

축전지 열화판정을 위한 진단기술 연구

민 병록 조 일권 곽 은주 안 치홍
한국통신 서울통신운용연구단

The Development of Diagnostic Technology for Battery Deterioration

Byeong-Rok Min Il-Kwon Cho Eun-Joo Kwak Che-Hong Ahn
Seoul Telecommunications O & M Research Center, Korea Telecom

Abstract

Batteries as an emergency power of stationary standby service are required to provide a reliable source of DC power needed to aid in safe AC power failure.

It is important that the proper action in early stage as soon as possible, when the battery's deterioration is detected.

This paper describes a practical diagnostic technique to monitor the state-of-health of lead acid batteries in telecommunications power system.

1. 서 론

전지는 일반적으로 충·방전을 되풀이 할 수 없는 1차전지와 충전하여 재차 사용이 가능한 2차전지로 분류된다. 1859년 브랑떼(Planté)에 의하여 발명된 납축전지는 전압의 안정성과 대전류 방전이 가능한 점 등으로 현재 가장 널리 보급되어 있는 2차전지이다. 주로 통신용 전원의 예비전원(1차 예비전원)으로 사용되는 납축전지는 비상시의 전원공급을 최종목표로 하고 있으며, 이러한 중요성을 감안할 때 축전지의 건강상태(State-of-health)를 유지하기 위해서는 끊임없는 감시(Monitoring) 및 유지·보수가 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 가장 정확하고 널리 사용되어지는 실부하 방전시험법(Timed discharge test)과 새로운 진단기법인 컨덕턴스 테스트(Conductance test)를 소개하고 국내·외 현황 및 납축전지의 대량 수요처인 한국통신의 향후계획 등에 대하여 알아보고자 한다.

2. 기존 축전지의 진단기법

기존의 축전지(Flooded type battery)는 육안 및 축전지 운용방법(비중, 전압 및 액온 측정 등)에 의한 유지·보수를 주로 하고 있으나 이러한 방법으로는 한계가 있고 축전지의 열화상태를 측정하는데

어려움이 있다. 따라서 본 절에서는 가장 정확하고 널리 사용되어지는 실부하 방전시험법에 대하여 알아본다.

2.1 실부하 방전시험법[1]

축전지의 현 상태를 가장 정확하게 파악할 수 있는 방법으로써, 시험방법은 대략 다음과 같다.

- 시험 시작전 만충전 유지
- 모든 축전지의 연결부위 점검
- 시험 시작전에 모든 축전지의 부동전압과 비중을 측정·기록
- 전해액의 온도를 측정·기록
- 축전지로 부터 충전기 분리
- 정전류로 정해진 종지전압까지 방전
- 방전 완료후 재충전 실시

시험 완료후 다음식을 이용하여 용량을 산출하고 산출된 용량이 80% 이하이면 새 축전지로 대체한다.

$$\text{용량율} = \frac{\text{종지전압까지의 실지 방전시간}(t)}{\text{(Percent 종지전압까지의 정해진 시간}(t_{\text{rated}}) / \text{capacity})} \times 100(\%) \quad (1)$$

2.2 실부하 방전시험법의 문제점[2][3]

실부하 방전시험법에는 다음과 같은 몇가지 문제점이 있다.

- 시간이 오래 걸린다
- 방전 전류치가 크므로 장비의 용량이 커진다
- 방전시험후에 재충전 시간이 필요하다
- 충·방전으로 인한 용량저하가 발생한다
- 방전시험시 정전에 대한 대책이 없다

3. 무보수 밀폐형 축전지의 진단기법

최근 국내·외에서 많이 사용되고 있는 무보수 밀폐형 축전지(Valve-Regulated Lead Acid Battery)

는 기존의 축전지에 비해 크기, 외관, 안전성, 밀폐화, 무누액 등의 여러 가지 장점을 갖고 있으나 축전지의 건강상태를 진단하기가 매우 어려운 단점이 있다. 이러한 이유로 근래에 이르러 셀 내부의 컨덕턴스를 이용한 새로운 진단기법이 실용화 되고 있다[4].

3.1 새로운 진단기법의 필요성

기존의 축전지에 적용하던 방법인 부동전압 측정, 전해액 비중 측정, 전해액 레벨 점검, 눈에 의한 극판의 균열 및 부식정도 확인 등에는 한계가 있고 축전지 용량과의 상관관계도 없는 편이다. 더군다나 무보수 밀폐형 축전지의 경우는 디자인 특성상 적용이 불가능하며, 각 셀의 전압측정과 방전시험에 의한 용량확인만이 적용가능할 뿐이다. 그러나 가장 정확하고 널리 사용되어지는 방전시험법도 여러 가지 문제점이 있어 기존의 진단방법을 대체할 만한 새로운 진단기법인 컨덕턴스 테스트가 대두되었다.

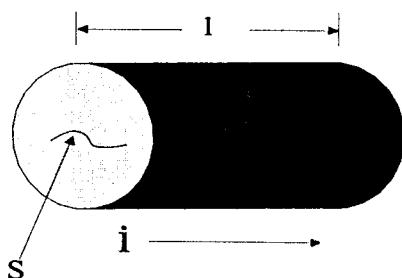
3.2 컨덕턴스 테스트

3.2.1 개발배경[4-7]

컨덕턴스 테스트의 근원적인 기술은 자동차용 축전지 테스트를 위해 1970년대에 모토롤라에 의해 개발되어진 이래 1975년 Champlin, 1986년 DeBar-delaben, 1987년 Vaccaro와 Casson에 의해 가능성이 보여지고 1990년대 초에 이르러 각종 세미나 및 국제회의에 발표가 되었고 현재는 IEEE 규정집에 채택되기에 이르렀다[4].

3.2.2 컨덕턴스 이론[3]

다음과 같은 도체에 전류 i 가 흐르고 있다고 가정할 때,



저항 R 은

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (2)$$

$$G = R^{-1} = \frac{s}{\rho l} = \frac{\sigma s}{l} \quad (3)$$

여기서, R : 저항 ρ : 비저항 l : 유효길이
 s : 유효면적 G : 컨덕턴스 σ : 전도도

식 (3)으로부터 컨덕턴스 G 는 극판의 유효면적 S 에 직접적인 비례 관계가 있음을 알 수 있고 게다가 축전지의 용량이 극판의 면적(크기)에 비례함은 이미 잘 알고 있는 사실이다.

식 (1)에 의하면 100% 용량율의 경우 방전시간은 정해진 시간과 실지시간이 일치하게 될 때이다. 여기서 임의의 기준 컨덕턴스를 G_{ref} 라 정의하면 용량과 컨덕턴스의 비례관계에 의해 G 와 G_{ref} 가 일치할 때 100% 용량이 된다. 따라서 다음식과 같이 표현 할 수 있다.

$$(G / G_{ref}) = (t / t_{rated}) \quad (4)$$

식 (1)과 (4)로 부터

$$\text{Percent capacity} = (G / G_{ref}) \times 100(\%) \quad (5)$$

식 (4)로 부터

$$G_{ref} = G \times (t_{rated} / t) \quad (6)$$

식 (6)으로부터 기준 컨덕턴스 G_{ref} 는 방전시험과 컨덕턴스를 측정하여 결정하거나 새 축전지 또는 만충전된 축전지의 컨덕턴스 측정치를 기준치로 할 수 있다. 그러면 우리가 알고자 하는 방전 종지 전압까지의 실지시간(t)을 구하기 위해서는 컨덕턴스 G 를 측정하면 가능하다

4. 축전지 열화판정 진단기술 개발현황

4.1 선진외국의 경우

미국의 경우 컨덕턴스 또는 임피던스를 이용한 계측기가 상용화되어 특허출원 및 판매·운용 중이고 일본 NTT의 경우도 1984년 새로운 용량시험장치를 개발하여 사용한 이래 개량 개선을 거듭하여 축전지 운용현장에 투입·활용중이다. 열화판정장치에 대한 해외규격으로는 IEEE PAR 1188에 권고안이 작성중에 있다.

4.2 국내의 경우

국내의 경우 열화판정 진단방법에 대한 기술개발 및 규격은 전무한 실정이고 업체 및 유관기관에서 실험실 차원으로 진행중에 있다.

4.3 한국통신의 경우

다가오는 통신시장 개방 및 무한경쟁 체제에 대비하기 위하여 당사에서는 “축전지 열화판정을 위한 진단기술 개발” 연구를 추진중에 있으며, 이를 바탕으로 하여 ‘축전지 운용기술 및 계측제어기술의 통합기술 축적’을 이루고자 노력하고 있다. 이 기술의 성공적인 개발로 얻어질 수 있는 기대효과

및 활용계획은 다음과 같다.

4.3.1 기대효과

기술적 측면	- “전지운용기술+계측제어기술의 통합기술” 축적 - 계측기기분야의 응용기술 확보 - 통신시장 개방에 대응할 수 있는 기술력 확보 - 고신뢰의 축전지 운용기술기반 확보 - 전원집중관리시스템(ELITE)과의 연계로 축전지 상태 자동 감시
경제적 측면	- 축전지 신뢰성 확보로 대형사고 사전 예방 - 축전지 유지보수의 효율화(시간 및 경비 절감) - 축전지 시장에서의 국제경쟁력 확보 - 축전지 용량의 적정성 확보로 인한 경제성 제고
사업적 측면	- 불량축전지의 조기발견에 따른 예비전원의 신뢰성 확보 - 축전지 용량의 사전산출 가능에 따른 대·개체 반영의 적정성 확보

4.3.2 활용계획

- 축전지의 열화상태를 종합 판정할 수 있는 측정 장비의 진단알고리즘으로 활용
- 축전지 열화판정장치 개발(휴대용 및 ELITE에 연계)

5. 결 론

본 논문에서는 통신용 전원의 예비전원으로 사용 중인 축전지의 열화판정 진단기법에 대하여 논의하였고 특히, 최근에 와서 사용처가 급속히 증가하고 있는 무보수 밀폐형 축전지에 적용가능한 컨덕턴스 테스트에 대하여 알아보았다. 추후 축전지 열화판정을 위한 진단기술이 개발 완료되면 불량 셀의 자동선별이 가능한 휴대용 장비의 개발 및 전원집중 관리시스템과(ELITE)의 연계로 축전지 유지보수의 자동화 및 효율화를 이루고자 한다.

6. 용어정의

□ 컨덕턴스(Conductance)

복소 어드미턴스의 실수부로 정의되고 순 저항 성분의 경우 컨덕턴스 G 는 $G = R^{-1}$ 로 표시되며, 국제 단위는 Siemens(미국단위: Mhos)이다.

□ 무보수 밀폐형 축전지(VRLA Battery)

Sealed (Type) Lead Acid Battery를 말하나 엄밀히 말하면 VRLA(Valve-Regulated Lead Acid) Battery 라고 하며, 현재는 주로 이 용어를 사용한다.

□ 셀(Cell)과 배터리(Battery)

셀과 배터리의 차이점은 선진 외국에서도 분명치 않으나 단체(single body)로써 완전한 상품이 되어 있는 것을 배터리라고 하고 단체(single body)로써 완전한 상품이 되어 있지 않은 것을 셀이라고 한다. 다시 말하면 양극판, 음극판, 격리판, 전해액, 전조로 구성되어 있는 배터리내의 전기 화학적 전류를 생성할 수 있는 기본적인 장치가 셀이다.
(수학적으로 표시하면 배터리 ≥ 셀이다).

[참 고 문 현]

- [1] Section 6 of ANSI/IEEE Standard 450-1987
- [2] D.O.Feder, T.G.Croda, K.S.Champlin, and M.J. Hlavac, "Field and Laboratory Studies to Assess the State-of-Health of Valve-Regulated Lead Acid Batteries: Part I: Conductance/Capacity Correlation Studies", Proceedings of the 1992 INTELEC Conference, pp.218-233, 1992
- [3] Midtron and Celltron, "Electronic Testers for Assessing Battery/Cell Capacity", October, 1990, Midtronics, Inc..
- [4] D.O.Feder, T.G.Croda, K.S.Champlin, S.J. Mcshane, and M.J.Hlavac, "Conductance Testing Compared to Traditional Methods of Evaluating the Capacity of Valve-Regulated Lead Acid Batteries & Predicting State-of-Health", Journal of Power Sources, 40192, pp.235-250, Proceedings of the 1992 International Lead Zinc Research Organization (ILZRO), Nice, France.
- [5] K.S.Champlin, "Dynamic Method for Storage Battery Diagnostic Testing", Talk presented to 1975 SAE Off-Highway Vehicle Meeting, Milwaukee, Sept.1975
- [6] S.L.DeBardelaben, "Determining the End of Battery Life", Proceedings of the 1986 INTELEC Conference, pp.365-368. 1986.
- [7] F.J.Vaccaro and P.Casson, "Internal Resistance : Harbinger of Capacity Loss in Starved Electrolyte Sealed Lead Acid Batteries", Proceedings of the 1987 INTELEC Conference, pp.128-135, 1987.