

# Електромагнітна пошуково-вимірвальна система ІМК-5

Петро Драбич, Олег Драбич, Ігор Стецько

Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України

79601 Україна, м. Львів, вул. Наукова, 5

drabich@ipm.lviv.ua, dep25@ipm.lviv.ua

## Анотація

Описана структурна схема та принципи дії розробленої в ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАН України електромагнітної пошуково-вимірвальної системи ІМК-5, яка визначає вісь підземних протяжних струмопровідних комунікацій, вимірює глибину їх залягання і виявляє безконтактним методом місця пошкодження їх ізоляційних покриттів. Приведені технічні характеристики створеної системи.

## 1. Вступ

Електромагнітний метод локалізації і обстеження підземних комунікацій (нафто-, газо- та продуктопроводів, ліній електрозв'язку та електропередач, телекомунікацій, тощо) є найбільш ефективним і порівняно недорогим, тому що на даний час він знаходить широке практичне застосування.

Відомі пошукові пристрої і системи [1-3] забезпечують визначення безконтактним методом осі, напрямку та глибини залягання обстежуваної комунікації. Місця пошкодження ізоляції визначаються при цьому контактним методом, шляхом вимірювання розподілу електричного потенціалу на поверхні ґрунту над віссю комунікації при протіканні в ній електричного струму, зокрема струму катодного захисту. Контактний метод є малопродуктивним і практично непридатним при обстеженні підземних комунікацій під асфальтовими та бетонними покриттями поверхні ґрунту. Тому у Фізико-механічному інституті ім. Г.В.Карпенка НАН України розроблено і створено електромагнітну пошуково-вимірвальну систему ІМК-5, яка визначає вісь і глибину залягання підземних комунікацій індукційним методом (шляхом вимірювання низькочастотної магнітної складової), а пошук місць пошкодження їх ізоляції здійснює шляхом безконтактного вимірювання високочастотної електричної складової електромагнітного поля, що утворюється навколо комунікації при протіканні в ній електричного струму складної форми від спеціалізованого генератора.

## 2. Структурна схема та принципи дії системи ІМК-5

Електромагнітна система ІМК-5 (рис.1) складається з антени 1, калібрувальних 2 і 3 та приймальних 4 і 5 індукційних котушок, резистора 6, блока перелаштовуваних вузькосмугових підсилювачів 7, пристрою встановлення робочої частоти 8, генератора калібрувальних сигналів 9, вмикача 10, блока керованих підсилювачів 11, регулятора підсилення 12, блока усереднювальних перетворювачів змінних напруг в постійні 13, перетворювача напруги в частоту 14, звукового індикатора 15, аналого-цифрового

перетворювача 16 та цифрового і стрілкового індикаторів 17, 18.

Нехай ближня і віддалена від трубопроводу пари котушок 2 і 4 та 3 і 5 розміщені над його віссю і розташовані на віддалі  $d$  одна від одної на штанзі паралельно в площині, перпендикулярній до осі комунікації.

Під час протікання від спеціалізованого генератора по закопаній в ґрунті комунікації змінного струму  $I(t)$ , навколо неї виникає магнітне поле, силові лінії якого є концентричними колами в площині, перпендикулярній до осі комунікації. Напруженості магнітного поля на відстанях  $h$  і  $h+d$  від осі комунікації визначають із співвідношень

$$H_1(t) = I(t)/2\pi h \quad \text{та} \quad H_2(t) = I(t)/2\pi(h+d),$$

де  $h$  - відстань між осями комунікації та ближньої пари котушок 2 і 4.

Під дією випромінюваного трубою магнітного поля в котушках 4 і 5 виникають електрорушійні сили (е.р.с.)  $e_1(t)$  і  $e_2(t)$ , які відповідно пропорційні до  $H_1(t)$  та  $H_2(t)$ . Е.р.с. надходять на перший і другий входи блоку 7. На його першому і другому виходах утворюються напруги  $u_2(t) = k_1 e_2(t)$  та  $\Delta u(t) = k_1 \Delta e(t)$ , де  $\Delta e(t) = e_1(t) - e_2(t)$ ;  $k_1$  - коефіцієнт підсилення першого і другого каналів.

Робоча частота вузькосмугових підсилювачів рівна частоті низькочастотної складової сигналу з виходу спеціалізованого генератора і задається в ІМК-5 пристроєм 8.

Далі напруги  $u_2(t)$  та  $\Delta u(t)$  підсилюються за допомогою першого і другого каналів блока 11 і на першому та другому виходах останнього утворюються напруги

$$u_2^*(t) = k_1 k_2 e_2(t) \quad \text{і} \quad \Delta u^*(t) = k_1 k_2 \Delta e(t),$$

де  $k_2$  - коефіцієнт підсилення першого і другого каналів блока 11, який задається регулятором 12.

Напруги  $u_2^*(t)$  і  $\Delta u^*(t)$  надходять на перший і другий входи блока 13, на відповідних виходах якого утворюються постійні напруги

$$U_2 = k_1 k_2 k_3 E_2 \quad \text{та} \quad \Delta U = k_1 k_2 k_3 \Delta E,$$

де  $k_3$  - масштабний коефіцієнт першого і другого перетворювачів;  $\Delta E = E_1 - E_2$ , а  $E_1$  і  $E_2$  - амплітудні значення е.р.с. на виходах ближньої і дальньої приймальних котушок.

Напруги  $U_2$  і  $\Delta U$  надходять на перший і другий входи аналого-цифрового перетворювача 16, який крім цифрового перетворення одночасно обчислює глибину  $h$  за виразом

$$h = dE_2 / \Delta E.$$

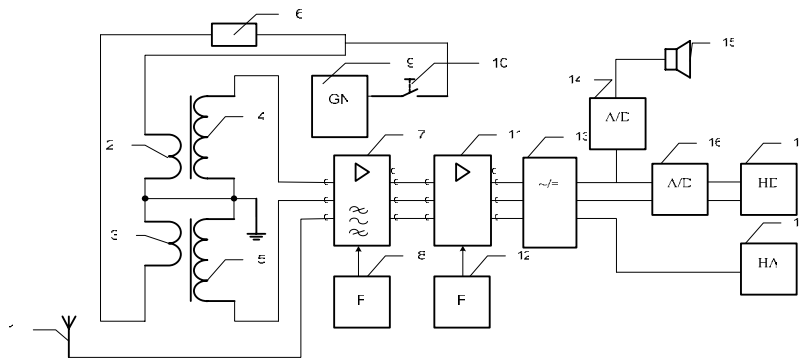


Рис. 1 Структурна схема електромагнітної пошуково-виміральної системи ІМК-5

Результати обчислень подаються на цифровий індикатор 17. Для пошуку осі комунікації напруга  $\Delta U$  за допомогою пристрою 14 перетворюється в звуковий сигнал, який надходить на звуковий індикатор 15. Вісь комунікації шукають за різницею сигналом  $\Delta U$  так.

Коли приймальні котушки в ближній і дальній парах розміщені від обстежуваної комунікації далеко, наведені в них е.р.с.  $e_1(t)$  та  $e_2(t)$  майже рівні і різницею сигнал  $\Delta e(t) \rightarrow 0$ . З їх наближенням до осі комунікації  $\Delta e(t)$  зростає і над її вісю досягає максимального значення  $\Delta e_m$ .

Якщо вісь комунікації визначити за  $\Delta e_m$ , зменшується вплив магнітних полів від сусідніх комунікацій і, відповідно, зростає точність визначення її осі і глибини залягання.

Калібрувальні котушки 2 і 3, які індуктивно зв'язані з приймальними котушками 4 і 5, калібрувальний генератор 9, резистор 6 та вмикач 10 забезпечують можливість калібрування та перевірки правильності роботи всього вимірального тракту як в лабораторних, так і в польових умовах.

Пошук місць пошкодження ізоляції здійснюють шляхом реєстрації електричної складової електромагнітного поля, що випромінюється підземною комунікацією під час протікання в ній змінного струму від приєднаного до неї спеціалізованого генератора. При цьому враховують факт, що електрична і магнітна складові випромінюваного трубопроводом поля взаємоортогональні. Тому, якщо розмістити над бездефектним трубопроводом антену перпендикулярно до осі останнього, то наведений в ній сигнал дорівнюватиме нулю. За наявності в трубопроводі місць пошкодження ізоляції частина струму, що по ньому протікає, витікатиме в ґрунт, що призведе до виникнення електромагнітного поля, вектор напруженості електричної складової якого не збігатиметься з аналогічним вектором поля, який випромінює труба. При цьому в перпендикулярно розміщеній до вісі трубопроводу антені виникне електричний потенціал, який є інформацією про дефект в ізоляції трубопроводу або в іншій комунікації.

Для реалізації описаного принципу використовують антену 1, сигнал з якої через треті канали послідовно з'єднаних блоків 7, 11 і 13 подається на стрілковий індикатор 18.

### 3. Основні технічні характеристики системи ІМК-5

- основні робочі частоти: 50, 100 і 222 Гц;
- глибина пошуку та обстеження комунікації від 0,1 до 5,0 м;
- живлення ІМК-5 від одного акумулятора 7D-0,125D;
- струм споживання – 5 мА.

Для роботи на частоті 222 та для пошуку місць пошкодження ізоляції ІМК-5 комплектується спеціалізованим генератором ГС-2, який має наступні характеристики:

- вихідна потужність на більше 100 ВА;
- основна частота вихідного сигналу 222 Гц;
- похибка установки частоти не більше 0,5%;
- нестабільність частот не більше 0,1%;
- діапазон зміни вихідної напруги від 10 до 60 В;
- живлення від акумулятора напругою 12 В.

### 4. Висновки

1. Електромагнітна пошуково-вимірвальна система ІМК-5 забезпечує одночасне визначення координат підземних комунікацій та місць пошкодження їх ізоляції, тобто володіє більш широкими функціональними можливостями
2. Визначення осі комунікації за різницею сигналом від ближньої і віддаленої приймальних індукційних котушок підвищує задовільність при наявності поруч з обстежуваною інших комунікацій.
3. Наявність блока калібрування забезпечує оперативне калібрування і перевірку роботи всього вимірального тракту як в лабораторних, так і в польових умовах.

### 5. Література

1. Гордиенко В.И., Убогий В.П., Ярошевский Е.В. Электромагнитное обнаружение инженерных коммуникаций и локальных аномалий. – К.: Наукова думка, - 1981. –227 с.
2. Джала Р.М., Вербенець Б.Я., Сенюк О.І. Апаратура БІТ – КВП для корозійних обстежень підземних трубопроводів // Там же. – С. 151-152.
3. Драбич П.П., Драбич О.П., Стецько І.Г. Електромагнітні прилади і системи пошуку і обстеження підземних магістральних газопроводів // Ринок інсталяційний. – Львів: ЕКО інформ. – 2001.- № 9.- С. 17 ÷ 19.