

# 배터리 자동교환 전기버스 전기시설물의 안전성 평가

이기연, 김동욱, 방선배  
한국전기안전공사 전기안전연구원

## Study on the evaluation of electrical safety for electric equipment of smart e-bus system

Ki Yeon Lee, Dong Ook Kim, Sun Bae Bang  
Electrical Safety Research Institute(subsidiary of KESCO)

### ABSTRACT

본 연구는 스마트 e버스 시스템 중 배터리 교환로봇을 이용한 배터리 교체시설과 배터리 급속충전 시설인 자동 배터리 교환시설의 전기안전성 안전진단을 통하여 현 시설물의 문제점 분석과 개선사항 도출을 통하여 안전한 사용을 위한 스마트 e버스 시스템의 전기 시설 기준(안)을 개발하는데 도움이 되고자 한다

### 1. 서론

세계적으로 환경오염 저감을 위하여 국내 에너지부문  $CO_2$  배출량의 약 20%를 차지하는 수송 분야의 저탄소 녹색성장 실현을 위해서 전기자동차의 확대 보급이 필수 요건으로 나타났다. 하지만 긴 충전시간과 짧고 불규칙한 운행거리 및 부족한 충전인프라 문제 등으로 인한 전기자동차 보급의 문제점을 해결하기 위하여 전기자동차의 이용편의성 증진 및 차량 가격 절감을 위하여 배터리 공용화 및 임대사업이 모색되었다.

스마트 e버스 시스템은 전기자동차 보급, 활성화를 위한 대책의 하나로 플러그에 꽂는 형태로 충전하는 기존의 전기자동차와 달리 배터리를 교체하여 주행에 필요한 전원을 안정적으로 공급하는 시스템이다. 스마트 e버스 시스템 구축을 위하여 전기자동차의 편리성과 범용성 향상을 위한 사용자 서비스체계 구축과 인프라 구축기술의 표준화를 통한 효율성 제고 등 제도적 뒷받침이 이루어져야 한다. 또한, 스마트 e버스 시스템은 여러 사람이 이용하는 공공시설로 안정성 확보가 중요한 요소라 할 수 있다.

본 논고에서는 스마트 e버스 시스템 중 배터리 교환로봇을 이용한 배터리 교체시설과 배터리 급속충전 시설인 자동 배터리 교환시설의 전기안전성 안전진단을 통하여 현 시설물의 문제점 분석과 개선사항 도출을 통하여 안전한 사용을 위한 스마트 e버스 시스템의 전기 시설 기준(안)을 개발하는데 도움이 되고자 한다.<sup>[1]</sup>

### 2. 스마트 e버스 시스템

#### 2.1 스마트 e버스 시스템의 개요

Smart e Bus System은 그림 1과 2에 나타난 것과 같이 배터리 교환형 전기버스(QTP E BUS : Quick top pick up

electric bus)와 배터리 교환 플랫폼(QCM : Quick Battery Changing Machine), 비상충전 시스템(MCS : Mobile Charging System)으로 구성되어 있다. 시스템의 배치는 차고지 부근 공용교환시설에 QCM을 설치하고, 20km를 초과하는 노선의 경우 정류장 또는 회차지점에 QCM을 추가로 설치하여 운영된다. 또한 통합관리운영시스템을 통해 배터리 상태를 모니터링하고 QCM/QTP E BUS/MCS를 통합 운영관리하는 시스템으로 구축되어 있다.

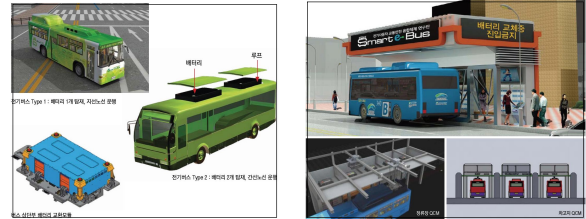


그림 1 스마트 e버스 시스템  
Fig. 1 Smart e-bus system

#### 2.2 자동 배터리 교환 시설(QCM)의 구성

QCM은 배터리 교환 시스템과 급속 충전 시스템으로 구성되어 있다. 배터리 교환 시스템은 교환 로봇 및 제어시스템으로 구성되어 있으며, 급속 충전 시스템은 100kW급의 급속충전기가 최대 6개까지 설치되어 있다. 그림 2와 같이 버스 정차에 따른 승객 승하차장 좌측 공간에 수전설비와 배터리 교환시스템 구동전원 및 제어가 설치되어 있으며, 승객이 주로 머무르는 공간 뒤편에 배터리 충전모듈이 설치되어 있다. 또한, 2층 상부에는 배터리 교환 로봇과 배터리 충전모듈로부터 배터리 충전 전원을 공급받아 충전하는 배터리 충전 거치대가 설치되어 있다.



그림 2 자동배터리 교환 시설의 외형  
Fig. 2 The appearance of Quick Change Machine

### 3. 스마트 e버스 시스템 안전진단

#### 3.1 자동배터리 교환 시설의 안전진단 개요

QCM은 불특정 다수의 사람이 이용하는 버스정류장 시설물로서 전기설비의 이상으로 인한 전기화재 및 감전사고시 대형 사고로 이어질 수 있기 때문에 사고 예방을 위한 전기시설물의 시설기준 개발을 위하여 현재 설치되어 있는 QCM 시설물에 대한 안전진단을 실시하였다. QCM은 불특정 다수의 사람이 이용하는 버스정류장 시설물로서 전기설비의 이상으로 인한 전기화재 및 감전사고시 대형사고로 이어질 수 있기 때문에 사고 예방을 위한 전기시설물의 시설기준 개발을 위하여 현재 설치되어 있는 QCM 시설물에 대한 안전진단을 실시하였다.

QCM 전기시설물의 수전용량은 22.9[kV]/8,250[kW]이며 발전용량은 0.38[kV]/490.2[kW], 구내배전설비용량은 22.9[kV]/600[kW]이다. 중점진단 항목은 적외선 열화상 진단과 전원품질 분석, 전기설비 기준기준 등에 의한 전기시설 안전성 진단에 대하여 실시하였다.

#### 3.2 자동배터리 교환 시설의 안전진단 결과 분석

적외선 열화상 진단과 전원품질분석 결과 큰 문제점은 나타나지 않았으나 배터리 충전을 위한 인버터 등 급속 충전시 비선형 부하의 증가에 의해 전압 및 전류 고조파, 역률 등 개선 대책이 필요한 것으로 분석되었다. 전원품질분석 결과에 따라 설비의 안전성 향상을 위하여 충전모듈의 경우 고주파 저감 장치 등을 시설하고, 전자파 등의 영향으로 인한 기기 오동작 사고의 위험에 대하여 EMI 시험을 통하여 성능 검증이 필요한 것으로 분석되었다.

QCM 시설물에 대한 전기설비 기준기준 등에 의한 전기시설 안전성 진단 결과, 변압기, 전선류, Mg SW 등은 기술기준에 적합하게 시공되어 있었다. 하지만, 불특정 다수의 사람이 이용하는 시설물로 보호장치에 대한 부분과 배터리 충전모듈과 충전거치대 등 전기자동차 전원공급설비 부분에 대한 기술기준에는 부적합한 것으로 분석되었다.

현재 시설되어 있는 QCM은 초기모델로 성능 구현에 집중하여 설치되었지만, 향후 테스트베드가 구축되면 사고 예방을 위하여 보호장치를 시설기준에 적합하게 시설해야 할 것이다. 안전진단을 통하여 3상 TR 250KVA(440V/240V) 1차측에 미설치되어 있는 지락차단장치를 시설해야 하며, SPD 사용도 시스템 전압이 440V이기 때문에 현재 시설되어 있는 380V 정격의 SPD도 교체해야 할 것이다. 또한, 충전모듈에서 충전거치대로 연결되는 간선케이블의 굵기가 정격전류에 대한 굵기가 아닌 최대충전전류에 적합한 배선을 사용해야 할 것이다.

#### 3.3 자동배터리 교환 시설의 시설기준(안) 도출

QCM 시스템의 시설기준(안) 도출을 위하여 현재 시스템의 특성 및 기준에 대한 문제점 분석을 실시하였다.

QCM 안전진단을 통하여 나타난 가장 큰 문제점인 전기자동차 전원공급설비의 경우 현재 제정되어 있는 기술기준은 커패시터(커패터, 인렛)를 통한 충전방식이기 때문에 부적합 항목이 많이 나타났다. 현재의 기술기준에는 부적합한 항목들 중에서 QCM 고유의 구조로 인한 항목은 일부 기술기준을 수정해야 할 필요성이 있다. QCM에 시설되는 충전설비는 커패시터가 충전모듈과 분리되어 있으며 충전모듈은 사람이 접촉하기 쉽지 않도록 분리되어 있으며, 충전시 외부에 노출되지 않은 2층 건

물 내에 충전 거치대가 존재하는 차이가 있다. 하지만, 구조적 차이가 있어도 인체보호를 위한 기준은 준수해야 할 것이다. 현 시설물 안전진단을 통하여 테스트베드 구축시 필수로 설계 변경을 실시해야 할 사항을 다음과 같이 나타내었다.

- ① 충전 커넥터와 인렛의 접지극이 있을 것
- ② 충전 커넥터와 인렛은 접지극이 먼저 접속되고 차단시 나중에 분리되는 구조 일 것
- ③ 충전 커넥터가 분리될 때 충전 전원공급을 중단시키는 인터록 기능이 있을 것
- ④ 충전 거치대 및 배터리 교환로봇, 건물 구조물은 전기적 연속성을 확보할 것

QCM 안전진단을 통한 분석결과와 관련 기준 분석을 통하여 향후 시설기준(안) 도출을 위하여 고려해야 할 사항을 다음에 나타난 것과 같이 화재, 감전사고 예방을 위한 항목과 유지관리를 위한 항목 등으로 도출하였다.

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. 화재사고 예방을 위한 시설기준(안)<br/>충전기 내부/외부의 사고 예방을 위한 보호장치 시설<br/>QCM의 소방시스템 구축 등</li><li>2. 감전사고 예방을 위한 시설기준(안)<br/>QCM 시스템 배선시스템 개선<br/>공용시설을 고려하여 MCCB를 ELB로 교체<br/>도로 침수 등을 고려한 배선시스템</li><li>3. 유지관리를 위한 시설기준(안)<br/>충전기 등 점검 및 유지보수를 위한 충분한 공간 확보<br/>충전모듈 및 배터리가 위치한 부분의 환기 시설<br/>사고시 알람 시스템 등 승객 대피 시스템<br/>배터리 교체를 위한 차량 정차 시스템<br/>수전설비 설치위치에 따른 관련 규정 적용 등</li></ol> |
|--|

### 4. 결론

QCM 전기시설물의 전기안전성 안전진단을 통하여 현 시설물의 문제점 분석과 개선사항 도출을 통한 시설기준(안) 개발을 위하여 다음과 같은 결론을 도출 하였다.

- 1) 전기화재 예방을 위한 기술기준에 미흡한 문제점
- 2) QCM의 구조적 차이로 인한 기술기준 제·개정 방향
- 3) QCM 시설물 안전성 향상 및 성능 개선을 위한 개선사항  
현재 시설되어 있는 QCM 시설의 안전진단 결과를 활용하여 향후 구축될 테스트 베드 등의 안전성이 향상된 스마트 e버스 시스템 구축을 위한 시설기준(안) 제·개정안 개발에 도움이 될 것으로 판단된다.

이 논문은 한국건설교통기술평가원의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.
---

### 참 고 문 헌

- [1] 산업통상자원부, "전기설비기술기준의 판단기준", 제320호, 2010.
- [2] 이기연 등 4명, "전기자동차 충전전원 공급설비의 안전성 확보를 위한 기준 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집. pp. 2148 2149, 2012.