

한국형 고속전철용 신호시스템 시험 및 평가 - 운용환경시험

황종규, 이종우, 정의진, 신덕호
한국철도기술연구원

Testing and Evaluation for Signalling System for Next-generation High-Speed Train - Operational Environmental Testing

Jong-Gyu Hwang, Eui-Jin Jung, Duck-Ho Shin, Jong-Woo Lee
Korea Railroad Research Institute(KRRI)

Abstract - 본 연구는 한국형 고속전철용 신호시스템 시제품들의 시험평가 중 운용환경시험의 항목, 시험기준, 방법 그리고 시험결과에 대해 설명하였다. 이 한국형 고속전철용 신호시스템의 운용환경 시험을 위해 국내외 적용 가능한 규격 또는 기준을 조사분석하여 본 시험에 적합한 기준 및 방법을 도출하였으며, 이를 바탕으로 개발된 시제품들에 대한 운용환경시험을 수행하였다. 본 시험을 통해 개발된 시제품들의 운용환경 특성이 검증되었으며, 이후에는 이들 시제품들의 현장시험을 수행할 예정이며 이를 통해 최종적인 한국형 신호시스템의 시제품의 시험평가를 마무리할 예정이다.

1. 서 론

철도의 신호제어시스템은 철도의 선로변 및 역의 신호기 기실에 위치하면서 열차의 속도제어 및 진로제어 등을 담당하며, 특히 열차의 충돌을 방지하는 기능을 담당하는 열차의 안전운행을 최종적으로 책임지는 바이탈 제어장치이다. 이처럼 열차의 안전운행을 위한 바이탈 기능을 수행하는 신호제어시스템의 개발을 위해서는 현장시험 이전에 실험실 수준에서 충분한 시험을 수행하여야 한다. G7 사업으로 개발 중인 한국형 고속전철 신호제어시스템(kTCS : Korea Train Control System)은 크게 열차집중제어장치(kTCS-CTC : kTCS Centralized Traffic Control), 전자연동장치(kTCS-IXL : kTCS Interlocking), 자동열차제어장치(kTCS-ATC : kTCS Automatic Train Control) 그리고 현장설비들로 구성되어진다(3).

고, 이들 각 시제품들이 하나의 통합 신호시스템을 이루기 위한 통합시험, 운용환경시험 그리고 현장시험의 단계를 거치게 된다. 본 논문은 이 시험평가 단계 중 운용환경 시험 및 그 결과에 대해 설명한다(3)(4).

이들 제어장치들 중 일부 제어장치들은 운용환경이 온도, 진동, 먼지 등 매우 열악한 환경 하에서 운용되고 있다. 따라서 개발한 한국형 신호시스템의 기능시험을 수행 후 반드시 운용환경시험이 마무리되어야 한다. 신호제어시스템의 운용환경시험 항목은 온도, 진동, 습도, 태양방사 등 매우 다양하다. 그리고 고속전철용 신호제어시스템에 대한 운용환경시험 방법이나 기준 등 적용가능한 국내외 규격들이 서로 상이한 경우가 있다. 따라서 본 논문에서는 개발한 시제품들에 대한 운용환경시험 대상을 선정한 결과와 국내외 규격들의 검토를 통한 본 시제품들을 위한 적용기준안을 설명하고, 또한 시험결과와 결과에 대한 분석내용을 설명한다.

2. 운용환경

2.1 신호시스템에 영향을 미치는 환경 요인

철도신호시스템이 운용되는 환경조건은 매우 열악하다. 국내외 여러 연구결과들을 바탕으로 신호시스템에 영향을 미치는 환경 요인들을 분류하면, 파라미터, 설치위치, 동작상태의 세 가지에 의해 크게 영향을 받는다. 이러한 조건들을 기준으로 개발된 kTCS 시제품들에 대한 운용환경시험 및 기준이 설정되어야 한다(1)(2).

• 파라미터

장치에 작용할 수 있는 모든 환경요인들을 항목별로 분류하면 다음 표와 같이 나눌 수 있다.

표 1. 환경 조건

항목	세부	항목	세부
기후	· 주위온도	기계	· 충격
	· 바람		· 고도
전기	· 전자기 환경(EM/EMC)	생물	· 식물
	· 라도상태(스파크, 서지)		· 조류
기타 사항	· 온도	일반	· 진동
	· 운전자의 건강보호		· 화재발생 위험지역
화학	· 오염		
	· 화학물질		
일반	· 안전성		
	· 지진		

• 설치위치

각 신호설비들은 설치되는 위치 또한 장치의 특성에 영향을 미칠 수 있으며, 이를 설치 위치별로 분류하면 선로변과 선로변 신호기기실 그리고 차상으로 구분할 수 있다. 이러한 설치위치별 운용환경시험 조건이 달라지게 된다.

• 동작상태

시스템 운용상 장치의 동작상태를 동작 중, 저장 중 그리고 이동 중으로 구분할 수 있으며 이러한 조건도 운용환경시험을 위한 기준 및 방법에 영향을 미치게 된다.

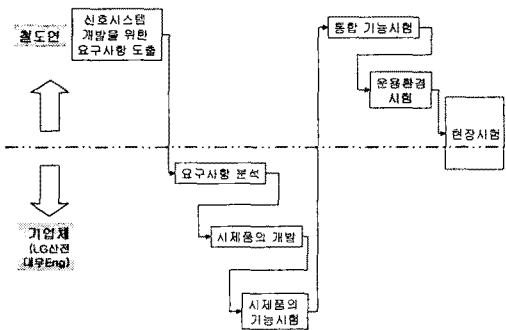


그림 1. kTCS 개발 절차

이러한 kTCS의 개발은 그림1에 나타난 것처럼 연구원과 산업계 공동으로 시제품의 개발 및 시험 중에 있다. 현재 이러한 한국형 고속전철용 신호시스템들의 시제품이 개발되어 이들 시제품에 대한 시험평가 단계에 있다. 이들 시제품들의 시험평가는 그림에서 나타낸바와 같이 각 시제품을 개발한 기업체에서 기능시험을 수행하

2.2 kTCS 시제품의 운용환경 시험 범위

kTCS 시제품들의 운용환경시험을 위해 요구되는 항목은 앞 절에서와 같은 매우 다양한 운용환경에 대한 시험이 요구되어진다. 개발된 시제품들의 운용환경 특성을 확인하기 위해 앞에서 언급한 모든 조건에서 시험을 수행하여야 하지만, 여러 가지 조건을 고려하여, 반드시 수행하여야 하면서 중요한 시험들만 수행하는 것으로 하였다. 이에 따라 kTCS 시제품들에 대한 운용환경 시험은 "kTCS 운용환경 요구사항" 중 전기, 온도, 진동 그리고 EMC 시험만을 수행하도록 하였다. 이들 항목은 운용환경 시험 중 가장 중요한 항목이면서 개발된 시제품들의 성능입증을 위해서는 꼭 수행되어야 할 항목이다(3).

• 열차집중제어장치(kTCS-CTC)

장치명	운용환경	환경요소	관련 시험 규격
입출력 통신장치	제어실	전기	전기특성 시험, EMC 시험
전원장치	제어실		
CTC 컴퓨터	제어실		
개발용 컴퓨터	제어실		
네트워크	제어실		
운용자 콘솔	제어실		
유지보수 콘솔	제어실		
Beam Projection	제어실		

개발한 열차집중제어장치는 하드웨어는 상용 제품을 사용하였고 소프트웨어 위주로 시스템을 개발하였다. 또한 CTC의 대부분의 장치는 실내에 온도 및 습도가 제어되는 장소에 설치되어지므로 환경시험에서는 전기특성 시험 과 EMC 시험만을 하도록 하였으나, 이들 시험들도 상용제품이므로 제조사의 품질인증된 것을 사용하였으므로 별도의 운용환경시험을 수행하지 않았다.

• 자동열차제어장치(kTCS-ATC)

장치명	운용환경	환경요소	관련 시험 규격
차상 ATC 제어장치	차상	온도, 기계, 전기	온도시험, 진동시험, 전기특성 시험, EMC 시험
운전자 표시장치	차상		
지상 ATC 제어장치	신호기기실	전기	전기특성 시험, EMC 시험
Local Monitor 설비	신호기기실		

자동열차제어장치는 설치되는 위치가 지상 신호기기실, 선로변, 차상 기기실 등에 설치되어진다. 따라서 이들이 설치되는 위치에 따라 시험항목을 달리 선정하였다. 우선 신호기기실에 설치되는 지상 ATC 제어장치 및 레도회로 송수신기가 설치되는 신호기기실은 온도 및 습도가 제어되는 기기실로 온도 및 습도관련 시험은 생략하였으며, 전기특성 시험과 EMC 시험만을 수행하도록 한다. 차상장치 중 운전자 표시장치는 상용제품이므로 별도의 시험을 생략하며, 차상 제어장치는 전기특성 시험, 온도시험, 진동시험 및 EMC 시험을 수행하였다.

• 전자연동장치(kTCS-IXL)

장치명	운용환경	환경요소	관련 시험 규격
지역제어 조작반	제어실	전기	전기특성 시험, EMC 시험
연동처리장치 처리랙	신호기기실		
선로변 제어모듈(TFM)	신호기기실		
선로변 제어모듈(TFM)	선로변	온도, 기계, 전기	온도시험, 진동시험, 전기특성 시험, EMC 시험

전자연동장치가 설치되는 위치가 신호기기실과 선로변으로 구분되어진다. 따라서 이들이 설치되는 위치에 따라 위의 표처럼 시험항목을 달리 선정하였다. 우선 신호기기실에 설치되는 연동처리장치 처리랙과 TFM은 온도 및 습도가 제어되는 기기실에 설치되므로 온도 시험은 생략하였으며, EMC 시험만을 수행하였으며, 또한 선로변에도 설치되는 TFM 모듈의 경우는 온도시험, EMC

시험, 진동 시험을 수행하도록 하였다.

3. 운용환경 시험기준 및 방법

운용환경시험을 위한 방법 및 기준이 국내의 여러 규격에 의해 정해져 있다. 이들 중 철도신호시스템의 신호 제어시스템의 환경시험에 적용하여야 할 적절한 규격을 선정하여 시험을 하여야 한다. 본 논문에서는 우선적으로 이러한 환경시험을 정의한 국내의 각종 규격들을 조사분석하였다. 이러한 규격들 중에서도 일부는 적용하기 어려운 기준이나 방법도 있고, 또 일부는 본 시제품들에 적용할 수 없는 규격들도 있다. 가능하면 국내 및 국제 규격에 명시된 방법 및 기준에 의해 시험을 수행할 예정이며, 현실적으로 불가능 할 경우는 그 대안을 검토하여 시험을 수행하였다. 또한 일부 시제품들에 대한 환경시험 규격이 아직 명확하게 정의되어 있지 않은 경우는 다른 적용 가능한 유사 규격들과 국내의 운영기관 및 외국의 사례를 조사분석하여 적절한 방법을 선정하여 시험을 수행하였다. 이러한 시험결과 세 가지 운용환경 시험 모두에 개발한 kTCS 시제품이 정상적으로 동작됨을 확인하였다.

3.1 온도시험

개발한 kTCS 시제품들의 온도 및 습도시험에 적용가능한 국내외 규격들은 여러 개 있다. 이중 국제규격으로는 IEC 60068에서 제품의 저온 및 고온 시험, 온도변화시험 방법 및 기준이 설명되어져 있다. 그리고 이 기준을 기준으로 국내에 KS C 0220, KS C 0221, KS C 0225가 있다. 이들 규격들은 철도신호장치에 국한된 시험 규격이 아니라 일반적인 제품들에 대한 규격으로, 철도제품에 적용하기 위해서는 이들 규격들을 참조하여 이 규격에 언급한 다양한 레벨 및 방법들 중에서 적절한 것을 선정하여야 한다. 물론 이 규격에서 정한 시험 방법은 철도신호시스템의 온도시험에 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 그 외에 'KS R 9191 : 철도신호보안 부품의 고온 및 저온 시험방법', 'KS R 9192 : 철도신호보안 부품의 온도사이클 시험 방법'이 있다. 일반적으로 국내의 신호보안 장치들은 이 규격을 참조로 하고 있다.

표 2. 온도시험 항목 및 기준

장치명	운용환경	적용기준	시험항목	방치시간	참고규격
전자연동장치(TFM)	선로변	-30 ~ +7 0°C	고온시험, 저온시험, 온도변화시험(5회)*	4.5h	IEC 60068-1, IEC 60068-2, KS C 0220, KS C 0221, KS R 9191, KS R 9192
차상 ATC 제어랙	차상 기기실	-35 ~ +6 0°C			전교부고시 제2000-126호 KS R 9156

* : 온도변화 사이클 회수

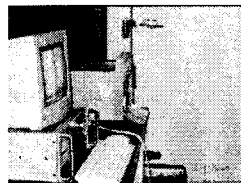


그림 2 시험용 챔버 및 콘솔

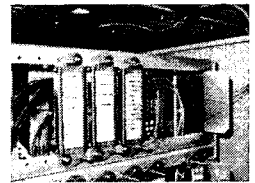


그림 3. 챔버 내부 온도측정용 온도센서 부착

이들 규격들을 비교분석해보면 온도시험을 할 고온 및 저온이 각 규격들마다 다소 차이가 있다. 그리고 온도변화시험도 온도변화율, 고온 및 저온에서의 방치시간 등

이 다소 상이하다. 따라서 본 연구에서는 지상신호시스템인 전자연동장치 TFM 시제품과 차상 ATC 제어랙에 대해서는 검토한 규격들 중 더 가혹한 조건들 중에서 결정하였다.

본 연구를 통해 개발한 시제품들 중 온도 및 습도가 제어되는 신호기기실 또는 제어실에 설치되는 시제품들은 온도시험을 하지 않고, 지상 선로변과 차상에 설치되는 시제품들에 대해서만 시험을 하도록 하였다. 다음표는 온도시험 항목 및 기준을 요약한 것이다.

3.2 EMC 시험

kTCS 시제품의 EMC 시험을 위해서 본 연구에서 적용한 규격은 유럽의 EN규격을 기준으로하여 도출하였다. 본 시험에서의 EMC 시험 항목은 시제품의 EMS 내력 시험과 입출력 포트들에 대한 서지내력시험을 하도록 하였으며, 그 기준은 표3과 같다. 그림 4는 방사내력 시험장치이고, 그림 5와 6은 EMS 내성평가시험 현황 및 입출력 포트의 써어지 보호를 위한 보호기 설치현황을 나타낸 것이다.

표 3. EMS, 서지 내성평가 시험 기준

Environmental phenomena	Test spec	Units	Basic Standard	성능 평가
Radiated electromagnetic field	80-1000 10	MHz V/m (rms unmodulated)	EN 61000-4-3	A
Surge voltage	1.2/50 +2 +1 +2	μ s kV(common mode) kV(differential mode) kV(diff. mode in unbalanced system)	EN 61000-4-5	B

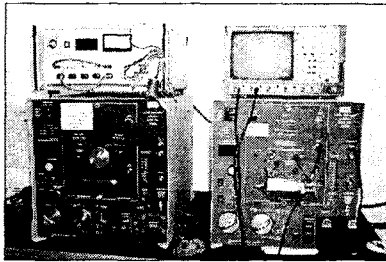


그림 4. 전도내력 시험장치

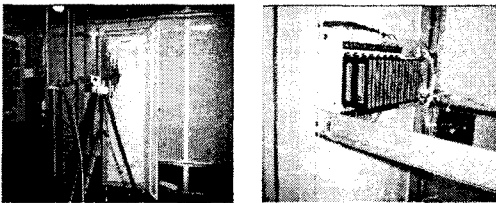


그림 5. EMS 내성평가시험 그림 6. 써어지 보호대책

3.3 진동시험

국내의 철도제품용 진동시험 규격들은 다음과 같다. 이들 규격들은 철도제품들을 위한 KS 규격으로 본 kTCS 시제품의 진동시험에 적용 가능하다.

- KS R 9144 : 철도 차량 부품의 진동 시험 방법
- KS R 9186 : 철도 신호 보안 부품 - 진동시험 방법
- KS R 9156 : 철도 차량용 전자기기의 시험 통칙

이들 규격들을 기준으로 본 kTCS 시제품에 적용한 진동시험 기준은 다음 표와 같다. 시험 기준 A, B, C종

중 시험시간 등을 고려하여 'B종'이 시험기준으로 적용되었다. 그리고 시제품의 설치위치에 따라 지상설비 및 차상설비를 구분하여 별도의 기준으로 적용되도록 하였다.

표 10 진동 내구 시험

장치명	진동수 (Hz)	온진폭 (mm)	B 종			
			참고		시험시간(h)	
			가속도	온진폭	전후	좌우
차상 ATC 제어랙	10	3.5	13.7 [1.4]	2	2	4
전자연동장치 (TFM)	40	0.23	13.7 [1.4]	2.5	2.5	2.5

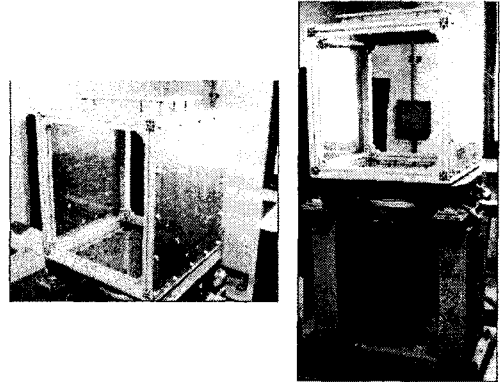


그림 7. 시험을 위한 지그 그림 8. 진동시험 현황

4. 결론

한국형 고속전철용 신호시스템(kTCS) 시제품의 운용 환경시험에 적용을 위해, 관련된 국내외 규격들을 조사 분석한 결과 시험기준이나 방법이 다소 상이한 내용들이 있음을 확인하였다. 따라서 개발한 시제품들에 대한 운용환경시험을 위해 국내외 규격들을 비교분석하여 좀 더 엄격한 기준에서 적용기준 및 방법을 선정하였으며, 본 논문에서는 이러한 적용한 운용환경시험 기준 및 방법에 대해 요약하여 나타내었다. 이러한 도출된 기준 및 방법에 따라 시험결과 kTCS 시제품들이 주어진 운용환경에서 정상적으로 동작됨을 확인하였다. 본 논문에서 나타낸 바와 같이

[참고문헌]

- (1) UIC, "ETCS Environmental Specification Part One-Requirement", 1996.
- (2) UIC, "ETCS Environmental Specification Part Two-Guidance and Test Requirement", 1996.
- (3) "전기신호시스템 엔지니어링 기술개발" 1단계 보고서, 한국철도기술연구원, 2001.
- (4) 정의진, 황종규, 이종우, '신호시스템 운용환경에 관한 연구' 철도학회 춘계학술대회, 1999.