

# 집전장치 1대 운영시 집전장치 상승 자동 제어

## Automatically Control Pantograph Rising Under Single Pantograph Operation

임형순\*<sup>†</sup>, 장승희\*, 최승모\*

Yim, Hyoung-Soon\*<sup>†</sup>, Jang, Seung-Hee\*, Choi, Seung-Mo\*

### 초 록

최근 철도차량 운영의 변화에 따라 차량의 내, 외부는 전동차와 유사하나 팬터그래프의 운영 방식은 장거리 철도차량과 같은 한 개의 팬터그래프만 상승하여 운행하는 차량이 등장하고 있다. 전동차의 경우 모든 팬터그래프를 상승하여 운행하므로 종착역에서 운전실 교환 시 팬터그래프에 대해 별다른 조치 없이 교환이 가능하다. 하지만, 한 개의 팬터그래프만 상승하여 운행할 경우 통상적으로 편성 뒤쪽의 팬터그래프를 상승하므로 운전실 교환 시 매번 팬터그래프를 하강 및 상승하여야 하며 이를 운전자가 수동으로 조작하여야 한다. 운행 시격과 차량 회차 시간이 짧은 경우 팬터그래프의 하강/상승의 수동 취급은 운영시간 및 운전자에게 부담을 줄 수 있다. 본 논문에서는 이를 자동으로 제어하는 방안에 대해 서술하고자 한다.

**주요어** : 팬터그래프, 집전장치, 자동제어

### 1. 서 론

경전철을 제외한 국내에 운영 중인 대부분의 철도차량은 팬터그래프를 통해 전원을 수전하여 운행되고 있으며 철도차량의 종류에 따라 팬터그래프의 운영 방식의 차이가 있다.

철도차량 중 도심을 오가며 승객을 수송하는 전동차는 보통 2개 또는 3개의 유닛으로 구성되어 있으며 주변압기가 설치된 모든 차량에 팬터그래프를 설치하고 한 개 편성에 모든 팬터그래프를 상승시켜 운영을 하고 있다. 도시와 도시를 운행하는 KTX와 같은 장거리 철도차량의 경우 편성 뒤쪽에 위치한 한 개의 팬터그래프를 상승시켜 운행하고 있다. 그러나 최근 철도차량 운영의 변화에 따라 차량의 내, 외부는 전동차와 유사하나 팬터그래프의 운영 방식은 장거리 철도차량과 같은 한 개의 팬터그래프만 상승하여 운행하는 차량이 등장하고 있다. 전동차의 경우 모든 팬터그래프를 상승하여 운행하므로 종착역에서 운전실 교환 시 팬터그래프에 대해 별다른 조치 없이 교환이 가능하다. 하지만, 한 개의 팬터그래프만 상승하여 운행할 경우

통상적으로 편성 뒤쪽의 팬터그래프를 상승하므로 운전실 교환 시 매번 팬터그래프를 하강 및 상승하여야 하며 이를 운전자가 수동으로 조작하여야 한다.

운행 시격과 차량 회차 시간이 짧은 경우 팬터그래프의 하강/상승의 수동 취급은 운영시간 및 운전자에게 부담을 줄 수 있다. 본 논문에서는 이를 자동으로 제어하는 방안에 대해 서술하고자 한다.

### 2. 본 론

본 논문에서 언급되는 차량은 AC 차량에만 해당되며 DC 또는 AC/DC 차량은 해당되지 않는다. DC 차량의 경우 사용 전류가 높으므로 한 개의 팬터그래프 운행이 불가능한 경우가 있으므로 본 논문의 내용은

† 교신저자: 현대로템주식회사, 전기시스템팀 (hsyim@hyundai-rottem.co.kr)

\* 현대로템주식회사, 전기시스템팀

AC 차량으로 한정한다.

전동차와 고속차량의 팬터그래프 제어 및

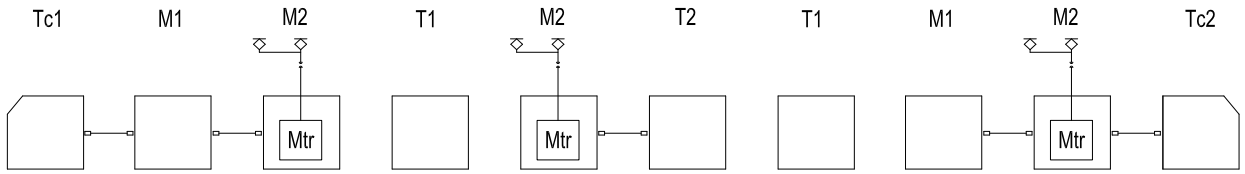


그림 1 전동차의 특고압 라인

운영 방식에 대해 비교하고 팬터그래프 자동제어에 대해 서술한다.

## 2.1 전동차의 팬터그래프 제어 및 운영 방식

### 2.1.1 전동차의 팬터그래프 제어

국내에 운행되는 대부분의 전동차는 6량, 8량, 10량 편성으로 운행되고 있다. 편성당 2개 또는 3개의 유닛으로 구성되어 있으며 각 유닛에 주변압기 및 팬터그래프가 설치되어 있으며 주변압기에 1개 또는 2개의 주전력 변환장치가 연결되어 있다.

운행 시에는 편성내의 모든 팬터그래프를 상승시켜 운행하게 된다. 각 유닛의 팬터그래프는 해당 유닛의 주변압기와 연결되어 있으며 편성 내 다른 팬터그래프와는 연결되어 있지 않다. 따라서 특고압 라인은 유닛별로 구분되어 있다. 그림1은 전동차의 특고압 라인을 간략하게 도식화 한 것이다.

### 2.1.2 전동차의 운전실 교환

전동차는 종착역에서 운전실 교환 시 팬터그래프가 상승되어 있고 주변압기가 투입된 상태에서 주간제어기의 키를 제거한 후 반대편 운전실에 키를 넣어 운전실 교환을 실시한다. 팬터그래프가 상승된 상태에서 키를 제거할 경우 팬터그래프 계전기(PanR) 접점을 통해 축전지 전원을 공급하는 축전지 접촉기에 전원이 공급된다.

축전지 접촉기가 여자 상태로 유지되므로 전동차는 제어 전원이 투입된 상태가 유지되며 이에 따라 팬터그래프 상승상태 및 MCB는 투입상태를 유지하게 된다. 축전지 제어 전원 및 고압 전원이 유지되고 있으므로 차량은 기동상태를 유지하게 된다.

운전실 키가 제거되고 팬터그래프가 상승된

상태에서 차량의 고압이 공급된 상태로 기동상태를 유지하고 있으므로 운전자가 반대편 운전실로 이동하여 주간제어기에 키를 투입하면 운전실 교환이 완료되게 된다. 상기 내용과 같이 운전자는 마스크 키만 투입하면 운전실 교환을 완료할 수 있다.

## 2.2 고속차량(KTX-산천)의 팬터그래프 제어 및 운영 방식

### 2.2.1 고속차량 팬터그래프 제어

국내에서 운행되는 KTX-산천 고속차량은 편성 양끝의 동력차에 팬터그래프 및 주변압기가 설치되어 있는 동력집중식 고속차량이다. 동력차 양쪽의 팬터그래프는 차량 지붕의 고압라인을 통해 연결이 되어 있으며 한 개의 팬터그래프를 통해 동력차 두 대의 주변압기에 전원을 공급한다.

정상적인 운행 시에는 선두 운전실에서 팬터그래프 선택스위치<sup>1)</sup>를 통해 편성 후위의 팬터그래프를 상승시켜 운행을 하며 이를 정상 팬터그래프라고 지칭한다. 후위의 팬터그래프 고장이나 열차 고장으로 필요시 선두 동력차의 팬터그래프를 상승시킬 수 있으며 이를 비상 팬터그래프라고 지칭한다.

KTX-산천의 경우 두 개의 편성을 연결한 중련운행이 가능하며 중련시에도 정상 팬터그래프, 비상 팬터그래프 선택에 따라 각 편성의 선두 또는 후위 팬터그래프를 상승시켜 운행하게 된다.

### 2.2.2 고속차량 운전실 교환

전동차와 다르게 고속차량의 경우 편성에 한 개의 팬터그래프만을 상승시켜

1) 고속선 정상, 비상 및 기존선 정상, 비상 팬터그래프를 선택할 수 있는 로터리형 스위치.

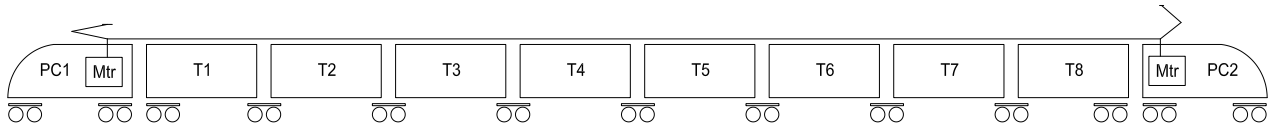


그림 2 동력집중식 고속차량 특고압 라인

사용하므로 운전실 교환 방법은 전동차와 다르며 운전실 교환은 다음의 절차로 진행된다.

- 1) 선두 동력차 운전실에서 서비스 리텐션 스위치<sup>2)</sup> 취급 및 SB-Key<sup>3)</sup> off  
팬터그래프 상승 상태 및 MCB 투입 상태 유지
- 2) 팬터그래프 선택 스위치 “0” 위치 취급<sup>4)</sup>
- 3) 후부 동력차 운전실로 이동
- 4) 서비스 리텐션 취소 스위치 취급  
MCB 차단 및 판토그래프 하강
- 5) 후부 동력차 운전실에서 정상 팬터그래프 상승, MCB 투입

서비스 리텐션 스위치 취급 시 축전지 투입, 팬터그래프 상승, MCB 투입 상태가 유지되어 차량의 서비스 기기는 모두 동작 상태로 대기하게 된다. 운전실 교환 시 사용해야 하는 팬터그래프의 위치가 바뀌어야 하므로 서비스 리텐션 취소 스위치 취급과 동시에 MCB 차단 및 팬터그래프가 하강하고 되고 축전지 전원은 투입상태를 유지하게 된다.

이 상태에서 운전자는 운전실 위치에 맞게 팬터그래프를 상승시키고 MCB를 투입하여 차량을 재 기동하게 된다. 진행 방향에 따라 상승되는 팬터그래프의 위치가 다르므로 운전실 교환 시 수동 조작이 항상 필요하다.

- 
- 2) 서비스 리텐션 스위치 : Service Retension Switch, 서비스 유지 스위치
  - 3) SB-Key : 고속철도 차량의 Key 스위치
  - 4) 팬터그래프 선택스위치 “0” 위치는 하강상태를 의미함

## 2.3 운전실 교환 시 팬터그래프 자동 상승 제어

운전실 교환 시 팬터그래프 자동 상승 제어는 고속차량과 같이 편성에 한 개의 팬터그래프를 상승시키고 운행 방향에 따라 상승되는 팬터그래프가 다른 차량에 대해 적용이 가능하다.

### 2.3.1 팬터그래프 상승 자동제어 조건 검토

팬터그래프 제어는 계전기를 통한 제어 또는 TCMS에 의한 제어로 구현을 검토할 수 있다. 계전기에 의한 제어는 단순한 제어의 경우 확실한 동작과 신뢰성을 확보할 수 있다. 그러나 제어에 관련된 조건이 많아지고 동작 조건이 복잡해질수록 사용되는 계전기 수량이 증가하게 된다. 계전기의 수량이 증가될 경우 오동작의 포인트가 증가되어 고장의 원인으로 작용할 수 있다. 또한 계전기 수량에 비례하여 배전반의 크기 증가가 필연적으로 수반되는데 운전실에 많은 공간이 필요하게 된다.

TCMS의 제어의 경우 제어에 필요한 각종 정보를 디지털 입력으로 수집하고 이 정보를 TCMS 내부적으로 처리하여 디지털 출력을 통해 차량을 제어한다. 차량 제어를 위한 부분은 계전기와 연계되는 것은 계전기 제어와 동일하지만 계전기를 동작시키기 위한 조건을 TCMS 내부적으로 처리하므로 사용되는 계전기 수량을 감소시킬 수 있다. 다만, TCMS의 디지털 입력 포트의 수량은 물리적으로 한계가 있으므로 운용처에서 요구하는 예비 포트와 제어에 사용하고자 하는 포트의 수량을 고려하여 하드웨어가 설계되어야 한다.

팬터그래프 상승 자동제어 검토를 위해 필요한 디지털 입력 출력 포트는 표1 과 같다.

**표 1. 디지털 입출력**

입력/출력	명칭	용도
디지털 입력	HCR 계전기	선두차 구분
	TCR 계전기	후부차 구분
	PanR 계전기	팬터그래프 상승 상태 확인
	ACVR 계전기	가선전압 유무 확인
	MCBR 계전기	MCB 투입 상태 확인
	Cab Change 스위치	운전실 교환 신호
	Mascon Key 스위치	마스콘 키 신호
디지털 출력	MCBC	MCB 투입 신호
	MCBO	MCB 차단 신호
	PanUp	팬터그래프 상승 신호
	PanDn	팬터그래프 하강 신호

디지털 입력 신호는 대부분 기존의 철도차량에서 사용하고 있는 신호이며 운전실 교환 신호가 추가되어 있다. 차량의 상태를 파악하기 위한 신호 및 팬터그래프 상승 제어 취급을 확인하기 위해 Cab Change 및 Mascon Key 신호가 추가되었다.

디지털 출력의 경우 기존의 계전기 제어 방식에서는 대부분 없는 신호이며, 팬터그래프 하강 신호는 차종에 따라 사용되는 경우도 있다. 팬터그래프 제어에 따라 상승, 하강 신호 및 MCB 투입, 차단 신호가 추가되었다.

팬터그래프 상승 자동제어를 사용할 차량의 축전지 투입 방식은 마스콘 키와 연동되는 방식이 아닌 별도의 축전지 투입/차단 스위치가 있는 방식이어야 한다. 전동차와 같이 마스콘 키와 연동하는 방식의 경우 PanR 계전기 접점을 통해 축전지 투입 상태를 유지하게 된다. 이 같은 제어 방식은 팬터그래프가 하강상태가 되면 축전지 투입이 취소가 되므로 제어전원을 유지할 수 없게 된다. 별도의 회로를 통하여 축전지 투입상태를 유지하도록 할 수 있겠으나 제어를 간소화 하려는 목적에 맞지 않으며 운전실 교환에 대한 운영적인 부담을 줄이고자 하는 목적에 부합하지 않는다.

따라서, 본 논문에서는 축전지 투입은 별도 스위치를 통하여 실시하고 축전지 투입 취소는 양쪽 운전실 어느 쪽에서도 취급 가능한 회로를 기존 조건으로 한다.

**2.3.2 팬터그래프 상승 자동제어 검토**

팬터그래프 상승 자동 제어를 위해서는 TCMS는 2.3.1절에서 표1과 같이 검토한 디지털 입력신호를 이용하여 차량 상태에 맞추어 디지털 출력을 내어야 한다.

TCMS는 Cab Change 스위치가 취급되면 운전실 교환이 시작될 것을 인지한다. 또한, 그와 동시에 Mascon Key가 OFF 되었다는 신호가 동시에 입력되었을 때 실제적인 운전실 교환절차를 시작한다. 운전실 교환에 따른 팬터그래프 상승 제어는 아래의 절차로 실시된다. 선두 운전실이 점유되어 있는 상태라면 차량 후부의 팬터그래프가 상승된 상태이다. 선두 운전실에서 운전실 교환 시 운전자는 Cab Change 스위치를 취급한 상태에서 Mascon Key를 OFF 한다. TCMS는 스위치 취급 상태를 인지하고 차량 후부의 팬터그래프가 설치된 차량에서 MCBC를 출력하도록 하여 MCB가 투입상태를 유지할 수 있도록 한다. 팬터그래프는 MCB 차단상태에서 하강이 가능하도록 인터록이 되어 있으므로 MCB가 투입상태가 유지되면 팬터그래프는 상승상태를 유지한다. TCMS는 선두의 팬터그래프 상승 신호(PanUP)를 출력하여 팬터그래프를 상승시킨다. 팬터그래프 상승이 완료되고 가선전압이 (ACVR)이 검지되면 MCB를 투입한다(MCBC).

상기 절차 동안 운전자는 후부 운전실로 이동하게 된다. 이동을 완료한 운전자는 후부운전실 Mascon Key를 ON 한다.

TCMS는 후부 운전실에서 Mascon Key 취급을 검지하게 되면 반대편 운전실 방향의 MCB를 차단하고(MCBO) 팬터그래프를 하강 시킨다(PanDn). 상기 절차로 운전자에 의한 별도의 팬터그래프, MCB 취급 없이 자동으로 차량 진행 방향에 맞게 팬터그래프 상승된 상태가 되고 운전실 교환이 완료된다.

운전실 교환을 취급하였으나 반대편 운전실을 사용하지 않고 기존 운전실을 다시 사용할 경우는 기존 운전실의 Mascon에 Key를 ON 하면 기존 운전실이 진행방향으로 설정하게 되고 이에 따른 팬터그래프 하강은 TCMS가 담당하게 된다.

또한 운전실 교환 취급 상태에서 운전실

**표2 운전실 교환 및 팬터그래프 상승 절차**

차량 상태	운전자 취급	TCMS 입력	TCMS 출력
후부 팬터 상승	선두 Cab Change 스위치 취급, 선두 Mascon Key Off	선두 Cab change 스위치 High 선두 Mascon Key Low 선두 HCR Low	
후부 팬터 상승 유지			후부 MCBC 출력
선두 팬터 상승 선두 MCB 투입			선두 PanUp 출력 선두 MCBC 출력
	후부 Mascon Key On	후부 Mascon Key High	
후부 MCB 차단 후부 팬터 하강		후부 HCR High	후부 MCBO 출력 후부 PanDn 출력

교환을 하지 않고 차량을 OFF할 경우는 기존의 차량 OFF 방법과 동일하게 MCB 차단 스위치 및 팬터그래프 하강 스위치를 취급하여 차량을 OFF 한다.

**참고문헌**

- [1] 임형순, 김성준, 박성준(2015), “국내 고속차량의 중련연결 구성에 대한 고찰”, 한국철도학회, 한국철도학회 2015년도 추계학술대회 논문집, pp120.

**3. 결 론**

철도차량 운영 조건이 다양해짐에 따라 기존의 철도차량과는 다른 개념의 차량이 요구되고 있으며 운영의 효율성 및 운전자의 부담을 경감하기 위해 기존 수동으로 제어하던 부분에 대해 자동으로 제어할 필요성이 있다. 한 대의 팬터그래프를 사용하는 차량에 대해 자동 상승제어는 기존에 운전자에 의해 수동으로 팬터그래프를 선택하던 것을 TCMS를 사용하여 자동으로 상승할 수 있도록 검토한 것이다.

도심 주요 거점을 급행으로 연결하는 철도차량이 등장하면서 빠른 회차 시간이 필요할 것으로 판단되며 운전실 교환 시 팬터그래프를 자동으로 상승하는 부분에 차량 운영에 도움을 줄 수 있을 것이다.

다만, 본 논문은 팬터그래프 제어에 대한 부분을 검토한 것으로 운전실 교환 시 수반되는 MCB 투입 차단에 대한 전장품의 영향 여부는 추가로 검토가 필요하다.

여기에 결론을 입력합니다.