

한국형 고속열차의 슬립검지에 관한 연구

한영재*, 김기환*, 목진용*, 김상수*, 이준석*
*한국철도기술연구원

A Study on Slip Detection of High speed Railway

Young-Jae Han*, Ki-Hwan Kim*, Jing-Yong Mok*, Sang-Soo Kim*, Jun-Seok Lee*
*Korea Railroad Research Institute

Abstract - 고속철도차량의 국내기술확보를 위해 최고운행속도 350km/h의 한국형 고속전철시스템을 개발하여 단품시험, 완성차시험, 공장시험 등을 통해 기본적인 성능을 확인한 후 현재는 본선시운전 시험이 진행 중이다. 본 논문에서는 국내기술로 개발된 한국형 고속열차의 슬립검지를 위한 계측시스템 구성과 검지 내용에 대해 서술하고 있다.

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 차속속도, 가선전압, 인버터 출력전류, 토크지령치, 토크실측치 등과 같은 15개의 신호를 입력받는다. 따라서 3대의 MB로부터 총 45개의 제어신호를 계측시스템에 보내준다.

1. 서 론

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.

핵심전장품인 추진시스템에 사용된 제어기술은 초기에는 초퍼방식을 이용한 직류전동기 구동방식에서 전류형 인버터를 사용한 동기전동기 제어방식으로 바뀌었다. 최근들어 전압형 인버터에 의한 유도전동기 구동방식으로 변화하고 있다.

또한 승객들이 느끼는 승차감을 향상시키기 위해 슬립과 슬라이드를 방지하기 위한 제점제어에 대한 연구도 활발히 수행되어왔다. 한편, 한국형 고속철도차량은 7량 1편성으로 구성되어 있으며, 현재 오송기지 에서 본선시운전 시험중에 있다. 이 차량에 취부된 여러 장치들의 성능을 파악하기 위해서 다양한 신호를 측정하기 위한 측정시스템이 구축되어 있다.

본 논문에서는 모터블럭 제어기로부터 입력받은 신호를 이용하여 고속열차에 설치되어있는 추진장치의 슬립검지에 관하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 추진시스템 기본사양

한국형 고속열차의 슬립검지를 확인하기 위해서는, 추진시스템 기본사양에 대해 살펴볼 필요가 있다. 추진시스템은 컨버터 2대를 병렬운전하고 인버터 1대로 견인전동기 2대를 구동하는 구조를 한 MB(이하 Motor Block)이며, 동력차의 경우는 3개의 MB로 구성된다.

MB는 IGBT, Diode 각 2개씩으로 구성된 브릿지 1arm을 하나의 Stack으로 조합하여 컨버터용 4개 Stack, 인버터용 3개 Stack과 별도의 Chopper Stack 1개 등으로 구성되며 직류단 콘덴서, 각부의 전압, 전류 검지기 및 제어부가 포함된다.

컨버터 시스템은 직류 링크전압을 2,800V DC로 제어하고 컨버터 1대 용량은 약 1,238kVA로 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. 인버터와 컨버터의 주요 사양은 표1, 표2와 같다.

2.2 계측시스템 신호 입력

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.

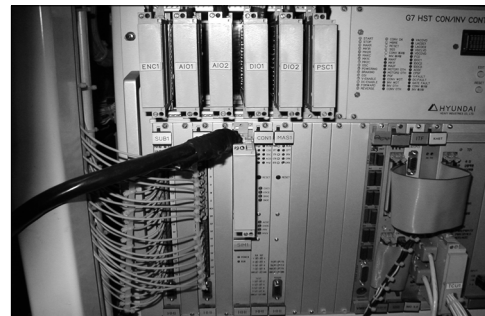
그림 1과 그림 2는 H사에서 제작된 MB 제어기에 각종 데이터를 얻기 위한 커넥터를 연결하고 전압을 DC 15V에서 DC 5V로 변환시켜 주기 위한 신호변환기의 외형을 보여준다. 한 대의 MB에 설치된 커넥터는 가선전압, 토크지령치, 토크실측치 등을 포함한 13개의 추진장치와 관련된 신호들을 계측시스템에 제공한다.

<표 1> 인버터부 주요 사양

항 목		내 용	
전기적 사양	용 량		연속정격 : 2,730kVA
	입력측	정격전압	2,800VDC
		정격전류	884A
	출력측	출력전압	AC 0~2,183V(선간전압)
		출력전류	7,474A
최대주파수		143Hz	
시스템 구성	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

<표 2> 컨버터부 주요 사양

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	구 성		컨버터 2대 병렬운전
	반도체소자		IGCT
	냉각 방식		Heat Pipe식 Heat Sink
	제어 방식		PWM(일정전압/역률제어)
	스위칭 주파수		540Hz



<그림 1> MB1 제어기 커넥터 연결



〈그림 2〉 MB4 제어기 커넥터 연결



〈그림 3〉 MB4 제어기 커넥터 연결

2.3 시험결과

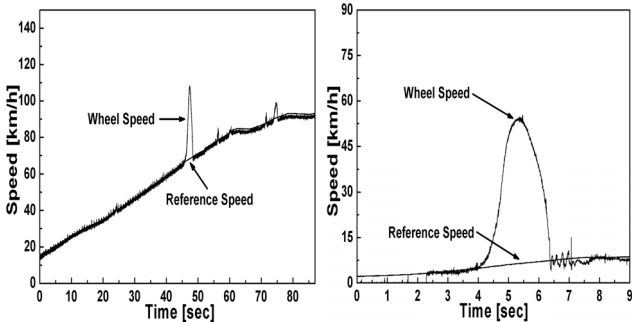
한국형 고속전철은 세계에서는 네 번째로, 국내에서는 최초로 개발된 고속철도차량이며, 신뢰성 및 안전성 확보를 위해 차량 내에 상시계측시스템을 설치하여 시운전시험시 차량의 상태를 실시간으로 감시하고 있다. 이에 본 논문에서는 계측시스템을 통해 실시간으로 획득된 시험데이터를 통해 한국형 고속전철에 대한 슬립검지를 파악하였다.

철도차량에서 발생하는 슬립현상은 차량의 안전과 직결되는 요소이기 때문에, 이를 방지해 주기 위해 많은 연구가 수행되어왔다. 그러나 각 차축에 대한 속도시험을 개별적으로 시험해 왔기 때문에, 전체 차량에서 동일한 차축속도를 받고 있는지를 확인하는데 어려움이 많았다.

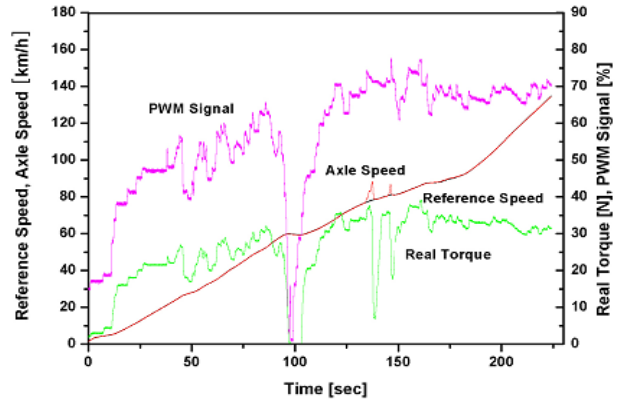
위와 같은 단점을 보완하기 위해 한국형 고속전철 상시계측시스템에서 전체 차축속도를 동시에 측정하였다. 그림 3은 시운전 초기에 발생한 슬립과 슬라이드 현상을 보여주고 있다.

그림 4 (a)와 (b)는 기준속도와 동력차축속도를 비교한 것으로, 슬립이 발생하는 현상을 계측시스템을 통해 검지하였다. 역행중일 때, 기준속도에 비해 동력 차축속도가 급격하게 상승했다가 다시 줄어드는 현상을 볼 수 있다.

그림 5는 TCU 프로그램을 수정하고 제어신호선에 대한 노이즈 방지 등을 실시한 후에 슬립 시험한 결과이다. 여기서 나타난 결과를 보면, 슬립검지와 공전발생에 따른 제어가 잘 이루어지고 있는 것을 볼 수 있다.



(a) (b)
〈그림 4〉 슬립 발생 검지



〈그림 5〉 정상적인 슬립 제어

3. 결 론

한국형 고속열차에 설치되는 추진장치는 열차의 성능에 큰 영향을 주는 장치이다. 시운전을 실시하는 도중에 추진장치에 고장이 발생하였을 경우, 고장원인을 정확하게 빠른 시간 내에 진단하고 정확히 찾아내는 것은 차량의 신뢰성과 안정성 확보를 위해 매우 중요한 일이다.

본 논문에서는 7량 1편성으로 구성된 한국형 고속열차의 슬립을 검지하는 계측시스템 구성과 이를 이용한 슬립검지에 대하여 보여준다. 이를 통해 고속열차의 공전을 검지하여 추진장치의 안정성과 신뢰성에 큰 도움을 줄 수 있었다.

[감 사 의 글]

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

[참 고 문 헌]

- [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] J. Ito, Y. Hagiwara, N. Yoshie, "Development of The IGBT Applied Traction Traction System For The Series 700 Shinkansen High-Speed Train", International Conference on Developments in Mass Transit System, 20~23 April 1998, Conference Publication No.543, pp.25~30, IEE 1998.
- [4] 김석원, 김영국, 한영재, 박찬경, 김진환, 백광선, "고속철도 시운전시험 계측시스템 개발에 관한 연구", 한국철도학회지, pp. 158~166, 2002. 9.
- [5] 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.
- [6] 전력변환장치 개발, 고속전철기술개발사업연차보고서(1999), 건교부, 산자부, 과기처.
- [7] "추진장치의 고장진단과 성능특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회지, Vol. 18, No. 2, pp. 153~158, 2005. 2.