

한국형 고속철도차량의 견인특성

한영재*, 김석원*, 서승일*, 백광선*, 황정욱*, 노애숙**
*한국철도기술연구원, **ROTEM

Traction Characteristic of Korean High Speed Train

YoungJae Han*, SungWon Kim*, SungIl Si*, Kwangsun Baik*, Junguk Hwang*, Aesook Kno**
*Korea Railroad Research Institute, **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.

1. 서 론

고속철도차량의 국내기술확보를 위해 최고운행속도 350km/h의 한국형 고속전철시스템을 개발하여 단품시험, 완성차시험, 공장시험 등을 통해 기본적인 성능을 확인한 후 현재는 본선시운전 시험이 진행중이다.

철도차량의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 가장 중요한 것은 추진 성능이라고 할 수 있다. 추진장치의 성능 및 기능을 종합적이고 효율적으로 확인하기 위해 고속철도 시운전시험에서 상시 계측시스템을 시제차량에 설치하여 운영하고 있다. 상시 계측시스템은 추진과 제동장치와 관련된 계측 신호를 수집, 저장 및 분석을 할 수 있으며, 많은 전기신호를 동시에 측정할 수 있다. 상시 계측 시스템의 하드웨어는 National Instruments(NI)의 하드웨어를 사용하였고, 소프트웨어는 LabVIEW 6i를 이용하였다.

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

2. 본 론

2.1 주회로시스템의 구성 및 기본사양

철도차량의 추진장치 견인 특성을 파악하기 위해서는, 먼저 시스템의 일반사양과 핵심전장품인 주전력변환장치의 기본사양에 대해 살펴볼 필요가 있다. 본선시운전을 통한 추진장치 성능도 시스템과 각 장치들의 성능에 절대적으로 의존하고 있기 때문이다. 여기서는 한국형 고속철도차량의 일반사양 및 성능과 주전력변환장치의 기본사양, 그리고 주회로시스템의 구성에 대해서만 간략하게 기술하였다.

- 가. 시제차량의 편성 및 열차 특성
- 1) 시제차량의 편성 : 2P+2M+3T
- 2) 열차 중량
 - a) 점착중량 : 204 Ton
 - b) 열차중량 : 332 Ton
- 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

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.

컨버터 시스템은 직류 런크전압을 2,800V DC로 제어하고 컨버터 1대 용량은 약 1,238kVA로 하며 입력단 전압은 1,400V AC이다. 이런 형태의 컨버터를 사용함으로서 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.

2.2. 주전력변환장치의 기본사양

가. 컨버터부 기본사양

항 목		내 용
전 기 적 사 양	용 량	1,300kVA 2
	입력측 정격전압	1,400VAC
	정격전류	930A
	출력전압	2,800VDC
	출력전류	884A
	입력측 % 임피던스	20%
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

나. 인버터부 기본사양

항 목		내 용
전 기 적 사 양	용 량	
	입력측	연속정격 : 2,730kVA 최대정격 : 3,000kVA
	정격전압	2,800VAC
	정격전류	884A
	출력측	AC 02,183V(선간전압)
	출력전류	7.474A
	최대주파수	143Hz
시 스 템 구 성	구 성	1C2M(1Inverter 2Motor)
	반도체 소자	IGCT(4,500V/4,000A)
	냉각 방식	Heat Pipe식 Heat Sink
	제어 방식	VVF가감속제어, 회생제어
	스위칭 주파수	540Hz
	입력 필터(FC)	16.000uF

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 모니터링할 수 있도록 되어있다. 그림 1은 시험계측시스템의 구성도를 나타낸다.

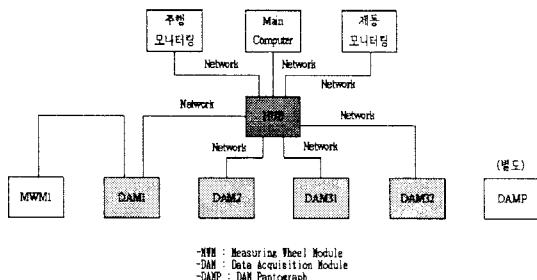


그림 1. 계측시스템 구성

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 모니터링 할 수 있도록 되어있다.

고속전철 시제차량 시험계측시스템의 구성 및 배치도를 그림 2에서 보여주고 있다. 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이, TM1에 MWM1과 DAM1이, TT3에 DAM2, 모니터링(제동, 주행)과 Main server가, TM5에 DAM31, DAM32와 DAMP가 설치되어 있으며, TT3에서 중요한 계측신호의 모니터링이 가능하다.

추진 및 제동장치의 주행 성능을 측정하기 위한 시험계측시스템은 메인이라고 할 수 있는 DAM이외에 변환기, 단자대, 전류/전압 센서, 온도센서, 가속도센서 등이 있다. 변환기는 DAM에 연결되는 각종 신호들 중 전기적 입력 조건이 맞지 않는 신호들을 전기적으로 변환

시켜 주는 역할로서 내부적으로 전류/전압 변환 회로, 풀업 저항 회로, 전압 레벨 변환 회로가 장착되어 있다.

단자대는 시험에 관련된 케이블에 대한 신호선들을 모아주고 분배해주는 역할을 하는 단자대로 이루어져 있다. 단자대는 센서, 전원공급기 및 변환기에 연결되는 선들이 전기적으로 연결될 수 있도록 하는 기능과, G7 시제차 차량이 분리될 경우 차량간에 길게 연결된 선들의 분리가 용이하게 하는 기능이 있다. 그림 3은 TP2에 설치되어 있는 단자대의 실제 외형이다.

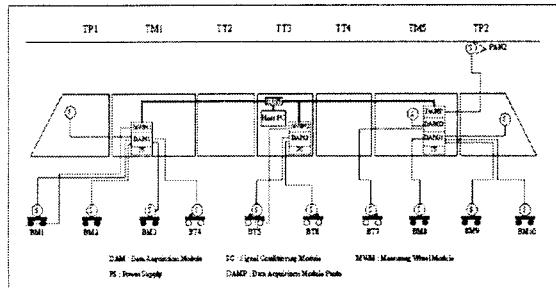


그림 2. 시험계측시스템의 구성 및 배치도

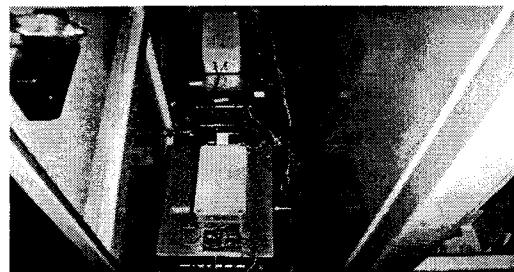


그림 3. TP2 단자대의 외형

2.4 프로그램의 구성

모듈별 계측 프로그램은 Hardware configuration, Software configuration, Diagnosis 및 Test의 4개 중요한 기능으로 분리되며, 동일한 프로그램으로 Hardware/Software configuration을 수정하여 계측 모듈에서 사용할 수 있도록 하였다.

Hardware configuration은 각 계측모듈에 사용되는 NI 제품인 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 변화, 최대/최소값 설정, 계측제한범위 설정, 통합 모니터링 모듈로의 전송여부 판단 등을 하는 부분이다.

Diagnosis는 시운전 시험계측 전에 계측 신호의 이상여부를 확인하기 위하여 구성된 모듈로서 각 모듈별 계측 담당자는 계측 장비의 전원인가 후 각 채널의 이상여부를 확인하여 시험계측 전에 원인 규명과 해결을 수행하기 위하여 구성하였다.

Test는 실제로 계측된 신호의 현시, 저장 및 이 신호를 이용하여 계산된 값을 저장하는 것이다. 계측의 시작/끝, 데이터의 저장은 Main computer의 지령에 따라 수행되며, 계측신호는 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 각 모듈의 모든 신호의 현시와 이상여부의 확인이 가능하며, 선택적으로 일부 신호를 그래프로 모니터링할 수도 있도록 되어있다.

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.

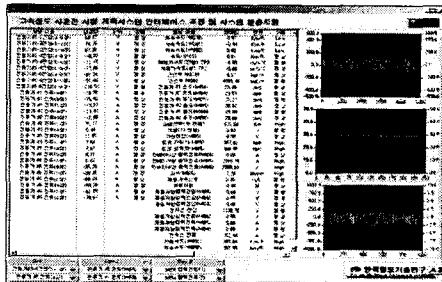


그림 4. Test 화면

3. 시험 결과

그림 5는 역행구간에서 PWM값의 크기에 따라 가속도가 다르게 나타나는 것을 보여준다. PWM값이 100%에 가까울수록 속도가 더 빠르게 상승하는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 고속철도차량을 운행하면서 MB(Motor Block) 5호기의 인버터 출력전류를 측정한 결과이다. 각 상전류가 120도의 위상차를 갖고 스위칭을 하고 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 역행하다가 제동으로 Mascon을 변화시켰을 때의 Powering 신호와 Braking 신호를 비교한 시험결과이다. 추진가속신호를 출력한 뒤에 역행을 시작하고 제동가속신호가 나온 뒤에 제동이 시작됨을 알 수 있다.

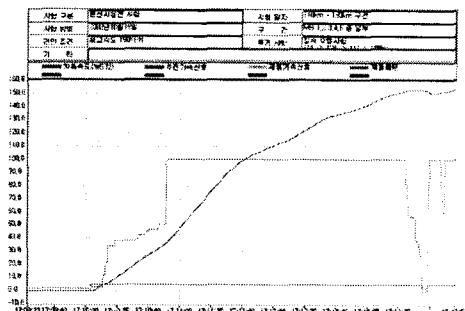


그림 5. 역행시의 추진, 제동신호 및 PWM값 변화

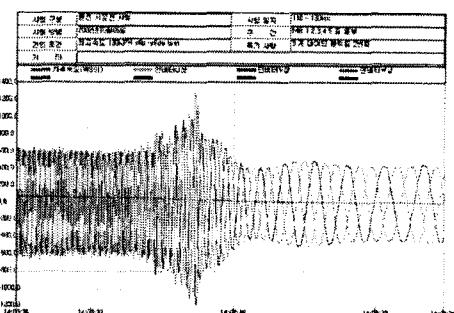


그림 6. 인버터 출력전류(U,V,W)

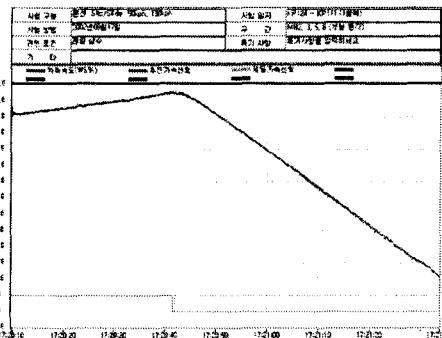


그림 7. 역행과 제동시의 신호

3. 결론

본 본문에서는 한국형 고속전철에 탑재되어 오송기지에서 시운전시험을 수행하고 있는 추진장치의 견인특성에 대하여 연구하였다. 이 시운전시험을 위해 철도연에서는 상시계측시스템을 개발하였으며, 이 계측장치를 통해 추진, 제동신호, PWM값, 그리고 인버터 출력전류와 같은 전기신호들을 측정할 수 있었다. 이러한 신호들을 분석하여 차량의 견인특성에 대한 정보를 정확히 파악할 수 있었다.

앞으로는 추진장치뿐만 아니라 제동장치와의 인터페이스 부분에 대해, 그리고 PWM값 변화에 따른 주행거리 등에 대한 연구가 더 필요하다고 볼 수 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 시행한 고속철도개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

(참고문헌)

- [1] Virtual Acquisition Systems for Global Analysis (VASGA) in Experimentation, 1997, WCRR
- [2] 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2000), 건교부, 통산부, 과기처
- [3] 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2001), 건교부, 산자부, 과기처
- [4] 고속전철기술개발사업 시험평가 종합계획(안), 1999, 한국철도기술연구원
- [5] 고속전철시스템 기본사양, 1998. 3, 한국철도기술연구원
- [6] 김석원, 한영재, 김진환, 백광선, 전영욱, 노애숙, "한국형 고속철도차량의 추진 및 제동 특성에 관한 연구", 전기학회 추계학술대회, pp. 372-374, 2002.
- [7] 주전력장치개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2000), 건교부, 산자부, 과기처
- [8] The Measurement and Automation catalog, 2001, National Instruments