

## 레일전류 측정을 통한 신호시스템과 차량간의 간섭전류 분석

장동욱, 정락교

한국철도기술연구원 집전전력연구실, 열차제어통신연구실

### Analysis on interface current between rolling stock and signalling system by measurement of rail current

Donguk Jang, Raggyo Jeong  
Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - Compatibility concerns between train signalling systems and rolling stock are a significant problems to cross-acceptance of rolling stock in urban railway system. In this paper, we measured the conducted emission flowing current through rails and analyzed results for DC rolling stock.

그림 3은 현장에 설치된 로고스키코일이며, 그림 4는 측정개략도를 나타내고 있다.

시험조건은 먼저 차량을 로고스키코일이 설치된 곳에서 정차중 시험과 운행중 시험으로 나누어 실시하였다. 시험 조건은 다음과 같다.

- 정차중 Background noise 측정 : 차량 전원 off
- 정차중 : 차량 전원 on, 계동체결 후 견인 실시
- 운행중 : 정차시 회생제동사용

#### 1. 서 론

전기철도시스템의 제어가 더욱 복잡한 전자시스템에 의하여 이루어지고 점점 무인화 추세로 감에 따라 전자기 적합성을 전기철도안전에 있어 매우 중요한 부분으로 채택하여 시스템 공급자가 명확히 해당 시스템의 전자기 적합성을 입증하지 못할 경우, 계약 위반에 따른 과태료를 부과하거나 해당 시스템의 납품을 받지 않고 있다. 그러므로 전기철도차량의 안전성 확보 및 원활한 시장으로의 공급을 위해서는 철도차량 및 설비간의 전자기 적합성이 검증되어야만 한다. 철도에서의 레일은 전력공급과 신호시스템의 기능을 위해 중요한 설비이다. 철도에서는 전동차에 공급된 전력이 레일을 통하여 귀환되며 신호시스템은 레일을 이용하여 전동차의 위치확인 및 정보전송을 한다. 본 연구에서는 직류급전시스템에서 전동차에서 발생하는 고조파 노이즈에 의한 신호장치에의 간섭을 검토하기 위해 방안을 구축하여 시험을 실시하였으며, 적합성에 대한 검토를 실시하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 시험방법

간섭전류 측정하기 위해서 변전소 부급전선 부근에 있는 S-bond 위치에서 시험을 실시하였다. 측정에 사용한 장비는 전류측정을 위해서 로고스키코일을 사용하였으며 (그림 1), PXI 시스템은 LabVIEW 프로그램을 활용하여 센서로부터 취득한 전류데이터를 분석하여 내장된 저장 장치에 데이터를 저장 할 수 있는 장치이다. 간섭전류시험에서 PXI 시스템은 전류센서로부터 취득된 전류 데이터를 FFT하여 궤도 회로에 흐르는 전류의 AF궤도회로 주파수 대역에서의 고조파를 분석하는 용도로 활용되었다. FFT결과는 측정하면서 peak hold 기능을 이용하였다.

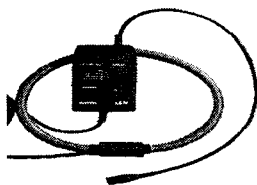


그림 1. 로고스키코일

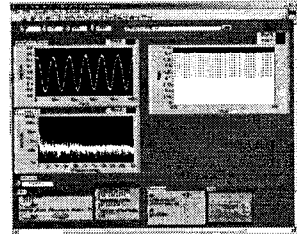


그림 2. LabVIEW 프로그램



그림 3. 전류센서 설치사진

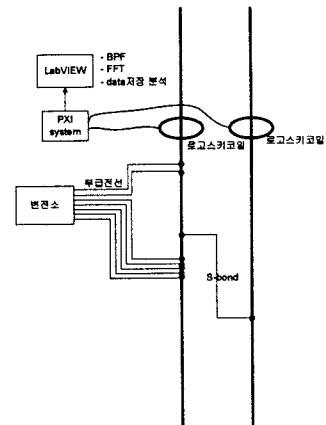


그림 4. 시험개략도

## 2.2 AF케도회로 주파수

AF케도 회로에서 사용하고 있는 주파수 및 대역폭은 다음 표 1의 주파수를 사용하기 때문에, 측정시 LabVIEW프로그램을 이용하여 디지털 BPF를 이용한다. 사용한 필터는 Bessel이며, order는 6으로 하여 필터를 적용하였다.

표 1. AF케도회로 주파수

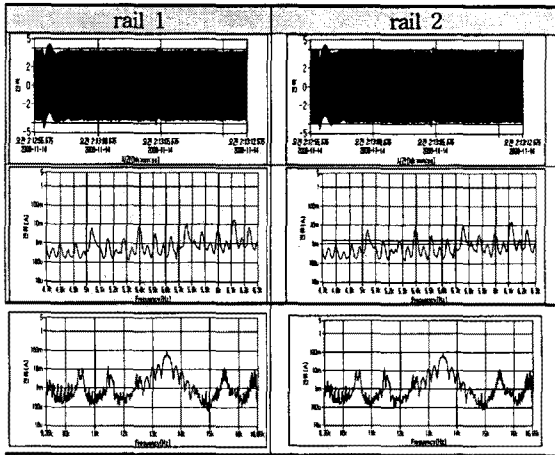
케도회로	주파수(Hz)	대역폭 (Hz)	제한값 (mA)
FTGS46	4450, 5250, 5750, 6250	100	100
FTGS917	9500, 10500, 11500, 12500, 13500, 14500, 15500, 16500	300	25

## 2.3 측정결과

### 2.3.1 정차중-background 노이즈 측정

정차중에 차량전원을 차단하고 측정한 결과로 전류파형을 보면 양쪽 레일에서 값이 균일하게 분포되어 흐르고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 5에 레일전류의 FFT결과를 나타내었다. 케도회로 사용 주파수의 제한값을 초과하는 주파수는 13.5 kHz로 약 100 mApeak값이 측정되었다. 그러나 양쪽 레일에서 전류의 분포가 같으므로 신호전송에 간섭현상이 일어나지 않을 것으로 판단된다.

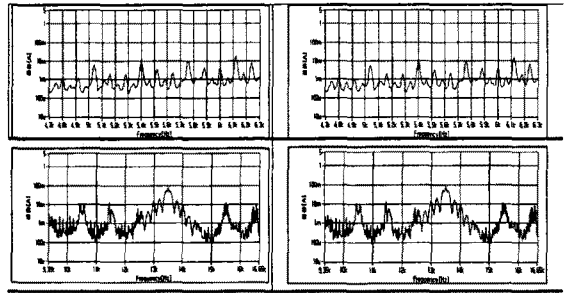
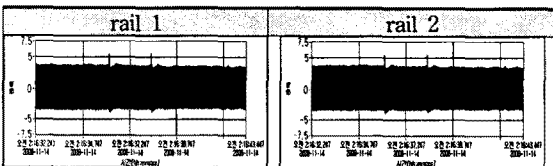
표 2. background 레일전류 및 FFT 결과



### 2.3.2 정차중-차량전원 투입

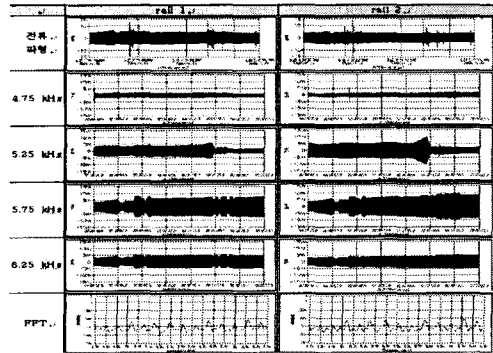
정차중에 차량전원을 투입하고 차량에 주차제동을 체결한 상태에서 powering하면서 측정한 결과이며, 양쪽 레일의 전류파형이 균일하게 분포하여 흐르고 있음을 확인할 수 있다. 측정결과를 보면 13.5 kHz주파수 대역에서 한계값을 초과하였으나, 전류값이 양쪽레일이 균일하게 분포되어 문제되지 않을 것으로 판단된다.

표 3. 정차중 레일전류 및 FFT 결과

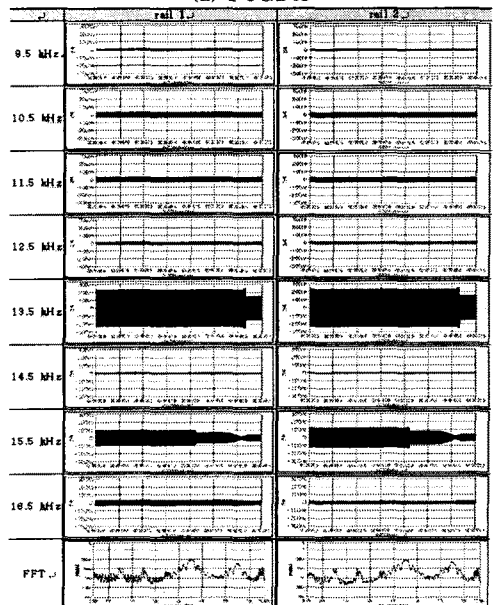


### 2.3.3 차량 운행중

차량을 s-bond에서 출발하여 운행하면서 측정한 결과로써, 양쪽레일의 전류분포가 거의 동일하게 나타나고 있는 확인할 수 있다. FTGS46주파수 영역에서는 문제가 없었으나, FTGS917주파수 영역에서는 13.5 및 15.5 kHz에서 기준값을 초과하였다. 13.5 kHz주파수 대역의 경우는 양쪽 레일의 전류값이 거의 같게 나왔으나, 15.5 kHz 대역에서는 rail 1이 100 mApeak, rail 2가 130 mApeak의 측정값이 약 30 mA의 전류차가 발생하기 때문에 이 부분에 대해서는 더 자세한 검토가 필요할 것이다.



(a) FTGS46



(b) FTGS917

그림 5. 차량운행중 케도회로 주파수에 따른 측정결과

### 2.3.4 측정결과 검토

그림 6과 7은 레일전류에 대한 FFT결과를 나타내고 있다. 정차중 차량의 전원을 차단하고 측정한 주파수 분석결과를 보면 그림 6과 같다. 그림에서 보면 360 Hz마다 주파수가 peak가 나타나고 있음을 확인할 수 있으며, 각 사이에 작은 peak값은 120 Hz마다 나타나고 있다. 이러한 주파수 분석결과를 보면 변전소에서 정류된 직류에 포함되어 있는 고조파가 레일전류에 나타나고 있음을 알 수 있다. 차량을 운행하면서 측정한 결과에서도 마찬가지로 그림 7과 같이 360 Hz마다 고조파 peak가 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 고조파는 FTGS케도회로에서 사용하는 주파수 대역에 영향을 줄 수 있을 것이다.

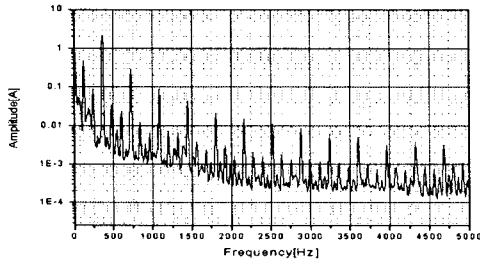


그림 6. 정차중 FFT 결과(차량 전원 off)

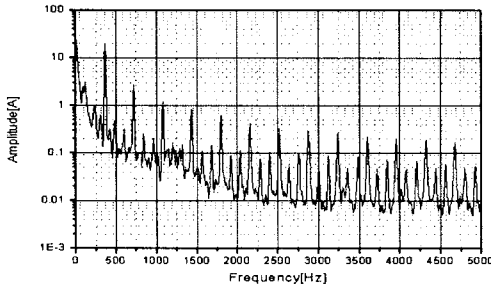


그림 7. 운행중 FFT 결과

## 3. 결 론

전도성 유도장애 시험을 실시하여 케도회로에 사용되는 주파수와 양립성을 검토하였다. S-bond에서 레일 전류를 차량이 운행하면서 측정한 결과, 대부분의 경우가 양쪽 레일에 전류분포가 균일하게 분포하여 흐르기 때문에 문제가 없는 것으로 판단되었다. 그러나 차량이 이동하면서 측정한 경우, 양쪽 레일의 전류분포가 불균일하게 분포하였으며, 일부 주파수대역에 있어서 분포가 균일하지 않게 나타났다. 이러한 주파수 대역에서 양 레일의 전류크기 차를 검토하여 텔레그램 전송에 장애를 줄 수 있는지를 판단하여, 간섭전류에 의하여 영향을 미칠 수 있으므로 향후 면밀한 검토가 요구된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] EN 50121-3-1:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility- Part3-1: Rolling stock-Train and complete vehicle"
- [2] EN 50238:2003, "Railway applications-Compatibility between rolling stock and train detection systems"
- [3] UIC CODE 737-3, "Application of thyristors in railway technology - Measures for the prevention of functional disturbance in signalling installations"
- [4] ITU-T O.41, "Specifications for measuring equipment - Equipment for the measurement of analogue parameters"