

철도전력시스템에서의 유지보수를 위한 고장을 분석에 관한 연구

신동근 김형철 권상영 박현준 장길수 이기천
 고려대학교 한국철도기술연구원 한국철도기술연구원 한국철도기술연구원 고려대학교 한국철도공사

A Study on Failure Analysis for Maintenance in Railway Power System

Donggeun Shin Hyungchul Kim Samyoung Kwon Hyunjun Park Gilsu Jang Gichun Lee
 Korea University KRRI KRRI KRRI Korea University KORAIL

Abstract - 이 논문에서는 철도전력시스템에서의 유지보수를 위한 고장률 분석에 관하여 설명하고 있다. 유지보수와 관련된 문제들은 시스템의 다른 부분과도 연관이 있어 기계적 사고의 위험성을 증가시킨다. 그러므로 설비는 교체와 예방정비를 겪게 된다. 여기서는 유지보수의 방법을 육조곡선을 기반으로 정할 것이다.

1. 서 론

최근의 생산 라인 장치와 기계류는 점점 대형화, 고속화, 연속화 되고 있다. 또한 기계가공공업, 자동차공업, 일렉트로닉스 등의 가공조립공업, 특히 철도산업에 쓰이는 생산설비는 개개의 설비가 고도로 자동화되어 모든 것이 하나의 유기체같이 제어된다.

따라서 장치와 기계류의 이상과 고장이 생산 및 품질에 미치는 영향도 종래와 비교할 수 없을 정도로 커졌고, 종래 단독의 기술 분야로서 발전해온 품질관리와 생산관리도 설비보전을 무시하지 못하게 되었다.

이렇게 중요성을 확대시킨 장치와 기계류를 효율적으로 유지보수 하기 위해서 필요한 것은 그 대상이 되는 설비의 상태를 적절히 파악하는 것이다. 즉, 설비의 고장 원인을 명확히 하여 최소의 비용과 시간으로 회복시키고 다시는 발생하지 않도록 대책을 마련하기 위해서는 설비에 인가되어 그 고장의 원인이 되는 스트레스, 설비의 열화와 고장, 설비의 성능 및 기능의 상태를 정확히 파악해야 된다.

신뢰성 향상에 대한 정의는 시스템 고유의 신뢰성 이외에, 적절한 운영이나 수정조치를 통해 시스템에 요구되는 수명만큼 고장 발생을 감소시키는 의미를 포함한다. 상기 신뢰성 향상의 개념에 부합하기 위하여, 철도시스템을 포함한 원자력 분야나 항공기와 같은 인프라 산업에서의 신뢰성 분석 개념이 설계 측면에서 유지보수 측면으로 변화되고 있다. 이러한 유지보수 측면의 신뢰성 분석 개념을 도입한 방법이 신뢰성 기반의 유지보수이다. 현재 유지보수 개념과 더불어, 철도와 같은 국가인프라사업의 정책분야에 시스템의 운영 측면을 고려한 자산 관리체계의 개념 반영이 확대되고 있다.

2. 점검주기결정기법의 정의 및 절차

점검주기결정기법은 신뢰성을 이용하여 운용조건에서 각 설비들의 내재적 기능을 유지할 수 있도록 보전계획을 세우는 과정이다. 어떤 설비나 장치들에 내재되어 있는 수많은 고장유형들은 안전적 측면, 기능적 측면 혹은 그 기능과 연관되지 않은 다른 비용 측면에서 각각 다른 영향을 갖고 있으며 이러한 고장에 대한 영향은 고장발생을 예방하는데 사용할 수 있다.

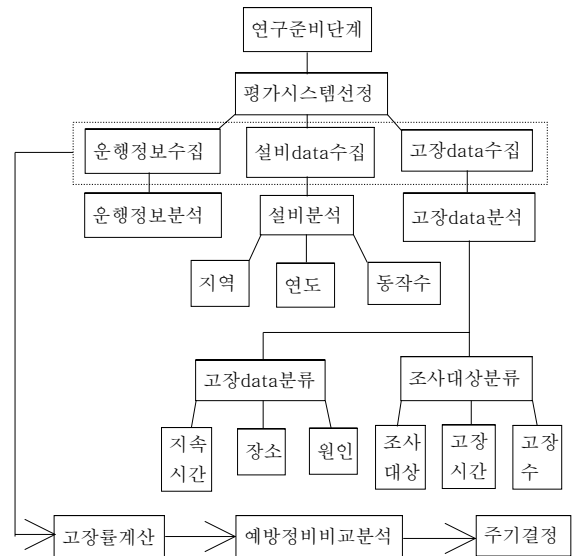
점검주기결정기법의 기본적 구성은 아이템정의, 시스템 대상선정, 기능 및 설비 정보관리로 구성할 수 있다.

<표 1> 점검주기결정기법의 기본적 구성과 정의

구 성	정 의
아이템정의	1. 신뢰성 자료 2. 설계 자료 3. 운용 자료
시스템 대상선정	1. 기능고장 2. 비용측면에서의 중요 아이템 리스트
기능 및 설비 정보관리	1. FMEA분석 2. 의사결정분석 3. 보전방식 선정 4. 서비스자료 분석

<표 1>에서 알 수 있듯이 기본개념은 시스템정비가 아니라 기능정비에 중점을 두는 것이다. 주어진 상태에서 정상적인 작동을 보장하기 위해 시스템의 특성을 고려하여 효과적인 정비정책을 선택하기 위한 논리적인 방법론이라 할 수 있다.

이것은 산업현장에서 널리 사용되는 기본적인 설비의 열화와 마모만을 고려한 정비관리 기법과는 차이를 보인다. 일정시간이 지나면 주기에 따라 예방정비를 수행하는 데 반해 점검주기결정기법은 부품의 여러 가지 고장률 형태에 따라 정비방식을 선정하게 되며 시간에 따라 고장률이 크게 변하지 않는 경우 설비의 상태를 기준으로 정비의 중요성을 나눈다. 또한 고장에 따른 결과치가 영향을 미치지 않거나, 적용 가능한 예방정비 업무를 찾지 못하거나, 자주 사용하지 않는 설비, 경제적으로 무의미한 고장유형 등에 대해서는 예방정비를 하지 않으며, 고장의 결과에 따른 영향이 크거나 긴급정비를 요하는 부품에 대해서는 가능한 점검을 실시하는 유연적인 보수 계획을 수립할 수 있다.



<그림 1> 점검주기결정기법 절차

효과적인 유지보수 활동은 관리활동 및 자료 관리에서도 단계에 맞추어 체계적이어야 한다. 이러한 일종의 활동 중 중요한 점은 설비 유지보수 중점설비 선정, 설비분석, 보전방법결정, 보수 주계 결정 등이 있다. 여기서 추천하는 점검주기결정기법의 절차는 <그림 1>과 같은 절차에 따라 계획이 수립된다.

3. 점검주기 산출 이론의 검토

점검주기를 결정하는 여러 가지 이론들을 검토하고 실제로 획득할 수 있는 자료와 적용 가능성을 검토해 본 결과, 다음과 같은 점검주기 산정식이 제시되었다. 정기 점검주기를 T_0 , 검사시간을 T_c 라고 하면, 어떤 장치의 실제 가동시간 $T_0 - T_c$ 사이에 평균 신뢰도 $\overline{R}(T)$ 를 최대로 하는 방침의 보수정책을 세우기 위한 점검주기 T_0 는(단, T_c 는 일정하다고 할 때)

$$\overline{R}(T_0) = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0 - T_c} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda T_0} [1 - e^{-\lambda(T_0 - T_c)}]$$

평균 신뢰도를 최대화 하는 $\overline{R(T_0)}_{\max}$ 를 구하여, 지수의 2차 항까지 취하면,

$$T_0 = \sqrt{\frac{2T_c}{\lambda} + T_c^2} \approx \sqrt{\frac{2T_c}{\lambda}}$$

로 나타낼 수 있다. T_c 가 길어지면 주기 T_0 가 커지고, λ 가 큰 장치는 주기 T_0 이 짧아질 수밖에 없다. T_c 는 검사가 끝난 뒤에 그 기기는 정상 상태로 돌아온다는 가정하의 식으로 결국 점검시간과 교체, 또는 보수시간을 포함하고 있다.

4. 점검주기 사례 연구

다음의 예를 들어 보겠다.

- * 사용기간 = 2003년 1월 1일 ~ 2005년 12월 31일
- * 고장건수 = 5(건)
- * 총 동작 시간 = 25,920(h)
- * MTBF = $\frac{25,920(\text{총동작시간})}{6(\text{고장건수}+1)} = 4,320(\text{h})$
- * $T_c(\text{MTTR}) = 30\text{분 내외} = 6.85 \times 10^{-4}(\text{h})$
- * 고장률 = $\frac{1}{4,320(\text{MTBF})} = 2.3 \times 10^{-4}(\lambda)$
- * 점검주기 = $\sqrt{\frac{2T_c}{\lambda}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.85 \times 10^{-4}}{2.3 \times 10^{-4}}} = 2.44(\text{월})$

다음은 지중선로, 전차선의 경우에 위의 식을 적용한 표이다.

점검 항목	장비 수량	총사용 시간 (h)	총 장 애 건 수(건)	MTBF (h)	고 장 률 (%)	평균 장 애 시간 (월)	점 검 주 기(월)
1. 지 중 선로	12464 [km]	25920	240	1340526	0.000000 7460	0.002	73.2252
2. 전 차 선	9361	25920	78	5118927	0.000000 1954	0.0014	122.9453

5. 결론

현재 한국의 철도는 신뢰성 기반 유지보수를 이용하여 기존의 차량정비 체계를 보완하고 신개념의 시스템을 구축함으로써 운행의 신뢰성을 극대화하는 데에 주력하고 있다. 차량 각 부품에 대한 신뢰도를 배분하여 적절한 수명예측으로 유지보수 주기의 탄력적인 적용 가능성 및 현장 특성에 맞는 유지보수 방법을 적용할 수 있도록 현장에서 발생하는 고장의 유형과 열화의 진행을 분석하고 시스템의 신뢰도를 측정할 수 있는 전문 시스템인 신뢰도 기반 유지보수를 구축하고자 하는 것이다. 또한 전문 인력의 활용과 운용차량의 과학적인 모니터링을 통하여 분석된 데이터를 바탕으로 안정적인 열차운용은 물론 새로운 정비관련 기술축적을 기할 수 있게 된다. 운영 중에 발생하는 고장 유형과 기능저하를 진단하고 계측기기의 활용, 체계적인 고장 원인의 분석 결과로 얻어진 데이터는 전산정보로 가공되어 체계적인 고장의 발견 및 조치에 유용하게 이용되며 현장에서 접근이 쉬워진다. 이 데이터는 부품의 열화 진행 정도, 수명의 연구, 고장빈도, 시스템의 개선 등 광범위하게 사용될 수 있는 귀중한 자료이므로 사실대로 기록되어야 하고 통계적으로 분석되어야 한다. 철도의 유지보수 업무를 효율적으로 수행하기 위해서는 기술인력의 적절한 활용을 통하여 기술의 축적을 도모하고 적절한 수명의 예측과 유지보수 진단 방법의 과학화를 기하여 지속적인 철도의 발전을 가져와야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] 山村 昌, “電氣・電子部品の壽命診断”, pp.13-22, 1991
- [2] 福田 博, “鐵道における安全性工學入門”, pp.50-57
- [3] 赤岡 純, “設備診断技術”, pp.12-21, 1996
- [4] 北山 匡史, “經濟性とリスクを考慮した設備保全計畫策定支援”, 日本電氣學會, No.9, Vol.124, 2004
- [5] 福田 博, “故障データの解析と利用”, pp.46-66
- [6] John Moubray, “Reliability-centered Maintenance”, pp.235-260, 2000
- [7] B. S. DHILLON, “reliability book②”, pp25-45, 1980