한국형 경량전철 저주파대역 전자계환경 분석 및 평가

조홍식* 이호용* 조봉관* 류상환* 오윤상** 노석균**
한국철도기술연구원* 벡터필드코리아**

Electromagnetic Environment Analysis and Evaluation for Low Frequency Range in K-AGT System

Hong-Shik Cho* Ho-Yong Lee* Bong-Kwan Cho* Sang-Hwan Ryu* Yun-Sang Oh** Seok-Kyun Rho**
Korea Railroad Research Institute* Vector Fields Korea, Inc.**

Abstract - Recently, the influence of electromagnetic environment for low frequency range on human body has been being argued. Light Rail Transit (LRT) System is an urban transit system which has approximately an intermediate transportation capacity between conventional subway and bus. The LRT systems have been applied and being operated in about a hundred lines around the world and many projects that apply the LRT systems in Korea are being proceeded and scheduled. LRT system is operated under the electrical circumstance of high voltage and large current and passengers are exposed in those electrical circumstance. In this paper, EMI/EMC for low frequency range of K-AGT system is measured and analyzed comparing with the international standard.

1. 서 론

현재 도시의 대중교통은 기존의 지하철(중전철) 중심에서 수송용량과 정시성, 신속성 및 안전성을 높일 수 있는 새로운 개념의 교통시스템인 경량전철(LRT: Light Rail Transit)로 전환되고 있다.

경량전철이란 기존 지하철과 버스의 중간 규모의 수송능력(시간·방향당 5,000~25,000명)을 가지는 첨단 궤도교통 시스템을 말하며 수송수요와 경제성이 부족한 대도시 지선 노선이나 중소도시의 간선 노선, 관광지 및 공항 등의 셔틀(Shuttle) 수단으로 적합한 시스템이다. 1980년대 이후 본격적으로 실용화되어 미국, 일본, 독일, 프랑스 등 세계 20여개 국가에서 100여개의 노선이 건설·운영 중에 있으며 국내에서도 기존 지하철의 특성을 유지하면서 건설비가 저렴하고 신도시개발에 환경친화적인 교통수단으로 적합한 경전철에 대한 관심이 크게 대두되어 많은 지방자치단체에서 그 도입을 서두르고 있다.

한국철도기술연구원은 이러한 국내 수요에 대응하고 경량전철에 대한 시스템 기술을 확보하여 정부정책에 부합한 대중교통수단을 개발하고자 국토해양부의 지원하에 경량전철시스템기술개발사업(1999년~2005년)을 통하여 한국형 표준 고무차륜 경량전철 (K-AGT) 시스템을 개발하였고 무인경량전철RAMS향상연구(2006년~)을 통하여 개발 시스템의 개선 및 신뢰성향상을 위한 연구를 수행 중에 있다.

경량전철 시스템을 포함한 전기철도 시스템은 고전압의 전원을 사용하여 차량을 동작시키며 디지털 기술과 고주파 스위칭 소자를 이용한 저전력 제어기를 이용할 뿐만 아니라 구동 제어장치 및 인버터에서 저주파대역의 전자계가 발생하므로 인체에 미치는 영향의 안전과 차량 운행 및 시설물 주변의 안전을 유지하기 위해서는 차량 및 시설물에 대한 EMI/EMC 연구가 무엇보다도 중요하다.

우리가 사용하는 거의 모든 전기기기들과 주변의 송·변전 설비 및 송전선 등 고압 전력설비에서 발생하는 저주파대역 전자계는 우리의 생활과 뗄 수 없는 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 인체의 영향 유무에 관해서 일반국민 및 관련 직업종사자들의 지대한 관심과 더불어 상당한 논란의 대상이 되어왔다. 이미 일부 국가에서는 과학적으로 명확하게 근거가 제시된 결론이 없는 상태에서도 저주파대역 전자계의 인체 유해성 문제를 들어 송전선의 건설이 중단되거나 지연되고 있는 실정이며, 휴대전화의 급속한 보급 등으로 신체 주변의 전자파는 점점 증가하고 있으며 그 것이 인체에 미칠 영향의 불안감은 각국에서 여러 가지 문제를 야기하고 있다.

전기철도 EMI/EMC 분야와 관련하여 외국 관련업체에서는 개발 시 많은 연구가 이루어지고 있으며 이에 따라 외국의 전기철도관련 위원회 및 각국의 자국 규격에 의해 EMI/EMC 시험평가가 시행되고 있다.

본 논문에서는 K-AGT 시스템의 국내 도입에 앞서 경량전철의 저주파대역 전자계환경 측정데이터의 확보와 기준안에 대한 적합성 여부를 통하여 경량전철의 저주파대역 전자계환경을 분석하고 평가하고자 한다.

2. 본 론

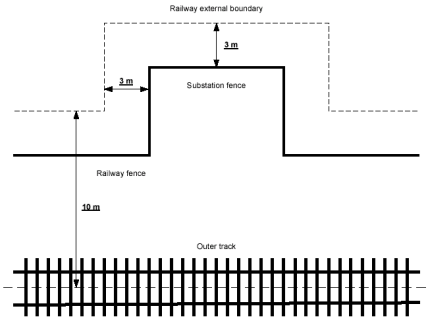
2.1 경량전철 저주파대역 전자계환경 측정

본 연구에서 경량전철 저주파대역 전자계환경 측정은 특정주파수에 대하여 선택적 측정이 가능하고 컴퓨터와의 통신에 있어 기본적인 프로그램을 지원하고 있어 측정 데이터의 백업이 용이하며 전기장 및 자기장의 측정이 측정센서의 교체만으로도 가능한 EFA-300을 채택하였다.

경량전철의 저주파대역 전자계환경 측정은 정보통신부고시의 전자파 강도측정기준과 EN50121[1]의 기준을 적용하여 측정하며, 측정한 데이터는 정보통신부고시의 전자파 인체 보호기준[2]에 의거해 검토한다. 이 기준은 국제적으로 가장 신뢰성 있게 통용되는 국제 비전리 방사선 보호위원회의 권고치를 따른 것으로 무인경량전철시스템의 저주파대역 전자계환경의 검토기준으로써 적합하리라 여겨진다.

측정단위는 자기장의 경우 A/m, 전기장의 경우 V/m이며, 한계치 역시 A/m와 V/m로 표시한다. 날씨의 영향을 최소화하기 위해 건조한 날씨(일우량 0.1㎜이하 또는 강우 24시간 후), 최소 5℃ 이상, 10m/s 이하의 풍속 조건에서 측정하였다. 측정 장소는 경북 경산시 경량전철 시험선으로 미래역→갓바위역→삼성현역을 왕복하는 노선의 주행을 통해 저주파대역 전자계환경을 측정하였다.

차량외부의 측정위치는 그림 2와 같이 가장 바깥쪽 선로의 중심에서 10m 떨어진 곳이며, 변전소의 경우 변전소 울타리 외부 3m 지점에서 측정하였다. 선로 주변에서 측정할 때는 열차가 측정위치 30m 전방 도달시 측정을 시작하며, 최고속도의 90% 이상 운전시 가속, 타행, 제동, 정지 상태시 측정하였다.

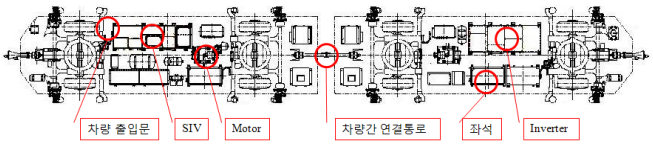


<그림 2> 선로주변 전자계 측정 위치

<그림 3> 차량 외부 측정

열차는 2량 1편성 K-AGT 차량과 K-AGT II 차량, 6량 1편성 K-AGT 상용화 차량의 세가지 차량에 대해서 측정을 시행하였으나 본 논문에서는 가장 최근 모델인 K-AGT II 차량의 측정 결과를 제시한다. 그림 3은 K-AGT II 차량 외부에서 전자계환경 측정 모습이다.

차량 내부에서의 측정 위치를 그림 4에 나타내었다. 좌석 위(객실 좌석 중앙, 높이 0.6m)와 주요 전기장치인 Motor, Inverter, 보조전원장치(SIV) 상부, 그리고 제3궤조 방향의 차량출입문 및 차량간 연결통로에서 열차가 가속, 타행, 제동시 측정하였다. 모든 측정은 첨두치로 하며, 측정도중의 최고값을 대표측정값으로 하며 같은 조건에서 2회 이상 측정하였다.



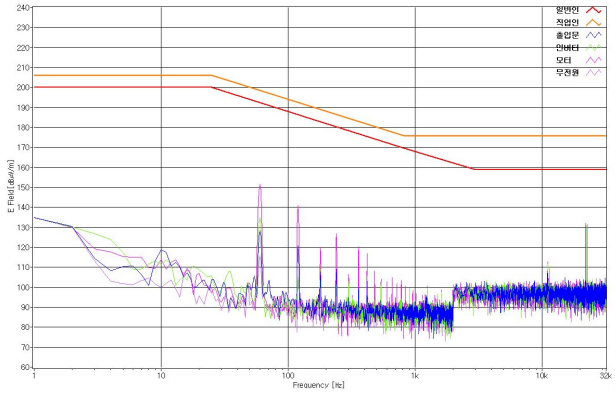
〈그림 4〉 K-AGT 차량(2량 1편성)의 차량내부 측정위치

2.2 전자계환경 측정 결과

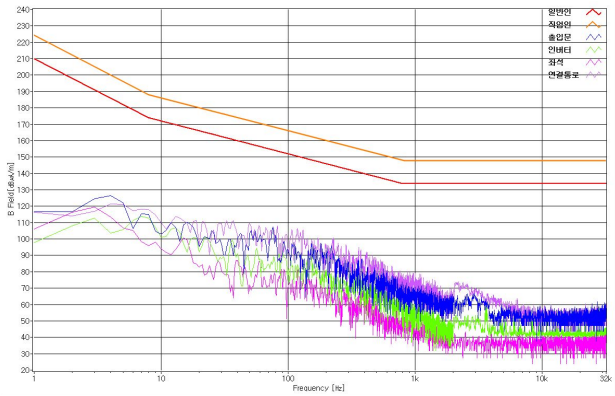
그림 5와 그림 6은 차량 주행시 내부 각 기기 위에서의 전계 및 자계 측정값을 비교하여 나타내었다. 차량 내부에서의 전계와 자계는 기본적으로 모든 측정값이 정보통신부 고시 인체 보호기준을 크게 만족하는 것으로 나타났다.

전계의 경우 차량 전체 위치 중 모터와 인버터 근처에서 다른 위치보다는 높게 나타났다. 이는 고무차륜형식 경전철이 비접지방식으로 운행되기 때문에 차량 운행 중 장해원이 되는 전기기기의 주위에 대전되는 전위에 의하여 나타나는 결과라 할 수 있다.

자계의 경우 차량간 연결통로와 제3궤조 방향의 출입문에서 좌석이나 인버터 등 기기에서 보다 높은 자계잡음이 발생하였다. 이는 자계의 발생원인 즉 전류가 통전되는 제3궤조에 가까운 측정 위치일수록 높은 자계값이 나온다는 것을 알 수 있다. 측정된 자계값들은 전계와 마찬가지로 인체 보호기준을 충분히 만족하고 있지만, 현재 측정값보다 낮은 수준의 자계 차폐를 하고자 한다면 차량 간 연결통로 및 출입문에 대해서 자계성분을 차폐할 구조물의 보강이 필요한 것으로 판단된다.

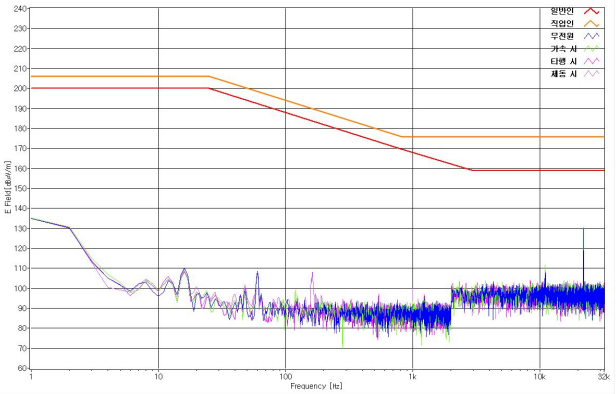


〈그림 5〉 차량 내부 전계 측정값 비교

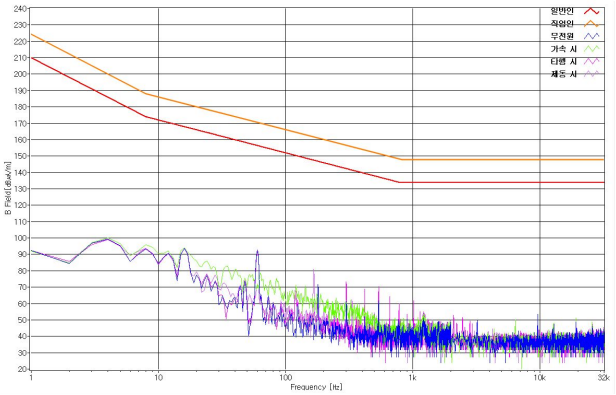


〈그림 6〉 차량 내부 자계 측정값 비교

그림 7과 그림 8은 차량 주행시 외부에서 차량의 가속, 타행, 제동 상태에 따라 발생하는 전자계환경의 차이를 비교 분석하였다. 그림 7에서와 같이 전계는 가속, 타행, 제동 상태에 따라 값의 차이를 거의 보이지 않지만 그림 8의 자계는 1㎑이하 대역에서는 가속 시 약 10dB정도의 잡음이 더 발생하며 타행과 제동 시는 그 값이 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 그 이상의 대역에서는 모든 상태에서 값의 차이가 없음을 알 수 있다. 그렇지만 두 그래프를 모두 전자파 인체 보호기준과 비교해 보면 그 기준을 크게 만족함을 알 수 있다.



〈그림 7〉 차량 외부 전계 측정값 비교



〈그림 8〉 차량 외부 자계 측정값 비교

3. 결 론

최근 들어 극저주파 전자계에 대한 사회적인 대책 요구가 증가하고 있으며 전기철도를 전자계 발생원으로써 규정하는 경향이 있다. 본 연구 결과에서 경량전철 시스템 및 외부 시설물의 저주파대역 전자계환경의 측정 및 분석 결과가 정보통신부고시의 인체 보호기준을 만족하는 것으로 나타남을 감안할 때 특별한 문제점은 없을 것으로 판단되나 저주파 대역 전자계의 경우 유해성 여부에 대한 결론을 내리기가 매우 어렵다. 따라서 장기적으로 경량전철 시스템 및 그 시설물 주변에서의 저주파대역 전자기파 발생을 최소화하려는 노력을 지속적으로 진행하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] CENELEC, European Standard EN 50121, 2000.
[2] 정보통신부 공시, 전자파 인체 보호 기준 개정(안), 2006.
[3] 한국철도기술연구원, 무인경량전철시스템 RAMS 향상연구 3차년도 연구보고서, 2008.
[4] 권종화 외,"전자파장해(EMI/EMC) 표준화 및 연구동향" 전자통신동향분석 제16권 3호, 2001.6.