

한국형 고속열차 전자파 시험 종합 결과

이태형, 한인수

Electromagnetic compatibility Test Result of Korea High Speed Train

Taehyung LEE, Insoo HAN

Abstract - 전기철도차량을 개발하여 상업운행에 들어가기 전에 차량의 성능과 관련 있는 항목에 대한 여러 가지 성능시험을 수행해야 한다. 성능시험 항목 중에 하나가 전자파 시험이다. 전자파 시험은 차상에서 고조파와 전자파를 측정하는 시험과 차량에서 외부로 방사하는 전자파를 측정하는 시험, 차량에 전력을 공급하는 전철변전소에 유도되는 고조파를 측정하는 시험으로 구성된다. 본 논문에서는 한국형 고속열차를 대상으로 순차적으로 진행한 전자파 시험에 대한 결과를 종합적으로 정리하였다.

1. 서 론

전기철도차량을 개발하여 상업운행에 들어가기 전에 성능에 관련 있는 항목에 대한 여러 가지 성능시험을 수행해야 한다. 성능시험 항목 중에 하나가 전자파 시험이다[1, 2]. 전자파 시험은 크게 세 가지로 구분한다. 그 첫 번째가 유도장해 차상시험이다. 유도장해 차상시험은 차상에서 고조파를 측정하여 등가방해전류로 환산하여 기준치[3]에 대한 만족 여부를 평가하는 항목과 차량 내부 각부에서 발생하는 전계와 자계를 측정하여 가이드 라인 권고치[4]에 대한 만족 여부를 평가하는 항목으로 구성된다. 두 번째는 차량에서 외부로 방사하는 전자파를 측정하는 것이다[5]. 마지막으로 차량에 전력을 공급하는 전철변전소에 유도되는 고조파를 측정하여 전압왜형율로 변환하여 그 결과가 기준치에 대한 만족 여부를 평가하는 시험으로 구성된다[3].

본 논문에서는 한국형 고속열차를 대상으로 순차적으로 진행한 전자파 시험에 대한 결과를 종합적으로 정리하였다.

2. 본 론

2.1 한국형 고속열차

한국형 고속열차의 성능평가를 위한 시제편성의 구성은 그림 1과 같이 7량 1편성으로 구성하였다. 동력차(TP1, TP2) 2량, 동력객차(TM5) 1량, 중간동력객차(TM1) 1량, 객차 3량으로 만차중량은 340[톤], 차량길이는 145[m]이다. 1100[kW] 유도전동기 12대를 사용하여 추진을 하며 총 출력은 13,200[kW]이다. 전력변환장치는 PWM제어 및 VVVV 제어를 사용한다.

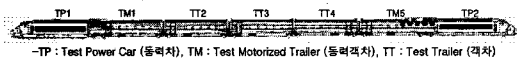


그림 1 한국형 고속열차 시제편성의 구성

2.2 유도장해 차상시험[6]

한국형 고속열차의 성능시험을 위해 350km/h까지 단계별로 증속을 실시하면서 차량에서 전차선으로 유입하

는 고조파 전류를 측정하고 이를 등가방해전류로 환산하여 그 기준치와 비교하여 평가하였다. 그림 2는 최고속도인 350km/h로 주행하였을 때 측정된 고조파 전류를 보인 것이고 그림 3은 속도별 등가방해전류를 표시한 것이다. 등가방해전류의 기준치는 3.8[A]이다.

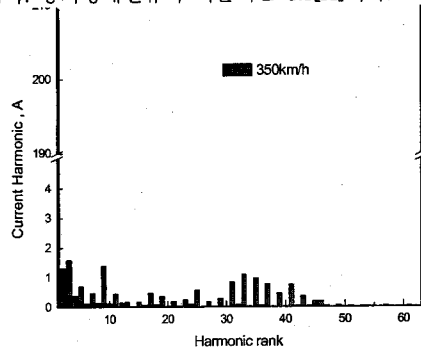


그림 2 350km/h 주행시 고조파 전류

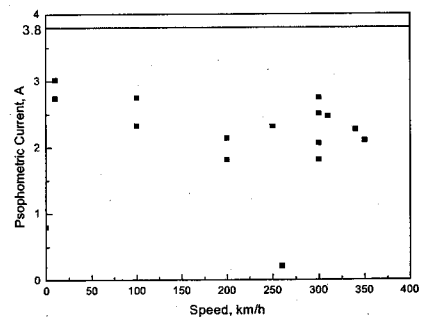


그림 3 속도별 등가방해전류

아울러, 차량 내부 각 위치에서의 전계와 자계를 측정하여 가이드라인과 비교하였다. 측정위치를 선정할 때 차량 바닥면과 천정 중심으로부터 일정거리에서 이격하여 측정하였는데 이는 전자계 발생 원인인 하부 전장품 기기와 차량 천정의 전력선에서 발생하는 전자계를 더욱 정밀하게 측정하기 위함이다. 또한 직류자계도 포함시켰는데, 이는 하부 전장품 기기 중에는 직류전원을 사용하는 것이 있기 때문이다. 각각 차량별 측정 위치를 그림 4부터 그림 7에 정리하였으며, 시험결과는 표 2와 표 3에 정리하였다.



그림 4 TP1 측정위치

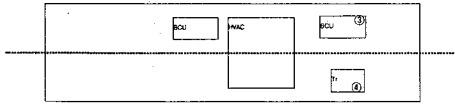


그림 5 TM1 측정위치

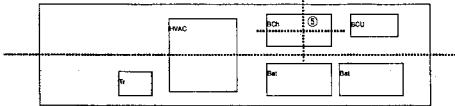


그림 6 TT3 측정위치

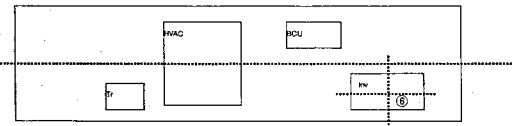


그림 7 TT4 측정위치

표 2 정차시의 각 부위 전자계 강도

측정위치	전계 [kV/m]	직류자계 [uT]	교류자계 [uT]	
운전실바닥면(㉑)	0.006	7800	0.26	
운전실바닥면60cm높이(㉒)	0.0059	7400	0.31	
동력객차의 객실 바닥면	㉓	0.0068	7600	0.04
	㉔	0.0041	7700	0.02
동력객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉕	0.0119	7600	0.04
	㉖	0.0009	7400	0.04
부수객차의 객실 바닥면	㉗	0.0020	7800	0.03
	㉘	0.0014	7400	0.03
부수객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉙	0.0037	7800	0.04
	㉚	0.0834	7900	0.25
부수객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉛	0.0002	7800	0.05
부수객차의 천정 중심으로부터 30cm아래높이	㉜	0.0006	7900	0.18
부수객차의 천정 중심으로부터 30cm아래높이	0.00018	7900	1.39	
연결통로의 천정 중심으로부터 30cm아래높이	0.0089	7600	0.75	
객차 측창으로부터 30cm안쪽, 객실바닥면 60cm높이	0.0034	7900	0.29	

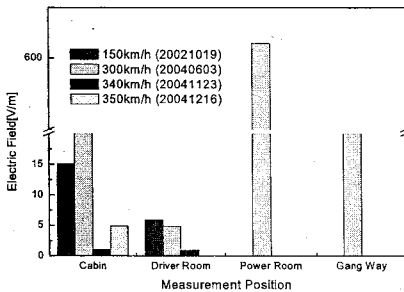


그림 8 각 속도별 전계 강도

표 3 주행시의 각 부위 전자계 강도

구분	측정위치	전계 [kV/m]	직류자계 [uT]	교류자계 [uT]	
고속선 구간 (광명 - 서대원)	운전실바닥면(㉑)	0.0381	7400	2.51	
	운전실바닥면60cm높이(㉒)	0.0066	7400	5.89	
	동력객차의 객실 바닥면	㉓	0.0546	7900	0.66
		㉔	0.2670	8200	1.54
	동력객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉕	0.0901	8000	1.77
		㉖	0.0049	7900	1.30
	부수객차의 객실 바닥면	㉗	0.0045	8200	2.08
		㉘	0.0051	8000	1.06
	부수객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉙	0.3030	7900	0.72
		㉚	0.0814	8000	2.89
	부수객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉛	0.0022	7900	0.80
		㉜	0.0020	7800	1.93
	부수객차의 천정 중심으로부터 30cm아래높이	㉝	0.00005	8100	1.77
		㉞	0.0070	7700	34.9
	객차 측창으로부터 30cm 안쪽, 객실바닥면 110cm높이	㉟	0.0043	7700	3.03
㊱		0.0661	8000	4.12	
기존선 구간 (서대원 - 목포)	운전실바닥면(㉑)	0.0661	8000	4.12	
	운전실바닥면60cm높이(㉒)	0.0072	8000	3.4	
	동력객차의 객실 바닥면	㉓	0.0222	8100	0.82
		㉔	0.0156	7700	0.56
	동력객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉕	0.0135	7800	0.96
		㉖	0.0034	8000	0.76
	부수객차의 객실 바닥면	㉗	0.0029	8000	1.54
		㉘	0.0027	7900	0.52
	부수객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉙	0.0208	7800	0.56
		㉚	0.0933	7800	1.62
	부수객차의 객실 바닥면 60cm높이	㉛	0.0034	7800	0.53
		㉜	0.0037	7700	2.96
	부수객차의 천정 중심으로부터 30cm 아래높이	㉝	0.0013	7800	0.80
		㉞	0.0032	8000	18.99
	객차 측창으로부터 30cm 안쪽, 객실바닥면 110cm높이	㉟	0.0032	8000	18.99
㊱		0.0023	7800	3.98	

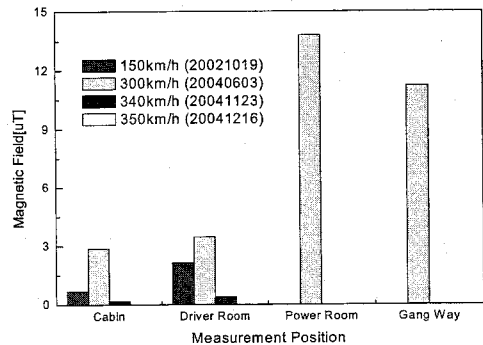


그림 9 각 속도별 자계 강도

2.3 방사성 간섭시험[7]

차량 외부에 방사하는 전자파의 간섭을 평가하기 위해 한국형 고속열차가 고속선과 기존선을 주행할 때 EN 50121 시험규격에 의거하여 전자파 시험을 수행하였다. 그 결과를 그림 10 ~ 13에 보였다.

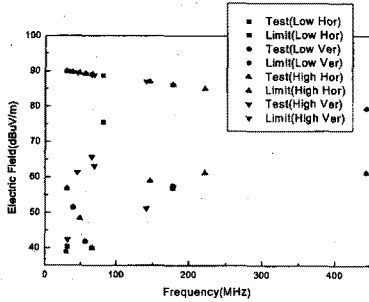


그림 10 고속선에서의 전계강도

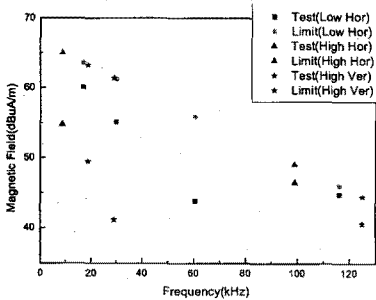


그림 11 고속선에서의 자계강도

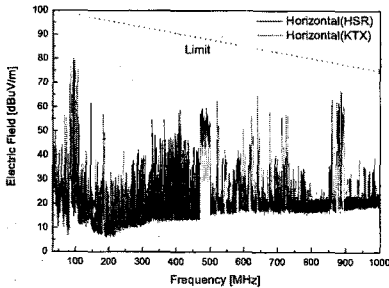


그림 12 기존선 수평전계강도

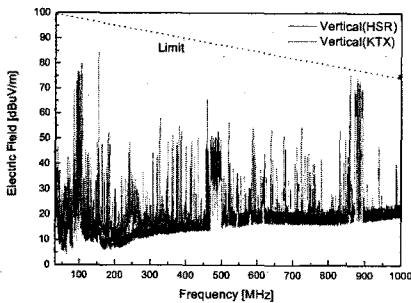


그림 13 기존선 수직전계강도

2.4 전철변전소 유도장해시험[8]

한국형 고속열차 주행시 한전계통으로 유입하는 전압 왜형상을 평가하기 위해서는 전력품질에 영향을 주는 타 고속열차의 영향을 배제해야 한다. 이를 위해 영업열차의 운행 종료 후에 한국형 고속열차 단독으로 주행시험을 실시하였으며 최고속도는 300km/h, 주행구간은 신청주 전철변전소의 공급구간인 천안아산역과 신탄진이다. 시험시간 동안 측정된 전압왜형상은 그림 14와 같다.

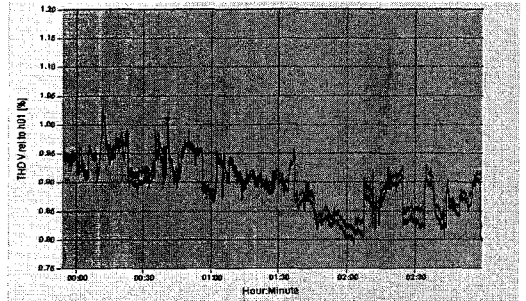


그림 14 전압왜형을 측정 결과

3. 결 론

한국형 고속열차에 대한 전자파 시험을 통해 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 최고속도(350km/h)까지 주행시험할 때 발생하는 등가 방해전류는 기준치인 3.8[A]를 넘지 않았다.
- 차량 내부 각 위치에서 측정된 전자기계 강도는 가이드 라인 권고치인 전계 4,160[V/m], 자계 83.3[uT] 이하이었다.
- 최고속도 주행시 차량 외부로 방사하는 전자파도 EN50121에서 제시하는 기준치를 상회하지 않았다.
- 전철변전소에서의 전압왜형률도 기준치인 1.5[%] 이하이었다.

결론적으로, 한국형 고속열차는 차량 내외부에 영향을 주는 전자파를 발생하지 않도록 설계된 것으로 판단하며 향후 상용화 차량에서 재입증할 계획이다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부에서 지원하는 차세대 고속철도기술개발 사업의 일환으로 수행하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 철도차량 성능시험 시행지침, 건설교통부 고시 제2005-441호
- [2] Railway applications - Rolling stock - Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service, IEC 61133 second edition 2006-10
- [3] 한국전력공사 영업처, "영업 업무처리 지침 제4절(교조파)", 1990. 7
- [4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300G Hz)", ICNIRP Guidelines, 1998
- [5] BS EN50121, "Railway applications - Electro magnetic compatibility-", September 2000
- [6] 이태형 외, "한국형 고속열차 전력시스템 특성 연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2005년 11월 10일
- [7] Taehyung LEE et. al, "Electromagnetic Interference Test of Electric High-Speed Train", ICEMS2006
- [8] 이태형 외, "한국형 고속열차 주행시 전철변전소 전력품질 시험", 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2007년 11월 8일