

# 선택적 충전단계절환에 의한 Ni-MH 전지의 계단충전 특성 개선

安在榮, 姜信永, 金玟憲, 任永徹

## Improvement of Step-charging Characteristic for Ni-MH Battery by Selective Cut-off Method

Jae-Young Ahn, Sin-Young Kang, Kwang-Heon Kim, Young-Cheol Lim

### 요 약

본 논문에서 제안하는 계단충전방식에서는 직렬로 연결된 전지에 있어서 각 전지의  $\Delta V=0$  시점이 서로 다름을 고려하여 각 전지별로 선택적으로 충전단계를 절환시킴으로써 과충전 또는 부족충전을 예방할 수 있도록 하였다. 또한, 각 단계의 초기에 전지간의 잔존용량의 불균등을 해소하기 위해 시분할 균등충전모드를 추가하였다. 기존의 계단충전방식에 비해 선택적 충전단계절환을 위한 간단한 회로가 추가되지만 과충전과 부족충전을 예방하므로 전지수명과 충전효율을 개선시킬 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper, the proposed charging system consists of step charging mode and time-sharing equalization charging mode. As  $\Delta V=0$  point is detected, the proposed cut-off method will selectively cut off the only battery to reach the  $\Delta V=0$  point, preventing serial-connected batteries from undercharging. In the start of each step, the equalization charging mode is performed to reduce the capacity difference among the batteries. Though it is added to simple circuit for selective cut-off, comparing with recently used step-charging method, this system can improve the life cycle of battery and charging efficiency, and be also very effective for preventing the batteries from overcharging and undercharging.

**Key Words:** step charging, equalization charging, selective cut-off, battery

### 1. 서 론

현재, 대기오염의 주된 원인으로 여겨지고 있는 가솔린 내연기관 자동차를 대신할 수 있는 전기자동차의 개발이 가속화 되고있는 실정이다. 그러나, 전기자동차의 에너지원으로 쓰이는 전지는 지속적인 연구와 개발 노력에도 불구하고 여전히 많은 어려움을 가지고 있다. 따라서, 전기자동차에 적합한 전지의 획기적인 개발성과를 기대하는 한편, 에너지 소모를 감소시키기 위한 전기자동차의 전동기 구동장치와 충·방전장치의 고효율화 등에 많은 연구가 진행되고 있다.

전기자동차용 전지 전원은 단일 모듈로 제작하기 어렵기 때문에, 대부분 소용량의 전지를 직·병렬로 연결한 형태를 갖

추고 있으며 최근에 주목받고있는 Ni-MH 전지는 다른 전지에 비해 충전 사이클 수명이 길고, 에너지 밀도도 높으며 단위 체적당 용량이 크다는 장점<sup>(1)</sup> 때문에 휴대용 컴퓨터와 휴대용 전자장비 등에 많이 사용되고 있다.

Ni-MH 전지의 충전방식에는 여러 가지가 있지만, 정전류를 단계적으로 인가하여 충전하는 계단충전(step-charging) 방식이 일반적으로 사용되고 있다. 계단충전방식은 정전류를 2~3단계 또는 그 이상의 단계로 변화시키면서 충전하는 방식을 말하며, 특히, 전기자동차와 같은 급속충전이 필요한 응용분야에 적합하다.<sup>(1)</sup>

기존의 계단충전방식은 각 충전단계를 절환(cut-off)하는데 있어서 직렬 연결된 전지를 일괄적으로 절환하고 다음 단

계의 충전을 행한다. 그러나 충전이 거듭될수록 일괄적인 전류 절환으로 인해 전지간의 잔존용량차는 점점 커지게 되며 특정 전지의 과충전이나 부족충전 현상을 가져오게 되어 급속한 열화를 초래한다.<sup>(2)</sup>

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 충전단계 절환을 전지별로 선택적으로 절환하는 방식을 제안한다. 셀전지 단위의 선택적 절환 방식은 기존의 일괄적인 절환방식과는 달리 각 셀전지의  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = 0$  점을 검출하여 해당 셀전지만 선택적으로 절환시키는 방식이다. 또한, 직·병렬로 연결된 전지전원의 충전시 전지간의 잔존용량이 불균등하여 특정 전지가 과충전 또는 과방전될 수 있으며, 그로 인해 전지 수명이 단축되고 충전효율의 저하와 같은 문제가 발생한다.<sup>(3-5)</sup> 따라서 본 논문에서는 전지간의 잔존용량 불균등을 해소하기 위해 잔존용량에 반비례하는 충전시간으로 균등충전을 실시하는 시분할 균등충전방식을 적용한다.<sup>(6)</sup>

2. Ni-MH 전지의 충전특성과 일반적인 계단충전 방식

충전특성은 전지의 성능뿐만 아니라 전지의 수명에도 영향을 미친다. Ni-MH 전지의 효율적인 충전을 위해서는 만충전, 과전압, 고온과 과도한 온도 변동 등에 주의해야 한다. 그림 1은 정전류로 충전하는 동안의 Ni-MH 전지의 전압과 온

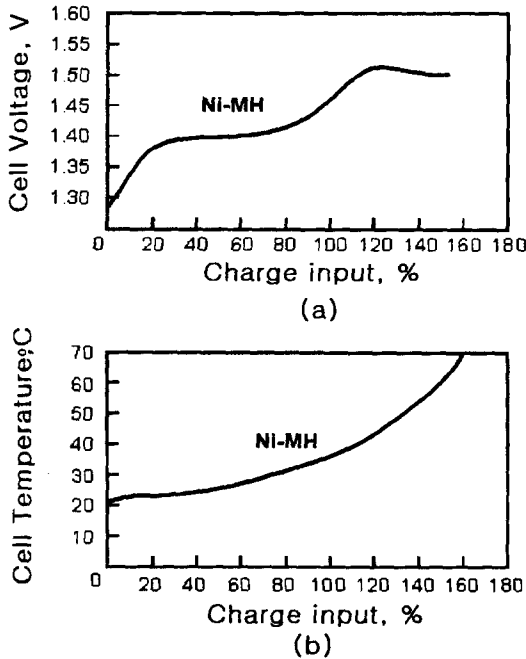


그림 1 Ni-MH 전지 충전특성 (a) 단자전압 (b) 내부온도  
Fig. 1 Charging characteristics of Ni-MH battery (a) terminal voltage (b) internal temperature

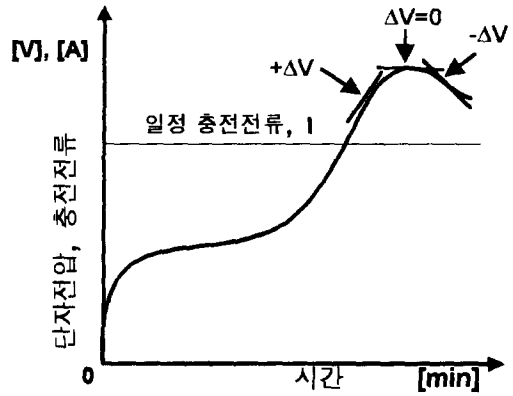


그림 2  $\Delta V$ 법에 의한 계단충전단계의 절환법  
Fig. 2  $\Delta V$  cut-off method for step charging

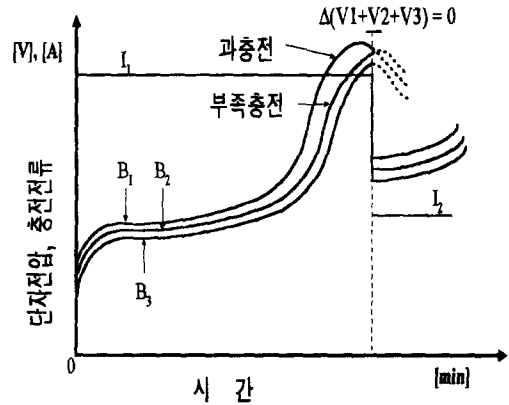


그림 3 기존 충전단계 절환방식의 예  
Fig. 3 Example of cut-off method in conventional charging

도의 변화를 나타내고 있다.

일정 전류로 충전을 시작하면 전지의 단자전압은 상승하게 되며, Ni-MH 전지의 온도도 점진적으로 상승한다. 전지 용량의 75 ~ 80% 충전에 이르면 양극에서의 산소발생에 기인하여 전압은 급상승하며 두 전지의 온도는 산소재결합 반응으로 인해 올라간다. 이러한 전지온도의 급격한 상승은 전지를 과충전하게 되는 결과가 되고 정격 만충전 전압을 낮아지게 한다.

Ni-MH 전지의 충전에는 정전류 충전방식을 기본으로 하여 여러가지 변형된 방식이 사용되어 왔다.<sup>(7)</sup> 이 중에 3-단계 충전방식과 다단계 충전방식은 Ni-MH 전지의 급속충전에 많이 사용되고 있는 방식이다.<sup>(1)</sup>

3-단계 충전방식은 충전 구간을 3단계로 나누어 충전을 수행하는 방식으로, 제1단계에서는 1C의 높은 충전전류로 만충전량의 80%까지 충전하며, 제2단계에서는 만충전량의

80% 부근에서 일어나는 가스발생과 급격한 온도 상승을 억제하기 위해 충전전류를 0.1C로 낮추어 만충전량의 100%까지 충전한다. 제3단계에서는 0.05C의 작은 전류로 트리클(trickle) 충전을 하여 만충전량의 120%까지 이르도록 한다.

계단 충전방식에서 사용하는 기존의 대표적인 충전단계의 절환 방법으로는 과도한 온도상승을 막기 위하여 온도상승률로 충전단계를 절환하는  $\Delta T$ 법과 특정 전압값에 이르면 충전을 중지하고 다음 충전단계를 수행하는 전압법이 있다. 가장 일반적으로 쓰이고 있는 방법으로는 전압상승률을 비교하여 다음 충전단계로 절환하는 그림 2와 같은  $\Delta V$ 법이 있다.  $\Delta V$ 법은 시간의 변화에 따른 전압 변화율이 0 인 시점에서 절환하는  $\Delta V=0$ 법과, 전압변화율이 일정값 이상으로 감소하거나 증가하는 시점에서 절환하는  $-\Delta V$ 법, 그리고  $+\Delta V$ 법이 있다. 이러한  $\Delta V$ 법중 일반적으로 많이 사용하는 계단충전 단계의 절환방법으로는 과충전을 방지할 수 있는  $\Delta V=0$ 법을 사용하고 있다.

현재 전지가 직렬로 연결된 Ni-MH 전지전원의 경우 단위 셀전지는 각 전지의 특성과 초기 잔존용량의 차이 때문에  $\Delta V$ 의 값이 서로 차이가 있음에도 불구하고 직렬 연결된  $B_1, B_2, B_3$  전지의 단자전압( $V_1+V_2+V_3$ )의 상승률이 0이면 그림 3과 같은 제어에 의해 일괄적으로 모든 전지를 다음 단계의 충전전류로 절환하여 충전하고 있다. 이 때 발생하는 문제점으로 모든 전지에 유입하는 충전전류를 한꺼번에 절환시킴으로써 그림 3의  $B_1, B_2$  전지와 같이 각각 특정 전지가 과충전 또는, 부족충전될 가능성이 있다. 더구나 셀전지간 잔존용량에 차이가 있는 경우, 그 차이가 더욱 커지게 되어 정확한 절환 시점의 선택이 중요하게 된다. 따라서 각 셀전지의 과충전과 부족충전을 고려하여 각 전지별로 절환시킬 수 있는 방식이 필요하다.<sup>[8,9]</sup> 그림 4는 3개의 셀전지가 직렬 연결된 경우 기존 계단충전방식의 제어 흐름도를 표현한 것이다.

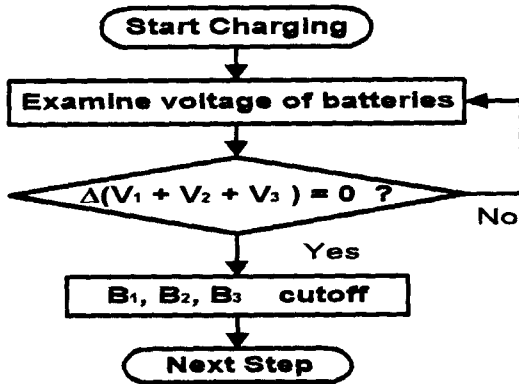


그림 4 기존 계단충전의 제어 흐름도  
Fig. 4 Control flow chart in conventional step charging control

### 3. 셀단위 전지의 선택적 충전 전류 절환방식과 균등충전

그림 5는 본 논문에서 제안하는 선택적 충전단계 절환 방법을 나타내고 있다. 직렬 연결된 각 셀단위 전지의 초기상태가  $B_1, B_2, B_3$ 라고 가정하고 제1단계 충전전류  $I_1$ 를 충전전류  $I_1$ 로하여 충전을 실시한다.  $T_c$ 에서 전지  $B_1$ 은  $\Delta V_1=0$ 가 되어 가장 먼저 절환되어 제1단계의 충전이 멈추고, 전지  $B_2, B_3$ 는 계속  $I_1$ 으로 충전된다. 이 때 충전단계가 절환된 전지(지금 절

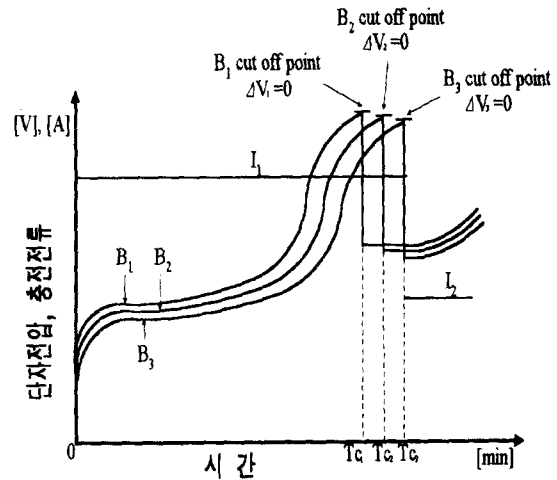


그림 5 선택적 충전단계 절환의 예  
Fig. 5 Example of selective cut-off method

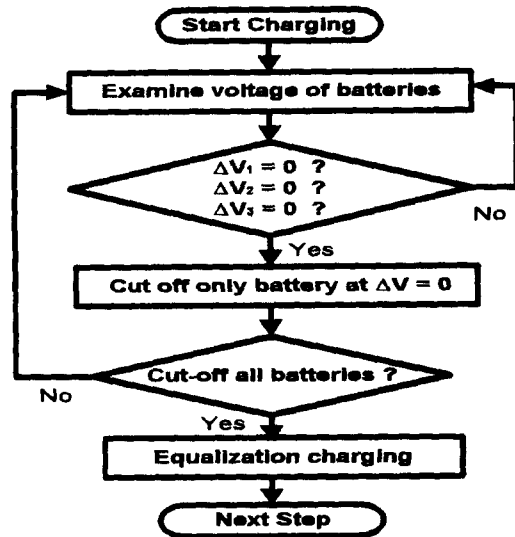


그림 6 선택적 충전단계 절환방식을 사용한 충전 제어의 흐름도  
Fig. 6 Flow chart of charging control using selective cut-off method

명하고 있는 예에서는 B<sub>1</sub> 전지는 다음 그림 7에서 설명하는 바이패스 스위치 회로를 이용하여 충전전류가 흐르지 않도록 한다. 전지 B<sub>2</sub>는 T<sub>2</sub>에서 ΔV<sub>2</sub>=0이 되어 절환되며, 이후 전지 B<sub>3</sub>만 I<sub>1</sub>으로 계속 충전하다가 T<sub>3</sub>에서 전지 B<sub>3</sub>도 절환된다. 모든 직렬 전지가 절환되면 각 전지의 용량 불균등을 해소하기 위하여 균등충전을 실시한 후, 충전전류를 낮추어 모든 전지를 제2단계 전류 I<sub>2</sub>(0.1C 충전전류)로 충전하게 된다. 제2단계와 제3단계에서도 전지의 절환방법은 앞서 설명한 제1단계와 같은 방법으로 ΔV=0이 되는 셀전지만을 선택적으로 절환하게 된다

그림 6은 제안된 선택적 절환 방식을 채용하여 충전전류를 절환하고 균등충전을 실시하는 제어흐름도를 나타내고 있다. 각 셀단위 전지의 전압을 검출하여 ΔV=0이 되는 전지만을 선택적으로 절환시키도록 제어하고 있다.

본 논문은 한 개의 정전류 회로를 사용하여 계단 주충전과 선택적 충전단계 절환 및 균등충전을 수행할 수 있도록 하기 위해서 ΔV=0인 셀전지만 절환시키고 ΔV=0인 전지에 충전전류를 바이패스(bypass)시킬 수 있는 그림 7과 같은 선택적 충전단계 절환을 위한 바이패스 회로를 구성하였다. 직렬 연결된 모든 전지를 같은 충전전류로 충전하기 위해서는 그림 7의 스위치 RL<sub>1</sub>, RL<sub>6</sub>을 온(on), RL<sub>7</sub>을 업(up)시키고 나머지 스위치들은 오프(off)시킨다. 전지 B<sub>1</sub>만을 충전전류로부터 절환하기 위해서는 RL<sub>2</sub>, RL<sub>6</sub>을 온, 그리고 RL<sub>7</sub>을 업시킨다. 이와 같은 방법으로 스위치를 동작시키면 전지 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>를 각각의 ΔV조건에 따라 선택적으로 절환할 수 있으며, 이 때의 바이패스 회로 스위치 동작은 표1과 같이 정리할 수 있다. 이러한 바이패스 회로는 다음 절에서 설명하는 시분할 균등충전을 위한 보조충전 회로로 사용된다.

전지를 계속적으로 충방전함에 따라 전지간에는 잔존용량

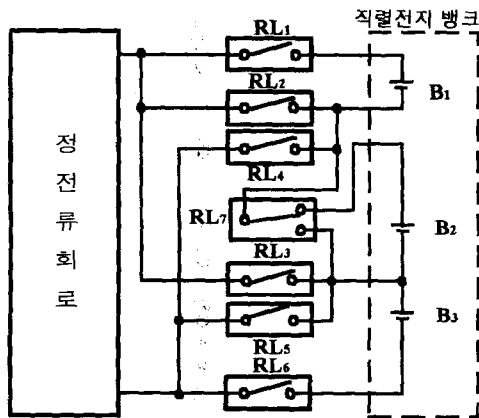


그림 7 선택적 충전단계 절환을 위한 바이패스 회로  
Fig. 7 Bypass switch circuit for selective cut-off method

표 1 바이패스 스위치 회로의 동작상태  
Table 1 Operation of bypass switch circuit

충전전지	RL <sub>1</sub>	RL <sub>2</sub>	RL <sub>3</sub>	RL <sub>4</sub>	RL <sub>5</sub>	RL <sub>6</sub>	RL <sub>7</sub>
B <sub>1</sub>	on	off	off	on	off	off	up
B <sub>2</sub>	off	on	off	off	on	off	up
B <sub>3</sub>	off	off	on	off	off	on	up
B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub>	on	off	off	off	on	off	up
B <sub>2</sub> ,B <sub>3</sub>	off	on	off	off	off	on	up
B <sub>1</sub> ,B <sub>3</sub>	on	off	off	off	off	on	down
B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> ,B <sub>3</sub>	on	off	off	off	off	on	up

불균등과 특정전지의 과충전과 부족충전이 발생하게 되는데 이를 막기 위해 충전시간을 잔존용량에 따라 제어하는 균등충전을 실시하였다. 만약 전지간의 용량이 B<sub>1</sub>>B<sub>2</sub>>B<sub>3</sub>라고 가정하면, 먼저 B<sub>3</sub> 전지를 예를들어 1분간 충전하고 다음 B<sub>2</sub> 전지와 B<sub>3</sub> 전지를 1분간 충전한 후 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> 모든 전지를 1분간 충전되도록 한다. 이 때 그림 7의 바이패스 스위치회로의 상태는 표 1과 같다. B<sub>3</sub> 전지만을 충전하기 위해서는 RL<sub>3</sub>, RL<sub>6</sub>을 온, RL<sub>7</sub>을 업시키고 B<sub>2</sub>와 B<sub>3</sub>전지를 충전하기 위해서는 RL<sub>2</sub>, RL<sub>6</sub>을 온, RL<sub>7</sub>을 업시킨다. 또한, 모든 전지를 충전하기 위해서는 RL<sub>1</sub>, RL<sub>6</sub>을 온, RL<sub>7</sub>을 업시키면 된다. 각 전지의 전압이 전체 평균전압의 ±5%이내에 들게 되면 균등충전을 중지하고 모든 전지에 대해 계단 주충전을 실시한다.

#### 4. 충전시스템의 구성 및 실험 결과

##### 4.1 충전시스템의 구성

선택적 충전단계 절환방식을 갖는 계단충전 시스템의 블록도는 그림 8과 같다. AA사이즈 1.2V, 1200mAh의 용량을 갖는 Ni-MH 전지를 충전하기 위해 스위칭소자로는 100V, 5A MOSFET을 사용하였으며 직렬 전지뱅크에 입력되는 충전전류와 전압을 검출하기 위해 홀소자형 전류센서와 전압센서를 사용하였다.

또한, 계단충전과 ΔV=0을 검출하여 셀전지별로 선택적으로 충전단계를 절환하고 각 전지의 균등충전모드를 제어하기 위해 원칩 마이크로프로세서 80196KC를 사용하였다. 원칩 마이크로프로세서는 1분마다 각 전지에 연결된 Op Amp의 출력을 내부 10비트 A/D로 받아들여 전지간의 단자전압을 이전의 전압값과 비교하고 단계절환 시점을 검출한다. 원칩 마이크로프로세서에 의해 제어되는 8255의 병렬 입출력 포트A의 8비트 디지털 신호중 7비트를 이용하여 바이패스 스위치 회로의 스위치 7개를 온/오프시키며, 입출력 포트B의 8비트 신호를 이용하여 정전류 충전을 위한 히스테리시스 전류제어기의 지령치 I<sub>ref</sub>를 만든다. 원칩 마이크로프로세서의 제어부에서는 입력된 전지의 단자 전압값으로부터 ΔV=0을

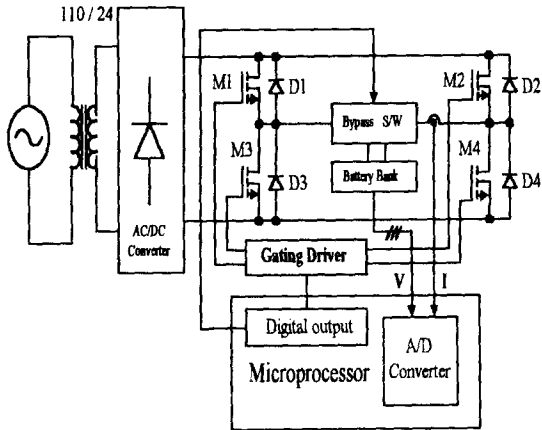


그림 8 충전시스템의 블록도  
Fig. 8 Block diagram of charging system

검색하며 각 단계의 초기에 A/D에 입력되는 값을 근거로 전지의 단자전압의 크기를 비교하여 전지별 충전 시간을 설정하며 그에 따라 순차적으로 충전을 실시한다. 즉, 전압의 크기에 따라 각 전지의 충전순서와 충전시간을 결정하고 그림 7로 나타낸 바이패스 스위치 회로의 스위치를 표 1과 같이 동작시키도록 한다. 현재 바이패스 스위치로는 릴레이를 사용하고 있으나 차후 트랜지스터나 그 외의 스위칭 소자로 대체하면 시스템의 부피를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4.2 실험 결과 및 검토

##### (1) 기존방식의 계단충전 실험

일반적인 계단충전에 의한 충전특성의 실험 결과를 그림 9에 나타내었다. 계단충전의 제1단계에서는 1C(1.2A)를 초기 전류로 설정하고 다음 제2단계에서는 0.5C(0.6A)로 그리고

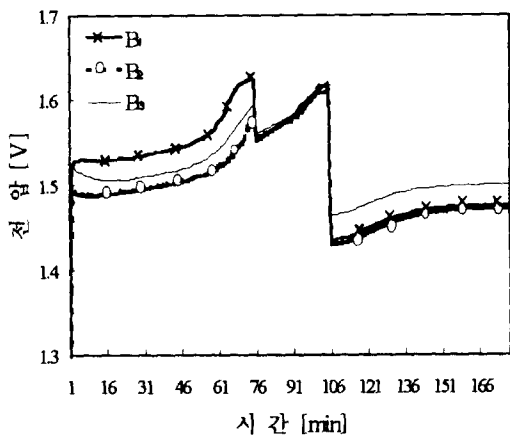


그림 9 기존의 충전단계 일괄 절환방식에 의한 계단충전특성  
Fig. 9 Characteristic of step-charging by conventional cut-off method

마지막 제3단계에서는 0.1C(0.12A)의 작은 전류를 흘려 충전을 종료한다. 그림 9에서는 충전전류를 전지 B<sub>2</sub>의 전압 상승률  $\Delta V_2=0$ 인 점에서 모든 전지가 다음 단계로 절환되고 있다. 따라서, 전지 B<sub>1</sub>은 과충전에 의한 열화가 발생할 가능성이 있고, 전지 B<sub>3</sub>는 부족충전예의해 만충전량으로 충전되지 못하고 있음을 나타내고 있다. 또한, 제1단계 충전단계에서 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> 그리고 제3단계에서 B<sub>2</sub>와 B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>간의 단자전압에 차이가 있는 것은 서로의 충전특성이 달라 잔존용량이 불균등함을 보이고 있다.

##### (2) 선택적 충전단계 절환에 의한 계단충전 실험.

제안된 전지별 선택적 충전단계 절환 방법에 의한 계단충전 실험결과를 그림 10에 나타내었다. 서로 다른 초기 전압을 가지고 충전을 시작한 전지 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>가 각각 다른 시점에서  $\Delta V=0$ 가 나타남에 따라 각 셀전지의  $\Delta V=0$ 가 되는 시점에서 선택적으로 충전단계가 절환되고 있음을 알 수 있다.

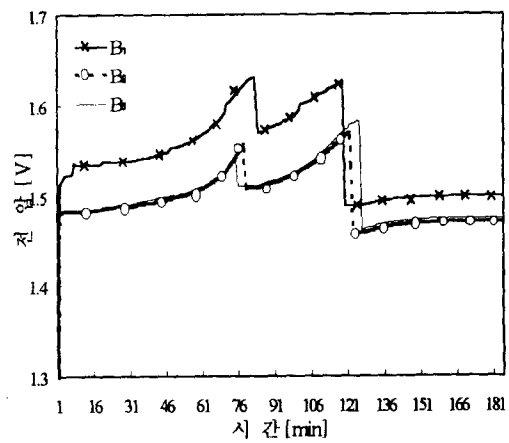


그림 10 선택적 충전단계 절환방식에 의한 계단충전특성  
Fig. 10 Characteristic of step-charging by selective cut-off method

기존 일괄 절환방식의 계단충전과 같이 모든 전지를 동시에 절환할 경우 일부 전지에 전지열화 현상의 발생이 예상되는 반면 그림 10의 제안된 선택적 절환방식에서는 이런 문제점을 막을 수 있을 것으로 생각한다. 그러나, 그림 9와 10의 충전시간을 비교하여 볼 때 기존의 계단충전보다는 충전시간이 전지별로 약 3~10분 정도 더 소요되고 있음을 알 수 있다.

##### (3) 균등충전과 선택적 충전단계 절환방식을 갖는 개선된 계단충전 실험

시분할 균등충전을 포함한 선택적 충전단계 절환에 의한 계단충전의 특성을 그림 11에 나타내었다. 시분할 균등충전 모드를 첨가함으로써 그림 10의 실험결과에 비해 그림 11의 계

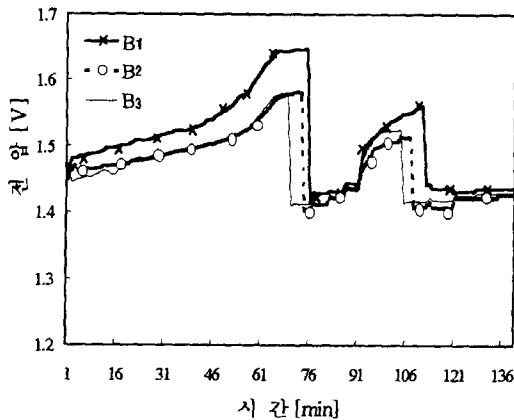


그림 11 균등충전과 선택적 충전단계 절환방식의 계단충전특성  
 Fig. 11 Characteristic of step-charging with selective cut-off method and equalization method

2, 3단계에서 보는 바와 같이 전지간의 용량 불균등을 상당히 극복할 수 있었으며 그에 따라 충전특성이 개선될 것으로 생각한다. 각 충전단계 사이에 균등충전이 이루어지므로 각 전지의 잔존용량 차이를 감소시키고 직렬 연결된 전지들의 충전특성을 비슷하게 유지시킬 수 있다. 선택적 충전단계 절환은 각 전지의 과충전과 부족충전을 방지할 수 있었다.

### 5. 결론

본 논문에서는 직렬로 연결된 Ni-MH 전지전원의 계단충전시 발생하는 전지의 열화현상과 용량 감소를 방지하기 위해 각 충전단계마다 전지의 충전특성 차이를 고려한 셀전지별 선택적 충전단계절환방식을 제안하여 실험을 수행하였다. 또한, 계단충전의 각 단계 사이에 시분할 균등충전모드를 병행 실시하여 전지간의 용량차를 해소하고자 하였다. 향후 더 많은 단위 Ni-MH 전지가 직렬 연결된 경우와 직렬 병렬 연결된 경우에도 셀전지별 선택적 절환방법과 시분할 균등충전모드를 갖는 개선된 계단충전방식을 적용함으로써 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

- 1) 셀전지별 선택적인 충전단계 절환방식을 사용함으로써 과충전을 예방할 수 있었으며 따라서 셀전지의 급격한 열화를 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 셀전지별 선택적 충전단계 절환방식을 사용함으로써 전지의 부족충전을 방지할 수 있었으며 따라서 전지의 충전 사용효율이 증가될 것으로 기대된다.
- 2) 시분할 균등충전방식에 의해 모든 전지의 용량을 균등화시킬 수 있었으며, 따라서 전지 충전특성이 개선될 것으로 기대된다.
- 3) 하나의 충전기로 주충전과 균등충전을 구현할 수 있었으

며 소형 경량으로 간단하며 충전손실이 적어 휴대용 기기에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 더 많은 Ni-MH 전지의 단위 셀전지가 직렬 연결된 경우와 직렬 병렬 연결된 경우에도 본 논문에서 제안한 충전방식을 적용하여 위에서 설명한 것과 똑같은 효과가 기대되며, 따라서 대용량의 전지전원을 필요로 하는 전기자동차의 탑재용으로도 사용이 기대된다.

본 논문은 한국과학재단 지정 전남대학교 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

### 참고 문헌

- [1] D. Linden, "Sealed Ni-MH Batteries", in D. Linder, ed., op. cit., chap 33. McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [2] Sung-ku Song, Keun-Ho Kim, Se-Chun Oh, "A Dynamic State of Charge Model for Electric Vehicle Batteries", 12th International Electric Vehicle Symposium, Symposium Proceedings, EVAA, vol. 2, pp.519, 1994.
- [3] Nasser H. Kutkut, Deepak M. Divan, and Donald W. Novotny, "Charge equalization for series connected battery strings," IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. 31, No.3 pp.562~568. May 1995.
- [4] Robert D. Soileau, "A diagnostic testing program for large lead acid storage battery banks," IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. 30, No.3. January 1994, pp.193~200.
- [5] Guan-Chyun Hsieh, Jung-Chien Li and Jiachwen Hwang, "Design and implementation of novel Ni-Cd battery charger," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 7, No. 3, 1992.
- [6] Stephen T. Hung, Douglas C. Hokins, and Charles R. Mosling, "Extension of battery life via charge equalization control," IEEE Trans. on Industrial Electronics., Vol. 40, No. 1, pp.96~104, February. 1993.
- [7] D.E. Reisner and M. Klein, "Bipolar Ni-Mh Battery For Hybrid Vehicles," IEEE Aerospace and Electronic Systems Mag., 9, Apr 1994.
- [8] William Lynch, Margaret Casaccca, and Ziyad Salameh, "Linear current mode controller for battery test applications," IEEE, Trans. on Energy Conversion, Vol. 8, No. 1, pp.20~24, March 1993.

- [9] Wei Tang, Fred C. Lee, and Isaac Cohen, "Charge control: Modeling, Analysis, and Design," IEEE Trans. on Power Electronics Vol. 8, No. 4, pp.396~403, October 1993.

## 〈 저 자 소 개 〉



### 안재영(安在榮)

1969년 3월 23일생. 1990년 조선대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 전남대 대학원 전기공학과 박사과정



### 강신영(姜信永)

1967년 2월 13일생. 1993년 전남대 공대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 1997년 11월~현재 금호 HITECH 근무.



### 김광헌(金琬憲)

1960년 12월 27일생. 1983년 전남대 계측제어공학과 졸업. 1986년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 전남대 공대 전기공학과 부교수.



### 임영철(任永徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대 전기공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년 호주 모나시대학 Visiting Scholar. 현재 전남대 공대 전기공학과 교수.