소음저감 도시철도 도어시스템 개발

정의진*
*한국철도기술연구원
e-mail:ejjoung@krri.re.kr

Development of Door system for Noise Reduction

Eui-Jin Joung*
*Korea Railroad Research Institute

요 약

국내 전동차에는 슬라이딩 도어가 널리 사용되고 있으나 노이즈에 취약한 단점이 있었다. 저속 운행 시에는 외부로부터 유입되는 소음이 문제가 되지 않았으나, 전동차가 고속으로 운행되면서 소음이 큰 이슈로 자리 잡게 되었다. 전동차 소음의 주요 요인은 도어시스템에서 외부로부터 유입되는 공기를 완전히 차단하지 못해서 발생하게 된다. 플러그 도어시스템은 구조상 노이즈 문제에 강한 특성을 가지고 있다. 그러나 현재 플러그 도어는 국산화가 이루어져 있지 않아 국산화를 위해 전기식 플러그 도어를 개발하여 시험을 진행 중에 있다. 본 논문에서는 개발한 전기식 플러그 도어시스템의 개발 내용 및 구성에 대해 다루고자 한다.

1. 서론

전동차가 저속 운행 시 외부로부터 유입되는 소음은 큰 문제가 되지 않았으나, 차츰 전동차가 고속으로 운행되면서 승객 승차감 향상 측면에서 소음이 큰 이슈로 자리 잡게 되었다. 전동차 소음 발생의 주요 요인은 도어시스템에서 외부로부터 유입되는 공기를 완전히 차단하지 못해서이다. 플러그 도어는 구조상 소음에 강한 형태를 띠고 있기 때문에 외국에서는 이미 개발하여 상용화하고 있으나 국내에서는 기계식 도어 외에 신뢰성 및 유지보수성이 훌륭한 전기식 플러그 도어 개발은 시도되지 않았다. 따라서 플러그도어를 적용하기 위해서는 고가의 외국제품을 부착할 수 밖에 없는 상황이었다. 이런 상황을 반영하여 현재 전기식 플러그 도어를 개발하였으며, 차량 내 타 장치와의 인터페이스 시험을 진행 중에 있다. 본 논문에서는 개발한 전기식 플러그 도어시스템의 개발 내용 및 구성에 대해 다루고자 한다.

2. 전동차 도어시스템 개발 현황

일반적으로 전동차 출입문은 포켓 슬라이딩 도어, 아웃 슬라이딩 도어, 플러그 도어로 구분할 수 있다.

[표 1] 도어시스템의 종류 및 특징

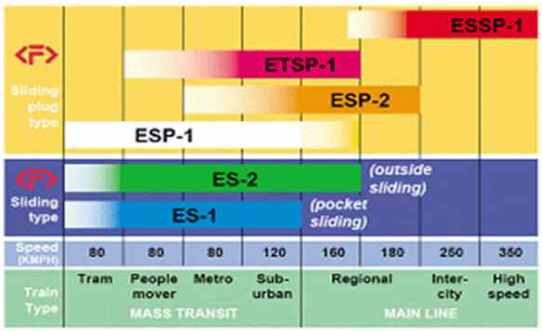
구분	포켓 슬라이딩 도어	아웃 슬라이딩 도어	플러그 도어
국내 적용 차종	• 수도권 지하철 • 광역시 지하철	• 대전 지하철 1호선 • 인천국제공항 전동차	• 국내 최초의 모듈화 • 전기식 플러그 도어
특징	• 소음, 외풍 차단 어려움 • 철도차량 고속화에 부적합 • 장애사고 빈번히 발생	• 소음, 외풍 차단 어려움 • 철도차량 고속화에 부적합 • 장애사고 빈번히 발생	• 소음,외풍차단 우수함 • 철도차량 고급화에 적합 • 실내 쾌적성 우수 • 안전성 우수

포켓 슬라이딩 도어는 철도차량이 고속화됨에 따라 소음 및 외풍 차단이 어려워 소음 차단이 필요할 경우에는 다른 도어시스템을 사용하고 있다. 아웃 슬라이딩 도어는 대전지하철 및 인천국제공항 전동차에 사용되고 있으나, 이 역시 소음 및 외풍차단은 어려운 시스템이다. 플러그 도어는 최근 차량이 고급화됨에 따라 고속철도에 적용되던 도어를 전동차에 적용하면서 쓰이게 된 도어시스템이다. 소음이 승차감을 측정하는 척도로서 큰 역할을 담당하게 됨에 따라 소음에 강한 플러그 도어 시스템이 주목받게 되었다.

2.1 국내외 도어시스템 개발 동향

슬라이딩 도어 시스템의 경우 수도권 및 광역시 지하철에 적용되어 시용되고 있으나 플러그 도어의 경우, 공기식은 개발된바 있으나 전기식은 아직까지 독자적인 생산이 이루어지지 못하고 있는 상황이다.

해외에서는 FAIVELEY, BODE, IFE 등 유럽의 3-4개 기업에서 독자적인 설계와 생산능력을 가지고 있어 전 세계 철도차량시장을 석권하고 있다. 도어 시스템은 다음 그림과 같이 속도에 따라 다양한 형태의 도어시스템을 적용할 수 있으며, 고속차량일 경우 플러그 도어를 적용하고 있다. [1]-[3]



[그림 1] 속도에 따른 도어시스템 적용 예

2.2 플러그 도어 개발 목표

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.

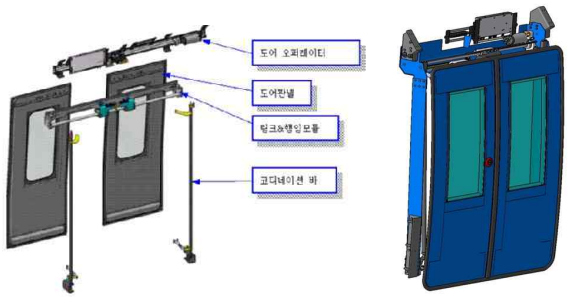
[표 3] 플러그 도어시스템의 개발 목표 및 개선 사항

구분	기존사양	차세대전동차	
		개발목표	개선내용
도어시스템	- 도어시스템 중량 약 178kg - 벨트 스크류 동력 전달	- 도어시스템 중량 10% 감소 - 스크류식 개발 적용	- 차량 중량 감소 - 내구성 향상 - 유지보수성 향상
도어시스템행일디바이스	- 텔레스코프 타입 적용으로 도어 판넬측 중량 집중으로 구동 소음 발생 및 잦은 유지보수 발생	- 리니어 부시 적용으로 중량 분산 - 소음 저감 및 도어 판넬 돌출 구조 개선	- 도어 판넬측 중량 분산 및 구동소음 저감 - 유지보수성 향상
코디네이션바	- 하부 롤러 돌출로 인통문폭 1,200mm 적용	- 하부롤러 회전반경 최소화	- 하부롤러 미돌출 - 인통문폭 1,300mm 유지
도어엔진모터	- 기존 모터 수입 의존	- 플러그 도어 개발품에 적합한 모터 국산화 개발	- 모터 수급 용이 - 개발 제원 변경 용이 - 가격 절감

위 표에서 기존 전동차 도어시스템과 비교하여 차세대전동차 플러그 도어를 개발할 경우의 개발목표 및 개선사항을 정리하여 나타내었다.

3. 플러그 도어의 개발

일반적인 전기식 도어시스템은 도어 오퍼레이터와 코디네이션부, 도어 판넬부 등으로 나눌 수 있다. 도어 오퍼레이터는 DCU, 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. 판넬부는 판넬(좌/우), 창문, 씰링으로 구성된다. 그 외, 내 · 외부 비상 수동개방장치, 코디네이션바 등으로 구성된다. 차세대전동차는 개별 부품으로 취부되던 하부 부품들을 일체화하여 모듈화함으로써 전동차 설치조립 시간을 줄이고자 하였다. [4]



[그림 2] 플러그도어의 구성 및 일체형 개념

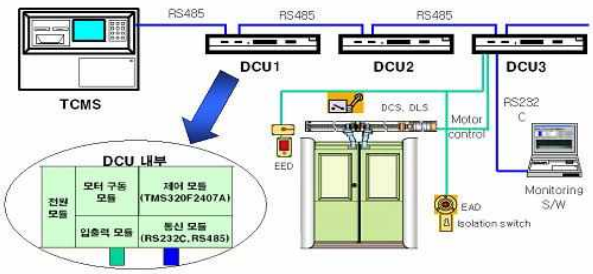
[그림 3] 개발 플러그 도어

3.1 도어 판넬

승객용 출입문은 알루미늄 시트 (Aluminum Sheet), 알루미늄 하니컴 코어 (Aluminum Honeycomb Core), 액상 접착제로 구성되어 있다. 이러한 재질은 일반 재료보다 비강성, 비강도성이 우수하여 경량화에 탁월한 제품으로 접착제를 이용하여 알루미늄 시트와 알루미늄 하니컴 코어를 접착하는 형태로 샌드위치 구조물로 구성한다. 도어 창문은 차량을 운행하는 동안 공기 저항을 최소화하기 위하여 도어판넬에 접착 실란트(sealant)를 이용하여 취부된 접합 안전유리를 적용하며, 승객의 시야확보 등을 위해 최대한 크게 제작하고자 하였다. 도어 판넬에 적용되는 고무는 도시철도법의 난연사양을 만족하는 네오프렌 계통을 적용하였다.

3.2 출입문 제어기(Door Control Unit)

전기식 플러그 도어시스템 제어를 위해 개발 진행 중인 출입문 제어기는 플러그 도어시스템의 제어를 목적으로 개발되었다. 기본 개발 모델은 국내의 표준화된 외부 인터페이스 및 기능을 기반으로 개발하였으며, 차세대 전동차에 적용될 기능이 최대한 수용 가능 하도록 설계하였고, 철도차량 전장품 환경조건 및 시험 검사 기준에 준하도록 설계하였다.



[그림 4] 출입문 제어기 및 제어 흐름도

3.3 개별 열림 스위치

차세대 전동차의 경우 유동 인구가 적은 도심 외곽이나 승객이 적은 시간대 운행의 경우 내외부에 개별 열림 스위치를 적용하여 승객이 직접 출입문을 열고 승하차할 수 있도록 도어에 개별스위치를 적용하였다. 이를 위해 도어시스템의 배선도 및 DCU 내부 제어 로직 설계를 재검토하였으며, 출입문 제어를 위한 차량 제어 신호장치와의 인터페이스도 검토하였다.

[그림 5] 개별열림 스위치 및 제어 흐름

4. 결론

차세대전동차에 적용하기 위해 개발된 전기식 플러그 도어시스템은 방음, 방풍, 방수 특성이 우수하여 기존의 도어시스템에 비해 차내의 소음저감, 미려도 향상, 내구성 및 신뢰도 향상 등 많은 부분에서 개선이 이루어졌다. 현재 차세대전동차에 적용하기 위한 단품시험은 마친 상태이며, 타 시스템과의 인터페이스 시험 등을 통해 개선사항을 도출하고자 주행 신뢰성시험을 실시 중에 있다.

참고문헌

[1] http://www.faiveley.com (FAIVELEY)
[2] http://www.bode-kassel.com (BODE)
[3] http://www.ife-doors.com (IFE)
[4] 한국철도기술연구원(2011) “차세대첨단도시철도시스템 기술개발사업 6차년도 연구보고서”