



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **156226** (13) **U**
(51) МПК (2024.01)
H01M 10/44 (2006.01)
H02J 7/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 00083	(72) Винахідник(и): Гнатов Андрій Вікторович (UA), Двадненко Володимир Якович (UA), Дзюбенко Олександр Андрійович (UA), Сохін Павло Андрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 04.01.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 23.05.2024	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 22.05.2024, Бюл.№ 21	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)
	(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна

(54) СПОСІБ АКТИВНОГО БАЛАНСУВАННЯ ПРИ ЗАРЯДІ ТА РОЗРЯДІ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

(57) Реферат:

Спосіб активного балансування при заряді та розряді літій-іонних акумуляторних батарей, що складаються з послідовно включених комірок, із забезпеченням відсутності зарядного струму через комірки, на яких напруга досягла гранично допустимої напруги при заряді, та з забезпеченням відсутності розрядного струму через елементи, якщо хоча б на одному з них напруга опустилася до граничного значення при розряді, з використанням гальванічно-розв'язаних перетворювачів постійної напруги для кожного елемента батареї. Заряд здійснюється в два етапи, в режимі першого етапу, при підключенні оператором зарядного пристрою, заряд для всіх елементів здійснюється від загального потужного джерела зарядного струму з обмеженням загального струму до його номінального значення. Одночасно кожна комірка батареї заряджається ще й від індивідуального джерела зарядного струму, струм якого менший за номінальний струм і який складається з загальним зарядним струмом. Індивідуальні джерела зарядного струму забезпечують на початку обмеження їх зарядного струму, а потім стабілізацію їхньої граничної зарядної напруги комірок. Вхід кожного такого індивідуального джерела при заряді живиться від напруги загального потужного джерела зарядного струму і вихід індивідуального джерела гальванічно розв'язаний з його входом. Другий етап заряду настає тоді, коли буде досягнуто граничне значення зарядної напруги на будь-якій комірці батареї. На другому етапі загальний зарядний струм потужного джерела відключається, а всі комірки продовжують заряджатися від індивідуальних джерел зарядного струму, дозаряджаючи комірки до граничного значення зарядної напруги, при наближенні до якого, зарядний струм комірки плавно знижується; другий етап зарядки закінчується, коли зарядний струм кожної комірки стане меншим за задане значення, і тоді всі індивідуальні джерела будуть відключені. Розряд на навантаження акумуляторної батареї також проводиться в два етапи. На першому етапі маємо загальний розрядний струм, але як тільки на будь-якій комірці напруга знизиться нижче заздалегідь заданого при калібруванні для значення даної комірки, вхід його індивідуального джерела зарядного струму підключається до загальної напруги акумуляторної батареї, індивідуальне джерело починає дозаряджати цю комірку від загальної енергії акумуляторної батареї, так відбувається з кожною коміркою батареї і це продовжується доти,

UA 156226 U

доки в процесі розряду напруга хоча б одної комірки стане менше встановленого мінімально допустимого значення. Тоді розрядний струм буде вимкнений і другий етап розряду закінчується.

Корисна модель належить до електротехнічної галузі, зокрема стосується методів і засобів обслуговування, перевірки та підтримки справного технічного стану акумуляторних батарей, і може знайти застосування на транспорті та його інфраструктурі, а також в автономних системах живлення та накопичення енергії.

5 Відомий пристрій балансування літій-іонних АКБ, який розглянуто в роботі [Рикованов А.С. Системи балансу Li-іон акумуляторних батарей // Силова електроніка. 2009. № 19], в якому при заряді після досягнення на якійсь комірці АКБ граничної зарядної напруги паралельно до неї підключають навантажувальний резистор. Через цей резистор проходить зарядний струм та розрядний струм цієї комірки. Через деякий час напруга на цій комірці зменшується до рівня, при якому цей резистор відключається. Так відбувається вирівнювання напруги на всіх комірках 10 батареї. Недоліком такого способу балансування є велика потужність, що розсіюється на навантажувальних резисторах, і зменшення ККД заряду.

За найближчий аналог прийнято "Активне балансування елементів батареї" [Scott, K., & Nork, S. (2019). Active battery cell balancing. Analogue Devices]. У найближчому аналізі описують спеціалізовані мікросхеми Analog Devices, Inc., в яких застосовують спосіб активного балансування при заряді та розрядці літій-іонних АКБ, що складають з послідовно включених елементів, із забезпеченням відсутності зарядного струму через елементи, на яких напруга 15 досягла гранично допустимого рівня при заряді та з забезпеченням відсутності розрядного струму через елементи, якщо хоча б на одному з них напруга опустилася до граничного рівня при розряді, з використанням гальванічно-розв'язаних перетворювачів постійної напруги для кожного елемента батареї, при цьому застосовують, у тому числі, двонаправлені гальванічно розв'язані перетворювачі та мікроконтролерний моніторинг параметрів кожного елемента 20 батареї, а також мікроконтролерне управління процесами заряду, розряду та балансування комірок батареї.

25 Основними недоліками найближчого аналога є доволі складний та заплутаний алгоритм роботи пристрою, що призводить до ускладнення його технічної реалізації та, як наслідок, до складної конструкції пристрою, яка має невисоку надійність і ККД роботи та значну собівартість даного пристрою.

30 В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу роботи зарядно-балансируючого пристрою зі спрощеним алгоритмом його реалізації та покращення співвідношення ціна-якість цього пристрою.

Поставлена задача вирішується шляхом удосконалення способу активного балансування при заряді та розрядці літій-іонних акумуляторних батарей, що складають з послідовно включених комірок, з забезпеченням відсутності зарядного струму через комірки, на яких 35 напруга досягла гранично допустимого значення при заряді, та з забезпеченням відсутності розрядного струму через елементи, якщо хоча б на одному з них напруга опустилася до граничного значення при розряді, з використанням гальванічно-розв'язаних перетворювачів постійної напруги для кожного елемента батареї, згідно з корисною моделлю заряд здійснюється в два етапи, при підключенні оператором зарядного пристрою, в режимі першого 40 етапу заряд для всіх елементів здійснюють від загального потужного джерела зарядного струму з обмеженням загального струму до його номінального значення, причому одночасно кожна комірку батареї заряджають ще й від індивідуального джерела зарядного струму, струм якого менший за номінальний струм і який складається з загальним зарядним струмом, крім того, індивідуальні джерела зарядного струму забезпечують на початку обмеження їх зарядного 45 струму, а потім стабілізацію їхньої граничної зарядної напруги комірок, причому вхід кожного такого індивідуального джерела при заряді живиться від напруги загального потужного джерела зарядного струму і вихід індивідуального джерела гальванічно розв'язаний з його входом; другий етап заряду настає тоді, коли буде досягнуто граничне значення зарядної напруги на 50 будь-якій комірці батареї, причому на другому етапі загальний зарядний струм потужного джерела відключають, а всі комірки продовжують заряджатися від індивідуальних джерел зарядного струму, дозаряджаючи комірки до граничного значення зарядної напруги, при наближенні до якого, зарядний струм комірки плавно знижується; другий етап зарядки закінчують, коли зарядний струм кожної комірки стане меншим за задане значення, і тоді всі індивідуальні джерела будуть відключені; розряд на навантаження акумуляторної батареї також 55 проводять в два етапи, на першому етапі маємо загальний розрядний струм, але як тільки на будь-якій комірці напруга знизиться нижче заздалегідь заданого при калібруванні для значення даної комірки, вхід його індивідуального джерела зарядного струму підключається до загальної напруги акумуляторної батареї, індивідуальне джерело починає дозаряджати цю комірку від загальної енергії акумуляторної батареї, так відбувається з кожною коміркою батареї і це 60 продовжують доти, доки в процесі розряду напруга хоча б однієї комірки стане менше

встановленого мінімально допустимого значення, тоді розрядний струм буде вимкнений і другий етап розряду закінчується.

Пристрій, у якому здійснюють запропонований спосіб роботи (див. креслення), містить: 1 - банку (комірку) акумулятора. 2 - потужне джерело зарядного струму, що являє собою пристрій, розрахований на повну напругу акумуляторної батареї; 3 - індивідуальне джерело зарядного струму з блоком контролю та балансування для однієї банки (комірки) акумулятора; 4 - блок управління; 5 - корисне навантаження акумулятора; 6 - керуюча шина; 7 - гальванічно розв'язаний замикач; 8 - контакти включення індивідуального джерела зарядного струму, 9 - розв'язуючий діод, 10 - контакти відключення навантаження, 11 - контакти відключення заряду, 12 - контакти включення режиму заряду для всіх індивідуальних джерел зарядного струму.

Спосіб активного балансування при заряді та розряді літій-іонних акумуляторних батарей здійснюють наступним чином. При розрядці акумуляторної батареї після включення оператором/водієм зарядного пристрою, починається зарядка акумуляторної батареї загальним струмом потужного джерела зарядного струму 2, до якого на кожній банці (комірці) додають ще й струм її індивідуального джерела зарядного струму 3, в якому є ще блок контролю і балансування через контакти включення індивідуального джерела зарядного струму 8, що з'єднані через розв'язуючий діод 9 з контактами включення режиму заряду для всіх індивідуальних джерел зарядного струму 12. Такий заряд триває до тих пір, поки на будь-якій банці (комірці) напруга не досягне гранично-допустимого значення зарядної напруги і блок контролю та балансування індивідуального джерела зарядного струму 3 замкне контакти гальванічно розв'язаного замкача 7. Після чого потужне джерело зарядного струму 2 відключають, за допомогою блока управління 4, контактами відключення заряду 11. Потужне джерело зарядного струму 2 відключається за допомогою блока управління 4 тому що керуюча шина 6 замикається на загальний мінус в одному з блоків контролю і балансування індивідуального джерела зарядного струму 3 за допомогою гальванічно розв'язаного замкача 7. Але всі банки (комірки), де ще досягнуто граничне напруга заряду продовжують заряд від свого індивідуального джерела зарядного струму 3, кожному з яких є блок контролю та балансування. Після цього, зарядка кожної банки (комірки) продовжується малим струмом від блоків контролю та балансування у режимі балансування. Розряд акумуляторної батареї, при натисканні водієм/оператором на педаль акселератора, здійснюється на корисне навантаження акумулятора 5 через контакти відключення навантаження 10. Балансування може тривати будь-який час, оскільки, як і в мобільному телефоні, зарядний струм малопотужних зарядних пристроїв $I_{зп}$ дорівнює

$$I_{зп} = \frac{U_{зп} - U_{БА}}{R}$$

де $U_{зп}$ - гранична стабілізована напруга кожного малопотужного зарядного пристрою, що дорівнює гранично-допустимій зарядній напрузі банки акумулятора, $U_{БА}$ - напруга на банку акумулятора, R - опір зарядного кола.

Отже, зарядний струм прагне до нуля в міру наближення напруги на банці до його верхнього гранично допустимого значення напруги. Тому балансування триває доти, доки зарядний струм банки не знизиться до нижнього порогового значення (наприклад, нижче 10 % від номінального зарядного струму).

Пропонований спосіб активного балансування при заряді та розряді літій-іонних акумуляторних батарей, який працює на балансуєчому зарядному пристрої для літій-іонних АКБ вимагає відносно недорогих індивідуальних джерел зарядного струму, наприклад, для АКБ ємністю 100 А·год. Значення потужності цих зарядних пристроїв достатньо близько до 5-15 Вт на банку.

При розряді акумулятора, при натисканні водієм/оператором на педаль акселератора, індивідуальні джерела зарядного струму 3 з блоком контролю і балансування напруги контролюють напругу на банках (комірках). У кожному індивідуальному джерелі зарядного струму блок контролю при зниженні напруги на банку (комірці) до деякого, індивідуально встановленого для цієї банки порогового значення, яке знаходиться між верхнім і нижнім граничними значеннями, дають команду на включення контактів включення індивідуального джерела зарядного струму 8, які підключають вхід цього індивідуального джерела до повної напруги акумулятора. Після чого індивідуальне джерело починає заряджати цю банку до закінчення процесу зарядки. При цьому струм, що споживають блоком від акумулятора, буде в n разів менше зарядного струму банки від цього джерела. Таким чином, від зарядного струму банки буде відніматися значно менший розрядний струм, що витрачають на живлення від всієї батареї цього індивідуального джерела.

При розряді акумулятора схеми контролю та балансування напруги в індивідуальних джерелах для кожної банки контролюють напругу на банках і дають команду на відключення загального розрядного струму, як тільки напруга хоча б на одній банці знизиться до мінімально допустимого значення. Цю команду проводять за допомогою гальванічно розв'язаного замикача 7 через керуючу шину 6 і надходить на блок управління 4.

Установка середньої порогової напруги, що управляє контактами включення індивідуального джерела зарядного струму 8, для кожної банки робиться на тим більше високій напрузі, чим менша ємність цієї банки. Таким чином, можна забезпечити приблизно одночасне завершення розряду для всіх банок і отримати максимально можливу ємність АКБ.

Блок управління 4 працює по-різному в режимах заряду та розряду. Режим заряду буде завжди, коли на точку з'єднання контактів 11 - контакти відключення заряду та 12 - контакти включення режиму заряду для всіх індивідуальних джерел зарядного струму, надходить напруга від потужного джерела зарядного струму 2. При роботі в режимі заряду, як було сказано вище, при надходженні сигналу по керуючій шині 6, відбувається відключення потужного зарядного пристрою через контакти відключення навантаження 10, що запобігає неприпустимому перезаряду банок акумулятора. При роботі в режимі розряду, при надходженні сигналу по керуючій шині 6, блок управління 4 здійснює відключення потужного корисного навантаження акумулятора 5 і тим самим запобігає недопустимому перерозряду банок акумулятора.

Використання запропонованого способу активного балансування при заряді та розряді літій-іонних акумуляторних батарей дозволяє спростити алгоритм роботи зарядно-балансуючого пристрою, відповідно його схемну та конструктивну реалізацію, підвищити надійність і ККД його роботи і покращити співвідношення ціна-якість цього пристрою.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб активного балансування при заряді та розряді літій-іонних акумуляторних батарей, що складаються з послідовно включених комірок, із забезпеченням відсутності зарядного струму через комірки, на яких напруга досягла гранично допустимої напруги при заряді, та з забезпеченням відсутності розрядного струму через елементи, якщо хоча б на одному з них напруга опустилася до граничного значення при розряді, з використанням гальванічно-розв'язаних перетворювачів постійної напруги для кожному елемента батареї, який **відрізняється** тим, що заряд здійснюється в два етапи: в режимі першого етапу, при підключенні оператором зарядного пристрою, заряд для всіх елементів здійснюється від загального потужного джерела зарядного струму з обмеженням загального струму до його номінального значення, причому одночасно кожна комірка батареї заряджається ще й від індивідуального джерела зарядного струму, струм якого менший за номінальний струм і який складається з загальним зарядним струмом, крім того, індивідуальні джерела зарядного струму забезпечують на початку обмеження їх зарядного струму, а потім стабілізацію їхньої граничної зарядної напруги комірок, причому вхід кожного такого індивідуального джерела при заряді живиться від напруги загального потужного джерела зарядного струму і вихід індивідуального джерела гальванічно розв'язаний з його входом; другий етап заряду настає тоді, коли буде досягнуто граничне значення зарядної напруги на будь-якій комірці батареї, причому на другому етапі загальний зарядний струм потужного джерела відключається, а всі комірки продовжують заряджатися від індивідуальних джерел зарядного струму, дозаряджаючи комірки до граничного значення зарядної напруги, при наближенні до якого зарядний струм комірки плавно знижується; другий етап зарядки закінчується, коли зарядний струм кожної комірки стане меншим за задане значення, і тоді всі індивідуальні джерела будуть відключені; розряд на навантаження акумуляторної батареї також проводиться в два етапи, на першому етапі маємо загальний розрядний струм, але, як тільки на будь-якій комірці напруга знизиться нижче заздалегідь заданого при калібруванні для значення даної комірки, вхід його індивідуального джерела зарядного струму підключається до загальної напруги акумуляторної батареї, індивідуальне джерело починає дозаряджати цю комірку від загальної енергії акумуляторної батареї, так відбувається з кожною коміркою батареї і це продовжується доти, доки в процесі розряду напруга хоча б однієї комірки стане менше встановленого мінімально допустимого значення, тоді розрядний струм буде вимкнений і другий етап розряду закінчується.

