

전기식 플러그 도어 하부시스템 기능 분석

정의진*, 홍재성*, 원종운*, 이장무* 이한민*, 김길동*
한국철도기술연구원*

Functional Analysis of Subsystem for Electric Plug Door

Euijin Joung[†], Jaisung Hong^{*}, Jongun Won^{*}, Jangmu Lee^{*}, Hanmin Lee^{*}, Gildong Kim^{*}
^{*}Korea Railroad Research Institute

Abstract - The sliding door and plug door are the main types of door system in the EMU(Electric Multiple Unit). The sliding door is widely used in Korea but has weak point in the noise problem. In the low operation speed, the noise coming from outer side of the EMU is not an important factor. As the speed is higher than before, noise is increased and make an issue. The main cause of noise is the imperfect air tightness in the EMU. The plug door system has advantages for the noise reduction characteristic in the high speed area. Actually the noise level is an important factor for the passenger comfort. In this paper, we will describe the characteristic of electric plug door and functions of sub component.

1. 서 론

일반적으로 전동차 출입문은 포켓 슬라이딩 도어, 아웃 슬라이딩 도어, 플러그 도어로 구분할 수 있다. 현재 국내 표준전동차에서 제시되어 있는 사양인 포켓 슬라이딩 도어는 철도차량이 고속화됨에 따라 소음 및 외풍 차단이 어려워 소음차단을 위해 다른 도어시스템을 사용하고 있다. 아웃 슬라이딩 도어는 대전지하철 및 인천국제공항 전동차에 사용되고 있으나, 소음 및 외풍 차단이 어려운 점은 포켓 슬라이딩 도어와 같다. 현재 제작완료되어 시험 중인 플러그 도어는 최근 철도차량이 고급화됨에 따라 고속철도에 적용되던 도어를 전동차에 적용하면서 쓰이게 된 도어시스템으로 저속 운행 시에는 외부로부터 유입되는 소음이 문제가 되지 않다가 전동차가 고속으로 운행되면서 소음이 큰 이슈로 부각되는 등 소음이 승차감을 측정하는 척도로서 큰 역할을 담당하게 됨에 따라 소음에 강한 플러그 도어 시스템이 주목받게 되었다.

전동차 소음의 주요 요인은 도어시스템에서의 공기차단이 부족해서 발생하는 경우가 많은데 그 점에 있어서 플러그 도어는 노이즈 저감 특성이 탁월하기 때문에 차세대전동차에 적용하게 되었으며 본 논문에서는 국내 도어시스템의 종류와 특징, 국내외 플러그 도어 개발 동향, 플러그 도어 하부시스템의 주된 기능에 대해 다루고자 한다.

〈표 1〉 전동차 도어시스템의 형식 및 특징

구분	포켓 슬라이딩 도어	아웃 슬라이딩 도어	플러그 도어
국내 적용 차종	<ul style="list-style-type: none"> 수도권 지하철 광역시 지하철 	<ul style="list-style-type: none"> 대전 지하철 1호선 인천국제공항 전동차 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 최초의 모뎀화 전기식 플러그 도어
특징	<ul style="list-style-type: none"> 소음, 외풍 차단 어려움 철도차량 고속화에 부적합 장애사고 빈번히 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 소음, 외풍 차단 어려움 철도차량 고속화에 부적합 장애사고 빈번히 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 소음, 외풍차단 우수함 철도차량 고급화에 적합 실내 쾌적성 우수 안전성 우수

2. 국내외 플러그 도어 개발 현황

2.1 국내·외 기술 동향

국외에서는 FAIVELEY, BODE, IFE 등 유럽의 3-4개 기업에서 독자적인 설계와 생산능력을 가지고 전 세계 철도차량의 출입문시장을 석권하고 있다. 속도대역별로 개발을 달리하여 100km/h 이하까지는 슬라이딩 도어를 적용하는데 반하여 플러그

도어는 전 속도영역에 걸쳐 적용하나 특히 100km/h 이상의 고속도 영역에서는 플러그 도어만을 적용하여 사용하는 것으로 조사되었다. [1]-[3]

국내에서는 슬라이딩 도어가 국산화되어 수도권 및 광역시 지하철에 적용되어 사용되고 있으나 플러그 도어의 경우, 아직 국내에서는 독자적인 설계와 생산이 이루어지지 못하고 외국기업의 기술이전을 받아 부분 조립하고 있는 상황으로 플러그 도어 중 공기식의 경우 국산화되어 제작 기술을 확보한 상태이나, 전기식의 경우 차세대전동차에 적용하기 위해 기술개발이 진행 중에 있으며, 현재 제작이 완료되어 시험 중에 있다.

2.2 차세대전동차 플러그 도어 개발 현황

차세대전동차에 적용하는 전기식 플러그 도어의 개발에서는 도어의 미려도 향상, 도어 내·외부 오픈 스위치 적용, 완전한 밀폐구조 유지 등을 통한 방음, 방풍, 방수효과 향상이라는 목표를 달성하고자 하였다. 아울러 승객들의 시야감 확보를 위해 도어 판넬 유리 크기 확대 적용, 구동소음 저감, 내구성 향상과 경량화 등의 개발목표를 달성하고자 한다. 아래 표에 기존 전동차의 수입 플러그 도어시스템과 비교하여 차세대전동차 적용 국산 플러그 도어시스템의 개발목표 및 개선사항을 정리하여 나타내었다.

〈표 2〉 수입 플러그도어 대비 개발 플러그 도어의 목표 및 개선 사항

구분	기존사양	개발목표	개선내용	
전기식 플러그 도어	도어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 중량 약 178kg 벨트 스크류 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 중량 10% 감소 스크류 방식 	<ul style="list-style-type: none"> 차량 중량 감소 내구성 향상 유지보수성 향상
	행잉 디바이스	<ul style="list-style-type: none"> 텔레스코프 타입 (도어 판넬측 중량 집중으로 구동 소음 발생 및 잦은 유지보수 발생) 	<ul style="list-style-type: none"> 리니어 부시 적용(중량 분산) 소음 저감 및 도어 판넬 돌출 구조 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 도어 판넬측 중량 분산 및 구동 소음 저감 유지보수성 향상
	코디네이션바	<ul style="list-style-type: none"> 하부 롤러 돌출 인통문폭 1,200mm 	<ul style="list-style-type: none"> 하부롤러 회전 반경 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> 하부롤러 미돌출 인통문폭 1,300mm
	엔진 모터	<ul style="list-style-type: none"> 기존 모터 수입 	<ul style="list-style-type: none"> 개발품에 적합한 모터 국산화 	<ul style="list-style-type: none"> 모터 수급 용이 가격 절감

3. 개발 플러그 도어의 특징

일반적인 전기식 도어시스템은 도어 오퍼레이터부, 도어 판넬부, 코디네이션바 등으로 나눌 수 있다. [4]

도어 오퍼레이터부는 DCU(Door Control Unit), 모터, 스크류 기어와 볼너트, 레일, 리미트 스위치와 전기 장치(터미널 블록, 커넥터, 포트 및 케이블)로 구성되고, 모터와 링크된 행잉부는 리니어 부시와 샤프트에 도어판넬 연결을 위한 컨넥터가 있다. 도어 판넬부는 판넬(좌/우), 창문, 쉘링으로 구성된다. 그 외, 내·외부 비상 수동개방장치, 코디네이션바 등으로 구성된다.

차세대전동차 플러그도어의 가장 큰 특징은 개별 부품으로 취부되던 하부 부품들을 그림 1과 같이 일체화하여 모뎀화함으로써 전동차 설치조립 시간을 줄인 점이다. 기존에 부품 하나하나를 붙여 조립하던 방식에서 공장에서 출입문을 조립한 후 일체로 이동시켜 차체 조립공정에서 직접 차체에 취부할 수 있어서 조립시간을 줄일 수 있는 장점이 있다. 조립지점은 상하좌우 네 부분만을 조립하면 쉽게 탈부착이 가능하다. 또한 경량화를 위해서 알루미늄 한니콤 형상을 도어 판넬에 채택함으로써 구조 강도와 피로저항, 충격저항을 높이는 효과를 얻었고, 방음 및 단

열효과를 부수적으로 얻을 수 있었다. 표 3에 개발 중인 플러그 도어 개발사양을 나타내었다.

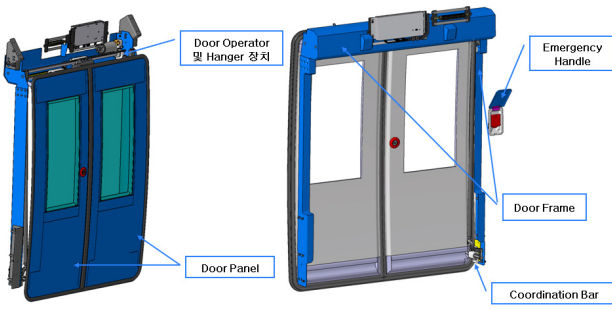


그림 1 모듈형 플러그도어

<표 3> 차세대전동차 플러그도어 개발사양

항 목	사 양
구동방식	전기식 모터, 스크류 동력전달
열림/닫힘시간	3.5±1초
도어 닫힘력	150N이하
작동온/습도	-25℃~+70℃ / 최대 95%
공급전압	DC 100V
열림 간격	1,300mm(W) x 1860mm(H)
도어판넬	알루미늄 스킨+알루미늄 하니콤+알루미늄 프레임
설계중량	165kg (±5kg)

3.1 출입문 제어기(DCU:Door Control Unit)

전기식 플러그 도어시스템 제어를 위해 개발한 출입문 제어기는 플러그 도어시스템의 제어를 목적으로 개발되었다. 기본 개발 모델은 국내 표준전동차 외부 인터페이스 및 기능을 기반으로 개발하였으며, 차세대 전동차에 적용될 기능이 최대한 수용되도록 설계하였고, 철도차량 전장품 환경조건 및 시험 검사 기준에 준하도록 개발하였다.

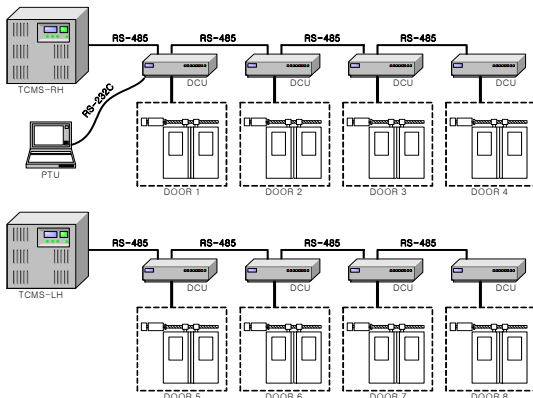


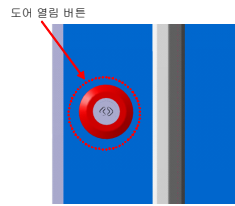
그림 2 전동차 출입문의 구성

다음에 DCU의 기능을 나타내었다.

- 열차 지령 신호에 의한 자동 문 여닫음 제어
- 모터 구동 전류 정류 및 측정을 통한 출입문 제어 장애 감지
- 기 설정된 출입문 여닫음 패턴 수업을 통한 제어
- 열차 지령 신호 및 출입문 작동 스위치 입력에 대한 논리 처리
- 출입문의 상태 제어
- 저전압/고전압 감시 기능
- DCU 자가 고장 및 출입문 상태 고장 검출 및 고장 이력 저장 기능
- 출입문 제어 상태 및 동작 파라미터 설정 및 저장 기능
- 외/내부 전원 이상 상태에 대한 대응 기능
- TCMS-DCU간 RS485통신을 통한 자기 상태 및 고정 이력 전송 기능
- 외부 점퍼 설정에 의한 DCU 주소 설정 기능
- RS232 통신을 통한 자가 진단 및 펌웨어 다운로드 기능
- 모터 구동 전류 및 전압 측정 및 필터링을 통한 역기전력 산출기능
- 모터 역기전력으로부터 출입문의 위치를 산출 및 제어하는 기능

- 전기적 환경 외란 방지 기능
- 전원 역 삽입 방지 기능
- 실시간 자가 감시 기능

3.2 개별 열림 스위치



차세대 전동차의 경우 유동 인구가 적은 도심 외곽이나 승객이 적은 시간대에 운행하는 경우 내외부에 개별 열림 스위치를 적용하여 승객이 직접 출입문을 열고 승하차할 수 있도록 도어에 개별 열림 스위치를 적용하였다. 차량이 승강대에 정차하고 ENABLE & ZERO SPEED 신호를 DCU가 인가받게 되면, 차량에서 일괄적으로 한쪽 측면의 도어를 열 수 있다. 하지만 승강장 역의 승객 인원이 작고, 차량 이용 승객이 적은 경우, 승강장 또는 차량 내부에서 도어 판넬에 장착되어져 있는 열림 버튼을 취급하여 도어를 열고 승하차를 할 수 있도록 하였다.

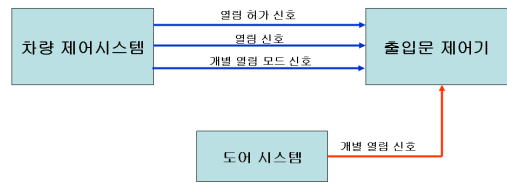


그림 3 개별열림 스위치 및 제어 흐름

3.3 비상핸들

비상 탈출 장치인 비상핸들은 내·외부 비상핸들로 나누어진다. 내부 비상핸들은 각 출입문 옆에 1개소씩(량당 총 8개) 설치되며, 외부 비상핸들은 차량의 외측면에 1개소씩(량당 총 2개) 설치된다. 비상 핸들 구성은 비상커버, 비상 레버, 캠 풀리, 모우던 케이블, 롤러, 리미트 스위치, Base, 핀, 리턴 스프링 등이 있으며 비상핸들 작동순서는 아래와 같다.

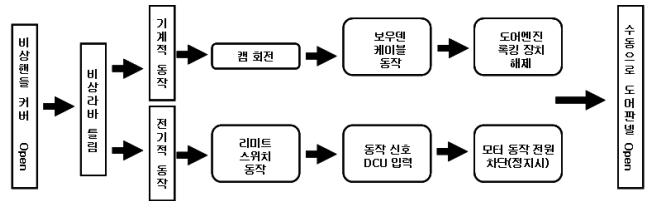


그림 4 비상핸들 작동 순서

4. 결 론

차세대전동차에 적용하기 위해 개발된 전기식 플러그 도어는 방음, 방풍, 방수 특성이 우수하다. 따라서 기존의 도어시스템에 비해 차내의 소음저감, 미려도 향상, 내구성 및 신뢰도 향상 등 많은 부분에서 개선이 이루어졌다고 할 수 있다. 도어의 유지보수성 향상과 중량 분산 등을 위해 구성품별 모듈화와 단순화, 신뢰도 향상이 고려되었다. 특히 개발된 플러그 도어는 모듈형으로 설치 조립시간을 줄이도록 개발되었다. 본 논문에서는 개발된 전기식 플러그 도어의 하부시스템의 기능들을 살펴보고, 세부적으로 출입문 제어기, 개별 열림 스위치, 비상핸들에 대해 검토하였다. 현재 전기식 플러그도어는 차세대전동차에 적용하기 위하여 완성차 시험을 진행 중이며, 이를 통해 타 시스템과의 인터페이스를 검증할 계획이다.

[참 고 문 헌]

1. <http://www.faveley.com> (FAIVELEY)
2. <http://www.bode-kassel.com> (BODE)
3. <http://www.ife-doors.com> (IFE)
4. "차세대철도차량도어시스템 기술개발사업 5차년도 연구보고서", 한국철도기술연구원, 2010