

틸팅열차 차상신호장치 교정유지보수 평가에 관한 연구

A Study on Evaluation of corrective maintenance for the ATP on-board equipped in Tilting train

이강미† 신덕호* 백종현** 이재호***
Lee, Kang-Mi Shin, Ducko Baek, Jong-Hyen Lee, Jae-Ho

ABSTRACT

Maintenance is classified preventive maintenance before performing equipment failure and corrective maintenance after performing equipment failure.

In preventive maintenance, we may analyze the failure data to end from beginning of equipment and allocate maintenance method and calculate maintenance cycle quantitatively by the failure data analysis. So, it has a merit to reduce system maintenance cost and to operate effectively but, it require high cost in system introducing and continuous operation to end of system. In corrective maintenance, we may calculate MTTR(mean time to repair) quantitatively based on function failure time. it can be based on establishing maintenance system for operation efficiency.

In this paper, we may reflect the MTTR for the onboard equipped in Tilting train to establish maintenance system for Tilting train operation efficiency.

1. 서 론

한국형 틸팅차량에 설치되는 차상신호장치는 지상에서 열차목표속도를 연산하는 방식에서 보다 진보하여, 차량에 설치된 제어기를 이용하여, 지상으로부터 선형열차와의 거리를 전자기 응답(발리스)를 통해 입력받아, 열차의 운행패턴을 생성한다. 따라서 이러한 컴퓨터 기술을 활용한 제어기의 사용이 급증하고, 제어기의 고장으로 인한 서비스의 중단과 사고를 예방[1,2]하기 위해 유지보수에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

유지보수는 시스템 고장으로 인해, 해당 장치의 상실된 기능을 고장발생 이전으로 복구하기 위한 활동으로, 해당 장치의 고장발생빈도를 줄이기 위한 예방유지보수와, 해당 장치의 기능상실 이후에 기능복구를 위한 교정유지보수로 구분된다.

예방유지보수와 교정유지보수는 시스템 구축시 요구사항으로 제시된 유지보수도 만족을 입증해야 하며, 예측된 유지보수도에 대한 입증도 수행되어야한다.[3] 현재 우리나라의 신호시스템의 유지보수도에 대한 요구사항은 평균수리시간(MTTR, Mean Time To Repair)로 제시되며, 본 논문에서는 한국형 틸팅열차의 차상신호장치의 MTTR을 정량적으로 예측방안을 제시한다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 주임연구원
E-mail : kmlee246@krri.re.kr
TEL : (031)460-5433 FAX : (031)460-5449

* (정)비회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 선임연구원

** (정)비회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 선임연구원

*** (정)비회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 책임연구원

2. 한국형 틸팅열차 차상신호장치

한국형 틸팅열차는 산악지형에 구성된 기존선의 속도향상을 위해 최대 8° 까지 곡선 중심방향으로 기울여 곡선구간에서 고속으로 운행이 가능한 열차로, 현재 기존선 신호방식인 자동열차정지장치(ATS, Automatic Train Stop)이 장착되어 시운전중이고, 향후 자동열차보호장치(ATP, Automatic Train protection)가 설치된 구간의 운행을 위해, ATP 설치를 위한 설계 중이다. 설계중인 ATP장치는 ETCS SRS 2.2.2를 만족하면서, 열차의 안전을 확보하도록 설계한다.

ATP 차상신호장치는 그림1과 같이 구성된다. 그림1에서 각각의 기능을 요약하면 다음과 같다. 지상으로부터 전자기 응동된 신호를 수신하기 위한 안테나 CAU와 입력된 응동신호를 복조하여 선형열차와의 거리 및 선로관련 정보를 디지털화 하는 BTM이 지상과 차상의 통신관련 하부장치이다. 열차의 현재속도를 검지하기 위해 타코메타와 도플러센서를 사용하며 각각의 입력정보를 차상제어장치인 SDP와 ATPCU로 전송하기 위한 복조기가 SDU이다. 열차의 가속과 감속의 제어는 안전과 밀접하게 관계된 입출력정보이므로 바이탈입출력장치인 VDX와 일반 입출력장치인 DX가 사용된다. ATSCU, ATSLU 및 ATS RX는 ATP구간이외에 기존선 신호설비인 열차자동정지장치(ATS, Automatic Train Stop)가 설치된 구간을 운행하기 위한 인터페이스 장치이다. 마지막으로 ATP차상장치의 모든 제어기록은 기록장치인 RU/JRU에 기록되며 기관사와는 MMI를 통해 인터페이스한다. 그림1은 열차제어시스템의 유지보수를 위한 하부장치의 분류는 현장에서 교체 및 시험이 가능한 유지보수품목인 LRU(Line Replaceable Unit)를 기준으로 분류하였다.

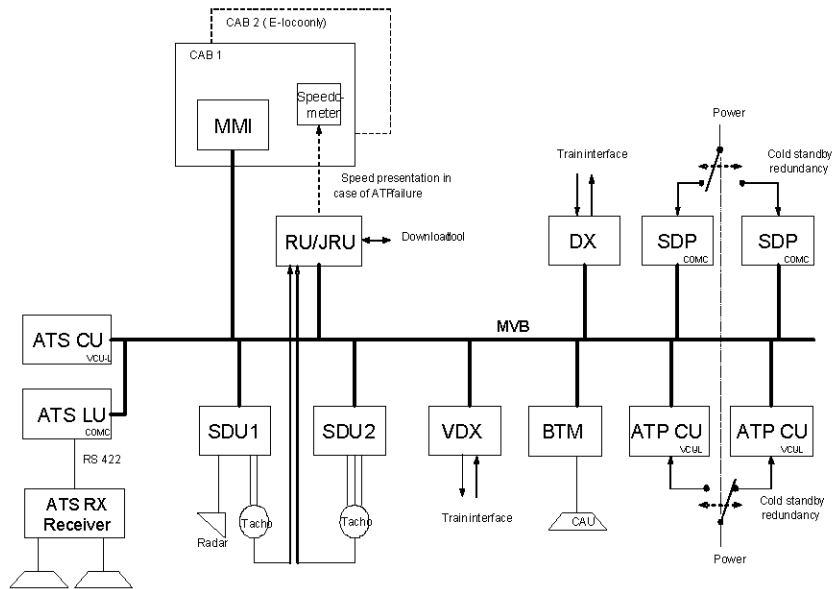


그림 1. 열차제어시스템인 ATP차상장치의 구성

3. 유지보수도 예측

유지보수도의 예측은 미국방부 유지보수도예측관련 지침인 MIL-HDBK-472를 적용하였다. MIL-HDBK-472에서는 LRU의 유지보수에 소요되는 시간을 표1과 같이 8단계로 분류하여 예측하도록 하고 있다. 따라서 8단계의 유지보수활동에 소요되는 시간을 시스템설계단계에서 예측하여 LRU로 구성된 하부장치의 MTTR이 목표 MTTR을 만족하지 못하는 경우에는 LRU의 고장률을 저하시키거나 유지보수시간이 감소되도록 설계를 변경해야 한다.[2]

표 1. 유지보수활동 8단계의 정의

단계	활동내역	정 의
1	준 비	유지보수를 수행하기 위한 준비작업(예, 공구정렬 및 시스템 검사 등)
2	결함고립	유지보수 시 고장이 발생한 구성요소 외에 인터페이스 관련한 구성요소에 영향을 최소화 하기 위한 조치
3	분 해	고장이 발생한 구성요소를 분리하기 위한 조치(예, 시스템/구성요소 분리, 볼트 및 나사 해체 등)
4	실제조치	고장이 발생한 구성요소 발견 후 수리 또는 교체작업 실시(예, 보드 및 슬롯 교체 등)
5	재 조립	실제조치 후 분해 된 시스템 및 구성요소 체결(예, 나사 및 볼트 체결 등)
6	조 정	재 조립 후 시스템 주위 정리 정돈 및 재가동전 점검을 위한 준비작업(예, 인터페이스 관련한 케이블 정렬, 시스템 주위 정돈 등)
7	점 검	고장이 발생한 구성요소 유지보수 조치 후 작동이상 유무 점검작업(예, 시험장비를 활용한 입출력 신호 점검 등)
8	가 동	유지보수 완료 후 시스템 재 가동

표1의에 따라 유지보수활동에 소요되는 시간 및 LRU단위 고장률을 입력하는 입력지는 MIL-HDBK-472에서 제시하는 표2와 같은 양식을 사용한다.

표 2. 유지보수도 예측을 위한 입력양식지

분류 번호	구성 요소	수량	고장률 (10E-6)	유지보수활동소요시간								MTTR (Hour)	소요 인원
				준비	결함고립	분해	실제조치	재조립	조정	점검	가동		

표2에서 분류번호는 LRU의 분류코드이며, 구성요소는 LRU의 명칭을 기입한다. 수량은 LRU의 소요 수량을 기입하고 고장률은 MIL-HDBK-217을 기준으로 예측된 LRU의 고장률을 10-6단위로 입력한다. LRU의 조합인 차상신호장치의 전체 MTTR을 예측하는 과정에서 LRU의 수량이 고려된다. 유지보수활동소요시간의 8단계의 시간합을 MTTR에 기록하며, 소요인원은 참고사항으로 기입한다. 이때 주의해야 할 사항은 시스템 요구사항의 MTTR은 소요인원 1인을 기준한다는 것이다. 위 절차에 따라 LRU별 MTTR은 아래 식을 이용하여, 정량적으로 산출이 가능하다.

$$MTTR = \overline{T_P} + \overline{T_{FI}} + \overline{T_{FC}} + \overline{T_A} + \overline{T_{CO}} + \overline{T_{ST}} = \sum_{m=1}^M \overline{T_m} \quad (\text{식 1})$$

- $\overline{T_P}$ = 평균 준비시간
- $\overline{T_{FI}}$ = 평균 결함고립시간
- $\overline{T_D}$ = 평균 분해시간
- $\overline{T_I}$ = 평균 실제조치시간
- $\overline{T_R}$ = 평균 재조립시간
- $\overline{T_A}$ = 평균 조정시간
- $\overline{T_{CO}}$ = 평균 점검시간
- $\overline{T_{ST}}$ = 평균 재시작시간
- $\overline{T_{FC}} = \overline{T_D} + \overline{T_I} + \overline{T_R}$
- $\overline{T_m}$ = MTTR의 m번째 성분의 평균시간

4. 한국형 틸팅차량 차상신호장치 MTTR 평가

한국형 틸팅차량 차상신호장치의 MTTR을 예측하기 위해서는 LRU별 고장률을 산출하고, 평균수리시간을 측정하여 식(2)를 이용한다.

$$MTTR_{ATP\ Vehicle\ Controller} = \frac{\sum_{i=1}^N (\lambda_i \times MTTR_i)}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \quad (\text{식2})$$

$MTTR_i$: ATP 차상장치를구성하는 i 번째 LRU의 MTTR

λ_i : ATP 차상장치를구성하는 i 번째 LRU의 고장률

N : ATP 차상장치를구성하는 LRU의 총수

이를 이용하여, 한국형 틸팅차량의 차상신호장치 MTTR을 예측하고, 예측결과가 사용자 요구사항을 만족하는 결과가 도출되지 않은 경우에는 전체시스템 MTTR과 연관된 요소인 LRU의 고장률감소와 유지보수시간의 단축을 위한 기구설계변경을 수행해야 한다.

본 논문은 국토해양부 “한국형 틸팅열차 신뢰성 평가 및 운용기술개발” 연구과제로 수행되었음.

참고문헌

1. MIL-HDBK-472A, Military Standardization Handbook " Maintainability Prediction", 1966
2. MIL-HDBK-271, Military Standardization Handbook "Reliability Prediction of Electronic Equipment", 1992
3. IEC62278, "Railway applications-Specification and demonstration of RAMS", pp.59-65, 2002