

7장

운전 보안장치

학습목표

- ✓ 운전 보안장치의 설치 목적과 발전 과정을 알 수 있다.
- ✓ 열차 안전운전의 폐색방식을 알 수 있고 설명할 수 있다.
- ✓ ATS 장치의 동작 과정과 속도 초과 시 현상을 알 수 있고 조치할 수 있다.
- ✓ 신호장치 고장 시 ATS 15KS, ASOS, ATSCOS를 취급할 수 있다.
- ✓ ATC 장치의 동작 과정과 속도 초과 시 현상을 알고 조치할 수 있다.
- ✓ ATC 운전취급(기지운전, 본선운전, 정지 후 진행운전, 차단운전)을 할 수 있다.

7.1 운전 보안장치 개요

7.1.1 개요

대중교통을 담당하는 도시철도는 도시의 확장과 도시 간 교통 네트워크 구성, 교통 이동량의 증가, 서비스의 향상 요구 등에 따라, 열차 간 시격 단축, 차량 편성의 증대와 속도 향상, 도시철도 시스템의 개발, 교통 환승 체계 도입 등으로 발전하여 왔다. 도시철도 및 철도차량 운행에 있어 가장 중요한 사항은 열차의 안전 운행이다. 안전 운행을 위하여 열차 간 충분한 이격 거리를 유지하고, 운행 중 기관사가 인지하지 못하는 지시속도 초과 및 정지신호 무단 진입 등에 대해 열차를 기계적으로 자동 정지 시키는 장치를 철도차량에 도입하여 사용해 왔으며, 도시철도에서도 이를 적용하고 발전시켜 왔다.

서울 지하철의 초창기인 1974년도의 저항제어 전기동차는 한국철도공사 광역 철도 및 일반 철도에서 가장 많이 사용되고 있는 지상 구간 신호 설비를 갖춘 열차 자동 정지 장치(ATS)를 사용하고 있으며, 어느 호선이든 동일한 동작 방식과 2.5분의 운전 시격을 보장하면서 충분한 보안도를 갖춘 장치를 사용하고 있다. 도시철도의 확장 단계인 1980년대에는 지상 신호 설비가 없는 차내신호

폐색 방식으로 열차가 안전 운행할 수 있는 열차 자동제어장치인 ATC 장치를 도입하여 사용하고 있다. 1990년대에는 '80년대 중반 이후부터 개발하여 사용하는 자동운전장치(ATO)를 ATC 장치에 구축하여 ATC/ATO 운영 체계로 발전시켜 왔고, 가변전압 가변 주파수 제어 방식인 VVVF 전기동차에서는 기존에 사용되고 있는 장치보다 향상된 ATP/ATO 운영 체계를 도입하여 사용하고 있다.

현재 신설되고 있는 도시철도와 경량 전철 및 광역 철도의 신설노선은 '통신기반 열차제어 시스템'이라고 하는 CBTC(Communication Based Train Control) 운영체계를 도입하여 사용하고 있는데, RF-CBTC 신호 방식은 열차의 차상 시스템과 지상 시스템 간의 무선통신을 통해 열차 위치 정보를 주고받아 선행열차와 후속 열차 상호 간 위치 및 속도를 파악하고, 차상에서 직접 열차 간격을 조정하는 이동 폐색 방식(Moving Block)을 구현한 것이 특징이다. 기존의 고정폐색 방식(Fixed Block)이 일정 구간에 걸쳐 선로에 내장된 궤도회로를 통해 열차 속도를 제어한다면, 이동폐색 방식(MBS)은 무선통신을 통해 열차 간격 정보를 실시간으로 주고받아 추돌 및 충돌을 차단하고 신호 정지 대기시간을 최소화할 수 있다. 관제 센터에서 무선통신을 기반으로 열차를 집중 원격제어 하는 방식으로 안전확보, 운전시각 단축, 유지보수 비용 절감, 열차운행 유연성 증가, 수송량 증대 등 가장 향상된 차세대 철도신호 시스템을 사용한다.

서울 지하철 및 광역 철도에서 최근에 도입한 CBTC 방식은 국내에서 개발한 방식으로, 기존에 사용되는 속도 코드 방식(ATC/ATO)과 최근 적용 추세인 무선통신 방식(RF-CBTC)을 모두 사용할 수 있는 통합 신호장치 이다. 이는 서울 지하철의 연장 신설선에 적용하게 되며, 향후 이를 확대하는 계획도 가지고 있다.

7.1.2 운전 보안장치 기본 용어

7.1.2.1 ATS 장치의 용어

(1) ATS(Automatic Train Stop) : 열차 자동정지 장치

신호기 등의 지상 신호 설비를 갖춘 자동 폐색 방식에서 사용되며, 정지신호 오(誤)진입 시, 속도 초과 인지 불량 등에 의해 자동으로 비상제동이 동작하여 열차를 보호한다.

(2) AESR(ATS 초과속도 계전기)

ATS 운전 논리부에서 신호의 지시속도 주파수와 열차속도 주파수를 속도 비교기에서 비교하여, 신호의 지시가 높을 때는 항상 여자 되어 정상 운행하고, 열차 속도가 높을 때는 무여자 하여

AESRR1,2도 무여자 하므로 경고 벨, 경고 표시등이 동작하고 AEmR을 무여자 시켜 비상제동을 지시한다.

(3) ATSEBR(ATS 비상제동 계전기)

ATS 비상제동 계전기로 무여자 된 상태가 정상이며, 운행 중 속도초과 인지 부족 및 정지신호 구간 진입 시 AEmR이 무여자 하면 ATSEBR 여자 되어 비상제동이 동작한다.

(4) FDR(고장 검지 계전기)

ATS 장치 고장을 검지하는 계전기로, ATS 제한속도 감시 구간을 운행할 때 ATS 고장이 발생하면 경고 및 비상제동이 동작한다. 진행신호(G) 구간에서는 FDR이 동작하여도 비상제동은 걸리지 않는다.

(5) SDR(정지 검지 계전기)

열차 속도 5km/h 이하를 검지하는 계전기로, ATS 비상제동 시 열차가 정차한 조건에서 제동핸들을 비상위치로 하면 BMR 계전기를 무여자 할 수 있다.

(6) BMR(비상제동 기억 계전기)

ATS에 의한 비상제동을 기억하는 계전기로, ATS 비상제동 동작 시 여자 한다.

(7) NSR(무(無)신호 계전기)

신호 현시(R1,25,45,Free)가 수신되면 여자 하고, 신호 현시가 없거나 절대 정지신호(RO) 수신 시에는 무여자 되어 경고 벨이 울리고 비상제동이 동작한다.

7.1.2.2 ATC 장치의 용어

(1) ATC(Automatic Train Control) : 열차 자동제어장치

신호 장치 등의 발달로 초퍼(Chopper) 전기동차에 처음 적용된 ATC 장치는 지상 신호 설비가 없는 차내신호 폐색 방식에서 사용하는 장치이다. 도시철도의 건설비용 절감과 공간 확보 등이 대폭 개선되고, 모든 속도를 감시하며, 속도 초과 시 자동으로 제동 작용이 동작하여 열차를 보호한다.

(2) ATC RACK(ATC 함)

ATC 장치의 주 장치로 TC차 운전실에 설치되어 있으며, ATC 전원 공급 장치 등 주요한 기기들이 설치되어 있다.

(3) ATCEBR(ATC 비상제동 계전기)

ATC 함 내의 비상제동 계전기로 운행 중 항상 여자 되어 있으며, 무여자 시 비상제동 회로를 차단하여 ATC 비상제동이 동작한다.

(4) US(ATC 저속도 계전기)

ATC 함 내의 저속도 계전기(US:Under Speed)로 신호의 지시속도와 열차의 실제속도를 비교하여, 항상 신호의 지시속도가 높을 때 여자 하여 정상 운행하고, 실제속도가 높을 때는 자동으로 7단 제동이 동작하여 열차를 보호한다.

7.1.2.3 ATC/ATO 장치의 용어

(1) ATC(Automatic Train Control)

차내신호 폐색방식에서 사용하는 ATC 장치에 ATO 장치를 연결하여 열차의 동력 시스템과 제동 시스템이 자동으로 제어되고, ATC 장치의 고장이나 불안정한 상태에서 운행할 때 열차를 보호하는 기능을 한다.

(2) ATO(Automatic Train Operation)

자동 열차운행(ATO) 시스템은 기관사의 운행을 자동으로 대신하여 수행하는 시스템으로, 출발 및 가속제어, 정속주행, 감속제어 및 승강장 내 정차 지점에서의 정밀 정차 등이 포함된다.

(3) ATP(Automatic Train Protection)

ATP 장치는 ATO 장치와 함께 사용하며, 고정폐색 방식에서의 ATC 운행 제어 시스템을 개량한 방식이다. 열차 간 운행정보의 상호 교환으로 최소 제동거리를 유지하면서 열차 안전을 강화 하였으며, 목표거리 운행(Distance to go) 방식의 속도제어 운영체제로 운전시각 단축, 선로용량 증가 등이 향상된 시스템이다.

[표 7-1] ATS,ATC,ATP 제어

구분	ATS/ATC 장치	ATP/ATO
제어 방식	Speed Step 속도중심 제어	Distance to go 거리중심 제어
	절대 안전거리 확보	상호 안전거리 확보
	열차 간 운행 고정간격	고밀도 운전 가능
제동 방식	다단계 수동 감속 (80킬로 → 60 → 40 → 25 → 0)	자동 연속 감속 (80킬로 → 0킬로)

(4) ATC/ATO 구성

ATC/ATO 장치는 전기동차의 동력운전 시스템 및 제동 시스템, 그리고 TCMS 등과 연결되어 정보를 교환하며 열차 운행을 자동 제어하는 컴퓨터 시스템이다. 지상 신호 장치로부터 정보를 받아 이 정보를 ATO 시스템에 입력되는 정보 등과 비교 연산하고 결과를 출력하여, 열차를 자동운전 및 무인운전으로 수행하는 장치이다.



[그림 7-1] ONE 핸들(중립 위치, 동력 위치)

- ONE 핸들(주간제어기) : 초기 전기동차는 동력핸들과 제동핸들이 분리된 TWO 핸들을 사용하였으나, ATO 전기동차가 도입되면서 1개의 핸들로 동력운전과 제동취급을 하는 ONE 핸들 전기동차로 일원화 되었다. ATO 운전이 아닌 수동운전 방식에서도 지금은 ONE 핸들 장치를 사용하고 있다.

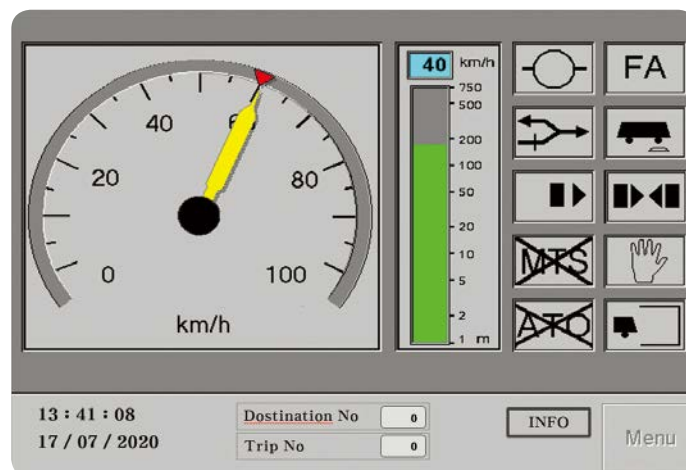
(5) TCMS(Train Control Monitoring System:열차 종합제어 장치)

열차의 총괄적인 제어와 감시를 수행하며, 운전실의 입력신호와 각 차량 간의 정보 교환을 통해 열

차의 전원공급, 동력운전, 제동상태, 고압보조 장치 제어, 출입문 제어, 고장 표시등에 대한 정보를 운전실의 Display Screen을 통해 표시한다. 그리고 ATC 장치, ATO 장치, TWC 장치와 상호 통신 및 접속기(Interface)를 통하여 종합적인 자동 운전 또는 무인운전을 수행하며, 이중계(二重系)로 구성되어 있다.

(6) HMI(차내신호 정보 표시장치)

전기동차 운전실 설비인 HMI(Human Machine Interface)는 도시철도의 기본 운전 방식인 ATO 시스템에서 차내신호도 표시하고 운전 취급도 제어할 수 있는, 즉 기관사와 전기동차 제어 시스템의 연결 관계이며, 데이터의 화면 구성을 터치하여 제어하도록 각종 운전취급 및 정보를 ICON으로 HMI 화면에 표시하였다. 초기에 도입된 ATC/ATO 전동차는 차내신호 표시장치를 MMI(Man Machine Interface)로 호칭하였으나, 요즘은 HMI라고 한다.



[그림 7-2] HMI(차내신호 정보 표시장치)

(7) TWC(열차와 지상설비 간 통신 장치)

TWC(Train Wayside Communication) 장치는 ATC·ATO·TCMS와 지상 설비 장치 간 정보전송을 담당하는 시스템이다. 자동 운전을 하기 위하여 필요한 정보를 TTC(통합 관제 시스템) 및 지상 신호 장치로부터 수신하고, 전기동차의 운행 상태를 TTC 및 지상신호 장치로 송신하는 무선용 장치이다. 정보의 송·수신은 차상하(車床下)에 설치된 안테나와 선로상에 설치된 지상 안테나를 사용하여 ATC·ATO·TCMS에 전달함으로 수행한다.

(8) TRA(정차 위치 수신 장치)

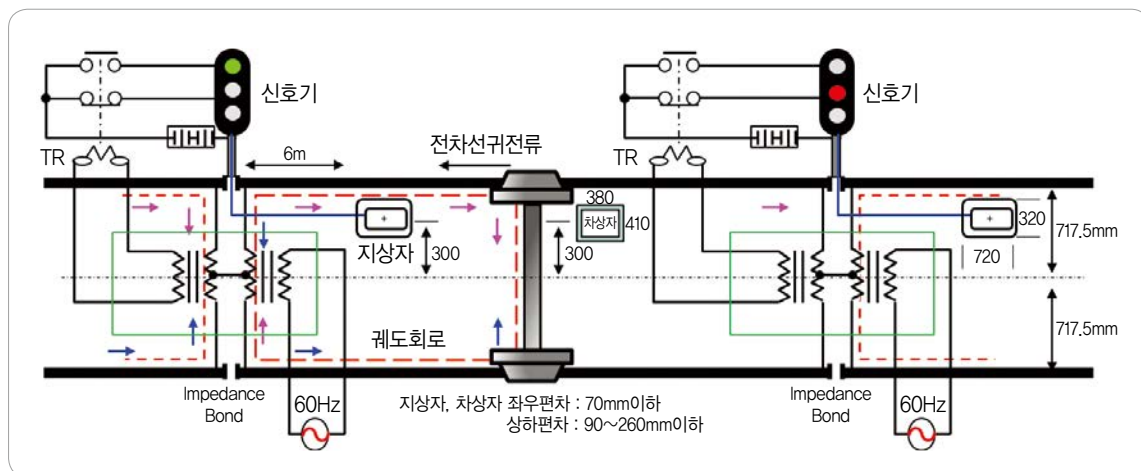
TRA(Trigger Receiver Assembly) 장치는 ATO 운전 시 정거장 정차 위치에 정밀 정차를 수행하기 위하여 운행 중 선로 위에 설치되어 있는 정지 코드를 검지하여 ATO 장치에 전달하면 ATO 장치가 정지 위치까지 남은 거리를 기준으로 연산하여 정차 위치에 정밀 정차를 수행하도록 지원하는 장치이다. ATO 시스템의 정차 목표는 $\pm 35\text{cm}$ 이내의 범위에 열차를 자동으로 정차시키는 것이다.

7.1.3 궤도회로

7.1.3.1 궤도회로의 개요

열차 운행에 상용하는 궤도(선로)를 전기적 회로로 이용하여 열차점유 여부를 확인하며, 차축에 의한 전기회로의 단락으로 인해 발생하는 전기회로 변화를 이용하여 신호기 및 선로전환기 등을 제어하는 신호장치 회로이다. 이는 1869년 미국인 윌리엄 로빈슨에 의하여 발명된 궤도회로 장치로, 열차의 안전운행에 획기적인 발전을 가져왔다.

ATS 구간에서 사용하는 궤도회로는 폐전로(閉電路) 방식으로 항상 폐회로를 구성하며, 궤도에 열차가 없으면 궤도계전기가 여자 상태를 유지하므로 이 경우에는 진행신호를 현시한다. 열차가 진입하여 궤도회로를 점유하면 차축에 의하여 궤도회로가 단락되므로 궤도계전기는 무여자 하여 정지신호를 현시하게 된다. 궤도회로의 절연 방식은 레일의 장대화 등에 따라 무(無)절연 궤도회로(AF)를 주로 사용하고, 분기기가 설치된 선로이거나 운행량이 적은 선로에서는 유(有)절연 궤도회로(PF) 방식을 사용하며, 차량 기지 등에서는 1개의 선로만 절연하는 방식도 사용한다.

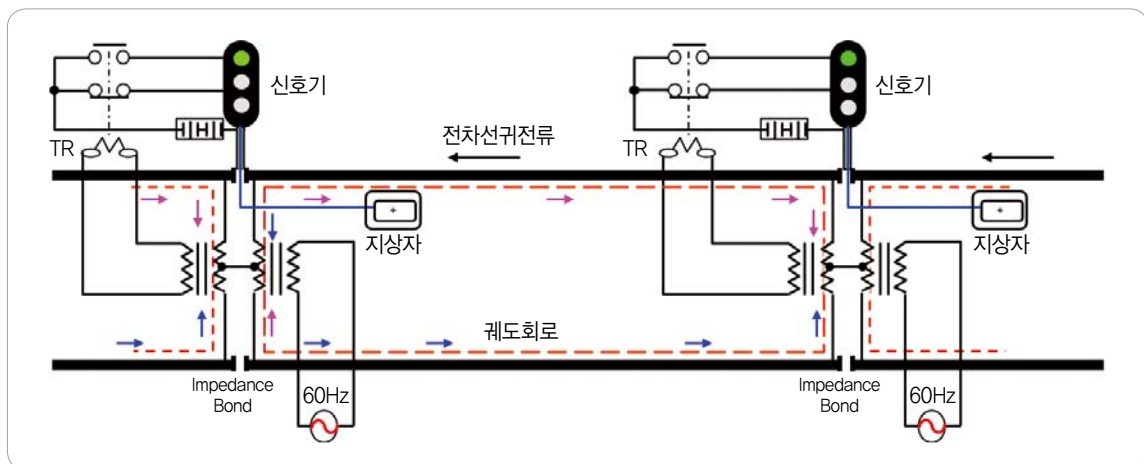


[그림 7-3] 궤도회로

7.1.3.2 궤도회로의 구분

(1) 유절연 궤도회로(PF:Power Frequency)

일반 철도 및 초창기 전기동차 궤도회로에 사용하였던 방식으로, 레일과 레일 사이에 절연체를 두고 궤도회로를 차단하여 구분하고 있다. 현재는 레일의 장대화와 폐색 방식의 발전 등으로 본선 선로에서는 많이 사용하지 않고, 본선의 분기부와 차량 기지 등에서 사용하고 있다. 상용주파수인 60Hz로 궤도회로를 구성하는 본선 선로는 2개의 선로를 모두 절연하면서 전차선 귀환회로를 갖는 복궤조 방식을 사용하고, 차량 기지 등은 1개 선로만 절연하고 1개 선로는 전차선 귀환회로로 이용하는 단궤조 방식을 주로 사용하고 있다.

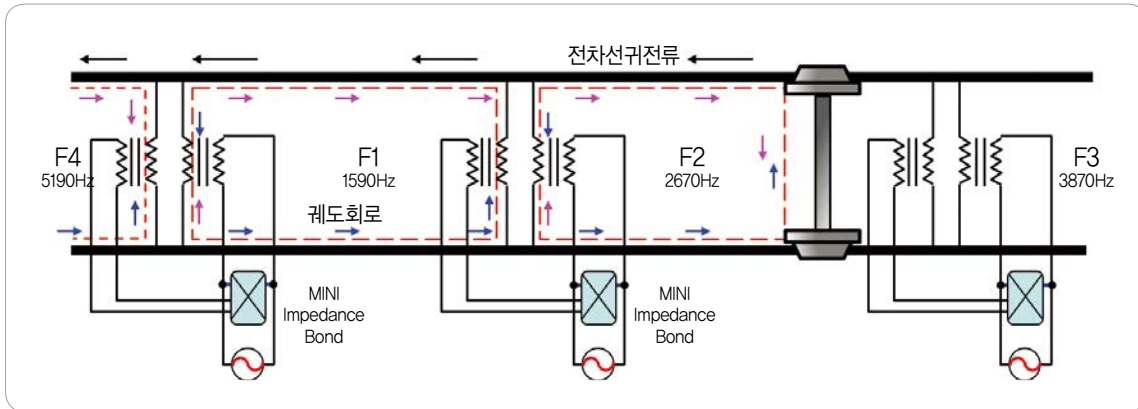


[그림 7-4] 유절연 궤도회로(PF)

(2) 무절연 궤도회로(AF:Audio Frequency)

AF 궤도회로 방식은 레일의 장대화 및 반(半)영구적 콘크리트 도상 등에 따라 각 폐색구간을 절연하지 않고 주파수를 달리하는 궤도주파수(열차 점유상태 검지)를 이용하여 폐색구간을 구분하고, 전차선 귀환회로는 레일을 통하여 귀환된다.

ATS 장치를 사용하는 자동폐색 방식 구간이나, 신호설비가 없는 차내신호 폐색 방식인 ATC 장치 및 ATC/ATO 장치 등에서 모두 사용하고 있다. AF 궤도회로는 열차 검지의 기본 기능과 ATS 장치의 신호현시와 지상자(地上子) 조건을 구성하고, ATC 장치에서는 신호의 지시속도를 차상신호로 송신하며, ATO 차량은 자동운전의 열차 속도 가·감속과 출입문 장치 제어 등 ATO 기능을 수행한다.

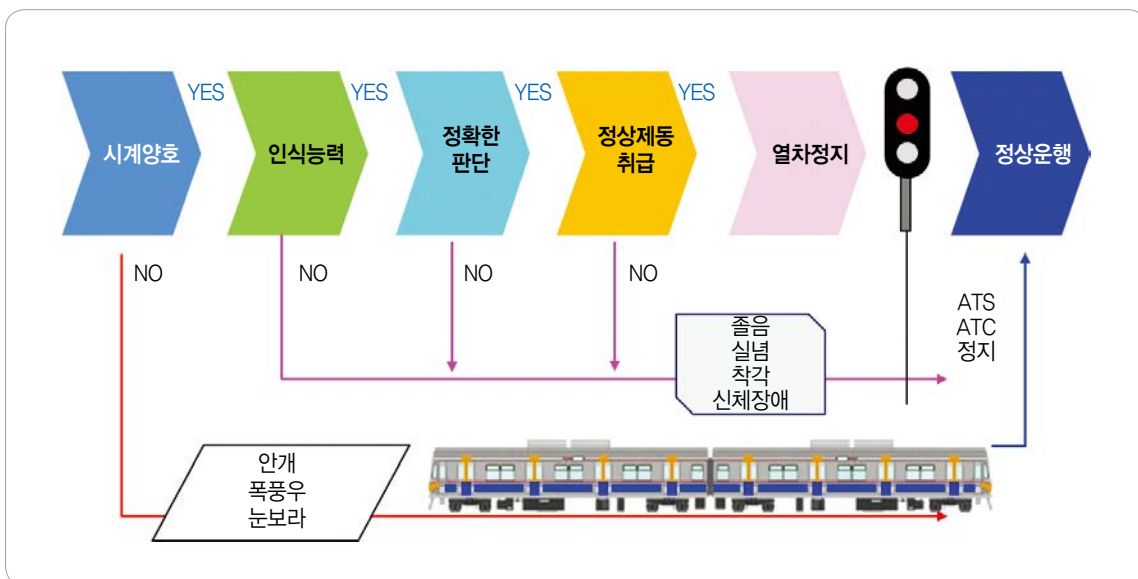


[그림 7-5] 무절연 궤도회로(AF)

7.1.4 운전 보안장치의 보완 기능

7.1.4.1 기계적 보완 기능

도시철도의 열차 안전운행에 있어 기관사의 운전 취급은 중요한 역할을 담당한다. 지상신호 설비 구간에서 기상 악화로 전방 시야 확보가 어려운 경우이거나, 기기 취급 및 조치 미숙의 경우라든지 또는 기관사의 갑작스러운 신체적 결함 현상이나 착각, 졸음 등의 문제점이 발생하는 경우, 즉 신호 현시에 따른 적절한 취급을 결여하거나 신호 정지 조건이 무시되는 경우가 발생할 때는 ATS/ATC



[그림 7-6] 운전 보안장치의 안전 기능

장치에서 전기적으로 제동회로를 연결하고 자동으로 상용 및 비상 제동이 걸리게 하여 열차를 정지하게 함으로써 열차 안전을 확보하는 기능이다.

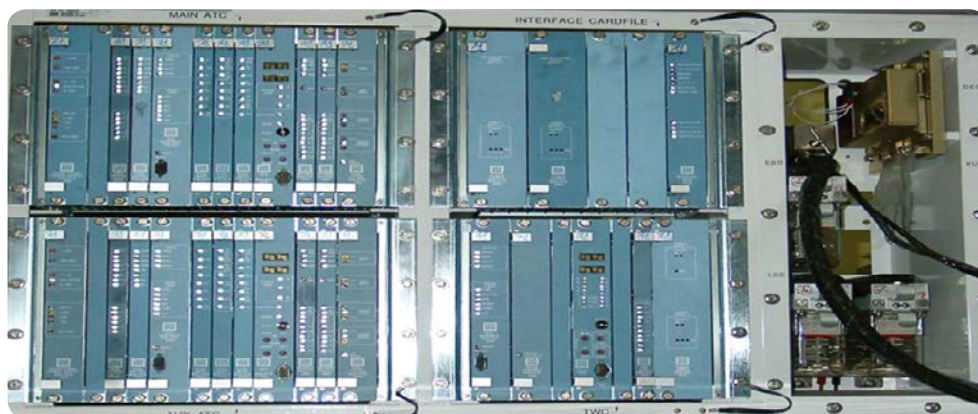
7.1.4.2 신호장치의 Fail-Safe와 ATC 장치의 이중계 구성

(1) 신호장치의 Fail-Safe 기능

신호장치가 정지(R)신호를 현시하여 열차를 정지시켜야 하는데, 고장 등으로 진행(G)신호가 현시되어 있다면, 기관사가 신호를 믿고 진입하는 경우에는 중대한 불안전 요인이 발생할 수 있다. 이렇게 신호 장치에 고장이 발생하는 경우에는 진행신호가 아닌 정지신호를 현시하거나, 또는 소등되는 기능으로 설계되어 있는 것이 신호 장치이다. 이러한 기능을 Fail-Safe 기능이라고 하며, “절대 안전” 또는 “장애 또는 고장 시에도 안전”이 보장되는 기능, 즉 제반 운전보안장치에 고장이 발생할 경우 가장 안전한 측으로 작동하도록 하는 기능을 말한다.

(2) ATC 장치의 2중계 구성

ATC(ATC/ATO 포함) 장치는 주 장치(ATC1)와 보조장치(ATC2)의 2중계로 구성되어 있고, ATC 시스템은 병렬 모드로 동작되고 있다. 정상운행 시는 주 장치가 동작하고 보조장치는 예비상태로 대기하다가, 주 장치가 고장이 나면 보조장치로 자동으로 절체가 된다. 주 장치와 보조장치는 상호 감시 체계로 보완되고 있다.

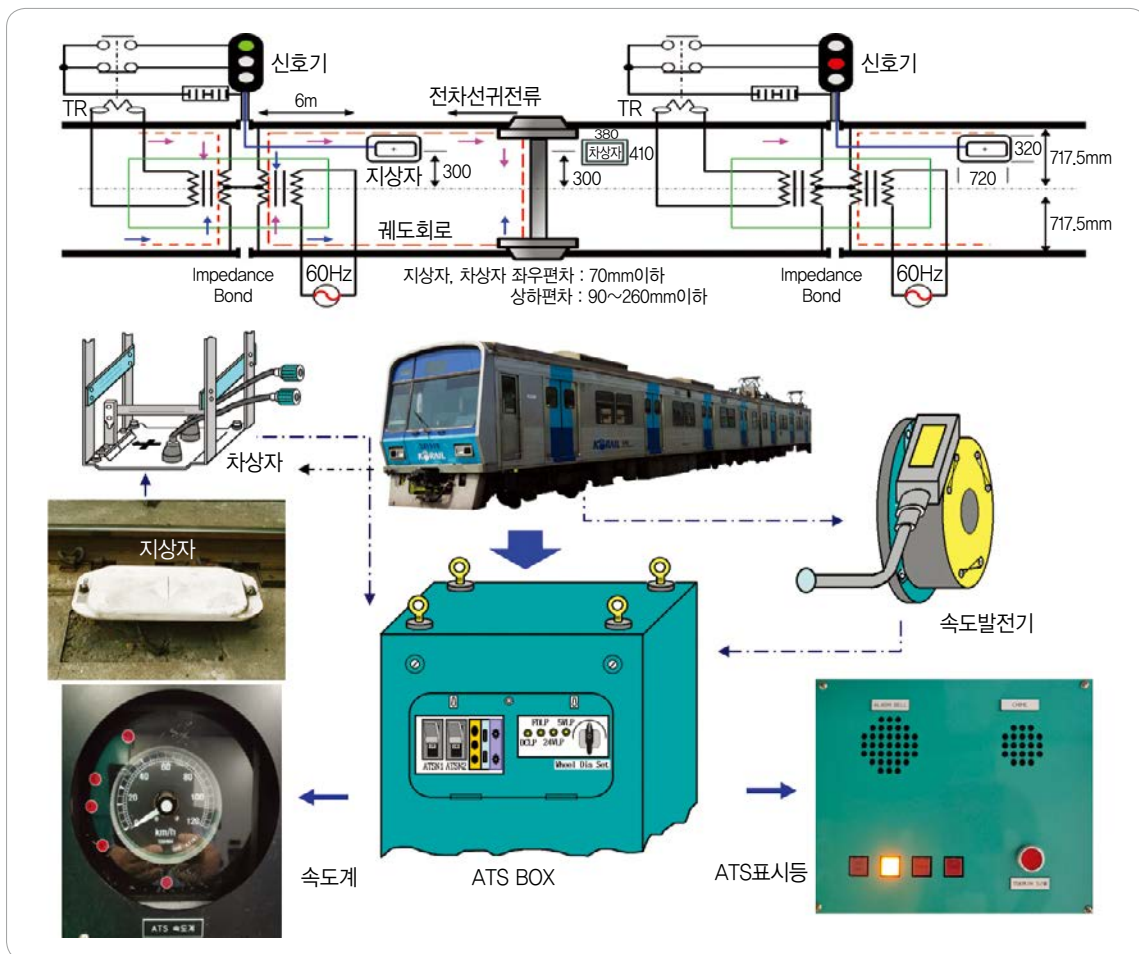


[그림 7-7] ATC 장치의 2중계(ATC1:상, ATC2:하)

7.2 ATS 장치

7.2.1 ATS 장치의 개요

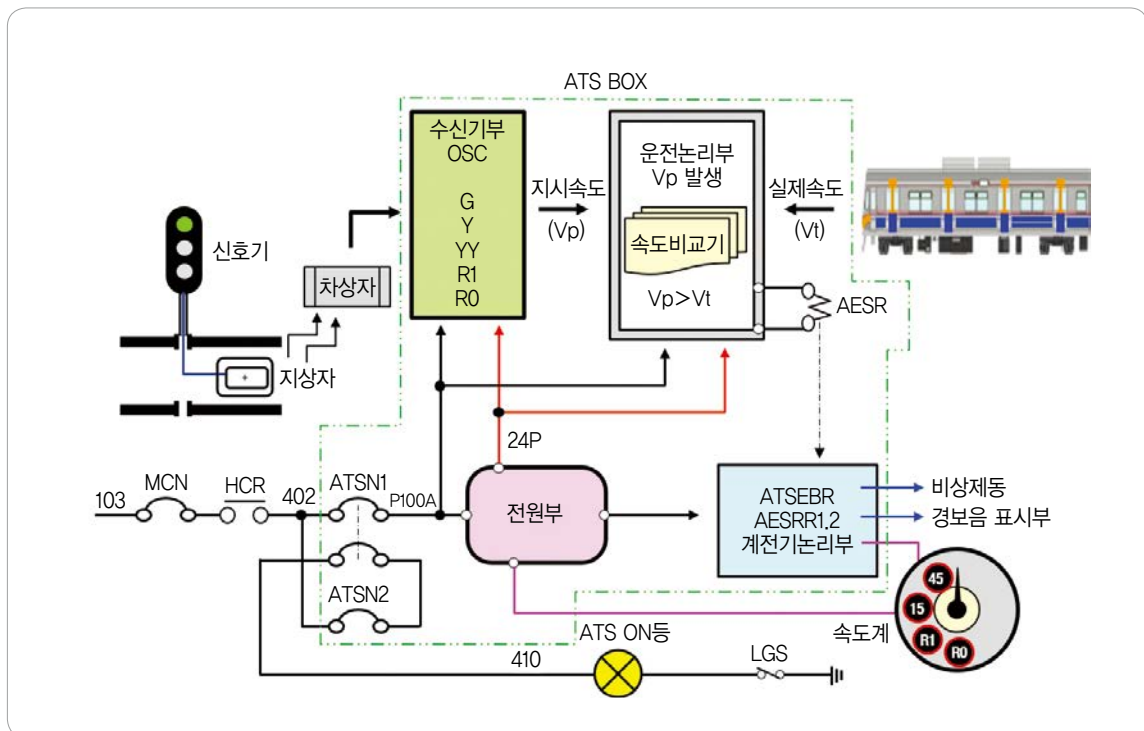
도시철도의 안전한 열차운행을 위해 자동폐색 방식에서 사용하는 전기동차의 ATS 장치는 선로 도상에 설치된 지상장치와 전기동차에 장착된 차상장치로 구분할 수 있다. 지상장치는 궤도회로 및 신호기와 신호 현시 조건에 맞는 주파수를 발신하는 지상자로 구성되어 있고, 차상장치는 발신 주파수를 수신하는 차상자와 차륜에 설치하여 실제속도를 검지하는 속도발전기, 그리고 실제속도와 지시된 속도를 비교 연산 처리하여 경보 및 표시등 현시를 하고 제동 회로에 지령을 주는 ATS Box(수신기부, 운전 논리부, 계전기 논리부, 표시부, 전원부, 기타 장치)로 구성되어 있다.



[그림 7-8] ATS 장치의 구성

7.2.1.1 ATS 동작 시스템(System)

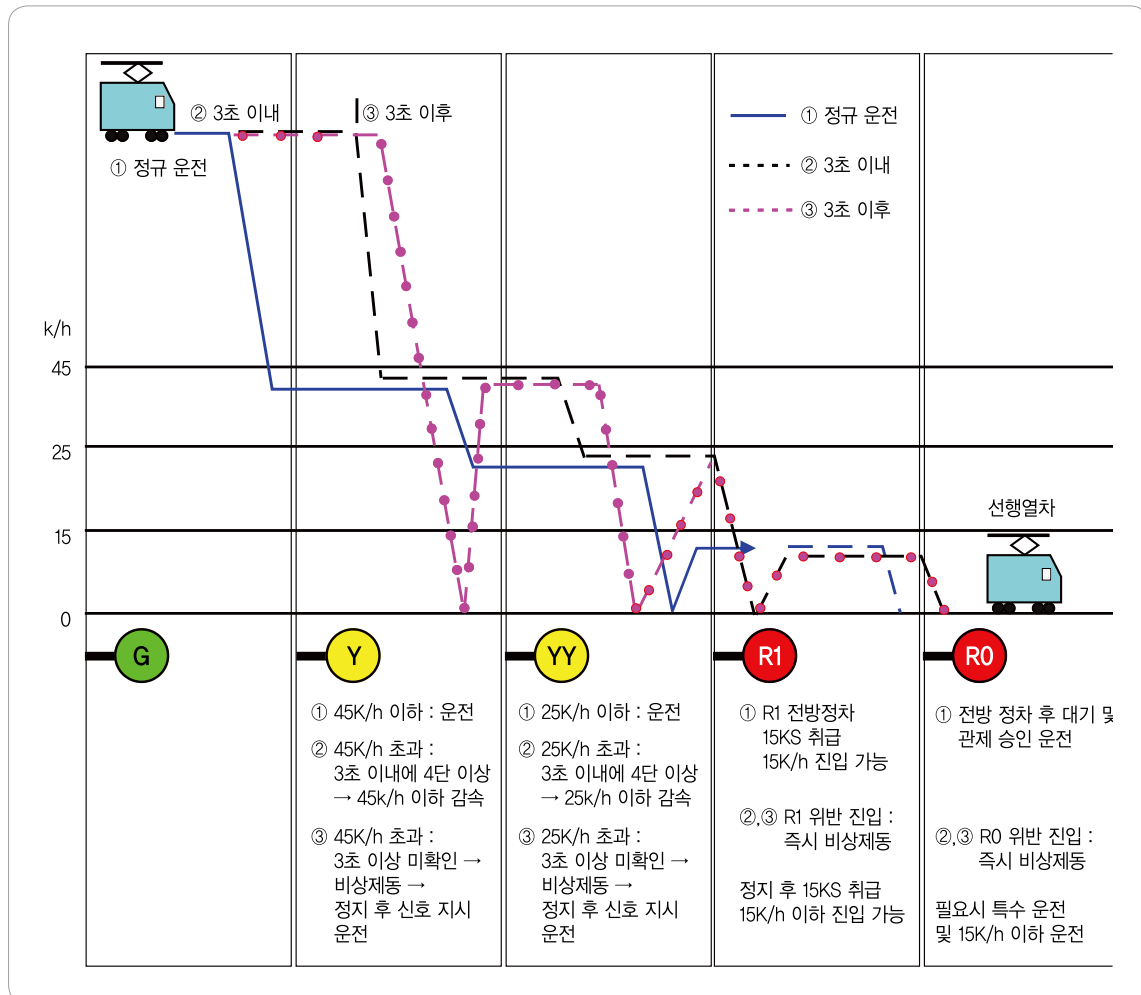
지상 신호기의 신호 현시에 따라 지상자에서 각각 다르게 발신하는 지시속도 주파수를 차상자에서 검지하고, ATS 장치의 수신기부에서 해당 PR과 연계된 SR이 여자 되면 운전 논리부에서는 지시된 속도에 맞는 기준패턴 속도 주파수를 만들어 내며, 이 주파수가 운전 지시속도(V_p)가 되어 실제속도(V_t)와 비교하게 된다. 열차의 차축에 설치된 차축 발전기(Speed Generator)에서는 실제속도에 맞는 속도 주파수(V_t)를 발생시키며, 속도 비교기(Comparator for Brake)에서는 V_t 와 V_p 를 비교한다. 신호 지시에 의한 지시속도 주파수(V_p)가 실제속도 주파수(V_t)보다 클 때는 ATS에 의한 경보 및 제동 작용이 없이 정상 운행하지만, 실제속도 주파수(V_t)가 클 경우에는 속도 비교기의 출력이 OFF 되어 AESR(ATS Excess Speed Relay)이 무여자 하므로 주의신호, 경계신호는 경보음(Alarm Bell)을 울린다. 이때 3초 내에 확인제동 취급을 하지 않을 때는 비상제동을 체결하고, 정지신호 구간인 경우에는 경보가 울리면서 즉시 비상제동을 체결하여 안전운행을 보장하도록 설계되었다.



[그림 7-9] ATS System 동작 과정

7.2.1.2 정상 운전과 ATS 속도 제어

자동폐색 방식 구간의 본선에서 진행신호에 따라 운행하는 중 주의신호가 현시되어 있으면 미리 제동취급을 하여 열차 속도를 45km/h로 이하로 감속하여 신호기를 통과하고, 경계신호 현시 때에도 미리 25km/h 이하로 감속한다. 그러나 신호가 지시하는 속도를 초과하여 신호기의 방호 구역 내로 진입한 때는 경보가 울리며, 기관사가 3초 내 확인제동(제동핸들 4단 이상)을 취급하여 지시속도 이내로 감속하여야 한다. 다만, 제한 시간인 3초 이내 확인제동을 결여하거나, 사전에 해당 기기의 취급 없이 정지구간(R0, R1) 진입 시에는 ATS System에 의하여 자동으로 비상제동이 걸리도록 구성되어 있다.



[그림 7-10] ATS 속도 제어 곡선

7.2.2 ATS 주요 장치

7.2.2.1 ATS 형식 및 정격

구성	내용
ATS 방식	다변주(Multi-Modulation)점제어 Digital 연산 방식
최대 열차 감응 속도	130km/h
차륜 직경 보정	780~860mm
주파수 변조	G, Y, YY, R1, R0
차상자와 지상자의 상하 편차	90mm~260mm
차상자와 지상자의 좌우 편차	좌측 및 우측 70mm 이하
동작 보증 온도	-25℃~+40℃
사용 전압	DC24V, DC5V DC100V
상시 발진 주파수	78kHz
자동 비상제동 작용 시간	3sec
지상자 특성	각 공진주파수 $\pm 2\text{km/h}$
소비 전력	70W 이하

7.2.2.2 ATS 차상장치

ATS 차상장치는 차상자, 수신기부, 운전논리부(속도비교), 계전기논리부, 속도발전기, 표시부, 전원부 및 기타 부속품으로 구성되어 있다.

(1) 차상자

차상자는 지상자와 결합하여 지상 신호기의 신호현시에 따라 각각 다르게 송신되는 지상자의 공진 주파수를 차상으로 전달하는 유도코일이다. 1차 코일과 2차 코일이 있고, 수신기부의 발진기(OSC)와 조합되어 귀환 발진회로를 구성하고 있다. 차상자에서 지상 신호를 검지하여 수신기부의 발진기(OSC) 및 대역 여과기(BPF)로 보내 주며, 신호기의 신호 현시에 따른 공진주파수와 지시속도는 다음과 같다.



[그림 7-11] 차상자와 발진기(OSC)

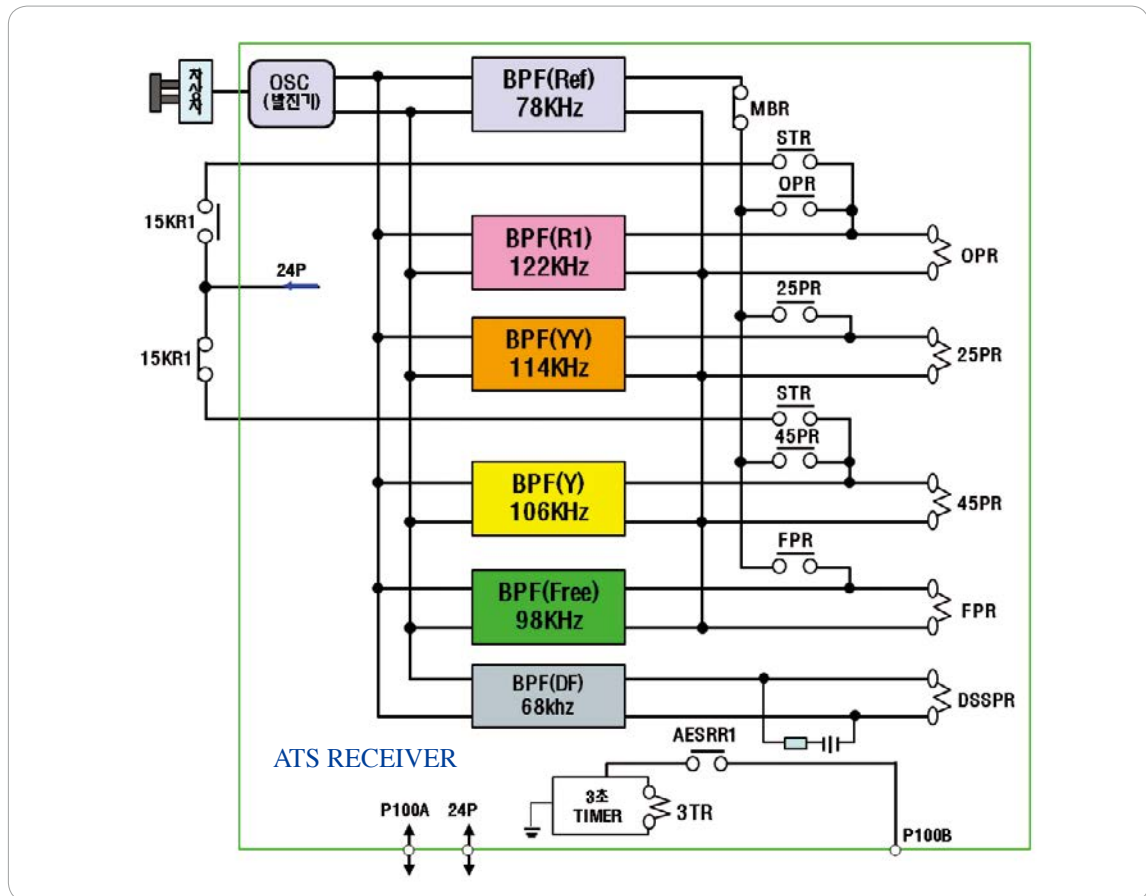
[표 7-2] 신호현시와 공진주파수

신호 현시	공진주파수(KHz)	지시속도(km/h)
진행(G)	98	Free
감속(YG)	98	Free(규정속도 65 이하)
주의(Y)	106	45
경계(YY)	114	25
정지(R1)	122	0
정지(R0)	130	0
절연 구간 검지	68	교-직 : 60 이하, 교-교 : 신호속도

(2) 수신기부(Receiver)

수신기부는 발진기(OSC), 대역여과기(BPF), 출력계전기(PR), 3초 시한계전기(3TR), 출발계전기(STR), 기억차단 계전기(MBR) 등으로 구성된다.

- 1) 발진기(OSC) : 차상자와 조합되어 있고, 상시 78KHz를 발진하며, BPF를 통하여 각 출력 계전기(PR)의 유지전원으로 사용된다. 신호현시가 진행(G,GY)신호 현시 시 열차가 지상자 위를 통과할 때 지상자의 공진주파수인 98KHz로 변주되면 78KHz BPF(Ref)의 출력이 순간적으로 차단되면서, 동작되고 있는 출력 계전기(PR)는 무여자 되고 98KHz BPF의 출력으로 FPR이 여자 되고, 지상자를 통과하면 발진 주파수는 78KHz로 되돌아오고 FPR(a)으로 자기유지 된다. Y, YY, R1 신호 현시에도 동일하다. 다만, RO 신호 때는 130KHz BPF가 없으므로 모든 출력 계전기는 여자 할 수 없게 된다.

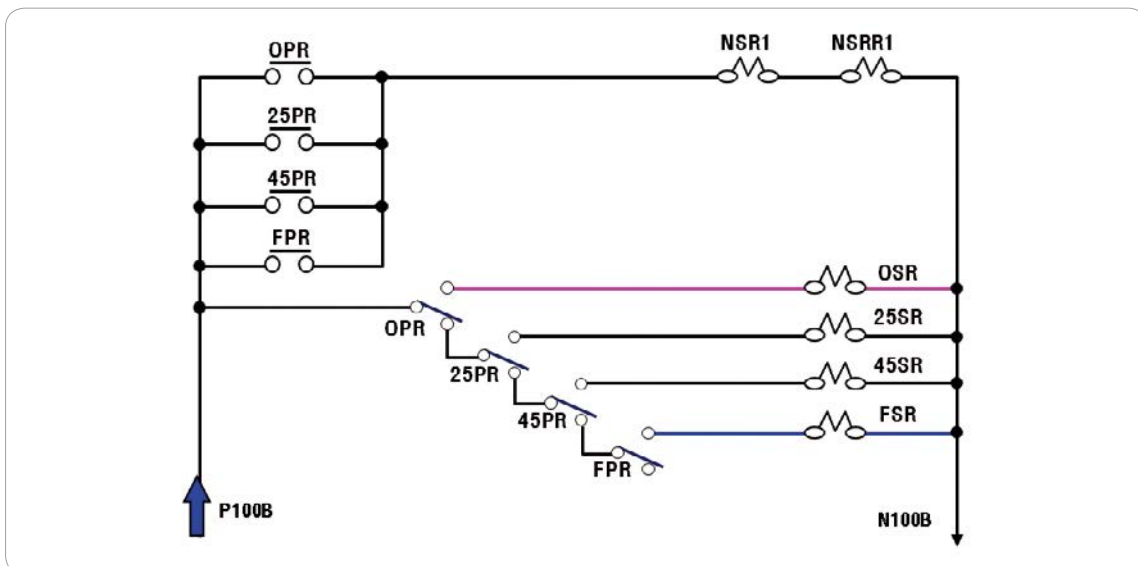


[그림 7-12] ATS 수신기부 출력 계전기

- 2) 대역여과기(BPF : Band Pass Filter) : 차상자에서 신호 주파수를 검지하면 발진기 출력인 78KHz가 신호 주파수로 변조된다. 이때 지금까지 동작된 PR(이전 신호 현시)은 무여자 되며, 검지된 신호 주파수만 BPF를 통과시켜 해당되는 PR(출력 계전기)을 여자 하고 유지된다.
- 3) 출력계전기(PR) : 검지된 신호 주파수가 BPF를 통과하여 해당 PR이 여자 되고, 발진기(OSC) 출력으로 해당 PR은 자기유지 된다.
- 4) STR(출발계전기, 초기설정 계전기) : 제동핸들 투입 시 45PR을 여자 시켜 45km/h를 설정하여 준다.
- 5) MBR(기억차단 계전기) : 확인운전 스위치(15KS), 특수운전 스위치(ASOS) 취급 시 이전 기억을 차단하는 역할을 한다.
- 6) 3TR : 열차속도가 주의신호, 경계신호의 제한속도 초과 시, 3초 동안 비상제동이 동작하지 않도록 한다.

(3) 속도계전기(SR:Speed Relay) 및 NSR1 여자회로

ATS 수신기부의 PR(출력 계전기) 동작을 운전논리부에 전달하는 계전기로, OSR, 25SR, 45SR, FSR은 하위 우선회로 형성으로 동작한다. 즉 R1 신호 시 OPR이 여자 하므로 OSR이 동작하고, 또한 OPR(a) 연동에 의하여 NSR1과 NSRR1이 여자 한다. 이렇게 YY, Y, Free 중의 어떤 신호를 수신하여도 해당 PR이 여자 되므로, 해당 SR과 무신호 계전기인 NSR1, NSRR1이 여자 한다. 그러나 RO 수신 시는 해당 BPF와 PR이 없으므로 NSR1과 NSRR1이 무여자 되어 Alarm Bell이 울리고, AEmR 무여자로 즉시 비상제동이 체결된다.

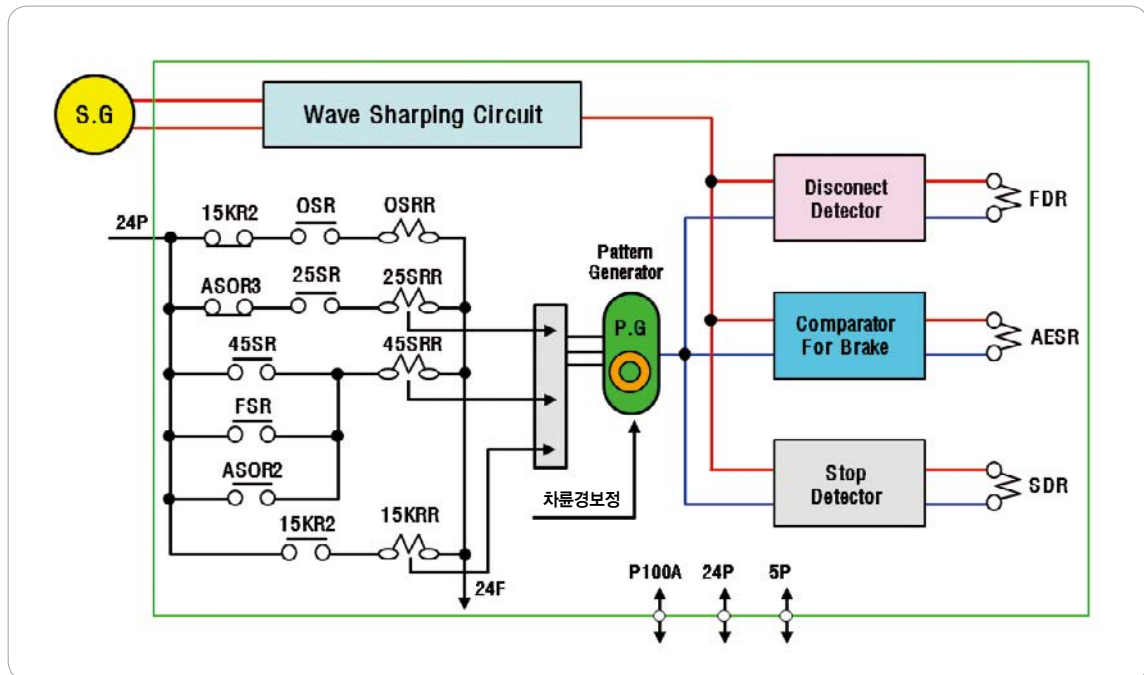


[그림 7-13] 속도 계전기(SR) 회로

(4) 운전논리부(Operating Logic Part)

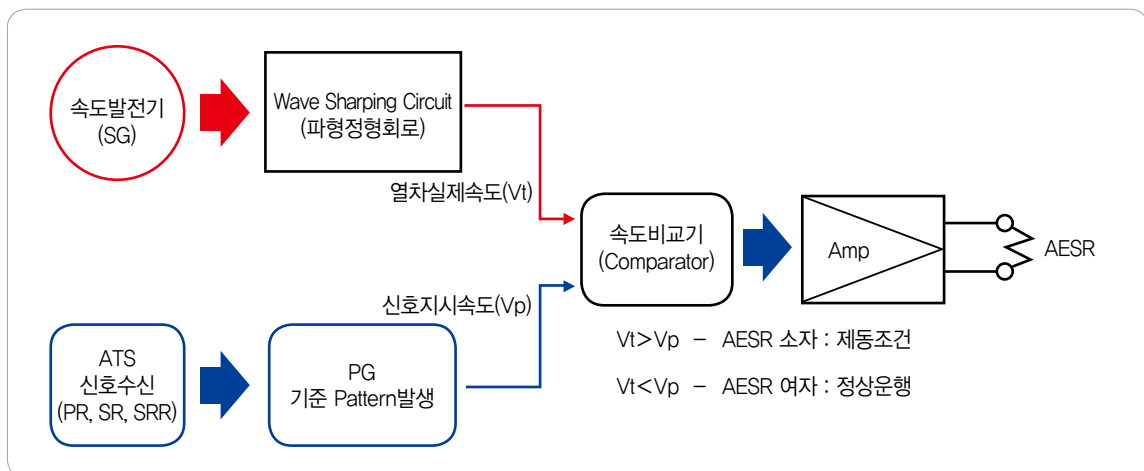
수신기부에서 수신한 신호 현시인 열차의 지시속도(V_p)와 실제속도(V_t)를 비교하여, 실제속도가 지시속도를 초과할 때 경보 및 표시등 그리고 비상제동 조건을 구성할 수 있도록 계전기 논리부로 보내 준다.

- 1) 기준 Pattern 발생부 : 신호기에서 수신한 신호가 해당 PR과 SR을 여자 시키면 운전논리부의 인터페이스 회로를 거쳐 기준 Pattern Generator에서 각 속도에 맞는 기준속도 주파수인 V_p 를 만들어 내며, 지시속도가 되어 열차속도 주파수(V_t)와 비교하게 된다. 기동할 때 제동행들 투입 시나 Y 신호 수신 시 45km/h Pattern을 만들고, YY 수신 시에는 25km/h Pattern을, 15KS 투입 시에는 15km/h Pattern을 만들어 준다.



[그림 7-14] 운전 논리부의 구성도

- 2) Wave Sharping Circuit(파형 정형회로) : 차속발전기(SG)에서 열차의 실제속도를 주파수로 검지한 출력(V_t)은 정현파 교류 이므로 이것을 구형파인 Digital 신호로 바꾸어 ATS 속도비교기로 보내 준다.
- 3) 속도비교기(Comparator For Brake) : 신호 주파수(V_p)와 열차속도 검지 주파수(V_t)를 비교



[그림 7-15] 속도 비교기의 출력

하여 열차속도가 신호 제한속도 이하일 때만 속도 비교기 출력이 나와서 AESR을 여자 하여 열차 운행이 정상적으로 이루어진다. 열차속도가 신호속도를 초과할 때는 속도비교기 출력이 OFF 되어 AESR은 무여자 하게 되므로 경보 및 표시등을 점등하고, 주의신호와 경계신호인 경우에는 3초 후에 비상제동이 동작하게 된다.

- 4) 정지검지기(SDR:Stop Detector) : 열차 속도가 5km/h 이하 시 속도발전기에서 검지하여 SDR을 여자 시킨다.
- 5) 고장검지기(FDR:Fail Disconnect Detector) : 차축 속도발전기와 ATS 장치의 단선 및 고장을 검지하는 기기로, 차축 속도발전기에 고장 발생 시 ATS 기능 자체가 쓸모없게 되므로 AEmR을 무여자 하여 비상제동이 걸리게 한다. 다만, 진행신호(FSR 여자)인 경우는 제외한다.

(5) 속도발전기(Speed Generator)

속도발전기는 전기동차 TC 차량의 전 대차 제 2차륜 또는 제4차륜의 차축에 설치되어 있으며, 차축의 회전속도에 따라 열차속도의 출력을 내는 교류발전기로 열차의 실제속도 주파수(V_t)를 만들어 낸다.



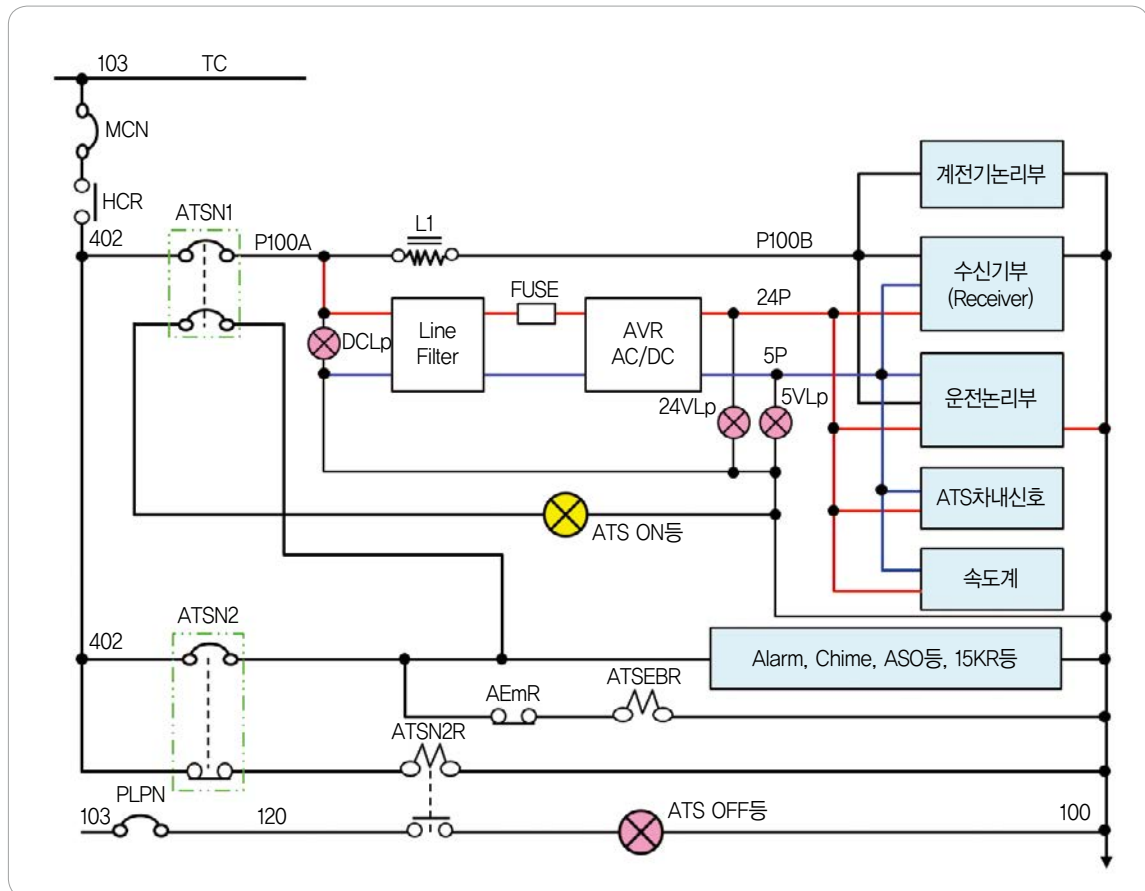
[그림 7-16] 속도(SG)발전기

7.2.3 ATS 전원 공급

7.2.3.1 ATS 전원 공급 회로

전부 운전실 제동핸들 투입으로 103선이 가압되고 HCR 여자에 의하여 ATS 장치에 전원을 공급하며, MCN과 HCR(a)을 거쳐 402선이 가압된다.

- (1) ATS 장치의 전원 공급 및 관련 차단기(N.F.B)는 ATSN1과 ATSN2로 구성되어 있다.
- (2) 402선에서 ATSN1을 거쳐서 P100A선으로 가압되고, Line Filter 인버터 장치를 통해 DC24V와 DC5V의 24P선, 5P선이 계전기 논리부와 수신기부 그리고 운전 논리부에 전원을 공급하여 준다.
- (3) ATS ON등은 전원공급의 이상 유무를 확인하는 등으로, 402선에서 ATSN2와 ATSN1이 ON 상태이면 점등된다. ATS OFF등은 ATSN2가 차단되면 연동에 의하여 ATSN2R이 여자 되므로 점등된다.

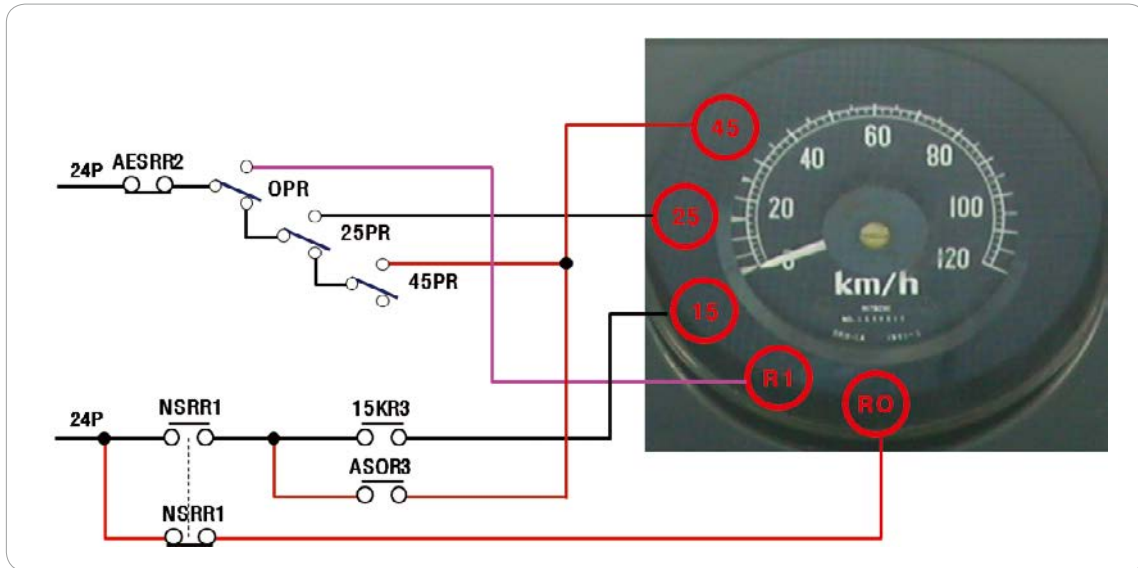


[그림 7-17] ATS 전원 공급 회로

7.2.3.2 ATS 속도계 표시등 회로

운전실의 ATS 속도계는 차축 속도발전기에서 검지된 주파수를 전류치로 변환하여 열차의 실제속도를 Analog 눈금으로 속도계에 표시하며, 열차에 정지 조건 또는 속도 초과 현상이 발생하면 속도계 내에 빨간 작은 원으로 표시된 등이 점등된다.

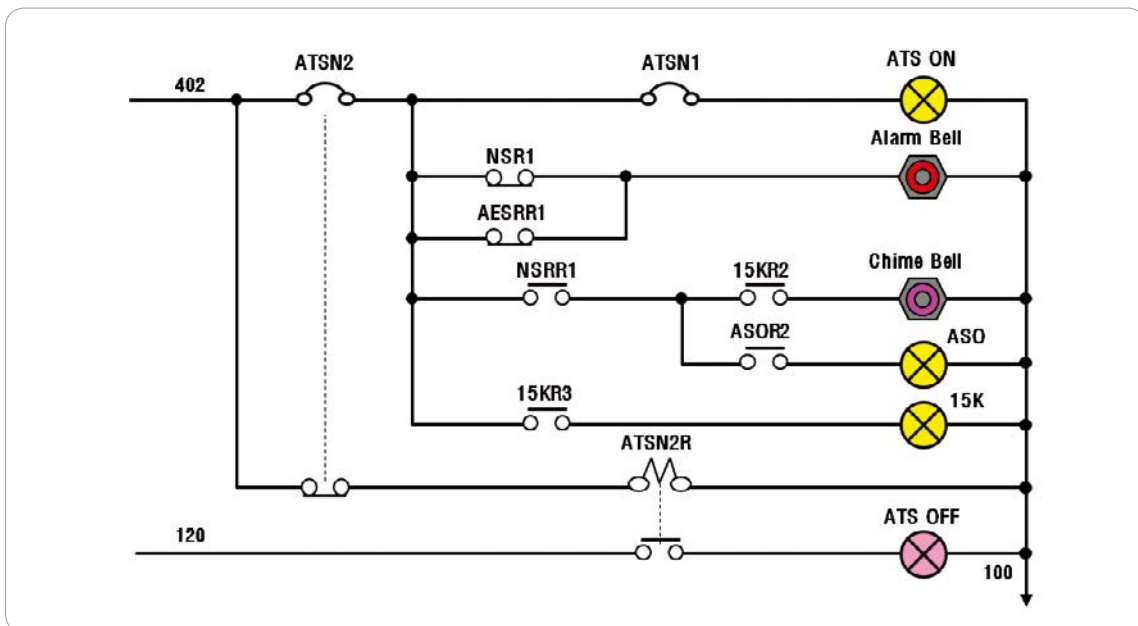
- (1) 절대정지신호 위반 진입 시는 **R0** 등이 점등된다.
- (2) 제한속도 초과 시는 **25**, **45** 등이 점등되면서 경보를 울려 기관사가 인식하고 조치하도록 한다.
- (3) 15KS를 취급하면 **15** 등이 점등된다.
- (4) ASOS를 취급하면 **45** 등이 점등된다.



[그림 7-18] ATS 속도계(Speedmeter) 표시등

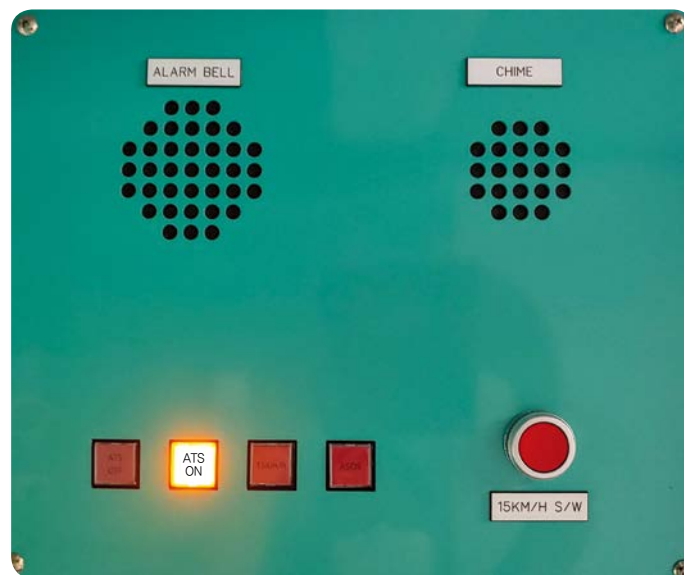
7.2.3.3 ATS 표시등 및 경보(Bell) 회로

- (1) ATS ON등은 제동핸들 투입 후 전원 이상 유무를 확인하는 등으로, 402선에서 ATSN2와 ATSN1 차단기가 모두 ON 상태이면 ATS ON등에 점등된다.



[그림 7-19] ATS 표시등 및 경보회로

- (2) 지시속도(Y,YY)를 초과하거나, RO(R1) 신호 위반 진입 시에는 ATS 경고(Alarm Bell)가 울린다.
- (3) 15km/h가 설정되면 15등이 점등되고 Chime Bell이 울린다.
- (4) ATS 특수 스위치(ASOS)를 취급하면 ASO등이 점등된다.
- (5) ATSN2가 차단되면 ATS OFF등이 점등된다.



[그림 7-20] ATS 표시등, 15KS

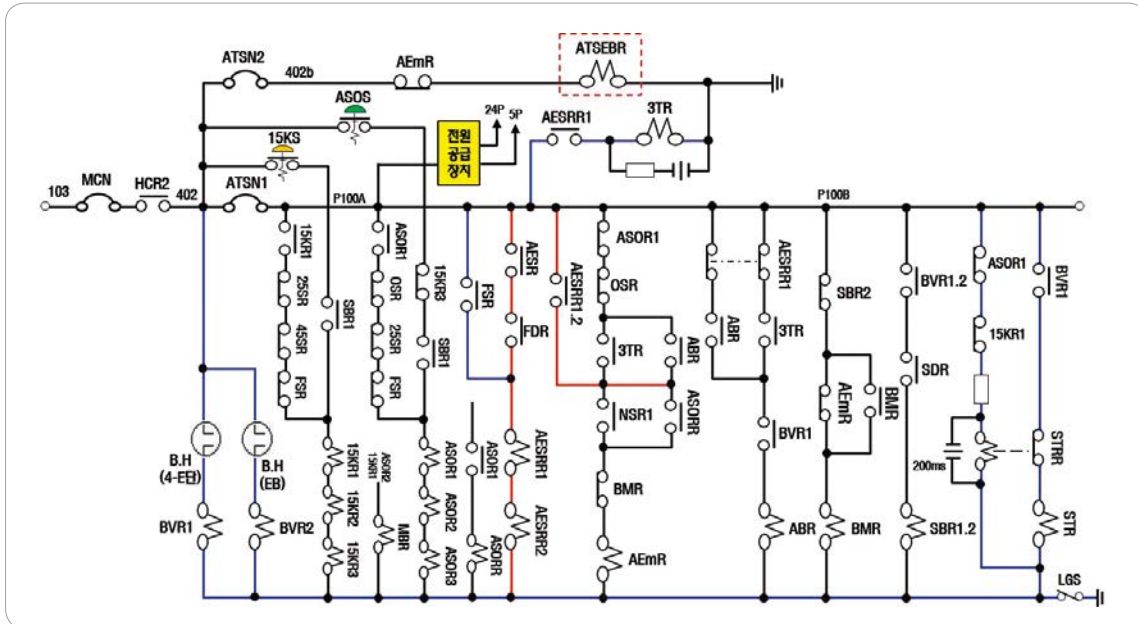
7.2.4 ATS 운전취급

7.2.4.1 ATS 초기설정

차량기지 또는 정거장 등에서 전기동차 최초 기동 시 및 종착역에서 운전실 교환할 때는 지상자가 없으므로, 이러한 경우에 제동핸들을 투입하면 ATS는 45km/h로 초기설정이 된다. 순간적인 현상은 속도계 내의 R0등이 잠시 점등되고 Alarm Bell이 순간 울리지만, 45km/h가 설정이 되면 소등되고 경보는 바로 멈춘다. 운행 중 필요에 의하여 제동핸들을 취거한 후 재투입하여도 ATS를 정지한 후 기동하는 것과 마찬가지이므로 45km/h로 초기설정이 된다. 초기설정이 되면 다음 신호기가 주의신호(Y) 이외의 신호를 현시할 때는 그 지상자를 통과하면서 해당 신호의 주파수를 수신하여 자동으로 그 신호로 변조되어 바뀐다.

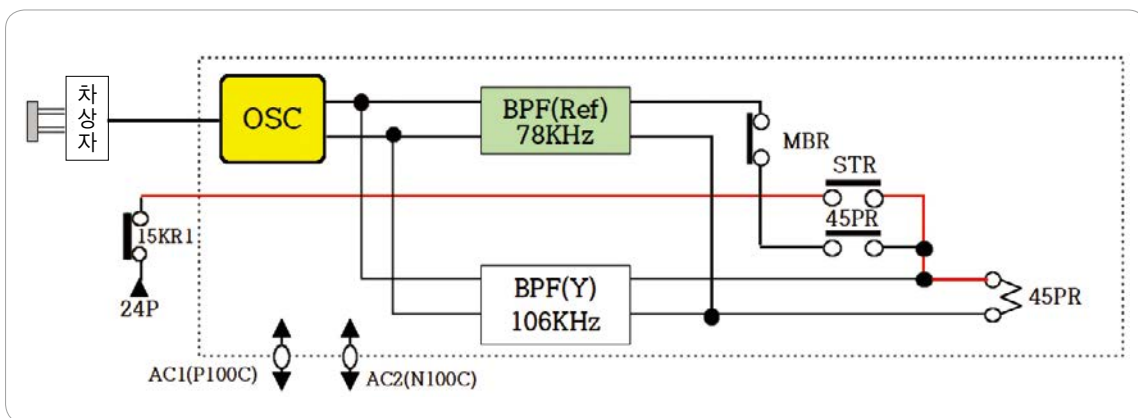
(1) ATS 초기설정 회로

- 1) 제동핸들을 투입하여 4단 이상, 비상 위치에서 BVR1, BVR2가 여자 하며 BVR1 연동에 의하여 STR이 여자 한다. STRR은 200ms 후에 여자 하므로 이때는 ATS 초기설정이 완료된 상태이다.



[그림 7-21] ATS 회로

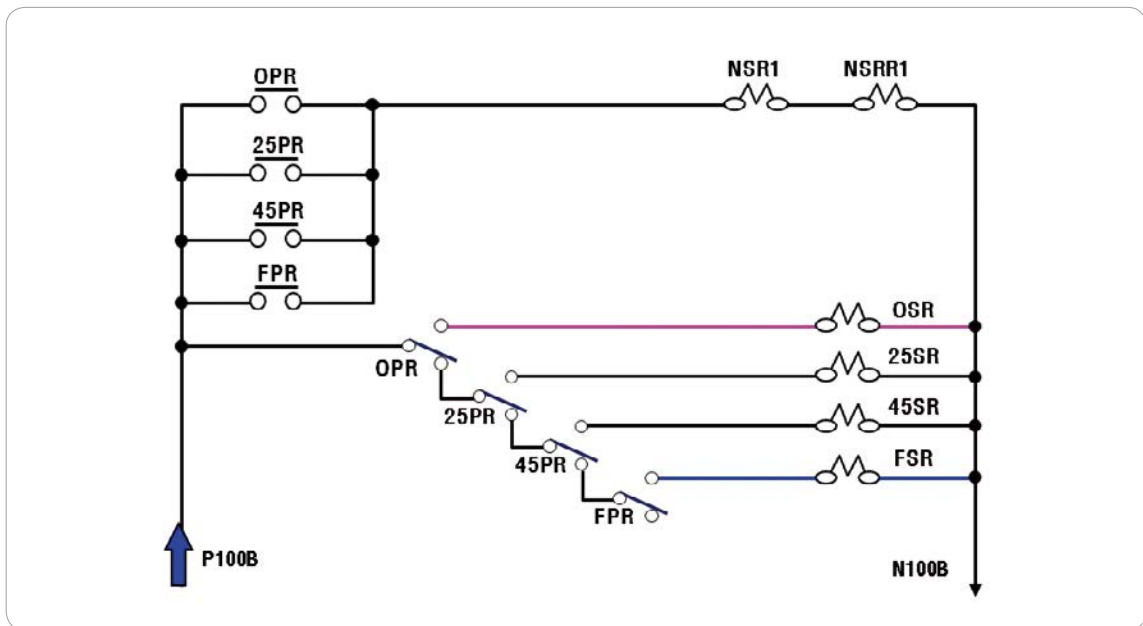
- 2) 수신기부에서는 STRR이 여자 하기 전까지 STR이 여자 하여 45PR을 여자 하면, 발진기 (OSC) 주파수인 78KHz가 BPF(Ref)를 통하여 45PR 자기 접점으로 공급되어 45PR이 계속



[그림 7-22] 45PR 여자회로

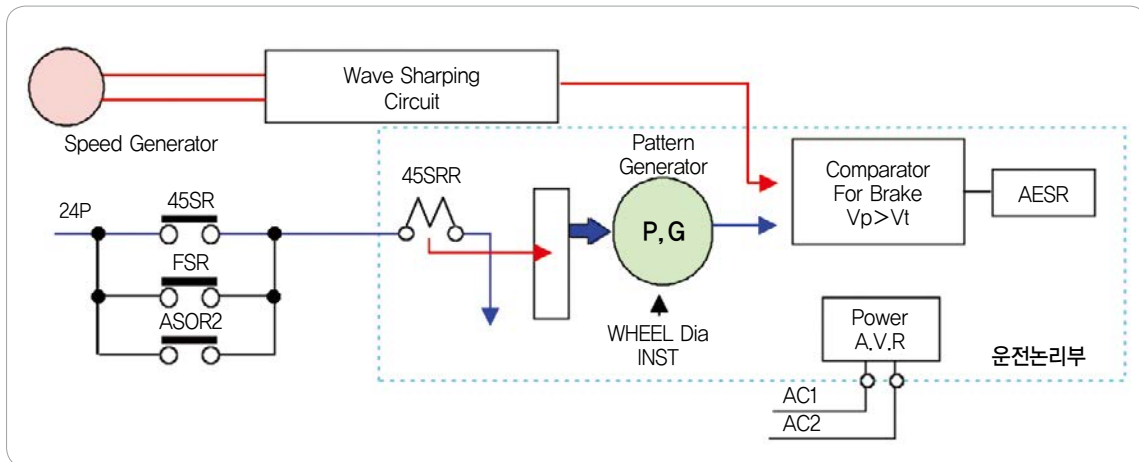
여자 하므로 STR이 무여자 해도 자기 유지된다.

3) 45PR 여자로 45SR 및 NSR1, NSRR1이 여자 한다.



[그림 7-23] 45SR 및 NSR 여자회로

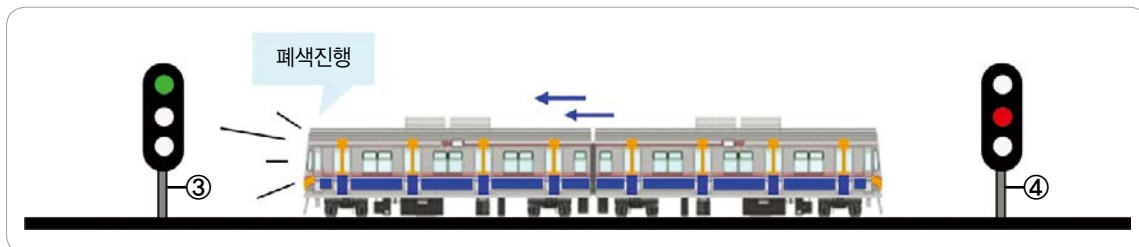
- 4) 45SRR 여자로 기준 Pattern Generator에서는 45km/h 해당하는 V_p (패턴 주파수)를 만들어 내며, 속도비교기에서 열차 실제속도(V_t)와 비교하여 AESR을 여자 또는 무여자 하며, 전기동차 기동 시는 정차 중이므로 AESR은 여자 된다.
- 5) AESR이 여자 되면 P100B선의 계전기 논리부에서 AESRR1,2와 AEmR이 여자 된다.
- 6) AEmR 여자로 ATSEBR이 무여자 되면 비상제동 안전Loop 회로가 구성되고, 제동핸들 7단 위치로 하면 비상제동이 풀린다.
- 7) ATS는 45km/h로 설정이 완료되어 다음 신호를 수신할 때까지 유지된다.
- 8) 제동핸들 투입 시 순간적으로 속도계 내 RO등이 점등되면서 Alarm Bell이 울리는 것은 NSR과 AESRR이 여자 되기 전이며, 45km/h가 설정이 되면 Bell이 멈추고 RO등이 소등이 된다.



[그림 7-24] AESR 여자회로

7.2.4.2 진행신호 현시 구간 운전

- (1) 본선 선로에서 진행신호(G) 또는 감속신호(GY)시, 운전 취급으로 ATS 장치에서 속도 감시를 할 수 없으므로 선로 제한속도 이내로 운전하며, 감속신호 구간 운전 시에는 다음 주의신호 현시에 대비하여 적당한 속도로 조정한다.

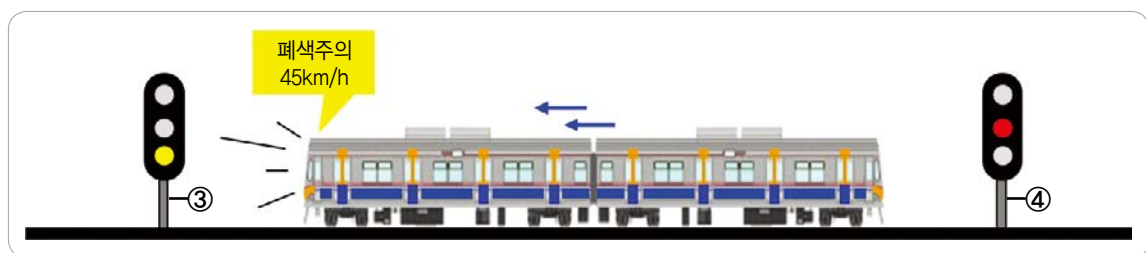


[그림 7-25] 진행신호 현시 운전

- (2) 진행신호 및 감속신호 시, 지상자의 98KHz를 차상자에서 수신하고 발진기를 거쳐 98KHz BPF(Free)를 통과하여 FPR을 여자 하고, 발진기(OSC)의 78KHz 출력으로 FPR은 유지된다.
- (3) FPR 여자로 FSR이 여자 되고 45km/h 기준 패턴 주파수가 발생 하므로 AESRR이 여자 된다.
- (4) 진행신호 현시에 따라 열차의 실제속도가 45km/h를 초과하게 되면 AESR은 무여자 하지만, FSR에 의하여 AESRR은 계속 여자 되므로 ATS에 의한 속도제한은 받지 않는다.

7.2.4.3 주의신호 현시 구간 운전

- (1) 본선 선로에서 Y(주의)신호 현시 시 신호기의 상당 거리 전방에서 열차속도를 45km/h 이하로 감속하여 신호기를 통과해야 하며, 속도초과 시에는 즉시 Alarm Bell이 울리고 속도계 내에 “45등”이 점등된다. 이러한 경우 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 취급한 후 열차의 실제속도가 45km/h 이하로 감속되면, 경보 및 표시등이 소멸되고 제동핸들을 완해 위치로 한다. 만약 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 취급하지 않으면 3초 후 즉시 비상제동이 체결된다.

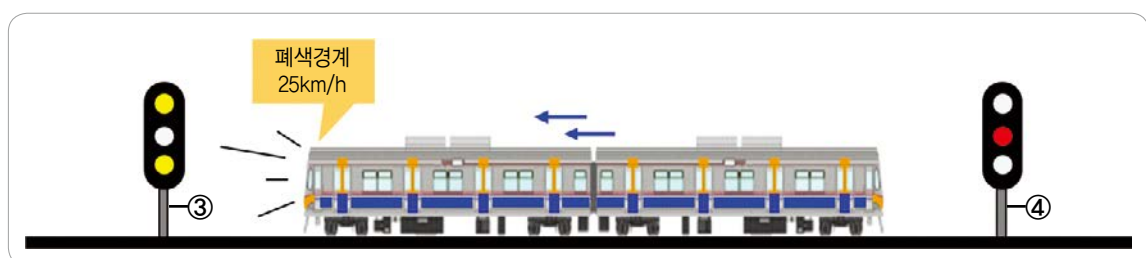


[그림 7-26] 주의신호 현시 운전

- (2) 주의신호 현시 시 지상자에서 106KHz를 검지함으로써 45PR을 여자 시키고 OSC 출력으로 유지된다.
- (3) 45PR이 여자 되면 ATS 초기설정 회로와 같이 45SR과 45km/h 기본패턴 주파수가 발생하고 AESR, AESRR1,2 및 AEmR 여자회로가 구성된다. 다음 신호기까지 45km/h 이하로 운전한다.

7.2.4.4 경계신호 현시 구간 운전

- (1) 본선 선로에서 YY(경계)신호 현시 시 신호기의 상당거리 전방에서 열차 속도를 25km/h 이하로 감속하여 신호기를 통과해야 하며, 속도초과 시에는 즉시 Alarm Bell이 울리고 속도계 내에 “25등”이 점등된다. 이러한 경우 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 취급한 후 열차속도가 25

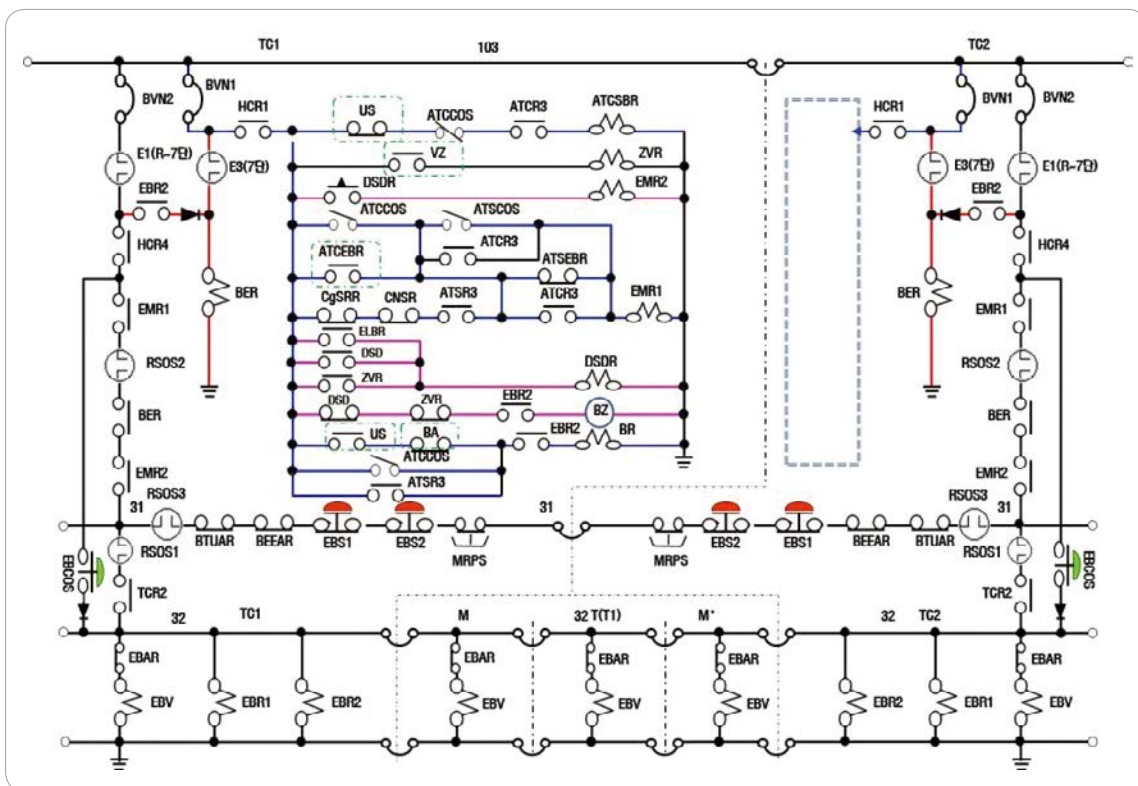


[그림 7-27] 경계신호 현시 운전

km/h 이하로 감속되면 경보 및 표시등이 소멸되고 제동핸들을 완해 위치로 한다. 만약 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 취급하지 않으면 3초 후 즉시 비상제동이 체결된다.

(2) 경계신호 현시 시 지상자에서 114KHz를 검지함으로써 25PR을 여자 시키고 OSC 출력으로 유지된다.

(3) 25PR이 여자 되면 25SR이 여자 되고 25km/h 기본패턴 주파수가 발생하여 AESR, AESRR1.2 및 AEmR 여자회로가 구성된다. 다음 신호기까지 25km/h 이하로 운전한다.



[그림 7-28] 비상제동(안전 LOOP) 회로

7.2.4.5 속도초과 시(45km/h, 25km/h) ATS 회로의 구성

- (1) 속도비교기에서 AESR이 무여자 하고, AESRR1,2가 무여자 한다.
- (2) AESRR1(b)에 의하여 Alarm Bell이 울린다.
- (3) AESRR2(b)에 의하여 속도계 내에 45등 표시등이 점등된다.
- (4) 3TR이 3초 동안 여자 하여 AEmR 여자회로를 유지한다.
- (5) 3초 이내에 제동핸들 4단 이상 취급하여 ABR이 여자 하면, AEmR은 여자 상태를 유지하므로



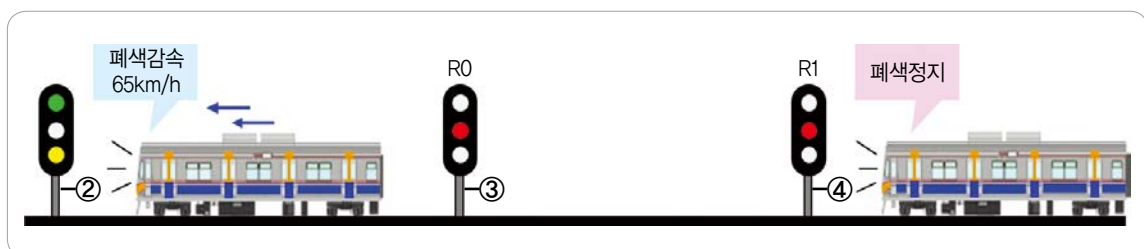
[그림 7-29] 제동핸들, ATS 속도계

비상제동은 걸리지 않는다.

- (6) 열차속도가 45km/h 이하로 감속되어 45 등이 소등되고 경보음이 멈추면 제동핸들을 완해한다.
- (7) 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 위치로 가지 않으면 3TR은 무여자 되고 ABR도 여자 할 수 없으므로 AEmR이 무여자로 ATSEBR이 여자 하여 비상제동이 체결된다.
- (8) 지시속도 초과로 비상제동이 체결된 후 복귀 취급 : 제동핸들을 비상 위치로 취급한 후 열차가 완전히 정차한 다음, 7단 위치로 이동하여 비상제동을 완해하여 준다.

7.2.4.6 정지신호(R1) 현시 구간 운전

- (1) 자동폐색 방식 구간의 폐색신호기가 정지신호를 현시한 경우로, 신호기 외방에 일단 정차한 후 정상적으로 진행을 지시하는 신호가 현시되면 진입하여야 한다. 다만, 신호기 고장 또는 대용 폐색 방식 시행 시에는 15km/h 스위치를 취급하거나, 관제 승인에 의한 ATS 차단 운전을 하여야 한다.



[그림 7-30] 정지신호 현시

(2) 허용정지(R1) 구간 위반 진입 시 회로 구성

- 1) 122KHz를 수신하여 OPR 여자로 OSR, NSR1, NSRR1이 여자 한다.
- 2) OSR은 여자 하나 운전논리부에 신호 입력이 없으므로 Vp는 발생하지 않고 AESR은 강제로 무여자 된다.
- 3) AESR 무여자 시 AESRR1,2가 무여자 되고 AEmR이 무여자 하므로 ATSEBR 여자로 비상제동이 체결된다.
- 4) Alarm Bell이 울리고 운전실 속도계 내의 "R1등"이 점등된다.
- 5) 비상제동에 의하여 열차가 정지하여도 경고 벨 및 표시등은 계속된다.
- 6) 복귀 방법은 제동핸들을 비상위치로 한 후 7단 위치로 하고 15km/h 스위치를 취급하여 복귀한다.

7.2.4.7 정지신호(RO) 현시 구간 운전

- (1) 장내신호기, 출발신호기, 반(半)자동 폐색신호기, 입환신호기가 정지신호를 현시하거나, 허용정지(R1) 구간 다음의 폐색신호기(RO)가 정지신호일 때의 운전 취급으로, 신호기 외방에 일단 정차한 후 진행을 지시하는 신호가 현시되면 진입하여야 한다. 다만, 신호 고장 등의 운전장애 발생으로 "RO" 구간을 진입하여야 할 경우에는 관제의 승인을 받은 다음, ASOS(특수운전 스위치)를 취급하거나 ATS 차단 운전을 하고 진입하여야 한다. ASOS 취급 없이 진입 시(RO위반)에는 경보(Alarm)와 함께 속도계 내 "RO등"이 점등되고 즉시 비상제동이 체결된다. 복귀 시에는 관제의 승인을 받고 ASOS 취급을 하는 것이 가장 안전한 취급 방법이다.

(2) 절대정지(RO) 구간 위반 진입 시 회로 구성

- 1) 지상자에서 130KHz를 수신하지만 해당 BPF가 없으므로 동작할 수 있는 PR이 없게 되어, NSR1, NSRR1이 무여자 하게 된다.
 - 2) NSR1 무여자로 AEmR이 무여자 되고 ATSEBR이 여자 되어 즉시 비상제동이 체결된다.
 - 3) Vp(기본패턴 주파수)가 발생하지 않아 AESR이 무여자 되고 AESRR1, 2도 무여자 된다.
 - 4) ALarm Bell이 울리며 속도계 내에 "RO등"이 점등된다.
 - 5) 비상제동에 의하여 열차가 정지하여도 경고 벨 및 표시등은 계속된다.
 - 6) 복귀 방법은 제동핸들을 비상위치로 한 후 7단 위치로 하고 ASOS(특수 스위치)를 취급하여 복귀한다.
- ※ ATS 비상제동 시 제동핸들을 비상위치로 한 후 7단 위치로 하여야 ATS 비상제동이 완해가 되는 것은, ATS 비상제동 시 기억계전기인 BMR이 계속 여자 하고 있기 때문이다. BMR을

무여자 하려면 열차가 정차한 후 제동핸들을 비상위치로 하면 무여자가 된다.

7.2.4.8 15km/h 스위치 취급운전

(1) 15km/h 스위치 취급 목적

본선 운행 중 허용 정지신호(폐색신호기 R1)가 현시된 경우로, R1 현시 구간을 넘어서 운행하여야 하는 경우 또는 R1 구간을 위반하여 진입한 경우에 15km/h 이하로 주의 운전하기 위하여 취급하는 스위치이다.

(2) 15km/h 스위치 취급법

- 1) 폐색신호기의 정지신호 외방에 일단 정차하여 관제에 선행열차 운행 등의 여부를 확인한다.
- 2) 제동핸들을 4단 이상 위치한다.
- 3) 15km/h 스위치를 15km/h가 설정될 때까지 누른다. 15km/h 스위치를 누르면 즉시 Alarm Bell이 울리고, 15km/h가 설정되면서 Chime Bell로 바뀌며 속도계 내의 표시등도 “RO등”에서 “15등”으로 바뀐다.
- 4) 15km/h 스위치에서 손을 떼고 Chime Bell 경보와 함께 주의 운전하며, 운전 속도가 15km/h 이상 초과 시에는 즉시 비상제동이 걸린다.

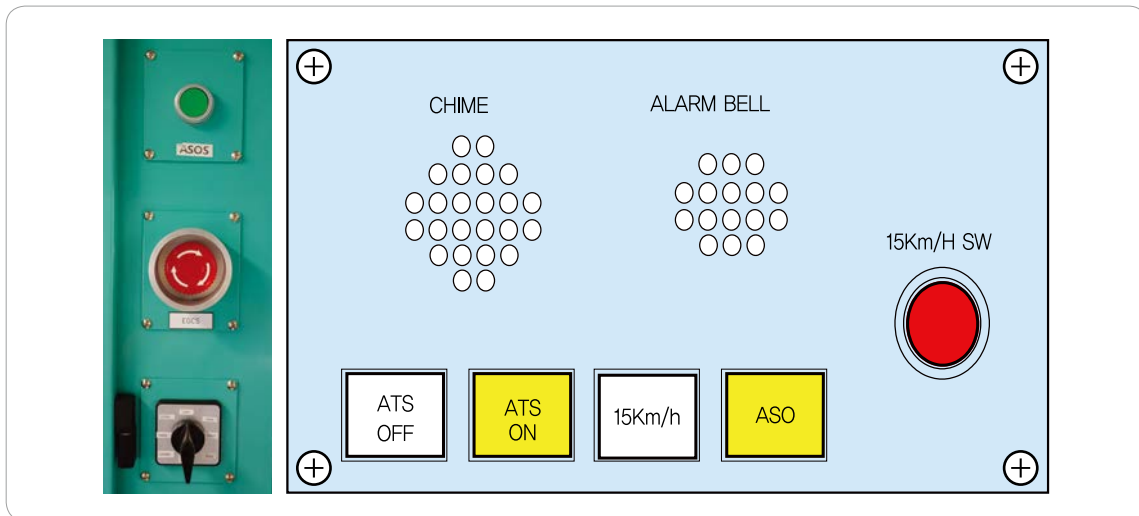


[그림 7-31] ATS 15km/h 스위치

7.2.4.9 ASOS(ATS 특수운전 스위치) 취급 운전

(1) 취급 목적

본선 구간 운행 중 장내신호기, 출발신호기, 입환신호기, 반자동 폐색신호기, 폐색신호기의 고장 및 장애 발생 등으로 정지신호(RO)를 현시할 때 그 정지구간을 관제의 승인을 받은 후 진입하려는



[그림 7-32] ASOS, ASO등

경우나, 혹은 실념(失念), 착각 등으로 RO 구간을 위반 진입한 경우에 ATS 비상제동을 완해하기 위하여 관제에 승인을 받고 ASOS 취급을 한다.

(2) ASOS 취급해야 할 경우

- 1) 수신호 및 유도신호에 따라 운전할 경우
- 2) 입환신호기의 정지신호 현시구간을 넘어서 운전할 필요 있을 경우
- 3) 정지신호(RO) 자동폐색신호기를 넘어서 운전할 필요 있을 경우
- 4) 정지신호(RO) 자동폐색신호기를 넘어서 정지한 경우
- 5) 지상장치가 고장일 경우
- 6) 상치신호기 지상자가 설치된 입환표지(입환신호기 포함)의 개통구간을 운전할 경우(입환신호와 연동된 상치신호기 지상자는 제외)
- 7) 구내폐색신호기 정지신호 현시구간을 넘어서 운전할 필요 있을 경우

(3) ASOS 취급 방법

- 1) 정지신호기 외방에 일단 정차한 후 제동핸들을 4단 이상 위치한다.
- 2) 관제의 승인을 받은 다음에 ASOS를 누른다.
- 3) ASOS를 누르면 Alarm Bell이 울리고 속도계 내의 “RO등”이 점등된 상태에서 계속 누르면 경보가 멈추고 “RO등”이 소등된다. 그러면서 “45등”이 점등되고 45km/h가 설정이 되며,

ASO등이 점등된다. ASOS에서 손을 떼다.

- 4) RO 현시 구간을 1회에 한정하여 통과하며, 45km/h 속도 초과 시에는 즉시 비상제동이 체결된다.
- 5) 관제의 승인을 받을 수 없는 경우에는 ASOS를 취급한 후 짧은 기적을 수시로 울리면서, 일어서서 15km/h 이하의 속도로 주의 운전할 수 있다.

7.2.5 ATS 보호장치와 차단운전

7.2.5.1 ATS 보호장치

교·직류 VVVF 전기동차의 ATS 보호 장치는 ATS 함에 2개의 N.F.B가 설치되어 있으며, 전원 동작 표시등과 단선 검지등(FDLP)이 있다. 또한 ATS 장치를 차단할 수 있도록 ATS 차단 스위치인 ATSCOS가 설치되어 있다.

(1) ATS N.F.B 구성

1) ATSN1

ATS 전원 공급장치 N.F.B로, 402선에서 ATSN1을 거쳐 Line Filter에서 AC 전원으로 바꾸고 다시 직류로 전환하여 수신기부와 운전논리부 및 각 계전기 회로로 전원을 공급한다. ATSN1 OFF 시는 Alarm Bell이 울리고, 속도계 내 “Ro등”이 잠시 점등되었다가 소등되며 비상제동이 동작한다.

2) ATSN2

402선에서 ATSN2를 거쳐 AEmR(b) 조건이면 ATSEBR이 여자 하여 비상제동이 걸리게 된다. ATSN2 OFF 시 ATS에 의한 비상제동이 완해가 되는 것은 ATSEBR 여자 전원이 차단되기 때문이다. 또한 ATSN2를 거쳐 ATS 경보음과 표시등에 전원을 공급한다. ATSN2가 차단되면 ATS 비상제동 기능이 없어져 ATS 장치가 없는 것과 같아 ATS OFF등에 점등이 된다.



[그림 7-33] ATS N.F.B와 ATSCOS

[표 7-3] ATS NFB(차단기) 작용

내 용	구 분	교 · 직류 VVVF 전기동차	
		ATSN1	ATSN2
작용		전원 공급부 계전기부	ATS 비상제동 완해 가능 표시부
차단 시		비상제동 체결	ATS 비상제동 불능 ATS off등
복귀 불능 시		ATSCOS 취급 ATSN2 Off	신호 확인 주의 운전

7.2.5.2 ATS 차단운전

- (1) 본선 운행 중의 ATS 차상장치 고장이나 ATS에 의한 비상제동 완해 불능 및 대응폐색 방식 취급 등에 의하여 ATS 차단이 필요할 때는 관제의 승인을 받은 후에 ATSCOS를 취급하여야 한다. ATS에 의한 비상제동이 걸리는 것은 ATSEBR이 여자 되어 비상제동(안전 LOOP) 회로를 차단하므로 전 차량의 비상제동 전자밸브(EBV)가 무여자 하여 비상제동이 걸리는 것이다. 이러한 경우 ATSCOS를 차단 위치로 취급하면, 병렬회로로 ATS 비상 조건을 By-Pass 하므로 비상제동을 완해하여 주지만, ATS 수신 조건에 따른 경보음 등의 동작 현상은 계속 발생하므로 이때 ATSN2를 차단하면 경보음이 발생하지 않는다.



[그림 7-34] ATSCOS

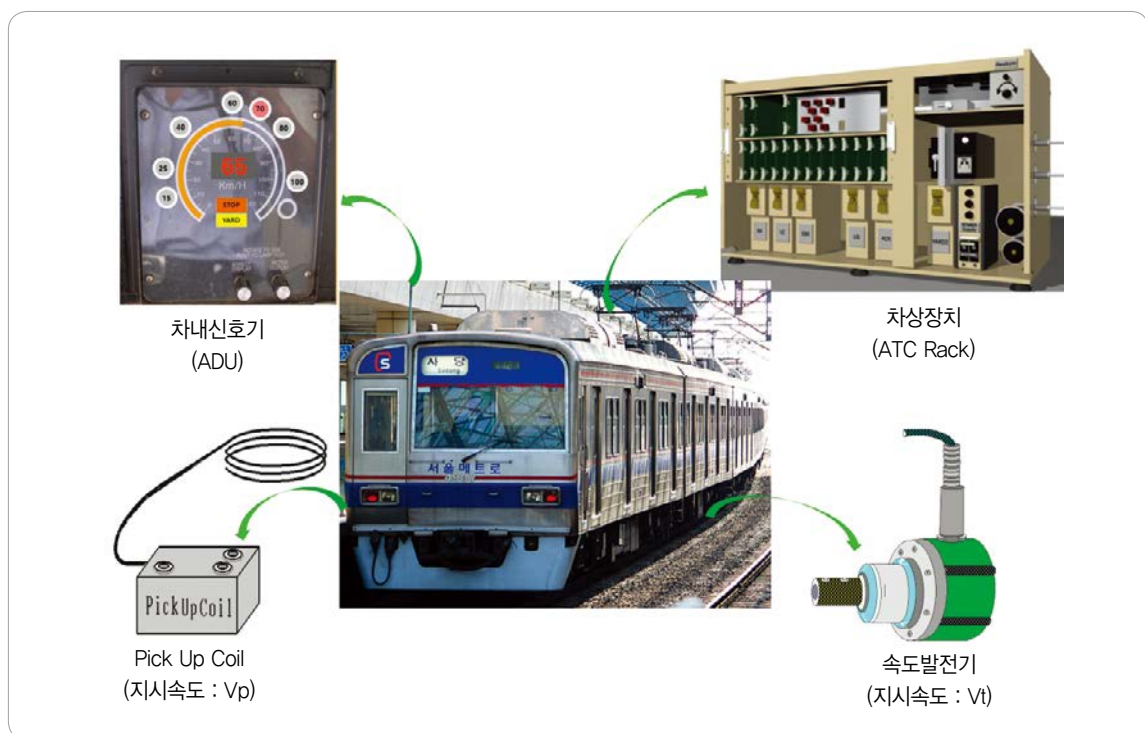
- (2) 교·직류 VVVF 전기동차는 ATSN2를 OFF 하여도 ATS에 의한 비상제동은 복귀되는데, 그것은 402선에서 ATSN2를 거쳐 AEmR 무여자 조건으로 ATSEBR 여자 전원을 공급하기 때문이며,

ATSN2를 OFF 하면 ATSEBR이 강제로 무여자 되어 ATS 비상제동이 풀린다. ATSN2 차단 시는 ATS OFF등이 점등되고 Alarm Bell 기능도 차단되지만, 운전실 속도계 내의 ATS 표시 부 기능은 동작한다.

7.3 ATC 장치

7.3.1 ATC 장치의 개요

대도시 대중교통을 담당하는 지하철의 중요성이 인식되고 서울과 부산에서 지하철이 확장되면서 ATC 장치가 도입되었다. ATC 장치는 차내신호 폐색 방식의 채택으로 인해 신호기가 설치되어 있지 않으므로 도시철도 건설비를 크게 절감하였고, 속도 코드의 세분화와 과속 방지 기능에 따른 자동제동 작용 등으로 운용의 편리함과 기능 향상 등을 가져왔다. ATS 장치에서는 속도초과 운전을 검지할 수 있는 신호가 경계신호와 주의신호에 한정되고, 경계신호나 주의신호의 속도를 초과하는



[그림 7-35] ATC 장치의 구성

경우 3초 이내에 확인 제동을 취급하지 않으면 비상제동이 걸린다. 이에 비하여 ATC 장치의 속도 감시는 모든 속도 코드에 해당이 되므로 과속 운전을 방지할 수 있고, 또한 속도초과가 일어난 경우에 기관사의 제동 취급과 관계없이 즉시 자동으로 ATC 상용제동이 체결되어 열차속도를 감속하고 기관사는 확인제동 취급만 함으로써 열차가 정상 운행될 수 있도록 하였다.

ATC 장치는 한국철도공사 4호선(과천선), 일산선, 분당선과 서울교통공사 3호선과 4호선에 설치된 장치를 말하며, ATC 장치의 기본 운전 취급법과 차상설비 등을 설명하고, ATC/ATO 장치와 RF-CBTC 방식의 속지에 도움이 되게 하였다.

7.3.1.1 ATC 주요 제원

- (1) 입력 전원 : DC100V(자체 사용 전원 : DC32V, DC15V)
- (2) 지시속도 수신 주파수 : 990Hz(Code化)
- (3) 실제속도 검지 주파수(Hz) : 1km/h당 48Hz
- (4) 감속도 확인 : 2.4km/h/sec
- (5) 지시속도 및 코드 주파수

구분	지시속도(km/h)	지시속도 코드 주파수(Hz)	비고
차내 신호 차내	15(정지신호)	0Hz	
	25(구내 운전)	3.2Hz	
	25(본선 운전)	5.0Hz	
	40	6.6Hz	
	60	8.6Hz	
	70	10.8Hz	
	80	13.6Hz	
	100	20.4Hz	
	YCR	16.8Hz	

- (6) 궤도회로 주파수

궤도회로 구분	F1	F2	F3	F4
궤도회로 주파수(Hz)	1590	2670	3870	5190

7.3.1.2 ATC 기기 및 계전기 명칭

표기	DESCRIPTION	용어
ADU	Aspect Disply Unit	차내 신호기
ACK	Brake Acknowledge Relay	제동 확인 계전기
ATC	Automatic Train Control	열차 자동제어장치
ATCN	N.F.B For ATC	ATC 회로 차단기
ATCPSN	N.F.B for ATC Power Supply	ATC 전원 공급 회로 차단기
ATCEBR	ATC Emergency Brake Relay	ATC 비상제동 계전기
BA	Brake Assurance Relay	제동 보증 계전기
SC	Speed Command Relay	지시속도 계전기
SS	Stop and Proceed Relay	정지 후 진행 계전기
US	Under Speed Relay	저속도 계전기
VZ	Zero Velocity Relay	정지 검지 계전기

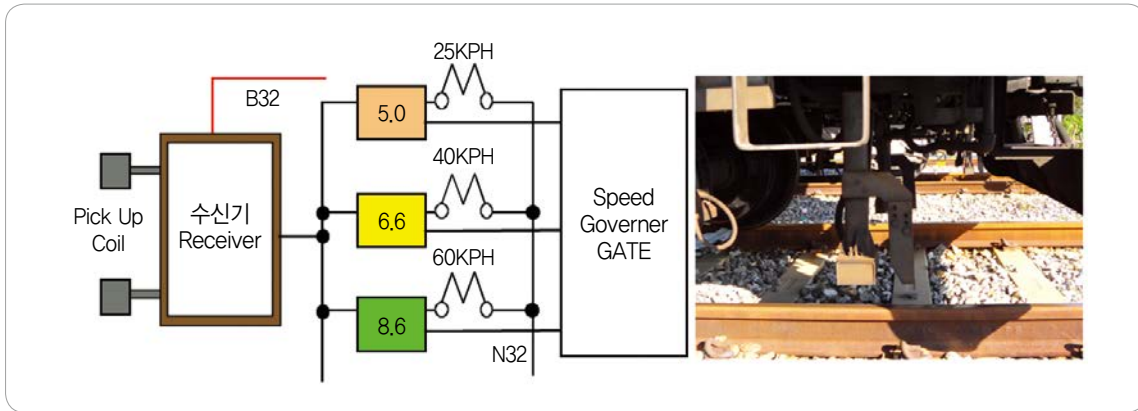
7.3.2 ATC 차상장치

ATC는 지상장치와 차상장치로 구분된다. 지상장치는 궤도회로를 통하여 열차 검지 및 지시속도 송신이 이루어지고, 차상장치는 전동차의 전·후부 운전실인 TC 차량에 설치되어 있으며 동력운전과 제동 회로에 관여되어 있다. AF 궤도회로인 RAIL을 통하여 공급되는 지시속도의 신호 주파수를 Pick Up Coil이 수신하고, 실제속도는 차축의 속도발전기를 통하여 검지되면 ATC RACK에서는 이를 연산 제어하여 동력운전 및 제동 조건을 주고 ADU에 신호 상태를 현시하는 일련의 과정들이 차상장치를 통하여 이루어지는 것이다.

7.3.2.1 ATC 차상장치 기기

(1) PICK UP COIL(Cab 신호 수신코일)

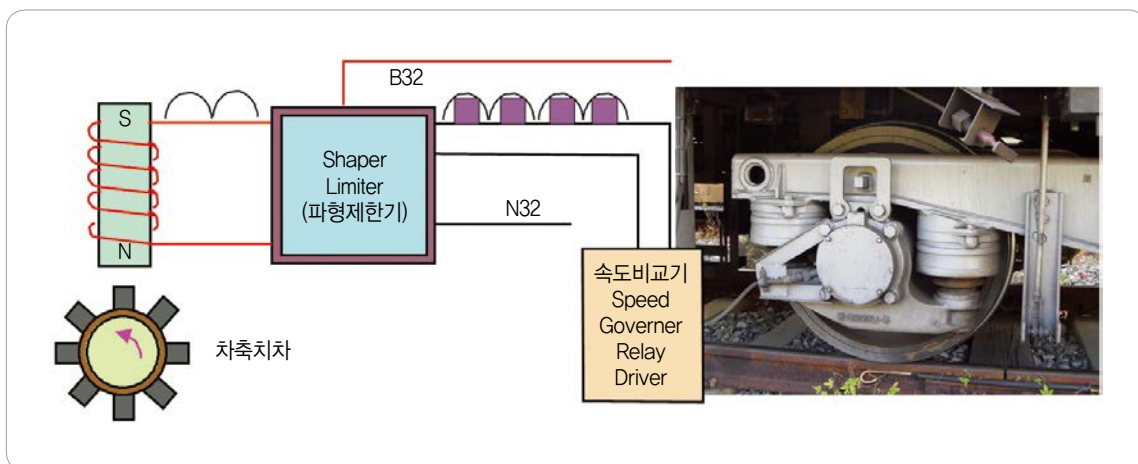
Pick up Coil은 레일에 공급되고 있는 지시속도 주파수를 검지하는 일종의 안테나와 같은 역할을 하는 것으로, TC차의 차륜 앞부분에 1개씩 총 2개가 설치되어 있고, AF 궤도회로 또는 Loop Coil로부터 코드화된 990Hz의 지시속도를 수신하여 ATC 장치의 수신기(Receiver PCB)로 보내 준다.



[그림 7-36] Pick Up Coil

(2) 속도발전기(SG : Speed Generator)

전기동차 TC 차량 전 대차 차륜의 축에 설치된 속도발전기로, 차축의 회전수에 따라 주파수가 발생하며, 발생한 주파수에 의하여 열차의 실제속도를 감지하는 장치이다(열차 속도 1km/h시 48Hz 발생). 영구자석에 코일을 감은 속도 검지 장치를 차축 치차와 근접하게 설치하여, 차축 치차가 회전함에 따라 영구자석에 유도되는 전류의 강약에 따라 발생한 교류 주파수를 Shaper Limiter(파형 제한기)에서 Pulse(구형)파로 변환하여 ATC 장치로 입력한다.



[그림 7-37] 속도(SG)발전기

(3) ATC RACK(ATC 함)

ATC Box 또는 ATC 함 내의 ATC 장치를 말하며, TC차 운전실에 설치되어 있고, 지시속도와 열



[그림 7-38] ATC RACK

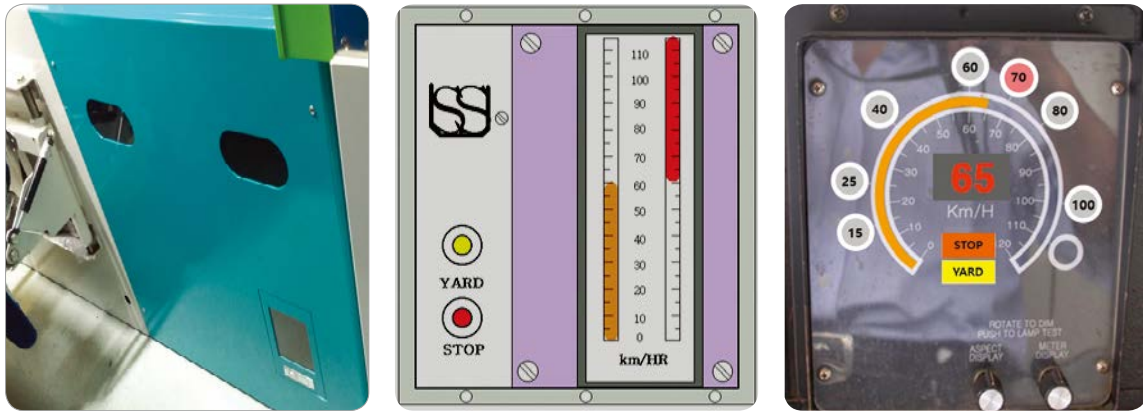
차속도를 판독하여 운전 상태를 감시한다. 또한 운행 중 과부하로 인한 ATCPSN 차단 시 복귀를 용이하게 하기 위하여 ATCPSN 복귀 개폐문을 ATC 함에 따로 설치하였다.

- 1) 전원 공급 장치
- 2) 카드철 집합체(Card File Assembly)

14장의 PCB(Printed Circuit Board)로 구성되어 있고, 6개의 주요한 계전기와 지시속도 계전기, 감속 계기, 퓨즈, 차단기 등이 설치되어 있다.

(4) ADU(Aspect Display Unit) : 차내신호기

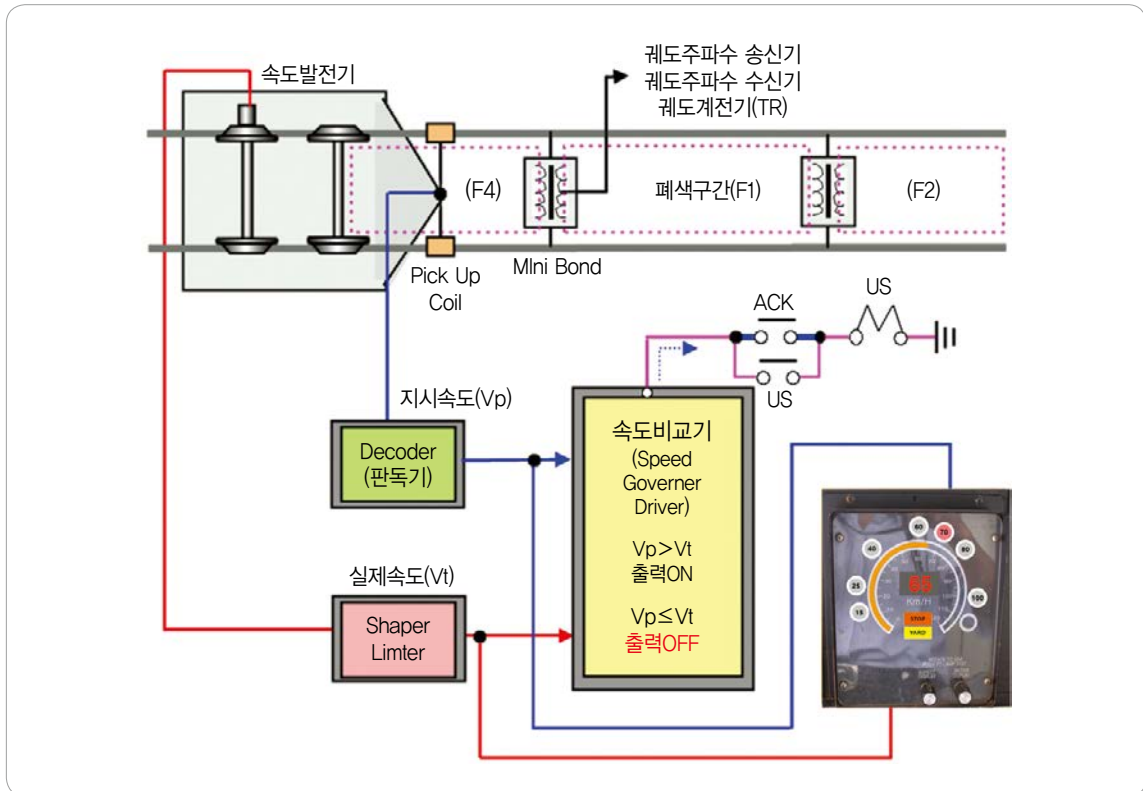
ADU는 운전실 기관사 전면 제어대 중앙에 설치되어 기관사에게 신호의 지시속도와 열차의 실제 속도를 현시하여 주는 차내신호기로, 운전 취급에 있어 대단히 중요하다. ATC 장치를 최초 도입할 때는 막대형 ADU를 사용해 왔으나, 수명 주기에 따라 디지털 방식의 ADU로 바꾸어 사용하고 있다. ADU 내 YARD 표시등은 구내운전 구간을 운행하여야 할 때 황색등으로 점등되며, STOP등은 열차가 본선을 운행 중일 때 지시속도가 없으면 적색등으로 점등되어 열차가 정지하여야 한다는 조건을 주는 것이고 정차하면 소등된다. 운전 취급 및 상황에 따라서 동작하는 정보 장치와 8초 정보 기능 등이 내장되어 있다.



[그림 7-39] ATC 함, 막대형 ADU, 원형 ADU

7.3.2.2 ATC 운전 조건

ATC의 운전제어 조건 형성은 레일을 통하여 Pick Up Coil에서 수신되는 신호의 지시속도(V_p)가 판독기(Decoder)를 통하여 입력되고, 속도발전기에서 발생한 열차의 실제속도(V_t)를 ATC RACK으로



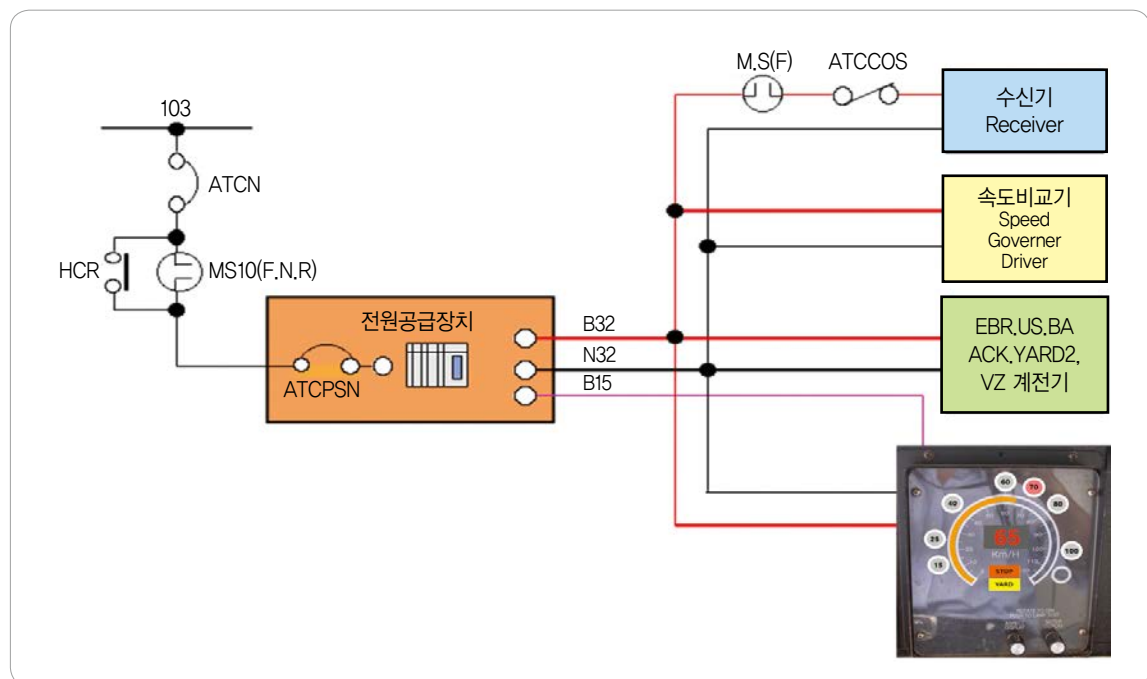
[그림 7-40] ATC 운전 조건

입력하면, 속도비교기인 조속기(Speed Governor Driver)에서 비교한다. 항상 지시속도(V_p)가 높으면 정상적으로 출력이 발생하여 US를 여자 시켜 동력운전 조건을 형성하면서 정상 운행하고, 열차의 실제속도(V_t)가 높아져 지시속도를 초과하는 현상이 발생할 때는 속도비교기에서 출력이 발생하지 않아 US가 무여자 되므로 동력운전이 차단되고 ATC에 의한 상용 7단 제동이 자동으로 동작한다.

7.3.3 ATC 장치의 기능

7.3.3.1 전원 공급 장치(P.S.U : Power Supply Unit)

ATC 전원공급 장치는 직류 인통선인 103선에서 DC100V를 입력받아, 전원 공급 장치(P.S.U)의 인버터 장치에서 변압기(Trans) 작용에 의하여 필요한 전압으로 강압하고 정류한 DC32V와 DC15V를 ATC 장치 내의 수신기, 속도비교기, 차내 신호기, 주요한 계전기 등의 각 기기로 공급하여 사용한다.



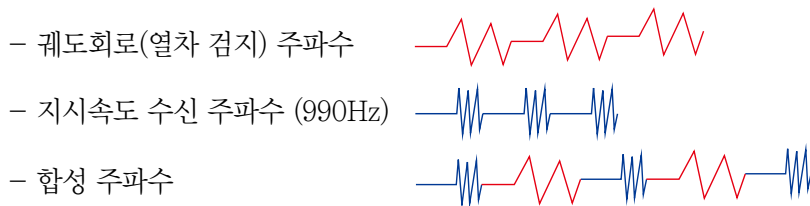
[그림 7-41] 전원 공급 회로

7.3.3.2 지시속도(V_p) 수신 기능

궤도의 Rail에서는 지시속도 주파수인 코드화된 990Hz를 폐색구간을 구분하면서 열차를 검지하는 궤도회로에 합성하여 송신하면, Pick Up Coil에서는 지시속도인 코드화된 990Hz만을 수신하고

해당 Decoder에서 판독하여 각 속도 계전기를 여자 하고 차내 신호기인 ADU에 지시속도를 현시한다. 예를 들어 본선에서 990Hz가 초당 5.0회 또는 10초에 50회가 공급되면, 본선 25KPH 계전기를 동작시키면서 차내 신호기인 ADU에 25km/h를 현시하는 것이다.

• 지시속도 출력 신호



7.3.3.3 실제속도(Vt) 검지 기능

열차 운행에 따라 차축에 설치된 속도발전기(Speed Generator)에서 치차의 회전에 따라 전자 유도되는 교류 전기의 변화를 주파수로 검지하며 Hz로 표시한다. 열차가 시속 1km/h로 진행하면 48Hz가 발생하고, 480Hz가 발생했다면 시속 10km/h를 검지한다. 여기에서 발생하는 전류 파형을 ATC 전자장치인 파형제한기(Shaper Limiter)에서 구형파로 변환하고 증폭하여, 속도비교기인 조속기(Speed Governor Driver)로 보내서 지시속도와 실제속도를 비교하게 된다.

7.3.3.4 초과 속도 검지 기능

속도비교기인 조속기(Speed Governor Driver)에서는 지시속도(Vp)와 실제속도(Vt)를 비교하여 지시속도보다 실제속도가 높게 되면, ATC 장치에서는 속도 초과로 검지하며 기관사의 제동 취급과 관계없이 자동으로 ATC 상용 7단 제동이 걸리고 “빠” 하는 경보음이 발생한다. 경보음은 기관사가 속도 초과를 인지하고 확인 제동(제동핸들 1~7단)을 취급하면 멈추지만 제동 작용은 계속된다. 초과속도 발생 시 동력운전 회로가 차단되지만, 확인제동 후 지시속도 이하로 열차속도가 저하되었을 때 제동핸들을 완해 위치로 하면 정상 운전으로 복귀한다.

7.3.3.5 열차 정지속도 검지

차내신호방식인 ATC 장치에서 정지신호는 선형 열차 점유 등으로 Rail에서 지시속도가 없는 경우이며, “0” Mode라고도 한다. 이렇게 정지신호가 입력되면 열차가 반드시 정지한 조건을 검지하여 VZ 계전기가 여자 되고 차내 신호기인 ADU에 15km/h가 현시되지만, 이 조건은 열차의 정지신호 조건이므로 관제사에게 선형 열차 운행 여부 등을 확인해야 한다.

7.3.3.6 제동력 보장 기능

ATC 장치에서 열차가 지시된 속도를 초과하였을 경우, 이미 설명한 바와 같이 자동으로 7단 제동이 걸리므로 열차속도가 감속된다. 이때는 제동핸들과 관계없이 7단 제동력이 발생하게 되는데, 만일 3초 이내에 감속도가 최소 2.4km/h/sec 이상 확보가 되지 않는 경우에는 제동 작용의 이상으로 판단하고 ATCEBR 무여자로 ATC 비상제동이 작용하도록 회로를 구성하였다.

7.3.3.7 구내 운전 기능

차내신호 폐색 방식인 ATC 구간의 운전 방식은 본선운전과 구내운전의 두 가지 운전 방식으로 나눌 수 있는데, 본선에서는 열차 운행 상황에 따라서 각 속도 코드에 따른 운행이 이루어지지만, 차량기지나 운전취급 역은 특성상 궤도회로를 이용하는 ATC 장치나 ATS 장치를 사용할 수가 없다. 그렇기 때문에 정거장 구내나 차량기지 구내에서는 25km/h 이하로 저속 운전을 할 수 있도록 ATC 장치에 구내운전 속도를 강제 설정하여 지시속도를 제한한다. 구내운전은 YARD2 계전기로 설정이 되며, 유지 계전기로 전·후부 ATC가 동시에 여자 하고 동시에 무여자 한다. 구내운전에서 전기동차를 기동하면 항상 YARD2가 설정 되도록 하여 차내신호기에 YARD등 점등과 25km/h를 현시하여 구내운전 구간을 기관사에게 알려 준다.

7.3.3.8 차내신호기(ADU) 표시 기능

차내신호기의 표시 및 경고 기능은 현재의 운전 조건 및 상황을 나타내며, 지시속도 표시, 실제속도 표시, YARD등, STOP등, Alarm 경보, 8초 Alarm 경보 기능 등이 있다.

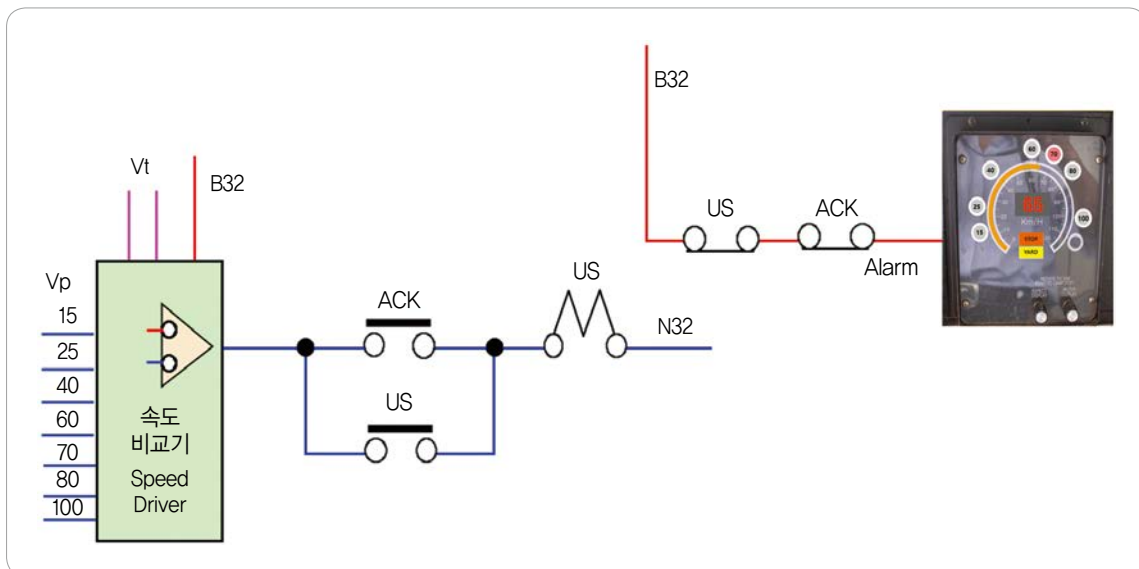
- (1) 지시속도 표시 : 신호의 지시속도로 ADU 내 원형등으로 표시한다.
- (2) 실제속도 표시 : 속도발전기의 출력 신호를 열차 속도로 나타낸다.
- (3) YARD등 : 구내 운전 구간임을 표시한다.
- (4) STOP등 : 본선운행 중 정지신호를 수신하였을 때 정차해야 한다는 조건으로 점등되며 열차가 정차하면 소등된다.
- (5) Alarm 경보 : 지시속도 초과 시 즉시 경보음이 울리며 확인제동을 취급하면 멈춘다.
- (6) 8초 Alarm 경보 : 정지신호인 15km/h가 ADU에 현시되면 동작한다.

7.3.4 ATC 주요 계전기과 운전 조건

7.3.4.1 ATC 주요 계전기(Vital Relay)

(1) US(Under Speed : 저속도 계전기)

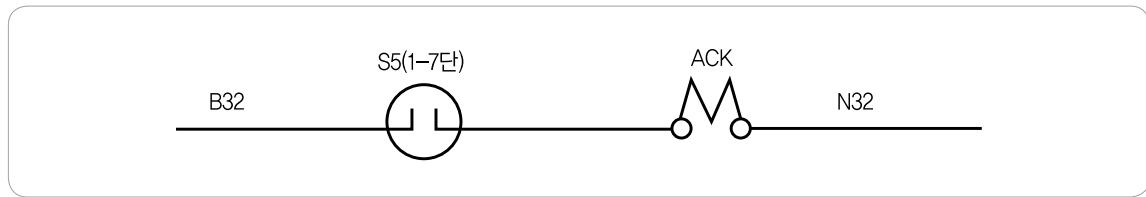
US 계전기는 전기동차 기동 시 여자 되어 운행 중 항상 여자 상태를 유지한다. 즉 신호의 지시 속도(V_p)와 열차의 실제속도(V_t)가 속도비교기에 입력되면, 속도 비교기(Speed Governor Relay Driver)에서는 지시속도가 높으면($V_p > V_t$) 출력이 발생하여 US가 여자 되고, 실제속도가 지시속도를 초과($V_p < V_t$)하는 경우에는 출력이 발생하지 않기 때문에 무여자 되어 ATC 상용제동이 걸리고 동력운전을 차단하는 중요한 계전기이다. US 최초 여자 조건은 제동핸들 1~7단까지의 위치에서 여자 되는 ACK(a)로 여자 하여 자기유지 회로를 구성하며, 속도 초과 시에는 속도비교기 출력이 나지 않아 무여자 된다. 재차 여자 시에는 ACK(a) 연동에 의하므로 최초 기동 시나 속도초과 후의 재차 여자회로는 제동핸들이 상용제동 위치에 있어야 한다.



[그림 7-42] US 여자회로

(2) ACK(Brake Acknowledge Relay : 제동확인 계전기)

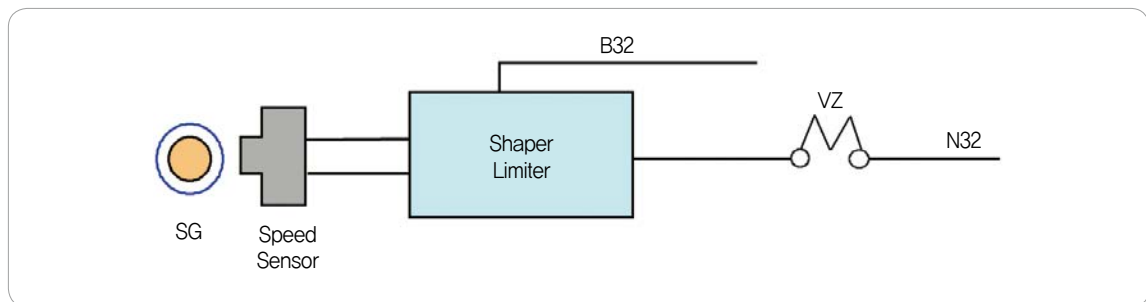
제동확인 계전기는 S5 접점인 제동핸들 1~7단 위치에서 무조건 여자 된다. ATC 동력운전 조건을 구성하는 US를 최초로 여자 하고 속도 초과 시 확인제동에 의한 Alarm 경보를 멈추게 한다. 또한 본선에서 “0” 속도의 정지신호에서 확인 운전 조건인 SS 계전기 여자회로도 구성한다.



[그림 7-43] ACK 여자회로

(3) VZ(Zero Velocity Relay : 정지속도 계전기)

VZ 계전기는 열차의 정지 상태를 검지하는 계전기로, 실제속도가 5km/h 이하 시 여자 하며, 기동 시 ATCEBR을 여자 시켜 주고 “0” 모드, 즉 정지신호 시 확인운전 회로를 구성 하도록 한다. 또한 열차가 정차한 조건에서 출입문 열림 회로가 구성되도록 정지 검지 계전기인 ZVR을 여자 하여 준다.



[그림 7-44] VZ 여자회로

(4) ATCEBR(Emergency Brake Relay : ATC 비상제동 계전기)

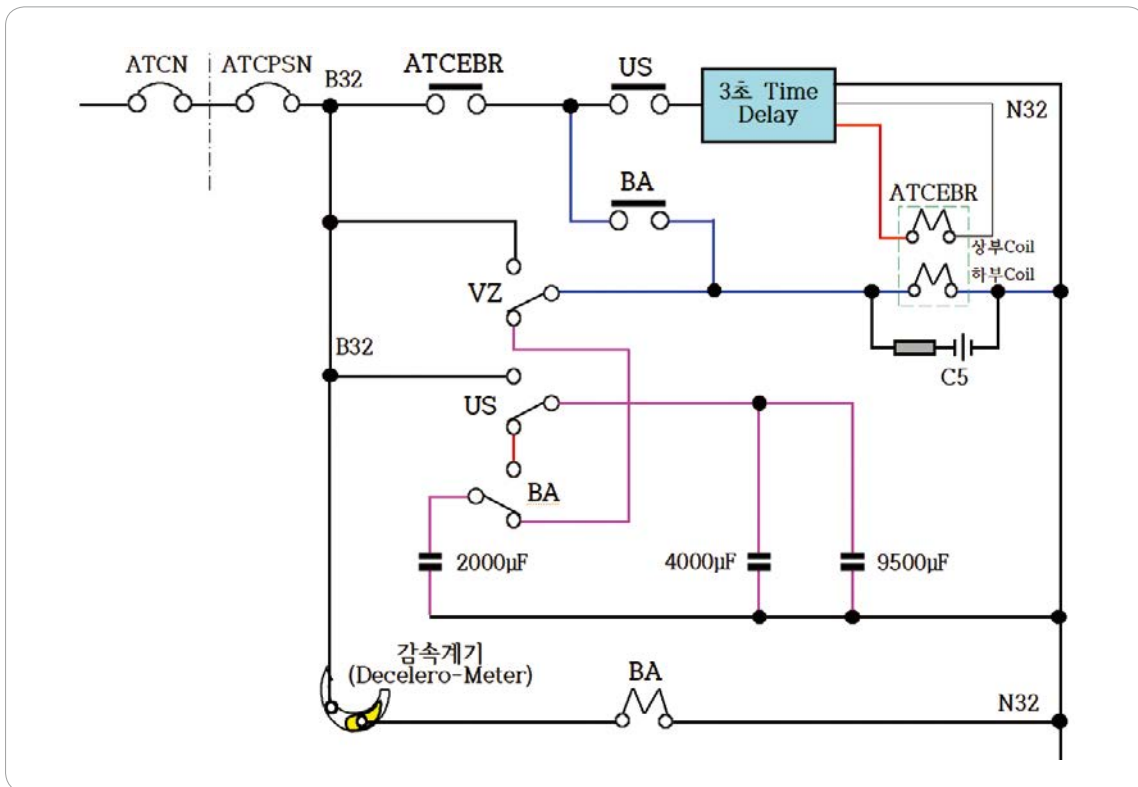
ATC의 운전 조건으로 ATC 비상제동을 결정하는 계전기이며, 전기동차 기동 시 VZ(a)으로 여자 되어 운행 시에는 항상 여자 되어 있어야 정상운전이 가능하다. ATC 장치에 전원 공급이 차단되거나 신호의 지시속도를 초과했을 경우 3초 이내에 제동 감속도가 2.4km/h/s 이상 확보되지 않으면 ATCEBR이 무여자 하여 비상제동 회로(안전 LOOP 회로)를 차단하므로 전 차량의 비상제동 전자밸브(EBV)가 무여자 하게 되어 비상제동이 걸린다. ATCEBR 계전기는 2개의 Coil로 상부와 하부로 구성되어 있고, 운행 시에는 상부 Coil만 여자 된다. 전기동차 기동 시 여자 하는 경우 및 속도초과 시에는 하부 Coil로 여자회로를 구성하며, 상부 및 하부의 2개 Coil이 모두 무여자 되어야 비상제동이 걸린다.

1) 전기동차 기동 시 열차정지 상태에서 여자 과정

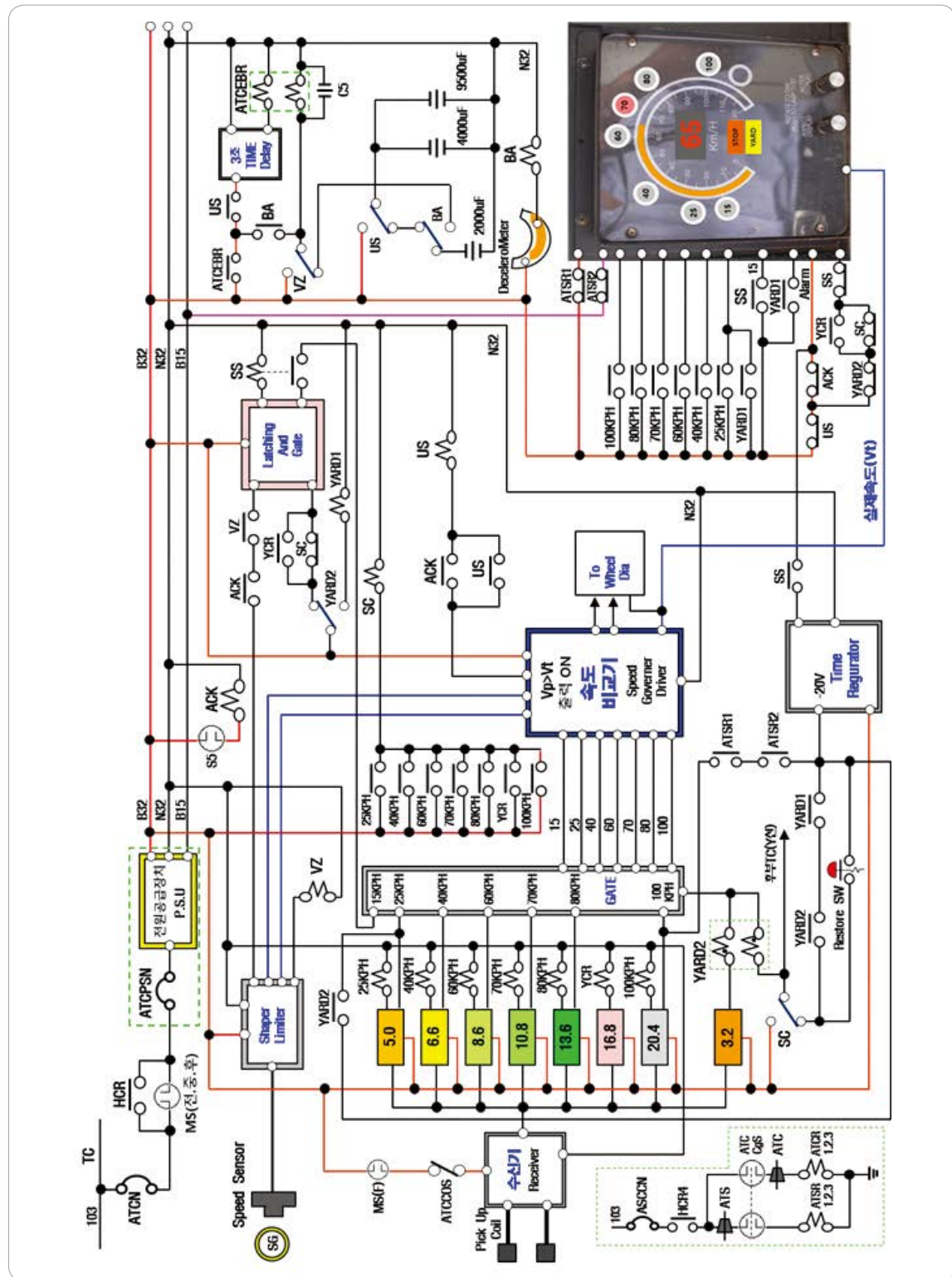
- B32선 → VZ 여자 조건(열차정지) → ATCEBR 하부 코일이 여자 되면,

2) 운행 중 ATCEBR 여자 과정

- B32선 → ATCEBR(a) → US(a) → 3초 Time Delay → ATCEBR 상부 코일이 여자 된다.
정상운행 시 열차 속도 5km/h 이상이 되면 VZ 무여자자로 하부 코일은 무여자 되지만, 상부 코일은 ATCEBR 자기 연동으로 자기유지 회로를 구성하여 여자 하며 정상 운행한다.



[그림 7-45] ATCEBR 여자회로



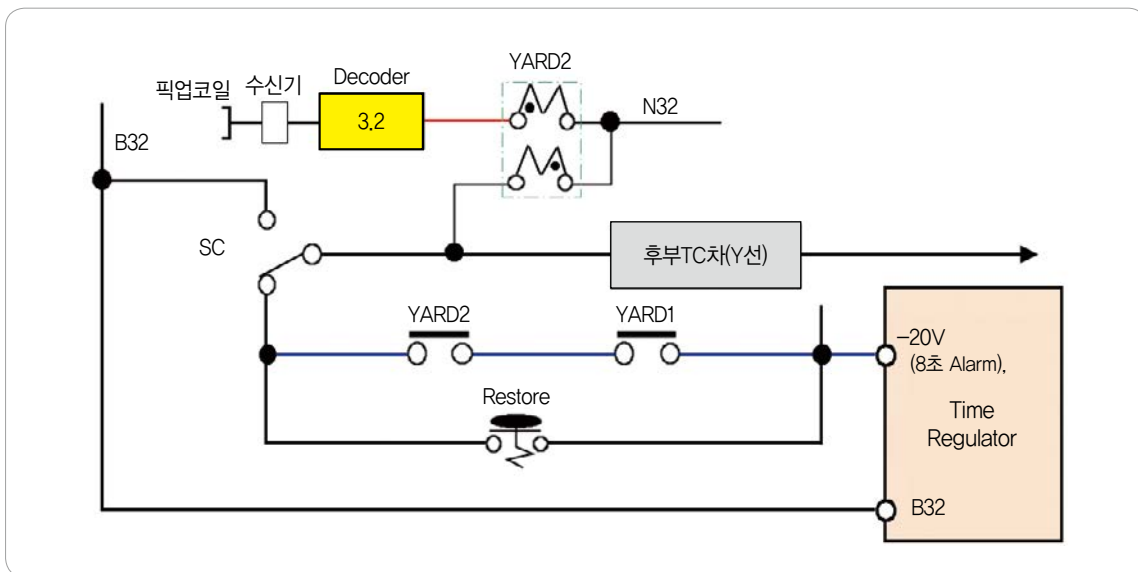
[그림 7-46] ATC 회로도

(5) BA(Brake Assurance Relay : 제동력 보증 계전기)

열차가 지시속도를 초과하여 ATC 상용 7단 제동이 동작하였을 때 초당 감속도를 측정하여 2.4km/h/s 이상 확보되면 감속측정기에 의해 BA가 여자 하므로, ATCEBR 하부 코일을 여자 시켜서 지시속도를 초과하는 경우에 ATC 비상제동이 걸리지 않도록 회로를 구성한다.

(6) YARD2(구내 운전) 계전기

차량기지 구내운전이나 운전 취급 역(정거장)의 Y선, 인상선에서 차량을 입환할 때 25km/h 이하로 운전하기 위하여 설정되는 계전기이다. YARD2 계전기는 한 번 여자 되면 전원 공급이 차단되어도 계속 여자 상태를 유지하는 유지 계전기로, 전·후부의 YARD2 계전기가 동시에 여자 되며 또한 동시에 무여자 된다. 차량 기지 구내에서 전동차 기동 시 YARD가 현시되는 것은 이와 같은 구성 조건이기 때문이다. YARD2 계전기는 동작 과정이 반대인 상부 코일과 하부 코일의 2개 계전기가 있다.



[그림 7-47] YARD2 계전기 여자회로

1) 본선과 구내의 경계 지점에서 3.2Hz를 수신하면,

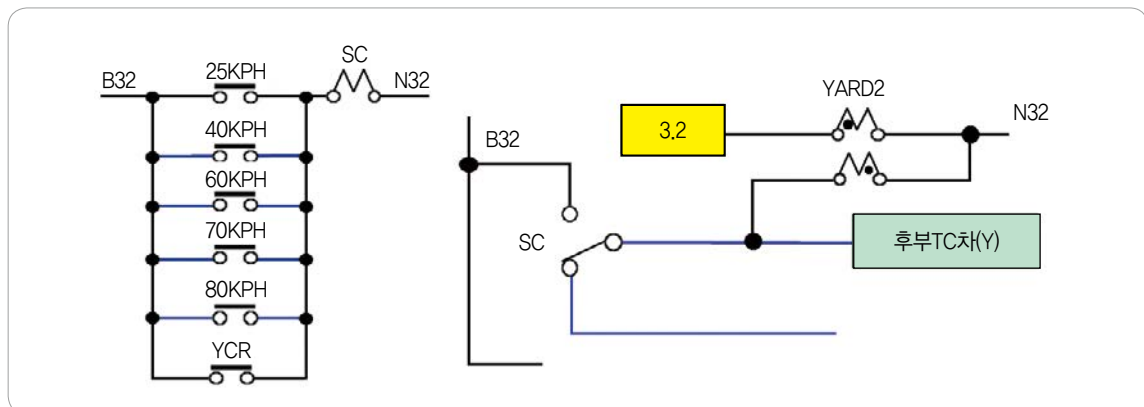
- B32선 → 3.2 Decoder → YARD2 상부 코일이 여자 되고 YARD2에 의하여 YARD1 계전기 도 여자 된다.
- N32선 → SC(b) → YARD2(a) → YARD1(a) → -20V(TimeRegulator) 회로가 구성되어 후 부 차 YARD2도 여자 된다.

- 2) 본선 진입 시 본선의 지시속도를 수신하면 SC 계전기가 여자 하므로,
 - B32선 → SC(a) → YARD2 하부 코일로 전원이 공급되면 YARD2 계전기는 무여자 하고 인통선인 Y선으로 후부 차 YARD2도 무여자 된다.
- 3) 차량기지 구내에서 전기동차 기동 시 YARD가 현시되지 않으면 ATC Rack의 Restore 스위치를 누르면 전 · 후부 YARD2가 여자 한다.

7.3.4.2 운전지시 계전기

(1) SC(Speed Command Relay : 지시속도 계전기)

SC 계전기는 본선의 지시속도 신호가 있으면 여자 되어 구내운전(YARD2) 계전기를 무여자 시키고 정상 운전하며, 본선 지시속도가 없으면 무여자 되어 정지신호 계전기인 SS 계전기를 여자 하여 확인 운전 회로를 구성한다. 구내운전 시에는 무여자 되어 있는 상태에서 전 · 후부 YARD2 계전기 여자회로를 구성한다.



[그림 7-48] SC 계전기 여자회로

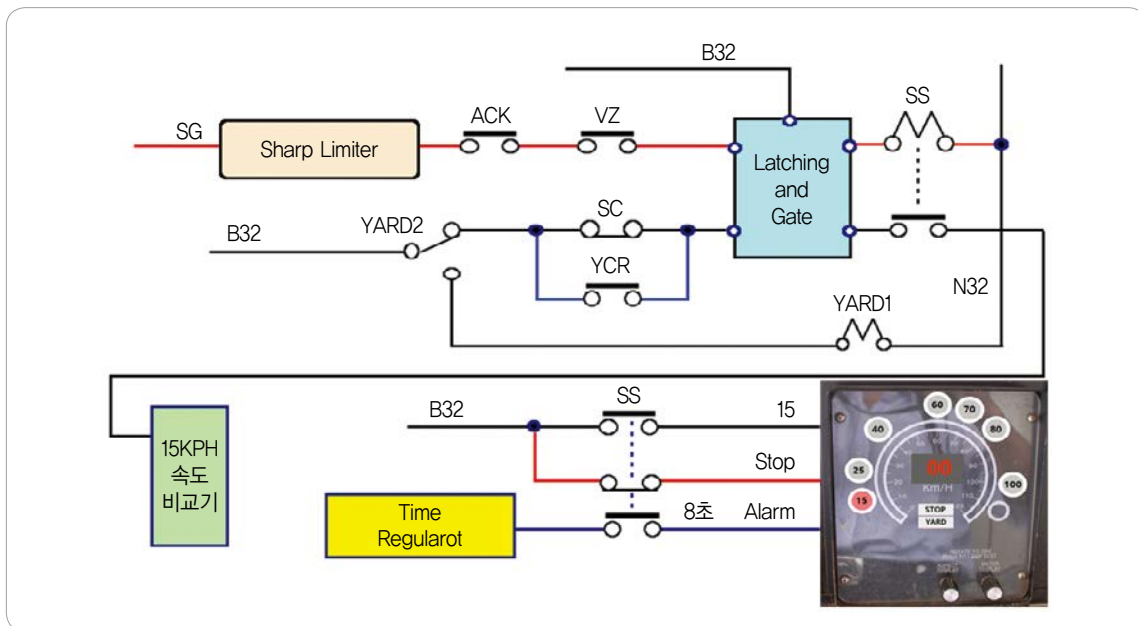
(2) SS(Stop and Proceed) : 정지 후 진행 계전기

본선에서 운행 중 정지신호(지시속도 없음)인 경우는 속도 초과로 ATC 상용 7단 제동이 작용하여 열차가 정차하면 SS 계전기는 여자 되며, 속도비교기에 15km/h 신호를 입력하고 ADU에 15km/h를 현시하여 확인 운전을 가능하게 한다. Time 조정기에 의한 8초 Alarm 경보도 동작한다. SS 계전기는 구내운전의 경우에도 입환신호기에 정지신호가 현시되면 YCR 수신으로 여자 된다.

1) SS 계전기는 2가지 조건이 충족되어야 여자 하는 AND Gate 회로이다.

① ACK 여자(확인 제동)와 VZ 여자(열차 정지) 조건

- ⑥ YARD2 무여자과 SC 무여자(또는 YCR 여자) 조건
- 2) Latching and Gate에 2가지 조건이 입력되면 SS 계전기는 여자 되고 ADU에 15km/h 속도를 입력한다.
- 3) SS 계전기는 일단 여자 되면 1)항의 ⑤ 조건은 필요하지 않고 ⑥ 조건만 계속되면 여자 상태를 계속 유지한다.



[그림 7-49] SS 계전기 여자회로

(3) YCR(YARD Cancel Relay) 계전기

YCR 계전기가 여자 되면 YARD2 계전기를 무여자 시키고 차내 신호기인 ADU에 정지신호를 현시한다. 운전 취급 종착역이나 Y선에서 운전실을 교환한 경우 또는 차량기지 구내에 YARD 신호를 입력받아 입고하는 중에 입환신호기가 정지신호를 현시한 경우에도 ADU에 25km/h가 현시되어 있다면, 기관사가 착각하고 진행할 수 있으므로 안전에 위협 요인이 된다. 이러한 상황을 방지하기 위하여 YCR 신호를 입력하면 SS 계전기를 여자 하여 ADU에 정지신호인 15km/h를 현시하게 한다.

7.3.4.3 ATC 장치와 운전 조건

(1) 동력운전 회로

신호의 지시속도(V_p)가 열차의 실제속도(V_t)보다 항상 높은 조건에서 동력 운전 회로가 구성 된다.

(2) 회생제동 회로

열차의 실제속도(V_t)가 신호의 지시속도(V_p)보다 높게 되면 동력운전 회로가 차단되면서 제동핸들과 관계없이 자동으로 ATC 상용 7단 제동이 걸리게 되고, 이때 확인제동(1~7단)을 취급하면 회생제동 회로가 구성된다.

(3) ATC 상용제동 회로

ATC 운전 취급은 전방 폐색구간에 진입하여야 신호의 지시속도를 알 수 있는데, 출퇴근 시간대는 열차가 지연되는 상황으로, 지시속도(V_p) 초과 현상이 많이 발생하기 때문에 ATC 상용 7단 제동 작용이 자주 동작된다.

(4) 비상제동 회로

ATC 비상제동 계전기인 ATCEBR은 정상운행 시에는 항상 여자 되어 있지만, ATC 전원 공급과 제어장치를 담당하는 ATCN, ATCPSN이 차단되는 조건 등으로 무여자 되면 전 차량의 비상제동이 동작하게 된다.

7.3.5 ATC 운전 취급

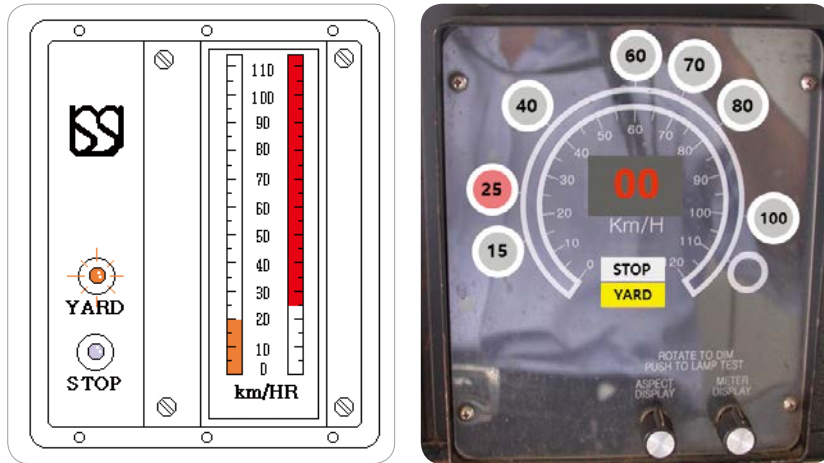
차내신호 폐색 방식의 ATC 운전 취급은 구내운전(YARD), 본선운전, 속도 초과 시 운전, 정지 후 진행 운전, ATC 차단운전 등으로 구분한다.

7.3.5.1 구내운전(YARD Mode Operation)

(1) 차량기지 및 운전취급 역 구내운전 취급

차량기지 구내에서 전기동차를 기동할 때 제동핸들을 투입하면 차내 신호기인 ADU에 구내 운전이 현시된다.

- 1) ADU에 지시속도 25km/h 현시
- 2) ADU에 YARD등 점등
- 3) 25km/h이하 운전(속도초과 시는 ATC 상용제동)
- 4) 본선 진입 시(본선신호 수신) 자동으로 본선 운전으로 전환된다.



[그림 7-50] 구내 운전 ADU(막대형)

(2) 구내 운전(YARD2) 설정

- 1) 본선과 구내운전의 경계 지점에서 3.2Hz 수신으로 YARD2 여자 된다.
- 2) YARD2에 의하여 YARD1이 여자 된다.
- 3) 속도비교기에 25km/h가 입력되어 US가 여자 된다.

7.3.5.2 본선운전(Manual Mode)

ATC 장치가 설치되어 있는 본선구간 운전으로, AF 궤도회로를 통한 지시속도 수신 주파수에 따라 본선 25, 40, 60, 70, 80, (100)KPH의 속도 코드를 갖고 있으며, 구내운전에서 본선 구간으로 진입하면 구내운전은 해제되고 본선운전이 된다.



[그림 7-51] 본선 운전 ADU(우측 : 신조 차량)

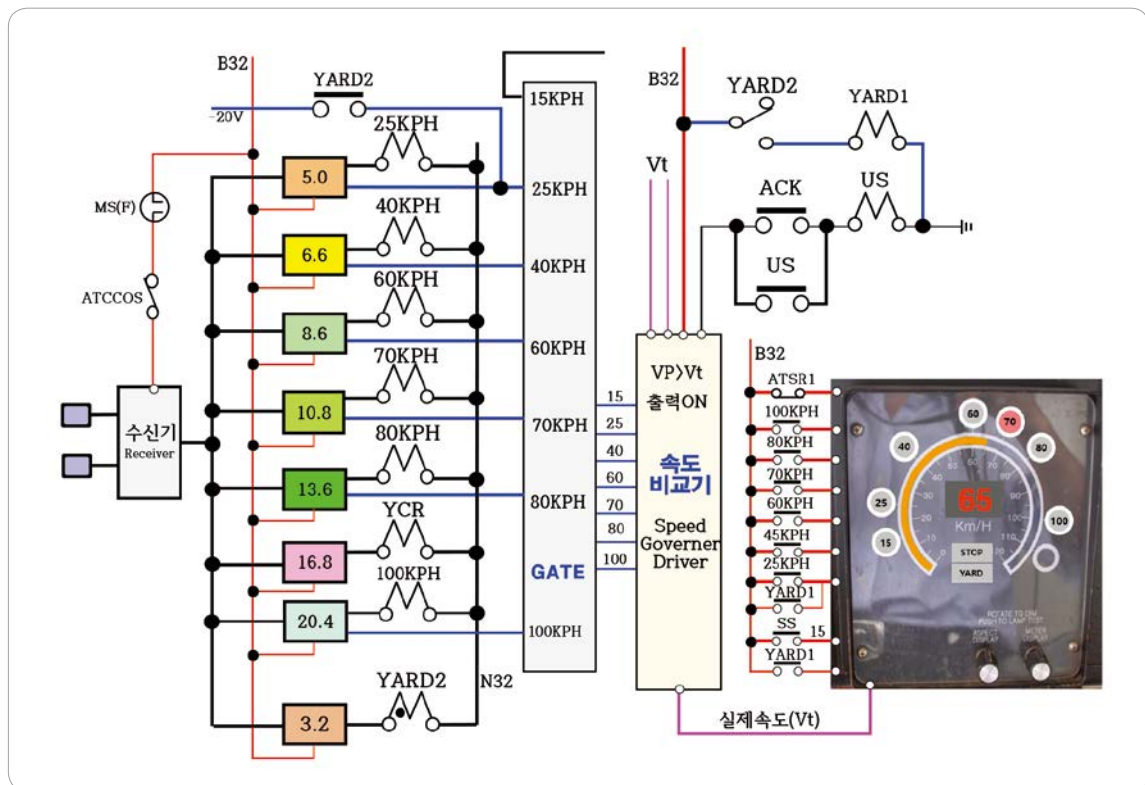
(1) 본선 운전취급

AF 궤도회로인 Rail에서 Pick Up Coil을 통하여 수신된 지시속도(V_p)는 해당 Decoder를 거쳐 각 속도 계전기들을 여자 하고, 차내 신호기(ADU)에 지시속도를 현시 하면서 속도 비교기(Speed Governor Driver)에 입력된다. 또한 각 속도 계전기 연동에 의하여 SC(지시속도 계전기)가 여자 하면서 구내운전을 해제한다.

- 1) ADU에 현시된 본선 지시속도 이하로 운전한다.
- 2) 속도초과 발생 시에는 확인제동을 취급한 후 정상 운전한다.

(2) 본선운전의 설정

궤도회로인 Rail에서 지시속도 수신 주파수인 코드화된 990Hz를 초당 몇 회 수신 하는가에 따라 ATC 차상장치(Rack)에서 신호의 지시속도(V_p)가 설정된다.



[그림 7-52] 본선 속도계전기 여자회로

1) 25,40,60,70,80,(100)KPH Relay 여자

본선 지시속도(V_p) 주파수를 해당 Decoder(BPF)가 판독하여 각 속도계전기를 여자 하고, 속도 비교기에 보내어 실제속도(V_t)와 비교해 항상 지시속도가 높을 때만 US를 여자 하는 운전조건이 구성된다.

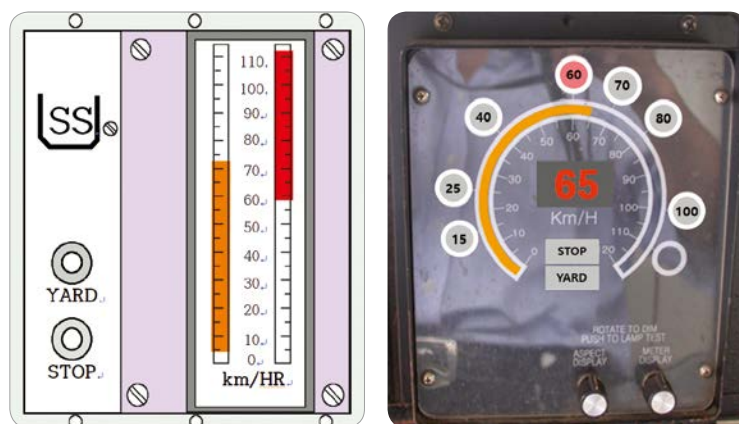
- ① 25KPH Relay는 5.0Hz 수신 시 여자
- ② 40KPH Relay는 6.6Hz 수신 시 여자
- ③ 60KPH Relay는 8.6Hz 수신 시 여자
- ④ 70KPH Relay는 10.8Hz 수신 시 여자
- ⑤ 80KPH Relay는 13.6Hz 수신 시 여자
- ⑥ (100KPH Relay는 20.4Hz 수신 시 여자)

2) 차내신호기(ADU) 70km/h 현시의 경우는,

Pick Up Coil 수신 → 10.8 Decoder를 거쳐 70KPH Relay 동작과 함께 70KPH 신호를 속도 비교기에 입력하고 70KPH에 의하여 ADU 70km/h를 현시한다.

7.3.5.3 지시속도 초과운전(Over Speed Condition)

ATC 장치의 속도비교기(Speed Governor Relay Driver)에서는 지시속도인 15, 25, 40, 60, 70, 80, (100km/h)와 차축 회전에서 검지되는 속도발전기의 실제속도를 항상 비교한다. ATC 장치는 열차가 폐색구간에 진입하거나 변동된 지시속도 신호가 수신되었을 때 속도 비교가 이루어지므로, 구내 및 본선 운전 중에 지시속도 초과운전은 당연히 발생하는 정상적인 운전으로 판단할 수 있다.



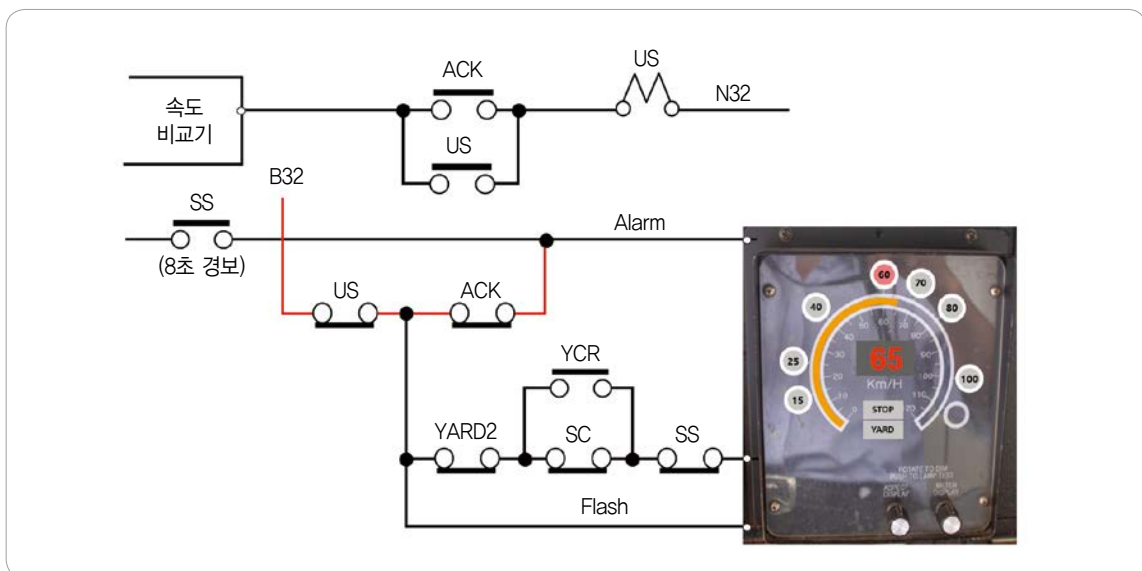
[그림 7-53] 지시속도 초과운전

(1) 지시속도 초과 시 운전 취급

- 1) “삐” 하는 ATC 경보음이 울린다.
- 2) 막대형 ADU는 지시속도 막대그래프가 점멸(Flash)한다.
- 3) 자동으로 ATC 상용 7단 제동이 걸린다.
- 4) ATC 제동중 3초 이내에 감속도 2.4km/h/s 부족시 비상제동이 걸린다.

(2) 지시속도 초과 시 운전 취급

- 1) 확인 제동(제동핸들 1~7단 위치) 취급하면 ATC 경보음이 멈춘다.
 - 2) 동력 운전 중이면 동력 핸들을 OFF 위치로 한다.
 - 3) 실제속도가 지시속도 이하로 떨어지면 제동핸들을 완해 위치로 한다.
- ※ 확인 제동(1~7단)을 취급하지 않으면 “Alarm 경보음”과 함께 ATC 상용 7단 제동 작용으로 정차한다.
- ※ ATC 상용제동 작용 중에 비상제동이 걸릴 경우, 정차하여 제동핸들 7단 위치로 하면 비상제동이 완해가 된다.



[그림 7-54] 지시속도 초과 시 경보음 회로

7.3.5.4 정지 후 진행 운전(Stop and Proceed Mode)

정지 후 진행 운전은 ATC 구간의 “정지신호”이다. 본선운행에서 정지신호 지시는 궤도회로에 지

시속도 신호 주파수가 주어지지 않는 지시속도 “0”의 조건이므로, 열차는 지시속도 초과로 인한 ATC 상용 7단 제동 작용으로 정차한다. 기관사는 정지신호 원인을 관제에 확인하고 상황에 따라 신호 현시를 기다리거나 확인 운전 취급을 해야 한다.

(1) 본선 운행 중 정지신호일 때

1) ADU에 지시속도가 현시되지 않는다.

(막대형 ADU는 지시속도 막대그래프가 점멸(Flash)한다.)

2) ADU Stop등에 점등되고 “삐” 경보음과 함께 ATC 상용제동이 동작한다.

3) 확인제동(1~7단)을 취급하면 경보음은 멈추고 열차는 ATC 상용 7단 제동으로 정차한다.



[그림 7-55] 정지 후 진행 운전 ADU

(2) ATC 상용제동으로 정차한 후

1) ADU의 Stop등이 소등된다(막대형 Flash도 멈춤).

2) ADU에 지시속도가 15km/h로 현시된다.

3) ADU에서 8초마다 한 번씩 “삐” 하는 경보음이 울린다(8초 Alarm).

4) 열차 지연 시에는 ADU에 본선 신호가 현시될 때까지 정차 대기한다.

(3) 관제사 지시로 확인 운전하는 경우

1) 15km/h 이하로 주의 운전한다.

2) ADU에서 8초 경보음은 계속된다.

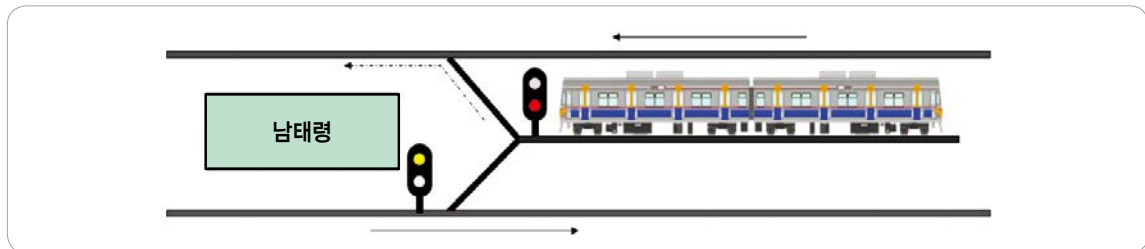
3) 15km/h 이상시는 지시속도 초과현상이 발생하므로 확인제동을 취급한다.

4) 지시속도인 15km/h 이하로 운전시 8초 Alarm이 울리며 확인운전 한다.

※ 확인운전(정지 후 진행 운전) 중에 본선 지시속도 수신 시에는 자동 전환되므로 ADU 지시속도 현시에 따라 운행한다.

7.3.5.5 운전취급역(정거장) Y선, 인상선의 운전 취급

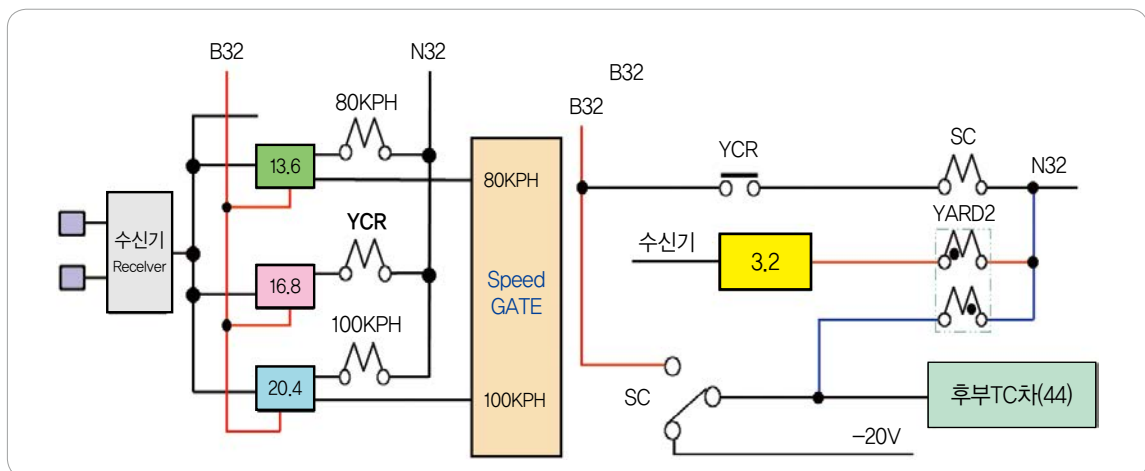
본선 운행 중에 종착역의 Y선이나 인상선에서 운전실을 교환하거나 정거장의 유치선에서 전동차를 기동하는 경우, ATC는 진로가 본선으로 개통이 되어 있으면 본선 지시속도 신호가 ADU에 현시된다. 그러나 본선으로 진로가 개통되어 있지 않으면, 입환신호기는 정지신호를 현시하면서 궤도회로 조건에 YCR이 주어져 ADU에 15km/h가 현시된다.



[그림 7-56] 정거장 Y선 운전 취급

(1) 정거장 Y선(인상선 등) 정지신호 조건

Y선(인상선 등) 진입 시에는 구내운전(YARD)으로 ADU에 YARD등이 점등되고 25km/h 이하 속도로 운전을 한다. Y선에 진입하여 운전실 교환 시에는 본선 지시속도가 수신되면 본선 운전 Mode



[그림 7-57] YCR 여자 조건

가 나타나지만, 입환신호기 정지신호인 경우의 현상은 다음과 같다.

- 1) ADU에 지시속도 15km/h 현시(정지신호)
 - 2) ADU에서 8초 Alarm 경보 동작
 - 3) 본선 지시속도 신호 수신되고 입환 신호기 진행 시 진출 가능
- ※ 운전취급역의 Y선, 인상선에서 ADU 15km/h 현시는 절대정지 신호이므로 진출하여서는 안 된다.

(2) YCR 계전기의 작용 및 목적

- 1) 16.8Hz 수신으로 YCR 여자 하면, SC 여자로 YARD2 무여자
- 2) SS 계전기 여자로 ADU에 정지신호인 15km/h 현시
- 3) Y선(인상선) 진출시 진로 미개통, 차량기지 입고 중 정지신호시 안전 확보

7.3.6 ATC 보호장치와 차단운전

7.3.6.1 ATC 보호장치

ATC 보호장치는 제어회로 차단기(N.F.B)인 ATCN과, ATC 장치 내 전원공급을 담당하는 차단기인 ATCPSN을 설치 하여 ATC 장치의 과부하 발생 시 차단시켜 보호하는 기능을 하고, 일반적 정상 조건으로 발생하는 지시속도 초과 시의 ATC 상용제동의 제동력을 감시하여 제동력 부족시는 비상제동과 연결하여 보호하는 기능 등으로 구성되어 있다.

(1) ATCN 보호장치

1) ATCN(ATC N.F.B)

ATCN은 운전실 제어 배전반 내에 설치되어 있으며, 103선에서 ATC 장치로 전원을 공급하는 Main N.F.B이다. 5A의 대용량이기 때문에 차단의 염려는 적으나, 차단 시에 ADU가 무(無)현시 되고 비상제동이 동작하므로 확인해야 한다. 복귀 불능 시에 관제 승인을 받아 ATCCOS를 차단하고 지령운전을 해야 한다.

2) ATCPSN(ATC Power Supply N.F.B)

ATC 장치 내 전원공급 장치(P.S.U)로 103선의 DC 100V를 공급하는 차단기이다. ATC RACK 내에 설치되어 있으며, 차단 시에는 ATCN과 마찬가지로 ADU가 무현시 되고 비상제동이 동작한다. ATCPSN의 차단 요인 중 하나로 간혹 전차선 정전이 되었다가 급전이 되는 경우가 있으며, ATCPSN 차단 후 복귀 불능 시에 관제 승인 후 ATCCOS를 차단하고 지령운전을 해야 한다.



[그림 7-58] ATCN과 ATCPSN

3) ATC 상용제동 중 비상제동 동작

지시속도 초과로 ATC 상용 7단 제동 작용 중 비상제동이 걸리는 것은 감속도 2.4km/h/s가 3초 이내 확보되지 않았을 때의 경우로, 열차가 정차한 다음 제동핸들을 7단 위치로 하면 비상제동이 풀린다. 원인 불명의 차상장치 고장 등으로 ATC 비상제동 복귀 불능시는 관제 승인 후 ATCCOS를 차단하고 지령운전을 해야 한다.

7.3.6.2 ATC 차단운전(ATCCOS 취급운전)

ATC 장치의 고장으로 비상제동이 완해되지 않거나 대응폐색 방식을 시행하는 경우, 또는 원인 불명의 동력운전 구성이 안되는 경우 등이 발생하면, 관제 승인을 받아 ATCCOS를 차단 취급하고 지령운전으로 45km/h 이하로 운전하는 것을 말한다. ATCCOS를 차단하면 비상제동 By-Pass 회로를 구성하고 ATC 상용제동 회로를 차단하며, 동력운전 회로는 구성하여 주지만 ATC에 의한 비상제동이라는 보안 장치를 해제하고 열차를 운전하게 되므로 주의 운전이 필요하다.



[그림 7-59] ATCCOS 차단

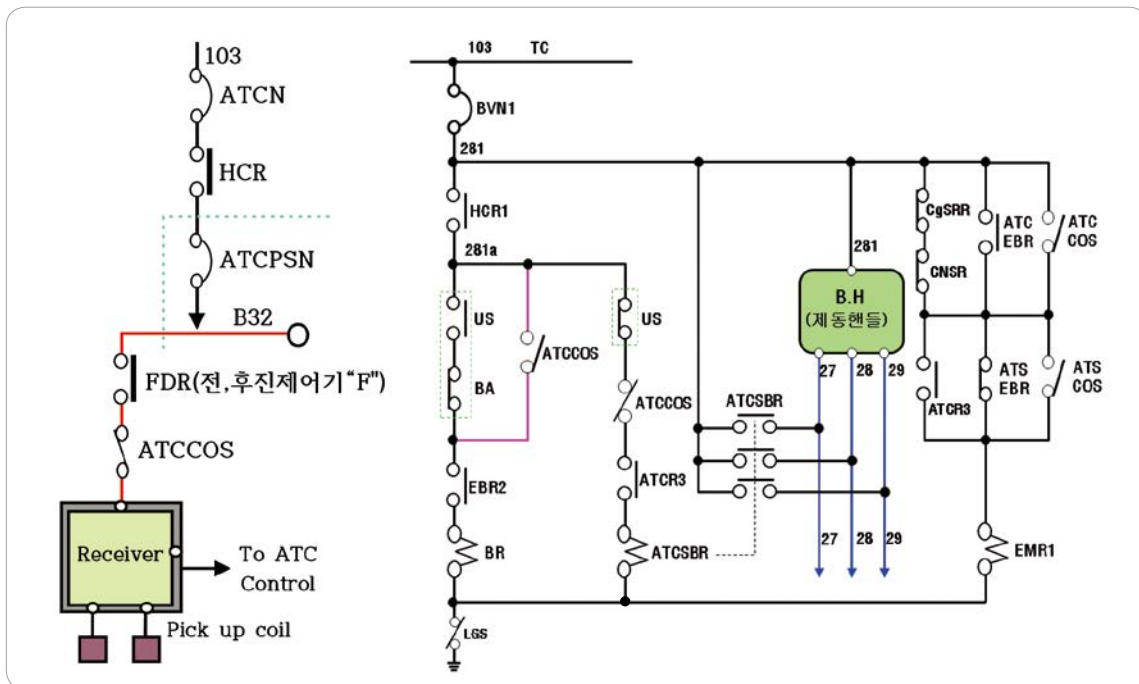
(1) ATCCOS 차단하는 경우

- 1) ATCPSN 및 ATCN 차단 후 복귀 불능 시
- 2) ATC 차상 장치 고장 시
- 3) 대응 폐색 방식 시행 시
- 4) 구원열차 운전 시

(2) ATCCOS 차단 후 운전

ATCCOS 차단 운전은 반드시 관제의 승인을 받은 후 차단 취급한다.

- 1) ADU에 지시속도 15km/h가 현시된다.
- 2) 8초 Alarm 정보가 동작한다.
- 3) 열차 속도 15km/h 이상 시 속도초과 “경보음”이 발생하지만, 비상제동은 걸리지 않는다(속도가 높아질수록 강한 경보음 발생).
- 4) 지령 운전으로 45km/h 이하 속도로 운전한다(속도 확인은 TGIS).
- 5) 비상제동 완해는 TGIS 확인 및 BC 압력계로 직접 확인한다.
- 6) 고장 등으로 합병운전 시 구원열차는 반드시 차단 취급해야 한다.



[그림 7-60] ATCCOS 회로 구성

(3) ATCCOS 취급 시 회로의 동작

- 1) ATC 장치 내 수신기(Receiver) 전원차단으로 지시속도 수신에 안 되므로 “0” 신호로 인식하기 때문에 정지신호 현시로 ADU에 15km/h를 현시하고 8초 Alarm을 동작시킨다.
- 2) ATCCOS 차단 취급 시 ATCSBR이 여자 하는 동작회로를 차단하기 때문에 지시속도를 초과하여도 ATC 상용 7단 제동은 작용하지 않는다.
- 3) ATCCOS 차단 취급 시 By-Pass 회로로 BR 계전기를 여자하여 동력운전 회로가 구성된다.
- 4) ATCCOS 차단 취급 시 ATCEBR By-Pass 회로로 비상제동 회로 계전기인 EMR1 여자회로를 구성하기 때문에 비상제동은 걸리지 않는다.

☑ 핵심정리



1. ATS 장치

- (1) 제동핸들 투입 시 ATS 정상 여부를 확인할 수 있는 방법
 - 제동핸들 투입 시 “따릉” 하는 경보음이 멈추면 ATS가 정상 구동함.
- (2) 신호 현시에 따른 공진주파수와 지시속도
 - 진행(G) → () → Free
 - 감속(YG) → 98KHz → Free(규정 속도 65km/h)
 - 주의(Y) → () → 45km/h
 - 경계(YY) → 114KHz → 25km/h
 - 정지(R1) → 122KHz → 0km/h
 - 정지(RO) → 130KHz → 0km/h
 - 절연 구간 검지 → () → 규정 속도 60km/h 이하(교직 구간)
- (3) 주의(Y)신호, 경계(YY)신호의 지시속도 초과 시 현상 및 운전 취급법
 - ATS Alarm이 동작한다.
 - 즉시 제동핸들을 () 이상 상용제동 위치로 취급한다.
 - 열차속도가 지시속도 이하 시 Alarm이 멈추면 제동핸들을 완해한다.
- (4) ATS경보(Alarm Bell)가 계속울리고 비상제동이 걸릴 때의 원인 및 조치
 - ATS 차상 장치 고장 및 () 차단, 정지신호 구간 위반 진입 시
 - 제동핸들 비상 위치 후 7단으로 하고 원인 확인 조치한다.
- (5) ()를 취급할 경우와 취급법
 - 폐색신호 정지(R1) 구간 진입 및 위반 진입 시
 - 제동핸들 4단 이상에서 () 스위치를 설정 시까지 누른다.
- (6) ASOS를 취급할 경우와 취급법
 - 절대정지신호 구간(장내,출발,입환,폐색 RO신호기) 진입 시, 위반 진입 시
 - 제동핸들 4단 이상에서 ASOS를 설정 시까지 누른다.

핵심정리



(7) ATN1 또는 ATSN2 차단 시 현상

- ATSN1 차단 : ATS 경보(Alarm Bell)와 함께 즉시 비상제동이 걸린다.
- ATSN2 차단 : ATS 비상제동이 완해 되고 ATS 경보도 동작하지 않는다.

(8) ATSCOS 차단 취급 시기와 현상

- ATSCOS 차단 취급 시기
 - ATSN1 차단 후 복귀 불능 시
 - ATS 차상 장치 고장 시
 - 대용 폐색 방식 시행 시
 - 구원열차 운전 시
- ATS 비상제동을 완해하여 주고, 또한 ATS에 의한 비상제동도 걸리지 않는다. ATS 수신 조건에 따른 경보음 등의 동작 현상은 계속 발생하므로 ()를 차단하면 경보음이 발생하지 않는다.

2. ATC 장치

(1) ATC 방식과 ATS 방식의 차이점

- ATS 방식 : 신호를 확인하고 미리 신호 속도 이하로 감속하여 통과한다.
- ATC 방식 : 차내신호방식으로 신호기가 설치되어 있지 않으며, 전방 속도를 알 수 없다. 속도 초과 시 ATC 상용제동이 작용한다.

(2) ATC 속도 초과 시 ATS와 비교하였을 때 취급 방법의 차이점

- ATS에서 주의신호, 경계신호에서 속도 초과가 발생하면 Alarm 경보를 주고 3초 이내 기관사가 제동행들을 () 이상으로 취급하지 않으면 즉시 비상제동이 발생한다.
- ATC는 모든 속도를 비교하고 속도 초과 시 Alarm 경보와 동시 ATC 상용 7단 제동이 자동으로 동작한다. 확인 제동을(1~7단 중) 취급하면 Alarm이 멈추지만 ATC 제동으로 계속 감속력이 발생하고, 지시속도 이하 시 () 제동은 완해가 된다. 제동행들을 완해 위치로 한다.

(3) 코드 주파수에 따른 지시속도

- 3.2Hz → YARD(구내 운전) ()
- 5.0Hz → 본선 운전 25km/h
- () → 40km/h
- 8.6Hz → 60km/h
- () → 70km/h
- 13.6Hz → 80km/h
- 20.4Hz → ()
- 16.8Hz → YCR

(4) ATC에 의한 비상제동이 체결되는 경우

- ATCN, HCRN, ATCPSN이 차단되는 경우
- 초과 속도 시 () 이내에 감속도가 ()가 확보되지 않았을 때

☑ 핵심정리



- (5) ATC에 의한 비상제동 복귀 시 제동핸들 위치와의 관계
 - ()의 복귀는 확인제동 취급과, 열차가 정차하면 완해가 된다.
 - 비상제동을 완해하기 위하여 제동핸들 7단 위치를 취급한다.
- (6) 본선운행 중 ATC 지시속도가 없는 경우의 현상
 - 지시속도가 없으면("0") Stop등이 점등되고, Alarm 경보 및 ATC 상용 7단 제동으로 열차는 정차한다.
 - ATC 본선 정지신호이며, 정차하면 Stop등이 소등되고 ADU에 ()가 표시되며 8초 Alarm이 동작한다.
- (7) ATC 정지신호인 "정지 후 진행 모드"가 표시되는 경우
 - 본선 궤도회로에서 지시속도 신호를 수신하지 못할 때
 - YCR () 시 및 기지 입고의 경우, 입환신호기 정지 시
 - 본선 운행 중 전 · 후진 제어기를 전진 이외의 위치로 전환 시
 - 본선에서 ATCCOS 차단 취급 시(수신기부의 전원 차단)
- (8) ATCCOS 차단 취급해야 하는 경우
 - ATCN, ATCPSN 차단 후 복귀 불능 시
 - ATC 차상 장치 고장 시
 - 대응 폐색 방식 시행 시
 - 구원열차 운전 시
- (9) ATCCOS 차단 취급 운전
 - 운전 관제의 승인을 받고 ATCCOS를 취급하는 것을 말한다. 지령운전을 하고 운전 속도는 () 이내이다.
 - ATCCOS 차단 취급 시 현상은 ADU에 15Km/h가 표시되며 8초 Alarm이 동작한다. 열차가 () 이상의 속도를 초과하면 Alarm 경보로 바뀌지만, ATC 상용제동 및 ATC 비상제동은 걸리지 않는다.

🔍 참고 문헌

1. 철도청, 과천/분당선 인버터제어 전동차 취급 및 정비지침서, 1994.
2. 전동차 정비지침서(AD VVVF), 현대로템, 2001.
3. 서울지하철공사 3호선 정비지침서, 현대로템, 2009.
4. 한국철도공사 인재개발원, 제2종 운전면허 전기동차 구조 및 기능, 2018.
5. 한국철도공사 인재개발원, 전기동차 도면집, 2018.
6. 서울특별시 지하철공사 교육원, 전기동차 I ~ IV, 2005.