

УДК 504.064.38; 504.064.37

Пироженко Євгенія Володимирівна, аспірант,
Себко Вадим Вадимович, д.т.н., проф.
кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія»
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
м. Харків, Україна

БАГАТОПАРАМЕТРОВИЙ ІНФОРМАТИВНИЙ МЕТОД СУМІСНИХ ВИМІРЮВАНЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРАЗКІВ СТИЧНИХ ВОД

Анотація. Запропоновано безконтактний трипараметровий електромагнітний метод сумісного визначення питомої електричної провідності χ , відносної електричної проникності ϵ_r та температури t зразка зразка стічних вод пивоварних підприємств. Розглянуто теоретичні положення роботи індуктивного трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТЕТП) з пробєю стічних вод.. Оскільки урахування впливу вихрових струмів призводить до необхідності визначення трьох параметрів магнітних рідин тільки одним ППЕП, доведена необхідність використання схеми включення індуктивного ТЕТП з пробєю стічних вод, схема передбачає нагрівач для імітації виробничих умов пивоварних виробництв. Роботу схеми засновано на тому, що вихрова ЕРС збуджує магнітний потік у зразку досліджуваної рідини, котрий складається геометрично зі збуджуючим магнітним потоком від зовнішнього джерела, створюючи результуючий магнітний потік F_{2t} у досліджуваному зразку, при цьому результуючий 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 компонентів сигналів ТЕТП.

Ключові слова: стічні води, питомий електричний опір, відносна діелектрична проникність, температура, сумісні вимірювання, трипараметровий метод, функції перетворення.

Abstract. A non - contact three - parameter electromagnetic method of joint determination of specific electrical conductivity χ , relative electrical permeability ϵ_r and temperature t of a ϵ_r sample of wastewater sample of breweries is proposed. The theoretical provisions of the inductive transformer electromagnetic converter (TETC) with wastewater breakdown are considered. Since taking into account the influence of eddy currents leads to the need to determine three parameters of magnetic fluids simulation of production conditions of breweries. The operation of the circuit is based on the fact that the vortex EMF excites the magnetic flux in the sample of the test fluid, which is geometrically composed of the excitation magnetic flux from an external source, creating the resulting magnetic flux F_{2t} in the sample, resulting in the resulting magnetic angle with respect to the exciting magnetic flux, and all this in turn leads to changes in the components of the TETC signals.

Key words: wastewater, electrical resistivity, relative dielectric constant, temperature, compatible measurements, three-parameter method, transformation functions.

Вступ. В Україні до найбільш розвинутих галузей харчової промисловості слід віднести галузі, які пов'язані з виробництвом безалкогольних та слабоалкогольних напоїв, при цьому значних темпів досягає саме продукція пивоваріння. Слід визначити, що важливий практичний інтерес на теперішній час представляють собою методи та засоби вимірювання фізико-хімічних параметрів стічних вод пивоварних виробництв, насамперед задля подальшого вибору перспективного методу очищення. При цьому,

особливу увагу приділяють тим методам та пристроям, за допомогою яких є можливим отримати компоненти вихідного сигналу у вигляді величин (як правило електричних), а також тим засобам, які надають змогу щодо подальшого перетворення сигналів вимірювальних пристроїв у інформативні фізико-хімічні величини, які характеризують стан зразків стічних вод. Основними показниками нормативних документів на стічні води харчових виробництв є питомий електричний опір λ , відносна діелектрична проникність ϵ_r , температура t і водневий показник pH та характеристики мінералізації ТДС та загальної жорсткості dGH , які з ними корелюють [1]. Зокрема за рахунок використання допоміжних інформаційних методів, приладів та систем вимірювань стає можливим одночасно визначати причини відхилення характеристик стічних вод від нормативних документів і санітарних інструкцій та здійснювати заходи, виконуючі відповідне корегування. При цьому, актуальним є дослідження можливості вимірювань фізико-хімічних параметрів стічних вод харчових виробництв індуктивними трансформаторними електромагнітними перетворювачами (ТЕТП).

Слід зазначити, що на сьогоднішній день теорія роботи багатопараметрових ТЕТП була недостатньо розвинена стосовно контролю фізико-хімічних параметрів рідинних середовищ, у тому числі і до слабких електролітичних рідин (до яких відносять стічні води харчових та переробних виробництв) і незважаючи на те, що деякі з цих методів було описано в наукових статтях, в основному для контролю параметрів магнітних рідин та розчинів кислот, теорія роботи ТЕТП стосовно контролю електролітичних рідин потребує подальшого розвитку. При цьому, великий обсяг вимірювальної інформації стосовно нормативних параметрів стічних вод потребує не збільшення кількості засобів вимірювань, а вдосконалення відповідних засобів вимірювань, які надають змогу отримувати вимірювальну інформацію за рахунок аналізу компонентів сигналів багатопараметрового пристрою, а також здійснювати операції, які пов'язані з обробкою результатів досліджень. У свою чергу, недостатня визначеність теоретичних положень роботи електромагнітних пристроїв та обмеження реалізації методів вимірювального контролю фізико-хімічних параметрів зразків слабких електролітів, обумовлюють необхідність проведення відповідних досліджень задля досягнення високого ступеню очищення зразків пивних стоків та удосконалення комплексних систем очищення.

Таким чином, виникає важлива наукова і практична проблема, яку пов'язано з дослідженнями особливостей застосування теорії роботи ТЕТП стосовно до контролю параметрів зразків стічних вод пивоварних підприємств.

Мета та завдання. Метою роботи є створення багатопараметрового інформативного електромагнітного метода вимірювань фізико-хімічних параметрів зразків пивних стоків.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Дослідити теорію роботи ТЕТП зі зразком стічних вод.
2. Розглянути схему ТЕТП за допомогою якої здійснюється реалізація метода сумісних багатопараметрових вимірювань фізико-хімічних параметрів зразка стічних вод.

Матеріал і результати досліджень. Роботу ППВП, з урахуванням результатів наукових праць [2, 3], можна описати наступною системою рівнянь

$$\begin{aligned} E_2 &= f(\lambda, t, \epsilon_r) \\ E_\Sigma &= f(\lambda, t, \epsilon_r) \\ tg\varphi_{01} &= f(\lambda, t, \epsilon_r) \end{aligned} \quad (1)$$

Цю взаємодію можна представити у вигляді схеми, яка подана на рис. 1. На основі

схемних реалізацій методів електромагнітних вимірювань [2, 3], на рис. 1 надано схему теплового трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТЕТП) для сумісного визначення питомої електричної провідності χ_t , відносної діелектричної проникності ϵ_r та температури t зразка стічних вод. Схема містить самопис – С, генератор – Г, частотомір – Ч, робочий перетворювач – РП, опорний перетворювач – ОП, вольтметри – V_1 , V_2 і V_3 , осцилограф – ОС, фазометр – Ф. ОП має ідентичне з РП число витків, довжину l та радіус $a_{\text{п}}$. Збуджуюча котушка призначена для створення електромагнітного поля та внаслідок цього вихрових струмів у зразку рідини (який розташовано у скляній пробниці), у свою чергу, вимірювальна котушка призначена для вимірювання ЕРС E_{2t} , яка наводиться магнітним потоком, що проходить безпосередньо у зразку. Для контролю форми намагнічувального струму та напруги джерела змінного струму генератора Г застосовують самопис – С, частоту змінення струму фіксує вимірювач частоти – Ч. За допомогою вимірювача напруги V_2 визначають ЕРС E_{2t} , яка залежить від температури рідини, при цьому одночасно осцилографом ОС визначають форму цієї ж ЕРС. Вимірювач напруги V_2 , свій вихідний сигнал подає на один вхід вимірювача фазового кута зсуву – Ф, опорну ЕРС E_0 вимірюють за допомогою вольтметра V_3 , вхід ОП з'єднується з іншим входом Ф. За допомогою фазометра Ф визначають залежний від температури фазовий кут зсуву φ_{2t} поміж ЕРС E_0 і ЕРС E_{2t} ТЕТП. Задля імітації виробничих умов та підвищення точності вимірювань інформативних параметрів, схема передбачає нагрівання зразка стічних вод в процесі вимірювань за допомогою нагрівача – Н.

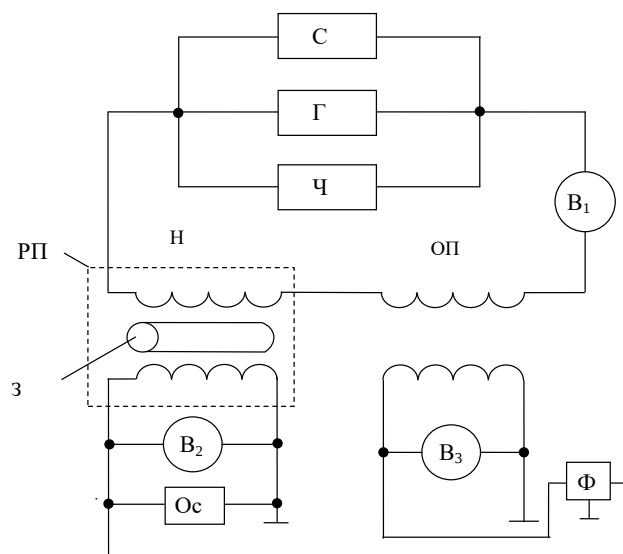


Рис. 2.1 – Схема ТЕТП для сумісних багатопараметрових вимірювань параметрів зразків пивних стоків

Таким чином, за допомогою схеми включення ТЕТП необхідно визначити два магнітних потоки: опорний магнітний потік Φ_0 (при відсутності у перетворювач скляної пробниці) і магнітний потік Φ_2 (при наявності у перетворювачі зразка стічних вод) та фазовий кут φ_2 поміж ними, після цього виділивши частотні, амплітудні та фазові складові компонентів багатопараметрового сигналу ТЕТП, а також після введення нормованих параметрів, які пов'язують компоненти сигналів з фізико-хімічними характеристиками зразка стічних вод, є можливим (при реалізації електромагнітних методів) отримати значення питомої електричної провідності χ_t , відносної діелектричної проникності ϵ_r і температури t зразків стічних вод.

Далі розраховують нормований параметр G , за формулою

$$G = \frac{\Phi_2}{\Phi_0 \cdot \theta}, \quad (1)$$

де Φ_2 і Φ_0 магнітні потоки в досліджуваних зразках стічних вод.

Далі за залежністю G от A знаходять значення A [3]. Знаючи узагальнений параметр A отримаємо вираз для визначення питомого електричного опору λ при конкретних температурах з досліджуваного діапазону, на частоті f електромагнітного поля, у вигляді

$$\lambda_t = \frac{a^2 \mu_0 2\pi f}{A^2}, \quad (2)$$

де a радіус рідини; μ_0 магнітна стала.

Значення відносної діелектричної проникності ε_r знаходять на частоті електромагнітного поля f за формулою

$$\varepsilon_r = \frac{\mu_0 \cdot f^2 \cdot a^2 \cdot \pi}{A^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot 10^{-8}}, \quad (3)$$

де ε_0 діелектрична стала.

Після цього знаючи температурний коефіцієнт опору α [3], знаходять температуру зразка стічних вод за формулою

$$t = \frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{a^2 \cdot \mu_0 \cdot \omega}{A^2 \cdot \lambda_t} - 1 \right) + t_0, \quad (4)$$

де ω циклічна частота

Висновки. Таким чином, знайшла подальший розвиток теорія роботи ТЕТП стосовно сумісного трипараметрового контролю зразків пивних стоків.

Література

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union L 312 (2008) 3-30.
2. Бабак В.П., Маєвський С.М., Щербак Л.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі: навч. посіб. Київ: Либідь, 1993. 194 с.
3. Pyrozhenko Ye.V., Sebko V.V., Zdorenko V.G., Zashchepkina N.M., Markina O.M. Informative testing method of beer sewage samples for mini-breweries. Journal of Materials Science and Engineering 1 (106) (2020) P. 28-41.