Алгоритми заряду іонно-літієвих акумуляторів у портативних пристроях

Босенко Р.В., Броншваль А.Ф., Цуркан Є.Ю.
Державний науково-дослідний центр прикладної інформатики
Україна, Київ
info@nicpi.com.ua

Abstract – this paper describes the problem of choosing the algorithm of Li-ion batteries in the portable devices. The results of researches that had a goal to determine the optimal algorithm and its parameters are given. The recommendations about usage of the pulse-based algorithm of charging the Li-ion batteries are made.

1. ВСТУП

В нинішній час спостерігається стрімкий розвиток ринку портативних електронних пристроїв. За деякими відомостями, до 2005 року їхня кількість перевищить кількість персональних комп'ютерів. Збільшується також енергія, яку вони споживають. Тому постійно збільшується число цих пристроїв, які використовують, як джерело енергії, іонно-літієві акумулятори, що мають найбільшу з усіх автономних джерел питому енергоємність. У статті викладені методи вибору оптимальних алгоритмів зарядки цих акумуляторів.

2. ОСНОВНІ СПОСОБИ ЗАРЯДУ

Зарядка акумуляторів портативних пристроїв здійснюється, як правило, у складі цих пристроїв, а функція керування процесом зарядки вбудовується в їхнє програмне забезпечення. Оптимізація алгоритму дозволяє скоротити тривалість зарядки і зменшити супутні втрати електроенергії.

Класичний цикл зарядки іонно-літієвих акумуляторів складається, головним чином, із двох фаз. Під час першої фази акумулятор заряджають постійним струмом, який дорівнює (0.5-1)C, де C - ємність акумулятора. Коли напруга акумулятора досягне значення 4.2 В, зарядний пристрій переходить у режим джерела напруги, після чого зарядка продовжується доти, доки струм через акумулятор не зменшиться до величини, що складає кілька відсотків від первісної .

Незважаючи на те, що реалізація такого алгоритму порівняно проста, для портативних пристроїв він є мало прийнятним. Головною причиною цього є велика потужність, що розсіюється струмостабілізуючим елементом під час першої фази зарядки. З огляду на малі габарити пристроїв, це може призвести до їх перегріву, внаслідок чого може зменшитися надійність.

Тому практично у всіх портативних пристроях прийнято інший спосіб. Він полягає в тім, що зарядка відбувається імпульсним струмом постійної амплітуди, однак частота або тривалість імпульсів струму в процесі зарядки змінюється. І хоч значення струму в імпульсі залишається максимальним, середнє його значення змінюється залежно від шпаруватості імпульсів.

Деякі фахівці мають досить скептичний погляд відносно можливості застосування такого алгоритму зарядки. Так, засновник і керуючий канадської фірми "Cadex Electronics" Isidor Buchman, що має багаторічний досвід у дослідженні акумуляторів, висловлює думку, що окремі виробники побоюються зменшення терміну служби акумуляторів внаслідок застосування імпульсного способу зарядки. За його словами, акумулятори на основі літію мають низький метаболізм, тому процес абсорбції енергії не може бути занадто швидким [1, 2]. Не вивчено також вплив на процес імпульсної зарядки схем захисту, які вбудовані в іонно-літієві акумулятори. Проте, для портативних пристроїв переваги імпульсної зарядки акумуляторів занадто очевидні, тому вона практично витиснула інші способи зарядки.

У нашому Центрі були досліджені різні алгоритми імпульсної зарядки. Нижче представлені результати цих досліджень.

2. ТЕХНІЧНА БАЗА ДОСЛІДЖЕНЬ

Як технічна база для дослідження алгоритмів заряду застосовувався GSM-модуль Q2406B фірми Wavecom, для керування якого був використаний мікроконтролер MSP430F149 фірми Texas Instruments. Програмування мікроконтролера здійснювалося через послідовний інтерфейс UART. Програмне забезпечення було реалізовано на мовах програмування “Асемблер” і “C”. Як джерело живлення були використані іонно-літієві акумулятори з номінальною напругою 3,7 V та ємністю 950 mAh.

Особливість процесу заряду іонно-літієвих акумуляторів полягає в тім, що внаслідок великого струму заряду, напруга досить швидко досягає верхньої номінальної величини. Але за цей проміжок часу акумулятор не встигає накопичити необхідний заряд. І оскільки ця напруга - єдиний інформативний параметр, по якому можна робити висновок про накопичений акумулятором заряд, то якщо у цей час припинити подачу струму, напруга акумулятора швидко знижується до первісного значення, а заряд накопичується незначний. І тоді щоб підвищити рівень заряду акумулятора, необхідно знову подавати струм заряду. У цьому випадку розробка послідовного алгоритму подачі струму заряду вимагає особливої уваги, оскільки неоптимальний алгоритм приводить або до значного збільшення часу підзарядки, або взагалі до недостатнього накопичення заряду.

3. ІМУЛЬСНИЙ АЛГОРИТМ

У даному випадку ми розглянемо імпульсний алгоритм заряду іонно-літієвого акумулятора з послідовним поетапним зменшенням діючого струму заряду за рахунок збільшення шпаруватості імпульсів струму .

Модуль Q2406B фірми Wavecom реалізує керований алгоритм заряду імпульсами струму необхідного рівня з заданою шпаруватістю [3, 4]. Тривалість імпульсів струму дорівнює 1 с. Відстань між імпульсами струму програ-

мується від 200 мс до 10 с. Пропонується алгоритм заряду, що складається з 6 етапів, кожний з яких характеризується відстанню між імпульсами струму заряду відповідно 200, 500, 1000, 2000, 4000 і 10000 мс. Складність у розробці алгоритму заряду полягає у виборі критеріїв переходу від попереднього етапу до наступного.

Перше, на що ми звернули увагу, це те, що на протязі одного етапу заряду напруга зростає по експоненті, поступово приближаючись до верхнього значення, яке хоч і близьке до номінального, проте у різних акумуляторів однакового номіналу може відрізнятись. Щоб виключити принципіальну можливість недосягнення під час заряду верхньої номінальної напруги, пропонується алгоритм заряду із критерієм виходу на насичення напруги на акумуляторі. Тобто в цьому випадку вибирається допуск по напрузі (після кількох експериментів було обрано допуск 10 мВ), під час подачі імпульсів струму кожні 2 секунди зчитується значення напруги на акумуляторі та порівнюється із попереднім значенням напруги. Якщо різниця не перевищує встановлений допуск, збільшуємо значення лічильника, а якщо перевищує – обнуляємо лічильник. Як тільки значення лічильника перевищить заздалегіть встановлене значення (наприклад, 60 секунд), то проходить зміна етапу - перехід до меншого струму заряду.

В результаті такого підходу виявилось, що при перевірці виходу на насичення на протязі 60 секунд при допуску 10 мВ напруга на акумуляторі досить швидко виходить на рівень насичення, після чого продовжує рости незначно (не виходячи за рівень допуску). Це призводить до спрацювання критерію зміни етапу. В результаті заряд в акумуляторі накопичується недостатній, а струм вже зменшено. Як слідство, досить швидко зменшується напруга, оскільки зменшеного внаслідок зміни етапу струму вже не вистачає для накопичення необхідного заряду. І напруга знову досить швидко виходить на рівень насичення. В цьому випадку етапи швидко відпрацьовуються один за одним і процес заряду завершується за 10-15 хвилин. Заряд за цей час накопичується зовсім незначний (рис. 1).

Якщо ж більш жорстко задати критерій виходу на насичення (зменшити рівень допуску менше 10 мВ або збільшити час, на протязі якого напруга повинна в рамках допуску для зміни етапу), то за рахунок коливань напруги в процесі надходження імпульсів струму заряду, критерій виходу на насичення ніколи не спрацьовує. В цьому випадку продовжують надходити імпульси струму заряду, навіть коли напруга досягає максимального для даного акумулятора значення. Це може призвести до виходу з ладу акумулятора і не може призвести до ефективної його підзарядки.

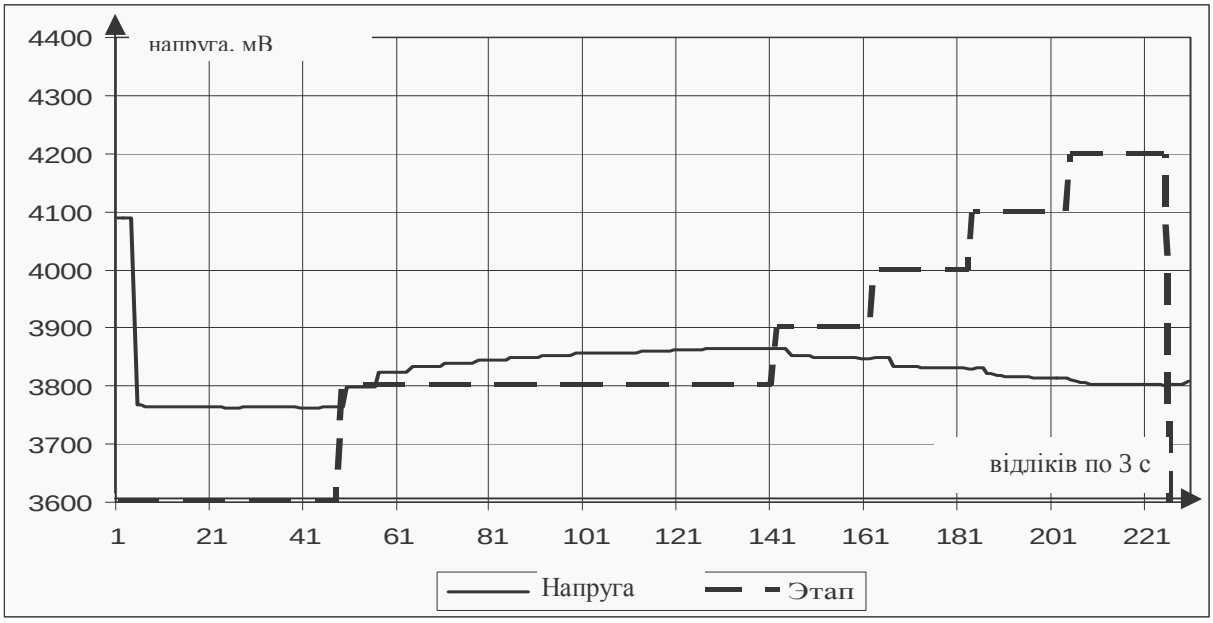

Рис. 1 Графік напруги на акумуляторі в процесі заряду при використанні критерію виходу напруги на рівень насичення (час заряду 9 хвилин)

Враховуючи викладені вище особливості поетапного заряду акумулятора, було запропоновано наступний алгоритм. На протязі одного етапу заряду напруга на акумуляторі перевіряється на предмет перевищення верхнього порогового рівня мінус певний допуск. Цей допуск необхідно ввести, щоб забезпечити безпеку процесу заряду. Ми приймаємо 0,2 В. Тобто в нашому випадку перевіряємо критерій перевищення напруги на акумуляторі рівня 4000 мВ. При спрацюванні цього критерію проводимо зміну струму заряду.

На рис.2 представлено графік зміни рівня напруги на акумуляторі в процесі етапів зміни струму заряду. Майже повністю розряджений акумулятор (до рівня напруги 3800 мВ) на протязі 20 хвилин заряджався струмом 1-го етапу. Потім, при досягненні значення напруги 4000 мВ, наступні 30 хвилин акумулятор поступово підзаряджався струмом наступних етапів. В результаті майже за годину акумулятор був заряджений до 4000 мВ.

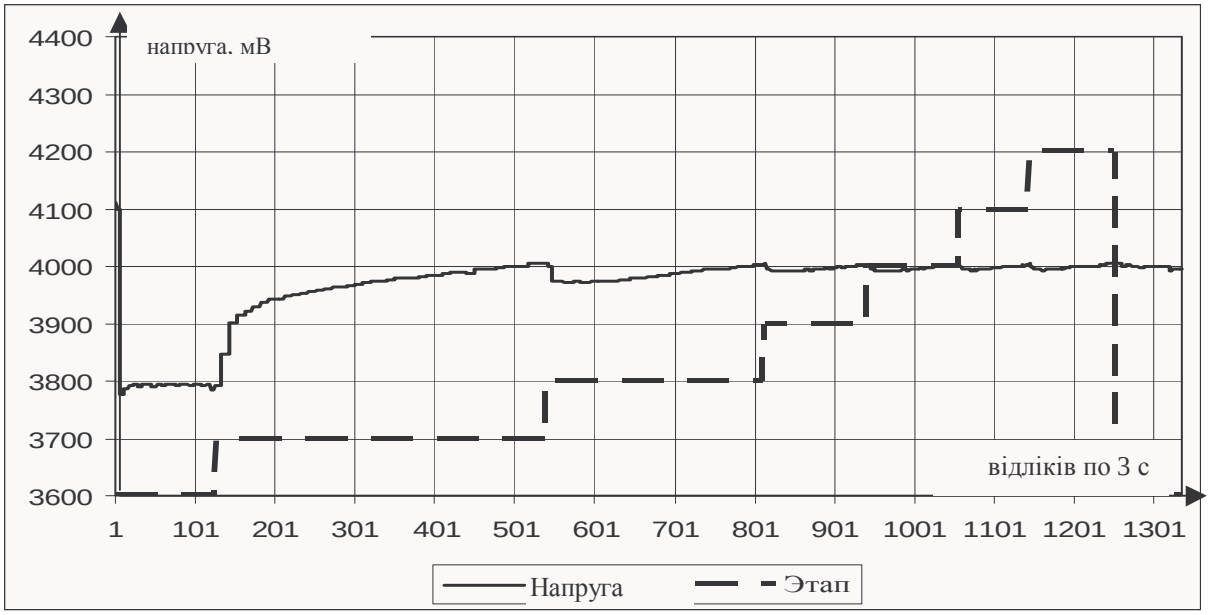

Рис. 2 Графік напруги на акумуляторі в процесі заряду при використанні критерію перевищення встановленого рівня напруги (час заряду 50 хвилин)

Оскільки номінальне верхнє значення напруги на акумуляторі складає 4200 мВ, то достатньо взяти допуск 50 мВ і перевіряти перевищення рівня 4150 мВ. Крім того, щоб процеси в акумуляторі встигли стабілізуватись, при спрацюванні цього критерію ми рекомендуємо не одразу запускати новий етап з новим током заряду, а зробити паузу 30-60 секунд, на протязі яких струму не подається. На рис.3 представлений графік зміни напруги на акумуляторі в процесі поетапної підзарядки не більше ніж на 50% розрядженого акумулятора з верхнім порогом напруги 4150 мВ з паузою 60 секунд між етапами.

З графіку видно, що в цьому випадку перші етапи (з великим током заряду) проходять достатньо швидко, виводячи напругу на акумуляторі на не необхідний рівень. За рахунок паузи між етапами напруга встигає зменшитись, що попереджає передчасний перехід між наступними етапами. При зменшенні струму заряду на наступних етапах напруга на акумуляторі росте вже повільніше, але зменшується під час паузи між етапами на менше значення, що свідчить про підвищення рівня заряду акумулятора.

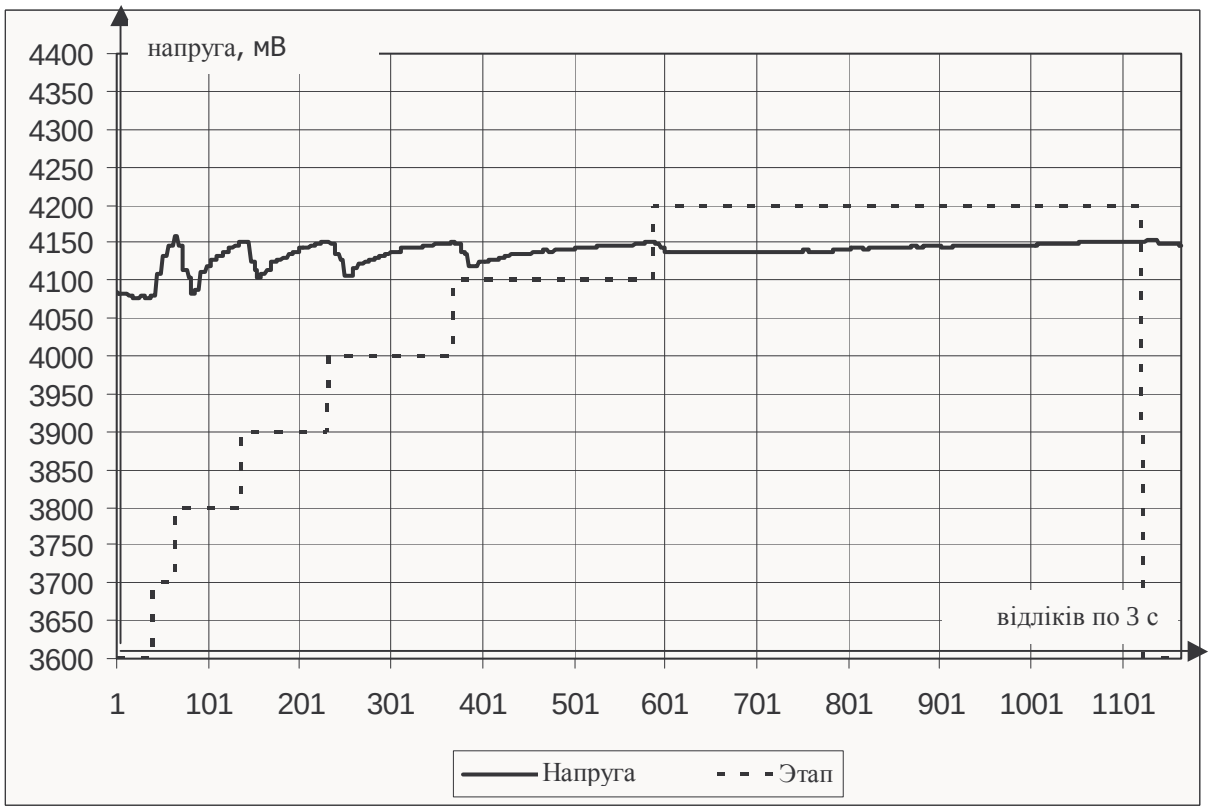

Рис. 3 Графік напруги на акумуляторі в процесі заряду при використанні критерію перевищення встановленого рівня напруги з паузою між етапами заряду (час заряду 50 хвилин)

4. ВИСНОВКИ

Як висновки можна відмітити наступне. По-перше, при імпульсній підзарядці іонно-літієвих акумуляторів необхідно використовувати ті чи інші алгоритми поступового зменшення струму заряду, оскільки при підзарядці великим струмом єдиний доступний для контролю процесу заряду параметр – напруга на акумуляторі – швидко зростає. Тому пропонується алгоритм поетапного зменшення струму заряду за рахунок збільшення шпаруватості імпульсів струму заряду.

По-друге, щоб забезпечити безпеку процесу заряду, необхідно мати певний допуск зверху відносно верхньої номінальної напруги, оскільки в деяких акумуляторах (особливо неоригінального виробництва), номінальний верхній рівень може ніколи не досягатись.

По-третє, для коректного переходу між етапами заряду, пропонується робити між ними паузи не менше 30 секунд, щоб встигли завершитись перехідні процеси в акумуляторі.

5. ЛІТЕРАТУРА

1. Isidor Buchmann “Batteries In a Portable World”, www.buchmann.ca
2. “Charging the Lithium-Ion Battery”, www.allegromicro.com/techpub2/cadex/index341.htm
3. “Battery Charging Process”, Wavecom, 18.08.2001
4. AT Commands Interface Guide, Wavecom, march 2003.