

## 전기차량의 신호시스템으로의 전자기 간섭

장동욱\* 한문섭 이장무  
한국철도기술연구원 전기신호연구본부

### Electromagnetic Interference to signalling from electric train

Donguk Jang\* Moonseob Han Changmu Lee  
Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - The conductive noise which produced from the electric train affected signalling system. So, in order to investigate the influence about it, this paper presented measurement method and result of verification for electric train.

#### 1. 서 론

전자적인 노이즈 관점에서 전기기기간에 서로 영향을 주고받지 않기 위해 EMI/EMC 규격화를 통하여 그 노이즈 레벨 및 내성을 정하고 있다. 일반 산업분야에서는 상당히 일반화되어 그 규격에 따라 모든 기기를 인증하여 안정된 전자기적인 환경을 구성하였다.

하지만 철도분야에서는 최근에야 EMI/EMC에 대한 규격제정 및 양립성 검토를 시작하는 단계에 있다. 또한 전기철도의 발전과 함께 고속화 및 열차운행간격 단축에 따른 철도안전의 중요성이 대두되어 전자기적인 악영향이 중요시되고 있다.

본 논문에는 전기차량에 발생하는 전도성 노이즈가 신호시스템에 미치는 영향을 검토하기 위해 신호시스템의 내성한계를 기본으로 한 전기차량의 노이즈 측정방안의 정립 및 그 검증결과를 제시한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 철도 전자기 간섭 (EMC)

철도에서는 최근 2003년에 IEC62236 "Railway application - EMC" 규격이 제정되었다. 그전에는 2000년에 제정되었던 EN50121 유럽규격에 따라 주로 EU에서 철도에서의 EMC를 적용하였으나 국제규격의 제정에 따라 전 세계적으로 확대적용 및 철도에서 고려할 중요한 이슈가 될 전망이다. 또한 국내에서는 고속철도운행과 발을 맞추어 고속철도 EMI/EMC 관련 법령이 제정될 예정으로 향후 고속철도뿐만 아닌 기존철도에서도 법제화가 진행될 전망이다.

그동안 국내서는 안전을 위해 일부 개념적인 EMC 관련 검토가 진행되어오면서 독일 지멘스에서 제작된 철도청 EL8100대와 프랑스 알스톰에서 제작된 고속철도 KTX 전기기관차가 도입되면서 어느 정도는 정립된 EN50121 규격에 근거하여 EMC 시험이 이루어졌다.

또한 국내 차량제작업체인 로템에 의해 국내는 물론 국외수출 전동차에 대한 EMC 검증이 수행되고 있으며, 향후 보다 확립된 EMC 검증을 위해서는 이 분야에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

본 연구에서는 직류급전시스템에서 전동차에서 발생하는 고조파 노이즈에 의한 신호장치에의 간섭을 검토하기 위해 방안을 구축하고 구성된 측정장치를 이용하여 측정결과에 대한 고찰을 제시한다.

##### 2.2 전기차량의 신호시스템으로의 전자기 간섭

철도에서의 레일은 전력공급과 신호시스템의 기능을 위해 중요한 설비이다. 철도에서는 전동차에 공급된 전력이 레일을 통하여 귀환되며 신호시스템은 레일을 이용하여 전동차의 위치확인 및 정보전송을 한다.

그러므로 신호시스템은 다음과 같은 전기적인 항목에 내성을 갖도록 설계되어야 한다.

- 시스템 정격전류
- 변전소 정류기/전동차 견인제어에 의한 고조파에 의한 고조파
- 동적 작동, 고장전류 등

본 논문에서는 전도성 노이즈 중 변전소 정류기/전동차 견인제어에 의한 고조파에 의한 고조파에 대한 신호시스템과의 간섭을 평가하기 위한 측정 및 분석 방안을 제시한다.

##### 2.3 전기차량 고조파노이즈 측정방안

전도성 노이즈를 측정하기 위해서 변전소로 유입되는 귀선전류를 측정하며, 측정된 전류는 FFT분석에 의해서 고조파분석을 실시하였다.

그림 1은 레일을 통해서 흐르는 전도성 노이즈를 측정하기 위한 개략도이며, 그림2는 변전소에 설치한 측정시스템을 나타내고 있다.]

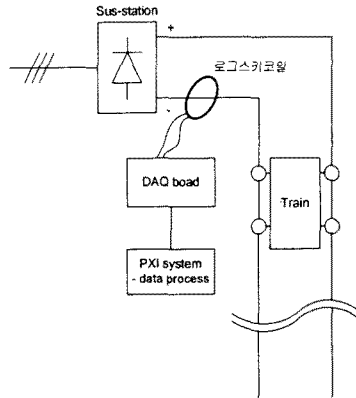


Fig. 1 Block diagram of measurement

변전소의 귀선에 로고스키코일을 설치하여 차량으로부터 변전소로 유입되는 전류를 측정하였다. 로고스키코일에서 출력된 전류신호는 PXI system에 설치된 DAQ board인 NI 4772(Dynamic Signal Acquisition Device)로 입력되어 LabView프로그램에 의해서 데이터 처리 및 저장을 할 수 있도록 하였다. LabView프로그램을 이용하여 주파수 분석을 실시하였으며, 분석된 결과는 Peak hold로 데이터는 처리하였다. 또한 모든 파형을 기록하여 후처리를 할 수 있도록 하였다.

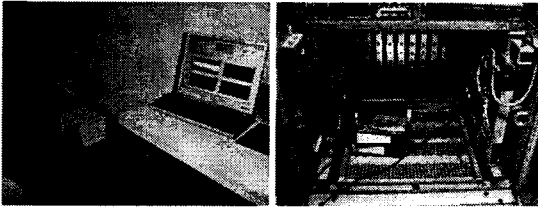


Fig. 2 Installed measuring instrument

데이터 처리를 위해서 LabView 프로그램을 사용하여 DAQ보드와 컴퓨터간의 인터페이스와 측정된 전류신호를 고조파 분석 및 원본 데이터 저장을 실시하기 위해서 사용되었다. 그림 3은 전도성 노이즈를 측정하기 위한 LabView 프로그램을 나타내고 있다.

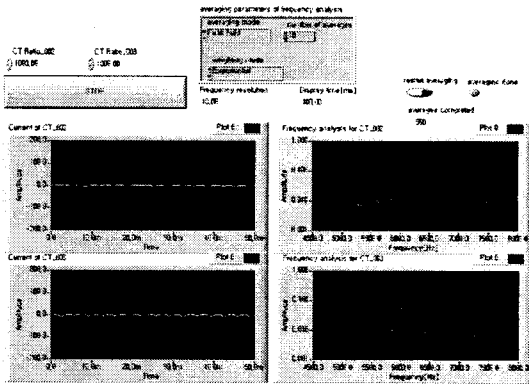


Fig. 3 LabView program

### 2.4 측정에 사용된 차량 및 시험조건

본 시험에 사용된 차량은 총 6량(3M3T)이며 AC/DC 급전시스템에서 겸용으로 운행할 수 있는 전동차이나 본 시험에서는 DC급전시스템에서 시험을 실시하였다.

Table 1. Train condition

전동차조건	설 명
4M2T	정상상태
3M3T	하나의 C/I box off
2M4T	두 개의 C/I box off
cable disconnection	4M3T상태에서 전동차간의 earth terminal을 끊음

Table 2. Specifications of train

항 목	설 명
편성 및 형식	편성 : 4M2T(1C2M) 형식 : DM-TC-M-M-TC-DM
전동차성능	급전시스템 : AC/DC 겸용 최고속도 : 80 km/h(운행) 110 km/h(설계) 가속도 : 3 km/h/sec
추진장치	인버터 : 3상 VVVF IGBT인버터 컨버터 : 4상한 IGBT 견인전동기 : 200 kW급 유도전동기
열차제어시스템	ATS, ATP

전동차는 일부 견인장치가 고장난 경우에서도 운행하여야 하고 그 경우에서도 간섭은 일어나지 않아야 하므로 전동차의 운행조건을 다음 표와 같이 설정하여 측정을 실시하였다. 전동차를 표 1과 같은 조건으로 만들고 견인운전 및 회생제동 운전을 반복 실시하면서 측정을 실시하였다. 표 2는 전동차 제원을 나타내고 있다.

변전소는 50 Hz 3상을 입력으로 받아 변압기에서 강압되고 이차측이 정류기 입력으로 되며, 정류기 6펄스 다이오드 정류기를 병렬로 연결한 것을 사용하였다.

### 2.5 전도성노이즈 측정결과

본 전동차가 운행되는 곳의 신호시스템은 4.75-6.25  $\mu$ s, 9.5-16.5  $\mu$ s의 주파수 대역을 사용한다. 이 주파수 대역에서 고조파 전류가 신호시스템과 양립하기 하기 위해서는 100 dB이하의 값을 가져야만 한다.

그림 4-9는 전동차조건에 따른 FFT분석결과를 나타내고 있다.

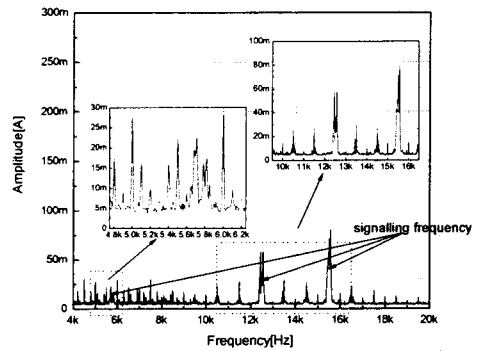


Fig. 4 The result of FFT analysis for background noise during power-off the train

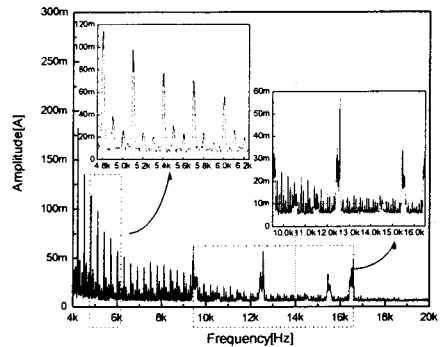


Fig. 5 The result of FFT analysis for 4M2T during powering

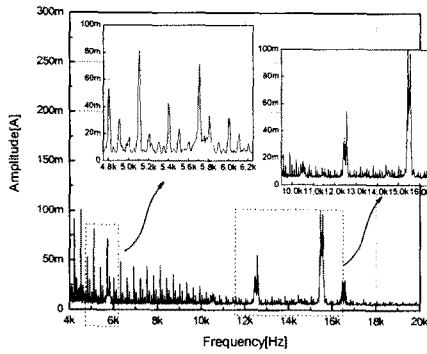


Fig. 6 The result of FFT analysis for 3M3T during powering

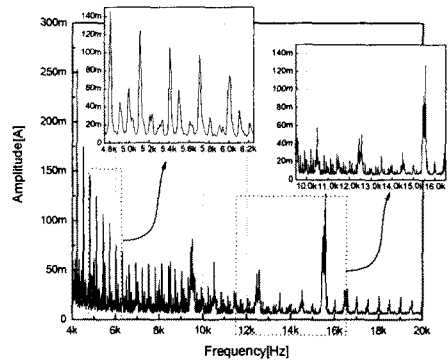


Fig. 9 The result of FFT analysis during regenerative breaking

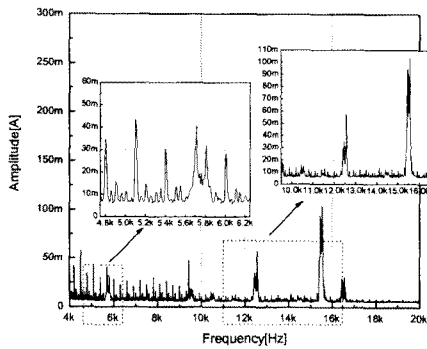


Fig. 7 The result of FFT analysis for 2M4T during powering

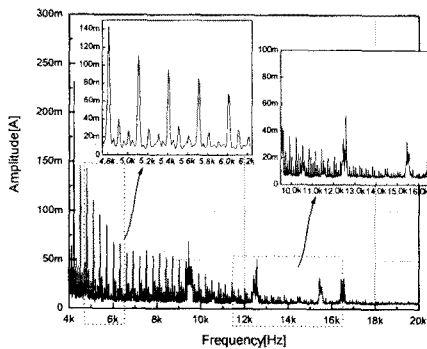


Fig. 8 The result of FFT analysis for cable disconnection during powering

그림 4는 전동차가 선로에 위치해 있는 상태에서 차단을 개방한 상태에서 측정된 결과이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 신호시스템에서 발생하는 12.5 및 13.3 kHz는 신호주파수 대역을 나타내고 있는 것으로 판단된다.

주파수 분석결과를 보면, 변전소의 모선 전원주파수가 50 Hz이고 6펄스 정류기를 사용하였기 때문에 전류의 주파수 피크가 300 Hz마다 주파수 피크가 나오고 있는 것을 확인할 수 있다. 전동차가 운행한 결과와 비교할 경우 전동차에서 발생한 고조파 노이즈에 의해 대체적으로 이 주파수 피크값들이 증가하는 것을 알 수 있다.

또한 그림 5부터 9까지의 각 전동차 운행조건별 고조파 노이즈의 결과를 보면 3M3T 조건을 제외한 결과들에서 기준치인 100m 이상인 것을 알 수 있다.

이 분석 결과에 따라 신호시스템의 한계치에 대한 재검토와 전동차의 운행에 따른 고조파 노이즈 증가 요인을 면밀히 분석하여 재평가에 의한 간섭영향의 검증이 요구된다.

### 3. 결 론

본 논문에는 전기전동차에 발생하는 전도성 노이즈가 신호시스템에 미치는 영향을 검토하기 위해 신호시스템의 내성한계를 기본으로 한 전기전동차의 노이즈 측정방법 및 결과를 제시하였다. 제시한 측정시스템을 통하여 전동차에서 발생하는 전도성 노이즈를 정확히 측정할 수 있었으며, 신호시스템에 미치는 영향을 평가할 수 있다.

향후 이러한 분석 및 측정방안에 대한 기술 축척의 결과로 이러한 EMC 측정이 표준화되고 명문화가 이루어지면 전기철도의 안전을 향상시킬 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] "Railway Applications-Electromagnetic Compatibility", EN 50121 part3-1:2000 Rolling Stock-Train and complete vehicle.
- [2] "Railway Applications-Electromagnetic Compatibility", EN 50121 part3-2:2000 Rolling Stock-Apparatus.
- [3] IEC62236 "Railway application - EMC"