

철도환경에서 전자파 간섭 측정 및 전자파 적합성 설비구축에 대한 연구

A study of measurement of EMI and a research facility of EMC in railroad environment

김민석* 이강원** 김명룡***

Min Suk Kim, Gang Won Lee, Myung Rong Kim

ABSTRACT

Harmonic voltage and current are generated by switching operation of auxiliary power supply equipment, propulsion control equipment and air compressor driver on Rolling stock. During running rolling stock, Generated harmonic from rolling stock need restrain below set level given rise to malfunction of electric and signal wayside equipment because frequent acceleration and deceleration was increased in flowing harmonic current on the railroad. In this paper, radiated emission level were measured from running rolling stock. Background noise was measured by continuously varied time and climatic conditions of test site on EMI (Electromagnetic Interference) emission level which resulted from electromagnetic environment around test site. Bleeding edge railroad environment from now, EMC(Electromagnetic Compatibility) facilities be being built in KRRI(Korea Railroad Research Institute) introduce to estimate level EMC on the electric/electronic equipment of every kind.

1. 서론

선로를 따라 운행하는 전동차에서 발생하는 전자파장해 현상은 전동차의 신호체계에 영향을 미쳐 오동작을 유발하는 원인이 되기도 하지만, 주변의 통신선로에 유도되어 유선통신에 지장을 주고, 라디오의 음성잡음 및 TV수신기 화면의 스노우 현상을 일으키기도 하며 나아가 무선 통신에 악영향을 끼칠 수 있다. 따라서 각종 영향을 예측하여 해석하고, 적절한 대책을 강구할 필요가 있게 된다. 선로 주변의 신호기기 등이 EMI현상에 매우 취약한 마이크로 프로세서를 포함한 반도체를 이용한 전자회로로 대체되고 있는 것도 확실한 대책이 있기 때문이고, 유도전압 예측 프로그램을 개발하여 주위 통신 선로에 유도되는 잡음 전압의 크기를 미리 예측하는 것도 사전에 대책을 세우기 위함이다. 그리고 복사성 장해에 의해 무선통신에 미치는 영향도 조사 분석하여 별도의 대책을 강구할 필요가 있을 것이다. 또한 철도시스템 각 분야(차량/신호/전력 및 각종 유지보수기기)에 적용되는 전기/전자 부품 및 기기의 EMC 적합성 시험은 평가/인증의 중요한 항목이며 IT기술의 발달 및 철도분야 적용이 확대됨에 따라 핵심적인 요소로 자리 잡고 있다. 본 논문에서는 실제로 선로를 주행하는 전동차로부터 발생된 복사성 EMI(electromagnetic interference)를 측정하였고 정확한 간섭정도를 판단하기 위하여 측정 장소에서의 배경잡음에 의한 영향도 살펴보았다. 또한 향후 첨단화 되는 철도환경에서 각종 전자장비들에 대한 EMC(electromagnetic compatibility)의 올바른 평가를 위해 한국철도기술연구원에서 구축중인 EMC관련 설비들에 대해 소개한다.

* 한국철도기술연구원 연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

2. 측정방법 및 결과

대전시 전동차 본선 시운전중 판암기지내의 시험선에서 주위 환경의 수평&수직 극성을 가지는 환경잡음을 측정하고, 정지 상태 차량의 복사성 잡음측정, 전동차 속도의 따른 복사성 잡음을 측정하였다. 표1은 측정에 사용된 계측장비를 나타낸다. 그림1은 복사성 잡음의 측정 설비를 나타낸다. 그림2는 판암기지내 시험선의 측정설비 사진을 나타낸다. 환경잡음은 측정결과에 그대로 반영되어 측정대상으로부터 발생하는 전자파의 정확한 세기를 판단하기 어렵게 하며 시간이나 일정에 관계없이 비주기적으로 발생하는 환경잡음의 경우에는 잡음과 신호를 분리하여 평가하기가 난해하다. 따라서 실제 목표가 되는 전자파세기로부터 정확한 평가를 얻기 위하여, 측정 장소에서 측정 대상이 없는 상태에서 장시간 최대값으로 취득된 전자파세기를 환경잡음으로 규정하고 실제 측정대상으로부터의 측정을 통하여 얻은 데이터를 비교하는 방법을 사용하였다[1],[2].

측정장비	모델명	제조업체
Test Reciver	ESCS30	Rohde & Schwarz
Log-biconical	VULB9160	Schwarzbeck
Loop Antenna	6507	EMCO
UPS	I-SMART1000VA	Lantech
Power Generator	EU10i	Honda
Note PC	E-6565	FUJITSU Limited
	DreamBook	삼보컴퓨터

표1. 계측장비

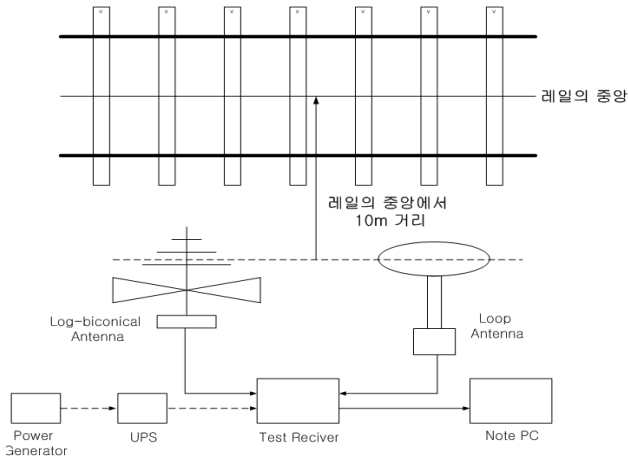


그림1. 측정 설비



그림2. 측정 사진

2.1 전동차 정차중 복사성 잡음 측정

필드의 전파환경에 따라 환경잡음이 수시로 변하기 때문에 측정 전에 판암기지 시험선에서 주위환경의 환경잡음을 측정하였다. 전동차의 상태는 정차모드로 보조전원장치와 각종 차량부하(실내등, 에어컨등)를 작동시킨 상태에서 발생하는 복사성 잡음을 측정하였다. 측정 절차 및 측정 장소 및 적용한계치는 국제 규격으로 IEC 62236-2 과 IEC 62236-3-1의 기준에 의거하여 측정하였다. 그림3은 복사성 잡음 측정전 안테나의 수평극성 환경잡음을 측정한 결과이다. 그림4는 그림3의 안테나 극성을 수직극성으로 변경하여 측정한 환경잡음을 나타낸다. 그림5는 정차모드에서 발생하는 안테나 수평극성을 가지는 복사성 잡음을 측정하였다. 그림6은 그림5의 안테나 극성을 수직극성으로 변경하여 측정한 복사성 잡음을 나타낸다. 표2는 정차중 안테나의 극성에 따른 환경잡음을 비교한 결과이다. 측정된 값의 기준치를 초과하

는 것들은 상용주파수 대역에서 TV, 라디오, 휴대전화 등에 사용하는 것임을 확인하였다[3]. 그림5와 그림6의 복사성 잡음 결과 그래프를 그림3과 그림4의 환경잡음 그래프와 비교 할 때 그 패턴과 측정된 주파수 및 값이 표2와 표3을 비교할 때 아주 유사함을 확인하였다.

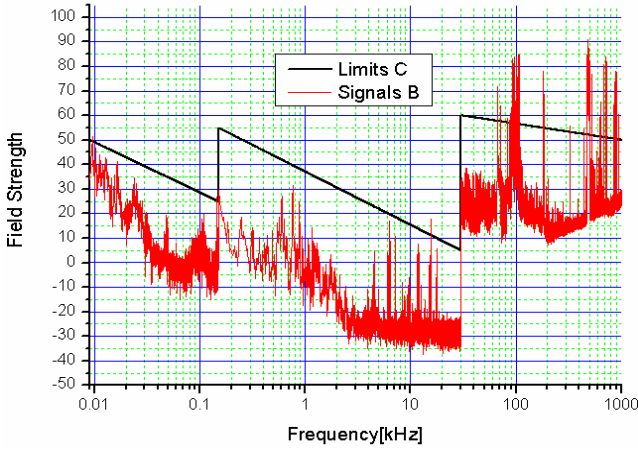


그림3. 수평극성의 환경잡음

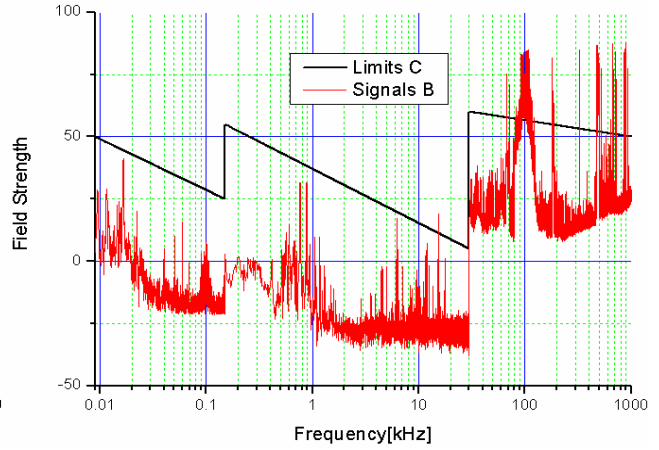


그림4. 수직극성의 환경잡음

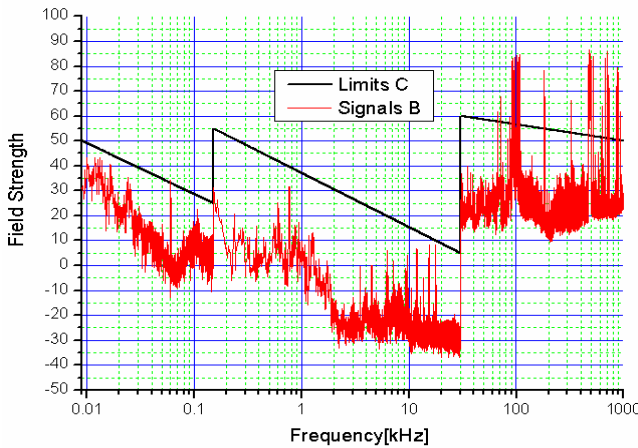


그림5. 정차중 수평극성의 복사성 잡음

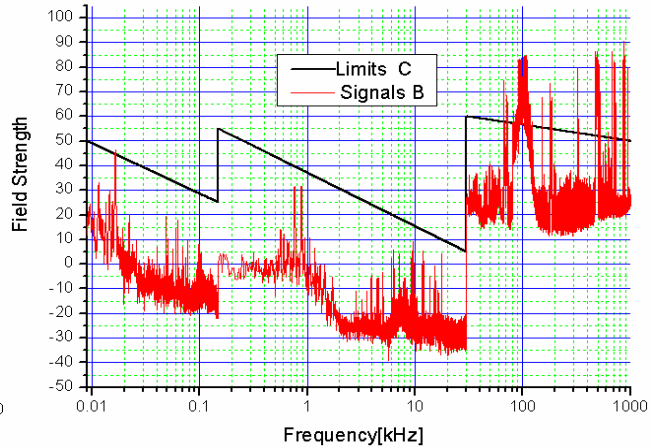


그림6. 정차중 수직극성의 복사성 잡음

수평극성				수직극성			
측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고	측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고
0.0095-0.0096	51.35	49.47	무선항행	15.54	18.87	11.20	단파방송용
15.54	17.71	11.20	단파방송용	66.5-68	67.25	57.73	TV방송용
67-72	71.66	57.70	TV방송용	80.5-123	84.79	57.18	TV방송용-FM방송용
83.25	58.81	57.08	TV방송용				
87.75	60.93	56.93	TV방송용	179-188	81.48	54.90	TV방송용-디지털 라디오방송용
91-109	84.80	56.83	FM방송용	326.62	84.82	53.19	무선호출용
180-187	77.92	54.89	TV방송용-디지털 라디오방송용	467-501	86.67	52.17	TV방송용
326.62	55.63	53.19	무선호출용	517-525.5	77.32	51.88	TV방송용
443.5	54.38	52.31	무선표정	639.25	56.79	51.27	TV방송용
469-501	90.73	52.15	TV방송용	672-682	87.29	51.13	TV방송용
518-525	76.65	51.87	TV방송용	708-730	84.05	50.98	TV방송용
621.25	59.23	51.33	TV방송용	848.5-897	86.71	50.46	이동전화
639.25	65.34	51.27	TV방송용	936-941	76.65	50.18	무선표정
673-681	80.78	21.71	TV방송용				
709.729	83.78	50.98	TV방송용				
850-896	77.80	50.46	이동전화				
938.81	60.60	50.18	무선표정				

표2. 안테나의 극성에 따른 환경잡음[1]

수평극성				수직극성			
측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고	측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고
0.06	34.2	33.21	해안국용(무선전신)	0.017	46.59	44.61	해안국용(무선전신)
67.25	61.75	57.69	TV방송용	67-68	74.70	44.61	TV방송용
70.5-72.5	71.75	57.56	모형기기, 특정소출력무선	71.75	68.53	57.51	TV방송용
87.75	59.35	56.93	TV방송용	81-123	84.74	57.16	TV방송용-FM방송용
91-109	84.58	56.83	FM방송용	180-187	73.50	54.89	TV방송용-디지털 라디오방송용
179-187.5	78.20	54.90	TV방송용-디지털 라디오방송용	325-331	79.80	53.20	무선호출용
326.62	66.11	53.19	무선호출용	467-527	86.49	52.17	TV방송용
465-529	86.75	52.18	TV방송용	621.25	53.61	51.35	TV방송용
639.25	63.82	51.27	TV방송용	671-683	86.51	51.13	TV방송용
673-683	83.29	51.12	TV방송용	707-732	82.11	50.98	TV방송용
709-734	85.67	50.98	TV방송용	848-897	89.42	50.47	이동전화
850-900	78.42	50.46	이동전화	938.81	79.83	50.18	무선표정
938.81	61.88	50.18	무선표정				

표3. 정차중 안테나의 극성에 따른 복사성 잡음

2.2 전동차 주행중 복사성 장애 측정

관암기지내 시험선에서 실제 영업 운전 상황에 유사하게 전동차가 60km/h의 속도로 주행 간에 발생시키는 복사성 잡음을 측정하였다. 측정은 최고 견인력을 발생시키는 속도로 차량 전체가 안테나를 통과하는 동안 발생하는 복사성 잡음을 측정하였다. 필드의 전과환경에 따라 환경잡음이 수시로 변하기 때문에 측정 전에 주위환경의 환경잡음을 측정하였다. 측정 절차 및 측정 장소 및 적용한계치는 국제 규격으로 IEC 62236-2 과 IEC 62236-3-1의 기준에 의거하여 측정하였다. 그림7은 복사성 잡음 측정전의 안테나의 수평극성 환경잡음을 측정한 결과이다. 그림8은 그림7의 안테나 극성을 수직극성으로 변경하여 측정한 환경잡음을 나타낸다. 그림9는 전동차가 60km/h 주행 간에 발생하는 안테나 수평극성을 가지는 복사성 잡음을 측정하였다. 그림10은 그림9의 안테나 극성을 수직극성으로 변경하여 측정한 복사성 잡음을 나타낸다.

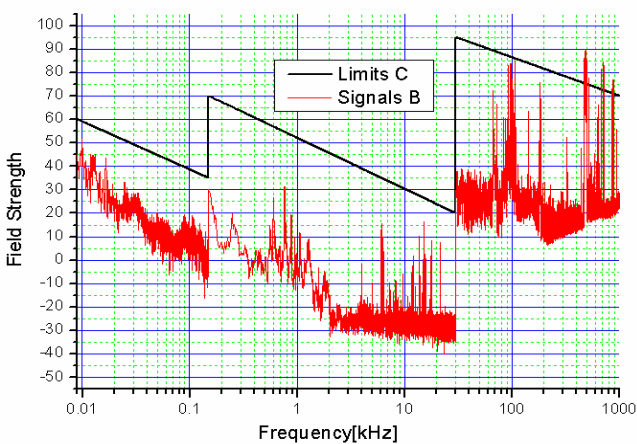


그림7. 수평극성의 환경잡음

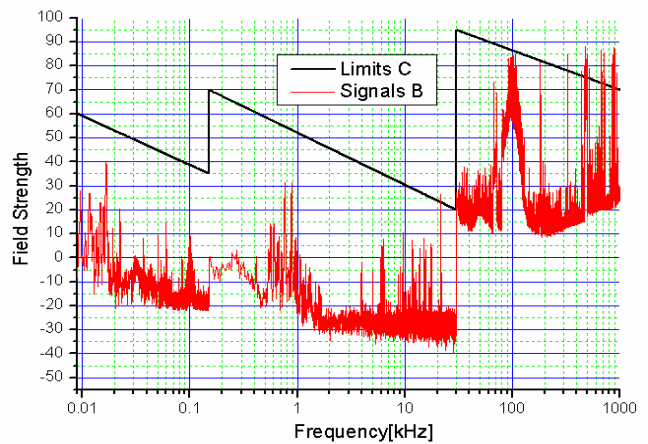


그림8. 수직극성의 환경잡음

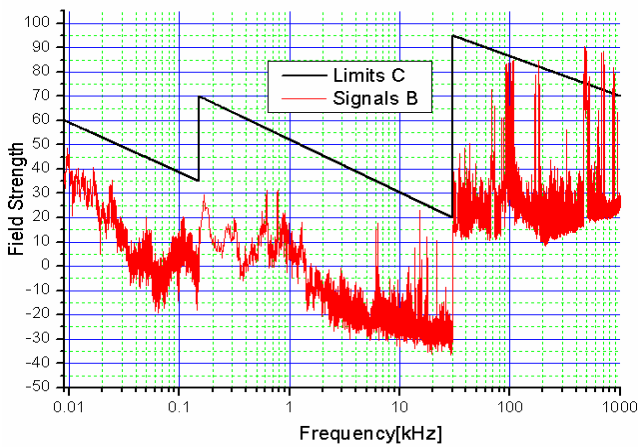


그림9. 60km/h주행중 수평극성의 복사성 잡음

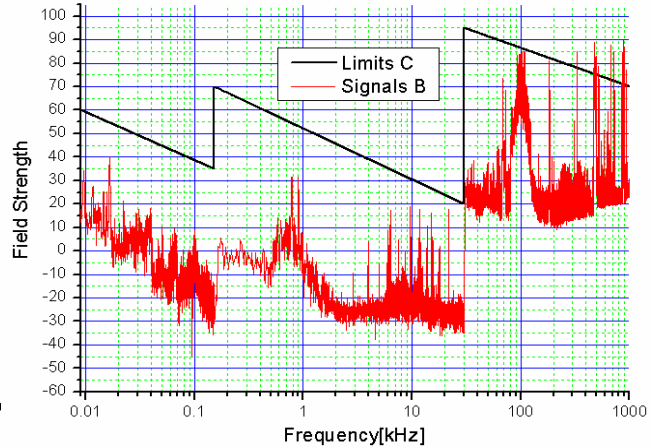


그림10. 60km/h주행중 수직극성의 복사성 잡음

측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고
469.25-525	89.71	75.39	TV방송용
674-730	84.35	72.81	TV방송용
855.75-894.25	76.93	71.11	이동전화

표4. 안테나의 수평극성에 따른 환경잡음

표4는 60km/h의 속도로 운행중 복사성 잡음 측정전 안테나의 수평극성에 따른 환경잡음을 비교한 결과이다. 표5는 안테나의 수직극성에 따른 환경잡음을 비교한 결과이다. 측정된 값의 기준치를 초과하는 것들은 상용주파수 대역에서 TV 및 휴대전화 등에 사용하는 것임을 확인하였다[3]. 그림9와 그림10의 복사성 잡음 결과 그래프를 그림7과 그림8의 환경잡음 그래프와 비교할 때 그 패턴과 측정된 주파수 및 값이 표4와 표5를 표6과 비교할 때 아주 유사함을 확인하였다.

측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고
21.68	26.29	23.06	단파방송용
326.62	84.80	77.97	무선호출용
444.06	77.70	75.78	무선표정
469-501	88.00	75.39	TV방송용
519.25	79.11	74.67	TV방송용
672.75-682.5	86.77	72.82	TV방송용
709.75-724	85.35	72.44	TV방송용
852-894.5	87.68	71.14	이동전화
938.81	76.98	70.45	무선표정

표5. 안테나의 수직극성에 따른 환경잡음

수평극성				수직극성			
측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고	측정주파수 (MHz)	측정값 (dBuV/m, dBuA/m)	제한값 (dBuV/m, dBuA/m)	비고
181.25	84.40	82.15	TV방송용- 디지털라디오방송용	326.62	84.92	77.96	무선호출용
469-525.5	90.55	75.39	TV방송용	469-521	88.74	75.39	TV방송용
672.5-730.75	88.26	72.82	TV방송용	673.5-682	87.45	72.81	TV방송용
855-895	81.89	71.11	이동전화	709-725.5	85.00	72.44	TV방송용
				851.5-894.5	89.72	71.14	이동전화
				938.81	77.03	70.44	무선표정

표6. 60km/h주행중 안테나의 극성에 따른 복사성 잡음

시험항목	시험기준	시험방법	시험장비	시험장소
복사방사	-IEC 62236-3-1 -CISPR 16-1-4 -IEC 62236-2-5 -EN 50155 -EN 50121-3-2 -도시철도차량성능시험에 관한 기준 無	-IEC 62236-3-2 -CISPR 11 -30MHz ~ 1GHz Quasi-peak -10m: 40dBuV/m -3m: 50dBuV/m	- Quasi-peak measuring receiver -Antenna 30MHz : biconical dipole (receiver) 1GHz: log-periodic (receiver)	EMC Chamber
전도방사	-IEC 62236-3-1 -CISPR 16-1-4 -EN 50155 -EN 50121-3-2 -도시철도차량성능시험에 관한 기준 無	-IEC 62236-3-2 -CISPR 11 -150kHz ~ 30MHz -Quasi-peak -99 dBuV	- Quasi-peak measuring receiver	R/F Shield room
고주파 전자계 내성	-도시철도차량성능시험에 관한 기준: KS C 0264 3등급 -EN 50155 -EN 61000-4-3 -IEC 62236-3-1 -IEC 62236-1-4 -IEC 62236-2-5 -IEC 61000-6-2	-IEC 62236-3-2 -IEC 61000-4-3 -80MHz ~ 1GHz -10 V/m, 1kHz 정현파 80% 변조 - 전,후,좌,우 - 안테나 수평, 수직	- EMI filter -RFSignal generator - Power amplifier -Field generating antennas (transmitter)	EMC Chamber
고주파 전자계 유도 전도 방해 내성	-도시철도차량성능시험에 관한 기준 無: KS C 0267 3등급 -EN 50155 -EN 61000-4-6 -IEC 62236-3-1 -IEC 62236-1-4 -IEC 61000-6-2	-IEC 62236-3-2 -IEC 61000-4-6 -150kHz ~ 80MHz -10 V/m, 1kHz 정현파 80% 변조 -직접결합, clamp 결합	-시험 발생기 -결합 및 감결합 장치	R/F Shield room
전기적 과도 버스트 내성	-도시철도차량성능시험에 관한 기준 無: KS C 0265 2등급 -EN 50155 -EN 61000-6-4 -IEC 62236-3-1 -IEC 62236-1-4 -IEC 61000-6-2	-IEC 62236-3-2 -IEC 61000-4-4 -과형 시간간격: 5/50 ns -지속시간: 1분 -전압레벨(differential mode, common mode): ±2kV -직접결합, 용량성 결합	- 빠른 과도 현상/버스트 발생기 - 교류/직류 전원 공급 단자에 대한 결합/감결합 회로망 -용량성 결합 클램프	R/F Shield room
서지 전압 내성	-도시철도차량성능시험에 관한 기준 無:서지 시험 -EN 50155 -IEC 62236-3-1 -IEC 60571 -IEC 61000-4-5 -IEC 62236-1-4 -IEC 61000-6-2	-IEC 62236-3-2 -IEC 60571 (subclause 10.2.6) -IEC 61000-4-5 -과형 시간간격: 5/50 us -지속시간: 1분 -전압레벨: (differential mode, common mode): ±1.8kV -직접결합	-조합 과형 발생기 -CCITT에 따른 10/700us 시험발생기 -결합/감결합 회로망 -추가저항 -케이블	R/F Shield room
정전기 방전 내성	-도시철도차량성능시험에 관한 기준 無: 정전 방전시험 -IEC 62236-4-6 -IEC 62236-1-4 -IEC 61000-6-2	-IEC 61000-4-2	-electrostatic discharge (ESD) generator	R/F Shield room

표7. 전자파 적합성 시험항목

3. 철도환경의 EMC 관련 설비

국제수준의 철도용품 평가/인증을 위해서는 환경/기계적안정성/EMC적합의 3대 안정성 평가/인증체계 구축이 필수적인 요소이며 이를 위한 EMC 적합성 평가능력 확보가 요구되므로 현재 한국철도기술연구원 에서 구축중인 3m EMC chamber 및 부대설비의 구성과 EMC chamber 적합성 평가 및 인증획득을 위해 철도환경에 적합한 EMC 적합성 시험항목을 조사하였다. 표7은 EMC 적합성 시험항목을 나타낸다.

4. 결론

철도환경에서 전동차로부터 발생된 복사성 잡음을 측정하였고 정확한 간섭정도를 파악하기 위해 배경잡음을 측정하였다. 전동차에서 발생된 복사성 잡음을 정차모드와 60km/h속도로 측정하여 비교하였다. 전동차의 속도가 증가함에 따라 복사성 잡음의 증감량 만큼 변화하지는 않았다. 또한 향후 첨단화 되는 철도환경에서 각종 전자장비들에 대한 EMC(electromagnetic compatibility)의 올바른 평가를 위해 한국철도기술연구원에서 구축중인 EMC관련 설비들을 이용하여 철도환경에 적합한 EMC 적합성 시험항목을 소개하였다.

5. 참고문헌

- [1]. IEC(2003), IEC 62236-2, Railway application Electromagnetic Compatibility Part2: Emission of the whole railway system to the outside world.
- [2]. IEC(2003), IEC 62236-3-1, Railway application Electromagnetic Compatibility Part3-1: Rolling stock-Train and complete vehicle.
- [3]. 대한민국 주파수 분배 표, 정보통신부고시, 제2005-60호.