



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59822 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G01N 11/00  
G01F 23/28 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТА ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ

1

(21) u201100492

(22) 17.01.2011

(24) 25.05.2011

(46) 25.05.2011, Бюл.№ 10, 2011 р.

(72) ГОРДЕЄВ БОРИС МИКОЛАЙОВИЧ, ЖУКОВ  
ЮРІЙ ДАНИІЛОВИЧ, ЗІВЕНКО ОЛЕКСІЙ ВАСИ-  
ЛЬОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕ-  
БУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

(57) Спосіб визначення рівня та фізичних характе-  
ристич рідких середовищ, який передбачає поси-  
лання зондувального сигналу у контрольоване  
середовище за допомогою принаймні частково  
зануреного у контрольоване середовище датчика,

2

виконаного у вигляді принаймні одного провідника,  
приймання відбитого сигналу від кінця зануреної у  
контрольоване середовище частини датчика, об-  
робку поточної рефлектограми з метою обчислен-  
ня поточного рівня контрольованого середовища,  
який **відрізняється** тим, що попередньо калібру-  
ють вимірювальну систему контрольованим сере-  
довищем, оброблюють поточну рефлектограму  
для визначення за її формою електрофізичних  
параметрів контрольованого середовища і обчис-  
люють поточні значення фізичних характеристик  
середовища з використанням отриманих електро-  
фізичних параметрів та даних попереднього калі-  
брування.

Корисна модель стосується вимірювальної те-  
хніки і може бути використана для вимірювання  
рівнів та меж поділу рідких середовищ, темпера-  
тури та інших фізичних характеристик рідких сере-  
довищ (густини рідин, октанового або цетанового  
чисел палива, концентрації розчинів, тощо).

Відомий спосіб вимірювання параметрів збері-  
гання, рівня та температури рідин різної густини в  
резервуарі (патент Франції № 2624968, МКИ G01F  
23/00, 1990 р.). В лінію затримки, яку занурено в  
рідину, надсилають імпульси напруги. При різних  
густинах рідини буде різна швидкість проходження  
імпульсів в лінії затримки. Відстань між відбитими  
імпульсами відповідає різним шарам рідини. Цей  
спосіб відрізняється складністю реалізації в умо-  
вах рідин різної температури та складною констру-  
кцією чутливого елемента. Загальними з спосо-  
бом, що заявляється, є такі ознаки: в середовище,  
що контролюється, випромінюють сигнал, прийма-  
ють відбитий сигнал і за часом затримки визна-  
чають рівень.

Відомий спосіб визначення рівня, меж поділу і  
температури рідких та сипких середовищ (патент  
України № 11006 МПК G01F 23/28, 1993 р.). Спосіб  
полягає в тому, що виробляють генератором зон-  
дуючих імпульсів сигнал, який являє собою накладення  
відеосигналу і сигналу перепаду напруги, за  
допомогою чутливого елемента, що виконаний у  
вигляді двох ізольованих один від одного провід-  
ників, випромінюють у контрольоване середовище,

приймають відбитий сигнал, за допомогою послі-  
довно з'єднаних стробоскопічного перетворювача,  
аналого-цифрового перетворювача та обчислюва-  
льного пристрою виконують обробку прийнятого  
сигналу і за його формою визначають межі поділу  
та температури середовищ. Однак даний спосіб не  
дозволяє визначити інші фізичні характеристики  
рідких середовищ. Загальними зі способом, що  
заявляється, є такі ознаки: виробляють генератором  
зондуючих імпульсів сигнал, що випромінює-  
ється за допомогою чутливого елемента у контро-  
льоване середовище, приймають відбиті сигнали  
за допомогою послідовно з'єднаних стробоскопіч-  
ного перетворювача, аналого-цифрового перетво-  
рювача та обчислювального пристрою, виконують  
обробку прийнятого сигналу.

Найбільш близьким до пропозиції за технічною  
сутністю та результатом, що досягається, є спосіб  
визначення фізичних характеристик середовищ  
(патент України на корисну модель № 11758, МПК  
G01B 15/02, 16.01.2006 р.). У контрольоване сере-  
довище посилається зондувальний сигнал за до-  
помогою принаймні частково зануреного у контро-  
льоване середовище датчика, виконаного у  
вигляді принаймні одного провідника, приймають  
відбитий сигнал від кінця зануреної у контрольо-  
ване середовище частини датчика, визначають  
геометричну довжину зануреної частини датчика,  
за часом затримки відбитого сигналу від кінця за-  
нуреної у контрольоване середовище частини да-

UA (11) 59822 (13) U

тика відносно зондувального сигналу при входженні в контрольоване середовище визначають електромагнітну довжину зануреної у контрольоване середовище частини датчика і визначають діелектричну проникність контрольованого середовища як квадрат частки від ділення електромагнітної довжини зануреної у контрольоване середовище частини датчика на геометричну довжину зануреної у контрольоване середовище частини датчика. Для визначення фізичних характеристик контрольованого середовища необхідно додатково окремо визначати температуру середовища. Загальними зі способом, що заявляється, є такі ознаки: у контрольоване середовище посилається зондувальний сигнал за допомогою принаймні частково зануреного у контрольоване середовище датчика, виконаного у вигляді принаймні одного провідника, приймають відбитий сигнал від кінця зануреної у контрольоване середовище частини датчика, виконують обробку прийнятого сигналу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу визначення рівня та фізичних характеристик рідких середовищ, у якому розширено кількість параметрів, що вимірюється, і за рахунок цього зменшується вартість вимірювальних комплексів.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення рівня та фізичних характеристик рідких середовищ, який передбачає посилення зондувального сигналу у контрольоване середовище за допомогою принаймні частково зануреного у контрольоване середовище датчика, виконаного у вигляді принаймні одного провідника, приймання відбитого сигналу від кінця зануреної у контрольоване середовище частини датчика, обробку поточної рефлектограми з метою обчислення поточного рівня контрольованого середовища, згідно з пропозицією попередньо (одноразово) калібрують вимірювальну систему контрольованим середовищем, оброблюють поточну рефлектограму для визначення за її формою електрофізичних параметрів контрольованого середовища і обчислюють поточні значення фізичних характеристик середовища з використанням отриманих електрофізичних параметрів та даних попереднього калібрування.

Спосіб визначення рівня та фізичних характеристик рідких середовищ базується на принципах поліметрії. Генератором зондуючих імпульсів виробляється короткий імпульс спеціальної форми та випромінюється в частково занурену у контрольоване середовище лінію, приймають відбиті сигнали за допомогою послідовно з'єднаних стробоскопічного перетворювача, аналого-цифрового перетворювача та обчислювального пристрою, формують поліметричний сигнал - рефлектограму. Відстань між зондуючим та відбитим від контрольованого середовища імпульсами рефлектограми пропорційна відстані від генератора імпульсів до контрольованого середовища. Для визначення поточної температури  $T$  та фізичної характеристики контрольованого середовища  $\rho$  використовується спеціальна обробка рефлектограми та операція попереднього калібрування системи даним контрольованим середовищем. Операція попере-

днього калібрування здійснюється наступним чином: для різних відомих значень показника вимірюваної фізичної характеристики (наприклад концентрації розчину)  $\rho_i$  та температури  $T_j$  (де  $i, j$  - індекси, що характеризують певну комбінацію фізичної характеристики та температури,  $i=1, 2, \dots, N_p$ ,  $j=1, 2, \dots, N_T$ ,  $N_p$  - кількість зразків контрольованого середовища з різними відовими значеннями вимірюваного фізичного показника  $\rho$ ;  $N_T$  - кількість зразків контрольованого середовища різної температури  $T^0$  отримують рефлектограми  $U_{rij}(t)$ , за якими визначають частотні характеристики діелектричної проникності  $\varepsilon_{ij}(\omega)$ , наприклад способом запропонованим авторами [Жуков Ю.Д., Гордеев Б.Н., Зивенко А.В. Оперативная оценка спектра диэлектрической проницаемости в полиметрических системах // Вісник НУК. - Миколаїв: НУК, 2010. - № 2 - с. 113-117].

Таким чином, для кожної комбінації температури  $T_j$  та фізичної характеристики  $\rho_i$  маємо:

$$U_{rij}(t) = F[\rho_i, T_j], \quad \varepsilon_{ij}(\omega_k) \Leftarrow F[U_{rij}(t)] = F[\rho_i, T_j].$$

Тут  $U_p$  - напруга рефлектограми на приймачі поліметричної системи,  $t$  - час,  $\omega_k = 2\pi f_k$  - кругова частота в  $k$ -й точці частотної характеристики діелектричної проникності.

Для отримання калібровочної характеристики обчислюється інтегральний показник:  $E = F[\rho_i, T_j] = F[\varepsilon_{ij}(\omega_k)]$ , що може обчислюватись наступним чином:

$$E_{ij} = F[\rho_i, T_j] = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \varepsilon_{ij}(\omega) d\omega \quad (1)$$

де  $\omega_1$  та  $\omega_2$  - границі інтегрування, що обираються з умови максимальної чутливості вимірювання системи до зміни контрольованих параметрів.

Частотна характеристика діелектричної проникності в загальному випадку є комплексною змінною:

$$\varepsilon = \varepsilon_R + \sqrt{-1} \cdot \varepsilon_I, \quad |\varepsilon| = \sqrt{\varepsilon_R^2 + \varepsilon_I^2}, \quad \text{tg} \delta = \frac{\varepsilon_I}{\varepsilon_R},$$

де  $\varepsilon_R$  - дійсна частина діелектричної проникності,  $\varepsilon_I$  - уявна частина діелектричної проникності,  $\text{tg}(\delta)$  - тангенс кута діелектричних втрат.

Оскільки частотна характеристика діелектричної проникності є комплексною функцією, то завжди можна розділити дійсну і уявні частини інтегрального показника. Таким чином:

$$E_{Rij}(\rho_i, T_j) = F[\varepsilon_R(\omega, T_j, \rho_i)] = \int_{\omega_H}^{\omega_B} \varepsilon_R(\omega) d\omega, \quad (2)$$

$$E_{Iij}(\rho_i, T_j) = F[\varepsilon_I(\omega, T_j, \rho_i)] = \int_{\omega_H}^{\omega_B} \varepsilon_I(\omega) d\omega$$

де  $E_R$  - інтегральний показник, що обчислюється по частотній залежності дійсної частини діелектричної проникності;  $E_I$  - інтегральний показник, що обчислюється по частотній залежності уявної частини діелектричної проникності.

Використовуючи зворотні залежності, отримують калібровочну характеристику системи для

визначення температури і фізичної характеристики контрольованого середовища.

$$\rho = F[E_R, E_I], T = F[E_R, E_I] \quad (3)$$

Для визначення поточних температури  $T_p$  та окремої фізичної характеристики  $\rho_p$  контрольованого середовища поточну рефлектограму  $U_{RP}$  оброблюють наступним чином: обчислюють частотну характеристику діелектричної проникності  $\epsilon_p(\omega)$  та отримують поточні значення інтегрального показника  $E_{RP}$  та  $E_{IP}$ . Далі за допомогою виразів (3), що отримані під час калібрування, обчислюють поточні значення температури та фізичної характеристики.

Наведені малюнки ілюструють здійснення способу визначення рівня, температури та фізичних характеристик рідких середовищ. На Фіг. 1 показано функціональну схему системи вимірювання рівня, температури та фізичних характеристик рідких середовищ. На Фіг. 2 наведені співвідношення в часі, що ілюструють принцип вимірювання рівня. На фіг. 3 наведено частотні залежності діелектричної проникності для однакової температури але різних фізичних характеристик  $\rho$ .

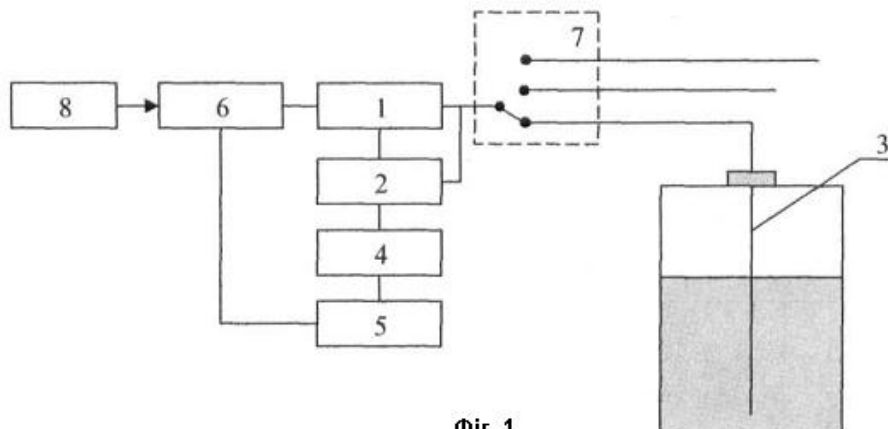
Система містить генератор зондуючих імпульсів 1, приймач 2, чутливий елемент 3, послідовно з'єднані стробоскопічний перетворювач 4, аналого-цифровий перетворювач 5 та обчислювальний пристрій 6. Комутатор 7 служить для приєднання вимірювального пристрою 6 до чутливих елементів різних каналів багатоканальної системи вимірювань. Систему споряджено спеціальним математичним забезпеченням 8, що містить алгоритм та може містити спеціалізовану базу даних, отриману в результаті попереднього калібрування для визначення температури та фізичних характеристик контрольованого середовища. Генератор 1, приймач 2, стробоскопічний перетворювач 4, АЦП 5, обчислювальний пристрій 6, комутатор 7 можуть бути використані такі ж, які наведено в патенті України № 11006, G01F 23/28, 25.12.1996. Чутливий елемент 3 може бути однопровідним, як в патенті України 65761, G01F 23/28, 15.04.2004, або складатися з двох ізольованих провідників, наприклад за патентом України 11006, G01F 23/28,

25.12.1996.

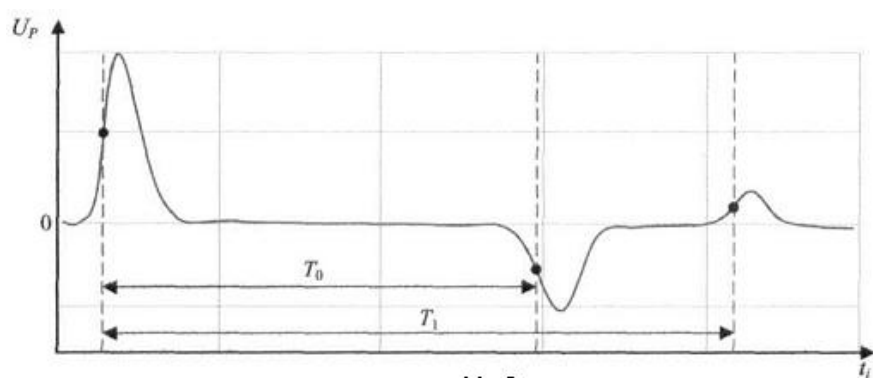
Здійснюють спосіб наступним чином.

Генератором зондуючих імпульсів 1 виробляють імпульс, що спрямовують за допомогою чутливого елемента 3 в контрольоване середовище по будь-якому з каналів, який приєднано за допомогою комутатора 7. Приймають відбитий від контрольованого середовища та від кінця зануреного чутливого елемента сигнали за допомогою приймача 2, за допомогою стробоскопічного перетворювача 4 та аналого-цифрового перетворювача 5 отримують поліметричний сигнал (рефлектограму) в цифровій формі для подальшої обробки в обчислювальному пристрої 6. Попередньо проводять операцію калібрування, що містить отримання рефлектограм для контрольованого середовища з різними комбінаціями температури та значеннями фізичних показників, обробку всіх отриманих рефлектограм з метою визначення наборів електрофізичних параметрів середовища, занесення отриманих даних в спеціалізовану базу даних для обчислення калібровочної характеристики. На фіг. 2 зображено типову рефлектограму. Тут  $T_0$  - затримка сигналу, відбитого від рівня відносно зондуючого,  $T_1$  - затримка сигналу, відбитого від зануреного кінця чутливого елемента. За часом затримки між зондуючим та відбитим від контрольованого середовища імпульсами визначають рівень контрольованого середовища в ємності. Далі за отриманою рефлектограмою  $U_p(t)$  обчислюють частотну характеристику діелектричної проникності контрольованого середовища  $\epsilon(\omega)$ . За допомогою спеціального алгоритму програмного забезпечення 8 та даних, отриманих в ході попереднього калібрування, отримують значення температури  $T$  та фізичної характеристики  $\rho$  контрольованого середовища.

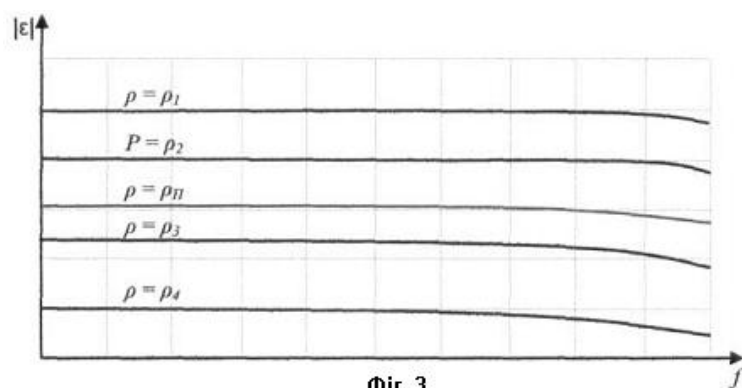
Таким чином, використовуючи даний спосіб можна розширити кількість параметрів, що вимірюються, зокрема за допомогою одного чутливого елемента отримувати дані про рівень, різні фізичні характеристики (наприклад густину або концентрацію розчину, октанове/цетанове число палива), температуру контрольованого середовища.



Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3