

ATC장치에 의한 자동운전 및 고장 추적에 관한 연구

A study of automatic train operation by ATC system and fault tracing

김경식*, 강덕원**, 강리택***, 이종성****

Kim, Kyoung-Shik Kang, Duk-Won Kang, Lee-Teag Lee, Jong-Seong

ABSTRACT

According to passenger's gain and headway's contraction, railway vehicle is required quick and correct running. The importance of ATC device was increased gradually, and also is acting important role in safe train running and efficient use in this reason. Now, railway vehicle that is manufactured or is remodeled are designed to most automatic driving system, and ATC device design direction than other device of railway vehicle influences to whole system in this reason. Also, according as system becomes complicated gradually, importance of fault tracing function for ATC device is emphasized gradually, and in this reason research about efficient fault tracing method is to act important role heightening reliability of ATC device. In this document, that analyzing about result through examination of automatic train operation system of localization model ATC device(SG-100) and application example, and do so that investigate about efficient fault tracing.

1. 서 론

운송 수단의 하나인 철도 차량은 승객의 증가와 운전 시력의 단축에 따라 안전하며 신속, 정확한 운행이 점점 요구되고 있다. 이런 이유에서 열차의 신호 보안 장치인 ATC의 중요성이 증가되었고, 또한 열차의 안전성과 신뢰성 보장 및 자동운전을 통한 효율적 운용에 중요한 역할을 하고 있다. 특히, 대도시 지하철의 대량 수송에 따른 승객의 안전은 ATC 장치의 중요성을 강조하고 있다. 또한 시력 단축 및 시스템의 효율적 운용을 위한 자동운전은 최근에 철도 차량 시스템 결정에 가장 중요한 요소로 작용한다.

현재, 새로 제작되거나 개조되고 있는 전동차들은 대부분 자동운전 시스템으로 설계되고 있으며, 또한 전동차의 다른 장치보다 ATC 장치 설계 방향이 이런 점에서 전동차 전체 시스템에 영향을 미치고 있다.

또한 시스템이 점점 복잡해짐에 따라 ATC 장치에 대한 고장 추적기능의 중요성이 점차적으로 강조되고 있고, 이런 이유에서 효율적인 고장 추적 방법에 대한 연구는 ATC 장치에 의한 보안 기능의 신뢰성을 높이는데 중요한 역할을 할 것이다.

본 논문에서는 현재 서울시 6호선에서 운행되고 있고, 광주 도시철도 1호선에 적용될 국산화 모델 ATC장치(SG-100)의 자동운행에 따른 시험 결과 및 효율적인 고장 추적에 대해 고찰하고자 한다.

* (주)로템 전장품개발팀 주임연구원, 비회원

** (주)로템 전장품개발팀 주임연구원, 비회원

*** (주)로템 전장품개발팀 주임연구원, 비회원

****(주)로템 전장품개발팀 선임연구원, 정회원

2. 고장 추적

2.1 ATC 시스템 구성

ATC 시스템은 ATP장치, ATO장치 및 TWC장치의 Sub Module과 각 장치들의 안테나, 속도 Pulse를 검지 하는 Speed Sensor로 구성되어 있다. (그림1)

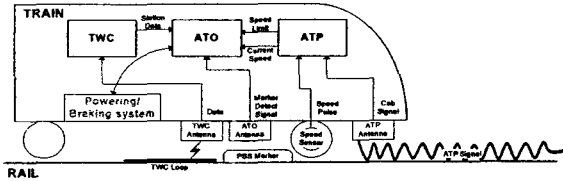


그림1. System Diagram

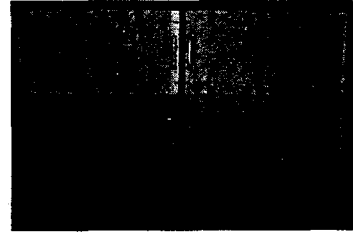


그림2. ATC System(SG-100)

각 장치들은 독립적으로 구성되어 있으며, 상호 통신을 통하여 정보를 교환한다. ATP 장치는 제한 속도 신호의 수신을 위한 ATP Antenna 및 속도 검지를 위한 Speed Sensor를 포함하고 있으며, ATO는 자동/무인 운전 시 거리 보정을 위한 Marker Detect 신호와 ATP로부터 제한 속도 및 속도 신호를 수신한다. 또한 TWC는 지상 Loop를 통하여 역 정보 및 차량 정보를 지상 신호 장치와 송/수신한다. ATC 시스템(SG-100)의 실제 구성은 그림2와 같다.

2.2 고장 추적 시스템 구성

ATC 장치의 고장 추적은 시험기에 의하여 이루어진다. ATC 장치의 구성을 보면 입력되는 신호는 ATP의 제한 속도 수신을 위한 신호와 ATO의 마커 검지 신호, TWC의 지상 신호 장치와의 통신 신호, 속도 센서 입력 신호등이 있는 것을 알 수 있다. 이런 신호들을 시뮬레이션 하여 ATC 장치를 점검하는 방법은 외부 장치(고정식 시험기, BTU : Bench Test Unit)를 이용 방법과 ATC 장치 내부의 장치(이동식 시험기, PTU : Portable Test Unit)를 이용하는 방법이 있다.

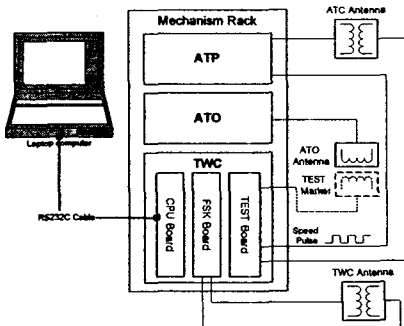


그림3. Fault tracing by PTU

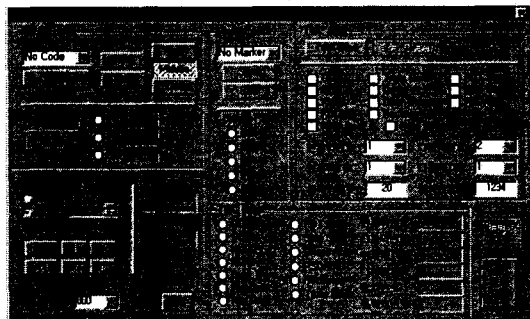


그림4. PTU

이동식 시험기에 의한 고장 추적 방법은 그림3과 같이 열차의 설치되어 있는 ATC 장치를 TWC 장치 내의 TEST 보드 및 FSK(Frequency Shift Keying) 보드의 TEST 모듈을 통하여 각종 신호를

발생하여 점검하는 방법이다. TEST 보드에서 ATC 제한 속도 신호 및 ATO maker 신호, 속도 신호를 발생하며, TWC TEST 모듈에서는 TWC main 통신 모듈과 통신하여 실제 운행 상황과 동일한 상황을 설정하여 운행 중 발생한 고장에 대해 원인을 분석하고 조치가 가능하도록 하였다.

Test 신호의 전달을 위하여 ATP 및 TWC 장치의 Antenna에는 별도의 Test Coil이 내장되어 있으며, 이를 통하여 Test 신호를 송신한다. ATO는 별도의 Test Marker를 통하여 신호를 송신한다. TEST 모듈의 제어는 TWC CPU 보드가 담당하며, MMI (Man-Machine Interface)는 PC 프로그램으로 가능하다. PC 프로그램은 TWC CPU 보드와의 RS232 통신을 통하여 제어 신호의 전송과 생성된 신호의 수신을 통하여 고장 추적을 가능하게 한다.(그림4)

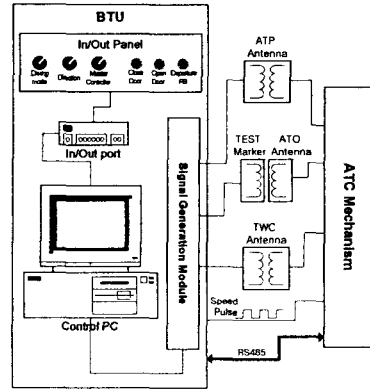


그림5. Fault tracing by BTU

고정식 시험기에 의한 고장 추적은 별도의 장치를 통하여 ATC에 입력되는 각종 신호 및 RS485 통신, 열차의 운전대 정보 등을 설정하고 이를 통하여 ATC 장치 단독으로 시험 할 수 있다. 이렇게 구현함으로써 열차에 설치하기 전에 ATC 장치의 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 전반적인 성능 확인 시험이 가능하다.

고정식 시험기의 구성은 그림5와 같다.

고정식 시험기의 기능은 ATP 제한 속도 확인 시험, 속도 입력 확인 시험, 과속에 따른 ATP 제동 체결 시험, 출입문 개/폐 확인 시험, ATO 마커 검지 시험, TWC data 송/수신 확인 시험 등의 기능이 있으며, 이런 기능들을 통하여 실제 운행 상황에서의 발생 할 수 있는 고장 원인에 대해 사전에 시험을 통해 점검하고 조치 할 수 있다.

SG-100 모델은 이런 기능을 통해 시험을 실시하였고, 이렇게 함으로써 실제 운행에서의 고장에 따른 위험요소를 제거할 수 있었다. 또한 자동 운전 및 무인 운전의 시뮬레이션을 통하여 자동 및 무인 운전의 절차 확인 및 실제 차량 적용 전에 ATO Speed Profile의 확인을 가능하게 하였다.

3. ATC에 의한 자동운전

3.1 자동운전 절차

ATC의 자동운전은 구성 모듈인 ATP(Automatic Train Protection), ATO(Automatic Train Operation) 및 TWC(Train to Wayside Communication)장치에 의해 이루어진다.

ATP장치는 열차의 상태 및 ATC 장치의 모든 상태를 점검하여 자동 운전에 대한 운전 모드를 설정하며, 또한 열차의 지상 속도코드에 의한 제한 속도 설정으로 열차의 안전을 보장해 준다. ATO장치는 열차의 자동운전을 위한 추진/제동력 명령 및 정위치 정차 Profile을 생성한다. 또한, TWC장치는 지상 신호장치와의 통신을 통하여 열차의 현재위치 및 다음역에 대한 정보를 수신한다.

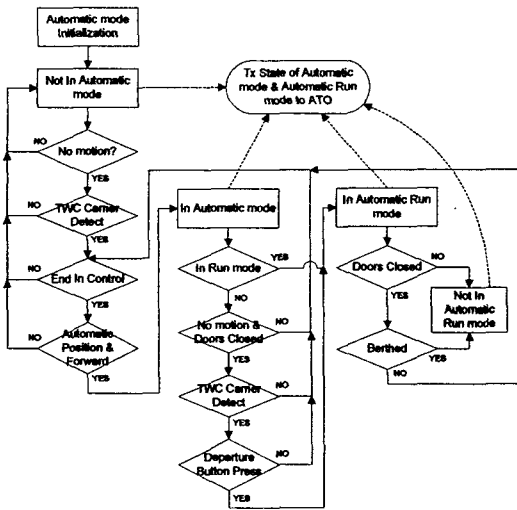


그림6. Automatic Mode Sequence by ATP

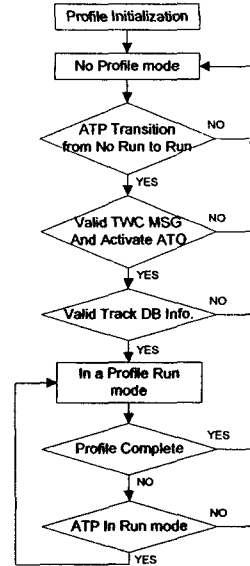


그림7. ATO Profile Sequence

그림6은 ATP장치에 의한 자동운전 설정 절차이다.

ATP는 열차의 상태(정지 상태, 출입문 닫힘, TWC 통신 상태 등)를 점검하고 자동운전의 가능 여부를 판단하여, Automatic mode 및 Automatic Run mode를 설정하고 설정 여부를 ATO로 전송한다.

ATO에서는 ATP의 설정 모드에 따라 자동운전의 Profile을 설정하고, 역간 주행을 실시한다. 이때 ATO의 자동운전 Profile 설정과정은 그림7에서와 같이 ATP의 설정 모드를 전송 받고, TWC장치에서 전송된 역 정보를 ATO TDB(Track DataBase)의 정보와 비교하여 유효성을 점검한 후, 역간 Profile을 생성하게 된다.

3.2 PSS Profile

ATO는 자동 속도 조절 및 정위치 정차 기능(PSS, Program Station Stopping)을 수행한다. 자동 속도 조절 기능은 열차 속도를 계산된 목표 속도로 유지 되도록 제어한다. 이때, 목표 속도는 ATP 장치에 의한 제한 속도 및 PSS 제한 속도에 의해 결정된다. 또한, ATO장치의 역간 주행 Profile은 TWC장치를 통해 수신한 역 정보를 기준으로 역간 거리를 설정하여 남은 거리를 계산하는 방식으로 주행을 한다.

PSS Profile이 진행되는 동안 열차는 ATP제한 속도에 따라 목표속도를 설정하여 진행하게 되고, 이 목표속도가 PSS Profile과 교차하는 지점부터 PSS Profile에 따라 속도가 조절되게 된다.

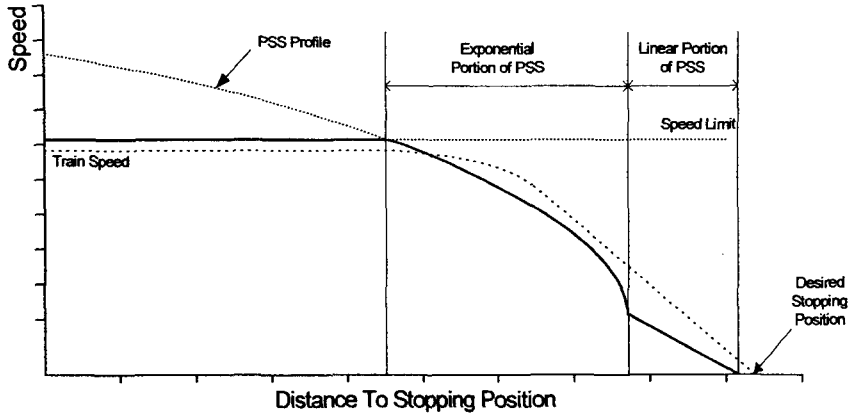


그림8. Generation of PSS Profile

PSS Profile은 아래의 식(1), (2)와 같은 방정식에 의해 생성된다. 정차점 이전의 일정 위치까지는 지수 곡선에 의해 목표 속도가 설정되며, 그 이후부터 정차점까지는 선형 방정식에 의해 목표속도가 설정된다.(그림8)

Exponential Profile

$$T_s = \sqrt{(Dg - Eoff) \times 2 \times Br} \quad (1)$$

Linear Profile

$$T_s = S \times Dg + Vstop \quad (2)$$

여기서 T_s 는 Target Speed, Dg 는 Distance to stop point, $Eoff$ 는 정지점까지의 Offset, Br 은 Brake rate, S 는 Linear profile 기울기, $Vstop$ 은 정지점의 속도이다.

3.3 자동운전 역간 주행

그림9는 서울시 6호선 운행 구간에 대한 역간 운행 결과에 대한 ATO 주행 곡선이다. 역간 거리 735m이며, ATP 제한 속도는 235m 지점에서 55km/h에서 45km/h로 변경된다.

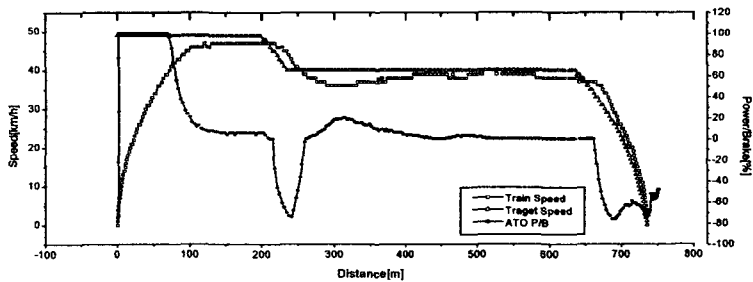


그림9. ATO Run Curve

ATO는 ATP 제한 속도 -5km/h로 목표속도를 설정하여 주행하며, 637m 지점부터 PSS Profile에 따라 목표속도가 설정됨을 알 수 있다.

그림10은 이 구간의 주행 시작 부분이다. ATO는 Target Speed를 따라 Powering 명령(100%)을 출력하고 이에 따라 열차는 서서히 속도가 높아지기 시작한다. 열차 속도가 목표속도 값에 근접함에 따라 ATO는 과속을 방지하기 위해 자동 속도 조절 기능을 수행하여 Powering 명령을 감소시키고 열차가 안정적으로 목표속도에 도달하도록 함을 확인 할 수 있다. 이러한 결과는 여러 번의 주행 시험을 통해 일정한 패턴을 유지함을 확인 할 수 있었다.

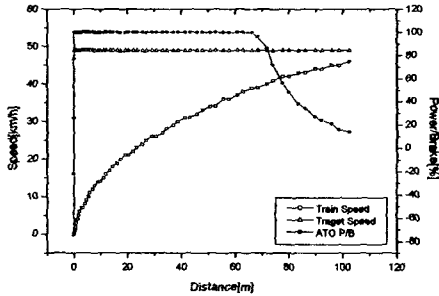


그림10. Start of Run Curve

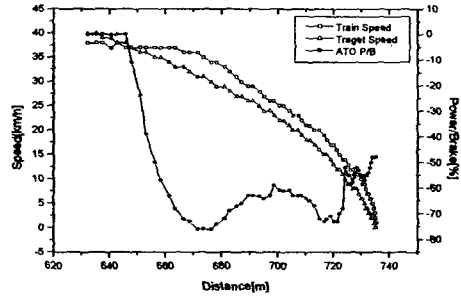


그림11. End of Run Curve

그림11은 PSS Profile에서의 주행곡선을 보여준다.

ATP 제한 속도에 의한 자동 속도 조절기능에 따라 주행하던 열차는 PSS Profile 구간에 진입함에 따라 정위치 정차하기 위해 계산된 Profile에 의해 목표 속도 값이 결정되고 ATO는 Braking 명령을 제동장치로 전달하여 Exponential Profile 구간 및 Linear Profile 구간을 거쳐 정차 지점에 정위치 정차함을 확인 할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 ATC 시스템(SG-100)에 대해 고장 추적 방법, 자동운전 적용 방법 및 그 결과에 대해 언급하였다. 시험기를 통하여 안전성 및 신뢰성에 대해 사전 검증하였으며, 이렇게 함으로써 설계 기간 단축 및 유지 보수에 대한 효율을 높일 수 있었다. 또한 시험운전 및 본선 영업운전을 통해 안전성 및 신뢰성의 입증은 물론, 안정적인 승차감과 높은 수준의 정위치 정차를 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 한국철도차량(1999), "SMG 6호선 ATC/ATO/TWC System Description"
2. 한국철도차량(1999), "고유모델 ATC/ATO/TWC System Description"
3. (주)로템(2002), "광주도시철도 1호선 ATC/ATO/TWC System Description"
4. 강리택 외(2000), "차상 ATC/ATO/TWC 시스템의 열차 자동운전 구현의 현차 시험 결과고찰, 한국철도학회 2000년도 추계학술대회.
5. 강리택 외(1998), "ATO장치의 자동열차 속도 조절 알고리즘에 관한 연구, 한국철도학회 1998년도 추계학술대회.