

제 출 문

국토부 장관 귀하

이 보고서를 "미래철도기술개발사업에 관한 연구"과제(세부과제 "도시철도차량 동력제어장치 개량사업 에 관한 연구")의 보고서로 제출합니다.

2014 . 11.

주관연구기관명 : (주)이건산전

주관연구책임자 : 이 종 결

연 구 원 : 김 주 일

" : 신 병 일

" : 임 동 원

" : 박 성 근

" : 정 성 길

협동연구기관명 :

협동연구책임자 :

보고서 요약서

과제고유번호	12PRTD-C 064054-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2년	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연 구 사 업 명	미래철도기술개발사업				
연 구 과 제 명	최 상 위 과 제 명	도시철도차량 동력제어장치 개량 사업			
	단위과제명				
연 구 책 임 자	이 중 겐	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 6 명 내부 : 6 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 265,000천원 기업 :152,500 천원 계 : 432,300천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(주)이건산전 기술연구소		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 : 상대국연구기관명 :				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	122
도시철도차량 동력제어장치의 구조 설계 및 부품 용량 계산, 방열 설계를 통해 기술력을 습득하고 시제품을 제작하여 이에 대한 시험 및 검증 단계를 수행하여 장치의 신뢰성을 확보하였으며 철도차량 운영업체의 차량 운행연한이 증가함에 따른 개조비용 및 에너지 절감을 할 수 있도록 한다.					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	인버터, 컨버터, 히트파이프, 모듈, 스택			
	영 어	INVERTER, CONVERTER, HEAT PIPE, MODULE, STACK			

요 약 문

I. 제 목

도시철도차량 동력제어장치 개량사업

II. 연구개발과제 개요(목적, 필요성, 범위 등을 기술)

- 모든 전동차량에는 추진제어장치가 대차와 연동된 모터를 제어하여 추진 및 회생제동을 하여 전동차량의 움직임을 직접적으로 제어한다.
- 추진제어장치는 크게 AC/DC 구간에서 사용되는 C/I (CONVERTER/ INVERTER) 장치와 DC구간에 사용되는 INVERTER 장치로 구분된다.
- 한국철도공사 및 서울메트로의 일부는 AC/DC 겸용 차량으로 C/I 장치가 사용되며, 서울 메트로외 각 도시철도공사는 인버터용 추진제어장치가 사용된다.
- 추진제어장치의 GTO 모듈을 IGBT 모듈로 개량하는 기술 개발로 저비용 고효율 저탄소 녹색성장 산업정책에 부합 및 차량 운영사의 정비효율 및 원가절감 요구사항에 부합 하고자 한다.

III. 연구개발 수행내용 및 결과(연구수행과정, 연구수행결과 등을 기술)

- 차량특성 분석 및 구조파악
차량 기지 현장 확인 및 부품을 차용하여 인터페이스 및 구조 파악
- 구조설계
철도차량의 진동 및 내구성을 감안하여 3D 설계
- 히트파이프 설계
소자의 발열량 계산하여 방열 구조 설계
발열체 부착하여 동일 발열 발생하여 온도 상승 포화치 확인
- 전기, 전자 회로 설계
전기적 부품 용량 계산 및 부품의 특성 검토
- 시제품 제작
설계 도면에 의한 가공 및 제작, 배선
- 기능 및 특성 시험
기본 기능의 확인 및 자체 시험, 인증 기관 시험에 의한 신뢰성 확보
- 인버터 장치 적용 시험
시제품 컨버터/인버터 스택을 현재 운용중인 인버터 장치에 설치 호환성 및 기능 확인

IV. 최종 연구성과 및 적용실적

- 제품 개발 도면 및 시제품 1SET

- 자체 시험 및 공인 인증 기관 시험 성적서
- 지적 재산권 관련 출원 2건

V. 연구목표 달성 및 효과

연구목표				달성치	효과
항 목			목표치		
1	제품개발	제품 설계	제작도 1SET	100%	유시장치의 설계 기술 확보
		시제품 제작	시제품 1SET	100%	실제품으로 검증등 시험가능
		전원장치 에너지절감	800W 절감	100%	에너지 절감효과
		STACK 중량감소	200Kg이하	100%	중량감소에 따른 차량 부하 감소
2	히트파이프개발	방열 효과	85deg 이하	100%	방열 설계 기술 습득
3	GDU 개발	제품 개발	시제품 1SET	100%	IGBT 구동 회로 기술 습득
4	지적재산권확보	특허및실요신안 출원	2건	출원2건	지적 재산권보호

VI. 연구성과 활용계획

- 개발과정에서의 축적된 설계 기술을 바탕으로 신규차량의 인버터 및 컨버터 장치에 적용할 수 있다.
- 풍력, 태양광의 전력변환장치에 적용하여 청정에너지의 신사업 창출 예상
- 각종 인버터 장치에 적용하여 동남아 지역의 철도차량 부품의 수출 기대

SUMMARY

I. Subject

Improvement projects for power control devices of urban transit unit

II. Summary of Research and Development

(Description about Purpose, Necessity, Range, etc)

- All electric vehicle directly controls the motion by the driving and regenerative braking by the propulsion control apparatus to control the motor.
- The propulsion control apparatus is divided into C/I(CONVERTER/ INVERTER) apparatus for use in an AC/DC interval and INVERTER apparatus for use in a DC interval.
- Some of AC/DC combination vehicles of Korail and Seoul Metro use the C/I device and each Metro use driving control unit for the inverter
- Technology development to improve the GTO module for propulsion. control system to IGBT module can This technology comply with green growth industry policy and satisfy user of the maintenance efficiency and cost reduction requirements.

III. Execution information and results about Research and Development

(Description about process and result)

- Characteristic analysis and structure grasp of vehicle
Site confirmation of vehicle base and Using parts for check interface and structure grasp
- Structure design
Considering the vibration and durability of the railway vehicle and design in 3D
- Heat-pipe Design
The design of the heat dissipation structure by calculating the heat generation element.
Check the saturation temperature rise value by attaching the heating element
- Electrical and electronic circuit design
Calculates the amount of electrical components and review the characteristics of the components.

- Prototype manufacturing
Making a product using a design drawing
- The test of function and characteristic
Check the basic functions, Self-test and Certification agencies test
- Function test of inverter device
Check compatibility and function by installing the prototype of converter / inverter stack to the invert device currently operating

IV. Finally research results and application actual result

- Product development drawings and prototype 1SET
- Self-test and Certification agencies test reports
- apply for two patent related to intellectual property

V. Research objectives and effects

Research objective				Achievement value	Effect
Clause		Target value			
1	Product development	Design of product	Manufacturing drawings 1SET	100%	Ensure the design technology of the device
		Prototyping	Prototype 1SET	100%	Verification and functional test
		Energy-saving of power supply	800W Reduction	100%	Energy-saving effect
		STACK weight reduction	200Kg Below	100%	Vehicle load reduction due to weight reduction
2	Heat-pipe development	Radiation effects	85deg Below	100%	Thermal design skill acquisition
3	GDU development	Product development	Prototype 1SET	100%	IGBT Driving circuit skill acquisition
4	Secure a Intellectual Property Right	Apply for a patent and a utility model	Two cases	100%	Protection of intellectual property

VI. Utilization plan of the Research results

The design technology accumulated during the development process can be applied to the Inverter and Converter devices in new vehicles

- The design technology accumulated during the development process can be applied to the Inverter and Converter devices in new vehicles

- By applying Wind force, Solar power conversion device can create new business
- Can export the various inverter device in Southeast Asia.

CONTENTS

CHAPTER 1 Overview of research and development projects

- Section1 The purpose and need for research and development
- Section2 The definition of the R & D, range , characterized
- Section3 Domestic and international developments in technology related fields
- Section4 Results of research and development in the relevant field position occupied

CHAPTER 2 Details and results of research and development carried out

- Section1 Strategy and methodology of research conducted
- Section2 The course of research and information (theoretical and experimental)
- Section3 Verification methods and results , including the results of research carried out

CHAPTER 3 Final results of research and application performance

- Section1 Individual research
 - Individual research described
 - The main research
 - Domestic and overseas market outlook of technology development results

CHAPTER 4 Research objectives and effects

- Section1 Research and development to achieve the final value
- Section2 Effects of R & D results
- Section3 Economic Impact Analysis of R & D results
- Section4 Policy effectiveness analysis of R & D results

CHAPTER 5 Utilization of research results, and further research needs

- Section1 Future Utilization of research results
- Section2 Additional research needs, such as

목 차

제1장 연구개발과제 개요

- 제1절 연구개발의 목적 및 필요성
- 제2절 연구개발의 정의, 범위, 특징
- 제3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황
- 제4절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과

- 제1절 연구수행 전략 및 방법론
- 제2절 연구수행과정 및 내용(이론적, 실험적)
- 제3절 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 등

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

- 제1절 개별 연구성과
 - 개별 연구성과 설명
 - 주요 연구성과
 - 기술개발 성과의 국내외 시장 전망

제4장 연구목표 달성 및 효과

- 제1절 연구개발 최종목표 달성도
- 제2절 연구개발 성과의 기술적 효과분석
- 제3절 연구개발 성과의 경제적 효과분석
- 제4절 연구개발 성과의 정책적 효과분석

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

- 제1절 연구성과 향후 활용방안
- 제2절 추가연구 필요성 등

제1장 연구개발과제 개요

제1절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

가. 모든 전동차량에는 추진제어장치가 대차와 연동된 모터를 제어하여 추진 및 회생제동을 하여 전동차량의 움직임을 직접적으로 제어한다.

나. 추진제어장치는 크게 AC/DC 구간에서 사용되는 C/I(CONVERTER/INVERTER) 장치와 DC구간에 사용되는 INVERTER 장치로 구분된다.

다. 한국철도공사 및 서울메트로의 일부는 AC/DC 겸용 차량으로 C/I 장치가 사용되며, 서울 메트로의 각 도시철도공사는 인버터용 추진제어장치가 사용된다.

라. 추진제어장치의 GTO 모듈을 IGBT 모듈로 개량하는 기술 개발로 저비용 고효율 저탄소 녹색성장 산업정책에 부합 및 차량 운영사의 정비효율 및 원가절감 요구 사항에 부합 하고자 한다.

2. 연구개발의 필요성

가. 1974년부터 철도차량이 국내에 도입되어 1970대의 저항차, 1980대의 초퍼차, 1990년대 GTO(압접) VVVF형, 2000년대의 IGBT(압접)형 VVVF형, 2010대의 IGBT(모듈) VVVF형으로 추진제어장치 및 보조전원장치(SIV)가 제작되어지고 있다.

나. 1990년대부터 20년간 제작된 VVVF장치 대부분은 해외 수입품이며, 내부에 사용되어온 핵심부품인 GTO 와 IGBT의 압접소자는 점차적인 단종 품으로 엄청난 구입가격과 장납기 자재로 철도 차량의 운영에 막대한 영향을 미치고 있으며 외화낭비로 국가 경제적 손실이 발생된다.

다. IGBT 모듈방식은 GTO 압접방식의 보다 가볍고 소비전력이 100배정도 낮아 에너지절감효과가 크다.

라. 압접(GTO, IGBT)형 소자의 부품교체 시 주변 부품을 완전해체하여야 하며, 클린룸과 압접 유압기의 특수 설비가 구비된 한정된 공간에서만 가능하여 이동손실 및 많은 교체시간이 소요된다.

마. 저탄소 녹색성장 및 온실가스 저감을 위해 1900년대부터 제작된 Stainless Steel 차량의 경우 차량 수명을 15년 연장하여 사용하면서 핵심 부품에 대한 중요성도 더욱 커지고 있으며, 추진제어장치 및 보조전원장치도 GTO와 IGBT(압접)소자를 단위 모듈(스택)만을 개량할수 있는 제품개발하여 효율을 높일 수 있다.

제2절 연구개발의 정의, 범위, 특징

1. 연구개발의 정의

GTO 모듈을 IGBT 모듈로 개량하고자 한다. 다음 사양에 맞도록 개량하도록 한다.

가. 정 격 : CONVERTER MODULE 1800V 1560A
INVERTER MODULE 1800V 700A

나. 제어 전압 : $DC \pm 15V$

다. 절연 저항 : 주회로 $DC1000V$ 메가로 $20M\Omega$ 이상
보조회로 $DC500V$ 메가로 $10M\Omega$ 이상

라. 절연내전압 : 주회로 $AC6000V$ 1분간
보조회로 $AC1000V$ 1분간

마. 중 량 : 200Kg

다. 추진제어장치의 핵심 소자 비교

항 목	GTO (Gate turn Off Thyristor)	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)
최대 정격용량	4,500V - 3,000A	3,300V - 2,000A
게이트구동	전류형(게이트전원이 크다)	전압형(게이트전원이 작다)
온/오프 시간	최소 온시간 제한	온/오프 시간제한 없음
동작 주파수	최대 500Hz	최대 2,000Hz
외 형		
장 점	- 전압, 전류 내량이 크다. - 대용량장치에 사용이 용이 함. - 사용실적이 많다	- 고속동작으로 파형이 깨끗하 고 소음이 적음. - 스누버 회로가 없어 손실이 적음. - 전압구동으로 제어가 용이함.
단 점	- 동작주파수가 낮아 파형이 깨끗하지 못하고 소음이 크다. - 스누버 회로에서 손실이 크다. - 전류구동으로 제어가 복잡함. - 소자생산이 줄어 가격이 높음.	- 전압,전류의 내량이 적음

2. 연구개발의 범위

가. GTO형 추진제어장치를 IGBT 모듈형 소자로 부분(INVERTER MODULE & CONVERTER MODULE) 개량품에 대한 제품 개발.

- (1) 기구적, 전기적 인터페이스를 유지.
- (2) 철도차량의 진동에 견디는 구조.
- (3) 전기적 연결부의 BUSBAR 및 콘덴서 용량계산.

나. HEAT PIPE의 최적화 냉각 성능 설계 및 제품개발.

- (1) 전력소자의 발열에 대한 냉각요소 해석
- (2) 철도차량의 저온 및 고온 환경 시 냉각효과
- (3) 철도차량의 진동에 견디는 구조

다. GDU (Gate Drive Unit) 장치 제품개발

- (1) 제어기의 광 스위칭의 호환 및 동작
- (2) 철도차량의 저온 및 고온 환경 시 PCB 성능
- (3) 철도차량의 진동에 견디는 구조

라. INVERTER MODULE & CONVERTER MODULE의 차단시험 및 검사 기준 설정.

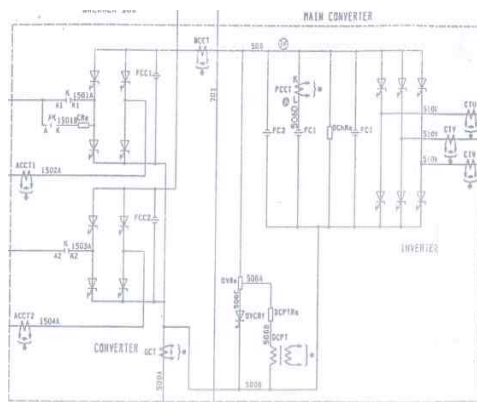
- (1) 철도차량의 저온 및 고온 환경 시 동작 성능
- (2) 절연저항, 내전압시험 기준
- (3) 게이트 신호 동작 시험 기준
- (4) 차단시험, 노이즈 시험

마. GTO형 추진제어장치에 개발된 IGBT모듈(INVERTER MODULE & CONVERTER MODULE)를 교체하여 조합(현차) 시험을 통한 비교 성능 입증.

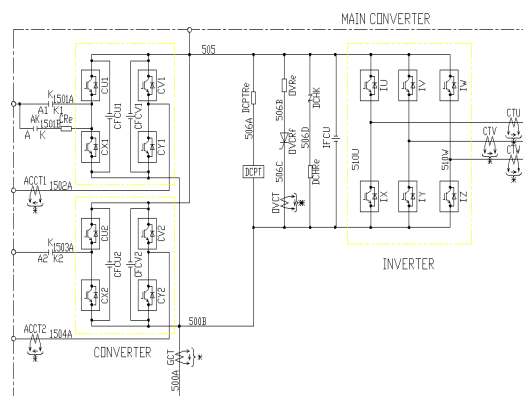
- (1) 차량 현차 시험
- (2) 소비전력 절감 (95%)

3. 연구개발의 특징

가. 추진제어장치의 주회로 비교

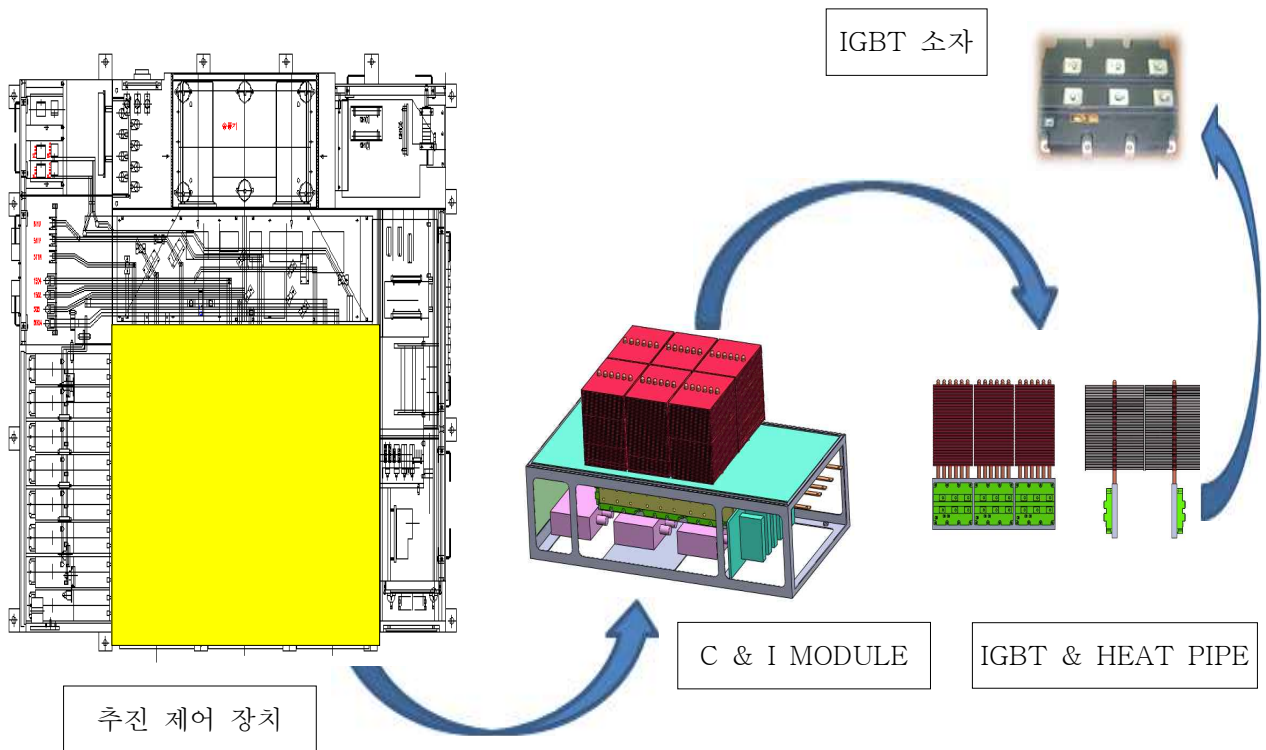


GTO형 회로

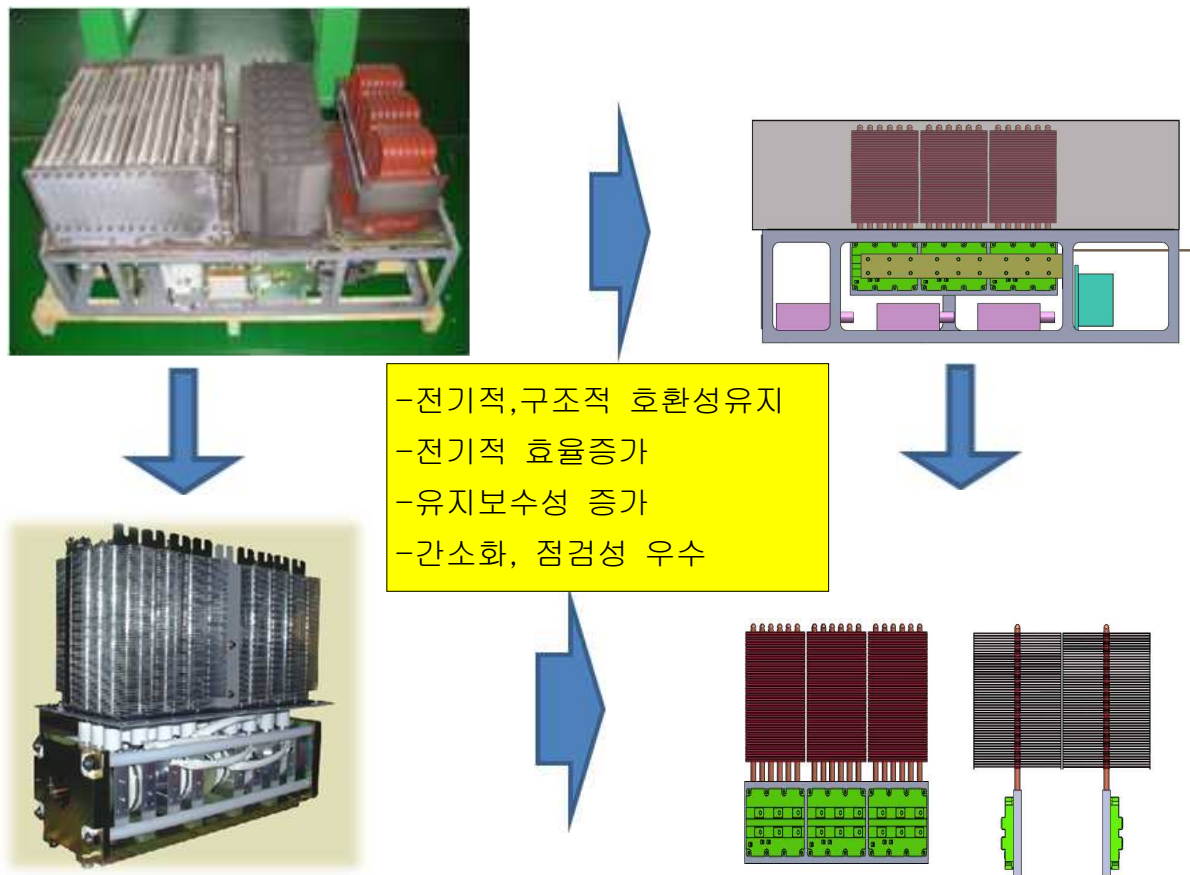


IGBT형 회로

나. 추진제어장치의 주요 개량 범위



다. 추진제어장치의 주요 개량 방안 (예 : 인버터 모듈)



라. 추진제어장치의 주요 개량 시 사용 여부 (예 : 인버터 모듈)



마.충전품 GTO 교체 상세 공정 (교체시간 : 약2시간10분(이동시간제외))

순서	공정 사진	상세 설명
1		GTO 모듈 분해 - 불량 GTO를 교체하기 위해 모듈 분해 한다.
2		GTO NUT 실링제거 - GTO 모듈을 분해 하기위해 너트에 있는 실링을 제거한다.
3		GTO 모듈 명판을 제거한다.
4		압접기 ON - 압접을 하기위해 압접기를 ON 시킨다.
5		GTO 소자교체 - 압접기로 눌러 너트를 풀고 불량소자 사이에 지그를 삽입하여 소자를 교체한다.
6		GTO 명판 체결 - 압접을 끝내고 명판을 체결한다.

순서	공 정 사 진	상 세 설 명
7		GTO 실링 처리 - 너트에 풀림방지용 실링처리를 한다.
8		압접기를 OFF 시킨다.



- GTO 모듈에서 GTO소자와 히트 싱크의 압접unit에서 GTO소자를 교체하기 위해 위 장비가 필요함.

(유지보수 극대화)

바. 추진제어장치의 주요 개량 비교표(예:인버터 모듈)

NO	품 명	GTO TYPE INVERTER UNIT	IGBT TYPE INVERTER UNIT	비 고
1	BOX (FRAME)	○	○	신설계
2	CAP (COVER)	○	○	신설계
3	GTO UNIT	○	○	IGBT UNIT로 신설계
4	REACTOR-UNIT	○		삭제
5	RESISTOR UNIT	○		삭제
6	SNUBBER CAPACITOR	○		삭제

NO	품 명	GTO TYPE INVERTER UNIT	IGBT TYPE INVERTER UNIT	비 고
7	GA-UNIT (GDU)	○	○	신설계
8	GA.PS-UNIT	○	○	신설계
9	ARM CAPACITOR	○	○	용량변경
10	CONNECTOR(제어용)	○	○	동일품사용
11	PLATE-JOINT (고압용)	○	○	신설계
12	FILTER CAPACITOR(3개)	1800V 1500uF	1800V 4500uF	용량변경
13	GTO ↔ IGBT (6개)	4500V 3000A	3300V 1200A	
14	ARM CAPACITOR	2000V 200uF	2000V 200uF	재활용 가능
15	SNUBBER CAPACITOR	1800V 3.5uF		삭제
중량 (Kg)		290 kg	200 Kg	중량 -30% 예상됨

제3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술 및 산업 동향

가. 탄소 배출 규제가 강화되면서 저탄소 녹색성장 활성화를 정부주도로 성장하고 있으며, 차량 운영사도 에너지 절감 활동 및 원가 절감 활동을 꾸준히 추진으로 발전하고 있다.

업 체	상 세 내 용	비 고
현대로템	각 도시철도 및 수출 차량용 추진제어장치 제작	어셈블리 공급
우진산전	한국철도공사의 신규차량용 및 보수용 어셈블리 제작 공급	어셈블리 공급
다원시스	7호선 신규차량용 추진제어장치 제작공급	어셈블리 공급

※ 신규 차량용의 추진제어장치의 기술은 상당 수준의 기술력 및 제품개발이 이루어져 제품에 적용되고 있으나, GTO형을 IGBT형으로 부분개량 기술은 전무한 상태로 시급성이 요구됨.

2. 국외 기술 및 산업 동향

가. 국외 기술 및 산업 동향

- (1) 신규 제품의 경우 알스톰, 지멘스, 일본업체 등의 선진 기술이 주도하고 있으며, 중국업체의 발전이 두드러진 상태이다.

나. 해외시장 진출 방안

- (1) 전세계적으로 추진제어장치는 상당수가 GTO형으로 운영되고 있으며, GTO소자의 단종 및 가격상승에 따른 운영의 어려움으로 대만등 일부 국가에서 IGBT 모듈 단위 교체를 추진하고 있어 기대되고 있다.
- (2) 말레이시아 등 동남아 국가의 차량 개량사업이 추진되고 있어 추진제어장치의 개량 사업이 기대 된다.
- (3) 대만 TRA의 500계 개량 추진 예.

GTO base VVVF System(지멘스) => GTO STACK을 IGBT STACK으로 개량

총 STACK 수량 : 1,000set

추진년도 : 시제품 2007년도 시범차량, 2012년도부터 양산 적용예정.

추진배경 : GTO Drive unit, Sunbber Unit 및 GTO소자 고장 및 유지보수 어려움 발생.

제4절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치

1. 기술적 위치

많은 메이저급 업체 중에서 국내의 업체중에서는 아래 표의 업체들이 인버터 추진 제어 장치를 제조하고 있다.

업 체	상 세 내 용	비 고
현대로템	각 도시철도 및 수출 차량용 추진제어장치 제작	어셈블리 공급
우진산전	한국철도공사의 신규차량용 및 보수용 어셈블리 제작 공급	어셈블리 공급
다원시스	7호선 신규차량용 추진제어장치 제작공급	어셈블리 공급

위의 업체들의 영업 방안을 보면 동력제어장치의 일부가 아닌 전체 어셈블리로 공급하고 있다. C/I BOX로 제작하면 제어기등의 프로그램등 기술적으로 어려우나, 일부 주요 기능품인 STACK을 개량하는 부분이 조금 더 기술적 수준이 높다고 할 수는 없다.

2. 경제적 위치

가. 현재 각 철도공사의 차량 운행 연한이 늘어남.

나. C/I BOX 어셈블리로 교체하기에는 고비용 예상으로 예산 부족

다. 한정된 예산으로 안정적인 차량 운행을 위해서는 개량 사업으로 방향제시

라. 도시철도차량 동력제어장치 개량사업 성공 시 수요처는 늘어날 것으로 예상됨.

3. 주관연구기관의 주요 연구 및 사업화 실적

가. 연구개발 실적

번호	과 제 명	수 요 처	비 고
1	6호선 ADU 개발 납품	서울도시철도공사	MOU 체결 “2010”
2	보조전원장치 190KVA 개발납품	서울도시철도공사	7호선 56량분
3	2,3호선 GTO UNIT 납품	서울메트로	도시바형
4	4호선 추진장치용 케이트파워 및 게이트 앰프	서울메트로	미쯔비시형

나. 사업화 실적

번호	프로젝트 명	제 품 명	사 양	비 고
1	도시철도공사 7호선 56량	SIV BOX	IGBT 190KV	2011.
2	도시철도공사 7호선 56량	CMSB BOX	IGBT 27KVA	2011.
3	서울메트로 4호선 호환형	CMSB BOX	IGBT 27KVA	2012.
4	도시철도공사 5호선 개량	SIV BOX	IGBT 190KV	2011.
5	철도기술연구원	SIV BOX	IGBT 12KVA	2010.
6	서울메트로 2,3호선	GTO UNIT	GTO형	2008.

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구수행 전략 및 방법론

1. 연구수행체계

연구수행을 하기 위해 아래와 같이 주관연구기관으로서의 체계를 갖추고 연구 활동을 수행한다.

연구개발과제				총 참여 연구원	
과제명	도시철도차량 동력제어장치 개량사업			주관연구책임자 (이종걸)외6명	
기관 별 참여 현황					
구 분	기관수	인원수	총인원 수		
산 업 계	1	6	6		
대 학					
국공립(연)					
출 연 (연)					
기 타					
주 관 연 구 기 관		협동(공동) 연 구 기 관		위 탁 연 구 기 관	
연구개발					
참 여 연 구 원		참 여 연 구 원		참 여 연 구 원	
주관연구책임자 (이종걸)외5명		협동(공동)연구책임자 (○○○)외○명		위탁연구책임자 (○○○)외○명	
수석급 3명, 책임급 1명, 원급 2명,		책임급 ○명, 선임급 ○명, 원급 ○명, 기타 ○명		책임급 ○명, 선임급 ○명, 원급 ○명, 기타 ○명	
담당연구개발내용		담당연구개발내용		담당연구개발내용	
과제명	도시철도차량 동력제어장치 개량사업			과제명	
이종걸 수석- 구조설계 김주일 수석- GDU, 전원장치개발 신병일 수석- 전기설계, 시험 임동원 책임- 전기설계, 기준서제작 박성근 원- 금형, 구조해석 정성길 원- 전자설계, 시험					

2. 참여연구원

참여연구원 현황 정보												
연구수행 기관	소속기관	성명	주민등록번호	직급 (소속기관 해당직급)	최종학위 및 자격사항					참여 기간 (개월)	참여율 (%)	구분 (정규, 임시)
					학위	연도	전공	학교	자격 사항			
주관 - (주)이건산전	연구개발팀	김주일	680124-1*****	수석	학사	1994	전자공 학	청주 대학	-	18	30	정규
주관 - (주)이건산전	연구개발팀	임동원	750826-1*****	책임	학사	2002	제어 계측	한국 해양 대학	-	23	30	정규
주관 - (주)이건산전	연구개발팀	이종걸	700304-1*****	수석	전문 학사	2007	컴.응 기계과	주성 대학	-	24	30	정규
주관 - (주)이건산전	연구개발팀	신병일	680625-1*****	수석	전문 학사	2009	전자과	한국 교통 대학	-	18	40	정규
주관 - (주)이건산전	연구개발팀	정성길	870131-1*****	원	학사	2013	전자과	한국 진흥 원	-	12	10	정규
주관 - (주)이건산전	연구개발팀	박성근	870716-1*****	원	학사	2013	전자과	한국 진흥 원	-	12	20	정규

3. 연구장비

당해 연도 연구장비· 재료비 (2차년도)								
연구수행 기관	구분	품 명	규격	단위	수량	단가	금 액	비 고
주관 - 이건산전	구입	메모리하이코더	HIOKI	SET	1	25,000	25,000	현금
주관 - 이건산전	구입	DC전원공급기	조합	SET	2	2,500	5,000	현금
주관 - 이건산전	구입	기타 잡비	조합	SET	1	1,000	1,000	현금
주관 - 이건산전	구입	조합 시험기	조합	SET	1	12,500	12,500	현금
주관 - 이건산전	구입	FRAME BOX, SPCC	조합	SET	3	2,200	6,600	현금
주관 - 이건산전	구입	MODULE IGBT	3300V 1200A	SET	12	2,000	24,000	현금
주관 - 이건산전	구입	ARM CAPACITOR	2000V 200uF	SET	7	700	4,900	현금
주관 - 이건산전	구입	GATE AMP	GDU	SET	4	500	2,000	현금
주관 - 이건산전	구입	GATE POWER	단품	SET	8	200	1,600	현금
주관 - 이건산전	구입	HEAT PIPE	2,400W	SET	6	2,700	16,200	현금
주관 - 이건산전	구입	BRACKET	SPCC	SET	3	500	1,500	현금

주관 - 이견산전	구입	BUS BAR	C1100	SET	3	1,000	3,000	현금
주관 - 이견산전	구입	CABLE	조합	SET	3	200	600	현금
주관 - 이견산전	구입	FILTER CAPACITOR	1800V 1500uF	SET	8	800	6,400	현금
주관 - 이견산전	구입	절연판	조합	SET	3	800	2,400	현금
주관 - 이견산전	구입	진동시험JIG	조합	SET	1	5,500	5,500	현금
주관 - 이견산전	구입	진동시험	공인기관	SET	1	4,500	4,500	현금
주관 - 이견산전	구입	전자파시험	공인기관	SET	1	3,000	3,000	현금
주관 - 이견산전	구입	설치용 치공구	조합	SET	1	1,540	1,540	현금
주관 - 이견산전	구입	리프트대차	조합	SET	1	2,300	2,300	현금
합 계							129,540	

4. 연구개발비

구분	연도 비목		1차년도		2차년도		합계		비고	
			금액	비율	금액	비율	금액	비율		
직접비	미지급 인건비		0	0			0	0		
	지급인건비	현금	0	0			0	0		
		현물	82,800	100%	54,450	100%	137,250	100%		
	학생인건비									
	소계		82,800	100%	54,450	100%	137,250	100%		
	연구장비·재료비	현금	134,300	93%	129,540	95%	263,840	94%		
		현물								
	연구활동비		5,699	4%	3,499	3%	9,198	3%		
	연구과제추진비		4,201	3%	3,011	2%	7,212	3%		
	연구수당		0	0	0	0	0	0		
	소계		144,200	100%	136,050	100%	280,250	100%		
	위탁연구개발비		0	0			0	0		
간접비	인력지원비									
	연구지원비									
	성과활용지원비									
	소계									
연구개발비총액		현금	144,200	64%	136,050	70%	280,250	67%		
		현물	82,800	36%	54,450	30%	137,250	33%		
		총액	227,000	100%	190,500	100%	417,500	100%		
연구개발비총액		정부출연금		135,000	59%	130,000	68%	265,000	64%	
		기업부담금	현금	9,200	10%	6,050	10%	15,250	10%	
			현물	82,800	90%	54,450	90%	137,250	90%	
			소계	92,000	41%	60,500	32%	152,500	36%	
		합계		227,000	100%	190,500	100%	417,500	100%	

5. 사업 수행 계획

연차	연구목표	연구내용	추진 일정(월별)												연구비 (백만원)	비중 (%)
			1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
1차 년도	구조, 전기, 히트파이프 설계	동작특성파악												97		
		3D시뮬레이션 ,용량계산														
		방열계산, 방열해석														
	금형,부품 제작	금형 및 지그제작												130		
부품 검사 및 제작																
시제품 제작																
검사기준서 제작																
2차 년도	시험기 제작	조합시험기제작												50		
	시험(보완) 품 제작	시험 보완품 제작												75		
		시험JIG 제작														
	공인인증 시험 및 성능시험	차단시험 및 유니트 성능시험												60		
		조합시험														
		외부공인시험 (진동시험 IEC61373)														
	완료보고	검증비교데이터												10		
		완료보고서														

6. 연차별 세부 추진계획 및 방법

연차	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행 기간 (주)	해당 기관
1차 년도	▪차량특성분석 및 구조 파악	▪차량기지 현장 확인 및 부품 차용 ▪인터페이스 확인	8주	(주)이건 산전
	▪구조 설계	▪철도차량의 진동, 내구성 3D 시뮬레이션	8주	(주)이건 산전
	▪히트파이프 설계	▪방열해석 시뮬레이션 및 방열 계산 ▪과부하 온도 시험	16주	(주)이건 산전
	▪GDU PCB 설계	▪전자회로설계, PCB BOARD설계	8주	(주)이건 산전
	▪전기, 전자 회로 설계	▪전기적 부품 용량 계산	8주	(주)이건 산전
	▪금형 제작	▪금형 및 제작 지그 제작	12주	(주)이건 산전
	▪제품 제작	▪시제품 제작 ▪검사기준서 제작	15주	(주)이건 산전
2차 년도	▪시험기 제작	▪조합시험기제작	8주	(주)이건 산전
	▪시험품 제작	▪제작도면 ▪설계보완품 및 진동시험용	24주	(주)이건 산전
	▪공인인증시험 및 성능시험	▪차단시험기 및 유닛 성능시험 ▪조합시험 ▪외부 공인인증시험	16주	(주)이건 산전
	▪완료보고	▪각종 데이터 및 문서 정립 ▪완료보고 실시	4주	(주)이건 산전

제2절 연구수행과정 및 내용(이론적, 실험적)

주전력 변환장치용 STACK 개발에서 주요한 내용은 기존의 GTO TYPE의 전력소자를 IGBT를 적용하여 개발, 제작하도록 한다. IGBT를 사용하여 개발하기 위해서는 GTO 소자를 대체하였을 때 적용하는 부품에 대한 기준과 그에 대한 시험방법을 신뢰성 있도록 하는가에 달렸다.

STACK 개발에서 STACK 부품 중 두드러지게 달라지는 부분은 주전력 소자인 IGBT와 IGBT를 스위칭하는 GDU가 달라지게 된다.

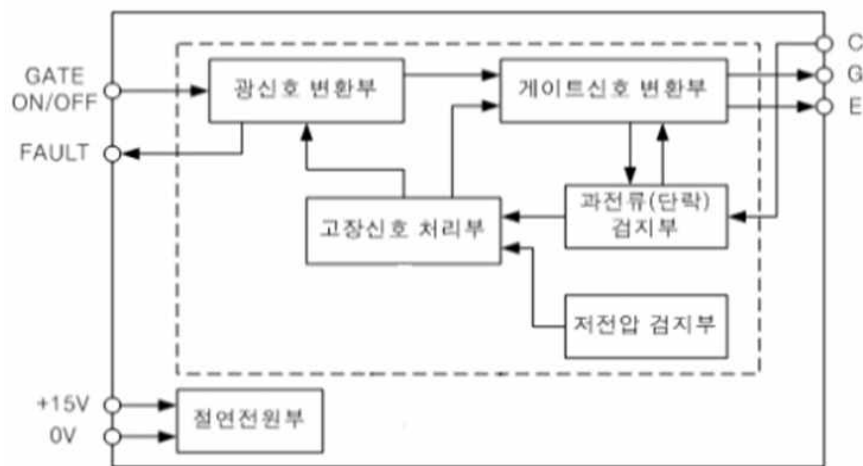
1. GDU 동작 설명

GDU는 광신호로 전달된 스위칭 신호를 전기신호로 변환하여 IGBT를 실제적으로 구동 하는 드라이버로서 G(Gate)와 E(Emitter)단자 사이에서 스위칭 파형을 오실로스코프를 이용하여 관찰할 수 있다.

IGBT의 안정적인 스위칭을 보장하기 위해서 GDU회로에는 다음과 같은 내용이 포함되어 있다.

- 1) 절연 내압 확보 : 제어부와 IGBT간의 절연을 확보하기 위해서 절연 펄스 변압기를 사용하였으며 절연 펄스 변압기의 제어부 전원과 IGBT를 드라이브 전원과의 절연 내압 조건은 AC5400V, 60Hz, 1분간을 적용하였다. 또한 제어부와 게이트 신호 인터페이스에 광파이버를 사용하여 절연을 확보하였을 뿐만 아니라 게이트 신호 인터페이스 성능을 향상시켰다.
- 2) 드라이브 회로 및 보호회로 설계 : 드라이브 회로는 IGBT를 구동하는데 충분한 전압 및 전류를 공급할 수 있도록 설계되었으며 보호회로는 과전류 및 단락전류에 대한 검지부와 저전압 검지부로 구성되어 있다.
- 3) 과전류 및 단락 전류에 대한 검지부의 기능 : 과전류 및 단락 전류에 대한 보호를 목적으로 사용한 방법은 IGBT의 컬렉터 전류인 IC와 비례하는 Vce의 포화 전압을 모니터링하는 방법을 적용하였다. 과전류 상태에서 턴오프 한다면 Vce 피크전압이 정상적인 턴오프 상태보다 상당히 커지기 때문에 IGBT의 수명을 단축시키는 결과를 초래할 것이다. 이에 대한 대책으로 과전류 상태에서 턴오프할 때는 Soft턴오프하는 방법을 적용하였다. Soft 턴오프 방법은 과전류가 검지되면 게이트 전압을 단계적으로 감소시켜 1차적으로 IC전류 증가를 억제함과 동시에 게이트 전압에 상응하는 전류량으로 제한한 다음 최종적으로 GDU내에서 하드웨어적으로 게이트를 차단하여 Vce피크 전압의 감소 및 제어될 수 있도록 되어 있다.
- 4) GDU의 보호회로
IGBT가 ON/OFF하는 동안 과전류에 대한 보호대책이 가장 중요시 된다. 시스템 이상으로 IGBT의 내량 이상으로 순간 전류가 흐르면 IGBT가 열적 파괴로 소손되기 때문이다.

따라서 인버터 회로의 입력단과 출력단에 전류 센서를 부착하는 것 외에 IGBT를 Drive 하는 GDU에 직접 고장검지회로를 설계하는 것이 가장 빠르게 고장검지를 하고 게이트를 차단하여 IGBT소자를 보호할 수 있다. IGBT를 통해 과전류가 흐를 때 GDU회로에서는 과전류를 검지하기 위해 Vce 포화전압이 상승하고, 이 전압은 과전류의 기준 전압치와 비교기에 입력으로 사용되어 과전류가 검지된다. GDU 회로에서 과전류 검지 및 스위칭 전원에 대한 저전압 검지회로가 병렬로 설계되어 있어 순시적으로 게이트를 차단하게 된다. 또한 GDU에서 고장 검지된 신호는 S/W프로그램에 관계없이 H/W로 순시적으로 차단된다.



(게이트 드라이브 회로 구성)

2. GDU 규격서

GDU 규격서

승 인	2013.07	이 종 걸	이 종 걸
검 토	2013.07	임 동 원	임 동 원
작 성	2013.07	정 성 길	정 성 길
	일 자	이 름	서 명

목 차

1. 개 요
2. 적용자료 및 문서
3. 기술사양
 - 3.1 사양 및 정격
 - 3.2 구성
 - 3.3 구조 및 형상
4. 검사 및 시험
 - 4.1 검사 및 시험의 종류
 - 4.2 검사 및 시험 방법
 - 4.3 시험 수준
 - 4.4 합격 수준

1. 개 요

본 규격서는 KORAIL 교직류 전동차 컨버터/인버터 유니트의 GTO 전력 소자를 IGBT 전력소자로 대체하였을 때 스위칭 장치인 Gate Drive Unit(이하 GDU)에 대하여 제작, 시험과 관련하여 적용한다.

2. 적용자료 및 문서

아래 문서 및 도면은 규정된 범위내에서 본 규격서와 함께 적용한다.

- 1) 인버터 제어 전동차 정비 지침서
- 2) 한국산업규격(KS) 관련 규격
- 3) KSC 0704 : 제어기기의 절연거리, 절연저항 및 내전압

3. 기술사양

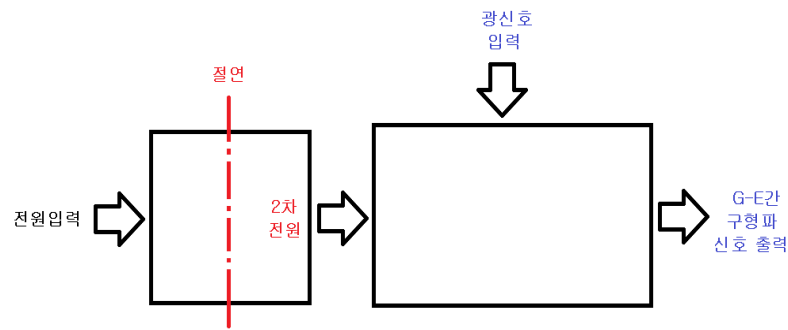
3.1 사양 및 정격

순번	구 분	내 용	비 고
1	입력 전원	DC15V	
2	입력 신호	광 신호	
3	출력신호(G-E간)	±15V, 구형파	
4	사용온도	-25℃ ~ 45℃	

(표1. 사양 및 정격)

3.2 구성

GDU는 전원입력부와 입력전원을 절연 변압기를 거쳐 2차 전원으로 만드는 회로에 의해 GATE 신호 회로에 전원을 공급한다. 광커넥터로부터 스위칭 신호가 입력되면 G-E간에 구형파로 IGBT 게이트 구동신호를 출력하게 된다.



< GDU 회로 구성 >

3.3 구조 및 형상

- 1) 에폭시 재질의 PCB에 부품을 납땜하여 실장한다. 전원의 절연을 위해 변압기가 설치된다.
- 2) 전원입력을 위한 4P 커넥터가 있다.
- 3) 스위칭 신호를 입력받기 위해 광커넥터가 있으며 IGBT와의 연결을 위해서 배선 처리하도록 한다.

4. 검사 및 시험

4.1 검사

4.1.1 검사분류

- 1) 외관검사
- 2) 치수검사

4.1.2 검사방법

- 1) 외관검사

사용에 유해한 흠, 부품 파손등의 기타결함이 있는지 확인한다.

- 2) 치수검사

도면에 의거 각부의 치수를 확인한다.

4.2 시험

4.2.1 분류

- 1) 절연저항 시험
- 2) 절연내력 시험
- 3) GATE 출력 시험

4.2.2 시험방법

1) 절연저항 시험

전원 입력단자와 출력 단자(C-G-E)간 1000V 메가로 측정하여 50M Ω 이상일 것.

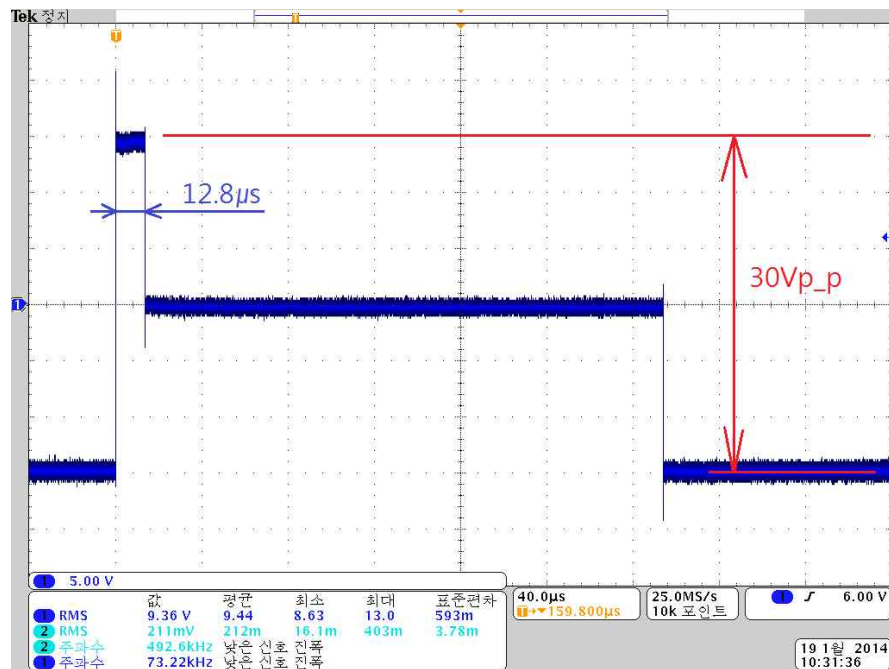
2) 절연내력 시험

전원 입력 단자와 출력 단자(C-G-E)간 상용주파수의 AC5,400V의 전압을 인가하여 1분간 견딜 것.

3) GATE 출력 시험

(1) 기본 출력 파형 측정

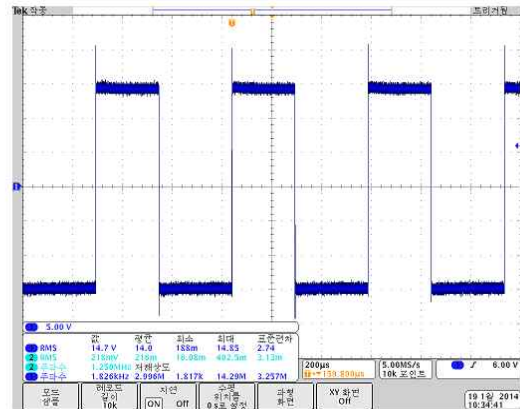
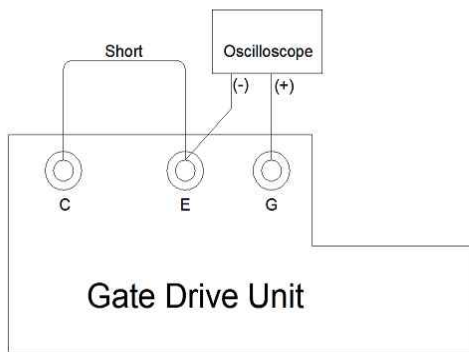
- 광 커넥터에 신호를 입력(2kHz)하여 G-E간을 측정하여 신호를 확인한다.



주파수를 변경하여도 최소 ON TIME인 12us $\pm$ 2us부분은 변동이 없을 것.

(2) 주파수 출력 파형 측정

- C-E간을 단락하거나 IGBT를 연결하여 광 커넥터에 신호를 입력(2kHz)하여 G-E간의 파형을 측정하여 입력 주파수와 동일할 것.



4.3 시험 수준

순번	항목		형식시험	전수시험	비 고
1	검사	외관검사	○	○	
2		치수검사	○	○	
3	시험	절연저항시험	○	○	
4		절연내력시험	○	○	
5		GATE 출력 시험	○	○	

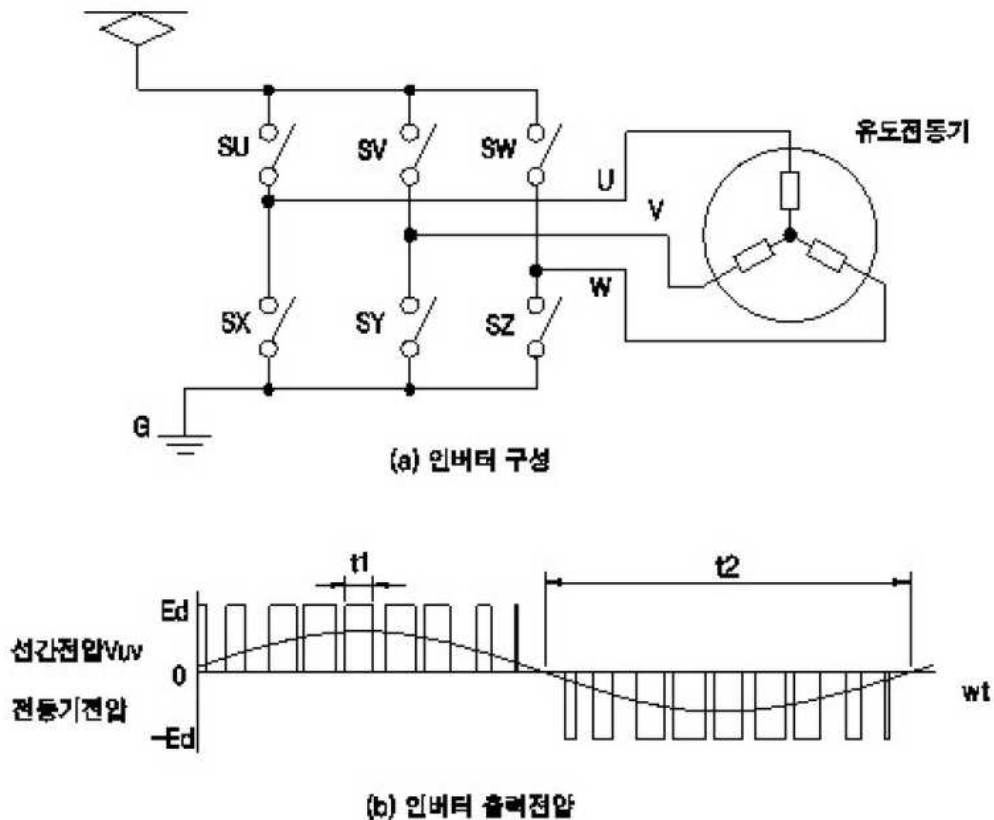
- 1) 형식시험(TYPE TEST)은 최초 생산품에 대하여 시행하는 시험이다.
- 2) 전수시험(ROUTINE TEST)은 전체 수량에 대하여 개개의 품질과 성능을 확인하기 위하여 시행한다.

4.4 합격 수준

이 규격에 의한 검사 및 시험 결과 각 항에 적합할 때 합격으로 한다.

3. 컨버터/인버터 스택 동작

VVVF (Variable Voltage Variable Frequency 전압/주파수 가변) 인버터는 제어소자로 GTO 사이리스터를 사용하고 GTO 스위칭 작용에 의해 3상 교류를 발생시킨다. 출력전압, 주파수를 가변제어하고 유도전동기를 역행제어, 회생제어로 제어한다. 출력전압의 가변제어 방법으로 ON/OFF의 펄스폭을 바꾸는 펄스폭 변조방식을 주파수 가변제어 방법으로써 초평 주파수제어방식으로 하고 있다.



출력전압은 같은 그림 (b)에 있어서의 시간 (t_1)에 의해, 또 출력주파수는 ON/OFF의 주기 (t_2)에 의해 제어 가능하다.

여기서 제어소자인 GTO사이리스터를 IGBT로 변경하여 적용하였을 때 정상적인 기능을 발휘할 수 있는 전력 변환용 STACK을 개발하고자 한다. 이에 대한 기준을 아래의 규격서에 정하였다.

4. 컨버터/인버터 스택 규격서

C/I STACK 규격서

승 인	2013.07	이 종 걸	이 종 걸
검 토	2013.07	임 동 원	임 동 원
작 성	2013.07	박 성 근	박 성 근
	일 자	이 름	서 명

목 차

1. 개 요
2. 적용자료 및 문서
3. 기술사양
 - 3.1 사양 및 정격
 - 3.2 구성
 - 3.3 구조 및 형상
4. 검사 및 시험
 - 4.1 검사 및 시험의 종류
 - 4.2 검사 및 시험 방법
 - 4.3 시험 수준
 - 4.4 합격 수준

첨부. CONVERTER/INVERTER STACK 도면

1. 개 요

본 규격서는 한국철도공사(KORAIL)의 직교류 전동차의 GTO형 추진 제어 장치 중 CONVERTER/INVERTER STACK을 IGBT STACK으로의 개량에 대하여 적용한다.

2. 적용자료 및 문서

아래 문서 및 도면은 규정된 범위내에서 본 규격서와 함께 적용한다.

- 1) 인버터 제어 전동차 정비 지침서
- 2) 한국산업규격(KS) 관련 규격
- 3) KS R 9144 : 철도차량 부품의 진동시험
- 4) KSC 0704 : 제어기기의 절연거리, 절연저항 및 내전압

3. 기술사양

3.1 사양 및 정격

순번	구 분		내 용		비 고
1	제어 방식	컨버터		단상 전압형 PWM 컨버터 (2군병렬접속)	
		인버터		3상 전압형 VVVF 인버터	
2	정격	컨버터	입력전압	단상 AC840V, 60Hz X 2회로	
			출력전압	DC 1,800V	
		인버터	출력전압	3상AC 1,100V, 508A	
			출력주파수	0~200Hz	
3	제어용량			200kW 주전동기 X 4대 병렬접속	
4	냉각방식			히트파이프 강제 냉각 방식 (풍속 3m/s)	
5	주위온도			-25℃~+ 40℃	
6	제어회로 전압			100V DC(70~110V)	

(표1. 사양 및 정격)

3.2 구성

컨버터와 인버터 스택의 구성은 다음의 표2, 3과 같다.

표2. 컨버터 스택의 구성품

순번	품 목	사 양	수 량	비 고
1	IGBT	MBN1500E33E2 3,300V / 1,500A	4	
2	Arm Condenser	2,000V / 200uF	2	
3	Cooling Unit	Ass'y	2	
4	Gate Drive Unit	Ass'y	4	
5	Power supply	Input DC100V Output + 15V, 75W	1	
6	구조체	SS400, SPC1	1	

표3. 인버터 스택의 구성품

순번	품 목	사 양	수 량	비 고
1	IGBT	MBN1500E33E2 3,300V / 1,500A	6	
2	Arm Condenser	2,000V / 200uF	3	
3	Cooling Unit	Ass'y	2	
4	Gate Drive Unit	Ass'y	6	
5	Power supply	Input DC100V Output + 15V, 75W	1	
6	구조체	SS400, SPC1	1	

3.3 구조 및 형상

- 1) 사각의 프레임 구조체 내부에 상콘덴서, 파워 서플라이가 설치되며 상부에 히트 파이프가 설치되며 각 상간 연결은 부스바에 의해 연결

된다.

- 2) 히트파이프는 각 STACK에 두 개가 설치된다.
- 3) 컨버터 스택의 각 히트파이프에는 2개의 IGBT전력소자와 GDU로 구성된다. 인버터 스택의 각 히트파이프에는 3개의 IGBT전력소자와 GDU로 구성된다.
- 4) 구조체 전면 하부에는 광 케이블을 연결할 수 있는 광 아답터와 외부와 연결할 수 있는 커넥터가 있다.
- 5) 전면의 광 아답터와 GDU는 광케이블로 연결된다.

4. 검사 및 시험

4.1 검사

4.1.1 검사분류

- 1) 외관검사
- 2) 치수검사

4.1.2 검사방법

- 1) 외관검사
사용에 유해한 흠, 녹등 기타결함이 있는지 확인하여야 한다.
- 2) 치수검사
도면에 의거 각부의 치수를 확인한다.

4.2 시험

5.2.1 분류

- 1) 절연저항 시험
- 2) 절연내력 시험
- 3) IGBT 차단시험
- 4) 진동 시험
- 5) 조합 시험

4.2.2 시험방법

- 1) 절연저항 시험
(1) 고압 도전부 - 박스 간 1,000V 메가로 측정하여 20M Ω 이상

2) 절연내력 시험

상용주파수의 전압으로 1분간 견딜 것.

(1) 고압 도전부 - 박스 간 : 5,400VAC

3) IGBT 차단시험

조 건	C-E간 전압	시험회로
전원전압:2.15kV 차단전류:2.3kA	차단시: 3,000V 이하	

4) 진동 시험

KS R 9144 2종 B등급에 의해 시험하여 이상이 없어야 한다.

5) 조합 시험

위 시험조건에 이상이 없을 시 C/I BOX에 설치하여 기본 동작 시험을 실시하여 동작에 이상이 없어야한다.

4.3 시험 수준

연번	항목		형식시험	전수시험	비 고
1	검사	외관검사	○	○	
2		치수검사	○	○	
3	시험	절연저항시험	○	○	
4		절연내력시험	○	○	
5		IGBT 차단시험	○	○	
6		조합 시험	○	○	

- 1) 형식시험(TYPE TEST)은 최초 생산품에 대하여 시행하는 시험이다.
- 2) 전수시험(ROUTINE TEST)은 전체 수량에 대하여 개개의 품질과 성능을 확인하기 위하여 시행한다.

4.4 합격 수준

이 규격에 의한 검사 및 시험결과 각 항에 적합할 때 합격으로 한다.

첨부. CONVERTER/INVERTER STACK 도면

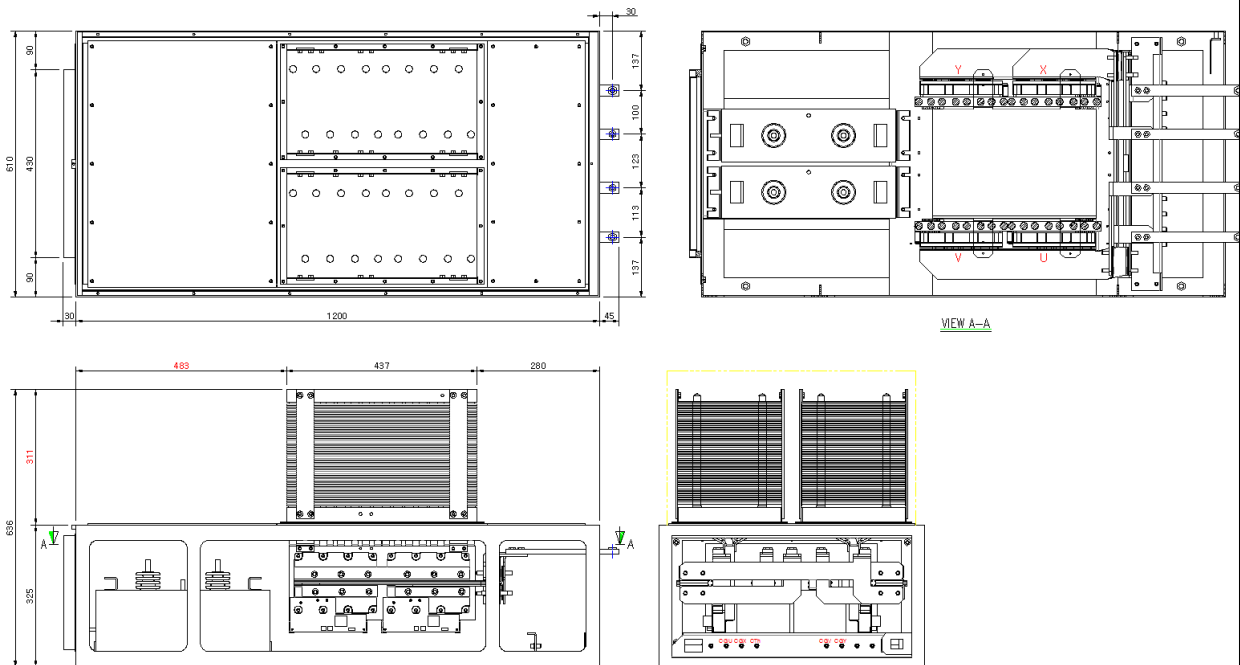


그림1. CONVERTER STACK

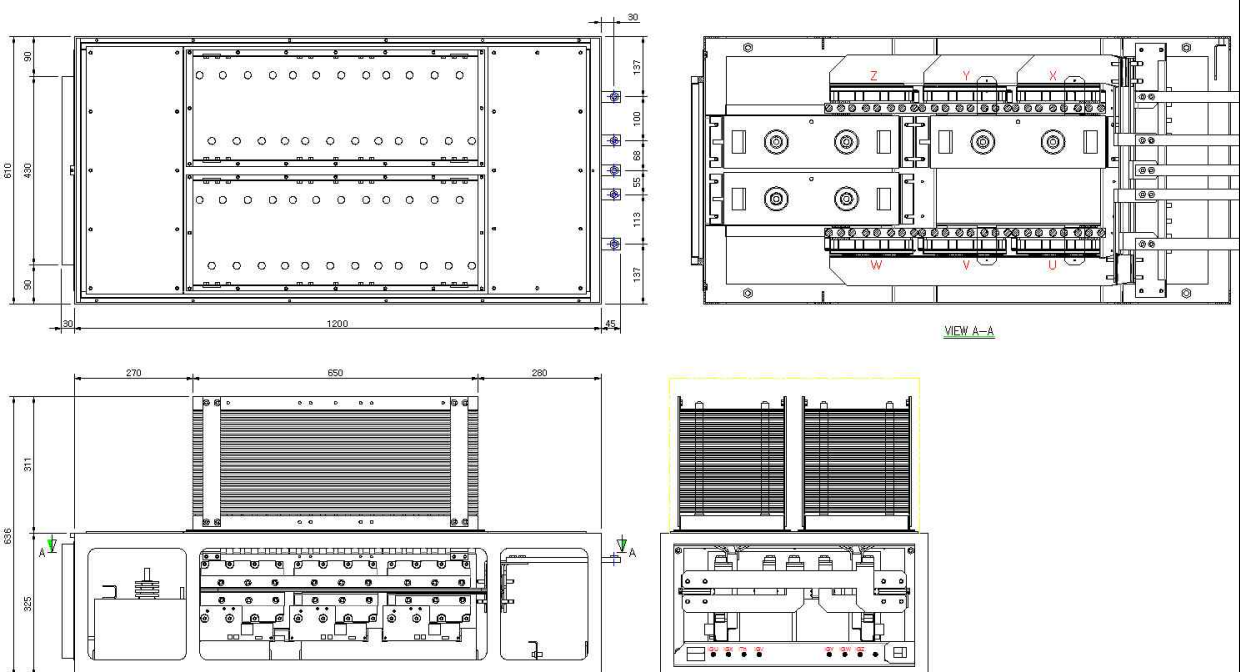


그림2. INVERTER STACK

5. 차량특성 분석 및 구조 파악

주요 연구내용
▪차량기지 현장 확인 및 부품 차용 ▪인터페이스 확인
▶ 제품명 : 추진제어장치 ASS' Y - 한국철도공사 차용품 (CONVERTER MODULE, INVERTER MODULE포함)  사진 : 추진제어장치 ASS' Y
▶ 인터페이스 확인 - 고압단자 및 저압라인, 광신호라인 회로확인 (전기도면 및 구조도면 참조)  사진 : 광신호 연결부(참조)

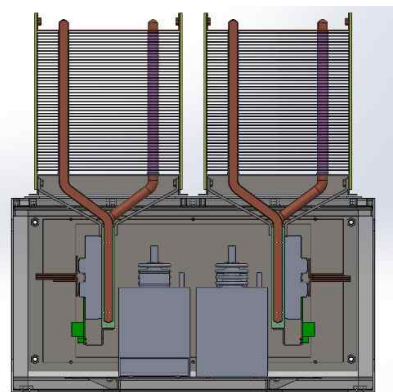
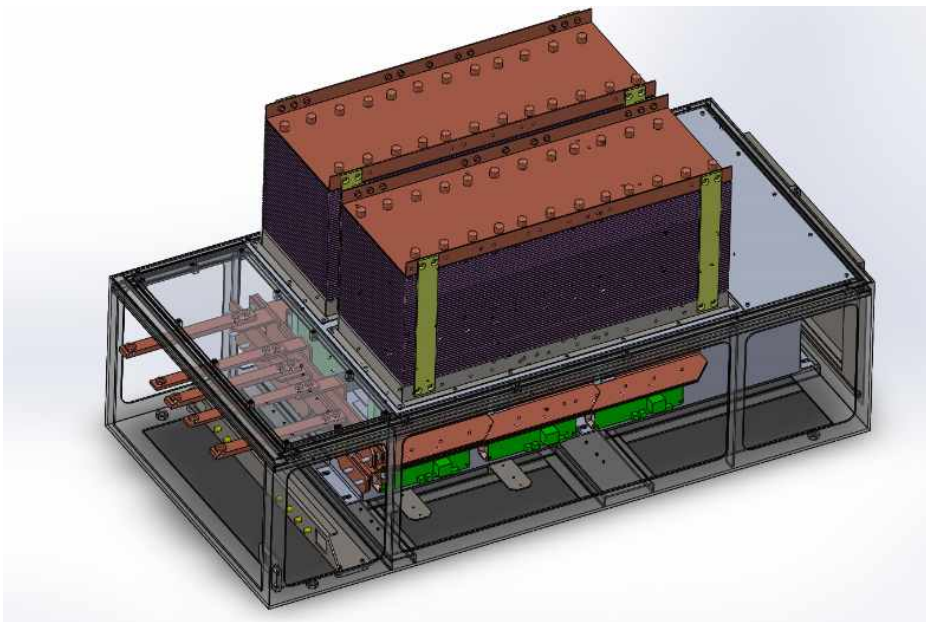
6. 구조 설계

주요 연구내용

■ 철도차량의 진동, 내구성 3D 시뮬레이션

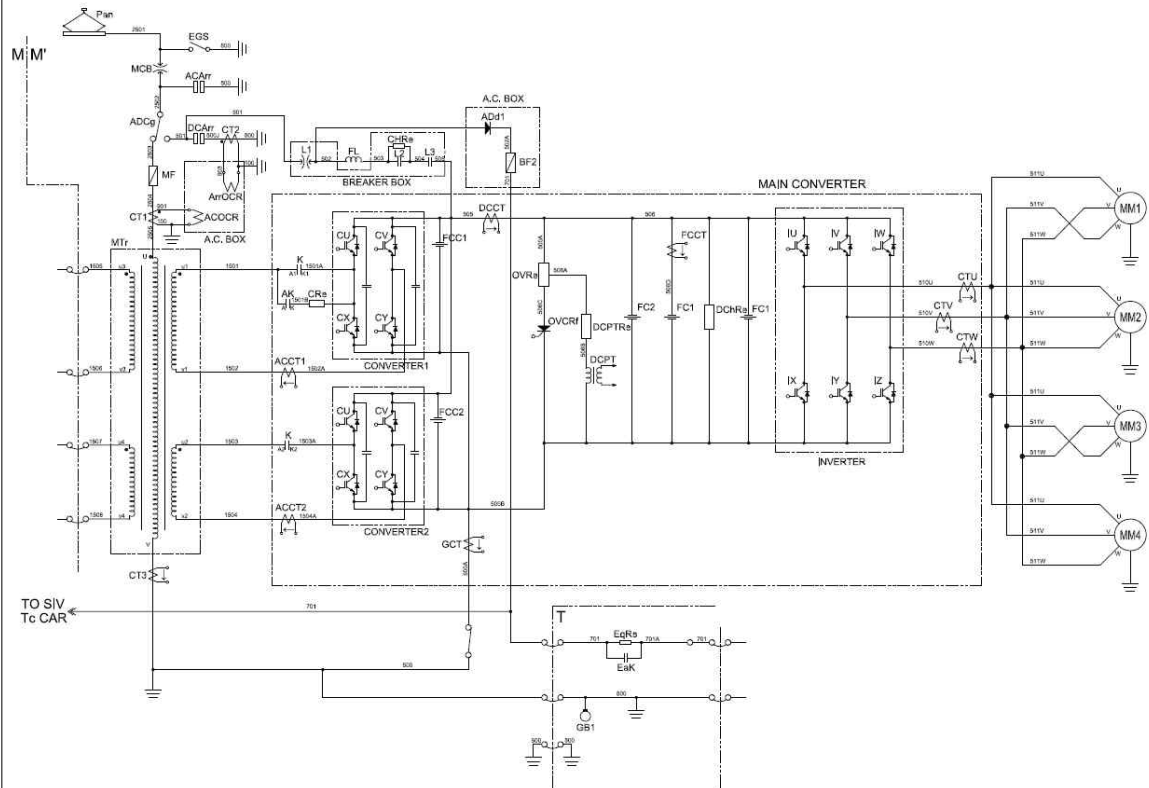
▶ 3D 모델링을 통한 구조분석

3D 설계에 의해 구조상 오류 또는 제작시 간섭등을 배제하도록 설계, 검토한다.

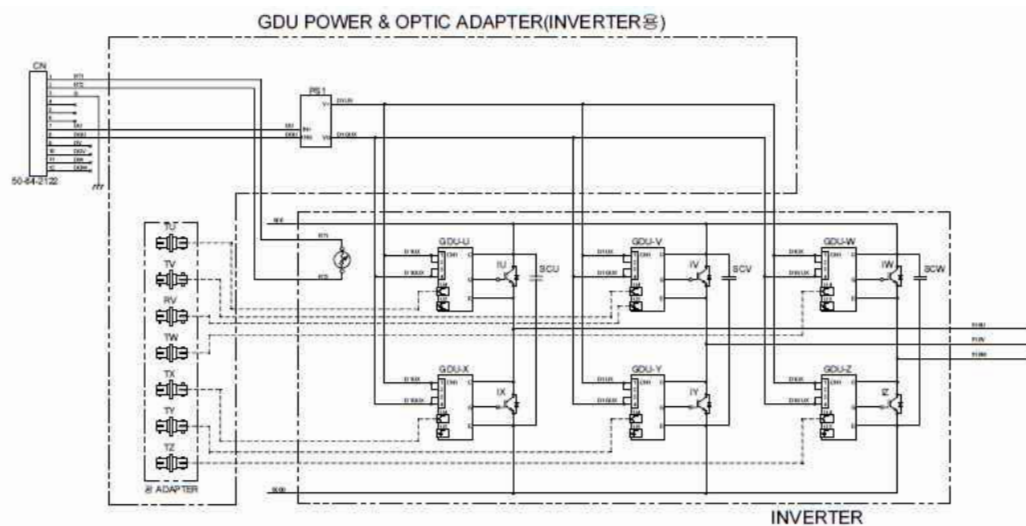


■ 제작도면

▶ 주 회로도



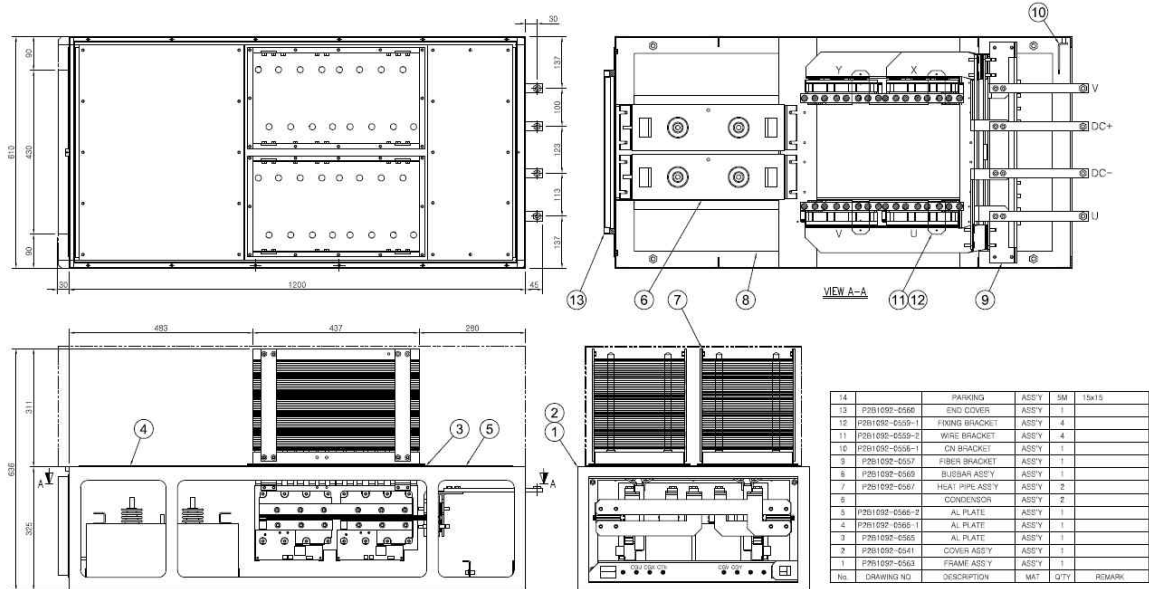
▶ 인버터 스택 회로도



주요 연구내용

■ 제작도면

▶ 컨버터 스택 외형



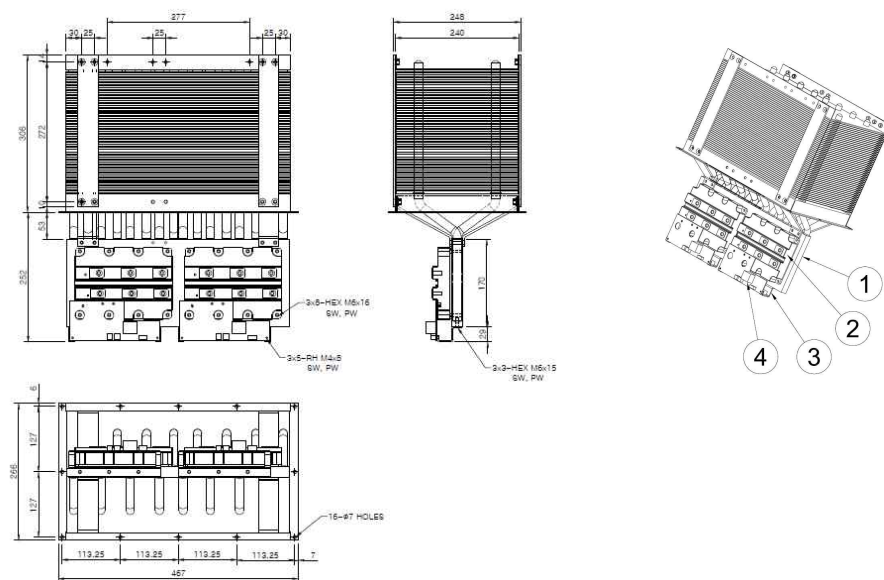
- 회로도 및 제작도면을 작성하여 제작품의 정상 유무 및 제품의 품질을 확인

7. 히트 파이프 설계

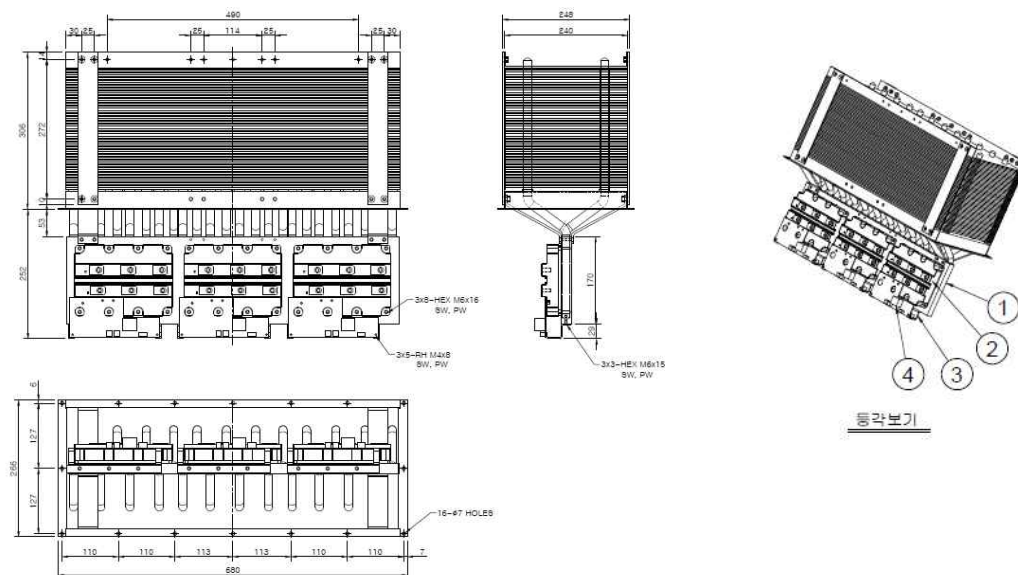
주요 연구내용

- 방열 해석 시뮬레이션 및 방열 계산
- 과부하 온도 시험

▶ 컨버터 히트파이프 도면



▶ 인버터 히트파이프 도면

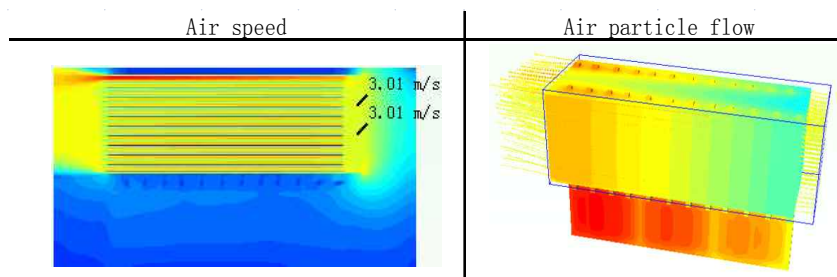
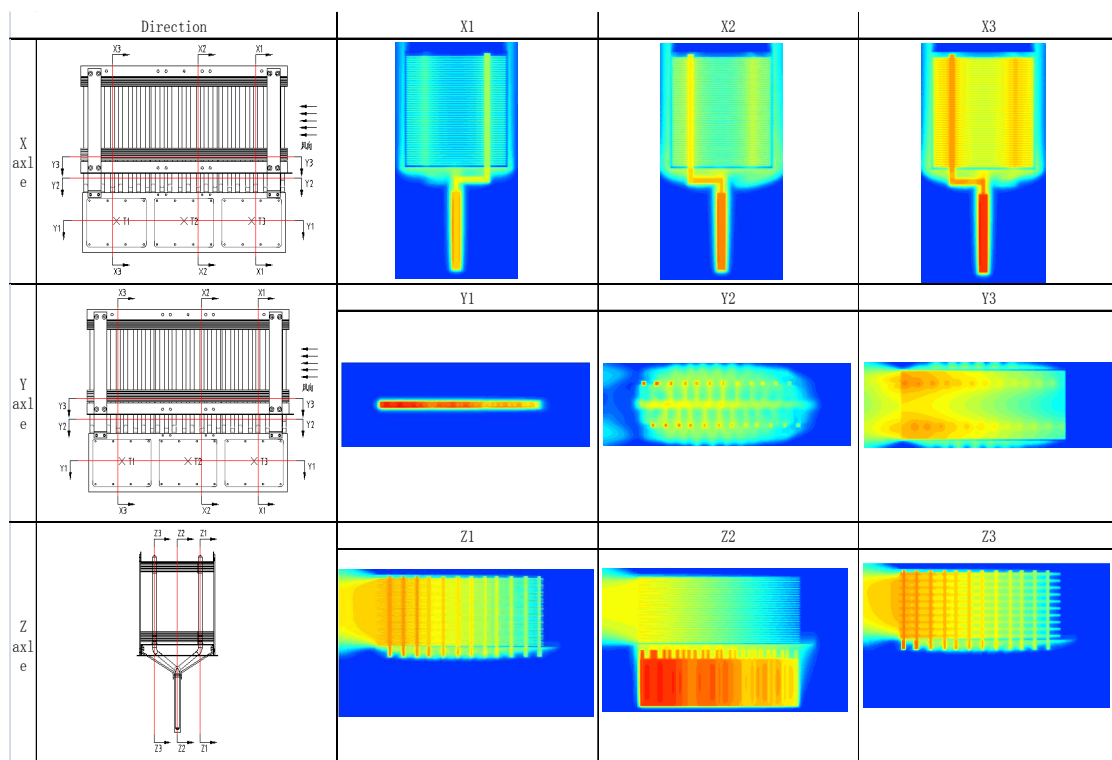


주요 연구내용

- 방열 해석 시뮬레이션 및 방열 계산
- 과부하 온도 시험

▶ 히트파이프 방열시뮬레이션을 통한 방열 계산

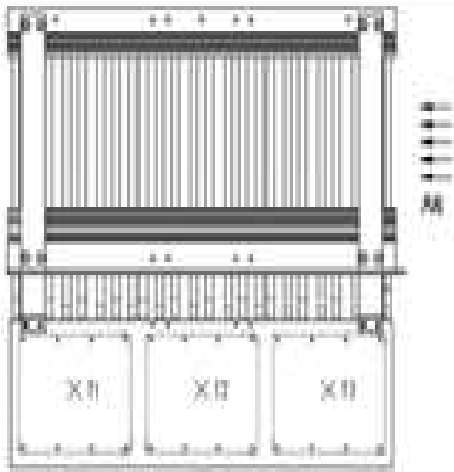
Single module power (W)	Total power (W)	Amb (°C)	Air speed (m/s)	Tunnel sizes (mm*mm)	Base plate	Fin	Heatpipe shape	Fin pitch (mm)
1400	4200	40	3	250*250	AL6061	AL1060	Z	5



▶ 과부하 온도시험



Items (℃)	Simulation		Measurement	
	T	ΔT	T	ΔT
Ambient	40		36.7	
X T1	83.8	43.8	79.2	42.5
X T2	76.9	36.9	73.6	36.9
X T3	69.3	29.3	64.8	28.1
Highest temp	85.3	45.3		
Max rise	45.3		42.5	



결과 : 42.5dag (기준 : 80dag이하)

▶ 시뮬레이션 상세내용

- 시뮬레이션 (제작업체에서 실시)

1. Project introduce

The project is designing heat pipe radiator for KORAIL ,the heat power is 4200W ,the attachment as the reference of this Simulation.

2. Thermal simulation process

2.1 Simplified model

(1) Solve domain

Heat is carried away by forced convection in the model, for the velocity is 3m/s ,so we can ignore radiation, just ensure the model is in the solve domain

(2) Boundary conditions

Considering the used temperature range, ambient temperature is set up at 50°C、1atm

(3) Air speed and air tunnel

Set up 3m/s fixed flow at the end of simplified rectangular air tunnel

(4) Modeling

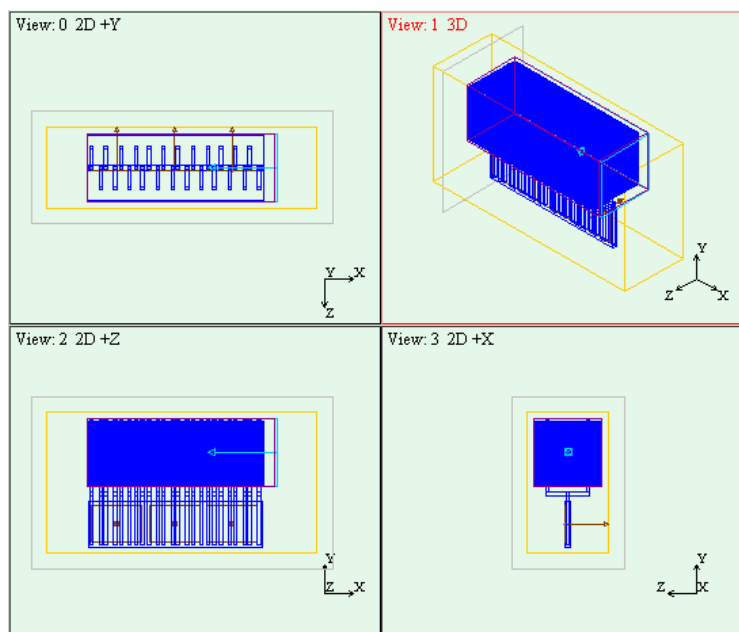
Every part of model must be set up material properties, base plate (AL6061)、fin (AL1060)、Qmax and thermal resistance of heat pipe、thermal resistance of interface and so on

(5) Source

According to the actual heat consumption, set the modules size and power the same as the surface of heat source, set the monitor point at the temperature monitoring points.

(6) Grid division

Control total number and proportion of each direction of the grid for a more accurate and reliable result



Pic 2-1 Modeling diagram

3. Simulation result

3.1 Main parameter setting

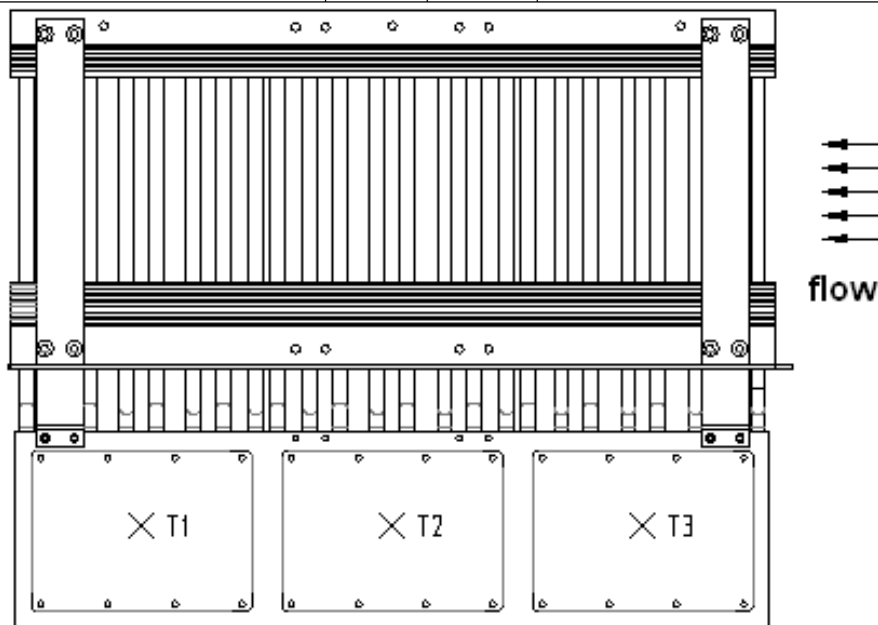
Single module power (W)	Total power (W)	Amb (°C)	Air speed (m/s)	Tunnel sizes (mm*mm)	Base plate	Fin	Heatpipe shape	Fin pitch (mm)
1400	4200	40	3	250*250	AL6061	AL1060	Z	5

c

3.2 Parameters collection

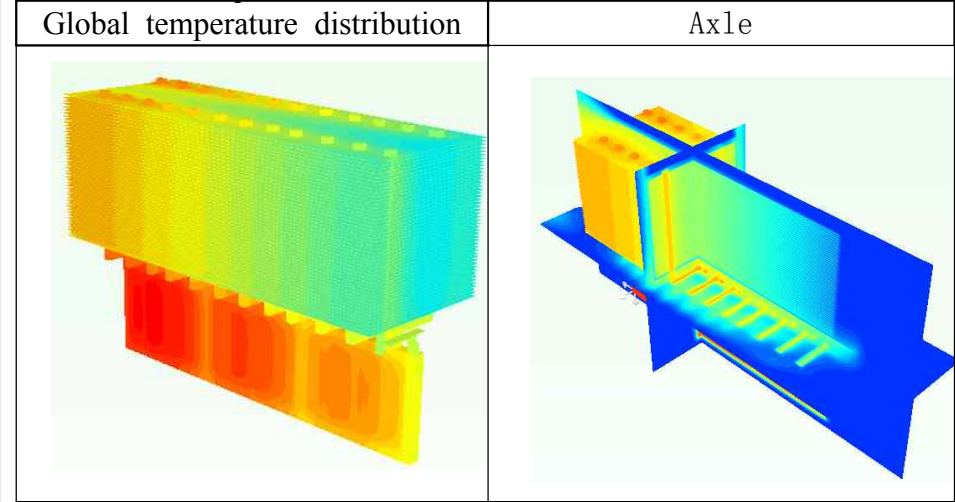
Items	Unit	Value	Remark
Speed	m/s	3	From the right side
Total power	W	4200	
T1 Temperature	°C	83.8	Under the middle of the Module1
T2 Temperature	°C	76.9	Under the middle of the Module2
T3 Temperature	°C	69.3	Under the middle of the Module3
Base hottest Temperature	°C	85.3	
Ambient temperature	°C	40.0	
The highest temperature rase on the base	°C	45.3	

sketch map

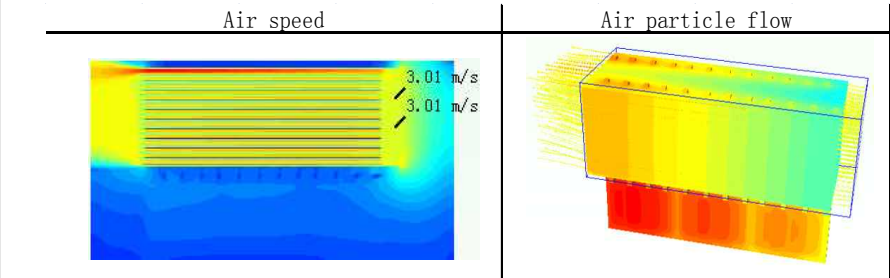
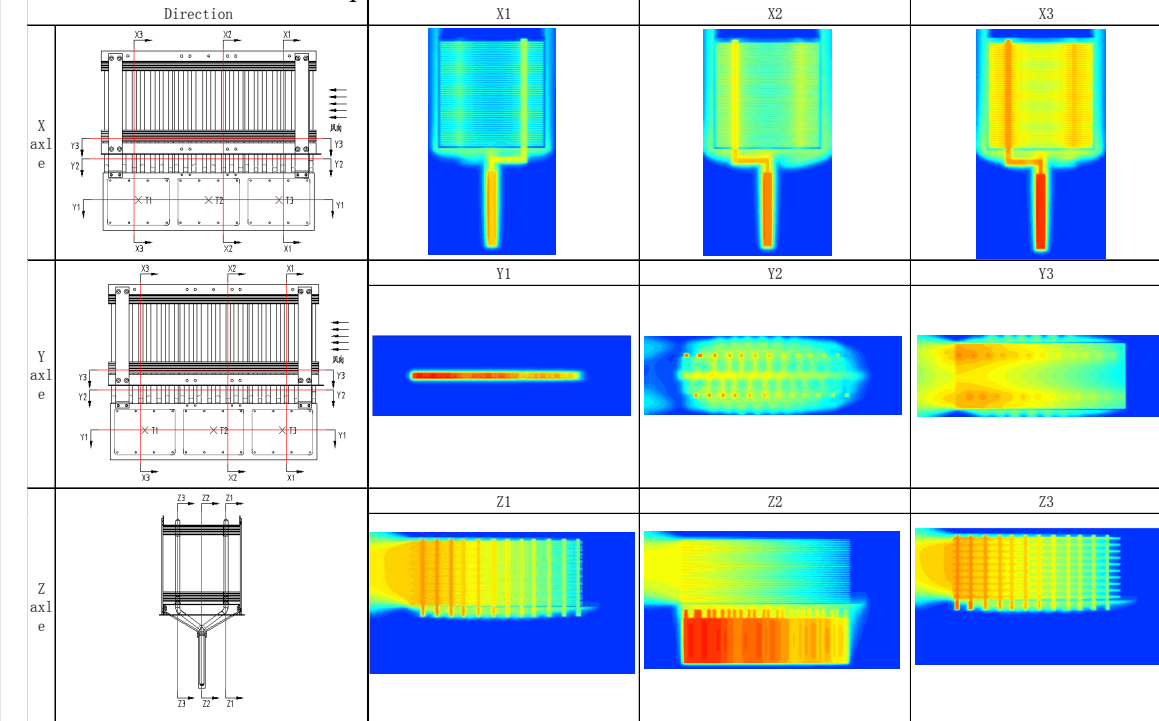


3.3 Simulation picture

3.3.1 Global temperature distribution



3.3.2 Other direction temperature



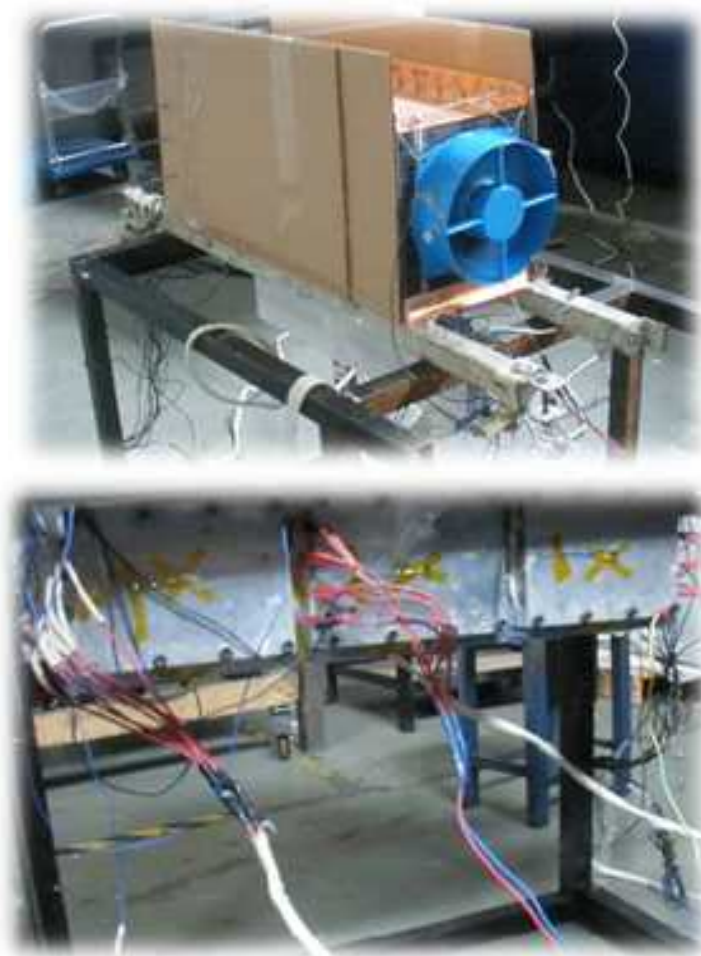
3.3.3 Airflow

4. Conclusion

4.1 To sum up, while ambient temperature is 50°C , the base temp rise is 45.3°C .

4.2 There are some simplified treatment during the process simulation, so the results are for reference only, it is necessary to do a sample testing before the actual application, to confirm the design can meet the demand of the heat dissipation.

▶ 실발열시험 상세자료



발열시험 사진

1. Testing condition

Total power : 4200W

Single module power : 1400W

Air speed : 3m/s

2. Testing device

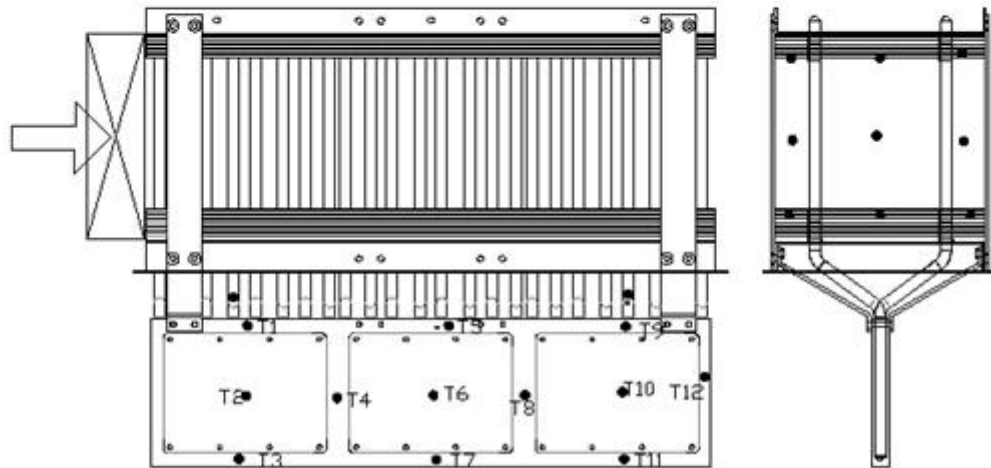


Fig 1.testing device

The testing device as shown above, the temperature monitoring of the heating board and base are T1-T12;

The outlet temperature monitoring of the tunnel as shown at the right side of the figure .

3. Result

Total power (W)	4200	Base temp (°C)					
Single module power (W)	1400	T1	55.3	T5	62.1	T9	69.8
Air speed (m/s)	3	T2	70.8	T6	79.6	T10	85.2
Ambient temp (°C)	36.7	T3	62.3	T7	67.3	T11	77.2
Average outlet temp (°C)	58.2	T4	47.9	T8	64.1	T12	66.7

To protect the surface of the base from scratched, the installation surface of the base is not convenient to fix a thermocouple. So we test the outer surface of the heating board as a change, according to the experience, the temperature of the

outer surface of the heating board is 6℃ higher than that of the corresponding location of the base, so the temperature corresponding with T2、T6、T10 of the base are 64.8℃、73.6℃、79.2℃.

4. Conclusion

A、Check the air speed

Compute the temperature difference of the two ends of the tunnel:

$$\Delta T = Q / C_p / M$$

Q –heat dissipated power(W)

C_p -1005W/(℃.K)

M –air mass flow , $M = \rho * A * v$, ρ - air density , A –section area of the tunnel

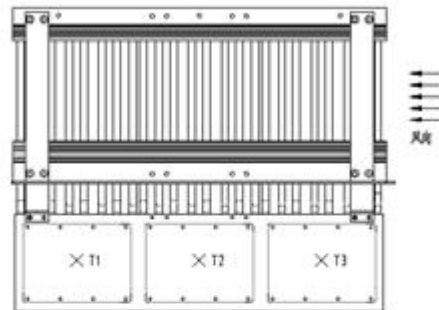
Get the result : $\Delta T = 22.5^{\circ}\text{C}$

The outlet temperature of the theories : $T = 22.5^{\circ}\text{C} + 36.7^{\circ}\text{C} = 59.2^{\circ}\text{C}$

The actual air speed : $v = 3.2\text{m/s}$

B、Compare with the simulation

Items (℃)	Simulation		Measurement	
	T	ΔT	T	ΔT
Ambient	40		36.7	
X T1	83.8	43.8	79.2	42.5
X T2	76.9	36.9	73.6	36.9
X T3	69.3	29.3	64.8	28.1
Highest temp	85.3	45.3		
Max rise	45.3		42.5	



According to the comparison , the actual test in accordance with the simulation results

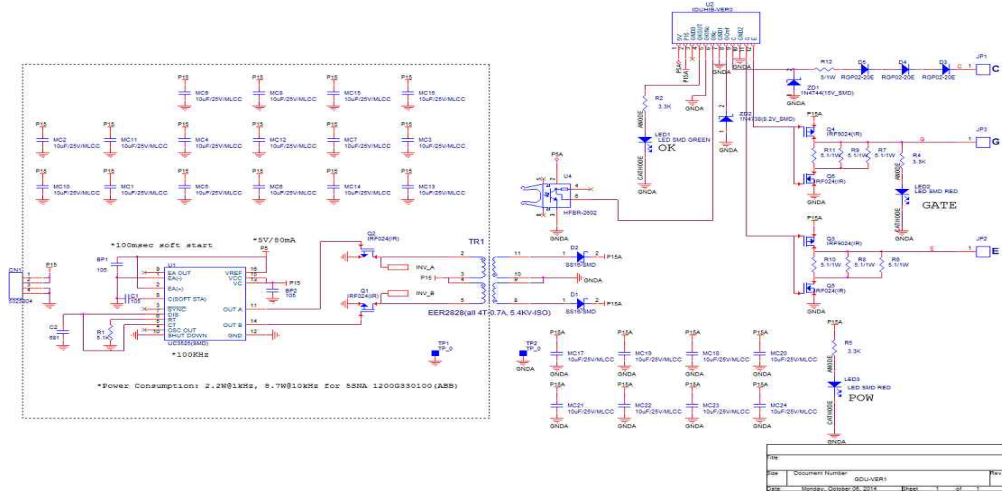
※ 온도시험은 이견산전에서 기준 및 방법 설정하여 실시

6. GDU PCB 설계

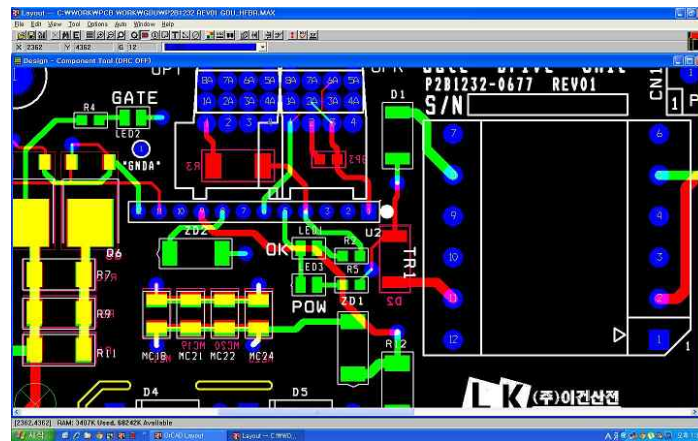
주요 연구내용

■ 전자회로설계, PCB BOARD설계

▶ GDU PCB 회로설계, 베어보드설계, 제작 (첨부 : 제작도 참조)



(GDU 회로도)



(GDU Art-works)



(G.D.U 제작)

7. 전기, 전자 회로 설계

주요 연구내용
■전기적 부품 용량 계산
1.부품 설계 용량 계산서. 1.1역행시 출력 역행시 인버터 최대 출력을 계산하면 다음과 같이 계산된다. 계산조건은 차량 일반 사양에 따른다. ☐ 전동기 출력용량 ☐ 전동기 입력용량 ☐ 역행시 인버터 출력용량 따라서 인버터의 역행 최대출력은 1.100[KVA]이상으로 설계한다. 1.2회생시 출력 역행성능과의 Balance를 위하여 속도 40km/h부터 고속영역을 정출력 특성으로 한다. 이때 전동기 한 대당 답면출력은 다음과 같이 계산된다. $PBE = BEm \cdot V / 367 = 2760 \cdot 40 / 367 \approx 301 (kW)$ ☐ 전동기 출력용량 ☐ 전동기 입력 용량 ☐ 역행시 인버터 출력용량 따라서 인버터의 회생 최대 출력은 1,600[KVA] 이상으로 설계한다.

1.3 주회로 전력 반도체 소자 용량 계산

IGBT에 흐르는 최대 실효 전류 210Arms 를 이용하여 다음과 같이 계산되어 진다.

■ IGBT 정격 전압 계산

- Turn-off시 예상 Spike 전압

입력 최대 전압 $\times 1.4 = 1800 \times 1.4 = 2,520[V]$

IGBT 정격전압 $\geq 2,520 \times 1.2(\text{여유율}) = 3,024[V]$

즉, Turn-off 예상 Spike 전압의 120%여유를 고려한 것보다 큰 내전압의 IGBT 소자를 선정한다.

- IGBT 정격 전류 계산

IGBT에 흐르는 최대 전류는 인버터의 최대 실효 전류를 이용하여 다음과 같이 계산한다.

단, 파형 왜율 : 1.2

제어오차 : 10%

검출기 오차 : 5%

여유율 : 1.2

따라서, 전류는 위에서 계산된 값보다 큰 용량을 선정해야한다.

- IGBT 소자 선정

위 조건을 모두 만족할 수 있도록 추진제어장치의 주회로 스위칭 소자인 IGBT는 3,300[V], 1,500[A]의 용량으로 사용한다.

1.4 Filter Capacitor

- 전압의 결정

Capacitor의 수명은 전압치와 누적 인가된 시간으로 결정된다.

가선정격 역행시 전압 1,500V, 회생시 1,650V를 고려하여, 1,800V를 정격전압으로 한다.

가선전압의 변동범위는 1,400V ~ 1,800V이다.

또 이상시에는 2,000V까지 상승하고 이 정도의 상승이라면 평균으로 보아도 충분하다.

- 용량의 결정방법

FL과의 공진 주파수를 f라 한다면, f는 60Hz보다도 충분히 작게 할 필요가 있다.

$$\rightarrow C > > 880 \mu F \quad C = K \cdot 880 \mu F$$

상기의 배율 K는 5배 정도로 선정하며 용량은 4500uF으로 한다.

1.5 Snubber Capacitor

- 전압 결정 방법

이상시의 OVD 검지전압은 2,000V이다.

FC는 연속 인가시킨 전압을 공칭 정격 전압으로 하고,

SC는 보호 LEVEL을 정격전압으로 했기 때문에 표시 전압이 다르지만, FC와 거의 같은 전압 사양이다.

-용량

구조상의 제약과 차단시험 Data로부터 종합적으로 판단하는 값이다.

전압상승을 제한하기 위해서는, 용량은 수십uF로도 좋지만, 장치로서의 용량을 확보하는 곳에는 큰 값이 좋다. 한편 SC 내부 및 SC로의 배선의 인덕턴스를 수nH보다 작은 값으로 할 필요가 있다. 그것을 위해서는 Capacitor case를 어느 정도 크기 이하로 할 필요가 있기 때문에 그 범위에서 있는 큰 용량으로 결정한다.

8.금형 및 제품 제작

주요 연구내용

- 시제품 제작,
- 금형 및 제작 지그 제작
- 검사기준서 제작

▶시제품제작 (별첨-제작도면 일식)



CONVERTER MODULE

INVERTER MODULE



▶ INVERTER/CONVERTER MODULE 차단시험기

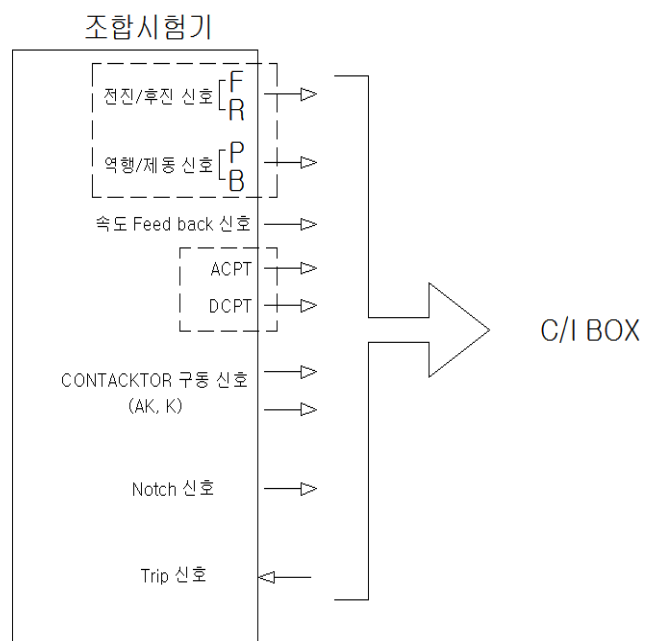


9.조합 시험기 제작

주요 연구내용

▪조합 시험기 제작

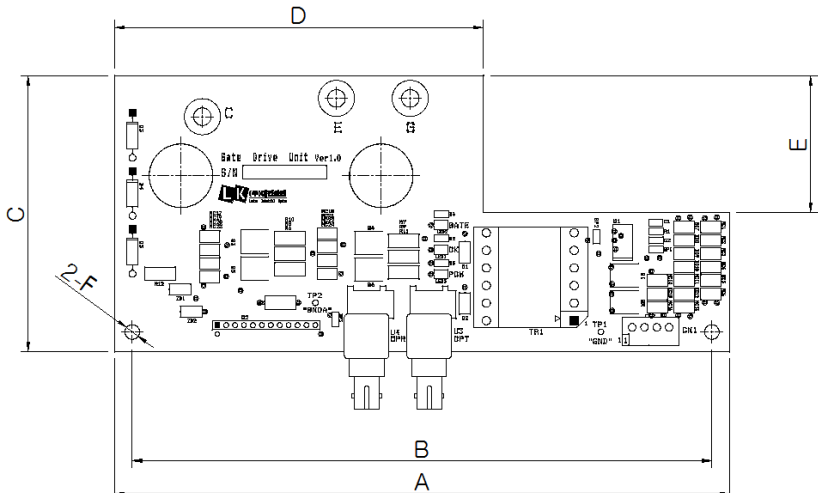
▶C/I BOX 조합 시험기



제3절 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 등

연구수행 결과에 대한 검증은 시험 성적서에 의한다. 각 단품 및 조립품이 규격서 및 도면에 의거하여 제작되었는지를 확인하며, 그 성능에 대한 신뢰성을 확보하도록 하는데 있다.

1. GDU 시험 성적서

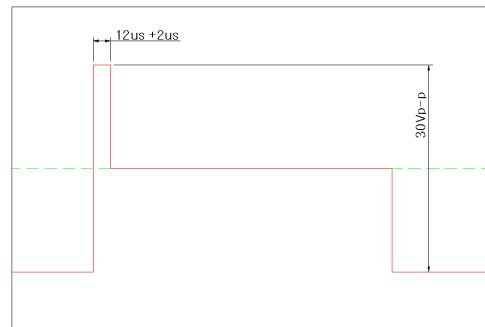
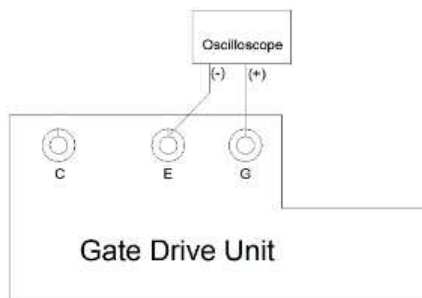
		Page		1/2				
 (주)이건산전 Leekun Industrial Systems 시 험 성 적 서								
사 업 명		도시철도차량 동력제어장치 개량 사업			검사자			
품 명		게이트 드라이브 유닛(GDU)	검사일자	2014.06.11	임동원			
순위	검사구분	기 준	측정기구	검 사 결 과 (Ser No)				
				LK14 -001	LK14 -002	LK14 -003	LK14 -004	LK14 -005
1	외관검사	흠, 오손 및 변형이 없을 것	육 안	양 호	양 호	양 호	양 호	양 호
2	치수검사 (단위:mm)	A : 175 ± 1	버어니어 캘리퍼스, 줄자	175	175	175	175	175
		B : 165 ± 0.5		165	165	165	165	165
		C : 78.6 ± 1		78.5	78.5	78.6	78.5	78.6
		D : 105 ± 1		105	105	105	105	105
		E : 39 ± 1		39	39	39	39	39
		F : $\varnothing 4.2 \pm 0.2$		4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
외 관 도 면								

시험 성적서

순위	검사구분	기 준	측정기구	검 사 결 과 (Ser No)				
				LK14 -001	LK14 -002	LK14 -003	LK14 -004	LK14 -005
3	절연저항시험	1000V 메거 100MΩ이상	메거	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4	절연 내전압 시험	5,400VAC 1분간 이상 없을 것	내전압시험기	정 상	정 상	정 상	정 상	정 상
5	출력 파형 시험	기본 출력 파형 (최소 on time:12us +2us, 전압 : 30Vp-p ± 1)	오실로스코프	12.8 (별첨)	12.8	12.7	12.8	12.8
		주파수 출력 파형 (입력주파수 ±2Hz)	오실로스코프	양호 (별첨)	양호	양호	양호	양호

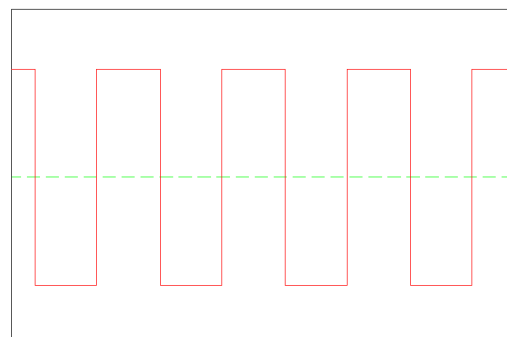
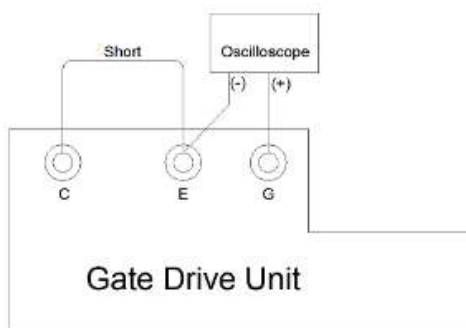
기준 파형

기본 출력 파형(G-E간 측정)



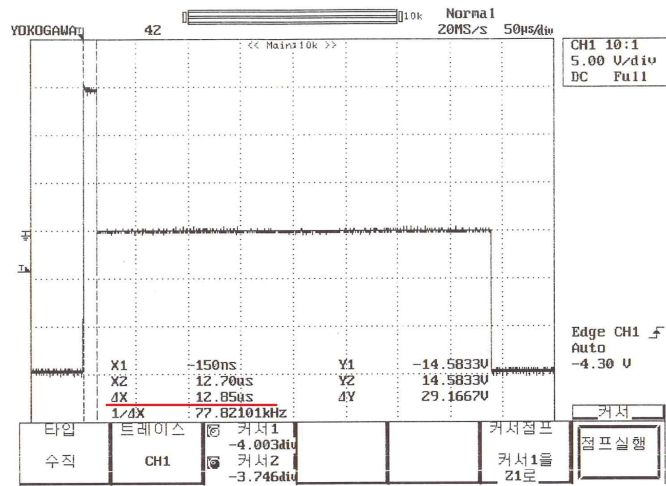
파형

주파수 파형(C-E간 단락)

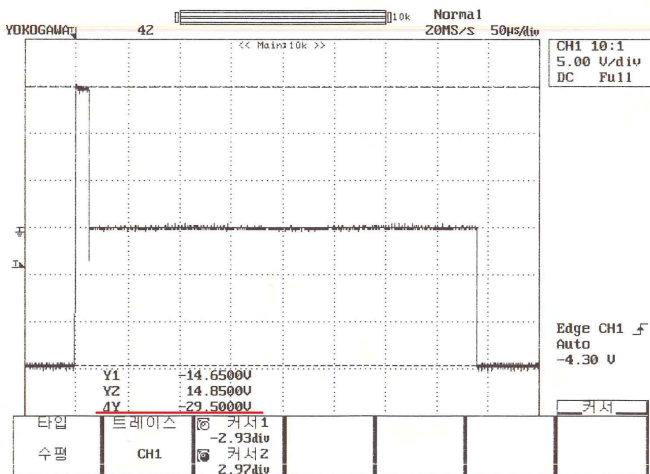


※ 별첨 (GDU 특성 측정 파형)

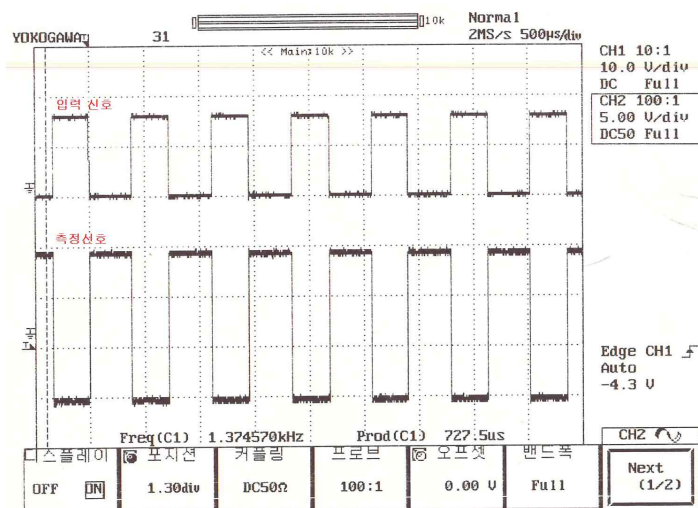
1. 최소 On-time 측정



2. 전압 측정(Vp-p)



3. 입력 주파수 대 측정주파수



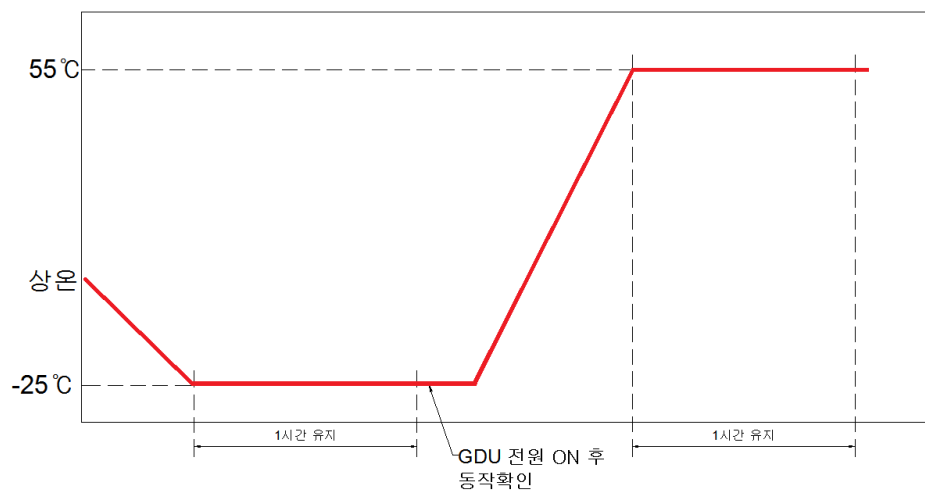
※ 별첨 (GDU 온도시험)

GDU의 온도시험은 전동차량의 운행 동작온도에서의 신뢰성을 확인하고자 시험 한다.

1. 규격 : KSR 9156 2종B

2. 방법

- (1) 저온시험 : 상온에서 GDU의 상태를 확인 후 전원을 OFF하고 챔버에서 -25℃까지 온도를 내린다. 챔버의 온도가 -25℃에 도달하고 1시간을 -25℃를 유지한 뒤 전원 ON 시키고 동작을 확인한다.
- (2) 고온시험 : GDU의 전원을 ON한 상태에서 챔버의 온도를 55℃까지 상승하고 이 온도를 1시간 유지한 뒤 챔버의 전원을 OFF한다. 1시간 유지하는 동안 GDU의 동작에 이상이 없어야 한다.



[챔버 온도 패턴]

3. 챔버

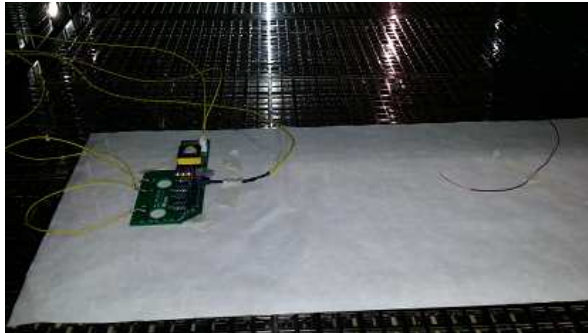


[챔버 사진]

형 명	TEMI 2500
-----	-----------

4. 시험 사진

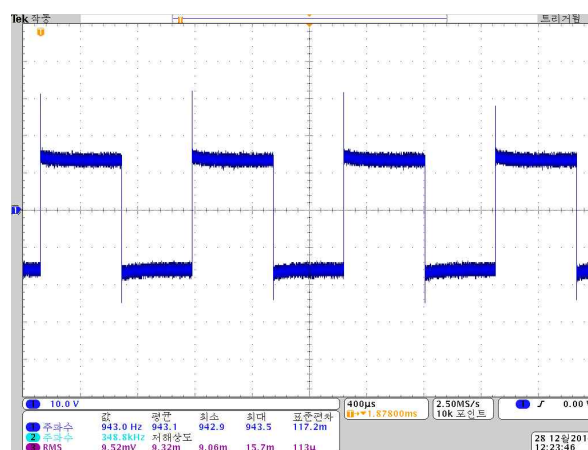
1. 온도시험 전 동작 확인



2. -25℃에서 기동사진

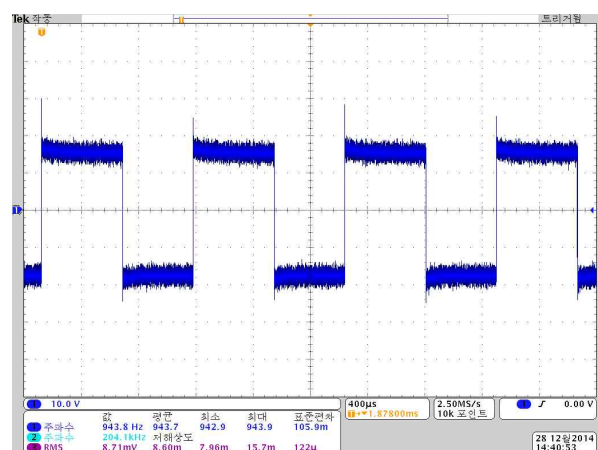


3. -25°C 출력 전압 측정 파형



측정시간 : 12시23분

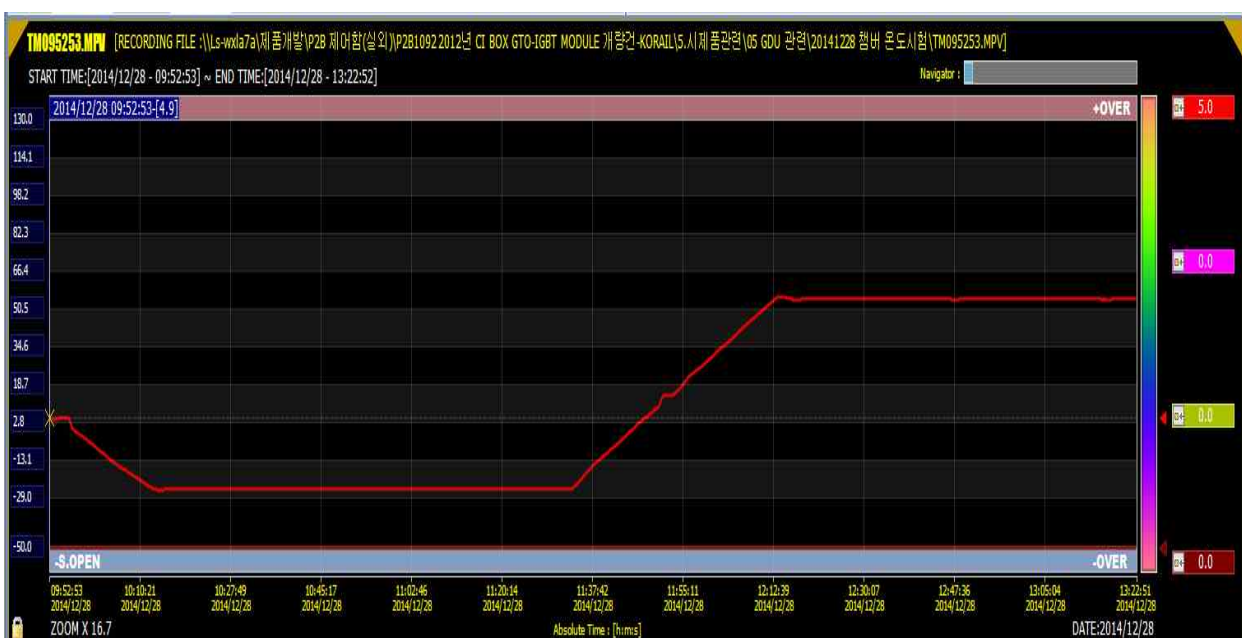
4. 55℃ GDU 출력전압 측정 파형



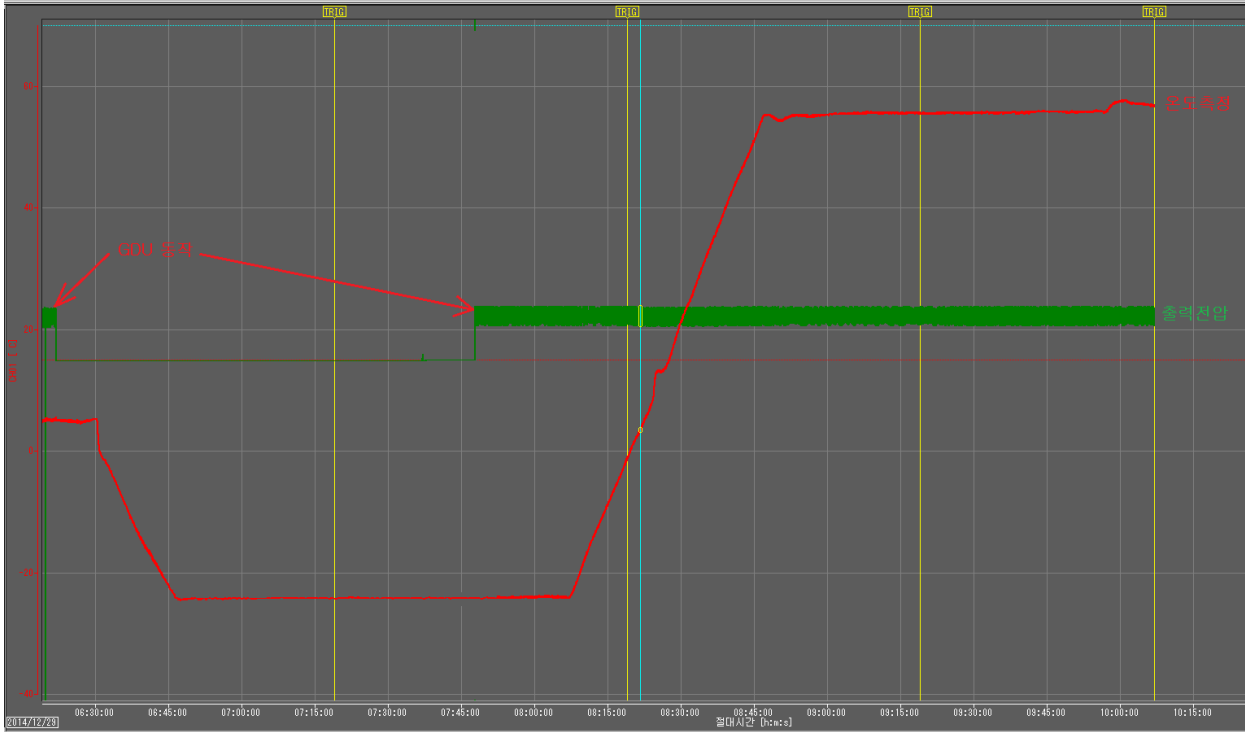
측정시간 : 14시40분

5. 온도-출력 전압 측정 파형

(1) 챔버 온도 변화



(2) RECORDER 측정 파형



6. 결과

저온시험	-25℃에서의 GDU 기동 동작 정상
고온시험	55℃, 1시간 유지하는 동안 GDU 정상 동작

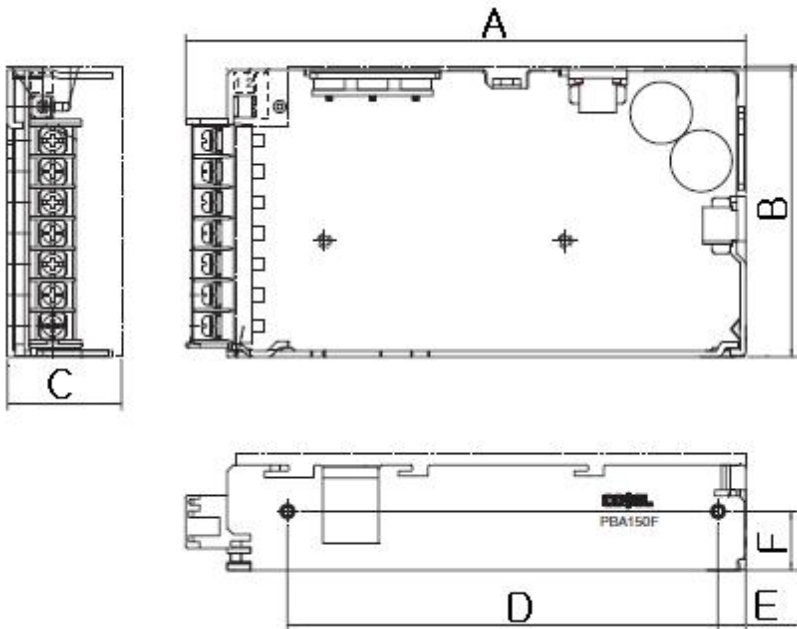
2. GDU 전원공급기 시험 성적서

Page

1/2



시 험 성 적 서

사 업 명		도시철도차량 동력제어장치 개량 사업				검사자	
품 명		GDU 전원공급기		검사일자	2014.06.15		정성길
순위	검사구분	기 준	측정기구	검 사 결 과 (Ser No)			
				LK14 -001	LK14 -002	LK14 -003	
1	외관검사	흠, 오손 및 변형이 없을 것	육 안	양 호	양 호	양 호	
2	치수검사 (단위:mm)	A : 181 ± 1	버어니어 캘리퍼스, 줄자	181.1	181.2	181.2	
		B : 93.5 ± 1		93.6	93.5	93.6	
		C : 37.5 ± 1		37.5	37.6	37.5	
		D : 139.5 ± 0.5		139.5	139.5	139.5	
		E : 9 ± 1		9.2	9.1	9.1	
		F : 19 ± 1		18.9	18.9	19	
외 관 도							



시험 성적서

순위	검사구분	기 준	측정기구	검 사 결 과 (Ser No)		
				LK14 -001	LK14 -002	LK14 -003
3	절연저항시험	500V 메거 20MΩ이상	메거	1,000	1,000	1,000
4	절연 내전압 시험	1,200VAC 1분간 이상 없을 것	내전압시험기	정 상	정 상	정 상
5	출력 시험	출력 전압 측정 (15V±0.2V)	테스터기	15.06V	15.05V	15.05V
		정격 부하 시험(10A) (15V±0.5V)	테스터기 전류계	14.96V	14.96V	14.95V

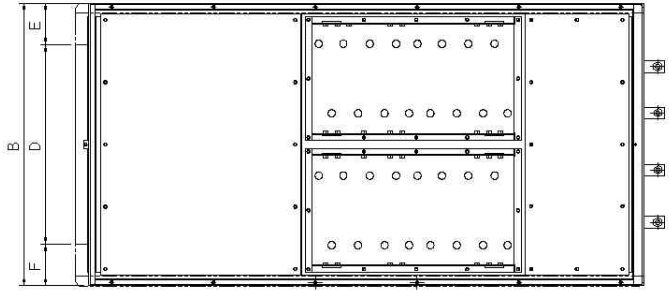
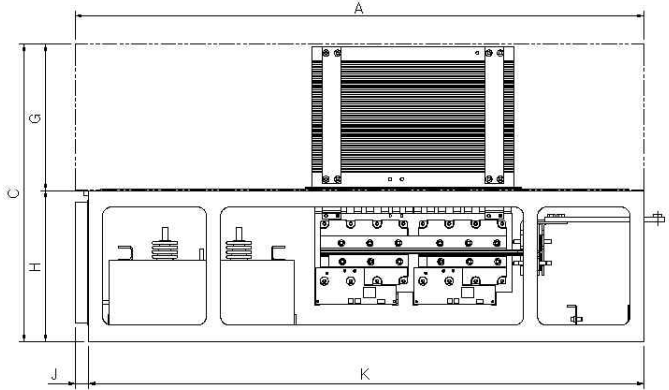
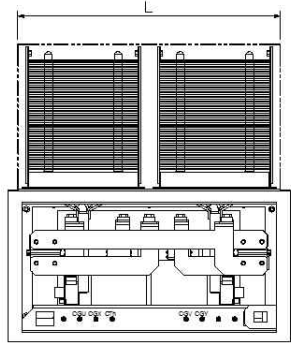
3. 컨버터 스택 시험 성적서

Page

1/2



시험 성적서

사 업 명		도시철도차량 동력제어장치 개량 사업				검사자	
품 명		CONVERTER STACK MODULE		검사일자	2014년 7월 16일		임동원
순 위	검사구분	기 준		측정기구	검 사 결 과 (Ser No)		
					001	002	
1	외관검사	흠, 오손 및 변형이 없을 것		육 안	양호	양호	
2	치수검사 (단위:mm)	A	1230±3mm	버니어 캘리퍼스 줄자	1231	1230	
		B	610±3mm		611	610	
		C	641.5±3mm		640	641	
		D	430±2mm		430	431	
		E	90±2mm		90	89	
		F	90±2mm		91	90	
		G	316.5±2mm		317	317	
		H	325±2mm		326	326	
		J	30±1mm		29	29	
		K	1200±3mm		1199	1200	
		L	568±3mm		567	568	
외 형 치							
							
							



시 험 성 적 서

순 위	검사구분	기 준	측정기구	검 사 결 과 (Ser No)	
				001	002
3	절연저항 시험	1000V 메거 100M Ω 이상	메거	1000	1000
4	내전압 시 험	5,400VAC 1분간 이상 없을 것	내전압시험 기	정 상	정 상
5	중량 측정	165kg 이하	크레인 저울	159.5kg	160kg
6	차단시험	전원전압:2.15kV 차단전류:2.3kA	차단시험기	양호	양호



시 험 성 적 서

순 위	검 사 구 분	기 준	측정기구	검 사 결 과 (Ser No)
				001
3	절연저항 시험	1000V 메거 100M Ω 이상	메거	1000
4	내전압 시험	5,400VAC 1분간 이상 없을 것	내전압시험기	정 상
5	중량 측정	200kg 이하	크레인 저울	199kg
6	차단시험	전원전압:2.15kV 차단전류:2.3kA	차단시험기	양호
7	진동 시험	KS R 9144 2종 B 규격으로 시험하여 이상 없을 것.	공인인증시험 (진동시험기)	양호

5. 인버터 스택 진동시험 성적서

인버터 스택의 진동시험을 통해서 구조물의 진동 내구성에 대한 신뢰성을 확보하도록 한다.

SGS

발행번호 : SGS-R14-1397-KR00

Page : 1 / 21

시험 성적서



발행번호 : SGS-R14-1397-KR00
 의뢰기관 : (주)이건산전
 의뢰자 : (주)이건산전
 회사주소 : 경기도 포천시 내촌면 금강로 2110 번길 18-4
 제품명 : 인버터 스택
 모델명 : N/A
 환경조건 : (24 ± 3) °C, (53 ± 7) % R.H.
 시험일자 : 2014년 9월 30일 ~ 2014년 10월 3일
 시험규격/방법 : KS R 9144: 1992 (2종 B종)
 철도 차량 부품의 진동 시험 방법
 시험결과 : 성적서 참조
 측정 불확도 : N/A
 용도 : 품질 평가용

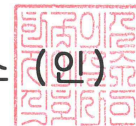
이 성적서 위의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.

확 인	시험자	승인자
	성명 : 안 효 경 (서명)	직 위 : 기술책임자 (서명) 성명 : 구 형 준 (서명)

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

2014. 10. 6

한국인정기구 인정 **한국에스지에스(주) 기흥시험소 (인)**



This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained herein reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 90 days only.

TQF-510-002(1)_ver3

SGS Korea Co., Ltd. | 54, Gongse-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea t +82 (0)31 240 6606 f +82 (0)31 240 6629 www.sgsgroup.kr

Member of SGS Group (Société Générale de Surveillance)

시험 결과 요약

인버터 스택	
시험 항목	시험 결과
공진 시험	- Z : 공진없음 - X : 15.83 HZ - Y : 27.51 Hz
	이상 없음
진동 기능 시험	의뢰자의 요청으로 인하여 제외함
진동 내구 시험	이상 없음

목 차

1. 시험 개요.....	4
2. 시료.....	4
2.1 내용.....	4
2.2 시료 사진.....	4
3. 시험절차.....	5
4. 시험조건 및 시험결과.....	5
4.1 공진 시험.....	6
4.2 진동 내구 시험.....	12



1. 시험 개요

본 시험은 의뢰자의 요구에 따라서 의뢰자가 제시한 규격과 시험시료로 실시 하였음.

2. 시료

2.1 내용

- | | |
|---------|-----------|
| 1) 의뢰자 | : (주)이건산전 |
| 2) 제조사 | : (주)이건산전 |
| 4) 제품명 | : 인버터 스택 |
| 5) 모델명 | : N/A |
| 6) 제조번호 | : LK14001 |

2.2 시료 사진



3. 시험절차

시험 절차는 다음 두 가지 절차 중 택일 진행.(상세 내용은 개별 성적서 참조)



Flow chart

4. 시험조건 및 시험결과

개별 성적서 참조

4.1 공진 시험

의뢰자	(주)이건산전	담당부서	신뢰성 시험팀
제품명	인버터 스택	시험요원	안효경 (☎ 031-548-0727)
모델명	N/A	시험일자	2014. 09. 30 ~ 2014. 10. 03
제조번호	LK14001		
시험규격/방법	KS R 9144: 1992 (2종 B종) 철도 차량 부품의 진동 시험 방법	PAGE	6

(1) 시험조건

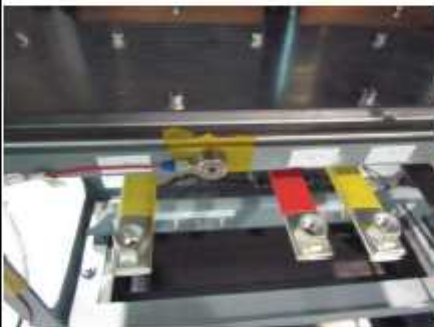
- 1) Test type : Sweep sine
- 2) 진폭 : 5 mm (o-p) / (1 ~ 5) Hz
- 3) 가속도 : 4.905 m/s² (o-p) / (5 ~ 30) Hz
- 4) 주파수 : (1 ~ 30) Hz
- 5) Sweep rate: 1 oct/min
- 6) Sweep 횟수: 1 cycle
- 7) 시험 시간 : 총 30 min (각 축당 10 min)
- 8) 시험 축 : 상하 (Z축), 좌우 (X축), 전후 (Y축)
- 9) 점검시간 : 시험 후
- 10) 시험상태 : 비포장 / 비동작
- 11) 시험수량 : 1 EA

(2) 시험실 환경 : (24 ± 3) °C, (53 ± 7) % R.H.

(3) 시험방법

- 1) 시료의 상태를 확인한다.
- 2) 진동대 위에 시료를 고정시킨다.
- 3) 진동대를 가진 시킨다.
- 4) 해당 시험축에 대하여 step 2) ~ 3)번을 반복한다.
- 5) 시험 진행 후 시료의 상태를 확인한다.

(4) 시험사진

구분	센서 부착 위치	시험사진
상하 (Z축)		
좌우 (X축)		
전후 (Y축)		

(5) 시험장비

기기명	제조회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
Vibration Tester	Shinken/G-5250NS	SG-4764	2015. 05. 16	SICT
Accelerometer	Shinken/V11-101S	0818	2015. 05. 14	SICT
Accelerometer	Shinken/V11-105S	0697	2015. 05. 19	SICT
Accelerometer	Endevco/7201-10	14073	2015. 05. 19	SICT
Accelerometer	Fujisera/S41SCB	0104	2015. 05. 14	SICT

(6) 시험결과

점검항목	시험결과
1. 외관 상태 확인 (육안 검사) - 시험품의 Screw 풀림 확인 - Crack 유무 확인 - 부품이탈 확인	이상없음
2. 공진주파수 Search	- 상,하 : 공진없음 - 좌,우 : 15.83 Hz - 전,후 : 27.51 Hz

※ 별첨 1. 공진 시험 Data _ Z axis

Project File Name: KS.R.9144.

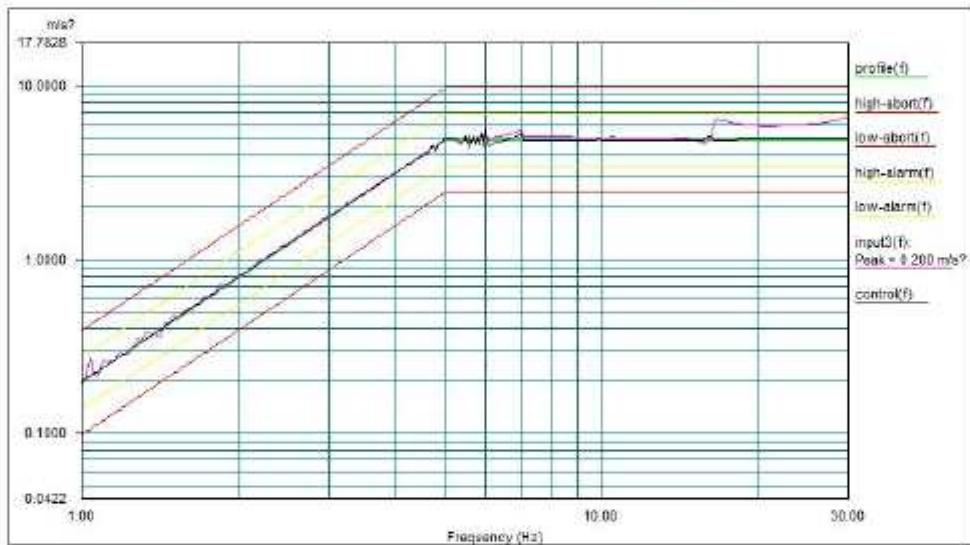
Profile Name: Vertical

Test Type:

Scope Size

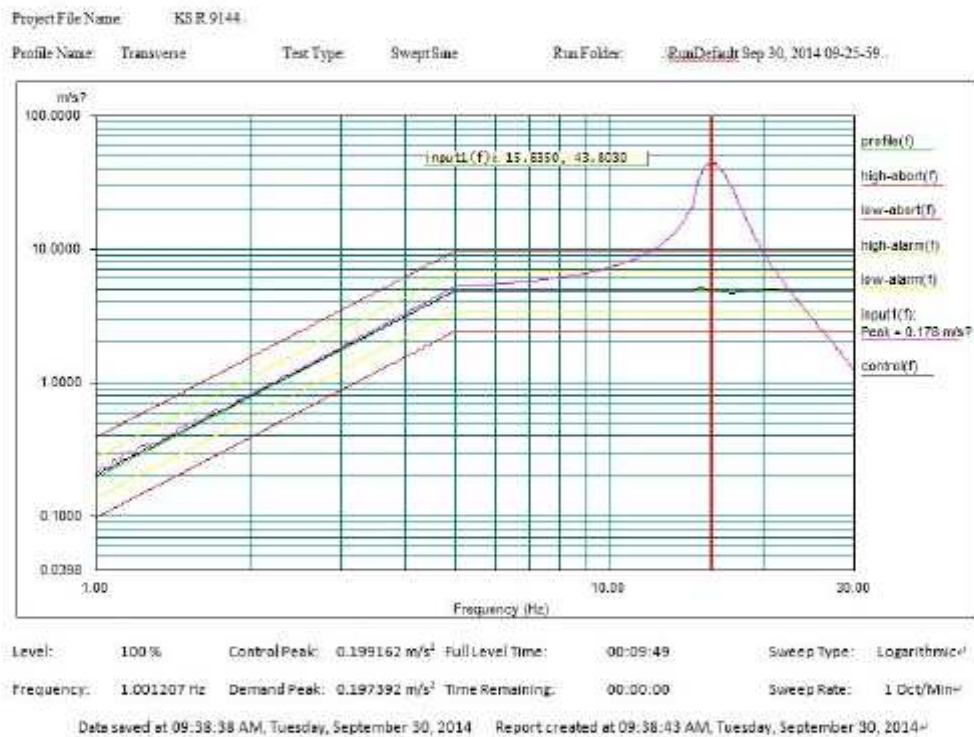
Run Folder:

RunDefault Oct 03, 2014 12:36:34.



Level: 100 % Control Peak: 0.195838 m/s² Full Level Time: 00:09:49 Sweep Type: Logarithmic
 Frequency: 1.001454 Hz Demand Peak: 0.197392 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min
 Data saved at 12:46:45 PM, Friday, October 03, 2014. Report created at 12:46:51 PM, Friday, October 3, 2014.

- 공진 시험 Data _ X axis



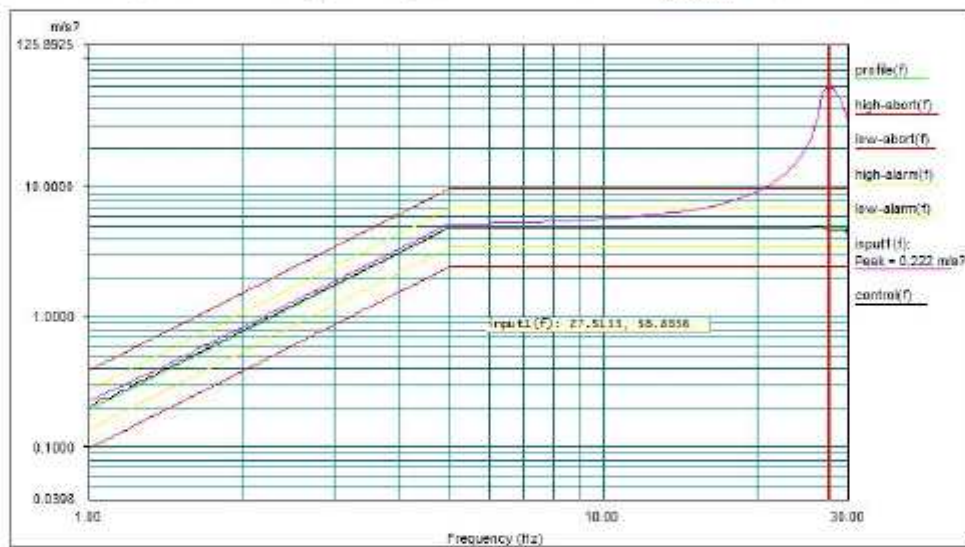
- 공진 시험 Data _ Y axis

Project File Name: KSR 9144

Profile Name: Longitudinal

Test Type: Sweep Sine

Run Folder: RunDefault Oct 03, 2014 09:51:51



Level: 100 % Control Peak: 0.200672 m/s² Full Level Time: 00:09:49 Sweep Type: Logarithmic

Frequency: 1.002071 Hz Demand Peak: 0.197992 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min

Data saved at 10:02:46 AM, Friday, October 03, 2014 Report created at 10:03:03 AM, Friday, October 3, 2014

4.2 진동 내구 시험

의뢰자	(주)이건산전	담당부서	신뢰성 시험팀
제품명	인버터 스택	시험요원	안효경 (☎ 031-548-0727)
모델명	N/A	시험일자	2014. 09. 30 ~ 2014. 10. 03
제조번호	LK14001		
시험규격/방법	KS R 9144: 1992 (2종 B종) 철도 차량 부품의 진동 시험 방법	PAGE	10

(1) 시험조건

가) 공진있음

- 1) Test type : Dwell sine
- 2) 가속도 : 6.85 m/s^2 (o-p)
- 3) 주파수 : X - 15.83 Hz, Y - 27.51 Hz
- 4) 시험축 : 좌우 (X축), 전후 (Y축)
- 5) 시험시간 : 총 1 h (X축 - 30 min, Y축 - 30 min)
- 6) 정검시간 : 시험 후
- 7) 시료상태 : 비포장 / 비동작
- 8) 시료수량 : 1 EA

가) 공진없음

- 1) Test type : Dwell sine
- 2) 가속도 : 6.85 m/s^2 (o-p)
- 3) 주파수 : 10 Hz
- 4) 시험축 : 상하 (Z축), 좌우 (X축), 전후 (Y축)
- 5) 시험시간 : 총 7 h (Z축 - 4 h, X축 - 1 h 30 min, Y축 - 1 h 30 min)
- 6) 정검시간 : 시험 후
- 7) 시료상태 : 비포장 / 비동작
- 8) 시료수량 : 1 EA

(2) 시험실 환경 : $(24 \pm 3) ^\circ\text{C}$, $(53 \pm 7) \% \text{ R.H.}$

(3) 시험방법

- 1) 시료의 상태를 확인한다.
- 2) 진동대 위에 시료를 고정시킨다.
- 3) 진동대를 가진 시킨다.
- 4) 해당 시험축에 대하여 step 2) ~ 3)번을 반복한다.
- 5) 시험 진행 후 시료의 상태를 확인한다.

(4) 시험사진

구분	시험사진
상하 (Z축)	
좌우 (X축)	
전후 (Y축)	

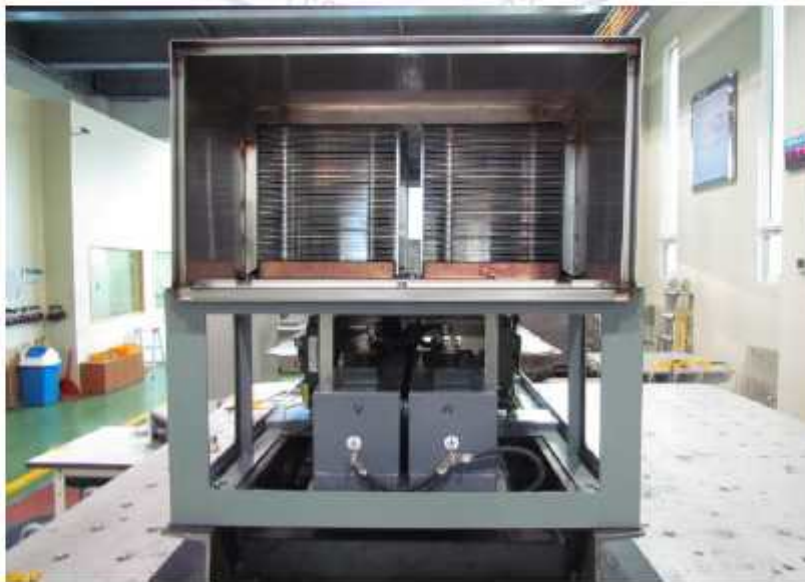
(5) 시험장비

기기명	제조회사 및 형식	기기번호	차기교정에정일자	교정기관
Vibration Tester	Shinken/G-5250NS	SG-4764	2015. 05. 16	SICT
Accelerometer	Shinken/V11-101S	0818	2015. 05. 14	SICT
Accelerometer	Shinken/V11-105S	0697	2015. 05. 19	SICT

(6) 시험 결과

점검항목	시험결과
1 외관 상태 확인 (육안 검사) - 시험품의 Screw 풀림 확인 - Crack 유무 확인 - 부품이탈 확인	이상없음 (※ 별첨 1. 참조)

※ 그림 1. 외관 확인





※ 별첨 2. 진동 내구 시험 Data _ Z axis

Project File Name: KS R 9144

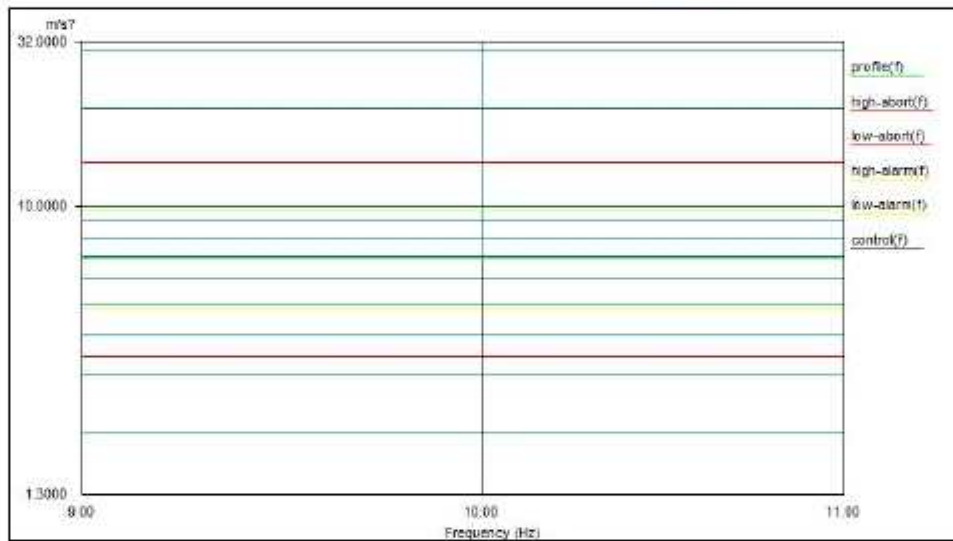
Profile Name: Vertical

Test Type:

Sweep Size

Run Folder:

RunDefault Oct 03, 2014 12:47:22



Level: 100 % Control Peak: 6.854885 m/s² Full Level Time: 04:00:00 Sweep Type: Logarithmic

Frequency: 10.000000 Hz Demand Peak: 6.850000 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min

Data saved at 04:48:47 PM, Friday, October 03, 2014 Report created at 04:48:52 PM, Friday, October 3, 2014

- 진동 내구 시험 Data _ X axis

Project File Name: KS R 9144.

Profile Name: Transverse

Test Type:

Sweep Size

Run Folder:

RunDefault Sep 30, 2014 09:40:30.



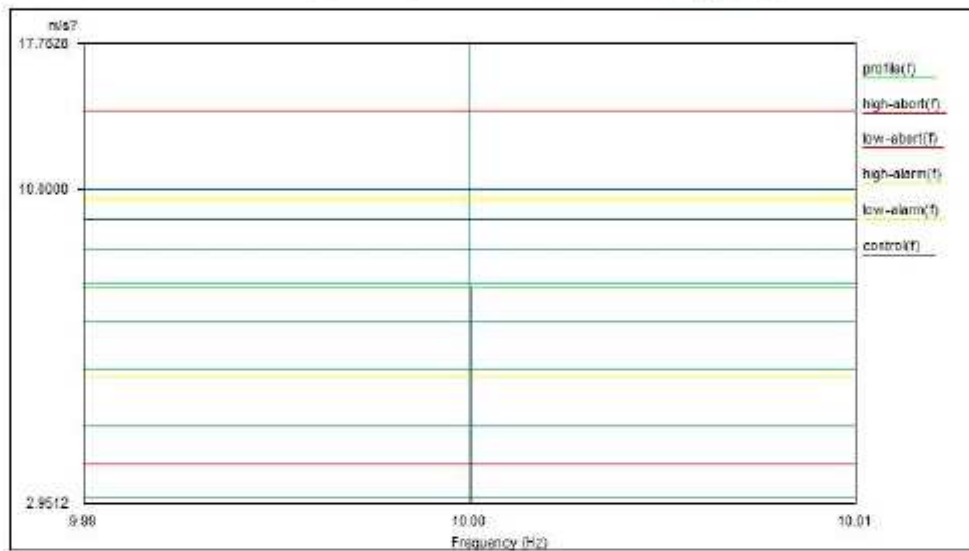
Level: 100% Control Peak: 6.845891 m/s² Full Level Time: 00:30:00 Sweep Type: Logarithmic

Frequency: 15.830000 Hz Demand Peak: 6.850000 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min

Data saved at 10:13:11 AM, Tuesday, September 30, 2014 Report created at 10:13:14 AM, Tuesday, September 30, 2014

Project File Name: KS R 9144

Profile Name: Transverse Test Type: Swept Sine Run Folder: RunDefault Sep 30, 2014 10-16-31



Level: 100 % Control Peak: 6.848932 m/s² Full Level Time: 01:30:00 Sweep Type: Logarithmic
Frequency: 10.000000 Hz Demand Peak: 6.850000 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min

Data saved at 12:14:50 PM, Tuesday, September 30, 2014 Report created at 12:14:51 PM, Tuesday, September 30, 2014

- 진동 내구 시험 Data _ Y axis

Project File Name: KSR 9144,

Profile Name: Longitudinal Test Type: Sweep Sine Run Folder: Run Default Oct 03, 2014 10:03:57.



Level: 100 % Control Peak: 6.837065 m/s² Full Level Time: 00:30:00 Sweep Type: Logarithmic

Frequency: 27.510000 Hz Demand Peak: 6.850000 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min

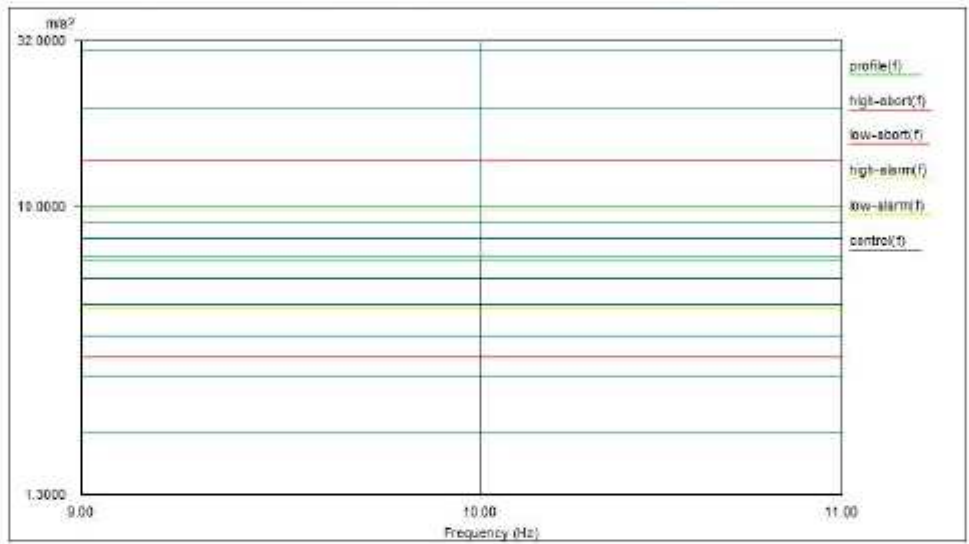
Data saved at 10:34:50 AM, Friday, October 03, 2014 Report created at 10:34:54 AM, Friday, October 3, 2014

Project File Name: KSR 9144

Profile Name: Longitudinal

Test Type: Swept Sine

Run Folder: RunDefault Oct 03, 2014 10:34:49



Level: 100% Control Peak: 6.846937 m/s² Full Level Time: 01:30:00 Sweep Type: Logarithmic

Frequency: 10.000000 Hz Demand Peak: 6.850000 m/s² Time Remaining: 00:00:00 Sweep Rate: 1 Oct/Min

Data saved at 12:06:12 PM, Friday, October 03, 2014 Report created at 12:06:14 PM, Friday, October 3, 2014

SGSqkJdeqU

TQF-510-002(2)_ver3

6. 조합 시험

조합시험기를 통해 현차에서의 입력 신호를 제어기에 보내어 C/I BOX의 정상 기동 및 동작신호를 확인하여 IGBT 전력변환용 STACK의 동작을 확인하고자 한다.

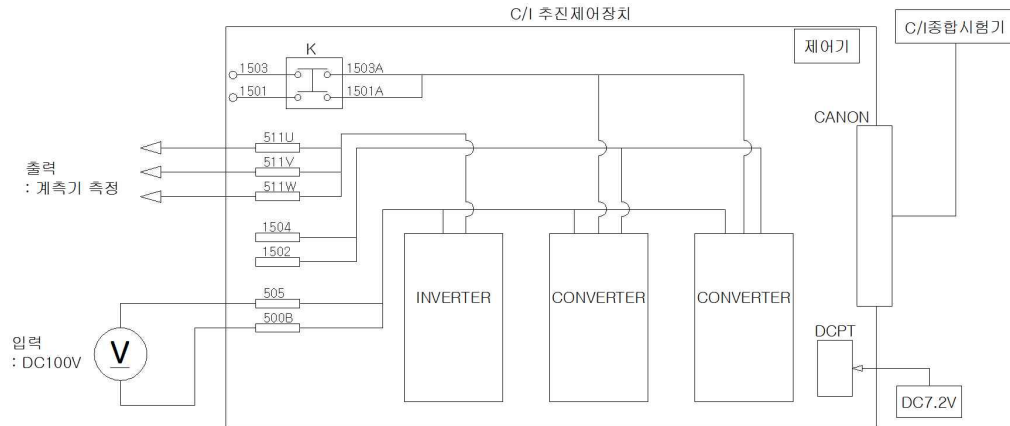
가. 공통 입력조건

- (1) ACPT : AC100V입력
- (2) DCPT : DC7.2V입력
- (3) C/I 종합 시험기

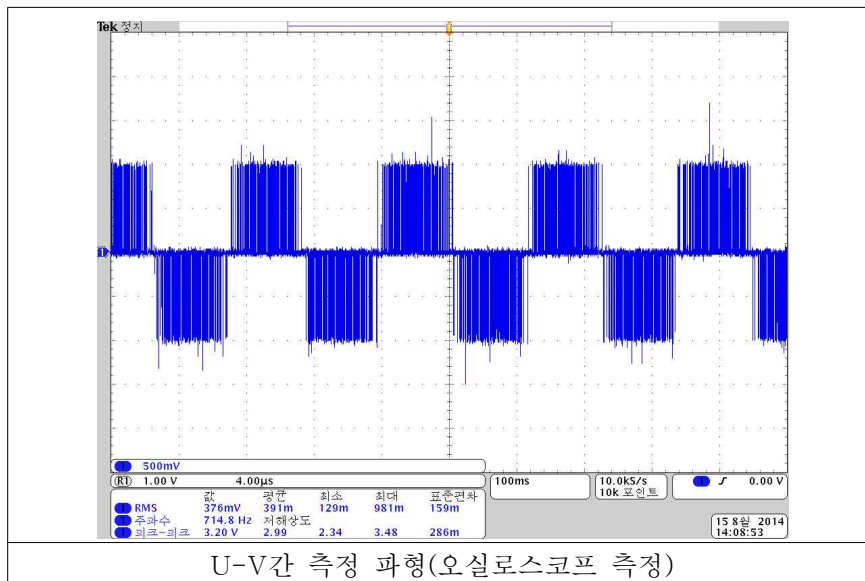
나. 시험 사진

	
입력 장비 및 측정장비	컨버터/인버터 스택 조립
	
DCPT 입력(DC7.2V)	C/I 종합 시험기 입력

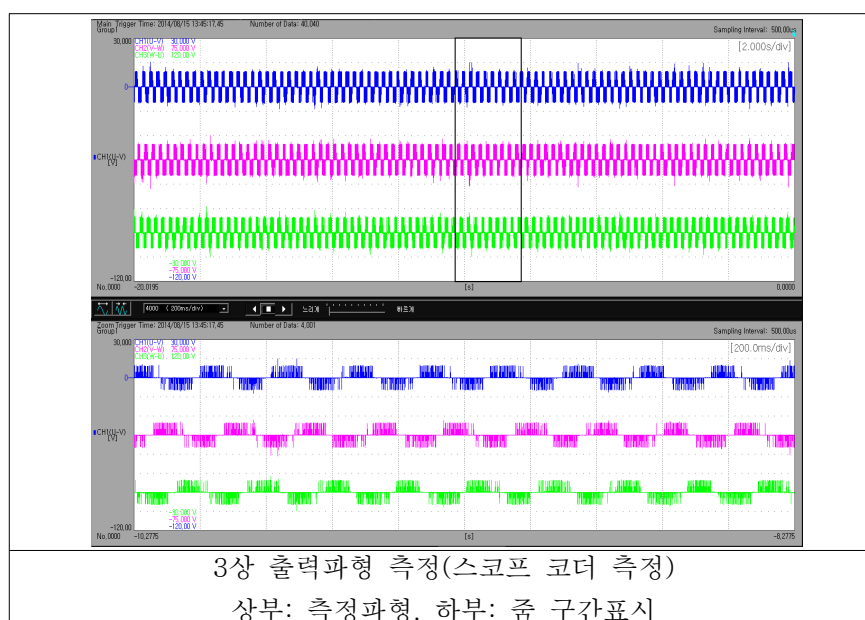
다. DC100V입력 시 출력 파형



< C/I 추진제어장치 DC시험 전원 입력 및 측정 >



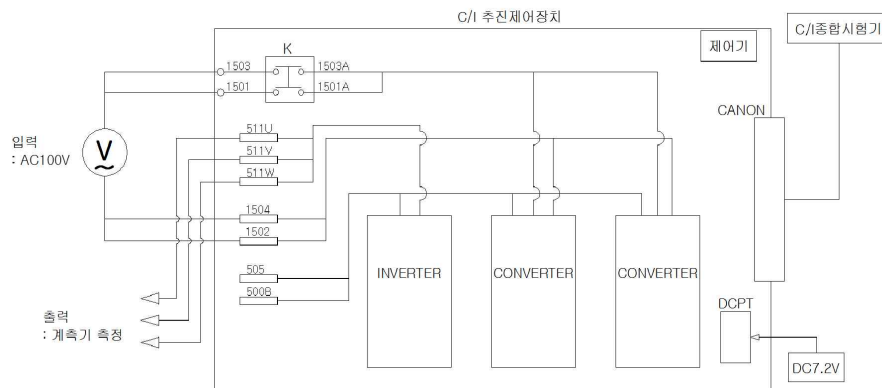
U-V간 측정 파형(오실로스코프 측정)



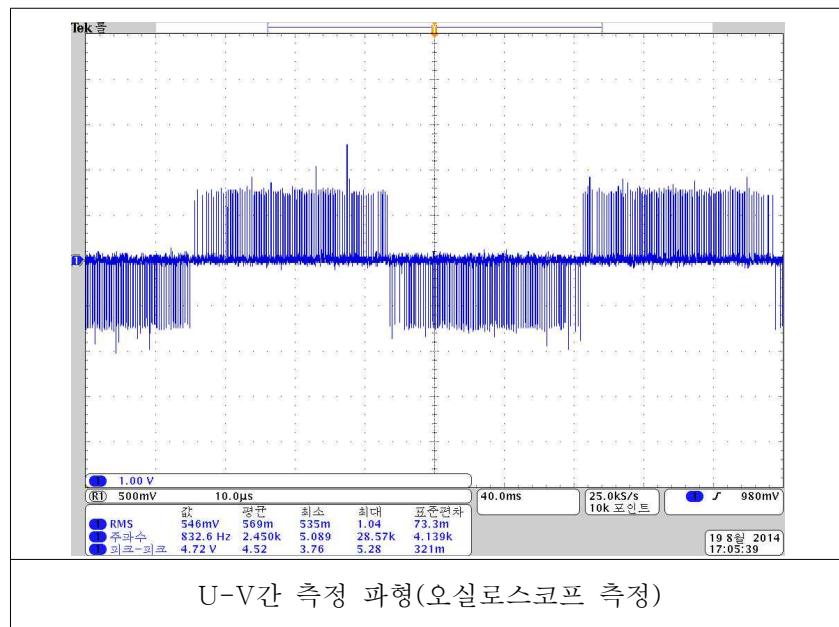
3상 출력파형 측정(스코프 코더 측정)

상부: 측정파형, 하부: 줌 구간표시

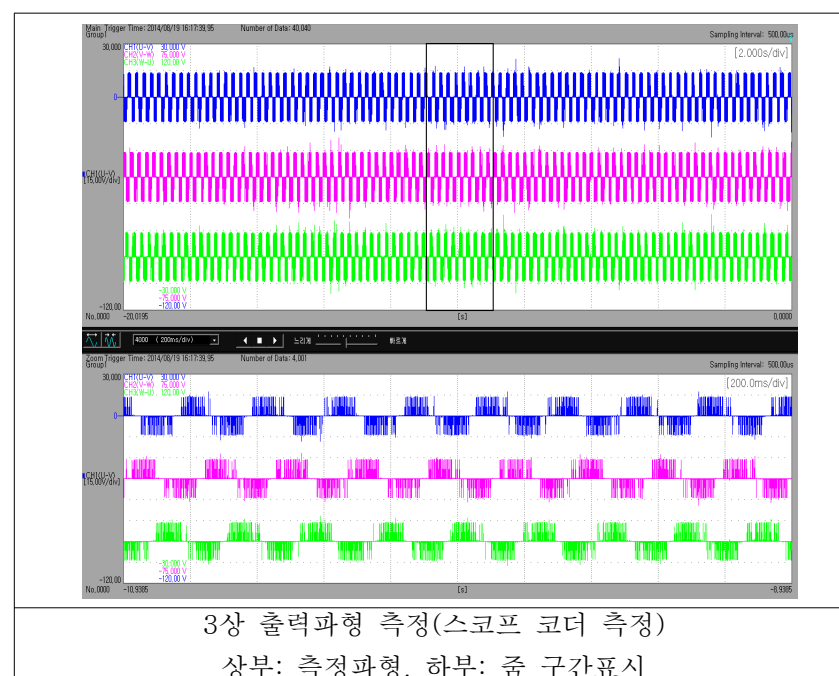
라. AC100V입력 시 출력 파형



< C/I 추진제어장치 AC시험 전원 입력 및 측정 >



U-V간 측정 파형(오실로스코프 측정)



3상 출력파형 측정(스코프 코드 측정)

상부: 측정파형, 하부: 줌 구간표시

7. 계측기

가. 시험에 사용된 계측기 목록

자체시험에 사용된 계측기는 공인기관의 검교정을 거쳐 시행하였으며 검교정 받은 계측기 목록은 아래 표와 같다.

순번	계측기	사진	형식 교정일자	비 고
1	버니어 캘리퍼스		내외측캘리퍼스 2013.11.21	
2	절연저항기		3454-11 2013.11.20	
3	내전압시험기		ILO-PT 1020 2013.11.20	
4	내전압시험기		JY-P102 2013.11.20	
5	고압프로브		4232 2013.11.21	
6	클램프 미터		CL220 2014.8.20	
7	디지털 테스터기		87 II 2014.8.30	

8	평선 제네레이터		FC120 2014.2.18	
9	오실로스코프		DL1470E 2013.11.20	
10	스코프코더		SL1400 2014.3.27	
11	저울		TC-2.5T 2014.3.31	
12	레코더		MV230 2014.11.28	
13	챔버		TEMI2500-00 2014.10.27	
14	차단시험기		자체시험기	
15	조합시험기		자체시험기	

(나) 계측기 교정 성적서

검교정 기관에서 발행한 교정 성적서이다.

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585		성적서 번호(Certificate No.) 1317660-5 페이지(Page) (1) / (총 2)			
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기 포천시 내촌면 음현리 339					
2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 내/외측 캘리퍼(디지털) 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : MITUTOYO / 200 mm (0.01 mm) 기기번호(Serial Number) : 05471871					
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2013년 11월 21일					
4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (20.6 ± 0.2) °C 습도(Humidity) : (41 ± 1) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.)					
5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 내/외측 캘리퍼 교정업무표준서(CLAB-TM-10601-036)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다.					
교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications)					
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
1	캘리퍼 검사기	MITUTOYO / 300 mm	520294	2014.08.02	한국캘랩㈜
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조					
7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조					
확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 조석봉		승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정,부) 김상훈 성명(Name) 김상훈		
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.					
2013년 11월 21일					
한국인정기구 인정 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA		한 국 캘 랩 (주) 대표이사 President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd.			
서울특별시 금천구 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585					
(위) 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.					

F-QP022-001/A4P
2013.04.20 REV.07

한국캘랩(주)



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)

1317660-5

페이지(Page) (2)/(총2)



1. 측정면의 평행도 : 0.01 mm

2. 캘리퍼의 교정결과

외 측			내 측		
눈금값 (mm)	측정값 (mm)	보정값 (mm)	눈금값 (mm)	측정값 (mm)	보정값 (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
20.00	20.00	0.00	20.00	20.01	-0.01
50.00	50.00	0.00	50.00	50.01	-0.01
100.00	100.00	0.00	100.00	100.01	-0.01
150.00	150.00	0.00	150.00	150.02	-0.02
200.00	200.00	0.00	200.00	200.02	-0.02

3. 측정불확도 : 15 μ m (신뢰수준 약 95 %, $k = 2$), 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02

한국캘립(주)

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부샛길 606 대성-다플리스 8동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585	성적서 번호(Certificate No.) 1317660-9 페이지(Page) (1) / (총 3)																															
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기 포천시 내촌면 읍면리 339 2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 절연시험기, 저항측정기 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : HIOKI / 3454-11 기기번호(Serial Number) : 060916100 3. 교정일자(Date of Calibration) : 2013년 11월 20일 4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (50 ± 4) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.) 5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 절연시험기, 저항 측정기, 고저항 측정기 등 교정업무표준서(CLAB-TM-40210-085, CLAB-TM-40214-088)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다. 교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications) <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>기기명</th> <th>제작회사 및 형식</th> <th>기기번호</th> <th>차기교정예정일자</th> <th>교정기관</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>High Voltage Digitalmeter</td> <td>Kikusui / 149-10A</td> <td>BJ003515</td> <td>2014.04.04</td> <td>한국산업기술시험원</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Megohm Decade Resistor</td> <td>RET / HRRS-B-7-100K-5W</td> <td>B2-0730120</td> <td>2015.05.05</td> <td>한국산업기술시험원</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Decade Resistor</td> <td>ESI / RS925D</td> <td>AF2011294925D</td> <td>2014.09.07</td> <td>한국산업기술시험원</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Calibrator</td> <td>Fluke / 5500A</td> <td>9490029</td> <td>2013.12.19</td> <td>한국캘랩</td> </tr> </tbody> </table>			No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관	1	High Voltage Digitalmeter	Kikusui / 149-10A	BJ003515	2014.04.04	한국산업기술시험원	2	Megohm Decade Resistor	RET / HRRS-B-7-100K-5W	B2-0730120	2015.05.05	한국산업기술시험원	3	Decade Resistor	ESI / RS925D	AF2011294925D	2014.09.07	한국산업기술시험원	4	Calibrator	Fluke / 5500A	9490029	2013.12.19	한국캘랩
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관																											
1	High Voltage Digitalmeter	Kikusui / 149-10A	BJ003515	2014.04.04	한국산업기술시험원																											
2	Megohm Decade Resistor	RET / HRRS-B-7-100K-5W	B2-0730120	2015.05.05	한국산업기술시험원																											
3	Decade Resistor	ESI / RS925D	AF2011294925D	2014.09.07	한국산업기술시험원																											
4	Calibrator	Fluke / 5500A	9490029	2013.12.19	한국캘랩																											
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조 7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조																																
확인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 임재우 	승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(장,부) 성명(Name) 임승호 																														
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다. 2013년 11월 20일 한국인정기구 인정 한 국 캘 랩 (주) 대표이사 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd. 서울특별시 금천구 서부샛길 606 대성-다플리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585 ※ 위 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(공부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.																																

F-QP022-001/A4P
 2013.04.20 REV.07

한국캘랩(주)



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

검정서 번호(Certificate No.)

1317660-9

페이지(Page) (2)/(총3)



1. Resistance Calibration.

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
500 MΩ (on 250 V)	1.000 0 MΩ	1.004 MΩ	-0.004 MΩ	0.002 MΩ
	10.000 MΩ	10.06 MΩ	-0.06 MΩ	0.02 MΩ
	100.00 MΩ	100.8 MΩ	-0.8 MΩ	0.3 MΩ
	300.00 MΩ	301.0 MΩ	-1.0 MΩ	2.4 MΩ
	490.0 MΩ	494 MΩ	-4 MΩ	3 MΩ
500 MΩ (on 500 V)	1.000 0 MΩ	1.004 MΩ	-0.004 MΩ	0.002 MΩ
	10.000 MΩ	10.06 MΩ	-0.06 MΩ	0.02 MΩ
	100.00 MΩ	100.8 MΩ	-0.8 MΩ	0.3 MΩ
	300.00 MΩ	301.0 MΩ	-1.0 MΩ	2.4 MΩ
	490.0 MΩ	494 MΩ	-4 MΩ	3 MΩ
4 000 MΩ (on 1 000 V)	1.000 0 MΩ	1.001 MΩ	-0.001 MΩ	0.002 MΩ
	10.000 MΩ	10.04 MΩ	-0.04 MΩ	0.02 MΩ
	100.00 MΩ	100.4 MΩ	-0.4 MΩ	0.3 MΩ
	1 000.0 MΩ	1 002 MΩ	-2 MΩ	13 MΩ
	2 000.0 MΩ	2 003 MΩ	-3 MΩ	61 MΩ
	3 900.0 MΩ	3 895 MΩ	5 MΩ	61 MΩ
4 MΩ	10.000 Ω	9.99 Ω	0.01 Ω	0.02 Ω
	100.00 Ω	100.1 Ω	-0.1 Ω	0.2 Ω
	1.000 0 kΩ	0.987 kΩ	0.013 kΩ	0.002 kΩ
	10.000 kΩ	9.99 kΩ	0.01 kΩ	0.02 kΩ
	100.00 kΩ	100.2 kΩ	-0.2 kΩ	0.2 kΩ
	1.000 0 MΩ	1.015 MΩ	-0.015 MΩ	0.002 MΩ

2. AC Voltage Calibration. (60 Hz)

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
600 V	100.0 V	101 V	-1 V	2 V
	200.0 V	201 V	-1 V	2 V
	300.0 V	303 V	-3 V	2 V
	400.0 V	405 V	-5 V	2 V
	500.0 V	505 V	-5 V	2 V
	590.0 V	593 V	-3 V	2 V



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-다플리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)
1317660-9

페이지(Page) (3)/(총3)



3. DC Output Voltage Calibration.

Nominal Value	STD. Value	Correction	Uncertainty
250 V	273 V	23 V	9 V
500 V	525 V	25 V	11 V
1 000 V	1 046 V	46 V	33 V

※ Uncertainty : 신뢰수준 약 95 %, $k = 2$. 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02



한국캘립(주)

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부넷길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585	성적서 번호(Certificate No.) 1317660-1 페이지(Page) (1) / (총 2)																			
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기 포천시 내촌면 읍원리 339 2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 내압시험기 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : 최신계측기 / ILO-PT 1020 기기번호(Serial Number) : 070451 3. 교정일자(Date of Calibration) : 2013년 11월 20일 4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (50 ± 4) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.) 5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 내전압/전기안전 시험기 교정업무표준서(CLAB-TM-40313-099)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다. 교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications) <table border="1" data-bbox="247 1064 1316 1153"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>기기명</th> <th>제작회사 및 형식</th> <th>기기번호</th> <th>차기교정예정일자</th> <th>교정기관</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>High Voltage Digitalmeter</td> <td>Kikusui / 149-10A</td> <td>BJ003515</td> <td>2014.04.04</td> <td>한국산업기술시험원</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Current Calibrator For W.Tester</td> <td>Kikusui / TOS1200</td> <td>14040438</td> <td>2014.03.20</td> <td>한국산업기술시험원</td> </tr> </tbody> </table>			No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관	1	High Voltage Digitalmeter	Kikusui / 149-10A	BJ003515	2014.04.04	한국산업기술시험원	2	Current Calibrator For W.Tester	Kikusui / TOS1200	14040438	2014.03.20	한국산업기술시험원
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관															
1	High Voltage Digitalmeter	Kikusui / 149-10A	BJ003515	2014.04.04	한국산업기술시험원															
2	Current Calibrator For W.Tester	Kikusui / TOS1200	14040438	2014.03.20	한국산업기술시험원															
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조 7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조																				
확인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 석인철	승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정,부) 성명(Name) 임승호																		
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인증기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다. 2013년 11월 20일 한국인증기구 인정 한 국 캘 랩 (주) 대표이사 Accredited by KOLAS, Republic of Korea President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd. 서울특별시 금천구 서부넷길 606 대성-디폴리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585 본에 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.																				

F-QP022-001/A4P
 2013.04.20 REV.07

한국캘랩(주)



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-다플리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)

1317660-1

페이지(Page) (2)/(총2)



1. AC Output Voltage Calibration.

Range	Setting Value	STD. Value	Correction	Uncertainty
10 kV	2.0 kV	1.98 kV	-0.02 kV	0.05 kV
	4.0 kV	3.97 kV	-0.03 kV	0.07 kV
	6.0 kV	5.99 kV	-0.01 kV	0.09 kV
	8.0 kV	7.95 kV	-0.05 kV	0.16 kV
	9.0 kV	8.98 kV	-0.02 kV	0.16 kV

2. AC Leakage current calibration.

Range	Setting Value	STD. Value	Correction	Uncertainty
0.5 mA	0.5 mA	0.52 mA	0.02 mA	0.03 mA
1 mA	1.0 mA	0.96 mA	-0.04 mA	0.04 mA
2 mA	2.0 mA	1.95 mA	-0.05 mA	0.05 mA
5 mA	5.0 mA	4.85 mA	-0.15 mA	0.09 mA
10 mA	10 mA	9.7 mA	-0.3 mA	0.2 mA

※ Uncertainty : 신뢰수준 약 95 %, $k = 2$. 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02

0249

한국캘립(주)

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585	성적서 번호(Certificate No.) 1317660-13 페이지(Page) (1) / (총 2)													
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기 포천시 내촌면 읍내리 339 2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 내압시험기 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : 주영 / JY-P102 기기번호(Serial Number) : 101007 3. 교정일자(Date of Calibration) : 2013년 11월 20일 4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (50 ± 4) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.) 5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 내전압/전기안전 시험기 교정업무표준서(CLAB-TM-40313-099)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다. 교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications) <table border="1" data-bbox="247 1064 1308 1120"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>기기명</th> <th>제작회사 및 형식</th> <th>기기번호</th> <th>차기교정예정일자</th> <th>교정기관</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>High Voltage Digitalmeter</td> <td>Kikusui / 149-10A</td> <td>BJ003515</td> <td>2014.04.04</td> <td>한국산업기술시험원</td> </tr> </tbody> </table>			No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관	1	High Voltage Digitalmeter	Kikusui / 149-10A	BJ003515	2014.04.04	한국산업기술시험원
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관									
1	High Voltage Digitalmeter	Kikusui / 149-10A	BJ003515	2014.04.04	한국산업기술시험원									
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조 7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조														
확인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 석인철	승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정.부) 성명(Name) 원승호												
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 본래의 교정결과입니다. 2013년 11월 20일 한국인정기구 인정 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA 한 국 캘 랩 (주) 대표이사 President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd.  서울특별시 금천구 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585 본이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.														

F-QP022-001/A4P
 2013.04.20 REV.07

한국캘랩(주)



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 8동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)
1317660-13

페이지(Page) (2)/(총2)



1. AC Output Voltage Calibration.

Range	Setting Value	STD. Value	Correction	Uncertainty
5 kV	1.0 kV	1.03 kV	0.03 kV	0.04 kV
	2.0 kV	2.03 kV	0.03 kV	0.05 kV
	3.0 kV	3.04 kV	0.04 kV	0.06 kV
	4.0 kV	4.06 kV	0.06 kV	0.07 kV
	5.0 kV	5.10 kV	0.10 kV	0.08 kV
	5.9 kV	6.05 kV	0.15 kV	0.09 kV

※ Uncertainty : 신뢰수준 약 95 %, $k = 2$, 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02



한국칼랩(주)

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부샛길 606 대성-다플리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585		성적서 번호(Certificate No.) 1317660-8 페이지(Page) (1) / (총 2)			
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기 포천시 내촌면 옴현리 339					
2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 직/교류 고전압 프로브 (DIFFERENTIAL PROBE) 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : PROBE MASTER / 4232 기기번호(Serial Number) : 072334					
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2013년 11월 21일					
4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (23.2 ± 0.2) °C 습도(Humidity) : (48 ± 2) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.)					
5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 직/교류 고전압 프로브 교정업무표준서(CLAB-TM-40435-128)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다.					
교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications)					
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
1	Digital Multimeter	HP / 34401A	US36098850	2014.07.08	한국캘랩㈜
2	Oscilloscope	TEK / TDS 3052B	B011534	2014.07.10	한국캘랩㈜
3	Calibrator	Fuke / 5500 A	9490029	2013.12.19	한국캘랩㈜
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조					
7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조					
확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 임채우	승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정.부) 성명(Name) 임승호			
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.					
2013년 11월 21일					
한국인정기구 인정 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA		한 국 캘 랩 (주) 대표이사 President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd.			
서울특별시 금천구 서부샛길 606 대성-다플리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585					
(본) 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.					



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)

1317660-8

페이지(Page) (2)/(총2)



1. Attenuation Calibration (DC)

Function	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
1/10	20.00 V	20.2 V	-0.2 V	0.2 V
	40.00 V	40.3 V	-0.3 V	0.2 V
	60.00 V	60.1 V	-0.1 V	0.2 V
	70.00 V	69.8 V	0.2 V	0.2 V
1/100	200.0 V	201 V	-1 V	2 V
	400.0 V	399 V	1 V	2 V
	600.0 V	599 V	1 V	2 V
	700.0 V	699 V	1 V	2 V

2. Attenuation Calibration (1 kHz)

Function	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
1/10	20.00 V	20.1 V	-0.1 V	0.2 V
	40.00 V	40.2 V	-0.2 V	0.2 V
	60.00 V	58.9 V	1.1 V	0.2 V
	70.00 V	65.2 V	4.8 V	0.2 V
1/100	200.0 V	200 V	0 V	2 V
	400.0 V	401 V	-1 V	2 V
	600.0 V	589 V	11 V	2 V
	700.0 V	657 V	43 V	2 V

※ Uncertainty : 신뢰수준 약 95 %, $k = 2$. 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02

한국캘랩(주)

교 정 성 적 서

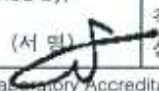
CALIBRATION CERTIFICATE

(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학의로 268 Tel : 031-420-8881-4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-6491-007 Certificate No. 페이지 { 1 } / { 총 2 } Page of Pages	
---	--	---

1. 의뢰자(Client)
 기관명(Name) : (주)이건산전
 주소(Address) : 경기도 포천시 내촌면 금강로 2110번길 18-4
2. 측정기(Calibration Subject)
 기기명(Description) : CLAMP-ON TESTER
 제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : YOKOGAWA / CL220
 기기번호(Serial Number) : JKP4241
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2014년 8월 30일
4. 교정환경(Environment)
 온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (43 ± 2) % R.H.
 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(Permanent Calibration Lab.) ☐ 이동표형(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site Calibration)
5. 측정표준의 소급성(Traceability)
 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description)
 상기기기는 클램프형 교류 전류계/전압계의 교정지침서(KRCMI-I-403-02)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정 되었음.
 교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정에정일자 The due date of next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
CALIBRATOR	FLUKE / 5500A	6590015	2015.02.25.	KRCMI
TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIER	BALLANTINE / 1620A	11138	2015.01.23.	KTL
CURRENT COIL	FLUKE / 5500A/COIL	070228	2015.02.23.	KRCMI

6. 교정결과(Calibration Result) : 교정결과 참조
7. 측정불확도(Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) : 나동엽 (서명) 	승인자(Approved by) 직위(Title): 기술책임자 (서명)  성명(Name) : 이진호
-----------------------------	---	---

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.
 The above calibration certificate is the accredited calibration items by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.

한국인정기구 인칭 2014년 9월 1일
 Accredited by KOLAS, Republic of Korea

(주)한국계측기기연구센터장 (인)
 Korea Research Center for Measuring Instruments Co., Ltd.

㉠ 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학익로 268 Tel : 031-420-8881-4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-6491-007 Certificate No. 페이지 (2) / (총 2) Page of Pages	
---	---	---

1. DC CURRENT

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
40 A	10.00 A	9.98 A	0.01 A
	20.00 A	19.94 A	0.05 A
	30.00 A	29.92 A	0.05 A
	39.00 A	38.88 A	0.05 A
300 A	100.0 A	99.8 A	0.1 A
	200.0 A	199.4 A	1.4 A
	290.0 A	286.6 A	2.1 A

2. AC CURRENT (60 Hz)

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
40 A	10.00 A	9.93 A	0.04 A
	20.00 A	19.90 A	0.29 A
	30.00 A	29.93 A	0.29 A
	39.00 A	38.89 A	0.29 A
300 A	100.0 A	99.8 A	0.3 A
	200.0 A	198.8 A	1.4 A
	290.0 A	285.3 A	2.1 A

- 끝 -

◆ 국가교정기관지정제도 운영요령 제 41조 관련주기 : 12 개월

교 정 성 적 서

CALIBRATION CERTIFICATE

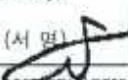
(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학의로 268 Tel : 031-420-8881~4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-6491-001 Certificate No. 페이지 (1) / (총 3) Page of Pages	
---	--	---

1. 의뢰자(Client)
 기관명(Name) : (주)이건산전
 주소(Address) : 경기도 포천시 내촌면 금강로 2110번길 18-4
2. 측정기(Calibration Subject)
 기기명(Description) : DIGITAL MULTIMETER
 제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : FLUKE / 87 II
 기기번호(Serial Number) : 27790158
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2014년 8월 30일
4. 교정환경(Environment)
 온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (43 ± 2) % R.H.
 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(Permanent Calibration Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site Calibration)
5. 측정표준의 소급성(Traceability)
 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description)
 상기기기는 아날로그/디지털 멀티미터의 교정지침서(KRCMI-I-404-14)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정 되었음.

교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications)

기기명 Description	제조사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
CALIBRATOR	FLUKE / 5500A	6590015	2015.02.25.	KRCMI

6. 교정결과(Calibration Result) : 교정결과 참조
7. 측정불확도(Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) : 나동엽 (서명) 	승인자(Approved by) 직위(Title): 기술책임자 (서명)  성명(Name) : 이준호
-----------------------------	--	--

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

The above calibration certificate is the accredited calibration items by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.

한국인정기구 인정 2014년 9월 1일
Accredited by KOLAS, Republic of Korea

(주)한국계측기기연구센터장 (인)
 Korea Research Center for Measuring Instruments Co., Ltd.

※ 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학의로 268 Tel : 031-420-8881~4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-6491-001 Certificate No. 페이지 (2) / (총 3) Page of Pages	
---	---	---

1. DC VOLTAGE

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
600 mV	590.00 mV	590.0 mV	0.1 mV
6 V	5.900 0 V	5.900 V	1 mV
60 V	59.000 V	59.00 V	0.01 V
600 V	590.00 V	590.0 V	0.1 V
1 000 V	900.0 V	900 V	1 V

2. AC VOLTAGE (60 Hz)

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
600 mV	590.00 mV	589.2 mV	0.4 mV
6 V	5.900 0 V	5.898 V	5 mV
60 V	59.000 V	59.00 V	0.07 V
600 V	590.00 V	590.1 V	0.7 V
1 000 V	900.0 V	900 V	1 V

3. DC CURRENT

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
600 μ A	590.00 μ A	590.0 μ A	0.2 μ A
6 mA	5.900 0 mA	5.900 mA	2 μ A
60 mA	59.000 mA	58.99 mA	0.02 mA
400 mA	390.00 mA	379.9 mA	0.4 mA
6 A	5.900 0 A	5.898 A	9 mA
10 A	9.000 A	9.00 A	0.01 A



교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학의로 268 Tel : 031-420-8881-4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-6491-001 Certificate No. 페이지 (3) / (총 3) Page of Pages	
--	--	---

4. AC CURRENT (60 Hz)

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
6 mA	5.900 0 mA	5.905 mA	14 μ A
60 mA	59.000 mA	59.04 mA	0.14 mA
400 mA	390.00 mA	390.3 mA	1.5 mA
6 A	5.900 0 A	5.901 A	14 mA
10 A	9.000 A	9.00 A	0.02 A

5. RESISTANCE

범 위	기준기 공급값	지 시 값	측 정 불 확 도 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
600 Ω	100.000 Ω	100.1 Ω	0.1 Ω
6 k Ω	1.000 00 k Ω	1.000 k Ω	1 Ω
60 k Ω	10.000 0 k Ω	10.00 k Ω	0.01 k Ω
600 k Ω	100.000 k Ω	100.0 k Ω	0.1 k Ω
6 M Ω	1.000 00 M Ω	1.000 M Ω	1 k Ω
60 M Ω	10.000 0 M Ω	10.00 M Ω	0.01 M Ω

- 끝 -

◆ 국가교정기관지정제도 운영요령 제 41조 관련주기 : 12 개월

교 정 성 적 서

CALIBRATION CERTIFICATE

(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학의로 268 Tel : 031-420-8881~4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-1211-001 Certificate No. 페이지 (1) / (총 3) Page of Pages	
---	--	---

1. 의뢰자(Client)

기관명(Name) : (주)이건산전
 주소(Address) : 경기도 포천시 내촌면 금강로 2110번길 18-4

2. 측정기(Calibration Subject)

기기명(Description) : FUNCTION GENERATOR
 제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : YOKOGAWA / FC120
 기기번호(Serial Number) : 27D623618F

3. 교정일자(Date of Calibration) : 2014년 2월 18일

4. 교정환경(Environment)

온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (43 ± 2) % R.H.
 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(Permanent Calibration Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site Calibration)

5. 측정표준의 소급성(Traceability)

교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description)

상기기기는 LF 신호 발생기의 교정지침서(KRCMI-I-404-19)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정 되었음.

교정에 사용한 표준준비 명세(List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
UNIVERSAL COUNTER	HP / 53131A	3146A07009	2014.03.17.	KRCMI
DIGITAL MULTI METER	WAVETEK / 1281	23183-8	2014.12.09.	KRCMI
DIGITAL PHOSPHOR OSCILLOSCOPE	TEKTRONIX / TDS3032	8022670	2015.01.28.	KRCMI

6. 교정결과(Calibration Result) : 교정결과 참조

7. 측정불확도(Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by)	승인자(Approved by)
	성 명(Name) : 김창수 (서명)	직 위(Title): 기술책임자 (서명) 성 명(Name) : 이진호

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

The above calibration certificate is the accredited calibration items by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.

한국인정기구 인정 2014년 2월 19일
 Accredited by KOLAS, Republic of Korea

(주)한국계측기기연구센터장 (인)

Korea Research Center for Measuring Instruments Co., Ltd.

※ 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

(주)한국계측기기연구센터 경기도 안양시 동안구 학의로 268 Tel : 031-420-8881~4, Fax : 031-420-8880 http://www.krcmi.co.kr	성적서번호 : KM14-1211-001 Certificate No. 페이지 (2) / (총 3) Page of Pages	
--	--	---

1. Frequency Calibration

Rane	Setting Value	Measured Value	Measurement Uncertainty 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
1 μ Hz ~ 2 MHz (Sine Wave)	10.000 0 Hz	9.998 68 Hz	0.10 mHz
	100.000 Hz	100.000 3 Hz	0.6 mHz
	1.000 00 kHz	1.000 004 kHz	6 mHz
	10.000 0 kHz	10.000 02 kHz	0.06 Hz
	100.000 kHz	100.000 3 kHz	0.6 Hz
	1.000 00 MHz	1.000 003 MHz	6 Hz
	2.000 00 MHz	2.000 004 MHz	6 Hz
1 μ Hz ~ 2 MHz (Square Wave)	10.000 0 Hz	10.000 01 Hz	0.10 mHz
	100.000 Hz	100.000 1 Hz	0.6 mHz
	1.000 00 kHz	1.000 002 kHz	6 mHz
	10.000 0 kHz	10.000 03 kHz	0.06 Hz
	100.000 kHz	100.000 4 kHz	0.6 Hz
	1.000 00 MHz	1.000 003 MHz	6 Hz
	2.000 00 MHz	2.000 003 MHz	6 Hz

2. Voltage Calibration (at 1 kHz)

Rane	Setting Value	Measured Value		Measurement Uncertainty 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
		CH 1	CH 2	
10 V	100 mV	99.86 mV	100.21 mV	0.07 mV
	500 mV	498.95 mV	501.03 mV	0.31 mV
	1.0 V	1.002 V	1.002 V	2 mV
	5.0 V	5.010 V	5.008 V	4 mV
	7.0 V	7.011 V	7.019 V	5 mV

3. DC Offset Calibration

Rane	Setting Value	Measured Value		Measurement Uncertainty 신뢰수준 약 95 %, $k=2$
		CH 1	CH 2	
10 V	10.0 V	10.005 V	10.002 V	6 mV
	5.0 V	5.002 V	5.002 V	3 mV

교 정 성 적 서

 한 국 캐 랩 (주) 서울 금천 서부생길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585	성적서 번호(Certificate No.) 1317660-2 페이지(Page) (1) / (총 4)													
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기 포천시 내촌면 용현리 339 2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : DIGITAL OSCILLOSCOPE 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : YOKOGAWA / DL 1740E 기기번호(Serial Number) : 27D946192J 3. 교정일자(Date of Calibration) : 2013년 11월 20일 4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (23.0 ± 0.4) °C 습도(Humidity) : (50 ± 4) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.) 5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 파형 측정기 교정업무표준서(CLAB-TM-40421-118)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다. 교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications) <table border="1" data-bbox="247 1064 1308 1120"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>기기명</th> <th>제작회사 및 형식</th> <th>기기번호</th> <th>차기교정예정일자</th> <th>교정기관</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Oscilloscope Calibrator</td> <td>Fluke / 5820A</td> <td>2034002</td> <td>2014.05.20</td> <td>한국캐랩㈜</td> </tr> </tbody> </table>			No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관	1	Oscilloscope Calibrator	Fluke / 5820A	2034002	2014.05.20	한국캐랩㈜
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관									
1	Oscilloscope Calibrator	Fluke / 5820A	2034002	2014.05.20	한국캐랩㈜									
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조 7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조														
확인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 석인철	승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정.부) 성명(Name) 임승호												
위 성적서는 국제시험기관인증협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다. 2013년 11월 20일 한국인정기구 인정 한 국 캐 랩 (주) 대표이사 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd. 서울특별시 금천구 서부생길 606 대성-디폴리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585 ※이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(교부재, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.														



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

검정서 번호(Certificate No.)

1317660-2

페이지(Page) (2)/(총4)



1. Volts/Div Calibration. (CH 1)

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
5 mV	20.00 mVpp	20.1 mVpp	-0.1 mVpp	0.2 mVpp
10 mV	50.00 mVpp	49.9 mVpp	0.1 mVpp	0.2 mVpp
20 mV	100.0 mVpp	99 mVpp	1 mVpp	2 mVpp
50 mV	200.0 mVpp	198 mVpp	2 mVpp	2 mVpp
0.1 V	500.0 mVpp	498 mVpp	2 mVpp	2 mVpp
0.2 V	1.000 Vpp	0.99 Vpp	0.01 Vpp	0.02 Vpp
0.5 V	2.000 Vpp	1.99 Vpp	0.01 Vpp	0.02 Vpp
1 V	5.000 Vpp	4.98 Vpp	0.02 Vpp	0.02 Vpp
2 V	10.00 Vpp	9.9 Vpp	0.1 Vpp	0.2 Vpp
5 V	20.00 Vpp	19.8 Vpp	0.2 Vpp	0.2 Vpp

2. Volts/Div Calibration. (CH 2)

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
5 mV	20.00 mVpp	20.1 mVpp	-0.1 mVpp	0.2 mVpp
10 mV	50.00 mVpp	49.8 mVpp	0.2 mVpp	0.2 mVpp
20 mV	100.0 mVpp	99 mVpp	1 mVpp	2 mVpp
50 mV	200.0 mVpp	198 mVpp	2 mVpp	2 mVpp
0.1 V	500.0 mVpp	499 mVpp	1 mVpp	2 mVpp
0.2 V	1.000 Vpp	0.99 Vpp	0.01 Vpp	0.02 Vpp
0.5 V	2.000 Vpp	2.00 Vpp	0.00 Vpp	0.02 Vpp
1 V	5.000 Vpp	5.01 Vpp	-0.01 Vpp	0.02 Vpp
2 V	10.00 Vpp	10.0 Vpp	0.0 Vpp	0.2 Vpp
5 V	20.00 Vpp	19.9 Vpp	0.1 Vpp	0.2 Vpp



교 정 결 과

서울 금천구 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)

1317660-2

페이지(Page) (3)/(총4)



3. Volts/Div Calibration. (CH 3)

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
5 mV	20.00 mVpp	19.8 mVpp	0.2 mVpp	0.2 mVpp
10 mV	50.00 mVpp	50.2 mVpp	-0.2 mVpp	0.2 mVpp
20 mV	100.0 mVpp	101 mVpp	-1 mVpp	2 mVpp
50 mV	200.0 mVpp	201 mVpp	-1 mVpp	2 mVpp
0.1 V	500.0 mVpp	502 mVpp	-2 mVpp	2 mVpp
0.2 V	1.000 Vpp	1.01 Vpp	-0.01 Vpp	0.02 Vpp
0.5 V	2.000 Vpp	2.01 Vpp	-0.01 Vpp	0.02 Vpp
1 V	5.000 Vpp	4.99 Vpp	0.01 Vpp	0.02 Vpp
2 V	10.00 Vpp	10.1 Vpp	-0.1 Vpp	0.2 Vpp
5 V	20.00 Vpp	20.0 Vpp	0.0 Vpp	0.2 Vpp

4. Volts/Div Calibration. (CH 4)

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
5 mV	20.00 mVpp	20.2 mVpp	-0.2 mVpp	0.2 mVpp
10 mV	50.00 mVpp	50.1 mVpp	-0.1 mVpp	0.2 mVpp
20 mV	100.0 mVpp	100 mVpp	0 mVpp	2 mVpp
50 mV	200.0 mVpp	200 mVpp	0 mVpp	2 mVpp
0.1 V	500.0 mVpp	500 mVpp	0 mVpp	2 mVpp
0.2 V	1.000 Vpp	1.01 Vpp	-0.01 Vpp	0.02 Vpp
0.5 V	2.000 Vpp	2.00 Vpp	0.00 Vpp	0.02 Vpp
1 V	5.000 Vpp	5.02 Vpp	-0.02 Vpp	0.02 Vpp
2 V	10.00 Vpp	9.9 Vpp	0.1 Vpp	0.2 Vpp
5 V	20.00 Vpp	20.1 Vpp	-0.1 Vpp	0.2 Vpp



교 정 결 과

서울 금천구 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)

1317660-2

페이지(Page) (4)/(총4)



5. Bandwidth Calibration. (CH 1)

Frequency	Offset Value	Measured Value	Limits	Uncertainty
50 kHz	600 mVpp	600 mVpp	$\geq 420 \text{ mVpp}$	26 mVpp
500 kHz	600 mVpp	600 mVpp		26 mVpp
1 MHz	600 mVpp	598 mVpp		26 mVpp
10 MHz	600 mVpp	598 mVpp		26 mVpp
100 MHz	600 mVpp	564 mVpp		28 mVpp
500 MHz	600 mVpp	512 mVpp		39 mVpp

6. Time/Div Calibration.

Range	STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
0.1 ms	1.000 ms	1.00 ms	0.00 ms	0.01 ms
0.2 ms	2.000 ms	2.00 ms	0.00 ms	0.01 ms
0.5 ms	5.000 ms	5.00 ms	0.00 ms	0.01 ms

※ Uncertainty : 신뢰수준 약 95 %, $k = 2$, 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02



한국칼렐(주)

교 정 성 적 서

CALIBRATION CERTIFICATE



(주)표준교정기술원

경기도 군포시 공단로 149 군포아이빌라 509호

성적서번호 : SC1403-02978-1

Tel: 031-456-3400, Fax: 031-456-0030

(Certificate No.)

페이지 (1) / (총 4)

Standard Calibration Technology Institute Co., LTD.

1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : (주)이건산전
주소 (Address) : 경기도 포천시 내촌면 금강로2110번길 18-4

2. 측정기 (Calibration Subject)

기기명 (Description) : 전압 기록계
제조회사 및 형식 (Manufacturer & Model Name) : YOKOGAWA, SL1400
기기번호 (Serial Number) : 91P322937

3. 교정 일자 (Date of Calibration)

: 2014. 03. 27

4. 교정 환경 (Environment)

온도 (Temperature) : (23.0 ± 0.2) °C 습도 (Humidity) : (46 ± 2) % R.H.
교정장소 (Location) : ☒ 고정표준실 (Permanent Cal. Lab.) ☐ 이동교정 (Mobile Lab.) ☐ 현장교정 (On Site Cal.)

5. 측정표준의 소급성 (Traceability)

교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :

상기 기기는 전압전류기록계 표준교정지침서(SCTI-I-404-16)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 표준장비를 이용하여 교정되었음.

The above instrument was calibrated by calibration procedure of Recorders, volt/current (SCTI-I-404-16) using standard equipment which was maintained traceability from National standard.

교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer & Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next Cal.	교정기관 Calibration Lab.
Multiproduct Calibrator	FLUKE, 5520A	7985017	2015.02.15.	ICT

6. 교정 결과 (Calibration result)

: 교정결과 참조 (Refer attached file)

7. 측정불확도 (Measurement uncertainty)

: 교정결과 참조 (Refer attached file)

확 인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성명 (Name) : 이재준	직위 (Title) : 기술책임자 (장) 3/8 성명 (Name) : 임철호

위 성적서는 국제시험기관인정협력체 (International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정

(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구 (KOLAS)로부터 공인 받은 분야의 교정결과입니다.

(The above calibration certificate is the accredited calibration items by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed the ILAC-MRA.)

한국인정기구 인정

Accredited by KOLAS, Republic of KOREA

(주) 표준교정기술원 대표이사 (인)

Standard Calibration Technology Institute Co., LTD.

(NOTE) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

(NOTE) If any significant instability or other adverse factor (overload, temperature, humidity etc.) manifests itself before, during or after calibration and is likely to affect the validity of the calibration.

SCTI-P 서식 25-01 (Rev.3)

(210 × 297) mm

교 정 결 과

CALIBRATION RESULT



성적서번호 : SC1403-02978-1

(Certificate No.)

페이지 (2) / (총 4)

Standard Calibration Technology Institute Co., LTD.

1. DC Voltage

1.1 DC Voltage (at 1 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	50.03 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	99.93 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	200.0 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	500.3 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	1 000.0 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	2.001 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	5.003 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	10.003 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.01 V	0.01 V
50 V	50.000 V	50.00 V	0.01 V
100 V	100.000 V	100.07 V	0.01 V
200 V	200.00 V	200.1 V	0.1 V

1.2 DC Voltage (at 2 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	49.95 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	100.03 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	200.0 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	500.2 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	1 000.3 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	1.998 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	5.002 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	9.993 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.00 V	0.01 V
50 V	50.000 V	50.00 V	0.01 V
100 V	100.000 V	100.07 V	0.01 V
200 V	200.00 V	200.1 V	0.1 V

1.3 DC Voltage (at 3 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	49.98 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	100.00 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	199.9 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	500.0 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	1 000.0 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	1.999 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	5.000 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	10.000 V	1 mV
20 V	20.000 V	19.99 V	0.01 V
50 V	50.000 V	50.00 V	0.01 V
100 V	100.000 V	99.93 V	0.01 V
200 V	200.00 V	199.9 V	0.1 V

SCTI-P 서식 25-01 (Rev.3)

(210 × 297) mm

교 정 결 과

CALIBRATION RESULT



성적서번호 : SC1403-02978-1

(Certificate No.)

페이지 (3) / (총 4)

Standard Calibration Technology Institute Co., LTD.

1.4 DC Voltage (at 4 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	50.03 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	100.03 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	200.0 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	500.0 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	1 000.3 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	2.001 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	5.002 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	10.010 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.00 V	0.01 V
50 V	50.000 V	50.00 V	0.01 V
100 V	100.000 V	100.03 V	0.01 V
200 V	200.00 V	200.0 V	0.1 V

1.5 DC Voltage (at 5 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	50.00 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	100.00 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	200.1 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	499.8 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	1 000.0 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	1.999 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	4.998 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	9.997 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.00 V	0.01 V
50 V	50.000 V	49.97 V	0.01 V
100 V	100.000 V	99.97 V	0.01 V
200 V	200.00 V	199.9 V	0.1 V

1.6 DC Voltage (at 6 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	50.05 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	100.07 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	200.0 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	499.7 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	999.3 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	2.001 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	5.000 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	10.000 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.00 V	0.01 V
50 V	50.000 V	50.00 V	0.01 V
100 V	100.000 V	99.93 V	0.01 V
200 V	200.00 V	200.1 V	0.1 V

교 정 결 과

CALIBRATION RESULT



성적서번호 : SC1403-02978-1

(Certificate No.)

페이지 (4) / (총 4)

Standard Calibration Technology Institute Co., LTD.

1.7 DC Voltage (at 7 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	50.02 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	99.93 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	199.8 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	499.7 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	999.7 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	1.999 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	4.998 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	9.997 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.00 V	0.01 V
50 V	50.000 V	49.95 V	0.01 V
100 V	100.000 V	99.97 V	0.01 V
200 V	200.00 V	199.9 V	0.1 V

1.8 DC Voltage (at 8 CH)

Range	STD. Applied Value	Measured Value	Measurement Uncertainty (Confidence Level Approx. 95 %, $k = 2$)
50 mV	50.000 mV	50.07 mV	0.01 mV
100 mV	100.000 mV	100.00 mV	0.01 mV
200 mV	200.00 mV	200.0 mV	0.1 mV
500 mV	500.00 mV	500.0 mV	0.1 mV
1 V	1 000.00 mV	1 000.0 mV	0.1 mV
2 V	2.000 0 V	2.001 V	1 mV
5 V	5.000 0 V	4.995 V	1 mV
10 V	10.000 0 V	10.003 V	1 mV
20 V	20.000 V	20.01 V	0.01 V
50 V	50.000 V	50.00 V	0.01 V
100 V	100.000 V	100.07 V	0.01 V
200 V	200.00 V	200.1 V	0.1 V

끝.

* 국가교정기관지정제도 운영요령 제 41 조 관련주기 : 12 개월

SCTI-P 서식 25-01 (Rev.3)

(210 × 297) mm

교 정 성 적 서

CALIBRATION CERTIFICATE

 한 성 계 기 ㅅ 경기도 화성시 서신면 제부로 1058 Tel : 031-898-8783 FAX : 031-898-8791	성적서 번호 (Certificate No.) HS14- 1419 - 01 페이지(Page of pages) (1)/(총2)	
--	---	---

1. 의뢰자(Customer)

기관명(Name)
: ㈜이건산전

주소(Address)
: 경기도 포천시 내촌면 금강로2110번길 18-4
2. 측정기(Calibration Subject)

기기명(Description)
: 전기식지시저울(후크형)

제조회사 및 형식(Manufacturer / Type)
: A&D / TC-2.5T

기기번호(Serial Number)
: TC2TM003
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2014년 3월 31일
4. 교정환경(Environment conditions)

온도(Temperature)
: (10.8 ± 0.2) °C

상대습도(Relative Humidity)
: (50 ± 2) % R.H.

교정장소(Location)

☐ 고정표준실
(Permanent Cal.Lab)
 ☐ 이동교정
(Mobile Lab)
 ☒ 현장교정
(On Site Calibration)
5. 측정표준의 소급성(Traceability) :

교정방법 및 소급성(Calibration method and/or Brief description)

상기 기기는 전기식지시저울의 교정지침서(HS-I-201-09)에 따라 국가측정표준대표기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다.

교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards / specifications)

사용장비명 (Description)	제조사 및 형식 (Manufacturer & Model)	기기번호 (Serial No.)	교정유효일자 (Cal.valid until)	교정기관 (Cal. Laboratory)
표준분동(F1)	한성계기㈜ (1 mg~20 kg)	019	2014-07-23	한성계기 ㅅ
표준분동(M2)	한성계기㈜ (500 kg)	06-0501~06-0504	2015-01-29	한성계기 ㅅ
표준분동(M1)	한성계기㈜ (1 000 kg)	06-F100	2016-02-07	대도계기(ㅅ)
6. 교정결과(Calibration result) : 교정결과 참조 (Reference of Calibration result)
7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조 (Reference of Calibration result)

확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) : 김 항 식 	승인자(Approved by) 직 위(Title) : 기술책임자 (정)  성 명(Name) : 김 장 주 
---------------------------------	--	--

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

(The above calibration certificate is the accredited calibration items by Korea Laboratory Accreditation Scheme, which signed ILAC-MRA.)

2014년 3월 31일

한국인정기구 인정

Accredited by KOLAS, Republic of KOREA

한 성 계 기 ㅅ 대표이사 (인)

President, HANSUNG INSTRUMENTS CO., LTD.



ㅅ 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.
 (Note) (If any significant instability or other adverse factor(overload, temperature, humidity etc.) manifests itself before, during or after calibration, and is likely to affect the validity of the calibration.)

교 정 결 과

CALIBRATION RESULT

 한 성 계 기 켜 경기도 화성시 서신면 제부로 1056 Tel : 031-498-8783 , Fax : 031-498-8786	성적서 번호 (Certificate No.) HS14- 1419 - 01 페이지(Page of pages) (2)/(총2)																																					
● 피교정기기 * 기 기 명 : 전기식지시저울(후크형) (TC-2.5T) * 최대용량 : 2 500 kg * 해 독 도 : 0.5 kg * 기기번호 : TC2TM003 ● 교정결과 * 스펜조정 : (unit : kg) - (조정 전) → 2 500.0 (조정 후) * 표준편차 : 0.00 kg * 저울의 직선성 : <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">저울의 지시값 (kg)</th> <th colspan="2">표준분량의 상용질량 값 (kg)</th> <th colspan="2">보정값 (kg)</th> <th rowspan="2">측 정 물 확 도 (신뢰수준 약 95 %, k = 2)</th> </tr> <tr> <th>증가 시</th> <th>감소 시</th> <th>증가 시</th> <th>감소 시</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td rowspan="5">0.43 kg</td> </tr> <tr> <td>500.0</td> <td>500.0</td> <td>500.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>1 000.0</td> <td>1 000.0</td> <td>1 000.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>2 000.0</td> <td>2 000.0</td> <td>2 000.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>2 500.0</td> <td>2 500.0</td> <td>2 500.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table> 비고 1. 교정값 = 저울의 지시값 + 보정값. 끝.			저울의 지시값 (kg)	표준분량의 상용질량 값 (kg)		보정값 (kg)		측 정 물 확 도 (신뢰수준 약 95 %, k = 2)	증가 시	감소 시	증가 시	감소 시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.43 kg	500.0	500.0	500.0	0.0	0.0	1 000.0	1 000.0	1 000.0	0.0	0.0	2 000.0	2 000.0	2 000.0	0.0	0.0	2 500.0	2 500.0	2 500.0	0.0	0.0
저울의 지시값 (kg)	표준분량의 상용질량 값 (kg)			보정값 (kg)		측 정 물 확 도 (신뢰수준 약 95 %, k = 2)																																
	증가 시	감소 시	증가 시	감소 시																																		
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.43 kg																																	
500.0	500.0	500.0	0.0	0.0																																		
1 000.0	1 000.0	1 000.0	0.0	0.0																																		
2 000.0	2 000.0	2 000.0	0.0	0.0																																		
2 500.0	2 500.0	2 500.0	0.0	0.0																																		

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585		성적서 번호(Certificate No.) 1419151-3 페이지(Page) (1) / (총 3)			
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기도 포천시 내촌면 금강로2110번길 18-4					
2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 온도기록계(RECORDER) 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : YOKOGAWA / MV230 기기번호(Serial Number) : S5D906505					
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2014년 11월 28일					
4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (22.9 ± 0.3) °C 습도(Humidity) : (49 ± 3) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.)					
5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 온도지시계/기록/조절계, 온도교정기 등 교정업무표준서(CLAB-TM-50102-155)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다.					
교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications)					
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정에정일자	교정기관
1	PRECISION PROCESS CALIBRATOR	FLUKE / 7526A	2598327	2014.12.22	한국캘랩㈜
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조					
7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조					
확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 송운호		승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정.부) 성명(Name) 임승호		
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.					
2014년 11월 28일 한국인정기구 인정 한 국 캘 랩 (주) 대표이사 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd.					
서울특별시 금천구 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585					
위에 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.					

F-QP022-001/A4P
2013.04.20 REV.07

한국캘랩(주)

	교 정 결 과	성적서 번호(Certificate No.) 1419151-3	
서울 금천 서부샛길 606 대성-다플리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585		페이지(Page) (2)/(총3)	

1. 온도교정결과

Sensor Type : K

(단위 : ℃)

채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도
CH-1	-30.0	-30.1	0.1	0.17
	0.00	-0.1	0.1	
	100.00	99.9	0.1	

채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도
CH-2	-30.00	-30.0	0.0	0.17
	0.00	0.0	0.0	
	100.00	100.0	0.0	

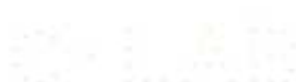
채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도
CH-3	-30.00	-29.9	-0.1	0.17
	0.00	0.0	0.0	
	100.00	100.0	0.0	

채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도
CH-4	-30.00	-29.9	-0.1	0.17
	0.00	0.1	-0.1	
	100.00	100.1	-0.1	

	교 정 결 과 서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585	성적서 번호(Certificate No.) 1319827-5 페이지(Page) (3)/(총3)																																	
1. 온도교정결과 Sensor Type : K (단위 : ℃) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>채널</th> <th>기준값</th> <th>지시값</th> <th>보정값</th> <th>측정불확도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">CH-5</td> <td>-30.00</td> <td>-29.9</td> <td>-0.1</td> <td rowspan="3">0.17</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>0.1</td> <td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>100.00</td> <td>100.1</td> <td>-0.1</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>채널</th> <th>기준값</th> <th>지시값</th> <th>보정값</th> <th>측정불확도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">CH-6</td> <td>-30.00</td> <td>-29.9</td> <td>-0.1</td> <td rowspan="3">0.17</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>100.00</td> <td>100.1</td> <td>-0.1</td> </tr> </tbody> </table> ※ 측정불확도 : 신뢰수준 약 95 %, $k = 2$ ※ 보정값 = 기준값 - 지시값 ※ 상기 교정결과는 온도센서를 제외한 교정결과임. 끝.				채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도	CH-5	-30.00	-29.9	-0.1	0.17	0.00	0.1	-0.1	100.00	100.1	-0.1	채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도	CH-6	-30.00	-29.9	-0.1	0.17	0.00	0.0	0.0	100.00	100.1	-0.1
채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도																															
CH-5	-30.00	-29.9	-0.1	0.17																															
	0.00	0.1	-0.1																																
	100.00	100.1	-0.1																																
채널	기준값	지시값	보정값	측정불확도																															
CH-6	-30.00	-29.9	-0.1	0.17																															
	0.00	0.0	0.0																																
	100.00	100.1	-0.1																																

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정 주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02



한국캘립(주)

교 정 성 적 서

 한 국 캘 랩 (주) 서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585		성적서 번호(Certificate No.) 1417031-1 페이지(Page) (1) / (총 3)			
1. 의뢰자(Client) 기관명(Name) : (주)이건산전 주소(Address) : 경기도 포천시 내촌면 금강로2110번길 18-4					
2. 측정기(Calibration Subject) 기기명(Description) : 직류전압계, 온도지시조절계(온습도지시조절계) 제작회사(Manufacturer) 및 형식(Model) : SAMWONTECH / TEMI2500-00/SD 기기번호(Serial Number) : S7800NB9250419D					
3. 교정일자(Date of Calibration) : 2014년 10월 27일					
4. 교정환경(Environment) 온도(Temperature) : (22.7 ± 0.5) °C 습도(Humidity) : (45 ± 5) % R.H. 교정장소(Location) : ☒ 고정표준실(CLAB Lab.) ☐ 이동교정(Mobile Lab.) ☐ 현장교정(On Site cal.)					
5. 측정표준의 소급성(Traceability) 교정방법 및 소급성 서술(Calibration method and/or brief description) 상기 기기는 온도지시계 / 기록 / 조절계, 온도교정기 등, 직류 전압계 교정업무표준서(CLAB-TM-50102-155, 40112-079)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 교정되었습니다.					
교정에 사용한 표준장비 명세(List of used standards/specifications)					
No.	기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
1	PROCESS CALIBRATOR	FLUKE / 741B	9527019	2014.12.17	한국캘랩㈜
2	PROCESS CALIBRATOR	FLUKE / 741B	9631012	2014.12.17	한국캘랩㈜
6. 교정결과(Calibration Results) : 교정결과 참조 7. 측정불확도(Measurement uncertainty) : 교정결과 참조					
확 인 (Affirmation)	작성자(Measurements performed by) 성명(Name) 송윤호		승인자(Approved by) 직위(Title) 기술책임자(정,부) 성명(Name) 임승호		
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.					
2014년 10월 28일 한국인정기구 인정 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA 한 국 캘 랩 (주) 대표이사 President, Hankook Cal-Lab Co., Ltd.					
서울특별시 금천구 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 TEL : 02-869-1600 FAX : 02-861-8585					
위이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.					

F-QP022-001/A4P
2013.04.20 REV.07



한국캘랩(주)



교 정 결 과

서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층
Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585

성적서 번호(Certificate No.)
1417031-1

페이지(Page) (2)/(총3)



1. Temperature Calibration

Sensor Type : Pt100 Ω , $\alpha = 1.385$

(단위 : $^{\circ}\text{C}$)

STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
-40.00	-40.2	0.2	0.24
0.00	-0.2	0.2	
120.00	119.8	0.2	

※ STD. Value = Measured Value + Correction

	교 정 결 과 서울 금천 서부샛길 606 대성-디폴리스 B동 8층 Tel: 02-869-1600, Fax: 02-861-8585	성적서 번호(Certificate No.) 1417031-1 페이지(Page) (3)/(총3)	
---	---	---	---

2. DC Voltage Calibration

* Range : DC 1 V ~ 5 V

* Scale : 0 % R.H. ~ 100 % R.H.

(단위 : V)

STD. Value	Measured Value	Correction	Uncertainty
1.000 0	1.000	0.000	0.003
2.000 0	2.000	0.000	0.003
3.000 0	3.000	0.000	0.003
4.000 0	3.996	0.004	0.003
5.000 0	4.996	0.004	0.003

* 환산 데이터 값

* 기준 함수 : $-25 + 25 \times V$

(단위 : % R.H.)

STD. Value	Measured Value	Correction
0.00	0.0	0.0
25.00	25.0	0.0
50.00	50.0	0.0
75.00	74.9	0.1
100.00	99.9	0.1

※ STD. Value = Measured Value + Correction

※ Uncertainty : 신뢰수준 약 95 % , $k = 2$. 끝.

※ 국가교정기관 지정제도 운영요령 제41조에서 고시한 교정 주기 : 12 개월

F-QP022-002/A4P
2013.02.04 REV.02

한국캘랩(주)

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

제1절 개별 연구성과

1. 개별 연구 성과 설명

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	▪ 차량특성분석 및 구조 파악	▪ 호환성 검토서
	▪ 구조 설계	▪ 3D 설계 도면 ▪ 세부 제작 도면
	▪ 히트파이프 설계	▪ 히트파이프 설계 및 시뮬레이션 검토서 ▪ 시제품 일부하 냉각성능 시험실시 설계 대비 최종성능 확인
	▪ GDU PCB 설계	▪ 제품 제작
	▪ 전기,전자 회로 설계	▪ 용량 선정 검토서 ▪ 용량 선정에 적합한 부품 구매
	▪ 금형 및 제품 제작	▪ 금형 제작 ▪ 시제품 제작
2차년도	▪ 조합시험기 제작	▪ 시험기 제작 및 조합시험 데이터 도출
	▪ 시험품 제작	▪ 시제품 제작

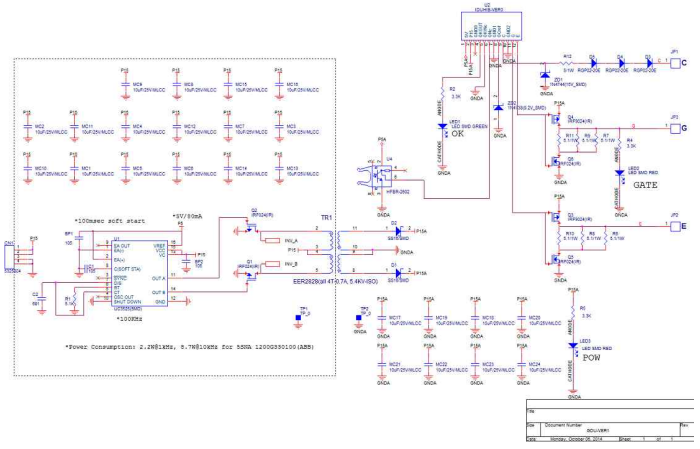
연 차	연구 내용	연구 결과
2차년도	▪ 공인인증 시험 및 성능시험	▪ 진동시험으로 내구성 확인 (시험성적서) ▪ 단품 성능 확인 및 시험 성적서 ▪ C/I BOX 기동 동작 확인 및 시험 성적서

2. 주요 연구 성과

가. GDU

GDU의 설계 및 제작 및 특성 동작 확인

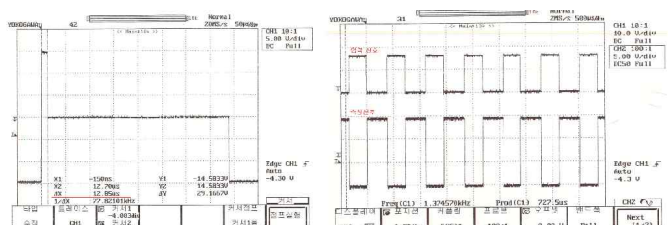
■ GDU 회로도



■ 제품사진



■ 특성과형



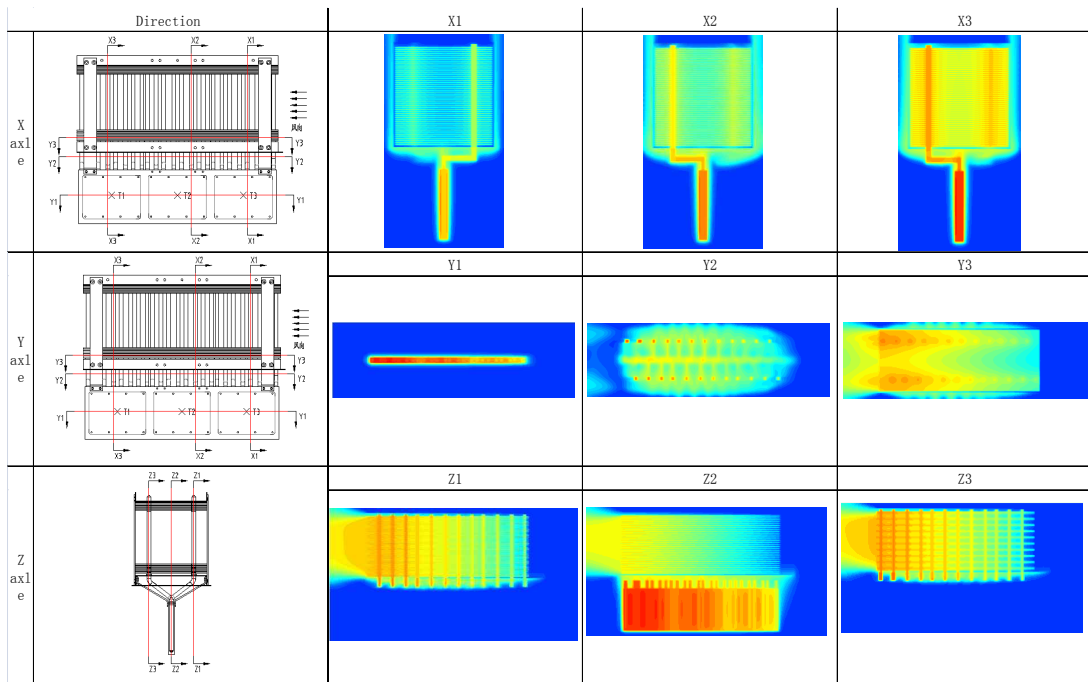
■ 연구성과

- GDU의 회로 및 제품을 설계·제작하였으며 그 동작을 측정하여 기능에 대한 연구 결과를 도출하였다.

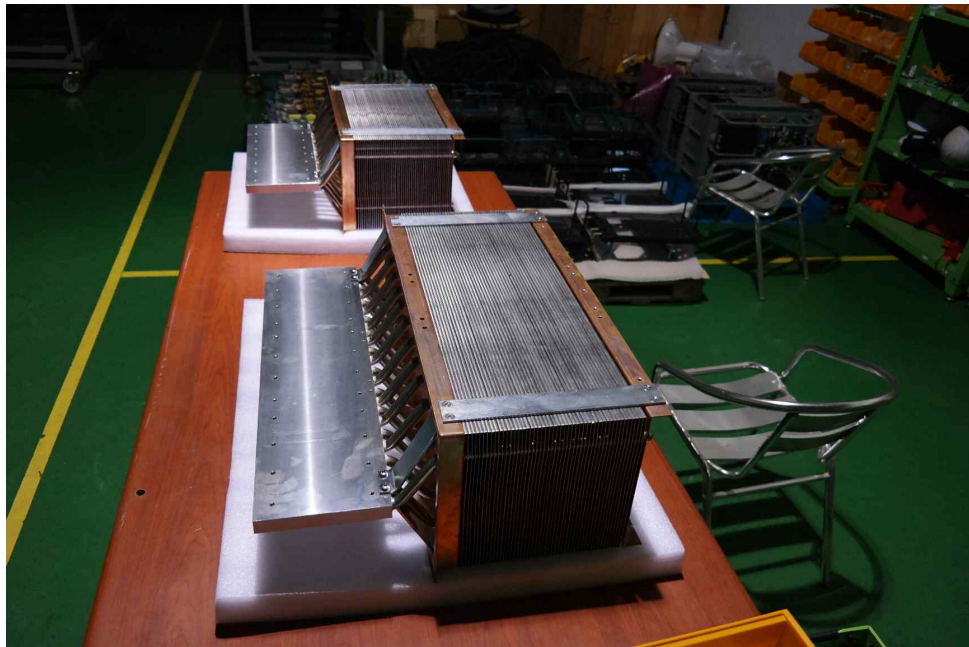
나. 히트파이프

히트파이프의 설계, 시뮬레이션 및 온도시험

■ 설계, 시뮬레이션



■ 제품사진



■ 온도시험

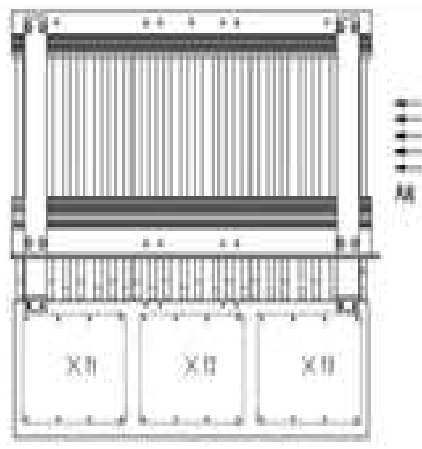


(강제송풍)



(발열체의 발열)

Items (℃)	Simulation		Measurement	
	T	ΔT	T	ΔT
Ambient	40		36.7	
XT1	83.8	43.8	79.2	42.5
XT2	76.9	36.9	73.6	36.9
XT3	69.3	29.3	64.8	28.1
Highest temp	85.3	45.3		
Max rise	45.3		42.5	



결과 : 42.5dag (기준 : 80dag이하)

■ 연구성과

- 방열 설계 및 시뮬레이션에 의한 설계치 온도와 유사하게 실제 발열 온도 데이터를 측정하여 냉각기의 성능을 보증할 수 있는 자료 및 연구 결과를 얻었다.

다. 컨버터/인버터 스택

컨버터/인버터 스택 제품 사진

■ 컨버터 스택 제품 사진



■ 인버터 스택 제품 사진



■ 연구성과

- IGBT 전력소자와 IGBT 게이트 드라이브 GDU를 제작한 제품을 제작하였으며 공인 인증기관에서의 시험을 제외하고 그 이전 단계까지의 제품을 완성하였다.

3. 기술개발 성과의 국내외 시장 전망

가. 국내 시장

- (1) 운영사의 차량 운행 연한 연장에 따른 보수품 및 개량이 늘어날 것으로 보임.
- (2) C/I BOX 어셈블리 제작업체들보다 우선적으로 기술적으로 선점하여 우위에 있을 것으로 생각됨.

나. 국외 시장

- (1) 동남아시아권과 대만등의 차량에 적용가능하며 현재 보수품들의 수요가 늘어나는 추세임.

제4장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

2. 연구목표의 달성도

가. 연구개발 수행 진도율

구 분 개발내용	연 구 개 발 기 간												진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
동작특성파악	■	■	■										2.5%
3D시뮬레이션 ,용량계산	■	■	■	■	■								7.5%
방열계산, 방열해석	■	■	■	■	■	■							5%
금형 및 지그제작					■	■	■	■	■	■			10%
부품 검사 및 제작					■	■	■	■	■	■			12.5%
시제품 제작										■	■	■	10%
검사기준서 제작											■	■	2.5%
조합시험기 제작	■	■	■										5%
시험보완품 제작			■	■	■	■							10%
시험 JIG 제작				■	■	■	■						10%
차단시험 및 유니트 성능 시험						■	■	■	■	■			12.5%
조합시험							■	■	■	■			7.5%
공인인증시험								■	■	■	■		5%
총 진도율	0	5	10	15	25	50	60	70	80	90	95	98	100 %

■ 당초계획
■ 실적

나. 연구개발 목표의 달성도

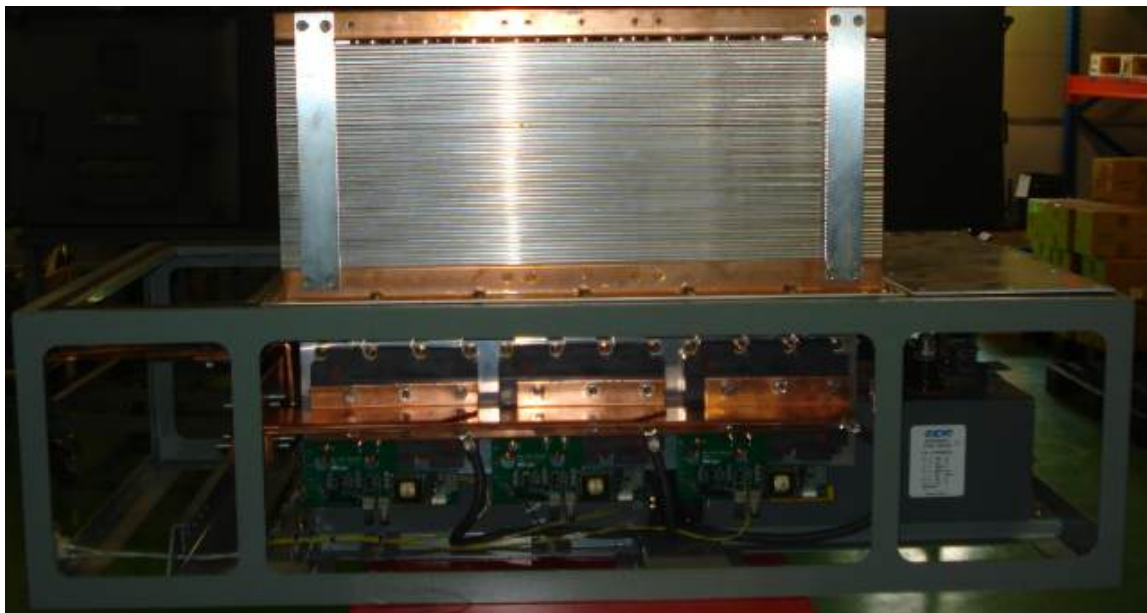
목 표	달 성 도 (%)	내 용
▪차량특성분석 및 구조 파악	100%	▪수요자의 과제에 대한 적극적인 관심 및 기대로 적극적인 협조. ▪C/I BOX 어셈블리 대여로 구조및 전기적인 인터페이스 분석이 용이했음.
▪구조 설계	98%	▪중전의 2D설계에서 3D모델링기법 도입으로 연구자의 설계기술 향상 ▪3D의 보이는 설계로 제작오류 감소 ▪진동시험을 통한 내구성 검증.
▪히트파이프 설계	100%	▪히트파이프의 원리 및 설계능력 습득 ▪시뮬레이션 및 부하시험을 통한 검토 과정 습득
▪GDU PCB 설계	100%	▪IGBT의 핵심기술로 GDU 설계능력향상 ▪PCB 회로, 베어보드설계 수준 향상
▪전기,전자 회로 설계	100%	▪주회로 및 보조회로 전기 설계 및 IGBT 및 콘덴서등 전기장치의 용량 계산 방법 습득으로 회로설계 기반 구축
▪금형 및 제품 제작	100%	▪각 부품의 개발 단계에서 소량(시제품) 생산으로 인한 업체, 단가, 일정등의 어려움이 많았으나 새로운 인프라 구성의 계기가 되었음. ▪차단시험기 자체 제작 완료
▪조합시험기 제작	100%	▪ 조합시험기 제작 ▪ C/I BOX 어셈블리에서의 컨버터/인버터 스택의 기능 확인
▪시험품 제작	100%	▪ 시작품에서의 보완점 수정 ▪ 수정사항 도면에 반영 ▪ 단품 시험 및 조합시험용으로 사용
▪공인인증 시험 및 성능 시험	100%	▪ 단품시험을 통한 부품 성능 확인 ▪ 인버터 스택의 진동시험으로 구조적 설계에 따른 제작품의 신뢰성 확보 ▪ C/I BOX의 조합시험기를 통한 기능 확인

다. 성과지표 달성도

연차별 성과목표	성 과 지 표	측정방법	목표치	달성치	가중치
1차년도	제품 설계	도면	100%	100%	4
	중량 감소	중량측정	200kg이하	200kg이하	1
	히트파이프 개발	방열효과 실온도 측정	85deg	42.5deg	3
	GDU외 개발	현품	100%	100%	2
2차년도	제품호환성	현차시험여부	100%	100%	3
	에너지절감	전원공급기 용량외	800W	800W	2
	지적재산권 확보	출원서	2건	2건	2
총 계					17

(1) 제품 설계

(가) 컨버터/인버터 스택 제품 사진



인버터 모듈 측면 사진



인버터 모듈 전면 사진



컨버터 모듈 측면 사진



컨버터 모듈 전면 사진

(나) 도면 리스트

순번	도 번	도 명	크기
1	P2B1092-0536	CI MAIN CIRCUIT(개량IGBT형)	A3
2	P2B1092-0537	CI MAIN CIRCUIT(우진IGBT형)	A3
3	P2B1092-0538	INVERTER MODULE ASS'Y	A3
4	P2B1092-0539	INV- 회로도	A3
5	P2B1092-0540	I-FRAME ASS'Y	A3
6	P2B1092-0541	I-COVER ASS'Y	A3
7	P2B1092-0542	I-PLATE 1	A3
8	P2B1092-0543	I-PLATE 2,3	A3
9	P2B1092-0544	I-HEAT PIPE ASS'Y	A3
10	P2B1092-0545	I-HEAT PIPE	A3
11	P2B1092-0546	GDU BRACKET	A3
12	P2B1092-0547	GATE DRIVE UNIT PCB ASS'Y	A3
13	P2B1092-0548	GDU PCB	A3

순번	도 번	도 명	크기
14	P2B1092-0549	I-BUSBAR ASS'Y	A3
15	P2B1092-0550	I-BUSBAR L-N, W	A3
16	P2B1092-0551	I-BUSBAR L-U, V	A3
17	P2B1092-0552	I-BUSBAR R-P, W	A3
18	P2B1092-0553	I-BUSBAR R-U, V	A3
19	P2B1092-0554	I-BUSBAR F-P, N	A3
20	P2B1092-0555	I-BUSBAR F-U, V	A3
21	P2B1092-0556	I-BUSBAR F-W, P, N	A3
22	P2B1092-0557	FIBER CN BRACKET	A3
23	P2B1092-0558	CN BRACKET	A3
24	P2B1092-0559	BRACKET	A3
25	P2B1092-0560	END COVER	A3
26	P2B1092-0561	CONVERTER MODULE ASS'Y	A3
27	P2B1092-0562	CON- 회로도	A3
28	P2B1092-0563	C-FRAME ASS'Y	A3
29	P2B1092-0564	C-COVER ASS'Y	A3
30	P2B1092-0565	C-PLATE 1	A3
31	P2B1092-0566	C-PLATE 2,3	A3
32	P2B1092-0567	C-HEAT PIPE ASS'Y	A3
33	P2B1092-0568	C-HEAT PIPE	A3
34	P2B1092-0569	C-BUSBAR ASS'Y	A3
35	P2B1092-0570	C-BUSBAR F-P,N	A3
36	P2B1092-0571	C-BUSBAR F-U,V	A3
37	P2B1092-0572	C-BUSBAR L,R-V	A3
38	P2B1092-0573	C-BUSBAR L-N,P	A3
39	P2B1092-0574	C-BUSBAR R-P,N	A3

(2) 중량 감소

(가) 중량 측정



(나) 성과 목표 중량 비교

위의 사진과 같이 IGBT TYPE의 스택의 중량은 컨버터 스택은 159.5kg이고 인버터 스택은 199.0kg이다.

성과지표상의 목표치 200kg이하에 달성하는 중량이다.

(다) GTO형과 IGBT형의 비교

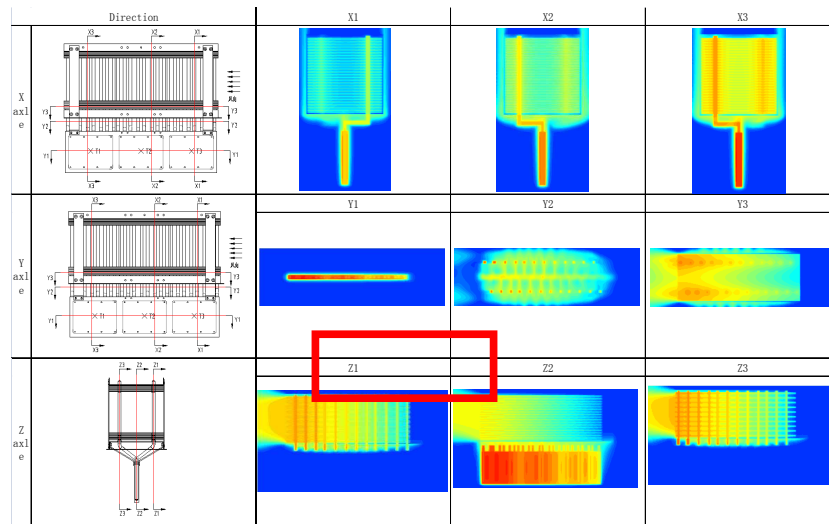
1편성 10량에 대해서 아래의 표와 같이 비교한다.

구분	GTO	IGBT
1량분 중량	인버터 스택 1EA : 291kg 컨버터 스택 2EA : $245\text{kg} \times 2 = 490\text{kg}$	인버터 스택 1EA : 199kg 컨버터 스택 2EA : $159.5\text{kg} \times 2 = 319\text{kg}$
1편성분 중량 (M-car 5량)	$(291\text{kg} + 490\text{kg}) \times 5 = 3,905\text{kg}$	$(199\text{kg} + 319\text{kg}) \times 5 = 2,590\text{kg}$

위의 표에서와 같이 1편성에 대하여 중량 차이를 비교하면 1,315kg의 차이가 발생하며 중량차이만큼의 에너지가 절감될 수 있다.

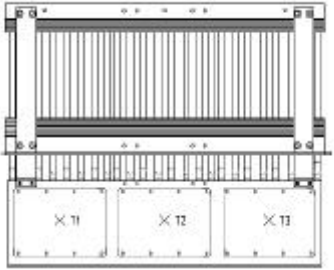
(3) 히트파이프 개발 및 시험

(가) 설계 및 시뮬레이션



(나) 시험 성적서

Items (°C)	Simulation		Measurement	
	T	ΔT	T	ΔT
Ambient	40		36.7	
X T1	83.8	43.8	79.2	42.5
X T2	76.9	36.9	73.6	36.9
X T3	69.3	29.3	64.8	28.1
Highest temp	85.3	45.3		
Max rise	45.3		42.5	



(다) 성과 목표 포화온도 비교

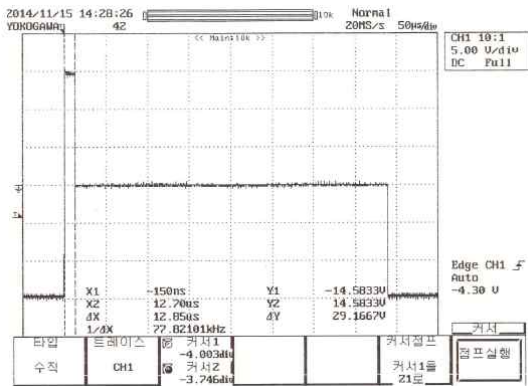
성과 지표의 포화온도는 **85deg** 이하이고 히트파이프의 시험에서 포화온도는 **42.5deg**로 성과 지표의 목표치를 달성하였다.

(4) GDU 개발

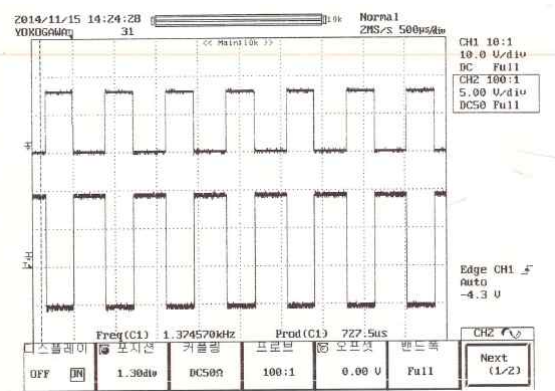
(가) 제품 사진



(나) 특성 파형 측정



(기본 출력파형)

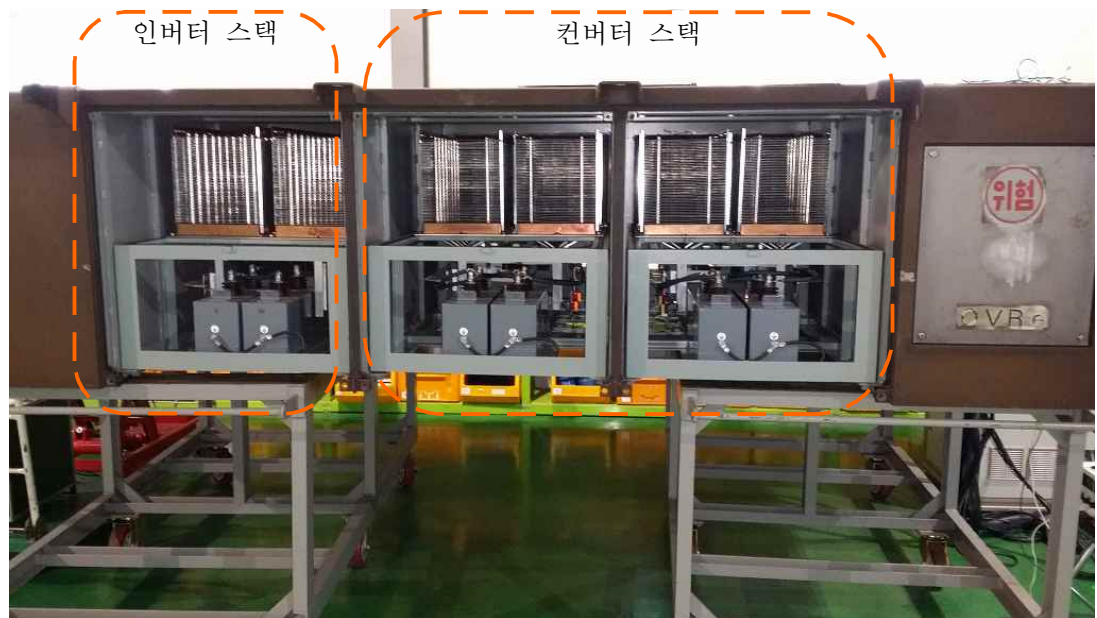


(입력 주파수 출력파형)

(5) 제품 호환성

(가) C/I BOX 내 취부 사진

C/I BOX 내에 컨버터 스택 2EA와 인버터 스택 1EA 취부된 사진이다.



(6) 에너지 절감

(가) 인버터 스택에서의 GDU 전원공급기의 사용전류

GTO TYPE STACK	IGBT TYPE STACK

(나) GDU 1EA에 흐르는 전류: GTO TYPE =0.23A, IGBT=0.14A

① GTO TYPE 컨버터/인버터 스택에서의 용량
 $= 100V \times (0.23A \times 14) = 322W$

② IGBT TYPE 컨버터/인버터 스택에서의 용량
 $= 15V \times (0.14A \times 14) = 29.4W$

(다) GTO용 GDU의 전원공급기 용량 비교

()의 용량은 실제 사용 용량

구분	GTO용 GDU 전원공급기	IGBT용 GDU 전원공급기
1량 용량	2,450W (322W)	450W(29.4W)
1편성 (M-car 5량)	$2,450W \times 5 = 1,2250W$ $(322W \times 5 = 1,610W)$	$450W \times 5 = 2250W$ $(29.4W \times 5 = 147W)$

1편성에 대한 GTO형과 IGBT형의 에너지 차이는 **1,463W**로 성과지표의 에너지 절감 목표치인 **800W이상**이므로 목표치를 달성하였다.

(7) 지적 재산권 확보

지적재산권으로 **실용신안 2건 출원**으로 성과지표의 목표치 2건을 달성하였다.

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2014.11.05

특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)

출원번호 20-2014-0008043 (접수번호 1-1-2014-1064816-27)

출원인명칭 (주)이건산전(1-2009-020248-6)

대리인성명 최병길(9-2001-000513-1)

고안의명칭 도어 수동 개폐용 비상 스위치

특허청장

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2014.11.19
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 20-2014-0008497 (접수번호 1-1-2014-1115978-90)
출원인명칭 (주)이건산전(1-2009-020248-6)
대리인성명 최병길(9-2001-000513-1)
고안의명칭 IGBT 타입의 추진 제어장치

특 허 청 장

제2절 연구개발 성과의 기술적 효과분석

1. 추진제어장치의 기술축척에 따른 신규 차량용의 설계기술 확보
2. 제어기 및 전원공급장치의 설계 및 제작기술 확보
3. 냉각시스템 기술력 확보에 따른 신규 개발품 기술력 확보

제3절 연구개발 성과의 경제적 효과분석

1. 경제적효과 : 개발완료 후 10억 이상의 매출 기대 및 수입대체 효과.
2. 사회적효과 : 차량 운영사의 유지보수 및 원가절감에 효과가 큼에 따라 동종 운영사의 파급효과가 기대됨.
3. 수출 효과 : 국내 , 국외 동일한 사항으로 아시아권의 수출기대가 크다.

제4절 연구개발 성과의 정책적 효과분석

1. 태국 디젤기관차의 보조발전기여자기의 인버터 기술력 확보에 따른 사업 확장 및 추진제어장치 어셈블리 제작
2. 추진제어장치의 성능개량 시장의 선점이 유리하다.

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과 향후 활용방안

1. 연구결과의 활용방안

- 가. 개발과정에서의 축적된 설계 기술을 바탕으로 신규차량의 인버터 및 컨버터 장치에 적용할 수 있다.
- 나. 풍력, 태양광의 전력변환장치에 적용하여 청정에너지의 신사업 창출 예상된다. 각종 인버터 장치에 적용하여 동남아 지역의 철도차량 부품의 수출 기대

2. 기대성과 및 파급효과

가. 기대성과

(1) 기술개발 후 국내외 주요 판매처 현황

판 매 처	국가 명	판매 단가 (천원)	예상 연간 판매량(R)	예상판매 기간(년)	예상 연간 판매금액 (천원)	관련제품
한국철도공사	대한민국	130,000	30	15년	3,900,000	C/I BOX 468R
서울메트로	대한민국	130,000	30	15년	3,900,000	C/I BOX 585R
서울 도시철도공사	대한민국	150,000	12	15년	1,800,000	인버터BOX 416R
기타 지방 도시철도공사	대한민국	150,000	20	15년	3,000,000	인버터BOX 607R
TRA외	대만의 동남아	150,000	10	15년	1,500,000	약800R
합 계			102량		14,100,000	

※ 서울메트로 : C/I BOX(추진제어장치)의 인버터 스택(미스비시) 구입가

형식 : (MS-F84) H2E5221G12

1조 구입 실적가 : \129,969,639원(개발제안가:\50,000,000원)

※ 서울메트로 : C/I BOX(추진제어장치)의 어셈블리 구입가

구입 실적 예상가 : \350,000,000원

(개발개량 시 제안가 : \130,000,000원)

(2) 국내외 통근형 차량현황

(관련근거 : 각운영사 사이트 및 사업소)

운영사 (국가)	도입년도 /호선	차량현황		제어방식	모터차 개량수량	비 고
		모터차	SIV 차			
한국철도공사 (대한민국)	85년~97년	235량	85량	저항	88량	
	93년~99년	468량	255량	인버터 GTO	27량	매년12량개량
	02년~11년	505량	344량	인버터 IGBT	-	
서울메트로 (대한민국)	89년~90년	40량	24량	저항	-	
	90년~95년	300량	180량	초퍼 GTO	-	2011년 시범1편성개량 2013년 2편성개량예정
	93년~98년	285량	171량	인버터 GTO	-	
	05년~09년	190량	114량	인버터 IGBT	-	
서울도시 철도공사 (대한민국)	94년/5호선	304량	152량	인버터 GTO	4량	2012년 시범1편성개량
	99년/6호선	164량	82량	인버터 IGBT모듈	-	
	96년/1차분	112량	56량	인버터 GTO	-	
	99년/2차분	200량	100량	인버터 IGBT	-	
부산교통공사 (대한민국)	84년~97년	135량	90량	인버터 GTO	-	
	97년~02년	168량	102량	인버터 GTO	-	
	04년~05년	40량	40량	인버터 IGBT	-	
	09년~10년	51량	34량	인버터 IGBT모듈	-	
인천교통공사	99년	100량	50량	인버터 GTO	-	
대전도시철도공사	03년~04년	63량	42량	인버터 IGBT	-	
대구 도시철도공사	97년~98년	204량	68량	인버터 GTO	-	
	05년	90량	60량	인버터 IGBT	-	
TRA (대만)	90년도~	800량	200량	인버터 GTO	-	
합 계		4,454량	2,249량			

※ 국내 GTO형 추진제어장치 수량 : 2,076량

나. 파급효과

구 분		사업화 년도		
		(2014)년 (개발종료 해당년)	(2015)년 (개발종료 후 1년)	(2016)년 (개발종료 후 2년)
사업화 제품		IGBT 스택(모듈)개량	IGBT 스택(모듈)개량 SIV & C/I BOX	IGBT 스택(모듈)개량 SIV & C/I BOX
투자계획(백만원)		-	-	-
판매 계획 (백만원)	내 수	1,300 (10R)	7,000 (50R)	14,000(100R)
	수 출	-	-	1,500
	계	1,300	7,000	14,000
수입대체효과(백만원)		약 2,000	약 6,450	약 12,900
고용 창출(명)		2명	3명	3명

다. 기타

- 재생을 통한 막대한 원가절감은 물론 환경오염 및 에너지 낭비를 줄이는 효과가 있다.
- 수입품의 국산화에 따른 국가 경쟁력 확보.
- 기술력 확보에 따른 수출 기대

제2절 추가연구 필요성 등

아쉽게도 1량분에 대해서만 검증이 이루어짐. 예산을 증액하여 1편성 모두 개량하여 종합적인 차량성능까지의 검증하는 연구개발 과정이 추가 되어야 함.

사업수행계획서

- 사 입 명 : 주전력 변환장치를 STACK 개발
■ 사업 기간 : 2차년도 2014. 4. 27. ~ 2015. 4. 26,
3차년도 2015. 4. 27. ~ 2016. 4. 26

NO	일차 영역	2014년												2015년												비고																
		9월				10월				11월				12월				1월				2월					3월				4월											
		22-27	29-4	6-11	13-18	20-25	27-3	5-10	12-17	19-24	26-31	1-6	8-13	15-20	22-27	29-3	5-10	12-17	19-24	26-31	2-7	9-14	16-21	23-28	2-7		9-14	16-21	23-28	2-7	9-14	16-21	23-28	2-7	9-14	16-21	23-28	2-7	9-14	16-21	23-28	
9	규격서/도면 제출	1회								20회																																
10	부품 발송 및 입고				1회										20회																											
11	조립(총량만)															20회	8회																									
12	1회분 구성품 시험																	20회																								
13	전류 시험 (원버터/전버터 각 1EA)																	20회	-																							
14	충격 시험 (ODU 단품)																	20회	-																							
15	취부 및 구내 시연권																																									
16	본선 시연권																																									
18	2차년도 보고서 작성																																									4회 2차년도 보고서 작성

주 의

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