

고속철도용 보조컨버터의 특성 분석

한영재*, 이태형*, 김기환*, 구훈모*, 장경현**, 이병석**
 한국철도기술연구원*, ROTEM**

A Study on Characteristics Analysis Auxilliary Converter for High Speed Train

Young-Jae Han, Tae-Hyoung Lee, Ki-Hwan Kim, Hun-Mo Goo
 KRRI(Korea Research Railroad Institute)

Abstract - 보조컨버터는 철도차량의 전체 성능을 좌우하는 매우 중요한 요소이다. 두 장치에 대한 다양한 성능을 평가하고 진단하기 위해 상시계측 시스템을 구축하였다.

상시계측시스템을 통해 보조컨버터에 대한 계측 및 분석을 통한 시험평가와 동시에 완성차시험이나 본선시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내고 해결하는데 많은 도움을 주고 있다. 본 논문에서는 상시계측 시스템을 통해 보조컨버터에 대한 고장진단을 실시한 연구내용에 대하여 기술하였다.

1. 서 론

철도차량을 이용한 교통시스템은 다른 대중교통 수단이 한계에 이르면서 그 수요가 증가하고 있다. 철도차량에 대한 공급이 증가함과 동시에 안전성과 신뢰성에 대한 확보가 그 어느 때보다도 더 절실히 요구되고 있다.

고속철도는 수많은 하이테크 기술의 결정체이며, 이 중에서도 보조전원장치를 포함한 각 전장품은 차량의 성능을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 이러한 전장품들에 대한 다양한 성능을 평가하고 진단하기 위해 상시계측 시스템을 구축하여 활용하고 있다.

이러한 계측장비들은 여러 전장품에 대한 계측 및 분석을 통한 시험평가와 동시에 완성차시험이나 본선시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내고 해결하는데 많은 도움을 주고 있다.

본 연구에서는 시운전시험을 수행하기 위해 자체적으로 개발된 상시계측 시스템을 이용하여 보조전원장치와 타장치와의 신호를 비교하여 보조전원장치의 성능을 평가하고 고장을 진단하였다.

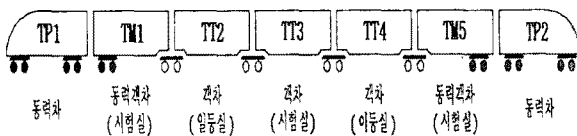
2. 본 론

2.1 보조컨버터의 기능 및 주요사양

보조전원장치는 가선으로부터 AC 25kV, 60Hz의 전압을 수신하여 주변압기 보조권선을 통해서 감압(AC 380V)한 교류전압을 Aux. Block내에 있는 전력변환장치인 PWM 컨버터를 통하여 DC 670V를 만든다. 이 직류전압은 열차의 견인장치와 주변압기, 보조 블록, 견인 전동기 등의 냉각 Fan 구동용 인버터의 전원, 그리고 승객서비스를 통한 냉난방장치 등과 오일 펌프용 전동기, 공기 압축기 등을 구동하기 위한 CVCF인버터 전원, 견인장치의 제어기 등 각종 제어장치에 안정된 전원을 공급하기 위한 Battery Charger 구동을 위한 전압을 만들어준다.

2.1.1 보조전원시스템의 배치

그림 1은 한국형 고속철도차량의 시제차량 7량 편성과 각 차량에 취부되는 보조전원장치의 종류를 보여준다.



- TP = 동력차 (Power Car) - TM = 동력객차 (Motorized Trailer) - TT = 객차 (Trailer)

〈그림 1〉 한국형 고속철도 보조전원시스템 배치도

- 동력차용 Aux. Block : TP1, TP2
- 동력객차용 Aux. Cubicle : TM5
- 객차용 Battery Charger : TT3
- 객차용 Inverter(CVCF) : TT4
- 동력차용 Battery Charger : TP1, TP2, TM5
- 동력차용 Inverter(VVVF) : TP1, TP2, TM5

2.1.2 보조 컨버터 시스템

주변압기의 보조권선인 2차권선으로부터 교류 입력 전압을 직류전원 DC 670V로 전력변환 할 수 있는 IGBT를 사용한 PWM 컨버터로 구성되어 있

으며, 직류 출력단 필터 캐패시터의 초기 충전을 위한 충전부는 충전용 접속기와 충전저항으로 이루어졌다.

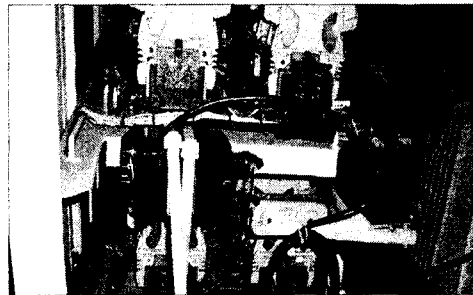
주차단기, 전력변환을 위한 전력변환장치는 4개의 Power Module로 이루어진 다중병렬 회로로 구성되어 있다. 보조컨버터에서 1개의 Power Module에 불의 사고로 인한 고장이 발생하게 되면, 고장 발생한 Power Module의 컨버터 군(Converter Group)은 컨버터의 부하와 분리되어 정상 운전중인 나머지 다른 Power Module의 컨버터 군(Converter Group)으로 정상운전을 할 수 있도록 2군 2병렬 운전 회로방식으로 구성되어 있다.

또한 대용량의 PWM 컨버터는 정격용량의 한계로 인하여 병렬운전 회로를 사용함으로써 대용량의 부하에 대응할 수 있는 컨버터 시스템을 구성할 수 있으며, 이와 같은 병렬운전으로 단일운전시 보다 전원측 전류의 리플, 조파를 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 표 1은 보조컨버터의 주요 사양을 보여준다.

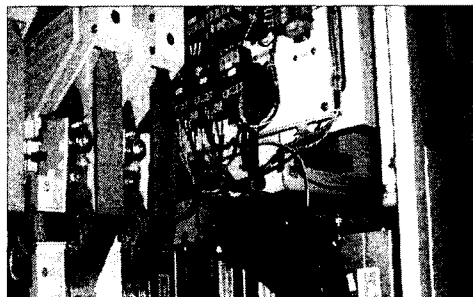
2.1.3 신호속정용 센서와 장치

그림 2와 그림 3은 동력차에 설치되어 있는 Auxiliary Block 컨버터의 성능과 특성을 파악하기 위해 설치한 입력력 전압/전류 센서를 보여준다. 모두 2대의 Auxiliary Block 컨버터가 한국형 고속철도에 취부되어 있으며, 차량에서 필요로 하는 대부분의 보조전원을 공급해준다.

전기신호 변환시스템을 구성할 경우에는 전압, 전류, 속도 등 각종 센서로부터 입력된 신호는 단자대를 거쳐 변환기로 입력된 후에 신호변환과정을 거쳐 계측장비에 전기신호가 입력되도록 되어있다. 단자대는 센서, 전원 공급기 및 변환기에 연결되는 신호선들이 전기적으로 연결될 수 있도록 하는 기능과 시제차량이 분리될 경우 차량간에 길게 연결된 선들의 분리가 용이하게 하는 기능이 있다.



〈그림 2〉 보조컨버터 입력력 전압센서



〈그림 3〉 컨버터 입력 전류센서

〈표 1〉 보조컨버터의 주요 사양

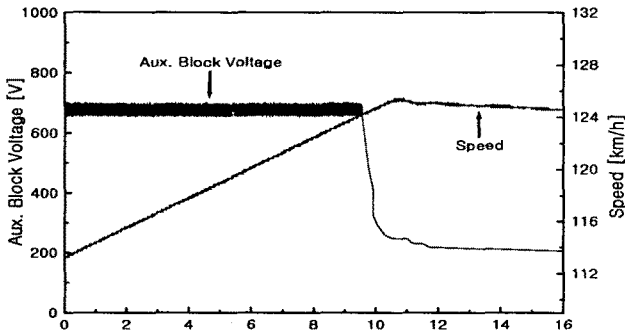
구분	항 목	내 용
형식	주회로방식	IGBT 다중 병렬 컨버터
	제어 방식	PWM 제어
	운전 방식	2군 2병렬 Redundancy
	냉각 방식	Heat Pipe + 송풍기에 의한 강제냉각
입력	정격 전압	25kV/380V, 단상 60Hz
	동작 범위	19~27.5kV(변압기 1차 전압)
	정격 전류	921A/Converter
	입력 역률	0.98
출력	정격 용량	1.4MW(350kW×4병렬)
	출력 전압	DC 670V±50V
	출력 전류	2089.6A
효율	97%이상(정격에서)	

2.2 시험결과

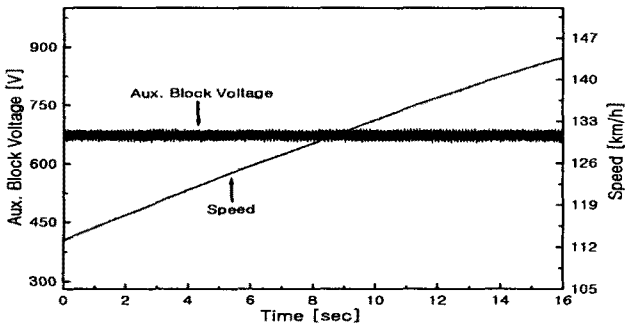
한국형 고속전철의 경우, 보조전원장치 컨버터가 가동을 정지하면, Motor Block(이하 MB)을 냉각시켜 주는 냉각팬 구동용 인버터에 전원을 공급하지 못해, 냉각팬이 돌지 않아서 MB도 가동을 멈추게 되어있다. 따라서 MB 이 운행을 정지하면 자연히 차량의 속도도 줄어들게 된다.

그림 4를 통해 보조전원장치 출력전압이 떨어진 시점을 기준으로, 약 1초 뒤부터 차량의 속도가 낮아진 것을 볼 수 있다. 이와 같은 현상을 통해 보조전원장치 컨버터와 battery charger 등의 고장은 주변압기, 추진장치의 고장으로 이어진다는 것을 보여준다.

그림 5는 프로그램을 수정하고 노이즈를 제거하는 등의 보완 조치를 한 후에 보조전원장치 출력전압을 측정 한 결과이다. 보조전원장치 출력전압이 안정적으로 동작하고 기준치 이내에 있는 것을 알 수 있다.



〈그림 4〉 보조전원장치 고장시의 속도 파형

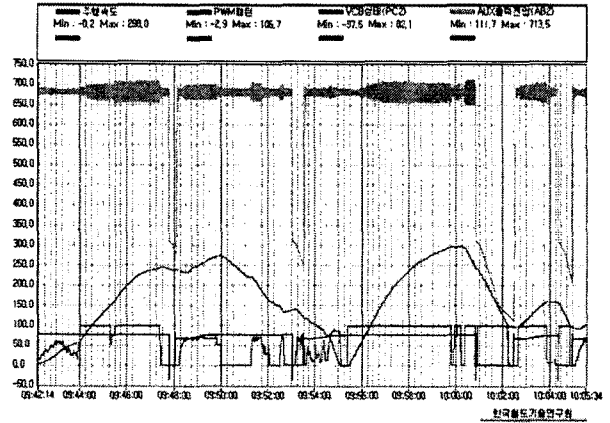


〈그림 5〉 정상시의 보조전원장치 출력전압 파형

보조전원장치에 대한 성능확인을 위해 부하변동시험을 실시하였다. Aux. Block 2호기를 차단하고 Aux. Block 1호기만을 가동하며 신진구간에서 시험을 수행하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이, Aux. Block 2호기를 차단하고 차량을 기동하여 차량속도가 60km/h가 될 때, 견인력을 최대로 올렸다. 100km/h가 되면 HVAC를 기동하고, 300km/h가 되면 30초간 정속 주행하였다. 30초간 흐른 뒤 100% 회생제동을 체결하여 100km/h까지 감속하였다. 100km/h 정속주행을 한 후에, 100km/h에서 160km/h가 될 때까지 최대 견인하여 30초 동안 유지하였다. 30초 경과 후에 VCB를 차단하여 저상제동을 체결하였다. 열차속도가 100km/h에 도달하면, 제동력을 25%로 체결하여 열차정지 후, 제동을 완해하고 VCB를 투입하였다.

이런 운행패턴으로 차량을 운행하며 Aux. Block에 대한 악조건을 만들

수 있었다. 이를 통해서 최악의 상황하에서도 부하분담이 가능한가를 판단할 수 있었다. 한국형 고속열차 Aux. Block의 경우에는 열악한 차량조건하에서도 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.



〈그림 6〉 연장급전시의 Aux. Block 2 전압

3. 결 론

보조컨버터는 차량의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 매우 중요한 요소이다. 따라서 이 장치에 대한 특성을 확인하는 것은 차량의 안전운행과 정상성 확보를 위해 중요한 요소라고 볼 수 있다.

본 논문에서는 한국형 고속철도 시운전시험을 통해 보조컨버터의 특성을 파악하기 위해 상시 계측시스템을 구성하였다. 이를 통해 보조컨버터의 성능평가와 고장진단을 실시하였다. 시운전 초기에는 시험결과에서 볼 수 있는 것처럼, 보조전원장치의 고장으로 추진시스템의 가동이 중단되어 속도가 갑자기 떨어지는 문제가 있었지만, 프로그램 수정과 노이즈 저감을 통해 고장원인을 없앤 후에는 안정적으로 보조컨버터가 동작하는 것을 볼 수 있다.

또한 부하변동시험을 통해 최악의 조건하에서도 보조컨버터가 정상 동작하는 것을 확인하였다. 향후에는 보조컨버터와 CVCF, VVVF 인버터, Battery Charger와의 인터페이스 특성에 대해 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

【참 고 문 헌】

- [1] Paolo Masini and Giovanni Puliatti, "Virtual Acquisition Systems for Global Analysis (VASGA) in Experimentation", WCRR, pp.279~286, 1997.
- [2] Y.J.Han et al., "A study on traction system characteristics of high speed train", pp. 1720~1723, ICCAS 2003
- [3] 한영재의 4명, "고속철도차량용 전기장치의 온도특성에 관한 연구", 2003년도 12월 특별호, pp. 1210~1216, 전기전자재료 학회지
- [4] 한영재의 4명, "고속철도 전기장치의 특성에 관한 연구", 2003. 4, pp. 435~437, 대한전기학회 춘계학술대회