

# 서울도시철도 3호선 ATC 차상신호장치 시험장치 연구개발

## Research and development of ATC onboard signaling equipment test device for Seoul Subway line 3

서경수\*<sup>†</sup>, 김영규\*, 정구인\*, 이동훈\*

Kyoung-soo Seo\*<sup>†</sup>, Young-gyu Kim\*, Ku-in Jung\*, Dong-hun Lee\*

**초 록** ATC 차상신호장치는 차량 운행중 차량의 추돌 및 과속을 방지하기 위한 중요 장치로 그 동작 및 운영에 있어 높은 신뢰성이 요구된다. 본 논문에서는 서울교통공사 3호선에서 운영하고 있는 ATC 차상신호장치의 시험을 위한 시험장치의 연구개발 내용을 소개하고 그 결과를 제시하여 도시철도차량 부품의 기능 및 성능을 시험하기 위한 시험장치 연구개발에 시사점을 주고자 하였다.

**주요어** : 도시철도차량, 차상신호장치, ATC, 시험장치, 연구개발

### 1. 서 론

서울도시철도 3호선에서 사용하는 열차보호 장치인 ATC(Automatic Train Control) 차상신호장치는 지시속도 초과 및 추돌을 방지하기 위해 지상장치로부터 수신된 속도코드를 운전실 내 ADU(Aspect Display Unit)에 표시하여 승무원이 지시속도 이하로 운행하게 하는 중요한 장치이다. ATC 차상신호장치의 기능 및 성능을 시험하기 위한 시험장치인 ATC Simulator는 장기사용에 따른 노후화로 ATC 차상신호장치의 성능을 정밀하게 시험하지 못하여 차량운영에 어려움이 발생하고 있다. 따라서 이러한 어려움을 해소하기 위해 유지관리 운영 현장의 요구사항 및 최신기술을 적용한 ATC 차상신호장치 시험장치를 연구개발하게 되었다.

본 논문에서는 서울교통공사 3호선에서 사용하고 있는 ATC 차상신호장치 시험장치의 개발을 위해 현장의 요구사항 파악부터 시스템 분석을 통한 설계 및 개발 완료까지 고려사항 제시 및 개발 내용을 소개하여 도시철도차량 부품의 기능을 시험하기 위한 시험기 연구개발에 시사점을 제시하고자 한다.

<sup>†</sup> 교신저자: 서울교통공사 도시철도연구원  
(lifetide@seoulmetro.co.kr)

\* 서울교통공사 도시철도연구원

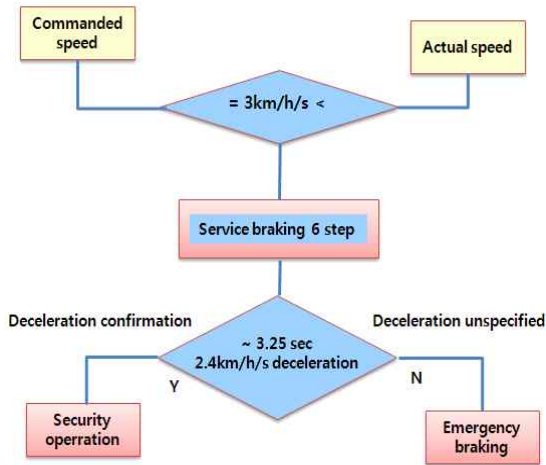
### 2. 본 론

#### 2.1 ATC 시스템 및 차상신호장치 개요

ATC 시스템은 속도코드방식(speed code method)의 차량 보호 시스템으로 중앙 지상 설비 CTC(Centralized Traffic Control)가 선행열차의 점유 상태 및 속도를 파악하여 사전에 설정된 속도코드를 궤도회로를 통해 후속 열차에 전송하는 방법으로 열차의 안전운행을 지원한다. 차량에 설치된 차상신호장치는 안테나(Pick-up Coil)를 통해 열차운전 제한속도 지령(속도코드)을 수신하여 차내 ADU에 표시하며 지시된 제한속도와 실제 차량 운행속도를 연속적으로 비교하여 승무원이 제한속도 이하의 안전속도를 유지하며 운행하도록 하는 신호시스템이다.

만일 승무원이 ADU에 지시된 제한속도를 3km/h이상 초과(OV: Over Velocity)하게 되면 경보 발생과 함께 즉시 상용제동 최대 제동지령(Service Braking 6 Step)이 발생하여 제동이 체결되며 상용제동 최대제동 체결 후 3.25 Sec 안에 차량의 감속도가 2.4km/h/s 이상이 되면 상용제동이 계속 작동되고 감속도가 그 이하이면 비상제동 지령이 발생하여 차량을 안전속도 이하로 감속하게 하거나 정지 시킨다.

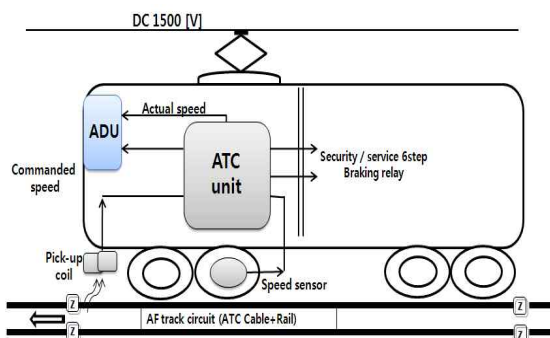
Fig. 1은 ATC 차상신호 시스템의 속도초과 시 제동 알고리즘을 보여준다.



**Fig. 1** Braking Algorithm for Over Velocity of Train Operation

ATC 차상신호장치는 핵심 제어장치인 차상신호장치(ATC Unit), 승무원에게 현재속도와 지상장비에서 전송된 속도코드에 따른 지시속도를 비교하여 표시 하는 ADU(Asspect Display Unit), 속도코드를 수신하는 안테나(Pick-up Coil), 차량의 속도를 측정하기 위한 Speed Sensor(Axle Generator)로 구성되어 있다.

Fig. 2는 ATC 차상신호장치 시스템의 기기 구성을 보여준다.



**Fig. 2** Device Configuration of ATC Onboard Signaling Equipment for Train

## 2.2 시험장치 개발 개념 설정

ATC 차상신호장치의 기능을 시험하는 기존 ATC Simulator는 장기사용으로 인한 성능저하와 고장발생으로 차상신호장치의 점검 및 운용에 여러 어려움이 발생하고 있어 성능이 개선된 새로운 시험장치가 필요성이 증대됨

에 따라 개발하게 되었다.

개발과정은 현장의 개발 요구사항 수집을 시작으로 시스템 분석, 개념설계, 상세설계, 제작, 기능시험 및 현장적용의 순으로 시행하였다.

효과적인 사용이 가능한 ATC 차상신호장치 시험장치를 개발하기 위해 운영 현장 인터뷰를 통해 기존시험기에 대비하여 다음과 같이 개선 요구사항을 수집하였다.

- 1) 시험장치 구성 : 시험장치의 활용도 및 운영 효과성 증대를 위해 시험실 설치용 고정식 시험장치와 차량에서 이동 사용하는 이동식 시험장치로 구분하여 개발 필요.
- 2) 소형경량 및 높은 내구성 : 현차에서 이동 사용하는 시험기의 특성상 소형 경량 및 높은 내구성이 필요함.
- 3) 표시부의 시안성 개선 : 작업자의 시험장치 조작성 및 결과의 빠른 인지를 위해 출력 표시부의 시안성 개선 필요.
- 4) 표시부 현시 및 출력내용 추가 : 여러 출력결과의 동시 비교를 통해 종합적인 판단이 가능하도록 현시내용 개선.
- 5) 입력 개선 : 시험 대상물에 현재속도, 속도지령과 같은 가상신호 입력 시 정밀한 입력이 가능 하도록 입력단위를 세밀화.
- 6) 자동시험 기능: 사전에 정의된 시나리오에 의한 자동시험 기능 필요.
- 7) 속도초과 시간 측정 기능 : 실제속도가 지시속도를 3km/h 이상 초과하고 3초 이내에 감속도 2.4km/h/s에 도달하지 못할 시 비상제동 체결 알고리즘의 정확성을 확인하기 위한 시간측정 기능
- 8) Aging 시험 기능 : 간헐적으로 발생하는 장치의 동작 오류를 탐지하기 위한 Aging 시험기능 필요.
- 9) 시험장치 관리 SW : 시험 시나리오에 의한 자동시험 및 시험결과의 관리를 위한 시험장치 관리 종합 SW 필요

운영현장에서 수집된 요구사항을 바탕으로 다음과 같은 시험장치의 개발 개념을 설정하였다.

- 1) 시험장치 구성 : 시험실 설치용 고정식 시험기 및 차량 현장에서 사용하는 이동식의 2식 구성 개발
- 2) 소형경량 및 내구성 : 경량의 알루미늄 케이스와 높은 내구성을 가지는 군사용 사양을 적용한 케이블 체결장치를 채용하고 기본 기능만 내장한 이동식 시험장치 구현으로 소형 경량화
- 3) 표시부의 시안성 개선 : 관련된 출력 내용을 쉽고 빠르게 비교할 수 있도록 고려하여 표시부의 배열을 구성
- 4) 표시부 현시 및 출력내용 추가 : 현재 속도, 수신 Code Rate 및 해당 주파수, 지시속도를 동시에 현시 하도록 출력부 구성
- 5) 입력 방법 개선 : 현재 속도의 정밀 입력 가능한 입력 Device 채용
- 6) 자동시험 기능: 사전에 정의된 시나리오에 의한 자동검사 기능 구현
- 7) 속도초과 시간 측정 기능 : 비상제동 체결 제어의 정확성을 확인하기 위한 시간측정 기능
- 8) Aging 시험 기능 : 간헐적으로 발생하는 오류를 탐지하기 위한 최대 100회 반복 Aging 시험기능
- 9) 시험장치 관리용 SW : 자동 시험의 시나리오 설정, 시험 및 결과의 종합적 관리와 리포팅을 위한 시험장치 관리 종합 SW 개발

### 2.3 시험장치 시험 기능 구성

운영현장에서 수집된 요구사항에 따른 개발 개념에 맞추어 ATC 차상신호장치 시험장치의 검사 기능을 다음과 같이 결정하였다.

- 1) 시험기 기본 기능 검사
  - ADU(Aspect Display Unit) 신호 기능

- Zero Speed(Velocity) 탐지 기능
- 제동 투입 지연 시간(Brake Assurance Delay Period) 측정
- 제동 작용 인지(Brake Acknowledge) 기능
- 수동시험 및 시나리오에 의한 자동시험
- 반복시험에 의한 Aging 시험 기능(최대 100회)

### 2) 시험장치 관리 S/W

- 모드 선택, 시험지령 생성 및 출력
- 본선운행 주행모드 편집
- 시험 결과값 현시, 시험결과 저장
- 시험 결과 레포팅(프린팅) 기능

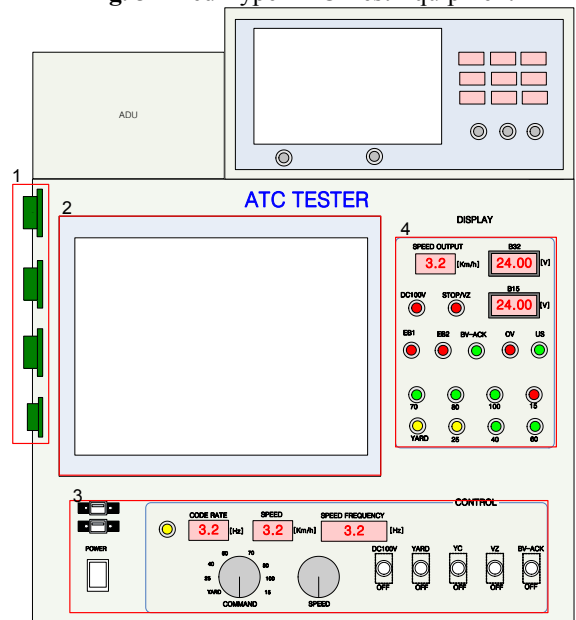
### 3) 자동 시험 및 반복 Aging 시험

- 본선운행과 동일 조건에서 시험이 가능한 자동 시뮬레이션 시험
- 운행중 간헐적으로 발생하는 고장의 검지 및 판별을 위한 Aging 시험기능 (최대 100회 자동시험 반복)

### 2.4 시험장치 설계 제작

시험장치는 고정식과 이동식 2식으로 설계하였으며 외형도는 각각 Fig. 3,4와 같다.

Fig. 3 Fixed Type ATC Test Equipment



고정식 시험장치의 주요 구성은 시험장치를 제어하는 관리용 SW가 설치된 Panel PC, 제어지령 생성 및 연산을 담당하는 Micro

Controller Unit PCB, 시험 항목별 시험 지령에 따른 각종 신호 생성 및 Interface를 담당하는 Signal PCB 등으로 구성되었다.

또한 부가적으로 시험장치 전원공급용 Power PCB, 지령값의 수동입력 및 출력을 위한 각종 SW류와 표시장치, 필요시 PCB의 파형을 측정하기 위한 오실로스코프 등으로 구성되었다.

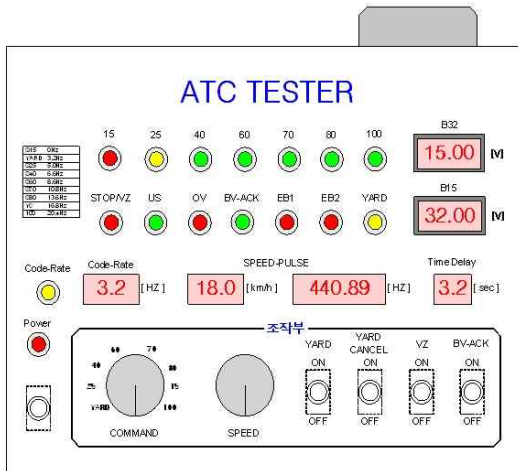


Fig. 4 Portable Type ATC Test Equipment

Fig. 5, 6은 각각 고정식 시험장치 및 이동식 시험장치의 블록도 및 결선을 보여주며 Fig. 7,8은 각각 개발 완료된 고정식 및 이동식 시험장치를 보여 준다.

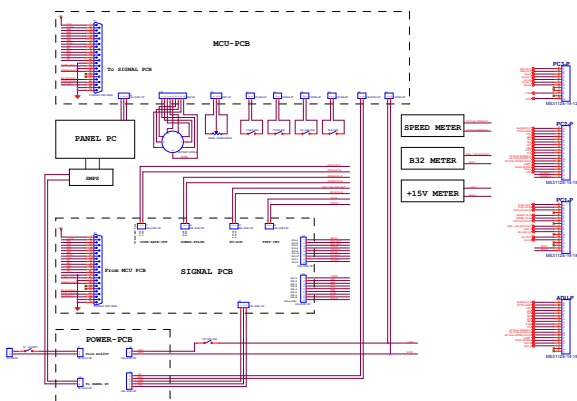


Fig. 5 Block & Wire Diagram for Fixed ATC Test Equipment

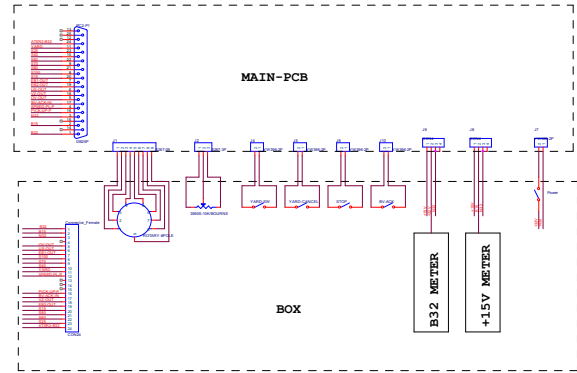


Fig. 6 Block & Wire Diagram for portable ATC Test Equipment



Fig. 7 Developed ATC Test Equipment (Fixed Type)



Fig. 8 Developed ATC Test Equipment (Portable Type)

## 2.4 시험장치 MPU 및 속도코드 주파수 발생 회로

고정식 시험장치에 사용된 MPU는 ATMEL사의 AT90CAN64-15AZ Automotive타입이 사용되었다. 이 MCU는 열악한 환경에 견딜 수 있도록

설계된 MCU로 125℃ 온도 범위까지 사용이 가능하며 MPU 내부에 64KB 플래시 메모리와 8KB의 SRAM, I/O장치들이 내장되어 외부에 별도의 장치 없이 독자적으로 동작이 가능하다. 시험기 입력을 위한 차량의 주행 속도인 Speed Pulse는 MCU에 내장된 Pulse 발생 기능을 이용해 원하는 주파수의 Pulse를 발생시킬 수 있다.

Fig. 9는 고정식 시험장치의 MPU 회로를 보여준다.

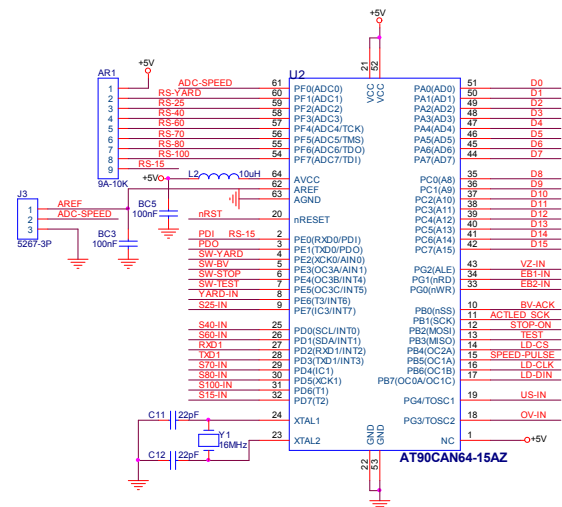


Fig. 9 MPU Circuit for Fixed Type Test Equipment

각 속도코드의 코드 주파수는 ML2038이라는 Programable Sinewave Generator IC에 의해 발생 된다. ML2038은 디지털제어에 의해 원하는 주파수의 정현파를 발생시킬 수 있다. Fig. 10은 속도주파수 발생회로를 보여준다.

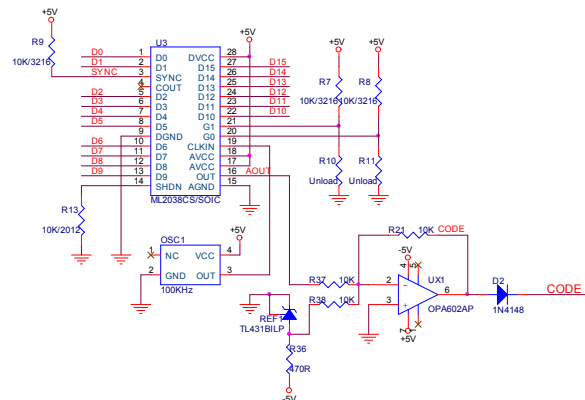


Fig. 10 ML2038 Sinewave Generator

## 2.5 시험장치 관리 SW

시험장치의 관리를 위한 SW는 시험자의 임의 입력에 의한 수동시험 뿐만 아니라 시나리오에 의한 자동시험을 수행하고 시험결과를 관리하며 작업자에게 보고서를 Reporting을 하는 등 시험장치를 종합적으로 관리할 수 있도록 개발되었다.

시험장치 관리 SW에서는 본선주행 모드를 편집할 수 있는 기능을 가지고 있어 작업자가 필요에 의해 커스텀화된 본선주행 시나리오를 만들어 본선주행 조건과 동일조건의 시험도 가능하게 하였다.

또한 시험장치 관리 SW는 설정을 통해 항목별로 시험이 가능하게 하여 작업자의 시험 편리성을 높였다. Fig. 11은 시험장치 관리 SW의 자동시험 모듈 화면을 보여주며 Fig. 12는 시험장치 관리 SW의 주행조건을 편집하기 위한 화면을 보여준다.



Fig. 11 Automatic Testing Window in Test Management SW

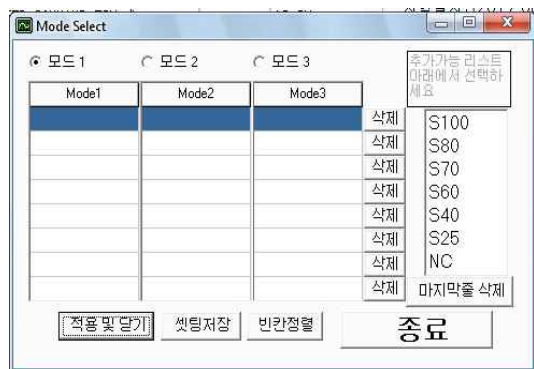


Fig. 12 Editing Window for Driving Condition

### 3. 결론

ATC 차상신호장치는 차량의 주행중 사고예방 및 운행 안정성을 위해 중요한 장치로 이상 및 고장발생 원인의 정확한 분석과 파악은 매우 중요하다.

본 논문은 서울교통공사 3호선에서 사용하는 기존 ATC 차상신호장치 시험기인 ATC Simulator의 노후 및 진부화에 따른 현장 차량운영의 어려움 해소 및 ATC 차상신호장치의 정밀한 시험을 위해 시험실 설치용 고정식과 현차에서 이동하여 사용 가능한 이동식으로 구분하여 개발을 완료하고 그 과정 및 내용을 제시하였다.

ATC 차상신호장치 시험장치의 개발에 있어 현장의 요구사항을 수집하고 이를 바탕으로 개발 컨셉을 설정하여 현차운행조건과 동일한 조건의 자동시험, 간헐적으로 발생하는 고장을 탐지하기 위한 반복 Aging 시험, 시험장치 관리용 SW를 개발하는 등 사용자 편리성과 함께 효과적인 시험장치가 개발될 수 있도록 하였다.

본 시험장치 연구개발 사례를 통해 도시철도 차량의 부품을 시험하는 시험장비의 개선 및 개발을 위한 현장 요구사항 반영 및 개념설계 등에 시사점을 줄 수 있을 것이라 판단한다.

### 참고문헌

- [1] Seoul Metropolitan Subway Coporation. (1991). Seoul Subway Line #3 Rolling Stock Maintenance Instruction Manual. Vol 4
- [2] Seoul Metropolitan Subway Coporation. (1991). Seoul Subway Line #4 Rolling Stock Maintenance Instruction Manual. Vol 4
- [3] Seoul Metropolitan Subway Coporation. (1993). Seoul Subway AC DC VVVF Rolling Stock Maintenance Instruction Manual. Vol 6
- [4] Seoul Metropolitan Subway Coporation. (1994). Seoul Subway Line #4 DC VVVF(170R) Rolling Stock Maintenance Instruction Manual. Vol 6
- [5] Seoulmetro. (2010). Seoulmetro Line #3 VVVF (340R) Rolling Stock Maintenance Instruction Manual. Vol 4