

*Охарактеризовано підходи щодо вимірювання параметрів імітансу для об'єктів неелектричної природи з відомими та невідомими схемами заміщення. Проаналізовано особливості побудови засобів для вимірювання складових імітансу об'єктів неелектричної природи. Запропоновано способи, що реалізуються серійними вимірвальними засобами широкого та спеціального застосування*

*Ключові слова: вимірвальний засіб, імітанс, об'єкти неелектричної природи, способи вимірювання складових імітансу*

*Охарактеризованы подходы к измерению параметров иммитанса для объектов неэлектрической природы с известными и неизвестными схемами замещения. Проанализированы особенности построения устройств для измерения составляющих иммитанса объектов неэлектрической природы. Предложены способы, которые реализуются серийными измерительными средствами широкого и специального применения*

*Ключевые слова: измерительное устройство, иммитанс, объекты неэлектрической природы, способы измерения составляющих иммитанса*

УДК 621.317

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47603

# АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДОВИХ ІМІТАНСУ ОБ'ЄКТІВ НЕЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИРОДИ

**О. О. Антонюк**  
Аспірант\*

E-mail: olena.antonyuk@ukr.net

**Є. В. Походило**

Доктор технічних наук, професор\*

E-mail: evgenp@meta.ua

**В. З. Юзва**

Аспірант\*

E-mail: yuzva\_v@rambler.ru

\*Кафедра метрології, стандартизації та сертифікації  
Національний університет «Львівська політехніка»  
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

## 1. Вступ

Впродовж останніх років все ширше застосовуються електричні методи контролю як окремих, так і узагальнених показників якості об'єктів неелектричної природи. Переважно інформативними електричними параметрами для цього вибирають пасивні параметри, а саме ємність чи індуктивність, опір чи провідність, активну чи реактивну складові імітансу двополосника, які відображають окремі електрофізичні параметри контрольованих об'єктів. Вони є інформативними параметрами первинних перетворювачів, а вимірюються відповідними вимірвальними засобами, в основному вимірвачами імітансу (параметрів комплексного опору чи провідності) двополосних об'єктів. Оцінювання якості контрольованих об'єктів здійснюється через порівняння отриманих результатів вимірювання інформативного параметра з відповідними параметрами стандартного (базового) зразка [1]. Оскільки для об'єктів неелектричної природи порівнюваними величинами є активні та реактивні складові імітансу [2, 3], то актуальним є їх вимірювання. Разом з тим, побудова електричного стандартного зразка контрольованого об'єкта подається у вигляді значень його активних та реактивної складових імпедансу чи адмітансу на фіксованих частотах або у вигляді імітансограм [4], тобто графічних залежностей складових від частоти тестового сигналу за нормованих умов.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Оскільки двополосники, якими подаються об'єкти контролю неелектричної природи (контрольований та базовий зразки), описуються багатоелементними схемами заміщення [5, 6], то порівняння їхніх імітансів здійснюють на декількох фіксованих частотах тестового синусоїдального сигналу [1]. Електричні величини такого двополосника (адмітанс  $Y$  або імпеданс  $Z$ ) відображають відповідні одиничні показники об'єктів неелектричної природи (концентрацію, вологість і т. п.) і зв'язані з ними відповідною залежністю. Таким способом визначається відносний показник, за яким здійснюється ідентифікація об'єктів контролю. Відносний показник є відношенням між реактивними ( $\text{Im}(X)$ ,  $\text{Im}(X_0)$ ) і активними ( $\text{Re}(X)$ ,  $\text{Re}(X_0)$ ) складовими імітансу, відповідно досліджуваного об'єкта  $X$  і базового зразка  $X_0$  на фіксованих частотах  $f_1, f_2, \dots, f_n$  при відсутності їхніх схем заміщення, а саме:

$$\frac{\text{Im}(X)_{f_1}}{\text{Im}(X_0)_{f_1}} = q_1, \quad \frac{\text{Im}(X)_{f_2}}{\text{Im}(X_0)_{f_2}} = q_2, \dots, \quad \frac{\text{Im}(X)_{f_n}}{\text{Im}(X_0)_{f_n}} = q_n, \quad (1)$$

$$\frac{\text{Re}(X)_{f_1}}{\text{Re}(X_0)_{f_1}} = g_1, \quad \frac{\text{Re}(X)_{f_2}}{\text{Re}(X_0)_{f_2}} = g_2, \dots, \quad \frac{\text{Re}(X)_{f_n}}{\text{Re}(X_0)_{f_n}} = g_n, \quad (2)$$

де  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – відносний показник реактивних складових;  $g_1, g_2, \dots, g_n$  – відносний показник активних складових.

Для об'єктів контролю з відомими схемами заміщення відносні показники якості визначаються як відношення відповідних параметрів елементів схем об'єктів порівняння. Так, для спирту та алкогольної продукції в певному частотному діапазоні схема заміщення об'єкта містить паралельне з'єднання ємності та опору [5], що відображають відповідно такі електрофізичні параметри як їхню діелектричну проникність та питому провідність. Схеми заміщення біологічних тканин, зокрема тіла людини, є складнішими і містять як послідовні, так і паралельні з'єднання ємності та опору [6]. Однак вимірюються ємність та опір через роздільне вимірювання складових імпедансу чи адмітансу на окремих частотах. На низьких частотах для таких об'єктів додатковим інформативним параметром може бути ємність подвійного шару контактного перетворювача [7], а тому доцільним є вимірювання складових в широкому діапазоні частот.

Розглянемо особливості побудови засобів вимірювання параметрів імпедансу для об'єктів неелектричної природи на прикладі біологічних тканин та рідин, зокрема спирту. У роботі [8] для вимірювання складових імпедансу біологічних тканин і рідин запропоновано вимірювальний засіб, що працює на основі чотириелектродної схеми і дозволяє підвищити точність вимірювання змінні складових імпедансу шляхом введення генератора синусоїдальних напруг, фазочутливого вимірювача різниці двох напруг і блоків зворотного зв'язку і управління. Застосування чотирьох електродів ускладнює конструкцію електродного блоку, однак забезпечує інваріантність результату вимірювання до неінформативних параметрів лінії зв'язку та приелектродного імпедансу. При цьому вимірювання складових імпедансу реалізується лише на частотах 1,5 кГц, 6 кГц, 24 кГц і 96 кГц.

У роботі [9] запропоновано засіб, що дозволяє визначити питому значення активної і ємнісної складових імпедансу на підставі одержуваного методами математичного моделювання розподілу електричного поля у біологічній тканині при заданій конфігурації електродів. Пристрій має розширений робочий діапазон вимірюваних значень імпедансу завдяки роздільному вимірюванню складових імпедансу і застосування додаткових плечей вимірювальної схеми з різними номіналами елементів і розширеним діапазоном робочих частот введенням перетворювача середньовипрямленого значення напруги, що здійснює детектування і згладжування вимірювального сигналу високої частоти. Проте з допомогою цього засобу реалізуються лише вимірювання параметрів імпедансу.

Перспективним методом є побудова вимірювальних пристроїв з використанням чіпів імпедансного перетворювача. Введена в останні роки технологія є результатом досягнень в різних технологічних областях, як електроніка і фізика, і дає змогу поєднувати складні функціональні системи в одній мікросхемі. Саме використання цієї технології запропоновано у роботі [10]. Авторами пропонується вимірювати параметри активної та реактивної складових імпедансу у частотному діапазоні від 1 кГц до 100 кГц, діапазон

вимірювання імпедансу від 1 кОм до 10 МОм з точністю системи 0,5 %.

Для дослідження спирту та водно-спиртових розчинів використовують принцип вимірювання повного імпедансу [11]. Реалізація способу вимірювання імпедансу полягає у наступному: мікропроцесорний пристрій (МПП) здійснює генерацію синусоїдальних сигналів необхідної частоти, які з допомогою цифро-аналогового перетворювача перетворюються у ступінчастий сигнал і подаються на вхід фільтра низьких частот, що виділяє необхідну гармоніку. Отриманий синусоїдальний сигнал надходить на вхід досліджуваної рідинної комірки. Вхідний і вихідний сигнали синхронно оцифровуються двоканальним цифровим перетворювачем, а отримані дискретні значення надходять на МПП, де з допомогою цифрової фільтрації визначаються їх амплітуди і фазовий зсув. Далі розраховується повний імпеданс досліджуваного зразка.

Принцип роботи засобу вимірювання повної провідності для дослідження фізико-хімічних властивостей рідин, розглянуто у роботі [12]. Він ґрунтується на пропусканні через вимірювальну комірку, яка занурена у досліджувану рідину, змінного струму заданої частоти і амплітуди. Отриманий у результаті корисний сигнал розкладається на амплітудні значення струму і напруги, а також зсув фаз між струмом і напругою.

Проведений аналіз вимірювальних засобів показав, що для дослідження біологічних об'єктів доцільним є вимірювання параметрів складових імпедансу, проте, сучасні розробки в основному призначені для вимірювання параметрів імпедансу. Що ж стосується спирту та водно-спиртових розчинів, то оскільки їхня питома провідність та діелектрична проникність безпосередньо визначаються за активною та реактивною складовими адмітансу, то доцільно розглянути способи їх вимірювання. Разом з тим, дослідження об'єктів неелектричної природи може, як зазначалося вище, здійснюватися в широкому частотному діапазоні, а серійні вимірювачі імпедансу не завжди можуть це забезпечити. Тим більше, що режими їхньої роботи не завжди є прийнятними. Окрім цього не завжди такі вимірювальні засоби є доступними для споживача або вони відсутні у нього. Саме тому актуальним є аналіз різних варіантів вимірювання складових імпедансу з використанням серійних засобів різного призначення та побудови спеціалізованих засобів.

### 3. Ціль та задачі дослідження

Мета роботи – аналіз способів вимірювання параметрів імпедансу двополюсників, якими подаються об'єкти неелектричної природи, та їх реалізація.

Відповідно до мети роботи поставлено наступні завдання:

- характеристика методу ідентифікації об'єктів неелектричної природи;
- характеристика та аналіз способів вимірювання параметрів імпедансу з використанням серійних засобів різного призначення;
- характеристика та аналіз способів вимірювання параметрів імпедансу, за якими можуть бути побудовані вимірювальні засоби спеціального призначення.

**4. Характеристика способів вимірювання активної та реактивної складової імітансу**

Ідентифікація об'єктів неелектричної природи зводиться до порівняння векторів, якими можна подати на комплексній площині адмітанси або імпеданси базового і контролюваного об'єктів, тобто об'єктів порівняння. У нашому випадку розглянемо вимірювання складових адмітансу. На рис. 1. вектор  $Y_0$  відображає адмітанс базового зразка, а вектор  $Y_x$  – адмітанс контролюваного об'єкта на одній фіксованій частоті тестового сигналу. На інших частотах вектори відрізнятимуться іншими параметрами векторів порівняння.

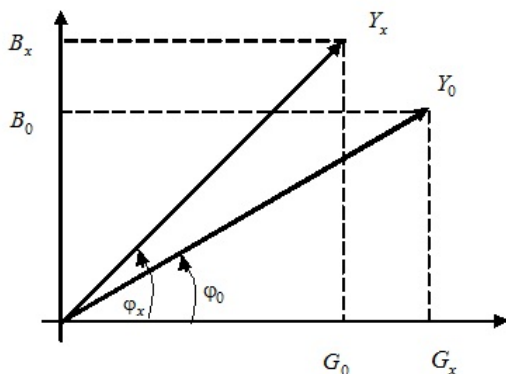


Рис. 1. Векторна діаграма адмітансів

Для того, щоб отримати відносні показники для оцінювання якості, необхідно знати два параметри, що описують зазначені вектори імітансів. Такими параметрами можуть бути модуль і фаза або активні та реактивні складові адмітансів контролюваного та базового зразків. Розглянемо способи вимірювання складових (активної та реактивної) імітансу об'єктів порівняння з використанням емнісного первинного перетворювача.

**4. 1. Способи, що реалізуються серійними вимірювальними засобами широкого застосування**

*Спосіб 1.* Безпосереднє (пряме) вимірювання активних  $G_0$ ,  $G_x$  і реактивних  $B_0$ ,  $B_x$  складових та

визначення відношень  $\frac{B_x}{B_0}$  і  $\frac{G_x}{G_0}$ . Для цього необхідно

використати один вимірювальний засіб роздільного вимірювання складових адмітанса на фіксованих частотах широкого частотного діапазону. У такому разі до вимірювача імітансу під'єднується первинний перетворювач з об'єктом контролю. Оскільки такі засоби мають один вхідний пристрій, то вимірювання складових здійснюється спочатку контролюваного, а потім базового об'єктів, тобто методом заміщення. Результати вимірювання можуть безпосередньо виводитися на обчислювальний пристрій для визначення відносних показників. Таким способом реалізується почергове вимірювання електричних інформативних параметрів. При цьому базовим зразком може бути безпосередньо стандартний зразок даного виду продукції або його електрична модель на тих же частотах вимірювання.

*Спосіб 2.* Вимірювання модулів  $|Y_0|$  і  $|Y_x|$  адмітансів і фазових кутів  $\phi_0$  та  $\phi_x$  з визначенням за результатами вимірювань і значень складових за відомими виразами:

$$B_x = |Y_x| \sin \phi_x, \tag{3}$$

$$B_0 = |Y_0| \sin \phi_0, \tag{4}$$

$$G_x = |Y_x| \cos \phi_x, \tag{5}$$

$$G_0 = |Y_0| \cos \phi_0. \tag{6}$$

Для таких вимірювань необхідно мати генератор синусоїдальних коливань  $\Gamma$  широкого частотного діапазону і фазометр ФЗ. До генератора під'єднується векторний перетворювач «імітанс-напруга» ВП, що містить подільник напруги, елементами якого є первинний перетворювач з контролюваним об'єктом (базовим зразком) та зразковий елемент (резистор чи конденсатор) [3]. З допомогою векторного перетворювача здійснюється перетворення «імітанс-напруга», тобто комплексна пасивна величина (адмітанс чи імпеданс) перетворюється в комплексну активну величину. При цьому параметри комплексної напруги (амплітудне значення та фазовий кут) пропорційні відповідним параметрам імітансу.

Для вимірювання модульних значень напруг перетворювача використовують вольтметр амплітудних значень  $B$ , а для вимірювання фази напруг – фазометр ФЗ. Схема з'єднання вимірювальних засобів наведена на рис. 2.

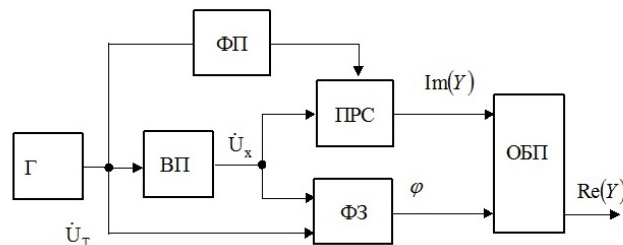


Рис. 2. Схема з'єднання вимірювальних засобів

Обчислювальним пристроєм ОБП реалізуються обчислення активної та реактивної складових за виразами (3)–(5).

Отже, зазначені способи вимірювання складових імітансу реалізуються серійними вимірювальними засобами широкого застосування.

Відомо, що в широкому частотному діапазоні роздільне вимірювання складових адмітанса пов'язане з проблемами забезпечення сталого кутового зміщення між сигналами керування фазочутливими детекторами. Для одночасного вимірювання активної та реактивної складових необхідно забезпечити зміщення між сигналами керування детекторами  $\frac{\pi}{2}$ .

Окрім цього вимірювання складових в широкому частотному діапазоні ускладнюється через суттєве переважання однієї над іншою. Все це призводить до ускладнення вимірювального засобу та погіршення метрологічних характеристик. Якщо вимірювати

одну складову імітансу безпосередньо, а другу визначати опосередковано, то можна забезпечити широкий діапазон вимірювань простіше.

Нижче розглянемо способи, за якими можуть бути побудовані вимірювальні засоби спеціального призначення з вимірюванням модуля або фази вектора адмітанса та однієї із його складових.

**4. 2. Способи, за якими можуть бути побудовані вимірювальні засоби спеціального призначення**

*Спосіб 1.* Вимірювання активних складових  $G_0, G_x$  і фазових кутів  $\phi_0, \phi_x$ . За отриманими результатами визначають відповідні реактивні складові за виразами:

$$B_x = G_x \operatorname{tg} \phi_x \text{ і } B_0 = G_0 \operatorname{tg} \phi_0. \quad (7)$$

Для цього будується канал перетворення активної складової адмітансу ПАС (фазочутливий детектор і додаткові пристрої) канал вимірювання фазового зміщення ФЗ між вихідною напругою  $\dot{U}_x$  векторного перетворювача та напругою тестового сигналу  $\dot{U}_T$  генератора Г. Векторний перетворювач використовується аналогічний до описаного вище. Схема такого вимірювального засобу зображена на рис. 3.

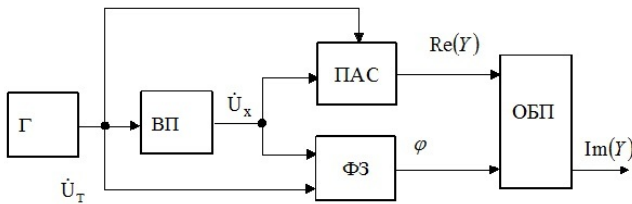


Рис. 3. Схема вимірювача за активною складовою і фазою

*Спосіб 2.* Вимірювання реактивних складових  $B_0, B_x$  і фазових кутів  $\phi_0, \phi_x$ . Для визначення активних складових використовують вирази:

$$G_x = \frac{B_x}{\operatorname{tg} \phi_x} \text{ і } G_0 = \frac{B_0}{\operatorname{tg} \phi_0}. \quad (8)$$

Схема такого вимірювального засобу зображена на рис. 4. Відмінність даної схеми від попередньої полягає в тому, що замість каналу перетворення активної складової необхідно мати канал перетворення реактивної. Для цього додатково вводиться в коло керування перетворювача ПРС фазоповертач ФП.

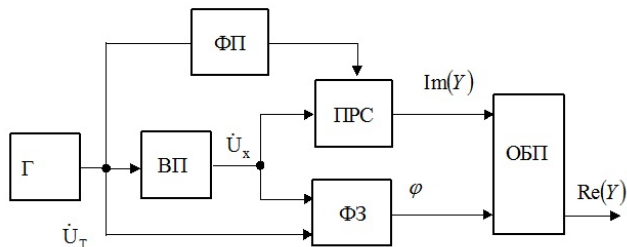


Рис. 4. Схема вимірювача за реактивною складовою та фазою

*Спосіб 3.* Вимірювання модулів  $|Y_0|$  і  $|Y_x|$  адмітансів і активних складових  $G_0, G_x$ . Визначення реактивних складових  $B_0, B_x$  здійснюється за виразами:

$$B_0 = \sqrt{Y_0^2 - G_0^2} \text{ і } B_x = \sqrt{Y_x^2 - G_x^2}. \quad (9)$$

Для таких вимірювань необхідно мати канал перетворення активних складових ПАС та канал перетворення модульних значень ПМЗ (рис. 5).

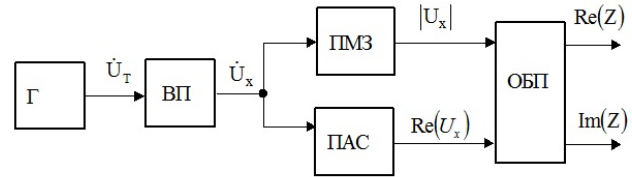


Рис. 5. Схема вимірювача за модулем та активною складовою

*Спосіб 4.* Вимірювання модулів  $|Y_0|$  і  $|Y_x|$  адмітансів і реактивних складових  $B_0, B_x$ . Визначення реактивних складових  $G_0, G_x$  з виразів:

$$G_0 = \sqrt{Y_0^2 - B_0^2} \text{ і } G_x = \sqrt{Y_x^2 - B_x^2}. \quad (10)$$

Для таких вимірювань необхідно мати канал перетворення реактивних складових у схемі засобу, що реалізує попередній спосіб (рис. 5).

Аналогічно визначають складові адмітансу, використовуючи при цьому відомі вирази.

**5. Аналіз використання способів вимірювання активної та реактивної складової імітансу**

Розглянуті способи вимірювання параметрів імітансу дозволяють оцінювати якість продукції, здійснювати ідентифікацію об'єктів неелектричної природи за зміною їхніх електричних параметрів у частотному діапазоні. Для цього можна використати наявні чи доступні засоби різного призначення та з заданими метрологічними та експлуатаційними характеристиками. У цьому разі результатом вимірювань має бути значення активної та реактивної складових імітансу на фіксованих частотах.

Запропоновані способи вимірювання складових та схеми їх реалізації можуть бути основою для побудови засобів вимірювального контролю якості окремих видів об'єктів неелектричної природи.

Об'єкти неелектричної природи мають широкий діапазон зміни імітансу, від низькоомних (водні розчини, живі тканини тощо) до високоомних (оливи, спирти). Низькоомні об'єкти (за активною складовою) традиційно вимірюються на низьких частотах, а високоомні – на високих з метою роздільного вимірювання як активної, так і реактивної складових. Тобто, на вибраній (різного значення) частоті практично вимірюється лише одна з двох складових.

У разі використання способу одночасного вимірювання складових імітансу зазначених об'єктів на фіксованій частоті широкого діапазону її зміни з використанням фазочутливого розділення матимемо відліки (кількість розрядів відлікового пристрою) за складовими, що відрізнятимуться на порядки. У нашому випадку для реалізації диференційного методу оцінювання якості чи ідентифікації об'єктів неелектричної природи, як зазначено вище, інформативними є дві складові

імітансу в широкому частотному діапазоні, а тому і відліки їхніх результатів варто мати співмірними. Способом одночасного вимірювання складових шляхом фазочутливого розділення не можливо забезпечити такі вимірювання на заданих частотах окремих об'єктів. Однак, якщо виміряти одну із складових на фіксованій частоті, а іншу розрахувати за вимірним значенням фазового кута сигналів на цій же частоті, то можна забезпечити необхідні вимірювання складових. Обґрунтоване рішення може бути способом вимірювання фазового зміщення двох напруг. У результаті реалізації такого способу як на низьких, так і на високих частотах можна завжди забезпечити (діленням) вимірювання зміщення двох сигналів однієї фіксованої частоти, забезпечивши при цьому необхідну розрядність відлікового пристрою. Інструментальна похибка вимірювання фази у даному разі визначатиметься формувачами часового інтервалу, пропорційного фазовому зміщенню. В частотному діапазоні до 100 кГц такою похибкою можна знехтувати для нашого випадку. Реалізація такого способу дає змогу розширити частотний діапазон одночасного вимірювання двох складових та забезпечити необхідні для окремих об'єктів режими вимірювання щодо частоти тестового сигналу.

Результати вимірювання складових, отримані різними способами, можна вважати ідентичними в межах інструментальних похибок використаних засобів вимірювання лише за наступних умов:

- первинний перетворювач повинен бути один і той же;
- рівень тестового синусоїдального сигналу має бути однаковим;

– під'єднання первинного перетворювача здійснюється за однаковою схемою;

– умови вимірювань однакові.

Отримані результати можуть використовуватися при реалізації досліджень різного роду об'єктів неелектричної природи, зокрема при оцінюванні якості продуктів харчування та у медичній сфері.

## 6. Висновки

Отже, ідентифікація, оцінювання якості або стану об'єктів неелектричної природи за параметрами імітансу зводиться до порівняння векторів, якими можна подати на комплексній площині адмітанси або імпеданси базового і контрольованого об'єктів, тобто об'єктів порівняння.

Аналіз розглянутих способів вимірювання складових імітансу показав, що активну та реактивну складові імітансу об'єктів порівняння можна безпосередньо виміряти або визначити за результатами вимірювання модуля та фази з допомогою наявних відповідних серійних вимірювальних засобів. Вимірювання зазначених параметрів контрольованого та базового зразків необхідно здійснювати такими засобами методом заміщення.

Для побудови спеціалізованих засобів вимірювання складових імітансу в широкому частотному діапазоні пропонуються комбіновані способи, а саме: вимірювання однієї із складових (активна або реактивна) та модуля або фазового кута з подальшим обчислення іншої складової.

## Література

1. Походило, С. В. Імітансний контроль якості [Текст]: монографія / С. В. Походило, П. Г. Столярчук. – Л.: НУЛП, 2012. – 164 с.
2. Походило, С. В. Диференційний метод оцінювання якості продукції за параметрами імітансу [Текст] / С. В. Походило, С. С. Остапчук // Автоматика, вимірювання та керування. – 2011. – № 695. – С. 41–45.
3. Походило, С. В. Вимірювачі CLR з перетворенням «імітанс-напруга» [Текст]: монографія / С. В. Походило, В. В. Хома. – Л.: НУЛП, 2011. – 292 с.
4. Григорчак, І. І. Імпедансна спектроскопія [Текст]: навч. посіб. / І. І. Григорчак, Г. В. Понеділок. – Л.: НУЛП, 2011. – 352 с.
5. Пат. на КМ №93243 Україна, МПК G01N27/48, G01N27/02. Спосіб експресного визначення вмісту етилового спирту в водно-спиртовому розчині [Текст] / Кукла О. Л., Мамикін А. В., Майстренко А. С., Мацає С. П., Гелескул М. Ф.; заявник і власник патенту Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України. – № u201403603; заявл. 07.04.14; опубл. 25.09.2014, Бюл. №18. – 7 с.
6. Grimnes, S. Cole Electrical Impedance Model & A Critique and an Alternative [Text] / S. Grimnes, O. G. Martinsen // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2005. – Vol. 52, № 1. – P. 132–135. doi:10.1109/tbme.2004.836499
7. Мирошниченко, Е. В. Особенности биоимпедансных измерений на высоких частотах [Текст] / Е. В. Мирошниченко, Е. С. Семенов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – Т. 79, № 2. – С. 46–58.
8. Пат. 2196504 Российская Федерация, МПК А61В5/053. Устройство для измерения активной и емкостной составляющих импеданса биологических тканей [Электронный ресурс] / Ефремов А. В., Ибрагимов Р. Р., Манвелидзе Р. А., Леонтьев В. Т., Булатецкий К. Г., Колонда Г. Г., Тарасов Е. В., Ибрагимов Р. Ш.; заявитель и патентообладатель Новосибирская государственная медицинская академия. – №2000117324/14; заявл. 28.06.2000; опубл. 20.01.2003. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.findpatent.ru/patent/219/2196504.html>
9. Пат. 2366360 Российская Федерация, МПК А61В5/053. Устройство для измерения импеданса биологических тканей [Электронный ресурс] / Образцов С. А., Леонов С. Д., Троицкий Ю. В., Федоров Г. Н.; заявитель и патентообладатель Гос. образ. учреждение высшего проф. образ. Смоленская гос. мед. академия федер. агентства по здравоох. и соц. развитию. – №2008110270/14; заявл. 17.03.2008; опубл. 17.03.2008. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2366360.html>
10. Kamat, D. K. Bio-Impedance Measurement System for Analysis of Skin Diseases [Text] / D. K. Kamat, Arati P. Chavan, Dr. P. M. Patil // International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM). – 2014. – Vol. 3, № 2. – P. 92–96.

11. Кукла, А. Л. Импедансный анализатор для идентификации марок водно-спиртовых напитков [Текст] / А. Л. Кукла, А. С. Павлюченко, А. С. Майстренко, А. В. Мамыкин // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2012. – № 1. – С. 15–21.
12. Скачек, В. А. Определение физико-химических свойств жидкостей методом измерения иммитанса [Текст] / В. А. Скачек, А. В. Сотцев, А. В. Скачек // Междуна. научно-техн. конф. «Совершенствование систем автоматизации технологических процессов». – Минск: БНТУ, 2010. – С. 38.

*Розглядається можливість підвищення функціональності процесу моніторингу параметрів динамічних характеристик інформаційно-комунікаційних мереж шляхом імплементації функцій прогнозування моментів появ позаштатних ситуацій. Представлена архітектура системи предиктивного моніторингу*

*Ключові слова: предиктивний моніторинг, динамічні характеристики інформаційно-комунікаційної мережі, прогнозування, поліноміальна екстраполяція*

*Рассматривается возможность повышения функциональности процесса мониторинга параметров динамических характеристик информационно-коммуникационных сетей путем имплементации функций прогнозирования моментов возникновения внештатных ситуаций. Представлена архитектура системы предиктивного мониторинга*

*Ключевые слова: предиктивный мониторинг, динамические характеристики информационно-коммуникационной сети, прогнозирование, полиномиальная экстраполяция*

УДК 621.391  
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47598

# ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ МОНИТОРИНГА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

**Ю. О. Бабич**

Старший преподаватель\*

E-mail: babich159@gmail.com

**Л. А. Никитюк**

Кандидат технических наук,

профессор, заведующий кафедрой\*

E-mail: nikityuk\_l@mail.ru

\*Кафедра сетей связи

Одесская национальная

академия связи им. А. С. Попова

ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, Украина, 65029

## 1. Введение

Современный этап эволюционного развития сетей связи характеризуется конвергентными процессами, которые происходят одновременно в сетях, технологиях и услугах [1, 2]. Вследствие этого сети связи нового поколения приобретают признаки информационно-коммуникационных сетей (ИКС) [3], то есть сетей, способных предоставлять услуги неограниченного спектра и нового качества. Это, в свою очередь, предъявляет особые требования к обеспечивающим системам, выполняющим функции управления и технического обслуживания ИКС. Перевод этих систем на интеллектуальную платформу, с целью повышения эффективности и гибкости принимаемых решений по обеспечению работоспособности сети, требует и новых подходов к организации процесса мониторинга технических и технологических параметров объекта.

Следует отметить, что, несмотря на все многообразие современных видов мониторинга, применяемых

в сетях связи [4–7], все они в основном нацелены на обеспечение достоверного отражение и констатацию текущего состояния объекта. Представляется актуальным повысить функциональность существующих видов мониторинга, путем имплементации процедур прогнозирования возникновения внештатных ситуаций или деградации рабочих характеристик объекта, с целью обеспечения возможности упреждения негативных последствий их воздействия.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Отдельные подходы к реализации прогностического мониторинга можно наблюдать в ряде существующих научных работ [8–21].

Так, в работе [18], подтверждается целесообразность реализации приведенных выше требования к процессу мониторинга, однако отсутствует четкая