

**분당선 도시철도 운전모드와 ATC시스템
동작알고리즘에 관한 연구**

**A Study on Bundang-line Urban Transit Operation Mode
and Operation Algorithm Analysis of an ATC System**

김종기* 이기서**
Kim, Jong-ki Lee, Key-soe

Abstract

ATC(Automatic Train Control) system employed in Bundang urban transit is operated in accordance with automatic blocking equipment. Using AF(Audio Frequency) track circuits installed at a block section, the block signal is automatically controlled and the safety of train operation is supported. In this paper, we investigate the operation mode of bundang urban transit and analyze the operation algorithm of ATC on-board system.

1. 서 론

분당선의 신호시스템은 본선신호장치, 차량기지 구내 신호장치로 구성된다. 본선신호장치로서는 ATC 및 궤도회로 장치, 연동장치 등이 포함된다. 이러한 장치들은 열차안전운행, 신뢰성 있는 열차운전 및 제어를 위하여 설치되었으며, 분기기가 있는 연동장치 역에는 전기선로전환기 및 신호기가 설치되고 제어반에서 제어된다. ATC 설비는 지상의 차상신호 송신장치, 차상의 차상신호 수신장치, 과속검지 장치, 제동확인장치들로 구성되어 있다. 차량기지는 전 구내에 신호장치가 설비되어, 주요 유치선에는 운행 전 차상장치의 차상신호 수신 상태를 시험하도록 되어 있다.

ATC시스템은 차량특성, 선로특성에 따라 완벽하게 설계된 자동폐색장치와 지상의 차상신호 송신장치, 그리고 차상의 차상신호 수신 장치 및 각종 보호 장치로 그 성능이 발휘된다. 지상장치는 AF 궤도회로와 중첩으로 설계된 차상신호 선별회로와 Cab Enable 논리회로에 의하여 AF와 같은 경로를 통하여 레일에 전송된다. ATC 차상장치는 지상에서 송신된 차상신호를 수신 및 해석하여 열차의 각종 운전제어에 활용된다.

그림1은 분당선 ATC 차상시스템 구성도를 나타낸 것이며, 운전실 내에서 각종 표시와 경고 그리고 과속방지를 보장할 목적으로 아래와 같은 기능을 수행한다.

* 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 책임연구원, 정회원

** 광운대학교 제어계측공학과 교수, 정회원

- 1) 전원공급은 열차에서 사용되는 100V DC 전원을 입력 받아 32V DC 정격 출력 및 약 15V DC 출력을 차상 ATC 장치에 제공한다.
- 2) 지상신호 수신 기능은 운전실 감지 Coil에서 수신한 990Hz 신호를 받아서 이를 다시 동조 수신증폭기에 가한다. 이 신호는 복조되어져서, 속도제어 Code Rate의 7개의 Decoder Filter로 보내진다. Decoder PCB(Passive Filter Decoder)는 여자신호를 조속기 논리에 제공하는데, 이 조속기 논리는 가장 보편적이고 제어속도인 25, 40, 60, 70, 80, 100 km/h나 혹은 Yard(25km/h)을 나타낸다.
- 3) 실제속도 수신 기능은 Speed Sensor로부터 Shaper-Limiter V=O PCB로 수신된 속도신호를 Square Wave로 바꾸며 그 출력을 활용하며, 이 신호를 조속기("Relay Driver") PCB 및 제로속도(V=O) Relay로 보낸다.
- 4) 과속검출 기능은 조속기가 속도 입력신호를 Shaper-Limiter V=O PCB로부터 접수하여 이를 7개의 Decoder PCB들 중 하나로부터 온 제어속도 입력치에 비교한다든지 아니면 Latching과 Gate를 경유함으로써 비교할 때, 과속탐지 기능이 수행된다.
- 5) 제동보장 기능은 과속 System 전체는 제동보장기능에 의해서 감독된다. 이 기능에 의해, 상용 제동장치에 대한 보조역으로써 비상제동 기능을 준비함으로써 열차의 제동기능을 확실히 보장하는 것이다. 그리고 이 비상제동기는 과속상태가 탐지되는 여하한 경우라도 자동적으로 필요해진다. 과속탐지 기능장치가 과속상태를 탐지하면, 상용제동을 거는 일이 즉각 필요하며 아울러 거의 동시에 간접적으로 비상 제동을 이용해야 한다. 그러나 상용제동 장치가 과속 탐지하는 시간을 허용하도록, 비상 제동은 3초간 지연시간을 둔 다음 사용하게 되므로, 이에 따라서 열차가 갑자기 정차하는 일이 없게 된다. Decelerometer(감속측정기)는 상용제동을 이용해 안전감소율의 성과를 기할 수 있으나 없나를 결정하는 역할을 수행한다. (2.4 km/h/sec 또는 이상). 이 안전율(속도)는 3초간의 지연시간 이내에 탐지되어야 하며, 그렇지 못한 경우는 비상제동을 이용하여 열차를 강제로 정지시켜야 한다
- 6) 제로속도 탐지 기능은 제로속도 탐지기능은 Shaper-Limiter V=O PCB로부터 실제속도 신호를 접수하여, 열차가 정지시 Relay를 가동시킨다. 이로 말미암아 Pseudo Speed Signal(10Hz)가 과속 System을 충족시킬 수 있게 해준다. 이 신호는 Shaper-Limiter V=O PCB에 의해 발생되며, 이 Shaper-Limiter V=O PCB는 V=O Relay를 여자시키며, 아울러 US Relay를 계속하여 여자된 상태에 있도록 유지한다. 이 상태 하에서 열차의 문들이 작동 가능하다. 제로속도 탐지 기능은, 또한 Stop이나 진행상태에서 열차가 동작할 수 있게 해준다.
- 7) 제동허용 기능은 상용 제동을 필요에 의해 이용한 후, 기관사의 열차 추진장치를 다시 콘트롤할 수 있게 해준다. 앞서 언급했듯이, 차상 ATC장치의 과속상태 탐지기능으로 인해서, 상용제동을 써야하는 일이 자동적으로 요청된다. 운전실의 ADU 과속 경보장치가 울리고, 속도 제어 표시 등이 점멸한다. 일단, 열차가 저속도로 복귀하면, 기관사는 열차 콘트롤 장치를 제동위치로 움직여서, 열차의 추진장치를 다시 콘트롤 한다. 기관사가, 이러한 순서를 밟고 나면, ADU Relay가 동작된다. 그리고 열차가 저속도에 이르렀을 때, 속도통제장치 (Speed Governor)로부터 온 증폭신호는 ADU Relay의 여자된 전면접촉부를 통해서 US Relay가 가동토록 해준다. 만약 열차제어 장치를 필요한 제동위치로 움직임으로써도 운전기사가 과속상태를 인정할 수 없는 경우, 열차는 정지할 때까지 계속해서 감속이 된다.
- 8) 운전실 현시 및 경보표시 기능은 Aspect Display Unit에 의해서 이뤄진다. 열차가 제어된 속도 이내에서 동작할 때, 나타난 정상표시들은, 제어속도와 실제속도이다. 과속 상태가 발생하면, 과속 경보음이 울리고 제어속도 표시 등이 점멸한다. 이 경보음은 기관사가 제동변을 소정의 제동위치로 옮김으로서, 소리가 멎는다. 그리고 저속상태에 도달하면, 표시등의 점멸이 멈춘다.

2. 분당선 도시철도 운전모드와 ATC차상장치의 동작알고리즘 분석

분당선 도시철도 운전모드는 수동, 기지, 정지·진행 Mode 등이며, 이에 따른 ATC차상장치의 동작은 다음과 같이 수행된다.

1) 수동 Mode

그림2은 분당선 도시철도의 수동운전모드Flow Chart를 나타낸 것이다.

- (1) 25, 40, 60, 80 또는 100km/h의 소도지령이 Rail로부터 운전실의 감지코일을 경유해서 접수된다.
- (2) 속도지령이 Decoder PCB에 의해 해독되고, 신호가 조속기에 전달된다.
- (3) 실제속도 (역구내의 경우 Zero)는 Speed Sensor로부터 접수되어져서 제한된, 출력의 Square Wave로 바꾸어, 그 신호는 V=O Relay와 조속기("Relay Driver")로 보내진다.
- (4) V=O Relay가 동작된다. (열차는 정차상태)
- (5) 조속기에 의해 실제소도가 지령된 속도에 비교된다.
- (6) 조속기 ("Gating") PCB는 신호를 Speed Governor (Relay Driver) PCB로 출력 전송하고, 이는 다시 저속(US) Relay로 증폭된 신호를 출력 전송한다.
- (7) 열차콘트롤 장치가 필요한 제동위치에 있는 상태에서, ACK는 MC/Brake Acknowledge Micro switch의 폐쇄된 접점으로 경유하여 여자된다.

2) 기지(Yard)모드

그림3는 분당선 도시철도 Yard운전모드의 Flow Chart를 나타낸 것이다.

- (1) 기지 속도명령이, 운전실의 감지코일을 경유해서 열차에 접수된다.
- (2) 기지 Command가, 3.2Hz Decoder에 의해서 해독된다.
- (3) Decoder 출력이 YRD 2 Relay Normal(N)을 가동시킨다.
- (4) YRD 1 Relay가 YRD 2 Relay의 전면접촉부를 지나서 여자된다.
- (5) 지령된 속도는 YRD2 Relay의 여자된 정상접촉부를 경유해서 Speed - Governor로 입력된다. 실제속도도 또한 입력된다.
- (6) 필요한 제동위치에서의 열차제어로, Speed-Governor 출력은 ACK Relay의 전면접점을 통해, US Relay를 여자시킨다.
- (7) 명령된 속도(25km/h)는, 여자된 YRD 1 Relay의 전면접촉부를 경유하여, ADU에 표시된다. 또한 Lamp는 YRD 1 전면접촉부의 다른 Set를 지난 다음 점등 된다.

3) 정지·진행 Mode

그림4는 분당선 도시철도 정지·진행 운전모드의 Flow Chart를 나타낸 것이다. 정지·진행 Mode는, 열차가 운전실의 신호 범위내에 있을 동안에 개시되며, 다음과 같은 상태에서 속도명령을 받지 않는다.

- (1) 어떠한 속도명령도 Rail로부터 접수되지 않으며, 따라서 속도명령(SC) Relay의 동작을 중단시킨다.
- (2) Speed Governor가 저속도 Relay(US)를 무여자 시키는 출력신호를 발생하지 못한다.
- (3) US Relay가 무여자일 때, US Relay의 폐쇄된 접촉부를 경유하여 자동적으로 상용제동이 적용된다.
- (4) 과속 경보기는, US 및 ACK Relay의 후면 접점을 경유 동작하고, ADU상의 지령속도 표시기는, US Relay 후면 접점을 통해 동작된다. 또한, 정지등의 동작은 YRD 2의 접점, SC와

SS(Stop And Proceed) Relay를 경유한다.

- (5) 자동 상용제동(또는 비상제동)이 열차를 정지시킨다. 기관사는, 열차제어장치를 필요한 제동 위치로 움직여서, 다시 추천 콘트롤을 할 수 있도록 한다. 이로써 ACK Relay가 여자되고 경보기는 조용해진다. 열차 정지후, US Relay는 ACK Relay 접점을 경유하여 여자되고, 점점 자신의 세트(Set)에 의해 계속 여자된다. 정지등이 어두워지고, 속도지령 표시부의 점멸이 멈춘다. 열차가 멈출때는, VZ Relay는 여자된다. 그리고 비상제동이 체결 된다는 EBR Relay가 여자된다.

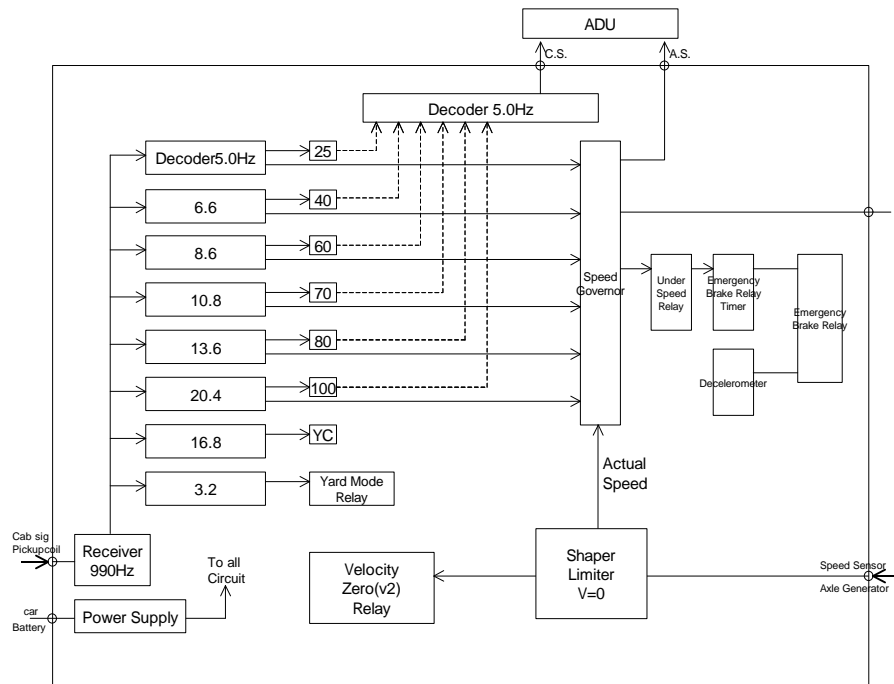


그림1. 분당선 자동열차제어(ATC) 차상시스템 구성도

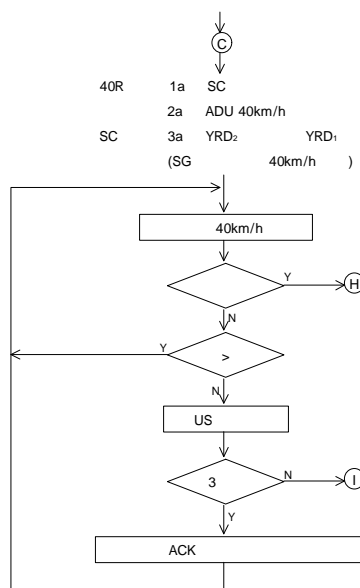


그림2. 분당선 수동모드 운전시 ATC차상장치의 동작 Flow Chart

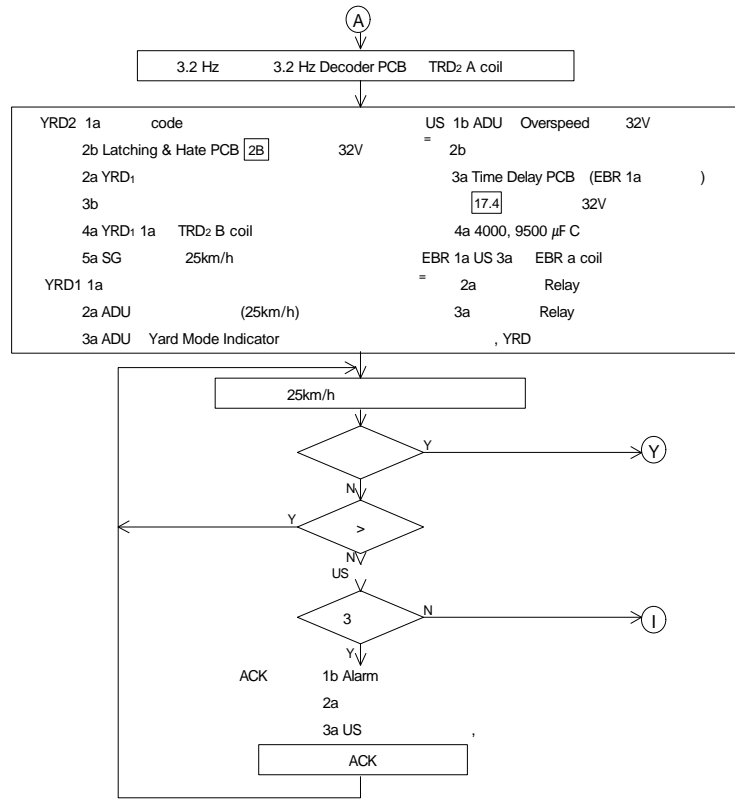


그림3. 분당선 Yard모드 운전시 ATC차상장치의 동작 Flow Chart

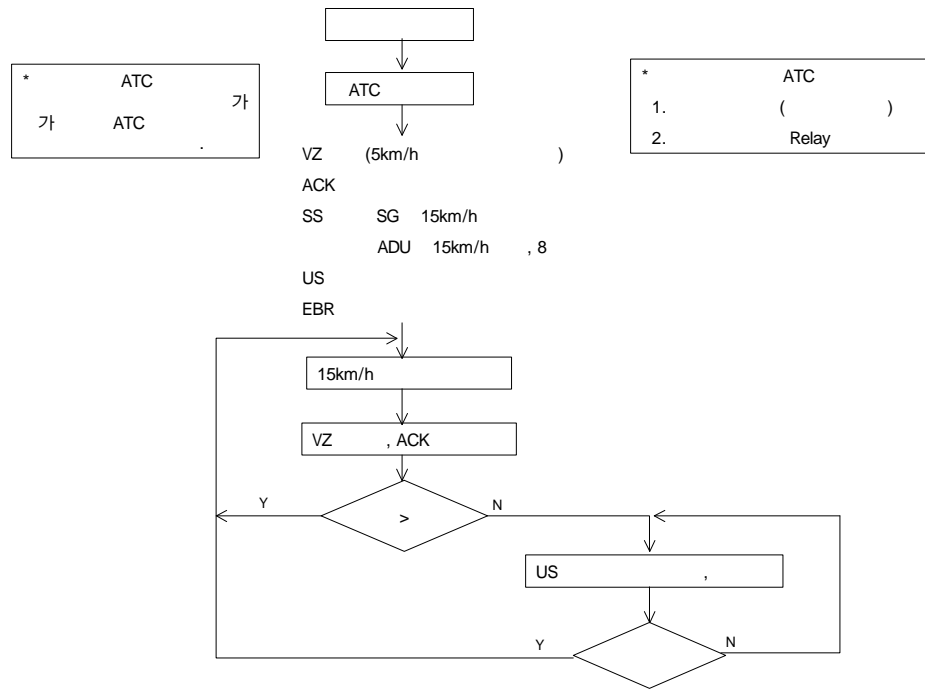


그림4. 분당선 정지 진행모드 운전시 ATC차상장치의 동작 Flow Chart

3. 결론

분당선 도시철도에서 사용중인 ATC장치의 동작알고리즘에 관하여 분석하여 각각의 운전모드에서의 역할을 확인하였다. 이는 현재 국가가 추진하고 있는 도시철도 신호시스템 표준화 사업에서 지향하고 있는 기존 도시철도의 개량에 대비하여 기존 제어장치의 동작알고리즘을 이해하기 위한 것이며, 기능이 향상된 새로운 신호시스템의 도입시 기존 장치와의 인터페이스를 원활하게 접근해 보고자 하는 의도에서 본 연구를 수행한 것이다. 이후에도 도시철도의 차상신호시스템 제어동작알고리즘에 관한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. “8-3 ATC 장치”, 분당선 도시철도 보수매뉴얼, 철도청