

УДК 621.317.7

А.П. Щербань

А.П. Щербань

A.P. Shcherban

НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЕЛЕМЕНТНА БАЗА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНОГО АКУМУЛЯТОРА

НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНОГО АККУМУЛЯТОРА

NECESSARITY OF USE AND ELEMENT BASE OF THE MONITORING SYSTEM OF THE LITHIUM-POLYMER BATTERY

Анотація

В статті наведене обґрунтування необхідності використання системи контролю і управління та аналіз існуючої елементної бази для акумуляторів на основі літію, зокрема літій-полімерних. Особливі більш жорсткі умови контролю стану таких акумуляторів зумовлені використанням останніх в якості джерел живлення безпілотних повітряних суден.

Ключові слова: акумуляторна батарея, хімічне джерело живлення, літій-полімерний, система контролю і управління, індикатор рівня заряду, неруйнівні методи оцінки стану, спеціалізована мікросхема.

Аннотация

В статье приведено обоснование необходимости использования системы контроля и управления и анализ существующей элементной базы для аккумуляторов на основе лития, в частности литий-полимерных. Особенности более жесткие условия к контролю состояния таких аккумуляторов обусловлены использованием последних в качестве источников питания беспилотных воздушных судов.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, химический источник тока, литий-полимерный, система контроля и управления, индикатор уровня заряда, неразрушающие методы оценки состояния, специализированная микросхема.

Розширена анотація

The percentage of use of rechargeable stand-alone power sources (RSPS) increases significantly with each passing year. All modern devices, which belong to the sphere of high technologies - devices of computer technology, telecommunications, medical portable diagnostic and treatment or preventive devices, modern transport systems use RSPS. Using RSPS has one of the most important tasks it's the task of measuring / controlling the level of charge / discharge of these power sources. Solving this problem is not problematic in today's computing devices, communications media and medical portable devices, but when you use RSPS as an energy source for unmanned (or remotely manned) aircraft, the issue of measuring / controlling the discharge of such sources is currently very relevant.

Вступ

Можна сміливо стверджувати, що в переважній більшості випадків, на переважній більшості використовуваних безпілотних повітряних літальних апаратів (БПЛА) на електричній тязі, контроль розряду акумуляторної батареї (АБ), яка використовується в якості перезаряджуваного автономного джерела електроенергії, взагалі не здійснюється.

Широке застосування знаходить тимчасовий метод контролю розряду ПАДЕ, який полягає в тому, що оператори та інженери, які обслуговують БПЛА, знаючи заявлений виробником в специфікації час розряду конкретної батареї, планують відповідний час польоту, який без сумніву по тривалості встановлюється меншим ніж час розряду батареї. А з огляду на вплив факторів повітряної обстановки (зустрічний або бічний вітер, опади і т.п.), важкі передбачення впливу яких призводить до підвищеного споживання потужності і таким чином до посиленого розряду батареї БПЛА - час польоту свідомо скорочують ще більше. І всі ці дії виправдані, оскільки розряд батареї нижче допустимого рівня означає зупинку електромотора (або електромоторів) і відповідно втрату контролю тягою, що в кінцевому підсумку може, з великою часткою ймовірності, привести до втрати літального апарату. Другим поширеним способом забезпечення необхідного для виконання польотного завдання обсягу електроенергії є резервування, тобто установка на борт кількох АБ. Використання цього способу дозволяє попередити втрату БПЛА, тому що при розряді однієї батареї автоматично передбачено підключення іншої, потім третьої і т.д. Недоліком цього способу є неминуче зменшення маси корисного навантаження, яка встановлюється на БПЛА, що скорочує його споживчі показники, адже саме використання таких літальних апаратів для вирішення конкретних завдань замовника є економічно обґрунтованим.

Літій-полімерні акумуляторні батареї (ЛПАБ) є найбільш використовуваними в БПЛА, оскільки володіють рядом переваг в порівнянні з іншими портативними джерелами енергії. ЛПАБ володіють високими питомими енергетичними показниками, високим рівнем напруги і зниженим саморозрядом. Однак при використанні літій-полімерних АБ неприпустимі наступні:

- Надмірні струми заряду або розряду;
 - Коротке замикання;
 - Перезаряд акумуляторів вище або нижче певних рівнів напруги;
 - Перевищення максимально допустимого значення температури акумуляторів.
- Недотримання цих вимог може призвести до виникнення аварійних ситуацій.

Мета доповіді та постановка досліджень

Аналіз конструктивних особливостей найбільш поширених у використанні для БПС літій-полімерних акумуляторів та ґрунтування використання систем та елементів контролю поточного стану ЛПАБ під час польоту.

Основний текст статті

ЛПАБ допускають формування паралельних ланцюжків з n акумуляторів для забезпечення необхідної ємності. Необхідна напруга ЛПАБ забезпечується послідовним з'єднанням окремих акумуляторів або ланцюжків. Таким чином, приєднанням акумуляторів по паралельно-послідовній схемі можлива побудова ЛПАБ заданої ємності і напруги. Однак, кожен акумулятор або кожен ланцюжок паралельно з'єднаних акумуляторів вимагають певного контролю. При заряджанні ЛПАБ з послідовно з'єднаних акумуляторів (або послідовно з'єднаних ланцюжків з n паралельних акумуляторів) заряд окремих елементів відбувається нерівномірно, що викликано технологічними розбіжностями внутрішніх опорів акумуляторів, або нерівномірним зниженням ємності акумуляторів внаслідок їх старіння в процесі експлуатації. Акумулятори зі зниженою ємністю або високим внутрішнім опором мають тенденцію до великого коливання значень напруги під час заряду і розряду. При строго фіксованих кінцевих напругах заряду і розряду для окремого акумулятора різниця від циклу (заряд-розряд) до циклу буде збільшуватися і призводити до поступово зростаючого недозаряду і недорозряду ЛПАБ, тобто, фактично до зниження ємності[1].

При заряді і розряді необхідно забезпечувати захист акумуляторів від перегріву. Для зручності експлуатації споживачу або системі, до складу якої входить ЛПАБ, бажано отримувати інформацію про експлуатаційні характеристики ЛПАБ, основною з яких є її ємність (резервна і номінальна). Пряме вимірювання резервної та номінальної ємності

пов'язано з безпосереднім розрядом ЛПАБ, що займає багато часу і вимагає відключення батареї від системи, яка споживає енергію.

Зрозуміло, що методи контролю та оцінки стану повинні бути неруйнівними: без втрат енергії або при малій втраті. Найбільш бажана діагностика одномоментна на протязі самого короткого часу. При такій процедурі у ХДС в уніфікованому для цього стані можуть бути виміряні всі зазначені діагностичні параметри. Найбільш повну інформацію може дати аналіз зміни цих параметрів в циклі заряд-розряд. У випадку, коли ХДС має великий ресурс, кілька циклів, що проводяться з метою діагностики, також можуть розглядатися як неруйнівний метод його контролю[2,3].

Відповідно, необхідність використання системи контролю і управління продиктована необхідністю рішення вищезазначених та інших питань, що виникають в процесі експлуатації ЛПАБ.

Літій-полімерні акумулятори по праву заслужили звання «найпримхливіших небезпечних, недовготривалих», але незважаючи на всі ці недоліки, використання даних акумуляторів в авіамодельному світі стрімко зростає, так як вони мають неперевершений показник питомої (на масу) енергії, а також здатні віддавати великі струми розряду. Водночас відсутність рідкого електроліту робить ці акумуляторні джерела струму більш безпечними в експлуатації, ніж літій-іонні акумулятори попередніх поколінь. Так що в моделях з силовою електроустановкою цим акумуляторам, практично, немає поки альтернативи. Суттєвого обмеження в моделі конструктивного виконання ці акумулятори не мають, і можуть виготовлятися в будь-якої конфігурації. Як правило, зовнішні корпусні частини літій-полімерних батарей виконуються з металізованого полімеру [4].

Для попередження виходу акумулятора з ладу або вибуху при їх заряджанні використовують так звану систему балансерів – пристрій, який контролює і вирівнює напруги (максимально 4,2 V) на кожній секції акумулятора в послідовно з'єднаній батареї. При цьому зарядний пристрій відключить заряд вчасно, не вивільняючи акумулятор з ладу [5].

В свою чергу при експлуатації АБ бажано використовувати систему контролю та управління.

Система контролю і управління (СКУ) – це деякий набір елементів, що забезпечують (в загальному випадку):

- Відстеження заданих параметрів акумуляторів та акумуляторних батарей (наприклад, значення напруги, струму, температури).
- Певний алгоритм функціонування акумуляторної батареї з метою її безпечного використання і підвищення експлуатаційних характеристик (наприклад, аварійне вимкнення акумуляторів від зовнішніх кіл заряду або розряду при надмірних струмах; повторне підключення при встановленні рівнів, що відповідають допустимим) [6].
- Передачу користувачу інформації про значення контрольованих параметрів.
- Можливість зміни налаштувань контрольованих параметрів користувачем.
- Виконання інших функцій для забезпечення оптимальних режимів заряду, розряду, а також споживчих характеристик.

Реалізація необхідних функцій в СКУ може бути забезпечена за допомогою елементної бази загального призначення, або з використанням спеціалізованих мікросхем. Кожен варіант має свої плюси і мінуси [7].

В загальному випадку для реалізації необхідних функцій система повинна включати в себе наступні модулі – датчики температури, вузли вимірювання струму і напруги, АЦП, пристрій обробки інформації від датчиків, пристрій розрахунку ємності ЛПАБ, пристрій управління силовими ключами, що від'єднують блок акумуляторів від полюсів ЛПАБ і зовнішніх кіл заряду-розряду, інтерфейс для зв'язку з зовнішніми пристроями, а також пристрої індикації поточної ємності.

В деяких випадках, при реалізації меншої кількості функцій склад і структура СКУ може бути значно простішою.

В спеціалізованих мікросхемах необхідні вузли можуть бути інтегровані в одному або декількох корпусах, наприклад мікроконтролер ATmega406 фірми Atmel, або пара bq29213, bq20z80 фірми Texas Instruments – це мікросхеми призначені для SKU батареї з 2-4 послідовно з'єднаних акумуляторів. Вони забезпечують захист акумуляторів від перезаряду, перерозряду, перенавантаження по струму і короткого замикання в зовнішніх колах, виконують вирівнювання зарядів послідовно з'єднаних акумуляторів, здійснюють розрахунок поточної ємності ЛПАБ з урахуванням саморозряду при зберіганні[8].

Для підвищення надійності функціонування Texas Instruments пропонує формувати в SKU два незалежних канали контролю напруги акумуляторів. З цією метою може бути сформований так званий вторинний рівень захисту на спеціалізованій мікросхемі bq2940x додатково до основного рівня на bq29312. Мікросхема вторинного рівня захисту формує сигнал для перепалювання одноразового запобіжника, який відключає блок акумуляторів від одного з виводів ЛПАБ у випадку не спрацювання (несправності) схеми захисту першого рівня.

Функціонування менш складних SKU можуть бути реалізовані, на спеціалізованих мікросхемах, що забезпечують контроль мінімуму необхідних параметрів акумулятора одноелементної ЛПАБ. Тоді варто враховувати те, що силові ключі, що відключають акумулятор від ланцюгів заряду і розряду можуть або входити до складу мікросхеми, або бути зовнішніми. Використання зовнішніх ключів дає можливість застосування SKU в ЛПАБ з вищими рівнями струму заряду-розряду, а також можливість використання цих де ключів для організації ланцюгів захисту акумуляторів за іншими параметрами, наприклад, за температурою [9].

Використання спеціалізованих мікросхем на основі типових схем включення є оптимальним рішенням для створення SKU ряду акумуляторних батарей відносно невеликої ємності, для високо ємнісних ЛПАБ з високими струмами заряду-розряду необхідне використання елементної бази загального призначення. Функціональні вузли в такому випадку можуть представляти собою окремі конструктивно рознесені блоки, що об'єднані системою управління. В такому випадку треба враховувати наступні моменти:

Енергоспоживання елементної бази повинно бути зведене до мінімуму. У випадку довгого зберігання ЛПАБ бажано мати можливість переведення мікросхем SKU в «сплячий» режим. Для збільшення часу зберігання ЛПАБ без підзарядки струм споживання SKU в цілому повинен бути нижчим ніж струм саморозряду ЛПАБ [10].

Заклучна частина

Використання SKU значно подовжить використання і строк служби акумуляторних батарей в складі БПС, підвищить безпеку експлуатації батареї, а також дозволить реалізувати найбільш ефективні методи заряду, надавати користувачеві безпосередньо або через пристрій, в склад якого входить батарея, інформацію про поточну ємності, час до закінчення заряду або розряду, іншу корисну інформацію і в цілому підвищити експлуатаційні характеристики акумуляторної батареї. І хоча розглянута можлива елементна база досить різноманітна, але вона не завжди дозволяє виконати поставлені задачі – споживає багато енергії, занадто габаритна, складна в реалізації або управлінні. Тому розробка новітніх систем контролю поточного стану джерел живлення з урахуваннях всіх вищезазначених особливостей є досить обґрунтованою та економічно вигідною.

Список літератури

1. Багоцкий, В.С. Химические источники тока / В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
2. Ефимов, О.Н. Новые материалы для литиевых аккумуляторов /О.Н. Ефимов, Д.Г. Белов, Г.П. Белов, и др.// Машиностроитель. –1995. – № 3. – С. 24-28.

3. Литий-полимерные (Li-Pol) аккумуляторы [Электронный ресурс] / RCDesign. – Режим доступа: \ <http://www.rcdesign.ru/articles/engines/lipol/> - Доступ 10.05.2016
4. Скундин, А. М. Современное состояние и перспективы развития и исследований литиевых аккумуляторов / А. М. Скундин, О. Н. Ефимов, О. В. Ярмоленко // Успехи химии. – 2002. – Т. 71, №4. – С. 378-398.
5. Вайлов, А.М. Автоматизация контроля и обслуживания аккумуляторных батарей / А.М. Вайлов, Ф.И. Эйгель. – М.: Связь. – 1985. – с.156.
6. Ярмоленко О.В. Новые полимерные электролиты, модифицированные краун-эфирами, для литиевых источников тока: автореферат дис. ... доктора химических наук : 02.00.05 / О.В. Ярмоленко; [Ин-т физ. химии и электрохимии РАН им. А.Н. Фрумкина]. – М. – 2012. – с.7-9
7. *Crompton T. R. Battery Reference Book.* — 3rd ed. — Newnes, 2000. — [ISBN 07506-4625-X](#).
8. DOI: 10.18372/2306-1472.52.2347
9. Chen, J.-J. A high efficiency multimode Li-ion battery charger with variable current source and controlling previous-stage supply voltage [Text] / J.-J. Chen, F.-C. Yang, C.-C. Lai, Y.-S. Hwang, R.-G. Lee // IEEE Trans. Ind. Electron. – Jul. 2009. – Vol. 56, № 7. – P. 2469-2478.
10. Hwang, Y.-S. New Li-ion battery charger based on charge-pump techniques [Text] / Y.-S. Hwang, S.-C. Wang, F.-C. Yang, J.-J. Chen, W.-T. Lee, // Proc. Int. Conf. Commun. Circuits Syst. Proceedings. – Jun. 2006. – Vol. 4. – P. 2259-2262.

References

1. Bagockyj, V.S. Нумычешкые ystochnyky toka / V.S. Bagockyj, А.М. Skundyn. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 s.
2. Ефимов, О.Н. Новые материалы для литиевых аккумуляторов /О.Н. Ефимов, D.G. Belov, G.P. Belov, y dr.// Mashynostroytel'. –1995. – № 3. – S. 24-28.
3. Литий-полимерные (Li-Pol) аккумуляторы [Электронный ресурс] / RCDesign. – Режим доступа: \ <http://www.rcdesign.ru/articles/engines/lipol/> - Доступ 10.05.2016
4. Скундын, А. М. Современное состояние и перспективы развития и исследований литиевых аккумуляторов / А. М. Скундын, О. Н. Ефимов, О. В. Ярмоленко // Успехи химии. – 2002. – Т. 71, №4. – С. 378-398.
5. Вайлов, А.М. Автоматизация контроля и обслуживания аккумуляторных батарей / А.М. Вайлов, Ф.И. Эйгель. – М.: Связь. – 1985. – с.156.
6. Ярмоленко О.В.(2012). Новые полимерные электролиты, модифицированные краун-эфирами, для литиевых источников тока, М., 7-9.
7. *Crompton T. R. Battery Reference Book.* — 3rd ed. — Newnes, 2000. — [ISBN 07506-4625-X](#).
8. DOI: 10.18372/2306-1472.52.2347
9. Chen, J.-J. A high efficiency multimode Li-ion battery charger with variable current source and controlling previous-stage supply voltage [Text] / J.-J. Chen, F.-C. Yang, C.-C. Lai, Y.-S. Hwang, R.-G. Lee // IEEE Trans. Ind. Electron. – Jul. 2009. – Vol. 56, № 7. – P. 2469-2478.
10. Hwang, Y.-S. New Li-ion battery charger based on charge-pump techniques [Text] / Y.-S. Hwang, S.-C. Wang, F.-C. Yang, J.-J. Chen, W.-T. Lee, // Proc. Int. Conf. Commun. Circuits Syst. Proceedings. – Jun. 2006. – Vol. 4. – P. 2259-2262.