

## 경량전철시스템 저주파대역 전자기파 측정 시험

이한민\*, 김길동, 오세찬  
한국철도기술연구원

### A Study on the Effects of Electromagnetic Wave in VLF band on Human Body in Light Rail Transit

H.M. Lee, G.D. Kim, S.C. Oh  
Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - The effects of electromagnetic wave in very low frequency band on human body. It's effects on human body in the LRT(Light Rail Transit) are measured and tested at the test track in Kyongsan. The measured results are analyzed by the criterion announced by Ministry of information and communication in republic of Korea.

#### 1. 서 론

전자파의 인체 영향에 관한 연구는 크게 분류하여 열적 작용(thermal effect)으로 대변되는 SAR(Specific Absorption Rate: 비흡수율)에 관한 연구와 신경 계통 및 만성적인 노출로 인한 질병 발생과 관계되는 비열작용(non-thermal effect)에 대한 연구로 나눌 수 있다. SAR에 관한 연구는 그 접근방식이 모의실험과 인체 모형 등을 이용하는 등의 간접적인 수밖에 없다는 점을 감안하면 그 연구 조건이 실제의 사용 환경을 얼마나 정확히 구현할 수 있는지의 문제와 그 연구 표준을 정하는 작업이 과제로 남아있다. 비열작용에 대한 연구는 역학적 연구조사, 유전학적 연구, 세포막에 대한 연구, 신경계의 신경 신호에 대한 연구 등을 통해 이루어진다.

전자파 인체보호기준에 있어서 현재 미국, 일본, 독일, 영국, 캐나다, 호주, 러시아, 체코, 폴란드, 중국, 국제 비전리 방사선 보호협회(ICNIRP) 등의 여러 기관·조직에서 전자파의 안전기준을 책정하고 있으나 각 나라마다 다른 기준을 적용하고 있으며, 이러한 기준들이 법적 규제기준으로 정해진 나라는 없고 강제성이 없는 표준 혹은 안전기준으로 사용되고 있다.

표 1. 극저주파 전자기파 관련 기준

	정통부	ICNIRP	WHO
전계[kV/m]	4.167	4.167	10
자계[μT]	83.33	83.33	5,000

우리 주변 환경에서 발생하는 전자기파의 정도를 살펴보면 다음과 같다. 우선 전계의 경우 ICNIRP에서 권고하고 있는 직업인 및 일반인에 대한 제한치는 8.33kV/m와 4.16kV/m이다. 국내의 전기설비기준에서는 전계의 기준을 3.5kV/m이하로 기준하고 있다.

자계의 경우 세계보건기구(WHO)에서 정한 유해한 생물학적 영향이 인지되지 않는 범위로 규정한 환경보건기준은 5mT(50G)이내이며 ICNIRP 제한치의 경우 직업인

과 일반인이 0.417mT(4.17G)와 0.0833mT(0.83G)이다.

세계보건기구(WHO)에서는 1996년부터 2004년까지 다음과 같은 전자파국제공동연구를 수행하고 있으며 우리나라는 1998년부터 WHO공동연구에 참여하고 있다.

- 극저주파수(ELF, 300kHz이하), 무선주파수(RF, 300kHz~300GHz)로 분리하여 연구수행
- 전자파노출시스템의 해석, 동물실험, 역학연구 및 호르몬 연구 등으로 우선순위를 정함
- 발암성 연구는 2003년, 비발암성 연구는 2004년까지 완료하여 2005년에 기준제정 및 각국에 권고

#### 2. 경량전철 시험선

고무차륜 AGT 경량전철 시험선은 개발된 차량시스템, 전력공급시스템, 신호통신시스템, 선로구축물 기술이 종합적·유기적으로 결합된 것으로서 분야별로 충분한 종합성능시험을 수행하여 개발기술의 신뢰성과 안전성을 확보하는데 그 목적이 있다. 시험선은 경북 경산시 남천면 홍산리에 위치하며, 약 2.3km로서 정거장 4개소(검수 시설 포함 1개소, 시험용 임시정거장 3개소), 교량 2개소(본선 30m, 측선 160m), 대피선 1개소(120m)이다. 그림 2는 시험선 전경 및 운행 사진이다.



그림 1. 고무차륜 AGT 시험선 전경

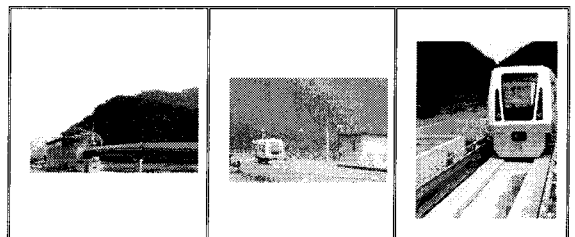


그림 2. 고무차륜 AGT 시스템 시험선 운행

### 3. 국내 전자파 관련 기준

#### 3.1 전자파 장애 방지기준

전자파 장애 방지기준에서는 전자파 적합 등록대상 기기에 대하여 적용되고 있으며, 각 대상기기를 전자파 발생 방법과 사용 범위를 통하여 구분하고 각각에 대한 대상기별 장애방지기준을 규정하고 있다. 고주파에너지를 의도적으로 발생시켜 전도적인 결합에 의하여 사용되는 기기를 1종기기로 분류하고 전자파방사의 형태로 사용하는 기기와 불꽃 부식기기를 2종기기로 분류하여 각각의 기준을 규정하고 있다.

#### 3.2 전자파 보호기준

전자파 보호기준에서는 주거, 경공업, 산업 환경에서의 일반 내성기준을 규정하고 있고, 대상기별 내성기준을 각각 규정하고 있다.

차폐효과는 외부전류가 내부전압에 전송되는 것을 감소시키도록 한 동축 접속단자의 특성이라고 정의하고 있으며, 주거, 경공업, 산업 환경에서의 표면단자에 대한 일반내성기준 중 전원주파수 자체시험을 추가 신설하여 규정하고 있다.

#### 3.3 전자파 인체 보호기준

전자파 인체 보호기준에서는 일반인, 직업인에 대한 각각의 전자파 강도 기준을 규정하고 있고, 특히 모의인체를 통한 전자파 흡수율 측정방법과 기준 등에 대하여 자세한 내용을 다루고 있다.

인체에 대한 전자파 강도 기준에서는 각 주파수 대역별로 전기장 강도, 자기장 강도, 자속밀도, 전력밀도의 한계치가 규정되어 있다. 전자파 인체 보호기준에 국부 노출에 대한 전자파흡수율(SAR)기준이 규정되어 있다. 전자파 흡수율 기준은 주파수 범위 100kHz~10GHz에서 전자파 흡수율 1.6W/kg으로써, 이 값은 임의의 인체 조직 1g에 대하여 평균한 전자파흡수율의 최대값에 해당한다. 여기에서 직업인에 대한 전자파 강도기준이 일반인에 대한 기준보다 높은 것은 직업인의 경우 일일 노출시간을 8시간을 기준으로 한 것이고 일반인은 일일 24시간을 근거로 작성하였기 때문에 근로자 집단의 노출기준이 일반인보다 높은 것이다.

##### 3.3.1 일반인에 대한 전자파 강도기준

일반인에 대한 전자파 강도기준은 정보통신부의 인체 보호기준에서 규정하고 있다.

다음 그림 3은 자계에 대한 전자파 강도 기준을 그래프로 나타낸 것이며 그림 4는 전계에 대한 전자파 강도 기준을 그래프로 나타낸 것이다.

가정용 전원주파수인 상용주파수(60Hz)에서의 전자계 기준을 살펴보면 전기장 강도(전계)의 경우 4.167kV/m(192.4dB $\mu$ V/m), 자기장 강도는 66.67A/m(156.47dB $\mu$ A

/m)이며 자속밀도는 83.3 $\mu$ T(833mG)이하이다.

##### 3.3.2 직업인에 대한 전자파 강도기준

직업인에 대한 전자파 강도기준은 정보통신부의 인체 보호기준에서 규정하고 있다.

다음 그림 5는 자계에 대한 전자파 강도 기준을, 그림 6은 전계에 대한 전자파 강도기준을 그래프로 나타낸 것이다.

가정용 전원주파수인 상용주파수(60Hz)에서의 전자계 기준을 살펴보면 전기장 강도(전계)의 경우 8.333kV/m(198.4dB $\mu$ V/m), 자기장 강도는 333A/m(170.46dB $\mu$ A/m)이며 자속밀도는 416.7 $\mu$ T(4.167G) 이하이다.

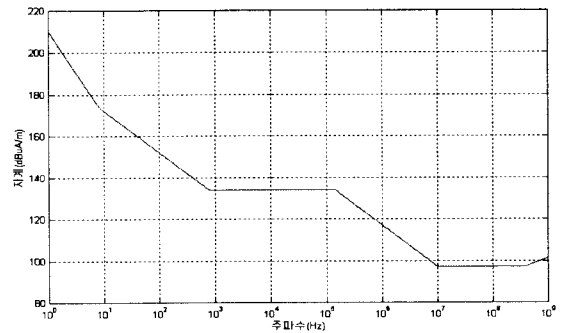


그림 3. 일반인에 대한 전자파(자기) 강도기준(정보통신부 고시)

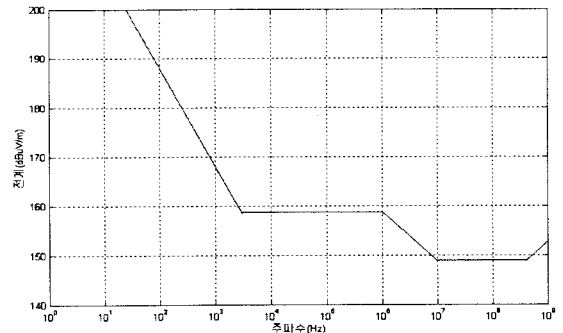


그림 4. 일반인에 대한 전자파(전계) 강도기준(정보통신부 고시)

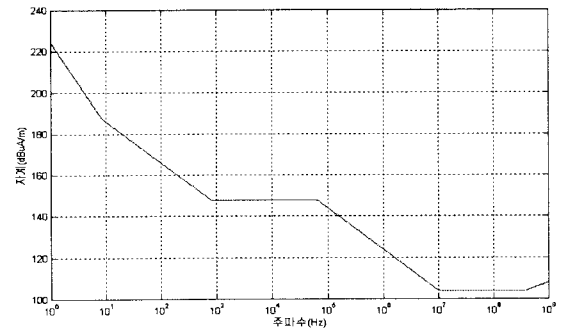


그림 5. 직업인에 대한 전자파(자기) 강도기준(정보통신부 고시)

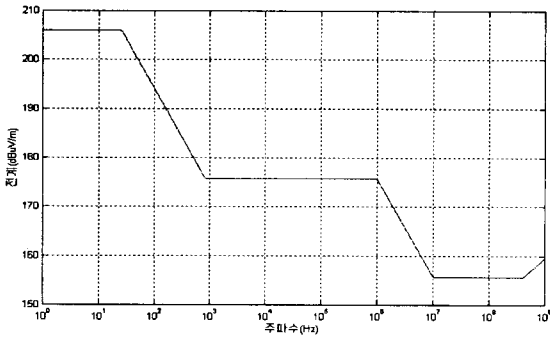


그림 6. 직장인에 대한 전자파(전계) 강도기준(정보통신부 고시)

### 3.4 전기철도 주변 극저주파 전자계

차량 내부에서의 전자기파는 다음을 넘지 않아야 한다. (전파법 제47조의 2 제1항의 규정에 의한 전자파 인체보호기준. 정보통신부 고시 제2000-91호)

- 전계 : 측정치의 최대값이 4.166kV이하이어야 한다.
- 자계 : 측정치의 최대값이 83.3 $\mu$ T이하이어야 한다.
- 차내에서 전자계 측정은 자계를 발생하는 장치를 선정하여 해당 장치 위에서, 자계강도가 가장 강한 객실바닥을 기준으로 한다.

측정장비는 Gauss meter가 사용된다.

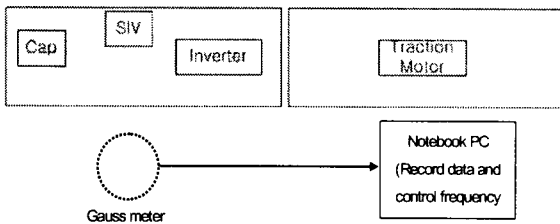


그림 7. 차량내부의 전자계환경 측정 위치

### 3.5 측정 방법 및 측정 항목

정보통신부 고시 제 2001-88호의 별표 1.일반인에 대한 전자파강도기준을 적용하여 측정한다.

- 열차가 정지 상태에서 최고운행속도(60km/h)에 도달하기 위해 가속시킨다.
- 최고운행속도(60km/h)에서 2-5초간 타행운전한다.
- 최고운행속도(60km/h)에서 상용 만제동으로 정지시킨다.
- 주행 시 차량 내부 측정
- 차량 주변 및 역사 측정

### 4. 시험 측정 결과

국내외 극저주파 관련 전자계 기준치인 전계 4.167kV/m 이하 및 자계 83.3 $\mu$ T 이하와 비교하여 볼 때, 측정된 전계값과 자계 값은 아주 작은 것으로 나타

났다. 그러나 최근에 극저주파 전자계에 대한 사회적인 대책요구가 증가하고 있는 추세이며 전기철도를 전자계 발생원으로 여기고 있다. 경량전철 시스템 시설물 주변의 몇몇 개소에서 극저주파 전자계를 검토한 결과 제반 기준이하임을 감안할 때 특별한 문제점은 없을 것으로 판단되나 극저주파 전자계의 경우 유해성 여부에 대한 결론을 내리기가 어렵다. 따라서 장기적으로 전기철도 시설물 주변에서의 극저주파 전자계와 발생을 최소화하려는 노력(예를 들어 전자계차폐설비 설치, 안전이격거리 유지 등)을 지속적으로 계속하여야 한다.

표 2. 주행 시 차량 내부 측정값

	가속 시		타행 시		제동 시		자계		
	전계[V/m]		전계[V/m]		전계[V/m]				
	측정주파수	자계	측정주파수	자계	측정주파수	자계			
	5 ~ 2k	2k ~ 400k	5 ~ 2k	2k ~ 400k	5 ~ 2k	2k ~ 400k	$\mu$ T		
Cap	1.0	0.04	0.98	1.2	0.04	1.12	1.1	1.9	0.85
SIV	1.9	0.11	0.52	5.7	0.10	1.43	4.1	0.09	1.05
Traction Motor	5.4	0.42	1.65	6.5	0.40	11.1	6.3	0.44	0.98
Inverter	6.4	0.03	1.35	10.7	0.02	15.0	3.9	0.03	1.02

표 3. 차량 주변 및 역사 측정

	전계[V/m]		자계 $\mu$ T
	측정 주파수	자계 $\mu$ T	
	5~2k	2k~400k	
변전소 외부 1m	2.0	0.4	0.135
승강장 중앙	1.3	0.06	0.092
제3레조 급전선로 주변 1m	0.9	0.06	0.103
선로주변 10m	5.9	0.03	0.036
A역사 주변	1.8	0.67	0.063
B역사 주변	0.9	0.06	0.073
C역사 주변	1.1	0.54	0.251

### [참고 문헌]

- [1] 하세가와 신, 오카무라 마사오의, "전자파장해", 대광서림, 1997
- [2] 전자파 보호 기준 개정(안), 정보통신부 공시, 2000
- [3] 전자파 장해 방지 기준 개정(안), 정보통신부 공시, 2000
- [4] 전자파 인체 보호 기준, 정보통신부 공시, 2002
- [5] European Standard EN 50121, CENELEC, 2000
- [6] EMI/EMC평가 및 대책 기술개발, 한국전기연구소, 1998
- [7] Electromagnetic Compatibility (EMC) in Railways, University of York, 2001
- [8] EMI Test Receiver, ROHDE&SCHWARZ