

전기안전전문기업

2009. 12

Korea Electrical Safety Corporation

통권 제 209호

지난 1년간 고객의 안전을 지켰던 KESCO,



세계 최고의
전기안전 전문기업으로 도약하는
KESCO가 되겠습니다.



Ever Safety KESCO

www.kesco.or.kr | 이 책자는 전력산업기반조성사업의 일환으로 제작·배포되고 있습니다.

비상발전기의 축전지 셀 점검 및 건전성 확보 방법

글 · 한정규 [(주)재신정보 대표]

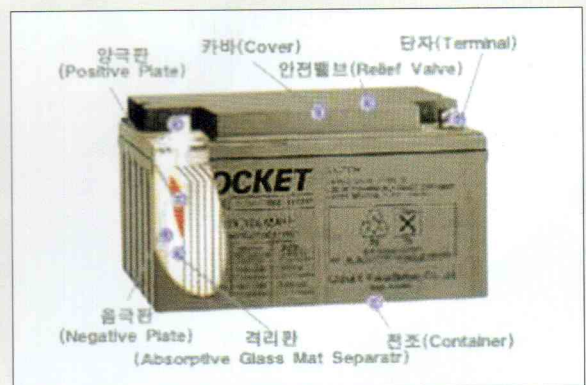
1. 현황 및 문제점

유비쿼터스 시대가 도래하면서 정전없는 건물을 유지하기 위한 각종 시스템들이 도입되고 있다. 그 중 에서 건물의 정전을 방지하기 위해서는 필수적으로 비상발전기를 설치하도록 정하고 있다. 때문에 대형 건물에는 정전 시에 자동으로 비상발전기를 구동시키기 위해서 밀폐형 12볼트 축전지가 2개 또는 4개로 설치되어 있다. 하지만 최근 정전 시에 자동으로 운전되어야 할 비상발전기가 축전지의 과방전 또는 불량으로 기동되지 못함으로 인해서 건물 전체가 정전되어 엘리베이터가 정지되는 등 전기안전 측면에서도 큰 문제가 발생되기도 한다. 화재 시, 경보시스템이 마비되어 큰 혼란을 초래할 수 있어 아무리 훌륭한 유비쿼터스 시스템을 가지고 있다고 하여도 무용지물이 되는 경우가 발생되고 있다. 특히 축전지 수량이 많지 않고 2개 또는 4개로 운용되고 있는 비상발전기의 경우에는 전압만 측정하는 것으로 대부분의 일상점검을 시행하고 있으나 이럴 경우에는 축전지의 건전성을 전혀 판단할 수 없어 축전지 점검을 소홀히 할 경우도 있다. 휴대형 축전지 전문 계측기를 가지고 점검을 하더라도 셀간 비교측정이 어렵고, 개인적인 측정 오차 등으로 인해서 불량한 축전지를 찾아내기가 곤란할 경우가 생기고 있는 현실이다. 이러한 여러가지 문제를 해결하기 위해서 축전지의 점검 기준과 소수량 셀에 대한 점검 기술과 관련에 대해서 알아보고자 한다.

2. 축전지 측정 및 점검 기술

가. 축전지의 특성

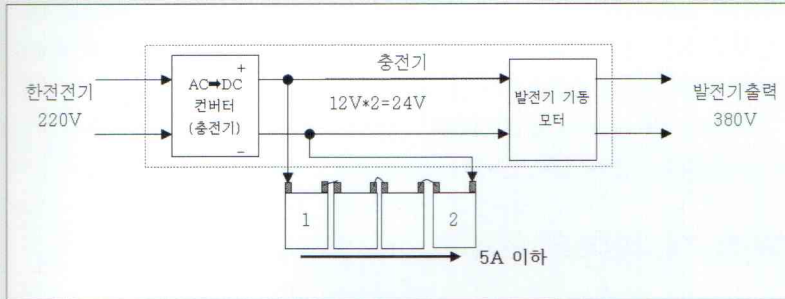
축전지는 납(Pb)과 황산(H_2SO_4)의 화학작용으로 전기를 충전 및 방전하는 축전 장치이다. 그 특성상 부동충전 상태에서는 항상 충전기 출력 자체의 전압을 축전지 단자에서 나타내기 때문에 단자전압 측정으로는 축전지의 양부를 판정할 수 없다.



[그림 1]



나. 축전지 불량 셀을 찾을 수 있는 방법

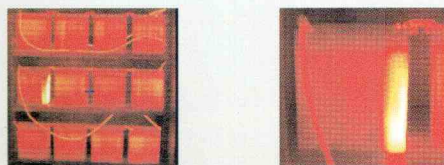
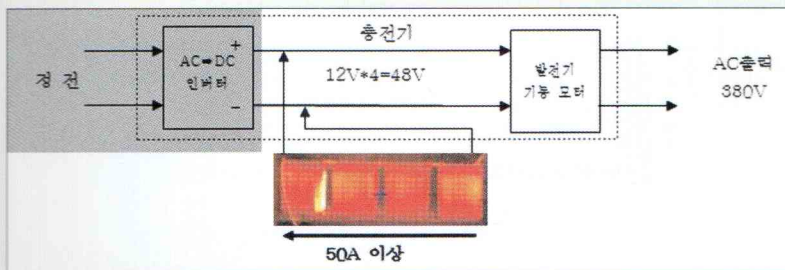


[그림 2]

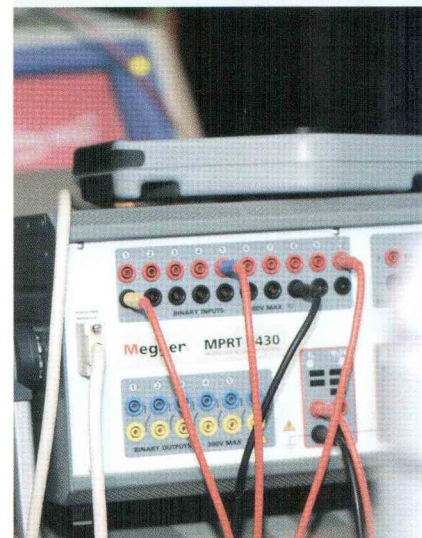
부동충전 상태인 축전지에서는 발열이 되지 않지만 방전 중인 축전지는 발열이 되고 [그림 3]은 방전 중인 축전지를 적외선(Infrared) 카메라로 촬영한 사진이다. [그림 3]의 사진에서 특정 셀의 온도가 다른 셀보다 크게 높은 것으로 확인되었다. 방전 중인 축전지에서 과열이 발생하면 폭발할 수도 있고 축전지의 모든 셀은 직렬로 연결되어 있어 상기 그림에서 만약 발열한 셀에서 폭발이 되면 전체 전압이 '0V 전압'으로 떨어지게 되는 위험이 있다. 따라서 축전지는 정전 시를 대비하기 위하여 설치하였지만 방전상태가 되면 과열이 발생하고 특히 폭발하는 위험성이 있으므로 평상시에 점검을 잘하여야 할 필요가 있는 것이다. 일반적으로 부동충전 중인 축전지는 과열이 발생하지 않지만, 특정 셀에 계속 과전압이 인가되면 온도 폭증(Thermal Runaway)이 발생되어 특정 셀의 열화가 급격히 진행될 수도 있다.

다. 방전 시, 축전지에서 과열이 발생하는 원인

평상 시 축전지 상태(부동충전 상태)는 보통 1개월에 2~3% 자연방전을 하므로 충전기의 컨버터 회로에서는 축전지의 자체 기전력보다 조금 높은 전압을 인가하여 항시 100% 충전상태를 유지하도록 한다. 이를 부동충전 상태라 한다. 이때 축전지를 통과하는 부동충전 전류의 크기는 5A이하로 적기 때문에 축전지에서 열이 발생하지는 않는다.



[그림 3]



[그림 3]에서 보면 방전 시에 정전되면 축전지에서 부하의 모든 전류를 공급하므로 50A이상의 큰 전류가 축전지를 통과하여 비상 발전기의 기동 모터에 흐르게 되므로 축전지에서 열이 발생하게 된다. 상기와 같이 내부저항(Resistance)이 큰 셀에서는 더 큰 열이 발생하게 된다. 즉 주열 공식 적용해 보면

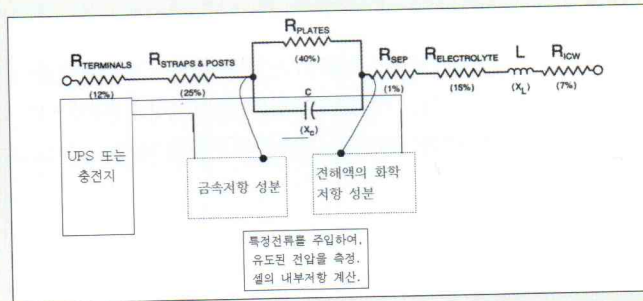
$$\begin{aligned} \text{방전 시 발열량} &= 0.24 \times I^2(10,000A) \times R(0.5\Omega) \times T(60\text{sec}) \\ &= 72,000 \text{ cal} \Rightarrow \text{물 } 1,000\text{g을 } 72^\circ\text{C까지 데울 수 있지만} \\ \text{부동충전 시의 발열량} &= 0.25 \times 25 \times 0.5 \times 60 = 180 \text{ cal} \Rightarrow 0.18^\circ\text{C 증가하는데 그친다.} \end{aligned}$$

라. 축전지 점검에 대한 IEEE 권고기술

1996년 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers 미국전기전자학회)에서는 밀폐형 축전지에 대한 점검, 유지보수, 교체기준을 발표하였다. 모든 셀에 대한 전압, 온도, 내부저항의 분기점을 권고하였다. 즉, 셀의 고장을 사전에 감지할 수 있도록 '셀 전압과 셀의 온도'의 측정을 권고하였고, 성능이 저하된 셀을 식별할 수 있도록 '셀의 내부저항'의 측정을 권고하였다. 특히 내부저항으로 셀의 성능저하를 확인하는 방법은 신품 축전지의 내부저항의 크기와 비교하던지 또는 설치되어 있는 전체 셀의 내부저항을 기준으로 30%~50% 초과 시 심각한(Significant) 상태이므로 별도 점검을 권고하였다.

마. 축전지의 전기적인 등가회로

2002년 추가로 개정된 개방형 연축지에 대한 설치 시 및 유지보수 시에 대한 점검기준으로 '셀의 내부저항'의 측정을 권고하였다.



[그림 4]

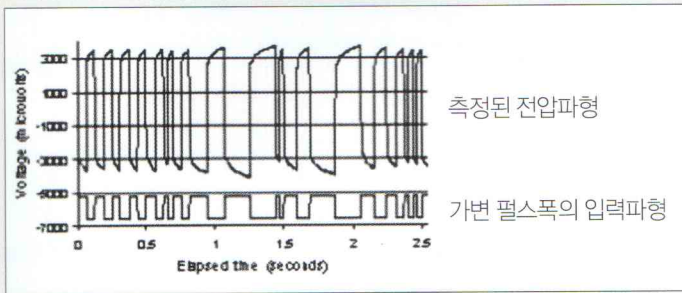
[금속 저항] 극판 부식, 접합개소 부식
[전해액의 화학 저항성분] 전해액 부족, 전해액 불순물

상기 [그림 4]는 미국 축전지 제조업체 (C&D Technology)에서 발표한 축전지의 전기적인 등가회로이며 [그림 1]은 밀폐형 축전지의 내부구조이다. 본 등가회로는 축전지의 구성 부분별 저항성분의 크기에 대한 것으로서 축전지 고장의 원인을 파악할 수 있다. 축전지를 설치한 후 년도가 경과하면 극판이 부식되고, 극판이 부식이 되면 전해액에 녹물이 혼입되어 전류의 흐름을 방해하는 저항성분이 증가하게 된다.

바. IEEE Std. 1188에서 권고한 내부저항 측정방법

현재 대부분의 건물 내 비상발전기에는 밀폐형 축전지를 사용하는 것이 보편화되었는데, IEEE에서는 이러한 밀폐형 축전지에 대해서도 부동충전 중인 상태에서 축전지의 내부저항을 측정할 것을 권고하였다. 축전지는 자체 DC 전압을 갖고 있으므로, 특정 주파수의 전류를 인가하고 동시에 특정주파수에 대한 전압을 측정하여 축전지에 대한 내부저항을 측정할 것을 권고하였다.

예를 들어 인가된 전류 0.1mA, 측정된 전압 0.3mV이면
 내부저항 = 전압 ÷ 전류 = 3Ω가 된다.

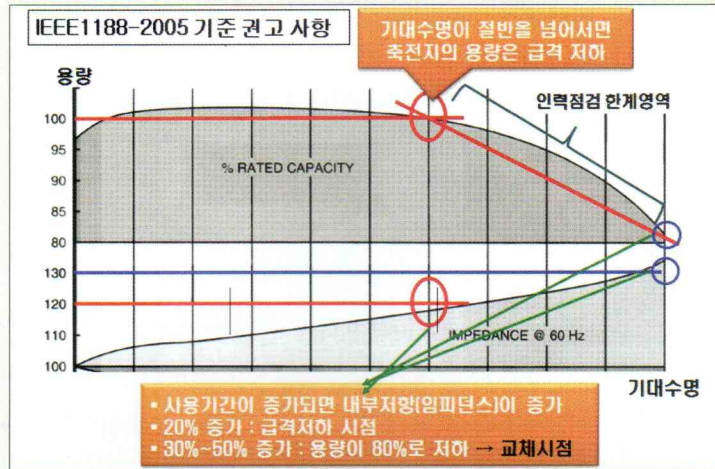


[그림 5]

상기 [그림 5]는 축전지 감시센서의 입력전류, 측정된 전압에 대한 파형이다. 부동충전 중인 UPS와 충전기에서 DC전압과 함께 AC 리플 전압파형도 동시에 인가되므로 감시센서에서 보내는 미약한 AC전류와 간섭을 받기 쉬워 입력된 전류파형에 대한 전압성분만 분리하여 측정하기가 매우 어렵다. LEM사에서 '축전지 감시센서'는 상기 그림과 같이 가변 펄스폭의 전류파형을 인가하고, 이런 파형의 전압을 분리하는 기술을 개발하여 축전지의 내부저항 측정에 대한 정확도를 높였다(반복 측정 정확도: ±2% 이하임). 상기의 측정방법을 임피던스 측정방식이라 하고 IEEE Std에서는 상기 방법 외 컨덕턴스, 내부저항 측정 방법을 권고하였다.



사. 내부저항과 충전용량과의 상관관계 및 인력점검의 한계영역



[그림 6]

미국 축전지 제조업체인 C&D Technology에서는 축전지 용량과 내부저항(임피던스)의 크기를 발표하였다. [그림 6]의 IEEE1188-2005 버전에서 보면 내부저항 크기가 30%~50% 증가된 시점은 용량이 급격히 저하되는 변곡점이고, 내부저항 크기가 이 정도로 증가된 시점은 축전지 용량이 약 80%되는 시점 이므로 교체를 권고하였다. 바로 이 부분이 되면 사람이 측정할 경우에 정확하게 교체시점을 알지 못해서 반기 또는 분기 점검을 휴대형 계측기로 정확하게 한다고 하더라도 점검의 한계영역에 도달하게 된다.

이러한 부분을 정확하게 판별하기 위해서 축전지 감시 센서와 컴퓨터에 의한 온라인 측정방식에 의존할 수밖에 없는 것이다. 특히 IEEE Std.1188-2005 기준에서, 용량의 80% 시점은 DC부하 측면에서 충분한 크기이지만 신뢰도가 급격히 저하되므로 교체를 권고하였다. 또한 셀 내부저항 측정값은 전 세계 모든 측정기에 따라 분명한 차이가 있으므로 측정값의 신뢰성을 유지할 수 있도록 IEEE Std 기준에서는 동일 측정기를 사용하도록 권고하였다. 또한 휴대형 측정기를 활용하여 측정할 때에도 동일한 압력으로 동일한 측정 지점에서 측정하도록 하고 있는데 바로 이 부분에서 현재 인력점검과 휴대형 계측기에 의한 점검 방식에 한계가 있는 것이다.

3. 비상발전기의 축전지에 감시시스템을 도입하여야 하는 이유

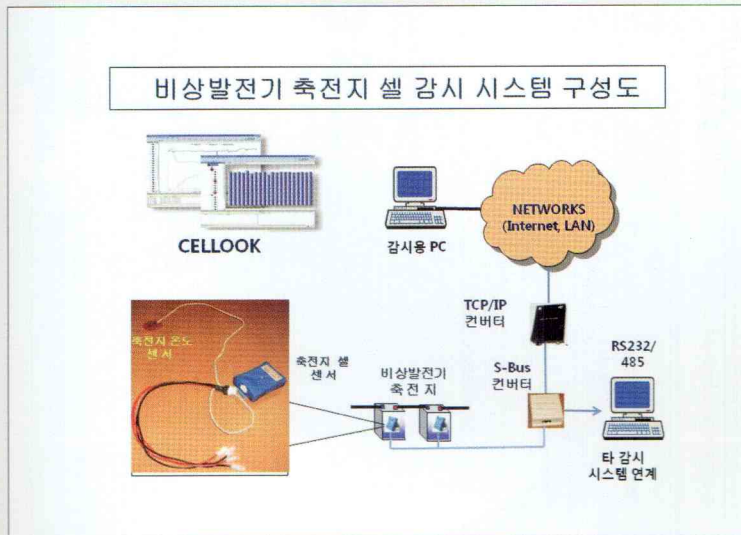
비상발전기의 축전지의 극판이 부식되고 활물질의 결합력이 약화되어 용량이 80%로 감소되기 전까지 축전지를 사용할 수 있는 최대사용할 수 있는 기간으로서, 축전지의 기대수명은 제품별로 차이가 있다. 동일 제품이라도 사용여건에 따라 기대수명이 차이가 발생하므로 축전지의 신뢰성을 높이고 정확한 교체시기를 확인하려면 셀 감시시스템을 운용하여야 한다. 축전지의 제조상의 결합률이 약 2~3%정도로 예상되고 있으나 설치 후 운영 초기 1년 이내에 불량 셀을 찾아 조치할 경우에 전체 축전지 수명을 확보할 수 있는 이점도 있다. 2개의 셀로 구성된 비상발전기의 축전지에는 타 지역과 달라서 진동의 영향을 받아서 축전지 연결 볼트의 풀림현상도 있을 수 있다. 축전지 설치 공사시, 각 축전지 셀을 연결해 주는 곳의 결선 접촉저항을 관리



하지 않을 경우에 방전 시 큰 사고로 이어질 수 있어 준공 검사이 반드시 결선저항을 측정하고 평상시에도 관리하여야 한다. 또한 인력에 의한 점검방식은 내부저항의 증가에 대한 관리가 어려울 뿐만 아니라 인건비 상승에 따른 비용 상승을 고려할 때도 축전지 셀 감시 시스템의 도입이 필요한 시점이 되었다고 본다.

4. 비상발전기 축전지 셀 감시시스템의 가장 효과적인 구축 방법

비상발전기의 밀폐형 축전지 셀의 전압, 온도, 내부저항을 상시 측정하여 초기 설치대비 내부저항의 값이 약 50%정도 상승할 경우에 경보를 발생시키도록 하고 축전지 셀의 온도는 주위 온도보다 3° 이상 상승할 경우에, 전압은 부동충전 중에 충전기 메이커에서 권유하는 전압 이상 도달할 경우에 경보를 발생하도록 프로그램을 만들면 양호한 비상발전기 축전지 셀 감시 시스템이 될 것이다. 현재 이 분야에 대한 온라인 계측 시스템은 미국, 일본, 프랑스, 스위스, 캐나다, 영국, 호주, 뉴질랜드, 중국, 한국 등 많은 나라에서 개발 판매되고 있는 실정이다. 아래 [그림 7]은 가장 간편한 축전지 셀 센서를 이용하여 네트워크에 접속하여 어느 기술자든지 쉽게 프로그래밍 하여 축전지 셀을 감시할 수 있도록 한 시스템이다. 이 시스템은 개별 PC에서 감시할 수도 있지만 건물 종합감시 시스템이나 비상경보 시스템 등 다른 시스템과 충분히 연계할 수 있는 기능이 있어야 한다. 현재 이 센서를 이용하여 공장의 비상발전기 펌프장치의 축전지 12볼트 2개, 셀의 전압, 온도, 내부저항을 감시하고 공장 PLC를 이용하여 감시시스템에 통합하는 사례가 생기고 있다.



[그림 7]

5. 기대 효과

그동안 항상 불안한 상태로 운전되고 있는 비상발전기의 축전지 셀이 경제성이 확보된 온라인 감시 시스템으로 구축될 경우에는 전기안전 관리자들에게 매우 획기적인 전기안전 확보 수단이 될 것이다. 또한 본 축전지 감시 방법으로 건물을 운영할 경우 향후 유비쿼터스 시대에 일익을 담당할 수 있을 것이다. **KEECO**

