

고속선 궤도회로 검측설비 개량을 위한 방안 연구

A Study on the improvement of Track Circuit measurement equipment for High speed Line

곽우현* 김용규** 이종우***
KWAK Woo-Hyun, KIM Yong-Kyu, LEE Jong-Woo

ABSTRACT

ATC facility manipulates ground-on-board information, which transmits speed limit, varying as wayside environments – safety facility, track gradient, inclination, bridge and tunnel and other factors, installed for safe operation of trains on wayside. Efficientiation and automatification of operation and maintenance is being realized, by measuring if there are any erroneous information, using a measuring car. In this paper, we study in priority the methods for measuring accurately distinctive properties of internal malfunctions of track circuits, the performance decrease of condensers, and the unbalance of return cables, which are actually required for functionality improvement of high-speed line signal measure facilities, by measuring the unbalance of return current given because of damaged factors of external track circuits.

1. 서론

우리나라 고속선의 열차제어시스템은 열차의 운행을 중앙에서 감시하는 중앙집중감시장치(CTC), 열차의 운행 진로를 결정하는 연동장치(IXL) 그리고 열차의 운행 속도, 열차 검지 및 선행열차와 후행 열차의 추돌을 방지하기 위한 자동열차제어장치(ATC)로 분류되어 고속열차의 안전 운행을 실현한다. 이러한 장치는 각각 분리되어 취급되지만, 열차 운행시에는 하나의 통합된 형태로 열차의 운행을 담당하게 된다. 자동열차제어장치는 열차의 안전 운행을 위해 선로변에 설치된 안전설비의 정보와 선로의 구배, 기울기, 교량 및 터널과 같은 선로변 환경에 따른 속도 제한을 지상에서 차상으로 전송하기 위한 열차 운행 관련 지상-차상 정보 전송을 취급한다. 이러한 정보 전송 방법은 연속적으로 열차의 운행 속도에 연관된 정보를 전송하는 궤도회로와 터널, 사구간 등의 특수한 환경 정보를 불연속으로 전송하는 불연속 정보 전송용 루프로 구성된다. 궤도회로는 고속선 전체 선로를 따라 선로변에 설치됨으로서 운영 및 유지보수 그리고 기능 장애에 근본적으로 노출되어 있다. 철도 선진국의 경우, 이러한 궤도회로의 유지보수는 검측차를 사용하여 궤도 회로의 이상 유무를 검측함으로써 운영 및 유지보수의 효율화 및 자동화를 구현하고 있다. 우리나라의 경우에는 국외로부터 도입된 자주식 검측차(Roger-1000K)에 의해 연속 및 불연속 정보 메시지의 전류 레벨을 측정하여

* 정회원, 한국철도공사 전기기술단

E-mail : kwau37@hanmail.net

TEL : (042)609-3479 FAX : (042)609-3747

* 정회원, 한국철도기술연구원 전기신호연구본부

* 정회원, 서울산업대학교 철도전문대학원

정상인 경우와 비정상인 경우의 측정값을 상호 비교함으로써 궤도회로의 동작 특성의 이상 유무를 확인하는 방식으로 설계되었다. 이러한 형태의 정보 검측은 단지 선로에 설치된 궤도회로의 동작 유무와 지상에서 차상으로 전송되는 정보 수신 특성만을 검지함으로써 실제적인 궤도회로의 성능 저하 및 기능 감쇄 현상을 시험할 수 없을 뿐만 아니라, 장애의 발생 위험에 항상 노출되어 있는 궤도회로에 영향을 줄 수 있는 귀선전류 등에 대한 예방 측면의 검측이 제시되지 않음에 따라 장애 발생시 고속선의 열차 운영을 정지 또는 지연시키는 주요 원인으로 작용하였다.

본 논문에서는 이러한 기존의 검측 방식에 궤도회로의 내적인 기능 저하 특성과 외적인 궤도회로 손상 요인으로 주어지는 귀선전류 불평형을 검측함으로써 실제적으로 고속선 신호검측설비의 기능 향상을 위해 필요로 하는 콘텐츠의 성능 저감과 귀선전류 불평형에 대한 정확한 검측 방안에 대해 중점적으로 연구하였다. 또한 검측차의 검측 결과를 통해 정상적인 경우와 비정상적인 경우의 콘텐츠 관련 검측 데이터상의 분류 체계를 구성함으로써 향후 장애의 정확한 원인 규명에 활용할 수 있는 기본 방안을 제시할 예정이다. 이를 위해서는 충분한 검측데이터와 비교 분석을 위한 자료를 필요로 하며, 관련 연구는 환경 영향, 운행 조건, 지형 조건에 대한 연속정보 레벨의 변화 상태를 지속적으로 분석할 필요성을 갖는다.

2. 신호검측설비 개량 방안

고속선 ATC 신호검측설비의 기능 개선을 실현하기 위해서는 우선적으로 고속선에서의 열차 운행 정보 전송을 담당하는 궤도회로에 대한 상세한 원리 및 동작 특성을 조사 분석, 검토한 후, 현재 사용중인 검측설비에 의한 기존의 측정 방법, 측정 항목 및 관련 문제점 등에 조사하였다. 조사 결과, 현재의 검측차는 궤도회로 연속 정보 메시지 및 정보 레벨, 불연속 정보 메시지 및 정보 레벨, 그리고 고속선 열차의 기존선 운행에 사용되는 ATS 주파수 및 응답 시간만을 측정하는 것으로 확인되었다. 이러한 요소에 대한 측정 방법은 현재 고속 열차에서 사용하는 TVM430 차상 장치의 정보 수신용 안테나에서 수신된 정보를 정보 레벨 분석용 기기에 병렬로 연결하여 관련 정보에 대한 존재 유무 및 동작 확인만을 실행하는 것으로 조사되었다. 이는 TVM430 차상장치가 설치된 차량의 경우에 모두 측정이 가능한 기본적인 항목으로 차상장치로 메시지가 수신된 경우에는 열차 운행이 허용되고, 차상장치에서 수신된 메시지 수신 레벨의 크기에 따라 정보전송과 연관된 응답 특성이 결정됨에 따라 시운전 이전의 기본적인 정보 전송 시스템 동작 특성 확인 시험의 역할만을 현재도 실행하고 있음을 알 수 있었다(그림 1).



그림 1. 기존의 신호검측설비 구성도

따라서 본 논문에서는 이러한 기본적인 측정 요소를 유지하면서 실제적인 궤도회로의 성능 감쇄 현상을 확인할 수 있는 보상 컨테너 특성 측정 장치와 궤도회로의 물리적 손상을 유발하는 귀선 전류 불평형에 대한 측정을 추가로 검토함으로써 실제적인 고속선 신호검측설비의 기능을 보완하는 방법으로 신호검측설비의 기능을 개선하려 한다(그림 2). 이러한 방법은 궤도회로에 대한 모든 필요 검측 데이터를 확보하여 궤도회로의 동작 실현시 발생 가능한 장애 현상을 사전에 탐지하고, 실제적으로 궤도회로의 손상을 유발할 수 있는 요인을 사전에 검출하여 장애 발생 후의 교정 유지보수 측면이 아닌 장애 발생 이전의 예방 유지보수 측면으로 유지보수의 수행 형태를 변경함으로써 궤도회로 고장에 의한 실제적인 열차 운행 장애 지연을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

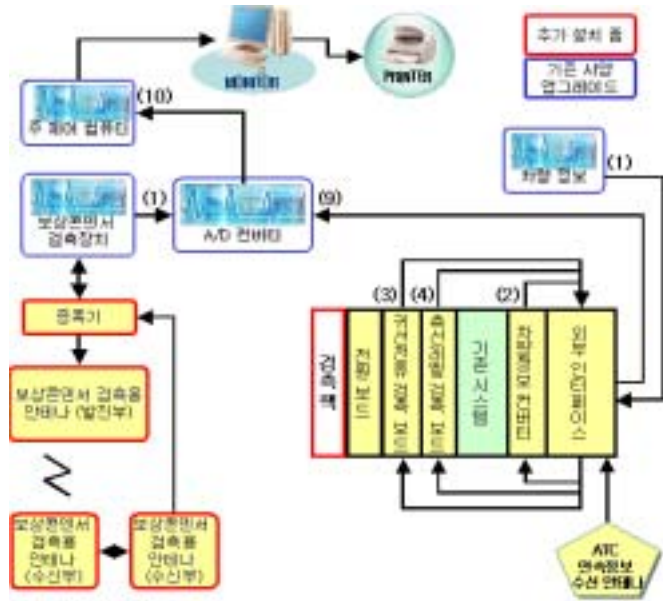


그림 2. 개량된 신호검측설비 구성도

그림 2에서 보상 컨테너와 귀선전류 불평형을 측정함에 있어서, 첫 번째로 보상 컨테너의 성능 측정은 주로 열차가 주행 중인 궤도회로에 있어서 궤도회로의 지상-차상 정보 전송 레벨을 담당하는 보상 컨테너의 기능에 대한 검측과 컨테너의 파손 및 운행 열차의 진동에 의한 접촉 이상 유무에 따른 수신 레벨의 크기 측정을 기본으로 한다. 이를 위해서는 그림 1과 같이 2 개의 루프 안테나를 송신부와 수신부에 설치하며, 송신부와 수신부 루프 관련 증폭장치와 정보처리장치를 장착함으로써 관련 정보에 대한 검측을 실현한다. 두 번째로 귀선 전류의 측정은 전차선 귀선전류 레벨의 검측과 레일 양단간을 흐르는 귀선 전류의 불평형을 확인하는 것으로, 그림 2와 같이 차량의 좌우에 한 쌍으로 장착된 기존의 궤도회로 연속 정보수신 안테나를 통하여 유입된 정보를 활용하여 아날로그 및 디지털 신호처리를 통하여 관련 정보에 대한 분석을 실현한다.

3. 개량된 신호검측설비를 이용한 궤도회로 측정 결과

그림 2와 같이 제시된 측정 회로에 의해 실제로 경부 고속선에서의 측정을 서울기점 119.02km 지점에서 실행하였다. 이는 정상적인 경우의 궤도회로에 대한 측정(그림 3), 임의로 컨테너를 제거한 경우의 측정(그림 4), 보상 컨테너에 부하를 인가한 경우(그림 5)로 분류하여 실행하였다. 귀선 전류의 불평형 측정은 고속선(그림 6)과 기존선(그림 7)로 분류하여 취급하였다. 이는 귀선전류의 불평형에 관련된 궤도회로의 안전성을 확인하기 위하여 고속선의 측정값을 기존선의 값과 비교하기 위한 방안으로 제시되었다.



그림 3. 정상적인 경우의 보상 컨덴서 측정 값



그림 4. 보상 컨덴서가 없는 경우의 측정 값



그림 5. 보상 컨덴서에 저항 0.5Ω을 연결한 경우의 측정 값

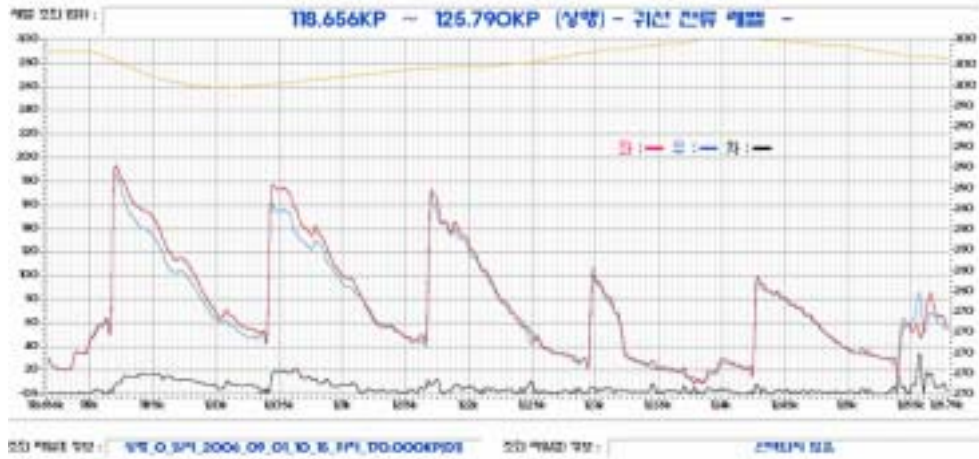


그림 6. 고속선 구간 귀선 전류 측정

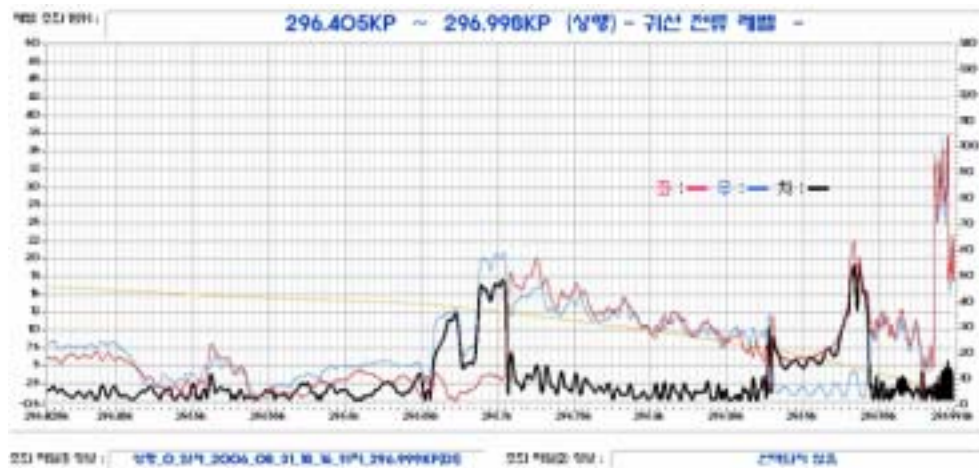


그림 7. 기존선 구간 귀선 전류 측정

정상적인 콘덴서의 측정값(그림 3)은 지상에서 전송된 정보를 차상에서 활용할 수 있는 레벨 크기로 검출됨과 동시에 전송 정보가 감쇄되는 지점에서 보상 콘덴서에 의해 항상 일정한 레벨 크기를 유지함을 확인할 수 있다. 그러나 임의로 콘덴서를 제거한 경우의 측정값(그림 4)에서는 콘덴서가 제거된 부근에서의 측정 레벨이 매우 작음에 따라 차량에서 사용할 수 없는 값으로 나타나며, 만약 두 개 이상의 콘덴서에 이상이 발생하거나 단락된 경우에는 실제로 차량으로의 정보 전송이 순간적으로 차단됨과 동시에 지상 정보전송체계의 궤도회로 장애로 기록되면서 열차의 운행을 중단하는 결과를 초래할 수 있다. 만약 콘덴서의 특성이 점점 나빠지는 현상(Degrade)이 발생하거나 콘덴서의 기능사의 문제점이 발생하는 경우는 그림 5와 같은 현상으로 주어지게 된다. 이러한 경우에는 측정 레벨이 기준치 이하로 감쇄될 경우, 콘덴서가 없는 경우와 유사한 현상을 유발하기 때문에 유지보수를 통하여 관련 콘덴서를 교체해야 함을 의미한다. 그 결과, 콘덴서에 의한 궤도회로 장애를 사전에 판별 조치할 수 있게 된다.

귀선전류의 측정값은 고속선과 기존선에 있어서 각각 좌측 선로와 우측 선로로 분류하여 구성되며, 이의 차이값을 함께 제시함으로써 쉽게 귀선전류 불평형 상태를 확인할 수 있다. 고속선의 경우(그림 6), 귀선 전류의 차이는 매우 작으며, 이는 양호한 궤도회로의 성능 보장을 유지할 수 있음을 의미한다. 기존선의 경우에는(그림 7), 보편적으로 귀선전류의 크기가 매우 상이하게 주어짐을 알 수 있으며, 특히 일부 구간의 경우에는 궤도회로 설비의 구성을 안전측면에서 검토할 필요성을 유발할 정도로 큰 불평형이 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 귀선 전류 불평형은 궤도회로의 보호뿐만 아니라, 선로변 유지 보수 요원은 물론 필요시 선로변 설비의 보호를 위한 방안 구성에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론 및 기대효과

본 논문에서 취급한 보상 콘덴서 및 귀선 전류 불평형에 대한 검측 결과는 위의 그림 7~12와 같이 주어지며, 이는 실제로 고속선 유지보수에 적용하기에 충분한 데이터의 특성을 갖는다. 따라서 개선된 고속선 신호검측설비를 활용함으로써 고속선 선로변에서 가장 많은 유지보수 업무를 유발하는 궤도회로에 대한 유지보수를 감소함으로써 유지보수 경비 및 인원 절감은 물론 고속선 선로변 장애의 대부분을 차지하는 궤도회로에 대한 예방 유지보수를 실행함에 따라 고속선 열차 운행에 있어서 선로변 설비에 의한 열차 지연 장애를 최소화함으로써 고속 열차에 대한 신뢰도를 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다. 특히 본 논문에서 제시한 보상 콘덴서와 귀선 전류 불평형 측정값에 대한 분석은 향후에도 지속적으로 검토되어야 하며, 이러한 측정, 검토된 데이터에 대한 상세한 분석 결과는 선로의 설치 위치 및 환경에 따라 상이하게 주어질 수 있는 미세한 전기적 특성까지도 상세하게 검토할 수 있도록 체계적으로 정립되어야 할 것이다.

5. 참고 문헌

1. High speed Measuring Car for korea TGV, 1999.03, WBS No : K610-13K-E1140-RL+ D-001
2. 검측차 관련 프랑스 Systra 최종 보고서, 2000.05
3. 고속 종합검측차 도입 검토(안), 한국고속철도건설공단, 1998.12
4. 고속철도 귀선전류 검측시스템 구축용역 착수보고, LS산전, 2006.01
5. UM71C TVM궤도회로 단락전류(Icc) 검측치의 활용지침, SNCF, 2002.10
6. 경부고속철도 신호검측장비 기술교육매뉴얼, LG산전, 2004.01
7. 고속철도 신호제어설비 장애보수 절차서, 철도청 전기본부, 2004
8. 고속철도 신호제어설비 유지보수 절차서, 철도청 전기본부, 2004
9. 고속철도 신호제어설비 기능설명서, 철도청 전기본부, 2004
10. Linear Circuit Analysis, OXFORD, 2005.2.24
11. 먼저 배우는 DSP, 이동욱, 정재호, 서덕영, 2003.02
12. 전자계측, 박찬국, 예윤해, 이적식, 정학영, 2004.02