

# 전기 철도 EMC 기술 기준 및 시험 방법 개선 연구

양 준 규 · 금 홍 식\*

전파연구소 · \*한국전파진흥협회

## I. 서 론

전기 철도는 전기를 공급 받아 모터를 동작시켜 움직이게 하고, 차량에 설치된 신호·제어 장치, 방송 통신 기기, 전기·전자 기기 등을 구동시킨다. 비의도적으로 발생하는 전기 철도 전자파는 방송 통신 서비스에 간섭 영향을 줄 수 있으며, 전기 철도에서 사용하는 통신 및 제어 장치에 오동작을 일으켜 철도 안전에 심각한 영향을 줄 우려가 있다. 이에 따라 국제적으로 전기 철도 전자파 기준을 정하여 규제하고 있는 실정이다.

전기 철도에서 발생하는 전자파는 30 MHz 이하와 30 MHz 이상 주파수대역으로 구분하여 그 특성을 분석할 수 있다. 30 MHz 이하 대역에서는 주로 자기장 성분의 전자파가 방출되며, 전원 변환기(AC-DC 컨버터와 DC-AC 인버터) 동작에 의한 고주파 성분이 공간으로 방출되어 발생하게 된다. 30 MHz 이상의 대역에서는 주로 전기장 성분의 전자파가 방출되며, 차량에 전력을 공급하기 위한 급전 장치(Trolley Pentograph)가 급전선과 접촉하면서 접촉 저항 변화로 인한 아크 방전이 주요 전자파 발생 원인이다.

현재 전기 철도는 기후 변화에 대응하기 위한 저탄소 녹색 성장의 일환으로 활발하게 구축되어지고 있다. 이에 따라 전기 철도 전자파는 전기 철도가 설치되는 인접 지역의 방송 통신 서비스에 영향을 줄 우려가 증가하고 있다. 특히 전기 철도 전자파에 의한 방송 서비스의 간섭은 국민들의 보편적 시청권에 영향을 줄 수 있다. 또한 전기 철도 전자파는 무선 통신 서비스에 영향을 주어 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하는데 어려움을 줄 수 있다. 전기

철도 전자파에 의한 방송 통신 서비스 영향은 우려에 그치지 않고 생활 환경에서 발생하고 있다. 실제로 전기 철도에 의한 전자파로 인하여 방송 수신 장애가 중앙전파관리소에 접수되는 일이 발생하였으며, 경부고속전철 건설 당시에는 KTX 운행에 따라 TV 수신에 영향을 주어 공동 시청 안테나 시설 등을 설치한 사례가 있다.

이에 따라 본 연구는 전기 철도에 의한 방송 통신 서비스 영향을 최소화시키기 위하여 추진하게 되었다. 본 연구에서는 전기 철도 전자파 규제에 대한 국내·외 동향을 살펴보고, 실측을 통해 전자파 발생 원인 및 방송 통신 서비스 영향을 분석하였다. 또한 우리나라 실정에 적합한 전기 철도 기술 기준 및 시험 방법을 제안하였다.

## II. 국내·외 전기 철도 기술 기준 및 시험 방법

### 2-1 우리나라

우리나라 전기 철도에 대한 전자파 규제는 국가 기간 교통망 건설계획에 따라 경부고속철도가 건설되어 2004년 4월에 KTX가 운행하면서 시작되었다. 2004년 당시 정보통신부에서는 전기 철도의 전자파로부터 방송 및 통신 서비스를 보호하고, 전자파로부터 전기 철도 기기를 보호하기 위하여, 전파법령에 근거하여 전자파 장애 방지 기준과 전자파 보호 기준에 전기 철도 전자파 적합성 기준을 신설·고시하였다. 전기 철도 전자파 적합성 측정을 위한 시험 방법은 전파연구소 공고인 전자파 장애 방지 시험 방법과 전자파 보호 시험 방법에서 각각 규정하고 있다. 우리나라는 경부고속철도 시스템을 프랑스에

서 기술을 이전 받아 설치하였다. 이에 따라 전자파 적합성에 대한 기준 및 시험 방법을 유럽 표준을 참조하여 마련하고, 전기 철도에 대한 전자파를 실측·분석 및 이해 당사자의 협의를 통해 확정하여 2004년부터 시행하고 있다.

전자파 장애 방지 기준 제11조(고속철도기기류)에서는 고속 철도 기기류의 장애 방지 기준을 별표 10에서 규정토록 하였다. 고속 철도 기기류의 장애 방지 기준은 전기 철도 전체 시스템의 장애 방지 기준, 열차 및 완성 차량의 장애 방지 기준, 철도 차량 내의 기기에 대한 장애 방지 기준, 신호 및 전기통신기기의 장애 방지 기준, 고정 전원 설비 및 기기의 장애 방지 기준으로 나누어 각각 규정하고 있다.

전기 철도 전자파 내성은 전자파 보호 기준 제11조(고속철도기기류의 내성기준)에 의한 별표 7에 규정되어 있으며, 차량 내 기기의 내성 기준, 신호 및 전기통신기기의 내성 기준, 고정 전원 설비 및 기기의 내성 기준으로 분류하여 정하고 있다. 전자파 내성 시험은 전자파 방사, 전원 주파수 자계, 정전기 방전, 전기적 빠른 과도 현상/버스트, 전자파 전도, 서지, 전압 변동, 순간 정전 등의 신호를 기기에 인가하였을 경우 오동작하거나 성능 저하 현상이 발생하지 않도록 하는 시험이다.

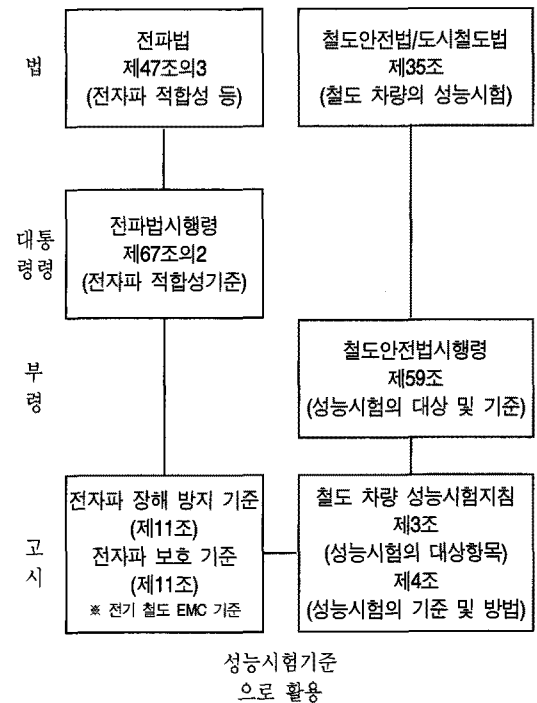
전기 철도에 대한 성능 시험은 철도안전법령과 도시철도법령에 근거하여 시행되고 있으며, 전자파 적합성은 유도 장애 시험으로 확인토록 하고 있다. 철도 차량 성능 시험을 받지 않은 제품은 원칙적으로 운행될 수 없다. 철도안전법 제35조(철도 차량의 성능 시험)에서는 철도 차량 제작사가 철도 차량을 판매하고자 하는 경우 국토해양부의 성능 시험을 받도록 의무화 하였다. 또한 국토해양부는 성능 시험에 관한 성능 시험 기관을 지정할 수 있도록 하였으며, 성능 시험의 대상 및 기준은 철도안전법 시행령에서 규정하며, 세부 기준은 철도 차량 성능 시험 지침(국토해양부고시)에서 정하도록 하였다. 철도 차량 성

능 시험 지침에서는 성능 시험 기준 및 방법을 성능 시험 기관이 시험 신청자가 제출한 기술 자료 등을 토대로 시험 신청자 및 차량 발주자와 협의하여 정하도록 하였다. 전기 철도 전자파 적합성에 대한 성능 시험을 위한 구체적인 기준도 제시하지 않고, 성능 시험 기관이 협의하여 정하도록 하고 있다.

이를 보완하기 위하여 전파법령에 의해 의무적으로 준수토록 고시한 전자파 장애 방지 기준과 전자파 보호 기준(고속철도 전자파 적합성 기준)은 철도 안전법령과 도시철도법령에 의한 성능 시험 기준으로 활용될 수 있다.

전기 철도 EMC 기술 기준 및 시험 방법 체계도는 [그림 1]과 같다.

전자파 장애 방지 기준에서 규정하고 있는 전기 철도 전체 시스템의 장애 방지 기준은 실제 열차가 움직이는 상태에서의 장애 방지 기준을 규정하고 있



[그림 1] 전기 철도 EMC 기술 기준 및 시험 방법

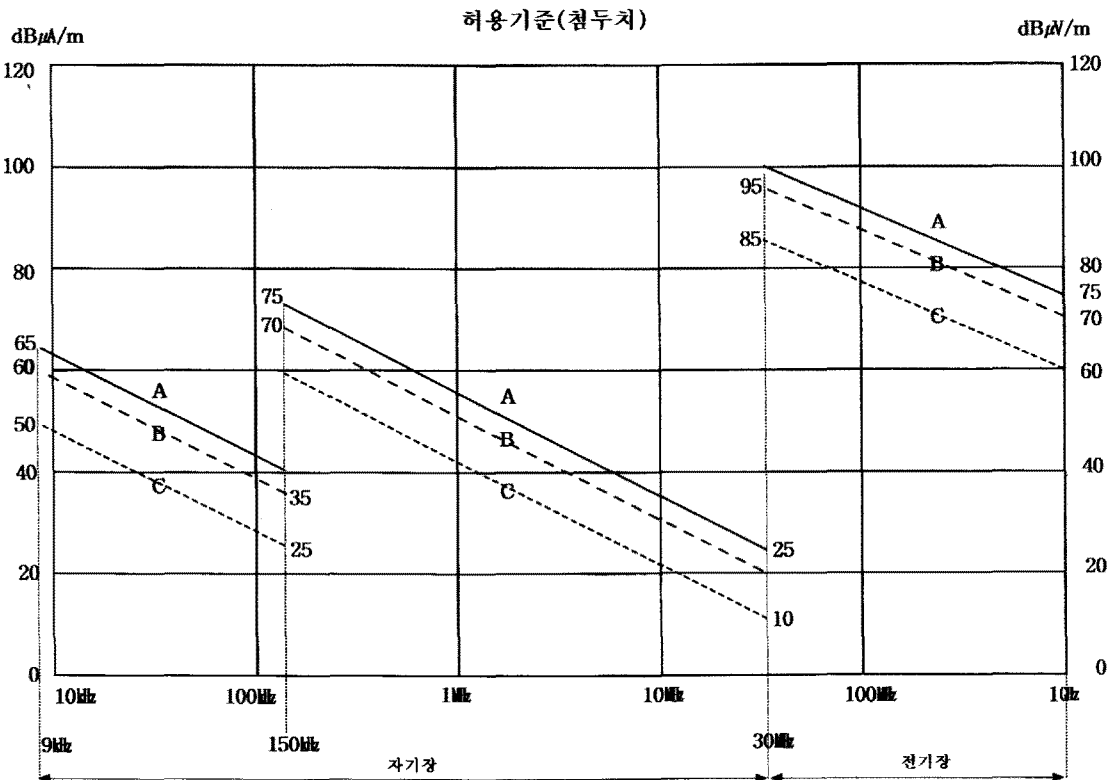
으며, [그림 2]와 같다.

9 kHz부터 30 MHz 미만은 자기장을 측정하기 위하여 안테나 방향을 궤도에 수평하게 위치시키고, 30 MHz부터 1 GHz 미만은 전기장을 측정하기 위하여 수직 방향으로 설정토록 하고 있다. 측정 위치는 시험 대상 차량이 주행하는 궤도의 중심선에서 10 m 떨어진 곳으로 하고 있으며, 최대 속도의 90% 이상의 속도와 그 속도에서 공급 가능한 최대 전력을 유지토록 하고 침투치 모드로 전자파를 측정토록 하고 있다. 개활지 노선에서 30 MHz 이상의 전자파 측정을 하는 경우, 수직 방향의 전기장 값이 수평 방향보다 작은 경우도 발생할 수 있기 때문에 유럽 및 국제 표준에서는 이를 개정하여 수직, 수평 방향 모두에 대해 측정토록 하고 있어 우리나라 기술 기준 및

시험 방법의 개정이 필요한 실정이다.

변전소로부터의 방사 기준은 개활지 노선의 기준과 유사하게 규정하고 있으며, 침투치로 측정토록 하고 있다. 측정 거리는 변전소 울타리가 있는 경우 울타리로부터 3 m, 울타리가 없는 경우 변전소로부터 10 m로 규정하고 있다. 고속 철도 변전소는 고정된 시설이므로 측정의 정확도를 확보하기 위하여 유럽 및 국제 표준에서는 침투치 측정을 준침투치 측정으로 개정하였으며, 별도의 변전소 방사 기준 정하고 있어 우리나라 기준의 개정이 필요한 실정이다.

열차 및 완성 차량의 장애 방지 기준은 정지 상태에서 측정토록 하고 있으며, 개활지 노선의 기준과 유사하게 주파수별 기준이 규정되어 있다. 유럽 및 국제 표준에서는 열차 및 철도 차량에 대한 기준을 저



[그림 2] 현행 개활지 철도 노선으로부터의 방사 기준

속 운행 상태와 고속 운행 상태로 구분하여 개정하였다. 저속 운행 상태에서는 개활지 노선의 측정과 유사하게 실시하며 침두치를 측정토록 하고 있다. 정지 상태는 고정 시설에 대한 전자파를 측정하므로 준침두치 측정 모드를 사용토록 하고 있다.

차량 내 기기의 기준은 전인 교류 및 직류 전원 포트의 전도 기준, 보조 교류 및 직류 전원 포트의 전도 기준, 건전지 기준 포트의 전도 기준, 프로세스 측정 및 제어 포트의 전도 기준, 표면 포트의 방사 기준으로 구분하여 규정한다.

고정 전원 설비 및 기기의 장해 방지 기준은 변전소 외부에서는 전기 철도 전체 시스템에서의 장해 방지 기준과 동일하며, 교류 1 kV 미만에서 작동하는 기기는 신호 및 전기통신기기에서의 장해 방지 기준과 동일하다.

철도안전법 제35조 관련 규정에 의해 고시된 철도 차량 성능시험 시행지침 제4조(성능시험의 기준 및 방법)에서는 철도 차량의 성능시험 기준을 명확히 규정하지 않고 있다. 기술검토·부품 시험·구성품 시험·완성차 시험 및 철도 차량 운행 선로 시운전의 기준 및 방법은 성능 시험 기관이 성능 시험을 받고자 하는 자(이하 “시험신청자”라 한다)가 제출한 기술자료 등을 토대로 시험 신청자 및 차량 발주자와 협의하여 정하도록 하고 있다. 다만 시험품 등의 안전성 및 호환성을 고려하여 시험 항목의 세부 기준 및 방법을 국토해양부장관이 따로 정한 경우에는 이에 따르도록 하고 있다. 따라서 성능 시험 기관, 시험 신청자, 차량 발주자는 방송통신위원회에서 의무적으로 준수토록 규정하고 있는 전자파 장해 방지 기준 및 전자파 보호 기준 고시를 성능 시험 기준으로 활용할 수 있을 것이다.

철도안전법 제26조 규정에 의한 철도 차량 안전 기준에 관한 규칙 제19조(전자기유도장애의 억제)와 도시철도법령에 의한 도시철도 차량 안전기준에 관한 규칙 제17조(유도장애의 억제)에서는 철도 차량

기에서 발생하는 전자파를 억제하고, 전자파로부터 철도 차량을 보호토록 철도 차량 운행자 등이 유지·보수 관리토록 하고 있다.

## 2.2 국제 표준화 동향

국제전기위원회(IEC)에서는 유럽 표준인 EN50121을 기반으로 2003년 4월에 전기 철도 전자파 적합성 국제 표준(IEC 62236)을 제정하였으며, 2008년 12월에 일부 미비점을 개정하여 현재에 이르고 있다. IEC 62236은 철도 차량 내의 기기, 철도 차량, 전기 철도 시스템 등 6개 부분으로 나누어 표준을 마련하였으며 각각의 전자파 적합성 기준과 측정 방법을 규정하고 있다.

IEC 62236-1은 철도 시스템에 대한 설명, 본 표준의 구성, 철도 기기들의 전자파 내성에 대한 성능 평가 기준(A, B, C) 등에 대한 일반적인 요구사항을 규정하고 있으며, 기술적인 사항에 대해서는 정하고 있지 않다.

IEC 62236-2에서는 옥외 환경에서 전체 철도 시스템의 방사 기준 및 측정 방법을 개활지 노선 운행, 변전소, 급전 선로를 구분하여 규정하고 있다. 특히 개활지 노선에서 열차 운행에 대한 전자파 방사 기준은 열차 최고 속도의 90% 이상의 상태에서 9 kHz에서 1 GHz 까지 주파수 대역별로 기준을 규정하고 있으며, 우리나라 기술 기준인 그림 1과 같이 규정하고 있다. 또한 전자파 방사를 측정하기 위한 열차 운행 조건, 측정기 설정 방법, 날씨 등의 측정 조건 등을 자세히 규정하고 있다. IEC 62236-2와 우리나라 기술 기준 및 시험 방법을 비교하면 다음과 같은 주요 차이점이 있다.

- 9~150 kHz 대역에 대한 무선 통신 서비스 간섭 영향이 없는 조건에서 개활지 노선 및 변전소 기준 적용을 유예할 수 있는 예외 규정이 국제 표준에만 규정되어 있음.
- 국제 표준에는 변전소 울타리로부터 전자파 측정거리를 10 m로 하고 있으며, 우리나라 기술 기준에는 3 m로 하고 있음.

- 국제 표준은 30 MHz 이상에서의 측정용 안테나를 수직, 수평으로 회전시켜 측정토록 하고 있으나, 우리나라는 수직 방향에 대해서만 실시토록 하고 있음.
- 변전소에 우리나라 기술 기준은 개활지 노선의 25 kV 시스템 기준으로 하고 첩두치를 측정토록 하고 있으나, 국제 표준에서는 별도의 기준을 정하고 있으며 준첩두치로 측정토록 하고 있음.

IEC 62236-3-1은 열차 및 완성 차량에 대한 전자파 적합성 기준을 규정하고 있다. 본 표준에서는 열차 및 완성 차량이 정지 및 저속 운행하는 상태에서 철도 차량으로부터 발생하는 전자파를 측정토록 하고 있다. 그리고 전자파 방사를 측정하기 위한 시험장 조건, 열차 속도 등 시험조건, 정지 상태 및 저속 운행 상태의 방사 허용 기준 등을 규정하고 있다. 우리나라 기준과의 차이점은 다음과 같다.

- 국제 표준은 정지 상태와 저속 운행 상태 기준이 마련되어 있으나, 우리나라는 국제 표준과 다른 정지 상태 기준만 규정되어 있음.
- 국제 표준은 저속 운행 상태 기준이 규정되어 있음에 따라 저속 운행 상태 조건, 측정 방법 등이 규정되어 있음.
- 9~150 kHz 대역에 대한 무선 통신 서비스 간섭 영향이 없는 조건에서 정지 상태 및 저속 운행 상태 기준 적용을 유예할 수 있는 예외 규정이 국제 표준에만 규정되어 있음.
- 국제 표준은 30 MHz 이상에서 측정용 안테나를 수직, 수평으로 회전시켜 측정토록 하고 있으나, 우리나라는 수직 방향에 대해서만 실시토록 하고 있음.

IEC 62235-3-2는 차량 내 기기에 대한 전자파 장애 방지와 내성에 대한 기준 및 시험 방법을 규정하고 있다. 전자파 장애 방지 기준은 우리나라 전기 철

도 기준 및 시험 방법과 같이 견인 교류 및 직류 전원 포트의 전도 기준, 보조 교류 및 직류 전원 포트의 전도 기준, 전전지 기준 포트의 전도 기준, 프로세스 측정 및 제어 포트의 전도 기준, 표면 포트의 방사기준으로 구분하여 규정하고 있다. 전자파 내성 기준은 우리나라 기준과 비교할 때 다음과 같은 차이점이 있다.

- 전전지 기준 포트에 대해서 전도 방사, 빠른 과도 현상, 서지가 규정되어 있으며, 전자파 전도 기준은 10 V/m를 인가토록 하고 있다(우리나라는 전자파 전도, 빠른 과도 현상, 서지, 전압 변동, 순간 정전을 규정하고 전자파 전도 기준은 3 V/m임).
- 신호 및 통신, 프로세스 측정 및 제어 포트에서 전도 방사 기준이 10 V/m로 규정되어 있음.
- 합체 포트의 전자파 방사 기준은 진폭 변조되는 환경에서는 80 MHz~1 GHz까지 20 V/m를 인가하고, 디지털 전화기 사용 환경에서는 80 MHz~1 GHz는 20 V/m, 1.4~2.1 GHz는 10 V/m, 2.1~2.5 GHz는 5 V/m를 인가토록 하고 있음(국내 기준은 일반 환경 10 V/m, 2 GHz까지 디지털 무선 전화기 환경 20 V/m 인가).

IEC 62235-4는 신호 및 전기통신기기의 장애 방지 및 내성에 대한 기준과 시험 방법을 규정하고 있다. 전자파 장애 방지 기준은 IEC 61000-6-4에서 규정하는 최대 방사 기준에 적합토록 규정하고 있으며, 전자파 전도 기준은 교류 및 직류 전원 포트에 적용토록 규정하고 있다. 내성 기준은 합체 포트, 입출력 포트, 직류 및 교류 전원 포트, 접지 포트에 대해서 규정하고 있으며, 국내 기준과의 차이점은 합체 포트 전자파 방사 기준의 주파수와 인가 전압이 다르다는 것이다(차량 내 기기 합체포트 전자파 방사 기준과 같은 차이점이 있음).

IEC 62235-5는 고정 전원 설비 및 기기의 장애 방

지 기준 및 시험 방법과 내성에 기준 및 시험 방법을 규정하고 있다.

### 2-3 유럽

유럽에서는 전기 철도 EMC 기준을 마련하기 위하여 유럽전기기술표준위원회(CENELEC)에서 1993년 CISPR에서 논의된 기준을 기초로 유럽에서 운행 중인 직·교류 전기 철도에 대한 전체 시스템, 급전 설비, 신호 및 통신 장치 등에 대한 전자파 장애 방지 및 내성에 대한 초안을 작성하였으며, 2000년 4월 EN 50121으로 최종 확정하였다. EN 50121이 국제 규격에 앞서 제정된 배경에는, 유럽통합에 따른 유럽 내 철도망의 상호운용성 확보를 위한 필요성이 있었다. 지금까지 유럽 내의 각국마다 가지각색이었던 철도관계의 규격을 통일하는 것으로 철도 시스템에서 사용되는 기기나 차량의 성능을 일정한 레벨로 정리할 수 있다. 당연히 EMC 규격에 대해서도, 타국의 철도 차량이 자국 내를 달러도 상호간의 기기나 시스템에 장애가 발생하지 않도록 제정된 것이다.

유럽 국가간 전기 철도의 발달로 인하여 '00년 4월에 제정된 EN 50121은 '06년 8월에 현재의 기준으로 개정되어 시행되고 있다. 우리나라는 '00년 개발된 유럽의 전기 철도 EMC 표준을 수용하여 전기 철도 EMC 기술 기준 및 시험 방법을 제정하였다. 그러나 유럽 표준이 '06년에 대폭 개정됨에 따라 국내 기준을 개정할 필요가 제기되었다.

'06년에는 개정된 주요 내용은 정지 상태 기준 개정, 저속 운행 기준 추가, 안테나 방향, 변전소 측정 거리 등이다.

유럽에서 IEC 표준화를 주도하기 때문에 국제 표준과 같이 구성되어 있으며, 내용상 차이가 없다.

### Ⅲ. 전기 철도 전자파 측정·분석

전기 철도에서 발생하는 전자파의 영향을 분석하

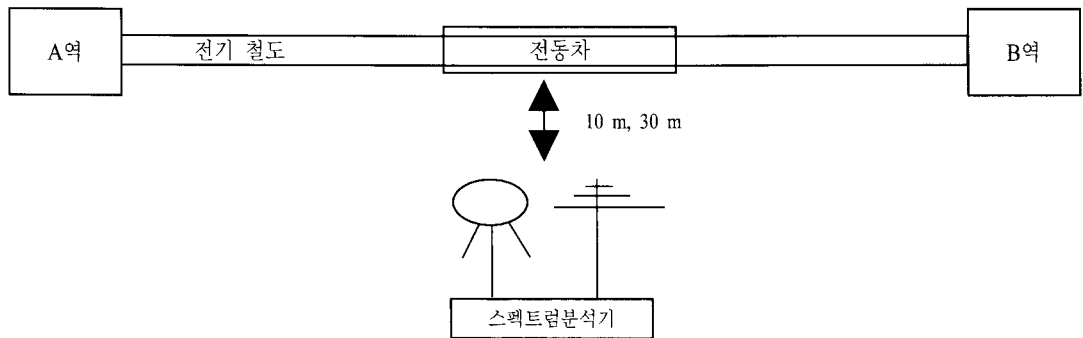
기 위하여 도심에서 고속으로 운행하고 있는 전기 철도에 대한 EMI를 측정·분석하였다. KTX 및 도심 운행 25 kV 교류 전철을 대상으로 실제 운행 환경에서 전기 철도 전체 시스템에서 방사되는 전자파를 측정하였다. 전기 철도 전자파 측정을 위한 구성도는 [그림 3]과 같다.

측정 결과, 150 kHz~1 GHz 이상에서는 기술 기준과 국제 표준 기준을 만족하였다. 그러나 9~150 kHz에서는 날씨, 부하 등의 조건에 따라 기술 기준에서 규정한 기준보다 높이 측정될 우려가 제기되었다. [그림 4]는 도심 고속 운행 상태에서 자기장의 세기 측정 결과이다.

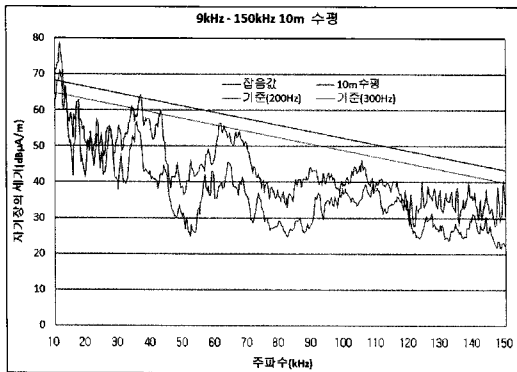
이에 따라 국제 표준 및 유럽 표준에서 무선 통신 서비스에 간섭을 주지 않은 경우에 기준치 이상을 허용한다는 예외 규정이 있음을 확인하였다. 30 MHz 이하의 자기장의 세기는 전동차가 안테나 바로 앞에 있을 때보다 통과되기 전과 통과 후에 크게 측정되었다. 이는 전기 철도 전자파는 열차에서 발생하는 것보다 전철 시스템 전체에서 발생하고 있다는 것을 알 수 있다. 30 MHz 이상에서 전기장의 세기는 전동차가 안테나를 지날 때 큰 값이 측정되었다. 30 MHz 이상의 전자파는 주파수에 특정되지 않고 불연속적으로 발생하였다. 이는 급전장치와 급전선의 불연속 아킹 잡음이 대부분의 주파수 대역에서 발생하고 있음을 보여주는 것이다. [그림 5]는 도심 운행 열차의 30 MHz에서 300 MHz 측정 결과이다.

안테나 방향에 따라서는 30 MHz 이하에서는 수평으로 측정된 값이 수직으로 측정된 자기장의 세기보다 높이 측정되는 것을 알 수 있었다. 그러나 30 MHz 이상에서는 주파수에 따라 수직·수평 방향 별로 전기장 세기의 큰 값이 특정되지 않아 두 방향 모두 측정하여야 함을 알 수 있었다.

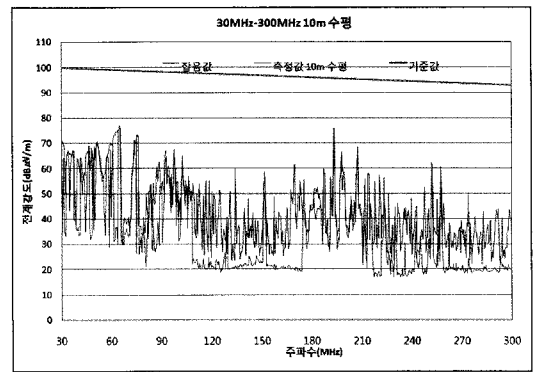
30 MHz 이하 대역에서는 전동차와 안테나 사이의 거리를 10 m에서 측정하는 것보다 30 m에서 측정된 자기장의 세기는 20 dB 정도 작게 측정되었다.



[그림 3] 운행 상태에서 전기 철도 EMI 측정 구성도



[그림 4] 9 kHz~150 kHz 자기장의 세기 측정 결과



[그림 5] 30 MHz~300 MHz 대역 전기장의 세기 측정 결과

30 MHz 이상에서는 10 m보다 30 m 측정된 전기장의 세기는 10 dB 정도 작게 측정되었다.

#### IV. 전기 철도 기술 기준 및 시험 방법 개정(안) 마련

본 연구에서는 전기 철도에서 발생하는 전자파가 방송 및 무선 통신 서비스에 영향을 줄 수 있다는 우려가 제기되어 측정·검증을 통해 해결 방안을 모색하고 관련 기술 기준 및 시험 방법 개정을 추진하게 되었다. 전기 철도 기술 기준 및 시험 방법 개정(안) 마련을 위하여 EMC 기준전문위원회 산하에 전기 철도 전자파 측정 분석 등을 실시하였다. '10년 10월에는 기술 기준 및 시험 방법 개정(안)에 대한

의견수렴 및 전자공정회를 실시하였으며, '10년 11월 EMC 기준전문위원회를 개최하여 개정(안)을 심의하였다. '10년 12월에 전기 철도 EMC 시험 방법 개정(안)이 공고되었다.

전자파 장애 방지 기준 제11조 및 시험 방법 제4 조제8항에서 규정하고 있는 전기 철도 EMC 기준 명칭 중 “고속철도기기류”를 “전기 철도기기류”로 변경하고, 조문 및 별표 명칭도 “고속 철도”를 “전기 철도”로 변경하였다. 전기 철도 기기류로의 변경 사유는 현재의 기술 기준 및 시험 방법 적용이 KTX, 산천과 같은 고속 철도에 한정되지 않고 모든 철도 기기류에 적용되고 있으며, 철도안전법 및 도시철도법에 따라 성능 검사를 받아야 하는 철도 차량은 모든

철도 차량에 해당되고, 국제 표준 및 유럽 표준에서도 모든 철도기기에 철도 EMC 표준이 적용되므로 관련 명칭을 현행화 하였다.

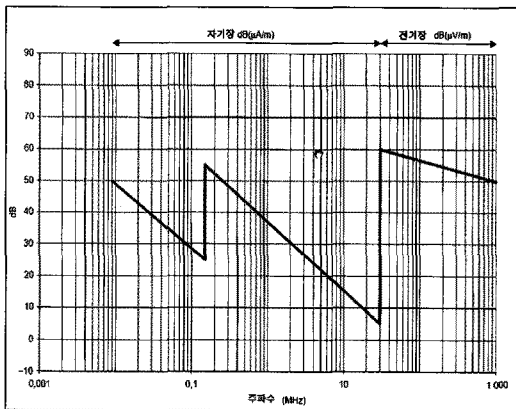
개활지에서 철도 노선으로부터의 방사 기준은 현행대로 유지하고, 측정 조건에 대해 명확히 규정하였다. 측정기의 조건 중 검파 모드를 침투치로 정의하였고, 주파수 대역별 분해능 대역폭을 명확히 정의하였다. 또한 전기 철도 측정·분석 결과와 국제 표준, 유럽 표준을 참조하여 9~150 kHz에 대한 예외 기준을 신설하였다. 전기 철도 EMC 측정·분석 결과, 본 대역에서는 운행의 부하, 날씨 등에 따라 규정하고 있는 기술 기준을 초과할 우려가 있었다. 이에 따라 국제 표준 및 유럽 표준에서는 동 대역을 이용하는 무선 통신 서비스를 많지 않다는 점을 고려하여 무선 통신 서비스에 영향을 주지 않다면 주어진 허용 기준치 초과를 허용할 수 있도록 규정하였다. 변전소에 대한 방사 기준은 국제 표준을 참조하여 [그림 6]과 같이 개정하였다.

변전소로부터 전자파 측정 거리는 국제 표준을 수용하여 현재 울타리로부터 “3 m”를 “10 m”로 개정하였다. 개정 이유는 변전소 울타리 존재 여부에 따라 3 m(울타리가 존재하는 경우), 10 m(울타리가 없는 경우)로 규정되어 있어 울타리가 존재하면 실질적으로

측정거리가 짧아져 실질적인 기준이 강화되는 현상을 방지하기 위함이다. 이에 따라 측정거리는 변전소와 변전소 울타리로부터 10 m로 통일하였다.

이동하는 열차에 대한 측정 방법에서는 CISPR 16-1-1에서 규정하고 있는 FFT 수신 모드 측정을 허용하였다. 철도는 빠르게 움직이므로 주파수별 전자파 측정을 위해서는 짧은 시간에 이루어져야 한다. 이에 따라 전자파 장애 방지 시험 방법에서는 스펙 시간을 50 ms로 권장하고 있다. 스펙트럼 분석기 및 EMI 수신기 등 계측기에서는 주파수별로 분해능 대역폭을 설정하고, 50 ms 정도의 짧은 스펙 시간을 설정하기 위해서는 한 번에 측정할 수 있는 대역폭을 줄여야 한다. 이에 따라 9 kHz부터 1 GHz까지 전 주파수 대역을 측정하기 위해서는 한 번에 측정하는 대역폭을 세분화 하여 나누어야 한다. 또한, 열차는 순식간에 측정 지점을 지나가므로 전 주파수 대역 측정을 위해서는 세분화된 대역폭에 따라 반복 운영을 해야 하므로 많은 시간과 비용이 소요되는 문제점을 가지고 있었다. 이와 같이 순간적으로 발생하는 전자파 측정 시간을 줄이기 위해서 CISPR에서는 FFT 측정 모드 표준화를 2010년 완료하였다. FFT 측정 모드는 시간 영역 측정 결과를 고속 푸리에 변환을 하여 주파수 영역에서 표시함으로써 스윕시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다. FFT 측정 모드는 순간적으로 발생하는 전자파를 측정하는데 장점이 있으므로 자동차, 전기 철도 전자파 측정을 효과적이라는 CISPR의 설명이 있었다. 이에 따라 전자파 장애 방지 시험 방법 개정에 전기 철도 시험 방법에 FFT 측정 모드를 추가하여 측정 시간 및 비용을 줄일 수 있도록 하였다.

측정 안테나 방향은 시험 방법에 있는 내용(30 MHz 미만은 수평 방향, 30 MHz 이상은 수직 방향)을 개정하였으며, 기술 기준에서도 관련 규정을 포함토록 신설하였다. 9 kHz~30 MHz 대역에서는 자기장을 측정하기 위하여 철도궤도 방향으로 수평으로 하여



[그림 6] 전기 철도 변전소 기준 개정



측정토록 하였으며, 30 MHz~1 GHz는 전기장을 측정하기 위하여 철도 궤도 방향으로 위치한 안테나를 수직, 수평으로 회전시켜 측정하도록 하였다. 우리나라 전기 철도 EMI 측정 결과, 30 MHz 이하에서는 수평 자기장이 수직 자기장보다 크게 측정되었으며, 국제 표준 및 유럽 표준에서도 수평 방향 측정을 규정하고 있어 현행 측정 방법을 유지토록 하였다. 그러나 30 MHz 이상 대역에서는 수직 전기장보다 수평 전기장 값이 크게 측정되는 결과가 발생하였으며, 유럽 표준에서도 수직, 수평 편파 모두에 대해서 측정토록 관련 규정을 개정함에 따라 우리나라 측정 방법도 개정하게 되었다.

기타 9~150 kHz 대역에서 거리에 따른 측정값 보상 방법, 편집 오류, 세부적인 측정 방법 등은 2008년 개정된 IEC 국제 표준을 수용하여 기술 기준 및 시험 방법을 개정하였으며, 전기 철도 시험 방법에서 인용되고 있는 국내 시험 방법 관련 조항 및 별표 등을 현행화하였다.

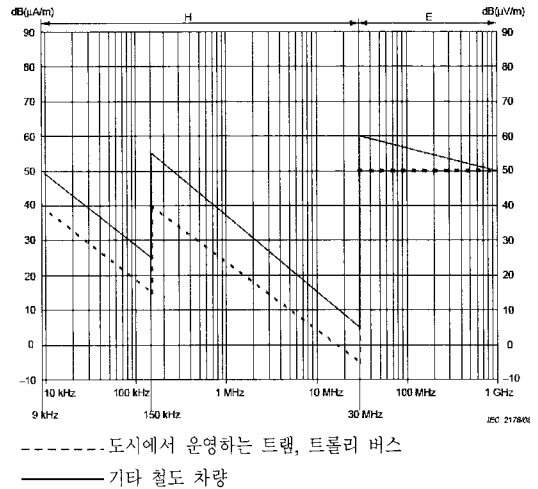
#### 4-1 열차 및 완성 차량 정지 상태 장애 방지 기준 및 시험 방법

정지 상태 기준을 국제 표준 및 유럽 표준을 수용하여 [그림 7]과 같이 개정하였다.

전기 철도 정지 상태 기준은 현행 기준보다는 엄격하게 정하게 되었다.

전기 철도 정지 상태 기준은 2000년 유럽의 표준을 참조하여 제정하였으나, 2006년 유럽 표준이 전면 개정되어 우리나라 기준의 개정이 필요한 실정이었다. 열차의 정지 상태는 고정되어 이용되는 제품으로 이해할 수 있다. 30 MHz~1 GHz 대역 정보 기기 기준은 40~47 dB $\mu$ V/m(A급)으로 규정되어있으며, 다른 기기들도 50 dB $\mu$ V/m 정도의 전기장 의 세기를 규정하고 있다. 이에 따라 유럽 및 국제 표준에서도 도심 열차 및 KTX에 대한 열차 및 완성 차량의 정지 상태 기준을 50 dB $\mu$ V/m로 제·개정한 것으로 사료

허용 기준(준첨두치)



[그림 7] 정지 상태 허용 기준

되며, 이를 수용하여 우리나라 기준도 개정하게 되었다. 시내에서 운행하는 트램 및 트롤리 버스 기준은 일반 열차보다는 조금 완화하여 규정하였으며, 9 kHz~30 MHz 이하 대역에 대한 기준은 국제 표준을 수용하게 개정하였다.

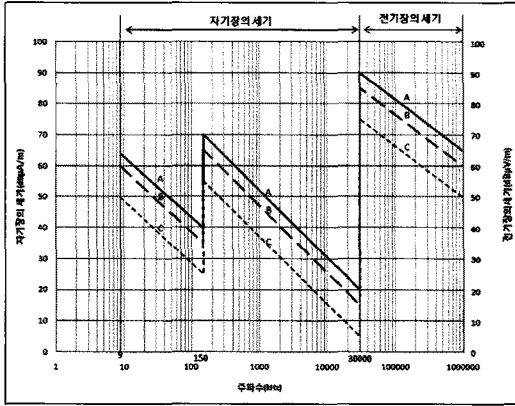
측정 모드를 “첨두치”에서 “준첨두치”로 개정하였다. 정지 상태에 있는 열차는 첨두치, 준첨두치 모두의 측정이 가능하다. CISPR에서는 측정의 정확도와 재연성을 확보하기 위해 대부분 제품 규격에서 준첨두치 측정 방법을 권장하고 있으며, 전기 철도 국제 표준에서도 준첨두치 방법을 규정하고 있다.

9~150 kHz 대역에 대한 정지 상태의 방사 예외 기준은 국제 표준을 수용하여 신설하였다. 개정 이유는 개활지에 대한 철도 노선의 예외 기준 신설 사유와 같다. 기타 주파수 대역별 측정 안테나 방향, 세부적인 측정 방법 등도 국제 표준을 참조하여 개정하였다.

#### 4-2 열차 및 완성 차량 저속 이동 상태 장애 방지 기준 및 시험 방법

전자파 장애 방지 기준 별표 10 제2호 나목 및 전

허용 기준(침두치)



[그림 8] 열차 및 완성 차량 저속 운행 상태 방사 기준

자파 장애 방지 시험 방법 별표 7 제2장 4.3.3.2에 저속 이동 상태 기준 및 시험 방법을 [그림 8]과 같이 신설하였다.

저속 운행 상태의 기준을 신설함에 따라 시험 방법에 측정 조건을 명확히 하였다. 저속 시험을 위한 열차의 권장 속도는 도시 철도 차량의 경우에는 (20±5) km/h이고, 간선 차량의 경우에는 (50±10) km/h이다. 여기서 간선 차량은 무궁화호, KTX 등이 해당한다. 열차는 안테나를 통과할 때 주어진 속도 범위 내에서 최대 견인력의 약 1/3로 가속하거나 감속해야 한다. 9~150 kHz 대역에 대한 저속 이동 상태 방사 예의 기준은 국제 표준을 수용하여 신설하였으며, 측정 시간의 단축과 비용의 절감을 위하여 CISPR 16-1-1에서 규정하고 있는 FFT 측정 모드로 측정할 수 있도록 하였다.

## V. 결 론

전기 철도에서 발생하는 전자파가 방송 및 무선 통신 서비스에 영향을 줄 수 있다는 우려가 제기되어 측정·검증을 통해 해결 방안을 모색하고, 관련 기술 기준 및 시험 방법 개정을 추진하였다. 우리나

라 전기 철도 기술 기준은 2004년 유럽 표준을 참조하여 제정되었으나, 2006년 유럽 표준이 개정되고 IEC 국제 표준이 새롭게 제정됨에 따라 개정의 필요성이 증가하였다. 이에 따라 전파연구소에서는 철도 기관, 제조업체, 연구소 등 이해관계자로 전기 철도 연구반을 구성·운영하고, 전기 철도에서 발생하는 전자파를 측정 분석하여 기술 기준 및 시험 방법 개정안을 마련하였다.

전기 철도 기술 기준 주요 개정 내용은 현재의 철도 EMC 기준이 KTX, 지하철 등 전기 철도에 공통적으로 적용할 수 있으므로 혼란 방지를 위하여 “고속 전철 기기류”로 되어 있는 명칭을 “전기 철도 기기류”로 변경하였다. 또한 국제 표준을 수용하여 정지상태 기준을 개정하고 저속 운행 상태 기준을 신설하였으며, 9~150 kHz 대역에 대한 기준 적용 예의 규정을 신설하였다. 저속 운행 상태에 시험 조건을 명확히 규정하였으며, 측정 시간을 줄이기 위해 CISPR에서 표준화된 FFT 측정 모드를 사용할 수 있도록 시험 방법을 개정하였다.

이번에 마련된 전기 철도 EMC 기준 및 시험 방법은 주파수 자원을 보호하고 안전한 전자파 환경 조성에 기여할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 육재림, 윤현보, "고속철도 전자파장애 기준 연구", 한국전자과학회지 전자파기술, 15(1) 2004년 1월.
- [2] 이태형, 한인수, "한국형 고속열차 전자파 시험 종합 결과", 한국전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, 2008년 11월.
- [3] 한문섭, "전기 철도 EMC 규격의 동향", 한국 철도기술, 2004년 5월.
- [4] 정동욱, 한문섭, "철도 EMC 기술 동향", 뉴스레터 통권 제12호, EMC 기술지원센터, 2008년

7월.

- [5] IEC 62236 시리즈 표준, "Railway applications - Electromagnetic compatibility, IEC, 2008.
- [6] EN 50121 시리즈 표준, "Railway applications - Electromagnetic compatibility, CELENEC, 2006.
- [7] 양준규, 2010년 EMC 기술 기준 및 시험 방법 개정 추진, 뉴스레터, EMC 기술지원센터, 2010년 12월.

- [8] 전파연구소 연구보고서, "전자파 적합성 기술 기준 및 시험 방법 연구", 2010년.
- [9] 전자파 장애 방지 기준, 전자파 보호기준, 방송 통신위원회 고시.
- [10] 전자파 장애 방지 시험 방법, 전자파 보호 시험 방법, 전파연구소 공고.
- [11] 철도안전법령 및 고시, 도시철도법령 및 고시.

≡ 필자소개 ≡

양 준 규



2008년 8월: 군산대학교 (공학박사)  
1997년 12월~현재: 전파연구소 근무

금 흥 식



1994년 2월: 충북대학교 (공학석사)  
2009년 3월~현재: 한국전파진흥협회 EMC  
기술지원센터 근무