

철도와 항공설비간의 EMC

EMC between Railway and Airplane Equipments

한문섭* 김주락** 이장무***
Han, Moonseob Kim Ju-Rak Lee, Chang-Mu

ABSTRACT

This study examined EM compatibility between noise from electric railway and signal of ILS in the case that an AC double track system is located about 1km far from end zone of runway at the airport. ILS is the most major equipment to help give airplane route during the landing.

1. 서 론

전기철도에 사용되는 전기차량의 경우 전기차를 운행시키기 위해서 교류공급방식에서는 전기차가 교류전력을 받아 주로 사용되는 교류전동기를 구동하여야 하기 때문에 공급받은 교류를 직류로 변환하고 변환된 직류를 교류로 변환시키기 위해 각각 컨버터와 인버터를 사용한다.

또한 교류 전기철도는 50kV의 고전압을 이용하여 전기차를 운행시키기 위한 대전류를 사용하게 되며 레일을 따라 설치된 가공선인 전차선을 이용하여 전기차에 전류를 전달시켜준다. 또한 전기차가 전류를 받기 위해서는 전차선과 판토틀의 기계적인 마찰을 이용하고 전기차를 이동시키기 위해 고성능의 전력변환장치를 이용하게 되어 전자기적인 노이즈를 발생하게 된다.

본 논문에서는 전철노선 인근 공항에서 사용하는 중요 설비인 항공기 착륙시스템인 ILS에 대한 전자기적 영향 평가를 수행하였다. 항공기와 공항에 관련된 상당히 중요한 설비로 만일 오류가 발생한다면 큰 인명피해를 낼 수 있으므로 이에 대한 영향평가 또한 중요하다고 하겠다.

2. 본 문

2.1 전기철도에서의 전자기파 잡음

최근에 전기, 전자기기의 고출력화, 고기능화가 진행되고 그것들이 상호 서로 간섭할 우려가 생겨나고 있다. 예를 들면, 휴대전화에서 나오는 전자파가 페이스 메카 등의 의료기기로 영향을 미칠 가능성이 지적되어 사회적인 문제화되고 있는 것 등이 그 전형적인 예이다. 이러한 문제는 EMC (전자기 양립성 : Electro-Magnetic Compatibility) 문제라고 부르며 각종 전기, 전자기기의 출력과 내성의 밸런스를 고려한 설계가 요구되게 되었다. 또한, 이러한 기기에 있어서의 EMC는 방사되는 전자계의 제한 값을 설정하고 견딜 수 있는 레벨을 규정한 기준화의 움직임으로 진행되고 있는 것이 현 상황이다.

* 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부, 회원

E-mail : mshan@krri.re.kr

TEL : (031)460-5420 FAX : (031)460-5459

** 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부, 회원

E-mail : jrkim@krri.re.kr

*** 한국철도기술연구원, 도시교통기술개발센터, 회원

E-mail : cmlee@krri.re.kr

이러한 현 상황에서 각종 전기, 전자기기를 탑재하고 있는 철도에 대해서도 각 기기의 EMC뿐만 아니라 시스템으로서의 EMC가 요구되는 시대가 되고 있다.

전기철도에서 자주 일컬어지는 「전파 장애」에는 전파 잡음에 의한 EMC에 의해 나타나는 기능적 장애와 방송파와 통신파가 전기차와 고가(高架) 등의 구조물에서 차폐 또는 반사되는 것에 의해 생기는 수동적 장애, 2종류의 현상이 포함되어 있다. 이 중, 기능적 장애는 공간적·주파수적으로 광범위하게 발생할 우려가 있다.

최근 2003년 4월에 철도용 EMC 국제규격 (IEC62236) 이 제정되었다. IEC62236은, 표 1에 나타내는 것처럼, 철도를 구성하는 기기에서부터 차량, 시스템 전체까지를 대상으로 한 6개의 부분으로 구성되어 있으며 기존에 규정된 유럽규격인 EN50121을 기반으로 작성되었다.

이 규격의 목적은 철도환경에서 사용되는 전기전자기기가 만족해야하는 EMC의 성능 및 측정평가법의 규정에 있다. 그러나 EMC규격이라고 제목을 붙이고 있긴 하지만 철도에서 EMC 전부를 완전하게 망라한 것은 아니며 철도시스템 전체와 기기가 발생하는 전파 잡음 강도의 허용치와 측정법, 기기가 갖추어야 하는 내성에 관한 규정이 주된 내용으로 되어 있다. 대상주파수 범위는 DC~400GHz인데 시험방법과 기준치가 정의되고 있는 것은 9kHz에서부터 2GHz까지 (방사허용치는 1GHz까지)이다.

IEC 62236의 6개 부분 중, IEC 62236-2와 IEC 62236-3-1은 주행열차와 변전소, 정지중의 열차라는 시스템이 발하는 전파 잡음을 대상으로 하고 있다. 기본적으로는 CISPR문서 등 기존의 EMC규격을 참고로 하고 있는데 전파 압실과 같이 측정환경을 정량적으로 통일할 수 없기 때문에 측정조건이나 주위환경조건, 측정방법이 확장되어 있다. 허용치는 유럽에서의 실측치에 기초해서 설정되고 있다. 표 1은 각 IEC 62236 규격과 인용된 EN규격을 나타낸다.

표 1 IEC 62236 규격

규격번호	제목	방사 허용치	내성	기초가 된 EN () 안은 IEC 62236에서의 주요 변경내용
IEC 62236-1	총칙	—	—	EN 50121-1 (기술적인 큰 변경은 없음)
IEC 62236-2	철도시스템 (주행열차, 변전소)	있음	—	EN 50121-2 (허용치, 측정평가법 등이 대폭 변경되었다)
IEC 62236-3-1	차량 (저속 주행 중, 정차중)	있음	—	EN 50121-3-1 (허용치가 변경되었다)
IEC 62236-3-2	차량탑재기기 (신호통신기기 포함)	있음	있음	EN 50121-3-2 (표현 등의 수정 및 CISPR문서·IEC61000시리즈의 인용)
IEC 62236-4	지상에 있는 신호통신기기	있음	있음	EN 50121-4 (표현 등의 수정 및 CISPR문서·IEC61000시리즈의 인용)
IEC 62236-5	급전설비	있음	있음	EN 50121-5 (표현 등의 수정 및 CISPR문서·IEC61000시리즈의 인용)

IEC 62236-3-2~5는, 전파 압실에서 측정이 가능한 기기를 대상으로 한다. EMC에 관한 기본규격인 IEC 61000-4나 CISPR문서, 일반규격인 IEC 61000-6을 인용하여 다른 산업기기와 마찬가지로 전파 잡음에 대한 허용치와 내성을 규정하고 있다.

2.2 ILS (Instrument Landing System)

IIS는 전파를 이용하는 시설이므로 정확한 유도정보 제공의 능력은 전적으로 전파의 신뢰성에 달려있다. 전파의 신뢰성에 대한 최대의 장애요인은 고르지 못한 지형, 송전탑, 고층건물, 밀집된 수목, 이동하는 항공기와 차량 등과 같은 전파 반사물체에 의한 영향을 크게 받으므로 계기착륙시설의 설치 및 운영시 가장 큰 제한요인이 되고 있다.

특히 3°의 활공각 정보를 제공하는 Glide Path의 설치기준은 매우 까다로워 다음 그림 1에서와 같이 착륙시 최소안전고도를 충분히 고려하여 진입 구역 내 장애물 제한고도를 반드시 지켜야 한다.

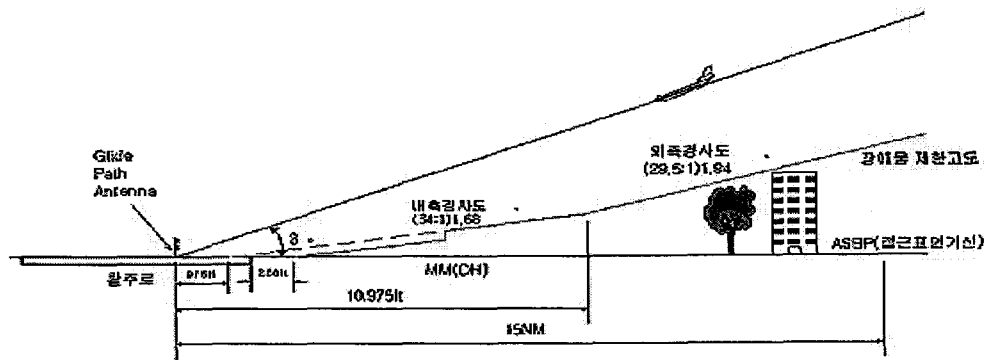


그림 1 계기착륙시설의 설치조건

(가) 기능

Glide Path는 활주로에 착륙하기 위하여 접근중인 항공기에게 가장 안전한 착륙각도인 3°의 활공각 정보를 제공하는 시설이다.

(나) 원리

활주로 진입단으로부터 750~1,250ft 내측에, 활주로 중심선으로부터 400~600ft 옆으로 떨어진 위치에 설치되며 Glide Path 송신기는 UHF 328.6MHz - 335.4MHz (한국, ICAO)의 주파수를 사용하고 1.4도의 두께(폭)로 Beam을 Front course로 발사하고 접지 점에서는 2 - 3ft 정도이다.



그림 2 Glide Path

Glide Path 송신기에서 발사되는 주파수도 Localizer와 같이 Course의 하측에는 150Hz, 상측은 90Hz로 변조되는 지향성 전파를 발사하고 항공기상의 수신기는 두 변조도의 차에 의해 Glide path 계기가 상하로 움직여서 접근항공기의 중심선으로부터 편이를 알려주며 Localizer처럼 두 Sector를 색으로 구분시키지 않고 보통 Course beam 중앙선이 지표면 3°의 각도가 되도록 발사하는데 지형에 따라 2°-4°로 운영되는 수도 있다.

Glide Path의 원리는 다음 그림 3과 같다. 활공각 지시기①은 항공기가 활공각 3°보다 낮게 진입 중이므로 기수를 위로 올리도록 지시하고 있다. 활공각 지시기②는 항공기가 활공각 3°보다 높게 진입 중이므로 기수를 아래로 내리도록 지시하고 있다. 활공각 지시기③은 항공기가 활공각 3°로 정상 진입중임을 지시하고 있다.

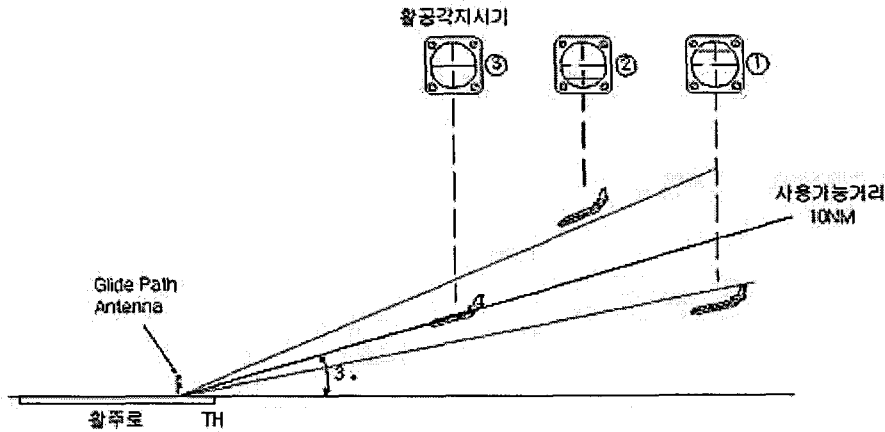


그림 3 활공각 장비(Glide Path)의 원리

2.3 Gride Path의 전자파 간섭 연구

전기철도에 의하여 발생하는 전자파는 공항의 무선통신시스템에 영향을 주는 잡음요소로 작용하며 이때 공항에 설치된 ILS 시스템이 전기철도에서 발생한 전자파에 영향을 받는 피해요소로 작용한다. 따라서 시험은 일반 전자파환경에서의 전기철도에서 전동차의 정상운용 중에 발생하는 전자파의 세기를 측정하고, 그 결과를 항공기의 진입높이에서의 전자파세기로 환산하여 이를 각 ILS 시스템 별로 제시된 기준치와 비교하여 평가하는 방법을 사용한다.

전자파세기는 전기철도 시스템으로부터 10[m] 떨어진 거리에서 측정된 결과로 이 결과를 지상부에서 송출한 전파를 받는 수신부가 되는 항공기의 진입코스(Landing Course)에서의 값으로 환산한다. 송신측 안테나에서의 전파의 세기가 $E_i[dB]$ 라 할 때 송신측에서의 직선거리 $h[m]$ 까지 떨어진 곳에서의 전파세기는 $20\text{Log}(\frac{h[m]}{10})$ 로 나타낼 수 있다. 따라서 각 지점에서의 전자파의 세기는,

$$E_{NT}[dB] = E_i[dB] - 20\text{Log}(\frac{h[m]}{10})$$

로 나타낼 수 있다.

피해원이 되는 지점에서의 간섭원의 전자파세기는 구하였으므로 이를 비교·평가하기위한 기준치가 필요하다. 무선통신기기에는 반송파 대 평균잡음비(CNR : Carrier to Noise Ratio)를 사용한다. CNR은 ILS의 각 시스템별로 20[dB] 이상의 마진을 준수하도록 규정되어 있다. 각 ILS 신호시스템의 송신단의 송출전파의 세기가 $P[W]$ 이고 직선거리로 $h[km]$ 떨어진 곳에서의 전파세기를 $E_{NA}[dB]$ 라 하면

$$E_{NA}[dB] = 74.77 + 10\text{Log}(P[W])[dBW] - 20\text{Log}(h[km])$$

로 나타낼 수 있다. 하지만 본 연구에서는 송출전파의 세기에 대한 자료가 미비하여 항공기 수신기의 최소수신세기를 이용하였다.

따라서 각 지점에서 거리에 따라 환산된 전자파의 세기 $E_{NA}[dB]$ 을 구하여 전기철도로부터 10[m] 거리에서 측정된 데이터를 환산한 $E_{NT}[dB]$ 와 비교하였을 때 $E_{NT}[dB]$ 는 $E_{NA}[dB]$ 에 비하여 최소 20[dB]이상 작아야 한다. 그러므로 평가기준은

$$E_{NA} - E_{NT} = E_{NB} > CNR > 20[dB]$$

이다.

그러므로 항공기의 수신안테나 지점에서의 전기철도시스템으로부터 발생한 전자파 신호세기는 공항의 무선 통신시스템별 최대 유해 잡음 허용기준치를 넘지 않아야 한다.

2.4 Glide Path 평가결과

Glide Path에 대한 평가를 위해 그림 4와 같이 329.9MHz의 주파수를 사용하는 Glide Path로부터 전차선로가 1132m 떨어져 있다고 가정하면 전차선 위로 54m 위에 항공기가 지나간다는 것을 알 수 있다.

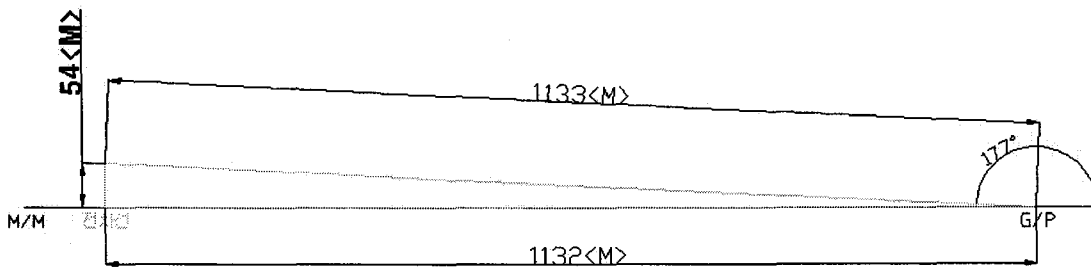


그림 4 평가를 위한 사례

먼저 전차선로에서 전기차가 지나갈 때 발생하는 노이즈를 알기 위해 그림 5와 같이 선로로부터 10m 떨어져 로그-바이코니컬 안테나 방향을 수직/수평으로 바꾸면서 측정한 결과는 그림 6과 같다. 측정결과 38.1dBuV/m가 측정되었다.



그림 5 배경잡음 측정 (안테나 수평)

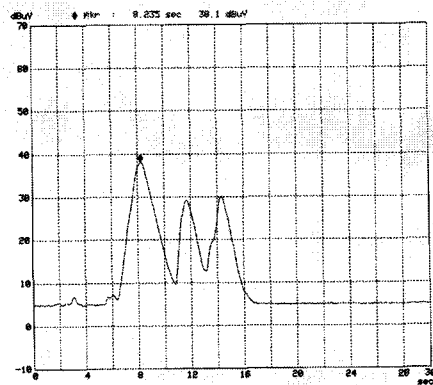


그림 6 329.5MHz 수평측정

위에서 측정한 결과에 대한 항공기 Glide Path 수신기에 대한 영향을 알아보기 위해 표 2에 나타나 있는 바와 같이 ICAO 기준에 따른 수신기의 최소수신세기는 52.04dBuV/m이다.

표 2 ICAO Annex10 기준

주파수대역	최소신호세기			S/I 비	허용기 준치
	uV/m	dBuV/m	dBm		
328.6 - 335.4 MHz	400	52.04	-76	20	-96

위 두 결과를 이용하여 측정된 값을 54m 위치로 변환시켜 수신기의 최소수신세기와의 차가 20dB를 넘을 경우 영향이 없으므로 이 경우는 영향이 없는 것으로 판단된다. 그 결과는 표3과 같다.

표 3 평가결과

주파수	En(10)	d	En(d)	Min. Es	Min. Es - En(d)	Safety Margin
[MHz]	10m에서 측정된 노이즈 [dBuV/m]	노이즈원과 수신기간 거리 [m]	수신기위치에서의 노이즈 [dBuV/m]	최소 수신 신호세기 [dBuV/m]	Margin [dB]	[dB]
329.5	38.1	54	23.45	52.04	28.59	20

3. 결 론

철도는 승객의 편리함이 중요시 되면서 공항과의 연계가 크게 요구되어진다. 하지만 항공기는 전자파에 의한 규제가 중요시 되는 교통수단인 반면 사고시 큰 참사를 이룰 수 있어 철도로 부터의 전자파 간섭이 중요시 되고 있다.

본 연구에서는 항공기의 ILS중 Glide Path에 대한 예를 들어 철도와의 전자파 간섭 평가를 수행하는 방안에 대한 제시하였다. 향후 철도와 항공기간의 전자파 간섭평가시 안전성 평가기준안으로 사용되길 바란다.

참고문헌

- [1] International Civil Aviation Organization, Regional Preparatory Group (RPG) Meeting for World Radiocommunication Conference 2007 (WRC-2007), ACP Working Group B and F and NSP SSG Meetings. Bangkok, Thailand, 21-25 February 2005.
- [2] Jiang Shouningdhl 2인, "Case study : prediction of RFI effects of electrified railways on aeronautical radio navigation stations"
- [3] "IEC62236 EMC in railway", 2004
- [4] 한국철도기술연구원 보고서, "전철화구간의 전자기파·고조파 영향 및 대책에 관한 연구", 철도청, 2002.