

1. 적용범위

본 규격서는 KTX-산천 고속차량의 에어컨, 운전실 난방기(Heater) 및 부속실 난방기 등에 안정된 전원을 공급하는 객차용 인버터 장치에 적용한다.

2. 적용 규격

- 2.1 KTX-산천 유지보수매뉴얼
- 2.2 KS R 9144 : 철도 차량 부품의 진동시험 방법
- 2.3 KSR 9156 : 철도차량용 전자기기의 시험통칙
(General Rules For Tests of Electronic Equipment used on Railway Rolling Stock)
- 2.4 KS R 9158 : 전기차용 제어기기의 시험 방법
(Tests Methods Control Equipment of Electronic Rolling Stock)
- 2.5 KSR 9197 : 절연저항 및 내전압 측정시험
(The methods for insulation resistance of railway rolling stock)
- 2.6 KSR 9213 : 철도차량부품 고온 및 저온시험 방법
(Railway rolling stock High and Low Temperature Test methods of Parts)
- 2.7 IEC 60077-1 : 철도차량용 전기 장치 일반 규정
(Railway applications-Electric equipment for rolling stock)
- 2.8 IEC 61373 철도 차량 설비의 충격 및 진동 시험 방법(Shock and Vibration Tests)
- 2.9 CISPR 11 : Conducted Emission(전도성 방사시험 방법)
- 2.10 IEC 61000-4-3 : Radio Frequency Fields Immunity(방사 내성 시험 방법)
- 2.11 IEC 61000-4-4 : Electrical Fast Transient / Burst Immunity(과도시험방법)
- 2.12 IEC 61000-4-5 : Surge Immunity(써지 내성시험 방법)
- 2.12 IEC 61000-4-6 : Conducted Disturbances Immunity(전도 내성 시험 방법)
- 2.13 관련도면
 - 객차인버터(Arrangement) : SVP04004, SVP04589
 - 제어기 : SVP04007
 - IGBT스택 : SVP04890, SVP04891
 - 캐패시터 : SVP04044
 - 컨택터(K-CHK) : SVP04024
 - Line Contactor(LK) : SVP04023
 - 릴레이 필터 판넬(Relay Filter Panel) : SVP04013

3. 필요조건

3.1 일반 요구 사항

- 3.1.1 객차용 인버터 장치는 운용자의 안전을 위해 감전 및 화재발생을 방지하기 위한 구조로 제작되어야 한다.
- 3.1.2 객차용 인버터 장치의 각종 기기 배치는 점검확인이 용이하도록 유리하게 제작되어야 한다.
- 3.1.3 객차용 인버터 장치는 차량의 진동, 충격 등으로부터 기계적 강도로부터 충분히 유지되어야 한다.
- 3.1.4 객차용 인버터 장치의 각종 기기는 내·외부 환경에 충분히 견딜 수 있어야 하며 또한 타 장치에 영향을 미치지 않도록 제작되어야 한다.
- 3.1.5 전원을 차단하는 경우 방전회로가 구성되어 있어야 하며 외부에 방전여부를 확인 할 수 있는 장치 및 주의표시가 있어야 한다.
- 3.1.6 제어기의 구조는 온도상승이 최소화 될 수 있는 구조로 제작되어야 한다.
- 3.1.7 KTX-산천에 설치되어 있는 객차 인버터와 성능 및 설치 상 상호 호환이 가능하여야 한다.(주요 부품 단위 포함)
- 3.1.8 형태
한국철도공사도면(K02-SV10-05-SVP04004)에 따른다.

3.2 형식 및 정격

구분		성능	비고
주회로 방식		IGBT 6상 인버터	
제어 방식		IGBT를 이용한 PWM제어	
입력	정격 전압	DC 670 V ± 50 V	
	정격 전류	634 A	
출력	형식	3∅, 3선식	
	정격 전압	AC 440 V (+5%, -10%)	
	정격 전류	590 A	
	주파수	60 Hz ± 1 Hz	
용량	정격	450 kVA (연속정격)	
	과부하 정격	540 kVA (정격 120[%], 1분간)	
	역률	0.85	
	효율	90 % 이상	
냉각 방식		송풍기에 의한 강제 냉각	
제어	정격 전압	72Vdc	
입력	제어 전압 동작 범위	DC 50V ~ DC 90V	

기온		-35℃ ~ +40℃	
제어기능 부여	TDCS간 인터페이스기능	상태 정보 및 고장 정보 송신	
	자기상태 진단 기능	기동전 Self Test로 정상여부 판단, TDCS로 상태정보 송신	
	자기고장 진단 기능	비휘발성 메모리를 이용한 자체고 장 정보 수집 및 PC 다운로드기능	

3.3 기능 및 특징

객차용 인버터 장치는 보조전력변환장치내의 컨버터로부터 직류전원을 공급 받아 내부의 인버터 회로에 의해서 출력전압 및 주파수를 일정하게 제어하여 차량내의 에어컨, 운전실 난방기(Heater), 부속실 난방기 등의 전원에 사용되는 안정적이고, 일정한 AC 440 V를 출력하는 전원 공급 장치이다. 주요 기능 및 특징은 다음과 같다.

3.3.1 객차인버터는 전력용 반도체 소자인 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)를 이용한 DC/AC 인버터이다. 냉각 방식은 외부의 환풍기를 이용한 강제 냉각 방식이다.

3.3.2 부하의 변동, 입력전압의 변동 시에도 인버터의 실시간 제어를 통해 일정한 전압을 공급하여야 한다.

3.3.3 고장기록 및 각종 데이터를 저장하여 보수자가 용이하게 사용할 수 있도록 제공하여야 한다.

3.3.4 인버터는 객차 4량의 부하를 각각 담당하며, 편성 내 2대의 인버터 중 1대의 인버터 고장 발생 시 나머지 1대로 8량의 부하를 담당하여야 한다.

3.3.5 부하 측 출력접지 고장을 검지하여 연장급전 제어장치로 전송, 연장급전이 동작되지 않도록 정보를 제공하여야 한다.

3.3.6 객차용 인버터 내부에 릴산 튜브(Rilsan Tube) 방식 등의 화재검지시스템을 설치하여 화재발생 여부는 운전실 및 객차 배전반에서 확인할 수 있어야 한다.

3.4 객차용 인버터 주회로 설명

3.4.1. 입력부

1) Auxiliary Fuse(AF)

1분간(과부하 시간 정격) 이상 Arm 단락, 출력단 단락 또는 지락과 같은 비상사고 발생 시에 주회로 시스템을 보호하고 안정적으로 전원을 빠른 시간 내에 차단하는 것을 목적으로 한다.

2) Protection Diode Module(PD)

인버터 측의 전압 상승으로 인해 입력측에 영향을 미치는 것을 방지하기 위한 목적으로 Diode로 구성된다.

3) Charging Contactor(CHK)

CHK는 인버터의 기동시 충전회로를 형성하고, 인버터가 정상동작을 하면 충전회로를 전기적으로 Open시킨다.

4) Charging Resistor(CHR)

객차 인버터의 FC(Filter Capacitor)의 초기충전 시 충전전류를 제한하여 안전하게 FC를 충전시킨다.

5) Line Contactor(LK)

주전원 차단기로써 입력전압 변동내의 최저 전압인 620[V]일 때의 전류의 과부하 120[%]를 고려하여 설계한다. 주회로 차단기의 정격 전류용량은 객차용 인버터의 최대 입력전류(1분 허용전류) 823[A]이상이며, 정격전압은 입력전압 변동범위 최대치인 720V 이상이어야 한다.

6) DC Potential Transducer(DCPT)

객차용 인버터의 입력단의 전압과 Inverter Stack의 Filter Capacitor 양단 전압을 검출하여 이상유무를 확인한다.

7) DC Current Transducer(DCCT)

객차용 인버터의 입력단의 전류를 검출하여 이상유무를 확인한다.

8) Discharging Resistor (DSR)

인버터의 동작 정지시 FC (Filter Capacitor)에 축적된 Energy를 안전하게 방전시킬 목적으로 설치한다.

3.4.2. 인버터부

3상 인버터의 구성은 2개의 히트싱크 모듈로 구성되며, 각각의 모듈은 아래와 같은 부품으로 구성된다.

1) 히트싱크 : 전력용 반도체 소자인 IGBT의 방열을 위한 강제 냉각방식을 채택하고 있으며, 안전을 위하여 객차용 인버터의 CASE에 접지되어있다.

2) IGBT소자 : 절연된 1700V급 IGBT 소자가 히트싱크 한 모듈당 3개씩 미리 계산된 가장 방열이 우수한 위치에 설치되고, 각 소자는 Stray 인덕턴스를 최소화하기 위하여 Bus-bar로 연결되어진다.

3) Gate drive : 제어부(Control Unit)의 신호를 수신하여 전력용 반도체 소자인 IGBT를 turn on/off시키며, 또한 IGBT 소자의 Collector 전위를 감지하여 소자를 과전류/단락전류로 부터 보호한다.

4) 온도센서 : 히트싱크의 가장 높은 표면 온도를 항상 모니터링하고 있으며, 일정한 온도 이상으로 히트싱크의 온도가 상승할 경우 IGBT 소자의 보호를 위하여 동작을 중지한다.

5) 각각의 IGBT 인버터 모듈은 보다 손쉬운 정비, 보수를 위하여 간단한 모듈형태로 정비가 가장 유리한 위치에 설치되어 있다.

3.4.3. 출력부

1) AC Potential Transducer(ACPT)

인버터 출력단 전압을 검출하여 이상 유무를 확인한다.

2) AC Current Transducer(ACCT)

인버터 출력단 전류를 검출하여 이상 유무를 확인한다.

3.5 객차용 인버터 제어기 시퀀스 및 주요 구성

3.5.1 제어 시퀀스 객차용 인버터 구성

1) 객차용 인버터 기동 및 정지 시퀀스

기동 조건이 만족이 되면 충전콘택터(CHK)가 Close되고 충전콘택터의 보조점접 신호가 On(Active-High)상태로 바뀐다. 충전콘택터(CHK) 투입 후 2초까지 Filter Capacitor의 전압 값을 입력받아 470Vdc 이상으로 충전되면 주 콘택터(LK)가 Close되고 게이트 신호출력을 On시켜 PWM 파형을 출력한다. 이와 동시에 CHK는 Open된다. 2초까지 입력필터의 전압이 470Vdc 이하일 때에는 Fault로서 처리한다.

2) 객차용 인버터 고장 시퀀스

고장을 검지하면 객차용 인버터는 동작을 중지하고 콘택터를 모두 개방시킨다. 동작을 중지한 후 5초 후에 재기동을 시도하게 된다. 3분 이내에 고장이 3회 이상 발생하게 되면 중고장 처리하여 인버터 장치는 재기동을 시도하지 않는다.

3.5.2 객차용 인버터 제어 구성

1) DSP BOARD

고속 연산용 32-bit DSP Micro-Processor 및 PLD(Programmable Logic Device) 등으로 구성되어 있으며, 기동 및 정지 시퀀스, PWM 펄스 발생 및 출력 등의 기능을 수행한다.

2) DIO BOARD

Digital Input/Output Board로 주요 콘택터를 구동하는 신호를 발생하며, 각종 스위치 및 콘택터의 동작상태를 보조점접의 신호를 이용하여 감시한다.

3) Sensor Board

Sensor Board Analog 신호를 입력으로 하여 제어에 필요한 Digital 데이터로 변환하는 기능을 한다.

4) TCN & MON Board

Monitor Board는 시스템의 상태를 상시 감시하며, 고장시 주요부분의 데이터를 저장한다.

5) Power Board

DC 72V의 전압을 입력으로 하여 제어에 필요한 안정된 전원을 발생하는 장치이다.

3.6 장치별 사양

3.6.1 제어기

1) DSP Board

(1) 기능

- 출력전압 제어를 위한 연산 수행
- 스위칭 신호 생성
- 프로그램 Downloading을 위한 RS-232 통신
- 스위칭 소자 보호
- MON Board와의 인터페이스
- SEN Board, DIO Board, TCN & MON Board의 제어

(2) 적용 프로그램

- 출력전압 제어 프로그램
- PWM 발생 프로그램
- RS-232 통신 방식을 이용한 프로그램
- 보호 동작 프로그램
- DPRAM을 이용한 통신 프로그램
- 디지털 점점 입출력을 제어하는 프로그램

(3) 입·출력 사양

- 6 × Gate Signal Output
- 3 × GDF Signal Input
- 1 × RS232 Serial Communication

2) Sensor Board

(1) 기능

- 객차용 인버터 내부의 Sensor로부터 입력되는 아날로그 신호 처리
- DSP Board에서 연산을 위해 필요한 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환
- 제어기에 사용하는 전원 이상 검지 및 보호 동작

(2) 입·출력 사양

- 2 × DC Input Voltage
- 1 × DC Input Current
- 6 × AC Output Voltage
- 6 × AC Output Current
- Supply Power Check Circuit

3) DIO Board

(1) 기능

- 객차용 인버터 내부 장치(입출력 Contactor 등)로부터 전송 디지털 점점

신호를 DSP Board에서 인식하기 위한 신호로 변환

- 객차용 인버터 내부의 Relay와 Contactor의 동작 신호 생성
- 객차용 인버터의 상태를 상위 제어기에 전달하기 위한 신호 생성

(2) 입·출력 사양

- 12 × Digital Input
- 8 × Digital Output

4) TCN & MON Board

(1) 기능

- DSP Board와의 인터페이스
- 고장 기록 확인을 위한 모니터링 기능
- 객차용 인버터의 동작 상태를 운전자에게 전달하기 위한 상위제어기 (TDCS)와 TCN 통신

(2) 적용 프로그램

- TCN 통신 프로그램
- RS-232 통신 프로그램
- DSP Board와 데이터 교환을 위한 DPRAM 통신 프로그램
- 고장 진단을 위한 Trace Data Processing 프로그램

(3) 입·출력 사양

- 1 × TCN(Train Control Network) Communication
- 1 × RS232 Serial Communication

5) Power Board

(1) 기능

- 객차용 인버터 제어기에 필요한 전원을 공급

(2) 입·출력 사양

- Input Power
 - DC 72V(DC 50 ~ DC 90V)
- Output Power
 - ▷ DC 5V, 10A
 - ▷ DC 15V, 3.3A
 - ▷ DC -15V, 3.3A
 - ▷ DC 24V, 2.1A

3.6.2 IGBT Stack

1) 구성

3상 인버터의 구성은 2개의 히트싱크 모듈로 구성되며, 각각의 모듈은 아래와 같은 부품으로 구성된다.

- (1) 히트싱크 : 전력용 반도체 소자인 IGBT의 방열을 위한 강제 냉각방식을 채택하고 있으며, 안전을 위하여 객차용 인버터의 CASE에 접지되어 있다.
- (2) IGBT 소자 : 절연된 1700V급 IGBT 소자가 히트싱크 한 모듈 당 3개씩 미리 계산된 가장 방열이 우수한 위치에 설치되고, 각 소자는 Stray Inductance를 최소화하기 위하여 Bus plate로 연결되어진다.
- (3) Gate drive : 제어부(Control Unit)의 신호를 수신하여 전력용 반도체 소자인 IGBT를 turn on/off시키며, 또한 IGBT 소자의 Collector-Emitter 전위를 감지하여 소자를 과전류/단락전류로부터 보호한다.

2) 주요 부품 기술 사양

(1) 반도체 소자 : IGBT Module

하나의 히트 썩크에 반도체 소자 3개가 들어가는 구조로서 객차용 인버터 IGBT 소자의 선정은 기술계산에 의하여 현재 생산되는 소자의 정격용량과 성능을 검토하여 1130[V], 950[A]급 이상의 정격을 갖는 IGBT 소자로 선정되어야한다. 그리고 아래 표와 같은 소자특성 이상의 품질을 확보해야한다.

항 목	심벌	조건	최소	최대	단위
Isolation voltage	Visol	1min, f = 50/60Hz		4	kV
Collector-Emitter voltage	Vces	Tvj = 25℃		1700	V
Gate-Emitter Threshold voltage	V _{GE(th)}	IC=130mA, VCE=VGE, Tvj = 25℃		6.5	V
Collector leakage current	ICES	VCE=1700V, VGE =0V, Tvj = 25℃ Tvj =125℃		3	mA
				160	mA
Gate-Emitter leakage current	IGES	VCE=0V, VGE =20V, Tvj =125℃		400	nA
Collector-Emitter saturation voltage /Diode forward voltage	Vce,sat	IC=200A,VGE=15V, Tvj =25℃ Tvj =125℃		3.1	V
				3.6	V

(2) IDU (IGBT Gate Drive Unit)

① 입력 회로

- 드라이브 동작 전원 : DC 72V
- IGBT 구동 신호 : 광절연 PWM 신호

② 출력 회로

- FAULT 신호 :
IGBT의 과전류 감지 및 드라이브 회로의 15V 저전압 감지시 광절연 신호를 출력하여 제어기에 전달한다.
- IGBT 구동 신호 :
제어기의 PWM 신호는 드라이브의 입력 회로와 로직 회로를 거쳐 IGBT의 게이트-에미터간에 ±13V를 입력한다.

③ 게이트 드라이브의 기능

- 제어기의 PWM 신호를 절연하여 IGBT를 구동한다.
- 제어기 오동작 발생 및 전원 이상시 이를 감지하여 IGBT를 보호한다.
- 인버터 출력단의 단락 및 IGBT에 과전류를 감지하여 IGBT를 보호한다.

3.6.3 캐피시터

객차용 인버터 구성시 필터용 캐패시터 특성은 아래와 같다.

1	Type		1.0/1.0 kV/mF
2	정격 용량		1,000uF±10%
3	정격 전압		1,000Vdc
4	최대 전류(RMS)		250A
5	Ls 및 Rs		<100nH 및 <1.0mΩ
6	내전압 시험	(term to term) (term to case)	1,500Vdc, 10s 5,000Vac, 60s
7	동작 온도 범위		-40°C ~ +60°C
8	Loss factor 50Hz Loss factor diel. 50Hz		< 3 × 10 ⁻⁴ < 2 × 10 ⁻⁴
9	Technology	유전체	Poly propylene film metalized
10		내부 재질	N2 ; resin ; dry
11		안전장치	overpressure membrane pressure switch available
12	중량		15kg 이내
13	외함 재질		stainless steel nonmagnetic

3.6.4 CHARGING CONTACTOR(CHK)

객차용 인버터의 충전용 컨택터의 특성은 아래와 같다.

1	Type	극수	1극
2	정격용량	정격전압	1500V
		최대동작전압	2800V
3	절연특성	POLE TO POLE	5500V
		POLES TO GROUNDED AUX	7000V
		AUX TO GROUND	2000V
4	극당 특성 REGULAR BREAKING [IEC77]	전압	1500V
		전류	60A
		L/R	15ms
		POWER	90kW
5	제어코일	코일전압	72V

		Open time	24msec
		Close time	50msec
6	보조 접점		2a2b
7	기계적 수명	동작횟수	2 x 10 ⁶

3.6.5 Line Contactor(LK)

객차용 인버터의 Line Contactor의 특성은 아래와 같다.

1	Type	극수	1극
2	정격용량	정격전압	1500V
		최대동작전압	2000V
3	절연특성	POLE TO POLE	4500V
		POLES TO GROUNDED AUX	6000V
		AUX TO GROUND	2000V
4	극당 특성 REGULAR BREAKING [IEC77]	전압	1500V
		전류	1800A
		L/R	15ms
		POWER	2700kW
5	제어코일	코일전압	72V
		Open time	30msec
		Close time	280msec
6	보조 접점		2a2b
7	기계적 수명	동작횟수	2 x 10 ⁶

3.6.6 계전기 필터 판넬 (Relay Filter Panel)

계전기 필터 판넬은 제어전원 72V를 제어기에 안정된 전원을 공급하기 위한 노이즈 필터부와, 인버터의 시퀀스를 제어하기 위한 릴레이부로 구성되어야한다.

4. 검사 및 시험

4.1 검사

4.1.1. 검사의 분류

- 1) 겉모양검사 : 육안으로 사용상 결함 유무를 확인한다.
- 2) 치수검사 : 철도공사 도면에 의거 각부의 치수를 확인한다.

4.2 시험

4.2.1 시험의 분류

1) 종합시험

2) 부품시험

4.2.2 종합시험

1) 시험의 구분

항목	시험 항목	형식시험	전수시험	비 고
1	절연 저항 및 내전압 시험	○	○	KSR9158/KSR9197
2	제어전원 변동 특성 시험	○	○	규격서
3	제어 시퀀스 시험	○	○	규격서
4	보호회로 동작 시험	○	○	규격서
5	과형 측정	○	○	규격서
6	상회전 확인 시험	○	○	규격서
7	정특성 시험	○	○	규격서
8	과도 시험 및 기동 시험	○	-	규격서
9	온도상승 시험	○	-	규격서
10	과부하 시험	○	-	규격서
11	전자파 시험	○	-	EN 50121-3-2 외
12	진동 및 충격 시험	○	-	IEC 61373
13	환경 시험	○	-	KSR 9213
14	중량 측정	○	-	규격서

2) 시험 방법

(1) 절연 저항 및 내전압 시험

절연 저항 및 내전압 시험은 아래 기준값을 만족하여야 한다.

회로	규정치	내전압 (AC 60[Hz])
고압회로 -(기타회로 + BOX) (DC 1000[V] 메거)	100MΩ 이상	3,000V/1분
저압회로 -(기타회로 + BOX) (DC 500[V] 메거)	30MΩ 이상	1,500V/1분

고압회로 : 입력 DC670V, 출력 AC440V

저압회로 : 제어전원 DC72V

(2) 제어 전원 변동 특성 시험

객차용 인버터에 외부 Power Supply를 연결하고 제어 전원을 DC50V, DC 72V 및 DC 90V로 변경시키고 각각의 전압에서 Control Unit의 PS Card의 제어 출력 전압이 기준치 내에 있는지를 측정한다.

- 제어 출력 전압 기준치

▶ +5V ± 5%

▶ +15V ± 5%

- ▶ $-15V \pm 5\%$
- ▶ $+24V \pm 5\%$

(3) 제어 시퀀스 시험

- 가) 인버터 기동 및 정지 신호에 대해 인버터의 기동 동작이 그림1 기동 및 정지 시퀀스와 같이 따르는지 확인한다. 정해진 시간에 인버터의 기동, 정지가 이루어지는 것을 확인하기 위해 각 중 신호를 Memory Recorder로 기록, 측정한다.
- 나) 인버터가 기동, 운전되고 있는 도중에 Control Unit에 임의의 고장신호를 인가하여 인버터가 보호 동작에 의해 정지하는 것을 확인하고 인버터가 정지하면 인가한 임의의 고장 신호를 삭제한다. 고장 신호가 없어진 후 인버터가 다시 정상 기동하는 것을 확인한다. 인버터의 자동 재 기동 상태를 Memory Recorder로 기록, 측정한다.
- 다) 인버터가 자동 재 기동 한 후 다시 임의의 고장 신호를 인버터에 인가한다. 이때 그림2와 같이 인버터는 정지하고 Major Fault 상태가 되어 더 이상 자동 재기동이 안 되는 것을 확인한다. 인버터의 자동 재 기동 상태 및 3차 고장에 의한 인버터 Major Fault 상태를 Memory Recorder로 기록, 측정한다.

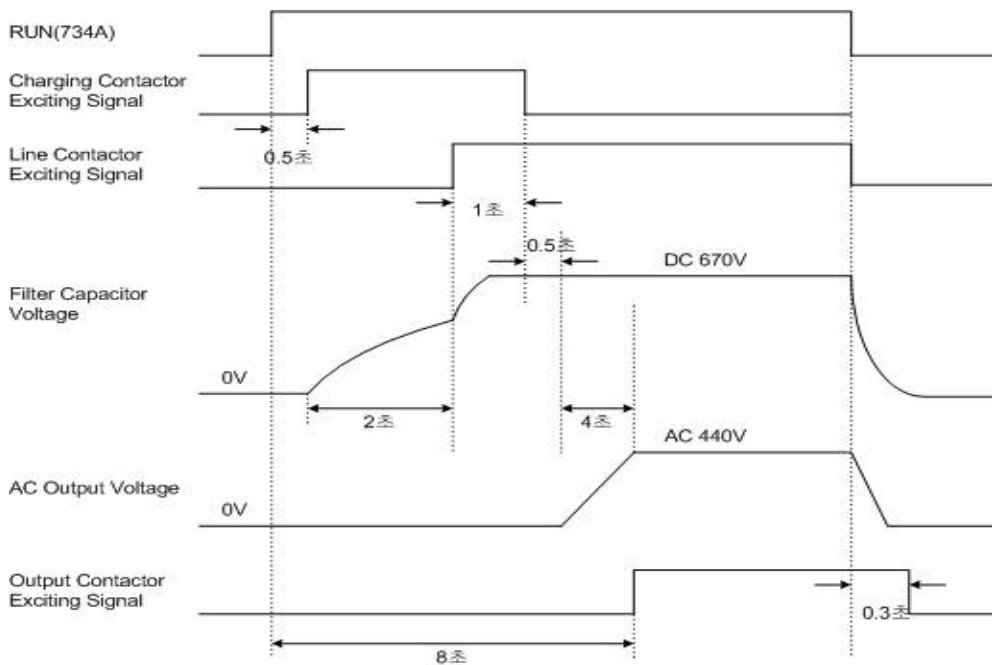


그림 1. 기동 및 정지 시퀀스

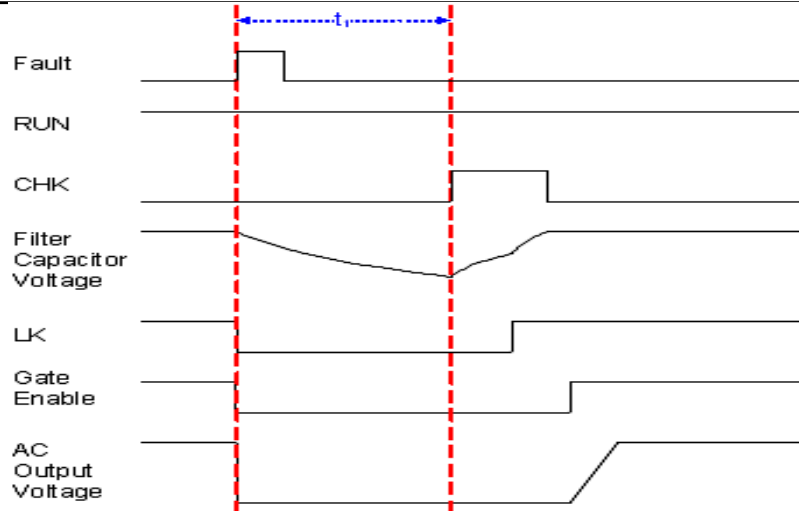


그림 2. 자동 재기동 시험

번호	측정항목	측정기준	비고
1	기동 및 정지 시험	Flow Chart	Flow Chart의 시간 오차는 ± 1 초
2	자동 재기동 시험	1회 고장 후 $t_1 = 5 \pm 1[s]$	
3	3회 고장 시험	자동 재기동 후 3분 이내 고장	
		자동 재기동 후 3분 이후 고장	

(4) 보호회로 동작 시험

객차용 인버터를 기동시킨 후 Control Unit의 Sensor 및 보드에 외부 전원을 인가하고 인가전압을 천천히 변경시킨다. 설정 값에 도달하면 인버터의 보호동작에 의해 인버터가 정지하게 되고 이때의 인가전압을 측정하고 아래 표의 허용 범위를 만족하는지 확인한다.

각각의 보호 항목에 따라 상기 시험을 반복, 측정한다.

시험 항목	계측장비	신호명	기준치
입력 과전압	DC Power supply	DCOV	1,000V±5%
입력 과전류	DC Power supply	DCOC	1268A±5% (6.34V±5%)
입력 저전압	DC Power supply	FCUV	469V±5%
출력 과전압	슬라이덱스	ACOV	572V±5%
출력 과전류	DC Power supply	ACOC	1195A±5% (5.25V±5%)
출력 저전압	슬라이덱스	ACUV	310V±5%
인버터 과열	DC Power supply	THF	Open:100℃±3 Reclose:85℃±3 (고장 검지 유무)
GDU Fault	DC Power supply	GDF	고장 검지 유무
Aux, Fuse Fault	DC Power supply	AFF	고장 검지 유무
출력접지	DC Power supply	SPR1R	고장 검지 유무

주) 출력접지 고장 시험 방법

- 출력과전류 고장 검지가 3분 이내 3회 발생하도록 보호동작 시험 수행

(5) 파형 측정

가) IGBT GATE 특성 시험

객차용 인버터를 Test Mode(제어 전원만을 인가) 상태에서 IDU 정상 동작 파형을 오실로스코프로 측정하여 규정된 전압 파형이 얻어지는 것을 확인한다.

측정 항목	기준	결과
U 상	±13V±1V	
V 상		
W 상		

(6) 상회전 확인 시험

객차용 인버터에 DC 670V를 인가하고 무 부하 상태로 인버터를 기동하여 인버터의 출력전압이 U-V-W 상의 순서로 120° 위상차로 지연되어 나타나는지 오실로스코프 또는 위상계로 측정하여 확인한다.

(7) 정 특성 시험

제어 전원 72 V에서 객차용 인버터를 운전하고 인버터의 입력 전압을 620V⇒670V⇒720V로 변경시켜 각 전압 조건에서 부하를 0, 50, 100%로 각각 변화시켜 인버터의 출력 전압(AC 440V +5% -10%)과 주파수(60Hz±1Hz)가 규정치 이내인 것을 확인한다.

입력 전압[V]	부 하	출력 기준 전압[V]	출력 기준 주파수[Hz]	비고
620V	무부하	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
	50[%]	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
	100[%]	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
670V	무부하	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
	50[%]	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
	100[%]	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
720V	무부하	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
	50[%]	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	
	100[%]	AC 440V +5, -10%	60 ± 1Hz	

(8) 과도 시험 및 기동 시험

가) 기동 시험

입력 전압 670V, 제어 전원 DC 72V에서 부하 0, 50, 100% 일 때 인버터가 정상적으로 기동할 수 있는가를 확인한다. 각 Data는 Memory Recorder를 사용하여 측정한다.

시험항목	시험 조건		출력 기준 전압[V]
	입력 전압[V]	부 하	
기동시험	DC 670V	무부하	AC 440V +5, -10%
		50%	AC 440V +5, -10%
		100%	AC 440V +5, -10%

나) 부하 급변 시험

인버터 입력 전압을 조정하여 각각에 대하여 부하 변동폭을 아래 표와 같이 30%로 하여 출력전압(AC 440V +5%, -10%)이 규정치 이내인지 확인한다. 출력 파형은 Memory Recorder를 사용하여 측정한다.

시험 항목	시험 조건		출력 기준 전압[V]
	입력 전압[V]	부 하	
부하 급변 시험	DC 620V	70 ↔ 100%	AC 440V +5, -10%
	DC 670V	70 ↔ 100%	AC 440V +5, -10%
	DC 720V	70 ↔ 100%	AC 440V +5, -10%

(9) 온도 상승 시험

측정 위치	기준치	측정치
주위 온도	$-35 \leq T \leq 40^{\circ}\text{C}$	T: $^{\circ}\text{C}$
제어기	$\Delta T \leq 40^{\circ}\text{C}$	ΔT : $^{\circ}\text{C}$
인버터 Stack 히트 싱크	$\Delta T \leq 65^{\circ}\text{C}$	ΔT : $^{\circ}\text{C}$
BD STACK 히트싱크	$\Delta T \leq 85^{\circ}\text{C}$	ΔT : $^{\circ}\text{C}$

인버터를 입력 DC 670V, 정격 부하(450kVA)상태에서 각 부분의 온도가 포화 될 때까지 운전하여 각 부의 온도 상승을 측정하며 그 온도 상승값이 정해진 범위를 만족하는지 확인한다.

(10) 과부하 시험

인버터를 정격 용량의 120%(540kVA) 과부하 상태로 1분간 운전하면서 인버터의 출력전압(AC440V +5% -10%) 상태를 확인한다.

입력 전압[V]	부하상태	출력 기준 전압[V]	출력 측정 전압[V]	비고
DC 670V	120% 1분	AC 440V +5, -10%		

(11) 전자파 시험

전도성 방사시험(CISPR 11), IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-6에 의거 객차용 인버터 제어기에 대한 전자파 장애 시험인 EFT 및 SURGE 시험 등을 통하여 이상이 없는지를 확인한다.

구분	전도성방사시험	방사내성	빠른과도현상내성	서지내성	전도내성
기준치	기준값	A	A	B	A

(12) 진동 및 충격시험

IEC 61373 또는 KS R 9144 / 9146에 의거하여 객차용 인버터의 주요 부품인 인버터 제어기에 대해 시험하여 이상이 없는지 확인한다.

(13) 환경시험

KS R9213에 의거하여 온/습도 시험은 시험품의 저온 및 고온, 고온/고습, 온도변화에 시험하여 이상이 없는지 확인한다.

(14) 중량 측정 시험

중량계로 무게를 측정하여 400kg 이내 이어야 한다.

4.2.3 부품시험

1) 제어기

(1) 시험 항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험	비고
1	절연저항 및 내전압 시험	○	○	
2	전자파 시험	○	-	공인기관
3	진동 및 충격 시험	○	-	공인기관
4	환경시험	○	-	
5	제어전원 변동 특성 시험	○	○	
6	과전압시험	○	-	
7	보드단품 시험	○	○	※ 각 보드 단품 구매시 만 적용

(2) 시험 방법

가) 절연 저항 및 내전압 시험

- 절연 저항 시험 : 전원 단자와 Case간에 DC 500V 메가를 사용하여 30 [MΩ] 이상인지를 확인한다.
- 내전압 시험 : 입력 전원단자와 Frame간에 AC 1500V/60Hz를 1분간 인가하여 이상이 없어야 한다.

나) 전자파 시험

제어기에 대한 전자파 시험으로 정격 제어 전원을 인가하여 제어기를 동작시켜 전자파 시험에 이상이 없는지를 확인한다. 시험의 세부 규정은 IEC 62236-3-2 및 EN 50121-3-2를 따른다.

다) 진동 시험

IEC 61373 1종 B(랜덤진동시험, 모의 장기 수명 시험, 충격 시험)로 시험을 실시한다.

라) 환경 시험

KS R9213에 의거하여 온/습도 시험은 시험품의 저온 및 고온, 고온/고습, 온도변화에 시험하여 이상이 없는지 확인한다.

마) 제어 전원 변동 특성 시험

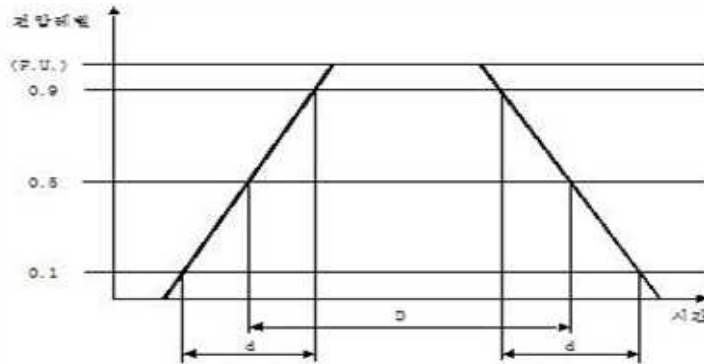
제어기에 외부 Power Supply를 연결하고 제어 전원을 DC 50V, DC 72V 및 DC 90V로 변경시키고 각각의 전압에서 Control Unit의 PS Card의 제어 출력 전압이 기준치 내에 있는지를 측정한다.

- 제어 출력 전압 기준치
 - ▶ +5V ± 5%

- ▶ +15V ± 5%
- ▶ -15V ± 5%
- ▶ +24V ± 5%

바) 과전압시험

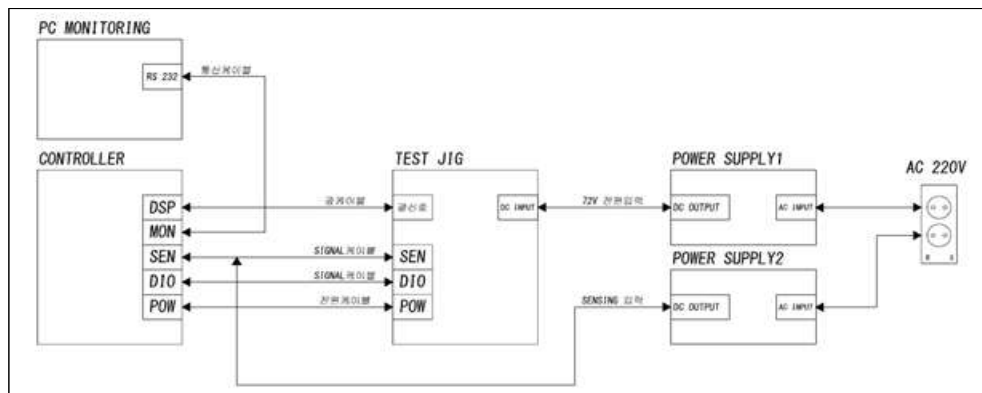
제어기에 순간적으로 정격전압의 1.4배에 해당하는 전원이 1초 이내 입력되었을 때, 제어기에 이상이 없는지를 확인하는 시험으로 기본적인 시험회로와 시험과형은 아래 그림과 같다. 시험과형은 시스템 전원전압과 같은 극성을 가져야 한다. 시험전압의 전압크기와 지속시간은 시험품과 연결되지 않은 상태에서 측정한다. 시험품과 시험과형 발생기 연결선의 거리는 3 m를 넘지 않도록 한다. 시험품에 대하여 시험과형은 다섯 번 적용하며, 연속적으로 적용할 때 간격은 1 분을 넘지 않아야 한다. 성능 검사를 수행하고, 성능검사결과와 시험품의 성능에 이상이 있는 지의 여부를 기록한다. 또한 소자의 결함이나 기계적인 결함이 생겼을 때 그 내용을 기록한다.



번호	전압레벨(최소)	간격 d (최대)	간격 D (최대)	직렬 저항 Rs (허용오차 ± 10 %)
1	1.4 × 정격전압	0.1 초	1.0 초	1 Ω

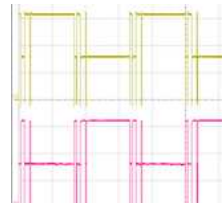
사) 보드 단품 시험

- 시험구성 개념도



- 72V 전원을 POWER SUPPLY1과 TEST JIG DC 입력측에 연결시 극성에 주의하여 연결 할 것
- SEN Board 보호동작 시험은 SEN Board에 확장 보드를 추가하여 POWER SUPPLY2로 전압을 입력하여 TEST 할 것

- 보드별 시험방법

번호	보드명	항목	시험항목	시험기준	비고
1	DSP	시퀀스 확인	프로그램 확인	프로그램 버전 확인	
			재기동 시퀀스	재기동 시퀀스 확인	
			MJFR 동작	Fault 3회 발생시 MJFR 동작확인	
			통신확인	정상 통신 확인	
		PWM 시험	U,V,W,X,Y,Z 파형 정상 확인 	오실로스코프 확인	
		DEAD TIME 시험	GU↔GX		7~10us
			GV↔GY		7~10us
GW↔GZ	7~10us				
보호동작 시험	GDU Fault	Fault 확인			
2	MON	시퀀스 확인	프로그램 확인	프로그램 버전 확인	
			시리얼 통신 확인	RS-232 정상 통신 확인	
			MVB 보드 확인	MVB 보드 정상 통신 확인	
			고장기록 저장	고장기록 저장 및 삭제 정상적으로 동작하는지 확인	
3	SEN	보호동작 시험	입력전압	125V ± 5%	Power supply, TEST JIG를 활용하여 1V 모의신호를 인가하여 기준값을 만족할 것
			입력전류	200A ± 5%	
			출력전압	112V ± 5%	
			출력전류	225A ± 5%	
			필터 캐패시터 전압	125V ± 5%	
			출력전압(CVCF)	105V ± 5%	
			출력전류(CVCE)	225A ± 5%	
			U-V 선간전압	114V± 5%	
			V-W 선간전압	114V± 5%	
W-U 선간전압	114V± 5%				

번호	보드명	항목	시험항목	시험기준	비고
4	DIO	시퀀스 확인	CHKa	TEST JIG를 활용하 여 LED ON/OFF 상 태 확인	
			RUN		
			FAN		
			THFb		
			AF2		
			PPPa		
			LKa		
			SIVKa		
			RESET		
			TEST		
			AF1		
HEAT					
5	POW	절연저항	DC 500V 메가를 사 용하여 30 [MΩ] 이상	전원단자 ↔ 케이스	
		DC +5 V	4.75 ~ 5.25 V	5% 범위 이내	
		DC 15 V	14.25 ~ 15.75 V		
		DC -15 V	-14.25 ~ -15.75 V		
		DC 24 V	22.8 ~ 25.2 V		

2) IGBT 스택

(1) Gate Drive Unit

가) 시험 항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험	비고
1	절연 저항 시험	○	○	
2	내전압 시험	○	○	
3	입력 전압 변동 시험	○	○	
4	제어 전원 시험	○	○	
5	스위칭 확인 시험	○	-	
6	Fault 확인 시험	○	-	
7	과전류 검출 시험	○	-	
8	환경 시험	○	-	

나) 시험 방법

(가) 절연 저항 시험

입력측 전원부를 Common하고, 출력측의 C, G, E를 Common하여 입력측과 출력측간에 DC 1,000V 메가를 사용하여 10MΩ 이상인지를 확인한다.

(나) 절연 내전압 시험

입력측 전원부를 Common하고, 출력측의 C, G, E를 Common하여 입력측과 출력측간에 내압 시험기를 사용하여 AC 5,400V, 60Hz를 1분간 인가하여 견디는지를 확인한다.

(다) 입력 전압 변동 시험 및 제어 전원 시험

- 입력 전압 변동 시험

DC Power Supply를 이용하여 입력전원 DC 50V, 72V, 90V를 각각 투입한 후 IDU상의 전원 LED 12, 22가 점등하는지를 확인한다.

- 제어 전원 시험

위의 시험과 같이 입력전압을 변동(DC 50V, 72V, 90V) 시킨다. 이때의 IDU의 제어 전원부의 전압이 $15V \pm 1V$ 인지를 확인 한다.

제어 전원부 측정 Point

(IDU 상 ZD13(Zener Diode)의 Cathode와 TP11간의 전압)

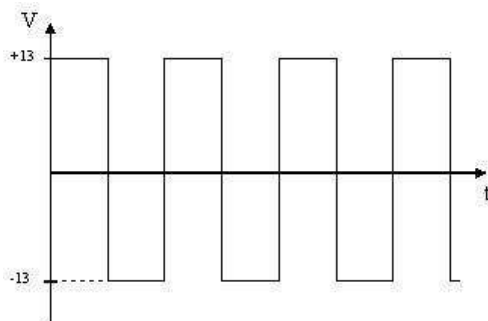
(IDU 상 ZD23(Zener Diode)의 Cathode와 TP21간의 전압)

(라) 스위칭 확인 시험

- Pulse Generator의 주파수를 1kHz로 구성한다.

- Gating Signal를 인가하여 IDU 상의 Gating LED 11, 21이 점등하는지 확인한다.

- Scope로 Test JIG의 TP1, 2간과 TP 3, 4간을 측정하여 구동 파형이 아래와 같이 $\pm 13V \pm 1V$ 로 동작되고 있는지 확인한다.



(마) Fault 확인 시험

Test JIG의 SW 1, 2를 개방시켜 IDU의 제어전원 LED 12, 22가 소등하는지를 확인한다.

(바) 과전류 검출 시험

- IDU가 정상적으로 동작하고 있는 상태에서 Test JIG의 VR 1, 2를 가변하여 전원 LED 12, 22가 소등하는지를 확인한다.

- 이때 Scope를 이용하여 IDU의 C와 E의 검출 전압을 확인한다. 검출전압은 $5.25V \pm 0.5V$ 이내인지 확인한다.

(사) 환경 시험

KS R9213에 의거하여 온/습도 시험은 시험품의 저온 및 고온, 고온/고습, 온도변화에 시험하여 이상이 없는지 확인한다.

(2) IGBT MODULE 검사 및 시험

가) 시험 항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험
1	RBSOA(2XIn)	○	○
2	V_{ISOL}	○	○
3	$V_{(BR)CES}$	○	○
4	$V_{GE(th)}$	○	○
5	I_{CES}	○	○
6	I_{GES}	○	○
7	$V_{CE(sat)}/V_F$	○	○
8	Weight	○	-

나) 시험 방법

(가) RBSOA(2xIn)

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
RBSOA(2xIn)	IGBT turn off	In, Tj=125℃	

(나) V_{ISOL}

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
절연 시험	1분, 50Hz/60Hz	4,000V 견딤	

(다) $V_{(BR)CES}$

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
$V_{(BR)CES}$	Breakdown voltage test	1,700V (누설전류 5mA이하)	

(라) $V_{GE(th)}$

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
$V_{GE(th)}$	$I_C=130mA, V_{CE}=V_{GE},$ $T_{vj} = 25^\circ C$	min 4.5V, max 6.5V	

(마) I_{CES}

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
I_{CES}	$V_{CE}=1700V, V_{GE} = 0V,$ $T_{vj} = 25^\circ C, T_{vj} = 125^\circ C$	25℃ : max 3mA 125℃: max 160mA	

(바) I_{GES}

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
I_{GES}	$V_{CE}=0V, V_{GE} = 20V,$ $T_{vj} = 125^\circ C$	25℃ : max 400nA	

(사) $V_{CE(sat)}/V_F$

시험 항목	시험 방법	측정 포인트	비고
$V_{CE(sat)}$	$I_C=1600A, V_{GE}=15V,$ $T_{vj}=25^\circ C, T_{vj}=125^\circ C$	25℃ : max3.1V 125℃ : max3.6V	

(아) 중량 : $P \leq 1050 \text{ g}$

(3) Heat Sink

- 결모양 검사

품질이 균일하고, 사용상 유해한 흠, 녹, 변형, 부풀은 균열 오손 등이 없는지 육안으로 확인한다.

- 치수 검사

각 부위(외곽 및 취부 위치등)의 치수를 줄자로 측정한다.

3) 캐패시터

(1) 시험 항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험	비고
1	초기 측정	○	○	
2	내전압 시험	○	○	
3	온도 안정 시험	○	-	
4	무게 측정	○	-	

(2) 시험 방법

가) 초기 측정 시험

- 초기 측정시 외기 온도조건에서 시행한다.
- Capacitor의 값을 측정한다.(기준치 : $1000\mu F \pm 10\%$)

나) 내전압 시험

- 1,500Vdc 전압을 10초간 시행하여 이상이 없어야 한다.
- 5,000Veff /1분간 내전압을 시행하여 이상이 없어야 한다.

다) 온도 안정 시험

- 전류 250A 조건에서 48시간 동안 시험 후 누설이 없고 용량이 기준치 이내인지 확인한다.

라) 무게 측정

- 15kg 이내인지 확인한다.

4) 컨택터 (K-CHK)

(1) 시험 항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험	비고
1	무부하 기계적 내구성 시험	○	○	
2	내전압 시험	○	○	
3	온도 상승 시험	○	-	

(2) 시험 방법

가) 무부하 기계적 내구성 시험

- 코일 공급전압이 올바른지 확인한다.
- 20회 반복시험을 시행한다.(0.55Un=39.6Vdc, 1.25Un=90Vdc), (Un: 정격 코일 입력전압 72Vdc)
- 동작시 한번에 시행이 되어야 하고, 구속되는 상태가 되지 않아야 한다.
- 최대 동작 전압 (1.25Un=90Vdc)에서 전압을 서서히 감소시켜 접촉기가 석방되는 전압이 0.1Un(7.2Vdc) ~ 0.3Un(21.6Vdc) 인지 확인한다.
- 코일 저항치를 측정한다.(기준치 470Ω±10%)

나) 내전압 시험

- 아래 조건으로 1분간 시험하여 이상이 없어야 한다.

항 목	인가 전압	비고
Pole and pole	4,700V	
Poles to ground aux	6,000V	
Aux to ground	2,000V	

다) 온도 상승 시험

시험조건은 60A에서 온도가 포화될 때까지 수행하여 이상이 없어야 하고, 외기 온도와의 차이가 70℃ 이하이어야 한다.

5) Line Contactor(LK)

(1) 시험 항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험	비고
1	겉모양 및 기계적 확인 검사	○	○	IEC60077
2	무부하 기계적 내구성 시험	○	○	
3	내전압 시험	○	○	
4	온도 상승 시험	○	-	

(2) 시험 방법

가) 외관 및 기계적 확인 검사

- 모든 작동은 취부시에 수행된다.

- 볼트 및 너트가 올바르게 취부되어 있는지 확인한다.
- Pole, aux contact들이 유동적인지 확인한다.
- 마찰 또는 장애가 되는 것이 있는지 확인한다.
- 필요시 주요 contact의 gap을 확인한다.

나) 무부하 기계적 내구성 시험

- 코일 공급전압이 올바른지 확인한다.
- 20회 반복시험을 시행한다.(0.55Un=39.6Vdc, 1.25Un=90Vdc), (Un: 정격 코일 입력전압 72Vdc)
- 동작시 한번에 시행이 되어야 하고, 구속되는 상태가 되지 않아야 한다.
- 최대 동작 전압 (1.25Un=90Vdc)에서 전압을 서서히 감소시켜 접촉기가 석방되는 전압이 0.1Un(7.2Vdc) ~ 0.3Un(21.6Vdc) 인지 확인한다.
- 코일 저항치를 측정한다.(기준치 103Ω±10%)

다) 내전압 시험

- 아래 조건으로 1분간 시험하여 이상이 없어야 한다.

항 목	인가 전압	비고
Pole and pole	4,700V	
Poles to ground aux	6,000V	
Aux to ground	2,000V	

라) 온도 상승 시험

- 시험조건은 1,300A에서 온도가 포화될 때까지 수행하여 이상이 없어야 하고, 외기 온도와의 차이가 70℃ 이하이어야 한다.

6) 계전기 필터 판넬 (Relay Filter Panel)

(1) 시험항목 및 구분

번호	시험 항목	형식시험	전수시험	비고
1	겉모양 검사	○	○	
2	릴레이 동작 시험	○	○	
3	절연 저항 시험	○	○	
4	내전압 시험	○	○	
5	제어전원 변동 특성 시험	○	○	

(2) 시험 방법

가) 외관 검사

- 볼트 및 너트가 올바르게 체결되어 있는지 확인한다.
- 유해한 흠, 녹, 변형이 있는지 확인한다.
- 치수 검사를 한다.

나) 릴레이 동작 시험

- 지그를 이용하여, 릴레이 판넬에 전원을 인가한다.
 - 각 릴레이를 구동시켜, 코일이 여자 되는지를 확인하기 위해 지그에 설치된 LED가 ON되는지 확인한다.
- 다) 절연 저항 시험
- 전원단자와 Frame 간에 DC 500V를 인가하여, 절연저항이 30MΩ 이상이어야 한다.
- 라) 내전압 시험
- 전원단자와 Frame 간에 AC 1500V/60Hz를 1분간 인가하여 이상이 없어야 한다.
- 마) 제어전원 변동 특성 시험
- 계전기 필터 판넬에 외부 Power Supply를 연결하고 제어 전원을 DC 50V, DC 72V, DC 90V로 변경시키고 각각의 전압에서 릴레이가 정상적으로 동작하는지 확인한다.

4.3 검사방식과 품질 합격수준

4.3.1 검사방식

- 1) 겉모양검사 및 치수검사는 전수검사 한다.
- 2) 4.2.2 및 4.2.3의 형식시험은 1회 발주분을 1로트로 하여 1대를 발취 시행하며, 각 보드별 단품계약시 제어유닛 1Set 및 시험기를 제작해 시험하여 이상이 없어야 한다.

4.3.2 품질 합격수준

겉모양 검사, 치수검사 및 각종 시험결과가 본 규격에 적합할 때 합격으로 한다.

5. 하자보증

- 5.1 하자보증기간은 납품일로부터 3년으로 하며 하자보증률은 3/100으로 한다.
- 5.2 하자보증기간에 관계없이 설계, 재료, 제작상의 결함 등으로 고장이 발생했을 경우 계약자는 최단 시간 내에 무상으로 수리 또는 대체하여 정상적인 기능을 확보하여야 한다.
- 5.3 하자기간 내 발생된 불량개소가 설계, 제작 등의 결함으로 전 차량을 수리 또는 교체한 경우 하자보증 기간이 재개된다.

6. 기타사항

- 6.1 계약자는 납품 시 유지보수 매뉴얼 및 모니터링 프로그램을 제출하여야 한다. 다만 공사에 기 제공한 경우는 예외로 한다.
- 6.2 납품 후 유지보수 매뉴얼 또는 프로그램을 수정한 경우 공사의 유지 보수를

위해 전체 또는 변경부분을 재 제출하여야 한다.

6.3 시험의 면제

최근 3년 이내에 한국철도공사와 계약되어 시험한 공인기관 시험성적서가 있을 경우 시험을 면제할 수 있다. 그러나 3년이 경과되고 국내에서 시험이 불가능한 부품에 대해서는 철도공사의 고속차량에 기 적용되어 성능과 신뢰성이 검증이 되었을 경우 부품제작사의 성적서로 부품시험을 대신 할 수 있으나, 최종 판정은 다른 구성품과 종합시험을 시행하여 결정한다. 다만, 위 사항 모두 성능에 영향을 주는 설계변경이 있을 경우는 시험을 해야 한다.

7. 포장 및 표시

7.1 포장재료

- 1) 내부 : 비닐 및 완충재
- 2) 외부 : 목재상자 등

7.2 포장방법

제품을 1대 단위로 내부를 방습 비닐포장하고 상자에 넣어 운반도중 손상되지 않도록 견고히 포장한다.

7.3 표시

1) 제품표시

제품표면의 사용상 지장이 없는 곳에 제조회사명, 제품 제조년월, 일련번호, 자재번호 및 정격을 각인한 명판을 취부하여야 한다.

2) 포장표시 및 제품명 표시

제조회사명, 제품 제조년월, 상하표시, 취급상 주의, 자재번호 등을 표기한다.

부록 : 전자파 성능평가 기준

수준	성능평가 기준
A	시험 중이거나 시험 종료 후에도 당해 기기의 사양에서 정한 성능을 유지하는 상태 - 시퀀스 동작모드에서 제어기가 정상동작한 상태에서 전자파 인가시험을 실시한다. 전자파 파형이 제어기에 인가되어도 제어기가 전혀 오동작을 하지 않는 상태를 말함
B	시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 정상적으로 동작하는 상태 - 전자파 파형이 제어기에 인가될 때는 제어기가 오동작을 하지만 인가된 전자파 파형이 사라지면 제어기는 정상동작 함을 말함

시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험종료 후 전원 개폐 또는 재시동 등에 의해 정상적으로 복원되는 상태

C

- 전자파 파형이 제어기에 인가될 때는 제어기가 오동작을 하며 인가된 전자파 파형이 사라져도 제어기가 정상 동작을 하지 못하여 제어기의 전원을 Off/On의 리셋에 의해 재동작하는 경우를 말함