобування", які підтвердили працездатність і технічні характеристики ІВС БКІТ-2. При цьому продуктивність контролю була не меншою, ніж 0,5 км/год.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. 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.

2. Яворський А.В. Методика проведення контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів за допомогою системи безконтактного контролю стану ізоляційного покриття // *Методи і прилади контролю якості.*- 2001. - №7 – С. 25-28.

3. Ващишак С. П., Яворський А. В. Система дистанційного контролю стану ізоляції підземних нафтопроводів з активним подавленням завад // *Вісник національного технічного університету "Київський політехнічний інститут". Приладобудування.* № 24 // 36. наук. праць. Київ: Вид-во НТУУ "КПІ".- 2002.- С.89-93.

4. Яворський А. В., Кісіль І. С. Контроль ізоляційного покриття підземних трубопроводів в умовах значних промислових електромагнітних завад // *Методи і прилади контролю якості.*- 2003. - №10 – С. 15-19.

5. Яворський А. В. Особливості контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів за допомогою пристрою БКІТ-2 // *Методи і прилади контролю якості.* - 2003. -

№11 – С. 47-50.

6. Яворський А. В., Кісіль І. С. Безконтактний контроль стану ізоляційного покриття електрично з'єднаних паралельних промислових нафтогазопроводів // *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. -2004. -№3. - С. 36-41.

7. Яворський А. В., Витвицька Л. А., Кісіль І. С. Метрологічний аналіз пристрою БКІТ-2 для контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів // *Методи і прилади контролю якості*. - 2004. - №12 – С. 34-37.

8. Яворський А. В., Кісіль І. С. Усунення впливу електромагнітних завод 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; 36. наук. праць.- Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України. – 2005. - С.119-125.*

9. Деклараційний патент 54031 А Україна. G01R31/12. Пристрій дистанційного контролю стану ізоляційного покриття підземних трубопроводів / Кісіль І. С., Вашишак С. П., Яворський А. В. Опубл. 17.02.2003, Бюл. №2.

10. Нові розробки засобів і методів неруйнівного контролю кафедри методів та приладів контролю якості та сертифікації продукції / І. С. Кісіль, С. П. Вашишак, А. В. Яворський, З. П. Лютак, Р. Т. Бондар // *Матеріали наук.-техн. конф. “Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів ЛЕОТЕСТ 2001”*, Славське Львівської області.-2001.-С.18-20.

11. Яворський А. В., Кісіль І. С., Вашишак С. П. Система безконтактного контролю стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів в умовах значних промислових завод // *Матеріали третьої науково-технічної конференції “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.”* м. Хмельницький, 2001.-С.445-450.

12. Яворський А. В., Кісіль І. С. Визначення дефектності ізоляційного покриття підземних нафтопроводів // *Матеріали наук.-техн. конф. “Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання”*. м. Івано-Франківськ, 2002.-С.52-54.

13. Яворський А. В., Кісіль І. С. Побудова заводостійкої системи безконтактного контролю ізоляції підземних трубопроводів // *Матеріали одинадцятої міжнародної наук.-техн. конф. “Сучасні методи і засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики”*. м. Ялта, 2003.-С.171

14. Яворський А. В. Діагностика стану ізоляційного покриття паралельних підземних трубопроводів // *Матеріали третьої науково-технічної конференції “Приладобудування 2004: стан і перспективи”*. м. Київ, 2004. -С.212-213.

15. Яворський А. В., Кісіль І. С. Шляхи зменшення впливу завод на результати безконтактного контролю ізоляції підземних нафтогазопроводів // *Матеріали 8-ої науково-*

### АНОТАЦІЯ

**Яворський А. В. Розробка методу та системи для безконтактного контролю стану ізоляції промислових нафтогазопроводів – Рукопис.**

Дисертація на здобуття вченого звання кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2005.

Дисертація присвячена питанню безконтактного контролю стану ізоляційного покриття промислових нафтогазопроводів.

Запропоновано новий метод безконтактного контролю ізоляційного покриття підземних промислових нафтогазопроводів. Метод дозволяє контролювати ізоляцію як одиничних, так і паралельних електрично з'єднаних нафтогазопроводів при наявності електромагнітних завод.

Створена математична модель розподілу горизонтальної складової напруженості магнітного поля декількох паралельних електрично з'єднаних підземних нафтогазопроводів. Отримані залежності для опису перехідного процесу становлення струму в стінках підземних нафтогазопроводів і визначення тривалості цього процесу при під'єднанні до нафтогазопроводів сигнал-генератора.

Запропоновано для визначення струмів у стінках підземних нафтогазопроводах використовувати методи оптимізації Девідсона-Флетчера-Пауела і Бокса.

Розроблено ІВС БКІТ-2, яка реалізує запропонований метод контролю ізоляційного покриття. Проведені натурні випробування розробленої ІВС БКІТ-2, а також розроблено методику її повірки та програму і методику її метрологічної атестації.

**Ключові слова:** ізоляційне покриття, підземні нафтогазопроводи, електромагнітна завада, напруженість магнітного поля, інформаційно-вимірювальна система.

### АННОТАЦИЯ

**Яворский А. В. Разработка метода и системы для бесконтактного контроля состояния изоляции промышленных нефтегазопроводов – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля и определения состава веществ. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2005.

Диссертация посвящена вопросу бесконтактного контроля состояния изоляционного покрытия промышленных нефтегазопроводов.

Предложен новый метод бесконтактного контроля изоляционного покрытия подземных

промышленных нефтегазопроводов. Метод позволяет контролировать изоляцию как одиночных так и параллельных электрически соединенных подземных нефтегазопроводов при наличии электромагнитных помех.

В первом разделе проведен анализ существующих методов и средств контроля изоляционного покрытия подземных нефтегазопроводов. Показано, что в данное время существенным фактором, который ограничивает применение существующих средств контроля является наличие электромагнитных помех с промышленными частотами в зоне проведения контроля. Определено, что общим недостатком как контактных, так и бесконтактных методик является невозможность проведения контроля параллельных электрически соединенных трубопроводов, которые находятся на расстоянии друг от друга, которая есть меньшей двойной глубины залегания, что увеличивает зону неопределенности показаний средств контроля.

Второй раздел посвящен разработке и определению теоретических аспектов метода бесконтактного контроля изоляции в условиях промышленных помех. Разработан метод устранения влияния электромагнитных помех при проведении бесконтактного контроля изоляционного покрытия подземных трубопроводов, который заключается в определении и запоминании значений сигналов, которые вызваны действием электромагнитной помехи и суммарного сигнала. Разработанная математическая модель распределения горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля над несколькими параллельными электрически соединенными нефтегазопроводами без предварительного определения координат одного из них. Это дало возможность разработать метод исключения влияния электрически соединенных параллельных трубопроводов на результаты бесконтактного определения токов в стенках каждого из них, а также определить их местонахождение и глубину залегания.

В третьем разделе описана разработанная информационно-измерительная система (ИИС) БКИТ-2 и соответствующее программное обеспечение, которое реализует разработанные математические модели и методы бесконтактного определения токов в стенках подземных нефтегазопроводов как в лабораторных, так и в стационарных условиях.

В четвертом разделе осуществлена оценка методической инструментальной и суммарной погрешностей ИИС БКИТ при контроле изоляционного покрытия одиночного и параллельных электрически соединенных нефтегазопроводов.

В пятом разделе приведены результаты промышленных испытаний ИИС БКИТ-2 на участках подземных нефтепроводов в НГВУ "Надвірнафтогаз" ОАО "Укрнафта" и магистральных нефтепроводов "Дружба", на продуктопроводе "Калуш-Дрогобич", на участках промышленного газопровода Стрыйского газового промысла ГПУ "Львівгазвидобування".

**Ключевые слова:** изоляционное покрытие, подземные нефтегазопроводы, электромагнитная помеха, напряженность магнитного поля, информационно-измерительная система.

**ABSTRACTS****Yavorskiy A. V. Development of method and system for the non-contact control of being of isolation of industrial oil and gas pipeline – Manuscript.**

Dissertation on competition of scientific degree of the candidate of engineering sciences at speciality 05.11.13 – Instruments and methods of control and material of composition determination. – Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, Ivano-Frankivsk, 2005.

Dissertation is devoted to the question of control of being of isolating non-contact coating of industrial oil and gas pipeline.

A new method of non-contact control of isolating coating of underground industrial oil and gas pipeline is offered. A method allows to control an isolation as single so parallel galvanically linked oil and gas pipeline at presence of electromagnetic noises. Created mathematical model of distributing of horizontal constituent of tension of the magnetic field of a few parallel galvanically linked oil and gas pipeline. Got dependences for description of the transitional becoming current in the walls of underground oil and gas pipeline. The informative-measuring system (IMS) which realizes the offered method of control of isolating coating is developed. Conducted model tests of developed IMS. The method of test and method of metrologichnoi attestation IMS is developed.

**Key words:** isolating coating, underground oil and gas pipeline, electromagnetic noises, tension of the magnetic field, informative-measuring system.