



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34598 (13) A

(51) G 01N 27/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) АВТОГЕНЕРАТОРНИЙ ВИМІРЮВАЧ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАТЕРІАЛІВ

(21) 98063170  
(22) 18 06 1998  
(24) 15 03 2001  
(46) 15 03 2001 Бюл. № 2, 2001 р.  
(72) Скрипник Юрій Олексійович, Капамеєць Тетяна Петрівна  
(73) ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ  
(57) Автогенераторний вимірник електрофізичних параметрів матеріалів, що містить у собі ємнісний або індуктивний робочий давач з матеріалом, що досліджується автоматичний перемикач, два автогенератори балансири змішувач виходами з'єднаний з виходами автогенераторів виходом з'єднаний з послідовно включеними фільтром нижніх частот формувачем коротких імпульсів реверсивним пічипником імпульсів та цифровим відліковим пристроєм генератор тактових імпульсів і блок керування вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів виходи з'єднані з керуючими входами автоматичного перемикача, реверсивного пічипника імпульсів та цифрового відлікового пристрою відповідно який відрізняється тим, що додатково введено зразковий давач штанга положення давачів, занурювальний корпус жорстко закріплений на штанзі положення давачів діелектричну підкладку яка розміщена в занурювальному корпусі і поділяє його на проточну камеру робочого давача для заповнення досліджу-

ваним матеріалом і герметизовану компенсаційну камеру зразкового давача для заповнення еталонним матеріалом двожилий коаксіальний кабель з заземленим екранним обплетенням який прокладений через штангу положення давачів другий автоматичний перемикач, при цьому робочий давач з досліджуванним матеріалом і зразковий давач з еталонним матеріалом розміщені на одній діелектричній підкладці на протилежних сторонах в проточній і герметизованій компенсаційній камері відповідно і виконані кожний у вигляді конденсаторів з високопотенційними і низькопотенційними планарними електродами або одношарових котушок з високопотенційними і низькопотенційними кінцями протилежні входи першого та другого автоматичних перемикачів з'єднані між собою і через двожилий коаксіальний кабель з'єднані з високопотенційними електродами ємнісних давачів або високопотенційними кінцями котушок, низькопотенційні електроди або низькопотенційні кінці котушок яких з'єднані між собою і підключені до екранного обплетення двожилого коаксіального кабелю вихід першого автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом першого автогенератора вихід другого автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом другого автогенератора а керуючий вхід другого автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом першого автоматичного перемикача

Вінахід відноситься до засобів аналізу властивостей речовин та матеріалів по їх електрофізичним параметрам (діелектричній магнітній проникливості питомому електроопору) і може бути використаний для контролю складу та якості різноманітних речовин та матеріалів переважно рідких та газоподібних у технологічному потоці

Для вимірювання електрофізичних параметрів матеріалів використовують двоканальні автогенераторні схеми порівняння (див. Арш. Э И Автогенераторные методы и средства измерений - М. Машиностроение, 1979, с. 71-73), що містять у собі ємнісний індуктивний або резистивний давач з матеріалом, що досліджується вимірювальний та опорний автогенератори схему порівняння

частот, входи якої з'єднані з виходами автогенераторів, блоки виділення та підсилення коливань різницевої частоти та відліково-реєструючий пристрій

Частота вимірювального автогенератора задається індуктивним або ємнісним давачем включеним в його керуючий контур, а частота опорного автогенератора - варіометром або конденсатором змінної ємності, параметри яких відповідають індуктивності або ємності пускового давача. Різницева частота що вимірюється, пропорційна магнітній або діелектричній проникливості матеріалу або речовини, що досліджується

Але нестабільність початкових частот двох незалежних автогенераторів із-за температурних

(19) UA (11) 34598 (13) A

та часових змін їх параметрів викликає великий дрейф нуля на виході схеми порівняння частот. Це не дозволяє достовірно вимірювати малі значення різниці частоти, а отже, і малі зміни магнітної або діелектричної проникливості рідких або газоподібних матеріалів.

Відомий автогенераторний вимірювач електрофізичних параметрів матеріалів (див. Ройтман М.С., Жуков В.В. Измерение малых приращений емкостей и индуктивностей методом периодического сравнения, - "Измерительная техника", 1967 №12 с. 17-19) що містить у собі давач з матеріалом, що досліджується зразковий елемент (конденсатор або котушка індуктивності), автоматичний перемикач, автогенератор і послідовно з'єднані частотний детектор, комутаційний генератор, фільтр нижніх частот, підсилювач частоти комутації, фазочутливий випрямлювач та вольтметр. Автогенераторний вимірювач виконаний по одноканальній схемі. Давач і реактивний зразковий елемент (конденсатор або котушка індуктивності) по чергово підключаються до керуючого входу автогенератора автоматичним перемикачем, а керуючі входи автоматичного перемикача і фазочутливого випрямлювача підключені до виходу комутаційного генератора.

Якщо ємність зразкового конденсатора або індуктивність зразкової котушки не дорівнюють ємності або індуктивності порожнього давача, то вихідна напруга автогенератора виявляється модульованою по частоті з періодом прямокутної напруги комутаційного генератора. Змінна складова вихідної напруги частотного детектора виділяється фільтром, підсилюється підсилювачем змінної напруги і вимірюється вольтметром. Покази вольтметра пропорційні діелектричній або магнітній проникливості матеріалу, що знаходиться в давачу. Нестабільність частоти автогенератора при періодичному порівнянні не викликає дрейф нуля схеми порівняння при рівності ємностей або індуктивностей порожнього давача і зразкового конденсатора або котушки, а значить, адитивна похибка відсутня. Проте нелінійність характеристики частотного детектора та нерівномірність його частотної характеристики обумовлюють велику мультиплікативну похибку у вимірюванні діелектричної або магнітної проникливості матеріалу, що досліджується.

Відомий також автогенераторний вимірювач електрофізичних параметрів матеріалів (див. Скрипник Ю.А. Коммутационные цифровые измерительные приборы. М., Энергия, 1973 с. 23-25), що містить у собі ємнісний або індуктивний робочий давач з матеріалом, що досліджується, автоматичний перемикач, два автогенератори, балансний змішувач, входами з'єднаний з виходами автогенераторів, виходом з'єднаний з послідовно включеними фільтром нижніх частот, формувачем коротких імпульсів, реверсивним лічильником імпульсів та цифровим відліковим пристроєм, генератор тактових імпульсів і блок керування, вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, виходи з'єднані з керуючими входами автоматичного перемикача, реверсивного лічильника імпульсів та цифрового відлікового пристрою відповідно. Крім того, автогенераторний вимірювач містить зразковий елемент (конденсатор або котушка індуктивності), при цьому робочий давач з

досліджуванним матеріалом і зразковий елемент (конденсатор або котушка індуктивності) підключені до входів автоматичного перемикача, а вихід автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом першого автогенератора. В ланцюг керування частотою другого автогенератора включений конденсатор або котушка індуктивності, які забезпечують генерування коливань, близьких до частоти коливань першого автогенератора при порожньому давачу.

Цей автогенераторний вимірювач виконаний також по одноканальній схемі. Наявність в одноканальній схемі порівняння другого автогенератора знижує вимоги до швидкодії та розрядності реверсивного лічильника імпульсів, що підвищує чутливість автогенераторного вимірювача до малих змін діелектричної або магнітної проникливості досліджуваного матеріалу, що знаходиться в робочому давачу.

У відомому автогенераторному вимірювачі вплив температури та умов експлуатації суттєво позначається на результаті контролю. Так із-за непостійності температури матеріалу, що досліджується, або довжини з'єднувальних дротів давача порушується рівність, наприклад, ємності порожнього давача та ємності зразкового конденсатора. Флюктуаційна нестабільність напруг живлення із-за різночасовості порівняння ємності або індуктивності давача з ємністю або індуктивністю зразкового конденсатора або котушки, що обумовлює різну кількість імпульсів в сусідні такти комутації і викликає адитивну похибку. Індустріальні завади в основному діють на давач і з'єднувальні дроти, так як зразковий елемент (конденсатор або котушка індуктивності) розташовується безпосередньо в корпусі автоматичного вимірювача на вході автоматичного перемикача. Періодичне перемикання ємностей або індуктивностей, що порівнюються, викликає появу комутаційних розривів в ланцюгу першого автогенератора, що обумовлює імпульсні похибки в роботі реверсивного лічильника імпульсів. Вказані впливаючі фактори зменшують точність вимірювання діелектричної або магнітної проникливості матеріалу, що досліджується.

В основу винаходу покладена задача створення такого автоматичного вимірювача електрофізичних параметрів матеріалів, в якому введення нових елементів та зв'язків дозволило б виключити вплив змін температури матеріалу, що досліджується, довжини та розташування з'єднувальних дротів давача, нестабільності напруг живлення та параметрів автогенераторів на результат порівняння досліджуваного та еталонного матеріалів, тим самим підвищити точність виміру.

Поставлена задача вирішується тим, що в автогенераторний вимірювач електрофізичних параметрів матеріалів, що містить у собі ємнісний або індуктивний робочий давач з матеріалом, що досліджується, автоматичний перемикач, два автогенератори, балансний змішувач, входами з'єднаний з виходами автогенераторів, виходом з'єднаний з послідовно включеними фільтром нижніх частот, формувачем коротких імпульсів, реверсивним лічильником імпульсів та цифровим відліковим пристроєм, генератор тактових імпульсів і блок керування, вхід якого з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, виходи з'єднані з керу-

руючими входами автоматичного перемикача, реверсивного лічильника імпульсів та цифрового відлікового пристрою відповідно, згідно винаходу, введені зразковий давач, штангу положення давачів, занурювальний корпус, жорстко закріплений на штанзі положення давачів, діелектричну підкладку, яка розміщена в занурювальному корпусі і поділяє його на проточну камеру робочого давача для заповнення досліджуванним матеріалом і герметизовану компенсаційну камеру зразкового давача для заповнення еталонним матеріалом, двожильний коаксіальний кабель з заземленим екранним обплетенням, який прокладений через штангу положення давачів, другий автоматичний перемикач, при цьому робочий давач з досліджуванним матеріалом і зразковий давач з еталонним матеріалом розміщені на одній діелектричній підкладці на протилежних сторонах в проточній і герметизованій компенсаційній камерах відповідно, і виконані кожний у вигляді конденсаторів з високопотенційними і низькопотенційними планарними електродами або одношарових котушок з високопотенційними і низькопотенційними кінцями, протилежні входи першого та другого автоматичних перемикачів з'єднані між собою і через двожильний коаксіальний кабель з'єднані з високопотенційними електродами ємнісних давачів або високопотенційними кінцями котушок, низькопотенційні електроди або низькопотенційні кінці котушок яких з'єднані між собою і підключені до екранного обплетення двожильного коаксіального кабелю, вихід першого автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом першого автогенератора, вихід другого автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом другого автогенератора, а керуючий вхід другого автоматичного перемикача з'єднаний з керуючим входом першого автоматичного перемикача.

Введення зразкового давача (ємнісного або індуктивного), виконаного на одній діелектричній підкладці з робочим давачем (також ємнісним або індуктивним), яка розділяє проточну з досліджуванним матеріалом і компенсаційну з еталонним матеріалом камери занурювального корпусу, другого автоматичного перемикача, який разом з першим по чергово та синхронно підключає високопотенційні електроди або кінці котушок давачів через двожильний коаксіальний кабель, що проходить через штангу положення давачів до керуючих входів двох автогенераторів забезпечили виключення впливу температури матеріалу, що досліджується, глибини занурення і розташування давачів, флюктуаційних та комутаційних завад на точність вимірювання інформативних змін діелектричної або магнітної проникливості матеріалу, що досліджується.

На фіг.1 зображена структурна схема автогенераторного вимірювача електрофізичних параметрів матеріалів з ємнісними давачами діелектричної проникливості матеріалів. На фіг. 2 - індуктивні давачі магнітної проникливості матеріалів.

Вимірювач (фіг 1) містить у собі занурювальний корпус 1, діелектричну підкладку 2, високопотенційні електроди робочого та зразкового давачів 3, низькопотенційні електроди робочого та зразкового давачів 4, герметизовану компенсацій-

ну камеру зразкового давача 5, пробку 6, проточну камеру робочого давача 7, штангу положення давачів 8, двожильний коаксіальний кабель 9, автоматичні перемикачі 10 і 11, автогенератори 12 і 13, балансний змішувач 14, фільтр нижніх частот 15, формувач коротких імпульсів 16, реверсивний лічильник імпульсів 17, цифровий відліковий пристрій 18, генератор тактових імпульсів 19, блок керування 20. Позицією 21 позначено резервуар з досліджуванним матеріалом.

В корпусі 1 розміщена підкладка із діелектричного матеріалу 2 з двома протилежно розташованими високопотенційними електродами 3 та двома низькопотенційними електродами 4, яка розділяє внутрішню частину корпусу на герметизовану компенсаційну камеру 5 з пробкою 6 і проточну камеру 7 з отворами. Через штангу положення давачів 8 проходить двожильний коаксіальний кабель 9, жили якого на вході з'єднані відповідно з високопотенційними електродами проточної та компенсаційної камер, а заземлене екранне обплетення з'єднане з низькопотенційними електродами проточної та компенсаційної камер. Протилежні входи автоматичних перемикачів 10 і 11 з'єднані між собою і підключені до жил на виході коаксіального кабелю. Виходи автоматичних перемикачів з'єднані з керуючими входами LC або RC автогенераторів 12 і 13, виходи яких з'єднані зі входами балансного змішувача 14, до виходу якого підключені послідовно з'єднані фільтр нижніх частот 15, формувач коротких імпульсів 16, реверсивний лічильник імпульсів 17 та цифровий відліковий пристрій 18. Генератор тактових імпульсів 19 підключений до входу блоку керування 20, перший вихід якого з'єднаний з керуючими входами автоматичних перемикачів, другий - з керуючим входом реверсивного лічильника імпульсів, а третій з'єднаний з керуючим входом цифрового відлікового пристрою.

Індуктивні давачі (фіг 2) виконані на одній діелектричній підкладці 22 у вигляді двох плоских котушок 23 і 24, розташованих на протилежних сторонах підкладки. Високопотенційні кінці котушок 25 і 26 підключені до жил коаксіального кабелю 27, а низькопотенційні зажими 28 і 29 з'єднані між собою і підключені до заземленого екранного обплетення коаксіального кабелю 27. Конструктивно індуктивні давачі розташовані в проточній і компенсаційній камерах занурювального корпусу.

Автогенераторний вимірювач електрофізичних параметрів матеріалів працює таким чином.

Корпус 1 за допомогою штанги положення давачів 8 занурюється на задану глибину в резервуар 21 з матеріалом, що досліджується. Розташовані на діелектричній підкладці 2 високопотенційні електроди 3 і низькопотенційні електроди 4 утворюють два однакових ємнісних давача в компенсаційній камері 5 і проточній камері 7 відповідно. За допомогою автоматичних перемикачів 10 і 11 ємнісні давачі по чергово підключаються до керуючих входів автогенераторів 12 і 13. При зміні положення перемикачів ємнісні давачі камер 5 і 7 заміщаються один одним.

Керування схемою вимірювача здійснюється від блоку 20, на який поступають тактові імпульси від генератора 19. З приходом першого тактового імпульсу автоматичний перемикач 10 через одну із

жип коаксіального кабелю 9 підключає до автогенератора 12 ємнісний давач проточної камери 7. В цей же час автоматичний перемикач 11 через другу жилу коаксіального кабелю 9 підключає ємнісний давач компенсаційної камери 5 до автогенератора 13. Якщо діелектричні проникливості досліджуваного матеріалу  $\epsilon_x$  і еталонного матеріалу  $\epsilon_0$  однакові  $\epsilon_x = \epsilon_0$ , то і відповідні ємності давачів однакові. Частота генерації  $f_1$  автогенератора 12 настраюється дещо більшою за частоту генерації  $f_2$  автогенератора 13 [ $f_2 = (0.9..0.95) f_1$ ]. В результаті цього на виході балансного змішувача 14, в якому здійснюється перемноження сигналів автогенераторів, утворюються коливання сумарної ( $f_1 + f_2$ ) і різницевої ( $f_1 - f_2$ ) частот. Фільтром нижніх частот 15 виділяються коливання різницевої частоти  $f_1 - f_2$ , із яких за допомогою формувача імпульсів 16 утворюються короткі імпульси по моментам переходу кривої напруги різницевої частоти через нуль. Імпульси поступають на вхід реверсивного лічильника 17, що працює в режимі додавання імпульсів, де накопичуються за час до приходу другого тактового імпульсу.

З приходом другого тактового імпульсу автоматичні перемикачі 10 і 11 устанавлюються в протилежне положення. При цьому до автогенератора 12 підключається ємнісний зразковий давач компенсаційної камери 5, а до автогенератора 13 - ємнісний робочий давач проточної камери 7. При рівності ємностей давачів частоти генерації  $f_1$  і  $f_2$  не змінюються, а значить, не змінюється і різницева частота  $f_1 - f_2$ . Одночасно зі зміною положення автоматичних перемикачів від блоку керування 20 із другого виходу поступає сигнал на реверсування лічильника 17 і він починає працювати в режимі віднімання поступаючих імпульсів. До моменту приходу третього тактового імпульсу лічильник 17 повністю обнуляється. З приходом третього тактового імпульсу здійснюється запис коду залишку імпульсів лічильника в регістр цифрового відлікового пристрою 18 по дві сигнали з третього виходу блоку керування 20. Одночасно з цим здійснюється повернення автоматичних перемикачів 10 і 11 в початкове положення. В цифровому відліковому пристрої 18 індичується нуль, який зберігається на протязі двох послідовних тактових імпульсів, після чого здійснюється перезапис результату нового відліку імпульсів.

Зміни температури матеріалу, що досліджується, в резервуарі 21 викликають аналогічні зміни температури еталонного матеріалу в компенсаційній камері 5. Тому зберігається стабільний нуль у відліковому пристрої 18 при періодичній зміні положень автоматичних перемикачів 10 і 11. Розташування електродів 3 і 4 на одній діелектричній підкладці 2 також виключає вплив змін її діелектричних властивостей від температури і процесів старіння матеріалів підложки. Зміна довжини кабелю 9 також не впливає на нульовий показ вимірювача, тому що в однаковій мірі змінюються сумарні ємності давачів і жил коаксіального кабелю.

При відмінності діелектричної проникливості досліджуваного матеріалу в проточній камері 7 від діелектричної проникливості еталонного матеріалу в компенсаційній камері 5 рівність ємностей да-

вачів порушується  $\epsilon_x \neq \epsilon_0$ . Якщо до автогенератора 12 підключається давач з матеріалом, що досліджується, в якому зменшилась діелектрична проникливість  $\epsilon_x = \epsilon_0 - \Delta\epsilon_x$ , то здійснюється збільшення частоти генерації  $f_1 = f_1 + \Delta f$ . При цьому частота генерації  $f_2$  автогенератора з давачем еталонного матеріалу залишається такою ж  $f_2 = f_2$ . Різницева частота на виході змішувача 14 збільшується  $f_1 - f_2 = f_1 - f_2 + \Delta f$ . В реверсивному лічильнику імпульсів 17, що працює в режимі додавання, накопичується число імпульсів  $n_1 = (f_1 - f_2 + \Delta f) \Delta t$ , де  $\Delta t$  - період слідування тактових імпульсів генератора 19. При протилежному положенні перемикачів 10 і 11 збільшення частоти генерації здійснюється в автогенераторі 13  $f_2' = f_2 + f$ , а частота генерації автогенератора 12 залишається без змін  $f_1' = f_1$ . Різницева частота на виході змішувача 14 при цьому зменшується  $f_1' - f_2' = f_1 - f_2 - \Delta f$ . В лічильнику імпульсів 17, який періодично реверсується, віднімається число імпульсів  $n_2 = (f_1 - f_2 - \Delta f) \Delta t$ . Код залишку імпульсів  $N = n_1 - n_2 = 2 \Delta f \Delta t$  та його знак індичуються в цифровому відліковому пристрої 18. Код залишку імпульсів при цьому пропорційний відхиленню діелектричної проникливості  $\Delta\epsilon_x$  матеріалу, що досліджується, відносно еталонного матеріалу  $N = k \Delta\epsilon_x$ , де  $k$  - коефіцієнт пропорційності, що визначається при калібруванні.

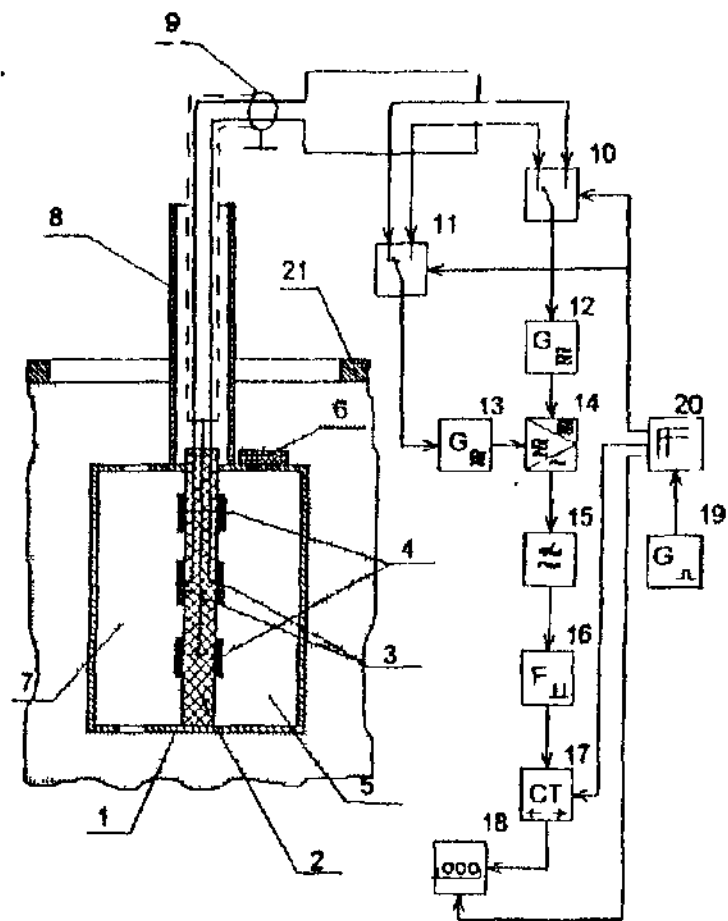
В випадку збільшення діелектричної проникливості матеріалу, що досліджується,  $\epsilon_x = \epsilon_0 + \Delta\epsilon_x$  здійснюється аналогічна реєстрація залишку імпульсів, але з протилежним знаком. Таким чином, по значенню і знаку кода на цифровому відліковому пристрої можливо визначити ступінь зміни діелектричної проникливості матеріалу, що досліджується, відносно еталонного.

Запропонована конструкція занурювального корпусу з давачами дозволяє контролювати зміни діелектричної проникливості також силових та газоподібних матеріалів. В безкорпусному варіанті пари давачів на одній підкладці можна використовувати і для контролю твердих матеріалів (стрічкових та рулонних).

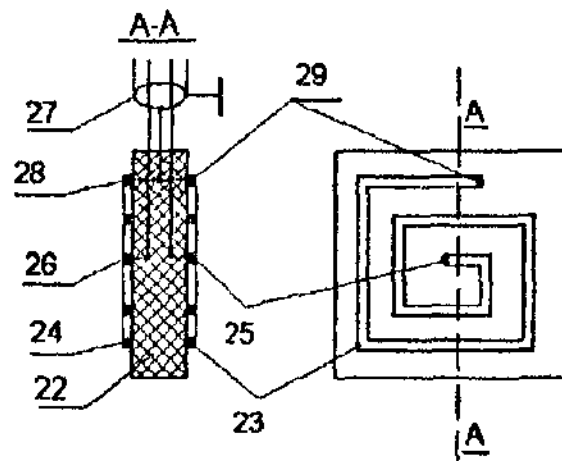
Так, розглянутий автогенераторний вимірювач з ємнісним давачем дозволяє знаходити і вимірювати малі зміни в діелектричній проникливості нафтових масел в межах від 2 і до 24 одиниць, що дозволяє ідентифікувати масло по призначенню (трансформаторне, конденсаторне, кабельне і т.п.) та визначити його марку (МН-2, С-220, П-28 і т.п.). Похибка вимірювання при цьому не перевищує  $\pm 0.05$  одиниці проникливості.

Якщо на підложку 22 (фіг.2) нанесені плоскі котушки індуктивності, то за допомогою розглянутого автогенераторного вимірювача можливо контролювати малі зміни магнітної проникливості рідких матеріалів, наприклад, вміст гемоглобіну в консервованій крові людини і тварин або концентрацію парамагнітних газів, наприклад, кисню в газових середовищах.

Включення в час задаючий ланцюг RC-генераторів резистивних давачів дозволяє отримувати частотну інформацію про склад електропровідних середовищ і напівпровідникових матеріалів.



Фиг. 1



Фиг. 2

Тираж 50 экз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»  
 Україна, 88000 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101  
 (03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03

