

최고시험속도 400km/h 동력분산형 고속철도의 종합계측시스템 구성 방안 연구

A Study of Overall Measurement System for the Power dispersed High Speed Railway with 400km/h of Maximum Test Speed

이영엽†
Young-Yeob Lee

류상현*
Sang-Hyun Ryu

김봉래**
Bong-Rae Kim

이준원***
Jun-One Lee

ABSTRACT

This study examined the overall measurement system for the power dispersed high speed railway with 400km/h of maximum test speed. The measuring system evaluating an efficiency, stability and reliability is important for developing the high speed railway. In order to organize the comprehensive measuring system, it is needed to determined the test item, a number of channel and the specifications of the measurement system.

In this study, we made lists for the performance evaluation tests of the next generation high speed railway expected to be developed in the future, and prepared generalization channel sheets for the specification of the overall measurement system. In addition, the specifications for the measuring system were discussed and synthesized.

1. 서 론

국가의 전략적 사업인 미래철도기술개발사업으로 향후 개발될 최고시험속도 400km/h의 차세대고속열차에 대한 기술 개발이 이루어지고 있으며, 시제열차의 성능 및 안전성, 신뢰성을 종합적이고 효율적으로 확인하기 위한 종합계측시스템의 기본설계가 진행 중이다.

종합계측시스템의 구축은 동력분산형 고속철도시스템 및 구성품의 성능검증을 통해 차세대 고속철도시스템의 안전성 확보 및 운영과정에서 발생할 수 있는 고장상황 등을 사전에 검증하여 향후 실제 운행에 있어서의 위험요소감소를 목적으로 한다.⁽¹⁾ 이러한 종합계측시스템을 구성하기 위해서는 성능평가시험 항목과 측정 항목에 따른 채널수 및 센서의 개수, 센서 타입 등이 결정이 되어야 하고, 이에 대한 계측시스템 장비의 사양이 결정되어야 한다.

본 연구에서는 향후 개발될 차세대고속열차의 종합계측시스템 기본 설계와 관련하여 종합계측시스템 구성을 하기 위해 필요한 요소인 계측 항목, 시험에 필요한 센서의 종류 및 개수, 채널수 등에 대한 사항을 도출하였으며, 종합계측시스템 계측 장비 사양을 비교 및 분석하였다.

2. 본 론

2.1 종합계측시스템의 기본 방향

† 정회원, 한국철도공사 연구원, 기술연구팀, 차장
E-mail : leeyy@korail.com
TEL : (042)615-4712 FAX : (02)361-8542

* 비회원, 한국철도공사 연구원, 기술연구팀, 주임연구원

** 비회원, 한국철도공사 연구원, 기술연구팀, 부장

*** 비회원, 한국철도공사 연구원, 기술연구팀, 차장

종합계측 시스템은 물리량을 측정하는 센서, 변환기 및 이들로부터 얻어지는 신호를 원하는 형태와 크기로 변환하는 신호처리기, 측정 신호를 수치로 나타내는 출력 모듈, 측정된 결과를 해석할 수 있는 후처리 모듈로 구성된다. 이를 위하여, 각 시험 항목별로 구하고자 하는 물리적 신호의 검토 및 선정, 각 신호의 특성에 맞는 계측장비가 구축되어야 한다. 또한, 각 측정 항목별 물리량, 측정범위, 계측위치 등 계측과 관련된 사항과 이들 자료의 저장, 분석 방법에 대한 체계를 갖추어야만 올바른 시험 계측 장비의 구성이 가능하다. 차세대고속열차의 종합계측시스템은 한국형고속열차 및 한국형틸팅열차에 적용된 종합계측시스템 및 외국의 시험열차 계측시스템 구축 사례 등을 참고하여 독자적인 종합계측시스템을 구축할 예정이다.

2.2 종합계측시스템의 구성

동력분산형 고속철도 시제차량의 종합계측시스템은 <그림 1>과 같이 성능시험평가시스템, 안전성모니터링시스템, 특수계측시스템 및 필요시 운용하는 이동형 계측시스템으로 분류하였다. 이들 각각의 시스템은 기본적으로 본선시험운전에서 제시될 성능평가시험 항목에 대해 측정하기 위한 계측시스템이다.



그림 1 종합계측시스템 구성

2.2.1 성능평가시스템

성능평가시스템은 차세대고속열차의 기본적인 성능 및 철도안전법에서 제시하는 시험 및 평가를 위하여 구성하는 계측시스템으로써 다음과 같은 기본 시험 항목을 측정한다.

- 주행성능 항목 : 주요 전장품 온도, 전동기 및 SIV의 전압 및 전류 등
- 판토타그래프 성능 : 접촉력, 집전 모니터링, 집전시험
- 주행 동특성 항목 : 차축, 대차, 차체 가속도 측정, 역행시험, 진동시험
- 윤축베어링 및 감속구동장치 등 기기 온도 상태 시험
- 승차감
- 제동성능 항목 : 제동관 압력측정, 제동시험
- 주행속도 : 주행속도 등
- 기타 시험

2.2.2 안전모니터링 시스템

안전성 모니터링 시스템은 주행중인 열차의 안전을 위하여 건전성 평가 등을 위한 계측시스템이다. 특히 대차는 열차의 주행에 작용하는 핵심장치이며, 계측 모니터링 위치 선정 등을 위한 대차 프레임 하중 이력 및 취약 부분 분석을 수행중이고 주로 다음과 같은 항목을 상시 계측, 모니터링 하도록 한다.

- 차량 건전성 모니터링 시스템
 - 광섬유 센서를 이용한 대차의 다채널 계측 시스템 적용

- 각 대차별 가속도 모니터링

2.2.3 특수계측시스템

고속열차의 일반 성능평가 항목 및 안전모니터링 항목 이외에 분산형 고속열차의 특수 성능 평가에 필요한 항목의 계측 및 새로운 계측기술 적용을 위하여 특수계측시스템을 구성하고자 한다. 대표적인 계측 항목은 다음과 같다.

- 소음/진동 신호를 이용한 차량/궤도상태 모니터링
 - 고성능 마이크로폰, 가속도계, 신호처리장치 기술 이용
- 대용량 데이터 송신이 가능한 무선 모니터링 적용
 - 고속에서 대용량 데이터 송신 기술 연구
- 고속열차의 견인력/제동력 모니터링
 - 실시간 토크 측정 기술 개발
- 지상자 통합 계측 시스템
 - 신호체계가 다른 ATP/ATC/ATS의 통합 계측 시스템 개발
- 능동형 현가장치 모니터링
 - 분산형고속열차 대차에 설치되는 능동형 댐퍼의 작동 확인

2.2.4 이동형 계측시스템

필요시 종합계측시스템과 연동하여 원하는 항목을 측정하는 시스템이다.

2.3 계측시스템 구축 환경

차세대고속열차의 종합계측시스템은 6량 1편성의 계측시스템으로써 각 차량마다 계측시스템을 구성하고 M2 차량에 종합계측실로 구성하여 종합적인 계측 데이터 수집 및 저장, 모니터링을 한다.

판토(panto) 계측시스템은 M1과 M4에 각각 설치하여 상시 모니터링을 한다.

사용 전압은 AC 25,000V이고 사용전류는 1000A이며, 사용온도는 -10~50℃이다. 절연조건은 20cm 이하 강설 또는 강우 시에도 옥상장비와 차량 간의 Data 송수신 연결통로에 충분한 절연기능을 가져야 한다. <그림 2>는 차량 구성도를 보여준다.

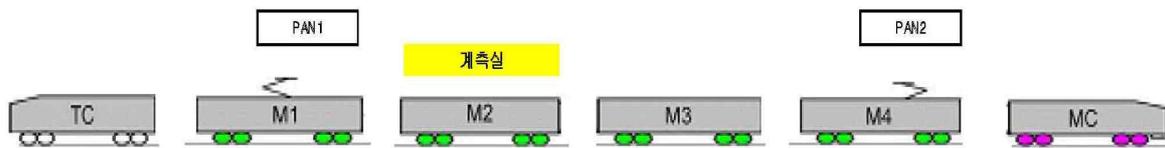


그림 2 차량 구성도

2.4 계측채널수 종합

종합계측시스템을 구성하기 위하여 계측항목, 측정위치 및 모듈, 물리량, 센서의 종류, 센서의 개수, 채널수 등에 대한 사항을 결정하고 이를 종합한 채널시트를 작성하였다. 채널수는 TC 차량에 81개, M1 차량에 76개, 종합측정차인 M2 차량에 152개, M3 차량에 130개, M4에 30개, MC 차량에 81개, 판토그래프 계측에 대해 M1 차량과 M2 차량에 각각 16개의 채널을 가진다. <표 1>은 센서의 종류, 위치 및 채널수에 대해 종합하였다.

표 1 센서의 종류, 위치 및 채널수

센서 종류	설치 위치								계
	TC	M1	M2	M3	M4	MC	PAN1	PAN2	
가속도 센서 (CAP)	27	14	23	2	2	11	4	4	87
가속도 센서 (ICP)	16	12	14	69	12	12			135
온도 센서 (TC)	5	25	36	32	4	24	2	2	130
압력계	10	2	14	10	2	8	1	1	48
Microphone	2	13		4		2			21
Torque		1			1	1			3
각도계		1			1				2
적외선 온도	2			2					4
습도계			1			1			2
PWM	1					1			2
Strain			22						22
풍속계			2	2		1			5
FBG			26						26
Load cell							4	4	8
변위계							1	1	2
압상력							4	4	8
차량 신호	14	8	13	9	8	20			72
통신	4		1						5
합 계	81	76	152	130	30	81	16	16	582

2.5 하드웨어 구성

계측시스템은 TC, M1, M2, M3, M4, MC 차량별로 구성하며 각각의 시스템은 컨트롤러, 메인 샤시, 신호 처리 샤시, AD보드, 신호처리 모듈, 제어 신호 입력 모듈로 구성 된다. 각 계측 시스템의 입출력 인터페이스로 모니터, 키보드, 마우스가 19인치 랙 장착 가능한 1U의 장비가 포함된다.

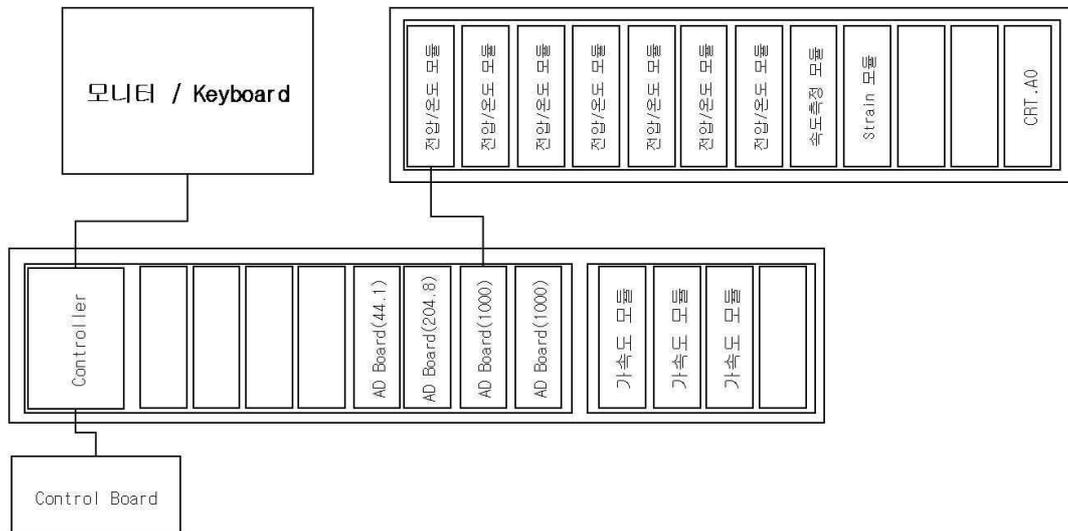


그림 3 TC 차량의 계측시스템 모듈 구성도

2.6 차량별 모듈 구성

2.6.1 TC 차량 모듈 구성

측정 채널은 계측 속도가 1KHz, 44.1KHz, 204.8KHz의 3종류로 나뉘며 계측속도 1KHz의 측정 채널은 전압/온도가 43개, 속도가 4개, Strain Gauge 3개, 가속도 17개로 구성된다. 계측속도 44.1KHz의 측정 채널은 전압용으로 7채널, 계측속도 204.8KHz의 측정채널은 4개의 채널로 구성된다.

TC 차량에서 M1, M2, M3, M4, MC 차량까지의 모든 장비는 <그림 3>과 같이 Data를 계측하고 저장하는 Main Controller 1대, 19 " Rack 1U에 장착 가능한 키보드, 모니터 모듈 1대, 신호의 동기를 위한 Control Board 1대, Main Controller와 PXI Card를 장착하는 Main Chassis 1대, 채널의 확장 및 Conditioner Module을 장착하기 위한 Conditioner Chassis 1대가 기본적으로 구성되며, TC car의 경우에는 측정 채널에 맞추어 44.1KHz용 PXI Board 1개, 204.8KHz용 PXI Board 1개, 전압/온도 모듈 7개, 속도 모듈 1개, Strain 모듈 1개, 가속도 모듈 3개로 구성한다.

2.6.2 M1 차량 모듈 구성

측정 채널은 계측 속도가 1KHz, 204.8KHz의 2종류로 나뉘고 계측속도 1KHz의 측정 채널은 전압/온도가 45개, 가속도 25개로 구성된다. 계측속도 204.8KHz의 측정채널은 6개의 채널이 있다.

M1 car의 경우에는 측정 채널에 맞추어 204.8KHz용 PXI Board 2개, 전압/온도 모듈 7개, 가속도 모듈 5개로 구성한다.

2.6.3 M2 차량 모듈 구성

측정 채널은 계측 속도가 1KHz, 44.1KHz, 204.8KHz의 3종류로 나뉘고 계측속도 1KHz의 측정 채널은 전압/온도가 93개, 속도가 4개, Strain Gauge 26개, 가속도 12개로 구성된다. 계측속도 44.1KHz의 측정 채널은 전압용으로 10채널, 계측속도 204.8KHz의 측정채널은 6개의 채널로 구성된다. M2 car의 경우에는 채널 수가 많으므로 Conditioner Chassis가 1대 더 장착되며 측정 채널에 맞추어 44.1KHz용 PXI Board 2개, 204.8KHz용 PXI Board 2개, 전압/온도 모듈 13개, 속도 모듈 1개, Strain 모듈 4개, 가속도 모듈 2개로 구성한다.

2.6.4 M3 차량 모듈 구성

측정 채널은 계측 속도가 1KHz, 44.1KHz, 204.8KHz의 3종류로 나뉘고 계측속도 1KHz의 측정 채널은 전압/온도가 51개, 가속도 69개로 구성된다. 계측속도 44.1KHz의 측정 채널은 전압용으로 4채널, 계측속도 204.8KHz의 측정채널은 6개의 채널로 구성된다. M3 car의 경우 M2 car와 마찬가지로 채널 수가 많으므로 Conditioner Chassis가 1대 더 장착되며 측정 채널에 맞추어 44.1KHz용 PXI Board 1개, 204.8KHz용 PXI Board 2개, 전압/온도 모듈 7개, 가속도 모듈 10개로 구성한다.

2.6.5 M4 차량 모듈 구성

측정 채널은 계측 속도가 1KHz, 204.8KHz의 2종류로 나뉘고 계측속도 1KHz의 측정 채널은 전압/온도가 12개, 가속도 12개로 구성된다. 계측속도 204.8KHz의 측정채널은 6개의 채널로 구성된다. M4 car의 경우에는 측정 채널에 맞추어 204.8KHz용 PXI Board 2개, 전압/온도 모듈 2개, 가속도 모듈 2개로 구성한다.

2.6.6 MC 차량 모듈 구성

측정 채널은 계측 속도가 1KHz, 44.1KHz, 204.8KHz의 3종류로 나뉘고 계측속도 1KHz의 측정 채널은 전압/온도가 55개, Strain Gauge 2개, 가속도 12개로 구성된다. 계측속도 44.1KHz의 측정 채널은 전압용으로 2채널, 계측속도 204.8KHz의 측정채널은 10개의 채널로 구성된다. MC car의 경우 측정 채널에 맞추어 44.1KHz용 PXI Board 1개, 204.8KHz용 PXI Board 3개, 전압/온도 모듈 8개, Strain Gauge 모듈 1개, 가속도 모듈 3개로 구성한다.

3. 결 론

본 논문에서는 향후 개발될 차세대고속열차의 성능을 평가하고 고장을 진단하기 위한 종합계측시스템 구성 방안에 관하여 연구하였다. 계측시스템은 각각의 차량에 설치되는 분산형으로 채택하였으며 각 기계 및 전기장치 신호를 종합적으로 관측하고 저장할 수 있는 측정차를 지정하였다. 차량별로 센서의 종류, 개수, 설치위치 및 채널수를 고려하여 채널시트를 작성하였다. 이를 통해 차량별 계측시스템 모듈 등을 구성하였고 예상 채널수는 582개이다.

이와 같이 구성되는 종합계측시스템은 차세대고속열차의 안전성과 신뢰성 및 고속열차성능평가 기술 향상에 많은 도움을 줄 것으로 사료된다. 향후에는 현재까지 계획, 검토한 구성 방안을 보완하여 종합계측시스템을 구성 할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. “시스템 사양연구 및 열차성능평가 기술개발”, 차세대고속철도기술개발사업 1단계 보고서, 국토해양부, 한국건설교통기술평원, 2009. 7.