

уровня перегрузок на оператора транспортных средств (ТС). На примере воспроизведения тренажером маневра типа «тангаж» продемонстрировано моделирование акселерационной информации оператора ТС в широком интервале ускорений.

Ключевые слова: комбинированный электромеханический привод, оператор транспортного средства, гексапод, тренажер, маневрирование.

Яглінський Віктор Петрович, доктор технічних наук, професор, кафедра машинознавства і деталей машин, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: robot8@bk.ru.
Обайді Аїмен Сабах, аспірант, кафедра машинознавства і деталей машин, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: robot8@bk.ru.

Яглінский Виктор Петрович, доктор технических наук, профессор, кафедра машиноведения и деталей машин, Одесский национальный политехнический университет, Украина.

Обайди Аїмен Сабах, аспирант, кафедра машиноведения и деталей машин, Одесский национальный политехнический университет, Украина.

Yaglinsky Victor, Odessa national polytechnical university, Ukraine, e-mail: robot8@bk.ru.

Obaidi Aymen Sabach, Odessa national polytechnical university, Ukraine, e-mail: robot8@bk.ru

УДК 006+621.317.1+543.3+658.562

Міхалєва М. С.

ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ СКЛАДНИКА БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ РІДИНИ ЗА ОДНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПАРАМЕТРОМ

Представлено аналіз результатів експериментальних досліджень багатоконпонентних рідин в широкому електромагнітному полі частот. Виявлено індивідуальні спектральні характеристики для рідин, які залежать від хімічної природи складників, їх концентрацій та конструкції первинного перетворювача. Запропоновано метод швидкого визначення та контролю концентрацій складників рідин за одним вимірним показником реактивної складової провідності без лабораторних умов та вартісної апаратури.

Ключові слова: багатоконпонентна рідина, вимірювання та контроль концентрацій складників, комплексна провідність, кондуктометрична комірка.

1. Вступ

Методи визначення концентрацій поділяються на: лабораторні; та для автоматизованих систем швидкого контролю у «реальному часі», де переважно використовуються електричні властивості. Останні вимагають розвитку та удосконалення, тому що існуючі стандартні методи не селективні і не дозволяють встановити пряму залежність концентрацій окремих складників багатоконпонентної рідини (якими є реальні об'єкти контролювання) від електричних параметрів.

В статті описуються експериментально отримані результати досліджень властивостей рідин у електромагнітному полі різної частоти та вирішується завдання формування нового електричного методу та способів селективного і швидкого дослідження складу рідин.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Деякі нормовані стандартні методичні похибки визначення концентрацій у лабораторних умовах досягають 60–100 %. Найвагомішою проблемою та причиною не-об'єктивності таких отриманих результатів є багатоетапність лабораторних вимірювань, до яких належать: відбір проб, концентрування, або розведення, титрування, плюс використання фізико-хімічних методів.

З розвитком експериментальної техніки з'явилася можливість у розробленні електричного методу, який

би замінив цю багатоетапність одним вимірюванням, що забезпечило б точність та швидкість отримання результату.

Існуючі електричні методи визначення концентрацій є тільки лабораторними, тому, що частина з них руйнівні та довготривалі, частина — швидкі, але неселективні в умовах багатоконпонентності складу рідини.

Можливості сучасної експериментальної техніки дозволяють покращувати селективність кондуктометричних, діелектричних та імітансних вимірювань [1–3].

Селективність може досягатися шляхом проявів видів іонної, електронної поляризації часточок-складників рідини та часу релаксації. Ці чинники залежать від хімічної природи часточки і частоти електромагнітного поля та впливають на зміну діелектричної проникності рідини у кондуктометричній комірці. Аналізування комплексних електричних параметрів також покращують інформативність досліджень. Тому експерименти полягають у вимірюванні та аналізуванні залежностей активної та реактивної складових провідності рідин від частоти електромагнітного поля.

Нами експериментально досліджувались створені у лабораторних умовах робочі розчини відомих характеристик — так звані модельні рідини. Вони готувалися згідно стандартних методик та відповідно до реального складу технічних рідин та готової промислової продукції, а їх концентрація в межах гранично допустимих концентрацій і більше (від 0,002 г/л до 4,000 г/л

неорганічних речовин і від 0,5 % до 70,0 % об'ємних концентрацій органічних речовин [4].

Метою проведених досліджень є розроблення методу та способів швидкої ідентифікації, визначення та контролю концентрацій складових багатокомпонентних рідин за електричними параметрами. Пропонується розроблення нового електричного способу досліджень водних розчинів за одним вимірним значенням реактивної складової комплексної провідності.

Об'єктом дослідження роботи — є залежності концентрацій складників від електричних властивостей водної багатокомпонентної суміші. Предметом досліджень є модельні рідини та кондуктометричні перетворювачі різних конструкцій.

3. Результати досліджень модельних рідин у електромагнітному полі різної частоти

Результати досліджень комплексної провідності модельних рідин з складниками різних електричних властивостей з використанням комірок різних конструкцій і матеріалів та досліджень впливу зміни тестового сигналу довели можливість вибраного методу використовувати його для встановлення залежності електричних параметрів від концентрації складника багатокомпонентної рідини. Доведено, що електроліти та неелектроліти у різночастотному електромагнітному полі проявляють різні електричні властивості (рис. 1–3).

У наступних дослідженнях використовувався розроблений ємнісний перетворювач — кондуктометрична електрична комірка з хімічно неактивними вуглецевими електродами у відградуйованому за об'ємом резервуарі. Для підвищення точності та спрощення виконання вимірювань відстань та площа електродів не змінюється.

Змінюється тільки робоча площа електродів, шляхом зміни об'єму рідини у перетворювачі.

В результаті досліджень модельних рідин з складом електролітів встановлено наступне:

1. Залежність комплексних складових провідності від речовини та її концентрації.
2. Залежність складових провідності від об'єму рідини у перетворювачі.

В результаті досліджень залежностей реактивної складової від частоти електромагнітного поля було встановлено наступне.

Перше, що існують такі концентрації речовини у рідині та об'єми такої рідини у первинному перетворювачі (ПП), де реактивна складова її провідності набуває додатне, нульове та від'ємне значення. Ми пояснюємо таку зміну полярності знаку реактивної складової впливом частоти на діелектричну проникність рідини у ПП, та відповідно додатне значення реактивної складової провідності говорить про те, що електричне коло проявляє індуктивні властивості, при від'ємному значенні — ємнісні. У випадку нульового значення коло має тільки активну провідність. Отже, встановлено, що явище від'ємної провідності притаманне і для рідин.

Друге, встановлено, що при частоті зміни полярності значення реактивної складової існують діапазон концентрацій певної речовини, де реактивна складова при частотах від 50 до 100 кГц набуває тільки додатне, або від'ємне значення.

Це означає, що за визначеним при вимірюванні знаку значення реактивної складової провідності, при одній встановленій частоті зміни полярності можливо оперативно контролювати нормовану ГДК складника.

Знаходження точного значення частоти зміни полярності ускладнюється трьома причинами: 1) нелінійною залежністю реактивної складової від частоти;

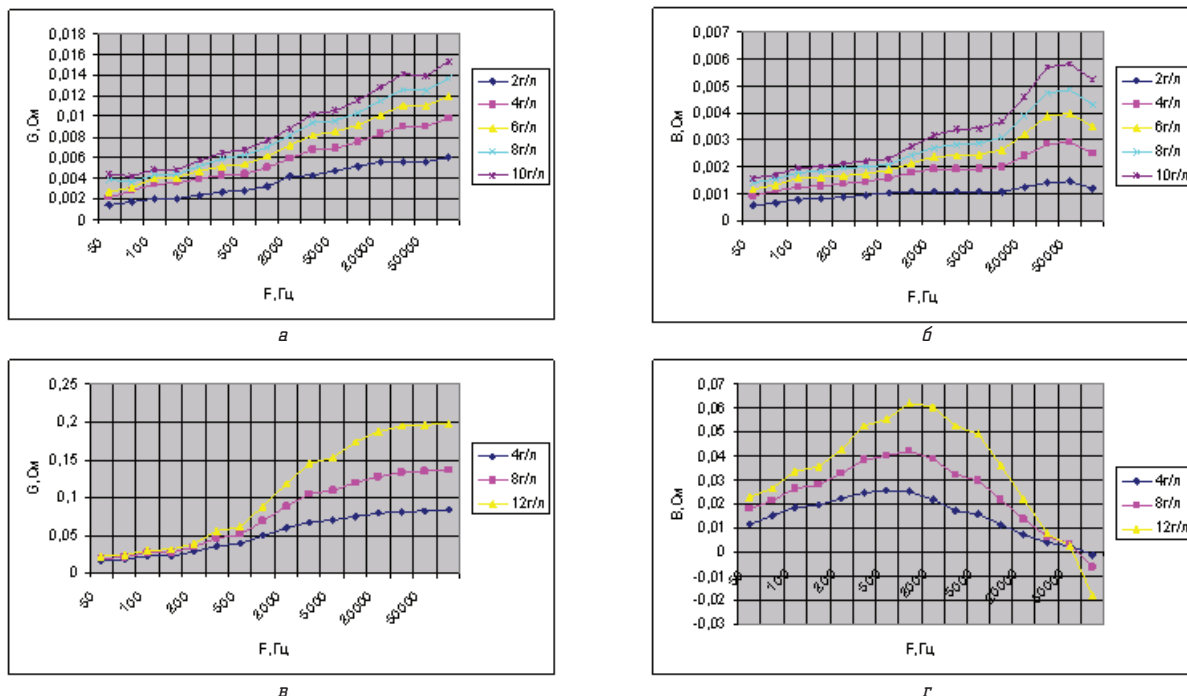


Рис. 1. Електроліти: а — залежність активної складової провідності від частоти при різних концентраціях в дротових, металічних електродах; б — залежність реактивної складової провідності від частоти при різних концентраціях в дротових, металічних електродах; в — залежність активної складової провідності від частоти при різних концентраціях в пластинчастих, металічних електродах; г — залежність реактивної складової провідності від частоти при різних концентраціях в пластинчастих, металічних електродах

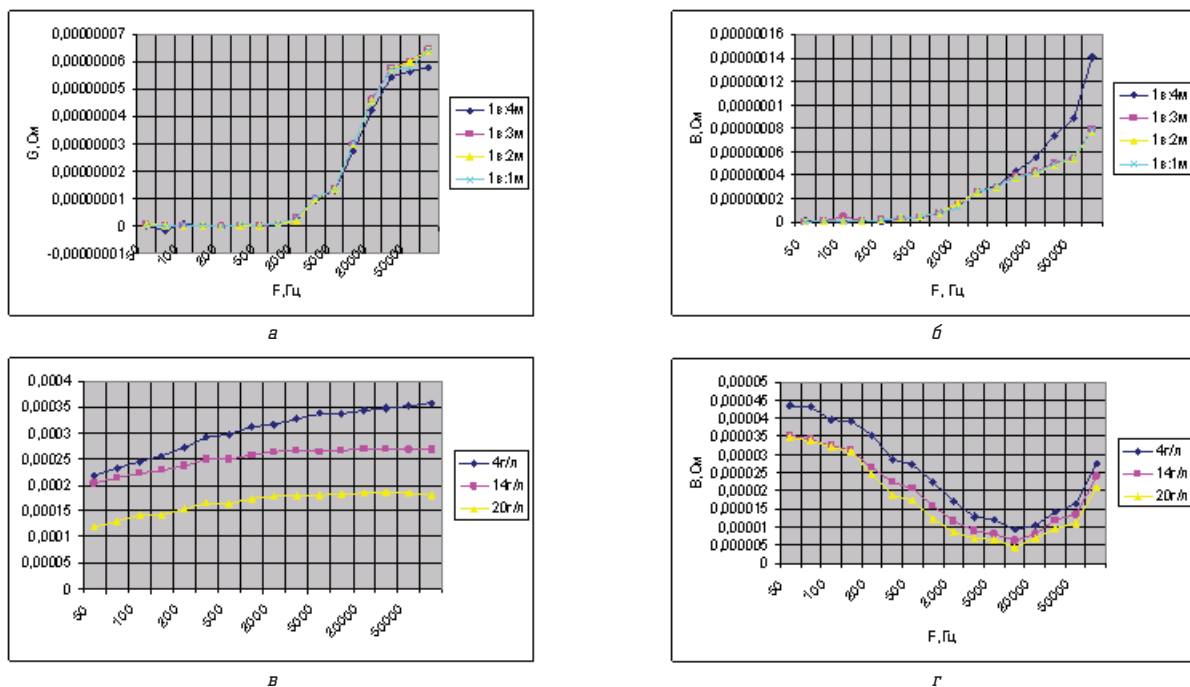


Рис. 2. Неелектроліти: *а* — залежність активної складової провідності від частоти при різних концентраціях в дротових, металічних електродах; *б* — залежність реактивної складової провідності від частоти при різних концентраціях в дротових, металічних електродах; *в* — залежність активної складової провідності від частоти при різних концентраціях в пластинчастих, металічних електродах; *г* — залежність реактивної складової провідності від частоти при різних концентраціях в пластинчастих, металічних електродах

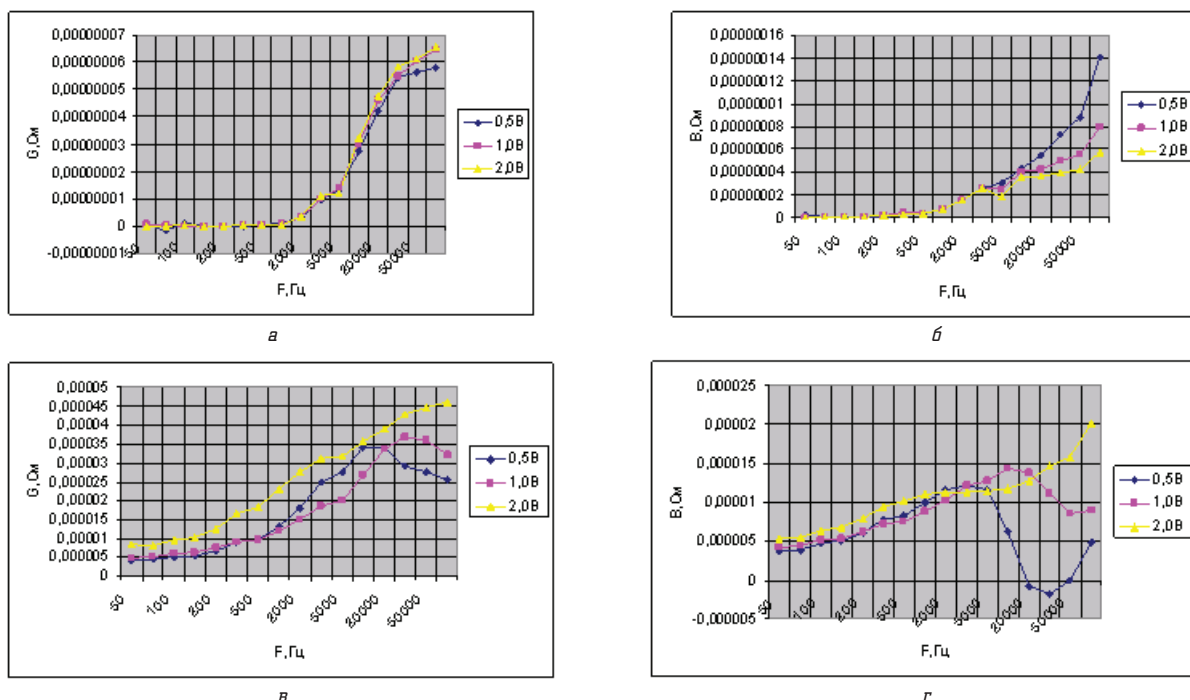


Рис. 3. Електроліти, неелектроліти: *а* — залежність активної складової провідності від частоти при різних напругах тестового сигналу в дротових, металічних електродах; *б* — залежність реактивної складової провідності від частоти при різних напругах тестового сигналу в дротових, металічних електродах; *в* — залежність активної складової провідності від частоти при різних напругах тестового сигналу в пластинчастих, металічних електродах; *г* — залежність реактивної складової провідності від частоти при різних напругах тестового сигналу в пластинчастих, металічних електродах

2) обмеженням дискретності вимірювання частоти; 3) існування ГДК речовини, при яких у всіх можливих діапазонах частот реактивна складова провідності набуває тільки додатне значення.

Тому частота вибирається згідно дискретності приладу та визначається потрібний об'єм рідини, при якій реактивна складова змінює знак значення.

При такій встановленій частоті електромагнітного поля досліджувалися залежності значень реактивної складової від об'єму рідини у первинному перетворювачі для рідини з гранично допустимою концентрацією контролюваної речовини. Через апроксимовану залежність визначається шуканий об'єм (рис. 4–6). Отже, встановлена залежність реактивної складової

від концентрації контролюваної речовини, яка дає можливість:

1. Вимірювати концентрацію за значенням електричного параметра;
2. Контролювати ГДК за знаком виміряного значення (при $B \geq 0 \rightarrow C < C_{ГДК}$, при $B < 0 \rightarrow C > C_{ГДК}$).

Значення об'єму і частоти — це параметри налаштування електричної системи вимірювання та перетворювача.

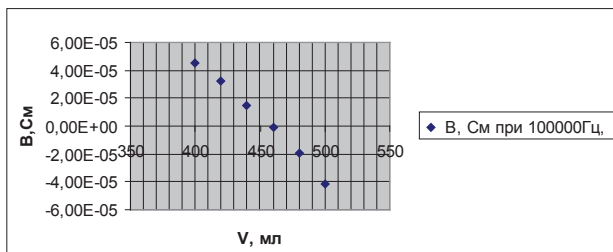


Рис. 4. Номограма. Залежність реактивної складової провідності рідини $C_{грд} = 1,4736$ г/л КСІ від об'єму досліджуваного розчину при 100000 Гц: $B = -9 \cdot 10^{-7}V + 4 \cdot 10^{-4}$, $B = 0$, $V = 444,4$ мл, $F = 100$ кГц

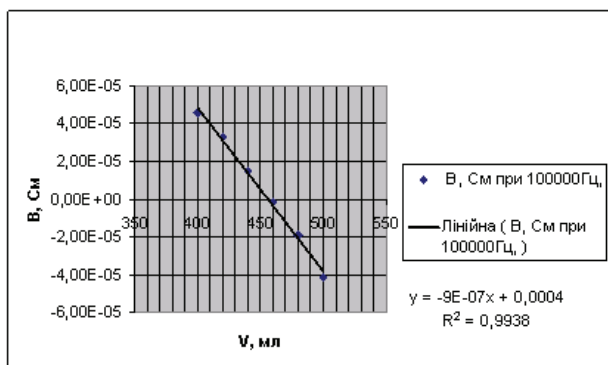


Рис. 5. Апроксимація залежності реактивної складової провідності розчину КСІ від об'єму досліджуваного розчину

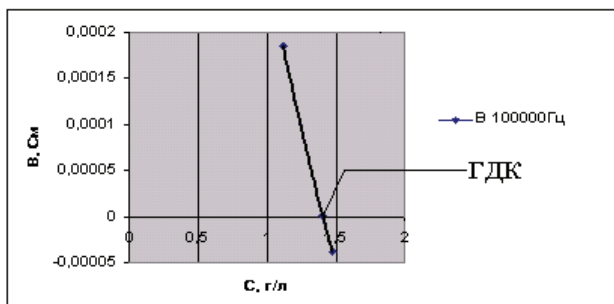


Рис. 6. Номограма. Залежність реактивної складової провідності від концентрації розчину КСІ при частоті електромагнітного поля 100 кГц, об'єм рідини у перетворювачі 444,4 мл; $B \leq 0$ (См) $\rightarrow C \geq$ ГДК, $B > 0 \rightarrow C <$ ГДК

В результаті експериментів встановлена частота електромагнітного поля, при якій значення реактивної складової є незмінною для певних діапазонів концентрацій речовини. Припускається, що ці точки ідентифікують речовину у багатокомпонентній рідині, є інваріантними до інших складників. За результатами експериментів було встановлено (нижні графічні залежності), що при зміні концентрацій складників розчинника (матриці) при такій частоті значення реактивної складової набуває

тільки додатне значення. Це дозволяє контролювати ГДК речовини у багатокомпонентній рідині змінних концентрацій складових розчинників за знаком реактивної складової. Це означає, що об'єднавши таку «якісну» точку з точкою зміни полярності реактивної складової («кількісною» точкою), і при такій єдиній частоті можливо за знаком виміряного значення реактивної складової провідності контролювати ГДК речовини.

Новий метод контролю складу рідин базується на вимірюванні одного значення реактивної складової провідності досліджуваної рідини на визначеній за методикою одній частоті [4]. Спосіб контролю вмісту працює наступним чином. Виміряне значення реактивної складової співставляється з встановленим у методиці значенням для порівняння. За результатами порівняння про вміст або перевищення дозволених стандартами концентрації речовини у багатокомпонентній рідині.

Найменша концентрація речовини, яка може бути визначена за розробленими способами — 0,005 г/л. Вимірювання виконується у реальному часі (без відбору проб і концентрування). Точність аналізу складає 1–10 % і достатня для аналізування багатьох видів багатокомпонентних рідин. Важливою перевагою методу є малий час вимірювання, який не перевищує декількох секунд. Простота конструкції дозволяє швидко виконання масових аналізів для широкого переліку контрольованих речовин. Описаний спосіб дає змогу автоматизувати експрес-контроль складу рідин та може використовуватися у реальних виробничих умовах у різних галузях промисловості [5–8].

Похибка вимірювання реактивної складової від концентрації залежить від: похибки приладу, похибки вимірювання об'єму рідини у первинному перетворювачі, похибки градувальної залежності, похибки приготування модельних розчинів.

Похибка всього експерименту, яка розраховувалася відповідно для непрямих сумісних вимірювань не перевищувала 1 %.

Похибка методу прямої залежності складової провідності від концентрації у момент етапу досліджень з допомогою макета первинного перетворювача приймається за стандартну похибку для кондуктометричного фізико-хімічного методу, який є тільки частиною багатоетапних рутинних вимірювань у лабораторній методиці для визначення концентрації 1–10 %.

Щодо збіжності результатів, то під час експериментальних рівноточних вимірювань середнє квадратичне відхилення концентрації хлориду натрію складало $0,4 \cdot 10^{-5}$ г/л, що складає $2,8 \cdot 10^{-4}$ % від ГДК цієї речовини.

Дослідження щодо зовнішніх впливів на результат вимірювання: вплив температури та ультразвуку привели до висновку, що ці чинники у межах можливих умов реального випробування не впливали на параметри порівняння [9, 10].

4. Висновки

В статті подано аналіз досліджень рідин електричним методом, що базується на засадах кондуктометричного та дельтометричного методів.

Вперше отримані залежності реактивної складової провідності від концентрації контролюваної речовини у багатокомпонентній рідині при одній фіксованій частоті. Склад інших домішків не впливає на процес

порівняння вимірюваного електричного параметра з встановленим електричним параметром методикою.

На базі отриманих наукових фактів запропоновано метод та спосіб оперативного контролювання концентрації складників багатокомпонентної рідини за одним електричним параметром — вимірним значенням реактивної складової провідності.

Впровадження розробленого методу та способу створює умови для переходу від лабораторних умов контролю до оперативних та дозволяють вирішувати завдання підвищення надійності контролю, сприяє економії матеріальних ресурсів та забезпечує мінімальний вплив на здоров'я людини.

Література

1. Походило, Є. В. Імітансний контроль якості [Текст] : монографія / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук. — Львів: Львівська політехніка, 2012. — 164 с.
2. Походило, Є. В. Способи імітансного контролю якості [Текст] / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук // Методи та прилади контролю якості. — 2003. — № 11. — С. 105–108.
3. The Impedance Measurement Handbook. A Guide to Measurement Technology and Techniques. Agilent Technologies [Text]. — Inc. Printed in USA, 2006. — P. 5950–3000.
4. Міхалева, М. С. Розвиток нормативно-технічного забезпечення оперативного визначення характеристик рідин для контролю стічних вод [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.02 / М. С. Міхалева. — Львів, 2012. — 21 с.
5. Міхалева, М. С. Шляхи вдосконалення нормування показників якості водних середовищ [Текст] / М. С. Міхалева, П. Г. Столярчук, Т. Г. Бойко, Т. З. Бубела // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2008. — № 2. — С. 34–37.
6. Міхалева, М. Проблеми нормування якості водних середовищ, стічних вод, апаратури і метрологічне забезпечення системи гідро моніторингу [Текст] / М. Міхалева, П. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. — 2008. — Вип. 68. — С. 199–203.
7. Majewski, J. Zastosowanie sensorów pojemnościowych do szybkiej kontroli parametrów wzrostów wieloskładnikowych [Text] / J. Majewski, P. Malaczewski, V. Yatsuk, P. Stolyarczuk, M. Michalewa // Przegląd Elektrotechniczny. — 2010. — Nr 10. — P. 92–95.

8. Stolyarczuk, P. Electric Sensors for Express-Method Checking of Liquid Quality Level Monitoring [Text] / P. Stolyarczuk, V. Yatsuk, Y. Pokhodylo, M. Mikhalieva, T. Boyko, O. Basalkevych // Sensors & Transducers Journal. — 2010. — № 2, Vol. 8. — P. 88–98.
9. Міхалева, М. С. Результати експериментальних досліджень модельних водних розчинів новим електричним імпедансним методом [Текст] / М. С. Міхалева // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — Автоматика, вимірювання та керування. — 2010. — № 665. — С. 169–173.
10. Stolyarchuk, P. Multicomponent Liquids' Research [Text] / P. Stolyarchuk, M. Mikhalieva, V. Yatsuk, Ye. Pokhodylo, O. Basalkevych // Sensors and Transducers Journal. — January 2013. — Vol. 148, Issue 1. — P. 95–99. — e-ISSN 1726-5479, ISSN 2306-8515.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ЖИДКОСТИ ПО ОДНОМУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ПАРАМЕТРУ

Представлен анализ результатов экспериментальных исследований многокомпонентных жидкостей в широком электромагнитном поле частот. Выявлены индивидуальные спектральные характеристики для жидкостей, которые зависят от химической природы составляющих, их концентраций и конструкции первичного преобразователя. Предложен метод быстрого определения и контроля концентраций составляющих жидкостей по одному измеренному показателю реактивной составляющей проводимости без лабораторных условий и дорогостоящей аппаратуры.

Ключевые слова: многокомпонентная жидкость, измерения и контроль концентраций компонентов, комплексная проводимость, кондуктометрическая ячейка.

Міхалева Марина Станіславівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: galmih@ukr.net.

Михалева Марина Станиславовна, кандидат технических наук, старший научный работник, доцент, кафедра метрологии, стандартизации и сертификации, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.

Mikhalieva Maryna, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: galmih@ukr.net

УДК 658.512:661.53

**Бабіченко А. К.,
Красніков І. Л.,
Бабіченко Ю. А.,
Вельма В. І.**

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ В КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВ АМІАКУ

У статті представлені результати досліджень відділення моноетаноламінової очистки агрегату синтезу аміаку серії АМ-1360 із застосуванням методу технологічного аудиту. Експериментально-статистичною обробкою даних отримані числові характеристики точності і стабільності процесу, що дозволило визначити напрями вдосконалення системи управління, реалізація якої забезпечує стабілізацію температурного режиму відділення і зниження витратних норм енергоносіїв.

Ключові слова: виробництво аміаку, моноетанламінова очистка, технологічний аудит, система управління, енергозбереження.

1. Вступ

Сучасні хімічні виробництва характеризуються великою продуктивністю і являють собою складні хіміко-тех-

нологічні системи. Робота таких систем протікає під впливом величезної кількості факторів. Ці фактори, випадкові по своїй природі, викликають також випадкові відхилення параметрів від норм технологічного режиму $\{T_M\}$,