국외 적용사례에 따른 도시철도차량의 RAMS 기본방향

A Basic direction for RAMS of Urban Railway Vehicle by Case Study in the Overseas Country

*정종덕[1], 이우동[1], 박기준[1], 김경민[1], #송문석[2]
*Chung Jong Duk[1], Lee Woo Dong[1], Park Kee Jun[1], Kyoung Min Kim[1],
#Song Moon Shuk(9288km@ut.ac.kr)[2]
[1]한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단, [2]한국교통대학교 철도차량시스템공학과

Key words : RAMS, Urban Railway, Vehicle

1. 서론

1994년에 발생한 과천선 사고를 계기로 도시철도차량의 성능 및 안전성을 확보하기 위하여 도시철도도 표준화사업이 추진되었고 그 성과로 도시철도차량 표준규격 , 안전기준, 성능시험기준 및 품질인증기준이 정부기준으로 고시되어 모든 전동차에는 표준화기준이 적용되고 있다.

최근에 도시철도차량의 신뢰성을 향상시키기 위하여 국내외적으로 RAMS연구가 활발히 이루어지고 있고 차량발주시에 RAMS기준을 적용하도록 하고 있는 실정이다. 국내에서는 RAMS에 대하여 연구가 이루어지고 있으나 아직 그 활용도가 매우 미흡한 실정이다. 이는 RAMS에 대한 체계적인 분석과 국내 실정에 맞는 RAMS에 프로세스가 표준화되어 있지 아니함으로 도시철도 운영기관이나 제작사마다 다른 RAMS기준을 적용하고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 국외RAMS적용사례를 분석하여 향후 도시철도표준화기준으로 RAMS기준의 기본방향에 대하여 정의하고자 한다.

2. 도시철도차량의 국외 RAMS 적용사례

RAMS의 체계는 안전성과 신뢰성으로 크게 분류된다. 첫 번째는 안전성의 항목을 살펴보면 시스템과 하부시스템에 대한 위험분석이 있으며, 두 번 째로는 신뢰성의 항목은 MTTR, MTBF 등이 있다. 또한, 안전성과 신뢰성의 분석기법으로는 FMECA와 FTA 등이 사용된다.

Fig. 1. 은 도시철도 차량용 제동장치를 대상으로 RAMS를 적용한 사례를 제시하였다.

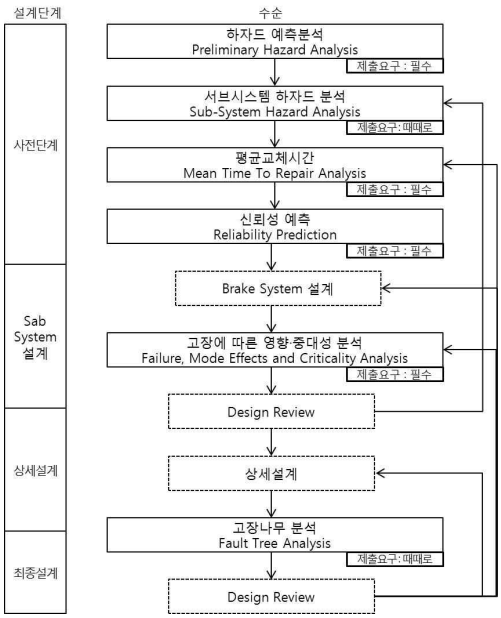

Fig. 1 Flow diagram of RAMS for brake system of EMU

2.1 안전성 분석

1) 시스템의 위험 예측분석

위험 예측분석(Preliminary Hazard Analysis)은 사전설계 단계에서 우선 먼저 수행하는 단계를 말하며, 이 분석은 하부 시스템보다 상위 시스템의 시점에서 안전성 평가를 행하는 것으로 기기의 동작·작용을 포함, 기기의 존재, 조작, 유지보수와 관련되어 발생할 수 있는 위험을 추출한다.

2) 하부시스템의 위험분석

시스템의 위험 예측을 보다 완전히 하기 위해 하부시스템의 위험분석을 우선 수행하여야 한다. 하부시스템의 위험분석은 잠재적 위험과 구성기기의 성능저하, 설계 이상에 따른 기능고장 및 기능불비의 발생에 대해 평가하는 것이다.

분석사례로는 아래와 같은 순서로 이루어진다.

① 우선 추출된 위험에 대해서「위험의 중대함의 등급 구분」과 「발생빈도」의 정의에 따라 구분되며,

② Table 1. 에서 제시된 등급에 따라 각각의 위험을 분류하여 적용한다.

Table 1 Classified class of Hazard analysis

발생빈도등급	임계등급			
A	Ar	Ud	Ua	Ua
B	Ar	Ud	Ua	Ua
C	Ac	Ar	Ud	Ua
D	Ac	Ar	Ar	Ud
E	Ac	Ac	Ar	Ar
	4 (경미적)	3 (한계적)	2 (위기적)	1 (치명적)
	중대도등급			

Ua : 허용되지 않음, Ud : 바람직하지 않음

Ar : 심사가 필요하나 허용할 수 있음

Ac : 허용할 수 있음

발생진도등급 : A(빈발하다), B(일어날 수 있다), C(수시), D(일어날 것 같지 않다), E(일어날 수 없다)

2.2 신뢰성 예측

신뢰성 예측은 시스템과 하부시스템이 계약 요구조건에서 제시된 신뢰성의 요구사항을 만족하고 있음을 확인하고 입증하기 위해 사용된다.

이 신뢰성 예측은 사전설계단계인 개념설계부터 적용되어 설계공정이 이루어진다. 이 예측결과는 설계 적용시 피드백이 이루어지고, 설계공정이 이루어진다. 예측방법은 신뢰성이 높은 데이터를 이용하여 고장률에 대한 산출과 예측이 이루어진다. 고장률과 MTBF는 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$\text{MTBF (hours)} = \frac{\sum N}{\sum r} \times k = \frac{1}{\lambda}$$

여기서, N: 총 동작시간, r: 고장수, k: 평균 MTBF에 곱해야 할 계수, λ: 고장률(1/시간)

Table 2 고장률, 신뢰도계산

고장률	$\lambda U = 0.135 \times 10^{-6}$	λU =1/MTBF
신뢰도	년간동작시간N6,300 시간이고, 4/7년간 사용한 경우의 신뢰도는 R(t) × 100 99.7/99.4%	$R(t) = e^{-\lambda U \cdot t \cdot N}$ t : 경과년수 N : 년간동작시간

3. RAMS 향상을 위한 향후 노력

국내 도시철도 차량에 RAMS 적용을 위해서는 기초 데이터와 관련 노하우의 축적, 관련 전문가 양성, 그리고 표준화 정책 마련 등이 필요하다. 시스템에 대한 기초데이터와 노하우에 대한 기술 축적도 중요시되어야 한다. 도시철도차량 제작사와 운영기관과의 이해관계가 보는 관점의 차이로 다르게 나타날 수 있어 표준화된 절차와 근거에 따라 구체적인 데이터를 산출하여야 한다. 차량 제작사가 RAMS에 관계되는 데이터와 노하우를 축적하는 것이 필요하며, 제작사의 RAMS 관련 경험을 바탕으로 정보공유도 필요하다.

4. 결론

도시철도차량의 신뢰성을 향상시키기 위하여 적용하고 있는 RAMS 기준이 국내에서는 도시철도 운영기관이나 차량 제작사마다 다른 RAMS 기준을 적용하고 있다.

본 연구에서는 국외 RAMS 적용사례를 조사 및 분석하여 국내 도시철도차량의 RAMS의 표준화 기본방향을 정의하였다. 향후 국내 도시철도차량 실정에 가장 적합한 RAMS 표준화 기준을 제시하고자 한다.

참고문헌

1. 류명선, 이종범, 류상환, 김재식, 최창호, 최승갑, “시스템 엔지니어링 프로세스와 연계된 철도시스템 RAMS 구축방법에 대한 연구”, CICS 2009 정보 및 제어학술대회 논문집, 85-86, 2009.
2. 서승일, “철도시스템의 RAMS 관리 체계”, 한국철도학회지, Vol. 8, No. 1, 12-20, 2005.
3. 한국철도기술연구원, “도시철도표준화 2단계 연구 4차년도 도시철도차량 표준화 유지발전 연구보고서”, 건설교통부 학술정보, 2011.