

경량전철 신호제어시스템 시험평가 방법

윤용기, 최규형, 정락교

한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원

The test evaluation process for the AGT(Automatic Guided Transit) Signalling System

Yong-Ki Yoon, Kyu-Hyoung Choi, RAG-Kyo Jeong

Korea Railroad Research Institute, Korea Railroad Research Institute, Korea Railroad Research

Abstract - 무인자동운전으로 운행되는 경량전철시스템을 시험선에 구축함에 무선통신을 기반으로 하는 신호제어시스템의 시험평가내용을 정의하였다. 특히 자동열차제어를 담당하는 장치의 시험평가를 깊이있게 다루었다. ATO컴퓨터의 시험평가에는 정차시험 및 역구내용주행시험으로 구분하여 시험종류 및 방법을 기술하였다. CBTC역컴퓨터에 대해서는 시스템구축에서부터 안전성·가용성평가까지의 시험절차 및 이에 필요한 평가설비구성을 논하였다.

1. 서 론

경량전철시스템을 무인자동운전으로 운영함에 있어 핵심역할을 수행하는 신호제어시스템은 궤도회로를 사용하는 기존 신호시스템과 달리 무선통신방식을 적용하고 있다. 본선 1개(1.87km), 측선 1개(387m), 대피선로 1개, 역사 4개로 건설되는 시험선로를 대상으로 개발된 신호제어시스템은 종합운행제어관리장치, 자동열차제어장치, CBTC(Communication Based Train Control)무선통신장치, 열차무선데이터전송장치 등의 하부시스템으로 구성된다.

종합운행제어관리장치는 경량전철의 원활한 운영을 확보하기 위해서 자동열차제어장치, 전력설비, 통신설비 및 방재설비 등과 상호연계하여 열차운행제어기능, 열차운전감시 및 원격제어기능을 수행한다. 자동열차제어장치는 종합운행제어관리장치, CBTC무선통신장치, CBTC차상/지상컴퓨터, ATO(Automatic Train Operation)차상/지상컴퓨터 및 연동장치와 상호 연계되어 열차위치검지, 열차간격제어 및 열차진로제어 등의 vital기능을 수행한다. 열차무선데이터전송장치는 열차에 장착된 추진장장치, 제동장치, 보조원장치, 냉난방장치 등의 상태정보를 사령실로 전송하여 열차상태를 감시하고, 열차상태정보에 따른 사령실에서 생성한 원격제어명령을 열차로 전송하는 기능을 수행한다.

경량전철신호제어시스템은 위 구성에서 알 수 있듯이 무선통신을 기반으로 하여 열차제어를 하고 있기 때문에 기존에 사용하던 신호시험평가방법을 적용하는 것은 적절하지 않다. 따라서 무선통신을 이용한 열차간격제어, 열차진로제어 및 열차원격제어 등 여러 중요한 기능의 정확히 수행여부를 평가하기 위한 새로운 시험방안을 작성하는 것이 요구된다.

본 논문에서는 열차추적 및 열차속도제어를 담당하는 CBTC컴퓨터와 열차자동제어를 담당하는 ATO컴퓨터에 대한 시험종류 및 방법 등을 중심으로 하는 경량전철 신호제어시스템 평가방법을 논하였다.

2. 본 론

2.1 경량전철시스템 구성

경량전철 시험선은 그림.1과 같이 건설되며, 이에 맞추어 개발된 신호제어시스템을 설치한다. 시험선에 설치

되는 역사는 전자연동장치가 설치 유무에 따라 연동역과 비연동역으로 구분된다. 연동역은 사령실역으로 종합운행제어관리장치, CBTC역컴퓨터, ATO역컴퓨터, 전자연동장치 등이 설치된다. 비연동역은 ATO역컴퓨터만 설치된다. 연동역과 비연동역의 구성도는 그림.2 및 그림.3과 같다.

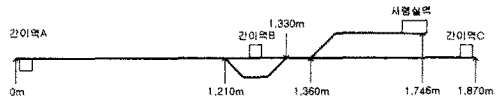


그림.1 경량전철 시험선

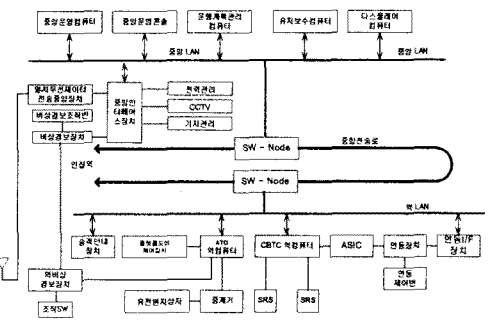


그림 2 연동역 신호시스템 구성도

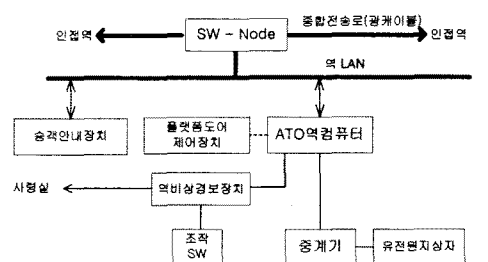


그림 3 비연동역 신호시스템 구성도

2.2 신호제어시스템 시험평가

경량전철신호제어시스템의 평가는 실험실(구내)평가와 현지(시험선)평가로 구분된다.

1) 실험실(구내 또는 공장) 평가

경량전철신호제어시스템 장치 제작사는 제작한 장치를 현지(시험선)에 설치하기 전에 제작사양서를 바탕으로

작성한 시험계획서에 따라서 4단계에 걸쳐 장치의 기능 및 성능에 대한 충분한 검증을 한다.

○일반시험(Routine Test)

장치성능과 특성이 이미 검증되었고, 철도분야에서 사용하는 것이 이미 결정된 경우에는 외관검사, 치수검사, 전기특성검사, 기계특성검사, 화학분석시험 등 일반적인 시험만을 수행한다.

○형식시험(Type Test)

장치성능과 특성에 대한 검증이 국내의에서 이루어지지 않았고, 철도분야에서 도입단계 또는 개발장치인 경우 국내환경조건 및 내구성조건을 만족하고 있는지를 검증하는 시험을 한다.

○단품시험

기능과 특성을 갖춘 제품에 대한 시험으로 인터페이스관련 모의신호 및 전원을 입력하여 장치의 작동 및 성능을 측정하여 판정하는 시험을 수행한다.

○종합시험

장치와 관련된 기타 장치를 네트워크로 구성하고 전원을 투입하여 장치간 인터페이스기능 및 동작시험 등 종합적인 시험을 수행한다.

2) 현지(시험선) 시험

신호제어시스템관련 장치를 현지(시험선로)에 설치한 후 다음과 같은 시험을 수행한다.

○설치복원시험

실험실평가를 거친 각 장치는 분해되어 현장에 반입된 후 조립·설치한 후 각 장치가 실험실시험과 동일한 수준의 기능과 성능을 유지하고 있는지를 확인하는 시험을 수행한다.

○조정시험

시험선로의 지정된 위치에 장치를 설치하는 경우 현장의 환경조건에 따라 상이한 결과가 나올 수 있어 다시 한번 현지환경에 맞추어 각 장치를 조정하여 성능을 확인하는 시험을 한다.

○하부시스템 모의시험

경량전철 차량을 사용하지 않고 신호제어시스템의 하부시스템장치를 연결하고 시뮬레이터 또는 시험기 등을 사용하여 각 장치간의 인터페이스 등이 정상적으로 작동하고 있는지를 확인하는 시험을 수행한다.

○현차시험(유인운전, 무인운전)

차량에 탑재되어있는 신호제어시스템과 각 장치를 포함하여 종합적으로 수행하는 시험이다. 현차시험은 유인 운전단계와 무인운전단계로 구분하여 수행된다

2.3 자동열차제어장치 시험평가

경량전철신호제어시스템을 구성하는 하부장치중 자동열차제어장치는 현재 사용하고 있는 궤도회로방식의 ATC/ATO와는 상이한 새로운 방식으로 열차간격제어 및 열차진로제어를 수행하기 때문에 자동열차제어장치의 시험평가방안을 새로이 작성하였다.

2.3.1 ATO컴퓨터(차상컴퓨터, 역컴퓨터) 시험평가

ATO컴퓨터는 차상ATO안테나와 유전원 지상자는 제3계조에 의해서 발생하는 노이즈(귀선노이즈) 및 차상에 장착된 VVVF, SIV, 기타 전장품에서 생성하는 노이즈에 의한 유도장해영향을 받는다.

1) 시운전 다이어 작성

ATO컴퓨터의 시험평가 시 2량1편성의 열차는 그림.4 및 그림.5와 같이 작성된 시운전다이어에 맞추어 주행을 한다. 시험선로는 본선과 측선이 있으나 동일하게 시험이 수행된다. 본선의 경우 간지역 A, B, C를 대상으로 하고, 측선의 경우 간지역 A, B, 사령실역을 대상으로 한다. 구내주행시험은 A역과 C역 중간에 있는 B역을 대상으로 한다. 시험선 주행시 다이어는 본선용과 측선용을 동일하게 사용한다. 다이어에서 알 수 있듯이 시험차량이 각 역을 여러 번 반복하여 주행을 한다.

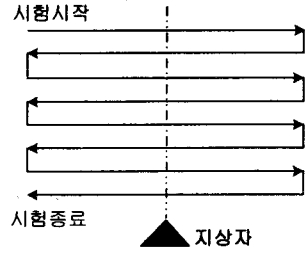


그림 4 구내주행시험용 다이어

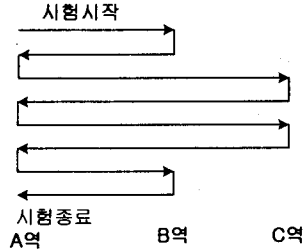


그림 5 시험선 주행용 시운전 다이어

2) 시험종류 및 방법

(1) 정차시험

○차상, 지상 수신레벨 확인시험

- 차상ATO안테나가 유전원지상자 바로 위에 위치하도록 열차를 정차한 후 정상수신레벨을 측정한다.

○차상노이즈시험

- 계동장치의 주행역의 압력을 감소시킨 후 SIV투입->전조등투입->실내등투입->냉난방장치투입->압축기투입->압축기차단->냉난방장치차단->실내등차단->전조등차단->SIV차단의 절차로 전장품을 조작하여 확인된 최대노이즈발생원 장치가 지상자 위에 위치하도록 이동한 후 소음레벨을 측정한다.

(2) 역 구내 주행시험

역 구내 주행시험은 만차와 공차상태로 구분하여 그림.6과 같은 주행패턴으로 열차를 운행한다. 주행시험구분은 속도와 타행주행시간으로 분류한다.

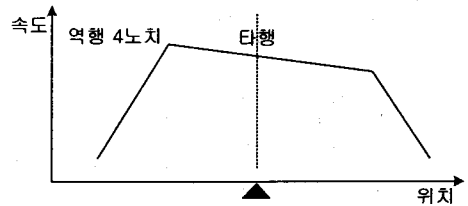


그림 6 역 구내 주행패턴

○지상수신레벨 및 운동범위 확인시험

유전원지상자 위를 약 25km/h로 주행하여 개략적인 운동범위와 수신레벨을 측정한다.

○지상·차상노이즈시험(통과주행시험)

구내최고제한속도에서 약 5초간 타행으로 주행한 후 사용전제동을 인가하여 차상과 지상의 노이즈를 측정한다. 다음 단계에서 열차속도가 15km/h가 되면 타행으로 주행하여 유전원지상자를 통과할 때 사용전제동을 인가하여 수신되는 최대소음을 측정한다.

○지상·차상노이즈시험(기동정지시험)

열차 후미부가 지상자를 완전히 벗어난 것을 확인한 후 타행으로 주행할 때의 지상과 차상의 노이즈를 측정한다

다. 타행주행시간에 대한 제한은 없다.

(3) 시험선로 주행시험
열차의 주행, 역행, 타행, 희생(발전)제동 시 차상수신잡음레벨을 측정한다.

2.3.2 CBTC컴퓨터(역컴퓨터, 차상컴퓨터)

CBTC컴퓨터에 관한 기능시험을 완료한 후 시험선로에 CBTC무선장치를 설치한 후 장기간의 안정화시험과 정동안 실시하는 각종 평가사항을 기술하였다. CBTC컴퓨터에 대한 시험평가절차는 그림.7과 같다.

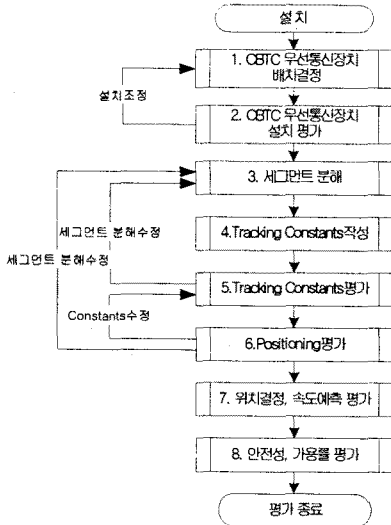


그림 7 CBTC컴퓨터 시험평가 절차

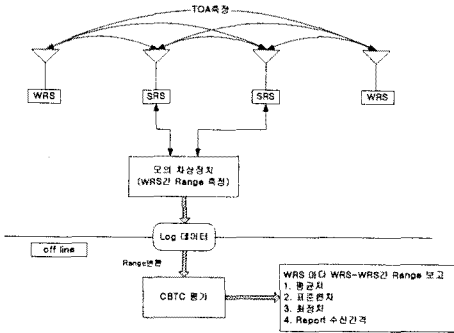


그림 8 CBTC무선통신장치 설치평가설비구성

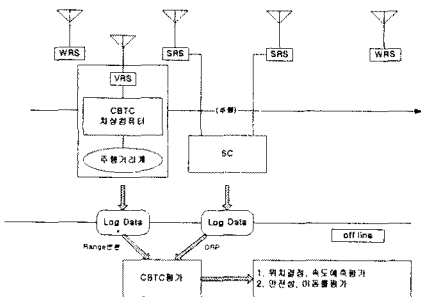


그림 9 CBTC컴퓨터 시험평가설비구성

1) CBTC무선통신장치 배치 결정 및 설치평가
안테나 상호간 송수신레벨, 거리측정데이터의 적정, 제어구간경계, 구배·곡선에서의 설치방법 등을 포함한 토목구조상의 제약 등을 고려해서 선로변에 설치되는 무선통신장치의 위치를 검토한 결과에 토대로 설치된 안테나상황이 적절한지 확인한다. 이 과정에서 평가하는 값은 다음과 같다.

- 선로변 무선기 설치평가
- 측정거리값 평가
- 측정거리 데이터 / Diver 평가

2) 세그먼트 분할
Tracking Constant를 산출하기 위해 세그먼트 분할을 한다. 이 시점에서 연동관련설비 등의 궤도설치위치가 확정되어야 한다. Tracking Constant평가 및 Positioning평가가 어려운 경우는 세그먼트분할을 수정 작업을 다시한다.

3) Tracking Constant작성 및 평가
Positioning에 필요한 부분의 데이터 베이스를 작성해서 데이터 베이스에 모순이 없는 것을 검증한다.

○ 세그먼트 단점평가, 근사오차평가, 일관성평가
4) Positioning 평가
작성한 데이터 베이스를 이용해서 시뮬레이션에 의한 열차추적기능과 위치결정에 사용하는 필터성능의 확인을 한다. 전자는 이상적인 범위 입력시를 규정하고 후자는 규정한 노이즈인가 시 필터거동을 평가한다.

○ SCD평가(시뮬레이션 평가)
○ 필터평가(노이즈 평가)
5) 위치결정 및 속도예측 평가
실기를 이용해서 예측되는 위치와 속도가 기본적인 요구성능을 만족하고 있는 것을 확인한다. 이 시점에서 불충분하면 데이터베이스 및 필터를 재조정한다.

6) 안전성 및 가용률 평가
장기간에 걸쳐 시스템의 안전성을 증명하는 데이터 및 시스템 가동률을 산출하기 위한 데이터를 기록한다.

- PE·PU평가
- VE·VU평가
- |PE| / PU평가
- Train Length평가
- 장애발생률

3. 결 론

본 논문에서는 경량전철시험선에 설치되는 신호제어시스템의 시험평가방안을 논하였다. 특히, 자동열차제어장치의 시험평가를 상세적으로 취급하였다. 이 내용은 경량전철신호제어시스템설계내용 및 철도분야에서 사용중인 시험절차를 바탕으로 작성되었기 때문에 평가방법에 어느 정도 부족한 부분이 있을 것으로 생각된다. 이러한 부분은 실험실단위시험과 시험선시험을 수행하면서 충분히 보완될 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국철도기술연구원, "경량전철시스템 기술개발사업 4차년도 연구결과 보고서", 2002. 12
- [2] 한국철도기술연구원, "도시철도법 관련 시행규령", 2001. 3