

# KTX 모터블럭 제어와 트리포드 절손과의 상관관계에 대한 고찰

## A study on the correlation between KTX Motor Block Control and Tripod Breakage

박태용\*, 장진영\*, 이승일\*\*, 김재문\*†

Tae-Yong Park\*, Chin-Young Chang\*, Seung-Il Lee\*\*, Jae-Moon Kim\*†

**Abstract** This paper studies a correlation between KTX motor block control and tripod breakage that identifies a phenomenon of tripod breakage under operating condition of a KTX motor block by measuring the inverter control circuit with an instrument through trial operation. The analysis of measured information showed that the malfunction of the thyristor due to insufficient charging of the switching capacitors lead to a calculation error of the CAL3-1 card. As a result, the effects of tripod breakage from calculation errors from CAL3-1 card was confirmed by waveform changes, resulting from the motor block switching capacitors replacement, that is considered as a method of determining failure.

**주요어** : 모터블록제어, 견인인버터 제어, CAL3-1 카드, 전환콘덴서

### 1. 서론

국내 고속철도 차량 도입 운행 후 운영 누적키로가 증가함에 따라 차량 내, 외부의 각종 장치 및 전장품이 노후화가 진행되어 콘덴서의 성능 저하와 제어카드의 열화로 인하여 전기장치 전반에 대하여 장애가 반복적으로 발생하고 있다. 또한 이로 인하여 차량운행 중지 등의 중대한 장애 원인이 되고 있다. 본 논문에서는 모터블럭 전력변환 장치 등의 노후화 진행으로 열화현상이 발생되었을 때 정상적인 제어가 이루어지는지 판단하였고, CAL3-1(계산카드) 카드의 연산오류 원인과 트리포드 절손과의 상관관계를 검토하였고, 모터블럭 전환콘덴서 교체에 따른 고장회복 판별에 대하여 고찰하고자 한다.

† 교신저자: 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 (goldmoon@ut.ac.kr)

\* 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과

\*\* 한국교통대학교 철도차량시스템공학과

### 2. 모터블럭과 트리포드

#### 2.1 모터블럭의 기능과 주요장치

Fig. 1은 모터블럭으로 KTX 차량의 견인기능을 담당하는 동력장치이며, 양쪽 끝의 동력차 및 동력객차에 장착되어 있고, 1개의 모터블럭은 1개의 동력대차 즉, 2개의 견인전동기와 유닛(unit)을 이루어 작동한다. 설계상 2개의 모터블럭 차단시에도 정시운전을 할 수 있다. 모터블럭은 견인전동기 2개를 구동하는데 관련된 일련의 제어장치와 전원공급장치가 장착되어 있는 일종의 캐비닛 형태의 분전함이다. 주요장치로는 역률개선장치, 견인 컨버터, 평활 리액터, 견인 인버터, 여자초퍼, 제동초퍼 등이 있다.

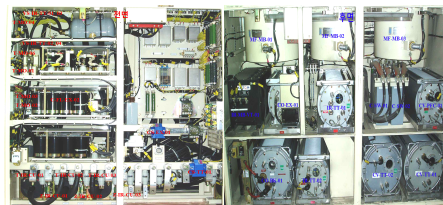


Fig. 1 모터블럭의 구조

#### 2.2 트리포드 역할

트리포드는 동력대차 모터감속기 기어측과 차축 기어 감속장치 입력기어측에 설치되어 차체

와 대차 사이의 수평·수직·회전 운동을 허용하면서 차체에 장착된 모터감속기 조립체의 구동토크를 차축의 차축기어감속장치로 전달한다. KTX의 트리포드는 GLAENZER형으로 피로에 의하여 과도한 토크 발생 시 휴즈 부분이 절손된다.

### 2.3 KTX 견인인버터 제어

KTX 견인인버터는 전류형으로 주회로에 2개가 직렬로 연결되어, 각각의 동기전동기를 구동한다. 스위칭 소자로 사이리스터를 사용하고 있어 사이리스터를 소호하기 위하여 강제전류 모드(120km/h 이하)와 자연전류모드(120km/h 이상) 2가지의 정류 모드를 사용한다.

### 2.4 KTX 모터블럭 CAL3-1 카드와 전환콘덴서

KTX의 전력흐름은 팬터그래프→VCB→주변압기→컨버터→인버터→견인전동기→모터감속기→트리포드→차축감속기→윤축으로 전달되어 고속차량을 구동하게 된다. 모터블럭 제어장치(MBU)에서는 컨버터, 인버터, 견인전동기를 제어한다. 인버터 제어에 이용되는 CAL3-1 카드는 사이리스터 1과6을 제어하여 사이리스터를 끄기 위한 전환용 콘덴서를 충전할 준비를 한다. 제어카드에서는 위치센서의 위치를 알아내어 회전자의 현실적인 위치에 따라 회전 방향이 결정되면 이에 맞추어 사이리스터를 제어하게 된다. 전환콘덴서의 기능은 강제전환 모드에서 정상적인 사이리스터의 소호에 이용되고 전환콘덴서의 충전 불량이 발생되면 CAL3-1 카드의 연산 오류로 인해 인버터 제어가 비정상적으로 제어되어 동력을 전달하는 트리포드에 영향을 줄 수 있다.

## 3. 시험방법 및 결과분석

### 3.1 시험방법

Fig. 2와 같이 KTX 12편성 PC2(2번 동력차) MB3(3번 모터블럭)에 측정장치를 설치하여 서울↔광주송정 구간을 2회 왕복 운행하였다.

트리포드 절손과의 상관관계를 확인하기 위해 정보 취득을 위한 측정위치를 설정하고 MEMORY HICORDER 8861-50 장비를 사용하여 KTX12 편성 PC2(2번 동력차) MB3 B21A(3번 모터블럭 21번대차 A축)에서 제어에 필요한 컨버터 출력 전압, 인버터 입력전압, 인버터 1,2 R,S,T상 전류, 전환콘덴서1,2 전압, 여자초퍼 출력 전류, 자차 A, B축 속도, MBU 내부 인터페이스 정보를 측정하였다.

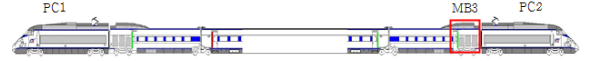


Fig. 2 KTX 편성과 시험위치

### 3.2 시험결과 및 분석

Fig. 3은 인버터1의 이상 파형으로 3상 전류의 주기가 길어지고, 전환콘덴서1의 충전 전압이 삼각파로 측정이 되며, MV카드(속도 정보 취득 카드)에서 측정된 자차 A축 속도 파형이 길어지고, 컨버터 출력전압에 역기전력이 발생 됨을 확인할 수 있다.

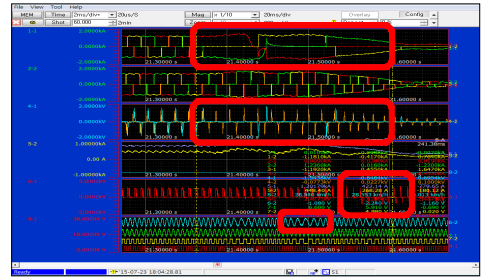


Fig. 3 인버터 1 이상 파형

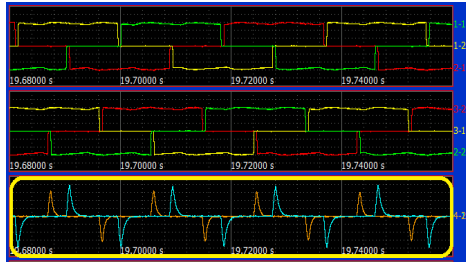
Table 1. 인버터 1 주파수 변화에 따른 차량속도

| 구분[km/h] | 이론적<br>인속도 | MRU<br>속도 | 차량<br>속도 | 비고   |       |
|----------|------------|-----------|----------|------|-------|
| #21A     | 정상         | 30        | 30       | 28.5 | 1.43  |
|          | 비정상        | 6.73      | 16.31    | 28.5 | -21.8 |
| #21B     | 정상         | 29.91     | 30       | 28.5 | 1.37  |

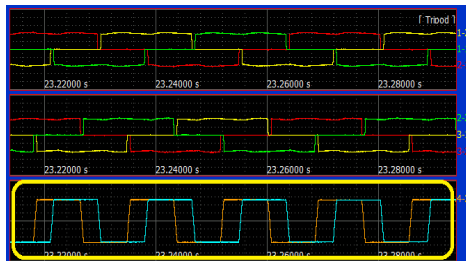
전환콘덴서1의 충전 불량으로 인해 사이리스터가 정상적으로 소호되지 못해 주파수가 급격하게 변경되어 차량의 속도차가 발생되어 트리포드에 충격을 준 것으로 판단되며, MV카드에서도 차량의 속도파형의 주기가 증가한 것을 알 수 있다. 제어 이상이 발생할 때 Table 1에서와 같이 인버터1의 이론적인 속도와 실제속도의 차이에 의해서 트리포드에 역 토크가 작용하는 것을 알 수 있다.

### 3.3 열화로 인한 파형변화

Fig. 4는 전환콘덴서 신품 교환 이후 파형 비교 사진으로 전환콘덴서 교환 전 삼각파의 파형이 전환콘덴서 교환 후 구형파로 계측되어 전환콘덴서가 정상적으로 충방전 되는 것



(a) 교환 전 파형



(b) 교환 후 파형

Fig. 4 전환콘덴서 신뢰품교환 전후 파형을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

고속철도 차량 운영기로 증가에 따라 전장품의 노후화로 고장 발생 빈도가 높아져 고객에게 불편을 끼치는 치명적인 고장이 발생하기도 한다. 본 연구에서는 모터블럭 전력변환장치 등의 노후화 진행으로 열화현상이 발생되었을 때 정상적인 제어가 이루어지는지 판단하였고, CAL3-1(계산카드) 카드의 연산오류 원인과 트리포드 절손과의 상관관계 검토, 모터블럭 전환콘덴서 교체에 따른 고장회복 판별에 대하여 고찰하였다.

연구결과 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

- KTX 견인인버터의 전류 파형이 길어지면 CAL3 - 1 카드의 연산 오류에 의해 동력을 전달하는 트리포드에 영향을 주고 있음을 확인하였다.
- CAL3 - 1 카드 연산 오류의 원인은 전환콘덴서의 충전 불량임을 확인할 수 있었고, 트리포드가 TBO(분해정비 주기) 도달 전에 파손 되는 현상은 전환콘덴서 불량이나 CAL3 - 1 카드 불량을 의심할 수 있다.
- 트리포드 절손의 원인이 된 전환콘덴서의 수명은 차량진동, 외부온도 상승, 과전류,

과전압 등의 영향을 받고, 현재 KTX 차량에 장착된 콘덴서류는 기대수명 이상 사용으로 부품의 마모고장 기간에 접어든 것으로 판단됨에 따라 향후 콘덴서류의 장애가 급격히 증가할 것으로 판단된다

- 그러므로 KTX 전해콘덴서에 대한 신뢰성 분석을 통하여 전환콘덴서의 수명예측하고 적기교환으로 치명적인 고장을 방지할 노력이 절실히 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] 수도권철도차량정비단 (2015), “KTX12 편성 PC2 MB3 트리포드절손 시험조사 보고서”.
- [2] 박태용 (2018), “KTX 모터블럭 고장원인 분석을 통한 유지보수 개선 연구(압단락 현상을 중심으로)”, 석사학위 논문, 아주대학교 교통 ITS 대학원.
- [3] 이상진 (2018), “KTX 고속철도차량 견인인버터 고장분석 및 결함 검출 방법에 관한 연구”, 석사학위 논문, 서울과학기술대학교 철도전문대학원.
- [4] 수도권철도차량정비단 (2015), “KTX 견인 시놉틱 설명서”.
- [5] 수도권철도차량정비단 (2018), “KTX 전해콘덴서 신뢰성 분석”.
- [6] 한국철도공사 (2012), “고속차량 기술자문 보고서”.
- [7] 한영재, 김기환, 이수길, 백광선, 정은선 (2003), “철도차량 Motor Block 측정에 관한 연구”, 2003 년 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p21-23.