

차량신호를 이용한 고장진단에 관한 연구

한영재*, 김기환*, 박찬경*, 이수길*, 장영민*, 민평오**
*한국철도기술연구원, **로템

A Study on Fault Diagnosis Using the Vehicle Signal

Young-Jae Han*, Ki-Hwan Kim*, Chan-kyoung Park*, Su-Gil Lee*, Young-Min Jang*, Pyoung-Oh Min**
*Korea Railroad Research Institute, **ROTEM

Abstract - 현재, 고속철도차량의 국내기술확보를 위해 한국형 고속전철이 개발되어 단품시험, 완성차시험, 공장시험 등을 통해 기본적인 성능을 확인한 후 현재는 본선시운전 시험을 실시하고 있다. 시제차량의 성능 및 기능을 종합적이고 효율적으로 확인하기 위해 고속철도 시운전시험시 상시 계측시스템을 시제차량에 설치하여 운영하고 있다. 본 논문에서는 상시계측시스템을 이용하여 보조전원장치에 대한 고장진단을 실시한 것에 대하여 기술하였다.

- 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

2.2 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 위한 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.

1. 서 론

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

차량의 안전성과 신뢰성을 크게 좌우하는 전장품중의 하나는 보조전원장치라고 할 수 있다. 철도차량에 취부되는 보조전원장치는 일반 산업용에 비해 내진동, 내노이즈성 및 열악한 주변환경에서도 정상적으로 동작해야만 한다.

차량의 성능에 직접적으로 영향을 주는 장치이기 때문에 철저하게 시험을 실시하고 있다. 단품시험, 완성차시험, 본선시운전 시험 등과 같은 기준을 마련하여 그대로 시행하고 있다.

그러나 그동안에는 보조전원장치시험을 위해 별도의 시험장치를 구성하였다. 주로 노트북을 이용하여 데이터를 입력받거나, 레코더를 이용하여 그래프로 출력해 버리고 시험을 종료하였다. 이와 같이 계측을 한 곳에서만 실시하기 때문에 전체 차량에서의 보조전원장치 성능에 대한 정확한 정보를 알기가 어려웠다.

본 연구에서는 시운전시험을 수행하기 위해 자체적으로 개발된 상시계측시스템을 이용하여 보조전원장치와 타장치와의 신호를 비교하여 보조전원장치의 고장을 진단하였다.

가. 보조 컨버터 시스템

주변압기의 보조권선인 2차권선으로부터 교류 입력 전압을 직류전원 DC 670V로 전력변환할 수 있는 IGBT를 사용하여 PWM 컨버터를 구성하였으며, 직류 출력단 필터 캐패시터의 초기 충전을 위한 충전부는 충전용 접촉기와 충전저항으로 이루어졌다. 대용량의 부하에 대응할 수 있도록 병렬운전 회로를 사용하여 컨버터 시스템을 구성하였으며, 이와 같은 병렬운전으로 단일운전시 보다 전원측 전류의 리플, 고조파를 줄일 수 있었다.

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.

2. 본 론

2.1 Aux. Block의 배치

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

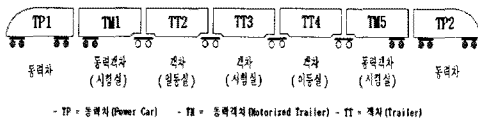


그림 1. KHST 배치도

다. 객차용 CVCF 인버터

CVCF 인버터는 전원의 입력부로서 Fuse, 전원측의 전압 상승을 방지하기 위한 Diode Module과 인버터 입력단의 전원 평활용 Filter Capacitor로 되어 있으며, 기동시 입력전압을 Capacitor에 충전하기 위한 충전부로서 초기 충전을 위한 컨택터와 충전전류 제한용 저항이 있으며, 또한 충전완료 후 주전원을 인버터 회로에서 공급 및 차단할 수 있는 주 차단기가 설치되어 있다.

라. Battery Charger

Battery Charger는 DC 670V를 DC 79V로 변환하여 각차 및 동력차에 필요한 직류전원을 안정되게 공급하고 Battery Charger의 고장 발생시 부하에 전원을 공급하는 Battery의 최적 충전상태를 유지하기 위한 보조전원장치이다.

2.3 시험계측시스템의 구성

시험계측시스템은 6개의 측정모듈과 2개의 모니터링 장치 및 Main server(안전 모니터링으로 이용)로 구성되며, 각 측정모듈 및 별도의 모니터링(제동, 주행) 장치에서 상시 모니터링 할 수 있도록 되어있다. 그림 2는 시험계측시스템의 구성도를 나타낸다.

4개의 계측모듈(DAM1, DAM2, DAM31, DAM32)과 2개의 모니터링 장치 및 Main server는 Network Line으로 연결되어 계측데이터를 공유하고 있으며, Main server에 의해 제어되도록 되어 있다.

4개의 각 측정모듈에서 계측신호에 대해 항상 모니터링이 가능하며 별도의 모니터링(제동, 주행) 및 Main computer장치에서 상시 모니터링 할 수 있도록 되어 있다. TM1에 MWM1과 DAM1이, TT3에 DAM2, 모니터링(제동, 주행)과 Main server가, TM5에 DAM31, DAM32와 DAMP가 설치되어 있으며, TT3에서 중요한 계측신호의 모니터링이 가능하다.

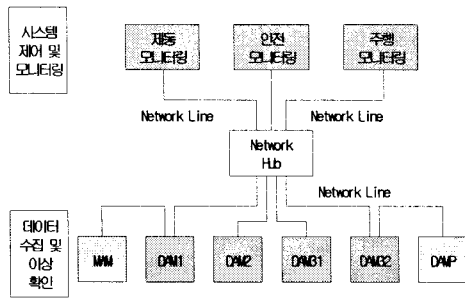


그림 2. 시험계측시스템의 구성

차량의 상태를 보다 정확히 파악하기 위해 차량의 Cab Cubicle 내에 설치되어 있는 Relay로부터 VCB 상태, 터널진입 신호 등을 계측시스템에서 받을 수 있도록 보완하였다. 그림 3은 차량으로부터 여러 신호들을 받을 수 있도록 신호선을 연결한 것을 보여준다.

그림 4와 그림 5는 PC2에 설치되어 있는 Aux. Block 컨버터의 성능특성을 파악하기 위해 설치한 입력 및 출력전압 센서와 출력전류 센서를 보여준다.

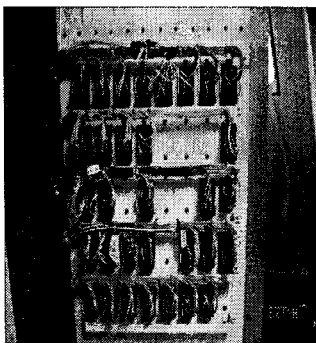


그림 3. Cab Cubicle내의 차량 신호

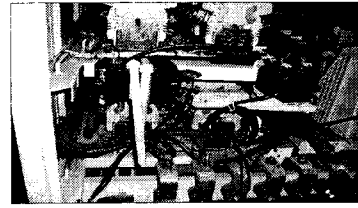


그림 4. Aux. Block 컨버터 입력 및 출력전압 센서

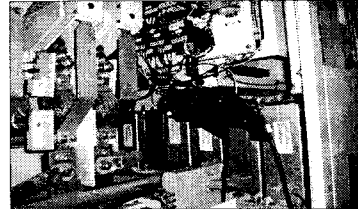


그림 5. Aux. Block 컨버터 출력전류 센서

2.4 시험결과

앞에서 설명한 것처럼, 보조전원장치는 변압기의 보조 권선으로부터 AC 380V를 입력받아 DC 670V로 변환해준다.

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 되어 있다. 따라서 MB이 운행을 정지하면 자연스럽게 차량의 속도도 줄어들게 된다.

그림 6을 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 7은 프로그램을 수정하고 노이즈를 제거하는 등의 보완조치를 한 후에 보조전원장치 출력전압을 측정할 결과이다. 보조전원장치 출력전압이 안정적으로 동작하고 기준치 이내에 있는 것을 알 수 있다.

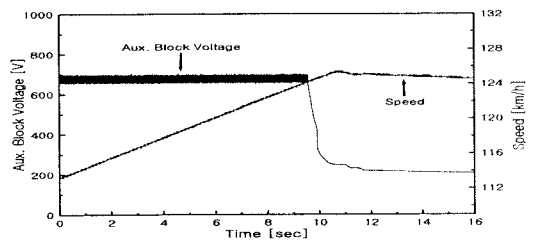


그림 6. 보조전원장치 고장시의 속도 파형

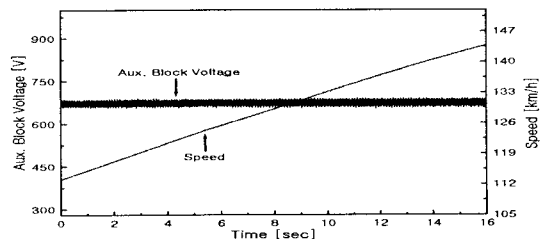


그림 7. 정상시의 보조전원장치 출력전압 파형

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 보조전원장치의 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 보조전원장치가 동작하는 것을 볼 수 있다.

또한 실제 본선에서 Aux. Block 출력전압과 Battery Charger 출력전압을 측정하여 장시간의 운행에도 안정적으로 동작하는 것을 확인하였다.

시험결과에서 볼 수 있는 것처럼 고장에 대해 본선시 운전 운행시, 또는 운행 후의 계측 분석을 통해 고장진단을 정확하게 실시하여 전장품의 안정화에 많은 도움을 얻을 수 있었다.

향후에는 보조전원장치의 출력전압 뿐만 아니라 입력전압과 전류도 함께 측정하여 보다 정확하게 보조전원장치의 특성을 파악할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y.J.Han et al., "A study on traction system characteristics of high speed train", pp. 1720-1723, ICCAS 2003
- [2] Paolo Masini and Giovanni Puliatti, "Virtual Acquisition Systems for Global Analysis (VASGA) inExperimentation", WCRR, pp.279-286, 1997.
- [3] T.Miyashita, H.Yamaguchi, N.Okamoto, High Power Inverter Locomotives", The Japan Society of Mechanical Engineers, pp.238-241, November 22-26, 1993.
- [4] Wolfgang Runge et. al., "Some Aspects of the Circuit Design of High-Power GTO Converters", EPE'89, pp.1555-1560, 1989.
- [5] J. Ito, Y. Hagiwara, N. Yoshie, "Development of The IGBT Applied Traction Traction System For The Series 700 Shinkansen High-Speed Train", International Conference on Developments in Mass Transit System, 20-23 April 1998, Conference Publication No.543, pp.25-30, IEE 1998.
- [6] Bin Wu et al., "PWM-CSI Inverter for Induction Motor Drives", IEEE Trans on IAS, Vol.28, No.1, pp.64-71, Jan/Feb, 1992.
- [7] Takashi Tsuboi, Kiyoshi Nakamura, "Control System for Traction Drives", Hitachi Review Vol.35, No.6, pp.311-316, 1986.
- [8] 보조전원장치 개발, 고속철기술개발사업연차보고서 (2000), 건교부, 통산부, 과기처
- [9] 김석원, 김영국, 백광선, 김진환, 한영재, "고속철도 시운전 시험 및 평가용 측정시스템 개발(1)-하드웨어", 철도학회 추계학술대회, pp. 168-173, 2002.

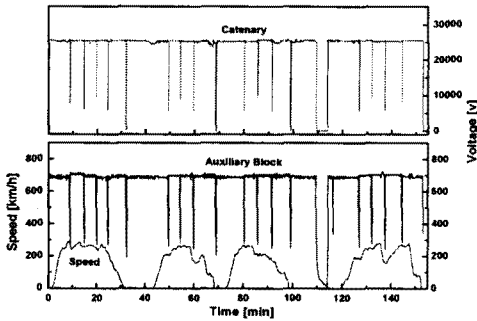


그림 8. Aux. Block 출력전압 파형

그림 8은 실제 본선에서 2시간 30분 동안 한국형 고속전철을 운행하면서 Aux. Block 출력전압과 Battery Charger 전압을 측정한 결과이다. 가선전압이 순간적으로 떨어진 것은 사구간을 통과할 때 전압을 급전 받지 못하기 때문이다. Aux. Block 출력전압의 변동범위가 DC 620~720V사이인데, 전구간에 걸쳐 기준치 이내임을 확인할 수 있다. 그림 8을 통해 장시간의 차량 운행에도 Aux. Block 컨버터가 안정적으로 동작하는 것을 알 수 있다.

차량의 여러 상태를 정확하게 파악하기 위해 VCB상태, 가선전압 등을 입력받아 시험데이터를 분석하는데 사용하고 있다. 그림 9와 그림 10은 사구간 통과시의 여러 파형을 보여준다. 가선전압이 갑자기 떨어지는 곳이 사구간을 통과할 때의 위치를 나타내준다. 가선전압보다 VCB가 먼저 개방되는 것을 볼 수 있다. 정상적인 경우라면, VCB가 투입된 후에 MB이 동작되어야 하는데, 두 그림에서 볼 수 있는 것처럼, 사구간을 통과한 직후에 VCB가 투입되고 PWM값이 변하는데도 Torque Reference가 변하지 않는 것을 알 수 있다. 또한 1~2분의 시간이 경과한 뒤에는 MB이 살아나서 정상적으로 가동되는 것을 확인할 수 있다.

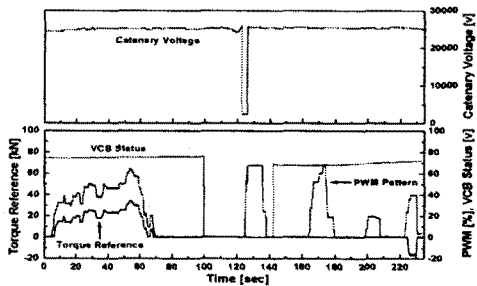


그림 9. 사구간 통과후의 MB 차단(1)

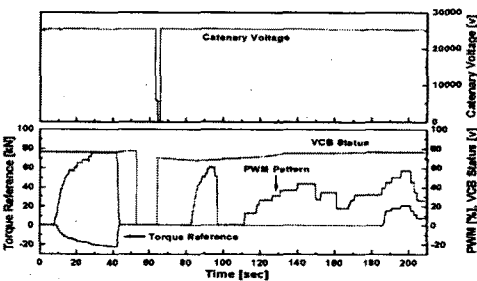


그림 10. 사구간 통과후의 MB 차단(2)