

Винахід відноситься до електромагнітних вимірювань струмів і призначений для неруйнівного контролю стану захисту від корозії сталевих трубопроводів, виявлення місць та оцінки інтенсивності корозії підземних металевих споруд.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання постійного струму, який, зокрема, включає в себе магнітопровід розміщений навколо струмопроводу, магнітний концентратор, у зазорі якого розміщений датчик постійного магнітного поля [1]. Цей пристрій відноситься до так званих "магнітних кліщів", потребує кругового доступу до струмопроводу, і тому не придатний для використання на захованих підземних трубопроводах.

Найближчим до винаходу є пристрій для безконтактного вимірювання величини постійного струму в підземних циліндричних металопроводах [2], який містить у собі два датчики постійного магнітного поля, штангу, блок збудження, переключатель, вимірювальний підсилювач з вихідним індикатором, два юстувальні датчики у виді котушок індуктивності з індикаторами нуля, кутомір, причому всі датчики і кутомір, причому всі датчики і кутомір жорстко (штивно) закріплені на штанзі у площині перпендикулярній металопроводу, датчики постійного поля орієнтовані взаємно паралельно-протилежно та перпендикулярно штанзі, з'єднані з блоком збудження і підключені через переключатель на вхід вимірювального підсилювача, а юстувальні датчики закріплені під кутом до штанги так, що їх поздовжні осі перетинаються у точці рівновіддаленій від датчиків постійного поля.

Недоліком цього пристрою (прототипу) є необхідність розміщення штанги з датчиками постійного поля на певній (єдино заданій для конкретного пристрою) віддалі від металопроводу, яка задається довжиною штанги (базою) і кутами між осями юстувальних датчиків і штангою. Це призводить до складних маніпуляцій при орієнтації системи датчиків для вимірювань струму і утруднює роботу з пристроєм на трасі. Крім цього, є труднощі у використанні даного пристрою для обстежень підземних трубопроводів, коли глибина їх залягання змінюється у два і більше разів. Практично доводиться обстежувати трубопроводи на відстанях від осі (глибинах) від 0,5м до 3м (можливо і більших); вибираючи параметри антенної системи для найбільшої віддалі, по даному способу отримуємо прилад, яким незручно користуватись при малих глибинах.

Технічною задачею, яку розв'язує винахід, є створення безконтактного вимірювача постійних струмів у підземних сталевих трубопроводах, шляхом введення додаткових елементів та блоків функціональних перетворень сигналів з відповідними зв'язками для виключення впливу глибини залягання трубопроводу, при наявності магнітного поля Землі та вторинного поля намагнічення труби, для забезпечення можливостей оперативних вимірювань постійних струмів у захованих сталевих трубопроводах з метою контролю корозійного стану підземних металевих споруд.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання постійного струму, який містить у собі перший і другий сприймачі (первинні перетворювачі в електричні сигнали) магнітного поля, штивно (жорстко) закріплені на штанзі перпендикулярно лінії що їх з'єднує, блок збудження, з'єднаний з відповідними входами сприймачів поля, перший підсилювач, підключений до виходу першого сприймача поля, вихідний індикатор, індикатор осі (нуля) і з'єднаний з його входом індуктивну котушку, закріплену на штанзі, кутомір, штивно закріплений на штанзі, як і сприймачі поля, у площині перпендикулярній трубопроводу, додатково введені другий підсилювач, з'єднаний з виходом другого сприймача поля, блок компенсації, перший і другий синхронні детектори, перший і другий фільтри низьких частот, перший і другий смугові фільтри, індикатор компенсації, перший і другий випрямлячі, перший, другий, третій блоки перемноження, блок ділення, причому вісь котушки орієнтована вздовж штанги, виходи першого і другого підсилювачів з'єднані з першими входами відповідно першого і другого синхронних детекторів, другі входи яких з'єднані з другим виходом блоку збудження, виходи першого і другого синхронних детекторів з'єднані з входами відповідно першого і другого фільтрів низьких частот та першого і другого смугових фільтрів, вихід першого фільтра низьких частот з'єднаний з індикатором компенсації та з входом блока компенсації, який споряджений вузлом управління, вихід блока компенсації підключений до компенсуючих котушок першого і другого сприймачів (первинних перетворювачів) магнітного поля, виходи першого і другого смугових фільтрів з'єднані з входами відповідно першого і другого випрямлячів, виходи яких з'єднані з першими та другими входами відповідно блоку віднімання і першого блоку перемноження, вихід блоку віднімання з'єднаний з першим і другим входами другого блоку перемноження, вихід якого підключений до входу дільника блоку ділення, вхід діленого блоку ділення з'єднаний з виходом першого блоку перемноження, вихід блоку ділення з'єднаний з першим входом третього блоку перемноження, другий вхід третього блоку перемноження з'єднаний з виходом другого фільтра низьких частот, а вихід третього блоку перемноження підключений до вихідного індикатора.

Сприймачі магнітного поля (первинні перетворювачі магнітної індукції в електричні сигнали) виконані на основі однокомпонентних феромодуляційних перетворювачів і включають у собі вимірювальну котушку, котушку збудження і компенсуючу котушку, намотані на феромагнітний (м.б. пермалойовий) сердечник [4].

Функціональні перетворювачі електричних сигналів здійснюються на основі операційних підсилювачів або спеціалізованих мікросхем [5].

Суттєвими відмінностями заявленого пристрою від прототипа є включення другого вимірювального каналу (другий підсилювач і два синхронні детектори), двох пар фільтрів (низьких частот та смугових), блоку компенсації, блоків функціонального перетворення сигналів (віднімання, множення, ділення) з відповідними зв'язками та орієнтація індуктивної котушки вздовж осі штанги.

Названі суттєві ознаки у їх сукупності із зв'язками між ними не відомі ні в прототипа ні в аналогів, отже відповідають критерію "новизна".

На малюнку (фіг.) представлена структурна схема запропонованого пристрою.

На схемі показані перший 1 і другий 2 сприймачі магнітного поля (первинні перетворювачі), індуктивна котушка 3, кутомір 4, блок компенсації 5, перший 6 і другий 7 підсилювачі, блок збудження 8, індикатор нуля (осі) 9, перший 10 і другий 11 синхронні детектори, перший 12 фільтр низьких частот, перший 13 і другий 14 смугові фільтри, другий 15 фільтр низьких частот, індикатор компенсації 16, перший 17 і другий 18 випрямлячі, блок віднімання 19, перший 20, другий 21 і третій 22 блоки перемноження, блок ділення 23, вихідний індикатор 24. Штанга зображена лінією, що з'єднує елементи 1 - 4 - 2 - 3.

Пристрій працює наступним чином.

Індикатор нуля 9 і смугові фільтри 13 і 14 настроюють на частоту змінного струму (на другу гармоніку струму промислової частоти при наявності працюючої станції катодного захисту, або на частоту генератора, підключеного до трубопроводу і заземлення). За показами індикатора нуля 9 і кутоміра 4, оператор орієнтує штангу (з сприймачами поля 1 і 2) вздовж прямої, що проходить через вісь трубопроводу, паралельно компоненті магнітного поля Землі перпендикулярно трубопроводу.

Кут між названою компонентою поля Землі і вертикаллю визначається за геомагнітними картами і напрямом (магнітним азимутом) трубопроводу, або експериментально заявленим пристроєм, на віддалі від труби, за показами індикатора 16 при виключеному блоці компенсації 5, шляхом поворотів штанги з сприймачем поля 1 і 2 кутоміром 4. За цим кутом оператор встановлює нахил штанги відносно вертикалі, отже сприймачі поля 1 і 2 орієнтуються перпендикулярно до геомагнітного поля, а за нульовими показами індикатора 9 сприймачі поля 1 і 2 додатково орієнтуються азимутально відносно трубопроводу.

Сприймачі поля 1 і 2 здійснюють первинне феромодуляційне перетворення вимірюваної магнітної індукції в е.р.с. вищих гармонік струму збудження. Сигнали від сприймачів 1 і 2 поступають у підсилювачі 6 і 7 настроєні на другу гармоніку струму генератора збудження 8. Синхронні детектори 10 і 11 з опорною частотою генератора 8 детектують підсилені у 6 і 7 вхідні сигнали в спектр низьких частот, що відповідає діапазону частот вимірюваних струмів. Фільтри низьких частот 12 і 15 та смугові фільтри 13 і 14 виділяють відповідно постійні і змінні складові сигналу, пропорційні відповідним складовим поля струмів що контролюються.

За величиною і полярністю постійного сигналу з першого каналу, блок компенсації 5 видає постійний струм у компенсуючі котушки сприймачів 1 і 2 таким чином, щоби повністю скомпенсувати постійне магнітне поле в сприймачі 1; струм компенсації регулюється вузлом управління, керування яким здійснюється оператором вручну (за показами індикатора компенсації 16), або автоматично (з використанням включеного у вузол управління інвертуючого підсилювача, на вхід якого подається сигнал з першого фільтра низьких частот 12). При цьому сигнал U_0 на виході другого ФНЧ 15 пропорційний різниці ортогональних штанзі компонент постійного магнітного поля у точках розміщення сприймачів 1 і 2

$$U_0 = k_0 \cdot \Delta H_0, \quad (1)$$

де k_0 - коефіцієнт перетворення постійного магнітного поля в електричну напругу.

З смугових фільтрів сигнали, пропорційні відповідним компонентам напруженості змінного поля, проходять випрямлення у блоках 17 і 18, на виходах яких

$$u_1 = k_1 \cdot H_1, u_2 = k_2 \cdot H_2. \quad (2)$$

де коефіцієнти перетворення змінного магнітного поля доцільно вибирати рівними між собою $k_1 = k_2$.

Функціональні перетворення цих сигналів у блоках віднімання 19, піднесення до квадрату 21, множення 20, ділення 23 та множення 20 приводять (з врахуванням коефіцієнтів перетворень) до величини вихідного сигналу

$$U = k_0 \cdot \Delta H_0 \cdot K_B K_{M1} K_{M2} K_D \frac{H_1 H_2}{K_{M2} (H_2 - H_1)^2} \cdot (3)$$

Величина постійного струму 1, що протікає по трубопроводу, як відомо з [3], визначається формулою

$$I = 2 \pi b \frac{H_1 H_2}{(H_2 - H_1)^2} \cdot \Delta H_0. \quad (4)$$

Співставляючи (4) з (3), бачимо, що на вихідний індикатор пристрою поступає напруга пропорційна величині вимірюваного постійного струму. Якщо задати коефіцієнти перетворення такими, щоб виконувалась умова

$$k_0 K_B K_{M1} K_{M2}^{-1} K_D K_{M3} = 2 \pi b, \quad (5)$$

де b - віддаль між сприймачами поля 1 і 2, то вихідний індикатор 24 показує величину струму i в трубопроводі, незалежно від глибини його залягання.

За полярністю вихідного сигналу в індикаторі 24, з врахуванням орієнтації сприймачів поля 1 і 2, визначають напрям постійного струму в підземному трубопроводі.

Практичне використання запропонованого пристрою передбачає переміщення його вздовж траси і вимірювання струму в різних точках трубопроводу. За діаграмою розподілу постійного струму контролюють стан протикорозійного захисту, виявляють катодні і анодні зони, за густиною стікаючого струму оцінюють інтенсивність корозії трубопроводу і з'єднаних з ним підземних металевих споруд.

Переваги запропонованого пристрою в порівнянні з прототипом полягають у спрощенні процедури орієнтації антенної системи (штанги з сприймачами поля) відносно трубопроводу і забезпеченні можливості вимірювань постійного струму без обмеження на глибину залягання трубопроводу, що дозволяє проводити оперативні корозійні обстеження підземних сталевих трубопроводів методом безконтактних вимірювань постійних струмів.

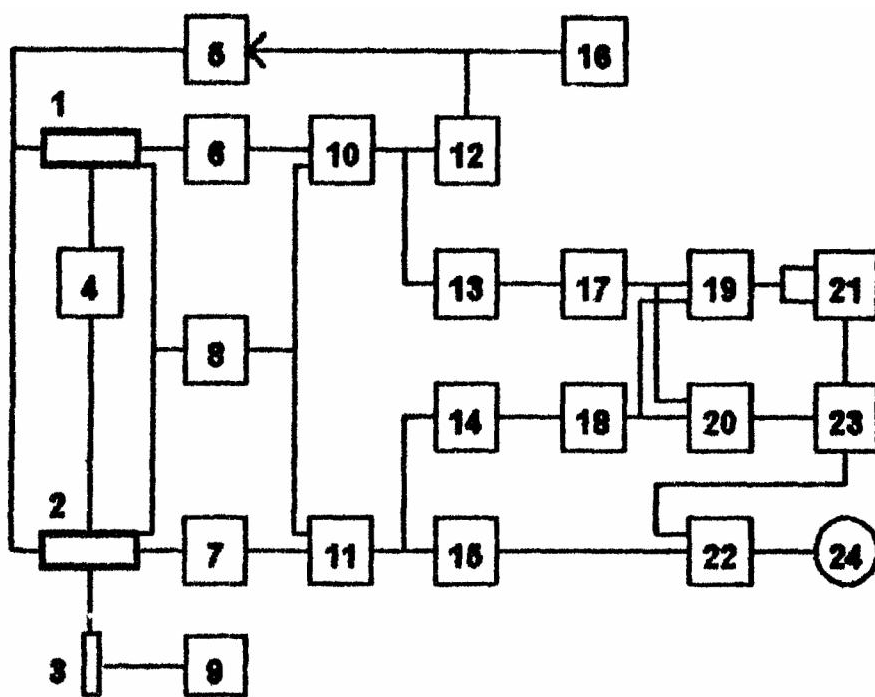


Fig.