

УДК 54.08

## ВИВЧЕННЯ IN-SITU СТУПЕНЯ РУЙНУВАННЯ ЛУЖНИХ ZN-MnO<sub>2</sub> ЕЛЕМЕНТІВ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПІЇ ЕЛЕКТРОМІЧНОГО ІМПЕДАНСА

Студ. О.В. Бойчук, гр. БТЕ-13

Науковий керівник доцент, пров.н.с. Є.Д. Першина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Міжвідомче відділення електрохімічної енергетики НАН України

**Мета і завдання.** Отримання інформації про електрохімічну поведінку лужних Zn-MnO<sub>2</sub> елементів в широкому частотному діапазоні дозволить розширити можливості методу СЕІ при дослідженні та тестуванні in-situ електрохімічних джерел струму і поклато основу цього дослідження. Електрохімічні джерела енергії є основним компонентом багатьох сучасних пристроїв і часто обмежують реалізацію їх функціональних можливостей. Вихід з роботи такого джерела енергії може привести до зниження продуктивності, експлуатаційним порушень і навіть викликати аварійну ситуацію [1]. Тому проблема моніторингу працездатності батареї має велике значення, і її рішення направлено на повну автоматизацію процесу контролю параметрів електрохімічної системи, які характеризують не тільки ступінь розряду і щільність електроліту, але відстежують процеси, пов'язані з руйнуванням системи в цілому (старінням джерела енергії) [2].

Сучасні тенденції в галузі контролю механізмів старіння і оцінки ступеня руйнування електрохімічних систем спрямовані на розвиток фізико-хімічних і електрохімічних методів контролю in-situ, одним з яких є спектроскопія електрохімічного імпедансу (СЕІ) [1, 4]. Так як метод СЕІ, заснований на принципі порушення будь-електрохімічної системи сигналом у вигляді синусоїдальної хвилі і спостереження за її поведінкою у відповідь на це обурення, є найбільш простим і експресним для визначення структурних і транспортних функцій досліджуваної системи. Це робить його перспективним не тільки в наукових дослідженнях, а й у прикладних задачах, пов'язаних з оцінкою часу життя і швидкості деструкції електрохімічних джерел струму. Отримання інформації про електрохімічному поведінці лужних Zn-MnO<sub>2</sub> елементів в широкому частотному діапазоні дозволить розширити можливості методу СЕІ при дослідженні та тестуванні in-situ електрохімічних джерел струму і поклато основу цього дослідження.

**Об'єкт дослідження** методом неруйнівного контролю електрохімічних джерел струму є спектроскопія електрохімічного імпедансу (СЕІ), так як з її допомогою можна отримувати дані по опорам кожного компонента електрохімічної системи: електродів, електроліту, пасиваційного шару, визначити умови переносу заряду і дифузії.

**Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.** Методом електрохімічного імпедансу після термічної обробки і струмових навантажень досліджені комерційні лужні цинк марганцеві елементи. На основі аналізу отриманих спектрів імпедансу і модельних еквівалентних схем ідентифіковані компоненти цих схем і параметри спектрів, що описують незворотні зміни в досліджених образцях. Запропонований метод одночасного зіставлення трьох параметрів: зміни напруги на активному опорі, поверхневої ємності і температури для визначення робочого ресурсу елемента.

**Результати дослідження** У даній роботі проведено дослідження впливу температурного фактора на електрохімічної характеристики заряджених комерційних лужних цинк-марганцевих елементів компанії Duracell в габаритах ААА (MN 2400). Спектри імпедансу знімалися в двуелектродній системі з використанням електрохімічного модуля Autolab-30 (PGSTAT302N Metrohm Autolab), оснащеного

аналізатором FRA (FrequencyResponseAnalyzer). Для забезпечення заданих температурних режимів вимірювань використовувався електромеханічний середньотемпературний термостат, підтримує температуру з точністю  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

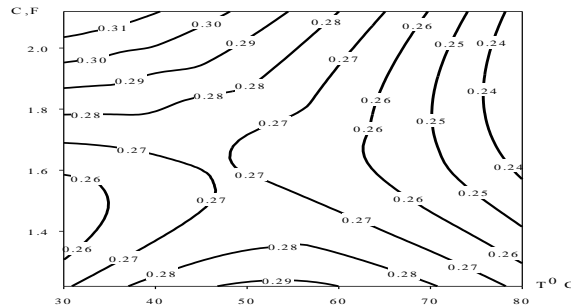


Рисунок 1 - Енергетична контурна діаграма зміни поверхневої ємності і напруги лужних цинк-марганцевих елементів

Значення поверхневої ємності і зміни напруги в елементі, отримані при обробці спектрів імпедансу в координатах Боде використовувалися для побудови енергетичної контурної діаграми (рис.1).

Експериментально встановлено температурний діапазон (48-54  $^{\circ}\text{C}$ ), що відповідає незворотних реакціями гідролізу за участю Zn і  $\text{MnO}_2$ . Визначено область частот (102-105 Гц), Відповідна оптимальних режимів вимірювання Стені руйнування досліджуваних елементів.

**Висновки.** Методом спектроскопії електрохімічного імпедансу досліджено комерційні зразки первинних лужних марганцево-цинкових елементів. Встановлено візуальне подібність всіх досліджених спектрів імпедансу в координатах Найквіста при різних температурних режимах. Виявлено, що частотні залежності в координатах Боде для елементів після струмових навантажень і без них мають істотні відмінності в значеннях  $|Z|$ . При струмових навантаженнях значення  $|Z|$  збільшуються на порядок щодо вихідного зразка, а в разі термічного впливу вони змінюються, що вказує на реалізацію різних механізмів руйнування елементів. Розрахунок електричних еквівалентних схем спектрів імпедансу показав, що найбільш чутливими до температурних впливів є значення опорів елементів індуктивності. На підставі аналізу контурних і 3D енергетичних діаграм запропонований експрес метод визначення робочого ресурсу елемента, заснований на визначенні температури максимального зміни напруги в максимумі амплітуди напруги при зміні частоти вимірювань.

**Ключові слова:** лужний цинк марганцевий елемент, спектроскопія імпедансу, еквівалентна схема, робочий ресурс.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. J. P. Christophersen, C. G. Motloch, J. L. Morrison, and W. Albrecht, "Method and Apparatus for In-Situ Characterization of Energy Storage and Energy Conversion Devices," U.S. Patent Application Publication No. US 2007/0257681, November 2007.
2. F. Huet, "A review of impedance measurements for determination of the state-of-charge or state-of-health of secondary batteries," J.Power Sources, vol.70, pp.59–69, 1998.
3. DA Howey, V Yufit, PD Mitcheson, GJ Offer, NP Brandon. Impedance measurement for advanced battery management systems
4. Daniel H.J. BAERT† and Alfons A.K. VERVAETA Fast Method for the Measurement of the Electrical Capacitance for the Estimation of Battery Capacity IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E87–B, NO.12 DECEMBER 2004 P.3478-3484.