

고무차륜 AGT 경량전철 차량용 제 3 궤조 집전장치의 이선특성

박성혁*, 김연수, 윤성철, 전현규(한국철도기술연구원)

Electrical interruption characteristics of 3rd rail type power collector
for rubber-tired AGT light rail vehicle

S. H. Park(KRRI), Y. S. Kim(KRRI), S. C. Yoon(KRRI), H. K. Jun(KRRI)

ABSTRACT

This study was aimed to verify the acceptable contact force between power collector and 3rd rail type conductor rail for the Korean standardized rubber-tired AGT light rail vehicle. The power collector was designed and manufactured to satisfy the Korean standardized Specifications of the rubber-tired AGT light rail vehicle. Based on the dynamic behavior, contact force variation and interruption in the worst installation tolerance of the conductor rail, its initial contact force was set up. With rotary disk type equivalent test apparatus with circular conductor rail, the interruptions were measured. As the results, acceptable contact force was proposed to ensure power collection stability.

Key Words : Rubber-Tired AGT(고무차륜 AGT), Light Rail Vehicle(경량전철 차량), 3rd type Conductor Rail(제 3 궤조 급전선), Power Collector(집전장치), Interruption(이선)

1. 서 론

경량전철 시스템은 버스와 지하철의 중간규모 수송능력(시간·방향당 5,000~30,000 명)을 가지며, 무인운전으로 운행되는 첨단 도시철도 시스템이다. 기존의 전통차(지하철)에 비해 건설비 및 운영비가 저렴하고, 버스나 승용차와 같은 도로교통수단에 비해 정시성, 신속성, 환경친화성이 우수한 장점을 가지고 있다. 따라서 선진국에서는 1970년대부터 경량전철 개발을 시작하여, 현재는 매우 다양한 시스템이 운영 중에 있으며, 국내에서는 하남, 김해, 의정부, 용인, 부산 등에서 건설을 추진 중에 있다.

경량전철시스템은 주로 도심지에서 고가궤도로 건설 운영되기 때문에 차량의 위쪽에 급전선을 설치하는 가공선 방식보다는 차량의 측면 아래쪽에 강체 급전선을 설치하는 제 3 궤조 방식을 주로 적용하고 있다. 고무차륜 AGT 시스템은 기존 철도차량과는 달리 가감속 성능, 등판성능, 주행 중 소음 저감을 위해 고무타이어를 주행륜으로 사용한다. 따라서 기존의 철도차량은 원추형 철계차륜이 철계레일을 따라 차량을 조향/안내하지만, 고무차륜 AGT 차량은 고무타이어가 도로와 유사한 주행궤도

면을 주행하고, 대차의 안내프레임에 설치된 안내륜이 주행궤도 측벽(제 3 궤조 급전선 아래쪽)에 설치되는 안내레일을 따라 주행하면서 차량을 안내/조향한다. 제 3 궤조 집전장치는 안내프레임에 설치되어 차량 주행 중 급전선과 미끄럼운동을 하면서 차량에 안정적인 전기에너지를 공급해야 한다.(1-3)

차량의 주행 중 주행륜과 주행면, 안내륜과 안내레일 사이에는 갖가지 진동이 발생하여 집전장치와 급전선은 초기의 정적인 접촉조건을 유지할 수 없게 된다. 집전장치와 급전선이 순간적으로 접촉을 상실하는 이선현상이 증가하면, 집전슈의 마모를 촉진시켜 유지보수 비용이 증대되고 차량의 고장 및 이상발생의 원인으로 작용할 수 있다. 이선현상을 감소시키기 위해 집전장치와 급전선 사이의 접촉력을 과대하게 증대하면, 이선현상을 감소시킬 수는 있지만 집전슈의 마찰마모가 증대하게 된다. 따라서 집전장치 기술은 이선을 최소화할 수 있도록 일정한 접촉력을 유지할 수 있는 메커니즘의 개발과 이선현상과 마찰에 의한 마모를 최소화할 수 있는 최적의 접촉력 설정이 그 핵심이다.(4-9)

본 논문에서는 고무차륜 AGT 차량시스템의 표준사양과 개발사양을 만족하는 제 3 궤조 집전장치

를 설계, 제작하였다. 또한 집전장치의 동특성과 이선현상 해석을 통해 저자가 선행 연구에서 제안한 최적의 초기 접촉력(90N)이 차량에 안정적인 전기 에너지를 공급할 수 있는 이선특성을 유지한다는 것을 실험적으로 증명하였다.

2. 제 3 계조 집전장치

2.1 설계 요구사항

차량의 안정적인 전원공급을 위해서 제 3 계조 집전장치는 동하중이 감소될 수 있는 경량구조이면서 집전슈의 이선현상과 집전슈의 마모가 최소화 되도록 설계되어야 한다. 또한 크기와 설치위치가 차량 표준사양에서 규정한 차량한계 내에 있어야 한다. 따라서 고무차륜 AGT 차량시스템에 설치되는 집전장치는 다음과 같은 설계 요구사항이 만족 되도록 개발되었다.

- 이선현상과 집전슈 마모의 최소화(집전슈 수명은 20,000km 이상)
- 차량 운행 중에 발생하는 충격과 진동의 흡수
- 집전슈와 급전선 사이의 접촉력 변화의 최소화
- 서지로부터 차량 전기장치의 보호
- 용이한 유지보수(용이한 설치)
- 소형, 경량 구조

2.2 설계

집전장치는 설계 요구사항과 대차의 안내프레임 구조를 고려하여 차량 표준사양에서 제시한 차량한계 내에서 설치될 수 있도록 Fig. 1 과 같이 설계하였다. 집전슈의 크기는 집전용량과 차량의 수직변위를 고려하여 급전선을 벗어나지 않도록 설계되었다. 특히 집전슈 브라켓과 이를 지지하는 링크는 관절형태로 설계하여 이선과 접촉력 변화를 최소화할 수 있도록 하였다. 또한 차량의 주행 중 접촉력 변화를 최소화하기 위한 구조로서 2 개의 작용 스프링과 4 개의 링크를 사용하였다.

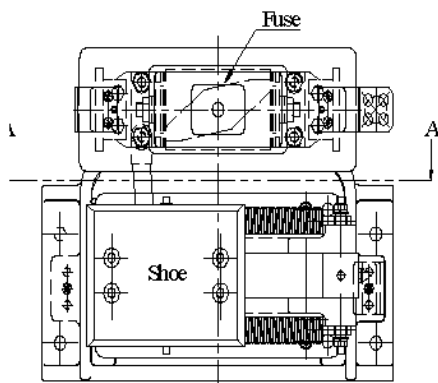


Fig. 1(a) Front view drawing of the power collector

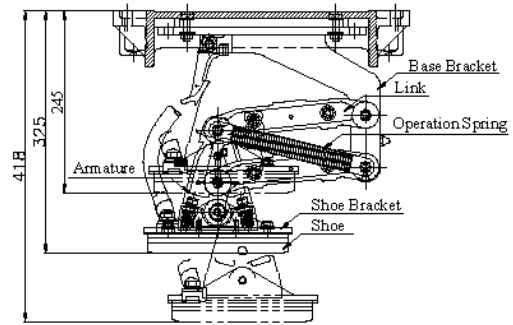


Fig. 1(b) Top view drawing of the power collector and operation range of shoe

2.3 제작

Fig. 1 와 같이 제 3 계조 집전장치를 제작하였다. 베이스, 링크, 아머처 등 주요 구조체는 알루미늄으로 제작하였다. Fig. 2 는 완성된 집전장치를 보여주고, Fig. 3 은 고무차륜 AGT 차량시스템에 설치된 집전장치를 보여준다.

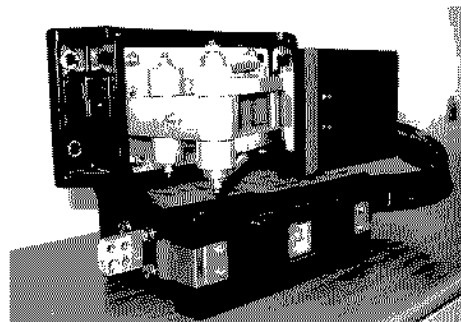


Fig. 2 Prototype of the power collector

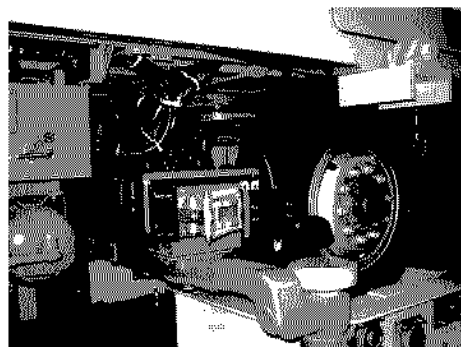


Fig. 3 Installation of the power collector

3. 이선특성 실험

3.1 실험장치

집전장치의 특성실험을 위해 제작된 회전 디스크형 등가실험장치는 Fig. 4 와 같이 직경 1.2m 의 디스크 내에 직경이 1.0m 의 원형 알루미늄 급전선

이 설치된다. 디스크는 100km/h 까지 속도제어가 가능한 모터로 구동되고, 디스크 뒷면에 회전디스크에 원형 급전선을 고정시키는 볼트를 통해 급전선을 급전시킨다. 따라서 실험장치에 설치되어 급전선과 미끄럼 운동을 하는 집전슈에 룽전이 되고, 집전장치의 룽전되는 전류를 측정하여 이선특성 실험을 수행하였다.

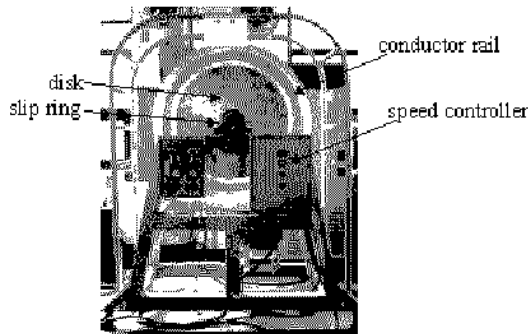


Fig. 4 Interruption characteristics testing apparatus of the power collector

3.2 이선 측정

집전슈와 급전선의 이선현상은 집전장치로 유입되는 전류를 오실로스코프로 측정하여, 식(1)을 이용하여 이선률을 계산하였다. Fig. 4 와 같은 실험장치에는 DC3A 의 전류를 룽전하였다.

$$\alpha = \frac{\sum t_i}{t_m} \times 100[\%] \quad (1)$$

where ;

α : 이선률 [%]

t_i : 이선시간 [sec]

t_m : 전체 실험측정 시간 [sec]

3.3 결과 및 고찰

집전슈와 급전선 사이의 초기 접촉력을 90N 으로 제작된 집전장치를 Fig. 4 와 같은 실험기에 설치하고, 디스크의 회전속도를 10~70km/h 까지 변속시키면서 집전되는 전류를 측정하였다. 개발이 진행 중인 고무차륜 AGT 차량시스템의 설계 최고속도는 70km/h 이지만, 실제 노선에서의 운행 최고속도는 60km/h 를 초과하지 않도록 규정하고 있다. Fig. 5 는 집전장치를 룽해 집전되는 전류를 오실로스코프를 이용하여 측정한 결과를 보여준다. 또한 Fig. 6 은 속도별로 집전장치의 이선률을 계산 한 결과를 보여준다. 속도 20km/h 까지는 이선현상이 발생하지 않았고, 30~50km/h 까지는 매우 작은 이선현상 만이 발생하였다. 차량의 운행 최고속도인 60km/h 에서의

이선률은 2.8%, 70km/h 에서는 5.8%의 이선률을 갖는 것으로 분석되었다. 운행최고속도 60km/h 에서도 차량에 안정적인 전기에너지 공급이 가능할 것으로 분석되었다. 따라서 설계 및 제작된 제 3 레조 집전장치는 한국 표준형 고무차륜 AGT 차량시스템에 적용 가능할 것으로 분석되었다.

(a) vehicle velocity 50km/h

(b) vehicle velocity 60km/h

(c) vehicle velocity 70km/h

Fig. 5 Electrical current collected by the power collector prototype in the testing apparatus

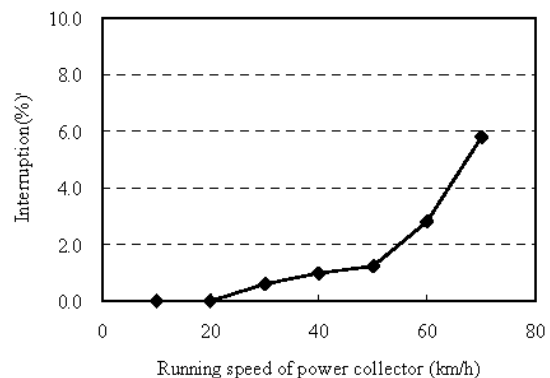


Fig. 6 Interruption as changing running speed of power collector at initial contact force 90N

4. 결 론

한국 표준형 고무차륜 AGT 차량시스템의 표준 사양과 개발사양을 만족하는 제 3 레조 집전장치를 설계 제작한 후, 집전슈와 급전선 사이의 초기 접촉력 90N 으로 하여 이선현상에 관한 특설실험을 수행하였다. 개발된 집전장치에 대해 차량의 주행 속도별로 이선률을 분석한 결과 전체 속도영역에서 2.8%이하의 작은 이선률을 가졌다. 따라서 개발된 집전장치를 초기 접촉력 90N 으로 사용하면, 차량의 전체 속도영역에서 안정적인 전기에너지의 공급이 가능하다.

후 기

건설교통부의 지원으로 한국철도기술연구원이 총괄 주관하는 경량전철시스템 기술개발사업으로 수행되었음을 알려드립니다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, "경량전철시스템 기술개발사업 3 차년도 결과보고서(분야:종합시스템 엔지니어링)," 2001.
2. 한국철도기술연구원, "경량전철시스템 기술개발사업 4 차년도 결과보고서(분야:종합시스템 엔지니어링)," 2002.
3. 한국철도기술연구원, "경량전철시스템 기술개발사업 5 차년도 결과보고서(분야:종합시스템 엔지니어링)," 2003.
4. 우진산전, "경량전철시스템 기술개발사업 3 차년도 결과보고서(분야 : 차량시스템)," 2001.
5. 우진산전, "경량전철시스템 기술개발사업 4 차년도 결과보고서(분야 : 차량시스템)," 2002.
6. 우진산전, "경량전철시스템 기술개발사업 5 차년도 결과보고서(분야 : 차량시스템)," 2003.
7. 건설교통부, "경량전철 차량시스템 표준사양, " 건교부 고시 제 1998-58, pp.103-113, 1998.
8. RTRI, Characteristics of Conductor Rail and Pantograph(Japanese), pp.213-255, 1993.
9. S. Kasai, M. Suwa and J. Watanabe, "Development of New Pantograph for Rigid Contact Wires, " Bulletin of the JSME, Vol.23, No.180, pp.977-982, 1980.