고속전철용 보조전원장치 시스템 조합시험
Combined test of Power Supply System for Korean High Speed Train

조현욱* 김연충** 김태환†** 장경현** 김철호***
Cho, Hyun-Wook Kim, Yuen-Chung Kim, Tae-Hwan Jang, Kyung-hyun Kim, Chul-ho

ABSTRACT

Electrical Power supply System conditions of korea high speed train consists of main transformer, four AC-DC PWM converter of Auxiliary Block , Battery Charger in Power Car and Trailer Car, Trailer Inverter, Auxiliary inverter.

Main transformer ,at nominal voltage of 25kv supplied to secondary winding nominal output Voltage 383Vac, The Auxiliary block consists of AC-DC converters for generating 670VDC power, Auxiliary inverters for ventilation and air compressor, Trailer car inverter provide three phase power supplies at 440Vac for air conditioning and heating .The Battery charger Trailer and Power car supplies 72VDC all necessary equipment to energize the trainset equipment and suppy essential control.

This Paper introduces the combined test results of the power supply system for korea high speed train. The main purpose of this combined test is to verify the performance of the power supply system that is designed to operate up to full load test.

***Keywords* :** Power Supply System, Combined test, Interface verification test

1. 서 론

철도는 안전성, 대량수송, 고속,에너지 절약면에서 많은 장점을 가지고 있으며 대중교통 수단으로써 각국의 초미의 관심사로 떠오르고 있다.

특히 전기 철도의 최근 가장 각광받는 교통수단으로 부각되어 대량, 고속 수송이라는 철도 고유의 장점을 유감없이 발휘하고 있으며,프랑스, 독일,일본 등의 국가를 중심으로 고속화,경량화,에너지 절약등에 대한 연구가 경쟁적으로 추진되게 되었다. 이에 국내에서는 정부의 적극적인 국책사업의 결과로 1996년부터 시작되어 한국형 고속차량개발을 성공적으로 개발되어 실용화 단계에 도달하게 되었으며 현재 한국형 고속차량개발을 근간으로 신규 고속차량 양산화를 추진할수 있게 되었고, 전장품의 신뢰성 확보를 하기 위하여 각 단품의 철저한 성능 시험외에도 각 장치간 인터페이스 성능 확보가 요구되나 이를 실차에서 적용하기에는 안전과 비용면에 많은 어려움이 있다.

* (주)현대로템 기술연구소 전장품개발팀 주임연구원, 비회원
†** (주)현대로템 기술연구소 전장품개발팀 선임연구원, 비회원
E-mail : kth@hyundai-rotem.co.kr
TEL : (031)460-1253 FAX : (031)460-1787
*** (주)현대로템 기술연구소 전장품개발팀 수석연구원, 정회원

본 논문에서는 한국형 고속차량의 보조전원장치 시스템 통합 시험에 대해서 소개하고 통합시험의 목적은 다음과 같다.

- 보조전원장치의 성능 신뢰성 향상 및 보완
- 보조전원장치의 각 장치별 인터페이스 성능 검증 및 보완
- 보조전원장치의 종합적인 검증 방법

본문에서는 주변압기와 보조전력변환장치, 보조인버터, 객차용인버터, 객차용 밧데리 차처, 동력차용 밧데리 차져, 동력차용 밧데리, 객차용 밧데리를 서로 연결하여 인터페이스부와 제어회로로 구성되는 차량의 전체 통합시험을 통한 사전 성능 확보를 하는데 목적이 있다.

2. 보조전원 시스템 조합시험 구성

2.1 시스템 기본 사양

한국형 고속열차의 보조전원 시스템의 구성은 가선 25kV를 383Vac 전원으로 변환시켜주는 주변압기, 383Vac전원을 입력받아 DC670V로 전력변환시키는 보조전력변환장치, DC670V를 입력으로하는 축전지 충전기, 객차용 인버터, 보조인버터 장치들이라 말할 수 있다.
보조전력변환장치는 AC/DC 컨버터 장치이며, 2군 2병렬운전 구조로 구성되어 있고 DC 670V의 안정된 전원을 축전지 충전기, 객차인버터, 보조인버터, 모터블럭의 VTI 및 객실 히터 등에 전원을 공급한다.

축전지 충전기는 객차 및 동력차에 탑재되어 축전지에 직류전원을 충전시켜서 차량에 필요한 직류전원 DC 72V를 안정되게 공급하는 역할을 하고, 객차용 인버터는 에어컨, 운전실 난방기 및 부속실 난방기등에 안정된 전원을 공급하는 장치로 DC 670V를 입력하여 3상 440Vac로 출력한다.

보조 인버터는 보조전력변환장치 내부에 설치되어 보조전력변환장치용 팬, 주변압기 냉각용 팬, 주변압기 오일펌프용 팬, 동력차 압축기용 전동기 부하등에 구동 전원을 공급하는 VVVF 용 인버터 이다.

그림1은 보조전원 시스템 구성도이며 표는 주요 장치별 사양이다.

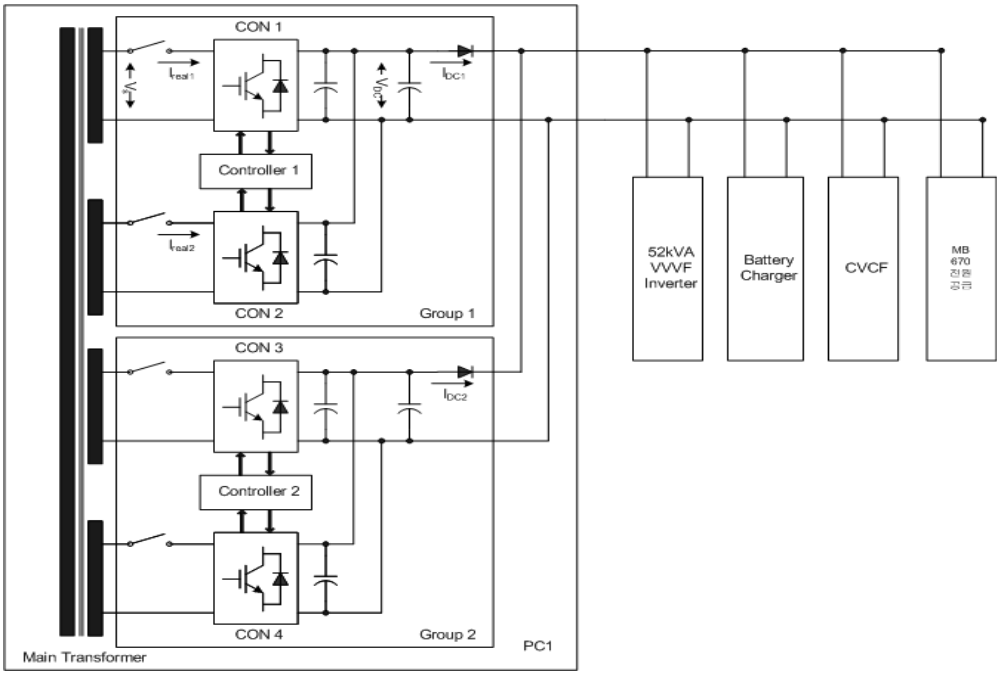

그림 1 보조전원시스템 구성도

Fig 1 Diagram of Auxiliary Power Supply

표1은 주변압기의 주요 사양으로서 조합시험을 갖추기 위해서는 1차측에 MCB를 설치하여 주변압기 1차측에서 전원을 받아 3차측의 보조권선으로 383VAC로 변환되어 보조전력변환장치에 공급한다.

표1 주변압기 상세 사양

Table 1. Specification of Main Transformer

권선 / 정격	1차(고압)권선	2차(견인)권선	3차(보조)권선
	연속정격		
상수 [Φ]	1		
주파수 [Hz]	60		
용량 [kVA]	6,200	1,300 ×4권선	250 ×4권선
전압 [V]	25,000	1,400	383
전류 [A]	248	920	653

표2는 보조전력변환장치 주요 사양으로서 주변압기 3차권선으로부터 383VAC로 전원을 공급받아 컨버터를 통하여 DC 670V을 각 주요 장치인 보조인버터, 객차용 인버터, 축전지 충전기에 서비스 전원을 공급한다.

표2 보조전력변환장치 주요 사양

Table 2. Specification of Auxiliary Block

구 분		성 능	비 고
가선 공칭 전압		AC 25[kV] (19[kV] ~ 29[kV]), 60[Hz]	
입력	정격 전압	단상 AC 383[V], 60[Hz]	
	전압 변동범위	단상 AC 289[V] ~ AC 441[V]	
	정격 전류	634[A]/Converter	
	정격 용량	250[kW]/Converter	
출력	정격 전압	DC 670[V] ±50[V]	

표3은 보조인버터 주요 사양으로서 보조인버터는 보조전력변환장치내의 컨버터를 통하여 DC 670V전원을 공급받아 주파수 60Hz에 AC 380V로 주변압기 오일펌프 팬, 냉각용 팬, 보조전력변환장치내 냉각팬, 컴퓨레셔용 팬등을 돌린다.

표3 보조인버터 주요 사양

Table 3. Specification of Auxiliary Inverter

구 분		성 능	비 고
정격 입력 전압		DC 670[V] ±50[V]	
출력	정격 전압	AC 0[V]~380[V] / 0~ 60[Hz]	
	정격 용량	52[kVA]	
	회로 방식	3상 IGBT 인버터 PWM방식	

표4는 객차용 인버터 주요 사양으로 보조전력변환장치내 컨버터를 통하여 DC 670V전원을 공급받아 AC 440V로 인버터해서 에어컨 ,부속실 난방기등에 공급을 한다.

표4 객차용 인버터 주요 사양

Table 4. Specification of Trailer Inverter

구분		성능	비고
입력	정격 전압	DC670[V] ±50[V]	
	정격 전류	634[A]	
출력	형식	3∅, 3선식	
	정격 전압	AC440[V](+5%, -10%)	
	정격 전류	590[A]	
	주파수	60[Hz] ±1[Hz]	
용량	정격	450[KVA] (연속정격)	

2.2 보조전원시스템 시험 사양

보조전원 시스템 성능 시험안은 조합시 장치별 확인 성능 시험으로 구성되어 진다. 초기에 각 장치의 인터페이스여부를 확인하기 위하여 제어 시퀀스 시험을 수행하고 보조전력변환장치의 컨버터를 정상적으로 기동한후 각 군별 시험을 시행한다. 또한 1,2군 동시에 컨버터를 살리고 보조인버터 1,2,3,4번이 정상적으로 기동되는지를 확인한다. 보조전력변환장치가 정상적으로 기동을 한후 출력전압은 객차용 인버터와 객차용 축전지 충전장치와 동력차용 축전지 충전장치를 기동시켜 각 장치가 정상적으로 동작되는지를 확인하는 시험이다.

표5 보조전원시스템 시험 사양

Table 5. Test Specification of Auxiliary Power Supply

시 험 항목	시험 목적	비고
제어 시퀀스 시험	가압상태에서 장치 컨텍터가 ON되고 게이트 신호가 출력되는지를 확인하고 스위치 OFF시 차단되는지를 확인함.	
컨버터 각 군별 시험	무부하상태에서 1군 또는 2군동작시 관련된 하부장치인 보조인버터, 객차용 인버터,축전지 충전장치가 동작되는지를 확인함.	
1,2군 동시 기동 시험	1군, 2군 동시기동시 관련된 하부장치인 보조 인버터, 객차용 인버터,축전지 충전장치가 동작됨을 확인하고 1군,2군간 부하분담을 확인함.	
보조 인버터 기동 및 정지 시험	보조인버터와 관련된 주변압기 오일펌프 팬 , 냉각용 팬과 연결하여 연장급전 컨텍터 동작 및 오일 펌프 절환여부를 확인함.	
객차용 인버터 기동 및 정지 시험	1,2군 보조전력변환장치 기동시 객차용 인버터 정상적인 출력 부하공급기능 확인함	
축전지 충전장치 시험	정상기동시 축전지 충전장치내 모듈이 각각 정상적으로 부하분담이 이루어지는를 확인하며 축전지와의 연결시험을 통하여 정상적인 동작이 가능한지를 확인함.	

3. 보조전원 시스템 조합시험 결과

구성된 조합시험은 통합 시험설비를 사용하여 실제 현차 조건과 유사하게 시험을 실시하였으며 그 결과를 소개하면 다음과 같다.

먼저 그림 2번은 주변압기에 전원을 투입한후 보조전력변환장치에서 컨버터링되어 출력전압을 형성하기 위한 제어 시퀀스의 파형을 보여주고 있으며 제어시퀀스의 조건은 차량의 전원투입조건 Run 신호를 받아서 이 입력신호에 의해서 충전 컨텍터(CHK)가 동작을 하고 충전전압이 설정 전압보다 높을때 입력 컨텍터(LK)가 동작한다. 이때 충전컨텍터를 차단하고 충전 종료후 PWM 제어를 통하여 출력전압이 형성되는 과정이다. 또한 그림 3과 같이 보조컨버터를 돌렸을때 보조인버터 동시에 시퀀스가 동일한 패턴으로 형성이 되는지를 확인한다.그림 4에서는 보조전력변환장치와 부하를 연결하여 부하 1000KW를 투입하였을 경우 컨버터 1,2군 동시 기동시 관련된 하부장치인 보조인버터, 객차용 인버터, 축전지 충전기를 정상적으로 동작시키고 보조전력변환장치의 입력 전류 및 출력전류가 부하분담이 이루어 지는지를 확인할 수가 있다.첨부된 그림과 같이 부하를 인가한 상태에서 측정한 결과로서 부하 분담의 정도를 확인하기 위해 각 군별 Blocking Diode 전단에 흐르는 전류를 측정하였다. CH3과 CH4의 결과에서 확인할 수 있듯이 순시값들은 약간의 오차가 존재하지만 평균적인 값은 거의 일치하고 있으며, 순시적으로 한 군의 출력전류가 낮아질 경우에는 다른 군의 출력전류가 상승하여 전체적인 부하 공급은 원활한 것으로 판단이 된다. 따라서, 보조전력변환장치 내 2개 군의 PWM Converter는 부하 분담이 균형적으로 이루어지고 있음을 알 수 있으며 적용한 병렬운전 방법의 타당성을 확인할 수 있다.

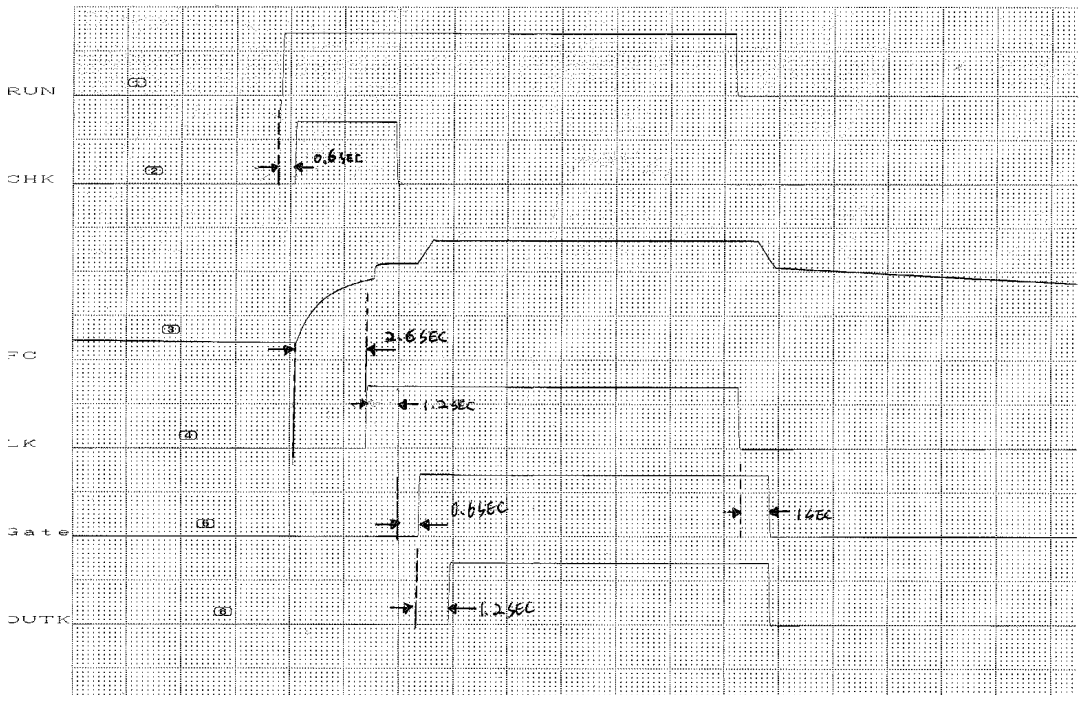

그림 2. 보조전력변환장치 시퀀스

Fig 2. Sequence of Auxiliary Block

그림 3에서는 초기 보조전력변환장치 기동시 정상조건의 RUN신호를 보조인버터의 기동 조건으로 설정하여 보조인버터 1,2,3,4번의 CHK 충전컨텍터의 접점신호가 동일하게 나타난것을 볼수가 있으며 또한 보조인버터의 출력전압이 형성되는것을 볼수가 있다.

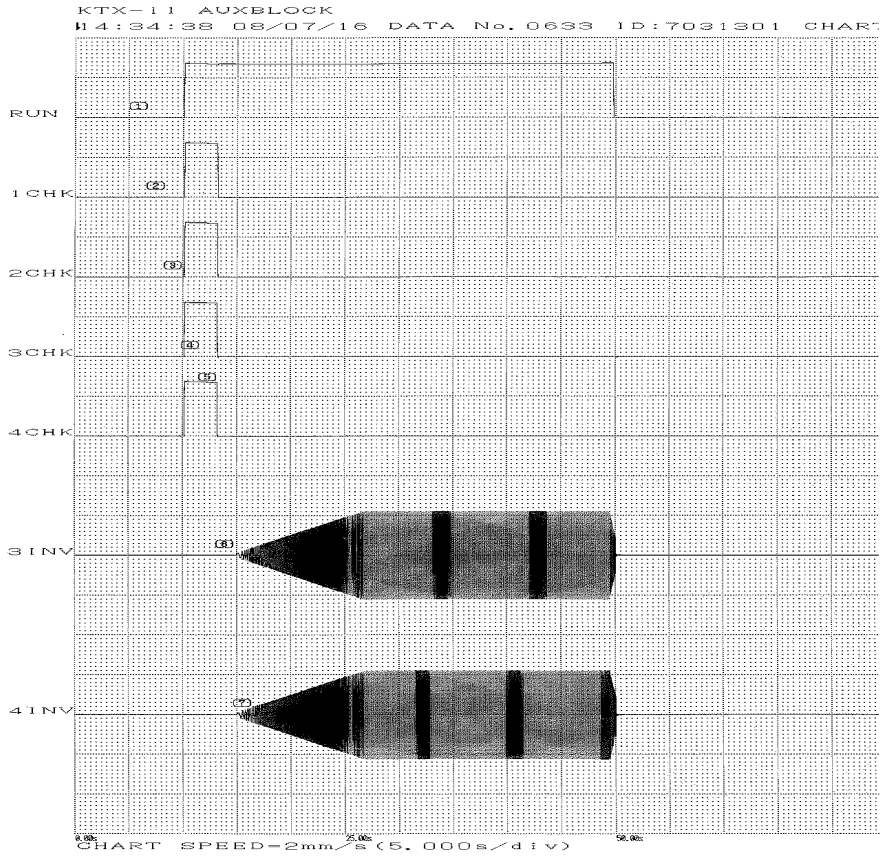

그림 3. 보조인버터 시퀀스

Fig 3. Sequence of Auxiliary Inverter

그림 4에서는 보조전력변환장치내 컨버터 입력전류 및 출력전류치를 오실로 스코프로 측정을 하였으며 장치내 1,2군의 컨버터의 부하 분담을 통하여 입력전류치와 출력전류치가 동일한 값을 형성되는 것을 알수가 있다.

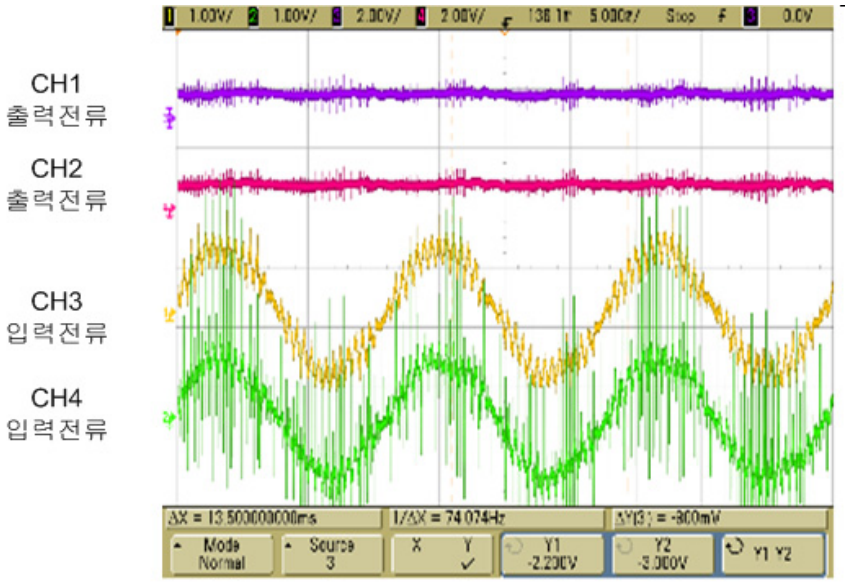

그림 4. 1,2군 동시 기동 시험

Fig 4. Simultaneous test of 1,2 group converter

4. 결론

본 논문에서는 한국형 고속전철의 보조전원장치 시스템 통합성능을 검증하기 위해서 각장치별 보조전력변환장치,객차용 인버터, 축전지 충전기의 제어 및 시스템 조합시험을 논하였다.

시스템 조합시험은 각 구성품들의 조합을 통하여 다양한 시험 및 검증이 이루어 졌으며, 시험항목별로는 구성품별 제어 로직, 보조전력변환장치 부하 분담 , 장치간 인터페이스 기능 시험 및 성능 입증 시험등을 통하여 시스템 조합시험 신뢰성 확보를 하였다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원(1997) “보조전원장치 개발 1차년도 년차 보고서” , 건설 교통부
2. 한국건설기술연구원(2001) “보조전원장치 개발 2단계 2차년도 보고서,” 건설 교통부
3. 김연충(1997) “고속전철 보조전원장치용 PWM 컨버터의 병렬운전에관한 연구” 전력전자학회
4. 장경현(2007) “고속전철용 보조전력변환장치 1,2군 동시기동 ” 한국철도학회