

전차선로 전류비 특성평가 측정 기술 분석

Measurement technology analysis for current ratio characteristic assessment of catenary

오석용† 박영* 조용현* 이기원* 권삼영* 김형철* 송준태**

SeokYong Oh Young Park YongHyeon Cho KiWon Lee SamYoung Kwon HyungChul Kim JoonTae Song

ABSTRACT

In electric railway, 25kV is applied to AC sections of overhead contact lines and pantographs of Korea Train eXpress(KTX) make contact at speeds of 300km/h. Thus, there is a need to utilize wireless, optic, contact-less sensors to implement condition monitoring systems. This paper is based on describing and analyzing the condition monitoring system implementation technologies for efficient catenary current ratio characteristic assessment. The conclusion of this paper should be widely applied to design, diagnosis, completion of construction, current collection status, fault diagnosis, and selection of contact wires and suspension wires.

1. 서론

전기철도에서 전기차에 전력을 공급하기 위한 커티너리(Catenary)타입의 전차선로는 전차선과 전차선을 조가하는 조가선으로 구분될 수 있다. 전차선은 차량의 집전장치(팬터그래프)에 직접 접촉되어 전기를 전달한다. 조가선도 전기의 통로 역할을 가지고 있는데 이것은 전차선을 지지하기 위한 목적과 함께 다른 고유의 역할에 해당된다. 전차선과 조가선은 전기차에 전력을 공급하기 위한 마지막 선로로서 동일 전기 회로를 형성하는데 전차선은 기계적 접촉에 의해 전기를 흐르게 되며 전류와 전압은 전기차의 운행에 직접적으로 영향을 미치고 전차선에 전류를 조가선이 분담하게 된다. 이 전류 분담 비율은 전기철도에서 중요하게 다뤄지는 파라미터 중의 하나이며, 전차선과 조가선의 선종 결정 등 전차선로 설계에서 중요한 변수로 작용한다. 전차선과 조가선의 전류 분담은 전차선과 조가선의 선종에 따라 이론적으로 분담하는 비율이 틀려지게 되며 통상의 경우 6:4 혹은 7:3의 전차선:조가선의 비율로 설계하여 운행하게 된다. 전차선과 조가선의 전류 분담을 원활하게 하기 위하여 전차선과 조가선 사이에 균압선 혹은 전차선을 매달은 행어 혹은 드로퍼에 균압이 가능한 별도의 선을 달아 전차선과 조가선의 전류비가 적절하도록 유도하고 있다.[1] 그리고 열차 운행에 따라 전차선과 조가선에 흐르는 전류량이 변화되므로 이를 측정하여 열차의 전력소모 및 다양한 진단이 가능하게 된다. 전차선과 조가선의 전류 측정은 기존선용 전차선 해빙 시스템을 개발하기 위한 성능시험의 일환으로 해빙회로 임피던스를 측정하는 과정에서 전차선과 조가선의 전류 분포비 측정이 이루어 졌으나 전차선로 지상부 측정 기술은 물리량 특성에 관하여 다양한 방법으로 수행되고 있고 전류와 같은 전기적 검측 특성은 이루어 지지 않고 있다. 전기철도에서 KTX 운행에 가장 기본적이면서도 중요한 전차선로의 전류측정 방법과 그 시스템 개발로

† 학생회원, 성균관대학교, 전자전기컴퓨터공학과
E-mail : kalloween@naver.com
TEL : (031)290-7163 FAX : (031)290-7688
* 정회원, 한국철도기술연구원, 전철전력연구실
** 성균관대학교, 전자전기컴퓨터공학과, 교수

전차선로 설계, 열차속도향상, 에너지 효율 향상 등 전기적 특성 검측이 필요한 다양한 분야에 적용 할 수 있다.[2,3]

본 논문에서는 전자선로 상태모니터링 장치 기반기술을 바탕으로 KTX 호남선 무안-함평 간 상행 구간 25 K_V의 활선상태에서 전차선과 조가선의 전류와 온도를 측정 한 방법과 측정 결과에 대하여 기술하였다.

2. 본론

2.1 전차선로 커티너리(Catenary) 시스템

커티너리 구조의 종류는 심플, 더블 심플, 변형 Y형 심플, 컴파운드, 헤비컴파운드 등 여러 구조가 있지만 한국고속철도의 일반적인 조가방식은 그림 1과 같이 심플 커티너리 방식(Simple catenary system)이다.

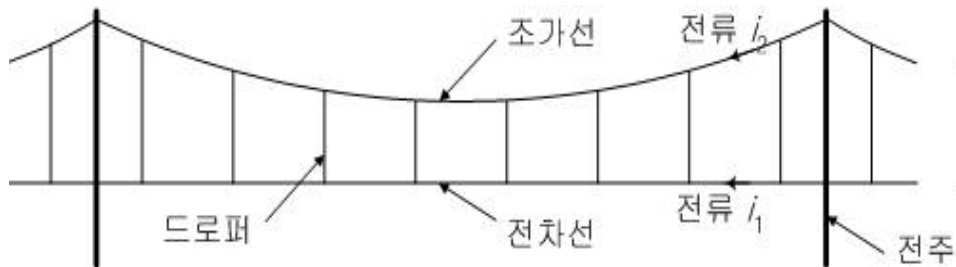


그림 1. 심플 커티너리(Simple Catenary) 일반구간 형상

전차선과 조가선은 일정 거리마다 균압선으로 연결되어 있고 또 약 5m 마다 드로퍼(Dropper)로 연결되어 있으므로 마치 가공송전선로의 복도체와 같은 동일 전위의 도체로 취급할 수 있다.

2.2 전차선로 전기적 특성 측정

2.2.1 상태모니터링 측정 시스템

2.4GHz 무선기반의 전차선로 실시간 상태모니터링 시스템으로 모든 물리량 계측이 가능하도록 설계되어 전차선 압상량, 온도, 진동, 변형률 등 다양한 측정이 가능한 시속 300 km/h 이상 고속선에서 실증한 바 있어 시스템의 안정성 또한 평가한 시스템이다. 그림 2는 상태모니터링 시스템의 구성도이다. 상태 모니터링 장치는 전차선로의 물리량을 획득하여 이를 지상부에 실시간으로 보내는 장치로 센서부와 입력신호를 받아 처리하는 계측부, 데이터를 무선으로 송신하는 데이터 송수신부, 지상에서 데이터를 받고 처리하여 모니터링하는 지상신호처리부 및 전원부로 구성된다.[4,5]

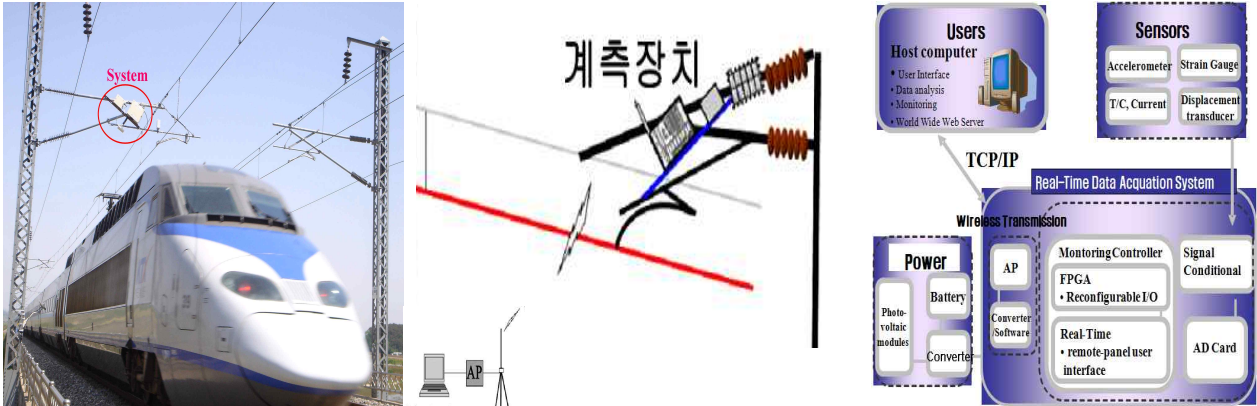


그림 2. 상태모니터링 시스템 구성도

그림 3는 전류측정을 위한 검측 시스템, 센서, 모니터링 시스템의 위치와 개요이다.

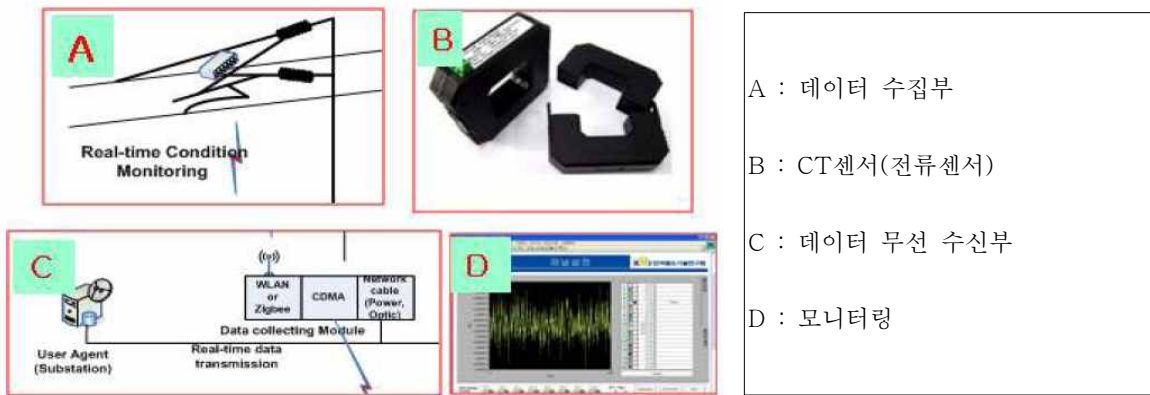


그림 3. 전류검측 시스템의 개요

2.2.2 전류 검측을 위한 시스템 Test

전류 검측 시스템과 센서의 Test를 위해 그림 4와 같이 시제품을 구성하고 임의의 전류를 250 A 까지 전차선 샘플에 CT(전류)센서 2개를 설치하여 무선으로 입력받은 전류값을 크램프 메터를 이용하여 비교하여 실제 전류값이 측정됨을 확인하였다.



그림 4. 전류 검출 시스템 test

2.3 전기적 특성 측정

전차선과 조가선에 전류센서와 온도센서, 측정환경 온도를 위한 센서를 각각 설치하고 Data Sampling은 2000으로 하여 호남선 함평-무안 간 상행에서 KTX, 무궁화 전동차량을 측정하였다. 그림 5와 그림 6는 그래프는 측정된 데이터 결과이다.

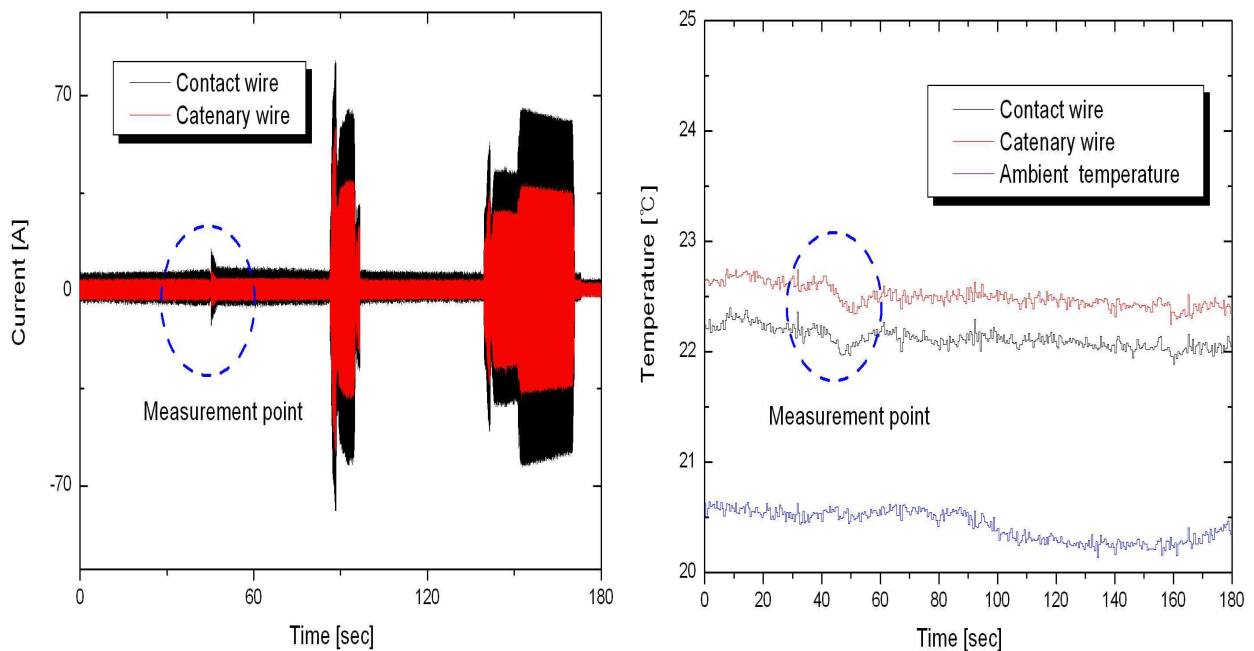


그림 5. 호남선 함평-무안간 KTX 운행 중 전차선, 조가선 전류 및 외부온도 측정결과 (08:40)

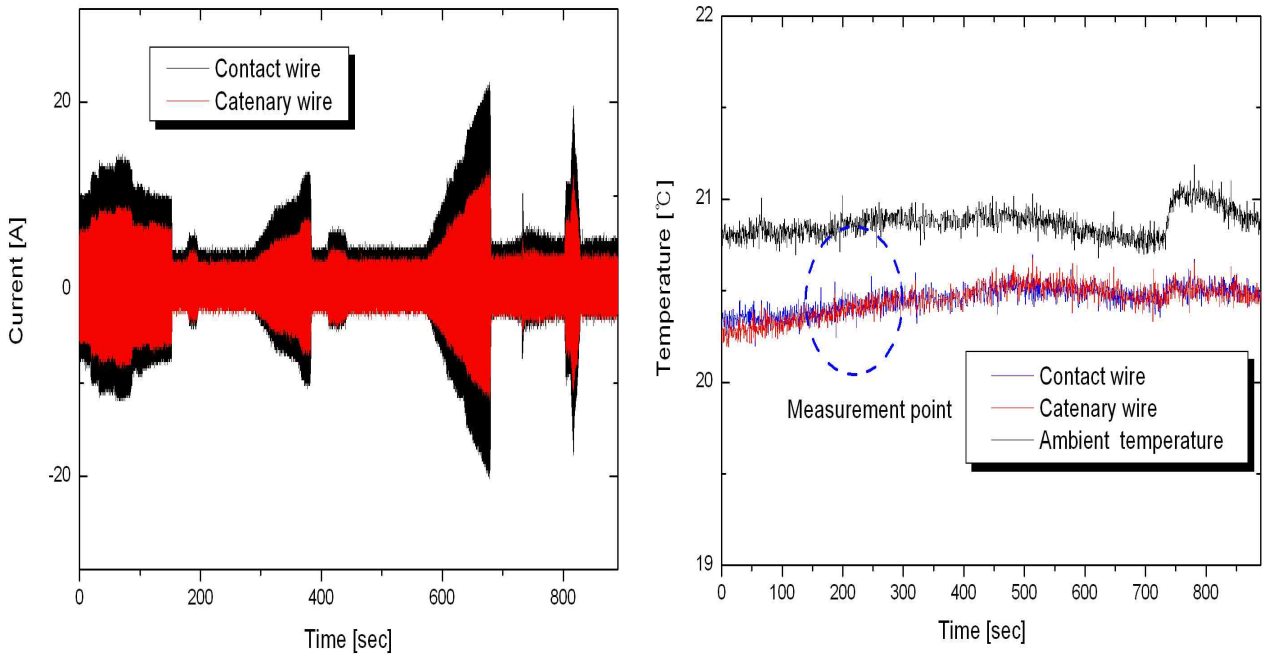


그림 6. 호남선 함평-무안간 무궁화 전동차 운행 중 전차선, 조가선 전류 및 외부온도 측정결과 (08:40)

측정에 의한 전차선과 조가선의 데이터는 푸리에 적분변환으로 전류량을 계산하여 전류비를 구하였으며 최대 전류값도 나타내었다. 또한 전차선과 조가선 온도 및 주위환경의 온도값도 측정하였다.

표 1. 열차종류와 시간에 따른 전류측정

열차	시간	전류비(전차선:조가선)	전차선 최대전류값(A)	조가선 최대전류값(A)
KTX	08:40	65.22 : 34.78	82.65651	59.18475
KTX	16:45	65.36 : 34.64	86.83891	56.93238
KTX	19:00	65.58 : 34.42	109.03783	56.93238
무궁화	08:40	62.86 : 37.14	22.17250	12.85025

표 1에서와 같이 열차 통과 시 검측된 전차선과 조가선의 전류비는 65 : 35의 비율로 고속철도 커티너리에서 대략 6 : 4라는 분포비에 해당되고 있음을 확인할 수 있고 열차의 종류나 속도, 시간에 따라서 차이가 없으며 온도의 영향 또한 거의 없었다.

3. 결론

본 논문에서는 고속열차 운행에 따른 전차선로의 전기적 특성 검측을 위해 실시간 모니터링 시스템 기술을 기반으로 평행구간에서의 전차선과 조가선 전류를 각각 측정하였으며 이에 따른 온도변화도 실시간으로 검측하였다. 측정위치는 KTX 호남선 최고 속도 구간인 교량구간으로 함평-무안간 전류측정 결과 측정지점에서 약간의 전류량 증가가 보이며 전차선의 경우 최대 109 A 까지 급속도로 증가하는 것을 알 수 있다. 전류 측정값은 다양하게 분석되며 전차선과 조가선의 전류분담, 고속열차의 운전패턴, 전류 소모량 뿐 만 아니라 고조파, 전류의 주파수 특성, 경인전동기의 특성, 전력설비 시뮬레이션 자료 등 다양하게 사용이 가능하다. 따라서 전차선과 조가선의 전류측정 시스템과 그 방법의 개발은 KTX 운행에 가장 기본적이면서도 중요한 전차선로의 전류측정 방법과 그 시스템 개발로 전차선로 설계, 열차 속도향상, 에너지 효율 향상 등 전기적 특성 검측이 필요한 다양한 분야에 적용 할 수 있으리라 사료되며 성공적인 데이터 획득을 할 수 있었다.

참고문헌

1. 권삼영, 박영, 정호성, 박현준 “충북선에서 전차선대 조가선의 전류 분포비에 대한 측정 결과” 한국철도학회, 2005.
2. 박영, 권삼영, 정호성, 박현준, 조용현, 김주락, 안병립, 원우식, 이주 “해빙시스템을 이용한 전차선 온도 특성에 관한 연구” 한국전기전자재료학회학술대회, 2005.
3. 나해경, 박영, 조용현, 이기원, 박현준, 오수영, 송준태, 실시간 계측시스템을 이용한 전차선로 특성 측정, 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 20, No.3, p. 281, 2007.
4. 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.
5. 전력시스템 성능향상기술개발 연구보고서, 한국철도기술연구원, 2008.12.