

15TBIP-
C093217
-01

도시철도 급전변전소 전자식 PT 내장한
25kA 인출형 고체절연개폐장치 개발
최종 보고서

(2016) 국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원
창
업
사
업
화
지
원
센
터

국토교통부 R&D Report

보안과제(), 일반과제(○) / 공개(), 비공개()
기술사업화지원 사업 제1차년도 최종보고서

R&D / 15TBIP-
C093217-01

도시철도 급전변전소 전자식 PT 내장한 25kA 인출형 고체절연개폐장치 개발 최종 보고서

2016 . 07 . 07 .

주관연구기관 / 인텍전기전자(주)
협동연구기관 /

국토교통부

국토교통과학기술진흥원장

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 보고서를 “도시철도 급전변전소 전자식 PT내장한 25kA 인출형 고체절연개폐장치 개발”(개발기간 : 2015 . 04 . ~ 2016 . 04 .)과제의 최종보고서로 5부를 제출합니다.

2016 . 07 . 07 .

주관연구기관명 : 인텍전기전자(주) (대표자) 고인석



협동연구기관명 : (대표자) (인)

참여기관명 : (대표자) (인)

주관연구책임자 : 김 종 우



협동연구책임자 :

참여기관책임자 :

「국가연구개발사업의 관리등에 관한 규정」 제18조 및 「국토교통부 소관
연구개발사업 운영규정」 제38조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	15TBIP-C09 3217-01	해 당 단 계 연 구 기 간	20150427~ 20160426	단 계 구 분	(1) / (1)
연 구 사 업 명	중 사 업 명	국토교통기술사업화지원			
	세부 사업명	중소기업 보유기술 사업화 분야			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	도시철도 급전변전소 전자식 PT내장한 25kA 인출형 고체절연 개폐장치 개발			
	세부 과제명	도시철도 급전변전소 전자식 PT내장한 25kA 인출형 고체절연 개폐장치 개발			
연 구 책 임 자	김종우	해당단계 참 여 연구원 수	총: 15명 내부: 15명 외부: 명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 393,000천원 민간: 262,000천원 계: 655,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 15명 내부: 15명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 393,000천원 민간: 262,000천원 계: 655,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	인텍전기전자(주) 신전력시스템 연구소			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자:	
요약 : [도시철도 급전변전소 전자식 PT내장한 25kA 인출형 고체절연 개폐장치 개발] ○ 환경 친화형 고체절연 인출형 차단기 개발 ○ 인출차단기 수납형 고체절연 배전반 개발 ○ 고체절연 단로기 접지 3단 스위치 개발 ○ 전자식 PT 개발 및 보호계전기 개발				보고서 면수 : 139	

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	■ 도시철도 급전변전소 전자식 전압 계측장치(PT) 내장한 25kA 인출형 고체절연 특고압 개폐장치 개발 ○ 고체절연 인출형 차단기 개발 ○ 인출차단기 수납형 고체절연 배전반 개발 ○ 고체절연 단로기 접지 3단 스위치 개발 ○ 전자식 PT 개발 및 보호계전기 개발				
연구개발성과	■ 기술적 개발성과 ○ 기존 고체절연배전반의 업그레이드에 따른 문제점 개선 · 운용관리가 편리해짐 · 유지보수가 수월해짐 · 사고대처 능력이 향상됨 ○ 인출형 고체절연개폐장치 Know-how 기술 향상 ○ 전자식 PT 및 보호계전기 기술 확보로 기존 PT 고장에 따른 문제 해결 ■ 사회 · 경제적 파급효과 ○ 제품의 신뢰도 향상에 따른 소비자에 양질의 전력 공급, 만족도 향상 ○ 사고 또는 내부고장시 이에 따른 정전시간 대폭 축소로 승객 편의 향상 및 경제성 향상 ○ 제품의 설치, 운용 및 유지보수 비용절감 가능 ○ 앞선 기술의 경쟁력 있는 제품 개발로 수입대체 효과 및 해외 진출에 따른 외화수익 창출				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	■ 도시철도변전실에 적용 ■ 도시철도전기실 및 광역 철도전기실 ■ 대용량 산업체 변전실에 사용 ■ 핵심 전력기자재 수출품으로 사용				
중심어 (5개 이내)	인출고체절연 개폐장치	인출고체배전반	특고압 인출형 개폐장치	전자식PT내장 고체절연배전반	전자식PT형 인출고체절연배 전반

＜ SUMMARY ＞

Purpose& Contents	■ Development of 25.8kV solid insulated switchgear built in withdrawable circuit-breaker and electronic potential transformer for urban railway electric power substation ○ Development of solid insulated draw-out circuit breaker ○ Development of the storage withdrawable breaker with solid insulated switchgear ○ Development of three-step disconnecter earth switch with solid insulated ○ Development of protective relay and electronic PT				
Results	■ Technological achievement ○ Improvement of problem caused by upgrading of conventional solid insulated distribution line ・ Convenient operation management ・ Easy maintenance ・ Improved ability in incident response ○ Withdrawable solid insulated breaker know-how technological enhancement ○ Solving of problem caused by conventional PT breakdown by means of Securing Electromagnetic PT and protective relay technology ■ Social and economic impact ○ High quality power supply and Improvement of customer satisfaction according to enhancement of product reliability ○ Enhanced customer convenience and economical improvement due to significant reduction of outage time during incident or internal breakdown ○ Reduction of cost for product Installation, operation and maintenance ○ import replacement effect by the Development of Highly Competitive product with advanced technology and foreign exchange revenue by overseas entry				
Expected Contribution	■ Applied to Urban railway power substation ■ Applied to Urban railway electric room & Metropolitan Transit electric room ■ Applied to Heave industry transformer room ■ Applied to exports products as a core equipments of power plant				
Keywords	Solid insulated switchgear with withdrawable circuit breaker	Solid switchboard withdrawable circuit breaker	25.8kV Drawout type switchgear	Solid insulation switchboard with Electronic PT	Drawout type solid insulation switchboard with Electronic PT

< CONTENTS >

1. Overview of research & development project	7
2. Domestic and Overseas technology trend	12
3. Research contents and results	14
4. Achievement of goals and contribution on the field	127
5. Plan of results utilization	131
6. Overseas science technology information collected during the research	148
7. Security level of research achievement	150
8. Safety measure implementation results	152
9. Key research achievements	155
10. Reference list	157

〈 목 차 〉

제1장 연구개발과제의개요	7
제2장 국내외 기술개발 현황	12
제3장 연구수행 내용 및 결과	14
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	127
제5장 연구결과의 활용계획 등	131
제6장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	148
제7장 연구개발성과의 보안등급	150
제8장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	152
제9장 연구개발과제의 대표적 연구실적	155
제10장 참고문헌	157

〈별첨〉 자체평가의견서

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발과제의 개요

1. 개발과제 추진배경

도시철도 현장에 사용되고 있는 구형 수배전설비 제품의 노후화 정비 또는 개선교체를 해야 하는 시점에 있어 현대의 신기술이 접목된 우수한 제품으로 교체가 되어야 하는데 기존에 사용하고 있는 공기절연 방식의 수배전반(MCSG)은 대형 구기술, 감전위험성 등의 이유로 배제하는 상황이며 현재 보편적으로 사용되는 수배전반인 가스절연 방식의 수배전반(GIS 또는 CGIS)은 지구온난화 규제물질인 SF Gas를 사용하므로 배제하고 있으므로 친환경 수배전반인 고체절연방식의 수배전반을 사용하는 상황이나 제품의 수리성이나 호환성을 감안할 때 시민의 안전을 보장하기에 어려움이 있다. 따라서, 현장의 상황이 반영된 안전하며 편리한 제품의 개발 사용이 하루라도 절박한 시점에 있다.

2. 연구개발의 필요성

산업화와 에너지사용의 증가로 유발된 지구 온난화 문제는 향후 그 영향력과 예측 불가능으로 인해 국제사회의 지구환경 논의의 중심이 되었으며 최근 선진시장에서는 친환경성이 제품의 가격 경쟁력보다 우위에 서는 상황으로 급변하고 있다. 이러한 추세에 21세기를 대비하여 정부에서는 온난화 문제를 해결하기 위해 2020년 온실가스 감축량을 예상 배출량대비 30%(2005년 배출량 대비 4%) 감축기로 하였으며 그 구체적 실천을 위해 산업과 발전부분의 온실가스 저감을 위한 『온실가스 에너지 관리위원회』를 지식경제부 차관을 위원장으로 하여 발족하였다. 이처럼 국내외적으로 친환경 제품에 대한 인식에 발맞추어 국외 선진메이커를 필두로 국내에서도 온실가스의 주범인 SF6가스를 사용하지 않는 친환경 전력기기에 대한 관심이 높아지고 있고 수년전부터 개발이 되어 왔고 현재 일부 제품이 현장에 사용되어지고 있으며 앞으로 친환경 전력기기가 모든 기존 전력기기 제품을 대체하게 될 것임에 믿어 의심이 없다. 아래 그림은 환경부에서 진행하는 온실가스 배출권거래제도 주요 일정이다.



그림1. 온실가스 배출권거래제도 주요 일정 (출처 : 환경부)

도시철도의 경우 전동차가 전기로 운전되는 만큼 전기를 공급하는 수배전 전력설비의 고장 발생과 장애 해소는 초시간을 다투어야 할 만큼 중요한 사항으로 시민들의 생명을 담보로 하는 특수시설에 해당된다.

그러나, 현재 도시철도에 사용되고 있는 친환경 제품은 빠른 장애해소에 많은 단점을 가지고 있으므로 시민들의 안전을 담보하기가 어려운 상황에 있다.

따라서 본 과제를 통하여 지금 도시철도 운영자가 가지고 있는 고민을 해결하고 시민을 안전하게 운송하는 제품을 개발하여 국가 전력기기 발전에 기여 하고자 한다.

3. 사업화 기술 개요

가. 사업화 대상기술 정의

도시철도는 전기공급으로 차량이 운행되고 있는데 변전소에 사용되고 있는 수배전반 설비는 구형 기술이 된 공기절연방식의 수배전반(MCSG)과 SF₆ 가스절연방식의 수배전반(GIS 또는 C-GIS)이 아직도 주류를 이루고 있다.

근간에 상기 두가지 제품의 단점을 보완한 친환경 수배전반인 고체절연방식(SIS)의 수배전반을 도시철도에서 일부 사용하는 상황이나 제품의 수리성이나 호환성을 감안할 때 시민의 안전을 보장하기에 어려움이 있다.

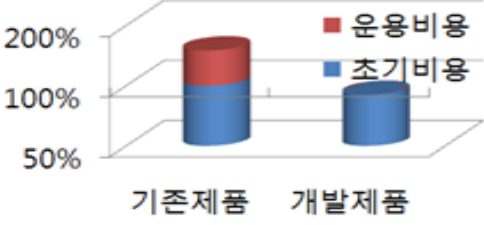
따라서, 본 과제 “도시철도 급전변전소 전자식 전압계측장치(PT) 내장한 25kV 인출형 고체절연특고압 개폐장치 개발”에서 보여 주듯이 고체절연개폐장치 차단부를 인출형(D-SIS)으로 개발함과 동시에 현장 제품 사고율 1위를 유지하는 전압계측장치(PT)를 개선하여 그동안에 기존 MCSG, C-GIS 및 SIS가 가지고 있는 단점과 문제점들을 극복하고 도시철도의 안전운전에 이바지하고자 한다.

나. 사업화 대상기술 설명

(1) 기술의 우수성

기존 MCSG와 C-GIS와는 완전히 차별화 되며 기존 SIS와 단음과 같은 기술 우위를 가지고 있다.

구 분	기존제품(SIS)	개발제품(DSIS)	차이							
고장수리시간	수십분 ~ 수시간	수분 ~ 수십분	수십분 ~ 수시간							
손실 발생 주요 원인	※ 설비 장애 유형									
	- 74 % : 설비 고장(노후화, 정비불량) 에 따른 정비 수리 - 15 % : 감전사고 및 작업자 과실 - 11 % : 기타 <table border="1"><caption>설비 장애 유형별 발생률</caption><thead><tr><th>장애 유형</th><th>발생률 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>설비고장</td><td>74</td></tr><tr><td>감전,과실</td><td>15</td></tr><tr><td>기타</td><td>11</td></tr></tbody></table> 참고: 감전사고 유형 •사람 : 점검/정비 중 감전에 의한 사망/사고 •동물 : 고양이, 쥐 등에 의한 단전 및 설비 고장			장애 유형	발생률 (%)	설비고장	74	감전,과실	15	기타
장애 유형	발생률 (%)									
설비고장	74									
감전,과실	15									
기타	11									

구 분 (특고반, 20년 사용시)	기존제품	개발제품
	기존 고정식 (SIS)	인출식 (DSIS)
초기비용#1 (매입단가)	100%	90 ~ 100%
운용비용#2 (A/S비용)	50%	5%
운용비용#3 (영업손실,보상)	추정할 수 없음	최소화
생애주기비용 (LCC)	<i>150% 이상</i>	105%
비용		

(2) 기술의 독창성

전력개폐장치의 변화는 아래 그림과 같이 기술적 발전방향으로 진행하여야하며 실제 DSIS의 개발을 통하여 종착점에 이르렀다고도 볼 수 있다.

DSIS는 MCSG가 가지는 Maintenance의 장점 CGIS가 가지는 외부영향 배제 SIS 가지는 점검가능과 감전방지 등의 모든 장점만을 취합한 완성 결정체로 볼 수있다.

구 분	MCSG	GIS	C-GIS	SIS (고정식)	DSIS (인출식)
적용년도	1970년	1990년	2000년	2010년	2016년
절연매질	공기	SF6	SF6	고체(Epoxy) 기체(Dry air)	고체(Epoxy)
제품 특징	도전부노출	비친환경	비친환경	친환경 (고정식)	친환경 (인출식)
	거대구조	-	-	국내:ENTEC, LS산전 국외:Eaton, Toshiba Hitachi 외	신개발품
제품구조					

(3) 기술의 활용성

- (가) 전동차 운행과 소내 및 역사전원을 위해 양질의 전력을 공급함으로써 안전성하고 신뢰성 높은 도시철도 운용 제품 개발에 적용 가능
- (나) 기존에 운용중인 과거 기술의 배전반 사용을 지양하며, 현재 적용되고 있는 친환경 배전반의 문제점을 개선한 UP-GRADE 제품에 적용 가능
- (다) 운용중에 사고를 일으키는 주요 요소인 전압 계측장치를 개선하여 유지보수-프리를 추구하고 지하철 이용 승객의 불편성을 줄일 수 있는 제품 적용 가능
- (라) 정부의 정책인 저탄소 녹색성장에 부응하고 개발된 우수제품의 국내 적용은 물론 해외 유명 철도시스템 공급사를 통한 세계시장 진출 가능
- (마) 온실가스 규제국가에 기술 수출 및 기술 공급으로 세계적인 친환경 제품 사용 확대 운동에 적용 가능

4. 연구개발 범위

도시철도 급전변전소 전자식 전압 계측장치(PT) 내장한 25kA 인출형
고체절연 특고압 개폐장치 개발

가. 고체절연 인출형 차단기 개발(2종류)

- (1) 25.8kV 630 25kA
- (2) 25.8kV 1250A 25kA

나. 인출차단기 수납형 고체절연 배전반 개발(3종류)

- (1) 차단기 고체절연배전반
- (2) 차단기, 단로기, 접지 일체형 고체절연배전반
- (3) 단로기, 접지용 고체절연배전반

다. 고체절연 단로기 접지 3단 스위치 개발

- (1) 단로기 - OPEN - 접지 구조
- (2) 단시간내전류 25kA

라. 전자식 PT 개발 및 보호계전기 적용

- (1) Capacitive 전자식 PT개발(1차입력: 13.2kV 2차출력: 4V)
- (2) PT 인터페이스 보호계전기 적용

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

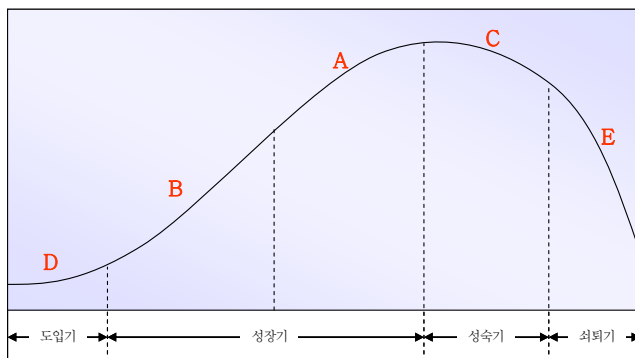
1. 친환경 제품 개발 기술 수준

대부분의 개폐장치 제조회사에서는 SF₆ GAS를 이용한 배전반을 현재까지도 제작하고 있는 실정이다. 또한 지금까지 현장에 사용된 배전반은 공기를 절연매질로 사용하여 설치되어 있으나 매우 노후 되었다. 이러한 기술을 접목한 제품들은 20세기에 들어서면서 친환경 제품으로 빠르게 대체되고 있는 실정이다.

국내에서도 차츰 친환경전력기기에 대한 인식이 확대되는 추세에 있으며 도시철도 운용기관(서울메트로, 부산교통공사), 또는 전력기기의 메카인 한국전력공사에서도 친환경개폐장치의 도입을 적극화 하는 추세임.

이러한 수요처의 요구에 부응하여 친환경개폐장치를 MAKER에서 제작이 진행되는 추세 이기는 하나, 대부분이 해외 선진 제조사의 기술에 의존한 제품으로 국내 도입 초기 단계 수준으로 아직 제품에 대한 신뢰도가 미비한 수준이라 하겠다.

본사에서 개발하고자 하는 제품에 적용되는 기술은 지난 몇 년간 Field에 설치되어 검증이 된 기술로서 친환경 절연매질인 EPOXY RESIN을 이용한 제품 개발이며, 수요처 및 사용자의 불편사항을 개선하고, 기소재의 신뢰성을 높인 구조로 안정성 및 운용성 측면에서 한층 UP-GRADE된 기술 개발을 이루고자 한다.



- 수명주기상 위치 : (B)

- 선택근거 :

수요처(한국전력공사, 서울메트로, 부산 교통공사, 철도공사 등)에서의 친환경 제품의 인식이 점차적으로 확대되어지는 추세임

제2절 국외 기술개발 현황

1. 친환경 제품 개발 기술 수준

가. 유럽

선진 MAKER로 EATON, ABB, HOLEC 등에서 고체절연을 이용한 친환경개폐장치를 선보이고 있으나, 현재까지는 고정형 제품이 다수를 이루고 있다.

나. 아시아

일본의 TOSHIBA, HITACHI 등에서 고체절연을 이용한 친환경개폐장치를 제조하고 있으나, 유럽과 같이 고정형 제품이 다수를 이루고 있다.

중국에서도 일부 유럽 기술을 적용한 제품을 생산하고는 있으나, 고체절연과 공기 절연 또는 SF₆ GAS 절연을 혼합한 구조를 사용하고 있다.

제3장 연구수행 내용 및 결과

제1절 연구개발 내용

1. 개발 최종 목표

가. 명칭

**도시철도 급전변전소 전자식 전압 계측장치(PT) 내장한 25kA
인출형 고체절연 특고압 개폐장치 개발**

나. 적용범위 및 활용범위

- (1) 도시철도 변전실에 사용
- (2) 도시철도 전기실 및 광역 철도 전기실 사용
- (3) 대용량 산업체 변전실에 사용
- (4) 핵심 전력기자재 수출품으로 사용

다. 종류 및 정격

[표 1] 종류 및 정격

구 분	정격전압 [kV]	정격전류 [A]	차단전류 [kA]	단시간전류 [kA / s]	절연방식
수전차단기반	25.8	1,250	25	25 / 1	Solid Type
급전차단기반	25.8	630	25	25 / 1	Solid Type
차단기반	25.8	1,250	25	25 / 1	Solid Type
단로기반	25.8	1,250	25	25 / 1	Solid Type

라. 적용규격

- (1) IEC62271- 1 Common Specifications
- (2) IEC62271-100 High-voltage alternating current circuit-breakers
- (3) IEC62271-102 High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches
- (4) IEC62271-200 Metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52kV
- (5) KSC1707 Instrument transformers for metering service
- (6) IEC60044-1 Instrument transformers – Part1: Current transformers
- (7) IEC60044-2 Instrument transformers – Part2: Inductive voltage transformers
- (8) IEEE 386 Standard for separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems above 600V
- (9) IEC60099-4 Surge arresters – Part4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c systems
- (10) KS C IEC 고체절연 재료의 내트래킹 및 비교 트래킹 지수 측정방법
- (11) KS C 0220 환경시험방법 - 저온(내한성) 시험방법
- (12) KS C 0221 환경시험방법 - 고온(내한성) 시험방법

마. 구조 및 외관

- (1) 고체절연 개폐장치(이하 SIS라 함)는 열적, 전기적, 기계적 특성이 우수한 양질의 재료를 사용하여 운전 및 보수점검시 안전하게 수행할 수 있는 구조로 설계, 제조되어야 한다.
- (2) 도체부는 고체절연물을 사용하여 노출된 도전부가 없이 금속제 외함에 수납하고 외함은 완전한 접지 연결 구조로 한다.
- (3) SIS는 상호 연결 조립하는 방식으로 증설 및 이설 등 설치가 간단, 용이한 구조로 한다.
- (4) 각 구성부품은 부품별 호환성이 있어야 하고, 유지 보수점검 등을 고려하여 고압부와 저압부를 구분하며 수리가 쉬운 구조로 한다.
- (5) SIS는 현장조작 및 원방조작에 의해 제어되고, 전기적 및 기계적으로 구현되어야 한다.
- (6) 유지 및 보수, 점검시 선로의 활선 여부를 육안으로 확인 할 수 있도록 입력반에는 활선표시장치(필요시)를 구비하도록 한다.
- (7) SIS는 3상을 동시에 개폐하는 구조로서 주회로부를 구성하고 있는 차단기, 단로기/접지스위치(DS/ES)가 노출된 도전부 없이 조립되는 구조로 한다.
- (8) 제품의 유지보수를 위해 운영자 또는 점검자 등이 배전반 내부 접근이 가능한 구조이어야 한다.
- (9) 제어전원이 없는 경우를 대비하여 수동핸들이나 수동레버를 이용하여 기계적으로 차단기를 개방할 수 있어야 하고, 단로기, 접지스위치도 기계적으로 투입, 개방 할 수 있는 구조이어야 한다.

바. 요구특성

(1) 차단기 요구특성

- (가) VI(Vacuum Interrupter)는 장기 사용에 대한 신뢰성 확보가 되어야 하고, VI 내부에서 아크차단(5 Cycle)을 빠르게 처리할 수 있어야 한다.
- (나) 전류 통전 용량이 충분하게 설계되어야 하고, 높은 차단용량을 갖추어야 한다.
- (다) 제품 구조는 소형화에 맞는 구조이어야 한다.
- (라) 동작 메커니즘은 영구자석을 이용한 Magnetic Actuator 방식으로 제작되어야 하며, 전기적·기계적 위치 표시 확인이 가능한 구조이어야 한다.
- (마) 차단기는 기계적, 전기적으로 DS/ES와 연동되도록 Interlock 되어야 한다.
- (바) 차단기의 개폐동작 특성은 표2와 같다.

[표 2] 차단기의 개폐동작 특성표

구 분	항 목	사 양
VCB	정격투입시간	120 ~ 160 ms
	정격개방시간	30 ~ 60 ms
	코일저항	1.0 ± 0.3 Ω
	3극 부동시 폐극/개극시간(ms)	1/6 cycle 이하
	Capacitor 충전시간	20 sec 이하

(사) 차단기의 전기적 특성은 표3과 같다.

[표 3] 차단기의 전기적 특성표

구 분	항 목	사 양
VCB	Rated frequency	60 Hz
	Rated voltage	25.8 kV
	Rated normal current	1 250 / 630 A
	Rated operating sequence	O - 0.3 s - CO - 15 s - CO
	Normal service condition	
	Installation	Indoor
	Minimum ambient air temperature	-5 °C
	Maximum ambient air temperature	+40 °C
	Class	
	Mechanical endurance	M2
	Probability of restrike	C2
	Electrical endurance	E1
	For cable system	S1
	Rated power frequency withstand voltage	60 kV
	Rated lightning impulse withstand voltage	(1.2 / 50) μs 125 kV
	Rated short-time withstand current	
	Peak	65 kA
	R.M.S	25 kA
	Duration	1 s
	Partial discharge magnitude	≤10 pC
	Rated short-circuit making current	65 kAp
	Rated short-circuit breaking current	25 kA
	Rated supply voltage	
	Closing device	DC 110 V
	Opening device	DC 110 V
	Permanent magnet actuator	DC 110 V

(2) 단로기/접지스위치(DS/ES) 요구특성

- (가) 개폐 동작은 3상 일괄형으로 동작되어야 한다.
- (나) 단로기는 무부하 개폐용으로서 접지스위치는 단로기 개방시는 접지되는 형식으로 제작되어야 한다.
- (다) 주회로 도체부는 외부 절연체로 감싸져 직접 접촉발생을 방지하여야 한다.
- (라) 접점의 동작 상태는 기계적, 전기적으로 표시되어 동작상태를 확인 가능한 구조로 되어야한다.

(마) 단로기 및 접지스위치의 개폐동작 특성은 표4와 같다.

[표 4] 단로기 및 접지스위치 개폐동작 특성표

구 분	항 목	사 양
DS / ES	정격 개극 시간	10 sec 이하
	정격 폐극 시간	10 sec 이하
	3극 부동시 폐극/개극시간(ms)	300 ms 이하

(바) 단로기 및 접지스위치의 전기적 특성은 표5과 같다.

[표 5] 단로기 및 접지스위치 전기적 특성표

구 분	항 목	사 양
DS / ES	Rated frequency	60 Hz
	Rated voltage	25.8 kV
	Rated normal current	1 250 A
	Normal service condition	
	Installation	Indoor
	Minimum ambient air temperature	-5 ℃
	Maximum ambient air temperature	+40 ℃
	Rated power frequency withstand voltage	60 kV
	Rated lightning impulse withstand voltage	(1.2 / 50) μ s 125 kV
	Rated short-time withstand current	
	Peak	65 kA
	R.M.S	25 kA
	Duration	1 s
	Partial discharge magnitude	≤ 10 pC
	Rated short-circuit making current	65 kAp
	Rated short-circuit breaking current	25 kA
	Rated supply voltage	
	Closing device	DC 110 V
	Opening device	DC 110 V

(3) EPOXY RESIN 요구특성

- (가) 전기적 절연성능이 우수할 것.(절연 내력 25kV/mm 이상)
- (나) APG 성형에 적합한 점도의 흐름성을 가지는 있어서 성형성이 좋을것
- (다) 성형에서 재결정 온도가(Tg) 120℃ 이상 될 것
- (라) 주제와 경화제는 혼합하기 전에는 재질의 특성 변화가 없을것
- (마) 재료 자체 성분에 화재를 방지할 수 있는 난연등급을 갖추고 있을 것.(FV=0)
- (바) 기계적인 충격에 견딜수 있는 충분한 강도를 가지고 있어야 하며, 최소 충격강도는 9kJ/m^2 이상이 되어야 할 것

2. 연구개발 추진 전략 및 방법

가. 연차별 추진내용

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도	■ 개발계획수립 ■ 제품 설계 - 차단기 설계 - 3단 스위치 설계 - 특고압고체절연개폐장치 설계 - 전자식 PT 설계 - 보호계전기 설계 ■ Proto type 제작 - 금형제작 - 차단기반 제작 - 차단기, 3단 스위치반 제작 - 3단 스위치반 제작 - 전자식 PT제작	- 제품 개발계획 수립 - 세부 설계 · 차단부 설계 · VI 선정 및 특성조사 · 주회로부 설계 · 전계 해석 및 최적화 설계 · 인출 구조 설계 · 조작 링크부 설계 · 주회로부 설계 · 구동방법 고안 및 설계 · 전계해석 · 고체절연개폐장치 구조설계 · 인출부 설계 · 3단 스위치부 구조설계 · PT구성부 설계 · 전계해석 · 고압부 설계 · 2차회로 설계 · 접속 및 특성 디자인설계 · 보호계전기 설계 · PT 2차 계측회로 설계 · 구성회로 및 기능설계 - Proto type 제작 · 차단기 본체 금형제작 · 3단 스위치 본체 제작 · 연결 인터페이스 제작 · 모션부 제작 · PT 금형제작 · 차단기 제작 · 합체 및 개폐장치 제작 · 조작부 및 연결구성부 제작 · 3단 스위치 제작 · 합체 및 개폐장치 제작 · 조작부 및 연결구성부 제작 · 합체 및 개폐장치 제작 · 조작부 및 연결구성부 제작 · 특고압부 PT제작

	- 보호계전기 제작 ■ 참고시험 - 차단기 관련 자체 성능시험 - 공인기관 성능검증시험 ■ 제품 설계보완 및 금형수정 - 설계보완 - 금형수정 ■ 공인시험용 피시품 제작 - 부품제작 - 피시품 제작 ■ 공인시험 ■ 개발완료 보고서 작성	· 2차 제어부 제작 · 전압계측부 제작 · 보호계전기 본체 및 기능 구현 - 성능확인시험 · 특성능력시험 · 연속동작능력시험 · 절연능력시험 · 기구시험 · 대전류 통전 성능참고시험 · 주회로 확인시험 · 절연확인시험 - 제품 설계보완 및 금형수정 · 구조물 강도검증에 따른 보완 · 절연검증에 따른 보강 · 동작신뢰성 보강 · 절연부 금형수정 · 성형(APG) 최적화 보완 - 공인시험용 피시품 제작 · 본체 제작 · 조작부 제작 · 구조부 제작 · 제어부 제작 · PT 제작 · 차단기 제작 · 차단기반 제작 · 3단 스위치반 제작 · 차단기+3단 스위치반 제작 - 공인시험 · 공인국제규격시험 · 차단기반, 3단스위치반, 전자식PT - 개발완료 보고서 작성
--	--	---

나. 개발 단계에 따른 세부내용

기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용
1단계 (' 15.04~' 15.04)	■ 현장조사 및 기존제품 운행내용 조사	- 현장 기존 제품 운행 상황조사 - 제품별 불편성 조사 - 고객 불만 사항 조사
	■ 제품 기술시방서 작성	- 제품 개발 사양 정립 - 기술 제작 시방서 작성 및 수립
2단계 (' 15.05~' 15.09)	■ 제품설계	- 차단기 설계 - 3단개폐기 설계 - 개폐장치 설계 - 전자식PT 설계 - 보호계전기 설계
	■ Proto type 제작	- 금형제작 - 차단기반 제작 - 3단개폐기 제작 - 전자식 PT 제작 - 보호계전기 제작
	■ 참고시험	- 특성시험 - 절연능력시험 - 통전능력시험 - 내구성시험 - 대전력통전시험(공인성능시험)
3단계 (' 15.10~' 15.12)	■ 피시품 제작	- 금형 수정 - 차단기반 제작 3단개폐기반 제작 전자식 PT제작 보호계전기 제작
4단계 (' 16.01~' 16.03)	■ 공인시험 ■ 완료 보고서	- 국제공인기관 형식시험 수행 - 과제 수행 완료 보고서 작성

다. 개발 추진일정

세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	1차년도				
		1/4	2/4	3/4	4/4	달성률
차단기 설계	완제품					100%
3단스위치 설계	완제품					100%
전자식PT 설계	완제품					100%
보호계전기 설계	완제품					100%
차단기반 제작	25.8kV 1250A, 25kA					100%
3단스위치반 제작	1250A, 25kA					100%
차단기, 3단스위치일체형반 제작	630A/25kA, 1250A/25kA					100%
전자식PT제작, 보호계전기 제작	13.2kV/4V					100%
금형제작	제작품					100%
절연시험	50kV 125BIL					100%
통전시험	630A 1250A					100%
특성시험	O - CO - - CO					100%
대전력 공인참고시험	25kA 1sec					100%
금형수정 제작	도면					100%
차단기반 제작	25.8kV 1250A, 25kA					100%
3단스위치반 제작	25.8kV 1250A, 25kA					100%
차단기, 3단스위치 일체형반 제작	25.8kV 630A 1250A					100%
전자식PT제작, 보호계전기 제작	13.2kV / 4V					100%
차단기반 시험	성적서(공인)					100%
3단스위치반 시험	성적서(공인)					100%
차단기, 3단스위치일체형반 시험	성적서(공인)					100%
차단기, 3단스위치일체형반 시험 (추가)	성적서(공인)					100%
전자식PT시험	성적서(공인)					100%
최종보고서	보고서					100%

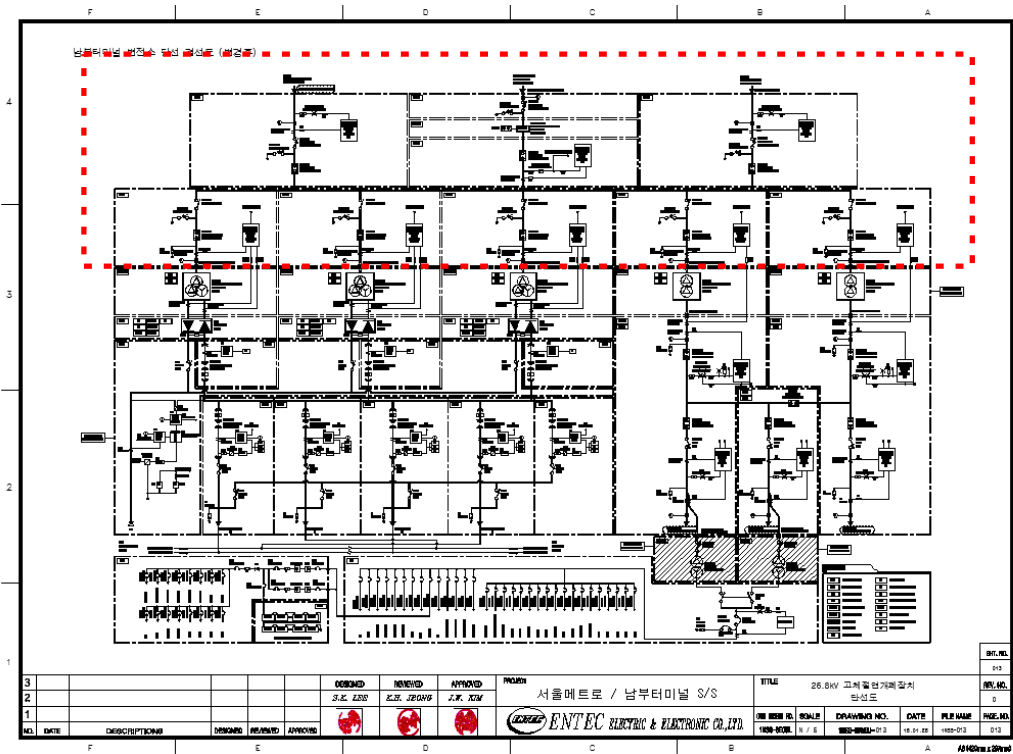
3. 제품 구성도 및 성능

구분		차단기반			단로기반
형식명		CMIS-DAH	CMIS-DFH	CMIS-DCH	CMIS-DMH
본체 구성		CB, DS+ES	CB, DS+ES	CB, PT	DS+ES
전기 절연 시험	• 뇌충격내전압 • 상용주파 내전압 • 부분방전 • 보조회로 절연 • 절연저항	125 kV 60 kV 10 pC 2 kV 500 MΩ	125 kV 60 kV 10 pC 2 kV 500 MΩ	125 kV 60 kV 10 pC 2 kV 500 MΩ	125 kV 60 kV 10 pC 2 kV 500 MΩ
전류 시험	• 온도상승 • 단시간 전류	1250 A 25 kA / 1 s	630 A 25kA / 1s	1250 A 25kA / 1s	1250 A 25kA / 1s
투입 및 차단 능력 시험	• 단락 투입 차단 • 케이블 충전전류 • 단상지락고장	25 kA 10 A 25 kA	25 kA 10 A 25 kA	25 kA 10 A 25 kA	-
기계 적 동작 시험	• 차단기 무부하 개폐시험 • 단로기, 접지 개폐시험	10,000회 1,000회	10,000회 1,000회	10,000회 -	- 1,000회
보호등급		IP3X	IP3X	IP3X	IP3X
누설전류		0.5mA 이하	0.5mA 이하	0.5mA 이하	0.5mA 이하
내진시험		Earthquake test → PASS : Frequency(1~35Hz), Acceleration(0.2g) Sweep rate(2oct/min), Sweep cycle(1 sweep), Direction(X, Y, Z)			
단선 회로도					

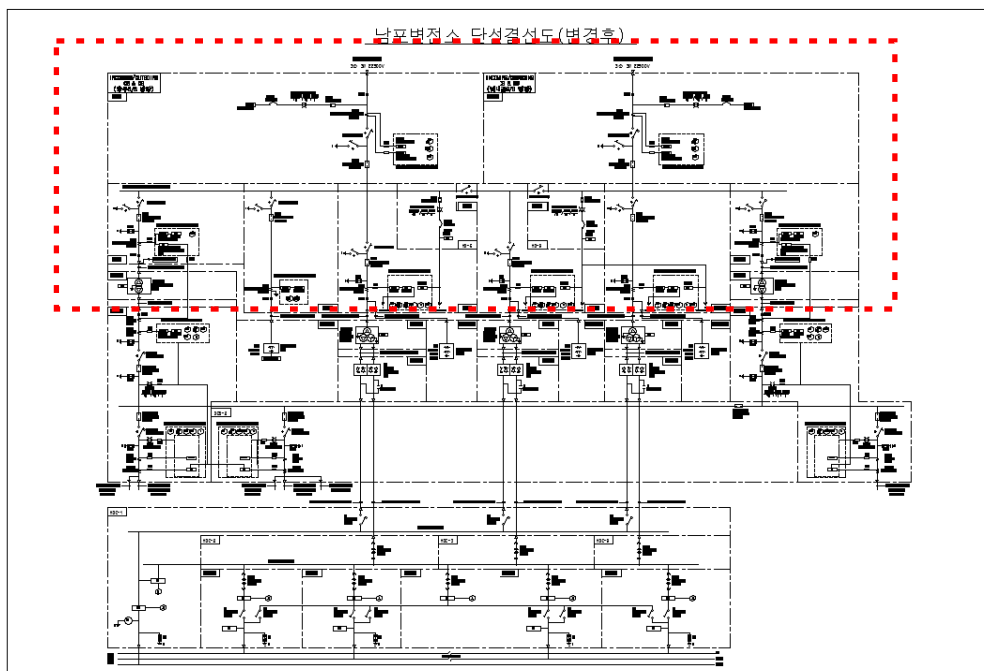
4. 세부 개발 내용

가. 변전소 단선 결선도

그림2와 그림3은 변전소의 단선도 사용 예이다. 점선이 나타내는 부위가 본 연구를 통하여 개발된 SIS 제품이 설치될 개소이다. 변전소의 상위단에서 한전으로부터 특고압의 전압을 수전 받아서 변전소 내부 사용 부품등에 배분해주는 역할을 수행한다.



[그림2] 변전소 단선 결선도



[그림3] 변전소 단선 결선도

나. SIS 제품 개발 구성품

본 과제를 통하여 개발되는 SIS 제품의 종류는 그림4와 같으며, 변전소 사용목적에 맞게 설계되어 확장성이 쉽고, 설치 및 운전시에도 사용이 매우 간편해지는 장점이 있다. 또한 모선 분리형으로 설계되어 다양한 조합의 배전반 설계가 가능하다.

구분	수전차단기반 (DAH)	급전차단기반 (DFH)	차단기반 (DCH)	단로기반 (DMH)	
단선 회로도					
배전반 열반도면 (설계도)					

[그림4] 고체절연 배전반 단선 결선도

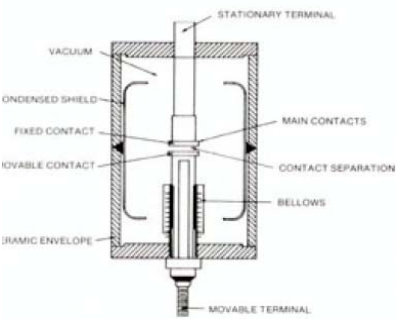
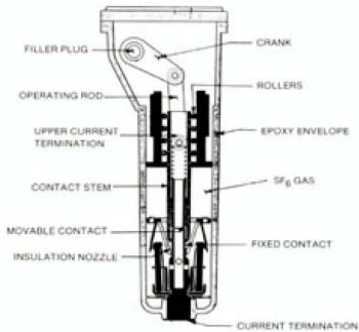
다. 차단부

교류차단기에서의 차단이란, 이 전류 영점의 기회를 최대한 이용한 것이며, 또 차단 을 더욱 완전하게 하기 위하여 아크를 강제적으로 늘리는 방법이나 소호실을 설치하 여서 신속히 아크를 냉각하는 방법으로써 아크 에너지를 효율적으로 소비할(이것을 소호(消弧)라고함) 필요가 있다.

지금까지는 대부분의 제조회사에서 SF₆ Gas를 이용한 차단방식을 많이 사용되어 왔다. 하지만 SF₆ Gas가 환경 오염을 유발하는 온실가스 물질로 지적되고, 세계적인 국제회의를 통하여 규제 물질 대상이 되면서 2000년대 이후 SF₆ Gas 대체 방법이 활발하게

개발 되었다. 그중에 대표적인 것이 VI(Vacuum Interrupter : 이하 ‘VI’ 라함)를 이용한 차단방식이다. 표6은 진공을 이용한 방식과 SF₆ Gas를 이용한 방식을 비교하였다.

[표 6] VI와 SF₆ Gas 방식 비교표

구분	VCB	GCB
소호방식	진공	SF ₆ GAS
정격차단시간	3 ~ 5 CYCLE	5 CYCLE
수 명	길다	길다
차단시 소음	매우 작다	보통
청결감	양호	양호
내분위기성	양호	보통
가스이온의 발생	없다	있다
화재위험성	없다	보통
보수 및 점검	매우 간단	복잡
친환경성	친환경	유해(SF ₆ GAS)
내부 구조도		

(1) 차단용량 계산

차단기는 통상 부하 전류를 개폐하는 것 이외에 부하나 회로가 이상(異常)상태 일 때 전류를 차단시키는 임무를 가지고 있다. 이상(異常) 전류라 함은 다른 의미로 사고 전류라고도 하는데 이들 중에는 지락전류와 과부하 전류 및 단락 전류가 있다. 이 중에서도 단락 전류가 가장 강렬하여 설비나 기기에 손상을 준다. 일반적으로 말하면 차단기는 단락 전류를 가장 차단하기 어려운 전류라고 말할 수 있다. 여기서 단락 전류라 함은 금속으로 완전(完全) 단락을 염두에 둔 추정 단락 전류의 최대치를 말한다. 이것은 계산 등으로 구할 수 있고 이보다 더 상회하는 차단용량을 가진 배선용 차단기를 선정하는 것이 원칙이다.

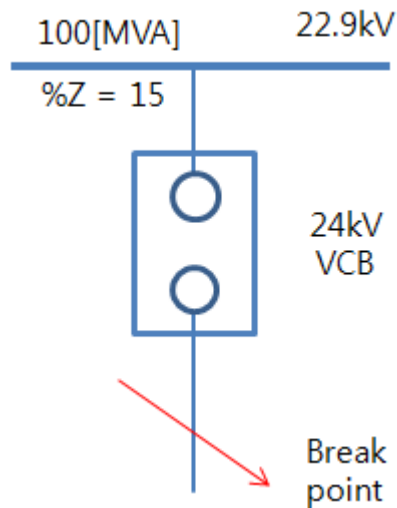
$$\text{정격 차단용량[MVA]} = \sqrt{3} \times \text{정격전압[kV]} \times \text{정격차단전류[kA]} \text{ ----- ①}$$

정격차단전류는 규정된 회로 조건하에서 규정값의 표준 동작 책무 및 동작 상태를 수행 할 수 있는 차단전류의 한도를 말하며 교류 전류 실효값을 나타낸다.

$$\text{정격차단전류}[I_a] = \frac{100 \times (\text{정격전류})}{\%Z} = \frac{100}{\%Z} \times \frac{P_n}{E \times \sqrt{3}} \text{ [kA]} \text{ ----- ②}$$

(Pn : 기준용량 E : 공칭전압 %Z : % 임피던스)

아래 그림5에서처럼 공칭전압 22.9kV 선로에서 부하단 임의 지점에서 지락사고가 발생하였을 때 차단전류를 구하는 사례이다.



[그림5] 선로 사고 발생 모의 사례

수식 ②의 공식을 이용하여 계산하면,

$$\text{정격차단전류}[I_a] = \frac{100}{15} \times \frac{100}{22.9 \times \sqrt{3}} = 16.8 \text{ [kA]} \text{ ----- ③}$$

수식 ③을 통하여 정격차단전류는 16.8 [kA]이지만 기계적, 전기적 안전도를 1.5배 정도 감안하였을 때

$$\text{정격차단전류}[I_a] = 16.8 \times 1.5 = 25.2 \text{ [kA]} \text{ ----- ④}$$

대략적으로 25kA의 차단 전류용량 및 단시간 전류용량을 갖는 차단기가 설계되어야 한다.

(2) 주회로 Contact 접압력 해석

수식 ④를 통하여 차단기의 용량을 계산한 결과 차단 전류용량이 25kA 이어야 하고, 단시간 전류용량도 25kA에 준하여 설계 되어야 한다. 주회로 점접 단시간 용량을 25kA로 예상하였을 때 접압력 해석을 진행 하였다. 표7은 Contact 재료에 대한 물성치를 나타낸다.

[표 7] Contact 도체의 물성 DATA

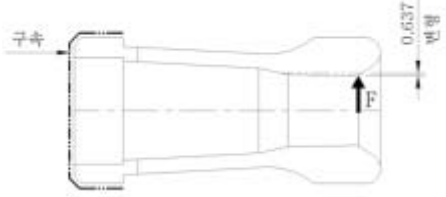
재료 물성치		구속 조건 및 변형량
Material	CrCu	 목표 변형량 : $\Delta = 0.637\text{mm}$
Tensile Yield Strength	450 MPa	
Tensile Ultimate Strength	485 MPa	
Young' s Modulus	130 GPa	
Poisson' s Ratio	0.3	

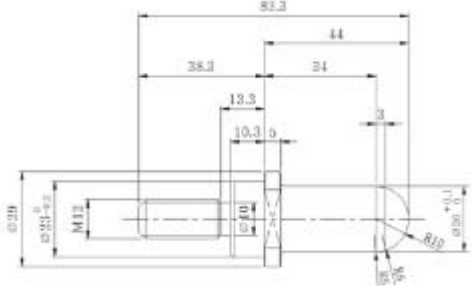
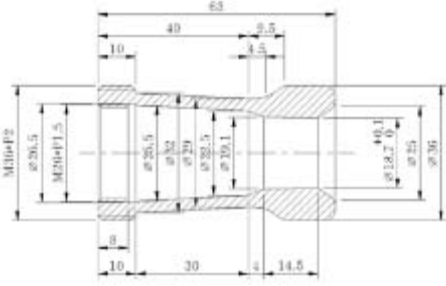
표8은 수치해석에 필요한 DATA를 나타낸다.

[표 8] Contact 도체의 물성 DATA

단시간	해석값 / 1EA	총 합력	Finger 수량
25kA	48N	480N	10 EA

표7과 표8의 기준을 적용하여 접점의 직경 및 변형량을 해석해 보았다.

(가) Contact rod 직경이 $\phi 20\text{mm}$ 일 경우

ROD	CONTACT
	

① 한 개의 CONTACT에 걸리는 힘을 각각 48N, 51N이 걸릴 경우 변형량 계산

접촉력 F = 48N	접촉력 F = 51N
ANSYS 13.0 Figure 1 Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 2013-06-18 오후 2:30 0.60059 Max 0.53396 0.46713 0.4004 0.3339 0.2671 0.2004 0.1339 0.0671 0.0004 0 Min 0.00 20.00 (mm) 10.00	ANSYS 13.0 Figure 1 Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 2013-06-18 오후 2:33 0.63813 Max 0.56723 0.49632 0.42542 0.35452 0.28362 0.21272 0.14182 0.07092 0.00002 0 Min 0.00 20.00 (mm) 10.00
변형량 $\Delta = 0.60059\text{mm}$	변형량 $\Delta = 0.63813\text{mm}$

(나) Contact rod 직경이 $\phi 25$ 일 경우

ROD	CONTACT

① 한 개의 CONTACT에 걸리는 힘을 각각 48N, 61N이 걸릴 경우 변형량 계산

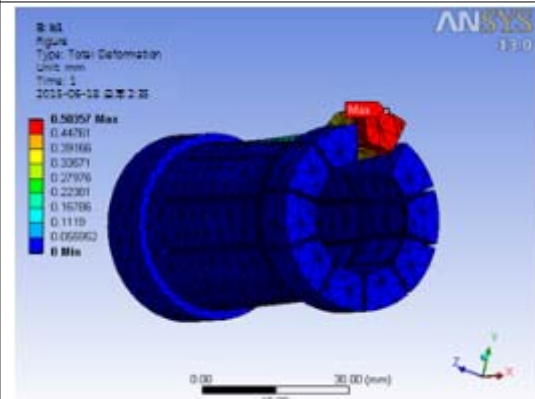
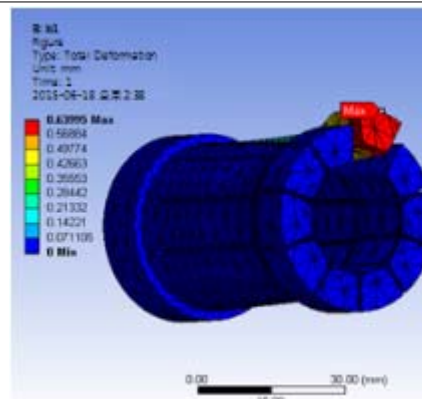
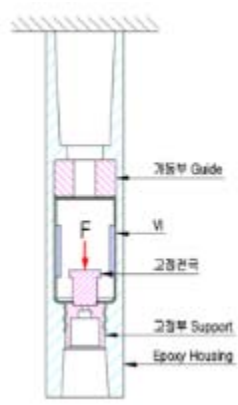
접촉력 F = 48N 	접촉력 F = 61N 
변형량 Δ = 0.50357mm	변형량 Δ = 0.63995mm

표7에서의 목표 변형량 $\Delta = 0.637\text{mm}$ 를 기준할 때 $\phi 20$ 과 $\phi 25$ 는 거의 유사한 값을 나타내고 있다. 하지만 $\phi 25$ 같은 경우에는 조립 및 접촉시 접촉력이 크게 작용할 경우에는 변형량 범위를 벗어나는 현상이 나타나고 있다. 따라서 우선적으로 Contact에 사용되는 도체 치수는 $\phi 20$ 에 맞추어 제작을 진행하고, 차후 단시간 전류 시험을 통한 검증이 필요하겠다.

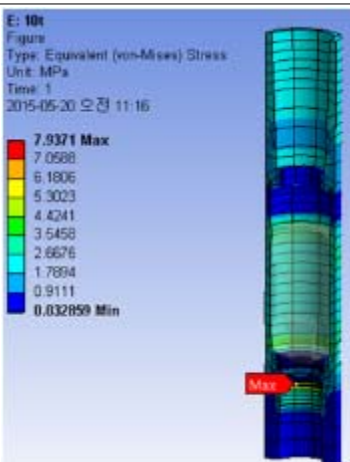
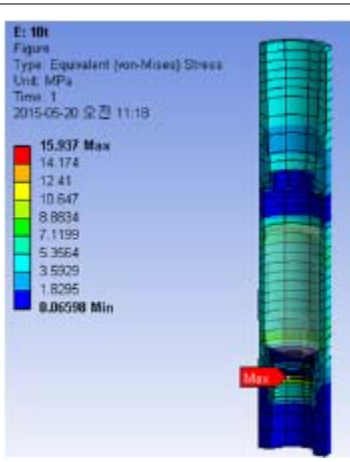
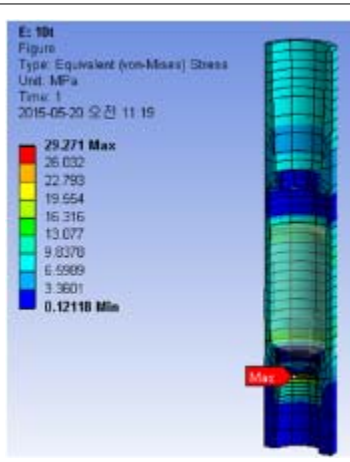
(3) EPOXY HOUSING STRESS 강도 해석

기기 운영중에 발생하는 기계적, 전기적 충격에 Epoxy Housing이 충분한 강도로 설계, 제작 되어 있음을 ANSYS Software을 사용하여 제품에 걸리는 Stress를 해석한다. 표9는 해석을 위한 조건을 정리하였다.

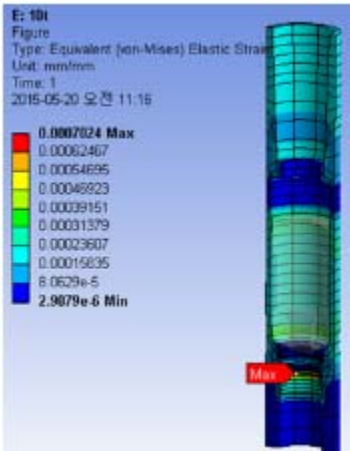
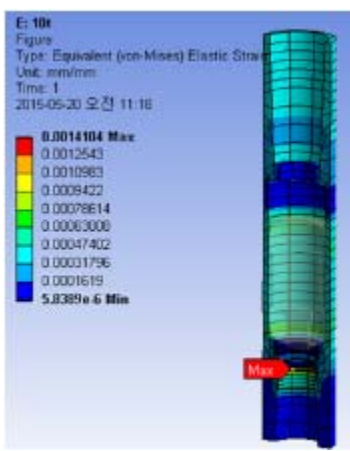
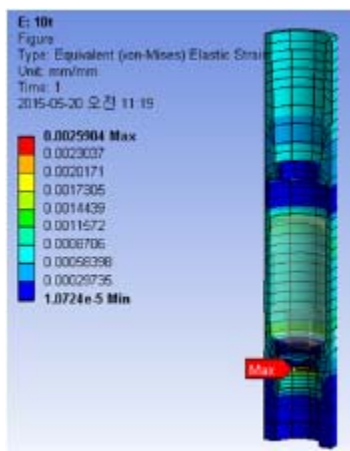
[표 9] Stress 해석을 위한 조건 DATA

구분	기 준			Modeling
가동부 중량	2.11 kg			
가동부 속도	1.0 m/s			
접촉시 가압스프링 힘	2,060 N			
충돌 접촉 시간	0.5 ms	0.2 ms	0.1 ms	
투입시 VI 합력	6,280 N	12,610 N	23,160 N	
Epoxy 인장강도	80 MPa			
Epoxy 탄성계수	11.3 GPa			

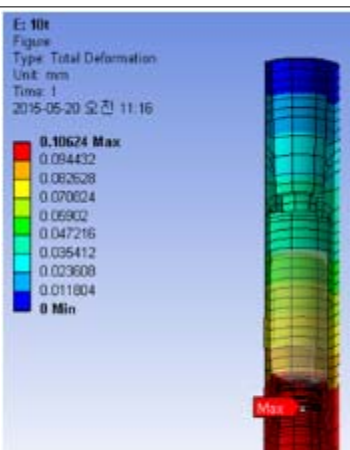
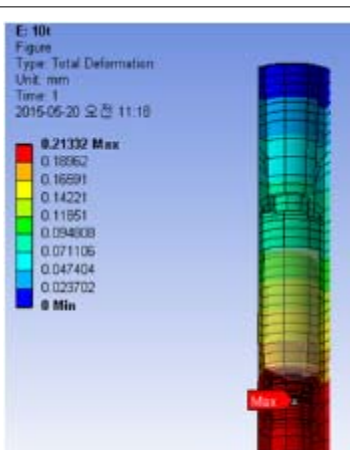
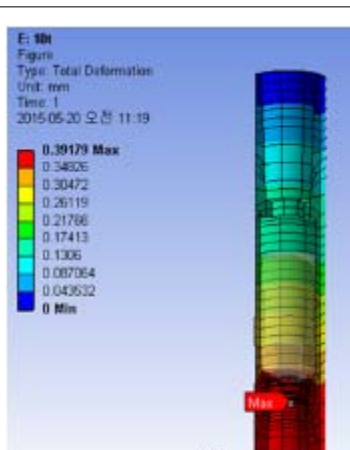
(가) Stress 해석 결과

Epoxy Housing : 7.94MPa	Epoxy Housing : 15.94MPa	Epoxy Housing : 29.27MPa
		
F(0.5ms) : 6,280N	F(0.2ms) : 12,610N	F(0.1ms) : 23,160N

(나) Strain 해석 결과

Epoxy Housing : 0.0007mm/mm	Epoxy Housing : 0.0014mm/mm	Epoxy Housing : 0.0026mm/mm
 E: 10k Figure Type: Equivalent (von-Mises) Elastic Strain Unit: mm/mm Time: 1 2015-05-20 오전 11:16 0.0007024 Max 0.00062467 0.00054695 0.00046923 0.00039151 0.00031379 0.00023607 0.00015835 6.0629e-5 2.9079e-6 Min	 E: 10k Figure Type: Equivalent (von-Mises) Elastic Strain Unit: mm/mm Time: 1 2015-05-20 오전 11:16 0.0014104 Max 0.0012543 0.0010983 0.0009422 0.00078614 0.00063008 0.00047402 0.00031796 0.0001619 5.8389e-6 Min	 E: 10k Figure Type: Equivalent (von-Mises) Elastic Strain Unit: mm/mm Time: 1 2015-05-20 오전 11:16 0.0025904 Max 0.0023037 0.0020171 0.0017305 0.0014439 0.0011572 0.0008706 0.00058398 0.00029735 1.0724e-5 Min
F(0.5ms) : 6,280N	F(0.2ms) : 12,610N	F(0.1ms) : 23,160N

(다) Deformation 해석 결과

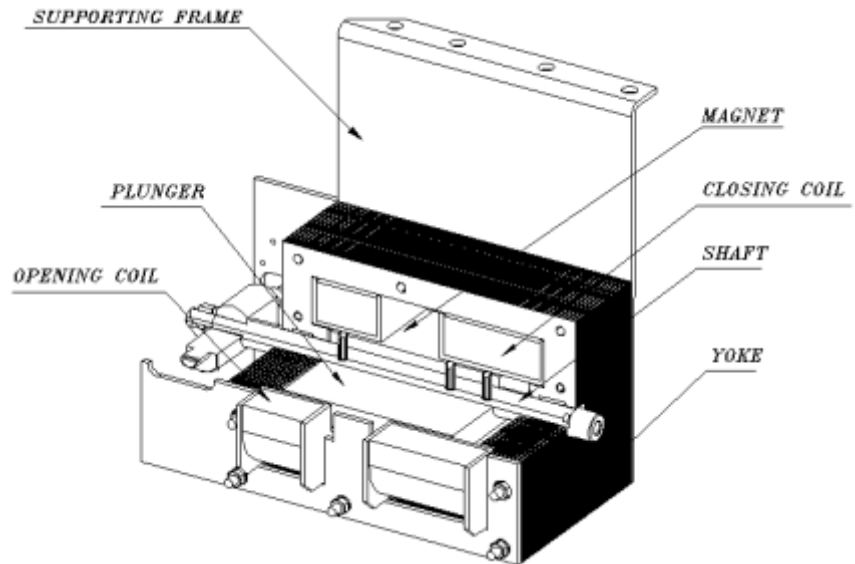
Epoxy Housing : 0.106mm	Epoxy Housing : 0.213mm	Epoxy Housing : 0.392mm
 E: 10k Figure Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 2015-05-20 오전 11:16 0.10624 Max 0.094432 0.082628 0.070824 0.05902 0.047216 0.035412 0.023608 0.011804 0 Min	 E: 10k Figure Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 2015-05-20 오전 11:16 0.21332 Max 0.18962 0.16591 0.14221 0.11851 0.094808 0.071106 0.047404 0.023702 0 Min	 E: 10k Figure Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 2015-05-20 오전 11:16 0.39129 Max 0.34826 0.30472 0.26119 0.21766 0.17413 0.1306 0.087064 0.043532 0 Min
F(0.5ms) : 6,280N	F(0.2ms) : 12,610N	F(0.1ms) : 23,160N

(라) 결론

- ① 정상적인 상태에서의 기기 운영중에 일시적으로 Epoxy Housing에 가해지는 충격은 6,280N이다. 이때 6,280N의 힘이 가해질 때 Housing이 받는 최대응력은 7.94MPa이 된다. 이는 에폭시 인장강도 80MPa 1/10 정도 수치이다. 따라서 여유 안전률은 약 10배 정도임을 알 수 있다.
- ② 비정상적인 상황을 고려하여 각각 12,610N, 23,160N의 힘을 가해 해석한 경우에도 최대응력 대비 에폭시 인장강도의 안전률은 각각 5배, 2.7배가 된다.
- ③ 위의 해석에서 확인한 결과 Epoxy Housing에 일시적은 충격이 발생하더라도 충분한 안전율이 반영되어 있어, 장기적인 기기 운영에 충분한 최적설계가 되어 있음을 알 수 있다.

(4) PMA Mechanism

영구 자석과 Open Coil, Close Coil등의 조합된 Mechanism을 일컬어 PMA (Permanent Magnetic Actuator) Mechanism이라고 한다. 이러한 PMA Mechanism을 동작하여 VI의 개·폐 동력을 전달하고, 사고전류 발생시 신속하게 차단하는 역할을 수행한다. 그림6은 PMA 구조도이다.



[그림6] PMA 구조도면

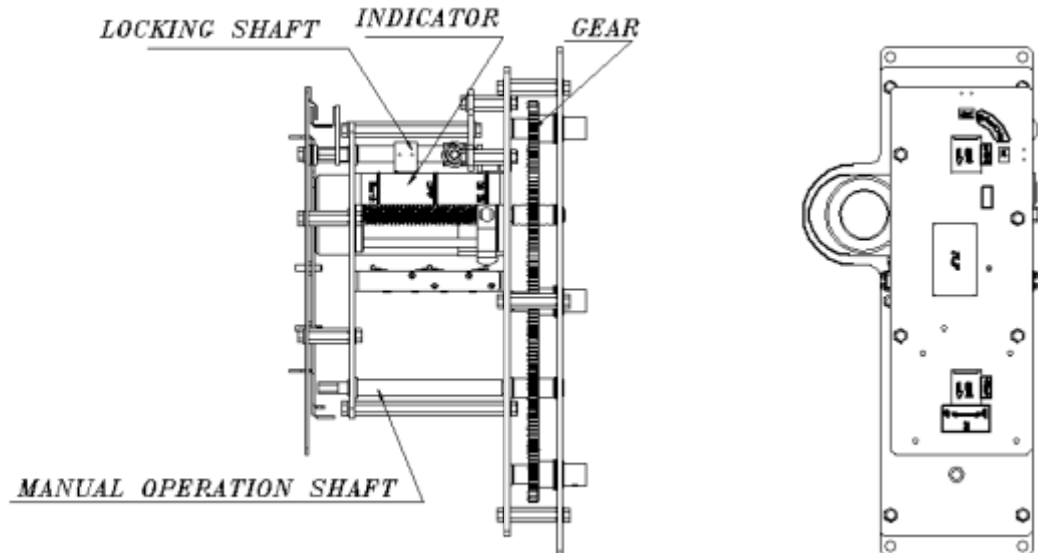
그림6의 부품중 Plunger의 상하 동작에 따라 VI의 개·폐 동작을 전달한다. 표10은 이러한 PMA 특성에 대하여 서술하였다.

[표 10] PMA 구성품 및 제특성

구분	수행 내용	설계기준
Open coil	Coil에 전류 인가시 Plunger Open 동작	- 개방 스피드 1.0~1.5 m/s
Close coil	Coil에 전류 인가시 Plunger Close 동작	- 투입 스피드 0.7~1.0 m/s
차단스프링	VI 개방 행정	- 개방 스피드 1.0~1.5 m/s
가압스프링	VI 투입 행정	- 투입 스피드 0.7~1.0 m/s - 가압력 260kgf / 각 상당 이상
절연로드	VI 가동부와 구동 압 연결	- 부분방전 : 34kV / 5pC이하 - 충격내전압 : 125kV 이상 - 상용주파내전압 : 60kV 이상
구동압	투입·개방 행정시 3상 일괄 연결 작동	- Stroke 14mm 이상 - 연속개폐 10,000회 이상

라. 단로부/접지스위치(DS/ES)

차단부와 연결되는 단로부/접지스위치는 단로부와 접지스위치부가 하나의 Epoxy Housing에 일체화 성형되어져 있다. 단로부/접지스위치를 동작시키는 Mechanism은 MOTOR를 이용한 3상 일괄로 조작된다. 그림7은 DS/ES 구조도면이다.



[그림7] PMA 구조도면

정상상태에서는 조작제어전원 110 Vdc을 받아서 Motor의 회전력에 의하여 자동 작동한다. 필요시 수중조작을 할수 있도록 구비되어 있어, 수동조작핸들을 회전하여 Gear부 회전 동작으로 DS/ES 투입 및 개방 동작을 실행한다. 이러한 DS/ES 동작특성은 표11과 같다.

[표 11] DS / ES 동작특성

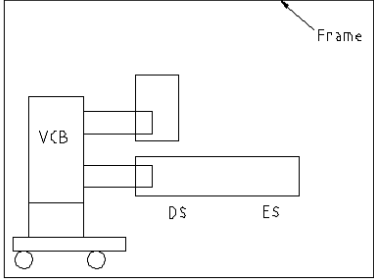
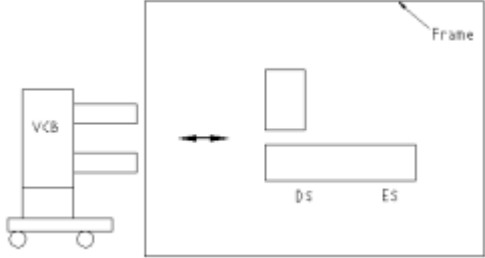
구분	동작 항목	설계 기준
단로기(DS)	정격폐로시간	10sec 이하
	정격개극시간	10sec 이하
	3극 부동시 폐로/개극시간(ms)	300ms 이하
접지스위치(ES)	정격폐로시간	10sec 이하
	정격개극시간	10sec 이하
	3극 부동시 폐로/개극시간(ms)	300ms 이하

마. 고체절연배전반 설계

(1) 배전반 LAYOUT 설계

배전반은 기본적으로 옥내용 기준에 준하여 설계를 진행하였고, 차단기 인출형 구조에 적합하도록 하였다. 표12는 배전반 설계 LAYOUT 도면이다.

[표 12] 배전반 설계 LAYOUT

VCB 조립 상태	VCB 분리 상태
	

(가) 제품 구성

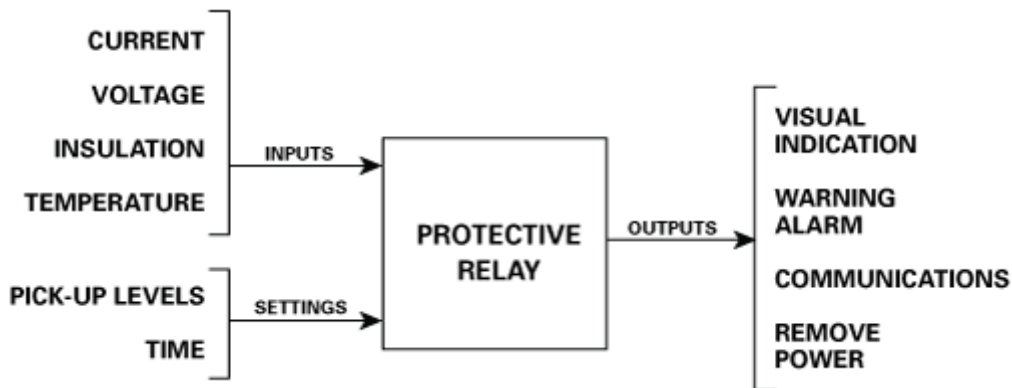
- ① VCB : 고진공 VI를 이용하여 차단전류(25kA)에 대한 아크 소호가 가능하고, 기계적 전기적으로 충분한 강도를 갖는 EPOXY RESIN으로 성형되어져야 한다. 또한 작업자가 쉽게 인입·인출이 가능한 구조로 되어, 유지보수 및 점검이 용이한 구조가 되어야 한다.
- ② DS/ES : 통전전류를 충분히 수용할 수 있는 구조로, 3단 개폐 동작이 가능한 구조로 3상 일괄 동작이 가능하여야 한다. 기계적 전기적으로 충분한 강도를 갖는 EPOXY RESIN으로 성형되어져야 한다.

(나) 제품 정격

정 격 항 목	정 격 기 준
Number of phases	3 phases
Normal service condition	
Installation	Indoor
Minimum ambient air temperature	-5 °C
Maximum ambient air temperature	+40 °C
Rated voltage	25.8 kV
Rated frequency	60 Hz
Rated current	1 250 A
Rated power frequency withstand voltage	60 kV / 66 kV
Rated lightning impulse withstand voltage	(1.2 / 50) μ s 125 kV / 145 kV
Partial discharge magnitude	≤ 10 pC
Rated short-time current tests(R.M.S)	25 kA / 1 s
Degree of protection	IP 3X
Rated supply voltage	DC 110 V
Auxiliary voltage	AC 220 V

바. 디지털 보호 계전기(Digital Protective Relay)

중전의 전기/기계식 계전기는 일상적인 점검과 교정 등의 작업을 필요로 하는 아날로그 기술이었다면, 마이크로프로세서를 포함한 디지털 보호계전기는 정밀도, 속도, 유지보수, 크기 등에서 많은 이점이 있다. 동작 프로세스는 그림8과 같다.



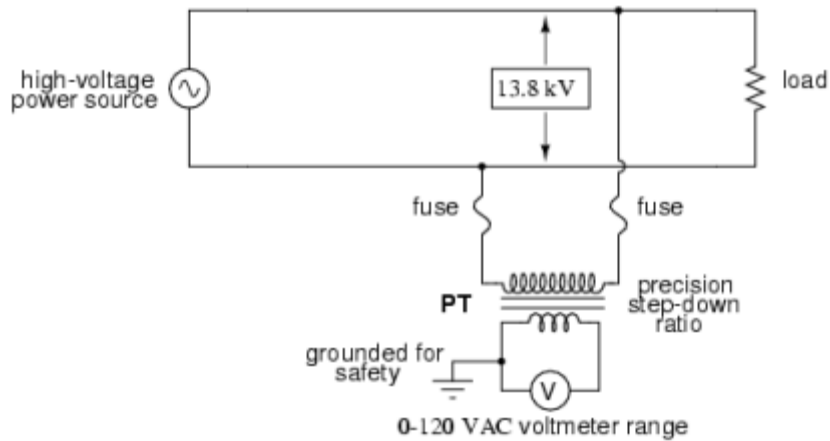
[그림8] 디지털 보호계전기 동작 프로세스

- (1) 용도 : 전압, 전류, 저항, 온도 등의 입력요소를 분석하여 출력 상태를 감시하고, 고장전류, 고장전압, 및 문제 발생시 고장 정보를 원격으로 전송하여 2차 사고를 예방할 수 있다.
- (2) 통신방식 : IEC61850, DNP3.0, IEC60870-5-101/104, MODBUS, 광통신등 다양한 방식이 지원 가능하여 사용자 편의성을 높였다.
- (3) 보호계전 요소 :
 - (가) OCR(Over Current Relay) : 단락 과전류 요소의 동작전류 정정치를 정정하고 고장 전류를 모의하여 인가시 동작전류 정정치의 $\pm 10\%$ 이내일 것.
 - (나) OCGR(Over Current Voltage) : 지락 과전류 요소의 동작전류 정정치를 정정하고 고장 전류를 모의하여 인가시 동작전류 정정치의 $\pm 10\%$ 이내일 것.
 - (다) SGR(selective ground relay) : 비접지 계통의 배전선 지락사고를 검출하여 사고회로만을 선택차단하는 방향성 계전기으로써 지락사고시 계전기 설치점에 나타나는 영상전압과 영상지락고장전류(비접지 계통에서는 지락 고장시 계통충전전류 및 GPT 2차저항에 따라 고장전류가 제한된다)를 검출하여 선택 차단한다.

사. 전자식 PT

(1) 개발 배경

계기용변압기(PT: POTENTIAL TRANSFORMER)는 고전압회로의 전압을 적당한 계측전압(110 V. $110/\sqrt{3}$ V. $110/3$ V)으로 변성시켜 회로전압의 측정 또는 사고로부터의 보호를 목적으로 사용되는 기기이다. 그림9는 현재 많이 사용되고 있는 일반적인 PT 회로도다



[그림9] PT 회로도면

현재 생산되는 PT 제품의 대부분의 주요 철심재료로는 규소강판을 적철심 또는 권철심 구조로 사용한다. 이러한 철심을 사용하여 제작된 PT는 장기간 사용시 피측정 전류에 대한 자속포화나 전자기적 절연의 문제등이 발생되어 권선의 공진을 일으키면서, 대지전압이 높아져서(정상전압의 2~3배) 철심이 포화되고 돌입전류의 흐름이 계속 반복되면서, 변형이 발생하여 순차적으로 PT의 파손이 발생한다. 이에 따른 사고 발생으로 인하여 전력 공급이 차단되거나, 연쇄적인 2차 피해사고가 발생한다. 그림10은 현장에서 사용되고 있는 철심형 PT 사고 사례이다.

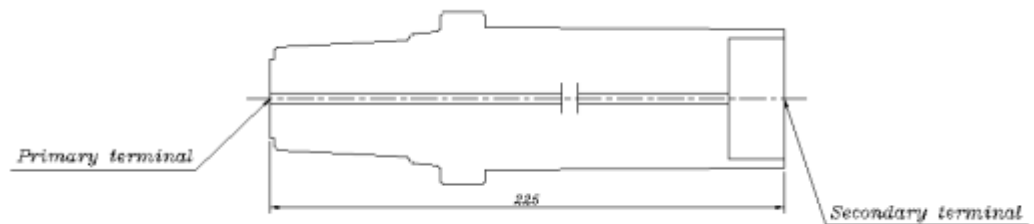
절연 파손	FUSE 파손
	

[그림10] PT 사고사례

그림10에서처럼 내부 절연이 파괴되거나, PT 내부에 설치된 FUSE 소손 발생되어 전력계통 공급이 중단되는 사태가 발생하게 된다.

(2) 개발품 LAYOUT

전자식 변성기로 철심코어 대신 용량성 분압원리를 이용하여, 2차측 부담을 획기적으로 줄여줌으로써, 장기 사용으로 발행되는 열화등에 의한 절연파괴를 방지할 수 있고, 뇌서지로부터 회로를 보호할 수 있다. 그림11은 EPT 개발제품에 간략한 설계 도면이다.



[그림11] EPT 제품 LAYOUT

1차측을 통하여 AC 13200V 전압을 통전하여 Capacitor divider를 통하여 2차측에는 4V로 측정된 전압을 보호 계전기에 전달하여 준다. 이러한 제품의 특징으로는 표13과 같다.

[표 13] EPT 제품 특징 비교

구분		철심형 PT	전자식 PT
제품불량 요인(개소)	제품 성형성시 불량 확률	다수 발생(복잡 구조)	거의 없음(단순구조)
	철심 포화에 따른 공진영향	절연 파괴 사고 발생	영향 없음
	FUSE 소손 사고	빈번하게 발생	관계 없음
작업성	교체 주기 (고장 발생율)	작은 사고 발생 (고장발생 주기 : 2년)	한번 설치후 무교체 (반영구적)
	설치 및 보관	부피 크고 중량물(62kg) 로 다루기 어려움	부피 작고 가벼움(5kg)
	에너지 효율성 (Burden)	2차측 부담이 매우 큼 (100VA, 200VA)	2차측 부담이 매우작음 (4V)
	보관 및 대응	대량 보관이 어려움 (현장 대응력 떨어짐)	대량 보관 가능 (신속한 현장 대응)
경제성	제품가격 (상대비교)	100%	50% 이내
	사고 확장성 (경제적 손실)	PT 파손에 의한 2차 사고(폭발, 가스누기)	없음

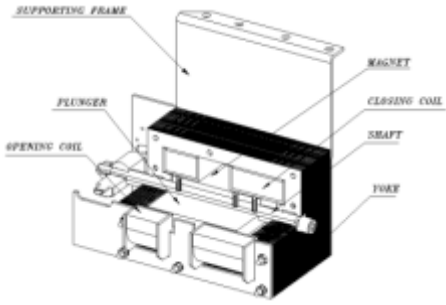
제2절 제품 제작 및 검증

1. PROTO TYPE 차단부 제작 및 검증

가. PMA 조립

차단부 동작 시키는 동력원으로 PMA를 적용한다. 구조로는 아래 표14와 같다.

[표 14] PMA 구조도

	
설계 도면	제작사진

COIL의 전자력과 영구자석을 이용한 PMA는 부품이 매우 단순하고, 수량이 몇 개 있지 않는 장점이 있다. 또한 제품 구성품 중에 OPEN COIL과 CLOSE COIL 상태를 확인하기가 쉽다.

나. HOUSING 성형

PMA 동작을 통하여 차단전류를 소호해 주는 VI를 내부에 가지고 있는 역할을 한다. VI 내부의 절연성능은 고진공(5×10^{-7} mbar) 상태에서 절연 성능을 유지하고, 외부는 전기 특성이 우수한 EPOXY RESIN을 사용하여 금형틀에 사출방식으로 성형한다. 이러한 성형을 하기위해서는 도체와 VI가 필요하고, 성형후에는 X-RAY 검사를 통해서 제품 내부에 크랙, 기포, 이물질 유·무를 확인한다. 표15는 이러한 공정을 순서대로 정리하였다.

[표 15] HOUSING 성형 공정

구분	내용	사진대지
도체 준비	○ 규격에 맞는 정격인지 확인 ○ 치수 확인 ○ 용접상태 확인 ○ 직각도 확인	

구분	내용	사진대지
VI 준비	○ 규격에 맞는 정격인지 확인 ○ 치수 확인 ○ 고정부 및 가동부 변형 여부 확인 ○ 접착여부 확인	
X-RAY 검사	○ Epoxy 성형 전·후 검사 ○ 내부 크랙 및 이물질 검사 ○ 조립 상태 검사 ○ 접착 검사	

다. 가동부 조립

PMA 동작을 VI에 전달하기 위해서는 동력전달을 위한 부품들이 필요하다. 연결링크, 개방 스프링, 압축 스프링, 절연 부시 등이 필요하다. 아래 표16은 가동부조립 공정을 나타내고 있다.

[표 16] 가동부 조립

구분	내용	사진대지
가동부 조립	○ Spring 규격 확인 ○ 지그 직각도 조립 상태 ○ 조임 Torque ○ 절연 스페이서 방향 확인	

라. 특성 시험

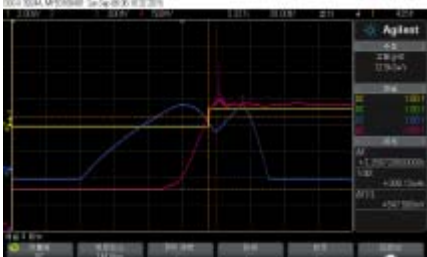
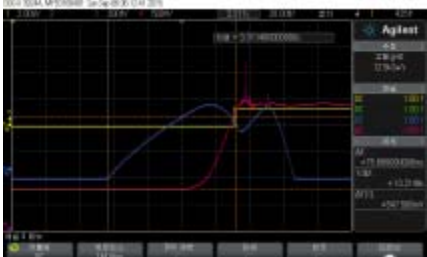
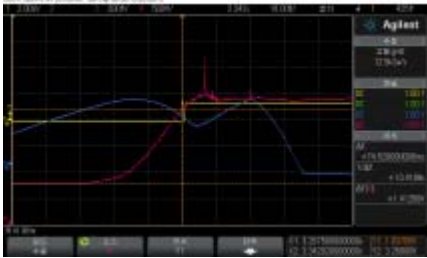
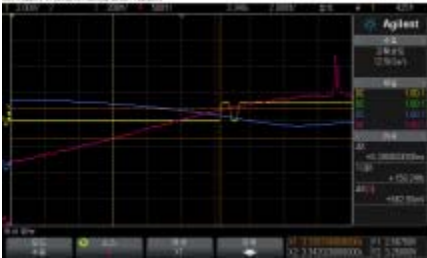
VCB 고정지그를 사용하여 Epoxy housing, PMA Mechanism, 연결 Link, Spring등을 조립하였다. 조립과정에서 개방 유지력과 투입 유지력을 측정한 후에 VI 동작을 통하여 부동개극, 채터링, 개방 시간, 투입 시간 등을 차례로 측정하였다. 측정은 오실로 스코프를 사용하여 측정하였다.

(가) 가압력 766.5kg, 차단력 358kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

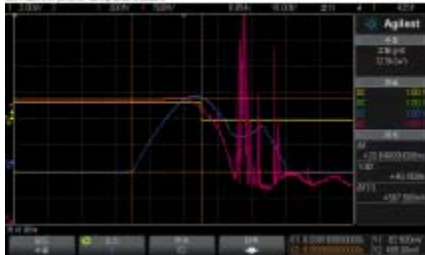
① 시험1 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 2.2ms	· 부동개극 【투입】 : 300us
	
· 상간차이 【개방】 : 70us	여 백
	

② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 75.7ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.41V	· 40%지점 시간차 : 4.18ms 40% 지점 전압 : $1.41V \times 0.4 = 0.56V$
	
· 투입전류 : 57.0A	Speed : $13.9mm \times 0.4 \div 4.18ms = 1.33m/s$
	여 백

③ 시험3.【개방】

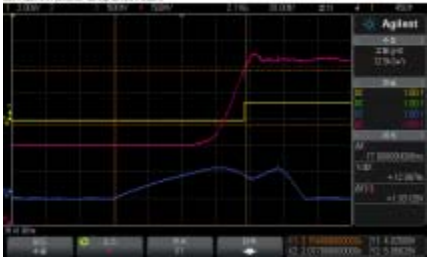
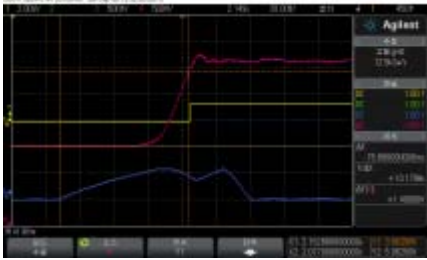
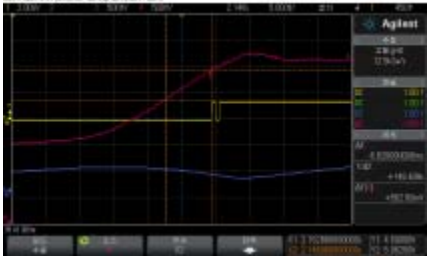
· 시험결과	· 개방시간 : 20.6ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.39V	· 60%지점 시간차 : 6.48ms
	60% 지점 전압 : $1.39 \times 0.6 = 0.83V$
	Speed : $13.9mm \times 0.6 \div 6.48ms = 1.29m/s$
· 75%지점 시간차 : 7.72ms	· 개방전류 : 58.5A
75% 지점 전압 : $1.39 \times 0.75 = 1.04V$	
Speed : $13.9mm \times 0.75 \div 7.72ms = 1.35m/s$	

(나) 가압력 824kg, 차단력 367.5kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

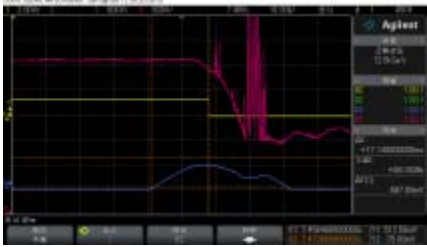
① 시험1【투입】/【개방】

· 채터링【투입】 : 1.16ms	· 부동개극【투입】 : 128us
	
· 상간차이【개방】 : 48us	
	여 백

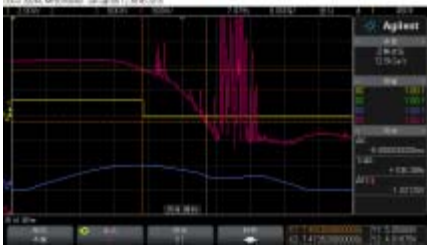
② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 77.0ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.40V	· 40%지점 시간차 : 4.32ms
	40% 지점 전압 : $1.4V \times 0.4 = 0.56V$
	
· 투입전류 : 59.0A	Speed : $14.6mm \times 0.4 \div 4.32ms = 1.35m/s$
	여 백

③ 시험3. 【개방】

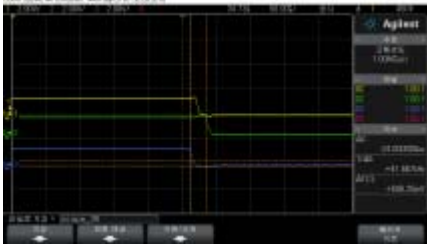
· 시험결과	· 개방시간 : 17.2ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.38V	· 60%지점 시간차 : 8.38ms

③ 시험3. 【개방】

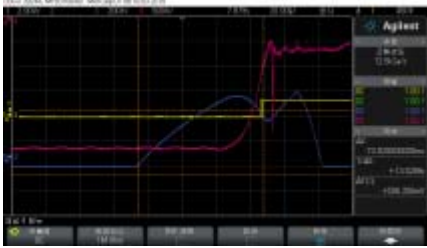
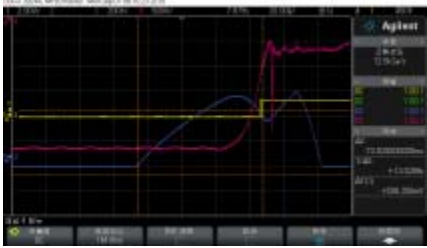
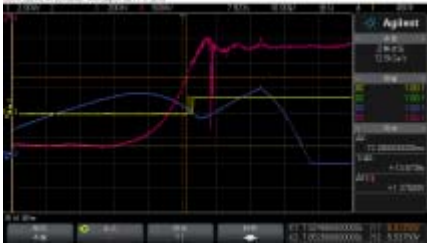
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.38V	· 60%지점 시간차 : 6.89ms
	60% 지점 전압 : $1.38 \times 0.6 = 0.83V$
	Speed : $14.6mm \times 0.6 \div 6.89ms = 1.27m/s$
· 75%지점 시간차 : 7.93ms	· 개방전류 : 50.0A
75% 지점 전압 : $1.38 \times 0.75 = 1.03V$	
	
Speed : $14.6mm \times 0.75 \div 7.93ms = 1.38m/s$	

(다) 가압력 771.5kg, 차단력 358.5kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

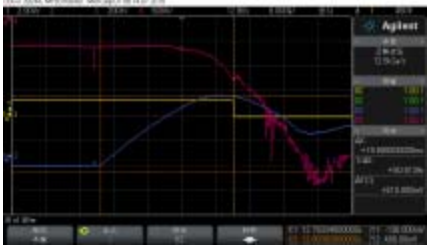
① 시험1 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 1.92ms	· 부동개극 【투입】 : 238us
	
· 상간차이 【개방】 : 24us	· 참조용
	

② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 73.9ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.38V	· 40%지점 시간차 : 4.10ms
	40% 지점 전압 : $1.38V \times 0.4 = 0.55V$
	Speed : $14.8mm \times 0.4 \div 4.10ms = 1.44m/s$
· 투입전류 : 56.0A	
	여 백

③ 시험3. 【개방】

· 시험결과	· 개방시간 : 19.7ms
	

③ 시험3. 【개방】

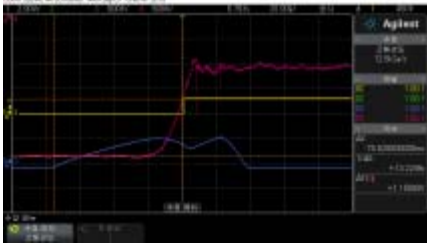
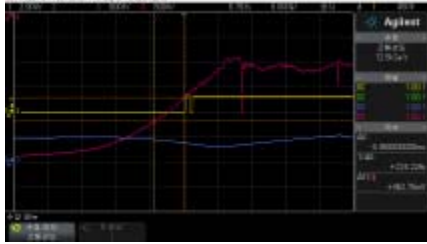
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.42V	· 60%지점 시간차 : 6.48ms
	60% 지점 전압 : $1.42 \times 0.6 = 0.85V$
	Speed : $14.8mm \times 0.6 \div 6.48ms = 1.37m/s$
· 75%지점 시간차 : 7.92ms	· 개방전류 : 56.0A
75% 지점 전압 : $1.42 \times 0.75 = 1.07V$	
	Speed : $14.8mm \times 0.75 \div 7.92ms = 1.40m/s$

(라) 가압력 784kg, 차단력 360.5kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

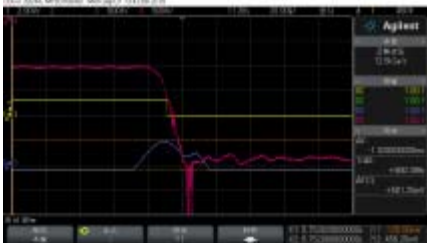
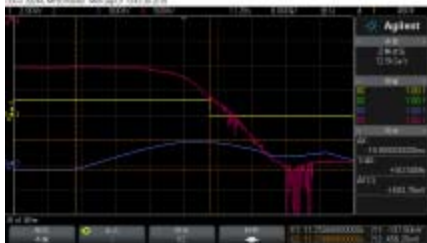
① 시험1 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 1.2ms	· 부동개극 【투입】 : 170us
	
· 상간차이 【개방】 : 26us	
	여 백

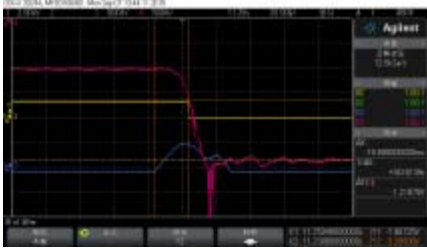
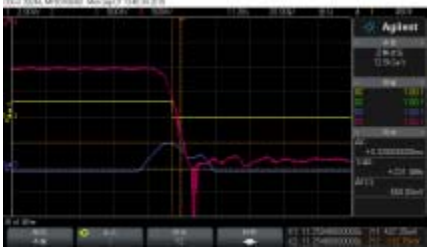
② 시험2.【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 76.8ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.15V	· 40%지점 시간차 : 4.46ms
	40% 지점 전압 : $1.15V \times 0.4 = 0.46V$
	
· 투입전류 : 57.0A	Speed : $13.9mm \times 0.4 \div 4.46ms = 1.25m/s$
	여 백

③ 시험3.【개방】

· 시험결과	· 개방시간 : 19.8ms
	

③ 시험3. 【개방】

· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.22V	· 60%지점 시간차 : 6.00ms
	60% 지점 전압 : $1.22 \times 0.6 = 0.73V$
	Speed : $13.9mm \times 0.6 \div 6.00ms = 1.39m/s$
· 75%지점 시간차 : 6.94ms	· 개방전류 : 55.0A
75% 지점 전압 : $1.22 \times 0.75 = 0.92V$	
	
Speed : $13.9mm \times 0.75 \div 6.94ms = 1.50m/s$	

(마) 가압력 791.5kg, 차단력 3635kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

① 시험1 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 1.9ms	· 부동개극 【투입】 : 110us
	
· 상간차이 【개방】 : 23us	
	여 백

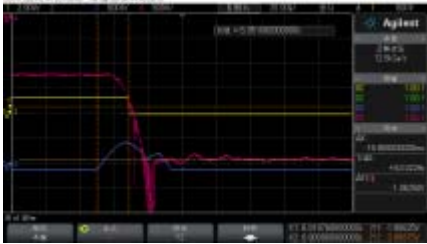
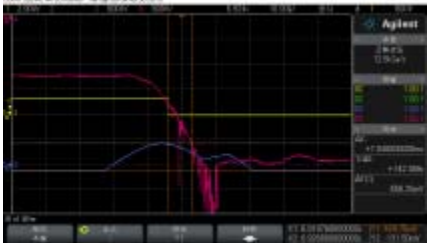
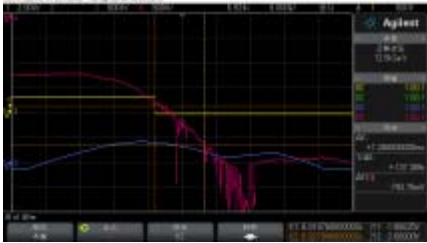
② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 75.3ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.04V	· 40%지점 시간차 : 4.00ms
	40% 지점 전압 : $1.04V \times 0.4 = 0.42V$
	Speed : $14.1mm \times 0.4 \div 4.00ms = 1.41m/s$
· 투입전류 : 57.5A	
	여 백

③ 시험3. 【개방】

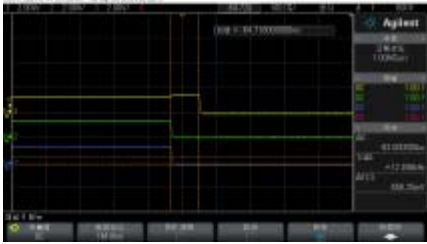
· 시험결과	· 개방시간 : 19.0ms
	

③ 시험3. 【개방】

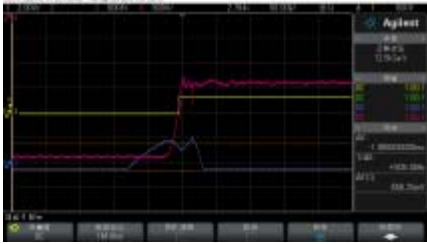
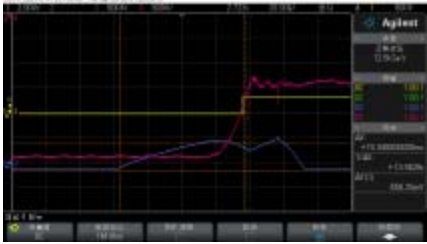
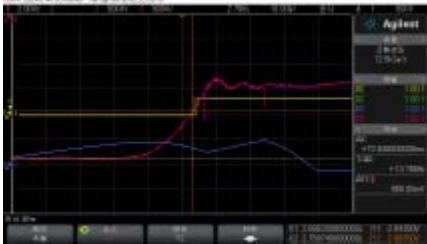
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.05V	· 60%지점 시간차 : 6.30ms
	60% 지점 전압 : $1.05 \times 0.6 = 0.63V$
	Speed : $14.1mm \times 0.6 \div 6.30ms = 1.34m/s$
· 75%지점 시간차 : 7.28ms	· 개방전류 : 56.0A
75% 지점 전압 : $1.05 \times 0.75 = 0.79V$	
	
Speed : $14.1mm \times 0.75 \div 7.28ms = 1.45m/s$	

(바) 가압력 796.5kg, 차단력 362.5kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

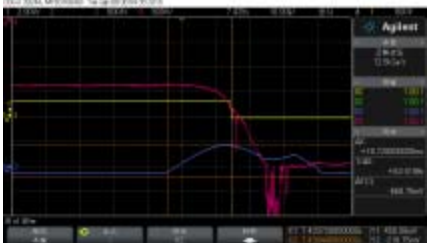
① 시험1. 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 2.0ms	· 부동개극 【투입】 : 200us
	
· 상간차이 【개방】 : 83us	
	여 백

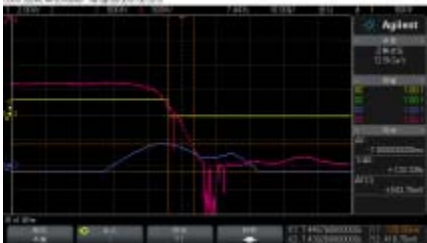
② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 74.3ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 0.95V	· 40%지점 시간차 : 4.12ms
	40% 지점 전압 : $0.95V \times 0.4 = 0.38V$
	Speed : $14.6mm \times 0.4 \div 4.12ms = 1.42m/s$
· 투입전류 : 57.5A	
	여 백

③ 시험3. 【개방】

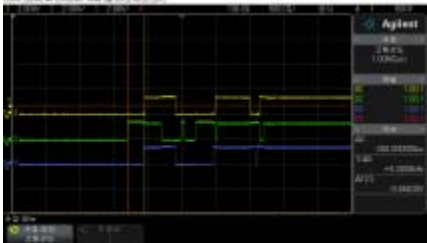
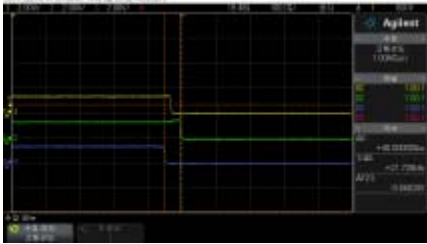
· 시험결과	· 개방시간 : 18.8ms
	

③ 시험3. 【개방】

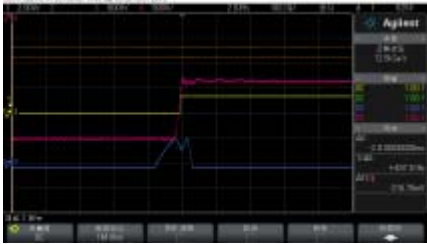
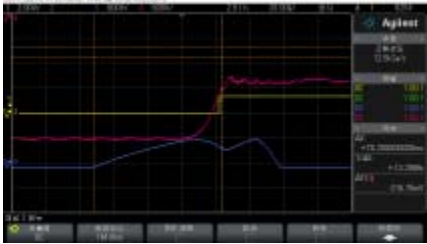
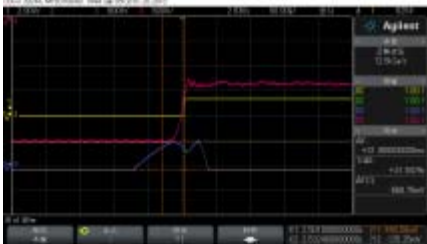
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.11V	· 60%지점 시간차 : 6.46ms
	60% 지점 전압 : $1.11 \times 0.6 = 0.67V$
	Speed : $14.6mm \times 0.6 \div 6.46ms = 1.36m/s$
· 75%지점 시간차 : 7.50ms	· 개방전류 : 54.0A
75% 지점 전압 : $1.11 \times 0.75 = 0.83V$	
Speed : $14.6mm \times 0.75 \div 7.50ms = 1.46m/s$	

(사) 가압력 810.5kg, 차단력 365kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

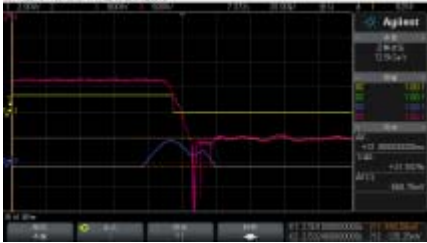
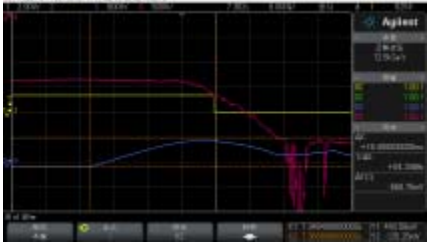
① 시험1. 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 2.0ms	· 부동개극 【투입】 : 250us
	
· 상간차이 【개방】 : 46us	
	여 백

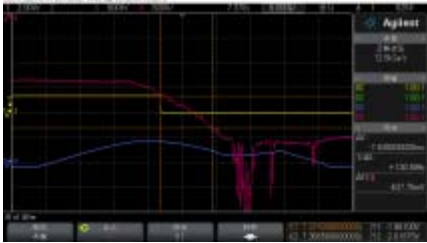
② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 75.2ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 0.83V	· 40%지점 시간차 : 4.00ms
	40% 지점 전압 : $0.83V \times 0.4 = 0.33V$
	
· 투입전류 : 57.0A	Speed : $14.5mm \times 0.4 \div 4.00ms = 1.45m/s$
	여 백

③ 시험3. 【개방】

· 시험결과	· 개방시간 : 18.4ms
	

③ 시험3. 【개방】

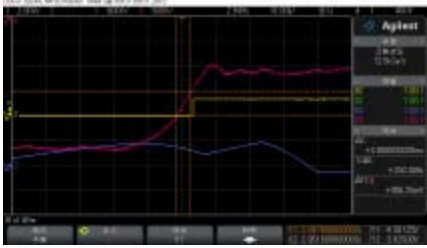
· 저항 변화에 따른 전압차 : 0.85V	· 60%지점 시간차 : 6.54ms
	60% 지점 전압 : $0.85 \times 0.6 = 0.51V$
	Speed : $14.5mm \times 0.6 \div 6.54ms = 1.33m/s$
· 75%지점 시간차 : 7.64ms	· 개방전류 : 53.0A
75% 지점 전압 : $0.85 \times 0.75 = 0.64V$	
	
Speed : $14.5mm \times 0.75 \div 7.64ms = 1.42m/s$	

(아) 가압력 791.5kg, 차단력 363.5kg 일 경우 특성시험
이때 VI Stroke 거리는 14mm로 설정하여 측정하였다.

① 시험1. 【투입】 / 【개방】

· 채터링 【투입】 : 1.9ms	· 부동개극 【투입】 : 210us
	
· 상간차이 【개방】 : 58us	
	여 백

② 시험2. 【투입】

· 시험결과	· 투입시간 : 74.5ms
	
· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.13V	· 40%지점 시간차 : 4.00ms
	40% 지점 전압 : $1.13V \times 0.4 = 0.45V$
	
· 투입전류 : 57.5A	Speed : $14.8mm \times 0.4 \div 4.00ms = 1.48m/s$
	여 백

③ 시험3. 【개방】

· 시험결과	· 개방시간 : 17.5ms
	

③ 시험3. 【개방】

· 저항 변화에 따른 전압차 : 1.20V	· 60%지점 시간차 : 7.00ms
	60% 지점 전압 : $1.20 \times 0.6 = 0.72V$
	Speed : $14.8mm \times 0.6 \div 7.00ms = 1.27m/s$
· 75%지점 시간차 : 8.70ms	· 개방전류 : 54.0A
75% 지점 전압 : $1.20 \times 0.75 = 0.90V$	
	
Speed : $14.8mm \times 0.75 \div 8.70ms = 1.28m/s$	

지금까지의 시험내용을 정리하면 표17과 같다.

[표 17] PMA 조작력에 따른 특성 DATA

구분	가압력	차단력	투입행정		개방행정	
			시간	속도	시간	속도
#1	766.5kg	358.0kg	75.7ms	1.33m/s	20.6ms	1.29m/s
#2	824.0kg	367.5kg	77.0ms	1.35m/s	17.2ms	1.27m/s
#3	771.5kg	358.5kg	73.9ms	1.44m/s	19.7ms	1.37m/s
#4	784.0kg	360.5kg	76.8ms	1.25m/s	19.8ms	1.39m/s
#5	791.5kg	363.0kg	75.3ms	1.41m/s	19.0ms	1.34m/s
#6	796.5kg	362.5kg	74.3ms	1.42m/s	18.8ms	1.36m/s
#7	810.5kg	365.0kg	75.2ms	1.45m/s	18.4ms	1.33m/s
#8	791.5kg	363.5kg	74.5ms	1.48m/s	17.5ms	1.27m/s

2. PROTO TYPE DS/ES 제작 및 검증

가. Mechanism 조립

DS/ES 동력원으로 Motor를 적용한다. Motor와 결합된 기어비에 따라 절연 Shaft가 좌우 이동하는 구조이고 제품도는 아래 표18과 같다.

[표 18] DS/ES Mechanism

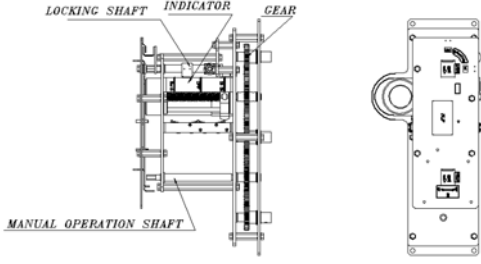
	
설계 도면	제작사진

표18은 설계도면과 실제 제품제작 사진을 비교하였다. 구성품으로는 Motor, Gear Locking shaft, Indicator, Manual operation shaft 등으로 조립되었다.

나. EPOXY Housing 성형

DS/ES Housing 구조는 3단 개폐기능을 갖는 구조로 구성되어 있으며, DS와 ES 사이에는 중성점 역할을 하는 Nutral Position이 존재한다. 표19는 Epoxy 성형 준비 과정을 순서대로 설명하였다.

[표 19] HOUSING 성형 공정

구분	내용	사진대지
도체 준비	○ 규격에 맞는 정격인지 확인 ○ 치수 확인 ○ 용접상태 확인 ○ 직각도 확인	
APG 성형	○ 크랙 및 변형 확인 ○ 조립부 치수 변형 확인 ○ 접착여부 확인 ○ 형상 변형 여부 확인	

구분	내용	사진대지
X-RAY 검사	○ Epoxy 성형 전·후 검사 ○ 내부 크랙 및 이물질 검사 ○ 조립 상태 검사 ○ 접착 검사	

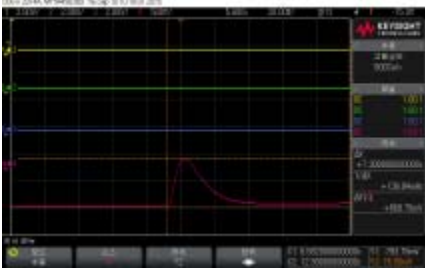
다. 특성 시험

DS/ES Housing 구조는 3단 개폐기능을 갖는 구조로 구성되어 있으며, DS와 ES의 양끝 지점에 있는 접점의 동작 시간은 10s 이내에 이동하여 완전 접촉 되도록 하였다.

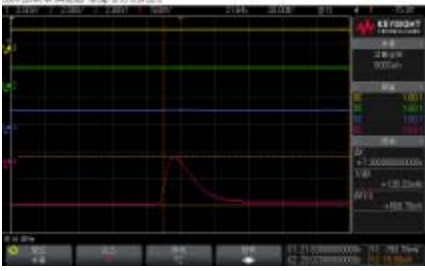
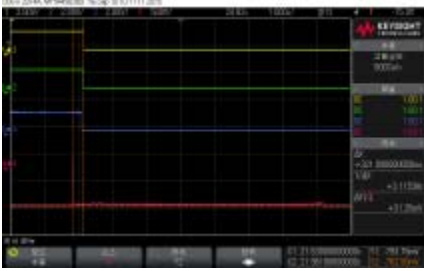
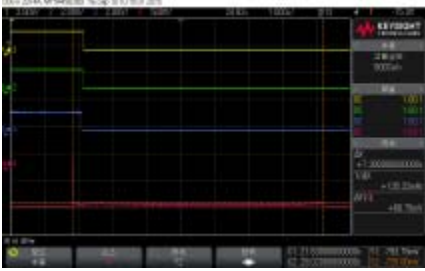
(가) DS 특성 시험 DATA

전압	투입	DS_Close	개방	DS_Open
93.5V (85%)	상간차이	46ms	상간차이	46ms
	투입시간	7.2s	개방시간	321ms
	투입전류	0.4A	개방전류	0.3A
	모터기동시간	7.3s	모터기동시간	7.3s
	가압전류	0.6A	가압전류	0.6A
	모터기동전류	8.6A	모터기동전류	8.6A
110V (100%)	상간차이	38ms	상간차이	37ms
	투입시간	5.9s	개방시간	367ms
	투입전류	0.3A	개방전류	0.3A
	Motor 기동시간	6s	Motor 기동시간	6.2s
	가압전류	0.6A	가압전류	0.6A
	모터기동전류	11A	모터기동전류	10A
121V (110%)	상간차이	26ms	상간차이	35ms
	투입시간	5.4s	개방시간	378ms
	투입전류	0.3A	개방전류	0.3A
	Motor 기동시간	5.5s	Motor 기동시간	5.8s
	가압전류	0.6A	가압전류	0.6A
	모터기동전류	11.8A	모터기동전류	11.8A

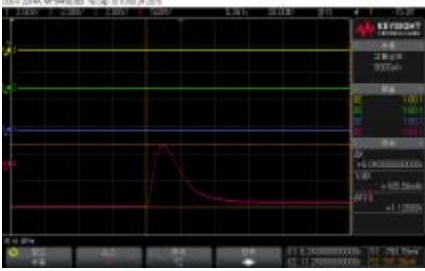
① DS 93.5V (85%) 저전압 투입특성

상간차이 : 46ms		모터기동전류 : 8.6A	
			
투입시간 : 7.2s	투입전류 : 0.4A	모터기동시간 : 7.3s	가압전류 : 0.6A
			

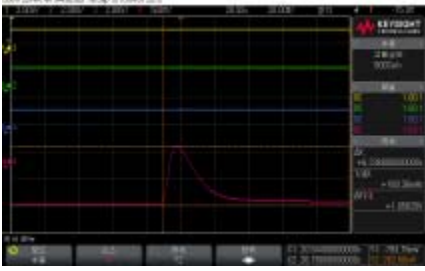
② DS 93.5V (85%) 저전압 개방특성

상간차이 : 46ms		모터기동전류 : 8.6A	
			
개방시간 : 321ms	개방전류 : 0.3A	모터기동시간 : 7.3s	가압전류 : 0.6A
			

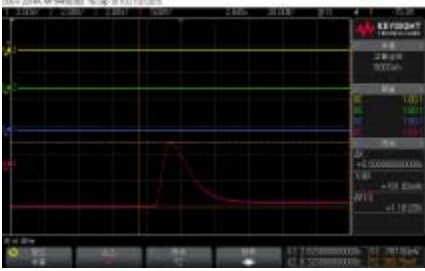
③ DS 110V (100%) 정격전압 투입특성

상간차이 : 38ms		모터기동전류 : 11A	
			
투입시간 : 5.9s	투입전류 : 0.3A	모터기동시간 : 6s	가압전류 : 0.6A
			

④ DS 110V (100%) 정격전압 개방특성

상간차이 : 37ms		모터기동전류 : 10A	
			
개방시간 : 367ms	개방전류 : 0.3A	모터기동시간 : 6.2s	가압전류 : 0.6A
			

⑤ DS 121V (110%) 과전압 투입특성

상간차이 : 26ms		모터기동전류 : 11.8A	
			
투입시간 : 5.4s	투입전류 : 0.3A	모터기동시간 : 5.5s	가압전류 : 0.6A
			

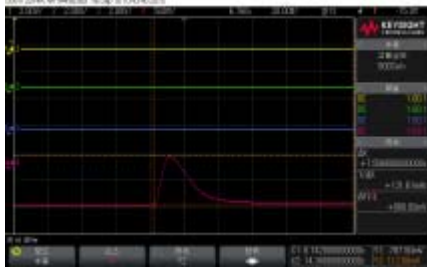
⑥ DS 121V (110%) 과전압 개방특성

상간차이 : 35ms		모터기동전류 : 11.8A	
			
개방시간 : 378ms	개방전류 : 0.3A	모터기동시간 : 5.8s	가압전류 : 0.6A
			

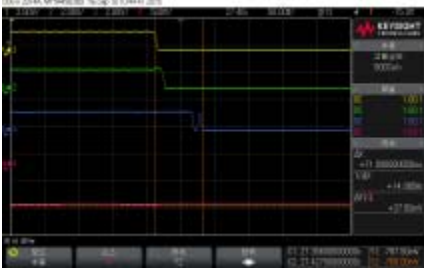
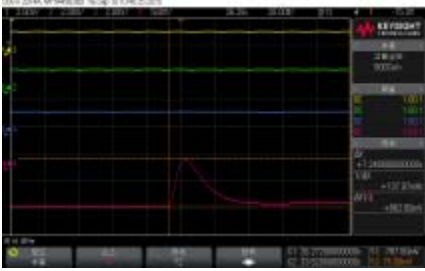
(나) ES 특성 시험 DATA

전압	투입	ES_Close	개방	ES_Open
93.5V 85%	상간차이	94ms	상간차이	71ms
	투입시간	6.6s	개방시간	1.1s
	투입전류	0.3A	개방전류	0.3A
	모터기동시간	7.5s	모터기동시간	7.2s
	가압전류	0.6A	가압전류	0.6A
	모터기동전류	9A	모터기동전류	8.6A
110V 100%	상간차이	79ms	상간차이	50ms
	투입시간	5.6s	개방시간	1s
	투입전류	0.3A	개방전류	0.3A
	Motor 기동시간	6.4s	Motor 기동시간	6.2s
	가압전류	0.6A	가압전류	0.6A
	모터기동전류	11.2A	모터기동전류	10.5A
121V 110%	상간차이	73ms	상간차이	43ms
	투입시간	5s	개방시간	952m
	투입전류	0.3A	개방전류	0.3A
	Motor 기동시간	5.8s	Motor 기동시간	5.7s
	가압전류	0.6A	가압전류	0.6A
	모터기동전류	11.9A	모터기동전류	11.6A

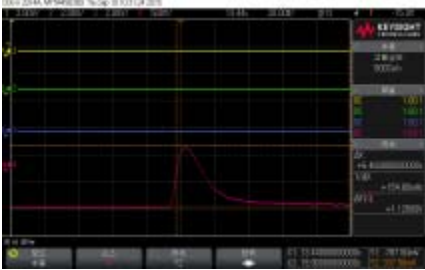
① ES 93.5V (85%) 저전압 투입특성

상간차이 : 94ms		모터기동전류 : 9A	
			
투입시간 : 6.6s	투입전류 : 0.3A	모터기동시간 : 7.5s	가압전류 : 0.6A
			

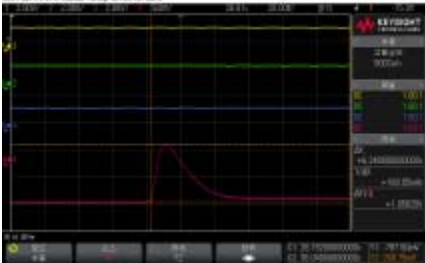
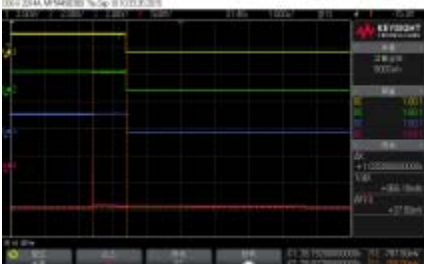
② ES 93.5V (85%) 저전압 개방특성

상간차이 : 71ms		모터기동전류 : 8.6A	
			
개방시간 : 1.1s	개방전류 : 0.3A	모터기동시간 : 7.2s	가압전류 : 0.6A
			

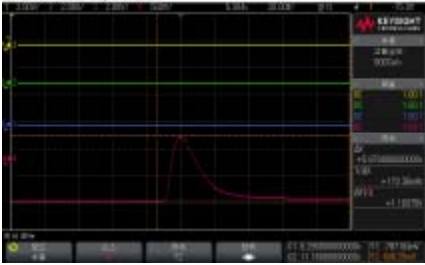
③ ES 110V (100%) 정격전압 투입특성

상간차이 : 79ms		모터기동전류 : 11.2A	
			
투입시간 : 5.6s	투입전류 : 0.3A	모터기동시간 : 6.4s	가압전류 : 0.6A
			

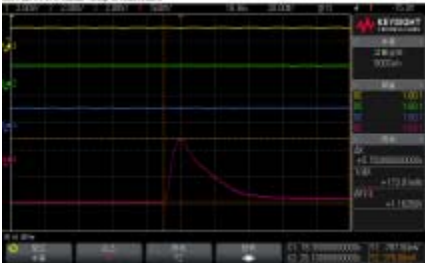
④ ES 110V (100%) 정격전압 개방특성

상간차이 : 50ms		모터기동전류 : 10.5A	
			
개방시간 : 1s	개방전류 : 0.3A	모터기동시간 : 6.2s	가압전류 : 0.6A
			

⑤ ES 121V (110%) 과전압 투입특성

상간차이 : 73ms		모터기동전류 : 11.9A	
			
투입시간 : 5s	투입전류 : 0.3A	모터기동시간 : 5.8s	가압전류 : 0.6A
			

⑥ ES 121V (110%) 과전압 개방특성

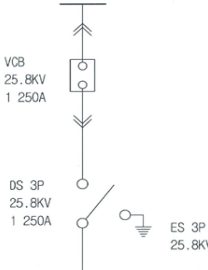
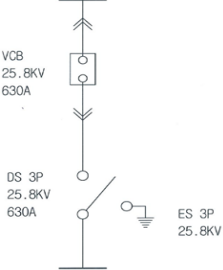
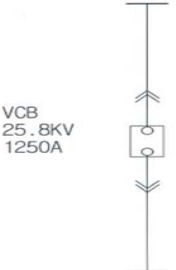
상간차이 : 43ms		모터기동전류 : 11.6A	
			
개방시간 : 952ms	개방전류 : 0.3A	모터기동시간 : 5.7s	가압전류 : 0.6A
			

3. PROTO TYPE 배전반 제작 및 검증

가. 배전반 구조 및 형상

SIS의 배전반의 구성은 아래 표20과 같다.

[표 20] SIS 배전반 구성

구분	수전차단기반	급전차단기반	차단기반	단로기반
단선 회로도				

외함을 구성하는 조건은

- 외함은 간단 견고한 구조로 재료는 일반구조용 압연강판(SS41) 계열을 사용한다.
- 제어부는 보호, 제어 및 조작회로 등을 수납하고 있으며 이는 금속제 용기로

IP3X의 보호등급 기준을 만족하도록 제작한다.

- 함체는 폐쇄수직자립형으로 하며 각각의 큐비클은 독자적인 회로를 구성 하여야 하며 전체적으로 밀폐된 구조로 배열한다.
- 각 외함들은 전기적, 기계적으로 상호 연결되어야 하며 운반 및 반입 조건을 고려 적절히 분리되어야 하고 도어, 주프레임 및 보강프레임은 공칭 2.3mm 이상을 사용하여 제작하며 기타 철판의 두께는 공칭 1.6mm 이상을 사용한다.
- 함의 전, 후면에는 문을 설치하고 도어 개방시 위치가 고정되는 정위치 고정용 힌지를 사용한다.
- 함은 먼지 및 기타 오물이 침투하지 못하는 구조로 하되 적절히 환기가 될 수 있도록 하며 IP3X의 보호등급을 만족하며, 녹과 부식방지 처리후 정전분체 도장 처리한다.

나. 배전반 조립 공정

구분	내용	사진대지
배전반 함체	○ 규격에 맞는 배전반 내용확인 ○ 치수 확인 ○ 용접상태 확인 ○ 직각도 확인	
절연판	○ 크랙 및 변형 확인 ○ 가공부 치수 확인 ○ 비틀림 확인 ○ 재질 확인	
절연판 조립	○ 조립 형상 확인 ○ BOLT 조임력 확인 ○ 조립 Center 확인 ○ 조립시 크랙 및 변형 확인	

구분	내용	사진대지
DS/ES 조립	○ 규격에 맞는 정격 확인 ○ 조립시 CENTER 확인 ○ BOLT 조임력 확인 ○ 조립시 간섭 확인	
제어 배선	○ 배선 SIZE 확인 ○ 배선시 Numbering 작업 ○ Capacitor 용량, 수량 확인 ○ 결선 후 오배선 확인	
VCB 조립	○ 동작 특성 확인 ○ 정격 용량 확인 ○ 주회로 특성 확인 ○ 조립 Center 확인 ○ 조립시 크랙 및 변형 확인	

4. 제품 검사 및 시험

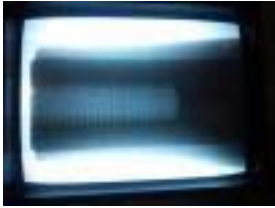
가. EPOXY Housing X-Ray 시험(비파괴 검사)

금형을 이용한 APG 성형한 제품에 대하여 전수 X-RAY 검사를 실시한다. X-RAY 검사를 통하여 제품을 파쇄하지 않고도 여러 가지 결함(크랙, 보이드, 이물질, 형상 변경)을 확인할 수 있다.

(1) CB HOUSING

접속 도체부	BALL Spring	절연물 내부
		
VI 하부	VI 상부	볼트 접촉부
		

(2) DS/ES HOUSING

절연물 상부	절연물 하부	절연물 내부
		
DS 접착부	도체 상부	볼트 접착부
		

제품을 파괴하지 않고 제품내부에 크랙, 보이드, 이물질 등을 검사한 결과 이상 없음을 확인하였다.

나. 접착력 시험

VI와 EPOXY 계면사이의 접착은 항상 문제시 되어 왔다. 계면사이의 들뜸으로 인하여 절연파괴가 시작되기 때문이다. 이러한 계면사이의 접착문제를 점검하기 위하여 접착 테스트를 진행 하였다.

(1) VI와 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• VI 세척 : 아세톤 세척 10회 • 실리콘 포팅 : 진공으로 주입(지그) • 1차 경화 : 120℃, 60분 • 2차 경화 : 120℃, 40분	
작업결과	
• X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(2) EPOXY와 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• Silicone 세척 : 아세톤 세척 3회 • Silicone 플라즈마 처리 • Silicone 프라이머 작업 • Epoxy 진공으로 주입 • 경화조건 : 120℃, 12시간	
작업결과 • X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(3) PA66과 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• 재질 : PA66 • IPA 세척 3회 • Silicone Deeping • 경화조건 : 상온(25℃), 30분	
작업결과 • X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(4) FRP와 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• 재질 : FRP • IPA 세척 3회 • Silicone Deeping • 경화조건 : 상온(25℃), 30분	
작업결과 • X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(5) CU와 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• 재질 : CU(1100) • IPA 세척 3회 • Silicone Deeping • 경화조건 : 상온(25℃), 40분	
작업결과	
• X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(6) CU와 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• 재질 : AL(6061) • IPA 세척 3회 • Silicone Deeping • 경화조건 : 상온(25℃), 40분	
작업결과	
• X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(7) CU와 실리콘 접착 테스트

작업공정	작업 사진
• 재질 : AL(6061) • IPA 세척 3회 • Silicone Deeping • 경화조건 : 상온(25℃), 40분	
작업결과	
• X-RAY 투사 : 접착 양호 • 접착력 : 전체적으로 양호	

(8) 실리콘 접착 테스트

일액형 실리콘 재질로 자체 접착력 테스트를 재료별로 진행하였다. 실리콘 경화 조건은 상온에서 약 40분 정도에서 경화 진행 되었다. APG 성형 후 제품의 접착력이 약해질 경우 그 계면사이의 절연파괴로 인하여 전력공급에 차질을 빚을 수 있기 때문에 계면사이의 접착력은 항상 중요한 공정중의 하나이다. 접착력 시험결과 모든 종류의 재질에서 양호한 접착력이 나타났다.

다. 절연 시험

전기기기의 구성은 도체, 절연물, 배전반 등 여러 가지 재료로 구성되어지고 조립되어진다. 이러한 배전반에 대한 절연내력 시험을 통하여 절연재료의 절연내력을 확인하고, 구성 제품간의 절연거리에 대한 절연내력 시험을 통하여 절연을 확보한다.

(1) 상용주파 내전압 시험

- (가) 시험목적 : 상시 운전전압에 대한 절연성능 검증
- (나) 시험규격 : IEC 62271-201 6.2항에 의거하여 시험 진행
- (다) 시험대상 : 차단기, 단로기/접지스위치
- (라) 시험 방법 및 기준은 표21에 따른다.

[표21] 상용주파내전압 시험 데이터

시험상태			주파수 Hz	시험전압 kV	시험시간 sec	결과	
상간 및 대지 간 (투입상태)			60	60	60	이상없음	
				60	60	이상없음	
동상 단자간	차단기	Forward		60	60	이상없음	
				60	60	이상없음	
		Reverse		60	60	이상없음	
				60	60	이상없음	
	단로기	Forward		66	60	이상없음	
				66	60	이상없음	
		Reverse		66	60	이상없음	
				66	60	이상없음	

시험 사진	내압인가사진
	

(2) 뇌충격내전압 시험

(가) 시험목적 : 낙뢰에 의해 발생할 수 있는 충격파에 대해 대지간, 극간, 상간 사이의 절연내력을 확인한다.

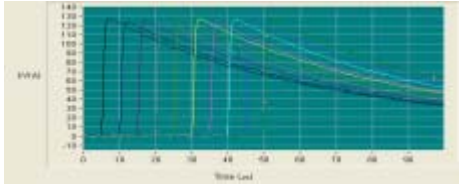
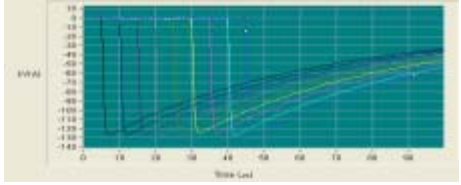
(나) 시험규격 : IEC 62271-201 6.2항에 의거하여 시험 진행

(다) 시험대상 : 차단기, 단로기/접지스위치

(라) 시험 방법 및 기준은 표22에 따른다.

[표22] 뇌충격내전압 시험 데이터

시험상태			극성	시험전압 kV	시험횟수 회	결 과
상간 및 대지 간 (투입상태)			정	125	15	이상없음
			부	125	15	이상없음
동상 단자간	차단기	Forward	정	125	15	이상없음
			부	125	15	이상없음
		Reverse	정	125	15	이상없음
			부	125	15	이상없음
	단로기	Forward	정	145	15	이상없음
			부	145	15	이상없음
		Reverse	정	145	15	이상없음
			부	145	15	이상없음

시험 사진	시험인가과형
	 [정극성 시험]  [부극성 시험]

(3) 부분방전 시험

- (가) 시험목적 : 제품내부 결함, 외부 결함 및 조립과정에서의 결함 유·무를 시험내 전압을 인가하였을 때 나타나는 부분방전의 크기로 확인한다.
- (나) 시험규격 : IEC 62271-201 6.2항에 의거하여 시험 진행
- (다) 시험대상 : 차단기, 단로기/접지스위치
- (라) 시험 방법 및 기준은 표23에 따른다.

[표23] 부분방전시험 데이터

시험상태			시험전압 kV	기준치 pC	측정결과 pC
상간 및 대지 간 (투입상태)			33.5kV 인가후 10초후 28.4kV 인가후 측정함	10 이하	0.6
					0.6
동상 단자간	차단기	Forward			0.5
		Reverse			0.6
	단로기	Forward			0.5
		Reverse			0.6
		Forward			0.6
		Reverse			0.6

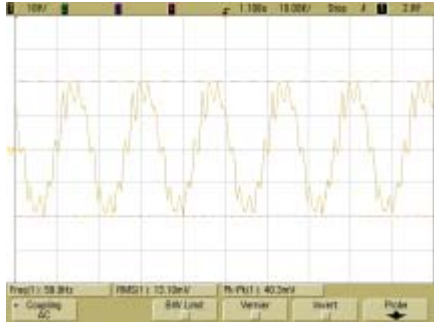
시험 사진	시험측정과형
	

라. 누설전류 시험

- (1) 시험목적 : 배전반 내부 EPOXY Housing 표면에 인체 접촉이 발생하였을 경우 감전사고의 안전에 관한 시험
- (2) 시험규격 : IEC 62271-201 6.104항에 의거하여 시험 진행
- (3) 시험대상 : 차단기, 단로기/접지스위치 등의 외부 접촉이 가장 근접한 위치
- (4) 시험 방법 및 기준은 표24에 따른다.

[표24] 누설전류시험 데이터

구분	시험 방법 및 요구사항	시험결과	
절연시험	에폭시 표면에 알루미늄 호일(100 cm ²)을 붙이고, AC 내전압 60 kV 1 분간 주회로와 알루미늄 호일 사이에 인가한다,	이상없음	
	서터 중앙에 알루미늄 호일(100 cm ²)을 붙이고, AC 내전압 66 kV 1 분간 주회로와 알루미늄 호일 사이에 인가한다,	이상없음	
누설전류시험	에폭시 표면에 알루미늄 호일(100 cm ²)을 붙이고, AC 정격전압을 1 분간 주회로와 알루미늄 호일 사이에 인가한다, 이때 누설전류의 크기는 0.5 mA 이내일것	Phase A	0.17 mA
		Phase B	0.21 mA
		Phase C	0.24 mA

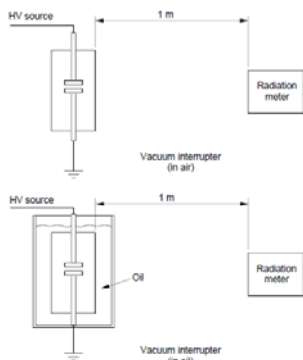
시험 사진	시험인가파형
	

마. VI X-RADIATION 시험

- (1) 시험목적 : 배전반 EPOXY Housing 내부의 VI를 정격전압을 인가하였을 때 방출되는 방사선의 크기를 측정한다.
- (2) 시험규격 : IEC 62271-200 6.11항에 의거하여 시험 진행
- (3) 시험대상 : 차단기, 단로기/접지스위치 등의 외부 접촉이 가장 근접한 위치
- (4) 시험 방법 및 기준은 표25에 따른다.

[표25] X-RADIATION 시험 및 데이터

구분	시험 방법 및 요구사항	시험결과
절연시험	AC 정격전압을 1 분간 인가후 15초후에 방사선 크기를 측정한다. 그 크기는 5 μSv 이내일 것.	0.35 μSv
	AC 내전압을 1 분간 인가후 15초후에 방사선 크기를 측정한다. 그 크기는 150 μSv 이내일 것.	0.52 μSv

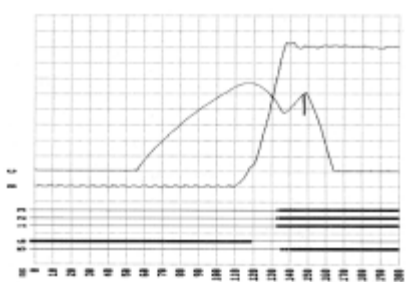
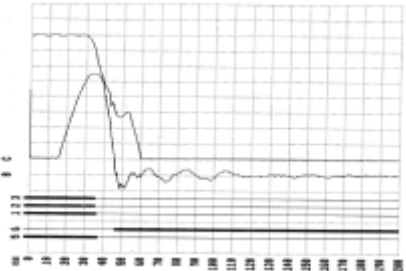
시험 회로도	시험인가사진
	

바. 보조회로의 환경시험

- (1) 시험목적 : 온도 및 습도에 대한 보조회로 시험으로 시험 전후 특성 변화를 비교하여 오차 범위를 확인한다.
- (2) 시험규격 : IEC 62271-100 6.101항에 의거하여 시험 진행
- (3) 시험대상 : 배전반의 보조회로를 이용한 특성확인
- (4) 시험 방법 및 기준은 표26에 따른다.

[표26] 보조회로의 환경시험 및 데이터

구분	시험 방법 및 요구사항	시험결과
저온시험		이상없음
고온시험		이상없음
내습성시험		이상없음
내습성 주기시험		이상없음

시험 인가사진	시험결과
	
	투입 행정
	
	개방 행정

(5) 고온시험 시험결과 : 투입 특성

Test sequence	Control voltage DC V	Operating current A	Velocity m/s	Closing time ms	Time spread between poles ms
시험전	93.5	56	1.0	147.3	0.4
	110	56	1.0	132.8	0.3
	121	57	1.0	127.3	0.4
시험중 1회	110	53	1.1	133.5	0.3
시험중 2회	110	54	1.0	132.9	0.4
시험후	93.5	56	1.1	148.3	0.4
	110	56	1.1	133.5	0.4
	121	56	1.1	128.1	0.4

(6) 고온시험 시험결과 : 개방 특성

Test sequence	Control voltage DC V	Operating current A	Velocity m/s	Opening time ms	Time spread between poles ms
시험전	77	55	1.2	40.3	0.5
	110	55	1.2	36.0	0.4
	121	55	1.2	35.6	0.5
시험중 1회	110	53	1.2	36.1	0.4
시험중 2회	110	53	1.2	35.5	0.5
시험후	77	54	1.3	39.8	0.5
	110	54	1.3	35.9	0.5
	121	54	1.4	34.9	0.4

사. 단시간 전류 시험

- (1) 시험목적 : 계통의 임의 지점에서의 단락사고시 기기의 주회로 및 단로기/접지개폐기에 정격 단시간 전류(Peak 포함)를 규정된 시간동안 흐르게 함으로서 통전능력을 확인한다.
- (2) 시험규격 : IEC 62271-200 6.6항에 의거하여 시험 진행
- (3) 시험대상 : 배전반의 주회로 및 단로기/접지스위치
- (4) 시험 방법 및 기준 : 단시간 전류 25kA를 1s 동안 흘려서 기기에 이상이 없을 것(그림12 참조)



[그림12] 단시간 시험 사진(시험장소 :한국전기연구원)

(5) 시험 결과 : 기기의 외형의 변형이 없고 동작에 이상 없음

2016TS00989 18/192

5 Short time withstand current and peak withstand current tests

5.1 Short time withstand current and peak withstand current tests

Test requirements					
Test current	r.m.s. = 25 kA, peak = 65 kA				
Frequency	60 Hz				
Duration	1.0 s ($I^2t = 625 \text{ MA}^2\text{s}$)				
Test results					
Condition before test	After measurement of the resistance of main circuit				Test circuit (Fig. HT01, Fig. HT02)
Osc. Number	Test current		Duration s	$I^2t \text{ MA}^2\text{s}$	Remarks
	peak kA	r.m.s. kA			
HT15S03383-001	-	25.3	1.01	-	main circuits (Attachment. HT01)
	-	26.2			
	65.9	25.8			
HT15S03383-002	No load operation check (DS)				Test object was opened at the first attempt.
HT15S03383-003	No load operation check (CB)				Test object was opened at the first attempt.
HT15S03383-004	-	25.1	1.02	-	earthing circuits (Attachment. HT01)
	-	25.4			
	65.4	25.2			
HT15S03383-005	No load operation check (ES)				Test object was opened at the first attempt.
HT15S03383-006	65.7	27.3	0.85	633.5	earthing circuits (Attachment. HT01)
HT15S03383-007	No load operation check (ES)				Test object was opened at the first attempt.
Condition during and after test	No visible signs of damages were observed. Refer to Photo. HT01				

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute

DF-CA-21/33/01

[그림13] 단시간 시험 성적서

아. 단락전류 시험을 통한 차단 능력시험

- (1) 시험목적 : 차단기의 단락사고 발생시 정격차단전류의 10% ~ 100% 범위까지의 단락전류 발생에 따른 투입 및 차단 능력을 검증한다.
- (2) 시험규격 : IEC 62271-100 6.106에 의거하여 시험 진행
- (3) 시험대상 : 배전반의 주회로 차단기
- (4) 시험 방법 : 차단전류 25kA의 10%, 30%, 60%, 100%의 시험전류를 인가하고, 동작 Sequence는 O-0.3초-CO-15초-CO 간격으로 검증한다.(그림14 참조)



[그림14] 단락전류 시험 사진(시험장소 :한국전기연구원)

- (5) 시험 결과 : 기기의 외형의 변형이 없고 차단기 동작에 이상 없음

2016TSC0989 30/92

6.8 Basic short-circuit tests (T100s)

Test requirements	
Recovery voltage	25.8 kV
TRV	$u_c = 44.2 \text{ kV}$, $t_0 = 91 \text{ } \mu\text{s}$, $t_2 = 14 \text{ } \mu\text{s}$, $\text{RRRV} = 0.49 \text{ kV}/\mu\text{s}$
Test current	Breaking = 25 kA Last current loop : peak = 44.9 kA, duration = 10.0 ms
Test frequency	60 Hz
Supply voltage for PMA	DC 77 V
Control voltage	DC 121 V
Operating sequence	3 - O

Test results														
Condition before test	After basic short-circuit tests (T100s)								Test circuit : Fig. HP04					
Test number	Operation	Recovery voltage (Phase to earth) kV	Test current		Arcing time ms	Break time ms	TRV peak kV	Remarks						
			Breaking kA	Last loop Peak kA										
HPC 15-602-071	O	15.0	25.1	39.1	8.2	8.9	45.1	+25.6						
		15.0	25.4	47.5	11.5	8.9	45.1	-25.1						
		15.0	25.1	40.4	9.5	4.5	40.7	+45.1						
HPC 15-602-072	O	14.9	25.1	31.3	7.0	10.4	47.8	+25.8						
		14.9	25.4	40.5	10.4	10.4	47.8	-25.6						
		14.9	25.1	43.9	9.9	6.6	43.0	+45.1						
HPC 15-602-075	O	14.9	25.1	44.5	11.2	10.6	46.8	-25.4						
		14.9	25.4	44.8	10.2	6.8	43.0	+45.1						
		14.9	25.1	28.1	6.4	10.6	46.8	+26.1						
Condition during and after test	The test object was operated normally. No visible damages externally.													

2016TSC0989 29/92

6.7 Basic short-circuit tests (T100s)

Test requirements	
Recovery voltage	25.8 kV
TRV	$u_c = 44.2 \text{ kV}$, $t_0 = 91 \text{ } \mu\text{s}$, $t_2 = 14 \text{ } \mu\text{s}$, $\text{RRRV} = 0.49 \text{ kV}/\mu\text{s}$
Test current	Making = 65 kA, Breaking = 25 kA
Test frequency	60 Hz
Supply voltage for PMA	DC 77 V
Control voltage	Close : DC 93.5 V, Open : DC 77 V
Operating sequence	O - 0.3 s - CO - 15 s - CO

Test results														
Condition before test	After capacitive current switching tests (CC2)								Test circuit : Fig. HP04					
Test number	Operation	Recovery voltage (Phase to earth) kV	Test current		Arcing time ms	Break time ms	TRV peak kV	Remarks						
			Making kA	Breaking kA										
HPC 15-602-069	O	15.1	-	26.6	9.0	50.1	-26.8							
		15.1	-	26.2	9.0	50.1	+25.7							
		15.1	-	25.1	4.9	48.0	-46.2							
	0.3 s CO	15.0	+67.6	25.1	11.5	51.8	-24.8							
		15.0	+53.7	25.2	7.2	47.5	+45.3							
		15.0	+17.7	25.1	11.5	51.8	+26.1							
	15 s CO	15.1	-14.1	25.8	10.5	50.0	-24.9							
		15.1	+66.9	26.1	6.5	45.9	+45.4							
		15.1	+48.1	25.6	10.5	50.0	+26.1							
Condition during and after test	The test object was operated normally. No visible damages externally.													

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute

DF-CA-21/03/01

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute

DF-CA-21/03/01

2016TS00069 33/192

6.11 Single-phase fault tests (SP)

Test requirements	
Recovery voltage	14.9 kV
TRV	$u_c = 29.5 \text{ kV}$, $t_b = 60 \mu\text{s}$, $RRRV = 0.49 \text{ kV}/\mu\text{s}$
Test current	25 kA
Test frequency	60 Hz
Supply voltage for PMA	DC 77 V
Control voltage	DC 121 V
Operating sequence	O

Test results								
Condition before test	After basic short-circuit tests (T30) Test phase : A phase						Test circuit : Fig. HP07	
Test number	Operation	Recovery voltage kV	Test current		Arcing time ms	Break time ms	TRV peak kV	Remarks
			Making kA	Breaking kA				
HPC 15-602-086	O	15.1	-	25.6	11.0	47.6	31.0	
Condition during and after test		The test object was operated normally. No visible damages externally.						

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute

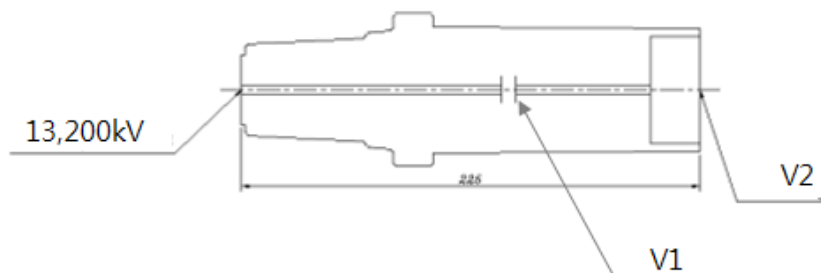
DF-CA-21/33/01

[그림14] 단락전류 시험(T100s, T100a, SP)

자. 전자식 PT(EPT) 특성 시험

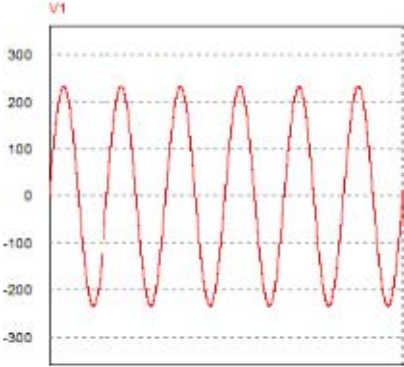
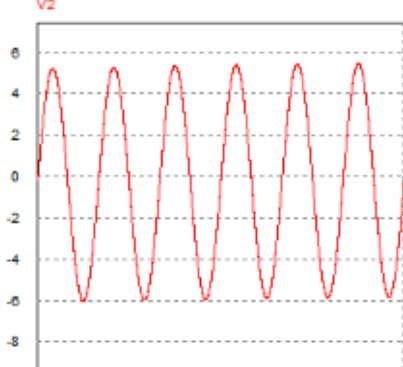
(1) 선형(Linearity) 특성 시험

- (가) 시험목적 : 1차측에 AC 전압을 인가하였을 경우 2차측 출력전압이 일정한 선형적 특성(Linearity)이 나타나는지 확인한다.
- (나) 시험규격 : IEC 60044-7에 의거하여 시험 진행
- (다) 시험대상 : 전자식 PT
- (라) 시험 방법 : 그림15에서 EPT 1차측에 AC 13,200kV 인가할 경우 V1과 V2에 나타나는 전압을 측정한다. 또한 저전압 및 과전압이 발생한다는 가정하에 V1, V2의 전압을 측정한다.

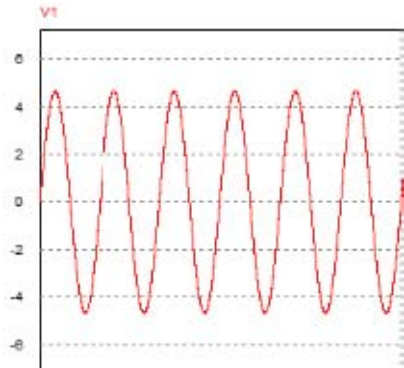
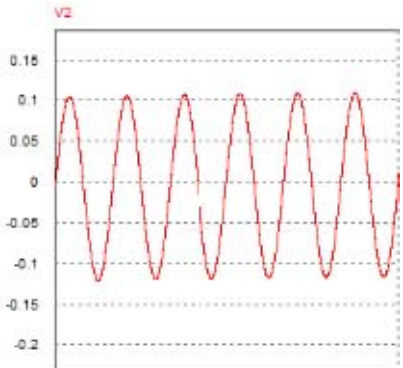


[그림15] EPT 시험 회로도

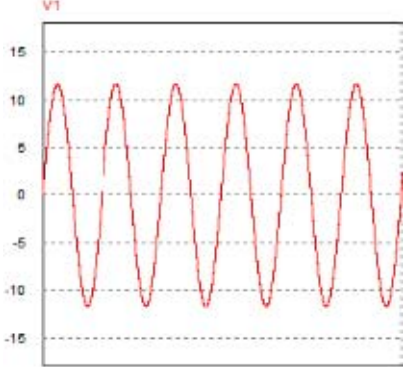
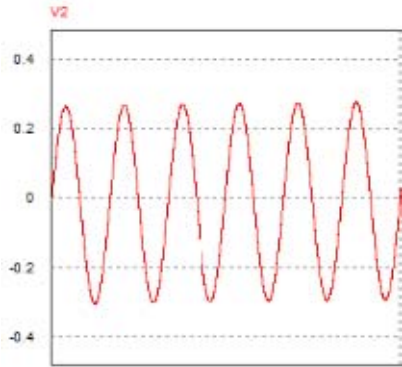
(4) 정상 정격전압(100%) 측정 : 1차측에 정상 사용전압 13,200V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 233.3 [V]	V2 = 5.6 [V]
RMS 값	VI = 164 [V]	V2 = 4.0 [V]

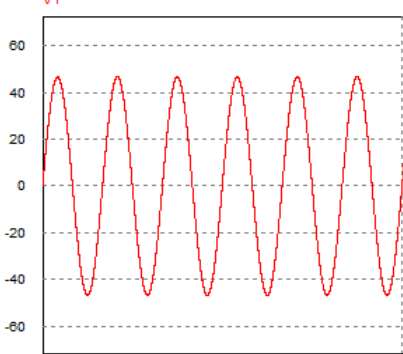
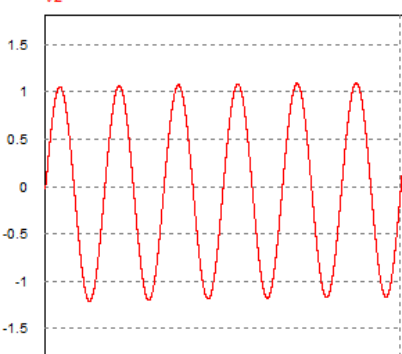
(5) 저전압(2%) 측정 : 1차측에 전압 264V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 4.7 [V]	V2 = 0.1 [V]
RMS 값	VI = 3.3 [V]	V2 = 0.08 [V]

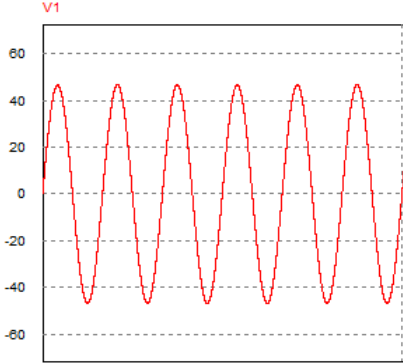
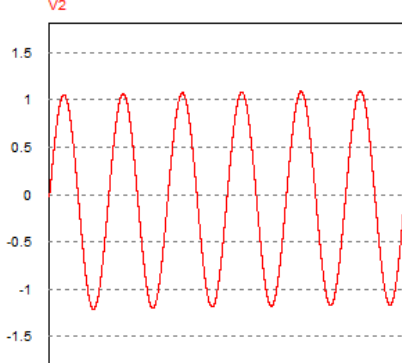
(6) 저전압(5%) 측정 : 1차측에 전압 660V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 11.7 [V]	V2 = 0.28 [V]
RMS 값	VI = 8.3 [V]	V2 = 0.2 [V]

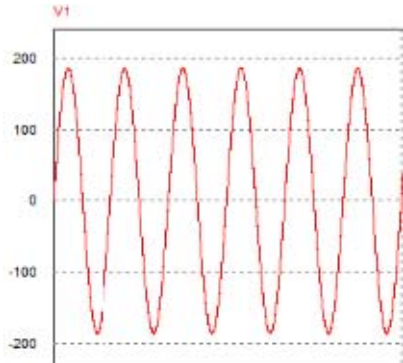
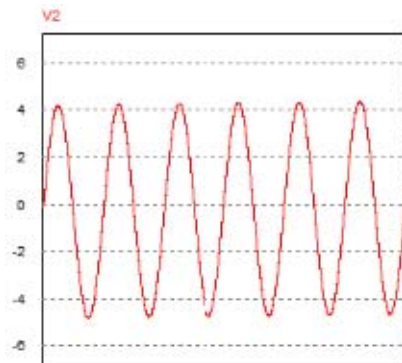
(7) 저전압(20%) 측정 : 1차측에 전압 2,640V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 46.67 [V]	V2 = 1.13 [V]
RMS 값	VI = 33 [V]	V2 = 0.8 [V]

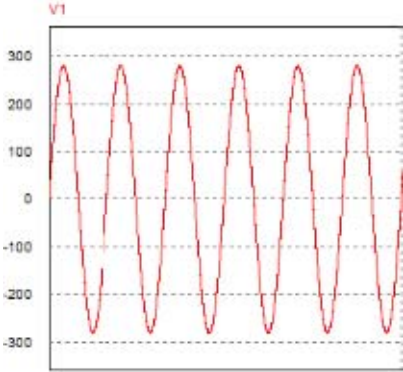
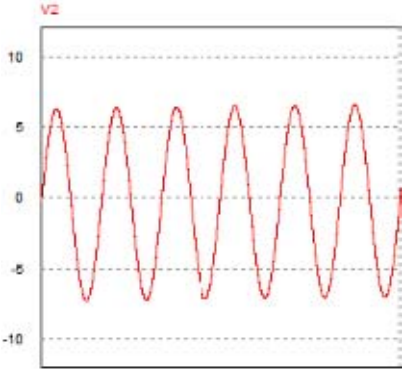
(8) 저전압(50%) 측정 : 1차측에 전압 6,600V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 116.67 [V]	V2 = 2.83 [V]
RMS 값	VI = 82.5 [V]	V2 = 2.0 [V]

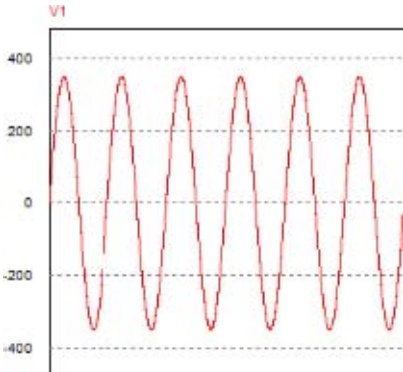
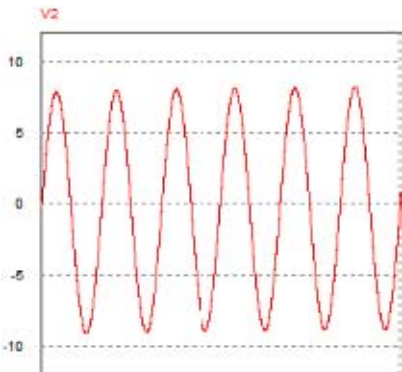
(9) 저전압(80%) 측정 : 1차측에 전압 10,560V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 186.7 [V]	V2 = 4.5 [V]
RMS 값	VI = 132 [V]	V2 = 3.2 [V]

(10) 과전압(120%) 측정 : 1차측에 전압 15,840V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 280 [V]	V2 = 6.8 [V]
RMS 값	VI = 198 [V]	V2 = 4.8 [V]

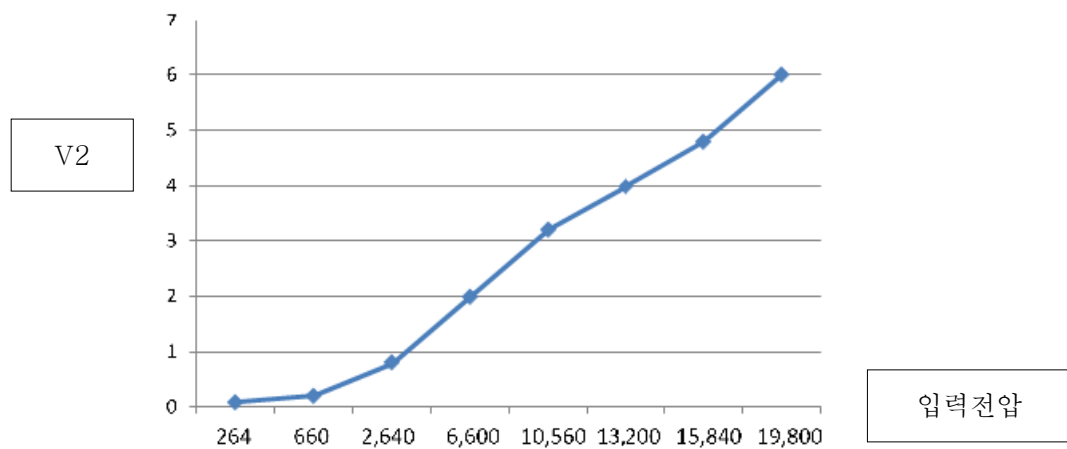
(11) 과전압(150%) 측정 : 1차측에 전압 19,800V 인가시 측정결과

구분	VI 측정값(LV 입력값)	V2 측정값(LV 출력값)
시험 파형		
PEAK 값	VI = 350 [V]	V2 = 8.5 [V]
RMS 값	VI = 247.5 [V]	V2 = 6.0 [V]

(마) 결론 : 전압별로 측정한 결과 일정한 선형성(Linearity)을 나타내고 있고, 정격 전압 13,200V 인가시에 PT 2차측(V2)에서는 정확하게 4V를 측정하였다. 아래 표27과 그림16은 선형성 시험결과를 보여준다

[표27] 선형성(Linearity) 시험을 위한 인가 전압 및 2차측(V2) 측정 결과

구분	1	2	3	4	5	6	7	8
비율(%)	2%	5%	20%	50%	80%	100%	120%	150%
입력전압(V)	264	660	2,640	6,600	10,560	13,200	15,840	19,800
VI(V)	3.3	8.3	33.0	82.5	132.0	164.0	198.0	247.5
V2(V)	0.08	0.2	0.8	2.0	3.2	4	4.8	6.0



[그림16] 선형성(Linearity) 시험측정 결과

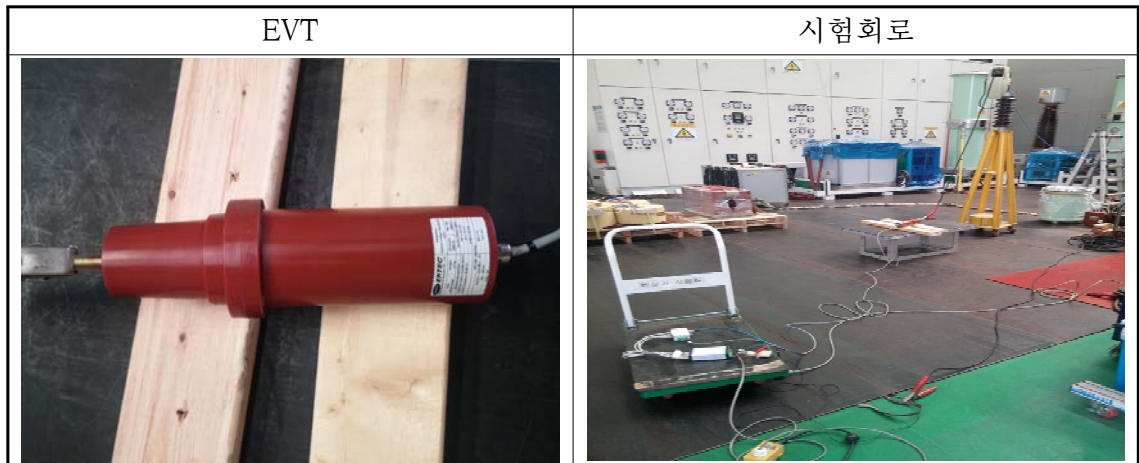
(2) 비오차 정밀도 시험(IEC 60044-7, Clause 8.3.1 및 12.5 표13 참조)

: 전자식 계측용 전압 변성기의 전압 오차와 위상 오차 측정시험

(가) 시험 기준

정밀도등급	0.5
부하부담	정격부담의 25%, 100%
측정전압	정격전압의 80%, 100%, 120%
전압오차	$\pm 0.5\%$
위상오차	± 20 분
시험주파수	60Hz

(나) 시험 사진



(다) 시험 결과 : 시험 기준에 만족함

13.2kV 입력 (%)	부담100%(100kΩ)		부담25%(400kΩ)	
	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)
80	-0.22	-9.2	-0.20	-8.8
100	-0.21	-8.6	-0.21	-8.3
120	-0.21	-8.1	-0.20	-8.0
오차범위	±0.5%	±20분	±0.5%	±20분

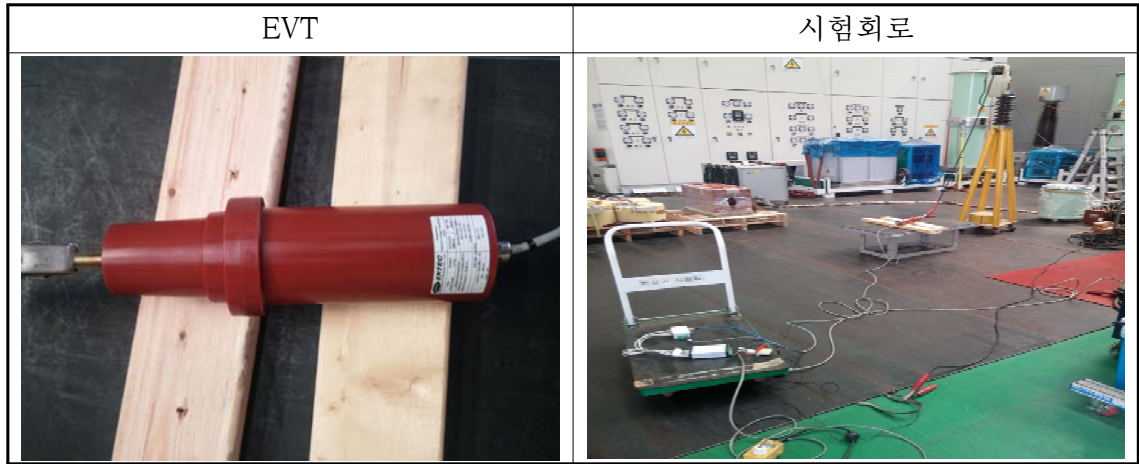
(3) 비오차 한계 시험(IEC 60044-7, Clause 8.3.1 및 13.5 표14 참조)

: 보호용 전압 변성기의 전압 오차 및 위상차 오차

(가) 시험 기준

정밀도등급	3P		
부하부담	정격부담의 25%, 100%		
측정전압	정격전압의 2%	5%	150%
전압오차	±6%	±3%	±3%
위상오차	±240분	±120분	±120분
시험주파수	60Hz		

(나) 시험 사진



(다) 시험 결과 : 시험 기준에 만족함

13.2kV 입력 (%)	부담100%(100kΩ)		부담25%(400kΩ)	
	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)
150	-0.25	-5.1	-0.24	-8.1
100	-0.26	-4.6	-0.23	-9.2
5	-0.5	32.8	-0.06	-58.4
2	-1.06	97.0	-0.46	-132.6
오차(5~150%) (2%)	±6% ±12%	±240분 ±480분	±6% ±12%	±240분 ±480분

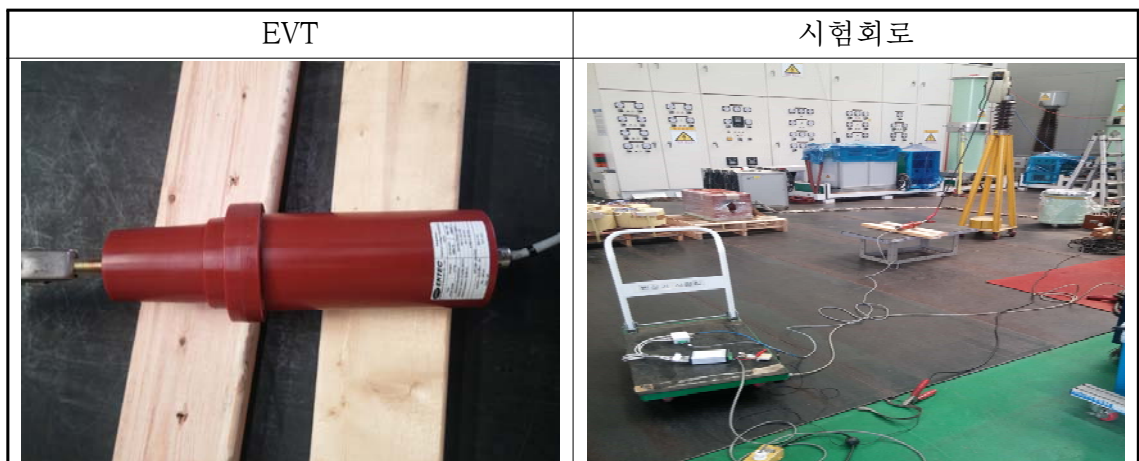
(4) 정밀도 시험과 주파수(IEC 60044-7, Clause 8.3.3 및 5.5.1 참조)

: 주파수 범위의 양 극단에서, 정격 전압과 정격 부담에서 정밀도 시험

(가) 시험 기준

시험주파수	정격주파수의 96%, 102%(57.6Hz, 61.2Hz)
부하부담	정격부담의 100%
측정전압	정격전압의 100%
전압오차	±0.5%
위상오차	±20분

(나) 시험 사진



(다) 시험 결과 : 시험 기준에 만족함

13.2kV 입력 (%)	부담100%(100kΩ), 주파수96%(57.6Hz)		부담100%(100kΩ), 주파수102%(61.2Hz)	
	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)
100	-0.25	-5.5	-0.29	-8.7
오차범위	±0.5%	±20분	±0.5%	±20분

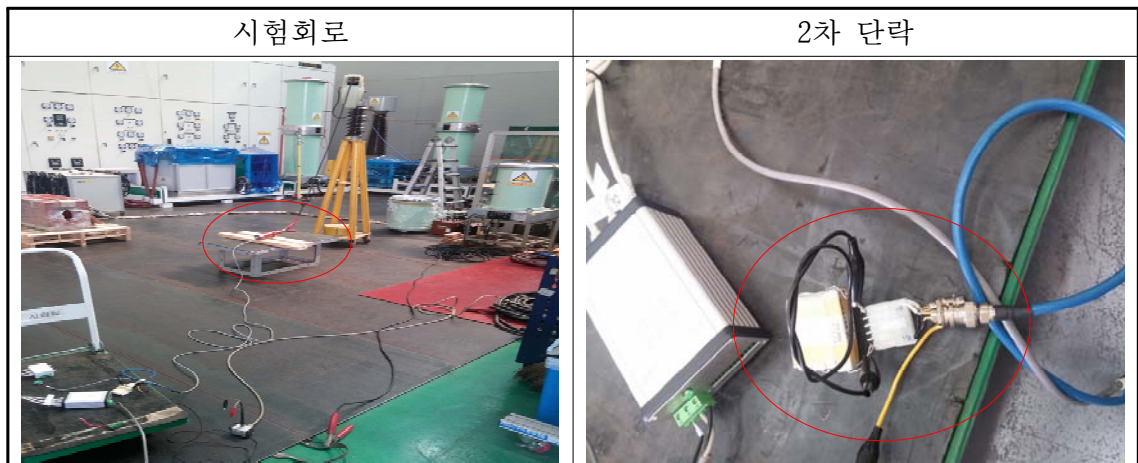
(5) 단락 내력 시험(IEC 60044-7, Clause 8.4.1 및 6.3 참조)

: 1차 전압 단자에 정격 전압이 가해질 때, 2차 전압 단자 사이를 외부에서 단락 시켜 기계적, 열적 손상 없이 60초 동안 견딜 수 있어야 한다. 이 때 1차 전압이 정격 전압보다 낮지 않아야 한다. 2차 전압 단자의 단락을 제거 후 확인 시험은 아래와 같은 정밀도 시험을 실시한다.

(가) 시험 기준

부하부담	정격부담의 100%
측정전압	정격전압의 100%
전압오차	±0.5%
위상오차	±20분
시험주파수	60Hz

(나) 시험 사진



(다) 시험 결과 : 시험 기준에 만족함

13.2kV 입력 (%)	부담100%(100kΩ)	
	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)
100	-0.2	-5.3
오차범위	±0.5%	±20분

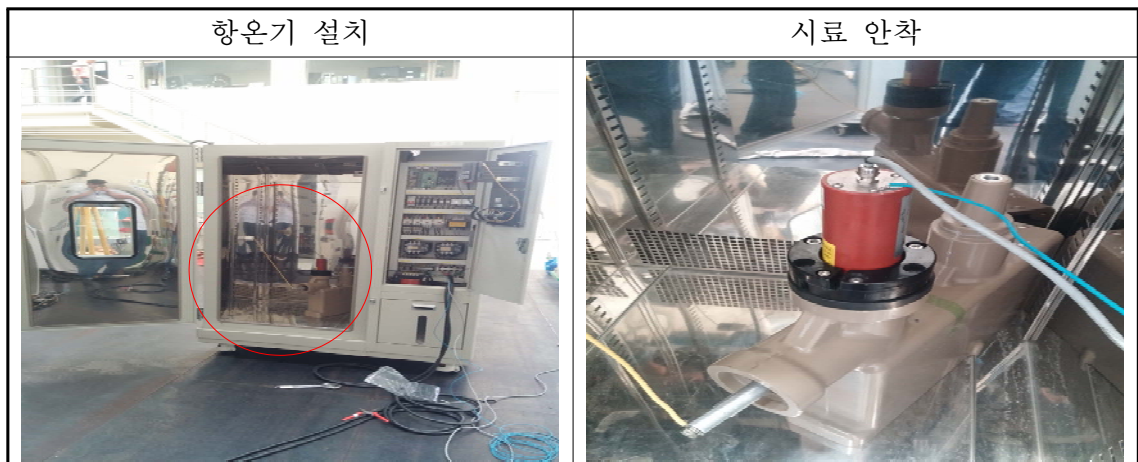
(6) 정밀도 시험과 온도시험(IEC 60044-7, Clause 8.3.2 및 4.1.1 표2 참조)

: 온도 범위의 양 극단에서, 정격 전압과 정격 부담에서 정밀도 시험

(가) 시험 기준

부하부담	정격부담의 100%
측정전압	정격전압의 100%
전압오차	$\pm 0.5\%$
위상오차	± 20 분
시험주파수	60Hz
최저/최고온도	$-5 \pm 3^{\circ} \text{C}$ / $40 \pm 3^{\circ} \text{C}$
온도유지시간	각 4시간 유지 후

(나) 시험 사진



(다) 시험 결과 : 시험 기준에 만족함

13.2kV 입력 (%)	저온시험(-5°C)		고온시험(40°C)	
	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)	4V 출력오차 (%)	위상차 (분)
100	0.61	8.1	-0.33	-6.1
오차범위	$\pm 0.5\%$	± 20 분	$\pm 0.5\%$	± 20 분

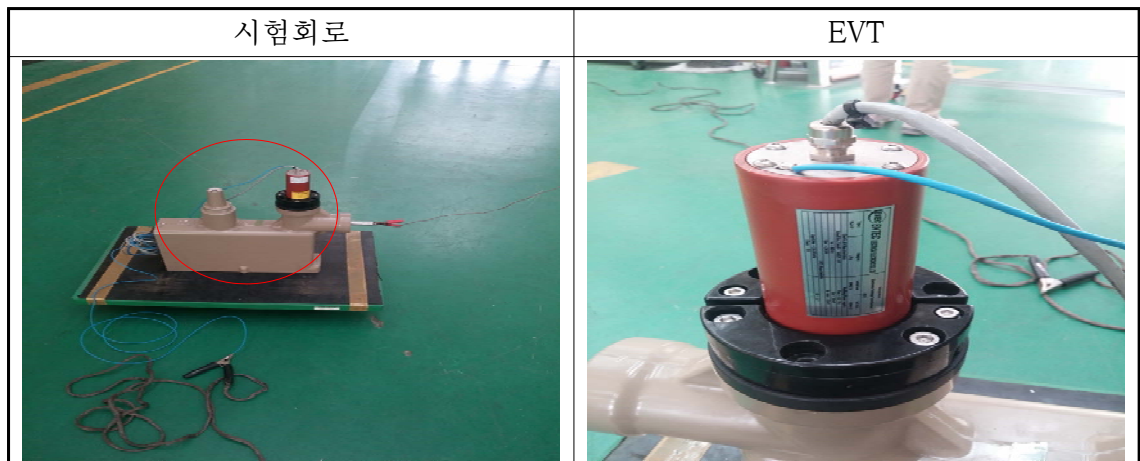
(7) 뇌 임펄스 내전압 시험(IEC 60044-7, Clause 8.1.1 및 6.1.1 표4 참조)

: 1차 전압 단자에 대한 임펄스 시험

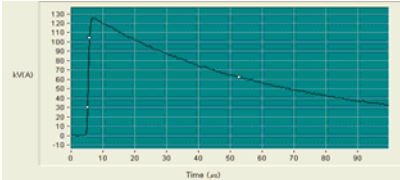
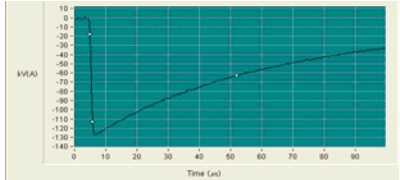
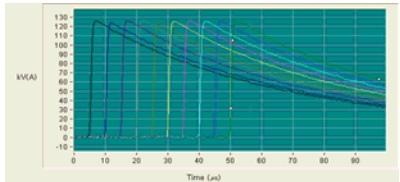
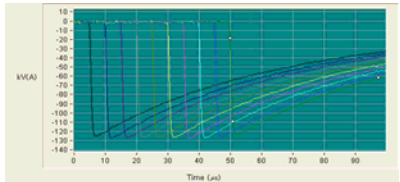
(가) 시험 기준

시험전압	125kV
시험부위	1차 전압 단자와 대지 사이
시험횟수	정-부극성, 각 15회
판정기준	-비자기 회복 내부 절연에서 파괴 방전이 발생하지 않을 때 -비자기 회복 외부 절연을 따라 플래시오버가 일어나지 않을 때 -임펄스 전압의 피크값과 파형이 기록되어야 하며, 시험에서 나온 절연 파괴의 증거는 기준 및 정격 내전압 모두에서 기록된 파형에서의 변동 폭에 의해 제공될 수 있다.

(나) 시험 사진



(다) 시험결과 : 시험 기준에 만족함

입력전압	정극성 15회	부극성 15회
125kV	이상없음.	이상없음.
교정파형		
시험파형		

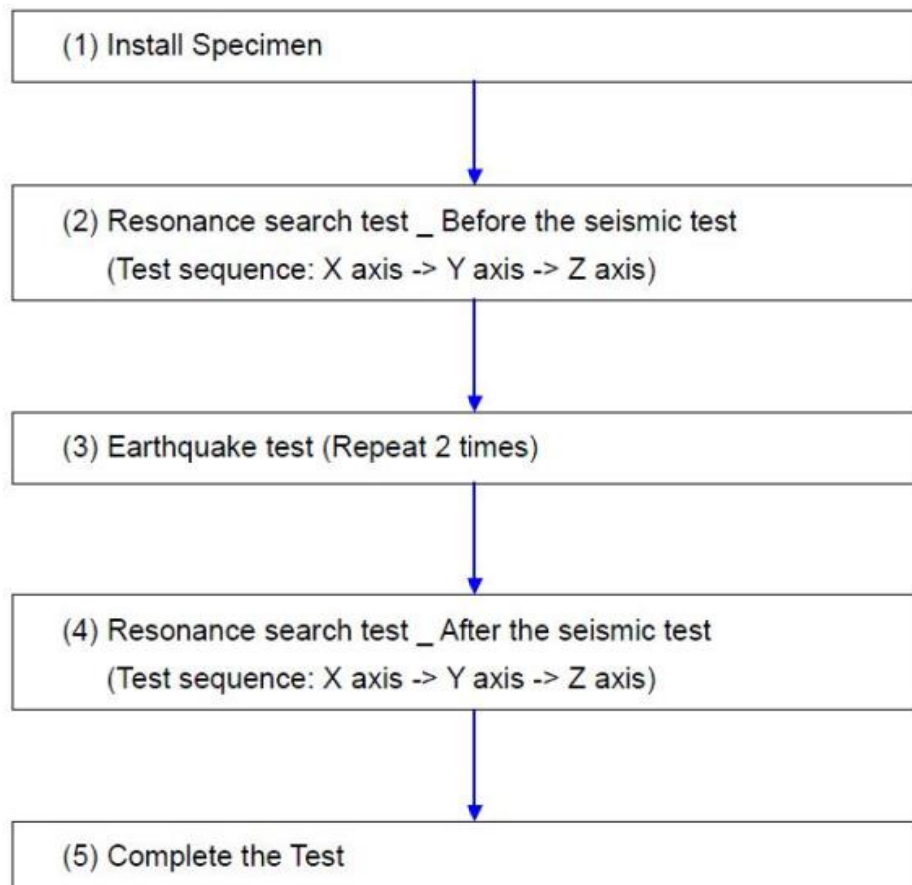
차. 내진시험

(1) 시험의 목적

지진의 특성은 지면, 구조물 그리고 기기가 구조적 특성에 따라 상호작용에 의한 거동을 하며, 공진(resonance)에 의해 증폭되는 현상을 나타낸다. 따라서 기기의 내진 검증은 기기가 위치하는 건물 바닥이나 벽의 층응답 곡선(FRS : Floor Response Spectra)을 이용하여 기기의 거동을 분석하고 기기에 작용하는 지진 및 각종 부하에 대한 구조적 건전성, 내압력 건전성, 운전성에 대한 설계의 적합성을 검증한다.

(2) 시험 규격 : Seismic Test Method for Telecommunication Facilities (National radio research agency notice 2015-14)

(3) 시험 절차

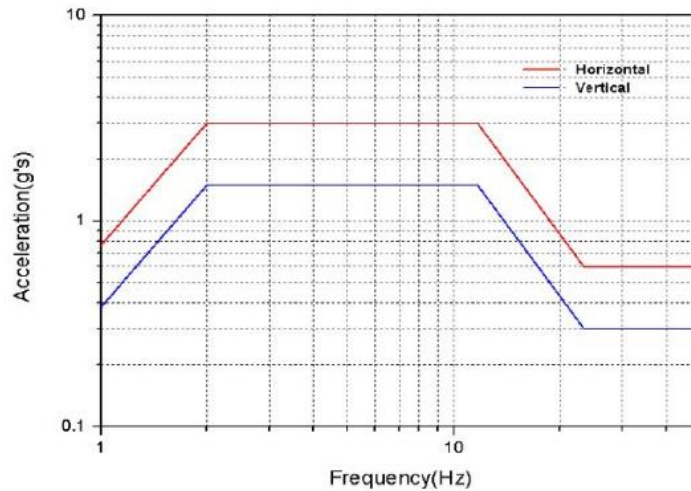


(가) 공진검색 시험

- ① 내진시험 전후에 공진검색 시험을 수행한다.
- ② 정현파 스위프(Sinusoidal Sweep) 시험을 하였으며, 크기는 기기의 손상을 피하기 위해 2g 이하의 저준위로 한다. 시험 주파수는 1~50Hz까지 설정하고 분당 2옥타브 비율로 스위프 되도록 하며, 가진 방향은 수평 두축 및 수직 한축에 대하여 한축씩 독립적으로 시험한다.

(나) 내진시험

- ① 시험 설정 값: 횡축 : ZPA 0.6g(Peak 3.0g) / 종축 : ZPA 0.3g(Peak 1.5g)
- ② 내진시험은 3축 동시 랜덤신호로 시험한다.
- ③ 요구응답스펙트럼을 이용하여 시험주파수 1~35Hz로 설정하고, 1회시험시간은 총 30초로 설정하며, 댐핑요소 2%, 1/6 옥타브로 2회 실시한다.
- ④ 내진시험후 각축의 독립적인 운동을 입증하기 위하여 간섭함수가 0.5이하가 됨을 입증한다.



- ⑤ 시험을 2회 반복수행하며, 2회의 내진시험 도중 및 시험후에 시스템을 구성하는 구성품의 이탈이나 파손이 없는지 확인한다.
- ⑥ 전파연구소 내진시험방법 공고 제2015-14호의 기준에 따라 이상유무를 확인한다.

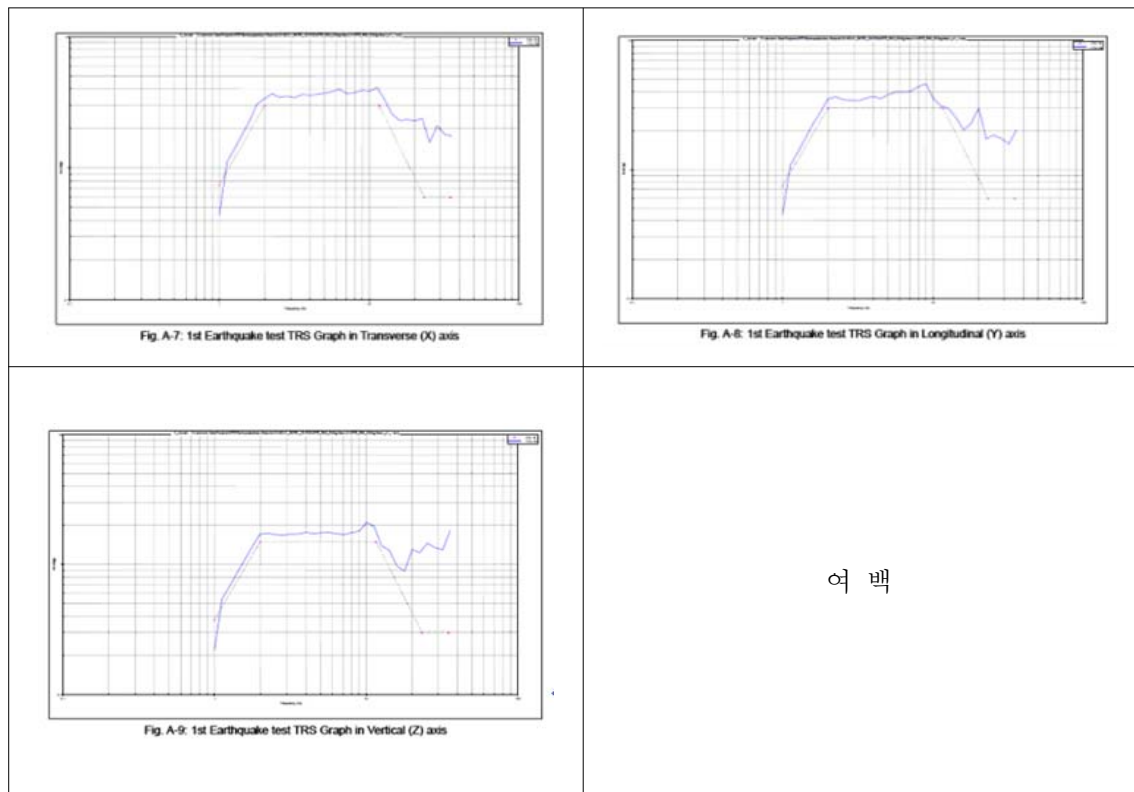
(다) 기능시험

내진시험 전후로 시험품에 대한 기능시험을 실시하여 시험결과를 확인한다.

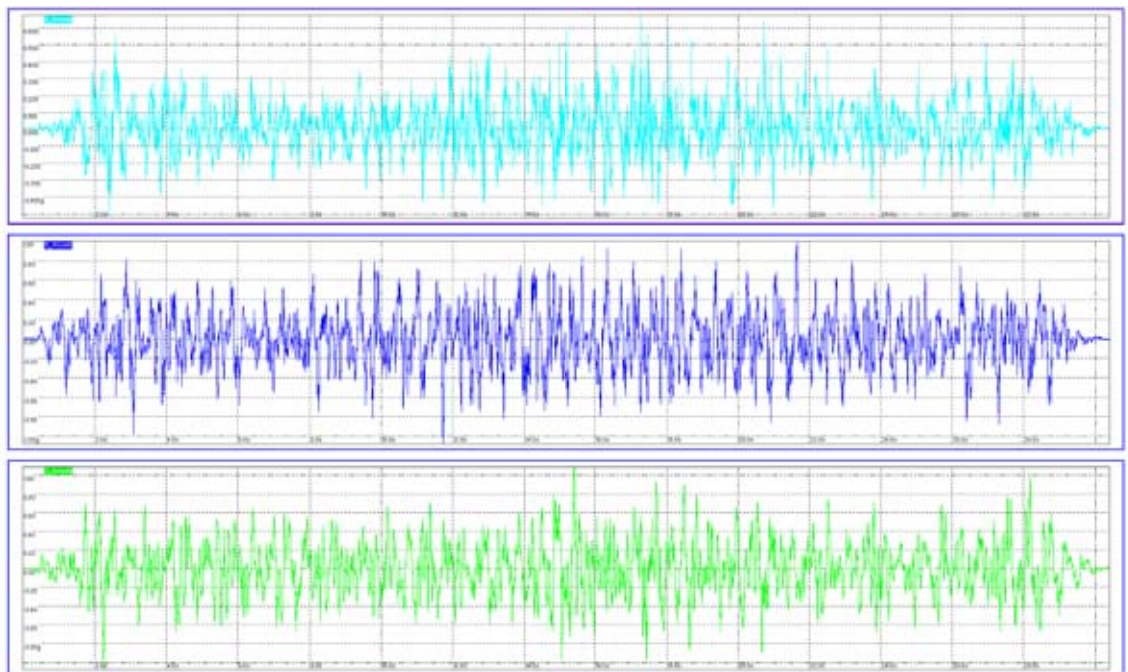
①. 기능시험 기준

Test Date	Check list	Criteria	Result
2016 03.31	Dielectric withstand test 1. Phase to Earth 2. Across Open Contact(CB) 3. Across Open Contact(DS)	1. Maintain 60 kV/60 s 2. Maintain 60 kV/60 s 3. Maintain 66 kV/60 s	Pass
	Main circuit resistance	Less than average 20% before the test and after test (Refer to Appendix B)	Pass
	Operating time	Less than 10% before the test and after test (Refer to Appendix B)	Pass
	Chattering	There is no chattering(0 V)	Pass
	Overturn of the test equipment	There is no overturn	Pass
	Maximum displacement about top of Test equipment	Less than 75 mm	Pass
	Crack, deformation and cutoff of fixing equipment such as anchor, bolt etc.	There is no crack, deformation and cutoff	Pass
	Deformation or breakage of the test equipment frame	There is no deformation or breakage	Pass
	Deformation or damage of everything that can be verified by naked eyes	There is no deformation or damage	Pass

②. TRS 커브 및 시험 결과



③. 지진파 측정 시험결과



평균 X,Y축은 0.6g 수준으로 측정되며, Z축은 0.3g 수준으로 측정되었다.

④. 지반가속도 대비 리히터 규모 크기 비교(출처 : 네이버)

수정 메르칼리 진도계급

규 모	진도값과 설명	평균최대 지반가속도
1.0~2.9	I. 특별히 좋은 상태에서 극소수의 사람을 제외하고는 전혀 느낄 수 없다.	-
3.0~3.9	II. 소수의 사람들, 특히 건물의 윗층에 있는 소수의 사람들에게 의해서만 느낀다. 섬세하게 매달린 물체가 흔들린다.	-
	III. 실내에서 현저하게 느끼게 되는데, 특히 건물의 윗층에 있는 사람에게 더욱 그렇다. 그러나 많은 사람들은 그것이 지진이라고 인식하지 못한다. 정지하고 있는 차는 약간 흔들린다. 트럭이 지나가는 것과 같은 진동이 있고 지속시간이 산출된다.	-
4.0~4.9	IV. 낮에는 실내에 서있는 많은 사람들이 느낄 수 있으나, 옥외에서는 거의 느낄 수 없다. 밤에는 일부 사람들이 잠을 깬다. 그릇, 창문, 문 등이 소란하며 벽이 갈라지는 소리를 낸다. 대형 트럭이 벽을 받는 느낌을 준다. 정지하고 있는 자동차가 뚜렷하게 움직인다.	0.015g~0.02g
	V. 거의 모든 사람들이 지진동을 느낀다. 많은 사람들이 잠을 깬다. 약간의 그릇과 창문 등이 깨지고 어떤 곳에서는 회반죽에 금이 간다. 불안정한 물체는 넘어진다. 나무, 전선주 등 높은 물체가 심하게 흔들린다. 추시계가 멈추기도 한다.	0.03g~0.04g
5.0~5.9	VI. 모든 사람들이 느낀다. 많은 사람들이 놀라서 밖으로 뛰어 나간다. 어떤 무거운 가구가 움직이기도 한다. 벽의 석회가 떨어지기도 하며, 피해를 입은 골목도 일부 있다.	0.06g~0.07g
	VII. 모든 사람들이 밖으로 뛰어 나온다. 설계 및 건축이 잘 된 건물에서는 피해가 무시할 수 있는 정도이지만, 보통 건축물에서는 약간의 피해가 발생한다. 설계 및 건축이 잘못된 부실건축물에서는 상당한 피해가 발생한다. 골목이 무너지며 운전 중인 사람들도 지진동을 느낄 수 있다.	0.10g~0.15g
6.0~6.9	VIII. 특별히 잘 설계된 구조물에는 약간의 피해가 있고, 일반 건축물에서는 부분적인 붕괴와 더불어 상당한 피해를 일으키며, 부실 건축물에서는 아주 심하게 피해를 준다. 창틀로부터 창문이 떨어져 나간다. 골목, 공장 물품더미, 기둥, 기념비, 벽돌이 무너진다. 무거운 가구가 넘어진다. 모래와 진흙이 약간 분출된다. 우물물의 변화가 있다. 차량을 운행하기가 어렵다.	0.25g~0.30g
	IX. 특별히 잘 설계된 구조물에도 상당한 피해를 준다. 잘 설계된 구조물의 골조가 기울어진다. 구조물에 부분적 붕괴와 함께 큰 피해를 준다. 지표면에 선명한 금 자국이 생긴다. 지하 송수관도 파괴된다.	0.50g~0.55g
7.0 이상	X. 잘 지어진 목조 구조물이 부서지기도 하며, 대부분의 석조 건물과 그 구조물이 기초와 함께 무너진다. 지표면이 심하게 갈라진다. 기차 선로가 휘어진다. 강둑이나 경사면에서 산사태가 발생하며, 모래와 진흙이 이동한다. 물이 튀며, 독을 넘어 흘러내린다.XI. 남아 있는 석조 구조물은 거의 없다. 교량이 부서지고 지표면에 심한 균열이 생긴다. 지하 송수관이 완전히 파괴된다. 연약한 지반에서는 땅이 꺼지고 지층이 어긋난다. 기차선로가 심하게 휘어진다.XII. 전면적인 피해가 발생한다. 지표면에 파동이 보인다. 시야와 수평면이 뒤틀린다. 물체가 공중으로 튀어 나간다.	0.60g 이상

(1g=980cm/sec²)

시험결과를 토대로 지진 규모와 비교한다면 횡축 시험은 진도 7.0 이상, 종축은 진도 6.0~6.9 정도가 되며, 지진 발생의 형태로 볼 경우에는 보통 3축 방향에서 동시다발적으로 일어나기 때문에 복합적으로 감안할 경우 진도 크기는 대략적으로 6.0~6.9로 추정할 수 있다.

(4). 내진시험 결과

[별표 2] 방송통신설비의 내진 시험결과 요약서

시 험 기 관 : 한국에스지에스㈜ 기흥시험소

시험 책임자 : 서 덕 우 

1. 시험대상설비명	25.8kW metal-enclosed switchgear and controlgear with solid insulation / CMIS-DAH	
2. 의뢰자	ENTEC Electric & Electronic	
3. 시험기간	2016. 03.31	
4. 설치형태	☒ 바닥 고정형 ☐ Pole 고정형 ☐ 벽 고정형 ☐ 천장 고정형 ☐ 앵글 고정형	
5. 시험결과		
항 목	이상여부	비고
- 시험전과 후 시험대상설비의 통신신호 전송상태	이상 없음	
- 시험대상설비 상단의 단방향 최대 변위폭 (<75 mm)	이상 없음	
- 시험대상기기의 전복 또는 전도	이상 없음	
- 시험대상기기의 바닥 고정부 이탈	이상 없음	
- 설치된 구성품의 이탈	이상 없음	
- 시험대상기기의 프레임 변형 또는 파손	이상 없음	
- 바닥시설 자체의 결합부분이 이탈되거나, 진동대 고정부분 이탈	-	해당 없음
- 앵커링, 볼트 등의 고정장치 자체의 균열, 변형 및 절단	이상 없음	
- 기타 육안으로 확인이 가능한 변형이나 파손	이상 없음	
판정결과	적 합	

전파연구소 내진시험방법 공고 제2015-14호의 기준에 따른 내진시험 합격여부를 판단하는 기준이며, 시험결과 시험전과 시험후의 피시험 형태가 이상이 없었고, 특성 시험 및 주회로 시험 측정결과 이상이 없음을 확인 하였다.

제3절 공인시험기관 시험

1. 25.8kV 고체절연 개폐장치 제작 시방서

25.8kV 특고압 고체절연 개폐장치 제작시방서

2015. 10.

인텍전기전자(주)

1. 적용범위

본 시방은 정격전압 25.8kV 교류 회로에 사용하는 옥내용 복고압 고체절연개폐장치 (Solid Insulated Switchgear, 이하 "SIS"라 한다)에 대하여 적용한다.

2. 사용 상태

SIS는 특별히 지정하지 않는 한 다음의 정상상태에서 사용하며, 자연환경 또는 계통상 특수한 사용조건은 필요시 별도로 정한다.

2.1. 정상 사용 상태

- 주위온도 : 최고 40℃, 최저 -5℃, 일간 평균 35℃ 이하
- 표고 : 1,000m 이하
- 주위 공기 오존이 현저하지 않은 장소

2.2. 특수 사용 상태

- 1) 항에 규정한 이외의 사용 상태는 필요시 별도로 규정한다.

3. 적용규격

3.1 본 시방에서 별도로 명시되지 않은 사항은 다음 규격에 따른다.

- IEC62271-1 Common Specifications
- IEC62271-100 High-voltage alternating current circuit-breakers
- IEC62271-102 High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches
- IEC62271-200 Metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52kV
- KSC1707 Instrument transformers for metering service
- IEC60044-1 Instrument transformers - Part1: Current transformers
- IEC60044-2 Instrument transformers - Part2: Inductive voltage transformers
- IEC60099-4 Surge arresters - Part4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c systems

3.2 도면상에 표시되지 않은 치수공차는 한국산업규격(KS)에 준하며 조립품에 대한

치수공차는 $\pm 3\%$ 이내로 한다.

4. 정격

4.1 SIS의 종류 및 정격

규정된 조건하에서 적용되는 SIS의 종류와 정격은 아래와 같다.

4.1.1 SIS 종류

공칭전압 kV	정격전압 kV	정격전류 A	차단용량 kA	단시간전류 kA	종류 반명	구성
22.9	25.8	1250	—	25	단로기반	DS,ES
		630	25		차단기반	CB(DS,ES)
					차단기반	CB(DS,ES)

주) 수전차단기반은 DS가 생략된다.

4.1.2 SIS 정격사항

구분		정격
정격전압		25.8 kV, 3 Phase
정격주파수		60 Hz
상용주파 내전압	상대지간, 극간	60 kV / 1 min
	DS극간	66 kV / 1 min
뇌충격 내전압	상대지간, 극간	125 kV / 1.2×50 μsec
	DS극간	140 kV / 1.2×50 μsec
제어 및 조작회로 내전압		2 kV / 1 min
정격차단용량		25kA
정격동작책무		O-0.3초-CO-15초-CO
정격 단시간전류	설효치(r.m.s)	25kA / 1 sec
	최대 파고치	65 kA, Peak
정격 전류	주모선	1250 A
	배전선로	630 A
제어 및 조작회로전압		DC 110 V

		AC 220 V
절연저항	극간, 상간, 상-대지간	> 500MΩ
	보조회로-대지간	> 2MΩ

4.1.3 차단기의 정격제어 공급전압과 변동범위

조작 및 기구변		정 격 치	변 동 범 위
조작 장치	Magnetic Actuator 및 Motor 정격제어공급전압	DC 110V	정격치의 85~110%

4.2 구성기기 정격

4.2.1 차단기(Vacuum Circuit Breaker)

구 분	주모선측	선로측
정격전압	25.8kV	25.8kV
정격전류(r.m.s)	1250A	630A
정격차단용량<전류>	1000MVA<25kA>	1000MVA<25kA>
정격 차단 시간	5 Cycle	5 Cycle
동작책무	0-0.3sec-CO-15sec -CO	0-0.3sec-CO-15sec -CO
정격단시간전류(r.m.s)	25kA/1sec	25kA/1sec
정격주파수	60Hz	60Hz
제어전원	DC110V	DC110V
상용주파내전압	60kV	60kV
뇌충격내전압	125kV	125kV
조작방식	Magnetic Actuator 방식	Magnetic Actuator 방식

4.2.2 단로기(DS)

구 분	주모선측	선로측
정격전압	25.8kV	25.8kV

정격전류(r.m.s)	1250A	630A
정격단시간전류(r.m.s)	25kA/1sec	25kA/1sec
정격주파수	60Hz	60Hz
제어전원	DC110V	DC110V
상용주파내전압(동상 DS극간)	66 kV, r.m.s	66 kV, r.m.s
비충격내전압(동상 DS극간)	140 kV, Peak	140 kV, Peak
조작방식	Motor Drive, 수동Handle	Motor Drive, 수동Handle

4.2.3 접지단로기(ES)

정격전압	25.8kV
정격단시간전류(r.m.s)	25kA/1sec
정격주파수	60Hz
제어전원	DC110V
상용주파내전압	60 kV, r.m.s
비충격내전압	125 kV, Peak
조작방식	Motor Drive, 수동Handle

4.2.4 변류기 (Current Transformer)

용 도	변류비	오차계급 및 정격부담
1250A 회로용	600/400A: 1A or 5A 외	1.0 12.5VA
630A 회로용	400/200: 1A or 5A 외	1.0 12.5VA

* 기타 사양은 사용자측과 협의한다.

4.2.5 계기용 변압기(Epoxy mold type)

정격 1차 전압	정격 2차 전압	정격 3차 전압	오차계급 및 정격부담
13200 V	110/√3	190/√3	1.0CL 100 VA

4.2.6 계기용 변압, 변류기(MOF)

변압비(V)	변류비(A)	오차계급 및 정격 부담	종류 반명
22900/√3 V 190/√3 V	600/5	0.3W, 25VA*3	MOF반

4.3 온도상승

구 분		최고허용온도(℃)	온도상승한도(K)
접점	동 및 동합금	75	35
	은도금 및 니켈도금	105	65
볼트조임 접속	동합금 및 알루미늄합금	90	50
	은도금 및 니켈도금	115	75
스프링 류		온도상승치가 재료의 탄성이 손상되는 값 이하이어야 함	
절연체로 사용되는 물질 및 A등급 절연물과 접촉되는 금속부분		105	65

주) 1) 주위 온도는 40℃를 기준한 것임.

5. 구조 및 특성

5.1 구조 일반

- 1) SIS는 열적, 전기적, 기계적 특성이 우수한 양질의 재료를 사용하여 정상운전 및 보수점검을 안전 용이하게 수행할 수 있는 구조로 설계, 제작되어 있으며 동일정격, 동일구조의 부품은 호환성이 있도록 한다.
- 2) 고압충전부는 고체절연물을 사용하여 노출된 도전부가 없이 금속제 외함에 수납하고 금속제 외함은 상호 접지 연결 가능한 구조로 한다.
- 3) SIS는 단위 SIS를 상호 연결 조립하는 방식으로 증설 및 이설 등 설치가 간단 용이한 분할 구조로 하며 단위별 SIS는 반인출이 가능한 구조로 한다.

- 4) 각 구성기기는 유지 보수점검 등을 고려하여 고압부와 저압부를 구분하며 원활한 수리구조로 한다.
- 5) SIS는 현장조작 및 원방조작에 의해 제어되고 각 기기의 개폐표시장치는 전기적 및 기계적으로 구현되도록 제작한다.
- 6) SIS의 유지 및 보수, 점검시 선로의 활선 여부를 육안으로 확인할 수 있도록 케이블 입,출력반에 활선표시장치를 구비한다.
- 6) 고체절연개폐장치는 3상을 동시에 개폐하는 구조로서 고체절연 주회로부를 구성하고 있는 차단기, 단로기가 고체절연부 조립 구조가 아닌 일체형 구조로 한다.
- 7) 제품의 유지보수를 위해 배전반 전, 후면 도어가 완전히 개방되어 전, 후면 도어를 열고 운영자 또는 점검자 등이 배전반 고압부로 내부 접근이 가능하며, 케이블 등 구성품의 절연저항 측정 등이 가능한 구조로 한다.
- 8) 제어전원이 없는 경우를 대비하여 수동핸들이나 수동레버를 이용하여 기계적으로 차단기를 개방 할 수 있어야 하고 기계적으로 단로기를 투입, 개방 할 수 있도록 한다.
- 9) SIS의 Cable집속 부위에는 절연물의 열화상태를 관찰할 수 있도록 부분방전 센서를 부착하고, HMI를 설치하여 조작 및 운전이 가능하도록 한다.
- 10) 전력케이블 절연내력 시험이 가능한 구조이어야 합니다.

5.2 외함(Enclosure)

- 1) 외함은 간단 견고한 구조로 재료는 일반구조용 압연강판(SS41) 제열을 사용한다.
- 2) 제어부는 보호, 제어 및 조작회로 등을 수납하고 있으며 이는 금속제 용기로 IP3X의 보호등급 기준을 만족하도록 제작한다.
- 3) 함체는 폐쇄수직자립형으로 하며 각각의 콤팩트는 독자적인 회로를 구성하여야 하며 전체적으로 밀폐된 구조로 배열한다.
- 4) 각 외함들은 전기적, 기계적으로 상호 연결되어야 하며 운반 및 반입 조건을 고려 적절히 분리되어야 하고 도어, 주프레임 및 보강프레임은 공칭 2.3mm 이상을 사용하여 제작하며 기타 철판의 두께는 공칭 1.6mm 이상을 사용한다.
- 5) 함의 전, 후면에는 문을 설치하고 도어 개방시 위치가 고정되는 정위치 고정용 힌지를 사용한다.
- 6) 함은 먼지 및 기타 오물이 침투하지 못하는 구조로 하되 적절히 환기가 될 수 있도록 하며 IP3X의 보호등급을 만족하며, 녹과 부식방지 처리후 정전분체

도장 처리한다.

5.3 차단기

- 1) 고신뢰성 장수명의 진공 뱀브(Vacuum Interrupter) 및 주도채를 예폭시 물드 절연한 구조로 유지, 보수가 필요 없고, 전류의 개폐동작은 진공뱀브 안에서 이루어지므로 장시간 사용 가능하고 본체에 외기의 영향이 없어 부식에 따른 고장의 우려가 없도록 한다.
- 2) 차단기의 차단부는 작은 크기에서 충분한 전류용량을 가지고 있고 고진공 상태에서 차단하는 구조로 제품을 소형화 한다.
- 3) 개, 폐로시 아크지속 시간이 짧으며, 높은 차단용량을 갖추어 계통을 안전하게 운전하도록 한다.
- 4) 메커니즘은 Magnetic Actuator 계열방식으로 조작기구의 고장요인이 없으며, 차단기의 동작 상태는 현장 조작 감시판 내의 표시등 및 기계적 위치 표시에 의해 확인 가능한 구조로 제작한다.
- 5) 차단기는 필요시 부하 또는 무부하 상태에서 수동으로 트립 시킬 수 있어야 한다.
- 6) 차단기는 인출형으로 하며 주회로의 접속은 자동연결식, 제어 회로의 접속은 수동연결식을 원칙으로 한다.
- 7) 차단기는 큐비를 내장형으로 제작되어야 하며 “운전”, “시험”, “인출”의 세가지 위치를 가져며 “운전”, “시험” 위치에서는 고정되어야 한다.
- 8) 차단기 위치 고정 장치는 “운전”, “시험”위치에서 고정 및 풀림이 견고하고 취급이 용이한 구조이어야 한다. 또한 차단기가 투입상태에서 인출 또는 인입 시 고정 장치의 조작에 따라 반드시 차단기가 개방이 되도록 구현되어야 한다.
- 9) 주회로 접속은 “시험”위치에서 분리되어야 하고 차단기 조작시험이 가능해야 한다.
- 10) 차단기가 시험 및 인출위치에 있는 경우에는 고정된 주회로 접속자의 접근 방지를 위해 자동으로 안전선타가 닫혀야 한다.
- 11) 차단기반은 시험 또는 운전 위치에서 차단기에 의해 동작하는 무전압 보조접점이 필요한 만큼 설치되어야 한다.
- 12) 차단기 투입, 개방 동작회수표시기를 구비한다.
- 13) 차단기의 수동트립기구를 설치하고 단로기, 접지스위치와 연동되는 기구를 이용하여 시퀀스 및 기계적으로 상호 인터록을 구성한다.

5.4 단로기

- 1) SIS의 단로기는 무부하 개폐용으로서 서로 기계적 및 전기적 인터록 구성으로

오동작을 피하며 개폐 조작은 전동 및 수동에 의해 3상 일괄 동작형으로 한다.

- 2) 단로기의 검검의 상태는 합체내에 표시되어 있는 기계적, 전기적 위치표시기로 동작상태를 명확히 구분할 수 있도록 한다.
- 3) 단로기는 개로 상태에서 충전부와 충분한 절연을 확보할 수 있는 구조로 되어 있고 폐로상태에서 단락시 등 운전 중에 발생하는 전자력, 충격 또는 진동 등에 의해 동작을 하지 않는 구조로 제작한다.
- 4) 단로기의 개폐 사양 동작특성(정격 조작 전압)은 아래 표에 준한다.

구 분	항 목	사 양
단로기	정격 폐로 시간	10sec 이하
	정격 개극 시간	10sec 이하
	3극 부동시 폐극/개극시간(ms)	300msec 이하
비고	- 투입, 개방시간은 모터전류 여자시간부터 주검검 폐로, 개로까지의 시간임	

5.5 보호계전기

- 1) 보호계전기는 디지털식으로 LCD상에 계측값을 표시할 수 있도록 한다.
- 2) 보호계전기는 OCR, OCGR, UVR 및 재폐로 기능 등을 보호요소로 가지며 전류 계측 및 확인이 가능하도록 한다.
- 3) IEC 61850규격에 부합되도록 원방제어설비와 통신이 가능하여야 하고, 원방 제어설비와 통신시에 필요한 기능을 구비 한다.
- 4) 통신단자와 별도로 외부용용이 가능하도록 Hard Wire 단자를 구비한다.
- 5) 전면 도어에 설치 고정되는 타입으로 한다.
- 6) 기기 내부 구성품에 대하여 자기진단기능을 가지고 고장 시 자체 이상 표시 등이 점등된다.
- 7) 5A 및 110V의 계기용 변성기 2차전류 및 전압이 입력되므로 이에 적합하고 계측치의 눈금 범위와 승률은 계기용변성기의 정격 1차 전류 및 전압에 일치하고 전면 조작부의 설정 버튼에 의해 임의로 조정할 수 있다.
- 8) 계측 정밀도는 단일량 0.5급, 복합량 1.0급 이상으로 계측치 및 차단기 동작 상태는 통신으로 전송된다.
- 9) PLC 기능을 가지며 PC를 연결 통신하여 계전기 설정, 회로 구성, 회로 수정, 프로그램 다운로드 및 업로드 등을 할 수 있다.

10) 향후 기기보완 및 확장을 위하여 20%이상의 예비율을 두어야 합니다.

5.6 제어장치와 배선

- 1) 제어용계전기, 보조접점, 소형의 기계장치들은 보수를 위해서 접근이 가능하도록 하며 밀폐되어 보호 되도록 한다
- 2) 반내 또는 외부와 Interlock이 있을 경우 그 기능을 만족시킴과 동시에 Sequence는 될 수 있는 한 간단하게 되게끔 고려해야 하며, 반내 Interlock 제어배선은 반내부에서 끝내고 사용하지 않는 예비접점은 단자대 까지 배선을 한다.
- 3) 제어함내의 각 단위 부품간의 결선은 규정된 전선을 사용하여 P.V.C Duct 내부로배선처리 한다. (단, 협소한 공간 등 부득이한 경우에는 다발 배선 처리한다.)

구 분	규 격	색 상	비 고
DC110V	0.75/1.5mm ²	청색	난연성절연전선
AC220V	1.5mm ²	황색	난연성절연전선
PT 2차회로	1.5mm ²	적색	난연성절연전선
CT 2차회로	4.0mm ²	녹색	난연성절연전선
접지회로	6.0mm ²	흑색	난연성절연전선

- 4) 각 부품간 배선의 단말에는 환형압착단자('O'단자) 또는 슬리브형 압착단자 (핀단자)를 사용 접속하도록 하며, 도면에 표시된 전선번호와 일치하는 문자를 P.V.C Tube에 Hot marking 하여 끼운다.



5.7 변류기 및 계기용 변압기

- 1) SIS의 변류기는 Epoxy 절연 부성형 변류기를 적용하고 있으며 제 특성은 4.2.4항과 같다.
- 2) 계기용 변압기는 보호퓨즈 내장형 Epoxy mold type 을 사용하며 Epoxy mold type의 제 특성은 4.2.5항과 같다.

5.8 고체 절연물

- 1) 고체절연물은 내트랙킹 및 노화특성이 우수한 재질로 장기간 사용시에도

접연성능의 저하가 없도록 한다.

- 2) 고체접연물의 재료는 전기적, 기계적 및 화학적 성능이 우수한 액상 에폭시 수지를 사용한다.
- 3) 고체접연물의 내부에는 기포나 불순물이 없고 연결접촉면에는 흠집이나 손상이 없는 부품을 사용한다.

5.9 연동장치(Interlocks)

- 1) SIS의 각 기기간에는 안전한 조작을 할 수 있도록 전기적, 기계적으로 연동 장치를 구비 한다.
- 2) 단로기는 관련되는 차단기가 개방되었을 때 조작 가능하고, 차단기는 단로기가 투입되었을 때 조작 가능하도록 한다.
- 3) 접지단로기는 차단기와 단로기가 개방되었을 때 조작 가능하고 차단기는 접지 단로기가 개방되었을 때 조작 가능하도록 한다.

5.10 접지

- 1) SIS의 접지계통은 고장전류 통전시 발생하는 열적, 기계적 응력에 충분히 견딜 수 있도록 동 재질로 접지도체를 구비한다.
- 2) 주 접지회로를 상호연결하기 위하여 접지모선을 설치한다.
- 3) 외함, 가대 및 용접부 등은 전기 및 기계적으로 확실히 접속되도록 하고, 유도 전류 또는 고장 전류에 의해 이상이 발생되지 않도록 한다.

5.11 인출입 접속

- 1) SIS와 인입측 선로와의 연결은 전력용 케이블을 사용한 Cable plug-in Type 또는 Dead-Break Type형 접속채를 적용할 수 있도록 제작한다.

5.12 도장

- 1) SIS의 함체는 외부로부터 보이는 부분은 부착성 및 내식성이 우수한 도료로써 도장한다.
- 2) 고압부위는 용이한 식별을 위하여 위험표식을 도장하거나 위험표시 스티커를 취부한다.
- 3) 외함 색상은 발주기관과 협의 결정한다.

6 시험 및 검사

시험은 적용 규격에 따라 수행하며 인정시험, 검수시험, 현장시험으로 구분하며

아래의 표를 참고한다. (단, 인정시험은 공인시험기관의 형식 시험성격서로 대체 가능하고, 검수시험은 공인시험기관의 검수 시험성격서로 대체 가능하다.)

시험 및 검사항목	인정	검수	현장
1. 구조 및 외관검사	○	○	○
2. 절연시험			
2.1 뇌충격내전압시험	○		
2.2 상용주파내전압시험	○	○	○
2.3 부분방전시험	○		
2.4 보조회로의 절연시험	○	○	○
3. 저항측정			
3.1 주회로저항	○		
3.2 절연저항	○	○	○
3.3 코일저항	○	○	
4. 온도상승시험	○		
5. 기계적동작시험	○	○	
6. 단시간전류시험	○		
7. 투입, 차단능력시험			
7.1 단박투입차단시험	○		
7.2 캐이플충진전류시험	○		
7.3 단상지락시험	○		
8. 조작 및 제어회로 시험	○	○	○
9. 보호등급 확인시험	○		
10. 연속개폐시험	○		
10.1 차단기 (M2 class)	○		
10.2 단로기, 접지스위치 (M0 class)	○		
11. 전기적 충격시험	○		
12 X-RADIATION 시험	○		

7 표시 및 명판

SIS의 각 구성기기 및 관련 부속장치는 보기 쉬운 곳에 다음의 사항을 기재한 명판을 휘부한다.

- 7.1. 기기의 종류 및 형식
- 7.2. 정격전압(kV)
- 7.3. 정격전류(A)
- 7.4. 정격주파수(Hz)
- 7.5. 정격 단시간 전류(kA, 1초)
- 7.6. 정격 차단전류((kA)

- 7.7. 정격 뇌임펄스 내전압(kV)
- 7.8. 정격 상용주파 내전압(kV)
- 7.9. 정격 제어전압(DC-V)
- 7.10. 중 량
- 7.11. 제작자명 또는 약호
- 7.12. 제작년월, 제작일련번호
- 7.13. 기타 필요한 사항

8 수송 및 포장

SIS는 단위(UNIT) 또는 완제품 그대로 수송토록 하여야 하며 흡습의 우려가 있는 절연부는 충분한 방습 처리를 하여야 하며 수송 또는 보관 중에는 외상 또는 부식이 발생하지 않도록 충분한 구조의 강도를 갖는 포장재로 포장하여야 한다.

9 설치공사, 시운전

변전실내의 납품된 전기기자재는 계약 상대방측의 기술자와 납품처의 기술자의 감독 하에 현장설치 및 상호 내부결선, 시험을 한다.

9.1 기초 가대

- 1) 기초가대는 공사 편의상 3개로 분리제조하여 납품하고 재질은 [S-100*50*5t] 형강으로 견고히 용접 제작한다.
- 2) 기초가대는 설치장소의 케이블 피트를 고려하여 구조적으로 문제가 발생하지 않도록 보강을 계획하고 감독과 협의 후 제작 납품한다.

9.2 시운전, 교육

- 1) 기술지원 내용은 전기 가압전 현장시험, 기자재 조립, 원방 제어시험 및 전기 가압 후 확인점검 시험으로 한다.
- 2) 기술지원은 전기 기자재 납품 후 현장기술지원을 할 수 있는 기술자로 한다.
- 3) 시운전기간은 전기 가압 전 현장시험, 원방제어시험, 전기 가압 후 확인 점검 시험기간(3일)으로 한다
- 4) 제작품에 대하여 운전 및 보수의 목적으로 운전요원에 대하여 교육을 실시한다.

2. 25.8kV 고체절연 개폐장치 시험 성적서(한국전기연구원 : KERI) ▶수전차단기반





TEST REPORT



2016TS00989
1/192

CLASSIFICATION	Type Test
TEST OBJECT	25.8 kV metal-enclosed switchgear and controlgear with solid insulation
DESIGNATION	CMIS-DAH
	3 phases 25.8 kV 1,250 A 25 kA 1 s 60 Hz
RECEIPT No.	TRD15S03383 (2015-10-21)
APPLICANT	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubaek-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
MANUFACTURER	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubaek-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
DATE OF TESTS	2015-11-09 ~ 2016-02-22
DATE OF ISSUE	2016-04-21

The test object, constructed in accordance with the description, essential drawings and photographs incorporated in this Type Test Report has been subjected to the series of proving tests in accordance with IEC 62271-200:2011-10

This Type Test Report has been issued by KERI.

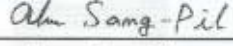
The results are shown in the record of Proving Tests and the oscillograms attached hereto. The values obtained and the general performances are considered to comply with the above Standard and to justify the ratings assigned by the manufacturer as listed on page No.4 ~ No.6.

The Type Test Report applies only to the test object. The responsibility for conformity of any apparatus having the same designations with that tested rests with the Manufacturer.

Only integral reproduction of this Report is permitted without written permission from KERI. Electronic copies in PDF-format or scanned version of this Report may be available and have the status "for information only". The sealed version of the Report is the only valid version.

TOTAL No. OF PAGES(192) : records (47), photographs (5), circuit diagrams (9), drawings & descriptions (2), attachments(3), oscillograms (126)



Prepared by	 Roh , Chang-IL
Verified by (Technical manager)	 Ahn , Sang-Pil
Approved by	 Lee Yong Jun

Power Apparatus Testing & Evaluation Division



KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE(ANSAN)
111, Hangeop-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15588, Republic of Korea
Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr

* Verification Code : LPMN-6272 (http://trca.keri.re.kr)
DF-CA-21/03/13

3. 25.8kV 고체절연 개폐장치 시험 성적서(한국전기연구원 : KERI) ▶ 급전차단기반





TEST REPORT



2016TS00990
1/88

CLASSIFICATION	Type Test
TEST OBJECT	25.8 kV Metal-enclosed switchgear and controlgear with solid insulation
DESIGNATION	CMIS-DFH
	3 phases 25.8 kV 630 A 25 kA 1 s 60 Hz
RECEIPT No.	TRD15S03384 (2015-10-21)
APPLICANT	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubae-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
MANUFACTURER	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubae-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
DATE OF TESTS	2015-11-09 ~ 2016-02-22
DATE OF ISSUE	2016-04-21

The test object, constructed in accordance with the description, essential drawings and photographs incorporated in this Type Test Report has been subjected to the series of proving tests in accordance with IEC 62271-200:2011-10

This Type Test Report has been issued by KERI.

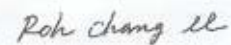
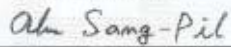
The results are shown in the record of Proving Tests and the oscillograms attached hereto. The values obtained and the general performances are considered to comply with the above Standard and to justify the ratings assigned by the manufacturer as listed on page No.4 ~ No.6.

The Type Test Report applies only to the test object. The responsibility for conformity of any apparatus having the same designations with that tested rests with the Manufacturer.

Only integral reproduction of this Report is permitted without written permission from KERI. Electronic copies in PDF-format or scanned version of this Report may be available and have the status "for information only". The sealed version of the Report is the only valid version.

TOTAL No. OF PAGES(88) : records (29), photographs (3), circuit diagrams (2), drawings & descriptions (2), attachments(3), oscillograms (49)



Prepared by	 Roh , Chang-IL
Verified by (Technical manager)	 Ahn , Sang-Pil
Approved by	 Lee Yong Jun

Power Apparatus Testing & Evaluation Division



KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE(ANSAN)

111, Hangeop-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15588, Republic of Korea

Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr

※ Verification Code : XEIN-5499 (http://trca.keri.re.kr)
DF-CA-21/03/13

4. 25.8kV 고체절연 개폐장치 시험 성적서(한국전기연구원 : KERI) ▶ 차단기반





TEST REPORT
2016TS01466 1/38

CLASSIFICATION	Type Test
TEST OBJECT	25.8 kV Metal-enclosed switchgear and controlgear with solid insulation
DESIGNATION	CMIS-DCH
	3 phases 25.8 kV 1 250 A 25 kA 1 s 60 Hz
RECEIPT No.	TRD16S00584 (2016-02-23)
APPLICANT	Entec Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubak-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
MANUFACTURER	Entec Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubak-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
DATE OF TESTS	2016-03-21 ~ 2016-04-06
DATE OF ISSUE	2016-06-02

The test object, constructed in accordance with the description, essential drawings and photographs incorporated in this Type Test Report has been subjected to the series of proving tests in accordance with IEC 62271-200:2011-10

This Type Test Report has been issued by KERI.

The results are shown in the record of Proving Tests and the oscillograms attached hereto. The values obtained and the general performances are considered to comply with the above Standard and to justify the ratings assigned by the manufacturer as listed on page No.4 ~ No. 6.

The Type Test Report applies only to the test object. The responsibility for conformity of any apparatus having the same designations with that tested rests with the Manufacturer.

Only integral reproduction of this Report is permitted without written permission from KERI. Electronic copies in PDF-format or scanned version of this Report may be available and have the status "for information only". The sealed version of the Report is the only valid version.

TOTAL No. OF PAGES(38) : records (21), photographs (3), circuit diagrams (2), drawings & descriptions (2), attachments(3), oscillograms (7)



Prepared by	<u>Roh Chang-IL</u> Roh , Chang-IL
Verified by (Technical manager)	<u>Ahn Sang-Pil</u> Ahn , Sang-Pil
Approved by	<u>Lee Yong Jun</u> Lee Yong Jun

Power Apparatus Testing & Evaluation Division



KERIA KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE(ANSAN)
 111, Hangeul-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15588, Republic of Korea
 Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr

※ Verification Code : JFHP-6939 (<http://trca.keri.re.kr>)
DF-CA-21/03/13

5. 25.8kV 고체절연 개폐장치 시험 성적서(한국전기연구원 : KERI) ▶ 단로기반

  	
TEST REPORT	
2016TS00991 1/48	
CLASSIFICATION	Type Test
TEST OBJECT	25.8 kV Metal-enclosed switchgear and controlgear with solid insulation
DESIGNATION	CMIS-DMH
	3 phases 25.8 kV 1 250 A 25 kA 1 s 60 Hz
RECEIPT No.	TRD15S03385 (2015-10-21)
APPLICANT	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubaek-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
MANUFACTURER	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Chairubaek-ro, Bongdam-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18329, Korea
DATE OF TESTS	2015-11-09 ~ 2016-02-22
DATE OF ISSUE	2016-04-21
The test object, constructed in accordance with the description, essential drawings and photographs incorporated in this Type Test Report has been subjected to the series of proving tests in accordance with IEC 62271-200:2011-10 This Type Test Report has been issued by KERI. The results are shown in the record of Proving Tests and the oscillograms attached hereto. The values obtained and the general performances are considered to comply with the above Standard and to justify the ratings assigned by the manufacturer as listed on page No.3 ~ No.4. The Type Test Report applies only to the test object. The responsibility for conformity of any apparatus having the same designations with that tested rests with the Manufacturer. Only integral reproduction of this Report is permitted without written permission from KERI. Electronic copies in PDF-format or scanned version of this Report may be available and have the status "for information only". The sealed version of the Report is the only valid version.	
TOTAL No. OF PAGES(48) : records (21), photographs (2), circuit diagrams (2), drawings & descriptions (2), attachments(3), oscillograms (18)	
	Prepared by <u>Roh Chang Il</u> Roh , Chang-IL
	Verified by (Technical manager) <u>Ahn Sang-Pil</u> Ahn , Sang-Pil
	Approved by <u>Lee Yong Jun</u> Lee Yong Jun
Power Apparatus Testing & Evaluation Division	
 KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE(ANSAN) 111, Hangeul-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15588, Republic of Korea Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr	
* Verification Code : PCFN-6925 (http://trca.keri.re.kr) DF-CA-21/03/13	

6. 공인인증기관 시험성적서 : 보호계전기(한국전기연구원 : KERI)




시험성적서

2016TS00317 1/98



시험종류	형식시험
제품명	디지털 보호계전기
형식명	ETR500-F 110 V 190 V 5 A 1 A 1.5 mA 제어전원 : DC 110 V
접수번호	TRD15S02991(2015-09-10)
신청자	인택전기전자(주) 경기도 화성시 봉담읍 최루백로 225-38
제작자	인택전기전자(주) 경기도 화성시 봉담읍 최루백로 225-38
시험일자	2015-11-19 ~ 2016-01-29
발행일자	2016-02-05

본 형식시험성적서는 시험품의 핵심 도면과 기술 명세를 포함하며, 아래 규격에 따라 일련의 입증시험을 수행하였음

SPS-KEMC 1120-0579:2008-06-26

본 형식시험성적서는 KERI에 의해 발행되었음

첨부된 입증시험 기록과 오실로그래프는 시험결과를 나타내며, 시험품은 위 공인규격의 요구사항을 만족하고, 신청자가 제시한 3 ~ 5 페이지의 정격사항은 적합함

본 형식시험성적서는 시험품에만 적용되며, 동일한 형식의 제품 동일성 책임은 제작자에게 있음

KERI의 서면승인 없이 시험성적서의 일부를 복사하여 사용할 수 없음
PDF파일 또는 전자사본은 기술정보일 뿐이며, 검인된 성적서만 그 효력이 있음

시험성적서 총 페이지 (98) : 성적서 (82), 사진 (6), 회로도 (0), 도면 (1),
첨부 (7), 오실로그래프 (2)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.



승인 이 용 준 

확인 (기술책임자) 정 중 일 

작성 임 성 정 



한국전기연구원



KERI

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute(안산)
15588 경기도 안산시 상록구 항가울로 111(사동)
Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr
공인시험기관 - KOLAS (한국인정기구) 인정

※ 검증번호 : YHRC-5242 (<http://trca.keri.re.kr>)

DF-CA-21/02/11

7. 공인인증기관 시험성적서 : 전자식 PT 시험(한국전기연구원 : KERI)





시험성적서



2016TS01607 1/12

시험종류	참고시험
제 품 명	Electric Voltage Transformer(EVT)
형 식 명	VS24P
	단상 24 kV 13.2 kV/4 V 100 kΩ CL1.0 60 Hz
접수번호	TRD16S00906(2016-03-17)
신 청 자	인택전기전자(주) 경기도 화성시 봉담읍 최루백로 225-38
제 작 자	인택전기전자(주) 경기도 화성시 봉담읍 최루백로 225-38
시험일자	2016-05-30 ~ 2016-06-03
발행일자	2016-06-16

본 참고시험은 신청자의 요구에 따라 수행되었음

본 참고시험성적서는 KERI에 의해 발행되었음

시험결과는 시험품의 성능과 시험 중 관찰된 내용을 시험기록으로 나타내며, 관련 오실로그래를 첨부하였음

KERI의 서면승인 없이 시험성적서의 일부를 복사하여 사용할 수 없음
 PDF파일 또는 전자사본은 기술정보일 뿐이며, 경인된 성적서만 그 효력이 있음

본 성적서는 참고시험의 용도 이외의 과대홍보, 오용, 소송 등으로 사용할 수 없음

시험성적서 총 페이지 (12) : 성적서 (8), 사진 (1), 회로도 (0), 도면 (0),
 첨부 (0), 오실로그래 (3)



한국 전기 연구 원 장

승 인 이 용 준 

확 인 (기술책임자) 정 중 일 

작 성 문 식 



KERI

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute(안산)
 15588 경기도 안산시 상록구 항가울로 111(사동)
 Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr

※ 검증번호 : RITE-4105 (<http://trca.keri.re.kr>)

DF-CA-21/22/10

8. 신뢰성 시험 : 재료시험(한국전기연구원 : KERI)




TEST REPORT

2015TS01841 1/11

CLASSIFICATION	Performance Test
TEST OBJECT	Epoxy specimen
DESIGNATION	- CW 5859
RECEIPT No.	TRD15S02152 (July 09, 2015)
APPLICANT	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Choirubaekro, Bongdam-eup, Hwaseong-city, Gyeonggi-do, KOREA
MANUFACTURER	ENTEC Electric & Electronic Co., Ltd. 225-38, Choirubaekro, Bongdam-eup, Hwaseong-city, Gyeonggi-do, KOREA
DATE OF TESTS	July 16, 2015 ~ July 24, 2015
DATE OF ISSUE	July 28, 2015

The tests have been carried out in accordance with the applicant's instructions.

This Test Report has been issued by KERI.

The test results are shown in the records of tests with the performance of the test object and the observations made during the tests.

Only integral reproduction of this Report is permitted without written permission from KERI. Electronic copies in PDF-format or scanned version of this Report may be available and have the status "for information only". The sealed version of the Report is the only valid version.

This report shall not be used for any purpose such as exaggerated advertisement, misuse, and/or legal proceedings, except for information only.

TOTAL No. OF PAGES(11) : records (10), photographs (1), circuit diagrams (0), drawings & descriptions (0), attachments(0), oscillograms (0)



Prepared by Youn
Youn, Bok-Hee

Verified by Ahn Sang-Pil
(Technical manager) Ahn, Sang-Pil

Approved by Lee
Lee Yong Jun

Power Apparatus Testing & Evaluation Division



KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE(ANSAN)

111, Hangeul-ro, Sangnok-pu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 426-910, Republic of Korea

Tel : +(0)82-(0)31-8040-4114, Fax : +(0)82-(0)31-8040-4499, www.keri.re.kr

※ 45895

DF-CA-21/11/10

9. 신뢰성 시험 : 내진시험(SGS KOREA)



TEST REPORT

For 25.8kV metal-enclosed switchgear and controlgear with solid insulation,
CMIS-DAH

Applicant: ENTEC Electric & Electronic

2016. 04. 25

SGS Korea Co., Ltd. Giheung Laboratory

SGS Korea Co., Ltd. | 34, Gongsu-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea | t +82 (0)31 240 8800 | f +82 (0)31 240 8828 | www.sgsgroup.kr
Member of SGS Group (Société Générale de Surveillance)

10. 신뢰성 시험 : CB 회로의 MTBF 시험

TEST REPORT

Report No. : SGS-R15-
Applicant : ENTEC - Electric & Electronics
Address : 225-38 Choirubaekro Bongdam-eup hwaseong-city
Gyeonggi-do Korea
Product : Solid insulated switchgear
Model : CMIS
Environment : Temp. (25 ± 3) °C, Humidity (33 ± 5) % R.H.
Test Date : August 12, 2015 ~ August 17, 2015
Standard : Telcordia SR-332 ISSUE II / Parts count
Test Result : Refer to the attached document
Use of report : Validation

.....
This is certified that the above mentioned products have been tested for the sample provided by client.

Confirmation	Written by	Approved by
	Name : Kim, Hyun-Jin	Name : Kim, In-kee

- ※ The test results is based on the test conducted on the test sample, which was requested by the client.
- ※ No part of this document may be duplicated or reproduced by any means without the express written permission.

August 20, 2015

SGS KOREA Co., Ltd.

제4절 연구개발 성과

1. 특허 출원

관 인 생 략 출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2016.04.19
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2016-0047432 (접수번호 1-1-2016-0373443-16)
출 원 인 명 칭 인택전기전자 주식회사(1-1998-097704-9)
대 리 인 성 명 특허법인 천문(9-2009-100001-0)
발 명 자 성 명 김중우 은정웅
발 명 의 명 칭 인입/인출형 고체절연 개폐장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록 이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2. 학술 논문 발표

The Korean Institute of Electrical Engineers
Power Engineering Society

2016
대한전기학회
춘계학술대회 논문집

전력기술부문회
전력계통연구회

■ 일 시 : 2016년 4월 21일(목)~4월 23일(토)
■ 장 소 : 제주 오리엔탈 호텔

주 최 : 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통연구회



VCB 극간에 발생하는 충전전압 및 충전전류가 인체에 미치는 안전성 검토

김종우, 곽종민
인텍전기전자 주식회사

Safety review on the human body cause the charging-voltage and the charging-current is generated from the VCB gap

<글씨 크기 11Point, 글씨체 신명조, 진하게>

Kim Jong-Woo, Gwak Jong-Min

ENTEC Electric & Electronic Co., LTD

Abstract - VI(Vacuum Interrupter)가 개발된 이후로 많은 VCB 제조사에서는 차단기의 차단부에 VI를 적용하여 사용하고 있다. 그러나, 활선상태에서는 VI 극간이 개방된 상태에서도 VI 2차측에 충전전압 및 충전전류가 발생한다. VI 2차측에 발생하는 충전전압 및 충전전류에 우연히 인체 접촉이 발생되었을 때 인체 안전에 미치는 영향을 조사하였다.

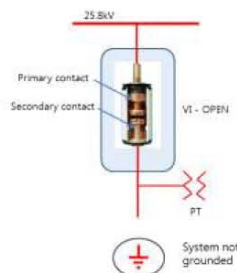
1. 서 론

AC 전력계통에서 교류 전원 공급장치에 사용되는 배전반 구성품 중, 회로의 투입 및 개방을 구현하는 부품으로 진공을 적용한 아크 소호방식의 Vacuum Interrupter(이하 'VI'라 함)를 이용하여 제작되어지고 있다. 이러한 VI의 구조는 양 극간 1차와 2차를 갖는 Cu 합금제질로 제조되어 있다. VI 극간이 개방된 상태에서 1차측에 전압 22.9kV(상대지 전압 13.2kV)를 인가될 경우, VI의 2차측에는 이에 상응하는 크기의 충전전압 및 충전전류가 발생한다. 이렇게 나타나는 충전전압 및 충전전류에 인체가 접촉되었을 경우를 가정하여, 인체 감전에 대한 안전성을 검토하였다.

2. 본 론

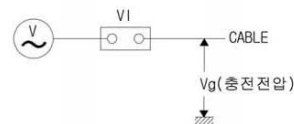
2.1 충전전압의 발생원인

교류 회로를 전극 양극간에서 순간적으로 개·폐할 경우 전극 양극간에 순간적으로 아크가 발생한다. 이러한 아크를 강제로 소호하는 방식은 초기 공기절연방식을 사용하였고, 20세기에는 SF6 GAS를 사용하였고, 현재는 VI를 이용한 아크 소호 방식으로 기술의 변화가 되어 왔다. 그림1은 VI를 사용한 간단한 예이고, VI 극간이 개방되어 있는 상태를 나타내고 있다.



[그림1] 25.8kV 선로에서 VCB를 적용 사례

현재 국내 및 국외에서 생산되는 모든 VI는 그림1과 같은 C값을 갖는 Capacitive coupling의 구조이다. 이러한Capacitive coupling의 구조에서는 VI가 open 상태에서 upper terminal에 전압이 인가될 경우, 그 반대쪽인 lower terminal에는 일정 크기의 충전전압이 발생하게 된다. 이러한 Capacitive coupling 구조에서는 전압의 크기에 비례하여 C값의 크기가 나타난다. 그림 2는 VI 극간 사이의 충전전압을 측정하기 위한 회로도다.



[그림2] 25.8kV 선로에서 VI를 적용한 회로도

VI 1차측에 3 ϕ , 60Hz, 13.2kV의 상-대지 전압을 인가하였을 때 VI 2차측에 나타나는 충전전압 및 충전전류를 측정하였다. 또한 Cable 길이를 다르게 하여 충전전압과 충전전류의 크기를 비교 측정하였다.

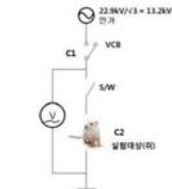
[표1] 케이블 길이에 따른 충전전압 및 충전누설전류 측정값

인가 전압	인가 부위	측정방법	60SQ 케이블 연결 측정				
			케이블 접속부 (0M 저항)	케이블 접속부 (3M 저항)	케이블 접속부 (6M 저항)	케이블 접속부 (9M 저항)	케이블 접속부 (12M 저항)
13.2 kv	VI 1차측	테스터	265 V	145 V	96 V	70 V	52 V
		오실로 스코프	267 V	145 V	96 V	70 V	52 V
		충전누설 전류	0.04 mA	0.04 mA	0.04 mA	0.03 mA	0.03 mA

표1에서 나타난 것처럼 케이블의 길이가 길어짐에 따라 충전전압 및 충전전류의 크기가 점점 작게 나타난다. 이러한 현상은 케이블이 가지고 있는 교류의 저항(임피던스) 때문에 케이블 길이가 길어지면서 충전전압 및 충전전류가 점차적으로 감소됨을 알 수 있었다.

2.2 실험을 통한 충전전압 크기 측정

2.2.1 동물실험을 통한 충전전압 측정



[그림3] 동물 실험 회로도

(1) 시험방법
그림3과 같이 VCB의 VI 접점 극간을 OPEN한 상태에서 1차측에 정격 사용전압 AC 13.2kV를 인가하고, VI 접점 2차측 도출된 도체부에 사람과 유사한 심장 분포와 정전용량을 가진 시험용 동물(쥐)을 연결하고, 접지는 시험용 동물(쥐)의 몸을 접촉하도록 통과하여 접지와 연결시킨다.

[표2] 동물 실험 및 등가 회로도

접촉전압 시험 사진	등가 회로도

(2) 시험결과

그림3 및 표2와 같이 VCB를 Open하고, S/W를 Open한 상태에서 1차측 사용전압 AC 13.2kV 인가시 2차측 전압을 테스트기로 측정한 결과 충전전압은 228V로 계속되었고, 연속해서 S/W를 Close하여 동물(쥐)에 접촉된 상태로 전압을 1분간 인가 하였다. 이때, 쥐에 인가되는 접촉전압은 4.2~5.8V로 매우 낮은 전압이 측정되었고, 시험용 쥐는 아무 이상 없음을 확인하였다. 이러한 결과는 표3의 계산식과 비교하여도 비슷함을 알 수 있었다.

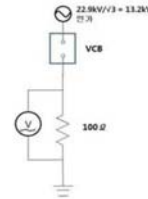
[표3] 동물 시험 및 계산식에 의한 접촉전압 결과 값 비교

접촉전압 시험 측정 결과	접촉전압 계산식 결과
4.2 ~ 5.8V	$V = [C1/(C1+C2)] \times 228V$ $= [15 \times 10^{-12} / (15 \times 10^{-12} + 570 \times 10^{-12})] \times 228$ $\approx 5.8V$ 주) C1: VI 정전용량(15pF) C2: 동물(쥐) 정전용량(570~800pF)

2.3 실험을 통한 충전전류의 크기 측정

그림4와 같이 VCB가 Open된 상태에서 1차측에 정격전압 (22.9kV/√3 = 13.2kV)을 인가하여, Open 상태의 VCB 2차측 출력단 부분에서 충전전류

측정하였다.



[그림4] 충전전류 측정 회로도

2.3.1 측정결과

충전 전류 값은 표4에서와 같이 0.047[mA]로 측정되었다. 매우 작은 전류를 측정하여야 하므로 중간에 저항(100Ω)을 연결하여 측정 되도록 하였다.

[표4] 누설전류 시험측정 결과

시험 측정 그래프	시험결과
	•Measuring voltage : 4.74 mV - ① •Test resistance : 100 Ω - ② •Leakage current = ① / ② = 0.047 mA

2.4 인제 접촉시 안전을 보장하는 접촉전압 및 접촉전류의 크기

2.4.1 국내 사례

2.4.1.1 접촉전압 기준

○ 노동부 고시 제2012-88호 "감전재해 예방을 위한 기술상의 지침" 제8조 2항에서 50V 미만으로 규정¹¹⁾

○ 한국산업안전공단 발표자료 "감전재해원인 및 예방대책"에서는 안전전압을 30V 미만으로 규정¹²⁾

2.4.1.2 접촉전류 기준

○ 한국산업안전공단 발표자료 "감전재해원인 및 예방대책"에서 인간의 심실세도 한계치는 30mA를 안전전류로 정하고 있다.¹²⁾

2.4.2 해외 사례

2.4.2.1 접촉전압 기준

○ IEEE std 80(IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding) 규격에 따르면, 성인 남성 70kg일 경우 Touch voltage는¹⁾

$$E_{touch70} = (1000 + 1.5C_s \times \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

위 수식에서 함수가 가지는 의미는 아래와 같다.

E_{touch} is the touch voltage in V

C_s is determined from Figure 11 or Equation (27)

ρ_s is the resistivity of the surface material in Ω-m

t_s is the duration of shock current in seconds

이러한 수식을 인용하여 논문 'Distribution of step and touch voltages at the typical HV/MV substation during lightning'에서는 Table1과 같이 접촉전압의 크기 및 제한 시간을 제시하고 있다.⁶⁾

Table 1. Safety table according to IEEE Std 80-2002 [3].

Surface Layer Resistivity	Fault Clearing Time					
	.100 sec.		.200 sec.		.300 sec.	
	Step Voltage [V]	Touch Voltage [V]	Step Voltage [V]	Touch Voltage [V]	Step Voltage [V]	Touch Voltage [V]
None	985.0	469.5	763.0	363.7	645.9	307.9
500	1162.0	513.8	900.1	398.0	762.0	336.9
1000	1802.3	673.9	1396.1	522.0	1181.9	441.9
1500	2422.8	829.9	1876.7	642.1	1583.8	543.6
2000	3036.8	982.5	2352.4	761.1	1991.5	644.3
2500	3647.9	1135.3	2825.8	879.4	2392.2	744.5
3000	4257.5	1287.7	3298.0	997.5	2792.0	844.4
3500	4866.2	1439.8	3769.5	1115.3	3191.2	944.2
4000	5474.3	1591.9	4240.6	1233.1	3590.0	1043.9
4500	6082.0	1743.8	4711.3	1350.8	3988.5	1143.5

위 Table 1을 살펴보면 보통 인체의 저항을 1000 (Ω·m) 정도 가정할 경우에 Touch voltage는 0.2초에 522[V] 까지 허용하고, 442V일 경우 0.3초까지 허용한다고 서술되어 있다.

2.4.2.2 접촉전류 기준

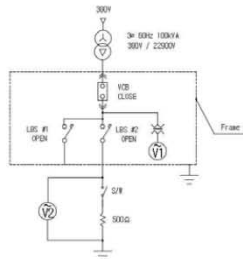
○ IEEE std 80(IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding) 규격에 따르면, 성인 남성 70kg일 경우¹⁾

$$I_B = \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \text{ for 70 kg body weight}$$

위 식을 이용하여 계산해보면 시간이 1초에 157mA, 3초에 90mA 이내까지 허용하고 있다.

2.5 공인시험기관(KERI) 검증

2.5.1 시험 방법



[그림 5] 시험 회로도

그림5과 같이 VCB 2차에 3Ø, 13,200V의 전압을 인가하고, VCB는 Close 하고, LBS #2를 Open한 상태에서 LBS #2의 2차와 접지사이에 발생하는 접촉전압과 누설전류를 측정한다. 시험결과와는 표5와 같다.

[표5] 공인시험기관 검증시험 DATA

구분	인가 전압	시험 DATA		시험과정 사진
		S/W Opn n시 충전 전압 (V)	S/W Close시 접촉 전압 (mV) 접촉누설 전류 (mA)	
A상	13.2 kV	261.6	11.4	0.023
B상		215.3	9.6	0.019
C상		255.5	11.6	0.023

* 측정된 충전 전압값은 RMS로 환산된 값임.

2.5.2 시험결과

2.5.2.1 접촉전압 시험결과

VCB 2차에 3Ø, 60Hz, 13.2kV의 전압이 인가된 상태에서, OPEN된 VCB #2의 2차측에 나타난 충전전압을 측정된 결과 표5와 같이 215 ~ 262V에 달하는 충전전압이 측정 되었다. 이후 인체 저항을 모의한 500Ω의 저항이 연결된 S/W를 Close 상태로 전환한 결과, 즉 인체 접촉을 가정한 시험 결과 접촉전압은 9.6 ~ 11.6mV로 급격하게 소진되었다. 실제 인체 접촉시 발생하는 접촉전압은 매우 미세함을 알 수 있었다. 표5의 접촉전압 시험결과 노동부에서 고시하는 접촉전압 50V 보다 매우 작은 값으로 측정됨을 확인하였다.

2.5.2.2 접촉누설전류 시험결과

표5에서 인체 접촉을 모의한 접촉 누설전류 시험 결과 0.02mA가 측정되었다. 이는 한국산업안전공단¹²⁾에서 제시하는 30mA보다 매우 작은 값이며, IEC 62271-200³⁾에서 제시하는 0.5mA 보다 작은 값으로 측정됨을 확인하였다.

3. 결 론

3.1 전기적 안전성 검토결과

인체가 접촉되는 것을 가정한 접촉전압 및 접촉전류 시험을 통하여 얻은 결과를 정리하면 표6과 같다.

[표6] 접촉전압 및 접촉전류 시험기준과 시험측정 DATA 비교표

구분	시험 기준	시험결과		비고(기준값)
		자체시험	KERI 시험	
접촉전압	50 V	5.8 V	11.4 mV	노동부 고시 ¹¹⁾
접촉전류	30 mA	0.047 mA	0.02 mA	한국산업안전공단 ¹²⁾

표6과 같이 실제 동물 시험 및 KERI 시험을 통한 접촉전압 및 접촉전류 측정치는 시험 기준값보다 훨씬 작게 측정 되었고, 실제 동물 접촉 시험을 통해서도 이상 없음을 확인하였다.(단, 고전압의 시험을 실시함에 있어서는 여러 환경의 변수가 있을 수 있으므로, 피시험품 VI 및 VCB 등의 절연 안전을 충분히 확보된 상태에서 상기 시험을 수행 하였다.)

참 고 문 헌

- [1] IEEE std 80(2013) IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
- [2] IEC 61201(2007) Use of conventional touch voltage limits -- Application guide
- [3] IEC std 62271-200(2011) AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52kV
- [4] Engineering Standard "SAFE LIMITS OF DC VOLTAGES", Neal Hook, Issued April 2013
- [5] Comparison of substation safety criteria given by the American (IEEE) and European (IEC) Standards
- [6] 해외 논문 "Distribution of step and touch voltages at the typical HV/MV substation during lightning - Jaroslav Wiater, Technical University of Bialystok
- [7] 해외논문 "SIGNIFICANCE OF STEP AND TOUCH VOLTAGES" Dwarka Prasad, H.C. Sharma, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-1, Issue-5, November 2011
- [8] 해외논문 "MAXIMUM PERMISSIBLE TOUCH AND STEP VOLTAGES ASSESSMENT IN HIGH VOLTAGE SYSTEMS" (> 1 kV), Alexandru DINA 1, Valentin ZAHARESCU2, Basarab GUZUN3, Gheorghe COMĂNESCU4, U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 74, Iss. 3, 2012 ISSN 1454-234x
- [9] 해외논문 "Prospective touch voltage", Flore Chiang, Underwriters Laboratories Taiwan 2012
- [10] 해외발표자료 "Combined HV-LV earthing of substations in the built environment", Dr Tony Sung, Lindsay Moody, 2015
- [11] 노동부 고시(제2012-88호) : "감전재해예방을 위한 기술상 지침" 전문
- [12] 한국산업안전공단 "감전재해원인 및 예방대책" 발표 자료

제5절 연구결과

1. 기술적 성과

도시철도 급전변전소 전자식 전압 계측장치(PT) 내장한 25kV
인출형 고체절연 특고압 개폐장치 개발

가. 개발 제품 종류

구분	수전차단기반	급전차단기반	차단기반	단로기반
회로도				
제품도				
구성품	○ VCB ○ DS/ES	○ VCB ○ DS/ES	○ VCB ○ PT	○ DS/ES
정격사항	○ 25.8kV ○ 1250A ○ 25kV / 1s ○ 고체절연재질 ○ 인출형 VCB	○ 25.8kV ○ 630A ○ 25kV / 1s ○ 고체절연재질 ○ 인출형 VCB	○ 25.8kV ○ 1250A ○ 25kV / 1s ○ 고체절연재질 ○ 인출형 VCB	○ 25.8kV ○ 1250A ○ 25kV / 1s ○ 고체절연재질

나. 기술 개발 성공에 따른 결과물

- (1) 공인시험기관 개발 성적서 - 고체절연 개폐장치 4종 성적서
- (2) 공인시험기관 개발 성적서 - 재료시험 성적서
- (3) 공인시험기관 개발 성적서 - 내진시험 성적서

(4) 공인시험기관 개발 성적서 - 보호계전기 성적서

(5) 공인시험기관 개발 성적서 - MTBF 성적서

(5) 특허 출원서 - 10-2016-0047432

『인입/인출형 고체절연 개폐장치』

(6) 학술대회 논문 발표 : 2016년도 전력계통연구의 춘계학술대회(2016.04.23.)

『VCB 극간에 발생하는 충전전압 및 충전전류가 인체에 미치는 안전성 검토』

2. 기술 개발의 의의

도시철도 현장에 사용되고 있는 구형 수배전설비 제품의 노후화 정비 또는 개선 교체를 해야 하는 시점에 있어 현대의 신기술이 접목된 우수한 제품으로 교체가 되어야 하는데 기존에 사용하고 있는 공기절연 방식의 수배전반(MCSG)은 대형 구기술, 감전 위험성 등의 이유로 배제하는 상황이며 현재 보편적으로 사용되는 수배전반인 가스절연 방식의 수배전반(GIS 또는 CGIS)은 지구온난화 규제물질인 SF6가스를 사용하므로 배제하고 있으므로 친환경 수배전반인 고체절연방식의 수배전반을 사용하는 상황이나 제품의 수리성이나 호환성을 감안할 때 시민의 안전을 보장하기에 어려움이 있다. 따라서, 현장의 상황이 반영된 안전하며 편리한 제품 개발이 신속하게 이루어진 점을 들 수 있다.

3. 기술 수준

가. 초기 친환경 고체절연개폐장치 현장의 애로사항을 개선하는 제품으로, 인출이 가능한 구조의 개폐장치를 개발함으로써 국내 시장 및 해외 시장에서의 경쟁력이 한층 Up - grade 되었다. 아래 표24는 지금까지 배전반 기술의 변천과정을 보여준다.

[표28] 배전반 기술 변천과정

구 분	MCSG	GIS	C-GIS	SIS (고정식)	DSIS (인출식)
적용년도	1970년	1990년	2000년	2010년	2016년
절연매질	공기	SF6	SF6	고체(Epoxy) 기체(Dry air)	고체(Epoxy)
제품 특징	도전부노출	비친환경	비친환경	친환경 (고정식)	친환경 (인출식)
	거대구조	-	-	국내:ENTEC, LS상전 국외:Eaton, Toshiba Hitachi 외	신개발품
제품구조	 	 	 	 	 

나. 해외 선진 메이커로는 유럽 다국적업체인 EATON 및 일본 TOSHIBA 등이 있으나 본 과제 성공으로 해외에 유사품 기술이 아직 없는 관계로 기술력에서 우리가 우위에 설 수 있음.

다. 25.8kV 정격의 인출형 고체절연개폐장치 개발은 국내 유일하게 개발되어 기술선점 효과가 탁월하다 할 수 있음.

라 전자식 PT 및 보호계전기 기술 확보로 기존 PT 고장 문제 해결로 전력공급 안정화에 기여

4. 경제적 성과

가. 전기기기 세계시장 규모 적극 참여

2015년 세계시장 수출,입 규모는 현재 약 1000조원을 넘고 있으며, 그 중에서 개폐장치는 5% 수준인 약 50~60조원 규모임. 이 중에서 해당 부분인 특고압 개폐장치 부분은 연간 5~6조원 정도에 이르고 있고, 국내시장은 약 1,000억원 정도[4.가.3)항 참조]로 볼 때 본 과제 개발 성공시 현존하는 최고 성능의 상품으로 막대한 시장 확장성을 전망을 할 수 있음.

나. 본 과제 성공시 해외 대리점 및 동종 분야 선진 시스템 공급사인 다국적 기업인 ALSTOM, ABB 및 영국의 Hawker siddeley 등과 해외 진출을 협력 할 수 있음.

다. 기존 고체절연배전반의 현장 애로사항을 사용자 눈높이에 맞게 개선(Up-grade)함으로 사용자 편리성 크게 증대하여, 향후 사용업체 호응도가 매우 클 것으로 예상됨.

라. 본 과제 성공을 통하여 개발된 고체절연 개폐장치는 해외 시장에는 아직까지 없는 제품으로 기술적인 선점을 통한 시장 확장성이 매우 크다고 할 수 있음.

마. 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0 억원
			향후 3년간 매출	200 억원
		관련제품	개발후 현재까지	500 억원
			향후 3년간 매출	300 억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0 % 국외 : 0 %
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : 1 %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 15 % 국외 : 0 %
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : 2 %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		5위 이내
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		3위 이내

바. 사업화 계획 및 매출실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		6개월 ~ 1년		
	소요예산(백만원)		약 100 ~ 150		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			0	200	350
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0	20	30
		국외	0	1	3
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		· 도시철도 급전용 개폐장치(29kV) 개발 응용 · Double bus용 개폐장치 개발 응용 · 대용량 제품 개발(40kA, 2000A) 응용		
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		0	200	350
	수 출		0	60	150

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1장. 목표달성도 및 관련분야 기여도

1. 목표 달성도

핵심연구 성과 (level1)	단위 성과 (level2)	1차년도 성과점검기준					목표 달성도	
		질적성과 지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치	계획	실적
설계	차단기반 설계	완성도	완제품	도면확인	설계도면	2	100	100
	3단스위치설계	완성도	완제품	도면확인	설계도면	1	100	100
	전자식PT설계	완성도	완제품	도면확인	설계도면	0.5	100	100
	보호계전기설계	완성도	완제품	도면확인	설계도면	0.5	100	100
Proto Type 제작	차단기반 제작	설계도면	25.8kV 1250A 25kA	제작사양서	현품	0.5	100	100
	3단스위치반제작	설계도면	1250A 25kA	제작사양서	현품	0.5	100	100
	차단기,3단스위치 일체형반 제작	설계도면	630A 25kA 1250A 25kA	제작사양서	현품	1	100	100
	전자식PT제작 보호계전기제작	설계도면	13.2Kv/ 4V	제작사양서	현품	0.5	100	100
	금형제작	설계도면	제작품	도면확인	현품	0.5	100	100
성능검증	절연시험	사양(시방)	50kV 125BIL	IEC62271-2 00 6.2	성적서 (자체)	0.5	100	100
	통전시험	사양(시방)	630A 1250A	IEC62271-2 00 6.5	성적서 (자체)	0.5	100	100
	특성시험	사양(시방)	O-0.3S-CO-15 S-CO	IEC62271-1 00 6.101.2	성적서 (자체)	0.5	100	100
	대전력 공인참고시험	사양(시방)	25kA 1sec	IEC62271-2 00 6.6	성적서 (공인)	0.5	100	100
피시품 제작	금형수정, 재제작		도면	도면확인	완제품	1	100	100
	차단기반제작	시방서, 시험규격	25.8kV 1250A 25kA	도면 확인	완제품	1	100	100
	3단스위치반제작	시방서, 시험규격	25.8kV 1250A 25kA	도면확인	완제품	1	100	100
	차단기,3단스위치 일체형반 제작	시방서, 시험규격	25.8kV 630A 25kA 1250A 25kA	도면확인	완제품	0.5	100	100
	전자식PT제작 보호계전기제작	시방서, 시험규격	13.2Kv/ 4v	도면확인	완제품	0.5	100	100

핵심연구 성과 (level1)	단위 성과 (level2)		1차년도 성과점검기준					목표 달성도	
			질적성과지표	목표치	측정방법	검증 방법	가중치	계획	실적
공인 시험	차단기반 시험	절연시험	내전압검증	50kV 1분	IEC6227 1-100,20 0	내압기	2	100	100
			충격전압검증	125kV		임펄스기			
			부분방전검증	10pc		PD시험 기			
		온도상승	정격전류통전	1250A		허부하기			
		특성시험	C, O, CO, OCO	VI spec		TM1600			
		단시간시험	열적,기계적검증	65p/25kA		1sec			
	3단 스위치반 시험	절연시험	내전압검증	55kV 1분	IEC6227 1-102,20 0	내압기	1	100	100
			충격전압검증	125kV		임펄스기			
			부분방전검증	10pc		PD시험 기			
		온도상승	정격전류통전	1250A		허부하기			
		특성시험	C, O	제품 spec		TM1600			
		단시간시험	열적,기계적검증	65p/25kA		1sec			
	차단기, 3단스위치 일체형반 시험	절연시험	내전압검증	CB: 50kV 1분 DS: 55kV 1분	IEC6227 1-100,10 2, 200	내압기	2	100	100
			충격전압검증	125kV		임펄스기			
			부분방전검증	10pc		PD시험 기			
		온도상승	정격전류통전	1250A		허부하기			
		내구성시험	CB DS/ES	10,000회 1,000회		횟수			
		대전력시험	기본단락 케이블충전 단상지락	25kA 31.5A 25kA		T10~T100 CC1,CC2 SEF			
	전자식PT 시험	절연시험	충격전압	125kV	IEC6004 4-7	임펄스기	1	100	100
		오차시험	기본정밀도	0.5%		내압기			
		주파수정밀 시험	정밀도vs주파수	0.5%		주파수조절 기			
		온도정밀시 험	온도vs주파수	0.5%		항온조			
최종 성과물	차단기 개발시험 성적서		시험 성적서	1	IEC6227 1-100	성적서	3	100	100
	3단 스위치반 개발시험 성적서		시험 성적서	1	IEC6227 1-200	성적서	3	100	100
	차단기, 3단스위치 일체형반 개발시험 성적서		시험 성적서	1	IEC6227 1-200	성적서	3	100	100
	차단기, 3단스위치 일체형반 개발시험 성적서		시험 성적서	-	IEC6227 1-200	성적서	3	-	100
	재료시험 성적서		시험 성적서	-	-	성적서	3	-	100
	내진시험 성적서		시험 성적서	-	-	성적서	3	-	100
	MTBF 성적서		시험 성적서	-	SR-332	성적서	3	-	100
	최종보고서		보고서 제출	최종	보고서	보고서	1	100	100
	특허 출원		특허 출원	출원 보고서	보고서	보고서	1	100	100
	논문		논문 출원	출원 보고서	보고서	보고서	1	100	100
	시제품		배전반 제작	제작	제품	제품	1	100	100

2. 경제적 파급효과

- 가. 장애, 고장대체 능력 향상 정전시간단축 등에 따른 영업수율 향상
- 나. Maintenance 비용, 예비품 비용절감 및 운용비용절감 등 LCC (Life Cycle Cost) 경감
- 다. 공사 및 제품 취급용이에 따라 관련 비용절감
- 라. 수입대체 및 수출경쟁력 확보

◎ 도시철도 변전소 수전설비 경제성 비교표

구 분 (특고반12면, 15년 사용시, 전원)	기존제품	개발제품
	기존 고정식 (SIS)	인출식 (DSIS)
초기비용#1 (매입단가)	100% (382,800~459,000)	90% (344,500~413,000)
운용비용#2 (A/S비용)	50% (191,400~230,000)	5% (17,225~20,650)
운용비용#3 (영업손실,보상)	추정할 수 없음 (α)	최소화
생애주기비용 (LCC)	$150\% + \alpha$ (574,200~689,000)	95% (361,725~433,650)

**LCC (15년)
2.5억 절감!!**

**비용절감
60% 이상**

경쟁사(세계)	EATON	TOSHIBA	과제(개발품)
제 품	고체절연(고정식)	고체절연(고정식)	고체절연(인출식)
가 격	100% 45백만원	150% 60백만원	90% 40백만원
제품 운용	중	중	상
수리, 호환성	중	중	상
사용자 선호도	중	중	상
제품 구성			

2. 관련분야 기여도

전력기기분야에서도 온실가스에 의한 규제에 대응하기 위하여 많은 노력이 이루어지고 있다. 특히나 한국전력공사에서는 향후 구매품목에서 점차적으로 친환경 제품이 확대해 나가고 있고, 유관 기관에서도 정부 온실가스 감축 정책 방향에 맞게 점차적으로 확대 적용하는 단계 이므로, 본 과제를 통하여 현장에서 나타난 불편한 점들이 대부분 해결된 제품 개발이 되어, 친환경 제품 확대사용에 바로 적용이 가능하고, 안정적인 전력공급에 크게 이바지 할 것으로 예상된다.

- 가. 감전사고로부터 안전한 작업이 가능하다
- 나. 장애발생시 교체 시간이 짧아져 단전시간에 대한 파급효과가 적다.
- 다. Maintenance Free로 유지보수 비용 절감효과가 크다.
- 라. 환경 친화 제품으로 환경대기 오염원 근절 효과
- 마. Compact 사이즈로 초기 공사비 절감효과가 크고, 공간 활용도가 넓어진다.
- 바. 이동 및 설치가 간단하여 공기 단축으로 신속한 전력 공급이 가능하다.
- 사. 선진 기술 확보로 기술 자립도를 높이는 효과가 큼.
- 아. 경쟁력 있는 제품으로 수입대체가 가능하고 해외 수출로 외화수익 창출

제5장 연구결과의 활용계획

제1절 연구결과의 활용계획

1. 기술의 활용성

본 과제를 통하여 원천 기술을 확보되어, 유사 정격용량 제품이나, 소비자가 요구 사항에 적합한 제품 개발에 적극적인 활용이 가능함

가. 도시철도에 적용을 통하여 장거리 철도시스템 전기급전용 개폐장치(27.5kV×2)에 개발제품 기초 설계자료 적용 가능

나. 한전시스템(25.8kV복모선) 신산업 제품에 응용 가능

다. 기간산업시설 대용량 제품개발(31.5kA 40kA) 에 응용 가능

라. 해외선진국가 및 온실가스 규제국가(예, 호주, 뉴질랜드 등) 에 기술 제품 또는 기술공급 가능

마. 해외 유명 철도시스템 공급사(Alstom, ABB, Hawker siddeley 등) 제품 공급을 통해 세계시장에 효자 상품으로 진출 가능

제2절 기업 단계별 사업화계획

1. 사업화 전략

가. 단계별 사업화 전략

(1) 1단계 : 도시철도변전소 개발제품 적용(2017년부터) ⇒ 철도, 메트로

(2) 2단계 : 광역철도 전기실 등에 개발제품 적용(2018년부터)

⇒ 충청, 서부, 대구, 대전, 구미, 부산, 양주, 울산-양산 광역철도

(3) 3단계 : 관공서(수자원, 교육청 등), 해외철도변전소에 개발제품 적용(2018년 부터)

(4) 4단계 : 기간산업체 등에 개발제품 적용(2019년부터)

⇒ 화학, 반도체, 철강 단지 등 PLANT 산업단지

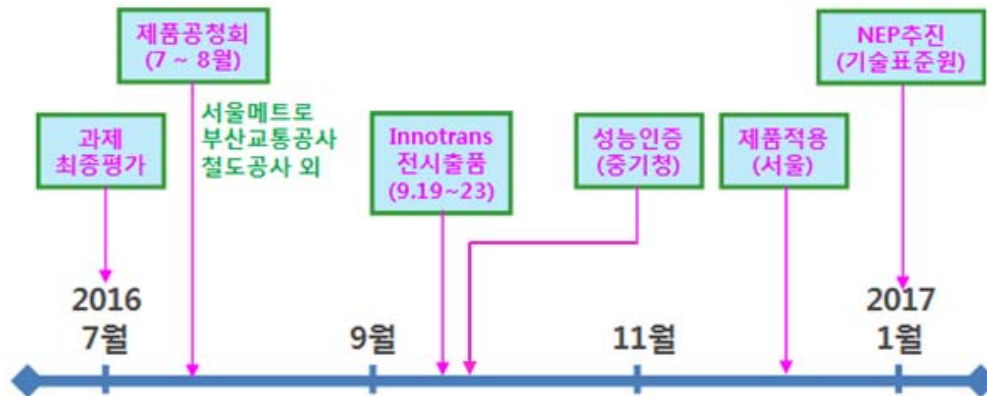
나. 년도별 사업화 전략

				기간 산업체
			해외 변전소	해외 변전소
		광역철도전기실 자가수용가	광역철도전기실 자가수용가	광역철도전기실 자가수용가
	도시철도 변전소	도시철도 변전소	도시철도 변전소	도시철도 변전소
2016년	2017년~	2018년~	2018년~	2019년~
준비단계 (양산)	1 단계	2 단계	3 단계	4 단계

년도	2016'	2017'	2018'	2019'
마케팅 전략	개발종료시점으로 양산이관	도입기로 국내위주 판매	성장기로 해외 本格진출	성장기로 국내,외 우수인기제품 판매

[단계별 사업화 전략표]

다. 년도별 활용 계획



[향후 추진일정 계획표]

제3절 Project별 사업화 계획

1. 서울 메트로 향후 Project 사업 참여

가. 참여근거 : 『특고압 고체절연 개폐장치』 규격 입찰 참여

3.4호선 노후전력설비 개량공사(남부터미널, 상각지 변전소)
특고압 고체절연 개폐장치 등 6종 제작구매 설치 시방서

물품계약서(승인품보)

2015. 11.

Seoul Metro 서울메트로

계약물품명세서

No.	품명	수량	단위	가격	비고
1	특고압 고체절연 개폐장치	1	개	1,413,000,000	2015.11.10

[서울 메트로 입찰참여 사례]

나. 향후 입찰참여 예상(노후교체 사업) : 이화여대역, 동대문운동장역, 회현역 등

5. 국토교통부 “철도망 구축에 향후 10년간 19.8조원 민간자본 유치” 사업 적극 참여

 국토교통부		보도자료		 경제의 틀을 바꾸면 미래가 달라집니다.
배포일시		2016. 7. 6(수) 총 7매(본문6, 붙임1)		
담당 부서	민자철도팀	담당자	·팀장 정채교, 서기관 김태형, 사무관 염광은 ·☎ (044)201-3982, 3983	
보도일시		2016년 7월 6일(수) 석간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신·방송·인터넷은 7. 6(수) 10:00 이후 보도 가능		

철도망 구축에 향후 10년간 19.8조 원 민간자본 유치

- 제19차 재정전략협의회, “민자철도사업 활성화 방안” 발표 -

- ◆ 수도권 광역철도뿐 아니라 전국 철도망으로 민자철도 사업 확대
- ◆ 노선의 특성에 따라 운임 외에 다양한 사업수익 모델 허용
- ◆ ‘철도역+도시’의 일체적 개발 활성화, 창의적인 부가서비스 도입
- ◆ 추진절차를 간소화하여 민간제안~착공까지 3.5년으로 단축

□ 국토교통부(장관: 강호인)는 7.6(수) 경제부총리 주재 제19차 재정전략협의회에서 “민자철도사업 활성화 방안”을 상정·보고하였다.

□ 사회간접자본(SOC) 분야 재정투자 축소 기조 속에, 지난달 27일 확정된 「제3차 국가철도망계획」을 속도감 있게 추진하기 위한 조치이다.

○ 지역간 빠른 이동서비스 확대, 도시권 통근부담 해소 및 환경문제 대처 등을 위해 철도교통에 대한 투자소요가 증대되고 있으나,

- 철도건설 예산이 감소 추세('16. 5.2조원→'20년 중기계획 4.1)에 있는 등 재정이 한계에 도달한 상황을 감안한 대책이라 할 수 있다.

□ 이번 방안은 저금리 기조, 경기침체 등으로 마땅한 투자처를 찾지 못하는 시중의 유동자금을 국가철도망 구축에 활용하면서도,

- 역세권 등 개발 및 부가서비스 등 부대사업을 활성화하여 운임 인하에 활용하는 등 철도서비스의 공공성을 유지하면서 민간의 철도 투자기준을 정립하는 데 역점을 두었다.

□ 이번 재정전략협의회에서 논의한 주요 내용은 다음과 같다.

1. 민자철도 대상 확대 및 추진원칙 정립

□ 그간 수도권 광역철도에 집중되었던 사업을 지역간 연결 철도 등으로 확대하고, 민자철도 사업의 추진 원칙과 민간제안 사업에 대한 처리 기준을 마련할 계획이다.

- 이를 위해, '제3차 국가철도망 구축계획(6.27 고시)'에서 민자 대상으로 검토된 사업(14개)*을 중심으로 올해 하반기까지 시급성, 재정 여건 등을 감안하여 우선순위 및 추진계획을 마련한다.

< 제3차 국가철도망구축계획 상 민자추진 검토사업(14개 사업) >

- (국가철도망의 운영효율성 제고) 병목구간 및 미싱링크 연결(5개 사업)
- (대도시권 교통난 해소) 출퇴근 애로 해소를 위한 광역철도(6개 사업)
- (지역거점 간 고속연결) 지자체가 철도역 주변의 도시개발사업 등 부대사업을 계획하고 연계교통 계획까지 수립한 지역노선(3개 사업)

- 또한 민간제안 사업이 들어오면 국가철도망 구축계획, 중장기 철도운영계획과의 부합성, 타 사업에 대한 영향 등을 신속히 검토

하여 수용 또는 반려를 결정하기 위한 “민자철도 업무 가이드라인”도 올해 말 마련할 계획이다.

2. 사업방식 다각화

- 철도서비스의 공공성을 유지하면서 민자사업 추진 가능성을 높이기 위해, 노선 특성에 따라 운임 외에 열차 운영자로부터 선로사용료를 징수하는 방안 등 다각적 사업수익 모델이 도입된다.

< 신규 민자철도 사업수익 구조 도입 유형 >

① (유형 I) 기존 운영자로부터 시설사용료를 징수

- 민간사업자는 선로 등 시설에 대한 유지관리를 수행하면서, 기존 철도의 운영자로부터 시설사용료를 징수(프랑스 민자철도 방식)
- * 열차통행량이 많은 병목구간 선로확충(평택-오송) 사업구간에 적용

② (유형 II) 민자건설 구간 직접운영 + 기존 운영자와 연계운영

- (유형 II-1) 기존 운영자의 민자건설구간 진입 허용

- 민간사업자는 건설구간을 운영하면서, 다른 철도운영자(코레일 등)에게 민자건설 구간 진입을 허용하고 해당 구간 사용료 징수
- * 예: 민간사업자가 수도권 노선을 건설·운영하고, 기존 운영자가 선로사용료를 지불하면서 민자구간을 연계운영

- (유형 II-2) 민간사업자의 기존간선망 사용 허용

- 신규노선과 기존선 연계 운행 시 시너지가 기대되는 구간에 적용
- 기존선 운영자(코레일 등)와 통합법인 설립, 운영자간 협약 등을 통해 기존 운영자-신규운영자간 상생방안 마련 후 허용
- * 예: 민간사업자가 지방 주요 거점을 연결하고, 서울-지방거점 간 연계운영

3. 부가수익 창출 지원 및 운영비 절감

- 또한, 철도역세권 개발 등 민간이 적극적으로 부가수익을 창출할 수 있도록 지원함으로써 이용자 운임을 인하하고 국가재정부담을 경감하도록 할 계획이다.

< 부대사업 활성화 지원 >

- (철도기획 단계) 지자체·도시개발사업 시행자 등과 공동으로 역사 배후지역 등에 도시·산단 개발, 뉴스테이 등 부대사업에 적합한 후보지를 발굴하고, 노선·정거장 계획 등도 조정한다.

* 역 설치에 따라 도시개발사업자(LH, 지방공사 등)의 사업성이 높아지고, 민자철도사업자는 양호한 부대사업 시행으로 상생(win-win) 가능

- (사업자모집 단계) 정부는 발굴된 부대사업을 포함하여 민자사업자를 모집하고, 지자체는 민간에 부대사업 정보 등을 안내하여 부대사업에 대한 관심을 환기한다.

- (사업착수 단계) 지자체가 부대사업의 주무관청으로 함께 참여함으로써 도시관리계획 변경 등 인허가를 적극 지원한다.

- 이전에는 민자철도 사업자가 부대사업의 계획수립과 사업시행을 전적으로 책임지고 지자체의 인허가 등이 어려워 부대사업을 꺼리는 경향이 있었으나,

- 이번 대책으로 도시개발사업 시행자와 함께 사업을 시행하고, 지자체의 참여를 통해 인허가를 지원하게 됨으로써 부대사업에 대한 민간의 참여가 활발해질 것으로 기대된다.

< 서비스 향상 및 다각화 >

- 민간이 급행열차 운행, 관광·여행 등과 연계한 부가서비스 등 기존 서비스와 차별화된 창의적인 프리미엄 서비스를 제시할 수 있도록 허용한다.

- 프리미엄 서비스에 대해서는 사회적으로 수용 가능한 수준에서 운임을 차등화할 수 있도록 하고, 이를 통해 일반 평균요금을 인하하는데 활용할 계획이다.

< 프리미엄 서비스 예시 >

·(급행철도 운영) 출퇴근 시 일부역 무정차 통과 등 방법으로 기존 광역철도 시속(50km) 이상의 급행서비스(70~90km)를 제공

* 신안산선 급행 운영시 57→80km/hr로 증가(안산중앙~여의도: 38→27분)

·(부가서비스) '여행가방 운송', '관광 전세열차', '고급 객실서비스' 등 업무·관광 상품과 결합한 프리미엄 서비스

4. 사업추진기간 단축

- 현재 민간제안 후 착공 시까지 통상 5년 이상 소요되는데, 이를 약 1년 6개월 단축하여 3년 6개월만에 완료하도록 지원한다.
- 정부와 민간사업자 간 협상 과정에서 기술적 쟁점을 조기에 해소하여, 협상 중 설계를 착수하도록 하여 협상·설계기간을 10개월 가량 단축할 계획이다.
- 또한, 정부의 민자사업에 대한 적정성 등에 대한 검토기관을 민투법상 전문기관인 한국개발연구원(KDI)으로 단일화하여 기간을 3개월 단축하고,
 - 민자대상 사업은 예비타당성조사와 민자사업 타당성분석을 동시 시행하여 6개월 이상 단축한다는 복안이다.
- 국토부는 수도권 광역급행철도 A노선에 적용하여 착공시기를 당초 '19년에서 '18년으로 앞당기고, 신안산선도 당초 계획한 '17년말 차질 없이 착공할 계획이라고 밝혔다.

5. 민·관 소통체계 강화

- 국토부는 건설·운영·금융 등 관련 전문가 네트워크를 통해 민자철도

활성화를 위한 제도개선사항 등을 논의하는 “민자철도 협의체”를 구성·운영하고, 상시적으로 업계 의견수렴, 민자철도 투자상담 등을 지원할 수 있도록 도움 창구(Help Desk)도 설치·운영한다.

6. 기대효과

□ 이번 대책으로 ‘25년까지 국가철도망 확충에 최대 19.8조원의 민간 자본을 유치하고, 약 45만개*의 일자리도 창출될 것으로 기대된다.

* 총투자규모 33조원(민자 60%, 재정 40%) x 건설산업 고용유발효과 13.8/10억

- 민간은 위험이 낮은 안정적 투자처를 확보하고, 정부는 철도망을 조기에 구축하여 국민들에게 (준)고속철도 서비스의 수혜지역을 제공하는 효과가 있을 것으로 내다봤다.
- 또한, 지자체와의 협력을 통한 역세권 부대사업 등을 통해 요금 인상도 억제하면서 지역경제 활성화에 따른 선순환도 기대된다.

* 역세권 부대사업에 따른 선순환

· ‘성공적인 부대사업 시행’ → ‘지역경제 활성화’ → ‘철도이용 수요 증가’
→ ‘요금의 (추가)인하 가능’ → ‘민자철도 활성화’



- 국토교통부는 오늘 발표된 대책들은 “제3차 국가철도망계획(‘16.6)” 등과 연계하여 최대한 속도감 있게 실행해 나갈 계획이다.




이 보도자료와 관련하여 보다 자세한 내용이나 취재를 원하시면
국토교통부 민자철도팀 영광은 사무관(☎ 044-201-3983)에게 연락주시기 바랍니다.

참고

「제3차 국가철도망구축계획」 상 민자검토 대상 사업

노 선 명	사업구간	사업내용	연장(km)
경부고속선	수색~서울~금천구청	복선전철	30.0
	평택~오송	2복선전철화	47.5
중앙선	용산~청량리~망우	2복선전철	17.3
수서광주선	수서~광주	복선전철	19.2
문경·경북선	문경~점촌~김천	단선전철	73.0
남부내륙선	김천~거제	단선전철	181.6
춘천속초선	춘천~속초	단선전철	94.0
평택부발선	평택~부발	단선전철	53.8
수도권 광역급행철도	송도~청량리	복선전철	48.7
수도권 광역급행철도	의정부~금정	복선전철	45.8
신분당선	호매실~봉담	복선전철	7.1
신분당선 서북부 연장	동빙고~삼송	복선전철	21.7
원종홍대선	원종~홍대입구	복선전철	16.3
위례과천선	북정~경마공원	복선전철	15.2

6. 해외 공급망을 이용한 제품 프로모션

- 가. 해외 전시회 제품 프로모션 : INNOTRANS('16,09 베를린), APTA('17,10 아틀란타)
- 나. 해외 협력회사와의 (ALSTOM, ABB 등) 제품 공급 협의
- 다. 정부기관(KOTRA, 진흥회, 상공회의소, 한국전력공사 등)의 해외 전시회 및 제품 설명회 활용
- 다. 해외 Agent를 활용한 적극적인 프로모션 (세계 곳곳 55개의 Agent 활용)



제4절 현장 적용시 활용방안

1. 적용 계통에서의 고체절연 배전반 활용성 검토

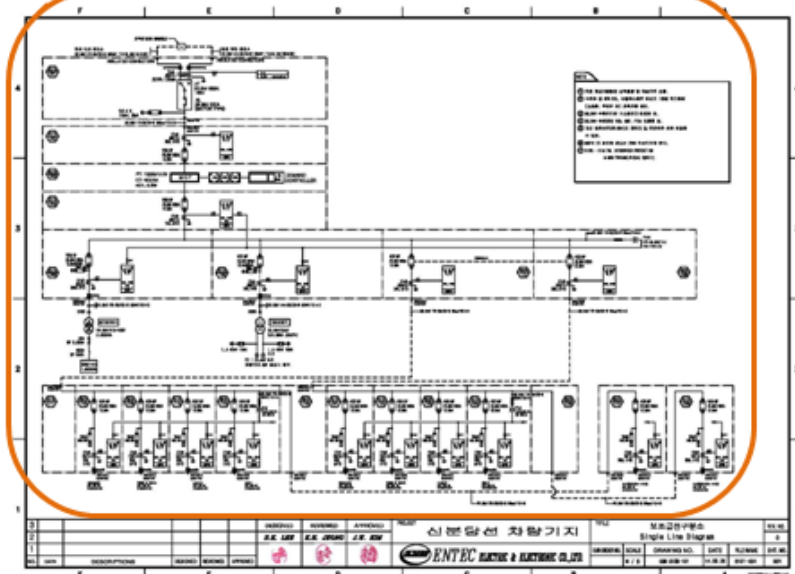
고체절연배전반(이하 “SIS”)의 호환 사용 및 현장 적용 측면은 신분당 연장선(정자 ~ 광고) 및 성남 ~ 여주선(성남-여주 복선 전철사업) 11곳의 전기실에 설치 운영중에 있는, 본 개발 제품의 기초 기술제품인 인출형 배전반(25.8kV, 12.5kA, 630A)을 통하여 충분하게 실증이 되고 있으므로 별도의 병렬 운전 사용 및 현장 시험에 대한 검증은 필요하지 않다고 사료됨.

가. 신분당 연장선

- (1) 구간 : 정자역 ~ 광교역(경기대)
- (2) 연장 구간 : 12.8km
- (3) 개통일 : 2016년 2월
- (4) 설치 장소 : 광교 차량기지(보조급전구분소, 모터카고, 종합관리동, 주공장 및 점수고, SB05-1)



[신분당 연장노선 사업 구간도면]



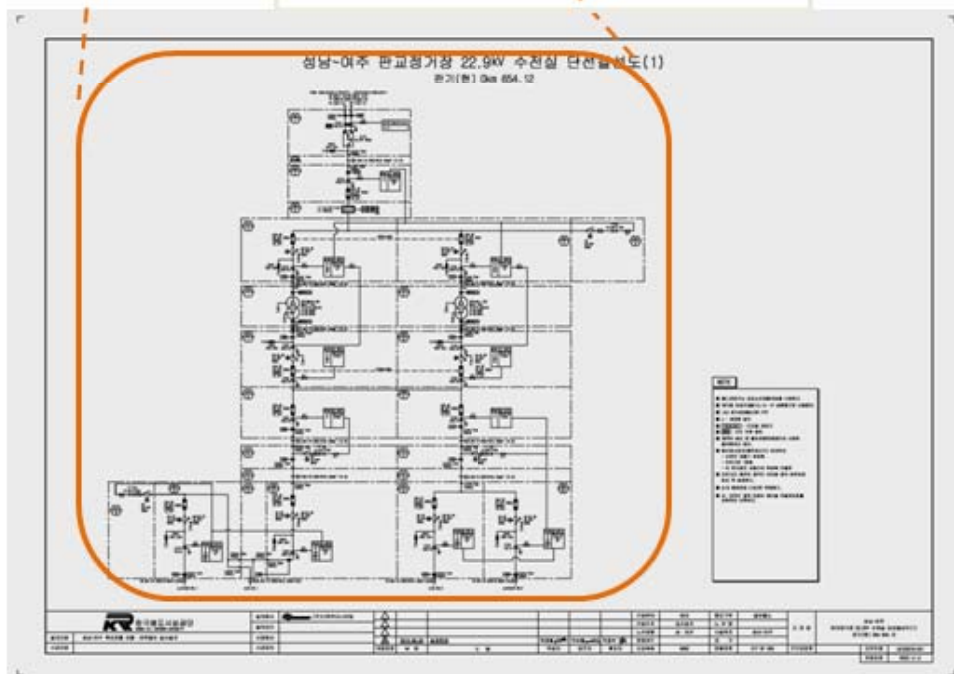
[광교역 보조급전구분소 단선결선도]

나. 성남 ~ 여주선

- (1) 구간 : 판교역 ~ 여주역
- (2) 연장 구간 : 57kM
- (3) 개통일 : 2016년 9월 예정
- (4) 설치 장소 : 판교역, 이매역, 삼동역, 광주역, 쌍동역, 곤지암역, 신둔역, 이천시, 능서역, 여주시, 부발역, 능서역, 여주역



[성남-여주 복선전철 사업 구간도면]



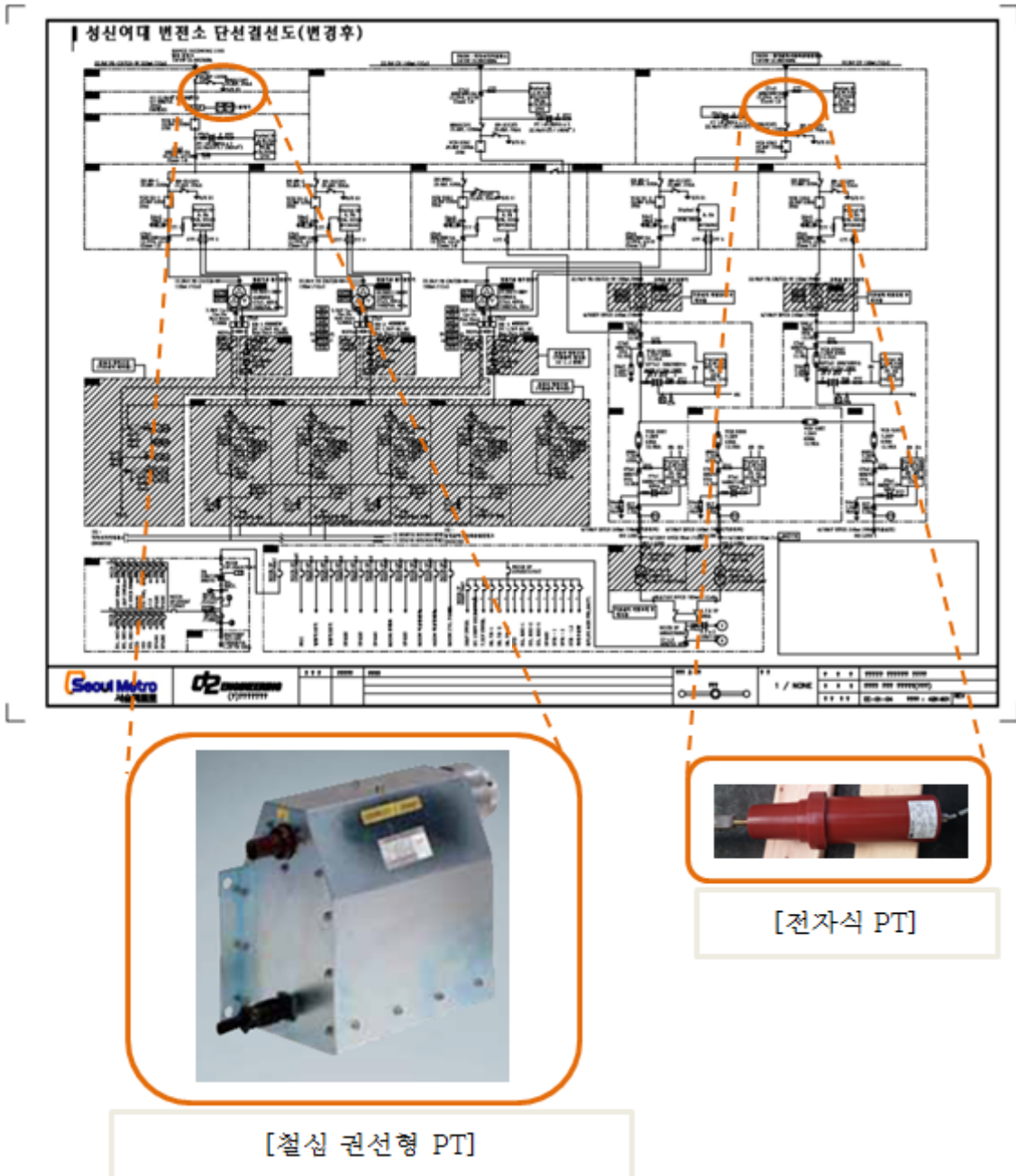
[판교 정거장 수전실 단선결선도]

2. 적용 계통에서의 전자식 PT 활용성 검토

전자식 PT는 신규 개발 사용 제품이므로, 그림17에서와 같이 SIS가 사용되고 있는 기존 선로에서 철심 권선형 PT와 병렬 사용으로 현장에서의 제품 검증을 계획하여 진행함.

가. 계획 장소 : 서울 메트로 변전실 또는 부산교통공사 변전실 당사 SIS 설치구간

나. 병렬 사용 일정 : 약 3개월(2017년 신설장소)



[그림17] 철심 권선형 PT와 전자식 PT 현장 병렬운영 사용 예시도

제5절 신기술 신청 추진 계획

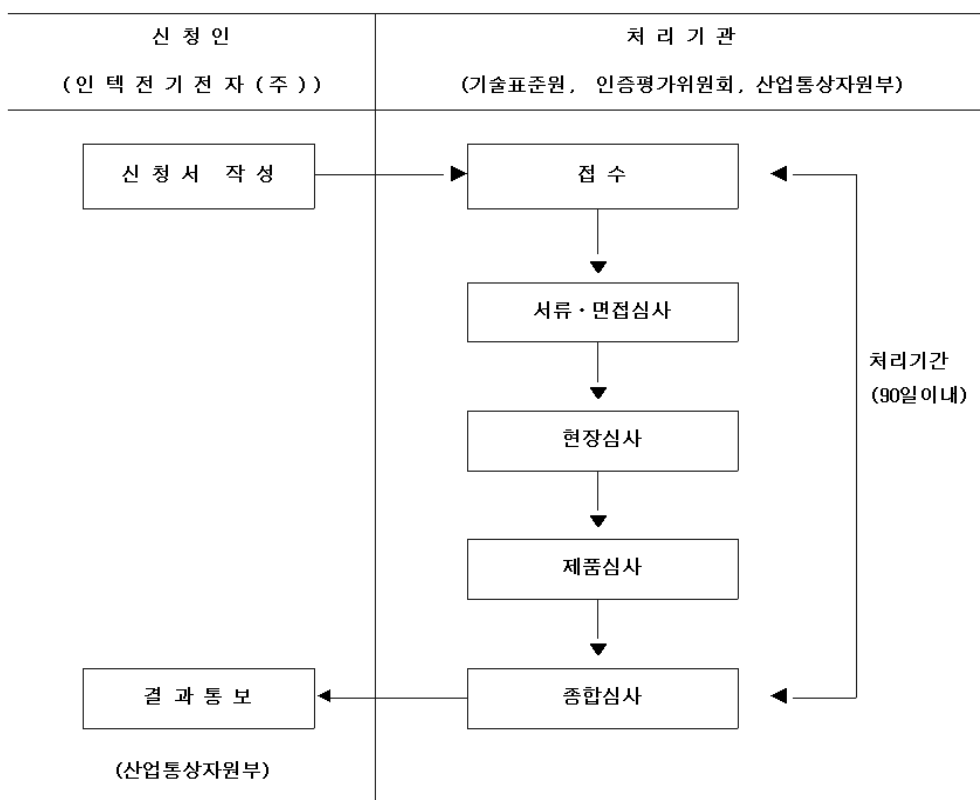
1. 신제품이란?

: 산업기술혁신 촉진법 제16조 제1항에 따라 국내에서 최초로 개발된 신기술 또는 이에 준하는 대체기술을 적용하여 실용화가 완료된 제품으로 경제적, 기술적 파급효과가 크고 성능과 품질이 우수한 제품을 말함

2. 향후 계획

: 안정된 품질의 제품 공급 후 실제 사용실적 및 판매 실적을 기반으로 신제품 인증 처리 절차내용에 적합하도록 검토하여 신청한다.

3. 신제품 인증 처리 절차 및 방법



제6절 수출국 관련 국제 특허 출원

- 개발 제품의 기술보호를 위하여 국내 특허는 현재 출원중에 있음(출원번호: 10-2016-0047432)
- 주요 수출 대상국에 국제 특허 출원 검토
 - 주요 수출 대상국 : 미국, 유럽, 호주
 - 특허출원 방법 : PCT 국제특허출원(WIPO 국제사무국에 출원 : 스위스제네바소재)
 - 국제 특허 출원 비용 : 300만원 / 건

제6장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1절 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. IEEE 80-2013 : IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
2. IEC std 62271-200(2011) AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52kV
3. Engineering Standard “SAFE LIMITS OF DC VOLTAGES“, Neal Hook, Issued April 2013
4. Comparison of substation safety criteria given by the American (IEEE) and European (IEC) Standards
5. 해외 논문 “Distribution of step and touch voltages at the typical HV/MV substation during lighting - Jaroslaw Wiater, Technical University of Biallstock
6. 해외논문 “SIGNIFICANCE OF STEP AND TOUCH VOLTAGES” Dwarka Prasad, H.C. Sharma, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-1, Issu e-5, November 2011
7. 해외논문 “MAXIMUM PERMISSIBLE TOUCH AND STEP VOLTAGES ASSESSMENT IN HIGH VOLTAGE SYSTEMS“ (> 1 kV), Alexandru DINA 1, Valentin ZAHARESCU2, Basarab GUZUN3, Gheorghe COMĂ.NESCU4, U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 74, Iss. 3, 2012 ISSN 1454-234x
8. 해외논문 “Prospective touch voltage“, Flore Chiang, Underwriters Laboratories Taiwan 2012
9. 해외발표자료 “Combined HV-LV earthing of substations in the built environment” , Dr Tony Sung, Lindsay Moody, 2015

제7장 연구개발성과의 보안등급

제 1절 연구개발결과의 양산화 계획

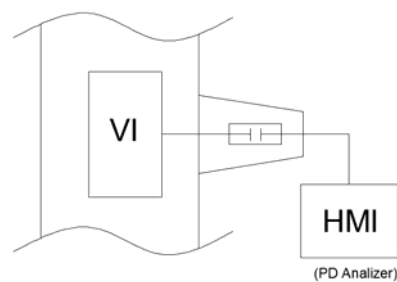
1. 제품 양산화 적용에 따른 고용 창출 계획

구 분		사업화 년도		
		개발종료 후 1년	개발종료 후 3년	개발종료 후 5년
사업화 제품		도시철도 급전변전소 전자식PT 내장한 25kA 인출형 고체절연특고압개폐장치 개발		
투자계획 (백만원)		60	40	50
판매계획 (억원)	내수	30	150	250
	수출	0	50	300
	계	30	200	550
수입대체효과 (억원)		30	200	550
고용 창출(명)		3	6	10

2. 제품 Up-Grade 계획

가. VI(Vacuum Interrupter) 진공도 검출기능

- VI의 진공도를 확인하는 기술로 부분방전량의 크기를 이용한 측정
- 당사는 한국전기연구원(KERI)과 기술이전협약을 체결하여 원천기술 확보
- 향후 제품 Up-grade 차원에서 본체에 적용 가능하다.



[VI 진공도 검출기능 간략도]

제8장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

제 1절 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

1. 영업비밀 보안 서약서 작성

영업비밀보안 서약서

소 속 :
직 위 :
성 명 :

상기 본인은 주식회사(이하 '회사'라 한다.)가 정하는 영업비밀 관리규정을 충분히 숙지, 이해 하였으며 다음의 사항을 준수할 것을 엄숙히 서약합니다.

1. 회사의 영업비밀 관리규정과 이해 관련본 회사의 명령을 성실히 이행하겠습니다.
2. 회사의 영업비밀(그 정도에 미르지 아니하였더라도 회사장이 가지고 있는 지식 또는 정보로서 이를 제3자에게 누설하지 않기로 약정한 것이거나 고객관계나 영업상의 신용의 유지 등도 포함, 이하 같음)은 재직 중은 물론 퇴직 후에도 회사의 해가 없이 사용 또는 활용하지 않고, 경쟁업체를 비롯하여 제 3 자에게 무단 누설하거나 활용하지 않겠습니다.
3. 본인이 알고 있는 제 3 자의 영업비밀은 어떠한 일에 있어도 비밀보유자의 승인 없이 회사에 공개하거나 회사의 업무에 부정하게 사용하지 않겠습니다.
4. 본인이 재직 중 직무와 관련하여 활용하거나 발견 또는 지목한 영업비밀에 대한 모든 적·간접의 권리는 당연히 회사에 귀속됨을 인정합니다.
5. 본인이 퇴직할 때에는 재직 중 보유했던 회사의 영업 비밀 기타 회사의 업무 관련용 책자, 문건, 자필 등 모든 자료를 반환하고, 경쟁업체에 유출하거나 자신의 이익을 위하여 미충실 목적으로 무단 반출하지 않겠습니다. 회사는 필요한 경우 퇴직 전 본인이 보유한 자료를 확인할 수 있고, 나아가 그 자리에서 폐기, 삭제를 요구하더라도 이에 동의하지 않겠습니다.
6. 본인은 재직 중 제3자로 하여금 회사의 영업 비밀을 이용, 활용하여 합법 또는 정당한 방법으로 취득한 물론, 회사 모르게 제3자와의 통첩도 하지 않겠습니다.
7. 본인은 퇴직 후 회사 재직시 지목한 영업비밀과 관련하여 경쟁회사에서는 이와 동일한 업무를 담당하지 않겠습니다.

2. 회사 출입시 보안카드 지급 활용



[회사 보안카드 샘플]

- 가. 연구실 자료 열람은 연구원 보안 등급에 따라서 접근 허용 설정
- 나. 외부 인원 연구실 출입 통제(회의나 미팅은 지정된 회의실에서 진행)
- 다. 연구실 정기 안전점검
 - 일상점검(매일 1회), 정기점검(매년 1회이상) 및 필요시 특별안전점검 실시
 - 일상점검은 연구 활동 종사자가 점검 실시
 - 정기 및 특별안전점검은 관련분야 유자격자가 점검 실시
- 라. 연구실 안전 교육
 - 연구 활동 종사자에게 연구실 사용에 따른 안정성 확보 및 사고예방에 필요한 교육 훈련 실시

제9장 연구개발과제의 대표적 연구실적

제 1절 연구개발 실적

1. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	인입/인출형 고체절연 개폐장치	인택전기 전자	출원	한국		2016.04.19		
2	논문	VCB 극간에 발생하는 충전전압 및 충전전류가 인체에 미치는 안전성 검토	인택전기 전자	출원	한국		2016.04.22		

제10장 참고문헌

제 1절 연구개발과제 참고문헌

1. 참고문헌

- 가. IEEE 80-2013 : IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
- 나. IEC std 62271-200(2011) AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52kV
- 다. IEC std 60044-7(1999) Electronic voltage transformers
- 라. Engineering Standard “SAFE LIMITS OF DC VOLTAGES“, Neal Hook, Issued April (2013)
- 마. Comparison of substation safety criteria given by the American (IEEE) and European (IEC) Standards
- 바. 해외 논문 “Distribution of step and touch voltages at the typical HV/MV substation during lighting - Jaroslaw Wiater, Technical University of Biallstock
- 사. 해외논문 “SIGNIFICANCE OF STEP AND TOUCH VOLTAGES” Dwarka Prasad, H.C. Sharma, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-1, Issu e-5, November 2011
- 아. 해외논문 “MAXIMUM PERMISSIBLE TOUCH AND STEP VOLTAGES ASSESSMENT IN HIGH VOLTAGE SYSTEMS“ (> 1 kV), Alexandru DINA 1, Valentin ZAHARESCU2, Basarab GUZUN3, Gheorghe COMĂ.NESCU4, U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 74, Iss. 3, 2012 ISSN 1454-234x
- 자. 해외논문 “Prospective touch voltage“, Flore Chiang, Underwriters Laboratories Taiwan 2012
- 차. 노동부 고시(제2012-88호) : “감전재해예방을 위한 기술상 지침” 전문
- 카. 한국산업안전공단 “감전재해원인 및 예방대책” 발표 자료
- 타. GS-5925-0128 25.8kV 친환경 가스 및 고체절연 개폐장치
(25.8kV Environment-Friendly Gas or Solid Insulated Switchgear)
- 파. KS C IEC 60270 : 고전압 시험 방법 - 부분 방전 측정
- 하. KS C IEC 60068-3-3 : 환경 시험 방법 - 기기의 내진 시험 방법의 지침

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.