

직렬 연결된 납축전지의 충전 전압 특성 연구

문채주*, 진종수**, 서동춘***, 정권성****, 김태곤*****, 김용구*****

*목포대학교 전기공학과(cjmoon@mokpo.ac.kr),
**목포대학교 대학원 전기공학과(jjs1807@hanmail.net),
***목포대학교 대학원 전기공학과(sdc012@hanmail.net),
****목포대학교 대학원 전기공학과(muan97@hanmail.net),
*****목포대학교 신재생에너지기술연구센터(aicode@naver.com),
*****한국폴리텍 5 광주대학(kimyg69@hanmail.net)

A Study on Characteristics of Charging and Discharging for Lead Storage Batteries in Series

Moon, Chae-Joo*, Jin, Jong-Soo**, Seo, Dong-Choon***,
Jung, Kwen-Sung****, Kim, Tae-Gon*****, Kim, Young Gu*****

*Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University(cjmoon@mokpo.ac.kr),
**Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University(jjs1807@hanmail.net),
***Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University(sdc012@hanmail.net),
****Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University(muan97@hanmail.net),
*****Research Center for New & Renewable Energy Technology, Mokpo National
University(aicode@naver.com),
*****Gwangju Campus of Korea Polytechnic V College(kimyg69@hanmail.net)

Abstract

To control the lead storage batteries it is necessary to consider the characteristics of each battery connected in series. In this study, the charging and discharging characteristics of sealed lead storage batteries 12V/1.2A was investigated one by one through experiments. The results of the experiment shows that one should consider the state of each battery to prevent overcharge or deep discharge.

Also, we designed an equipment to measure battery voltages simultaneously using micro-controller. This equipment will be useful for monitoring batteries at PV generation system.

Keywords : 납축전지(Lead Storage Battery), 충전(Charging), 방전(Discharging), 모니터링(Monitoring)

1. 서 론

납축전지는 안정된 특성과 다른 전지에 비해 상대적으로 저렴한 가격으로 가장 널리 사용되는 2차 전지이다. 최근 신재생에너지의 개발과 함께 전력 저장 장치로 많이 사용되고 있는 납축전지는 독립형 태양광 발전 시스템의 경우 주간에 생산된 전력의 일부분을 저장하여 야간에 사용될 수 있게 한다[1]. 태양광 발전 시스템은 약 20년 정도의 수명이지만 축전지의 사용 수명은 그보다 짧고, 특히 독립형 태양광 발전소가 일반 주거 시설에서 멀리 떨어진 곳에 설치되는 경우 전문 인력에 의한 관리가 어려워 축전지의 과도한 충방전으로 수명이 단축된다. 이를 방지하기 위해 축전지 전압을 측정하여 충방전 전압 제어를 하고 있으나 기존의 방법에서는 축전지 전체의 전압을 측정하여 제어하기 때문에 직렬 연결된 축전지의 개별 전지 특성 차이에 따른 제어가 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 전력 저장을 위해 직렬연결로 사용되는 납축전지 각각의 상태를 실시간으로 모니터링 하여 납축전지 상태에 따른 충전 제어와 과방전, 과충전이 되지 않도록 개별 전지의 상태를 모니터링 하는 장치를 개발함으로써 축전지의 수명을 연장하고 태양광 발전 시스템의 안정적인 운전을 도울 수 있도록 한다.

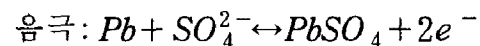
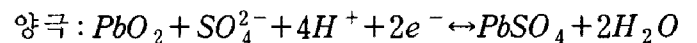
이를 위해 개별 축전지의 전압과 전류를 측정하기 위한 측정 회로부를 설계하고, 전압을 감시하고 제어하기 위해 원칩 마이크로컨트롤러를 사용한 제어회로와 제어 프로그램을 개발하였다.

2. 납축전지의 충전과 방전

납축전지는 과산화납을 양극으로 납을 음극으로 하고 비중이 1.2 정도인 묽은 황산을 전해액으로 하여 충전과 방전을 반복적으로 하여 사용할 수 있는 2차 전지이다. 납축전지는

일반 차량용으로 사용되는 것을 SLI(Start, Lighting, Ignition)배터리라고 하며 순간적으로 큰 전류를 내고 바로 충전하는 용도로 사용한다. SLI배터리는 짧은 시간에 최대한의 전지화학 반응을 할 수 있도록 매우 얇은 전극판을 치밀하게 설치하여 전극판의 면적을 한정된 전지 용기 속에 최대한 넓은 구조를 갖는다. 반면에 휠체어나 태양광 발전에 사용되는 축전지는 충전과 방전을 장시간 동안 반복하는 것으로 Deep Cycle 배터리라고 한다. 이런 용도의 축전지는 용량의 80% 이상을 방전하고 다시 충전하는 동작을 수백회 이상 반복할 수 있고 SLI 전지에 비해 전극판의 두께가 3~6배에 달한다.

축전지의 전극에 전류가 흐르면 각 전극에서 다음의 화학 반응이 일어난다.



2.1 납축전지의 방전

방전이 진행되면 음극판은 전해액의 황산과 결합하여 황산납이 되고, 양극판의 과산화납은 전해액의 황산과 결합하여 황산납이 된다. 전해액은 황산이 빠져나가 점차 물로 변한다.

2.2 납축전지의 충전

충전이 진행되면 음극판에서는 황산납의 황산이 전해액으로 되돌아가고 납이 남는다. 양극판에서는 황산납의 황산이 전해액으로 되돌아가 과산화납이 된다. 따라서 물이 증발하게 되어 물의 양이 줄어들게 되고 주기적으로 물을 보충하지 않으면 황산의 비중이 높아져 충전이 잘 안될 뿐만 아니라 극판이 손상된다.

신재생에너지의 전력 저장에 사용되는 납축전지는 무보수가 요구되고, 항상 충전이 불규칙하게 이루어지므로 충전 조건이 유리한 GEL식 밀폐식 전지가 사용된다[2][3]. 이는 정기적인 유지보수가 어려운 현실적인 이유이기도 하다. 또한, 과방전이나 급속 충전 특성이

우수해야한다. 기상 조건에 민감한 태양광 발전 시스템의 경우 그 특성상 축전지는 단시간에 정격 용량 이상의 충전이 이루어져야하고 장마 등으로 일조량이 부족할 때 과방전 가능성이 높아진다. 축전지가 과충전이나 과방전에 노출 될 경우 그 수명이 급격히 떨어지는 것으로 알려져 있으며, 과충전을 피하기 위해 Dump Load 를 사용하여 남은 전력을 소비하도록 제어하거나, 과방전시의 대책으로 엔진 발전기를 보조 전원으로 사용하거나 풍력 발전기 등과 복합적으로 구성한다.

3. 납축전지의 총방전 특성 실험

3.1 실험 장치와 방법

직렬 연결된 납축전지에서 개별 축전지의 총방전 특성을 알아보기 위해 납축전지를 직렬로 연결하여 총방전 실험을 실시하였다. 실험에 사용한 축전지는 새로 구입한 밀폐형의 용량 12V/1.2Ah 3개이다. 충전에 사용된 충전기는 전압과 전류가 조정되는 트랜스 방식의 최대 전압 60V, 최대 전류 10A의 직류전원 장치를 사용하였다. 부하는 50Ω/100W 가변저항을 사용하였다. 축전지의 총방전 특성은 온도에 영향을 받는다. 본 연구는 실온에서 실시하였다. 충전 시 초기 충전 전류는 0.6A, 충전 종료 전압은 14.3V로 설정 하였다. 방전 시 방전 종료 전압은 10.7V로 설정하였다. 전압 측정 및 총방전 제어기는 터치스크린이 포함된 제어기를 사용하여 제작 하였고, 측정 데이터는 10초 간격으로 샘플링 하여 RS232 통신으로 PC에서 저장 하였다.

본 연구의 목적은 특성이 다른 축전지가 직렬 연결될 경우 총방전 시 개별 축전지의 전압 특성을 알아보기 위한 것으로 이를 위해 하나의 축전지를 대상으로 48시간 동안 설정된 전압까지 총방전을 실시한 후 다른 두 개와 직렬로 연결하고 총방전 실험을 실시하였다. 충전 제어는 세 개의 축전지 중 하나라도 충전 종료 전압인 14.3V에 도달하면 종료하도록 하였고

방전 제어는 세 개의 축전지 중 하나라도 10.7V에 이르면 종료하도록 하였다.

그림 1은 실험 장치 구성으로 왼쪽이 충전용 직류 전원 장치이고, 중앙이 제작된 축전지 총방전 제어 및 전압 측정 장치이며, 오른쪽이 측정 데이터를 저장하는 노트북PC이다.



그림 1. 실험 장치 사진

3.2 전압 측정

그림 2는 하나의 축전지 전압을 측정하기 위해 저항으로 구성된 분압 회로이다. 3 개의 축전지 전압을 측정하기 위해 3개의 분압 회로를 구성하였고, 분압 저항은 전원 전압이 15V 일 때 5V가 출력 되도록 선택하여 5V를 최대 입력으로 사용할 수 있는 마이크로컨트롤러에서 처리할 수 있도록 설정하였다. 측정 값의 교정은 10V와 15V의 전압을 표준 전압으로 연결하여 2점 calibration을 하였고 측정 오차는 최대 0.05V를 나타냈다. 마이크로컨트롤러의 A/D 변환기는 10비트이다.

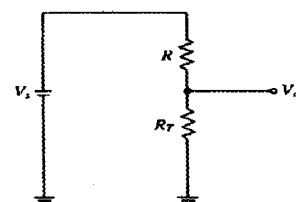


그림 2. 전압 측정 회로

3.3 실험

다음의 그림들에서 BAT1은 48시간 총방전을 실시한 축전지이고 BAT2와3은 양호한 축

전지이다.

그림 3은 직렬 연결된 세 개의 축전지를 24시간 동안 충방전을 실시한 결과에서 방전 경우만 추출한 것이다. 방전 누적 시간은 약 89분 동안이었으며 사용하지 않은 BAT2와 BAT3은 전체 실험 시간 동안 완만한 방전 특성을 보인 반면 BAT1은 다른 두 개의 축전지보다 낮은 전압을 나타내면서 방전 시간이 지남에 따라 급격한 방전 전압 변화를 나타냈다.

이는 상태가 서로 다른 축전지가 직렬연결로 사용될 때 특성이 상대적으로 나쁜 축전지의 전력이 먼저 소진됨을 의미하고 전체 전압을 기준으로 방전 제어를 할 경우 그 축전지는 심방전에 장시간 노출되어 충전 불능상태로 될 수 있으며 축전지 전체 효율이 떨어질 수 있음을 의미한다.

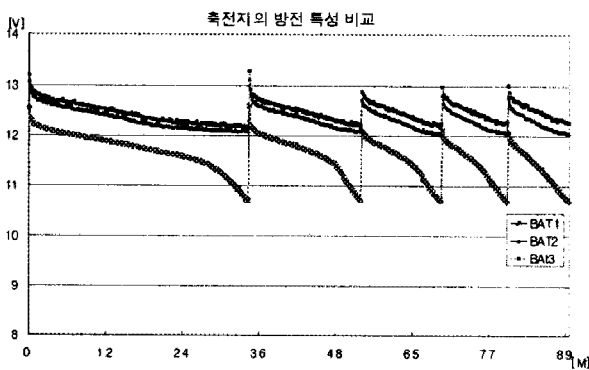


그림 4. 방전에 따른 개별 축전지 전압

그림 4는 그림 3의 BAT1 방전 결과를 재정리한 것이다. 처음 방전을 시작했을 때는 방전 종료 전압까지 34분 정도가 소요되었으나 충방전이 반복 되어 24시간이 지났을 때는 10분 만에 방전 종료 전압에 도달하였다. 그림 4의 데이터로 볼 때 배터리가 노후되면 사용 가능 시간이 줄어든다는 것을 의미하며 기존의 연구 결과와 일치하였다[4].

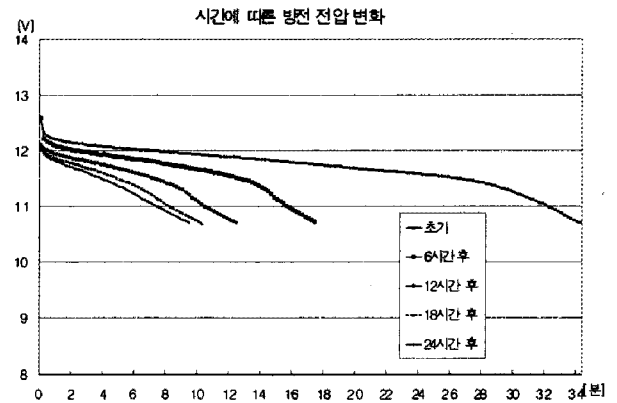


그림 6. BAT1의 시간에 따른 방전 전압 변화

그림 5는 BAT1 축전지를 24시간 동안 14.4V 정전압으로 단독 충전 후 앞의 충방전 실험을 약 17시간 동안 했을 때 방전 종료 부분의 결과만 추출한 것이다. 방전 시 세 개의 축전지 중 방전 종료를 결정하는 최저 전압은 BAT1으로 나타났으며 별도의 충전에도 불구하고 방전 실험 시작 부분부터 다른 축전지에 비해 낮게 나타났다. 이는 특성이 약화된 축전지는 별도의 전력을 공급해도 축전지 초기의 성능을 회복하지 못함을 의미하는 것으로 분석된다.

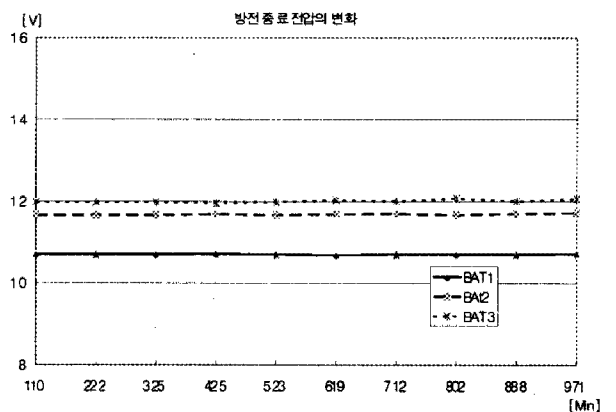


그림 7. 방전 종료 전압의 비교

그림 6은 그림 5의 실험에서 충전 부분의 결과이다. BAT1의 충전 전압이 실험 시작 부분

에서 다른 축전지에 비해 높게 나타나지만 약 10시간이 지난 이후에는 BAT2나 BAT3 축전지보다 충전 전압이 낮아짐을 나타낸다. 이는 노후된 축전지가 충전이 먼저 되지만 그림 6의 방전 전압을 고려할 때 충분한 전력이 저장되어 충전이 먼저 된 것은 아니라고 볼 수 있다.

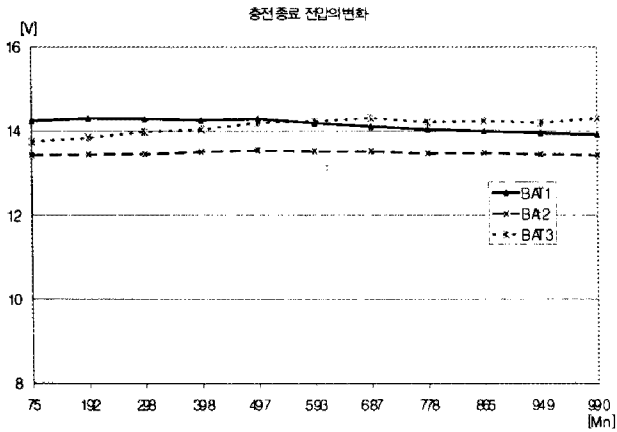


그림 8. 충전 종료 전압의 비교

5. 결론

상태가 서로 다른 축전지의 직렬연결 사용에 따른 각 축전지의 전압 변화를 조사한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 양호한 상태의 축전지와 노후된 축전지를 직렬 연결하여 사용하면 노후된 축전지의 전압이 먼저 떨어지는 것을 실험으로 확인하였다.
- (2) 노후된 축전지에 전력을 미리 충전 한 후 양호한 축전지와 직렬연결 하여 사용한 실험에서 충전 전압은 양호한 축전지의 전압보다 먼저 상승하는 것을 확인하였다. 그러나 충전 전압이 먼저 상승한 것이 전력이 충분히 저장된 것은 아님을 알 수 있었다.
- (3) 축전지를 직렬로 연결하여 사용하는 경우 축전지의 충방전 제어는 개별 축전지의 전압을 모니터링하여 수행되어야 하며 그렇

지 않을 경우 일부 축전지에서 과충전 또는 심방전을 야기하여 전체 충전 효율을 저하시킬 수 있음을 알 수 있었다.

- (4) 터치스크린 컨트롤러를 포함한 축전지 전압 측정 장치를 제작하여 여러 개의 축전지 전압을 동시에 측정하고 저장할 수 있는 장치와 프로그램을 개발하였다.
- (5) 본 연구에서 개발한 장치와 프로그램은 추후 태양광 발전 시스템의 납축전지를 개별적으로 모니터링 하고 제어할 수 있는 기기로 사용이 기대되며, 원격 통신 및 제어 프로그램이 추가되면 무인 태양광 발전 시설에서 축전지의 자동 관리 장치로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 목포대학교 교내학술 연구비 지원 사업으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 장태의 외, 신.재생에너지공학, (주)북스힐, 2007.
2. 윤연섭, 김규태, 태양광 발전용 무보수 밀폐형 납축전지 개발, . . .
3. 김규태, 태양광발전용 납축전지, 전기전자재료, II권 8호, 1998.8.
4. 박운호, 전순영, 서보혁, 산업용 납축전지의 충전특성 실험에 근거한 충전효율 개선 알고리즘, 전기학회 논문지, 49D권 8호, 2000.8.