

고장진단분석장치를 이용한 틸팅열차 신뢰성 평가 연구

한 성 호
한국철도기술연구원

Reliability assesment of tilting train using Fault Diagnosis analysis device

Seong-Ho Han
Korea Railroad Research Institute

Abstract - Korean Tilting trains have tested on conventional lines since the beginning of 2007 for evaluating its reliability. We achieved some major performance tests which are the maximum operation speed 180km/h test and the maximum curves increasing speed with tilting operation test. In order to analysis reliability data of tilting train, we have used the special data aquisition system which consists of monitor, sensors and depot computer etc. As a results of calculation, until now we realized that the reliability are getting more increasing than starting point of running test.

1. 서 론

본 논문은 기존선 고속화를 위해 필수적으로 거쳐할 단계인 틸팅차량의 신뢰성 평가 및 운영기술개발과 관련하여 수행된 연구이다. 틸팅열차 기술은 일반열차와는 달리 곡선부 주행시 필연적으로 발생하는 원심력 가속도를 상쇄시켜 주기 위하여 차체를 곡선의 안쪽으로 기울이게 하는 기술이다. 따라서 일반열차보다는 속도를 20~30%까지 향상시키면서도 원심가속도를 중력가속도의 횡방향 성분으로 감소시켜 결과적으로 승객이 느끼는 횡가속도를 저감시킬 수 있다.

한국형틸팅열차는 해외에서는 이미 상용화에 성공하여 상용화 운전이 진행되고 있지만 아직 국내에서는 틸팅열차기술의 성능인증과 신뢰성 확보, 안전성 확보 등이 요구되는 사항이다. 2007년 2월부터 시작된 국내 주요간선에서의 본선 시험운전을 통해 영업선에서의 열차운행에 따른 각종 고장정보를 수집하고, 원인을 분석하여 틸팅열차가 가지고 있는 고유기능의 확인 뿐만아니라 신뢰성 및 내구성 또한 얼마만큼 유지할 수 있는지 여부를 지속적으로 시험해 오고 있다.

본 연구에서는 신뢰성 평가 기술의 체계를 구축하고 차량의 안전성을 향상시켜 기존선에서의 틸팅열차의 안전성을 평가하기위한 것이다. 이를 위해 신뢰성관리 체계를 구축하고, 열차와 하부 시스템의 신뢰성을 평가하며, 주요 장치별 신뢰성 목표치 평가 및 고장이력관리를 통한 신뢰성 데이터 수집 및 분석과 틸팅열차의 MTBSF 등을 계산한다.

특히, 이를 위해 본선 시험운전 중에 주요 기계 및 전기장치에서 가속도, 온도, 압력, 전류 및 전압 신호를 계속하고 각종 고장이력정보들이 고장진단분석장치로 부터 수집된다. 따라서 이러한 신뢰성 평가기술은 틸팅열차 뿐만아니라 통해 새로운 안정성 및 신뢰성 평가 방법을 제시하고 자 한다.

2. 본 론

2.1 틸팅열차 시스템 신뢰성 평가체계

현재 시험운용중인 틸팅차량의 신뢰성검증체계 구축 방안은 다음 <그림 1>과 같다. 즉 설계단계의 신뢰도 및 정비도 관련 예측 값에 대해 시험 운용단계의 자료를 이용하여 설계의 타당성을 입증하는 것이다.

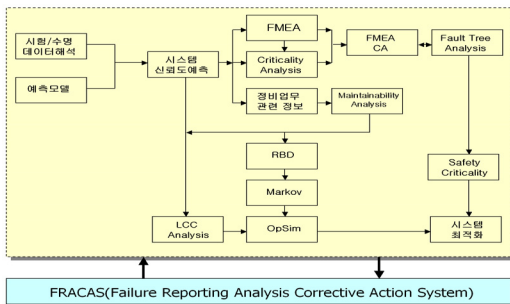


그림 1 RAMS 프로세스와 분석기법

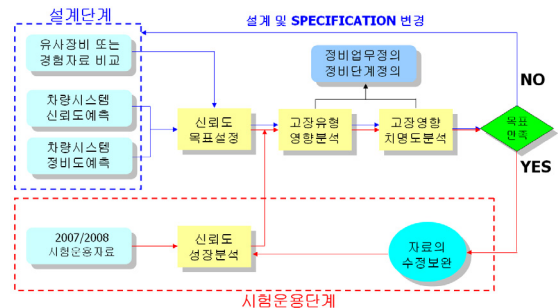


그림 2 틸팅차량 신뢰성 평가체계

1. 설계단계

(1) 유사장비 또는 경험자료 비교

현재 시험운용중인 틸팅차량은 시스템 레벨의 유사장비 또는 경험자료는 전무하다고 판단할 수 있다. 비록 외국의 유사장비가 있을 수 있으나, 자료는 얻는다는 것은 어려운 일이다. 그러나 시스템을 구성하는 서브시스템의 LRU 또는 그 것을 구성하는 부품 단위에서는 유사정보를 얻을 수 있다. 대표적인 것이 미국 RAC(신뢰성분석센터)의 EPRD/NPRD 데이터베이스이다.

(2) 차량 시스템의 신뢰도예측

기계류 부품 또는 LRU 단위는 유사한 운용환경조건을 가진 EPRD/NPRD 자료를 통해 고장률을 예측할 수 있다. 한편 전기전자 부품의 경우 다양한 모델링 방법이 있으며, 일반화되어 있어 기계류보다는 쉽게 고장률을 예측할 수 있다. 다음 표 3.3.3 은 시스템 레벨에 따른 예측 방법을 분류한 것이다.

(3) 차량 시스템의 정비도예측

철도차량의 경우 정비도를 예측하는 표준화된 방법은 없다. 따라서 서브 시스템 또는 LRU 단위를 제작하는 업체에서 제공하는 정보를 기초로 예측할 수 있다. 그러나 이러한 정보도 없는 경우엔, 정비업무를 표준화된 Task로 정의한 MIL-HDBK-470,472 계열의 방법을 적용하여 예측할 수 있다.

(4) 신뢰도 목표 설정

신뢰도 목표 값 설정은 절대적인 값이 아니다. 현재의 기술로 구현 가능한 최적의 값을 의미하며, 이 것은 설계 사양의 개정과 보완 그리고 반복적인 시험운용자료의 분석을 통해 신뢰도의 할당 및 배분 절차를 통해 재조정되는 값이다.

(5) 고장유형 및 영향분석

고장유형에 대한 분석 목적은 적절한 정비업무의 식별과 배분을 위해 필요하며, 개별 고장유형이 가지는 특징과 발생가능성에 대한 정량적 작업이다.

(6) 고장영향의 치명도 분석

고장의 결과는 시스템 또는 시스템을 구성하는 서브시스템 및 LRU에 직접적인 영향을 미치는 국부적인 것부터 시작하여 파생적인 것까지를 고려해야 한다. 즉 하나의 고장유형이 발생할 경우 그 것이 연속적으로 유발하는 과급효과에 대해 안정성 및 비용 측면의 효과까지 폭 넓게 고려해야 한다.

(7) 정비업무 및 단계의 정의

고장유형에 대한 분석의 주 목적은 고장에 따른 정비업무의 식별이다. 하나의 고장 유형을 식별하였다면 어디서 어떻게 고장을 수리하고 복원할 것인지를 체계화하는 것이다.

2. 시험운용단계

현재의 틸팅차량은 단순한 형태의 FRACAS(고장보고 및 교정조치)개념

을 이용하여 시험운용단계의 정보를 수집하여 자료를 축적하고 있다. 이 자료의 주목적은 설계단계를 재검토하여 설계사양의 문제점에 검토 그리고 설계 목표치에 대한 달성 여부를 판단하기 위함이다.

(1) 신뢰도성장 분석

신뢰도성장분석은 시스템을 구성하는 서브시스템 및 LRU 단위의 신뢰도에 대해 시험운용단계의 자료를 통해 설계단계에서 목표로 했던 값을 달성하는지 여부를 분석하는 방법이다.

(2) 자료의 수정 및 보완

현재의 FRACAS 자료 수집체계의 수정보완관련 내용이다. 즉 자료를 수집함에 있어 어느 정도의 수준까지를 수집해야 하며 또 자료수집과정에서 누락된 정보를 찾아내는 것과 어떤 정보를 새롭게 수집해야 하는지 등을 판단하는 과정이 필요하다.

2.2 신뢰성평가 데이터수집용 고장분석장치

틸팅열차 시험운전중 운행 기록 및 고장기록이 열차종합제어장치(TMS)에 저장되면 이를 PCMCIA 카드를 통해 각 호차별 정보를 읽어 들일 수 있다.

- D099-000.DRV : 1호차에서 받은 운전기록
- F599-000.FLT : 6호차에서 받은 고장기록
- TMS 장치로부터 다운로드한 기록데이터를 고장분석장치로 다음 그림과 같이 읽어 들일 수 있다. 고장분석장치에 업로드된 고장데이터를 고장원인 분석을 위해 텍스트 형태와 그래프형태로 표현되어 지며 고장 발생시점에 각종 기기의 동작상태 확인을 통해 분석이 가능하다. 또한 기록된 기기별 고장리스트를 부품별 신뢰성평가에 필요한 고장률 계산의 데이터로 활용된다.

그림 3 고장데이터 기록 내용 - 텍스트

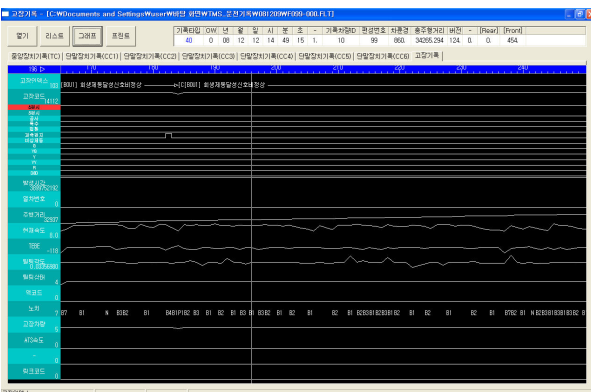


그림 4 고장데이터 기록 내용 - 그래프

2.3 틸팅열차시스템 신뢰도예측결과 및 성장분석 결과

설계단계에서의 틸팅열차 시스템 신뢰도 예측결과는 고장률 약 408회/100만 시간으로 약 MTBF=2,450 시간으로 환산되며, 틸팅차량의 운용 조건을 고려한 신뢰도 예측 결과는 다음 표 1과 같다. 다른 장치에 비해 상대적으로 고장률이 높은 HVAC 장치와 상대적으로 낮은 고장률을 보이는 틸팅장치는 설계자료의 보완 또는 지속적인 시험 운용단계에서의 데이터 수집분석을 통해 보완될 필요가 있다. 또한 2007년부터 2008년까지 열차 시험운전을 또한 시험운용 자료를 이용하여 MTBF 신뢰도 성장분석을 수행하면 다음 표 2와 같은 결과를 얻을 수 있다.

표 1 틸팅차량의 신뢰도예측 결과

구분	고장률/MTBF
틸팅차량전체	562 / 1,782
Traction장치	33.5 / 29,850
Brake장치	52.3 / 19,120
보조전원장치	5.3 / 188,679
Door 장치	20.8 / 48,309
HVAC 장치	295.6 / 3,371
Pneumatic & Distribution 장치	15.8 / 63,291
Train control management 장치	52.1 / 19,193
통신장치	67.5 / 14,814
신호장치	17.1 / 58,479
틸팅장치	1.5 / 666,666

표 2 장치별 신뢰도성장분석 결과

구분	고장률 예측 값
Traction장치	0.0000266
Brake장치	0.0000415
보조전원장치	0.0000043
Door 장치	0.000165
HVAC 장치	0.0002355
Pneumatic & Distribution 장치	0.0000126
Train control management 장치	0.0000414
통신장치	0.0000536
신호장치	0.0000136
틸팅장치	0.0000016

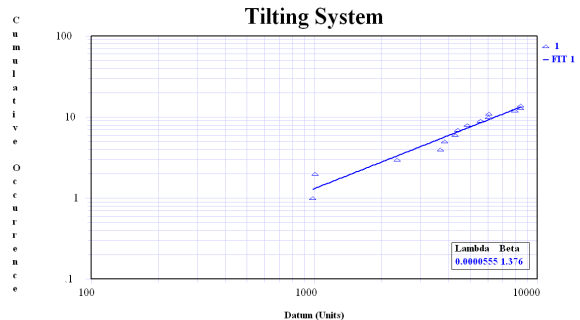


그림 5 Tilting System 성장곡선

3. 결 론

본 논문은 기존선의 고속화 추진전략으로 개발된 180km/h 한국형 틸팅열차의 신뢰성 평가를 위해 차세대 데이터 수집장치를 이용한 고장분석 장치를 개발하고 이를 이용한 신뢰도 예측에 대한 성장분석을 수행하였다. 2007년부터 2008년까지 4만 km 주행에 대한 신뢰성 평가를 수행한 것으로 향후 10만 km 시험운전을 지속적으로 수행함에 따른 시험운용 데이터를 확보하여 초기평가의 다음단계에 대한 분석을 시행할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한성호 외, “한국형틸팅열차 신뢰성평가 및 운용기술개발연구 2차년도 보고서 2008.7 한국철도기술연구원
- [2] 한성호 외, 시스템 통합 및 연계기술개발 : 틸팅열차 신뢰성 관리체계 구축 및 평가연구, 2004년도 한국철도기술연구원
- [3] MIL-STD 490A, "A Specification Practices", 1985.6
- [4] MIL-STD 498, "Software Development and Documentation", 1995.4
- [5] MIL-STD 961D, "Standard Practice for Defense Specifications", 1995.3