

한국형 고속열차 보조컨버터 성능 특성에 관한 연구

한영재*

*한국철도기술연구원

A Study on Performance Characteristics for Auxiliary Converter of Korean High Speed Train

Young-Jae Han*

*Korea Railroad Research Institute

Abstract - As the on-board electric devices determine the performances of vehicles, production of reliable devices is important. To keep the reliability of devices constant, management of performance evaluation of the on-board devices is crucial. Because temperature has a serious effect on failures of the components of the devices, its measurement is the first step for good management.

In this study, we described performance characteristics of domestic auxiliary block developed through G7 project. We measured the performances of auxiliary block during test running by the developed on-line measurement system.

After we save the input real-time data from each signal of Korean High Speed Train through the network line, we can acquire necessary information through post-processing program. We verify the auxiliary converter characteristics of Korean High Speed Train by this system.

1. 서 론

고속철도는 수많은 하이테크 기술의 결정체이며 이 중에서도 보조전원장치, 주변압기, 전력변환장치 등을 비롯한 주요 전기장치들은 차량의 성능을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 항공기와 선박 등 타교통수단과 비교하여 철도차량은 정시성, 안정성, 경제성 및 환경친화성의 장점을 가지고 있기 때문에 앞으로도 철도차량에 대한 의존도가 더욱 높아진 것으로 예상된다.

선진국의 차량과 부품업체들은 제작된 차량과 부품에 대한 성능을 확인하기 위해 계측시스템을 최대한 활용하고 있다. 이러한 계측장비들은 여러 전장품에 대한 계측 및 분석을 통한 시험평가와 동시에 완성차시험이나 본선 시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내고 해결하는데 많은 도움을 주고 있다.

본 연구에서는 시운전시험을 수행하기 위해 자체적으로 개발된 상시계측시스템을 이용하여 보조전원장치에 대한 성능평가 및 고장을 진단하였다.

2. 본 론

2.1 Aux. Block 기능 및 주요 사양

보조전원장치는 가선으로부터 AC 25kV, 60Hz의 전압을 수전하여 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 승객 서비스를 통한 냉난방장치 등과 오일 펌프용 전동기, 공

기 압축기 등을 구동하기 위한 CVCF인버터 전원, 견인 장치의 제어기 등 각종 제어장치에 안정된 전원을 공급하기 위한 Battery Charger 구동을 위한 전압을 만들어 준다.

가. 보조 컨버터 시스템

주변압기의 보조권선인 2차권선으로부터 교류 입력 전압을 직류전원 DC 670V로 전력변환 할 수 있는 IGBT를 사용한 PWM 컨버터로 구성되어 있으며, 직류 출력단 필터 캐패시터의 초기 충전을 위한 충전부는 충전용 접촉기와 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, 고조파를 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 표 1은 보조컨버터의 주요 사양을 보여준다.

표 1. 보조컨버터의 주요 사양

구분	항 목	내 용
형식	주회로 방식	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
효 율		97%이상(정격에서)

나. VVVF 인버터

52kVA IGBT VVVF 인버터는 고압 직류전원을 3상 교류전원으로 변환시키며, 출력전압과 주파수는 고정 또

는 넓은 범위에 걸쳐 가변될 수 있다. 본 시스템은 Logic 회로로부터 670V 정상신호가 인가되면, Inverter 동작명령신호 및 속도 반감신호 인가 여부에 따라 PWM 제어로 380VAC/60Hz, 281VAC/45Hz 및 190VAC/30Hz 출력전압이 일정하게 유지되도록 제어한다.

52kVA 인버터는 보조블록 통풍용 팬, 주변압기 통풍용팬, 주변압기 오일 펌프용 전동기, 동력차 공기 압축기용 전동기 부하를 구동하는데 사용된다. 표 2는 VVVF Inverter의 사양을 나타낸다.

표 2. 52kVA VVVF 인버터의 주요 사양

항목	사양
입력	DC670 ± 50V
출력	3상 AC 0 380V, 0 60Hz
용량	38KW 연속, 46KW 5분
사용 소자	IGBT 소자
PWM 방식	Space Vector PWM
냉각	각 해당블록의 냉각팬에 의해 강제냉각됨.
크기	650×320×356
중량	28kg
Box 재질	알루미늄
Control unit	Control unit 내장형

2.2 신호측정용 센서와 장치

그림 1과 그림 2는 동력차에 설치되어 있는 Auxiliary Block 컨버터의 성능과 특성을 파악하기 위해 설치한 입출력 전압/전류 센서를 보여준다. 모두 2대의 Auxiliary Block 컨버터가 한국형 고속전철에 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, 전원공급기 및 변환기에 연결되는 신호선들이 전기적으로 연결될 수 있도록 하는 기능과 시제차량이 분리될 경우 차량간에 길게 연결된 선들의 분리가 용이하게 하는 기능이 있다.

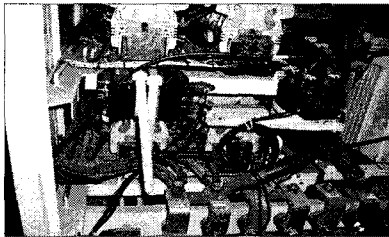


그림 1. 컨버터 입력력 전압센서

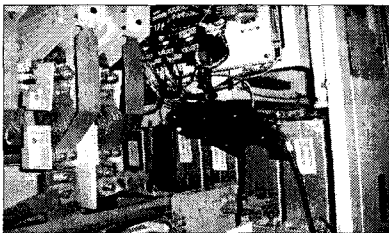


그림 2. 컨버터 출력 전류센서

2.3 시험결과

그림 3과 그림 4는 330km/h와 340km/h 속도로 차량을 운행하면서, VCB 전압과 보조컨버터 출력전압을 측정한 결과이다. VCB 전압이 0으로 떨어진 부분은 사구간을 통과할 때이다. 정상적인 경우, 보조컨버터 출력전압의 변동범위가 DC 620 ~ 720V이다.

시험을 통해 보조컨버터 출력전압이 전구간에 걸쳐 기준치 이내임을 확인할 수 있다. 이를 통해 장시간동안 고속으로 고속철도차량을 운행할 경우에도 보조컨버터가 안정적으로 동작한다는 것을 알 수 있다.

그림 5는 실제 본선시운전 시험에서 1시간 30분동안 한국형 고속전철을 운행하면서 보조컨버터 출력전압과 Battery Charger 출력전압을 측정한 결과이다. VCB가 순간적으로 떨어진 것은 사구간을 통과할 때 전압을 급전받지 못해 VCB가 차단되기 때문이다. 보조컨버터 출력전압의 변동범위가 DC 620 ~ 720V 사이인데, 전구간에 걸쳐 기준치 이내임을 확인할 수 있다.

그림 6은 위와 동일한 조건에서 차량을 주행하면서 Battery Charger의 출력전압을 측정한 결과이다. 보조컨버터의 출력전압과 마찬가지로 전체 영역에 걸쳐 기준치 이내에 있는 것을 알 수 있다. 그림 5와 그림 6을 통해 장시간의 차량 운행에도 보조컨버터와 Battery Charger가 안정적으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 7과 그림 8은 오송에서 평명 방향으로 운행하면서 주변압기 냉각용 인버터와 주변압기 Oil Flow Detector 동작상태를 측정한 결과이다. 정상적인 경우, 주변압기 냉각용 인버터는 사구간을 제외한 전 구간에서 동작하고, 주변압기 Oil Flow Detector는 사구간에서도 '0'으로 떨어지지 않아야 한다.

주변압기 냉각용 인버터 Relay 전압이 '0'으로 나타난 구간은 절연구간으로 정상적으로 전원을 공급받지 못한 곳이다. 주변압기 Oil Flow Detector의 경우에는 사구간에서 '0'으로 떨어지지 않고 'High' 상태를 유지하는 것을 볼 수 있다. 시험을 통해 주변압기 냉각용 인버터와 Oil Flow Detector가 정상적으로 작동하고 있음을 확인하였다.

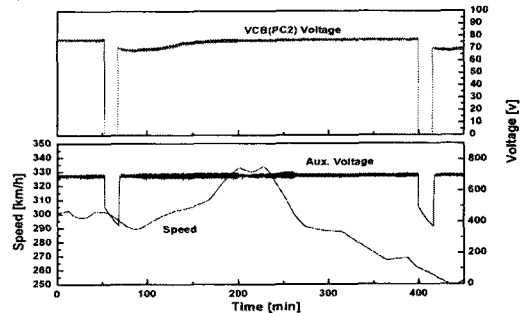


그림 3. 330km/h에서의 Aux. Block 출력전압

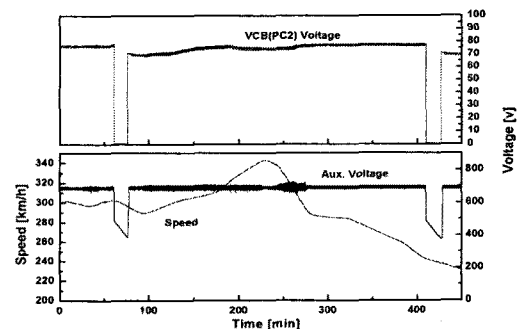


그림 4. 340km/h에서의 Aux. Block 출력전압

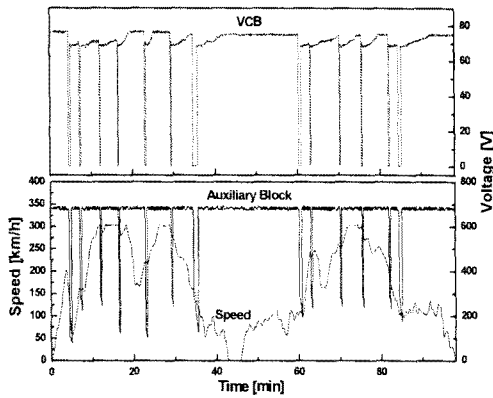


그림 5. 보조컨버터 출력전압 파형

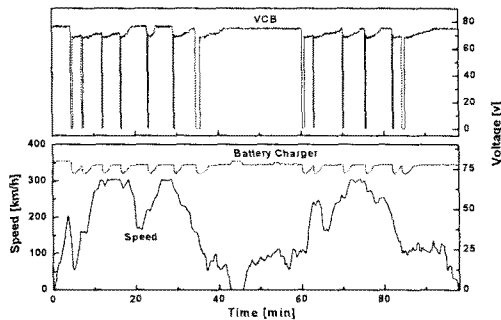


그림 6. Battery Charger 출력전압 파형

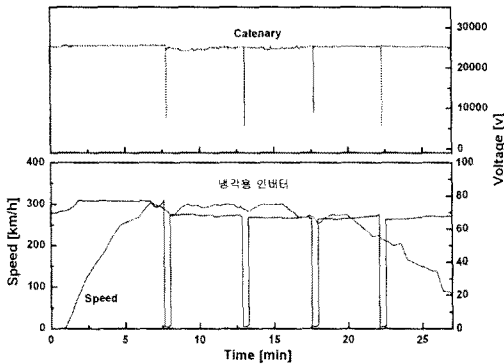


그림 7. 주변압기 냉각용 인버터

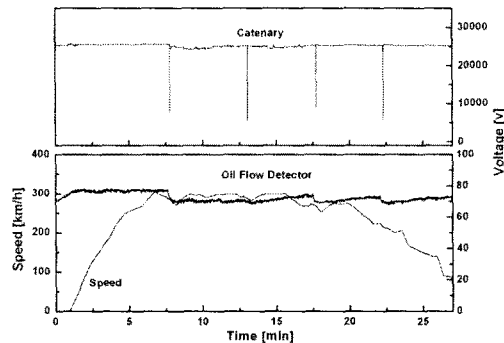


그림 8. 주변압기 Oil Flow Detector

Aux. Block 2호기를 차단하고 Aux. Block 1호기만을 가동하며 신선구간에서 시험을 수행하였다. 그림 9에서 보는 바와 같이, Aux. Block 2호기를 차단하고 차량을 가동하여 차량속도가 60km/h가 될 때, 견인력을 최대로 올렸다. 100km/h가 되면 HVAC를 가동하고, 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 저항제동을 체결하였다. 열차속도가 100km/h에 도달하면, 제동력을 25%로 체결하여 열차정지 후, 제동을 완해하고 VCB를 투입하였다.

이를 통해서 보조컨버터가 열악한 차량조건하에서도 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

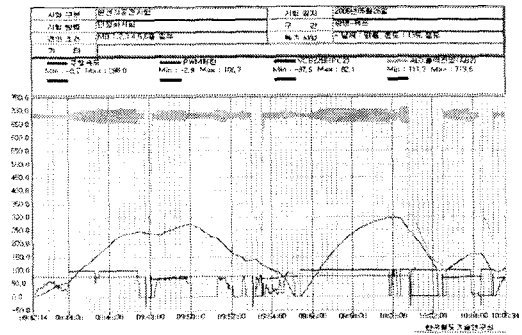


그림 9. 연장급전시의 Aux. Block 2 전압

3. 결 론

고속철도차량에 취부되는 보조전원장치는 차량의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 매우 중요한 요소이다. 따라서 이 장치에 대한 특성을 확인하는 것은 차량의 안전운행과 정시성 확보를 위해 중요한 요소라고 볼 수 있다.

본 논문에서는 한국형 고속철도 시운전시험을 통해 보조전원장치의 특성을 파악하기 위해 상시 계측시스템을 구성하였다. 이를 통해 330km/h와 340km/h에서의 Aux. Block 출력전압을 측정하여 고속영역에서도 장시간동안 보조전원장치가 정상적으로 동작하는 것을 알 수 있었다.

특히 보조컨버터는 1대 고장의 경우와 같은 약조건하에서도 정상 동작하며, Battery Charger의 경우에도 장시간의 운행에도 잘 작동하고 있음을 시험을 통해 확인하였다.

감사의 글

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

[참 고 문 헌]

- [1] Parker, "The Overview of Trends of High-Speed Trains", Parker & Associates Inc, 1997.
- [2] G. Coset, "The New Generation of SNCF high speed rolling stock: The TGV-Atlantique Train", Rail Engineering International Edition No.3, pp.15-19, 1986.
- [3] J. Ito, Y. Hagiwara, N. Yoshie, "Development of The IGBT Applied Traction System For The Series 700 Shinkansen High-Speed Train", International Conference on Developments in Mass Transit System, 20-23 April, No.543, pp. 25-30, 1998.
- [4] Y.J.Han et al., "A study on traction system characteristics of high speed train", ICCAS, pp.1720-1723, 2003.