도시철도 전동차 검사체계 고찰

A Study on the management method for EMU Maintenance System

| 최 용 운 |
서울도시철도공사
공학박사

Ⅰ. 서 론

도시철도 전동차의 유지관리를 위한 검사 주기는 국가별, 운영기관별로 매우 다양하다. 검사 및 정비체계는 안전성, 경제성, 기술적인 측면과 이용자 및 유지 보수 품질등 사회적 환경에 따라 다르다.

또한 경제성은 유지보수에 따른 인력, 시설, 장비 및 부품구입 비용과 정비 기간 동안의 영업 불가능에 따른 손실이 따르게 된다.

최근에 도입되는 전동차의 경우 장치 및 부품의 신뢰성 향상으로 검사 주기가 점차 늘어나는 추세이지만, 현재 운영 중인 차량이라도 검사방법을 개선시킨다면 검사기간을 단축 할 수 있다.

검사관리 개선 방안은 고장 조치 시 완제품 단위(모듈)의 우선 교체 후 영업투입, 중정비시 완제품 단위 교체, 소모성 부품의 교환 주기 설정, 검사 장비의 현대화, 신뢰성 향상을 위한 RAMS 도입 및 전동차 정비 관리의 전산화 등이 필요하다.

RAMS 의 도입으로 부품별, 장치별 검사 범위 및 검사 주기의 최적화가 가능 것으로 판단된다.

Ⅱ. 검사주기 이론

1. 개요

차량에 한정하지 않고 일반적으로 기기는 사용개시 후 다양한 불량부분이 발생된다. 불량부분은 설계 불량, 재료불량, 제작 불량, 사용기간이나 사용빈도 등에 의한 열화, 취급불량, 기타 예측불가능한 원인 등에 의해 발생된다. 점검방법에는 고장이 발생하고 나서 행하는 사후검사(비정기적) 방법과 일정기간을 정해서 검사 또는 수선하는 예방검사(정기적) 방법이 있는데 철도차량은 수송의 안전성을 확보하기 위하여 주로예방검사 방식으로 점검을 시행하고 있다.

많은 부품으로 구성되어 있는 기기의 고장발생은 예방보수를 행하지 않을 때는 아래 그림과 같은 고장 곡선을 보이므로, Bath-Tube (욕조곡선)이라 불려진다.

사용초기에는 수명이 짧은 부분이나 잘 조화되지 않은 부분, 제작 불량, 설계 불량 등에 의해 고장이 발생되며 이 기간을 초기고장 기간이라 한다.

계속 사용함에 따라 고장률이 감소하게 되면 고장발생이 우발적(Random)으로 되는 우발고장기간이 되고 더욱 사용시간이 경과하면 부품의 마모나 열화에 의해 고장률이 증가되는 마모고장 기간이 된다. 마모고장이 시작하기 직전에 보수를 행하

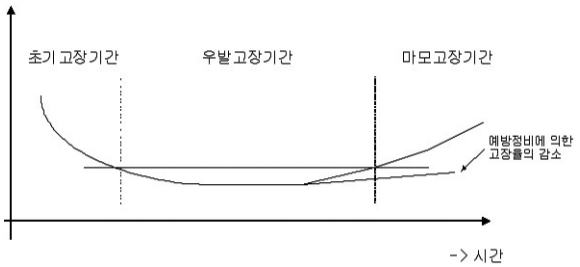

그림 1. 욕조곡선

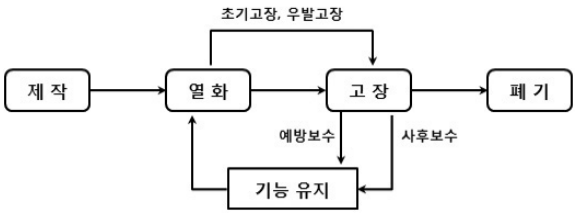

그림 2. 철도차량 정비개념

면 고장률을 떨어뜨리는 것이 가능하고 내용수명을 연장할 수가 있다. 또한 기능유지의 비용이 많아져 경제성이 저하되면 그 기기는 폐기하게 된다. 이러한 상태를 개념적으로 표시하면 그림 2와 같다.

2. 검사체계 결정요인

가. 안전성 측면

고장이 발생했을 경우 미치는 영향정도에 따라 검사체계결정

나. 경제적 측면

검사빈도, 검사수준에 따라 비용이 발생하므로 최적의 수준 결정 필요

다. 기술적 측면

차량 제작시 설계목표에 의해 수명결정, 선로조건, 주행진동, 충격, 기후조건 등 사용 환경에 따라 수명 및 마모 등이 결정됨

라. 기타

이용자, 유지보수 품질등 사회적 환경에따라 고장발생추이가 다르게 나타남

3. 전동차 검사방식의 변화요인

가. 사후 검사기기의 사용증가

전기, 전자, 컴퓨터 제어로 사전 고장징후 발견 및 예방이 어렵고 비용이 많이 소요됨

나. 예방검사 기기의 감소

제작기술의 향상으로 기기의 품질이 향상됨

다. 신뢰성 향상과 다중계 설치

신뢰성 향상과 다중계(fail-safe) 설치로 운행 영향기기 의 감소

4. 검사주기 제약요인

가. 주행거리 관계

마모품, 대차, 주행 장치, 집전장치, 견인 전동기 등

나. 사용시간에 비례

차체, 객실설비, 공기호스, 고무류 등

다. 가동횟수에 관계

공기제동기기, 출입문, 전자기기 등

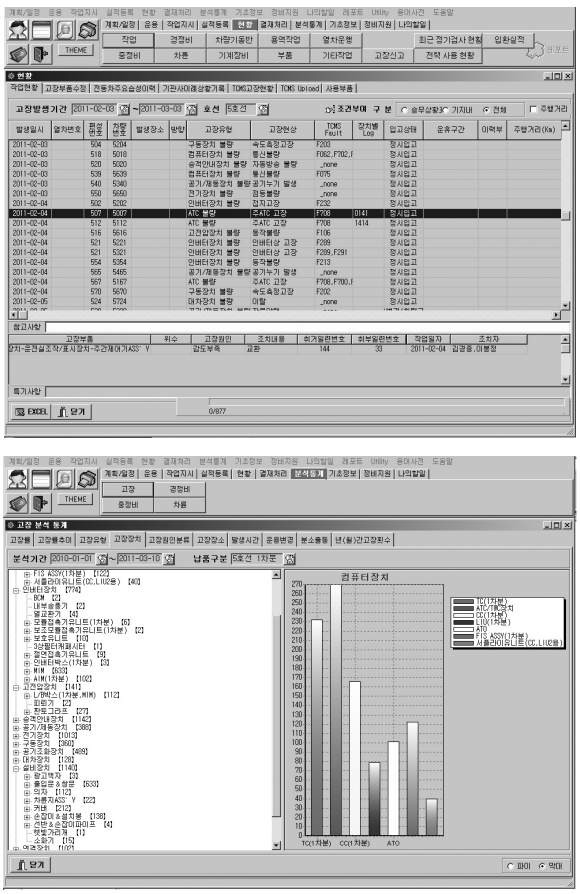

그림 3. 고장 및 유지보수 데이터

5. 검사 체계 개선 방향

표 1. 검사 체계 개선 방향

구분	주요 내용	기대효과
□ 정비 기간 단축 분야 ○ 고장조치	– 현재 차량 : 완제품단위로 우선 교환 후 별도수선 – 향후 제작 차량 : 모듈화	▷ 정비시간 단축 ⇒ 운용효율 증대 (차량투입율 증가 → 차량 구입비 감소, 영업회전율 향상)
○ 중정비	– 정비 및 수선 후 재장착 방식 ⇒ 예비품 교환 후 출창 방식으로 전환	▷ 중정비 기간 단축 ⇒ 운용 효율 증대
○ 부품 수선 및 교정	– 전문수선반 운영 또는 외주 수선 방안	▷ 정비 품질 향상 및 예산 절감
○ 부품 교체 주기 설정	– 소모품류에서 각종 계전기류, 접점류까지 확대 (전기장치 부품까지 수명계산 교환주기 설정– 캐패시터등)	▷ 신뢰성 향상
□ 검사장비 분야	– 검사 · 정비 및 계측장비 현대화 추진 : 자동화,무인화	▷ 고장이력 관리 ▷ 정비시간 단축 ▷ 신뢰성 향상
□ 신뢰성 향상 분야	– 전동차 정보시스템 운용 및 향상 · 운행정보 · 검사이력 · 고장이력 · 고장통계 – RAMS도입(Reliability, Availavility, Maintainability, Safety)	▷ 정비계획 및 실적관리 전산화 ▷ 고장통계, 자재사용 및 수요판단 과학화 ▷ 부품수명관리정보제공 ▷ 부품별 · 장비별 검사범위 및 검사주기 최적화 ⇒ 신뢰성 향상 ▷ 일괄 정비 방식에서 장치별 정비 방식으로 전환가능

Ⅲ. 서울도시철도 정비 체계 변경 고찰

1. 검사주기 변천

가. 경정비

표 2. 경정비 주기변천 현황

구분	검종		
	주기		
'08.4.14 이전	3일 검사	3월 검사	
	3일	3개월(4만km)	
'10.6.30 이전	5일검사	4월 검사	
	5일	4개월(4만km)	
'10.7.1 이후	품질보증검사	교환측정검사	기능검사
	7일	4개월(4만km)	6개월

나. 중정비

표 3. 중정비 주기변천 현황

구분	주기		
	검종		
'08.4.14 이전	3년검사	6년검사	
	3년(40만km)	6년(80만km)	
'10.7.1 이전	4년검사	–	
	4년(40만km)		
'11.1.1 이후	주요검사(SM)	보전검사(PM)	종합검사(TOM)
	2.5년(25만km)	5년(50만km)	10년(100만km)

2. 검사주기 변경 요인

가. 차량 제작기술의 발전

표 4. 검사주기변경 요인 1

변경 요인		결과
• Relay의 PCB(Computer)화 • Stainless-body, bolsterless bogie • VVVF Inverter(유도전동기) 채택	⇨	• 소모성 마모 부품 감소

나. 정비(계측) 장비의 발전

표 5. 검사주기변경 요인 2

변경 요인		결과
• Computer화 및 측정 자료 Database화	⇨	• 고장예측 가능

다. 정비기술의 발전

표 6. 검사주기변경 요인 3

변경 요인		결과
• 상용기술의 흡수를 위한 지속적인 외부 위탁교육 • 전동차 전문 수선반 운영	⇨	• 정비 기술 향상에 의한 주기 연장으로 비용 절감 증대 • 다발고장 장치의 개조

3. 최근 검사체계 변경 기준 설정

가. 고장 및 유지보수 데이터 분석

- 검종별 고장 및 유지보수 데이터 전수검사를 통한 분석 시행

나. 분석결과 및 개선점 도출

- 작업실적 대비 효과 분석으로 장치별 점검기준 설정
- 개선점 도출

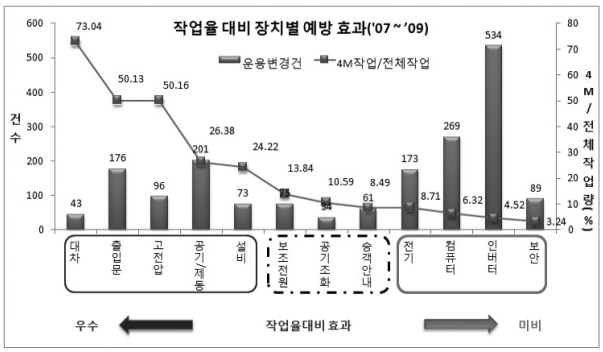

그림 4. 분석결과(월상점검 예)

표 7. 개선점 도출

구분	개선점 도출
경정비	• 전동차 운행과 단순 중복검사 개선 • 고장빈도별(장치별, 차종별), 중요도에 따른 점검항목 강화 • 고장빈도 별 검사방법 및 주기 개선
중정비	• 경정비시 상시점검(자가진단가능 장치) 장치는 지향 • 각 장치 및 부품의 동작특성, 취약도, 부품수명 등을 반영한 정비항목 조정 • 장치별 특성에 따라 함께 연계기능을 하는 장치별로 묶어 각종 계측장비를 이용한 검사효과가 극대화 가능하도록 검사 항목을 추가

다. 변경기준 설정

1) 경정비

○ 검종별 고장예방 효과가 큰 장치

- 대차장치, 출입문, 고전압, 공기/제동, 설비장치 등 → 교환 · 측정검사(RM검사)로 예방정비 강화
- 기존 4M검사시 조치결과 중 예방정비 효과가 확실한 장치는 일정한 주기로 R&M(교환 · 측정검사)로 실시

○ 예방효과가 떨어지는 장치(일상검사 병행 시행 장치)

- 예방정비 효과가 미미하거나 연계 기능을 하는 장치별로 묶어 각종 계측장비를 이용, 점검시 예방정비 효과가 극대화되는 장치를 별도 분리하여, FT(기능)검사를 실시

2) 중정비

○ 전동차 노후화 대비 그룹별 고장발생 비율 반영 시행

표8. 변경기준 설정

구분	명칭	검사 대상
Ⅰ그룹	주요정비(SM)	고장 빈번장치
Ⅱ그룹	보전정비(PM)	다발고장, 필수장치
Ⅲ그룹	종합정비(TOM)	고장빈번장치, 필수장치, 내구성장치

○ 검사방법

표9. 변경기준에 의한 검사 방법

Ⅰ그룹	입창 후 차량 분리 없이 해당장치 교환 및 정비(1)순환예비품 활용)
Ⅱ그룹	주행장치, 제동장치, 인버터 장치 등 안전 및 운행 관련 장치 주기연장에 따른 비정기 부품 추가
Ⅲ그룹	내구성 장치를 포함한 장치별 분해, 검사, 수선 및 조립

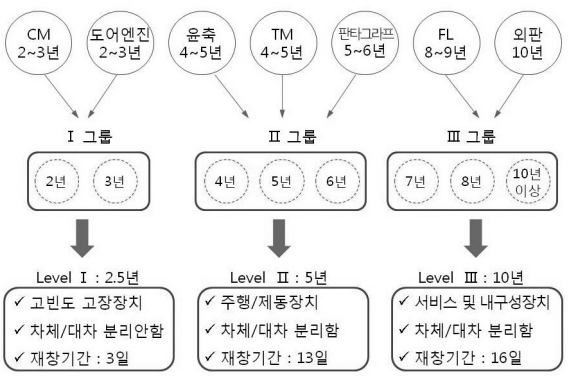

그림 5. 검사 그룹

1) 전동차 경 · 중정비 또는 비정기 검사업무의 효율적인 검사를 시행하기 위하여, 정비시 장시간이 소요되는 부품 등을 필요시 상시 사용이 가능한(양호한) 상태로 보유하고 있는 부품

라. 검사체계 완성(2011. 3. 현재)

1) 검사주기

표 10. 변경된 검사주기

구 분	2011. 1. 1 이후	
경정비	검사종류	검사주기
	예비기동	운행 전
	고객만족점검 (Customer Satisfaction)	운행 후
	품질보증검사 (Quality Assurance)	7일
	교환측정검사 (Replace Measuring)	4개월(4만km)
	기능검사 (Functional Test)	6개월(6만km)
중정비	주요검사 (Staple Maintenance)	2.5년(25만km)
	보전검사 (Preservable Maintenance)	5년(50만km)
	종합검사 (Total Overhaul Maintenance)	10년(100만km)

2) 정비체계

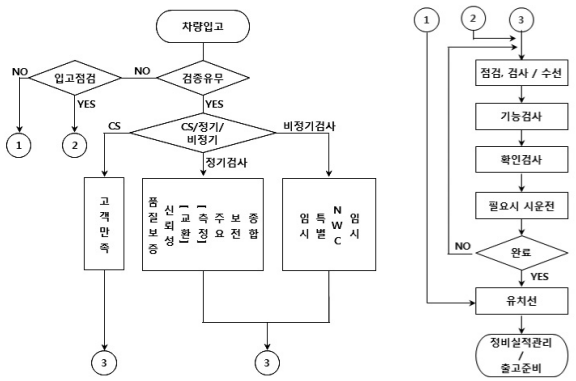

그림 6. 변경된 정비체계

Ⅳ. 결언

서울도시철도공사는 2000년 이후 전동차 정비체계의 모든 현황(정비계획, 정비실적 등)을 전산화하여 운용하였고, 지속적인 선진 기술을 도입하기위하여 노력하였다. 그 결과, 전동차 검사주기는 국내 운영 기관 중 가장 선도적인 역할로, 안전하고 효율적으로 전동차를 운영 중에 있으며 전동차 장애율은 열차주행 백만㎞당 10분 이상 지연 0.053건 (2010년 1건)으로 보유전동차 200편성을 환산하면 200년에 1회 발생되는 비율로 세계적인 수준이다.

2. 전동차 정비관리 개선방향

전동차관리의 신뢰성 향상과 운용 효율성 증대를 위하여 표 1과 같은 방안의 검토 · 추진이 필요하고, 모든 일의 시작과 끝은 사람 즉 직원이 수행하므로 인적자원의 문제를 해소하기위한 직원들의 근무 자세 확립이 필요 하며, 이를 위한 회사의 운영방향 및 비전제시와 관리자들의 솔선수범, 동기부여와 결과에 동참하는 자세가 절대로 필요하다 할 것이다.

♣ 참고 문헌

1. 산업안전관리총론(강수헌외 5명, 1992) 도서출판 한진
2. 도시철도 전동차 정비이론 및 개선방향 연구(최용운, 2007년 한국철도학회)
3. 시스템 안전 공학(김병석, 나승훈)
4. 철도시스템 RCM 적용을 위한 신뢰성 및 안전성 분석활동에 관한 연구(신석균 외, 2006년 철도학회논문)
5. 국내도시철도차량 RAMS 적용현황과 개선방향(한석윤)
6. 도시철도 유지 보수 예방정비체계 구축 방법론에 관한 연구(이호용 외, 2004년 철도학회논문)