

틸팅차량 추진력변환장치 특성 연구

한영재*, 이수길*, 이형우*, 한성호*
한국철도기술연구원*

A Study on Characteristics of TTX(Tilting Train Express) Traction System

Young-Jae Han*, Su-Gil Lee*, Hyoung-Woo Lee*, Seong-Ho Han*
*Korea Railroad Research Institute

Abstract - 추진장치는 차량의 안전에 큰 영향을 주는 핵심 장치로 철도 선진국들은 이 장치의 크기 및 무게 저감, 스위칭 소음과 노이즈 저감 등에 대한 연구를 활발히 수행하고 있다. 본 논문에서는 한국형 틸팅 열차용 추진력변환장치 역행시험결과를 통해 제작된 추진장치의 성능이 양호함을 확인하였다.

1. 서 론

한국형 틸팅열차는 동력분산식으로 설계되어 3량 1unit의 6량이 기본이고, 9량 또는 12량 중련편성 운행이 가능하다. 현재 개발된 차량이 완성차시험을 마친 후에 호남선과 충북선에서 본선시운전시험을 수행하고 있다. 추진장치는 차량의 안전에 큰 영향을 주는 핵심 장치로 철도 선진국들은 이 장치의 크기 및 무게 저감, 스위칭 소음과 노이즈 저감 등에 대한 연구를 활발히 수행하고 있다.

국내에서도 전동차와 고속열차 추진장치에 대한 제어기술 향상, 시험평가 및 고장진단 기술 확보 등에 대해 연구가 진행되고 있다. 한편, 개발된 틸팅열차 추진장치에 대한 성능평가를 위해 계측시스템이 구성되어 운용중이다. 계측시스템은 국내 독자기술로 개발되었으며, 이전에 개발되어 운용중인 다른 계측시스템보다 한층 진일보한 시스템이다.

이러한 계측시스템을 이용하여 본 논문에서는 본선시운전 시험을 진행하면서 한국형 틸팅열차 추진장치에 대한 특성을 파악하였다. 이를 통하여 제작된 추진장치에 대한 성능평가를 정확하게 수행할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 차량 주요사항

한국형 틸팅열차의 주요제원을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 최고 설계속도 : 200km/h
- (2) 운행 최고속도 : 180km/h
- (3) 가선전압 : AC 25kV, 60Hz (AC 19kV ~ 27.5kV)
- (4) 입력전압 : AC 1,040V, 60Hz X 2권선
- (5) 정격 출력 : 1000kW/Mcar
- (6) 가속도 : 1.8km/h/s

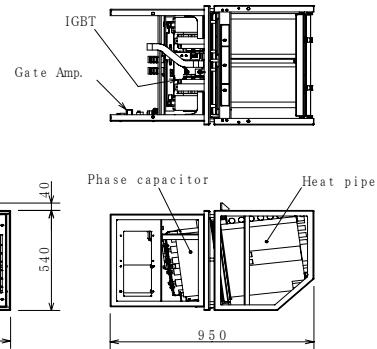
2.2 추진장치 시스템

주회로시스템은 교류전력을 직류로 바꾸는 Converter와 그 직류전력을 3상 교류로 변환하여 추진동기를 구동하는 Inverter로 구성된다. 냉각방식은 Heat Pipe를 이용한 자연냉각 방식으로 저소음화 및 보수의 편리성을 실현하였다. 제어기는 벡터제어, Beatless 제어를 실시한다. 지상설비에 의한 유도장해, 가선에 의한 전과 장해 대책을 실시하고, 또 장치의 저소음화를 실현한다. 유지보수점검은 장치 전면에서 용이한 구조이다.

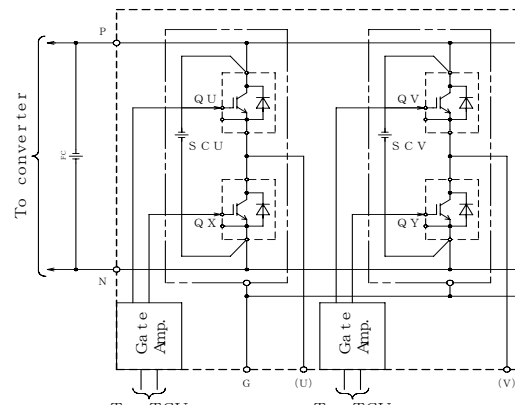
컨버터 장치는 주변압기로부터 공급된 AC전압을 IGBT의 스위칭 동작에 의해서 DC전압으로 변환한다. DC전력은 이 장치의 2set로 출력된다. 또한 제어장치의 명령값에 따라 출력 DC전압을 일정하게 가져가고, DC전력을 VVVF에 공급한다. 그림 2는 컨버터장치의 외형도를 나타낸다.

인버터 장치는 3상 IGBT 브리지가 포함되고 PWM 컨버터에서 공급된 DC 전력을 견인전동기를 구동하기 위한 AC 전력으로 변환시킨다. 이 장치는 TCU의 명령 값에 따라 토크와 회전 속도를 제어하기 위해 출력 전압과 주파수를 가변시킨다.

IGBT 인버터 장치는 그림 2에서 보는 바와 같이, 3.3kV/1200A 정격의 IGBT 6개, 3개의 위상 커패시터, 세 개의 Gate Driver Board를 가진다. IGBT 소자는 히트 파이프를 이용하여 자연 냉각한다.



<그림 1> 컨버터 외형



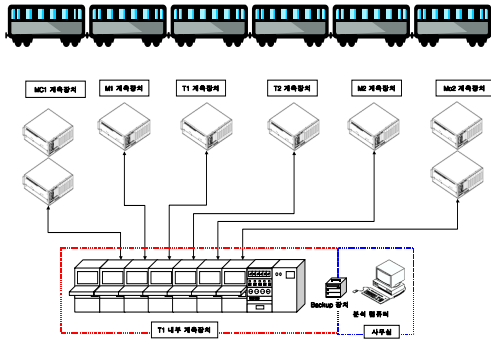
<그림 2> 인버터 내부 회로도

2.3 계측시스템의 구성

측정시스템의 구성은 그림 3과 같이 각 차량마다 계측을 위한 측정장치를 설치하고, 이들 신호는 광케이블을 통해 틸팅차량에 설치된 추진장치의 모든 계측신호를 한 곳에서 관측할 수 있도록 종합측정차에 배치한 종합계측모듈로 전송되어 각 차량에 취부되어 있는 추진장치와 그 외의 차량신호들을 동시에 확인 가능하도록 구성하였다.

이러한 계측시스템은 본선 시운전시험 과정에서 발생할 수 있는 추진장치의 고장원인을 찾아내고 해결하여 차량 시스템의 신뢰성과 안정화에 많은 도움을 줄 수 있다. 제작된 차량 추진장치의 신호측정을 위해 차량에 취부되어 있는 제어기로부터 신호를 인출하였다.

이와 같이 케이블을 연결한 이유는 차량 분리시에 케이블의 해체가 간편하고, 차량하부에 취부되어 있는 계측용 케이블의 숫자를 최대한 줄이기 위함이다. 또한 배전반부터 계측시스템까지 케이블을 연결하여 각 신호들을 입력받았다. 그림 4는 M차량의 추진장치 측정을 위해 미리 설치한 CN6과 CN7 커넥터를 보여준다.



〈그림 3〉 틸팅차량 전체 시스템 구성도



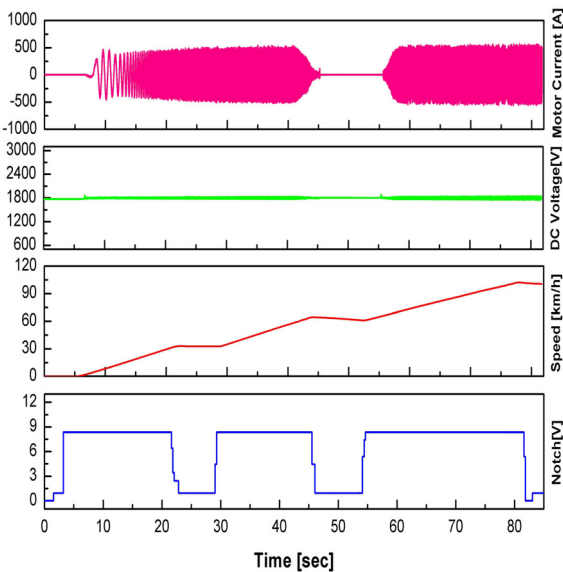
〈그림 4〉 추진장치 측정용 케이블

2.4 시험결과

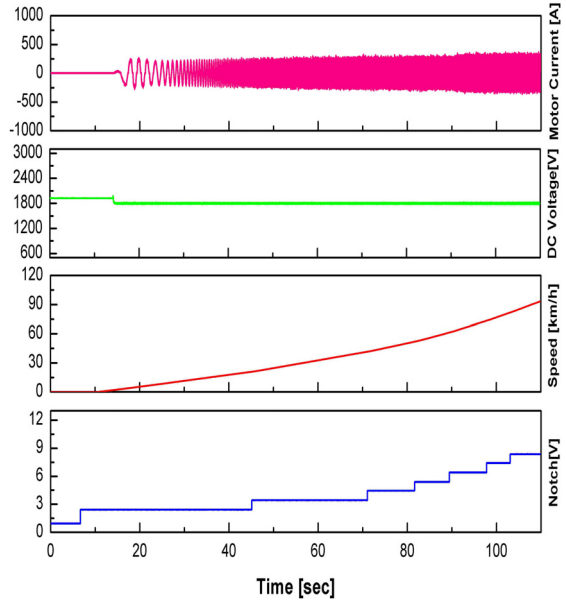
추진장치 특성시험은 크게 기동시험, 추가노치시험, 재역행시험, 가속도시험 등으로 구분된다. 시운전기간이 짧고 영업열차에 지장을 주지 않는 범위 내에서 차량을 운행해야 하므로, 성능을 평가하기 위한 시험데이터를 얻는데 한계가 있었다. 정상적인 성능을 평가하기 위한 시험을 수행하기는 어려웠지만, 100km/h 이하에서 차량 운행패턴을 바꿔가며 시운전하여 성능시험 중 일부 시험항목에 대한 시험결과를 얻을 수 있었다.

그림 5는 주간제어기를 역행, 타행, 역행 순서로 반복하며 재역행시험을 수행한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이, 인버터 출력전류 파형의 이상진동이 보이지 않았다. 또한 DC Link 전압도 기준값 이내기 때문에 우수한 재역행 성능을 갖는 것으로 확인되었다.

그림 6은 주간제어기의 노치를 1부터 7까지 한 단계씩 상승시키며 가속상태를 살펴보았다. 재역행시험과 마찬가지로 DC Link 전압이 기준값 이내이고, 인버터 출력전류가 정상적으로 제어되고 있는 것을 볼 수 있었다.



〈그림 5〉 재역행시험 파형



〈그림 6〉 점진적 역행시험 파형

3. 결 론

전기철도에 설치되어 있는 전장품들 중에서 추진장치는 차량의 신뢰성과 안전성에 가장 큰 영향을 주는 장치중의 하나이다. 그러므로 이 장치에 대한 성능을 확보하는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 틸팅차량 추진장치에 대한 시험평가를 위해 계측시스템을 구성하였고, 이 장치를 이용하여 추진장치에 대한 성능을 평가하였다. 본선시운전 시험을 통해 역행, 타행, 역행을 반복하며 시험한 재역행 시험결과가 양호함을 확인하였다.

또한 주간제어기의 노치를 1부터 7까지 한 단계씩 변화하며 점진적 역행시험도 DC Link 전압값이 기준치 이내에 존재하고 인버터 출력전류도 정상적으로 제어되어 우수한 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다.

[감 사 의 글]

본 내용은 건설교통부에서 시행한 한국형틸팅열차 신뢰성평가 및 운용 기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한성호, 이수길, 송용수, 한영재, 이은규, “전기식 틸팅차량의 주회로 시스템에 관한 연구”, 대한전기학회 2004년도 하계 학술대회 논문집, 2004.
- [2] Takashi Tsuboi, Kiyoshi Nakamura, “Control System for Traction Drives”, Hitachi Review Vol.35, No.6, pp.311~316, 1986.
- [3] Shigeki Nishi, Tomoharu Miyashita, Yoshiji Jimbo, Tatsuski Ishikawa, “High Power Inverter Controlled Electric Locomotive”, Hitachi Review Vol.40, No.4, pp.291~296, 1991.
- [4] J. Ito, Y. Hagiwara, and 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, Conference Publication, No. 543, IEE, p. 25, 1998.
- [5] Doh-Young Park et al., “Hybrid Re-Adhesion Control Method for Traction System of High-Speed Railway”, ICEMS’2001 proc., pp. 111~114, 2001.