

KR S-07030

Rev.6, 30. June 2025

열차자동제어장치(ATC)

2025. 6.



국가철도공단

목 차

1. 용어의 정의	1
2. 일반사항	1
2.1 정보전송	1
2.2 열차속도코드	1
2.3 임시속도코드	1
2.4 열차자동제어장치 지상신호설비	1
2.5 열차자동제어장치 차상신호설비	2
3. 일반철도(전동차운행구간) 열차자동제어장치	2
3.1 임시 속도코드	2
3.2 신호 속도코드	2
3.3 열차자동제어장치 루프코일	3
3.4 궤도회로방식	3
3.5 임피던스 본드	3
4. 고속철도 열차자동제어장치	3
4.1 연속정보	3
4.2 불연속정보	3
4.3 지상장치	4
4.4 정보 전송	4
4.5 불연속정보 전송루프	5
4.6 고속철도/일반철도 인터페이스	5
해설 1. 열차자동제어장치(ATC)	6
1. ATC의 정의	6
2. ATC 운전특성곡선	6
3. ATC장치의 구성	8
3.1 ATC 감시장치	9
3.2 ATC 차상수신장치	10
4. ATC장치의 기능	10
4.1 열차검지	11
4.2 ATC신호	11



해설 2. 열차자동제어장치(ATC) 하부기능(ATO, ATP, ATS).....	14
1. 열차자동방호(ATP)	14
1.1 개요	14
1.2 기능	14
2. 열차자동운전(ATO)	15
2.1 개요	15
2.2 기능	15
3. 열차자동감시(ATS)	17
3.1 개요	17
3.2 기능	17
RECORD HISTORY	19

1. 용어의 정의

- (1) 루프케이블 : 열차자동제어장치 신호방식을 운용하는 구간에서 본선의 분기구간등과 같이 열차에 불연속 데이터 전송을 위해 설치한 케이블
- (2) 속도제한판넬(SLP : Speed Limit Panel)이라 함은 계전기실에 설치되어 일정 구역을 90km/h, 170Km/h 및 230km/h의 속도로 제한할 수 있는 장치
- (3) 채정해제스위치(LCS : Locking Cancellation Switch) : 취급하고자 하는 진로 내의 구분진로가 단락 등의 사유로 채정되어 있을 때 현장에서 레일의 이상 없음을 확인한 후 진로설정 가능 정보를 연동장치로 전송할 수 있는 스위치
- (4) 보수자 선로횡단장치(PSC : Pedestrian Staff Crossing) : 특정 지점을 보수자의 선로 횡단 가능개소로 지정하여 선로 횡단 시 열차의 접근 유무를 확인하게 하는 장치
- (5) 방호 스위치 : 보수자가 선로 변 순회, 보수 및 응급상황 발생 시 해당구간을 진입하는 열차를 정지시키거나, 속도를 제한시켜 열차의 안전운행을 확보하기 위한 장치로 신호 계전기실 및 역구내와 역간에 설치

2. 일반사항

2.1 정보 전송

- (1) 열차자동제어장치(ATC) 정보는 속도관련 연속정보로서 일반적으로 가청주파수(AF) 궤도회로를 통하여 전송하며 연속적으로 전송하여야 한다.
- (2) 속도코드 정보 전송은 제어거리를 고려한 전송방식을 선정하여야 한다.
- (3) 연속정보는 궤도회로에 의하고 불연속정보는 루프케이블에 의하여 전송한다.

2.2 열차속도코드

열차자동제어장치 구간의 열차속도코드는 차량 및 선로의 조건에 따라 단계별로 설정하며, 차량 입환 시에는 야드 모드(Yard Mode : 25km/h 이하)로 한다.

2.3 임시속도코드

- (1) 열차자동제어장치 구간에서 열차운행 간격을 조정하거나 서행할 필요가 있을 경우 **역 제어반**(LCP)에 임시속도코드 취급버튼을 설치할 수 있다.
- (2) 임시속도코드 취급버튼을 취급하면 그 구간에 "STOP" 또는 25km/h 이하의 속도코드가 송신되도록 한다.

2.4 열차자동제어장치 지상신호설비

- (1) 일반철도의 열차자동제어장치 지상신호설비는 실내의 연동장치, AF궤도회로 설비와 선로변의 임피던스 본드로 구성한다.



- (2) 고속철도의 열차자동제어장치 지상신호설비는 입환신호기, 선로전환기, 궤도회로, 열차자동제어장치(ATC) 루프(Loop), 신호마커, 전선로, 표지류 등으로 구성한다.
- (3) 역구내 분기부에 마커 또는 입환신호기를 설치하며, 진로개통의 표시를 의미한다.
- (4) 선로변 설비는 방수, 방습 구조로 하며, 부식이나 침식으로부터 잘 견디는 자재를 사용하고 무보수화를 고려한 설비로 한다.

2.5 열차자동제어장치 차상신호설비

- (1) 연속/불연속 정보 메시지, 열차 데이터 등의 수신기능
- (2) 실제 열차운행속도, 열차이동거리 등의 속도 및 거리 측정기능
- (3) 속도 제어 기능
- (4) 운행결과 제어 및 취급상태의 기록은 다음 각 호와 같다.
 - ① 열차 이동 정보(속도, 간격)
 - ② 기본적인 수집 정보
 - ③ 표시에 의해 제공된 정보
 - ④ 비상제동 제어상태
- (5) 열차자동제어장치-열차자동정지장치 연결구간 인터페이스 사항은 다음 각 호와 같다.
 - ① 열차자동제어장치(ATC) 차상설비는 열차의 전,후 동력차에 설치
 - ② 열차자동제어장치(ATC) 차상설비에 열차자동정지장치(ATS) 차상설비 추가 설치
- (6) 열차자동제어장치-열차자동방호장치 연결구간 인터페이스 사항은 다음과 같다.
 - ① 열차자동제어장치(ATC) 차상설비는 열차의 전, 후 동력차에 설치
 - ② 열차자동제어장치(ATC) 차상설비에 열차자동방호장치(ATP) 차상설비 추가 설치

3. 일반철도(전동차운행구간) 열차자동제어장치

3.1 임시 속도코드

- (1) 열차자동제어구간에서 열차운행 간격을 조정하거나 서행할 필요가 있을 경우 **역 제어반**에 임시속도코드 취급버튼을 설치할 수 있다.
- (2) 임시속도코드 취급버튼을 취급하면 그 구간에 "STOP" 또는 25km/h 이하의 속도코드가 송신되도록 한다.

3.2 신호 속도코드

열차자동제어장치 구간의 신호 속도코드는 차량 및 선로의 조건에 따라 25~120km/h로 하며, 차량 입환 시에는 야드 모드(25km/h이하)로 한다.

3.3 열차자동제어장치 루프코일

열차자동제어장치 루프(Loop)코일의 전류는 250mA 이상이어야 한다.(다만 출력파형은 단속파형임)

3.4 궤도회로방식

열차자동제어 구간에 설치하는 궤도회로는 AF궤도회로를 설치하는 것을 원칙으로 하고 다른 방식의 궤도회로 설치가 유리한 경우에는 고전압임펄스 궤도회로 또는 PF 궤도회로를 설치할 수 있다.

3.5 임피던스 본드

- (1) 임피던스 본드와 일차선류의 편측을 레일에서 차단하였을 때 궤도계전기는 낙하하여야 한다.
- (2) 임피던스 본드와 정합트랜스와의 리드선 길이는 12m이내로 하여야 한다.

4. 고속철도 열차자동제어장치

4.1 연속정보

- (1) 연속정보의 전송주기는 448ms로 한다.
- (2) 신호변조방식은 27비트로 구성된 초저주파 형태로 한다.
- (3) 연속정보의 내용
 - ① 실행속도(Ve) : 폐색구간 진입속도
 - ② 명령속도(Vc) : 폐색구간의 끝에서 준수해야 하는 속도
 - ③ 예고속도(Va) : 다음 폐색구간의 끝에서 준수해야 하는 속도
 - ④ 목표거리
 - ⑤ 폐색의 평균 구배(경사도)
 - ⑥ 열차가 운행 중인 선구에 관한 기타 정보

4.2 불연속정보

- (1) 사용되는 반송주파수는 125kHz로 하고, 62.5kHz로 변조하여 두 개의 루프로 전송한다.
- (2) 불연속정보의 내용은 다음 각 호와 같다.
 - ① 열차자동제어장치(ATC) 구간으로의 진입 및 열차자동제어장치(ATC) 구간에서의 진출 정보
 - ② 터널 진입, 진출에 따른 차내 기밀설비 동작 및 해제 정보
 - ③ 절대정지구간 제어 정보
 - ④ 전차선 절연구분장치 정보
 - ⑤ 궤도회로 주파수 채널 변경 정보(건널선용)
 - ⑥ 차축온도검지장치 정보용



4.3 지상장치

- (1) 원격제어의 최대 범위는 한쪽을 7.5km로 하여 총 15km로 한다.
- (2) 한 폐색구간의 길이는 1,500m를 원칙으로 하며 운전시각 빈도에 따라 폐색구간의 길이를 확장할 수 있고, 폐색구간은 열차의 안전 운행과 운행효율이 최대한 확보되도록 분할되어야 한다.
- (3) 폐색구간은 하나 또는 둘 이상의 궤도회로로 구성할 수 있다.
- (4) 각 장치의 전원전압은 DC 24V로 한다.
- (5) 처리랙(PTR)과 처리랙 전원보드(CAT)는 이중화로 구성되어야 하며 수동 절체와 장애시 자동 절체가 가능해야 한다.
- (6) 인접 계전기실간의 열차자동제어장치는 서로 연결되어야 하며 그 연결은 이중화하여야 한다.
- (7) 각 장비의 숫자는 최대 수용량을 고려하여 적절하게 선정하여야 한다.
- (8) 유지보수에 관한 정보를 실시간으로 열차자동제어장치 유지보수 컴퓨터(LME)에 전송하여야 한다.

4.4 정보 전송

- (1) 연속정보와 불연속정보로 분류하며, 열차집중제어장치(CTC)와 연동장치 운영에 필요한 현장 정보를 실시간 제공하여야 한다.
- (2) 연속정보는 가청주파수(AF) 궤도회로를 통하여 전송하며, 속도관련 정보로서 시스템에 따른 일정주기로 전송하여야 한다.
- (3) 연속정보의 내용은 명령속도, 예고속도, 목표거리, 폐색의 평균 구배(경사도), 열차가 운행 중인 선구에 관한 기타 정보 등으로 한다.
- (4) 불연속정보는 열차자동제어장치 구간의 진입·진출, 절대정지구간의 제어정보 등을 전송하며, 루프(Loop) 설치규격은 신호제어설비에 따른 규격을 적용한다.
- (5) 불연속정보 전송구간은 다음과 같다.
 - ① 절대정지 구간
 - ② 터널 구간
 - ③ 운전모드절체 구간
 - ④ 운전방향변경 구간
 - ⑤ 차축온도검지장치 구간
 - ⑥ 전차선 절연구간 예고 구간
 - ⑦ 전차선 선로차단기개방 구간
 - ⑧ 팬터 하강 예고 구간
 - ⑨ 팬터 하강 구간

4.5 불연속정보 전송루프

- (1) 루프의 길이는 4.5m와 7m로 하며 선구의 최고속도가 230km/h를 초과할 때는 7m 루프를 설치해야 한다.
- (2) 루프 간의 간격은 20m 이상이어야 한다.
- (3) 무절연 장치 개소와 침단에서 크로싱 끝부분까지는 설치할 수 없다.
- (4) 하나의 루프로 정방향과 역방향 열차에 대한 정보 전송을 할 수 있다.
- (5) 각 부분별 사용하는 회선의 종류는 다음 각 호와 같다.
 - ① 루프 : 6mm² SCNV-S 케이블
 - ② 정합변성기(Tad125)와 접속함간 : 2-pair ZPFU
 - ③ 접속함과 계전기실 단말랙간 : ZCO3(최대 7km)
 - ④ 계전기실 단말랙과 PEU간 : 6-pair ZUT
- (6) 루프와 정합변성기(Tad125) 간의 회선은 28mm 외장(Sheath) 보호관이나 동등 이상의 규격품으로 보호하여야 한다.

4.6 고속철도/일반철도 인터페이스

- (1) 고속철도가 일반철도와 연결될 경우에는 열차 안전운행에 지장이 없도록 열차 운행속도 체계, 비상정지 체계 등을 고려하여야 한다.
- (2) 고속철도와 일반철도의 경계부분에 대해서는 궤도회로정보, 연동장치정보 및 표시정보 등을 상호 교환하여 운행에 지장이 없도록 하여야 한다.



해설 1. 열차자동제어장치(ATC)

1. ATC의 정의

ATC는 열차이동에 대한 제어 및 열차의 안정성과 열차운영 명령을 자동으로 실행하는 장치로 열차자동방호(ATP), 열차자동운전(ATO) 및 열차자동감시(ATS) 등의 기능이 있다. 선행열차의 위치, 운행진로 등 선로의 제반조건에 따른 정보코드가 선로를 통하여 차상으로 전송되며, 차상에서는 지상에서 전송된 정보를 표시장치에 현시한다. 열차자동제어장치는 차량을 안전하고 효율적으로 이동시키기 위해 주로 사용하며 이에 대한 구조는 각각의 사용 시스템에 따라 약간의 차이를 가져오지만 대부분은 <그림 1>과 같은 형태의 구조 및 기능을 가진다.

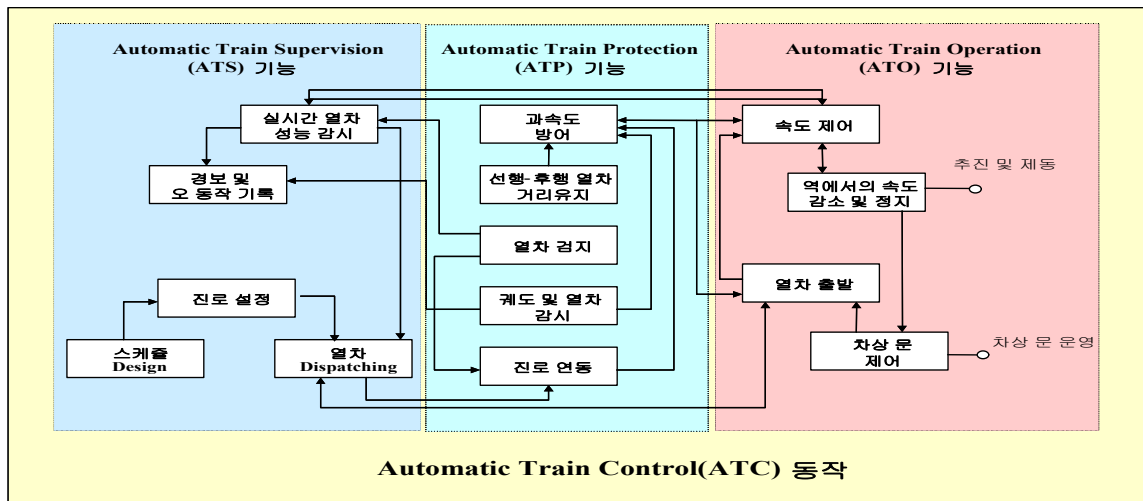


그림 1. ATC 동작 계통도

2. ATC 운전특성곡선

ATC장치의 탑재차량은 과속상황이 발생하면 즉시 상용제동이 작동된다. 동시에 비상제동을 요청하여 제동률이 2.4km/h/s 이상이 되면 계속 상용제동으로 작동하며, 제동률이 그 이하이면 비상제동이 작동된다. ,그림 2>의 A가 정상적인 비상제동곡선이다. 그러나 차량의 특성악화로 인한 제동률 저하를 고려하여 열차안전운행의 입장은 최악조건에서의 제동거리를 필요로 한다. 신호에서 요구하는 제동거리는 B와 같은 최악조건 상황에서도 안전제동거리가 보장되어야 한다.

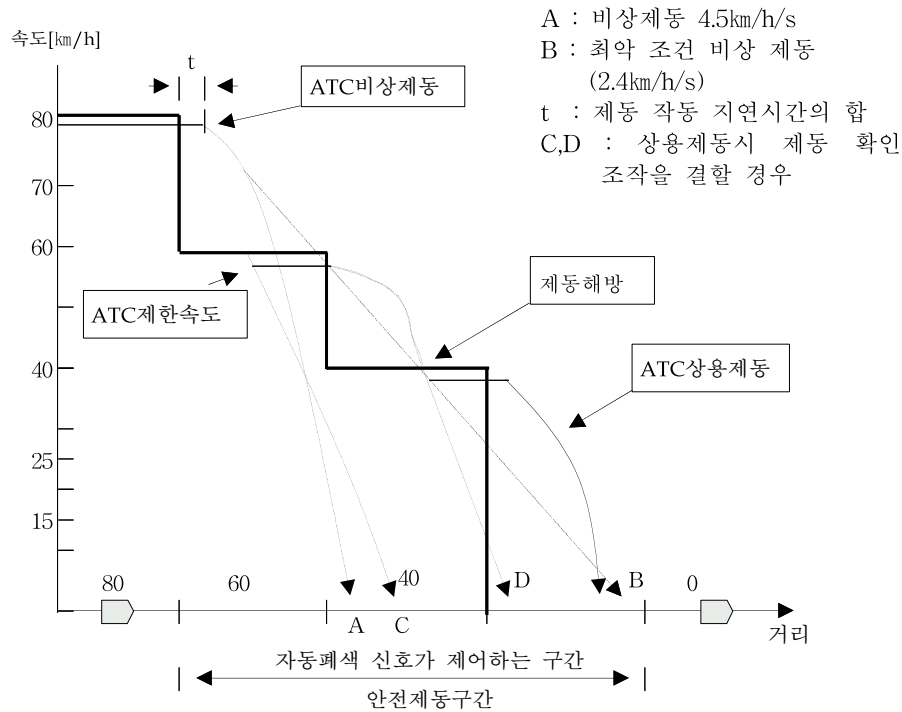


그림 2. 비상제동 운전곡선

일반적으로 운행 중인 열차가 제동을 시작하여 완전히 정차하는데 소요되는 이론상 제동거리는 다음과 같은 공식으로 표현한다.

$$S = S_1 + S_2 + L = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{7.2\beta} + L \quad (1)$$

S : 제동거리[m]

S_1 : 공주거리[m]

S_2 : 실제제동거리[m]

T : 공주시간[초] -과속을 검지하고 실제 감속이 이루어지기 전까지의 모든 시간

L : 제동여유거리[m]

β : 감속도[km/h/s], [1M/S/S = 3.6km/h/s]

감속도는 차량고유의 감속도와 구배저항, 주행저항, 곡선저항 등 열차운행의 물리적인 저항요소를 합한 것을 말한다.

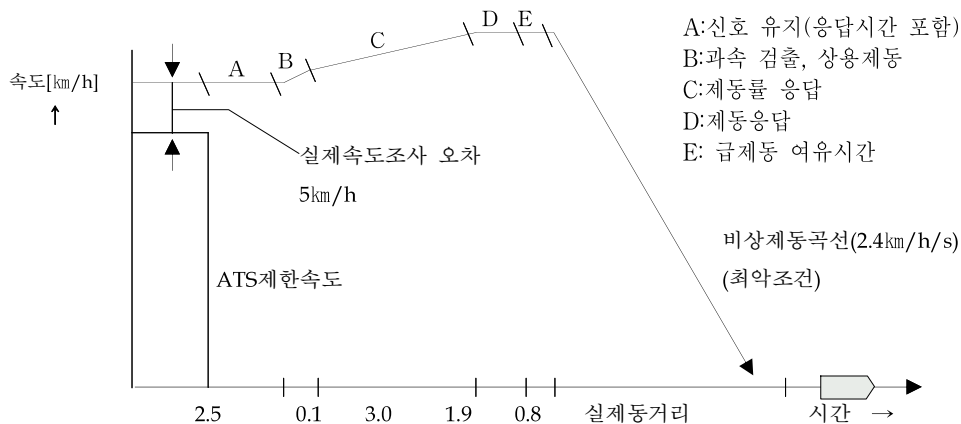


그림 3. ATC 운전특성곡선

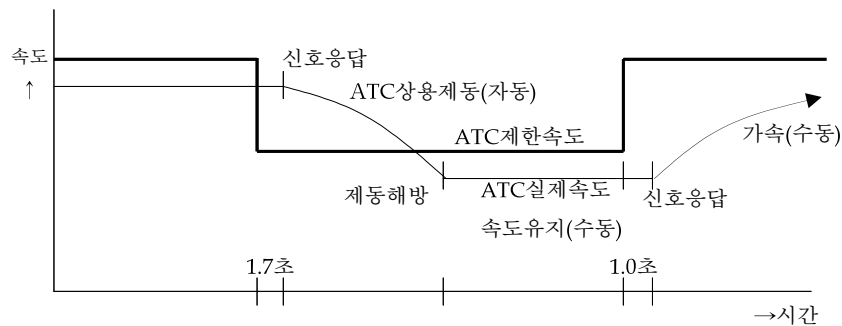


그림 4. ATC 구간의 열차운전

<그림 4>는 실제 적용된 비상제동곡선을 자세하게 나타내고 있다. 자동폐색구간에 운행하는 열차는 해당 제어구간에 대하여 주어진 모든 속도에서 이 안전제동거리와 충분한 여유거리를 가진 상태에서 주어진 운전시격으로 운행할 때 열차안전운행이 확보된다. 자동폐색구간의 신호현시체계는 선행열차와 충분한 안전제동거리를 확보하면서 선로의 곡선, 구배, 정거장, 분기기 등의 속도제한을 받는다. 그림은 ATC 열차가 속도제한 구간을 통과할 때의 운전상황을 표시하고 있다.

3. ATC장치의 구성

ATC는 신호설비의 일부분으로서 열차상호간에 안전을 확보하여 운행열차를 제어하는 장치로서 열차속도를 제한하는 폐색구간에 제한속도 이상으로 운행되는 열차에 대하여 자동적으로 제동이 걸리게 하여 열차속도를 제어하는 장치이며 전동차제어기(Train Control)에 설치된 ATC 차상장치와 지상에 설치되어 차량의 진행조건을 나타내는 ATC 지상장치로 구성된다.

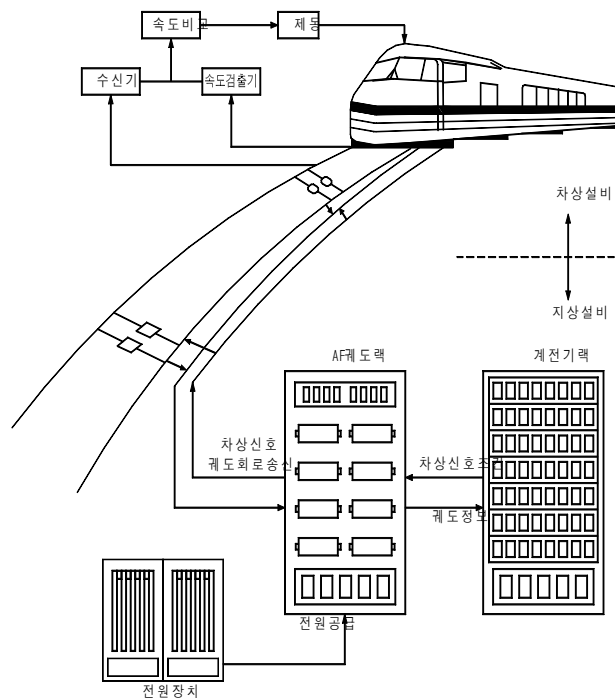


그림 5. ATC장치의 구성

3.1 ATC 감시장치

ATC장치는 200km/h이상 고속운행을 안전하게 운행할 수 있도록 하기 위하여 필요한 장치로 기본적인 구성은 ATC 지상송·수신기와 ATC 차상수신기로 구성되어 있다.

지상설비에는 ATC 송·수신기 이외에도 ATC의 주변장치로서 연동장치, 급전구분 절체제어장치, 신호용 부호송수신기, 한계지장검지장치, 열차방호장치 및 케이블 혼촉검지장치 등이 있어 열차운행을 안전하게 한다. 또 ATC 신호는 케이블 및 궤도 회로에 의하여 ATC 차상수신기에 전달되어 제동기구와 결합하여 열차의 속도를 제어한다.

ATC장치에 고장이 발생하면 고속운행의 안전확보가 어려워지며 짧은 시간의 고장이라 하더라도 열차운행에 큰 지장을 초래하게 되어 ATC에 대한 신뢰도가 떨어진다. 또 고장이 발생했을 때 그 원인을 신속히 규명하거나, 고장의 사전 발견과 고장수리에 신속하게 대처하기 위하여 ATC 감시장치가 필요하다.

감시장치는 ATC장치와 같은 신뢰도가 있어야 하며 ATC장치의 동작상태 및 지상장치의 모든 송신신호, 고장발생이나 ATC장치의 동작상태 및 지상장치의 모든 송신신호, 고장 발생이나 ATC 신호현시 순간의 변화 등을 기록하며 기록된 자료에 따라 보수자는 ATC장치가 항상 정상적인 기능을 유지할 수 있도록 해 주는 보조적인 장치이다.



3.2 ATC 차상수신장치

3.2.1 ATC 수신기

좌우레일을 열차의 차축이 단락시키면서 진행하기 때문에 궤도회로부터 보내져 오는 ATC 신호는 송전단과 선두차축 사이를 순환하여 흐르는 것으로 된다. 그러므로 선두 차축 뒤에서는 ATC 신호전류가 흐르지 않으므로 이 선두차축의 앞에 수전용의 전자코일을 놓으면 레일→차축→레일로 흐르는 ATC 신호전류의 유도를 받아서 이 코일에 ATC 신호와 같은 전압이 유기된다. 이 목적으로 열차의 선두 차축보다 앞의 레일 상의 위치에 설치되는 전자유도코일이 차상ATC수신기이다.

3.2.2 속도조사기

열차의 주행 중에는 차축에 직결된 속도발전기(TG : Tacho Generator)에 의해 열차의 현재 속도에 상당하는 속도신호전압이 항상 발전되고 있다. 이 전압은 예를 들면 시속 50km/h라면 1,000Hz, 100km라면 2,000Hz 상태로 열차속도에 비례한 주파수를 갖고 수신된 ATC 신호의 신호코드(제한속도)와 끊임없이 비교된다.

4. ATC장치의 기능

각 구간마다 열차를 검지하여서 신호정보를 송신하고 그것을 차상에서 수신하여 그 신호정보에 의해서 열차가 그 구간 내에 현재 허용된 제한속도 이하로 자동적으로 운행하면서 속도를 제어한다.

각 구간마다의 제한속도는 <그림 6>에 표시한 것처럼 지상의 신호현시를 기관사가 육안으로 확인하는 대신에 궤도회로부터 수신한 신호정보를 차상에서 수신하여 자동적으로 허용속도를 판단하여 열차의 실제 운행속도와 비교한다.

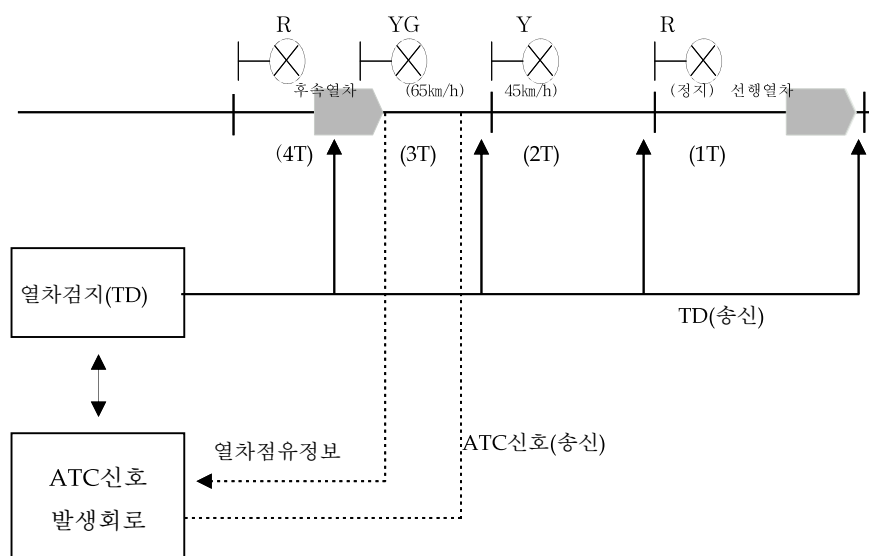


그림 6. ATC의 기본적 구성

그러므로 ATC 시스템에 있어서 궤도회로는 열차검지와 지상측으로부터 차상에 대하여 ATC 신호를 전달하는 2중 역할을 한다.

이상의 기능을 이루기 위해 ATC장치는 다음과 같은 역할을 한다.

- 각 구간의 열차검지기능
- 각 구간의 신호정보(ATC 신호) 전송기능
- 신호정보의 수신기능
- 수신정보에 따른 제한속도와 열차의 현재속도를 비교하여 열차속도를 제한속도 내로 유지하는 기능

4.1 열차검지

열차검지는 궤도회로 내에 열차 유·무를 검지하는 것으로 일반적으로 자동신호구간에 있는 궤도회로와 같다. 그러므로 유절연식, 무절연식, 저주파궤도회로, AF궤도회로 등 원리적으로는 여러 방식으로 나눌 수 있지만 신호정보(ATC 신호)의 전송으로도 사용하기 위해 병행이 가능한 형태로 구성한다. 예를 들면 <그림 7>과 같이 궤도계전기(TR) 측으로부터 본다면 ATC 신호는 열차검지용의 신호전류로서 동작하지만 일단 열차가 진입하여 계전기가 낙하한 후에는 ATC 신호로서 동작하게 된다.

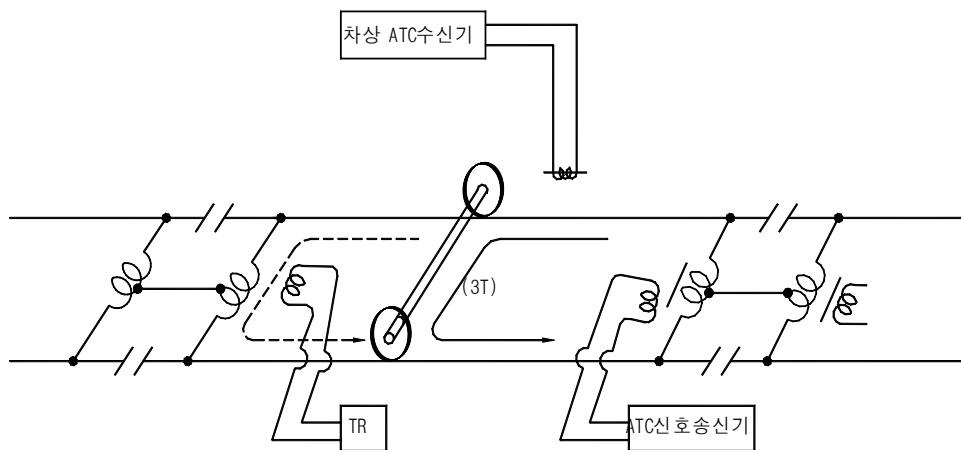


그림 7. ATC장치의 신호송수신용 열차검지궤도회로

4.2 ATC 신호

4.2.1 열차검지신호

열차검지장치에 의해 각 열차의 운행위치를 알게 되면 선행열차에 충돌하지 않는 속도 즉, 정지가 가능한 열차간격거리 정보를 후속열차에 전송한다. 이러한 기능은 종전에는 각 궤도의 경계에 설치된 폐색신호기의 현시조건에 따라 기관사가 육안으로 확인하면서 수동으로 조작하여 열차속도를 제어하였다. 이것을 자동적으로 행하기 위해서는 지상으로부터 차상으로 향하여 열차가 현재 점유하고 있는 구간에서 허용되는 최대속도의 정보를 송신하여 차상에서 수신한 후 판독한다.



ATC 신호를 차상에 전달하는 경로는 열차검지와 같은 궤도회로가 이용된다. <그림 8>은 궤도회로에는 2종류의 신호전류가 흐르지만 열차검지신호의 수신은 지상측으로, ATC 신호수신은 차상측 수신기로 신호를 송신하는 위치는 서로 다르기 때문에 열차검지신호와 ATC 신호를 공용하여 시스템을 간소화하고 있다.

또 무절연AF궤도회로 등의 경우 열차검지신호와 ATC 신호를 분리해 평상시 열차검지신호만을 흐르게 하고 열차가 검지되면 그 구간에 대해서만 ATC 신호를 흐르게 한다.

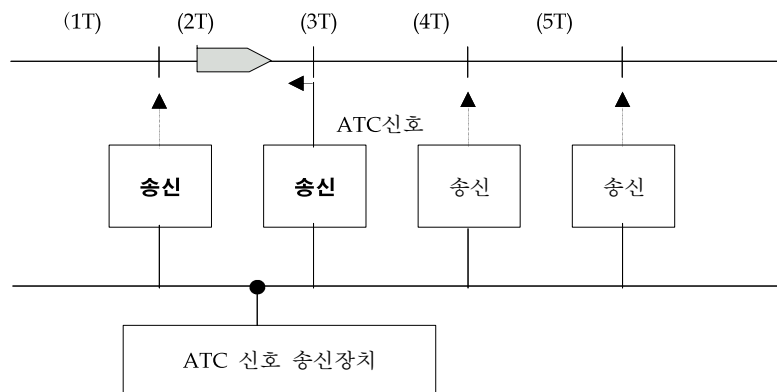


그림 8. ATC 신호회로

4.2.2 신호코드

ATC 신호는 일반적으로 궤도회로에 송신되는 수백[Hz] ~ 수[kHz] 정도의 주파수를 갖는 AF 반송파를 저주파로 변조하여 사용한다.

4.2.3 차내신호

ATC의 경우 신호현시에 상당하는 신호가 궤도회로를 경유하기 때문에 기관사는 신호기상태를 보지 않더라도 운전석 속도계에 신호현시상태를 표시함으로써 운전할 수 있도록 한 것이 차내신호(Cab Signal)방식이다.

(1) 자동모드(Auto Mode)

ATO장치에 의한 열차자동운전 기능을 의미하며 각 역간의 자동주행과 역에서의 자동정위치 정차, Door의 자동개폐 및 자동안내 방송을 수락하는 모드로 주로 지하철이나 도시에서 사용하고 있다.

(2) 수동 모드(Manual Mode)

지상의 궤도회로로부터 연속적으로 정상적인 지시속도를 받아 운전하는 방식으로 경부고속철도 및 국철 구간에 운행하는 열차의 운전방식이다.

(3) 기지 모드(Yard Mode)

차량기지 또는 유치선에서 연속적인 지시속도를 제공할 수 없을 때 운전하기 위한 것으로 최대 25km/h로 운전속도를 제한하고 있다.

(4) 일단정지 후 진행(Stop And Proceed Mode)

정상적인 지시속도를 받아 운전하던 열차가 지시속도를 수신할 수 없다면 과속 상황이 작용되며 일단정지 후 15km/h 이내 운전을 허용하는 방식이다.

(5) 비상 제동(Emergency Mode)

정상 운행 중인 ATC 차량은 일반적으로 비상 제동이 발생하지 않는다. 비상 제동은 정상 열차가 운행 중에 과속 상황이 발생하여 자동적으로 상용 제동이 작동할 때 일정시간 내에 제동률이 2.4km/h/s 이하일 때만 발생한다. 즉 제동 상황이나 브레이크 파손 등 중대한 고장이 발생하였을 때에만 작동된다는 것을 뜻한다.



해설 2. 열차자동제어장치(ATC) 하부기능(ATO, ATP, ATS)

열차자동제어장치(ATC)에서 열차를 자동으로 제어하려면 위험요소로부터 열차와 승객의 안전을 확보할 수 있는 열차자동방호(ATP)와 열차의 가감속 및 정위치정차를 자동으로 할 수 있도록 하는 열차자동운전(ATO), 그리고 열차의 스케줄에 의한 자동출발, 자동 진로제어, 열차 운행상태 및 시스템 성능 감시를 가능하게 하는 자동열차감시(ATS) 기능이 필요하다.

1. 열차자동방호(ATP : Automatic Train Protection)

1.1 개요

열차자동방호란 열차검지, 선행열차와 속행열차 사이의 거리유지, 진로연동 및 속도제한 등을 통해 안전한 열차운행을 유지하는 ATC 하부 기능으로 지상-차상 간 운행정보를 상호 교환하여 최소제동거리를 확보함으로써 운전시각의 단축, 선로용량 증가 및 열차 충돌에 따른 열차보호를 실행하는 기능이다.

1.2 기능

(1) 과속도 방어

안전성의 개념에 따라 열차에 주어진 제한속도를 초과하지 않도록 보장하는 기능으로 과속도 방어는 실제속도와 제한된 최고속도 사이의 비교에 의해 주어진다.

① 제한속도 코드 : 선행열차와 후속열차 사이의 거리유지, 진로연동 및 열차감시 절차로부터 제공한다.

② 열차허용속도 : 궤도관련 정보로부터 제공한다.

(2) 선행/후행 열차거리 유지

동일선로 상에서 열차사이의 충돌을 피하기 위해 선행열차와 후속열차 사이의 충분한 이격거리를 유지하는 기능으로 이는 실제적인 제동가능과 과속도 방어에 사용되는 최대허용운행속도 사이의 관계에 의해 주어진다.

(3) 열차검지

열차검지는 모든 열차가 위치해 있는 궤도의 위치를 결정한다. 대부분의 경우, 열차의 위치는 절대적으로 기록되며, 열차속도는 열차가 최종적으로 검출된 위치에 있어서는 “0”로 가정한다. 열차위치의 예측기법은 사용기술에 의존하며, 정확성을 요구한다.

(4) 궤도 및 열차감시

궤도 및 열차감시 기능은 비정상 상태발생에 대한 경보시스템으로 주어진다. 열차감시는 열차의 접촉, 화재, 제동시스템의 결함 또는 제동능력의 감쇠 등으로 분류되며, 궤도감시는 레일절손 또는 건널목 통과차량의 건널목 통과 장애 등으로 표시된다.

(5) 진로연동

진로연동에 있어서 “진로”의 개념은 열차의 이동시작점, 목적지 및 열차가 사용할 궤도를 의미한다. 진로연동은 먼저 설정된 진로 내에 다른 열차가 존재하는지 유무를 확인한 후, 설정된 진로에 대해 선행 점유열차가 존재하지 않을 경우, 진로를 설정하여 열차가 진행할 수 있다. 그러나 요청된 진로가 점유되어 있거나 사용할 수 없는 경우, 열차는 선행열차와 후속열차 사이의 거리유지방식에 의해 열차운행을 실행한다.

2. 열차자동운전(ATO : Automatic Train Operation)

2.1 개요

열차자동운전이란 열차가 정거장을 출발하여 다음 정거장에 정차할 때까지 가속, 감속 및 정거장에 도착할 때 정 위치에 정차하는 일을 자동적으로 수행하는 **ATC하부 기능으로** 열차에 출발신호가 지시되면 자동적으로 가속되고 주행구간의 규정 속도에 이르면 다시 타행운전으로 열차를 운행하게 한다.

자동운행 중 ATC에 의해 속도제한을 받을 경우에는 자동적으로 비상제동이 동작되며 속도제한이 해제되면 다시 속도가 가속된다. 또 열차속도가 제한속도 이하로 떨어지면 제동을 풀어 준다. <그림 9>와 같이 정거장에 접근한 열차는 제동 개시 점을 통과한 다음 정차패턴에 따라 속도조사를 하여 제동기를 가감하면서 B역 정거장의 정 위치에 자동적으로 정차하게 된다.

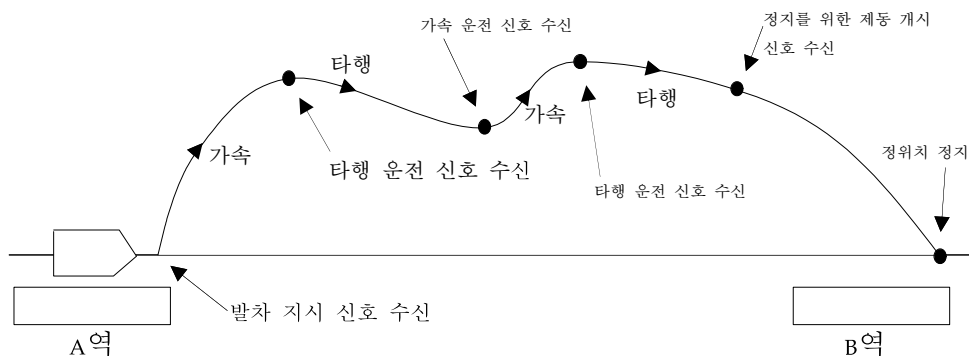


그림 9. ATO의 속도 제어곡선

2.2 기능

열차자동운전장치에서 기관사의 임무는 차내기기를 감시하거나 역 진입 시 승객의 안전을 감시하는 일을 할 뿐이므로 기관사와 차장의 승무를 1인으로도 할 수 있다. 또한 열차의 무인 운전도 가능하므로 인력을 절감할 수 있으며 안전하고 정확한 열차운행으로 여객의 서비스를 향상시킬 수도 있다. ATO장치는 다음과 같은 여러 가지 기능이 있다.



(1) 정속도 운행 제어

역과 역 사이에 있어서 ATC 신호의 허용운행속도 지시에 따라 지정된 속도로 열차가 주행하도록 제어한다. 또 ATO장치의 내부에 지정된 속도와 같은 기준속도를 발생시키고 열차의 실제속도와 기준속도와의 차이점을 검출한 다음 속도의 차이에 비례한 역행 또는 제동 노치(Notch) 수를 차량의 제어부에 제공하여 기준속도와 실제 열차속도와의 차이가 없도록 열차를 제어한다.

<그림 10>과 같이 열차의 기준속도는 ATC 신호 및 운행관리방식으로부터 정해진 속도로 열차가 운행할 때 데이터 전송속도 발전기로부터 ATO장치 내의 속도 주파수인 기준주파수가 발생한다. 이 주파수의 속도발전기로부터의 실제 열차속도 발생 주파수를 비교하여 그 차에 따라 기준속도와 실제운행속도의 차이는 검출한다. 이 속도차이를 신호로 변환하여 속도의 차이에 비례한 역행 제동노치를 결정하여 기준 속도에 접근시킨다.

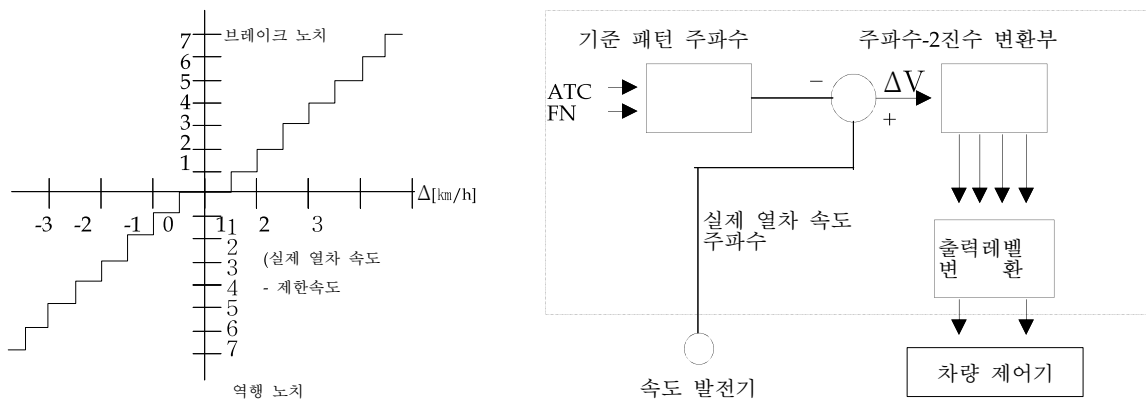


그림 10. 정속도 운행제어

(2) 정 위치 정지 제어

정거장 정차할 때에는 정해진 위치에 정차할 수 있도록 정위치패턴에 따라 속도 제어를 한다. 정지패턴은 레일간에 설치된 지상자 또는 루프코일(Loop Coil)의 정보를 차량에서 검지하여 열차의 위치를 검출하고 정지지점까지의 거리와 속도와의 기준패턴이 발생한다. 이와 같은 정 위치정차를 위한 지상설비는 시스템 공급자의 특성에 따라 지상자 또는 루프코일(Loop Coil)로 구분된다.

(3) 감속 제어

정거장 사이의 곡선 또는 구배로 인하여 ATC 신호가 감속을 필요로 하는 구간에는 ATC속도 변화점 전방에서 감속을 하도록 알려주는 감속용 지상자 또는 루프코일(Loop Coil)을 설치한다. 이 지상자의 설치위치는 <그림 11>과 같이 ATO 내에서 ATC 속도 변화 점에서의 패턴속도가 감속신호에 대하여 N 주행 레벨과 일치하도록 계산된 지점이다.

속도패턴을 검지한 다음에도 실제 열차속도가 패턴에 접근하기까지에는 정속운행제어가 이루어지며 역행주행 중에는 일단 타행 제어를 한 다음 예비제동으로 비례제동이 작용

하고 감속변화점에서는 ATC 제동이 작용하지 않고 그대로 진입한다.

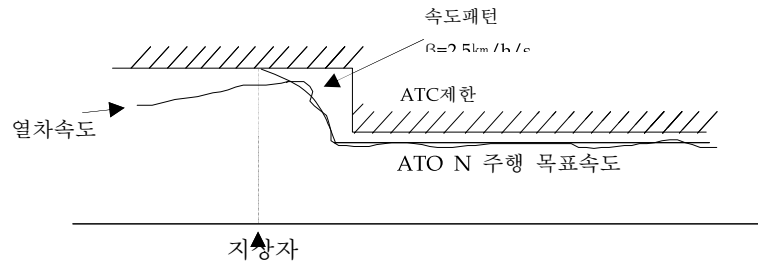


그림 11. 감속제어

(4) 출입문 자동개, 폐 및 정차시간 표시등

출입문 개, 폐기능은 TWC를 통하여 정위치정차 정보를 받으면 기계실에서 개, 폐정보를 발생하여 차상에 전송하게 된다.

정차시간표시등(Dwell Light)은 기관사에게 출발시간을 예고하여 주는데 정시운행에 도움을 주는 기능을 하고 출발시간 일정시간 전에 정차표시등이 점멸하면 기관사는 출발조작을 한다.

(5) 열차정보송신장치(TWC)

열차정보송신장치는 차량과 현장설비간의 양방향 통신을 하는 정보교환장치로 이 시스템은 차상설비와 현장설비의 2개의 시스템으로 분리되며 차량과 현장설비의 정보교환은 현장에서는 정거장의 특정한 위치에 지상 TWC 루프코일을 설치하고 차량에서는 차량의 하부에 루프안테나를 설치하여 무선으로 정보통신을 하는 장치이다.

무선으로 송수신된 정보는 각각 차상설비인 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차제어감시장치(TCMS : Train Control Monitor System)와 연결되어 열차운전을 제어하고 현장설비 TWC 유닛이 신호기계실의 주컴퓨터와 연결되어 정보를 주고 송·수신함으로써 열차자동운전에 필요한 각종 기능들을 수행한다.

3. 열차자동감시(ATS : Automatic Train Supervision)

3.1 개요

열차자동감시란 열차상태감시 및 열차운영패턴을 유지하기 위해 열차운영명령에 대한 적절한 통제를 실행하는 ATC 하부기능으로 열차의 도착과 출발을 ATS에 의해 각각의 역에서 통제하는데 이는 현장의 자동장치에 의한 통제와 열차운행제어 컴퓨터(TTC) 프로그램에 의해 자동적으로 조정되는 두 가지 경우가 있다.

3.2 기능

선로 또는 폐색구간에 있어서 각 열차에 대한 실제위치 및 속도에 관련된 실시간(Real-Time) 정보를 수집하여 전송된다. 이러한 정보는 선로의 예측상태와 현재의 스



케줄에 기본을 두고 수정, 분석된다. 만약 선로의 예측상태가 실제 선로상태와 다를 경우, “실시간 열차성능감시” 기능은 열차운행을 계획대로 실행하기 위한 전략적 결정을 수행한다. 이는 열차가 예정된 정지점에서 대기하는 시간의 증가 또는 감소, 노선에 따른 중간 속도코드의 도입, 수정된 가속/감속 프로파일의 도입 등의 작용을 한다. 그 결과, 최적의 조정이 선택되면 이 정보는 “열차 Dispatching”과 “속도제한” 절차로 전송된다.

(1) 정보 및 오동작 기록

선로장비의 조작특성을 감시하는 역할을 실행한다. 이는 “실시간 열차성능감시” 및 “궤도 및 열차감시” 기능으로부터 화재, 비작동스위치, 과다한 2중계(Redundant) 구성 요소 적용, 주 전력상실, 등의 특별한 사건에 대한 정보를 수집한다. 이들 정보는 사건 발생장소에서의 실제사건, 사건의 심각성, 궤도위치, 사건시각 및 열차확인 또는 사건 발생에 관련된 장비, 등도 포함한다. 이에 대해 “궤도 및 열차감시” 기능은 철도의 안전성에 관련된 사건 및 열차의 진로재구성과 같은 동작의 방지를 위해 작용한다.

(2) 진로설정

각 열차의 상세한 진로를 설정하기 위해 “스케줄 구성” 기능으로부터 입력을 제공 받으며, 진로설정기능은 모든 열차의 효과적인 운행을 위하여 이용 가능한 궤도의 모든 진로 각각에 대한 장점을 제공할 수 있는 최적화된 알고리즘을 사용한다. 만약 추가로 주어진 가동 불가능한 열차에 따른 진로상실 등과 같은 실시간 정보가 수동으로 추가 될 경우, “진로설정” 기능은 모든 트립의 보장 및 우선 순위에 의해 설정된 전반적인 진로설정도서를 재편성하게 된다. 이에 따라 “진로설정“ 정보의 실행은 “열차 출발(Dispatching)” 기능을 거쳐 실행된다.

(3) 열차 출발(Dispatching)기능

노선에 의한 출발과 시간에 의한 출발의 두 종류로 분류한다. 노선에 의한 출발의 경우, 열차의 이동은 ATO 또는 ATP의 진행 절차에 의해 초기화되며, “진로 요청” 메시지는 “진로연동” 기능으로, “출발준비” 메시지는 “열차출발” 기능으로 전송된다. 시간에 의한 출발의 경우, 진로는 이미 확보되어 있으며, 열차는 역 또는 진로의 대피점에 정지해 있게 된다. 따라서 “열차 출발(Dispatching)” 기능은 지속적으로 시스템을 감시하며, 적절한 시간에 “열차출발“ 기능인 “출발준비“ 메시지를 전송한다.

RECORD HISTORY

Rev.4('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.5('13.06.9) 폐색구간 길이를 열차운전간격에 따라 조정이 가능하도록 문구 수정

Rev.6('25.06.30) ATC 하부 기능(ATP, ATS) 해설 추가

- “KR S-07040(한국형열차제어시스템레벨1(KTCS-1))”의 ATP, ATS 해설은 ATC 하부기능에 대한 설명으로 본 Code로 이동·정비