

3,4호선 도시철도 전동차 도어엔진의 개발 역사에 관한연구

A Study on History of Rolling Stock Door Engines of Seoul Metro Line No.3 and No.4

장성철†
Sung Chul Jang

이찬희*
Chan Hee Lee

전관수*
Kwan Soo Jeon

손영진**
Young-Jin Son

ABSTRACT

It is said that the number of people using public transportation has risen about 220 thousand over 3 years which was 1019 people average a day in 2006 and 1041 people last year. It is also said that the number of people using subway has increased by 198 thousand and the number of people using bus by 22 thousand.

Can you imagine how many door engines work at the same time if we count Metro line no.1 to no.4 which consist of total 120 subway stations? A train has 80 door engines and Metro line trains have 9600 door engines all together. Which explains it quite simple how much Safety, Durability and Sustainability need to be focused in Door Engines. Although it's not the whole part of door engines in Seoul Metro Line, And Metro No.4's door engines are operated by the method called mixture of mechanical type and belt type. And the last one is being used in the brand-new Metro train line No.3 which is being operated by electricity motor, instead of the old methods which use air pressure to operate a door engine. I'm sure you will agree that Safety is the first priority of Metro train and next follow comfortability and quickness. I think all I've talked so far make it the first step for the Safety of Metro train for you to understand the unit of a Door Engine.

1. 서론

2006년 하루 평균 1019명이던 대중교통 이용객은 지난해 1041만명으로 지난 3년동안 22만명이 증가했다고 한다. 대중교통 수단별로 지하철이 19만 8000명 버스가 2만2000명이 증가했다.

전동차의 출입문 장치는 개선된 개폐의 동작뿐만 아니라 승객의 안전을 도모하고 편리한 승하차를 할 수 있도록 계속 연구되어지고 개선 되어오고 있다. 1호선부터 4호선까지 역사가 120개역 각 역사마다 지하철이 정차하고 동시에 출입문이 열리고 닫힌다고 생각하면 한편성에 80개의 출입문 9600개의 출입문이 열리고 닫히는 것이다. 그만큼 전동차의 출입문 장치는 안전성, 내구성, 성능유지향상에 많은 기술이 요하지 않을 수 없을 것이다. 그리하여 일부분이긴 하지만 현재 운용되어지는 3호선, 4호선 그리고 일부 3호선에 운행되어지고 있는 최신 신조차에 대한 출입문장치의 구성과 작동원리 및 개선점을 알아보기로 한다. 기존3호선에서 운용되어지고 있는 기계식출입문 장치, 벨트식 출입문 장치가 있고 4호선에서는 기계벨트 혼용식이라 할 수 있다. 3호선 신조차에서 운용중인 스크류타입 기존의 공기 작동식이 아닌 전기모터를 이용한 최신 출입문장치이다. 지하철의 생명은 안전이 우선이고 그 다음이 신속성 편리성 등이 보장되어야한다 그런 의미에서 출입문장치의 이해는 지하철의 안전성 확보의 첫걸음이라 생각하여 연구하였다.

† 서울산업대학교, 철도차량공학과, 서울메트로, 주임, 장성철
E-mail : winteri0107@seoulmetro.co.kr
TEL : (02)6110-5041 FAX : (02)6110-5209

* 서울산업대학교, 철도차량공학과, 학생, 서울메트로

** 정희원, 서울산업대학교, 자동차공학과 교수

2. 3호선 전동차 도어엔진 기본 개요

2-1 기계식도어엔진

전기동차의 출입구는 한쪽에 4개소가 있고 각각 1,300mm폭으로 되어 있다. 출입문은 양쪽으로 열리는 식으로 되어 있으며 2개의 출입문은 출입문 상부에 설치되어 있는 도어엔진에 의하여 동시에 개폐된다.

출입문의 개폐는 차장스위치(Door Operating Switch)에 의해서 전차(全車)의 출입문이 일제히 동작된다. 또한 한쪽 4개소의 출입문중에 중앙부 2개소의 출입문은 열리지 않는 도어(Door) 반감장치가 설치되어 있으며 승객이나 물건이 출입문에 끼었을 경우등에 대비 해당 출입문만 개폐할 수 있도록 운전실내에 재 개폐스위치(Re-Operating Switch)가 설치되어 있다.

2-2 출입문 장치의 회로

출입문기계의 시린더(Cylinder)에 공급하여 압력공기는 5kg/cm²의 공기가 제어공기통으로 부터 공급된다.(그림1 참조) 각 출입문에는 의자면에 출입문 개폐콕크(Cut Out Cock With Side Vent)가 설치되어 있다. 비상시는 이 콕크를 조작하여 해당하는 출입문 1개소만 수동으로 열수가 있다. 또 객실의 벽에 1개소와 차외의 차체 양측에 각각 1개소씩 합계 3개소에 콕크가 설치되어 있다.(그림1 중에서 ※표시의 콕크)이중에 어느 것이던지 콕크를 취급함에 따라 해당차량 전부의 출입문을 수동으로 열수가 있다. 객실의 콕크에 대해서는 각각 안내표시가 있으며 차외의 것은 외판에 Δ표시의 표기가 있어 각 각이 콕크의 위치를 명시하고 있다. 이 콕크는 승객이 취급되지 않도록 주의하여야 한다 .

2-3 구조와 작용(그림2 참조)

상부 및 하부 래크(Rack)는 피니온 치차(pinion gear)와 치합되어 있으며 피스톤로드가 움직이면 상부 래크(Rack)가 움직여 피니온 치차(Pinion gear)를 통하여 하부 래크도 움직인다. 전자변이 소자하면 압축공기는 시린더의 좌측에 공급된다. 이때 출입문은 닫힌다.

전자변이 여자되면 시린더의 우측에 압축공기가 공급되어 피스톤과 쿠션시린더(Cushion Cylinder)는 좌측으로 움직인다 . 피스톤에 연결된 상부 래크는 좌측으로 움직이고 피니온기어의 작용으로 하측의 래크는 우측으로 움직인다. 따라서 좌측의 출입문은 좌측으로, 우측의 출입문은 우측으로 이동된다. 이것이 출입문이 열리는 작용이다.

쿠션시린더가 주시린더의 끝단에 달하면 통로는 닫히게 되며 공기는 통로만 압출되므로 쿠션작용이 생긴다. 출입문의 개폐속도는 조정나사(Adjust Screw)로 조정할 수 있다.

전자변이 소자하면 출입문은 닫히게 되며 이때의 작용은 출입문이 열릴때의 반대가 된다.

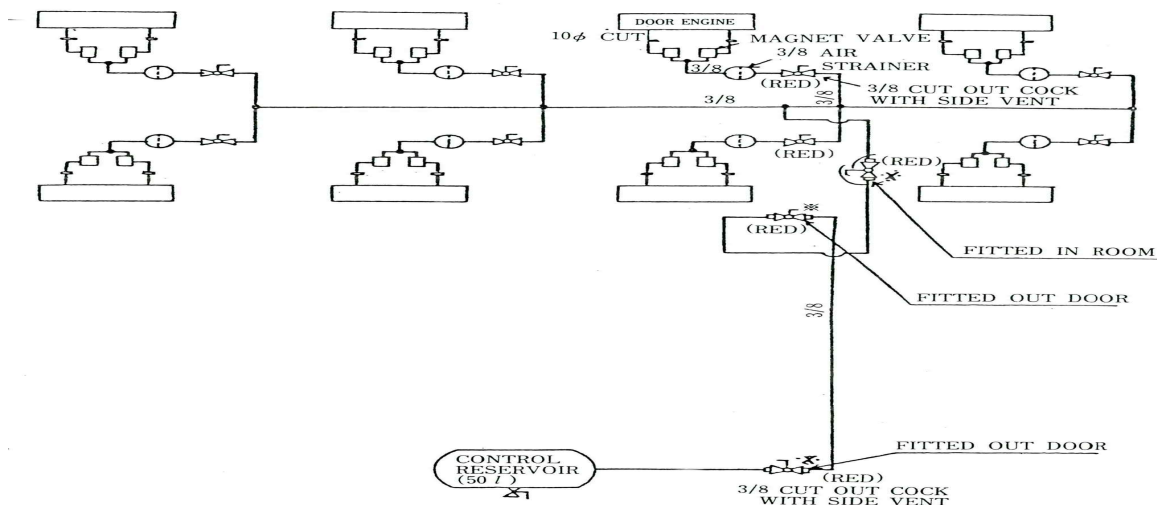


그림 1. 공기흐름도

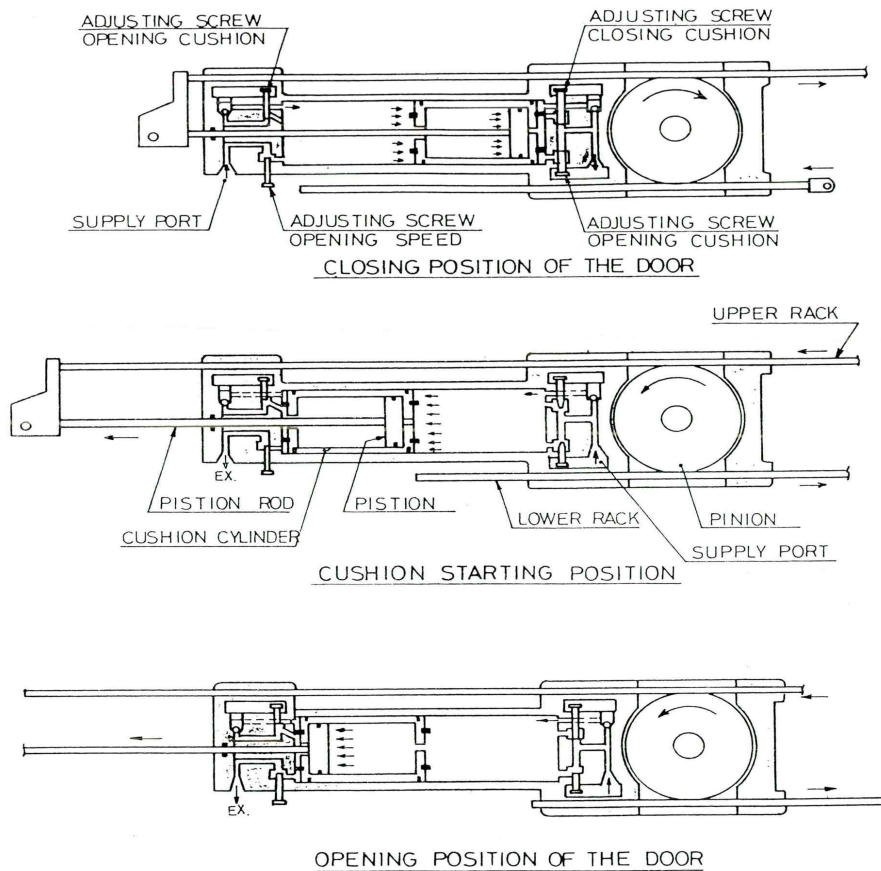


그림 2. 구조 및 작용

3. 4호선 전동차 도어엔진 기본개요

3-1 기계벨트 혼용식 도어엔진

전기자동차의 출입구는 한쪽에 4개소가 있고 각각 1,300mm 폭으로 되어있다. 출입문은 양쪽으로 열리는 식으로 되어 있으며 2개의 출입문은 상부에 설치되어 있는 출입문 기계에 의하여 동시에 개폐된다.

출입문의 개폐는 차장스위치(Door Operating Switch)에 의해서 전차(全車)의 출입문이 일체히 동작된다. 그러나 동절에는 한쪽 4개소의 출입문중에 중앙부 2개소의 출입문은 열리지 않는(승객의 출입은 차 끝의 2개소의 출입문에 의한다.) 도어(Door) 반감기구가 설치되어 있으며 승객이나 물건이 출입문에 끼었을 경우등에 대비 그 문만 개폐할 수 있도록 운전실내에 재 개폐스위치(Re-Operating Switch)가 설치되어 있다.

3-2 기존 기계식(3호선) 도어엔진과의 차이점

Belt식 개폐기구 및 배기 소음기를 부착하여 저소음화를 하였고, 개폐용 전자변이 일체형으로 되어 상부내에 취부 되어 있기 때문에 출입문 개폐시간 및 Interlock 등의 조정작업이 쉽게 된다.

경량재료의 사용, 전자변의 소형화 및 Belt식 개폐기구의 부착에 의해 소형, 경량화 하였고, Unit 구조이기 때문에 취급이 용이하고, Door Engine 장치로의 배관, 배선의 의장 작업이 용이하다.

4. 신조차(3호선) 도어엔진 기본 개요

4-1 포켓 슬라이딩 형식

Pocket Sliding 전기식 도어 시스템은 기존의 공압식 도어 시스템에 비하여 내구성 및 유지보수성이 우수한 시스템으로써 승객의 안전이 가장 우선시 되도록 설계 되어졌다.

또한 각 도어 시스템은 개별적으로 제어장치(DCU(Door Control Unit))를 가지고 있어 시스템의 상태를 스스로 파악할 수 있으며, 운전실에서는 각DCU의 상태를 입력받아 출입문의 상태를 파악할 수 있다.

각 차량에는 8Sets의 승객용 출입문이 있으며, 1Set의 전기식 도어 시스템은 크게 4부분(제어장치부, 오퍼레이터부, 판넬부, 비상장치부)으로 구성되어 있다. 그리고 각 부분은 모듈(Module)화 되어 있어 제품의 유지 및 보수가 용이한 시스템이다.

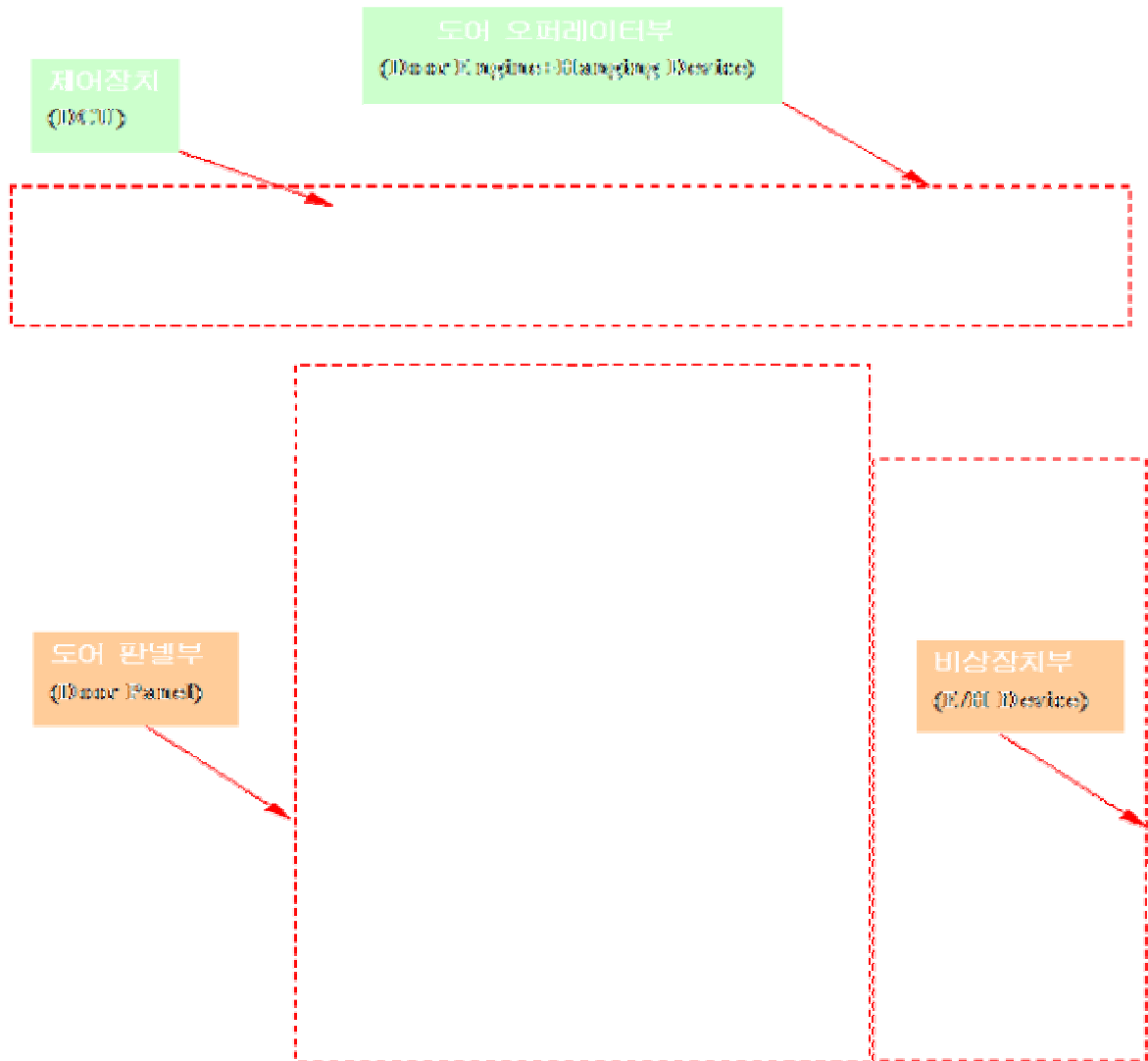
4-2 시스템 규격

BELT TYPE DOOR ENGINE 장치는 철도차량용 전동차 객실출입문을 자동 개폐하는 DOOR ENGINE 장치로 철도차량에서 오랫동안의 실적이 있는 DOOR ENGINE 장치를 기본 구조로 하고 전자변을 UNIT화 시킨 구조로 DOOR 열림부 내부에 수납할 수 있도록 소형, 경량화한 장치이다.

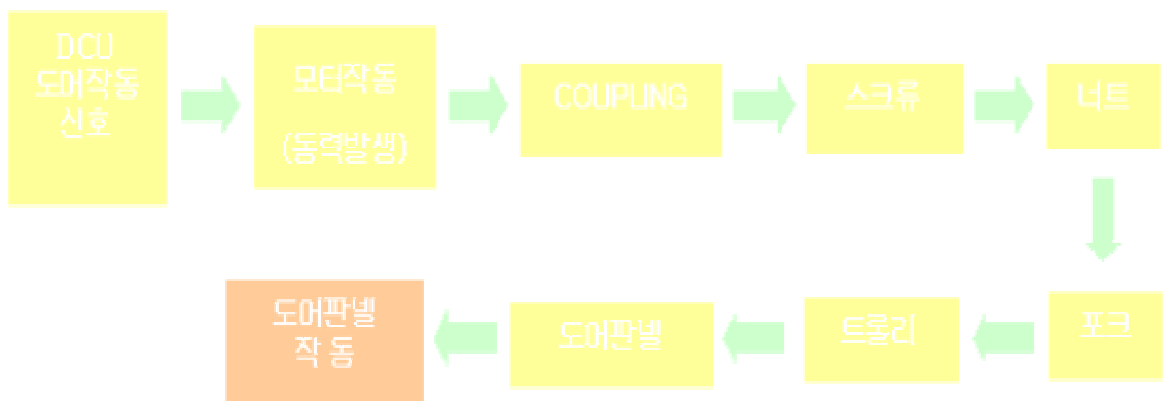
4-5-1 시스템 세부 사양

구 분	사 양	비고
도어 시스템 형식	전기식 포켓 슬라이딩 형식	
스트로크	2 × 650mm = 1300mm	
도어 작동 방식	스크류 기어 시스템	
도어 정격 전압	100V DC	
도어 작동 전압	70V DC ~ 110V DC	
열리는 시간	2.5 ± 1 초	
닫히는 시간	3.0 ± 1 초	
장애물 감지	두께 10mm × 높이 100mm 평판	
주요 작동 장치	도어 제어 장치 (DCU)	
	내부 및 외부 비상 해제 장치	
	차단 (Isolation) 장치 (switch)	
도어 작동 스위치	- 닫힘 감지 스위치 2개	
	- 잠김 감지 스위치 1개	
	- 비상 해제 감지 스위치 2개 (내/외부)	
	- 차단 (Isolation)장치 스위치 1개	

4-3 주요 구성품 명칭



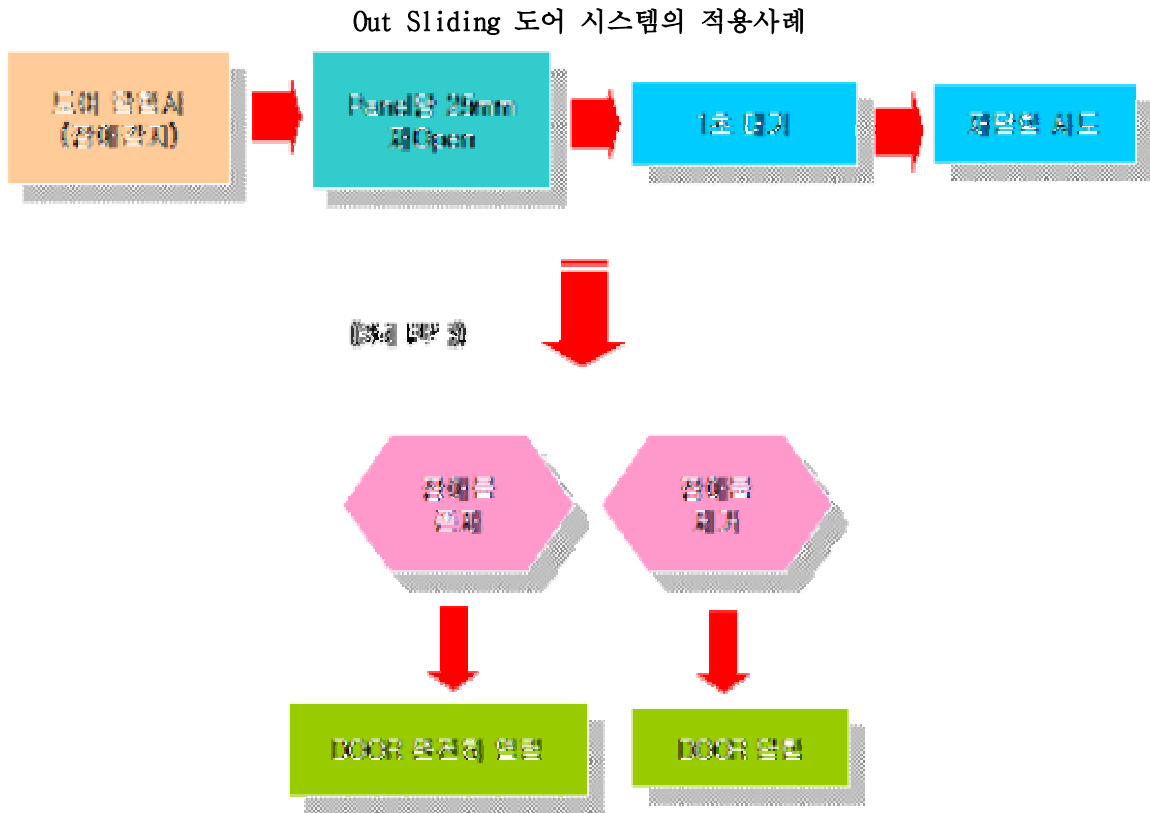
4-4 도어엔진 작동 흐름도



4-5 기존 도어엔진의 안전장치와 차이점

4-5-1 장애물 감지 기능

전류제어 방식을 통하여 DCU는 스스로 장애물을 감지하고 설정된 파라메타의 값에 따라 동작한다. 파라메타의 수정에 따라 장애물 감지 횟수 및 재열림 거리는 변경이 가능하다.



4-5-2 재열림(Re-Open) 기능

장애물에 의해 도어 시스템이 감지 동작을 할 경우 운전실에서는 해당 도어 시스템만 다시 열리게 할 수 있다. 따라서 해당 도어 시스템은 재열림 버튼을 누르는 동안 판넬은 다시 열리게 되며 버튼이 복귀 되면 도어 판넬은 자동으로 다시 닫히게 되어 있다.

4-5-3 장애물 감지 정지 기능

사용자가 임의로 장애물 감지 기능을 정지하고자 한다면 운전실에 있는 스위치(DODBPS)를 동작하여 장애물 감지 기능을 정지할 수 있다.

4-5-4 차량 정지 인지 기능

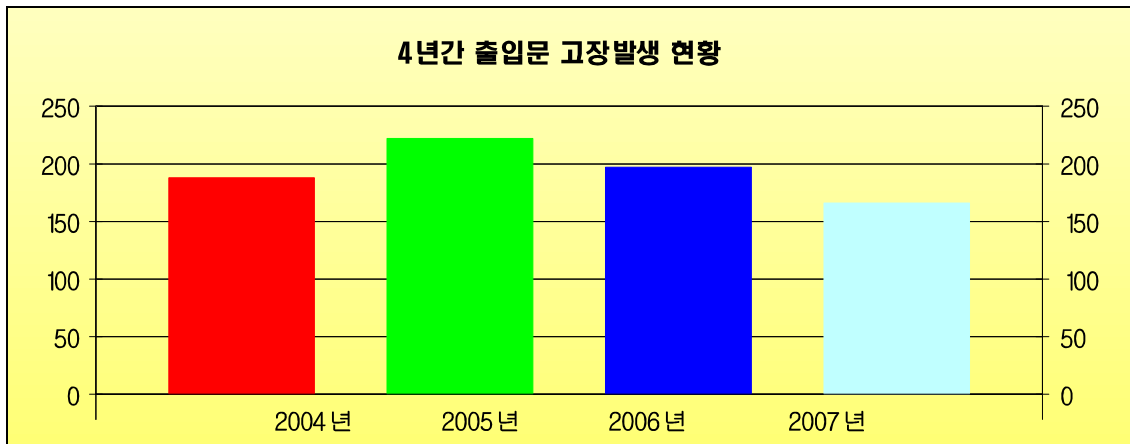
차량측에서 송부되는 Zero Speed 신호(이하 ZS 신호라고 함)를 수신하여 ZS 신호가 입력되지 않으면 어떤 상황에서도 도어 판넬을 열 수 없도록 되어 있다. 또한 차량이 출입문을 닫지 않고 출발할 경우 ZS 신호는 끊어지게 되어 있고 이에 따라 도어 시스템도 자동으로 출입문을 닫게 되어 있다.

4-5-5 주행 중 도어 열림 방지 기능

운행 중 승객이 임의 또는 비상 탈출을 위해 비상핸들을 조작한다면 DCU는 대기 중 이던 모터를 가동시켜 차량의 정지 신호(Zero Speed)가 DCU로 수신되기 전까지 출입문을 열 수 없게 한다. 이는 운행중 인 차량에서 승객이 떨어지는 것을 방지하기 위함이다. 그리고 차량으로부터 ZS 신호가 입력된다면 DCU는 모터전원을 차단하여 출입문을 열고 비상 탈출 할 수 있게 되어 있다.

5. 4년간 출입문장치 고장발생 현황(지속)

장치별	연도별 계	연도별				전년 대비	비고
		2004	2005	2006	2007		
계	804	188	222	197	166	△31	
도어엔진	171	40	45	39	43	4	
DS접점	33	6	11	8	6	△ 2	
전자변	143	33	40	35	18	△17	
계전기	20	2	6	5	6	1	
NFB	10	3	1	3	0	△ 3	
방풍고무	25	4	7	3	7	4	
CRS	72	14	26	16	5	△11	
DROS	2	0	0	1	0	△ 1	
레일간섭	13	0	5	4	2	△ 2	
배선불량	7	0	1	0	3	3	
이물질	55	17	10	14	9	△ 5	
벨트	18	2	6	5	4	△ 1	
배관류	6	2	0	1	2	1	
S/C조정	139	43	36	30	22	△8	
입고검사 양호	100	16	18	23	33	10	
롤러불량	4	1	1	1	1	0	
DHS	3	1	0	1	0	△ 1	
기타	29	4	9	8	5	△ 3	



6. 출입문 장치 고장원인 분석

6-1 전자변 및 바리스터 고장감소(35건→18건, 49% 감소)

- 07년 상반기 출입문 전자변, 바리스터 일체점검 시행으로 고장감소

6-2 CRS 고장감소(16건→5건, 69% 감소)

- '07년 1분기 CRS 신형(버튼식)교체로 인한 고장감소 - 6개 편성 12량 교체

6-3 이물질 간섭에 의한 고장 감소(14건→9건, 36% 감소)

- '07년 상반기 출입문포켓 일체점검 및 청소시행으로 고장감소

6-4 도어엔진 및 스피드, 쿠션 조정 고장감소(69건→65건, 5% 감소)

- 도어엔진 관리대장에 의한 고장원인 추적 및 분석

6-5 입고점검 양호 증가(23건→33건, 43% 증가)

6-6 본선 운행 중 고장 발생 후 원인소멸 고장 증가원인

- 순간적 간섭으로 인한 일회성 동작불량
- 도어엔진 팩킹의 순간적 위치불량
- 전자변 내 이물질에 의한 불량

7. 결론

전동차의 출입문은 기존 3호선에서 운영 되어지고 있는 기계식 출입문장치, 벨트식 출입문장치가 있고, 4호선의 기계벨트 혼용식, 3호선 신조 차에서 운용중인 전기모터를 이용한 최신 출입문장치로 발전 되어 왔습니다. 이에 신조차에 운용중 발생한 문제점 대해 집중 검사 및 다중 점검을 통해 개선하고자 하였습니다. 이에 대한 점검 및 개선 방안은 아래와 같습니다. 또한 신형 전동차에는 이러한 문제점을 고려하여 제품의 유지 및 보수가 용이하도록 연구를 하였습니다.

7-1 출입문 간섭 고장 감소 방안

- 출입문 동작저항 시험기 사용: 월상검사 시 출입문 동작저항 시험기를 이용하여 무부하 시 열림 압력을 수치로 측정하여 간섭저항 값 DATA관리
- 출입문 내측 간섭 및 하부 부식부위 수선 시행: 간섭 상태 및 부식 상태 기초 조사 후 수선계획 수립

7-2 계전기류 및 DS 점접 점검방안 개선

- 점접 개선제 사용 : 월상검사 시 DIR, DR 계전기 점접에 점접 개선제 사용

7-3 출입문 량별 시험기 적극 활용

- 월상검사 및 출입문 점검시 시험기를 이용한 점검시행

7-3 연 2회 정기적 일제점검 시행

7-4 출입문장치 복수 점검으로 고장개소의 중점 관리

앞에서 분석한 고장현황과 원인을 보면 출입문고장은 단품으로의 기계적인 고장은 점차 줄어들고 있지만 2008년 이후 설치를 시작한 각 역사의 PSD(platform screen door)의 연동(1,3,4호선 센서방식,2호선 RF방식)오류로 인한 개폐불량이 늘어나고 있으므로 실 운영자는 PSD와 연동에 대한 작동법에 대한 숙지가 필요하다. 또한 운영 중인 전동차에 부착 되어있는 출입문은 호선별 동작 횟수, 승객 수, 외부환경 등 여러 가지가 다르므로, 현재 도입되어 운행 중인 2호선 280량 VWF 전기식 출입문이 혼잡도에 대한 고려 없이 출입문 동작 감시 값인 3회 파라메타 값을 그대로 적용해서 빈번한 승객의 진입으로 출입문이 완전히 열려서 닫히지 않는 사고가 발생해, 정시운행에 차질을 초래한 경우가 많아 10회로 동작 감시 값을 조정할 것처럼 승객의 안전과 정시운행을 위해서는 현장시물레이션을 통한 결과를 통해 호선별 출입문의 설계변경도 필요하다고 본다..

참고 문헌

1. 손영진 “철도차량공학” 도서출판 의제 2010
2. 서울메트로 교육원 전동차 실무자 교육교재