

철도신뢰성관련 국제 규격비교 분석연구

A study on the Comparison of the International Standards for Railway Reliability

* 한석윤 * 하천수 * 전봉룡 * 이호용

* 한국철도기술연구원 도시철도기술개발사업단 경기도 의왕시 월암동 360-1
* Seok-Youn Han, * Chen-Soo Ha, * Bong-Roong Jun, * Ho-Yong Lee
* Korea Railroad Research Institute 360-1, Woulam-Dong, Uiwang-City
Kyounggi-Do, KOREA 437-050

Abstract

도시철도시스템은 차량, 전력, 신호, 선로구축물 등이 유기적으로 결합된 복합시스템으로 고장 또는 사고가 발생하면 원인규명이 어렵고 사고에 따른 영향이 매우 크기 때문에 시스템의 신뢰성과 안전성은 매우 중요하다.

본 논문에서는 철도에서 적용되고 있는 신뢰성관련 국제 규격을 분석하여 국내에서 개발하고 있는 무인운전 도시철도시스템에 이러한 규격들의 내용들을 충족하는 관리체계를 제시하고자 한다. 즉 기존에 적용하고 있는 신뢰성 관리체계인 IEC 60300, IEC 62278, MIL-STD-785B 등의 특성과 장점을 비교분석하여 도시철도시스템에 구체적으로 적용할 수 있는 신뢰성관리체계를 제시하고자 한다.

Keywords : RAMS(reliability, availability, maintainability & safety), IEC 62278, IEC 60300, MIL-STD-785B

1. 서론

철도에 있어서 신뢰성 연구는 영국, 일본을 비롯한 철도선진국에서 경험을 갖고 있으나 대외적으로는 신뢰성 평가결과 또는 요구조건 위주로만 발표하고 세부내용은 공개를 하지 않고 있으며 평가결과도 주로 차량, 신호, 전력공급, 선로와 같이 개별 시스템별로 또는 요소 부품별로 수행한 결과로 되어 있다. 그러나 철도에 관한 RAMS 국제규격이 IEC 62278로 2002년 9월에 발표되었고, 적정수준의 RAMS를 보증하도록 세계 각 국에서 국제 입찰사양에 확대 적용하는 추세이다.

유럽의 철도선진국에서는 이미 철도시스템의 신뢰성 및 안전성(RAMS 관리)의 중요성을 인식하여 이미 규격화하였고, RAMS 관리를 체계화하여 신뢰성 있는 철도시스템을 운영하고 있다. 반면에 국내 경우는 철도시스템에 적용할 수 있는 RAMS 규격 및

지침을 비롯한 평가해석 그리고 예측을 위한 이론적 방법이 체계화되어 있지 않다.

더구나 무인운전 고무차륜형식 도시철도시스템은 국내에서 개발된 적이 없어, 신뢰성과 안전성이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 연구에서는 철도에서 적용되고 있는 신뢰성관련 국제 규격을 분석하여 국내에서 개발하고 있는 무인운전 도시철도시스템에 이러한 규격들의 내용들을 충족하는 관리체계를 제시하고자 한다.

2. 신뢰성 관련 국제규격

2.1 IEC 62278(railway applications - specification and demonstration of RAMS)

새로운 시스템 개발의 관리방법으로서 개념설계부터 폐기까지 모든 단계를 수명주기로 설정하여 안전성과 신뢰성 등을 확보하기 위하여 각 단계의 과정과 절차를 정하는 일반적인 방법이 도입되고 있다. 이를 규격화한 것이 IEC 62278이다. 이 규격은 철도시스템을 대상으로 하고 있으며, 대상이 되는 시스템의 위험요인을 찾아 리스크 해석 방법을 제시하고, 필요한 RAMS를 확보하기 위해 <그림 1>처럼 14단계로 구성된 시스템 수명주기와 각 단계별 RAMS 업무의 목적, 요구사항, 입력·출력, 증명사항 등을 정의하고 각 단계에서 실시해야 할 업무 및 내용 등을 규정하고 있다.

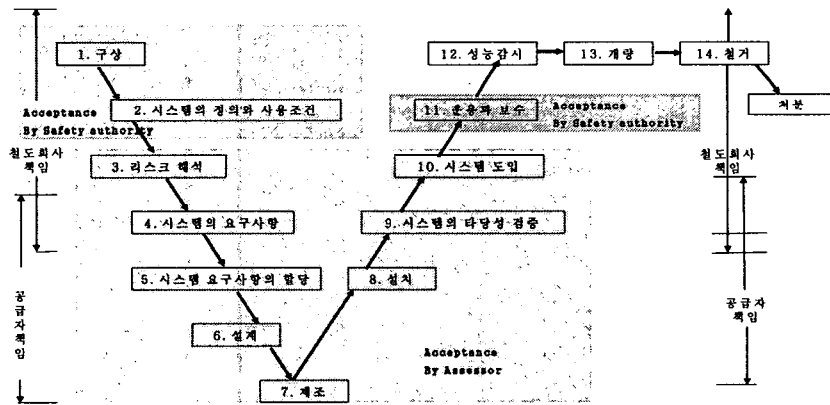


그림 1. RAMS의 수명주기

2.2 IEC 60300(dependability management : 종합신뢰성 경영)

종합신뢰성관리에 관한 규격으로서 제품 설계와 개발, 평가 및 프로세스를 강화하여 종합신뢰성 경영 지침을 제공하고 있다. 제품이나 프로젝트 단계를 정의하기 위해 수명주기 모델이 사용되는데 다양한 고객의 요구를 만족시키도록 시간-단계별 제품 실현에 맞는 종합신뢰성 프로그램 작업 선택을 위한 맞춤형 프로세스를 권장하고 있다. IEC 60300은 제공되는 제품, 유형, 크기에 관계없이 모든 수명주기 단계와 계약 상황 동안 모든 조직에 적용할 수 있다. IEC 60300의 국제 규격은 신뢰성 경영시스템의 규

격으로써 구성은 제1부 신뢰성 경영시스템(dependability management systems), 제2부는 신뢰성 경영지침(guidelines for dependability management), 제3부는 응용지침(application guide) 표준 13개의 규격으로 구성되어 있다.

2.3 MIL-STD-785B(reliability program for systems and equipment development and production)

MIL-STD-785B는 시스템, 장치들의 개념설계, 개발, 생산 동안의 신뢰성 프로그램에 일반적인 요구사항과 구체적인 업무를 제공하고 있으며, 업무는 크게 3가지 Section으로 Section 100은 프로그램 감독과 관리로, ① 신뢰도 프로그램 추진계획, ② 공급업자 신뢰도 인증 및 계획, ③ 프로그램 심사, ④ FRACAS(failure reporting analysis and corrective action system), ⑤ 고장분석위원회 등으로 구성되어 있다. Section 200은 설계 및 평가로, ① 신뢰도 모델링, ② 신뢰도 배분, ③ 신뢰도 예측, ④ FMECA(고장모드 영향(치명도)평가), ⑤ SCA(sneak circuit analysis), ⑥ 전자부품/회로공차분석, ⑦ 부품프로그램, ⑧ 중요부품명세, ⑨ 기능시험, 보관, 운반, 포장, 취급, 정비에서의 신뢰도평가 등으로 구성되어 있다. Section 300은 개발 및 제조평가로 ① 환경시험, ② 신뢰도 성장 관리 프로그램, ③ 신뢰도인증 프로그램, ④ 제조신뢰도 보증시험 등으로 구성되어 있다.

2.4 철도관련 신뢰성 국제규격의 적용 분야 및 특징

IEC 60300은 특정 제품 요구를 만족시키기 위한 종합신뢰성 프로그램의 세부 계획과 실행에 사용된다. 이 규격의 기본전략은 수명주기의 모든 단계를 고려하여 신뢰성과 비용 등을 최적화하고, 투자대비 성과를 고려 시스템 개발 초기단계에서부터 관리를 철저히 하여, 실패비용을 최소화 하는 것과 제품, 유형, 크기에 관계없이 적용할 수 있는 것이 특징이다. IEC 62278은 완전한 철도 노선에서 노선의 주요 시스템, 개별적이고 결합적인 하부 시스템, 주요 시스템 구성요소들의 수명 주기에 적용되는 모든 관련된 단계들에 적용된다. 이 규격은 수치나 구체적인 방법론에 대해서는 기술되어 있지 않고, 주로 철도시스템의 각 수명주기 단계에서의 RAMS 업무에 대해서만 기술되어 있는 것이 특징이자 단점이다. MIL-STD-785B는 미국방성(DoD) 계약의 구체화된 획득, 직무 상태 제안의 요구, 제품의 신뢰성 프로그램요구 등의 표준과 정부규칙, 프로그램 타입, 크기 등의 직무 기술에 적용된다. 이 규격은 앞의 두 가지 규격과는 달리, 신뢰성 시험, 평가 등의 구체적인 방법론을 제시한 것이 특징이다.

<표 1>에서 보는 것처럼 세 규격이 공통으로 추구하고 있는 신뢰성 관리 항목은 관리추진계획, 고장영향평가, 고장분석, 자료수집·분석, 환경시험, 스트레스 스크리닝 뿐이다. 이들 규격은 크게 관리적인 측면을 강조한 IEC 60300, IEC 62278과 신뢰성 분석·평가·시험을 강조한 MIL-STD-785B 나눌 수 있다. 지금 개발하고 있는 도시철도시스템은 무인운전으로 승객을 운송하기 때문에 보다 높은 신뢰성과 안전성을 요구하고 있다.

표 1. 신뢰성 관리규격 비교

주) ○ 적용, △ 부분 적용

비교 기준	항 목	IEC 60300	IEC 62278	MIL-STD-785B
신뢰성 관리	관리 추진계획	○	○	○
	관리 책임	○		
	프로그램 심사			○
	자원관리	○		
	고객·제품 서비스	○	○	
	신뢰성 인증 계획			○
	위험도 관리	○	○	
신뢰성 분석·평가	신뢰성 성장관리			○
	신뢰성 모델링			○
	신뢰성 배분			○
	신뢰성 예측			○
	고장 영향 평가	○	○	○
	제품분석			○
	고장분석	○	○	○
	자료수집·분석	○	○	○
	위험도 분석	○	○	
	수명주기	○	○	
	신뢰성 요구사항	○	○	
	안전성 관련		○	
고장분석위원회			○	
신뢰성 시험	보고	○	△	○
	신뢰성 성장시험			○
	환경시험	△	△	○
	인증시험			○
	보증시험	△		○
	스트레스 스크리닝	○		○
	보전성 시험	○	○	
타당성시험		○		

3. 도시철도시스템의 규격 적용방안

3.1 국내 도시철도시스템 적용방안

이미 철도시스템 관련 유럽의 규격들이 IEC 정식규격으로 발표되고 있으므로, 이런 규격의 비교분석을 통한 국내의 여건에 적합한 기준마련을 위해서 국내 철도현장에서 어떻게 적용해야 하며 그에 따라 발생하는 문제점이나 효과, 관련기관과 국제적인 영향들에 대해 면밀하게 분석하여 대처해야 한다. 이미 살펴본 규격들은 철도를 포함한, 장치나 기기의 사양, 시험 등에 관한 제품 규격과 성질이 다른 시스템 전반이나 관리에 대한 규격이므로 철도운영기관, 제작사, 연구기관 등의 관련 종사자들이 협력하여 공동으로 연구하고 검토하여, 조속히 도시철도시스템에 적합한 기준마련과 구체적인 신뢰성 관리체계를 구축해야 한다.

특히 무인운전 경량전철 시대를 앞둔 국내 도시철도시스템이 약속된 관리항목들의 특징과 장점이 구현 및 반영될 수 있도록 많은 연구와 실용화를 통한 충분한 신뢰성

과 안전성을 확보해야 할 것이다.

3.2 도시철도시스템 신뢰성 관리체계 구축 방향

본 절에서는 앞으로 도시철도시스템에서 반드시 갖추어야 할 신뢰성 관리체계 구축 시 몇 가지 고려사항을 앞 장에서 국제규격을 비교분석한 세 가지 비교기준으로 구분하여 약술하고자 한다.

1. **신뢰성 관리 기준** : 개념 설정 및 설계 단계에서부터 구매 및 제작 단계, 시운전 및 영업운행, 폐기 단계에 이르기까지 도시철도시스템의 수명주기에 걸친 RAMS 관리절차를 정의하고, 각 단계에서 수행되어야 할 RAMS 관리 업무를 정의해야 한다. 또한 하위 부품 단계까지 시스템을 분류하여 RAMS 성능을 관리하기 위한 목표치를 설정하고 기준을 정한다.
2. **신뢰성 분석·평가 기준** : RAMS 성능을 분석하기 위한 FMEA, FTA, Hazard Analysis 등의 신뢰성 분석 기법들에 대한 활용 방법을 연구하고 도시철도시스템에 적용할 수 있는 구체적 방법(모형화, 적용범위, 적합한 각 기법들의 분석절차 및 해석방법 등)에 대해 연구한다.
3. **신뢰성 시험 기준** : 종합성능시험, 안전인증실증시험, 주행시험, 신뢰성 성장시험 등에 필요한 기준과 절차마련, 각 중 시험계획의 수립과 실시 그리고 RAMS 평가 및 신뢰성 향상을 위한 도시철도시스템의 고장 및 유지보수, 수리 및 교체 정보를 지속적으로 수집하고 분석한다.

4. 결론

현 철도신뢰성 국제규격에서는 신뢰성과 안전성을 확보하기 위해 수명주기의 각 개발 및 진행 단계에서 RAMS 관련 업무와 내용을 요구함과 동시에 문서로 정리할 것을 요구하고 있다. 따라서 본 연구에서는 IEC 62278, IEC 60300, MIL-STD-785B 등의 특징과 장점을 비교분석하여 국내 철도신뢰성 관리의 기준마련의 필요성과 이에 필요한 연구방향 및 적용방안을 약술하였다.

참고문헌

- [1] IEC, IEC 62278 : Railway applications-Specification and Demonstration of RAMS, 2002.
- [2] MIL-STD-785B, "Reliability program for systems and equipment development and production", 1980.
- [3] IEC, IEC 60300 Dependability management, 1991.
- [4] 한국철도기술연구원, 경량전철시스템 기술개발사업 6차년도 연구결과 보고서, 2004.
- [5] 한석운 외 2, "고무차륜 AGT 차량의 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 관한 연구", 한국철도학회논문집, 제7권 제3호, pp271-277, 2004.
- [6] 한국철도기술연구원, 도시철도 신호시스템 표준화 연구 : 참고자료(1), 2005.