

분산형 전철 시스템의 EMI 측정 연구

EMI Measurement of EMU(Electric Multiple Unit) Train System

김윤명† 주영준*
Gimm, Yoon-Myoung Ju, Young-Jun

ABSTRACT

High speed train system generates much EMI (electromagnetic interference) by arc between the pantograph and the trolley line during the running time.

EMI from the tilted EMU train system which is similar to HEMU-400X system for 400 km/h speed and with the distributed engines was measured following EN50121-2, 'Railway applications. - Electromagnetic compatibility (Emission of the whole railway system to the outside world)'.

Measured EMI values exceed the limiting values of EN50121-2 in high frequency band (30 MHz ~ 1,000 MHz), but exceeding frequencies were identified that they are used for mobile communications. Measured EMI values did not exceed the limiting values in other low frequency band between 9 kHz and 30 MHz.

1. 서론

고속전철 시스템은 대용량의 전력을 사용하여 고속으로 운행되며, 주행 중에 Pantograph가 전차선(電車線)으로부터 이선(離線)하여 그 주변에 EMI(Electromagnetic Interference)를 생성시킨다.

고속전철 시스템에서 발생하는 EMI는 고속전철 시스템 및 주변 환경에서 사용하는 유·무선통신 시스템에 영향을 주게 되며, 이는 고속전철 시스템의 안전성을 저해하고, 유·무선 통신 시스템의 정상적인 통신이 이루어지지 않게 하는 원인이 된다.

이 연구에서는, EN50121-2 전기철도 시스템의 주행시의 EMI 측정방법을 채용하여, 현재 개발중인 시속 400 km의 분산형 고속열차인 HEMU-400X와 유사한 틸팅 열차가 시속 150 km 이상에서 운행할 때에 발생하는 EMI를 측정하였다.

2. 전기철도 시스템의 EMI 측정 기준 및 기준치

전기철도 시스템의 EMI/EMS 기준은 CISPR의 주도하에서 만들어진 IEC-62236과 CENELEC의 주도하에 만들어진 EN50121 두 가지 기준이 있다. 두 가지 기준의 내용은 서로 같으며 표 1은 IEC-62236과 EN50121의 내용을 간략히 나타내었다[1].

† 책임저자 : 정희원, 단국대학교, 전자전기공학부, 교수

E-mail : gimm@dku.edu

TEL : (02)793-8732 FAX : (02)793-1150

* 정희원, 단국대학교, 전자전기공학부, 박사과정

표 1. 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	전체 철도시스템에서 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. 전기철도 시스템의 EMI 측정 방법

이동하는 전기철도 시스템에서의 EMI 측정 방법은 EN50121-2에서 규정하고 있다. 이동하는 열차로부터의 전자기 방사(EMI) 측정 파라미터는 표 2와 표3에 나타내었다.

표 2. 이동하는 열차로부터의 전자파 방사 측정 파라미터

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

표 3. 측정 주파수별 측정대역폭 및 사용 안테나

측정 주파수 범위	9 ~ 150 kHz	0.15 ~ 30 MHz	30 ~ 300 MHz	300 MHz ~ 1 GHz
측정 대역폭	200 Hz	9 kHz	120 kHz	120 kHz
측정 안테나 종류	Loop Antenna		Biconical Dipole Antenna	Log-periodic Antenna

전기철도 시스템의 전자파 방사 측정은 그림 1과 같이 고속전철 시스템의 선로 중앙에서 10 m 떨어진 지점에서 Loop Antenna, Biconical Antenna, Log-periodic Antenna를 사용하여 측정한다.

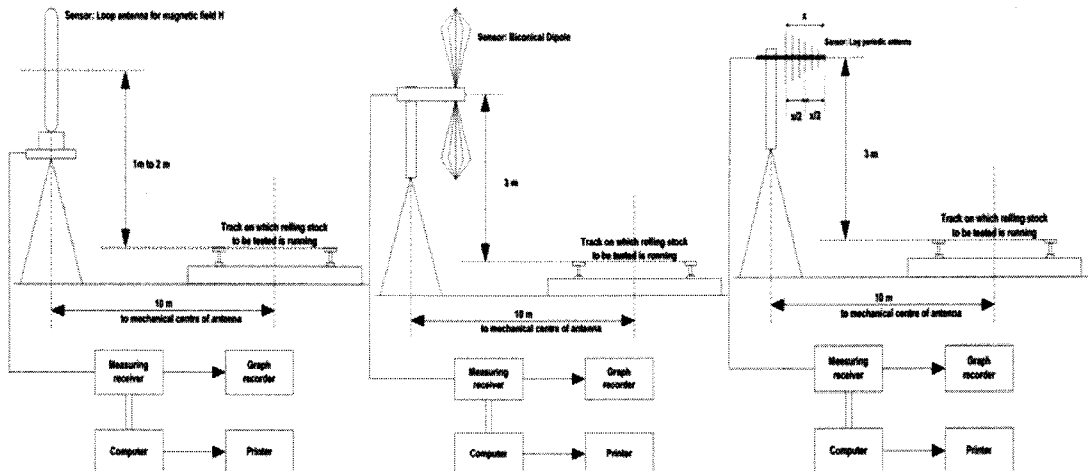
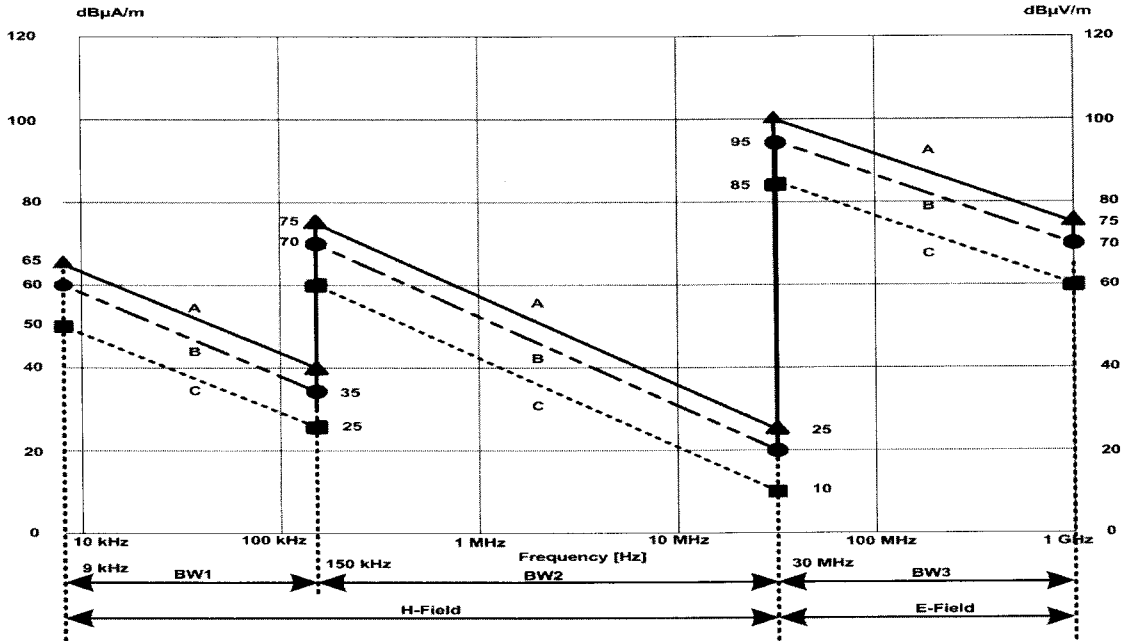


그림 1. 전기철도 시스템의 EMI 측정시 측정 장비들의 배치 기하.

2-2. 전기철도 시스템의 EMI 제한치

고속으로 이동하는 전기철도 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 침투값으로, 150 kHz ~ 1 GHz까지의 대역에서는 전기장(E-Field)의 침투값으로 제한하고 있다. 그림 2는 9 kHz ~ 1 GHz까지의 EMI 제한치를 나타낸 것이다.



* A = 25 kVac, B=15 kVac, 3 kVdc & 1.5 kVdc, C= 750 Vdc Conductor rail

그림 2. 전기철도 시스템의 방사 제한치(9 kHz ~ 1 GHz)

3. 전기철도 시스템의 EMI 측정

이동하는 전기철도(Tilting) 시스템에서의 EMI 측정에 사용한 장비를 표 4에 나타내었으며, 표 5에는 각 대역별 계측장비의 측정 조건을 나타내었다.

표 4. 전자파 장애 측정에 사용한 측정 장비

구분	시험장비	모델명	제조사
차계	Loop Antenna	6502	EMCO
	EMI Receiver	ESU EMI Receiver	Rohde&Schwarz
전계	Bi-Log Antenna	VULB9161 SE	SCHWARZBECK
	Spectrum Analyzer	E4445A	Agilent

표 5. 전자파 장애 측정 주파수 대역에 따른 계측 장비의 측정 조건

주파수 대역	스펙트럼 분석기 RBW	스펙트럼 분석기 SWP	안테나
9 kHz ~ 150 kHz	200 Hz	760 ms	Loop Antenna
150 kHz ~ 30 MHz	9 kHz	760 ms	Loop Antenna
30 MHz ~ 1,000 MHz	120 kHz	65 ms	Bi-Log Antenna

전기철도 시스템의 EMI 측정값은 9 kHz ~ 30 MHz 까지는 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 로, 30 MHz ~ 1,000 MHz 까지는 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 로 측정하였으며, EMI 측정값은 안테나 Factor와 Cable Loss를 고려하여 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 계산하였다[2].

$$\begin{aligned} \text{H-field [dB}\mu\text{A/m]} &= \text{스펙트럼 분석기 측정값[dB}\mu\text{V]} + \text{Cable Loss[dB]} \\ &\quad + \text{Antenna Factor[dB/m]} - 51.5 \text{ dB} \cdot \Omega \end{aligned} \quad \text{식(1)}$$

$$\begin{aligned} \text{E-Field [dB}\mu\text{V/m]} &= \text{스펙트럼 분석기 측정값[dB}\mu\text{V]} + \text{Cable Loss[dB]} \\ &\quad + \text{Antenna Factor[dB/m]} \end{aligned} \quad \text{식(2)}$$

그림 3은 전기철도의 고속운행(150 km/h)시의 EMI 측정 모습을 나타낸 것이다.



그림 3. 전기철도(Tilting) EMI 측정 모습

전기철도 시스템의 전자파 장애 측정은 9 kHz ~ 1,000 MHz 대역에서 전자기 간섭을 측정하였으며, 측정 결과는 그림 4 ~ 그림 6에서 나타내었다.

9 kHz ~ 30 MHz 대역에서의 전자기 간섭 측정 결과, 그림 4에서 알 수 있듯이 전자파 방사 기준치보다 낮은 값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 30 MHz ~ 1,000 MHz 사이에서의 전자파 방사 크기는 일부대역에서 기준치를 초과하는 것을 볼 수 있으나 이는 고속전철에서 방사되는 전자파의 크기가 아니라 이동통신 주파수 대역의 전파 신호임을 확인하였다.

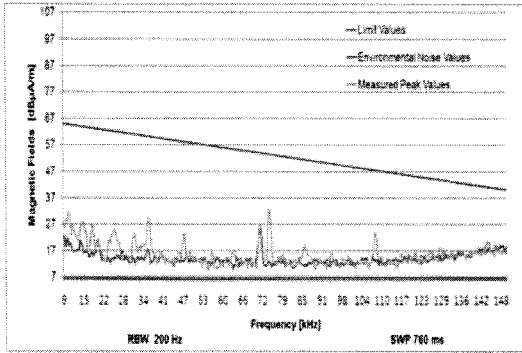


그림 4. 9 kHz ~ 150 kHz 대역의 전자파(자계) 간섭 측정치

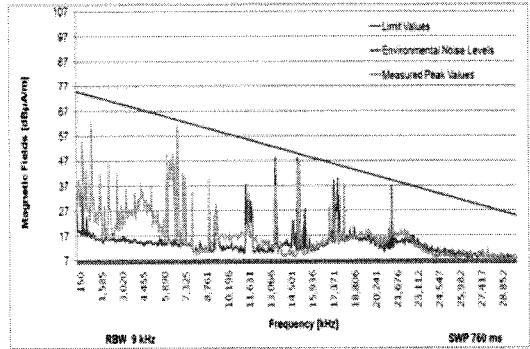


그림 5. 150 kHz ~ 30 MHz 대역에서의 전자파(자계) 간섭 측정치

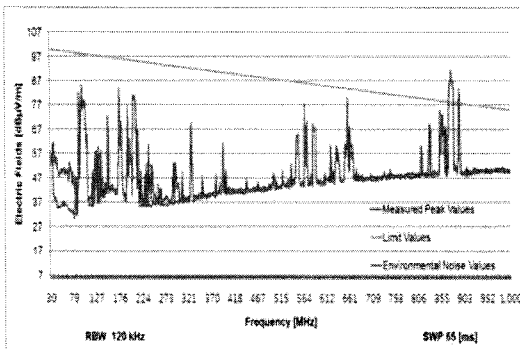


그림 6. 30 MHz ~ 1,000 MHz 대역에서의 전자파(전계) 간섭 측정치

4. 결론

본 연구에서는 분산형 동력인 Tilting형 전기철도가 시속 150 km/h 이상으로 운행중에 전기철도에서 방사되는 EMI를 측정하였다. 측정결과 9 kHz ~ 1,000 MHz 전 대역에서 전기철도에서 방사되는 EMI의 크기가 EN50121-2의 기준치를 초과하지 않는 것을 확인하였다.

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07차세대고속철도A01)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. 김윤명, 주영준, 유재성, 구분철(2008) "고속전철 시스템의 EMI 측정", 2008년 철도학회 추계학술발표대회 프로시딩, 2008년 11월 14일, 광주 김대중 컨벤션센터.
4. 명성호(1997), "EMI/EMC 평가 및 대책 기술개발, 1차년도 연차보고서", 1997년 10월, 건설교통부.