

УДК 621.317.7

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Щербань А. П., Єременко В. С.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

У більшості існуючих моделей АБ представлена напругою відкритого контуру (ОВК), з'єднаною послідовно з внутрішнім опором і паралельним контуром, що включає опір переносу заряду і ємність подвійного шару. Ця модель дуже проста і вимагає мінімальних витрат на обчислення, однак не враховує нелінійні електрохімічні характеристики, які значною мірою залежать від зовнішніх і внутрішніх умов. Тому такі моделі не дозволяють точно врахувати динамічну електрохімічну поведінку літій-полімерних батарей.

Попередній аналіз існуючих підходів довів, що використання методів електричного моделювання не дозволяє повною мірою відобразити зарядно/розрядні процеси всередині акумулятора і може служити базою для творення математичних моделей цих процесів.

Повна електрохімічна модель, яка враховує такі явища, як перенесення заряду всередині стеку, інтеркаляційні процеси, що відбуваються в матеріалах твердофазних електродів, електрохімічну кінетику, що відбувається при передачі заряду в акумуляторі під час його експлуатації, є альтернативною моделлю роботи акумулятора [1-3]. В такій моделі напругу батареї можна точно передбачити. Однак виникає інший недолік – обчислювальні витрати, пов'язані з розв'язанням системи нелінійних рівнянь з частковими похідними, які визначають модель, дуже великі в порівнянні з еквівалентними моделями.

Така електрохімічна модель, що описує вищезгадані процеси, складається з шести змінних стану, включаючи електричний потенціал $\theta_s(x, t)$ в твердому електроді, електричний потенціал $\theta_e(x, t)$ в електроліті, концентрацію іонів літію в активному матеріалі $c_s(x, t)$ позитивного і негативного електродів, концентрацію іонів літію $c_e(x, t)$ в електроліті, іонний струм $i_e(x, t)$ в електроліті і молярні потоки іонів $j_n(x, t)$ між активним матеріалом в електродах і електролітом. Основним недоліком таких моделей є високі вимоги до обчислювальних компонентів при моделюванні та обмеженість отриманих даних – для кожного акумулятора з певною ємністю необхідна своя модель.

Запропонована модель елементарної комірки (МЕК) дозволяє зменшити складність повної електрохімічної моделі. Запропонована модель базується на припущеннях, що прикладений струм до батареї невеликий, а провідність електроліту велика. Припускають, що щільність електроліту залишається постійною і струм в електроліті не змінюється в залежності від простору.

Запропонована трьохпараметрична модель для концентрації літію на

поверхні окремої елементарної комірки, яка утворює кожен електрод у моделі використовує додатково R_p радіус частинки, $\bar{q}_s(t)$ концентраційний потік іонів літію та коефіцієнт твердофазної дифузії літію D_s і описується наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \bar{c}_s(t) = -3 \frac{j_n(t)}{R_p} & (1) \\ \frac{d}{dt} \bar{q}_s(t) + 30 \frac{D_s}{R_p^2} \bar{q}_s(t) + \frac{45}{2} \frac{j_n(t)}{R_p^2} = 0 & (2) \\ c_{ss}(t) = \bar{c}_s(t) + \frac{8R_p}{35} \bar{q}_s(t) - \frac{R_p}{D_s} j_n(t) & (3) \end{cases}$$

Де перше рівняння – це усереднена за обсягом концентрація іонів літію в активному матеріалі, друге – усереднений за обсягом концентраційний потік іонів літію, третє – поверхнева концентрація літію в частинках.

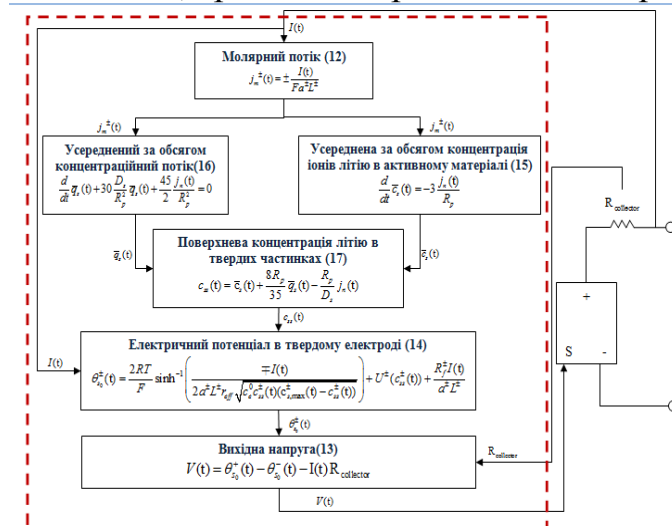


Рис.1. Імітаційна модель елементарної комірки літій-полімерного акумулятора

Запропонована модель була покладена в основу імітаційної моделі, реалізованої в середовищі MathLab Simulink (рис.1).

На практиці запропонована МЕК дає можливість моделювати акумулятори різної ємності шляхом набору необхідної кількості стеків, що в свою чергу дозволяє не проводити первинний моніторинг розрядних характеристик ЛПАБ з різною ємністю. Надалі отримані результати в поєднанні з математичною моделлю ЛПАБ дозволять побудувати

математичну модель процесу розряду акумулятора, що буде використана для отримання еталонних характеристик акумуляторної батареї.

Ключові слова: літій-полімерний акумулятор, імітаційна модель, розрядний процес.

Література

- [1] A. Farmann, W. Waag, A. Marongiu, D. U. Sauer, “Critical review of on-board capacity estimation techniques for lithium- ion batteries in electric and hybrid electric vehicles”, *Journal of Power Sources*. Vol. 281, №5. 2015. pp. 114-130.
- [2] Doyle M., Fuller T. F., Newman J., “Modeling of galvanostatic charge and discharge of the lithium/polymer/insertion cell”, *Journal of the Electrochemical Society*. Vol. 140. 1993. pp. 1526-1533.
- [3] М. В. Приймак, “Основи теорії моделювання, аналізу і прогнозу в автоматизованих системах управління ритмічними процесами”, дис. докт. техн. наук., Київ, 2001.