

직류전동차의 전도성 및 유도성 유도장애 시험 측정 및 결과분석

장동욱\*, 한문섭

한국철도기술연구원 집전전력연구소

Measurement and results analysis of conducted emission and inductive emission for DC rolling stock

Dong-Uk Jang\*, Moon-Seob Han  
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. It is not possible to establish general rules for the maximum levels of interference allowed, valid for every country. So, in this paper, we measured conducted emission and inductive emission and analyzed results for DC rolling stock.

1. 서 론

전자적인 노이즈 관점에서 전기기간에 서로 영향을 주고받지 않기 위해 EMI/EMC규격화를 통하여 그 노이즈 레벨 및 내성을 정하고 있다. 일반 산업분야에서는 상당히 일반화되어 그 규격에 따라 모든 기기를 인증하여 안정된 전자기적인 환경을 구성하였다. 또한 전기철도의 발전과 함께 고속화 및 열차운행간격 단축에 따른 철도안전의 중요성이 대두되어 전자기적인 악영향이 중요시되고 있다. 국내에서는 고속철도운행과 발을 맞추어 고속철도 EMI/EMC관련 법령이 제정될 예정으로 향후 고속철도뿐만 아닌 기존철도에서도 법제화가 진행될 전망이다. 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

2.1.1 전도성 유도장애 시험

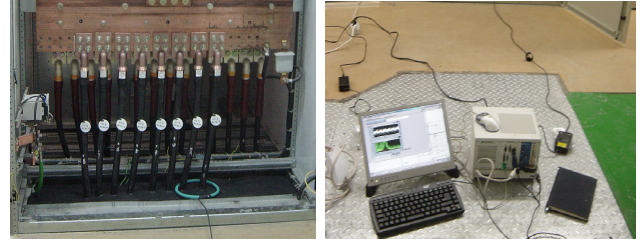
전도성 간섭시험은 레일을 타고 흐르는 전류의 고조파 성분이 궤도회로의 사용 주파수 및 고조파내성에 대한 전동차의 전자적적합성(EMC)을 확인하는 시험이다. 시험은 차량이 변전소 근처에서 시험을 위하여 설정된 운행 모드에 따라 운행이 될 때, 변전소 귀선에 흐르는 전류의 고조파 성분을 FFT분석한 결과를 궤도회로의 사용 주파수에서의 내성과 비교하여 그 적합성을 판별하는 순서로 진행된다. 귀선에 흐르는 전류를 측정하기 위해서 변전소의 귀선에 그림 1과 같이 로고스키코일을 설치하였으며, 측정된 전류는 PXI의 dynamic signal analysis board를 통해서 AD변환된 후에 FFT분석에 의해서 주파수 분석을 실시한다. PXI 시스템을 이용하기 때문에 측정과 동시에 실시간으로 FFT 분석결과를 모니터링 할 수 있다.

선로에 설치되어 있는 신호설비의 영향을 없애기 위해서 신호설비를 차단하고 실시하였다. 차량은 최대 가속력으로 원하는 속도로 가속한 후 최대제동력으로 감속하여 정지할 때까지 측정하였으며, 속도는 45 kph와 75 kph에 대해서 실시하였다.

2.1.2 유도성 유도장애 시험

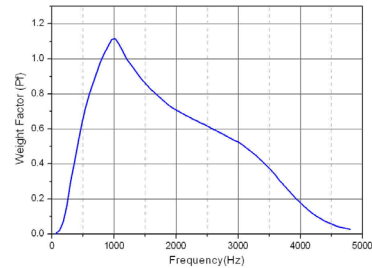
유도성 간섭시험은 차량에 유도현상에 의해 아날로그 지상 신호 및 통신선로에 발생하는 간섭의 수준을 확인하기 위하여 차량의 등가방해전류를 측정한다.

차량의 운행조건은 2.1.1의 전도성 유도장애 시험과 동일하게 하며, 차량의 인버터 입력과 SIV 입력 케이블에 로고스키코일을 그림 3과 같이 설치하여 AC전류를 측정하였다. 측정된 전류로부터 아래 그림의 weight factor와 식에 의해서 등가방해전류가 계산되었다.



〈그림 1〉 전도성 전류 측정용 로고스키코일 및 시험장비

등가방해전류는 EN50121-3-1:2006의 가이드라인을 기준으로 하여 측정이 이루어 졌으며, 이 규격에서는 아날로그통신선에 대한 것만 다루고 있다. 규격에 의하면 다이오드 정류기를 사용하여 급전하는 경우에, 식(2)로 계산하도록 되어 있다.



〈그림 2〉 ITU-T weight factor

$$I_{ps0} = \frac{1}{P_{800}} \sqrt{\sum (p_f \cdot I_f)^2} \quad \text{식(1)}$$

$$I_{ps0 \text{ total}} = I_{ps0} \times n \quad \text{식(2)}$$

여기서  $I_f$ 는 측정된 주파수의 전류값이고,  $p_f$ 는 가중치(weight factor), n은 전체 unit(Mcar)개수이다.



〈그림 3〉 등가방해전류 측정용 로고스키코일

2.2 측정결과

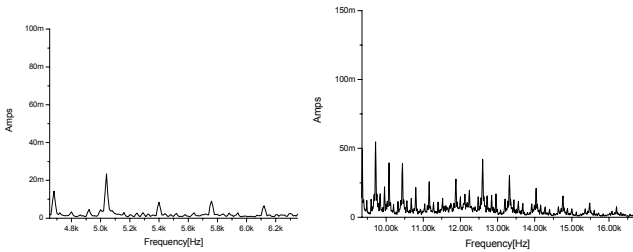
2.2.1 전도성 유도장애 시험

전도성 유도장애 시험은 AF궤도회로에서 사용하는 신호주파수와의 양립성을 확인하기 위해서 실시한다. 측정된 시스템에서 사용하는 궤도회로 신호주파수는 표 1과 같다.

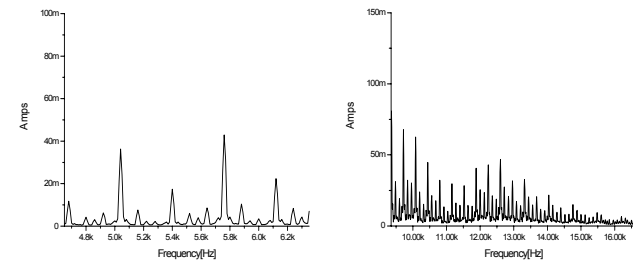
**<표 1> 궤도회로 사용주파수**

사용 주파수[kHz](±300 Hz)	4.65, 5.25, 5.75, 6.25
	9.5, 10.5, 11.5, 12.5, 13.5, 14.5, 15.5, 16.5

전체 대역 중 지상신호에 영향을 끼치는 부분은 해당 주파수에서 ±300Hz의 범위를 가지고 분석하였다.



(a) 속도 45 kph



(b) 속도 75 kph (역행 → 회생제동 정지)

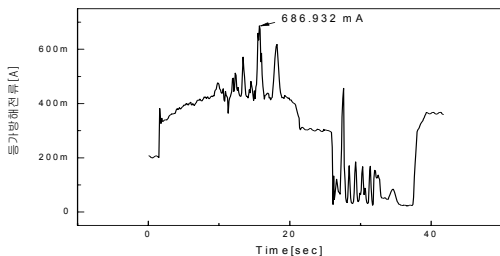
**<그림 4> 전도성 유도장애 시험 측정결과**

전도성 유도장애 시험결과는 FFT 분석 후에 peak hold하여 정리하였으며, 그 결과는 그림 4에 나타내었다. 결과는 표1에 제시한 주파수 대역에서 신호시스템이 허용할 수 있는 제한치 이내에 있는가 여부로 결과로 적합성을 평가하면 된다.

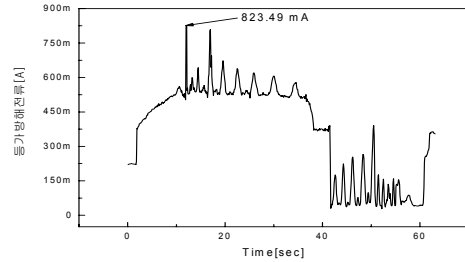
전도성 시험결과 적합하지 않은 것으로 나오게, 되면 차량검지를 위한 신호시스템, 차량, 전력설비의 수정과 같은 사항들을 고려하여 경제성 및 기술적 검토를 통하여 최적의 해결안을 제시하여 적합성을 만족시켜야 한다.

**2.2.2 유도성 유도장애 시험**

유도성 유도장애 시험은 그림 3과 같이 로고스키코일을 Mcar(one uit)에 설치하여 측정한 결과이며, 그 결과는 그림 5에 나타내었다. 그림 5의 측정결과를 보면, 전체 등가방해전류(I<sub>ps</sub> total)는 본 시험에 사용한 차량이 4개의 Mcar로 구성되어 있으므로, 최대값이 45 kph인 경우 약 2,748 mA이며, 75 kph인 경우는 약 3,292 mA가 측정되었다.



(a) 속도 45 kph



(b) 속도 75 kph

**<그림 5> 유도성 유도장애 시험(등가방해전류) 측정결과**

**3. 결 론**

본 논문은 직류전동차가 운행되는 급전시스템에 대한 전도성 및 유도성 유도장애 시험을 실시하였다.

전도성 유도장애 시험은 궤도회로에 사용되는 주파수와 양립성을 검토하였다. 시험을 실시하기 위해서 변전소의 귀선에 로고스키코일을 설치하여 교류전류를 측정하였으며, FFT분석을 통하여 결과를 분석하였다. 유도성 유도장애 시험은 직류전동차의 Mcar에서 등가방해전류를 측정하여 아날로그 통신선에 대한 영향을 검토하였다.

**[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 - Psophometer for use on telephone-type circuits"