

3cm 3 cm	15RTRP-B067297-03 자동 검측 시스템이 탑재된 전자 폐색 장치 개발 및 성능 검증 최 종 보 고 서 (안) (견고덕 14p) 2016 (견고덕13p) 국 토 교 통 부 국 토 교 통 기 술 진 흥 원 (견고덕 17p)	4cm Development and test of electronic block system integrated automatic monitoring system (견고덕 25p)		보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(), 비공개() 철도기술연구사업 최종보고서(안)(견고덕 13p) 3cm 0.5cm R&D / 15RTRP-B067297-03 2.5cm9cm (견고덕31p)5cm 자동검측시스템이 탑재된 전자폐색장치 개발 및 성능검증 (0.1 cm) 2017. 4. 0.15cm(견고덕15p) 주관연구기관 / 한국철도기술연구원 (견고덕 15.5p) 국 토 교 통 부 (전문기관) 국토교통과학기술진흥원 (견고덕 20p)
---	--	---	--	--

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘자동검측시스템이 탑재된 전자폐색장치 개발 및 성능검증’(연구개발 기간 : 2014.12. ~ 2017.4.)
과제의 최종보고서(안) 6 부를 제출합니다.

2017 . 04 .

주관연구기관명 :	한국철도기술연구원	김기환	(인)
참 여 기 관 명 :	한국철도공사	홍순만	(인)
	유경제어(주)	기노경	(인)
	(주)혁신전공사	김영신	(인)
	(주)세화	이종현	(인)

주관연구기관책임자: 백종현 책임연구원

참여기관책임자: 최재식 차장

최승우 차장

강신주 전무

조정연 책임연구원

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15RTRP-B067297-03	해당 단계 연구 기간	2014.12.23.~ 2017.4.22.	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	교통 R&D			
	세부사업명	철도기술연구사업			
연구과제명	대과제명	자동검측시스템이 탑재된 전자폐색장치 개발 및 성능검증			
	세부과제명	자동검측시스템이 탑재된 전자폐색장치 개발 및 성능검증			
연구책임자	백종현	해당단계	총: 명	해당단계	정부: 800,000
		참여	내부: 명	연구개발비	기업: 275,000
		연구원 수	외부: 명	(천원)	계: 1,075,000
		총 연구기간	총: 명	총 연구개발비	정부: 800,000
참여	내부: 명	기업: 275,000			
		연구원 수	외부: 명	(천원)	계: 1,075,000
연구기관명 및 소속 부서명	한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부			참여기업명 유경제어(주), (주)혁신전공, (주)세화	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 한국철도공사			연구책임자: 최재식	
요약				보고서 면수: 195	
- 선로변 신호설비의 실시간 원격감시 및 측정이 가능하고 안전성이 향상된 전자폐색장치 제작 및 현장시험을 통한 성능평가 - 전자폐색장치 제작 및 신호시설물 인터페이스: 역제어장치 2 EA, 현장출력장치 12 EA 제작, 현장출력장치별 LEU 인터페이스, AF 궤도회로 인터페이스, 역제어장치와 전기기술 지원시스템 인터페이스 구현을 통해 선로변 신호 시설물의 실시간 원격 모니터링 및 측정 전기기술 지원시스템을 통한 유지보수 화면 표시 및 출력 - 공인기관 현장시험 성적서 및 성능평가: 한국철도시설공단 “철도시설성능검증지침”에 의해 기술적합성 심사, 조립시험, 현장시험 수행 시험열차 투입에 한 병렬운전 시험 진행 및 공인기관 병렬운전 시험성적서 획득 병렬운전 시험 완료보고 후 정규열차 제어시험을 한국철도공사에 요청, 철도안전관리체계 변경 승인 여부에 대한 검토로 일정 지연 - 안전성 평가 보고서: RAMS 분석범위 및 정량적 목표 설정, 사고 및 고장 정의를 통한 RAMS Plan 수립 완료 위험원 및 안전요구사항 도출, 모듈단위 고장률 평가, RAM 평가 및 입증방안 수립 하부시스템위험원분석, 인터페이스위험원분석, 운영 및 유지보수 위험원 분석 완료 설계 단계 안전요구사항 확인 및 입증, 고장정보 분석을 통한 신뢰도 입증을 거쳐 종합안전보고서 완료					

〈 국문요약서 〉

연구의 목적 및 내용	선로변 신호설비의 실시간 원격감시 및 측정이 가능하고 안전성이 향상된 전자폐색장치 제작 및 현장시험을 통한 성능평가				
연구개발성과	- 역제어장치(2EA) 및 현장출력장치(12EA) 제작, 현장설치 및 현장시험 수행(공인기관 시험성적서 획득) - 안전성 평가 수행 및 실용화 계획 수립				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	구 분		내 용		
	경제적 효과	설비 통합화로 설치비용 및 유지보수 비용 감소	○ 기존의 폐색제어장치, LEU, AF 궤도회로의 통합화로 인한 건설비 절감, 인력효율화 및 설비감소로 인한 유지보수비 절감 ○ LED 신호기의 효율화를 통하여 유지보수비 절감 ○ 철도신호 시설물 원격 감시 핵심기술 확보로 해외수출 기여. 특히, 아시아와 같은 해외 철도시장 진출시 가격 경쟁력 제고로 향후 해외 철도시장 진출 가능. ○ ICT와 철도와의 융합을 통한 기술개발을 통해 신규사업 창출 및 해외 시장 진출 가능 ○ 공동연구기관들이 경제적으로 개발 시제품을 상용화할 수 있도록 상용화 요구사항을 설계단계부터 반영 ○ 현장 성능 평가는 주관기관과 공동연구기관이 공동으로 수행하여, 현장시험에서 밝혀진 문제점을 보완하여 상용화에 대비		
	기술적 효과	유지보수 효율화 및 안전성 확보	○ IT 기술이 접목된 철도 신호 시설물의 원격 검측 및 제어 관련 지적재산권 확보 ○ 현장설비 이중계 시스템을 통한 안전성 향상으로 열차안전운행 확보 가능 ○ 신호 시설물 원격 자동검측으로 유지보수 효율성 향상 ○ 전기설비기술지원시스템에서 현장설비 통합감시를 통하여 유지보수 효율성 증대 ○ 신호시설물 기능저하 등 추이분석을 통한 과학적 유지보수 가능		
핵심어 (5개 이내)	철도	폐색장치	LEU	AF 궤도회로	안전성 평가

< 목 차 >

제1장. 연구개발과제의 개요	1
1. 연구개발 목적 및 필요성	1
2. 연구개발 범위	8
제2장. 국내외 기술 개발 현황	19
1. 국내외 기술수준	19
2. 국내외기술 및 산업동향	22
제3장. 연구 수행 내용 및 성과	34
1. 연구개발결과 요약	34
2. 연구개발 주요내용	36
제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	184
1. 목표 달성도	184
제5장. 연구개발성과의 활용계획	186
1. 연구결과의 활용방안	186
2. 경제적 파급효과	187
제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	192
제7장. 연구개발성과의 보안등급	192
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	192
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	192
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	192
제11장. 기타 사항	193
1. 연구비 집행실적	193
제12장. 참고 문헌	194

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적 및 필요성

- 국내 철도 신호시스템은 전자화로 발전하고 있으며, 선로변 장치 중 건널목 보안장치는 통합시스템으로 개발이 완료됨. 그러나 기존선 전 구간의 폐색장치는 전자화 및 통합화가 되어있지 않아 건설과 유지보수 측면에서 많은 보완점을 가지고 있음에 따라 현재의 폐색장치의 전자화 및 ATP(Automatic Train Protection) 시스템의 구성품인 LEU(Lineside Electronics Unit)와의 통합화가 시급하며 그에 대한 기술개발이 반드시 필요함.
- 현재 국내 기존선에 사용되고 있는 ABS(Automatic Block System)와 경부 및 호남선에 설치중인 LEU는 동일한 장소에서 동일한 열차의 신호정보에 의해 열차를 제어하고 있음에도 불구하고 각각 별개의 시스템으로 분리되어 설치되어 있기 때문에 동일한 정보를 각각 별개로 나누어 송수신하여 열차를 제어함. 따라서 종래의 ABS와 LEU에서는 램프검지부나 전원부 등과 같이 중복 설치된 부품이 많기 때문에 전체적인 제품의 제조 원가가 높아질 뿐만 아니라, 시공비 역시 이중으로 소요되고 유지보수에도 많은 인력과 비용을 투자해야 하는 등의 문제가 있음. 더군다나 제품을 구성하는 부품 및 구성품의 증가에 따라 장애의 발생 빈도도 증가하고, 발생된 장애의 복구도 늦어지게 됨.
- 현재 설치된 자동폐색장치는 현장에서 유지보수자가 직접 수기로 점검하는 방식을 적용함으로 부품의 기능 저하 등 장비의 노후화 및 성능 열화 진행 상황 확인에 한계가 있음.
 - 기능 점검을 인력에 의한 수기점검으로 동작여부 확인
 - ▷ 양호여부 판정, 사전 고장진단 애로
 - ▷ 고장 발생 후 부품교체 등 사후 유지관리
 - 단일계로 현장에 설치되어 기온, 기후, 유도장애 등 외부환경에 취약
 - ▷ 단일계로 설비 고장 발생 시 대처능력 한계
 - ▷ 계절별 기후변화 등 외부요인에 취약
 - 현장설비가 분산 설치되어 유지보수 애로 및 장애 point 노출
 - ▷ 폐색장치, 궤도회로장치, ATP LEU, ATS(Automatic Train Stop) 등
- 또한, 폐색장치는 고속철도 및 국철 등에서 열차의 안전운행을 책임지는 가장 중요한 역간 제어장치로서, 계전기를 이용한 폐색제어 방식이 주종을 이루어 왔으며, 발리스에 정보를 송신하는 선로변 장치 또한 선진 외국기술을 사용하고 있으며 영국, 독일, 프랑스, 스웨덴 등 유럽 내 여러 국가들과 미국, 일본 등에서는 앞을 다투어 전자화된 폐색장치 및 통합형 전자폐색제어장치를 개발하여 실용화시키고 있으며, 우리나라에서도 신기술도입에 지대한 관심을 보이고 있음. 이 장치에서 이용되는 기술은 철도신호 시스템 엔지니어링 기술, Fault Tolerant 설계 기술, Fail-Safe 기술, 안전성 및 신뢰성 평가 기술, 광통신 응용 기술, 각종 하드웨어 설계 및 제작 기술, 소프트웨어 제작 기술 등 전자, 통신 및 컴퓨터 관련 산업계에 전반에 걸쳐 관련이 있기 때문에 통합형 전자폐색제어장치의 국

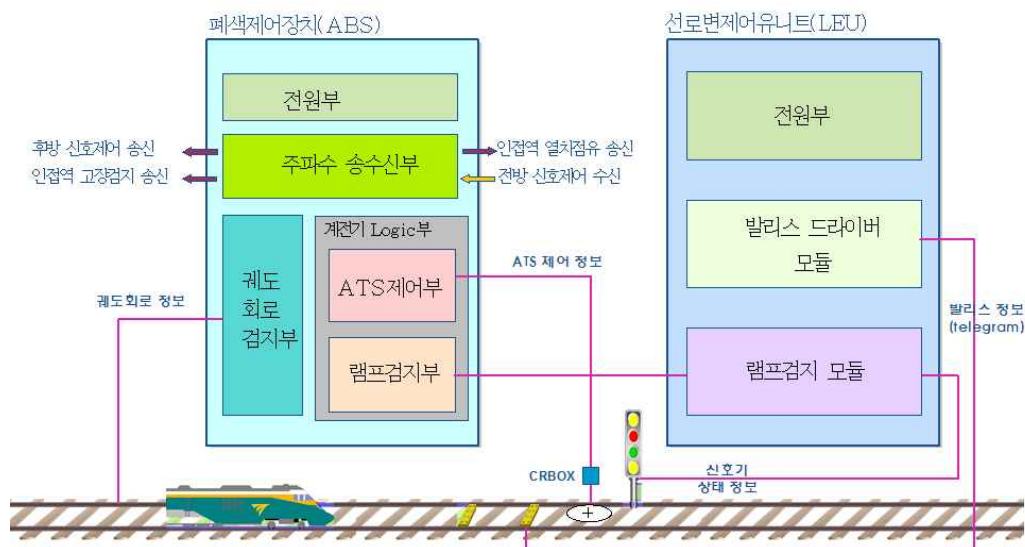
산화는 관련 산업으로의 파급효과 및 국내의 기술발전에 크게 기여할 것이며 추후 경전철 등의 신호시스템 등에 곧바로 적용 가능하다는 점에서 반드시 개발되어야 할 중요 장비임.

- 이러한 필요성에 따라 “한국형 틸팅열차 신뢰성평가 및 운용기술개발” 연구단 과제 4세부 “틸팅열차시스템의 효율적 관리를 위한 유지보수체계 구축연구”를 통해 기존 자동폐색장치를 전자화하고 하나의 폐색마다 3개의 랙으로 분산 설치되어 있는 신호 시설물들을 통합하여 하나의 랙으로 구현한 전자폐색장치를 개발함.
 - 경부선 내판~부강역간 현장설치 후 자체 기능시험으로 종료되었으며, 안전성 검증의 필수조건인 현장제어(신호기, ATS, ATP) 시험을 실시하지 못함
 - 전자폐색장치의 H/W, ATP LEU 감시 기능 추가 및 개량 등의 기술사항들을 보완하여 개발 및 실용화 필요
- 따라서, 실시간 원격감시 및 측정이 가능하고 안전성이 향상된 전자폐색장치 구축이 필요함.
 - 현장이 아닌 역에서 신호기 일괄제어 가능
 - 자가진단 및 실시간 원격감시로 사전 예방보수 가능
 - ▷ 자동폐색장치, 궤도회로, ATP LEU 및 ATS 장치 등의 현장측정 대신 집중화된 실내에서 실시간 모니터링
 - ▷ 설비별 상태 추이 분석 및 사후관리 가능

가. 연구개발과제의 설명

(1) 연구개발의 배경

- 국내 기존선에 사용되고 있는 ABS는 역과 역 사이를 다수의 폐색구간으로 분할하고, 각 폐색구간별로 궤도회로를 이용하여 폐색신호기를 자동으로 제어함으로써 열차의 운행 밀도를 높일 수 있도록 하는 제어장치임. 또한 ATP 시스템에는 지상의 신호정보를 차상으로 전송하기 위한 LEU가 필요하며, LEU는 대부분 ABS의 옆에 설치되어 열차의 제어에 필요한 현장의 정보를 차상으로 전송함. 유사한 기능을 수행하는 ABS와 LEU는 폐색구간을 기점으로 제어가 이루어지기 때문에 같은 장소에 설치되는 것이 보통이며, 또한 동일한 신호정보(즉, 폐색구간에서의 램프의 신호정보)에 의해 제어된다는 공통점이 있음.

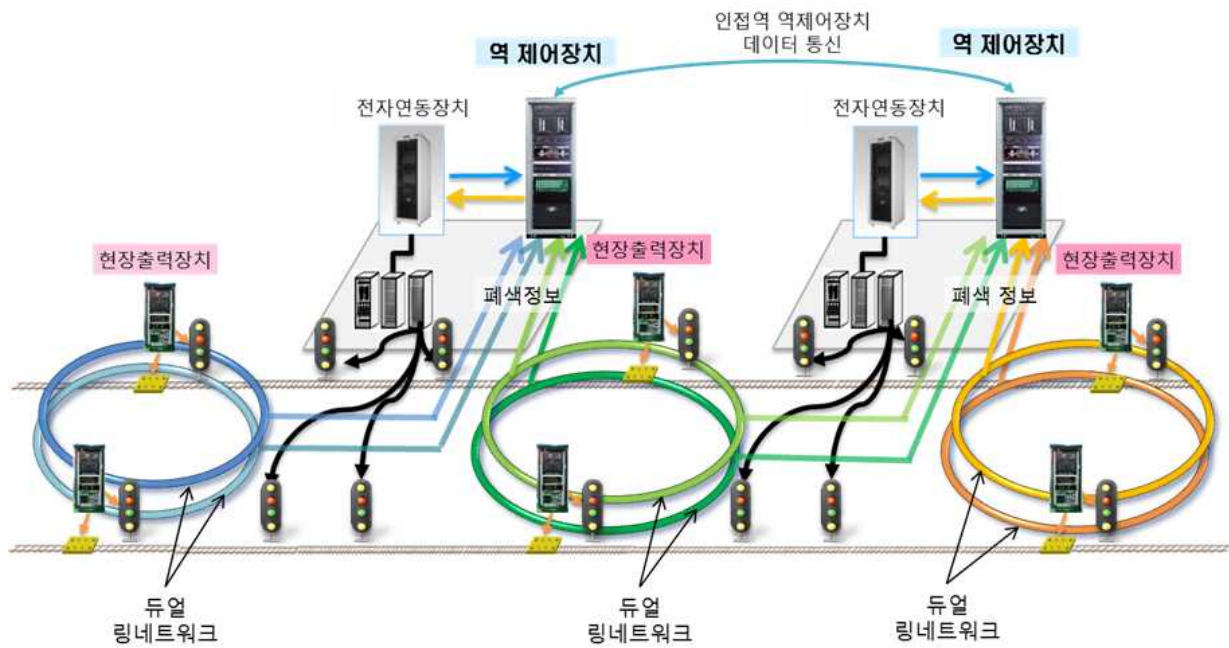


[그림 1-1] 기존 시스템 구성도

- 전자폐색제어장치는 현재 사용 중인 ABS에 통신 및 전자기술을 접목시켜서 개발하는 것으로서, 해당 역 관내 폐색장치를 통합감시 및 관리를 하고 ATP 차상 신호시스템의 지상장치인 LEU와 연계하여 정보 전송을 수행함. 즉, 계전기로직에 의해 아날로그 방식으로 제어되고 있는 기존 ABS의 제어기능을 CPU에 의해 디지털 전자제어방식으로 제어할 수 있도록 하는 한편, ATP 차상신호시스템의 지상장치로서 역간에 설치되어 열차제어정보를 차상으로 전송하는 ATP 차상신호시스템의 LEU를 모듈화한 후, 이를 ABS와 하나로 통합하여 하나의 선로변 장치로 구성함과 광 및 일반 모뎀을 이용하여 장거리 네트워크를 구성하여 지역내 열차 운행 정보를 공유함으로써 이에 대한 열차 추적방식의 폐색 운영이 가능하며, 다음과 같은 기대효과를 가짐.

- 선로변 모듈 통합에 따른 장치구조의 간소화로 제품의 제조원가 절감
- 장치 구조의 단순화로 인하여 장치의 설치 및 유지보수에 소요되는 비용과 인력 및 시간을 현저히 감소
- 신호설비 전자화에 따른 열차 안전운행을 보다 두텁게 확보
- 장치의 원격집중감시가 가능해짐에 따라 유지보수의 효율성 향상
- 장치의 동작상태에 대한 지속적인 감시에 의해 장애분석 및 예방가능

- 전자폐색제어장치의 구성은 다음 그림과 같이 기계실에 설치되는 역제어장치와 선로변에 설치되는 현장출력장치로 구분함. 제어장치의 경우 기계실에 위치하여 해당 역 관내의 상, 하선 폐색 구간내의 열차 이동에 대한 신호 제어를 수행하며 현장 장치의 운영을 감시하는 장치이고, 현장출력장치는 역제어장치로부터 제어명령을 수신하여 이에 따라 신호현시를 하며 LEU로 정보 전송을 수행함.



[그림 1-2] 전자폐색장치 구성도

- 2014년 5월 경의선 부개~송내간 자동폐색장치 장애로 시스템 개선 필요성이 제기됨
 - 현장설비에 대한 정기적인 점검 데이터 관리로 예방 유지보수 시행 필요

(2) 연구개발의 추진 경위

- 2009. 8. 1 ~ 2010. 6. 29 : 틸팅열차기술개발사업 3차년도 4세부과제(틸팅열차 시스템의 효율적 관리를 위한 유지보수체계 구축연구, 세부과제 주관기관 : 한국철도시설공단)의 연구내용으로 전자폐색장치 개발 추진
- 2010. 6. 30 ~ 2011. 6. 29 : 세부과제 조정에 따라 틸팅열차 운행 유지보수 효율화 SE 연구의 연구내용으로 추진
- 2012. 1 ~ 2012. 8 : 한국철도기술연구원 주요사업(ICT기반 열차운행 안전성 및 운영효율성 향상 기술개발)으로 현장시험 진행
- 2014. 5. 8 : 경의선 부개~송내간 자동폐색장치 장애로 시스템 개선 필요성 제기
 - 현장설비에 대한 정기적인 점검 데이터 관리로 예방 유지보수 시행 필요
- 2014. 6 : 현장 신호설비를 원격으로 실시간 감시하고 데이터를 자동분석하는 자동검측시스템 구축 계획 보고(국토교통부)
 - 선로변 신호설비 제어부를 디지털형으로 통합하고 데이터를 광케이블로 인근 역으로 전송하여 일괄 제어
 - 월 1회 주기의 현장점검 지양, 인근역에서 신호설비 실시간 감시를 통한 사고예방

나. 연구개발의 중요성

(1) 기술적 측면

- 철도신호 시설물의 유지보수 효율성 향상이 가능한 기술 개발의 필요성 대두
 - 국내의 철도신호시스템은 선로변 신호기 현시조건과 ATS(Automatic Train Stop)를 운용하고 있었으나, 최근에 주요 노선(경부선, 호남선)을 중심으로 차상 신호시스템(ATP)으로 개량해 가고 있음
 - 많은 지상설비들이 운용됨으로 인해 일정수준 이상의 유지보수 인력과 비용이 지속적으로 필요
- 다음의 표는 기존 ABS기반의 신호시스템과 전자폐색장치를 적용하였을 때 각 항목별로 비교한 것으로서, 전자폐색장치 적용에 따라 원격검측 가능, 유지보수 효율성 향상, 유지보수비 절감 등의 효과를 볼 때 전자폐색장치 실용화는 반드시 필요함.

구분	기존 자동폐색장치	전자폐색장치	효과
제어방식	계전기 방식 단일계	프로세서를 이용한 2중계방식	안전성 신뢰성 향상 원격제어 효과
유지보수	현장 주기 점검	원격감시로 사무실에서 상세 운영정보 취득	주기 점검시간 감소 (TLDS 기능 포함)
구 성	폐색유니트, 정보분석장치, LEU, 궤도회로 별도 구매, 별도 랙에 설치	통합 시스템 1개소로 설치운용	설치 비용감소 점검포인트 1개로 축소 운용 관리비용 절감
통 신	각 구간별 주파수 카드 다양	네트워크로 통신 장비 표준화	예비품 다른 개소에 사용
폐색거리	주파수 카드의 사용으로 전송거리 짧음	네트워크전송거리는 매체에 따라 25Km이상	장거리 폐색 구현 가능
낙뢰방지 대책	써지 프로텍터	써지 프로텍터 낙뢰방지 트랜스	낙뢰에 대한 대비 강화

[표 1-1] 전자폐색장치 적용의 필요성

(2) 경제·산업적 측면

- 전자폐색장치는 기존 ABS를 대체하여 신호시스템 개량 혹은 신규 노선에 적용될 수 있을 것으로 예상됨.
- 철도운영기관의 경영 개선을 위해 원격 검측을 통한 유지보수 및 업무 효율화를 위한 시스템 개량을 고려하고 있어 본 과제의 전자폐색장치 적용이 가능하며, 또한 해외 시스템 도입을 대체할 수 있는 수입대체효과가 예상됨.
- 또한, 다음과 같이 전자폐색장치 적용에 따른 유지보수 비용 절감의 효과를 기대할 수 있으므로, 본 연구는 반드시 필요함.



[그림 1-3] 전자폐색장치 적용에 따른 유지보수 절감

(3) 사회문화적 측면

- 정보통신기술과 철도의 융합을 통한 고부가 가치 기술의 개발 필요
 - IT기술과 산업응용 기술의 융합을 통한 기존 기술의 고부가가치 제고와 경쟁력 강화를 위한 정부차원의 노력이 추진 중
- IT기술을 활용한 안전관리 증대와 신호·통신 시스템의 안전성 향상을 위해 제2차 철도안전종합대책이 발표('10.12)된 이후 세부대책 마련 중
- 국토교통부 : 철도분야지능형교통체계 계획('11~'20) 중점추진과제로서 IT기반 열차운영 체계 최적화가 반영된 지능형 교통체계 기본계획 2020(2011.12) 발표
- 국토교통부 : 지능형 철도시스템(IRIS, 2012. 10)) 구축 계획 발표
- 뿐만 아니라 「철도산업발전기본법」 제8조에 따라 국토교통부장관은 철도산업의 육성·발전을 촉진하기 위해 철도산업에 대한 재정·금융·세제·행정상의 지원을 내용으로 하는 국가차원의 10년 단위 기본계획을 수립함

(4) 정부지원의 필요성

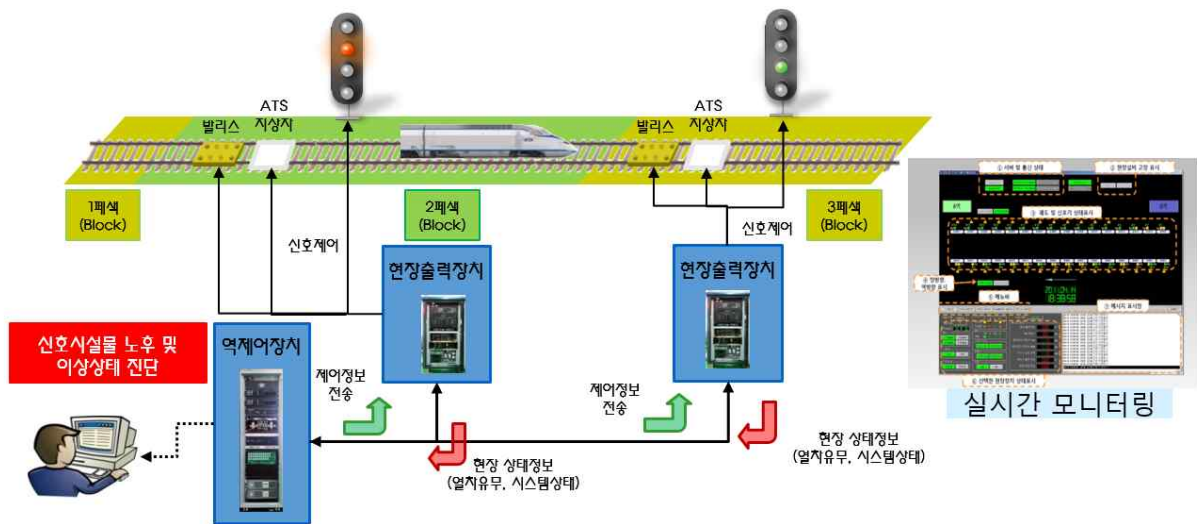
- 철도는 국가의 중요한 공공인프라 중 하나이며, 열차제어를 위한 신호시스템의 핵심적인 장치인 전자폐색장치의 개발과 표준규격의 제정은 정부 지원이 필요함.
- 전자폐색장치를 활용하여 원격 검측 및 제어가 가능하므로 신호 시설물의 유지보수 효율성을 향상시키며, 이로 인해 열차 운행 및 승객의 안전성을 확보할 수 있으므로 정부의 적극적인 지원이 필요함.
- 2014년 5월 경의선 부개~송내간 자동폐색장치 장애로 시스템 개선 필요성 제기. 현장설비에 대한 정기적인 점검 데이터 관리로 예방 유지보수 시행 필요함.
- 2014년 6월 국토교통부에 현장 신호설비를 원격으로 실시간 감시하고 데이터를 자동분석하는 자동검측시스템 구축 계획 보고
 - 선로변 신호설비 제어부를 디지털형으로 통합하고 데이터를 광케이블로 인근 역으로 전송하여 일괄 제어
 - 월 1회 주기의 현장점검 지양, 인근역에서 신호설비 실시간 감시를 통한 사고예방

2. 연구개발 범위

가. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종목표

- 감시 기능이 포함된 전자폐색장치 기술 개발 및 안전성 평가
 - 통합형 전자폐색장치 역장치 및 현장장치 개발
 - AF 궤도회로 및 LEU, 기존 기술지원시스템 인터페이스 개발
 - 독립안전성평가(ISA)를 통한 안전성 평가
- 전자폐색장치 현장시험 평가를 통한 신뢰성 및 성능 검증
 - 공인기관 환경시험
 - 현장 시설물 성능 검증 제도를 통한 성능 검증



[그림 1-4] 전자폐색장치 구성도

(2) 최종목표의 성격 및 설정근거

최종목표	성격	설정근거
자동검측시스템이 탑재된 전자폐색장치 개발 및 성능검증	기타	- 국내 철도에서 적용중인 자동폐색장치(ABS)는 인력에 의한 수기점검으로 동작상태를 확인하여 장치의 객관적인 기능점검에 어려움을 가지고 있으므로 장치의 동작상태 원격감시 및 실시간 모니터링이 요구됨 - AF 궤도회로 및 LEU 등 선로변 설비의 상태 감시기능을 통하여 폐색장치 외 주변장치의 설비별 상태추이 분석 및 사후관리를 위한 인터페이스 기술 필요 - 전자폐색장치와 전기설비기술지원시스템의 인터페이스는 유지보수를 위해 폐색구간의 상태 정보까지 전기설비기술지원시스템에서 통합표시토록 하기 위해 필요함 - 현장성능 평가 시험 및 안전성 확보를 위한 외부기관의 안전성 평가를 통하여 장치의 실용성 확보

나. 연차별 연구목표 및 내용

(1) 연구목표 및 내용

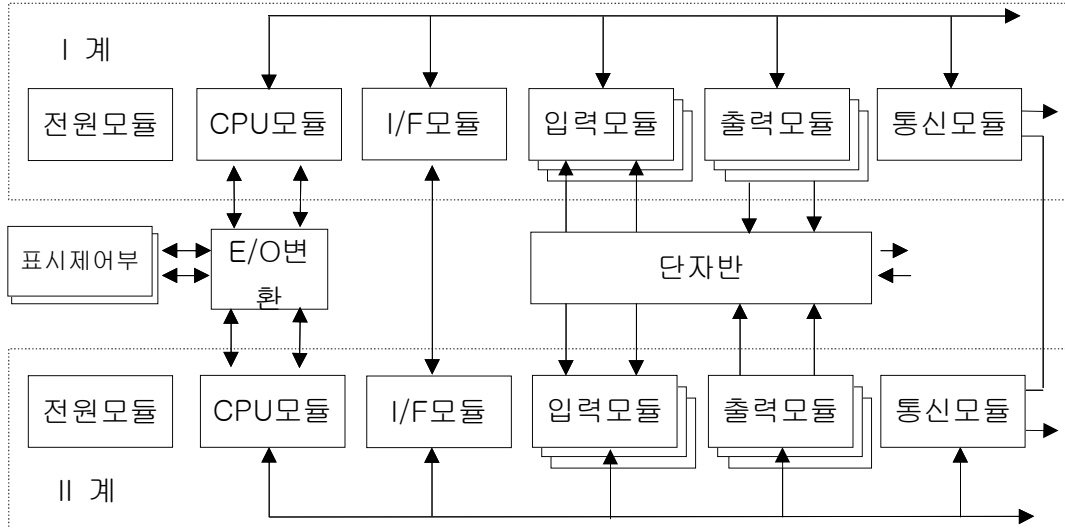
① 연구단 총괄

연차	연구목표	주요연구내용	연구수행기관
1차년도	전자폐색장치 H/W, S/W 개발	- 기존 전자폐색제어장치 분석 및 개발 사양 도출 - 현장장치 입력전원 및 자체 공급전원 상태 감시기능 개발 - 기존 서버기반의 역제어장치를 Embedded 시스템으로 개발 - 각 장치별 자가진단 정보를 통합하여 통신 및 전송기능 개발	유경제어(주), (주)혁신전공사
	ATP LEU 감시기능 개발	- LEU 외부 입력전압 감시기능 개발 - LEU 고장검지 감시기능 및 표시기능 개발 - 신호기 출력 전류 검지 및 정보 표시 기능 개발	유경제어(주)
	AF 궤도회로장치 자가진단 정보 전송기능 개발	- AF 궤도회로장치 외부 입력전압 감시기능 개발 - AF 궤도회로장치 상태정보 수신 및 화면 표시 기능 개발	유경제어(주)
	LED 신호기 제어 방법 및 시스템 설비 개선	- LED 신호기 제어 방법 및 성능 정립	유경제어(주)
	기존전기기술지원시스템 인터페이스 기술개발	- 전기기술지원 시스템 인터페이스 사양 분석 - 전자폐색장치의 정보 전송기능 개발 - 역제어장치와 인터페이스 기술개발 - 데이터집중장치 통합표시 화면 개발	(주)세화
	전자폐색장치 환경시험	- 온/습도 시험, EMI/EMC, 진동시험, 절연내력 시험, 지락시험	유경제어(주), (주)혁신전공사,
	전자폐색장치 안전성 평가	- 안전 요구사항 수집·분석 및 정의 - 안전성 평가 계획 수립 - 철도응용 RAMS 국제표준을 적용한 문서 작성 및 RAMS 활동 - ISA 기관에 의한 안전성 평가	한국철도기술 연구원
	공인인증기관 현장 성능 평가	- 현장설치 노선 선정 - 현장성능 평가 계획 수립 및 평가	한국철도기술 연구원, 코레일
	유지보수 및 운영매뉴얼 제작	- 유지보수 및 운영매뉴얼 제작	유경제어(주), (주)혁신전공사, (주)세화
	연구결과 검증방안 제시 및 실용화 계획 수립	- 현장제어시험을 통한 검증 방안 제시 - 연구결과의 성능목표 및 기술기준 (규격) 제시 - 연구결과 적용 가능 노선 조사 및 분석 - 실용화를 위한 시범노선선정 및 구축 계획 수립 - 연구결과 실용화시 구축비용, 운영 유지보수 편익 등 경제성 분석	한국철도기술 연구원, 코레일

(가) 전자폐색장치 하드웨어, 소프트웨어 개발

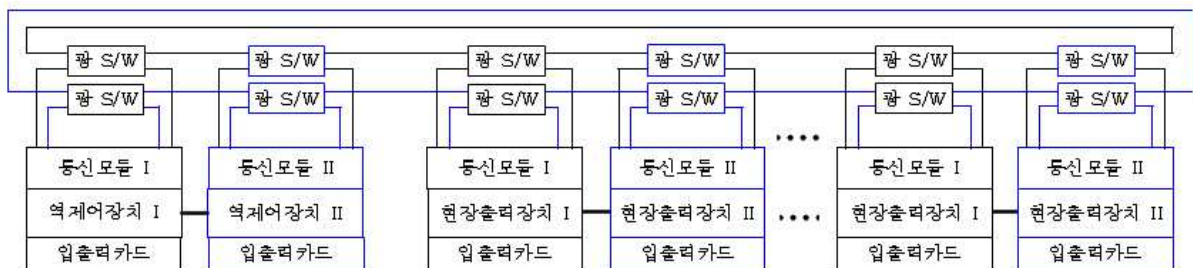
○ 역제어장치

- 대기 2중계로 구성되어 사용계에 이상 발생 시 대기계로 자동 절체
- 전자연동장치와 같은 VMEbus를 사용하여 신뢰성 및 안전성 제고
- 역제어장치와 현장출력장치의 상태를 감시하고, 특이사항 발생 시 폐색 통과 속도제한



[그림 1-5] 역제어장치 구성도

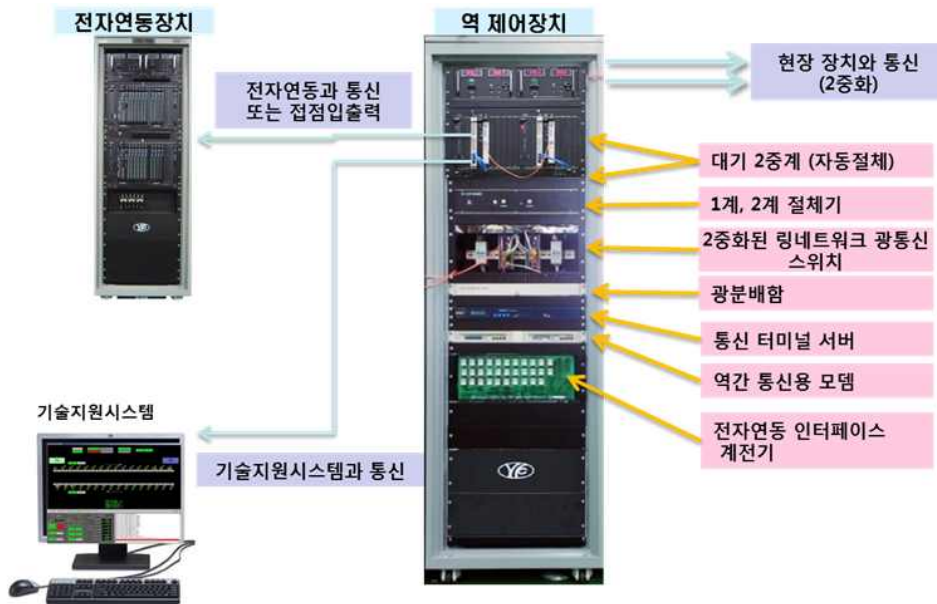
- 최대 제어 용량은 64대 , 통상적으로 경우 최대 32대의 현장출력장치를 제어하고, 인접역 장애시 인접역 32대까지 제어가능



[그림 1-6] 역제어장치와 현장출력장치간의 통신 구성도

- 기존시스템과의 차이는 아래 표에 기술됨

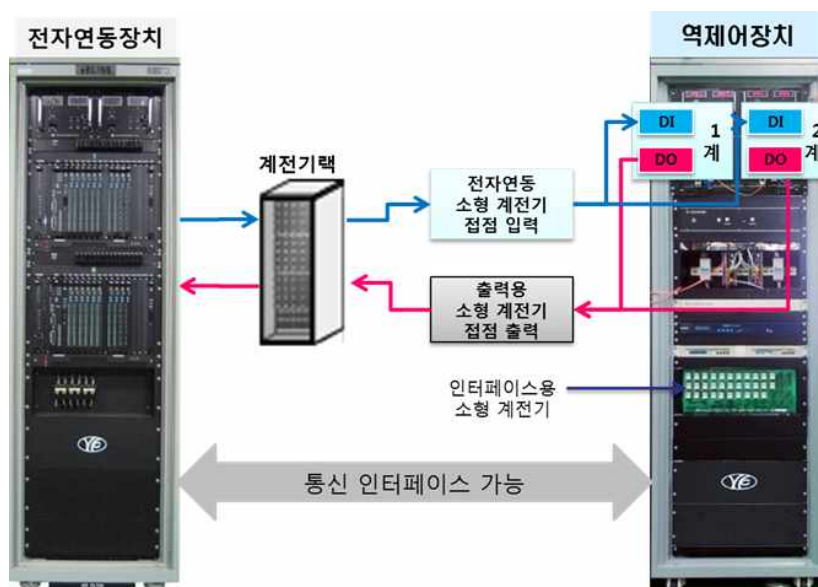
구분	기존	신규
H/W	SERVER 2중계	SBC 2중계
S/W	Hard Disk 내 탑재	ROM/EEPROM에 탑재
OS	Windows 계열	Embedded 언어
EIS I/F	-	추가사양, DI/DO로 처리



[그림 1-7] 역제어장치 전체 구성도 및 논리부 실장 구성 (대기 2중계)

○ 전자연동장치와 인터페이스

- 전자연동장치와 통신 또는 DI/DO로 인터페이스
- 장내 현시정보, 폐색궤도 현시정보, 방향 정보 입력



[그림 1-8] 역제어장치/전자연동장치와 인터페이스

○ 기술지원시스템과의 인터페이스

- 기술지원시스템과 통신으로 인터페이스
- 역제어장치 및 현장출력장치의 상태정보
- 현장시설물의 현시정보, 폐색궤도 정보, 방향 정보
- 현장시설물의 상태정보

○ 현장출력장치

- 상태 감시 정보 전송(LEU, AF궤도회로, 신호기 정보)
- (현장 다른장치와의 인터페이스는 유지보수자의 요구사항을 최대한 반영하여 처리할 계획임)
- 대기 2중계로 구성되어 사용계 이상 발생시 대기계로 자동 절체
- 한 개의 선로에 상선, 하선으로 모두 운용할 수 있도록 양방향으로 운영
- 동작상태 및 전/후방 궤도 점유상태를 현장 표시부에 표시
- LEU는 2가지 구성안에 따라 변경



[그림 1-9] 현장출력장치 구성도

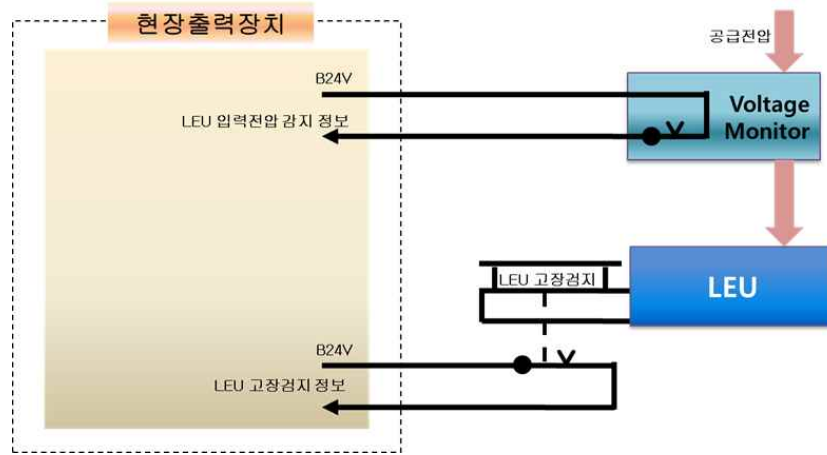
○ 조합시험

- 역제어장치와 현장출력장치는 두 곳의 공동연구기관에서 별도 제작되므로 조합시험이 필요함
- 각사 장치별로 성능시험 후, 조합 시험 수행
- 한국철도시설공단 시설물 성능검증 진행 중 조합시험 및 현장 성능시험 수행

(나) ATP LEU 감시기능 개발

○ LEU 입력전압 및 고장정보

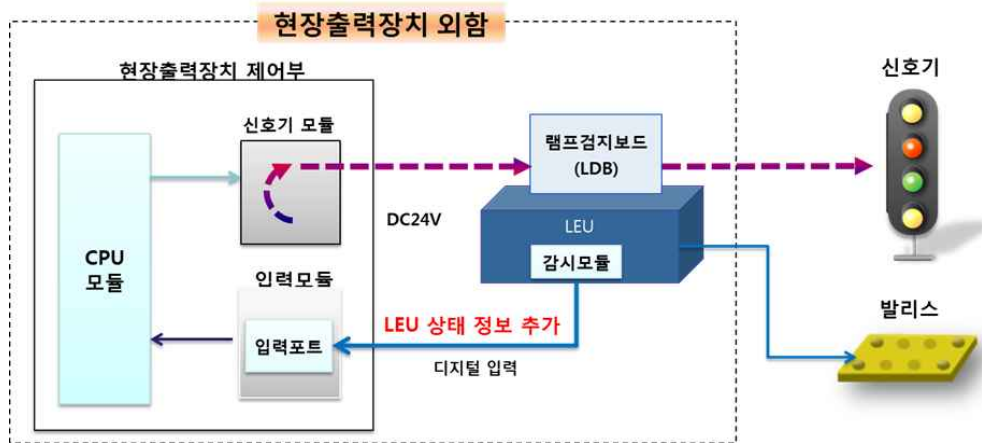
- Voltage Monitor를 통해 LEU로 공급되는 전압 감시
- LEU와 연결된 고장검지 계전기를 통해 LEU고장정보 감시



[그림 1-10] LEU 입력전압 및 고장정보 감시

○ LEU 감시모듈

- LEU 상태정보를 현장출력장치에 전송

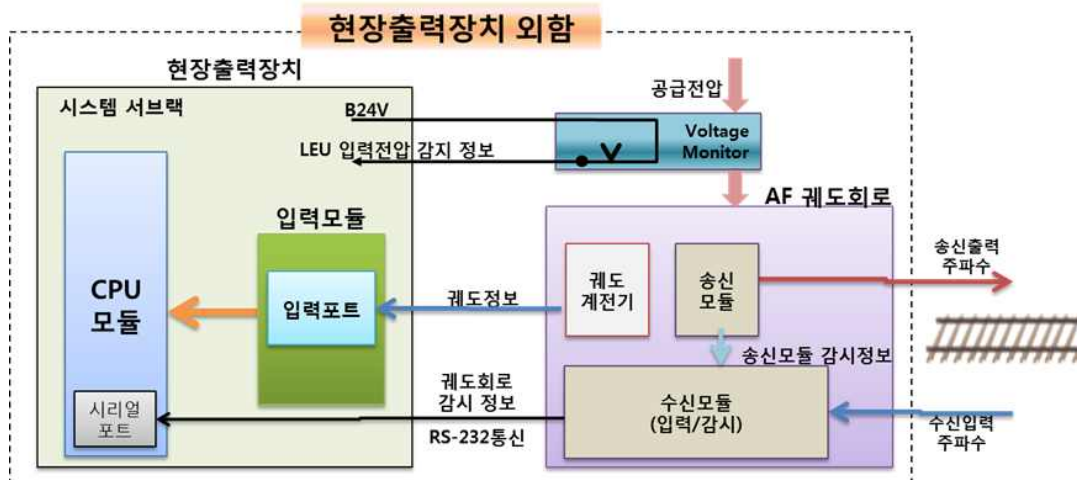


[그림 1-11] LEU 감시

(다) AF 궤도회로장치 자가진단 정보 전송기능 개발

○ AF궤도회로 감시

- AF궤도회로의 송신전압, 수신전류, DC전압, Relay전압, 궤도점유상태 정보 수신 (통신 포트를 통한 레벨 저하와 케이블 노이즈를 방지하기 위한 H/W의 설계 및 제작)
- 해당 궤도 및 통신을 통해 인접궤도의 정보표시(전면 표시부)
- Voltage Monitor를 통해 AF궤도회로로 공급되는 전압을 확인하여 동작감시



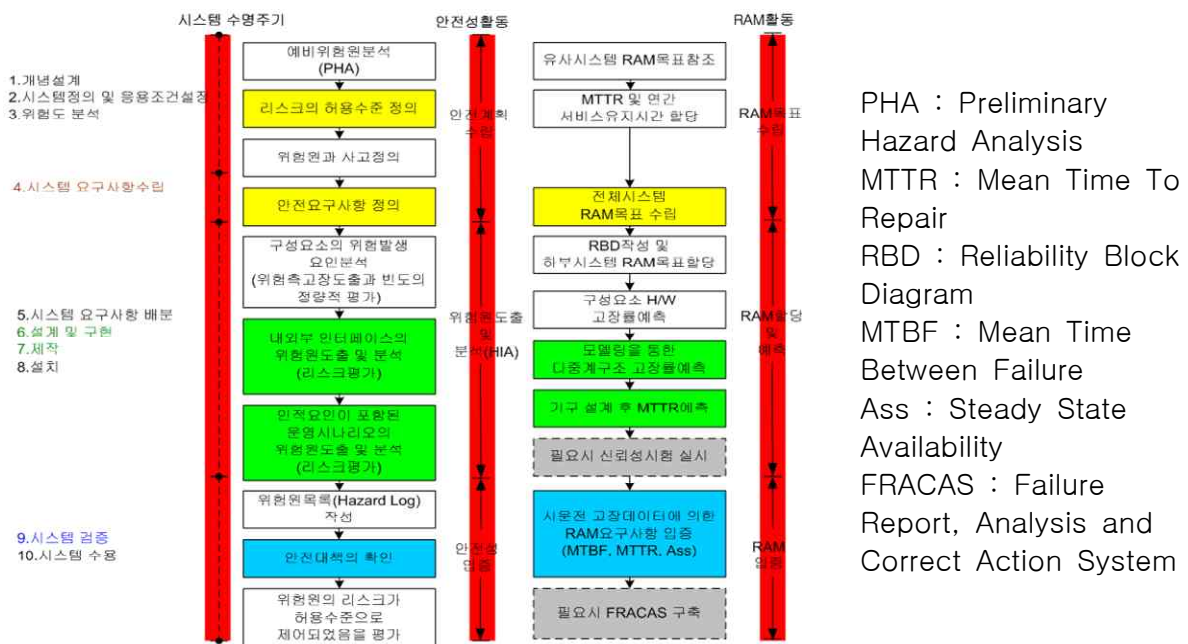
[그림 1-12] AF궤도회로 감시

(바) 전자폐색장치 환경시험

- 온/습도 시험
- EMI/EMC
- 진동시험
- 절연내력 시험

(사) 전자폐색장치 안전성 평가

- 안전 요구사항 수집·분석 및 정의
 - 사고(열차충돌 또는 탈선)관련 위험원의 도출
 - 위험원별 발생빈도와 심각도 평가를 통해 허용수준으로 위험도 제어
 - 예비위험원분석을 통한 대표위험원 선별 및 위험도 관리
- 안전성 평가 계획 수립
 - 독립안전평가(ISA)를 국외 전문기관에 의뢰하여 국제표준에 부합하는 안전이 확보된 전자폐색장치 개발
- RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) 문서작성 및 RAMS 활동 점검
 - 개념설계, 목표설정, 단계별 요구사항 정립, RAMS 분석 및 입증방안에 대한 수명 주기별 요구사항과 입증계획 수립
 - 관련 표준에 따라 자체와 ISA 감사를 통해 정량 및 정성적 RAMS 목표 만족
- 철도응용 RAMS 국제표준(IEC62278) 적용
 - 철도안전에 대한 국제규격(IEC 62278)의 준수를 전제로 전자폐색장치의 위험요인 도출, 정량적 위험도평가 등의 안전관리체계 적용



[그림 1-15] IEC 62278의 수명 주기별 신뢰성/안전성 관리기준

- 전자폐색장치의 고장률을 정량적으로 평가하여 고장발생예측을 통한 시스템 서비스 제공능력 향상을 위해 기술개발 및 검증
- 확일적 신뢰성 및 안전성목표에서 발전하여, 경영목표(연간 최소 서비스중지시간 등) 및 관련 법령에서 제시하는 신뢰도, 안전성 목표 만족을 비용대비 효과가 최적인 상태로 설계하고 관리
- 따라서, 전자폐색장치 수요자를 대상으로 하는 서비스품질 및 안전의 확보를, 시스템 과잉설계 없이 최적화하기 위한 정량적 신뢰도, 안전성 관리체계를 수명주기전반에 적용
- ISA(독립안전성평가) 기관에 의한 안전성 평가보고서
 - 수명주기별 산출물을 다음과 같이 정의하여 IEC 62278 기준의 RAMS 활동을 수행하고, 부합성에 대한 ISA검사를 통해 인증서 취득 예정(2017년 5월)
 - RAMS계획서, 예비위험원분석보고서, RAM분석보고서, SSHA보고서, IHA보고서, O&SHA보고서, V&V보고서, Safety Case
 - 설계, 제작, 공장시험의 단계별 ISA평가를 수행

(아) 공인기관 현장성능 평가

- 전자폐색장치 현장시험은 한국철도시설공단의 시설물 성능 검증 제도를 활용하였으며 운영기관(한국철도공사)과 합동으로 검증하고 공인시험기관에 의해 시험
- 시설물 성능 검증 제도는 성능 검증 신청 → 기술적합성 심사 → 조립시험 → 현장시험 승인의 절차로 이루어지며 검증 신청 전 외부 공인기관 시험 및 성능 검증 절차 중 조립시험을 통해 현장시험전 유사 현장시험 진행
- 성능 검증 절차 승인 완료 후 현장시험시에는 운영기관(한국철도공사)과 합동으로 성능을 검증하여 실용화 가능성을 높였음
- 2016년 9월부터 기존 자동폐색장치와 병렬구성으로 현장설치를 시작하여 설치 완료 후 현장설치후 시험을 수행하였음
- 현장설치후 시험을 완료하고 한국철도공사와 한국철도시설공단에 시험열차 투입에 의한 전자폐색장치 현장시험을 요청하여 1월 16일부터 1월 25일까지 10일간 시험열차 투입 현장시험을 수행하였으며, 동 기간 동안 공인시험기관에 시험을 의뢰하여 시험성적서를 발급받았음
- 이후 시험열차 투입 현장시험 결과보고회를 개최한 후 한국철도공사에 전자폐색장치 단독으로 정규열차 제어시험을 수행하고자 하였으나, 2016년 개정된 철도안전법에 따른 철도안전관리체계 변경 승인 대상인 지 여부에 대해 검토하느라 정규열차 제어시험은 아직 미 진행된 상태임
- 연구종료 이후라도 한국철도공사와 협의를 거쳐 정규열차 제어시험을 수행하고 철도시설물 성능검증 절차를 완료하여 시설물 성능검증서를 발급받을 예정임
- 이후 한국철도공사와 협의를 거쳐 전자폐색장치의 철거 또는 지속유지에 대해 검토할 계획임

(2) 연구 추진 전략



[그림 1-16] 연구개발 추진전략 및 방법

- 본 연구에서는 선행 연구과제의 성과물을 활용하여 자동검측시스템이 탑재된 전자폐색장치를 개발하였으며, 기존 시제품 제작업체들이 공동연구기관으로 본 과제에 참여함
- 전자폐색장치를 개발함에 있어 운영기관의 기술적인 요구사항을 적극적으로 반영하였음
- 또한, 연구 종료 후 개발된 장치의 조속한 실용화를 위해 기술적, 제도적, 시장 요건을 검토하여 실용화 계획을 수립하였음
- 뿐만 아니라, 시장의 요구 사항을 분석하여 기술 및 가격 경쟁력이 확보되도록 실용화 계획을 수립하였음
- 개발된 장치의 객관적인 성능 검증을 위해 한국철도시설공단의 시설물 성능검증 제도를 활용하여 성능 평가를 수행하였음
- 안전성 평가를 위해 관련 국제표준에 따라 기능별 위험원 분석 후 SIL 배분 (Allocation)을 실시할 예정임. 예를 들어 전자폐색장치의 기능 중 신호기 표시 관련 기능은 높은 SIL등급이 예상되며, 감시기능은 낮은 SIL등급이 할당될 것임. 따라서, 연구개발의 과잉설계가 발생하지 않도록 관련 표준에 근거하여 수행하였음
- 또한, 본 연구를 통해 일반응용(GA)에 대한 안전평가를 수행하였으며, 실용화시 해당 설치노선에 부합하도록 하드웨어 및 소프트웨어가 GA 평가결과를 바탕으로 상세응용(SA) 안전평가가 수행되도록 SIL을 관리하였음
- 운영기관의 요구사항을 반영하여 현장에서 활용 가능하도록 운영기관(코레일)에

서 참여하여 운영매뉴얼을 작성하였음

- 현장시험이 완료된 후 시제품을 철거할 경우에는 무상으로 철거할 계획이며, 시제품을 지속적으로 현장에서 활용하고자 할 경우에는 시제품에 대한 소유권(기부채납, 위탁보수 등) 문제를 해결할 수 있도록 본 과제의 공동연구기관 및 위탁연구기관과 함께 국토부, 한국철도시설공단 등과 협의하여 추진하겠음

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 연구 성과별 세부추진내용

가. 연구개발 단계에 따른 세부연구내용

(1) 전자폐색장치 표준규격서 (한국철도기술연구원)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 전자폐색장치 제작사양	- 전자폐색장치의 기능 사양 정의 - 전자폐색장치의 성능 사양 정의 - 전자폐색장치의 인터페이스 사양 정의
		■ 전자폐색장치 시험 항목 및 기준 도출	- 전자폐색장치의 시험 항목 도출 - 전자폐색장치의 시험 기준 도출
		■ 전자폐색장치 표준규격서	- 표준규격서 작성 - 철도운영기관 표준규격서 검증

(2) 안전성 평가 보고서 (한국철도기술연구원)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 전자폐색 RAMS Plan	- RAMS 분석범위 및 정량적 목표 설정 - 사고 및 고장 정의
		■ 예비위험원 및 RAM 분석	- 전자폐색 위험원(Hazard) 및 안전요구사항 도출 - 모듈단위 고장률 평가 - RAM평가 및 입증방안 수립
		■ 위험원 분석	- 하부시스템위험원분석(SSHA) - 인터페이스위험원분석(IHA) - 운영 및 유지보수위험원분석(O&SHA)
		■ 확인 및 검증(V&V)	- 설계 단계 안전요구사항 확인 및 입증 - 고장정보 분석을 통한 신뢰도 입증 - 종합안전보고서(Safety Case)

(3) 공인기관 현장 시험 인증서 및 성능평가 보고서 (한국철도기술연구원)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 현장 시험 계획	- 현장 설치 노선 선정 - 현장 성능 평가 계획 수립
		■ 현장 성능 평가	- 설치 및 기능 시험 - 시험열차 운행 시험 - 정규열차 제어 시험(미시행) - 결과분석 및 보완
		■ 공인기관 현장 시험 인증서 및 성능평가 보고서	- 공인기관 시험 성적서 획득 - 성능평가 보고서 작성

(4) 실용화 계획서 (한국철도기술연구원)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 연구결과 적용 가능성 조사	- 정부부처, 철도운영기관 등 의견수렴을 통한 실용화 방안 분석 - 전자폐색장치 적용 가능 노선 조사
		■ 실용화를 위한 시범 사업	- 시범노선 선정 - 시범노선 구축 계획 수립
		■ 경제성 분석	- 구축비용, 운영유지보수 편익 등 경제성 분석

(5) 역제어장치 및 현장장치 (유경제어(주),(주)혁신전공사)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 전자폐색장치 제작사양정의	- 전자폐색장치의 기능 및 성능 사양정의 - 전자폐색장치의 인터페이스 사양정의
		■ 전자폐색장치 제작	- H/W 및 S/W설계 - 시작품 제작
		■ 전자폐색장치 시험	- S/W 시험 및 보완 - H/W 시험 및 보완 - 통합 성능 시험 및 보완

(6) LEU 인터페이스 사양서 (유경제어(주))

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ LEU인터페이스 정의	- LEU 인터페이스 사양정의 - 전자폐색장치 시험 기준 도출
		■ Log수집 및 분석	- LEU 상태정보 Log분석 - 시험결과 분석 및 보완
		■ LEU 인터페이스 사양서	- LEU 인터페이스 사양서 작성

(7) AF 궤도회로 인터페이스 사양서 (유경제어(주))

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ AF궤도회로 인터페이스 정의	- AF궤도회로 인터페이스 사양정의 - 전자폐색장치 시험 기준 도출
		■ Log수집 및 분석	- AF궤도회로 실측 값 및 Log비교 - 시험결과 분석 및 보완
		■ AF궤도회로 인터페이스 사양서	- AF궤도회로 인터페이스 사양서 작성

(8) 전기기술지원시스템(데이터 수집장치) 인터페이스 사양서 (주세화)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양정의	- 인터페이스 사양 정의 - 전기설비기술지원시스템 통합 화면 정의
		■ 시험항목 및 시험기준 도출	- 시험항목 및 시험기준 도출
		■ 전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양서	- 인터페이스 및 통합화면 제작 - 설치 및 기능 시험 - 인터페이스 사양서 및 운용 매뉴얼 작성

(9) 공인기관 성적서 (유경제어(주),(주)혁신전공사)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 전자폐색장치 동작환경 분석	- 기존 설비의 실외환경 대응 시스템 성능 분석 - 역제어장치 및 현장장치 동작환경 분석
		■ 공인기관시험	- 공인기관시험 - 시험 결과 분석 및 보완
		■ 공인기관시험 인증서 획득	- 공인기관 시험 성적서 획득 - 성능평가 보고서 작성

(10) 유지보수 및 운영매뉴얼 (유경제어(주),(주)혁신전공사, (주)세화)

단계(연차)		주요 연구활동	세부 연구내용
1단계	1차년도 (’14.12 ~’17.04)	■ 전자폐색장치 기능	- 전자폐색장치의 기능 및 사양 설명
		■ 장애별 조치사항	- 장애 상황 항목 도출 - 장애 상황 별 유지보수 방법 작성
		■ 유지보수 및 운영매뉴얼	- 유지보수 및 운영매뉴얼 작성 - 내용 검토 및 평가 - 유지보수 및 운영매뉴얼 수정 및 보완

2. 국내외기술 및 산업동향

가. 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

(1) 국가 연구개발사업 유사연구 실적

(가) 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비고
국토교통부	미래철도기술 개발사업	틸팅열차시스템의 효율적 관리를 위한 유지보수체계 구축 연구	2.68	정부출연금 (완료)

- 상기과제는 본 연구의 선행과제로 수행됨
- 상기과제를 통해 개발된 역제어장치와 현장출력장치를 활용하여 본 연구를 수행할 계획임

(나) 연구개발과제의 차별화 방안

- 상기과제의 성과물을 활용하여 본 연구를 수행하지만, 다음과 같은 사항을 보완하여 자동검측기능이 추가된 전자폐색장치를 개발하고, 실용화를 위한 현장 성능 평가 및 안전성 평가를 수행할 예정
 - ATP LEU 감시 기능 추가
 - 외부 독립기관에 의한 검증
 - ▷ 선행과제에서는 현장 시범설치 후 단순 기능시험만을 시행하였기 때문에 현장 제어시험 및 안전성 평가 등 외부 독립기관에 의한 검증
 - AF 궤도회로장치 등의 설비별 자가진단 기능을 인터페이스하여 정보 전송할 수 있도록 시스템 개량
 - 전자폐색장치의 각종 정보를 기존 전기기술지원시스템에서 활용할 수 있도록 전기기술지원시스템 인터페이스 개량

[표 2-1] 선행연구와의 차별성 및 연계성

구분	선행연구(통합형 전자폐색)	본연구(검측기능 추가)	비고
차별성	■ 기존 검측기능 - 시스템 동작상태(1계/2계) - 신호기 전류검지에 의한 점등여부 - AC600V 공급전압감시 - 외함내 온도/습도 감시 ■ 검측기능 추가 요구 - LEU 고장감시 없음 - LEU 공급전압 감시 없음 - AF케도회로 공급전압 감시 없음 - 신호기 점등여부만 감지 ■ 역제어장치 서버 2중계 구현 ■ 기술지원시스템 상태 표시 ■ 시스템에 의한 실차 제어 시험 미시행 (자체 신호기 제어) ■ 자체적인 안전성 시험	■ 기존 검측기능 - 시스템 동작상태(1계/2계) - 신호기 전류검지에 의한 점등여부 - AC600V 공급전압감시 - 외함내 온도/습도 감시 ■ 검측기능 추가 - LEU 고장감시 - LEU 공급전압 감시 - AF케도회로 공급전압 감시 - 신호기 전류값 수치화 및 데이터 로깅에 의한 감시 ■ 역제어장치 임베디드 2중계 구현 - 시스템 안전성을 위해 기존 서버 윈도우즈 배제 ■ 기술지원시스템 추가 검측기능 표시 ■ 시스템에 대한 실차 제어 시험 ■ 독립기관 안전성 검증	기존 검측기능에 추가적으로 검측기능 구현 기존 시스템 보완
연계성	■ 시스템 구조 / 제어방법 - 역제어장치, 현장장치 구조 - 역제어장치에 의한 통합 제어 - 단선 양방향 제어 - 폐색 전체 구간에 대한 표시 - 시스템 2중계	■ 시스템 구조 / 제어방법 - 역제어장치, 현장장치 구조 - 역제어장치에 의한 통합 제어 - 단선 양방향 제어 - 폐색 전체 구간에 대한 표시 - 시스템 2중계	선행 연구 결과 기반으로 추가 및 보완

(2) 관련분야의 국내외 연구동향 및 학술적 흐름 분석

(가) 연도별 논문 발표 추이

○ 전자 폐색장치 기술분야 논문 추이를 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 9건의 관련 논문이 발표되고 있어 매우 작은 수준을 보이고 있음. 다만, 2012년 3건, 2013년 2건, 2014년 2건 등 최근 집중적으로 발표되는 것을 볼 때, 국제적으로 최근 관심이 고조되고 있음을 확인할 수 있음

○ 9건의 관련논문 중 6건이 북경교통대 등 중국 기관에서 발표한 것을 볼 때, 중국에서 최근 이 분야 기술에 관심을 갖고, 선도적인 연구를 수행하고 있음을 확인할 수 있음

(나) 논문 세부현황

- Moving-block 열차제어시스템 모델링에 대해, 중국 Jiao Tong Univ의 Tang, T 교수가 발표한 논문의 피인용이 7건으로 가장 많이 인용되었으며, 기타 Block system에 대한 논문들이 발표되고 있음
- 자동폐색과 관련된 주요 SCI논문에 한국기관이 발표한 실적이 나타나지 않고 있으며, 향후 기술개발을 통한 기술선점 노력이 요구됨

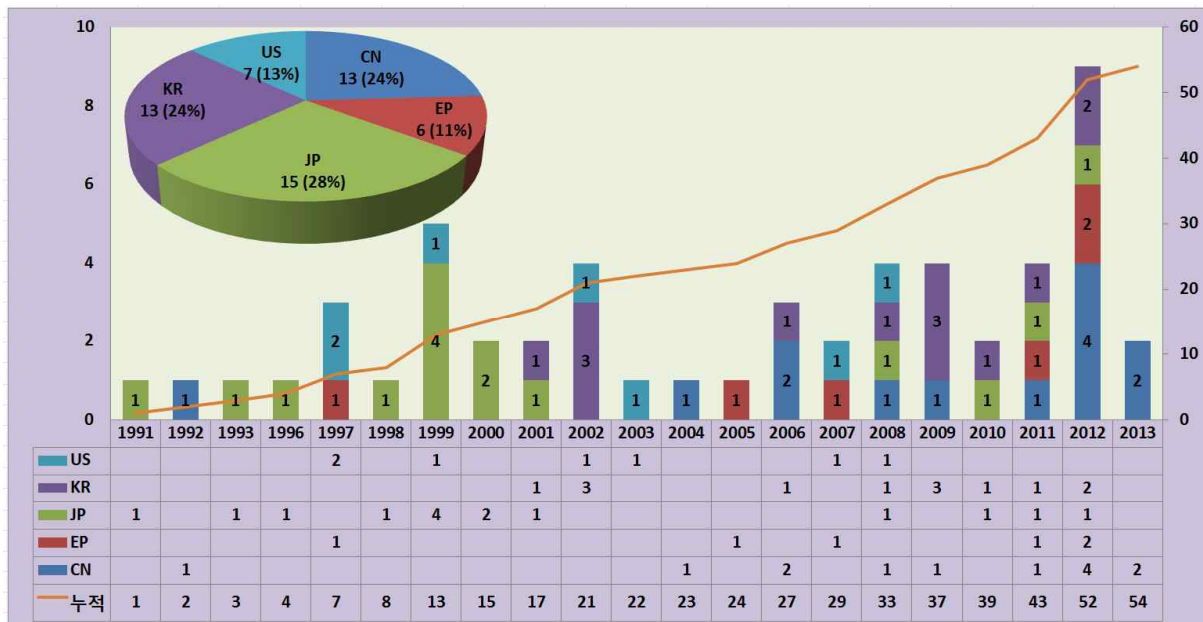
[표 2-2] 주요 논문 현황 (피인용 順)

연번	논문제목	저널명	발표연도	피인용도	발표기관
1	Traffic modelling for moving-block train control system	INTERNATIONAL ACADEMIC PUBLISHERS LIMITED	2007	7	중국 Jiao Tong Univ
2	Modeling Train Movement for Moving-Block Railway Network Using Cellular Automata	TECH SCIENCE PRESS	2012	6	중국 Beijing Jiaotong Univ
3	Properties of train traffic flow in a moving block system	IOP PUBLISHING LTD	2012	6	중국 Lanzhou Jiaotong Univ
4	TOWARDS THE SAFETY PROPERTIES OF MOVING BLOCK RAILWAY INTERLOCKING SYSTEM	ICIC INTERNATIONAL	2012	3	사우디아라비아 King Faisal Univ
5	Priority-based classification for improving connection reliability in railroad yards part II of II: Dynamic block to track assignment	ENO FOUNDATION TRANSPORT INC	2002	3	Kraft, ER
6	Modeling and simulation of train movements under scheduling and control for a fixed-block railway network using cellular automata	SAGE PUBLICATIONS LTD	2013	2	중국 Beijing Jiaotong Univ
7	Analysis of train movement dynamics under various temporal-spatial constraints in fixed-block railway network using extended cellular automaton model	WORLD SCIENTIFIC PUBL CO PTE LTD	2014	-	중국 Beijing Jiaotong Univ
8	Fault Diagnosis in Fixed-Block Railway Signaling Systems: A Discrete Event Systems Approach	WILEY-BLACKWELL	2014	-	터키 Istanbul Tech Univ
9	Peak Power Demand and Energy Consumption Reduction Strategies for Trains under Moving Block Signalling System	HINDAWI PUBLISHING CORPORATION	2013	-	중국 Beijing Jiaotong Univ

나. 국내외 관련 기술 특허 동향

(1) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

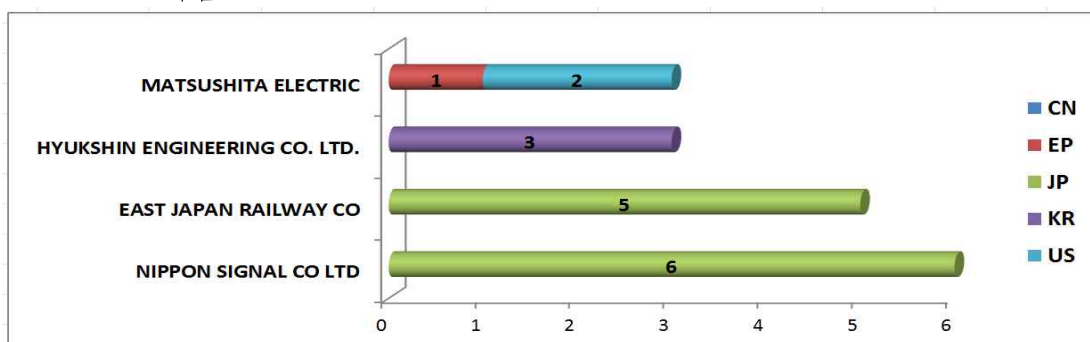
- 전자 폐색장치 기술분야에 대한 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 54건의 관련 유효특허가 출원되고 있음
- 국가별로는 일본이 28%(15건)로 최다이며, 한국과 중국이 각각 24%(13건), 미국 7건, 유럽 6건의 특허가 출원되고 있음
- 우리나라는 2008년부터 지속적으로 매년 특허가 출원되고 있으며, 세계적으로도 전반적으로 특허출원이 증가추세에 있는 것을 볼 때, 이 분야에 대한 관심이 증가하고 있다고 보여짐
- 중국이 2012년 4건의 특허를 출원하는 등 이 분야에 대한 관심을 크게 갖고 있는 것으로 보여짐



[그림 2-1] 출원년도 및 국가별 출원추이

(2) 주요 출원인 분석

- 특허를 많이 출원한 상위 출원인(Top Assignee)을 살펴보면, 일본 NIPPON SIGNAL이 6건으로 가장 많이 출원하였으며, EAST JAPAN RAILWAY, MATSUSHITA 등의 일본기관과 한국 (주)혁신전공사가 다출원인임을 확인할 수 있음
- MATSUSHITA를 제외한 다출원인 대부분이 자국 특허를 중심으로 출원하고 있는 것을 볼 때, 아직 이 분야 글로벌 기술경쟁이 가속화하지는 않은 것으로 보여짐



[그림 2-2] 주요 출원인 동향

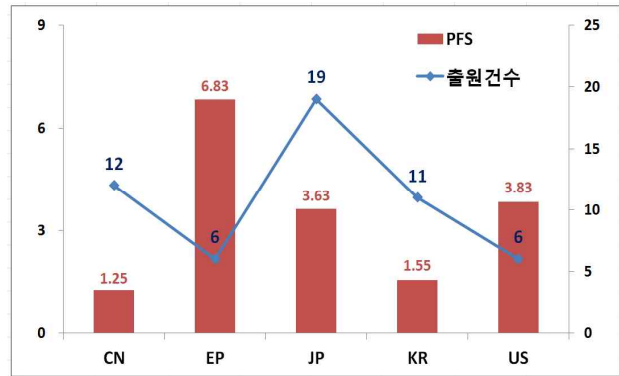
(3) 우선권 국가 (Priority Country)별 특허분포 지수분석

(가) 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

- (지표 설명) 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 數가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함
- (계산식) 국가별 시장확보지수(PFS) = ($\sum$ 해당국가 특허別 패밀리) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 6.83으로 가장 높고, 다음으로는 미국이 높게 나타남
- 이는 유럽, 미국 지역 기관들이 해외시장 선점을 위해 다른 국가에 패밀리 특허를 많이 출원하였기 때문으로 판단됨
- 일본의 경우 특허 건수에 비해 시장 확보력이 상대적으로 낮게 나타나고 있음



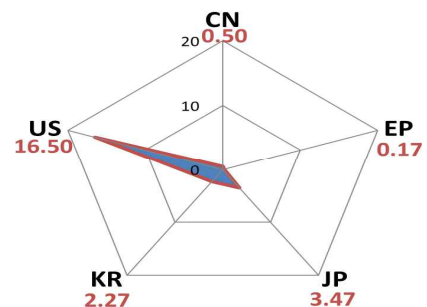
[그림 2-3] 국가별 출원건수 및 시장확보지수

(나) 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

- (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 횟수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함
- (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = ($\sum$ 해당국가 특허別 피인용수) / 해당국가 특허건수

○ (분석결과)

- 미국의 인용도지수(CPP)가 16.50으로 가장 높게 나타나 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있음
- 한국, 일본, 중국은 특허건수에 비해, 인용도지수(CPP)는 낮은 수준으로 나타남



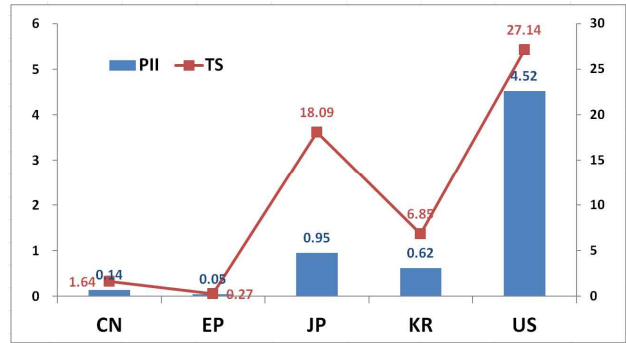
[그림 2-4] 국가별 인용도지수

(다) 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

- (지표 설명) 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적 수준)을 함께 나타냄
- (계산식)
 - 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도 지수 / 전체(모든 국가) 특허 인용도지수
 - 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ (분석결과)

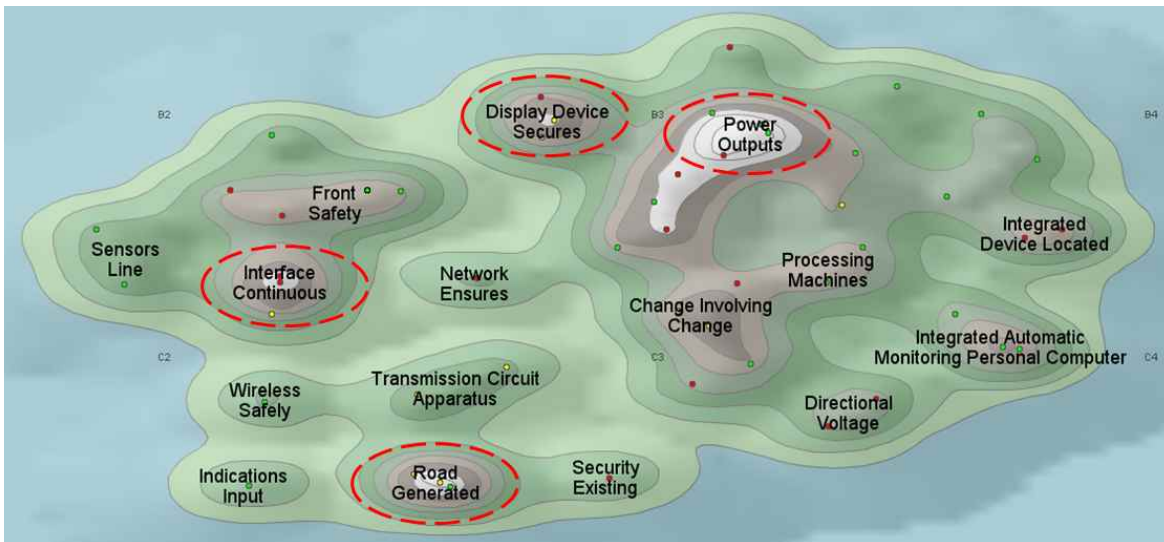
- 미국의 영향력지수(PII)가 4.52로 가장 높게 나타나 질적 수준에서 우수하며, 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 27.14로 가장 우수함
- 한국은 낮은 피인용도로 인하여 영향력지수와 기술력지수 전반에서 경쟁력이 낮게 나타남



[그림 2-5] 국가별 영향력지수 및 기술력지수

(4) Text mining을 통한 기술분야 특허 분포도

- 전자 폐색장치 기술분야 특허 검색결과, 262건의 검색 특허 중 최종 54건의 유효 특허기술이 분포함
- 등고선 꼭짓점이 높은 Interface/Continuous, Display Devices/Securies, Power/Outputs 등 4개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어, 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술로 볼 수 있음
- 2013년 이후 최근 출원 특허기술을 보면 Monitoring method for railway automatic block equipment, Semi-automatic electronic block instrument 등과 관련된 중국 특허기술이 나타나고 있어, 관련 기술이 최근 주목받고 있는 기술로 판단할 수 있음



● 2010년 이후 ● 2000-2009 ● 1990-1999

[그림 2-6] 특허 등고선 맵

(5) 주요 특허 현황

- 전체 관련 특허 중 피인용수가 가장 높은 10건의 특허는 아래와 같으며, 이 중에서 특허 National Instruments社의 미국특허 US6505247B1건의 피인용 건수가 96건으로 가장 높음

[표 2-3] 주요 특허 현황 (피인용 順)

공개번호	발명의 명칭	출원인	피인용도
US6505247B1	Industrial automation system and method for efficiently transferring time-sensitive and quality-sensitive data	National Instruments Corporation,Austin	96
US6714664B2	ROAD AREA EXTRACTING APPARATUS FOR EXTRACTING A ROAD AREA FROM A BLOCK MAP, DEFORMED MAP AUTOMATIC GENERATION SYSTEM FOR GENERATING A DEFORMED MAP FROM ROAD AREA DATA OBTAINED BY THE ROAD AREA EXTRACTING APPARATUS	MATSUSHITA	16
US5846162A	Control system for inhibiting an aimultareon engaging/applying of two frictional elements in a tandem transmission	TOYOTA	12
JP2002362368A	CONTROL CONDITION CREATION PROGRAM FOR BLOCK SIGNAL AND AUTOMATIC TRAIN STOP DEVICE	EAST JAPAN RAILWAY CO	9
KR2004006079A	AUTOMATIC BLOCKING CONTROL SYSTEM FOR TRAIN	DAEDUCK ELECTRONICS	7
JP2000095109A	ELECTRONIC BLOCKING SYSTEM	NIPPON SIGNAL CO	6
KR2002088090A	ELECTRONICALLY CONTROLLED AUTOMATIC BLOCK SYSTEM	SHINWOO ENG. CO	6
JP2002178922A	SINGLE TRACK AUTOMATIC BLOCK SYSTEM	EAST JAPAN RAILWAY CO	5
KR2004009628A	AUTOMATIC BLOCK CONTROL METHOD FOR TRAIN	DAEDUCK ELECTRONICS	4
KR1070184B1	SYSTEM AND METHOD FOR BLOCKING EXECUTION OF MALICIOUS CODE BY AUTOMATICALLY CRAWLING AND ANALYZING MALICIOUS CODE THROUGH MULTI-THREAD SITE-CRAWLER, AND BY INTERWORKING WITH NETWORK SECURITY DEVICE	WINS TECHNET	4

다. 국내외 시장분석 및 산업동향

(1) 세계 철도시장 현황

- '09~'11년 기준 철도 제조업 관련 세계시장 규모는 연평균 1,460억 유로(약 210조 원) 수준이며, '16년경에는 1,699억 유로(약 250조 원)로 추정되고, 신호 및 경전철, 메트로 부문의 현저한 성장 예상

[표 2-4] 철도 세계시장 현황

(단위 : 억유로)

구 분	계	철도차량	서비스	인프라	신호제어	시스템
'09~'11	1,458	477	551	302	120	6
'15~'17	1,699	547	657	343	143	8

* 자료출처 : UNIFE(Union des Industries Ferroviaires Européennes, 유럽철도차량연맹)

* 국토교통부(2013). 새로운 철도연구개발 비전과 강소기업 육성전략(2013.6.12.)에서 재인용

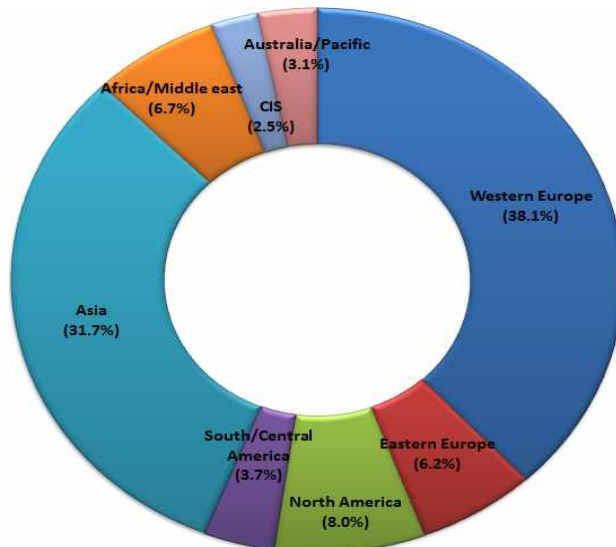
(2) Railway control command & signalling (신규/개량 시장)

- 철도 신호통신(Control command and signalling) 분야 전세계 신규/개량시장(New development and upgrade market)은 2011년 약 64.1억 유로(약 9.2조원)이며, 2016년까지 年 평균 3.5% 증가할 것으로 예측됨 (※ 출처 : Worldwide Market for railway technology, 2012, 독일 SCI)

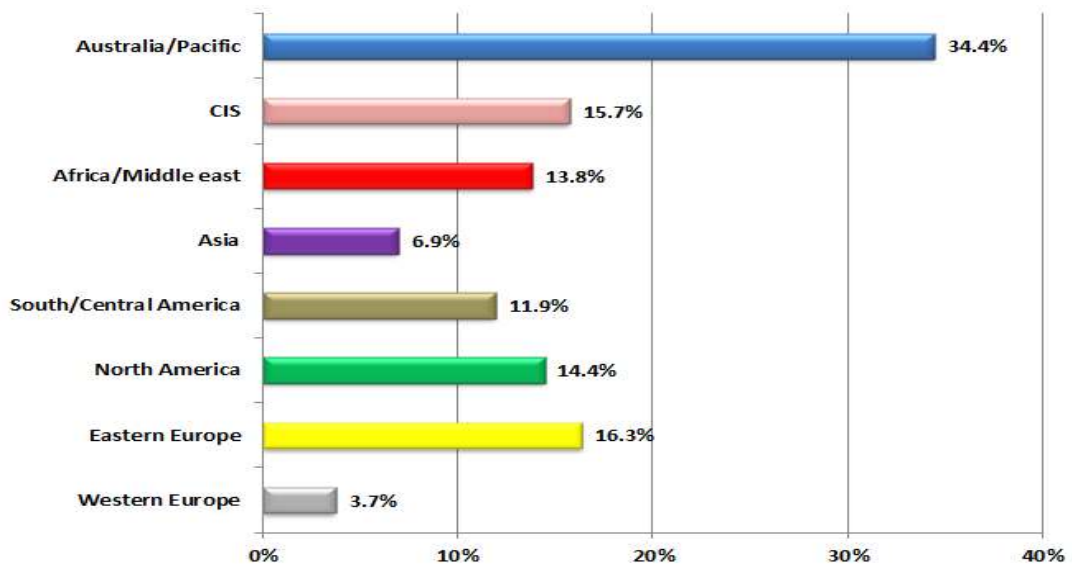
[표 2-5] Control command and signalling (New development and upgrade Market)

Region	Market Volume (EUR million/십억원)	시장점유율(%)	연평균성장률 (2011~2016)
Western Europe	2,440 (3,520)	38.1%	3.7%
Eastern Europe	400 (577)	6.2%	16.3%
North America	510 (736)	8.0%	14.4%
South/Central America	240 (346)	3.7%	11.9%
Asia	2,030 (2,928)	31.7%	6.9%
Africa/Middle east	430 (620)	6.7%	13.8%
CIS	160 (231)	2.5%	15.7%
Australia/Pacific	200 (289)	3.1%	34.4%
Total	6,410 (9,246)	100%	3.5%

- 세부적으로 보면, 점유율은 서유럽과 아시아를 합할 경우 69.8%로 월등하게 높게 나타나고 있음. 성장률은 호주/태평양(34.4%), 동유럽(16.3%), CIS(15.7%), 북미(14.4%) 등 시장이 성숙되지 않은 지역에서 크게 나타나고 있으며, 서유럽(3.7%)과 아시아(6.9%) 등 시장이 성숙된 지역에서는 낮게 나타나고 있음



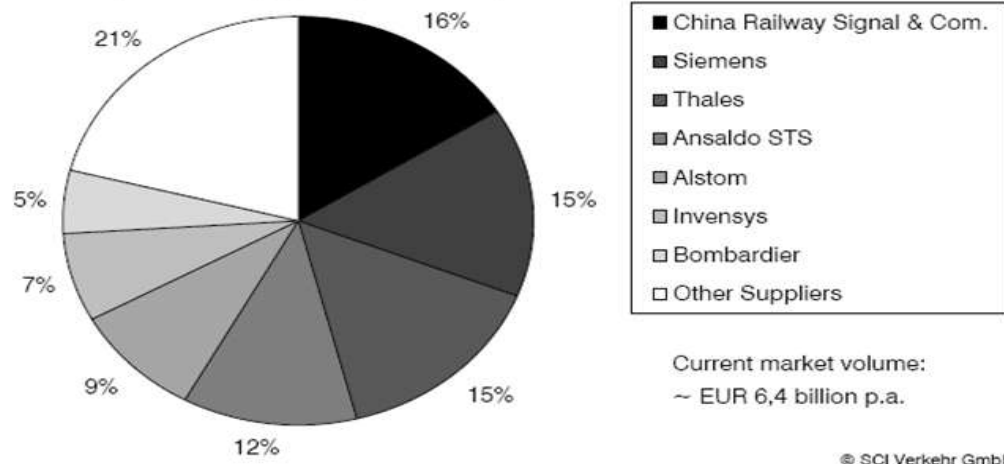
[그림 2-7] 철도 신호통신 분야 전세계 시장 점유율(지역별), 신규/개량 시장 (2011)



[그림 2-8] 철도 신호통신 분야 전세계 시장 성장율(지역별), 신규/개량 시장 (2011)

- 또한, 업체별 점유율을 보면 China Railway Signal & Com, Siemens, Thales, Ansaldo STS, Alstom, Invensys, Bombardier 등 철도 신호통신 업체 및 철도 완성차 업체 등의 점유율이 높게 나타나고 있음

**Worldwide Market Shares by Supplier Control Command and Signaling
2007-2011
New Development and Upgrade [EUR million]**



[그림 2-9] 철도 신호통신 분야 전세계 시장 점유율(업체별), 신규/개량 시장 (2011)

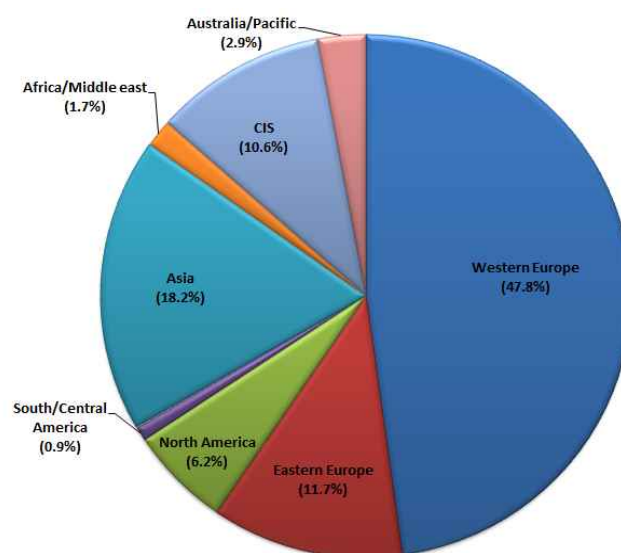
(3) Railway control command & signalling (유지보수/교체 시장)

- 철도 신호통신(Control command and signalling) 분야 전세계 유지보수 및 교체(Renewal and Maintenance) 시장의 경우 2011년 약 68.2억 유로(약 9.8조원)이며, 2016년까지 年 평균 3.1% 증가할 것으로 예측됨 (※ 출처 : Worldwide Market for railway technology, 2012, 독일 SCI)

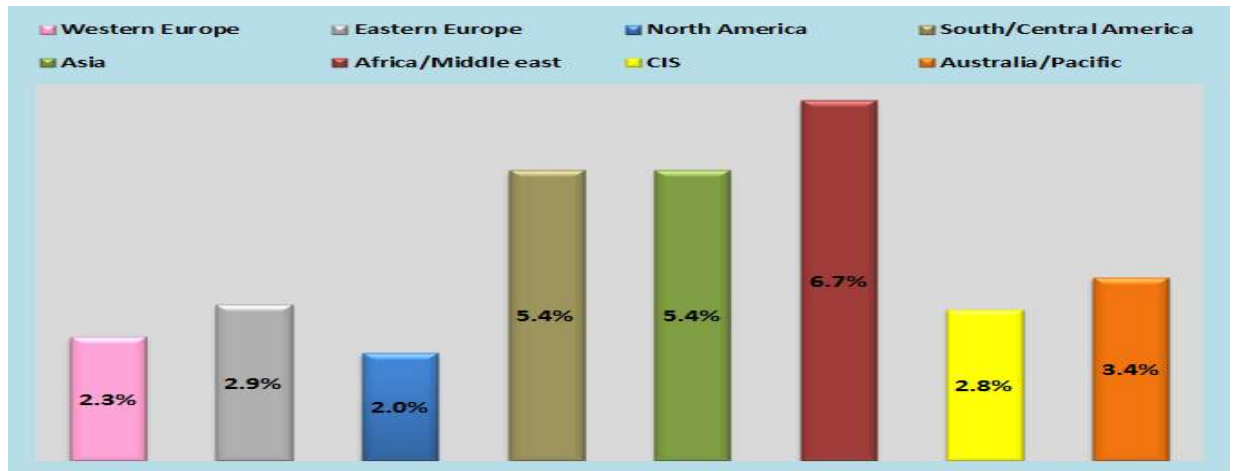
[표 2-6] Control command and signalling (Renewal and Maintenance Market)

Region	Market Volume (EUR million/십억원)	시장점유율 (%)	연평균성장률 (2011~2016)
Western Europe	3,260 (4,703)	47.8%	2.3%
Eastern Europe	800 (1,154)	11.7%	2.9%
North America	425 (613)	6.2%	2.0%
South/Central America	60 (87)	0.9%	5.4%
Asia	1,240 (1,789)	18.2%	5.4%
Africa/Middle east	115 (166)	1.7%	6.7%
CIS	720 (1,039)	10.6%	2.8%
Australia/Pacific	200 (289)	2.9%	3.4%
Total	6,820 (9,838)	100%	3.1%

- 세부적으로 보면, 점유율은 서유럽과 아시아를 합할 경우 66%로 월등하게 높게 나타나고 있음. 성장률은 아프리카/중동이 6.7%로 가장 높지만, 아시아도 5.4%로 높게 나타나는 것으로 보아 향후 아시아가 관련 분야 시장에서 크게 확대될 것으로 전망됨



[그림 2-10] 철도 신호통신 분야 전세계 시장 점유율(지역별), 유지보수/교체 시장 (2011)



[그림 2-11] 철도 신호통신 분야 전세계 시장 성장율(지역별), 유지보수/교체 시장 (2011)

- 전자폐색장치 분야로 국한하여 보면, 일본의 경우 일본신호 회사에서 일본의 기존선 일부구간 및 대만 등의 기존선에 제품을 공급하고 있으며, 중국의 경우도 일부 기존선 구간에서 사용되는 것으로 조사는 되었으나 구체적인 노선 및 제품에 대해서는 문헌이나 인터넷 검색 등으로 알 수 없었음.

라. 종합결론

- 다음은 국내외 시장동향 및 국내 인프라수준, 기술개발수준 등을 종합한 SWOT 분석 결과이며, 이를 통해 전자폐색장치 개발 및 신뢰성 검증 과정은 철도운영기관의 신호 시설물 유지보수 효율성 향상이라는 니즈를 만족시키고, 국내 중소 신호업체와의 공동연구를 통해 기술 확산 및 실용화를 추진할 수 있을 것으로 기대됨.

[표 2-7] SWOT 분석

외부요인 내부요인	O (기회)	T (위협)
	· ABS 장애로 기존 시스템 개선 필요성 증가 · 철도의 유지보수 및 운영 효율화 요구 증대 · 친환경 교통수단으로 철도 위상 증대	· 철도산업의 메이저업체들이 철도시장 과점 · 국내 철도신호시장의 규모가 협소하여 철도신호업체의 R&D 투자가 활발하지 않음
S (강점)	SO 전략 추진방향	ST 전략 추진방향
· 철도신호, 열차제어, 안전성 평가 분야의 전문 인력 보유 · 철도분야 R&D 투자 증대 · ICT기술과 융합된 철도 기술 개발 확대	· 철도운영기관 등의 수요처의 needs에 부합하는 연구 및 기술 개발 · ICT기술을 철도신호시스템에 접목하여 융합기술로 발전	· ICT기술의 적극 도입 · 국내 철도신호업체와의 협력 체계를 구축하여 R&D 참여 유도 · 현장 적용성 및 실용화를 위한 연구 체계 구축
W (약점)	WO 전략 추진방향	WT 전략 추진방향
· 국내 철도신호업체는 대부분 중소기업으로 제한적인 수익 구조를 가짐 · 일반철도 수송경쟁력 약화	· 기존에 수행된 선행과제와 연계하여 성과물을 적극적으로 활용 · 실용화를 위한 신뢰성 검증을 중점적으로 추진	· 철도운영기관과의 지속적인 기술 협의 · 철도신호, 안전성 평가 등의 전문가 pool 구축 및 적극적인 활용

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구개발결과 요약

연차	연구 내용	연구 결과
1차 년도	1) 역제어장치 및 현장장치 - 전자폐색장치 제작 사양 정의 - 역제어장치 제작 - 현장장치 제작 - 전자폐색장치 시험	- 역제어장치 기능요구사항 정의 - 역제어장치 성능요구사항 정의 - 역제어장치 인터페이스 요구사항 정의 - 역제어장치 제작(2set) - 조립시험 수행 및 역제어장치 보완 - 현장출력장치 기능요구사항 정의 - 현장출력장치 성능요구사항 정의 - 현장출력장치 인터페이스 요구사항 정의 - 현장출력장치 제작(12set) - 조립시험 수행 및 현장출력장치 보완
	2) LEU 인터페이스 사양서 - LEU 인터페이스 정의 - Log 수집 및 분석 - LEU 인터페이스 사양서	- 인터페이스 항목 정의(신호기 인터페이스, LDB 보드 고장검지) - 신호기 전류검측 및 LDB 보드 고장정보 수집 및 분석 - LEU와 현장출력장치간 인터페이스 사양서 작성
	3) AF 궤도회로 인터페이스 사양서 - AF 궤도회로 인터페이스 정의 - Log 수집 및 분석 - AF 궤도회로 인터페이스 사양서	- 인터페이스 항목 정의(궤도회로 점유정보, 궤도회로 상태정보) - AF 궤도회로 점유정보, 상태정보 수집 및 분석 - AF 궤도회로장치와 현장출력장치간 인터페이스 사양서 작성
	4) 전기기술 지원시스템 인터페이스 사양서 - 전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양 정의 - 시험항목 및 시험기준 도출 - 전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양서	- 인터페이스 항목 정의(현장출력장치 상태정보, AF궤도회로정보, 역제어장치 상태정보) - 정보수집 및 실시간 표출, 데이터 조회 - 역제어장치와 전기설비기술지원시스템간 인터페이스 사양서 작성
	5) 공인기관 성적서 - 공인기관 시험 - 공인기관 시험인증서 획득	- 역제어장치 공인기관 시험 수행 - 역제어장치 공인기관 시험인증서 획득 완료 - 현장출력장치 공인기관 시험 수행 - 현장출력장치 공인기관 시험인증서 획득 완료
	6) 유지보수 및 운영매뉴얼 - 유지보수매뉴얼 - 운영매뉴얼	- 역제어장치 유지보수매뉴얼 작성 - 역제어장치 운영매뉴얼 작성 - 현장출력장치 유지보수매뉴얼 작성 - 현장출력장치 운영매뉴얼 작성
	7) 공인기관 현장시험 성적서 및 성능 평가 보고서 - 현장 시험 계획 - 현장 성능 평가 - 공인기관 현장시험 성적서 및 성능 평가 보고서	- 현장설치시험계획서 작성 - 현장설치 및 현장설치후 시험보고서 작성 - 병렬운전 시험계획서 작성 - 병렬운전 시험보고서 작성 - 공인기관 병렬운전 시험성적서 획득

8) 실용화 계획서 - 연구결과 적용 가능성 조사 - 실용화를 위한 시범 사업 - 경제성 분석	- 실용화 방안 분석 - 전자폐색장치 적용 가능 노선 조사 - 시범노선 선정 - 시범노선 구축 계획 수립 - 경제성 분석(구축비용, 운영유지보수 편익 등)
9) 안전성 평가 보고서 - 전자폐색 RAMS Plan - 예비위험원 및 RAM 분석 - 위험원 분석 - 확인 및 검증(V&V)	- RAMS 분석범위 및 정량적 목표 설정 - 사고 및 고장 정의 - 전자폐색 위험원(Hazard) 및 안전요구사항 도출 - 모듈단위 고장률 평가 - RAM평가 및 입증방안 수립 - 하부시스템위험원분석(SSHA) - 인터페이스위험원분석(IHA) - 운영 및 유지보수위험원분석(O&SHA) - 설계 단계 안전요구사항 확인 및 입증 - 고장정보 분석을 통한 신뢰도 입증 - 종합안전보고서(Safety Case)
10) 전자폐색장치 표준규격서 - 전자폐색장치 제작사양 정의 - 시험항목 및 시험기준 도출 - 전자폐색장치 규격서	- 전자폐색장치 기능 및 성능 사양 정의 - 전자폐색장치 인터페이스 사양 정의 - 전자폐색장치 시험 항목 및 기준 도출 - 표준규격서 초안 작성

2. 연구개발 주요내용

가. 역제어장치 및 현장출력장치

(1) 개요

(가) 전자폐색장치 제작 사양 정의

① 현장출력장치

- 전자폐색 현장출력장치의 기능 요구사항, 성능 요구사항, 인터페이스 요구사항에 대하여 사양을 정의.
- 역제어장치와의 통신 인터페이스 및 AF 궤도회로, 신호기, ATS, LEU 등의 현장장치와의 인터페이스, 그리고 대기 2중계/자동 절체, 각종 상태감시와 검측 등에 관한 인터페이스 사양을 정의.
- 또한 현장출력장치의 환경특성에 관한 사양과 현장에 설치되는 기구함 등에 관한 사양을 정의.

② 역제어장치

- 전자폐색 역제어장치의 기능 요구사항, 성능 요구사항, 인터페이스 요구사항에 대하여 사양을 정의.
- 현장출력장치 및 전기설비기술지원시스템과의 통신 인터페이스 사양을 정의

(나) 현장출력장치 제작

- 현장출력장치는 제작 사양을 만족시킬 수 있도록 제작.
- 현장출력장치 하드웨어는 기구함, 정류기, 서브랙(CPU 모듈, IN/OUT 모듈, SIGNAL 모듈, 상태표시모듈, 전원 모듈, 마더보드), 네트워크 스위치, 광분배함, 전원부(보안기, 전원 절체기, 다운트랜스, 낙뢰방지 트랜스)로 구성.
- 현장출력장치 소프트웨어는 역제어장치와의 통신, 내부 통신(상태표시모듈과 통신, 계간 통신), 각종 제어동작(부정입력 처리, 부정출력 처리, 2중계 자동절체, 역제어장치 제어 전문에 의한 기능)으로 구성.

(다) 역제어장치 제작

- 역제어장치는 제작 사양을 만족시킬 수 있도록 제작.
- 역제어장치 하드웨어는 19인치랙, 정류기, 서브랙(전원모듈,CPU 모듈, COM모듈,I/F모듈, IN/OUT 모듈, 마더보드), 네트워크 스위치, 광분배함, 으로 구성.
- 역제어장치 소프트웨어는 내부 통신(역간통신, 계간 통신), 각종 제어동작(부정입력 처리, 부정출력 처리, 2중계 자동절체),현장출력장치와의 통신,전기설비기술지원시스템과의 통신으로 구성.

(라) 전자폐색장치 시험

① 현장출력장치 시험 및 보완

- 제작된 현장출력장치에 대해 3차(2016년 6월 23일, 7월 7일, 7월 14일)에 걸쳐 조립시험을 실시하고 그에 대한 성적서를 획득.
- 자동 검측포인트 확대(10개) 및 계 절체시간(200ms 이하)에 대해 현장출력장치 보완 수행.

② 역제어장치 시험 및 보완

- 제작된 역제어장치에 대해 3차(2016년 6월 23일, 7월 7일, 7월 14일)에 걸쳐 조립시험을 실시하고 그에 대한 성적서를 획득.

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
전자폐색장치 제작 사양 정의	- 현장출력장치 기능요구사항 정의 - 현장출력장치 성능요구사항 정의 - 현장출력장치 인터페이스 요구사항 정의 - 역제어장치 기능요구사항 정의 - 역제어장치 성능요구사항 정의 - 역제어장치 인터페이스 요구사항 정의
역제어장치 제작	- 역제어장치 제작(2set)
현장출력장치 제작	- 현장출력장치 제작(12set)
전자폐색장치 시험	- 조립시험 수행 및 현장출력장치 보완

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 현장출력장치

① 제작 사양

㉠ 기능 요구사항

- 전자폐색장치 역제어장치와 링네트워크로 통신하여 역제어장치로부터 수신된 제어명령을 처리하고 각종 상태정보 데이터를 전송한다.
- 역제어장치의 제어명령에 따라 폐색신호기, LEU(Lineside Electronic Unit, 선로변제어유닛), ATS(Automatic Train Stop System, 열차자동정지장치) 등 각종 현장장치에 적합한 출력을 한다.
- 폐색신호기 각 등별 점등상태 및 전류 검측, 궤도회로 점유상태 및 궤도회로 송·수신 전압을 검지하고 역제어장치로 송신한다.
- 현장장치 입력 전원(AC600V, AC220V) 상태를 감시한다.
- 현장장치 정류기(1계, 2계) 상태를 감시하고 정류기 출력(DC24V) 전압을 자동 검측한다.
- LEU AC 전원 상태를 감시하고 LEU DC전압을 자동 검측한다.
- 신호기 전류와 현장장치 정류기 출력전류, LEU 정류기 출력전류를 자동 검측한다.
- 2중계로 구성하여 사용계 시스템에 이상이 발생하면 자동으로 대기계로 절체한다.(자기진단 기능 포함)
- 링네트워크를 2중화하여 1개의 네트워크 장애 시에도 정상적으로 운용이 가능하다.
- 역제어장치와의 통신상태, 입출력상태, 궤도회로 전압 등 각종 동작상태를 표시한다.
- 기본적인 이더넷 데이터 프레임 검사 외에 별도의 프로토콜에 의한 검사를 통해 2중으로 데이터의 안정성을 검증한다.

[표 3-1] 전자폐색 현장출력장치 기능 요구사항

항목	세부 기능	비고
대기 2중계/자동 절체	사용전원, 각 카드, 광 네트워크 스위치, 광통신망	
AF 궤도회로 감시	송신전압, 수신전류, DC전압, 계전기전압에 대한 실시간 감시	
신호기 제어 및 검측	개별 등에 대한 상태 감시 신호기 개별등에 대한 실시간 전류 검측 (단선 및 과전류)	검측 결과를 역제어장치에 전송
ATS 인터페이스	각 계전기 출력정보에 대한 피드백을 이용하여 정상 동작여부 판단	
LEU 인터페이스	LEU 고장상태 감시	검측 결과를 역제어장치에 전송
각종 전원 상태감시	AC600V, 정류기(DC 24V), 전자폐색 서브랙 전원(DC24V, DC5V), 네트워크 스위치	
기타	정류기 출력전원 검측(정류기 전압, 전류) 측정값에 대한 4단계 표시 폐색장치 입출력 모듈에 대한 원격 감시 및 피드백 전송	조치값(IV), 경고값(AV), 허용값(NI), 목표값(TV)

㉔ 성능 요구사항

- 역제어장치에서 전송된 통신정보를 처리하고 현장설비를 제어하기 위하여 마이크로프로세서를 사용한다.
- 현장장치의 내부 부품은 선로변의 진동, 습도, 온도, 서지 등 선로변 환경특성에 적합한 산업용 제품을 사용하여야 하며, 합체 주위 온도를 기준으로 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$, 상대습도 90% 이하에서 정상 동작한다.
- 현장장치는 시스템 1계, 2계가 동일한 구성의 2중계로 구성하고 아웃도어랙 형태의 외함을 사용하여 내부는 19인치 표준랙 크기로 제작한다.

㉕ 인터페이스 사양

- 역제어장치와의 인터페이스
 - 역제어장치와 현장출력장치는 광통신으로 인터페이스한다.
 - 현장장치에서 역제어장치로 전송하는 통신전문은 아래와 같이 HDLC 코드 방식을 사용하는 TCP/IP 방식이다. 역제어장치의 폴링에 대한 응답으로 전송한다. 역제어 장치의 신호기 제어에 대한 응답으로 제어전문 송신, 역제어 장치의 폴링에 대한 응답으로 검측전문을 송신한다.

[표 3-2] 현장장치→역장치 통신 전문(제어응답)

HDLC 시작	STX	Len	Seq	Op-code	Data	CRC (low)	CRC (high)	ETX	HDLC 끝
0x7E	0x02	65		0x21				0x03	0x7E
1byte	1byte	1byte	1byte	1byte	58byte	1byte	1byte	1byte	1byte

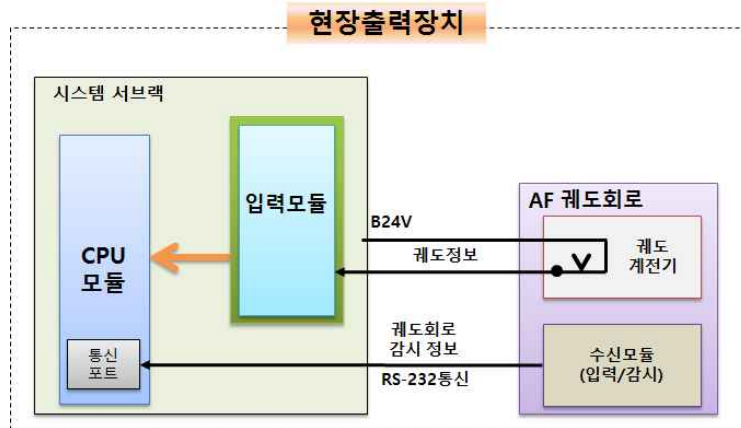
[표 3-3] 현장장치→역장치 통신 전문(폴링응답)

HDLC 시작	STX	Len	Seq	Op- code	Data	CRC (low)	CRC (high)	ETX	HDLC 끝
0x7E	0x02	21		0x22				0x03	0x7E
1byte	1byte	1byte	1byte	1byte	14byte	1byte	1byte	1byte	1byte

○ 외부 장치와의 인터페이스

- AF 궤도회로 인터페이스

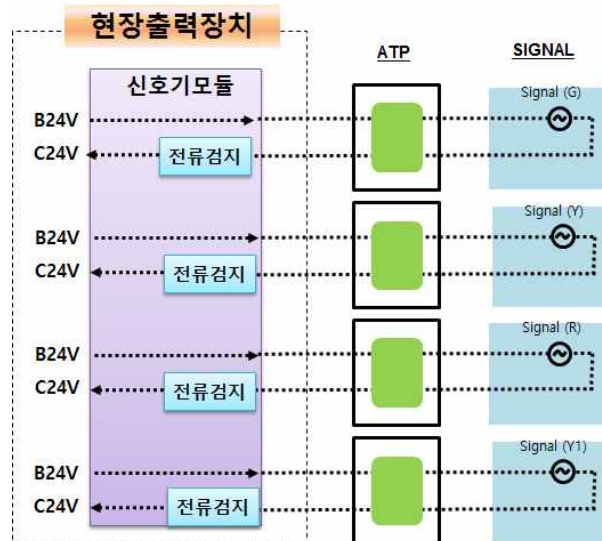
- ▷ AF 궤도회로의 궤도계전기를 이용하여 점유정보 획득 및 AF 궤도회로의 상태 정보를 통신으로 전송받는다.



[그림 3-1] AF 궤도회로 인터페이스

- 신호기 및 ATP(LEU) 인터페이스

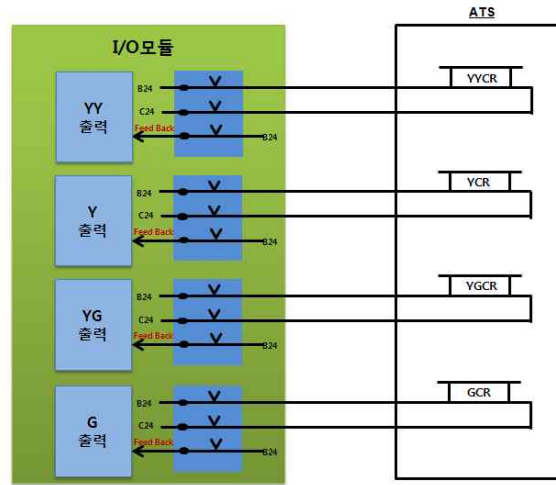
- ▷ 현장출력장치 신호기 모듈은 현시정보를 출력하고 신호기 등별로 개별적으로 전류검지를 수행하여 하위현시에 이용한다.



[그림 3-2] 신호기 및 ATP(LEU) 인터페이스

- ATS 인터페이스

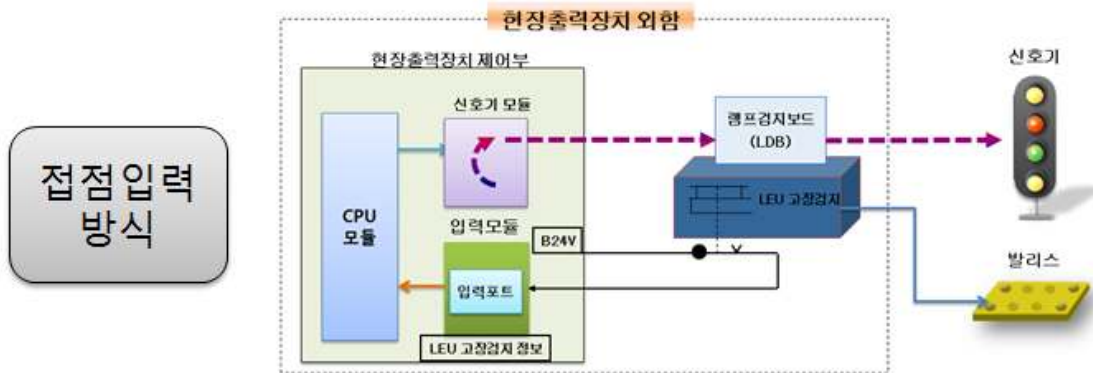
- ▷ 현장출력장치 IN/OUT모듈에서 신호현시정보를 ATS 컨트롤 박스내의 ATS 지상자 제어 계전기로 출력한다.



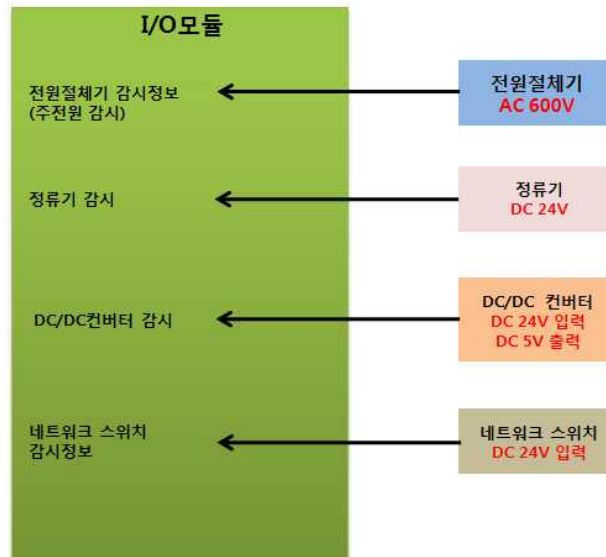
[그림 3-3] ATS 인터페이스

- 각종 감시

- ▷ LEU의 고장정보 감시, 현장출력장치 상태감시(AC 입력전원, 서브랙 전원모듈, 네트워크 스위치 상태, 정류기 출력전압 및 전류)를 수행한다.



[그림 3-4] 고장정보 감시(접점입력 방식)

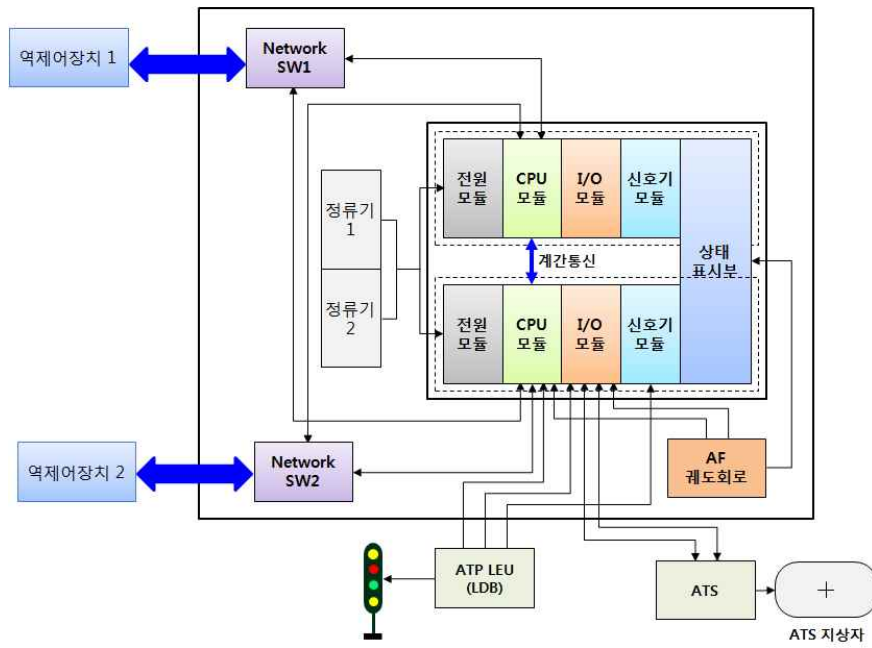


[그림 3-5] 현장장치 상태 감시

② 현장출력장치 제작

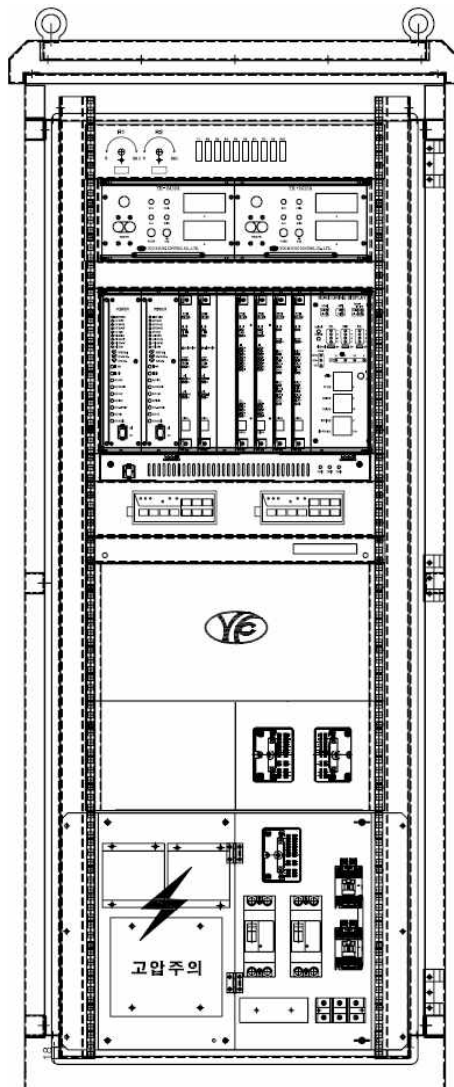
㉠ 현장출력장치 하드웨어 구성

- 현장출력장치는 기구함, 정류기, 서브랙(CPU 모듈, IN/OUT 모듈, SIGNAL 모듈, 상태표시모듈, 전원 모듈, 마더보드), 네트워크 스위치, 광분배함, 전원부로 구성된다.



[그림 3-6] 전자폐색 현장출력장치 구성도

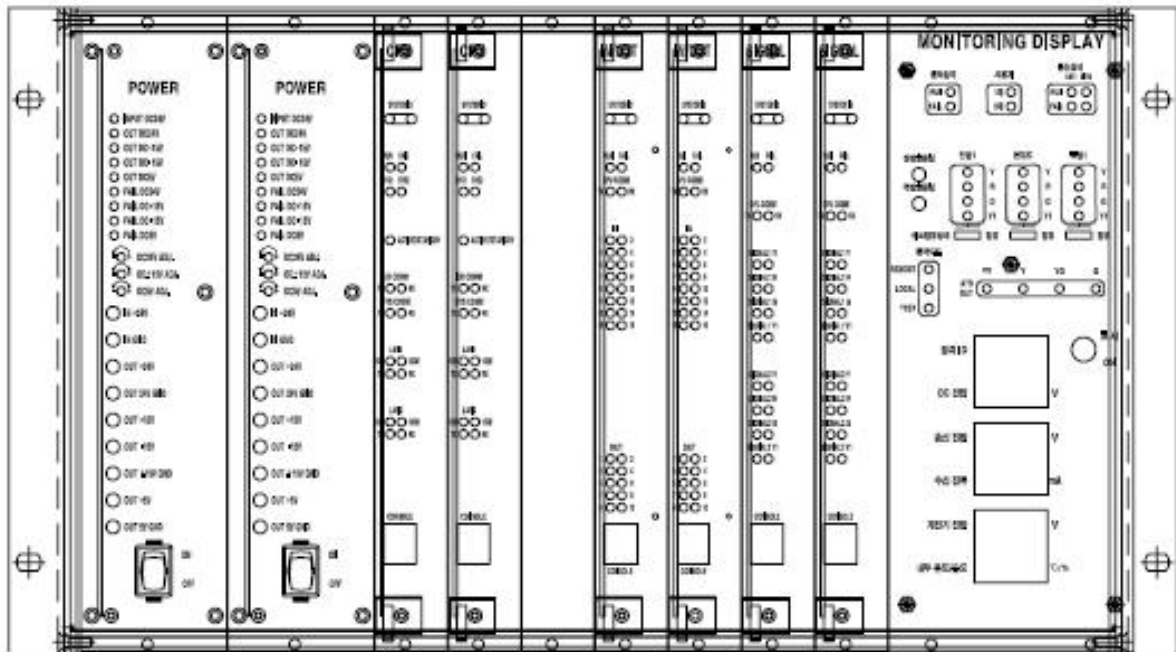
○ 현장출력장치 외형



[그림 3-7] 현장출력장치 외형도

○ 서브랙 구성

- 전자폐색장치 현장장치 서브랙은 상태표시모듈을 제외하고 1계, 2계가 동일한 구성의 2중계로 구성한다. 서브랙에는 CPU 모듈 2개, I/O 모듈 2개, SIGNAL 모듈 2개, 전원 모듈 2개, 상태표시모듈 1개로 구성되어 있으며 한쪽계의 장애가 발생해도 다른계의 동작에는 지장이 없도록 구성한다.



[그림 3-8] 현장장치 서브랙 외형도

- CPU 모듈 외형 및 사양

- ▷ CPU 모듈은 타 모듈(I/O 모듈, SIGNAL 모듈, 상태표시모듈)과 RS-485통신을 하며, 1계/2계간 RS-232 통신을 하여 계간 입력데이터 비교를 수행한다. 또한 정류기 전압/전류, LEU 전압/전류를 AD 컨버터를 통해 입력받는다. 또한 이더넷 모듈을 통하여 전자폐색장치 역제어장치로부터 제어명령을 수신하여 하부 모듈에 전송하고 하부모듈의 상태정보를 입력받아 역제어장치로 전송하는 역할을 담당한다.

[표 3-4] CPU 모듈 외형 및 사양

외 형	구 분		사 양
	컨트롤러		STM32F103VC, 32bit
	타 모듈 인터페이스 (I/O 모듈, SIGNAL 모듈, 상태표시모듈)		RS-485
	계간 통신(CPU 모듈간)		RS-232
	동작 클럭		8MHz
	메모리 용량	ROM	4Kbyte
		RAM	Flash 256Kbyte, SRAM 26Kbyte
	에러검출		내장 워치독에 의한 동작감시, 통신데이터 CRC 에러검출, 모듈데이터 BCC 에러검출
	외부통신 인터페이스		광통신 이더넷 100Mbps
	전송거리		최대 20Km
	전송선로		Fiber single mode
	동작전원		DC +5V±5%
	동작온도		-30℃ ~ +75℃

- IN/OUT 모듈 외형 및 사양

- ▷ IN/OUT 모듈은 16개의 입력 포트와 10개의 출력 포트로 구성되며 모듈의 정상상태 여부를 판단하기 위해 내부 워치독을 사용하고 있다. 입력단은 각 포트 별로 입력 검증회로가 적용되어 있고, 각 출력단에 안전 계전기, SSR 사용, 피드백 회로와 과전류 차단회로를 적용하였다.

[표 3-5] IN/OUT 모듈 외형 및 사양

외 형	구 분			사 양
	컨트롤러			STM32F103VC, 32bit
	CPU 모듈 인터페이스			RS-485
	외부 인터 페이스	입력	형식	포토 커플러 리체크에 의한 에러검사
			포트 정보수	16포트
		출력	형식	SSR, 안전계전기, 이중 제어 방식
			포트 정보수	10포트
	동작전원			DC +5V ± 5%, DC +24V ± 10%
	동작온도			-30℃ ~ +75℃

- SIGNAL 모듈 외형 및 사양

- ▷ SIGNAL 모듈은 전자폐색장치 역제어장치의 명령에 따른 폐색신호기를 제어하여 신호를 현시한다. 모듈의 정상상태 여부를 판단하기 위해 내부 위치독을 사용하고 있으며, 5현시 신호기 2개를 수용하고(정방향/역방향, 주/부심 별도 출력, DC/AC 혼용) 폐색신호기 현시에 필요한 (+), (-) 양전원을 제어한다. 또한 HALL 센서를 사용하여 현시되는 신호기의 전류를 측정하여 각 신호기의 동작과 전류를 검지한다.(동작전류, 과전류 검지)

[표 3-6] SIGNAL 모듈 사양

외 형	구 분	사 양
	컨트롤러	STM32F103VC, 32bit
	CPU 모듈 인터페이스	RS-485
	신호기 제어	제어 신호기 수 2 (정방향/역방향)
		제어전원 DC $\pm 24V$ (양전원 제어)
	동작전원	DC $+5V \pm 5\%$, DC $+24V \pm 10\%$
	동작온도	$-30^{\circ}C \sim +75^{\circ}C$

- 상태표시모듈 외형 및 사양

- ▷ 전자폐색장치 현장장치의 현재 제어 상태를 표시하기 위한 상태표시모듈을 서브랙 가장 우측에 장착하는 형태로 제작하였으며 AF 궤도 상태 표시정보, 궤도 점유정보, 신호기 현시 정보 등을 LED와 FND로 표시한다.

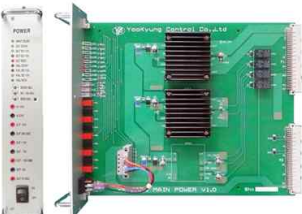
[표 3-7] 상태표시모듈 외형 및 사양

외 형	구 분	사 양
	컨트롤러	STM32F103RB, 32bit
	CPU 모듈 인터페이스	RS-485
	동작전원	DC $+5V \pm 5\%$
	동작온도	$-30^{\circ}C \sim +75^{\circ}C$

- 전원모듈 외형 및 사양

- ▷ 전원 모듈은 정류기로부터 DC 24V를 입력받아 DC24V, DC 5V, DC ± 15 로 변환하여 서브랙내 각 모듈에 전원을 공급하는 기능을 수행한다.

[표 3-8] 전원모듈 사양

외 형	구 분	사 양
	정격 입력전압	DC24V
	정격 출력전압 및 전류	DC 24V / 4.2A DC 5 / 10A DC ± 15 / 10A
	출력전압 조정범위	$-10\% \sim +15\%$
	효 율	80%이상

㉔ 현장출력장치 소프트웨어 구성

○ 역제어장치와의 통신

- 역제어장치와 UDP Broadcast 방식으로 통신을 하며 통신이 이루어지지 않는 경우 1초 간격으로 재접속을 시도한다.
- 역제어장치 서버로부터 약 5초 동안 Polling 전문이 수신되지 않으면 연결이 해제된 것으로 판단한다.
- 네트워크 1계에서 연결되는 역제어장치 서버에 대해 모두 접속이 불가하면 1계 네트워크가 이상이 있는 것으로 판단한다.
- 네트워크 2계에서 연결되는 역제어장치 서버에 대해 모두 접속이 불가하면 2계 네트워크가 이상이 있는 것으로 판단한다.

○ 상태표시모듈 통신

- 400msec마다 Polling 전문을 상태 표시 모듈로 전송한다.
- 3회 이상 해당 전문이 수신되지 않으면 상태표시모듈 통신이 되지 않는 것으로 판단한다.

○ 현장출력장치 계간통신

- DI/DO 정보를 통하여 상대계의 상태를 감시한다.
- RS-232 통신으로 상대계 입력정보 수신 및 상태를 감시한다.
- RS-232통신은 100msec 단위로 데이터를 송수신한다.

○ 제어동작

- 부정입력 처리기능
 - ▷ 계간 통신으로 상대계의 현장장치 입력정보와 자신의 입력정보를 비교하여 입력정보가 다른 경우 역제어장치 서버로 전문을 보내 해당 오류를 등록한다.
- 부정출력 처리기능
 - ▷ 현장장치가 출력을 내보낸 후 해당 출력에 대한 피드백 정보를 활용한 부정출력 판단은 역제어장치에 위임한다.
- 2중계 자동절체 기능
 - ▷ 사용계의 전원모듈, CPU 모듈, I/O모듈, Signal 모듈 불량시 사용계는 출력을 차단하고, 대기계를 사용계로 전환한다.
 - ▷ 사용계의 주회선 및 부회선 통신 불량시 자동 절체한다.
- 역제어장치 제어 전문에 의한 기능
 - ▷ 신호기/ATS 지상자 제어
 - ▷ 현장장치 계절체
 - ▷ 현장장치 RESET
 - ▷ 현장장치 상태정보 갱신

㉔ 시제품 제작

○ 현장출력장치를 제작하여 상1~상6, 하1~하6 총 12개소에 설치하였다.



(나) 역제어장치

① 제작 사양

㉔ 기능 요구사항

- 전자폐색장치 현장장치와 링네트워크로 통신하여 전자연동장치로부터 수신된 데이터를 기반으로 제어명령을 전송한다.
- 2중계로 구성하여 사용계 시스템에 이상이 발생하면 자동으로 대기계로 절체한다.(자기진단 기능 포함)
- 링네트워크를 2중화하여 1개의 네트워크 장애 시에도 정상적으로 운용이 가능하다.
- 폐색신호기 고장상태, 궤도회로 점유상태를 전자연동장치로 정보전송 한다.
- 폐색신호기 각 등별 점등상태 및 전류 검측, 궤도회로 점유상태 및 궤도회로 송·수신 전압을 전기설비 기술지원시스템으로 송신한다.
- 기본적인 이더넷 데이터 프레임 검사 외에 별도의 프로토콜에 의한 검사를 통해 2중으로 데이터의 안정성을 검증한다.

[표 3-9] 전자폐색 역제어장치 기능 요구사항

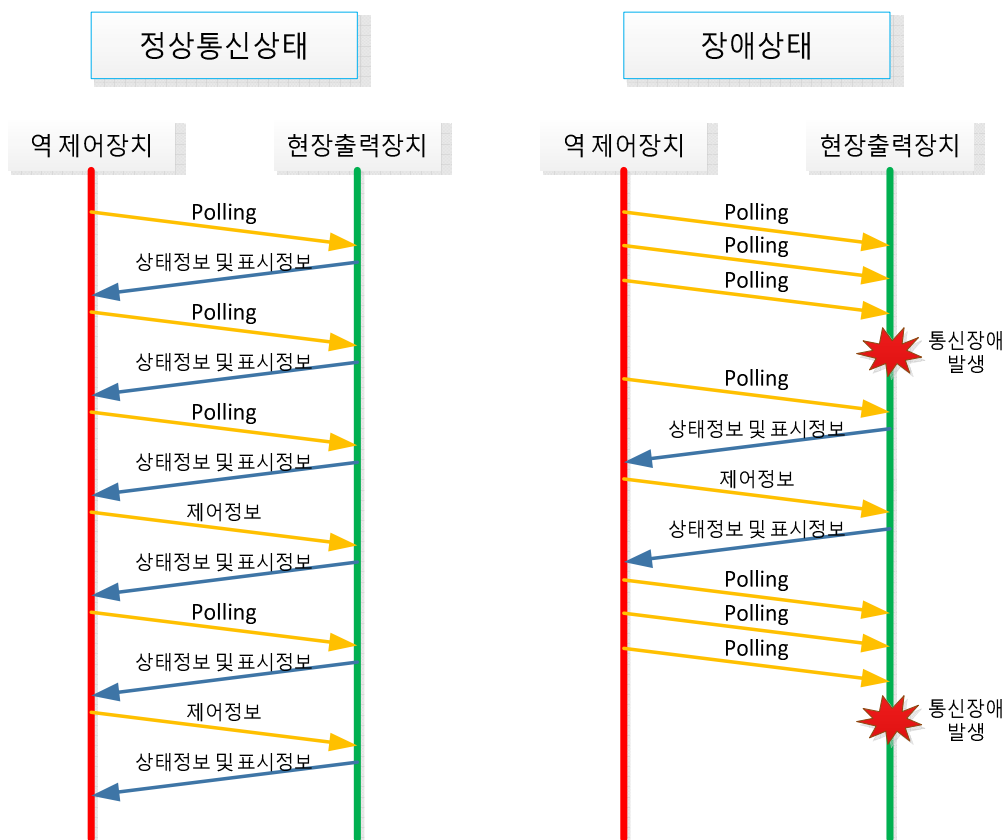
항목	세부 기능	비고
대기 2중계/자동 절체	사용전원, 각 카드, 광 네트워크 스위치, 광통신망	
전자연동장치 인터페이스	계전기 접점 방식으로 정보를 전송	
신호기 제어 및 검측	전자연동장치 정보를 기반으로 신호기 제어 궤도 점유, 신호기 고장상태를 전송 신호기 개별등에 대한 실시간 전류 검측 (단선 및 과전류)	검측 결과를 전자연동장치, 전기설비기술지원 시스템으로 전송
전기설비 기술지원시스템 인터페이스	현장장치의 각종 상태정보를 전기설비 기술지원시스템으로 전송	

㉔ 성능 요구사항

- 현장장치에서 전송된 통신정보를 처리하고 폐색신호기를 제어하기 위하여 MVME5100프로세서를 사용한다.
- 역제어장치는 시스템 1계, 2계가 동일한 구성의 2중계로 구성하고 19인치 표준 랙 크기로 제작한다.

㉕ 인터페이스 사양

- 현장장치와의 인터페이스
 - 현장장치에서 역제어장치로 전송하는 전문은 아래와 같이 HDLC 코드 방식을 사용하는 TCP Unicast 방식이다.
 - 전송하는 전문은 STX~ETX로 구성되어 있으며 이 전문의 앞뒤에 HDLC 프레임을 삽입하고 전문중의 0x7E는 0x7D와 0x5E로 0x7D는 0x7D와 0x5D로 나누어 전송한다.



[그림 3-9] 현장장치와 인터페이스

- 역제어장치의 주기적인 Polling(400ms)에 대해서는 현장장치에서 CPU상태정보를 전송하여 응답하고, 역제어장치의 제어데이터 전송에 대해서는 신호기 및 입력상태 등의 데이터로 응답한다.
- 링네트워크로 연결되며 먼저 통신이 연결되어 사용하는 회선이 주회선으로 동작하고, 나머지 회선이 부회선으로 동작한다.
- 부회선의 Polling에 대해 현장제어장치는 CPU상태정보를 응답한다.
- 현장출력의 제어에 대해서는 주회선의 통신을 사용하며, 부회선으로 송수신되는 제어명령에 대해서는 무시한다.
- 데이터 전송이 3회 실패 하거나 Polling 시도를 3회 실패하면 장애로 간주하여 콘솔화면에 '회선장애'로 표시하고 통신회선을 절체 한다.

○ Data의 구성

- Data Header 구성(8byte)

[표 3-10] Data Header 구성

BYTE	설명	DATA							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	역번호 (ID)	character							
1		character							
2		character							
3		character							
4	현장장치 ID	현장장치 고유번호(양의정수)							
5	정보전송계	주/대기계	제어상태		유지보수		계간통신	2계	1계
6	자기상태	RUN		실회선2	실회선1			광NET2	광NET1
7	릴레이정보	상행인접역 출발		상행 역방향제어		하행인접역 출발		하행 역방향제어	

- 역번호 : BYTE 0 - BYTE 3

- ▷ 역번호의 ID는 character 4byte로 할당하여 송수신한다.
- ▷ 역번호의 정보는 문자 한자리와 숫자3자리의 데이터로 구성된다.
- ▷ 역번호에 문자가 없는 경우에는 [0]byte를 space(0x20)으로 값을 설정하여 송수신 한다.

- 현장장치 ID : BYTE 4

- ▷ 각 현장장치의 고유번호
- ▷ 양의 정수값으로 설정한다

- 정보전송계

[표 3-11] 정보전송계

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
5	주/대기계	제어상태		유지보수		계간통신	2계	1계

- ▷ D0 : 이 정보가 1계 CPU에서 전송하는 것이면 “1”로 설정
- ▷ D1 : 이 정보가 2계 CPU에서 전송하는 것이면 “1”로 설정
- ▷ D2 : 계간통신에 대한 상태를 설정 (1: 정상, 0: 오류)
- ▷ D4 : 유지보수 모드가 설정되었으면“1”로 설정 (ATS 속도제어 및 테스트 시 설정)
- ▷ D6 : 역제어장치의 제어상태 구분 (1: 제어상태, 0: 감시상태)
- ▷ 현장장치는 제어상태의 데이터가 1일때에만 출력동작을 한다.
- ▷ D7 : 현재 CPU가 주계로 동작중이면“1”, 대기계이면“0”을 설정

[표 3-12] CPU의 상태 정보

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
6	RUN		실회선2	실회선1			광NET2	광NET1

- CPU의 자기상태정보
 - ▷ CPU의 자신의 동작상태를 설정한다.
 - ▷ BYTE 6의 D0~D1 : 광Network 회선1 ~ 2까지의 통신상태를 설정 (1: 정상, 0: 오류)
 - ▷ BYTE 6의 D7 : 자신의 Server계가 정상 동작 (1: 정상, 0: 오류)
 - ▷ BYTE 6의 D5~D4 : 역간 정보송신을 위한 회선1 ~ 2까지의 통신 상태를 설정 (1:정상, 0: 오류)
- 릴레이 정보 : 임시로 확보해 놓은 정보임

[표 3-13] 릴레이 정보

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
7	상행 인접역 출발		상행 역방향제어		하행 인접역 출발		하행 역방향제어	

- ▷ D1 : 하행의 폐색에 대한 역방향제어 Relay의 정보 (1: 역방향 제어상태)
- ▷ D3 : 하행의 인접역 출발에 대한 신호의 유무 정보 (1: 인접역에서 출발신호 있음)
- ▷ D5 : 상행의 폐색에 대한 역방향제어 Relay의 정보 (1: 역방향 제어상태)
- ▷ D7 : 상행의 인접역 출발에 대한 신호의 유무 정보 (1: 인접역에서 출발신호 있음)

○ 역제어장치 Polling

- 통신 방향 : 역제어장치 → 현장장치
- 통신 방식 : TCP/IP
- OP CODE : 0x11
- 데이터 길이 : 0 Byte
- 역제어장치 기동후 주기적으로(400ms) 현장장치에 전송한다
- 현장장치의 주장치는 현장장치 상태를 OP CODE(0x21)로 응답하여 역제어장치로 전송한다.
- 현장장치의 예비장치는 폴링응답메세지를 OP CODE(0x20)로 응답하여 역제어장치로 전송한다.
- 현장장치의 주장치는 궤도점유 정보의 변화가 있으면 Polling과 관계없이 즉시 OP CODE(0x22)로 역제어장치로 전송한다.

○ 신호기 제어 (신호기)

- 통신 방향 : 역제어장치 → 현장장치
- 통신 방식 : TCP/IP
- OP CODE : 0x12
- 역제어장치에서 열차의 궤도점유 상태에 따라 신호를 제어하며 신호제어 정보를 현장장치에 전송한다.
- 현장장치의 주장치는 현장장치 상태를 OP CODE(0x21)로 역제어장치로 전송한다
- 현장장치의 예비장치는 폴링응답메세지를 OP CODE(0x20)로 역제어장치로 전송한다
- 데이터 길이 : 8xN Byte

[표 3-14] 신호기 제어 정보

BYTE	설명	DATA							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	현장장치 ID	#1							
1	궤도점유							궤도점유 정방향	궤도점유 역방향
2	신호기제어	정방향				역방향			
		정방/GR1	정방/GR	정방/YR	정방/HR	역방/GR1	역방/GR	역방/YR	역방/HR
3	ATS제어	정방/역 방				G	YG	Y	YY
4	ATP제어								
5									
6	속도제한설 정					G	YG	Y	YY
7	Reset	제어 bit				계절체			Reset

- 궤도정보

[표 3-15] 궤도정보

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	궤도점유						궤도점유	궤도점유

- ▷ 해당 현장장치가 연결된 궤도의 정방향/역후방에 있는 궤도 상태 정보이다.
- ▷ D1~0 : 후방궤도의 점유상태 (0 : 점유, 1 : 비점유)

- 신호기 제어

[표 3-16] 신호기 제어 정보

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
2	정방/GR1	정방/GR	정방/YR	정방/HR	역방/GR1	역방/GR	역방/YR	역방/HR

- ▷ 현장장치에 신호기의 현시 제어 명령을 내린다.
- ▷ D7~D4 : 정방향 신호기에 대한 제어 명령
- ▷ D3~D0 : 역방향 신호기에 대한 제어 명령
- ▷ 현시 계열에 따른 bit 설정 방법

[표 3-17] 신호기 제어 bit 설정 방법

현시계열	D7/D3	D6/D2	D5/D1	D4/D0
소등	1	0	0	0
R	0	0	0	0
YY	0	0	0	1
Y	0	0	1	1
YG	0	1	1	1
G	1	1	1	1

- ATS 제어

[표 3-18] ATS 제어 정보

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
12	정방/역방				G	YG	Y	YY

- ▷ 현장장치에 ATS의 현시 제어 명령을 내린다.
- ▷ 하위 4bit(D0 ~ D3)로 해당신호를 설정한다.
- ▷ D7 : 정방향, 역방향 제어 명령 구분 (0:정방향, 1:역방향)

- ATP 제어 : BYTE 3 - BYTE 4

- ATP제어명령 추가 예정(추후협의)

- 속도제한설정

[표 3-19] 속도제한설정

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
15					G	YG	Y	YY

- ▷ 속도제한 설정 값을 현장장치에 전송
- ▷ D0~D3 : 속도제한 설정 값

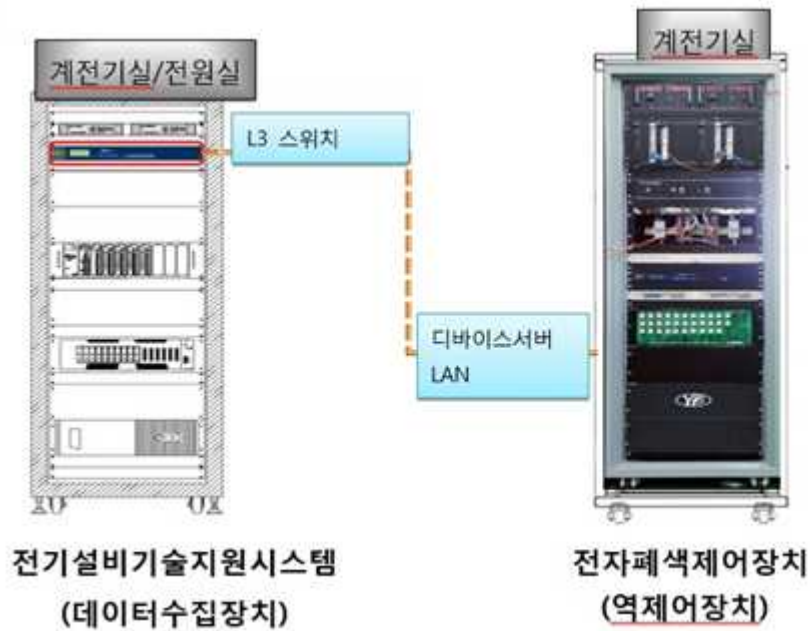
- Reset

[표 3-20] Reset 정보

BYTE	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
16	제어 bit				계절체			RESET

- ▷ Reset 제어
- ▷ D0 : 현장장치를 Reset하기 위해서 이 bit를 “1”로 설정
- ▷ D7의 제어bit가 “1”이 아니면 이 정보는 무시한다.
- ▷ D3 : 현장장치를 계절체 하기 위해서 이 bit를 “1”로 설정
- ▷ D7의 제어bit가 “1”이 아니면 이 정보는 무시한다.
- ▷ D7 : 현장장치를 Reset하기 위해서 이 bit를 “1”로 설정
- ▷ 이 bit가 “0”이면 D0, D1의 계를 지정하는 명령도 무시한다.

○ 전기설비기술지원시스템과의 인터페이스



[그림 3-10] 전기기술지원시스템과 인터페이스

- 통신 방식 : 양측 터미널서버 각각 설정
- ※ 세화의 수신포트는 현장 미사용 포트번호를 사용한다.

- 역제어장치의 정보의 BODY필드는 Data Header와 Data로 구성된다.

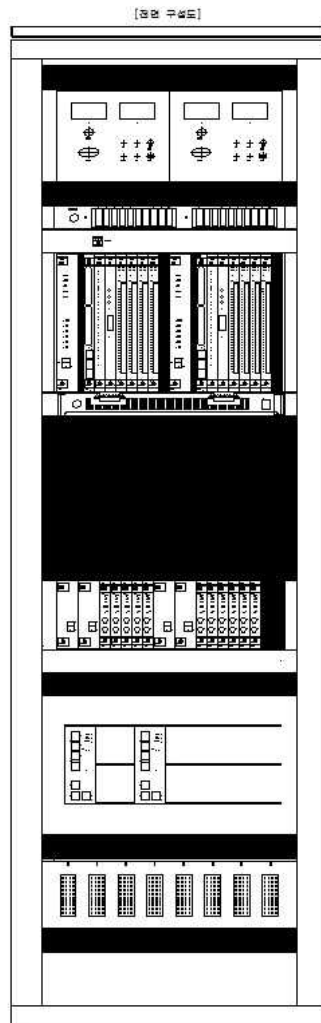
구분	항목	내 용	용 량 (Byte)	전 체용량 (Byte)
HEADE R	STX	0x02	1	4
	LEN	STX ~ ETX전체 길이((54xN)+10+12)	2	
	SEQ	0x01 ~ 0xFF	1	
	OP CODE	0x71, 0x72,	1	
BODY	DATA Header		5	5
	Data		가변	(54xN)+10
FOOTE R	CRC16	LEN 부터 DATA까지의 범위를 생성다항식 : $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ 으로 계산	1(Low)	3
			1(High)	
	ETX	0x03	1	

② 역제어장치 제작

㉔ 역제어장치 하드웨어 구성

○ 19인치 랙

- 전자폐색장치 역제어장치는 19인치 표준랙에 각각의 하드웨어 구성품들이 장착된다.



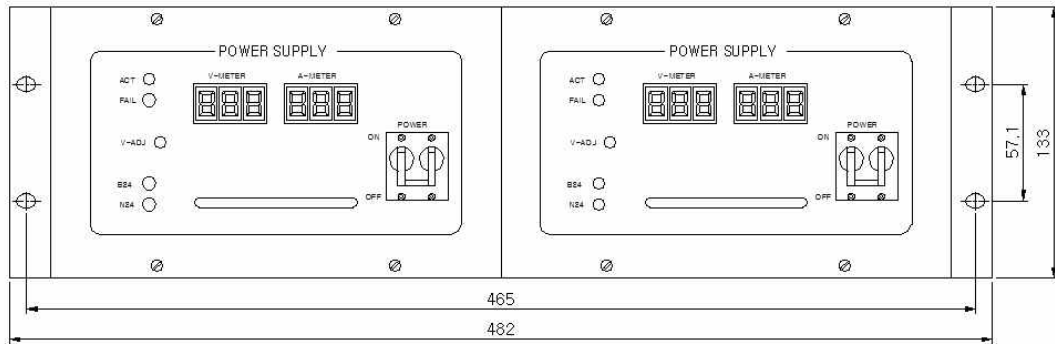
[그림 3-11] 19인치랙 외형
도

[표 3-21] 19인치랙 사양

구 분		사 양
크기(W×L×H)		600×750×1980mm
재 질	외함	알루미늄
	취부대	철제
전면유리		5mm이상 강화유리
도장		PANTONE 472C분채도장

○ 정류기

- 정류기는 역제어장치의 DC24V 전원을 공급용으로서 19인치 표준시스템랙에 장착하는 구조로 되어있으며 출력을 공유하도록 2중화로 구성되어 부하분담에 의한 무순단 절체가 가능한 구조로 되어있다.
- DC/DC컨버터 회로를 내장되어 있으며 과전류에 대한 보호 기능을 가지고 있으며 주기적으로 과전류를 점검하여 과전류 원인이 제거되면 정상상태로 자동복귀되는 구조로 되어 있다.



[그림 3-12] 정류기 외형도

[표 3-22] 정류기 사양

구 분	사 양
정격 입력전압	AC 220V, 60Hz, 단상
입력전압 허용범위	AC 176V~264V
정격 출력전압 및 전류	DC 24V / 10A
입력전압에 대한 출력안정도 (line regulation)	설정된 출력전압의 0.5%이내
출력부하에 대한 안정도 (load regulation)	설정된 출력전압의 1%이내
맥동률 및 잡음전압	정격부하에서 240mV 이하 (최고치와 최저치간)
출력전압 조정범위	-10%~+15%
효 율	80%이상
표시등 및 전원스위치	AC입력표시등(녹색), 퓨즈, 출력전압 조정기, 전원스위치, DC출력 전압계 및 전류계(3digit이상의 디지털식)

○ CPU 모듈

- CPU 모듈은 신호제어처리, 버스 및 입출력모듈의 제어, 외부장치와의 통신, 시스템의 상태감시 및 절체기능을 하여야 한다.
 - ▷ 신호제어 DB에 의한 입/출력 연산
 - ▷ 입/출력 Fail-safe 처리
 - ▷ 자기 진단 기능
 - ▷ 신호제어 DB 다운 로딩
 - ▷ 타계 정보 비교
 - ▷ 계간 동기 처리
 - ▷ 각 채널 별 통신 처리 - 유지보수부 ,전기설비기술지원시스템

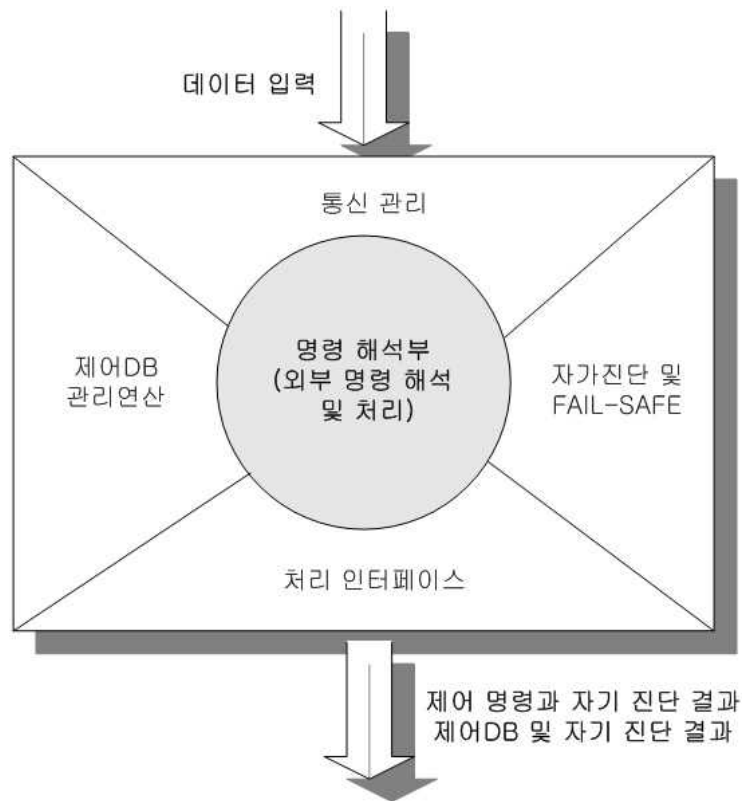


[그림 3-13] CPU 모듈 외형

[표 3-23] CPU 모듈 사양

구 분	품 명	사 양
속도	CPU	400MHz, 32bit
기억용량 (Memory)	DRAM	512MByte
	SRAM(battery backup)	2MByte
	ROM(EEPROM)	1MByte(Flash Memory)
	Flash Memory	16MByte
통신포트	RS-422 8개	
기타사항	초기화(Reset) 스위치, 동작표시등(녹색), 고장표시등(적색), 통신포트별 통신상태 표시등(Tx, Rx)	

○ 신호제어 DB 처리



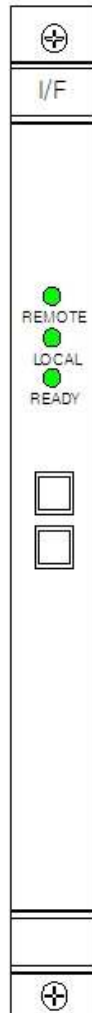
[그림 3-14] 신호제어 DB 처리

○ 자가 진단기능

- 시스템이 처음 기동할 때 자가진단을 먼저 실시한다. 진단의 대상은 RAM, 신호 제어DB, 시스템 모듈 등을 검사하여 이상이 발견되면, 외부로 Fault 표시를 한다. 이는 신호제어도표, 각종 설정 및 해정, 연쇄 등의 데이터 테이블을 해석하여 신호제어DB의 결과에 대한 치명적인 오류를 검출한다.
- 또한 시스템 동작 중 잘못된 입력이 들어오는 경우 이를 검사하여 부적당한 입력 정보라 판단되면 자동으로 출력을 차단한 후 계절체를 하여 시스템이 안전측으로 동작하도록 되어 있다.
- CPU 모듈은 내장된 신호제어DB에 의해 출력을 연산한다. 또한 자체적인 Fail-safe 처리를 행하여 적재된 DB의 안전을 검증한다.

○ I/F 모듈

- 인터페이스 모듈은 1,2계 정보교환을 위하여 시스템버스 상호간을 연결하는 기능을 한다.
- ▷ System 상태 및 입출력 정보의 공유
- ▷ 계간 동기 처리
- ▷ 병렬 운전시 1계와 2계가 동기화 되어 Task가 실행되어야 계간 입/출력 정보의 비교 처리를 할 수 있으며, 절체 시에도 지연 시간 없이 연속 운전이 가능하게 된다. 계간 동기 처리를 IF모듈을 통하여 주계의 Clock을 부계로 송신하여 동기화 처리한다. 역별 호환성을 가진다.



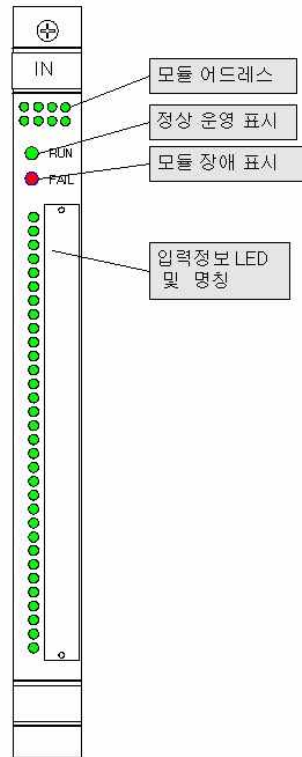
[그림 3-15] IF 모듈 전면부

[표 3-24] 모듈 사양

구 분	사 양
메모리	128kbyte
광통신속도	10Mbyte/sec 이상(최대 35Mbyte/sec)
광Cable 길이	최대 500m
Address	A16, A24, A32

○ 입력 모듈

- 입력 모듈은 계전기 랙을 통해 현장의 상태를 받아 CPU 모듈로 정보를 전송하는 역할을 담당한다.
- 모듈은 외부 장치로부터 ON/OFF 정보를 입력하는데 사용되며 1장의 모듈에서 32Point 정보를 처리한다.
- 입력 모듈은 역별 호환성이 있으며, 이때 해당 어드레스를 재설정하여야 한다.



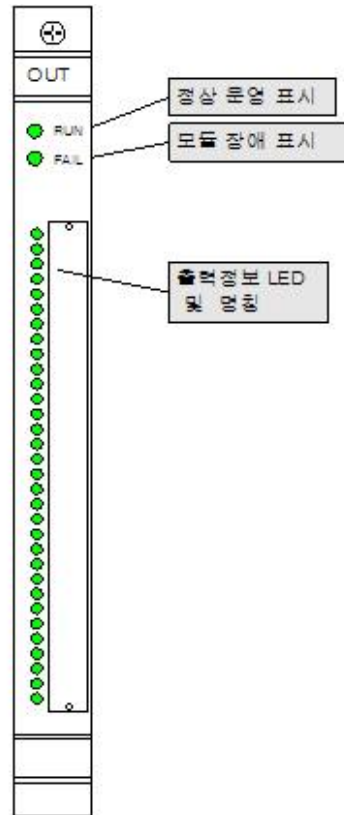
[그림 3-16] 입력 모듈 전면부

[표 3-25] 입력 모듈 사양

구 분	내 용
입력정보 수	32개
정격입력전압	DC +24V
최대허용입력전압	+30V 이상
입력응답 전압	- low→high: +18V ± 2V에서 변화 - high→low: +14V이상에서 변화
입력응답 전류	정격입력전압에 대하여 25mA ±20%
기 타 사 항	동작표시등(황색), 고장표시등(적색), 입력표시등(녹색 32개), 각 입력정보에 대한 용도표시, 입력단자 측에는 입력신호에 대하여 순방향 다이오드 설치, 로직부(5V)와 입출력부(24V)는 전기적 절연.

○ 출력 모듈

- 역제어장치에서 모든 연산 논리의 처리는 CPU 모듈이 담당하지만 최종적인 출력 제어는 출력 모듈에서 제어를 한다.
- 출력 모듈은 외부 장치로 ON/OFF정보를 출력하는데 사용되며 1장의 모듈에서 32Point의 출력을 처리한다.
- 출력 모듈은 역별 호환성이 있으며, 이때 해당 Address를 재설정하여야 한다.



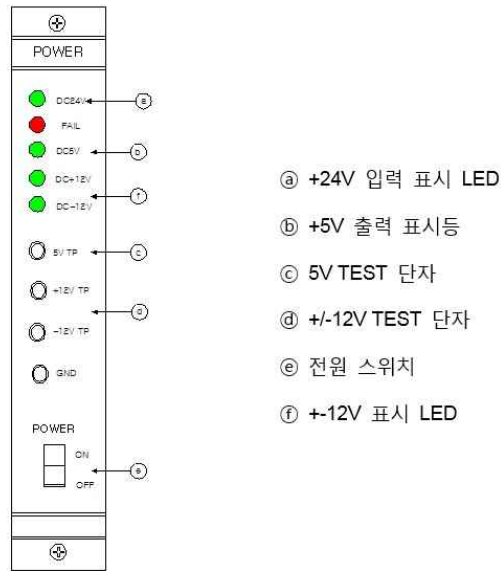
[그림 3-17] 출력 모듈 전면부

[표 3-26] 상태표시모듈 사양

구 분	내 용
출력정보 수	32개
정격출력 전압/전류	DC +24V / 0.5A
기 타 사 항	동작표시등(녹색), 고장표시등(적색), 출력표시등(녹색 32개), 각 입력정보에 대한 용도표시, 출력단자 측에는 출력신호에 대하여 순방향 다이오드 설치 출력 확인(Feed-back)회로에 의하여 출력에 대한 정상동작 여부확인 회로 내장

○ 전원 모듈

- 전원모듈은 역제어장치 서브랙 내의 각 모듈에 전원을 공급하기 위하여 사용하며 서브랙 별로 설치한다.
- 과전류에 대한 회로보호 기능이 있으며 부하전류가 정격의 1.1 ~ 1.2 배 범위에서 보호회로가 동작한다.
- 보호회로 동작 시 출력전압은 정격의 10%이내, 입력전력은 정격의 30%이내로 감소하며 과전류 원인이 제거된 후 정상상태로 자동 복귀한다.
- 보호회로의 동작 및 복귀 소요시간은 2초 이내이다.
- 전원장치는 DC/DC컨버터 회로를 채택하고 1차측에 유도되는 이상 전압이 출력에 영향을 주지 않는다.



[그림 3-18] 전원 모듈 전면부

[표 3-27] 전원 모듈 사양

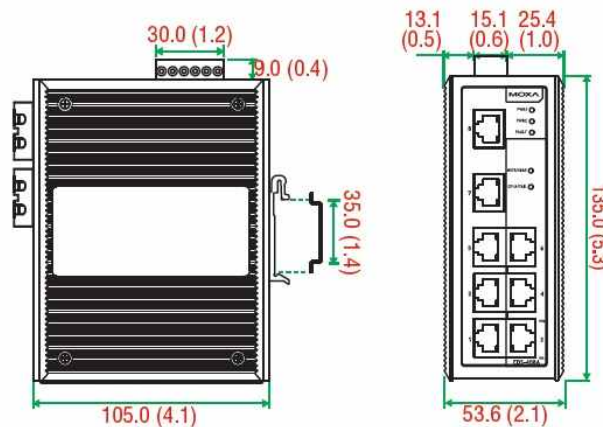
구 분	내 용
정격입력전압	DC 24V
입력전압 허용범위	±20% 이상
정격출력전압 및 전류	+5V/20A, +12V/1.0A, -12V/1.0A
입력전압에 대한 출력안정도 (Line regulation)	설정된 출력전압의 0.5% 이내
출력전압에 대한 출력안정도 (Load regulation)	설정된 출력전압의 0.5% 이내
맥동률 및 잡음전압	정격부하에서 정격출력전압의 1%이내 (최고치와 최저치간)
출력전압 조정전압	정격 출력전압의 ±10%
효율	80% 이상
표시등 및 전원스위치	24V입력(녹색), 5V출력(녹색), +12V출력(녹색), -12V출력(녹색), 고장(적색), 24V 입력전원스위치, 전압측정단자

○ 마더보드(J1)

- 마더모듈은 System전체의 데이터와 Address 그리고 각종 컨트롤 신호를 CPU 모듈에서 입력, 출력 모듈과 데이터를 전달해 주는 역할을 한다.
- 마더모듈-J1은 모든 모듈들을 Connector를 이용하여 버스에 삽입하게 되어 있고 이 버스를 통하여 각종 데이터와 제어신호들을 서로 교환한다.
- 마더모듈은 최대 8 SLOT까지 장착을 할 수 있으며 국제적 표준규격의 Computer system BUS 체계인 IEEE 1014-1987 VME(Versa Module Eurocard)- BUS 규격을 따르고 있다.

○ 네트워크 스위치

- 네트워크 스위치는 전자폐색장치 억제어장치에 2개를 장착하여 링 네트워크 광 2중화 회선을 구성한다.



[그림 3-19] 네트워크 스위치 외형도

[표 3-28] 네트워크 스위치 사양

구 분	사 양
동작 전압	DC24±20%
인터페이스	100Mbps 4포트 이상 광 2포트 이상
동작 온도	-30℃ ~ +70℃

○ 광분배함

- 광분배함은 19인치 랙에 장착되는 1U 크기의 랙 타입으로 2중화 광 링네트워크 구성을 위한 광케이블이 접속된다.
- 광케이블로부터 단말처리(융착작업) 부분을 어댑터를 사용하여 분배함 취부판에 고정시켜 충격 등의 외부 영향으로부터 안전하게 보호하는 함체이다.



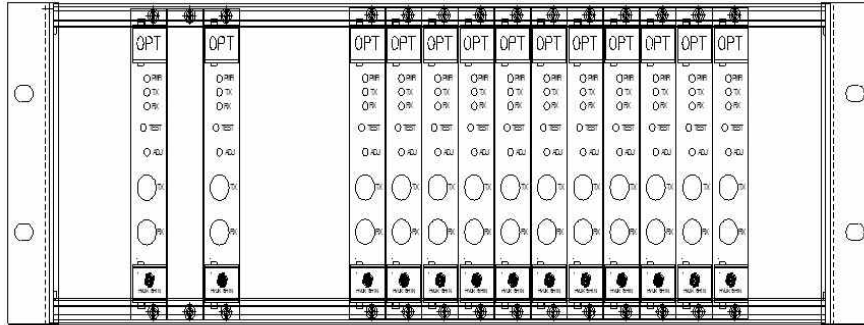
[그림 3-20] 광분배함 외형도

[표 3-29] 광분배함 사양

구 분	사 양
타입	랙 마운트
접속 코어수	8-core 이상
어댑터 종류	SC
크기(W×D×H)	482×305×44mm(1U)

○ 광통신부

- 유지보수 및 기타 외부장치와의 광통신을 하기 위한 장치로서 하나의 서브랙에는 광변환모듈을 9개 이상 삽입할 수 있는 구조로 되어 있다.



[그림 3-21] 광통신부

- 광통신부는 역제어장치 랙에 광통신 서브랙을 취부하여 구성한다.
- 외부장치로 접속되는 모든 통신은 광변환 모듈과 광 점퍼 코드를 사용하여 절연을 하며 이상전압 유입으로 인한 장치의 사용 중단을 초래하지 않고 각 모듈의 장애상태를 검지할 수 있다.
- 주변장치와의 통신방식은 RS-422를 표준으로 한다.
- 기타장치와의 통신은 광케이블 또는 광변환 모듈을 사용하여 절연한 후 일반 통신회선을 사용하고 전송거리가 1km이상의 경우에는 RS-422용 전용선 모뎀(4선용)을 추가 사용할 수 있다.
- 광변환모듈 상호간, 전원모듈 상호간에는 전기적으로 절연한다.

○ 광통신부 광변환 모듈

- 광변환모듈은 RS-422신호와 광신호를 상호 변환할 수 있도록 하고 유지보수부와 역제어장치간의 통신에 사용하며 별도의 조정 없이 모든 통신장치에 사용할 수 있다.
- 모듈 전면에는 시험용 버튼을 부착하여 광출력을 측정 및 조정할 수 있다.

[표 3-30] 광통신부 광변환 모듈 사양

구 분	내 용
입력전원	DC 5V
통신채널	RS-422입출력: 2ch, 광입출력: 1ch
통신속도	10Mbit/sec이상
광원의 파장	820nm 또는 850nm
광원의 형태	LED
광출력정격 및 조정범위	-18dB (최대: -14dB, 최소: -22dB)
수신감도	-14 ~ -24dB
전송거리	1km이상
기타사항	전원표시등(녹색), 통신상태표시등 Tx(황색), Rx(녹색), 시험용버튼 및 광출력 조정기
광 점퍼코드	ST형 62.5/125 μ m 다중모드

○ 광통신부 전원 모듈

- 전원모듈은 광변환 모듈의 전원공급용으로 서브랙 별로 공급하도록 한다.

[표 3-31] 광통신부 전원 모듈 사양

구 분	내 용
정격 입력전압	AC 220V, 60Hz, 단상
입력전압 허용범위	AC 176V~264V
정격 출력전압 및 전류	DC 5V / 3A
입력전압에 대한 안정도 (line regulation)	설정된 출력전압의 0.5%이내
출력부하에 대한 출력안정도 (load regulation)	설정된 출력전압의 1%이내
맥동률(ripple) 및 잡음전압(noise)	정격부하에서 50mV 이하
출력전압 조정범위	정격전압의 -5% ~ +15%,
효 율	80%이상
표시등 및 전원스위치	DC출력전원표시등(녹색), 출력전압 측정단자, 전원스위치

- 과전류에 대한 회로보호 기능이 있으며 부하전류가 정격의 1.1 ~ 1.2배 범위에서 보호회로가 동작하며, 보호회로 동작 시 출력전압은 정격의 10%이내, 입력전력은 정격의 30%이내로 감소하며 과전류 원인이 제거된 후 정상상태로 자동 복귀한다.
- 보호회로의 동작 및 복귀 소요시간은 2초 이내이다.

③ 현장출력장치 시험 및 보완

㉔ 조립시험

- 제작된 현장장치에 대해 3차(6월 23일, 7월 7일, 14일)에 걸쳐 조립시험을 실시하였고 그 성적서는 다음과 같다.

KRR

한국철도기술연구원 귀하

발급번호 (Certificate No.) R16-0487
발급일자 (Certification Date) 2016.07.21

시험 성적서 (TESTING CERTIFICATE)

(선사배색장치 및 전자폐색장치용 LED신호기)

KRR 한국철도기술연구원
Korea Railroad Research Institute

우 16105 경기도 의왕시 출도박물관로 176
176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uwang-si,
Gyeonggi-do, 16105, KOREA
TEL : +82-31-460-5506 FAX : +82-31-460-5509

우 16078 경기도 의왕시 가나무로 117
117, Ganamu-ro, Uwang-si,
Gyeonggi-do, 16078, KOREA
TEL : +82-31-460-5506 FAX : +82-31-460-5509

KRR R16-0182|R16-0487|10|KLN|12763|13583|160704|160721
S-QP20-01-(9)

KRR

시험 성적서 (TESTING CERTIFICATE)

Sheet No. : 1 / 16

발급번호 (Certificate No.) R16-0487

신청자 (Client) (상호) 한국철도기술연구원 (대표자) 김기환
(주소) 경기도 의왕시 출도박물관로 176 (별첨)

제조사 (Manufacturer) (상호) 유경제어/혁신전공/세화
(주소) 서울특별시 금천구 가산디지털1로 207/서울시 중구 서애로 3길 19(월동 3가)/대전시 유성구 태크노 2로

접수번호 (Receipt No.) G16-0182

시험일자 (Date of Test) 2016. 07. 07 ~ 2016. 07. 14

품명 (Commodity) 전자폐색장치 및 전자폐색장치용 LED 신호기

시험규격 (Test method used) 신청자 제시규격(한국철도시설공단 승인 조립시험 계획서 : 2016.07.07)

시험환경 (Testing Environment) 온도 : (22 ± 3) °C, 습도 : (54 ± 5) % R.H.

시험기록 (Test Record)
시험 성적서 18 매
총 18 매

시험결과 (Test Result) 상기 시험품의 항목별 상세 시험결과는 별지 시험성적서와 같음.

용도 (Uses) 한국철도시설공단 시설물성능검증위원회 제출용

비고 (Note) : 위는 신청자가 제공한 사료의 시험결과임.
(This result of testing has been made for the commodities provided by the applicant.)

실무자 : 한민수 기술책임자 : 이강현

(Date) 2016 년 07 월 21 일

(Certified by) 한국철도기술연구원장
President of Korea Railroad Research Institute

KRR R16-0182|R16-0487|10|KLN|12763|13583|160704|160721
S-QP20-02-(11)

㉕ 보완사항

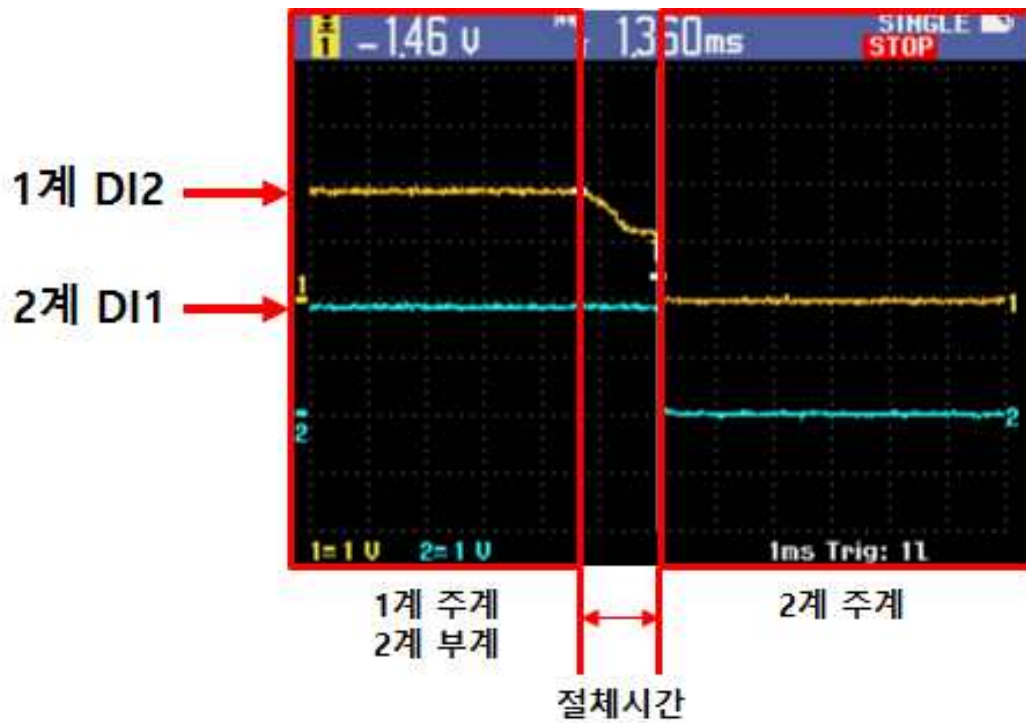
○ 자동 검측 포인트

- 2017년 7월 7일에 수행한 조립시험에서 각종 검측정보에 대한 확인 시험을 진행하였고, 그 결과는 다음과 같다.
- ▷ 검측 항목 : 서브랙 입력전압, 입력전류, Y 신호전류, R 신호전류, G 신호전류, Y1 신호전류

시험 항목 (Test List)	시험 기준 (Test Standard)	시험 결과 (Test Result)
입력전압	DC 24 V ± 5 %	24.030 V
입력전류	실측값 ± 5 % (실측값 : 3.03 A)	3.13 A
Y 신호전류	333 mA 이하일 것	306 mA
R 신호전류		306 mA
G 신호전류		309 mA
Y1 신호전류		305 mA

○ 계 절체시간

- 1계를 주계로 사용하고 있을 때, 1계의 모듈에 문제가 발생하여 2계로 절체 시 걸리는 시간을 오실로스코프를 이용하여 측정하였다.



[그림 3-22] 계 절체시 파형

- 1계의 DI2 값은 주계일 때 High값을 갖고, 2계의 DI1은 부계일 때 High값을 갖는다. 따라서 2계로 절체가 이루어지면 1계의 DI2와 2계의 DI1은 Low로 떨어지게 되고 각각 Low로 떨어지는 시간 차이를 이용하여 절체 시간을 측정할 수 있다. 1계를 주계, 2계를 부계인 상태에서 인위적으로 모듈의 장애를 발생시켜 1계에서 2계로 절체되는 타이밍을 측정한 결과 위 그림과 같이 1.36ms를 나타내었다.

나. LEU 인터페이스 사양서

(1) 개요

(가) LEU 인터페이스 정의

- LEU와 현장출력장치간의 인터페이스 항목을 단등 신호기 및 ATP 정보, LDB 보드 고장정보로 정의

(나) Log 수집 및 분석

- 기술지원시스템을 통해 신호기 전류검측 정보 및 ATP 정보, LDB 보드 고장정보 Log 수집 및 분석

(다) LEU 인터페이스 사양서

- LEU(신호기 및 LDB 보드)와 현장출력장치간 인터페이스 사양서를 작성

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
LEU 인터페이스 정의	- 인터페이스 항목 정의(신호기 인터페이스, LDB보드 고장검지)
Log 수집 및 분석	- 신호기 전류검측 및 LDB 보드 고장정보 수집 및 분석
LEU 인터페이스 사양서	- LEU와 현장출력장치간 인터페이스 사양서 작성

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) LEU 인터페이스 정의

인터페이스 사양	방식	항목	시험방법	시험기준
신호기 인터페이스	결선	전류	기술지원시스템 화면 확인	조립시험 성적서 21. 현장출력장치 각종 검측정보 확인 시험 참고
			TPG 테스트	현장 TPG 테스트 통과 (MD4 일치)
LDB보드 고장검지	결선(접점)	LDB보드 고장	기술지원시스템 화면 확인	현장 동작상태 일치
				조립시험 성적서 16. 현장출력장치 상태정보 확인 시험 참고

(나) Log 수집 및 분석

- 신호기의 현시정보 및 ATP 정보를 기술지원 시스템 화면상에 출력한다. 전류검지를 통해 신호기의 상태를 파악하며 아래 화면에서 ATP 정보는 G(진행), 단등 신호기는 W(백색), 신호기 상태는 정상을 표시한다.
- LEU의 고장감시 계전기 접점을 받아 LDB 보드의 고장검지를 하며 기술지원 시스템 화면에 표시한다. 아래 화면에서 LEU는 정상 상태이다.

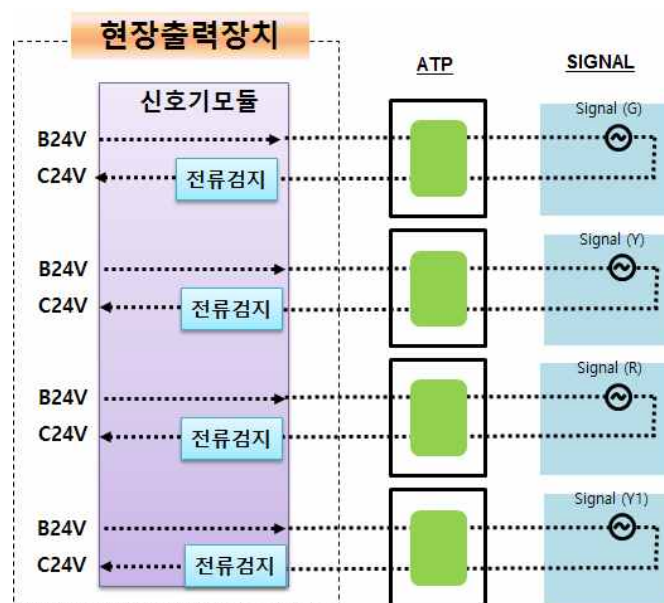


[그림 3-23] 기술지원시스템 화면(LEU 인터페이스)

(다) LEU 인터페이스 사양서

① 신호기 및 ATP 인터페이스

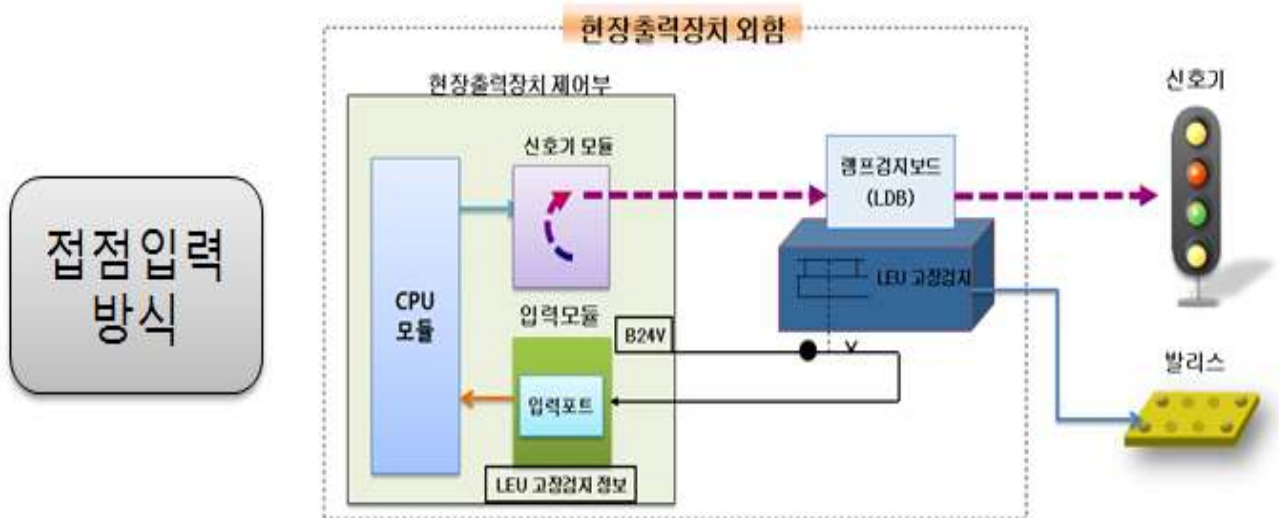
- 현장출력장치의 신호기 모듈은 신호기 현시 정보를 출력하고 전류 검지를 이용하여 해당 신호기의 동작 확인 하고 하위현시에 이용
- 신호기 등별로 개별 전류검지
- 허용된 전류검지값 범위이면 정상 동작으로 인식



[그림 3-24] 신호기 및 ATP(LEU) 인터페이스

② LEU LDB보드 감시

- LEU의 고장검지 계전기의 접점을 입력받아 LEU 고장정보 감시



[그림 3-25] LEU 고장정보 감시(접점입력 방식)

다. AF 궤도회로 인터페이스 사양서

(1) 개요

(가) AF 궤도회로 인터페이스 정의

- AF 궤도회로 장치와 현장출력장치간의 인터페이스 항목을 궤도회로 점유정보, 궤도회로 상태정보로 정의.

(나) Log 수집 및 분석

- 기술지원시스템을 통해 현장출력장치, 역제어장치로부터 전송받은 AF 궤도회로 점유정보 및 상태정보 Log 수집 및 분석

(다) AF 궤도회로 인터페이스 사양서

- AF 궤도회로와 현장출력장치간 인터페이스 사양서를 작성

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
AF 궤도회로 인터페이스 정의	- 인터페이스 항목 정의(궤도회로 점유정보, 궤도회로 상태정보)
Log 수집 및 분석	- AF 궤도회로 점유정보, 상태정보 수집 및 분석
AF 궤도회로 인터페이스 사양서	- AF 궤도회로장치와 현장출력장치간 인터페이스 사양서 작성

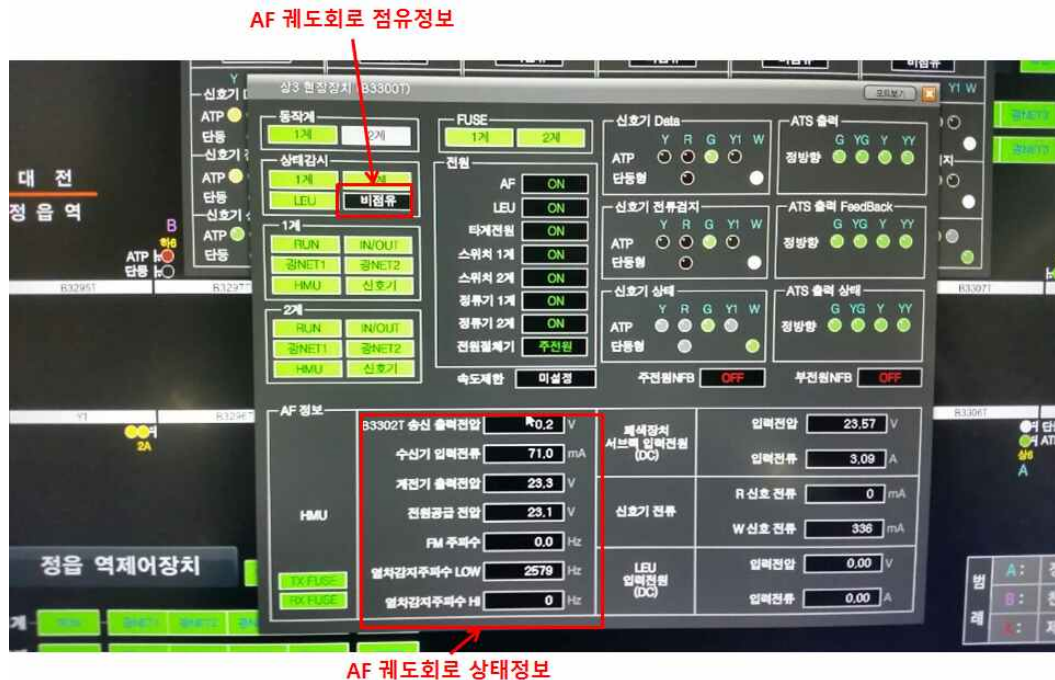
(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) AF 궤도회로 인터페이스 정의

인터페이스 사양	방식	항목	시험방법	시험기준
궤도회로 점유정보	접점	점유정보	기술지원시스템 확인	현장 AF 궤도회로 궤도계전기 동작, IN/OUT모듈 궤도 입력 상태, 기술지원시스템 점유/비점유 상태 일치 확인
궤도회로 상태정보	통신	상태정보	기술지원시스템 확인	현장출력장치 상태표시모듈 확인
				조립시험 성적서 20. 현장출력장치 AF 궤도회로 정보 확인 시험 참고

(나) Log 수집 및 분석

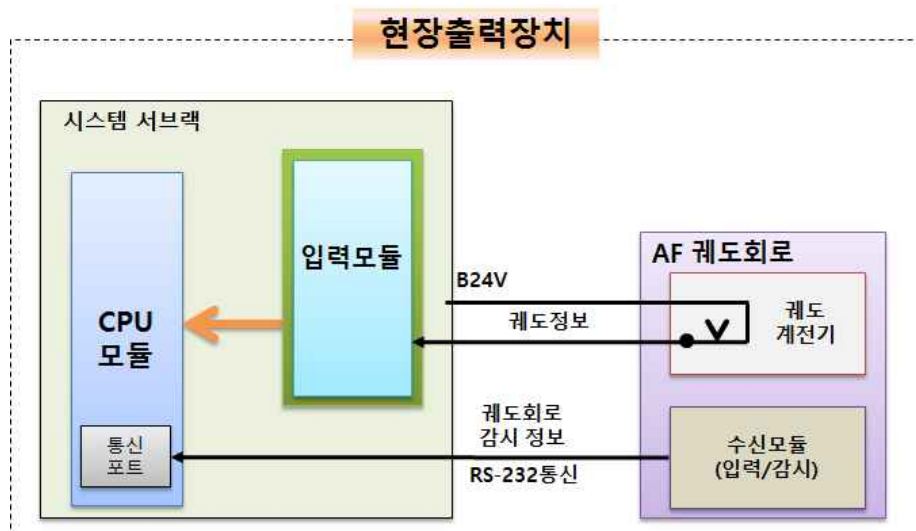
- AF 궤도회로 궤도계전기의 접점을 입력받아 점유상태를 기술지원시스템 화면에 표시한다. 아래 화면에서 궤도는 비점유 상태이다.
- RS-232 통신을 이용하여 입력받은 AF 궤도회로 상태정보를 기술지원 시스템 화면에 표시한다. 아래 화면의 상3 현장출력장치에서 송신 출력전압은 10.2V, 수신전류는 71.0mA, 계전기 전압은 23.3V, DC 전압은 23.1V이다.



[그림 3-26] 기술지원시스템 화면(AF 궤도회로 인터페이스)

(다) AF 궤도회로 인터페이스 사양서

- ① 궤도 점유 정보
 - AF궤도회로의 궤도계전기의 접점을 입력 받아 궤도 점유 여부 획득
- ② 궤도회로 상태정보
 - AF궤도회로가 제공하는 감시데이터인 송신전압, 수신전류, 계전기전압, DC전압 등을 시리얼 전송포트를 이용하여 수신
 - RS-232 방식, 9600bps



[그림 3-27] AF 궤도회로 인터페이스

라. 전기기술 지원시스템 인터페이스 사양서

(1) 개요

(가) 전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양 정의

○ 역제어장치의 상태정보를 정의

(나) 시험항목 및 시험기준 도출

○ 현장출력장치와 역제어장치의 정보를 실시간으로 전기설비기술지원시스템에 표출하고, 전송된 데이터를 조회한다.

(다) 전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양서

○ 역제어장치와 전기설비기술지원시스템간 인터페이스 사양서 작성

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양 정의	-역제어장치와 인터페이스 사양 정의
시험항목 및 시험기준 도출	-전기설비기술지원시스템 실시간 정보표출 -데이터 조회
전기설비기술 지원시스템 인터페이스 사양서	-역제어장치와 전기설비기술지원시스템간 인터페이스 사양서 작성

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 전기설비기술지원시스템 인터페이스 사양 정의

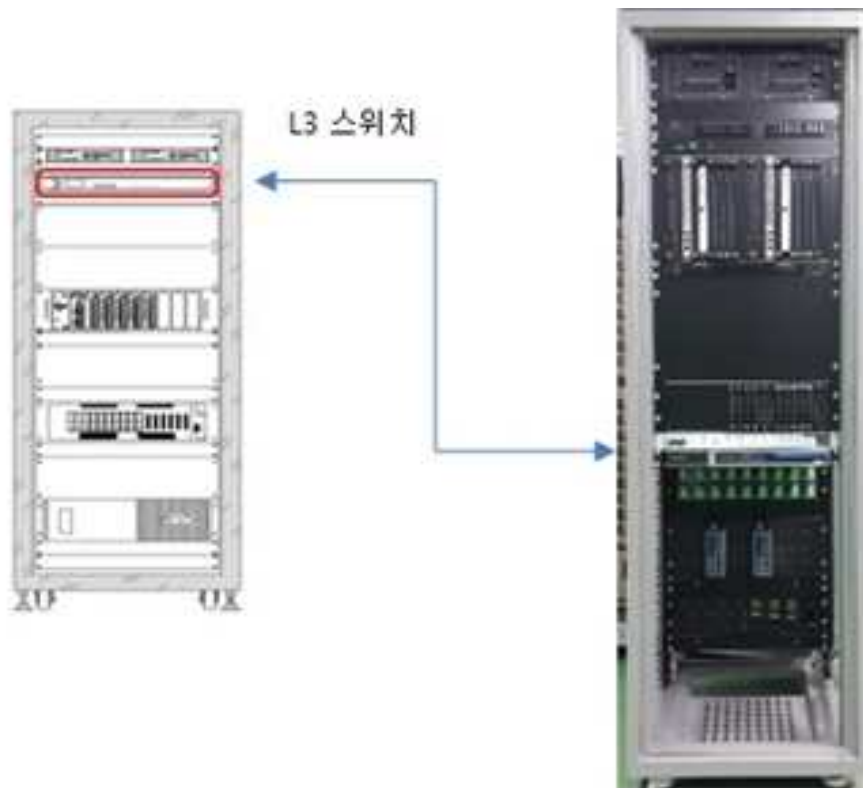
인터페이스 사양	구분	상세정보
현장출력장치	상태정보	동작상태
		전원상태
		신호기상태
	AF궤도회로	점유상태
		AF 검측값
역제어장치	상태정보	역제어장치 상태
		신호 출력상태

(나) 시험항목 및 시험기준 도출

인터페이스 사양	항목	시험방법	시험기준
현장출력장치	상태정보	전기설비기술지원 시스템 확인	현장출력장치의 상태정보와 전기설비기술지원시스템에서 표출하고 있는 정보가 동일한지 확인
	AF 궤도회로 정보	전기설비기술지원 시스템 확인	현장출력장치에서 수집한 AF궤도회로정보와 전기설비기술지원시스템에서 표출하고있는 정보가 동일한지 확인
역제어장치	상태정보	전기설비기술지원 시스템 확인	역제어장치의 상태정보와 전기설비기술지원시스템에서 표출하고 있는 정보가 동일한지 확인

(다) 전기설비기술지원시스템 인터페이스 사양서

- 역제어장치와 전기설비기술지원시스템(데이터수집장치)간 이더넷 통신 구성
- 역제어장치를 통한 현장출력장치 및 역제어장치 정보 수집



[그림 3-28] 전기설비기술지원시스템(수집장치)와 역제어장치간 인터페이스

마. 전자폐색장치 LED형 신호기

(1) 개요

(가) 전자폐색 LED형 신호기 정의

- 폐색용 DC24V LED형 단등 신호기

(나) 시험항목 및 시험기준 도출

- 현장출력장치에서 출력되는 단등형 LED신호기 점등상태를 실시간으로 전기설비기술지원시스템에 표출하고, 전송된 데이터를 조회한다.

(다) 전자폐색 LED형 신호기 사양서

- 전자폐색 LED형 신호기 사양서 정의

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
DC24V 단등형 신호기 개발	-DC24V, 소비전력 8W미만
시험항목 및 시험기준 도출	-전기설비기술지원시스템 실시간 정보표출 -데이터 조회

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 인터페이스 사양 정의

인터페이스 사양	구분	상세정보
현장출력장치	DC전압	백색등 점등, 소등
		적색등 점등, 소등

(나) 시험항목 및 시험기준 도출

인터페이스 사양	항목	시험방법	시험기준
현장출력장치	상태정보	전기설비기술지원 시스템 확인	단등형 신호등 점등 상태가 전기설비기술지원시스템에서 표출하고 있는 정보가 동일한지 확인

바. 공인기관 성적서

(1) 개요

(가) 공인기관 시험

① 현장출력장치

- 전자폐색 현장출력장치에 대해 2015년 7월 14일~20일에 걸쳐 공인기관 시험을 수행.

② 역제어장치

- 전자폐색 역제어장치에 대해 2015년 3~6월 공인기관 시험을 수행.

(나) 공인기관 시험인증서 획득

① 현장출력장치

- 진동시험, 온도시험, 절연저항 및 절연내력시험, EMI 및 EMS 시험에 대해 공인기관 시험인증서 획득

② 역제어장치

- 3U정류기, 6U전원모듈, 입력모듈, 출력모듈 성능시험 및 EMI 및 EMS 시험에 대해 공인기관 시험인증서 획득

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
공인기관 시험	- 현장출력장치 공인기관 시험 수행 - 역제어장치 공인기관 시험 수행
공인기관 시험인증서 획득	- 현장출력장치 공인기관 시험인증서 획득 완료 - 역제어장치 공인기관 시험인증서 획득 완료

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 현장출력장치

① 진동, 온도, 절연저항 및 절연내력시험 시험인증서



주식회사 케이이에스
 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
 Tel : +82-31-423-6200 / Fax : +82-31-424-0450
 www.kes.co.kr

발급번호 :
 KES-SA-15T10352
 페이지 : 1 / 1

시험 성적서

- 신청인**
 ○ 기 관 명 : 유경제어㈜
 ○ 주 소 : 서울시 금천구 가산디지털1로 206(가산동)
 ○ 의뢰일자 : 2015년 07월 14일
- 제 조 자** : 유경제어㈜
- 시험성적서 용도** : 국토교통과학기술진흥원 제출용
- 시험대상품목 또는 물질, 시료명** : 통합형 전자폐색 제어장치, YK-EABS
- 시험기간** : 2015년 07월 14일 ~ 2015년 07월 20일
- 시험방법** : 신청자 제시 규격(통합형 전자폐색 제어장치 제작사양서)
- 시험환경** : (23.0 ± 5.0) °C, (50 ± 25) % R.H.
- 시험결과** : 시험결과 참조

본 성적서 위의 내용은 시험의뢰인명, 시험 규격명, 시험명, 환경명, 용도 이외의 사항을 증명합니다.

확 인 시험자 성명 : 오 현 석	승인자 (기술책임자) 성명 : 이 관 선
---------------------------------	---------------------------

2015년 07월 21일

주식회사 케이이에스
 안양시험장 : 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
 TEL : 031)425-6200 FAX : 031)424-0450
 여주시험장 : 경기도 여주시 가여로 473-29 (허가동)
 TEL : 031)883-5092 FAX : 031)883-5189

본 시험성적서는 케이이에스의 서면 동의없이 무단 복제 및 재사용 할 수 없습니다.
 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 용도에 한합니다.

KES-P-5101-13 Rev. 1
KES
A4

[그림 3-29] 진동, 온도, 절연저항 및 절연내력시험 시험성적서

② EMI 및 EMS 시험인증서



주식회사 케이이에스
 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
 Tel : +82-31-423-6200 / Fax : +82-31-424-0450
 www.kes.co.kr

발급번호 :
 KES-41-15T0218
 페이지 (1) / (3)

시험성적서

- 신청인**
 ○ 기 관 명 : 유경제어㈜
 ○ 주 소 : 서울시 광명구 가산 디지털 1로 206(가산동)
 ○ 의뢰일자 : 2015년 07월 14일
- 제 조 자** : 유경제어㈜
- 제 품 명** : 통합형 전자폐색 현장출력장치
- 모 델 명** : YK-EABS
- 시험기간** : 2015년 07월 14일 ~ 2015년 07월 16일
- 시험방법** : KS C IEC 62236-4 : 2006 (2011확인)
- 시험환경** : 시험데이터참조
- 시험성적서용도** : 국토교통과학기술진흥원 제출용
- 시험결과** : ■ 적합 □ 부적합

확 인 시험자 성명 : 최태중	승인자 (시험책임자) 성명 : 장동훈
-------------------------------	-------------------------

2015년 07월 21일

주식회사 케이이에스
 안양시험장 : 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
 TEL : 031) 423-6200, FAX : 031) 424-0450
 여주시험장 : 경기도 여주시 가여로 473-29 (허가동)
 TEL : 031)883-5092 FAX : 031)883-5189

본 시험성적서는 케이이에스의 서면 동의없이 무단 복제 및 재사용 할 수 없습니다.
 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 용도에 한합니다.

KES-P-5101-13 Rev.1
KES
A4

[그림 3-30] EMI 및 EMS 시험성적서

(나) 억제어장치

① 3U정류기 성능시험 성적서



주식회사 케이 이 에스
경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
Tel : 031-425-6200 / Fax : 031-424-0450
www.kes.co.kr

발급번호 :
KES-SA-15T0067
페이지 : 1 / 7

시 험 성 적 서

1. 신 청 인
 ○ 기 관 명 : ㈜혁신전공사
 ○ 주 소 : 서울특별시 중구 서해로3길 19 (필동3가)
 ○ 의뢰일자 : 2015년 03월 04일

2. 제 조 사 : ㈜혁신전공사

3. 시험성적서 용도 : 한국철도시설공단 제출용 (시설물 성능 검증)

4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 전자연동장치, 3U 정류기

5. 시험기간 : 2015년 03월 09일 ~ 2015년 03월 09일

6. 시험방법 : 신청자 제시 시험방법 (KRS SG 0015 - 13R : 전자연동장치)

7. 시험환경 : (23.0 ± 5.0) °C, (50 ± 25) % R.H.

8. 시험결과 : 시험결과 참조

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인명, 시험, 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

확인 시험자 성명 : 오 현 석	승인자 (기술책임자) 성명 : 이 병 일
-------------------------	---------------------------

2015년 03월 09일

주식회사 케이 이 에스 (인)

안양시험장 : 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
 TEL : 031)425-6200 FAX : 031)424-0450
 여주시험장 : 경기도 여주시 가여로 473-29 (하거동)
 TEL : 031)883-5092 FAX : 031)883-5169

본 시험성적서는 ㈜케이 이 에스의 서면 동의없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.
본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다

KES-P-5101-13 Rev. 1
KES
A4

[그림 3-31] 3U정류기 시험성적서

② 6U전원모듈 성능시험 성적서



주식회사 케이 이 에스
경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
Tel : 031-425-6200 / Fax : 031-424-0450
www.kes.co.kr

발급번호 :
KES-SA-15T0069
페이지 : 1 / 11

시 험 성 적 서

1. 신 청 인
 ○ 기 관 명 : ㈜혁신전공사
 ○ 주 소 : 서울특별시 중구 서해로3길 19 (필동3가)
 ○ 의뢰일자 : 2015년 03월 04일

2. 제 조 사 : ㈜혁신전공사

3. 시험성적서 용도 : 한국철도시설공단 제출용 (시설물 성능 검증)

4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 전자연동장치 연동논리부 전원모듈, 6U DC/DC

5. 시험기간 : 2015년 03월 05일 ~ 2015년 03월 06일

6. 시험방법 : KRS SG 0015-13R : 전자연동장치

7. 시험환경 : (23.0 ± 5.0) °C, (50 ± 25) % R.H.

8. 시험결과 : 시험결과 참조

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

확인 시험자 성명 : 오 현 석	승인자 (기술책임자) 성명 : 이 병 일
-------------------------	---------------------------

2015년 03월 13일

주식회사 케이 이 에스 (인)

안양시험장 : 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
 TEL : 031)425-6200 FAX : 031)424-0450
 여주시험장 : 경기도 여주시 가여로 473-29 (하거동)
 TEL : 031)883-5092 FAX : 031)883-5169

본 시험성적서는 ㈜케이 이 에스의 서면 동의없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.
본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다

KES-P-5101-13 Rev. 1
KES
A4

[그림 3-32] 6U전원모듈 시험성적서

③ 입력모듈 성능시험 성적서



주식회사 케이 이 에스
경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
Tel : +82-31-425-6200 / Fax : +82-31-424-0450
www.kes.co.kr

발급번호 :
KES-SA-15T0084
페이지 : 1 / 11

시험 성적서

1. 신 청 인
 - 기 관 명 : (주)혁신전공사
 - 주 소 : 서울특별시 중구 서대로3길 19 (필동 3가)
 - 의뢰일자 : 2015년 03월 26일
2. 제 조 사 : (주)혁신전공사
3. 시험성적서 용도 : 한국철도시설공단 제출용 (시설물 성능 검증)
4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 전자연동장치 연동논리부 입력모듈, 입력모듈 (N카드)
5. 시험기간 : 2015년 03월 27일 ~ 2015년 03월 27일
6. 시험방법 : KRS SG 0015 - 13R : 전자연동장치
7. 시험환경 : (23.0 ± 5.0) °C, (50 ± 25) % R.H.
8. 시험결과 : 시험결과 참조

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

확 인	시험자 성명 : 이 병 일 	승인자 (기술책임자) 성명 : 이 강 선 
--------	---	---

2015년 03월 30일

주식회사 케이 이 에스 (인)

안양시험장 : 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
TEL : 031)425-6200 FAX : 031)424-0450
여주시험장 : 경기도 여주시 가여로 473-29 (하거동)
TEL : 031)883-5092 FAX : 031)883-5169

본 시험성적서는 (주)케이 이 에스의 지면 동의없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.
본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 항목에 한합니다

KES-P-5101-13 Rev. 1
KES
A4

[그림 3-33] 입력모듈 시험성적서

④ 출력모듈 성능시험 성적서



주식회사 케이 이 에스
경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
Tel : +82-31-425-6200 / Fax : +82-31-424-0450
www.kes.co.kr

발급번호 :
KES-SA-15T0085
페이지 : 1 / 6

시험 성적서

1. 신 청 인
 - 기 관 명 : (주)혁신전공사
 - 주 소 : 서울특별시 중구 서대로3길 19 (필동 3가)
 - 의뢰일자 : 2015년 03월 26일
2. 제 조 사 : (주)혁신전공사
3. 시험성적서 용도 : 한국철도시설공단 제출용 (시설물 성능 검증)
4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 전자연동장치 연동논리부 출력모듈, 출력모듈 (OUT카드)
5. 시험기간 : 2015년 03월 27일 ~ 2015년 03월 27일
6. 시험방법 : KRS SG 0015 - 13R : 전자연동장치
7. 시험환경 : (23.0 ± 5.0) °C, (50 ± 25) % R.H.
8. 시험결과 : 시험결과 참조

이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

확 인	시험자 성명 : 이 병 일 	승인자 (기술책임자) 성명 : 이 강 선 
--------	---	---

2015년 04월 03일

주식회사 케이 이 에스 (인)

안양시험장 : 경기도 안양시 동안구 시민대로 365번길 40, C-3701
TEL : 031)425-6200 FAX : 031)424-0450
여주시험장 : 경기도 여주시 가여로 473-29 (하거동)
TEL : 031)883-5092 FAX : 031)883-5169

본 시험성적서는 (주)케이 이 에스의 지면 동의없이 무단 전재 및 복사를 할 수 없습니다.
본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 항목에 한합니다

KES-P-5101-13 Rev. 1
KES
A4

[그림 3-34] 출력모듈 시험성적서

⑤ 전자과 시험 성적서



주식회사 케이이에스
경기도 안양시 동안구 시련대로 365(원동 40, C-3701)
Tel : 82-31-425-6200 / Fax : 82-31-424-0450
www.kes.co.kr

발급번호 :
KES-EI-15T0199
페이지 : (1) / (32)

시험성적서

1. 신청인
 - 기관명 : (주)혁신전공사
 - 주소 : 서울특별시 중구 필동 3가 25-15
 - 의뢰일자 : 2015년 06월 05일
2. 제조자 : ㈜혁신전공사
3. 제품명 : 전자파색역제이장치
4. 모델명 : HS-전자파색-001, HS-유지보수-001
5. 시험기간 : 2015년 06월 08일 ~ 2015년 06월 09일
6. 시험방법 : KS C CISPR 11, KS C IEC 61000 4 2, 3, 4, 5, 6
7. 시험환경 : 시험테이더룸조
8. 시험성적서 용도 : 한국월도시원공단 제출용 (시설물 성능검증)
9. 시험결과 : ☒ 적합 ☐ 부적합

시험자 확인 : 김 장 현 	승인자 (시험책임자) 성명 : 장 동 훈 
---	---

2015년 06월 29일

주식회사 케이이에스 

안양지점 : 경기도 안양시 동안구 시련대로 365(원동 40, C-3701)
 TEL : 821 425-6200, FAX : 821 424-0450
 여주지점 : 경기도 여주시 가버로 473-29 (48가동)
 TEL : 821 429-6200 FAX : 821 883-5169

본 시험성적서는 (주)케이이에스의 시험 결과에 따라 발급된 것으로, 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 결과에 한합니다.

KES-P-5101-13 Rev.1
KES
A4

[그림 3-35] 전자과 시험성적서

사. 유지보수 및 운영매뉴얼

(1) 개요

(가) 유지보수매뉴얼

① 현장출력장치

- 궤도회로의 연쇄조건에 의해 폐색 구간 내 폐색제어를 수행하기 위해 선로변에 설치되는 현장출력장치에 대한 유지보수매뉴얼을 작성. 현장출력장치는 역제어 장치로부터 제어명령을 수신 받아 현장의 단등 신호기, 열차자동정지장치(ATS) 등을 제어하고 선로변 각종 장치에 대한 감시기능을 수행.

② 역제어장치

- 역제어장치에 대한 유지보수 매뉴얼을 작성

(나) 운영매뉴얼

① 현장출력장치

- 선로변에 설치된 현장출력장치의 운영매뉴얼을 작성

② 역제어장치

- 계전기실에 설치된 역제어장치의 운영매뉴얼을 작성

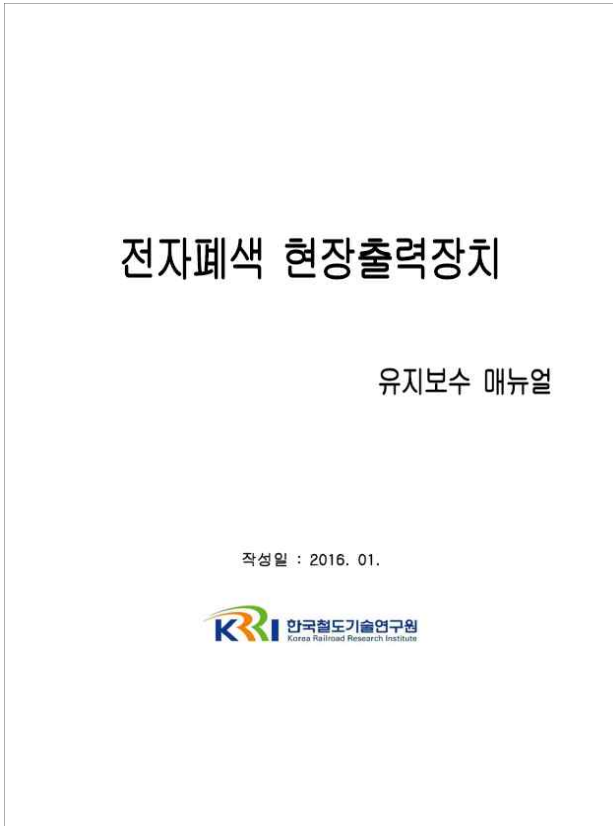
(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
유지보수매뉴얼	- 현장출력장치 유지보수매뉴얼 작성 - 역제어장치 유지보수매뉴얼 작성
운영매뉴얼	- 현장출력장치 운영매뉴얼 작성 - 역제어장치 운영매뉴얼 작성

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 유지보수매뉴얼

① 현장출력장치

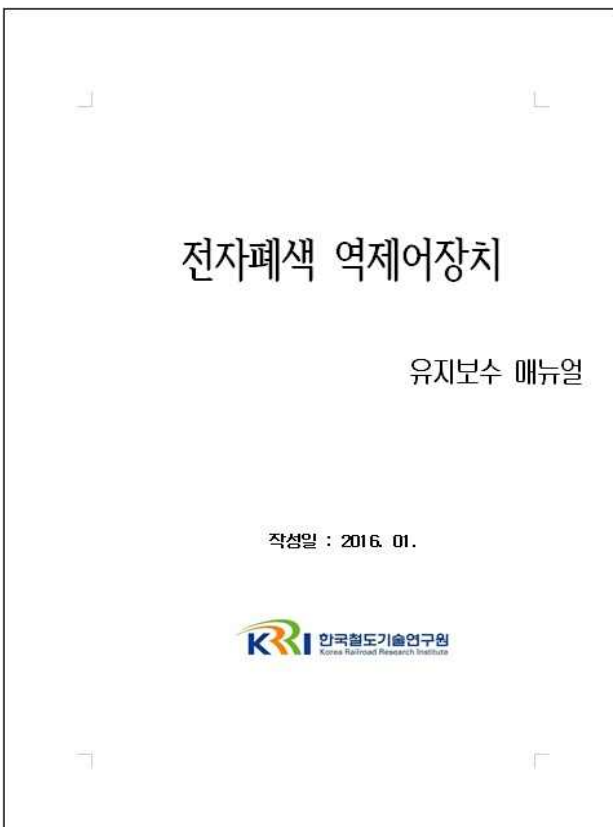


[그림 3-36] 현장출력장치 유지보수 매뉴얼 표지

- 목 차 -	
1. 현장출력장치	1
1.1 전자폐색 현장출력장치 기능	3
1.2 전자폐색 현장출력장치 사양	4
1.3 네트워크 구성	22
1.4 인터페이스	25

[그림 3-37] 현장출력장치 유지보수 매뉴얼 목차

② 역제어장치

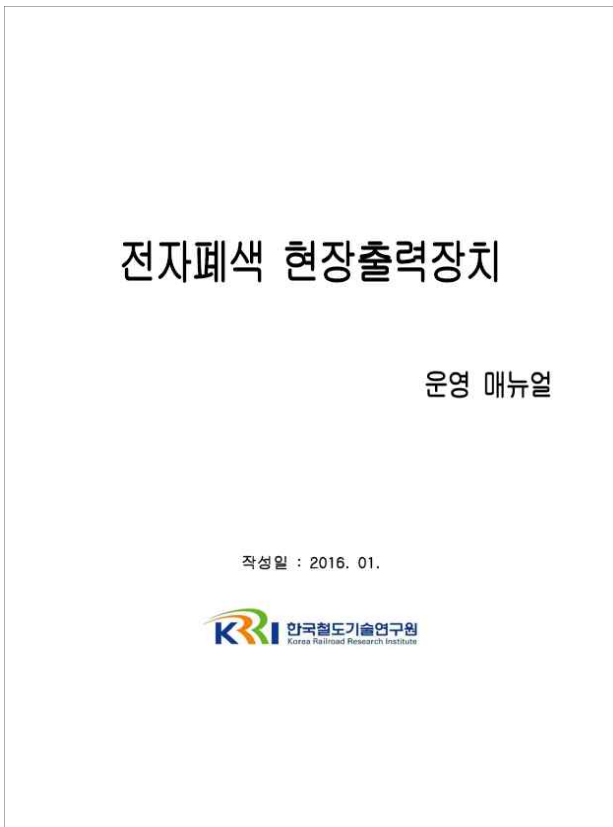


[그림 3-38] 역제어장치 유지보수 매뉴얼 표지

- 목 차 -	
1. 역제어장치	1
1.1 역제어장치 기능	4
1.2 역제어장치 사양	5
1.3 네트워크 구성	11
1.4 인터페이스	13

[그림 3-39] 역제어장치 유지보수 매뉴얼 목차

(나) 운영매뉴얼
① 현장출력장치

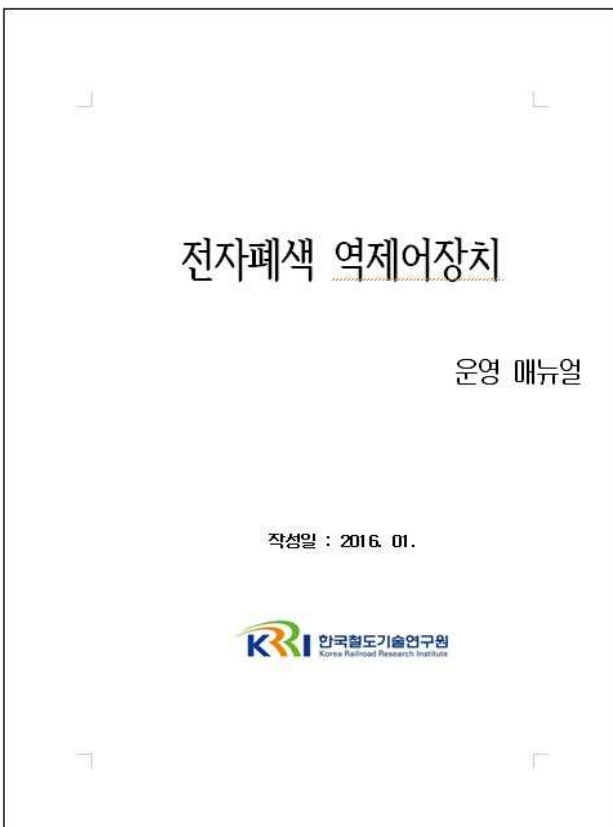


[그림 3-40] 현장출력장치 운영 매뉴얼 표지

- 목 차 -	
1. 현장출력장치	1
1.1 전자폐색 현장출력장치 기능	3
1.2 유지보수 요령	4

[그림 3-41] 현장출력장치 운영 매뉴얼 목차

② 역제어장치



[그림 3-42] 역제어장치 운영 매뉴얼 표지

- 목 차 -	
1. 역제어장치	1
1.1 역제어장치 기능	4
1.2 유지보수 요령	5

[그림 3-43] 역제어장치 운영 매뉴얼 목차

아. 공인기관 현장시험 성적서 및 성능평가 보고서

(1) 개요

(가) 현장 시험 계획

① 현장 시험 구성품

○ 억제어장치

- 억제어장치는 시스템 1계, 2계가 동일하게 2중계로 구성하고 19인치 표준랙 크기로 제작
- 억제어장치 1Set는 아래표와 같이 구성하고 정읍역과 천원역에 각각 1Set, 총 2Set를 설치

○ 현장출력장치

- 현장출력장치는 시스템 1계, 2계가 동일한 2중계로 구성하고 아웃도어랙 형태의 외함을 사용하며 내부는 19인치 표준랙 크기로 제작
- 현장출력장치 1Set는 아래표와 같이 구성하며 총 12Set를 설치

[표 3-32] 전자폐색 억제어장치 구성품(1Set)

항목	단위	수량
19인치랙	대	1
퓨즈레일	개	1
정류기	조	1
전원 모듈	개	2
CPU 모듈	개	2
인터페이스 모듈	개	2
COM 모듈	개	2
IN 모듈	개	4
OUT 모듈	개	4
광분배함	개	1
OPT 전원모듈	개	2
OPT 모듈	개	8
디바이스 서버	개	1
계전기 플레이트	개	1
소형 계전기	개	18
광 S/W	개	2
절연 트랜스	개	1

[표 3-33] 전자폐색 현장출력장치 구성품(1Set)

항목	단위	수량
기구함	대	1
퓨즈레일	개	1
정류기	조	1
CPU모듈	개	2
I/O모듈	개	2
SIGNAL 모듈	개	2
상태표시모듈	개	1
전원 모듈	개	2
네트워크 스위치	개	2
광분배함	개	1
다운트랜스	개	1
낙뢰방지트랜스	개	1
NFB스위치	개	2
서지프로텍터	개	2
무극선조계전기	개	2

○ 전기기술지원시스템

- 기존 전기기술 지원시스템 설비에 추가 설비를 수용하여 전자폐색장치로 운영하는 구간에 대한 모니터링 수행

○ 신호기

- 신규로 설치되는 신호기는 단등형 신호기로 기존 폐색 신호기가 위치한 12개소에 설치

○ 네트워크 구성

- 전자폐색장치는 정읍역, 천원역에 설치되는 역제어장치와 정읍~천원 폐색에 설치되는 현장출력장치와 광통신을 이용한 2중화 링 네트워크를 구성하여 한 회선에서 통신 장애가 발생하더라도 전자폐색장치가 정상적인 기능 수행 가능

② 현장 부설시험

○ 기간: 2016.10 ~ 2017.04

○ 대상: 역제어장치 2대(정읍역, 천원역), 현장출력장치 12대(상선 6대, 하선 6대), 역제어장치용 유지보수부 2대, 전기기술 지원시스템(개수), 신호기 12대(상선 6대, 하선 6대)

○ 장소: 호남선 정읍~천원 간 폐색 구간 및 정읍역/천원역 신호기계실

○ 방법

- 역제어장치 2대를 각각 정읍역과 천원역 신호기계실에 설치하고 역제어장치용 유지보수부를 정읍역, 천원역 신호기계실에 설치하며 기존 정읍역에 설치되어 있는 전기기술 지원시스템을 전자폐색장치에 적합하도록 개수한다.
- 현장출력장치 12대(상선 6대, 하선 6대)를 정읍 ~ 천원 폐색구간에 설치하고 기존 LEU, ATS, AF 궤도회로장치와 인터페이스하며 역제어장치와의 광통신을 통해 폐색 및 신호제어를 수행한다.
- 기존 신호기 외의 전자폐색장치용 단등 신호기를 별도로 설치한다.
- 기존 ABS 및 전자폐색장치와의 병렬 운영 및 현차시험을 수행한다.
- 병렬 운전 종료 후 전자폐색장치 단독 운영 및 시험을 수행한다.
- 단독 운영 및 시험 단계에서 공인시험기관인 한국철도기술연구원 철도안전인증연구소로부터 성능시험을 받는다.

(나) 현장 성능 평가

① 설치 및 기능시험

○ 현장설치 장소

- 정읍역, 천원역, 정읍~천원 간 폐색 구간(상선 6개소, 하선 6개소)

○ 현장 설치

[표 3-34] 현장설치 내역

구 분	설치위치	수 량	비 고
역제어장치	정읍역	1대	
	천원역	1대	
역제어장치 유지보수부	정읍역	1대	
	천원역	1대	
전기기술 지원시스템	정읍역/천원역	기존 설비 개수	정읍역(집합형 CSU) 천원역(단독형 CSU, L2 스위치)
현장출력장치 기초대	전자폐색장치 설치 위치	12개소	
현장출력장치	정읍~천원 간 폐색구간 내 ABS 옆 (상선 6개소, 하선 6개소)	12대	
광케이블	정읍역 신호기계실~선로변~천원역 신호기계실	6.7Km	보호관사용
전원케이블	ABS~현장출력장치	450m	12개소
단등 신호기	정읍~천원 간 폐색구간 내 기존 신호기 기주	12대	

② 시험열차 운행 시험

○ 현장설치 장소

- 정읍역, 천원역, 정읍~천원 간 폐색 구간(상선 6개소, 하선 6개소)

○ 시험 순서

- 기존 ABS → 신규 전자폐색 절체
- 시험 열차 운행(정읍~천원)
- 신규 전자폐색 → 기존 ABS 절체

○ 시험 일정

- 정읍~천원 간을 일일 2회 편도 운행하며 병렬운전시험 10일간 총 20회 운행을 실시한다.

○ 시험 시나리오

- 10일에 걸쳐 전자폐색장치에 의한 열차 운행시험을 실시하며 정상운행, 인접역 제어, 고립 시험, 광통신 단절 시험, 고립 및 광통신 단절 시험을 통해 전자폐색장치의 기능을 검증한다. 10일 중 8일차, 9일차에는 시험 인증센터에 의한 공인기관 시험을 실시한다.
- 하루에 상선 또는 하선에서만 시험을 실시하고 1회차 시험 후 복귀 시에는 반대선으로 기존 자동폐색장치의 제어를 통해 운행한다.

(다) 공인기관 현장시험 성적서 및 성능평가 보고서

① 공인기관 시험성적서 획득



한국철도기술연구원 귀하	발급번호 (Certificate Number) R17-0120 발급일자 (Certification Date) 2017.02.15
 시험성적서 (TESTING CERTIFICATE) <u>(전자폐색장치 병렬운전시험)</u>  한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute	
우 16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do, 16105, KOREA TEL : +82-31-460-5506 FAX : +82-31-460-5509	우 16078 경기도 의왕시 가나무로 117 117, Ganamu-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do, 16078, KOREA TEL : +82-31-460-5506 FAX : +82-31-460-5509

KRRI

R|G17-0017|R17-0120|10|KLN|12763|13583|170109|170215
S-QP20-01-(9)

② 성능평가 보고서

○ 현장설치 시험 결과

- 정읍역 및 천원역

전자폐색 역제어장치 체크리스트			시험일자	2016.11.10
			시험자	오승택
			시험 개소	정읍역
점검항목	점검내용	점검 결과		
1	역제어장치 동작 상태 확인	역제어장치의 동작 상태를 외부 LED를 확인하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	✓
2	역제어장치 CPU 절제시험	동작계 CPU의 시스템 종료 또는 프로그램을 종료 하여 대기계 CPU가 정상적으로 동작계로 절제 되는지 확인한다.	양호함	✓
3	통신라인 절제시험	광통신 링네트워크 2중계 동작 중 한회선의 통신라인에 장애를 발생하게 하여 다른 회선으로 역제어장치와의 통신이 정상적으로 이루어 지는지 확인한다.	양호함	✓
4	모뎀통신 장애시험	역제어장치간(역간 통신) 모뎀 통신 상태에 이상이 없는지 확인하고 통신 단절 시 장애 메시지가 정상적으로 표출되는지 확인한다.	양호함	✓
5	역장치 제어권 시험	역제어장치를 장애상태로 만들어 현장출력장치를 제어하지 못하게 할 경우 인접역에서 제어권을 획득하여 정상적으로 소속구간을 제어하는지 확인한다.	양호함	✓
6	입출력 모듈 확인	입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	✓
7	DSU 확인	역간통신용 DSU 동작상태를 확인한다.	양호함	✓
8	멀티포트 확인	기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작상태 확인	양호함	✓
9	현장장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인	현장출력장치 인터페이스용 광 S/W 전원 상태 및 동작상태 확인	양호함	✓
10	커넥터 점검	단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호함	✓
비고				

전자폐색 역제어장치 체크리스트			시험일자	2016.11.11
			시험자	오승택
			시험 개소	천원역
점검항목	점검내용	점검 결과		
1	역제어장치 동작 상태 확인	역제어장치의 동작 상태를 외부 LED를 확인하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	✓
2	역제어장치 CPU 절제시험	동작계 CPU의 시스템 종료 또는 프로그램을 종료 하여 대기계 CPU가 정상적으로 동작계로 절제 되는지 확인한다.	양호함	✓
3	통신라인 절제시험	광통신 링네트워크 2중계 동작 중 한회선의 통신라인에 장애를 발생하게 하여 다른 회선으로 역제어장치와의 통신이 정상적으로 이루어 지는지 확인한다.	양호함	✓
4	모뎀통신 장애시험	역제어장치간(역간 통신) 모뎀 통신 상태에 이상이 없는지 확인하고 통신 단절 시 장애 메시지가 정상적으로 표출되는지 확인한다.	양호함	✓
5	역장치 제어권 시험	역제어장치를 장애상태로 만들어 현장출력장치를 제어하지 못하게 할 경우 인접역에서 제어권을 획득하여 정상적으로 소속구간을 제어하는지 확인한다.	양호함	✓
6	입출력 모듈 확인	입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	✓
7	DSU 확인	역간통신용 DSU 동작상태를 확인한다.	양호함	✓
8	멀티포트 확인	기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작상태 확인	양호함	✓
9	현장장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인	현장출력장치 인터페이스용 광 S/W 전원 상태 및 동작상태 확인	양호함	✓
10	커넥터 점검	단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호함	✓
비고				

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
현장 시험 계획	- 기간: 2016.10 ~ 2017.04 - 대상: 역제어장치 2대(정읍역, 천원역), 현장출력장치 12대(상선 6대, 하선 6대), 역제어장치용 유지보수부 2대, 전기기술 지원시스템(개수), 신호기 12대(상선 6대, 하선 6대) - 장소: 호남선 정읍~천원 간 폐색 구간 및 정읍역/천원역 신호기계실 - 시험 방법 · 역제어장치 2대를 각각 정읍역과 천원역 신호기계실에 설치하고 역제어장치용 유지보수부를 정읍역, 천원역 신호기계실에 설치하며 기존 정읍역에 설치되어 있는 전기기술 지원시스템을 전자폐색장치에 적합하도록 개수 · 현장출력장치 12대(상선 6대, 하선 6대)를 정읍 ~ 천원 폐색구간에 설치하고 기존 LEU, ATS, AF 궤도회로장치와 인터페이스하며 역제어장치와의 광통신을 통해 폐색 및 신호제어 수행 · 기존 신호기 외의 전자폐색장치용 단등 신호기를 별도로 설치 · 기존 ABS 및 전자폐색장치와의 병렬 운영 및 현차시험 수행 · 병렬 운전 종료 후 전자폐색장치 단독 운영 및 시험 수행 · 단독 운영 및 시험 단계에서 공인시험기관인 한국철도기술연구원 철도안전인증연구소로부터 성능시험을 수행
현장 성능 평가	- 설치 및 기능시험 - 시험열차 운행 시험 - 병렬운전 시험
공인기관 현장시험 성적서 및 성능평가 보고서	- 공인기관 시험성적서 획득 - 전자폐색장치 성능평가 보고서 작성

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 현장 설치 결과

① 역제어장치 및 유지보수부

- 정읍역 신호기기실 트랜스랙 좌측 빈 공간에 역제어장치 설치



[그림 3-44] 정읍역 역제어장치 설치

- 정읍역 신호기기실 기존 PC 옆 빈 공간에 역제어장치 유지보수부 설치



[그림 3-45] 정읍역 역제어장치 유지보수부 설치

- 천원역 신호기기실 퀘도랙 우측 빈 공간에 역제어장치 및 유지보수부 설치



[그림 3-46] 천원역 역제어장치
및 유지보수부 설치

② 현장출력장치

- 정읍~천원 폐색구간에 기존 ABS 및 LEU 기구함 옆으로 콘크리트 기초대를 설치한 후 그 위에 현장출력장치를 설치 (상1~상6, 하1~하6 : 12개소)



[그림 3-47] 상5 현장출력장치



[그림 3-48] 하3 현장출력장치

③ 인터페이스

○ ATS

- ABS 전면 단자대에서 ATS 지상자로 출력을 내보내는 라인과 현장출력장치의 ATS 출력을 내보내는 라인을 여분의 ABS 후면 단자대와 병렬로 연결
- ABS로 운영 시에는 현장출력장치의 ATS 출력단 단자대의 링크를 제거하고 EBS로 운영 시에는 ABS의 ATS 출력단 단자의 링크 제거

○ LEU

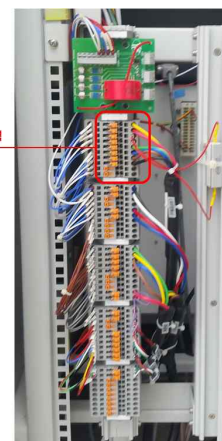
- 현장출력장치의 ATP 제어를 위한 신규 단자대 및 신규 LDB 보드용 커넥터 추가



기존 LEU



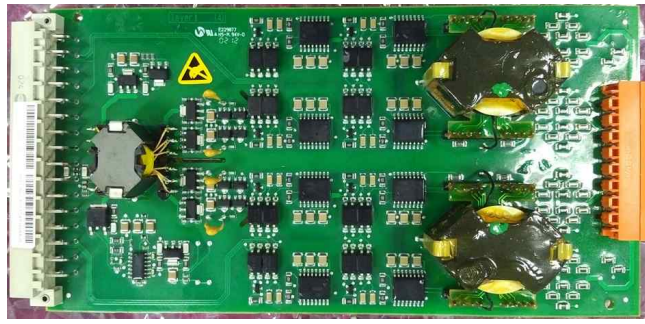
LEU 인터페이스



EBS 후면 단자대

[그림 3-49] EBS↔LEU 인터페이스

- EBS로 운영 시 아래 그림과 같은 신규 LDB 보드를 기존 LDB 보드 자리에 장착하고 신규 커넥터를 연결하여 EBS로 ATP 제어



[그림 3-50] EBS용 신규 LDB 보드

○ AF

- HMU 정보는 ABS 기구함 내의 AF 궤도회로의 경우 서브랙 후면 RS-232 포트, 구형 AF 기구함의 경우 전면 RS-232 포트와 EBS의 서브랙 후면 RS-232 포트를 연결
- 궤도점유정보는 각 궤도계전기의 점점을 EBS 후면 단자대로 입력

④ 단등신호기

- 12개소에(상선 6개소, 하선 6개소) 기존 5현시 신호기를 위로 올리고 단등 신호기(2색 : 적/백)를 5현시 신호기 하단에 설치



단등 신호기 설치 전

단등 신호기 설치 후

[그림 3-51] 신규 단등 신호기 설치

⑤ 전기설비 기술지원시스템

- 기존 전기설비 기술지원시스템 랙에 추가로 장비를 설치하고 소프트웨어 개수 실시



[그림 3-52] 전기설비 기술지원 시스템 메인화면

(나) 현장시험 절차 (역제어장치 및 유지보수부)

① 역제어장치 동작상태 확인

○ 검사내용

- 정상 제어상태의 역제어장치 각 카드의 동작 상태를 육안으로 확인한다.

○ 검사방법

- 정상부팅 완료된 IN, OUT 카드 RUN LED는 녹색, 주황색 점등
- 전원모듈 정상 동작 시 +24V, +5V, +12V, -12V 녹색점등
- 1,2계 정상 부팅 시 1번째 IN카드 1번,2번 LED 녹색 점등(VRD 1계,2계)
- 주계 OUT 카드만 출력 포트 점등

② 역제어장치 CPU 절체시험

○ 검사내용

- 역제어장치 2중계 구성에 의한 자가 진단 기능으로 상호간에 감시하여 사용계에 이상 발생 시 대기계로 자동절체 기능이 수행되어야 한다.
- 주계 또는 부계 중 어느 한쪽계의 장애 유발 시 다른 시스템으로 절체되어 정상 운용되고 고장 시스템의 출력은 안전측으로 고정되며 해당 메시지가 출력됨을 확인해야한다.

○ 검사방법

- 사용계의 전원을 강제로 OFF시 대기계로 자동 절체
- 사용계의 S/W를 강제로 OFF시 대기계로 자동 절체
- 콘솔 화면에 CPU 장애를 아이콘과 메시지로 표시 하고, 장애 복구 시 정상으로 표시하는지 여부를 확인한다.

③ 통신라인 절체시험

○ 검사내용

- 현장장치 광통신 링 네트워크를 2중계로 구성하여 1개의 통신라인에 장애가 발생 해도 다른 회선으로 역제어장치와 통신이 정상적으로 이루어져야 한다.

○ 검사방법

- 2중화 스위치 중 1개에 전원을 차단하여 장애를 발생시켰을 때 2중화 회선 중 한 회선으로 정상 통신을 계속 유지해야하고, 표시화면에 해당 CPU 통신장애를 아이콘과, 메시지로 표시한다.
- 2중화 스위치에 각각 연결된 CPU의 랜 케이블 중 1개를 제거하여 장애를 발생시켰을 때 2중화 회선 중 한 회선으로 정상 통신을 계속 유지해야하고, 역제어장치에서 정상적인제어가 가능하며, 표시화면에 통신장애를 아이콘과 메시지로 표시한다.

④ 통신모뎀 장애시험

○ 검사내용

- 역제어장치간 (역간통신) 모뎀통신 상태에 이상이 없는지 확인하고 통신 단절시 장애 메시지가 정상적으로 표출되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 2중화 스위치 중 1개에 전원을 차단하여 장애를 발생시켰을 때 2중화 회선 중 한 회선으로 정상 통신을 계속 유지해야하고, 표시화면에 해당 CPU 통신장애를 아이콘과, 메시지로 표시한다.

- 2중화 스위치에 각각 연결된 CPU의 랜 케이블 중 1개를 제거하여 장애를 발생시켰을 때 2중화 회선 중 한 회선으로 정상 통신을 계속 유지해야하고, 역제어장치에서 정상적인제어가 가능하며, 표시화면에 통신장애를 아이콘과 메시지로 표시한다.

⑤ 역장치 제어권 시험

○ 검사내용

- 역제어장치 장애로 현장출력장치를 제어하지 못할 경우 인접역에서 제어권을 획득하여 소속구간 전체를 정상적으로 제어해야 한다.

○ 검사방법

- 역제어장치 장애 발생 전 (정상상태) 에는 열차가 들어가는 방향에 있는 역제어장치에서 현장출력장치를 제어한다.
- A역의 프로그램을 강제로 종료하여 A역에서 제어 불가능한 장애상태로 만든다.
- 인접역 통신 아이콘은 적색으로 점멸하며, 메시지로 장애상태를 표시한다. 이 경우에도 B역의 화면은 구간내의 상태표시를 유지해야 한다.
- B역 역제어장치만으로 12대의 현장출력장치 모두에 대하여 이상 없이 제어를 수행 하는지 여부를 확인한다.

⑥ 입출력 모듈 확인

○ 검사내용

- 입출력 모듈 동작 상태가 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.

○ 검사방법

- 장내신호기 상태와 입력모듈 상태를 비교한다.(입력모듈 해당포트 LED 녹색점등)
- 현장출력장치 궤도점유, 신호기 고장 상태를 출력모듈과 비교한다.(출력모듈 해당포트 LED 녹색점등)

⑦ DSU 확인

○ 검사내용

- 역간 통신용 DSU 동작 상태를 확인한다.

○ 검사방법

- 통신속도 64K 전면 LCD 확인
- DCD LED 녹색 점등 확인
- 중앙 전원 상태 LED 녹색 점등 확인

⑧ 멀티포트 확인

○ 검사내용

- 기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작 상태를 확인한다.

○ 검사방법

- 전원 LED 녹색 점등 확인
- 1번 2번 포트 T,RX LED 점멸 확인

⑨ 현장장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인

○ 검사내용

- 현장출력장치 인터페이스용 광S/W 전원 상태 및 동작상태 확인

- 검사방법
 - 전원 LED 주황색 점등 확인
 - LINK LED 녹색 점등 확인
 - RJ45 연결된 포트 LED 녹색 점등 확인

⑩ 커넥터 점검

- 검사내용
 - 단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.
- 검사방법
 - 단자 및 커넥터 체결상태를 확인 한다.

(다) 현장시험 결과 (억제어장치 및 유지보수부)

① 정읍역 및 천원역

전자폐색 억제어장치 체크리스트			시험일자	2016. 11. 10
			시험자	오 승 택
			시험 장소	정읍 역
	점검항목	점검내용	점검 결과	
1	억제어장치 동작 상태 확인	억제어장치의 동작 상태를 외부 LED를 확인하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	
2	억제어장치 CPU 절제시험	동작계 CPU의 시스템 종료 또는 프로그램을 종료 하여 대기계 CPU가 정상적으로 동작계로 절제 되는지 확인한다.	양호함	
3	통신라인 절제시험	광통신 링네트워크 2중계 동작 중 한회선의 통신라인에 장애를 발생하게 하여 다른 회선으로 억제어장치와의 통신이 정상적으로 이루어 지는지 확인한다.	양호함	
4	모뎀통신 장애시험	억제어장치간(역간 통신) 모뎀 통신 상태에 이상이 없는지 확인하고 통신 단절 시 장애 메시지가 정상적으로 표출되는지 확인한다.	양호함	
5	역장치 제어권 시험	억제어장치를 장애상태로 만들어 현장출력장치를 제어하지 못하게 할 경우 인접역에서 제어권을 획득하여 정상적으로 소속구간을 제어하는지 확인한다.	양호함	
6	입출력 모듈 확인	입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	
7	DSU 확인	역간통신용 DSU 동작상태를 확인한다.	양호함	
8	멀티포트 확인	기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작상태 확인	양호함	
9	현장장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인	현장출력장치 인터페이스용 광 S/W 전원 상태 및 동작상태 확인	양호함	
10	커넥터 점검	단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호함	
비고				

전자폐색 억제어장치 체크리스트			시험일자	2016.11.11
			시험자	오승택
			시험 장소	천원역
	점검항목	점검내용	점검 결과	
1	억제어장치 동작 상태 확인	억제어장치의 동작 상태를 외부 LED를 확인하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	
2	억제어장치 CPU 절제시험	동작계 CPU의 시스템 종료 또는 프로그램을 종료 하여 대기계 CPU가 정상적으로 동작계로 절제 되는지 확인한다.	양호함	
3	통신라인 절제시험	광통신 링네트워크 2중계 동작 중 한회선의 통신라인에 장애를 발생하게 하여 다른 회선으로 억제어장치와의 통신이 정상적으로 이루어 지는지 확인한다.	양호함	
4	모뎀통신 장애시험	억제어장치간(역간 통신) 모뎀 통신 상태에 이상이 없는지 확인하고 통신 단절 시 장애 메시지가 정상적으로 표출되는지 확인한다.	양호함	
5	역장치 제어권 시험	억제어장치를 장애상태로 만들어 현장출력장치를 제어하지 못하게 할 경우 인접역에서 제어권을 획득하여 정상적으로 소속구간을 제어하는지 확인한다.	양호함	
6	입출력 모듈 확인	입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호함	
7	DSU 확인	역간통신용 DSU 동작상태를 확인한다.	양호함	
8	멀티포트 확인	기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작상태 확인	양호함	
9	현상장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인	현장출력장치 인터페이스용 광 S/W 전원 상태 및 동작상태 확인	양호함	
10	커넥터 점검	단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호함	
비고				

(라) 현장시험 절차 (현장출력장치)

① 모듈 동작상태

○ 검사내용

- 제어부 각 모듈의 LED 표시를 육안으로 확인하여 동작 상태에 이상이 없는지 확인한다.

○ 검사방법

- DC 24V 정상 입력 시 점등
- DC 24V, ±15V, 5V 정상 출력 시 점등
- 각 모듈 정상 동작 시 RUN LED 점등
- CPU 모듈 1계시 SYS1 LED, 2계시 SYS2 LED 점등
- 사용계시 ACTIVE/STANDBY LED 점등, 대기계시 소등
- 입출력모듈 및 각 모듈과의 통신이 정상이면 TX, RX LED 점멸
- CPU 모듈과 통신이 정상이면 TX, RX LED 점멸
- 이더넷 통신이 정상적으로 이루어지면 100M에 점등 및 TX, RX LED 점멸
- 각 입력 시 해당 LED 점등(전면 입력 정보 표시 참조)
- 각 출력 시 해당 LED 점등(전면 출력 정보 표시 참조)
- 현재 해당 ATP 신호 표시(5현시 형태)
- 단등 신호기 표시(R : SIGNAL_2 R LED 점등, W : SIGANL2_Y1 LED 점등)
- 본궤도 및 전방, 후방 궤도 신호 현시(5현시 ATP 신호와 동일)
- ATS 출력에 해당하는 LED 점등
- 장치 ID, HMU 정보 및 내부 온/습도 정보 표시

② 계간 절체시험

○ 검사내용

- 동작계 전원을 OFF하여 대기계가 동작계로 정상적으로 절체 되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 1계를 사용계로 2계를 대기계로 부팅한다.(1계 CPU 모듈 전면 Active LED 점등, 1계 출력상태)
- 1계 전원을 OFF 한 후 2계로 자동절체 되는지 확인한다.
- 1계 전원을 ON 한다.(2계 CPU 모듈 전면 Active LED 점등, 1계 출력상태)
- 2계 전원을 OFF 한 후 1계로 자동절체 되는지 확인한다.

③ 출력상태 확인

○ 검사내용

- 동작계와 대기계의 절체 동작 시 출력 상태를 확인하여 동작계는 출력을 하고 대기계는 출력하지 않아야 하는 상태를 확인한다.

○ 검사방법

- 1계를 사용계로 2계를 대기계로 부팅한다.(1계 IN/OUT 모듈의 출력포트 LED 점등 확인)
- 1계 전원을 OFF 한 후 2계로 자동절체 되는지 확인한다.(2계 IN/OUT 모듈의 출력포트 LED 점등 확인)
- 출력포트 9번은 VRD로 사용계/대기계 상관없이 점등

④ VRD 확인

○ 검사내용

- 제어부 2중계 중 정상 동작계가 있을 때와 계 절체시 VRD 계전기는 여자 상태를 유지하여야 하고 정상동작계가 없을 시 VRD 계전기는 낙하하고 신호는 R을 현시하는지 확인한다.

○ 검사방법

- 1계를 사용계로 2계를 대기계로 부팅한다.(1,2계 IN/OUT 모듈의 출력포트 9번 LED 점등 확인)
- 1계 전원을 OFF 한 후 2계로 자동절체한다.(1계 출력포트 9번 LED 소등, 2계 출력포트 9번 LED 점등 확인)
- 2계 전원도 OFF 한 후 출력포트 9번 LED 가 소등되는 것을 확인하고, 단등 신호기가 R 현시하는지 실제 현장의 신호기로 확인한다.

⑤ 통신라인 단절시험

○ 검사내용

- 광통신 링네트워크 동작 중 한 회선의 통신라인에 장애를 발생하게 하여 다른 회선으로 역제어장치와의 통신이 정상적으로 이루어지는지 확인한다.

○ 검사방법

- 정상작동 하고 있는 현장출력장치의 네트워크 스위치 한쪽의 광점퍼 코드를 모두 제거한다.
- 아래 그림과 같이 링네트워크는 단절되어도 역간 통신회선에 의해 정상적으로 통신하는지 확인한다.

⑥ 자체 제어시험

○ 검사내용

- 광통신 링네트워크에 모두 장애가 발생하였을 경우 자체 제어 기능이 정상적으로 수행되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 정상작동 하고 있는 현장출력장치의 네트워크 스위치 모두의 광점퍼 코드를 모두 제거한다.
- 아래 그림과 같이 연결이 모두 끊어진 개소의 모든 통신이 단절된다. 그러나 현장 출력장치는 자체 제어를 수행하여 ATP 신호는 YY를 현시하고 단등은 백색이 점등되는지 확인한다.

⑦ 신호현시 상태 확인

○ 검사내용

- 신호기모듈의 출력이 단등 신호기 및 ATP 신호와 일치하는지 확인한다.

○ 검사방법

- 현장출력장치의 신호기 모듈을 확인한다.
- ATP 신호의 경우 5현시의 형태로 LED가 점등되고 단등 신호기의 경우 정지일 때 SIGNAL R LED가 점등, YY 이상일 때 SIGNAL Y1 LED가 점등된다.
- 해당 개소의 신호현시는 ATP 신호의 경우에는 신호기모듈의 LED 점등과 상태 표시모듈의 본궤도 신호와 기술지원 시스템 화면으로 확인하고, 단등 신호기의 경우는 신호기모듈의 LED 점등과 실제 단등 신호기의 현시 상태, 그리고 기술지원시스템 화면으로 확인한다.

⑧ 하위신호 현시시험

○ 검사내용

- 신호기 출력모듈의 신호기 전류검지를 차단하였을 경우 하위 신호로 현시되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 현재 단등 신호기가 백색(YY이상)인 것을 확인한다.
- 현장출력장치 후면단자의 단등 신호기의 백색 등 출력을 차단한 후 하위 신호인 적색을 현시하는지 단등 신호기와 기술지원 시스템 화면으로 확인한다.

⑨ 입출력 모듈 확인

○ 검사내용

- 제어부 입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.

○ 검사방법

- 현재 IN/OUT 모듈의 입력 및 출력 상태를 LED를 통해서 확인한다.
- 각 입력 및 출력 정보에 따라 현재 제어상태와 비교하여 이상여부를 확인한다.

⑩ 제어출력 일치확인

○ 검사내용

- 현시된 신호와 동일한 ATS 신호가 출력되는지 확인한다.

- 검사방법
 - 해당 개소의 ATS 출력을 IN/OUT 모듈의 출력포트와 상태표시 모듈을 통해 확인한다.
 - 해당되는 ATS 출력을 현장출력장치 후면 서브랙의 단자에서 측정하여 동일하게 출력이 나가는지 확인한다.

⑪ 궤도입력 확인

- 검사내용
 - 궤도 계전기의 상태가 정상적으로 입력되고 있는지 확인하고 입력이 단절되었을 경우 궤도가 낙하 되는지 확인한다.
- 검사방법
 - 현장출력장치 궤도계전기가 여자되어있는지 육안으로 확인하고 IN/OUT 모듈의 입력포트 1, 2번 LED가 점등되어 있는지 확인한다.
 - 현장출력장치 후면 단자대의 궤도 입력 부분의 링크를 제거한 후 궤도계전기가 낙하되고 입력포트 1,2번 LED가 소등되며 단등 신호기가 정지를 현시하는지 확인한다.

⑫ 상태정보 확인

- 검사내용
 - 현장출력장치의 상태정보(동작계 : 1계/2계, 상태감시 : 1계/2계/비점유, 1계 : RUN/INOUT/광NET1/광NET2/HMU/신호기, 2계 : RUN/INOUT/광NET1/광NET2/HMU/신호기)가 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.
- 검사방법
 - 모듈 동작 상태에서 확인한 현장출력장치 상태와 기술지원시스템과 동일한지 비교한다.

⑬ 전원정보 확인

- 검사내용
 - 현장출력장치의 전원정보(FUSE : 1계/2계, 전원 : 타계전원/스위치1계/스위치 2계/정류기 1계/정류기 2계/전원절체기)가 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.
- 검사방법
 - 해당 개소의 현장출력장치의 각 구성의 전원 상태와 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.

⑭ 검측정보 확인

- 검사내용
 - 현장출력장치의 검측정보(폐색장치 서브랙 입력전원(DC) 입력전압/입력전류, 신호기 전류 : R 신호전류/W 신호전류)의 실 측정값이 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.
- 검사방법
 - 현장출력장치 정류기 후면에서 멀티테스터를 이용하여 전압을, 전류메타를 이용하여 전류를 측정한 후 기술지원시스템 화면과 비교한다.
 - 현장출력장치 후면 단자대 단등 신호기 출력라인에서 전류메타를 이용하여 신호기 전류를 측정한 후 기술지원시스템 화면과 비교한다.

③ 하1~하3 현장출력장치

전자제품 현장관리직자 체크리스트			시행일자 2016. 08. 18
항목명	점검 내용	시행자 이정호	승인자 정호민
1	회로기판 및 부품의 결함 유무 확인하고 불량품은 즉시 교환 불량품의 수리방법은 기록한다.		정호민
2	케이블 결함 유무 확인 케이블 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
3	출력 선로 점검 출력 선로 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
4	VMO 점검 회로기판의 VMO 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
5	통신선로 점검 통신선로 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
6	가시화 선로 점검 가시화 선로 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
7	통신선로 점검 통신선로 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
8	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
9	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
10	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
11	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
12	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
13	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
14	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민
15	회로기판 결함 유무 확인 회로기판 결함 유무 확인하고 결함 부위를 절단하고 교체한다.		정호민

전지석제 전향출발작업지침서 체크리스트		시험일정	
		시험장	2020. 10. 19
		시험 개소	시험 시간 09:00 ~ 12:00
항목번호	항목내용	항목구분	항목비고
1	모집률 80% 이상	제출서류 검토	합격률 80%
2	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
3	출석 기록 미비사항	출석기록 검토	합격률 80%
4	VPO 미비	제출서류 검토	합격률 80%
5	현상인정 인당출석률	제출서류 검토	합격률 80%
6	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
7	인당출석률 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
8	현상인정 인당출석률	제출서류 검토	합격률 80%
9	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
10	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
11	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
12	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
13	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
14	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%
15	제출 서류 미비사항	제출서류 검토	합격률 80%

[illegible]

④ 하4~하6 현장출력장치

[illegible][illegible][illegible]

(바) 현장시험 절차 (전기설비 기술지원시스템)

① 서버 동작상태

○ 검사내용

- 전기설비 기술지원시스템을 접속하여 정상적으로 실행되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 전기설비 기술지원시스템 정상 실행 확인

② 통신확인

○ 검사내용

- 역제어장치와의 통신이 정상적인지 화면의 통신장애 메시지 또는 알람을 확인한다.

○ 검사방법

- 역제어장치와의 통신이 정상적인지 화면의 통신장애 메시지 또는 알람 확인

③ 화면확인

○ 검사내용

- 역간 및 현장장치 화면이 정상적으로 표시되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 역간 및 현장장치 화면이 정상적으로 표시되는지 확인

④ 데이터 저장확인

○ 검사내용

- 메시지 조회를 통하여 메시지 정보가 정상적으로 저장되었는지 확인한다.
- 검측값 조회를 통하여 검측값이 정상적으로 저장되었는지 확인한다.

○ 검사방법

- 메시지 정보가 정상적으로 저장되었는지 확인
- 검측값이 정상적으로 저장되었는지 확인

⑤ 그래프 확인

○ 검사내용

- 저장된 검측값 데이터로 그래프가 정상적으로 조회되는지 확인한다.

○ 검사방법

- 저장된 검측값 데이터로 그래프가 정상적으로 조회되는지 확인

(사) 현장시험 결과 (전기설비 기술지원시스템)

전기설비 기술지원 시스템 체크리스트			시험일자	2016. 11. 11
			시험자	조정면
			시험개소	전압 검출장치
	점검항목	점 검 내 용	점검 결과	
1	서버 동작상태	전기설비 기술지원시스템을 접속하여 정상적으로 실행되는지 확인한다.	양호 ☒	
2	통신확인	역제어장치와의 통신이 정상적인지 화면의 통신장애 메시지 또는 알람을 확인한다.	양호 ☒	
3	화면확인	현장장치 및 역제어장치에서 전송되는 상태정보 및 검측값 정보가 화면에 정상적으로 표시 되는지 확인한다.	양호 ☒	
4	데이터 저장확인	전기설비 기술지원시스템으로 전송된 데이터를 메시지 조회 및 검측값 조회를 통하여 정상적으로 저장되었는지 확인한다.	양호 ☒	
5	그래프 확인	전송된 검측값데이터를 그래프로 조회되는지 확인한다.	양호 ☒	

(아) 현장시험 절차 (단등형 신호기)

① 신호 현시

○ 검사내용

- 신호계열에 맞는 신호기의 점등을 육안으로 확인한다.

○ 검사방법

- 현장 단등형 신호기 모듈을 확인한다.
- 정지일 때 SIGNAL 적색 LED가 점등, YY 이상일 때 백색 LED가 점등된다.
- 신호기모듈의 LED 점등과 실제 단등 신호기의 현시 상태, 그리고 기술지원시스템 화면으로 확인한다.

② 신호기 소비전력

○ 검사내용

- 신호기 점등 시 신호기의 소비전력을 확인한다.

○ 검사방법

- 신호기 점등 시 전류 테스터기(DC 후크메타)로 신호기에 공급되는 전류를 확인한다.
- 적색 LED모듈이 점등 시 소비전력이 8W 이하인지 확인한다.
- 백색 LED모듈이 점등 시 소비전력이 8W 이하인진 확인한다.

(자) 현장시험 결과 (단등형 신호기)

단등형 신호기 체크리스트			시험일자	2016. 11. 11
			시험자	조정면
			시험개소	전압 ~전원
	점검항목	점 검 내 용	점검 결과	
1	신호 현시	신호계열에 맞는 신호기의 점등을 육안으로 확인한다.	양호 ☒	
2	신호기 소비전력	신호기 전류를 측정하여 소비전력이 8W 이하인지 확인한다.	추후 확인	

(차) 시험열차 운행 시험

① 시험 순서

- 기존 ABS → 신규 전자폐색 절체
- 시험 열차 운행(정읍~천원)
- 신규 전자폐색 → 기존 ABS 절체

② 절체 방법

○ ATS 절체

- ABS 전면 단자대의 기존 ABS에서의 ATS 출력단자의 링크를 제거한다.
- ABS 후면 단자대의 전자폐색 현장출력장치와 연결된 단자의 링크를 삽입한다.
- 현장출력장치 후면 단자대의 ATS 출력단자의 링크를 삽입한다.

○ ATP (LDB보드) 절체

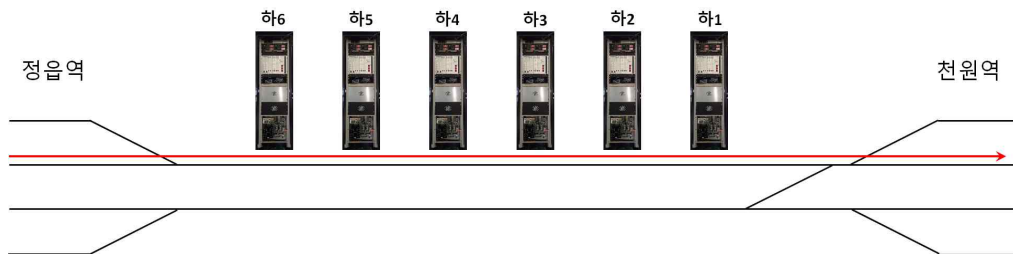
- LEU 기구함 내의 기존 LDB 보드와 연결된 커넥터를 제거한다.
- 기존 LDB 보드를 모두 탈거한다.(2장)
- 신규 LDB 보드를 기존 LDB 보드자리에 장착한다.(2장)
- 신규 커넥터를 신규 LDB 보드에 연결한다.
- LDB 보드 우측 끝의 RESET 버튼을 누른다.
- 현장출력장치 후면 단자대의 ATP 출력단자의 링크를 삽입한다.

○ 단등신호기

- 현장출력장치 후면 단자대의 단등 신호기 출력단자의 링크를 삽입한다.

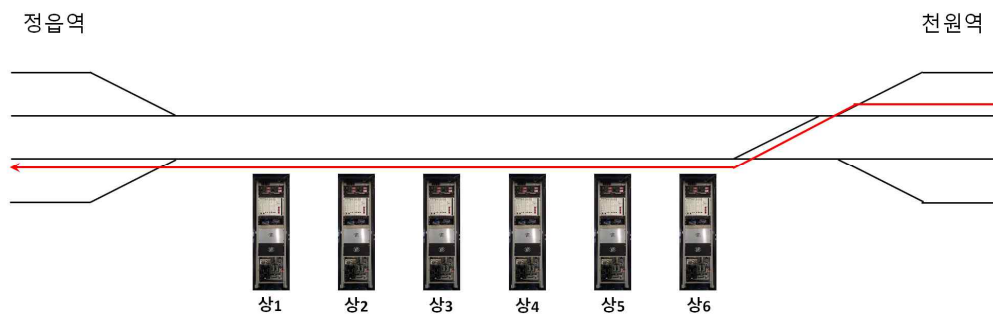
③ 행로

○ 정읍 → 천원(하행)



[그림 3-53] 하선 운행

○ 천원 → 정읍(상행)



[그림 3-54] 상선 운행

④ 시험 일정

- 정읍~천원 간을 일일 2회 편도 운행하며 병렬운전시험 10일간 총 20회 운행을 실시한다.

일정	시험 방향	시험 내용		비고
1일차	상선	1회차	정상운행	
		2회차		
2일차	상선	1회차	인접역 제어	정읍 역제어장치 OFF
		2회차		
3일차	하선	1회차	정상운행	
		2회차		
4일차	하선	1회차	인접역 제어	천원 역제어장치 OFF
		2회차		
5일차	상선	1회차	고립 시험	
		2회차	광통신 단절 시험	
6일차	하선	1회차	고립 시험	
		2회차	광통신 단절 시험	
7일차	상선	1회차	고립 및 광통신 단절 시험	
		2회차	정상운행	
8일차	하선	1회차	정상 운행	시험 인증센터
		2회차	인접역 제어	
9일차	상선	1회차	고립 시험	
		2회차	광통신 단절 시험	
10일차	하선	1회차	고립 및 광통신 단절 시험	
		2회차	정상운행	

⑤ 시험 시나리오

- 10일에 걸쳐 전자폐색장치에 의한 열차 운행시험을 실시하며 정상운행, 인접역 제어, 고립 시험, 광통신 단절 시험, 고립 및 광통신 단절 시험을 통해 전자폐색 장치의 기능을 검증한다. 10일 중 8일차, 9일차에는 시험 인증센터에 의한 공인 기관 시험을 실시한다.
- 하루에 상선 또는 하선에서만 시험을 실시하고 1회차 시험 후 복귀 시에는 반대 선으로 기존 자동폐색장치의 제어를 통해 운행한다.

1일차 : 정상 운행(상선)

- 정상운행 시 상선 현장출력장치의 제어권은 정읍역 역제어장치에 있다.
- 1회차 운행 시 1계를 주계, 2회차 운행 시 2계를 주계로 운행한다.

2일차 : 인접역 제어(상선)

- 인접역 제어 시험을 위해 정읍역 역제어장치의 전원을 OFF 한다. (정읍역 역제어장치 장애를 가정)

- 정읍역 역제어장치가 OFF 되어 있기 때문에 2A 신호기는 기술지원 시스템 화면에서는 무현시이며 2A 신호기의 정보를 알 수 없기 때문에 2A를 정지로 판단하여 상1를 W(ATP 5현시 YY), 상2를 W(ATP 5현시 Y), 상3을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.
- 정읍역 역제어장치가 OFF 상태이므로 상선 현장출력장치의 제어권은 정읍역에서 천원역 역제어장치로 바뀐다.
- 1회차 운행 시 1계를 주계, 2회차 운행 시 2계를 주계로 운행한다.

3일차 : 정상 운행(하선)

- 정상운행 시 상선 현장출력장치의 제어권은 정읍역 역제어장치에 있다.
- 1회차 운행 시 1계를 주계, 2회차 운행 시 2계를 주계로 운행한다.

4일차 : 인접역 제어(하선)

- 인접역 제어 시험을 위해 천원역 역제어장치의 전원을 OFF 한다. (천원역 역제어장치 장애를 가정)
- 천원역 역제어장치가 OFF 되어 있기 때문에 1A 신호기는 기술지원 시스템 화면에서는 무현시이며 1A 신호기의 정보를 알 수 없기 때문에 1A를 정지로 판단하여 하1를 W(ATP 5현시 YY), 하2를 W(ATP 5현시 Y), 하3을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.
- 천원역 역제어장치가 OFF 상태이므로 하선 현장출력장치의 제어권은 천원역에서 정읍역 역제어장치로 바뀐다.
- 1회차 운행 시 1계를 주계, 2회차 운행 시 2계를 주계로 운행한다.

5일차(상선)

1회차 : 고립 시험(상선)

- 고립 시험을 위해 상3 현장출력장치와 네트워크 스위치 간의 LAN 케이블을 모두 제거한다.(현장출력장치 고장을 가정)
- 현장출력장치의 제어권은 정읍역 역제어장치에 있으나 역제어장치에서 상3 현장출력장치의 정보를 알 수 없기 때문에 상3 개소를 정지로 판단하여 상4를 W(ATP 5현시 YY), 상5를 W(ATP 5현시 Y), 상6을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.
- 상3은 역제어장치의 제어를 받지 못하기 때문에 자체 제어를 수행하여 상3 개소의 신호를 W(ATP 5현시 YY)로 현시한다.

2회차 : 광통신 단절시험(상선)

- 광통신 단절시험을 위해 상4 현장출력장치의 네트워크 스위치의 천원역 방향 광점퍼 코드를 제거한다.(광케이블 단절을 가정)
- 광통신 단절로 인하여 상5, 상6 현장출력장치의 제어권이 정읍역 역제어장치에서 천원역 역제어장치로 바뀐다.
- 광통신 단절로 인하여 상5, 상6 현장출력장치 제어권이 바뀌었고 상4의 정보를 광통신으로 수신할 수 없으나 역제어장치간 별도의 통신 라인을 통해 천원역 역제어장치가 상4의 정보를 수신하여 상5를 W(ATP 5현시 G), 상6을 W(ATP 5현시 G)로 신호계열에 맞게 현시한다.

6일차(하선)

1회차 : 고립 시험(하선)

- 고립 시험을 위해 하3 현장출력장치와 네트워크 스위치 간의 LAN 케이블을 모두 제거한다.(현장출력장치 고장을 가정)
- 현장출력장치의 제어권은 천원역 역제어장치에 있으나 역제어장치에서 하3 현장출력장치의 정보를 알 수 없기 때문에 하3 개소를 정지로 판단하여 하4를 W(ATP 5현시 YY), 하5를 W(ATP 5현시 Y), 하6을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.
- 하3은 역제어장치의 제어를 받지 못하기 때문에 자체 제어를 수행하여 하3 개소의 신호를 W(ATP 5현시 YY)로 현시한다.

2회차 : 광통신 단절 시험(하선)

- 광통신 단절시험을 위해 하4 현장출력장치의 네트워크 스위치의 정읍역 방향 광점퍼 코드를 제거한다.(광케이블 단절을 가정)
- 광통신 단절로 인하여 하5, 하6 현장출력장치의 제어권이 정읍역 역제어장치에서 천원역 역제어장치로 바뀐다.
- 광통신 단절로 인하여 하5, 하6 현장출력장치 제어권이 바뀌었고 하4의 정보를 광통신으로 수신할 수 없으나 역제어장치간 별도의 통신 라인을 통해 정읍역 역제어장치가 하4의 정보를 수신하여 하5를 W(ATP 5현시 G), 하6을 W(ATP 5현시 G)로 신호계열에 맞게 현시한다.

7일차(상선)

1회차 : 고립 및 광통신 단절 시험(상선)

- 고립 및 광통신 단절 시험을 위해 상3 현장출력장치와 네트워크 스위치 간의 LAN 케이블을 모두 제거하고, 상4 현장출력장치의 네트워크 스위치의 천원역 방향 광점퍼 코드를 제거한다.
- 광통신 단절로 인하여 상5, 상6 현장출력장치의 제어권이 정읍역 역제어장치에서 천원역 역제어장치로 바뀐다.
- 상3 현장출력장치의 제어권을 가지고 있는 정읍역 역제어장치에서 상3 현장출력장치의 정보를 알 수 없기 때문에 상3 개소를 정지로 판단하여 상4를 W(ATP 5현시 YY)로 현시한다.
- 광통신 단절로 인하여 상5, 상6 현장출력장치 제어권이 바뀌었고 상4의 정보를 광통신으로 수신할 수 없으나 역제어장치간 별도의 통신 라인을 통해 천원역 역제어장치가 상4의 정보를 수신하여 상5를 W(ATP 5현시 Y), 상6을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.

2회차 : 정상운행(상선)

- 정상운행 시 상선 현장출력장치의 제어권은 정읍역 역제어장치에 있다.

8일차(하선)

- 시험 인증센터에 의한 공인기관 시험을 실시한다.

1회차 : 정상운행(하선)

- 정상운행 시 상선 현장출력장치의 제어권은 천원역 역제어장치에 있다.

2회차 : 인접역 제어(하선)

- 인접역 제어 시험을 위해 천원역 역제어장치의 전원을 OFF 한다. (천원역 역제어장치 장애를 가정)
- 천원역 역제어장치가 OFF 되어 있기 때문에 1A 신호기는 기술지원 시스템 화면에서는 무현시이며 1A 신호기의 정보를 알 수 없기 때문에 1A를 정지로 판단하여 하1를 W(ATP 5현시 YY), 하2를 W(ATP 5현시 Y), 하3을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.
- 천원역 역제어장치가 OFF 상태이므로 하선 현장출력장치의 제어권은 천원역에서 정읍역 역제어장치로 바뀐다.

9일차(상선)

- 시험 인증센터에 의한 공인기관 시험을 실시한다.

1회차 : 고립 시험(상선)

- 고립 시험을 위해 상3 현장출력장치와 네트워크 스위치 간의 LAN 케이블을 모두 제거한다.(현장출력장치 고장을 가정)
- 현장출력장치의 제어권은 정읍역 역제어장치에 있으나 역제어장치에서 상3 현장출력장치의 정보를 알 수 없기 때문에 상3 개소를 정지로 판단하여 상4를 W(ATP 5현시 YY), 상5를 W(ATP 5현시 Y), 상6을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.
- 상3은 역제어장치의 제어를 받지 못하기 때문에 자체 제어를 수행하여 상3 개소의 신호를 W(ATP 5현시 YY)로 현시한다.

2회차 : 광통신 단절 시험(상선)

- 광통신 단절시험을 위해 상4 현장출력장치의 네트워크 스위치의 천원역 방향 광점퍼 코드를 제거한다.(광케이블 단절을 가정)
- 광통신 단절로 인하여 상5, 상6 현장출력장치의 제어권이 정읍역 역제어장치에서 천원역 역제어장치로 바뀐다.
- 광통신 단절로 인하여 상5, 상6 현장출력장치 제어권이 바뀌었고 상4의 정보를 광통신으로 수신할 수 없으나 역제어장치간 별도의 통신 라인을 통해 천원역 역제어장치가 상4의 정보를 수신하여 상5를 W(ATP 5현시 G), 상6을 W(ATP 5현시 G)로 신호계열에 맞게 현시한다.

10일차(하선)

1회차 : 고립 및 광통신 단절시험(하선)

- 고립 및 광통신 단절 시험을 위해 하3 현장출력장치와 네트워크 스위치 간의 LAN 케이블을 모두 제거하고, 하4 현장출력장치의 네트워크 스위치의 정읍역 방향 광점퍼 코드를 제거한다.

- 광통신 단절로 인하여 하5, 하6 현장출력장치의 제어권이 천원역 역제어장치에서 정읍역 역제어장치로 바뀐다.
- 하3 현장출력장치의 제어권을 가지고 있는 천원역 역제어장치에서 하3 현장출력장치의 정보를 알 수 없기 때문에 하3 개소를 정지로 판단하여 하4를 W(ATP 5현시 YY)로 현시한다.
- 광통신 단절로 인하여 하5, 하6 현장출력장치 제어권이 바뀌었고 하4의 정보를 광통신으로 수신할 수 없으나 역제어장치간 별도의 통신 라인을 통해 정읍역 역제어장치가 하4의 정보를 수신하여 하5를 W(ATP 5현시 Y), 하6을 W(ATP 5현시 YG)로 신호계열에 맞게 현시한다.

2회차 : 정상 운행(하선)

- 정상운행 시 상선 현장출력장치의 제어권은 정읍역 역제어장치에 있다.

(카) 병렬운전 시험

① 역제어장치 시험 체크리스트

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	역제어장치 동작 상태 확인	역제어장치의 동작 상태를 외부 LED를 확인하여 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☐
2	역제어장치 CPU 절체시험	동작계 CPU의 시스템 종료 또는 프로그램을 종료 하여 대기계 CPU가 정상적으로 동작계로 절체 되는지 확인한다.	양호 ☐
3	모뎀통신 장애시험	역제어장치간(역간 통신) 모뎀 통신 상태에 이상이 없는지 확인하고 통신 단절 시 장애 메시지가 정상적으로 표출되는지 확인한다.	양호 ☐
4	입출력 모듈 확인	입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☐
5	DSU 확인	역간통신용 DSU 동작상태를 확인한다.	양호 ☐
6	멀티포트 확인	기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작상태 확인	양호 ☐
7	현장장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인	현장출력장치 인터페이스용 광 S/W 전원 상태 및 동작 상태 확인	양호 ☐
8	커넥터 점검	단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☐

② 현장출력장치 시험 체크리스트

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	모듈 동작상태	제어부 각 모듈의 LED 표시를 육안으로 확인하여 동작 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☐
2	계간 절체시험	동작계 전원을 OFF하여 대기계가 동작계로 정상적으로 절체 되는지 확인한다.	양호 ☐
3	신호현시 상태확인	신호기모듈의 출력이 단등 신호기 및 ATP 신호와 일치하는지 확인한다.	양호 ☐
4	하위신호 현시시험	신호기 출력모듈의 신호기 전류검지를 차단하였을 경우 하위 신호로 현시가 되는지 확인한다.	양호 ☐
5	입출력 모듈 확인	제어부 입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☐
6	제어출력 일치확인	현시된 신호와 동일한 ATS 신호가 출력되는지 확인한다.	양호 ☐
7	레도입력 확인	레도 계전기의 상태가 정상적으로 입력되고 있는지 확인하고 입력이 단절되었을 경우 레도가 낙하 되는지 확인한다.	양호 ☐
8	상태정보 확인	현장출력장치의 상태정보(동작계 1계/2계, 상태감시 1계/2계/LEU/비점유, 1계 RUN/INOUT/광NET1/광NET2/HMU/신호기, 2계 RUN/INOUT/광NET1/광NET2/HMU/신호기)가 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.	양호 ☐
9	전원정보 확인	현장출력장치의 전원정보(FUSE 1계/2계, 전원 AF/LEU/타계전원/스위치 1계/스위치 2계/정류기 1계/정류기 2계/전원절체기)가 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.	양호 ☐
10	검측정보 확인	현장출력장치의 검측정보(폐색장치 서브랙 입력전원(DC) 입력전압/입력전류, 신호기 전류 Y 신호전류/R 신호전류/G 신호전류/Y1 신호전류, LEU 입력전원(DC) 입력전압/입력전류)의 실 측값이 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.	양호 ☐
11	커넥터 점검	현장출력장치 내부단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☐

③ 전기설비 기술지원시스템 시험 체크리스트

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	서버 동작상태	전기설비 기술지원시스템을 접속하여 정상적으로 실행되는지 확인한다.	양호 ☐
2	통신확인	역제어장치와의 통신이 정상적인지 화면의 통신장애 메시지 또는 알람을 확인한다.	양호 ☐
3	화면확인	현장장치 및 역제어장치에서 전송되는 상태정보 및 검측값 정보가 화면에 정상적으로 표시 되는지 확인한다.	양호 ☐
4	데이터 저장확인	전기설비 기술지원시스템으로 전송된 데이터를 메시지 조회 및 검측값 조회를 통하여 정상적으로 저장되었는지 확인한다.	양호 ☐
5	그래프 확인	전송된 검측값데이터를 그래프로 조회되는지 확인한다.	양호 ☐

④ 단등형 시험 체크리스트

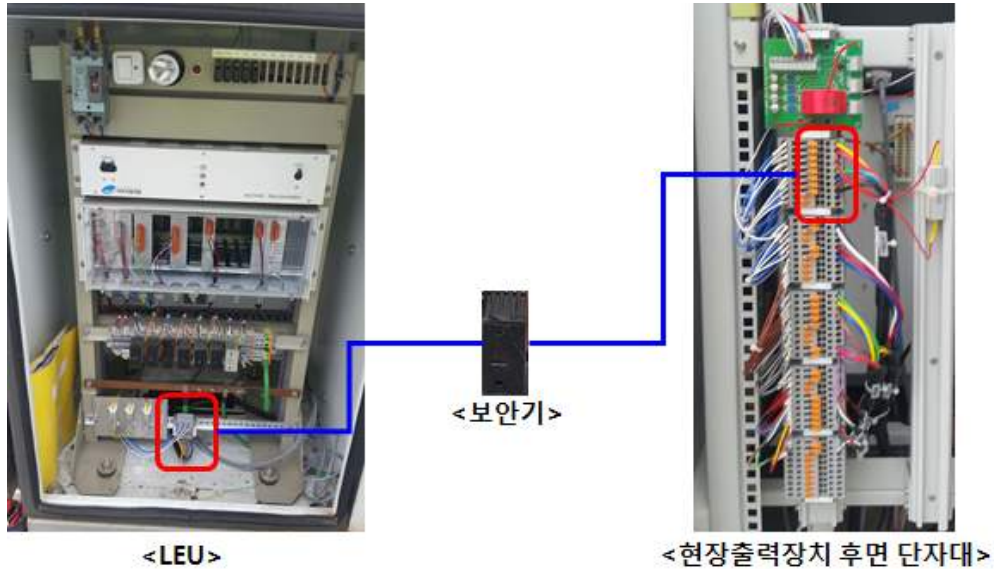
	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	신호 현시	신호계열에 맞는 신호기의 점등을 육안으로 확인한다.	양호 ☐

⑤ 병렬운전시험 결과

- (파) 전자폐색장치 및 LED 신호기 병렬운전시험 체크리스트

⑥ 전자폐색장치 미비사항

- 상 2 개소에 NFB 차단 시 자동으로 복귀할 수 있게 하는 장치 설치 및 결선
- LEU 내 LDB 보드 보호를 위해 전자폐색장치 ATP 출력단과 LDB 보드 입력단 사이에 보안기 설치



- SIGNAL 모듈 F/W 업데이트(병렬운전시험 체크리스트 01/20 상5, 상2호 통신장애 & 1/21 하2호 G 전류검지 장애로 인한 조치)
- 서버랙에 전압/전류 측정관련 CPU 모듈 AD 파트 점검 및 보완

⑦ 병렬운전시험 현장사진



⑧ 병렬운전시험 공인기관 시험성적서

- (타) 전자폐색장치 및 LED 신호기 병렬운전시험 공인기관 시험성적서

(타) 공인기관 시험성적서 획득



한국철도기술연구원 귀하		발급번호 R17-0120 발급일자 2017.02.15 (Certification Number) (Certification Date)
시험성적서 (TESTING CERTIFICATE)		
(전자폐색장치 병렬운전시험)		
한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute		
우 16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uwang-si, Gyeonggi-do, 16105, KOREA TEL : +82-31-460-5506 FAX : +82-31-460-5509	우 16078 경기도 의왕시 가나무로 117 117, Ganamu-ro, Uwang-si, Gyeonggi-do, 16078, KOREA TEL : +82-31-460-5506 FAX : +82-31-460-5509	

KRRRI R1G17-0017|R17-0120|10|KLM|12763|13583|170109|170215 S-QP20-01-(9)



시험성적서 (TESTING CERTIFICATE)	
Sheet No. : 1 / 2 발급번호 R17-0120 (Certificate No.)	
신청자 (Client)	(상호) 한국철도기술연구원 (대표자) 김기환 (주소) 경기도 의왕시 철도박물관로 176 (철안동)
제조사 (Manufacturer)	(상호) 유강제어(현장출력장치)/혁신전공(역제어장치)/세희(신호기) (주소) 서울시 금천구 가산디지털1로 207/서울시 중구 서애로 3길 19(발동 3가) /대전시 유성구 태크노 2로
접수번호 (Receipt No.)	617-0017
시험일자 (Date of Test)	2017. 01. 23 ~ 2017. 01. 24
품명 (Commodity)	전자폐색장치(현장출력장치(하3) / 현장출력장치(상3) / 역제어장치 / 기술지원시스템)
시험규격 (Test method used)	신청자 제시규격(한국철도시설공단 승인 병렬운전시험계획서 Ver. 1.0 : 2016. 11. 28)
시험환경 (Testing Environment)	온도 : (-8 ± 3) °C, 습도 : (75 ± 5) % R.H.
시험기록 (Test Record)	시험 성적서 2 매 발령 16 매 총 18 매
시험결과 (Test Result)	상기 시험품의 항목별 상세 시험결과에는 별지 시험성적서와 같음.
용도 (Uses)	한국철도시설공단 시설물성능검증위원회 제출용
비고 (Note) : 위는 신청자가 제공한 서류의 시험결과임. (This result of testing has been made for the commodities provided by the applicant.)	
실무자 : 한인수	기술책임자 : 이강원
(Date)	2017 년 02 월 15 일
(Certified by)	한국철도기술연구원장 President of Korea Railroad Research Institute

KRRRI R1G17-0017|R17-0120|10|KLM|12763|13583|170109|170215 S-QP20-02-(11)



발급번호 R17-0120 (Certificate No.)	시험성적서 (TESTING CERTIFICATE)			
매 수 2 / 2 (Sheet No.)				
시험결과 (Test Result) ■ 제품명 : 전자폐색장치 (현장출력장치(하3) / 현장출력장치(상3) / 역제어장치 / 기술지원시스템) ■ 시험규격 : 신청자 제시규격 (전자폐색장치 병렬운전시험계획서)				
시험항목 (Test List)	시험결과 (Test Result)	시험방법 (Test Process)	비고 (Remark)	
장치명 번호 시험명				
현장출력장치	1 현장출력장치(하3) 오동 동작상태 확인 2 현장출력장치(하3) 개간 절제시험 3 현장출력장치(하3) 신호현상상태 확인시험 4 현장출력장치(상3) 하위신호 현상시험 5 현장출력장치(상3) 입출력 모듈 확인시험 6 현장출력장치(상3) 제어출력 일치 확인시험 7 현장출력장치(상3) 게이트웨이 확인시험 8 현장출력장치(상3) 상태정보 확인시험 9 현장출력장치(상3) 전원정보 확인시험 10 현장출력장치(상3) 경속정보 확인시험	이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음	전자폐색장치 병렬운전시험계획서 (2016.11.28.) 3.2항	- 세부시험결과 는 [별첨] 참조 (총 16 페이지) - 동일한 형식 의 제품 동일성 확인은 신청자 에게 있음
역제어장치	11 역제어장치 동작상태 확인시험 12 역제어장치 입출력 모듈 확인시험 13 DSU 확인시험 14 역제어장치 멀티포트 확인시험 15 역제어장치 현장출력장치 인터페이스용 S/W 확인시험	이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음	전자폐색장치 병렬운전시험계획서 (2016.11.28.) 3.1항	
기술지원시스템	16 기술지원시스템 서버 동작상태 확인시험 17 기술지원시스템 통신상태 확인시험 18 기술지원시스템 역간 화면 및 현장장치 화 면 확인시험 19 기술지원시스템 데이터저장 확인시험 20 기술지원시스템 그래픽 확인시험	이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음	전자폐색장치 병렬운전시험계획서 (2016.11.28.) 3.3항	
열차 운행시 확인 시험	21 열차 운행시 기술지원시스템 화면 확인 시험 21.1 정상 운행의 경우(하선) 21.2 연결역 제어의 경우(하선) 21.3 고철 시험의 경우(상선의 현장출력장치 (상3) 와 네트워크 스위치 간의 LAN 케이블 제거) 21.4 광통신 단절시험의 경우(상선의 현장출력장치 (상3)와 현장출력장치(상4) 간의 광통신 단절)	이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음 이상 없음	전자폐색장치 병렬운전시험계획서 (2016.11.28.) 2.5항	

KRRRI R1G17-0017|R17-0120|10|KLM|12763|13583|170109|170215

(과) 성능평가 보고서

① 병렬운전시험 결과

○ 병렬운전 시험 체크리스트(현장출력장치)

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	모듈 동작상태	제어부 각 모듈의 LED 표시를 육안으로 확인하여 동작 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☑
2	계간 절제시험	동작계 전원을 OFF하여 대기계가 동작계로 정상적으로 절제 되는지 확인한다.	양호 ☑
3	신호현시 상태확인	신호기모듈의 출력이 단등 신호기 및 ATP 신호와 일치하는지 확인한다.	양호 ☑
4	하위신호 현시시험	신호기 출력모듈의 신호기 전류검지를 차단하였을 경우 하위신호로 현시가 되는지 확인한다.	양호 ☑
5	입출력 모듈 확인	제어부 입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☑
6	제어출력 일치확인	현시된 신호와 동일한 ATS 신호가 출력되는지 확인한다.	양호 ☑
7	궤도입력 확인	궤도 계전기의 상태가 정상적으로 입력되고 있는지 확인하고 입력이 단절되었을 경우 궤도가 낙하 되는지 확인한다.	양호 ☑
8	상태정보 확인	현장출력장치의 상태정보(동작계 1계/2계, 상태감시 1계/2계/LEU/비점유, 1계 RUN/INOUT/광NET1/광NET2/HMU/신호기, 2계 RUN/INOUT/광NET1/광NET2/HMU/신호기)가 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.	양호 ☑
9	전원정보 확인	현장출력장치의 전원정보(FUSE 1계/2계, 전원 AF/LEU/타계전원/스위치 1계/스위치 2계/정류기 1계/정류기 2계/전원 절제기)가 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.	양호 ☑
10	검측정보 확인	현장출력장치의 검측정보(폐색장치 서브랙 입력전원(DC) 입력전압/입력전류, 신호기 전류 Y 신호전류/R 신호전류/G 신호전류/Y1 신호전류, LEU 입력전원(DC) 입력전압/입력전류)의 실 측정값이 기술지원시스템과 동일한지 확인한다.	양호 ☑
11	커넥터 점검	현장출력장치 내부단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☑

○ 병렬운전 시험 체크리스트(역제어장치)

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	역제어장치 동작 상태 확인	역제어장치의 동작 상태를 외부 LED를 확인하여 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☑
2	입출력 모듈 확인	입출력모듈 동작 상태를 현재 제어상태와 비교하여 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☑
3	DSU 확인	역간통신용 DSU 동작상태를 확인한다.	양호 ☑
4	멀티포트 확인	기술지원 시스템 인터페이스용 멀티포트 동작상태 확인	양호 ☑
5	현장장치 연결용 광통신 장치(광스위칭허브) 확인	현장출력장치 인터페이스용 광 S/W 전원 상태 및 동작상태 확인	양호 ☑
6	커넥터 점검	단자 및 커넥터의 체결 상태에 이상이 없는지 확인한다.	양호 ☑

○ 병렬운전 시험 체크리스트(전기설비 기술지원시스템)

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	서버 동작상태	전기설비 기술지원시스템에 접속하여 정상적으로 실행되는지 확인한다.	양호 ☑
2	통신확인	역제어장치와의 통신이 정상적인지, 화면의 통신장애 메시지 또는 알람을 확인한다.	양호 ☑
3	화면확인	현장출력장치 및 역제어장치에서 전송되는 상태정보와 검측값 정보가 화면에 정상적으로 표시 되는지 확인한다.	양호 ☑
4	데이터 저장확인	전기설비 기술지원 시스템으로 전송된 데이터를 메시지 조회 및 검측값 조회를 통하여 정상적으로 저장되었는지 확인한다.	양호 ☑
5	그래프 확인	전송된 검측데이터가 그래프로 조회되는지 확인한다.	양호 ☑

○ 병렬운전 시험 체크리스트(단등형 신호기)

	점검항목	점 검 내 용	점검 결과
1	신호 현시	신호계열에 맞는 신호기의 점등을 육안으로 확인한다.	양호 ☑
2	소비전력 측정	단등형 신호기의 입력전압 및 소비전류를 측정하여 소비전력을 산출한다.	양호 ☑

(1) 개요

(가) 연구결과 적용 가능성 조사

① 정부부처, 철도운영기관 등 의견수렴을 통한 실용화 방안 분석

- 관련법 및 설치시설 규정
 - 일반철도 신호제어 유지보수 매뉴얼 검토
 - 고정자산 분류항목 및 내용연수 검토
 - 신호제어설비 유지보수 세칙 검토
- 기존노선의 역간 현장설비의 현황 검토
 - 노선별 현장설비 현황
 - 폐색장치 노후도 현황
- 역간 현장신호설비의 간소화 적용 가능성
 - 역간 신호설비 현황
 - 간소화 방안 검토
 - 전자식 폐색장치 검토
 - 기능분석을 통한 간소화방안
- 기존 시설물과 영향분석 및 인터페이스 항목
 - 기존폐색장치와 전자폐색장치 간의 영향 분석
 - 전자폐색장치의 인터페이스 항목

② 전자폐색장치 적용 가능 노선 조사

- 요구사항에 따른 노선 선정
- 시범구축 우선순위 노선 분석

(나) 실용화를 위한 시범 사업

① 시범노선 선정

- 시범구축을 위한 요구사항 분석
 - 노후도 기준 검토
 - 설비수량 및 유지보수성 기준 검토
 - 일일 열차운행 횟수 및 노선의 중요도 기준검토
 - 장애발생횟수 분석 기준검토
 - 신설선의 건설시점 기준검토
- 운영현황에 따른 기존설비 노후도와 유지보수 업무량
 - 노선별 노후도 분석
 - 유지보수 업무량 분석

② 시범노선 구축 계획 수립

- 점검 및 시험을 위한 최적지 선정
 - 시범설치 대상개소 검토
 - 운영기관 시스템 요구사항
 - 전자식 폐색장치 설치방안
- 시범구축시 절체작업량과 절체 소요시간을 고려한 역공정
 - 시범구축 절체 작업량 분석
 - 설비 종류별 절체 작업시간 산정 기준

- 절체 전,후 준비 작업
- 역간 절체작업 소요 시간
- 절체작업 계획

(다) 경제성 분석

① 구축비용, 운영유지보수 편익 등 경제성 분석

- 유지보수 업무 비용분석
 - 운영사별 유지보수체계
 - 운영사별 인원(인프라)현황
 - 운영사별 유지보수 인원분석
 - 유지보수 비용분석
 - 유지보수 인원 적합성 분석
- 간소화 구축비용 분석
 - 현장장치 구성품
 - 장치 기능
 - 구축비용 분석
- 장애사고 비용 분석
 - 철도사고 비용 추정
 - 철도사고 신호분야 장애 현황
 - 기존폐색장치 사고비용 산출
- 안전성 효과에 대한 비용 분석
 - 유지보수 업무 비용 분석
 - 간소화 구축비용 분석
 - 장애사고에 대한 비용 분석

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
연구결과 적용 가능성 조사	- 정부부처, 철도운영기관 등 의견수렴을 통한 실용화 방안 분석 - 전자폐색장치 적용 가능 노선 조사
실용화를 위한 시범 사업	- 시범노선 선정 - 시범노선 구축 계획 수립
경제성 분석	- 구축비용, 운영유지보수 편익 등 경제성 분석

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

(가) 정부부처, 철도운영기관 등 의견수렴을 통한 실용화 방안 분석

① 일반철도 신호제어 유지보수 매뉴얼 검토

- 폐색장치 점검 현황

[표 3-35] 점검항목 및 지침주기

순번	점검항목	현행지침주기	표준화주기	비고
1	계전기 점점저항 측정	-	장애발생시	
2	주파수카드내 소형계전기 점점저항	-	장애발생시	
3	송수신카드 주파수 레벨측정	연2회		
4	폐색라인 점검(절연저항계)	2년1회		
5	폐색라인점검(DSU이용)	-	장애발생시	
6	전원공급장치 파워서플라이	월1회	월1회	
7	전원공급장치 파워카드	월1회	월1회	
8	폐색보안기	-	장애발생시	
9	신호기 LED 등압측정	연2회	연2회	
10	신호기 LED 전류측정	-	장애발생시	
11	ATS지상자 계전기점검	월1회	월1회	
12	ATS지상자 주파수,Q측정	연2회	연2회	
13	ATS지상자 취부위치점검(육안)	월1회	월1회	
	ATS지상자 취부위치점검(계측)		연2회	
14	단자접속상태점검	연2회	연2회	
15	폐색신호기 투시점검	월1회	월1회	

[표 3-36] 신호제어설비 유지보수

[출처: 신호제어설비 유지보수 세척 65호]

검 사 항 목		검사주기	
		순회	정밀
1. 신호기장치	가. 인식거리 및 렌즈 투시상태 (도보)	월1회	-
	나. 신호현시계열(※)	-	2년1회
	다. 신호기 등압	-	연2회
	라. 신호기주의 건식상태	-	연1회
	라. 신호철선의 정비 1) 철선의 이완 및 철선지주의 정비 2) 크랭크의 동작, 신호리버 간 쇄정	주1회 -	- 월1회
	마. 기타 부속장치류의 동작	월1회	-
2. 궤도회로 장치	가. 송, 착전 전압 및 주파수 측정	-	월1회
	나. 궤조절연 볼트, 너트 및 본드, 잠바선 류	월1회	-
	다. 궤조절연 상태 및 이물질 부착	-	월1회
	라. 구성기기의 동작 및 부속장치류	월1회	-
	마. 임펄스 궤도회로의 정·부펄스의 양부	-	2년1회
3. 폐색장치	가. 연동폐색장치 및 통표폐색장치의 기능	월2회	-
	나. 역간 폐색설비의 기능(※)	월2회	-
	다. 폐색장치의 주파수 및 레벨 측정	-	연1회
	라. 국부회로와 송, 수신회로 동작 전류 점검	-	연1회
	마. 각 부의 이완, 손상, 마모	연2회	-
	바. 착오해정 유무	-	연1회
	사. 기타 부속장치류	월1회	-
4. ATS 지상장치	가. 주파수 및 Q치 측정(※)	-	연2회
	나. 지상자 취부위치 및 균열	-	분기1회
	다. 각 부의 접속 및 단자이완	-	분기1회
	라. 승강장 비상정지버튼 동작시험	-	반기1회
5. 전선로	가. 접속개소 및 끝부분의 정비	-	연1회
	나. 트러프, 전선관의 정비	-	연1회
	다. 절연저항의 측정 1) 선로전환기 제어·표시, 건널목 제어, 연결선구간 제어·전원선	-	연1회
	2) 1)항을 제외한 기타회선	-	2년1회
	라. 기타 부속장치류	월1회	-
6. 기구함, 접속함	가. 단자이완 및 배선정리	월1회	-
	나. 부식손상 및 주변정비	월1회	-
7. ATP 장치	가. 발리스 취부 및 균열상태	월1회	-
	나. 선로변 제어유니트 동작 상태	월1회	-
	다. 각부의 정격전압 측정	월1회	-
	라. 각종 보드 및 단자 접속 상태	-	분기1회
	마. 기타 부속장치 류	-	분기1회
	바. 소프트웨어(텔레그램) 점검	-	연1회

② 관련규정 검토 의견

- 기존폐색장치의 관련 규정은 일반철도 신호제어 유지보수 매뉴얼, 고정자산 분류항목 및 내용연수, 신호제어설비 유지보수 세칙이 있다.
- 일반철도 신호제어 유지보수 매뉴얼에서는 계전기 접점저항 측정, 주파수카드내 소형계전기 접점저항, 주파수 송수신부 점검, 폐색라인 점검, 전원공급장치 파워서플라이, 전원공급장치 파워카드, 폐색보안기 등 점검을 실시하고 있다.
- 고정자산 분류항목 및 내용연수에서는 폐색장치의 내구연한 및 재산내역에 대하여 아래와 같이 언급하고 있다.
 - 자동, 연동, 쌍신으로 구분하고 다음 부속명세를 포함한다.
 - ▷ 1. 계전기(개), 2. 발신기(개), 3. 전화기 (대) 4. 보안기(개), 5. 배선(식), 6. 폐색 제어유닛 7. 모듈 8. 송,수신기
(모듈류, 계전기류 : 5년, 수동소자 : 10년, 케이블 : 10년, 소모품 :5년)
- 신호제어설비 유지보수 세칙은 신호기장치, 궤도회로장치, 폐색장치, ATS지상장치, 전선로, 기구함, 접속함, ATP 장치의 검사항목 및 검사주기를 나타내고 있다.

③ 기존노선의 역간 현장설비의 현황

- 노선별 현장설비 현황

[표 3-37] 한국철도공사 노선별 궤도회로 장치

[출처: 2015 전기업무자료 제22호]

선별	임펄스	바이어스	직류	PF 궤도회로	AF궤도회로				궤도회로기능감시장치		
					소계	유절연	무절연	잠바선 (각종)	모장치	자장치	폐색용
고속선	111	24	-	-	983	67	916	9,406	24	42	37
경부선	3,209	47	-	-	1,366	9	939	13,350	17	70	1323
중앙선	1,199	437	122	-	158	-	518	7,370	10	42	170
호남선	727	1	-	-	853	-	853	5,416	6	33	621
전라선	569	1	-	-	501	-	501	3,277	6	29	325
장항선	432	47	63	-	176	-	176	2,092	3	19	130
충북선	555	-	-	-	118	-	118	2,174	3	16	225
경전선	454	225	301	-	207	-	207	2,817	2	14	195
동해선	164	565	239	-	23	-	23	2,693	1	2	-
영동선	115	-	-	-	560	-	560	3,478	4	27	71
태백선	53	-	-	-	358	-	358	2,412	6	16	-
경북선	8	116	186	-	-	-	-	714	-	-	-
경인선	414	-	-	-	160	-	160	2,106	1	2	151
경의선	388	58	26	-	146	-	146	2,082	2	13	116
경원선	664	130	-	-	125	-	125	3,661	3	15	116
경춘선	328	1	-	-	327	-	327	1,516	3	7	254
교외선	2	5	79	-	-	-	-	199	-	-	-
과천선	-	-	-	-	128	128	-	480	1	4	-
분당선	161	-	-	-	449	278	171	1,000	3	23	-
일산선	-	-	-	17	182	-	182	342	1	8	-
안산선	10	-	-	-	205	-	205	892	1	5	87
대구선	4	109	28	-	-	-	-	643	-	-	3
기타선	1,238	249	516	-	426	-	426	10,738	2	18	190

○ 폐색장치 노후도 현황

[표 3-38] 일반철도 폐색장치 노후도 현황

[참고 : 폐색장치현황(kovis), 한국철도공사]

노선	총 수량 (개)	노후도에 따른 폐색장치 수량(개)				평균노후도(년)
		20년이상	15년이상	10년이상	10년이하	
경부선	1030	1	36	702	291	11.11
경북선	5		4		1	16.6
경원선	65	9	12	20	24	13.74
경의선	20	1	5		14	8
경인선	284	1	83	158	42	12.79
경전선	124	40	10	7	67	11.85
경춘선	241				241	5
광양제철선	3	1	2			20.67
광양항성	1	1				17
광주선	8			8		12
괴동선	2				2	8
교외선	1		1			17
대구선	12		9	2	1	15.42
대불선	1			1		12
덕산선	1		1			18
동해선	10		10			11.4
동해남부선	99	21	8		70	6.76
목호항선	4		4			17.5
부산신항선	42				42	5
북평선	2		2			18
분당선	13				13	3.15
안산선	88		55		33	12.41
양산화물선	1			1		10
여천선	2			2		12
영동선	57		39	4	14	13.28
온산선	2	1	1			19.5
용산선	31				31	2.74
장성화물선	1				1	9
장항선	5				5	7.8
전라선	165				165	6.29
중앙선	218		15	76	127	8.32
진해선	3		3			18
충북선	63			63		11
코레일공항철도	3				3	1
태백선	39	5	2		32	7.1
호남선	456			332	124	9.11
합계	3,102	81	302	1,376	1,343	

○ 일반철도 노선별 노후도 분석

- 아래 그림은 주요 노선들의 평균 노후도를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 경북선이 16.6년으로 가장 높은 수치를 나타냈고, 신설 노선인 경춘선이 5년으로 가장 낮은 수치를 보였다. ‘고정자산 분류항목 및 내용연수’기준에 따르면 폐색장치의 내구연한은 10년, 세부부속품인 카드류 5년, 케이블 10년, 소모품 5년이며, 폐색장치의 내구연한을 그래프에 빨간선으로 나타내었다. 이 기준으로 봤을 때 대부분 노선이 이 기준을 넘고 있음을 볼 수 있다. 내구연한을 경과한다는 것은 위험성이 높아지는 것으로 더 정밀한 점검이 필요할 것으로 보인다.



[그림 3-55] 일반철도 주요노선 폐색장치 노후도 평균

④ 역간 현장신호설비의 간소화 적용 가능성

○ 역간 신호설비 현황

[표 3-39] 역간 신호설비 현황 및 기능

구분	종류	기능	
신호기	폐색신호기	자동폐색구간에는 열차가 폐색구간에 진입하면, 궤도회로에 의해 시단(始端)의 주신호기의 폐색신호기는 자동적으로 정지신호를 현시하고, 열차가 폐색구간을 진출하면 그 신호기에 진행을 지시하는 신호를 현시한다. 열차밀도가 증가함에 따라 폐색구간이 짧아진다.	
	중계신호기	장내신호기·출발신호기·폐색신호기 등의 신호현시 확인거리가 곡선 등으로 부족한 경우에 이것을 보완하기 위해 설치되는 종속신호기이다.	
	원방신호기	비자동 구간의 장내신호기에 부속되어 있는 신호기로, 장내신호기의 외방 400m 이상의 지점에서 장내신호기의 신호현시를 예고하는 것이다.	
	지장물경고등	열차를 긴급히 정지시킬 필요가 있는 경우에 발광 신호를 현시하는 장치이다.	
	서행신호기	공사 등을 위해서 임의로 실시하는 서행 구간의 시점에 설치되며, 일정 기간동안에만 한정된 임시신호기이다.	
자동폐색 제어유니트	바이어스 궤도회로용	S3BT1	3현시용 바이어스궤도계전기 1개 사용, 송신·수신용
		S3BT0	3현시용 바이어스궤도계전기 없음, 송신·수신용

	임펄스 궤도회로용	S3IT1	3현시용 임펄스궤도계전기 1개, 송신·수신용
		S3IT0	3현시용 임펄스궤도계전기 없음, 송신·수신용
	AF궤도회로 용	S3AT1	3현시용 궤도반응계전기 1개 사용, 송신·수신용
		S3AT0	3현시용 궤도반응계전기 없음, 송신·수신용
궤도회로	직류(바이어스) 궤도회로	열차 검지용 신호에 직류를 사용한 궤도회로, 이점으로는 설비비가 싸고, 2.5km 정도의 긴 궤도회로 길이를 취하지만, 반면 전지의 보수, 유류, 성극작용의 문제점이 있다. 송전용 정류기 및 축전기는 선로변 송전 측에 설치하고 궤도계전기는 계전기실에 설치한다.	
	고전압임펄스 궤도회로	임펄스를 사용한 궤도회로, 교류 25,000V 전철 구간에 주로 사용되며 전차선의 귀선 전류(전기차 전류)는 레일을 통하여 변전소로 귀환시키고 신호 전류는 임피던스 본드에서 차단하여 궤도회로의 기능을 실행한다. 이 고전압 임펄스 궤도회로는 전차선과 팬터와의 이선, 낙뢰 등의 발생으로 궤도회로에 이상 전압의 유기 시에도 절연 내력이 크므로 신호설비 보호 효과가 높을 뿐 아니라 초퍼(chopper), VVVF차량 운행 시에도 외란에 잘 견디므로 오동작이 발생하지 않는 장점이 있다. 또한 임펄스를 사용하므로 송수신 거리에 따른 전압 강하가 거의 발생하지 않으며 1개 궤도회로의 소비전력이 50~60VA 정도로 비교적 작아 에너지 절감효과가 크며 우천시에도 자갈도상 누설 저항의 변화가 적어 안전성이 우수하고 장애발생 시 고장발견이나 부품의 교환이 용이하다. 고전압 임펄스 궤도회로 장치는 전압 안정기, 송신기, 수신기, 임피던스 본드(송신 또는 수신단), 궤도계전기로 구성되어 있다.	
	가청주파수(AF) 궤도회로	가청주파수궤도회로는 사람이 들을 수 있는 가청주파수(16~20,000Hz)를 사용한 장치이다. 이 궤도회로는 차상신호용에 적합한 방식으로 열차검지기능 뿐만 아니라 선행열차와의 운행간격, 해당 열차의 지시 속도, 차량운행정보 등을 Digital 정보전송방식으로 차량에 송신하여 안전운행을 기능하게 해주는 장치이다. 주요 구성요소는 동조유닛, 커플링유닛, 정합변성기, AF본드로 되어 있다.	
	UM71C형 AF궤도회로	궤도회로 경계부에 절연이음매 대신 두 개의 동조유닛과 그 사이 중앙에 공심유도자가 한 조로 결합하여 전기적인 회로를 구성한다. 이와 같은 전기적인 절연은 각 궤도회로 경계로부터 신호전파를 방지한다. 각 주파수에서는 궤도회로 신호조건으로 정보를 송수신을 하기에 충분한 임피던스 값을 제공하며 전차선의 귀선전류를 평형 시킨다. 궤도회로는 약 1,500m 간격으로 설치하며 사용주파수는 4가지로서 인접 궤도회로 또는 반대선 궤도회로에는 서로 다른 주파수를 사용하여 궤도회로간의 간섭을 배제한다. 가청주파수(AF) 궤도회로의 반송주파수 및 배열은 다음과 같다. F1: 2040Hz(궤도1): 하선용 F1: 2400Hz(궤도2): 상선용 F2: 2760Hz(궤도1): 하선용 F2: 3120Hz(궤도2): 상선용	
LEU			
발리스		송신용과 수신용 안테나로 구성되고 합체에는 전자 회로가 구성되어 있고, 데이터 전송에 필요한 전원은 차상 안테나가 발리스 위를 통과할 때 공급되어진다. 이와 같은 전원은 수신용 안테나에 의해 전송되는 주사 신호(scanning signal)는 발리스의 수신용 안테나에 의해 수신된다. 발리스는 일반적으로 정상적인 열차 운행 방향에 따라 A와 B의 발리스를 설치하며 한 개의 동일한 정보를 제공하는 발리스 사이의 거리는 2.3~3.5m 이격하여 설치하고 서로 다른 정보를 제공하는 발리스간의 거리는 최소 10.5m 이상 이격하여 설치한다. 발리스에	

		는 다음과 같은 3종류가 있다. (1) 고정 정보용 F(Fixed) 외부 조작에 의해 메시지를 변경시킬 수 없는 발리스를 말하며 고정된 정보(속도 제한, 선로 지장 작업을 위한 임시 속도 제한 등)를 제공하는데 사용한다. (2) 제어 발리스 또는 “S” 발리스(S=signal) 부호 “X” 또는 “Y”는 신호 부호 전송기(encoder)의 외부 조작에 의해 제어될 수 있다. 이 발리스는 변경될 수 있는 정보(신호, 다양한 속도 표시등)를 제공하기 위하여 설치한다. (3) M(표시) “A” 발리스에 의해 모든 정보가 전송될 때 “B” 발리스 대신 사용할 수 있는 간소화된 발리스. 각각의 발리스는 부호 “X”에 의해 증명된 특수한 기능(속도, 거리, 구내 특수 기능 등)을 수행하고 이 부호는 적절한 값의 Encoding Card에 의해 발리스 자체에서 영구적으로 부호화 된다.
ATS 지상장치		지상 신호기의 신호 현시에 따라 지상정보를 차상으로 전송하는 장치로 지상자, 제어 계전기, 제어 케이블로 구성된다.
접속함		현장에 시설되는 신호시설물(장치)과 실내 설비간 전기적 접속 또는 연동을 위해 포설되는 케이블과 접속을 용이하게 하기 위해 시설되는 함체.
맨홀		케이블 포설량이 많은 곳이나 선로횡단개소 등에 설치하여 케이블의 시공 작업이 용이하게 하는 시설물
건널목안전설비		철도와 도로가 평면으로 교차하는 건널목에 설치하여 건널목을 횡단하는 차량과 보행자에게 열차의 접근을 통보하여 통행차량과 보행자가 일단 정지하게 함으로써 건널목의 사고를 사전에 방지하는 설비로 경보기, 전동차단기, 고장감시장치, 지장물검지장치, 건널목 정보분석장치, 정시간제어기, 출구측차단봉검지기, 건널목 원격감시장치 등의 안전설비를 설치하여 열차안전운행을 확보하는데 그 목적이 있다.
각종 케이블		전압 및 전류로 동작하는 장치를 위해 포설되는 전원, 통신, 제어용선
관로설비		역구내 및 역간의 전선로에는 케이블의 외피 손상에 의한 장애 및 사고를 방지하기 위하여 케이블을 보호하는 전선관로를 설치하거나 직접 땅에 매설하는 방법이 있다. 역간에 직접 매설하는 경우에는 선로변 노건을 이용하여 깊이 60cm 이상 매설을 하여야 한다. 역구내 다량의 주 케이블 루트는 전선관로를 사용하는데 전선관로에는 콘크리트 트로프, 파스콘 트로프, 전선관, 케이블 트레이 등을 사용한다.

○ 간소화 방안 검토

- 역간신호설비의 간소화 방안으로는 H/W의 설비를 축소화하는 방안과 유지보수 비용을 효율화하며 업무 간소화 방안으로 분석할 수 있다.
- 장치의 구분은 신호기, 폐색장치, 궤도회로설비, ATP 지상설비, ATS 지상설비, 전선로설비를 크게 구분할 수 있다. 각각의 장치론은 위치적으로 간소화를 검토할 경우 선로 사이와 선로외부로 나뉜다.
- 선로사이와 선로옆에 설치되는 장치는 각각 별개의 장치를 위치적 환경에 따라 설치하므로 간소화가 불가능하다 그러나 선로측면의 시설물은 위치조정이 가능하고 또한 통합이 가능하며 구성할 수 있는 가능성이 있다. 즉, 하나의 외함에 취부하여 운영이 가능할 것으로 사료된다.

○ 기능적 간소화

- 각각의 장치에 대한 기능은 업무상 간소화가 불가능하다. 따라서 장치의 기능은 유지 또는 확대하고 대신 유지보수 업무를 간소화하여 기능 확대 효과를 볼 수 있다. 유지보수 업무를 효율적으로 구성하는 것을 검토하여야 한다. 따라서 최초 개발되는 전자폐색장치에 대한 기능검토를 통하여 업무효율 증대를 위한 간소화를 검토하여야 한다.

구분	기존 장비	통합형 전자폐색장치	비고
택(기구함) 통신방식	ABS	1개의 기구함 통합구성 - 광통신방식(10MBPS이상) 2중 링네트워크 - 폐색, TLDS 통합네트워크 사용 - TLDS기능 내장	2중 링네트워크 - TLDS기능 내장
	TLDS		
	AF궤도회로		
	LEU		
제어방식	- 인접폐색정보에 의한 계전기 로직제어 - 단방향 제어	- 구간별 열차운용조건 - 구간집중 제어방식 - 양방향제어 가능 - 구간별 속도제한 가능	- 양방향제어 가능 - 구간속도제한
시스템 구성	- 단독제어 - 시스템별 단일계 운영	- 구간제어 2중계 구성(제어부)	2중계 구성
폐색로직 구현	전방 현시 정보에 의한 신호 현시	역제어장치의 통합 신호 현시	
유지보수	고장검지 정보에 의한 현장 점검	다양한 현장 정보에 대해 역내 확인 후 현장점검	모니터링 기능

[그림 3-56] 기존장비와 통합형 전자폐색장치 구성 비교

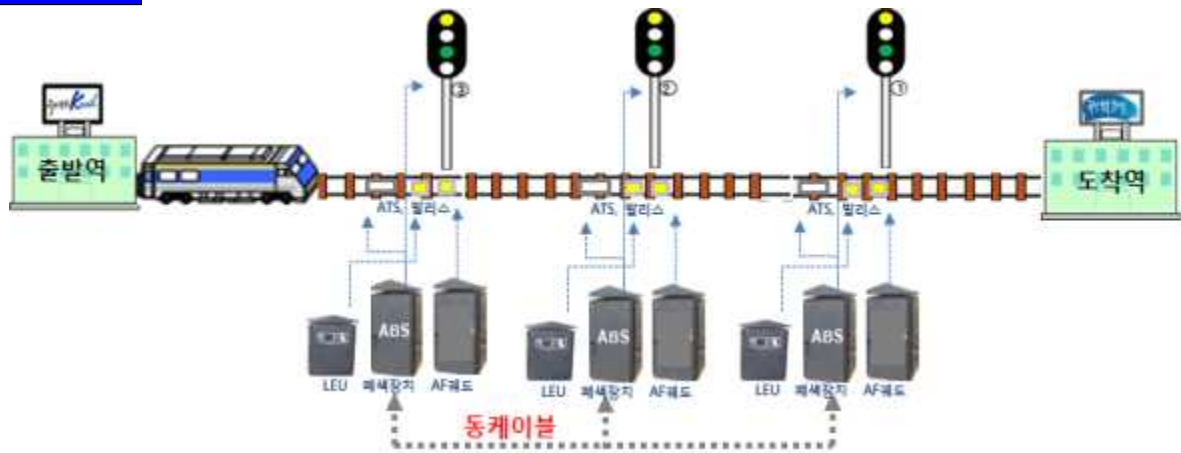
○ 전자식 폐색장치 검토

- 통합형 전자폐색제어장치의 구성은 기계실에 설치되는 역제어장치와 선로변에 설치되는 현장출력장치로 구분한다. 역 제어장치의 경우 기계실에 위치하여 해당 역 관내의 상, 하선 폐색 구간내의 열차 이동에 대한 신호 제어를 수행하며 현장 장치의 운영을 감시하는 장치이고, 현장출력장치는 역제어장치로부터 제어명령을 수신하여 이에 따라 신호현시를 하며 LEU로 정보 전송을 수행한다.

[표 3-40] 통합형 전자폐색 제어장치 구성

구분	구성 장치
역제어장치	서버 2중계
	관내 상, 하선 폐색 구간내의 열차 제어, 현장장치 감시
	19인치 표준랙에 구성품 장착
현장출력장치	마이크로 프로세서 2중계
	역제어장치 명령에 따라 신호기, ATS장치로 출력
	특1호 크기의 외함에 구성품 장착

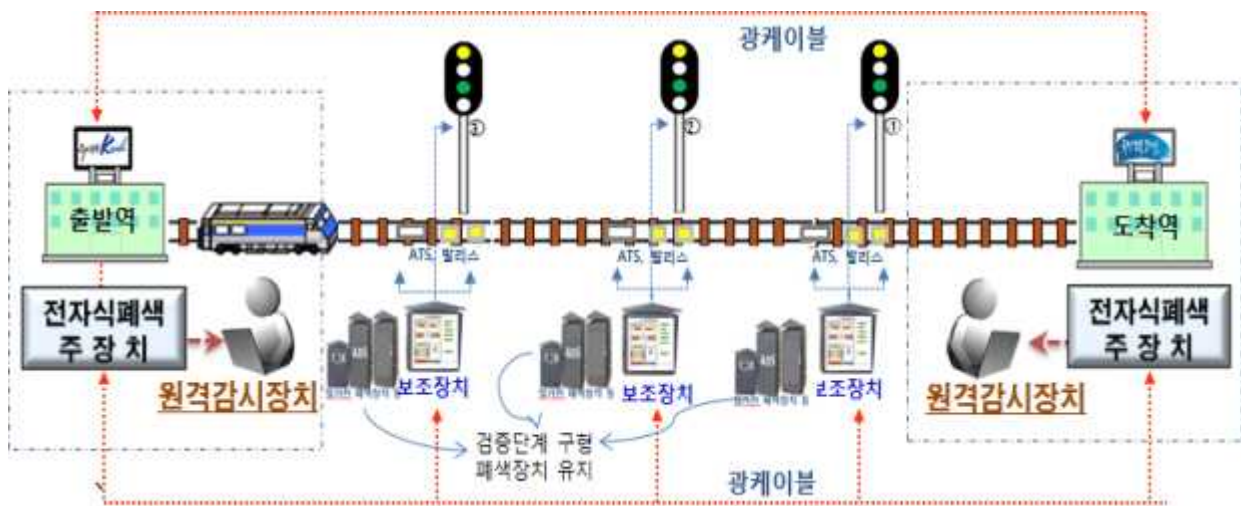
현행



[그림 3-57] 주기적인 현장 점검이 필요한 장치

- 보수인력의 주기적인 현장 점검으로 설비 이상유무 확인
 - ⇒ 데이터 추이 분석 불가로 설비 열화상태 판단 불가
- 열차운행으로 선로변 및 터널 등 현장 점검은 정밀점검에 한계

개선(안)



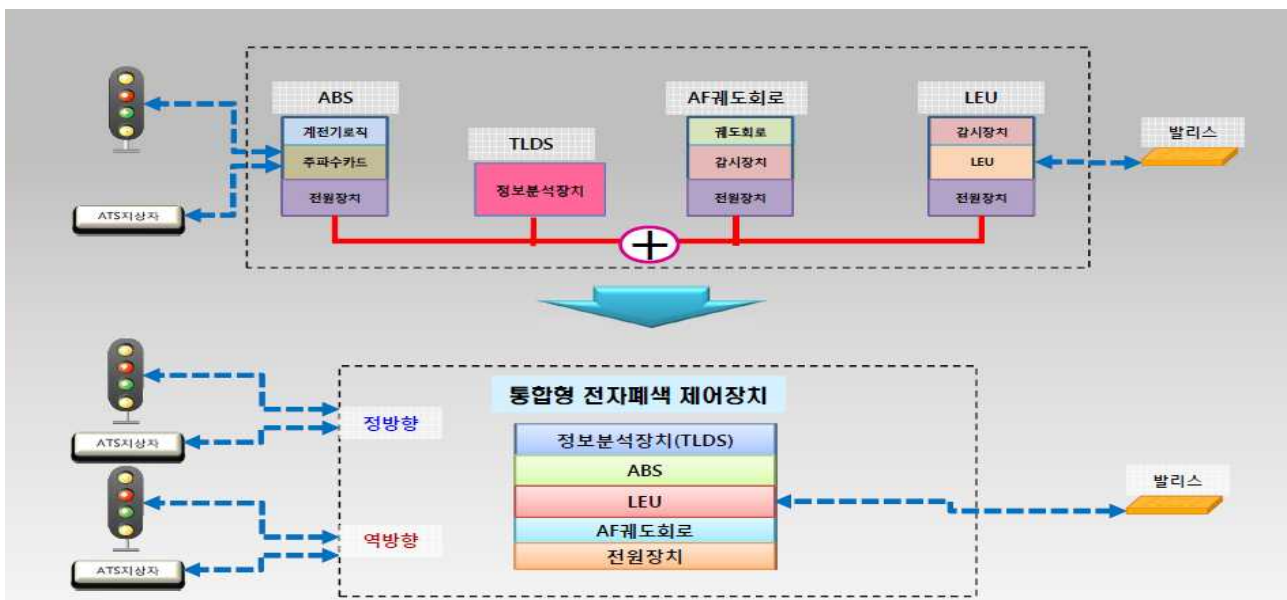
[그림 3-58] 자식패색 장치를 통한 실시간 감시장치

- 현장 점검이 아닌 인근 역에서 현장설비 실시간 감시
 - ⇒ 데이터 추이 분석으로 설비 열화상태 자동 진단 ⇒ 사고 예방
 - * 각 설비별 자가진단 결과를 인접역(보수소속)에 전송
- 디지털 제어 및 광케이블 이중망 구성으로 신뢰성 확보

- 기능분석을 통한 간소화 방안
 - H/W부분 간소화 방안

[표 3-41] 장치구성 및 설치위치

분류	설치 위치			간소화
	선로사이	선로측면 (선로 바로 옆)	선로옆 (선로 근처)	
신호기	-	○	-	불가능
자동폐색제어유니트	-	-	○	가능
궤도회로	-	○	-	불가능
LEU	-	-	○	가능
발리스	○	-	-	불가능
ATS 지상장치	○	-	-	불가능
접속함	-	-	○	불가능
맨홀	-	-	○	불가능
건널목설비	-	-	○	불가능
각종 케이블	-	-	○	불가능
관로설비	-	-	○	불가능



[그림 3-59] 기능적 간소화 구성

- 보수업무 간소화 방안: 유지보수 점검주기의 일상점검, 주간점검, 월상점검 등의 획일적으로 현장의 설비를 직접 유지보수원이 순회 감시하는 기능을 유지보수사 무실이나 관제설비 및 운전취급실에서 집중 감시하므로 순회점검의 업무를 간소화하여 업무효율화가 가능할 것이다

(나) 전자폐색장치 적용 가능 노선 조사

① 요구사항에 따른 노선 선정

- 신호설비 간소화를 위하여 시범구축을 위한 우선순위의 노선을 선정하기 위하여 순서는 기존선의 경우 내구연한에 따른 개량사업을 고려한 노후도와 유지보수업무 간소화를 위한 업무 간소화를 고려하여 선정되어야 한다. 노선별 노후도와 업무량의 상관관계는 아래의 표와 같다.

[표 3-42] 요구사항에 따른 노선선정

요 구 사 항	적 용 내 용	적 용 기 준
폐색설비의 노후도 분석	내구연한을 고려한 설비의 노후도에 따라 우선 개량에 적용되어야 한다.	내구연한 10년 이상을 기준으로 배점 적용
현장 폐색설비의 수량에 따른 전자폐색 구축 개략 사업비	사업비적인 측면에서 대단위의 예산을 확보하기 위하여 기획에 필요한 시간이 많이 소요되므로 수량이 적은 노선부터 적용되어야 한다.	10개 이하와 11개~50개, 50개~100개, 100개~150개, 등 이상은 50개 단위로 구분
일일 열차운행 횟수	시공성을 고려하고 열차운행의 안전성을 고려할 경우 시공은 운행선이므로 야간 절체시간에 소요되므로	열차 일일운행 횟수는 10회이하의 모두 같고 10이상부터는 50회를 배수로 구분적용
시공성을 고려한 요구사항	시공성은 야간에 절체작업이 이루어지므로 동일하나 폐색장치가 많을 경우 공사기간이 장기화됨.	10개 이하와 11개~50개, 50개~100개, 100개~150개, 등 이상은 50개 단위로 구분
장애에 따른 사고발생 건수	각 선구의 장애사고의 횟수가 많은 노선일수록 빠르게 개량되어야 할 것이다.	장애건수는 5건을 기준으로 구분
신설선의 건설 시점	신설선은 전자폐색장치의 안정화 단계를 적용시점으로 보고 현재 건설되는 시점과 연계성을 고려하여 적용되어야 한다.	건설시점은 2016년을 기준으로 시행되는 모든 사업에 반영하는 것으로 검토
노선의 중요도	국내 철도의 주요 철도노선을 정의하여 노선의 중요도를 고려하여 우선 순위를 결정하여야 한다.	주요 노선은 열차운행횟수와 동일하게 구분하여 적용

② 시범구축 우선순위 노선 분석

○ 위에서 검토된 바와 같이 국내에 운영 중인 노선의 경우 폐색장치의 내구년한으로 인한 개량사업이 가장 빠르게 이루어 질 것으로 예상되는 노선과 설비 수량에 따른 유지보수 업무의 과다한 노선을 최적의 우선순위로 선정하였다.

○ 노후도 우선순위

[표 3-43] 노후도 우선순위

노 후 도	우선순위 배점	배점에 따른 선구 분포율	비 고
5년 미만	1점	14%	
5년에서 10년사이	2점	28%	
10년에서 15년 사이	3점	31%	
15년에서 20년사이	4점	25%	
20년이상	5점	2%	

[표 3-44] 노선별 우선순위

노선	폐색장치(개)	노후도	우선순위	비 고
경부선	1,030	11.11	3	
호남선	456	9.11	2	
경인선	284	12.79	3	
경춘선	241	5	1	
중앙선	218	8.32	2	
전라선	165	6.29	2	
경전선	124	11.85	3	
동해남부선	99	6.76	2	
안산선	88	12.41	3	
경원선	65	13.74	3	
충북선	63	11	3	
영동선	57	13.28	3	
부산신항선	42	5	1	
태백선	39	7.1	2	
용산선	31	2.74	1	
경의선	20	8	2	
분당선	13	3.15	1	
대구선	12	15.42	4	
동해선	10	11.4	3	
광주선	8	12	3	

○ 유지보수비 절감 우선순위

- 시공성 및 사업비는 유지보수비와도 연관성이 있다. 즉 수량이 많으면 시공성이 떨어지고 사업비가 증가할 것이다. 그러나 장비의 개량에 따른 유지보수비의 절감은 커질 것으로 사료된다. 따라서 장기적인 측면에서는 운영비의 절감을 고려하여 수량이 많을수록 높은 배점을 부여하였다.

[표 3-45] 유지보수비 절감 우선순위

설비의 수량	우선순위 배점	수량에 따른 선구 분포율	비 고
10개 이상 50개 미만	1점	37%	
50개에서 100개 사이	2점	26%	
100개에서 150개 사이	3점	5%	
150개에서 200개 사이	4점	5%	
200개에서 250개 사이	5점	11%	
250개에서 300개 사이	6점	5%	
300개 이상	7점	11%	

[표 3-46] 노선별 우선순위

노선	폐색장치(개)	우선순위	비 고
경부선	1,030	7	
호남선	456	7	
경인선	284	6	
경춘선	241	5	
중앙선	218	5	
전라선	165	4	
경전선	124	3	
동해남부선	99	2	
안산선	88	2	
경원선	65	2	
충북선	63	2	
영동선	57	2	
부산신항선	42	1	
태백선	39	1	
용산선	31	1	
경의선	20	1	
분당선	13	1	
대구선	12	1	
동해선	10	1	
광주선	8	1	

○ 열차운영횟수에 따른 중요도 우선순위

- 시공노선의 열차운영횟수가 많다는 것은 노선의 사회적, 문화적, 경제적 효과가 크다고 볼 수 있다. 따라서 노선의 열차운영횟수 분석을 통하여 노선의 중요도를 분석하였다.

[표 3-47] 열차운영횟수에 따른 중요도 우선순위

열차의 운영횟수	우선순위 배점	운영횟수에 따른 분포율	비 고
10회 미만	1점	3%	
10회에서 50회 사이	2점	25%	
50회에서 100회 사이	3점	30%	
100회에서 150회 사이	4점	28%	
150회에서 200회 사이	5점	14%	

[표 3-48] 노선별 우선순위

노선	열차운영 횟수	우선순위	비 고
경부선	182	5	
호남선	78	3	
경인선	110	4	
경춘선	68	3	
중앙선	128	4	
전라선	40	2	
경전선	41	2	
동해남부선	13	2	
안산선	135	4	
경원선	141	4	
충북선	38	2	
영동선	27	2	
부산신항선	12	2	
태백선	34	2	
용산선	147	4	
경의선	26	2	
분당선	171	5	
대구선	25	2	
동해선	12	2	
광주선	21	2	

○ 장애건수에 따른 우선순위

- 장애 횟수에 따른 발생빈도는 KOVIS의 설치년도별 폐색장치의 장애횟수를 기준으로 산정하였으며, 장비의 장애는 초기에 많이 발생되다가 어느 시점에는 장애 발생횟수가 많아진다. 또한 분석결과에 따르면 어느 일정 시기가되면 장기적인 유지보수업무에 따라 장애발생횟수가 절감하는 것으로 분석되었다. 따라서 장애건수에 따른 우선순위배점은 교체주기를 중심으로 많은 장애가 발생되므로 아래와 같이 우선순위를 정리하였다.

[표 3-49] 장애발생 빈도에 따른 우선순위 배점표

장애발생 빈도	우선순위 배점	비 고
5년 미만	1점	
5년에서 10년사이	2점	
10년에서 15년 사이	3점	
15년에서 20년사이	2점	
20년이상	1점	

[표 3-50] 노선별 우선순위

노선	노후도(년)	우선순위	비 고
경부선	11.11	3	
호남선	9.11	2	
경인선	12.79	3	
경춘선	5	1	
중앙선	8.32	2	
전라선	6.29	2	
경전선	11.85	3	
동해남부선	6.76	2	
안산선	12.41	3	
경원선	13.74	3	
충북선	11	3	
영동선	13.28	3	
부산신항선	5	1	
태백선	7.1	2	
용산선	2.74	1	
경의선	8	2	
분당선	3.15	1	
대구선	15.42	2	
동해선	11.4	3	
광주선	12	3	

○ 시범구축 우선순위 선정

- 시범구축 우선순위는 노선의 설비 노후도, 유지보수비, 운행횟수 중요도, 장애인수를 기준으로 우선순위를 선정하였다.

[표 3-51] 시범구축 우선순위 선정

노선	폐색장치(개)	우선순위 선정항목				우선순위	비 고
		노후도	유지보수비	운행횟수	장애인수		
경부선	1,030	3	7	5	3	18	1순위
호남선	456	2	7	3	2	14	3순위
경인선	284	3	6	4	3	16	2순위
경춘선	241	1	5	3	1	10	8순위
중앙선	218	2	5	4	2	13	4순위
전라선	165	2	4	2	2	10	8순위
경전선	124	3	3	2	3	11	7순위
동해남부선	99	2	2	2	2	8	
안산선	88	3	2	4	3	12	5순위
경원선	65	3	2	4	3	12	5순위
충북선	63	3	2	2	3	10	8순위
영동선	57	3	2	2	3	10	8순위
부산신항선	42	1	1	2	1	5	
태백선	39	2	1	2	2	7	
용산선	31	1	1	4	1	7	
경의선	20	2	1	2	2	7	
분당선	13	1	1	5	1	8	
대구선	12	4	1	2	2	9	
동해선	10	3	1	2	3	9	
광주선	8	3	1	2	3	9	

- 시범구축의 우선순위는 설비의 노후도가 높고 열차운행 횟수가 많으며 유지보수비 절감효과가 높고 장애가 많이 발생하는 경부선, 경인선, 호남선, 중앙선의 순위로 나타났다. 현재 운영적인 기준으로 보아도 신호설비의 간소화를 통하여 효과적인 유지보수비 절감과 장애절감효과를 통한 경제성을 확보하고 설비노화에 따른 교체시기를 고려하여 적용되어야 할 것이다. 또한 위의 우선순위는 열차의 운행횟수가 많은 노선으로 국내 철도사업의 중추적인 역할을 수행하는 노선이므로 가장 많은 효과를 볼 것으로 판단된다. 또한 철도기술발전을 위하여 주요 노선에 전자폐색장치를 구축하므로 정보의 많은 부분을 효과적으로 처리할 수 있을 것이다. 물론 이에 따른 예산 확보 방안이 함께 추진되어야 할 것이다.

(다) 실용화를 위한 시범노선 선정

① 시범구축을 위한 요구사항

○ 요구항목 분석

- 기존 노선과 신설노선의 적용성은 우선 전자폐색장치의 점검 및 시험이 완료되는 점을 기준으로 하여야 한다. 이는 적용되는 간소화 설비의 운영적 측면과 경제적 측면을 바탕으로 안전화가 이루어져야 시범구축 단계로 들어갈 수 있다.
- 기존 노선의 경우 설비의 노후도를 고려하여 폐색장치의 내구연한을 기준으로 설비 노후도가 높은 수준으로 적용되어야 하고 또한 적용 노선의 시공성을 감안하여 운행횟수가 적고 설비 수량이 낮은 선구를 대상으로 점진적으로 적용되어야 한다. 신설선의 경우 초기 건설단계에서 시공비 절감을 위하여 건설 초기 단계에 함께 적용하는 것이 타당할 것이다.

○ 노후도 기준 검토

- 설비의 노후도는 내구연한을 기준으로 검토되어야 하며, 기본적으로 내구연한이 지난 설비는 교체 대상으로 상시 고장의 위험을 내포하고 있는 설비로 볼 수 있다. 따라서 내구연한이 지난 설비는 교체가 바로 이루어져야하나 현장의 여건 또는 예산적인 문제로 지연될 수 있으며, 추가적으로 운영 및 유지보수업무를 수행하는 기술자의 숙련도 및 정기적인 점검에 의한 장애를 미연에 방지하도록 보수 및 감시를 시행하므로 지속적으로 운영되기도 한다. 따라서 노후도 분석의 기준은 기본적인 사용연수에 대한 기준으로 검토하도록 한다. 폐색설비의 경우 철도공사의 고정자산 분류항목 및 내용연수에서 복선폐색기, 단색폐색기는 10년을 기준으로 관리하고 있다. 따라서 우선 교체 대상의 기준은 노후도의 연도가 오래된 것을 높은 점수로 계산하고 사용연수가 짧은 것은 낮은 점수로 배점하였다. 또한 5년 미만의 경우 초기고장단계가 지난 안정한 단계의 설비로 볼 수 있으므로 1점을 배점하고 그 이상은 5년을 주기로 1점씩 추가하는 것으로 배점의 기준을 검토하였다.

○ 설비수량 및 유지보수성 기준검토

- 역간의 폐색설비의 수량은 사업비 예산 측면과 시공적인 측면 및 유지보수적인 측면에서 중요한 부분을 차지한다. 설비의 수량이 많을수록 사업예산이 확대되어야 하고 설비 교체를 위한 공사기간도 길어질 것이다. 또한 운영설비의 수량에 따라 유지보수 업무도 많을 것이다. 따라서 사업비적인 측면과 유지보수비 측면은 서로 상관관계에 있다. 교체를 위해서는 많은 예산이 투자되어야 하나, 교체가 이루어지면 유지보수 업무는 효과적으로 간소화되며, 안전사고의 발생확률도 낮아질 것이다. 따라서 투자비용과 안전성 측면의 경제적인 분석이 필요하다. 그러나 철도의 안전사고는 많은 인명피해 및 물질적 피해가 자명하며, 사회적 비용손실도 클 것으로 예상된다. 따라서 설비수량이 많은 개소를 우선적으로 개량하여 유지보수 업무를 간소화하고 안전사고 예방에 따른 효과도 볼 수 있을 것으로 판단된다. 해당 노선의 선정기준은 설비수량이 10개 이상인 노선만 분석하는 것으로 하였다. 구분단위는 10개 이상 50개 이하로 하고 50개씩을 단위로 우선순위 점수를 부여하는 것으로 하였다. 그리고 300개 이상의 선구는 최고점수로 선정하였다.

○ 일일 열차운행 횟수 및 노선의 중요도 기준검토

- 국내 일반철도의 열차운행 횟수는 해당 노선의 인적교류 및 물적 교류에 많은 영향을 미치고 있다. 따라서 노선의 중요도 또한 운행횟수와 비례적으로 작용할 것이다. 노선에 운영하는 열차는 여객열차와 화물열차로 구분하여 운행하고 있으며,

본 연구에서는 열차운행의 운전을 높게 평가하여 화물열차보다는 여객열차의 운행 횟수를 높게 평가하여야 하나, 기본적인 열차의 안전을 고려하여 총 운행횟수를 감안하여 분석하도록 하였다. 운행횟수는 10회 미만과 50회, 150회, 200회 미만을 기준으로 구분하여 우선순위 점수를 부여하는 것으로 하였다.

○ 장애발생횟수 분석 기준검토

- 폐색제어유니트의 장애사례는 한국철도공사의 KOVIS에서 집계가 되고 있으나, 보안상의 관계로 입수가 불가하다. 따라서 제작사의 납품 내역에 따른 장애 보수 사례건수를 확보하여 설치연도에 따른 장애 발생횟수를 분석하여 장비의 노후도에 따른 장애발생횟수의 분포를 분석하여 우선순위 배점을 산정하도록 하였다. 우선순위 배점은 10년에서 15년 사이를 높은 점수를 배정하고 상하로는 점차적으로 낮게 적용하도록 하였다. 그리고 2014년의 장애사례는 분석에서 제외하였다.

○ 신설선의 건설시점 기준검토

- 현재 한국철도시설공단의 건설계획에 따라 2016년 3건, 2017년 1건, 2018년 5건, 2019년 7건, 2020년 5건, 2021년 2건, 2023년 3건으로 계획되어 있다. 따라서 전자폐색장치가 개발이 완료되는 시점인 2016년부터는 활발한 철도건설이 이루어질 것으로 사료된다. 따라서 현재 설계시점기준으로 2016년부터는 설계에 반영하여 건설이 되도록 하여야 할 것이다.

○ 운영기관 요구사항

- 운영기관인 한국철도공사에서는 운영적인 측면에서 현재 기존 폐색장치를 운영하면서 유지보수에 대한 추가적인 필요 기능에 대하여 검토하였으며, 개발되는 전자폐색에 대하여 “시범설치 대상개소 및 시스템 요구사항 검토(2015.04.20.)”의 문서에 시스템 요구사항을 제시하였다

[표 3-52] 운영기관 요구사항

기 능 구 분	요 구 사 항	비고
자동검측 범위 확대	- 폐색유니트 기내 입력전원(AC660V, 220V)에 대해서는 상태감시 * 전압강하 트랜스, 정류기 등 구성품의 증가로 인한 신뢰성 저하 방지 - 24V정류기, LEU 전원모듈, AF 전원모듈은 전압, 전류 검측 - 각 신호기(Y, R, Y1, G)에 대한 전압, 전류 검측 - 전자식 폐색장치 입출력 모듈에 대한 원격 감시_피드백 포함	
원격 및 자동 복귀형	- 폐색유니트 기내 메인 전원개폐기(AC660V) 트립시 원격 또는 자동복귀 장치 설치 - 이중화된 전자식폐색장치 원격 리셋 및 계 절체 기능 구현 * 전자식폐색장치 유지보수부에서 사용자 승인 후 원격 리셋	
측정값은 4단계 값으로 표출	- IV(Intervention Value) 조치값, AV(Alert Value) 경고값 - NI(No Intervention) 허용값, TV(Target Value) 목표값	
전자연동장치와 인터페이스	- 계전기 방식 : 현재와 같이 반응계전기를 통한 정보 제공 · 장점 : 현재 사용하는 방식으로 안전성 검증됨. - 전자연동장치와 분리로 장애시 파급효과 감소	
기타사항	- 시제품 제작 전 제작사양서 사전 검토 필요 - 현장 조사 후 절체를 위한 결선도 사전 검토 승인(제작승인도)	

② 운영현황에 따른 기존설비 노후도와 유지보수 업무량

○ 노선별 설비현황 및 노후도 분석

- 국내에서 운영중인 철도노선은 광역철도, 간선철도, 일반철도 등으로 구성되며, 현재 운영중인 노선의 폐색장치를 기준으로 조사하였다.

[표 3-53] 노선별 폐색장치 수량 및 평균노후도

노선	총 수량(개)	평균노후도(년)
경부선	1030	11.11
호남선	456	9.11
경인선	284	12.79
경춘선	241	5
중앙선	218	8.32
전라선	165	6.29
경전선	124	11.85
동해남부선	99	6.76
안산선	88	12.41
경원선	65	13.74
충북선	63	11
영동선	57	13.28
부산신항선	42	5
태백선	39	7.1
용산선	31	2.74
경의선	20	8
분당선	13	3.15
대구선	12	15.42
동해선	10	11.4
광주선	8	12
장항선	5	7.8
경북선	5	16.6
목호항선	4	17.5
광양제철선	3	20.67
진해선	3	18
코레일공항철도	3	1
온산선	2	19.5
북평선	2	18
여천선	2	12
괴동선	2	8
덕산선	1	18
교외선	1	17
광양항선	1	17
대불선	1	12
양산화물선	1	1
장성화물선	1	1

○ 우선 개량대상 선구 검토

- 위의 표와 같이 현장의 노선별 노후도는 설치 수량과 관련이 있다. 설치수량이 적은 5개 미만의 노선은 분석에서 제외하도록 하였다. 따라서 20개 노선을 대상으로 노후도를 분석하면 아래의 표와 같다.

[표 3-54] 노선별 설치수량 및 평균내구연한

노선별	총수량(개)	평균내구연한(년)
대구선	12	15.42
경원선	65	13.74
영동선	57	13.28
경인선	284	12.79
안산선	88	12.41
광주선	8	12
경전선	124	11.85
동해선	10	11.4
경부선	1030	11.11
충북선	63	11
호남선	456	9.11
중앙선	218	8.32
경의선	20	8
태백선	39	7.1
동해남부선	99	6.76
전라선	165	6.29
경춘선	241	5
부산신항선	42	5
분당선	13	3.15
용산선	31	2.74

- 우선적으로 내구연한이 평균 15년 이상의 노선은 대구선 한 개이며, 10년 이상의 자동폐색장치의 내구연한 10년을 초과한 노선도 경원선, 영동선, 경인선, 안산선, 광주선, 경전선, 동해선, 경부선, 충북선까지 9개 선구에 해당된다. 따라서 우선적으로 개량하여야 하는 대상선구는 10개 노선으로 짐작할 수 있다.

- 유지보수 업무량 분석
 - 역간 신호설비의 점검시간 자료검토

[표 3-55] 유지보수 업무 시간

[출처: 일반철도시설 유지보수활동의 표준화 개발연구, 2014년, 국토교통부, 단위 : 시간]

작업명칭	최소평균값	총 평균값	중앙값
ATS 점검	2.30	4.02	3.39
궤도회로	2.65	4.28	4.04
선로전환기	2.53	4.53	3.80
신호장치	2.88	4.14	3.95
연동장치	3.46	4.84	4.81
전원장치	3.46	4.73	4.69
폐색장치	2.31	3.91	3.75
건널목	3.80	4.58	4.73
CTC	1.38	3.41	3.40

[표 3-56] 검사업무종류별 적용시간

[출처: 표준 전기,신호,정보통신공사품셈, 2015년, 4-1-1 사용전검사]

검사업무 종류	단위	인공량(인)	적용시간(분)	비 고
신호기	기	0.085	40.8	$(8시간 \times 60분) \times 0.085인 = 40.8분$
폐쇄신호기(폐쇄제어함)	기	0.12	57.6	$(8시간 \times 60분) \times 0.12인 = 57.6분$
궤도회로장치	개소	0.045	21.6	$(8시간 \times 60분) \times 0.045인 = 21.6분$
ATS장치	조	0.042	20.16	$(8시간 \times 60분) \times 0.042인 = 20.16분$
ATP장치	개소	0.099	47.52	$(8시간 \times 60분) \times 0.099인 = 47.52분$

[표 3-57] 신호제어설비 유지보수 세칙에 따른 점검시간

검 사 항 목		검사주기(월간)	세부시간	개소당 월간점검시간
1.신호기 장치	가. 인식거리 및 렌즈 투시상태 (도보)	월1회	7.2분	7.2분
	나. 신호현시계열(※)	월0.04회	중복	
	다. 신호기 등압	월0.16회	7.2분	1.152분
	라. 신호기주의 건식상태	월0.08회	7.2분	0.576분
	라. 신호철선의 정비 1) 철선의 이완 및 철선지주의 정비 2) 크랭크의 동작, 신호리버 간 쇄정	월4회 월1회	해당없음	
	마. 기타 부속장치류의 동작	월1회	6.8분	6.8분
	개소당 월간 점검 소요시간			15.728분
2.궤도회로 장치	가. 송, 착전 전압 및 주파수 측정	월1회	3.6분	3.6분
	나. 궤조절연 볼트, 너트 및 본드, 잠바선 류	월1회	3.6분	3.6분
	다. 궤조절연 상태 및 이물질 부착	월1회	3.6분	3.6분
	라. 구성기기의 동작 및 부속장치류	월1회	3.6분	3.6분
	마. 임펄스 궤도회로의 정·부펄스의 양부	월0.04회	3.6분	0.144분
	개소당 월간 점검 소요시간			14.544분
3.폐색장치	가. 연동폐색장치 및 통표폐색장치의 기 능	월2회	해당없음	
	나. 역간 폐색설비의 기능(※)	월2회	해당없음	
	다. 폐색장치의 주파수 및 레벨 측 정	월0.08회	7.2분	0.576분
	라. 국부회로와 송, 수신회로 동작 전류 점검	월0.08회	중복	
	마. 각 부의 이완, 손상, 마모	월0.08회	7.2분	0.576분
	바. 착오해정 유무	월0.08회	7.2분	0.576분
	사. 기타 부속장치류	월1회	7.2분	7.2분
	개소당 월간 점검 소요시간			8.928분
4.ATS지상 장치	가. 주파수 및 Q치 측정(※)	월0.16회	6.72분	1.0752분
	나. 지상자 취부위치 및 균열	월0.33회	6.72분	2.2176분
	다. 각 부의 접속 및 단자이완	월0.33회	6.72분	2.2176분
	개소당 월간 점검 소요시간			5.5104분
7.ATP 장치	가. 발리스 취부 및 균열상태	월1회	11.88분	11.88분
	나. 선로변 제어유니트 동작 상태	월1회	11.88분	11.88분
	다. 각부의 정격전압 측정	월1회	중복	
	라. 각종 보드 및 단자 접속 상태	월0.33회	11.88분	3.9204분
	마. 기타 부속장치 류	월0.33회	중복	
	바. 소프트웨어(텔레그램) 점검	월0.08회	11.88분	0.9504분
	개소당 월간 점검 소요시간			28.6308분

○ 노선별 업무량 분석

- 개소별 유지 보수업무의 소요시간은 표준품셈의 업무를 분석하고 해당소요인공을 분석한 내용을 기준으로 산정된 시간을 적용하였다. 따라서 단순 폐색장치의 노선별 점검 소요시간은 5개소 이하의 노선을 제외한 나머지 노선의 점검 소요시간은 아래와 같다.

[표 3-58] 노선별 폐색장치 및 소요시간

노선	폐색장치 총 수량(개)	개소당 점검 소요시간	총 점검 소요시간(월간)
경부선	1,030	8.928분	9,195.840분 (153.264시간)
호남선	456	8.928분	4,071.168분 (67.8528시간)
경인선	284	8.928분	2,535.552분 (42.2592시간)
경춘선	241	8.928분	2,151.648분 (35.861시간)
중앙선	218	8.928분	1,946.304분 (32.438시간)
전라선	165	8.928분	1,473.120분 (24.552시간)
경전선	124	8.928분	1,107.072분 (18.451시간)
동해남부선	99	8.928분	883.872분 (14.731시간)
안산선	88	8.928분	785.664분 (13.094시간)
경원선	65	8.928분	580.320분 (9.672시간)
충북선	63	8.928분	562.464분 (9.374시간)
영동선	57	8.928분	508.896분 (8.482시간)
부산신항선	42	8.928분	374.976분 (6.250시간)
태백선	39	8.928분	348.192분 (5.803시간)
용산선	31	8.928분	276.768분 (4.613시간)
경의선	20	8.928분	178.560분 (2.976시간)
분당선	13	8.928분	116.064분 (1.934시간)
대구선	12	8.928분	107.136분 (1.786시간)
동해선	10	8.928분	89.280분 (1.488시간)
광주선	8	8.928분	71.424분 (1.190시간)

(라) 시범노선 구축 계획 수립

① 점검 및 시험을 위한 최적지 선정

○ 시범설치 대상개소 검토

- 장애 시 열차운행 연쇄지장 우려되는 과밀지역 제외
- 시범설치 및 시험을 위한 충분한 차단시간 확보 가능 개소
- 전차선 유도, 지락 등 이례사항 시험을 위한 전철화 구간 선정
- ATP 인터페이스 시험을 위하여 ATP 구간 선정
- 복선 5현시 체계 시험 가능 개소

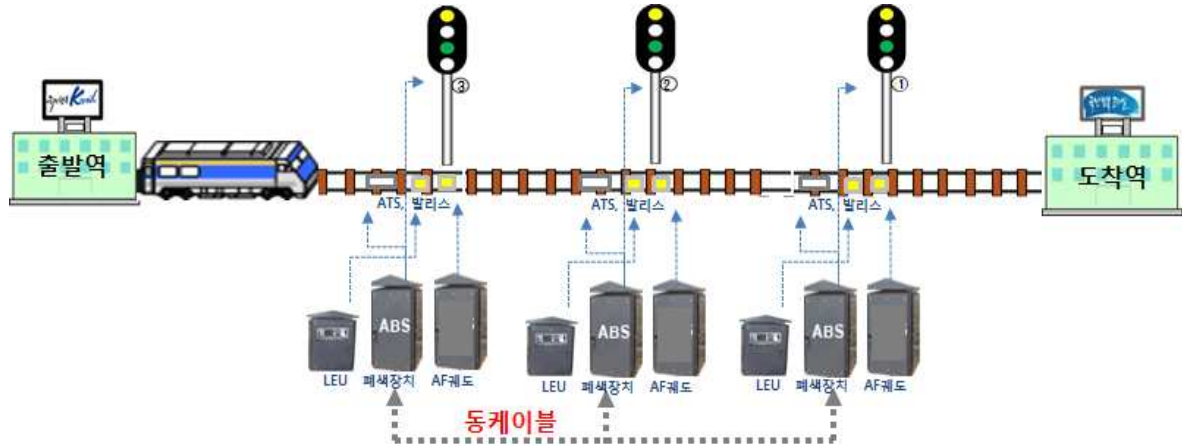
[표 3-59] 대상개소 선정 검토

선 별	수량 (개소)	운행횟수	차단시간	전철화 유무	신호체계	비 고
계	2,240					
경부선	1,192	208	1:30	전철화	복선5현시	
중앙선	195	146	2:00	전철화	복선5현시	
호남선	430	63	3:00	전철화	복선5현시	
전라선	279	77	2:30	전철화	복선5현시	
충북선	62	88	4:00	전철화	단선3현시	
장항선	82	54	4:00	전철화	단선3현시	

- ATP 운행구간이며, 호남선 고속철도 개통으로 고속열차 미운행 구간으로 충분한 작업 및 시험시간 확보가 가능한 호남선이 적합

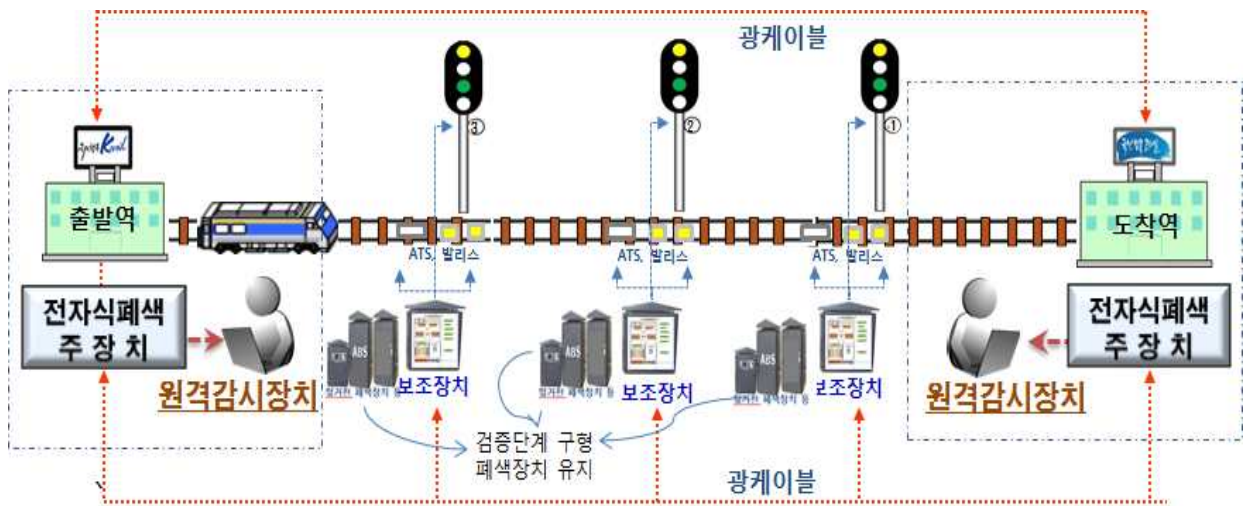
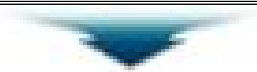
* 호남선 정읍~천원 (12개소, 상선 6개소, 하선 6개소)

○ 전자식 폐색장치 설치방안



[그림 3-60] 기존폐색장치 구성도

- 보수인력의 주기적인 현장 점검으로 설비 이상유무 확인
⇒ 데이터 추이 분석 불가로 설비 열화상태 판단 불가
- 열차운행으로 선로변 및 터널 등 현장 점검은 정밀점검에 한계



[그림 3-61] 전자폐색장치 구성도

<개선>

- 현장 점검이 아닌 인근 역에서 현장설비 실시간 감시
⇒ 데이터 추이 분석으로 설비 열화상태 자동 진단 ⇒ 사고 예방
* 각 설비별 자가진단 결과를 인접역(보수소속)에 전송
- 디지털 제어 및 광케이블 이중망 구성으로 신뢰성 확보

② 시범구축시 절체작업량과 절체 소요시간을 고려한 역공정

○ 시범구축 절체작업량 분석

- 연동장치의 신설 및 개량에 따른 절체는 다음의 내용에 따라 절체시간을 산출하고 절체계획서에 의거 시행하여야 한다.
- 절체작업 시간의 범위는 설비의 사용중지시간에서 사용개시까지의 시간으로 한다.

○ 설비 종류별 절체작업시간 산정기준

- 신설되는 경우 사전준비완료 상태에서 연동검사를 시행하는 시간으로 한다.
- 개량의 경우 최종 연결작업만 시행하고 단위당 신설 및 철거작업을 시행하는 시간으로 한다.
- 이설의 경우 단위당 신설 및 철거작업을 시행하는 시간으로 한다.
- 철거의 경우 단위당 철거작업을 시행하는 시간으로 한다.

○ 절체작업 내용

(신설)

- 폐색유니트 : 20 개
- 폐색신호기 : 20 기
- 통신케이블(14P) : 11.5[km]
- 전원 케이블(4C) : 23[km]
- 신호제어용 케이블 : 5[km]

(재용)

- ATS 지상자 - 점제어식 : 20 개
속도 조사식 : 20 개
- 임피던스 본드 - 송·수신 : 40 개

○ 절체 작업 인원편성 및 배치계획

- 역간 절체시 효율적인 작업을 위해 각역 기계실과 조차반에 각각 1명씩의 기술자를 배치하고 현장에는 상·하선 별로 별도의 하선군(D1-하선1조, D2-하선2조, D3-하선3조)과 상선군(U1-상선1조, U2-상선2조, U3-상선3조)에 각각 군조별 2명씩으로 하여 총 16명의 인원 편성배치를 계획한다.

(마) 구축비용, 운영유지보수 편익 등 경제성 분석

① 유지보수 업무 비용분석

○ 유지보수 비용 분석

- 기존 역간 신호설비의 개소당 유지보수비용은 한국철도공사의 유지보수세칙과 표준품셈의 설비별 사용전검사의 적용인공량을 기준으로 분석하였으며 적용인공량은 1인당 하루 8시간 근무를 기준으로 산정하고 유지보수업무내용은 점검주기의 장치별 1달의 업무수행내역을 근거로 작성하였다.
- 표준품셈에 따라 특급기술자와 고급기술자의 2015년도 엔지니어링 기술자 노임단가를 기준으로 비용을 분석하였다.
- 역간설비의 경우 기본적인 폐색의 구성은 1개 폐색구간 1개의 폐색제어유니트, 1개의 폐색신호기, 1개의 궤도회로, 1개의 ATS와 ATP장치로 구성된다. 최근 설계기준변경에 따라 ATP설치개소에는 ATS를 설치하지 않고 있으나 기존에는 함께 설치되어 운영되고 있다. 따라서 역간의 유지보수 업무는 1폐색당 아래의 표와 유사한 업무를 수행하여야 한다.

[표 3-60] 노선별 점검비용

노선	폐색장치 총 수량(개)	월간점검비용	총 점검비용(월간)
경부선	1,030	70,115원	72,218,450원
호남선	456	70,115원	31,972,440원
경인선	284	70,115원	19,912,660원
경춘선	241	70,115원	16,897,715원
중앙선	218	70,115원	15,285,070원
전라선	165	70,115원	11,568,975원
경전선	124	70,115원	8,694,260원
동해남부선	99	70,115원	6,941,385원
안산선	88	70,115원	6,170,120원
경원선	65	70,115원	4,557,475원
충북선	63	70,115원	4,417,245원
영동선	57	70,115원	3,996,555원
부산신항선	42	70,115원	2,944,830원
태백선	39	70,115원	2,734,485원
용산선	31	70,115원	2,173,565원
경의선	20	70,115원	1,402,300원
분당선	13	70,115원	911,495원
대구선	12	70,115원	841,380원
동해선	10	70,115원	701,150원
광주선	8	70,115원	560,920원

② 간소화 구축비용 분석

○ 자동폐색 현장장치 구성품

[표 3-61] 자동폐색 현장장치 구성품

품명	종류 형별	D5BT1	D5IT1	D5AT1
기구함	철제특수No.1(방열형)	1	1	1
랙	기기취부랙	1	1	1
제어계전기부	무극선조계전기	10	10	10
	무극선조계전기 짝	10	10	10
	전류검지계전기	4	4	4
	전류검지계전기 짝	4	4	4
주파수송수신부	주파수송수신부 랙	1	1	1
	전원모듈	2	2	2
	송신모듈(T701~T718)	6	6	6
	수신모듈(R701~R718)	4	4	4
케도회로용품	바이어스케도계전기	1		
	변압기류, 정류부, 쇼크	각1		
	임펄스케도계전기		1	
	송신기, 수신기, 안정기		각1	
	무극선조계전기 소형			1
ABS용 보안기	S14P 설치대(5P)	1	1	1
	S14P	5	5	5
	ST0405용	2		
	S220 또는 S600 (카운터내장용)	2	2	2
전원부	주변압기, 전원절체기	각1	각1	각1

○ 구축비용 분석

- 자동폐색제어장치의 비용은 아래 표와 같다. 비용은 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비, 이윤 등으로 구성되어있다. 재료비는 제품의 제조를 위하여 소비되는 물품의 원가이며 가장 많은 비용을 차지한다. 노무비는 제조활동과 관련된 인건비이고, 경비는 제품의 제조원가를 구성하는 원가요소인 회계학적 의미를 뜻한다. 일반관리비는 건축 공사비에서의 경비 중 현장을 통괄하는 본점․지점 등, 관리 기관의 경비를 의미한다. 이윤은 기업의 총 수입에서 임대, 지대, 이자, 감가상각비 따위를 빼고 남은 순이익이다. 표와 같이 자동폐색장치 1대당 금액은 16,319,073원이다.

[표 3-62] 자동폐색제어유니트(D5AT1) 비용

구분	공급가	비고
재료비	9,659,258	
노무비	1,931,852	
경비	730,240	
일반관리비	579,103	
이윤	1,935,068	
합계	14,835,521	
부가세	1,483,552	
합계	16,319,073	

③ 장애사고 비용 분석

○ 철도사고비용의 추정 방법

- 철도사고비용의 추정은 사고비용 추정의 보편적 방식인 인적자본법(Human Capital Approach)의 하나인 총생산손실법(Gross Output Method)을 이용하고자 한다. 시간적 범위는 2011년 1월 1일 ~12월 31일까지 1년간 발생한 철도사고를 대상으로 하며, 공간적범위는 국내 전국에 대하여 일반철도와 고속철도, 도시철도를 분석 범위로 하였다. 철도사고도 도로 교통사고 와 마찬가지로 당사자의 직접 손실과 공공 및 공동 지출 등의 항목은 포함되지만, 철도사고로 인한 지체 손실, 제3자의 정신적 피해 등 제3자와 손실은 제외하였다. 철도사고비용은 기본적으로 도로교통사고비용 추정 방법과 동일한 방법론을 적용하여 추정하였다.

○ 철도사고비용의 구성

- 생산손실비용 : 생산손실비용의 추정은 사망으로 인한 손실의 가치 추정과 부상 등 후유장애로 인한 노동력 상실로 구분하여 추정하였다.
- 의료비용 : 철도사고 피해자에 대한 치료, 재활비용 등 의료비 일체이며 사망자의 경우 장례비가 포함된다.
- 물적 피해비용 : 철도사고로 인하여 물적 피해비용으로 차량, 선로, 기타 시설물과 응급복구비 등과 같이 사고와 직접 연관되는 재산피해액을 의미하며, 철도사고로 인한 피해액은 한국철도공사의 자체 조사액 등을 참조하였다.
- 행정비용 :교통사고비용이 교통사고로 인한 사회적 손실비용이라는 개념에서 사고처리를 위한 관계기관의 소요비용을 행정비용으로 간주하였으며 철도사고는 해당 기관의 인력 소요가 가장 비중이 크기 때문에 한국철도공사 등 해당기관의 사고복구와 관련한 비용을 위주로 하였으며 향후 경찰 및 보험회사의 관련 비용을 추가할 계획에 있다.

○ 철도사고비용 추정 결과

[표 3-63] 2011년 철도사고비용

[단위 : 천 원, %]

항목	비용	비율
손실생산비용	27,058,689	50.1
의료비용	1,645,126	3.0
물적 피해비용	862,448	1.6
행정비용	1,611,170	3.0
PGS 비용	22,789,723	42.2
계	53,967,156	100.0

[표 3-64] 사상사고 및 사상자당 철도사고비용

[단위 : 천 원]

구분		사망	부상
전체 철도사고비용	PGS 포함	43,131,279	9,207,425
	PGS 제외	25,431,114	4,117,867
사고 1건당	PGS 포함	784,205	65,301
	PGS 제외	462,384	29,205
사상자 1명당	PGS 포함	684,623	60,976
	PGS 제외	403,668	27,271

- 한국교통연구원에서 작성된 교통사고비용추정 방법론 내용을 기준으로 2011년의 철도사고발생횟수와 사회적 손실비용은 표와 같다.

[표 3-65] 2011년 철도사고 1건당 사고비용

2011년 철도사고 비용	2011년 철도사고 건수	1건당 사고비용
53,967,156,000원	277건	194,827,277원

- 기존 폐색장치 사고비용 산출
- 2011년 철도사고비용 총비용에서 2011년 철도사고건수를 나누어 1건당 비용을 산출한 것으로 사고비용은 손실생산비용, 의료비용, 물적 피해 비용, 행정비용, PGS 비용을 합산한 것이다.

[표 3-66] 기존폐색장치 사고비용

단위 : 천 원

장치별	사고건수	사고비용*	철도사고비용
궤도회로	90건	194,827	17,534,430
신호기	6건	194,827	1,168,962
폐색장치	51건	194,827	9,936,177
ATP	6건	194,827	1,168,962
ATS	2건	194,827	389,654
			30,198,185

*사고비용 : 손실생산비용+의료비용+물적피해비용+행정비용+PGS 비용

2011년 철도사고비용(53,967,156,000원)÷ 2011년 철도사고건수(277건) = 194,827,000원

④ 안전성효과에 대한 비용분석

○ 유지보수 업무 비용 분석

[표 3-67] 기존폐색장치와 전자폐색장치 월간점검비용 비교

[단위 : 원]

장치별	기존폐색장치 월간점검비용	전자폐색장치 월간점검비용	감소율
궤도회로	15,036	7,021	53%
신호기	13,904	7,434	47%
폐색장치	8,535	551	94%
ATS	5,268	5,268	0%
ATP	27,371	12,266	55%
합계	70,114	32,540	54%

○ 간소화 구축 비용 분석

- 신규개발되는 전자폐색장치는 설비의 안전성 강화를 위해 기본구성을 듀얼(2중계) 구조로 개발하였으며, 최근발생되는 제품의 안전사고를 예방하기 위하여 각 부품의 신뢰성 및 안전성을 고려한 MTTR(Mean Time To Repair), MTBF(Mean Time Between Failures)가 높은 소재를 적용하였다. 따라서 기존의 폐색장치보다 2중계 구성에 따른 2배의 가격과 고가의 소재 적용에 따른 0.5배를 고려할 경우 기존 폐색장치보다는 2.5배 정도의 가격이 형성될 것으로 사료된다.

종류	규격	단위	수량	재료비	노무비	경비	계
폐색제어 유닛 신설	D5AT1, 특1호	조	1	37,965,698	1,112,259	29,999	39,107,956

재 료 비 계	5,719,512
노 무 비 계	1,118,182
공 구 손 료 계	33,545
합 계	6,871,239

○ 장애사고에 대한 비용분석

- 2013년 장애현황 중 전자폐색장치의 기능으로 보완 가능 건수를 제외하여 장애인수를 산출하여 비용을 분석하였다.

[표 3-68] 기존폐색장치와 전자폐색장치 사고비용 비교

[단위 : 천 원]

장치별	기존폐색장치 사고비용	전자폐색장치 사고비용	감소율
궤도회로	17,534,430	5,260,329	70%
신호기	1,168,962	194,827	83%
폐색장치	9,936,177	3,896,540	61%
ATP	1,168,962	974,135	17%
ATS	389,654	389,654	0%
합계	30,198,185	10,715,485	65%

차. 안전성 평가 보고서

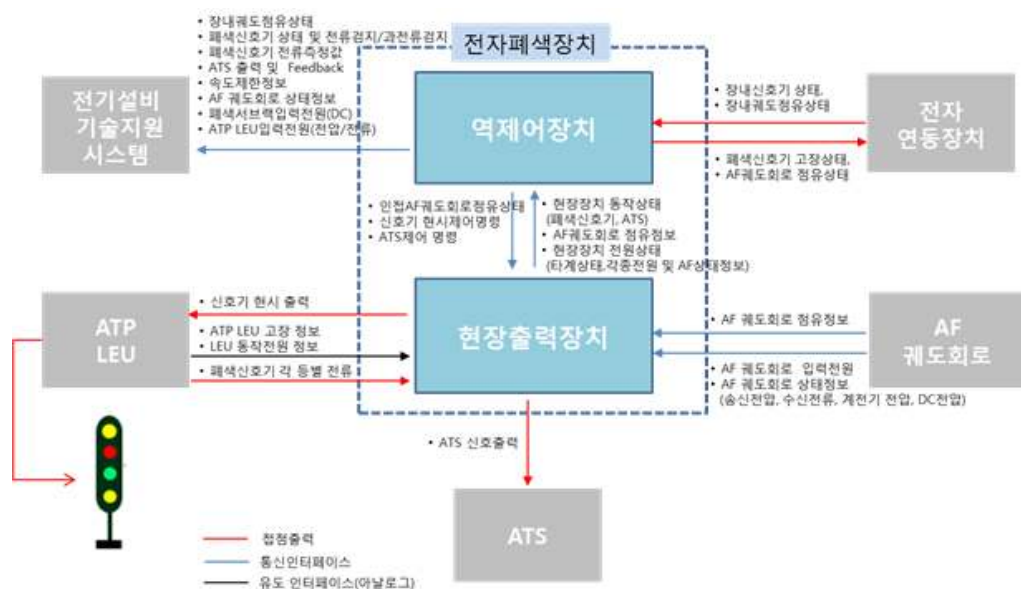
(1) 개요

(가) 전자폐색 RAMS Plan

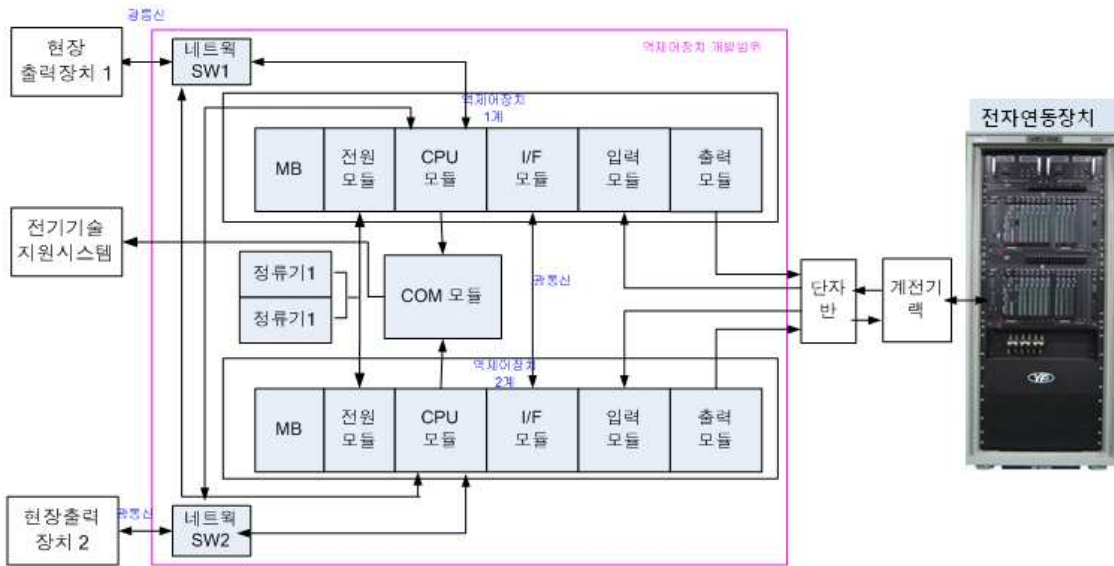
- RAMS Plan에서는 전자폐색장치 개발의 프로젝트 범위 및 요구사항을 정의하고, 개발수명주기별 RAM관리계획, Safety관리계획 및 V&V활동계획을 정의하였다.

① 전자폐색장치 RAMS 활동 범위

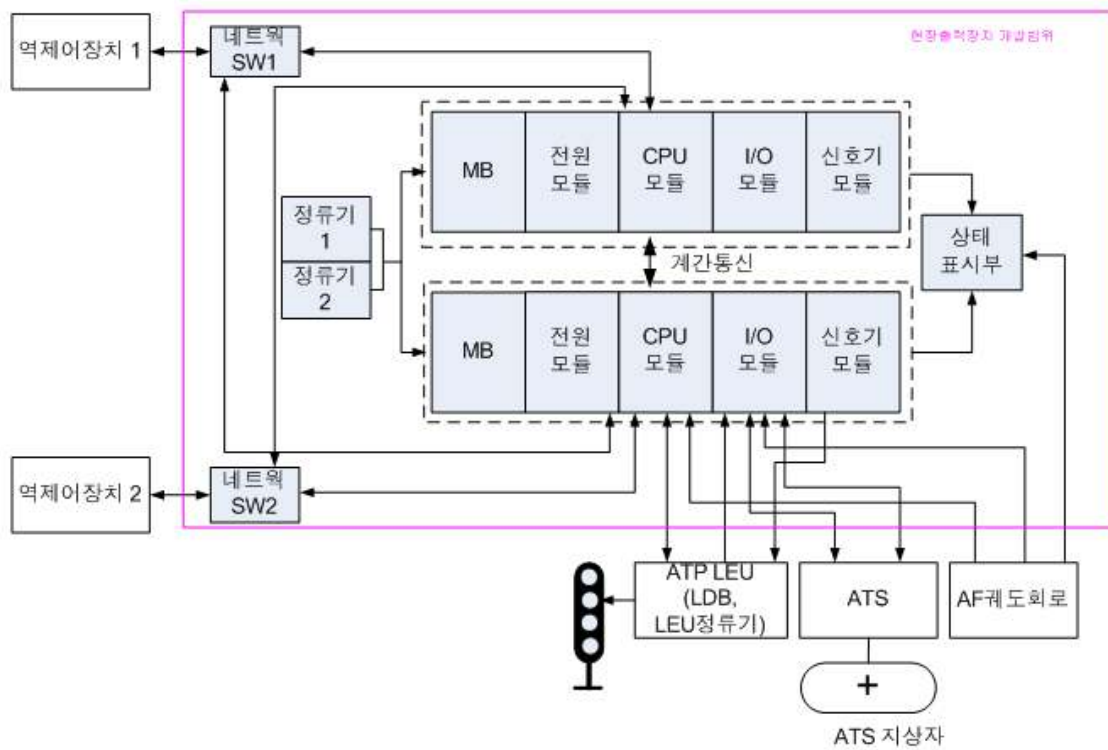
- 전자폐색장치는 그림 2-1과 같이 역제어장치와 현장출력장치로 구성된다. 역제어장치는 최대 32개의 현장출력장치를 제어하며, 전자연동장치와 DI/DO, 전기기술지원시스템과 통신으로 인터페이스 된다. 현장출력장치는 선로변 현장장치인 AF궤도회로, ATS지상자, ATP LEU와 인터페이스 된다.
- 역제어장치는 그림 2-2와 같이, 전원모듈, CPU모듈, I/F모듈, 입력모듈, 출력모듈, 유지보수부, 광통신부, 단자반, 계전기랙, 네트워크 스위치로 구성된다. 유지보수부는 역제어장치의 자체유지보수를 위하여, 광통신부로부터 역제어장치 상태정보를 수신한다. 현장출력장치는 그림 2-3과 같이, 전원모듈, CPU모듈, I/O모듈, 신호기모듈, 상태표시부, 네트워크 스위치로 구성되며, 선로변 현장장치인 AF궤도회로, ATS, ATP LEU와 인터페이스 한다.
- 본 사업의 안전확보는 일반응용에 대한 안전평가를 범위로 하므로 운행선로 환경, 운행열차의 특성 등을 운영상황은 안전성활동 대상에서 제외한다. 또한, 해당 제외범위의 ISA 인정을 위해 제3자 평가보고서의 전제조건 수용여부 및 제한사항에 대한 검토를 V&V 보고서(하드웨어의 경우)에 수록한다.



[그림 3-62] 전자폐색장치 구성

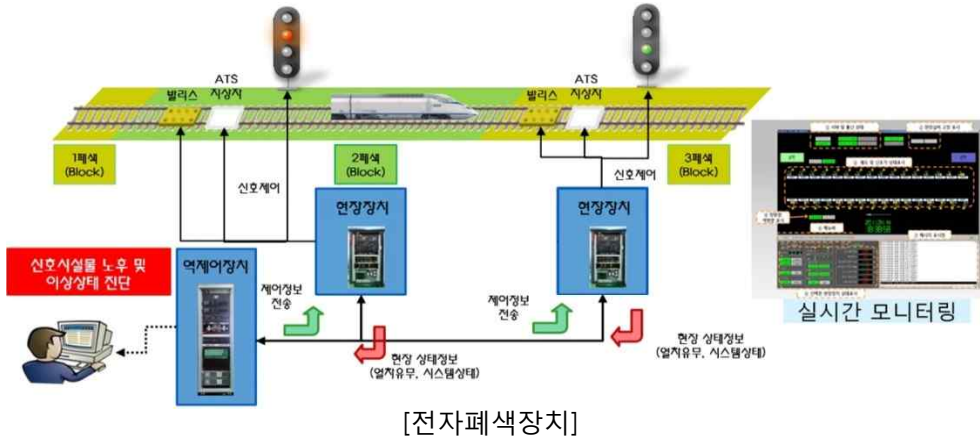


[그림 3-63] 역제어장치 구성



[그림 3-64] 현장출력장치 구성

② RAMS 요구사항

가. 개발 대상	-전자폐색장치의 구성장치인 현장출력장치, 역제어장치를 대상으로 함.  [전자폐색장치]
나. 주요기능	-전자폐색장치는 자동검측기능을 갖는 이중화된 시스템으로 통합감시 및 원격제어가 가능하며, 본 프로젝트의 대상장치인 현장출력장치, 역제어장치의 주요기능은 아래와 같음. 1) 현장출력장치 - 대기 이중계(active online)로 구성되어 사용계 이상 발생시 대기계로 자동절체 - 한 개의 선로에 상선, 하선으로 모두 운용할 수 있도록 양방향으로 운영 가능 - 현장출력장치 제어출력 : 역제어장치의 제어명령에 따라 현장장치(폐색신호기, ATS)로 제어출력 - 현장장치 상태감시정보 전송 현장장치ID, 사용계(주계,부계), 전원감시(AF, LEU, 스위치, 정류기, 전원절체기), 상태감시(타계고장, LEU고장, 점유정보), 1,2계상태, 신호기 정보, 신호기 전류검지, 신호기 과전류 검지, ATS 출력정보, ATS 출력 고장 검지 정보, 속도제한, IN 포트 상태, OUT 포트 상태, AF 궤도회로 데이터(송신출력전압, 수신기 입력전류, 계전기 출력전압, DC공급전압, FM 주파수, 열차검지 주파수 Low, 열차검지 주파수 high), 폐색장치 서브랙 입력전원(입력전압, 전류), LEU 입력전원(입력전압,전류), 신호기 전류(Y,R,G,Y1) 2) 역제어장치 - 대기 이중계로 구성, 사용계에 이상 발생시 대기계로 자동 절체 - 현장출력장치는 역제어장치로부터 제어명령을 수신하여 폐색신호기 현시, ATS 지상자 제어 신호를 출력 - 최대 제어용량 64대, 통상 32대의 현장출력장치 제어, 인접역 장애시 인접 역 32대까지 제어 - 역제어장치 제어정보 : 열차의 궤도점유상태에 따라 신호를 제어하며 신호제어정보를 현장출력장치에 전송. (현장출력장치 ID, 궤도점유방향(역/정방향), 신호기제어, ATS 제어, 속도제한 설정, reset) - 역제어장치 감시정보 : 현장출력장치로 400ms마다 상태정보전송요청 (3회 미응답시 통신회선 절체) (정보 종류 : 역번호 ID, 현장출력장치 ID, 정보 전송계(CPU), 자기상태, 릴레이 정보)

다. RAMS활동 적용 규격	IEC 62278 - 철도 응용 RAMS 명세 및 입증			
마. RAMS 요구사항	[신뢰도]			
		현장출력장치	역제어장치	비고
	MTBF	40,000h 이상	18,000h 이상	장치단위
			100,000h 이상	LRU단위
	[가용도]			
		현장출력장치(32식기준)	역제어장치(1식기준)	
	Ass	99.98%	99.98%	
[유지보수도] - 0.5시간 이내(MIL-HDBK-472기준)				
[안전성] - 열차충돌 및 탈선 기능의 PFH만 적용하여 SIL4에 준하는 THR 달성				
※ PFH는 PHA 수행결과인 대표위험원 발생빈도 기준이며, 해당 위험원의 기능 중 상용품 관련 실패율은 제작사의 Safety Case 또는 매뉴얼을 통해 입증)				

③ 전자폐색장치 개발 수명주기에 따른 RAMS 활동 정의

- 본 사업의 RAMS수명주기 관리는 IEC 62278을 적용하여 그림 3-3과 같이 수명주기 1단계(개념설계)부터 10단계(수용)까지를 범위로 활동한다. IEC 62278에 제시된 수명주기 단계별 활동을 따라 1~6단계는 안전성 요구사항 분석 및 계획 수립, 7~8단계는 계획에 따른 RAMS 분석 및 요구사항을 적용한 설계 및 제작, 9~10단계는 시스템의 안전성 요구사항에 대한 부합성을 시험을 통하여 검증하는 활동을 수행한다. 이와 같이 본 프로젝트에 적용되는 수명주기는 3단계로 구분하며 다음과 같다.
 - 1단계: 요구사항 분석 및 계획 단계
 - 2단계: 설계 및 구현 단계
 - 3단계: 시스템 검증 단계
- 본 수명주기는 규격상의 용어를 기준으로 한 것이며, 1단계(개념설계)~6단계(시스템 요구사항 배분 및 설계단계)은 전자폐색장치의 위험원분석 등을 통해 요구사항을 정립하고 6단계(설계 및 구현)와 7단계(제작)에서는 설계와 제작 후 제작사의 자체시험 및 공장입회시험을 수행하고, 8단계(설치) ~10단계(시스템수용)는 향후 실용화 시에 발주자 입회 하에 수행해야할 절차를 계획의 형태로 수립한다.

④ 전자폐색장치 위험원 분석

- 본 사업의 고장 정의는 기대된 기능의 실패이며 관련된 고장률(Failure Rate)에 대한 예측 및 평가를 수행하여 정량적으로 관리될 것이다.
- 또한, 사고의 정의는 철도안전법의 열차사고 개념인 열차충돌 및 탈선을 사고로 정의하여, 안전은 사고의 발생빈도를 허용할 수 있는 수준(Tolerable 및 Negligible)으로 제어함을 목적으로 RAMS활동을 수행하고, 열차충돌 및 탈선관련 PHA를 통한 대표위험원에 대해서는 SIL4에 해당하는 PFH를 달성하도록 한다. 철도시설공단의 시방서에서는 IEC62278에서 제시한 위험도 등급의 적용을 요구하고 있으며, 해당 위험도 허용수준은 표 3-4와 같다. 위험도 허용수준은 발생빈도와 심각도의 조합으로 구성된다.
- 표3-4에 따른 위험도평가결과 Tolerable이하로 제어되지 않은 위험원에 대해서는 발생빈도 또는 심각도를 제어하여 Tolerable 이하로 위험도를 제어한다.

[표 3-69] 위험도 허용수준

1	Intolerable	Intolerable	Intolerable	Undesirable
2	Intolerable	Intolerable	Undesirable	Tolerable
3	Intolerable	Undesirable	Undesirable	Tolerable
4	Undesirable	Undesirable	Tolerable	Negligible
5	Tolerable	Tolerable	Negligible	Negligible
6	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible

[표 3-70] 위험도 등급별 허용수준의 정량적 발생빈도 기준

등급	발생 빈도	설 명	정량적 기준 (단위시간당 발생확률)
1	빈번한 발생 (Frequent)	수명주기 동안 빈번하게 발생할 가능성이 있음	10^{-3} 초과
2	가능성 있는 발생 (Probable)	수명주기 동안 여러 번 발생할 가능성이 있음	$10^{-4} < to \leq 10^{-3}$
3	종종 발생 가능 (Occasional)	수명주기 동안 가끔 발생할 가능성이 있음	$10^{-6} < to \leq 10^{-4}$
4	발생가능성이 미약함 (Remote)	수명주기 동안 한두 차례 발생할 가능성이 있음	$10^{-8} < to \leq 10^{-6}$
5	발생 가능성이 거의없음 (Improbable)	수명주기 동안 발생 가능성은 있지만, 발생하지 않음	$10^{-9} < to \leq 10^{-8}$
6	발생 가능성이 전혀없음 (Incredible)	발생가능성도 희박하며, 절대 발생하지 않음	$\leq 10^{-9}$ 이하

[표 3-71] 위험도 허용수준의 정량적 심각도 기준

등급	심각도	설 명	정량적 기준	해당사고
A	치명적인 위험 (Catastrophic)	인명의 대규모 손실, 시스템의 손실 또는 심각한 환경상의 피해를 유발하는 위험	3인 이상 사망	열차충돌 열차탈선
B	중대한 위험 (Critical)	심각한 인명의 손실, 직업상의 질병 및 중요한 시스템 또는 환경상의 피해를 초래하는 위험	1인 사망 $\leq x < 3$ 인 사망	인명사상
C	중요하지 않은 위험 (Marginal)	최소한의 상해, 직업상의 질병 및 최소한 시스템 또는 환경상의 피해를 초래하는 위험	1인 중상 $\leq x < 1$ 인 사망	대규모 운행지연
D	사소한 위험 (Insignificant)	사소한 상해, 직업상의 질병보다 작고, 최소한의 시스템 및 환경상의 피해보다 작은 영향을 초래하는 위험	20인 미만 경 상	운행지연
R	신뢰성 관련 (Reliability Related)	인명이나 환경상에 피해를 발생하지 않으나 경제적 손실을 동반하는 위험	안전성 영향 없음	성능저하

(주의)

가. 1인사망=10인중상=200인경상

나. 대규모 운행지연의 정의는 6시간 이상의 본선지장(국제철도연맹 및 유럽철도국 기준)

다. 운행지연 정의는 한국철도공사 운전규정에 정의

라. 열차충돌, 열차탈선, 인명사상은 관련법령(철도안전법하위 규정인 철도사고 등의 보고에 관한지침)에 정의

[표 3-72] 위험도 제어

위험도 평가	위험도 제어방법
Intolerable	만드시 제거되어야 함.
Undesirable	위험도 감소가 실행불가능하고 이에 대한 철도기관의 동의가 있을 경우, 수용할 수 있음
Tolerable	철도기관의 적절한 통제 및 동의로 수용할 수 있음
Negligible	어떠한 동의없이도 수용할 수 있는 있음.

⑤ 적용규격

- 본 사업의 RAMS활동을 위한 규격은 표 3-7의 규격을 적용하며, 표3-8의 규격을 참조한다.

[표 3-73] 본 사업의 필수적용 규격

규격코드	규격명
IEC 62278	Railway applications - Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS), 2002 신호적용-RAMS 입증 및 명세

[표 3-74] 본 사업의 참조 규격

규격코드	규격명
MIL-STD-785	Reliability Program for System and Equipment Development and Production 시스템/장치의 개발 및 생산에 대한 신뢰성프로그램
MIL-HDBK-217F N2	Reliability Prediction of Electronic Equipment 전자장치의 신뢰도 예측
MIL-HDBK-472A	Maintainability Prediction 유지보수도 예측
Maintainability toolkit	
MIL-STD-785B	Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production, Task 104, Failure Reporting Analysis and Corrective Action System(FRACAS) 시스템/장치의 개발 및 생산에 대한 신뢰성프로그램 고장모드분석 및 정정시스템(FRACAS)
IEC 61508	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems 안전관련 전기/전자/프로그램머블제어기의 기능안전
IEC 61882	Hazard and operability studies(HAZOP studies)-Application guide 위험원 및 운영성 연구(HAZOP Study)-응용지침
MIL-STD-1629A	Failure Modes Effect Criticality Analysis 고장모드영향 및 심각도 분석(FMECA)
NUREG/CR-0400	Fault Tree Handbook 결함트리 핸드북

⑥ 수명주기별 RAM 관리계획

RAM활동은 AMS활동 범위에 대한 정량적 요구사항을 적용하며, 고장률 예측은 자동검측 내장형 전자폐색장치 기본구성과 구성요소의 단위시간에 대한 고장발생을 예측에서 출발한다.

고장률()또는 평균고장시간(MTBF)을 미국방지침 MIL-HDBK-217FN2의 25도씨, GB환경을 기준으로 식 3.1을 이용하여 예측하는 것을 기본으로 하며, 이미 신뢰도 공급자에 의해 제공되거나, 사용실적에 따라 정량적으로 수집된 경우에는 입증자료의 증거를 첨부하여 독립안전평가기관에 제출될 것이다.

$$MTBF = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \dots\dots\dots(식3.1)$$

또한, 정량적 신뢰도가 평가된 지상설비의 유지보수도는 미국방표준 MIL-HDBK-472를 기준으로 식 3.2를 이용하여, 평균수리시간(MTTR)이 평가(MTTR예측 및 평가)될 것이며, 기 수집된 MTBF와 MTTR을 바탕으로 지상설비 기본구성의 가용도가 식 3.3로 예측될 것이다.

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^N (\lambda_i \times MTTR_i)}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \dots\dots\dots(식3.2)$$

$$A_{steady-State} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots(식3.3)$$

또한, MTTR의 입증은 설치 및 시험기간 동안 실제 측정을 통해 입증하며, 입증자료(설치 일시, 장소, MTTR평가절차, 참관인정보 등)는 RAM 분석보고서의 부록으로 첨부한다.

⑦ 수명주기별 Safety 관리계획

- 안전성활동은 IEC 62278의 안전성 수명주기를 준수하여 수행하며, 문서화는 IEC 62425를 기준으로 작성될 것이다.
- 대표위험원을 구분하는 예비위험원분석(PHA)과 하부시스템 위험원도출 및 분석(SSHA), 인터페이스 위험원도출 및 분석(IHA), 운영 및 지원 위험원도출 및 분석(O&SHA)을 위해서는 정형화된 방식을 사용한다. 구체적으로는 PHA, SSHA, IHA는 고장모드영향 및 심각도 분석(FMECA)기법을 사용하며, 특히 PHA는 지상설비의 기능을 기준으로 고장모드별 위험원을 분석하고, SSHA는 하부시스템 구성단위(LRU)및 하부시스템 간 인터페이스별로 위험원을 분석할 것이다. 또한 IHA는 자동검측내장형 전자폐색장치와 인터페이스 되는 전자연동장치, 전기기술지원시스템을 대상으로 각각의 인터페이스에 대한 고장모드 분석을 통해 위험원을 도출한다. 마지막으로 O&SHA는 설치, 운영, 유지보수로 구분하여 각각의 이상현상(Deviation)을 HAZOP Study 방식을 사용하여 위험원을 도출한다.
- Hazard Log의 작성은 PHA와 SSHA, IHA, O&SHA를 통해 도출된 위험원 중 위험도관리가 요구되는 위험원을 대상으로 계층관계와 추적성을 구분하여 각각의 해당 보고서에서 관리하며, 취합된 프로젝트단위 Hazard Log는 최종산출물인 Safety Case와 V&V보고서에 제어된 위험도와 함께 정리한다.
- 따라서, 도출된 위험원은 대표위험원을 기준으로 고장트리분석(FTA)을 통해 대표위험원의 발생빈도를 계산할 것이며, 대표위험원의 심각도는 관련된 하부 위험원의 심각도 중 최상위 심각도를 반영하여 위험도를 허용할 수 있는 수준으로 제어할 것이다.

⑧ V&V 계획

- 확인(Verification) 및 검증(Validation)은 시스템(하드웨어 중심)과 소프트웨어로 표 4-1과 같이 구분하여 수행한다. 시스템의 확인은 시스템 위험도제어를 위한 설계, 제작 단계별 안전대책 유형에 따라 해당 수명주기의 확인결과를 V&V 보고서에 기록한다.
- 안전성 관리 활동을 통하여 도출된 안전성 요구사항은 수립된 요구사항 관리 절차를 따라 단계별 확인 및 검증 활동을 거쳐 시스템에 구현되었음을 입증한다.
- 이를 위하여, 시스템 요구사항서(SRS) 및 시험계획서(SRTS)를 별도로 작성하고, 도출된 시스템 요구사항에 대해서는 Traceability matrix를 통하여 추적성 관리를 수행한다. 부적합 사항이 발생 시 Traceability matrix를 근거로 관련 문서의 변경조치를 수행한다.

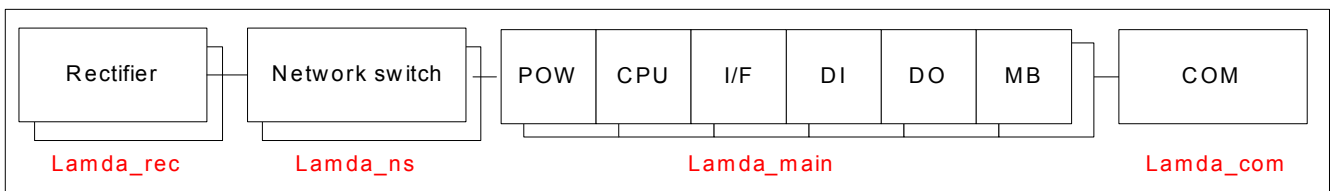
(나) 예비위험원 및 RAM 분석

① 전자폐색장치 구성품 목록

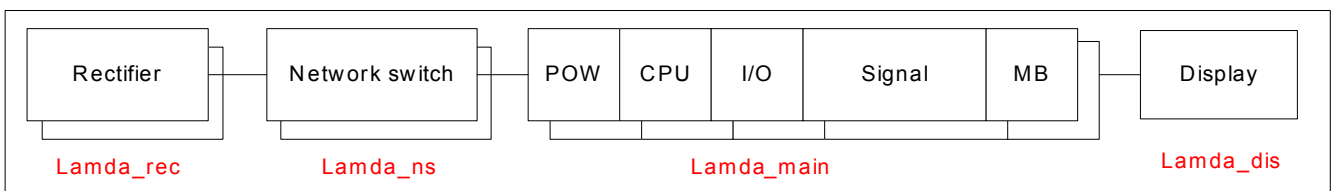
구성품	주요사항
현장출력장치	- 대기 이중계로 구성되어 사용계 이상 발생시 대기계로 자동 절체 - 한 개의 선로에 상선, 하선으로 모두 운용할 수 있도록 양방향으로 운영 가능 - <u>현장장치제어출력</u>:역제어장치의제어명령에따라현장장치(폐색신호기,ATS)로제어출력 - <u>현장장치상태감시정보전송</u> 현장출력장치ID, 사용계(주계,부계), 전원감시(AF, LEU, 스위치, 정류기, 전원절체기), 상태감시(타계고장, LEU고장, 점유정보), 1,2계상태, 신호기 정보, 신호기 전류검지, 신호기 과전류 검지, ATS 출력정보, ATS 출력 고장검지정보, 속도제한, IN 포트 상태, OUT 포트 상태, AF 궤도회로 데이터(송신출력전압, 수신기 입력전류, 계전기 출력전압, DC공급전압, FM 주파수, 열차검지 주파수 Low, 열차검지 주파수 high), 폐색장치 서버랙 입력전원(입력전압, 전류), LEU 입력전원(입력전압,전류), 신호기 전류(Y,R,G,Y1)
역제어장치	- 대기 이중계로 구성, 사용계에 이상 발생시 대기계로 자동 절체 - 현장출력장치는 역제어장치로부터 제어명령을 수신하여 폐색신호기 현시, ATS지상자 제어신호를 출력. - 최대 제어용량 64대, 통상 32대의 현장출력장치 제어, 인접역 장애시 인접 역 32대까지 제어 - <u>역제어장치 제어정보</u> : 열차의 궤도점유상태에 따라 신호를 제어하며 신호제어 정보를 현장출력장치에 전송. (현장출력장치 ID, 궤도점유방향(역/정방향), 신호기제어, ATS 제어, 속도제한 설정, reset) - <u>역제어장치 감시정보</u> : 현장출력장치로 400ms마다 상태정보 전송요청 (3회 미응답시 통신회선 절체) (정보 종류 : 역번호 ID, 현장출력장치 ID, 정보 전송계(CPU), 자기상태, 릴레이 정보)

② 전자폐색장치 RBD

- 자동검측 내장형 전자폐색장치는 선로변 지상설비(신호등, ATS, AF 궤도회로)의 출력을 받는 현장출력장치와 이러한 현장출력장치들은 감시, 제어하는 역제어장치로 구성된다. 역제어장치와 현장출력장치의 신뢰도 블록다이어그램(RBD)은 그림 2-4, 그림 2-5와 같다. 자동검측 내장형 전자폐색장치의 계층구조는 표 2-4와 같으며, 현장교체가능 최소단위인 LRU는 미국방지침 MIL-DHBK-472를 기준으로 현장에서 교체 가능한 전자카드 단위로 구분한다.



[그림 3-65] 역제어장치 RBD



[그림 3-66] 현장출력장치 RBD

[Note] 물리적인 인터페이스를 위한 현장출력장치 단자대는 제외.

[표 3-75] 자동검측 내장형 전자폐색장치의 구성품

대분류	코드	LRU	비고
역제어장치(100) (혁신전공사 개발)	101	정류기	개발품
	102	역제어장치	개발품, 이중계
	102-1	전원모듈(6U)	개발품, 이중계
	102-2	CPU모듈	상용품, 이중계
	102-3	I/F 모듈	상용품, 이중계
	102-4	입력모듈	개발품, 이중계
	102-5	출력모듈	개발품, 이중계
	102-6	메인보드(MB)	상용품, 이중계
	103	COM 모듈	개발품, 단중계
	104	네트워크 스위치	상용품, 이중계
현장출력장치(200) (유경제어 개발)	201	정류기	상용품, 이중계,
	202	현장출력장치	개발품, 이중계
	202-1	전원모듈	개발품, 이중계
	202-2	CPU모듈	개발품, 이중계
	202-3	I/O 모듈	개발품, 이중계
	202-4	신호기 모듈	개발품, 이중계
	202-5	메인보드(MB)	개발품, 이중계
	203	상태표시부	개발품, 단일계
	204	네트워 스위치	상용품, 이중계

③ 전자폐색장치 RAM 분석 결과

- 역제어장치의 RBD 중 상용품을 사용하는 CPU모듈, I/F 모듈, 네트워크 스위치는 제조사(혁신전공사)에서 제공하는 고장률 데이터를 활용하고, 그림 2-5 현장제어장치의 RBD 중 상용품을 사용하는 정류기, 네트워크 스위치는 제조사(유경제어)에서 제공하는 고장률 데이터를 그대로 활용한다. 그 외에 본 사업에서 개발하는 자동검측 내장형 전자폐색장치를 위하여 별도로 제작된 LRU에 대해서는 MIL-HDBK-217FN2의 25℃ GB환경을 기준으로 예측한 보고서와 BOM을 첨부하였다. 이중계 설계시 고장율은 Without repair를 고려하여 분석되었다.

[표 3-76] 역제어장치 정량적 RAM목표대비 분석결과 요약

순번	항목	목표치	분석결과	비고
1	신뢰도	18,000시간 이상	46,620시간	장치단위
		100,000 이상	만족	LRU단위
2	유지보수도	0.5시간 이내	0.34시간	
3	가용도	99.98% 이상	99.9991%	

[표 3-77] 현장출력장치 정량적 RAM목표대비 분석결과 요약

순번	항목	목표치	분석결과	비고
1	신뢰도	18,000시간 이상	56,211	장치단위
		100,000 이상	만족	LRU단위
2	유지보수도	0.5시간 이내	0.36시간	
3	가용도	99.98% 이상	99.99936%	

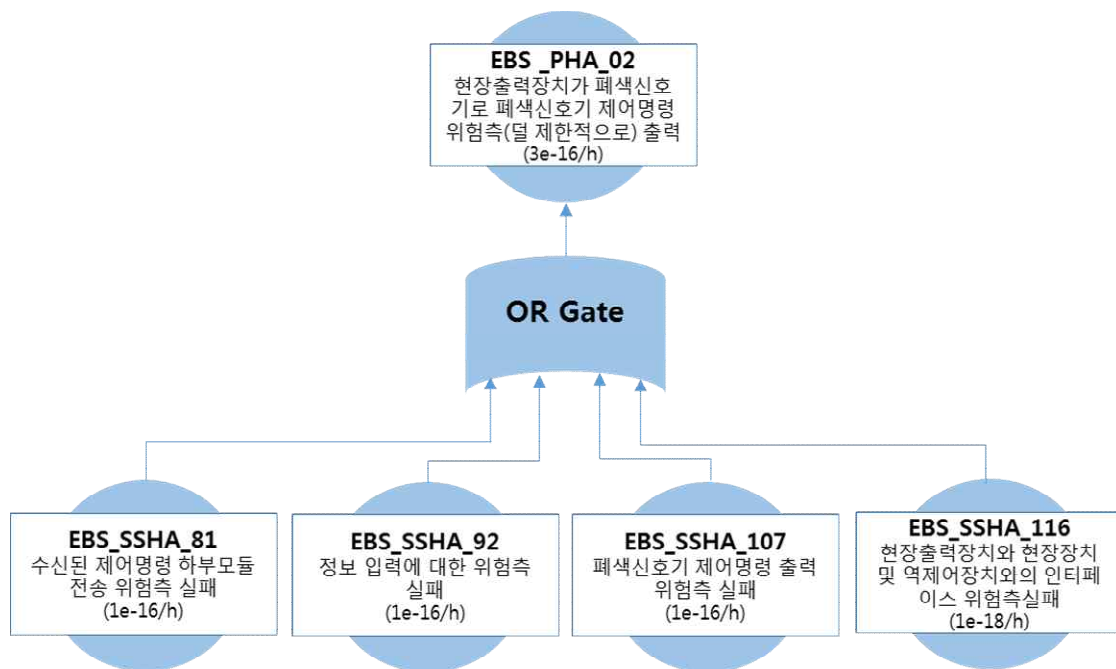
(다) 위험원 분석

① SSHA(하부시스템 위험원 분석)

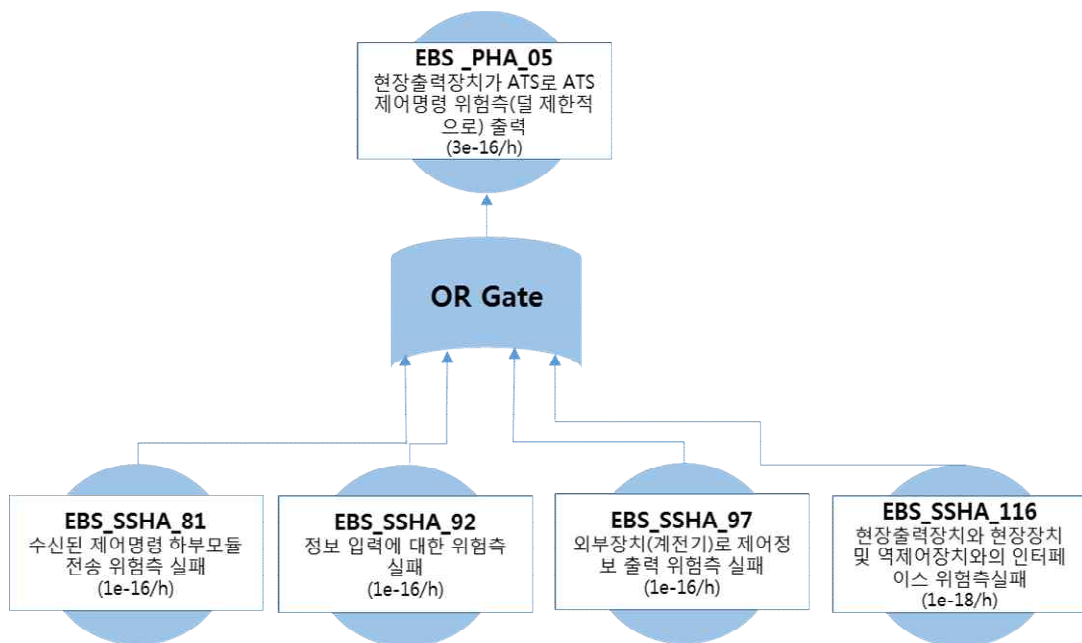
- EBS 구성요소별 SSHA를 수행한 결과 총 124개의 위험원이 도출되었으며, 모든 위험원이 위험도는 허용할 수 있는 수준으로 제어되었다. 또한, 열차충돌 또는 탈선관련 위험원은 표 3-22과 같이 7개가 도출되었으며 PHA 대표위험원별로 SSHA 위험원과의 관계를 FTA로 분석하면 그림 3-1부터 3-8와 같다.

[표 3-78] 자동검측 내장형 전자폐색장치 대표위험원

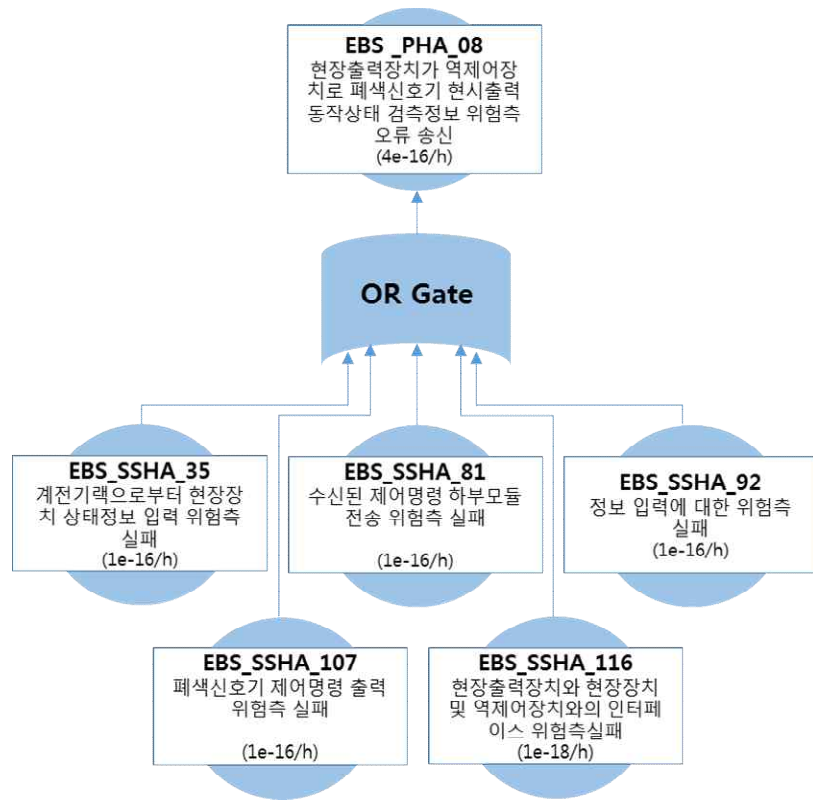
Code	SSHA위험원	발생빈도(확률)
<u>EBS_SSHA_21</u> (SS_S_F03_02)	신호제어 DB에 의한 입/출력 연산 위험측 실패 -EBS_PHA_26 -EBS_PHA_29 -EBS_PHA_32	1e-16/h [S_P03]
<u>EBS_SSHA_35</u> (SS_S_F05_01)	계전기랙으로부터 현장장치 상태정보 입력 위험측 실패 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_11 -EBS_PHA_14	1e-16/h [S_P03]
<u>EBS_SSHA_78</u> (SS_W_F03_02)	CPU모듈로 역제어장치로부터 제어명령 수신 위험측 실패 EBS_PHA_29 EBS_PHA_32	1e-16/h [W_P02]
<u>EBS_SSHA_81</u> (SS_W_F03_03)	수신된 제어명령 하부모듈 전송 위험측 실패 -EBS_PHA_02 -EBS_PHA_05 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_11 -EBS_PHA_14	1e-16/h [W_P02]
<u>EBS_SSHA_92</u> (SS_W_F04_01)	정보 입력에 대한 위험측 실패 EBS_PHA_02 EBS_PHA_05 EBS_PHA_08 EBS_PHA_11 EBS_PHA_14	1e-16/h [W_P02]
<u>EBS_SSHA_97</u> (SS_W_F04_03)	외부장치(계전기)로 제어정보 출력 위험측 실패 -EBS_PHA_05 -EBS_PHA_14	1e-16/h [W_P02]
<u>EBS_SSHA_107</u> (SS_W_F05_01)	폐색신호기 제어명령 출력 위험측 실패 EBS_PHA_02 EBS_PHA_08	1e-16/h [W_P02]
<u>EBS_SSHA_116</u> (SS_W_F06_02)	현장출력장치와 현장장치(신호기, ATS 계전기, AF궤도회로) 및 역제어장치와의 인터페이스 위험측실패 EBS_PHA_02 EBS_PHA_05 EBS_PHA_08 EBS_PHA_11 EBS_PHA_14	1e-18/h [W_P03]



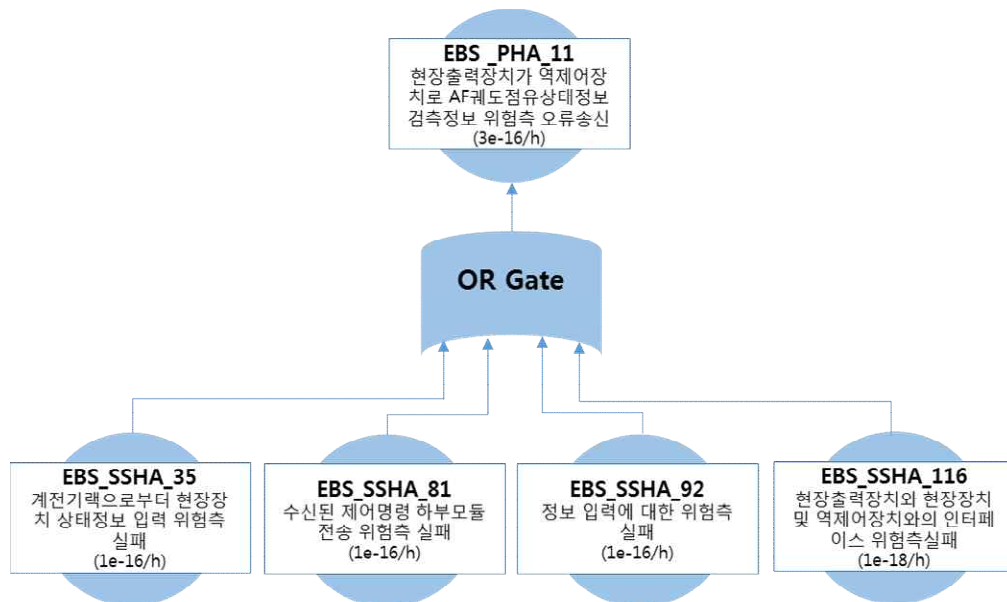
[그림 3-67] EBS_PHA_02관련 SSHA의 FTA



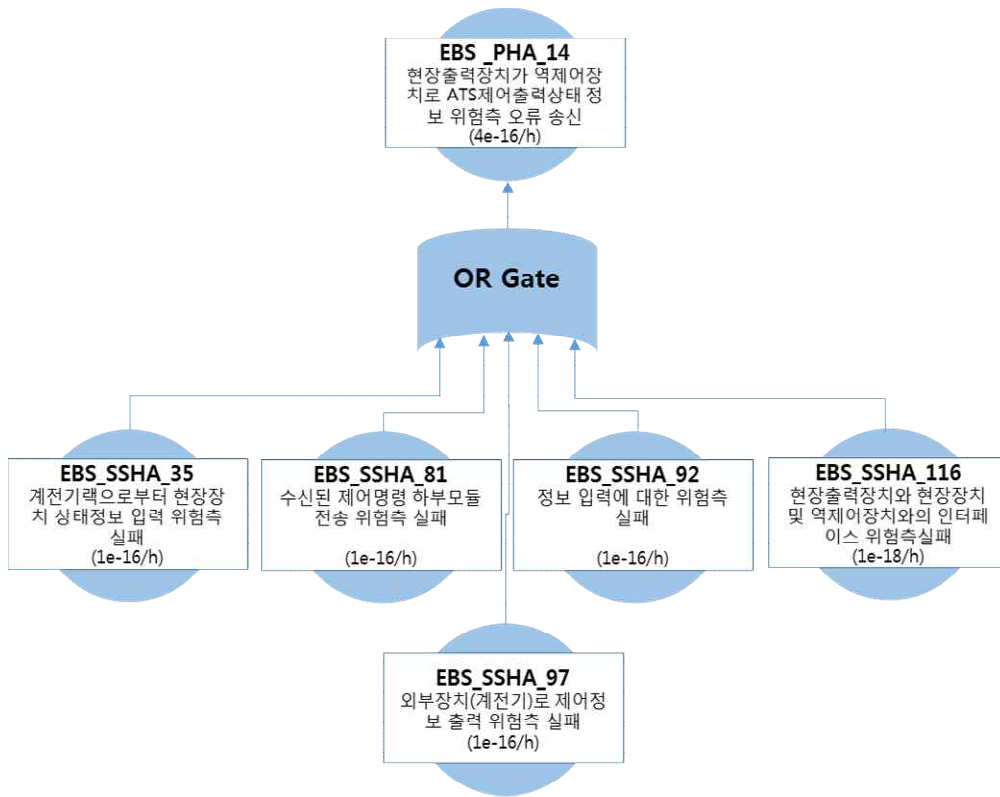
[그림 3-68] EBS_PHA_05관련 SSHA의 FTA



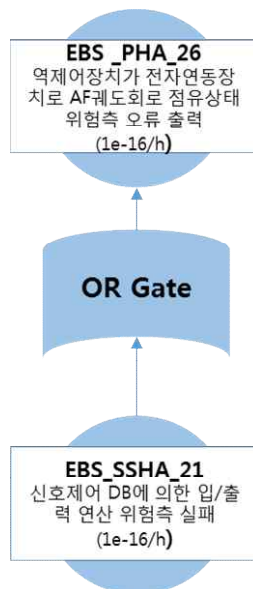
[그림 3-69] EBS_PHA_08관련 SSHA의 FTA



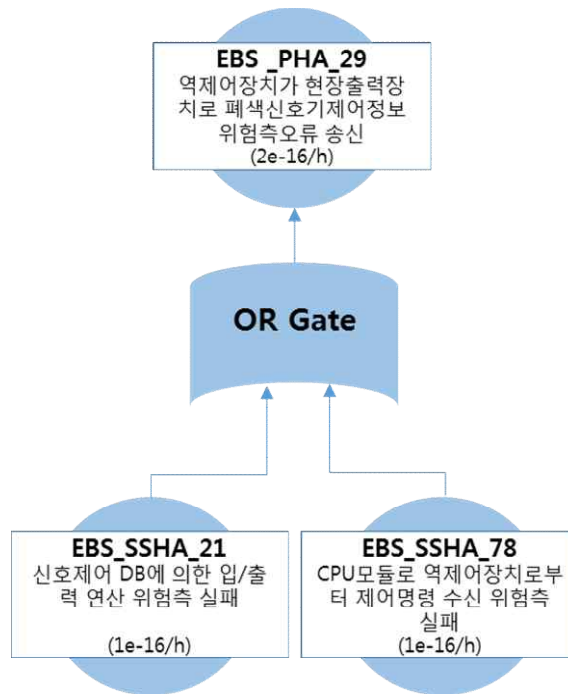
[그림 3-70] EBS_PHA_11관련 SSHA의 FTA



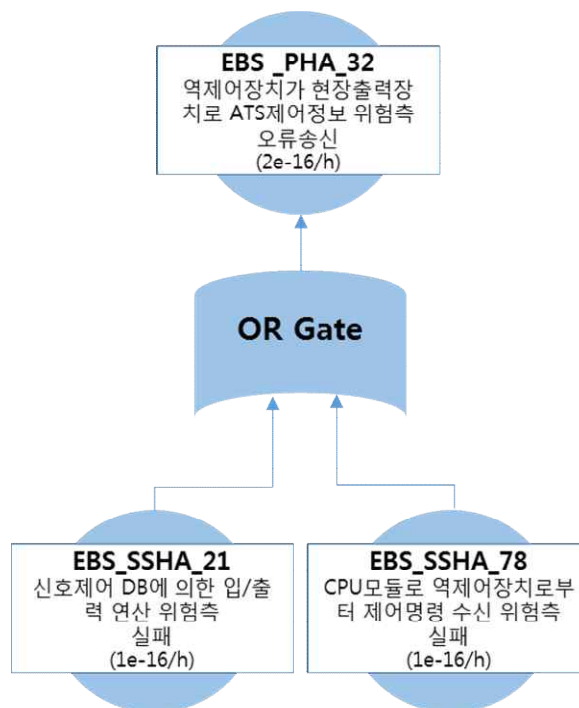
[그림 3-71] EBS_PHA_14관련 SSHA의 FTA



[그림 3-72] EBS_PHA_26관련 SSHA의 FTA



[그림 3-73] EBS_PHA_29관련 SSHA의 FTA



[그림 3-74] EBS_PHA_32관련 SSHA의 FTA

[표 3-79] 자동검측 내장형 전자폐색장치 대표위험원에 대한 SSHA 결과반영

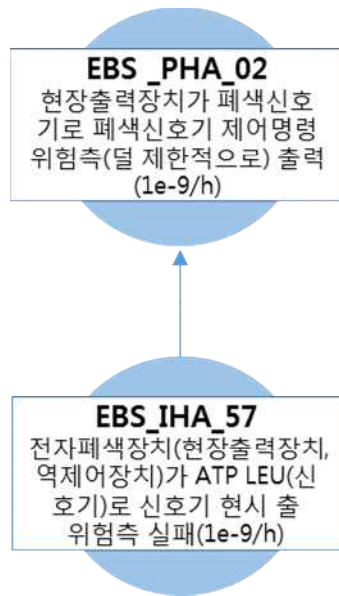
Code	대표위험원	관련 SSHA	발생확률
EBS_PHA_02	현장출력장치가 폐색신호기로 폐색신호기 제어명령 위험측(덜제한적으로) 출력	EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_107 EBS_SSHA_116	3e-16/h
EBS_PHA_05	현장출력장치가 ATS로 ATS 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_97 EBS_SSHA_116	3e-16/h
EBS_PHA_08	현장출력장치가 역제어장치로 폐색신호기 현시출력 동작상태 검측정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_35 EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_107 EBS_SSHA_116	4e-16/h
EBS_PHA_11	현장출력장치가 역제어장치로 AF 궤도점유상태정보 검측정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_35 EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_116	3e-16/h
EBS_PHA_14	현장출력장치가 역제어장치로 ATS 제어출력상태정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_35 EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_97 EBS_SSHA_116	2e-14/h
EBS_PHA_26	역제어장치가 전자연동장치로 AF 궤도회로 점유상태 위험측 오류 출력	EBS_SSHA_21	1e-16/h
EBS_PHA_29	역제어장치가 현장출력장치로 폐색신호기 제어정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_21 EBS_SSHA_78	2e-16/h
EBS_PHA_32	역제어장치가 현장출력장치로 ATS제어정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_21 EBS_SSHA_78	2e-16/h

② IHA(인터페이스 위험원 분석) 결과

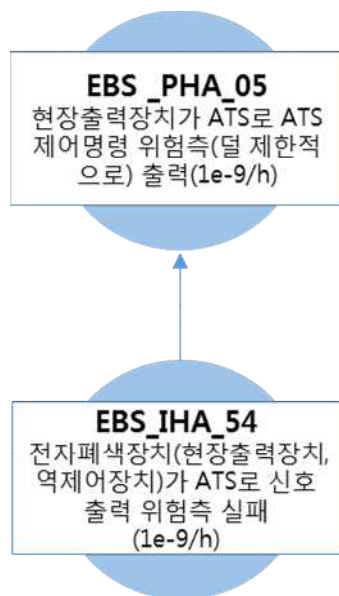
- 자동검측 내장형 전자폐색장치 EBS 인터페이스별 IHA를 수행한 결과 총 70개의 위험원이 도출되었으며 도출된 위험원은 모두 허용할 수 있는 수준으로 제어되었다.
- 또한, 표 3-8에서는 열차충돌 또는 탈선관련 위험원은 PHA 대표위험원별로 IHA 위험원과의 관계를분석하고, 그림 3-1~그림 3-6과 같이 FTA 분석을 수행하였다.

[표 3-80] 자동검측 내장형 전자폐색장치 IHA 위험원

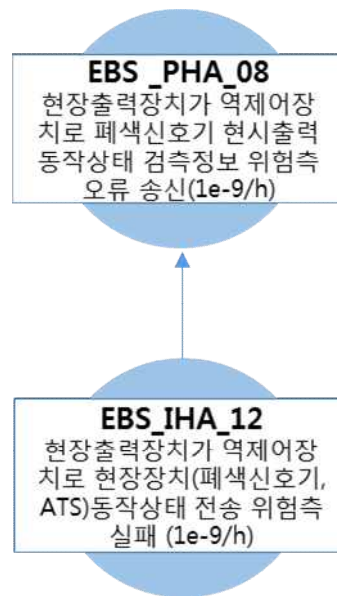
Code	IHA위험원	제어된 발생빈도	비고
EBS_IHA_05 (IF_IN_F02)	역제어장치가 현장출력장치로 신호기 현시제어명령정보 전송 위험측 실패 EBS_PHA_29	1e-8/h [P01]	
EBS_IHA_12 (IF_IN_F04)	현장출력장치가 역제어장치로 현장장치(폐색신호기, ATS)동작상태 전송 위험측실패 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_14	1e-8/h [P01]	
EBS_IHA_15 (IF_IN_F05)	현장출력장치가 역제어장치로 AF궤도회로 점유정보 전송 위험측 실패 -EBS_PHA_11	1e-8/h [P01]	
EBS_IHA_48 (IF_OUT_F10)	전자연동장치가 전자폐색장치로 장내신호기 상태 전송 위험측 실패	1e-8/h [P01]	과업범위 외 로 고려하지 않음.
EBS_IHA_51 (IF_OUT_F11)	전자연동장치가 장내궤도점유상태 전송 위험측 실패	1e-8/h [P01]	과업범위 외 로 고려하지 않음.
EBS_IHA_54 (IF_OUT_F12)	전자폐색장치(현장출력장치, 역제어장치)가 ATS로 신호 출력 위험측 실패 -EBS_PHA_05 -EBS_PHA_32	1e-8/h [P01]	
EBS_IHA_57 (IF_OUT_F13)	전자폐색장치(현장출력장치, 역제어장치)가 ATP LEU(신호기)로 신호기 현시 출 위험측 실패 EBS_PHA_02 EBS_PHA_29	1e-8/h [P01]	
EBS_IHA_67 (IF_OUT_F17)	AF궤도회로가 전자폐색장치로 AF궤도회로 점유정보 전송 위험측 실패	1e-8/h [P01]	과업범위 외 로 고려하지 않음.



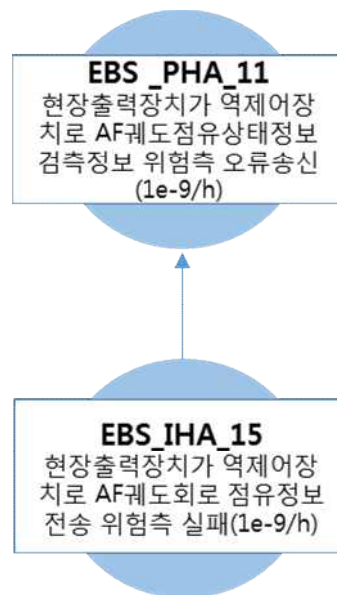
[그림 3-75] EBS_PHA_02와 관련된 FTA



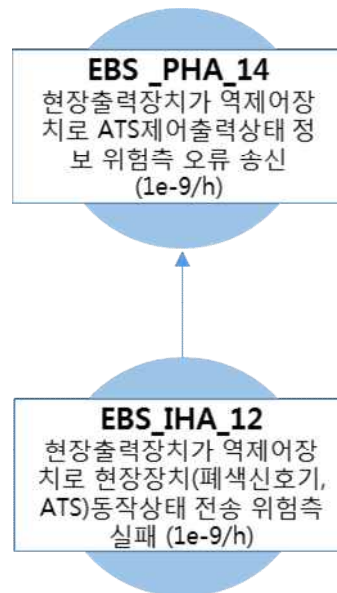
[그림 3-76] EBS_PHA_05와 관련된 FTA



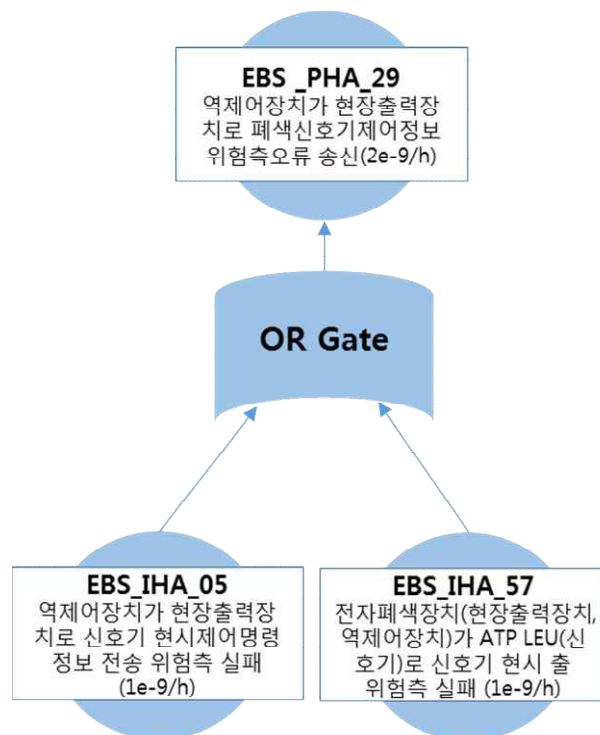
[그림 3-77] EBS_PHA_08과 관련된 FTA



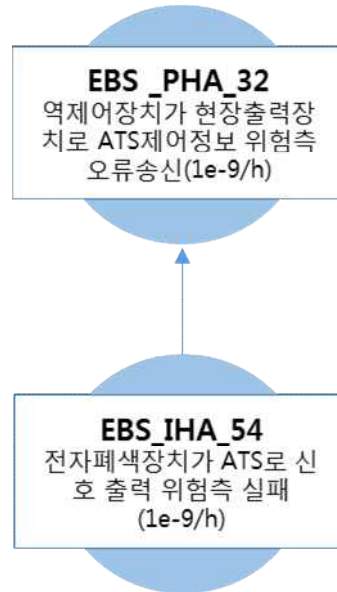
[그림 3-78] EBS_PHA_11과 관련된 FTA



[그림 3-79] EBS_PHA_14과 관련된 FTA



[그림 3-80] EBS_PHA_29와 관련된 FTA



[그림 3-81] EBS_PHA_32와 관련된 FTA

[표 3-81] 자동검측 내장형 전자폐색장치 대표위험원에 대한 IHA 결과반영

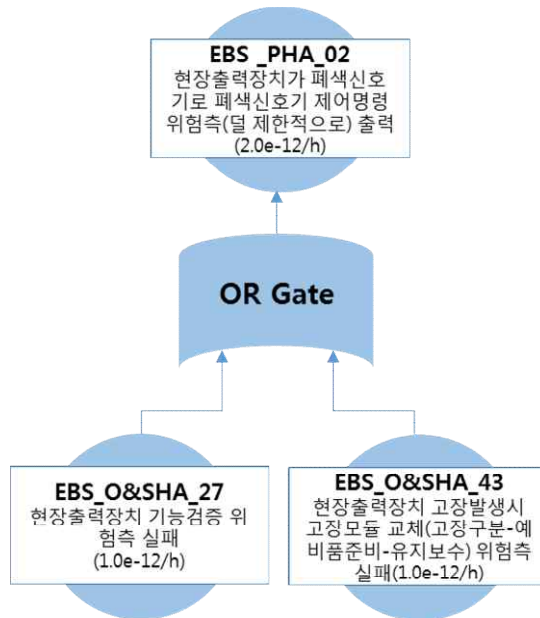
Code	대표위험원	관련 SSHA	발생확률
EBS_PHA_02	현장출력장치가 폐색신호기로 폐색신호기 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	EBS_IHA_57	(1e-9/h)
EBS_PHA_05	현장출력장치가 ATS로 ATS 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	EBS_IHA_54	(1e-9/h)
EBS_PHA_08	현장출력장치가 역제어장치로 폐색신호기 현시출력 동작상태 검측정보 위험측 오류 송신	EBS_IHA_12	(1e-9/h)
EBS_PHA_11	현장출력장치가 역제어장치로 AF레도점유상태정보 검측정보 위험측 오류송신	EBS_IHA_15	(1e-9/h)
EBS_PHA_14	현장출력장치가 역제어장치로 ATS제어출력상태 정보 위험측 오류 송신	EBS_IHA_12	(1e-9/h)
EBS_PHA_29	역제어장치가 현장출력장치로 폐색신호기제어정보 위험측오류 송신	EBS_IHA_05 EBS_IHA_57	(2e-9/h)
EBS_PHA_32	역제어장치가 현장출력장치로 ATS제어정보 위험측 오류송신	EBS_IHA_54	(1e-9/h)

③ O&SHA(운영 및 지원 위험원 분석) 결과

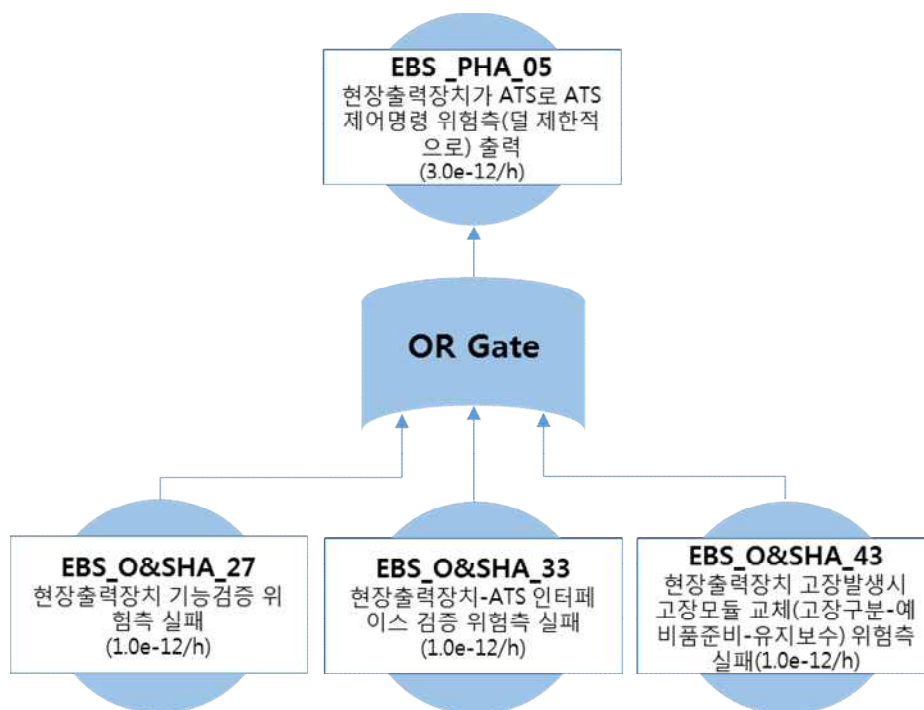
- EBS 구성요소별 O&SHA를 수행한 결과 총 43개의 위험원이 도출되었으며, 모든 위험원이 위험도는 허용할 수 있는 수준으로 제어되었다.
- 또한, 열차충돌 또는 탈선관련 위험원은 표 3-12와 같이 9개가 도출되었으며 PHA 대표위험원별로 O&SHA 위험원과의 관계를 FTA로 분석하면 그림 3-1부터 3-8와 같다.

[표 3-82] 자동검측 내장형 전자폐색장치 O&SHA 대표위험원

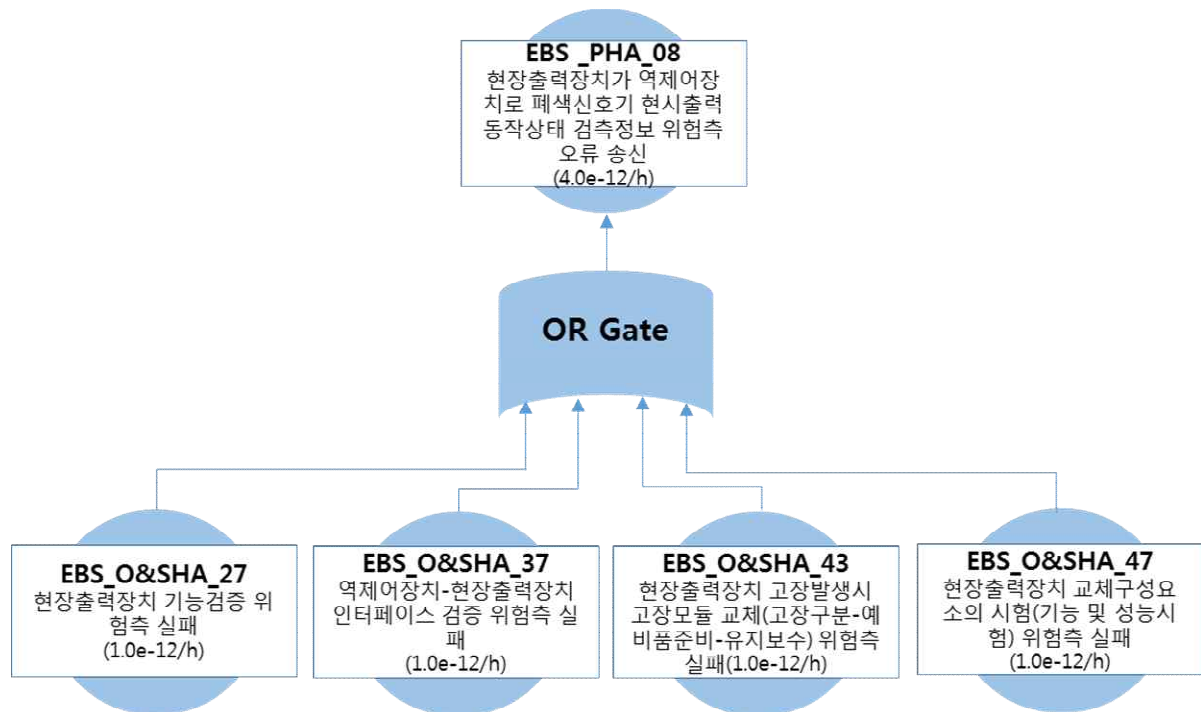
<u>EBS_O&SHA_27</u> <u>(EBS_TnC_F01)</u>	현장출력장치 기능검증 위험측 실패 -EBS_PHA_02 -EBS_PHA_05 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_11 -EBS_PHA_14	1e-12/h [P04]
<u>EBS_O&SHA_33</u> <u>(EBS_TnC_F04)</u>	현장출력장치-ATS 인터페이스 검증 위험측 실패 -EBS_PHA_05 -EBS_PHA_14	1e-12/h [P04]
<u>EBS_O&SHA_35</u> <u>(EBS_TnC_F05)</u>	역제어장치 기능검증 위험측 실패 -EBS_PHA_26 -EBS_PHA_29 -EBS_PHA_32	1e-12/h [P04]
<u>EBS_O&SHA_37</u> <u>(EBS_TnC_F06)</u>	역제어장치-현장출력장치 인터페이스 검증 위험측 실패 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_11 -EBS_PHA_14 -EBS_PHA_29 -EBS_PHA_32	1e-12/h [P04]
<u>EBS_O&SHA_41</u> <u>(EBS_TnC_F07)</u>	역제어장치-전자연동장치 인터페이스 검증 위험측 실패 -EBS_PHA_26	1e-12/h [P04]
<u>EBS_O&SHA_43</u> <u>(EBS_OM_F01)</u>	현장출력장치 고장발생시 고장모듈 교체(고장구분-예비품준비-유지보수) 위험측 실패 -EBS_PHA_02 -EBS_PHA_05 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_11 -EBS_PHA_14	1e-12/h [P05]
<u>EBS_O&SHA_45</u> <u>(EBS_OM_F02)</u>	역제어장치 고장발생시 고장모듈 교체(고장구분-예비품준비-유지보수) 위험측 실패 -EBS_PHA_26 -EBS_PHA_29 -EBS_PHA_32	1e-12/h [P05]
<u>EBS_O&SHA_47</u> <u>(EBS_OM_F03)</u>	현장출력장치 교체구성요소의 시험(기능 및 성능시험) 위험측 실패 -EBS_PHA_08 -EBS_PHA_11 -EBS_PHA_14 -EBS_PHA_29 -EBS_PHA_32	1e-12/h [P05]
<u>EBS_O&SHA_49</u> <u>(EBS_OM_F04)</u>	역제어장치 교체구성요소의 시험(기능 및 성능시험) 위험측 실패 -EBS_PHA_26 -EBS_PHA_29 -EBS_PHA_32	1e-12/h [P05]



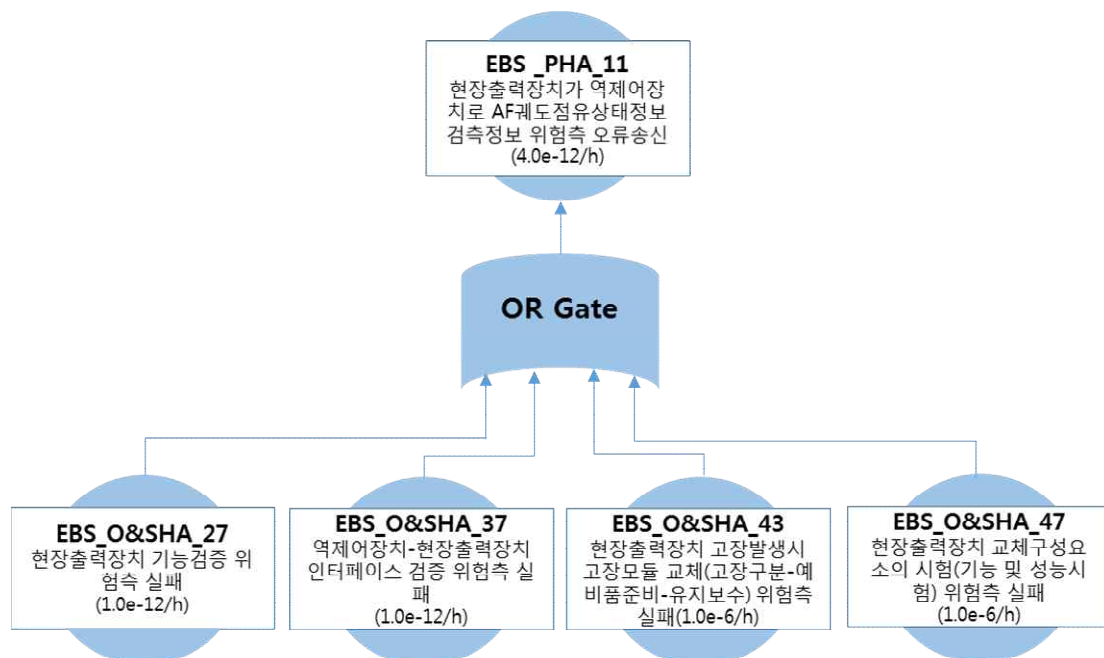
[그림 3-82] EBS_PHA_02관련 O&SHA의 FTA



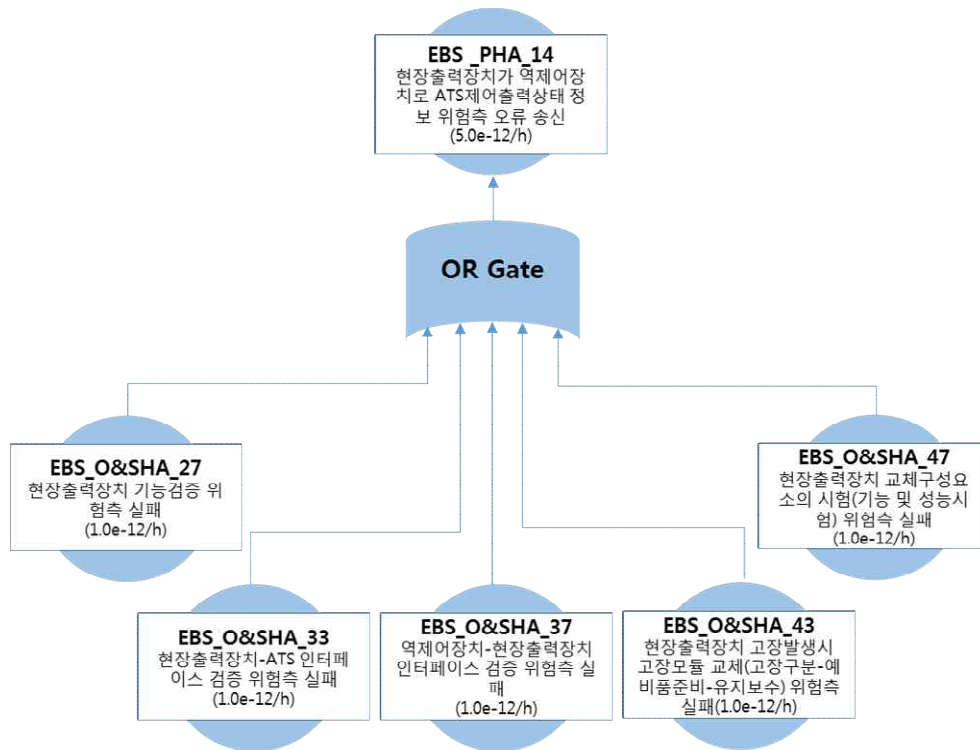
[그림 3-83] EBS_PHA_05관련 O&SHA의 FTA



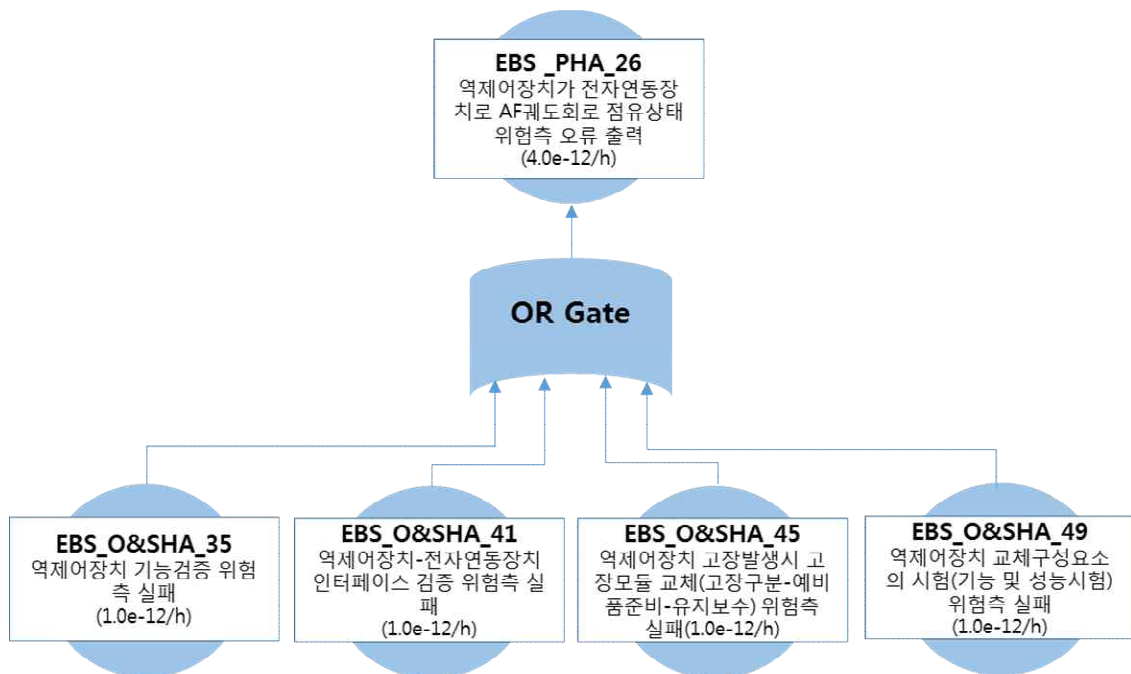
[그림 3-84] EBS_PHA_08관련 O&SHA의 FTA



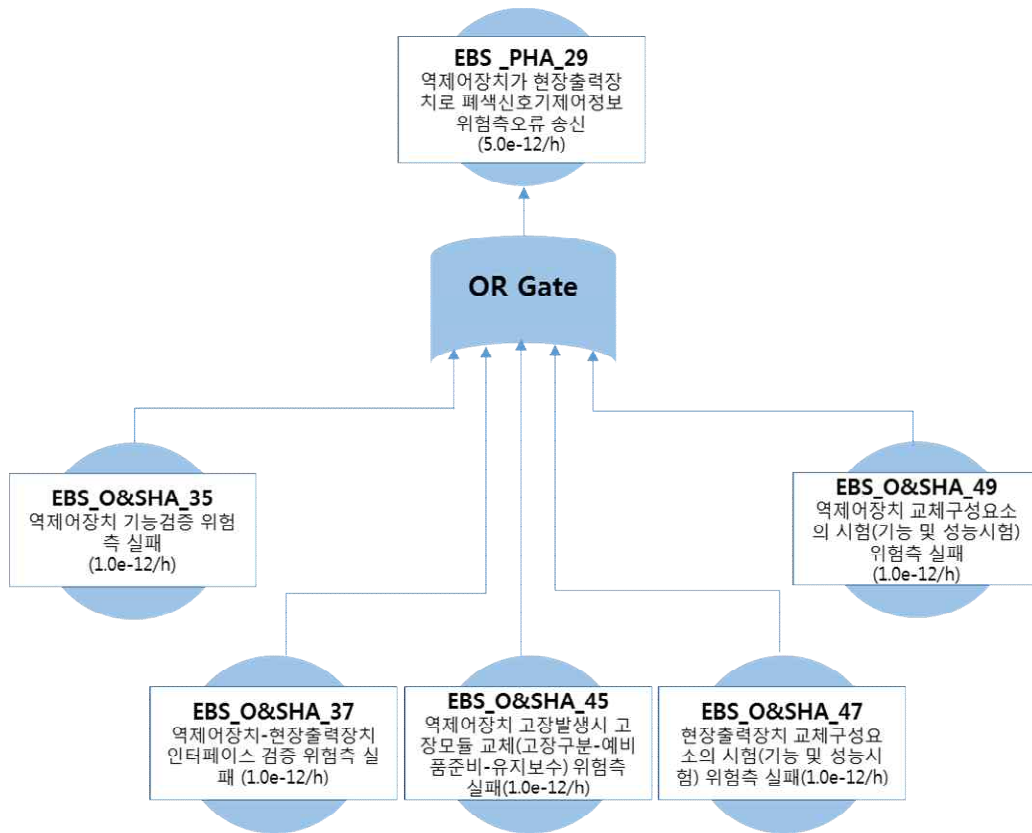
[그림 3-85] EBS_PHA_11관련 O&SHA의 FTA



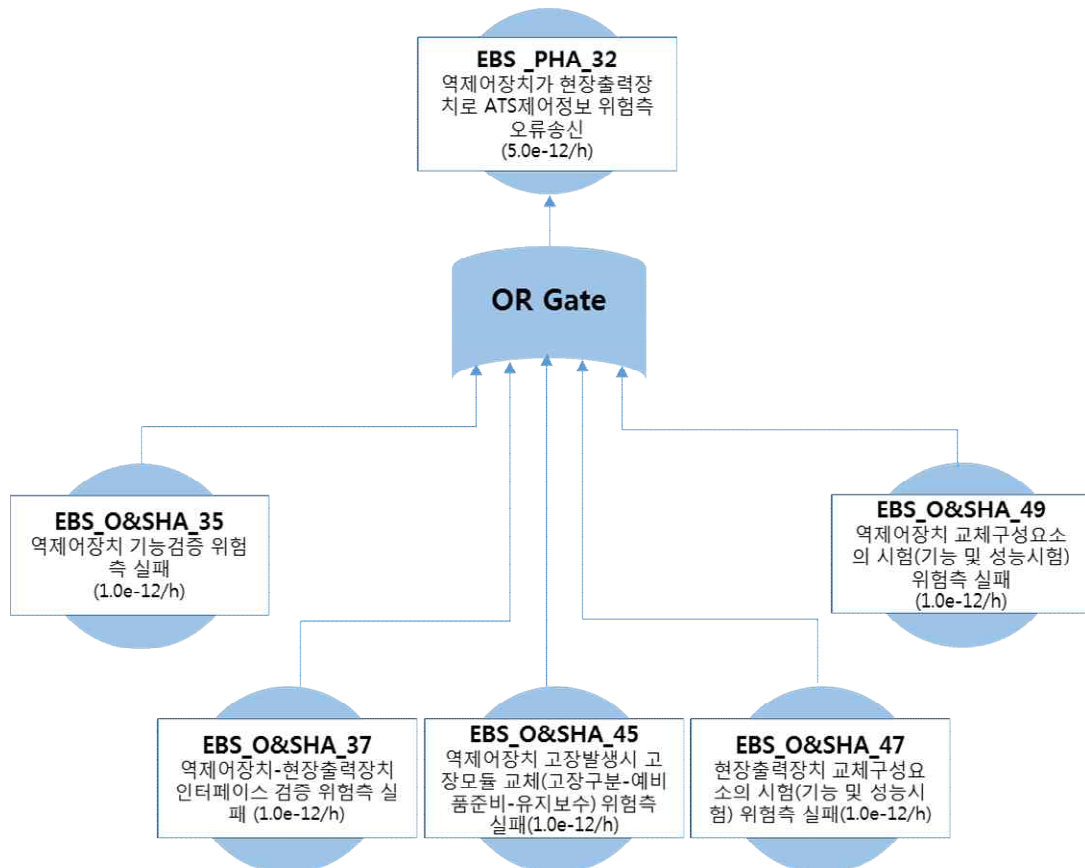
[그림 3-86] EBS_PHA_14관련 O&SHA의 FTA



[그림 3-87] EBS_PHA_26관련 O&SHA의 FTA



[그림 3-88] EBS_PHA_29관련 O&SHA의 FTA



[그림 3-89] EBS_PHA_32관련 O&SHA의 FTA

[표 3-83] 자동검측 내장형 전자폐색장치 O&SHA 결과반영

Code	대표위험원	관련 O&SHA	발생 확률
EBS_PHA_02	현장출력장치가 폐색신호기로 폐색신호기 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	<u>EBS_O&SHA_27</u> <u>EBS_O&SHA_43</u>	2.0e-12
EBS_PHA_05	현장출력장치가 ATS로 ATS 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	<u>EBS_O&SHA_27</u> <u>EBS_O&SHA_33</u> <u>EBS_O&SHA_43</u>	3.0e-12
EBS_PHA_08	현장출력장치가 역제어장치로 폐색신호기 현시출력동작 상태 검측정보 위험측 오류 송신	<u>EBS_O&SHA_27</u> <u>EBS_O&SHA_37</u> <u>EBS_O&SHA_43</u> <u>EBS_O&SHA_47</u>	4.0e-12
EBS_PHA_11	현장출력장치가 역제어장치로 AF궤도점유상태정보 검측 정보 위험측 오류송신	<u>EBS_O&SHA_27</u> <u>EBS_O&SHA_37</u> <u>EBS_O&SHA_43</u> <u>EBS_O&SHA_47</u>	4.0e-12
EBS_PHA_14	현장출력장치가 역제어장치로 ATS제어출력상태 정보 위험측 오류 송신	<u>EBS_O&SHA_27</u> <u>EBS_O&SHA_33</u> <u>EBS_O&SHA_37</u> <u>EBS_O&SHA_43</u> <u>EBS_O&SHA_47</u>	5.0e-12
EBS_PHA_26	역제어장치가 전자연동장치로 AF궤도회로 점유상태 위험측 오류 출력	<u>EBS_O&SHA_35</u> <u>EBS_O&SHA_41</u> <u>EBS_O&SHA_45</u> <u>EBS_O&SHA_49</u>	4.0e-12
EBS_PHA_29	역제어장치가 현장출력장치로 폐색신호기제어정보 위험측 오류 송신	<u>EBS_O&SHA_35</u> <u>EBS_O&SHA_37</u> <u>EBS_O&SHA_45</u> <u>EBS_O&SHA_47</u> <u>EBS_O&SHA_49</u>	5.0e-12
EBS_PHA_32	역제어장치가 현장출력장치로 ATS제어정보 위험측 오류송신	<u>EBS_O&SHA_35</u> <u>EBS_O&SHA_37</u> <u>EBS_O&SHA_45</u> <u>EBS_O&SHA_47</u> <u>EBS_O&SHA_49</u>	5.0e-12

(라) 확인 및 검증(V&V)

- V&V는 수명주기별 확인과 요구사항에 대한 검증을 의미하며, 본 과제는 자동 검측 내장형 전자폐색장치를 구성하는 역제어장치와 현장출력장치를 범위로 한다. 즉 수명주기별 요구사항의 확인은 PHA보고서의 수명주기별 안전대책의 준수여부와 RAMS관리계획서의 내부감사 실시로 건전성을 입증하며, SSHA, IHA, O&SHA의 안전대책을 수명주기로 구분하여 각각의 준수를 입증한다.
- 또한, 위와 같이 수명주기별 안전대책의 입증을 완료한 후 자동검측 내장형 전자폐색장치 RAMS 요구사항에 대한 검증을 추가로 수행하여 V&V를 완료한다.

① PHA 수명주기별 요구사항 확인

수명주기	COde	안전요구사항	PHA 안전대책 RTM ID	SSHA, IHA, O&SHA 안전 대책	RTM ID
설계 및 제작 (SSHA)	<u>EBS_SR_01</u>	현장출력장치 고안전 설계(자기진단, 자동절체기능 포함)	EBS_RQ_PHA_009	현장출력장치 CPU모듈 Fail safe 설계(현장출력장치 1계/2계 CPU간 계간 통신을 통해 입력/ 연산결과 /출력정보를 상호 비교함으로써 Fail safe 원칙에 따른 설계)	EBS_RQ_SS HA_010
				현장출력장치 CPU모듈 Fail safe 설계(통신장애 감시 기능(위치독) 동작)	EBS_RQ_SS HA_011
				현장출력장치 CPU 모듈 Fail safe 설계(통신데이터 CRC 에러검출 설계)	EBS_RQ_SS HA_012
				현장출력장치 CPU 모듈 Fail safe 간 데이터 BCC 에러 검출 설계	EBS_RQ_SS HA_013
				현장출력장치 IO 모듈 fail-safe 설계(입/출력 모듈의 출력정보 무결성)	EBS_RQ_SS HA_015

수명주기	COde	안전요구사항	PHA 안전대책 RTM ID	SSHA, IHA, O&SHA 안전 대책	RTM ID
				확보를 위한 Feedback 회로 구성)	
				현장출력장치 IO 모듈 fail-safe 설계(입/출력 모듈 내부 위치독 설계)	EBS_RQ_SS HA_016
				현장출력장치 IO 모듈 fail-safe 설계(입/출력 모듈 통신데이터 CRC 에러검출 설계)	EBS_RQ_SS HA_017
				현장출력장치 IO 모듈 fail-safe 설계(입/출력 모듈간 데이터 BCC 에러검출 설계)	EBS_RQ_SS HA_018
				현장출력장치 신호기 모듈 Fail safe 설계(신호등별 전류검지를 위한 feedback 기능)	EBS_RQ_SS HA_021
				현장출력장치 신호기 모듈 fail-safe 설계(모듈 정상상태 판단기능을 위한 위치독 기능)	EBS_RQ_SS HA_022
				현장출력장치 메인보드 모듈 고신뢰성 통신 프로토콜 사용(IEC 62280에 부합하여 통신 DATA의 무결성을 확인할 수 있는 통신방식 설계)	EBS_RQ_SS HA_024
				현장출력장치 fail-safe 설계(역제어장치가 위험측 출력을 하여도 해당캐도가 점유시에는 현장장치가 정지 현시 출력)	EBS_RQ_IH A_005
				현장출력장치 fail-safe 설계(현장출력장치 제어 4bit가 모두 1일 경우에만 진행(G) 현시)	EBS_RQ_IH A_006
				전자폐색장치 fail-safe 설계(출력에 대한 Feedback 회로)	EBS_RQ_IH A_012
				전자폐색장치 fail-safe 설계(역제어장치->현장출력장치 CPU모듈->신호기모듈->해당 신호기 현시출력을 위한 IEC62280에 부합한 통신 설계)	EBS_RQ_IH A_015
				전자폐색장치 fail safe 설계(쇄도회로 점유정보 취득은 여자점점 2개를 별도로 받아 비교한 후 통신상의 에러를 방지하기 위해 1개의 정보는 반전하여 전송)	EBS_RQ_IH A_018
	EBS_SR_02	역제어장치 고안전 설계(자기진단, 자동 절체기능 포함)	EBS_RQ_PHA_010	역제어장치 CPU fail safe 설계 (VRD 낙하(제어출력 안나감))	EBS_RQ_SS HA_001
				역제어장치 CPU fail safe 설계 (1계/2계의 CPU 모듈간에 계간통신을 통해 상태정보를 상호비교)	EBS_RQ_SS HA_002
				역제어장치 CPU fail safe 설계 (CPU 프로그램 내부 VME 동작상태 확인 TASK 구현)	EBS_RQ_SS HA_003
				역제어장치 CPU fail safe 설계 (VME 버스 에러시 CPU fail 처리)	EBS_RQ_SS HA_004
				역제어장치 입력모듈 Fail safe 설계(부정입력검지 및 자체 안전측 동작을 위한 Feedback 회로 적용)	EBS_RQ_SS HA_008
				역제어장치-현장출력장치 간 고신뢰성 통신프로토콜 채용(통신 프레임 무결성 확인을 위한 IEC62280부합설계)	EBS_RQ_IH A_004

수명주기	CCode	안전요구사항	PHA 안전대책 RTM ID	SSHA, IHA, O&SHA 안전 대책	RTM ID
				전자폐색장치 Fail safe 설계(장내신호기 제어조건과 장내신호기 전류검지 상태 및 점유상태가 모두 정상적으로 입력되었을 경우에만 신호 현시함)	EBS_RQ_IH A_009
				전자폐색장치 fail safe 설계(출력에 대한 Feedback 회로)	EBS_RQ_IH A_012
				전자폐색장치 fail safe 설계(역제어장치->현장출력 장치 CPU모듈->신호기모듈->해 당 신호기 현시출력을 위한 IEC62280에 부합한 통신 설계)	EBS_RQ_IH A_015
				전자폐색장치 fail safe 설계(궤도회로 점유정보 취득은 여자접점 2개를 별도로 받아 비교한 후 통신상의 에러를 방지하기 위해 1개의 정보는 반전하여 전송)	EBS_RQ_IH A_018
	<u>EBS_SR_03</u>	역제어장치 고신뢰 성 출력계전기 사용	EBS_RQ_PHA_011	*전자연동장치로 출력되는 출력계전기 래은 역제어장치과업의임. 해당 요구사항은 역제어장치의 안전확보를 위한 제약사항임.	
설계 및 제작 (O&SHA)	<u>EBS_SR_04</u>	설치 및 시운전 시 험 실시 (역제어장치/현장출 력장치)	EBS_RQ_PHA_012	역제어장치-현장출력장치간 통신라인 설치 후 시운전시험	EBS_RQ_IH A_001
				전자폐색장치-전자연동장치 간 인터페이스 설치 후 시운전 시험	EBS_RQ_IH A_007
				전자폐색장치 ATS 인터페이스 설치 후 시운전 시험	EBS_RQ_IH A_010
				전자폐색장치-ATP LEU 간 인터페이스 설치 후 시운전	EBS_RQ_IH A_013
				전자폐색장치 -AF 궤도회로간 인터페이스(계전기접점)설치 후 시운전 시험	EBS_RQ_IH A_016
				현장출력장치 기능검증을 위 한 설치후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_006
				현장출력장치-ATS 인터페이 스 설치 후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_009
				역제어장치 기능검증을위한 설치후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_012
				역제어장치-현장출력장치 인 터페이스 설치 후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_015
				역제어장치-전자연동장치 인 터페이스 설치 후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_018
				현장출력장치 교체모듈 설치 후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_021
				역제어장치 교체모듈 설치 후 시운전	EBS_RQ_O &SHA_024
설계 및 제작 (O&SHA)	<u>EBS_SR_05</u>	현장출력장치 결선 매뉴얼 작성 및 교 육	EBS_RQ_PHA_013	현장출력장치 CPU 모듈 결선매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_SS HA_008
				현장출력장치 IO 모듈-CPU 모듈간 인터페이스 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_SS HA_014

수명주기	CCode	안전요구사항	PHA 안전대책 RTM ID	SSHA, IHA, O&SHA 안전 대책	RTM ID
				현장출력장치 IO 모듈-ATS 모듈간 인터페이스 결선 매뉴 얼 작성 및 교육	EBS_RQ_SS HA_019
				현장출력장치 신호기 모듈- 폐색신호기간 인터페이스 결 선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_SS HA_020
				현장출력장치 메인보드 모듈 통신인터페이스 결선 매뉴 얼 작성 및 교육	EBS_RQ_SS HA_023
				역제어장치-현장출력장치간 통신라인 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_IH A_002
기타		안전요구사항에 포 함되지 않는 안전대 책 적용		역제어장치 CPU 신호제어 DB 입력매뉴얼 작성	EBS_RQ_SS HA_005
				역제어장치 입력모듈 케이블 주기적 점검	EBS_RQ_SS HA_006
				역제어장치 입력모듈 케이블 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_SS HA_007
				역제어장치 DB 입력매뉴얼 작성	EBS_RQ_IH A_003
				전자폐색장치-전자연동장치 간 인터페이스 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_IH A_008
				전자폐색장치 ATS 인터페이 스 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_IH A_011
				전자폐색장치 ATP LEU간 인터페이스 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_IH A_014
				전자폐색장치-AF 궤도회로 간 인터페이스(계전기접점) 결선 매뉴얼 작성 및 교육	EBS_RQ_IH A_017
				전자폐색장치 설치, 운영, 유 지보수시 열차감시를 위한 설 치 및 운영자 안전교육 실시	EBS_RQ_O &SHA_001
				전자폐색장치 설치, 운영, 유 지보수시 고전압(200V 이 상)에 노출 사고 방지를 위한 고전압 경고표지판 설치 및 운영자/유지보수자 안전교육 실시 (-고전압 경고표시부착)	EBS_RQ_O &SHA_002
				전자폐색장치 설치담당자를 위한 작업 보호구 및 보호 장치 착용 및 설치 전 보호장 비 착용여부 점검 실시	EBS_RQ_O &SHA_003
				현장출력장치 기능검증을 위 한 시험매뉴얼 작성 및 시 험, 검증 담당자를 대상으로 하는 정기적인 교육 실시	EBS_RQ_O &SHA_004
				현장출력장치 기능검증을 위 한 설치전 기능시험	EBS_RQ_O &SHA_005
				현장출력장치-ATS 인터페이 스 검증을 위한 시험매뉴얼 작성 및 시험, 검증담당자를 대상으로 하는 정기적인 교 육 실시	EBS_RQ_O &SHA_007
				현장출력장치-ATS 인터페이 스 설치전 기능시험	EBS_RQ_O &SHA_008
				역제어장치 기능검증을 위한 시험매뉴얼 작성 및 시험, 검증담당자를 대상으로 하는 정기적인 교육 실시	EBS_RQ_O &SHA_010
				역제어장치 기능검증을 위한 설치전 기능시험	EBS_RQ_O &SHA_011
				역제어장치-현장출력장치 인 터페이스 검증을 위한 시험매 뉴얼작성, 시험 및 검증 담 당자를 대상으로 하는 정기적 인 교육 실시	EBS_RQ_O &SHA_013

수명주기	CCode	안전요구사항	PHA 안전대책 RTM ID	SSHA, IHA, O&SHA 안전 대책	RTM ID
				역제어장치-현장출력장치 인터페이스 설치전 기능시험	EBS_RQ_O &SHA_014
				역제어장치-전자연동장치 인터페이스 검증을 위한 시험매뉴얼작성 및 시험, 검증 담당자를 대상으로 하는 정기적인 교육실시	EBS_RQ_O &SHA_016
				역제어장치-전자연동장치 인터페이스 설치 전 기능시험	EBS_RQ_O &SHA_017
				현장출력장치 고장발생시 고장모듈교체(고장구분-예비품 준비-유지보수)를 위한 유지보수 매뉴얼 작성	EBS_RQ_O &SHA_019
				현장출력장치 고장발생시 고장모듈교체(고장구분-예비품 준비-유지보수)를 위한 운영 및 유지보수 담당자를 대상으로 하는 정기적인 교육실시	EBS_RQ_O &SHA_020
				역제어장치 고장발생시 고장모듈교체(고장구분-예비품 준비-유지보수)를 위한 유지보수 매뉴얼 작성	EBS_RQ_O &SHA_022
				역제어장치 고장발생시 고장모듈교체(고장구분-예비품 준비-유지보수)를 위한 운영 및 유지보수 담당자를 대상으로 하는 정기적인 교육실시	EBS_RQ_O &SHA_023
				현장출력장치 교체구성요소 시험(기능 및 성능시험)을 위한 유지보수매뉴얼 작성	EBS_RQ_O& SHA_025
				현장출력장치 교체구성요소 시험(기능 및 성능시험)을 위한 운영 및 유지보수 담당자를 대상으로 하는 정기적인 교육 실시	EBS_RQ_O &SHA_026

② 수명주기별 안전대책확인

- 예측신뢰도의 입증
 - ▷ 설치 후 시운전단계에서는 예측된 RAM결과를 가동시간에 발생된 고장정보를 바탕으로 입증하며, RAM분석보고서에서 평가한 유지보수도를 고려하여 신뢰도 입증현황을 제시하여 한다. 신뢰도 입증방법으로 FRACAS를 제안한다.
- 유지보수도의 입증
 - ▷ 유지보수도 MTTR은 실제 유지보수에 소요되는 시간을 평가한 결과이므로 별도의 입증이 요구되지 않는다.

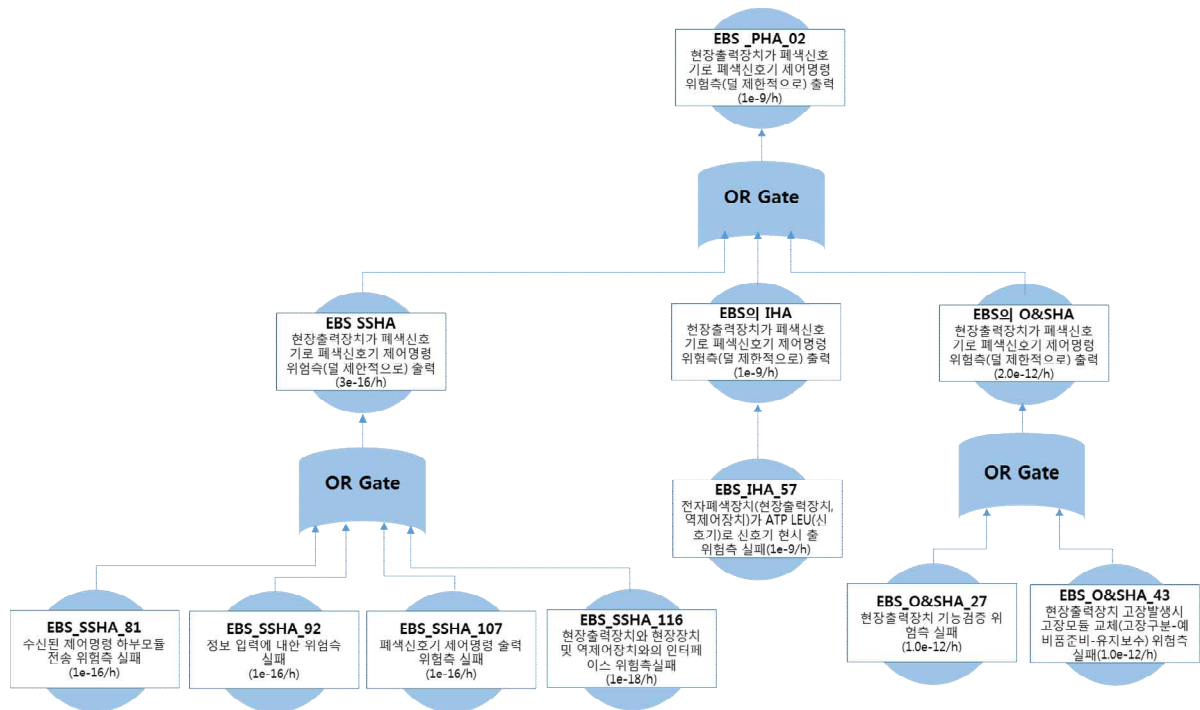
[표 3-84] 정량적 유지보수도 목표대비 분석결과 요약

순번	항목	목표치	분석결과	입증결과
1	역제어장치 유지보수도	0.5시간 이내	0.34 시간	0.34 시간
2	현장출력장치 유지보수도	0.5시간 이내	0.36 시간	0.36 시간

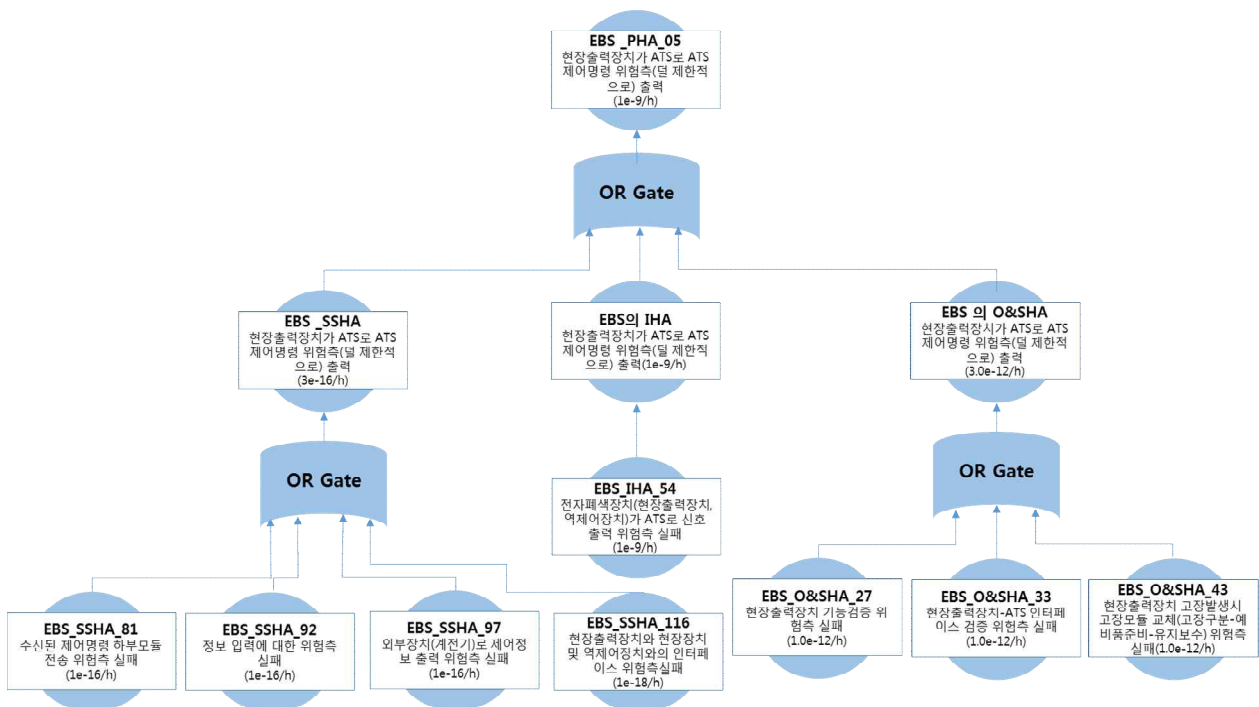
- 가용도의 입증
 - ▷ RAM 예측보고서에서 제시된 신뢰도와 유지보수도에 따라 계산된다. 단, 시운전수행으로 신뢰도가 입증됨에 따라 가용도는 입증된 신뢰도를 적용하여 확인될 것이다.
- 안전성의 입증
 - ▷ 대표위험원을 기준으로 모든 위험원의 발생빈도는 SIL4를 만족하며, 위험도매트릭스에 따라서 모두 허용할 수 있는 수준으로 대표위험원이 제어되었다.
 - ▷ 열차충돌 및 탈선 기능의 PFH만 적용하여 SIL4에 준하는 THR 달성함을 확인하였다.

※ PFH는 PHA 수행결과인 대표위험원 발생빈도 기준임.

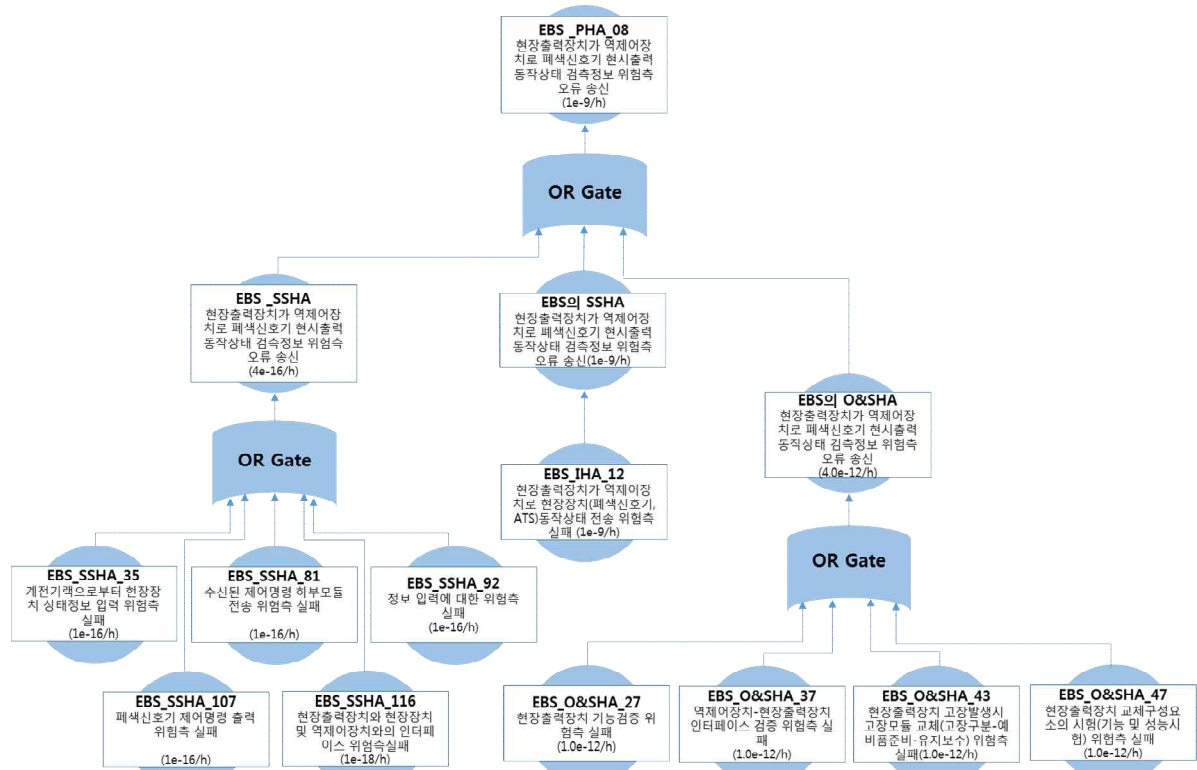
Code	대표위험원	하부위험원 Code			단위시간당 발생빈도
		SSHA	IHA	O&SHA	
EBS_PHA_02	현장출력장치가 폐색신호기로 폐색신호기 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_107 EBS_SSHA_116 (sum=3.0e-16/h)	EBS_IHA_57 (sum=1.0e-9/h)	EBS_O&SHA_27 EBS_O&SHA_43 (sum=2.0e-12/h)	1e-9/h
EBS_PHA_05	현장출력장치가 ATS로 ATS 제어명령 위험측(덜 제한적으로) 출력	EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_97 EBS_SSHA_116 (sum=3.0e-16/h)	EBS_IHA_54 (sum=1.0e-9/h)	EBS_O&SHA_27 EBS_O&SHA_33 EBS_O&SHA_43 (sum=3.0e-12/h)	1e-9/h
EBS_PHA_08	현장출력장치가 역제어장치로 폐색신호기 현시출력 동작상태 검측정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_35 EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_107 EBS_SSHA_116 (sum=4.0e-16/h)	EBS_IHA_12 (sum=1e-9/h)	EBS_O&SHA_27 EBS_O&SHA_37 EBS_O&SHA_43 EBS_O&SHA_47 (sum=4.0e-12/h)	1e-9/h
EBS_PHA_11	현장출력장치가 역제어장치로 AF케도점유상태정보 검측정보 위험측 오류송신	EBS_SSHA_35 EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_116 (sum=3.0e-16/h)	EBS_IHA_15 (sum=1e-9/h)	EBS_O&SHA_27 EBS_O&SHA_37 EBS_O&SHA_43 EBS_O&SHA_47 (sum=4.0e-12/h)	1e-9/h
EBS_PHA_14	현장출력장치가 역제어장치로 ATS제어출력상태 정보 위험측 오류 송신	EBS_SSHA_35 EBS_SSHA_81 EBS_SSHA_92 EBS_SSHA_97 EBS_SSHA_116 (sum=4e-16/h)	EBS_IHA_12 (sum=1e-9/h)	EBS_O&SHA_27 EBS_O&SHA_33 EBS_O&SHA_37 EBS_O&SHA_43 EBS_O&SHA_47 (sum=5.0e-12/h)	1e-9/h
EBS_PHA_26	역제어장치가 전자연동장치로 AF케도회로 점유상태 위험측 오류 출력	EBS_SSHA_21 (sum=1e-16/h)	N/A	EBS_O&SHA_35 EBS_O&SHA_41 EBS_O&SHA_45 EBS_O&SHA_49 (sum=4.0e-12/h)	4e-12/h
EBS_PHA_29	역제어장치가 현장출력장치로 폐색신호기 제어정보 위험측오류 송신	EBS_SSHA_21 EBS_SSHA_78 (sum=2e-16/h)	EBS_IHA_05 EBS_IHA_57 (sum=2e-9/h)	EBS_O&SHA_35 EBS_O&SHA_37 EBS_O&SHA_45 EBS_O&SHA_47 EBS_O&SHA_49 (sum=5.0e-126/h)	2e-9/h
EBS_PHA_32	역제어장치가 현장출력장치로 ATS제어정보 위험측 오류송신	EBS_SSHA_21 EBS_SSHA_78 (sum=2e-16/h)	EBS_IHA_54 (sum=1e-9/h)	EBS_O&SHA_35 EBS_O&SHA_37 EBS_O&SHA_45 EBS_O&SHA_47 EBS_O&SHA_49 (sum=5.0e-12/h)	1e-9/h



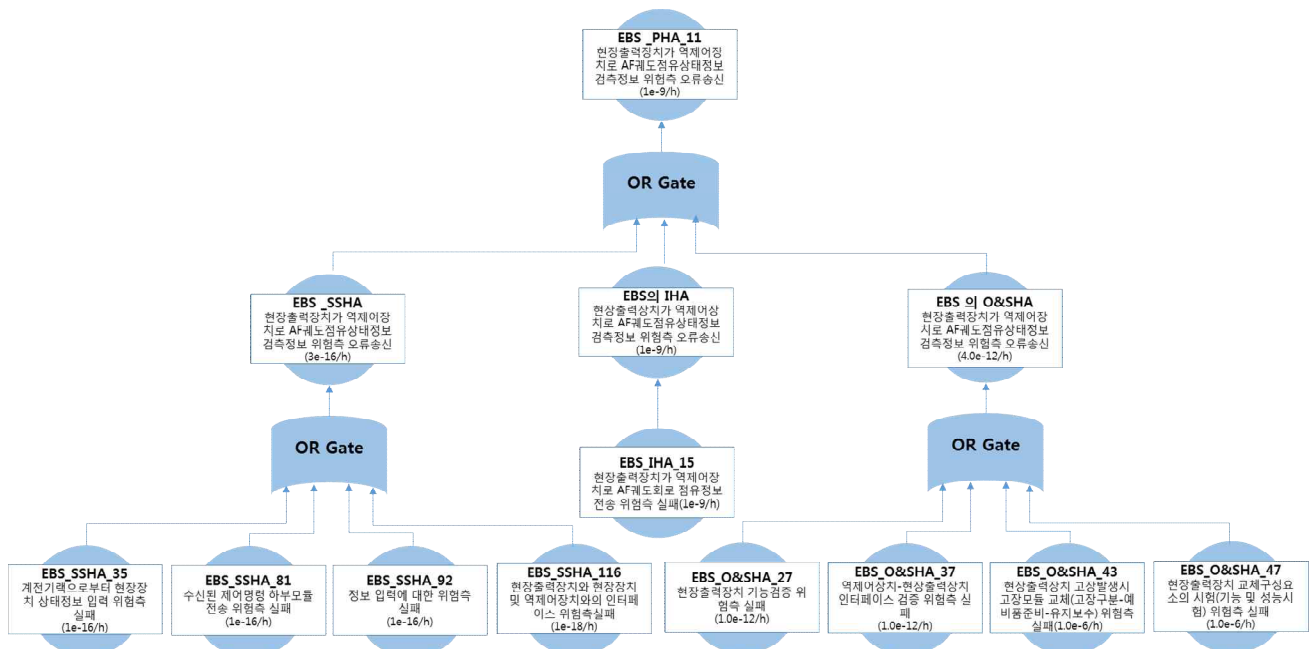
[그림 3-90] EBS_PHA_02와 관련된 FTA



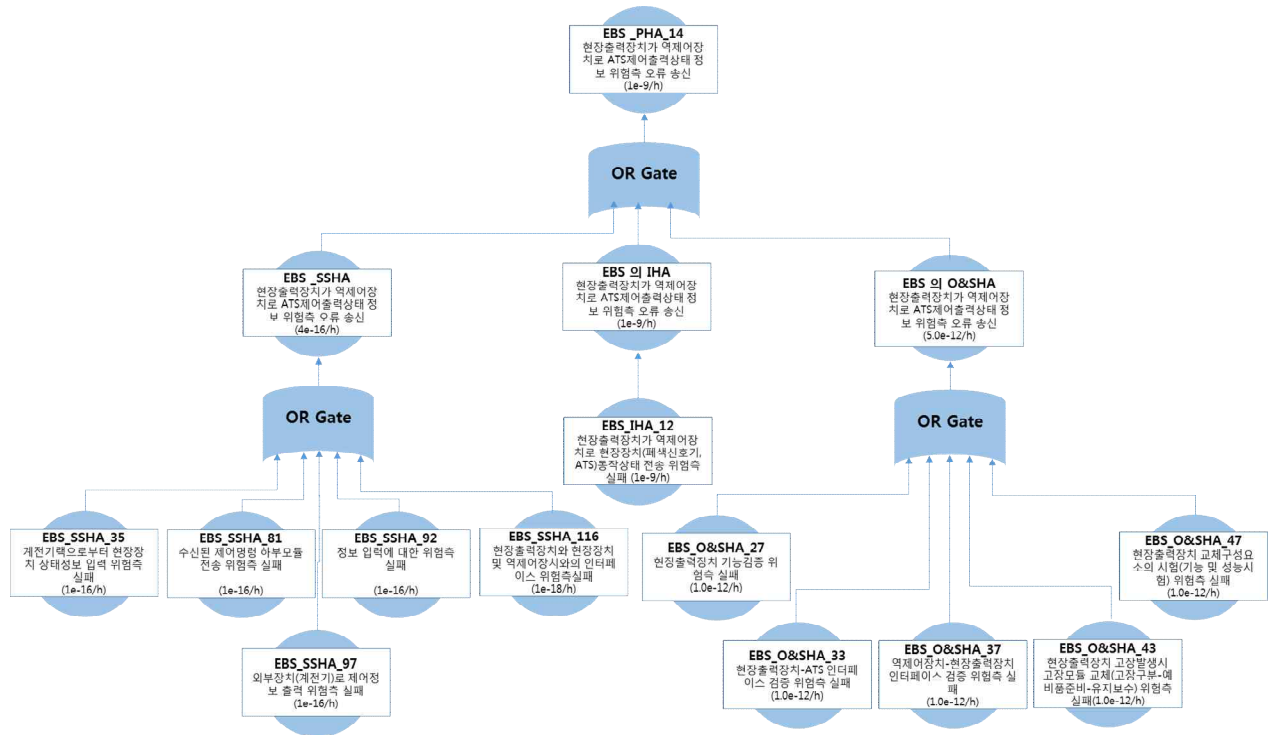
[그림 3-91] EBS_PHA_05와 관련된 FTA



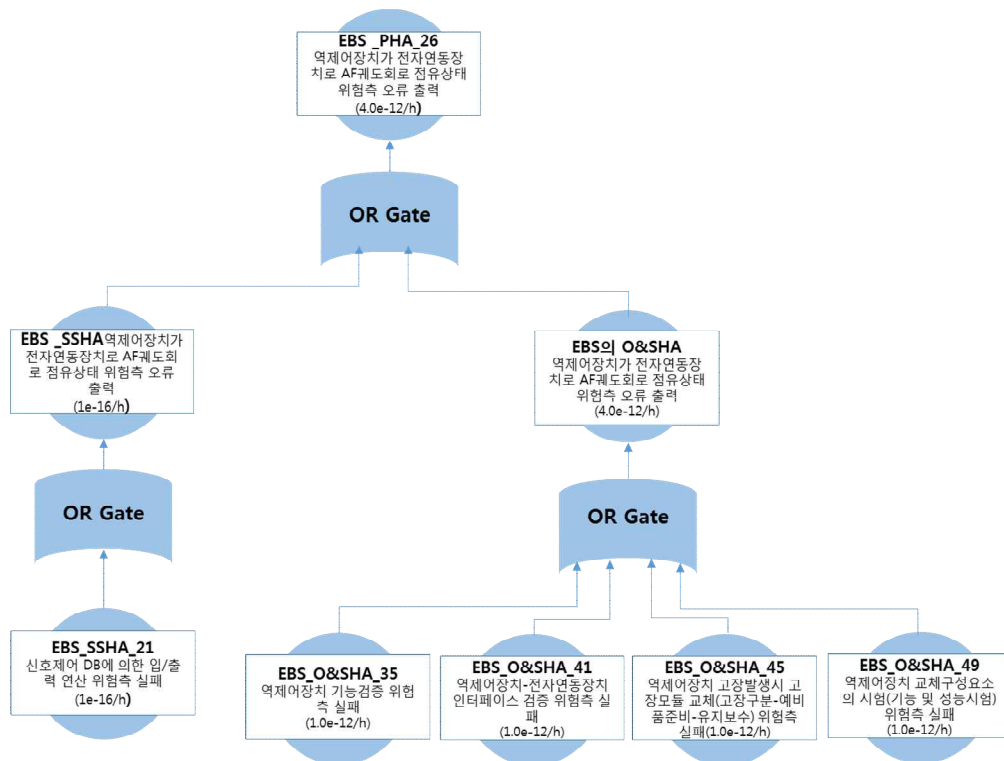
[그림 3-92] EBS_PHA_08과 관련된 FTA



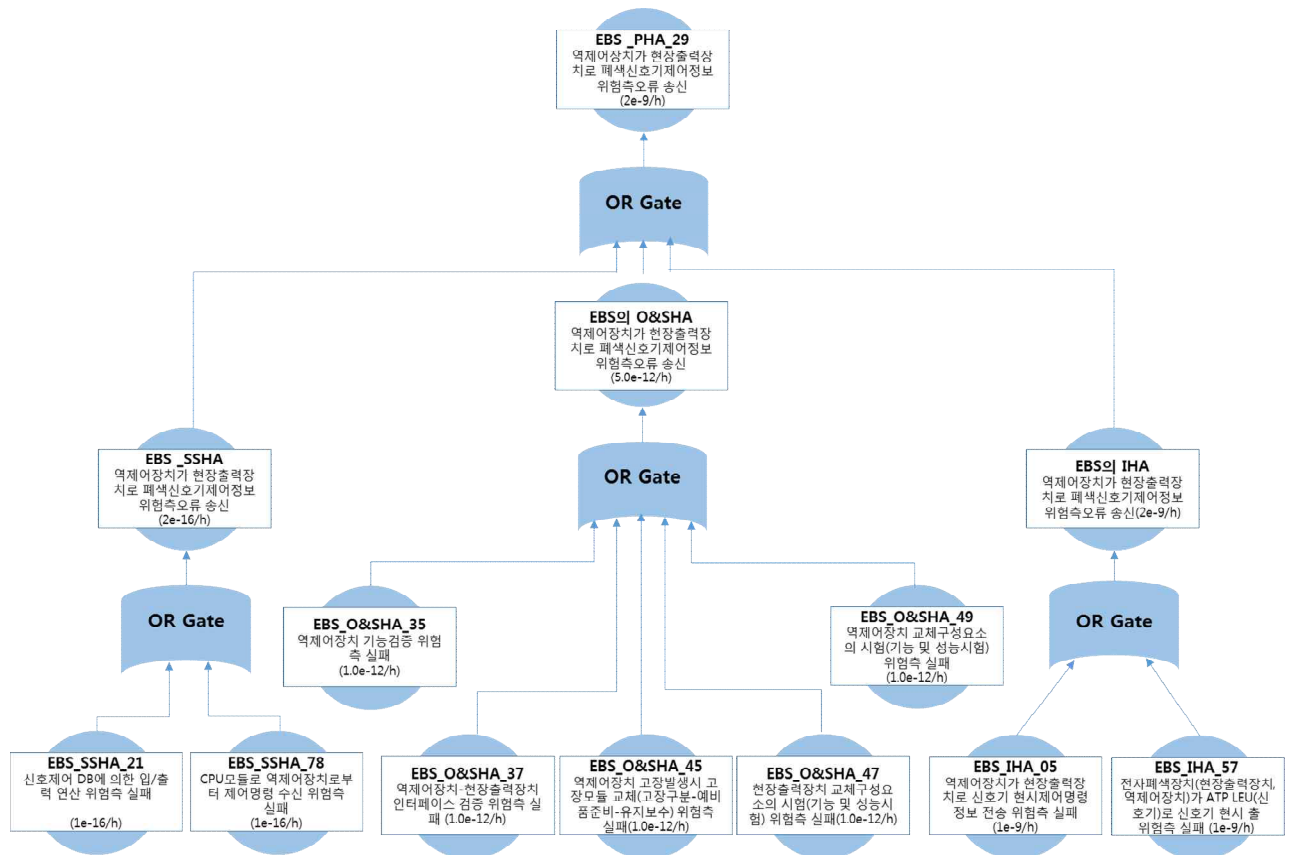
[그림 3-93] EBS_PHA_11과 관련된 FTA



[그림 3-94] EBS_PHA_14과 관련된 FTA



[그림 3-95] EBS_PHA_26과 관련된 FTA



[그림 3-96] EBS_PHA_29과 관련된 FTA

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
전자폐색 RAMS Plan	-전자폐색장치 RAMS 활동을 위한 시스템 범위, 인터페이스, 요구사항 정의 -RAMS활동을 위한 수명주기별 활동 계획 및 관련 규격, 방법론 정의
예비위험원 및 RAM 분석	• 예비위험원 분석 -전자폐색장치 시스템 요구사항, 인터페이스 요구사항, 기능요구사항을 바탕으로 FMECA를 수행하여, 예상되는 예비위험원 9개 도출. -도출된 위험원을 저감하기 위하여, 수명주기별 안전대책 수립 • RAM 분석 -전자폐색장치를 구성하는 역제어장치, 현장출력장치의 RBD를 바탕으로, LRU 단위별 고장을 산출 -RAMS Plan에서 정의한 RAM 요구사항에 부합함을 확인.
위험원 분석	• SSHA 분석 -전자폐색장치 역제어장치와 현장출력장치의 하부구성요소별 FMECA기법을 적용하여 도출된 124개의 위험원에 대하여 모두 허용할 수 있는 수준으로 위험도를 제어하였으며, 열차 충돌 또는 탈선과 관련된 PHA대표위험원과 의 관계를 FTA를 통하여 분석 • IHA 분석 -전자폐색장치 역제어장치와 현장출력장치의 인터페이스별 FMECA기법을 적용하여 도출된 위험원 70개가 도출되었으며, 모두 허용할 수 있는 수준으로 제어되었음을 확인. 역차 충돌 또는 탈선과 관련된 PHA대표위험원과 의 관계를 FTA를 통하여 분석함. • O&SHA 분석 -전자폐색장치의 안전성 확보를 위해 O&SHA를 수행한 결과 총 49개의 위험원이 도출되었으며, 모든 위험원이 허용할 수 있는 수준으로 제어되었 음. 또한, 열차 충돌 또는 탈선과 관련된 PHA 대표위험원과의 관계를 FTA 를 통하여 분석함.
확인 및 검증(V&V)	-전자폐색장치 개발 수명주기별 확인과 요구사항에 대한 검증을 수행하였 다. 즉 수명주기별 요구사항의 확인은 PHA보고서의 수명주기별 안전대책 의 준수여부와 RAMS관리계획서의 내부감사 실시로 건전성을 입증하였으며, SSHA, IHA, O&SHA의 안전대책을 수명주기로 구분하여 각각의 대책적용 을 입증함. - 또한, RAM 분석보고서에서 예측치를 적용한 하부구성요소에 대한 신뢰도 입증은 시운전단계에서 제시한 FRACAS 체계를 구축하여 입증될 계획이 다. 마지막으로 SSHA, IHA, O&SHA를 통해 도출된 위험원을 대표위험원 을 기준으로 본 사업의 안전목표인 단위시간당 발생빈도로 환산하여 모두 SIL4수준과 허용 위험도 범위로 위험도가 제어되었음을 입증됨.

카. 전자폐색장치 표준규격서

(1) 개요

(가) 전자폐색장치 제작사양 정의

- 역제어장치와 현장출력장치의 표준규격서 작성을 위한 제작사양 정의

(나) 시험항목 및 시험기준 도출

- 전자폐색장치의 시험항목 및 시험 기준을 도출

(다) 전자폐색장치 규격서

- 전자폐색장치 한국철도표준규격(안) 작성

(2) 연구내용 요약

세부 연구 목표	내 용
전자폐색장치 제작사양 정의	- 역제어장치 제작사양정의 - 현장출력장치 제작사양정의
시험항목 및 시험기준 도출	- 전자폐색장치 시험항목 및 시험기준 도출
전자폐색장치 규격서	- 전자폐색장치 규격서(안) 작성

(3) 세부공정 수행내역 및 결과

① 전자폐색장치 제작사양 정의

㉔ 역제어장치

구 분	주요구성품	수 량	사 양	비 고
시스템 서브랙	CPU모듈	2	400Mhz, 32bit LAN2포트 RS-422 8포트	2중계 구성
	I/F 모듈	2	계간통신용, 10Mbyte/sec이상	2중계 구성
	COM모듈	2	RS-422 8채널	2중계 구성
	입력모듈	4	32 디지털입력, DC24V	2중계 구성
	출력모듈	4	32디지털출력, DC24V/0.5A	2중계 구성
	전원모듈	2	DC24V IN, 5V/20A,+12V/1.0A,-12V/1.0A	2중계 구성
전원부	정류기	2	AC220V/DC24V 30A	2중계 구성
통신장치	광통신 이더넷 스위치	2대	이더넷 2포트 이상 광 2포트 이상	2중계 구성
	터미널서버	1대	8포트 이상 (RS422, RS232)	-
	모뎀	1대	DSU (RS422, RS232)	역간통신용
	광분배함	1대	8-core 이상, SC type	
기기랙	19인치 표준랙	1개		
유지보수 부	모니터	1개	24인치 이상 LCD	폐색구간 감시용
	산업용 PC	1대	듀얼코어 3.0Ghz이상, RAM 4G이상	
광통신부	광통신부전원모 듈	2	AC220V/DC5V 3A	역간통신 및 유지보수통신
	광변환모듈	4	422입출력2ch, 광입출력1ch	

㉔ 현장출력장치

구 분	항 목	수 량	사 양	비 고
시스템 서브랙	CPU모듈	2개	32bit 마이크로 프로세서	2중계 구성
	입/출력모듈	2개	16포트 이상 디지털 입력 10포트 이상 디지털 출력	
	신호기모듈	2개	2대 신호기 제어	
	전원모듈	2개	DC24V IN DC 24V/±15V/5V OUT	
광통신	산업용 스위치	2개	이더넷 2포트 이상 광 2포트 이상	
	광분배함	1개	8-core 이상, SC type	
전원부	주변압기	1대	AC 600V IN, AC 220V OUT	
	절연변압기	1대	1kVA	
	전원보안기	2개	2.5kV	
	전원절체기	1조		
	정류기	2대	AC220V/DC24V, 10A	
계전기부	무극선조계전기	1개	NR4/N4R2	
기구함	외부 함체	1개	19인치	

② 시험항목 및 시험기준 도출

종 류		검 사 수 준		비 고
		역제어장치	현장출력장치	
검사	가. 수량 및 겉모양 검사	-전량	-전량	
	나. 구조 및 치수 검사	-전량	-전량	
형식 시험	가. 성능시험	-1세트	-1세트	역제어장치 1대 현장출력장치 1대
	나. 절연저항 및 절연내력 시험	-1대	-1대	공인 시험기관 의뢰
	다. 전자파 적합성 시험	-1대	-1대	
	라. 온도, 습도 시험	-해당없음	-1대	
	마. 진동 시험	-해당없음	-1대	
검수 시험	가. 성능시험	-1세트	-1세트	
	나. 절연저항 및 내전압 시험	-1대	-1대	

③ 전자폐색장치 규격서(안) 작성

KRS SG 00XX

한국철도표준규격

KOREAN
RAILWAY
STANDARDS

KRS SG 00XX - XX (R)

전자폐색장치

Electronic Block System

철도기술심의위원회 심의
2017년 x월 xx일 제정

한국철도표준규격

KRS SG 00xx - xx (R)

전자폐색장치

Electronic Block System

1. 적용범위 및 분류

1.1 적용범위

이 규격은 궤도회로의 연쇄조건에 의해 폐색구간내 폐색제어를 역제어장치에 의하여 선장출력장치로 제어명령을 전송하는 방식으로 신호기, 열차자동장치(ATIS)등을 제어하는 전자폐색장치(이하 "장치"라 한다)에 대하여 적용한다.

1.2 분류

1.2.1 본 장치는 용도에 따라 다음과 같이 분류한다.

[표 1] 용도에 의한 분류

종 명	설치구분	용 도	비 고
역제어장치	입내장치	열차 추적 논리, 폐색 구간별 선장출력장치 제어, 감시기능 및 신호제한 제어	
선장출력장치	선로변장치	역제어장치와 통신처리, 출력명령에 대한 선장 출력, 장치의 상태 감시	

2. 적용자료

KRS SG 0054 - ORR 단선 자동폐색제어 장치
KRS SG 0055 - ORR 복선 자동폐색제어 장치
KRS SG 0024 신호기구형(명령형)
KRS SG 0005 부속선조계원기
KRS SG 0061 보안기
KRS SG 008-06 무발현가장주파수(AF) 레도회로
KS C IEC 61000-4-4 : 전기적 배전 과도 현상 내성 시험
KS C IEC 61000-4-5 : 서지 내성 시험
KS C IEC 61000-4-6 : 전자기장 전도 내성 시험-EMC 기본 표준
KS C IEC 61000-4-3 : 전기 자기 방사 내성 시험
KS C IEC 61000-4-2 : 정전기 방전 내성 시험
KS R 9186 철도신호보안부품의 진동시험방법

1/13

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

목 표	내 용	달성도	미달성 목표 달성 계획
역제어장치 및 현장장치	전자폐색장치 제작사양정의 - 전자폐색장치의 기능 및 성능 사양정의 - 전자폐색장치의 인터페이스 사양정의	100% 100%	
	역제어장치 제작 - H/W 및 S/W설계 - 시작품 제작	100% 100%	
	현장장치 제작 - H/W 및 S/W설계 - 시작품 제작	100% 100%	
	전자폐색장치 시험 - 역제어장치 시험 및 보완 - 현장장치 시험 및 보완 - 통합 성능 시험 및 보완	100% 100% 100%	
LEU 인터페이스 사용서	LEU 인터페이스 사양정의 및 시험기준 도출	100%	
	LEU 상태정보 Log 및 시험결과 분석	100%	
	LEU 인터페이스 사용서 작성	100%	
AF 궤도회로 인터페이스 사양서	AF궤도회로 인터페이스 사양정의 및 시험기준 도출	100%	
	AF궤도회로 실측 값 및 Log, 시험결과 분석	100%	
	AF궤도회로 인터페이스 사양서 작성	100%	
전기기술지원 시스템 인터페이스 사용서	전기설비기술지원시스템 인터페이스 사양정의 - 인터페이스 사양 정의 - 전기설비기술지원시스템 통합 화면 정의	100% 100%	
	시험항목 및 시험기준 도출	100%	
	전기설비기술지원시스템 인터페이스 사양서 - 인터페이스 및 통합화면 구축 - 설치 및 기능 시험 - 인터페이스 사양서 및 운용 매뉴얼 작성	100% 100% 100%	
공인기관 성적서	공인기관시험 계획 수립	100%	
	공인기관 시험 성적서 획득	100%	
유지보수 및 운영매뉴얼	유지보수 및 운영매뉴얼 작성	100%	

목 표	내 용	달성도	미달성 목표 달성 계획
공인기관 현장시험성적서 및 성능평가 보고서	현장 성능 평가 계획 수립	100%	- 시험열차 운행시험 완료 후 정규열차 제어 시험을 한국철도공사에 요청 - 2016년 개정된 철도안전법에 의해 철도안전관리체계 변경 승인을 받아야 한다는 교통안전공단과 국토부 의견 - 철도안전관리체계 변경 승인없이 시험을 하기 위해 신호기 인터페이스 변경 협의 - 현장장치 신호기 인터페이스 변경 후 정규열차 제어 시험 추진 예정
	현장 성능 평가	100%	
	- 설치 및 기능 시험	100%	
	- 시험열차 운행 시험	100%	
	- 정규열차 제어 시험	50%	
	- 결과분석 및 보완	50%	
실용화 계획서	공인기관 현장 시험 성적서 및 성능평가 보고서	100%	
	- 공인기관 시험 성적서 획득	100%	
	- 성능평가 보고서 작성	100%	
	연구결과 적용 가능성 조사	100%	
	- 실용화 방안 분석	100%	
안전성 평가 보고서	- 전자폐색장치 적용 가능 노선 조사	100%	
	실용화를 위한 시범 사업	100%	
	- 시범노선 선정	100%	
	- 시범노선 구축 계획 수립	100%	
	경제성 분석(구축비용, 운영유지보수 편익 등)	100%	
전자폐색장치 표준규격서	전자폐색 RAMS Plan	100%	
	- RAMS 분석범위 및 정량적 목표 설정	100%	
	- 사고 및 고장 정의	100%	
	예비위험원 및 RAM 분석	100%	
	- 전자폐색 위험원(Hazard) 및 안전요구사항 도출	100%	
	- 모듈단위 고장률 평가	100%	
	- RAM평가 및 입증방안 수립	100%	
	위험원 분석	100%	
	- 하부시스템위험원분석(SSHA)	100%	
	- 인터페이스위험원분석(IHA)	100%	
	- 운영 및 유지보수위험원분석(O&SHA)	100%	
	확인 및 검증(V&V)	100%	
	- 설계 단계 안전요구사항 확인 및 입증	100%	
	- 고장정보 분석을 통한 신뢰도 입증	100%	
	- 현장평가에 의한 유지보수도 입증	100%	
	- 종합안전보고서(Safety Case)	100%	
전자폐색장치 표준규격서	전자폐색장치 제작사양 정의	100%	- 본 과제에서 개발된 전자폐색장치는 한국철도시설공단의 철도 시설물성능검증 지침에 의해 진행되었으며, 최종 평가를 거쳐 시설물 성능 검증서 발급 이후, 공단 규격으로 제정토록 요청할 계획임
	- 전자폐색장치 기능 및 성능 사양 정의	100%	
	- 전자폐색장치 인터페이스 사양 정의	100%	
	전자폐색장치 시험 항목 및 기준 도출	100%	
	전자폐색장치 규격서	100%	
전자폐색장치 표준규격서	- 표준규격서 작성	100%	
	- 철도운영기관 표준규격서 검증	0%	

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구결과의 활용방안

가. 전자폐색장치는 기존 ABS를 대체하여 다음과 같은 신호시스템 개량 혹은 신규 노선에 적용될 수 있을 것으로 예상된다.

(1) 시범구축 우선순위 선정 : 시범구축 우선순위는 노선의 설비 노후도, 유지보수비, 운행횟수 중요도, 장애건수를 기준으로 우선순위를 선정하였다.

[표 5-1] 시범구축 우선순위 선정

노선	폐색장치 (개)	우선순위 선정항목				우선 순위	비 고
		노후도	유지보수 비	운행횟수	장애건수		
경부선	1,030	3	7	5	3	18	1순위
호남선	456	2	7	3	2	14	3순위
경인선	284	3	6	4	3	16	2순위
경춘선	241	1	5	3	1	10	8순위
중앙선	218	2	5	4	2	13	4순위
전라선	165	2	4	2	2	10	8순위
경전선	124	3	3	2	3	11	7순위
동해남부선	99	2	2	2	2	8	
안산선	88	3	2	4	3	12	5순위
경원선	65	3	2	4	3	12	5순위
충북선	63	3	2	2	3	10	8순위
영동선	57	3	2	2	3	10	8순위
부산신항선	42	1	1	2	1	5	
태백선	39	2	1	2	2	7	
용산선	31	1	1	4	1	7	
경의선	20	2	1	2	2	7	
분당선	13	1	1	5	1	8	
대구선	12	4	1	2	2	9	
동해선	10	3	1	2	3	9	
광주선	8	3	1	2	3	9	

(2) 시범구축의 우선순위는 설비의 노후도가 높고 열차운행 횟수가 많으며 유지보수비 절감 효과가 높고 장애가 많이 발생하는 경부선, 경인선, 호남선, 중앙선의 순위로 나타났으며, 현재 운영적인 기준으로 보아도 신호설비의 간소화를 통하여 효과적인 유지보수비 절감과 장애절감효과를 통한 경제성을 확보하고 설비노화에 따른 교체시기를 고려하여 적용되어야 할 것이다. 또한 위의 우선순위는 열차의 운행횟수가 많은 노선으로 국내 철도사업의 중추적인 역할을 수행하는 노선이므로 가장 많은 효과를 볼 것으로 판단된다. 또한 철도기술발전을 위하여 주요 노선에 전자폐색장치를 구축하므로 정보의 많은 부분을 효과적으로 처리할 수 있을 것이다. 물론 이에 따른 예산확보 방안이 함께 추진되어야 할 것이다.

나. 철도운영기관의 경영 개선을 위해 원격 검측을 통한 유지보수 및 업무 효율화를 위한 시스템 개량을 고려하고 있어 본 과제의 전자폐색장치 적용이 가능하며, 또한 해외 시스템 도입을 대체할 수 있는 수입대체효과가 예상된다.

2. 경제적 파급효과

① 유지보수 업무 비용분석

○ 유지보수 비용 분석

- 기존 역간 신호설비의 개소당 유지보수비용은 한국철도공사의 유지보수세칙과 표준품셈의 설비별 사용전검사의 적용인공량을 기준으로 분석하였으며 적용인공량은 1인당 하루 8시간 근무를 기준으로 산정하고 유지보수업무내용은 점검주기의 장치별 1달의 업무수행내역을 근거로 작성하였다.
- 표준품셈에 따라 특급기술자와 고급기술자의 2015년도 엔지니어링 기술자 노임단가를 기준으로 비용을 분석하였다.
- 역간설비의 경우 기본적인 폐색의 구성은 1개 폐색구간 1개의 폐색제어유니트, 1개의 폐색신호기, 1개의 궤도회로, 1개의 ATS와 ATP장치로 구성된다. 최근 설계기준변경에 따라 ATP설치개소에는 ATS를 설치하지 않고 있으나 기존에는 함께 설치되어 운영되고 있다. 따라서 역간의 유지보수 업무는 1폐색당 아래의 표와 유사한 업무를 수행하여야 한다.

[표 5-2] 노선별 점검비용

노선	폐색장치 총 수량(개)	월간점검비용	총 점검비용(월간)
경부선	1,030	70,115원	72,218,450원
호남선	456	70,115원	31,972,440원
경인선	284	70,115원	19,912,660원
경춘선	241	70,115원	16,897,715원
중앙선	218	70,115원	15,285,070원
전라선	165	70,115원	11,568,975원
경전선	124	70,115원	8,694,260원
동해남부선	99	70,115원	6,941,385원
안산선	88	70,115원	6,170,120원
경원선	65	70,115원	4,557,475원
충북선	63	70,115원	4,417,245원
영동선	57	70,115원	3,996,555원
부산신항선	42	70,115원	2,944,830원
태백선	39	70,115원	2,734,485원
용산선	31	70,115원	2,173,565원
경의선	20	70,115원	1,402,300원
분당선	13	70,115원	911,495원
대구선	12	70,115원	841,380원
동해선	10	70,115원	701,150원
광주선	8	70,115원	560,920원

② 간소화 구축비용 분석

○ 자동폐색 현장장치 구성품

[표 5-3] 자동폐색 현장장치 구성품

품명	종류 형별	D5BT1	D5IT1	D5AT1
기구함	철제특수No.1(방열형)	1	1	1
랙	기기취부랙	1	1	1
제어계전기부	무극선조계전기	10	10	10
	무극선조계전기 썩	10	10	10
	전류검지계전기	4	4	4
	전류검지계전기 썩	4	4	4
주파수송수신부	주파수송수신부 랙	1	1	1
	전원모듈	2	2	2
	송신모듈(T701~T718)	6	6	6
	수신모듈(R701~R718)	4	4	4
궤도회로용품	바이어스궤도계전기	1		
	변압기류, 정류부, 초크	각1		
	임펄스궤도계전기		1	
	송신기, 수신기, 안정기		각1	
	무극선조계전기 소형			1
ABS용 보안기	S14P 설치대(5P)	1	1	1
	S14P	5	5	5
	ST0405용	2		
	S220 또는 S600 (카운터내장용)	2	2	2
전원부	주변압기, 전원절체기	각1	각1	각1

○ 구축비용 분석

- 자동폐색제어장치의 비용은 아래 표와 같다. 비용은 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비, 이윤 등으로 구성되어있다. 재료비는 제품의 제조를 위하여 소비되는 물품의 원가이며 가장 많은 비용을 차지한다. 노무비는 제조활동과 관련된 인건비이고, 경비는 제품의 제조원가를 구성하는 원가요소인 회계학적 의미를 뜻한다. 일반관리비는 건축 공사비에서의 경비 중 현장을 통괄하는 본점․지점 등, 관리 기관의 경비를 의미한다. 이윤은 기업의 총 수입에서 임대, 지대, 이자, 감가상각비 따위를 빼고 남은 순이익이다. 표와 같이 자동폐색장치 1대당 금액은 16,319,073원이다.

[표 5-4] 자동폐색제어유닛(D5AT1) 비용

구분	공급가	비고
재료비	9,659,258	
노무비	1,931,852	
경비	730,240	
일반관리비	579,103	
이윤	1,935,068	
합계	14,835,521	
부가세	1,483,552	
합계	16,319,073	

③ 장애사고 비용 분석

○ 철도사고비용의 추정 방법

- 철도사고비용의 추정은 사고비용 추정의 보편적 방식인 인적자본법(Human Capital Approach)의 하나인 총생산손실법(Gross Output Method)을 이용하고자 한다. 시간적 범위는 2011년 1월 1일 ~12월 31일까지 1년간 발생한 철도사고를 대상으로 하며, 공간적범위는 국내 전국에 대하여 일반철도와 고속철도, 도시철도를 분석 범위로 하였다. 철도사고도 도로 교통사고 와 마찬가지로 당사자의 직접 손실과 공공 및 공동 지출 등의 항목은 포함되지만, 철도사고로 인한 지체 손실, 제3자의 정신적 피해 등 제3자와 손실은 제외하였다. 철도사고비용은 기본적으로 도로교통사고비용 추정 방법과 동일한 방법론을 적용하여 추정하였다.

○ 철도사고비용의 구성

- 생산손실비용 : 생산손실비용의 추정은 사망으로 인한 손실의 가치 추정과 부상 등 후유장애로 인한 노동력 상실로 구분하여 추정하였다.
- 의료비용 : 철도사고 피해자에 대한 치료, 재활비용 등 의료비 일체이며 사망자의 경우 장례비가 포함된다.
- 물적 피해비용 : 철도사고로 인하여 물적 피해비용으로 차량, 선로, 기타 시설물과 응급복구비 등과 같이 사고와 직접 연관되는 재산피해액을 의미하며, 철도사고로 인한 피해액은 한국철도공사의 자체 조사액 등을 참조하였다.
- 행정비용 : 교통사고비용이 교통사고로 인한 사회적 손실비용이라는 개념에서 사고처리를 위한 관계기관의 소요비용을 행정비용으로 간주하였으며 철도사고는 해당 기관의 인력 소요가 가장 비중이 크기 때문에 한국철도공사 등 해당기관의 사고복구와 관련한 비용을 위주로 하였으며 향후 경찰 및 보험회사의 관련 비용을 추가할 계획에 있다.

○ 철도사고비용 추정 결과

[표 5-5] 2011년 철도사고비용

[단위 : 천 원, %]

항목	비용	비율
손실생산비용	27,058,689	50.1
의료비용	1,645,126	3.0
물적 피해비용	862,448	1.6
행정비용	1,611,170	3.0
PGS 비용	22,789,723	42.2
계	53,967,156	100.0

[표 5-6] 사상사고 및 사상자당 철도사고비용

[단위 : 천 원]

구분		사망	부상
전체 철도사고비용	PGS 포함	43,131,279	9,207,425
	PGS 제외	25,431,114	4,117,867
사고 1건당	PGS 포함	784,205	65,301
	PGS 제외	462,384	29,205
사상자 1명당	PGS 포함	684,623	60,976
	PGS 제외	403,668	27,271

- 한국교통연구원에서 작성된 교통사고비용추정 방법론 내용을 기준으로 2011년의 철도사고발생횟수와 사회적 손실비용은 표와 같다.

[표 5-7] 2011년 철도사고 1건당 사고비용

2011년 철도사고 비용	2011년 철도사고 건수	1건당 사고비용
53,967,156,000원	277건	194,827,277원

- 기존 폐색장치 사고비용 산출
 - 2011년 철도사고비용 총비용에서 2011년 철도사고건수를 나누어 1건당 비용을 산출한 것으로 사고비용은 손실생산비용, 의료비용, 물적 피해 비용, 행정비용, PGS 비용을 합산한 것이다.

[표 5-8] 기존폐색장치 사고비용

단위 : 천 원

장치별	사고건수	사고비용*	철도사고비용
궤도회로	90건	194,827	17,534,430
신호기	6건	194,827	1,168,962
폐색장치	51건	194,827	9,936,177
ATP	6건	194,827	1,168,962
ATS	2건	194,827	389,654
			30,198,185

*사고비용 : 손실생산비용+의료비용+물적피해비용+행정비용+PGS 비용

2011년 철도사고비용(53,967,156,000원)÷ 2011년 철도사고건수(277건) = 194,827,000원

④ 안전성효과에 대한 비용분석

○ 유지보수 업무 비용 분석

[표 5-9] 기존폐색장치와 전자폐색장치 월간점검비용 비교

[단위 : 원]

장치별	기존폐색장치 월간점검비용	전자폐색장치 월간점검비용	감소율
궤도회로	15,036	7,021	53%
신호기	13,904	7,434	47%
폐색장치	8,535	551	94%
ATS	5,268	5,268	0%
ATP	27,371	12,266	55%
합계	70,114	32,540	54%

○ 간소화 구축 비용 분석

- 신규개발되는 전자폐색장치는 설비의 안전성 강화를 위해 기본구성을 듀얼(2중계) 구조로 개발하였으며, 최근발생되는 제품의 안전사고를 예방하기 위하여 각 부품의 신뢰성 및 안전성을 고려한 MTTR(Mean Time To Repair), MTBF(Mean Time Between Failures)가 높은 소재를 적용하였다. 따라서 기존의 폐색장치보다 2중계 구성에 따른 2배의 가격과 고가의 소재 적용에 따른 0.5배를 고려할 경우 기존 폐색장치보다는 2.5배 정도의 가격이 형성될 것으로 사료된다.

종류	규격	단위	수량	재료비	노무비	경비	계
폐색제어 유니트 신설	D5AT1, 특1호	조	1	37,965,698	1,112,259	29,999	39,107,956

재 료 비 계	5,719,512
노 무 비 계	1,118,182
공 구 손 료 계	33,545
합 계	6,871,239

○ 장애사고에 대한 비용분석

- 2013년 장애현황 중 전자폐색장치의 기능으로 보완 가능 건수를 제외하여 장애건수를 산출하여 비용을 분석하였다.

[표 5-10] 기존폐색장치와 전자폐색장치 사고비용 비교

[단위 : 천 원]

장치별	기존폐색장치 사고비용	전자폐색장치 사고비용	감소율
궤도회로	17,534,430	5,260,329	70%
신호기	1,168,962	194,827	83%
폐색장치	9,936,177	3,896,540	61%
ATP	1,168,962	974,135	17%
ATS	389,654	389,654	0%
합계	30,198,185	10,715,485	65%

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

해당사항 없음

제7장. 연구개발성과의 보안등급

일반

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

해당사항 없음

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

해당사항 없음

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

해당사항 없음

제11장. 기타 사항

1. 연구비 집행실적

주관연구기관 : 한국철도기술연구원

위탁연구기관 : 한국철도공사

(단위 : 천원)

항목	금액 비목	계획금액	사용액	잔액	비고	항목	금액 비목	계획금액	사용액	잔액	비고
직접비	인건비					직접비	인건비				
	미지급용						미지급용	179,040	179,040	0	
	지급용						지급용				
	현금	84,572	84,572	0			현금				
	현물						현물				
	학생인건비						학생인건비				
	소 계	84,571	84,571	0			소 계				
	연구장비						연구장비				
	•재료비						•재료비				
	현금						현금				
	현물						현물				
	연구활동비	26,110	17,076	9,034			연구활동비	7,000	322	6,677	
	연구과제추진비	5,475	4,833	642			연구과제추진비	2,860	3,173	-313	
간접비	연구수당	16,914		16,914		간접비	연구수당	33,000	0	33,000	
	소 계	133,071	106,481	26,590			소 계	42,860	3,495	39,365	
	위탁연구개발비	45,000	45,000	0			위탁연구개발비				
	간접비	21,929	21,929	0			간접비	2,140	0	2,140	
	연구사업비 총액	200,000	173,410	26,590	17.04.14 기준		연구사업비 총액	45,000	3,495	41,505	17.04.14 기준

공동연구기관 : 유경제어(주)

공동연구기관 : (주)혁신전공

(단위 : 천원)

항목	금액 비목	계획금액	사용액	잔액	비고	항목	금액 비목	계획금액	사용액	잔액	비고
직접비	인건비					직접비	인건비				
	미지급용						미지급용				
	지급용						지급용				
	현금	108,000	108,000	0			현금	106,020	105,026	994	
	현물						현물				
	학생인건비						학생인건비				
	소 계	108,000	108,000	0			소 계				
	연구장비						연구장비				
	•재료비						•재료비				
	현금	130,414	171,302	-40,888			현금	68,832	78,092	-9,260	
	현물						현물				
	연구활동비	125,676	94,697	30,979			연구활동비	195,240	155,669	39,571	
	연구과제추진비	15,910	2,955	12,954			연구과제추진비	9,908	3,082	6,826	
간접비	연구수당					간접비	연구수당				
	소 계	272,000	268,954	3,045			소 계				
	위탁연구개발비						위탁연구개발비				
	간접비						간접비				
	연구사업비 총액	380,000	376,954	3,045	17.04.14 기준		연구사업비 총액	380,000	341,869	38,131	17.04.14 기준

공동연구기관 : (주)세화

(단위 : 천원)

항 목	금액 비목		계획금액	사용액	잔액	비고	
직 접 비	인 건 비	미지급용					
		지급 용	현금	30,000	30,000	0	
			현물	31,500	31,500	0	
	학생인건비						
	소 계						
	연구장비 ·재료비	현금	43,350	43,342	8		
		현물					
	연구활동비		500	494	6		
	연구과제추진비		9,650	9,663	-13		
	연구수당						
	소 계						
	위탁연구개발비						
간접비							
연구사업비 총액			115,000	114,999	1	17.04.14 기준	

제12장. 참고 문헌

해당사항 없음

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 철도기술연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발
성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.