

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРІВ

*К.А. Ковтун<sup>1</sup>, В.В. Замаруєв<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *магістрант кафедри «Промислова і біомедична електроніка», НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

<sup>2</sup> *професор кафедри «Промислова і біомедична електроніка», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

*[Kostiantyn.Kovtun@iee.khpi.edu.ua](mailto:Kostiantyn.Kovtun@iee.khpi.edu.ua)<mailto:your@email.com>*

Істотне (понад п'ятикратне) зниження ціни на літєві накопичувачі електричної енергії, що спостерігається з 2013 року, та стабілізація ціни на рівні близько \$150/kWh протягом останніх 4-х років [1], призвели до значного зростання кількості автономних електричних пристроїв, що використовуються як у промисловому секторі, і у побуті. Як правило, кожен автономний електричний пристрій має у своєму комплекті зарядний пристрій для акумуляторних батарей (ЗПАБ). Оскільки в експлуатації ще знаходяться пристрої, що використовують не тільки літій-іонні (Li-ion), а й нікель-кадмієві (NiCd), нікель-метал-гідридні (NiMh), свинцево-кислотні (Lead-acid (LA)) акумуляторні батареї (АБ), то розробка універсального зарядного пристрою дозволить значно скоротити кількість та номенклатуру використовуваних ЗПАБ.

У продажу знаходиться велика кількість ЗПАБ, що мають у своїй назві слова універсальний, інтелектуальний та ін. Метою даної роботи є аналіз функціональності існуючих ЗПАБ, розробка інтелектуального зарядного пристрою, який, на думку авторів, буде здатний виконувати функції заряду більшої частини АБ, що використовуються.

Аналіз ринку ЗПАБ дозволив виділити декілька видів пристроїв, що істотно відрізняються за функціональністю при подібних найменуваннях. До першого виду універсальних ЗПАБ відносяться пристрої, призначені для заряду одного виду АБ, але мають широкий вибір інтерфейсних роз'ємів, що дозволяють підключати будь-які АБ обраного типу. До цього виду можна модифікувати будь-який ЗПАБ шляхом нескладних конструкторських доробок. До другого виду можуть бути віднесені ЗП, що аналізують параметри АБ і відносять її до одного зі стандартних типів: NiCd, NiMh, LA або Li-ion. Такі ЗУ, зазвичай, працюють із одиничними елементами акумуляторів. У цьому випадку ідентифікацію типу АБ можливо виконати за рівнем напруги на елементі акумулятора: NiCd 1.0 – 1.35В, NiMh 1.0 – 1.25В, LA 1.75 – 2.4В, Li-ion 3.0 (2.5) – 4.25В. Діапазони робочих напруг не перетинаються, що дозволяє однозначно визначити тип акумулятора. До третього виду належать ЗПАБ, що обслуговують АБ одного типу, але з різною напругою. У цьому випадку «інтелектуальність» забезпечується автоматичним вибором параметрів заряджання та рядом сервісних програм, які вибираються користувачем [2].

В даний час для всіх типів АБ, як основний, прийнято тристадійний алгоритм зарядки. На першій стадії – зарядка постійним струмом з подальшим переходом, за можливості, до стадії режиму заряду постійною напругою та кінцевої стадії підтримуючого заряду [2]. Умовою закінчення першої стадії зарядки для NiCd і NiMh акумуляторів є зменшення напруги на елементі у процесі заряду чи її незмінність – негативний градієнт чи плато напруги. Друга та третя стадії заряду для цих акумуляторів не застосовуються. Для LA і Li-ion акумуляторів умовою закінчення першої стадії є досягнення напругою елементі граничного значення 2.4В чи 4.2В відповідно. Після цього заряд продовжується постійною напругою до зниження

зарядного струму до 3-10% від початкового. Третя стадія заряду проводиться для акумуляторів LA при напрузі 2.25В (плаваючий або підтримуючий заряд, що компенсує саморозряд АБ). Оскільки саморозряд Li-ion акумуляторів дуже малий, то заряд на третій стадії проводиться струмом в 3% від основного струму заряду кожні 500 годин (за умови постійного підключення до ЗПАБ) або при падінні ЕРС елемента до значення 4.05В і припиняється при напрузі на елементі 4.2В. Як видно, алгоритм заряду всіх типів АБ ідентичний та легко уніфікується.

Особливістю Li-ion акумуляторів є ймовірність використання у складі АБ системи менеджменту батареї [3], яка запобігає перерозряду та перезаряду батареї шляхом контролю напруги на її елементах, відповідно 4.3В і 2.5В і здійснює захист від перевищення струму споживання від АБ [2]. Захист здійснюється шляхом відключення АБ від вхідного терміналу, до якого підключено навантаження. При точному налаштуванні система менеджменту не впливає на процес зарядки, інакше її дії мають вищий пріоритет. У разі послідовного з'єднання елементів АБ, система менеджменту здійснює балансування напруги елементів, що не позначається на роботі ЗПАБ.

Виходячи з аналізу ринку ЗПАБ, необхідно розглянути можливість створення пристрою, що забезпечує зарядку АБ, які використовують послідовно з'єднані елементи. Для подібних свинцево-кислотних АБ типовою робочою напругою є 6, 12 та 24В, що відповідає діапазонам напруг АБ, відповідно, 5.2-7.2В, 10.4-14.4В та 20.8-28.8В. Класичні Li-ion акумуляторні батареї мають широкий набір значень номінальної напруги, що визначається великою кількістю виробників автономних пристроїв. Це призводить до неможливості ідентифікації типу АБ шляхом аналізу його напруги. Необхідно враховувати також і зростаюче використання літій-залізо-фосфатних акумуляторів (LiFePO<sub>4</sub>, LFP), які при номінальній напрузі АБ 12 (12.8) і 24 (25.6) мають діапазон робочої напруги 10-14.6В і 20-29.2В, що практично співпадає з діапазонами напруг свинцево-кислотних АБ та виключає можливість автоматичної ідентифікації такого типу АБ.

В результаті аналізу отриманої інформації можна зробити такі висновки про основну функціональність інтелектуального зарядного пристрою: автоматична ідентифікація типу акумуляторної батареї можлива лише при заряді одиничних елементів. Заряд акумуляторних батарей, які використовують послідовне з'єднання елементів, потребує ручного введення типу батареї. Алгоритм заряду залишається незмінним для всіх типів батарей, потрібна лише корекція значень граничних напруг, що використовуються при переході з однієї стадії зарядного процесу до іншої. Залежно від типу акумулятора можливе використання однієї, двох чи трьох стадій заряду. Струм заряду вибирається користувачем із запропонованих значень. Рекомендоване значення зарядного струму відносно ємності акумулятора – від 1.0С до 0.1С, що забезпечує заряд за термін від однієї до десяти годин. Як додаткові функції можуть бути запропоновані: тестування батареї, вимірювання її внутрішнього опору, режими заряд/розряд акумулятора як постійним, так і імпульсним струмом та ін.

#### **Список літератури:**

1. Top 10 Energy Storage Trends in 2023 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://about.bnef.com/blog/top-10-energy-storage-trends-in-2023/> – Назва з титул. екрану.
2. *Buchmann, I.* Batteries in a Portable World – A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers/*I. Buchmann*// Cadex. –2017.
3. *Tudoroiu, N.* Battery Management Systems of Electric and Hybrid Electric Vehicles/*N. Tudoroiu*//MDPI. – 2021.