

전차선 압상량 검출을 위한 최적 시스템 구현

Implementation of Optimization of the Uplift Amount Measurement System of Overhead Contact Line

박 영* · 이 기 원* · 박 철 민* · 권 삼 영*

(Young Park · Kiwon Lee · Chulmin Park · Sam-Young Kwon)

Abstract - Uplift of contact wire and dynamic characteristics between pantograph and contact wire are key interaction performance of OCS (Overhead Catenary System). These two evaluation items are the approval criteria for the performance between OCS and pantograph. A telemetry system or DAQ (Data Acquisition) System based on wireless communication make it monitor a dynamic behavior which is measured directly in a 25 kv like parts. While permissible working time is too short time to install is too long. In this paper, it is described that optimization the telemetry measurement system for OCS and increasing accuracy, easy adaptation, and faster handling can be also achieved through the study.

Key Words : Overhead catenary system, Uplift, Dynamic characteristics

1. 서 론

전기철도에서 팬터그래프는 전차선과 균일한 접촉상태를 유지하여 일정이상의 힘으로 접촉되고 있다. 팬터그래프와 전차선간의 접촉에 따른 접촉력의 증가는 곡선당김금구가 위치한 전차선의 압상량을 증가시키며 과도한 진동으로 인해 피로가 누적되어 이에 따른 파단사고가 발생 할 수 있다 [1]. 팬터그래프와 전차선간의 상호작용 측정기술은 접촉 중 발생 가능한 2가지 항목인 팬터그래프와 전차선 사이 접촉력과 전차선 지지점의 압상량을 측정하는 것이 일반적이다. 특히 팬터그래프와 전차선간의 상호작용 측정은 열차와 선로의 속도향상, 신규선로의 건설 및 신규차량 개발에 따라 열차의 안전운행과 가선설비의 성능확인을 위해 팬터그래프의 접촉력과 전차선 지지점의 압상량을 검측하고 있다[2]. 검측 시험 방법은 IEC 62486에 따라 각 시험조건이 명시되어 있고 허용 값이 정확하게 표현되어 열차투입 이전에 반드시 본선 시운전 시험을 통한 가선설비 성능을 확인하고 있다[3,4]. 접전성능 검측을 위한 시스템은 전차선과 팬터그래프가 25 kV의 활선상태에서 계측되므로 측정부와의 절연을 위해 무선기반 시스템이 활용되고 있다[5,6]. 또한 무선기반의 검측 시스템은 접촉력과 압상량 이외에 다양한 센서를 이용하여 온도, 변위량, 진동 등을 필요에 따라 측정하고 있으며 이를 위해 FPGA (Field Programmable Gate Array)를 활용하여 유연한 시스템이 구성되고 있다[7]. 그러나 전

차선 압상량 검측 장치의 경우 접촉력 검측 장치와 달리 1개의 변위 센서만을 이용하며, 고전압 상태에서 높은 전차선로에 직접 검측시스템을 부착하여 측정하므로 보다 최적화된 시스템이 필요하다. 또한 고전압 상태의 전차선로에 부착된 검측장치는 별도의 배터리를 이용하여 동작하므로 소비전력이 작고 검측시간을 최소화한 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 전차선 압상량 검측을 위해 최소 소비전력과 크기를 최적화한 검측 시스템을 구현하였다. 구현된 검측 시스템은 기존 시스템에 비해 무게와 체적이 작아 전차선로의 설치가 간편하며 장기간 사용이 가능하도록 개발하였다. 또한 최소한의 소비전력을 이용하여 검측이 가능하도록 개발되어 기존 시스템에 비해 유지보수가 최대한 간편하도록 하는 실용적 시스템을 구현하였다. 본 논문의 결과는 고전압, 대전류의 환경에서도 노이즈 없이 압상량을 검출하도록 구현되어 전차선로의 동적상태와 정적 상태의 학술적 연구를 위한 시스템으로 활용 될 것으로 기대된다.

2. 본 론

2.1 전차선 압상량 검측을 위한 시스템 구현 기술

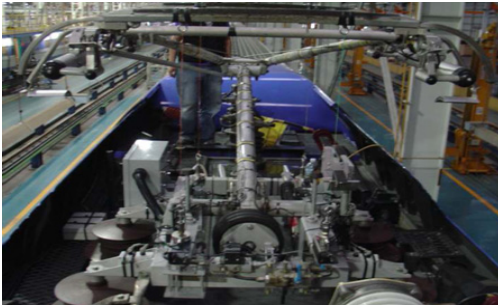
팬터그래프와 전차선간의 상호작용 인증을 위한 검측기술은 차상과 지상검측으로 구분되어 진다. 차상 검측의 경우 팬터그래프와 전차선간 접촉력 측정과 이선아크 검측기술이 있으며 지상의 경우 전차선 압상량 검측 기술 등이 있다. 압상량은 전기철도차량의 접전장치인 팬터그래프가 전기에너지를 공급하는 전차선로와의 접촉에 의해 발생하는 전차선 지지점의 수직 변위량이다[3,4]. 팬터그래프와 전차선 간 상호작용 인증 시험 중 이선아크는 광센서를 이용 아크를 감지하여 비 접촉식으로 측정하나 팬터그래프 접촉력 검측 시스템과 전차선 압상량 검측 시스템은 센서 구성만 다를

* High-speed Railroad Infrastructure Systems Research Team, Korea Railroad Research Institute, Korea

† Corresponding Author : High-speed Railroad Infrastructure Systems Research Team, Korea Railroad Research Institute, Korea

E-mail : ypark@krii.re.kr

Received : March 22, 2013; Accepted : May 1, 2013



(a) 접촉력 검측 시스템



(b) 압상량 검측 시스템



(a) 가압부 전차선로 검측 시스템



(b) 지상부 모니터링 장치

그림 1 무선기반의 전차선로 상태모니터링 장치

Fig. 1 Condition monitoring system for OCS based on wireless

뿐 설치와 운영이 유사하다. 그림 1에 전차선 압상량 검측 시스템과 팬더그래프 접촉력 검측 시스템 사진 구성을 각각 나타내었다. 전차선 압상량 검측을 위한 시스템은 팬더그래프와 전차선간 접촉력 검측 시스템으로 활용이 가능하고 특히 고전압, 대전류의 전차선로에 설치하는 방법이 팬더그래프의 가압부에 설치하는 방법과 동일하다. 별도의 배터리를 가압부에 설치하여 접촉력과 압상량 검측장치의 전원으로 활용되고 모니터링 부에 무선으로 측정결과를 보내주게 된다.

전차선 압상량 검측장치는 그림 1에서 보는 바와 같이 전차선로의 가압부인 가동브래킷에 앵글을 고정하고 센서, 검측장치, 배터리 및 무선안테나를 설치하게 된다. 시스템 설치에는 야간 단전이후에 설치가 가능하므로 전차선로 유지보수차량을 이용하여 설치하게 된다. 그러나 기존 시스템의 경우 그림 1에서 보는 바와 같이 설치에 필요한 부품이 많고 국내 고속선의 경우 야간 단전이 3시간 이하로 매우 짧기 때문에 설치에 한계가 있어 활용에 제한이 있었다.

그림 2에 본 논문에서 구현한 전차선 압상량 검측시스템 사진을 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 1개의 검측장치에 배터리와 안테나를 일체식으로 구현하였고 특히 장착을 위한 별도의 앵글이 필요 없기 때문에 가동브래킷의 형식과 터널부와 같이 설치공간이 작은 곳에서도 설치가 가능하도록 구현하였다.

2.2 전차선 압상량 검측을 위한 프로그램 구현 기술

그림 3에 팬더그래프 운행에 따른 전차선 압상량 검측 프

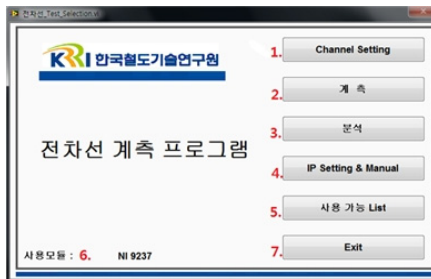
그림 2 전차선 압상량 검측 시스템

Fig. 2 Uplift measurement system for overhead contact wire

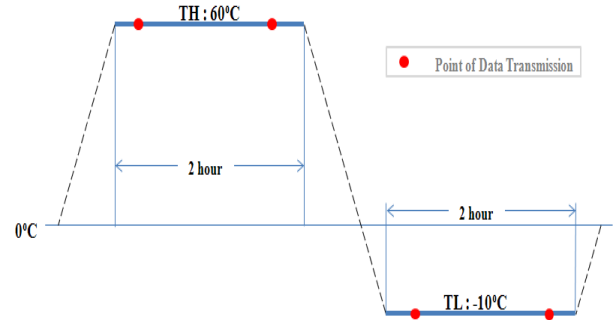
로그램을 나타내었다. 검측 프로그램은 가압부인 전차선로 검측시스템의 시스템 소프트웨어와 지상부 모니터링부의 모니터링 프로그램으로 구분된다. 가압부 전차선로 검측 프로그램은 FPGA (Field programmable gate arrays) 기반의 시스템 소프트웨어로 센서의 검출값을 동기화 하여 신호처리를 가능하도록 구성된 프로그램이다. 신호처리가 완료된 결과는 무선랜을 이용하여 디지털 신호로 지상부로 전송되며 수신된 값을 모니터링 하도록 프로그램을 구성하였다. 그림 3(a)는 전차선 검측을 위한 메인화면이며 그림 3(b)는 압상량 검측을 위한 계측화면이다. 본 논문에서 제안한 전차선 압상량 검측장치는 최대 16개의 센서 입력 측정이 가능하므로 그림 3(a)에 나타난 바와 같이 센서 입력결과와 가압부 검측장치와 수신부간 통신설정을 할 수 있다. 또한 그림 3(c)와 같이 검측된 결과를 재분석 할 수 있도록 구성하였다. 지상부의 모니터링 프로그램은 검출 센서에 따라 결과 값이 모니터링 되도록 구성하였으며 그림 3(d)와 같이 전차선 압상량은 변위 최대값 전 약 5초 전부터 통과 후 약 10초까지 결과값을 자동으로 그래프로 나타내도록 구성하였다.

2.3 전차선로 압상량 검측을 위한 시스템 사례 연구

전차선로 압상량 검측장치는 고전압, 대전류의 전차선로에 센서와 같이 설치되어 측정된다. 전차선은 이중화가 되어 있지 않기 때문에 안전성 시험인 내전압시험과 센서의 정밀도 시험을 필수적으로 시험하여 안전성 및 고전압 환경



(a) 메인 화면



(a) 고온 및 저온 시험 절차



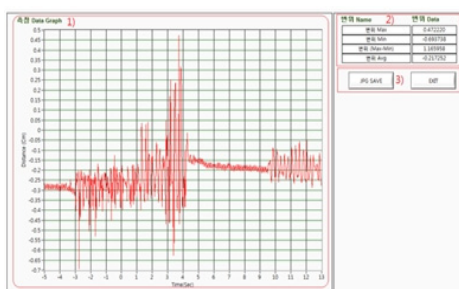
(b) 계측 화면



(b) 항습조 챔버를 이용한 온도시험 진행



(c) 분석 화면



(d) 그래프 결과

그림 3 전차선 압상량 검측 장치의 운영 프로그램

Fig. 3 The system software of measurement system for uplift of contact wire

에서의 노이즈 성분 등이 평가 되어야 한다. 본 논문에서는 전차선로 압상량 검측을 위한 시스템 사례 연구로 본 논문에서 제안한 전차선로 압상량 검측장치의 설치환경 변화에 따른 실험을 수행하였다. 검측 장치 신뢰도는 외부 환경 변화에 관계없이 적합한 성능을 나타내어야 하며 전차선은 육

그림 4 온도에 따른 검측시스템 성능시험 사진

Fig. 4 Picture of the system performance testing for uplift measurement system in the function of temperature

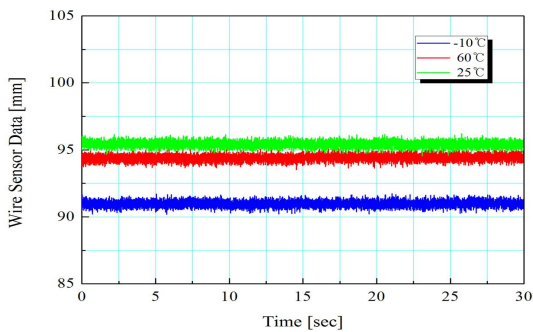
외에 설치되어 계절에 따라 온도변화가 크므로 온도변화에 따른 신뢰성과 수행하였다. 또한 전차선로는 25 kV의 고전압이 흐르므로 전압인가에 따른 압상량 검측 결과의 변화인 노이즈 레벨 시험을 수행하였다[4].

그림 4에 외부 온도에 따른 전차선 압상량 검측장치의 성능시험 결과를 나타내었다. 성능시험은 철도 신호 보완 부품의 고온 및 저온 시험 규격에 따라 고온 (60°C) 및 저온 (-10°C) 구간에서 각각 2시간씩 모니터링 시험을 수행하였다. 모니터링 시험 시 센서는 변위계와 온도센서를 각각 가압부 압상량 검측 장치에 설치하고 온도변화가 가능한 항온항습조에 장치를 위치하여 무선으로 지상부 모니터링 장치와 연계하여 측정하였다. 시험 결과 저온, 상온 및 고온 모두 연속적으로 데이터가 수신되며 이 때 수신 데이터의 Sampling은 1 kHz로 수행하였다.

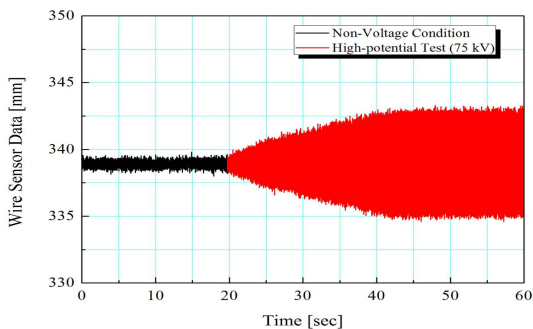
그림 5에 전차선 압상량 검측장치의 상용주파내전압 시험 사진을 나타내었다. 그림에서와 같이 전차선 압상량 검출을 위한 시험 장치를 지그 위에 위치하고 75 kV 전압을 1분 동안 인가하여 고전압에 따른 노이즈 환경 여부를 분석하였다. 시험 결과 전압 인가에 따라 노이즈 성분이 다소 증가하였으나 75 kV 인가로 인한 전원 노이즈 레벨은 8 mm 이내로 나타났다. 전차선 압상량 검측에 따른 국내의 규격의 오차율은 10 mm 이하여야 한다[4]. 시험 결과 전차선 전압의 3배 전류에도 10 mm 이하의 오차율을 나타냈으므로 본 논문에서 개발한 시스템이 적합한 것으로 나타났다.



(a) AC 75 kV 가압시험 진행 (b) 가압부 전차선로 검측 시스템 (c) 지상부 모니터링 장치
그림 5 전차선 압상량 검측장치의 상용주파 내전압 시험 사진
Fig. 5 Picture of power frequency withstand voltage testing for uplift measurement system of contact wire



(a) 온도에 따른 성능시험 결과



(b) 상용주파 내전압 시험 결과

그림 6 전차선 압상량 검측 시스템 성능 평가 결과
Fig. 6 The results of system performance testing for contact wire uplift

3. 결론

본 논문에서는 전차선로 압상량을 실시간으로 검출하는 시스템 구현기술에 대하여 기술하였다. 특히 최적화된 검측 시스템을 구현하여 기존 시스템에 비해 무게와 체적이 작아 전차선로의 설치가 간편하며 장기간 사용이 가능하도록 개발하였다. 고온 (60°C) 및 저온 (-10°C) 시험은 각 온도구간에서 2시간씩 모니터링 시험을 수행하여 저온, 상온 및 고온 모두 연속적으로 데이터가 1 kHz로 수신되었다. 고전압 및 내압시험은 75 kV 전압을 1분 동안 인가하여 고전압에 따른 노이즈 환경 여부 측정된 결과 노이즈 레벨은 8 mm 이내로 나타났다. 본 논문에서 구현한 전차선 압상량 검측장치는 기존 시스템에 비해 유지보수가 최대한 간편하도록 하였다. 또한 고전압, 대전류의 환경에서도 압상량을 검출하도록 구현되어 전차선로의 정적 상태 검측을 위한 시스템으로 활용 될 것으로 기대된다. 본 시스템은 철도차량 통과 전후의 전차선의 동적 상태인 전차선 압상량, 변위량, 진동 및 온도를 측정하는 장치로 터널구간 측정을 위해 기존 국내보유 장치대비 56.2%로 획기적으로 감소시켰고, EN50317과 IEC62486의 검측시스템의 요구사항에 적합하게 개발되어, 개발지만 측정되었던 시스템을 터널구간에서도 국제규격에 적합 측정이 가능하며 신뢰성이 높아 국내외 즉시 적용이 기대된다.

References

- [1] "Development of interface technology on vehicle/track and pantograph/catenary for high speed train", KRRI research report, 2010.
- [2] H. K. Na, Y. Park, Y. H .Cho, K. Lee, H. J. Park, S. Oh, J. T. Song "Characteristic Measurement by a Real-time Data Acquisition System in Overhead Contact Wire", Journal of KIEEME, Vol. 20, No. 3, pp. 281-285, 2007.
- [3] IEC 62486:2010, "International Standard, Railway applications-Current collection systems- Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line", 2010.
- [4] EN 50317:2001, "The European Standard, Railway applications-Current collection systems- Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line", 2001.
- [5] S. Oh, Y. Park, Y. H .Cho, K. Lee, S. Y. Kwon, H. Kim, "Measurement technology analysis for current ratio characteristic assessment of catenary", 2010 Spring Conference of The Korean Society for Railway, 2010.
- [6] Y. Park, Y. H .Cho, H. Kim, S. Y. Kwon, I. C. Kim, W. S. Choi, "The Technology of Measurement System for Contact Wire Uplift", 2009 Spring Conference of The Korean Society for Railway, pp.

900-904, 2009.

- [7] Y. Park, Y. H. Cho, K. Lee, H. S. Jung, H. Kim, S. Y. Kwon, H. J. Park, "Development of an FPGA-based Online Condition Monitoring System for Railway Catenary Application", WCRR 2008, I.2.1.1, 2008.

저 자 소 개



박 영 (朴 暎)

2000년 성균관대 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학석사), 2004년 동대학원 동학과 졸업(공학박사), 2004년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원



이 기 원 (李 基 源)

1997년 RIT(미) 기계공학 졸업(공학석사), 2009년 성균관대 기계공학 졸업(공학박사), 현재 한국철도기술연구원 선임연구원



박 철 민 (朴 哲 民)

2004년 성균관대 전기전자컴퓨터공학부 졸업(공학석사), 현재 한국철도기술연구원 선임연구원



권 삼 영 (權 三 榮)

1984년 한양대 전기공학과 졸업(공학석사), 2007년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 한국철도기술연구원 책임연구원