



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146323** (13) **U**
(51) МПК
G01R 33/12 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2020 06015	(72) Винахідник(и): Себко Вадим Вадимович (UA)
(22) Дата подання заявки: 21.09.2020	(73) Володілець (володільці): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, буд. 21, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 11.02.2021	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 10.02.2021, Бюл.№ 6	

(54) СПОСІБ ІНФОРМАТИВНОГО ДВОПАРАМЕТРОВОГО КОНТРОЛЮ ЗРАЗКА КИСЛИХ СТИЧНИХ ВОД ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

(57) Реферат:

Спосіб інформативного двопараметрового контролю зразка кислих стічних вод полягає в тому, що повздовж зразка пропускають змінний електричний струм, який створює вихрову ЕРС, під дією якої вихрові струми збуджують магнітний потік, який складається геометрично зі збуджуючим магнітним потоком, створюючи сумарний магнітний потік Φ_{2t} у досліджуваному зразку, при цьому сумарний магнітний потік зменшується за величиною і зсувається за фазовим кутом по відношенню до збуджуючого магнітного потоку, а все це, в свою чергу, призводить до змінення інформативних компонентів сигналів теплового ТВКП, тобто індуктивності L_{it} та опору Ω_{2t} , які пов'язані з питомою електричною провідністю χ_t , температурою t зразка і геометричними параметрами скляної трубки, у якій знаходиться зразок кислих стоків, який піддається нагріванню для імітації виробничих умов, за вимірними характеристиками ТВКП і на основі встановлених залежностей нормованої внутрішньої індуктивності L_{int} від узагальненого параметра A_t , тобто $L_{int} = F(A_t)$ та питомої нормованої індуктивності L_{in1} від опору Ω_{n2t} на змінному струмі, $L_{in1} = F(\Omega_{n2t})$, здійснюється інформативний двопараметровий контроль електричних та температурних параметрів зразка кислих стоків

UA 146323 U

Корисна модель належить до неруйнівного контролю і може бути використана в промисловій екології та термометрії під час інформативного вимірювального контролю параметрів зразків стічних вод пивоварної та виноробної галузі харчових виробництв. Відомі методи та засоби вимірювання питомої електричної провідності χ зразків стічних вод харчових виробництв

5 основано на залежності змінення концентрації провідної речовини в просторі між електродами аналітичного пристрою або на залежностях потенціалу індикаторного електрода від концентрації іонів рідини. Це кондуктометричні методи (методи прямої кондуктометрії, методи кондуктометричного титрування) та методи потенціометрії (іонометрія, потенціометричне титрування) [1]. Вони мають суттєві недоліки стосовно вимірювання χ зразків стічних вод, а

10 саме: через відсутність селективності метод прямої кондуктометрії застосовують тільки для аналізу однокомпонентних розчинів, для отримання різких зламів на кривих кондуктометричного титрування необхідно враховувати ефект розведення розчину, в практиці кондуктометричних вимірювань прийнято зводити значення питомої електричної провідності χ до температури

15 $t=25\text{ }^\circ\text{C}$, що, у свою чергу, призводить до неточності інформативного контролю фізико-хімічних характеристик рідинних середовищ. До недоліків також відносять: тривалий процес підготовки зразків рідин, необхідність в еталонах, стандартних зразках, стандартних розчинах та паспортних градувальних залежностях, відсутність теоретичних та експериментальних методів, реалізація яких обумовлює отримання абсолютних значень електродного потенціалу, вимоги до стану електродів порівняння.

20 Також є відомим спосіб [2] неруйнівного контролю питомої електричної провідності χ зразка машинного мастила при реалізації змінно-частотного вихорострумowego методу за допомогою мініатюрного трансформаторного вихорострумowego перетворювача (ТВП) з мідним осердям, який занурюється у посудину з досліджуваною рідиною. Який полягає у тому, що шляхом змінення частоти магнітного поля f підтримується постійним значення узагальненого магнітного

25 параметра x , який включає до себе інформацію стосовно електричних та температурних параметрів рідини, що контролюється, при цьому ТВП розташовано на дні ємності з машинним мастилом. Сталі значення параметра x фіксують на основі показів фазометра, оскільки кут зсуву φ між опорною ЕРС E_0 та ЕРС E_2 , значення якої наводиться у осерді, пов'язано універсальною залежністю з параметром x . Суть даної реалізації полягає у тому, що осердя циліндричної форми приймає температуру середовища, у якому розташовується вихорострумований перетворювач, тобто осердя перетворювача піддається нагріванню та в результаті за температурою t тонкого мідного осердя визначають температуру T рідини. Спосіб

30 знайшов подальший розвиток [3] при контролі електропровідності σ та магнітної проникності μ ферромагнітних металевих виробів параметричним електромагнітним перетворювачем (ПЕП), який включає в себе тільки одну обмотку для одночасного виконання вимірювальних та намагнічувальних функцій. Недоліками способу [2, 3] є складність апаратних рішень, пов'язаних з труднощами варіювання частоти змінного струму, вимоги до геометричних параметрів мініатюрного перетворювача та осердя, необхідність застосування спеціальних прийомів для компенсації ефектів повітряного проміжку між осердям та вимірювальною

40 обмоткою перетворювача.

Відомий спосіб є спосіб [4] контролю магнітних, електричних та температурних параметрів зразків слабоферромагнітної рідини, який полягає в тому, що під час проходження змінного струму у пробірці з рідиною, створюється магнітне поле, при цьому дисперговані ферромагнітні частинки мають властивості притягання між собою та створюють монолітну структуру

45 циліндричного стрижня. Слід визначити, що застосування теплового вихорострумowego контактного перетворювача (ТВКП) для контролю фізико-хімічних параметрів магнітних рідин, обумовлено не тільки відносно спрощеною схемною реалізацією, а й відсутністю впливу розмагнічувального фактора на результати вимірювального контролю, що надає можливість підвищити вірогідність контролю відносної магнітної проникності μ_r , питомої електричної

50 провідності χ та температури t магнітної рідини. Недоліками даного способу є відсутність даних щодо оптимальних режимів роботи перетворювача зі зразками рідин, що контролюються, невизначені межі змінення довжини зразків, відсутність даних стосовно особливостей контролю фізико-хімічних характеристик зразків емульсій та суспензій, які утворюються внаслідок скидів відходів харчових виробництв.

55 Задача корисної моделі - розширення функціональних та технічних можливостей теплового ТВКП стосовно сумісного двопараметрового інформативного контролю питомої електричної провідності χ та температури t зразка стічних вод у поперечному магнітному полі задля

рішення питань, пов'язаних з подальшим вибором методу очищення стічних вод пивоварної та виноробної галузі харчових виробництв.

5 Задача розв'язується шляхом забезпечення взаємодії зовнішнього магнітного поля з магнітним полем вихрових струмів, які наводяться у зразку стічних вод, котрий піддається попередньому нагріванню для імітації промислових умов виробництва продукції пивоварної та виноробної галузі, пов'язаних з проблемою очищення кислих стічних вод.

10 Суть способу полягає у аналізі взаємодії зовнішнього однорідного магнітного поля з одночастотним магнітним полем вихрових струмів, яке наводиться у зразку кислих стоків. При цьому магнітний потік у рідині Φ_2 , індуктивність L та електричний опір Ω - пов'язані з питомою електричною провідністю χ , діаметром d_n пробірки зі зразком (який дорівнює діаметру рідини d), довжиною теплового перетворювача l_n , а також з температурою t зразка. З ростом частоти магнітного поля f зменшується внутрішня індуктивність зразка L_{it} , зростає опір Ω_t та питома електрична провідність χ_t зразка (індекс t свідчить, що величина є температурозалежною).

15 Оскільки, основними критеріями при виборі технології очищення стічних вод промислових підприємств є склад води, а саме наявність у ній тих або інших забруднювачів за чисельними даними питомої електричної провідності χ_t та температури t зразка у відповідності зі встановленими нормативними методиками визначають концентрацію C , показники мінералізації ТДС, загальної жорсткості dGH , водневий показник pH та інші фізико-хімічні характеристики зразків стічних вод, які вказані у відповідних нормативних документах на стічні води, все це надає змогу для подальшого вибору механічних, фізико-хімічних, біологічних та інших методів очищення стічних вод.

20 Методика інформативного двопараметрового вимірювального контролю питомої електричної провідності χ та температури t полягає у тому, що спочатку вводять питомі нормовані характеристики теплового ТВКП: нормовану внутрішню індуктивність L_{in} , нормований електричний опір Ω_{in} та узагальнений параметр A , які містять інформацію щодо питомої електричної провідності χ_t , температури t зразка рідини та геометричних параметрах скляної трубки зі зразком кислих стоків. Далі за допомогою схеми включення ТВКП знаходять змінення внутрішньої індуктивності L_{it} та опору Ω_{2t} , які викликані зміненням сумарного магнітного потоку Φ_{2t} , причому унаслідок варіювання частоти f магнітного поля ТВКП потік Φ_{2t}

30 займає відповідну до його значення глибину проникнення магнітного поля δ у зразок рідини. Досліджувані параметри математична модель "ТВКП - зразок кислих стічних вод", виражена системою рівнянь:

$$\begin{cases} \Omega_{in} = F_2(d, \chi, t) \\ \chi_t = \chi_1 \cdot [1 + \alpha \cdot (t - t_1)] \end{cases}, (1)$$

35 де F_1 та F_2 - позначення функціональних залежностей, d - діаметр зразка стічних вод; χ_1 - питома електрична провідність зразка при початковій температурі; α - температурний коефіцієнт опору, який знаходять експериментальним шляхом; t_1 - початкова температура зразка, $t_1 = 18^\circ C$.

40 Узагальнений параметр A_t при різних значеннях температури зразка знаходять за формулою $A_t = \frac{a_n^2}{4} \sqrt{\mu_0 \cdot \chi_t \cdot \omega}$, (2)

де d_n - діаметр пробірки зі зразком, $d_n = d$; μ_0 - магнітна стала, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; ω - циклічна частота.

При заданому опорі зразка на постійному струмі Ω_0 , з урахуванням компенсації частини сумарної індуктивності L_Σ , яку обумовлено проходженням паразитного магнітного потоку Φ_1

зовні зразка, вимірюють напругу U_n на струмопідводах скляної трубки, які розташовано з її торців та фазовий кут зсуву φ , визначають внутрішню індуктивність L_{it} та знаходять індуктивність L_0 , при частоті магнітного поля $f_0=0$, за формулою

$$L_0 = \frac{\mu_0 \cdot l}{8\pi}, \quad (3)$$

5 де l - довжина пробірки зі зразком рідини, що контролюється. Нормовану внутрішню індуктивність L_{it} , визначають за формулою:

$$L_{it} = \frac{L_{int}}{L_0}, \quad (4)$$

де L_{it} - внутрішня індуктивність рідини на змінному струмі.

10 Далі при вимкненому нагрівачі Н встановлюють робочу точку A_1 (при $t_1=18^\circ\text{C}$) на залежності нормованої внутрішньої індуктивності L_{int} від узагальненого параметра A_t , тобто $L_{int} = F(A_t)$, фіг. 1. При цьому, якщо значення A_1 знаходиться у діапазоні $1 \leq A_1 \leq 2,5$ де

15 чутливість ТВКП є найбільшою, залишають незмінним значення встановленої частоти f_1 магнітного поля ТВКП. У випадку, якщо робоча точка A_1 не потрапляє у заданий діапазон, встановлюють частоту f_2 та здійснюють повторні вимірювання компонентів сигналів ТВКП, при цьому змінюють значення частот f_1, f_2, \dots, f_n , доки значення робочої точки A_1 не потрапить до діапазону $1 \leq A_1 \leq 2,5$. Далі за допомогою нагрівача змінюють температуру t зразка рідини в температурному діапазоні від 18 до 30°C та при частоті $f_N = f_t$, вимірюють компоненти сигналів ТВКП, тобто U_n, φ_t, L_{it} . Опір Ω_{2t} на змінному струмі I знаходять за формулою:

$$\Omega_{2t} = \frac{U_n}{I} \cdot \cos \varphi_t. \quad (5)$$

20 Знаючи Ω_0 та Ω_{2t} знаходять термозалежний нормований опір Ω_{n2t}

$$\Omega_{n2t} = \frac{\Omega_{2t}}{\Omega_0}. \quad (6)$$

Для визначення параметра χ_t необхідно застосовувати функціональну залежність питомої нормованої внутрішньої індуктивності L_{in1} від узагальненого параметра A_t , тобто $L_{in1} = F(\Omega_{n2t})$, фіг.2. Причому введення питомої нормованої індуктивності L_{in1} пояснюється 25 проходженням магнітного потоку Φ_{2t} , який пронизує квадратну одиничну площину зі стороною, яка дорівнює глибині проникнення поперечного магнітного поля δ . На залежностях, наданих на фіг. 1 та фіг. 2, встановлено температурні точки, які відповідають температурам $t=18; 21; 24; 27; 30^\circ\text{C}$.

Індуктивність L_{in1} визначають за формулою:

$$L_{in1} = \frac{L_{it}}{L_0} \cdot A_t^2. \quad (7)$$

Після цього знаходять питому електричну провідність χ_t зразка рідини

$$\chi_t = \frac{L_{in1} \cdot \mu_0}{L_{it} \cdot d_n^2 \cdot \pi \cdot f_t \cdot \mu_0}. \quad (8)$$

Температуру t зразка стічних вод визначають за формулою:

$$t = \frac{t_0}{\alpha \left(\frac{\mu_0 \cdot d_n^2 \cdot L_{it} \cdot \pi \cdot f_t}{L_{in1} \cdot \mu_0} - 1 \right) + t_1}. \quad (9)$$

35 На фіг. 3 наведено схему теплового ТВКП зі зразком стічних вод. Схема містить в собі: ТКВП у вигляді послідовно увімкненої індуктивності L_{it} , опору Ω_{2t} та ємності C_0 (позначений штриховою лінією). ТВКП виконує одночасно наступні функції теплового вихорострумове

перетворювача: створення магнітного потоку Φ_{2t} , компенсацію частини сумарної індуктивності L_{Σ} , вимірювання внутрішньої індуктивності L_{it} та варіювання температури t зразка кислих стоків. Схема також включає в себе: О - осцилограф, ДСП - джерело синусоїдальної напруги, ВЧ - вимірювач частоти, V_1 і V_2 - вольтметри, R_{30} - зразковий опір, С - самопис двоканальний для контролю форми струму I та напруги U зразка рідини, ВФ - вимірювач фазового кута зсуву, НП - нагрівальний пристрій (позначений штриховою потовщеною лінією). Експериментально доведено, що реалізація способу інформативного двопараметрового вихорострумовевого контролю питомої електричної провідності χ_t і температури t зразка кислих стічних вод підвищує точність вимірювань на 15-20 % у порівнянні з відомими способами.

Джерела інформації:

1. Порєв В.А., Дашковський О.А., Миндюк Я.Л., Приміський В.П. Аналітичні екологічні прилади та системи: монографія. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2009. 336 с

2. Себко В.В. Вихорострумові методи та пристрої для безконтактного вимірювання температури виробів та середовищ: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня к-та техн. наук: 05.11.15. Харківське державне науково-виробниче об'єднання "Метрологія". Харків: Харківський державний політехнічний університет "ХДПУ", 1998. 16 с.

3. Верезюк Б.М., Марікуца У.Б., Свірідова Т.В. Розв'язання задачі багатопараметричного контролю металевих виробів змінно-частотним методом вихрових струмів. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2006. № 564. С. 67-71.

4. Себко В.П., Себко В.В. Контроль трьох параметрів ферромагнітних жидкостей тепловим контактним вихретоковим преобразователем. Український метрологічний журнал. Харків ННЦ "Інститут метрології". 2010. №1. С. 14-18.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб інформативного двопараметрового контролю зразка кислих стічних вод, який полягає в тому, що повздовж зразка пропускають змінний електричний струм, який створює вихрову ЕРС, під дією якої вихрові струми збуджують магнітний потік, котрий складається геометрично зі збуджуючим магнітним потоком, створюючи сумарний магнітний потік Φ_{2t} у досліджуваному зразку, при цьому сумарний магнітний потік зменшується за величиною і зсувається за фазовим кутом по відношенню до збуджуючого магнітного потоку, а все це, в свою чергу, призводить до змінення інформативних компонентів сигналів теплового ТВКП, тобто індуктивності L_{it} та опору Ω_{2t} , які пов'язані з питомою електричною провідністю χ_t , температурою t зразка і геометричними параметрами скляної трубки, у якій знаходиться зразок кислих стоків, який піддається нагріванню для імітації виробничих умов, за вимірними характеристиками ТВКП і на основі встановлених залежностей нормованої внутрішньої індуктивності L_{int} від узагальненого параметра A_t , тобто $L_{int} = F(A_t)$ та питомої нормованої індуктивності L_{in1} від опору Ω_{n2t} на змінному струмі, $L_{in1} = F(\Omega_{n2t})$, здійснюється інформативний двопараметровий контроль електричних та температурних параметрів зразка кислих стоків, за формулами:

$$L_{in} = \frac{I_n}{L_0},$$

$$\Omega_{2t} = \frac{U_n}{I} \cdot \cos \varphi,$$

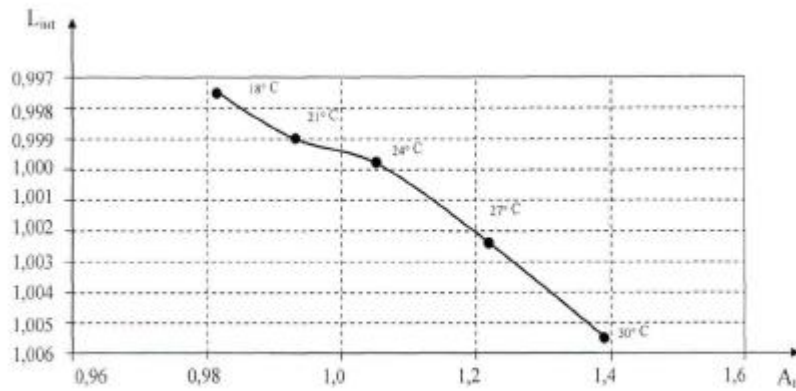
$$\Omega_{n2t} = \frac{\Omega_{2t}}{\Omega_0},$$

$$L_{in1} = \frac{L_{it}}{L_0} \cdot A_t^2,$$

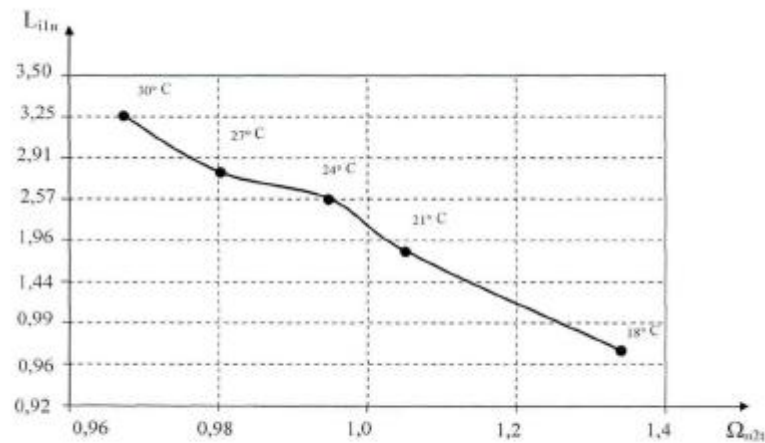
$$\chi_t = \frac{2 \cdot L_{in1} \cdot L_0}{L_{it} \cdot d_n^2 \cdot \pi \cdot f_t \cdot \mu_0},$$

$$t = \frac{1 + \alpha \cdot t_1}{\alpha} \left(\frac{2 \cdot L_{in1} \cdot L_0 \cdot \chi_1}{\mu_0 \cdot d_n^2 \cdot L_{it} \cdot \pi \cdot f_t} - 1 \right) + t_1$$

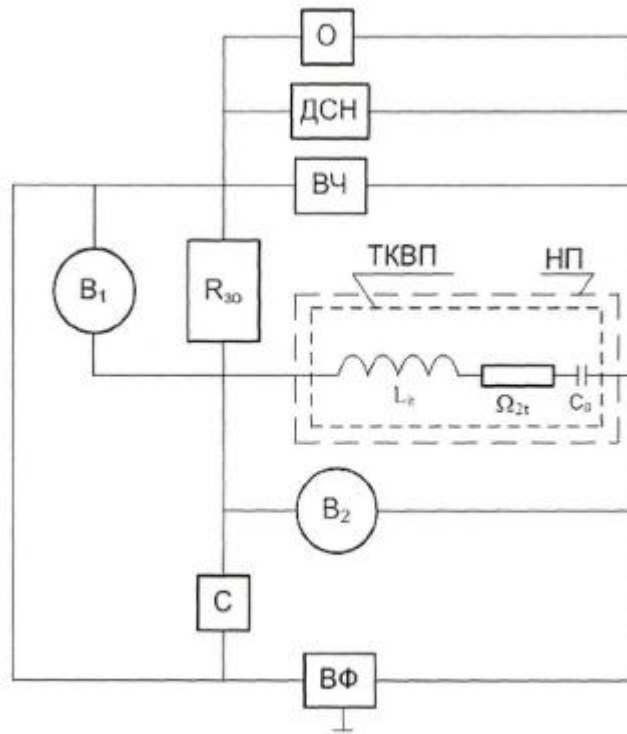
де L_{in} - нормована внутрішня індуктивність; L_{it} - внутрішня індуктивність рідини на змінному струмі; L_0 - індуктивність при частоті магнітного поля $f_0 = 0$; Ω_{2t} - опір на змінному струмі I; U_n - напруга на струмопідводах скляної трубки; φ - фазовий кут зсуву поміж струмом 1 у зразку рідини, що контролюється, та цією ж напругою U; Ω_{2nt} - термозалежний нормований опір; Ω_0 - опір зразка на постійному струмі; L_{in1} - питома нормована індуктивність; A_t - узагальнений параметр; χ_t - питома електрична провідність зразка рідини; d_n - діаметр пробірки зі зразком; f_t - частота магнітного поля на змінному струмі; μ_0 - магнітна стала, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; t - температура зразка кислих стічних вод; α - температурний коефіцієнт опору; t_1 - початкова температура зразка кислих стічних вод; χ_1 - питома електрична провідність зразка стічних вод при початковій температурі.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3