

KHST 차량 전기장치의 본선시운전시험에 관한 연구

(A Study for on-Line Test of Electric Devices in KHST)

한영재* 김기환* 목진용* 김종영* 이병석** 최종선*** 김정수***
Han, Young-Jae Kim, Gi-Hwan Mok, Jin-Yong Kim, Jong-Young Lee, Byong-Suk Choi, Jong-Sun Kim, Jung-Soo

ABSTRACT

KHST(Korean High-Speed Train, 350km/h), composed of 7 cars 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, KRRRI(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. KRRRI has developed the measurement system that can be measured vast and various signals effectively. In this paper, we introduce traction performances of KHST. The traction measurement items are focused on the verification of motor block performances.

1. 서론

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. 이에 따라 전기장치에 대한 성능 및 기능을 효과적으로 확인하기 위해 시운전시험시 상시 계측시스템을 시제차량에 설치하여 운영하고 있다. 상시 계측시스템은 여러 전기장치와 관련된 계측 신호를 수집, 저장 및 분석을 할 수 있으며, 많은 전기신호를 동시에 측정할 수 있다. 상시 계측시스템의 하드웨어는 National Instruments(NI)의 계측장비를 사용하였고, 소프트웨어는 LabVIEW 6i를 이용하였다.

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

2. 본론

철도차량의 전장품과 관련된 성능을 파악하기 위해서는, 먼저 주회로시스템의 일반사양과 핵심 전장품인 주전력변환장치의 기본사양에 대해 살펴볼 필요가 있다. 왜냐하면 본선시운전을 통한 전기장치 성능도 시스템과 각 장치들의 성능에 절대적으로 의존하고 있기 때문이다. 여기서는 한국형 고속철도차량의 편성 및 특성, 주회로시스템과 주전력변환장치의 구성 및 성능에 대해서 기술하였다. 또한 시험시스템의 구성에 대해서도 간략히 설명하였다.

* 한국철도기술연구원 고속철도기술개발사업단

** 로템

*** 홍익대학교 전자전기공학부

2.1 주회로시스템의 구성

고속전철의 기본편성인 20량 편성의 열차에 대한 성능 확인을 위해 제작되는 시제열차는 7량 1 편성이며, 차량배치 및 차량별 용도는 그림 1과 같다.

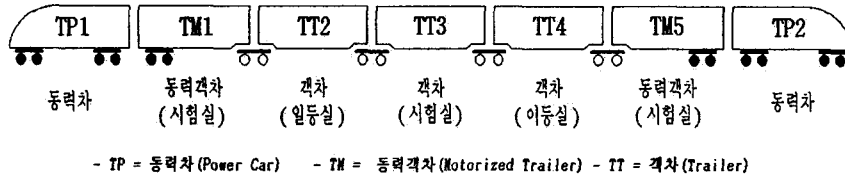


그림 1. 시제차량의 구성

가. 시제차량의 편성 및 열차 특성

- 1) 시제차량의 편성 : 2P+2M+3T
- 2) 열차 중량
 - 가) 짐작중량 : 204 Ton
 - 나) 열차중량 : 332 Ton
- 3) 열차 축수
 - 가) 구동축수 : 12개
 - 나) 비구동축수 : 8개
- 4) 열차 길이 : 145m
- 5) 추진성능
 - 가) 견인전동기 출력 : 1,100kW
 - 나) 기어효율 : 0.975
 - 다) 총출력 : 13,200kW

주회로시스템을 구성하고 있는 주요 전장품인 주전력변환장치, 주변압기, 견인전동기는 열차의 성능에 큰 영향을 준다. 그림 2는 한국형 고속전철의 주회로시스템을 보여준다. 주변압기는 크게 2가지 종류로 구분된다. TP1에 위치한 변압기는 Motor Block(이하 MB)1, MB2 및 MB3에 전원을 공급하며, TP2에 위치한 변압기는 MB5, MB6에 교류전력을 제공한다. 이 두 변압기의 용량은 8,900kVA로 동일하다. 동력객차인 TM5에 취부된 변압기는 MB4에만 전원을 공급하며, 용량은 2,500kVA이다.

그림 2에서 보여주는 것처럼, 변압기는 가선으로부터 AC 25kV를 입력받아 견인권선과 보조권선에 전원을 공급해준다. AC 1,400V를 입력받는 컨버터 2대가 병렬로 운전하여 2,800V의 DC Link전압을 만들어내고, 인버터에서는 이 전압을 AC 0~2,183V로 변환하면서 전동기를 제어하게 된다. Aux. Block은 보조권선을 통해 AC 380V를 입력받아 PWM 컨버터를 통해 DC 670V를 만들어낸다.

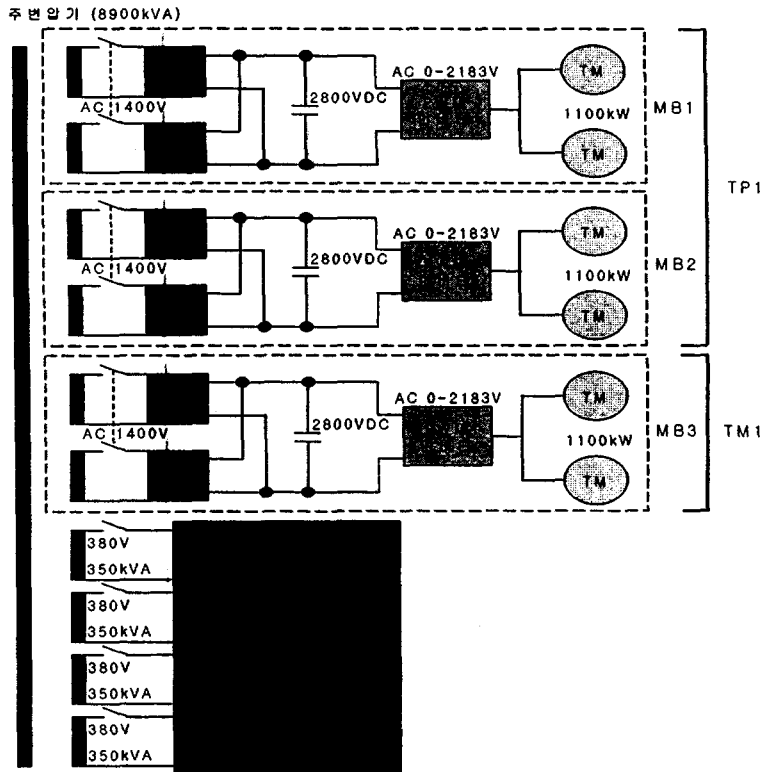


그림 2. 한국형 고속철도의 주회로시스템

2.2 주전력변환장치의 기본사양

표 1. 컨버터부의 기본사양

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

표 2. 인버터부의 기본사양

항 목		내 용	
전 기 적 사 양	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
시스템 구성	구 성		1C2M(1Inverter 2Motor)
	반도체 소자		IGCT(4,500V/4,000A)
	냉각 방식		Heat Pipe식 Heat Sink
	제어 방식		VVVF가감속제어, 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 3은 시험계측시스템의 구성도를 나타낸다.

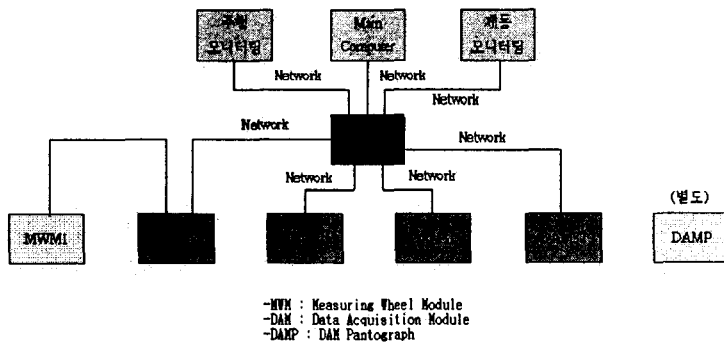


그림 3. 계측시스템의 구성

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 모니터링할 수 있도록 되어있다.

3. 시험결과

그림 4는 속도변화에 따라 TCU(Traction Control Unit)에서 내보내는 토크지령치와 토크실측치의 변화를 비교한 결과이다. 토크지령치를 토크실측치가 추종함을 확인할 수 있다. 또한 토크지령치보다 토크실측치가 시간적으로 약간 늦게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 그림 5는 차량이 역행

할 때의 토크지령치와 토크실측치를 측정된 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.

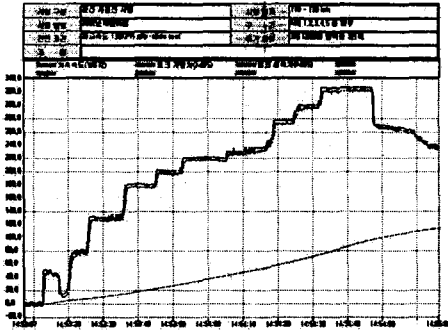


그림 4. 토크지령치와 토크실측치

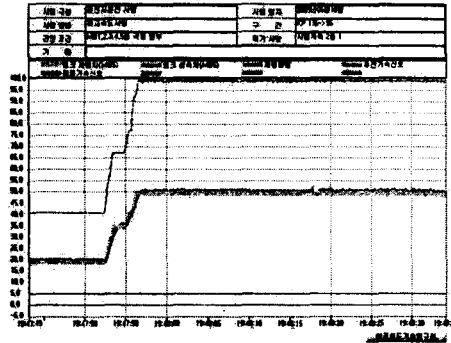


그림 5. 역행시 토크지령치와 토크실측치

그림 6은 고속철도차량을 운행하면서 MB(Motor Block) 5호기의 인버터 출력전류를 측정된 결과이다. 각 상전류가 120도의 위상차를 갖고 스위칭을 하고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 7은 차량이 출발해서 정지할 때까지의 추진신호, 제동신호 및 PWM패턴 변화를 측정된 결과이다. 추진신호가 발생한 뒤에 차량이 역행을 시작하고, 제동신호가 나온 뒤에 제동이 시작된다. 또한 PWM패턴값에 따라 가감속도 기울기가 달라지는 것을 볼 수 있다. 추진신호와 제동신호가 없는 구간, 즉 타행으로 달리는 구간에서는 시간이 지남에 따라 속도가 서서히 떨어지고 있다.

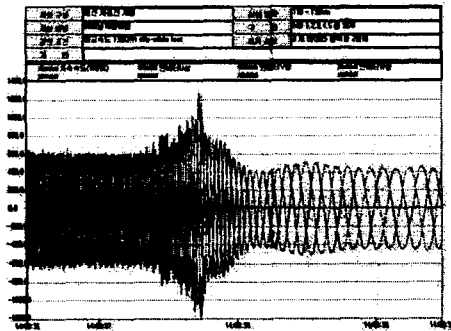


그림 6. 인버터 출력전류(U,V,W)

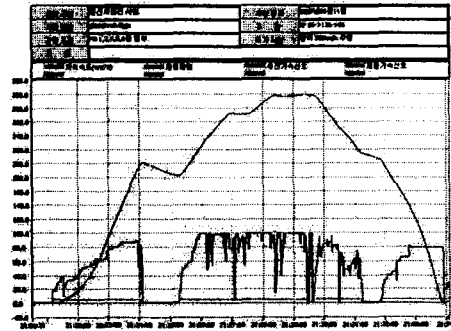


그림 7. 추진, 제동 및 PWM패턴 신호

그림 8은 MB 1대 기동시의 견인성능을 확인하기 위해 직선평탄선로 구간에서 MB 1대만을 기동시킨 후에 출발부터 80km/h 도달시까지의 시간 및 거리를 분석한 결과이다. 출발에서 80km/h에 도달할 때까지 걸리는 거리는 1,907m, 시간은 183.37초로 나타났다. 평균가속도는 0.1212m/s²로 확인되었다. 그림 9는 MB 2대로 운행하며 주행거리에 따른 속도, 시간, 가속도 및 평균가속도를 측정된 결과이다. 이 때의 견인성능을 확인하기 위해, 직선평탄선로 구간에서 PWM 패턴값을 100%로 한 후에 MB 2대를 기동하여 출발부터 120km/h 도달까지의 시간 및 거리를 측정하였다. 120km/h까지 가는데 걸리는 시간은 134.47초로 나타났다. 또한 80km/h까지의 도달시간은 약

92초로 1대 운영시의 180초의 절반에 해당됨을 알 수 있다. 그리고 평균가속도도 0.2479m/s^2 로 확인되어 MB 1대의 약 2배 정도가 됨을 볼 수 있다.

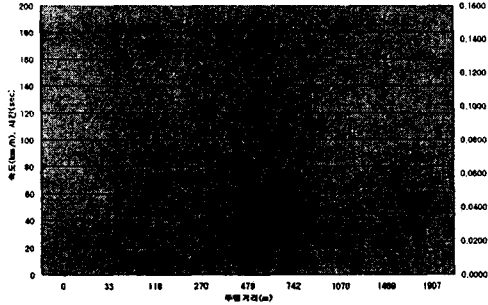


그림 8. 주행거리에 따른 속도, 시간, 가속도 비교 (MB 1대)

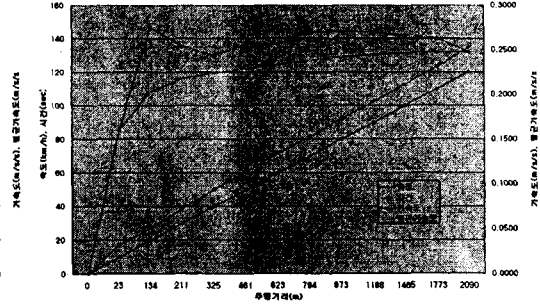


그림 9. 주행거리에 따른 속도, 시간, 가속도 비교 (MB 2대)

4. 결론

본 논문에서는 한국형 고속전철에 탑재되어 오송기지에서 시운전시험을 수행하고 있는 차량의 주행성능에 대하여 연구하였다. 이 본선시운전시험을 위해 철도연에서는 상시계측시스템을 개발하였으며, 이 계측장치를 통해 추진, 제동신호, PWM값, 그리고 인버터 출력전류와 같은 전기신호들을 측정할 수 있었다. 또한 토크실측치와 토크리징치의 특성과 MB 1대와 2대에 대한 주행거리에 따른 속도, 시간, 가속도를 각각 살펴보았다. 이러한 신호들을 분석하여 차량의 주행성능에 대한 정보를 정확히 파악할 수 있었다.

앞으로는 추진장치와 제동장치와의 인터페이스 부분에 대해, 그리고 MB4대, 5대, 6대 기동시에 따른 주행성능에 대한 연구가 더 필요하다고 판단된다.

후기

본 내용은 건설교통부 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

참고문헌

1. Paolo Masini and Giovanni Puliatti, "Virtual Acquisition System for Global Analysis (VASGA) in Experimentation", WCRR, pp. 279~286, 1997.
2. 김석원, 한영재, 김진환, 백광선, 전영욱, 노애숙, "한국형 고속철도차량의 추진 및 제동 특성에 관한 연구", 전기학회 추계학술대회, pp. 372-374, 2002.
3. 고속전철시스템 기본사양, 1998. 3, 한국철도기술연구원
4. 주전력변환장치 개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2000), 건교부, 통산부, 과기처
5. 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2001), 건교부, 산자부, 과기처
6. 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(2002), 건교부, 산자부, 과기처
7. The Measurement and Automation catalog, 2001, National Instruments