

Винахід належить до галузі технічної фізики і може використовуватися для виявлення підземних чи підводних струмопроводів (кабелів, трубопроводів та інших ізольованих від середовищ лінійних струмопроводів, зокрема знеструмлених міських комунікацій), вимірювання струму і глибини закладання цих струмопроводів, а також поздовжніх градієнтів струмів, за величиною яких можна виявляти дефекти ізоляційного покриття струмопроводів. Пристрій може працювати при наявності значного рівня завад "фонового" типу, а при високому рівні завад на частоті сигналу може здійснювати ефективно виявлення струмопроводів.

Відомий пристрій для вимірювання струму і глибини закладання підземних струмопроводів [1]. Він містить пару ідентичних індукційних перетворювачів магнітного поля, розташованих паралельно і рознесених по висоті в площині, перпендикулярній осі досліджуваного струмопроводу, і пристрій прийому і обробки сигналів від кожного перетворювача. Вимірювання напруженості магнітного поля, створюваного струмопроводом, у двох точках дозволяє отримати систему з двох рівнянь, з якої визначають невідомі струм і та глибину закладання h струмопроводу.

Пристрій має два суттєві недоліки. Перший з них - слабка завадозахищеність внаслідок того, що завада повністю надходить на вхідні каскади підсилення вимірювача і може призвести або до суттєвої похибки, або до перевантаження цих каскадів і неможливості здійснити вимірювання навіть при наявності вибірних підсилювачів, інший недолік полягає в тому, що для визначення градієнта струму між двома перерізами струмопроводу пристрій потрібно переносити з однієї точки в іншу, що з одного боку незручно, а з другого може призвести до впливу нестабільності струму в досліджуваному об'єкті. Таким чином знижується ефективність виявлення дефектів ізоляції, яке здійснюється на основі аналізу величини градієнта струму.

Найближчим до пропонованого є пристрій для виявлення дефектів у ізоляційних покриттях [2], у якому принцип визначення струму і глибини закладання аналогічний застосованому в [1], але для одночасного вимірювання струму в двох зміщених уздовж осі перерізах струмопроводу використовуються дві пари рознесених по висоті ідентичних індукційних перетворювачів. Пристрій містить також по чотири попередні та вибірні підсилювачі, два мультимплексори, керований підсилювач, випрямляч, блок чотирьох запам'ятовуваних конденсаторів, демультимплексор, аналого-цифровий перетворювач, мікрокомп'ютер і дисплей, причому відповідні перетворювачі магнітного поля, попередні та вибірні підсилювачі з'єднані послідовно, а виходи останніх через перший мультимплексор з'єднані з послідовно ввімкненими керованим підсилювачем і випрямлячем, вихід останнього через демультимплексор з'єднаний з обкладками чотирьох запам'ятовуваних конденсаторів, другі обкладки яких під'єднані до спільної точки, і чотирма входами другого мультимплексора, вихід якого через аналого-цифровий перетворювач з'єднаний з інформаційним входом мікрокомп'ютера, інформаційний вихід якого з'єднаний з дисплеєм, а керуючий вихід - з керуючими входами обох мультимплексорів, керованого підсилювача,

демультимплексора і аналого-цифрового перетворювача.

Пристрій працює наступним чином. Перетворювачі магнітного поля перетворюють у вихідну напругу магнітне поле струму, що тече в струмопроводі. Цей струм може створюватися або станцією катодного захисту, або спеціальним генератором, що підмикається до струмопроводу відносно ґрунту. Може також використовуватися струм, наведений у струмопроводі полями джерел промислової частоти. Далі пристрій вимірює напругу сигналів з ближніх і дальніх перетворювачів у кожній їхній парі. Потім мікрокомп'ютер обчислює значення струму і глибину закладання h і градієнта струму $\text{grad } I$ за наступними формулами:

$$I_A(B) = \frac{2\pi a U_1 U_2}{G(U_2 - U_1)}, \quad (1)$$

$$h_A(B) = \frac{a U_1}{U_2 - U_1}, \quad (2)$$

$$\text{grad } I = \frac{I_A - I_B}{l}, \quad (3)$$

де U_1, U_2 - вихідні напруги сигналів дальнього і ближнього перетворювачів відповідно, a, l - відстані, на які рознесені перетворювачі по висоті та вздовж осі струмопроводу, G - однаковий для всіх чотирьох перетворювачів коефіцієнт перетворення напруженості поля в напругу, індекси A і B відповідають двом перерізам струмопроводу, в яких здійснюються вимірювання.

Якщо градієнт струму перевищує допустимий для відстані l рівень, то можна зробити висновок про те, що частина струму витікає в навколишнє середовище. Такий витік свідчить про наявність дефекту в ізоляційному покритті струмопроводу.

Пристрій використовується з додатковим приладом-трасошукачем для визначення положення обстежуваного струмопроводу і орієнтації відносно нього перетворювачів. Принцип дії трасошукача заснований на тому, що при русі уперек траси вертикальна складова магнітного поля лінійного струмопроводу змінює напрямок на протилежний при проходженні через точку, розташовану над віссю струмопроводу. Два спеціальні індуктивні перетворювачі розташовані в трасошукачі таким чином, що їхні осі перехрещуються під гострим кутом. Опорним приймається сигнал з горизонтально розташованого вимірювального перетворювача, оскільки горизонтальна складова не змінює свого напрямку при переході через вісь струмопроводу. Якщо трасошукач знаходиться правіше від осі, то з опорним сигналом збігається по фазі сигнал з одного з перехрещених перетворювачів, якщо лівіше - то з іншого. Таким чином можна визначити точку зміни напрямку вертикальної складової поля, а отже і вісь струмопроводу.

Прототипу властивий ряд суттєвих недоліків. Перш за все це слабка завадозахищеність - неможливість роботи з приладом в районах з високим рівнем промислових завад. Це пояснюється тим, що в прототипі єдиним способом боротьби з завадами, що надходять з виходу перетворювачів, є застосування вибірних підсилювачів. Причому, якщо частота завади близька до частоти сигналу, то добротність вибірних кіл повинна бути дуже високою.

Якщо ж ці частоти збігаються, то наявність

завади призводить до похибок визначення осі струмопроводу, струму в ньому і глибини закладання. Така ситуація часто трапляється при пошуку струмопроводів у міських умовах, де постійно присутня значна завада з частотою 50Гц і немає можливості підімкнути до обстежуваних комунікацій спеціального генератора для збудження в них струму з частотою, що відрізняється від частоти завади.

При обстеженні магістральних трубопроводів може виникнути перевантаження попереднього підсилювача як у вимірювачі, так і в трасошукачі. Така ситуація часто виникає, якщо поряд проходить високовольтна лінія електропередачі з частотою 50Гц. У цьому випадку завада може досягти такого, рівня, що робота пристрою порушується навіть тоді, коли вимірювання здійснюється на частоті 100Гц, яку дає нефільтрований струм катодного захисту, який отримується двоїперіодним випрямленням напруги промислової мережі.

Іншими недоліками прототипу є наявність зразу чотирьох паралельних вибірних і попередніх підсилювачів, необхідність використання додаткового приладу - трасошукача для визначення осі струмопроводу.

Технічною задачею винаходу є пристрій для безконтактного виявлення і обстеження прихованих струмопроводів, по яких тече електричний струм, при наявності електромагнітних завад підвищеного рівня, в якому нове ввімкнення індукційних перетворювачів магнітного поля та їхнє з'єднання з вибірними підсилювачами дозволило б забезпечити нормальну роботу останніх при високому рівні електромагнітних завад підвищеного рівня, в якому нове ввімкнення індукційних перетворювачів магнітного поля та їхнє з'єднання з вибірними підсилювачами, дозволило б забезпечити нормальну роботу останніх при високому рівні електромагнітних завад і таким чином суттєво підвищити точність вимірювань у цих умовах, а також спростити його експлуатацію завдяки відмові від спеціального приладу - трасошукача.

Поставлена задача розв'язується тим, що в пристрої, що містить чотири однакові перетворювачі магнітного поля, які утворюють дві зміщені вздовж струмопроводу пари рознесених по висоті перетворювачів з паралельними осями чутливості, попередні та вибірні підсилювачі, два мультиплексори, керований підсилювач, випрямляч, блок запам'ятовуючих конденсаторів, демультиплексор, аналого-цифровий перетворювач, мікрокомп'ютер і дисплей, причому входи вибірних підсилювачів з'єднані з виходами попередніх підсилювачів, а їхні виходи через перший мультиплексор з'єднані з послідовно ввімкненими керованим підсилювачем і випрямлячем, вихід якого через демультиплексор з'єднаний з обкладками запам'ятовуючих конденсаторів, другі обкладки яких під'єднані до спільної точки, і входами другого мультиплексора, вихід якого через аналого-цифровий перетворювач з'єднаний з інформаційним входом мікрокомп'ютера, інформаційний вихід якого з'єднаний з дисплеєм, а керівний вихід з'єднаний з керівними входами обох мультиплексорів, керованого підсилювача, демультиплексора і аналого-цифрового перетворювача, додатково введений перемикач на два положення і два

напрямки і кожній парі перетворювачів відповідають по одному попередньому і вибірному підсилювачу і по одному запам'ятовуючому конденсатору, причому кінці обмоток кожної пари перетворювачів з'єднані між собою і з точкою з'єднання резисторів навантаження перетворювачів цієї пари, а початки обмоток ближніх до струмопроводу перетворювачів з'єднані з спільними точками відповідних попередніх підсилювачів, початки обмоток дальніх від струмопроводу перетворювачів з'єднані з резисторами навантаження і першими контактами кожного напрямку перемикача, збірні контакти якого з'єднані з входами відповідних попередніх підсилювачів, причому навантаженнями дальніх від струмопроводу перетворювачів служать по два послідовно ввімкнені резистори, точки з'єднання яких підімкнені відповідно до других контактів перемикача, а навантаженнями ближніх до струмопроводу перетворювачів служать резистори, опори яких дорівнюють за величиною сумі опорів резисторів навантаження дальніх від струмопроводу перетворювачів.

Заявлюваний пристрій містить відмітні ознаки, які не використовуються у відомих технічних розв'язаннях, і тому відповідають критерію "новизни".

Скупність суттєвих ознак пристрою, що полягають у зустрічному ввімкненні обмоток кожної розташованої на окремій штанзі пари перетворювачів магнітного поля, виконанні навантаження одного з перетворювачів кожної пари у вигляді двох резисторів і введенні перемикача між перетворювачами і попередніми підсилювачами, забезпечує розв'язання поставленої задачі і відповідає критерію "суттєві відмінності".

Суть заявлюваного пристрою пояснюється кресленням, де на фіг.1 зображено структурну схему і схематичне зображення установки перетворювачів магнітного поля над струмопроводом - на фіг.2.

Пристрій (фіг.1) складається з чотирьох однакових перетворювачів магнітного поля 1 - 4, резисторів навантаження $R1'$, $R1''$, $R2$, $R3'$, $R3''$, $R4$ перемикача на два положення і два напрямки 5, двох попередніх підсилювачів 6, 7, двох вибірних підсилювачів 8, 9, першого мультиплексора 10, керованого підсилювача 11, випрямляча 12, демультиплексора 13, блоку запам'ятовуючих конденсаторів 14, другого мультиплексора 15, аналого-цифрового перетворювача 16, мікрокомп'ютера 17, дисплея 18. У відповідності з фіг.2 перетворювачі магнітного поля 1 - 4 закріплені на штангах 19 і 20, які встановлюються над струмопроводом 21. Перетворювачі, розташовані в площинах перерізів А і Б струмопроводу, утворюють дві пари (1, 2 і 3, 4). Відстань між перетворювачами у кожній парі дорівнює a , а між перерізами А і Б - l . Дальні від струмопроводу перетворювачі 1 і 3 мають навантаження у вигляді послідовно з'єднаних резисторів $R1'$, $R1''$ і $R3'$, $R3''$. Ближні перетворювачі 2 і 4 мають резистори навантаження $R2$ і $R4$. Опори всіх чотирьох навантажень однакові, тобто $R1' + R1'' = R2 = R3' + R3'' = R4$. Обмотки перетворювачів у кожній парі з'єднані послідовно-зустрічно, причому кінці обмоток перетворювачів 1 і 2 з'єднані між собою і з точкою з'єднання резисторів $R2$ і $R1''$, а з'єднані між собою кінці обмоток перетворювачів 3 і 4 сполучені з точкою з'єднання резисторів $R4$ і $R3''$. Початки обмоток дальніх перетворювачів 1 і 3 з'єднані з першими контактами відповідних

напрямків перемикача 5 і резисторами навантаження R1' і R3' відповідно. Початки обмоток ближніх перетворювачів 2 і 4 з'єднані з спільними точками попередніх підсилювачів 6 і 7 і резисторами навантаження R2 і R4. Точки з'єднання резисторів навантаження R1' і R1" та R3' і R3" сполучені з другими контактами відповідних напрямків перемикача 5, збірні контакти якого підімкнені до входів попередніх підсилювачів 6 і 7, виходи яких з'єднані з входами вибірних підсилювачів 8 і 9 відповідно. Виходи останніх підімкнуті до входів першого мультиплексора 10, вихід якого сполучений послідовно з керованим підсилювачем 11, випрямлячем 12 і демультимплексором 13, два виходи якого з'єднані з обкладками запам'ятовуючих конденсаторів блоку 14, другі обкладки яких під'єднані до спільної точки, і двома входами другого мультиплексора 15, вихід якого послідовно сполучений з аналого-цифровим 16 та інформаційним входом мікрокомп'ютера 17, інформаційний вихід якого з'єднаний з входом дисплея 18. Керуючий вихід мікрокомп'ютера 17 з'єднаний з керуючими входами обох мультиплексорів 10 і 15, керованого підсилювача 11, демультимплексора 13 і аналого-цифрового перетворювача 16.

Пристрій працює наступним чином.

По струмопроводу 21 тече змінний електричний струм, який або створюється станцією катодного захисту трубопроводу (100-герц на складова двопівперіодного випрямленого струму промислової частоти) чи спеціальним генератором, або наводиться зовнішніми полями промислових завод з частотою 50 Гц. Цей струм збуджує магнітне поле з силовими лініями, що являють собою концентричні кола в площині, перпендикулярній осі струмопроводу. Перетворювачі магнітного поля 1 - 4, осі чутливості яких орієнтовані по напрямку силових ліній, перетворюють напруженість цього поля в електричну напругу. Оскільки перетворювачі ввімкнені попарно зустрічно-послідовно, то напруги на виходах перетворювачів 1 і 2 для перерізу А (або 3 і 4 для перерізу Б), віднімаються і різницеву напруга надходить на навантаження, утворене для пари 1 - 2 послідовно з'єднаними резисторами R1', R1" і R2 (для пари 3 - 4 - резисторами R3', R3", R4). У першому положенні перемикача 5 різницевої напруги пар перетворювачів знімаються з резисторів навантаження через перші контакти кожного напрямку перемикача 5 і подаються на попередні підсилювачі 6 і 7. У другому положенні перемикача 5 вихідні напруги з ближніх перетворювачів 2, 4 знімаються повністю, а з дальніх перетворювачів 1, 3 - тільки частини вихідних напруг, які визначаються співвідношенням резисторів R1'/R1" і R3'/R3". Різницева напруга, що являють собою різницю між повними вихідними напругами ближніх перетворювачів і частиною вихідних напруг дальніх перетворювачів, через другі контакти кожного напрямку і збірні контакти надходять на входи попередніх підсилювачів 6, 7. Останні служать для усунення впливу на параметри перетворювачів з'єднувальних кабелів, що йдуть від них до вимірювальної частини пристрою. З виходу попередніх підсилювачів 6, 7 напруги подаються на вибірні підсилювачі 8, 9, які настроєні на частоту струму в струмопроводі.

Підсилена напруга сигналу через перший

мультиплексор 10 надходить на вхід керованого підсилювача 11, коефіцієнт передачі якого вибирається таким, щоб максимальна величина сигналу відповідала шкалі пристрою, чим досягається найбільша можлива точність вимірювань. З виходу підсилювача 11 напруга сигналу надходить на випрямляч 12 і потім знову розділяється демультимплексором 13. Розділені сигнали запам'ятовуються на конденсаторах блоку 14 у вигляді постійних напруг, пропорційних амплітудам відповідних вхідних сигналів. Після цього отримані значення напруг знову об'єднуються другим мультиплексором 15 і подаються на аналого-цифровий перетворювач 16. Перетворений у цифрову форму сигнал надходить на інформаційний вхід мікрокомп'ютера 17, у якому здійснюються обчислення, результатами яких подаються на дисплей 18. Керування роботою обох мультиплексорів, демультимплексора, керованого підсилювача, аналого-цифрового перетворювача здійснюється командами з мікрокомп'ютера.

Визначення струму в струмопроводі, глибини його закладання і наявності дефекту ізоляції здійснюється наступним чином. Якщо перетворювачі розташовані над віссю струмопроводу так, як показано на фіг.2, то значення напруженостей магнітного поля лінійного струму для точок розташування дальнього і ближнього перетворювачів дорівнюють для перерізу А:

$$H_1 = \frac{I_A}{2\pi(h_A + a)}, \quad (5)$$

$$H_2 = \frac{I_A}{2\pi h_A}. \quad (6)$$

Вихідні напруги перетворювачів, які вимірюються пристроєм, визначаються наступними формулами

$$U_1 = \frac{G I_A}{2\pi(h_A + a)}, \quad (7)$$

$$U_2 = \frac{G I_A}{2\pi h_A}. \quad (8)$$

Для перерізу Б в цих формулах повинні бути замінені індекси.

Тоді для перерізу А у першому положенні перемикача 5 і рівності навантажень ближнього і дальнього перетворювачів $R_2 = R_1' + R_1''$ до першого контакту першого напрямку підводиться напруга

$$U_{21} = U_2 - U_1 = \frac{G I_A}{2\pi} \left(\frac{1}{h_A} - \frac{1}{h_A + a} \right). \quad (9)$$

Для визначення значень I_A та h_A потрібне ще одне рівняння, яке можна отримати, записавши вираз для напруги, що надходить на вхід попереднього підсилювача 6 у положенні 2 перемикача 5. У цьому випадку напруга з перетворювача 1 знімається частково (з резистора R1") і отже, вираз (7) повинен бути додатково помножений на коефіцієнт $p = R_1'/(R_1' + R_1'') = R_1'/R_1$ ($p < 1$), тобто

$$U_1' = \frac{G I_A p}{2\pi(h_A + a)}. \quad (10)$$

Тоді напруга, що надходить на попередній підсилювач 6 через другий контакт перемикача 5, дорівнюватиме

$$U_{21}' = U_2 - U_1' = \frac{GI_A}{2\pi} \left(\frac{1}{h_A} - \frac{P}{h_A + a} \right). \quad (11)$$

Із системи рівнянь (10), (11) можна визначити I_A і h_A :

$$I_A = \frac{2\pi a(U_{21}' - U_{21})(U_{21}' - pU_{21})}{GU_{21}(1-p)^2}, \quad (12)$$

$$h_A = \frac{a(U_{21}' - U_{21})}{U_{21}(1-p)}. \quad (13)$$

З виразів (12) і (13) видно, що, провівши по два вимірювання в кожному перерізі, можна визначити значення струму і глибини закладання струмопроводу в цих перерізах, а потім обчислити і градієнт струму, на ділянці АБ за формулою (3). Напруги U_{21} і U_{21}' , пройшовши через вимірювальний тракт, перетворюються в цифрову форму і надходять на інформаційний вхід мікрокомп'ютера, який і здійснює їхню математичну обробку згідно (12), (13) і (3).

Використання такого алгоритму визначення I та h дозволяє зменшити кількість попередніх та вибірних підсилювачів, а також запам'ятовуваних конденсаторів з чотирьох до двох, оскільки вимірюються не сигнали з кожного перетворювача, а різниці сигналів з кожної їхньої пари.

Цей же алгоритм дозволяє відмовитися від приладу - трасошукача, який застосовується в прототипі. Дійсно, вісь струмопроводу можна визначити по максимуму різничевої напруги U_{21} , інформацію про який мікрокомп'ютер видає на дисплей, оскільки саме над віссю ця напруга досягає свого найбільшого значення, а при відході від осі зменшується. Таким чином, спеціальний трасошукач виявляється непотрібним.

Запалюваний пристрій має підвищену а порівнянні з прототипом завадозахищеність. Для доведення цього твердження проведемо порівняння рівня завад на вході попередніх підсилювачів у обох пристроях. У прототипі напруга завади на виході кожного перетворювача дорівнює

$$U_3 = GH_3, \quad (14)$$

де H_3 - напруженість магнітного поля завади (припускаємо, що це поле однакове в точках розташування перетворювачів кожної пари).

Ясно, що в заявлюваному пристрої при утворенні різничевої напруги U_{21} завади при однакових коефіцієнтах перетворення перетворювачів будуть відніматися повністю. Виняток становитимуть тільки ті завади, джерело яких розташовано настільки близько, що утворюється помітний градієнт поля завади в межах відстані між перетворювачами. Оскільки визначення осі струмопроводу здійснюється за максимумом U_{21} , то наявність завади практично не впливає на цей процес, тоді як трасошукач прототипу в такому випадку зазнаватиме впливу завад і/або визначає вісь з похибкою, або взагалі стає непрацездатним (при рівні завади, яка призводить до перевантаження попереднього підсилювача). У напрузі U_{21}' завада у зв'язку з введенням коефіцієнта $p < 1$ компенсується не повністю. Так, якщо $R_1' \ll R_1''$, тобто при p близькому до одиниці (наприклад, $p = 0,9$), фонові завади послаблюються у значній мірі, але все ж напруга цієї завади, що дорівнює

$$U_{213}' = G(H_3 - pH_3) = G(1-p)H_3, \quad (15)$$

надходить на вхід попереднього підсилювача. Порівнюючи (15) і (14), отримуємо

$$U_{213}' = (1-p)U_3, \quad (16)$$

тобто рівень завади на вході підсилювача зменшується в $1/(1-p)$ разів (для $p = 0,9$ - у десять разів) у порівнянні з тим рівнем, який був би при відсутності віднімання. Відповідно в $1/(1-p)$ разів збільшиться рівень завад, при якому відбувається перевантаження попереднього підсилювача, що значно розширює можливість використання пристрою, наприклад, при обстеженні трубопроводів, що проходять поряд з високовольтними лініями електропередач. Залишкова задача в такому випадку подавляється вибірним підсилювачем, оскільки частоти сигналу і завади різні.

Коефіцієнт p не слід вибирати занадто близьким до одиниці, хоча це бажано для збільшення ступеня подавлення завади в сигналі U_{21}' , оскільки в цьому випадку в (12) і (13) будуть відніматися величини U_{21} і U_{21}' , які відрізнятимуться дуже мало. При цьому навіть найменша похибка у вимірюванні U_{21} і U_{21}' може суттєво збільшити похибку вимірювання I та h . З тієї ж причини краще вмикати резистори, які утворюють коефіцієнт p , як навантаження дальніх перетворювачів, оскільки при навантаженні ними ближніх перетворювачів величина $U_{21}' - pU_{21}$ могла б виявитися дуже близькою до нуля.

У випадку дії значної завади з частотою, що дорівнює або дуже близька до частоти сигналу (ця ситуація характерна для процесу виявлення та обстеження знеструмлених міських комунікацій), наявність в U_{21}' залишкової неподавленої вибірними колами завади призводить до похибок у визначенні струму і глибини закладання струмопроводу, але дозволяє тим не менше правильно виявляти його розташування завдяки використанню режиму вимірювання U_{21} .

Заявлюваний пристрій дозволяв також знизити вимоги до вибірності вимірювального тракту і, отже, спростити його схемотехнічне розв'язання. При вимірюванні U_{21}' , коли частина завади проходить на вхід попереднього підсилювача, співвідношення сигнал/завада дорівнюватиме частці від ділення (11) на (15):

$$\begin{aligned} \frac{U_{21}'}{U_{213}'} &= \frac{\frac{GI_A}{2\pi} \left(\frac{1}{h_A} - \frac{P}{h_A + a} \right)}{G(1-p)H_3} = \\ &= \frac{I_A[h_A(1-p) + a]}{2\pi H_3(1-p)h_A(h_A + a)} \end{aligned} \quad (17)$$

В прототипі напруги сигналів на виході перетворювачів визначаються виразами (7) і (8), а напруга завади - виразом (14). Тоді співвідношення сигнал/завада в ближньому і дальньому перетворювачах дорівнюють відповідно:

$$\frac{U_2}{U_{23}} = \frac{I_A}{2\pi h_A H_3}. \quad (18)$$

$$\frac{U_1}{U_{13}} = \frac{I_A}{2\pi(h_A + a)H_3}. \quad (19)$$

Порівняння (17) з співвідношенням сигнал/завада (18) для прототипу (співвідношення (18) вибрано, оскільки воно більше, ніж (19)) дає наступний вираз:

$$\frac{U_{21}'/U_{213}'}{U_2/U_{23}} = 1 + \frac{ap}{(h_A + a)(1-p)} \cdot (20)$$

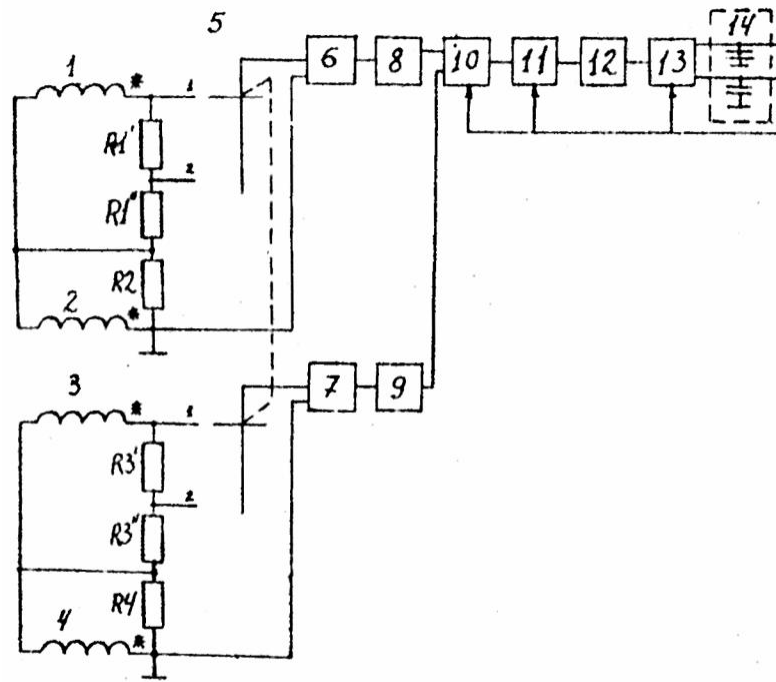
Як видно з виразу (20), який завжди більший від одиниці, співвідношення сигнал/завада в заявлюваному пристрої навіть при неповній компенсації завад буде на вході попереднього підсилювача кращим, ніж на виході будь-якого з перетворювачів у прототипі. Однак ступінь цієї переваги в значній мірі залежить від конкретних значень таких величин, як h , a , p . Наприклад, якщо $p = 0,9$, а $h = 0,5a$, то вираш у співвідношенні сигнал/завада, обчислений за формулою (20), дорівнює 7. Відповідно в 7 разів послабляється вимоги до вибірного підсилювача. Нехай, наприклад, при вимірюванні струму катодного захисту в трубопроводі ($f_0 = 100$ Гц) діє завада з частотою $f = 50$ Гц. Якщо для достатньої точності вимірювання необхідно подавати цю заваду в 100 разів, то з виразу для коефіцієнту перетворення найпростішого фільтра [3]

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}} \quad (21)$$

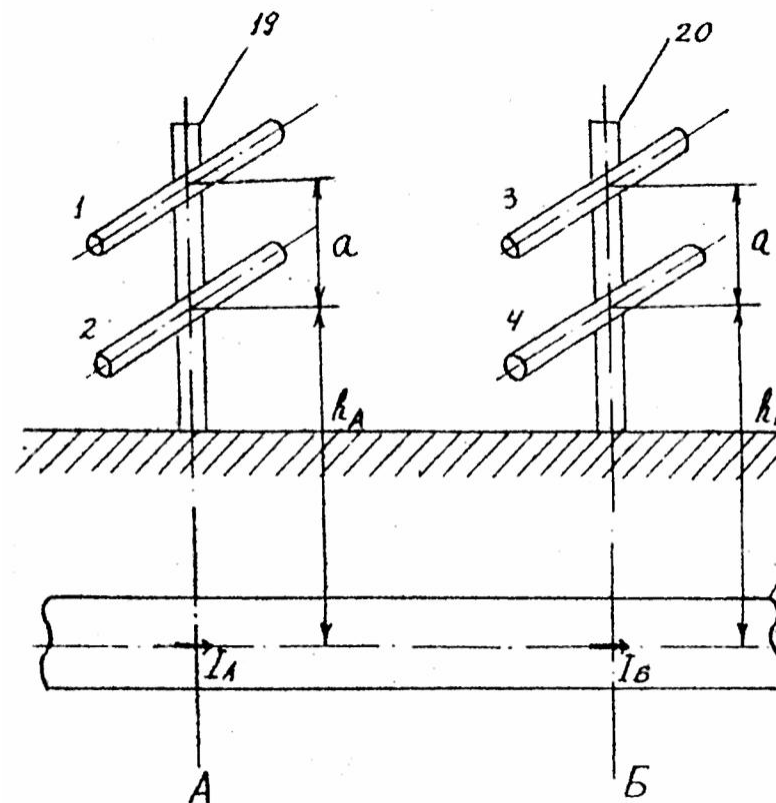
де K_0 - коефіцієнт на резонансній частоті фільтра, що дорівнює f_0 , Q - добротність фільтра, можна знайти Q , при якій $K/K_0 = 0,01$. Для прототипу це значення дорівнюватиме приблизно 70. При такій добротності відхилення частоти сигналу хоча б на 0,5% призводить до зниження коефіцієнта перетворення майже на 20%.

Якщо, як у розглянутому вище випадку, ступінь подавлення уже на вході вимірювального тракту заявлюваного пристрою буде в 7 разів вищим, то вибірний підсилювач повинен буде зменшувати заваду уже не в 100, а в $14,3 = 100/7$ разів. У відповідності з (21) для цього достатня добротність $Q = 9,5$. При такій добротності відхилення частоти сигналу на ті ж 0,5% призводить до відхилення коефіцієнта перетворення тільки на 0,045%. Ясно, що створення такого вибірного підсилювача вимагає значно простіших схемотехнічних розв'язань цього вузла у порівнянні з прототипом.

Отже, запропонований пристрій для безконтактного виявлення і обстеження прихованих струмопроводів дозволяє підвищити завадозахищеність, оскільки взаємокомпенсація завад у ньому (повна чи часткова) здійснюється ще до їхнього надходження на вході попередніх підсилювачів, що практично усуває можливість перевантаження останніх, а також призводить до збільшення співвідношення сигнал/завада в подальшому тракці, а це дозволяє спростити схемотехнічні розв'язання вибірних кіл. Крім того, зменшується вдвічі кількість паралельних вимірювальних каналів (тобто кількість попередніх і вибірних підсилювачів, а також запам'ятовуючих конденсаторів). Разом з тим виявлення осі струмопроводу здійснюється без спеціального приладу - трасошукача.



Фіг. 1



Фіг. 2