



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50133 (13) A

(51) 6 G01N27/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ, ЯКІ ТРАНСПОРТУЮТЬСЯ ТРУБОПРОВОДОМ

1

2

(21) 2001106942

(22) 12 10 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002р

(72) Бахшалієв Арастун Шукур-Огли, Малаховський Євген Іванович, Козлов Анатолій Павлович, Якіменко Микола Сергійович, Хотульов Геннадій Петрович, Богорош Олександр Терентієвич

(73) ДЕРЖАВНЕ НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "ПРИЛАДИ, АВТОМАТИКА, СИСТЕМИ"

(57) 1 Пристрій для безперервного контролю вологості нафтопродуктів, які транспортуються трубопроводом, що містить чутливий конденсаторний елемент, плечовий трансформатор з комутатором перемикання кількості витків змінного плеча плечового трансформатора та генератора живлення, які разом утворюють схему трансформаторного мосту, підсилювач напруги розбалансу мосту, який підключено у діагональ мосту, та схему автоматичного врівноваження, вхід якої підключено до виходу підсилювача напруги розбалансу, а вихід - до комутатора перемикання кількості витків

змінного плеча плечового трансформатора, який відрізняється тим, що чутливий конденсаторний елемент складається з вимірювального конденсатора, кризь порожнину якого проходить нафтопродукт, що контролюється, та зразкового конденсатора, причому кожен з них має чотири плоских електроди, що у поперечному перерізі чутливого конденсаторного елемента утворюють квадрат, у якому одна пара протилежних електродів підключена у вимірювальну схему, а друга пара протилежних електродів - заземлена

2 Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що чутливий конденсаторний елемент виконано у вигляді набору фасонних плоских деталей, що скріплені у єдину жорстку конструкцію

3 Пристрій по п. 2, який відрізняється тим, що зразковий конденсатор виконано з повтряним діелектриком

4 Пристрій по п. 2, який відрізняється тим, що всі металеві частини чутливого конденсаторного елемента за винятком потенціальних електродів, які підключені у схему трансформаторного мосту, мають надійне з'єднання з землею

Винахід відноситься до галузі нафтогазової промисловості і може бути використаним для безперервного визначення вмісту води у нафтопродуктах, які транспортуються трубопроводом

Відомі пристрої, які працюють за так званим дієлькометричним принципом (див., наприклад, Кудрявцев А.В., Шевченко В.Н. Ёмкостные измерители влажности жидких сред. Институт автоматики Фрунзе, Илим 1989), які складаються з чутливого конденсаторного елемента, кризь який пропускається нафтопродукт, та вимірювача інформаційної ємності. Чутливий елемент вміщує один електрод, який розташовується у металевому трубопроводі, і з'єднується коаксимальним кабелем з вимірювачем ємності. Другим електродом конденсаторного елемента служить металевий трубопровід. Вимірювач ємності будується, як правило, по схемі трансформаторного мосту. Баланс мосту досягається різними засобами, наприклад, зміною

ємності зразкового конденсатора другого плеча мосту, або зміною величини напруги на зразковим конденсаторі. По значенню вимірюваної ємності визначають і значення вологості нафтопродукту, тому що діелектрична проникність (ДП) води ( $\epsilon_n = 80$ ) значно більше ДП нафтопродукту ( $\epsilon_n = 2-4$ ).

Недоліками таких пристроїв контролю вологості є низькі (недостатні) чутливість та перешкодостійкість.

Найбільш близьким до запропонованого винаходу за технічним змістом та результатом, що досягається, є пристрій з чутливим конденсаторним елементом під назвою "Ёмкостной датчик" по а.с. 1550405, Россия, авт. А.В. Милай, А.В. Артемова.

Цей датчик вміщує чотири електроди, які виконані у вигляді пластин, з'єднаних у дві пари, і має додатково дві плоских рамки, розташованих у перпендикулярних площинах симетрично лінії їх

(13) A

(11) 50133

(19) UA

перетину і з'єднаних жорстко по лінії їх пересічення. В кожній рамці встановлено по два електроди, три бічних сторони яких з'єднані з рамками, четверті сторони паралельні лінії пересічення площин і знаходяться від неї на рівних відстанях, при чому пара електродів, що заземлена, з'єднана з рамкою провідним шаром і утворює з нею єдине ціле, потенціальні електроди з'єднані з рамкою ізоляційним шаром, а у місці з'єднання рамок з одного боку є отвір для з'єднувального кабелю потенціальних площин. Потенціальні електроди датчика використовуються для підключення вимірювача ємності.

Недоліком цього датчика є невдала його конструкція, яка не дозволяє повністю використати переваги чотириелектродного принципа побудови конденсатора, він має відносно складну конструкцію і потребує для кріплення у трубопроводі спеціального кронштейну. Датчик має досить низьку чутливість та перешкодостійкість проти вібрації, паразитних ємностей та інших перешкод.

Запропонований винахід вирішує задачу підвищення чутливості, перешкодостійкості пристрою, надійності роботи, спрощення конструкції, зменшення часу на його профілактичне обслуговування і налагодження.

Суть винаходу полягає в тому, що пристрій, який вміщує чутливий конденсаторний елемент, плечовий трансформатор з комутатором переключення кількості витків змінного плеча плечового трансформатора та генератором живлення, які всі утворюють схему трансформаторного мосту, підсилювач напруги розбалансу мосту, який підключений у діагональ мосту, та схему автоматичного врівноваження, вхід якої підключений до виходу підсилювача напруги розбалансу мосту, а вихід - до комутатора переключення кількості витків змінного плеча плечового трансформатора, при тому чутливий конденсаторний елемент складається з вимірювального конденсатора, кризь порожнину якого проходить нафтопродукт, вологість якого контролюється, та зразкового конденсатора. Кожен із цих конденсаторів має чотири плоских електроди, які у поперечному перетині чутливого конденсаторного елемента утворюють квадрат, в якому одна пара протилежних потенціальних електродів підключена у вимірювальну схему, а друга пара протилежних електродів - заземлена.

Крім того, зразковий (опорний) конденсатор виконується повітряним, а для спрощення конструкції чутливий конденсаторний елемент виконаний у вигляді набору фасонних плоских деталей, що скріплені у єдину цупку конструкцію, і всі металеві його частини, за винятком потенціальних електродів, які підключено у схему трансформаторного мосту, мають надійне електричне з'єднання з землею. Розташування електродів конденсатора у поперечному перетині по формі квадрату забезпечує незалежність ємності від поперечних розмірів конденсатора. Цю властивість можна пояснити таким чином. Відомо, що ємність  $C$  конденсатора визначається за виразом

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d} = \frac{\epsilon a l}{4\pi d} = \frac{\epsilon}{4\pi} l$$

де  $\epsilon$  - діелектрична проникність діелектрика,

$S$  - площа електродів,  
 $a$  - ширина електродів,  
 $l$  - довжина електродів,  
 $d$  - відстань між електродами

Для квадрата  $a = d$ , таким чином ємність конденсатора такої конфігурації залежить тільки від одного конструктивного параметра, тобто від його довжини. Це дозволяє забезпечувати однакову ємність для конденсаторів, розрахованих на різні витрати нафтопродуктів.

Конденсатори з вказаною конструкцією відносяться до категорії так званих конденсаторів з перехресними зв'язками. Можна показати, що завдяки такій конструкції значно зменшується вплив забруднення внутрішніх його стінок, наприклад, від парафінів, існуючих у нафтопродуктах, що дає змогу збільшити періоди профілактичного обслуговування пристрою контролю.

Використання у пристрої трансформаторного мосту з трьохелектродним підключенням чутливого конденсаторного елемента дає змогу повністю ліквідувати вплив паразитних ємностей, що існують між потенціальними електродами та землею. При цьому, як показано у праці "Трансформаторные измерительные мосты" под ред. чл. корр. АН СССР К.Б. Карандеева, 1970 величина шкідливих паразитних ємностей може бути на кілька порядків більше основної корисної ємності конденсатора (див. еквівалентну схему на фіг. 3).

Використання у другому плечі трансформаторного мосту конденсатора з повітряним діелектриком теж дає додаткову перевагу, тому що пристрій легко налагоджувати і просто визначити необхідне для контролю значення діелектричної проникності сухого нафтопродукту «Н». Діелектрична проникність повітря дуже стабільна у широкому діапазоні температур і дорівнює  $\epsilon_B = 1,00059$ , тобто дуже близька до одиниці і може бути використана як зразкова міра.

Суть винаходу видно з наведених креслень.

На фіг. 1 показано поперечний переріз конструкції чутливого конденсаторного елемента та його електричне підключення у схему трансформаторного мосту.

На фіг. 2 показано повздовжний переріз чутливого конденсаторного елемента.

На фіг. 3 дається еквівалентна схема чутливого конденсаторного елемента.

На наведених кресленнях позначені

- 1 - чутливий конденсаторний елемент,
- 2 - плечовий трансформатор,
- 3 - комутатор переключення кількості витків змінного плеча плечового трансформатора,
- 4 - генератор живлення,
- 5 - підсилювач напруги розбалансу мосту,
- 6 - схема автоматичного врівноваження,
- 7 - вимірювальний конденсатор,
- 8 - зразковий конденсатор,
- 9 - кришка вимірювального конденсатора,
- 10 - ізоляційні пластини з високопотенціальними електродами,
- 11 - ізоляційні пластини з низькопотенціальними електродами,
- 12 - корпус вимірювального конденсатора,
- 13 - основа конструкції чутливого конденсаторного елемента,

- 14 - корпус зразкового конденсатора,
- 15 - кришка зразкового конденсатора,
- 16 - болти з гайками,
- 17 - штуцери вводу і виводу нафтопродукту,
- 18 - регулювальний гвинт зразкового конденсатора з контргайкою,
- 19, 20, 21, 22 - паразитні ємності

Як видно з креслень, наведених на фіг 1, 2, чутливий конденсаторний елемент 1 має декілька сталевих плоских деталей 9, 12, 13, 14, 15, які стягнуті у єдину жорстку конструкцію сталевими болтами 16 з гайками. Між сталевими плоскими деталями розташовані ізоляційні пластини з потенціальними електродами. Порожнина вимірювального конденсатора 7, крізь який проходить нафтопродукт, розрахована на робочий тиск нафтопроводу. Кришка зразкового конденсатора має значно меншу товщину. Робочу ємність вимірювального та зразкового конденсаторів утворюють діелектричні пластини 10, 11 з нанесеним на них металевим покриттям - високопотенціальні і низькопотенціальні електроди та їх електричні виводи.

Вимірювальний конденсатор 7 має верхній та нижній штуцери 17 (на фіг 2 нижній штуцер не показано) для вводу та виводу нафтопродукту, що контролюється, за допомогою яких чутливий конденсаторний елемент з'єднується з трубопроводом спеціальними відводами. Зразковий конденсатор 8 має регулювальний гвинт 18 для точного встановлення його ємності, яка повинна бути рівною ємності "сухого", тобто без нафтопродукту, вимірювального конденсатора 7. Плечовий трансформатор має обмотки з тисним індуктивним зв'язком, що забезпечує високу точність відношення величин напруг між окремими обмотками. Одне плече трансформатора має незмінну кількість витків і незмінну величину напруги, що живить вимірювальний конденсатор, чим виконується вимога не перевищувати значення, що може бути прикладено до нафтопродукту. Друге плече має необхідну кількість секцій, що утворюють двоичний код, і за допомогою комутатора видає змінну величину напруги, що використовується для врівноваження мосту під час роботи пристрою. Комутатор 3 переключення кількості витків для досягнення достатньої швидкодії виконано на електронних перемикачах. Підсилювач напруги розбалансу мосту має високу чутливість та вхідний опір, що є необхідним для роботи схеми автоматичного цифрового врівноваження мосту. На виході схеми автоматичного врівноваження утворюється двоичний код, який керує комутатором 3. Цей код використовується для безпосередньої індикації визначеної величини  $\varepsilon$  (ДП), а також для вводу в ПЕОМ для обчислення на основі одержаного значення  $\varepsilon$  вологості контролюемого нафтопродукту.

Конструкція чутливого конденсаторного елемента 1 є така, що дозволяє обходитися без з'єднувальних кабелів, тобто всі вузли пристрою 1 - 6 можуть бути об'єднані в одну єдину конструкцію. Така конструкція має високу перешкодостійкість відносно механічних вібрацій.

Робота пристрою для безперервного контролю вологості нафтопродуктів здійснюється таким чином. Перед усім у "сухому" стані чутливого конденсаторного елемента 1, тобто без нафтопродук-

ту, в ньому за допомогою регулювального гвинта 18 вирівнюють значення зразкового конденсатора 8 з ємністю вимірювального конденсатора 7 ця рівність ємностей визначається відсутністю напруги розбалансу на виході підсилювача 5 при рівності напруг на обох плечах трансформатора 2. Після досягнення рівності ємностей обох конденсаторів регулювальний гвинт 18 зразкового конденсатора закріплюється контргайкою. Після цього вимірювальний конденсатор 7, заповнюють висушеним нафтопродуктом того сорту, вологість якого треба контролювати.

Оскільки ДП нафтопродукту є більше ДП повітря ємність вимірювального конденсатора 7 збільшується, в діагоналі трансформаторного мосту виникне розбаланс напруг і схема врівноваження 6 отримає від підсилювача 5 керуючий сигнал і почне за допомогою комутатора 3 переключати витки змінного плеча трансформатора поки напруга розбалансу не буде дорівнювати нулеві.

На основі співвідношення

$$\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_n} = \frac{U_2}{U_1},$$

де  $U_2$  - напруга на змінному плечі трансформатора,

$U_1$  - напруга на плечі трансформатора із фіксованими параметрами

Виходячи з цього легко отримати значення ДП «сухого» нафтопродукту

$$\varepsilon_n \approx \frac{U_2}{U_1}, \quad \text{тому що } \varepsilon_p = 1$$

Ця величина передається у ПЕОМ як постійне значення для подальшого визначення вологості  $W$  нафтопродукту.

При вимірюванні вологості контролюемого нафтопродукту схема працює аналогічно вищенаведеному, але виміряне значення ДП вологого

нафтопродукту  $\varepsilon_n^B$  використовується для обчислення за допомогою ПЕОМ значення відносної вологості нафтопродукту  $W$  за виразом

$$W = \frac{\varepsilon_n^B - \varepsilon_n}{\varepsilon_n^B + 3\varepsilon_n}.$$

Якщо вологість нафтопродукту почне зменшуватись, то фаза напруги розбалансу мосту відносно фази напруги генератора живлення зміниться на протилежну і схема автоматичного врівноваження 6 почне видавати керуючий сигнал на зменшення кількості витків змінного плеча трансформатора і одержане значення ДП нафтопродукту також зменшиться.

У зв'язку з тим, що вода, яка міститься у нафтопродукті, як правило, не є дисцилятом, на виході підсилювача є і активна складова сигналу розбалансу. Тому для досягнення повного балансу трансформаторного мосту схема пристрою доповнюється вузлами врівноваження по активній складовій вихідного сигналу. Зважаючи на те, що схема врівноваження по активній складовій вихідного сигналу аналогічна вищенаведеної, за винятком фази опорної напруги фазочутливого детектора,

для спрощення опису схеми ці вузли не розглядаються.

Таким чином, завдяки пропонованій конструкції конденсаторного елементу отримана нова компактна і надійна конструкція пристрою для безперервного контролю вологості нафтопродуктів, що транспортуються трубопроводом. Відсутність у пристрої деталей, що можуть вібрувати, забезпечує високу перешкодостійкість щодо вібрації.

Використання зразкового конденсатора з повітряним діелектриком у чутливому конденсаторному елементі забезпечує високу точність визначення вологості рідини, спрощує налагодження пристрою і визначення точної величини ДП "сухого" нафтопродукту, яка необхідна для обчислення та оцінки його вологості.

Розташування електродів конденсатора у перетині у формі квадрата значно зменшує вплив забруднення внутрішніх стінок конденсатора домішками, які існують у нафтопродуктах (див. про-

токол іспитів, що додається), а також дозволяє не змінювати параметри вторинної апаратури при виготовленні пристроїв, розрахованих на різні витрати нафтопродукту, тому що при зміні розмірів квадрата поперечного перетину проточної частини ємність конденсатора не змінюється.

Конденсатори чутливого елементу підключені у схему трансформаторного мосту по триелектродній схемі, що усуває вплив паразитних ємностей на процес контролю (див. фіг. 3).

Техніко-економічний ефект від запропонованого пристрою для безперервного контролю вологості нафтопродуктів, що транспортуються трубопроводом, визначається високою надійністю його роботи, спрощенням конструкції та вторинної апаратури, спрощенням налагодження пристрою, та значно меншим впливом забруднення на точність роботи, що дозволяє збільшити періоди між профілактичними роботами, які потрібні для чищення проточної частини пристрою.

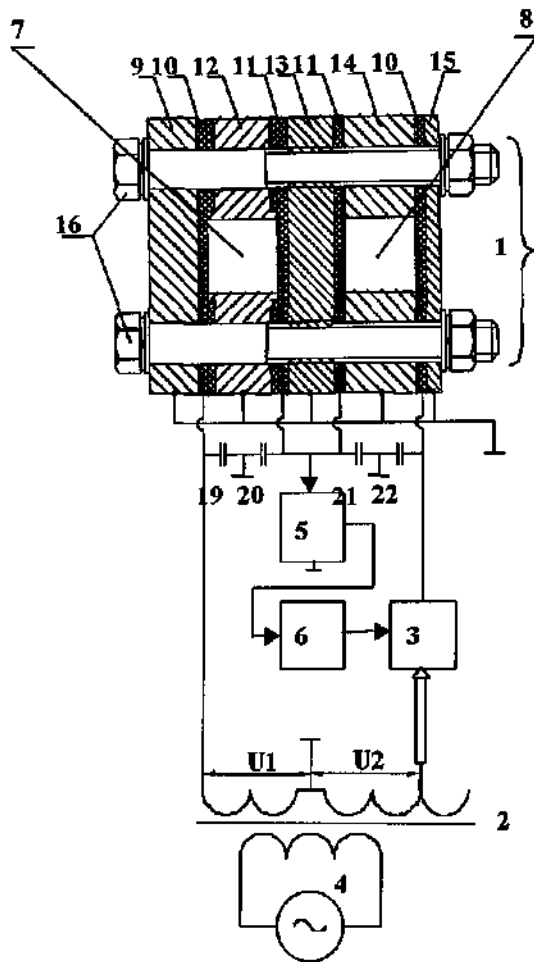


Fig. 1.

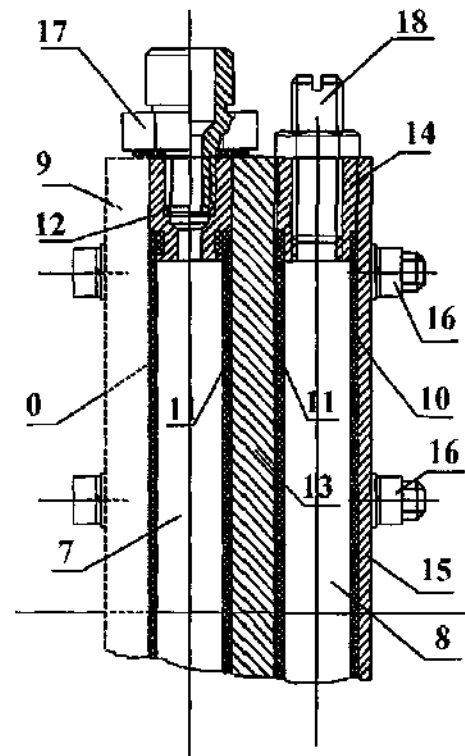
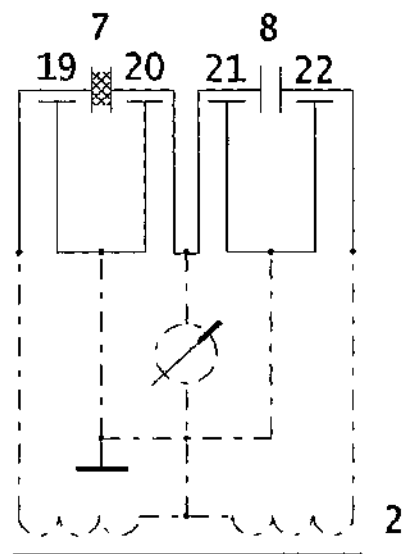


Fig. 2.



Фіг. 3

---

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90

---

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна  
(044) 216 – 32 – 71