

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
за матеріалами ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції  
**«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:**  
**ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»**

10 листопада 2023 року



**Полтава 2023**

УДК 621.355.9

*О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент,*

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*Б.Р. Боряк, к.т.н.,*

*Р.В. Захарченко, к.т.н., доцент,*

*О.А. Іванов, студент,*

*В.О. Тітов, студент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАРЯДУ І РОЗРЯДУ ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ**

Нині дуже широке застосування у різних прикладних технічних сферах знаходять акумулятори на основі літію [1-3]. Переваги літієвих акумуляторів очевидні: вони мають велику питому енергетичну ємність (150-250 Вт·год. / кг проти 40-80 Вт·год. / кг у основних конкурентів - нікель-кадмієвих або нікель-металогідридних акумуляторів); витримують великі імпульсні розрядні струми - 20-40 С, мають низький саморозряд (1 % / міс. проти 20 % / міс. у нікель-кадмієвих). Серйозною перевагою літієвих акумуляторів є відсутність «ефекту пам'яті», а також високе значення електрорушійної сили (ЕРС) одиничного осередку (3,6 В проти 1,2 В у нікель-кадмієвих).

Однак є й деякі технічні проблеми, якими супроводжується експлуатація літієвих акумуляторів. Насамперед це стосується чутливості цих акумуляторів до глибокого розряду та надмірного перезаряду. Неприпустимий також перегрів або механічні пошкодження акумуляторних осередків. Невиконання цих умов іноді призводить до спалаху або вибуху акумуляторів.

У багатьох випадках джерела живлення є не поодинокі акумуляторні осередки, а набори таких осередків - багатосекційні батареї. Особливості електрохімічних процесів, що протікають в акумуляторних осередках, призводять до того, що осередки з часом починають відрізнятися один від одного за енергетичною ємністю та внутрішнім опором, що призводить до розбалансу – нерівномірного розподілу напруги по секціях. Згодом, якщо не вживати спеціальних заходів, це може призвести як мінімум до зниження ефективності використання батареї (невикористання її ємності), а в гіршому випадку до глибокого розряду або перезаряду окремих секцій, їх перегріву та виходу з ладу.

Для дотримання безпечних режимів заряду та розряду акумуляторних батарей (АКБ) необхідно обладнувати їх спеціальними електронними пристроями, що забезпечують контроль та вирівнювання напруги на окремих секціях. Це особливо актуально для високоенергоємних батарей із ємностями осередків понад 5 А·год.

Пристрої контролю та управління процесами заряду-розряду в АКБ побудовані, як правило, на базі мікроконтролерів та спеціалізованих мікросхем.

Ці пристрої можуть бути вбудовані в саму АКБ, або зовнішні сервісні блоки, наприклад, в зарядні пристрої.

Типовий алгоритм заряду осередку літій-іонного акумулятора розбитий на 3 фази. Перша фаза, так званий попередній заряд, включається не завжди, а лише в тих випадках, коли акумулятор сильно розряджений. Якщо напруга осередку нижче 2,8, то її не можна відразу заряджати номінальним струмом заряду  $I_{з.ном}$ . це вкрай негативно позначиться на терміні служби акумулятора. Тому комірку заряджають спочатку малим струмом приблизно до 3,0 В, і лише потім – номінальним струмом. У другій фазі зарядний пристрій працює як джерело постійного струму. При цьому напруга акумулятора поступово зростає до 4,2 В. Акумулятор на такий момент заряджений приблизно на 70% своєї ємності. Щоб зарядити комірку до значень ємності, близьких до 100%, необхідно перейти до третьої фази: тут зарядний пристрій працює як джерело постійної напруги. На цьому етапі до комірки прикладено постійну напругу 4,2, а зарядний струм зменшується від максимуму до деякого заздалегідь заданого мінімального значення. У той момент, коли значення струму зменшується до цієї межі, заряджання акумулятора вважається закінченим і процес завершується.

Розглянутий алгоритм заряду реалізований у багатьох мікросхемах, призначених для зарядних пристроїв односекційних літієвих батарей. Наприклад контролер заряду STC4054 компанії ST Microelectronics.

Пристрої, подібні до описаного, призначені, в основному, для побудови окремих зарядних пристроїв для АКБ, які на час зарядки відключені від навантаження. Якщо ж це не так, то частина зарядного струму витікатиме в навантаження, що в першій фазі зарядки (якщо акумулятор сильно розряджений) може уповільнити процес заряджання або зовсім зробити його неможливим. Для уникнення таких проблем необхідно передбачати у схемах заряджання ключові елементи, які поділяють шляхи протікання струмів заряджання та навантаження. Така технологія використовується при побудові мікросхем контролерів багатьма фірмами.

Дещо інше призначення мають так звані захисні контролери (PCM-Protection Circuit Module або PCB-Protection Circuit Board), мініатюрні плати яких вбудовують безпосередньо в корпус акумулятора. Вони також засновані на спеціалізованих мікросхемах. Як приклад мікросхема DW01-P виробництва фірми Fortune Semiconductor (Тайвань).

Мікросхема за допомогою двох зовнішніх MOSFET-транзисторів здійснює контроль та управління в ситуаціях перерозряду (OD-Overdischarge) та перезаряду (OC-Overcharge). Якщо напруга на комірці впаде нижче 2,5, то контролер закриває транзистор FET1 (але заряд при цьому можливий через вбудований діод), а якщо воно буде вище 4,2 В, то закриється транзистор FET2 (але розряд при цьому можливий через вбудований діод цього транзистора). Крім того, контролер закриває FET1 при надмірному струмі розряду. Величина струму розряду, а також наявність зарядного пристрою визначається падінням напруги на опорному резисторі. Таким чином запобігають аварійним режимам роботи.

Мікросхеми РСМ, подібні до описаної, зараз масово випускають велика кількість фірм. Причому серед них є контролери, призначені для захисту осередків багатосекційних батарей.

Виробники літєвих АКБ зазвичай комплектують батареї з близькими спеціально підібраними за параметрами осередків. Однак невеликі відмінності в параметрах окремих осередків залишаються, згодом вони збільшуються.

У багатьох захисних та зарядних контролерах повний заряд АКБ визначається за сумарною напругою всієї батареї послідовно включених осередків. Тому напруга заряду окремих осередків може змінюватися в широких межах, проте вона не може перевищувати порогового значення напруги, при якому включається захист від перезаряду (зазвичай 4,25 В). Однак у якійсь слабкій ланці-осередку з малою ємністю чи великим внутрішнім опором – напруга може бути вищою, ніж інших повністю заряджених осередків.

Висока напруга такого осередку після завершення заряду говорить про її прискорену деградацію. При розряді на навантаження такий осередок швидше за інших втрачатиме напругу. Таким чином, при заряді на слабкому осередку може спрацювати захист від перенапруги, тоді як решта осередків батареї ще не буде заряджена повністю. Це призведе до недовикористання ресурсів АКБ. Тобто дисбаланс осередків зменшує час роботи пристроїв без підзарядки та термін служби батареї.

Існують два методи балансування батарей – пасивний та активний. Пасивний метод здійснюється за рахунок підключення в потрібні моменти часу розрядних резисторів, що шунтують осередки, а активний за рахунок перетікання енергії між осередками через реактивні елементи.

Відомі та інші технічні рішення.

Висновки

- Управління процесами заряду-розряду літєвих АКБ – досить складне та відповідальне завдання.
- На сьогодні вирішення зазначеного непростого технічного завдання багато в чому полегшується завдяки наявності на ринку великої кількості різноманітних пристроїв контролю та управління процесами заряду-розряду в АКБ побудованих, як правило, на базі мікроконтролерів та спеціалізованих модулів чи мікросхем.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Fedorets S.G., Fedorov S.I., Bozhok I.M., Mazan N.M. *Розвиток Electric Power Supply Sources для Electric Cars "Granite of science"/ Scientific and popular journal (від 03.04.2023.)*

2. Рогоза М.А., Бородай В.А., Нестерова Є.Ю., Кошеленко Є.В., Федоров С.І. *Швидкісне обслуговування тягових акумуляторів сучасних транспортних засобів. Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості: XVII міжнар.конф. (24 листопада 2022 р., Дніпро): зб. наук.*

*пр/ред.кол.: А.А.Азюковський та ін.: М-во освіти та науки України, Нац. Техн. Ун-т «Дніпровська півтехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2022, № 7.С.57-58.*

*3. Сліпченко М.І., Письменецький В.А., Гуртовий М.Ю. Дослідження режимів роботи АКБ та суперконденсатора у системі енергозабезпечення електромобіля. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2012, 4/8 (5), с. 31-35.*

## **INNOVATIVE TECHNICAL SOLUTIONS FOR CONTROLLING THE PROCESSES OF LITHIUM BATTERIES CHARGE AND DISCHARGE**

*O. Dryuchko, Ph.D., Associate Professor,*

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*B. Boriak, Ph.D.*

*R. Zakharchenko, Ph.D., Associate Professor,*

*O. Ivanov, student,*

*V. Titov, student*

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

**УДК 519.1**

*В.В. Ярещенко, аспірант,*

*В.В. Косенко, д.т.н., професор*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **КОДУВАННЯ З НИЗЬКИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ**

Мережі на кристалах стали переважним комунікаційним рішенням для з'єднання різних компонентів на кристалі, включаючи ядра, прискорювачі, кеш-пам'ять та контролери пам'яті. Проте енергоспоживання цих мереж становить значну частину загальної потужності всієї системи і тому покращення їх має важливе значення [1].

У минулому було представлено декілька підходів до зниження енергоспоживання вводу-виводу. Ці підходи поділяються на дві категорії. Перша категорія складається з методів, які оптимізують ієрархію пам'яті та організацію даних, щоб у першу чергу усунути потребу у виводі. Друга категорія складається з методів, які знижують комутаційну активність на шиних за рахунок використання кореляцій, присутніх в потоках, що передаються цими шинами [2].

Комутаційна активність шин часто є причиною значної частки розсіювання загальної потужності. У міру ускладнення системи кількість шин даних та адресних шин збільшується. Об'ємні та довгі міжз'єднання розподіляються як динамічне розсіювання енергії для заряджання та розрядки внутрішніх ємностей вузлів та міжпровідних ємностей. Отже, для зв'язку між пристроями на кристалі потрібні методи кодування з низьким енергоспоживанням [3].

Для зменшення динамічних втрат енергії в адресній шині та мінімізації втрат зв'язку між близькими лініями застосовують код Грея, який має ряд недоліків. Визначено вид кодів, що мають ті ж властивості, що і коди Грея - коди