

전동차 전기장치 정밀진단 결과 고찰

*김원경¹, 은정근¹, 창상훈¹

¹ 한국철도기술연구원 철도시험인증연구센터

A Study of Precision Diagnosis Assessment of Electric Equipments of Urban Transit

*W. K. Kim¹, J. G. Ohn¹, S. H. Chang¹

¹ Korea Railroad Research Institute Railroad Testing & Certification Research Center

Key words : Precision Diagnosis, Electric Equipment

1. 서론

우리나라의 교통체계에서 도시철도의 필요성이 가중되고 있는 만큼 운행되고 있는 도시철도차량과 관련 도시철도시스템의 안전성이 매우 중요시되고 있다. 대량수송수단인 도시철도차량의 안전을 위하여 '성능시험' 및 '정밀진단', '차량 안전기준' 등 제도적인 뒷받침을 시행하고 있으며, 서울시2호선은 1984년 5월에 개통과 더불어 운행을 시작하였던 차량이 25년의 사용내구연한이 도래함에 따라 정밀진단을 실시하였으며, 본문에서는 서울시2호선 차량에 대하여 실시한 전동차의 전기장치 정밀진단 결과를 고찰한다.

정밀진단에서 전기장치에 대해서는 절연저항측정, 주요기기 상태 측정, 주요기기 온도상승측정, 견인전동기 정밀측정, 본선 시운전 등을 실시하였으며, 결과로서 안전성 상태를 평가하고 잔존수명을 확인하여야 한다. 정밀진단은 다음 Table 1.과 같으며 83년 12월에 운행을 개시하여 88년12월에 사용내구연한이 종료되는 차량 14량이 대상이 되었다. 차량은 6량편성과 8량편성의 2종으로서 각각 일본식 제어장치와 영국식 제어장치를 장착하고 있다.

Table 1. 서울시2호선 정밀진단 대상 차량

항 목	일본식 초과제어	영국식 초과제어	
량 수	6량 1편성	8량 1편성	
운행 개시일	83. 12. 12	83. 12. 8	
운행 거리	2,598,419 km	2,684,754 km	
제작사	현대정공	대우중공업	
운행 노선	2호선	2호선	
전기 방식	직류 1500 V	직류 1500 V	
차중	T	32 ton	31.7 ton
	M1	42.2 ton	41.5 ton
차체	길이	19500mm	19500mm
	폭	3120mm	3180mm
	높이	3750mm	3750mm
고정 축거리	2100mm	2100mm	
주 전 동 기	직류직권보극부	직류직권보극부	
전동 발전기	G785CX	CGL-366	

2. 전기장치 정밀진단 시험 항목

정밀진단에서 실시한 정밀진단시험의 대상 및 항목은 다음과 같다.

- 전기장치 상태 검사
- 절연저항 측정
- 추진모터 정밀 측정
- 시운전시험 : 열화상진단(온도측정)
- 시운전시험 : 가속성능 측정

전기장치는 특성상 도시철도차량의 부분품으로서 지속적인 유지보수가 이루어지고 있는 장치들이다. 때문에 대부분의 부품들이 정기적인 교체가 이루어지고 있으며, 정밀진단의 대상인 견인전동기도 정기적인 보수로 베어링 등 주요 부품에 대한 교체가 이루어지고 있다. 그러나 대상 부품의 유지보수기록은 상세하게 기록 및 정리가 어려운 관계로 정확한 교체상태를

확인할 수 없었다.

전기장치는 신규장치 혹은 수선품 등에 의한 교체 사용이 가능하므로 모든 전기장치는 정밀진단의 대상으로 선정하지 않았으며, 전면적 교체가 불가능한 차내 배선 및 대상 차량에 설치된 주요 장치를 현재 작동상태 및 경련변화를 확인하기 위한 정밀진단 대상으로 선정하여 정밀진단을 실시하였다.

전기장치의 상태검사는 정밀진단지침에 규정된 대로 성능시험 대상 주요장치에 대하여 실시되었으며, 추진모터는 절연성능을 확인하고 모터의 진동특성을 측정하여 결함을 확인하였다. 차내 배선은 육안으로 상태를 확인하여 갈라짐이나 경화 등의 상태를 파악하고 절연성능을 측정하였다. 전기장치 및 배선은 상태검사를 통하여 노후, 부식, 결함 등을 검사하였다.

차내 배선에 대해서는 절연성능을 측정하였다. 차내 배선의 절연성능은 온도 및 습도의 상태에 따라 매우 민감하므로 날씨가 맑고 습도 60% 이하인 상태에서 측정하였다.

차량 각 장치의 정밀진단이 끝나고 조립이 완료된 후, 시운전을 실시하였다. 시운전을 위하여 속도기록장치를 부착하였으며, 온도측정을 위한 열화상측정기를 준비하였다. 시운전을 실시하는 동안 차량 각 장치의 기능 및 성능이 정상적으로 작동하는 것을 확인하였으며, 추진장치의 성능을 확인하기 위하여 가속성능을 측정하였다.

시운전 후 열화상측정을 통하여 이상적인 온도상승 확인으로 위험부위에 대한 확인을 실시하였다.

3. 전기장치 정밀진단

- 전기장치 상태 검사

차량의 주요부품인 추진장치는 외국에서 도입된 장치들이다. 일본식과 영국식의 초과제어장치들로서 현재까지 23년동안 사용해진 장치들이었다. 내부 상태검사를 실시한 결과 매우 유지관리가 잘되어 있음을 알 수 있었다. 장치 내부 중 일부는 교체되어 있었으며, 교체된 부품과 오래된 부품을 육안으로 쉽게 확인할 수 있을 정도로 오래된 부품은 노화된 흔적이 역력하였다. 그러나 교체된 시점이나 이력을 서류를 통해서 확인할 수 없었다. 오래된 부품은 열화로 변색이 되어있어 사용내구연한을 초과한 사용을 위해서는 전면적인 교체가 요구됨을 알 수 있었다. 그러나 사용내구연한 이내에 사용하기 위한 적절한 유지보수가 진행되고 있어 사용에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.



Fig.1 추진장치 내부상태



Fig.2 열화변색 부품

- 전기배선 상태 검사 및 절연저항 측정

전기배선은 대부분 차량 내부의 배관 안에 들어가 있는 상태에서 외부의 자외선, 오염물질, 오염공기 등으로부터 보호되어 매우 양호한 상태이었다. 그러나 외부에 노출된 배선은 선로 상에서 발생하는 많은 오염물에 오염된 상태였으며, 열화 및

경화가 진행되고 있었다. 특히 접속상자등의 노출된 부위에서는 습기에 의한 부식이 진행된 곳도 있어, 연속된 부분에서는 부식이 전도되었을 가능성이 컸다. 노출된 전선의 부식에 의한 영향은 열화상진단에서 확인하였다. 전반적으로 양호한 배선상태를 유지하였으나 일부분에서 부식, 열화, 경화 등이 발생되어 사용내구연한을 초과한 사용은 불가능한 것으로 판단되었다.



Fig.3 배선 상태



Fig.4 배선 상태

- 견인전동기 정밀 측정

견인전동기를 무부하 상태에서 구동시키고 구동상태에서 정밀 진동을 측정하였다. 측정된 진동 자료의 분석을 통하여 견인전동기의 이상 상태를 확인하였다. Fig.5 는 견인 전동기 진동시험 결과를 나타내고 있다. 그래프에서 최대값은 0.84mm/s 로써 최대 진동크기는 경험에 의해 4개의 평가영역 (영역 A, B, C, D)에서 A 구간에 해당되므로 진동속도 값은 양호한 수준으로 평가된다. Fig.6 은 모터 부하의 수평방향에서 측정된 진동신호로부터 베어링의 상태를 파악하기 위해 수평 방향에서 측정된 Data를 Envelope 분석한 결과로서 베어링 공진 주파수가 발생하였다. 측정된 데이터에서는 NU315 베어링의 CAGE 결함 주파수(10 Hz) 성분이 발생되고 있으며 견인 전동기 부하 측 고주파 영역(C 영역:0.5~2 kHz)에서 베어링의 이상에 의한 고주파 영역의 신호가 나타나고 있다. 이것은 베어링의 손상단계로 3단계에 해당하는 결과로서 지속적인 관찰을 통하여 베어링에 대한 유지보수가 이루어져야 한다.

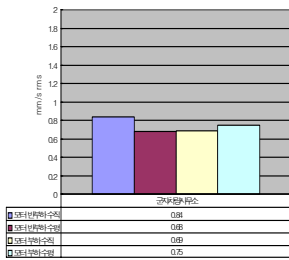


Fig.5 견인전동기 진동시험 결과

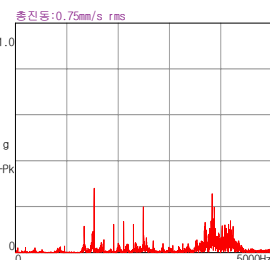


Fig.6 부하측 수평방향 진동 특성

3. 본선시운전 시험

- 본선시운전 : 가속도측정

차량의 조합된 성능을 확인하기 위하여 본선시운전을 실시하였다. 본선시운전에서는 각종 전기장치의 기능을 시험하였는데 각 전기장치의 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 본선시운전 중 3회에 걸쳐 최고가속도로 최고속도까지 올리는 가속도시험을 실시하였다. 시험결과 최고 2.73(평균 2.68)의 추진가속도가 나와 초기에 3.0이상의 가속도가 전반적인 노후로 인하여 성능이 저하되었음을 알 수 있었다. 그러나 일반적 영업운영에는 지장이 없는 상태이었다.

- 열화상 진단

본선시운전 후, 전기장치의 이상 발열상태를 확인하기 위하여 열화상진단을 실시하였다. 열화상진단결과 이상이 발견된 곳은 정상적인 곳보다 10℃이상의 높은 온도를 보여, 열화가 심각하여 절연과피등 추후 결함으로 진전될 가능성이 있었다. 이상은 배선에서 발견되었으며, 배선이 부식되고 부식이 점차적으로 전도되는 상태로서 이상 발열과 배선의 과부하로 인하여 사고로 진전될 가능성이 매우 컸다. 이러한 곳은 즉각적인 교체를 필요로 하고 있다.

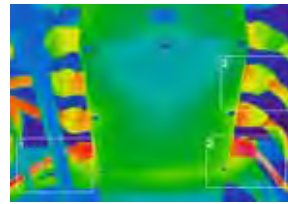


Fig.7 이상발생 열화상

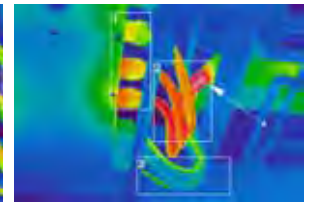


Fig.8 이상발생 열화상



Fig.9 이상발생부위



Fig.7 이상발생부위 부식상태

4. 결론

현재 국내에서 운영되는 도시철도차량은 유지보수가 잘 진행되어 양호한 상태를 유지하고 있다. 그러나 사용내구연한이 도래한 차량은 외부의 환경에 의하여 노후화가 진행되어 성능이 저하되고 사고로 진전될 가능성을 가지고 있다. 때문에 유지보수에 더욱 관심을 가져야 할 것으로 판단되며, 체계적인 유지보수를 위하여 전산화 및 데이터베이스화가 필수적이라 판단된다.

현재 국내에서 오랫동안 사용된 차량은 유지보수기록 및 이력이 명확하지 않아, 취약한 전기장치에 대한 판단이 어렵다. 또한 날로 발전되는 재료 및 부품의 영향으로 현재 상태에서의 수명을 예측하는 것은 거의 불가능한 상태이다.

이에 전기장치에 대한 정밀진단으로서 현재의 상황과 변형 상태등으로 지속적인 사용이 가능한 것인가를 판단하였다. 정밀진단 결과 사용내구연한을 초과하여 사용하는 것은 어려울 것으로 판단되었고 사용내구연한을 초과하여 사용하려면 전면적인 교체가 불가피하였다.

후기

정밀진단 과정에서 현재 국내에서 사용되고 있는 전기장치에 대한 수명연구가 많지 않아 각 장치 부품의 노화와 열화 등을 판단하기 매우 어려웠으며, 또한 유지보수 기록이 명확하지 않아 수명을 예측하기가 불가능하였다. 이 후 안전한 도시철도차량의 운영 및 사용을 위해서는 각 전기장치 및 부품에 대한 수명예측 연구, 경년변화 측정 등 많은 현안 과제가 필요함을 알게 한 연구였다. 또한 유지보수기록이 보다 자세하게 기록되어 도시철도차량에 대한 수명연구 및 정밀진단에 도움이 되길 바란다.

참고문헌

1. 건설교통부 고시 제2000-334호(2000.12.27) “도시철도차량 정밀진단 지침”
2. 건설교통부령 제82호(1996.11.7) “도시철도차량관리에 관한 규칙”
3. 한국철도기술연구원(1995), “전철설비의 절연열화 진단기법에 관한 연구”
4. 한국철도기술연구원(2002), “도시철도 유지보수체계 표준화/정보화 연구보고서”
5. 한국철도기술연구원(2004), “철도사고방지 및 안전확보를 위한 핵심기술 연구”
6. 정종덕, 박기준, 한석운, 박옥정, “도시철도차량의 안전진단 평가기법에 관한 연구”, 한국정밀공학회지, 05, 374-377p, 2005
7. 홍선호, 김상암, “철도시스템 안전관리를 위한 데이터베이스 구축 방안 연구” 한국철도학회, 06, 7p, 2005.