도시철도차량 신뢰성 향상을 위한 신뢰도기준 제정연구
Study on the Establishment of RAM Criterion to Improve the EMU Reliability

#박기준[1], 이호용[1], 이안호[1], 정종덕[2]
#K. J. Park(kjpark@krri.re.kr)[1] , H.Y. Lee[1] , A.H. Lee[1], J.D. Chung[2]
[1]한국철도기술연구원 저심도경전철연구단, [2]한국철도기술연구원 미래형모노레일연구단

Key words : Reliability, Availability, Maintainability, EMU

1. 서론

오늘날 도시철도는 일반적인 도로 교통수단의 발달에도 불구하고 대량수송, 정시운행 등의 장점으로 지속적으로 운영되고 있으며, 향후 급증하는 교통인구에 대한 대안으로써 자리 잡아가고 있다.

도시철도의 근간이 되는 도시철도차량은 장기간 수명주기(Life Cycle)을 갖는 특징이 있어 초기 도입비용보다 유지보수비용이 많은 비중(60%~70%)을 점유하고 있으므로 효율적인 유지보수 연구를 통하여 유지보수 비용의 절감과 대형시스템의 수명 연장을 추구하는 일이 중요하다. 또한, 유지보수 결함으로 인한 대형사고 발생은 인명피해 및 막대한 재산 손실로 사회 안전과 환경에 큰 영향을 미치는 것으로 평가되고 있다.

이를 개선하기위해 신뢰성이 높은 도시철도차량을 도입하고자 최근의 국내·외의 도시철도 운영기관에서는 높은 품질의 도시철도차량을 획득하고자 구매 사양서에 정량적 RAM요구사항을 제시하고 이에 대한 달성과 입증을 도시철도차량 공급자에게 요구하고 있다. 해당 장치의 고장특성과 발생확률을 고려하여 도시철도차량 시스템의 목표신뢰도 설정을 수립하지 못하면, 시스템 전체에 대한 가용성 향상 및 고장 예방에 효과적이지 못하다. 효과적인 신뢰성 중심의 유지보수 시스템을 운영하기 위해서는 도시철도차량의 명확한 신뢰도 기준이 필요하다.

현재 우리나라의 경우 목표 신뢰도 할당 방안에 대한 연구가 어느 정도 진행되어가고 있긴 하나 미흡한 실정이며, 해외의 사례나 규격서를 참고하여 목표 신뢰도를 지정하여 사용하거나 명확한 신뢰도 기준이 없는 실정이다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위해 현재 국내·외 도시철도차량 RAM 사양들을 조사하고 비교하여 국내 도시철도차량에 맞는 RAM 기준을 정하고 이를 표준화하는 연구를 진행한 결과를 기술한 것이다.

2. RAM 기준 제정

2.1 신뢰성(Reliability) 기준

도시철도차량의 신뢰성 목표값을 정하는데 일반적으로 사용하는 것이 MKBSF(Mean Kilometer Between Service Failur)이다. 이는 차량이 본선운행을 위해 운행하는 동안에 발생한 고장과 운행 거리간의 비율로 정해지는 것이다. MKBSF는 철도차량이 본선을 운행하는 동안에 발생한 고장만을 대상으로 하기 때문에 MKBF보다 유리하다. 본 연구에서는 본선 운행중 발생한 고장과 고장으로 인한 본선운행 투입불가 등의 고장도 신뢰성 목표 값에 포함되도록 MKBF를 신뢰성 목표값으로 정했다.

Table 1. The contents of reliability criterion

구 분	내 용
정 의	차량전체의 신뢰성을 확보하기 위해 차량을 구성하는 주요장치의 신뢰성을 관리하고, 제안한 차량의 신뢰성 목표 값을 달성해야 한다.
계산식	MKBF는 차량의 총 누적 주행거리를, 그 운행 거리동안 발생된 총 고장건수로 나눈 값이며 계산식은 아래와 같다. $MKBF = \frac{\text{차량의 총 누적 주행거리}(Car-Km)}{\text{차량의 총 고장 건수}}$
입증방법	제작자는 전체편성 영업개시 6개월 후부터 시작하여 1년 동안 MKBF를 편성별 누계 산출하여 제안한 값을 달성하여야 한다. 미달성시 편성별 1개월 단위로 연장하여 측정하며 달성될 때까지 도시철도 운영기관의 구매 정책에서 정한 기간까지 하자기간이 연장된다.

2.2 가용성(Availability) 기준

가용성은 본선 운행에 지장은 주는 고장이 발생하였을 경우, 이것을 해결하는데 소요되는 시간에 대한 비율로 정하였다. 즉 1년 동안 본선 운행에 지장을 주는 고장이 발생하여 조치한 총 시간과 전체 차량의 계획된 총 영업운행계획 시간의 비이다.

가용성은 차량의 신뢰성과 정비성과 명확한 관계를 가지고 있다. 가용성을 높이기 위해서는 차량의 신뢰성을 높여야하고, 정비성 또한 향상시켜야 한다. 가용성에 대한 명확한 기준을 본 연구에서 정하지 않은 것은 도시철도 운영기관별로 운영방식이 상이하기 때문에 일률적으로 정하는 것이 바람직하지 않다는 의견이 많아 현재는 정하지 않았으나, 지속적인 모니터링과 최적화 방안의 연구가 향후 진행되어지면, 국가적으로 통일된 가용성에 대한 기준을 가져갈 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2. The contents of availability criterion

구 분	내 용
정 의	가용성이란, 어떤 주어진 시점에 계획된 서비스를 수행할 수 있는 확률 값을 말한다.
계산식	$\text{가용성}(\%) = \frac{(T_p - T_f)}{T_p}$ T_p = 전체 차량의 계획된 총 영업운행 계획 시간 T_f = 차량 서비스 고장정비 시간
입증방법	전체 열차의 평균 가용성평가는 전체편성 영업개시 6개월 후에 1년간 평가를 실시한다. 가용성 목표의 달성이 안 된 경우 전체편성 하자보증기간이 도시철도 운영기관 구매 정책에서 정한 기간까지 연장되며, 1개월씩 추가시험을 실시하여 전체편성 1년분의 목표가 달성할 때까지 실시한다.

2.3 유지보수성(Maintainability) 기준

유지보수성은 Table 3.의 식에서 나타낸바와 같이 측정기간 중 발생한 총 고장 수에 측정기간 중 차량의 고장으로 인한 고장정비시간의 합의 비율로 정하였다. 유지보수성에 대한 명확한 기준을 본 연구에서 정하지 않은 것은 도시철도 운영기관별로 운영방식이 상이하기 때문에 일률적으로 정하는 것이 바람직하지 않다는 의견이 많아 현재는 정하지 않았으나, 지속적인 모니터링과 최적화 방안의 연구가 향후 진행되어지면, 국가적으로 통일된 유지보수성에 대한 기준을 가져갈 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. The contents of maintainability criterion

구 분	내 용
정 의	제작되는 차량은 최소한의 고장정비시간과 인력 및 자원으로 유지보수 될 수 있도록 제작되는 기준을 말한다..
계산식	$MTTR = \frac{\sum_{1}^{n} T_f}{n}$ $\sum_{1}^{n} T_f$: 측정기간 차량고장에 의한 고장정비시간의 합 n : 측정기간 중 발생된 총 고장 수
입증방법	제작자는 도시철도 운영기관이 지정하는 최종주기검수 검증[예, 3Y(3년)주기검수]과 정비성(MTTR)에 대하여 계획목표가 달성되었음을 시험을 통해 입증하여야 한다.

3. 결론

본 논문에서 제시한 RAM관련 기준은 국내·외 도시철도차량 제작사양서의 RAM 관련 현황 및 내용을 비교·분석하였고, 기 발표된 RAM 관련 논문을 토대로 하여 국내 도시철도차량에 적합한 RAM 기준을 정한 것이다. 이 RAM 기준을 도시철도차량(직류, 직교류 전동차) 표준규격에 반영함으로서 설계단계부터 RAM에 관련된 사항을 고려하여 설계·제작되도록 하였다. 이를 통하여 앞으로 제작되어 운영되는 도시철도차량은 이전차량 보다 더 신뢰성이 높고 안정성이 향상될 것으로 예상되고 대국민 서비스 품질을 향상시키는데 이바지 할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 박기준 외 2, “도시철도차량 표준화 유지발전 연구보고서, 도시철도차량 신뢰도 기준제정 연구편”, 한국철도기술연구원 연차보고서, 2012. 6
2. 정인수 외 2, “철도차량의 구매 요구사항에 포함되는 RAMS 특성 값에 관한 연구”, 한국철도학회논문집, 11권, 4호, pp.371-388, 2008