

이차 팩 전지를 위한 급속 충전 알고리즘에 관한 연구

이 현희, 이영석, 여운진, 황상문, 김성곤, 진달복
 원광대학교 전기전자 및 정보공학부, 아산 정보기술 대학 정보통신과

The Study of High Speed Charging Algorithm for Secondary Pack Battery

Lee hyeon-hee, Lee young-seok, Yeo un-jin, Whang sang-moon, Kim seong-gon, Chin dal-bok
 Department of Electric, Electronic & Information Engineering of Wonkwang University,
 Department of Information and Communication Asan Information Polytechnic College

Abstract - In this paper, a high speed charging algorithm that charges secondary pack battery within 40 minutes is implementation

Proposed algorithm is that suppling 4 stage pulse instead of constant voltage or current. That makes charge time short, temperature low, and extends battery life.

Experimental results show that secondary pack battery is charged within 40 minutes and achieved life time about 2000 cycle

배터리 충전전압을 일정한 크기로 유지하면서 충전하는 방법으로 충전 초기에 과전류가 흐른다는 단점이 있고, 충전 말기에는 충전전류가 작아진다. 제이거 구성이 비교적 간단하지만 충전말기에 충전시간이 길다. 정전압 충전 방식의 충전 특성은 그림 1과 같다

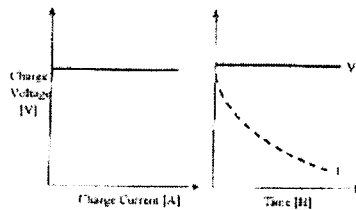


그림 1. 정전압 충전 특성
 Fig. 1 Voltage charge characteristic

1. 서 론

최근 수년 간 휴대용 기기가 부쩍 늘어나면서 충·방전이 가능한 이차전지(Secondary Battery)는 급격하게 변화하는 정보화 사회에서 이동기기(Portable or Cordless Device)를 사용하는데 있어서 없어서는 안될 중요한 부품으로 인식되고 있다.

그 결과 이차전지 기술은 엄청난 발전을 이룩하였으며, 그 결과물 중 자주 쓰이는 것들로는 니카드, 니켈-수소, 니켈-카드뮴, 리튬-이온 및 리튬 폴리머 배터리 등이다.

이차전지와 항상 같이 존재해야 하는 기기중의 하나가 이차전지 충전기라 하겠다.

기존의 이차 전지 충전기는 각 종류마다 차이가 있기는 하지만 600mAh 니카드 이차 전지를 기준으로 60mA로 충전할 경우 14~16시간, 180mA로 급속 충전시 5시간을 표준으로 충전하였다.^[1]

계속되는 기술의 급상승으로 이차 전지 급속 충전기는 약 2시간 가량 강 전류를 인가하여 충전하는 방식을 채택하고 있다. 그러나 이 방법은 과전류로 인하여 전지의 수명이 단축되는 단점을 가지고 있다. 또한 현재 전자기기의 거의 모든 이차 전지는 여러 개의 전지를 직·병렬 구조로 연결한 팩(pack) 전지를 사용하고 있는데, 이 팩 전지를 충전할 경우 균등충전이 문제가 된다. 균등충전이라 함은 팩 전지 안에 있는 여러 개의 전지를 골고루 충전시키는 방법을 말한다. 이 균등충전이 제대로 안될 경우 전지의 수명을 단축시키는 치명적인 요소가 된다.^[2,3]

본 연구는 배터리의 상태를 분석하고 동적인 전기 화학적 전기과형의 패턴을 사용하여 특별히 고안된 급속 충전기의 하드웨어와 소프트웨어를 개발하여 지속적인 수용성의 충전상태인 화학반응이 유지되도록 하며 구조의 변화나 내부조건을 검사하여 안정된 상태를 유지하도록 하는 알고리즘을 제안한다. 본 연구에서 제안된 알고리즘으로 이차 팩 전지의 충전 시간을 40분 정도로 단축시키고, 기억효과(memory effect)를 줄이며, 균등충전을 이루어 충전 시 배터리의 수명을 연장시킬 수 있는 이차 팩 전지를 위한 급속 충전 알고리즘을 구현할 수 있었다.

2. 기존의 이차전지 충전 알고리즘

2.1 정전압 충전 방식

2.2 정전류 충전 방식

이차전지를 일정 전류로 충전하는 방법으로 충전 초기의 과전류를 예방할 수 있다. 그러나 충전이 80% 이상 진행되면 전지의 충전반응이 늦어지면서 온도가 급격하게 상승하고 전해액의 전기분해가 일어나는 등 전지의 열화현상이 발생하게 된다. 정전류 충전 방식의 충전 특성은 그림 2와 같다.

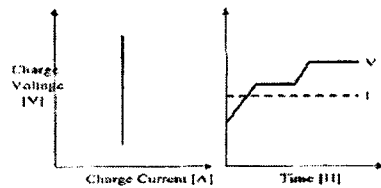


그림 2. 정전류 충전 특성
 Fig. 2 Constant current charge characteristic

2.3 계단 충전 방식

충전전류를 전지의 잔존용량에 따라 단계적으로 변화시켜 가면서 충전하는 방법으로 초기에는 비교적 큰 전류로 충전을 시작하여 전지의 잔존용량에 따라 충전 전류를 단계적으로 감소시켜 충전하는 방법이다. 계단 충전 방식의 충전 특성은 그림 3과 같다.

2.4 정전압-정전류 충전 방식

충전 초기에는 정전류로 충전하고 전지의 온도가 상승하고 열화가 심해지는 충전 말기에는 정전압으로 충전하여 전지의 열화를 예방하는 충전 방법으로 충전 특성은 그림4와 같다.

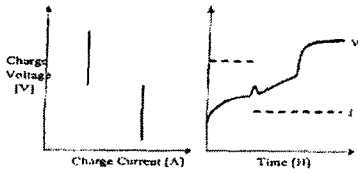


그림 3. 계단 충전 특성
Fig. 3 Step-charge characteristic

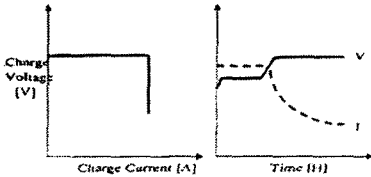


그림 4. 정전압-정전류 충전 특성
Fig. 4 Constant voltage-constant current charge characteristic

2.5 균등충전 방법

각기 다른 잔존 용량이 남은 팩 전지를 충전할 때 일반적인 충전을 하면 완전충전 상태가 된 후에도 각 전지간의 충전량이 다르게 나타낸다. 이러한 팩 전지가 충·방전이 계속 될 경우 전지 수명에 치명적인 영향을 미치게 되어 수명 단축이 일어난다.^[4] 일반 충전의 충전 특성을 그림 5에 나타내었다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 균등 충전이 필요하다. 균등충전이라 함은 잔존 용량이 각기 다른 팩 전지 안에 있는 직·병렬로 연결된 여러 개의 전지를 끌고루 충전시켜 완전 충전시 각 전지의 충전 용량이 같게 하는 방법을 말한다.

균등충전 방법에는 3가지 방법이 있다. 균등충전의 충전 특성을 그림 6에서 보았다.

2.5.1 저전류 충전 방법 :

0.06A 이하의 전류로 48시간 이상 충전하는 방법으로 충전시간이 길고 충전후 전해액이 감소한다는 단점이 있다.

2.5.2 특수 고주파 변압기 충전 방식 :

Multi-winding coaxial transformer라는 특수 구조의 고주파 변압기를 이용한다. 다중 탭과 각 단자를 각 단위 전지에 연결하여 병렬로 충전하는 방법이다. 이 또한 여러 개의 충전회로가 필요하다는 단점을 가지고 있다.

2.5.3 마이크로프로세서 충전방식 :

마이크로프로세서로 각 단위 전지의 잔존용량에 반비례하는 충전시간을 시분할 하여 갖도록 하는 방법이다. 이 방법은 하드웨어 구조 및 제어가 간단하다는 장점이 있으나 이동통신용 형태의 팩 전지에는 구조상 사용할 수 없는 단점이 있다.

3. 제안된 이차전지 충전 알고리즘

제안된 충전 알고리즘은 펄스를 이용하여 많은 양의 전류에서 소량의 전류에 이르기까지 전류의 양을 제어하는 충전방식을 채택함과 동시에 순간적인 방전 효과로써 전지의 발열효과를 억제시킨다. 이것으로 인하여 화학물질의 증발을 저지시켜서 교체화되는 기간을 늘려 전지의 수명을 연장시킨다.

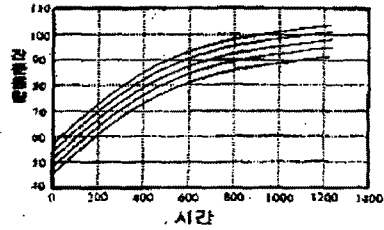


그림 5. 팩전지의 일반 충전
Fig. 5 General charge characteristic of pack battery

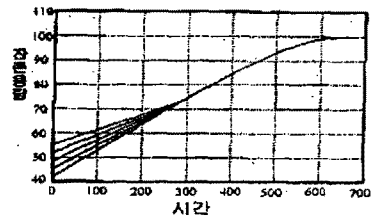


그림 6. 팩전지의 균등 충전
Fig. 6 Uniform charge characteristic of pack battery

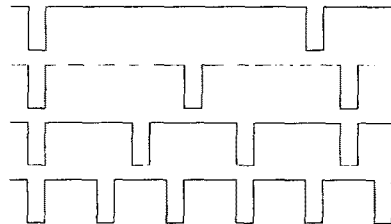


그림 7. 4 상태 펄스 충전
Fig.7 4-state pulse charge

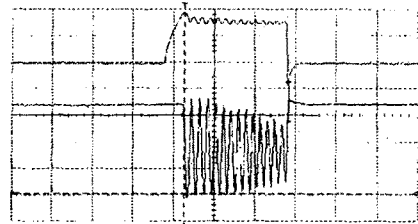


그림 8. 균등 충전을 위한 고주파 파형
Fig.8 High-frequency wave form for uniform charge

그리고 팩 전지에서 균등 충전을 위하여 충전 시 고주파를 마이크로프로세서를 이용하여 발생시킴으로써 팩 전지 안의 직·병렬로 연결된 각 전지들을 완전 충전한다. 그림 7은 마이크로프로세서에서 전압과 전류를 검출하여 각 상태에 대응되는 4 상태의 펄스를 보여준다.

그림 8은 균등 충전을 위하여 마이크로프로세서를 이용하여 고주파를 발생시켜 충방전을 하는 동안 고주파를 실어 줌으로써 고주파 리플(ripple)이 생기는 것을 보여준다. 또한 전지 전압의 변화와 전류의 변화를 검출함으

로써 완충상태를 찾아내어 충전을 정지한다.

완충상태란 전지가 완전히 충전되어서 충전을 멈추어야 하는 상태를 말한다. 이 완충상태는 전지가 구성된 재료마다 다르게 나타나는데, Ni-Cd 전지인 경우는 그림 9에서와 같이 전지의 충전 전압이 계속 상승하다가 떨어지는 $-\Delta V$ 부분을 완충 지점으로 인식한다. 그리고 Li-ion 전지인 경우는 충전 전압이 4.1V 또는 4.2V인 상태를 완충상태라 한다.

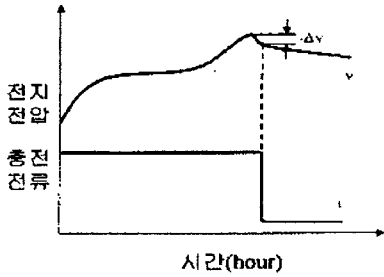


그림 9. Ni-Cd 전지의 완충상태 ($-\Delta V$)
Fig. 9 $-\Delta V$ of Ni-Cd battery

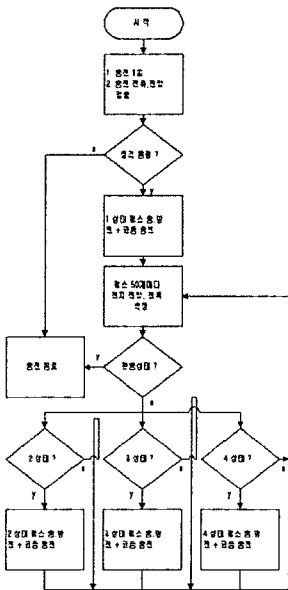


그림 10. 충전 알고리즘 순서도
Fig.10 Flowchart of charge algorithm

4. 실험 및 고찰

4.1 시스템 소프트웨어(system software)

실험을 위하여 Ni-Cd 이차 전지 1.2V 800mAh 6개를 직렬로 연결시켜 팩 전지를 구성한 다음 제안된 알고리즘으로 구현된 급속 충전기에 연결시켰다. 충전 알고리즘의 순서도는 그림 10과 같다.

충전을 시작하면 먼저 이차 전지에 1초 정도 전류를 인가함과 동시에 충전 전류와 전압을 검출한다. 이것은 현재 충전중인 이차 전지가 정격 용량의 것인가를 검사하는 단계이다. 정격 용량 이상의 전지가 연결되었을 때는 충전 전류량이 급격하게 많아지므로 정격 용량이 아니라고 판단하여 충전을 종료시킨다. 초기 상태의 충전

은 많은 양의 전류를 인가하는 그림 7의 1상 펄스로 충전한다. 이때 펄스가 high인 상태는 충전중인 상태이고 펄스가 low인 상태는 충전이 멈추어진 상태이다. 펄스가 low인 상태에서 아주 짧은 시간의 방전이 이루어진다. 그리고 6개의 전지가 각각 풀로우 균등 충전이 일어나게 하기에 위하여 충전과 방전 시 마이크로프로세서가 30KHz의 주파수를 발생시킨다. 충·방전은 이와 같은 상태에서 50회 이루어진다. 그 후에 1초 정도 펄스가 low인 상태를 유지한다. 이때 이차 전지의 전압 값과 전류값을 측정한다.

이것은 다음 상위 상태로 넘어가기 위한 검출이다. 마지막 4 상태에 이르기 전 어떠한 상태에서라도 충전은 완료 될 수 있다. 충전중에 $-\Delta V$ 가 나타나면가 전류가 급격하게 떨어지면 완충 상태를 인식하고 충전을 멈춘다.

4.2 시스템 하드웨어(System Hardware)

제안된 알고리즘을 실험하기 위하여 Microchip 사의 PIC16C73 마이크로 프로세서를 사용하였으며 전류 제어어를 위하여 LM2576 스위칭 전류 제어 IC를 사용하였다. 시스템하드웨어 블록도는 그림 11과 같다.

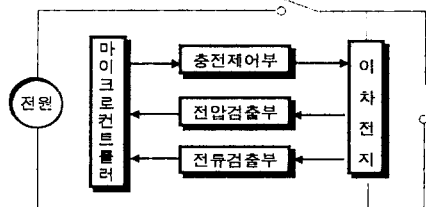


그림 11. 시스템 블록도
Fig.11 System block diagram

4.2.1 전압 검출부

전압 검출부는 전지의 전압을 일정 시간마다 감지하면서 4 상태 펄스의 전환 파라미터를 감지한다.

그리고 전지의 완충상태를 감지한다. 전압 검출 방법은 그림 12에서와 같이 단 전원 Op-Amp 084를 이용하여 검출하며, 이것을 A/D 변환하고 마이크로 컨트롤러가 충전 알고리즘에 맞게 충전을 제어한다.

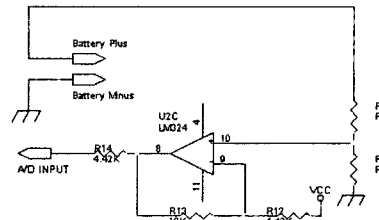


그림 12. 전압 검출 회로
Fig.12 Voltage detection circuit

4.2.2 전류 검출부

전류 검출부는 전지의 완충상태가 되면 전류가 급격하게 떨어지는데 이 지점을 감지하여서 완충 상태를 마이크로 컨트롤러에게 전달하고 불량전지 또는 정격용량이 아닌 전지를 강제로 충전하려고 할 때 과전류를 감지하여 충전을 정지시키는 목적을 가지고 있다.

전류를 감지하는 방법은 그림 13에서와 같이 R1 shunt 저항과 Op-Amp를 이용하여 전류를 전압값으로 변환하며 A/D 변환을 거친 후 마이크로 컨트롤러가 충

전 알고리즘에 맞게 충전을 제어한다.

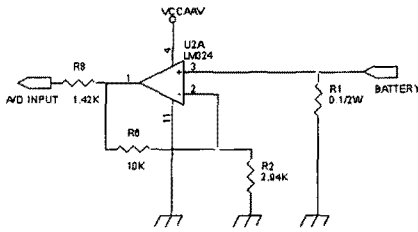


그림 13. 전류 검출 회로
Fig.13 Current detection circuit

4.2.3 마이크로 컨트롤러

마이크로 컨트롤러는 Microchip사의 PIC16C73을 사용하였다. PIC16C73은 A/D 변환기 5 채널과 PWM(Pulse Width Modulation)발생기가 내장되어 있다.

전압 검출부와 전류 검출부에서 측정되는 전압, 전류 값을 A/D 변환기를 통하여 입력받고 그림 7과 같이 4상태의 펄스 파를 출력하고 균등충전을 위하여 PWM 고주파를 이용하여 그림 8과 같이 출력시킨다.

4.3 고찰

제안된 알고리즘에 의하여 충전된 이차전지는 ADA system(주)의 모델 BTS 510P 충·방전 시험기를 이용하여 Ni-Cd 팩전지의 충전횟수와 충전용량을 실험하였다. 실험된 결과의 데이터가 그림 14에 보인다.

그리고 기존의 충전법은 정전압 충전법을 이용하였으며, 전지의 완전 충전용량이 70%로 떨어지는 점을 살펴보면 기존 급속 충전기는 충·방전횟수가 약 350회, 일반 충전은 약 750회 정도에서 용량이 하강함을 보였다.

이번 연구에서 제안된 급속 충전기를 이용하여 충전한 결과 40분 이내에 충전을 가능하게 하였으며, 팩 전지의 각 전지들이 1.4V로 충전되는 균등 충전이 이루어졌다. 제안된 알고리즘에 의한 충전은 전지 특성을 안정화시킴으로써 충·방전횟수를 약 2000회 정도로 연장시킬 수 있음을 보였다.

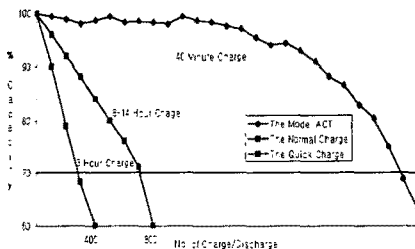


그림 14. 정전압 충전법과 제안된 충전법에 의한 충·방전 횟수와 완전 충전 용량, 그리고 충전 시간의 비교

Fig.14 Comparison of charge · discharge cycle, fully charge capacity and time between constant voltage charge method and proposed method.

3. 결 론

이차 팩 전지를 충전시키는 방법은 여러 가지 방법이

있다. 그러나 충전의 중요 조건인 충전시간을 단축시키면서 균등충전이 이루어져 전지의 수명을 연장시키는 조건을 만족시키는 충전방법이 요구되었다.

본 논문에서는 Ni-Cd 이차 팩 전지를 급속 충전시키는 새로운 알고리즘을 제안하였다.

제안된 충전 알고리즘은 4가지의 펄스를 이용하여 전류의 양을 제어하는 충전방식을 채택함과 동시에 순간적인 방전 효과로써 전지의 발열효과를 억제시키고, 팩 전지에서의 균등 충전을 위하여 충전시 고주파를 마이크로 프로세서를 이용하여 발생시키는 알고리즘이다

Ni-Cd 이차 전지 1.2V 800mAh 6개를 직렬로 연결시켜 팩전지를 구성하여 실험한 결과 제안된 알고리즘은 약 40분 정도의 완충 시간을 가졌으며, 6개의 각 전지마다 1.4V로 충전되는 균등 충전이 이루어 졌고 충·방전횟수도 약 2000회 정도로 연장시킬 수가 있었다.

제안된 알고리즘을 이용하여 Li-ion이나 리튬 폴리머와 같은 다른 이차전지 충전 방법의 적용성에 대하여 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 전지편람 편집 위원회, "전지편람", 서울, 세화 1997.
- [2] 천내정개 외, "새로운 전지기술 이야기", 서울 성안당, 1998.
- [3] 아까하시 다케히코, "연료 전지", 전파 과학사, 1986.
- [4] 서촌소 외, "전지의 기초", 성안당, 2000.
- [5] 구와노 유키노리, "태양전지를 익숙하게 다룬다", 전파 과학사, 1994.
- [6] 구와노 유키노리, "태양전지란 무엇인가", 아카데미 서적, 1998.
- [7] 식곡경용, "폴리머 전지", 성안당, 2000.
- [8] 김영태, 김희준, "인공위성용 충방전 시스템의 해석" 전자공학회논문지-B v.32-B, n.6, pp.932-942, 1995, 6
- [9] 김광현, 강신영, 안재영, "전지의 계단 주충전과 시분할 균등충전 제어" 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집-B '96 v.19, n.2, pt.B, pp.631-634 1996,11