

최종보고서(일반과제용)										보안등급	
										일반[✓], 보안[]	
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명		국토교통기술사업화지원사업			
전문기관명	국토교통과학기술진흥원					내역사업명		-			
공고번호	공고-제00호				총괄연구개발 식별번호		-				
					연구개발과제번호		20TBIP-C143968-03				
국가과학기술 표준분류	EA09	60%	EA0902	40%	-			-%			
총괄연구개발명	국문	-									
	영문	-									
연구개발과제명	국문	블랙박스가 내장된 IoT기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기 개발									
	영문	Development of an IoT-based DC 1,500[V] class high speed circuit breaker with embedded blackbox for rolling stocks									
주관연구기관	기관명	(주) 우진기전				사업자등록번호	315-81-04149				
	주소	(우)28047 충북 괴산군 사리면 이곡로 1길 9 (주) 우진기전				법인등록번호	154411-0001440				
주관연구책임자	성명	조 성 훈				직위	수석연구원				
	연락처	직장전화	043-830-5391				휴대전화	010-3303-5767			
		전자우편	shcho@wjis.co.kr				국가연구자번호	1126-5723			
연구개발기간	전체	2018. 04. 01 - 2021. 12. 31(3년 9개월)									
	1년차	2018. 04. 01 - 2018. 12. 31(0년 9개월)									
	2년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 0개월)									
	3년차	2020. 01. 01 - 2021. 12. 31(2년 0개월)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원	기관부담		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
	연구개발비	연구개발비		자 재 차 단 체	기 타 ()						
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	584,000	41,522	354,059	-	-	-	-	625,522	354,059	979,581	-
1년차	147,000	10,522	90,059	-	-	-	-	157,522	90,059	247,581	-
2년차	197,000	14,000	120,000	-	-	-	-	211,000	120,000	331,000	-
3년차	240,000	17,000	144,000	-	-	-	-	257,000	144,000	401,000	-
공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편		비고				
							역할		기관유형		
공동연구기관	-	-	-	-	-		-		-		
	-	-	-	-	-		-		-		
위탁연구기관	-	-	-	-	-		-		-		
	-	-	-	-	-		-		-		
연구기관 외 기관	-	-	-	-	-		-		-		
연구개발담당자 실무담당자	성명	이 은 준				직위	주임연구원				
	연락처	직장전화	043-830-5343				휴대전화	010-6438-8606			
		전자우편	ejlee@wjis.co.kr				국가연구자번호	1181-4340			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 3 월 11 일

주관연구책임자 : 조 성 훈 (직인)

주관연구기관의 장 : (주) 우진기전 김 정 현 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 서식은 「국가연구개발혁신법」 시행('21.01.01) 이전에 최종 협약하여 '21.01.01 이후에 최종평가를 시행하는 일반과제용 입니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성

사업명	국도교통기술사업화지원사업			총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명	-			연구개발과제번호		20TBIP-C143968-03	
국가과학기술 표준분류	EA09	60%	EA0902	40%	-	-%	
총괄연구개발명	-						
연구개발과제명	블랙박스가 내장된 IoT기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기 개발						
전체 연구개발기간	2018. 04. 01 - 2021. 12. 31(3년 9개월)						
총 연구개발비	총 979,581 천원 (정부지원연구개발비 : 584,000 천원, 기관부담연구개발비 : 395,581 천원, 지방자치단체 : - 천원, 그 외 지원금 : - 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[☒] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준() 종료시점 목표(☒)	
연구개발과제 유형	지정공모 [☒] 자유공모 []						
연구개발과제 특성	실용화						
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		스마트 팩토리 구현을 위한 실시간 운영 빅 데이터가 자동 기록되는 블랙박스가 내장된 IoT기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기 개발				
	전체 내용		고속도차단기의 소형경량화를 실현하고 고속도차단기의 통전전류, 가선전압, 투입 및 차단횟수를 기록할 수 있는 블랙박스를 탑재하여 인텔리전트화를 구현				
	1년차	목표	- 소형 경량의 고속도차단기 요소기술 기본설계 - 블랙박스 시스템(H/W, F/W)의 기본 설계 - 비즈니스 모델 수립				
		내용	- 고속도차단기의 주요 요소기술 사양서 및 특성 검토서 작성 - 블랙박스 시스템(H/W, F/W)의 설계 기준서, 제작도면 작성 - 비즈니스모델 계획서 작성				
	2년차	목표	- 소형 경량의 고속도차단기의 주요 부품의 금형제작 - 국내 공인기관 시험용 시제품 제작 - 블랙박스 시스템의 공인기관시험(EMC시험) - 블랙박스 시스템 지적재산권 출원				
		내용	- 주요 부품의 금형 제작 완료 - 국내 공인기관 차단용량시험(KERI) - 블랙박스 시스템의 공인기관시험(EMC시험) 성적서 획득(SGS KOREA) - 블랙박스 시스템의 소프트웨어 저작권등록 및 지적재산권(특허) 출원				
	3년차	목표	- 고속도차단기 해외 공인기관 시험용 시제품 제작 - IEC 규격에 의한 해외 공인기관 성능시험(독일-IPH) - 현차 신뢰성 검증을 통한 제품의 현장 적용성 검증 - 마케팅 전략 수립 및 추진				
		내용	- 해외 공인기관 시험성적서 획득(IPH) (동작성능시험, 투입 및 차단용량시험, 임계전류시험) - 현차 신뢰성 검증(의정부 경전철) - 블랙박스 시스템의 지적재산권(특허) 등록 - GS 1등급 인증 획득 - 제품 소개동영상, 카탈로그 등을 통한 마케팅 활동				
연구개발성과		1. 실시간 운용 빅 데이터가 자동 기록되는 IoT 기반의 신개념 고속도차단기 개발 2. 고속도차단기의 실시간 운용 빅 데이터의 수집, 저장, 분석으로 안전사고 방지를 위한 정량적인 유지보수 기준 제시 및 예지정비 데이터 구축 3. 기존 고속도차단기에 부가적인 인텔리전트 기능 구현으로 게임체인저로서 국내 및 해외 철도시장의 시장 점유율 확대					

연구개발성과 활용방안 및 기대효과	1. 고속도차단기의 운용 빅 데이터의 자동기록 및 상태정보의 가시화로 사용자에게 정량적인 유지보수 기준을 제시하고, 작업자의 인적오류에 의한 안전사고 방지 2. 빅 데이터를 활용한 예지정비로 차량의 안전 및 대국민 서비스 향상 3. 블랙박스가 내장된 IoT기반의 신개념 고속도차단기 개발로 4차 산업혁명의 선두주자로서 스마트 철도시장의 개척 4. 신제품 출시로 시장점유율 확대 및 직류개폐기의 전문기업으로의 이미지 제고											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수 (양식 수정 가능)	논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	신규 고용	공인 인증 (NET, NEP)	매출액	기술 실시 계약	기타
	-	1	-	-	-	3	-	2	-	9천만원	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
국문핵심어 (5개 이내)	고속도차단기		스마트팩토리		블랙박스		빅데이터		정량적 유지보수			
영문핵심어 (5개 이내)	High speed circuit breaker		Smart factory		Black box		Big data		Quantitative maintenance			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	4
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	68
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	95
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	96
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	97

별첨자료(참고문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

- DC 1,500[V] 가선에 사용되는 블랙박스가 내장된 IoT(사물인터넷) 기반의 철도차량용 고속도차단기의 개발
- 정격동작전압 DC 1,800[V], 정격 자유대기 열적전류 1,200[A], 정격차단용량 30[kA]을 가진 소형 경량의 고속도차단기의 개발
- 고속도차단기의 운영시 발생하는 빅 데이터인 연월일(요일), 날짜/요일, 투입/차단시간, 가선전압, 통전 전류(투입/차단전류), 동작 횟수(투입횟수, 차단횟수), 온도[주위온도, 주 접점, 선택사양(편조선, 주단자)], 지리정보(위치, 속도, 주행거리), 제어전원 등의 표시, 저장, 다운로드, 프로그램 처리 및 알람발생, 전류 트립치의 세팅과 트립신호 발생 등의 기능을 가지며, 유무선의 통신기능을 가진 블랙박스개발
- 블랙박스 내장 IoT기반 고속도차단기의 국내외 판로 개척 및 경쟁력 확보를 위해 고속도차단기에 대한 국내외 공인기관성적서 취득과 블랙박스 시스템의 프로그램에 대한 Good Software 1등급 확보
- 실시간 운영 빅 데이터의 표시, 저장, 다운로드, 처리, 환경설정과 유무선 통신 기능을 가진 철도차량 전장품용 블랙박스 기술에 대한 특허출원 및 등록으로 제품 경쟁력 확보

2) 연구개발과제의 년차별 목표

- 1차년도
 - 소형 경량의 고속도차단기
 - 1) 개발 컨셉 정립, 주요 요소기술에 대한 이론적인 기술정립
 - 2) 고속도차단기의 요소기술인 전자코일, 아크슈트, 접촉자, 구동 메커니즘의 기본설계
 - 3) 해외 경쟁사(ABB) 제품 분석으로 관련 특성에 대한 검토(아크슈트 부분)
 - 블랙박스 시스템
 - 1) 블랙박스 H/W, F/W의 개발 컨셉 정립 및 설계기준서 작성
 - 2) 블랙박스 H/W 의 PCB ART WORK, 외부 CASE 기계가공품 제작을 통한 조립검증
 - 3) 블랙박스 본체, 파워모듈 CASE에 대한 금형 제작
 - 4) H/W 제작도면 작성 및 시제품 제작
 - 5) DC-VT/CT 설계기준서 작성 및 시제품 제작
 - 마케팅 활동
 - 향후 사업화를 위한 비즈니스모델 계획서 작성
- 2차년도
 - 소형 경량의 고속도차단기
 - 1) 1차년도에 진행된 개발 컨셉과 각종 설계기준서, 특성검토서 등을 바탕으로 본격적인 시제품 제작
 - 2) 시제품을 이용하여 고속도차단기의 차단용량을 검증(KERI)
 - 3) 일부 주요 부품(BODY 좌,우측 / 아크슈트)에 대한 금형 제작
 - 블랙박스 시스템
 - 1) 시제품 자체성능검증과 공인기관(SGS KOREA) EMC 시험을 통해 Hardware의 안정성을 검증
 - 2) 블랙박스 시스템 소프트웨어의 기능 검사 및 안정성 검증을 위한 GS 1등급 인증시험 추진
 - 3) 개발 소프트웨어(펌웨어, 모바일, PC프로그램)의 권리행사를 위해 소프트웨어 저작권 등록 추진
 - 4) DC-VT/CT 시제품에 대한 자체성능검증
 - 5) 블랙박스 시스템 기술의 특허 출원

- 마케팅 활동

- 1) 1차년도 연구개발 진행 당시 중국 현지 협력사(Welconn)를 통해 저 유지전류형 전자코일이 적용된 당사 고속도차단기 4SET 판매(Nug propulsion system, CHSR 현수 모노레일)
- 2) 저 유지전류형 전자코일이 적용된 당사 고속도차단기 제품의 현차 신뢰성 검증(현차시험)을 통해 차량 적용성 및 안정성의 검증 (의정부 경전철 영업노선 21[km] 1회 왕복, 시험선 250[m] 5회 왕복)

○ 3차년도

- 소형 경량의 고속도차단기

- 1) 고속도차단기 금형 미제작 부품에 대한 금형 제작
- 2) 기본 성능 검증을 위한 공인기관(SGS KOREA) 성능시험 진행
- 3) 고속도차단기 주요 성능인 차단용량에 대한 검증을 위해 해외 공인기관(IPH-CESI) 성능시험 진행

- 블랙박스 시스템

- 1) 2차년도 당시 추진했던 GS 1등급 인증서 획득
- 2) 블랙박스 시스템에 대한 특허 등록

- 마케팅 활동

- 1) 제품의 현차 신뢰성 검증(현차시험)을 통해 차량 적용성 및 안정성의 검증 (의정부 경전철 영업노선 1,000[km])
- 2) 국내 차량운행사(우진메트로_의정부경전철)와의 업무 교류를 통해 저 유지전류형 전자코일 기술이 적용된 고속도차단기 8SET 판매
- 3) 개발 고속도차단기 홍보를 위한 제품 카탈로그 및 소개 동영상 제작
- 4) 소형 경량의 고속도차단기 형식승인(개조승인) 관련 업무협의 진행

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	- 고속도차단기 기본설계	-개발성능지표	-	1부	-	20
		-설계도면 기준서		1부	-	
		-기타부속서		5부	-	
	- 전자코일 기술 개발	-특성검토서	-	1부	-	
		-설계기준서		1부	-	
		-제어전압 별 시제품제작		DC 24V : 6SET	-	
				DC 87V : 8SET	-	
				DC 110V : 2SET	-	
	- 유지전력 최소화	-특성검토서	-	1부	-	
	- 아크슈트 기술 정립	-특성검토서	-	1부	-	
		-설계기준서		1부		
		-기타부속서		3부		
	- 블랙박스 H/W 설계	-설계기준서	-	1부	-	
		-제작도면		1부		
	- 블랙박스 H/W PCB 제작, 조립	-시제품	-	3SET	-	
-기타부속서		3부				

	- 블랙박스 F/W 설계	-설계기준서	-	1부	-	
	- 블랙박스 F/W 블루투스 통신	-설계기준서	-	1부	-	
		-기타부속서		2부		
	- DC-VT/CT개발	-설계기준서	-	각 1부	-	
		-시제품		13SET		
- 비즈니스 모델 수립	-비즈니스모델계획서	-	1부	-		
	-저유지전류형 전자코일 적용 고속도차단기 판매		고속도차단기 4SET			
2년차 (2019)	- 고속도차단기 시제품 제작	-시제품	-	39SET	-	30
	- 고속도차단기 차단용량시험	- 공 인 기 관 성 적 서 (KERI)	-	1부	-	
	- 블랙박스 H/W 시제품 제작	-시제품	-	5SET	-	
	- DC-VT/CT 시제품 제작	-시제품	-	5SET	-	
	- 블랙박스 성능검증	-공인기관성적서(EMC 시험)	-	1부	-	
	- 지적재산권 출원	-출원청구서	-	1부	-	
3년차 (2020 ~ 2021)	- 고속도차단기 시제품 제작	-시제품	-	14SET	-	50
	- 국내 고속도차단기 공인기관 성능검증시험	-공인기관성적서 (SGS KOREA)	-	1부	-	
	- 블랙박스 신기술인증	-공인기관성적서(GS1 등급)	-	1부	-	
	- 해외 고속도차단기 공인기관 차단성능검증시험	-공인기관성적서 (IPH-CESI)	-	1부	-	
	- 마케팅 전략 추진	-소개동영상	-	1개	-	
		-카탈로그제작	-	50부	-	

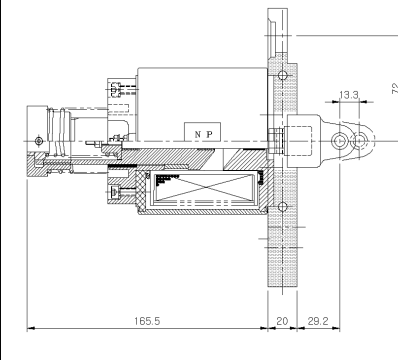
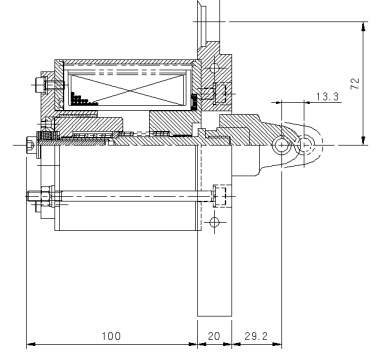
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

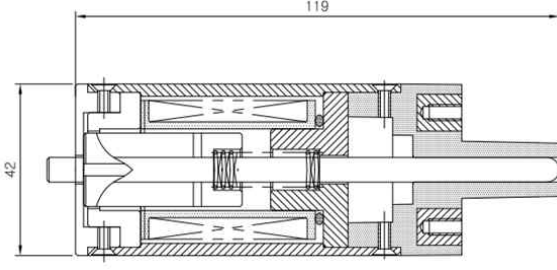
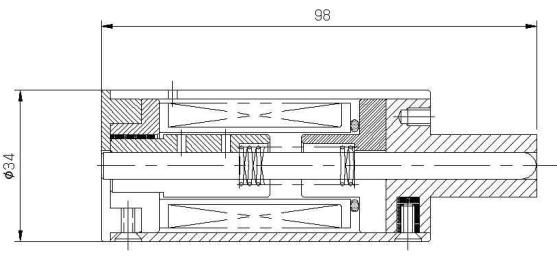
2.1 소형 경량의 고속도차단기 개발

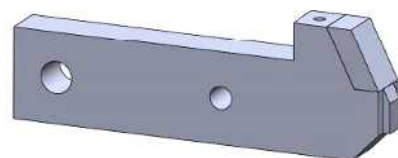
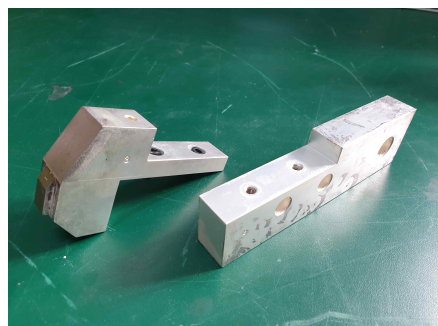
- 1차년도

1) 소형 경량의 고속도차단기 개발 컨셉 정립

- (1) 고속도차단기의 소형 경량화를 위해 하부 컨택터 파트의 주요 치수를 차지하는 전자코일을 소형화 하고 고속도차단기 외부에서 TRIP 신호를 받아 동작하는 U-TRIP장치를 소형화
- (2) 제품 높이의 대부분을 차지하는 아크슈트의 높이를 축소하여 제품 전체 높이의 소형화를 구현
- (3) 고속도차단기 주요 소모품류(접점 등)에 대해 유지보수성을 높여 제품 유지보수에 편의성을 제공

전자코일	
기존품	개발품
	
L 165.5mm	L 100mm

U-TRIP PART	
기존품	개발품
	
DØ42 x L119	DØ34 x L98

접촉자 형상	
기존품	개발품
	
일체형	분리형

(4) 국내외 기 개발 또는 개발중인 고속도차단기 제품에 대한 조사

- 국내 : 현재 국내에서 철도차량용 직류 고속도차단기 제작 업체는 당사가 유일함
- 해외 : 해외의 경우 세실론, ABB, ALSTOM 등 굴지의 철도차량 전장품 생산업체들이 있으며, 이 중 세실론社は 국내는 물론 해외시장의 대부분을 차지하고 있음
- 본 과제를 통하여 개발하려는 고속도차단기 사양 및 컨셉 목표를 세실론社 고속도차단기 사양에 맞춰 개발 컨셉을 선정함 (아래 표 참조)

제품 사양 비교			
구분	세실론 社 고속도차단기(UR-6)	우진 고속도차단기(개발)	
정격 공칭전압	DC 750 / 1,500[V]	DC 750 / 1,500[V]	
정격 자유대기 열적전류	1,000[A]	1,200[A]	
제어전압	DC 24, 48, 72, 100, 110[V]	DC 24, 72, 84, 100, 110[V]	
유지전력	약 2.42[W](DC 110[V] 기준)	약 2.42[W](DC 110[V] 기준)	
차단용량	30[kA] / τ = 15, 40, 100	30[kA] / τ = 15, 40, 100	
외형 치수비교			
구분	세실론 고속도차단기	우진 고속도차단기(양산)	우진 고속도차단기(개발)
가로[mm]	165	170	150
세로[mm]	431	540	420
높이[mm]	485	500	480
중량[kg]	38	38	34.5
모듈화 여부	O	X	O

2) 주요 제품사양(정격절연전압, 상용주파내전압 등) 설정

IEC 60077-1 규격에 기재된 DC 1,500[V] 가선전압의 절연전압 선정 범위에서 중 가장 높은 절연전압을 선정하여 고속도차단기의 사용 안정성과 가혹한 환경 적응성을 향상시켜 다양한 환경에서도 제품 사용의 안정성을 구현

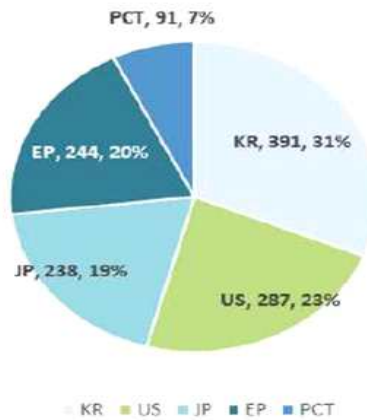
측정 부위	시험전압 기준	기존 상용주파 내전압	IEC 규격의 최대 상용주파 내전압	상향 조정 시험전압 (상용주파 내전압)
		$V_i = 2,000[V]$	$V_i = 2,300[V]$	
주접촉자 극간	$1.6 V_i + 1,500$	4.7[kV]	5.18[kV]	8[kV]
주회로와 접지간 주회로와 제어회로간	$2.0 V_i + 2,000$	6.0[kV]	6.6[kV]	10[kV]
제어회로와 접지간	$2.0 V_i + 1,000$ (최소 : 1,500[V])	1.2[kV] →1.5[kV]적용	1.2[kV] →1.5[kV]적용	2[kV]

3) 개발 관련 선행기술을 조사하여 기술의 권리침해여부 검토

- (1) “블랙박스 내장형 고속도차단기” 기술과 관련된 특허들의 국가, 출원인 등 전반적인 특허 동향을 조사하여 확인하고, 주요 특허들을 선별하여 상세내용을 확인
- (2) 선행기술조사결과 “블랙박스 내장형 고속도차단기”에 관한 직접적인 언급 및 기술에 대한 자료는 없는 것으로 나타남

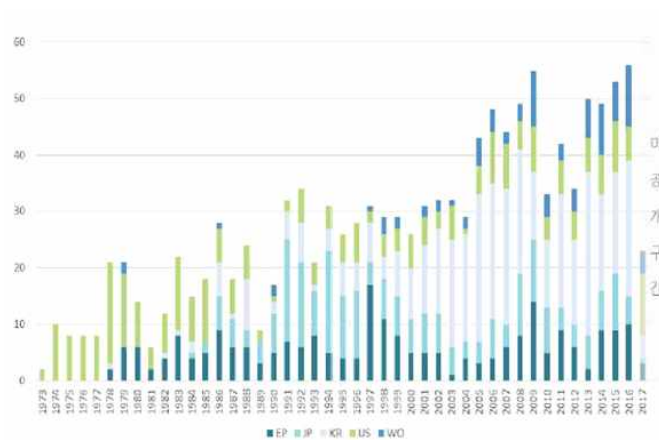
[국내외 관련 기술특허 동향]

- 주요 시장국별 출원 동향을 살펴보면, 한국에서의 출원이 391건으로 31[%]를 차지하고 있어 가장 큰 비율을 점유하고 있는 것으로 나타남



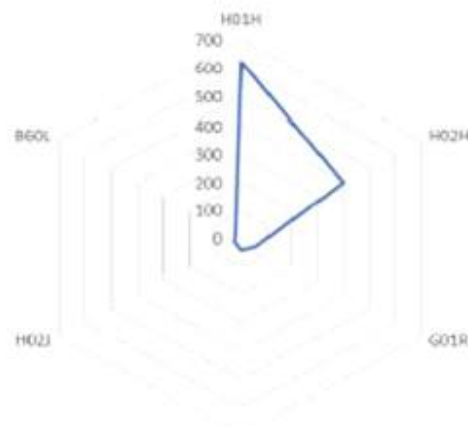
국가별 출원현황

- ‘고속도차단기’분야의 출원 연도별 전체 특허 동향을 살펴보면 출원 건수는 지속적으로 증가 추세임. 특히 한국의 출원 건수의 증가가 높은 것으로 나타남



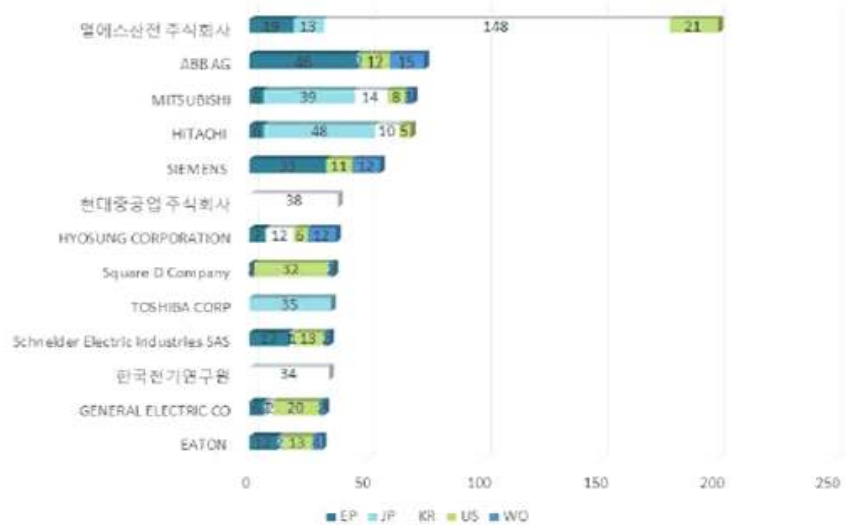
출원연도별 출원 현황

- IPC별 출원 현황



IPC별 출원현황

- 다 출원인



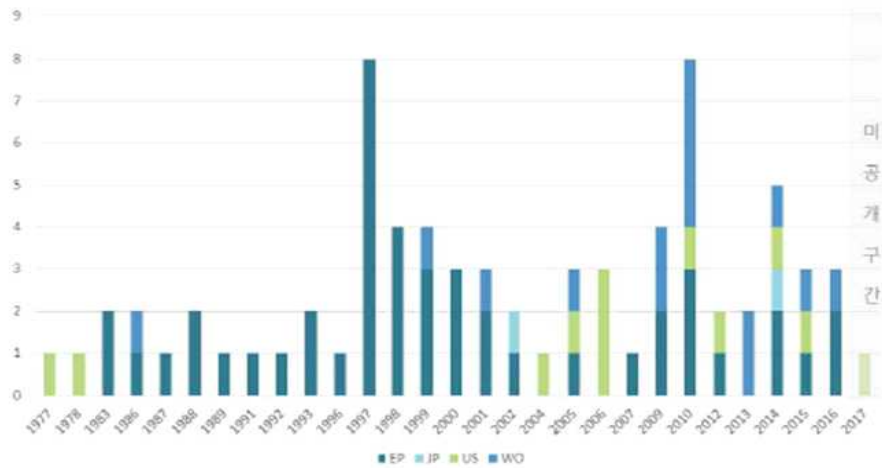
관련 특허의 다 출원인 출원 건수

- i) '고속도차단기' 분야의 주요 다 출원인 국가별 건수를 나타내었음
- ii) 엘에스산전사는 201건으로 가장 많이 검색되었으며, 한국출원이 집중적으로 이루어지고 있음.
미국/유럽/일본 시장에 진출하여 있는 것으로 나타남
- iii) ABB사는 76건이 검색되었으며, 유럽출원이 다수 이루어지고 있음. 특이사항으로는 PCT 국제 출원을 적극 활용하고 있는 것으로 나타남. 해당기업은 철도관련 기술 선진사로 파악되며, PCT 국제 출원을 적극 이용하고 있는바, 연구개발시 해당 기업의 특허 분석 및 대응전략이 필요할 것으로 판단됨
- iv) RAW데이터 1251건의 대표명화 처리작업을 진행하였으며, ABB사의 특허가 총 75건으로 확인됨

표. ABB社 대표명화 처리현황

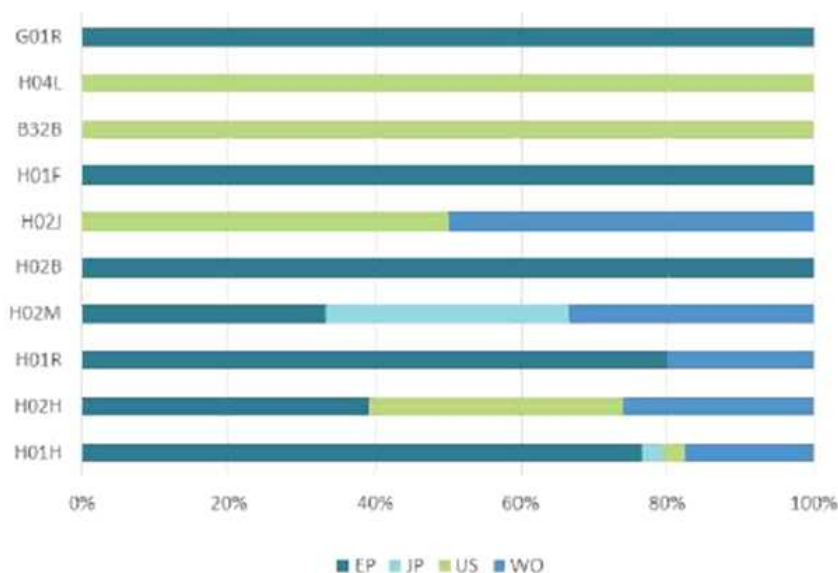
	출원인 대표명화 현황	
ABB社	ABB AB	7
	ABB PATENT GmbH	20
	ABB RESEARCH LTD	10
	ABB SCHWEIZ AG	15
	ABB SERVICE S.R.L.	2
	ABB Technology AG	11
	Asea Brown Boveri Aktiengesellschaft	10
합계		75

v) ABB社の 출원현황을 살펴보면, 2004년 이후 미국출원과 PCT출원을 많이 하고 있는 것으로 나타남



ABB社 년도별 출원현황

vi) ABB社の IPC현황을 살펴보면, IPC H04L/B32B 관련 기술을 미국에만 출원한 것으로 나타남. 구체적으로, 프로토콜(protocol)에 의하여 특정지어지는 전기 스위칭장치 기술[H04L-029/06] 및 적층의 주된 또는 유일한 구성요소가 특수물질로써 이루어지고, 특정 물질의 다른 층에 인접한 것을 포함하여 전기 개폐기의 열트립을 제어하는 기술 [B32B-009/04]로 파악됨



ABB社 국가별 IPC 점유 현황

vii) 또한, ABB社 의 IPC현황을 살펴보면, IPC H02J의 경우, 미국출원과 PCT 국제출원한 것으로 나타남. 구체적으로, 교류회로망과 직류회로망간의 전력전송을 위한 회로장치기술[H02J-005/00] 및 고압 직류 링크(DC-LINK)와 교류 회로 망간의 전력 전송을 위한 장치[H02J-003/36] 기술로 파악됨

4) 경쟁사 고속도차단기 제품 성능 분석

- (1) 본 과제의 개발 설계사양과 유사한 경쟁사(ABB)의 고속도차단기의 다양한 시험을 통해 제품 성능을 분석하여 경쟁사 제품의 특성을 파악
- (2) 기본성능시험 결과 IEC 기준을 만족하였으나 DC 1,500[V] / 250[A] / $\tau=0$ [ms] 조건에서 차단이 실패함
- (3) 소전류 영역에서 차단실패가 일어나 아크슈트에 문제가 있다고 판단, 컨셉 정립 시 소전류 영역 차단에 대한 아크슈트의 차단성능 향상방안을 재정립

[TEST RESULTS OF ABB DC Break 1815]

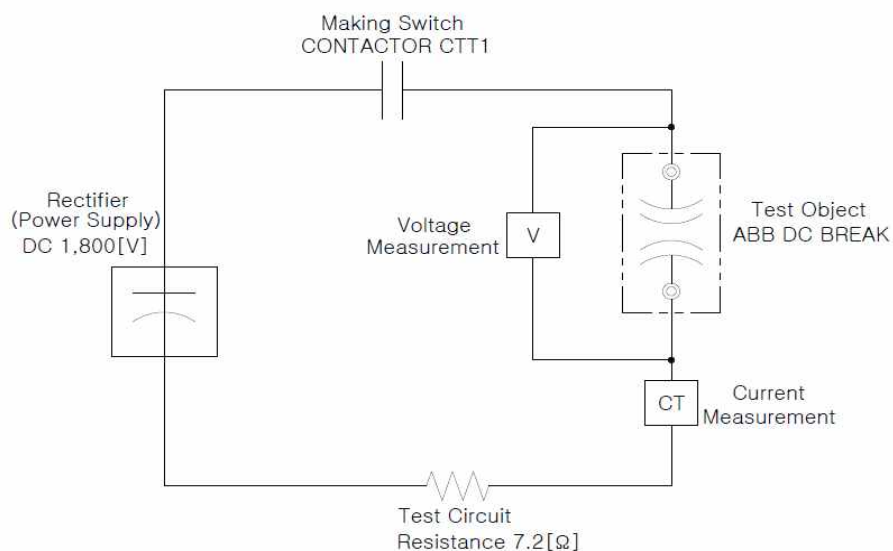
1. Identity of the test objects

- (1) Type : ABB DC Break 1815
- (2) Serial Number
 - 1) 1VC1BL00032882 (Routine test report issued date : 03. 07. 2018)
 - 2) 1VC1BL00032883 (Routine test report issued date : 03. 07. 2018)
- (3) Rating
 - 1) Rated service voltage : DC 1,800[V]
 - 2) Rated service current : 1,500[A]
 - 3) Tripping setting : 1,800[A] $\pm$ 5[%]
 - 4) Rated short-circuit making & breaking Capacity : 30[kA] at T2, T3, T4

2. TEST

- (1) Calibration conditions
 - 1) Test voltage : DC 1,800[V]
 - 2) Breaking current : 250[A]
 - 3) Time constant : Abt 0[ms]
 - 4) Load : Resistor 7.2[Ω]

- (2) Test and measuring circuits



3. TEST RESULTS

TEST OBJECT	ABB 1VC1BL00032882	ABB 1VC1BL00032883	MAKING SWITCH (TELEMA CONTACTOR)
Oscillogram no.	180717 – 01	180717 – 02	180717 – 03
Test voltage	1,830[V]	1,830[V]	1,830[V]
Prospective breaking current	220[A]	208[A]	227[A]
Recovery voltage	–	1,765[V]	1,837[V]
Peak arc voltage	Non-measurable	Non-measurable	1,837[V]
Arcing time	340[ms] ¹⁾	3,070[ms]	18.6[ms]
Notes	–	–	For reference test
Evaluation	Fail	Fail	OK

¹⁾ Forced breaking by making switch.

4. PHOTOS

(1) Photo 1 : Test object after the breaking test of DC 1,800[V], 250[A]
(Serial Number : 1VC1BL00032882)

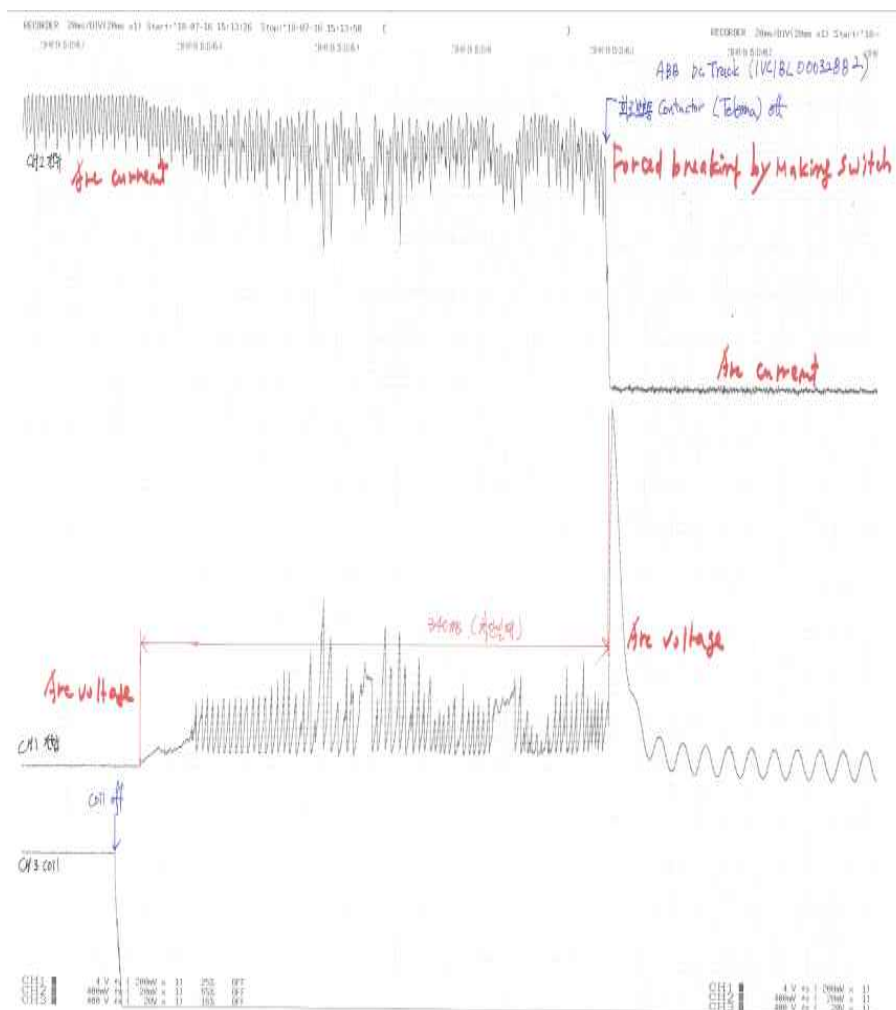


(2) Photo 2 : Test object after the breaking test of DC 1,800[V], 250[A]
(Serial Number : 1VC1BL00032883)

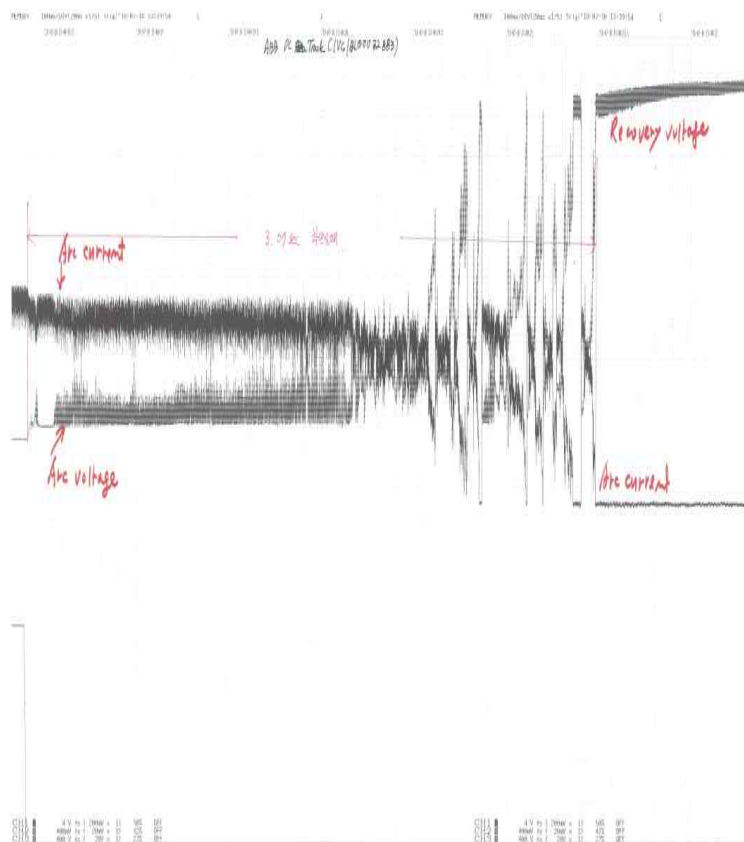


5. OSCILLOGRAMS

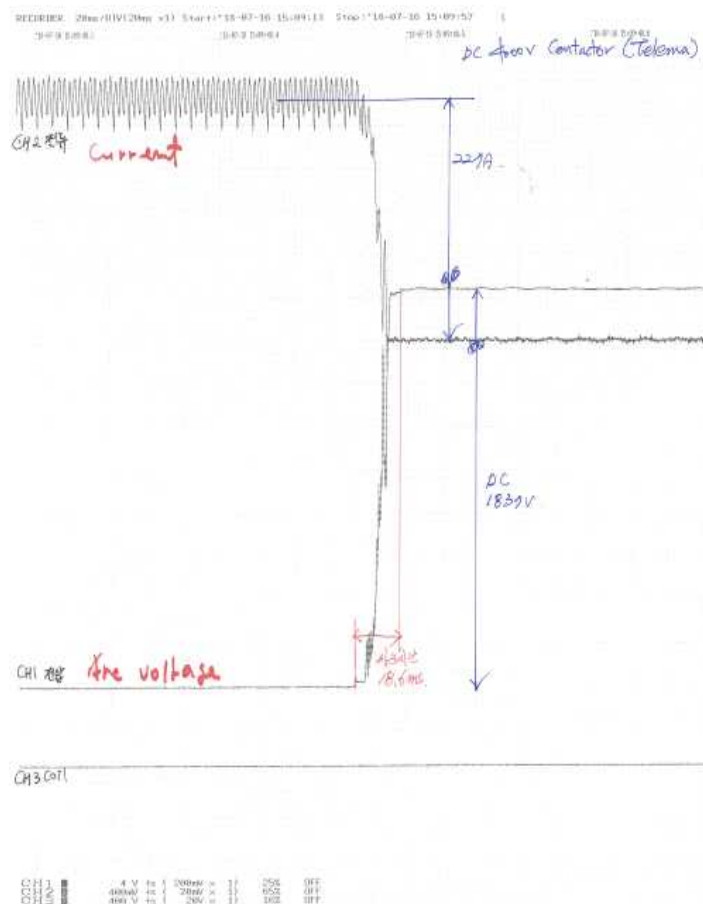
(1) Oscillogram no. : 180717 - 01



(2) Oscillogram no. : 180717 - 02



(3) Oscillogram no. : 180717 - 03



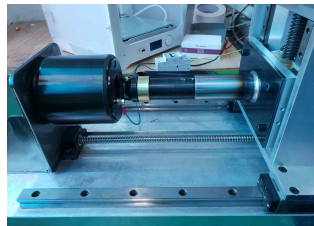
5) 주요 요소기술(저 유지전류형 전자코일, 아크슈트)의 기술검토서 작성

(1) 저 유지전류형 전자코일 기술검토서 작성

- i) 인가전압과 스트로크에 따라서 자기장의 변화를 측정하여 그 상관관계를 도출함
- ii) 도출된 자기장의 특성을 분석하여 고속도차단기 동작에 필요한 최적의 가동 코어 위치와 최소한의 전류로 고속도차단기를 유지할 수 있도록 설계 적용

[전자코일 자기장 측정 방법]

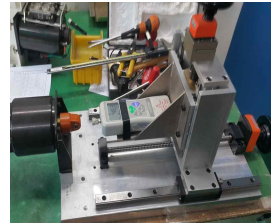
- 전자코일을 선형이송장치에 고정을 시킨다.
- TESLA METER를 MOVING CORE의 끝부분에 위치시키도록 삽입한 후 선형이송장치에 고정시킨다.
- 선형이송장치를 이동시켜 MOVING CORE를 측정 위치에 놓은 후 전자코일에 전원을 인가하여 TESLA METER에 출력되는 자기장 값을 측정한다.



고속도차단기 전자코일 자기장 측정 사진

[전자코일 기계력 측정 방법]

- 전자코일 SUB ASS'Y에서 MAIN SPRING 및 WIPE SPRING만 제거하고 나머지 ASS'Y를 선형이송장치에 고정을 시킨다.
- PUSH-PULL 게이지를 선형이송장치에 고정시킨 후 전자코일 OPERATOR 끝부분에 측정 포인트를 위치시킨다.
- 전자코일에 전원을 인가하여 Stroke에 따라서 변화하는 전자기력을 측정한다.

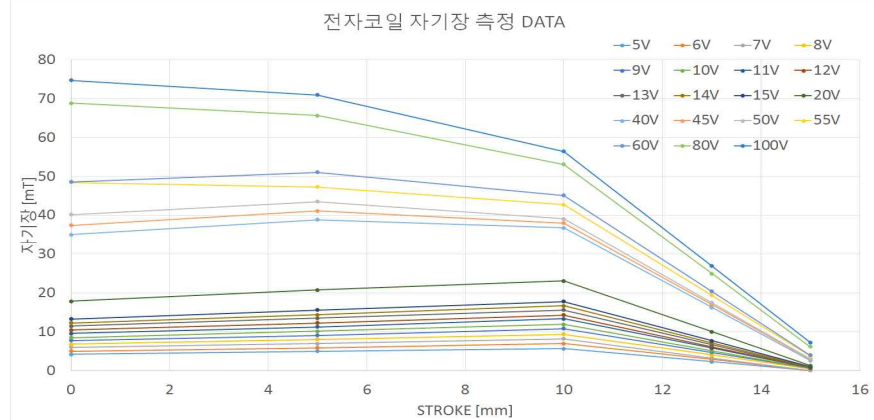


전자기력 측정사진

[인가전압별 주요 위치에 따른 측정 결과]

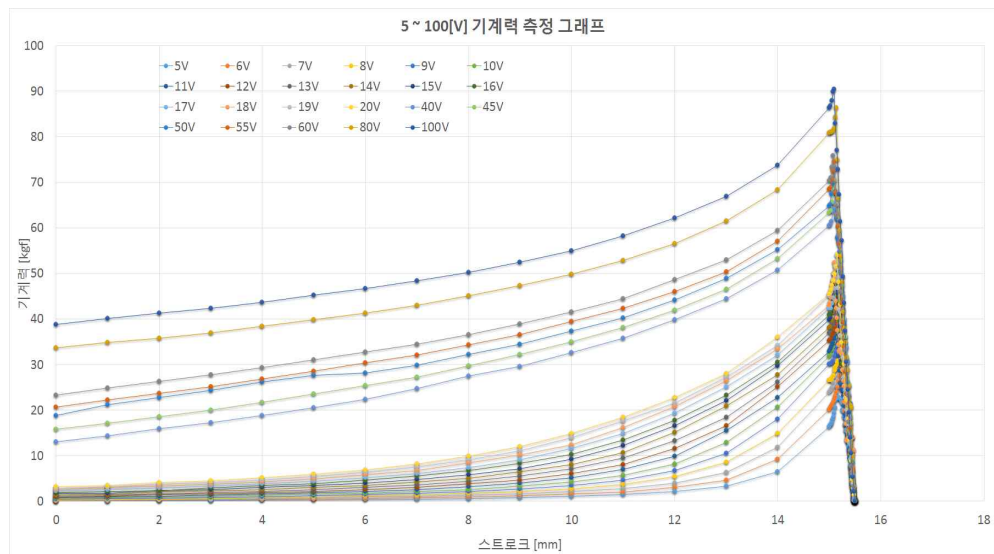
전압 \ 스트로크	0[mm]	5[mm]	10[mm]	13[mm]	15[mm]
5[V]	4.2	5	5.7	2.3	0.1
6[V]	5	5.9	7	2.9	0.1
7[V]	6	7	8.2	3.3	0.1
8[V]	6.8	8.1	9.4	4.1	0.5
9[V]	7.6	9.1	10.8	4.7	0.6
10[V]	8.5	10.2	11.9	5.1	0.6
11[V]	9.6	11.3	13.4	5.8	0.7
12[V]	10.5	12.3	14.3	6.2	0.8
13[V]	11.5	13.5	15.6	6.7	0.8
14[V]	12.3	14.4	16.7	7.2	0.9
15[V]	13.3	15.6	17.8	7.7	1
20[V]	17.9	20.8	23.1	10.0	1.3
40[V]	35	38.9	36.8	16.3	2.6
45[V]	37.4	41.1	38.0	17.0	3.0

50[V]	40.2	43.5	39.1	17.5	3.1
55[V]	46.5	47.3	42.7	19.4	3.8
60[V]	48.6	51.1	45.1	20.4	4.0
80[V]	66.9	65.7	53.1	25.0	6.2
100[V]	74.8	71	56.5	27.0	7.3



[인가전압별 주요 위치에 따른 측정 결과]

전압 \ 스트로크	0[mm]	5[mm]	10[mm]	13[mm]	15.5[mm]
5[V]	0.1	0.4	1.1	3.3	1.0
6[V]	0.1	0.5	1.6	4.7	0.9
7[V]	0.2	0.7	2.1	6.4	2.6
8[V]	0.3	1.0	2.7	8.6	0.6
9[V]	0.5	1.2	3.4	10.6	1.5
10[V]	0.7	1.6	4.3	12.9	0.6
11[V]	0.8	1.9	5.2	15.6	0.3
12[V]	1.0	2.2	6.1	16.6	1.0
13[V]	1.3	2.6	7.1	18.5	2.4
14[V]	1.4	3.0	8.1	20.9	0.7
15[V]	1.7	3.5	9.2	22.1	0.5
20[V]	3.2	5.9	14.9	28	1.4
40[V]	13.0	20.6	32.6	44.5	0.6
45[V]	15.8	23.5	35.0	46.6	2.1
50[V]	18.8	27.6	37.3	48.9	3.2
55[V]	20.7	28.6	39.4	50.4	2.3
60[V]	23.3	31.0	41.5	53	3.3
80[V]	33.7	39.9	49.9	61.5	2.2
100[V]	38.8	45.2	55.0	66.9	2.1

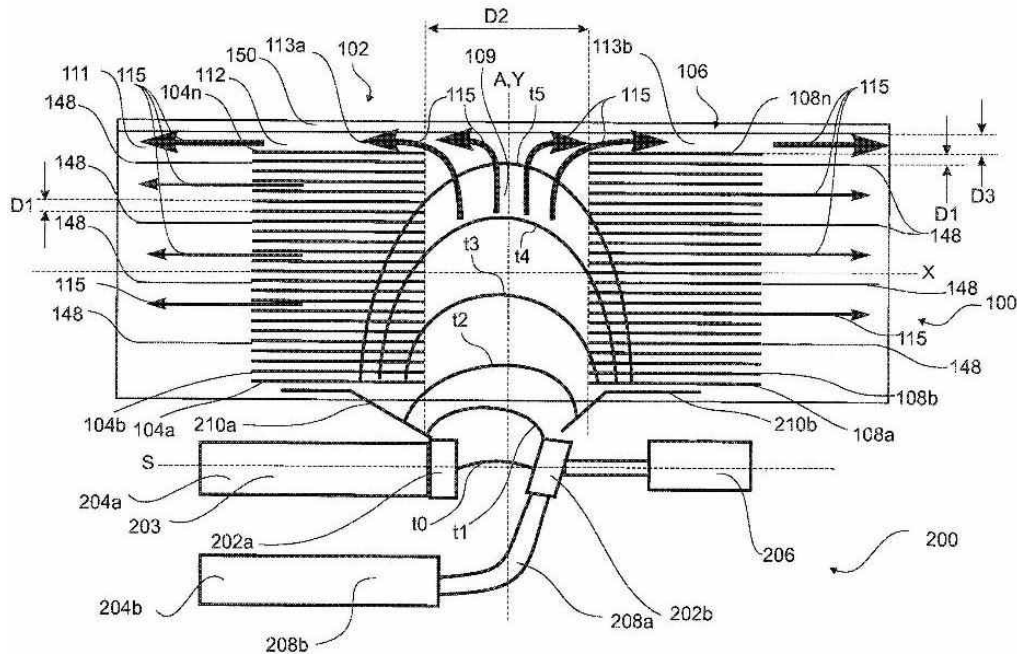


- iii) 전자코일 설계기준을 정립하여 다양한 제어전압에도 동일한 성능이 구현되도록 제품 표준화를 실현
(2) 아크슈트 기술검토서 작성

i) 고속도차단기의 접점이 개방될 때 발생하는 아크에 대한 이론적인 내용을 정리

ii) 발생한 아크가 아크슈트 안에서 어떻게 이동하고 소호과정이 이루어지는지 시뮬레이션을 통하여 분석하고 개발 고속도차단기 아크슈트 개발에 적용

[차단기의 시간에 따른 아크의 이행과정]



* 부호의 설명(출전 : 회로차단기용 아크 슈트 - ABB특허 EP 2 609 609 B1)

- 202a : 스위치접점(고정접점 팁) 202b : 스위치접점(이동접점 팁)
210a : 고정접점 측 아크 혼 210b : 이동접점 측 아크 혼
104a : 고정접점 측 첫 번째 스택의 가장 낮은 금속플레이트
108a : 이동접점 측 첫 번째 스택의 가장 낮은 금속플레이트
102 : 고정접점 측 두 번째 스택 106 : 이동접점 측 두 번째 스택
109 : 아크 스페이스

- t0시점

고정접점 팁(202a)과 이동접점 팁(202b)의 분리에 따른 아크발생

- t1시점

○ 아크 또는 고정접점 팁, 이동접점 팁에서 발생한 아크의 하나(one foot of arc)가 아크 혼(210a, 210b)으로 점프

○ 위 그림의 경우 고정접점 팁에서 고정접점측 아크 혼(210a)으로 점프

- t2시점

아크가 이동접점 팁(202b)을 떠나 이동접점 측 아크 혼(210b)으로 이동하여 고정접점측 아크혼과 이동접점측 아크혼 사이에 아크 피트(arc feet) 형성

- t3시점

아크 피트가 가장 낮은 레벨의 금속플레이트(104a, 108a)로 점프 및 몇 개의 작은 아크를 형성

- t4시점

아크가 첫 번째 스택의 가장 낮은 금속플레이트(104a, 108a)와 두 번째 스택(102, 106)에 각각 잘 형성되고, 특히 아크 슈트 내의 아크 스페이스(109)까지 계속 상승

- t5시점

○ 아크가 완전히 늘어서 아크 슈트의 최상위까지 도달하여 최대(아크)전압이 형성되고 축적

○ 아크 전압은 아크가 발생하기 시작하는 t_0 시점에 형성 및 축적되며, t_1 에서 t_4 시점 사이에 증가하고 거의 t_5 시점에 최대값에 이릅니다

iii) 경쟁사 고속도차단기의 소전류 영역에서 차단이 이루어지지 않은 원인 분석결과 메탈 그리드의 간격을 조정하고 아크소호에 유리하도록 형상을 변경하여 설계 적용

기중 차단기 아크 이동 특성의 시뮬레이션 및 실험적 분석

초록(Abstract)

이 논문에서는 기중 차단기(ACB)의 아크 이동을 모의하기 위해 열 방사, 아크 플라즈마의 물리적 파라미터의 변화 및 강자성(ferromagnetic) 물질의 비선형 특성을 고려하여 3차원 전자 유체역학(MHD : magneto-hydrodynamic) 모델이 적용되었다. 아크 영역에서의 압력의 분포, 온도, 가스 흐름, 전류 밀도가 계산되었다. 시뮬레이션 결과는 아크 차단을 방해하는 역전이(back commutation)와 분리 판(splitter plate) 후방에서의 아크 연소와 같은 일부 현상을 보인다. 시뮬레이션 모델을 검증하기 위해 아크 이동은 실험적으로 연구되었다. 가장 안쪽에 있는 배리어 판의 재질과 위치의 영향이 주로 분석되었다. 이 논문에서 적용된 모델은 아크 이동을 유효하게 모의할 수 있음이 입증되었다. 연구 결과는 분리 판의 상부에 접한 절연 배리어 판은 아크 분리(arc splitting)를 만들어 주고, 아크 전압의 현저한 증가를 초래하여 아크 차단을 더 잘 되게 하는 것을 나타낸다. 이 연구는 기중 차단기의 최적 설계를 위한 방법과 기준(references)을 제공할 수 있다.

키 워드(Key words)

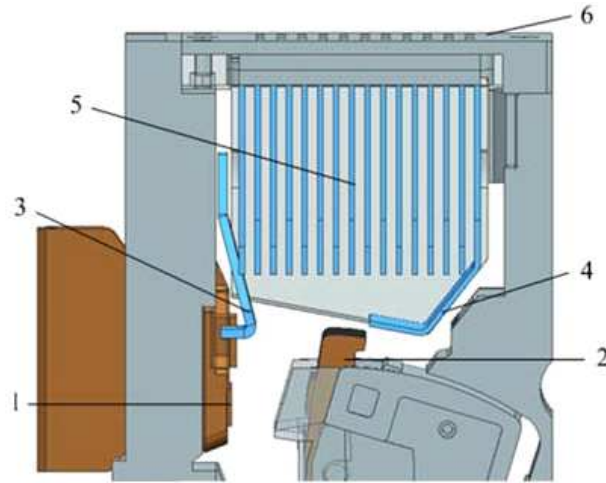
기중 차단기, 아크 시뮬레이션, 차단시험

1. 개론(Introduction)

기중 차단기(ACB)는 저압 전력 배전계통(low-voltage power distribution system)에서 중요한 전기기기이다. 일반적으로 이것은 전력 배전계통의 상위 위치에 설치된다. 기중 차단기의 성능은 계통의 안정도와 안전에 크게 영향을 미친다. 전력 배전계통의 증가된 용량과 선택도(selectivity)의 필요성에 있어, 기중 차단기의 단락회로 차단용량을 향상시키는 것이 요구된다. 회로에 사고전류가 발생하면, 차단기의 접점은 접점 사이에 아크를 발생하면서 분리된다. 다음에 전자기력과 가스 흐름은 아크가 분리, 냉각, 소호되기 위해 분리 판으로 유도된다. 아크 소호는 차단기의 차단용량에 결정적임이 명백하다. 따라서 아크 이동의 연구는 차단기의 차단성능을 향상하기 위해 필수적이다.

일반적으로 실험은 비용이 많이 들고 시간이 걸리는 아크 이동 특성에 해당된다. 게다가 실험으로부터 일부 거시적인 파라미터(macroscopic parameter)만 얻을 수 있었다. 공기 속도 및 전류 밀도와 같은 아크 플라즈마의 내부 파라미터는 조사하기가 어렵기 때문에 밝혀지지 않았다. 수치 유체역학과 아크 모델링의 개발에 따라 수치해석에 의한 시뮬레이션은 아크 이동을 해석하기 위한 유효한 방법이 되었다. C. Fievet는 역 전이(back commutation)를 연구하기 위해 실험과 2차원 전자 유체역학(MHD)을 결합했다. M. Lindmayer는 온도와 압력의 과정을 얻기 위해 병렬 전극 아크 소호 챔버(parallel electrode arc quenching chamber)에 대한 3차원 MHD 저압 아크 모델을 확립하였다. Xi'an Jiaotong 대학의 연구자들은 MHD를 기본으로 하고 접점 개방과 분리 판 분리(splitter plate splitting)를 고려하여 3차원 기중 아크(3D Air-Arc) 모델을 확립하였다. 오늘날 아크 이동에 대한 수치 해석은 실험에 대한 필수 보완사항(complement)이다.

이 논문에서는 3D MHD 모델이 기중 차단기 한 타입의 아크 이동을 시뮬레이션하기 위해 확립되었다. 시뮬레이션을 검증하기 위해 단일 주파수 발진기(a single -frequency oscillator)의 전력회로가 차단하는 동안 아크 전압과 전류를 측정하였다. 이 연구는 기중 차단기의 최적 설계를 위한 방법과 기준을 제공할 수 있다.



1. 고정 접점, 2. 가동 접점, 3. 왼쪽 아크 런너, 4. 오른쪽 아크 런너, 5. 분리 판, 6. 벤트

그림 1 기중 차단기(ACB)의 구조

기중 차단기의 구조를 그림1에 나타내었다. 접점, 아크 런너, 분리 판, 벤트(vent)가 아크 이동에 주요한 영향을 미친다. 그림1에서 가동 접점이 개방되면 고정 접점과 왼쪽 아크 런너는 도전되는 반면, 오른쪽 아크 런너와는 직접적인 전기적 접촉을 갖지 않는다. 아크 런너는 아크가 이동하는 동안 아크 경로(arc path)를 제공한다. 접점으로부터 아크 런너로의 아크 전이(arc commutation)는 분리 판으로의 아크 이동에 중요한 역할을 한다. 아크가 분리 판으로 이동된 이후 아크는 몇 개의 짧은 아크로 분리, 냉각, 소호된다. 그러면 차단기는 차단된다. 교차된 벤트 구멍을 가진 3개의 배리어 판으로 구성된 벤트는 차단기의 공기흐름 통로(airflow passage)를 형성한다.

2. 수치 모델(Numerical model)

2.1 가정(Assumptions)

시뮬레이션의 복잡성을 줄이기 위해, 다음과 같은 가정이 채택되었다.

- 아크 플라즈마는 국부적인 열역학 평형상태(LTE : local thermodynamic equilibrium state)에 있다.
- 계산은 두 접점 사이의 정지상태 온도 분포(stationary temperature distribution)로부터 시작한다. 접점 개방과 아크 소호는 이 계산에 포함되지 않았다.
- 접점, 분리 판, 벽에 대한 아크 부식(arc erosion)은 고려되지 않았다.
- 아크 칼럼에 대한 맴돌이 전류(eddy current)는 고려되지 않았다.
- 아크 플라즈마는 도전성 흐름(conducting flow)으로 고려되었다. 밀도(density), 전기 도전성(electrical conductivity), 열 도전성(thermal conductivity), 비열 용량(specific heat capacity), 점성(viscosity)을 포함하는 물리적 파라미터는 참조문헌 [8](Murphy A B. 1995, Plasma Chemistry and Plasma Processing, 15: 279)에서 얻은 것이다.

2.2 지배 방정식(Government equations)

수치 모델은 MHD 이론을 바탕으로 확립되었고, 차단기의 아크 특성을 조사하는데 유효한 것으로 입증되었다. 챔버에서의 아크 플라즈마 거동(behavior)은 결합된 가스의 역학 및 전자기의 상호작용에 의해 결정된다. 가스의 역학(gas dynamics)은 Navier-Stokes식과 에너지 보존 방정식으로 설명된다. 전자기 자계는 Maxwell 방정식으로 설명된다. 아크 모델의 기본 방정식은 질량 보존 방정식, 운동량 보존 방정식, 에너지 보존 방정식을 포함한다.

질량 보존 방정식

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0, \quad (1)$$

여기서, $\rho (kg \cdot m^{-3})$ 는 유체 밀도, $t(s)$ 는 시간, $V(m \cdot s^{-1})$ 는 유체 속도 벡터이다.

운동량 보존 방정식

$$\frac{\partial (\rho v_i)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v_i V) = \nabla \cdot (\eta \nabla v_i) - \frac{\partial p}{\partial x_i} + (J \times B)_i \quad (2)$$

여기서, $v_i (m \cdot s^{-1})$ 는 직각 좌표계(rectangular coordinate system)의 x, y, z 방향의 V 의 성분, $\eta (kg \cdot (m \cdot s)^{-1})$ 는 점성 계수, $p (Pa)$ 는 마이크로 유체 유니트에 있어 압력, x_i 는 직각 좌표계의 x, y, z 방향, $J (A \cdot m^{-2})$ 는 전류밀도, $B(T)$ 는 자기 유도 강도(magnetic induction density)이다.

에너지 보존 방정식

$$\frac{\partial (\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho h U) = \nabla \cdot \left(\frac{\lambda}{c_p} \nabla h \right) + S_h \quad (3)$$

여기서, $h (kJ \cdot kg^{-1})$ 는 엔탈피, $\lambda (W \cdot (m \cdot K)^{-1})$ 는 열 전도성, $c_p (J \cdot (kg \cdot K)^{-1})$ 는 일정 압력에서의 비열, S_h 는 에너지원(energy resource)

$$S_h = S_{\Phi} + \sigma E^2 - q_{rad}, \quad (4)$$

여기서, S_{Φ} 는 유체의 방사 열(dissipation heat), $\sigma (S \cdot m^{-1})$ 는 아크 플라즈마의 전기적 도전성, $E (V \cdot m^{-1})$ 는 전기 강도, q_{rad} 는 아크 플라즈마의 방사 에너지이다. 전자기의 전계는 다음의 Maxwell 방정식으로 설명된다.

$$\begin{aligned} \nabla \cdot (\sigma \nabla \Phi) &= 0 \\ E &= -\nabla \Phi \\ J &= \sigma E \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, $\Phi(V)$ 는 전위, $E (V \cdot m^{-1})$ 는 전기장도 벡터이다.

3차원 자계 계산의 복잡성과 차단기의 분리 판과 같은 강자성 성분을 고려하여, 자계 벡터 전위 방법(magnetic vector potential method)이 전기 계산을 위해 채택되었다. 그 방정식을 다음에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \nabla \cdot (\nabla A_i) &= S_{Ai} \\ S_{Ai} &= -\mu j_i \\ B &= \nabla \times A \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, $A (Wb \cdot m^{-1})$ 는 자기 벡터 전위, $\mu (H \cdot m^{-1})$ 는 자기 투자율(magnetic permeability)이다.

기중 차단기의 강자성체 물질의 영구자석 비선형 특성을 고려하지 않으면, 비선형(nonlinear) BH곡선으로 설명된다.

$$B = \mu H \quad (7)$$

여기서, $H (A \cdot m^{-1})$ 는 자기 강도 벡터(magnetic intensity vector)이다.

2.3 경계 조건(Boundary conditions)

경계 조건은 유체역학, 전자계 및 열전도의 이론으로부터 설정되었다. 흐름 장(flow field), 논 슬립(non-slip) 경계 조건은 벽-아크 인터페이스에 부과하였다. 온도 경계 조건은 측벽과 금속 부품간의 전도와 관계가 있는 열 속(heat flux)으로 설명된다. 벤트는 챔버 내부의 공기량(air volume)과 밖의 대기를 연결하기 위해 사용되었고, 정적 계기 압력(static gauge pressure)은 영으로 셋팅 되었다. 영 전위의 Dirichlet 조건은 전계 경계 조건으로서 가동 접점에 부과되었다. 시뮬레이션 동안 일정한 전류밀도 분포가 전류 입력으로부터 플라즈마에 공급되었다.

3. 시뮬레이션 및 분석(Simulation and analysis)

위에서 언급한 방정식은 유한 체적법(finite volume method)을 기본으로 한 상업용 코드(commercial code) FLUENT를 채택하여 풀었다. 아크의 해석을 간단히 하기 위해, 1/2 대칭 모델이 계산을 위해 채택되었다.

3.1 아크 이동(Arc motion)

챔버의 대칭 평면에 시간에 따른 온도 분포 순서(temperature distribution sequences)를 그림 2에 나타내었다. 아크 이동은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- 접점에서 아크 런너로의 아크 전이(arc commutation)
- 아크 런너를 따라 분리 판으로의 아크 전이
- 분리 판에 의한 아크의 분리(arc splitting)
- 역 전이(back commutation)
- 분리 판 뒤에서의 아크 연소(arc burning)

접점($t = 0[ms]$) 사이에 생성된 아크는 $t = 0.065[ms]$ 까지이기 때문에, 아크는 확장되고 접점 표면을 따라 앞으로 이동한다. 아크 루트(arc root)는 왼쪽 아크 런너에 접근하고, $t = 0.175[ms]$ 에서 왼쪽 아크 런너로 전이를 시작하지만 가동 접점에 아크는 남아있다. 그 후에 공기 분사(air blast)와 자기력은 아크를 연속적으로 늘어뜨린다. $t = 0.390[ms]$ 에서 아크는 오른쪽 아크 런너로 움직이기 시작한다.(그 순간 왼쪽 아크 런너의 아크는 벌써 분리 판으로 이동되어 있다.)

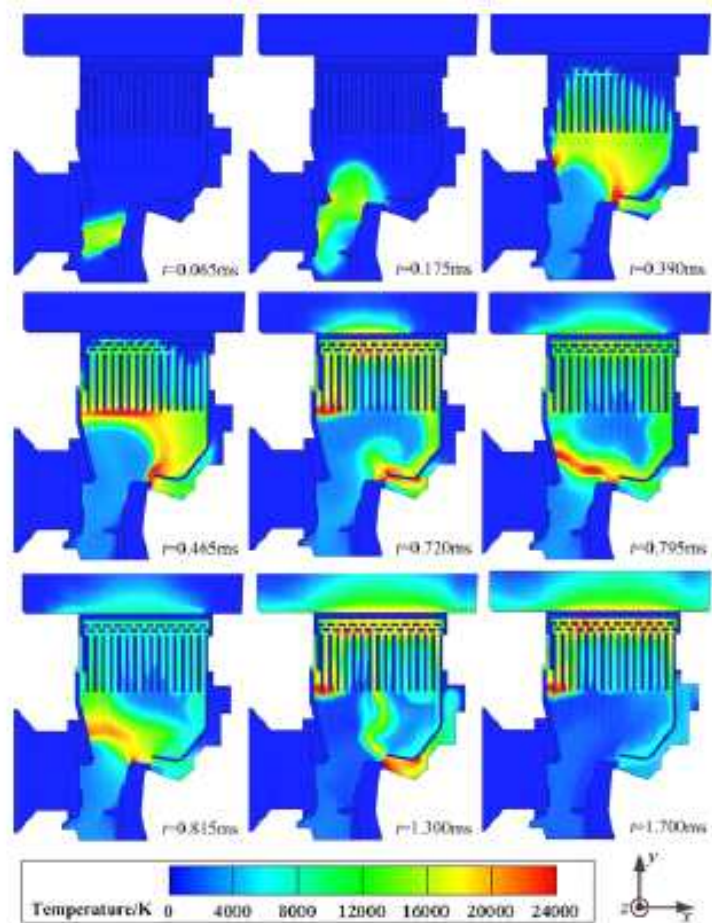


그림 2 아크 챔버의 대칭 평면에 시간에 따른 온도 분포 순서

그림 2에 나타난 것처럼, 아크 런너 근처의 가스는 아크 전이를 하기 전에 연속적으로 가열되어 있고, 온도에 따라 증가된 도전성은 가동 접점으로부터 오른쪽 아크 런너로의 아크 전이를 초래한다. 아크 루트는 고정 접점에서 왼쪽 아크 런너로 쉽게 전이될 수 있는데, 동일 전위를 가지고 있기 때문이다. 그러나 가동 접점 측의 아크 전이는 느린데, 가동 접점과 오른쪽 아크 런너는 직접적인 전기적 접촉이 없기 때문이다.

가동 접점과 오른쪽 아크 런너 사이의 아크 고온부는 $t = 0.465[\text{ms}]$ 까지 압축되고, $t = 0.720[\text{ms}]$ 에서 꼬리와 같은 아크(tail-like arc)가 나타난다. $t = 0.795[\text{ms}]$ 에서 역 전이(back commutation)는 가동 접점과 왼쪽 아크 런너 사이에 나타나고, 분리 판의 아크는 점점 역 아크(back arc)에 의해 대체된다. 그리고 나서 $t = 0.815[\text{ms}]$ 에서 아크는 다시 분리 판으로 움직이기 시작한다. 이 현상은 $t = 1.300[\text{ms}]$ 일 때 즉 다른 역 전이가 일어날 때까지 계속 반복한다. 아크 에너지가 증가함에 따라 전자계 및 가스 흐름 장의 효과가 더 강해진다. 그 결과 아크는 분리 판 속으로 이동하고 벤트에 이른다. 그 다음 아크는 가장 안쪽의 배리어 판과 전류 채널(current channel)이 나타나는 분리 판의 최상부 사이의 갭에서 연소된다. $t = 1.700[\text{ms}]$ 에서 소량의 아크만이 분리 판에 남는다.

3.2 분리 판 뒤쪽에서의 아크 연소(Arc burning at the back of splitter plate)

$t = 1.700[\text{ms}]$ 에서의 아크 챔버의 온도와 해당하는 전류 밀도 분포를 그림 3(a)와 3(b)에 각각 나타낸다. 그림 3(a)에서 아크는 계속해서 분리 판 뒤쪽에서 연소하고 분리 판의 역할을 약하게 하는 것을 보인다.

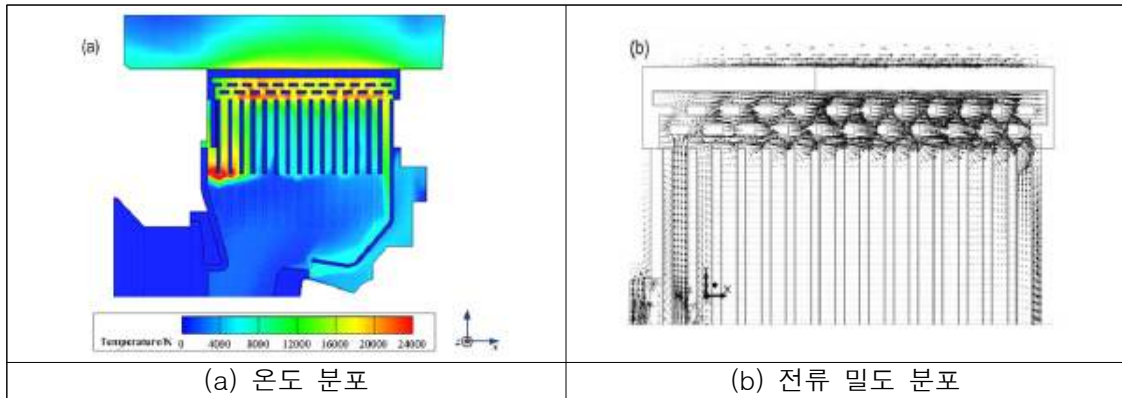


그림 3 $t = 1.700[\text{ms}]$ 에서 아크 챔버의 온도와 전류 밀도 분포

그림 3(b)는 전류가 가장 안쪽의 배리어 판과 분리 판의 최상부(top) 사이의 갭을 통해 흐른 것을 나타낸다. 이 시뮬레이션은 아크가 분리 판을 통해 꺼진 후에 분리 판의 뒤쪽 갭에서 연소될 수 있음을 나타낸다. 이것은 더 이상 아크가 분리 판에 의해 나누어지지 않고 아크 전압의 상승이 어렵게 되고 차단을 약하게 한다.

4. 실험 및 분석(Experiment and analysis)

이 시뮬레이션은 배리어 판의 위치가 아크 이동에 아주 큰 영향을 미침을 나타낸다. 결과를 검증하기 위해 실험에 단일 주파수 LC발진기 전원회로(a single - frequency LC oscillator power circuit)가 채택되었다. 차단과정 중의 아크 전압과 아크 전류 파형이 측정되었다. 측정된 결과와 분리 판 부식(splitter plate erosion)에 의해, 차단능력(breaking capacity)에 대한 배리어 판의 재질과 위치의 영향이 분석되었다.

4.1 실험 회로(The test circuit)

실험을 위해 단일 주파수 LC발진기 전원회로가 채택되었다. 그림4는 작동원리 다이어그램을 나타낸다.

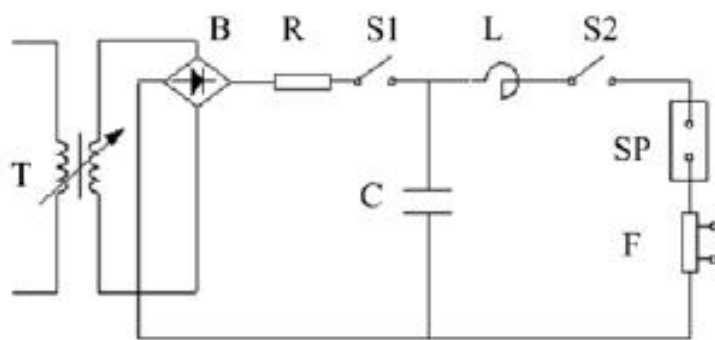


그림4 작동 다이어그램

충전되는 동안 스위치 S1은 ON되어 있고, 주 투입 스위치 S2는 OFF 되어 있다. 콘덴서에는 AC전원이 브리지 정류기(bridge rectifier) B와 한류 저항(current-limiting resistance) R을 통해 변성된 전압이 충전된다. 차단 실험에서 S1은 OFF, S2는 ON이다. 콘덴서는 인덕턴스 L과 시료 SP를 포함하는 회로에서 방전되고, 단락회로 전류를 발생한다. 아크가 발생하는 동안의 아크 전압은 고압 프로브 Tektronix P6015에 의해 측정되었고, 전류는 Rogowski 코일로 측정되었다. 파형은 오실로스코프 Tektronix TDS460A로 기록하였다.

4.2 차단능력에 대한 배리어 판의 재질과 위치의 영향

(Influence of barrier plate material and position on breaking capacity)

다층 배리어 판(multilayer barrier plates)이 기중 차단기의 벤트를 위해 설계되었다. 각 판에 있는 홀은 서로 엇갈리게 되어 있다. 이 구조는 아크 플라즈마를 여과(filter)하고 냉각하며, 금속 입자 및 가스의 분출을 감소하기 위해 사용된다. 아크 이동에 대한 배리어 판 재질과 위치의 영향을 분석하기 위해, 추정 단락회로 피크치가 10[KA]인 상태에서 조건 A 및 조건 B의 아크 전압 및 전류를 측정하고 서로 비교하였다. 조건 A의 경우 가장 안쪽의 배리어 판은 스테인리스 스틸이고, 분리 판 금속 최상부와 5[mm]의 갭이 있다. 조건 B의 경우 가장 안쪽의 배리어 판은 절연 재질이고, 분리 판 최상부에 접하여 있다.

그림 5는 조건 A 및 B의 아크 전압과 전류의 파형을 나타낸다. $t = 0$ 에서 아크 전압의 피크치는 아크 발화(arc ignition)에 해당한다. 잠시 주춤한 후에 아크는 전자기력과 가스 흐름의 효과로 분리 판을 향해 늘어지고 쭉 펴진다(elongated and stretched). 아크 전압이 증가하는 것은 $t > 0$ 구간이다. 아크가 분리 판 속으로 이동한 후에 몇 개의 짧은 아크로 분리될 것이다. 아크 전압은 극성 효과(polarity effects)에 의해 계속해서 증가하고, 그래서 아크 챔버 내부의 아크 에너지와 온도도 증가한다. 그 후 온도가 어떤 값에 도달하면 접점 장(contact field)에 있는 공기의 도전성이 이온화에 의해 증가된다. 결과로서 역 전이가 발생하고, 아크 전압의 붕괴를 초래한다. 역 전이 후에 새로운 아크는 전자기력 및 가스 흐름의 영향으로 다시 분리 판으로 이동하고, 아크 전압이 다시 상승한다. 그림 5(b)의 전압 파형에서 올라갔다 내려갔다 하는 것은 아크가 앞뒤로 왔다 갔다 해서 기인된 것을 나타낸다. 그러나 그림 5(a)의 전압 파형은 비교적 평탄하고, 아크가 비교적 안정하다는 것을 나타낸다. 시뮬레이션 결과에 따르면, 이것은 아크가 분리 판 뒤쪽 갭에서 연소되고, 갭을 통한 전류 채널이 아크 분리 판의 전류 채널로 대체됨을 의미한다. 아크는 분리 판에 의해 끊어지지 않았다. 아크 전압은 비교적 낮고 안정하다.

그림 5에서 아크 전압 피크치가 조건A의 경우 단지 278[V]인 반면, 조건 B의 경우 355[V]까지 올라가는 것을 볼 수 있다. 이것은 가장 안쪽의 배리어 판이 절연 재질이고 분리 판 최상부에 접하여 있을 때, 아크는 분리 판에 의해 쉽게 끊어질 수 있고 더 높은 아크 전압을 발생하는 것을 나타낸다. 더욱이 아크는 분리 판에서 소호되고, 플라즈마 시스(plasma sheath : 플라즈마 내의 물체 주위에 축적하는 동일 부호의 하전 입자층)는 전류 영점(zero crossing) 후 아크 소호에 유익한 더 높은 절연내력 회복강도(higher dielectric recovery intensity)를 제공할 수 있다.

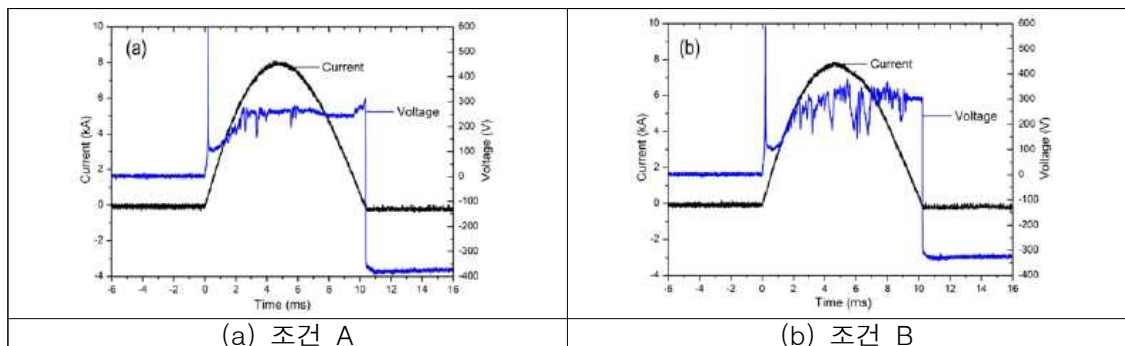


그림5 아크 전압 및 전류 파형

그림 6은 조건 A와 B의 벤트의 부식을 나타낸다. 조건A에서 가장 안쪽의 배리어 판과 분리 판 최상부는 눈에 띄게 부식이 되었고, 아크 흔적(arc trace)을 나타낸다. 조건B에서는 눈에 띄는 부식은 없었고, 절연재의 가장 안쪽의 배리어 판과 분리 판 최상부에 접한 위치는 분리 판의 뒤쪽에서의 아크 연소를 유효하게 감소시킬 수 있다.

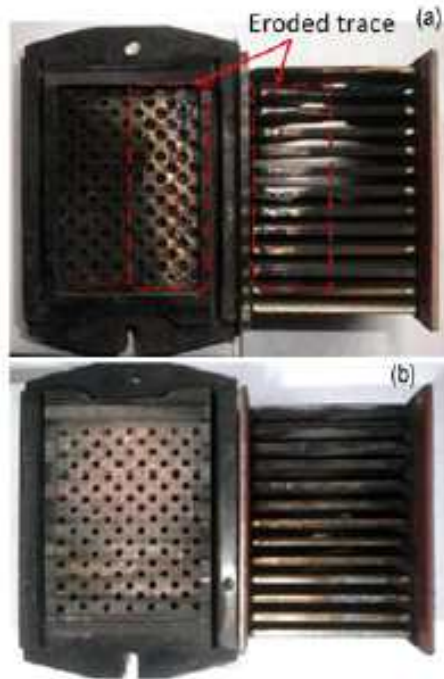


그림6 벤트의 부식

5. 결론(Conclusion)

이 논문에서는 기중 차단기 한 타입의 아크 이동을 분석하기 위해 시뮬레이션과 실험이 사용되었다. 아크 이동에 대한 배리어 판의 재질과 위치의 영향이 해석되었다. 결론은 다음과 같이 얻을 수 있다.

기중 차단기의 아크 이동은 3D MHD(3차원 전자 유체역학) 아크 모델로 시뮬레이션 되었다. 열 방사, 아크 플라즈마의 물리적 파라미터 및 강자성체 물질의 비선형 특성이 계산에 고려되었다. 시뮬레이션은 실험에 의해 검증되었다. 제안된 모델은 아크의 과도현상 과정을 시뮬레이션하고 시각화하는데 사용될 수 있다.

배리어 판의 재질과 위치는 아크 이동에 아주 중요한 영향을 미친다. 분리 판의 최상부에 접한 절연재의 가장 안쪽의 배리어 판이 아크 전압 상승과 전류 차단에 더 우수하다.

* 논문 출전

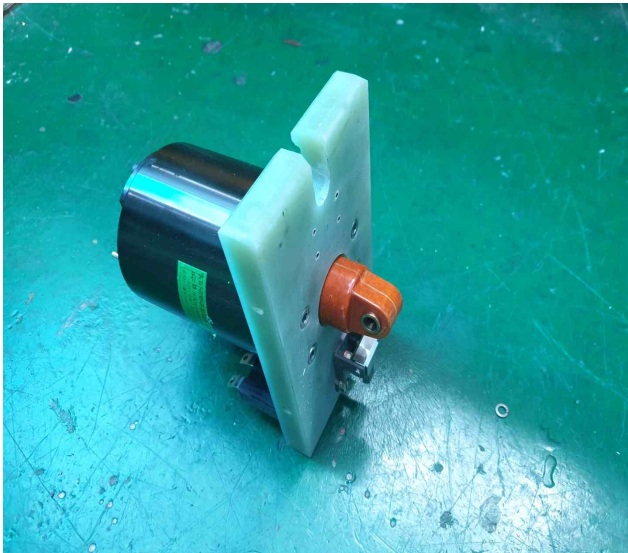
Simulation and experimental analysis of arc motion characteristics in air circuit breaker.(Plasma science and technology, Vol. 18, No. 3, Mar. 2016)

- 2차년도

1) 고속도차단기 주요 요소기술 시제품 제작

(1) 저 유지전류형 전자코일

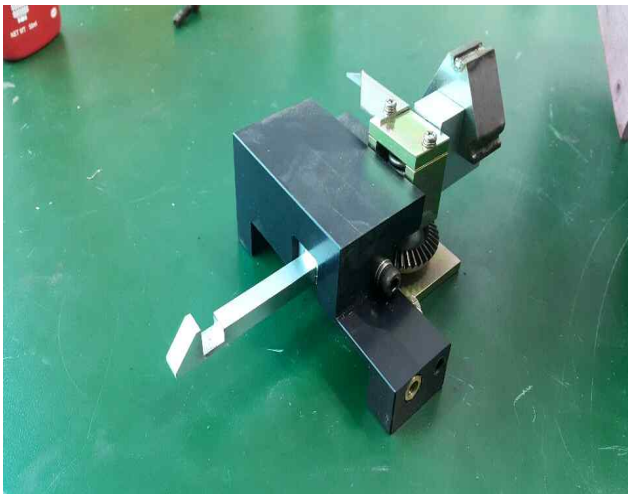
- i) 고속도차단기의 핵심부품이자 제품 구동의 원동력인 전자코일의 유지전류를 경쟁사 기술수준대비 100% 수준까지 구현
- ii) 유지전류의 감소로 발열에 의한 온도상승 문제 해결(전자코일의 장 수명화)
- iii) 세계 철도 운영 조건은 각 국가별로 제어전원이 다르므로 개발된 고속도차단기 전자코일의 사양을 정격전압별로 Line-up 구현
(DC 24[V] / DC 72[V] / DC 87[V] / DC 100[V] / DC 110[V])



블랙박스 내장형 고속도차단기 COIL PART

(2) TRIP PART의 소형화 및 안정화

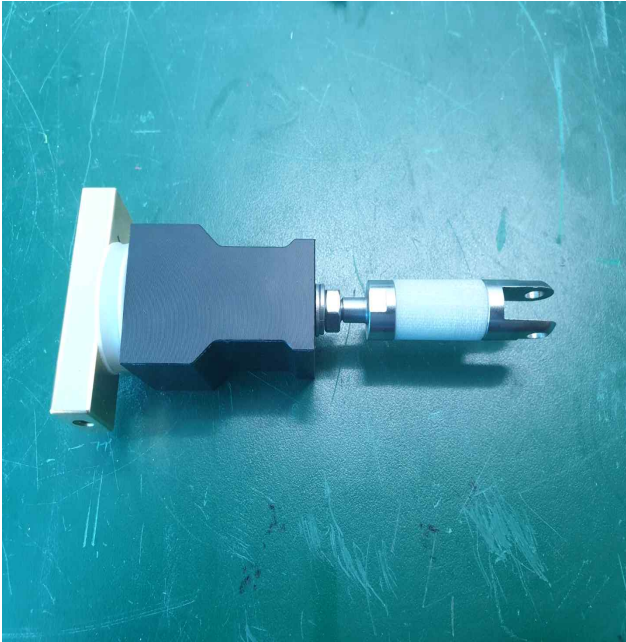
- i) 고속도차단기 자체 Setting 전류이상의 전류가 통전되었을 때 고속도차단기가 이를 감지하여 기계적으로 강제 트립을 시켜 주회로를 보호해주는 장치로써 기존 TRIP PART는 Double Torsion spring을 이용하여 고속도차단기 Setting 전류를 설정하였으나, 이 방식은 Torsion spring의 제작오차(하중값에 의한)의 영향이 크고 Setting 전류값의 산포가 큰 경향이 있음
- ii) 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 전류 Setting 방식을 Torsion spring이 아닌 일반 압축 Spring으로 변경하고 베벨기어를 이용하여 Setting 전류의 안정성을 구현하였으며, 부품수의 최소화 및 소형화를 구현
- ii) TRIP PART의 모듈화를 통해 조립성 및 유지보수성의 극대화



블랙박스 내장형 고속도차단기 TRIP PART

(3) S/W OPERATOR의 모듈화

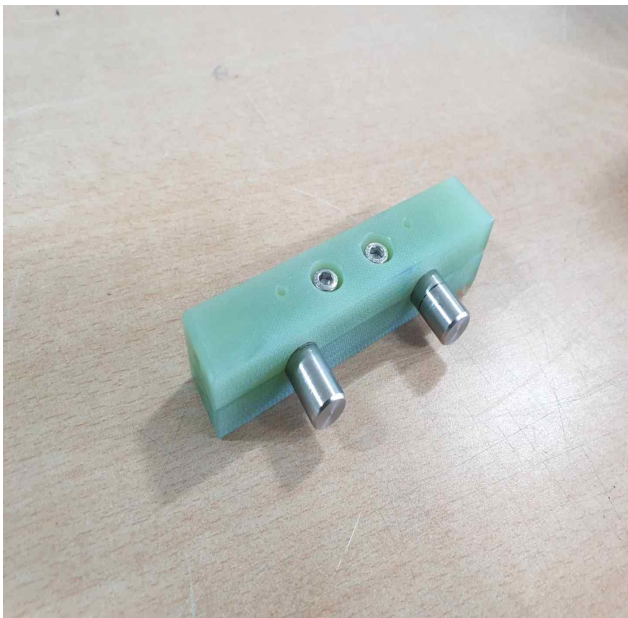
- i) 기존 S/W OPERATOR PART는 각 부품별로 별도의 조립 공정을 통하여 고속도차단기에 취부되는 방식으로 조립성 및 제품의 유지보수에 어려움이 있어 고속도차단기 BODY에 조립 전 SUB ASS'Y개념으로 제품의 모듈화를 구현하여 조립성 및 유지보수성을 극대화시킴
- ii) 또한 고속도차단기 COIL OFF시 가동접점이 원래상태로 복귀하는 충격을 흡수시켜주는 쿠션의 개선으로 고속도차단기의 기계적 수명 보증기간인 20만회 이상 내구성을 검증



블랙박스 내장형 고속도차단기 S/W OPERATOR PART

(4) SHOCK ABSORBER PART의 추가

- i) 저유지전류형 전자코일은 그 저항값이 적어 투입전류 및 투입충격량이 일반 고속도차단기보다 커서, 주접점에 가해지는 충격량이 증가하여 접점 내구성에 영향을 줄 우려가 있음
- ii) 따라서 고속도차단기 동작시에 발생하는 충격량을 줄이기 위해 충격흡수장치(Shock Absorber)를 장착하여 접점의 내구성을 향상시킴
- iii) 또한 동작시 발생하는 접점의 바운싱 현상을 완전히 제거하여 안정적인 고속도차단기의 동작을 구현



블랙박스 내장형 고속도차단기 SHOCK ABSORBER PART

(5) ARC CHUTE의 소형화 및 차단성능 향상

- i) 사고 전류 또는 차량 운행 중 고속도차단기의 인위적인 개방시 발생하는 아크를 소호해 주는 구성요소이며, 차단성능에 영향을 주지 않는 BASE PLATE, 캡 너트 등을 축소하여 외형 치수를 줄임
- ii) 메탈 그리드 간 피치를 기존보다 더 작게 하여 아크슈트의 높이를 줄여, 전체적으로 조립된 고속도 차단기 높이를 줄이는데 기여
- iii) 메탈 그리드 간 피치 조정과 메탈그리드에 홈을 추가함으로써, 대전류 뿐만 아니라 소전류인 임계전류 영역에서 아크시간의 단축과 아크시간 사이의 산포를 줄이는 효과를 가져 옴



블랙박스 내장형 고속도차단기 ARC CHUTE

2) 소형 경량의 고속도차단기 시제품 제작 및 국내 공인기관 차단 성능시험

- (1) 상기 요소기술이 적용된 고속도차단기 시제품을 제작하여 해외 공인기관(IPH-독일) 차단 성능시험을 실시하기 전 저전압에서 예비 차단용량시험을 실시
- (2) 국내 공인기관(KERI) 성능시험
 - i) 시험일자 : 2020.03.13
 - ii) 시험장소 : 한국전기연구원(KERI)_의왕분원
 - iii) 시험조건 : DC 900[V] / 30[kA] / $\tau=15[ms]$ / O-CO-CO 차단
 - ※ KERI의 최대 시험전압 : DC 1,000[V] 이하(의왕분원)
 - iv) 시험결과 : 성공
 - v) 성적서발행일 및 번호 : 2020.03.19 / 20DB200046

3) 고속도차단기 주요 부품의 금형 제작

- (1) 향후 양산시 제품 단가를 줄이고, 제품 생산성 증대를 위해 주요 요소기술이 적용된 부품에 대한 금형을 제작함
- (2) 2차년도 당시 연구비 예산 부족으로 고속도차단기의 CONTACTOR PART의 뼈대가 되는 BODY(2종), 아크슈트 금형(3종)만 2차년도에 진행했으며, 나머지 부품의 금형은 3차년도에 진행하였음
- (2) 주요 금형품 : BODY(L), (R), 아크슈트 BOTTOM PLATE, END BASE, SPOOL, FRONT BASE, SWITCH COVER

4) 당사 고속도차단기에 저 유지전류형 전자코일을 탑재하여 기존 세실론 고속도차단기의 개량 추진 (의정부 경전철 / 2019. 11. 5)

- 3차년도

1) 국내외 공인인증기관 성능시험용 시제품 제작

2차년도에서 제작한 금형품 및 각종 주요 부품을 제작하여 국내외 공인기관(SGS KOREA/IPH-독일)에서 진행 할 성능시험용 시제품 14SET를 제작

2) 국내 공인인증기관 기본성능시험

(1) 시험 개요

고속도차단기 제품의 기본적인 성능과 진동/충격 그리고 다양한 온도/환경에서의 적용성을 입증하기 위해 국내 공인인증기관(SGS KOREA) 성능시험을 진행

i) 시험일자 : 2020. 04. 27 ~ 2020. 06. 17

ii) 시험기관 : SGS KOREA

iii) 시험결과 : 성공

iv) 시험 규격, 성적서발행일 및 번호

시험	시험 규격	성적서 번호	발행일	비고
기본성능시험	- KS R 9158 - IEC 60077-1, -3	SGS-R20-2005-EN00	2020. 06. 24	내구성시험(20만회)로 인해 2개월 후 발행
진동/충격시험	IEC 61373	SGS-R20-1816-EN00	2020. 05. 27	
온도/환경시험	IEC 60068-2-1, 2-2	SGS-R20-1814-EN00	2020. 05. 27	

vi) 시험 항목

기본성능시험

- Operational test
- Verification of operating voltage limits
- Pull-in voltage measurement
- Pull-in & drop-off time measurement
- Main contact gap measurement
- Main contact force measurement
- Insulation resistance test
- Verification of clearance
- Rated power frequency withstand test
- Coil resistance measurement
- Voltage fluctuation test
- Temperature rise test
- Mechanical endurance test

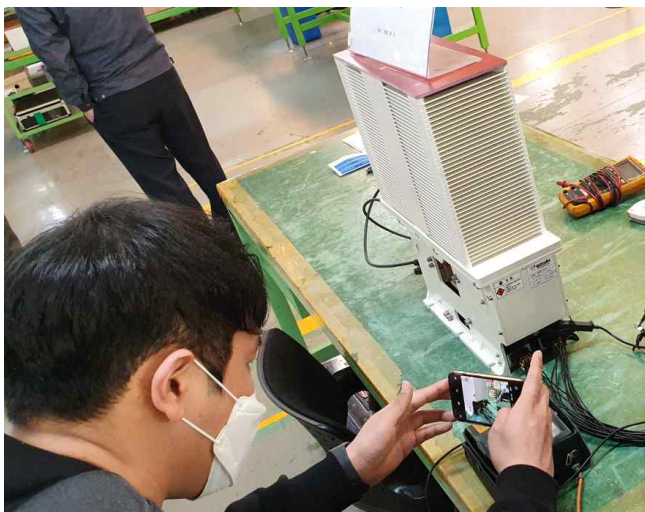
진동/충격시험

- Simulated long-life test
- Shock test
- Functional random test

온도/환경시험

- Cold test(-40 ~ 25℃)
- Dry heat test(25 ~ 70℃)

(2) 시험 사진





3) 해외 공인인증기관 차단 성능시험

(1) 시험 진행

- i) 연구개발 계획에 의거 2020년 2월 해외 공인인증기관 성능시험을 진행하려고 하였으나 당시 전 세계적으로 코로나-19바이러스가 번지기 시작하여 해외 출장이 불가능하여 당초 계획대로 시험 진행이 불가능하였음
- ii) 시험이 1차 연기 된 후 해외 출장을 위해 주한독일대사관, 독일연방경찰 등 여러 가지 방향으로 독일 입국을 시도하였으나 계속 심해지는 코로나-19 사태로 인해 계획한 2020년도에 시험을 할 수 없는 것으로 판단(2020년 6월, 9월, 2021년 1월 총 3회 연기)하여 부득이하게 2020년 9월 연구과제 개발 기간을 2020년 12월 31일에서 2021년 12월 31일 까지 1년 연장하였음
- iv) 대한민국 국적 입국자에 대한 입국 지침이 다소 완화됨에 따라 출장자에 대한 독일 입국이 가능하게 되면서 시험일정을 다시 조정하였고 2021년 1월 해외 공인인증기관 성능시험을 진행하였음

(2) 시험 내용

- i) 시험일자 : 2021. 01. 12 ~ 2021. 01. 22
- ii) 시험기관 : IPH-CESI(독일)
- iii) 시험규격 : IEC 60077-1 : 2017 / IEC 60077-3 : 2019
- iv) 시험결과 : 성공
- v) 성적서발행일 및 번호 : 2021. 03. 29 / 11292-21-0023
- vi) 시험 항목

Sequence I : General performance characteristics

- Operating limits
- Temperature rise test
- Dielectric properties
- Operational performance capability
- Verification of dielectric withstand
- Verification of temperature rise test
- Verification of tripping operation

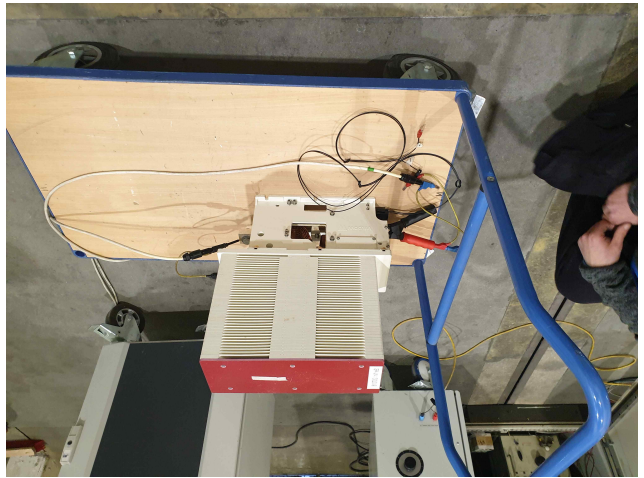
Sequence II : Rated short-circuit making and breaking characteristics

- Ability to make/break under short-circuit conditions at T2, T3, T4, T1
- Verification of dielectric withstand
- Verification of temperature rise test
- Verification of tripping operation

Sequence IV : Critical currents

- Searching for critical currents

(3) 시험 사진



4) 현차 신뢰성 검증

- 2021년 7월 5일 제품 신뢰성 검증을 위해 의정부경전철 A10-B10 편성에 본 개발품을 적용하여 시험선(약 250[m], 5회 왕복)과 영업시간 외 본선(15개 역사, 왕복 약 21[km]) 현차 신뢰성 검증시험 1,000[km]를 진행(우진메트로 공문번호 : 공문-기술21-0715001)
- 의정부 경전철 노선은 가선전압이 DC 750[V] 노선이므로 적용 고속도차단기를 DC 750[V]로 맞추어 적용하였음
- 고속도차단기의 정격 공칭전압의 구분은 DC 1,500[V]와 DC 750[V]로 구분되며, 그에 따른 차이점은 아크슈트 적층 매수에 결정되고 고속도차단기의 주요 동작의 핵심인 CONTACTOR PART는 정격 공칭 전압의 구분과 상관없이 동일함 (아래 표 참조)
- 현차 적용시 제품에 대한 안정성과 신뢰성을 검증하는 시험인 현차 신뢰성 검증은 아크슈트의 적층 매수와는 크게 상관이 없으며, 주요 동작부인 CONTACTOR PART에 대한 안정성을 검증하는 시험임
- 따라서 금번 의정부경전철 적용 현차 신뢰성 검증은 개발 고속도차단기의 안정성을 검증하는데 적절한 시험이라고 판단됨

구분	정격 공칭전압	
	DC 1,500[V]	DC 750[V]
TYPE	WHB 1512 I	WHB 0712 I
CONTACTOR PART	동일	동일
ARC CHUTE 적층매수	40층	20층
외형도		

[의정부 경전철 현차시험 보고서]

의정부 경전철 현차시험 보고서
1. 개요 본 문서는 당사의 소형 경량의 고속도차단기(WHB 1512-i)가 개발됨에 따라 제품 신뢰성 검증을 위해 의정부 경전철 A10-B10 편성에 적용하여 영업시간 외 본선 현차시험 결과에 대한 보고서임 2. 현차시험 2.1 일자 2021. 07. 05 ~ 2021. 07. 06 2.2 현차시험 구간 (1) 차량기지 - 15개 역사 - 차량기지(약 21[km]) (2) 운전 종류 : 자동운전 2.3 측정 데이터 항목 (1) 고속도차단기 전자코일 전압(정격 DC 72[V]) (2) 고속도차단기 주회로 양단간 가선전압 (정격 DC 750[V]) (3) 부하전류

2.4 측정 장비

NO	설 비 명	비 고(용도)
1	DIGITAL HICORDER	데이터 수집용
2	DIFFERENTIAL PROBE	가선전압 측정용
3	HOOK METER	전류 측정용

2.5 제품 사양

NO	항 목	사 양
1	형식	WHB 0712-i
2	정격전압[Vdc]	750
3	정격전류[A]	1,200
4	제어전압[Vdc]	72
5	세팅전류[A]	1,500

2.6 사진

(1) 개발 고속도차단기



[그림 1] 개발 고속도차단기



[그림 2] 개발 고속도차단기(절연함 취부)

(2) 현차시험 차량 : A10-B10 편성



[그림 3] 현차시험용 차량 편성(A10-B10)

(3) 고속도차단기함 취부 사진



[그림 4] 개발 고속도차단기

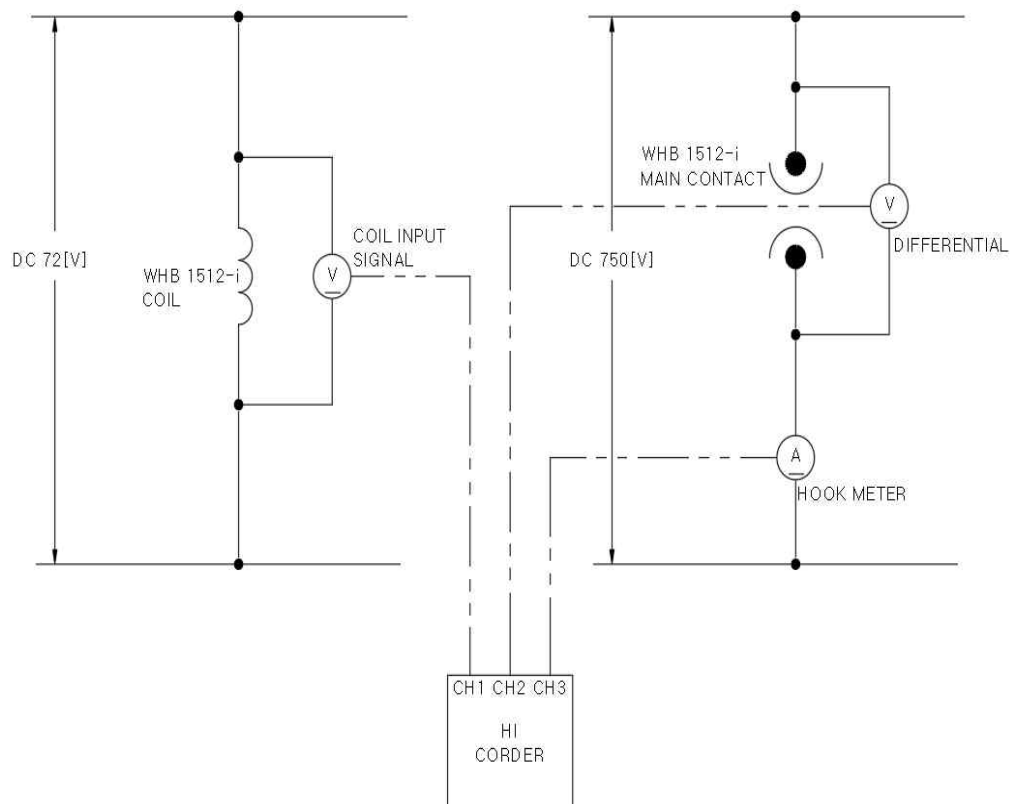
[그림 5] 고속도차단기 함

(4) 측정 계측기 및 측정 사진



[그림 6] 계측기 및 DATA 측정 사진

(5) 측정 회로도



[그림 7] 측정 회로도

3. 현차시험 결과

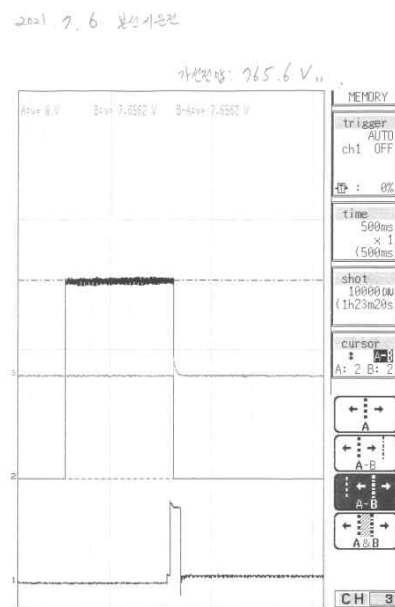
3.1 적용 편성 및 가선헌압

구 분	내 용
편성	A10-B10
일시	2021. 07. 05 23:50 ~ 07. 06 01:30
시험시 가선헌압	DC 756.6[V]
전자코일 제어전압	DC 60[V]

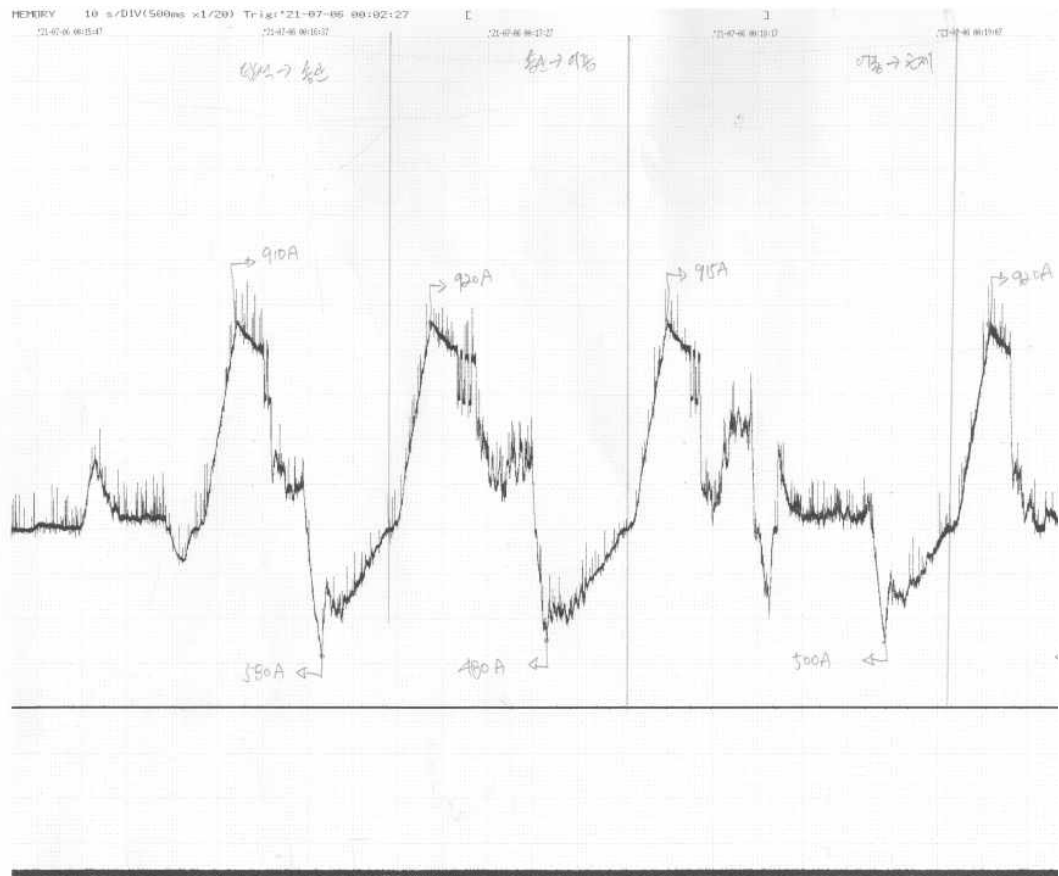
3.2 역사 구간별 피크전류

상행 노선		하행 노선	
역사 구간	피크전류[A]	역사 구간	피크전류[A]
탑석역 - 송산역	910	발곡역 - 회룡역	920
송산역 - 어룡역	920	회룡역 - 범골역	840
어룡역 - 곤제역	915	범골역 - 경전철의정부역	900
곤제역 - 효자역	920	경전철의정부역 - 의정부시청역	860
효자역 - 경기도청북부청사역	900	의정부시청역 - 흥선역	900
경기도청북부청사역 - 새말역	930	흥선역 - 의정부중앙역	920
새말역 - 동오역	960	의정부중앙역 - 동오역	900
동오역 - 의정부중앙역	920	동오역 - 새말역	900
의정부중앙역 - 흥선역	900	새말역 - 경기도청북부청사역	920
흥선역 - 의정부시청역	860	경기도청북부청사역 - 효자역	940
의정부시청역 - 경전철의정부역	820	효자역 - 곤제역	940
경전철의정부역 - 범골역	900	곤제역 - 어룡역	860
범골역 - 회룡역	940	어룡역 - 송산역	900
회룡역 - 발곡역	900	송산역 - 탑석역	920

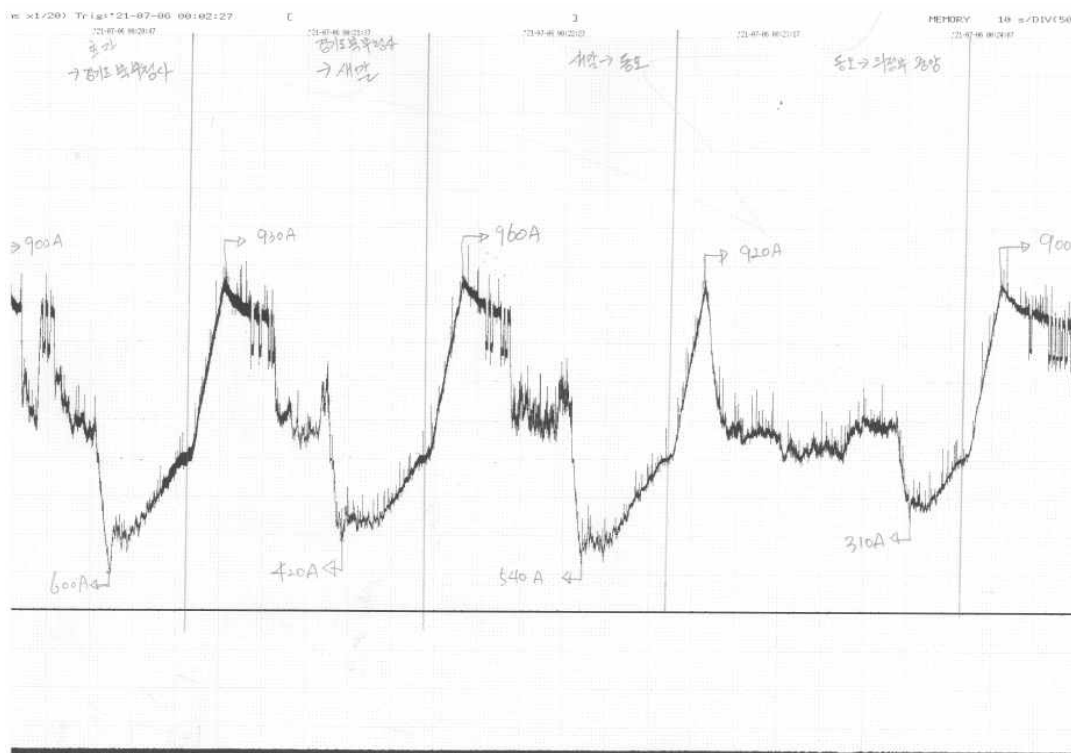
3.3 오실로그래프(역사 간 전류패턴)



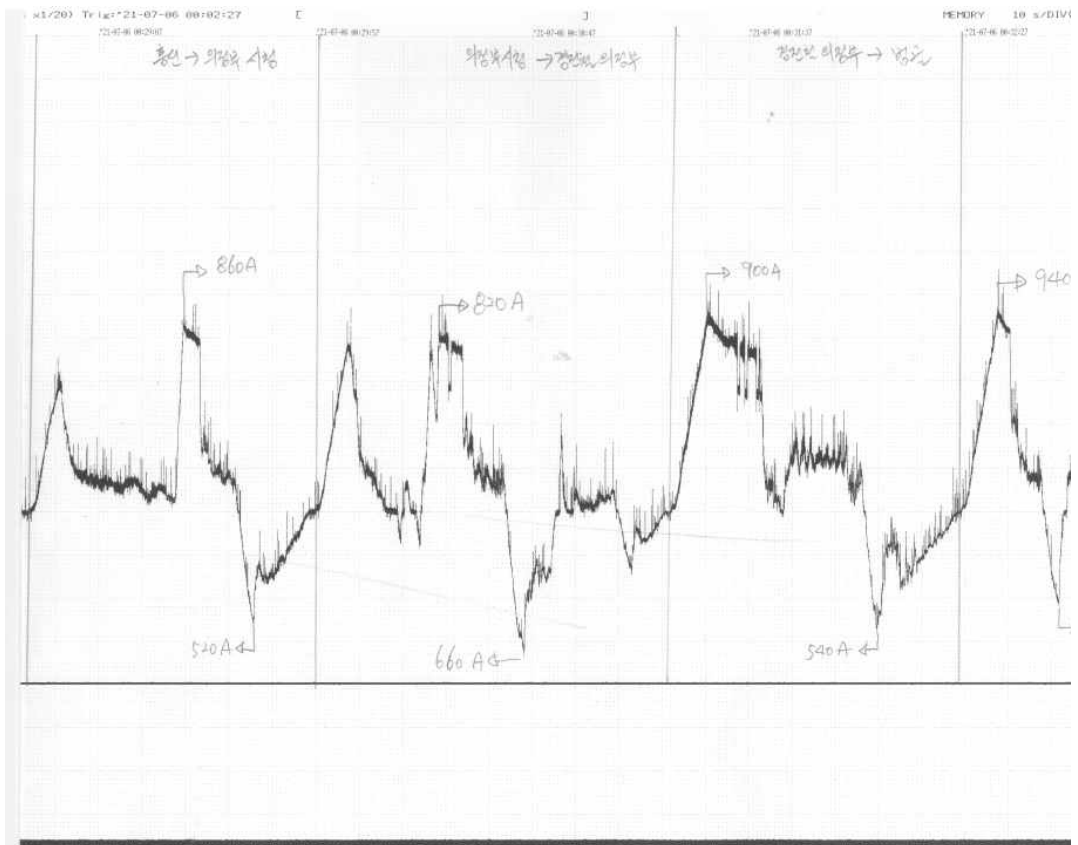
[그림 8] 가선전압 (DC 765.6[V])



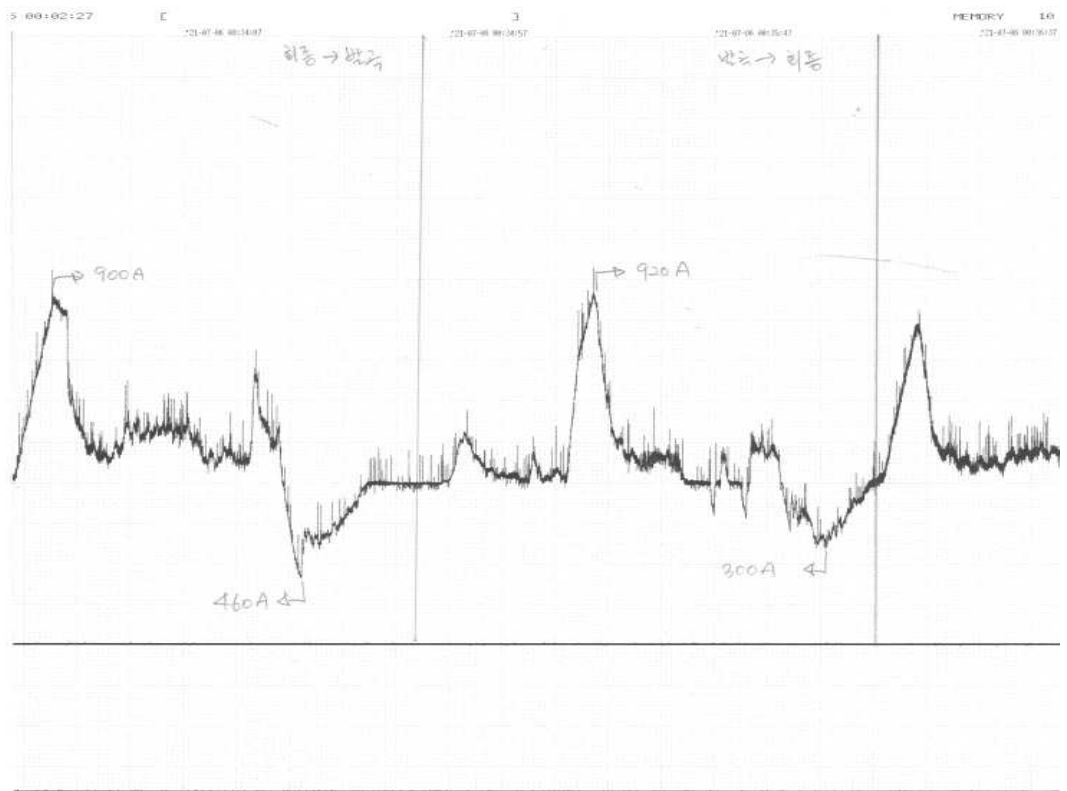
[그림 9] 탐석역 - 효자역



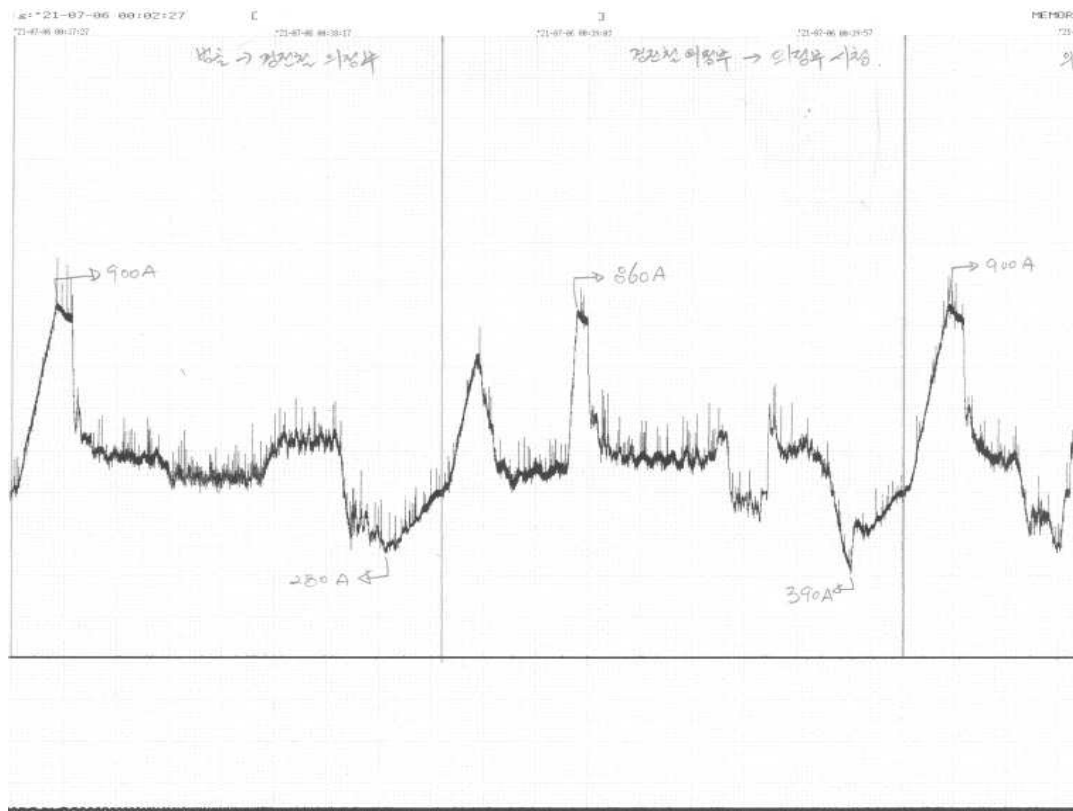
[그림 10] 효자역 - 흥선역



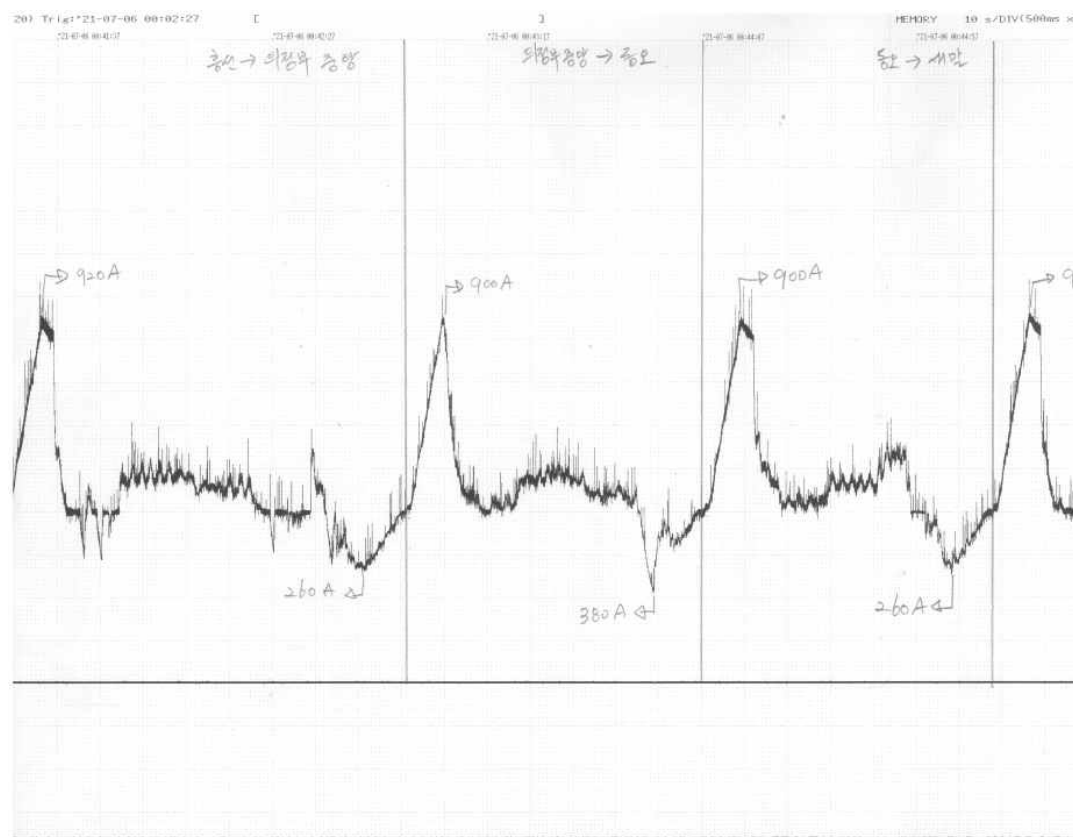
[그림 11] 흥선역 - 회룡역



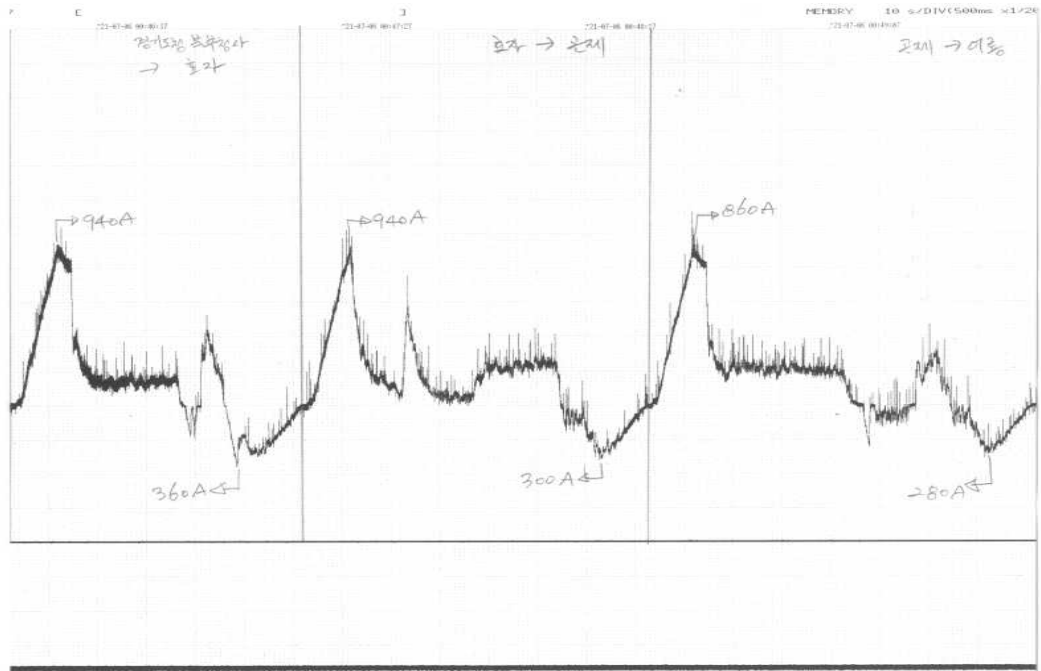
[그림 12] 회룡역 - 범골역



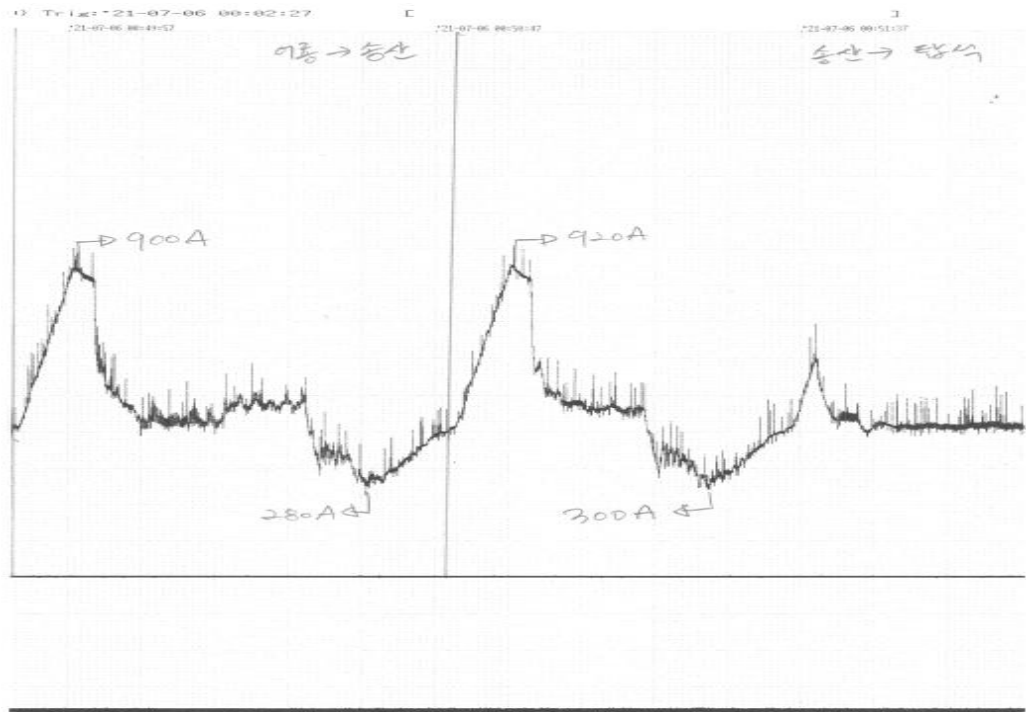
[그림 13] 범골역 - 흥선역



[그림 14] 흥선역 - 경기도북부청사역



[그림 15] 경기도북부청사역 - 어룡역



[그림 16] 어룡역 - 탑석역

2.2 블랙박스 시스템 개발

- 1차년도

1) 블랙박스시스템(H/W, F/W) 설계기준서 작성

(1) 블랙박스 H/W 설계기준서

- i) 블랙박스 H/W는 블랙박스 본체와 전원공급, 인터페이스 모듈 역할을 수행하는 파워모듈로 구성
- ii) 프로세서, 메모리, 통신 등 기본적인 사양을 선정
- iii) 블랙박스의 주요기능을 정의하고 정상적으로 구현 할 수 있도록 PCB 구성요소에 대한 선정

(2) 블랙박스 F/W 설계기준서

블랙박스 본체의 초기 부팅부터 초기 메뉴, 설정, 표시, 기록 등 소프트웨어와 그에 따른 시나리오를 정의

[블랙박스 설계기준서]

블랙박스 설계기준서	
1. 개요 (1)프로젝트 명 블랙박스가 내장된 IoT 기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기 개발 (2)개념도 가선전압 DC 1,500[V] 라인에 설치되는 정격차단용량 30[kA]의 단극 고속도 차단기로서, 일반 전자식 고속도차단기 본래의 사고전류 보호기능을 가지며, 운용시에 발생하는 상태에 대한 빅 데이터는 통전전류가 클수록 점차 짧아지는 시간간격으로 자동 저장되는 블랙박스가 내장되어 있고, 차량의 TCMS와의 유선통신, 와이파이 접속 및 LTE망을 통한 스마트폰과의 무선통신, 빅 데이터의 광대역 실시간 전송이 가능한 IoT 기반의 고속도차단기	
[그림 1] 블랙박스 내장형 고속도차단기의 개념도	
2. 블랙박스 본체 (1)시스템 기본 사양 1)프로세서 : STM32F CPU - ARM Cortex - M4 32b MCU + FPU 2)Converter : DC-VT 12 bit, DC-CT 12 bit 3)Memory - Serial Flash(8Mbytes, 설정값 저장용) - e(Embedded) MMC 메모리 : 64[G] 4)Network - 와이파이 : 저장 빅 데이터의 스마트폰 모니터링 - USB 2.0 : 저장 빅 데이터의 다운로드용 - UART : 디버깅용	

5)기타 장치

- Real Time Clock : 시간 측정용, 구동용 배터리(충전식)
- Thermistor : 주위온도, 주 접점, OP1, OP2의 온도측정용
 - * OP(선택사양의 예) : 1 플렉시블 부스 바, 2 (+)단자
- Display panel : 각 빅 데이터의 표시용(감압식의 터치 패널 내장)
- GPS : 현재 고속도차단기의 위치, 주행거리, 속도 측정용
- 다운 로드시 PCB에 전원공급을 위한 자체 배터리(충전식) 내장

6)사용온도 : -40 ~ 70[℃]

7)제어전원

- 1차 입력 : 정격 DC 100[V](DC 70 ~ 130[V])
- 2차 출력 : DC ± 15 [V](DC VT / CT의 제어전원), ± 5 [V](PCB전원)

8)절연저항

제어전원 입력단과 외함간 50[MΩ] 이상(DC 500[V] Megger)

9)절연내력

제어전원 입력단과 외함간 AC 1,500[V] / 1분간

(2)시스템 부팅

1)고속차단기와 블랙박스는 제어전원(DC 100[V])을 별도로 받음

- 고속도차단기 : 전자코일 제어용
- 블랙박스 : 차량의 제어전원 투입과 동시에 자동 부팅

2)부팅 시퀀스

- 차량의 제어전원 투입 : 블랙박스에 전원인가 및 순시 자동 부팅
 - * Power switch enable select s/w : disable 상태
 - * Power switch on LED점등(적색)
- 팬터그래프 상승 : 고속도차단기에 고압 인가
- 차량의 정상 운전에 따른 운영 빅 데이터 기록
- 차량기지 입고 후 블랙박스의 제어전원이 OFF되면 자체 내장된 BATTERY에 의해 구동되며 5초 이후에 BATTERY 전원차단이 차단 : LED점등(녹색)
 - * Power switch off LED점등(녹색)은 2초 지연 후 power off

3)차량에서 블랙박스에 제어전원이 공급되지 않는 경우의 데이터 다운로드

- 블랙박스에 내장된 배터리(충전식)와 버튼을 이용
- Boot/Reset switch를 한번 누르면 배터리가 ON되어 다운로드 가능 상태
 - * Boot/Reset switch LED점등(적색)
 - * Boot/Reset switch가 ON된 상태에서 3초 이상 계속 누르고 있으면 시스템 리셋(시스템이 리셋 될 경우 그때까지 저장된 빅 데이터는 저장되고 시스템만 초기화)
- 다운로드 종료 후 Power switch를 눌러 power off
 - * LED점등(녹색) 2초 점등 후 power off

4)부팅시의 초기화면

- 부팅과 함께 아래의 우진기전 로고가 5초간 현시



- 상기 로고 표시 후 HIGH SPEED CIRCUIT BREAKER(WHB 1512 - I) version 1.0가 2초간 현시 후 set up 메뉴로 전환
- 표시 언어의 한글 / 영문 선택 기능이 있음

- 5)블랙박스 측면에 Power On/Off switch와 Boot/Reset switch 2개를 설치
- Power switch enable select s/w추가
 - * 블랙박스가 고속도차단기에 취부시 : disable(제어전원 입력시 바로 부팅)
 - * 블랙박스가 고속도차단기 이외의 기기에 취부시 : enable
(일반적인 사용으로 사용자가 Power switch를 on하여 부팅)
 - Boot switch와 Reset switch 기능을 통합하여 1개만 설치

(3)환경 설정 기능

- 1)열차번호
- 2)HB 제조번호(시리얼번호)
- 3)날짜(요일)와 시간 설정
- 4)알람전류 셋팅치[A]
- 5)트립전류 셋팅치[A]
- 6)온도 센서 선택사양 추가시 이름 등록(예)
OP1(플렉시블), OP2(단자)
- 7)알람 메일링 전화번호 등록(최대 5명)
- 8)빅 데이터 저장방법 설정
 - a. 통전전류 구간저장, b. 모든 데이터 실시간 저장

(4)Display 기능

- 1)메뉴 선택 및 설정, 상태 표시
- 2)빅 데이터의 표시
 - 현재시간, 투입 / 차단시간, 가선전압
 - 통전전류(투입전류, 차단전류), 동작 횟수(투입 횟수, 차단횟수)
 - * 통전전류 구간 통과시 전후 구간전류의 각각 1초 분량 데이터 저장
 - * 통전전류 구간에 따른 차단횟수 기록
 - 온도[주위온도, 주 접점, OP1(플렉시블), OP2(단자)]
 - 지리정보(GPS위치, 적산 주행거리, 속도)
 - 제어전압

(5)제어기능

- 1)상태정보의 저장방법은 사용자가 선택가능 할 것
 - a. 매 10[ms] 이하 간격으로 스캔하고 있다가 통전전류 구간에 따라 다음시간 간격으로 데이터를 저장

통전전류 구간	상하구간 통과시 저장간격	구간전류 안정시 저장간격
0 ~ 25[A]이하	1초	20분
25[A] ~ 50[A]	1초	15분
50[A] ~ 100[A]	1초	10분
100[A] ~ 250[A]	1초	5분
250[A] ~ 500[A]	1초	1분
500[A] ~ 750[A]	0.5초(500[ms])	30초
750[A] ~ 1,000[A]	0.1초(100[ms])	15초
1,000[A] ~ 1,200[A]	0.05초(50[ms])	5초
1,200[A] ~ 전류 트립치(예 : 1,400[A])	0.5[ms]	1[ms]
전류 트립치 이상	0.5[ms]	*0.5[ms]

- * 통전전류 구간 변화(통과)시에는 전후구간의 각각 1초 분량(총 2초)의 데이터 저장할 것

- b. 매 10[ms] 이하 간격으로 모든 데이터를 저장하고, 저장용량 초과시 순차적으로 초기 데이터 삭제(동작횟수, 주행거리 등은 저장 유지)

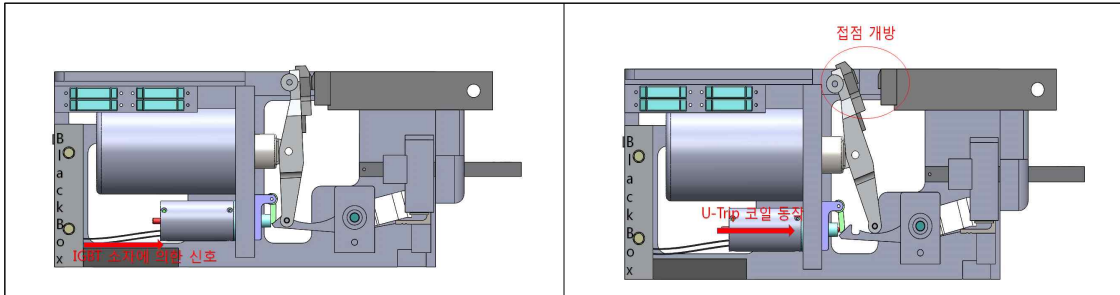
2)알람 전류치 이상은 이벤트관리

- 설정 전류는 전류 트립치 이하에서 사용자가 임의변경 가능
- 설정 전류시 알람 경보 접점 출력(사고의 방지 가능)

* 알람전류치의 데이터가 10초 이상 지속되었을 때 경보출력 발생

3)전류 트립치에 도달시 트립 신호 발생

IGBT소자를 이용한 TRIP DEVICE는 고속도차단기에 내장된 U-TRIP장치를 구동하여 고속도차단기를 트립 시킴



[그림 2] 고속도차단기의 전기적 신호에 의한 차단 과정

4)전류 스캔시 5[A] 이하의 낮은 전류에서도 정확하게 전류를 읽을 수 있도록 OP-AMP 등으로 증폭회로를 구성

(6)Data 처리 및 저장 기능

- 1)환경설정 조건에 의한 Data의 취합, 기록 및 송수신 등의 Data 처리기능 수행
- 2)기록된 Data는 e MMC 메모리의 용량 범위 내에서 저장 가능
- 3)메모리 용량은 3개월 이상의 데이터 저장 가능할 것
 - * 메모리 용량 초과시 이전의 데이터는 순차적으로 자동 삭제
- 4)USB를 통한 데이터 다운로드
- 5)무선에 의한 파일전송 및 노트북 다운로드
- 6)다운로드 된 데이터는 별도 PC운용 프로그램에 의해 엑셀시트 또는 아날로그 그래프 형식으로 출력 가능(별도 PC운용 프로그램 개발)
- 7)PC에 실장된 운용 프로그램을 이용하여 블랙박스와의 통신이 가능할 것
- 8)스마트 폰 어플리케이션을 이용하여 블랙박스와의 와이파이 연동 및 LTE망을 이용한 실시간 빅 데이터 검색 및 다운로드 가능할 것

(7)고장예측 및 메인テナンス 사전 알람

- 1)주 접점 및 아크 혼의 점검 메시지 표시 및 통신
 - a. 트립전류치 이상(예 : 1,400[A])의 과전류 차단횟수가 400회 마다
 - b. 통상의 부하상태(예 : 750 ~ 1,200[A])에서 차단횟수가 1,000회 마다
 - c. 통상의 부하상태(예 : 50 ~ 750[A])에서 차단횟수가 5,000회 마다
 - d. 무부하상태(예 : 50[A] 이하)에서 차단횟수가 20,000회 마다
 - e. 고정 주접점의 온도상승이 한도를 10초 이상 초과하였을 때
 - * 온도상승한도(95[K]) $\geq$ (고정 접점의 온도상승치 - 주위온도)
 - f. 선티[- 터미널측]의 온도상승이 한도를 10초 이상 초과하였을 때
 - * 온도상승한도(85[K]) $\geq$ (선티[- 터미널측]의 온도상승치 - 주위온도)
9. (+)단자의 온도상승이 한도를 10초 이상 초과하였을 때
 - * 온도상승한도(65[K]) $\geq$ [(+)단자의 온도상승치 - 주위온도]

- * 상기 a ~ g조건 하나라도 만족시 메시지 표시 및 통신(알람 메일링 포함)후 자동 리셋 될 것
(전체 동작횟수 및 전류 구간별 동작횟수는 개별적으로 적산될 것)

2)기구부품의 점검 메시지 표시 및 통신

- 부하 또는 무부하 상태에서 차단횟수가 25,000회 마다
- * 25,000회 도달시 마다 메시지 표시 및 통신(알람 메일링 포함)할 것

3)스프링 쿠션의 교환 메시지 표시 및 통신

- 부하 또는 무부하 상태에서 차단횟수가 100,000회 마다
- * 100,000회 도달시 마다 메시지 표시 및 통신(알람 메일링 포함)할 것

(8)알람 전류치 또는 트립 전류치 도달시 알람

- * 사용자가 알람 전류치 및 트립 전류치 설정시
- * 알람 발생시마다 메시지 표시 및 통신(알람 메일링 포함)할 것

(9)유선통신

블랙박스에서 생성된 빅 데이터가 차량의 두뇌인 TCMS(Train Control Monitoring System)와 RS485 MOD BUS 방식의 통신이 가능하도록 포트 구성

(10)와이파이 무선통신

스마트폰 어플리케이션을 통한 실시간 상태정보 확인

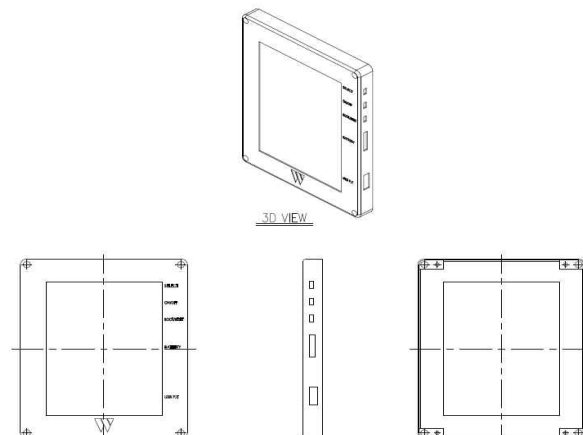
(11)빅 데이터의 실시간 광대역 전송

- 1)와이파이 접속에 의한 근거리 무선접속
- 2)블랙박스에 LTE 라우터(모뎀)을 내장하여 실시간 접속 및 무선통신 가능할 것
블랙박스별 IP 어드레스 부여 및 스마트 폰에서 해당 블랙박스의 어드레스를 지정하여 검색(사전에 블랙박스별 어드레스에 대한 정보가 필요, 고객 선택 사양)
- 블랙박스와 스마트폰과의 일대일 통신

(12)기타

- 1)블랙박스의 터치없이 무선통신 또는 실시간 광대역 전송이 가능할 것
- 2)위치정보 : GPS칩 또는 LTE모뎀(모듈)에 의한 위치정보 내장

3. 기타



2) 블랙박스 H/W 제작도면 작성 및 ART WORK

(1) 블랙박스 PCB ART WORK 진행

(2) PCB ART WORK을 통하여 완성된 PCB와 LCD PANEL을 취부 할 수 있는 CASE 제작도면 작성

(3) 향후 양산화에 대비하여 블랙박스 본체 및 파워모듈 CASE의 금형 제작

3) 모바일 APP, PC프로그램 설계기준서 작성

(1) PC프로그램 및 모바일 APP의 주요 기능을 정의

(2) 블랙박스 F/W, 모바일 APP, PC프로그램의 주요 기능 비교

4) DC-VT/CT 설계기준서 작성

(1) 고속도차단기의 통전전류 및 가선전압을 검출하여 블랙박스에 DATA를 공급하는 DC-CT/VT의 설계 기준을 정립

(2) 일반적으로 널리 사용되는 Fluxgate 전류센서 방식에서 기하학적 구조를 적용한 New fluxgate방식을 적용하여 전류, 전압검출

[DC-VT/CT 설계기준서]

DC-VT/CT 설계기준서

<DC-CT>

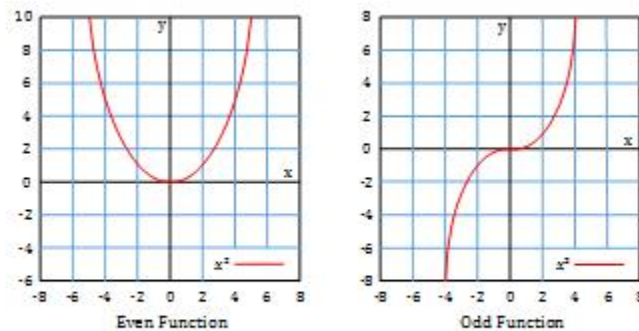
1. Fluxgate의 기본 원리

우함수(even function)와 기함수(odd function)의 원리를 이용하여 2 개의 자기 코어(magnetic Core)에 서로 반전된 기함수 성분의 파형을 인가하였을 때 외부에 자장의 변화가 있으면 우함수 하모닉스(even harmonics) 성분이 발생한다. 즉, 외부 자장의 아주 미세한 변화에도 반응하는 자장 검출 센서의 역할을 할 수 있다.

* 참고 : 우함수와 기함수

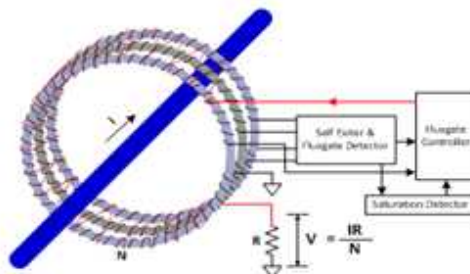
- 우함수는 $f(x) = f(-x)$ / 기함수는 $-f(x) = f(-x)$, $f(x) + f(-x) = 0$

기함수는 $f(x)$ 와 $f(-x)$ 를 더하면 영이 되지만, 우함수는 영이 되지 않는다.



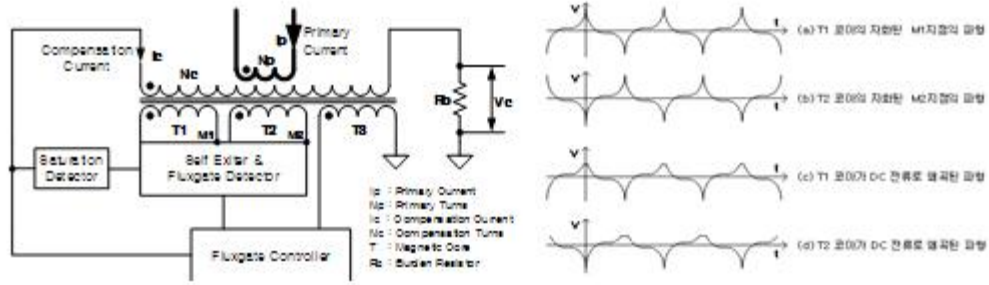
[그림 1] 우함수와 기함수의 설명

2. 구조



[그림 2] New fluxgate CT의 구조

3. 동작원리



[그림 3] New fluxgate CT 의 동작원리 블록도

$$N_p * I_p = N_c * I_c \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$N_p * I_p - N_c * I_c = 0 \quad \text{----} \quad (2)$$

$$\Phi_p - \Phi_c = 0 \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$I_p = \frac{(N_c * I_c)}{N_p} = \frac{(N_c * \frac{V_c}{R_b})}{N_p} \quad (4)$$

- 1) T1, T2 자기 코어를 자화 시키면 M1, M2지점에 (a)와 (b)의 파형이 나타난다.
- 2) 전류센서를 통과하는 1차 전류가 없을 때는 기함수 하모닉스 성분[(a),(b)]만 발생하고, 1차 전류가 전류센서를 통과하면 우함수 하모닉스 성분[(c), (d)]이 나타나기 시작한다.
- 3) 플럭스 검출기는 우함수 하모닉스 성분만을 검출하고, 플럭스 컨트롤러는 검출된 이 성분을 상쇄시키기 위해 1차 전류에 대하여 역으로 보상 전류를 전류 센서에 인가하여 우함수 하모닉스 성분은 점차적으로 사라지도록 제어한다.
즉, 전류 센서의 자기 코어가 Zero Flux가 되도록[식(3)], 기함수 하모닉스 성분만 존재하도록 식(2)가 될 때까지 보상 전류를 지속적으로 증가 시키도록 제어한다.
- 4) 이때 보상된 전류 I_c 가 R_b 를 흐를 때 V_c 를 측정하면 [식(4)]를 통하여 N_c 의 권선수에 비례하여 1차 전류를 산출할 수 있다.

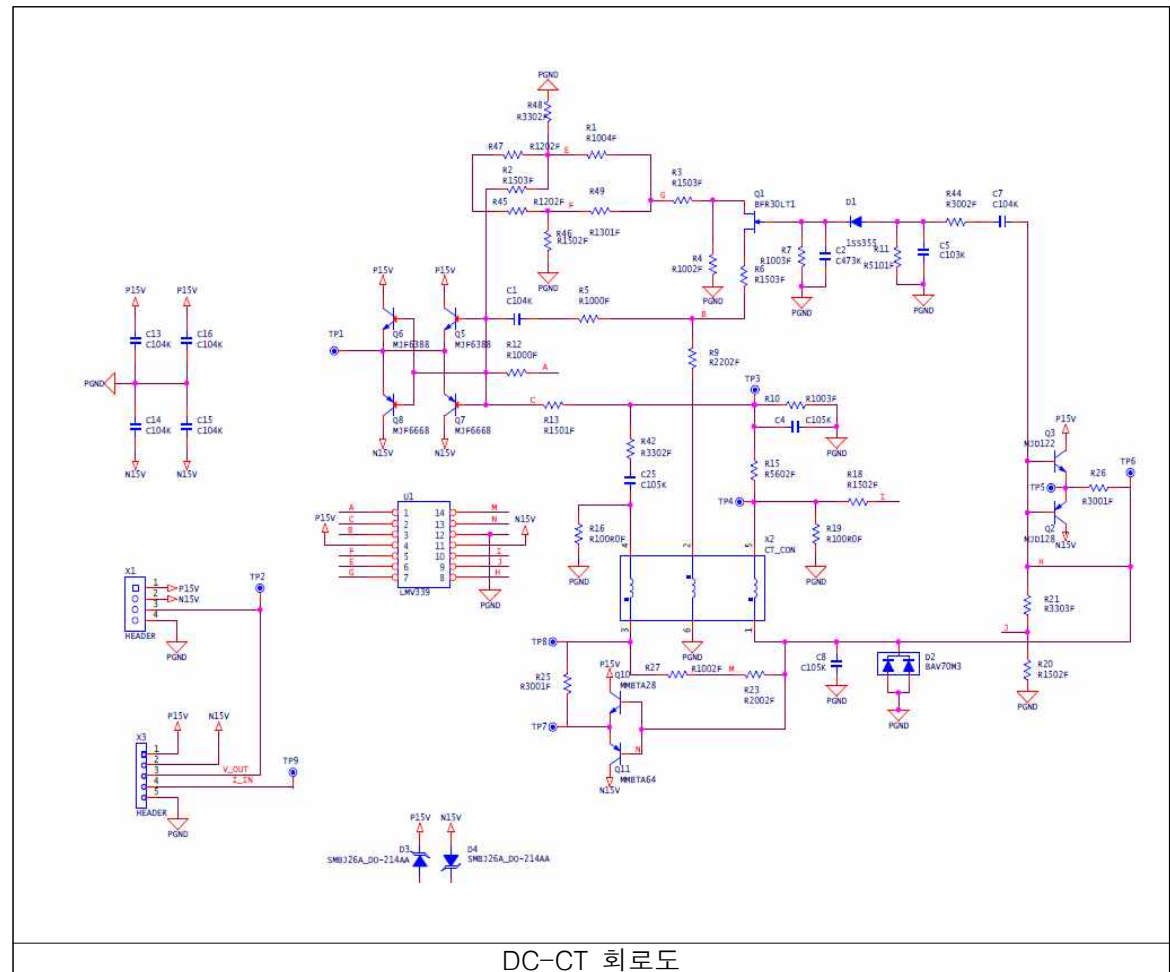
4. 동작 특성

- 1) 일반적인 Fluxgate 전류 센서는 3차 필터 등의 복잡한 회로를 구성하여 우함수 하모닉스 성분을 검출하지만, New fluxgate Current Sensor는 기하학적 구조를 이용한 비교적 간단한 회로로 검출한다.
- 2) 고 정밀도로 전류를 측정할 수 있는 이유
Fluxgate 동작원리에 의한 자기 코어의 L값의 변화는 온도 또는 경년변화에 대해 매우 둔감하고, 외부 자장의 변화에는 극히 민감하여 1차 전류와 보상 전류가 항상 일치하도록 동작하기 때문이다.

5. New Fluxgate CT 의 사양

Nominal primary current (IPN)	$\pm 2,000$	A rms
Measuring range @ $\pm 15V$ ($\pm 5\%$)	$\pm 2,500$	A peak
Max. measuring resistance @ IPmax & $\pm 15V$ ($\pm 5\%$)	5	Ω
Min. measuring resistance @ IPN & $\pm 15V$ ($\pm 5\%$)	0.1	Ω
Turn number	4,000	Turn
Secondary current at IPN	2,000/4,000	A
Accuracy at IPN @ $-40 \sim +70^{\circ}C$	$\leq \pm 5.0$	%
Offset current @ $+25^{\circ}C$	$\leq \pm 100$	μA
Linearity	$\leq \pm 0.05$	%
Delay time	≤ 0.5	μs
di/dt correctly followed	≤ 50	A/ μs
Bandwidth @ -3dB	≤ 100	kHz
Max. no-load consumption current @ $\pm 15V$ ($\pm 5\%$)	≤ 20	mA
Secondary resistance @ $+20^{\circ}C$	≤ 15	Ω
Dielectric strength Primary/Secondary @ 60Hz, 1min	6	kV
Supply voltage @ $\pm 20\%$	± 15	V dc
Voltage drop	± 5	%
Operating temperature	$-40 \sim +70$	$^{\circ}C$
Weight	300 ~ 400	g

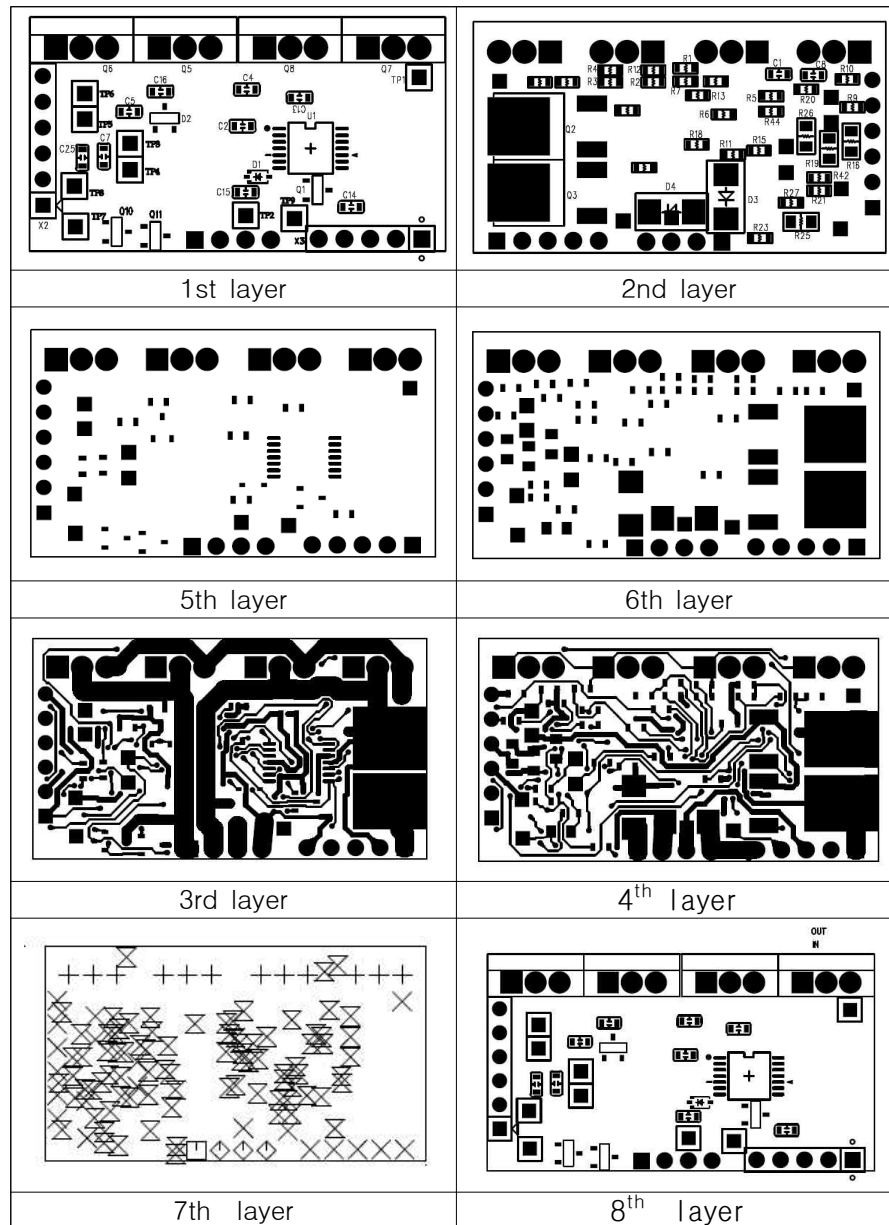
6. PCB 회로도



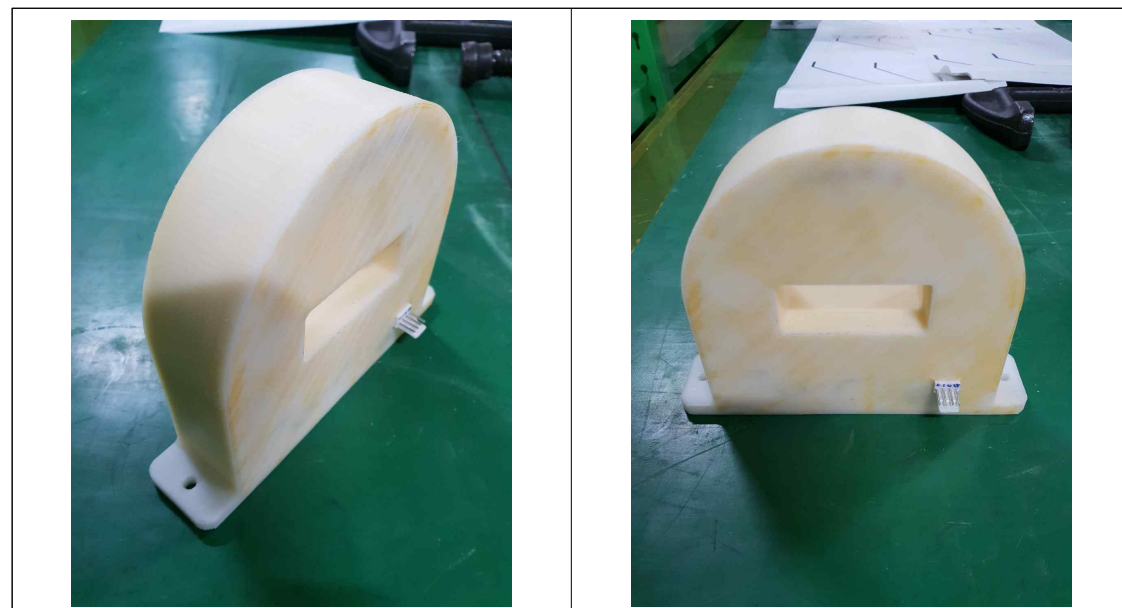
7. 부품 리스트

No.	Quantity	Reference	Part
1	6	C1,C7,C13,C14,C15,C16	C104K
2	1	C2	C473K
3	3	C4,C8,C25	C105K
4	1	C5	C103K
5	1	D1	1SS355
6	1	D2	BAV70M3
7	2	D3,D4	SMBJ26A_DO-214AA
8	1	Q1	BFR30LT1
9	1	Q2	MJD128
10	1	Q3	MJD122
11	2	Q5,Q6	MJF6388
12	2	Q7,Q8	MJF6668
13	1	Q10	MMBTA28
14	1	Q11	MMBTA64
15	1	R1	R1004F
16	3	R2,R3,R6	R1503F
17	2	R4,R27	R1002F
18	2	R5,R12	R1000F
19	2	R7,R10	R1003F
20	1	R9	R2202F
21	1	R11	R5101F
22	1	R13	R1501F
23	1	R15	R5602F
24	2	R16,R19	R100R0F
25	3	R18,R20,R46	R1502F
26	1	R21	R3303F
27	1	R23	R2002F
28	2	R25,R26	R3001F
29	2	R42,R48	R3302F
30	1	R44	R3002F
31	2	R45,R47	R1202F
32	1	R49	R1301F
33	9	TP1,TP2,TP3,TP4,TP5,TP6, TP7,TP8,TP9	TP-P0.8
34	1	U1	LMV339
35	2	X1,X3	HEADER
36	1	X2	CT_CON

8. 아트웍 도면



9. 외형 사진





DC-CT 제품 사진

10. DC-CT 성능시험

(1) 시험 방법

시험용 BUS BAR에 전류를 인가한 후 CT에 출력되는 측정값을 비교 분석

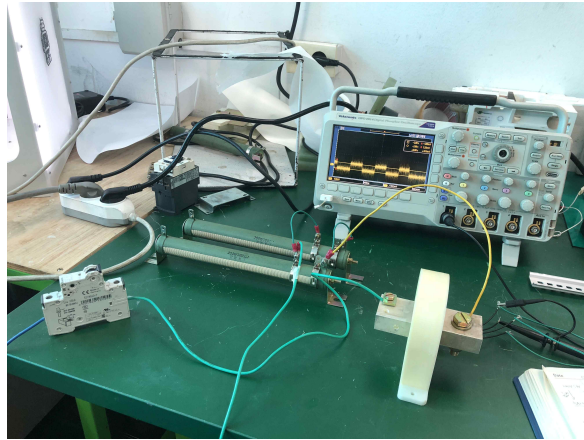
[표 1] CT 검증 시험 개요

	CT		
	저전류		고전류
인가 전압 [V]	100	50	-
인가 전류 [A]	4.9	10	500 ~ 2,700
저항값 [Ω]	20.3	5	-
출력 변환	2,000[A] : 4[V]		
개발 기준	최대 2,500[A]		
시료 수	2개		

(2) 시험 결과

1) 저전류 시험

	인가 전류[A]	CT 전류[A]	오차율[%]
CT 1	4.9	5	+2.0
	10	10	0
CT 2	4.9	4.8	-2.0
	10	10	0



[그림 4] DC-CT 저전류 시험 사진

2) 고전류 시험(선형적 전류 투입)_전류 포화 특성 검증시험

	인가전류[A]	CT 전류[A]	오차율[%]
CT 1	512.5	507.8	-0.9
	1,006.3	968.8	-3.7
	1,512.5	1,453.1	-3.9
	2,031.2	1,973.1	-5
	2,550.0	2,438.4	-4.4
CT 2	500.0	484.4	-3.1
	1,006.3	968.8	-3.7
	1,512.5	1,497.5	-1.0
	2,025.0	1,924.1	-3.8
	2,568.8	2,493.8	-2.9

3) 고전류 시험(순간 전류 투입)

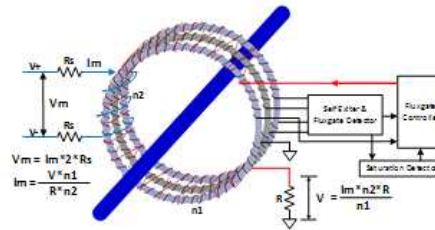
접촉기 차단	인가전류[A]		CT 전류[A]		오차율[%]	
	전	후	전	후	전	후
CT 1	262.5	506.3	265.6	500.0	+1.1	-1.3
	531.2	1,012.5	515.6	976.6	-3	-3.6
	800.0	1,525.0	781.3	1,461.0	-2.4	-4.2
	1,068.8	2,043.8	1,031.3	1,937.5	-3.5	-5.2
	1,287.5	2,556.2	1,234.4	2,492.1	-4.1	-2.5
CT 2	256.2	506.3	273.4	492.2	+0.6	-2.8
	525.0	1,012.5	523.5	984.4	-1.3	-2.8
	775.0	1,525.0	773.5	1,461.0	-4.5	-4.2
	1,037.5	2,043.8	1,039.1	1,984.4	-3.2	-2.9
	1,300.0	2,568.8	1,289.1	2,495.2	-4.3	-2.9

(3) 결론

- 1) DC-CT의 저전류 오차율은 기준서 제시 오차 범위 $\pm 5[\%]$ 이내에 측정됨
- 2) DC-CT의 전류 포화 특성 검증시험 결과 약 2,500[A]에서 포화특성 곡선을 형성
- 3) 급격한 사고전류 투입을 가정한 순간전류 투입 시험의 경우 기준서에 제시되어 있는 오차율 $\pm 5[\%]$ 범위에 측정됨

<DC-VT>

1. 구조



[그림 1] New fluxgate VT의 구조

2. 동작원리

- 1) V_m 전압을 측정하기 위해 전압의 양단자에 R_s 저항을 각각 넣어서 미세 전류를 흐르도록 하고, 이 도선을 전류센서에 여러번 권선하여 미세 전류의 배율을 높인다. 전류센서가 이 전류를 측정하면 R_s 의 저항을 알고 있기 때문에 V_m 의 전압의 측정이 가능하다.
- 2) R_s 에 흐르는 전류를 줄이면 소비전력이 줄어들고 발열을 감소시킬 수 있지만, 전류가 적으면 전류 배율을 높이기 위해 n_2 의 권선수가 커져 제품의 크기가 커지기 때문에 최적의 R_s 값 선정이 필요하다.(일반적으로 R_s 는 1[MΩ]을 적용)

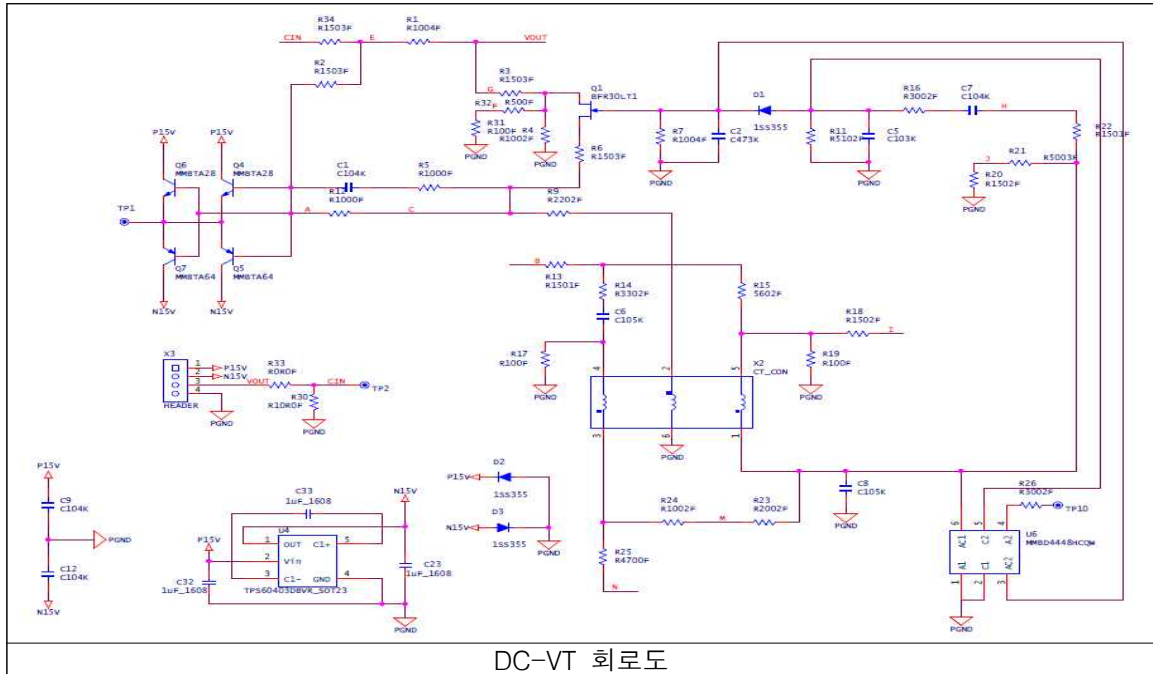
3. 동작 특성

플럭스 게이트의 낮은 전류를 측정할 수 특성으로 R_s 의 저항을 줄일 수 있고 n_2 의 권선수를 작게 할 수 있어 우수한 성능과 저렴한 가격으로 양산 제품에 효과적으로 적용할 수 있다.

4. New fluxgate VT의 사양

Nominal primary Voltage (VPN)	$\pm 2,000$	V rms
Measuring range @ $\pm 15V (\pm 5\%)$	$\pm 2,500$	V peak
Max. measuring resistance @ $VP_{max} \pm 15V (\pm 5\%)$	100	Ω
Min. measuring resistance @ $VPN \ \& \pm 15V (\pm 5\%)$	10	Ω
Turn number	1,500 : 1,000	turn
Secondary current at VPN	$(1,000 * (2,000 / 1M))$ 1,500	A
Accuracy at IPN @ $-40 \sim +70^\circ C$	$\leq \pm 5.0$	%
Offset current @ $+25^\circ C$	$\leq \pm 100$	μA
Linearity	$\leq \pm 0.1$	%
Delay time	≤ 2	μs
di/dt correctly followed	≤ 10	V/ μs
Bandwidth @ -3dB	≤ 50	kHz
Max. no-load consumption voltage @ $\pm 15V (\pm 5\%)$	≤ 20	mA
Secondary resistance @ $+20^\circ C$	≤ 100	Ω
Dielectric strength Primary/Secondary @ 60Hz, 1min	6	kV
Supply voltage @ $\pm 20\%$	± 15	V dc
Voltage drop	± 5	%
Operating temperature	$-40 \sim +70$	$^\circ C$
Weight	300 ~ 400	g

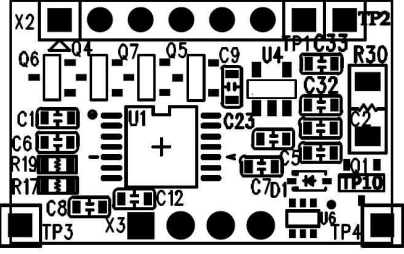
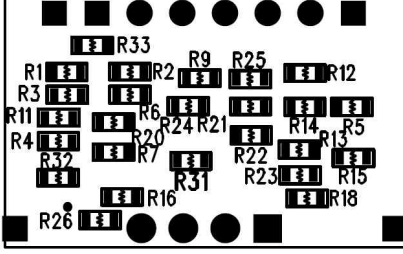
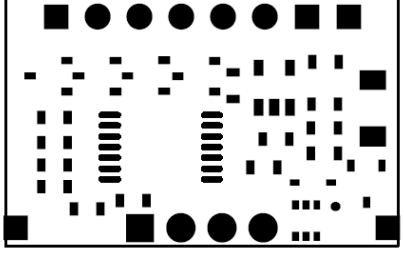
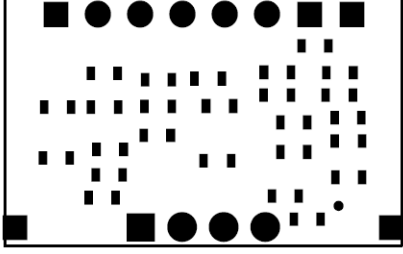
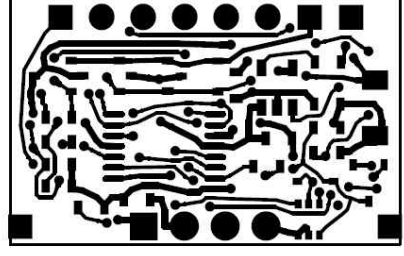
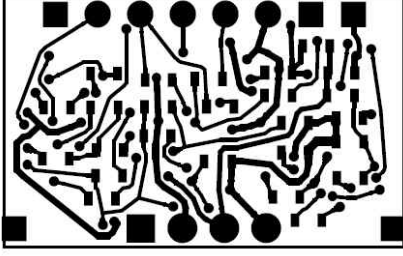
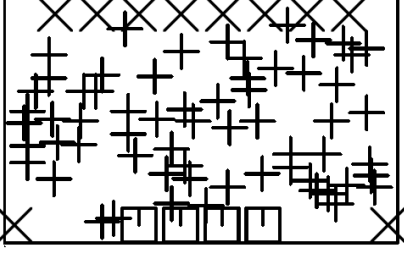
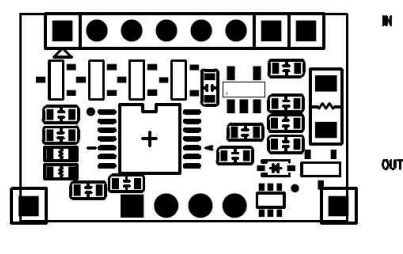
5. PCB 회로도



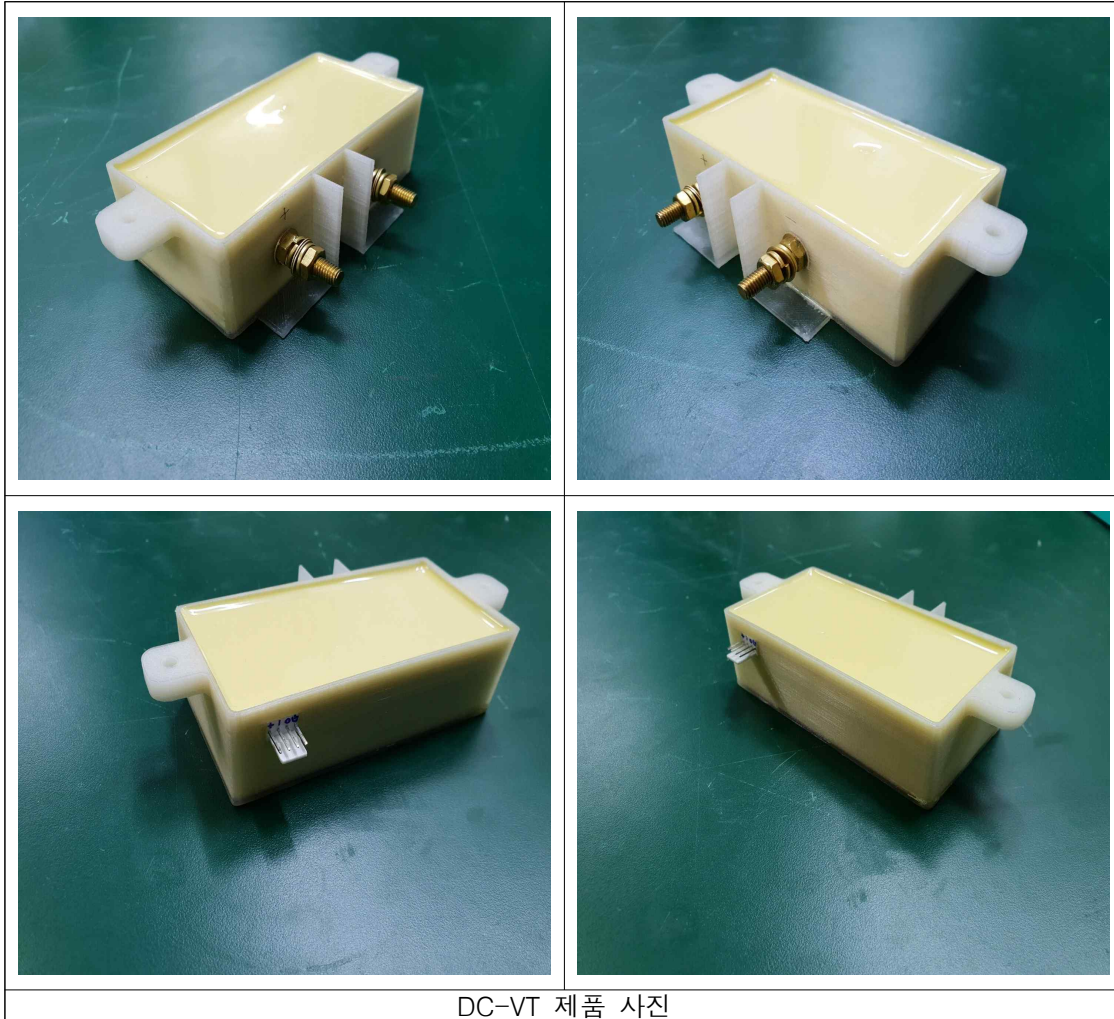
6. 부품 리스트

No.	Quantity	Reference	Part
1	4	C1,C7,C9,C12	C104K
2	1	C2	C473K
3	1	C5	C103K
4	2	C6,C8	C105K
5	3	C23,C32,C33	1uF_1608
6	3	D1,D2,D3	1SS355
7	1	Q1	BFR30LT1
8	2	Q4,Q6	MMBTA28
9	2	Q5,Q7	MMBTA64
10	2	R1,R7	R1004F
11	4	R2,R3,R6,R34	R1503F
12	2	R4,R24	R1002F
13	2	R5,R12	R1000F
14	1	R9	R2202F
15	1	R11	R5102F
16	2	R13,R22	R1501F
17	1	R14	R3302F
18	1	R15	5602F
19	2	R16,R26	R3002F
20	3	R17,R19,R31	R100F
21	2	R18,R20	R1502F
22	1	R21	R5003F
23	1	R23	R2002F
24	1	R25	R4700F
25	1	R30	R10R0F
26	1	R32	R500F
27	1	R33	R0R0F
28	5	TP1,TP2,TP3,TP4,TP10	TP-P0.8
29	1	U1	LMV339
30	1	U4	TPS60403DBVR_SOT23
31	1	U6	MMBD4448HCQW
32	1	X2	CT_CON
33	1	X3	HEADER

7. 아트워크 도면

	
1st layer	2nd layer
	
5th layer	6th layer
	
3rd layer	4th layer
	
7th layer	8th layer

8. 외형 사진



DC-VT 제품 사진

9. DC-VT 성능시험

(1) 시험 방법

VT에 취부 되어있는 전압 검출 단자에 전압을 인가하여 출력되는 측정값을 분석

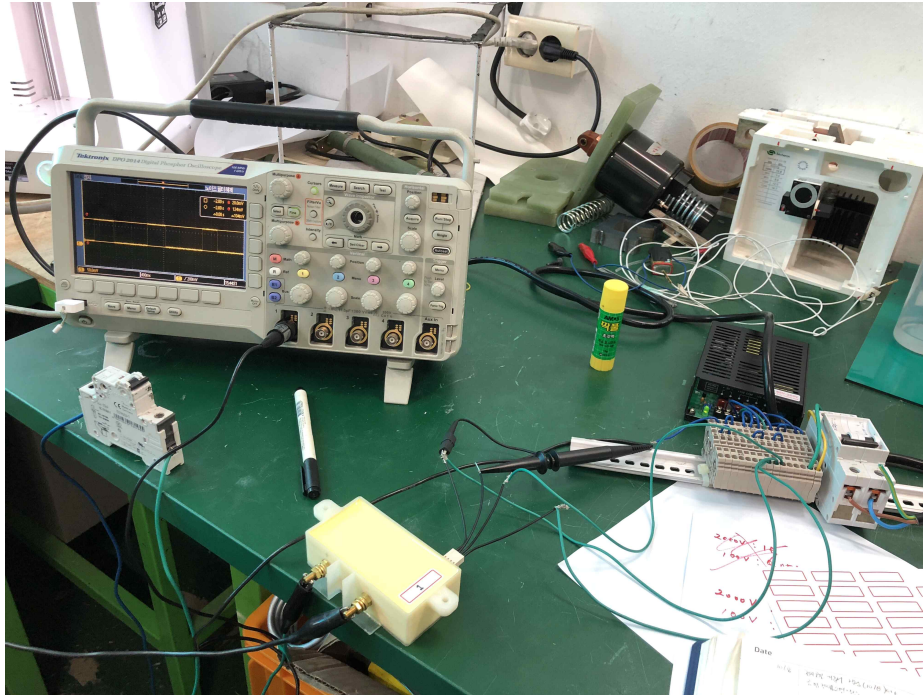
[표 1] VT 검증 시험 개요

	VT		
	저전압		고전압
인가 전압 [V]	100	50	500 ~ 2,840
인가 전류 [A]	-		1,200
저항값 [Ω]	-		-
출력 변환	2,000[V] : 4[V]		
개발 기준	최대 2,500[V]		
시료 수	2개		

(2) 시험 결과

1) 저전압 시험

	인가 전압[V]	VT 전압[V]	오차율[%]
VT 1	100	103	+3.0
	50	52	+4.0
VT 2	100	103	+3.0
	50	52	+4.0



[그림 2] DC-VT 저전압 시험 사진

2) 고전압 시험_VT 자체 특성 검증시험

	인가전압[V]	VT 전압[V]	오차율[%]
VT 1	540	520	-4.0
	1,080	1,060	-2.0
	1,640	1,620	-1.0
	2,160	2,140	-1.0
	2,840	2,820	-1.0
VT 2	500	500	0
	1,060	1,060	0
	1,620	1,620	0
	2,180	2,180	0
	2,860	2,860	0

3) 고전압 시험_주위 자장 형성시 성능 검증 시험(실제 운용 조건 가정)

	고속도차단기 통전 전류 [A]	인가전압[V]	VT 전압[V]	오차율[%]
VT 1	1,200[A]	540	520	-4.0
		1,080	1,060	-2.0
		1,640	1,620	-1.0
		2,160	2,140	-1.0
		2,680	2,700	+1.0
		2,840	2,820	-1.0
VT 2		520	520	0
		1,060	1,060	0
		1,640	1,620	-1.2
		2,160	2,180	+0.9
		2,700	2,700	0
		2,840	2,840	0



[그림 3] DC-VT 실제 운용 조건 가정 시험 사진

(3) 결론

- 1) DC-VT의 저전압 오차율은 기준서 제시 오차 범위 $\pm 5\%$ 이내에 측정됨
- 2) DC-VT 자체 특성 검증시험 결과 고전압시험기 최대 용량인 2,860[V]까지 이상 없이 측정 되었으며, 그 이상의 전압값이 측정 가능 하다고 판단됨
- 3) 실제 DC-VT가 운용되는 환경을 가정하고 시험한 주위 자장 형성시 성능검증 시험 결과 1,200[A] 조건에서 기준서 제시 오차 범위 $\pm 5\%$ 이내에 측정되었음

- 2차년도

1) 블랙박스 시스템 시제품 제작

(1) 본체(LCD PART) 제작

- i) 고속도차단기 등 직류개폐기에 장착 또는 별도 설치되어 제품의 실시간 운용상태 및 실시간으로 데이터를 전송해주는 장치
- ii) 블랙박스의 PCB설계 및 ART WORK의 완료와 함께 1차 년도에 금형을 제작하여 최종 버전의 제품 제작

(2) 파워모듈 시제품 제작

- i) 블랙박스 본체에 각종 소스(전원, DC CT/VT, THERMISTOR 등의 출력)를 공급
- ii) 블랙박스의 PCB설계 및 ART WORK의 완료와 함께 1차 년도에 금형을 제작하여 최종 버전의 제품 제작

2) 블랙박스 시스템의 공인기관 성능시험

(1) EMC 시험

- i) 시험일자 : 2019.05.22 ~ 2019.05.28
- ii) 시험기관 : SGS KOREA(군포)
- iii) 시험품 명 : Black Box for electrical equipment for rolling stocks with Power Module
- iv) 모델 명 : WBB-2000(Black Box) / WPM-2000(Power Module)
- v) 시험 규격 : EN 50121-3-2 : 2015(KOLAS 인증)
- vi) 성적서 번호 : SGS-E19-0030

(2) 블랙박스 시스템 소프트웨어 저작권등록

- i) 블랙박스 시스템 중 블랙박스 펌웨어, PC기반 프로그램, 모바일 APP에 대한 소프트웨어 저작권 등록을 통하여 소프트웨어의 권리를 주장하고 기술 내용에 대한 보호의 목적임
- ii) 등록기관 : 한국소프트웨어저작권협회(SPC)
- iii) 등록일자 : 2019. 12. 13
- iv) 등록 소프트웨어 명 및 등록번호

구분	소프트웨어	등록번호
1	블랙박스 펌웨어 v1.0(BLACK BOX FIRM WARE v1.0)	C-2019-040485
2	블랙박스 모바일 어플리케이션 v1.0(BLACK BOX Mobile Application v1.0)	C-2019-040486
3	블랙박스 PC기반 프로그램 v1.0(BLACK BOX PC-based Program v1.0)	C-2019-040487

3) 블랙박스 시스템의 특허 출원

(1) 블랙박스 시스템 특허 출원

- i) 특허명칭 : 직류개폐장치용 IoT 기반의 블랙박스 시스템
- ii) 출원 번호 : 10-2019-012984
- iii) 출원일 : 2019. 10. 18

- 3차년도

1) 블랙박스 시스템의 GS 1등급 인증 획득

- (1) GS(Good Software) 인증은 소프트웨어에 대해 기능적합성, 성능효율성, 보안성 등 여러 가지 성능에 대한 시험을 통해 소프트웨어 품질에 대한 신뢰성을 인증하는 시험이며 가장 높은 등급인 1등급 획득을 통해 블랙박스 시스템에 대한 품질을 입증함
- (2) 인증 시험 내용
 - i) 시험 기관 : TTA(한국정보통신기술협회)
 - ii) 소프트웨어 명 : Black Box firmware v1.0

iii) 시험 규격 : ISO/IEC 25023, 25041, 25051

iv) 인증서 번호 : 21-0036

v) 인증 일자 : 2021. 01. 14

2) 블랙박스 시스템 특허 등록

(1) 특허명칭 : 직류개폐장치용 IoT 기반의 블랙박스 시스템

(2) 특허번호 : 제 10-2221226호

(3) 등록일 : 2021. 02. 23

2.3 블랙박스 시스템이 적용된 소형 경량의 고속도차단기

- 블랙박스 시스템의 기능

1) 블랙박스 본체(펌웨어)

(1) 블랙박스 본체는 LCD 패널과 파워모듈로 구성되어 있으며, LCD 패널은 고속도차단기 함 (예)LB BOX) 외부에 설치되기 때문에 작업자(사용자)가 유지보수시 제품의 상태와 수집된 각종 빅 데이터를 고속도차단기 함을 개방하지 않은 상태에서 확인 할 수 있고 파워모듈은 고속도차단기 함 내 설치되어 차량에서 오는 배터리 전원을 공급받아 블랙박스 LCD 패널로 안정적으로 전원을 공급할 수 있음

(2) 주요 빅 데이터의 검출 방식은 아래와 같음

구분	빅 데이터	검출 방식	비고
1	투입 및 차단횟수	고속도차단기 보조접점 중 a접점	
2	통전전류	(-) 터미널에 설치된 DC-CT	
3	가선전압	고속도차단기 측면에 설치된 DC-VT	
4	온도(주접점, 플렉시블 부스바 등)	각 부위에 온도 측정용 서미스터를 장착	
5	적산 주행거리, 주행속도	고속도차단기 함 외부 GPS 장치	

(3) 고속도차단기에서 발생된 각종 빅 데이터를 위 방식으로 검출하여 블랙박스 펌웨어로 전송 후 LCD 패널에 표시

(4) 고장예측 및 유지보수 사전알람, 알람 전류치 또는 트립 전류치 도달 알람 기능의 경우 투입 및 차단횟수 데이터와 통전전류 데이터를 이용하여 블랙박스 펌웨어에서 자체 연산을 통한 기능 구현

(5) 블랙박스 시스템이 적용된 차량정보(편성면, 호선, 차량번호)를 블랙박스 본체 설치 초기에 설정 할 수 있으며, 블랙박스 본체에서만 설정이 가능하도록 되어 있음

2) 모바일 APP 및 PC프로그램

(1) 블랙박스 펌웨어에서 검출하고 가공된 빅 데이터를 Wi-Fi 및 LTE 통신을 이용하여 작업자(사용자)가 직접 고속도차단기 함을 열거나 근처에 가지 않고 빅 데이터를 확인 할 수 있음

(2) 블랙박스 본체가 스캔한 빅 데이터를 무선 통신으로 전송 받아 표시 및 다운로드 할 수 있는 기능만 가지고 있으며, 블랙박스가 적용된 차량 정보 설정의 변경은 불가능하고 오로지 변경된 기록을 열람만 할 수 있어 차량정보의 혼선을 사전 방지 할 수 있음

(3) 블랙박스에서 검출된 빅 데이터를 표시하기에 모바일 디스플레이의 경우는 공간상 제약이 다소 있음을 고려하여 그래프, 데이터의 비교 등의 기능은 구현되지 않으며 블랙박스 본체(LCD 패널)과 동일한 표시 기능을 가지고 있음

(4) PC프로그램의 경우 모바일 APP보다 디스플레이 제약이 적어 각종 빅 데이터의 그래프화, 빅 데이터 간 비교 등의 다양한 방법으로 확인이 가능하여 작업자(사용자)의 가시성이 우수함

3) 블랙박스 시스템(모바일 APP, PC프로그램)의 각종 기능 실행 화면의 예

KT 3219 

4G LTE+ 1.4% 66%

빅데이터(구간감세)

다운로드

서울고속국간 / 4호선 / 413경남선

HB BOX / BB0001

경북구간

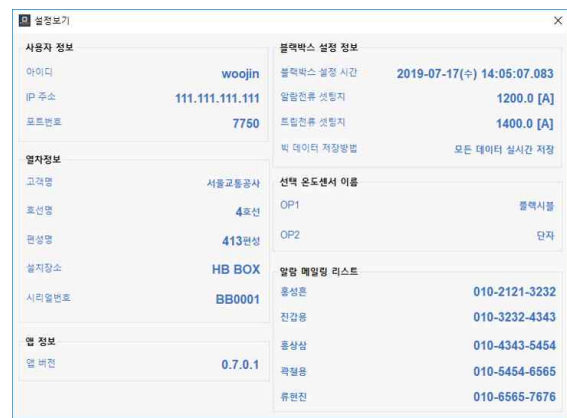
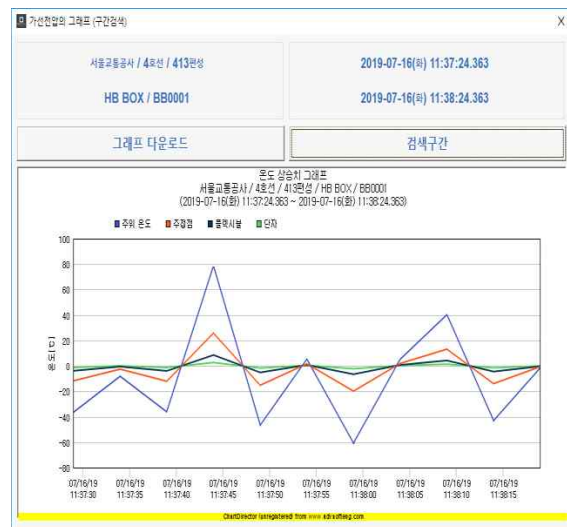
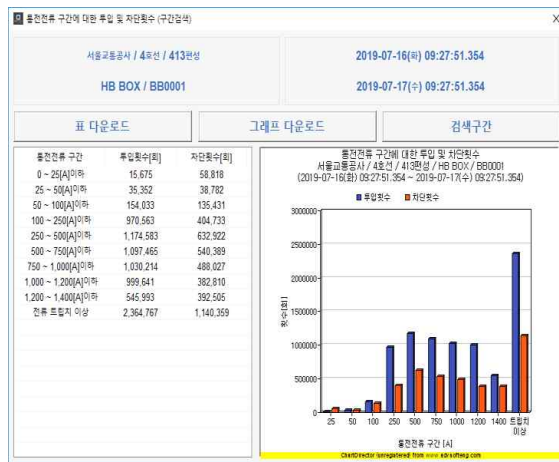
2019-07-16(화) 15191920,275

2019-07-16(화) 15191935,275

날짜 (요일)	발차시간	가산전압 (DC V)	동전전압 (DC A)	주상전압 (V)	
비전전압 (V)	주상 (%)	주상전압 (kV)	OP1 (불량+불)	OP2 (단차)	주상전압 (km)
구간			속도 (km)	주상전압 (V)	
2019-07-16 (화)	15191919,275	99.4	207.1	629	
479	131.3	46.6	11.4	57.8	276,819
서울특별시 용인군 한빛대로 405 서울지			165	283.9	
2019-07-16 (화)	15191918,275	225.0	1497.3	949	
338	97.2	25.5	36.8	3.2	219,047
서울특별시 용인군 한빛대로 405 서울지			0	210.8	
2019-07-16 (화)	15191917,275	0	1894.0	127	
651	64.8	16.3	62.4	81.4	364,703
서울특별시 용인군 한빛대로 235 서울지			30	212.0	
2019-07-16 (화)	15191916,275	475.9	168.0	260	
578	76.7	103.6	139.1	45.2	192,776
경기도 수원시 팔달구 낙안로 926 수원지			214	702.3	
2019-07-16 (화)	15191915,275	516.3	960.9	503	
347	2.5	54.8	88.5	51.0	813,056
서울특별시 용인군 한빛대로 405 서울지			219	627.3	

KT 3259 	날씨 10월 24일 6:59 AM	다문화방송
	설립 변경 기록	다른로드
서울교통공사 / 4호선 / 413호선 HB BOX / BB0001		
특기 설정 정보 고 객 : 서울교통공사, 노선명 : 4호선, 편명명 : 413호선, 열차번호 : HB BOX, 이차번호 : BB0001 열차번호 생략치 : 10.0[A], 도착전문 생략치 : 10.0[A] OP1 (출발) : OP2 (난파) 빅 데이터 처리방법 : 동행전문 구간여부		
설립 변경 일시 2019-07-15(토) 21:59:07, 988	설립 변경 내용 빅 데이터 처리방법 : 모든 데이터 생략치 여부 -> 동행전문 구간여부	
2019-07-15(토) 03:59:07, 988	도착전문 생략치 : 400[A] -> 100[A]	
2019-07-15(토) 09:59:07, 988	빅 데이터 처리방법 : 모든 데이터 생략치 여부 -> 동행전문 구간여부	
2019-07-15(토) 15:59:07, 988	도착전문 생략치 : 400[A] -> 100[A]	
2019-07-15(토) 21:59:07, 988	도착전문 생략치 : 400[A] -> 100[A]	
2019-07-12(금) 03:59:07, 988	OP1 : 난파 -> 출발치 OP2 : 출발치 -> 난파	
2019-07-12(금) 09:59:07, 988	고 객 : 서울교통공사 -> 신천호공사 열차번호 생략치 : 10.0[A] -> 30.0[A]	
2019-07-12(금) 15:59:07, 988	도착전문 생략치 : 500[A] -> 100[A]	
2019-07-12(금) 21:59:07, 988	빅 데이터 처리방법 : 동행전문 구간여부 -> 모든 데이터 생략치 여부	
2019-07-09(화) 21:59:07, 988	빅 데이터 처리방법 : 모든 데이터 생략치 여부 -> 동행전문 구간여부	
2019-07-09(화) 03:59:07, 988	도착전문 생략치 : 400[A] -> 100[A]	
2019-07-09(화) 09:59:07, 988	도착전문 생략치 : 400[A] -> 100[A]	
2019-07-09(화) 15:59:07, 988	고 객 : 서울교통공사 -> 신천호공사 열차번호 생략치 : 10.0[A] -> 30.0[A]	
2019-07-09(화) 21:59:07, 988	도착전문 생략치 : 400[A] -> 100[A]	
2019-07-06(토) 03:59:07, 988	빅 데이터 처리방법 : 모든 데이터 생략치 여부 -> 동행전문 구간여부	
2019-07-06(토) 09:59:07, 988	고 객 : 서울교통공사 -> 신천호공사 열차번호 생략치 : 10.0[A] -> 30.0[A]	
2019-07-06(토) 15:59:07, 988	OP1 : 난파 -> 출발치 OP2 : 출발치 -> 난파	
2019-07-06(토) 21:59:07, 988	빅 데이터 처리방법 : 모든 데이터 생략치 여부 -> 동행전문 구간여부	
2019-07-03(목) 21:59:07, 988 2019-07-03(목) -> 2019-07-03(목)		

모바일 APP



PC 프로그램

2.4 마케팅 활동

- 1차년도

1) 사업화 초기 비즈니스 모델 계획서 작성

(1) 블랙박스 내장형 고속도차단기 개발 완료 후 시장진입 및 양산, 판로개척에 대한 사업화 초기 분석

(2) 국내 영업

- i) 당사 국내 영업팀이 철도 차량사/운영사와 현재까지 쌓아온 유대관계를 활용
- ii) 현대화(개량) 사업의 기존 경쟁사 고속도차단기의 대체품으로 적용

(3) 해외 영업

- i) 해외 전시회의 주기적 참가 및 신제품 어필
- ii) KOTRA 한국 사무관의 적극 활용

[비즈니스모델 계획서]

비즈니스모델 계획서
1. 양산 1) 생산형태 : 완제품 형태 2) 주요 원재료 전자코일, 아크 슈트, 접촉자(고정 및 가동 접점), 터미널(+, -), 본체 3) 주요 원재료의 조달성 용이(국내에서 제작 및 수급 가능) 4) 생산 규모 (1) 고속도차단기의 제조에 따른 생산규모 : 연간 생산량 250대 기준 (2) 작업장 면적 : 16.53㎡(5평) (3) 제조 인원 : 2명(고정) 5) 원료투입 및 예상 Lead-Time (1) 원재료 수급 : 수주통보 접수 후 2개월 (2) 부품 검사 및 제품 조립 : 5일 / set (3) 제품 검사 및 포장(출하) : 3일 2. 시장진입 및 판로개척 1) 마케팅 순서 (1) 각종 기술사양서 및 취급설명서 작성 국문(국내 영업용), 일문(도시바, 미쯔비시 대응), 영문(중국, 유럽 대응) (2) 제품 Catalogue 작성 : 국문, 영문 (3) 국내 영업 : 국내 영업 담당과 연구원 동행 각 차량사업소 홍보 (4) 해외 영업 - 해외 영업 담당, KOTRA 한국사무관 활용 - 현지 Agent 선정 및 해외 차량 운용사에 Catalogue 발송 - 현지 Agent 영업활동 지원 및 제품 개량 상담 (5) 사양 SPEC-IN시 개량업무 지원 및 실적 확보 (6) 신조 차량의 SPEC-IN 추진 2) 국내 영업 (1) 국내 영업망의 활용 - 국내 영업팀이 철도 차량사 / 운영사와 이제까지 쌓아온 밀접한 유대관계 활용 - 서울교통공사 외 각 지자체의 도시철도공사 본사 및 차량기지 주기적 방문 - 개발 신제품에 대한 기능 및 사용방법, 적용시의 편리성을 설명

- (2) 서울교통공사 SMART Connected Metro(SCM)의 스마트 검수시스템에 적극 적용
- 블랙박스 내장 IoT기반 고속도차단기가 완료되는 2019년 12월 이후에는 서울교통공사의 타기지로 확대 적용되므로, 스마트 검수시스템이 우선적으로 구축되는 신정기지에 대한 주기적인 진척상황을 확인하여 개발완료와 함께 바로 적용될 수 있도록 선제적으로 대응
 - 신정기지의 적용실적을 바탕으로 타 차량기지 및 타 지자체로 적용확대
- (3) 현대화(개량) 사업의 기존 고속도차단기의 대체품으로 적용
- 국내 지하철 운영공사 차량이 25년 이상된 차량이 전체의 약 47[%] 이상이 되므로, 개량 사업에 소요되는 일반 고속도차단기에 블랙박스 내장 IoT기반 고속도차단기로의 대체를 유도
 - 블랙박스 내장 IoT기반 고속도차단기의 특징, 유지보수 및 점검의 용이성 등을 최대한 어필

3) 해외 영업

- (1) 해외 전시회의 주기적 참가 및 신제품 어필
- 세계 최초인 IoT기반의 고속도차단기를 개발하여 당사가 매년 참가하고 있는 국제철도 차량 전시회 등에서 개발품의 홍보 및 해외시장 판로개척

[표] 전시회 참가이력

참가 연도	전시회명	국가(지역)
2018. 09월 참석	Inno Trans	독일(베를린)
2017	RailLog Korea	대한민국(부산)
2016	Inno Trans	독일(베를린)
2015	METRO CHINA	중국(베이징)
2015	RailLog Korea	대한민국(부산)
2014	Inno Trans	독일(베를린)
2013	RailLog Korea	대한민국(부산)

- (2) KOTRA 한국사무관의 적극 활용
- KOTRA 맞춤형 시장조사 프로그램 활용
대상국의 시장조사 및 바이어 조사, 영향력 있는 현지 에이전트의 확인 요청
 - 카탈로그 및 각종 기술자료 송부
 - 현차 적용을 위한 현지 차량사 / 운영공사 또는 대행 엔지니어링사와의 기술미팅

3. 시장진입을 위한 추진전략

1) 시장진입을 위한 추진전략

(1) 1차년도 : 비즈니스 모델 수립

- 현대화 사업에 적용되는 일반형 고속도차단기의 대체품으로 판매
- 서울교통공사(신정기지)의 스마트 검수시스템과 관련된 프로젝트에 판매
- 신정기지의 적용실적을 바탕으로 타 차량기지 및 타 지자체의 운영공사에 판매 확대
- 국내의 적용실적을 바탕으로 글로벌 마케팅 실시

(2) 2차 및 3차년도 : 마케팅 전략수립 및 추진

- 제품의 기술자료(기술사양서 및 취급설명서) 및 카탈로그 제작
- 한국철도공사 등 타 지자체의 운영공사 방문 및 제품 홍보
- 일반형 고속도차단기의 대체품으로 블랙박스 내장형 고속도차단기의 현차 신뢰성 검증 유도

- 철도차량 전시회(이노트랜스 등) 참석과 해외영업팀 및 KOTRA 한국사무관을 통한 제품 홍보

2) 현재 시장점유 사항 및 애로사항의 해결방안에 따른 시장 진입 계획

- (1) 국내의 현대화 사업에 적용되는 일반형 고속도차단기 경우 거의 대부분을 당사에서 공급하고 있음
- (2) 블랙박스 내장형 고속도차단기의 개발과정 중 차단성능 검증이 포함되어 있고, IEC규격에 의한 완벽한 차단성능 검증은 국내의 차단시험설비 인프라 구축 미비로 해외 공인기관(독일 IPH사)에서 이루어져야하고 그 일정조율과 시험에 6 ~ 8개월의 상당한 시간이 소요됨
- (3) 이러한 해외 공인기관의 차단성능 검증과 각종 성능에 대한 국내 공인기관 시험이 3차년도에 이루어 짐
- (4) 블랙박스 내장형 고속도차단기의 개발 완료 후 즉각적인 판매가 이루어지는 것은 현실적으로 불가능함.
일단 일반형 고속도차단기의 대체품으로 최소 6개월에서 1년 이상의 현차 신뢰성 검증 후에 운영공사의 구매가 이루어짐

3) 제한적 수요처의 다각화 및 원가절감 방안

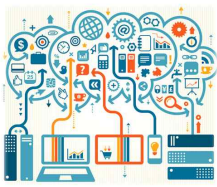
- (1) 블랙박스가 내장된 IoT기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기는 철도 차량의 단류기함(Line breaker box)에 주로 사용되나, 에너지 저장장치 등에도 적용이 가능함
- (2) 블랙박스의 경우 DC 2,000[V], 2,000[A] 이하 정격의 모든 개폐기류에 적용이 가능하며, 블랙박스 단독으로의 판매도 가능함
- (3) 블랙박스 내장으로 인한 원가 상승요인은 전체 제조원가 대비 약 10[%] 이내로 예상되며, 판매 확대에 따른 양산시에는 7[%] 이내로 원가절감이 가능함
- (4) 고속도차단기의 경우 타 메이커에 비해 가격경쟁력을 충분히 갖추고 있어 블랙박스를 내장하더라도 경쟁사의 약 80[%] 수준으로 판매가 가능함

4. 2018년 마케팅 실적

4.1 국내 마케팅

- 1) 출장 일시 : 2018. 06. 11(월)
- 2) 출장 장소 : (주)우진산전
- 3) 출장 목적 : 블랙박스 내장형 고속도차단기의 서울교통공사 스마트 차량검수 시스템 적용방안 협의
- 4) 출장 인원 : 기술연구소 연구 3팀 조성훈 수석연구원, 국내 영업 김현구 팀장
- 5) 업무 협의자 : 기술연구소 전장개발 연구개발팀 구윤모 수석연구원
- 6) 협의 내용
 - 블랙박스 내장형 구현기능 설명
(블랙박스 본체, 스마트폰 어플리케이션, PC기반 프로그램의 구현기능)
 - TCMS와의 RS 485통신 기능
 - LTE망을 이용한 실시간 빅 데이터의 확인 및 처리 기능
 - 서울교통공사 스마트검수시스템에 적용될 수 있도록 제안 요청

* 2018년 09월 10일 서울교통공사 본사 및 군자기지에서 제안서 발표



스마트 검수시스템 개발 추진 현황

2018. 09. 10

www.wjis.co.kr

01 컨소시엄 구성

구분	기관명	사업 개발 내용
사업 중 단	우진산전	• 사업 총괄 및 관리 • 차량 상태 DATA 및 검수장비 DATA 수집/분석 • 빅데이터 플랫폼 구축 방안 수립 • 예측모델 생성 및 예지분석을 위한 알고리즘 개발 • 차량 상태에 대한 예지분석 알고리즘 검증 및 분석

02
시스템 개발 범위
3

구분	전장품 명칭	센싱 종류	내용	전송주기	
<u>전장품</u>	축전지	· 전류 · <u>전압</u>	축전지 <u>상태값</u> 예지 분석	실시간	
	VVVF INVERTER	· FC 전압 · 추진/제동력 · 회생제동력 · 하중토크 전류	· <u>출속도</u> · 추진상태 · 제동상태	이상가능 유무 예지 분석	실시간
	SIV	· 가선헌압 · 입력전류 · 출력전압	· 출력전류 · 출력주파수 · 입력전압	이상가능 유무 예지 분석	실시간
	CMSB	· 출력전압	· 출력전류	이상가능 유무 예지 분석	실시간
	주요 HSCB	· 전류 <u>트립치</u> 이상 · 부하상태	· <u>무부하상태</u>	전압, 전류, 동작횟수에 따른 상태 예지 분석	실시간
	<u>팬터그래프</u>	· 상승/하강 신호	· 가선헌압	<u>팬터그래프</u> 상태정보	기지도착

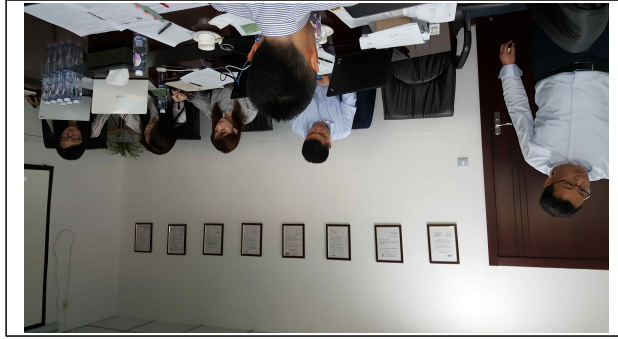
4.2 해외 마케팅

- 1) 출장 일시 : 2018. 09. 27 ~ 09. 28(1박 2일)
- 2) 출장 장소 : WELLCONN(상해), BOMBARDIER NUG Propulsion system(상주)
- 3) 출장 목적 : BOMBARDIER NUG에 우진 HSCB 신차 적용관련 기술 미팅
- 4) 출장 인원 : 기술연구소 연구 3팀 조성훈 수석연구원, 해외 영업 정현호 대리

4.2 업무협의 내용

4.2.1 WELLCONN사

- 1) 일시 : 2018. 09. 27(목) 12 : 30 ~ 14 : 30
- 2) 회의 참석자
 - (1) WELLCONN
Mr. Addy(사장), Mr. Tom(영업 담당 - 전기 담당), Ms. Alice(오피스 매니저),
Ms. Carrie, Ms. Joyce(해외 영업 - 메트로 담당)
 - (2) 우진기전
기술연구소 연구3팀 조성훈 수석연구원, 해외 영업 정현호 대리



3) 협의 내용 : 세실론 UR6 및 UR10 대체 가능여부

(1) 기술적 협의사항

- 외형 치수의 저감관련 불가사유 및 기존 설치된 절연 배리어 치수를 고려하면 수용 가능함을 설명 : 문제 되지 않음
- 전자코일의 전압에 따른 적용방안 설명
→ DC 110V용 코일의 신규 개발방식으로 진행(2 ~ 3개월 소요)
- 고속도차단기의 타입(B1, B2, B3) 구분방법 설명
- 프로젝트에 필요한 주 접점의 타입 요청($AgCdO$, $AgSnO_2$)
- WHB 1512의 UR6/UR10 교체 호환성 설명

(2) 우진이 주문을 받을 수 있는 Capacity관련 수량

- 300세트 이하 : OK
- 300세트(1,200세트) 이상 : Double check

(3) Target price관련 업무협의

(4) 블랙박스 내장형 고속도차단기의 개발 및 판매관련 설명

- 금번 국토진흥원 주관 블랙박스 내장형 고속도차단기 개발로 제작 될 제품 주요 특징점 소개
- 세실론 UR-6대비 기능상 차이점 및 블랙박스 기능 소개
- 개발완료 후 중국시장 진출을 위한 기술 자료 제공 및 기술협의 예정

4.2.2 BOMBARDIER NUG Propulsion system사

1) 일시 : 2018. 09. 28(금) 09 : 00 ~ 11 : 00

2) 회의 참석자

(1) BOMBARDIER NUG Propulsion system

Xiaocheng Zhang(자재 팀장), Zhiye Chen(품질 담당)

* 참석하기로 했던 설계 엔지니어 불참

(2) WELLCONN

Mr. Addy, Mr. Tom, Ms. Joyce

(3) 우진기전

기술연구소 연구3팀 조성훈 수석연구원, 해외 영업 정현호 대리

3) 협의 및 설명 내용

(1) 자재 팀장 협의사항

- 테스트 벤치에서 자체 테스트 후 OK시 적용 예정
- 시험 계획은 별도 없으며, 테스트에 10 ~ 15일 정도 소요됨
- 1 박스에 소요되는 2세트 공급을 요청함
- 1년에 필요한 물량 : (400 ~ 500)차량 * 4세트/차량 = (1,600 ~ 2,000)세트
* 테스트 통과 후 이 중 팀장 권한으로 20 ~ 30%의 물량 발주 가능
- Lead time : 발주 후 6 ~ 8개월

(2) 품질 담당 질문사항

- 봄바르디에 시스템과의 호환성
UR6/10에 적용개소에 그대로 적용 가능함을 설명
- 사용전압 문제
정격동작전압 DC 1,800V, 최대 절연전압 DC 2,300V임을 설명
- 차단전류 파라미터 설명
- 차단시간, 개방시간, 아크시간의 설명
DC 1,800[V], 30[kA], 시정수 15[ms]에서의 IPH사 시험성적서로 설명
- DC 100/100V 전자코일 관련 : DC 110V 코일 개발로 시스템 변경 없음
- 세실론 제품의 경우 진동/충격에 약한 부분이 있음
* 선로조건이 열악하여 접점 부분의 파손이 있었음
- 접점의 교환주기를 정량적으로 제시 요청 받음



(3) 향후 추진 사항

- 업무 협의시 논의되었던 사항과 설계 엔지니어의 질문사항이 취합 정리되어 별도 질문지가 보내질 것으로 예상됨
- 당사 HSCB의 적용관련 BOMBARDIER NUG의 업무 프로세스
당사 HSCB의 자체 테스트 OK 및 설계 엔지니어 OK SIGN
→ QC 담당 OK SIGN → 자재 발주가 이루어짐

- 2차년도

1) 중국/Welconn 社 봄바르디에 NUG Propulsion System 프로젝트

- (1) 2018년 9월 28일 중국 Welconn 社와 세실론사 UR-6 고속도차단기 대체 업무 협의
- (2) 금번 과제를 통해 개발된 저 유지전류형 DC 110[V] 전자코일을 탑재한 당사 일반 고속도차단기 2 SET를 현차 시험용으로 2019년 1월 9일 수출하였으며, 600만원의 매출이 발생하였음
- (3) 최근 CURC(China Urban Rail Certification)인증이라는 철도차량 전장품류에 대한 새로운 인증이 중국 철도시장에 적용되었으며, 2019년 5월 최초 공고를 시작으로 2019년 9월 CURC 인증에 대해 관련 정부 부처와 산업계 인사들이 채택 및 수용에 관한 협약을 체결하였고 2020년 11월 1일부터 정식으로 시행 되고 있음
- (4) CURC인증은 표면적으로 자율인증이지만 중국 내부에서는 반드시 획득해야하는 강제인증의 성격을 띠고 있음
- (5) 고속도차단기도 CURC인증 범위에 포함되기 때문에 정식 적용을 위해 반드시 필요한 인증임

-
- (6) 현재 CURC인증 획득을 위해 국내외 다양한 중국 인증 전문 업체와 인증 비용 및 기간에 대해 업무 협의를 진행하고 있으나 막대한 인증비용과 오랜 인증 기간, 코로나 19 사태 등 여러 가지 요인으로 CURC 인증 추진에 어려움이 있음 (인증비용 : 약 2억 / 인증기간 : 약 1년)

2) 중국/Welconn 社 CHSR 현수 모노레일 프로젝트

- (1) 2018년 9월 28일 중국 Welconn 社와 세실론사 UR-6 고속도차단기 대체 업무 협의
- (2) 금번 과제를 통해 개발된 저 유지전류형 DC 110[V] 전자코일을 탑재한 당사 일반 고속도차단기 2 SET를 현차 시험용으로 2019년 1월 9일 수출하였으며, 약 600만원의 매출이 발생하였음
- (3) 2019년도에 6개월 간 현차 신뢰성 검증 후 본선 운행 중에 있음
- (4) 위에서 언급한 CURC 인증 관련하여 본 프로젝트 역시 추후 물량확보에 대해서는 불투명 함
- (5) 현재 본선에 운행 중인 고속도차단기 2SET의 경우 CHSR 현수 모노레일 측에서 현차 신뢰성 검증의 연장선상으로 판단하여 본선에 적용 중이며 정식 판매를 위해선 반드시 CURC 인증이 필요함

3) 의정부 경전철 고속도차단기 대체 사업

- (1) 2019년 8월 중순 경 의정부 경전철(U-LINE)의 운영사인 우진메트로와 세실론 고속도차단기 UR-6 대체를 위한 업무협의를 진행하였음
- (2) 2019년 6월 18일부터 시행된 철도안전법의 형식승인 여부에 대한 검토 및 한국철도기술연구원과 3차례 업무협의 결과 “철도차량 기술기준 4.5.9에서 요구하는 내용에 대해 최종 제출한 자료를 검토 후 이미 관련 기술기준에 의거하여 안전 성능이 검증된 제품임” 이라는 공문을 접수 하였으며 개조승인이 아닌 개조신고에 해당되어 ‘철도차량 개조검사 시행지침’에 의거한 형식시험을 하지 않고 제품 적용이 가능하게 되었음
- (3) 2019년 11월 5일 대체품에 대한 시험선, 영업노선 현차 신뢰성검증을 완료 (영업노선 21[km] 1회 왕복, 시험선 250[m] 5회 왕복 실시)

- 3차년도

1) 의정부 경전철 고속도차단기 대체 프로젝트 사업화 매출액 발생

2020년 6월 9일 저 유지전류형 전자코일이 적용된 당사 고속도차단기의 세실론社 고속도차단기 대체품 총 8SET에 대한 납품을 완료하였음 (매출액 8,000만원)

2) 개발 고속도차단기 마케팅

(1) 현차 신뢰성 검증

2021년 7월 5일 제품 신뢰성 검증을 위해 의정부경전철 A10-B10 편성에 적용하여 시험선 (약 250[m], 5회 왕복)과 영업시간 외 본선(15개 역사, 왕복 약 21[km]) 현차 신뢰성 검증시험 1,000[km]를 진행

(2) 제품 카탈로그 제작

- i) 소형 경량의 고속도차단기에 대한 특징점과 제품 사진 등이 포함된 카탈로그 제작
- ii) 당사 국내 영업팀이 철도 차량사/운영사와 현재까지 쌓아온 유대관계를 활용하여 제품 카탈로그와 각종 성적서 등을 어필하여 적극적인 홍보 마케팅 활동 진행 중

(3) 제품 소개 동영상 제작

- i) 고속도차단기의 사양, 각 주요 부품, 간단한 조립 과정을 영상자료로 제작하여 다양한 시각적인 정보를 제공함으로써 새로운 제품에 대한 거부감을 줄여 고객이 당사 고속도차단기를 선택할 수 있는 가능성을 확장시키는 효과 기대
- ii) 국내뿐만 아니라 해외시장 개척을 위해 영문으로 동영상을 제작하여 해외 전시회 및 KOTRA 한국사무관 등 다양한 방법으로 제품을 적극적으로 홍보 할 예정

(4) 유지보수 비용의 감소효과, 고장 감소효과 등 경제적인 우수성 홍보

- i) 고속도차단기에서 발생된 각종 빅 데이터를 사용자가 확인하여 기존 시간단위의 점검주기의 패러다임에서 제품의 점검주기(동작 횟수)에 맞춰 유지보수를 진행 할 수 있는 정량적이고 효율적인 유지보수 체계로 전환이 가능함
- ii) 시간단위의 유지보수를 진행할 경우 특히 경정비시 동작 횟수에 따른 제품상태에 대한 예측이 불가능하여 점검자가 직접 육안으로 확인이 필요하지만, 정량적인 데이터를 기반으로 한 유지보수의 경우 동작 횟수 및 차단 전류, 적산 주행거리 등 다양한 고속도차단기의 운용 데이터를 바탕으로 제품 상태에 대한 예측이 가능하며, 점검자의 점검시간이 비약적으로 줄어 인건비 등 점검시 발생하는 각종 부대비용의 감소 효과를 강조하여 경제적인 우수성을 홍보할 예정임
- iii) 또한 고장에측 사전 알람 시스템을 활용하여 고속도차단기의 주요 소모품인 접점, 아크슈트 그리드 등 동작횟수에 따라 사전에 예비품을 준비 할 수 있고 제작사에서 제시한 교체 주기에 알맞게 교체가 가능함에 따라 제품 사용 수명이 길어져 고속도차단기 완제품 자체를 교체하는 빈도가 비약적으로 감소하게 될 것이며 그에 따른 차량 운영사의 유지보수 비용 또한 감소하게 될 것이라는 점을 어필할 예정임
- iv) 유지보수 비용에 대한 정확한 감소비용에 대해서는 차량 운영사마다 그 기준이 달라 정확한 비용은 측정할 수 없지만 대략적으로 기존 유지보수 비용 대비 최대 15% 정도 감소 될 것이라고 판단됨

3) 소형 경량의 고속도차단기 형식승인(개조승인)관련 업무 협의

(1) 일자 : 2021. 11. 09

(2) 장소 : 한국철도기술연구원

(3) 협의 내용

- i) 소형 경량의 고속도차단기의 철도차량 적용에 따른 형식승인(개조승인) 적용 관련 법적 조항 확인 {철도안전법 제 38조의 2(철도차량의 개조 등)}
- ii) 개조승인을 위해 필요한 서류
 - 개조 대상 철도차량 및 수량에 관한 서류
 - 개조의 범위, 사유 및 작업 일정에 관한 서류
 - 개조 전/후 사양 대비표
 - 개조에 필요한 인력, 장비, 시설 및 부품 도는 장치에 관한 서류
 - 개조작업수행 예정자의 조직, 인력 및 장비 등에 관한 현황과 개조작업수행에 필요한 부품, 구성품 및 용역의 내용에 관한 서류
 - 개조 작업지시서
 - 개조하고자 하는 사항이 철도차량기술기준에 적합함을 입증하는 기술문서

(4) 향후 세부일정

구분	1개월	2개월	3개월	4개월	5개월	6개월	7개월	8개월
개조승인용 시제품 제작								
개조승인 신청 서류 작성 및 제출								
개조승인검사 계획서 접수								
개조시험 진행								
개조적합성 인증보고서 작성 및 제출								
개조승인 증명서 접수								
비 고	- 개조시험 중 30kA 차단시험은 본 과제를 통해 진행한 해외공인인증 성적서 대체 예정 - 상기 일정은 향후 신규 수주 프로젝트 진행시 형식승인 업무 진행 일정임							

4) 블랙박스 시스템에 대한 수요처 조사

- (1) 현재 블랙박스 시스템을 철도차량에 적용하는 것은 국내외 최초로 시도되는 기술이기 때문에 고객들에 대한 기술에 대한 이해가 먼저 선행되어야 함
- (2) 의정부경전철, 서울교통공사 등 다양한 차량 운영사에 블랙박스 시스템에 대해 소개를 진행하였으며, 해당 기술에 대해 신선하고 참신한 기술이라는 반응이 있음
- (3) 단, 기존에 운영되고 있는 차량 시스템에 적용하기엔 유지되고 있는 시스템과의 충돌 등 여러 가지 이슈사항에 대해 우려하고 있는 상황이기 때문에 기존 차량에 적용하기에는 쉽지 않은 실정임
- (4) 신조차량의 경우에는 차량 시스템을 설계하는 단계부터 블랙박스 시스템을 추가하여 설계하면 기존 시스템과의 충돌 등 다양한 이슈사항에 대해 대처가 가능하기 때문에 향후 진행될 신조차량을 주 타겟으로 블랙박스 시스템 적용을 추진할 예정임

5) 블랙박스 시스템의 빅 데이터 활용 방안

블랙박스 시스템의 주요 빅 데이터의 활용 방안은 아래 표와 같이 활용할 예정이며, 신조 차량 제작 프로젝트 진행시 적용 될 고속도차단기에 적용할 예정이고 각종 지자체 및 차량운영사에 적극적인 홍보를 할 예정임

구분	빅 데이터	활용 방안	비고
1	투입 및 차단횟수	고속도차단기의 정량적인 유지보수 DATA로 활용	
2	통전전류 / 가선전압	실제 고속도차단기에 통전되는 통전전류를 실시간으로 파악해 차량 전체적인 시스템을 총괄하는 TCMS의 데이터와 비교하여 보다 정밀한 차량 관리가 가능한 DATA로 활용	
3	온도(주접점, 플렉시블 부스바 등)	고속도차단기의 주 통전부의 온도 상태를 확인하여 온도에 따른 제품 상태변화 및 고속도차단기 함(LB BOX 등)내 온도의 영향을 확인	
4	적산 주행거리, 주행속도	TCMS를 통해 기록된 DATA와 블랙박스 시스템에서 기록된 DATA를 비교 할 수 있으며 데이터의 이중 체크를 통해 정밀한 차량 운영을 위해 활용	

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

○ 소형 경량의 고속도차단기 개발

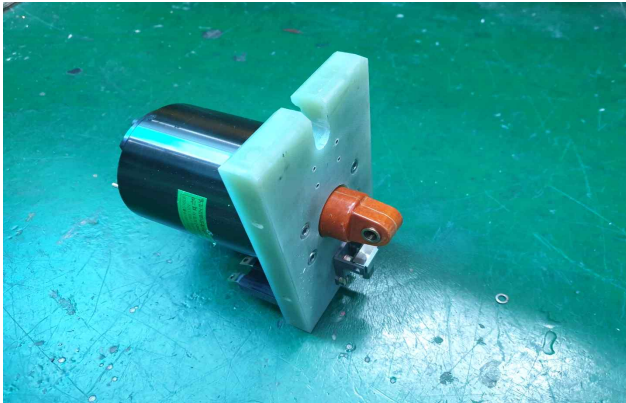
1) 소형 경량의 고속도차단기 주요 사양 및 개발 컨셉 정립

구분	항목	내용	설정 근거
주요 사양			
1	정격전압[Vdc]	1,500	IEC 60077-3
2	정격절연전압[Vdc]	2,300	IEC 60077-3
3	정격전류[A]	1,200	IEC 60077-3
4	정격제어전압[Vdc]	24, 48, 72, 100, 110	IEC 60077-3
5	세팅전류[A]	450 ~ 2,000	IEC 60077-3
6	정격차단용량[kA]	30	IEC 60077-3
7	주 접점 간격[mm]	25±0.5	IEC 60077-3
시험 항목			
1	외관 및 치수	제작도면 기준	제작사 표준
2	전자코일 저항 측정	기준치 ±5[%]	KS R 9158
3	조작시험	20회 동작	KS R 9158
4	최저동작시험	정격제어전압 x 70[%]	KS R 9158
5	동작/석방 전압 측정	- 동작 : 정격제어전압 x 70[%] 이하 - 석방 : 정격제어전압 x 5[%] 이상	KS R 9158
6	동작/석방 시간 측정	- 동작 : 100[ms] 이내 - 석방 : 30[ms] 이내	KS R 9158
7	주 접점 간격 측정	25±0.5	KS R 9158
8	주 접점 접촉력 측정	10[kgf] 이상	KS R 9158
9	절연저항시험	기준치 이내	IEC 60077-3
10	내전압시험	기준치 이내	IEC 60077-3
11	전류 세팅치 확인시험	세팅전류 ± 5[%]	KS R 9158
12	온도상승시험	기준치 이내	IEC 60077-3
13	진동/충격시험	규격에 따름	IEC 61373
14	온도/환경시험	규격에 따름	IEC 60062-2-1, -2-2
15	차단용량시험	규격에 따름	IEC 60077-3
16	임계전류	규격에 따름	IEC 60077-3
17	기계적 내구성시험	20만회	KS R 9158

2) 주요 제품사양(정격절연전압, 상용주파내전압) 설정

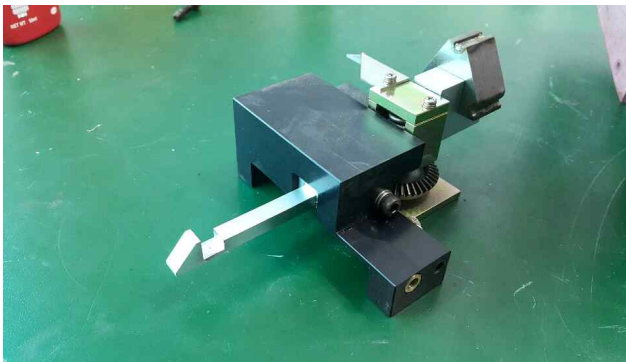
측정 부위	시험전압 기준	기존 상용주파 내전압	IEC 규격의 최대 상용주파 내전압	상향 조정 시험전압 (상용주파내전압)
		$V_i = 2,000[V]$	$V_i = 2,300[V]$	
주접촉자 극간	$1.6 V_i + 1,500$	4.7[kV]	5.18[kV]	8[kV]
주회로와 접지간 주회로와 제어회로간	$2.0 V_i + 2,000$	6.0[kV]	6.6[kV]	10[kV]
제어회로와 접지간	$2.0 V_i + 1,000$ (최소 : 1,500[V])	1.2[kV] →1.5[kV]적용	1.2[kV] →1.5[kV]적용	2[kV]

- 3) 개발 관련 선행기술을 조사하여 기술의 권리침해여부 검토
- 4) 경쟁사(ABB) 고속도차단기 제품 성능 분석
- 5) 주요 요소기술(저 유지전류형 전자코일, 아크슈트)의 기술검토서 작성
- 6) 고속도차단기 주요 요소기술 시제품 제작
 - (1) 저 유지전류형 전자코일



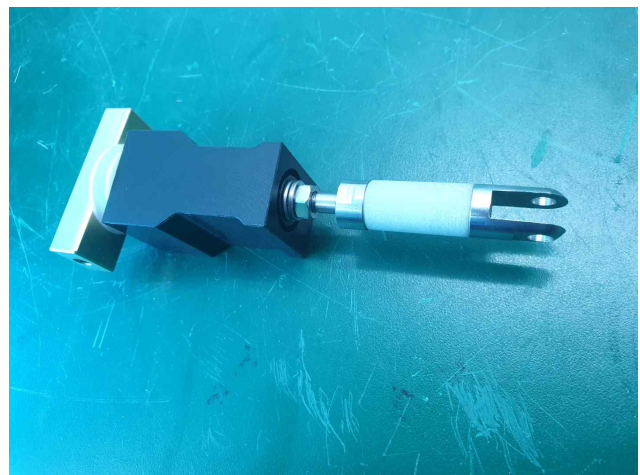
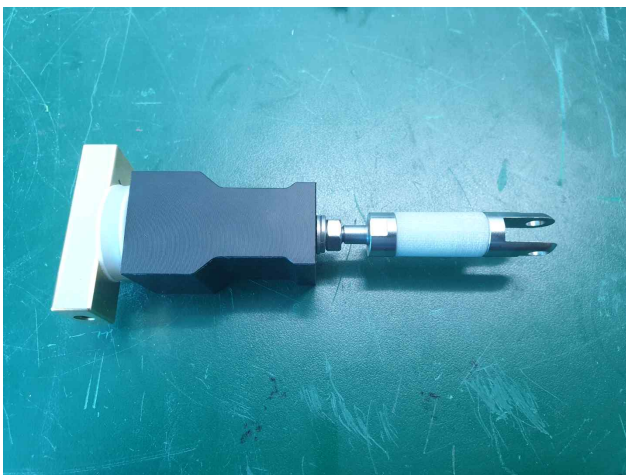
[그림 1] 소형 경량의 고속도차단기 저 유지전류형 전자코일

- (2) TRIP PART의 소형화 및 안정화



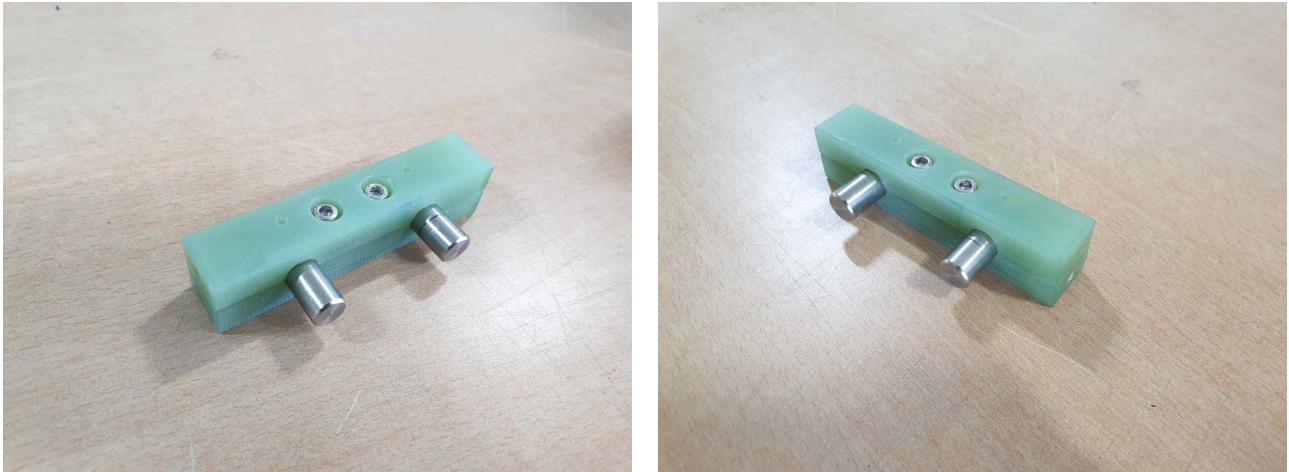
[그림 2] 소형 경량의 고속도차단기 TRIP PART

- (3) S/W OPERATOR의 모듈화



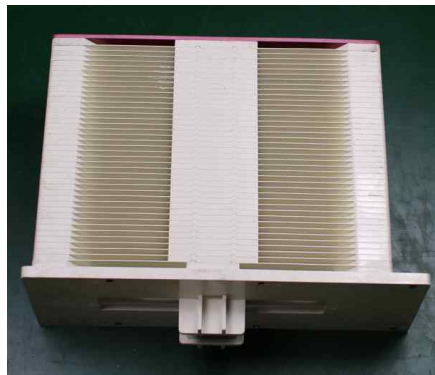
[그림 3] 소형 경량의 고속도차단기 S/W OPERATOR PART

(4) SHOCK ABSORBER PART



[그림 4] 소형 경량의 고속도차단기 SHOCK ABSORBER PART

(5) ARC CHUTE의 성능 향상



[그림 5] 소형 경량의 고속도차단기 ARC CHUTE

7) 국내 공인기관 차단성능시험(KERI)

2008200046

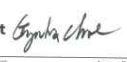
Record of Test Results

TEST OBJECT	DC circuit breaker
DESIGNATION	WHB 1512-(High speed type) DC J 500 V 1 200 A 30 kA
APPLICANT	WOOJIN Electric Machinery Co., Ltd. 9, Ipo-ro 1-gil, Sari-myeon, Gyeongsang, Chungcheongbuk-do, Korea
MANUFACTURER	WOOJIN Electric Machinery Co., Ltd. 9, Ipo-ro 1-gil, Sari-myeon, Gyeongsang, Chungcheongbuk-do, Korea
DATE OF TESTS	2020-03-13
ISSUED NUMBER	2008200046

The tests have been carried out in accordance with applicant's instructions.
This Record of Test Results applies only to the test object.
This Record of Test Results can be used for information only.
This Record of Test Report comprises 21 sheets in total.

COPYRIGHT - Any integral reproduction of this 'Record of Test Results' is permitted without written permission from KERI. Electronic copies are information only.

Prepared by	 Han, Jong-hoon	Approved by	 (Technical manager) Jung, Heung-soo
Date of issue	2020-03-19		

President 

KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE	Changwon Headquarters 13 Bulmisan-ro, Jo-bon-gil, Seongsan-gu, Changwon TEL +82 55 280 1114, FAX +82 55 280 1532	Ansan Branch 111, Hanjigul-ro, Sangnok-gu, Ansan TEL +82 31 8040 8404, FAX +82 31 8040 4499 (E) 444 7081 08/01
---	--	---

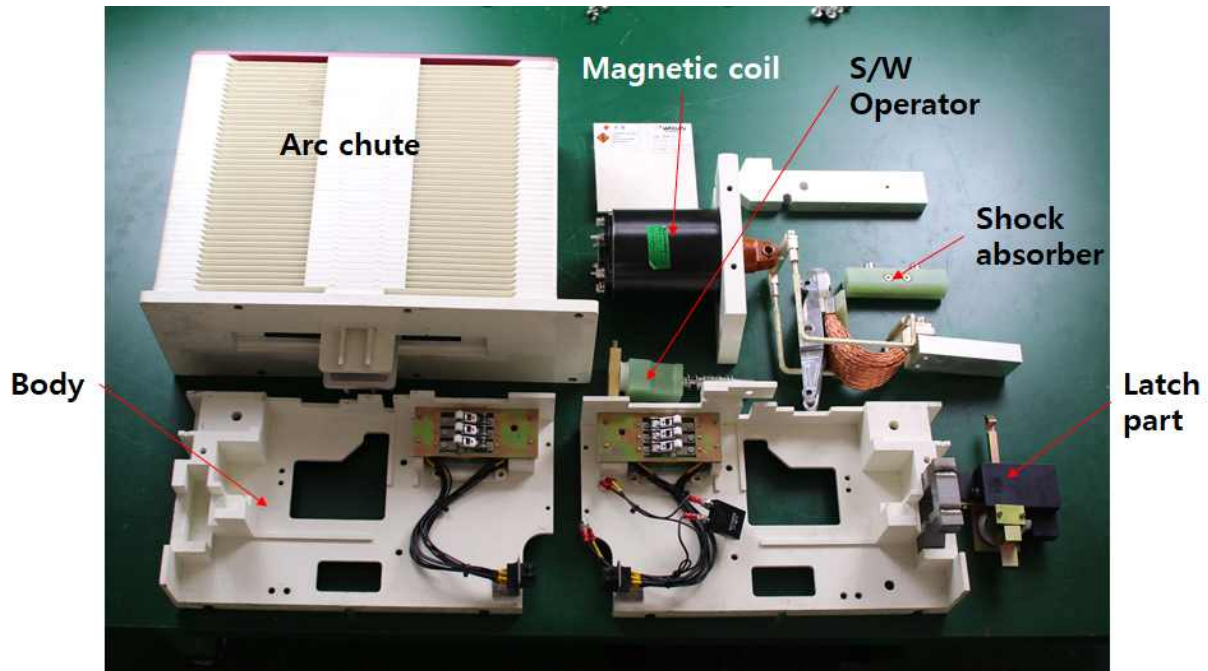
[그림 6] 국내 공인기관(KERI) 차단시험성적서

- 8) 고속도차단기 주요 부품의 금형 제작
- 9) 국내외 공인인증기관 성능시험용 시제품 제작



[그림 7] 소형 경량의 고속도차단기

10) 소형 경량의 고속도차단기 주요 부품



[그림 8] 소형 경량의 고속도차단기 내부 부품

11) 국내 공인인증기관 성능시험(SGS KOREA)

Report No. : SGS-R20-2005-EN00
Page : 1/10

SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-R20-2005-EN00
Order No. : DTTC2004000005EN
Applicant : WOOJIN Electric Machinery Co., Ltd.
Address : 8, Igak-ro, 1-gil, Sari-gyeon, Gyeongsang, Chungcheongbuk-do, South Korea
Product : High speed circuit breaker with embedded Black box
Model No. : WMB-1512-L
Date of Test : April 27, 2020 ~ June 17, 2020
Standard : Request of client
Test Result : Refer to the Page 10
Use of Report : Validation

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

Affirmation	Tested by Name : Ju, Jong-beom	Technical Manager Name : Kim, Hyung-kun
-------------	-----------------------------------	--

June 24, 2020

SGS Korea Co., Ltd. Dongtan Laboratory

SGS Korea Co., Ltd. Dongtan Laboratory
Accredited by KOLAS, Republic of Korea

기본성능시험

Report No. : SGS-R20-1916-EN00
Page : 1/10

SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-R20-1916-EN00
Order No. : DTTC2004000005EN
Applicant : WOOJIN Electric Machinery Co., Ltd.
Address : 8, Igak-ro, 1-gil, Sari-gyeon, Gyeongsang, Chungcheongbuk-do, South Korea
Product : High Speed Circuit Breaker with Embedded Black Box(Optional)
Model No. : WMB-1512-L
Date of Test : May 14, 2020 ~ May 15, 2020
Standard : IEC 61373:2010 Shock and vibration test (Category 1 Class B)
Test Result : Refer to Page 9
Use of Report : For submission to public institutions

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

Affirmation	Tested by Name : Kim, Youngjin	Technical Manager Name : An, Hyo-hyun
-------------	-----------------------------------	--

May 27, 2020

SGS Korea Co., Ltd. Dongtan Laboratory

SGS Korea Co., Ltd. Dongtan Laboratory
Accredited by KOLAS, Republic of Korea

진동/충격시험

Report No. : SGS-R20-1914-EN00
Page : 1/10

SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-R20-1914-EN00
Order No. : DTTC2004000005EN
Applicant : WOOJIN Electric Machinery Co., Ltd.
Address : 8, Igak-ro, 1-gil, Sari-gyeon, Gyeongsang, Chungcheongbuk-do, South Korea
Product : High Speed Circuit Breaker with Embedded Black Box(Optional)
Model No. : WMB-1512-L
Date of Test : April 28, 2020
Standard : IEC 60068-2-1:2007 Environmental testing - Part 2-1: Tests - Test A: Cold
IEC 60068-2-2:2007 Environmental testing - Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat
Test Result : Refer to Page 11
Use of Report : For submission to public institutions

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

Affirmation	Tested by Name : Ju, Jong-beom	Technical Manager Name : Kim, Hyung-kun
-------------	-----------------------------------	--

May 27, 2020

SGS Korea Co., Ltd. Dongtan Laboratory

SGS Korea Co., Ltd. Dongtan Laboratory
Accredited by KOLAS, Republic of Korea

온도/환경시험

12) 해외 공인인증기관 차단 성능시험(IPH-CESI)



TEST REPORT NO. 11292-21-0023

1. Present at the test

Mr. Christian Juraschek: IPH test engineer in charge
Mr. Rainer Borchert: IPH test engineer
Mr. Jens Berchner: IPH test engineer
Mr. Sung-Hoon Cho: Woojin Electric Machinery Co. Ltd.
Mr. Eunjun Lee: Woojin Electric Machinery Co. Ltd.

2. Test performed

Out of Test sequence I: General performance characteristics

- Operating limits
- Temperature rise
- Dielectric properties
- Operational performance capability (with current only)
- Verification of dielectric withstand
- Verification of temperature rise
- Verification of tripping operation

Test sequence II: Rated short-circuit making and breaking capacities

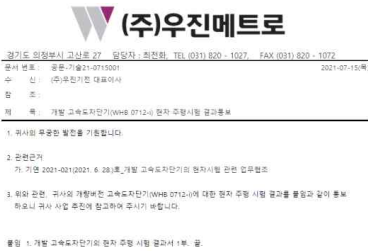
- Ability to make and break under short-circuit conditions at time constants T2, T3, T4 and T1 using separate test samples for each time constant
- Verification of dielectric withstand
- Verification of temperature rise (test sample 20T11 after T3 only)
- Verification of tripping operation

Test sequence IV: Searching for critical currents

[그림 9] 해외 공인인증기관(IPH) 차단시험성적서

13) 현차 신뢰성 검증(의정부 경전철)

- 저 유지전류형 전자코일이 적용된 당사 고속도차단기함 8SET 대체 프로젝트 (2차년도)
- 소형 경량의 고속도차단기 현차 신뢰성 검증 (3차년도)



『의정부경전철』 개발 고속도차단기의 현차 주행 시험 결과서

1. 관련 근거

가. 기연 2021-021(2021. 6. 28.) 개발 고속도차단기의 현차시험 관련 업무협조

2. 현차시험 개요

가. 점검대상: 개발고속도차단기(WHB 0712-II)

나. 시험운행기간: 2021. 7. 2. ~ 8. (7일간)

다. 시험운행거리: 1,039.372km

라. 시험종류: 10편성

마. 현차시험결과: 이상점 발생 없음

바. 시험주행 세부현황

[표 1] 현차-주행 시험 세부현황표

번호	주행 연월일	주행 시간	누적 주행거리	주행거리	비고
1	2021. 7. 2.	18:24:46	82,840.541km	-	- 시험 시 누적주행 km - 페이지 6 참조
2	2021. 7. 4.	21:28:04	83,363.427km	523.186km	- 페이지 3 참조
3	2021. 7. 6.	07:18:51	83,683.487km	320.060km	- 페이지 4 참조
4	2021. 7. 8.	07:22:53	83,879.613km	196.126km	- 페이지 5 참조
합 계				1,039.372km	



현차 신뢰성 검증 종료 공문

현차 주행시험 결과서

관련 사진

14) 철도기술연구원 형식승인(개조승인) 관련 업무협의 (2021. 11. 09)

- 소형 경량의 고속도차단기 판매를 위해 형식승인(개조승인) 진행 방식 및 절차에 대해 업무 협의
- 블랙박스 내장형 고속도차단기(소형 경량의 고속도차단기)의 철도차량 적용에 따른 개조승인 /신고 구분관련 내용은 아래와 같음

[고속도차단기는 ‘철도안전법 제38조의2(철도차량의 개조 등) ① 철도차량을 소유하거나 운영하는 자(이하 “소유자등”이라 한다)는 철도차량 최초 제작 당시와 다르게 구조, 부품, 장치 또는 차량성능 등에 대한 개량 및 변경 등(이하 “개조”라 한다)을 임의로 하고 운행하여서는 아니 된다.’와 철도안전법 시행규칙 제 75조의 4 1항 중 3호의 ‘다. 추진장치 중 인버터 및 컨버터’항목에 적용되며 신규 적용을 위해 개조승인을 받아야함]

(3) 개조승인을 위해 필요한 서류목록은 아래와 같음

- 개조 대상 철도차량 및 수량에 관한 서류
- 개조의 범위, 사유 및 작업 일정에 관한 서류
- 개조 전/후 사양 대비표
- 개조에 필요한 인력, 장비, 시설 및 부품 또는 장치에 관한 서류
- 개조작업수행 예정자의 조직·인력 및 장비 등에 관한 현황과 개조작업수행에 필요한 부품, 구성품 및 용역의 내용에 관한 서류
(다만, 개조작업수행 예정자를 선정하기 전인 경우에는 개조작업수행 예정자 선정기준에 관한 서류)
- 개조 작업지시서
- 개조하고자 하는 사항이 철도차량기술기준에 적합함을 입증하는 기술문서

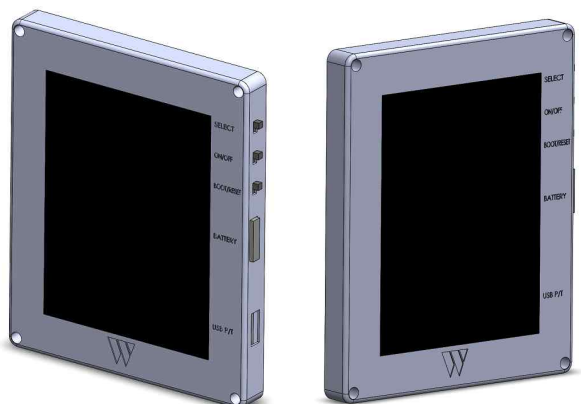
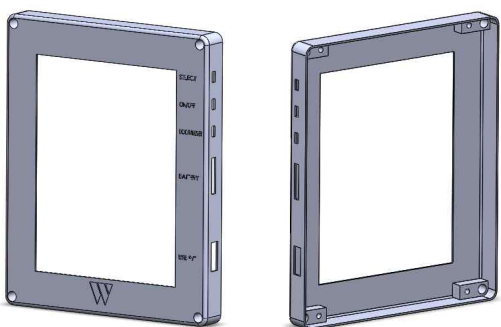
(4) 철도안전법 제 38조 2(철도차량의 개조 등), 철도안전법 시행규칙 제 75조 4 1항 중 3호에 의거 소형 경량의 고속도차단기는 개조승인에 해당되며 관련 문서와 형식승인을 진행해야하며 일정에 대해서는 당사 내부적으로 검토 후 향후 진행 예정임

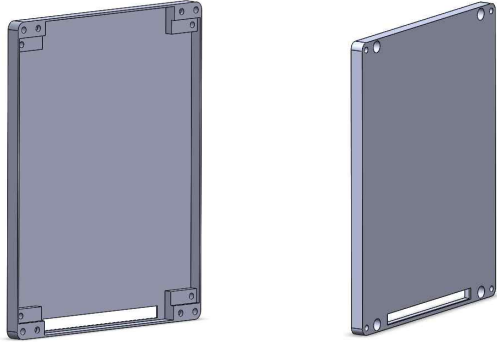
○ 블랙박스 시스템 개발

1) 블랙박스 시스템(H/W, F/W)설계기준서 작성

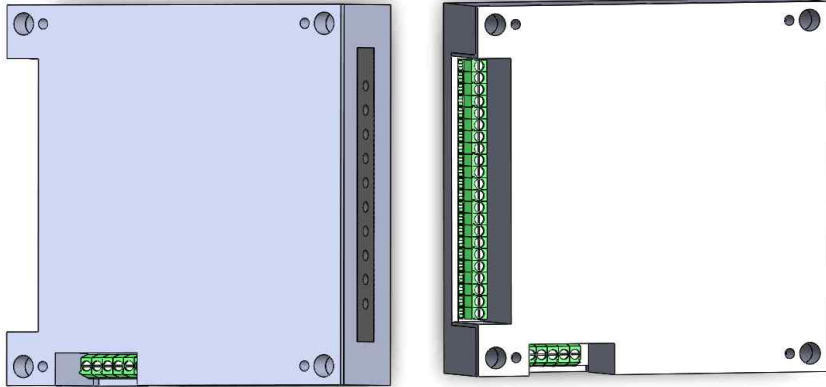
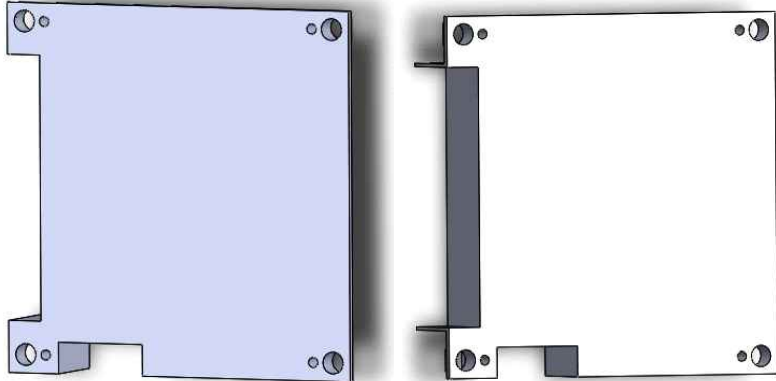
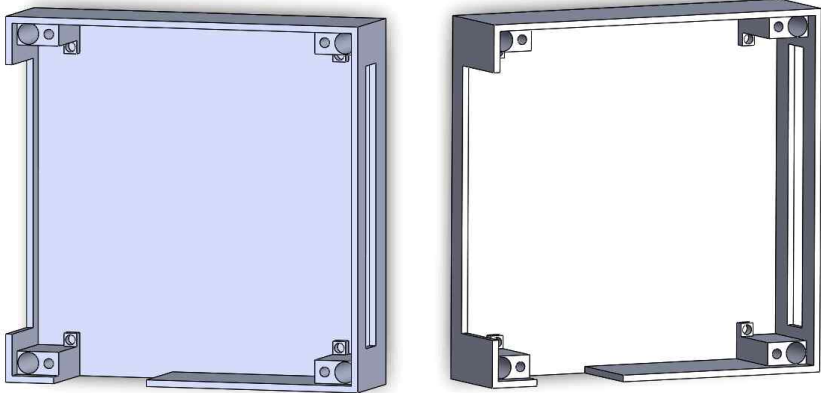
2) 블랙박스 H/W 제작도면 작성 및 ART WORK

- 블랙박스 본체

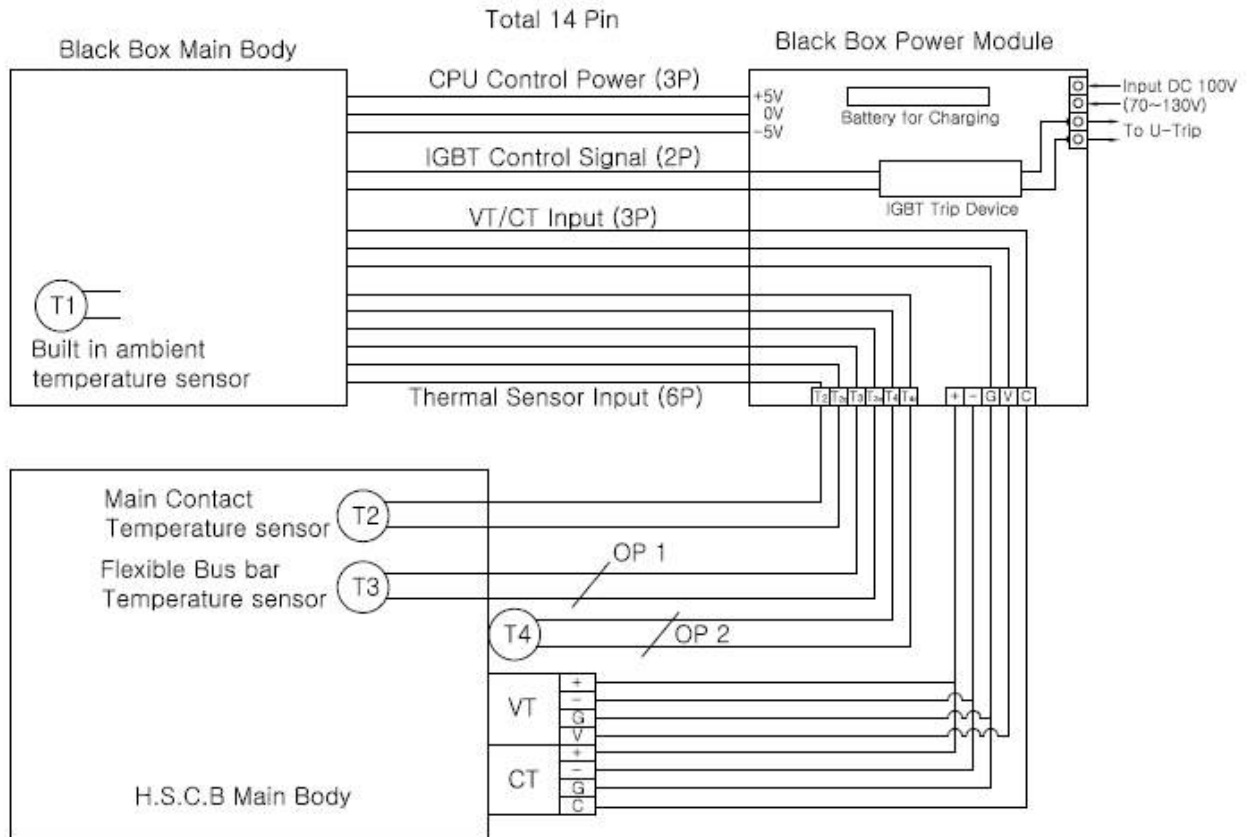
구 분	컨셉 형태
ASS'Y	
COVER	

BASE	
------	--

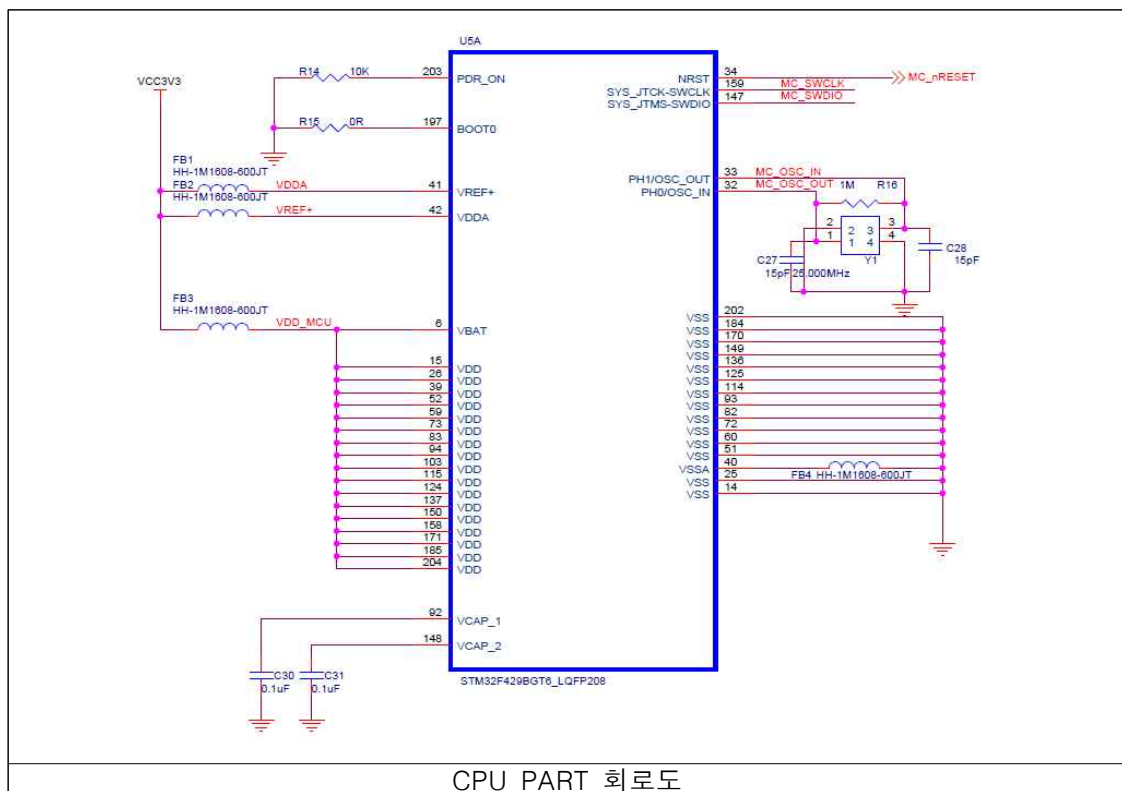
- 파워 모듈

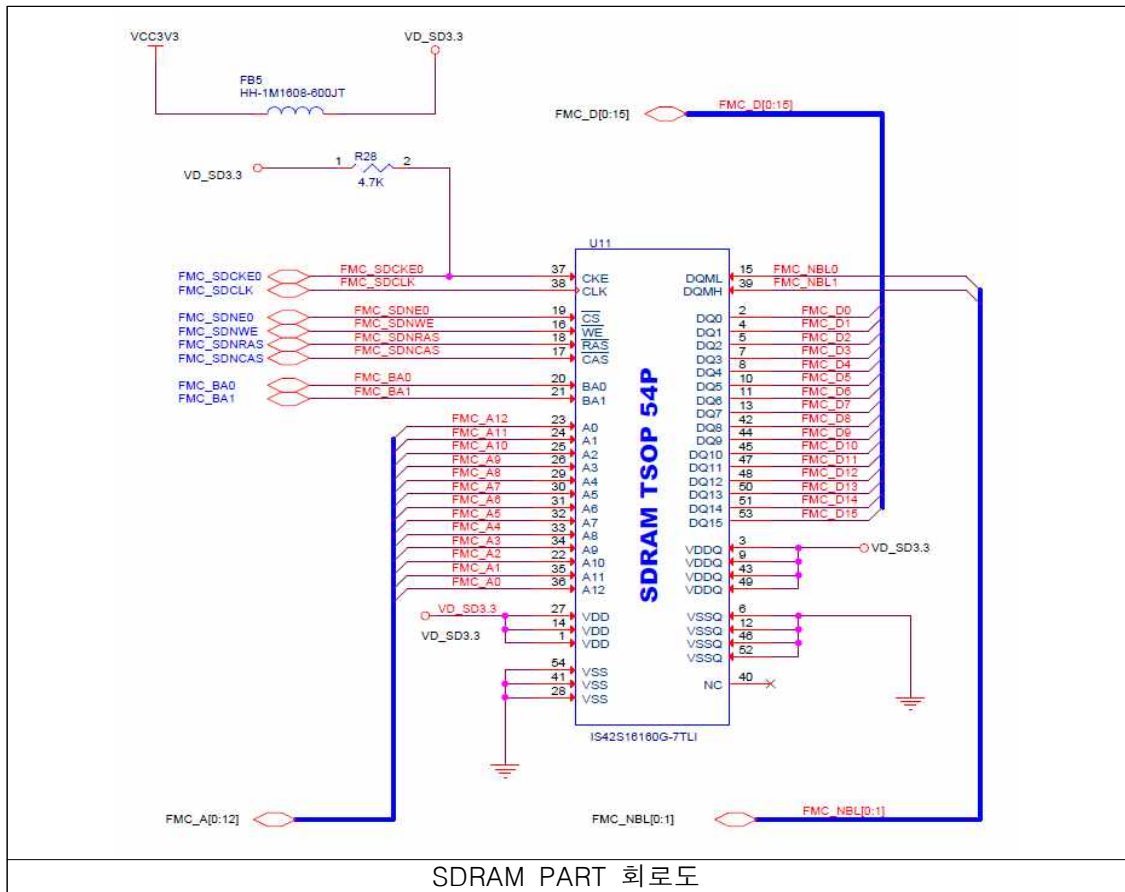
구 분	컨셉 형태
ASS'Y	
COVER	
BASE	

- 블랙박스 시스템 회로 계통도

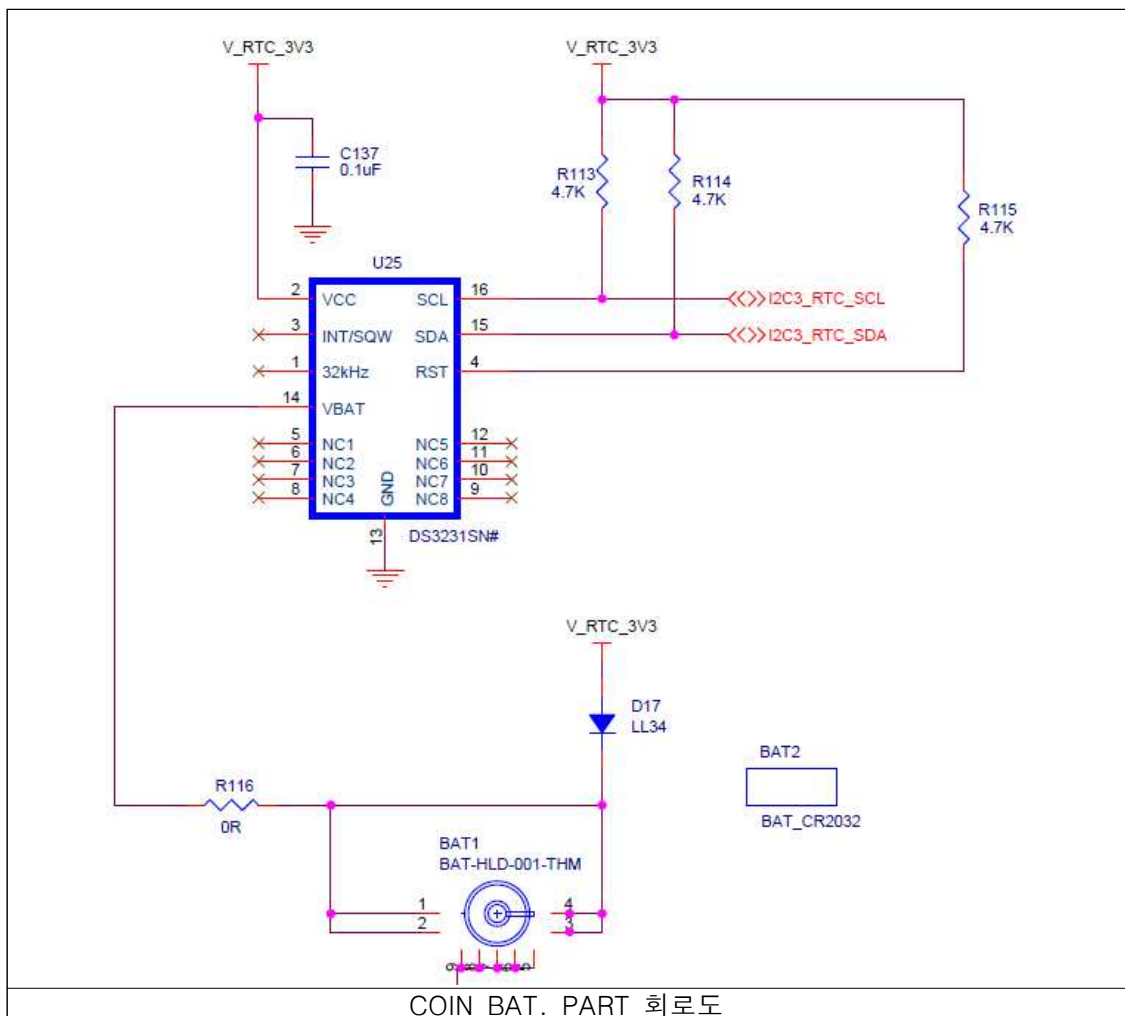


- 블랙박스 본체 회로도

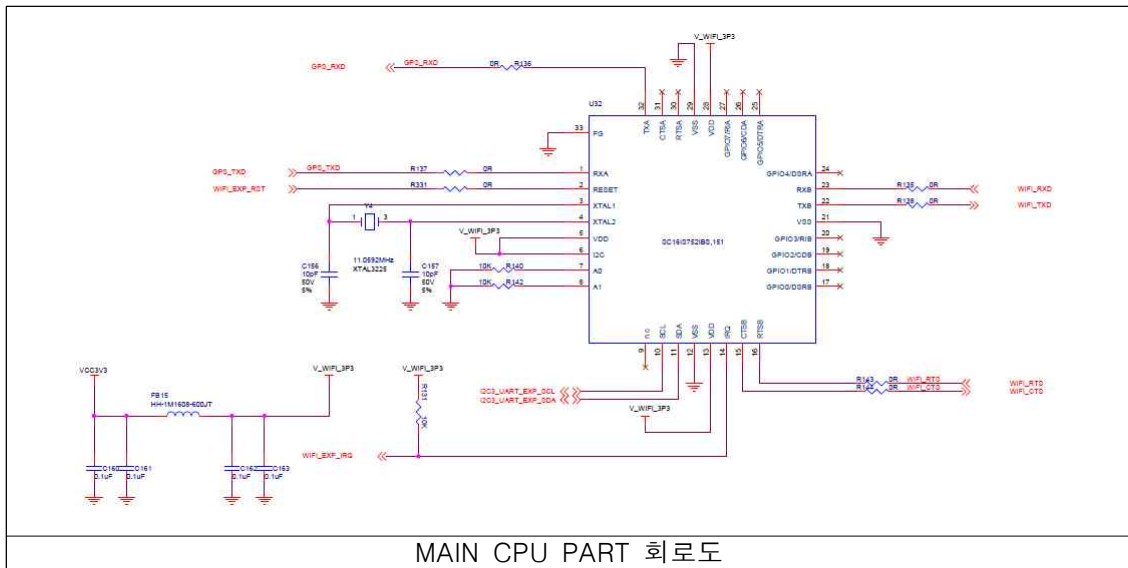




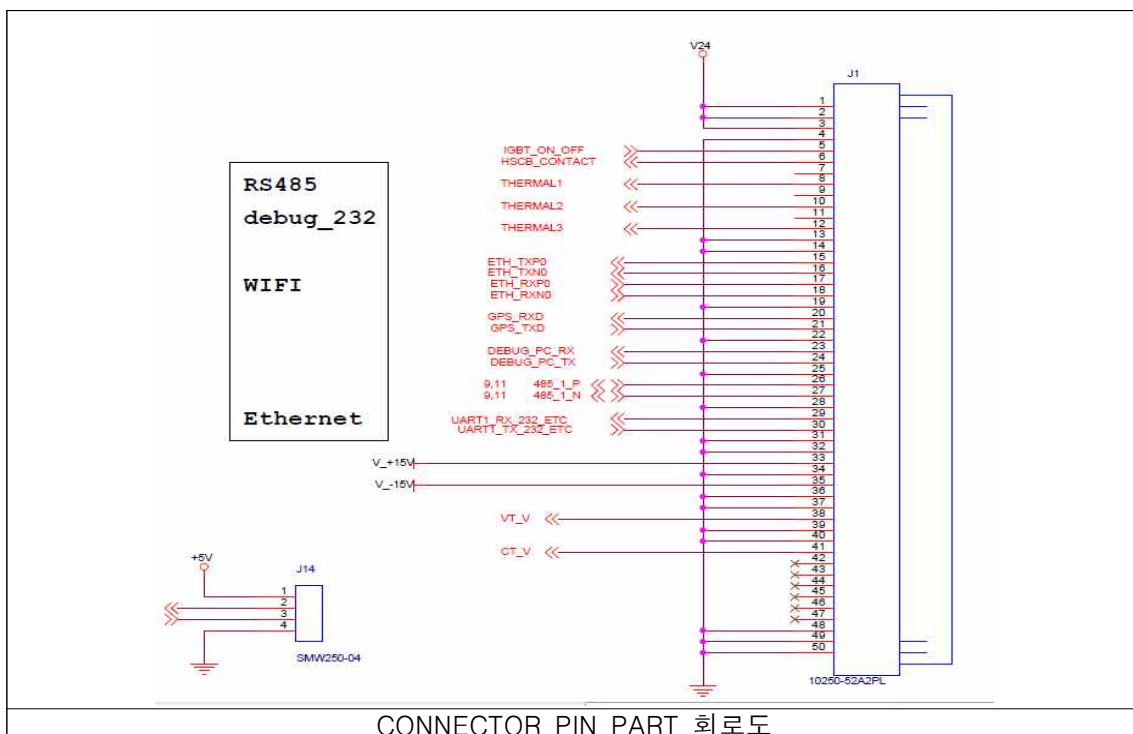
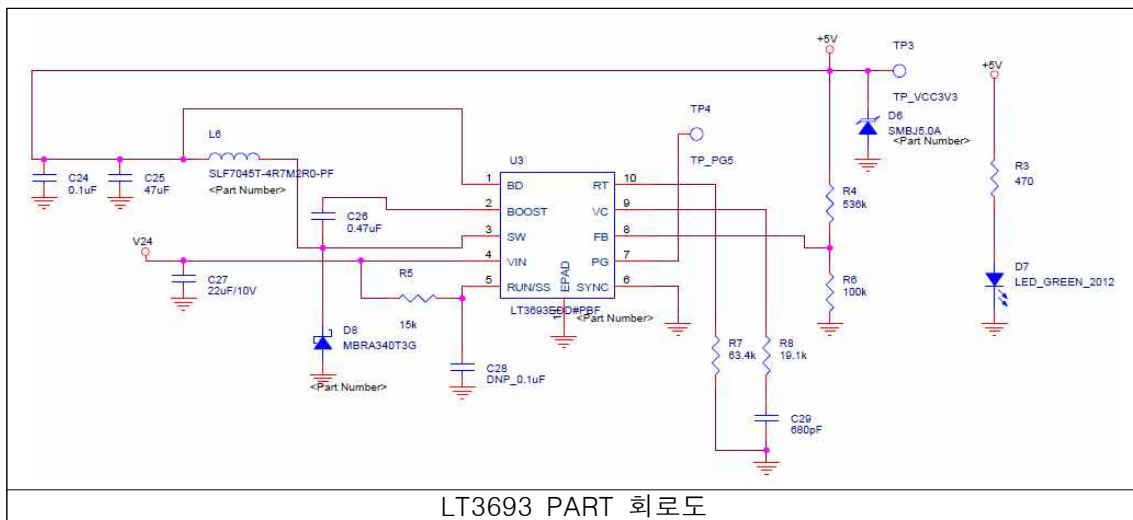
SDRAM PART 회로도



COIN BAT. PART 회로도



- 블랙박스 파워모듈 회로도



- 주요 부품 리스트(BOM)

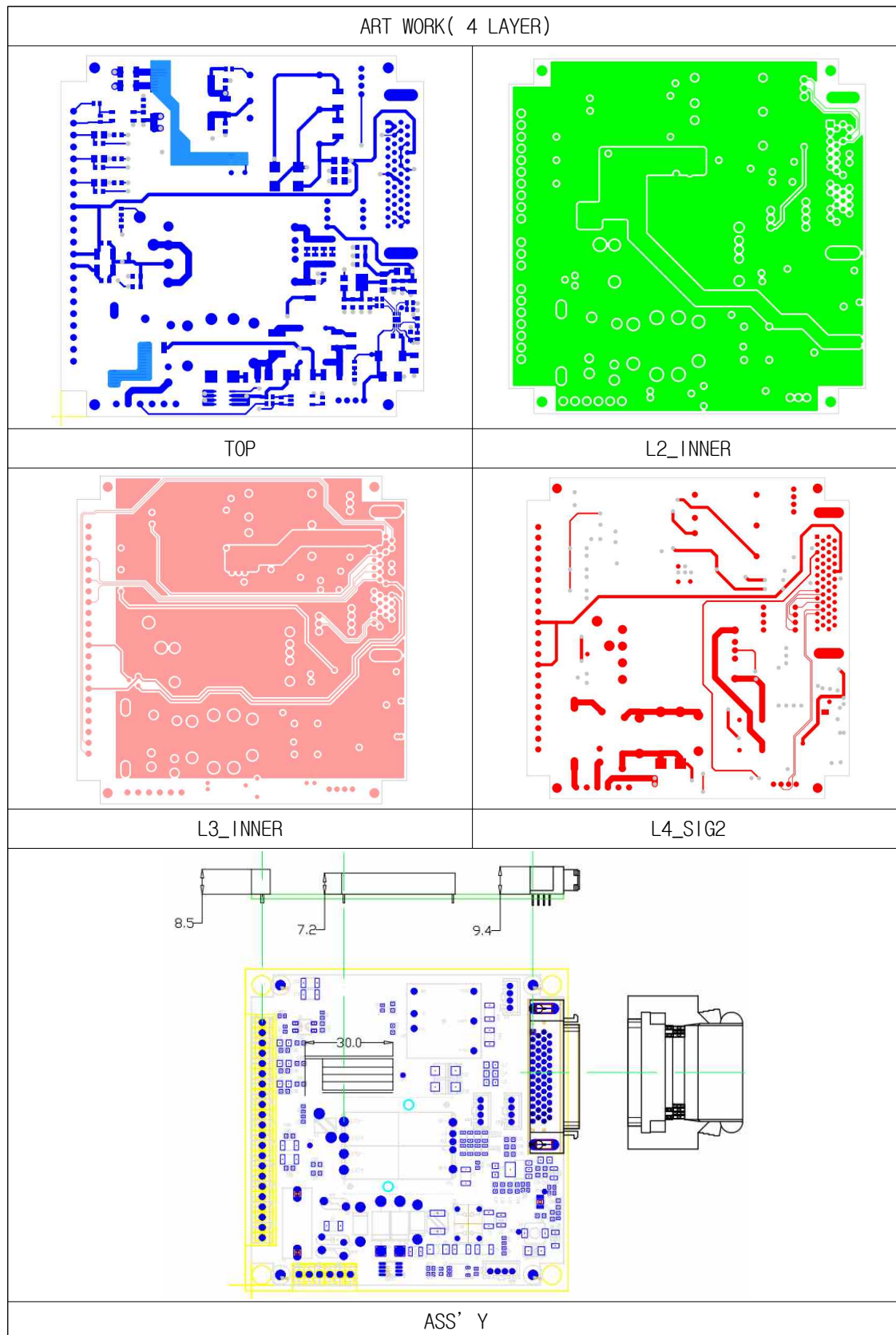
No	구 분	품 명
1	BATTERY	BAT_CR2032
2	BEAD	BEAD30/3216/3A
3	CAPACITOR	68pF
4	CAPACITOR	100pF
5	CAPACITOR	470pF/50V
6	CAPACITOR	680pF
7	CAPACITOR	0.47uF
8	CAPACITOR	1uF
9	CAPACITOR	0.1uF/250VDC
10	CAPACITOR	47uF
11	CAPACITOR	4700pF/2kVDC
12	CAPACITOR	0.1uF/50V
13	CAPACITOR	47uF
14	CAPACITOR	100uF
15	CAPACITOR	MF 0.01uF/630VDC
16	CAPACITOR	1000uF / 35V /ECS_12.5PAI/Radial
17	CONNECTOR	10150-3000PE (50P SOLDER PLUG)
18	CONNECTOR	10250-52A2PL
19	CONNECTOR	10250-6202PL
20	CONNECTOR	10350-52F0-008 (MDR 50P PUSH EJT)
21	CONNECTOR	200529-0040
22	CONNECTOR	53261-0671
23	CONNECTOR	629104190121
24	CONNECTOR	FH12-33S-0.5SH(55)
25	CONNECTOR	SMW250-04
26	CONNECTOR	SMW250-05
27	CRYSTAL	11.0592MHz
28	CRYSTAL	24MHz
29	CRYSTAL	25.000MHz
30	DC/DC CONVERTER	PXB15-24WD15/N
31	DIODE	1.5KE150CA
32	DIODE	1N5406
33	DIODE	MBRA340T3G
34	DIODE	RSB6.8SM
35	DIODE	SM712
36	DIODE	SMBJ24(C)A
37	DIODE	SMBJ5.0A
38	FILTER	CM1422-03CP
39	FILTER	DLW21HN900SQ2L
40	FILTER	PA2752NL
41	FUSE	1812L200/16
42	FUSE	FUSE 250V 1A 20mm
43	HOLDER(BATTERY)	BAT-HLD-001-THM
44	HOLDER(FUSE)	BI-F520
45	IC	LM1117MPX-3.3/NOPB (IL1117 3.3V)
46	IC	74LV4051PW.118
47	INDUCTOR	30268
48	INDUCTOR	NRS4018T 2R2MDGJ
49	INDUCTOR	SLF7045T-4R7M2R0-PF

No	구 분	품 명
50	INDUCTOR	SRP6540-220M
51	LED	LED_GREEN_2012
52	LED	SP172DBW
53	LED	SP172UHY
54	RESISTOR	5.23K
55	RESISTOR	19.1k
56	RESISTOR	30.1K
57	RESISTOR	63.4k
58	RESISTOR	536k
59	RESISTOR	5K
60	RESISTOR	19.1k
61	RESISTOR	50K
62	RESISTOR	63.4k
63	RESISTOR	536k
64	RESISTOR	56k
65	SWITCH	TACT-NW3-A06-B6A
66	TERMINAL	BR-350C-2P
67	THERMISTOR	NTC 5D-11
68	VARISTOR	MOV-14D241K
69	VARISTOR	V26MLA1206N
70	VR	AD1582WBRTZ-R7
71	ADC	AD7366BRUZ-RL7
72	AMPLIFIER	AD8021ARZ-REEL7
73	INSULATOR	ADM2682EBRIZ
74	IC	AP2111SG-13
75	VOLTAGE REGULATOR	AX6901FR
76	Charge Management	BQ25890RTWR
77	CLOCK	DS3231SN#
78	TRANSFORMERS	HX1188NL
79	DRAM	IS42S16160G-7TLI
80	IC	LAN8720A
81	IC	LT3693EDD#PBF
82	DUAL TRANSMITTER & RECEIVER	MAX3232EID
83	MPS	MP2012DQ
84	IC	SC16IS752IBS,151
85	MCU	STM32F429BGT6
86	TRANSISTOR	TIG065E8-TL-H
87	INSULATOR	TLP152(TPL,E)
88	INSULATOR	TLP291(TP,SE)
89	TOUCH IC	TSC2017IYZGR
90	USB Phy	USB3300-EZK
91	WIFI MODULE	WF121-E-V2
92	VOLTAGE REGULATOR	XC6902N331MR-G
93	DC-DC	DCM3623TA5N26B4T70
94	MEMORY	SDINBDG4-64G-XA
95	GPS MODULE	KGM4646XS5
96	LTE MODULE	ME-I71KL

- 블랙박스 본체 ART WORK

[illegible]

- 블랙박스 파워모듈 ART WORK



3) 모바일 APP, PC프로그램 설계기준서 작성

구분			블랙박스 본체		모바일 APP		PC프로그램	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적
초기 부팅			○	○	○	○	○	○
메뉴	표시	검색구간 설정	○	○	○	○	○	○
		검색구간에 대한 기본 빅 데이터 표시	○	○	○	○	○	○
		통전전류 구간에 대한 투입 및 차단횟수	○	○	○	○	○	○
		고장예측 및 유지보수 사전알람	○	-	○	-	○	-
		알람 전류치 또는 트립 전류치 도달 알람	○	-	○	-	○	-
		검색구간에 대한 가선헌압의 그래프	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 통전전류의 그래프	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 가선헌압과 통전전류의 동시 그래프	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 투입횟수 및 차단횟수	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 주위온도/주접점/플렉시블의 온도 그래프	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 주위온도/주접점/플렉시블의 온도상승치 그래프	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 주행속도 그래프	-	-	-	-	○	○
		검색구간에 대한 적산 주행거리	○	○	○	○	○	○
		검색구간에 대한 최대 통전전류, 최대 주행속도, 최대 온도상승 찾기	-	-	-	-	○	○
		블랙박스별 다운로드된 데이터의 비교 기능	-	-	-	-	○	○
	다운로드 및 삭제	구간설정	○	○	○	○	○	○
		데이터 다운로드	○	○	○	○	○	○
	기록	설정변경 기록	○	○	○	○	○	○
		다운로드 기록	○	○	○	○	○	○
		알람발생 기록	○	○	○	○	○	○

※ 알람기능의 경우 통신사와의 향후 업무 협의를 통해 기능 추가 예정

4) DC-VT/CT 시제품 제작



[그림 10] DC-VT/CT

5) 블랙박스 시스템 시제품 제작

(1) 본체(LCD PART) 제작



[그림 11] 블랙박스시스템 본체

(2) 파워모듈 시제품 제작



[그림 12] 블랙박스시스템용 파워모듈

6) 블랙박스 시스템의 공인기관 성능시험

(1) EMC 시험성적서 획득

SGS TEST REPORT

Report No. : SGS-E19-0030 Page(1 / 31)

1. Client

1.1 Name : WOOJIN Electric Machinery Co., Ltd.
 1.2 Address : 9, Igok-ro, 1-gil, Sari-myeon, Goesan-gun, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea.
 1.3 Date of Receipt : February 14, 2019

2. Test Sample

2.1 Product Name : Black Box for electrical equipments for rolling stocks with Power Module
 2.2 Model Name : WBB-2000 (Black Box) / WPM-2000(Power Module)
 4. Date of Test : May 22, 2019 ~ May 26, 2019
 5. Test Method Used : EN 50121-3-2:2015
 6. Testing Environment :
 6.1 Temp. (Minimum 20.0 °C, Maximum 24.7 °C)
 6.2 Humidity (Minimum 24.0 % R.H., Maximum 47.0 % R.H.)
 6.3 Atmospheric Pressure : (Minimum 101.0 kPa, Maximum 102.5 kPa)
 7. Test Results : Refer to Page 2.
 8. Measurement Uncertainty : Refer to attachment
 The confidence level is about 95 %, k = 2

1) The results of this test report are effective only to the items tested.
 2) The SGS Korea is not responsible for the sampling, the results of this test report apply to the sample as received.

Test by : Technical Manager
 Affirmation : Name : Noah Jeon [Signature] Name : Julia Cho [Signature]
 The above test report is the accredited test results by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the KAL-MS.

Accredited by KOLAS Republic of Korea
SGS Korea Co., Ltd. Gunpo Laboratory
 4, 15km 182beon-gil, Gunpo-si, Gyeonggi-do, Korea, 15007

Remarks : This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/sgs/FormsandConditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/sgs/FormsandConditions.aspx>. The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested, unless otherwise stated. The Test Report cannot be reproduced, except in full.

FORM-002-KOR2019042603 A4(210mm*297mm)

[그림 13] EMC 시험 성적서

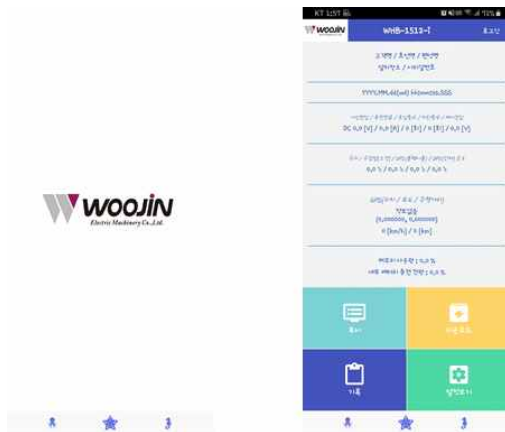
(2) 블랙박스시스템 소프트웨어 저작권등록

구분	소프트웨어	등록번호
1	블랙박스 펌웨어 v1.0(BLACK BOX FIRM WARE v1.0)	C-2019-040485
2	블랙박스 모바일 어플리케이션 v1.0(BLACK BOX Mobile Application v1.0)	C-2019-040486
3	블랙박스 PC기반 프로그램 v1.0(BLACK BOX PC-based Program v1.0)	C-2019-040487



[그림 14] 블랙박스 시스템의 저작권 등록증

7) 모바일 APP, PC기반 프로그램 제작



[그림 15] 모바일 APP



[그림 16] PC기반 프로그램

8) 블랙박스 시스템의 특허 출원 및 등록

(1) 블랙박스 시스템 특허 출원 및 등록



[그림 17] 블랙박스 출원번호 통지서 및 특허증

9) 블랙박스 시스템의 GS 1등급 인증 획득



[그림 18] GS 1등급 인증서

10) 블랙박스 본체의 절연성능시험

- (1) 소형 경량의 고속도차단기는 고압라인(가선라인)에 직접 설치되고, 블랙박스 본체는 제어회로 파트에 설치될 예정임
- (2) 따라서 블랙박스 본체와 파워모듈은 주회로 고압과 직접 연결되지 않으며, DC-VT/CT의 2차 출력(최대 DC 4[V])을 입력으로 받기 때문에 별도로 절연성능을 검증 할 필요가 없으나, 설치위치가 차량 저압회로부(제어회로부)에 설치되기 때문에 저전압에 대한 절연성능을 아래와 같이 검증하였음

측정 부위	시험전압 기준	시험결과
제어회로와 접지간	AC 1,500[V] / 1분 간	이상 없음

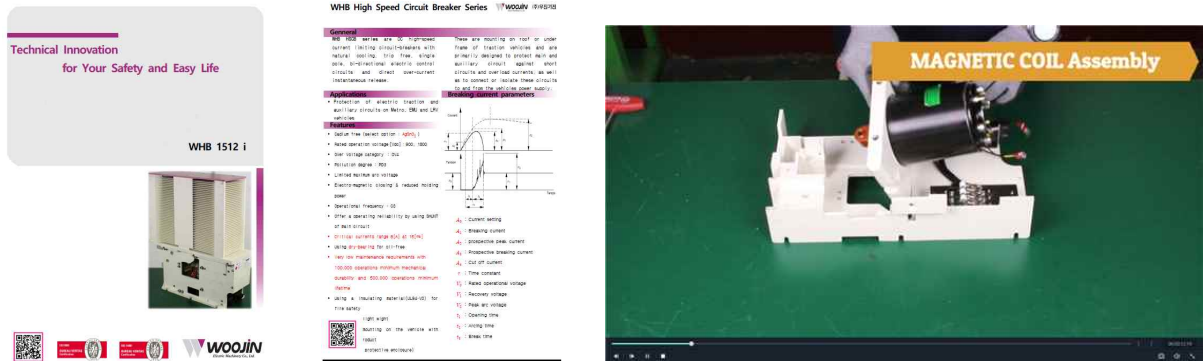
11) 블랙박스 시스템의 기능이 적용된 고속도차단기의 검증시험

- (1) 블랙박스시스템을 포함하여 고속도차단기를 시험하기 위해서는 가선전압(DC 1,500V)과 통전전류(2,000A)의 연속적인 가변입력이 필요하며, 이런 조건을 실현하기는 국내에서는 불가능하여 개별적으로 검증을 진행하였음
- (2) 고속도차단기의 시험성적서는 전 세계에서 가장 정평이 있는 시험기관(IPH-CESI)에서 이루어졌고, 블랙박스시스템의 경우 국산 소프트웨어의 품질을 증명하는 국가 인증제도인 GS 1등급을 한국정보통신기술협회(TTA)에서 인증을 받았으므로 충분하다고 판단됨
- (3) 고속도차단기가 일반적으로 설치되는 LB BOX를 예로 들면, 고속도차단기는 접촉기(LB)와 함께 고압라인에 설치되고, 블랙박스시스템은 제어회로 파트에 설치될 예정임. LB BOX 내부의 고속도차단기는 코일전원이 인가되면 투입되고, 코일전원이 소자되면 개방되는 회로로 구성되며, 블랙박스시스템이 정상적으로 동작하기 위해서는 고속도차단기의 투입/개방 제어전원과는 별도로 상시 공급되는 DC 100V가 파워모듈에 공급되어야 함. 기존의 LB BOX의 경우 블랙박스 파워모듈용 상시전원을 인출하기가 현실적으로 어려움이 있음. 따라서 신조차량에 블랙박스 시스템을 적용하기 위해 차량사와 제어전원 인출 등의 협의 후 종합적인 설치와 현차 신뢰성 검증시험을 추진할 예정임

○ 마케팅 활동

- 1) 사업화 초기 비즈니스 모델 계획서 작성
- 2) 중국/Welconn 社 봄바르디에 NUG Propulsion System 프로젝트 : 매출액 약 600만원
- 3) 중국/Welconn 社 CHSR 현수 모노레일 프로젝트 : 매출액 약 600만원
- 4) 의정부 경전철 고속도차단기 대체 사업 : 매출액 8,000만원
- 5) 개발 고속도차단기 마케팅

제품 카탈로그 및 소개 동영상 제작



[그림 19] 카탈로그 및 소개 동영상의 예

(2) 정량적 연구개발성과

○ 소형 경량의 고속도차단기 개발

- 1차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	고속도차단기 기본설계	고속도차단기 개발 목표확립 및 설계 기준정립	개발성능지표 1부
			설계도면 기준서 1부
			기타 부속서 5부
2	전자코일 기술개발	전자코일의 설계기준 및 소형화 설계	특성 검토서 1부
			설계 기준서 1부
			시제품 제작 - DC 87V : 6SET - DC 110V : 8SET - DC 24V : 2SET
3	유지전력 최소화	고속도차단기 유지전력의 최소화 및 관련 특성 검증	특성검토서 1부
4	아크슈트 기술정립	차단시 발생하는 아크 소호에 대한 특성 검토 및 기술정립	특성검토서 1부
			설계기준서 1부
			기타 부속서 1부

- 2차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	고속도차단기 금형 제작	주요 부품에 대한 금형제작	BODY금형 등 7종
2	고속도차단기 시제품 제작	국내 차단용량 검증 및 국내 공인기관 시험용 시제품 제작	시제품 39SET
			- DC 110V 전자코일 : 6SET
			- DC 72V 전자코일 : 6SET
			- DC 24V 전자코일 : 6SET
			- Shock absorber : 8SET
			- Trip part : 8SET
			- S/W part : 8SET
3	고속도차단기 성능시험	고속도차단기 국내 공인기관 (KERI) 차단 성능시험	- Arc chute : 4SET
			공인인증 성적서 1부

－ 3차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	고속도차단기 시제품 제작	국내외 공인기관 성능시험용 시제품 제작	시제품 14SET
2	국내외 공인기관 성능시험	제품 경쟁력 확보를 위한 성능 검증시험 및 성적서 － 국내 : SGS KOREA － 해외 : IPH-CESI	SGS KOREA 시험성적서 1부
			IPH 시험성적서 1부

○ 블랙박스 시스템 개발

－ 1차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	블랙박스 H/W 설계	블랙박스 H/W 설계 기준 및 제작도면 작성	설계기준서 1부
	블랙박스 H/W PCB 제 작, 조립		제작도면 각 1부
			시제품 3SET
			기타 부속서 3부
2	블랙박스 F/W 설계	블랙박스 F/W 설계 기준 정립	설계기준서 1부
3	블랙박스 F/W 블루투스 통신	블랙박스 통신에 대한 설계 기 준정립	설계기준서 1부
			기타부속서 2부
4	DC-VT/CT 개발	DC-VT/CT 개발 성능지표 및 설계기준 정립	설계기준서 각 1부
			시제품 13SET

－ 2차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	블랙박스 H/W 시제품 제작	공인기관 성능시험용 시제품 제작	시제품 5SET
2	DC-VT/CT 시제품 제작		시제품 5SET
3	블랙박스 공인기관 성능시험	EMC 시험 성적서 획득 － SGS KOREA	SGS KOREA 시험성적서 1부
4	지적재산권(특허) 출원	특허 출원	특허 출원서 1부 － 출원번호 : 10-2019-012984

－ 3차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	지적재산권(특허)등록	특허 등록	특허증 1부 － 등록번호 : 제 10-2221226호
2	블랙박스 신기술 인증	GS 1등급 인증서 획득	GS 1등급 인증서 1부

○ 마케팅 활동

－ 1차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	비즈니스 모델 수립	시장진입 및 양산, 판로개척에 대한 사업화 초기 분석	비즈니스 모델 계획서 1부
2	사업화 매출액	현차 신뢰성 검증용 제품 판매 (중국 Welconn)	저 유지전류형 전자코일 적용 고속도차단기 4SET (약 1,100만원)

- 2차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	현차 신뢰성 검증	저 유지전류형 전자코일 적용 고속도차단기 현차 신뢰성검증	결과보고서 1부

- 3차년도

구분	성과 목표	주요 내용	성과물
1	사업화 매출액	저 유지전류형 전자코일 적용 고속도차단기 제품 판매 (의정부 경전철)	고속도차단기 8SET (8,000만원)
2	현차 신뢰성 검증	소형 경량의 고속도차단기 현차신뢰성 검증(1,000[km])	결과보고서 1부
3	제품 카탈로그 제작	제품 주요 사양 등이 포함된 홍보용 카탈로그 제작	카탈로그 100부
4	제품 소개 동영상 제작	제품 사양, 주요 부품 소개 등 이 포함된 동영상 제작	소개 동영상 1개

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
-	-	-	-	-	-	-

☐ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

☐ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
-	-	-	-	-

☐ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
-	-	-	-	-

[기술적 성과]

☐ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	직류개폐장치용 IoT기반의 블랙박스 시스템	대한민국	(주)우진기 전	2019.10.1 8.	제 10-2019- 0129834 호	(주)우진기 전	2021.02.2 3	제 10-22212 26호	100%	

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
										√	

☐ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	블랙박스 펌웨어v1.0	2019.04.10.	(주) 우진기전	2019.12.13.	C-2019-040485	(주) 우진기전	100%
2	블랙박스 모바일 어플리케이션v1.0	2019.04.10.	(주) 우진기전	2019.12.13.	C-2019-040486	(주) 우진기전	100%
3	블랙박스 PC기반 프로그램v1.0	2019.04.10.	(주) 우진기전	2019.12.13.	C-2019-040487	(주) 우진기전	100%
4	철도차량용 직류개폐기	-	조 성 훈	2020.10.25.	ISBN 979-11-90137- 44-7	조 성 훈	30%

☐ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호
-	-	-	-	-

☐ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	GS인증	한국정보통신기술협회	GS1등급	21-0036	2021.01.14.	대한민국

☐ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자
-	-	-	-	-	-	-	-

○ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[경제적 성과]

☐ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	소형 경량의 고속도차단기	2020. 05	(주) 우진기전		철도차량	3년	SGS KOREA KERI IPH-CESI	-
2	블랙박스 시스템	2021. 01	(주) 우진기전		철도차량	3년	한국정보통신 기술협회	-

☐ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내(천원)	국외(달러)		
1	자기실시	기존 제품 개선	국외(중국)	봄바르디에 NUG Propulsion System, CHSR 현수 모노레일	현차 신뢰성 검증용 고속도차단기 판매	Welconn		10,500	2019	
2	자기실시	기존 제품 개선	의정부	고속도차단기 함 대체	기존 고속도차단기 함 대체	우진메트로	8,000		2020	

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	봄바르디에 NUG Propulsion System, CHSR 현수 모노레일	2019		10,500	11,653,425 원	1\$ = 1,109.85 원
2	고속도차단기 함 대체	2020	8,000		80,000,000 원	
합계			8,000	10,500	91,653,425 원	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			소형 경량의 고속도차단기, 블랙박스 시스템		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3		
	소요예산(천원)		17,900		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			90,000	525,000	1,050,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	10	30
		국외	-	5	10
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		-			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		-	-	-	
	수 출	-	-	-	

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)				합계(명)
			2018년	2019년	2020년	2021년	
1	블랙박스가 내장된 IoT기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기 개발	(주) 우진기전	1	1	-	-	2
합계			1	1	0	0	2

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	-	
		생산인력	-	
	개발 후	연구인력	-	
		생산인력	-	

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
합계				-

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도	-	-	-	-	-	-	-
기대 목표	-	-	-	-	-	-	-

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/수입
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
-	-	-	-	-	-

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용
-	-	-	-	-	-

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
-	-	-	-	-	-

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
-	-	-	-	-	-	-

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
-	-	-	-	-

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
-	-	-	-	-	-	-

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[그 밖의 성과] : 해당사항 없음

○

-

○

-

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항 : 해당사항 없음

○

-

○

-

2) 목표 달성 수준

연구개발목표	달성내용	달성도(%)
○ 소형 경량의 고속도차단기	○ 소형 경량의 고속도차단기	100
- 기본 컨셉 정립 및 기본설계	- 개발 목표확립 및 설계기준 정립	100
- 각종 기술문서 작성	- 전자코일, 아크슈트 등 기술문서 3종 작성	100
- 시제품 제작	- 성능시험용 시제품(부품 포함) 69SET 제작	100
- 국내 공인기관(SGS KOREA) 성능시험	- 기본성능, 진동/충격, 온도/환경시험 성적서 획득	100
- 해외 공인기관(IPH-CESI) 성능시험	- IEC 60077-3 규격에 의거한 시험 성적서 획득	100
- 현차 신뢰성 검증	- 의정부 경전철 총 1,000[km] 현차 신뢰성 검증 완료	100
○ 블랙박스 시스템 개발	○ 블랙박스 시스템 개발	100
- H/W, F/W 설계 및 제작	- PCB ART WORK, CASE 금형 제작, 시제품 20SET 제작	100
- DC-VT/CT 설계 및 제작	- DC-VT/CT PCB 및 시제품 각 13SET 제작	100
- 국내 공인기관(SGS KOREA) 성능시험	- EMC 시험 성적서 획득	100
- 신기술 인증(GS 1등급)	- GS 1등급 인증서 획득	100
- 지적재산권 출원/등록	- 블랙박스 시스템의 특허 출원 및 등록 완료	100

4. 목표 미달 시 원인분석 : 해당사항 없음

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○

-

○

-

2) 자체 보완활동

○

-

○

-

3) 연구개발 과정의 성실성

○

-

○

-

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 소형 경량의 고속도차단기

- 철도차량용 고속도차단기의 완벽한 대체 가능

고객의 주요 요구사항으로 기존 LB BOX의 제어회로와 고속도차단기 취부 브라켓 등의 변경 없이 당사 제품으로 교체(개량)를 바라고 있으며, 이에 대해 소형 경량의 고속도차단기를 개발함으로써 고객 요구사항에 대한 기여내용은 아래와 같음

- 1) 기존 세실론社 고속도차단기와 당사 고속도차단기의 취부 Hole 사이즈와 간격이 달라 별도의 취부 브라켓의 공급이 필요함
→ 세실론 고속도차단기 제품 개량시 동일 위치에 당사 제품을 취부 할 수 있는 추가 취부 Hole을 구비
- 2) 세실론 고속도차단기 보다 당사제품의 외형치수가 커서 개량시 제약조건이 있음
→ 소형 경량화를 통해 완벽한 대체가 가능함

구분	세실론 고속도차단기	우진 고속도차단기(양산)	우진 고속도차단기(개발)
가로[mm]	165	170	150
세로[mm]	431	540	420
높이[mm]	485	500	480
중량[kg]	38	38	34.5
모듈화 여부	O	X	O

- 3) 기존 당사 고속도차단기의 유지전류가 높아 제어회로 Relay 등의 회로변경이 불가피함
→ 세실론 고속도차단기와 동일한 유지전류의 전자코일 개발과 제어전압의 LINE UP을 통해 다양한 노선에 대한 적용성을 높임

구분 (DC 110[V] 기준)	세실론 전자코일	우진 전자코일(양산)	우진 전자코일(개발)
코일저항[Ω]	14.43	17.2	14.43
투입전류[A]	7.62	5.81	7.62
유지전류[A]	0.41	1.21	0.41
소비전력[W]	2.42	25.2	2.42

- 4) 또한 개발 된 저 유지전류형 전자코일은 모듈화가 가능하며 기존 당사의 양산 고속도차단기에도 적용이 가능해 고객의 선택지를 다양화시킴

- 소형, 경량화 및 모듈화를 통한 국내외 제품 경쟁력 확보

앞서 저 유지전류형 전자코일의 개발을 통해 해외 경쟁사 수준까지 기술력이 향상되었으나 이에 안주하지 않고 당사는 고속도차단기 전체 사이즈의 축소와 경량화를 통해 세실론 고속도차단기 보다 컴팩트한 고속도차단기를 개발하였으며, 주요 부품의 모듈화를 통해 유지보수 성을 극대화하여 제품 사용의 편의성을 구현하였음

○ 블랙박스 시스템

- 세계 최초 고속도차단기의 인텔리전트 화

- 1) 현재 사물인터넷, 빅 데이터, 인공지능(AI) 등 산업구조 변화의 바람이 강하게 부는 가운데 철도시장의 경우 스마트 검수시스템의 적용 등의 움직임 활발하게 이루어지고 있지만 전장품에 대해서는 그 변화의 흐름을 타지 못하고 종래의 기술에만 의존하고 있는 실정임
- 2) 당사는 철도차량 전장품도 마찬가지로 세계 산업구조 변화의 흐름에 맞게 변화해야 경쟁력 있는 회사 더 나아가 국가 이미지 제고에 반드시 필요하다고 판단함
- 3) 고속도차단기 운영시 발생하는 각종 데이터인 투입/차단시간, 가선전압, 통전전류, 동작 횟수 등 여러 빅 데이터 등을 저장하고 표시해주는 블랙박스 시스템을 세계 최초로 개발함으로써 세계 철도차량 전장품 시장의 새로운 선두주자로 발돋움 할 수 있는 초석을 다짐

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

○ 소형 경량의 고속도차단기

- 지속적인 제품 홍보를 통한 국내외 시장 점유율 확보

- 1) 철도시장은 국내뿐만 아니라 해외시장도 상당히 보수적인 성격을 가지고 있어 새롭게 개발된 제품을 필드에 쉽게 적용하기 어려운 실정임
- 2) 기존 세실론社 고속도차단기의 완벽한 개량 프로젝트에 역점을 둘 예정
- 3) 고객들이 제일 우선적으로 고려하는 제품의 특성인 안정성과 내구성에 포커스를 맞춰 고객의 신뢰를 최대한 얻을 수 있도록 홍보자료 작성 및 영업활동 진행
- 4) 실제 고속도차단기를 사용하고 있는 고객들의 의견을 수렴하여 개발된 소형 경량의 고속도차단기에 추가로 적용하여 지속적인 업그레이드를 추진
- 5) 각종 지자체와 철도 운영사에 업무 협조 요청을 통해 다양한 차량과 노선에서 현차 신뢰성 검증 진행

○ 블랙박스 시스템

- 신규 기술에 대한 고객 이해도 증가

- 1) 고속도차단기에 실시간 빅 데이터의 저장 및 표시가 되는 블랙박스 시스템은 최초로 개발된 기술이며 고객들이 처음 접하기에 생소하고 낯설게 느껴질 수 있음
- 2) 당사는 이러한 벽을 넘기 위해 다양한 매체를 통하여 고객들의 눈높이에 맞춰 다가갈 수 있도록 영업전략 수립 예정

- 소형 경량의 고속도차단기 적용

- 1) 제품 유지보수성 향상을 위해 실시간으로 빅 데이터를 스캔 및 저장하는 블랙박스를 소형 경량의 고속도차단기에 적용하여 제품의 인텔리전트화를 구현
- 2) 고속도차단기에 최초로 적용되는 기술인만큼 각종 지자체와 여러 전시회에 참가하여 고객들에게 거부감이 들지 않도록 충분한 마케팅 활동 예정

- 직류 개폐장치의 블랙박스 시스템 적용 추진

- 1) 현재 블랙박스 시스템은 고속도차단기에 한하여 적용이 되는 기술이지만 향후 개발을 추가로 진행하여 다양한 제품에 적용하도록 추진 예정
- 2) 당사는 향후 고속도차단기뿐만 아니라 철도차량 전장품 중 모든 직류 개폐장치(DC 2,000[V], 2,000[A]이하)와 호환이 가능하도록 추가적인 개발을 진행할 예정

< 별첨 >

별첨 자료

1. 참고문헌

2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료

3. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료(총 연구개발기간 성과점검기준표 실적 증빙자료에 기 포함되어 있는 증빙자료 제외)

○ 성과점검기준표(최종 목표 및 성과)

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		질적 목표 및 성과						해당 기관	예산 (백만)	총괄 양적 목표			증빙자료						
					성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법			가중치	목표치	가중치		달성치					
주관	A	고속도 차단기 개발	A-1	고속도 차단기 기본설계	①	개발목표확립	1건	1건		개발성능지 표	1	주관	122	<u>사제품: 27 건</u> <u>신규고용 1 명</u>	10	<u>사제품: 69 건</u> <u>(부품 포함)</u> <u>신규고용 1 명</u>	개발성능지표					
					②	설계 기준서	1건	1건		기준서							개발 컨셉					
			A-2	전자코일 기술	①	특성 검토서	1건	1건		검토서	1						특성검토서					
					②	설계 기준서	1건	1건		기준서							설계기준서					
			A-3	유지전력 최소화	①	특성 검토서	1건	1건		검토서	2						특성검토서					
			A-4	아크슈트 기술	①	특성 검토서	1건	2건		검토서	1						기술검토서					
					②	설계 기준서	1건	1건		기준서							설계기준서					
			A-5	기능 검증	①	국내공인기관 기능시험(SGS)	1건	1건	KS R 9158	성적서	2						22	시험성적서				
			A-6	차단성능 검증	①	차단성능시험 (국내 KERI)	1건	1건	IEC 60077-3	성적서	3						99	시험성적서				
	②	차단성능시험 (해외 IPI)			1건	1건	IEC 60077-3	성적서	5	시험성적서												
	A-7	차단기 제작	-	-	-	-	-	-	-	167	-											
	B	블랙박스 HW 개발	B-1	HW 설계	①	설계 기준서	1건	3건		기준서	1	주관	128	<u>사제품: 54 건</u> <u>(블랙박스: 18건 /</u> <u>DC-VT: 18건 /</u> <u>DC-CT: 18건)</u> <u>SW: 2 건</u> <u>신규고용 1 명</u>	20	<u>사제품: 56건</u> <u>(블랙박스: 20건 /</u> <u>DC-VT: 18건 /</u> <u>DC-CT: 18건)</u> <u>SW: 3 건</u> <u>신규고용 1 명</u>	설계기준서					
			B-2	HW PCB 제작,조립	①	제작 도면	1건	1건		도면	1						제작도면					
			B-3	시제품 제작	-	-	-	-	-	-	-						-					
		C	블랙박스 FW 개발	C-1	F/W 설계	①	설계 기준서	1건	2건		기준서						1	설계기준서				
				C-2	F/W 블루투스 통신	①	설계 기준서	1건	1건		기준서						1	설계기준서				
		D	DC-VT /CT 개발	D-1	DC-VT 개발	①	설계 기준서	1건	1건		기준서						1	27	<u>신기술인증 1 건</u> <u>(GS 인증)</u>	20	<u>신기술인증 1 건</u> <u>(GS 인증)</u>	설계기준서
				D-2	DC-CT 개발	①	설계 기준서	1건	1건		기준서											설계기준서
				D-3	시제품 제작	-	-	-	-	-	-											-

E	블랙박스 성능검증	E-1	EMC 시험	①	EMC 시험	1건	1건	EN 50121-3-2	성적서	2	34				시험성적서
		E-2	GS 인증	-	-	-	-	-	-	-					GS 1등급 인증서
	F	비즈니스 모델수립	F-1	비즈니스 모델수립	①	모델 수립	1건	1건		계획서	1				1건
	G	마케팅 전략수립	G-1	마케팅 전략수립	①	전략 수립 및 추진	1건	1건		계획서	1				1건
H	품질인증	H-1	지적 재산권	-	-	-	-	-	-	-	5	특허: 출원 1 건	10	특허: 출원 1 건 등록 1 건	특허출원증 특허증
계										20	624	특허: 출원 1 건 등록 0 건 시제품: 81 건 SW: 2 건 매출액 30 백만원 신규고용 2 명 신기술인증 1 건 (GS인증)	100	특허: 출원 1 건 등록 1 건 시제품: 125 건 SW: 3 건 매출액 91 백만원 신규고용 2 명 신기술인증 1 건 (GS인증)	

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘블랙박스가 내장된 IoT기반의 DC 1,500[V]급 철도차량용 고속도차단기 개발’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.