

# 소독약 자동 주입장치용 납축전지의 과 방전 방지시스템

배철오\*<sup>†</sup> · 박영산\*\*

\*, \*\* 목포해양대학교 기관시스템공학부

## Over Discharging Protection system of Leak Acid Battery for Automatic Water Sanitizer Device

Cherl-O Bae\*<sup>†</sup> · Young-San Park\*\*

\*, \*\* Division of Marine Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약** : 충전과 방전이 빈번히 발생하는 축전지의 사용수명을 늘리고 안정적인 사용을 위해서는 과 방전을 방지하는 것이 가장 중요한 요인 중 하나이다. 축전지의 건강상태를 파악하는 방법에는 여러 가지로 연구가 진행되고 있으며, 그 중에서도 본 논문에서는 가장 간단하게 축전지의 상태를 파악할 수 있는 단자전압을 이용하는 방법을 활용하여 축전지의 잔존용량을 파악하였다. 일정 전압 이하로 축전지의 전압이 떨어지지 못하도록 간단하게 비교기를 이용하여 과 방전이 되지 못하도록 설계 제작하였다. 상수도 시설이 없는 장소의 저수조탱크의 물 소독을 목적으로 제작된 태양광발전용 응용한 소독약 자동 주입장치의 축전지에 설계한 회로를 제작 설치하여 그 동작실험을 하고 그 유용함을 확인하였다.

**핵심용어** : 소독약 자동 주입장치, 납축전지, 축전지의 건강상태, 축전지의 잔존용량, 과 방전

**Abstract** : It is one of the most important to protect the battery over charging for stable use and to extend the life of battery which occurs with repeated charging and discharging. Various research have been studied to know the state of health, and in this paper the terminal voltage of battery is measured to calculate the state of charge simply. The circuit used comparator is designed and built not to fall under the specific voltage of battery. The designed circuit board is attached to the automatic water sanitizer device with a solar power system. The system is located in the water tank where there is not water and electric service, and confirmed that the state of working is good.

**Key Words** : Automatic water sanitizer, Lead-acid battery, State of Health, State of Charge, Over discharging

### 1. 서 론

전기를 저장하여 필요할 때 이용할 수 있도록 개발된 축전지는 1800년대 Plante가 처음 개발한 이후로 제작이 용이하고 가격이 저렴하다는 장점과 더불어 자동차의 발명으로 20세기를 대표하는 2차전지로서 가장 널리 사용되어지고 있다(Vinal, 1967; 한 등, 2004). 또한 그 사용범위가 점점 더 넓어져 산업용, 자동차용 뿐만 아니라 휴대기기 사용의 증가로 말미암아 우리 가정생활에 있어서도 없어서는 안될 만큼 중요한 위치를 차지하고 있고 앞으로 점점 더 그 중요성은 높아질 것이다.

전력회사의 전기를 직접 공급받아 사용하는 일반 가정 및 산업분야에서의 전기용품 및 전기기기의 사용은 큰 문제가 없지만 계통전력이 닿지 않는 산간벽지나 섬 지역의 외딴곳에서는 지금도 축전지를 전력원으로 사용하고 있는 실정이다. 또한 전기의 생산에 있어서도 친환경적인 풍력발전이나 태양광발전

서도 전기를 저장하고 공급하는 역할을 축전지가 담당하고 있다. 이와 같이 여러 분야에서 축전지의 사용은 점점 늘어가고 있으나 정기적으로 관심을 가지고 사람이 직접 관리해 주어야 하는 단점이 있다. 특히, 축전지에 대한 지식이 없고 정기적인 점검을 할 수 있는 사람을 두기 어려운 곳에서는 특별한 관리가 없어도 축전지의 최대수명까지 사용할 수 있도록 하는 방안을 강구해야할 필요성이 절실하다.

본 논문에서는 태양광발전 시스템을 응용하였으며, 이와 같은 태양광발전 시스템에서 사용되는 축전지의 충전량은 외부 기후 변화에 의해서 좌우되고, 과충전, 부족충전이 발생하기 쉬우며(김과 강, 1990) 특히 부족 충전상태에서 축전지가 과 방전 되었을 때 수명이 급속히 감소한다는 데 있다. 따라서 축전지의 과 방전을 방지하기 위한 장치를 설치하면 많은 곳에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

축전지의 방전상태를 파악하는 방법에는 비중을 검사하는 방법, 전압의 강하정도를 알아내는 방법, Ah 측정법(Jung, 2002; 한국표준협회, 1995) 및 색으로 알아보는 시각적인 방법

\* 대표저자 : 종신회원, baeco@mmu.ac.kr, 061-240-7223

등이 있다. 축전지의 비중을 검사하는 경우 비중계로 전해액의 비중을 재는 방법으로 방전정도를 정확하게 파악할 수 있으나 좀 번거롭고, 무보수 축전지의 경우 밀폐된 상태라 비중측정이 쉽지 않다. Ah 측정법은 축전지의 충전 전류와 방전 전류의 적산치를 산술하여 축전지 내의 잔존 용량을 측정하는 방법으로 계산을 위해서는 추가적인 여러 연산 시스템의 구성이 필요하게 된다. 색으로 측정하는 방법의 경우 청색이면 정상, 황색이면 충전을 해야 하고 적색이면 축전지가 과 방전되었음을 시각적으로 확인하는 것으로 이는 사람의 눈에 의해서 확인절차가 필요하고 측정에 신뢰성이 떨어지게 되며 이와 같은 시각적인 정보를 활용해서는 자동화하기가 쉽지 않다. 또 하나의 방법은 축전지의 단자 전압을 측정하는 것으로 축전지는 방전할 때 전압이 거의 변하지 않다가 축적된 전하가 어느 시점에 도달하면 급격히 전압이 감소하고, 이 상태에서 계속방전을 하게 되면 완전 방전되게 된다. 본 논문에서는 다양한 축전지 잔존량 측정법 중 인적 관리가 적고, 저 비용으로 구현할 수 있는 단자전압 측정법을 응용하였다. 축전지의 단자전압을 측정하여 비교기를 통하여 기준전압과 비교한 후 일정전압 이하가 되면 축전지의 전원을 차단하고 축전지를 보호하는 회로, 즉 축전지의 완전방전을 방지할 수 있는 세이버를 제안하였다. 또한 시작품을 제작 후 인적이 드문 간이 상수도 계통내의 저수조탱크에 주기적으로 액체 소독액을 주입하는 소독약 자동 주입 장치의 모터구동 및 타이머 전원으로 사용되는 축전지에 설치하여 그 동작실험을 하고 유용함을 확인하였다.

## 2. 소독약 자동 주입 장치의 구성

### 2.1 전체적인 실험장치

수돗물의 공급이 되지 않은 지역의 경우, 산과 계곡의 자연 상태의 물이나 지하수를 끌어다 저수조탱크에 일단 짐수하여 여러 세대가 공용으로 사용하게 된다. 이때 모아진 저수조탱크의 수질을 위해 모터를 통해 정기적으로 일정 양의 소독액을 저수조탱크에 보내 소독을 실시하게 된다. 이와 같은 목적으로 설치된 무인 소독약 자동 주입 장치의 전원으로 사용되는 축전지의 안정적인 사용을 위해 완전방전을 방지할 목적으로 축전지 완전방전 방지 장치 즉, 축전지 세이버를 설계 및 제작하였다. Fig. 1은 이동이 가능한 소독약 자동 주입 장치의 전체적인 시스템을 나타내고 있다.

외부 전원 사용 없이 태양전지 셀을 통해서 축전지에 충전을 하고, 축전지를 주 전원으로 하여 모터가 구동하게 되며 이 모터에 의해 소독액 탱크의 소독액을 저수조탱크로 보냄으로써 소독을 하도록 하고 있다.

사용된 태양전지 셀은 105mm×105mm 단결정 태양전지 셀을 가로와 세로(3×2=6개)로 직렬 또는 병렬로 연결하여 DC 12V, 10W 용량의 셀을 사용하고 있으며, 태양전지 셀 외부 전체 크기는 대략 349×240mm이다.

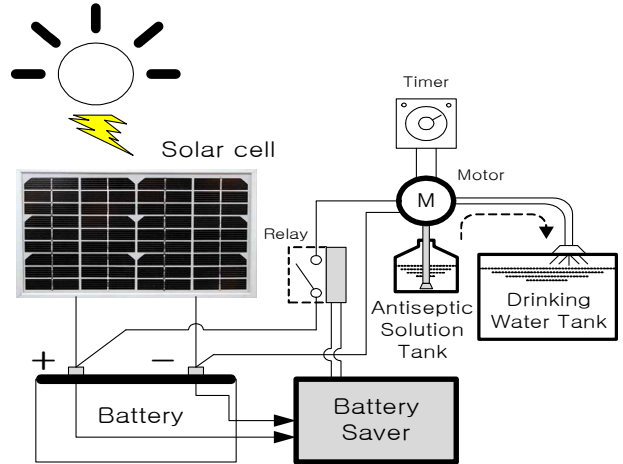


Fig. 1. Automatic water sanitizer device.

축전지는 UNIKOR사의 제품을 사용하였고, 용량은 12V 7Ah 20HR을 사용하고 있으며, 여기에 본 논문에서 설계한 축전지의 완전방전을 방지하기 위해 배터리 세이버를 설치하여, 축전지가 방전되어 일정 전압 이하로 떨어지면 릴레이를 동작시켜 모터로 가는 전원을 차단함으로써 축전지의 완전 방전을 방지하게 된다. 모터는 10W급의 자동차용 워셔액 펌프모터를 원액케이스에 잠수시켜 사용하였고, 모터 동작은 소독할 저수조탱크의 용량에 따라 정해진다. 약 20톤의 저수조탱크 용량을 기준으로 2시간에 한 번씩 타이머에 의해 20~30cc의 소독액을 주입하여 자동 소독을 하게 된다. 이 소독약 자동 주입 장치의 일상 관리는 필요치 않으며, 2개월 한 번씩 소독 원액만 보충하면 된다.

### 2.2 제작된 실험장치의 외관

Photo 1은 소독약 자동 주입 장치의 외관을 보여주는 사진을 나타내고 있다. 주입 장치 본체의 크기는 높이 60cm, 가로 48cm, 깊이 25cm로 이동설치가 용이하도록 제작되었으며, 태양전지 셀의 경우 태양의 위치에 따라 높이 및 회전이 가능토록 하였다.



Photo 1. Photo of automatic water sanitizer.

### 2.3 제작된 실험장치의 내부

Photo 2는 장치의 좌측 내부 제어함 사진을 나타내고 있으며, 반대편 우측 내부는 약품이 들어 있는 탱크가 내장되어 있다.

하단에 축전지가 놓여 있으며, 그 위에 소독기 탱크내에 있는 모터의 동작 횟수와 지속시간을 설정할 수 있는 타이머가 있다. 또한 도어내측에는 축전지 세이버가 외측에는 축전지의 충전상태를 시각적으로 확인할 수 있는 LED 표시등이 달려있다.

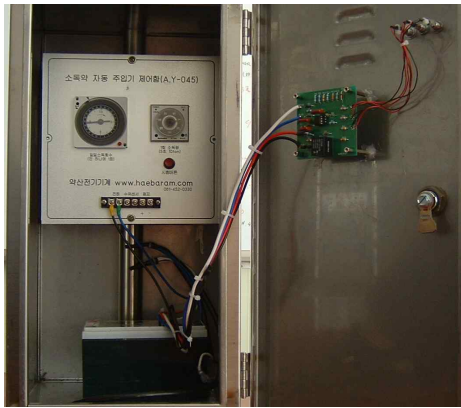


Photo 2. Inside photo of automatic water sanitizer.

### 3. 축전지 세이버 회로의 설계

축전지의 용량은 암페어-시간(A-h)의 단위를 측정해 저장한다. 측정 단위는 1[A]로 1시간 동안 전기를 전달하는 양으로 표시한다. “완전방전”이 어떻게 이루어지는 지는 가변적이고, 대부분의 제조사들은 어떠한 표준도 따르지 않고 있다. 세계적인 자동차 배터리 제조사들은 완전히 충전된 후 단자 전압이 10.5[V] 아래로 떨어지지 않는 동안의 분(Minute) 단위로써 용량을 표시한다(문, 2009). 또한 많은 방전특성 및 건전상태 진단을 파악하는 자료에서 축전지의 최종 방전종지 전압은 10.5[V] 이상으로 그 기준으로 삼아 실험을 하고 있다(한 등, 2004; 김 등, 2009). 따라서 본 논문에서도 축전지의 전원 차단 전압을 10.5[V]를 기준으로 하여, 이 이하의 전압이 되면 축전지에서 부하로 가는 전원이 차단되도록 하였다.

Fig. 2는 고안한 축전지 세이버 회로를 나타낸다. 간단한 회로구성 및 저가로 제작하기 위해 하나의 연산증폭기, 릴레이, TR 및 다수의 저항, 콘덴서, 제너 다이오드로 설계하였다. WHITE(+12)와 BLUE(-) 단자로 축전지로부터 전원이 공급되며, 이 전압의 높낮이에 따라 LED와 릴레이가 동작한다.

비교기 U1A와 U1B의 (+)쪽 단자전압은 아래와 같다.

비교기 U1A의 3번(+ )쪽 단자 입력전압

$$\frac{R_{10} + R_{11}}{R_1 + R_{10} + R_{11}} \times \text{축전지 단자전압} \quad (1)$$

비교기 U1B의 5번(+ )쪽 단자 입력전압

$$\frac{R_{11}}{R_1 + R_{10} + R_{11}} \times \text{축전지 단자전압} \quad (2)$$

위 두 식에서 보는 바와 같이  $R_{10}$ 의 차이로 두 비교기의 출력 포화전압은 달라지게 된다.

또한 비교기 (-)쪽 단자들은 제너다이오드에 의해 최대 4.7[V]가 공급된다.

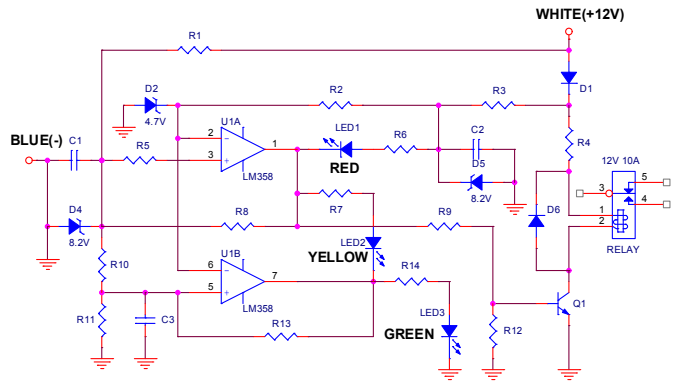


Fig. 2. Circuit diagram for battery saver.

축전지 전압이 약 3[V]가 되면 RED LED가 희미하게 점등되고, 10.7[V]가 되면 상단의 비교기 U1A의 2번(-)단자 4.7[V]보다 3번(+ )단자의 전압이 높아져 +로 출력되어 YELLOW LED가 점등되고 TR Q1이 동작한다. TR이 도통되면 릴레이가 동작하며, 이 릴레이 동작으로 축전지에서 부하로 가는 전원이 공급된다. 이와 동시에 RED LED는 소등된다. 태양광에 의해 발전이 진행하여 축전지 전압이 11.1[V]로 상승하면 하단의 비교기 U1B의 5번(+ )단자가 높아져 출력이 +로 되고, 이로 인해 YELLOW LED는 소등되고 축전지 충전이 충분히 되었음을 나타내는 GREEN LED가 점등되고, YELLOW LED는 소등된다. Photo 3은 장치의 외부에 설치된 축전지의 충전상태를 나타내는 LED 표시등을 나타낸다.



Photo 3. LED indication lamp for battery charging state.

Fig. 3은 축전지의 충·방전시의 전압을 실제 계측한 그래프를 나타낸다. 그래프의 음영처리가 된 상단부분은 실제 오실로스코

프 측정파형을 나타내고, 하단의 파형이 상단의 백색 구간만 확대한 파형을 나타낸다. 회로 동작의 반복적인 테스트를 위해 공급되는 외부전원은 축전지가 아니라 전원장치를 통해 실험을 실시하였다. 그래프의 ①번 파형이 축전지의 단자전압을 나타내고 있으며, ②번 파형은 비교기 U1A의 출력단자 1번을 ③번 파형은 비교기 U1B의 출력단자 7번을 나타낸다. A 위치, 즉 10.7[V]에서 U1A의 출력단자가 +로 출력되어 릴레이가 동작하고, B 위치인 11.1[V]에서 U1B의 출력단자가 +로 출력되어 완전충전을 나타내는 GREEN LED가 점등되는 위치를 나타낸다.

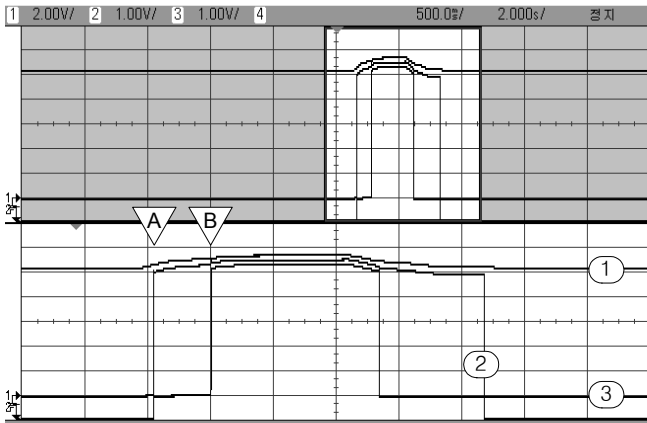


Fig. 3. Comparator output waveform when battery voltage changes(① : 2 V/div, ②, ③ : 1 V/div).

Fig. 4는 축전지의 충전 및 방전에 따라 동작하는 릴레이의 온-오프 파형을 나타내고 있다. ①번 파형은 축전지의 단자전압을 ②번 파형은 릴레이의 온-오프 파형을 나타내고 있다. 그래프에서 보는 바와 같이 릴레이가 온에서 오프 동작시중인 C 위치에서 약 0.6[V] 정도의 오버슈트가 발생하였으나 곧 안정한 상태를 유지하여 원활하게 릴레이가 잘 동작함을 확인할 수 있었다.

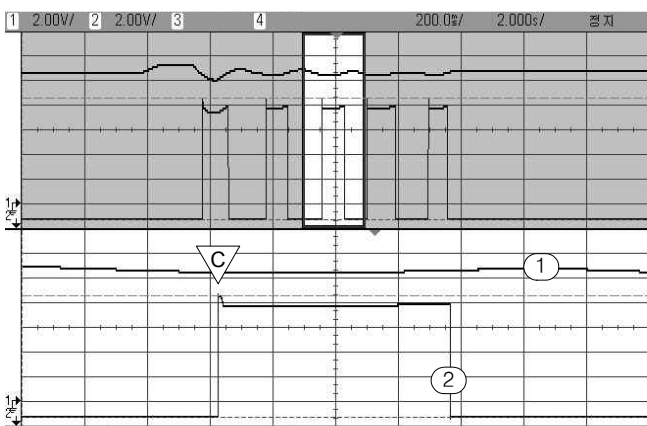


Fig. 4. Waveform of relay on-off action(①, ② : 2 V/div).

Photo 4는 Fig. 2 회로도를 기반으로 제작된 실제 보드를 나타내고 있다. 그 크기는 가로×세로(70 mm×70 mm)이고, 좌측의

4개의 케이블은 축전지의 단자전압과 연결되는 2개의 선과 릴레이 출력단자에 연결되는 2개 선들을 나타내며, 우측의 케이블은 3개의 LED 램프에 연결되는 선들이다. 제작한 기판을 시스템으로 구성하여 동작시킨 결과 잘 동작함을 확인하였다.

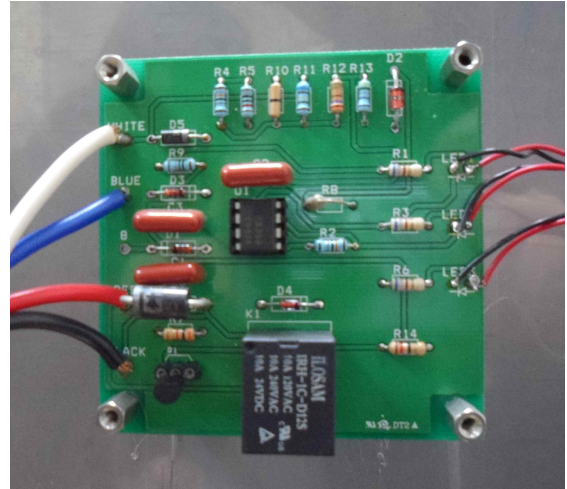


Photo 4. Real board of battery saver.

#### 4. 결 론

계통전력이 닿지 않으며, 수돗물이 공급되지 않는 지역에서 자연상태로 집수된 저수조탱크내의 물을 소독하여 가정에 공급할 목적으로 태양광발전을 응용하여 소독약 자동 주입장치와 축전지의 과 방전 방지시스템을 구성하여 동작실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 축전지의 과 방전 방지 회로 구성은 비교기, 릴레이, 정밀 저항, 컨덴서, 다이오드, 제너다이오드 등으로 매우 간단한 아날로그회로로 구성하였다.
- 2) 축전지 단자 전압이 10.5[V]가 되면 전원을 차단하도록 하였고, 11.1[V]가 되면 완전충전상태임을 나타내도록 회로를 설계 제작하였다.
- 3) 각 전압의 상태는 LED 램프를 통하여 시각적으로 확인할 수 있도록 하여 외부에서 축전지의 전압 상태를 파악할 수 있다.
- 4) 축전지 성능이 급속히 나빠지는 10.5[V] 이하로 축전지 단자전압이 낮아지는 것을 방지함으로써, 축전지의 수명단축을 막고 안정적인 사용이 가능하여 전체적인 시스템의 유지 보수가 수월함을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

[1] 김인근, 강홍열(1990), 태양광 발전용 축전지의 연구 개발 현황, 대한전기학회, 제39권, 제10호, pp. 28-36.  
 [2] 김종민, 방선배, 송길목(2009), 납축전지 건전상태 진단을

위한 기준 임피던스/컨덕턴스 설정에 관한 연구, 전기학회, 제59권, 제2호, pp. 214-220.

- [3] 문중현(2009), 납축전지용 BMS(Battery Management System)에 관한 연구, 석사학위논문, pp. 6-17.
- [4] 한국표준협회, KS C 8532(1995), Measuring procedure of residual capacity for lead acid battery in photovoltaic system.
- [5] 한창권, 허성혁, 송현우, 최천락(2004), 고성능 납축전지 개발, 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, pp. 1320-1325.
- [6] Jung, Do Yang(2002), Development of battery management system for nickel-metal hydride batteries in electric vehicle applications, Journal of Power Sources, Volume 1, Issue 1, pp. 1-10.
- [7] Vinal, George Wood(1967), Storage Batteries, New York JOHN WILEY & SONS Inc., pp. 1-82.

---

원고접수일 : 2012년 02월 01일

원고수정일 : 2012년 03월 20일

게재확정일 : 2012년 04월 23일