

가로등용 독립형 태양광발전시스템의 특성에 관한 연구

박정국*, 최연옥**, 이강연**, 백형래**, 조금배**
 기영미다스*, 조선대학교**

A study on the characteristics of Stand-Alone PV system for Street Lamp

Z.G Piao*, Y.O. Choi**, K.Y. Lee**, H.L. baek**, G.B. Cho**
 Kiyong midas*, Chosun University**

Abstract - 본 논문에서는 Ni-MH전지를 가로등용 독립형 태양광발전 시스템의 전력저장장치로 적용하고 충방전제어기를 설계하고 시스템을 구성하여 운전특성을 분석하였다.

태양전지모듈은 170W Sanyo사의 HIP-170N1을 사용하였고 전력저장 장치는 Ni-MH 전지를 적용하였으며 부하인 가로등용 램프로는 24V, 45W 삼과장 램프를 사용하여 가로등용 독립형 태양광발전 시스템을 구성하였다. 또한 충방전 제어기를 구성하여 Ni-MH 전지의 충방전 특성을 분석하였다.

Ni-MH 전지의 충방전 전압은 27V 좌우로 안정적으로 충방전이 되고 있음을 알 수 있었으며 충전지의 온도 상승도 15시 이후에 최고 35℃로 나타났다. 이는 Ni-MH전지에 적용한 충전 시스템이 온도에 의하여 충전 말기 전압을 제어하기 때문으로써 충전지의 과충전 현상을 방지하여 충전지의 수명을 증가할 수 있을 것으로 판단되어진다.

1. 서 론

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 우천 시와 같이 발전이 불가능한 시간에도 정상적으로 사용하기 위해서는 배터리와 같은 에너지 저장장치가 필요하며 지금까지 납축전지, Ni-Cd전지 등이 사용되어 왔다. 하지만 납축전지의 경우 단위중량당 에너지 밀도가 낮아 충전지의 전체 무게가 무겁고, 산업용으로써 대전류의 과충/방전에 내구성이 취약하다. 또 사용 온도 대역이 0~30℃로 온도대비 부대설비가 요구 되며, 유해 중금속인 납이 주요 활물질이며 충전지 사용 시 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.[1][2]

따라서 기존의 전지를 대체할 차세대 2차 전지에 대한 연구가 미국, 일본을 중심으로 1980년대 중반부터 꾸준히 진행되어 왔으며, 그 중 대표적인 2차 전지가 Ni-MH 전지이다. 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 가능하여 Ni-Cd 전지와 비교하여 용량은 1.5~2배에 이른다.

따라서 본 논문에서는 Ni-MH전지를 가로등용 독립형 태양광발전시스템의 전력저장장치로 적용하고 충방전제어기를 설계하고 시스템을 구성하여 운전특성을 분석함으로써 독립형 태양광발전시스템의 효율과 안정성 및 신뢰성을 개선시킬 수 있는 기술을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

독립형 PV시스템에 적용되는 2차전지는 효율이 높아야 하고 수명이 길어야 한다. Ni-MH전지는 기존 니켈카드뮴 전지 보다 중량 및 체적 에너지 밀도가 2배 이상 높고, 또한 사용 전압이 동일하여 대체가 용이한 장점과 차세대 전지인 리튬전지와 비교하면 안전성과 신뢰성이 우수한 환경 친화적인 전지이다.

Ni-MH 2차전지는 pocket-type의 개방형과 paste-type의 밀폐형이 있는데 후자의 경우가 전자의 경우에 비해 에너지 밀도면에서 월등히 우수하다. 따라서 pocket-type 개방형 Ni-MH전지는 에너지 밀도가 그다지 중요시되지 않는 정치형 산업용에만 사용되고 있는 반면, paste-type

밀폐형 Ni-MH전지는 산업 일반용뿐만 아니라 분산전원용 태양광 및 HEV용으로 적합하다. Ni-MH 차전지는 내구성, 낮은 방전율, 고 안전성, 저온 특성이 우수하다.[3][4]

따라서 본 논문에서는 기존 납축전지에 비하여 체적 에너지 밀도 및 효율이 우수한 밀폐형 Ni-MH 전지를 적용하여 가로등용 독립형 PV시스템을 구성하였으며 그림 1은 가로등용 독립형 PV 시스템의 구성도를 나타내고 있다.



<그림 1> 가로등용 독립형 PV 시스템 구성도

태양전지모듈은 170W Sanyo사의 HIP-170N1을 사용하였고 전력저장 장치는 Ni-MH 전지를 적용하였으며 부하인 가로등용 램프로는 24V, 45W 삼과장 램프를 사용하였다. 표 1과 2는 본 시스템에 적용된 태양 전지 모듈과 밀폐형 Ni-MH 전지의 파라미터를 나타내고 있다.

<표 1> 태양전지 모듈 파라미터

파라미터	세부 사항
최대출력(Pmax)	170W
단락전류(Isc)	3.65A
개방전압(Voc)	45.2V
최대출력전류(Ipmax)	4.74A
최대출력전압(Vpmax)	35.9V
치 수	1443 × 812 × 35 mm
중 량	14 kg

<표 2> 밀폐형 Ni-MH 전지 파라미터

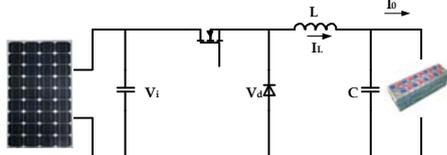
구 분	밀폐형 Ni-MH전지	
전지 Type	밀폐식	
용 량	12V, 80Ah	
제품 치수	길 이	390
	폭	124
	총 높이	177
체 적	8.56 ℓ	
중 량	16.2 kg	

Ni-MH전지는 밀폐식 12V, 80Ah로 2개를 직렬 연결하여 24V, 80Ah로 구성하였다. 체적은 8.56ℓ이며 중량은 16.2kg이고 수명은 8년 정도이며 용량 보존율이 우수하여 장기 방치시에도 성능이 100% 회복된다. 그리고 완전 밀폐형으로 수명 종료시까지 보액이 필요가 없고, 친환경적이고 과충전이나 충전 조작 잘못에 의한 가스 발생에도 안전밸브가 장착되어 있어 안정성에도 뛰어나다.

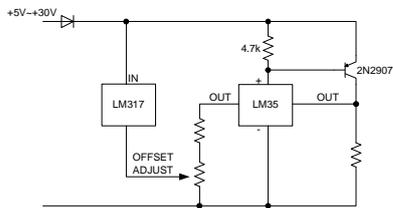
2.2 충방전 제어기

소형 독립형 PV 시스템의 경우 전지의 종류를 고려하지 않고 상용화 중인 저가용 충전기를 이용하여 사용함으로써 여름철에 설정 전압이 높아져 과 충전되는 현상과 겨울철에는 설정 전압이 낮아져 충전이 되지 못하는 현상이 발생하며 이는 축전지 수명을 단축시키는 직접적인 원인으로 작용한다. 특히 밀폐형 Ni-MH 전지는 충전 분위기 온도 및 충전 전류에 대하여 전압 거동이 상이하기 때문에 전용 충전제어기가 필요하다.

본 논문에서 Ni-MH 전지의 입력부인 PV 모듈의 출력전압이 충전전압보다 다소 높음으로 충방전제어기는 Buck 컨버터 방식으로 구성하고 충방전시 온도변화에 따른 효율 극대화를 위해 온도 변화에 따른 전압 보정을 하였다. 그림 1은 Buck 컨버터 방식의 충방전 제어기 회로도를 나타내고 그림 2는 온도보상 회로를 나타내고 있다.



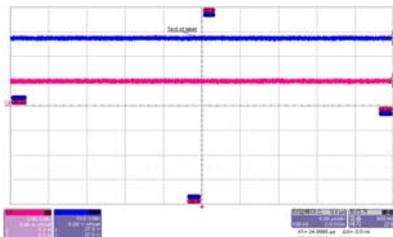
〈그림 1〉 Buck 컨버터 방식의 충방전 제어기



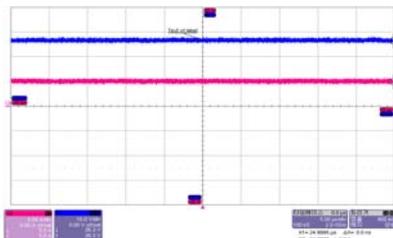
〈그림 2〉 온도보상 회로

2.3 실험

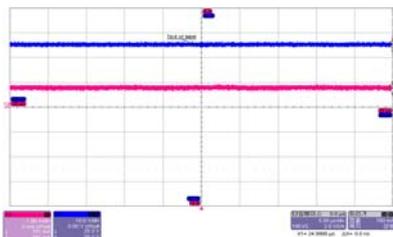
본 논문에서 구성한 가로등용 독립형 PV 시스템의 출력특성을 분석하기 위하여 PV 출력특성 및 Ni-MH 전지의 충방전 특성을 분석하였다. 그림 3은 화창한 날 충전시 PV 출력 전압 및 전류 특성을 나타내고 그림 4, 5는 Ni-MH 전지의 충방전 전압 및 전류 특성을 보여주고 있다. 그림 4에서 Ni-MH 전지의 충방전은 충방전 제어기에 따라 27V 좌우로 안정적으로 충방전이 되고 있음을 알 수 있다.



〈그림 3〉 PV 모듈 출력 전압 및 전류



〈그림 4〉 Ni-MH 전지 충전 전압 및 전류

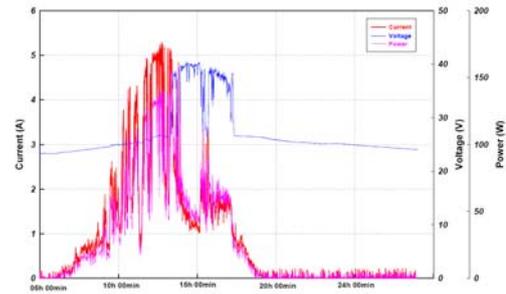


〈그림 5〉 Ni-MH 전지 방전 전압 및 전류

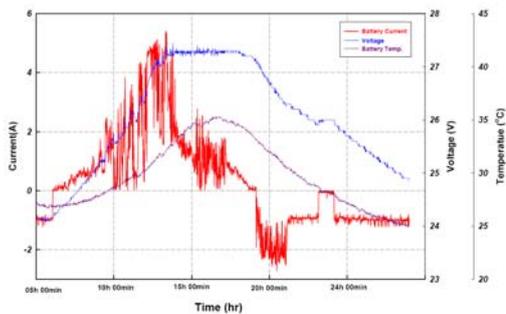
또한 독립형 태양광 발전 시스템에 원격 데이터 취득 시스템을 구축함으로써 시스템의 운영 상태에 대한 여러 가지 정보를 수집하며, 이를 이용하여 축전지 및 시스템의 효율 및 운영 방법에 대한 문제점을 파악하고자 데이터 취득 시스템에 의하여 저장된 데이터를 분석하였다.

그림 3, 4는 밀폐형 Ni-MH 전지 시스템에 대하여 2008년 8월 19일 05시 01분부터 익일 05시 00분까지 측정된 결과로서 그림 3은 밀폐형 Ni-MH 전지의 일간 태양전지의 출력 전압, 전류 및 전력을 보여주고 있으며, 그림 4는 밀폐형 Ni-MH 전지가 하루동안 충전 및 방전되는 전류, 전압 및 축전지 온도를 나타내고 있다.

그림 7의 Ni-MH 전지의 충전 패턴을 보면 약 27V 부근에서 정전압 충전 방식을 확인할 수 있었으며 축전지의 온도 상승도 15시 이후에 최고 35°C로 나타난다. 이는 Ni-MH 전지에 적용한 충전 시스템이 온도에 의하여 충전 말기 전압을 제어하기 때문으로써 축전지의 과충전 현상을 방지하여 축전지의 수명을 증가할 수 있을 것으로 판단되어진다.



〈그림 6〉 일일 PV 모듈 출력 패턴



〈그림 7〉 일일 Ni-MH 전지 운전 패턴

3. 결 론

본 논문에서는 Ni-MH 전지를 가로등용 독립형 태양광발전시스템의 전력저장장치로 적용하고 충방전제어기를 설계하고 시스템을 구성하여 운전특성을 분석하였다.

충방전 제어기를 구성하여 Ni-MH 전지의 충방전 특성을 분석한 결과 27V 좌우로 안정적으로 충방전이 되고 있음을 알 수 있었다. 또한 축전지의 온도 상승도 15시 이후에 최고 35°C로 나타났으며 이는 Ni-MH 전지에 적용한 충전 시스템이 온도에 의하여 충전 말기 전압을 제어하기 때문으로써 축전지의 과충전 현상을 방지하여 축전지의 수명을 증가할 수 있을 것으로 판단되어진다.

[참 고 문 헌]

- [1] Fumio Harashima and seiji Kondo, "Optimal Power Flow Control of Photovoltaic Solar Energy System", Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7-22-1, Roppong, Minato-ku, Tokyo 106, JAPAN
- [2] 오진석, 박준호, "독립형 태양광 발전 시스템 충전 제어기 개발에 관한 연구", 한국박용기관학회지, 제 28권, 제 6호, pp.916-921, 2004
- [3] 박석지, "2차전지 기술", 한국전자통신연구원, 시장보고서, pp.27-29, 2000
- [4] 松本功 외, "ニッケル・水素電池の現況と将来", OHM, 1999,2