

승강장안전문(PSD) 구동부 입력전원 개선에 관한 연구

A study on the improvement in the Platform Safety Door(PSD) drive input power.

김성필*[†], 강봉완*, 유근규*, 황인춘*, 기세희**, 이상기**, 박경웅**, 강성덕**
SungPil Kim*[†], BongWan Kang*, GeunGyu Yu*, InChun Hwang*, SeHee Ki**, SangKi Lee**,
GyeongWoong Park**, SeongDeok Kang**

Abstract The SMRT PSD Drive Door Control Unit(DCU) input power is supplied by converting from AC 3-phase 380V to DC 24V from Rectifier. Currently, the PSD drive input power for a part of line 7 is generated noise, surge, voltage drop as compared to the other sections. Accordingly, due to the unstable power of the input, facilities such as driving motor are damaged. Therefore, we were required research for the input power supply to stabilize. In this paper, we verified through the simulation results for the PSD drive input power stabilize.

초 록 서울도시철도공사 승강장안전문(PSD) 개별제어반 구동부 입력전원의 계통은 PSD 전원 공급실 정류기로부터 3상 AC 380V에서 DC 40V로 변환하여 공급되고 있다. 현재 7호선 일부 구간의 PSD 구동부 개별제어반 입력 전원이 타 구간에 비해 노이즈, 서지 및 전압강하 등의 원인으로 입력전원이 불안정하여 개별제어반, 구동모터 등 시설물이 소손되는 사례가 발생되어, 이에 PSD 구동부 입력전원 안정화에 대한 연구 활동이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 PSD 구동부 입력전원 안정화를 위한 분석 및 연구 결과를 현장 적용 시뮬레이션을 통해 검증하고자 한다.

주요어 : 승강장안전문(PSD), 입력전원, 서지, 노이즈, 전압강하

1. 서 론

서울도시철도공사는 승객의 승강장 추락사고 등 안전사고를 예방하고 소음과 열차풍을 차단할 수 있는 승강장안전문(이하 PSD)을 현재 도시철도 전구간에 설치 완료, 운용하고 있다. 5~8 호선을 운영하고 있는 서울도시철도공사는 총 157 역 PSD 10,1285 개의 세트도 별도 운용되고 있으며 하루 운전회수가 평균 10,752 회에 달한다. PSD는 열차운용에 필수 시스템이 되어, 고장/장애가 발생할 경우 열차 안전사고 및 출발지연을 발생 시킬 수 있다.

초기 PSD 시공 구간에 구동부 입력전원 측 노이즈 및 서지 유입으로 고장/장애가 빈번하게 발생하였고, 지상부 3역에 PSD 가동문 동작시 구동부 전압이 저하되는 원인으로 고장/장애가 발생되어 이에 대한 연구 활동이 필요하게 되었다. 원인 분석을 통한 노이즈 제거, 서지보호, 전압보상에 대한 연구를 시행하여, 연구 결과에 따른 시뮬레이션을 통해 PSD 구동부 입력전원에 대한 불안정 요인을 제거에 대해 검증하고자 한다.

2. PSD 구동부 및 개별제어반

2.1 PSD 구동부 전원 계통

승강장안전문(PSD) 개별제어반 구동부 입력전원의 계통은 아래 Fig1과 같이 PSD 전원 공급 실 정류기로부터 3상 AC 380V에서 DC 40V로 변환하여 공급되고 있다.

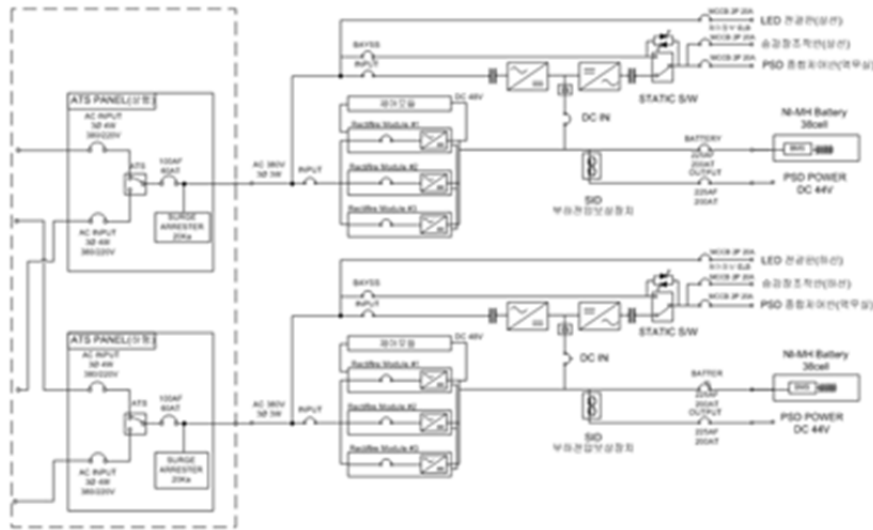


Fig.1 PSD 구동부 전원 개통

2.2 구동부 구성

PSD 도어를 제어하는 구동부는 Fig 2와 같이 스크류와 너트, 도어개폐센서, 커플링, 구동모터, 구동베이스, 전자잠금장치, 롤러행어, 개별제어반으로 구성되어 있다.

이중 구동모터는 가동도어 동작을 위한 동력을 제공하는 동력원이며, 전압강하의 등으로 인한 주된 피해 장비이다. 구동모터의 성능이 저하되면 출입문 제어가 원활하지 못해 안전사고 및 열차운행에 지장을 초래 할 수 있다.

구동모터에 대해 자세히 살펴보면 구성은 모터, 전원 및 신호용 컨넥터, 광학식 충분형 엔코더, CAN 컨넥터, 모터샤프트, 감속기로 구성되어 있다.

모터는 DC40V로 Brushless DC모터라고하며, BLDC 모터라고도 한다.

전원 및 신호용 컨넥터는 모터 전원과 입출력 신호를 인터페이스하는 역할을 하고, 광학식 충분형 엔코더는 모터 동작에 따른 승강장안전문의 위치 동작을 제어하는 역할을 한다. CAN 컨넥터는 모터 파라미터 설정을 위한 통신포트이며, 모터 샤프트는 감속기에 동력을 전달해주는 역할을 한다. 마지막으로 감속기는 모터 동작에 있어 필요한 회전수를 계산하여 조절해주는 역할을 한다.

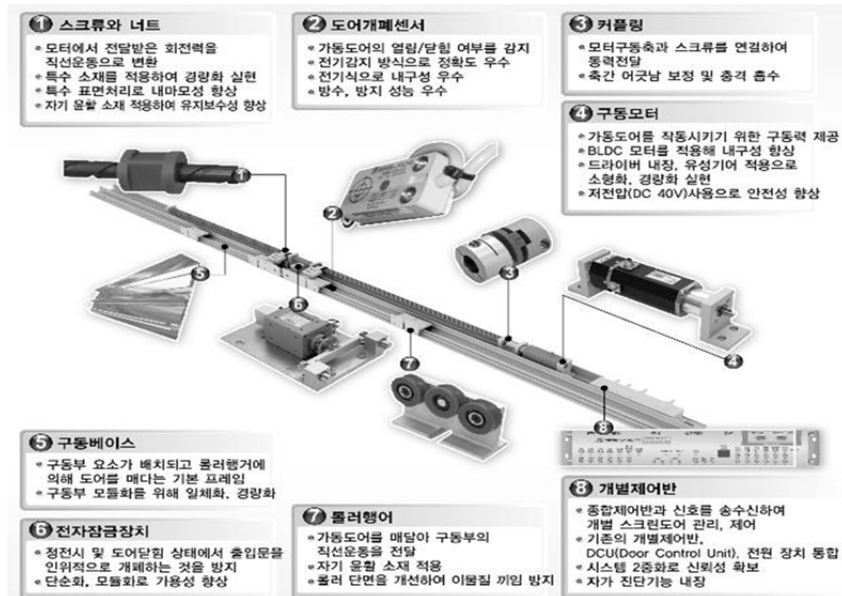


Fig 2. PSD 구동부 장치별 기능

2.3.1 개별제어반 구성

개별제어반은 PSD 시스템의 중요장치로 제어 신호 및 센서의 신호를 수신하여 모터와 도어 속도를 제어한다. 개별제어반은 또한 PSD의 현재 작동 상태를 보여주기 위해 상태 정보를 종합제어반에 전송한다. 이 기능은 개별제어반에 내장된 마이크로프로세서에 의해 진행된다.



Fig. 3 개별제어반

2.3.2 개별제어반 내부구성 및 동작흐름

개별제어반은 전원모듈, 통신모듈, 제어모듈, 입출력 모듈 등으로 나누어 동작하는데 전원 모듈은 DC 40V 전원을 입력 받아 DC24V로 전환하여 센서 포트 즉, 개폐 표시등, 스피커, 열림 닫힘 확인센서, 장애물 감지 센서, 구동부 잠금장치 등으로 제어전원을 공급한다.

또한 DC 24V를 다시 DC 5V로 전환하여 PCB 구동 전압을 공급하며, 개별제어반에는 CPU 2개가 설치되어 있어 왼쪽 CPU는 모터와 CAN 통신을 하고 오른쪽 CPU는 종합제어반과 CAN 통신을 한다. 또한 D/I(Data input)은 열림 지령, 닫힘 지령, 잠금장치 해제 등 실선제어명령을 종합제어반, 기관사조작반, 승강장조작반, 개별제어반 등에서 받으며, D/O(Data output)은 열림 확인, 닫힘 확인은

종합제어반, 기관사조작반, 승강장조작반 등으로 전송된다.

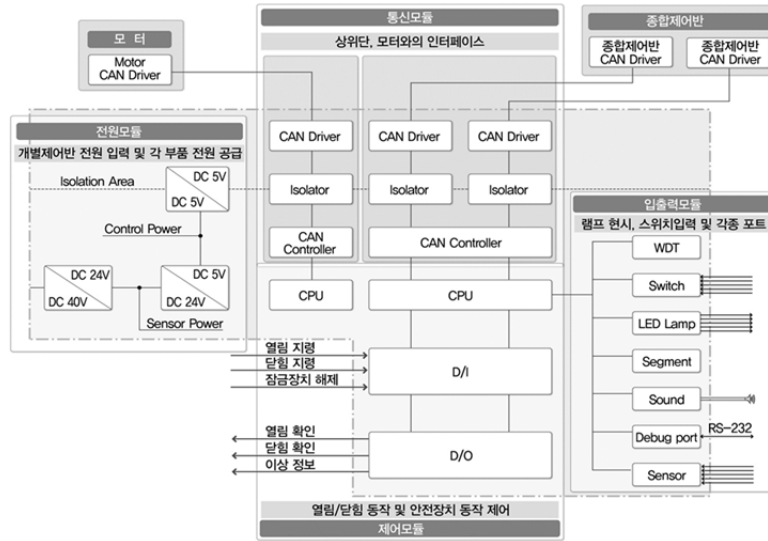


Fig 4. 개발제어반 내부 구성

3. 연구 필요성

3.1 연구 필요성

PSD시공 초기구간인 7호선 일부 구간에서 PSD 구동부 입력전원으로 노이즈 및 서지 등의 유입에 따른 개별제어반 등 시스템 고장이 빈번하게 발생하여 열차운행에 지장을 초래하고 있고, PSD 가동문 동작 시 구동부 전압강하로 구동모터 등 시스템 고장 및 장애가 발생하여 이에 대한 연구가 필요하게 되었다.

3.2 서지유입

2013. 7월 00역에서 전원라인을 통해 개별제어반 등으로 서지가 유입되어 퓨즈 및 다이오드 소손으로 자동열림/단힘 불가로 열차 안전운행에 지장을 초래한 사례가 있었으며, 서지유입에 경로 및 피해 장비는 아래 Fig 5와 같다.

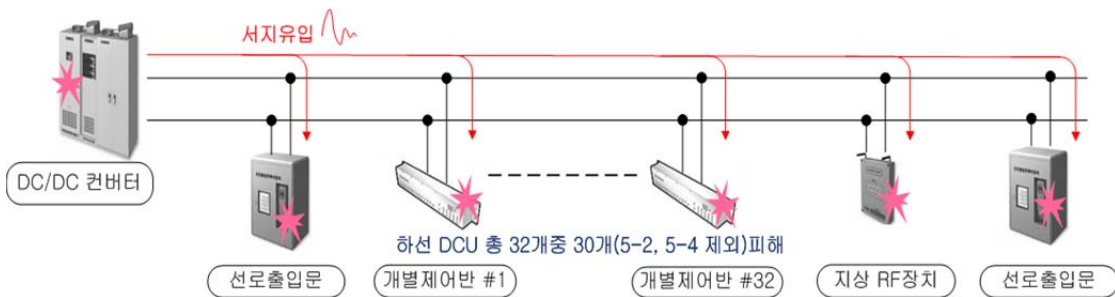


Fig 5. 서지유입 경로

3.3 노이즈

노이즈 발생에 대한 측정 결과는 아래 Fig 6과 같이 PSD 전원공급실에서 현장 구동부까지 전달되는 과정에서 노이즈 등으로 이상전류가 발생하여 구동부 부하단이 손상되는 현상이 발생하는 것을 확인하였다.



Fig 6. 노이즈 측정 결과

3.4 전압강하

전압강하 발생에 대한 측정 결과는 아래 Fig 7과 같이 PSD 출입문 가동시 일정시간 경과 후 전압차가 발생하는 현상을 확인 할 수 있었다. 주로 DC/DC컨버터가 설치되지 않은 개소에 전압차가 많이 발생하는 현상을 확인 하였다. PSD 가동시 전압강하 현상이 크게 나타나는 개소는 구동모터 회전수 저하를 가져와 고장/장애원인이 되며, 정격전압 출력에도 영향을 주어 가동문 지연 닫힘의 원인이 된다.

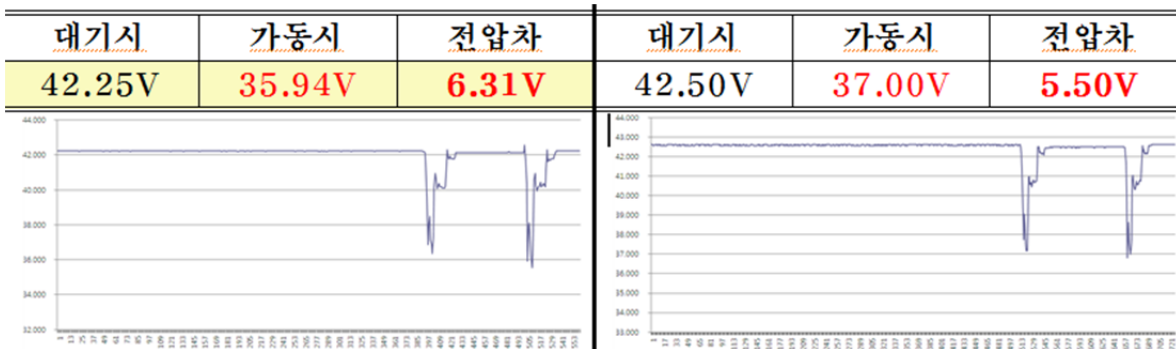


Fig 7. 전압강하 측정 결과

3.5 개별제어반 고장 발생 현황

본 논문의 연구대상인 A구간이 타 구간에 비해 개별제어반 교체 건 수 비율이 높은 것을 확인할 수 있다. 고장 발생의 주된 요인으로는 위에 기술한 바와 같이 서지, 노이즈, 전압강하 등 이상전류에 의한 것이다.

역 별	A구간	B구간	C구간	D구간	E구간
개별제어반 교체 건수	56	13	10	4	1
역 수	20	27	38	38	20
DC/DC 컨버터 설치여부	X	○	○	○	X

Table 1. 개별제어반 고장발생 현황(2014. 1월 ~ 12월)

4. 시뮬레이션 및 검증

4.1 서지 및 노이즈 방지 연구 결과

서지 및 노이즈 발생에 대한 분석 결과 서지보호 및 노이즈를 필터링 회로가 없음을 확인하여 PSD 전원공급실 전원 출력 측에 이상전원 발생(서지, 잡음, 이상전류 등)시 전원공급실 전원 장치 및 개별제어반 등의 시스템을 보호하기 위해 서지보호기 및 노이즈필터를 설치하였다.

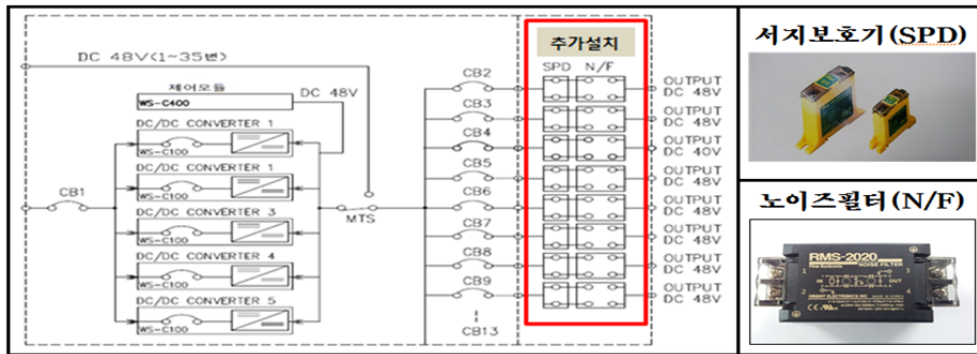


Fig 8. 서지보호기, 노이즈필터 설치 회로

4.2 DC/DC 컨버터 설치

전압차 발생에 대한 분석 결과 전압보상에 대한 회로가 없음을 확인하여 전압강하로 인한 전압보상, 전원안정화 등 전원 이상발생 시 부하단 손상 방지를 위해 DC/DC컨버터를 PSD 구동부 전원공급장치와 개별제어반 입력전원 사이에 설치하였다. DC/DC 컨버터의 주요기능은 입력부 서지 보호회로 및 필터링 회로구성, 입력전원 20V~50V를 인가받아 안정된 정전압의 40V를 출력해 주며, 출력전압을 감시하여 정전압 회로 고장 시 바이패스 기능을 구현 한다.

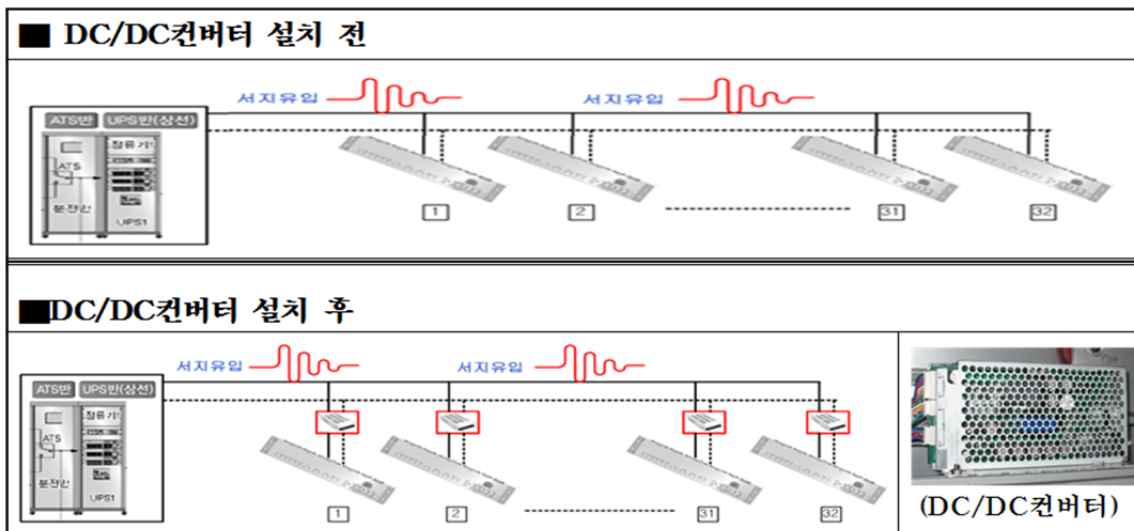


Fig 9. DC/DC컨버터 설치 회로

4.3 시뮬레이션 및 검증

노이즈가 많이 발생하는 개소에 노이즈 필터를 설치하여 3개월간 시뮬레이션을 시행하였다. 아래 Fig 10과 같이 노이즈필터 설치전 743mv에서 설치 후 285mv로 노이즈가 감소됨을 증명하였다. PSD 전원공급실 전원 출력측 노이즈 필터 설치로 이상전원 발생 시 전원공급실 전원 장치 및 개별제어반 등 시스템을 보호를 검증하였다.

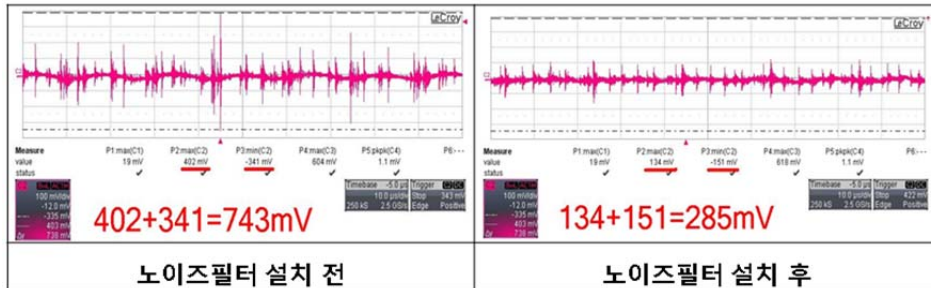


Fig 10. 노이즈필터 설치 전,후 비교

전압차가 많이 발생하는 개소에 DC/DC컨버터 설치를 설치하여 3개월간 시뮬레이션을 시행하였다. 아래 Fig 11과 같이 DC/DC컨버터 설치 전 6.31V의 전압차가 발생하였으나, 설치 후 0V로 전압강하에 대한 전압보상을 증명하였다. 또한 전압강하에 의한 개별제어반, 구동모터 등 시스템 보호를 검증하였다.

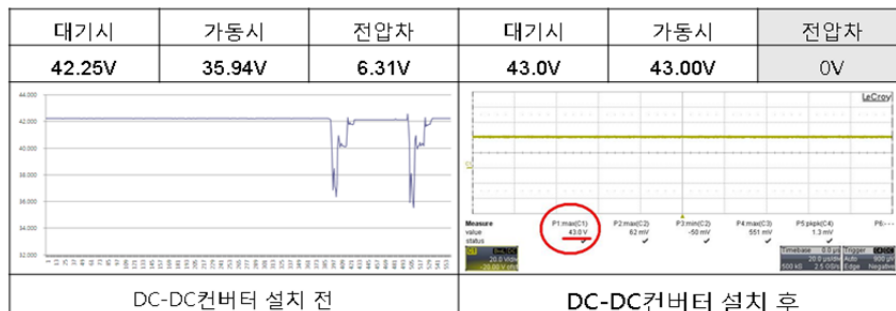


Fig 11. DC/DC컨버터 설치 전,후 전압차 비교

시뮬레이션에 대한 검증 완료 후 23역에 노이즈필터 및 서지보호기, DC/DC컨버터를 설치하여 3개월간 관찰한 결과 고장 건수가 역당 3.4건에서 0.2건으로 감소하는 효과를 검증하였다. 설치 후 발생한 0.2건은 장치 자체 결함으로 서지, 노이즈, 전압강하에 의한 고장건수는 0건이다.

역 별	A구간	B구간	C구간	D구간
개별제어반 교체 건수	4	8	2	1
역수	20	27	38	38
건수/역당	0.2	0.3	0.1	0

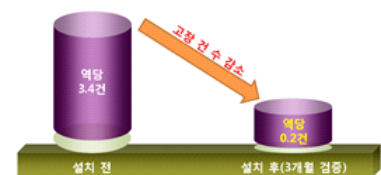


Fig 12. 개별제어반 교체 건 수 설치 전,후 비교

5. 향후 연구

PSD 구동부 입력전원 개선에 대한 시뮬레이션 결과를 통해 입력전원 안정화를 검증하였고, 이후 각 장치들(개별제어반, 구동모터 등)에 대한 MTBF(수리가능 평균고장시간)/MTBSF(서비스지연에 대한 고장률)/정상상태 가용도/연간 서비스지연시간의 평가를 도출하여 안전성 및 신뢰성 활동에 대한 증명을 하고자 한다.

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (1)$$

- MTBSF(Mean Time Between Service Failure)

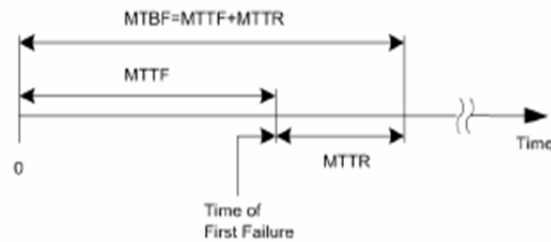


Fig 12. MTBSF

▪ 정상상태 가용도(Ass)

단위는 %를 사용하며 아래와 같이 고장율과 수리율을 통해 도출

$$A_{ss} = \frac{N(MTTF)}{N(MTTF) + N(MTTR)} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu}} \quad (2)$$

▪ 연간 서비스지연시간의 평가 : $365 \times 24 \times (1 - Ass)$ hour (3)

6. 결론

서울도시철도공사 승강장안전문(PSD) 구동부 입력전원 개선에 대한 연구를 통하여 전원 이상 발생(서지, 노이즈, 전압강하)에 의한 각 장치들의 피해를 차단 할 수 있었다. 연구효과로는 전원 이상 발생에 의한 각 장치들의 고장/장애 방지로 열차정시운행 및 유지보수자 인력 효율 개선 등의 효과를 입증하였다. 이는 안정성, 신뢰성, 유지보수성 향상에 대한 시너지 효과를 창출하기도 하였다. 적용 후 현재까지 전원 이상으로 고장/장애는 단 1건도 발생하지 않았다. 향후 MTBF, MTBSF, 연간 서비스 지연시간의 평가, MTTR 등의 관리를 통해 위험원을 조기에 제거 할 수 있는 분석 및 연구활동이 필요하며, 위험원 발생 빈도를 도출하여 적용한다면 PSD 운용 안전성 및 신뢰성이 확보 될 것이다.

참고문헌

- [1] 이종우, 오성일, 김민석, 이일호(2010) “PSD RAMS 검증에 대한 자문용역”, 철도기술연구원
- [2]서울도시철도공사(2013, 2014) “고장, 장애데이터”, 서울도시철도공사”
- [3] 서울도시철도공사(2013) “승강장안전문(PSD) 유지보수 종합매뉴얼”, 서울도시철도공사”
- [4] 전치혁(2001) “수명분포 및 신뢰도의 통계적 추정”, 포항공과대학교”
- [5] 김성필, 장우진(2013) “도시철도 PSD 안전성 활동에 관한 연구”