

자기부상열차 RAM DATA 관리방안

Review on RAM Data Management to Urban Maglev Transit

이창덕*

강찬용**
Kang, Chan-Yong

ABSTRACT

This paper is reviewed RAM(Reliability, Availability and Maintainability) data table utilized for RAM data management to Urban Maglev Transit. As railway systems become more complex, the RAM requirements are reinforced to ensure that a design meets Reliability, Availability, Maintainability criteria. Therefore, it needs the efficient management for RAM data of railway system to meet RAM target. At this study, RAM data management format is suggested to ensure reliability and maintainability based on acquired experience for overseas rolling stock. This RAM data table and FMECA(Failure Mode Effect Criticality Analysis) table are useful to the calculation of MTBF(Mean Time Between Failure), MTBSF(Mean Time Between Service Failure) and Maintainability. Also, this RAM management table will be efficient to improve the RAM evaluation to Urban Maglev Transit.

1. 서 론

오늘날 철도차량에 대한 RAM요구사항이 국내와 해외에서 다양하게 요구되고 있다. 이미 선진국가(영국, 북미, 유럽 및 홍콩)에서 철도차량 및 시스템에 대하여 RAM관리를 엄격하게 요구하고 있고 해외에서 발주되는 차량의 구매사양에서는 구체적으로 RAM에 대한 요구사항을 명시하고 RAM목표치를 입증할 수 있는 자료를 요구하고 있다. 이는 철도차량의 기능이 다양해지고 복잡해짐에 따라 RAM관리가 필요성을 보여주는 것이다. 국내 시행청에서 최근들어 철도차량에 대한 RAM에 관련한 자료를 요구하고 있으나 국내철도차량에 관한 RAM에 대한 관리가 미흡한 것이 사실이다. 본 연구에서는 기 수행하였던 해외전동차 RAM관리방법 및 절차를 기반으로 자기부상열차에 대한 신뢰성(Reliability), 가용성(Availability), 정비성(Maintainability)을 확보할 수 있도록 관리절차 및 RAM data관리표(안)을 제시하여 자기부상상용화 과제에 활용해 보고자 한다.

2. 본 문

RAM 관리를 위해서는 각 장치별 설계 목표값에 부합하도록 각 장치별 RAM 예측 및 분석이 필수적이다. 설계 단계에서 RAM 예측을 하기 위해서는 각 장치의 제조업체로부터 정확한 RAM data 수집과 분석이 RAM 예측에 많은 영향을 주게 되므로 장치 공급자의 시험 데이터 또는 필드 데이터(Field Data) 등을 최대한 활용하여 RAM 예측을 하여야 한다. 따라서, 보다 효율적이고 정확한 RAM 예측을 위한 RAM 관리 절차 및 RAM data 수집을 위한 양식을 검토하였다.

* (주)로템, 기술연구소 응용기술연구팀, 연구원, 비회원

E-mail : cdgung@rotem.co.kr

TEL : (031)460-1857 FAX : (031)460-1780

** (주)로템, 기술연구소 응용기술연구팀, 책임연구원, 정회원

2.1 RAM 관리절차

RAM을 관리하는 절차는 일반적으로 다음 그림1과 같으며 각 단계별 업무수행 내용을 요약하였다.

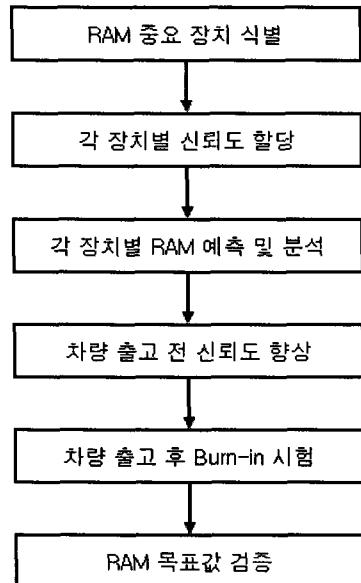


그림1. RAM 관리절차

가. RAM 중요 장치 식별

과거 기 수행한 프로젝트를 바탕으로 예상되는 RAM 중요 장치를 식별하여 중점 관리함으로써 전체 시스템의 성능을 높인다. 또한 설계진행 과정에서 발견된 고장 아이템을 RAM 중요 장치로 추가한다.

나. 각 장치별 신뢰도 할당

각 장치별 차량의 신뢰도에 영향을 미치는 중요도에 따라 달성해야 하는 신뢰도 목표값을 할당하고 이를 각 장치 공급자에게 신뢰도 목표값을 제시하고 이를 만족할 수 있도록 설계단계에서부터 RAM분석을 하도록 요구한다.

다. 각 장치별 RAM 예측 및 분석

정의된 신뢰도 목표값을 달성하기 위해 현재 시스템의 신뢰도 값을 예측하고 분석하여 부족하다면 개선할 부분을 찾아 설계에 반영한다. 부품 수준의 신뢰도 예측은 각 시스템 공급자가 가용한 자원을 최대한 활용하여 예측하고 시스템 신뢰도 계산은 이것이 불가능할 경우 MIL-STD-217F 혹은 동등 이상의 국제규격과 NRPD(Nonelectronic Parts Reliability Data), EPRD(Electronic Parts Reliability Data)등의 Data book에 기초하는 Part count 분석과 같은 분석기법에 기초하여 수행 한다.

라. 차량 출고전 신뢰도 향상

완성된 차량에 대해 신뢰도 향상을 목적으로 시험 주행을 실시하고 설계 및 생산단계에서 발견하지 못한 문제점들을 수정하여 보다 향상된 신뢰성을 가질 수 있도록 한다.

마. 차량 출고후 Burn-in 시험

완성된 차량을 납품 후 실제 주행하게 될 본선에서 Burn-in 시험을 거침으로써 차량외부 및 실제 사용환경에서 나타날 수 있는 문제점들을 미리 조치함으로써 최종적인 신뢰도 향상에 기여한다. 이 기간은 영업운전 개시 후 6개월 이내에서 수행한다.

바. RAM 목표값 검증

Sub-system의 신뢰성 성능을 관찰하기 위해 FRACAS 시스템을 구성한 후 실제 영업운전 중 발생하는 고장을 기록하고 조치하여 제시된 신뢰도 및 가용도 목표값을 검증하여 최종적인 성능을 입증한다.

2.2 RAM data 관리

철도차량 RAM 관리를 효율적으로 관리하기 위해서는 설계단계에서부터 차량 제작사와 차량 부품 공급자 사이에 정확한 의사전달 및 Sub-System에 대한 구체적인 RAM 정보를 얻어내야 한다. 이는 차량 전체 시스템에 대한 RAM 예측의 기초 자료가 되고 RAM 목표치에 도달하지 못한 부분은 설계에 반영하여 신뢰성을 보증할 수 있는 차량을 제작할 수가 있다. 이와 같은 점을 고려하여 타 전동차 RAM 관리 경험을 바탕으로 자기부상열차 RAM 관리에 사용될 수 있는 RAM 관리 양식(안)을 제시해 보고자 한다.

2.3.1 RAM Data Table

EN50126-3 규격서에 보면 Reliability Prediction Sheet가 예시되어 있다. 그러나 이 양식을 활용하여 자기부상열차에 적용하기에는 어려움이 있다. 예를 들면, 자기부상열차의 서비스에 영향을 주는 평균 고장시간(MTBSF)를 산출하는 데는 한계가 있다. 따라서 MTBSF를 산출하기 위한 data들을 고려하여 RAM Data 수집 양식에 반영되어야 한다. RAM 분석에 필요한 RAM data를 파악해보면 차량의 Sub-System에 대한 System Hierarchy, 차량에 장착될 부품수, 각 component에 대한 Failure Rate, 부품을 수리하는데 걸리는 평균 수리 시간(MTTR) 등의 여러 가지 Parameter를 고려하여야 한다. 이러한 Data를 근거로 하여 각 Sub-System에 대한 평균 고장시간(MTBF), 차량 운행 서비스에 영향을 주는 평균 고장시간(MTBSF), 유지보수 비율 등을 산출할 수가 있다. MTBSF를 산출하기 위하여 고장시나리오를 정의한 후 각 Sub-System이 고장시나리오에 따라 어떤 비율로 고장이 영향을 미치는지 파악하여야 한다. 이런 비율을 Ffailure라 정의하고 Reliability 계산에 반영하였다.

Reliability 계산은 Mil-HDBK-338B에 제시된 다음과 같은 식에 의해 계산된다.

- 전체 고장률 계산식

$$\sum_{i=1}^n \lambda^*_i \leq \lambda^*$$

여기서; λ^*_i : Sub System i에 할당된 고장률

λ^* : 전체 시스템 고장률

또한, 신뢰도 예측을 위한 고장률 계산에는 많은 모수들이 고려되어야 한다. 그 식은 다음과 같다.

$$\lambda = \lambda_{component} \times N_{train} \times T_{hour} \times F_{failure}$$

여기서; $\lambda_{component}$ = 각 component의 고장률

N_{train} = Train에 장착된 component 수량

T_{hour} = Train이 년간 운행하는 시간

$F_{failure}$ = 연관된 고장 모드의 전체 비율

차량 시스템의 고장 시나리오는 다음과 같이 가정하여 정의하였다.

Type1 : 차량 운행 중 고장이 발생하여 고장을 수리하여 다시 정상 운행하는데 걸리는 시간이 2분 이내로

지체된 고장

Type2 : 차량운행 중 고장이 발생하여 고장을 수리하여 다시 정상운행하는데 걸리는 시간이 5분이내로 지체된 고장

Type3 : 차량운행 중 고장이 발생하여 다른 구원차량에 의해 견인되어야 하는 고장

Type4 : 차량운행을 하는 동안에는 탐지 되지 않는 고장과 차량이 운행하지 않는 동안 발생하는 고장
그리고 Type1, Type2, Type3를 제외한 모든 고장

위의 차량운행시 발생되는 고장형태중 Type2와 Type3를 차량운행시 서비스에 영향을 주는 고장으로 정의하여 Type2, Type3에 관련한 데이터를 활용하여 MTBSF(Mean Time Between Service Failure)를 계산한다.

정비도(Maintainability)는 MIL-HDBK-472에 따라 다음 식에 의거하여 시스템 정비도를 산출한다.

- 정비도 계산식

$$MTTR_{System} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i MTTR_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

여기서; n = 전체 아이템수

λ_i = i번째 아이템의 고장률

MTTR_i = i번째 아이템의 평균보수정비시간
(Mean Corrective Maintenance Time)

$\lambda_i MTTR_i$ = i번째 아이템의 Maintenance Ratio

MTTR_{System} = System MTTR

위와 같은 계산을 하기 위해 필요한 모수들을 고려하여 RAM관리양식(안)을 제시하고 EN50126-3에 예시된 Reliability Prediction Sheets와 비교하여 보았다.

Reliability Prediction Sheets										
Rolling Stock			Code L2			Doc. N.				
Code L1			L2 Assy			Version Number				
L1 Assy			Drwg or Diagr Ref			Date of version				
L2 Assy total Data			Drawn up by					Page n/N		
Code			File name							
LRU										

그림2. EN50126-3 Reliability Prediction Sheets

RAM Data Table (안)

그림3. 자기부상열차에 적용할 RAM Data Table(안)

위의 양식을 비교해보면 EN50126-3에 제시된 양식은 각 component에 대한 고장률을 가지고 차량시스템의 모든 고장에 대한 MTBF를 계산가능한 데이터를 수집할 수 있으나 자기부상열차에 적용할 RAM Data Table(안)은 각 Component별 고장률과 고장타입별 비율에 대한 데이터 수집이 가능하여 차량운행 서비스에 자연시키는 요소를 반영하여 MTBSF를 산출할 수 있으며 MTTR과 Maintenance Ratio를 활용하여 정비도(Maintainability)계산에도 활용할 수 있다.

2.3.2 FMECA Table

차량의 고장에 대한 고장영향분석을 위해서는 규격집에서도 FMECA양식이 제시되어 있지만 철도차량에 적합하고 각 Sub-System의 고장모드 별로 차량운행에 영향을 미치는 고장등을 파악하여 고장영향분석을 할 필요가 있다. 해외 차량 사양서를 보면 서비스에 영향을 미치는 평균고장시간(Mean Time To Service Failure)를 요구하는 추세이다. 이는 차량운영자 입장에서는 일반적인 차량의 평균고장시간(MTBF)보다 차량 운행시 서비스에 영향을 주는 평균고장시간(MTBSF)이 더욱 관심이 있을 것이라 생각된다. 따라서, RAM Data Table(예)에서 볼 수 있듯이 RAM Data Table에서도 Failure Type Fraction란을 통하여 서비스에 영향을 주는 평균고장시간을 산출할 데이터를 수집할 수 있게 하였으나 FMECA처럼 고장모드 별로 서비스에 영향을 미치는 Data를 수집하기에는 어려움이 있다. FMECA를 활용하여 서비스에 영향을 미치는 평균고장시간(MTBSF)을 산출한다면 보다 정확하게 서비스에 영향을 미치는 평균고장시간(MTBSF)을 산출할 수 있을 것이라 판단되어 EN50126-3에 제시된 FMECA양식과 자기부상열차에 적용할 FMECA양식을 비교하여 보았다.

그림4. EN50126-3 FMECA Sheets

그림5. 자기부상열차에 적용할 FMECA Table(안)

위의 EN50126-3에 제시된 양식과 자기부상열차에 적용할 FMECA(안)양식을 비교하여 보면 EN50126-3에 제시된 양식은 가장 일반적인 내용을 담고 있고 고장모드별로 차량이 영업운전 서비스에 영향을 미치는 고장영향분석을 할 수 없다. 이러한 단점을 보완한 자기부상열차에 적용할 FMECA양식은 고장 모드별로 각 고장시나리오 타입별로 년간 차량의 고장수를 계산할 수 있도록 Failure consequence Fraction과 No. of failure per train per year 항목을 보완하였다. 보완제시된 FMECA양식은 차량영업운전서비스에 영향을 주는 평균고장시간(MTBSF)계산에 활용가능 할 수 있도록 검토하였다.

3. 결 론

철도차량시스템은 기계적 장치와 전기 및 제어장치등이 체계적으로 조화를 이루어져야 하는 시스템이다. 이러한 이유로 선진국에서는 철도차량시스템의 RAM data를 효율적으로 관리하도록 강조하고 있다. 본 논문에서는 차량 신뢰도 평가시 보다 정확한 MTBF와 MTBSF를 산출하기위한 방법을 위주로 RAM data table과 FMECA양식을 검토하였다. 제시된 RAM data관리를 위한 양식은 철도시스템 RAM data관리를 효율적으로 할 수 있을 것이라 기대되며, 이와 같은 RAM관리를 통하여 얻은 data는 철도시스템의 RAM분석에 도움이 될 것이라 판단된다. 향후 본 논문에서 제시된 RAM data 관리양식을 실제 차량 RAM 분석시 적용하여 지속적으로 보완하여 활용할 예정이다.

참고문헌

1. EN50126-3, Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS) - Part3 Guide to application of EN50126-1 for rolling stock RAMS, 2006.
 2. EN50126, Railway Applications The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), CENELEC, 1999.
 3. Mil-HDBK-338B, Electronic Reliability Design Handbook, 1998.
 4. System RAM Analysis Report for RAV, 2007.
 5. RAMS Analysis Report for Turkey Otogar LRV, 2007.