

전차선 압상 검측을 위한 시스템 기술

The Technology of Measurement System for Contact Wire Uplift

박 영† 조용현* 김형철** 권삼영* 김인철***
Young Park†, Cho Hyeon Young*, Hyungchul Kim**, Samyoung Kwon**, In-Chol Kim***,

최원석****
Wonseok Choi****

ABSTRACT

The measurement of contact wire uplift in electric railway is one of the most test method to accept the maximum permitted speed of new vehicles or pantographs. The contact wire uplift can be measured for short periods when pantograph is running in monitoring station. This paper describes the development of two different methods for contact uplift measurement using vision-based system and wireless online monitoring system. Our vision-based system employs a high-speed CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) camera with gigabit ethernet LAN. The development of a real-time remote monitoring system that acquires data from any kind of sensor to be transmitted by wireless communication from overhead line and structure at 25 kV to a computer in catenary system. The proposed two kind of different measurement systems to evaluation for dynamic uplift of overhead contact wire shows promising on-field applications for high speed train such as Korea Tilting Train (TTX) and Korea Train eXpress (KTX).

1. 서 론

전차선로 압상량 검측은 기존 전차선로의 속도향상, 신규 열차나 팬터그래프 도입 시 필수적인 검측항목으로 다양한 시스템이 개발되어 지고 있다.[1,2] 특히 집전상태를 평가하는 다양한 방법 중 전차선로 자체를 평가하는 기술로 전차선 압상량 검측은 열차가 운행되는 짧은 시간에 검측을 하여야 하므로 응답속도가 빠른 시스템이 구현되어야 하고 측정 오차 작고 위치 변화에 유연한 시스템이 요구 된다.[1,2] 또한 국제 규격 EN 50119:2001에 전차선로 압상량 검측에 관한 규격이 있고 이에 따른 시스템 개발이 현재 요구되고 있다.[3,4] 전차선로는 전기철도의 증가와 기존선의 속도향상 등에 따라 다양한 검측기술과 규격이 요구되어 지고 있으나 현재 국내에 적합한 규정은 되어있지 않고 있다. 현재 국외의 경우 전기철도 집전설비의 전차선로-팬터그래프 상호 영향을 예측하고, 성능평가를 위한 시험설비와 전차선로 주변에서의 실시간 감시기술이 유기적으로 이루어지는 예측, 인증, 감시, 진단, 안전등 지식기반의 새로운 전차선로 운용기술 구축이 되어지고 있다.[5] 국내의 경우 틸팅열차 개발에 따른 속도향상에 따라 전

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실 박영
E-mail : ypark@krri.re.kr

TEL : (031)460-5424 FAX : (031)460-5459

* 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 책임연구원

** 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 선임연구원

*** 정회원, 코레일, 전기기술단 전철팀, 부장

**** 정회원, 한밭대학교, 전기공학과, 교수

차선의 압상을 검측하여 전차선로에 대한 영향평가를 하고 있으나 정기적인 검사 혹은 신규열차도입시의 검측은 이루어 지지 않고 있어 관련 기술의 개발과 규격화가 필요하다.[6] 본 논문에서는 전차선 압상량 검측을 위해 고속카메라를 이용한 시스템과 무선랜을 이용한 시스템을 고안하고 이를 구현하였다. 고속카메라를 이용한 전차선로 압상량 검측 장치는 기존의 시스템과 달리 측정위치의 선로변에 시스템을 설치하여 검측이 가능하고 응답속도가 빨라 300 km/h 이상의 고속열차의 압상량 검측이 가능하다. 무선기반의 전차선로 상태모니터링 시스템의 경우 25 kV의 전차선로에 센서를 부착하여 압상을 측정하고 이를 지상으로 전송하는 시스템이다. 개발된 두가지의 전차선 압상량 검측 시스템 검증을 위한 현장 시험은 호남선과 고속선에서 한국형 킬링열차와 KTX의 운행 속도에 따른 압상량을 검측하였다.

2. 전차선 압상 검측을 위한 시스템 구성

2.1 무선기반의 전차선 상태모니터링 시스템을 이용한 전차선 압상검측 장치

그림 1 에 개발된 실시간 상태모니터링 장치 사진을 나타내었다. 시스템은 잡음을 차폐하고 물리적인 충격과 비 등 기후의 변화에 전기설비 진단시스템을 보호하기 위하여 스틸재료의 보호케이스를 제작하였다. 또한 상태모니터링 장치는 AC 25000 V 혹은 DC 1500 V의 전차선로에 적합하게 각각의 케이스와 시스템을 별도로 구성하여 각각 개발하였으며 강우 및 강설 시에도 측정 가능하고 배터리 케이스, 전차선로 측정부 케이스, 설치용 앵글을 설치를 위해 구성하였다.

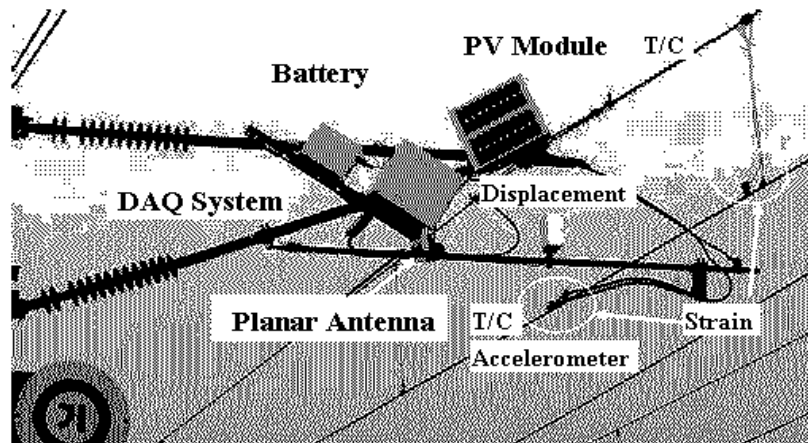


그림 1. 개발된 실시간 상태모니터링 사진 [7]

○ 전차선로 상태모니터링 장치 주요 사항 [8]

- 국내최초 실시간 상태모니터링 장치
- FPGA를 활용 데이터 수집 및 동기화
- 네트워크 기반 모니터링 (TCP/IP)
- 온도, 압상량, 드로퍼 작용력, 진동 검측
- 열차속도 : 300 km/h 안전 설계
- 최고 32Ch, 1000 sampling
- 태양광 집전 및 활선상태 검측 (25 kV)

2.2 고속카메라를 이용한 전차선 압상 검측장치

고속카메라를 이용한 전차선로 압상량 검측 장치는 기존의 시스템과 달리 현장의 전철주에 설치하여 전차선 압상량을 측정하므로 전철주 설치가 가능하고 내진동성이 있는 산업용 이어야 한다. 특히 열차 운행 중 측정하므로 측정안전 및 조건을 고려하여 전철주에 고정하고 데이터를 최고 30~50 m 범위에서 저장하는 기능이 필요하다. 압상량 분석 및 현장에서의 확인을 위해 별도의 전원 없이 현장에서의 고

속 이미지 획득/ AVI-file 획득이 가능하여야 하며 틸팅열차의 운행 속도에 따라 검측 Frame Rate이 가변되어야 한다. 특히 압상량에 따른 진동 추이 측정을 위해 최소 6초 측정이 필수 : 170 km/h의 속도에서 300 - 500 fps 사용이 가능하여야 하며 주요 사항을 아래에 나타내었다.

○ 주요사양 [6]

- Mega Pixel Sensor를 탑재한 고속화상검측장치
- 1 1/4 " Sensor
- 해상도 : 1280(가로)*1024(세로) pixel = 1.3 Mega Pixel
- Frame Rate 조절 가능 : 18 ~ 500 frames/sec. (fps)
- 전자 Frame Shutter : 1/20 ~ 1/250,000초 조절
- Fast Ethernet / GigE Interface, 50m
- Ni-MH battery 내장으로 30 분 동안 저장 또는 대기 가능
- Frame Memory 내장
- Standard C-Mount
- Camera Power Supply 3m
- 카메라 셋업, 레코딩, 이미지 시퀀스 기능 구현
- 'film' 편집 및 데이터 송출 기능
- 이미지 저장 방식 BMP, JPG제공, 또는 AVI 의 동영상 저장 기능 구현
- 전철주 설치가 가능 (지그 이용)

3. 전차선 압상량 현장 검측

3.1 시험방법

고속 카메라를 이용한 전차선로 압상량 현장 검측은 현장 시험 이전 전차선로에 별도의 표지를 설치하고 열차 통과 이전에 검측하고자 하는 장소의 전주에 고속카메라를 지그를 이용하여 고정하고 열차의 팬터그래프 통과 전·후의 영상을 획득하여 별도의 알고리즘을 이용하여 처리하였다. 그림 2-(a)에 고속 카메라를 이용한 전차선로 압상량 검측을 위한 현장시험 사진을 나타내었다. 사진과 같이 틸팅열차 최고 속도 구간에 고속카메라를 고정하였으며 별도의 광원 없이 시험을 수행하였다. 고속카메라는 안전에 영향이 없도록 최소한의 높이에 설치하였으며 고정 지그를 이용하고 전주에 고정하였다. 카메라의 각도, 전차선과의 높이 등 화상처리를 이용한 기본적인 측정값은 설치 전 각각 측정하여 알고리즘에 적용 하였다. 그림 2-(b)는 고속카메라와 무선기반의 전차선 상태검측 시스템 현장 설치 사진이며, 사진과 같이 동시에 검측하여 오차를 줄이고 신뢰도를 높일 수 있었다.

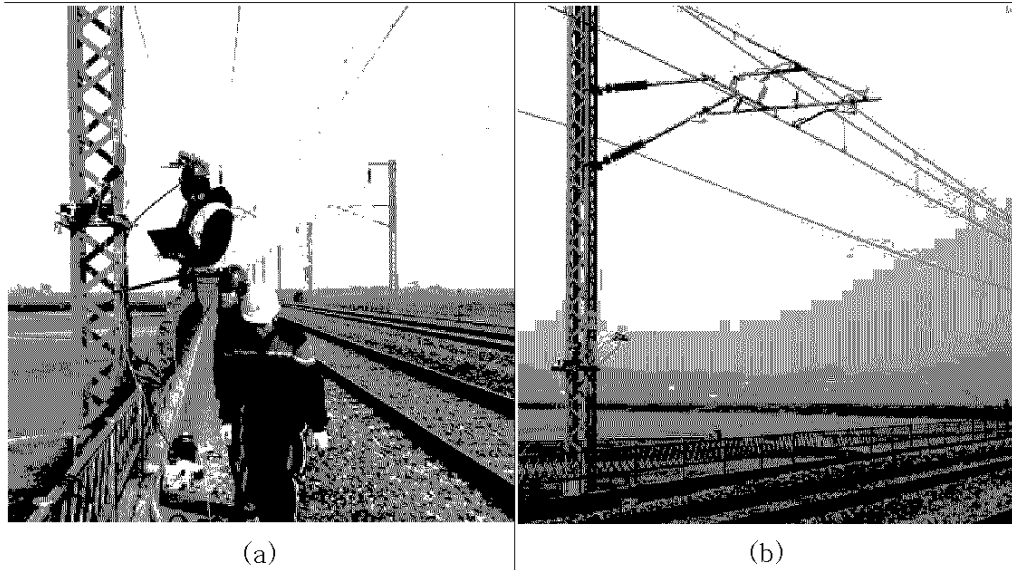
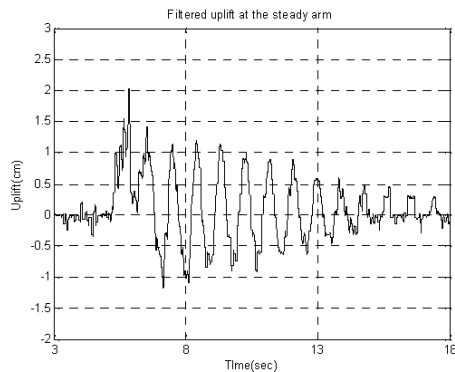


그림 2. 고속카메라 현장설치 사진 및 고속 화상 검측 장치와 상태 검측 시스템 현장사진 [6]

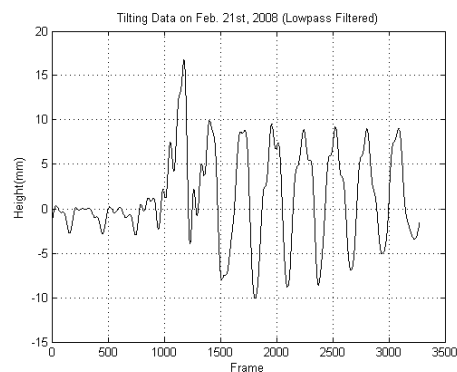
3.2 시험결과

호남선 상선 68-1호주(함평~무안구간)에서 틸팅열차가 171km/h로 운행 중에 측정한 압상량 측정결과를 아래에 나타내었다. 1/1000의 세그로 조정한 상태에서 틸팅열차가 170 km/h로 주행할 때 약 2.0 cm의 압상을 보였다. 측정 결과는 열차 운행에 따른 진동에 대한 영향에 의하여 화면에 영향을 주므로 15 Hz 에서 각각 Cut-off 하여 노이즈에 대한 영향을 최소화 하였다. 측정 실험의 데이터를 가지고 영상처리를 한 결과를 그림 3-(a)에 보였다. 고속카메라를 이용한 검측시스템의 경우 고속 열차의 진동으로 인하여 매우 심하게 흔들린 결과를 보여준다. 이 데이터를 저대역통과 필터를 이용하여 처리한 결과가 그림 3-(b)이다. 대부분의 고주파 성분이 제거되었음을 알 수 있다.



(a) 무선기반 전차선 상태모니터링

시험결과 Cut-off frequency = 15 Hz.



(b) 고속카메라 검측 결과

Lowpass-filter

그림 3. 전차선 압상량 검측 결과 [6]

4. 결론

본 논문에서는 전차선 압상량 검측을 위해 고속카메라를 이용한 시스템과 무선랜을 이용한 시스템을 고안하고 이를 구현하였다. 고속카메라를 이용한 전차선로 압상량 검측 장치는 열차 통과전후의 이미지

를 고속으로 획득하고 이미지 처리하여 수치화 할 수 있었다. 또한 무선기반의 전차선로 상태모니터링 시스템은 가압된 전차선로에 압상량 검측을 위한 변위계를 부착하여 그 값을 무선으로 받아 전차선 압상을 평가 할 수 있었다. 두 가지 모두 전차선의 압상량 검측이 성공적으로 수행되었으며 비교 결과 무선기반의 전차선 검측 장치의 경우 보다 정밀한 값을 획득할 수 있었으나 고속카메라의 경우 측정위치의 선로면에 시스템을 설치하여 검측이 가능하여 장치설치에 제한이 없었다.

참고문헌

1. Track side monitoring system : prototype implementation-Dissemination, www.uic.asso.fr/europac
2. The SNCF HSL Inspection Trainset: A Global Concept for Infrastructure Monitoring, Dery RCM-June 2008.
3. Railway applications-fixed installations-electric traction overhead contact lines, BS EN 50119, 2001
4. EN 50367:2006 Railway applications-Current collections systems-Technical criterial for the interaction between pantograph and overhead line (to achive free access)
5. 나해경, 박영, 조용현, 이기원, 박현준, 오수영, 송준태, 실시간 계측시스템을 이용한 전차선로 특성 측정, 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 20, No.3, p. 281, 2007.
6. 탈팅열차 시험선 전차선로 성능평가 연구 보고서, 한국철도기술연구원, 2008.
7. Young Park, Yong Hyeon Cho, Kiwon Lee, Hosung Jung, Hyungchul Kim, Samyoung Kwon, Hyunjune Park, Development of an FPGA-based Online Condition Monitoring System for Railway Catenary Application, WCRR2008, 2008.
8. 전력시스템 성능향상기술개발 연구보고서, 한국철도기술연구원, 2008.12.