철도차량 Motor Block 측정에 관한 연구

한영재*, 김기환*, 이수길*, 백광선*, 정은성**
* : 한국철도기술연구원, ** : ROTEM

A Study on Motor Block Measurement of Railway Vehicle

Young-Jae Han*, Ki-Hwan Kim*, Su-Gil Lee*, Kwang_Sun Baek*, Eun-Sung Chung**
* : KRRI, ** : ROTEM

Abstract - The korean high speed train (350km/h), composed of 7cars that are 2 power cars, 2 motorized car and 3 trailer cars, has been developed and is under on-line test. To verify the design requirements about the functions and traction performances of this train, KRRI(Korea Railroad Research Institute) decided to evaluate traction performances of the train during on-line test. For this purpose, such as torque, velocity, voltage and current, must be measured. KRRI has developed the measurement system that can be measured vast and various signals effectively.

In this paper, we introduce traction performances of korean high speed train. The traction measurement items are focused on the verification of motor block performances. Motor block are consist of 2 motor. For this test, we verified traction performances of korean high speed train.

1. 서 론

철도차량의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 가장 중요한 것은 각 전장품의 성능특성을 확인하는 것이며, 각 전장품의 성능 및 기능을 종합적이고 효율적으로 확인하기 위해 관련 기업이나 연구소에서는 많은 노력을 기울여왔다.

이 중에서도 추진장치는 차량의 안전과 성능을 좌우하는 핵심요소이기 때문에 철저하게 시험을 실시하고 있다. 현재, 추진장치에 대한 단품시험, 완성차시험을 실시한 후 오송기지에서 본선시운전 시험을 실시하고 있다.

본 논문에서는 선도기술개발사업 과제로 개발된 한국형 추진장치의 성능특성에 대하여 서술하였다. 본선시운전 시험을 위해 철도연에서 자체 개발한 상시계측시스템을 통해 계측을 수행하였고, 계측된 시험데이터를 바탕으로 하여 추진장치의 성능특성을 확인하였다.

본 연구에서는 위와 같이 구성된 상시 계측시스템을 통하여 한국형 고속차량의 각 신호를 Network Line을 통하여 실시간으로 입력받아 데이터를 저장한 후, 후처리 프로그램을 통해 필요한 정보를 얻을 수 있었다. 이를 통해 한국형 고속철도차량의 Motor Block 특성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 주회로시스템의 구성 및 기본사양

고속전철의 기본편성인 20량 편성의 열차에 대한 성능확인을 위해 제작되는 시제열차는 7량 1편성이며, 차량배치 및 차량별 용도는 그림 1과 같다. 표 1은 시제열차의 사양의 일부를 나타낸 것이다.

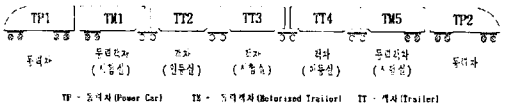

그림 1. 시제차량 구성

표 1. 시제차량 기본사양

항 목		내 용
열차치수	열차길이(최대)	145 m
	열차 폭(최대)	2.97 m
대차수량	동력대차	6 Sets
	부수대차	4 Sets
차륜직경	신차륜	0.92m
	반마모	0.885m
	완전마모	0.85m
추진	전동기 수량	12 EA
	전동기 출력(1대)	1,100 kW
열차무게	W0	321.8 톤
	W1	328.6 톤
	W2	331.0 톤
	W3	430.3 톤
최대축중		17.0 톤

추진시스템은 컨버터 2대를 병렬운전하고 인버터 1대로 견인전동기 2대를 구동하는 구조를 한 MB(Motor Block)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.

2.2 주전력변환장치의 기본사양

가. 컨버터부 기본사양

항 목			내 용
전기적사양	용 량		1,300kVA×2
	입력측	정격전압	1,400VAC
		정격전류	930A
	출력측	출력전압	2,800VDC
		출력전류	884A
시스템구성	입력측 % 임피던스		20%
	구 성		컨버터 2대 병렬운전
	반도체소자		IGCT
	냉각 방식		Heat Pipe식 Heat Sink
	제어 방식		PWM(일정전압/역률제어)
	스위칭 주파수		540Hz

나. 인버터부 기본사양

항 목			내 용
전기적사양	용 량		연속정격 : 2,730kVA 최대정격 : 3,000kVA
	입력측	정격전압	2,800VAC
		정격전류	884A
	출력측	출력전압	AC 0~2,183V(선간전압)
		출력전류	7,474A
		최대주파수	143Hz
시스템구성	구 성		1C2M(1Inverter 2Motor)
	반도체 소자		IGCT(4,500V/4,000A)
	냉각 방식		Heat Pipe식 Heat Sink
	제어 방식		VVVF 가감속제어, 회생제어
	스위칭 주파수		540Hz
	입력 필터(FC)		16,000uF

2.3 시험계측시스템 구성

시험계측시스템은 6개의 측정모듈과 2개의 모니터링 장치 및 Main server(안전 모니터링으로 이용)로 구성되며, 각 측정모듈 및 별도의 모니터링(제동, 주행) 장치에서 상시 모니터링할 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 되어있다. 4개의 각 측정모듈에서 계측신호에 대해 항상 모니터링이 가능하며 별도의 모니터링(제동, 주행) 및 Main computer장치에서 상시 모니터링할 수 있도록 되어있다.

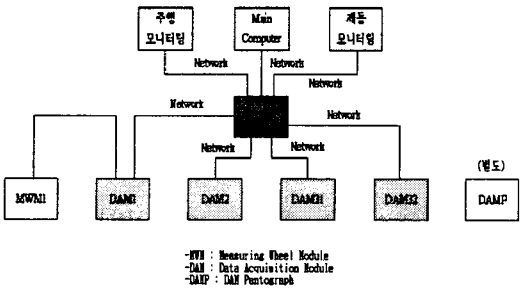

그림 2. 측정시스템 구성

2.4 프로그램 개발환경

LabVIEW는 가상 계측기(VI)라 불리우는 소프트웨어 객체들을 그래픽으로 조합하는 프로그래밍 방법을 제공하고 있으며, LabVIEW를 이용하여 사용자들은 직관적인 그래픽 프론트 패널을 통해 시스템을 제어하고 결과를 표현할 수 있다.

기능을 규정하기 위해 사용자들은 블록 다이어그램을 직관적으로 조합하여 프로그램 할 수 있다. GPIB, VXI, 시리얼 장치, PLC, 플러그-인 데이터 수집(DAQ) 보드 등을 포함하는 여러 장치로부터 데이터를 수집할 수 있으며 네트워킹, 어플리케이션간의 통신, SQL데이터베이스 링크 등을 통하여 기타 데이터 소스를 이용할 수도 있다. 데이터를 수집한 후 LabVIEW의 강력한 데이터 분석 루틴을 사용하여 미 가공 데이터를 의미있는 결과로 전환할 수도 있어 프로그램 개발은 LabVIEW를 사용하여 개발하였다. 자세한 사항은 표 2와 같다.

표 2. 프로그램 개발환경

구 분	Development Enviroment
Operating System	Windows 2000 Server
계측 시스템 Platform	PXI/Compact PCI
Database	MS SQL 2000 Server
Development Tool	LabVIEW 6i

2.5 모듈별 계측프로그램 요구사항

먼저, 각각의 데이터 수집 및 처리 프로그램 작성하도록 하였다. 프로그램은 계측 물리량의 종류 및 계측 방법에 따라 효과적인 측정이 가능하도록 구성하며, 계측항목의 변경이 있을 경우 이에 대한 손쉬운 변경이 이루어지도록 프로그램 모듈별 객체지향형 프로그램으로 작성하였다. 데이터 수집을 위한 초기 설정 단계에서 각 채널별 Configuration이 가능하도록 설계하였다.

계측 데이터의 수집이 원활하도록 하며, 필요한 연산 코딩의 알고리즘이 포함되도록 작성하였고, 계측신호의 시그널 컨디셔닝에 대하여 사용자가 정의할 수 있도록 하였다. 측정 데이터 및 연산 결과에 대한 저장이 효과적으로 이루어 져야 하기 때문에, 시간, 속도 등의 기준이 되는 파라미터 값들과 각각의 모듈에 대한 신호 데이터가 동시에 기록되도록 하여 분석시 데이터의 동기화가 가능하도록 시스템 통합 고려하여 설계하였다.

모든 계측데이터는 저장파일이 효율적인 관리 저장되도록 하였고, 일부 항목에 대한 시험 계측 과정에서 데이터의 수집, 저장과 디스플레이 되도록 시스템을 구성하고 인터페이스 설계하였다.

각 계측 모듈에 대한 관리 및 모듈간의 신호 공유와 모니터링이 가능하도록 각 통합 모니터링 프로그램 (제동/안전/주행)을 작성하였다. 통합 모니터링 프로그램 개발시 포함되어야 할 항목은 다음과 같다.

1) 각 계측 모듈의 네트웍 연결 및 관리
2) 각 계측 모듈의 동기화(Synchronization) Setup 및 Start
3) 각 성능별 (안전 , 주행, 제동) 모니터링
4) 모니터링에서의 현시 및 변환된 데이터의 저장이 가능하며, 이와 함께 별도의 기록지로 출력, 저장이 가능
5) 결과 분석 모듈(프로그램)은 분석 결과를 일정한 보고서 형태로의 출력 기능을 포함

5.4 계측프로그램 내용

모듈별 계측 프로그램은 Hardware configuration, Software configuration, Diagnosis 및 Test의 4개 중요한 기능으로 분리되며, 동일한 프로그램으로 Hardware /Software configuration을 수정하여 모든 계측모듈(DAM1, DAM2, DAM31 및 DAM32)에서 사용할 수 있도록 하였다.

Hardware configuration은 각 계측모듈에 사용된 NI제품인 Hardware를 정의하는 부분으로 각 모듈에 실제 사용된 chassis no., module no. 및 model no.를 NI에서 제공하는 Driver를 이용하여 Hardware의 설정을 행한다.

Software configuration은 Hardware적으로 설정된 채널에 대해 채널의 사용여부 판단, Calibration, 실제 물리량으로의 변환, 최대/최소값 설정, 계측제한범위 설정, 통합 모니터링 모듈로의 전송여부 판단 등을 하는 부분이다.

3. 시험결과

그림 3은 처음부터 130km/h 속도로 주행하며 MB5 호기의 컨버터 Stack, 인버터 Stack 및 내부 공기온도를 측정한 결과이다. Vent. Fan은 차량이 운행중일 경우에는 Fan이 동작하고 정지시에는 멈추도록 설계되어 있는데, 이러한 현상을 실제 시험을 통해 확인하였다.

그림 4는 속도변화에 따라 TCU(Traction Control Unit)에서 내보내는 토크지령치와 토크실측치의 변화를 비교한 결과이다. 토크지령치를 토크실측치가 추종함을 확인할 수 있다. 또한 토크지령치보다 토크실측치가 약간 늦게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

그림 5는 차량을 역행시키면서 토크지령치와 토크실측치를 측정한 결과이다. 기관사가 추진신호를 내보내면서 동시에 PWM값이 100%가 되도록 Master Controller를 조정할 때, 토크지령치와 실측치가 50KNm를 나타내는 것을 볼 수 있다. 또한 PWM값이 40%일 경우에는 20KNm임을 볼 수 있다. 이를 통해서 제작된 MB이 정상적으로 동작하고 있음을 확인할 수 있다.

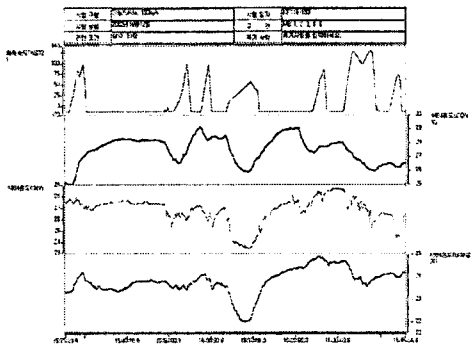

그림 3. 속도변화에 따른 MB5 온도특성 변화

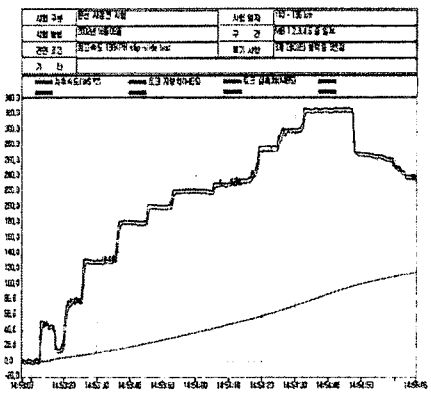

그림 4. 토크지령치와 토크실측치 비교

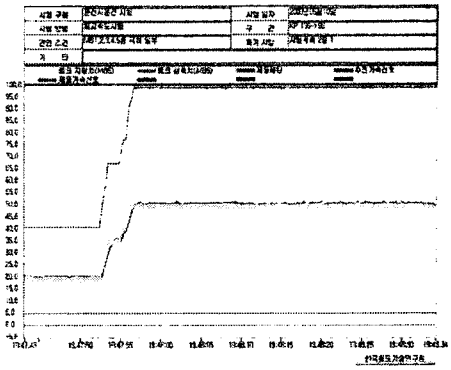

그림 5. 역행시 토크지령치와 토크실측치

4. 결 론

철도차량의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 Motor Block에 대한 성능특성을 확인하는 것은 차량의 안전을 위해 중요한 요소이다. 본 논문에서는 한국형 고속철도차량의 Motor Block특성을 파악하기 위해 계측시스템을 구성하였고, 이를 통해서 고속철도차량의 MB의 온도, 토크실측치와 토크지령치 특성을 살펴보았다. 시험결과, 제작된 MB의 성능이 양호함을 확인하였다.

향후에는 보다 빠른 속도와 많은 운행시간동안 차량을 운행하면서 MB에 대한 특성을 연구해야 할 것으로 사료된다.

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] 주전력변환장치 개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2000), 건교부, 통산부, 과기처

[3] 김석원, 김영국, 백광선, 김진환, 한영재, "고속철도 시운전시험 및 평가용 측정시스템 개발(1)-하드웨어", 철도학회 추계학술대회, pp. 168-173, 2002.

[4] 김석원, 김진환, 최강윤, 박찬경, 김기환, "고속철도 시운전시험 및 평가용 측정시스템 개발(2)-소프트웨어", 철도학회 추계학술대회, pp. 174-181, 2002.

[5] The Measurement and Automation catalog, 2001, National Instruments