고속전철 시스템의 EMI 측정

Measurement of EMI by High-Speed Train System

김윤명† 주영준* 유재성** 구본철**

Gimm, Yoon-Myoung Ju, Young-Jun Yoo, Jea-Seong Koo, Bon-Chul

ABSTRACT

High speed train system consumes much electric power during running, and generate much EMI (electromagnetic interference) by arc between the pantograph and the trolley line.
In this paper, EMI was measured following EN50121-2, 'Railway applications. - Electromagnetic compatibility. (Emission of the whole railway system to the outside world)', from the running high-speed railway (KTX) at 300 km/h speed. Measured results exceed the limit values of EN50121-2 in low frequency band (9 kHz ~ 150 kHz), but they did not exceed the limit values in other higher frequency band (150 kHz ~ 1 GHz).

---

1. 서 론

고속전철 시스템은 주행 중에 대전력을 소모하고 Pantograph가 전차선(電車線)으로부터 이선(離線)하여 그 주변에 EMI(Electromagnetic Interference)를 생성시킨다.

표 1은 고속전철 시스템에서 발생하는 EMI를 Intra-System EMI와 Inter-System EMI로 나누어서 나타낸 것이다. 표 1에서 확인할 수 있듯이 고속전철 시스템에서 발생하는 EMI에 의하여 고속전철 시스템 및 주변 환경에서 사용하는 유·무선통신 시스템에 영향을 주게 된다. 이는 고속전철 시스템의 안전성을 저해하고, 유·무선 통신 시스템의 정상적인 통신이 이루어지지 않게 하는 원인이 된다.

본 논문에서는 고속전철 시스템(KTX)의 운행중(시속300 km/h)에 고속전철 시스템에서 발생하는 EMI를 EN50121-2의 측정 방법에 따라서 측정하고, 기준치와 비교 분석하였다.

2. 고속전철 시스템의 EMI 측정 기준 및 기준치

고속전철 시스템의 EMI/EMS 기준은 CISPR의 주도하에서 만들어진 IEC-62236과 CENELEC의 주도하에 만들어진 EN50121 두 가지 기준이 있다. 두 가지 기준의 내용은 서로 같으며 표 2는 IEC-62236과 EN50212의 내용을 간략히 나타내었다.

† 책임저자 : 정회원, 단국대학교, 전자전기공학부, 교수
E-mail : gimm@dku.edu
TEL : (02)793-8732 FAX : (02)793-1150
* 정회원, 단국대학교, 전자전기공학부, 박사과정
** 비회원, 단국대학교, 전기전자공학부, 석사과정

표 1, 고속전철 시스템의 전자파 Source

Intra-System EMI (고속전철 내부 시스템끼리의 EMI)	- 고속전철 시스템의 가공선 및 전력변환용 인버터와 통신 및 전자기기 사이의 EMI - 고속전철 시스템의 Trolley에서의 아크방전과 열차내의 운행용, 통신용 전자기기 사이의 EMI - 운행용 모터와 열차내의 운행용, 통신용 전자기기 사이의 EMI
Inter-System EMI (고속전철 그 바깥 시스템 사이의 EMI)	- Trolley에서의 아크방전과 주변 유·무선 통신망의 수신기 사이의 EMI - 고속전철 시스템에서 발생되는 전자파와 근접한 전자회로 및 시스템 사이의 EMI - 고속전철 시스템에서 발생된 전자파와 근접한 인체와의 EMI - 주변의 강한 RF 송신전력과 열차사이의 EMI - 근접한 고압 송전선로와 열차사이의 EMI - 번개와 같은 강한 충격성 잡음과 열차사이의 EMI

표 2. 전기철도에 대한 IEC 62236과 EN50121 기준 내용

IEC 기준	EN 기준	기준내용
IEC 62236-1	EN-50121-1	총론
IEC 62236-2	EN-50121-2	전체철도시스템에서의 외부로의 방사
IEC 62236-3-1	EN-50121-3-1	열차와 완성차량
IEC 62236-3-2	EN-50121-3-2	차량내 기기장치
IEC 62236-4	EN-50121-4	신호와 통신장치의 방사와 내성
IEC 62236-5	EN-50121-5	고정전력 변전설비 및 기기

2-1. 고속전철 시스템의 EMI 측정 방법

이동하는 고속전철 시스템에서의 EMI 측정 방법은 EN50121-2에서 규정하고 있다. 이동하는 열차로부터의 전자파 방사(EMI) 측정 파라미터는 표 3 ~ 4에 나타내었다.

표 3. 이동하는 열차로부터의 전자파 방사 측정 파라미터

측정주파수 범위	9 kHz ~ 1 GHz
측정 간격	50 ms
측정값의 단위	자기장 : dBμA/m 전기장 : dBμV/m
측정시 철도운행조건	- 최대 속도의 90 % 이상 및 그 속도에서 공급 가능한 최대 전력 - 최대 정격 전력 및 선택한 속도 (저주파와 관련된 경우)

표 4. 측정 주파수별 측정대역폭 및 사용 안테나

주파주범위	9 ~150 kHz	0.15 ~ 30 MHz	30~300 MHz	300 MHz~1 GHz
대역폭	200 Hz	9 kHz	120 kHz	120 kHz
안테나 종류	루프 안테나		바이코니컬 다이폴 안테나	로그 피리오딕 안테나

고속전철 시스템의 전자파 방사 측정은 그림 1과 같이 고속전철 시스템의 선로 중아에서 10 m 떨어진 지점에서 루프안테나, 바이코니컬 안테나, 로그 피리오딕 안테나를 사용하여 측정하도록 하고 있다.

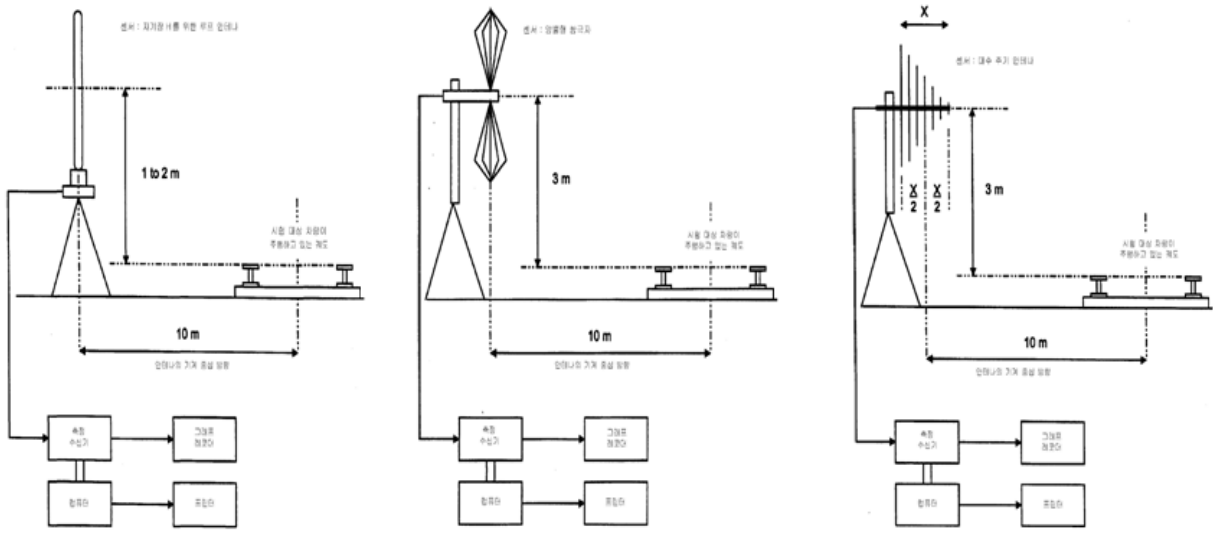
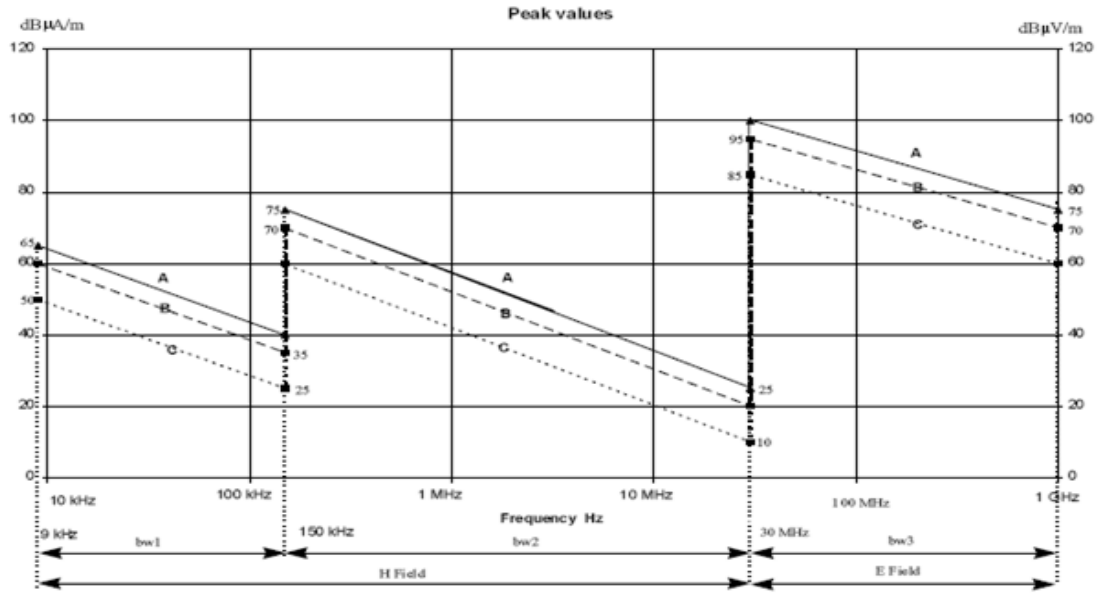


그림 1. 고속전철 시스템의 방사 측정 방법

2-2. 고속전철 시스템의 EMI 제한치

고속으로 이동하는 고속전철 시스템의 EMI 제한치는 EN50121-2에서 규정하고 있으며 그림 2에서와 같이 9 kHz ~ 1 GHz 까지 제한치를 규정하고 있다. EMI 제한치는 9 kHz ~ 30 MHz까지의 대역에서는 자기장(H-Field)의 Peak값으로, 150 kHz ~ 1 GHz까지의 대역에서는 전기장(E-Field)의 Peak값으로 제한하고 있다. 그림 2는 9 kHz ~ 1 GHz까지의 EMI 제한치를 나타낸 것이다.



* A = 25 kV_{ac}, B=15 kV_{ac}, 3 kV_{dc} & 1.5 kV_{dc}, C= 750 V_{dc} Conductor rail

그림 2. 고속전철 시스템의 방사 제한치(9 kHz ~ 1 GHz)

3. 고속전철 시스템의 EMI 측정

이동하는 고속전철 시스템에서의 EMI 측정은 표 5에서와 같은 측정 조건으로 측정하였다.

표 5. 전자파 장해 측정 주파수 대역에 따른 사용 측정 장비

주파수 대역	스펙트럼 분석기 RBW	스펙트럼 분석기 SWP	안테나
9 kHz ~150 kHz	1 kHz	200 ms	Loop Antenna
150 kHz ~ 30 MHz	10 kHz	60 ms	Loop Antenna
30 MHz ~ 300 MHz	120 kHz	50 ms	Biconical Antenna
300 MHz ~ 1,000 MHz	120 kHz	50 ms	Log Periodic Antenna

고속전철 시스템의 EMI 측정값은 9 kHz ~ 30 MHz 까지는 dBμA/m로 30 MHz ~ 1,000 MHz 까지는 dBμV/m로 측정하였으며, EMI 측정값은 안테나 Factor와 Cable Loss를 고려하여 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 계산하였다.

H-field [dBμA/m] = 스펙트럼 분석기 측정값[dBμV] + Cable Loss[dB]
+ Antenna Factor[dB/m] +51.5 dB ---------- 식(1)

E-Field [dBμV/m] = 스펙트럼 분석기 측정값[dBμV] + Cable Loss[dB]
+ Antenna Factor[dB/m] ---------- 식(2)

그림 3. 고속전철 시스템의 전자파장해 측정 모습

고속전철 시스템의 전자파 장해 측정은 9 kHz ~ 1,000 MHz 대역에서 수평성분 전자파에 대하여 측정하였으며, 측정 결과는 그림 4 ~ 그림 5까지 나타내었다

9 kHz ~ 150 kHz 대역에서의 전자파 장해 측정 결과 그림 4에서 알 수 있듯이 저주파 대역인 9 ~ 19 kHz 사이, 38.5 kHz, 77 kHz, 122 kHz에서 자계 측정값이 기준치보다 높게 측정되었다. 이는 고속전철이 최고속도로 운행시에 판토그라프와 전차선 사이에서 이선(離線)에 의한 아크성 RF 성분으로 예상되며, 나머지 대역인 150 kHz ~ 1,000 GHz 사이에서의 전자파 방사 크기는 일부대역에서 기준치를 초과

하는 것을 볼 수 있으나 이는 고속전철에서 방사되는 전자파의 크기가 아니라 TV 방송 및 이동통신 주파수 대역의 전파 신호임을 확인하였다.
9 kHz ~ 150 kHz 대역에서 측정된 환경잡음에서 120 kHz 대역에서 기준치를 초과한 것들은 고속전철 통과시에 발생한 광대역의 아크성(性) RF 신호 중 19 kHz 이하의 광대역 잡음과 그 고조파 성분으로 판단된다.

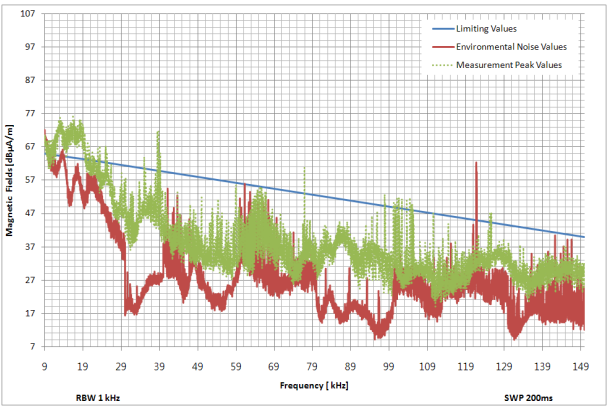


그림 4. 9 kHz ~ 150 kHz 대역의 전자파 장해(자계)측정 결과

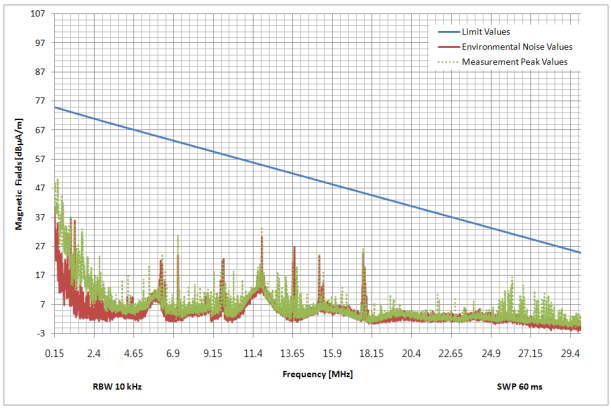


그림 5. 150 kHz ~ 30 MHz 대역에서의 전자파장해(자계) 측정 결과

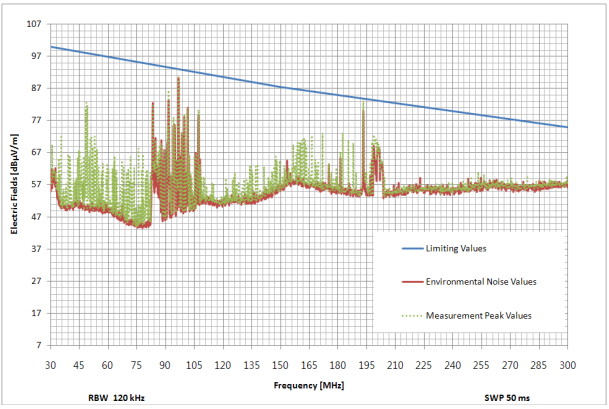


그림 6. 30 MHz ~ 300 MHz 대역에서의 전자파장해(전계) 측정 결과

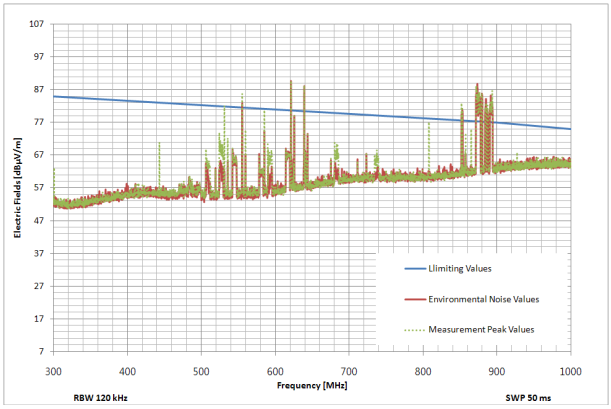


그림 7. 300 MHz ~ 1,000 MHz 대역에서의 전자파장해(전계) 측정 결과

4. 결 론

최고속도(300 km/h)로 운행하는 고속전철 시스템의 전자파 방사를 EN50121의 측정방법에 따라서 측정하였다. 9 kHz ~ 150 kHz 대역에서의 전자파 장해 측정 결과 저주파 대역인 9 ~ 19 kHz 사이, 38.5 kHz, 77 kHz, 122 kHz에서 자계 측정값이 기준치보다 높게 측정되었다. 이는 고속전철이 최고속도로 운행시에 판토그라프와 전차선 사이에서 이선(離線)에 의한 아크성 RF 성분으로 예상되며, 나머지 대역인 150 kHz ~ 1,000 GHz 사이에서의 전자파 방사 크기는 일부대역에서 기준치를 초과하는 것을 볼 수 있으나 이는 고속전철에서 방사되는 전자파의 크기가 아니라 TV 방송 및 이동통신 주파수 대역의 전파 신호임을 확인하였다.
9 kHz ~ 150 kHz 대역에서 측정된 환경잡음에서 120 kHz 대역에서 기준치를 초과한 것들은 고속전철 통과시에 발생한 광대역의 아크성(性) RF 신호 중 19 kHz 이하의 광대역 잡음과 그 고조파 성분으로 판단된다.

본 연구는 *국토해양부 미래철도기술개발사업*의 연구비지원(*차세대 고속철도기술개발, 분산형 차량성능 및 운용 기반 기술 개발 과제*)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. EN50121-1:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: General".
2. EN50121-2:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world".
3. EN50121-3-1:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle".
4. EN50121-3-2:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-2: Rolling stock - Apparatus".
5. EN50121-4:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus".
6. EN50121-5:2006, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus".
7. 명성호(1997), "EMI/EMC 평가 및 대책 기술개발, 1차년도 연차보고서", 건설교통부.
8. 명성호(1998), "EMI/EMC 평가 및 대책 기술개발, 2차년도 연차보고서", 건설교통부.
9. 박춘수(2006), “고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술 개발”, 건설교통부.