



R&D / 08  
미래  
철도  
기획  
A01-3

미래철도기술개발사업 기획연구 최종보고서

R&D / 08 미래철도 기획A01-3

# 철연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술개발

2008. 11.

주관연구기관 / 한국철도공사

2008

국 토 해 양 부  
한국건설교통기술평가원

국 토 해 양 부  
한국건설교통기술평가원



# 제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “철연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술개발”의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 11. 7.

주관연구기관 : 한국철도공사  
사장                      강 경 호

---

■ 총괄연구책임자	/ 수석연구원	최 성균	연구총괄기획·추진
■ 주관연구기관 참여연구원	/ 연구원	류 영태	공동연구
	/ 연구원	전 용주	공동연구
	/ 연구원	이 영엽	연구지원
	/ 연구원	이 준원	연구지원
	/ 연구원	국 분석	연구지원
■ 주관연구기관 자문위원	/ 승 실 대	김 재철 교수	공동연구
	/ 승 실 대	임 재찬 연구원	공동연구

---



# 목 차

<b>제 1 장 서론</b> .....	<b>1</b>
제 1 절 연구의 필요성 .....	1
1. 연구 배경 .....	1
2. 연구 필요성 .....	2
<b>제 2 절 운영중인 절연구분장치의 문제점 분석</b> .....	<b>5</b>
1. 절연구간 사고 원인 .....	5
2. 절연구간 사고 원인 분석 .....	6
3. 절연구간 전기차 Notch-off 취급 통계 .....	16
4. 고속철도(KTX)의 이중절연구분장치 분석 .....	18
<b>제 2 장 국내외 개발 기술 동향</b> .....	<b>19</b>
제 1 절 기존 절연구분 장치 방식의 국내·외 개발 기술 현황 .....	19
1. FRP제 절연구분 장치 .....	20
2. 이중 절연구분 장치 .....	20
3. PTFE 절연구분 장치 .....	20
<b>제 2 절 개폐장치를 활용한 자동절체방식 기술 현황</b> .....	<b>21</b>
1. 개폐장치를 활용한 자동 절체의 동작 방식 .....	21
2. 일본의 개폐기를 활용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템 .....	22
3. 국내의 자동절체 개폐장치 기술동향 .....	29
<b>제 3 절 특허 기술 분석</b> .....	<b>32</b>
1. 선행 기술 및 특허 기술 조사 분석 .....	32
2. 국내 유사 기술 분석 .....	34
3. 국외 유사 기술 분석 .....	35
4. 최종 검토 의견 .....	36
<b>제 4 절 요소기술 및 SWOT 분석</b> .....	<b>37</b>
1. 요소기술 분석 .....	37
2. SWOT 분석 .....	37

<b>제 3 장 산업 환경 분석</b> .....	<b>39</b>
제 1 절 시장 환경 분석 .....	39
1. 우리나라 전철개통 현황 .....	39
2. 전철화 필요성 .....	41
3. 전철화 효과 .....	42
4. 국내 절연구간 설치 현황 .....	45
제 2 절 향후시장 전망 .....	51
1. 국내 전철화 증장기 확충 계획 .....	51
2. 세계시장 규모 .....	52
<b>제 4 장 연구의 목표 및 내용</b> .....	<b>53</b>
제 1 절 연구의 최종 목표 .....	53
제 2 절 연구 목표 및 내용 .....	53
1. 연구 주요 목표 및 내용 .....	53
2. 기존연구의 연계활용 방안 .....	59
<b>제 5 장 연구 기간 및 추진 체계</b> .....	<b>60</b>
제 1 절 총 연구 기간 및 추진 체계 .....	60
1. 연차별 연구내용 .....	61
2. 개발품의 성능검증 .....	62
제 2 절 과제 세부별 기간 및 추진체계 .....	63
1. 연차별 주요연구 추진일정 .....	63
2. 항목별 주요연구 추진계획 .....	64
<b>제 6 장 소요 인력 및 예산 분석</b> .....	<b>67</b>
제 1 절 총 소요예산 인력 추정 .....	67
1. 연구내용별 투입 연구 인력 .....	67
2. 소요 연구인력 현황 .....	68

제 2 절 소요 예산 예산 산출 .....	69
1. 과제별 및 연도별 총 예산 .....	70
2. 과제별 및 연차별 정부 및 민간 분담금 .....	70
3. 과제 상세 소요 예산 .....	71
제 7 장 기대효과 .....	72
제 8 장 참고문헌 .....	73
【별첨 RFP】 .....	74

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 필요성

### 1. 연구 배경

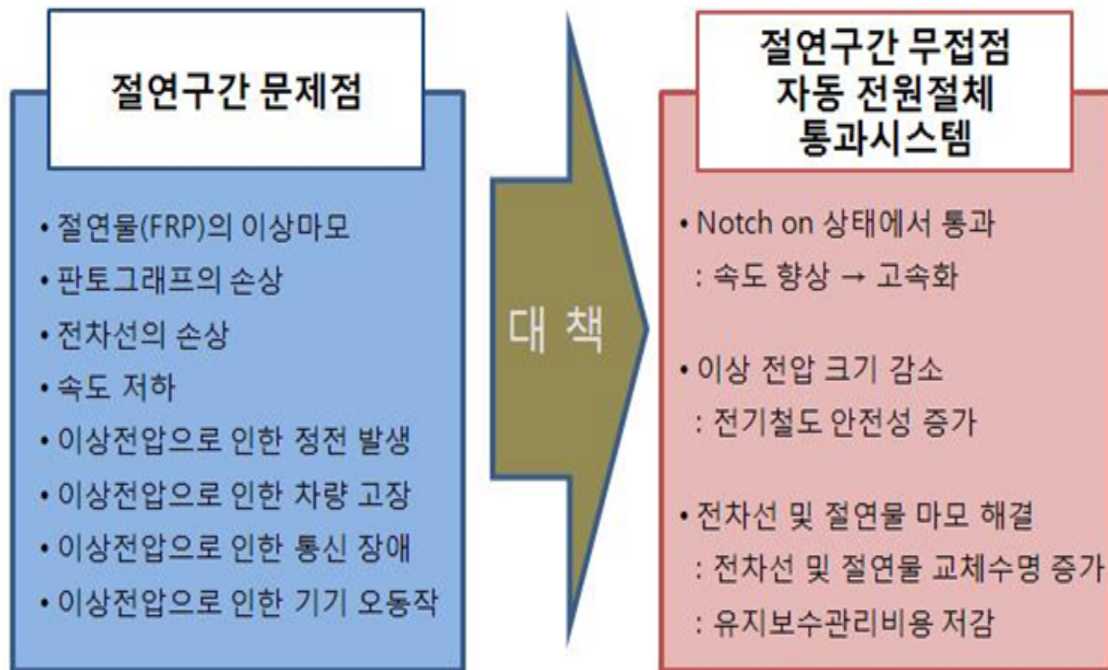
최근 전기철도는 도시 집중화에 따른 대중교통수단으로 자리매김하고 있으며 특히 도시간 일일 생활권의 문화를 형성해 주는 고속철도시대를 맞이하여 전기 철도의 중요성은 더욱 높아지고 있다. 또한 산업기반으로 물류화물 수송의 역할을 담당하는 교통수단으로 자리를 잡고 있다. 이에 따라 이용고객들은 더 빠르고 보다 안전성과 신뢰성이 높은 전기철도 시스템을 필요로 하고 있으며, 이 요구에 맞추어 전기철도는 급격히 발전하여 고속화 및 안전성과 신뢰성이 향상되고 있다. 하지만 교류전기철도 계통은 1)절연구간(Dead Section)을 가지고 있으며 차량이 절연구간 통과 시 심한 아크 발생으로 인해 전차선과 판토틀레프의 손상 및 정전사고 등을 발생시켜 작게는 열차운행 정지, 크게는 열차대형 참사를 유발시킨다.

또한 2)전기차가 절연구간을 통과 시 Notch-Off상태에서 타행운전으로 통과 하고 있어 이에 따른 시설피해 발생과 열차속도의 감소가 발생하게 된다. 따라서 열차의 안전성과 속도의 향상을 위해서라도 전차선로 절연구간에서 발생하는 문제점 등에 관한 대책 연구가 필요하게 되었다.

최근 일본을 비롯하여 중국 및 유럽 여러 국가에서는 절연구간 문제점의 대책으로 전력전자 소자를 이용한 절연구간 무접점 자동전원절제-통과시스템 기술개발 연구를 적극 추진하고 있으며 우리나라 또한 이에 대한 전력전자 요소기술을 융합한 기술개발 연구가 절실히 요구되어지고 있는 실정이다. 아래 고속선 변전소의 절연구간 발생위치를 표시하였다.



- 1) 절연구간이란 : 전기철도 전기적인 특성상 서로 다른 전기와 접속할 경우 두 전기간에 서로 마주치지 않도록 절연을 시키는 필수적인 설비
- 2) 전기차 운행조건 : 전차선로 절연구간에 전기 공급을 못함에 따라 전기차가 Notch-Off 취급으로 운전전원 공급 중지 상태에서 타행운행



< 그림 1-2 절연구간 문제점 및 대책 >

- 문제점 개선사항

- i) 절연구간 타행운전을 위한 기관사의 운전부담 해소
- ii) 절연구간 통과시 차량의 차단기 개폐에 따른 차단기의 유지보수비용 절감
- iii) 모진에 의한 절연구간 사고방지
- iv) 전기차량이 절연구간 통과시 원인불명의 정전사고 발생으로 정상선로 운행 열차에 지장초래 해소
- v) 절연구간 타행운전 운행 지연시간 제거

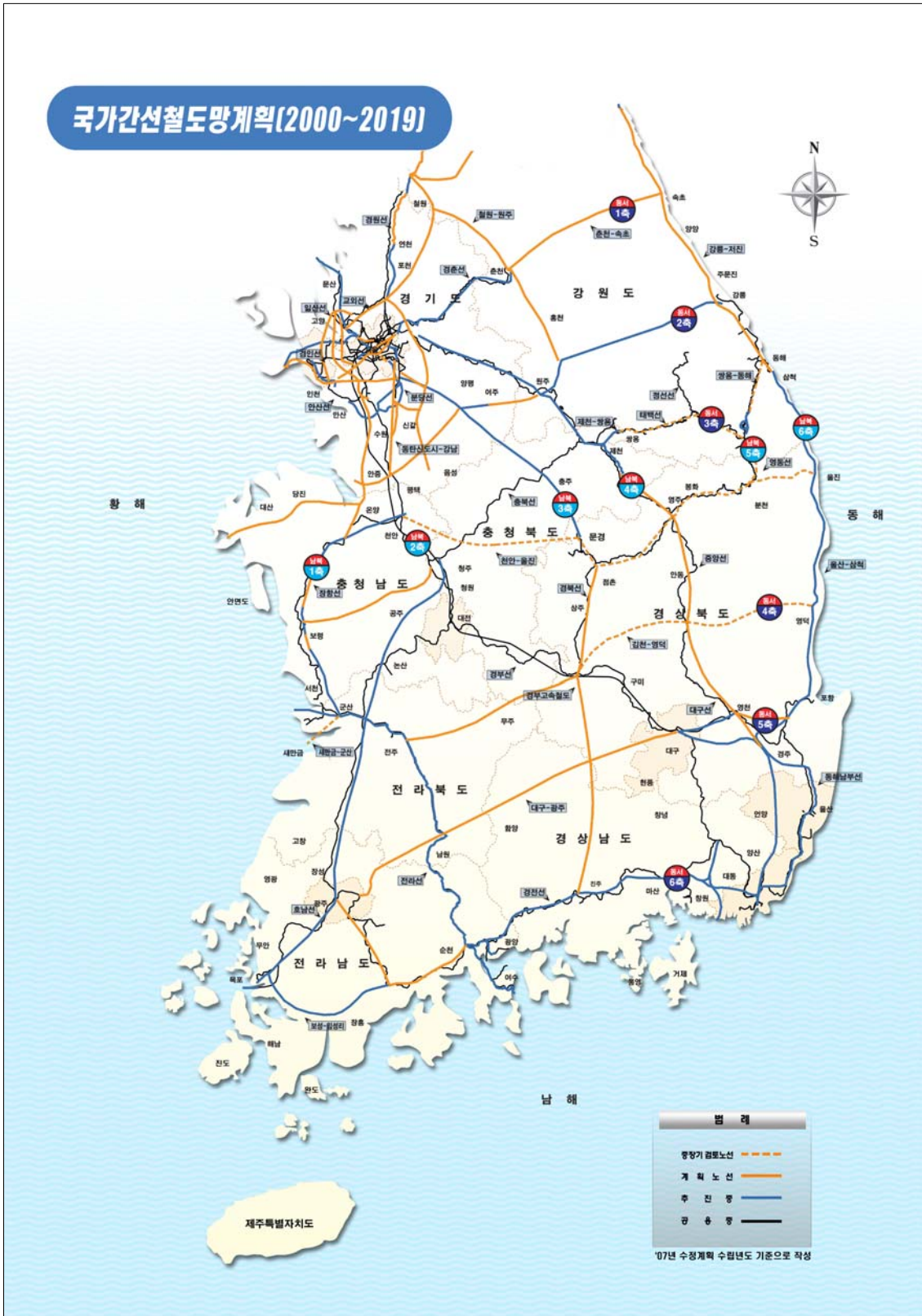
**2. 연구 필요성**

고속철도 교류변전소 및 급전구분소의 앞에서 서로 다른 위상 또는 공급점이 다른 전원이 인접하게 된다. 그러므로 전기철도 전력계통에서 서로 다른 2개의 변전소 전원이 혼촉되는 것을 방지하기 위한 구분용 절연구분장치가 설치되어 있다. 전기차량이 이 구분개소를 통과시 서로 다른 2개의 전원이 혼촉되지 않도록 전기차에서 주회로 차단기 조작에 의한 타행운전을 하므로 Notch-Off로 운전(약 2~3km정도)하는 동안 열차의 속도가 저하된다.

Notch-Off상태로 전기차량 판토품레프가 가압부분에서 무가압 또는 상이 다른 부분으로 옮겨질 때 심한 아크 발생에 의해 전차선로 손상 등의 사고가 발생하여 고속 열차 운행 중지 등의 사고발생의 문제점이 우려되고 있다. 따라서 고속열차의 절연구간에 전원을 인가 할 수 있는 상절체 섹션 및 전력용 반도체를 이용한 스위칭소자를 통하여 개폐동작을 수행하면 상절체시 고속 개폐에 의한 속도의 저하 및 기관사의 개입 없이 절연구분개소의 통과가 가능하며 기계적인 가동부가 없기 때문에 동작회수에 제한이 없고 점점의 개폐에 따라 발생하는 소음도 Thyristor소자 채택에 따른 무점점으로 해소가 가능하다. 반도체 소자 사용에 따라 전극간 방전 현상이 없고 Thyristor소자 사용으로 Gate-Off 후 전류가 자동으로 0[A]점 부근에서 소호하기 때문에 비교적 개폐 서지의 발생이 거의 없고 전기기기의 절연성능 열화를 경감하는 것이 가능하다. 또한 차량의 주회로 차단기의 차단 없이 통과 하므로 진공개폐기의 동력원으로서 필요한 진공압축기등도 불필요하여 신뢰성 및 유지보수성이 향상 될 것이다.

향후 철도는 고효율 에너지 정책과 저탄소 녹색성장 정책 추진 일환으로 전철화 사업이 확대 투자됨에 따라 전차선로 절연구간에서의 불안정한 급전시스템 개선이 더욱 요구되어지고 있다. 따라서 절연구간에서의 무점점개폐장치 기술개발의 연구가 선행되어 성과가 기대되어지고 있다. 본 연구 성과에 따라 절연구분장치 및 무점점 전원자동절체통과시스템을 표준화하여 향후 건설되는 고속선 등에 적용 할 경우 고속선의 운행 효율향상과 함께 전기철도 급전시스템 안정화에 기여할 것으로 기대 할 수 있다.

아래 향후 철도건설계획을 담은 국가간선철도망을 나타내었다.

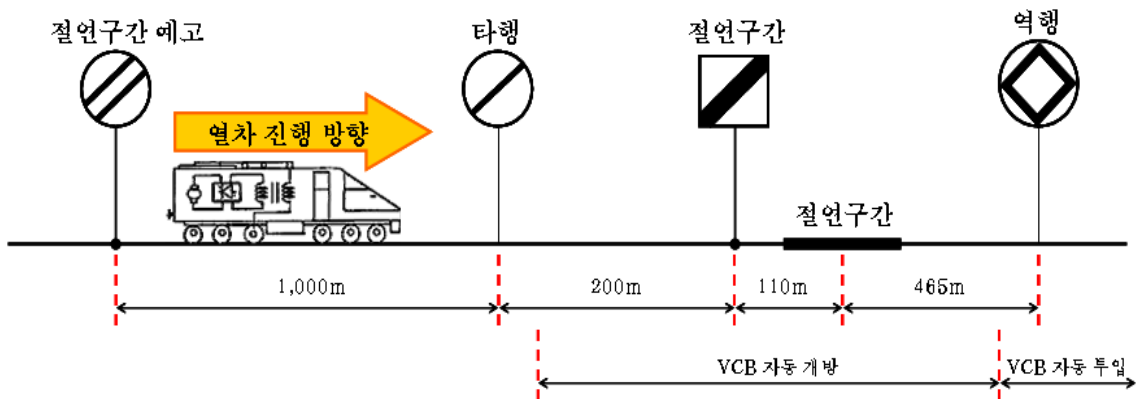


< 그림 1-3 국가간선철도망계획 (2000~2019) >

## 제 2 절 운영중인 절연구분장치의 문제점 분석

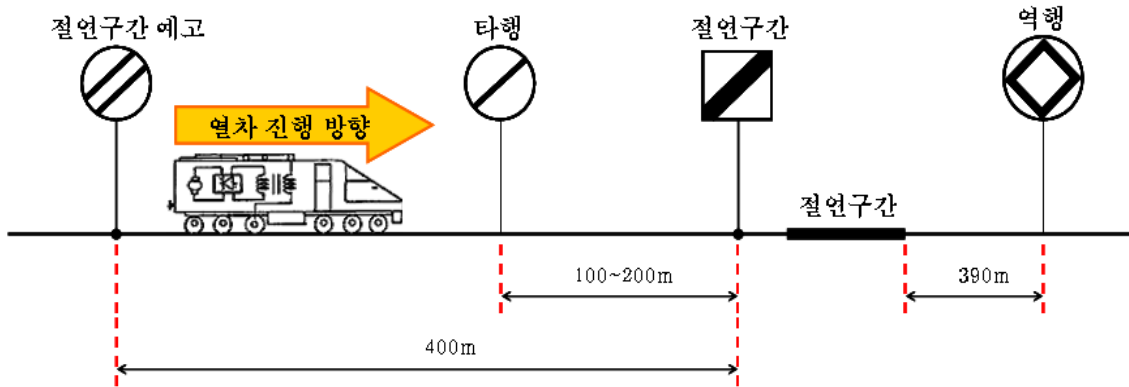
### 1. 절연구간 사고 원인

현재 사용하고 있는 전기철도의 절연구분장치는 이상구분용으로는 FRP제 섹션, PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene)와 에어섹션을 활용하고 있으며, 전기차는 Notch-Off상태로 통과하고 있다. Notch-Off를 위한 전기차량의 조작방식은 크게 자동방식과 수동방식으로 나뉜다. 자동방식은 고속선에서 사용하고 있으며 절연구분장치 전방에서 ATC 불연속 정보를 수신하여 차량의 주회로 차단기(MCB)가 자동적으로 동작되어 무부하 운전 상태로 절연구분 장치를 통과하며 절연구분 장치를 통과 후 차량의 주회로 차단기(MCB)가 자동으로 투입되어 부하상태로 운전이 이루어진다.



< 그림 1-4 절연구간 자동 통과 방법 >

수동방식은 선로 변에 설치된 표지판을 보고 기관사가 수동으로 주회로 차단기를 개방 및 투입하여 운전을 하게 된다. 이 방법은 기관사에 착오에 의해 Notch-On 상태에서 절연구간을 통과할 수 있다는 문제점이 존재하며 이럴 경우에는 부하전류가 흐른 상태에서 절연구간에 통과하기 때문에 큰 아크가 발생하게 된다.



< 그림 1-5 절연구간 수동통과 방법 >

위와 같은 방식의 경우 속도 저하되는 문제점도 발생하지만 통과 시 아크가 발생하게 되고 이러한 아크는 전차선과 판토타그래프의 손상을 유발시키며 정전사고를 유발시킨다. 또한 절연구분장치(FRP)는 판토타그래프와 수차레 반복되는 마찰로 인해 손상이 발생하게 되고 절연구분장치(FRP)의 절연성이 감소하게 된다. 추가적으로 수동방식의 경우는 존재하는 기관사의 부주의로 인해 Notch-On 상태에서 절연구간을 통과하여 큰 아크가 발생하여 정전을 유발할 수 있다. 특히, 전기차량에 전원공급을 순간 정전시켜 주전원 차단으로 인한 전기차량 내부의 전력전자소자에 악영향을 끼치는 요인이 되고 있다.

## 2. 절연구간 사고 원인 분석

### 가. 기관사 부주의로 인한 사고

낮과 밤 구분 없이 장시간 열차를 운행하는 기관사의 경우는 전 방향 주시 에 대한 집중력이 떨어질 수 있으며 순간 전 방향 주시 소홀로 인해 절연구간예고 표지를 인지 못하여 주회로 차단기를 차단하지 않고 Notch-On 상태에서 절연구간을 통과하는 경우가 발생할 가능성이 상시 존재한다. 이 경우 부하전류가 존재하므로 심각한 아크가 발생하게 되며 이에 따라 정전사고 및 기기 오동작 등 사고가 발생할 가능성이 커지게 된다.

표 1-1은 1997년부터 2006년까지 취급부주의 즉, 기관사 및 열차운행에 필요한 사람들의 부주의로 인해 발생한 사고의 총 건수를 보여주고 있다.

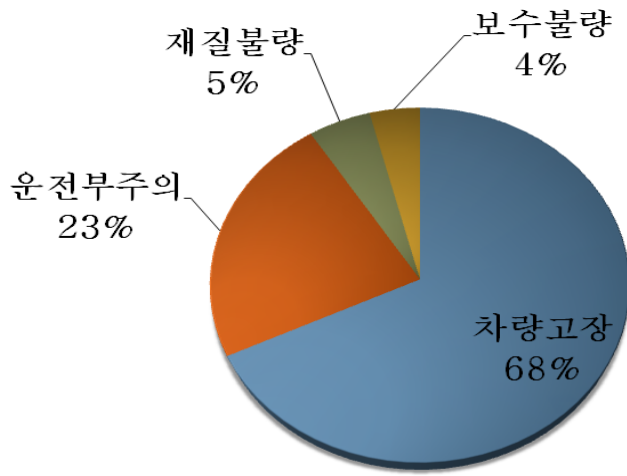
표 1-1에서 볼 수 있듯이 취급부주의로 인해 발생한 사고의 사건의 총 건수는 32건으로 열차사고의 전체의 69.6[%]를 차지하고 있으며 그 중 기관사의 부주의로 인한 사건은 10건으로 취급부주의로 인해 발생한 총 사고 중 31.3[%]를 차지하고 있다. 또한 기관사 부주의로 인한 사고 중에서 신호 확인 소홀로 인해 발생한 사건은 10건 중 5건으로 50[%]를 차지할 정도로 기관사의 부주의로 인해 발생하는 열차사고가 큰 비중을 차지하고 있음을 확인할 수 있다.

< 표 1-1 취급부주의로 발생한 사고 현황 >

소속별 원인별 년도별	역				운전			차량	전기	시 설		기 타	계
	신호 취급 불량	선로 전환기 취급불량	유치 차량 유동	폐색 취급 불량	제동 취급 불량	신호 확인 소홀	기 타	차량 검수 소홀	신호 보수 작업 불량	선로 보수 불량	기 타		
1997	·	·	·	·	·	2	1	·	·	·	1	·	4
1998	·	·	·	·	·	·	1	·	3	1	1	·	6
1999	·	·	1	·	1	·	·	·	1	2	·	·	5
2000	1	·	·	·	1	1	·	1	·	·	·	·	4
2001	·	1	·	·	·	1	·	·	·	1	·	1	4
2002	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	1
2003	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1
2004	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	1
2005	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	1
2006	·	1	·	·	·	1	1	1	·	·	·	1	5
계	1	2	1	1	2	5	3	4	4	4	3	2	32

자료 : KORAIL

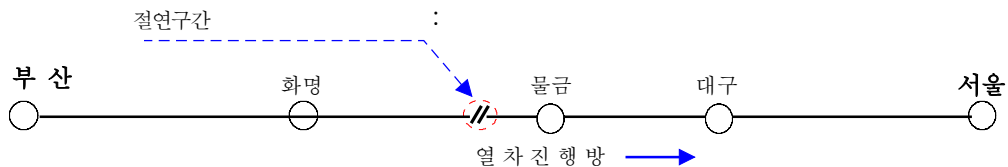
그림 1-6는 절연구간 사고시 원인을 분석한 그래프이다. 이 표에서도 알 수 있듯이 절연구간에서 발생한 사고들의 주원인들 중 기관사의 운전부주의로 발생한 사고가 전체의 절연구간에서 발생한 사고 건수에 23[%]를 차지 할 정도로 큰 원인이 되고 있다. 따라서 장시간 운전으로 집중력이 저하된 기관사들의 부담을 줄여주고 열차 운행의 안정성 및 신뢰성을 향상시키기 위해서 절연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술개발이 필요하다.



< 그림 1-6 절연구간 사고 원인 분석 >

나. 절연구간 3)운행장애 사례

- 일 시 : 2008. 8. 25. 09:34경, 흐림(22.9℃)
- 장 소 : 경부선 화명~물금역사이
- 열 차 : 제1210무궁화열차(부산 09:10 → 서울 14:56)  
EL 8224호, 8량(객차 7량 + 발전차), 승객 436명



< 그림 1-7 사고 발생 개요도 >

3) 코레일 운행장애 조사보고서 : 안전조사팀-707('08.9.4)호 자료

○ 개 황

- 2008. 8. 25. 09:34경 제1210무궁화호열차(부산 09:10~서울 14:56)가 경부선 화명~물금역 사이 절연구간 내에 정차하여,
- 화물열차 기관차로 구원운전 취급하여 물금역으로 회수하는 등 조치하는 40분 동안 열차운행이 지연된 장애임.

○ 피해 및 조치

- 열차지장 : 1개 고속열차(KTX #122) 20분 지연  
지연료 반환 : 178건 214,600원
- 물금역에서 입환 중이던 제3139화물열차 견인기관차(DL7232호)로 구원조

치

○ 장애원인

◆ 절연구간 운행 시 운전취급 소홀

- 운전경계장치 확인 소홀 및 절연구간 정차 후 응급조치 지연

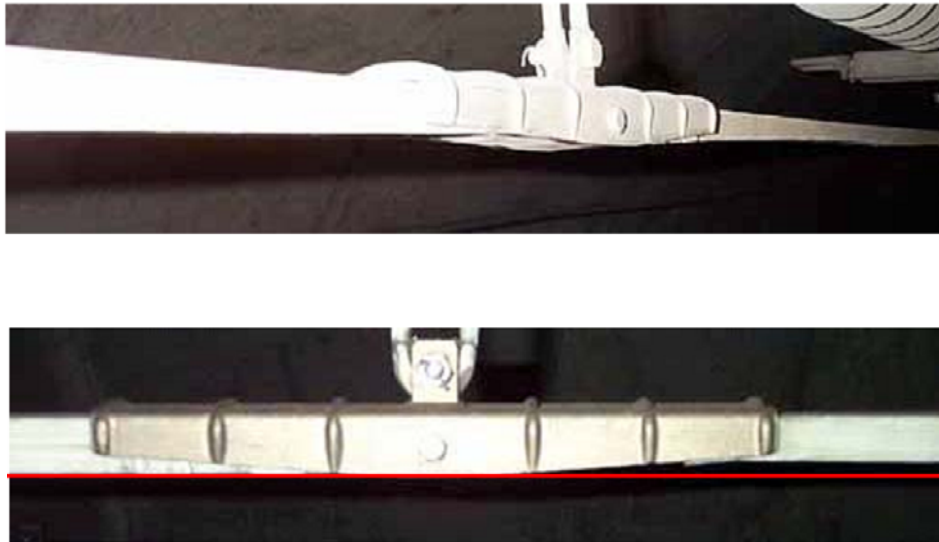
- 이번 장애는 제1210무궁화호열차(EL8224호)가 경부선 화명~물금역사이의 전차선 절연구간(서기 416.216~416.384km)을 통과하는 과정에서 발생하였음  
※ 당시 신형전기기관차 운전실무 수습중인 기관사가 취급함
- 절연구간 예고표지를 확인하고 주간제어기를 “0”위치로 이동한 후 주회로 차단기를 취급하던 중 “안전운행합시다”라는 운전경계장치 동작음이 경보

다. 절연구분장치(FRP)의 파상 마모 및 이물질로 인한 절연저항 저하

FRP는 전차선 습동시 경점요소로 작용하며 일반적으로 전차선 습동 구간보다 큰 마모를 나타낸다. 그림 2-5를 보면 FRP 연결금구 전·후에서 마치 물결모양의 마모 현상이 심하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 파상 마모는 절연구분장치 자체의 보안성 및 신뢰성을 떨어뜨리고 장치와 직접 접촉하는 판토그래프에 많은 영향을 미치게 된다.

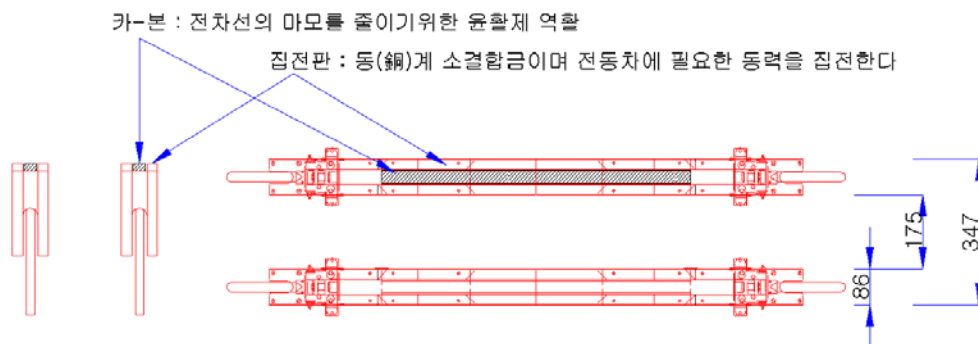
이러한 FRP의 파상마모의 영향을 살펴보면, 첫째 교/직류 절연구분장치의 경우 가선구간의 취약설비로 분류되어 매 월 1회 점검을 시행하는 원인이 되며 유지보수에 많은 시간과 인력을 필요로 한다. 둘째 고가로 수입되는 절연구분장치

의 교체주기가 짧아져 예산낭비를 가져온다. 셋째 FRP의 파상마모는 판토타그래프 습동판의 불균일한 마모를 발생시키고 파상마모가 심할 경우 판토타그래프가 손상되는 사고가 발생할 수 있다.



< 그림 1-8 절연구분장치 FRP 절연재 마모현상 >

또한 절연구분장치 FRP 절연재의 마모현상에 의해 절연내력의 저하가 발생되고 또한 판토타그래프의 습동체는 동과 카본 등으로 되어 있어, 이 재질들이 FRP 절연막대의 표면에 부착하여 절연내력을 떨어뜨리게 된다.



< 그림 1-9 차량의 집전판 형상 >

뿐만 아니라 열차운행 중 발생하는 분진이 전차선로 설비에 잔류하게 되어 절연내력이 저하되는 원인이 되기도 한다. 분진과 전차선로 설비의 상관관계를 확인하기 위하여 지지애자(NPN 50)에 쌓인 먼지를 채취하여 분진성분을 분석한 결과 철(Fe), 알루미늄(Al) 등 전기절연을 저해하는 성분이 약 29[%]정도 함유되어 있는 것을 확인할 수 있다.

< 표 1-2 과천선 분진 성분분석결과 >

시료명	시험항목	시험결과	시험방법	비고
과천선 분진	Al(Wt %)	7.31	기기분석 (ICP-AES)	
	Fe(Wt %)	20.7		
	Pb(Wt %)	0.14		
	Cu(Wt %)	0.96		
	계	29.11		

아래 표에 과천선의 절연구분장치를 이물질 제거 전과 이물질 제거 후 절연저항을 측정한 결과를 나타내었다. 이를 통해 이물질에 의해 절연내력이 저하된다는 것을 확인할 수 있다. 이런 절연내력 저하는 혼촉 방지를 위해 설치한 절연구분장치의 신뢰도를 감소시키는 원인이 된다.

< 표 1-3 교/직 절연구분장치의 절연저항 측정 >

구분		시단~	시단~	시단~	시단~	종단~	종단~	종단~	종단~
		2m	4m	6m	8m	2m	4m	6m	8m
1차	세척전	20	20	10	500	80	50	100	100
	세척후	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
2차	세척전	50	80	100	500	80	50	100	100
	세척후	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

따라서 지하구간의 분진 등의 이물질은 절연구분장치는 물론 전차선로 설비 전반에 영향을 주고 있어 분진에 대한 특별한 관리가 필요하며 보수 관리 측면에서 절연구분장치의 절연내력 저하는 설비의 점검 및 유지 보수에 많은 시간과 인력, 비용을 필요로 하게 된다. 따라서 FRP와 같이 절연체가 아닌 설비가 필요하며, 절연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술개발이 필요한 당위성이 된다.

#### 라. 절연구간에서 아크로 인한 사고

94년부터 '04년 6월까지 절연구간에서 발생한 사고를 분석하면 총 22건으로 교류/직류 구간에서 7건(31.8%), 교류-교류 구간에서 15건(68.2%)이 발생 되었다. 사고발생 주요 원인으로는 전동차에 의하여 15건(68.2%), 운전부주의로 인하여 5건(22.7%), 재질불량(절연봉) 1건(4.55%), 보수방법 불량 1건(4.55%)으로 발생된 것으로 분석되었지만 이 모든 원인은 절연구간을 통과 시 발생하는 아크에 의한 결과로 초래된 것으로 추정된다.

< 표 1-4 절연구간 사고 발생 세부내역 >

일 시	장 소	원 인 및 내 용	열차 지연	피해내역
'94. 1.23. 10:11	지하1호선 서울역구내	남영역발차 후 전동차 고압회로 접지	운휴 1개 열차	없음
'94. 4. 1. 16:47	안산선 금정-산본역사이	전동차 주회로 차단기 동작불능	지연 1개 열차 (33분)	없음
'94. 4. 3. 13:23	안산선 금정-산본	전동차 주회로 차단기 동작불능	지연 7개 열차 (13~28분)	없음
'94. 4. 4. 10:50	안산선 산본-대야미	전동차 보조전원장치 정지	지연 1개 열차 (15분)	없음

일 시	장 소	원 인 및 내 용	열차 지연	피해내역
'94. 4. 5. 00:40	안산선 산본-대야미	전동차 주회로 차단기 동작불능	지연 1개 열차 (23분)	없음
'94. 4. 6. 12:49	안산선 금정역구내	전동차 보조전원장치 정지	운휴 2개 열차 지연 1개(10분)	없음
'94. 4. 8. 08:59	과천선 선바위역구내	전동차 교직절환스위치 AC측 접점불량	운휴 2개 열차	없음
'94. 4.10. 07:32	지하1호선 청량리역구내	전동차 교직절환스위치 접점불량	운휴 1개 열차 지연4개(5-17분)	없음
'94. 4.23. 06:03	안산선 산본역구내	전동차 주변압기 불량 으로 기동불능	-	없음
'94. 5. 8. 06:19	안산선 산본역구내	전동차 주회로 차단기 투입불능	운휴 1개 열차	없음
'94. 6.21. 07:48	안산선 산본역구내	전동차 보조전원장치 불량	지연 1개 열차 (22분)	없음
'94. 8. 2. 10:33	안산선 산본역구내	전동차 보조전원장치 불량	운휴 2개 열차 지연6개(5-20분)	없음
'95. 2.14 11:45	지하1호선 청량리역구내	전동차 DC피뢰기 절연파괴	지연 3개 열차 (4~8분)	없음

일 시	장 소	원 인 및 내 용	열차 지연	피해내역
'95.11.24 12:38	지하1호선 서울역구내	전동차 교직절환스위치 내 단자선 점점 접촉불량	지연 4개 열차 (7~21분)	없음
'96. 6.27. 22:55	경원선 용산 ~ 서빙고	기관사 운전부주의로 사구간내 정차	지연 1개 열차 (12분)	없음
'97 5.15. 10:38	경부선 남영역구내	전동차 교직절환스위치 가 늦게 투입	지연 4개 열차 (4~13분)	없음
'97. 8.12. 20:51	경인선 구일 ~ 개봉	절연구간을 동력 운전하 여 조가선 구분애자 절손	운휴 10개 열차	애자2개 절손 판토4개 파손
'99. 1. 2. 10:22	경인선 주안~제물포	무가압부분 조가선 이물 질 접촉으로 조가선 단선	운휴 33개 열차 지연 5개 열차	조가선 단선 판토4개 파손
'02. 1.29. 08:40	안산선 산본~대야미	절연구간을 동력 운전하 여 무효부분 조가선 절손	운휴 15개 열차 지연 16개 열차	조가선 단선 판토8개 파손
'02. 5.10. 06:25	경인선 구일~오류동	조가선 절연봉 절손으로 판토그래프 파손	운휴 36개 열차 지연 11개 열차	절연봉 절손 판토9개 파손
'03. 2. 8. 11:08	경부선 서울역구내	절연구분장치 보수방법 불량으로 전차선 단선	운휴 55개 열차 지연 6개 열차	전차선 단선 판토10개 파손
'04. 6.20. 12:37	호남선 두계~개태사	절연구간을 동력운전하여 절연구분장치 일부 소손	없음	절연구분장치 손상 1조

절연구간 통과 후 원인 불명의 전철변전소 순간 정전 사고의 원인 또한 아크의 발생에 의한 것으로 예상하고 있다.

< 표 1-5 순간정전 사례 ('06.7.13 ~ '07.5.7) >

구분	계	수도권	중앙선	경부선	충북선	호남선
순간정전	80	45	17	13	4	1

아래 표는 고속전철변전소에서 1주일간 이상 전압이 발생한 횟수를 조사한 결과이다. 이때 이상 전압은 150[%]이상의 전압이 발생한 경우를 기준으로 하였으며 1주일간 총 446건이나 발생하였음을 알 수 있으며 이는 열차가 절연구간을 통과시 또는 이선 발생 시 발생된 것으로 추정된다.

< 표 1-6. 고속전철변전소 이상전압 발생('06.01.10 ~ '06.01.16) >

구분	계	안산SS	평택SS	신청주SS	옥천SS	김천SS
순간정전	446	3	55	243	20	125

상기에서와 같이 절연구간에서는 전기적 및 기계적으로 시스템에 불안정 요소를 발생시키는 원인으로 작용을 하며 이는 기기의 오동작 및 정전 등을 초래할 가능성이 매우 높으며, 최악의 경우 열차의 사고를 유발 시킬 수 있는 잠재적 불안요소를 가지게 된다. 아울러 신호회로 등 약전회로에 악영향을 발생하는 점을 고려하면 운영자 측면에서는 큰 불안요소가 된다. 반면 절연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템은 반도체 소자를 사용하여 동작하므로 전극간 방전 현상이 없으며 Thyristor를 사용으로 Gate-Off후 전류가 저절로 0[A]점 부근에서 소회하기 때문에 비교적 개폐 서지의 발생이 거의 없어 보다 안전성이 있으며 신뢰성 있는 열차운행이 가능해질 것이다.

### 3. 철연구간 전기차 Notch-off 취급 통계

#### 가. 노선별 Notch-on/off 취급 횟수

< 표 1-7. 노선별 철연구간 열차통과 통계(2008년 11월 정기다이하 기준) >

노선별	철연구간	Notch-off/on취급	기사
경부선(KTX)	18개소	1,892회	
호남선(KTX)	19개소	630회	
경부선 (새마을/무궁화)	19개소	502회	
호남선 (새마을/무궁화)	19개소	344회	
충북선 (새마을/무궁화)	12개소	136회	
산업선 (새마을/무궁화)	18개소	268회	중앙선, 태백선, 영동선
산업선/충북선 (화물)	17개소	715회	
수도권 (경인선)	12개소	1,909회	
수도권 (인천급행)	8개소	832회	
수도권 (경부선)	14개소	1,958회	
수도권 (천안급행)	12개소	180회	
수도권 (광명행)	6개소	174회	
수도권 (중앙선)	6개소	504회	
수도권 (과천/안산선)	4개소	294회	
수도권 (분당선)	2개소	350회	
<b>합 계</b>	<b>186개소</b>	<b>10,688회</b>	

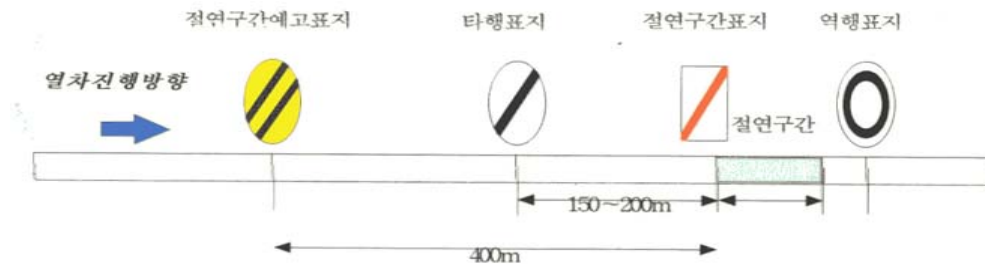
#### 나. 절연구간 Notch-on/off 조작에 따른 분석

고속철도(KTX) 및 일반철도(새마을, 무궁화), 수도권 광역전철 운행에 있어 전차선로 절연구간 통과시 전기차 주회로 차단기(MCB)는 필연적으로 투입/개방 조작(Notch-on/off 취급)이 반복되며 이는 연간 약 400만 횟 정도에 이른다. 차단기는 기계적인 접점의 가동으로 인하여 피로도가 누적되고 정격동작횟수로 인한 수명을 기준으로 비용을 계산해 보면,(고속선 기준)

- 주차단기 전기적 수명 3만회/대, 가격 3,500만원/대
- 경부선 ; 주차단기 투개방 69만회/년
- 연간 주차단기 교체갯수 = 69만회/년 ÷ 3만회/대 = 23대/년
- 연간 주차단기 교체비용 = 23대 X 3,500만원/대 = 8억원 절감

전기기관차 절연구간을 통과시 수동취급요령을 표지별로 살펴보면,

- 절연구간 예고표지 지점에서 주간제어기를 “0” 위치로 이동하여 타력으로 운행을 개시하여,
- 타행표지 지점에서 주회로 차단기(MCB)를 차단하고 절연구간을 진입한 후 역행표지 지점을 통과한 후 MCB를 투입하고 정상운행 하도록 되어 있음



< 그림 1-10 표지판에 의한 절연구간 취급 현황 >

최근 전기차량이 절연구간을 통과하면서 4)운전경계장치(SIFA) 동작에 따른 비상제동이 체결되면서 절연구간 내에 정차하여 조치하는 동안 열차운행이 지연되는 사례가 자주 발생하여,

고속운영선을 중심으로 자동절체가 가능한 시스템으로 점차 확대 구성되고 있다.

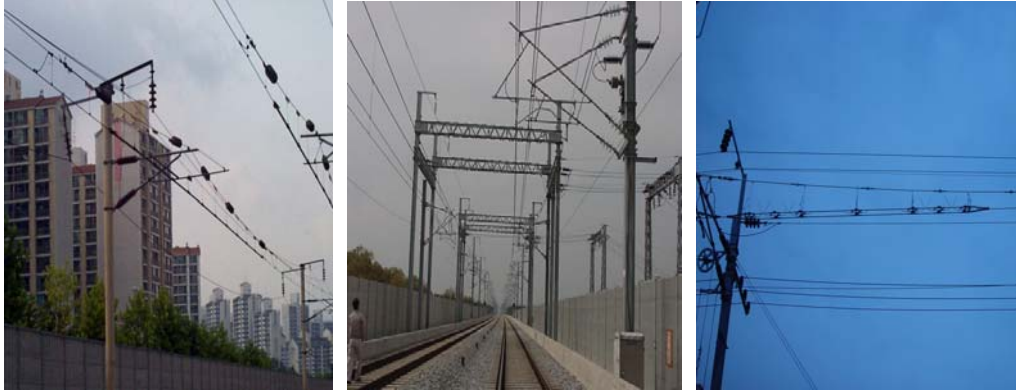
4) 운전경계장치(SIFA) : 기관사의 심신장애 또는 졸음으로 인한 중대사고를 예방하기 위하여 설치되어, 역행제어 핸들에서 손을 떼거나 일정 시간내 스위치를 동작시키지 않을 경우 경보를 하는 장치

#### 4. 고속철도(KTX)의 이중절연구분장치 분석

기존의 경부고속철도 전차선로 구분장치는 에어섹션 형태로서 프랑스 TGV 고속열차에 사용되는 시스템으로 설계되어 운영하고 있다. 이는 기계적인 경점을 최소화함으로써 속도 향상에 획기적인 기여를 하고 있는 시스템이다. 그러나 KTX 운행시 짧은 시간 지속적인 전원공급의 차단으로 인한 운전속도의 저하와 기기의 전기적인 충격은 불가피 한 요소가 된다. 전원차단은 수초정도에 불과하나 전체적인 운행시간은 수십초 이상의 지연이 발생하게 되며, 순간적인 전원의 차단을 통한 전원품질 저하는 정확하게 연구된바 없는 실정이다. 또한 2중절연구분장치 라는 특수한 형태로 설계 및 운영이 불가피하여 급전계통의 유연성 저해가 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 시스템 개발을 통하여 지속적인 전원공급을 통한 고속철도(KTX) 전력품질 향상과 열차의 속도향상 및 차세대 전기철도 기술발전에 기틀과, 설치의 유연성 확보를 통한 유지보수 합리화의 초석이 마련이 가능할 것이다.

## 제 2 장 국내외 개발 기술 동향

### 제 1 절 기존 절연구분 장치 방식의 국내·외 개발 기술 현황



FRP 방식

이중 절연방식

PTFE

< 그림 2-1 절연구분 장치 >

< 표 2-1 기존 절연구분 장치 기술 현황 >

구 분	FRP제 절연구분 장치	이중 절연구분 장치	PTFE제 절연구분 장치
구 조	단 순	복 잡	보 통
집전 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유연성 부족</li> <li>- 집전특성 불량</li> <li>- 팬터그래프 마모 및 손상 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 곡선, 구배 개소 설치 곤란 (R=600 이상 사용권장)</li> <li>- 집전특성 양호</li> <li>- 판토그래프 습동판 보호</li> <li>- 섹션용 차단 시 설치 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설치조건이 용이</li> <li>- 집전특성 양호</li> <li>- 아크 소호특성 양호</li> </ul>
최고 운행속도	120km/h	300km/h	200km/h
유지 보수성	보 통	유 리	유 리
경제성	100%	135%	90%
사용국가	한국(수도권), 일본	유럽, 경부고속철도	러시아, 동구권, 유럽
통과 방법	전용 ATS 지상자를 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ATS 정보와 BSP 정보 간섭</li> <li>-전용 ATS 정보와 BSP 반송파 간섭</li> </ul>	BSP 루프 코일 정보 수신

### 1. FRP제 절연구분 장치

FRP제를 사용한 절연구분 장치는 일본과 우리나라에서 주로 사용하고 있는 방식이다. 일반적으로 180km/h 이하의 운행구간에 설치 운영되고 있는 설비로서, 구조가 단순하다는 장점으로 설치가 용이하여 널리 사용하고 있다. 최근 전기적 및 기계적 성능의 지속적 확보를 위해 경량화와 재질에 대한 개발이 활발하며, 2005년 이후 국산화 개발박차로 점차적인 국산화가 진행 중임

### 2. 이중 절연구분 장치

이중 절연구분장치는 프랑스 등 유럽의 고속철도 전차선로에 적용되고 있다. 이 절연구분 장치는 절연체를 사용하지 않고 전차선만으로 구성되어 있다. 즉, 판토그래프와 전차선간의 상호작용 시 다른 두 개의 이상전원(M상, T상)이 상호 접촉되지 않도록 이상 전원간 무가압 중성구간(Neutral Section : 47m)을 삽입하고 이 중성구간 양쪽에는 에어섹션(Air Section)을 설치하여 팬터그래프가 A상측 전원에서 중성구간으로 이행하는 순간 집전이 중단되지만 무가압 중성구간을 통해 다른 전원 측인 B전원 에어섹션 평행구간으로 이행하여 집전함으로써 전기적으로는 순간적으로 단전되나 기계적으로는 완전 연속성으로 습동할 수 있도록 구성되어 있다.

### 3. PTFE 절연구분 장치

PTFE 절연구분 장치는 러시아 철도기술연구소에서 개발하여 시베리아와 불가리아, 루마니아 및 헝가리 등지에서 사용되고 있다. 이 방식은 선로의 구배, 곡선, 캔트 등에 영향을 받지 않고 설치할 수 있는 장점을 갖추고 있어 절연구간 설치개소의 직선거리가 부족하고 곡선반경이 존재하는 장소의 설치에 유리하다. PTFE의 특성은 습동판에 의한 마모 및 환경오염을 방지하기 위하여 절연봉 외피를 PTFE를 사용하여 제작하고, 아크 소호를 위한 아킹혼의 최적 설계로 고속에서 1초 이하의 아크 소호능력을 보여주며, 평균 4kg/m의 질량으로 제작하여 경량화한 것이다. 국내 호남선에 설치되어 운영되고 있다.

## 제 2 절 개폐장치를 활용한 자동절체방식 기술 현황

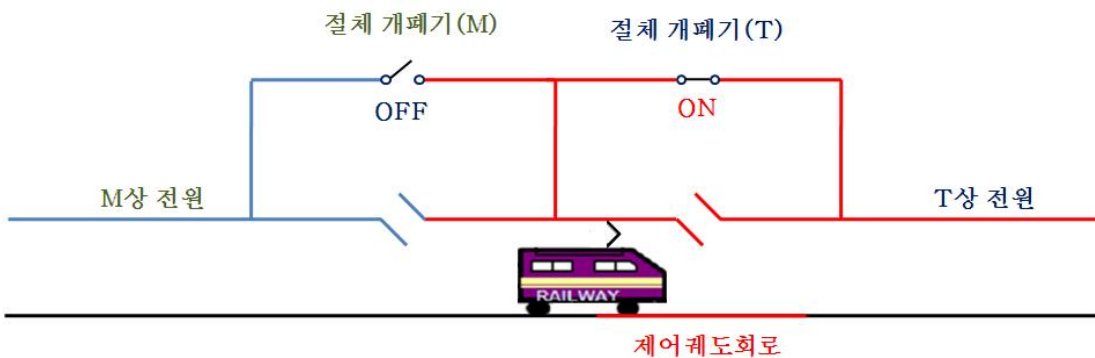
### 1. 개폐장치를 활용한 자동 절체의 동작 방식

개폐장치를 활용한 자동 절체의 동작 방식은 그림 2-2 ~ 그림 2-4의 방식과 같다. 우선 열차가 절연구간에 진입하기 전, M상 전원에 연결되어 있을 경우에는 절체개폐장치 M이 ON 되어 절연구간에는 M상의 전원선과 절연구간선의 전압은 같게 되어 판토타이프에는 큰 Arc가 발생하지 않게 된다.



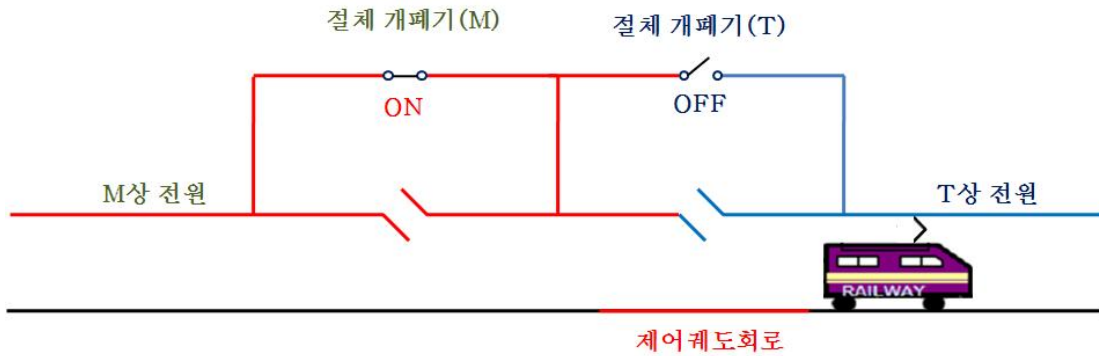
< 그림 2-2 절연구분개소 열차 진입 시 개폐장치 상태 >

절연구간에 열차가 진입한 후에는 절체 개폐장치를 Line Commutation에 의해 OFF시켜주고 절체 개폐장치 M이 완전히 OFF가 되었을 경우에 절체 개폐장치 T를 ON시켜주어 절연구간의 전원전압을 M상 전압에서 T상 전압으로 절체시켜 준다.



< 그림 2-3 절연구분 장치 및 궤도회로 점유 시 개폐장치 상태 >

열차가 완전히 절연구간을 통과한 후, T상 전원구간에 들어 올 경우에는 절체 개폐장치 T를 OFF시켜 절체 개폐장치 M을 ON시킬 준비를 한다.



< 그림 2-4 절연구분개소 통과 후 개폐장치 상태 >

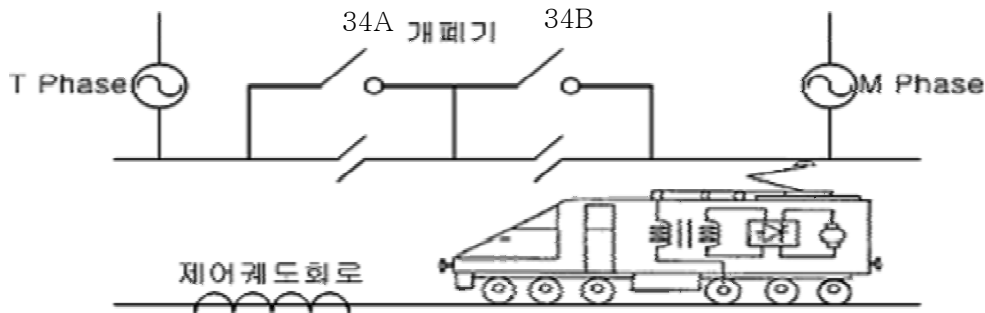
이와 같이 절체 개폐장치에 의한 절연구간 통과 방식은 자동으로 이루어지므로 절연구간 통과시의 열차의 속도저하가 줄어 열차의 고속성을 유지할 수 있다. 이 방식은 일본 동해도 신간선에서 진공차단기를 사용하여 적용하고 있으며, 현재는 진공차단기 대신 무접점 전력소자인 사이리스터를 사용하여 무접점 개폐장치를 개발하여 적용하는 것을 연구 개발하고 있다. 이렇게 되면 절연구간과 전원구간의 통과 시 판토타이프에서 발생하는 Arc의 크기를 이론적으로 제거할 수 있으며 물리적인 스위칭이 아니므로 개폐장치의 수명 또한 향상되어 유지보수가 용이해지는 장점이 있다.

## 2. 일본의 개폐기를 활용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템

### 가. 진공 절연 개폐기를 사용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템

그림 2-5는 진공개폐기를 사용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템을 나타낸다. 전기차가 제어케도회로에 들어오기 전에, 절연구간에서는 진공개폐기 34B를 경유해서 열차진입 측(M좌 전원)부터 가압되지만 전기차가 제어케도회로에 들어오면 34B가 off가 되고 34A가 on으로 된다. 그러면 절연구간에는 34A를 경유해서 전기차 진출 측(T좌 전원)부터 가압된다. 또한 전기차가 진행하여 제어케도회로에서 나오면, 34A가 off, 34B가 on이 되어, 전차가 통과하기 전의 상태

로 돌아간다. 이와 같이 전기차는 전원의 위상에 관계없이 고속으로 절연구간을 통과하는 것이 가능하다. 그러나 진공개폐기는 기계적인 접점으로 전차가 통과할 때마다 개폐 반복시 수명이 짧아지게 되고 주기적인 유지보수가 필요하다. 또한 동작시 절체소음이 크게 발생하여 운영요원의 심리적 불안을 야기할 수 있다. 이를 보완하기 위해서 현재 일본에서는 정지형 개폐기를 활용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템을 연구개발하고 있다.



< 그림 2-5 진공 개폐기를 이용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템 >

< 표 2-2 일본에서 운용중인 절연구간 자동절체 종합시스템(개폐기) 현황 >

노 선	토카이도신간선 (270km/h)	산요 신간선 (300km/h)	토호쿠, 조츠선 (200km/h)	비 고
구 간	도쿄~신오사카	신오사카~하카다	신간~재래선 병행구간	
개폐기형태	진 공 개 폐 기	공 기 개 폐 기	진 공 개 폐 기	
설치율	100 %	100 %	100 %	
개통년도	1964년	1993년	1973년	신기술개발

처음 공기형에서 진공형으로 변화면서 개폐기의 신뢰성이 높아졌지만 그렇다고 해서 보수 작업이 감소되지는 않았다. 왜냐하면 10만회마다 개폐기를 수리하고 20만회마다 개폐기를 교체하는 작업은 여전히 필수 불가결하기 때문이었다. 이런 이유에서 JR Central은 싸이리스터를 이용한 무접점 절체 개폐기를 개발하게 되었다.

#### 나. 일본의 무접점 개폐기를 이용한 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템

동해도 신간선의 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템에서 사용되는 진공개폐기는 열차의 통과 시에 개폐작동을 하기 때문에, 변전소의 연 평균 작동회수는 대략 5만회에 달하여 신뢰성과 유지보수성의 향상이 요구되고 있다. 이 때문에 전력용 반도체 부품을 사용한 무접점 개폐기를 개발하였다. 무접점 개폐기는 기계적인 작동을 갖는 진공개폐기에 비해서 변환회수에 제한이 없고, 신뢰성과 유지보수의 향상을 꾀할 수 있다.

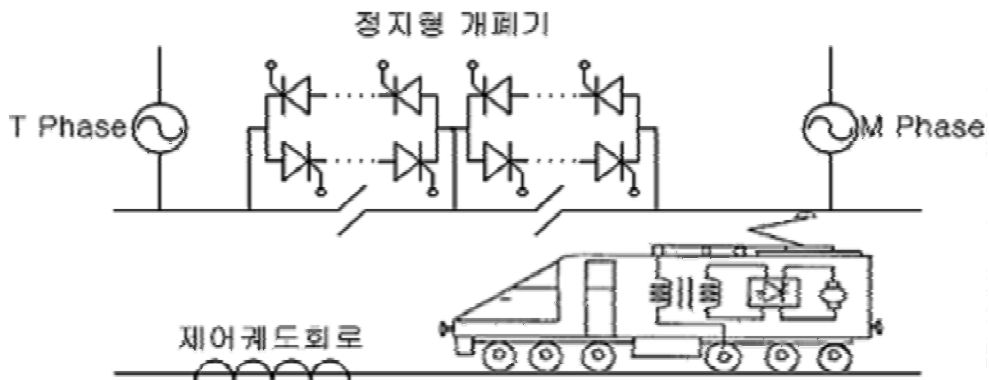
< 표 2-3 일본에서 개발중인 무접점과 진공 개폐기의 비교 >

무접점 절체 개폐기	진공 개폐기
유지보수가 용이함	기계부품이 없어 사용 빈도수에 있어서의 무한성
돌입 전류 억제	폐쇄 시 위상의 최적화
개폐 시간(commutation time) 단축 가능성 있음	실제로 개폐 시간은 0.25~0.35초 차량에 적응도에 따라 감소 가능성 있음
폐쇄 시 서지 발생 억제	반도체로 된 개폐기 사용
압축 공기 필요 없음	반도체로 된 개폐기 사용
초기 비용 많이 듦	제품의 수명 주기를 고려해볼 때 전체 감가상각 기간에 있어서 비용 절감됨.

신뢰성과 유지보수의 향상을 목적으로 해서, 진공개폐기를 대신하여 전력용 반도체 부품을 사용한 무접점 개폐기를 개발하였다. 무접점 개폐기의 기본구성을 그림 2-6에, 또한 개략적인 사양을 표 2-4에 나타내었다. 절연구간 자동 전원절체 통과 시스템의 구성은 그대로 하고, 진공개폐기를 역 병렬접속 반도체에 의한 개폐기로 바꾸어 놓았다. 이 개폐기는 내압 12kV의 사이리스터부품을 23직렬로 해서 내전압을 확보하고, 역병렬 접속하여 쌍방향으로 통전 할 수 있도록 하고 있다.

< 표 2-4 무접점 개폐기 장치의 기본 사양 >

항목		사양
정격 전압(kV)		42
상용주파수내전압(kV)	양극간	100(1분이상의 내전압)
	극-대지간	70(1분이상의 내전압)
뇌 임펄스 내전압(KVp) 싸이리스터 부품만으로 견디는 것	양극간	250
	극-대지간	200
정격 주파수(Hz)		60
정격 전류(A)		1200A(30초간-3분 간격 부하)
정격단시간 내전류(kA)		12.5
단기투입전류(kAp)		31.5
단락전류 내량시간		0.1초 이상



< 그림 2-6 무접점 개폐장치를 이용한 절연구간 자동 전원절제 통과 시스템 >

이렇게 개발한 무접점 개폐기 제어 신호에 short impulse가 아닌 연속 전압을 사용하였다. 사실상 싸이리스터에 가압된 전압이 이웃한 0V 전철화 노선에서 왜

곡된 형태로 나타나는 경우에도 또한 전압이 더 이상 가해지지 않는 경우에도 개폐기를 확실하게 유지하는 방법으로 on 위치에 놓을 수 있다.

일반적으로, 싸이리스터는 양 끝에 전압이 가해지면 개방되고 전압이 끊기면 폐쇄된다. 그러나 양 끝의 하나라도 신간센의 절연구간에 연결되면, 개방에 사용되리라고 여겨진 전압은 사라질 수 있다. 예를 들어 위상이 다른 전압의 위상과 같거나 차량으로부터 나오는 서로 다른 주파수의 역전압이 가해졌을 경우를 들 수 있다. 이러한 과정을 통해 잡음을 감지할 수 있다. 좀더 발전된 형태로 JR Central은 싸이리스터에 흐르는 전류와 제어 전압의 부재의 유무를 감지하는 동시에 잡음의 위험을 제거하였다.

이 형태는 폐쇄 시 열차의 주변압기로 흐르는 돌입 전류(개시 전류)를 줄이는 방법으로 위상 각을 조절한다. 위상 각을 결정에 필요한 전압 감지 방법에 관해서는 절연 구간내의 전압과 진출 측 전압을 감지하거나 두 전압 중 하나를 감지하여 폐쇄 전류를 최대한 감소시킬 위상 각을 미리 정할 수 있다.

이 두 경우에 있어서 발생할 수 있는 가장 큰 위험은 위상 조절에 있어서 폐쇄 전류의 증가를 가져올 수 있다는 사실이다. JR Central 의 경우 기능의 안전성 보장을 주목표로 됨에 따라 두 번째 방법을 채택하였다.

위상을 폐쇄로 고정시키는 전압에 관해서는 절연 구간 시 열차의 보조 설비물로부터 발생할 수 있는 역전압을 사용할 수 있다. 그러나 JR Central 은 진출 측 전압을 사용하였다. 사실상 도구용 변압기가 장착된 진출 측 전압으로 폐쇄 위상을 감지하기란 쉬운 일이고, 비용도 절감된다. 또한 이 전압은 보조 설비물에서 발생하는 역전압보다 더 안정되어 폐쇄 전류를 확실히 감소시킬 수 있다. 위상 각은 45도에서 90도로 고정될 수 있으며 이는 열차의 주 변압기에 흐르는 돌입 전류와 비교할 수 있다.

개폐를 무접점 절체 개폐기의 성능 상태를 고려하여 공기 개폐기와 병렬로 행하는 시험 방법도 존재한다.

싸이리스터 무접점 절체 개폐기는 반도체 성격을 띠며, 이때 전류는 명령 신호

기가 소등된 후 유지 전류(maintaining current)(1A서부터 순서대로) 밑에서 끊어질 수 있다. 게다가 기존의 스위치에서처럼 주 극간의 기계적인 변화 없이 폐쇄가 이루어질 수 있으며 개방이 빨리 일어나는 현상은 없다. 이 두 가지 이유를 근거로 개폐의 서지를 억제할 수 있는 것이다.

#### 다. 동해도 신간선에서의 무접점 교환개폐기 기본 성능확인 시험

2000년, 기본성능을 확인하기 위해, 300X계 시험차량을 사용한 타행, 역행, 회생(回生)의 3가지 상태에서 교환확인시험을 야간에 실시했다.

시험의 결과는, 다음과 같다.

①교환시간은, 위상제어 시 280~290ms 이었다. (허용범위 300ms±50ms)

②투입위상은 위상제어 45°, 90° 어느 쪽에 있어서도 ±10. 이내였다.

(허용범위 45°±10°, 90°±10°)

③열차의 돌입전류는 진출측 전압위상 90°에서 투입했을 때 가장 작은 것을 확인했다. (45°평균: 734A, 90°평균: 461A)

③의 결과 이유를 아래와 같다. 돌입전류는, 변압기에 전압을 인가(印加)했을 때에, 그 변압기가 갖는 잔류 자속(磁束)과 인가한 전압에 의한 자속의 합성가가, 그 변압기철심의 포화자속이(변압기의 리액턴스(reactance)≒영)을 넘는 것에 의해 발생한다. 인가한 투입전압위상의 90° 시점에서는, 투입전압에서 발생한 자속은 투입전압의 위상보다도 90°뒤쳐지기 때문에 영이 된다. 잔류 자속이 영이고, 인가한 투입전압의 위상이 90°인 경우, 주전압기의 철심은 포화하지 않는다. 따라서 ③의 시험 중의 잔류 자속이 영에 가까웠다고 생각되어 진다.

이상의 결과에 의해, 변환시간, 투입위상 모두 허용범위 내에 있어, 설계목표를 만족하고 있는 것이 확인되었다.

< 표 2-5 기본 기능 평가 테스트 결과 >

	전류 형태	위상	값
1	약한 역행 전류(약 150A)	90°	604
2	약한 역행 전류(약 150A)	45°	1365
3	강한 역행 전류(약 500A)	90°	638
4	강한 역행 전류(약 500A)	45°	255
5	약한 회생 전류(약 100A)	90°	645
6	약한 회생 전류(약 100A)	45°	90
7	강한 회생 전류(약 200A)	90°	341
8	강한 회생 전류(약 200A)	45°	1226

라. 일본 자동절체개폐장치 금후의 전망

2002년, 영업열차를 이용한 장기 내구시험을 실시하고, 2003년에 도입 판단 및 실용화를 위한 상세사양 작성을 하여, 최종적으로 운영변전소에서의 실용화를 목표로 하고 있다.



< 그림 2-7 일본 무접점 개폐기 >

### 3. 국내의 자동절체 개폐장치 기술동향

#### 가. 국내 개발된 자동절체 개폐장치 성능

국내에서 개발된 핵심 스위칭 장치는 표 2-3과 같은 목표로 제품을 개발하여 시험을 완료 하였다.

< 표 2-6 핵심 스위치 장치 개발 목표 시방 >

항목		시방
정격 전압(kV)		25
상용주파수내전압(kV)	양극간	100(1분이상의 내전압)
	극-대지간	70(1분이상의 내전압)
뇌 임펄스 내전압(KV) 싸이리스터 부품만으로 견디는 것	양극간	250
	극-대지간	200
정격 주파수(Hz)		60
정격 전류(A)		800A(30초간-3분 간격 부하)
정격단시간 내전류(kA)		12
단기투입전류(kAp)		31.5
단락전류 내량시간		0.1초 이상

발급번호 R06-0431  
(Certificate No.)  
Sheet No. 2 / 2

## 시험 성적서 ( TEST REPORT )

1) 성능 시험

시험항목(Test List)	시험기준(Test Standard)	시험결과 (Test Result)		비 고(Remarks)
90도 위상각 절체(개폐)시험	M상, T상에 AC 60Hz, 25kV 인가 후, 상 절체시 D상 AC 60Hz, 25kV 출력 될 것	M상→T상	정상 동작함	신청자 의뢰 규격
		T상→M상	정상 동작함	

2) 상용주파 내전압시험

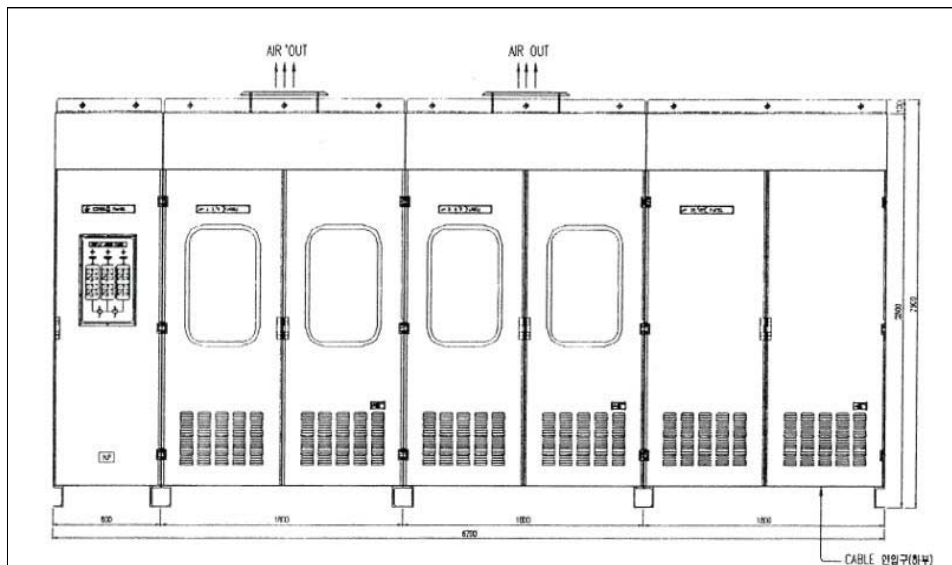
시험항목(Test List)	시험기준(Test Standard)	시험결과 (Test Result)	비 고(Remarks)
상용주파내전압시험	극-대지간 AC 60Hz, 70kV, 1분간 인가시 절연파괴 없을 것	절연파괴 없음	

3) 뇌임펄스 내전압시험

시험항목(Test List)	시험기준(Test Standard)	시험결과 (Test Result)	비 고(Remarks)
뇌임펄스 내전압시험	극-대지간 1.2/50us, 200kV 인가시 절연파괴 없을 것	절연파괴 없음	

< 그림 2-8 시험 성적서 >

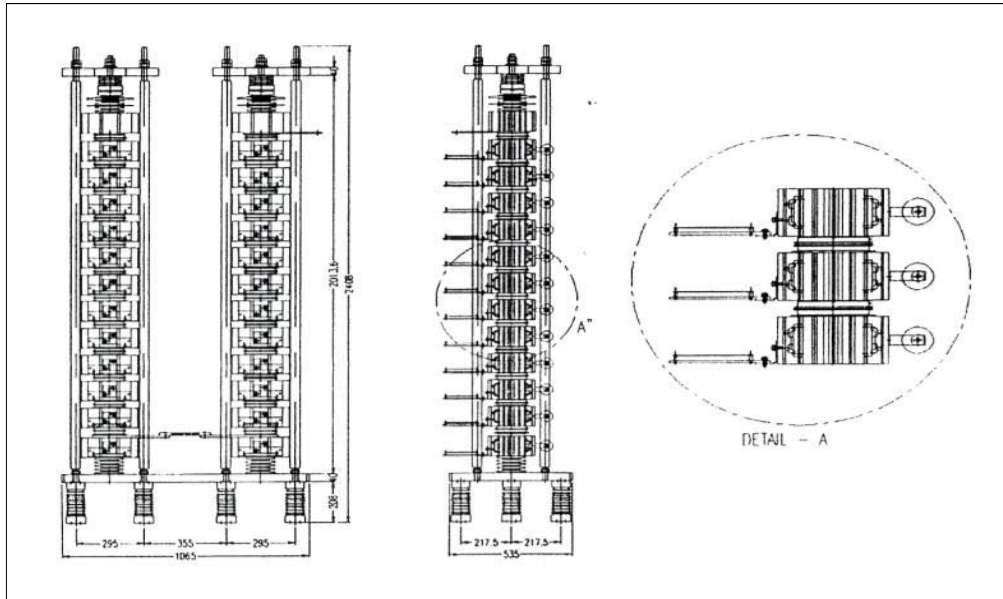
나. 국내 개발된 자동 절체 개폐장치 외형



< 그림 2-9 외형 및 구조 >

국내 개발된 스위치 장치는 그림 2-9과 같다. 좌측부로부터 제어반과 그리고 M상 스택, T상 스택, 출력배전반으로 구성되어있다.

M상 및 T상의 스택 부는 그림 2-10와 같이 싸이리스트를 Heat sink와 함께 적층하여 직렬 구조로 설계 되어있다.



< 그림 2-10 M상 스택 구조 >

### 제 3 절 특허 기술 분석

#### 1. 선행 기술 및 특허 기술 조사 분석

본 연구과제의 목표는 절연구간에서 고속철도의 고속 통과 및 안정성 증대를 위한 상 절체 섹션 및 전력용 반도체를 이용한 절연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술 개발에 있다. 따라서 이에 유사한 선행 기술 및 특허 기술을 조사하였다. 주요 조사 기술 요소는 전력용 반도체를 사용한 스위칭 소자, 특히, 싸이리스트 소자를 사용한 스위칭 소자를 중점적으로 조사 했다. 또한 스위칭 소자를 이용한 상 절체 방법 및 시스템 혹은 장치에 대해서도 조사를 하였다.

조사대상 국가는 한국, 미국, 일본, EP, 국제특허를 대상으로 조사하였으며 조사 DB는 자격루(자체 DB), KIPRIS, Delphion, USPTO, IPDL를 활용하여 조사를 수행하였다.

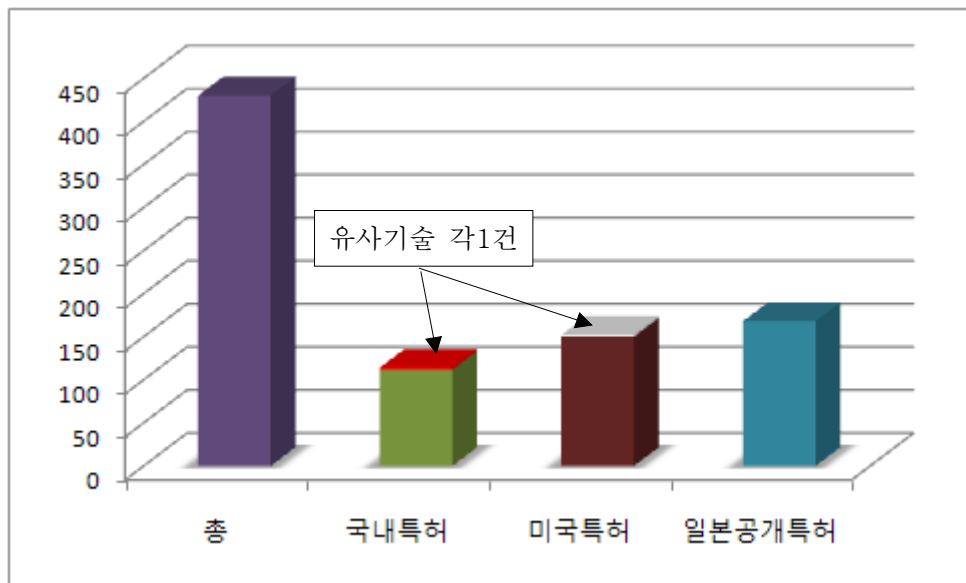
< 표 2-7 선행 기술 및 특허 기술 조사 방법 >

개발 목표	절연구간에서 반도체 소자를 이용한 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술 개발	
검색 주요 기술 요소	1. 반도체 소자를 사용한 스위칭 소자 2. 스위칭 소자를 이용한 상절체 장치 및 시스템	
키워드	국문	절연, 절체, 반도체
	영문	dead section, insulate, switch
조사대상 국가	한국, 미국 일본, EP, 국제 특허	
조사 DB	자격루(자체 DB), KIPRIS, Delphion, USPTO, IPDL	

조사 결과, 동 연구과제에 대하여 국내외 선행특허기술을 키워드와 국제특허분류를 이용하여 조산한 결과 국내 특허 112건, 미국특허 150건, 일본공개특허 168건이 관련성이 있는 것으로 조사되었다. 그 중 2건만이 유사성이 있었다.

< 표 2-8 유사 선행 특허 기술 >

문헌번호	기술 요지	기술 요소	관련도
한국공개특허 2004-099202	전자 개폐기 및 무순단 전자 자동 절체기를 전력용 반도체 소자를 이용하여 구성하도록 한 방법 및 장치	5)A B	6)중 하
미국특허 4,680,663	다수의 gate-off-thyristor 소자를 사용한 전원 공급 제어장치	A B	하 하



< 그림 2-11 본 과제 유사 선행 특허 기술 현황 >

- 5) A : 반도체 소자를 사용한 스위칭 소자. B:스위칭 소자를 이요한 상절체 장치 및 시스템.  
 6) 상 : 제안기술과 매우 유사한 선행 기술, 중 : 제안기술과 유사한 선행기술.  
 하 : 제안기술과 유사하지는 않으나 제안기술과 같은 기술 분야에 속하는 선행 기술

## 2. 국내 유사 기술 분석

국내 유사한 기술의 특허 기술 제목은 전력용 스위칭 반도체 소자를 적용한 개폐기와 무순단 전자 자동 절체기이다. 이것의 선행 기술은 전자 개폐기 및 전자 자동 절체기 에서 스위칭 회로를 위한 구성으로 전력용 반도체 소자를 이용하며 상기 반도체 소자를 제어함으로써 개폐 및 절체 동작이 이루어지도록 한 장치이다. 반도체 소자를 이용한 절체동작에 의해 개폐시간의 단축, 서지전압발생 억제, 아크발생제거, 진동 소음 제거 등의 능력을 가지고 있는 특징이 있다.

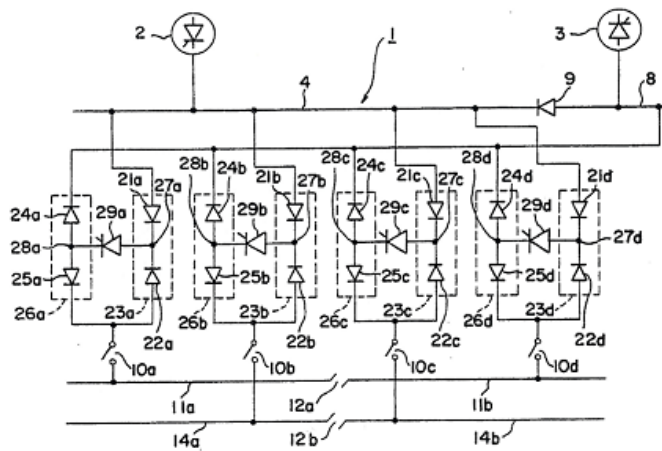
이 선행 특허 기술을 검토한 결과 절체를 위한 스위칭 회로 구성을 반도체 스위칭 소자를 사용하는 부분과 그로 인한 효과는 현재 우리가 하고자 하는 과제 의 개발 기술과 동일하다고 판단되나 전원의 상 절체를 스위칭 소자를 통해 구현하는 방식과는 상이하다고 사료된다.

< 표 2-9 국내 유사 선행 특허 기술 분석 결과 >

문헌 번호	한국 공개특허 2004-099202		
출원 일자	2004. 10. 22	공개일	2004. 11. 26
출원인(특허권자)	(주) 에이엔피테크놀러지		
제 목	전력용 스위칭 반도체 소자를 적용한 전자 개폐기와 무순단 전자 자동 절체기		
선행 기술 내용	1. 전자 개폐기 및 전자 자동 절체기 에서 스위칭회로 2. 전력용 반도체 소자를 이용하여 장치의 개폐 및 절체 동작을 함 3. 개폐시간 단축, 서지전압 발생 억제, 아크 발생 제거 등 효과		
검토 의견	반도체 스위칭 소자를 사용하여 얻은 장치의 효과와 과제에서 얻고자 하는 효과가 동일하나 전원의 상절체를 스위칭 소자의 상절체를 통해 구현하는 방식은 상이함.		

### 3. 국외 유사 기술 분석

미국의 유사한 선행 특허 기술의 제목은 “Power Supply Installation for DC Electric Railroad” 이다. 이 기술은 철도의 절연구간에서의 전원 공급 제어방법에 있어 다수개의 GTO를 사용하여 전원 공급을 제어하도록 한 장치이다. 이는 철도의 절연구간에서 다수개의 GTO와 절연 스위치를 사용하여 전력 제어함으로써 아크 발생을 억제하도록 한 기술 내용으로써 절연구간 무접점 전원 절체 통과 시스템 개발 과제와는 상이하다.



< 그림 2-12 미국의 선행 특허 기술 개발 장치 >

< 표 2-10 국내 유사 선행 특허 기술 분석 결과 >

문헌 번호	미국 특허 4,680,663		
출원 일자	1986. 06. 16	공개일	1987. 07. 14
출원인(특허권자)	Kabushiki kaishn Meidensha		
제 목	Power Supply Installation for DC Electric Railroad		
선행 기술 내용	1. 사구간에서 전원 공급 제어방법을 다수의 GTO를 사용하여 제어		
검토 의견	과제가 개발하고자 하는 기술과 상이함.		

#### 4. 최종 검토 의견

본 과제가 개발하고자 하는 기술 내용과 일치하는 선행 특허 문헌은 발견할 수 없었다. 다만 유사 선행 특허 기술은 상기와 같이 발견되었다. 이중 미국의 특허 기술은 전력용 소자를 사용하여 절연구간에서 활용한다는 점에서 유사하였으나 기술 내용이 상이하였고 국내 유사 특허 기술은 SCR, TRIAC 등의 전력용 반도체 소자를 이용해 전원을 절체하는 기술의 내용으로 과제에서 개발하고자 기술 내용과 일부 효과면에서 비슷하나 전원의 상 절체를 스위칭 소자를 통해 구현하는 방식에서는 상이하다.

## 제 4 절 요소기술 및 SWOT 분석

### 1. 요소기술 분석

효율적인 과제수행을 위해 분야별 국내기술을 분석하였으며 2-11에 나타내었다.

< 표 2-11 요소 기술 분석 >

분 야	내 용	국내기술수준	
		현재	과업종료시
송변전	열차정보 제어로직 작성 (인터록, 이중화, 안정성확보 방안) 변전소내 시스템 구축	80%	100%
전차선	전차선로 설계 및 시공 (자동전원 절체 통과 시스템 구축)	80%	100%
신호제어	열차검지 시스템 구축 열차위치 정보 전송 기존신호 시스템과의 인터페이스	80%	100%
시스템 엔지니어링	분야별 통합 및 인터페이스	70%	95%
핵심 부품	핵심부품 개발 (42kV급 전력전자소자)	70%	90%
시뮬레이션 기법	정상상태 및 과도상태 시스템 해석 기법	80%	95%
신뢰성검증	시스템 RAMS 활동, 시스템 시뮬레이션	60%	80%

※ 국내 기술수준은 분야별 최고 국가(기관) 100% 기준

### 2. SWOT 분석

#### 가. 시장/기술의 특징

##### - 시장 특징

- 경부고속선 운영 활성화 및 정부의 녹색성장에 발맞추어 호남 고속선 조기 완공 계획
- 미국 및 중남미, 아시아 지역의 고속철도 건설 계획으로 풍부한 잠재 수요시장 존재

##### - 기술 특징

- 2006년 자동전원절체통과 시스템의 핵심부품인 전력전자소자를 개발하

여 핵심기술을 확보하였으나 실제 노선에 적용을 위한 실용화 부분은 검토되지 않아 시스템적인 접근이 요구됨

<표 2-12 연구기술분야의 SWOT 분석 결과>

	O(기회)	T(위협)
SWOT 분석을 통한 전략방향 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 선진기술파악/습득</li> <li>◦ 국내실용화 기회부여</li> <li>◦ 해외시장 진출 가능</li> <li>◦ KTX운행 경험 축적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 국외업체의 다국적화</li> <li>◦ 국내 기술력 취약</li> <li>◦ 과도한 개발비용</li> <li>◦ 단기간에 복잡한 시스템의 개발 및 실용화</li> </ul>
S(강점)	SO전략	ST전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 국내기술 토대 마련</li> <li>◦ 연구개발 강한 의지</li> <li>◦ 고속철도 운영과 유지보수의 노하우 확보</li> <li>◦ 핵심소자의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 기술개발 다양성 제고</li> <li>◦ 기술개발 전문성 제고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 기술개발 역할분담</li> <li>◦ 핵심기술에 대한 외국과의 기술 제휴</li> <li>◦ 개발기술 확대적용으로 효과 극대화</li> </ul>
W(약점)	WO전략	WT전략
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 기술자료 부족</li> <li>◦ 실용화 경험 전무</li> <li>◦ 기업 독자개발 두려움</li> <li>◦ 사고시 파장 우려</li> <li>◦ 정보 및 기술습득 한계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 산학연 유기적인 기술개발 추진체계 구축</li> <li>◦ 기존 연구개발 자료 최대한 활용</li> <li>◦ 충분한 신뢰성 시험수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 핵심부품 기술 개발</li> <li>◦ 운용 효율성 극대를 위한 시스템 기술 개발</li> </ul>

### 제 3 장 산업 환경 분석

#### 제 1 절 시장 환경 분석

##### 1. 7) 우리나라 전철개통 현황

선 별	구 간	개통거리(km)	개통년도	전 기 방 식
[고속철도 운행권] 고 속 선	시흥 ~ 대전북연결선 복선전철 대전남 ~ 대구북연결선 복선전철	[656.5] 140.0 98.6	2004.04.01 2004.04.01	AC 25kV
경 부 선	대전북 ~ 대전남연결선 복선전철 대구북연결선 ~ 부산 복선전철	20.7 132.8	2004.04.01 2004.04.01	AC 25kV
호 남 선	대전조차장 ~ 목포 복선전철	252.5	2004.04.01	AC 25kV
광 주 선	북송정 ~ 광주 전철	11.9	2004.04.01	AC 25kV
[수 도 권] 경 부 선	서울 ~ 수원 복선전철 영등포 ~ 수원 복복선전철 용산 ~ 구로 3복선전철 수원 ~ 병점 2복선전철 병점 ~ 천안 2복선전철	[334.4] 41.5 32.3 8.5 7.2 48.4	1974.08.15 1981.12.23 1996.12.30 2003.04.30 2005.01.20	AC 25kV
경 인 선	서울 ~ 인천 복선전철 구로 ~ 부평 2복선전철 부평 ~ 주안 2복선전철 주안 ~ 인천 2복선전철	38.9 14.9 5.6 6.6	1974.08.15 1999.01.29 2002.03.15 2005.12.21	AC 25kV
경 원 선	용산 ~ 청량리 복선전철 청량리 ~ 성북 복선전철 성북 ~ 창동 복선전철 창동 ~ 의정부 복선전철 의정부 ~ 의정부북부 복선전철 의정부 ~ 소요산 복선전철	12.6 5.6 3.6 9.4 1.2 23.2	1978.12.09 1974.08.15 1985.04.25 1986.09.02 1986.10.04 2006.12.15	AC 25kV
경 의 선	서울 ~ 화전 복선전철	11.6	2004.04.01	AC 25kV
안 산 선	금정 ~ 안산 복선전철 안산 ~ 오이도 복선전철 금정 ~ 인덕원 복선전철	19.5 6.5 5.5	1988.10.25 2000.07.28 1993.01.15	AC 25kV
과 천 선	인덕원 ~ 남태령 복선전철	8.9	1994.04.01	AC 25kV
분 당 선	수서 ~ 오리 복선전철 수서 ~ 선릉 복선전철 오리 ~ 죽전 복선전철	18.5 6.6 1.8	1994.09.01 2003.09.03 2007.12.24	AC 25kV
일 산 선	지축 ~ 대화 복선전철	19.2	1996.01.30	DC 1.5kV

7) 전철화 개통 현황 : 한국철도공사 2008년 전기업무자료

선 별	구 간	개통거리(km)	개통년도	전 기 방 식
[일반철도권] 경 부 선  총 북 선 오 송 선	천안 ~ 조치원   복선전철 조치원 ~ 대전조차장   복선전철 옥천 ~ 신동   복선전철 조치원 ~ 봉양   복선전철 서창 ~ 오송   복선전철	[312.5] 32.7 34.9 125.3 115.0 4.6	2005.03.30 2005.07.01 2006.12.08 2005.03.30 2005.01.20	AC 25kV
[산업선] 중 앙 선  태 백 선  영 동 선	청량리 ~ 제천   전철 청량리 ~ 덕소   복선전철 덕소 ~ 팔당   복선전철 제천 ~ 단성   전철 단성 ~ 영주   전철 제천 ~ 고한   전철 예미 ~ 조동   복선전철 고한 ~ 동해   전철 영주 ~ 철암   전철 동해 ~ 강릉   전철	[556.5] 155.2 18.0 5.7 29.0 35.0 80.1 15.9 85.5 87.0 45.1	1973.06.20 2005.12.16 2007.12.27 1987.12.30 1988.12.23 1974.06.20 1977.04.01 1975.12.05 1997.03.28 2005.09.08	AC 25kV
[서울메트로] 1 호 선 2 호 선  3 호 선 4 호 선	서울역 ~ 청량리 시정앞 ~ 시정앞 신설동 ~ 성 수 신도림 ~ 까치산 지 축 ~ 수 서 당고개 ~ 남태령	[134.9] 7.8 48.8 5.4 6.0 35.2 31.7	1974.08.15 1984.05.22 1984.05.22 1992.05.22 1985.10.18 1985.10.18	DC 1,500V
[서울도시철도] 5 호 선  6 호 선 7 호 선  8 호 선	방 화 ~ 까치산 까치산 ~ 여의도 여의도 ~ 왕십리 왕십리 ~ 상일동 강 동 ~ 마 천 봉화산 ~ 응 암 장 암 ~ 건대입구 건대입구 ~ 신 풍 신 풍 ~ 온 수 잠 실 ~ 모 란 암 사 ~ 잠 실	[151.8] 8.8 7.8 14.1 14.5 6.9 35.1 19.0 18.7 9.2 13.1 4.6	1996.03.20 1996.08.12 1996.12.30 1995.11.15 1996.03.30 2000.12.15 1996.10.11 2000.08.01 2000.02.29 1996.11.23 1999.07.02	DC 1,500V
[부산교통공단] 1 호 선 2 호 선	노포동 ~ 신 평 서 면 ~ 호 포 서 면 ~ 금련산	[62.9] 32.5 22.4 8.0	1994.06.30 1999.06.30 2001.08.08	DC 1,500V

## 2. 전철화 필요성

### 가. 철도 주요간선 수송능력 증강 및 물류비 절감

- 견인력 및 속도향상에 의한 철도 수송력 증강
- 기존선 전철화시 사업기간 및 사업비 최소화로 건설효과 극대화

### 나. 국제유가 변동에 따른 유류의존 동력비 부담 증가

- 유류에너지 ⇒ 전기에너지 사용전환으로 동력비 절감 효과

### 다. 경부고속철도와 기존선의 통합운영 기반 조성

- 고속철도 서비스지역 확대 및 고속철도 운영 효율화를 위한 기존 철도망의 전철화 조기추진 필요

### 라. 환경 친화적인 대중교통수단의 확보 필요

- 매연이 없고 저소음·저 진동으로 환경에 영향이 없는 쾌적한 교통수단 확보 및 전 세계적인 환경보존 인식의 고조

< 표 3-1 수송 수단별 대기오염 비교 >

(단위: 배)

전기철도	자 동 차	트럭	해 운	비 고
1	8.3	30	3.3	동일수송 기준

### 마. 노후 디젤기관차 대체소요분 기관차종 변경검토 시점

- 단계별 전철화 추진계획에 맞는 전기기관차 투입 운용 시기를 예측하여 DL을 EL로 대체시 중복투자 예방

### 바. 남북 및 대륙연계 철도망 구축을 위한 사전대비

- 남북철도망 및 TCR, TSR, TMR과 연결시 예상되는 대용량 물류수송을 위해서 견인력이 큰 전기기관차 투입이 필수적임

### 사. 운용효율 향상 및 수송서비스 개선

- 전기기관차 내구연한이 디젤기관차의 2배이며, 급유·급수가 필요 없어 회차율이 높고 Maintenance Free가 가능

### 아. 간선 수송력 증강을 위한 시설 확충 방안

자. 투자효과 비교

< 표 3-2 전기철도 투자효과 비교 >

구 분	기존 단선 ⇒ 단선 전철화	기존 단선 ⇒ 복 선 화	기존 복선 ⇒ 복선 전철화
건설비	18.9 억원/km	152 억원/km	26.7 억원/km
수송한계	약 20 년	약 35 년	약 20 년
속도향상	약 27 %	선로조건에 영향	약 27 %
동력비절감	25 %	-	25 %

3. 전철화 효과

가. 수송능력 증강

i) 선로용량 증대 : 약 25%

- 철도에서 곡선과 구배가 많은 선로구간과 역 구간이 짧은 도시근교 철도에 있어서 전기차량은 운전속도 가감특성이 좋고, 견인력이 커 열차운행 속도 향상으로 선로용량이 증대 됨
- 특히, 구배가 심한 선로, 역간이 짧은 도시철도에서의 효과는 현저함
- 운전속도 향상에 의한 운행시간의 단축 : 약 27%

< 표 3-3 전철화후 선로용량 증가 실례 >

(편도:회/일)

구 분	중앙선 청량리~제천 (155.2km)	중앙선 제천~영주 (64.0km)	태백선 제천~고한 (80.1km)	경인선 구로~인천 (27.0km)	영동선 영주~철암 (87.0km)
전철화 전	34	36	17	39	27
전철화 후	45	45	26	56	36
대비 (%)	132	125	153	144	133

< 표 3-4 전철화에 의한 운행시간 단축(SPEED UP) 실례 >

구 분	중앙선 청량리~제천 (155.2km)	중앙선 제천~영주 (64.0km)	태백선 제천~고한 (80.1km)	수도권 인천~성북 (52.1km)	영동선 영주~철암 (87.0km)
전철화 전	6 : 00	1 : 50	3 : 20	2 : 00	2 : 40
전철화 후	4 : 00	1 : 20	2 : 40	1 : 21	1 : 40
시간 단축	2 : 00	0 : 30	0 : 40	0 : 39	0 : 40
대 비 (%)	33	27	20	32	25

※ 1,000톤 견인시 10% 구배에서 속도는 전기차량이 디젤보다 1.4배 유리

나. 에너지 이용효율 증대

i) 에너지 이용효율 비교 (1km당 디젤 및 전기기관차 운행 소요비용)

< 표 3-5 연도별·차종별 기1키로당 연료 소비실적 >

(단위 : 경유ℓ/km, 전기kW/km)

구 분	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
디젤 기관차	3.35	3.25	3.23	3.26	3.27	3.30	3.34	3.38
디젤 동차	0.53	0.53	0.53	0.56	0.57	0.55	0.55	0.56
전기 기관차	21.51	21.18	21.04	21.11	22.15	22.02	21.98	21.98
수도권전동차	3.37	3.38	3.50	3.44	3.41	3.38	3.38	3.52
통일호전동차	2.45	2.45	2.45	2.45	-	-	-	-

- 운전용 연료 소비 단가
  - 경유(1ℓ) : 972.1원 ⇒ 2005년 운전용 경유 평균구입 단가
  - 전력(1kWh) : 91.5원 ⇒ 2005년 평균 전력요금
- 1km당 운행 소요비용 (2005년도 기준)
  - 디젤기관차 :  $3.38\ell \times 972.1\text{원} = 3,286\text{원}$
  - 전기기관차 :  $21.98\text{kWh} \times 91.5\text{원} = 2,011\text{원}$
- 1km당 동력비 비율 ⇒ DL/EL (63.4% 절감)

#### 다. 환경 친화적인 교통수단

- i) 전기기관차는 소음, 매연, 폐유처리 등 환경오염이 거의 없음

#### 라. 수송원가 경감으로 물류비 절감

- i) 차량 유지보수비 저렴
  - 디젤기관차에 비해 전기차량의 동력장치는 판토품 등 일부 소모품을 제외하고는 거의 Maintenance Free가 가능하고 수명도 2배가 길며,
  - 간단한 차량구조로 검수인력 소요가 적어 유지비가 저렴함
- ii) 차량 및 승무원의 운용효율 증대
  - 전기기관차는 급수, 급유가 필요 없이 장거리 운전이 가능하고 회차율이 높아 동일 수송량 처리에 적은 차량으로 운용이 가능하며, 열차운행시간 단축으로 승무원의 생산성 향상 등 운용효율 증대를 가져옴
  - ※ 일.차.Km 및 일.승무.Km는 EL이 DL의 약 1.7 ~ 1.8 배

#### 마. Service 개선 및 지역균형 발전에 기여

- i) 수송 서비스 개선
  - 전철화에 의한 속도향상, 운행시간 단축, 선로용량 증대에 의한 고빈도 열차운행 등으로 편리하고 쾌적한 교통수단을 제공할 수 있음
- ii) 지역균형 발전에 기여
  - 도시전철은 인구 및 경제활동의 분산, 도심 도로 혼잡도 완화, 지역주민의 교통편의 제공 등 도심에 집중된 도시기능을 외곽지역으로 적절히 분산, 배치하여 도시 전체의 균형적 발전에 기여하고 있으며,

- 간선전철은 인접도시 및 지역간 대용량 수송체계를 구축하게 되어 인적, 물적 교류의 원활로 경제적 균형발전과 수송수요를 유발하여 영업 창출에 기여 (수요유발은 선별조건에 따라 약 5~20% 증가)

#### 4. 국내 절연구간 설치 현황

##### 가. 절연구간 안전설비

###### i) 고속선 구간

절연구간에서 ATC 불연속정보를 수신, 절연구간 표시램프가 점등되고 주회로 차단기(VCB) 자동개방 및 투입.

###### ii) 수도권 및 산업선

절연구간 예고장치를 설치하여 절연구간 통과시 기관사에게 음성경고

###### iii) 경부선 및 호남선 전철화구간(KTX운행구간)

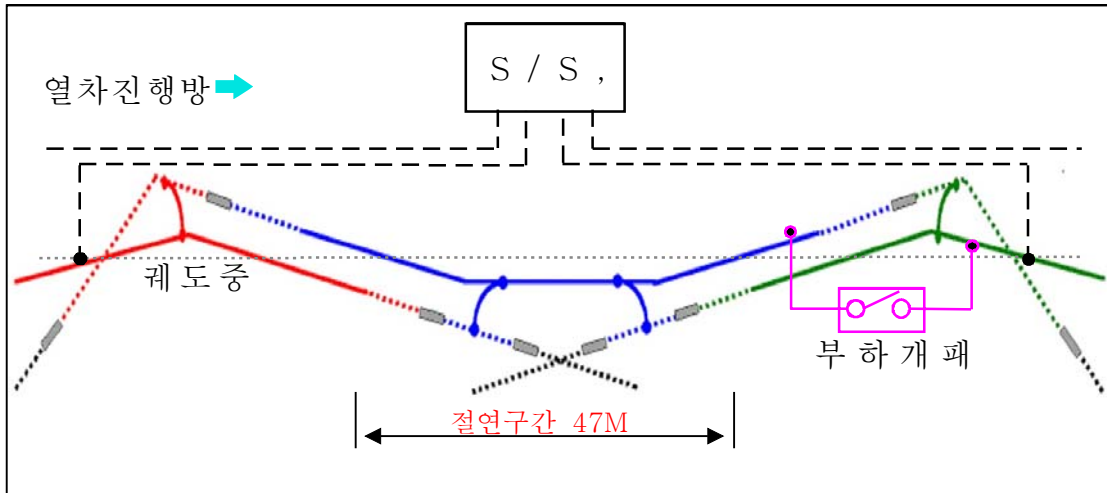
GPS를 이용하여 절연구간 통과시 기관사에게 음성경고

##### 나. 절연구간 설치현황

< 표 3-6 운행구간별 절연구간 설치현황 >

구 분	형식	길이(m)	수 량	비 고
교류/교류	이중오버랩	47	44	고속선(20), 경부선(22), 호남선(2)
	PTFE	47	28	대전선(1), 호남선(19), 경부선(8)
	FRP	22, 8	84	고속선(2), 경부선(2), 수도권(40), 산업선 및 충북선(40)
교류/직류	FRP	66	6	1호선 및 4호선
합 계			162	

다. 고속선 및 경부선 절연구분장치

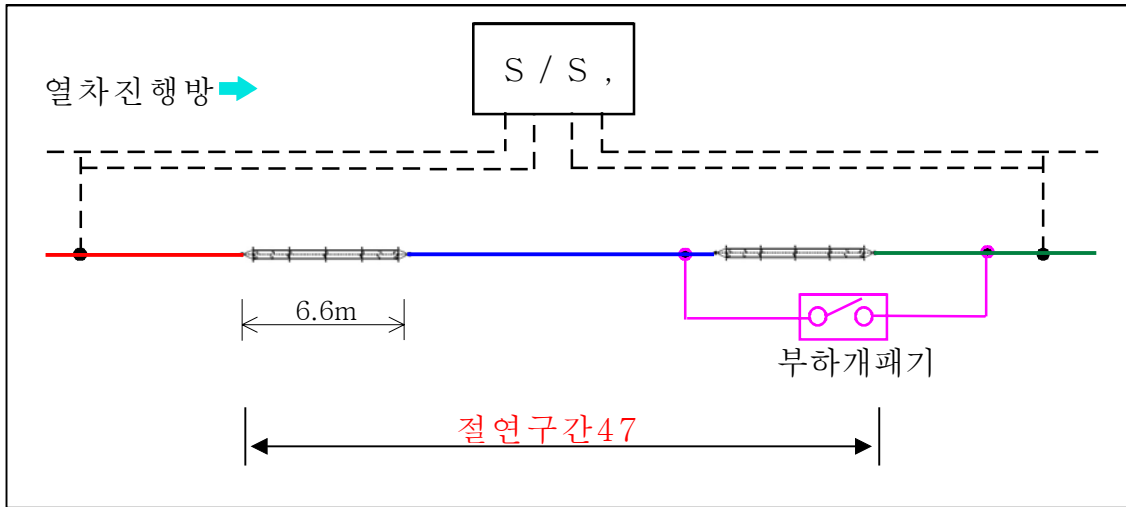


< 그림 3-1 설치 약도 >



< 그림 3-2 고속선 및 경부선 KTX운행구간(이중오버랩) 전경 >

라. 호남선 절연구분장치

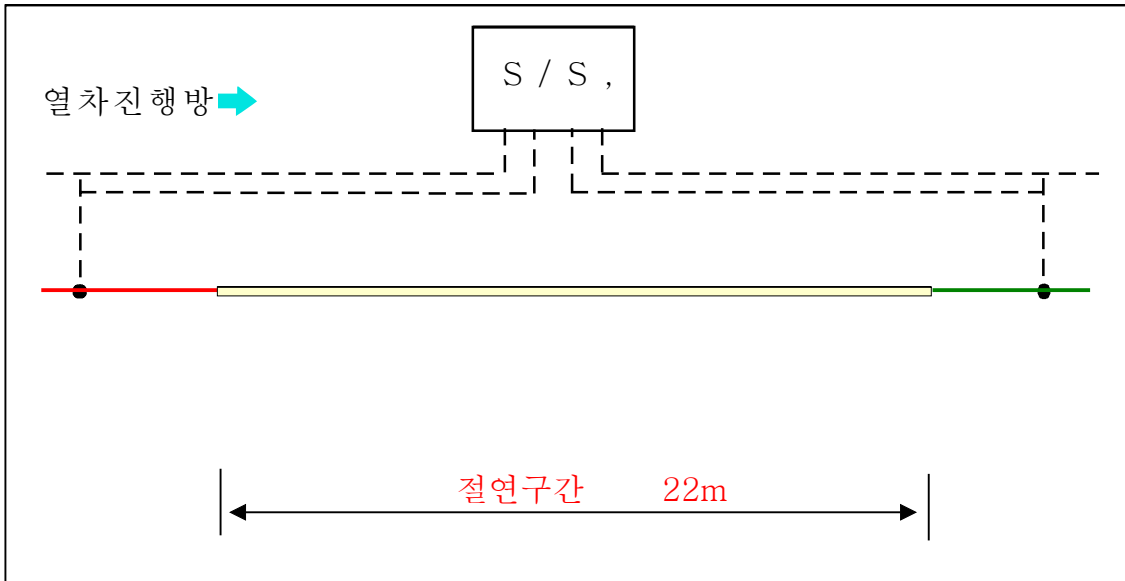


< 그림 3-3 설치 약도 >



< 그림 3-4 호남선구간(PTFE제) >

마. 수도권 및 산업선 절연구분장치



< 그림 3-5 설치 약도 >



< 그림 3-6 수도권구간(FRP 22M 또는 FRP 8M) >

바. 소속별 절연구분장치 설치 현황

구 분	계	선별(SS) 절연구분장치	선별(SP) 절연구분장치	기 타
서울	7		경의(서울×2), 경원(용산×2), 용산삼각(용산×1)	지하서울~남영×2 (교/직)
수도권 북부	3	경원(의정부×2)		망우선×1(성북SSP)
수도권 동부	14	분당(모란×2), 중앙(구리×2,국수×1,구둔×1,원주×1)	중앙(회기×2, 팔당×1(AT/BT), 원덕×1,판대×1)	경원선×2[청량리 SSP(교/직)](지하철)
수도권 서부	17	경부(구로×5) 경인(구로×4,주안×4)	경인(부개×4)	
수도권 남부	20	경부(군포×4,평택×4)	경부(안양×4,수원×4) 안산(금정×2)	과천선×2 선바위SSP(교/직)
충남	2		경부(천안×2)	
대전	20	경부(조치원×2,옥천×2) 호남(계룡×2), 충북(증평×2)	경부(신탄진×2) 호남(조차장×2, 채운×2) 충북(음성×2,오송×1), 오송(오송×2)	대전선×1 (경부/호남 구분)
경북 남부	10	경부(직지사×2,사곡×2)	경부(영동×2,대신×2,지천×2)	
대구	4	경부(경산×2)	경부(청도×2)	
부산	6	경부(밀양×2),가야(가야×2)	경부(물금×2)	
충북	12	중앙(봉양×1,단양×1), 충북(충주×2) 태백[석항×1,증산×1(BT/AT)]	중앙[치악×1,고명×1(BT/AT)] 태백[제천×1(BT/AT),쌍용×1] 충북[봉양×2(BT/AT)]	
경북 북부	3	영동(춘양×1)	중앙(안정×1), 영동(문단×1)	
강원	7	영동[백산×2,고사리(BT/AT)×1,동해×1]	영동[철암×1(BT/AT)나한정×1], 태백(추전×1)	
전북	4	호남(익산×2)	호남(신태인×2)	
광주	11	호남(백양사×2,노안×2,일로×2)	호남(임곡×2,함평×2)	대불선×1 (용포리SSP)
오송	22	고속(안산×2,평택×2,신청주×2, 옥천×2,김천×2)	고속(소하×2,향남×2,용정×2, 회덕×2, 상촌×2,신동×2)	
계	162	교/직 6, 교/교156 (BT/AT 8개소 포함)		

사. 국외 교류·직류(AC/DC) 절연구분장치 설치 현황

구 분		교류방식	직류방식	비 고
국 가	선로명			
프랑스(파리)	RER-B선	AC 25,000V	DC 1,500V	102.7km(지하구간)
스위스(취리히)	CFF	AC 25,000V	DC 1,500V	(지하,지상구간)
일 본	JOBAN선	AC 25,000V	DC 1,500V	우에노~쓰찌우라
	북육본선	AC 25,000V	DC 1,500V	마이바라~쓰루가(지상)
	호 서 선	AC 25,000V	DC 1,500V	永原~近江鹽津(지상)
프랑스(TGV)	동 남 선	AC 25,000V	DC 1,500V	DC 구간 Lyon~Combsla Ville

※ AC, DC 직통운전 : 전기동력차 AC/DC겸용, 접속점에서 절연구분장치 설치

※ AC, AC 운전 : 변전소와 변전소간, 변전소 앞 M,T상간 절연구분장치 설치

## 제 2 절 향후시장 전망

### 1. 국내 전철화 중장기 확충 계획

#### 가. 철도 전철화 계획 근거

- i) 21세기 국가철도망구축 기본계획 (철도청, 1999. 6, 교통개발연구원)
- ii) 국가 기간교통망 계획 (건설교통부, 1999.12)
- iii) 철도 전철망구축 기본계획 수립 (철도청, 2002. 6)
  - 각 분야를 종합한 전철화 Master Plan 수립 용역
- iv) 21세기 국가철도망구축 기본계획 (건교부, 2006. 3, 교통개발연구원 외 3개사)

#### 나. 전철화 중장기 지표

- 21세기 국가철도망구축 기본계획 (2006년)

구 분	2004(A)	2008.1월 현재	2010	2015(B)	비교(B/A)
영업거리 (Km)	3,374.1	<b>3,399.1</b>	3,625.5	3,816.5	1.13
전철화율 (%)	39.8	<b>53.5</b>	66.4	73.1	1.84
복선화율 (%)	38.1	<b>41.3</b>	55.8	64.1	1.69

- 고속철도사업

노 선	사 업 명	사업구간	총사업비 (억원)	연장(Km)	사업기간
경부선	경부고속철도 2단계	대전·대구 도심구간 (43km)	72,599	167.2	'04 ~ 10
		대구 ~ 부산 (124.2km)			
호남선	호남고속철도	오송 ~ 광주 광주 ~ 목포	104,635	230.9	'06 ~ 17

## 2. 세계시장 규모

### 가. 국외 고속철도망 확충 계획

구분	2000년(A)	2010년(B)	B/A
유럽(km)	15,350	41,350	2.69
아시아(km)	2,152.9	4,755.7	2.20
합 계	17,502.9	46,105.7	2.63

※ 근거자료 : 佐藤芳穂産 (1998) “世界の 高速鐵道” P.14와 각국계획 참조

### 나. 국내·외 시장규모

구분	현재의 시장규모 (2008년)	예상 시장규모 (2020년)
세계 시장 규모	40,000억 원	70,890억 원
한국 시장 규모	8)4,860억 원	9)6,810억 원

### 다. 시장참여 전망

지속적으로 성장하는 철도시장에서 현재의 운영기술로 절연구간은 필연적으로 발생하게 되며 철도선진국을 중심으로 최적의 해법을 찾기 위한 노력을 수행중이다. 본 연구과제의 성공적인 종료이후 독자적인 기술 확보가 가능하여, 고속철도 운영기술과 함께 세계시장에 참여하기에 충분한 기술적, 경제적 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 특히 단품단위가 아닌 시스템 단위의 설계 및 적용이 가능하여 전체적인 기반기술의 향상이 예상된다.

8) 산출근거 : 162개소('08년도 기준) × 30억원=4,860억원

9) 산출근거 : 227개소 (2015년도 기준) × 30억원 =6,810억원

## 제 4 장 연구의 목표 및 내용

### 제 1 절 연구의 최종 목표

전기철도시스템의 필수적 설비인 변전소, 구분소 앞에 전차선 절연구간을 전기차량이 통과시 전철급전전원을 정상으로 공급하여 전기차 Notch-On 상태로 통과하므로써 고속철도의 운영 효율과 신뢰성 및 안정성을 높이기 위한 전차선로 절연구간 무접점 자동전원절체-통과시스템 개발을 목표로 하고 있다.

전기철도시스템 전차선 절연구간의 전기차 운전전원을 무정전으로 공급하는 절연구간 복합시스템 기술개발을 목표로 연구를 수행하며, 본 시스템 기술개발은 교류전기철도 방식에서 고속철도 구간에 적용함을 목표로 한다.

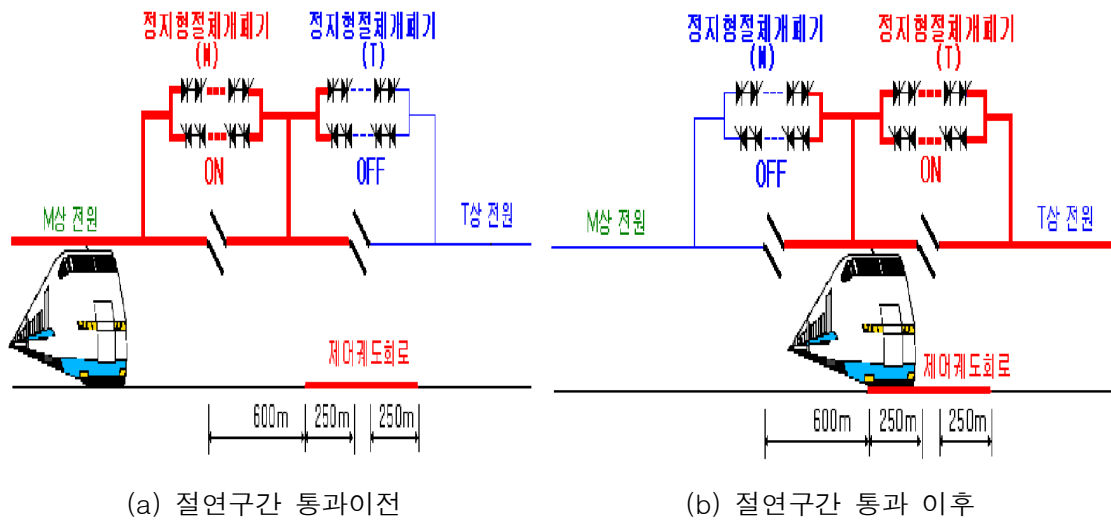


그림4-1 절연구간 무접점 자동전원 절체 통과시스템 개요도

### 제 2 절 연구 목표 및 내용

#### 1. 연구 주요 목표 및 내용

본 연구의 최종 목표인 절연구간 무접점 방식의 자동전원절체-통과 종합시스템 기술 개발을 위해서 다음과 같은 4가지의 목표를 설정하였다.

- 가. 10)개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험 · 평가
- 나. 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석

다. 무접점 자동전원절체 개폐장치(전력전자소자 42KV급) 개발  
 라. 인터페이스장치 개발 및 시스템 종합실증 시험

개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험	시뮬레이션을 통한 개발시스템 검토 분석	무접점 자동전원절체 개폐장치 개발	인터페이스장치 개발 및 시스템 종합 실증시험
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템 요구조건 분석</li> <li>• 시스템 검증용 시뮬레이터 구축 / 실시</li> <li>• 자동 절체 개폐 장치 시제품 인증시험</li> <li>• 시스템 실증시험 인증 방안정립 및 신뢰성평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철도 계통 연계시 시스템 적합성 분석</li> <li>• 인터페이스 및 보호장치를 고려한 시스템 적합성 분석</li> <li>• 실제 고속선 실증 시험장을 고려한 시뮬레이션 구성 및 시스템 적합성 분석</li> <li>• 외란에 의한 시스템 문제점 분석 및 대책 강구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장치사양 설정 및 설계</li> <li>• 축소형 시제품 제작 및 개발</li> <li>• 본 장치 제작 및 개발</li> <li>• 실증 시험을 위한 준비 및 보완</li> <li>• 최종보완 및 본 장치완성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제 연구수행 공정관리 및 지원</li> <li>• 인터페이스(신호/통신) 개발</li> <li>• 종합 실증시험 계획수립 및 인터페이스 장치시험</li> <li>• 종합 실증시험 장치 구축</li> <li>• 종합실증시험 실시</li> </ul>

< 그림 4-2 주요 연구 목표 >

가. 개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험

자동절체개폐 장치를 개발 후 인증시험을 통하여 장비의 성능 평가 및 보완점을 도출하며 실제 철도계통에 절연구간 무접점 자동전원절체-통과시스템 요구조건 분석 및 시스템 설계와 실증시험 평가를 통하여 시스템을 최종적으로 완성시킨다. 이를 위해 우선적으로 자동절체개폐 장치의 성능을 평가하기 위한 절연능력 및 내구성 등 기타 사항에 대한 평가 방법 및 기준을 구상하여야 한다. 또한 시뮬레이터를 구성하여 요구조건을 분석하며 시제품 인증시험을 시행하여야 하며, 최종적으로 실증 시험을 위한 평가기준을 수립하여 시스템의 신뢰성을 평가한다.

10) 개발시스템 : 무접점 자동전원절체 개폐장치 + 인터페이스 장치(열차접근검지장치, 변전시스템 인터록, Scada 등) + 전차선로 절연구분장치를 포함한 종합적인 시스템을 말한다.

< 표 4-1 개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험의 핵심 내용 >

주요 핵심 내용	세부 수행내용
개발시스템 요구조건 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외 시스템 적용사례 조사</li> <li>• 시스템 기본구성(안) 수립_설계</li> <li>• 구성품별 요구사항 제시</li> </ul>
검증용 시뮬레이터 구축 / 실시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검증용 시뮬레이터 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이터 H/W 구축</li> <li>- 검증용 S/W 시스템 알고리즘 개발</li> </ul> </li> <li>• 시뮬레이터를 이용한 시스템 모의시험                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이터를 이용한 모의시험방안 검토</li> <li>- 시스템 모의시험 수행</li> </ul> </li> </ul>
시제품 인증시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시제품 인증기준 수립</li> <li>• 시제품 인증시험 수행</li> </ul>
실증시험 인증 방안 정립 및 신뢰성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증시험 인증방안 정립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 평가 기준 수립</li> </ul> </li> <li>• 실증시험 인증방안 정립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 시험 수행</li> <li>- 신뢰성 향상을 위한 반복시험 수행</li> </ul> </li> </ul>

#### 나. 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석

철연구간 무접점 자동 전원절체-통과 시스템을 철도계통에 연계시 계통에 미치는 영향을 분석을 하기 위해 시스템을 적용한 철도계통을 모델링을 하며 이를 이용하여 문제점을 분석한다. 또한 시스템의 주변 장치까지 고려하여 전체 시스템이 계통에 미치는 영향을 분석하고 문제점 발생시 대책을 강구한다. 또한 실제 설치할 장소의 환경 및 조건 등을 고려하여 실제적인 검토를 실시하고 계통사고 및 외란이 시스템에 미치는 영향을 분석하여 시스템을 보완한다.

< 표 4-2 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석의 핵심 내용 >

주요 핵심 내용	세부 수행내용
철도 계통 연계시 시스템 적합성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템을 적용한 철도계통 모델링 구성</li> <li>• 시스템이 철도 계통에 미치는 영향 분석</li> </ul>
인터페이스 및 보호장치를 고려한 시스템 적합성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주변장치를 고려한 모델링 구성</li> <li>• 시스템 및 주변장치가 철도계통에 미치는 영향 분석</li> </ul>
실제 고속선 실증 시험장을 고려한 시뮬레이션 구성 및 시스템 적합성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실제 고속선 실증 시험장의 조건을 고려한 철도계통 구성</li> <li>• 실제 철도계통 조건을 고려한 시스템 적합성 및 문제점 분석</li> </ul>
외란에 의한 시스템 문제점 분석 및 대책 강구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철도계통 사고가 시스템에 미치는 영향 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 철도계통 사고 모의 실시 및 영향 분석</li> <li>- 문제점 분석 및 대책 강구</li> </ul> </li> <li>• 외란이 시스템에 미치는 영향 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외란 모의 실시 및 영향 분석</li> <li>- 문제점 분석 및 대책 강구</li> </ul> </li> </ul>

#### 다. 무접점 자동전원절체 개폐장치 개발

2006년도 자동절체 스위칭소자 신기술 개발품(25KV)을 활용하여 고속전기철도 급전계통에 적합한 절연구간 무접점 자동전원절체-통과시스템 구성을 위한 자동절체 개폐장치를 개발하고, 자동절체 개폐장치 시제품을 인증 받아 절연구간 무접점 자동전원절체-통과시스템을 최종적으로 실증시험을 통하여 문제점을 보완 개선하여 본 연구의 시스템 기술개발을 성공 한다.

< 표 4-3 무접점 자동전원절체 개폐장치 개발 핵심 내용 >

주요 핵심 내용	세부 수행내용
장치 사양 설정 및 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시방 결정(전압/전류/용량 등)</li> <li>• Stack 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적층 구조</li> <li>- 냉각 구조</li> </ul> </li> <li>• Display 항목, 내용 결정</li> <li>• 보호협조 검토</li> <li>• 통신 내용 결정</li> </ul>
축소형 시제품 제작 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부품 구매</li> <li>• H/W &amp; S/W 설계 및 제작</li> <li>• Stack 제작 및 Panel 총 조립</li> <li>• 절연시험, 동작시험</li> </ul>
본 장치 제작 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부품 구매</li> <li>• H/W &amp; S/W 설계 및 제작</li> <li>• Stack 제작 및 Panel 총 조립</li> <li>• 절연시험, 동작 시험</li> </ul>
실증 시험을 위한 준비 및 보완	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 장치 현장 설치</li> <li>• 문제점 분석 및 보완</li> </ul>
최종 보완 및 본 장치 완성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신뢰성 시험</li> <li>• 문제점 분석 및 보완</li> </ul>

#### 라. 인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험

원활한 과제수행을 위한 세부과제별 공정관리와 지원 업무를 수행하며, 열차속도 및 위치 검지장치는 안전성을 확보하도록 3중화(GPS, 적외선 검지, 궤도회로 등) 장치로 개발하여 검증시험 절차를 득한 후 실증시험을 위한 설비를 구축한다. 실증시험은 호남선고속철도 시험선을 활용하여 추진하거나 또는 경부고속철도 구간을 대상으로 검토하여 시험절차서 마련 등 종합실증시험 계획을 수립하

고 관계기관과 협의하여 시행 한다.

실증시험 요구조건에 맞도록 전차선로 절연구분장치를 시험구간에 개량하여 구축하여야 하며, 변전소에 자동절체장치를 설치하고 열차검지장치 및 변전설비 차단기보호 인터록, SCADA시스템 등 인터페이스 장치를 구축한다. 특히, 전차선로 절연구분장치에 연계되어 있는 자동장력조정 기능 진단과 본 연구 개발시스템의 종합적인 자가진단 기능을 구현 할 수 있어야 한다.

종합 실증시험을 평가기준에 적합할 때 까지 반복 시행하여 절연구간 무접점 전원절체-통과시스템 개발품에 대한 보완점 도출 및 신뢰도 평가를 수행한다. 또한 개발 시스템의 운영 및 유지보수 매뉴얼을 개발한다.

< 표 4-4 인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험의 핵심 내용 >

주요 핵심 내용	세부 수행내용
과제 연구수행 공정관리 및 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구과제 주관기관으로서 세부추진 과제 연구수행공정관리 및 지원</li> </ul>
인터페이스(변전,전차선,신호,차량) 장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차검지장치 기술개발</li> <li>변전설비,전차선 장력, SCADA 등 기술개발</li> <li>외부 서지 방호설비 기술개발</li> </ul>
종합 실증시험 계획수립 및 인터페이스 장치시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>고속선 실증시험 장소선정 및 시험 방법 수립 승인</li> <li>종합실증시험 절차서 개발</li> <li>인터페이스장치 현장 시험</li> </ul>
종합 실증시험 장치 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>변전소 절연구간 개량</li> <li>인터페이스 장치 구축</li> </ul>
종합실증시험 실시	<ul style="list-style-type: none"> <li>종합실증시험 협의 및 실시</li> <li>시스템 운영/유지보수 매뉴얼 개발</li> </ul>

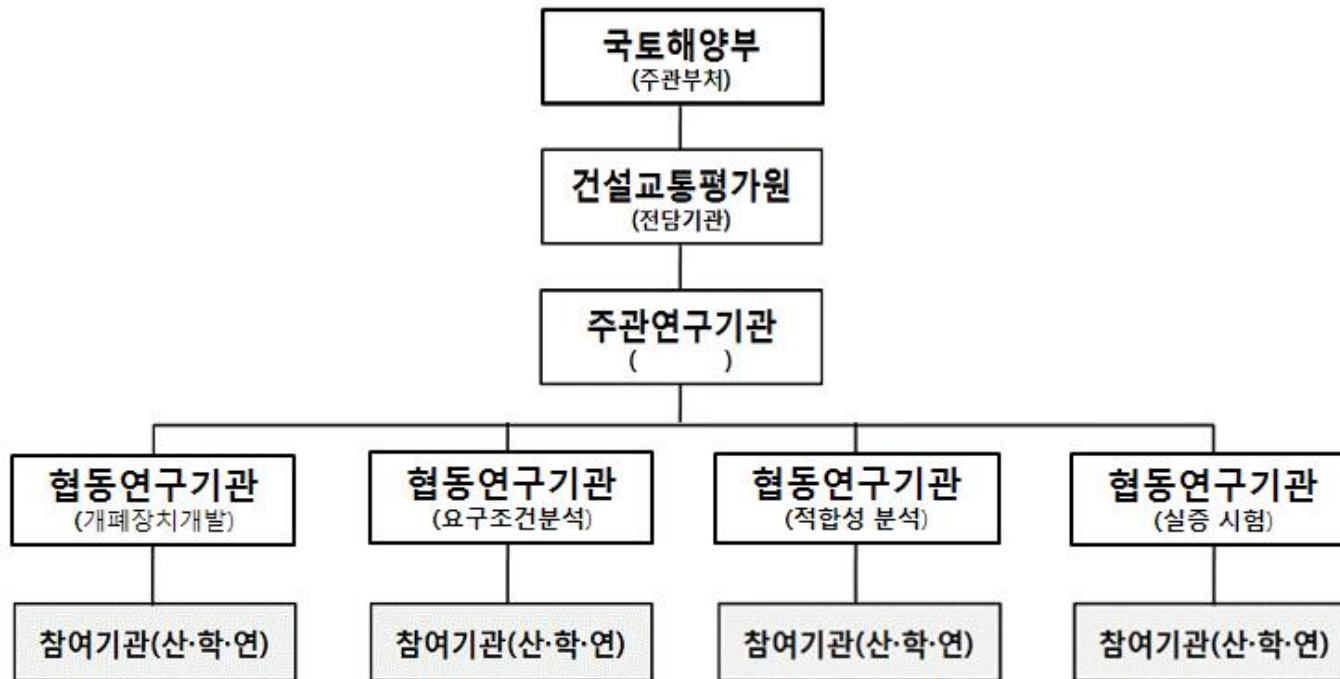
## 2. 기존연구의 연계활용 방안

철연구간 무접점 전원절체-통과시스템은 단품의 형태가 아닌 시스템으로서 각 분야별, 부품별 인터페이스 기술이 과업의 성공을 좌우하는 중요 요소가 된다. 국내의 경우 2006년 자동전원절체통과 시스템의 주요부품인 25kV급 전력전자소자를 개발하여 핵심기술을 확보하였으며 본 과제를 통하여 시스템 형태로 발전 활용할 계획이다. 또한 열차 검지 및 제어 기술의 경우 현재의 검지방식인 궤도 회로를 활용하는 기술을 기본으로 하여 GPS, 적외선 검지 방식을 추가 도입 예정이다.

## 제 5 장 연구 기간 및 추진 체계

### 제 1 절 총 연구 기간 및 추진 체계

총 연구기간은 4년으로 연구 수행 추진 체계는 그림5-1과 같이 4개의 협동연구기관으로 되어있다.



< 그림 5-1 연구수행 추진 체계 >

## 1. 연차별 연구내용

### 가. 1차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 자료수집</li> <li>- 전력전자 소자</li> <li>- 운영 사례 및 데이터</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 절연구간 절체 스위칭소자 자료 조사</li> <li>▫ 선진국 운영사례 및 운영 데이터 수집</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 사용자 및 시스템 요구조건 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 유지보수 측면에서의 요구조건 분석</li> <li>▫ 성능 측면에서의 요구조건 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 절체 속도, 절체 안정성 향상 방안</li> </ul> </li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유지보수 관련</li> <li>- 기존제품과 비교</li> <li>- 호환성 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 기존제품과 개발품의 유지보수 항목 비교</li> <li>▫ 기존제품과 개발품의 호환성 검토</li> <li>▫ 유지보수 비용(LCC) 검토</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 핵심부품 및 개폐장치 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 개발품에 대한 분석</li> <li>▫ 제작규격서 검토, 시험절차서 검토</li> <li>▫ 구성품 상세설계</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 장치별 인터페이스 설계 및 상세 스펙작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 개발품별 상호 입출력 I/O 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 변전, 전차선, 신호, 차량 각 분야</li> </ul> </li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 연차보고서 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 1차년도 연구성과 보고서 작성</li> </ul>

### 나. 2차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 축소형 시작품 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 핵심부품, 축소형시작품 제작</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 핵심부품 개발 제작 인증시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 핵심 부품별 개발 제작</li> <li>▫ 성능검증 및 인증시험</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개발품간 인터페이스 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 개발 제품 간 인터페이스 공장시험</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시뮬레이션 모델제작 및 모의시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 시뮬레이션 모델 제작</li> <li>▫ 모의시험</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유지보수 항목관리 절차서 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 개발품에 대한 유지보수 절차서 작성</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 연차보고서 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 2차년도 연구성과 보고서 작성</li> </ul>

#### 다. 3차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	■ 통합 인터페이스 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 각 구성품 상호 연결</li> <li>▫ 핵심 부품간 통합 인터페이스 시험</li> <li>▫ Trouble shooting DB 작성</li> </ul>
2	■ 실증시험 요구조건 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 현장설치 요구사항 분석</li> <li>▫ 현장설치 시험방안 협의</li> <li>▫ 비상대응 체계 구축</li> <li>▫ 시험장 상세 설계</li> </ul>
3	■ 실증시험장 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 실증시험 매뉴얼 제작</li> <li>▫ 최적안 도출을 통한 시험장 구축</li> </ul>
4	■ 연차보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 3차년도 연구성과 보고서 작성</li> </ul>

#### 라. 4차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	■ 종합 실증시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 실 상용노선 열차 운행 중 성능시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 속도 단계별, 부품기능 단계별 확인</li> <li>- 보호설비 작동여부 확인</li> </ul> </li> </ul>
2	■ 신뢰성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 운영데이터 축적</li> <li>▫ 신뢰성 구축</li> </ul>
3	■ 연차보고서 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 4차년도 연구성과 보고서 작성</li> <li>▫ 개발과제 완료보고서 작성</li> </ul>

### 2. 개발품의 성능검증

본 시스템은 이상전원을 순간 절체하여 열차에 지속적인 전력 공급하여야 하므로 소 결함에도 운영상 대형사고로 연결될 수 있는 가능성이 있는 과제로서 신뢰성 검증은 필수사항이다. 따라서 제품의 기능구현보다는 신뢰성 입증에 최우선으로 하며, 안전을 위한 시스템적 측면의 인터록 설계가 종합적으로 적용될 것이다. 또한 시험도중 일부기능이 정상적이지 못할 때에는 Fail Safe 개념을 도입하여 운영상의 작은 오류도 예방할 예정이다.

단품단위의 성능보다는 시스템적인 측면에서 복합적인 운영이 필수로서 개발품간의 시스템 인터페이스 성능검증에 주력할 계획이다.

## 제 2 절 과제 세부별 기간 및 추진체계

### 1. 연차별 주요연구 추진일정

번호	연구내용	추진 일정																비고
		1차년도 (2009년)				2차년도 (2010년)				3차년도 (2011년)				4차년도 (2012년)				
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	
1	시스템 요구조건 분석 및 기존품 호환성비교	■	■															
2	핵심부품 및 인터페이스 설계			■	■													
3	축소형시제품 제작					■	■	■	■									
4	핵심부품 개발 제작 및 인증시험						■	■	■									
5	시뮬레이션 모델제작 및 모의시험						■	■	■									
6	통합인터페이스 시험									■	■	■	■					
7	시험요구조건분석 및 시험장 구축									■	■	■	■					
8	종합실증시험													■	■	■	■	
9	신뢰성 평가 및 검증														■	■	■	

2. 항목별 주요연구 추진계획

가. 개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험

< 표 5-1 개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험 세부 연구기간 >

연구내용		년도				비중 (%)
		1차 ('09)	2차 ('10)	3차 ('11)	4차 ('12)	
개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험	개발시스템 요구조건 분석	■				20%
	검증용 시뮬레이터 구축		■			20%
	시뮬레이터를 이용한 개발시스템 모의시험 실시			■		20%
	시제품 인증기준 수립			■		20%
	시제품 인증시험 실시			■		20%
	실증시험 인증 방안 정립				■	20%
	개발시스템 실증시험 실시 및 신뢰성 평가				■	20%

나. 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석

< 표 5-2 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석의 세부 연구기간 >

연구내용		년도			
		1차 (‘09)	2차 (‘10)	3차 (‘11)	4차 (‘12)
시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석	철도 계통 연계시 시스템 적합성 분석	■			
	인터페이스 및 보호장치를 고려한 시스템 적합성 분석		■	■	
	실제 실증 시험장을 고려한 시뮬레이션 구성 및 시스템 적합성 분석			■	■
	계통사고 및 외란에 의한 시스템 문제점 분석 및 대책 강구				■

다. 무접점 자동전원절체 개폐장치 개발

< 표 5-3 무접점 자동전원절체 개폐장치 개발 세부 연구기간 >

연구내용		년도				비중 (%)
		1차 (‘09)	2차 (‘10)	3차 (‘11)	4차 (‘12)	
무접점 자동전원 절체 개폐장치 개발	장치 사양 설정 및 설계	■				5%
	축소형 시제품 제작 및 개발		■			20%
	본 장치 제작 및 개발 (인증시험)			■		35%
	본 장치 현장 실증시험 (고속철도)				■	35%
	최종 보완 및 시험평가				■	5%

라. 인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험

< 표 5-4 인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험 세부 연구기간 >

연구내용		년도	1차	2차	3차	4차	비중 (%)
			('09)	('10)	('11)	('12)	
과제 공정관리 및 시스템 종합 실증시험	과제 연구수행 공정관리 및 지원		■	■	■	■	10%
	인터페이스(변전/전차선/신호 /차량) 개발		■	■			20%
	종합실증시험 계획수립 및 인터페이스 장치 시험				■		10%
	종합 실증시험장치 구축				■	■	30%
	종합실증시험 협의 및 실시					■	30%

## 제 6 장 소요 인력 및 예산 분석

### 제 1 절 총 소요예산 인력 추정

#### 1. 연구내용별 투입 연구 인력

(단위: Man-Year)

과제 연구내용	합 계
○ 개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험	9
- 종합시스템요구조건 분석	0.5
- 종합시스템검증용 시뮬레이터 구축	1.5
- 시뮬레이터를 이용한 시스템 모의 시험 실시	0.5
- 자동 절체 개폐 장치 시제품 인증기준 수립	1.5
- 자동 절체 개폐 장치 시제품 인증시험 실시	1
- 종합시스템 실증시험 인증 방안 정립	2
- 종합시스템 실증시험 실시 및 신뢰성 평가	2
○ 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석	5
- 철도 계통 연계시 시스템 적합성 분석	2
- 인터페이스 및 보호장치를 고려한 시스템 적합성 분석	1
- 실제 실증 시험장을 고려한 시뮬레이션 구성 및 시스템 적합성 분석	1
- 계통사고 및 외란에 의한 시스템 문제점 분석 및 대책 강구	1
○ 무접점 자동전원절체 개폐장치 개발	11
- 장치 시방 결정 및 설계	1
- 축소형 시제품 개발, 제작 및 시험	2
- 본 장치(고속철도용) 개발, 제작 및 시험	6
- 고속철도용 본 장치 현장 설치 및 시험	2
○ 인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험	18
- 과제 연구수행 공정관리 및 지원	0.5
- 인터페이스(변전/전차선/신호/차량) 개발	1.5
- 종합실증시험 계획수립 및 인터페이스 장치 시험	3
- 종합 실증시험장치 구축	7
- 종합실증시험 협의 및 실시	6
합계	43

## 2. 소요 연구인력 현황

본 과제를 실시하기 위해서는 크게 7개 분야의 전문가가 필요하다 첫 번째는 프로그램 및 시뮬레이션 분야로 시뮬레이션을 통해서 개발할 시스템에 대해 검증 및 문제점을 파악하기 위한 인원이며 이 연구 인력은 전력전자 스위칭에 대한 지식과 철도계통에 대한 지식이 있는 자가 적합하다. 다음은 스위칭 개발을 위한 설계 및 제조자를 말하며 세 번째는 개발할 시스템의 인증 기준 및 성능을 인증해 주기 위해서 필요하며 시뮬레이터 분야는 인증 기준을 세우기전 가상으로 소형 시스템을 시뮬레이션을 하기 위해서 필요하다. 철도 전기 및 신호 설비 그리고 철도 설비 분야의 전문 인력들은 실제 시험장을 구축하기 위해 필요한 연구 인력이다.

< 표 6-1 분야별 필요 연구인력 현황 >

	분야	필요 연구인력 (Man-Year)
1	프로그래밍분야 및 시뮬레이션 분야	2
2	스위칭 개발 분야	6.6
3	인증 시험 분야	2
4	시뮬레이터 분야	2
5	철도 전기 및 신호설비 분야	6
6	철도 설비 분야	4.5

## 제 2 절 소요 예산 예산 산출

본 기술개발과제의 주요한 연구개발은 첫째 개발 시스템의 현장구축 및 시험수행이고 둘째 무접점 절체통과 스위칭소자와 이에 따른 각종 인터페이스 기술 및 개발품의 유지보수이다.

따라서 이에 소요되는 주요 예산은 인건비와 시제품 재료비(시험선로 구축)가 가장 큰 비중을 차지할 것이며 이외에 연구용 재료비(시작품 제작비, 연구기자재비 등)가 크게 발생될 것으로 예상된다. 인건비의 경우 실제 노선에 시스템을 구축해야 하므로 연구인건비를 포함하여 설치를 위한 인건비용이 약 2,150백만원 발생할 것으로 보이며, 실 구축물의 재료비가 1,965백만원으로 뒤를 이을 것으로 예상된다. 제품 제작의 경우 일부 부품들은 해외 수입이 불가피 하며 또한 개발품은 안정성 확보를 위한 성능검증이 매우 중요하므로 예산을 적절히 배분하여 활용할 계획이다. 연구 직접 활동비(여비, 수용비, 기술정보 활동비 등)는 투입 인력 1인당 2,000천원이 소요 예상되어 860백만원, 인건비는 기업기준으로 평균 연봉 50,000천원 투입인원 43명, 기준으로 예상하고 간접경비 역시 기업기준으로 약 30%를 적용하여 총 6,820백만원이 예상된다.

주요 소요예산 내용	소요예산 판단(백만원)		
	산출내역	금 액	백분율(%)
시제품 재료비	1식	1,965	29
연구용 재료비/전자 소모품	300/년 × 4년	1,200	18
연구 직접 활동비	43인 × 20/인	860	13
인건비	43인 × 50/인	2,150	31
간접 경비	인건비 × 30%	645	9
합 계		6,820	100

## 1. 과제별 및 연도별 총 예산

(단위: 백만원)

연구과제	1차 (‘09)	2차 (‘10)	3차 (‘11)	4차 (‘12)	합 계
개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험	200	400	400	300	1,300
시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토	50	60	50	50	210
무접점 자동전원절체 개폐장치 개발	200	770	1030	490	2,490
인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험	250	650	1040	880	2,820
합 계	700	1,880	2,520	1,720	6,820

## 2. 과제별 및 연차별 정부 및 민간 분담금

- 정부출연금 : 5,115백만원
- 민간분담금 : 1,705백만원

(단위: 백만원)

연구과제별	1차(‘09)		2차(‘10)		3차(‘11)		4차(‘12)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험	200	0	400	0	400	0	300	0	1300	0
시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토	50	0	60	0	50	0	50	0	210	0
무접점 자동전원절체 개폐장치 개발	125	75	600	170	720	310	340	150	1785	705
인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험	150	100	350	300	720	320	600	280	1820	1000
합 계	525	175	1,410	470	1,890	630	1,290	430	5,115	1,705

### 3. 과제 상세 소요 예산

(단위: 백만원)

과제 연구내용	합 계
○ 개발시스템 요구조건 분석 및 인증시험	1,300
- 종합시스템요구조건 분석	100
- 종합시스템검증용 시뮬레이터 구축	200
- 시뮬레이터를 이용한 시스템 모의 시험 실시	200
- 자동 절체 개폐 장치 시제품 인증기준 수립	100
- 자동 절체 개폐 장치 시제품 인증시험 실시	100
- 종합시스템 실증시험 인증 방안 정립	300
- 종합시스템 실증시험 실시 및 신뢰성 평가	300
○ 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석	210
- 철도 계통 연계시 시스템 적합성 분석	500
- 인터페이스 및 보호장치를 고려한 시스템 적합성 분석	600
- 실제 실증 시험장을 고려한 시뮬레이션 구성 및 시스템 적합성 분석	500
- 계통사고 및 외란에 의한 시스템 문제점 분석 및 대책 강구	500
○ 무접점 자동전원절체 개폐장치 개발	2,490
- 장치 시방 결정 및 설계	300
- 축소형 시제품 개발, 제작 및 시험	500
- 본 장치(고속 철도용) 개발, 제작 및 시험	1,200
- 고속 철도용 본 장치 현장 설치 및 시험	490
○ 인터페이스 장치 개발 및 시스템 종합 실증시험	2,820
- 과제 연구수행 공정관리 및 지원	100
- 인터페이스(신호/통신) 개발	300
- 종합실증시험 계획수립 및 인터페이스 장치 시험	200
- 종합 실증시험장치 구축	2,120
- 종합 실증시험 협의 및 실시	100
합 계	6,820

## 제 7 장 기대효과

### 가. 기술적 효과

- 고속선 절연구간에 고속열차(KTX)가 주동력으로 역행 운전하여 속도향상 및 고객편익 제공
- 고속열차(KTX) 주회로 차단기(MCB) 개폐조작 횟수 감소로 KTX차량 성능 개선과 유지보수 비용 절감 (일반철도 확대 적용 가능)
- 고속철도 기술력 향상과 경쟁력 확보로 해외시장 진출 기회 마련
- 이상전압 발생 등으로 변전기기고장을 일으킬 수 있는 전철시스템의 불안정 현상 해소

### 나. 경제적 효과

- 코레일 관내 절연구분장치(FRP기준) 162개소이며 개소별 평균 11EA가 외 제품(스위스 등에서 수입 의존)으로 설치되어 향후 대체 물량과 전철화에 따른 추가설치 비용 및 유지보수비용의 절감 효과가 있음.
  - 기존 총수량 : 162개소 × 11EA = 1,782EA @300만원
  - 기존대체비용 : 1,782EA × 300만원 = 5,346백만원 × 1.5보수 = 80억원
  - 추가설치비용 : 현재 전철화율 53% 향후 100%기준으로 80억원 소요
  - 총 비용절감 : 160억원 추정
- 세계 총 전철화 구간은 국내규모의 143배인 260,118km로서 국제시장 규모는 22,800억원 추정
- 절연구간 전기차량 Notch-off 취급 통계를 살펴보면, 고속철도(KTX) 및 일반철도(새마을,무궁화), 수도권 광역전철 운행에 있어 전차선로 절연구간 통과시 전기차 주회로차단기(MCB)를 투입/개방 조작(North-on/ off 취급)을 연간 약 400만회 정도 차단기를 동작시킴(코레일 기준)
- 이에, 차단기 유지보수 관리에 필요한 비용이 연간 6억의 절감효과가 예상됨. (연간 400만회/차단기 교체수명 20만회×30백만원=600백만원)

노선별	절연구간	Notch-off/on취급	기사
경부선 (KTX)	18개소	1,892회	
호남선 (KTX)	19개소	630회	
경부선 (새마을/무궁화)	19개소	502회	
호남선 (새마을/무궁화)	19개소	344회	
충북선 (새마을/무궁화)	12개소	136회	
산업선 (새마을/무궁화)	18개소	268회	중앙선,대백선,영동선
산업선/충북선 (화물)	17개소	715회	
수도권 (경인선)	64개소	6,201회	
<b>합 계</b>	<b>186개소</b>	<b>10,688회</b>	

## 제 8 장 참고문헌

- [1] 산일전기 주식회사 “스위칭소자에 관한 구매조건부신제품개발사업 최종보고서”, 2006. 6. 27.
- [2] 김인철, “전기철도 절연구분장치와 팬터그래프 인터페이스 최적화에 관한 연구”, 서울산업대학교 석사학위논문, 2002.
- [3] 국토해양부, “교통안전연차보고”, 2007
- [4] 백광선, 이강원, 은정근, 이광국 “도시철도차량 교직 절연구간 안전운행을 위한 방안 연구”, 2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007. 7.
- [5] 한국철도공사 “R&D 사업 추진 계획서” 2007. 10.
- [6] 백종현, 김용규, 류상환 “기존선 고속화를 위한 신호보안체계” 한국철도기술 9,10월호, 2006. 10.
- [7] 최규형, “전기철도 교/직 절연구분장치의 절연열화 현상” 대한전기학회논문지 52B권, 2003.1.
- [8] 최규형, 이기원, “Closed Type 절연구분장치 적용에 관한 연구” 한국철도학회 2002년 춘계학술대회 논문집, 2002. 5.
- [9] 철도청 “2002년도 철도 사고 관련 분석 보고서” 2003.2
- [10] 김시구, “전기 철도 절연구분장치의 효율적 운용에 관한 연구”, 충남대학교 산업대학원 석사학위논문, 2001.
- [11] 안영훈, 강창호 “최대 200km/h로 속도 향상된 Catenary system에 적용한 절연구분장치” 2003년도 한국철도학회 추계학술대회 2003.10
- [12] 박영, 권삼영 “전차선로집전 연구개발 동향” 철도웹진 51호, 한국철도기술 2005년 1월, 2월 호
- [13] 한문섭, “절연구간 자동통과장치” 철도웹진 56호, 한국철도기술 2005년 11월, 12월 호
- [14] “전기업무자료 제15호” 2008년 한국철도공사 전기기술단

**【별첨 RFP】**

연구과제명	절연구간 무접점 자동전원 절체 통과 시스템 기술개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 절연구간 무접점 자동 전원절체-통과 시스템 요구조건 분석</li> <li>○ 무접점 자동전원절체 개폐장치(전력전자소자 42kV급) 및 핵심부품 개발 및 시험 평가</li> <li>○ 시뮬레이션을 통한 시스템 적합성 검토 분석</li> <li>○ 시스템 상호간(변전, 전차선, 신호, 차량) 인터페이스 기술 개발</li> <li>○ 개발 시스템 현장 구축 및 종합실증 시험 평가</li> </ul>
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<div data-bbox="268 954 456 1037" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기차량의 절연구간(Dead Section) 통과 시 아크 발생으로 인해 전차선과 팬터그래프의 손상 및 정전사고 등을 발생시켜 작게는 열차운행 정지, 크게는 열차대형 참사의 유발이 가능함.</li> <li>○ 또한 Notch-Off상태에서 타행운전으로 통과하고 있어 열차속도의 감소와 차량내부 전력설비의 수명 단축의 원인이 됨. 따라서 열차의 안전성 확보와 속도 향상을 위해 연속적인 전원 공급이 필요함.</li> <li>○ 일본을 비롯한 유럽 여러 국가에서는 절연구간에서 발생하는 문제점을 해결하기 위해 전력전자 소자를 이용한 무접점 자동전원절체-통과시스템 기술개발 연구를 적극 추진하고 있으며, 우리나라 또한 전력전자 요소기술을 융합한 기술개발의 적극적 연구가 절실히 요구되어지고 있는 실정임.</li> <li>○ 본 연구 성과를 표준화하여 향후 건설되는 고속선 등에 적용 할 경우 고속선의 운행 효율향상과 함께 전기철도 급전시스템 안정화에 기여할 것으로 기대함.</li> </ul> <div data-bbox="268 1753 432 1792" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> 기술동향         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 절연구간이 열차운행에 미치는 요인을 최소화하기 위해 FRP, PTFE, 이중 절연구분장치 등 다양한 형태의 섹션이 각 각 일본, 러시아, 프랑스 등에서 적용되어 활용중이며, 국내 고속선 구간에서는 이중 절연구분 장치가 활용중임.</li> </ul>

- 절연구간에 연속적인 전력공급을 통한 시스템 안정성 및 속도향상을 위하여 일본 및 프랑스에서는 무접점개폐기를 이용한 지속적인 전력공급이 가능한 시스템을 구축하여 시험을 수행한바 있으며, 실 운영 노선에서 투입운영을 목표로 하고 있음.
- 국내의 경우도 2006년 자동전원절체통과 시스템의 핵심부품인 전력전자소자를 개발하여 핵심기술을 확보하였으나 실제 노선에 적용을 위한 실용화 부분은 검토되지 않아 시스템적인 접근이 요구됨.
- 분야별 기술수준(추정)

분 야	내 용	국내기술수준	
		현재	과업종료시
송변전	열차정보 제어로직 작성 (인터록, 이중화, 안정성확보 방안) 변전소내 시스템 구축	80%	100%
전차선	전차선로 설계 및 시공 (자동전원 절체 통과 시스템 구축)	80%	100%
신호제어	열차검지 시스템 구축 열차위치 정보 전송 기존신호 시스템과의 인터페이스	80%	100%
시스템 엔지니어링	분야별 통합 및 인터페이스	70%	95%
핵심부품	핵심부품 개발 (42kV급 전력전자소자 외)	80%	90%
시뮬레이션 기법	정상상태 및 과도상태 시스템 해석 기법	80%	95%
신뢰성검증	시스템 RAMS 활동, 시스템 시뮬레이션	60%	80%

### 3. 연구개발내용

- 1차년도
  - 시스템 요구조건 분석 및 핵심부품 설계
    - 시스템 요구조건 분석
    - 시스템 적합성 분석
    - 무접점 자동전원절체 핵심부품 및 개폐장치 설계
    - 장치별(변전, 전차선, 신호, 차량) 인터페이스 설계 및 상세사양 작성
- 2차년도
  - 인터페이스 장치 등 핵심부품 개발 및 모의시험
    - 축소형 시제품 제작 및 분석
    - 분야별 인터페이스 장치 등 핵심부품 개발 제작 및 인증시험

- 인터페이스 및 보호 장치를 고려한 종합시스템 요구사항 분석
- 시뮬레이션 모델제작 및 모의시험

○ 3차년도

- 시스템 시험계획 수립 및 시험장 인프라 구축

- 장치별 통합 및 시스템 인터페이스 종합 성능 기술 분석
- 실증 시험장 요구조건 분석 및 실증시험 계획 수립  
(무접점 개폐장치, 구분장치, 인터페이스장치, 보호설비 등)
- 실증시험 매뉴얼 작성 및 실증시험장 구축

○ 4차년도

- 종합실증시험 및 신뢰성 평가

- 종합실증 시험 실시
  - 고속선 구간에서 속도별(단계별) 실증시험
  - 시험 중 시스템 보완 및 안전성 확보
- 종합 시스템 신뢰성 평가

**4. 연구개발 추진방법**

□ 추진전략

- 해외사례의 지속적인 벤치마킹을 통한 리스크 최소화 및 개발된 국내 기술의 최대한 활용으로 연구개발 기간 단축.
- 연구비용의 효율적 집행을 위하여 시뮬레이션 검증작업을 정밀하게 시행하고 축소형 시제품의 사전 시험을 통하여 신뢰성을 검증 종합시스템의 성능 확인 시 운행노선에 장애요소가 발생치 않도록 2중, 3중의 안전장치를 시스템적으로 설계하여 적용.
- 1차년도에는 요구조건 분석을 통한 핵심 부품의 설계와 단품단위의 인터페이스를 진행하고 2차년도에는 본격적인 핵심부품제작과 단품기반의 성능 인증을 통한 신뢰성 확보를 수행, 동시에 시스템 단위의 평가를 위한 요구사항을 분석하고 3차년도에는 장치별 통합 및 인터페이스 시험과 종합실증 시험요구조건과 계획 수립에 이은 시험장을 구축. 최종 4차년도에는 종합실증시험을 지속적으로 수행하여 개발 시스템의 안정성 향상에 기여.
- 시스템의 성공적인 개발을 위해서는 산, 학, 연의 다양한 연구 인력이 참여하는 조직구성이 요구되고 분야별 역할수행이 필요.

○ 일반과제로 추진함.

추진체계 ○ 산·학·연 공동연구를 통한 개발을 실시하되, 개발의 효율화 및 실용화를 위하여 운영기관이 참여하는 것이 바람직함.

**5. 최종성과물**

주요 ○ 정량적 성과

최종성과물 - 무접점 자동 절원절체 설치 및 실증시험 인프라 구축

- 전력전자 핵심소자(42kV) 및 異相 전원 제어용 소프트웨어 개발

- 시뮬레이션 모델 및 유지보수·운영메뉴얼 개발

○ 정성적 성과

- 고속전차선로 운영 안정성 향상 및 유지보수 비용 절감

**6. 사업기간 및 소요예산**

○ 사업기간 : 2009. 7. ~ 2013. 6 (4년)

- 1차년도 사업기간 : 2009. 7. ~ 2010. 6 (12개월)

○ 사업예산

- 당해 연도 사업비 : 정부 525백만원

- 총사업비 : 정부 5,115백만원

※ 상기 예산은 정부예산 사정에 따라 조정될 수 있음.

**7. 기 타**

○ 2차년도 이후 예산은 예산반영 및 평가에 따라 변경 될 수 있음

○ 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨.

### 주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술 연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311  
한국철도공사 TEL 042)609-3796

### R&D / 08 미래철도 기획A01-3

철연구간 무접점 자동 전원 절체-통과 시스템 기술개발  
기획연구 최종보고서

- 발행일 / 2008. 11.
- 발행처 / 한국철도공사  
대전시 서구 둔산동 920 정부대전청사 2동 1606호  
TEL : 042-609-3796(대)
- 인쇄처 / 천호기획