



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2008年

8月

工學碩士學位論文

Ni-MH

전지를

이용한

독립형

태양광발전시스템

丁南仁

2008年度 8月
工學碩士學位論文

Ni-MH 전지를 이용한 독립형 태양광발전시스템

*The Stand-Alone Photovoltaic System
apply to Ni-MH Battery*

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

丁南仁

Ni-MH 전지를 이용한
독립형 태양광발전시스템

*The Stand-Alone Photovoltaic System
apply to Ni-MH Battery*

2008年 8月 日

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

丁南仁

Ni-MH 전지를 이용한 독립형 태양광발전시스템

指導教授 曹 錦 培

이 論文을 工學 碩士學位 申請論文으로 提出함

2008 年 4 月 日

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

丁 南 仁

丁南仁의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 백형래 印

委員 朝鮮大學校 教授 조금배 印

委員 朝鮮大學校 教授 이우선 印

2008 年 5 月 日

朝鮮大學校 大學院

목 차

ABSTRACT

제1장 서 론	1
제2장 이론적 배경	3
제1절 독립형 태양광 발전 시스템	3
제2절 전력저장장치	8
제3장 충방전 제어기 설계	19
제1절 벡 컨버터의 동작원리	19
제2절 벡 컨버터의 설계	25
제3절 충방전 제어기 구성	30
제4장 실 험	34
제1절 시스템 구성	34
제2절 실험 결과 고찰	38
제5장 결 론	41

참고문헌

List of Tables

Table 1. Compare Ni-MH with lead and Ni-Cd battery	11
Table 2. Application field of Ni-MH battery	17
Table 3. Module standards of a solar cell	32
Table 4. Ni-MH battery	33

List of figures

Fig. 1	The basic principle of photovoltaic	4
Fig. 2	The photovoltaic effect in P-N junction	5
Fig. 3	The I-V characteristics of a solar cell compared to a diode ...	5
Fig. 4	Block diagram of stand alone PV system	6
Fig. 5	Block diagram of unidirectional utility line connection type	7
Fig. 6	Ni-MH battery	10
Fig. 7	Charge/Discharge mechanism of Ni-MH battery	13
Fig. 8	Battery capacity calculation process	18
Fig. 9	The equivalent circuit of buck converter	19
Fig. 10	A basic waveform of buck converter	21
Fig. 11	Buck converter of Ni-MH battery for control by output voltage	25
Fig. 12	An electric charge/discharge system structure	29
Fig. 13	The charge/discharge circuit	30
Fig. 14	Temperature compensation circuit	31
Fig. 15	PV system configuration	33
Fig. 16	Charge/Discharge control circuit and DC/DC converter ..	34
Fig. 17	Terminal box	35
Fig. 18	A stand-alone PV system	35
Fig. 19	PV output characteristics	36
Fig. 20	Operating result of Ni-MH battery	37
Fig. 21	Battery charge voltage and current	38
Fig. 22	Battery discharge voltage and current	38

ABSTRACT

The Stand-Alone Photovoltaic System apply to Ni-MH Battery

Nam-In Jeong

Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.

Department of Electrical Engineering,

Graduate School of Chosun University

Photovoltaics is clean energy which is unlimited energy, no air pollution, no noise, no vibration, unlike existing to use the fossil energy fire power development method.

The stand-alone PV system apply to the satellite and the palisade. But recently PV is adapted education, streetlight, pump and toy to educate. The stand-alone PV system need energy store equipment like battery when PV is impossible development like night and raining day. The stand-alone PV system has been used to lead battery and Ni-Cd battery.

But a lead battery is heavy because of a low energy density and weak the durability at over charge/discharge of high current. And a using temperature band is 0~30°C required comparison temperature unit facilities. A remains heavy metal's lead is a main bow material and continuous discharge of the sulfuration gas injurious with a

power supply equipment corrosion of the circumstance at the human body activity and battery life is short.

So, USA and Japan has been studied the secondary battery instead of existing battery from 1980s, Ni-MH battery is representative secondary battery. Ni-MH battery is changed by metal hydride from Cd electrode in Ni-Cd battery. Ni-MH battery didn't use harmful material and show 1.2V~1.3V discharge. So Ni-MH battery has have no memory effect, 1.5~2 times of the capacity compare with Ni-Cd and compatible with Ni-Cd battery.

This paper try to present safety and reliability of the stand-alone system adapted of Ni-MH battery. And then this paper study charge/discharge characteristic and make charge/discharge controller to have temperature compensation facility using by microprocessor.

So, this paper propose a tech to do upgrade system efficiency, safety and reliability of the stand-alone PV system.

제1장 서론

현재 인류가 가장 널리 이용하고 있는 전기 에너지의 대부분은 화력발전이나 원자력 발전을 통해서 얻고 있다. 하지만 최근 급속한 산업의 발달과 생활 수준의 향상으로 전력수요의 지속적인 증가와 화석에너지의 고갈, 환경오염 문제 등으로 신재생에너지의 개발을 필요로 하고 있다. 각 선진국에서는 이러한 이유로 태양광 발전에 관한 연구 및 보급 사업을 정부 주도로 강력하게 추진 중이다. 우리나라에서도 태양광, 풍력, 연료전지를 3대 중점사업으로 신재생에너지의 개발 및 보급에 힘쓰고 있다.

신재생에너지 중 태양광발전(Photovoltaics)은 반도체 소자인 태양전지의 광기전력 효과를 이용하여 빛 에너지를 전기 에너지로 변환함으로써 화석 에너지를 사용한 기존의 화력발전 방식과는 달리 무한정한 에너지원, 대기오염, 소음, 진동 등의 공해가 전혀 없는 깨끗한 에너지원이다. 또한 연료의 수송, 기계적 가동, 국부적 고온, 고압부가 없어 발전설비의 유지관리가 용이하고, 수명이 길며, 설비규모의 선택과 설치공사가 쉬운 장점을 가지고 있어 각광을 받고 있다. 최근 몇 년 사이에 태양광발전 산업분야의 규모는 태양전지의 저가화가 실현되면서 매년 30% 이상의 증가율을 보이고 있다. 그러나 기존 화력발전 방식에 비하여 발전단가가 높고 태양 에너지 밀도와 태양광발전시스템의 변환효율이 낮아 넓은 설치면적이 요구될 뿐 만 아니라 기상 등에 많은 영향을 받는 특성이 있다.^[1]

태양광 발전은 전원계통과 연계하여 보완적으로 사용되는 계통 연계형과 단독으로 사용되는 독립형으로 구분된다. 독립형 태양광발전시스템은 초창기에는 인공위성이나 군사용에 국한되어 주로 적용되었으나 최근에는 등대, 교육용 응용제품, 가로등, 펌프 및 학습용 완구 등 광범위한 분야에 응용되어 활용되고 있다. 독립형의 경우 야간이나 우천시와 같이 발전이

불가능한 시간에도 정상적으로 사용하기 위해서는 배터리와 같은 에너지 저장장치가 필요하다. 독립형 태양광발전시스템 구성에 있어 축전지의 경우 지금까지 납축전지, Ni-Cd전지 등이 사용되어 왔다. 하지만 납축전지의 경우 단위중량당 에너지 밀도가 낮아 축전지의 전체 무게가 무겁고, 산업용으로써 대전류의 과충방전에 내구성이 취약하다. 또 사용온도 대역이 0~30℃로 온도대비 부대설비가 요구 되며, 유해 중금속이 납이 주요 활물질이며 축전지 사용시 황화가스의 지속적인 배출로 주변의 전원장비 부식과 인체에 유해한 작용을 하고 수명이 짧다. 그리고 Ni-Cd전지의 단점으로는 가격이 비싸고 유해 중금속인 카드뮴을 음극 활물질로 사용해 환경적으로 문제가 된다. 또 방전 후 재 충전시 반드시 균등 충전으로 정격 전압 대비 150% 과충전이 필수로 년 2회 전해액 보충이 필요하다.

하지만, Ni-MH 전지는 Ni-Cd 전지에서 Cd 전극을 수소저장합금(Metal Hydride)으로 대체한 전지이다. Ni-MH 전지는 유해 물질을 사용하지 않고 방전 전압이 1.2V~1.3V로 Ni-Cd 전지와 유사하여 호환이 가능하며 Ni-Cd 전지와 비교하여 용량은 1.5~2배에 이르고 기억효과(Memory effect)가 거의 없는 장점을 가지고 있다.^[2]

따라서, 본 논문에서는 대기 오염 물질의 방출이 적고, 소음이 적은 환경 친화적인 Ni-MH전지를 독립형 태양광발전시스템에 적용하기 위해서 마이크로프로세서를 이용하여 온도보상기능을 갖는 충방전 제어기를 설계하고 충방전 특성에 대한 고찰을 통하여 독립형 태양광발전시스템의 효율과 안정성 및 신뢰성을 개선시킬 수 있는 기술을 제안하고자 한다.

제2장 이론적 배경

제1절 독립형 태양광 발전 시스템

1. 태양전지의 원리

태양전지는 화학반응을 이용한 화학 전지와 다른 반도체를 이용한 고체 물리전지이며, 광기전력 효과(Photovoltaic effect)를 이용하여 직접 전기 에너지로 변환시키는 반도체 소자로써 태양전지 구조는 단결정 규소 태양전지의 경우 Si에 5가 원소(P, As, Sb) 등을 침투시켜 만든 N형 반도체와 3가 원소(B, Ga) 등을 침투시켜 만든 P형 반도체로 이루어진 P-N접합 구조로 되어 있다.

P형 반도체와 N형 반도체가 하나의 단결정으로 접합되면 불순물의 농도차에 의해서 N형 반도체가 P형 반도체로 확산해 가고 정공은 P형에서 N형으로 확산됨에 따라 P형 반도체의 전도대 내부에 있는 전자에너지 레벨인 페르미준위는 N형 반도체보다 높아지고 N형 반도체의 가전자대 내부에 있는 정공이 갖는 에너지는 P형 반도체보다 높아지게 되어 내부에 전위차가 발생한다.^[3]

그림 1과 같이 P-N접합 반도체에 태양광이 입사되면 가전자대의 전자는 광에너지를 흡수하여 전도대에 유기되어 자유전자로 되고 전자가 여기된 후의 가전자대에는 정공이 생겨 전자는 N형 반도체에 정공은 P형 반도체로 이동하여 N층과 P층을 각각 음극과 양극으로 대전시키는 광기전력 효과에 의해 기전력을 발생한다.

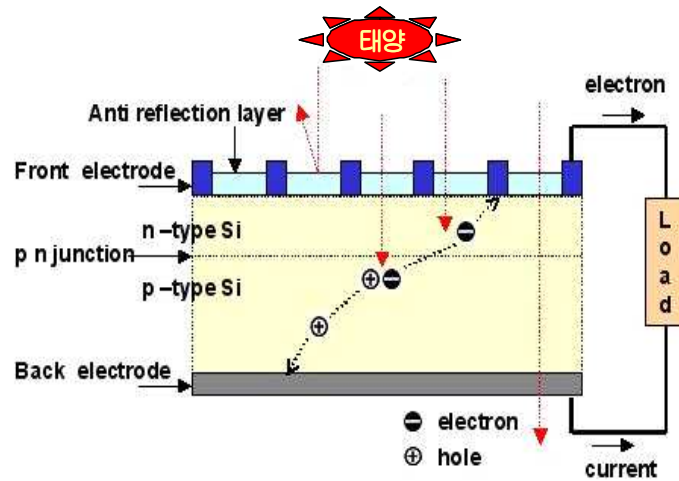


Fig. 1 The basic principle of photovoltaic

광기전력 효과란 금지 대영역이 E_g 인 P-N 접합에 빛을 조사시킬 때 E_g 보다 큰 에너지를 가진 입사광자에 의해서 전자 정공쌍이 생성되어 접합 양단에 광기전력이 발생하는 현상이다.

그림 2 (a)에서 외부회로를 단락하면 입사광량에 비례한 광전류가 외부 회로에 흐르게 되는데 이때 이 전류를 단락전류(I_{sc})라 한다. 또한 그림 2 (b)에서와 같이 P-N 접합의 양단을 개방하면 전자와 정공이 각각 N, P 층으로 유입됨으로서 N 층의 페르미 준위가 P 층의 페르미 준위에 비해 약간 올라가 양쪽의 페르미 준위에는 V_{oc} 만큼의 전압차가 생긴다. 이 값은 외부로부터 관측될 수 있으며 이를 개방전압(V_{oc})이라 한다.^[4]

태양전지는 넓은 면적의 다이오드로 볼 수 있으므로 이것의 전압-전류 특성곡선은 암 상태에서의 다이오드 전류-전압 곡선에 광전류를 중첩시키면 된다. 즉, 암 상태에서의 다이오드 전압-전류 곡선을 아래쪽으로 광전류 I_{ph} 만큼 이동시키면 된다.

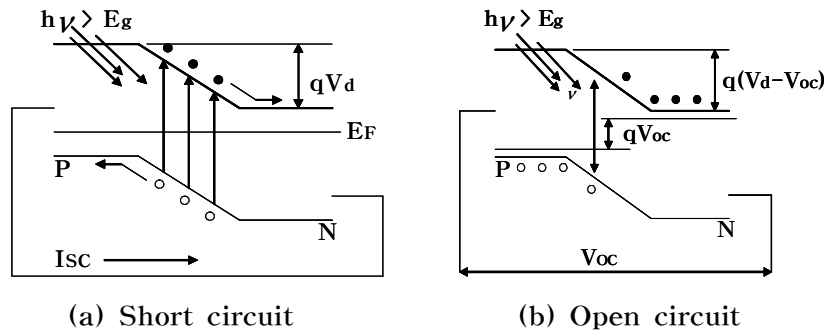


Fig. 2 The photovoltaic effect in P-N junction

그림 3은 태양전지의 동작곡선을 나타낸다. 다이오드에 인가되는 전류에 대한 해석은 식 1과 같다.

$$I = I_{ph} - I_d \tag{1}$$

여기서, I_{ph} 는 광전류 이고, I_d 는 다이오드 전류이다.

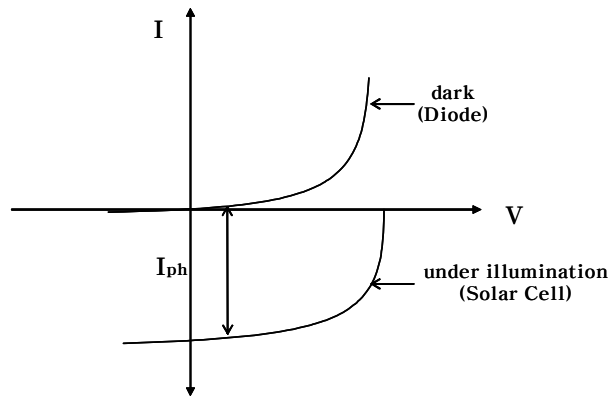


Fig. 3 The I-V characteristics of a solar cell compared to a diode

2. 독립형 태양광발전 시스템 구성

독립형 태양광발전시스템은 전력계통으로 부터 전력을 공급 받지 못하는 낙도나 산간벽지, 무인등대, 무인중계소등에 축전지나 인버터를 이용하여 DC부하 또는 AC부하에 전력을 공급하는 시스템이다.

독립형 태양광발전시스템의 구성은 그림 4에서 보는 바와 같이 과전압 안정회로를 부착한 축전지 저장방식으로 인버터 내에 과전압 보호장치가 설치되어 있어 항상 일정전원을 축전지에 공급하여 운전하는 시스템이다.

Fig. 4 Block diagram of stand alone PV system

독립형 태양광발전시스템에는 Back-up system을 보완시킨 축전지 저장장식을 사용하며 축전지 전력이 떨어질 경우 Back-up system으로 축전지를 충전하여 운전하므로 태양전지와 축전지를 최악조건에 맞추어 충분하게 설치하지 않아도 되며 직류부하용 시스템으로서는 가장 이상적이고 효율적인 시스템이다, 독립형 태양광발전시스템은 축적설비를 가지고 있으며 계통선과 분리되어 있기 때문에 시스템에서 발생된 무효전력이나 유효전력 그리고 고조파는 전력계통선에 영향을 끼치지 않는다. 그러나

축적설비가 고가이고 넓은 설치공간을 필요로 하며 축전지의 액 보충, 유출, 폭발과 같은 문제점이 있다. 또한 태양전지에 축전지를 직접 병렬로 연결하여 사용하는 경우 축전지의 전압동요가 태양전지의 동작점을 이동하게 하여 최대전력을 얻는 것이 불가능하며, 축전지의 충방전 손실이 발생하게 되어 효율이 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

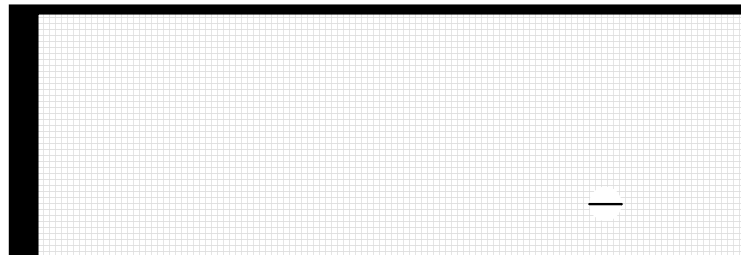


Fig. 5 Block diagram of unidirectional utility line connection type

제2절 전력저장장치

1. 전력저장장치의 종류

가. 납축전지

납축전지는 19세기 중엽에 등장한 이후, 150년 이상의 역사를 가진 전지이다. 1950년대 흡수반응 사이클을 이용한 밀폐계의 전지가 발명되고, 1960년대에는 포터블기기에 적합한 보수를 필요로 하지 않는 전지도 개발되어 각종 백업 전원 및 포터블 TV 등에 사용되었다. 그 후, 무정정 전원장치(UPS), 비상 조명 등에 사용되어 왔으며 현재 자동차의 시동용 전원에 가장 많이 사용되고 있으며 산업용 분야와 군용으로 많이 쓰이고 있다.

납축전지의 장점은 가격이 싸고 저 방전용으로 적합하며 오랜 기간 동안 사용되어 검증된 제품이다. 단점으로는 단위 중량당 에너지 밀도가 낮아 축전지의 전체 무게가 무겁고 대전류의 과 충전의 내구성이 취약하다. 사용온도 대역이 0~30℃로 온도대비 부대설비가 요구되며 수명이 짧아 충전 사이클이 최대 500회 정도이다. 그리고 유해 중금속인 납이 주요 활물질이기 때문에 주변의 전원장비 부식과 인체에 유해한 작용을 한다.^[5]

나. Ni-Cd 전지

1899년 용그나에 의해서 양극에 니켈, 음극에 카드뮴을 사용하는 전지

로 발명되었으나 건전지나 납축전지에 비해 재료가 고가였기 때문에 실용화가 늦어졌다. 전지의 구조는 포켓 또는 튜브라고 불리우는 금속용기에 활물질을 충전한 구조였으며, 1928년에 독일의 아카만 등에 의하여 니켈 분말을 소결하여 얻는 니켈 다공체 활물질을 충전하는 소결식 극판의 발명이 이루어져 급속하게 발전하였다.

Ni-Cd전지는 기존의 전지에 비해 온도 특성이 뛰어나고, 장수명이며 우수한 출력특성을 갖는다. 따라서 납축전지를 대체하여 중, 대형의 전지로서 산업용, 군수용 시장에 진입하였다.

Ni-Cd 전지의 장점으로는 대전류의 과충방전에 내구성이 강하고, 고방전용에 적합하다. 사용온도 대역이 $-25\sim 55^{\circ}\text{C}$ 로 매우 넓고, 장 수명 전지이다. 단점으로는 가격이 비싸고 유해 중금속인 Cd(카드뮴)을 음극 활물질로 사용하여 친환경적이지 못하고, 방전 후 재충전시 반드시 균등 충전으로 정격 전압대비 150% 과충전이 필수로 년 2회 전해액 보충이 필요하다.^[6]

다. Ni-MH 전지

Ni-MH전지는 양극에 Ni-Cd 이차전지와 같은 니켈 산화물을, 음극에 활물질인 수소를 전기화학적으로 흡장하고 방출할 수 있는 수소흡장 합금을, 전해액으로는 고농도의 수산화칼륨을 이용한 2차전지이다. 수소흡장 합금은 열, 수소압력, 전위에 따라 수소를 흡장하고 방출할 수 있는 합금으로서 에너지의 저장과 수송 등 여러 가지 응용이 연구 개발되어 왔다. Ni-MH전지는 합금의 전위를 변화시킴으로써 수소의 흡장과 방출이 가능한 기능을 이용한 것이다.

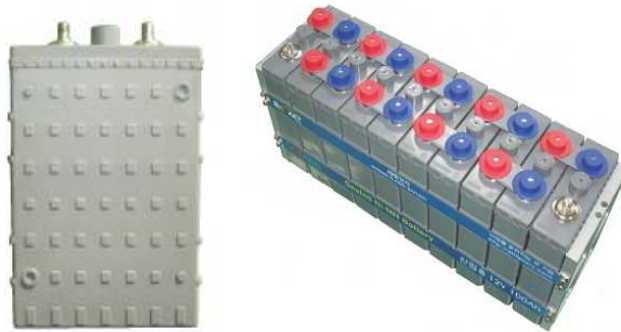


Fig. 6 Ni-MH battery

밀폐형 Ni-MH전지의 장점으로서는 전지 전압이 1.2V~1.3V로 Ni-Cd 전지와 동일하여 호환이 가능하고 수지상 석출에 의한 달락이나 기억 효과가 거의 없다. 또 표 1에서 보는 바와 같이 단위 체적당 에너지가 우수하고, Ni-Cd 전지보다 1.5배 출력밀도가 우수하며 넓은 온도 범위(-40℃~55℃)에서의 사용이 가능하다. 또 회복 충전특성이 우수하며, 수명이 종료될 때까지 규정 용량이 유지되고 급속 충전 및 대전류 방전에 우수하다. 완전 밀폐형으로 수명 종료시까지 보액이 필요가 없고, 친환경적이고 과충전이나 충전 조작 잘못에 의한 가스 발생에도 안전밸브가 장착되어 있어 안정성도 뛰어나다.^[7]

Table 1. Compare Ni-MH with lead and Ni-Cd battery

항목		Ni-MH전지		액식Ni-Cd	납축전지
		밀폐형 Ni-MH	액식 Ni-MH		
제품용량(Ah)		100	100	100	100
공칭전압(V)		12	12	12	12
제품 중량(kg)		18	115	110	40
제품 체적		7.7	75.5	75.5	24.9
제품 치수 (mm)	길이	116	171	170	443
	폭	36	120	120	237
	총높이	175	368	370	237
에너지 밀도	중량밀도 (Wh/kg)	66.7	10.4	10.9	30
	체적밀도 (Wh/cm ³)	155.9	15.9	15.9	48.2

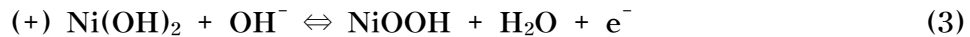
2. 전지의 충전 원리

Ni-MH 전지는 음극에 수소저장합금(M), 양극에 수산화 니켈 ($\text{Ni(OH)}_2/\text{NiOOH}$)이 사용되며, 분리막으로는 Ni-Cd전지와 같은 내알칼리성의 나일론 부직포, 폴리프로필렌 부직포 및 폴리아미드 부직포 등이 사용되고 있다. 또한 전해질은 이온전도성이 최대로 되는 5~8M KOH 수용액이 사용되고 있다.

한편, 평형수소해리압(P_{H_2})과 전위(E)와의 관계는 다음과 같다.

$$E = -0.93 - 0.029 \log P_{\text{H}_2} \quad (\text{vs. Hg/HgO, 6M KOH}) \quad (2)$$

이와 같은 전지반응과 전압을 LaNi_5 에 대하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.



$$E^0 = +0.39\text{V}$$



$$E^0 = -0.93\text{V}$$



$$E^0 = 1.32\text{V}$$

실제로는 내부저항 등에 의하여 방전전압이 감소하므로 약 1.2V 정도로 나타난다.

Ni-Cd 이차전지의 전지반응과는 달리 Ni-MH 이차전지에서는 충전시에는 양극으로부터 음극으로, 방전시에는 그 반대로 수소원자가 이전할

뿐, 전해액량과 그 것의 농도의 증감을 수반하지 않는다. 전해액 속의 OH^- 는 양극과 음극의 반응에 관여하나 전지반응으로서는 OH^- 의 증감은 없다. 반응생성물은 양극과 음극에서 다 같이, 실제 전지에서는 앞서의 반응식과 같이 간단하지는 않으나, 그림 7에서 보는 바와 같이 충전시의 양극에서는 수산화니켈 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 가 산화되어 옥시수산화니켈 NiOOH 와 물이 생성된다. 한편 음극에서는 물이 환원되어 수소흡장합금의 표면에서 수소원자가 생성되고, 이 수소원자가 수소흡장합금 속에 흡장되어 금속수소화물이 되는 반응이 일어난다. 방전반응은 이와 반대의 과정을 밟는다.

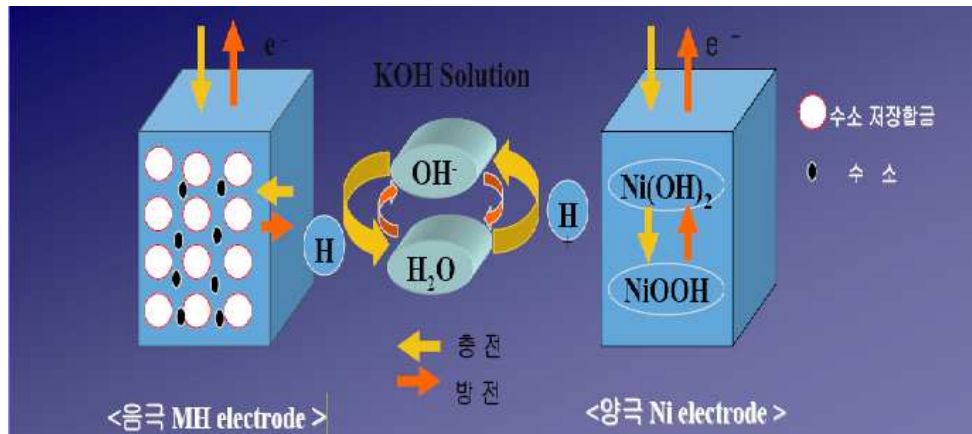
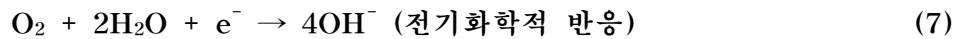
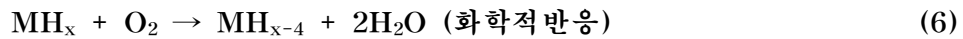


Fig. 7 Charge/Discharge mechanism of Ni-MH battery

단위중량당 단위체적당의 이론 에너지 밀도는 음극에 LaNi_5H_6 를 사용한 경우, 275Wh/kg , 1.134Wh/cm^3 이다. 음극활물질이 수소이기 때문에 합금을 고밀도로 채운 음극에서도 수소의 흡장과 방출 반응이 원활하게 진행되어 실제의 전지에서도 Ni-Cd 이차전지보다 높은 에너지 밀도를 만들 수 있다.

밀폐화 원리는 기본적으로는 Ni-Cd 이차 전지와 같다. 수소흡장합금

음극의 용량을 양극의 그것보다 충분히 크게 하여(음극의 과인량을 충전 리서브라 한다), 과충전시에 양극으로부터 발생하는 산소가스에 대하여 다음과 같은 화학적 혹은 전기화학적 반응에 의하여 수소흡장합금이 환원하여 물로 뒤돌려 전지의 내부압력을 일정하게 유지하는 결과, 전지의 밀폐화가 가능하게 된다.^[8]



화학적 반응과 전기화학적 반응의 비율은 명확하게 밝혀져 있지 않으나, 음극재료 조성과 구조, 음극제조법, 전기설계 등의 조건에 따라 달라진다. 양극에서 발생한 산소가스를 음극에서 신속하게 흡수시키기 위하여 Ni-Cd 이차전지와 같이, 가스투과성이 우수한 세퍼레이터가 사용되고 있다. 또한 가스투과성과 음극표면에서의 반응성을 좋게 하기 위해서는 밀폐 전지 내 전해액량의 제한이 필요하다. Ni-Cd 전지와 다른 점은 상온, 대기압 부근에서 음극의 수소흡장전위가 수소발생전위와 접근해 있기 때문에 급속 충전의 경우에는 충전 리서브를 설치하여도 음극으로부터의 수소가스가 발생하는 경우가 있다. 그래서 음극표면에 발수성을 띠게 함으로써 수소흡장합금 표면의 고체-기체 계면을 형성시켜, 이 부분으로부터 발생한 수소를 직접 흡수하도록 하고 있다. 음극에는 그 일부를 미리 충전상태(방전 리서브라 부른다)로 만들어 놓는 전지구성법이 일반적으로 채용되고 있다. 방전 리서브를 설치함으로써 방전시에 양극용량을 규제할 수 있게 되어 수소흡장합금의 구성 원소 용출과 산화가 방지된다.^[9]

3. Ni-MH 전지

가. 충전 특성

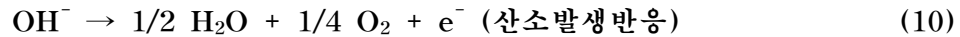
밀폐형 Ni-MH 이차전지는 앞서 기술한 바와 같이 음극용량을 양극용량보다 크게 하여 충전리서브를 설치함으로써 과충전시에 양극으로부터 발생하는 산소가스를 음극의 수소와 반응시켜 물로 뒤돌릴 수 있다. 또한 충전 분위기 온도와 조건에 따라 음극으로부터 수소가스가 발생하는 경우에도, 음극의 계면을 부분적으로 소수성으로 만들어 다음 식에 따라 발생하는 수소가스를 직접 수소흡장합금 속에 흡장시킬 수가 있다.



이상과 같이 과충전이나, 서로 다른 충전상태에서 대전류가 가하여져 산소 가스나 수소가스가 발생하여도 산소가스는 물이 되고 수소가스는 수소흡장합금 속에 흡장되기 때문에 전해액조성이나 활물질에 변화가 없다는 점이 우수한 전지이다. 따라서 가반형 기기용으로는 급속충전(1시간 이내)이 가능하며 Ni-MH 전지는 회생충전 성능을 충분히 갖춘 것으로 보인다.^[22]

Ni-MH 전지에서 사용하고 있는 니켈 양극은 45 °C 정도의 고온이 되면 아래 식과 같은 충전반응 이외에, 산소발생 반응이 경쟁적으로 일어나기 때문에 충전효율이 저하된다.





이것은 니켈 양극의 산소발생과전압이 고온이 되면 저하하기 때문이다. 이 과전압의 저하를 방지하기 위하여 수산화니켈이나 양극에 첨가제, 전해액 조성 등이 검토되고 있다. 양극에 코발트를 첨가하면 니켈양극의 평형전위를 낮추어 고온에서의 충전효율을 향상시키는 효과가 나타난다. 또한 전해액에 리튬이온을 첨가하면 니켈 양극의 산소발생 과전압을 증가시켜 고온시의 충전특성을 높이는 효과가 있는 것도 알려져 있다.

나. 방전특성

음극에 사용하고 있는 수소흡장합금은 활물질인 수소를 다량으로 고효율로 흡장하고 방출할 수 있으면서 수산화카드뮴의 2배정도의 비중을 가지고 있어서 체적밀도는 Ni-Cd 이차전지의 1.5~2배 이상이 된다. 개발 초기에는 체적밀도는 175Wh/cm³(4/5 A사이즈)이었으나, 약 10년에 2배인 350Wh/cm³으로 향상되고 있다. 고에너지 밀도화는 수소흡장합금과 양극 활물질의 고성능화에 추가하여 유효반응체적의 증가, 활물질 충전량의 증가 등 기계적 설계면의 개량으로 달성되고 있다.

또한 전지계통은 다른 충전상태(SOC : State of Charge)에서 안정된 출력특성을 나타낸다. 폭 넓은 SOC범위에서 양극과 음극의 고상 내 수소이온의 확산이 빠르고, 양극 활물질과 음극의 수소흡장합금 표면의 활성화분극특성이 변화하지 않으며, 전해액농도가 일정하다는 특성에 기인한다. 더욱이 대전류 방전을 한 경우, 양극과 음극의 활성화분극은 적고, 고농도의 알칼리 수용액을 사용하고 있기 때문에 농도분극은 거의 일어나지 않아 전지설계조건을 연구하기에 따라 고출력화가 가능하다.^[10]

표 2는 Ni-MH 전지의 적용되는 분야에 대해 나타내고 있다.

이상과 같이 Ni-MH전지는 에너지밀도, 출력특성, 1,000회 이상의 충방전 사이클이 긴 수명을 갖는 회생충전특성과 같은 특성이 우수하고, 친환경적이며 안전성과 리사이클 특성에서도 우수한 전지이다.

Table 2. Application field of Ni-MH battery

무정전 전원장치(UPS)	충전기/정류기	대체에너지
엔진 및 DC MOTOR 구동용	인버터 부하용	비상등
비상용 엘리베이터 구동	통신 시스템	보안 장비
조선소/항만	발전소/변전소	무인기지국
AGV(무인대차)	로봇제어	전기 자동차 /하이브리드 자동차
지게차/골프카/휠체어	항공산업	조명시스템
국방용	분산전원시스템	

다. 전지의 용량

축전지는 직류 전원이므로 발전기에 비하여 담당하는 부하의 종류가 한정되어 있으며, 정전중 연속적으로 축전지의 방전을 필요로 하는 부하(비상등, 표시등)와 정전중 불연속으로 축전지의 방전을 필요로 하는 부하(제어조작용 릴레이 등)로 나눌 수 있다. 그림 8은 축전지 용량계산 절차이다.

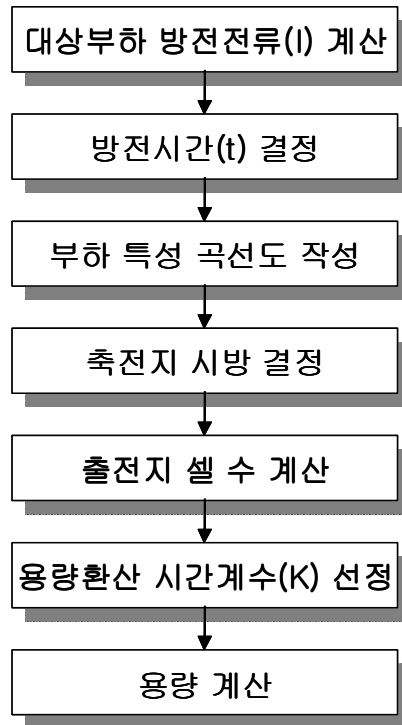


Fig. 8 Battery capacity calculation process

방전전류(I)는 축전지가 부담해야할 부하용량으로부터 방전전류를 구한다. 부하의 종류에 따라 방전시간을 정한 후에 비상용 조명부하 외에 차단기 조작용, 릴레이, 파일럿 램프 등의 각 부하 방전전류 및 필요방전시간을 이용하여 부하 특성곡선을 작성한다. 여기서 유의할 사항은 실제로 전류의 증감이 일어날 수 있다고 생각되는 범위 내에서 방전의 마지막 시간에 큰 방전전류가 사용됨을 가정해 두어야 하며, 전말기의 최저 조건시에 대전류가 필요한 경우에도 작동할 수 있어야하기 때문이다.^[11]

축전지 용량산정은 식 11과 같다.

$$\text{축전지 용량} = \frac{\text{일부하량} \times \text{부조일수(일)}}{\text{사용전압} \times \text{방전심도} \times \text{충방전효율}} \quad (11)$$