

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛЕЙ

Мешеряков В.І., д.т.н, проф¹; Устенко А.С.²

^{1,2} Одеський державний екологічний університет

^{1,2} Україна, Одеса

¹gradan@ua.fm; ²uas059877@gmail.com

Анотація. У даній роботі були розглянуті існуючі проблеми, які пов'язані із застосуванням акумуляторних батарей електромобілів. Наведено існуючі моделі прогнозування продуктивності акумуляторних батарей, а також їх деякі переваги та недоліки. Зроблено висновки щодо доцільності створення математичної моделі для підвищення експлуатаційної надійності акумуляторних батарей електромобілей. **Ключові слова:** надійність; акумуляторні батареї; електромобілі; моделювання.

Вступна частина. Сучасна енергетична промисловість переживає період переорієнтації на альтернативні види енергоресурсів натомість нафти, вугілля, газу. Це пов'язано з обмеженістю промислових видів сировини для палива та підвищенням вартості її видобутку. Водночас зростання населення планети, підвищення кількості екіпажів індивідуального користування призводить до значного підвищення вартості традиційного автомобільного палива - бензину. Серйозною проблемою сучасного світу є утворення суперміст, небувале збільшення населення в обмежених просторах. При цьому наявність великої кількості транспортних засобів призводить до серйозного, а іноді і небезпечного для життя забруднення довкілля. Ці обставини визначили підвищений інтерес до екологічно чистих альтернативних видів енергоносіїв для дорожньо-транспортних засобів, а саме акумуляторних батарей (АКБ) [1].

Основна частина. Застосування акумуляторних батарей надає певні переваги, такі як екологічність, порівняльна надійність та довговічність двигуна при тривалій експлуатації, можливість заряджання акумуляторів від стандартної електричної мережі, високий ККД. Незважаючи на це, виникають певні проблеми, вирішення яких дасть змогу підвищити надійність акумуляторних батарей:

- 1) поступова деградацією батарей. У зв'язку зі зносом їх ємність падає, через що знижується запас ходу електромобілів.
- 2) вплив температурного режиму на експлуатацію батарей. Внаслідок загасаючої хімічної реакції, продуктивність АКБ при температурі нижче 0 °С значно знижується. При температурі вище 30 °С процес старіння АКБ прискорюється, а при температурі вище 40 °С акумулятор може бути пошкоджений.
- 3) необхідність у захисті батареї від ударів і вібрації. Батарея має бути ізольована відповідними матеріалами (наприклад, спінений поліпропілен), які б гасили вплив вібрації та несильних ударів. Для цього встановлюють сепаратори елементів батареї, які не тільки поглинають удари, а й запобігають деформації елементів унаслідок хімічних змін.
- 4) необхідність у захисті батареї від вологи. Треба застосовувати двоступінчасту вентиляцію для захисту відсіків та контейнерів батареї від вологи та забруднюючих речовин. Перший ступінь вирівнює тиск і запобігає попаданню води та забруднювачів. Другий ступінь вентиляції повністю відкривається у разі різкого підвищення тиску і нагріву, пропускаючи

гази, що розширюються, назовні і запобігаючи подальшому пошкодженню елементів, що залишилися.

Найбільш критичною для акумуляторних батарей є проблема терморегуляції. Виявилось, що в країнах із спекотним кліматом електромобілі почуваються найгірше. Те саме стосується частого використання швидких зарядних станцій — через високу потужність вони нагрівають батареї. У результаті електромобіль за такої експлуатації втрачає в середньому 10% за шість років.

Боротися з перегрівом батареї можна шляхом застосування замкнутої примусової рідинної системи охолодження. При перевищенні обумовленої температури батареї має включатися насос, який буде примушувати циркулювати охолоджуючу рідину. Рідина має рухатися по трубках, на яких, якщо це можливо, встановити ребра, хоча б невеликої довжини. Це сприятиме поліпшенню теплообмінних процесів.

Для реалізації цих заходів має бути встановлений мікропроцесор з датчиком температури. Для запобігання надмірному нагріву охолоджуючої рідини її також треба буде охолоджувати повітряним потоком у теплообмінному апараті. Подібна схема може працювати у місцевостях з помірним температурним режимом. Для країн з високим рівнем температури охолоджувач рідини має працювати за принципом кондиціонера. Тобто має бути встановленим компресор, а охолоджуючою рідиною виступатиме, наприклад фреон. Але це суттєво ускладнює систему охолодження акумуляторної батареї.

Батарея також має бути теплоізованою застосуванням таких матеріалів як пінополіпропілен та пінополістирол. Це трошки збільшить масу батареї, що не є критичним, але зменшить кліренс автомобілю. Для країн з поганими дорогами це буде критичним.

Перспективним для охолодження батарей автомобілів слід вважати застосування термоелектричних пристроїв. До основних переваг термоелектричного охолодження, як способу отримання штучного холоду, слід віднести зразкову відповідність показників надійності та масогабаритних характеристик термоелектричних пристроїв (ТЕП) та елементів електроніки простоті управління та швидкодії. Ці переваги за своєю сутністю є наслідком твердотільної природи охолоджувачів, тобто. відсутності рухомих частин, рідини або газів.

Як показав аналіз, незважаючи на велику кількість переваг, проблеми, що пов'язані із застосуванням акумуляторних батарей заважають масовому застосуванню електромобілей. Тому актуальною темою є підвищення надійності акумуляторних батарей з використанням математичного моделювання.

На даний час існують математичні моделі для прогнозування продуктивності АКБ. Головним їх призначенням є оцінювання ступеню деградації ємності АКБ в процесі її використання. Нижче наведено стислий перелік існуючих моделей АКБ:

- 1) Рівняння Батлера-Фермера. Ця модель призначена для прогнозування продуктивності батареї протягом часу. Її основним недоліком є те, що вона не враховує температурні режими, в якому вона працює.
- 2) Модель Томаса Фермі. Ця розширена модель вже враховує температурні режими, що дозволяє отримати більш точні результати, але ця модель вимагає значних обчислювальних ресурсів.
- 3) Моделі, що засновані на машинному навчанні. Такі моделі є найбільш сучасними та актуальними. Вони дозволяють отримувати найбільш ефективні результати з оцінювання максимального терміну роботи АКБ [2][3].

Висновки. Таким чином оцінювання надійності АКБ є актуальним та перспективним напрямом, що потребує розробки математичної моделі.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати вхідні дані по кожному способу вирішення проблеми, побудувати математичну модель, перевірити її адекватність та створити програмне забезпечення, яке за отриманими даними розраховуватиме коефіцієнти даної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Двигатель электромобиля, гибридного авто. <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/dvigatel-elektromobilya/> (2020, December 3)
- [2] Attia, P.M., Grover, A., Jin, N. et al. (2020). *Closed-loop optimization of fast-charging protocols for batteries with machine learning*. Nature 578, 397–402 <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1994-5>
- [3] Dave, A., Mitchell, J., Burke, S. et al. (2022). *Autonomous optimization of non-aqueous Li-ion battery electrolytes via robotic experimentation and machine learning coupling*. Nat Commun 13, 5454 <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32938-1>

Mesheryakov V.I., Ustenko A.S.

ANALYSIS OF EXISTING MATHEMATICAL MODELS FOR PREDICTION OF PERFORMANCE AND RELIABILITY OF ELECTRIC CAR BATTERIES

Abstract. *In this work, the existing problems associated with the use of electric car batteries were considered. The existing models for predicting battery performance are given, as well as some of their advantages and disadvantages. Conclusions were made regarding the expediency of creating a mathematical model for increasing the operational reliability of electric vehicle batteries*

Keywords: *reliability; battery system; electric vehicle, modelling*