

# 극판 피막 분해용 펄스파가 산업용 연축전지의 충전용량에 미치는 영향

최광균\*, 유호선\*\*†

\*한국중부발전(주), \*\*† 숭실대학교 기계공학과

## Effect of Additional Pulse to Remove the Sulfate Film on the Charging Capacity in the Industrial Lead-Acid Battery

Kwang-Gyun Choi\*, Ho-seon Yoo\*\*†

\*Korea Middleland Power co. Ltd, Boryeong 33439, Korea

\*\*† Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 06978, Korea

**ABSTRACT** : In this study, after supplying a pulse wave to the 2 V Industrial Lead-Acid Battery electrode plate and repeating the charging and discharging, the discharging time per voltage was analyzed. According to the result of experiment, while the lead-acid Battery that a pulse wave is not supplied decreased about 18 % of discharging capacity than the beginning, the lead-acid Battery that a pulse wave is supplied decreased a little amount much lower than 18 %, of discharging capacity and recorded the 0.56 % decrease, at a minimum, from discharging capacity at the 20 kHz frequency. This means that the sulfate on electrode plate is detached and the positive and negative charge transfer is highly activated at the 20 kHz frequency

**초 록** : 본 연구에서는 2 V 연축전지의 극판에 펄스파를 인가하여 충전과 방전을 반복한 후 충전용량을 분석하였다. 발전소에서 비상용 전원으로 많이 사용하고 있는 연축전지는 충전과 방전이 반복됨에 따라 방전시 극판에 달라붙어 있던 황산염이 충전 시 이탈하지 아니하고 극판에 피막형태로 달라붙어 절연막을 형성하여 연축전지의 전기반응 통로를 차단하기 때문에 충전용량이 줄어들게 된다. 이에 12 V 연축전지에 많이 사용하고 있는 펄스파를 2 V 연축전지 극판에 인가하고 충전용량을 분석하였다. 펄스파로는 4 V, 20 mA의 전압과 전류에 각각 10 kHz, 20 kHz, 30 kHz 주파수의 펄스파를 사용하였다. 실험결과를 분석한 결과 펄스파를 인가하지 않은 연축전지는 초기 충전용량보다 약 18 % 충전용량이 감소한 반면, 펄스파를 인가한 연축전지는 충전용량의 감소가 훨씬 적었고, 특히 20 kHz 주파수의 펄스파에서 충전용량이 0.56 %만 감소되었다. 이것은 20 kHz 주파수의 펄스파가 다른 주파수의 펄스파보다 극판의 황산염 피막을 분해하는데 더 적합하여 양전하와 음전하의 이동이 활발해진 것으로 판단된다.

**Key words** : Industrial Lead-Acid Battery(산업용 연축전지), Charging Capacity(충전용량), Pulse Wave(펄스파) Sulfate(황산염), Charge(충전), Discharge(방전)

- 기호설명 -

- $I$  : 전류[A]
- $V$  : 전압[V]
- $f$  : 주파수[Hz]
- $P$  : 발전기 출력[MW]
- $T$  : 온도[°C]

† Corresponding Author, hsyoo@ssu.ac.kr

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

전력공급의 중단이 사회에 미치는 영향은 대단히 크다. 전력을 생산하는 발전소는 전력 공급에 대한 신뢰도를 제고하기 위해 노력하고 있지만 수많은 부품으로 이루어진 발전설비와 자연재해 등 여러 가지 요인에 의해 정전을 완전히 없앨 수는 없기 때문에 비상용 예비전원의 역할이 점차 커지고 있다. 그 중 축전지는 장기간 에너지를 저장할 수 있으며 직류전원으로 유지보수가 용이한 특징을 가지고 있어 세계적으로 널리 사용되고 있다. 그 중에서도 가격이 싸고 안전한 연축전지가 가장 많이 사용되고 있으나 오랜 기간 동안 충전과 방전을 하게 되면 용량이 점차 감소되는 특성을 가지고 있다. 연축전지의 이러한 특성은 충전과 방전 과정에서 일어나는 극판의 화학반응 중 충전과 방전에 관여하지 않는 비가역적인 반응으로 극판 활물질의 감소를 가져오기 때문이다.

이러한 용량의 감소는 극판의 그리드 부식, 전해질 용액의 손실, 활물질의 퇴화, 비가역적 황산납의 형성 등이 요인[1]으로서 결국은 방전시간이 짧아지게 되어 예비전원으로서의 역할을 유지하기 힘들게 된다. 이러한 여러 문제점들을 해결하고 보다 효율적이고 안전하게 연축전지를 사용하기 위한 다양한 연구가 국내외적으로 진행되고 있다. 미국의 맥심 인터그레이트사 등은 전지를 보다 효율적으로 관리하기 위한 배터리 모니터링 시스템의 세계적 기술을 가지고 있으며, 국내에서도 많은 기업들이 기술개발을 추진하고 있으나 선진국과 비교하여 다소 기술격차가 존재하고 있는 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 연축전지의 충전용량을 개선하기 위해 자동차와 골프카 등에서 주로 사용하고 있는 12 V 연축전지를 대상으로 전기적인 힘을 이용하여 방전시간을 개선해 주는 연구[2]와 관련하여, 이를 발전소에서 비상용 전원으로 대부분 사용하고 있는 2 V 연축전지에 적용하여 충전용량에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

### 1.2 연구내용

본 연구에서는 2 V 산업용 연축전지의 극판에 펄스파를

흐르게 하여, 이 펄스파가 연축전지의 충전용량에 어떤 영향을 미치는지 확인하였다.

연축전지의 극판에 펄스파를 흐르게 하면 번개와 유사한 원리로 코로나 현상이 연축전지의 극판을 둘러싸고 있던 황산납의 둘레로부터 지속적으로 발생하게 되는데, 이때 황산납이 극판 표면으로부터 양질의 미립자로 점차 분해되어 과산화납과 납으로 전환되고 전해액의 비중이 증가되는 원리를 이용하였다. 펄스파를 인가하지 않은 2 V 연축전지의 방전후 전압과, 펄스파를 인가한 연축전지의 방전 후 전압을 비교하여 펄스파가 충전용량에 어떠한 영향을 주는지 알아보았다.

## 2. 발전소 비상용 연축전지

### 2.1 발전소 비상용 연축전지의 특성

발전소 정전 시 비상용으로 사용되고 있는 전원으로는 비상발전기와 비상용 축전지가 있다. 이중 비상용 축전지는 주로 2 V 연축전지를 직렬로 연결하여 125 V 또는 240 V 등으로 사용되고 있는데 연축전지는 묶은 황산을 전해액으로 사용하며 양극으로는 과산화납, 음극으로는 납을 사용한다.

연축전지의 방전은 연축전지의 화학에너지가 전기에너지로 변환되는 것을 말하는데 양극의 과산화납과 음극의 납이 황산납으로 변하고 전해액인 묶은 황산은 극판의 활물질과 반응하여 물로 변해 비중은 떨어지게 된다. 이렇게 전해액의 비중이 떨어지면 기전력이 발생하지 않게 되고 전압은 저하된다. 즉, 방전은 축전지에 저장되어 있는 전기에너지를 소비하는 것을 의미하고, 충전은 전기에너지를 화학에너지로 다시 변환시키는 과정으로 방전의 역반응을 의미한다. 양극과 음극의 황산납은 전기에너지에 의해 과산화납은 양극으로, 납은 음극으로 변하고 전해액은 활물질과 반응하여 묶은 황산으로 비중이 증가하여 기전력이 발생하게 된다. 기전력과 전해액 비중의 변화는 연축전지가 방전하게 됨에 따라 하강하고 적정한 전기에너지가 공급되면 충전되어 상승하기 때문에 전압과 전해액의 비중을 측정함으로써 연축전지의 충전상태를 판단할 수 있다.

## 2.2 발전소 용량과 비상용 연속전지의 충전용량

표준 석탄화력발전소의 발전용량은 500 MW이고, 복합발전의 가스터빈과 스팀터빈 발전용량은 대부분 150 MW이며 용량은 점차 증가하고 있다. 발전소에서 사용하는 비상용 연속전지의 용량은 대부분 제어판넬 등 발전소가 정전되었을 경우 재가동하기 위한 필수부하에 전력을 공급하며, 용량은 필수부하가 약 10시간을 사용할 수 있는 용량으로 산정되어있다. 한국중부발전(주) 보령화력발전소의 경우 125 V, 250 kW의 부하에 10시간 동안 필요전원을 공급할 수 있는 2,000 AH의 비상용 연속전지가 설치되어있다.

## 2.3 발전소 비상용 연속전지의 충전과 방전

발전소에서 사용되고 있는 연속전지는 충전과 방전 절차에 따라 철저히 관리된다. 충전 시 연속전지에 충전장치를 연결하고 충전장치의 전압을 연속전지의 전압보다 약간 높게 유지하면서 자기방전량을 보충하고 상시 충전상태를 유지할 수 있도록 한다. 125 V 연속전지의 경우 충전장치의 충전전압을 125.3~125.8 V로 유지하고 전해액의 비중은 1.215가 유지될 수 있도록 해야 한다. 또한 3개월에 1회 정도는 연속전지의 전압 및 비중을 균일하게 유지하기 위한 균등충전을 시행해야 한다. 균등충전은 상시 충전전압보다 전지당 약 0.2 V 정도 더 높게 유지하고 80 시간 정도 충전한다. 연속전지의 방전시험은 전지의 용량에 따라 10 시간 방전을 위한 방전장치를 이용한다. 125 V, 2000 AH의 연속전지는 200 A 전류로 10 시간 동안 방전한다. 단, 방전 시험 전 약 48 시간 동안 균등충전을 실시하여 연속전지의 성능을 최적의 상태로 유지시켜야 한다.

## 2.4 발전소 비상용 연속전지의 점검 방법

발전소 비상용 연속전지는 전지의 외관 및 단자전압, 전해액의 상태를 항상 점검해야 한다. 특히 연속전지 간 접속부 터미널의 조임상태 및 극판의 부식 탈락과 굽힘 정도를 점검해야 하며, 단자전압을 측정할 때에는 플러스 단자와 마이너스 단자의 측정선을 완전히 접촉시켜 측정해야 한다. 또한 연속전지 전해액의 누출 및 감소 유무를 항상

점검하여야 하며 전해액이 전지의 적정레벨의 아래로 감소하면 진한 황산을 그대로 주입하지 말고 전해액의 비중을 점검하여 황산과 증류수를 희석하고 적정레벨까지 다시 채워야 한다. 비중은 온도 25 °C 기준으로 1.215±0.005를 항상 유지하여야 한다.

## 3. 펄스인가에 따른 충전용량 감소량 비교

### 3.1 실험 장치

Fig. 3-1은 연속전지의 충전과 방전시험을 위한 회로이다. 2 V, 100 AH 연속전지를 각각 5개씩 직렬로 연결하여 10 V 전압의 전지를 구성하였다. 또한 연속전지의 충전과 방전을 위해 11 V의 충전장치와 10 A의 방전장치를 각각 설치하였으며, 충전 시에는 스위치 1과 2에 연결되고, 방전 시에는 스위치 2와 3에 연결되도록 실험장치를 구성하였다. 그리고 각각의 연속전지에 펄스파를 인가하기 위해 펄스제너레이터를 설치하였다.

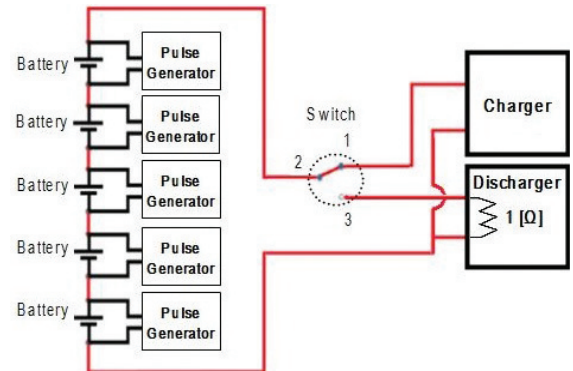


Fig. 3-1 Schematic configuration of charging and discharging in lead-acid battery

### 3.2 실험 방법

실험은 4가지 방법으로 진행하였다. 먼저 펄스파를 인가하지 않고 연속전지를 6 시간 충전후 4 시간 방전하는 방법을 반복하여 총 100 시간 동안 충전과 방전을 반복한 후 방전전압을 측정하였다. 그리고 3가지 주파수의 펄스파를

## 극판 피막 분해용 펄스파가 산업용 연축전지의 충전용량에 미치는 영향

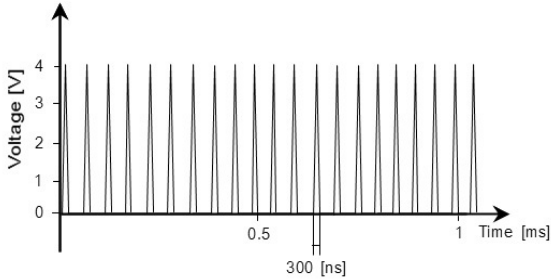


Fig. 3-2 Diagram of 4 V, 20 kHz pulse wave supply to plates

각각 인가하고 같은 방법으로 충전과 방전을 100 시간 반복 후 방전전압을 측정하였다. 각기 다른 3가지의 펄스파는 4 V, 20 mA의 전압과 전류에 10 kHz, 20 kHz, 30 kHz의 주파수의 펄스파이다. 측정된 충전전압으로 연축전지의 방전종지전압인 1.8 V까지 방전시간을 환산하여 충전용량을 분석하였다.

Fig. 3-2는 연축전지의 극판에 20 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 경우 시간에 따른 펄스파의 파형을 보여주고 있다. 펄스파의 크기는 4 V이고, 펄스파 사이 간격은 300 ns이며, 펄스파의 주기는 0.05 ms이다.

### 3.3 펄스인가 방법에 따른 충전용량 측정

연축전지의 충전용량 시험 전 연축전지의 초기용량을 측정하였다. 펄스파를 인가하지 않은 연축전지, 10 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 연축전지, 20 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 연축전지, 30 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 연축전지의 초기용량을 각각 측정한 결과 103.21 AH, 103.20 AH, 103.21 AH, 103.19 AH로 거의 모두 동일한 용량을 나타내었다.

#### 1) 펄스파 미인가

5개의 연축전지를 직렬로 연결하고 6 시간 충전후 4 시간 방전하는 방법으로 100 시간 충전과 방전후 전압 및 충전용량을 측정하였다. 시험 전 10.70 V였던 전압이 시험 후 9.89 V로 강하하였으며 이를 토대로 1.8 V 방전종지전압까지의 충전용량을 분석한 결과 84.55 AH의 충전용량을 나타내어 초기 충전용량인 103.21 AH보다 약 18 % 감

소하였음을 확인할 수 있었다.

#### 2) 10 kHz 주파수의 펄스파 인가

펄스제너레이터로 4 V, 20 mA, 10 kHz의 펄스파를 인가하여 1)과 같은 방법으로 연축전지를 100 시간 동안 충전과 방전을 반복한 후 충전전압 및 충전용량을 측정한 결과 최초 충전용량인 103.20 AH보다 약 4.63 % 감소한 98.41 AH의 충전용량을 나타내었다.

#### 3) 20 kHz 주파수의 펄스파 인가

10 kHz 측정과 같은 방법으로 펄스제너레이터를 설치하여 4 V, 20 mA, 20 kHz의 펄스파를 인가하고 100 시간 충전과 방전을 반복한 결과 10.71 V였던 전압이 10.04 V로 저하하였으며, 충전용량을 측정한 결과 102.67 AH로 초기용량인 103.21 AH보다 0.52 % 감소하였음을 확인할 수 있었다.

#### 4) 30 kHz 주파수의 펄스파 인가

펄스제너레이터로 4 V, 20 mA, 30 kHz의 펄스파를 인가하고 충전과 방전을 100 시간 동안 반복 후 충전용량을 측정한 결과 초기용량인 103.19 AH보다 6.50 % 감소한 96.47 AH를 나타내었다. Table 3-1은 연축전지 충전용량에 대한 시험별 충전전압과 충전용량에 대한 결과를 나타낸 표이다. 초기 충전용량과 충전전압이 시험 후 모두 감소된 것을 확인할 수 있다.

Table. 3-1 Test results of charging capacity reduction in lead-acid battery

Case	Initial charging capacity [AH]	Charging capacity after discharge [AH]	Charging capacity reduction [%]
without pulse	103.21	84.55	18.07
10kHz pulse	103.20	98.41	4.63
20kHz pulse	103.21	102.67	0.52
30kHz pulse	103.19	96.47	6.50

### 3.4 충전용량 감소량 분석 및 고찰

펄스파를 인가하지 않은 연축전지는 시험전 103.21 AH

에서 시험후 84 AH로 초기용량보다 18% 감소하였음을 확인할 수 있었다. 하지만 10 kHz의 펄스를 인가한 연축전지는 103.20 AH에서 98.4 AH로 4.63% 감소하였고, 20 kHz를 인가한 연축전지는 103.21 AH에서 102.67 AH로 0.52%만 감소하였다. 또한 30 kHz를 인가한 연축전지는 103.19 AH에서 96.47 AH로 6.50 % 감소하였다. 펄스를 인가한 연축전지의 감소량이 적음을 알 수 있었으며, 또한 10 kHz와 30 kHz의 펄스보다 20 kHz 주파수의 펄스를 인가한 연축전지의 충전용량 감소량이 가장 적었음을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

발전소에서 비상용 전원으로 사용하고 있는 2 V 산업용 연축전지는 사용시간이 증가함에 따라, 방전 시 극판에 달라붙어 있던 황산염이 충전 시 이탈하지 아니하고 그대로 극판에 붙어 피막형태로 절연막을 형성하여 전기반응 통로를 차단하고 방전시간이 점차 줄어들게 된다. 이에 본 연구에서는 2 V 산업용 연축전지 극판에 펄스파를 인가하여 충전용량의 감소량을 분석하기 위한 실험을 시행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연축전지를 100 시간 동안 충전과 방전을 반복 후 충전용량을 분석한 결과, 펄스파를 인가하지 않은 연축전지는 초기용량 103.21 AH보다 18 % 감소한 84.55 AH를 나타낸 반면, 10 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 연축전지는 103.20 AH에서 4.6 % 감소한 98.41 AH, 20 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 연축전지는 103.21 AH에서 0.52 % 감소한 102.67 AH, 30 kHz 주파수의 펄스파를 인가한 연축전지는 103.19 AH에서 6.5 % 감소한

96.47 AH를 나타내었다.

2. 펄스파를 인가한 연축전지가 인가하지 않은 연축전지보다 충전용량의 감소가 적었으며, 그 중에서도 20 kHz 주파수의 펄스파에서 감소가 가장 적었음을 알 수 있었다. 이를 통해 20 kHz 주파수의 펄스파가 다른 주파수의 펄스파보다 연축전지의 황산염 피막을 제거하는데 더 적합한 주파수인 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. Jo-Seob Kim, Do-hyoung Hong, Jae-eon Kim, 2011.7, Aging Characteristics Analysis of Lead-Acid Batteries According to Charging Method, The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.1358-1359
2. Youn-Ho Park, Soon-Yong Chun, Bo-Hyeok Seo, 2000.8, Algorithm for Improving the Efficiency of Storing Electricity using Experiments of Charging Characteristics for Industrial Lead-Acid Battery, The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.432-441
3. Jae-Bum Park, Seon-Yong Kim, Jian Shen, Dae-seok Rho, 2011.10, A Study on the Charge and Discharge Characteristic of Lead-Acid Battery, The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.229-231
4. In-Hwan Lee, Myeong-Soo Kim, Soon-Chan Hong, 2011, A Study on SOC Measurement of Lead Storage Batteries, Power Electronics Annual Conference, pp.32-33 