

도시철도운영기관에 종합신뢰성 경영시스템 적용 방안

A Study on Application of Dependability Management System to Subway Corporation

한석음*
Han, Seok-Youn

하천수**
Ha, Chen-Soo

홍순기***
Hong, Soon-Ki

ABSTRACT

In this paper, we introduce IEC 60300(Dependability program management) into urban transit system, and propose effective method to apply IEC 60300 to Subway Corporation.

The dependability is the collective term used to describe the availability performance and its influencing factors such as reliability performance, maintainability performance and maintenance support performance.

A dependability program covers all phases of a system's life cycle from planning to operation and possibly disposal, and is composed of program elements divided into tasks.

1. 서론

도시철도시스템은 차량, 전력, 신호, 선로구축물이 유기적으로 결합된 복합시스템으로서 고장 또는 사고가 발생하면 원인규명이 어렵고 사고에 대한 영향이 매우 크기 때문에 시스템의 신뢰성은 매우 중요하다. 더구나 현대의 도시철도는 무인화 자동화의 방향으로 기술이 급속히 발전하고 있어 이러한 도시철도를 운영해야 하는 도시철도운영기관(이하 '운영기관')의 경우 시스템의 신뢰성 확보가 승객의 안전확보와 타 대중교통수단과의 경쟁에서 우위를 점하기 위해서도 신뢰성이 경영의 주요한 부분으로 적용되어야 한다.

종합신뢰성 경영의 기본전략은 수명주기의 모든 단계를 고려하여 신뢰성과 비용 등을 최적화하고, 투자대비 성과를 고려하며, 시스템 개발의 초기단계에서 부터 관리를 철저히 하여 실패비용을 최소화하는 것이다. 또한 종합신뢰성 경영 구축에는 신뢰성 목표를 명확히 하고 시장정보의 수집, 기획, 신뢰성 있는 원재료의 조달, 정확한 신뢰성 설계 및 예측, 이를 뒷받침하기 위한 신뢰성시험과 제작 공정에서의 신뢰성관리, 운영단계에서의 보전관리, 고장정보수집 및 해석과 피드백 등 여러 업무가 체계적으로 이루어져야 하고 이를 위한 신뢰성 경영평가모형 개발, 각종 기법분석 개발 등이 이루어져야 한다.

이러한 관점에서 본 논문에서는 종합신뢰성 경영시스템에 관한 국제 규격인 IEC 60300을 소개하고, 이를 운영기관에서 적용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

* 한국철도기술연구원 도시철도기술개발사업단장, 정회원

** 한국철도기술연구원 경량전철연구팀 연구원, 비회원

*** 성균관대학교 시스템경영공학과 교수, 비회원

2. IEC 60300-Dependability Management¹⁾ 개요

도시철도의 사용부품 및 복합시스템에 대한 신뢰성 향상은 도시철도에 대한 승객서비스질을 높일 뿐만아니라 운영기관외 운영비용을 많이 절감할 수 있다. 따라서 신뢰성을 근원적으로 향상하기 위해 신뢰성 경영시스템을 전체 경영시스템의 한 부분으로서 적용한다면 큰 효과가 있을 것이다. 본 절에서는 종합신뢰성 경영시스템 국제 규격인 IEC 60300을 중심으로 기술한다[1,2,3].

2.1 IEC 60300의 구성

<그림 1>에는 종합신뢰성 관계를 나타내는 그림을 간단하게 도시한 것이며, <그림 2>에는 신뢰성 경영을 위한 일반적인 프로세스 단계를 도시하였다. 여기에서 종합신뢰성이란 가용도 성능(availability performance)과 그 관련요소들을 종합적으로 표현하는 용어이며 가용도 성능은 신뢰성, 보전성, 보전지원 성능을 의미한다. 종합신뢰성은 그 목적과 이익을 성취하기 위하여, 관리하는데 필요한 기술적인 분야로서 고객 중심으로 제공되어야 하며, 비용-효과가 있는 결과를 위하여 종합신뢰성 활동을 조정하는 전 관리시스템 조직에 포함되어야 한다. 조직의 종합신뢰성 경영시스템은 전반적 경영시스템의 일부이며, 종합신뢰성을 관리하는데 사용되는 조직 구조, 책임, 절차, 프로세스 및 자원은 종종 종합신뢰성 프로그램으로 간주하고 있다.



그림 1. 종합신뢰성(dependability) 관계

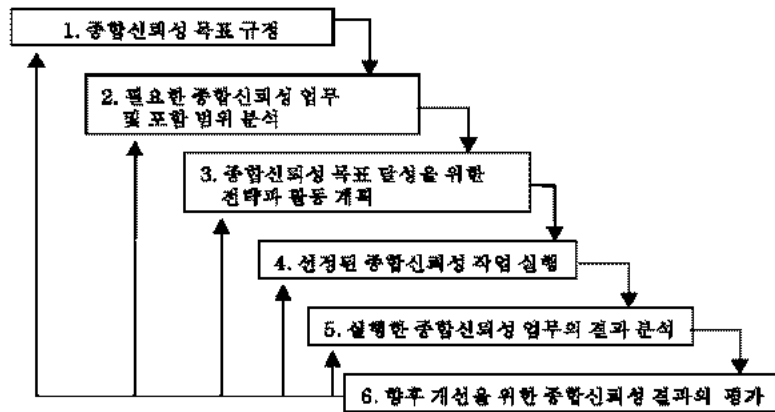


그림 2. 종합신뢰성 경영을 위한 프로세스 단계

1) dependability는 시간중속성, 신인성, 의존성 등과 같이 여러 가지로 해석될 수 있으나, 표준의 내용으로 볼 때, '종합신뢰성'으로 번역하며, dependability management는 '종합신뢰성 경영'으로 번역한다.

<도표 1>은 IEC 60300의 주제를 요약한 것이다. IEC 60300-1과 2는 종합신뢰성경영시스템에 대한 개괄적인 내용을 설명하고 있고 IEC 60300-3은 각 적용분야에 대한 기술적인 내용(분석방법 및 절차)을 구체적으로 기술하고 있다.

도표 1. IEC 60300 목록 및 주제[5]

구분	내용
IEC 60300-1	종합신뢰성 경영 시스템(경영시스템, 경영책임, 자원관리, 제품실현, 측정·분석·개선)
IEC 60300-2	종합신뢰성 경영지침(경영시스템, 경영책임, 자원관리, 제품실현, 측정·분석·개선)
IEC 60300-3	종합신뢰성 경영 적용 지침
IEC 60300-3-1	종합신뢰성 분석 기술, 방법(시스템 종합신뢰성 분석, 분석기법 특징)
IEC 60300-3-2	자료수집(자료수집 목표·한계, 자료수집 출처·방법, 필요한 자료, 자료 분석, 결과표현)
IEC 60300-3-3	수명주기 비용(종합신뢰성과 비용과의 관계, 수명주기 비용 모형화와 프로세스, 불확실성과 위험도)
IEC 60300-3-4	종합신뢰성 필요조건, 요구사항(요구조건외 고려요소, 신뢰성 성능, 지속성 성능, 유효성능, 지속성 지원 설명, 고객·공급자 협력)
IEC 60300-3-5	신뢰성 시험 상태와 통계적 시험의 원리(신뢰성 시험 종류, 시험상태, 자료수집·고장분류, 시험 자료 분석, 통계적 도구와 분석절차, 보고)
IEC 60300-3-7	전기기구의 스트레스 스크리닝
IEC 60300-3-9	시스템의 위험도 분석(위험도 분석절차기법)
IEC 60300-3-10	보전성(보전성 프로그램, 프로그램 요소·업무)
IEC 60300-3-11	신뢰성 중심 보수(보수 프로그램 접근, RCM 기반의 보수 프로그램)
IEC 60300-3-12	통합 로지스틱 지원
IEC 60300-3-13 (IEC 62198)	프로젝트 위험도 관리

2.2 수명주기별 신뢰성 프로그램의 주요업무

제품 및 시스템의 모든 수명주기단계에서 최우선적인 품질항목으로 종합신뢰성을 유지하기 위해 효율적이며 충분한 노력을 할 수 있도록 보장하며, 종합신뢰성에 기여하는 활동들과 다른 계약 및 규격 제정활동들이 적절히 통합될 수 있도록 보장한다.

제품 또는 시스템의 수명주기별 주요 업무를 요약하면 다음과 같다.

(1) 개념/정의 단계

제품 및 시스템의 필요성, 요구사항을 규정하며 이 단계에서의 결정사항이 제품과 수명주기비용에 가장 큰 영향을 미친다. 제품과 시스템의 지원에 대한 요구사항, 종합신뢰성 계획수립에 대한 요구사항 도출에 초점을 둔다.

(2) 설계/개발 단계

제품 및 시스템의 하드웨어와 소프트웨어를 작성하여 상세한 제조규격으로 문서화하고, 사용/정비 지침과 같은 문서들을 작성한다.

설계/개발단계에서 신뢰성 활동의 주 목적은 ① 종합신뢰성 규격의 요구사항들을 설계과정에 충분히 반영한다. ② 제품 및 시스템의 종합신뢰성을 달성하기 위해, 분석, 예측활동을 구현하고 실시한다. ③ 종합신뢰성 요구사항에 근거하여 확인, 입증 및 시험 절차와 기준을 작성하고 실행한다. ④ 공급자나 소비자로부터 제공되는 시스템 또는 제품의 모든 부품들에 대한 신뢰성 요구사항들이 준수되어야 한다. ⑤ 신뢰성 요구사항들을 준수하기 위해 정비지원계획과 엔지니어링 활동들을 제품 및 시스템의 설계과정에 통합시킨다. ⑥ 폐기관련 요구사항들을 정의한다.

(3) 제조단계

제품 및 시스템이 조립, 생산되고 소프트웨어가 장착되는 단계이다. 이 단계에서 실시되는 주요 신뢰성 활동으로는 신뢰성/보전성 시험, 생산 시험, 신뢰성 스트레스 스크리닝 등이 있다. 설계/개발단계에서 달성된 제품 및 시스템의 종합신뢰성 성능이 제조과정에서 훼손 되지 않도록 하는 것이 이 단계 활동의 주 목적이다. 규정된 신뢰성을 만족할 수 있도록 생산과정에서 준수해야할 절차가 프로그램에 기술되어야 한다.

(4) 설치단계

설치단계에서 제품 및 시스템의 신뢰성이 저하되지 않도록 한다. 이 단계에서 실시되는 주요 신뢰성 활동으로는 시험의 위임, 수탁시험, 신뢰성 성장시험, 신뢰성/보전도 입증, 데이터 수집 및 분석, 초기고장 관리 등이 있다. 초기 규격과 설계가 충족됨을 입증하기 위해 제품에 대한 수탁시험 및 검사 절차와 지침이 제공되어야 한다.

(5) 운용/보전 단계

필요시 예방보전 및 사후보전을 실시하고 제품 성능을 추적(감시)한다. 이 단계의 신뢰성 달성을 보장하기 위해 필요한 자료로는 운용지침, 보전(정비) 지침, 경고 지침, 여유부품 등이다.

(6) 폐기단계

시스템의 기술적 수명이 다하거나, 보전비용의 증가로 운용의 경제성이 없어질 때 유효수명도 끝난다. 이때 사용현장에서 파괴되거나 철거, 필요에 따라 보호된 환경하에서 제거되는 단계이다.

3. 운영기관의 종합신뢰성 경영시스템 적용

3.1 운영기관의 특성 및 신뢰성경영시스템 적용 방향

도시교통의 발전과 안전하고 신속한 대중교통수단을 제공하여 시민의 복리 증진 기여를 목적으로 설립된 운영기관은 도시철도를 구성하고 있는 차량, 전력, 신호통신, 선로, 운영 등 각종 시스템을 외부로부터 구매하여 운영하고 있으므로 신뢰성경영 측면에서는 제작기업과는 다른 특성이 있다. 즉 제품의 제작 보다는 완성된 제품에 대한 통합운영과 보전에 중점을 두고 있다. 그림 3은 도시철도차량의 수명주기를 나타내고 있는데 신뢰성 관리는 각 단계별 특성에 적합하게 이루어져야 한다. 발주단계에서는 신뢰성 요구사항을 명확히 하고 제작 단계에서는 감독기능을 수행하며 운영단계에서는 가용성을 높이기 위한 유지보수 및 보전을 중점관리 하여야 한다.

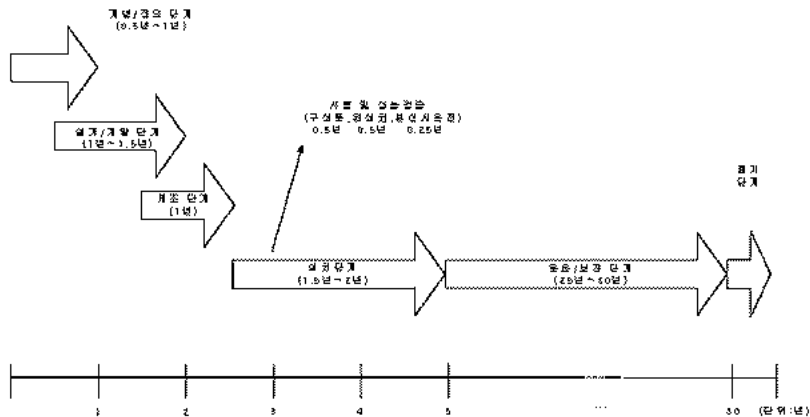


그림 3. 도시철도차량의 수명주기

따라서 운영기관에 신뢰성경영시스템 적용을 위해서는 다음 사항을 고려하여야 할 것이다.

- (1) 종합 시스템엔지니어링 경영관리 조직 : 각 단계별로 필요한 주요 활동들의 진행과정 체크와 연구 및 개발 성과 및 결과 등을 평가하여 전 주기적인 일정을 체계적으로 관리한다.
- (2) 시스템 신뢰성 및 안전성 관리 조직 : 개념/정의 단계에서의 고유신뢰성 및 운용/보전단계에서 사용신뢰성의 충족과 목표 안전성 달성을 위한 RAMS 관리, 최적 유지보수 활동을 수행한다.
- (3) 대형복합시스템인 철도시스템의 종합신뢰성은 무엇보다도 각 하부시스템의 원활한 인터페이스 관리가 필수적이므로 각 하부시스템 업무책임자 및 실무자들은 긴밀하고도 유기적 협조체계를 구성할 수 있도록 관리해야 할 것이다.
- (4) 최고 경영자의 지속적인 관심과 조직원 전체의 공감대 형성이 중요하다.

3.2 종합신뢰성 경영시스템 구성과 이행 사항

운영기관은 종합신뢰성 활동을 지휘하고 관리할 경영시스템을 구성하고 유지해야 한다.

- (1) 운영기관의 사업요구와 관련된 종합신뢰성 기능과 활동을 밝힌다.
- (2) 특정 프로젝트에 적합한 종합신뢰성 목표와 시스템 수명주기 단계를 구성한다.
- (3) 적용 가능한 모든 단계 동안 관련된 종합신뢰성 활동의 시기에 맞게 적절한 실행을 보장한다.
- (4) 시스템의 종합신뢰성 평가, 인수에 대한 기준과 방법을 결정한다.
- (5) 유용한 자원과 정보를 제공한다.
- (6) 종합신뢰성 활동을 모니터하고 지속적인 개선을 측정하고 결과를 분석한다.
- (7) 효과적인 비용의 운영을 유지하도록 설계, 시스템 목표 실현, 서비스 조항 등에 협력한다.
- (8) 프로젝트 목표와 고객 만족 달성을 위해 공급자-운영기관-고객간 관계를 도모한다.

3.3 운영기관의 최고경영자(CEO) 경영책임

- (1) 종합신뢰성에 관한 경영 및 의지 : CEO는 지속적 개선 보장을 위한 경영의지와 증거 제시.
- (2) 고객 중심의 종합신뢰성 : CEO는 지속적 개선을 위한 공급자-운영기관-고객간 대화 지속.
- (3) 종합신뢰성 방침 : CEO는 종합신뢰성 이행을 보장하는 명확한 방침 수립.
- (4) 종합신뢰성 기획 : CEO는 전략적 사업계획과 전체적인 경영계획의 일부를 구성하도록 보장.
- (5) 책임, 권한 및 의사소통 : CEO는 종합신뢰성에 대한 책임과 권한, 충분한 자원제공 보장.
- (6) 경영검토 : CEO는 지속적 안정성, 적합성, 효과성 보장을 위해 정기적으로 경영검토 실시.

3.4 운영기관의 자원관리, 시스템 실현, 측정, 분석 및 개선

- (1) 목적에 필요한 자원 확보, 적절한 교육과 기술 및 경험을 갖춘 인적자원 관리, 장·단기 목표 달성에 필요한 기반구조 관리, 그리고 업무환경 등을 고려한다.
- (2) 시스템 실현 계획, 고객 관련 프로세스, 설계 및 개발, 구매 및 하도급(협력), 생산 및 서비스 제공, 모니터링 및 측정정치 관리 등을 위한 프로세스를 구성 및 실시한다.
- (3) 고객 피드백과 불만을 모니터링 및 측정, 부적합 제품의 관리, 데이터 수집, 분석 및 보고를 위한 프로세스 구성, 그리고 종합신뢰성 경영시스템의 효과성을 지속적으로 개선한다.

3.4 수명주기 단계별 종합신뢰성 경영시스템 적용 업무

<도표 2>에는 각 단계별로 필요한 종합신뢰성 경영시스템에 관하여 적용할 수 있는 규격, 주요 활동내용, 비교 항목을 정리하였다.

도표 2. 각 단계별 종합신뢰성 경영시스템 적용활동

단계/적용규격	운영기관의 주요 활동내용	비고
개념/정의단계 IEC 60300-1 IEC 60300-2 IEC 60300-3 IEC 60300-3-1 IEC 60300-3-2	기존 및 개발 시스템의 필요성, 요구사항을 규정 · 운행노선, 세부 운행일정, 적합한 철도시스템 선정 · 도입시스템의 경제성 평가 및 타당성 검토 · 계약시 신뢰성 목표치를 정의(RAMS 기준제시) · 각 하부시스템별 시스템 보증수명, 주요 부품 또는 LRU(Line Replacement Unit) 단위 수준의 보증 기간 명시	· 계약서에 신뢰성 요구사항 명시
설계/개발단계 IEC 60300-3-3 IEC 60300-3-4 IEC 60300-3-9 IEC 60300-3-13	신뢰성 요구사항의 정의와 할당을 정의 · 종합 시스템 상세설계에 대한 정의와 인증내용 정의 · 상세한 제조규격으로 문서화하고, 사용/정비 지침과 같은 문서들을 작성 · Fail-safe 설계, Fool-proof 설계 기술 등 문서화 · 안전성과 관련한 PHA(Preliminary Hazard Analysis), Hazard Log 작성 및 대책마련	<운영기관> · 기술자료 및 제작도면 승인시 신뢰성명기 <제작기업> · 설계 및 개발
제조단계 IEC 60300-3-5 IEC 60300-3-7	· 제작감독(기준: 승인자료 및 관계 법령) · 공인기관의 구성품 시험[6]	<제작기업> · 제작
설치단계 IEC 60300-3-5	· 종합시험 및 예비주행시험 실시[6] · 공인기관의 시험성적서 획득	
운용/보전단계 IEC 60300-3-10 IEC 60300-3-11 IEC 60300-3-12	신뢰성 관리조치에 의한 신뢰성 관리체계에 의한 운용/보전 실시 · 보전지원에 대한 정성적, 정량적 요구사항 절차마련 · 도입시스템에 적합한 운용체제와 최적 보전방식의 관리체제 구축 · 고장 및 사고발생시 원인규명과 재발방지 대책마련 · 정기적 통계자료분석을 통한 시스템개선 방안마련	· 정기적인 정성적·정량적 신뢰성 분석자료 제출 · 고장 및 위험원에 대한 대책마련 · IEC 관련 한국산업규격 활용[3]
폐기단계	· 폐기대상 시스템의 평가 후 폐기 · 대체 시스템 선정계획 및 평가 후 대체 시스템 도입	· '도시철도차량정밀진단 기준'[7]에 의거 평가

또한 전 수명주기에 정성적·정량적 분석시 적용되는 기법으로는 FMEA/ FMECA(결함모드와 영향 및 치명도 분석), FTA(결함나무분석), RBD(신뢰성 블록 다이어그램), MA(마코프 분석), PC(부품개수 신뢰도 예측) 등이며 신뢰성 관리조직은 IEC 60300-3의 세부사항을 참조하면 된다.

4. 결론

현대의 도시철도는 무인화와 자동화의 방향으로 기술이 급속히 발전하고 있어, 철도를 운영해야 하는 운영기관의 경우 승객의 안전성 확보와 타 대중교통수단과의 경쟁에서 우위를 점하기 위해서 시스템의 신뢰성확보가 중요하며 신뢰성이 경영의 주요한 부분으로 적용되어야만 한다.

따라서 본 연구에서는 종합신뢰성 경영시스템에 관한 국제 규격인 IEC 60300을 소개하여, 이를 운영기관에서 적용할 수 있는 방안을 각 단계별로 제시하였다.

신뢰성경영에 있어서 가장 중요한 것은 신뢰성이 제품의 수명주기 전(全) 단계에서 적용되어야 하며 최고 경영자의 관심과 조직원의 공감대 형성만이 성공적인 효과를 거둘 수 있을 것이다. 향

후 신뢰성 경영시스템이 운영기관에 실제로 적용되어 도시철도운영기관의 비용절감과 승객의 신뢰성을 높이는 계기가 되기를 기대한다.

참고문헌

1. IEC(1993), *IEC 60300-1, Dependability management Part 1 : Dependability programme management*, International Electrotechnical Commission.
2. IEC(1995), *IEC 60300-2, Dependability management Part 2 : Dependability programme elements and tasks*, International Electrotechnical Commission.
3. 김종걸 외1(2002), "IEC 60300 표준의 개정방향에 관한 연구(IEC60300-1 과 IEC60300-2 를 중심으로)", 2002년 안전경영과학회 춘계대회, pp45 ~ 51
4. 한국산업규격(2003), *KS A IEC 60300-3-5, 신인성 관리-제3부:적용지침-제5장: 신뢰성 시험 조건과 통계적 시험 원칙*, 산업표준협회.
5. 한국철도기술연구원(2004), *경량전철시스템 신뢰성 평가기술개발 연구결과보고서*.
6. 건설교통부고시 제2000-126호, "도시철도차량의 성능시험에관한기준", 2000.5.17
7. 건설교통부고시 제2000-334호, "도시철도차량의 정밀진단지침", 2000.12.27