

고속선에서 귀선전류 검측시스템을 활용한 유지보수 향상방안 연구

이태훈*, 박기범, 임명섭
한국철도공사

A Study on the Strategy to Improve Maintenance Problem Using Measurement System of Traction Return Current in High Speed Line

Lee Tae-hoon*, Park Ki-bum, Lim Myoung-sub
Korea Railroad Corporation

Abstract - 본 논문은 고속선에서 전차선 귀선전류를 측정하여 UM71-C 궤도회로의 유지보수를 향상하고자 한다. KTX 36호에 구축된 차상 검측시스템 중 귀선전류 검측시스템에서 레일 좌/우에 흐르는 전차선 귀선전류 및 레일 간의 귀선전류 차를 검측하여 불평형 상태를 비교 및 분석하였다. 이러한 결과는 궤도회로 설비들에 대한 구성요소의 기능저하를 사전 예측하여 열차의 안전운행을 확보하기 위한 자료로 활용하고, 또한 검측시스템에서 얻어진 데이터들과 비교를 통해 향후 유지보수에 활용 가능한 지점 및 분석기준을 마련하고자 한다.

그림 1은 전차선 전류의 순환도를 나타내며, 그림 2는 임피던스본드(SVPM)의 내부를 나타낸다. SVPM은 고속선에 약 1.2[km]간격으로 설치되어 있으며, 전차선 귀선전류는 SVPM에 접속된 보호선용 접속선(CPW, Connector of Protective Wire)을 거쳐 보호선(PW, Protective Wire)으로 흘러 변전소로 귀환하게 된다.

1. 서 론

열차제어시스템이 발전함에 따라 함께 향상하는 것이 있다면, 차상검측기술이라고 할 수 있다. 국내외의 경우 유지보수의 최적화를 위해 최신기술을 바탕으로 한 검측시스템이 발전하고 있다. 차상검측의 목적은 지상신호시스템의 안정적인 작동여부를 차상에서 정확하게 검측하는데 있다. 동일한 운행조건에서 지상 신호설비의 이상 유무를 정확히 검측할 수 있다면 유지보수를 가장 효율적으로 시행할 수 있는 조건이 된다.

열차의 운행속도는 계속 증가되고 있는 추세이며, 속도향상에 따라 선로의 용량도 증대되고 있다. 그리고 철도망이 증가됨에 따라 유지보수를 시행할 구간도 증가하게 되는데 이렇게 증가된 구간을 인력에 의해서만 유지보수를 시행하는 것은 비효율적이다.

이러한 이유로 유지보수를 효율적으로 시행함에 있어 차상검측이 중요한 부분임을 인식하고 있지만 차상검측의 최종 목표인 자동화 진단을 구현하기 위해서는 고장 유형의 분석기준 및 활용지침 등의 정립이 우선적으로 선행되어야 한다. 이러한 기준 작성시에는 지상 신호설비에 대한 다양한 패턴의 검측데이터와 모델링 작업이 필요하다. 따라서 최대한 많은 양의 검측데이터를 확보하는 것이 관건이다.

2. 본 론

2.1 전차선 귀선전류

열차가 전철화 구간을 운행시 전차선으로 공급된 전류가 차량을 통하여 변전소로 귀환하는 전류를 귀선전류로 정의하며, 전력, 전차선, 접지 및 신호 시스템과 밀접한 관계를 갖는다.

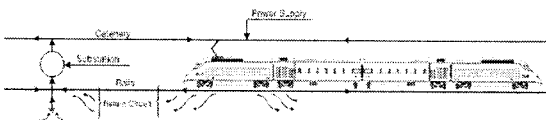


그림 1. 전차선 전류 순환도

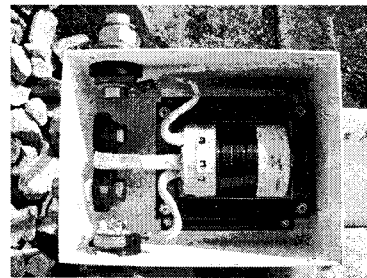


그림 2. SVPM 내부

2.2 귀선전류 불평형률

임피던스본드의 역할을 하는 SVPM은 잠바선의 접속불량이나 탈락으로 귀선전류가 평형이 유지되지 않으면 궤도간의 신호전압을 떨어뜨려 궤도계전기를 무여자시키는 경우가 있다.

따라서, 불평형된 궤도회로에서는 좌우 레일에 흐르는 전류의 크기가 다르므로 레일간에 노이즈를 발생시키게 된다. 불평형률은 다음 식에 의해 계산된다[1].

$$U_B = \frac{|I_1 - I_2|}{I_1 + I_2} \times 100[\%]$$

여기서, U_B 는 불평형률[%], I_1, I_2 는 각 레일의 전류이다.

2.3 검측시스템 구성

귀선전류 검측장치는 전처리 필터 및 증폭기능을 하는 아날로그 신호처리부와 이 신호를 A-D 변환기로 읽어 들인 후 디지털 처리를 하는 디지털 신호처리부 그리고 처리된 결과를 전달하기 위한 인터페이스부로 구성된다.

위치와 속도는 차량의 타 장치로부터 펄스 신호를 수신 처리하고, 이 수신된 정보는 검측 내용과 함께 데이터 저장장치에 저장한다. 그리고 주행 중 측정된 검측 정보의 데이터 검색, 이전 데이터와 비교분석 및 인쇄할 수 있는 기능을 제공한다.

2.3.1 하드웨어 구성

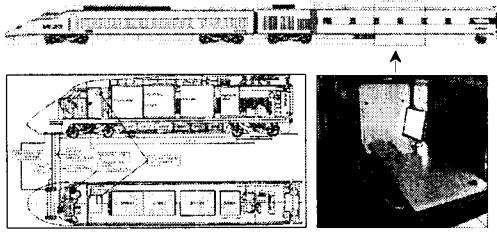


그림 3. 검측시스템 배치도

검측시스템은 그림 3과 4와 같이 검측용안테나, 검측장치, 계측모듈과 모니터링 장치로 구성된다.

레일 좌/우에 흐르는 귀선전류를 수신하기 위해 검측용 안테나(0.45mm, 280turns)를 전두부/후두부의 하부에 설치하였다.

귀선전류 검측장치는 19"표준랙 형식으로 차량의 전두부/후두부에 설치하였다. 그리고, 차량으로부터의 전원선, 검측용 안테나로부터의 안테나 연결선, 제어장치 및 데이터 로깅 장치로의 연결선은 외부의 잡음을 최소화할 수 있는 구조의 보호덕트를 통해 결선하였다.

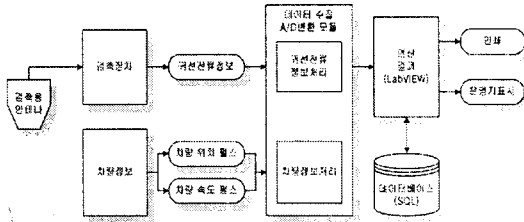


그림 4. 귀선전류 검측시스템 구성도

귀선전류 검측장치의 원리는 다음과 같다. 검측용 안테나가 수신한 신호를 OP-AMP로 증폭한다. 증폭된 신호를 필터링하여 잡음을 제거하고 필터는 100Hz이상의 잡음 등을 제거한다. 필터링된 신호를 정확한 출력(5V Scale)을 내기 위해 외부 트리머와 시뮬포인트를 조정한다. 그리고 A-D 변환기에서 디지털로 변환하고, DSP내의 2개의 디지털 밴드패스필터는 60Hz 신호의 중심 주파수를 갖는 대역통과 필터로 해당 주파수 이외의 신호를 모두 걸러낸다. 필터링된 신호를 아날로그로 변환 후 RMS값을 출력한다.

2.3.2 소프트웨어 구성

측정 소프트웨어는 그래픽 기반의 프로그래밍 언어인 LabVIEW를 이용하여 만들었다. LabVIEW는 그래픽 Icon을 이용하여 프로그램을 작성하는 프로그래밍 언어로 다른 텍스트 기반의 언어들과 비교하여 가장 큰 차이점은 인터페이스뿐만 아니라 원시코드 또한 그래픽 환경으로 이루어져 있으며 컴퓨터를 이용하여 자동제어와 계측 시스템을 구축하기에 최적화된 언어이다[2].

그림 5는 귀선전류 불평형 정보처리 알고리즘을 나타낸다. 아날로그 신호인 귀선전류 불평형 정보 신호는 디지털값으로 변환해야 표시를 위한 정보로써 사용이 가능하다.

수신된 아날로그 신호는 샘플링 과정을 거쳐서 원래 신호 값을 디지털 값으로 변환한다. 초당 샘플링 수는 열차의 속도에 의존적이므로 열차가 최고속도 300km/h로 운행할 경우 충분한 정보를 얻기 위한 샘플링이 필요하다.

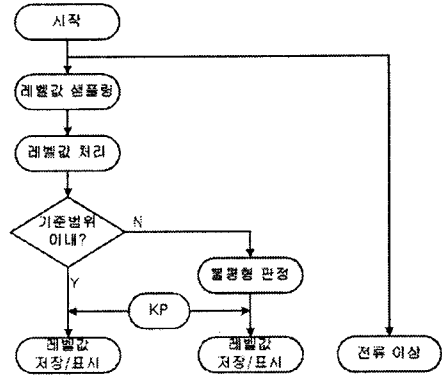


그림 5. 귀선전류 불평형 정보처리 알고리즘

고속선의 레일 좌/우에 흐르는 전차선 귀선 전류의 디지털화된 각각의 레벨 값을 기준으로 좌/우측간의 레벨 값의 차이를 확인하고, 그래프로 표시하며, 기준 오차 범위를 벗어나는 경우는 해당 선로상의 위치(KP) 및 차이 값을 메시지로 표시 처리한다.

처리된 신호의 레벨 크기가 기준 값 범위를 초과할 경우에 좌/우 레일의 귀선전류의 평형에 이상이 있는 것으로 판정한다.

2.4 귀선전류 측정

KTX 36호 차상 검측시스템으로 검측 중 고속선 천안아산~오송간 T1선로에 궤도회로(TC2053) 불량개소로 판단되는 과형 T1 검측되었다.

검측 후 원인파악 및 조치를 시행하였으며, 검측시스템에서 수집된 귀선전류에 대한 불량개소 과형과 조치 후 과형을 비교하였다.

2.4.1 TC2053의 궤도회로

우리나라 고속선은 지형특성상 토공구간, 교량구간 및 터널구간으로 나누어지며, 그림 6은 고속선 천안아산~오송간 TC2053의 궤도회로에 대한 구간별 거리를 나타낸다. TC2053은 2760Hz(F3)를 반송주파수를 사용하고 있으며, 궤도길이는 1,391m이다.

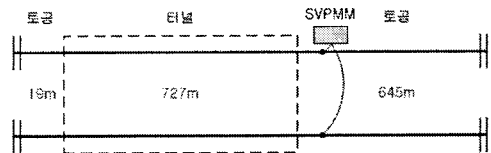


그림 6. 궤도회로 구간별 거리(TC2053궤도회로)

2.4.2 귀선전류와 연속신호레벨

우리나라 및 프랑스(SNCF)의 경우에는 귀선전류에 대한 불평형률의 기준치가 좌/우에 흐르는 귀선전류의 10% 미만의 오차인 경우에 양호로 판단한다.

그림 7과 8에서 귀선전류의 불평형 및 그에 따른 연속신호 레벨의 불안정한 현상이 나타났다. 이는 귀선개소 및 귀선설비(SVPMM) 불량으로 추정되었으며, 현장 확인 결과에 의하면 SVPMM 잠바선의 결선 불량으로 인해 귀선전류의 불평형이 발생하였다.

문제점을 조치한 후 각 설비(BU, DB, C)별 단락전류 측정기(LEM)을 활용하여 단락전류를 측정하였다. 궤도회로에 대한 단락전류를 현장에서 측정된 데이터와 차상 검측시스템에서 수집된 검측데이터와 유사한 과형이 나타났다.

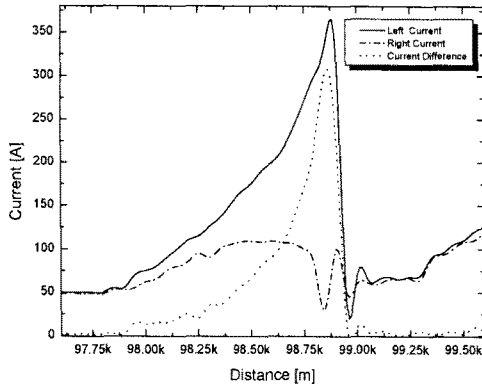


그림 7. 귀선전류(TC2053궤도회로-조치 전)

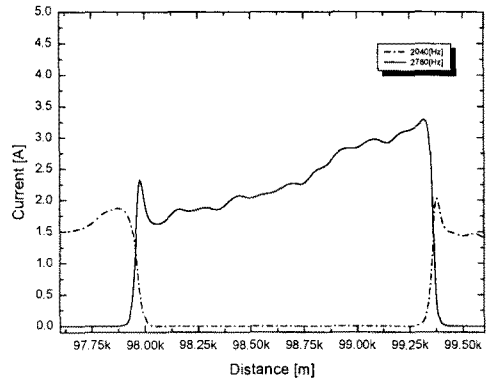


그림 10. 연속신호레벨(TC2053궤도회로-조치 후)

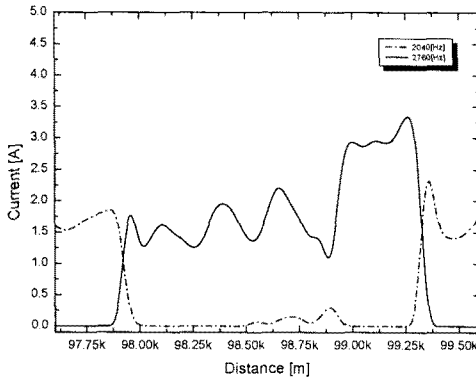


그림 8. 연속신호레벨(TC2053궤도회로-조치 전)

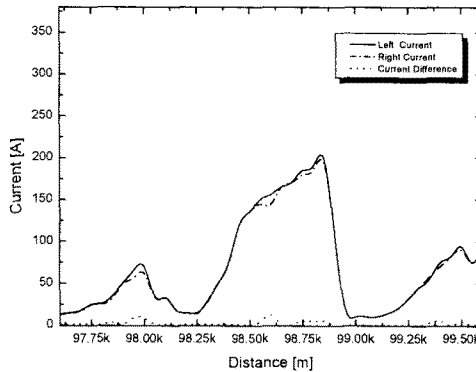


그림 9. 귀선전류(TC2053궤도회로-조치 후)

그림 9와 10은 문제점을 조치한 후, 차상 검측시스템에서 수집된 검측 데이터이며, 그림 7과 8에서 귀선전류 및 연속신호레벨에 비해 안정화된 상태를 나타내고 있다.

3. 결 론

귀선전류 검측시스템 구축으로 레일 좌/우에 흐르는 귀선전류 및 궤도회로의 불평형된 전류를 확인하기 위한 검측시스템에 대해 하드웨어의 제어, 계측, 분석 및 MMI를 위한 소프트웨어 개발 등을 완료하여 현재 검측에 활용하고 있다.

귀선전류의 불평형으로 인해 연속신호 레벨의 불안정한 현상이 발생되었다. 또한 불안정한 현상이 계속 유지되면 궤도 상호간의 신호전압이 떨어져서 궤도계전기가 무여자 되는 장애가 수반될 수 있다.

이 검측시스템을 활용한 검측을 통해 궤도회로 성능을 판단하는 검측기술이 한층 더 향상되리라 판단된다. 또한 귀선전류에 대한 활용지침 및 분석기준을 마련할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김영태, "신호제어시스템", 3판, pp. 54-58, 테크미디어, 2004
- [2] 광두영, "LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution, Ohm사, 2002
- [3] 김용규 외 1인, "2×25kV 급전 방식에서의 공동 접지망 적용에 따른 귀선 전류의 영향", Trans. KIEE. Vol. 51B, No. 9, pp. 509-514, 2002