

고속전철용 1C1M 추진제어장치 개발

정만규*, 조성준*, 박건태*, 이광주*

*현대중공업

A Development of 1C1M Propulsion Control System for High Speed Train

Man Kyu Jeong*, Sung Joon Cho*, Geon Tae Park*, Kwang Ju Lee*

*Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

ABSTRACT

본 논문은 고속전철용 1C1M 추진제어장치의 개발에 관한 것이다. KTX 산천 추진제어장치와 호환되도록 컨버터 부분은 DC링크를 공유하여 컨버터 2대를 병렬 운전하도록 하였다. 인버터 2대를 배치하여 견인전동기를 개별적으로 제어할 수 있도록 하였다. 동일 대차에서 1축, 2축 바퀴의 직경차는 1C2M 추진제어장치에서는 4mm 이하로 관리되고 있다. 1C1M 추진제어장치를 개발하여 바퀴의 직경차가 40mm 이하로 관리되도록 바퀴 직경관리 기준을 향상 시켜 바퀴의 사용 시간을 연장할 수 있도록 하였다. 컨버터, 인버터가 중고장에 의하여 차단시 고장난 컨버터, 인버터 군을 차단하고 나머지 컨버터, 인버터 군은 재기동하는 충전회로 및 시퀀스를 추가하여 50% 동력을 사용하도록 하였다. 개발된 추진제어장치는 전력회로 시험, 기능 동작 시험을 통하여 제어가 원활히 수행됨을 확인하였다.

1. 서론

국내 고속 철도기술은 1994년 프랑스 알스톰사의 차량도입이 확정됨으로서 고속전철 46편성(20량 1편성 기준)이 도입되었고 이중 12편성은 프랑스에서, 나머지는 34편성은 프랑스로부터 제작기술을 이전받아 국내에서 제작하였으나 원천기술은 보유하지 못한 채 제한된 기술만이 이전 되었다. 이전 자료와 기술은 국내에서 효과적으로 소화 흡수하고 고속철도 시스템을 독자 개발할 수 있는 원천 설계기술을 확보하기 위해 '96년 12월부터 국토해양부(전, 건교부)를 주관부처로, 유관부처와 협조체제를 구축하여 G7 선도 기술개발 사업인 고속전철기술개발 사업이 시작 되었고, 이 사업에 당사가 참여 하게 되었다. 2010년 3월 KTX 2(산천)이 개통되면서 추진제어장치 기술이 도약의 계기를 마련하였다. 24개 편성이 제작되어 초기에 추진제어장치의 안정화를 위하여 여러 가지 문제점을 해결 하였다. 가장 큰 문제점은 디스크형 IGBT와 Diode 이었다. 이들의 문제점을 개선하여 현재는 안정화 단계에 접어들었다. 모듈형 IGBT가 고속철도용 추진제어장치에 적용 되면서 당사도 KTX 3(호남)에는 모듈형 IGBT를 병렬로 구성하여 전력스택을 더욱 더 안정화 시켰고 현재 5개 편성이 시운전 중에 있다. 그러나 개발된 추진제어장치 형태는 인버터 1대가 전동기 2대를 구동하는 1C2M 구조로 되어 있었다. 동일 대차에서 1,2축간 바퀴 직경 관리 기준이 4mm 이하로 관리되어 바퀴 손상시 2축의 바퀴를 동시에 삭정해야 하는 문제점을 가지고 있었다.

본 논문에서는 바퀴 삭정 기준을 40mm 이하로 완화하기 위

하여 1C1M 추진제어장치를 개발하고, 신규 고속전철에 적용하고자 기능동작 시험 및 전력회로 시험을 통하여 추진제어장치의 성능을 확인한다.

2. 개발된 추진제어장치

1C1M용 추진제어장치는 기존 KTX 산천과 호환되도록 컨버터 2대는 DC링크를 공유하는 형태로 그림 1과 같이 개발 하였다. 컨버터 2대를 위상차를 두고 제어하는 병렬운전 기법을 사용하여 변압기 1차측 가선 고조파제어를 용이하게 하였다.[1][2]

컨버터 1군 고장시 2군에서도 충전이 되도록 2군에 충전 회로(AK2)를 추가 하였다. 컨버터 스택은 전류 용량을 고려하여 IGBT를 2개를 병렬운전 하도록 하였다. 이때 IGBT 구동 드라이브는 병렬운전이 가능한 Inpower사의 드라이브를 사용하였다. 인버터부는 인버터 2대로 구성된다. 전압형 3상 PWM 인버터 2대는 유도전동기 2대를 각각 구동한다. 이는 동일 대차의 바퀴 직경 관리를 40mm 이하가 되도록 관리하기 위함이다. 그림 2는 최대용량(4500V/1200A)의 IGBT를 사용하여 개발된 인버터 스택으로 IGBT 4개와 GDU 4개로 구성된다.

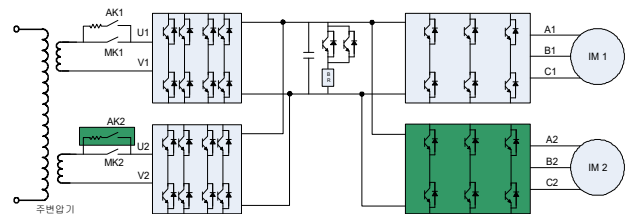


그림 1. 추진제어장치 전력회로 구성



(a) 추진제어장치 (b) Inverter Stack

그림 2. 추진제어장치와 Inverter Stack

표1과 2는 개발된 추진제어장치의 사양이다.

표 1 컨버터 사양

항 목		내 용	
전기적사양	용 량	1,250kW×2	
	입력	정격전압	1,400VAC
		정격전류	920A×2
	출력	출력전압	2,800VDC
출력전류		893A	
시스템사양	구 성	컨버터 2대 병렬운전	
	반도체소자	IGBT	
	냉각 방식	Heat Pipe + 강제냉각방식	
	제어 방식	PWM (고조파 저감/역률 제어)	
	스위칭 주파수	540Hz(고속선), 780Hz(일반선)	

표 2 인버터 사양

항 목		내 용	
전기적사양	용 량	1358.5kVA×2	
	입력	정격전압	2,800VDC
		정격전류	446.5A×2
	출력	출력전압	0~2,183VAC(선간전압)
출력전류		360A×2	
시스템사양	구 성	1C1M(Inverter 1Motors)	
	반도체소자	IGBT	
	냉각 방식	Heat Pipe + 강제냉각방식	
	제어 방식	가변전압/가변주파수(VVVF) 가/감속 제어	

3. 전력회로 시험

개발된 추진제어장치의 1C1M 기능동작 시험은 2대의 전동기를 각각의 인버터에 연결하여 서로 상이한 주파수로 운전이 되는지 확인 하였다. 기능 동작 시험 결과는 그림 3과 같다 동일대차에서 바퀴 직경이 다른 경우 전동기의 회전주파수가 상이하게 나타난다. 이러한 경우 인버터의 출력 주파수가 상이하게 제어가 되어야 한다.

그림 4는 전력회로 무부하 시험파형이다. 컨버터에 의해 DC 링크 전압을 2800V가 되도록 제어한 상태에서 인버터에 부하를 연결하지 않고 출력전압의 주파수를 서로 다르게 제어한 파형이다.

그림 5는 전력회로 부하 시험 파형이다. 인버터 1대에 저항 부하를 연결하여 인버터의 정격전류 360A가 흐르도록 한 상태에서 컨버터와 인버터회로가 안정적으로 동작하는지를 확인 하였다.

4. 결론

신규 고속전철용으로 바퀴 직경관리가 용이한 1C1M 추진제어장치를 국내 기술로 설계하고 제작하였다. 컨버터 2군에 충전 회로를 추가하여 1군 컨버터, 인버터 고장 시에도 2군의 컨버터, 인버터를 기동하여 동력을 50% 사용하도록 하였다. 기능 동작 시험과 전력회로 시험을 통하여 개발된 추진제어장치의 성능을 확인할 수 있었다. 향후 현차시험을 통하여 실제 운행될 선로에서 성능시험이 진행될 예정이다. 개발된 고속열차용 추진제어장치는 KTX산천 1C2M 추진제어장치를 1C1M으로 개조하는데 사용할 수 있다. 차후 남북 및 유라시아 횡단 고속철도차량에 적용되어 해외시장 진출의 계기가 될 것이다.

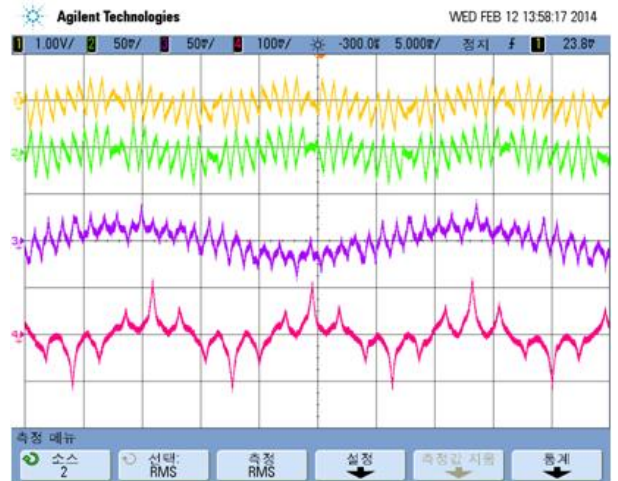


그림 3. 기능 동작 시험(운전주파수 상이)

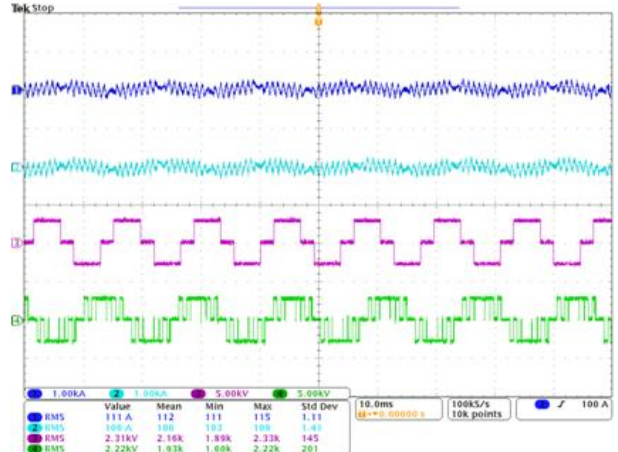


그림 4. 전력회로 무부하 시험(운전주파수 상이)

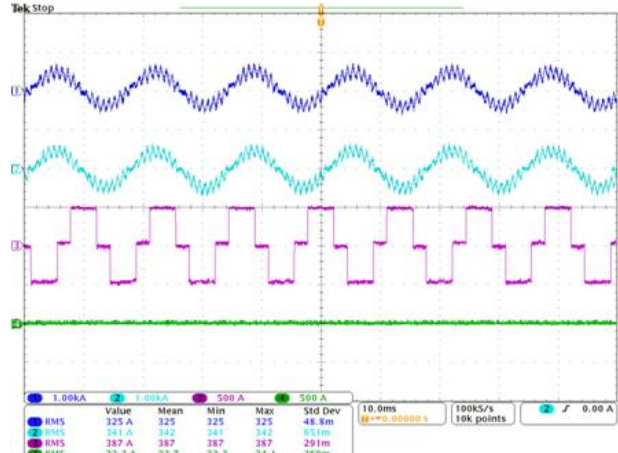


그림 5. 전력회로 부하 시험(인버터 정격전류)

참고 문헌

- [1] 정만규, 조성준, 박건태, 이광주, “고속전철용 추진제어장치의 관성부하시험에 관한 연구”. 전력전자학술대회논문집, pp369~371, 2009.7.
- [2] 조성준, 정만규, 박건태, 이광주, “KTX 산천 고속열차 추진제어장치 개발”. 전력전자학술대회논문집, pp295~296, 2010.7.