



УКРАЇНА

(19) UA (11) 48646 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01V 3/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ПРЕДМЕТІВ

1

2

(21) u200910673

(22) 22.10.2009

(24) 25.03.2010

(46) 25.03.2010, Бюл.№ 6, 2010 р.

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ШЕВЧЕНКО КОСТЯНТИН ЛЕОНІДОВИЧ, КАЛАМЄСЬ ТЕТЯНА ПЕТРІВНА, ІВАНЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

(57) Пристрій для дистанційного виявлення металевих предметів, що містить диференціальний індукційний датчик, який складається із двох плоских котушок, розміщених співвісно на одній діелектричній підкладці, одні кінці яких з'єднані між собою і підключені до загальної заземленої шини, а інші кінці розділено з'єднані з різноименними входами двох автоматичних перемикачів, однойменні входи яких з'єднані між собою, а також містить автогенератор, конденсатор, фільтр нижніх частот, послідовно з'єднані фазочутливий випрямляч, дру-

гий фільтр нижніх частот і індикатор, мультівібратор, протилежні плечі якого з'єднані з керуючими входами автоматичних перемикачів і керуючими входами фазочутливого випрямляча, який відрізняється тим, що в нього додатково введені вибіркоковий підсилювач, налаштований на частоту перемикачів мультівібратора, другий конденсатор, другий автогенератор, квадратурний фазообертач і помножувач напруг, один вхід якого з'єднаний з виходом першого автогенератора через квадратурний фазообертач, другий вхід з'єднаний з виходом другого автогенератора безпосередньо, а вихід з'єднаний через перший фільтр нижніх частот зі входом вибіркового підсилювача, вихід якого з'єднаний з сигнальним входом фазочутливого випрямляча, при цьому частотоподавальний вхід кожного автогенератора з'єднаний через відповідний конденсатор з виходом відповідного автоматичного перемикача, а перший і другий автогенератори підключені до загальної заземленої шини.

Корисна модель належить до галузі аналізу складу матеріалів та середовищ за допомогою автогенерації зонduючих магнітних полів і може бути використана для дистанційного виявлення та фіксації місцезнаходження малорозмірних металевих предметів в малопровідних середовищах (вологий ґрунт, будівельні конструкції з металевою сіткою або арматурою, біологічні тканини, тощо).

В пристроях для дистанційного виявлення металевих предметів в діелектричних середовищах використовують схеми з індукційними датчиками, котушки яких випромінюють змінне магнітне поле, яке глибоко проникає в досліджуване середовище. Металеві предмети, які знаходяться в зоні дії цих полів, перевипромінюють магнітне поле за рахунок індуктованих струмів, яке діє на датчик, змінюючи його електричні параметри. Складність виявлення і фіксації металевих предметів, особливо малих розмірів або малої маси, в необхідності вимірювання з високою точністю малих змін амплітуди, фази або частоти струмів котушок, які збуджують зонduюче магнітне поле. Відомі пристрої для вимі-

рювання металевих предметів з індукційними датчиками, в яких перевипромінюване магнітне поле змінює частоту або фазу струмів, що генеруються [Арш Э.Н. Автогенераторные методы и средства измерений. - М.: Машиностроение. - 1979. - С.60-63]. Для відокремлення та вимірювання інформації змін параметрів автогенераторних схем використовують двокотушкові пристрої, в яких здійснюється порівняння зонduючого сигналу з опорним. Відомі вимірювальні системи з диференціальними індукційними датчиками, які є найбільш чутливими [Абрамзон Г.В., Обошнев Ю.П. Индукционные измерительные преобразователи переменных магнитных полей. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - С.76-80]. В цьому випадку одна котушка диференціального датчика використовується для випромінювання, а інша - для прийому. Параметри котушок у відсутності шуканого об'єкта обираються однаковими. Однак повну незалежність двох котушок в відсутності шуканого предмета забезпечити важко.

(13) U

(11) 48646

(19) UA

Відомий пристрій для дистанційного виявлення металевих предметів [Щедрин А.И. Металлоискатели для поиска кладов и реликвий. - М.: Арбат-Информ. - 1998. - С.41-45], який містить автогенератор низької частоти, в ланцюг зворотного зв'язку якого включена котушка індукційного датчика і конденсатор, що утворюють коливальний контур, опорний генератор і суматор, один вхід якого з'єднаний з виходом автогенератора, другий вхід з'єднаний з опорним генератором, а реєстратор підключений до виходу суматора.

Але температура та часова нестабільність частоти вимірювального автогенератора і опорного генератора не дозволяють достовірно зареєструвати малі інформаційні зміни частоти коливального контуру, а значить, і частоти автогенератора від наявності металевого предмета. При віддалених предметах або підвищеній провідності зондованого середовища інформативні зміни частоти співрозмірні з частотними флуктуаціями обох генераторів, що ускладнює оцінку значення різниці частоти.

Відомий також пристрій для дистанційного виявлення металевих предметів [Патент України №52090 А, МПК G01N33/20, 2002р.], що містить диференціальний індукційний датчик, що складається із двох плоских котушок, розміщених співвісно на одній діелектричній підложці, одні кінці яких з'єднані між собою і підключені до загальної заземленої шини, інші кінці - роздільно з'єднані з різноіменними входами двох автоматичних перемикачів, однойменні входи яких з'єднані між собою, автогенератор, конденсатор, фільтр нижніх частот, послідовно з'єднані фазочутливий випрямляч, другий фільтр нижніх частот і індикатор, мультівібратор, протилежні плечі якого з'єднані з керуючими входами автоматичних перемикачів і керуючими входами фазочутливого випрямляча. Крім того пристрій містить підсилювач-обмежувач, формувач коротких імпульсів, одинівібратор, повторювач напруги і два узгоджувальні трансформатори.

Однак, відомий пристрій має невисоку точність виявлення металевих предметів через порушення встановленої рівності струмів, які протікають через зустрічне включені котушки диференціального датчика. Рівність струмів важко забезпечити при всіх можливих розлагодженнях коливального контуру відносно початкової частоти автогенератора через нелінійну залежність між резонансним струмом котушки датчика і вихідною напругою автогенератора.

В основу корисної моделі покладено задачу створення такого пристрою для дистанційного виявлення металевих предметів, в якому введення нових елементів і зв'язків забезпечило би більш високу чутливість і точність виявлення металевих предметів на провідному фоні досліджуваного середовища, що забезпечить виявлення малорозмірних металевих деталей і достовірну фіксацію їх місцезнаходження в досліджуваному просторі.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для дистанційного виявлення металевих предметів, що містить диференціальний індукційний датчик, що складається із двох плоских котушок, розміщених співвісно на одній діелектричній

підложці, одні кінці яких з'єднані між собою і підключені до загальної заземленої шини, інші кінці - роздільно з'єднані з різноіменними входами двох автоматичних перемикачів, однойменні входи яких з'єднані між собою, автогенератор, конденсатор, фільтр нижніх частот, послідовно з'єднані фазочутливий випрямляч, другий фільтр нижніх частот і індикатор, мультівібратор, протилежні плечі якого з'єднані з керуючими входами автоматичних перемикачів і керуючими входами фазочутливого випрямляча, згідно з корисною моделлю, в пристрій додатково введені вибіркового підсилювач, налаштований на частоту перемикачів мультівібратора, другий конденсатор, другий автогенератор, квадратурний фазообертач і перемножувач напруг, один вхід якого з'єднаний з виходом першого автогенератора через квадратурний фазообертач, другий вхід з'єднаний з виходом другого автогенератора безпосередньо, а вихід - з'єднаний через перший фільтр нижніх частот зі входом вибіркового підсилювача, вихід якого з'єднаний з сигнальним входом фазочутливого випрямляча, частото задаючий вхід кожного автогенератора з'єднаний через відповідний конденсатор з виходом відповідного автоматичного перемикача, перший і другий автогенератори підключені до загальної заземленої шини.

Введення в схему пристрою для дистанційного виявлення металевих предметів вибіркового підсилювача, налаштованого на частоту перемикачів котушок диференціального індукційного датчика, другого автогенератора, квадратурного фазообертача, перемножувача і другого конденсатора, включених вказаним чином, дозволяє періодично шуканим предметам розлагоджувати то один, то другий автогенератори. При малих відносних змінах реактивних параметрів котушок датчика, що має місце при виявленні малорозмірних металевих предметів, частоти автогенераторів не змінюються, так як автогенератори через тісний індуктивний зв'язок в диференціальному датчику працюють в області захоплення частоти двох автогенераторів. Але в цьому випадку виникає фазовий зсув вихідної напруги одного автогенератора відносно другого, знак якої також періодично змінюється з частотою перемикачів котушок датчика. Наявність в схемі квадратурного фазообертача на виході одного із автогенераторів забезпечує появу змінної складової напруги на виході перемножувача вихідних напруг автогенераторів, амплітуда якої пропорційна масі шуканого металевих предметів. Виділення та підсилення змінної складової напруги викликає вплив на результат вимірювання початкового фазового зсуву напруг двох автогенераторів і низькочастотних завад. В результаті вказаних змін в схемі автогенераторного пристрою підвищується достовірність виявлення і фіксації місцезнаходження металевих предметів в досліджуваному просторі.

На Фіг.1 представлена електрична функціональна схема пристрою для дистанційного виявлення металевих предметів, на Фіг.2 - схема з'єднань котушок диференціального індукційного датчика і їх зовнішній вигляд.

Пристрій (Фіг.1) містить диференціальний Індукційний датчик 1, який складається з двох плоских котушок 2 і 3, розміщених співвісно на одній діелектричній підложці 4. Кінці котушок 2, 3 з'єднані між собою і з'єднані з загальною заземленою шиною 5 пристрою. Початки кінців котушок розділено з'єднані з різнойменними входами автоматичних перемикачів 6 і 7, однойменні входи яких з'єднані між собою. Керуючі входи автоматичних перемикачів 6, 7 з'єднані з протилежними плечима мультівібратора 8. Вихід автоматичного перемикача 6 з'єднаний через конденсатор 9 з частото задаючим входом автогенератора 11. Вихід автоматичного перемикача 7 з'єднаний через конденсатор 10 з частото задаючим входом автогенератора 12. Вихід автогенератора 11 через квадратурний фазообертач 13 з'єднаний з одним входом перемножувача напруг 14, другий вхід якого з'єднаний з виходом автогенератора 12 безпосередньо. До виходу перемножувача напруг 14 підключені з'єднані послідовно перший фільтр нижніх частот 15, вибіркового підсилювач 16, налаштований на частоту перемикачів мультівібратора 8, фазочутливий випрямляч 17, другий фільтр нижніх частот 18 і індикатор 19. Протилежні плечі мультівібратора 8 з'єднані також з керуючими входами фазочутливого випрямляча 17.

Позицією 20 позначено досліджуване середовище, позицією 21 вказано положення шуканого металевго предмета, а позицією 22 - положення шуканого предмета при зміщенні диференціального індукційного датчика 1 ліворуч до отримання нульового сигналу на індикаторі 19.

В диференціальному індукційному датчику 1 (Фіг.2) плоскі котушки 2 і 3 виконані з однаковим числом витків на одній діелектричній підложці 4, але з протилежним їх напрямком (вид А і В), і включені паралельно відносно автогенераторів 11 і 12. При однакових частотах автогенераторів 11, 12 через котушки 2 і 3 протікають однакові синфазні струми, які утворюють зустрічні магнітні поля  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$  по горизонтальній осі диференціального індукційного датчика 1 (Фіг.1). На торцях диференціального індукційного датчика 1 формуються два вузько спрямовані ножеподібні магнітні потоки, які зондують досліджуване середовище 20.

Пристрій працює наступним чином.

Частоти автогенераторів 11 і 12 задаються Індуктивностями плоских котушок 2 і 3 диференціального індукційного датчика 1 і послідовно з'єднаними конденсаторами 9 і 10, включеними в частото задаючі ланцюги цих автогенераторів. Так як індуктивності плоских котушок 2, 3 і ємності конденсаторів 9, 10 однакові, то і частоти автогенераторів 11 і 12 також однакові. В процесі пошуку металевий предмет 21 попадає в змінне магнітне поле плоскої котушки 2, індукція якого в центрі плоскої котушки

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1 W_1}{2R_K} = \frac{\mu_0 P'_M}{2R_K F_1}, \quad (1)$$

де  $\mu_0$  - магнітна проникливість повітря і діелектричного середовища;

$P'_M$  - магнітний момент, що створюється струмом  $I_1$  плоскої котушки 2;

$W_1$  - число витків плоскої котушки 2;

$R_K$  - середній радіус плоскої котушки 2;

$F_1$  - площа плоскої котушки 2.

В результаті взаємодії плоскої котушки 2 з металевим предметом 21 за рахунок індукованих в ньому струмів магнітна індукція плоскої котушки 2 зменшується на значення

$$\Delta B_1 = - \left( \frac{\mu_0}{2\pi} \right)^2 \left( \frac{q}{l^6} \right) P'_M, \quad (2)$$

де  $q$  - коефіцієнт, який враховує форму і електричні властивості шуканого предмета 21;

$l$  - відстань до шуканого предмета 21.

Якщо шуканий предмет має круглу форму, то при врахуванні феромагнітних властивостей шуканого предмета коефіцієнт

$$q' = \frac{4\pi(\mu - 1)}{3\mu\mu_0} R_{\Pi}^3, \quad (3)$$

де  $\mu$  - магнітна проникливість феромагнітного металевго предмета;

$R_{\Pi}$  - радіус шуканого предмета.

При цьому магнітна індукція плоскої котушки 2 диференціального індукційного датчика 1 зростає за рахунок феромагнітних властивостей предмета 21. Якщо враховувати електропровідні і феромагнітні властивості шуканого предмета, то коефіцієнт

$$q'' = \frac{2\pi}{3} R_{\Pi}^3 \left[ \frac{\frac{\rho R_{\Pi}^3}{5\rho} - \frac{2(\mu - 1)}{\mu\mu_0}}{1 + \frac{\rho\mu_0 R_{\Pi}^2}{16\rho}} \right], \quad (4)$$

де  $\rho$  - питомий електричний опір шуканого предмета 21;

$\rho$  - оператор Лапласа.

Так як в загальному випадку коефіцієнт  $q$  є комплексною функцією, то і відносна зміна магнітної індукції також є комплексною величиною

$$\delta_1(p) = \frac{\Delta B_1}{B_1}, \quad (5)$$

Повний (комплексний) опір плоскої котушки 2 без урахування омичного опору і міжвиткової ємності можливо представити у вигляді:

$$Z(p) = pL_1[1 + \delta_1(p)], \quad (6)$$

де  $L_1$  - індуктивність плоскої котушки 2 без впливу металевго предмета 21.

Резонансна частота послідовного ланцюга із індуктивності  $L_1$  плоскої котушки 2 і ємності конденсатора 9 визначається виразом

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 L_1 [1 + \delta_1(p) + \delta'(p)]}}, \quad (7)$$

де  $C_1$  - ємність конденсатора 9;

$\delta'(p)$  - реакція провідності середовища 20.

Резонансна частота послідовного ланцюга із ємності конденсатора 10 і індуктивності  $L_2$  плоскої

катушки 3, яка не відчуває реакції від шуканого предмету 21, стає рівною

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_2L_2} \sqrt{1 + \delta''(p)}}, \quad (8)$$

де  $C_2$  - ємність конденсатора 10;

$\delta''(p)$  - реакція провідності середовища 20 в зоні дії магнітного потоку плоскої катушки 3.

Як відмічалось вище параметри плоских катушок 2 і 3 обираються однаковими ( $L_1=L_2=L$ ), ємності конденсаторів 9 і 10 також однаковими ( $C_1=C_2=C$ ). Через просторову близькість магнітних полів  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$  реакція провідності досліджуваного середовища буде практично однаковою ( $\delta'(p)=\delta''(p)=\delta(p)$ ). Тому частоти автогенераторів 11 і 12 близькі і повинні розрізнятися тільки за рахунок реакції від шуканого предмета  $\delta_1(p)$  на одну із катушок диференціального індукційного датчика.

При пошуку малорозмірних предметів (монети, медалі, ордени, гільзи, уламки, тощо) зміни резонансної частоти LC-ланцюга малі. З іншого боку між катушками диференціального індукційного датчика існує тісний індуктивний зв'язок. В цих умовах при малих відносних змінах реактивних параметрів ( $\delta_1(p) \rightarrow 0$ ) має місце явище захоплення частоти двох автогенераторів з близькими параметрами. Через це виникає зона нечутливості при використанні різницевої частоти в якості інформативного параметра автогенераторного диференціального датчика. Однак, в режимі автозахоплення частот, коли зберігається рівність частот двох автогенераторів ( $f_1=f_2=f$ ), різко змінюється фазовий зсув напруги автогенератора, що розлагоджується, відносно напруги опорного автогенератора [Полулях К.С. К теорії фазогенераторного преобразователя. - Измерительная техника, 1970, №1, С.54-57]. Але при цьому важко відокремити малі інформаційні зміни фазового зсуву від початкового апаратного фазового зсуву, який обумовлений неідентичністю часових затримок в ланцюгах зворотного зв'язку автогенераторів.

При вказаному на Фіг.1 положенні автоматичних перемикачів 6 і 7 шуканий предмет 21 діє на тільки катушку 2 диференціального індукційного датчика 1, яка утворює резонансний ланцюг разом з конденсатором 9 для автогенератора 11. В результаті дії металевго предмету виникає відносне частотне розлагодження резонансного ланцюга, яке згідно (7) і (8) має вигляд

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\sqrt{C_1L_1} \sqrt{1 + \delta_1(p) + \delta'(p)} - \sqrt{C_2L_2} \sqrt{1 + \delta''(p)}}{\sqrt{C_2L_2} \sqrt{1 + \delta''(p)}}. \quad (9)$$

Враховуючи, що  $C_1L_1 = C_2L_2$ , а  $\delta_1(p) \ll 1$ , отримаємо значення відносного частотного розлагодження

$$\frac{\Delta f}{f} \cong 0,5\delta_1(p). \quad (10)$$

Так як автогенератори 11 і 12 знаходяться в режимі синхронізації, то виникає додатковий фазовий зсув, який виникає внаслідок розлагодження резонансного ланцюга

зсув, який виникає внаслідок розлагодження резонансного ланцюга

$$\Delta\varphi = \arctg Q \frac{2\Delta f}{f} \cong Q\delta_1(p), \quad (11)$$

де  $Q$  - добротність резонансного ланцюга.

З урахуванням додаткового фазового зсуву (11) представимо вихідні напруги автогенераторів 11 і 12 в вигляді:

$$U_1 = U_m \sin(2\pi ft + \varphi_1 + \Delta\varphi), \quad (12)$$

$$U_1 = U_m \sin(2\pi ft + \varphi_2), \quad (13)$$

де  $U_m$  - амплітуда гармонічної напруги;

$\varphi_1$  і  $\varphi_2$  - початкові фази автогенераторів 11 і 12.

Вихідні напруги автогенераторів (12) і (13) перемножуються в перемножувачі напруг 14. Із перемножених напруг фільтром нижніх частот 15 виділяється постійна складова напруг

$$U_3 = Sk_1 U_m^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2 + \Delta\varphi), \quad (14)$$

де  $S$  - крутизна перетворення перемножувача напруг 14;

$k_1$  - коефіцієнт передачі фільтра нижніх частот 15.

За допомогою квадратурного фазообертача 13 попередньо встановлюють різницю початкових фаз

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\pi}{2}. \quad (15)$$

Тоді вихідна напруга фільтра нижніх частот 15

$$U_4 = Sk_1 U_m^2 \cos(0^\circ + \Delta\varphi) = -Sk_1 U_m^2 \sin\Delta\varphi. \quad (16)$$

Так як фазовий зсув, що вноситься, при малих розлагодженнях невеликий ( $\Delta\varphi \ll \pi/2$ ), то

$$U_4 = Sk_1 U_m^2 \Delta\varphi. \quad (17)$$

В протилежному положенні автоматичних перемикачів 6 і 7 плоска катушка 2 диференціального індукційного датчика 1 включається в частото- задаючий (резонансний) ланцюг автогенератора 12, а плоска катушка 3 - в частото- задаючий (резонансний) ланцюг автогенератора 11. В результаті додатковий фазовий зсув (11) вноситься в вихідну напругу автогенератора 12. Постійна складова напруги на виході фільтра нижніх частот 15 змінюється до значення

$$U_5 = Sk_1 U_m^2 \cos(0^\circ - \Delta\varphi) = Sk_1 U_m^2 \Delta\varphi. \quad (18)$$

При періодичній роботі автоматичних перемикачів 6 і 7, які перемикаються мультівібратором 8, на виході фільтра нижніх частот 15 виникає змінна напруга з прямокутною огинаючою

$$U_6 = Sk_1 U_m^2 \Delta\varphi \operatorname{sign} \sin 2\pi Ft, \quad (19)$$

де  $F$  - частота перемикачів мультівібатора 8;  $\operatorname{sign} \sin$  - прямокутна огинаюча змінної напруги.

Змінна напруга (19) підсилюється вибіркоким підсилювачем 16, який налаштований на частоту перемикачів мультівібатора 8, і випрямляється фазочутливим випрямлячем 17. Випрямлена напруга згладжується фільтром нижніх частот 18 і фіксується індикатором 19. Напруга, що вимірюється

$$U_7 = Sk_1 k_2 k_3 k_4 U_m^2 \Delta\varphi, \quad (20)$$

де  $k_2$  - коефіцієнт підсилення вибіркового підсилювача 16;

$k_3$  - коефіцієнт випрямлення фазочутливого випрямляча 17;

$k_4$  - коефіцієнт передачі фільтра нижніх частот 18.

З урахуванням значення  $\Delta\varphi$  із (11) і його залежності від параметрів диференціального індукційного датчика (1), (4) і (5), розмірів і відстані до шуканого предмета згідно (2) і (3) вимірювана напруга

$$U_8 = S_P \frac{2R_K F \left( \frac{1}{3\mu} - 1 \right) R_P^3}{l^6}, \quad (21)$$

де  $S_P = S k_1 k_2 k_3 k_4 Q$  - результуюча крутизна перетворення автогенераторної фазочутливої схеми.

Переміщують диференціальний індукційний датчик 1 відносно досліджуваного середовища 20 до отримання нульового показу індикатора 19. Це означає, що шуканий предмет 22 знаходиться в площині, що розділяє зондуєчі магнітні поля  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$  (Фіг.1). При подальшому переміщенні диференціального індукційного датчика 1 за знаком відхилення вказівника індикатора 19 можливо судити про склад шуканого предмета (кольоровий чи чорний метал), а за величиною відхилення - про розміри предмета і глибину його знаходження.

Перевагою запропонованого пристрою є його висока чутливість за рахунок усунення часового та температурного дрейфу нуля автогенераторів. Тільки при наявності металевго предмета в зоні

дії диференціального Індукційного датчика з'являється змінна складова фазового зсуву між напругами синхронізованих автогенераторів. Висока розрізняльна здатність і усунення впливу провідного фону досліджуваного середовища досягнутого за рахунок його зондування двома близько розміщеними симетричними магнітними полями, які формуються хоч і фізично різними, але практично однаковими синхронізованими за частотою змінними струмами з рівними амплітудами. Найменше порушення симетрії магнітних полів від металевих предметів викликає появу інформаційного сигналу, який легко виокремити на фоні шумів та завад.

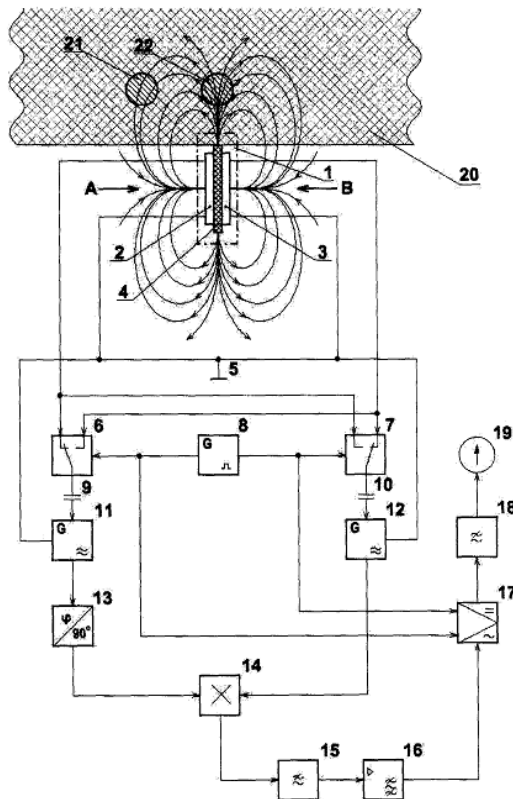
Використання запропонованого пристрою в контрольно-вимірювальній техніці забезпечує:

- можливість виявлення і фіксації місцезнаходження малорозмірних металевих предметів в різних середовищах, що мають помітну електропровідність або феромагнітні домішки;

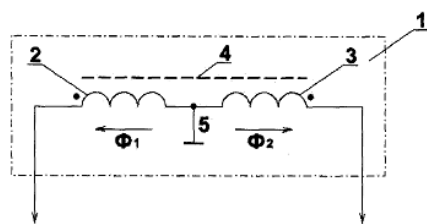
- діагностувати склад знайдених предметів (провідні або феромагнітні) за знаком відхилення вказівника індикатора, а за величиною відхилення оцінити масу і глибину розміщення предмету;

- в медичній практиці визначати положення тромбів, що мають парамагнітні властивості і підвищену електропровідність відносно оточуючих біотканин;

- фіксувати зони підвищеної провідності в розшарованих матеріалах або порушення суцільності в композиційних матеріалах і середовищах.



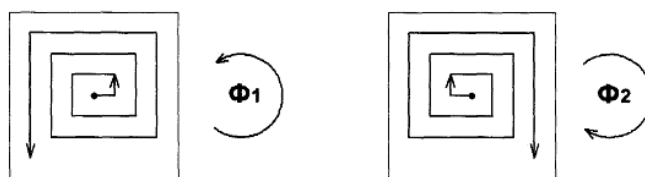
Фіг. 1



До автоматичних перемикачів 6 і 7

Вид А

Вид В



Фіг. 2