

# 차세대전동차 전기식 판토틀라프 설계 연구

## Development of an Electronic Pantograph For Advanced Urban Railway Vehicles

\*#정우태<sup>1</sup>, 박성혁<sup>2</sup>, 김길동<sup>3</sup>

\*#W. Jeong(wjeong@krii.re.kr)<sup>1</sup>, S. H. Park<sup>2</sup>, G. D. Kim<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> 한국철도기술연구원 차세대전동차연구팀

Key words : Pantograph, Railway Vehicle, Advanced EMU

### 1. 서론

열차의 판토틀라프는 선로상의 가선으로부터 에너지를 공급받아 차량에 전달해 주는 역할을 한다. 효율적인 판토틀라프의 개발은 차량의 성능에 직접적인 영향을 미치게 되며, 따라서 차세대 도시철도 전동차용 판토틀라프의 개발 조건은 경량화, 고추종성, 안정된 집전성능등의 조건을 만족할 수 있어야 한다. 기존에 사용하던 교차형(Cross Arm) 판토틀라프에서 싱글암 방식의 판토틀라프 개발을 통하여 에너지 효율 향상, 주행 소음을 절감할 필요가 있다. 특히 중량부분과 집전효율의 향상을 통하여 판토틀라프 시스템을 유연하게 적용할 수 있어야 한다. 또한, 주수판의 경우 장기적인 안목에서 환경친화성, 유지보수 절감 등의 관점에서 적용할 소재를 선정하여야 할 것이다. 본 연구에서는 이러한 조건을 충족시키기 위해 현재 국내 최초로 도시철도 차량에 적용하기 위해 개발중인 전기식 판토틀라프의 개발 및 설계과정을 소개하고자 한다.

### 2. 판토틀라프의 설계 동향

#### 2.1. 국외 판토틀라프 관련 기술개발 현황

판토틀라프는 운용되는 가선 시스템과 밀접한 관계가 있다. 가선 시스템은 Simple 카테너리, Stich wire 카테너리, Compound 카테너리등 세 가지 형식으로 대별되며, 국내에서는 Simple 카테너리 형식의 가선계를 사용한다. 판토틀라프의 추종특성은 가선시스템에 따라 차이가 있으며, 판토틀라프 측면에서 가장 불리한 가선시스템이 Simple 카테너리 가선계이다.

철도 선진국인 프랑스는 Faiveley, 독일은 Stemann & Schunk, 일본은 Toyodenki 라는 판토틀라프 전문 제작업체를 확보하고 있다. 이들은 차량사와의 유기적인 협력관계를 유지하면서 차량시스템과 판토틀라프 시스템을 상호 유기적으로 설계하는 방식을 적용하여 효율성을 극대화 하고 있는 것이 현실이며, 국내에서도 차량개발과 함께 판토틀라프 시스템이 유기적인 관계를 가지면서 차량시스템의 효율성을 향상시킬 필요가 있다.

#### 2.2. 국내 판토틀라프 관련 기술개발 현황

국내의 경우 30년 전부터 국산화를 진행하여 전동차에 적용되고 있는 판토틀라프는 Fig. 1(a)와 같은 Cross Arm 형식의 판토틀라프이다. 현재 국내 모든 전동차에 적용되고 있다.

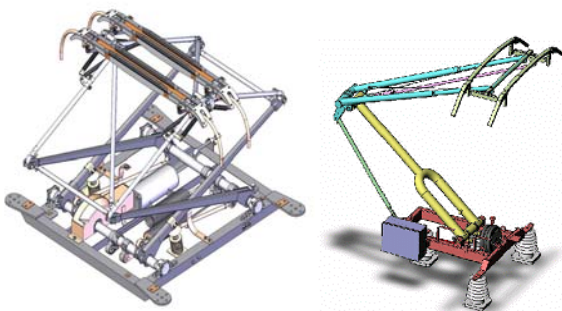


Fig. 1 (a) Cross Arm, (b)Single Arm pantograph

속도향상에 따라 200km/h 급 8200대 전기기관차 및 탈링전동차에는 중고속에서의 공력특성과 집전성능이 향상된 Fig. 1(b)과 같은 단일암 형식의 판토틀라프가 적용되고 있다. 또한 국가 G7 고속전철기술개발과제를 통하여 350km/h 급 단일암 형식 판토틀라프도 개발되어 신뢰성 향상을 위한 시운전 시험을 진행중이다.

### 3. 차세대전동차 판토틀라프

#### 3.1. 판토틀라프의 구성

차세대전동차용 판토틀라프는 전기작동방식(스프링 상승, 전기 하강 방식)을 채택하고 있으며 120km/h 급 전기차량에 적용 가능하다.

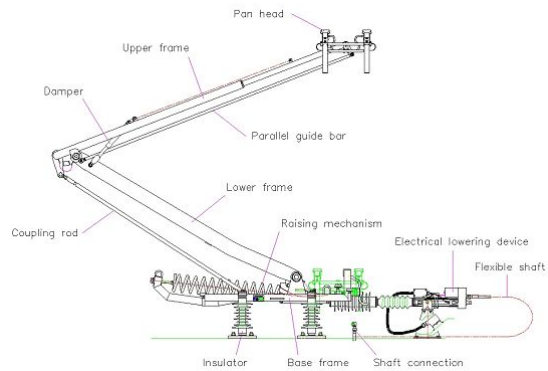


Fig. 2 Single arm pantograph design

형상은 Fig. 2와 같으며, 주요 구성은 다음과 같다.

- (1) 기초 프레임: 기초 프레임은 속이 빈 사각 용접구조물이다.
- (2) 하부 프레임: 하부 프레임은 용접 구조물이며, 기초 프레임의 상단에 조립된다.
- (3) 상부 프레임: 상부 프레임은 이음매 없는 원형 관 용접 구조물이다. 축 방향 안정은 교차된 와이어 로프에 의해 보장된다.
- (4) 커플링 로드: 커플링 로드는 개별적인 두개의 원형 관 용접 구조물로 구성된다. 두개의 관은 조정 가능한 구성품에 의해 조립된다. 이 구성품의 조정에 의해 판토틀라프는 기구적으로 안정된 동작이 가능하다.
- (5) 집전 헤드: 집전 헤드는 상부 프레임 끝 상단에 조립되며, 집전판의 지지를 위해 판스프링을 사용한다. 판스프링은 서스펜션 박스 내부에 장착된다. 균형 가이드 링크는 가선에 대한 집전판의 수평 유지를 위한 것이다. 집전판의 독립된 지지는 안정된 접촉 특성과 뛰어난 마모 특성을 가능케 한다. 서스펜션 프레임은 집전 헤드의 판스프링을 비정상적인 높은 수평/수직의 힘으로부터 보호하는 역할을 한다.
- (6) 균형 막대: 균형 막대는 판토틀라프의 상승 및 하강 동작 중에 집전 헤드가 수평을 유지하지 못하고 기우는 것을 방지한다. 이 장치에 의해 양쪽의 집전판이 동등한 마모 특성을 유지하는 것이 가능하다.
- (7) 스프링 상승 장치: 스프링 상승 장치에 의해 판토틀라프는 상승하고, 집전 헤드와 가선 사이에 적절한 접촉력

이 유발된다. 스프링 상승 장치의 힘은 하부 프레임에 조립된 동작용 와이어 로프와 캠을 거쳐 상승 메커니즘을 이룬다.

(8) 유압식 충격흡수장치: 판토타그래프의 댐핑은 상부 프레임과 하부 프레임 사이에 조립되는 유압식 충격흡수장치에 의해 이뤄진다. 이 유압식 충격흡수장치는 집전판과 가선 사이의 뛰어난 접촉 특성을 가능케 한다. 유압식 충격흡수장치는 주위 온도 -40~+80°C 범위에서 적합하다.

(9) 전기 하강 장치: 차세대전동차용 판토타그래프는 전기 하강 장치에 의해 하강한다. 이 장치는 전기적으로 절연 보호되며 차량 옥상과 하부 프레임 사이에 조립된다. 장치는 반영구 마그네틱 DC 모터(DC100V, 범위:70V~110V)에 의해 작동한다.

3.2. 전기 구동식 판토타그래프 작동원리

(1) 상승 동작

차세대전동차용 판토타그래프는 스프링 상승 장치의 힘에 의해 상승한다. 또한 이 스프링 상승 장치의 힘에 의해 집전 헤드와 가선 사이에 적절한 접촉력이 유발된다. 스프링 상승 장치의 힘은 하부 프레임에 조립된 동작용 와이어 로프와 캠을 거쳐 상승 메커니즘을 이룬다.

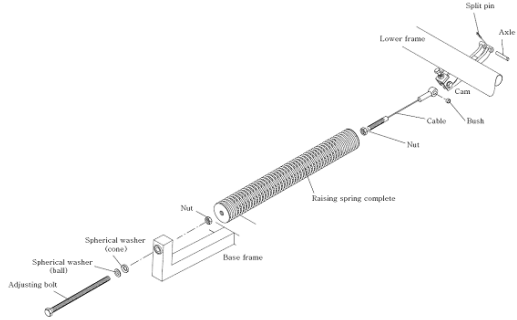


Fig. 3 Rising mechanism for the advanced EMU pantograph

판토타그래프에는 스프링 상승 장치에 의해 항상 상승력이 존재한다. 하지만, 평상 시(판토, 하강)에는 전기 하강 장치의 힘에 의해 판토타그래프는 강제적인 하강 상태를 유지한다.

차량 운영을 위해 운전실에서 판토타그래프 상승 버튼(판토, 상승)을 누르면 반영구 마그네틱 DC 모터(DC100V, 범위:70V~110V)에 의해 탄성 스프링 댐퍼가 그림 3.81 의 ① 방향으로 동작하면서 하부 프레임 중심축의 회전을 구속시키고 있던 강제력이 해소되고 비로소 판토타그래프는 스프링 상승 장치의 힘에 의해 상승한다.

(2) 하강 동작

차세대전동차용 판토타그래프는 전기 하강 장치의 힘에 의해 하강한다. 이 장치는 반영구 마그네틱 DC 모터(DC100V, 범위:70V~110V)에 의해 작동하며, 전기적으로 절연 보호되어 차량 옥상과 하부 프레임 사이에 조립된다.

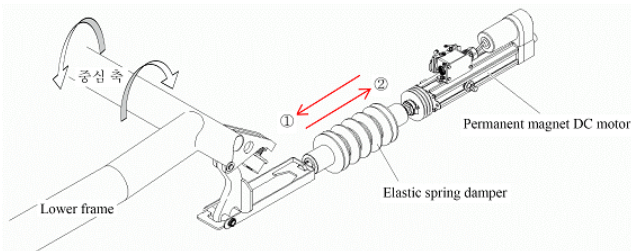


Fig. 4 Down Mechanism for the advanced EMU pantograph

반영구 마그네틱 DC 모터의 행정은 마그네틱 스위치 1, 2에 의해 제한된다.

가. 마그네틱 스위치 1: 확장을 위한 리미트 스위치 (판토, 해방)

나. 마그네틱 스위치 2: 움츠림을 위한 리미트 스위치

(판토, 안착)

차량 운영을 마치고 운전실에서 판토타그래프 하강 버튼(판토, 하강)을 누르면 반영구 마그네틱 DC 모터(DC100V, 범위:70V~110V)에 의해 탄성 스프링 댐퍼가 그림 3.81 의 ② 방향으로 동작하면서 하부 프레임의 중심축을 회전시켜 판토타그래프를 강제 하강시킨다.

(3) 비상 시 수동 조작 방법

만약, 전원공급장치에 이상이 발생했을 경우 차세대전동차용 판토타그래프는 수동으로 상승/하강 시킬 수 있다. 이를 위하여 반영구 마그네틱 DC 모터(DC100V, 범위:70V~110V)는 플렉시블 샤프트를 통해 크랭크 핸들에 연결되어 있으며, 차량 내부에서 조작 가능한 구조로 되어 있다. 수동 조작은 전원공급장치 손상과 같은 비상 시에만 사용해야 하며, 판토타그래프를 수동으로 상승시킨 경우에는 수동에 의해서만 하강이 가능하다.

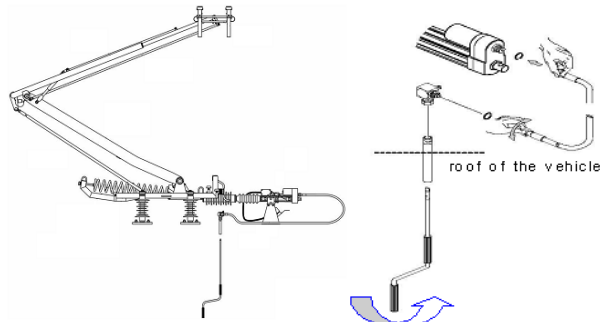


Fig. 5 Manual handling procedure during pantograph failure

4. 결론

차세대전동차 기술개발을 과제를 통하여 개발되는 판토타그래프는 충분한 경쟁력과 품질을 확보할 예정이며, 전동차의 수요증가에 따라 국내외 및 철도선진국에서의 시장 확보를 기대 한다. 설계검토에 따른 최종설계 사양과 개선 내용은 다음과 같다.

Table 1 New pantograph specification

구 분	기존사양	차세대철도도시철도시스템	
		개발목표	개선내용
형식	Lower frame crossing type	Single arm type	경량화, 유지보수성 향상
작동방식	공기상승, 스프링하강	스프링상승, 전기하강	부품 단순화
추종성	No Shock Absorber	Shock Absorber 적용	접촉성향상, 이선 방지
중량	190±10kg	150±10kg	경량화
집전용량	정차시 500A(연속)	차량요구사항 반영	적용성 향상
가선전압	DC 1500 only	AC and DC	호환성향상

후기

본 과제는 국토해양부의 국가연구과제의 일환으로 한국철도기술연구원과 유진기공(주)의 협동연구로 이루어졌으며, 관련 자료에 감사드립니다.

참고문헌

1. 고속전철 판토타그래프 개발 연차보고서, 한국생산기술연구원, 2001-10
2. Schunk Nordiska AB Sweden, Pantograph Test Report, F. Jeitzinger, 1999-10-18
3. 해외기술협력보고서, Design and manufacturing of korean VHSR Pantograph, 한국생산기술연구원, 2001-10