

## 고속철도 신호 검측모듈 개발에 관한 연구

### A Study on the Development of Signalling Measuring Module at High Speed Railway

이영수\*<sup>†</sup>, 황인광\*, 이병곤\*\*, 이시빈\*\*, 최재식\*\*

Young-Soo Lee\*<sup>†</sup>, In-Kwang Hwang\*, Byeong-Gon Lee\*\*, See-Bin Lee, Jae-Sik Choi\*\*

**Abstract** A maintenance for High speed railway facility has been developed from inspection by personnel to the automated way by the detection devices. In particular, the signalling equipment in order to increase the safety operation and efficiency of the trains is required to maintain normal operation by periodic maintenance. Because the return current gives the most important effects to the wayside equipment in the failures, a method is needed to measure the unbalanced rate of return current on the train driving at high speed. The HDB device has a function to recognize the abnormal axle by detecting the temperature that occurs in the axle. Therefore, it is required the device to validate the track sensor of HDB. In this paper, we propose the scheme for the requirements to develop the devices for the unbalanced return current and the validation of HDB track sensor, measuring resolution, estimation of measuring data and etc.

**Keywords** : High speed railway, Return current, HBD, Measuring resolution

**초 록** 고속철도 시설물에 대한 유지보수는 인력에 의한 검측방식에서 검측장치에 의한 자동화 방식으로 발전하고 있다. 특히 열차의 안전 운행 및 운행 효율을 증대시키는 신호 설비는 주기적인 유지보수에 의한 정상적인 동작 유지가 필요하다. 귀선전류의 경우 선로 변 설비의 장애에 대해 가장 중요한 영향을 주기 때문에, 귀선전류 불평형 율을 고속으로 주행하는 차상에서 측정하기 위한 방법이 필요하다. HBD 장치는 열차의 차축에서 발생하는 온도를 검지하여 비정상적인 차축을 인지하는 기능을 가지고 있다. 그러므로 별도의 장치에 의한 HBD의 핵심인 궤도센서에 대한 검증이 요구된다. 본 연구에서는 귀선전류 불평형 검측 및 HBD 궤도센서 검증장치를 개발하기 위한 요구사항, 검측 정밀도, 검측정보의 산정 등을 제시한다.

**주요어** : 고속철도, 귀선전류, HBD, 검측 정밀도

## 1. 서 론

고속철도 선로변에 설치되어 운영중인 신호 시설물의 검측을 위한 차상 시스템의 적용이 요구되고 있으며, 기존 연구에서는 고속철도 ATC 연속정보 및 불연속정보, 보상콘덴서, 그리고 일반철도 ETCS 발리스에 대한 개발을 진행하고 있다. 최근 고속철도 전용 검측차량의 도입이 고려되고 있으며, 이와 함께 전차선 귀선전류의 불평형 율 검측 및 HBD 장치의 궤도센서에 대한 검증장치의 개발이 진행되고 있다.

† 교신저자: (주)테크빌 연구소(youngsoo.lee@techville.biz)

\* (주)테크빌 연구소

\*\* 한국철도공사 연구원

귀선전류는 열차가 전철화 구간을 운행시 전차선으로 공급된 전류가 차량을 통하여 변전소로 귀환하는 전류를 의미하며, 변전소로의 전차선 귀선전류의 귀환은 임피던스 본드를 통하여 실현된다. 일반적으로 궤도회로의 신호전류는 흐르지 않고 귀선전류만을 흘려 보내기 위해 궤도 주변에 임피던스 본드를 설치하며, 고속철도의 경우 임피던스 본드는 SVP MM를 사용한다.

HBD 장치는 고속철도 선로변에 20~40km의 간격으로 설치되어 있으며, HBD 장치의 핵심인 궤도센서(HOA90S)는 지상에서 별도의 발열체를 이용하여 정상 동작여부를 검증하고 있다. 이에 따라 인력과 시간이 많이 소요되므로, 인력에 의해 수동으로 검증하는 방식을 검증장치를 차량에 설치하여 열차가 고속으로 주행하면서 검측한 온도를 지상에서 측정한 온도와 상호 비교하는 방식이 필요하다.

아울러 새로운 검측장치는 기존에 개발하고 있는 검측장치와 통합하는 방안을 고려하여야 하며, 또한 검측 전용차량의 양방향 운행을 고려하여 통합된 시스템 구성이 요구된다.

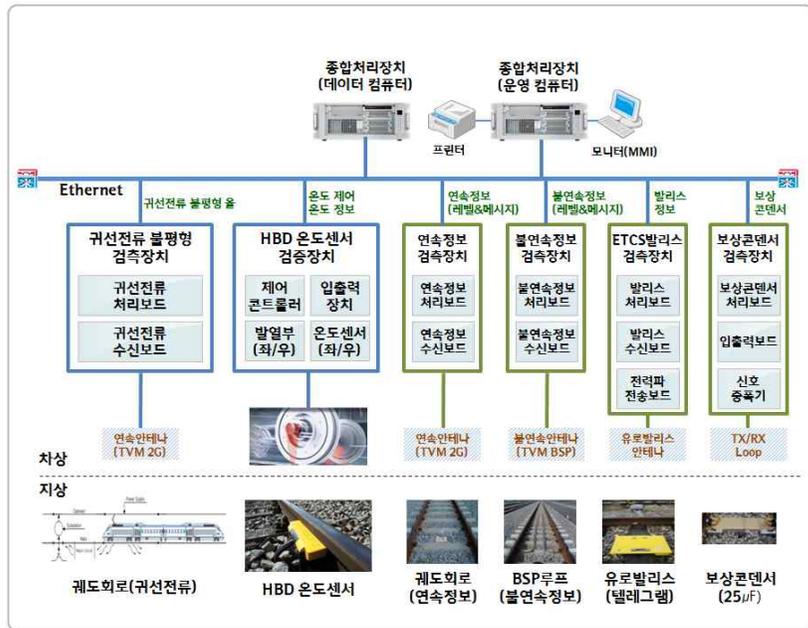


Fig. 1 Measuring system configuration for signalling

## 2. 본 론

### 2.1 시스템 구성에 대한 고려사항

#### 2.1.1 귀선전류 불평형 검측장치

귀선전류 불평형 검측장치는 연속정보 안테나를 이용하여 레일 양단에 흐르는 귀선전류를 pick-up한다. 따라서 귀선전류 불평형 검측장치는 열차 진행방향의 전방 좌/우 레일에 흐르는 전차선 귀선전류를 측정하므로 검측장치의 구성은 방향성을 가지도록 구성하여야 한다. 그러므로 검측장치는 전두부와 후두부 차량에 각각 1 set씩 설치한다.

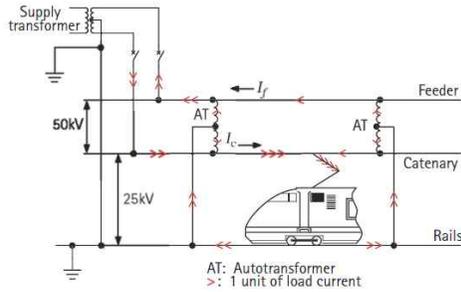


Fig. 2 25-0-25kV Autotransformer feeding

### 2.1.2 HBD 온도센서 검증장치

HBD 온도센서 검증장치는 특정 차축을 대신하여 발열을 하고 발열 온도를 피드백 하여 모니터링 하는 기능을 가지며, 열차의 운행방향과는 관계가 없기 때문에 검측차량에 1 set를 설치한다. 발열부는 차축에 근접하여 설치하며, 발열부의 온도를 검지하는 온도 센서는 비접촉식 방식을 사용하여 차축에 인접한 위치에 설치한다. 발열부와 발열장치는 차량의 좌측 및 우측에 각각 설치한다.

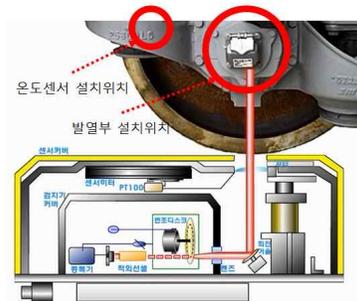


Fig. 3 Track sensor(HOA90S) and temperature sensor

### 2.1.3 연속정보 검측장치

진행하는 열차의 차축에 의한 단락으로 인하여 궤도는 폐회로가 구성되며, 이때 흐르는 연속정보를 pick-up하는 연속정보 안테나는 첫 번째 차량의 첫 번째 차축 전방에 설치하여야 한다.

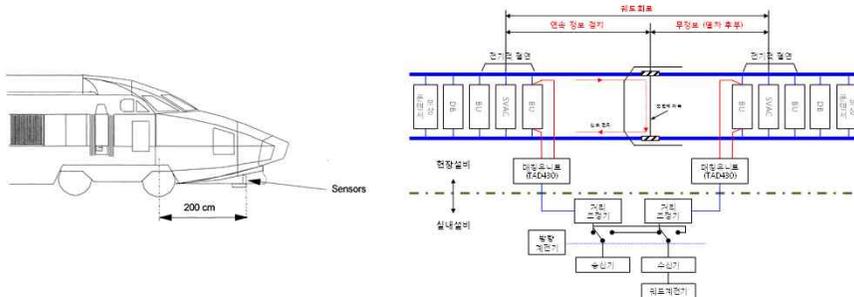


Fig. 4 Location of TVM2G and track circuit configuration to transmit ATC continuous information

그러므로 연속정보 안테나를 한 편성의 열차 한쪽에만 설치할 경우, 열차가 정방향으로

진행할 때는 연속정보를 검측 할 수 있지만, 열차가 역방향으로 진행할 경우 연속정보 안테나를 설치한 차량은 열차의 가장 후미에 위치하므로 단락전류를 pick-up할 수 없다. 따라서 연속정보 검측장치는 방향성을 가지며 전두부와 후두부 차량에 각 1 set씩을 설치한다.

### 2.1.4 불연속정보 검측장치

지상의 BSP 루프는 특정 위치에 2개가 설치되며, 2개의 루프를 통하여 각각 다른 불연속 정보가 전송된다. 2개의 불연속정보 안테나는 좌측과 우측에 흐르는 불연속정보를 각각 pick-up하여 불연속정보 검측장치로 전달한다. 불연속정보 검측장치는 좌/우측 정보를 합성하여 하나의 불연속정보로 생성한다.

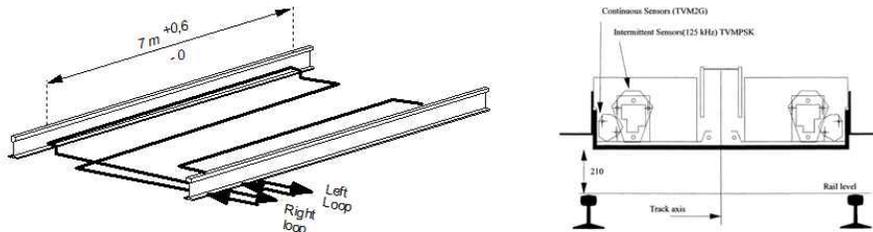


Fig. 5 125kHz Intermittent loop and location of intermittent antenna

그러므로 열차의 주행방향에 따라 좌/우측 정보는 바뀔 수 있으므로 불연속정보 검측장치는 방향성을 가지며 전두부와 후두부 차량에 각각 1 set씩 설치한다.

### 2.1.5 보상콘덴서 검측장치

보상콘덴서 검측장치는 차량 하부에 설치하는 TX루프와 RX루프에 의해 보상콘덴서의 유무를 검측한다. TX루프에 의해 출력되는 신호는 RX루프로 유도되는 구조를 가지므로 열차의 주행방향과는 관계없다. 그러므로 보상콘덴서 검측장치는 방향성을 가지지 않으므로 1 set를 설치한다.

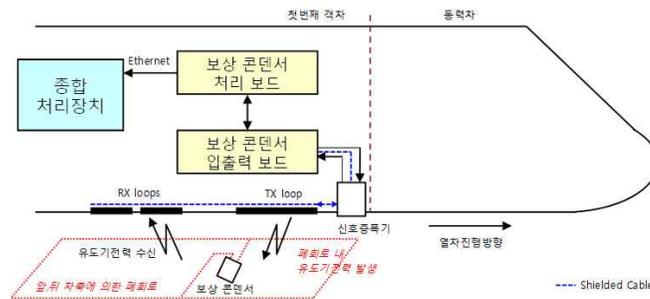


Fig. 6 The detection of compensation condenser using by TX and RX loop

### 2.1.6 ETCS 발리스 검측장치

ERTMS/ETCS Class 1 SUBSET-040(2.3.0)에 정의된 유로발리스 안테나의 설치 규정은 다음 그림과 같다. 안테나 설치 위치는 기관차의 앞 부분과 첫 번째 차축으로부터 2m 사이가 되

어야 하며, 2m의 최소 값은 결함의 동적인 효과를 고려하기 위해 보장되어야 한다. 또는 첫 번째 차축의 후방으로 12.5m 이내에 안테나가 위치하여야 한다.

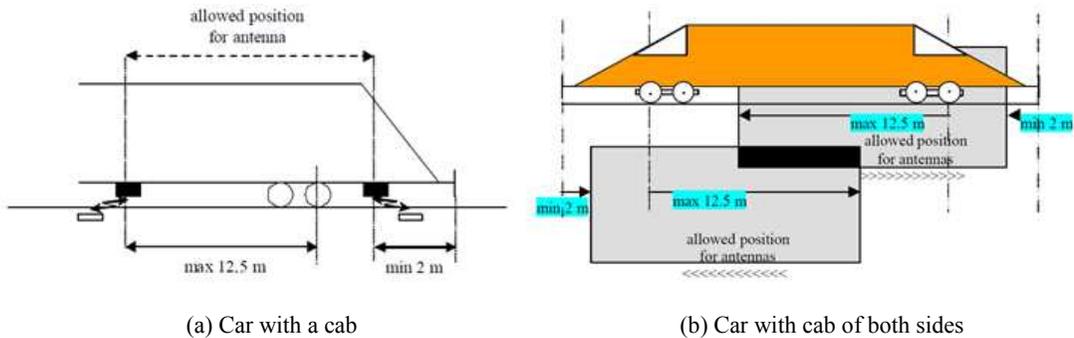


Fig. 7 Location of Eurobalise antenna

그러므로 양쪽에 기관차를 가지는 고속종합검측차의 경우, 전두부에만 안테나를 설치할 경우 열차가 역방향으로 주행하면 정상적인 텔레그램의 수신을 보장할 수 없다. 따라서 ETCS 발리스 검측장치는 방향성을 가지며 전두부와 후두부 차량에 각각 1 set씩 설치한다.

### 2.1.7 검측장치의 구성

검측차량의 양방향 운행을 고려한 검측장치의 구성은 다음 표와 같다.

Table 1 Configuration list of signalling measuring system

검측장치명	검측 방향성	설치 수량		설치 위치		
		단위	수량	동력차 (전두부)	객차	동력차 (후두부)
귀선전류 불평형	있음	set	2	○		○
HBD 온도센서 검증	없음	set	1		○	
고속철도 ATC 연속정보	있음	set	2	○		○
고속철도 ATC 불연속정보	있음	set	2	○		○
고속철도 보상콘덴서	없음	set	1		○	
일반철도 ETCS 발리스	있음	set	2	○		○

## 2.2 검측 정밀도 및 정보량 산정

신호설비에 대한 각 검측장치의 검측 정밀도 및 정보량을 산정하여 개발 목표에 대한 정의를 하며 구성품의 처리능력을 예측한다. 고속종합검측차의 최고 운행속도가 300km/h로 예상되지만 검측장치의 설계 목표는 400km/h를 기준으로 산정한다.

### 2.2.1 검측 정밀도

열차의 최고 속도를 400km/h로 가정할 경우 열차는 초당 111.1m를 이동하며 1m를 이동하는

데 걸리는 시간은 약 9ms가 된다. 귀선전류 불평형 검측장치를 포함한 모든 검측장치는 최소 0.5m마다 한번씩 지상으로부터의 신호를 검측할 수 있도록 하드웨어 사양을 정의하며 시간 단위의 샘플링 율은 4.5ms로 정의한다. 단 ETCS 발리스 검측장치는 일반철도에 적용되므로 열차 최고속도를 230km/h(전라선 기준)으로 정의하며, 샘플링 율은 지상의 유로발리스 크기를 고려하여 1ms로 정의한다. HBD 온도센서 검측장치는 특정 차축에 설치하는 발열부에 대한 발열을 제어하므로, 발열부의 온도제어는 0℃ ~ 100℃, 온도제어 정밀도는 ±2℃이내, 온도측정 정밀도는 ±1℃이내로 산정한다.

**Table 2** Measuring resolution and sampling rate

검측장치명	검측 속도	정밀도 목표	샘플링 율	비 고
귀선전류 불평형	400km/h	0.5m	4.5ms	
HBD 온도센서 검측	400km/h	온도 제어 : ±2℃ 온도 측정 : ±1℃	4.5ms	
고속철도 ATC 연속정보	400km/h	0.5m	4.5ms	
고속철도 ATC 불연속정보	400km/h	0.5m	4.5ms	BSP 루프 길이 : 최소 4.5m
고속철도 보상컨덴서	400km/h	0.5m	4.5ms	
일반철도 ETCS 발리스	230km/h	0.05m	1ms	유로발리스 크기 고려

### 2.2.2 검측장치별 정보량 산정

검측장치별 정보량은 검측 정밀도를 바탕으로 이루어지며, 각 검측장치에 의해 1회 검측되는 데이터를 기초로 계산하며, 상위의 종합처리장치로 해당 데이터를 전송하기 위한 통신 프로토콜의 메시지 포맷을 기본으로 산정한다.

연속정보에 대한 검측 정보량은 주파수(F1~F4)별 레벨 값 및 메시지(28bits)를 포함하며 1회 검측으로 38bytes를 생성한다. 연속정보의 샘플링 율이 4.5ms이므로 초당 전송 정보량은 약 6.7KB로 산정된다. 불연속정보에 대한 검측 정보량은 우측 및 좌측에 대한 레벨 값 및 메시지(80bits)를 포함하여 1회 검측으로 17bytes를 생성한다. 불연속정보의 샘플링 율이 4.5ms이므로 초당 전송 정보량은 약 3.78KB가 된다.

보상 콘덴서에 대한 검측 정보는 1회 검측으로 레벨 값을 포함하여 8bytes를 생성하며, 샘플링 율은 4.5ms이므로 초당 정보 전송량은 약 1.8KB가 된다. 발리스 텔레그램에 대한 검측 정보는 1회 검측으로 레벨 값 및 텔레그램을 포함하여 최대 136bytes를 생성하며, 샘플링 율은 1ms이므로 초당 정보 전송량은 최대 136KB가 된다. 발리스 텔레그램의 크기는 각 발리스가 저장하고 있는 데이터에 따라 다르다.

귀선전류에 대한 검측 정보는 1회 검측으로 귀선전류 불평형 율을 포함하여 8bytes를 생성하며, 샘플링 율은 4.5ms이므로 초당 정보 전송량은 약 1.8KB가 된다. HBD 온도센서에 대한 검측 정보는 1회 검측으로 8bytes를 생성하며, 샘플링 율은 4.5ms이므로 초당 정보 전송량은 약 1.8KB가 된다.

위와 같이 검측장치별 검측 정밀도를 고려한 정보량 산정은 다음과 같다.

**Table 3** Measuring data estimation

검측장치명	1 회 검측정보량	초당 정보 전송량	비 고
귀선전류 불평형	8bytes	1.8KB	귀선전류 불평형 율
HBD 온도센서 검증	8bytes	1.8KB	좌측/우측 발열온도
고속철도 ATC 연속정보	38bytes	6.7KB	주파수 별 레벨, 연속정보 메시지
고속철도 ATC 불연속정보	17bytes	3.78KB	레벨(좌/우측) 및 불연속정보 메시지
고속철도 보상콘덴서	8bytes	1.8KB	레벨
일반철도 ETCS 발리스	136bytes(Max.)	136KB(Max.)	발리스 텔레그램 레벨 및 크기

### 3. 결론 및 향후 연구방향

자동화 및 특화된 검측장치 구현을 위한 필수 사항은 검측을 위한 요구사항을 명확히 분석하고, 검측장치의 성능을 예측하여 설계에 반영할 수 있도록 검측 정밀도, 검측 정보량 산정 등을 통하여 최적화된 시스템을 구축하는 것이 선결 사항이다.

신호분야에 대한 전반적인 검측 솔루션을 확보하기 위하여 기존에 연구하고 있는 고속철도 ATC 연속 및 불연속정보, 보상콘덴서, 그리고 일반철도 ETCS 발리스 검측을 포함하여 귀선전류 검측에 관한 연구가 진행되고 있다. 또한 HBD 궤도센서에 대한 자동화된 검증을 위하여 차상에 검증장치를 구현함에 따라 고속철도 신호분야 시설물에 대한 토털 솔루션을 확보할 수 있다. 향후 고속철도 전용 검측차량이 도입됨에 따라 검측장치의 설치를 고려한 시스템 구성이 검토되어야 하며, 아울러 종합적인 검측 운영을 위한 검측 정보의 표시 및 검측 체계가 수립되어야 한다.

### 후 기

본 연구는 국토교통부에서 지원하는 철도기술연구사업(과제명 : 고속철도 전기 검측모듈 기술개발, 13RTRP-B065478-01-000000)으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] K.B. Park (2006) A Internal Signal Modeling for a Defect Diagnosis of Track Circuit on HSL, 2006 Autumn conference for Railway, *Journal of Korean Society of Railway*, pp. 32-38.
- [2] K.B. Park (2007) A Study on the Improvement for a Defect Diagnosis of Track Circuit on HSL, 2007 Spring conference for Railway, *Journal of Korean Society of Railway*, pp. 7-15.
- [3] W.H. Kwak (2006) A Study on the Improvement of Track Circuit Measurement Equipment for High Speed Line, 2006 Autumn conference for Railway, *Journal of Korean Society of Railway*, pp. 22-27.
- [4] T.H.LEE(2007) A Study on the Effect of Cab Signal through Unbalance of the Traction Return Current, 2007 Spring conference for Railway, *Journal of Korean Society of Railway*, pp. 45-51.
- [5] Y.S.LEE(2012) Measurement System of Signalling Equipment at High Speed Railway for Automated Diagnosis, 2012 Spring conference for Railway, *Journal of Korean Society of Railway*, pp. 82-89.
- [6] Network Protection and Automation Guide, Protection of A.C. Electrified Railways, pp. 361.
- [7] ERTMS/ETCS Class 1 SUBSET-040(2.3.0), Dimensioning and Engineering rules, pp. 15-16.