

고속열차의 제어신호를 이용한 전기장치의 성능 특성 연구

한영재*, 목진용*, 이태형*, 박춘수*, 이준석*, 조현욱**

*한국철도기술연구원

A Study on Performance Characteristics of Electric Equipments using Control Signal of High speed Train

Young-Jae Han*, Jing-Yong Mok*, Tae-Hyoung Lee*, Chang-Su Park*, Jun-Seok Lee*, Hyun-Uk Jo**

*Korea Railroad Research Institute, **ROTEM

Abstract - 고속열차에서 주요 전장품들은 차량의 전체 성능을 좌우하는 매우 중요한 요소이다. 따라서 장치에 대한 성능 특성을 파악하고 진단하기 위해 상시계측시스템을 구축하였다. 또한 제작된 상시계측시스템을 통해 전장품에 대한 계측 및 분석을 통한 시험평가와 동시에 완성차 시험이나 본선시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내었다.

1. 서 론

여러 교통수단 가운데 고속철도는 자동차, 버스 등 타교통수단에 비하여 속도가 빠르고 대량 운송이 가능하기 때문에 지속적인 발전이 이루어져 왔다. 그동안 경제발전과 다른 물동량과 자가 출근자 등의 증가로 인하여 물류수송 지연에 따른 여러 문제가 야기되어 왔다. 또한 남북철도나 대륙횡단열차 등에 대한 사업성 조사가 시작되면서 고속철도차량에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 철도차량에 대한 의존도가 더욱 높아지고 고속화에 대한 관심도 많아질 것으로 예상된다.

차량의 고속화와 관련해서는 안정성, 신뢰성, 유지보수비 및 에너지 저감 등이 요구됨에 따라 이러한 요구조건을 충족시킬 수 있는 전장품을 개발하기 위해 선진국 업체들이 힘쓰고 있다. 그리고, 고속차량의 안정성 확보를 위해 제작된 전장품에 대한 성능특성에 대한 파악이 정확하게 이루어져야 한다.

이와 같은 이유에서, 본 논문에서는 한국형 고속열차의 제어신호를 이용하여 전기장치에 대한 성능 특성과 고장 진단을 실시하였다. 이를 통해 차량의 안정화에 크게 기여할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 차량 기본사항

한국형 고속열차의 주요 전장품에 대한 성능특성을 파악하기 위해서는, 먼저 차량시스템 기본사항에 대해 살펴볼 필요가 있다.

- 가. 시제차량의 편성 및 열차 특성
 - 1) 시제차량의 편성 : 2P+2M+3T
 - 2) 열차 중량
 - a) 짐착중량 : 204ton
 - b) 열차중량 : 332ton
 - 3) 열차 축수
 - a) 구동축수 : 12개
 - b) 비구동축수 : 8개
 - 4) 열차 길이 : 145m
 - 5) 추진성능
 - a) 견인전동기 출력 : 1,100kW
 - b) 기어효율 : 0.975
 - c) 총출력 : 13,200kW
 - d) 350km/h에서 가속여력 : 0.218m/s

2.2 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 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.

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 불의의 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 3은 보조 컨버터의 주요 사양을 보여준다.

나. VVVF 인버터

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

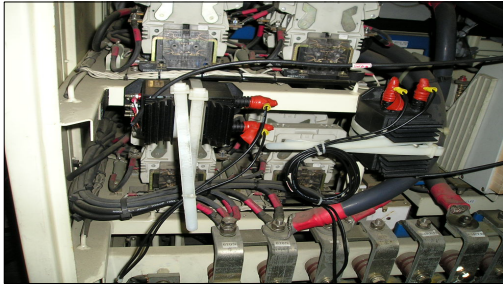
<표 1> 보조컨버터의 주요 사양

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
효 율		97%이상(정격에서)

2.3 계측용 센서와 장치

그림 1은 동력차에 설치되어 있는 보조컨버터의 성능과 특성을 파악하기 위해 설치한 입출력 전압류 센서를 보여준다. 모두 2대의 보조컨버터가 한국형 고속전철에 취부되어 있으며, 차량에서 필요로 하는 대부분의 보조전원을 공급해 준다.

전압 센서로부터 입력된 신호는 단자대를 거쳐 변환기로 입력된 후에 신호변환과정을 거쳐 계측장비에 전기신호가 입력되도록 되어있다. 단자대는 센서, 전원공급기 및 변환기에 연결되는 신호선들이 전기적으로 연결되어 있다.



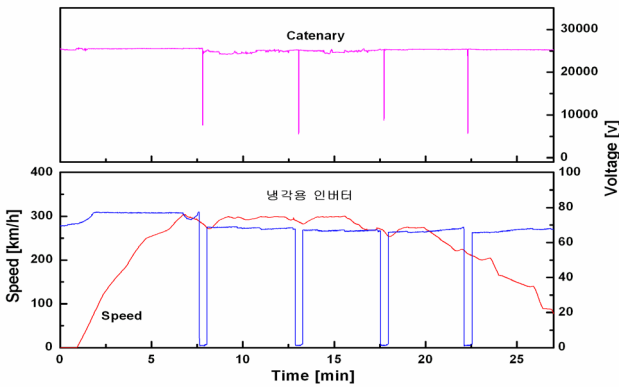
〈그림 1〉 컨버터 입출력 전압센서

그림 2와 그림 3은 오송에서 광명 방향으로 운행하면서 주변압기 냉각용 인버터와 주변압기 Oil Flow Detector 동작상태를 측정된 결과이다. 정상적인 경우, 주변압기 냉각용 인버터는 사구간을 제외한 전 구간에서 동작하고, 주변압기 Oil Flow Detector는 사구간에서도 '0'으로 떨어지지 않아야 한다.

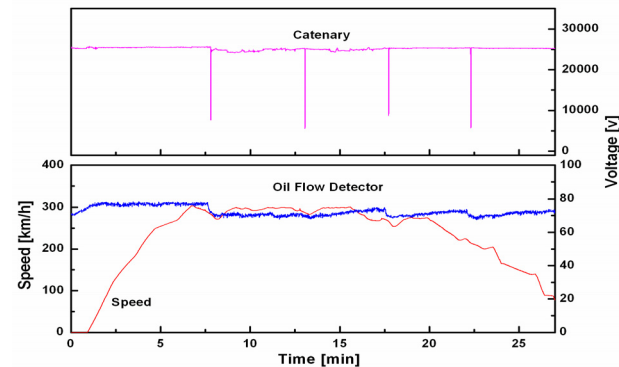
주변압기 냉각용 인버터 Relay 전압이 '0'으로 나타난 구간은 절연구간으로 정상적으로 전원을 공급받지 못한 곳이다. 주변압기 Oil Flow Detector의 경우에는 사구간에서 '0'으로 떨어지지 않고 'High' 상태를 유지하는 것을 볼 수 있다. 시험을 통해 주변압기 냉각용 인버터와 Oil Flow Detector가 정상적으로 작동하고 있음을 확인하였다.

Aux. Block 2호기를 차단하고 Aux. Block 1호기만을 가동하며 신선구간에서 시험을 수행하였다. 그림 4에서 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.

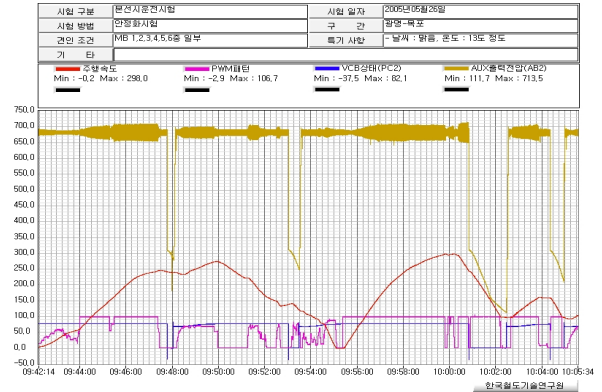
100km/h 정속주행을 한 후에, 100km/h에서 160km/h가 될 때까지 최대 견인하여 30초 동안 유지하였다. 30초 경과 후에 VCB를 차단하여 저항제동을 체결하였다. 열차속도가 100km/h에 도달하면, 제동력을 25%로 체결하여 열차정지 후, 제동을 완해하고 VCB를 투입하였다. 이를 통해서 보조컨버터가 열악한 차량조건하에서도 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다.



〈그림 2〉 주변압기 냉각용 인버터

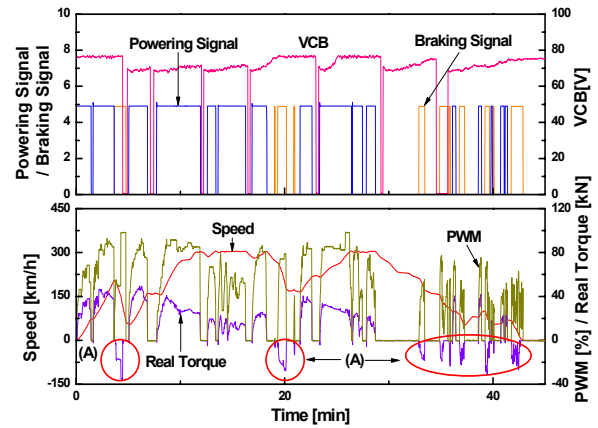


〈그림 3〉 주변압기 Oil Flow Detector



〈그림 4〉 연장급전시의 Aux. Block 2 전압

그림 5는 사구간 진출입시에 오송에서 동대구 방향으로 차량을 운행하며 모터블럭 상태를 확인한 파형이다. PWM값이 변화에 따라 토크 실측치도 바뀌고, 전 구간에 걸쳐 모터블럭이 정상적으로 동작하고 있음을 볼 수 있었다. 참고로, (A)와 같이 토크실측치가 (-)값으로 나타날 때는 모터블럭이 회생제동할 때이다.



〈그림 5〉 모터블럭 신호 파형

3. 결 론

고속열차에 취부되는 주요 전기장치는 차량 성능을 좌우하는 중요한 장치로, 성능을 정확하게 평가하고 고장원인을 정확하게 빠른 시간내에 진단할 수 있는 것은 차량의 신뢰성과 안정성 확보를 위해 매우 중요한 일이다.

본 연구에서는 국내 독자기술로 개발된 한국형 고속철도 전장품에 대한 성능평가와 고장진단을 실시하여 주요 전장품에 대해 성능 특성을 파악한 결과를 보여준다. 시험결과에서 볼 수 있는 것처럼, 시운전시험을 수행하면서 성능평가와 고장진단을 실시하여 전장품의 안정화에 많은 도움을 얻을 수 있었다.

[감 사 의 글]

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

[참 고 문 헌]

[1] Y. J. Han, S. W. Kim, Y. G. Kim, C. S. Park, S. G. Lee, and J. Y. Kim, "A study on traction system characteristics of high speed train", pp. 1720~1723, ICCAS 2003.
 [2] 한영재, "한국형 고속열차 주요 전기장치의 특성 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1598~1600, 2005. 7.
 [3] 김석원, 김영국, 한영재, 박찬경, 김진환, 백광선, "고속철도 시운전시험 계측시스템 개발에 관한 연구", 한국철도학회지, pp. 158~166, 2002. 9.