

차량신호를 이용한 주요 전장품의 고장 분석

Fault Analysis of Electric Equipment Using Vehicle Signal

한영재* 김기환* 김상수* 이병석** 정상훈*** 조병찬***
Han, Young Jae Kim, Ki Hwan Kim, Sang Soo Lee, Byoung Seog Jung, Sang Hun Cho, Byoung Chan

ABSTRACT

The most important thing to secure safety and reliability of railway vehicles is to verify performance characteristics of equipments, and related companies or research institutes had many efforts to verify performances and functions of equipments synthetically and efficiently. KHST(Korean High Speed Train) has been developed by KRRI(Korea Railroad Research Institute). An electric railway system is composed of high-tech subsystems, among which main electric equipment such as transformers and converter are critical components determining the performance of rolling stock.

We developed a measurement system for on-line test and evaluation of performances of KHST. The measurement system is composed of software part and hardware part. Perfect interface between multi-users is possible. A new method to measure temperature was applied to the measurement system. By using the system, fault diagnosis and performance evaluation of electric equipment in Korean High Speed Train was conducted during test running.

1. 서론

철도차량에 취부되는 전장품들은 차량의 성능을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 이러한 전장품에 대한 다양한 성능을 평가하고 진단하기 위해 상시계측시스템을 구축하여 활용하고 있다. 프랑스, 독일, 일본 등을 비롯한 철도 선진국의 부품업체들은 여러 차종에 취부되는 전장품들을 개발하고 다년간에 걸쳐 운영해왔기 때문에 부품설계, 제작기술이 국내보다도 높은 수준에 있다.

따라서 그들이 개발한 철도차량 전장품에 대한 성능을 파악하기 위해 우수한 성능을 가진 계측, 분석 및 평가시스템을 보유하고 있다. 이러한 계측장비들은 주요 전기장치에 대한 계측 및 분석을 통한 시험을 평가하고 완성차 시험이나 본선시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내고 해결하는데 많은 도움을 주고 있다.

한편, 한국형 고속철도차량은 7량 1편성으로 구성되어 있으며, 현재 오송기지에서 본선시운전 시험중에 있다. 이 차량에 취부된 여러 장치들의 성능을 파악하기 위해서 다양한 신호를 측정하기 위한 측정시스템이 구축되어있다. 본 논문에서는 차량신호 및 제어신호를 이용하여 고속열차에 설치되어있는 전장품들에 대한 성능 특성과 고장을 분석한 연구에 대하여 기술하였다.

* 한영재, 정희원, 한국철도기술연구원, 고속철도기술개발사업단

E-mail : yjhan@krri.re.kr

TEL : (031)460-5614 FAX : (031)460-5649

** 로템

*** 한국철도시설공단

2. 본문

2.1 추진시스템

추진시스템은 컨버터 2대를 병렬운전하고 인버터 1대로 견인전동기 2대를 구동하는 구조를 한 Motor Block(이하 MB)이며, 동력차의 경우는 3개의 MB로 구성된다. MB는 IGCT, Diode 각 2개씩으로 구성된 브릿지 1arm을 하나의 Stack으로 조립하여 컨버터용 4개 Stack, 인버터용 3개 Stack과 별도의 Chopper Stack 1개 등으로 구성되며 직류단 콘덴서, 각부의 전압, 전류검지기 및 제어부가 포함된다.

컨버터 시스템은 직류 링크전압을 2,800V DC로 제어하고 컨버터 1대 용량은 약 1,250kVA로 하며 입력단 전압은 1,400V AC이다. 이런 형태의 컨버터를 사용함으로써 입력 역률이 1에 근접하도록 제어가 가능하고 회생제동시에 에너지를 입력측으로 환원할 수 있으며 입력전류를 정현파 형태로 할 수 있으며 병렬운전에 의해 입력측 고조파 성분을 대폭 줄일 수 있다.

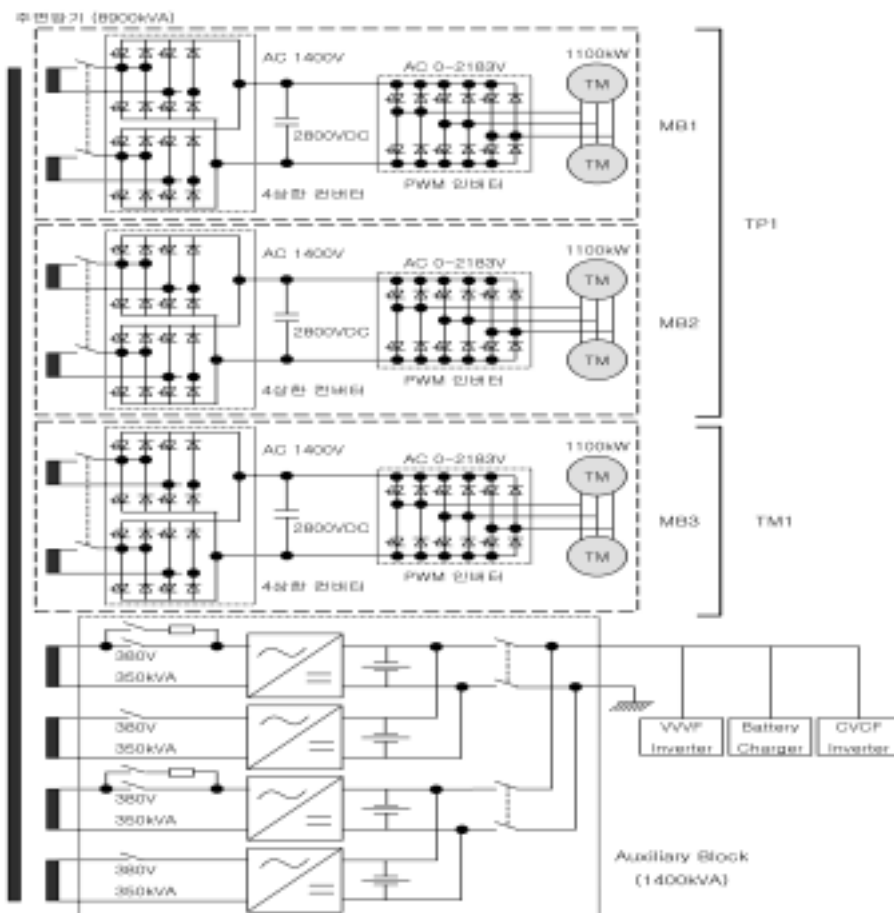


그림 1. 주회로 시스템

2.2 전장품의 주요 사양

한국형 고속전철에 사용되는 전력변환장치의 주요제원은 표 1~표 2와 같다.

표 1. 컨버터부 주요 사양

항 목		내 용	
전 기 적 사 양	용 량	1,300kVA × 2	
	입력측	정격전압	1,400VAC
		정격전류	930A
	출력측	출력전압	2,800VDC
출력전류		884A	
시 스 템 구 성	구 성	컨버터 2대 병렬운전	
	반도체소자	IGCT	
	냉각 방식	Heat Pipe식 Heat Sink	
	제어 방식	PWM(일정전압/역률제어)	
	스위칭 주파수	540Hz	

표 2. 인버터부 주요 사양

항 목		내 용	
전 기 적 사 양	용 량	연속정격 : 2,730kVA	
	입력측	정격전압	2,800VDC
		정격전류	884A
	출력측	출력전압	AC 0~2,183V(선간전압)
		출력전류	7,474A
		최대주파수	143Hz
시 스 템 구 성	구 성	1C2M	
	반도체 소자	IGCT(4,500V/4,000A)	
	냉각 방식	Heat Pipe식 Heat Sink	
	제어 방식	VVVF제어, 회생제어	
	스위칭 주파수	540Hz	
	입력 필터(FC)	16,000uF	

2.3 주요 장치의 신호입력

한국형 고속전철은 7량 1편성이며, 6개의 MB에 의해 12대의 견인전동기가 구동되고 있다. MB 1,2,3호기는 H사에서, 4,5,6호기는 R사에서 제작하였다. 제작된 MB에 대한 성능을 확인하기 위해 제어기를 설치하였으며, 보다 정확한 계측을 위해 MB 4호기에 CT와 PT를 추가로 설치하여 데이터를 취득하였다.

그림 2는 H사에서 제작된 MB 제어기에 각종 데이터를 얻기 위한 커넥터를 연결하고 전압을 DC 15V에서 DC 5V로 변환시켜 주기 위한 신호변환기의 외형을 보여준다. 한 대의 MB에 설치된 커넥터는 가선전압, 토크지령치, 토크실측치 등을 포함한 13개의 추진장치와 관련된 신호들을 계측시스템에 제공한다. 또한 한 대의 전압 레벨 변환기는 17개의 신호를 동시에 입력받아 처리할 수 있도록 제작되었다. 따라서 MB 1,2,3호기의 성능 확인을 위해 총 39개의 신호를 계측시스템에서 입력받는다.

그림 3은 R사에서 제작한 MB의 성능을 확인하기 위해 설치한 커넥터를 보여준다. 각 MB으로부터 차축속도, 가선전압, 인버터 출력전류, 토크지령치, 토크실측치 등과 같은 15개의 신호를 입력받는다. 따라서 3대의 MB로부터 총 45개의 제어신호를 계측시스템에 보내준다. 차량의 상태를 보다 정확히 파악하기 위해 차량의 Cab Cubicle 내에 설치되어 있는 Relay로부터 VCB상태, 터널진입 신호 등을 계측시스

템에서 받을 수 있도록 보완하였다. 그림 4는 차량으로부터 여러 신호들을 받을 수 있도록 신호선을 연결한 것을 보여준다.



그림 2. MB1 제어기 커넥터 연결



그림 3. MB4 제어기 커넥터 연결

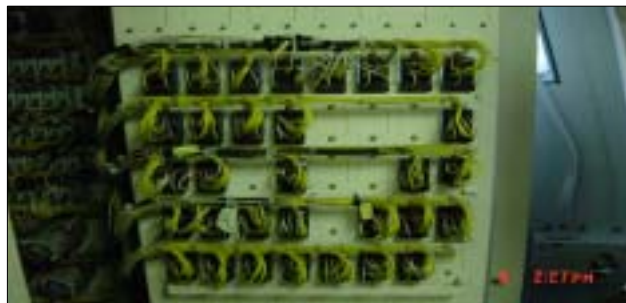


그림 4. Cab cubicle내의 차량 신호

2.4 시험결과

추진장치 고장진단을 보다 정확하게 파악하기 위해서, 차량신호인 VCB상태, 가선전압 등을 입력받아 시험데이터를 분석하는데 이용하고 있다. 그림 5와 그림 6은 사구간 통과시의 여러 파형을 보여준다. 가선전압이 갑자기 떨어지는 곳은 사구간을 통과할 때이다. 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 뒤에 MB이 살아나서 정상적으로 가동되는 것을 확인할 수 있다.

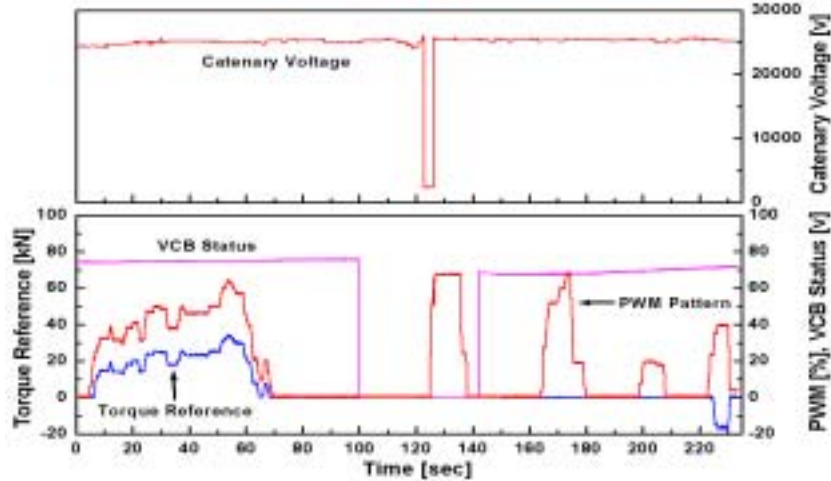


그림 5. 사구간 통과 후의 MB 차단(1)

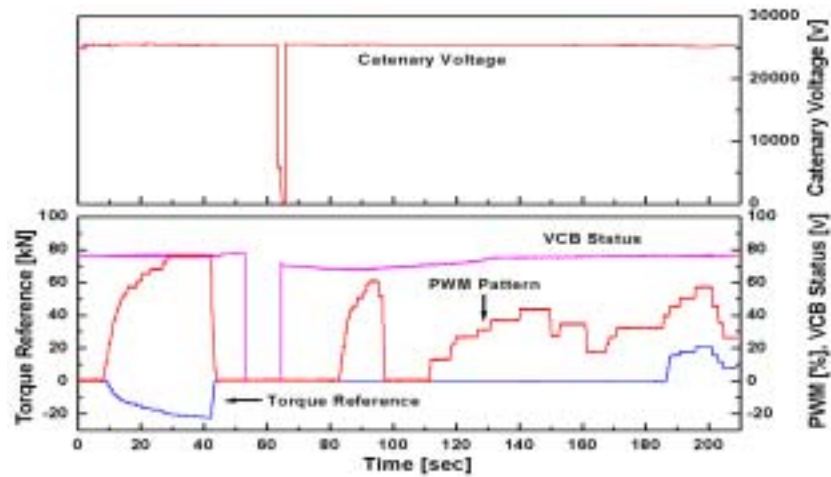


그림 6. 사구간 통과 후의 MB 차단(2)

그림 7은 사구간 진출입시의 MB 기동 및 차단과 관련된 프로그램을 수정한 후에 오송에서 동대구 방향으로 차량을 운행하며 MB 상태를 확인한 파형이다. PWM값이 변함에 따라 토크 실측치도 바뀌고, 전 구간에서 MB가 정상적으로 동작하고 있음을 확인할 수 있다. (A)와 같이 토크실측치가 (-)값으로 나타날 때는 MB가 회생제동할 때이다.

그림 8은 350km/h의 속도로 한국형 고속전철을 운행하면서 전차선 전압을 전 구간에서 측정해본 결과이다. 전차선 전압이 순간적으로 떨어진 이유는 사구간을 통과할 때 가선으로부터 전압을 급전 받지 못하기 때문이다. 일반적으로 전차선 전압이 AC 19,000 ~ 27,500V 사이에 있을 때 안정적이라고 판단하는데, 전 구간에서 측정된 전압이 25,000V 근처에서 변동하므로 기준치 이내임을 확인할 수 있었다.

그림 7. 모터블럭 신호 파형

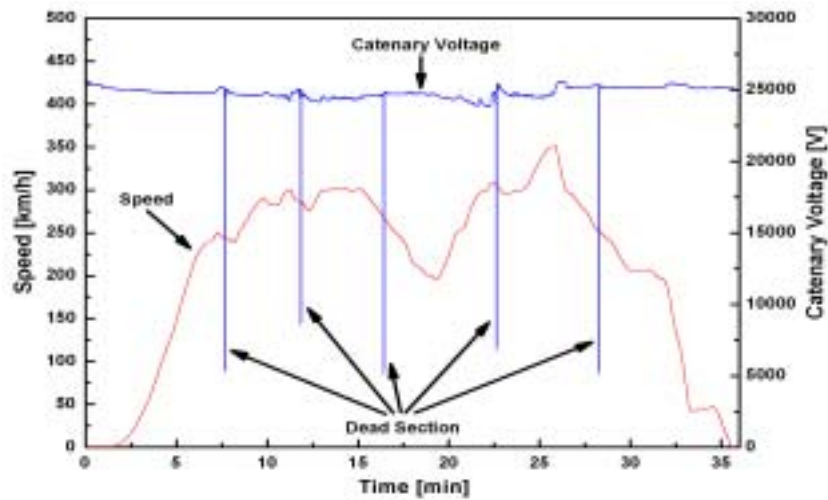


그림 8. 350km/h 속도에서의 전차선 전압

3. 결론

본 논문에서는 한국형 고속열차의 주요 전장품의 특성과 고장을 분석하였다. 전동기 전류 파형과 사구간 통과시의 MB신호들을 측정하고 분석하여 각 장치의 안정화와 신뢰성 향상에 큰 도움을 줄 수 있었다.

또한, 전구간에 대한 MB과 전차선 전압 데이터를 분석하여 장시간의 운행에도 MB가 정상 동작하고, 전차선 전압도 AC 19,000~27,500V 사이의 기준치 이내에 있음을 확인하였다. 향후에는 보다 다양한 운행조건하에서, 각 전기장치의 특성에 대하여 보다 깊이 있게 연구할 예정이다.

후기

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

참고문헌

- [1] W.T. Tomson, "On-line Monitoring to Detect Electrical and Mechanical Faults in Three-phase Induction Motor Drives", Life management of plants, 12~14 December 1994 Conference Publication No.401, IEE 1994.
- [2] Paolo Masini and Giovanni Puliatti, "Virtual Acquisition Systems for Global Analysis (VASGA) in

Experimentation”, WCRR, pp.279~286, 1997.

- [3] 김석원, 김영국, 한영재, 박찬경, 김진환, 백광선, “고속철도 시운전시험 계측시스템 개발에 관한 연구”, 한국철도학회지, pp. 158~166, 2002. 9.
- [4] 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.
- [5] Takashi Tsuboi, Kiyoshi Nakamura, “Control System for Traction Drives”, Hitachi Review Vol.35, No.6, pp.311~316, 1986.