

# Ni-MH 2차 전지의 충전 방식에 관한 연구

이인호\* 황보민 김성환 유지운 박귀태  
고려대학교 전기공학과

## A Study on the Charging Method of Ni-MH Rechargeable Battery

Lee, In-Ho Hwang-Bo, Min Kim, Seong-Hwan Yoo, Ji-Yoon Park, Gwi-Tae  
Dept. of Electrical Eng. Korea Univ.

### Abstract

In this paper, a peak detection algorithm having high reliability is proposed. The peak detection algorithm is implemented to a charger and power control system which is applicable to home appliances or notebook PC directly. The charger and power control system is controlled by a microprocessor, M50927 (Mitsubishi), to improve cost to performance ratio. The charger algorithm is designed to be operated under optimal charge mode and various protections are added to improve the reliability of the charger.

### 1. 서론

휴대용 전기, 전자기기의 사용이 증가하면서 점점 재충전이 가능한 2차 전지의 수요가 증가하고 있다. 주로 소형 전자, 전기기에 사용되는 2차전지는 지금까지 Ni-Cd(Nikel Cadmium) 전지가 주류를 이루고 있다. 그러나 1991년 부터 개발된 Ni-MH(Nikel-Metal Hybride)는 Ni-Cd 전지에 비해 단위 체적당 30-50% 이상 용량이 크고 전지전압이 Ni-Cd와 같아 호환성이 있으며 공해 물질을 사용하지 않고 메모리 효과가 없는 장점 등에 의하여 점차 사용량이 증가하고 있다.[1] 이에 따라 Ni-MH 전지의 사용자는 Ni-MH 전지의 충전 방식에 대하여 많은 연구를 행하고 있다.

지금까지 알려진 Ni-MH 전지의 충전 방식은  $\Delta T$ ,  $-\Delta V$  그리고 TCO 방식등이 있다.  $-\Delta V$  방식은 전지의 충전량을 거의 100% 까지 할 수 있으나 과충전의 위험이 있고 전지의 온도가 많이 상승하는 단점이 있으며  $\Delta T$  방식은 과충전의 위험은 없으나 부족 충전이 되기 때문에 방전 용량이 떨어지며 TCO 방식은 주위 온도 변화에 따라 충전량이 달라지기 때문에 충전의 신뢰성이 떨어진다.[2] 따라서 본 논문에서는 충전의 신뢰성 향상과 전지의 수명 연장을 위하여  $\Delta T$  방식과  $-\Delta V$  방식을 혼합한 peak 전압 검출 방식을 적용하였고 각종 보호장치를 충전 알고리즘에 삽입 하였다. 또한 실제의 전기 전자 기기에 적용이 가능하도록 하기 위하여 전지의 전압 및 온도 측정회로를 단순화시켰으며 main system 의 상태에 따라 충전모드를 변환하여 최단시간에 만충전을 할 수 있도록 알고리즘을 구성하였으며 가격대 성능비를 고려하여 4bit 마이크로 프로세서를 채용하였다.

### 2. 충전 특성

Ni-MH 전지는 0.1 CmA ~ 1 CmA 의 정전류로 충전한다. 이 충전 전류의 크기는 충전 시간 및 충전 효율 그리고 전지의 수명과 직접적인 관련이 있기 때문에 전지의 사용 목적에 맞는

충전 전류의 선정은 중요한 설계 사항이다. 그림 1 은 충전 전류의 크기에 따른 전지의 충전 특성 곡선이다.[2] 초기 상태에서 충전 전류가 인가되면 전압은 급격히 상승하고 어느정도 시간이 지나면 서서히 상승한다. 만충전이 가까워지면 전압은 다시 급격히 상승하고 만충전 상태에서 전압은 최대치를 나타내며 이후 충전 전류가 계속 흐르면 전압은 감소한다.

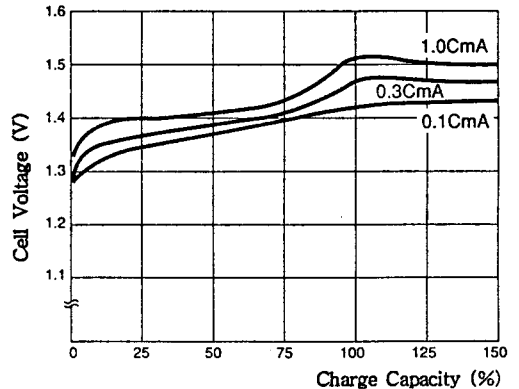


그림 1 충전 전류의 크기에 따른 전지 전압 특성곡선  
Fig. 1 Voltage profile according to charge current

Ni-MH 전지는 충전 전류의 크기 그리고 주위 온도에 따라 충전 특성 곡선이 변화한다.[2] 충전 전류가 증가하면 최대 전압은 뚜렷히 나타나나 충전 전류가 감소할수록 최대 전압은

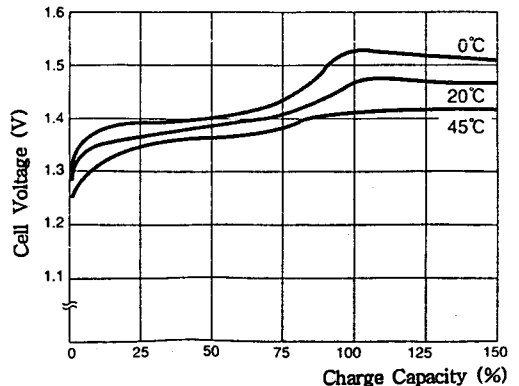


그림 2 전지 온도에 따른 전지 전압 특성곡선  
Fig. 2 Voltage profile according to battery temperature

뚜렷하지 않고  $-\Delta V$  현상이 나타나지 않는다. 또한 동일한 충전 전류 조건에서 주위 온도가 낮으면  $-\Delta V$  는 뚜렷하지 않다. 그리고 주위 온도는 충전 효율에 큰 변화를 미친다. 주위 온도가  $40^\circ\text{C}$  를 넘으면 충전 효율이 감소하고  $0^\circ\text{C}$  이하에서 반복 충전이 행하여질 경우 전지의 수명이 짧아진다.

### 3. 충전 종료 검출 방법

Ni-MH 전지 충전중 가장 중요한 요소는 충전 종료율 정확하게 검출하는 것이다. 만일 전지가 과충전이 되면 전지의 온도가 급격히 상승하게 되고 과충전이 반복될 경우 전지의 수명이 짧아지게 된다. 반면에 부족 충전의 경우에는 전지의 방전 시간이 짧아지게 되며 전지가 용용되는 전기기기의 사용 시간이 단축 된다.

Ni-MH 전지의 만충전 검출 방식에는  $-\Delta V$ ,  $\Delta T$ , TCO 방식 등이 있다.

**$-\Delta V$  방식 :** 전지에 충전 전류를 흘려서 만충전에 도달하면 최대값이 나타나고 이후에도 계속 충전 전류를 흘려주게 되면 전지의 전압은 떨어지게 된다. 따라서 최대값에서 일정치 이상이 떨어질 때 만충전으로 인식하는 방법이며  $-\Delta V$ 의 값은 보통  $10 \sim 20 \text{ mV/Cell}$  이다.

**$\Delta T$  방식 :** 전지에 충전 전류를 흘려서 충전의 말기에 도달하면 전지의 온도는 급격히 상승한다. 따라서 전지의 온도를 측정하여 온도의 변화율이 일정치 이상일 때 만충전으로 인식하며  $\Delta T$ 의 값은  $2^\circ\text{C} / 2 \text{ min}$  정도이다.

**TCO 방식 :** 전지의 온도가 충전 개시 온도에서 설정치 이상 올라가면 만충전으로 인식하는 방법이며 주위 온도에 대한 보정이 필요하다.

그림 3은 각 방식에서 만충전으로 인식되는 점을 나타낸다. [2] a 점은  $\Delta T$  방식에 의하여 충전이 종료되는 점이며 b 점은 peak 검출방식에 의하여 충전이 종료되는 점이다. c 와 d 점은  $-\Delta V$  방식에서  $-\Delta V$  의 값을  $10\text{mV}$  와  $20\text{mV}$  로 하였을 때 충전이 종료되는 점이다.

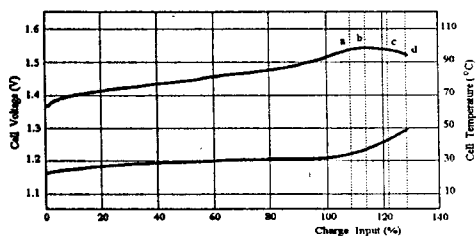


그림 3 충전종료방식에 따른 충전 종료시점  
Fig. 3 The effect of cut-off method

그림 3 에서 전지가 만충전이 되는 시점은 b 점이다. 그러나 실제로 사용되는 전지는 단위 cell 을 직렬 또는 병렬로 연결하여 사용되며 각각의 단위 cell 은 약간씩의 용량의 차이가 지고 있다. 따라서  $-\Delta V$  방식에 의하여 전지 pack 을 충전하면 전지 pack 은 평균적으로 약간 과충전이 되지만 전지를 구성하는 단위 cell 중 가장 작은 용량의 단위 cell은 과충전의 정도가 심하게 되고 전지의 유효수명을 단축시키게 된다. 따라서 이러한 단점을 해결하기 위하여  $-\Delta V$  의 값을 적게 해주어야 한다. 그러나 이 작은  $-\Delta V$  값을 검출하기 위하여 16 또는 32 bit A/D 변환기를 필요로 하거나 window 방식을 채택한 증폭 회로를 필요로 하게 된다.  $\Delta T$  방식은 전지의 유효 수명을 감소시키지는 않으나 전지의 충전량이 작기 때문에 전지 사용 시간이 짧아지는 단점이 있다. 따라서 가장 신뢰성이 높은 충전종료 시점은 전지 전압이 최대점에 있을 때이다.

본 논문에서는 이 peak 값을 검출하기 위하여 그림 3 에서 나타난  $\Delta T$  에 의하여 충전이 종료되는 점을 검출하고 이 점 이후에도 충전을 계속하여 전지의 전압을 sampling 하여 메모리에 저장한다. 마이크로 프로세서는 현재의 전지 전압  $V_i$  와 전 스텝의 전압  $V_{i-1}$  을 비교하여  $V_i - V_{i-1} \leq 0$  이 몇 스텝 진행된 후에 충전을 종료한다. 이때 충전 종료율 몇 스텝 후에 할 것인가는 AD 컨버터의 분해능 sampling 시간 그리고 만충전 근처에서 전지 전압의 변화 양상에 따라 실험적으로 정해진다. 따라서 최대 전압 검출 방식은 충전을 거의 100 % 할 수 있으며  $-\Delta V$  와  $\Delta T$ 의 단점을 해소하는 동시에 주위의 온도 또는 작은 충전 전류에 의해 나타나는 불 분명한  $-\Delta V$  현상 때에도 만충전을 정확하게 검출한다. 또한 이 방식은 전지 전압 검출회로의 분해능이 낮은 경우에도 충전의 신뢰도를 보장할 수 있기 때문에 간략화된 검출회로를 충전회로에 적용할 수 있다.

### 4. 하드웨어 및 충전 알고리즘

본 논문에서는 제안된 peak 검출 방식과 간략화된 전압 온도 검출회로사용하여 그림 4 와 같은 충전 및 전력 제어회로를 구성하였다. AC/DC 컨버터는 상용 전원의 AC 전원을 DC 로 변환하여 DC/DC 컨버터 및 충전회로에 보낸다. DC/DC 컨버터는 AC/DC 컨버터의 출력 또는 전지를 전원으로 하여 main system 이 필요로 하는 DC 전압을 제공한다.

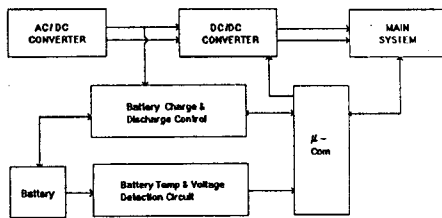


그림 4 충전 및 전력 제어회로  
Fig. 4 Block diagram of charge and power control system

마이크로 프로세서는 AC/DC 컨버터와 전지의 접속상태를 검출하여 AC/DC 컨버터가 접속되어 있을 때 전지의 접속상태에 와 main system 의 스위치 상태에 따라 전지를 충전시키고 DC/DC 컨버터를 제어하며 전지의 충전 및 방전상태 정보를 main system 으로 전송한다. 표 1 은 전체 계통의 조건에 따른 충전 및 DC/DC 컨버터의 운전 모드를 나타낸다.

표 1 시스템의 상태에 따른 충전모드  
Table 1 Charge mode

AC 컨버터	전지	SW	충전 mode	DC/DC 컨버터
O	O	ON	Quick*	ON
O	O	OFF	Rapid**	OFF
O	X	ON	*	ON
O	X	OFF	Stand-by	OFF
X	O	ON	Discharge	ON

- \* Quick Charge : [AC converter 출력-Main system 입력]으로 충전  $0.5 \sim 0.8 \text{ CmA}$  정도
- \*\* Rapid Charge :  $1 \text{ CmA}$  충전

그림 5 는 전지의 전압과 전지의 온도를 검출하는 회로이다. 이 회로의 전지 전압 분해능은  $40\text{mV}$  정도이다.

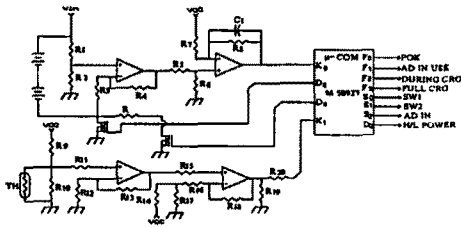


그림 5 전지의 전압 및 온도 검출회로  
Fig. 5 Battery voltage and temperature detection circuit

마이크로프로세서는 M50927(Mitsubishi)을 사용하였다. M50927은 내부에 4096 words × 9 bit의 ROM, 256 words × 4 bits의 RAM 2개의 8 bit AD 컨버터를 가지고 있다. 만충전시의 peak 값을 검출하기 위하여 -ΔV 방식을 이용할 수 있으나 이는 전지의 충전특성중 충전 도중에 전압이 잠시 하락하여 peak가 검출되는 현상이 일어나는 경우가 있기 때문에 충전의 신뢰도가 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 peak 검출의 신뢰성을 향상 시키기 위하여 ΔT가 검출된 후에 전지 전압이 평탄한 시점에서 counter를 동작시켜 평탄한 시간이 1분 이상 지속 되었을 때는 peak점으로 인식하여 충전을 종료한다. 충전의 신뢰도를 향상시키기 위하여 본 논문에서 제안된 알고리즘은 -ΔV 방식과 peak 검출 방식, 그리고 T.C.O 방식이 독립적으로 수행이 되며 소프트웨어적으로 다음과 같은 보호 장치를 두었다.

- Rapid Charge Cut Off Timer : 70 min
- Quick Charge Cut Off Timer : 120 min
- Flat Timer : 15 min
- 이상 전지 검출 기능
- 충전 금지 온도 : 0°C 이하 45°C 이상
- T.C.O : 60°C

#### 4. 실험결과

본 실험에서 사용한 Ni-MH 전지는 Toshiba 4/5A 전지이며 충전 전류는 1 C (1500 mA)이다. 그림 6은 -ΔV 방식에 의한 충전곡선이고 그림 7은 -ΔV 방식에 의한 충전 곡선 그리고 그림 8은 peak 검출 방식에 의한 충전 종료 곡선이다. -ΔV 방식에서 약 2.5분 정도의 과충전이 발생하였고 ΔT 방식에서는 부족 충전이 일어났다. 그러나 본 논문에서 제안된 방식은 정확하게 만충전을 검출하였음을 알 수 있다.

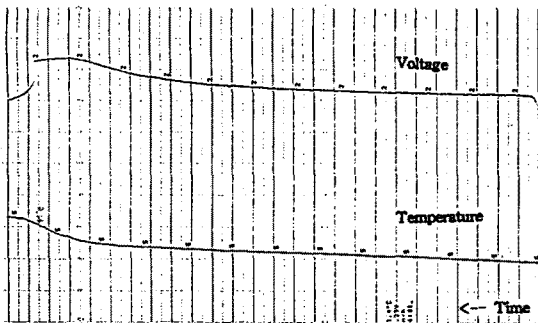


그림 6 -ΔV 방식에 의한 충전곡선  
Fig. 6 Charge profile due to -ΔV method

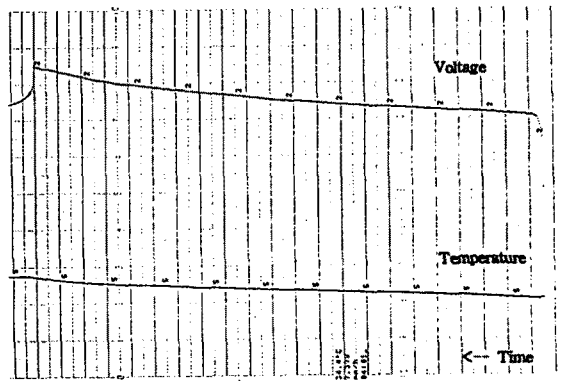


그림 7 ΔT 방식에 의한 충전곡선  
Fig. 7 Charge profile due to ΔT method

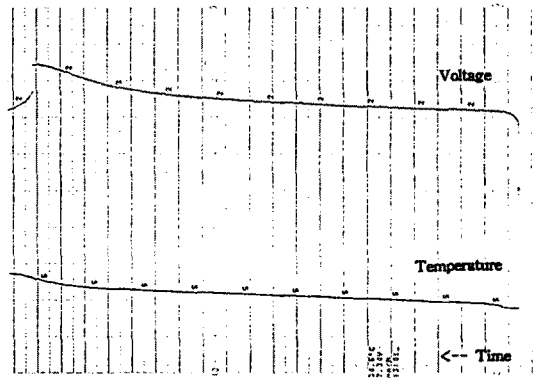


그림 8 Peak 검출 방식에 의한 충전곡선  
Fig. 8 Charge profile due to peak detection

#### 5. 결론

본 논문에서는 peak 검출 방식에 의한 충전 알고리즘을 적용하여 충전회로를 구성하여 충전을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. -ΔV 방식에 의한 충전 알고리즘에서의 과충전을 억제
2. ΔT 방식에 의한 충전 알고리즘에서의 부족 충전을 향상
3. 가격대 성능비가 향상된 충전회로를 구성
4. main system의 전력소비상태에 따라 최적의 충전모드 구성
5. 소프트웨어 보호장치에 의한 충전기의 신뢰성 향상

본 논문에서는 Ni-MH 전지의 충전 방식에 대하여만 언급하였으나 향후 충전효율 향상 및 잔존용량의 검출에 대한 연구가 진행되어야 한다.

#### 참고 문헌

- [1] Ni-MH battery Technical Report, Toshiba
- [2] Ni-MH battery Technical Report, Sanyo
- [3] ICs for Ni-Cd and Ni-MH battery charging management, March 1992, Philips Semiconductors