

## 고속철도차량 유도전동기를 제어하는 1C1M 구조의 추진제어장치 개발 및 성능 시험

### Development and Performance Test of 1C1M Propulsion System Which Controls Induction Motor for High Speed Train

노애숙\*, 김태윤\*†, 정은성\*, 김두식\*, 박영호\*

AeSook Kno\*, TaeYun Kim\*†, EunSung Chung\*, DuSik Kim\*, YeongHo Park\*

**Abstract** Motor Block (MB) applied to KTX-SANCHEON is 1C2M structure. Since controlling two motors at the same time, 1C2M structure loses the power of 25% per a Train (10 cars) when a MB is failure and strict management is needed between the diameter of the wheels on the same bogie. In this paper, we describe the 1C1M MB applied to the high speed rolling stock equipped with induction motors. Since a MB control a motor, 1C1M structure loses the power of 12.5% per a Train. So 1C1M MB is high availability compared to 1C2M MB and less strict management is needed between the diameter of the wheels on the same bogie. In this paper, we describe the composition, the structure and test result of 1C1M MB.

**Keywords** : Propulsion control system, 1C1M, High Speed rolling stock, Induction Motor

**초 록** KTX-산천에 적용된 추진제어장치(이하 MB(Motor Block))는 1C2M 구조로 대차 단위로 전동기 두 대를 일괄 제어하기 때문에 MB 한 대 고장시 편성(10 량)당 25%의 동력을 상실하게 되고 대차 내 차륜경 간의 관리가 엄격하다. 본 논문에서 기술할 MB 는 유도전동기가 장착된 고속철도차량에 국내 최초로 적용되는 1C1M 구조의 MB 로 MB 내 두 대의 CI 가 완전히 독립되어 있어 CI 한 대 고장시 12.5%의 동력상실만 발생한다. 그러므로 1C2M 대비 가용성이 높고 축 당 전동기 개별 제어이므로 대차 내 차륜경 관리가 1C2M 대비 엄격성이 낮다. 본 논문에서는 1C1M MB 의 구성과 구조를 설명하고 성능 시험 결과에 대해 기술한다.

**주요어** : 추진제어장치, 1C1M, 고속철도차량, 개별제어, 유도전동기, CI(컨버터,인버터)

## 1. 서 론

국내에서 영업운행 중인 고속철도차량 KTX에는 동기전동기, KTX-산천에는 유도전동기가 적용되어 있다. 이들 차량에는 전동기의 종류와는 상관없이 1C2M 구조의 MB가 설치되어 있는데, 1C2M 구조의 MB는 한 대의 CI(Converter/Inverter)가 한 대의 MB를 구성하고 두 대의 전동기를 병렬 제어한다. 본 논문에서 기술하게 될 MB는 원강선에 적용 예정인 고속철도차량에 설치되는 것으로 회로적으로 완전 분리된 두 대의 CI 가 한 대의 MB를 구성한다.

† 교신저자: 현대로템 전장품개발팀 (tykim@hyundai-rotem.co.kr)

\* 현대로템 전장품개발팀

1C1M 구조의 MB에서는 CI가 각각 한 대의 전동기를 제어하게 되어 한 대의 CI가 고장 났을 때 12.5%의 동력만 상실되므로 가용성이 높고 축 단위 제어이므로 차륜경 관리가 용이하다. 본 논문에서는 1C1M MB의 구조와 시험을 통한 성능 확인 결과를 기술한다.

## 2. 본 론

### 2.1 MB 설계 및 제작

#### 2.1.1 사양 및 회로도

MB는 동력차 1량에 두 대가 설치되며 변압기에서 단상 교류 25,000V를 단상 교류 1,400V로 변환시킨 전압이 컨버터에 입력된다. 컨버터는 교류전압을 직류 2,800V로 변환시키고 인버터는 직류 2800V를 0 ~ 2,183V의 제어할 수 있는 3상 교류 전압으로 변환시킨다.

MB의 주요 사양은 Table 1과 같다. Table 1의 사양은 CI 두 대에 대한 것이다.

Table 1. Specification

구분	항 목	원강선 고속차량
주회로	제어방식	1C1M (모터 2대 개별제어)
컨버터부	전력회로 구성	2×PWM Converter
	입출력전압	1,400 Vac / 2,800 Vdc
	용량	2×1,250 kW
인버터부	전력회로 구성	2×PWM Inverter
	출력전압	2,183 Vac
	용량	2 x 1,359 kVA

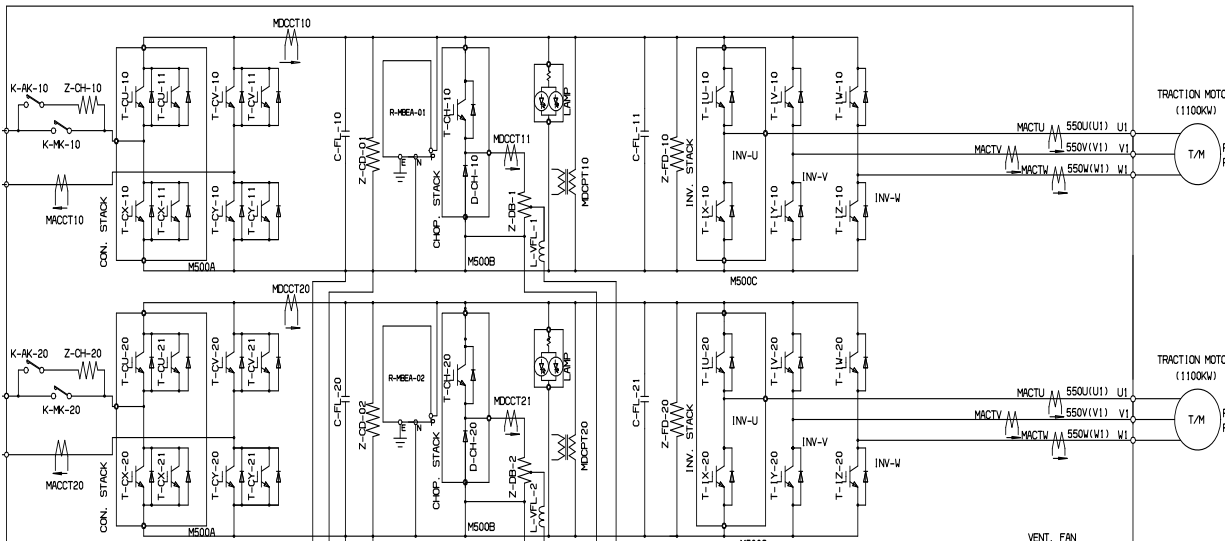


Fig. 1 Main Circuit Diagram

Fig.1은 MB 한 대에 대한 회로도이다. Fig.1에서 보는 것처럼 MB 한 대는 두 대의 독립된 CI로 구성되어 있다. 각각의 CI는 한 대의 컨버터와 한 대의 인버터로 구성되며 한 대의 유도

전동기를 제어한다. Fig.1에서 보는 것과 같이 두 대의 CI는 회로적으로 공유된 것이 없기 때문에 한 대의 CI 또는 유도전동기에서 문제가 발생하더라도 다른 한 대는 정상적으로 동작할 수 있다.

### 2.1.2 주요 부품 사양

CI를 구성하는 주요 부품과 사양은 다음과 같다.

- 1) 전력반도체 스택 : 컨버터, 인버터, 초퍼 인버터
  - 구성 : IGBT, 다이오드, 스너버 커패시터, 히트파이프 냉각장치, GDU
  - IGBT : 모듈형 타입,  $V_{CE} = 4,500V$ , 연속 콜렉터 전류 : 1200A
  - 히트파이프 사양

구 분	내 용
최대 열 이송량 (풍속: 5m/s)	정격상태 : 8kW/Stack(포화상태) Block의 최고 상승 온도가 90℃이하 일 것
사용 온도	-35 ~ +45℃
작동 유체	Hydrofluorocarbon(HFC)

- 2) 필터 커패시터 정격용량 : 6,400 $\mu$ F  $\pm$  10%

- 3) 제동 저항기 사양

구 분	내 용
동작 전압	2,850V
저항 값	7.8 $\Omega$ at 25℃
냉각방식	강제냉각, 2m/s

- 4) 접지 계전기

MB 내부의 접지 발생시 동작하는 보호장치. AC용과 DC 용이 있다.

- 5) 냉각팬용 인버터와 DC/DC 컨버터

냉각팬용 인버터는 정상시에는 보조전원장치로부터 DC 670V를 받고 절연구간에서는 MB 발전제동 시 DC/DC 컨버터로부터 전원을 입력 받아 MB 내의 IGBT 스택과 견인전동기의 냉각팬에 AC 전압을 공급한다.

- 6) 스택 송풍기

IGBT의 스위칭 동작에 의한 열을 냉각하기 위해 8개의 스택 송풍기가 있고, 냉각팬용 인버터와 DC/DC 컨버터를 냉각하기 위해 2개의 스택 송풍기가 있다.

### 2.1.3 MB 제작

Fig.2는 조립이 완료된 MB의 컨버터와 인버터 부의 사진이다. 사진에서 가운데를 경계로 두 대의 CI는 분리되어 있다.



Fig. 2 The converter side and inverter side of MB

한대의 CI는 컨버터 스택 2set, 인버터 스택 1set, 인버터-쇼퍼 스택 1set 총 4set의 스택으로 구성된다.

## 2.2 성능 검증 시험

### 2.2.1 단품 시험, 완성차 시험 및 본선 시험

단품 시험은 구성품 시험과 조합시험이 있으며 관성부하 설비에서 실시하고 MB가 차량에 취부된 후 공장 내에서 완성차 시험을 완료하고 본선에서 주행시험을 실시한다.

차량은 Fig.3과 같이 10량 1편성으로 동력차 2량과 객차 8량으로 구성된다. MB는 1량의 Power Car에 2 대씩 취부된다.

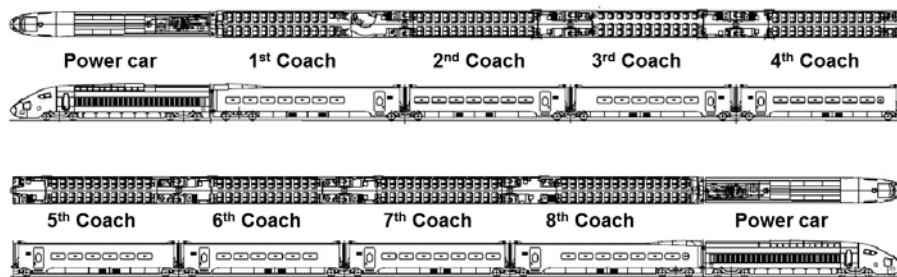


Fig. 3 The High Speed Train Formation

본선 시험은 공차와 만차 조건 모두에서 실시하며 모든 시험의 방법 및 판정 기준은 철도안전법 및 IEC 규격에 따른다.

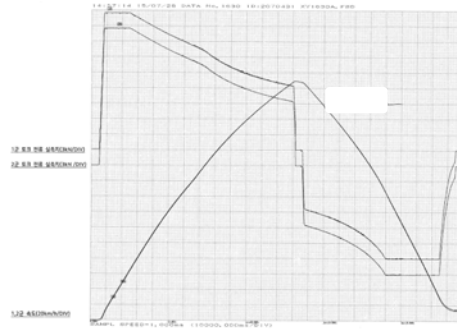
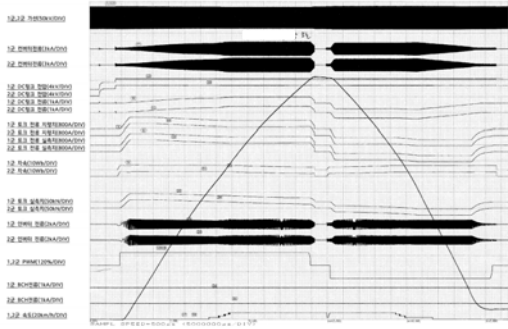
### 2.2.2 시험 결과

단품 시험, 완성차 시험 및 본선 시험에서 MB의 성능이 양호함을 확인할 수 있었다. 각 시험항목 중에서 대표적인 시험결과는 다음과 같다.

- 1) 조합시험 중 100% 견인력 시험과 견인 전동기 견인력 특성시험

공표번호	철도안전 연구고속철도차량 150형	시험 일자	2015.06.04
구분용 시험명	추진제어장치 조립시험	차량번호	MR-MB-10
시험명	2. 특성시험	달력번호	RNH1401-Mockup (M001)
시험항목	1. 전압변	시험조건	4. 역행 100% → 정행 100% → 정행 100%

공표번호	철도안전 연구고속철도차량 150형	시험 일자	2015.07.28
구분용 시험명	추진제어장치 조립시험	차량번호	MR-MB-16
시험명	2. 특성시험	달력번호	RNH1401-Mockup (M001)
시험항목	2. 전압변동기 발동상태의 전압변동성		



## 2) 본선 시험

### ① 공차 가속도 시험

기준치	가속도 [ $m/s^2$ ]	저크 [ $m/s^3$ ]
가속도 : 0.45 $m/s^2$ 이상 (0 km/h ~ 60 km/h)	0.462	0.17
저크 : 0.45 $m/s^3$ 이하	0.45	0.17

	시간 [s]	이동거리[m]
300 km/h 도달시간 : 316 s 이하	236.62	12311.99
300 km/h 가속거리 : 16.4 km 이하	232	11672.54

### ② 만차 가속도 시험

기준치	가속도 [ $m/s^2$ ]	저크 [ $m/s^3$ ]
가속도 : 0.45 $m/s^2$ 이상 (0 km/h ~ 60 km/h)	0.458	0.17
저크 : 0.45 $m/s^3$ 이하	0.453	0.16

	시간 [s]	이동거리[m]
300 km/h 도달시간 : 316 s 이하	249.03	12822.66
300 km/h 가속거리 : 16.4 km 이하	253.07	13190.66

## 3. 결론

본 논문에서는 국내 최초로 영업용 고속철도차량에 적용된 추진제어장치인 1C1M MB(Motor Block)에 대해 기술하였다. 1C1M MB의 구조 및 구성으로부터 1C2M 대비 가용성이 높고 차륜 경의 유지 보수가 용이함을 알 수 있었으며 추진 성능 검증 시험에서 역행 성능이 양호함을 확인하였다.