

УДК 681.5

Я.З. Сорочинський, магістрант
Кафедра Автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Анотація. В результаті дослідження було визначено важливість електричного транспорту для зменшення викидів та покращення якості повітря. Дослідження методів діагностики акумуляторів та систем управління є ключовим завданням. За допомогою точної оцінки стану заряду акумуляторної батареї користувачі можуть оптимізувати свої методи управління живленням і запобігти таким сценаріям, як надмірний розряд або перезаряд, які можуть пошкодити акумулятор. Запропонована модель діагностування стану акумуляторної батареї включає два ПІ-регулятора та автоматичний режим заряджання/розряджання. Результати показують дієвість запропонованого підходу в діагностиці акумуляторів електромобілів і підкреслюють важливість безпеки та надійності у цьому контексті.

Ключові слова: діагностика несправності, електромобіль, акумулятор, стан заряду, ПІ-регулятор.

Вступ. У контексті зміни клімату та стратегій сталого розвитку, використання електромобілів відіграє важливу роль у зменшенні викидів шкідливих речовин та покращанні якості повітря в містах. Однак, діагностика, обслуговування та ремонт цих транспортних засобів ще не досягли високого рівня розвитку. Для забезпечення безперебійної експлуатації електромобілів необхідно проводити дослідження і розробляти ефективні методи діагностики та обслуговування.

Збір важливої інформації про працездатність компонентів акумуляторної батареї, систем зарядки, контролерів та електричної схеми електромобілів стає основою для розробки ефективних діагностичних методів. Особливу увагу слід приділяти оптимальному використанню сенсорів і систем збору даних, а також розробці алгоритмів для аналізу цих даних і виявлення потенційних несправностей.

Мета та завдання. Метою даної статті є вивчення та систематизація новітніх методів, технологій та підходів, що застосовуються для діагностики акумуляторних систем електромобілів, включаючи різні аспекти їх діагностики, таких як вимірювання параметрів, системи моніторингу, технології аналізу даних, моделювання та передбачення стану акумуляторів.

Матеріал і результати досліджень. Як визначено в [1], основним завданням системи керування батареєю (BMS) є забезпечення оптимального управління енергією батареї EV під час руху та під час операцій заряджання/розряджання. BMS також слід уникати неправильного використання батареї під час її роботи; це досягається шляхом моніторингу та контролю акумуляторної батареї EV під час підключення або під час водіння. BMS працює в рамках архітектури системи керування транспортним засобом (VMS), зображеної на рис. 1.

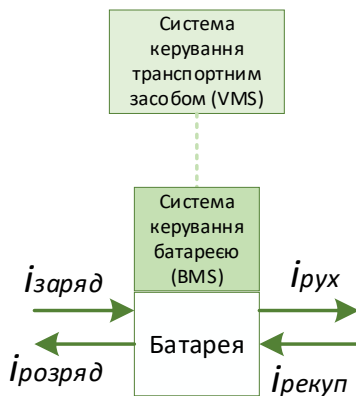


Рисунок 1 – Система керування акумуляторною батареєю

На рис. 1. позначено: $i_{\text{заряд}}$ – струм заряду батареї; $i_{\text{розряд}}$ – струм розряду батареї; $i_{\text{рух}}$ – струм, що використовується для руху; $i_{\text{рекуп}}$ – струм для поточного рекуперативного гальмування.

Щоб переконатися, що акумулятор функціонує в безпечних і добре організованих межах, BMS постійно відстежує різні параметри. BMS контролює основні елементи, які включають:

1. Напругу. Сценарії перезаряду та надмірного розряду можуть погіршити роботу батареї або скоротити термін її служби, тому моніторинг напруги елемента відіграє важливу роль у запобіганні цьому.

2. Струм. Вимірювання струму запобігає перевантаженню по струму, які можуть стати потенційно ризикованими та виробляти надлишок тепла.

3. Температуру. Перевищення як низьких, так і високих температур може мати негативний вплив на продуктивність і термін служби батареї, оскільки батареї чутливі до температури. Тому періодично контролюється температура елементів батареї, щоб переконатися, що вона знаходиться в прийнятному діапазоні.

4. Стан заряду (SOC), отриманий на основі даних про напругу, струм і температуру, є оцінкою залишкової ємності.

5. Стан справності (SOH). Загальний стан акумулятора або порівняння між погіршеною продуктивністю та початковою продуктивністю пропонує SOH. Численні фактори, такі як кількість циклів заряду-розряду, швидкість саморозряду та інші критерії ефективності, допомагають у розрахунку SOH.

Оцінка стану заряду (SOC) батареї автомобіля [2] розраховується як відношення фактичної ємності C батареї до номінальної ємності C_n . SOC можна виразити таким чином:

$$SOC(t) = \frac{Q_{\text{факт}}(t)}{Q_{\text{ном}}(t)} \times 100\%. \quad (1)$$

SOC безпосередньо впливає на функціональну безпеку, ефективність і термін служби батареї, тому важливо розуміти цю концепцію. За допомогою точної оцінки SOC користувачі можуть оптимізувати свої методи управління живленням і запобігти таким сценаріям, як надмірний розряд або перезаряд, які можуть пошкодити акумулятор.

Модель керування заряджанням/розряджанням батареї включає шину постійного струму (з постійною напругою), батарею, загальне навантаження та двонаправлений

перемикач DC-DC перетворювач. Також додано датчик температури для відслідковування змін при заряджанні/розряджанні акумулятора.

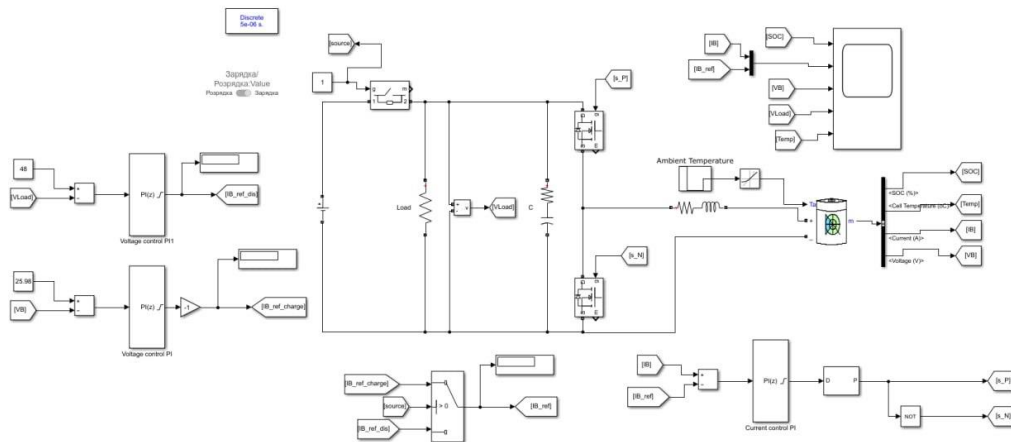


Рисунок 2 – Simulink-модель процесу діагностики заряду/розряду електромобіля

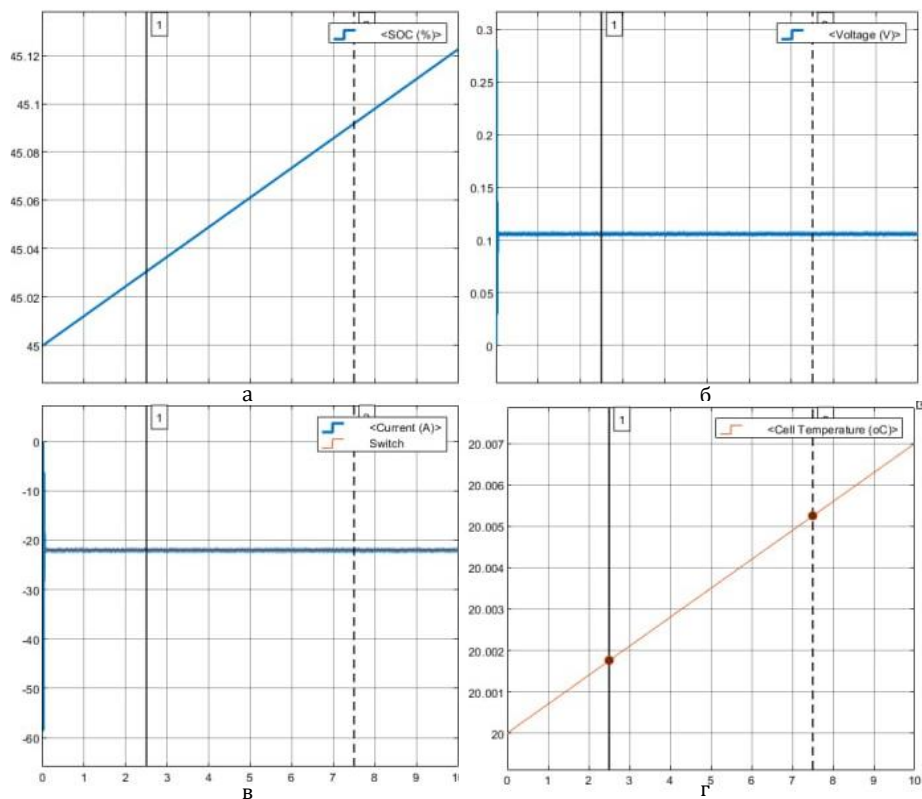


Рисунок 3 – Графіки перехідних процесів:

а – рівень заряду, б – напруги, в – струму, г – температури

Управління зарядом і розрядом акумулятора здійснюється за допомогою двох пропорційно-інтегральних (ПІ) регуляторів: один – для генерації еталонного струму (залежно від режиму роботи: зарядка або розрядка); інший – для поточного контролю батареї.

Представлена система включає два режими роботи, який керується тумблером: 1-режим заряджання: автоматично активується, коли шина постійного струму

підключена, а контрольна ціль, тобто: задане значення (1-го замкнутого контуру ПІ) стає повною напругою батареї; 2-режим розрядки: автоматично активується, коли шина постійного струму не підключена, а метою керування (1-го замкнутого контуру ПІ) стає напруга навантаження, щоб підтримувати постійну напругу навантаження під час розрядки.

Висновки. Збільшення уваги до важливості електрифікації транспорту в останні роки зробило електромобілі майбутнім транспорту. З метою здобуття найбільшої частки на ринку, безпека та надійність електромобілів стають пріоритетними. Тому виявлення несправностей і діагностика стали невід'ємними функціями, на які було спрямовано багато досліджень. Дослідження в цій області мають на меті забезпечити раннє виявлення несправностей, точне визначення їх причин і прийняття відповідних заходів для забезпечення безпеки та ефективності електромобілів. Було виконано моделювання системи діагностування стану акумулятора електромобіля. Управління зарядом і розрядом акумулятора здійснюється за допомогою двох ПІ -регуляторів. Перехідні характеристики підтвердили ефективність запропонованого методу.

Список використаних джерел

1. KWE Cheng, BP Divakar, H. Wu, K. Ding and HF Ho, "Battery-Management System (BMS) and SOC Development for Electrical Vehicles", in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 60, issue 1, p. 76-88, January 2011, doi: 10.1109/TVT.2010.2089647.
2. Costa, N.; Sánchez, L.; Anseán, D.; Dubarry, M. Li-Ion Battery Degradation Modes Diagnosis via Convolutional Neural Networks. *Energy Storage* 2022, 55, 105558.

Науковий керівник: к.т.н., доцент А.В. Босак

UDC 681.5

Y. Sorochnyskyi, master student
Department of Automation of electrical and mechatronic complexes
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

MATHEMATICAL MODEL OF AN OPTIMAL CONTROL SYSTEM FOR THE TECHNICAL CONDITION OF AN ELECTRIC VEHICLE BATTERY

Abstract. *The study identified the importance of electric transport for reducing emissions and improving air quality. The study of battery diagnostic methods and control systems is a key task. By accurately assessing the state of charge of the battery, users can optimize their power management techniques and prevent scenarios such as over-discharge or overcharge that can damage the battery. The proposed battery health diagnosis model includes two PI controllers and an automatic charging/discharging mode. The results show the effectiveness of the proposed approach in diagnosing electric vehicle batteries and emphasize the importance of safety and reliability in this context.*

Keywords: *fault diagnosis, electric vehicle, battery, charge state, PI controller.*

References

1. KWE Cheng, BP Divakar, H. Wu, K. Ding and HF Ho, "Battery-Management System (BMS) and SOC Development for Electrical Vehicles", in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 60, issue 1, p. 76-88, January 2011, doi: 10.1109/TVT.2010.2089647.
2. Costa, N.; Sánchez, L.; Anseán, D.; Dubarry, M. Li-Ion Battery Degradation Modes Diagnosis via Convolutional Neural Networks. *Energy Storage* 2022, 55, 105558.

Scientific supervisor: Cand.Tech.Sc., Associate professor Alla Bosak