

고속철도의 EMC 기준동향  
(A Trend on Guideline of EMC for High Speed  
Railway System)

명성호 · 이재복

한국전기연구원

## I. 서 론

전기철도에서는 고압의 전원을 사용하여 차량을 동작시키고, 디지털 기술과 높은 스위칭 주파수가 가능한 소자의 발달로 저 전력 장치를 이용하므로, 운행의 안전을 유지하기 위해서는 EMI/EMC의 연구가 무엇보다도 중요하다. 특히 고속철도의 신호설비(ATC, IXL, CTC 등)는 더욱 마이크로화되고 첨단 프로세서를 응용한 기술을 채택하여 설치되고 있어 이 장치들이 내부의 전자적인 서로 간섭이나 외부의 불요전자파의 영향을 받아 오동작을 일으킬 수 있는 가능성은 더욱 많아지고 있는 상황이다. 고속전철 시스템에서 외부로 미치는 전자환경 장애 현상으로는 고정된 고속전철 시스템의 대전류, 고전압화에 따른 전자계의 인체유해성 문제, 인접시설물에 대한 전자파장해문제, 전력선과 통신선의 유도장해 문제, 고조파 문제 등이 있다. 그리고 trolley pantograph에서의 arc 방전에 의한 impulse 성 RF noise의 복사 문제가 있다. 전자파장해의 문제점을 해결하기 위해서는 두 가지 측면으로 접근할 수 있는데 하나는 방사되는 불요전자파를 억제하는 방법이고, 다른 하나는 주어진 전자파 환경내에서 장애를 받지 않고 기기가 정상적으로 동작할 수 있도록 사용 기기의 내력(Immunity)을 강화시키는 방법이 있다.

이에 따라 전기철도에서도 EMI에 대한 안전과 신뢰도 확보를 목적으로 EMI/EMC 기준에 관한 논의가 유럽 CENELEC과 CISPR C위원회의 CISPR

26을 중심으로 이루어져 오다가 최근에는 유럽 CENELEC의 EN50121 기준으로 일원화 되는 양상을 보이고 있으며 일단 CISPR C 위원회에서는 논의가 중단된 상태에 있다.

유럽의 규격을 제정하는 기관인 CENELEC은 철도위원회 TC9X(Technical Committee)에서 철도에서 요구되는 EMC에 관한 규격을 결정하며 전력과 무선주파수에서의 방사와 내성에 관한 EMC 관점에서 제정된 규격인 ENV50121은 1996년 1월 15일부터 효력을 발생하였다.

정식 규격인 EN50121인 1998년 1월에 작성되어 검토되다가 지금은 EN50121로 규격화되었다. 우리나라에서도 한국전기연구원과 철도연구원에서는 건설교통부가 주관한 한국형 고속철도 기술개발 사업에서 고속철도 EMI/EMC기준에 대해 검토를 한 바 있으며, 또한 최근에는 정보통신부에서도 이에 대한 기준을 제정하고자 전파연구소를 중심으로 초안을 마련하여 건설교통부와 논의 중에 있다. 우리나라에서도 고속철도 EMI/EMC기준 역시 다른 분야와 마찬가지로 세계 추세에 따를 수밖에 없어 EN 50121이 토대가 되므로 본 고에서도 EN 50121기준에 대해 기술하고자 한다.

## II. EN 50121 전체 규격 내용

〈표 2.1〉은 EN 50121 전체 규격 내용을 나타낸 것이다.

〈표 2.1〉 ENV50121 규격 내용

번호	규격명
-1	총괄 (General)
-2	철도시스템에서의 외부로의 방사 (Emission of the whole railway system to the outside world)
-3-1	차량 - 열차와 차량열 (Rolling stock - Train and complete vehicle)
-3-2	차량 - 장치 (Rolling stock -Apparatus)
-4	신호와 통신장치의 방사와 내성 (Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus)
-5	변전설비 (Fixed power supply installations)

### Ⅲ. 고속철도 전체 시스템으로부터 외부 방사 규격

#### 3-1 적용범위

주파수 범위는 9 kHz~1 GHz이며 본 규격은 CISPR 16-1을 기본으로 이동하는 차량으로부터의 방사 측정을 적용하였다.

#### 3-2 목 적

전체 철도시스템으로부터 발생하는 방사한계치를 정한다.

#### 3-3 시험 및 한계기준

##### 3-3-1 측정방법

(1) 전자계측정기(Field strength meter)를 이용하여 침두치로 측정한다. 선택된 주파수에서의 주기는 정확히 읽을 수 있도록 선택한다.

(2) 측정의 대역폭은 CISPR16-1에 따르며 주파수 범위를 만족하기 위해 〈표 3.1〉과 같은 여러 종류의 안테나를 사용하며 궤도와 직각인 자계의 수평성분과 복사계의 수직성분을 측정한다.

(3) 궤도의 중심선에서부터 연직거리  $D$  m에 놓인 표준 측정 안테나로 측정된 전계치를 10 m로

〈표 3.1〉 측정 안테나 및 대역폭

주파수 범위	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	루프안테나 (전계)	바이코니컬 다이폴(전계)	바이코니컬 다이폴(전계)	로그피리오딕 (전계)

환산하면 다음과 같다.

$$E_{10} = E_x + n20 \log(D/10) \quad E_{10}$$

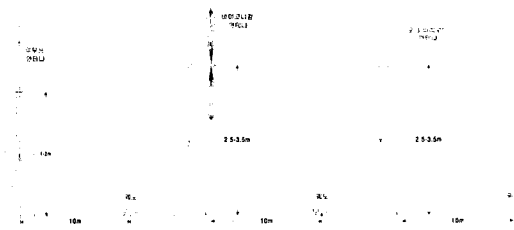
여기서  $E_{10}$ 은 10 m일 때의 전계치,  $E_x$ 는  $D$  m에서의 전계치,  $n$ 은 상수(1.8 : 0.15~0.4 MHz, 1.65 : 0.4~1.6 MHz, 1.2 : 1.6~110 MHz, 1 : 110~1000 MHz)

(4) 잡음은 열차가 관측지점을 지날때 최대치를 나타내는 것이 아니라 관측지점을 경유한 후 발생하므로 시험 중에 측정기는 계속 작동되어 있어야 한다.

(5) 측정위치가 궤도와 가까이 있으면 전차선로 구조물, 레일과 전차선로 등과 같이 측정에 영향을 미치는 금속 구조물에 의한 영향이 나타날 수 있으므로 가능한 한 이와 같은 물체에서 멀리 떨어진 장소에 안테나를 위치시킨다.

(6) 측정단위는 자기장은  $\text{dB}\mu\text{ A/m}$ , 전기장은  $\text{dB}\mu\text{ V/m}$ 이다.

(7) 철도에서의 외부로의 방사 측정시 안테나의 위치는 [그림 3.1]과 같이 설치한다.



[그림 3.1] 철도에서의 방사 측정시 안테나의 위치

#### (8) 측정 주파수 선택

측정주파수의 선택은 시험환경에 좌우되며 방송

〈표 3.2〉 철도시스템에서의 방사측정 추천주파수

10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz
16	160	1.6	16	160	
25	250	2.5	25	250	
40	400	4.0	40	400	
63	630	6.3	63	630	

주파수나 주변 Ambient 잡음을 고려하여 인근 주파수를 선택한다. 추천주파수는 〈표 3.2〉와 같다.

(9) 측정데이터의 통계적 처리

측정된 잡음 데이터가 80 % 정확도와 80 %의 확률을 초과하지 않는 값으로 나타내기 위하여 사용한다. 적은 수의 시험을 통하여 비중앙 t-분포방법이 요구되는 시험횟수와 정확도를 파악할 수 있도록 사용된다. 이 방법은 다음과 같다.

$$N[L,M] \text{ (dB)} = \text{평균치 (dB)} + k S_n$$

L : 전체 시험횟수에 대한 한계치 N이하의 값을 나타내는 %

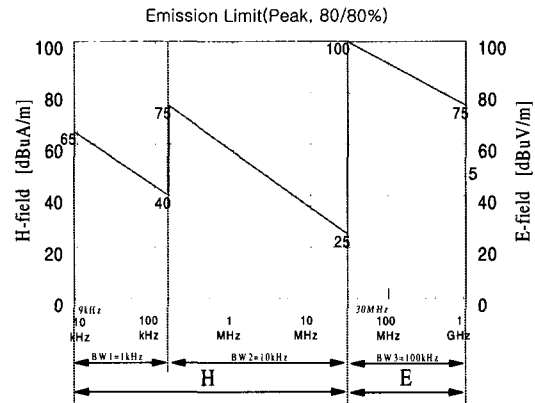
M : L에 대한 확률 k : 시험횟수에 대한 함수

제한치 이하 값의 % L	확률 % M	시험횟수 n				
80	80	3	4	6	8	10
k		2.04	1.68	1.42	1.30	1.24

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad X_n : \text{평균값}, \quad \bar{X} : n \text{ 번째 결과}$$

(10) 날씨의 영향을 최소화하기 위해 건조한 날씨(0.1 mm 이하의 강우시 24시간후), 최소 5°C, 10 m/s이하의 풍속이어야 하며, 습도는 충분히 작아야 한다. 철도 표준조건은 최대속도의 90% 보다 큰 속도와 그 속도에서 발생할 수 있는 최대 전력에서 측정한다.

(11) 시험결과서는 측정위치, 측정장치, 철도차량, 수치적인 결과, 대역폭, 날씨, 시간에 대한 그래픽 결과, 철도차량의 운행 모드, 날씨조건, 측정자 등이 기재되어야 한다.



[그림 3.2] 철도시스템으로부터의 외부 방사한계치

3-3-2 한계치

[그림 3.2]는 80/80 %로 통계처리한 한계치이다.

IV. 고속철도 차량장치의 EMC

4-1 적용범위

본 규격의 범위는 철도차량에서 사용되는 전기/전자 장치를 위해 전자방해간섭과 내성에 적용하며 고려되는 주파수 범위는 DC로부터 1 GHz까지이다. 시험의 적용은 특정 장치, 형태, 포트, 기술과 동작 조건에 따르며 이 규격은 철도차량의 내부환경과 철도의 외부환경, 무선수신기와 같은 설비에 의한 장치에의 간섭을 고려한다.

포트가 무선통신을 목적으로 송수신되면 이 통신 주파수에서 본 규격의 방사와 내성 한계치를 적용하지 않는다. 또한, 이 규격은 장치가 작동을 시작하거나 정지할 때의 과도 동적 상태는 적용되지 않으며 또한 특정 장소에서 드물게 발생하는 특이한 경우도 포함하지 않는다.

4-2 목적

이 규격의 목적은 철도차량에서 사용되는 전기/전자 장치를 위한 전도와 복사에 의한 외란과 관련

된 전자방해와 내성시험 요구사항을 위한 한계치와 시험방법을 정의하는 것이다. 간섭 요구사항은 철도 차량에서 동작되는 장치에 의해 발생된 외란이 다른 장치가 오동작을 일으키는 것을 막을 수 있는 크기를 초과하지 않도록 선택된다. 마찬가지로 내성 요구조건은 차량장치를 위해 적합한 내성치를 보증하도록 선택된다.

### 4-3 용어 및 정의

#### 4-3-1 정 의

(1) 차량장치 : 차량에 장착되어 본래의 성능을 갖는 완제품을 말한다.

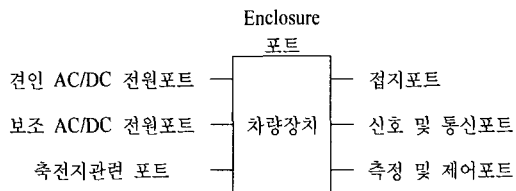
(2) 장치위치 : 전자환경에 따라 분류된 차량의 물리적인 위치로 일반적인 장착위치의 예는 다음과 같다.

- 차량의 외부(차체하부, 지붕)
- 기관차 기계실
- 운전실, 객실
- 전자제어 내부
- 전원설비 내부

#### 4-3-2 포 트

포트는 외부의 특정장치와의 연결(예를 들면 AC 전원, DC 전원, 입출력포트)을 의미하며 차량장치의 포트는 [그림 4.1]과 같이 7가지로 나뉜다.

이것을 구체적으로 여러 형식의 차량장치에 따른 설치 위치와 시험요구사항의 예는 <표 4.1>과 같으며 이들의 포트는 <표 4.2>와 같다.



[그림 4.1] 차량의 EMC관련 포트

<표 4.1> 차량장치에 따른 설치위치와 시험요구사항

Apparatus	Test requirements
Traction convertor	Emission and immunity
Main circuit breaker	No test requirements
Traction transformers	No test requirements
Traction motor	No test requirements
Auxiliary motor	No test requirements
D.C. auxiliary supply (battery)	Emission and immunity
Electronic control supply	Emission and immunity
Signalling & communication equipment	Emission and immunity
Electronic man-machine interface	Emission and immunity
Environmental conditioning equipment	Emission and immunity
Passenger information equipment	Emission and immunity
Door control	Emission and immunity
Auxiliary equipment for train operation	Emission and immunity
Auxiliary equipment for passenger services	Emission and immunity
Train management system	Emission and immunity
Electronic power supply	Emission and immunity
Braking control system	Emission and immunity

#### 4-3-3 성능기준

EMS 평가시 성능기준은 장치의 운용 특성에 맞도록 시험후의 장치의 상태를 다음과 같이 정의한다.

##### (1) 성능기준 A

시험 중 장치가 정상적으로 동작된다. 기기를 사용할 때 명시한 성능보다 성능이 저하되거나 기능의 상실이 허용되지 않는다. 경우에 따라 허용할 수 있는 성능 손실을 성능수준으로 대치할 수 있다. 최소 성능수준이나 허용할 수 있는 성능손실이 명시되지 않은 경우, 제품 설명서나 사용자 사용 기기에서 얻어지는 값으로부터 유도할 수 있다.

##### (2) 성능기준 B

시험 후에 장치가 정상적으로 동작된다. 기기를 사용할 때 명시한 성능보다 성능이 저하되거나 기능의 상실이 허용되지 않는다. 시험 도중 성능의 저하는 허용된다. 실제 작동상태에서 또는 저장자료의 변화는 허용되지 않는다. 최소 성능수준이나 허용할 수 있는 성능손실이 명시되지 않은 경우, 제품 설명

서나 사용자 사용기기에서 얻어지는 값으로부터 유도할 수 있다.

(3) 성능기준 C

기능상실이 자체 복구되거나 제어 조작으로 복구할 수 있다는 조건으로 일시적인 기능상실은 허용된다.

4.4 시험 및 한계기준

4.4.1 시험조건

장비의 모든 성능을 항상 시험하는 것은 불가능하므로 보통 시험에서 조사된 주파수 대역에서 적절한 잡음에 대한 최고 방사와 민감성을 알기 위해 제작자에 의해 특정한 동작 조건이 만들어지며 제작자는 시험계획에 시험조건을 정의한다. 장치가 시스템의 일부분이거나 보조 장치와 연결할 수 있으면 포트를 시험하기에 필요한 보조 장치와 최소 연결을 하여 장치를 시험한다. 시험중의 연결 형태와 동작조건은 시험계획서와 결과서에 자세히 기술한다. 기본 규격에 정의가 되지 않아도 시험은 장치의 정해진 동작범위에서와 정격전압에서 수행된다.

4.4.2 전도 및 복사성 방사시험과 한계치

이 규격 영역에서의 장치를 위한 전도 및 복사성 방사시험과 한계치는 포트관계를 기본으로 주어진다. 차량의 각 설비를 위한 전도 및 복사성 방사 한계치는 각 부분별로 최종 사용자에게 공급되는 것이 필수이다. 시스템 설계자의 재량에 따라 이들 방사 한계치는 각 부분별로 공급되지 않은 설비에도 적용 가능하다.

(1) A.C. 구동시스템을 가진 A.C. 입력단에서의 시험제한치와 측정

<표 4.3>은 A.C. 구동시스템을 가진 A.C. 입력단에서의 시험제한치와 측정 Point를 나타낸 것이다.

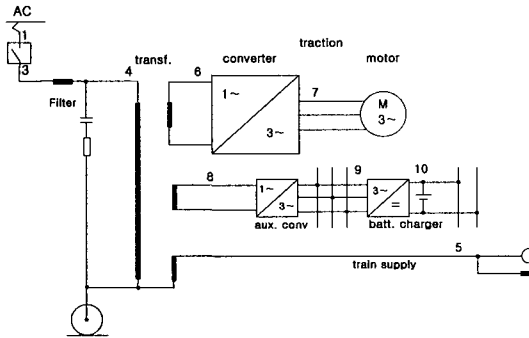
<표 4.2> 차량장치의 포트

Port No on fig.	Typical port name	Typical apparatus
<b>Traction a.c. power ports</b>		
1	Pantograph line terminal	Main circuit breaker
3	High voltage connection (before filter)	Filter
4	Connection filter-transformer, HV side	Filter
5	Train power line single phase	Auxiliary converter
6	Connection transformer-converter	Propulsion converter
7	Traction motor cables	Traction motors
8	Auxiliary feed windings of transformer	D.C. auxiliary supply
<b>Traction d.c. power ports</b>		
2	D.C. conductor input	Main circuit breaker
3	High voltage connection (before filter)	Filter
6	Connection filter-converter	Propulsion converter
7	Traction motor cables	Traction motors
<b>Auxiliary a.c. ports</b>		
9	Auxiliary a.c. supply	Environmental conditioning equipment
<b>Auxiliary d.c. ports</b>		
9	Auxiliary D.C. supply	
<b>Battery referenced ports</b>		
10	Battery power supply	Electronic power supply
11	Train control bus (conventional battery voltage)	Train management system
19	Relay logic input/output	Electronic control system
<b>Signal &amp; communication ports</b>		
12	Databus within vehicle	Electronic control system
13	Databus within train	Train management system
14	Passenger entertainment network	Passenger entertainment equipment
15	Firing control line	Electronic control system
17,18	Sensor/transducer signal (digital or analog)	Electronic control system
20	Communication Interface (maintenance)	Electronic control system
<b>Process measurement &amp; control ports</b>		
16	Internal electronic supply	Electronic control system
18	Sensor/transducer signal	Electronic control system
<b>Enclosure port</b>		
21	Equipment enclosure	All apparatus
<b>Earth port</b>		
22	Earth connection	All apparatus

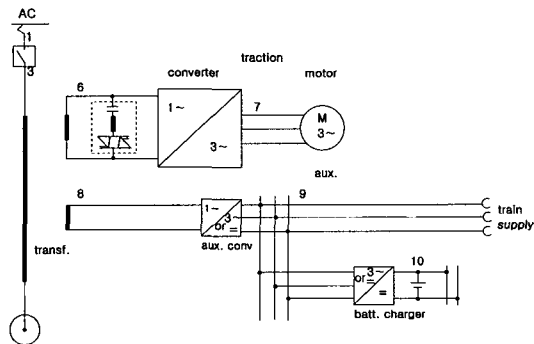
※ Port No는 [그림 4.2]부터 [그림 4.6]까지 참조

<표 4.3> Emission-Traction a.c. power ports.

Ports	Frequency range	Limits
High voltage connection, input side before filter (port 3 on figure 4.2, 4.3, 4.4)	Signalling and telecommunication frequencies	EN 50121-3-1
	9 kHz~30 MHz	No limits



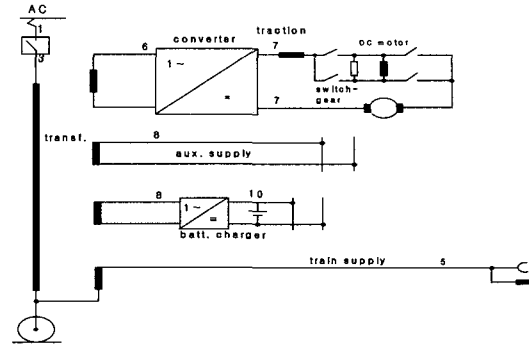
[그림 4.2] Phosphometric filter측에서의 A.C 입력단 측정



[그림 4.3] Power factor correction filter 측과 D.C 혹은 3상 보조 전원을 가진 A.C. 구동시스템의 측정

(2) A.C. 구동시스템을 가진 D.C. 입력단에서의 시험제한치와 측정

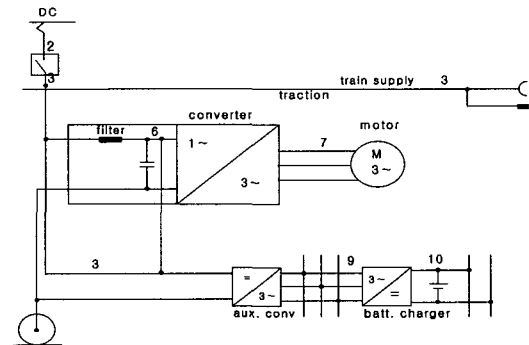
<표 4.4>는 A.C. 구동시스템을 가진 D.C. 입력측에서의 시험제한치와 측정 Point를 나타낸 것이다.



[그림 4.4] Phase control converter에 의한 A.C 입력 및 D.C 구동 모터측에서의 측정

<표 4.4> Emission-Traction d.c. power ports.

Ports	Frequency range	Limits
High voltage connection, input side before filter (port 3 on figure 4.5)	Signalling and telecommunication frequencies	see EN50121-3-1
	9 kHz~30 MHz	



[그림 4.5] A.C.구동시스템을 가진 D.C.입력측에서의 측정

(3) A.C/D.C. 보조전원측에서의 시험제한치와 측정

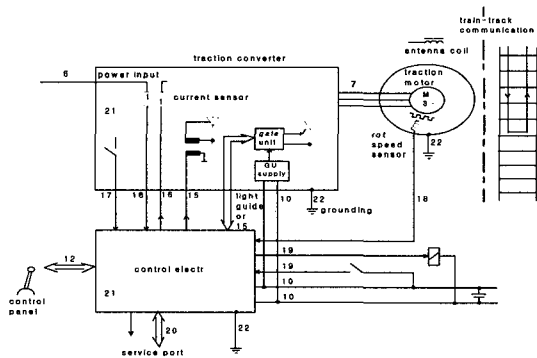
<표 4.5>는 A.C. 및 D.C. 보조전원측에서의 시험 제한치와 측정 Point를 나타낸 것이다.

<표 4.5> Emission-Auxiliary a.c or d.c. power ports.

Ports	Frequency range	Limits
Auxiliary supply sinusoidal a.c. or d.c. (port 9 on figures 4.2, 4.3, and 4.5)	9 kHz~150 kHz	No limits
	150 kHz~500 kHz	99 dB $\mu$ V quasi-peak
	500 kHz~30 MHz	93 dB $\mu$ V quasi-peak

<표 4.6> Emission-Battery referenced ports.

Ports	Frequency range	Limits
Battery power supply (port 10 on figures 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6)	9 kHz~150 kHz	No limits
	150 kHz~500 kHz	99 dB $\mu$ V quasi-peak
	500 kHz~30 MHz	93 dB $\mu$ V quasi-peak



[그림 4.6] 부가적인 Converter와 제어기기의 포트에서의 측정

(4) Battery referenced 포트에서의 시험제한치와 측정

<표 4.6>은 Battery referenced 포트에서의 시험제한치와 측정 Point를 나타낸 것이다.

(5) 계측 및 제어 포트에서의 시험제한치와 측정

<표 4.7>은 계측 및 제어 포트에서의 시험제한치와 측정 Point를 나타낸 것이다.

(6) 기기 외함으로부터의 방사 제한치

<표 4.8>은 기기 외함으로부터의 방사 제한치를

<표 4.7> Emission-process measurement and control ports.

Ports	Frequency range	Limits
Electronic supply sinusoidal a.c. or d.c. (port 16 on figure 4.6)	9 kHz~150 kHz	No limits
	150 kHz~500 kHz	99 dB $\mu$ V quasi-peak
	500 kHz~30 MHz	93 dB $\mu$ V quasi-peak

나타낸 것이며, 측정거리가 3 m일 때에는 10 dB를 더하여 사용할 수 있다.

<표 4.8> Emission-Enclosure port.

Ports	Frequency range	Limits	Remarks
Enclosure	30 MHz ~ 230 MHz	40 dB $\mu$ V/m quasi-peak	measured at 10 m distance
	230 MHz ~ 1 GHz	47 dB $\mu$ V/m quasi-peak	measured at 10 m distance

#### 4-5 내성시험과 평가치

이 규격에서 장치를 위한 내성시험과 평가치는 포트관계를 기본으로 주어진다. 전체 차량의 내성을 보장하기 위해 평가는 설비의 모든 관련된 장치에 응용 가능하다. 시험은 잘 정의되고 재현성 있도록 수행되어야 한다.

(1) Battery referenced 포트 및 보조 A.C 입력측에서의 시험 평가치

(2) 신호와 통신, 제어 포트에서의 시험 평가치

<표 4.10>은 신호, 통신 및 제어포트에서의 시험 평가치를 나타낸 것이다.

(3) 기기외함에 대한 방사내력 시험 평가치

<표 4.11>은 기기외함에 대한 방사내력 시험 평가치를 나타낸 것이다. RF 내력시험에서는 무전기 등의 사용을 고려하여 20 V/m를 시험 평가치로 사용할 수 있다.

<표 4.9> Immunity-Battery referenced ports, auxiliary a.c. power input ports (rated voltage ≤ 400 Vrms).

Environmental phenomena	Severity	criteria	Remarks
Fast transients bursts	2 kV 5/50 ns $t_r/t_h$ 5 kHz rep frequency	A	Direct Coupling
Surges	2kV waveform 1.2/50 $\mu$ s(8/20 $\mu$ s)	B	EN 50155
Conducted radio frequency	3 Vrms(carrier voltage) 150 kHz~80 MHz, 1 kHz, 80 % AM, Source impedance 150 $\Omega$	A	
Variations and interruptions of voltage supply	0.1초간 60~140 % 1초간 125~140 %의 전압변동	A	

<표 4.10> Immunity-signal & communication, process measurement & control.

Environmental phenomena	Severity	criteria	Remarks
Fast transients bursts	2 kV 5/50 ns $t_r/t_h$ 5 kHz rep frequency	A	Capacitive Coupling
Conducted radio frequency	3 Vrms(carrier voltage) 150 kHz~80 MHz 1 kHz, 80 % AM Source impedance 150 $\Omega$	A	

<표 4.11> Immunity-Enclosure ports.

Environmental phenomena	Severity	criteria
Radio frequency	10 V/m(rms carrier voltage) 80 MHz~1 GHz	A
Electrical Discharge	6 kV (방전전압) : 접촉방전 8 kV : 공간방전	B

## V. 신호 및 통신장치의 EMC

### 5-1 적용범위

이 규격은 전기적인 충격, 불안전 동작, 절연 협조와 관련된 유전체 시험에 대한 보호와 같은 장치의 기본 개별 안전요구조건을 결정하는 것이 아니

며, 요구조건과 시험방법은 무선통신과 신호 데이터, 시험상태에서 장치의 기능 모듈과 상호 연결된 장치(EUT)에 연결된 전원선에 적용된다. 전도 및 복사성 방사와 내성의 요구조건을 위한 주파수 한계는 DC부터 1 GHz이다.

### 5-2 목적

본 규격은 철도환경에서 사용되는 신호와 통신장비에 대한 전도 및 복사성 방사와 내성의 한계치를 정하고 철도환경 내에서 다른 장비에 간섭할 가능성이 있거나 또는 적절한 규격에서 정의된 한계치를 넘어서 철도 시스템 외부의 장치에 전자파 장애 현상을 일으키는 신호와 통신장치의 성능 기준을 정의한다.

### 5-3 용어 및 정의

#### 5-3-1 정의

이 규격을 목적으로 다음과 같은 정의가 적용된다.

#### (1) 설치환경

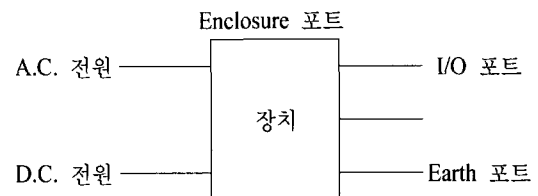
(가) 내부 : 건물의 안

(나) 외부 : 건물의 밖, 가장 가까운 레일로부터 3 m 또는 그 이상이거나 보호 캐비닛의 안

(다) 궤도주변 : 가장 가까운 레일로부터 3 m 또는 그 이하이거나 보호 캐비닛의 밖

#### 5-3-2 포트

외부의 특정장치와의 연결을 의미하며 [그림 5.1]



[그림 5.1] 신호/통신장치의 포트



과 같이 6개의 포트가 구성된다.

- (1) Enclosure 포트 : 전자계가 방사되거나 침해하는 장치의 물리적인 영역
- (2) 전원 포트 : 전원과 전기적으로 연결된 포트
- (3) I/O 포트 : 신호 및 통신의 입출력 포트
- (4) Earth 포트 : 접지선 연결 포트

### 5-3-3 성능기준

성능기준의 등급은 차량장치의 EMC에 준한다.

### 5-4 시험 및 한계기준

#### 5-4-1 전도 및 복사성 방사시험과 한계치

<표 5.1> 전도성 시험에 대한 한계치

포트	주파수범위	한계치	비고
AC와 DC 전원	0.15~0.50 MHz	79 dB $\mu$ V QP 66 dB $\mu$ V AV	CISPR 16-1의 LISN 사용 (전도성 장애)
	0.5~5 MHz	73 dB $\mu$ V QP 60 dB $\mu$ V AV	
	5~30 MHz	73 dB $\mu$ V QP 60 dB $\mu$ V AV	
QP = 준첨두치, AV = 평균치, Basic Standard EN 50081-2(1993)			

<표 5.2> 방사성 시험에 대한 한계치

포트	주파수범위	한계치	비고
Enclosure	30~230 MHz	40 dB $\mu$ V/m, QP	10 m에서 측정 (복사성 장애)
	230~1000 MHz	47 dB $\mu$ V/m, QP	
QP = 준첨두치, Basic Standard EN 50081-2(1993)			

신호 및 무선 통신기기의 전도 및 복사성 방사시험에 대한 한계치는 <표 5.1> 및 <표 5.2>와 같다. 복사성 방사시험에서는 측정거리를 3 m로 할 경우 10 dB를 더하여 사용할 수 있다.

#### 5-4-2 내성시험과 평가치

이 규격에서 장치를 위한 내성시험과 평가치는

포트관계를 기본으로 주어진다. 전체 신호 및 무선 통신기기의 내성을 보장하기 위해 평가는 설비의 모든 관련된 장치에 응용 가능하다. 시험은 잘 정의되고 재현성 있도록 수행되어야 한다.

- (1) 기기 외함에 대한 내성시험 평가치

<표 5.3> Immunity-Enclosure port.

Environ. phenomena	Test spec	Units	Remarks	성능 평가
Radiated electro-mag. field	80-100 0 10 80	MHz V/m (rms unmodulated) %AM (1 kHz)		A
Radiated electro-mag. field	900±5 20 50 200	MHz V/m pulse modulated, Duty cycle % Rep. Frequency Hz		A
Power frequency magnetic field	60 16 0 100	Hz Hz Hz(d.c.) A/m(rms)	자계에 민감한 기기에 적용 CRT는 3A/m 적용	A
Electronic discharge	±6 ±8	kV(Contact discharge) kV(Air discharge)	실내에 위치한 기기에 적용	B
Pulsed magnetic	300	A/m		B

(2) 입출력(I/O) 포트에 대한 내성시험 평가치 <표 5.4>는 입출력(I/O) 포트에 대한 내성시험 평가치를 나타낸 것이다.

(3) 접지 포트에 대한 내성시험 평가치 <표 5.5>는 접지 포트에 대한 내성시험 평가치를 나타낸 것이다.

(4) AC 및 D.C. 전원 입력에 대한 내성시험 평가치

<표 5.6>은 A.C. 및 D.C. 전원 입력에 대한 내성시험 평가치를 나타낸 것이다.

## VI. 고속철도 급전소의 EMC

<표 5.4> 입출력(I/O) 포트에 대한 내성시험 평가치

Environ. phenomena	Test spec	Units	Remarks	성능 평가
Radio frequency Common mode Amplitude modulated	0.15-80 10 80 150	MHz V/m(rms unmodulated) %AM (1 kHz) Source impedance		A
Fast transient	±2 5/50 5	kV (peak) $t_r / t_h$ ns Rep. frequency kHz	capacitive clamp	A
Surge voltage	1.2/50 ±2 ±1 ±2	μs kV(common mode) kV(differential mode) kV(diff. mode in unbalanced system)		B

<표 5.5> Immunity-Earth port.

Environ. phenomena	Test spec	Units	Remarks	성능 평가
Radio frequency Common mode Amplitude modulated	0.15-80 10 80 150	MHz V (rms unmodulated) %AM (1 kHz) Source impedance		A
Fast transient	±1 5/50 5	kV (peak) $t_r / t_h$ ns Rep.frequency kHz	용량성 clamp	A

<표 5.6> Immunity - A.C. and D.C. power ports.

Environ. phenomena	Test spec	Units	Remarks	성능 평가
Radio frequency Common mode Amplitude modulated	0.15-80 10 80 150	MHz V (rms unmodulated) %AM (1 kHz) Source impedance		A
Fast transient	±2 5/50 5	kV (peak) $t_r / t_h$ ns Rep. frequency kHz	direct injection	A
Surge voltage	1.2/50 ±2 ±1 ±2	μs kV (common mode) kV (diff. mode) kV (diff. mode in unbalanced system)		B

## 6-1 적용범위

고정된 철도전력 시설물에서 사용된 장치의 방사와 내성 측면과 시스템과 시설물 자체를 위한 규격을 설정한다. 이 규격은 전력 공급과 관련된 철도 고정 시설물에 사용하기 위한 전기/전자 장치와 부품에서 대한 EMC의 전도 및 복사성 방사와 내성 측면에 적용된다.

이것은 장치에 전력공급, 자체 보호 제어회로를 갖는 장치 자체, 급전선, 구분소, 전력 AT변압기, BT변압기, 변전소 전력개폐기와 다른 지역의 전력 공급을 위한 전력개폐기와 같은 궤도주변 장치를 포함하며 주파수 범위는 DC부터 100 MHz까지 정의된다.

## 6-2 목적

이 규격의 목적은 연속적이고 과도적으로 방사되는 외란에 대해 전자기와 방사와 내성의 요구조건을 위한 한계치와 시험방법을 정의하고자 하는 것이다. 이들 한계치와 시험방법은 필수적으로 전자파 환경 양립성 요구조건을 나타내며 한계치는 다음을 위해 결정된다.

a) 전원을 공급, 제어 및 조절하는 목적으로 궤도 옆과 궤도를 따라 설치된 장치와 변전소의 전원 시스템으로부터 방사량에 따라 방사 크기

b) 전원공급 시스템에서 부분적으로 동작되는 장치에 필요한 내성 크기

## 6-3 용어 및 정의

가. 철도 변전소 : 전차선의 전압과 주파수를 변환하는 시설물

나. 철도 급전선 : 철도에 전력을 공급하는 도체

## 6-4 시험 및 한계기준

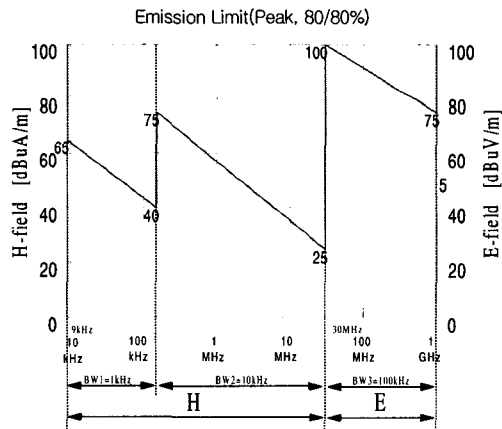
### 6-4-1 방사시험과 한계치

#### (1) 급전 변전소로부터 무선 주파수 방사

변전소로부터 외부로의 방사의 한계치도 첩두치 값으로 주어진다. 측정은 울타리로부터 3 m 밖에서 측정된다. 변전소로부터 무선주파수 방사 한계치는 [그림 6.1]과 같으며 <표 6.1>과 같이 CISPR-16-1의 대역폭을 사용한다.

<표 6.1> 주파수영역에 따른 대역폭

주파수	대역폭
150 KHz 이상	200 Hz
150 KHz에서 30 MHz	9 KHz
30 MHz 이상	120 KHz

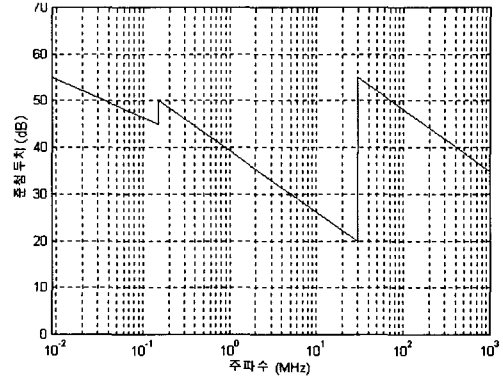


[그림 6.1] 급전변전소 외부 3 m에서의 방사 한계치

#### (2) 1000 Vrms 보다 작은 운영조건에서 장치의 방사 시험

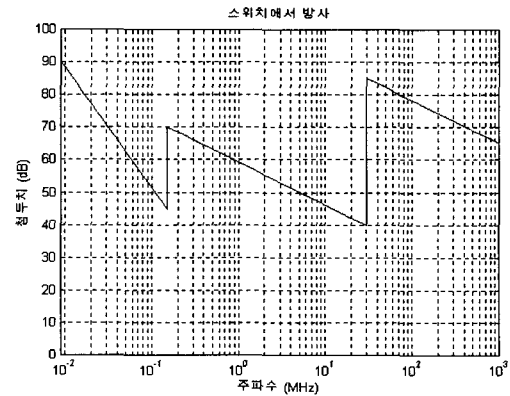
1000 V 이하의 전압에서의 전력을 공급하는 장치에 대한 방사 한계치는 준첩두치 값으로 주어진다. 장치가 규정 전력에서 동작하고 있을 때 장치로부터 3 m에서 측정된 방사 값이 [그림 6.2]의 제한 값을 초과하지 않아야 하며 <표 6.1>과 같은 CISPR-16-1의 대역폭을 사용한다.

#### (3) 변전소 영역 내의 무선주파수 방사 값



[그림 6.2] 1000 V 이하의 전압에서 사용하는 장치에 대한 방사 한계치

(가) 스위치와 유사 장치로부터 무선 주파수 방사  
스위치 동작은 과도현상을 발생시킬 수 있고 규정 전압에서 작은 규정 전류를 스위치가 단속할 때 장치로부터 3 m에서 CISPR-16 장비로 측정된 방사는 [그림 6.3]과 같은 한도를 초과하지 않아야 한다.

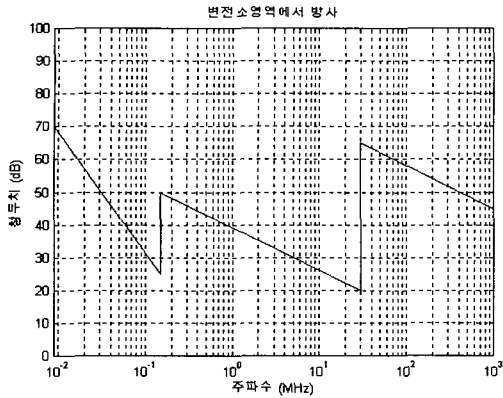


[그림 6.3] 변전소 스위치에서의 방사 한계치

(나) 변전소 영역 내에서 무선 주파수 방사 한계치는 [그림 6.4]와 같다.

### 6-4-2 내성시험과 평가치

장치의 내성시험 요구조건은 아래 표와 같이 각 포트별로 주어진다.



〈그림 6.4〉 변전소 영역에서의 방사

〈표 6.2〉 Immunity-Enclosure port

Environ. phenomena	Test spec	Units	성능 평가
Radiated electromagnetic field	80-1000	MHz	A
	10	V/m(rms unmodulated)	
Radiated electromagnetic field	80	%AM (1 kHz)	A
	900±5	MHz V/m	
	10	pulse modulated, Duty cycle %	
Power frequency magnetic field	50	Rep. Frequency Hz	A
	200		
Electronic discharge	60	Hz	A
	100	A/m	
Electronic discharge	6	kV(Contact discharge)	B
	8	kV(Air discharge)	

〈표 6.3〉 공정제어에 관련되지 않는 신호선과 데이터 버스 포트에 대한 내성시험 평가치

Environ. phenomena	Test spec	Units	Remarks	성능 평가
Radio frequency Line to Ground CM Amplitude modulated	0.15-80	MHz		A
	10	V/m(unmodulated)		
	80	%AM (1 kHz)		
Fast transient	150	Source impedance	용량성 clamp	B
	2	kV (peak)		
	5/50	$t_r/t_h$ ns		
	5000	Rep. frequency Hz		

- (1) 기기 외함에 대한 내성시험 평가치
- (2) 공정제어에 관련되지 않는 신호선과 데이터 버스

〈표 6.4〉 공정제어, 계측 및 긴 데이터 버스포트에 대한 내성시험 평가치

Environ. phenomena	Test spec	Units	Remarks	성능 평가
Radio frequency Line to Ground CM Amplitude modulated	0.15-80	MHz		A
	10	V/m(unmodulated)		
	80	%AM (1 kHz)		
Damped Oscillatory Voltage	150	Source impedance	100 kHz 1 MHz	B
	2.5(CM) 1.0(NM)	kV kV		
Fast transient	2	kV (peak)	용량성 clamp	B
	5/50	$t_r/t_h$ ns		
	5	Rep. frequency kHz		
Surge voltage	1.2/50	$\mu$ s		B
	2	kV(common mode)		
	1	kV(diff. mode)		

〈표 6.5〉 D.C 입출력 전원 포트에 대한 내성시험 평가치

Environ. phenomena	Test spec	Units	성능 평가
Radio frequency Line to Ground CM Amplitude modulated	0.15-80	MHz	A
	10	V/m(rms unmodulated)	
	80	%AM (1 kHz)	
Fast transient	150	Source impedance	B
	4	kV (peak)	
	5/50	$t_r/t_h$ ns	
	5	Rep. frequency kHz	
Surge voltage	1.2/50	$\mu$ s	B
	2	kV(common mode)	
	1	kV(differential mode)	

포트에 대한 내성시험 평가치

(3) 공정제어, 계측 및 긴 데이터 버스 포트에 대한 내성시험 평가치

(4) D.C 입출력 전원 포트에 대한 내성시험 평가치  
〈표 6.5〉는 D.C 입출력 전원 포트에 대한 내성시험 평가치이다.

(5) AC 입출력 전원 포트에 대한 내성시험 평가치  
〈표 6.6〉은 D.C 입출력 전원 포트에 대한 내성시

<표 6.6> A.C. 입출력 전원 포트에 대한 내성시험 평가치

Environ. phenomena	Test spec	Units	성능 평가
Radio frequency	0.15-80	MHz	A
Line to Ground	10	V/m(rms unmodulated)	
CM Amplitude modulated	80 150	%AM (1 kHz) Source impedance	
Fast transient	4	kV (peak)	B
	5/50	$t_r/t_h$ ns	
Surge voltage	5	Rep. frequency kHz	B
	1.2/50	$\mu$ s	
	4	kV(common mode)	
	2	kV(differential mode)	

<표 6.7> Immunity-Earth port.

Environ. phenomena	Test spec	Units	성능 평가
Radio frequency	0.15-80	MHz	A
Common mode	10	V (rms unmodulated)	
Amplitude modulated	80 150	%AM (1 kHz) Source impedance	

험 평가치이다.

(6) 접지 포트에 대한 내성시험 평가치

<표 6.7>은 접지 포트에 대한 내성시험 평가치를 나타낸 것이다.

## Ⅶ. 결 론

전기철도 EMI/EMC 기준에 관한 논의가 최근에는 유럽 CENELEC의 EN50121 기준으로 일원화되는 양상을 보이고 있다.

유럽의 규격을 제정하는 기관인 CENELEC은 철도위원회 TC9X(Technical Committee)에서 철도에 요구되는 EMC에 관한 규격을 결정하며 정식 규격인 EN50121인 1998년 1월에 작성되어 검토되다가 지금은 EN50121로 규격화 되었다. 우리나라에서도 한국전기연구원과 철도연구원에서는 건설교통부가 주관한 한국형 고속철도 기술개발 사업에서 고

속철도 EMI/EMC기준에 대해 검토를 한 바 있으며, 또한 최근에는 정보통신부에서도 이에 대한 기준을 제정하고자 전파연구소를 중심으로 초안을 마련하여 건설교통부와 논의 중에 있다. 본 고에서는 EN 50121 기준에 대해 기술하였으나 철도분야에서의 EMI/EMC에 대한 시험기술은 아직도 체계적으로 완전히 정립이 되지 않은 만큼 우리나라에서도 기준 시행전 충분히 논의가 필요하다고 여겨진다.

## 참 고 문 헌

[1] CISPR 26, Ed.1 "Electric Traction System".

[2] CENELEC En50121

≡필자소개≡

명 성 호



1959년 3월 20일생

1981년: 서울대 공대 전기공학과 (공학사)

1983년: 서울대 대학원 전기공학과 (공학 석사)

1996년: 서울대 대학원 전기공학과 (공학 박사)

현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구

그룹장

이 재 복



1962년 8월 17일생

1985년: 인하대 공대 전기공학과 (공학사)

1987년: 인하대 대학원 전기공학과 (공학 석사)

1999년: 인하대 대학원 전기공학과 (공학 박사)

현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구

그룹 책임연구원