

6장

신호 일반

6.1 철도신호제어 설비

학습목표

- 폐일 세이프 원칙이 적용된 신호 제어 설비를 분류하고 도시철도 신호 제어 시스템을 구분 할 수 있다.

[핵심 용어]

- 폐일 세이프, 안전성, 신뢰성, 시스템 안전도, 도시철도 시스템

철도신호제어 설비란 열차에 대하여 진로를 안전하게 구성하여 주고 기관사에게 운전 조건을 제시하여 주는 설비로서 열차 또는 철도차량의 안전 운행과 수송 능력 향상을 목적으로 시설한 종합적인 설비를 말한다. 이에 열차 또는 차량 운행의 안전을 확보하고 정확성과 신속성을 바탕으로 선로 이용률을 최대로 높여 주며 수송 능률을 향상시키고 운행 열차를 보호한다.

철도신호제어 설비는 열차의 진출 가부를 모양이나 색(色)으로 표시하는 신호기 장치, 열차가 선로를 바꾸어 갈 수 있도록 분기기를 전환하여 주는 선로전환기 장치, 열차 또는 철도차량의 운행 위치를 알려 주는 궤도회로 장치, 진행하고자 하는 진로에 안전을 저해하는 요소가 없이 정당한 방향으로 개통되었는가 여부를 확인하고 신호를 현시할 수 있도록 신호기와 선로전환기 등을 상호 연쇄 시켜 주는 연동장치, 일정한 방호 구간 내에서는 1개 열차만을 운행시키기 위한 폐색장치, 신호를 위반하여 운행하는 열차의 안전을 확보하기 위해 설치하는 열차자동정지장치(ATS)와 열차를 중앙 관제실에서 집중 감시하는 열차집중제어장치(CTC) 등을 총칭한다.

특히 근래에 설치된 열차집중제어장치(CTC)는 컴퓨터를 이용하는 시스템으로 구성되어 자동으로 진로를 설정하거나, 열차의 대피나 교행 등을 가장 합리적으로 자동분석 처리하고 인력에 의해 작성되는 각종 열차 운행 통계 등을 자동으로 신속히 기록·보관하는 기능을 갖고 있어 인간의 오인·오판·오조작에서 발생되는 사고를 방지할 뿐 아니라 열차의 운용 효율을 크게 향상시키고 있다. 전기

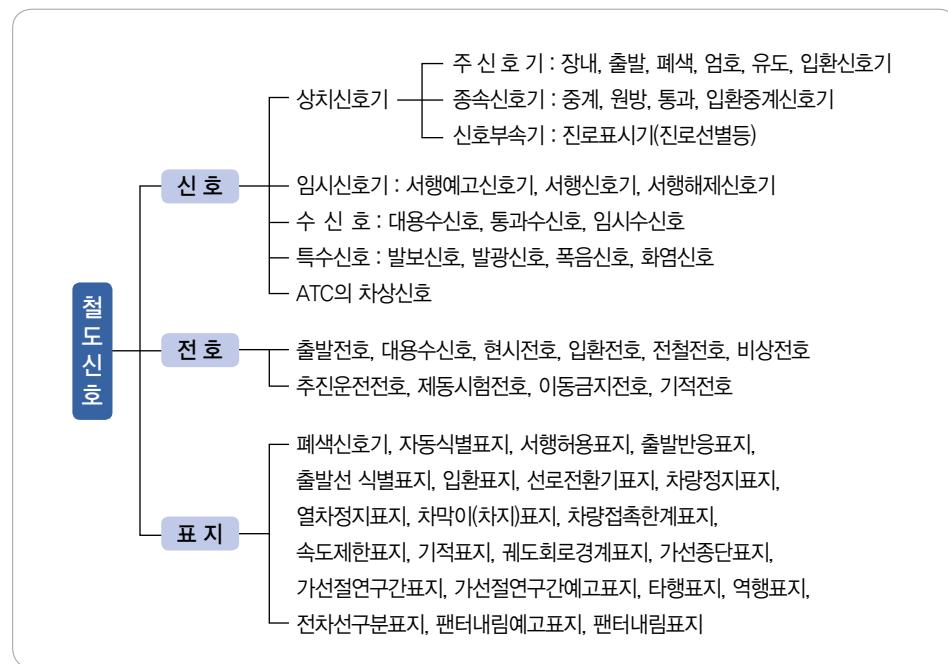
와 전자 기술을 응용한 근대화된 신호 설비의 역할이 경영 측면에서도 적극적인 위치를 차지하게 됨에 따라 근래의 세계적인 추세는 철도의 경영 합리화를 위하여 개량의 범위를 확대해 가고 있다.

최근에는 CBTC(또는 MBS), ATC, ATP, TTC 등 전자연동장치 등 컴퓨터를 이용한 첨단 기술의 열차제어시스템이 설치되면서 철도신호의 자동화, 전산화가 이루어지고 있다.

철도신호는 신호, 전호, 표지로 구분하며, 다음 [표 6-1]과 같다.

[표 6-1] 철도신호 구분

모양, 색, 소리의 구별 철도에서 사용하는 신호	모양에 의한 것	색에 의한 것	모양과 색에 의한 것	소리에 의한 것
신호 (운전 조건을 지시하는 것)	입환 신호기 진로 표시기	색등식 신호기 주신호	완목식 신호기 특수 신호 발광기	발보 신호
전호 (직원의 의지를 표시하는 것)	제동 시험 전호 (신호기를 사용 않을 때 전철 신호)	이동 금지 전호 추진 운전 전호	입환 전호	기적 (기뢰) 전호
표지 (장소의 상태를 표시하는 것)	입환 표지 차지 표지	입환 신호기 무유도 표지 열차 표지	선로전환기 표지 가선 종단 표지	



[그림 6-1] 철도신호 분류

6.1.1 신호 제어 설비 분류

철도신호 제어 시스템은 열차의 안전한 운행을 확보하기 위한 Back-up 설비로 제어의 중심이 지상 신호기에 있느냐 혹은 차량에 있느냐에 따라 지상 신호방식과 차상 신호방식으로 분류된다.

(1) 지상 신호방식

선로 변에 장내 · 출발 · 폐색 · 중계 · 엄호 · 입환 신호기 등과 같은 상치신호기를 설치하고 선행 열차의 개통 조건이나 전방 진로 구성 조건에 의해 신호를 현시하면 기관사가 신호 현시 여부를 확인한 후 열차 운행 가부를 결정하고 열차를 운행하는 방식이다.

지상 신호방식의 대표적인 것으로 ATS(automatic train stop) 장치가 있으며 ATS 설비는 자동 폐색 방식(ABS : automatic block system)을 사용하여 지상 신호를 현시하며, 신호 현시 속도보다 열차 운행 속도가 높을 경우에 비상제동을 가하는 열차 안전 운행 설비이다.

열차제어시스템으로 처음 도입된 ATS 장치는 열차의 진입 가부를 나타내는 신호기 조건에 따라 열차를 정지 혹은 수동으로 감속할 수 있도록 한 것으로서 적극적인 열차제어시스템이라 할 수 없고, 지상에 설치된 신호기의 부수적인 기능으로 보아 이를 지상 신호방식으로 분류한다.

현재 우리나라 철도에서 일반적으로 사용하고 있는 지상 신호방식은 3현시, 4현시, 5현시 방식을 사용하고 있으며, 이러한 지상 신호방식에서는 자동폐색 방식(ABS)을 사용함으로써 열차가 고속화되거나 열차운전 빈도가 고밀도화 될 경우 운전 속도 향상이나 운행 간격 단축에는 한계가 있는 시스템이다.

(2) 차상 신호방식

지상에 설치되어 있는 상치 신호 장치의 현시 조건에 의해 열차가 운행하는 것이 아니라 차내 운전석 전면에 설치되는 차상 신호의 현시 조건에 의해 열차가 운행하는 방식으로 제동 목표 지점을 차상 컴퓨터가 계산하여 운행할 수 있기 때문에 열차의 속도를 향상시킬 수 있고 운행 간격을 단축할 수 있어 선로의 이용 효율을 증대시킬 수 있다.

차상 신호방식은 차상 신호의 송수신 방식, 부가 기능 등에 따라 여러 형태가 있으나 점제어 차상 신호방식인 ATP(automatic train protection) 시스템과 연속 제어 차상 신호방식인 ATC(automatic train control) 시스템으로 대별할 수 있다.

1) 점제어 차상 신호방식(ATP : automatic train protection)

폐색구간 경계 지점에 설치한 지상자(balise)를 통하여 열차 운행에 필요한 정보, 즉 선행 열차

의 운행 위치, 선로의 구배, 곡선 및 열차 간격, 정거장 내의 선로 조건 등 지상의 열차 운행 정보를 디지털 방식의 전송 경로를 거쳐 차상으로 전송하면 차상 컴퓨터는 이를 운행 중인 열차의 종별, 열차 길이, 제동 성능과 종합 비교 분석하여 제동 목표 거리를 자동으로 연산하여 제어할 수 있는 1단제동 방식(one-step breaking system)이다. 제어의 중심이 신호기가 아닌 차량에 있기 때문에 차상 신호방식으로 분류된다.

ATP 시스템은 기존 지상 신호 시스템을 철거하지 않고 그대로 두거나 혹은 지상 신호기를 이용하면서 차상 신호 시스템으로 전환하는 것이 가능하므로 ATC에 비해 상대적으로 용이한 측면이 있다.

2) 연속 제어 차상 신호방식(ATC : automatic train control)

선행 열차의 위치, 운행 진로 등 선로의 제반 조건에 따라 속도 코드가 레일에 연속하여 제공되며, 후속 열차에서 운전 허용 속도가 표시되고 허용 속도 초과 시 자동으로 감속 제어하는 장치이다.

ATC는 ATP 기능에 자동 가속 기능과 정 위치 정차, 출입문 개폐 등 기관사 개입이 거의 필요치 않도록 부가하는 기능(ATO)이 있으며, ATP와 마찬가지로 제어의 중심이 차량에 있기 때문에 ATC도 차상 신호방식으로 분류된다. 주로 ATC 장치는 TGV, ICE 등 고속 열차나 지하철 등 운행 패턴이 동일한 철도차량에 쓰이며, 기존 시스템 철거 후 설치해야 하므로 기술 및 비용 측면에서 신설 건설 구간에 많이 이용된다.

ATP와 ATC는 형식적으로는 위에서 설명한 바와 같이 구분할 수 있으나 같은 ATP와 ATC라고 하여도 제작 회사별로 기능이 상이하고 명칭도 다양하기 때문에 현실적으로 명칭 및 기능만으로는 ATP와 ATC를 구분하기는 어려운 측면이 있다.

(3) 지상 신호방식과 차상 신호방식 비교

[표 6-2] 지상 신호방식과 차상 신호방식의 비교

구 분	지상 신호방식	차상 신호방식
신호 확인	<ul style="list-style-type: none"> - 기상 조건에 따른 안개, 우천 시 신호 확인이 어렵다. - 선로의 형태에 따른 구배와 곡선 등 선로 조건에 따른 신호 확인이 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 차내에 제한속도 및 신호의 현시가 표시되므로 신호의 확인이 용이하다.
신호의 다현시화	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 5현시로 한정되며 그 이상의 제한속도에는 현시가 불가능하다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 선로 제한속도 및 운행 속도 패턴에 따라 표시되므로 신호 현시의 다변화가 용이하다.
열 차 제어 방식	<ul style="list-style-type: none"> - 속도의 가·감속 및 제동은 기관사에 의한 수동 제어 방식 	<ul style="list-style-type: none"> - 연속 속도 제어 방식

구 분	지상 신호방식	차상 신호방식
신호의 오 인	<ul style="list-style-type: none"> - 기관사에 의한 신호 현시 확인 후 가·감속이 이루어지므로 사람의 실수에 의한 신호 오인 현상이 발생할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - ATC/ATO 서비스에 의하여 자동 가·감속이 되므로 기관사는 예비적인 기능을 하며 신호 오인이 없다.
건축 한계	<ul style="list-style-type: none"> - 신호기를 선로 변에 설치해야 하므로 차량 건축 한계를 고려해서 설치해야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 신호 패턴이 차상에 표시되므로 건축 한계와 무관하다.
운전 능률	<ul style="list-style-type: none"> - R0, R1 간의 오버랩 구간이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 오버랩(Over lap) 구간 불필요
적합성	<ul style="list-style-type: none"> - 저밀도 운전에 적합 	<ul style="list-style-type: none"> - 고밀도 운전에 적합
경제성	<ul style="list-style-type: none"> - 저가 	<ul style="list-style-type: none"> - 고가

6.1.2 안전성과 신뢰성

철도가 신뢰받기 위해서는 차량이나 지상 설비 등의 기능에 대하여 항상 고장 없이 열차를 계획대로 운행시키는 것이 요구된다. 여기에는 열차 충돌이나 추돌, 탈선 등과 위험을 같은 승객에게 끼칠 우려가 없음이 전제되어야 한다. 신뢰성은 주어진 조건 하에서 일정 시간 및 연속적으로 일을 올바르게 수행하는 것을 말하며, 안전성은 시스템에 악성 장애가 발생되지 않도록 하는 성능에 대한 요구 사항이다. 신뢰성을 향상시킴으로써 장애 발생되는 확률을 줄일 수 있으며, 안전성을 높임으로써 악성 고장에 의한 위험도를 줄일 수 있다.

(1) 신뢰성 높은 시스템

시스템의 신뢰성을 높이기 위해서는 첫째, 개개의 부품이 쉽게 고장 나지 않아야 한다. 고신뢰화 기술로서 소자의 고신뢰화 및 테스트에 의한 결함(소프트웨어의 경우 버그)의 제거 등이 이 범주에 속한다. 둘째, 고장이 나더라도 정상 기능을 유지하거나, 일부 중요한 기능을 유지하는 능력이 필요하다. 고장에 대한 내성(내고장성) 또는 결함 허용(fault tolerance)이라고 한다. 가장 완벽한 결함 허용은 고장을 완벽히 방어하는 것이다. 또한 허용 시간 내 고장을 검지하여 기능을 회복하는 것이다. 기능이 회복되기까지에 허용되는 시간은 시스템에 따라 다르다.

(2) 안전도가 높은 시스템

철도신호제어 설비에서는 안전 측의 제어나 상태를 명확하게 정의할 수 있다. 예를 들면 속도를 초과하여 운행 중인 열차를 정지시키는 것, 신호기는 정지신호(또는 하위 신호)를 출력하는 것, 선로전

환기는 그 상태를 유지하여 전환하지 않은 것이 안전성이다.

철도신호의 안전을 확보하기 위해서는 Fail-safe와 위험 측 고장의 저감, 완벽한 검증, 고장 완화, 다중계화, 예비계, 고장 진단·회복, 안전 여유 등의 여러 가지 기술이 사용된다.

(3) 고안전·고신뢰 시스템 구축 방법

철도신호제어 설비에 마이크로컴퓨터를 도입할 때에 시스템을 Fail-safe로 하기 위한 몇몇 구성 방법이 있다. 기본적으로 하드웨어 리던던시(redundancy)와 소프트웨어 리던던시(redundancy)이다. 하드웨어 리던던시는 복수의 마이크로컴퓨터가 동일 목적으로 처리를 수행하고 각각의 처리 결과나 중간 단계의 데이터를 조합하여 출력을 안전 측으로 고정하는 것이다. 소프트웨어 리던던시는 1대의 하드웨어에 복수의 소프트웨어를 장착하거나 처리하는 데이터 등에 체크 부호를 부가하여 처리 결과나 출력의 정당성을 보장하는 것이다.

(4) 신뢰성 높은 소프트웨어

컴퓨터의 처리 성능 향상에 따라 편성되는 소프트웨어도 계속해서 대규모로 복잡해지고 있다. 그리고 소프트웨어의 신뢰성 향상이 커다란 문제로 대두되고 있다. 철도신호제어 설비에서는 안전에 관련되는 소프트웨어에 대해서는 검증이 완료된 알고리즘을 이용하여 여러 가지 제약을 두어 작성함으로써 단순화하여 버그가 침입하는 요인을 줄이도록 하고 있다. 또한 침입한 버그를 제거하기 위한 철저한 검사가 이루어진다. 하나의 기능을 서로 다른 복수의 알고리즘으로 실현하고 그 결과의 조합에 의한 버그 검지를 통하여 안전을 확보하는 방법 등이 사용된다.

6.1.3 페일 세이프(Fail-safe) 원칙

신호 제어 설비는 철도수송의 안전·정확·신속의 목적을 달성하기 위한 것이다. 신호 제어 설비가 고장이 나면 열차 운전은 혼란하여지고 정확·신속의 특색을 상실한다. 더욱이 악성의 고장 때문에 열차의 충돌이나 차량의 탈선 등이 발생한다면 수송 업무의 기본인 안전 수송도 보장되지 않는다. 따라서 신호 제어 설비는 고장이 적어야 함은 물론, 높은 신뢰도를 필요로 하는 것은 말할 것도 없다. 신호 제어 설비는 고장 또는 장애가 발생하거나, 취급자가 취급을 잘못하였을 경우에도 악성의 고장이 되지 않도록 안전 측으로 동작하는 것을 원칙으로 하고 있다. 이것을 Fail-safe 원칙이라고 한다.

일반적으로 신호 설비에 사고 또는 고장이 발생하는 경우 안전 측으로 동작하도록 시설하는 것을 원칙으로 한다. 또한 '신호 설비에 사용하는 계전기 회로 및 쇄정 전자석 회로는 무여자일 때(전원이

없을 때) 쇄정하는 방법을 원칙으로 하여야 한다.'라고 정하고 있다.

일반적으로 전기회로 고장은 전선의 단선 또는 접촉 불량일 때 주로 많이 발생하며, 전선의 단락 또는 혼선일 경우는 적다. 따라서 신호 설비에 사용하는 계전기 회로 및 쇄정 전자석 회로도 단선, 또는 접촉 불량일 때 기기의 전류가 차단되어 무여자 되는 경우가 많다. 이때 기기는 오동작 하지 않도록 쇄정되어 안전을 유지하는 방식을 택하고 있다. 그리고 단선이나 혼촉 등의 경우에도 위험하지 않도록 고려하고 있다. 신호 제어 설비에서 적용하고 있는 Fail-safe 방식에는 다음과 같은 것이 있다.

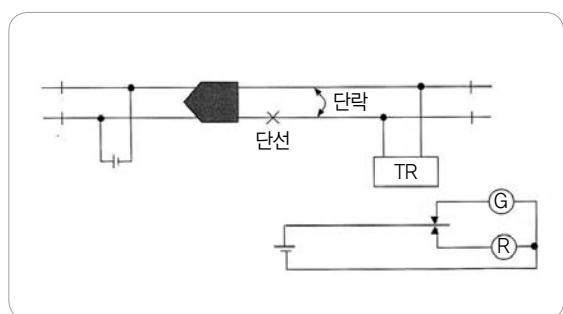
(1) 궤도회로 구성은 폐전로 방식

열차의 유무를 검지하는 궤도회로 장치에서 상시 전기회로를 구성하여 열차 유무 및 시스템을 감시하도록 구성하는 폐전로식 궤도회로 장치를 택하고 있다. 이 방식의 구간에 열차가 진입하면 차륜에 의하여 전기회로를 단락하여 착전단까지 충분한 전류가 흐르지 않는다. 따라서 착전단의 궤도계 전기는 무여자 되어 궤도계전기의 여자 접점으로 접등되어 있던 진행신호가 정지신호로 된다. 궤도회로가 고장일 때(단선, 접촉 불량, 단락 등) 계전기는 무여자 되어 열차가 운행 중인 것처럼 표시하도록 안전 측으로 동작하는 것이다.

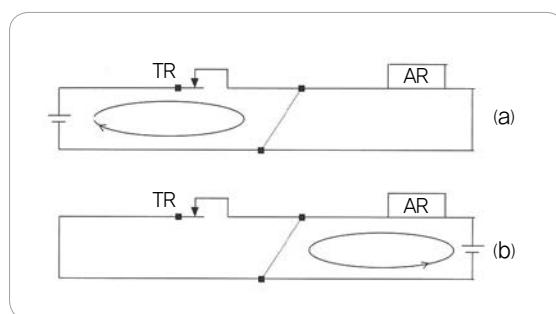
(2) 전원과 계전기 위치를 양단으로 하는 방식

[그림 6-3] (a)와 같이 전원 공급부와 계전기를 맨 끝으로 설치하여 혼촉 또는 단락 시 계전기가 오동작 되지 않도록 구성하는 방식이다.

열차가 정거장으로 접근하고 있을 때 진로 내에 포함된 선로전환기가 전환하지 않도록 쇄정하여야 한다. 하지만 [그림 6-3] (b)와 같이 구성할 경우 고장으로 인한(혼촉 또는 단락) 회로가 구성될 경우 선로전환기가 쇄정되지 않아 안전도가 낮아지는 것을 방지하기 위하여 (a)처럼 구성하여 안전 측으로 동작되도록 구성하는 방식이다.



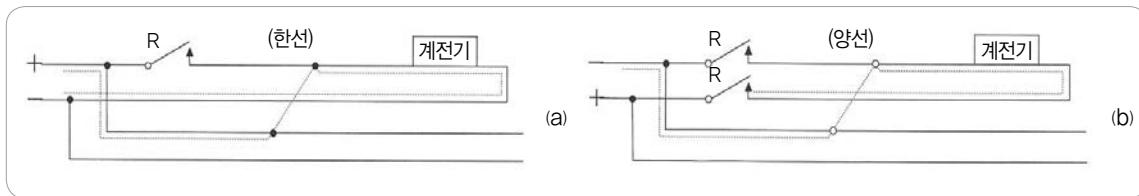
[그림 6-2] 폐전로식 궤도회로방식



[그림 6-3] 전원과 계전기 위치를 맨 끝으로 하는 방식

(3) 양선으로 계전기를 제어하는 방식

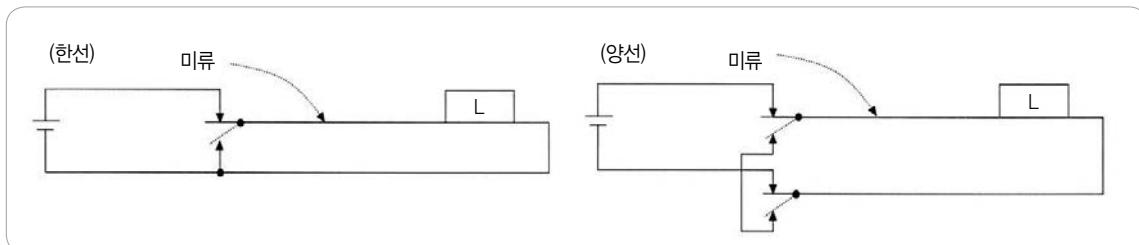
[그림 6-4] (a)와 같이 계전기 동작 제어 조건에서 한쪽 선만 제어 조건을 삽입할 경우 고장으로 인하여 (혼촉, 미류 등) 제어 조건의 유무와 관계없이 오동작 할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 [그림 6-4] (b)와 같이 양쪽 선에 제어 조건을 모두 삽입하여 안전 측으로 동작하도록 회로를 구성하는 방식이다.



[그림 6-4] 양선으로 계전기를 제어하는 방식

(4) 단락을 이용하는 방식

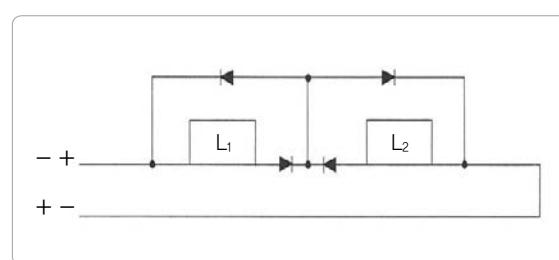
[그림 6-5]에서 보는 것처럼 한쪽 선만 제어 조건을 삽입할 경우 미류에 의한 오동작이 발생할 수 있다. 이때 미류에 의한 오동작 방지를 위하여 양쪽 선 모두 제어 조건을 삽입하여 계전기 쪽을 단락하도록 구성하는 방식이다.



[그림 6-5] 단락을 이용하는 방식

(5) 위상 제어 방식

교류전력계의 회전력은 전류 코일과 전압 코일의 위상차에 따라 변화한다. 따라서 정하여진 위상차가 되면 회전력이 저하하게 된다. 교류 궤도계전기는 이 원리를 응용하여 정해진 위상 이외의 미류에 대해 오동작 되지 않도록 위상으



[그림 6-6] 유극제어방식과 단락방식

로 안전 측 동작할 수 있도록 구성하고 있다. 직류인 경우 유극 제어도 같은 방식이다.

6.1.4 도시철도 시스템의 비교

도시(광역) 철도는 도시 내 여객 수송을 목적으로 건설한 철도로 110km/h 이하 속도로 저속 운전하지만 고밀도 운전을 하는 설비로 다양하게 개발되고 있다.

[표 6-3]은 우리나라 도시(광역) 철도별 시스템을 비교한 것이다.

[표 6-3] 우리나라 도시철도 시스템 비교표

구 분	한국철도공사 과천, 분당, 일산선	서울교통공사				기타	
		1호선	2호선	3, 4 호선	5, 6, 7, 8호선	서해선 (소사~원시)	신분당선 용인경전철
신호방식	차상	지상	차상	차상	차상	차상	차상
제어 방식	ATC	ATS	ATP/ATO	ATC	ATC/ATO	ATP/CBTC	CBTC
궤도회로 방식	유, 무 절연	절연	무 절연	무 절연	무 절연	없음	없음
궤도회로 종류	AF	PF	AF	AF, PF	AF, PF	—	—
연동장치	전자/계전	계전	전자	계전	전자	전자	전자
정 위치 정차	수동	수동	자동	수동	자동	자동	자동
출입문 개폐	수동	수동	자동	수동	자동	자동	자동
차상 속도 제어	자동 감속	수동	자동 가·감속	자동 감속	자동 가·감속	자동 가·감속	자동 가·감속
무인 운전	불가	불가	가능	불가	가능	가능	가능

6.1.5 시스템 안전도 비교

지상 신호방식은 지상에 신호기를 설치하여 기관사가 육안으로 신호 현시를 확인하며 운행하는 방식이며, 차상 신호방식은 열차가 운행하여야 할 신호제어 조건을 차상으로 전송하여 차상의 MMI 패널에 표시하여 주고 자동으로 열차를 제어하는 방식이다. 시스템의 안전도는 철도차량 운전자에게 의존하는 지상 신호제어 방식보다는 열차 운행을 자동으로 제어하는 차상 신호 시스템 방식이 안전도가 높다.

(1) ATS 방식

ATS 시스템은 지상 신호기를 설치하고 기관사가 육안으로 신호의 현시를 확인하며 3현시 구간의 점제어 방식과 4, 5현시 구간의 속도 조사식 방식이 있다. 전동 열차가 운행하는 구간은 4현시 구간을 주로 운행하며, 5현시 구간도 운행한다. 전동 열차가 운행하는 구간에서 사용되는 속도 조사식 시스템은 속도 지시(45km/h, 25km/h 등) 구간에서 과속할 경우 지시하는 속도로 주어진 시간(과속 경보 후 3초)내에 열차의 속도를 감속하지 않으면 열차를 비상 정지시키는 역할을 수행한다. 따라서 기관사의 졸음운전, 신호 모진 시 사고를 예방할 수는 있으나 자칫 역 승강장을 통과하여 정차할 수 있다.

기관사는 운전 중 지상 신호기의 현시를 확인해야 하며 한 폐색구간을 지시하는 신호에 의하여 운전을 해야 하는데 ATS 방식은 전방 궤도의 변화에 민감하기 못하기 때문에 기관사의 숙련도가 중요하다.

(2) ATC 방식

ATC 시스템은 차내 신호방식으로 모든 지시속도에서 과속 운전 시 과속 경보 및 즉시 제동체결로 자동 감속되며 제동 중 3초 이내에 감속도(2.4km/h/sec) 부족 시 비상제동이 체결되므로 ATS 방식에 비하여 높은 안전도를 가지고 있다.

(3) ATO 방식

ATO 자동운전 시스템은 ATC 시스템을 기본으로 안전 확보 및 자동화 기능이 부가되어 기관사의 운전 부담을 경감시킨다. 또 운전 부분에서는 숙련된 기관사 기능을 지닌 대행 프로그램에 의해 자동운전을 수행하도록 되어 있다. 안전은 ATC 방식에 의하여 확보되며 ATO 기능은 수송 효율과 인력 및 에너지 절감에 기여한다.

(4) CBTC 방식

무선통신을 기반으로 이동 폐색(moving block) 시스템을 구현하는 방식으로 열차자신의 속도에 따른 제동거리를 열차 스스로 판단하고 제어한다. 열차와 지상 신호 제어 설비 간 상호 무선통신을 통하여 열차는 현재 운행하는 위치를 지상으로 전송하고 신호 제어 설비는 그 정보를 받아 선행 열차 정보를 후속 열차에게 전달함으로써 열차 간의 거리는 궤도회로와 같은 고정 폐색구간의 길이에 영향을 받지 않기 때문에 정차 거리가 감소되어 열차 간의 운행 간격이 단축된다. 또한 열차가 지상의 정보를 수신하여 자동으로 속도와 가·감속을 결정하므로 안전도도 향상된다.

핵심정리

>>>

1. 철도신호제어 설비 분류

- 열차에 대하여 진로를 안전하게 구성하여 주고 기관사에게 운전 조건을 제시해 주며, 열차(철도차량)의 안전 운행과 수송 능력 향상을 목적으로 ()는 발전해 왔다.
- 선로 변에 상차 신호기 등을 설치하여 기관사로 하여금 지상의 신호를 확인하여 운행하는 ()과 차내 운전석 전면에 설치되어 있는 차상 신호의 현시 조건에 의해 열차가 운행하는 ()이 있다.
- 차상 신호방식에는 발리스를 이용하여 차내에 정보를 전송해 주는 점제어 방식인 ()와 궤도 회로를 이용하여 수시로 변화된 정보를 연속으로 전송해 주는 연속 제어 방식인 ()가 있다.

2. 안전성과 신뢰성

- ()은 주어진 조건 하에서 일정 시간 및 연속적으로 신호 제어 설비 기능을 올바르게 수행하여야 한다. 철도신호 시스템은 허용 시간 내 고장을 검지하여 기능을 회복하는 것으로 시스템마다 허용되는 시간이 다르다.
- ()에 악성 장애가 발생하지 않도록 하는 성능에 대한 요구 사항이다. 철도신호의 안전을 확보하기 위해서는 Fail-safe와 위험 측 고장의 저감 및 완벽한 검증, 고장 완화, 다중계화, 예비계, 고장 진단 · 회복, 안전 여유 등의 여러 가지 기술이 사용된다.

3. () 원칙

- 신호 제어 설비는 악성 고장으로 열차 충돌, 차량 탈선 등이 발생할 우려에 대비하여 신호 제어 설비의 고장 또는 취급자가 잘못 취급 시에도 악성 고장이 되지 않도록 안전 측으로 동작하도록 시스템을 구성하는 설정하는 것이다.
- 신호제어 설비에 적용하고 있는 폐일 세이프 방식에는 궤도회로 구성은 폐전로방식, 전원과 계전기 위치는 양단으로 하는 방식, 양선으로 계전기를 제어하는 방식, 단락을 이용하는 방식, 위상 제어 방식 등이 있다.

4. 도시철도 시스템의 비교

- 도시철도는 도시 내 ()을 목적으로 건설한 110km/h 이하 속도로 운행하지만 고밀도 운전 시스템에 대하여 지속적으로 개발되고 있다.
- 도시철도 운영 구간마다 지상, 차상 방식의 유무, (), ATC/ATO, (), CBTC 등의 여러 신호 체계에 따라 비교하고 있다.

5. 시스템의 안전도 비교

- 철도신호 제어 시스템은 열차의 안전한 운행을 확보하기 위한 ()로 제어의 중심이 지상 신호기에 있느냐 혹은 차량에 있느냐에 따라 지상 신호방식과 차상 신호방식으로 분류되며, 종류에는 지상 신호 제어 방식인 ATS 방식, 차상 신호 제어 방식인 ATC 방식, (), () 등이 있다.

6.2 열차진로제어 설비

학습목표

- 열차진로제어 설비인 신호기 장치, 궤도회로 장치, 선로전환기 장치, 폐색장치, 연동장치, 열차 집중 제어 장치(CTC)에 대하여 설명할 수 있다.

[핵심 용어]

- 열차진로제어 설비, 신호기, 선로전환기, 궤도회로, 폐색장치, 연동장치, CTC 장치

철도신호제어 설비는 크게 열차진로제어 설비와 열차운행제어 설비로 구분되며, 열차진로제어 설비는 신호기 장치, 궤도회로 장치, 선로전환기 장치, 폐색장치, 연동장치, 열차 집중 제어 장치(CTC) 등이 있다. 열차진로제어 설비는 현장의 신호 제어 설비로 각 장치별로 특색을 가지고 있으며 열차 안전 운행을 위한 중요한 요소로 작용한다.

6.2.1 신호기 장치

신호기 장치는 철도차량 운전자에게 열차 운전 조건을 제시하여 주는 설비로서 열차의 진행 여부를 색(色)이나 형(形)으로 표시하는 것이며 기관사에게 열차의 운행 조건을 지시하는 신호와 종사원의 의지를 표시하는 전호 및 장소의 상태를 표시하는 표지로 분류한다. 또한 신호기는 상치신호기와 임시 신호기로 분류한다.

(1) 상치신호기(Fixed signal)

지상의 고정된 장소에 항상 설치되어 신호를 현시하는 신호기이다.

1) 기능별 분류

신호기를 기능별로 분류하면 주 신호기, 종속 신호기, 신호 부속기로 분류한다.

- ① 주 신호기(Main signal) : 일정한 방호 구역을 가진 신호기로 장내, 출발, 폐색, 유도, 엄호, 입환 신호기가 있다.
 - 장내신호기(Home signal) : 정거장에 진입할 열차에 대하여 그 신호기 내방으로 진입 여

부를 지시하는 신호기이다.

- 출발신호기(Starting signal) : 정거장에서 출발하는 열차에 대하여 그 신호기 안쪽으로의 진출 여부를 지시하는 신호기이다.
- 폐색신호기(Block signal) : 폐색구간에 진입할 열차에 대하여 폐색구간의 진입 여부를 지시하는 신호기이다.
- 유도신호기(Caller signal) : 주체의 장내신호기가 정지신호를 현시함에도 불구하고 유도를 받을 열차에 대하여 신호기 내방으로 진입할 것을 지시하는 신호기이다.
- 엄호 신호기(Protecting signal) : 특별히 방호를 요하는 지점을 통과할 열차에 대하여 신호기 안쪽으로의 진입 여부를 지시하는 신호기이다.
- 입환 신호기(Shunting signal) : 입환 차량에 대하여 신호기 안쪽으로의 진입 여부를 지시하는 신호기이다.

② 종속 신호기(Subsidiary signal) : 주 신호기의 인식 거리를 보충하기 위하여 주체 신호기 외방에 설치하는 신호기로 원방, 통과, 중계신호기 있다.

- 원방신호기(Distance signal) : 주로 비자동 구간의 장내에 종속하며 주체 신호기의 현시를 예고하는 신호기이다.
- 통과신호기(Passing signal) : 출발신호기에 종속되어 있으며 주로 장내신호기의 하위에 설치하는 신호기로서 정거장의 통과 여부를 예고하는 신호기이다.
- 중계신호기(Repeating signal) : 주로 자동 구간의 장내 · 출발 · 폐색신호기에 종속하며 주체 신호기의 신호를 중계하기 위하여 설치하는 신호기이다.



④ 중계신호기



⑤ 통과신호기(나팔형)



⑥ 입환 중계신호기

[그림 6-7] 종속 신호기

③ 신호 부속기(Signal Appendant) : 주 신호기에 부속하여 주 신호기의 지시 조건을 보완하는 장치로 진로표시기(진로 선별등) 등이 있다.

- 진로표시기(Route Appendant) : 주 신호기의 진로 개통 방향을 표시하기 위하여 설치한 것으로서 주 신호기를 2이상의 선로에 사용할 때에는 주 신호기의 하단에 설치하여 그 신호기의 진로 개통 방향을 나타내는 것이다.



[그림 6-8] 진로표시기

2) 구조상 분류

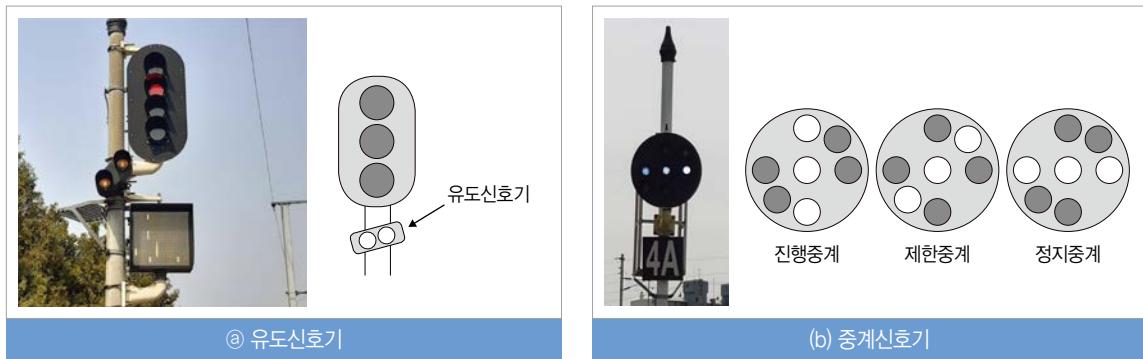
- ① 완목식 신호기(Semaphore signal) : 기계 구간에 사용하는 신호기로 직사각형의 완목(Arm)을 신호기주에 설치하여 주간에는 완목의 위치 · 형태 · 색깔에 따라 신호를 현시하는데 수평일 때는 정지신호를 현시하고 45° 하방일 때는 진행신호를 현시한다.
야간에는 완목에 달려 있는 신호기등 유리의 색깔에 따라 적색일 때는 정지를, 녹색일 때는 진행신호를 나타내는 것으로 주 신호기와 종속 신호기에 사용하고 있다.

- ② 색등식 신호기(Color light signal) : 신호기등의 색깔 및 배치 위치로 신호를 현시하는 것으로 단등형 신호기와 다등형 신호기가 있다.

- 단등형 신호기(Search-light type signal) : 신호기등은 1개만 있고 내부에 고정된 전구에 등황색(Y), 적색(R), 녹색(G)의 색유리가 좌우로 움직여 신호를 현시하여 주는 신호기로 현재는 사용하지 않고 있다.
- 다등형 신호기(multi-unit type signal) : 신호기주에 등황색(Y), 적색(R), 녹색(G) 등을 수직으로 설치하여 2현시에서 5현시 방식까지 현시하는 신호기로 가시거리가 좋으므로 주간에도 800m의 거리에서도 신호 현시를 확인할 수 있다.

③ 등열식 신호기(position signal) : 여러 개의 백색등을 조합하여 수직, 수평, 경사지게 하여 신호를 현시하는 것으로서 유도, 중계신호기에 사용되고 있다.

- 유도신호기 : 평상시에는 소등되어 있다가 현시할 때에만 2개 백색등이 45° 로 점등하여 진행신호를 현시하는 신호로 평상시는 소등 또는 무현시가 정위이다.
- 중계신호기 : 주 신호기의 현시를 그대로 중계하기 위하여 주 신호기의 제어 계전기 여자 접점과 같은 접점을 사용하여 제어회로를 구성하며 입환 신호기와 같이 유백색 계단 렌즈를 사용한다.



[그림 6-9] 등열식 신호기

3) 조작상 분류

- ① 수동 신호기 : 신호 취급자가 신호를 취급함으로써 현시하는 신호기로 비자동 구간의 신호 기에서 사용한다.
- ② 자동 신호기 : 궤도회로를 이용하여 열차 또는 차량의 유무에 따라 자동적으로 신호를 현시하는 것으로서 신호 취급자가 조작할 수 없는 신호기이며 자동폐색 구간의 폐색신호기가 이에 해당한다.
- ③ 반자동 신호기 : 궤도회로에 의해 자동적으로 신호를 현시할 수도 있으나 신호 취급자도 조작 할 수 있는 신호기이다. 자동 구간의 장내, 출발신호기가 이에 해당된다.(자동 진로 설정 구간)

4) 신호 현시별 분류

- ① 2위식 신호기 : 신호기의 현시를 정지/진행 또는 주의/진행, 소등/점등 등으로 두 가지를 현시하는 신호기로 입환, 원방, 염호, 비자동 구간의 출발신호기, ATC 구간 진입 허용 신호기 등이 있다.

② 3위식 신호기 : 등황색, 적색, 녹색의 3가지 색을 사용하여 정지, 경계, 주의, 감속, 진행을 현시하는 신호기이다.

- 3현시 : 정지(R), 주의(Y), 진행(G)
- 4현시 : 정지(R), 주의(Y), 감속(YG), 진행(G)_지상 구간
정지(R), 경계(YY), 주의(Y), 진행(G)_지하 구간
- 5현시 : 정지(R), 경계(YY), 주의(Y), 감속(YG), 진행(G)

5) 신호 현시 상태별 분류

- ① 절대 신호 : 진행의 지시 신호가 현시된 경우 이외는 절대로 신호기 내방에 진입할 수 없는 신호기이다.
- ② 허용 신호 : 정지신호가 현시된 경우라도 일단정지 후 제한속도로 신호기 내방에 진입할 수 있는 신호기이다.

6) 상치신호기의 건식

정거장 구내 또는 역과 역 사이에 많은 신호기를 설치할 경우에 열차의 기관사가 해당 운행 선로에 대하여 식별을 용이하게 하기 위하여 다음과 같이 설치하고 있다.

- ① 신호기는 소속선의 바로 위 또는 왼쪽(우측통행 구간은 오른쪽)에 세운다. 다만, 지형 또는 특별한 사유가 있을 때에는 예외로 한다.
- ② 2이상의 진입선에 대해서는 같은 종류의 신호기를 같은 지점에 세우는 경우, 각 신호기의 배열 방법은 진입 선로의 배열과 같게 한다.
- ③ 신호기는 1진로마다 1신호기를 설치하는 것을 원칙으로 하며 특별한 경우에는 예외로 한다.
- ④ 같은 선에서 분기되는 2이상의 진로에 대하여 같은 종류의 신호기는 같은 지점 또는 같은 신호기주에 설치해야 한다.
- ⑤ 신호기는 그 신호 현시가 다음의 확인 거리를 확보할 수 있도록 하여야 한다.

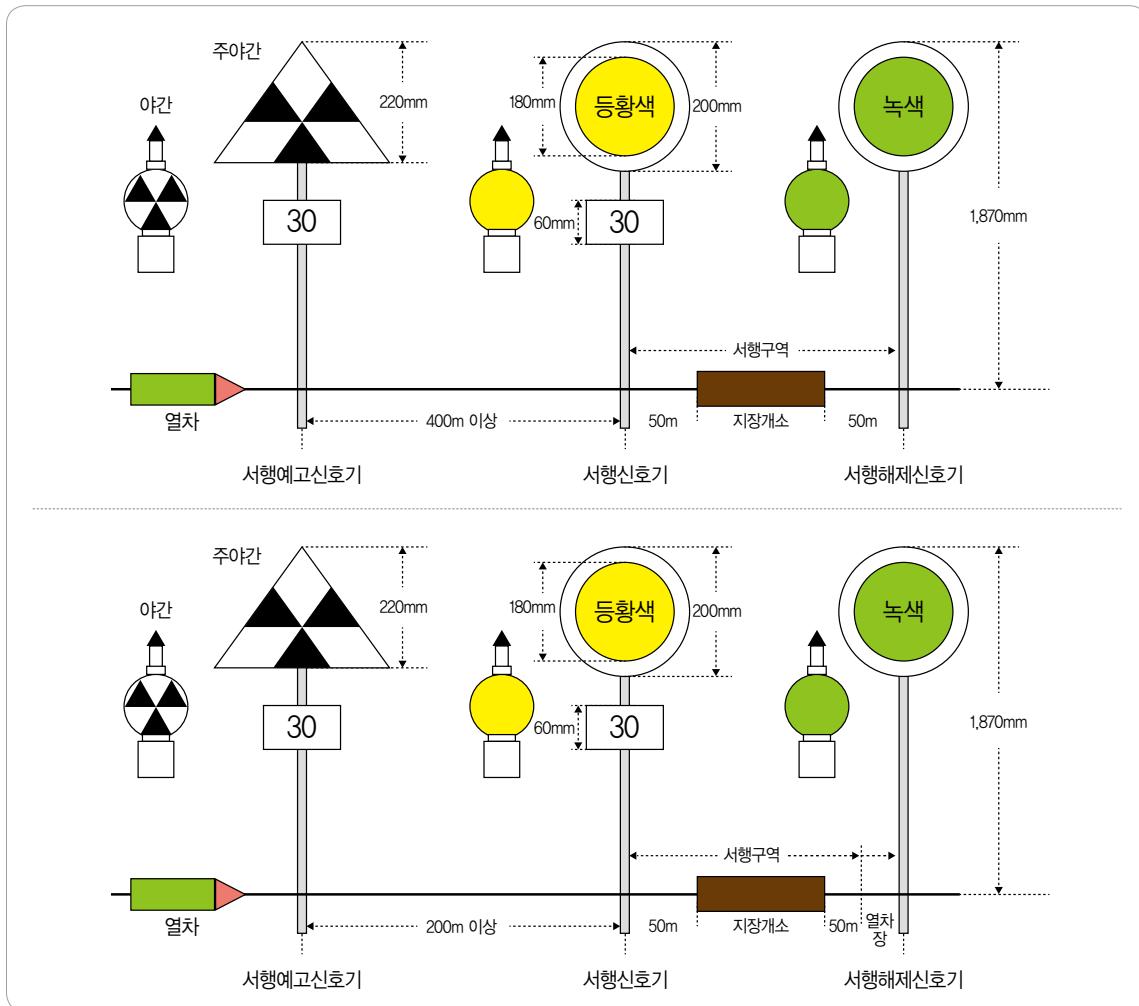
- | | |
|-----------------|---------|
| • 장내, 출발, 폐색신호기 | 600m 이상 |
| • 입환 신호기 | 200m 이상 |
| • 유도신호기 | 100m 이상 |
| • 원방신호기 | 200m 이상 |
| • 중계신호기 | 200m 이상 |
| • 진로 표시기(주 신호용) | 200m 이상 |

- 진로 표시기(입환 표지용) 100m 이상

7) 신호기의 정위 : 신호기의 정위는 취급하기 전(평상시) 상태를 말한다.

- ① 정지 : 장내, 출발, 엄호, 단선 구간 폐색, 입환 신호기
 - ② 주의 : 원방신호기
 - ③ 진행 : 복선 구간 폐색신호기
 - ④ 현시하지 않음(소등) : 유도신호기

(2) 임시 신호기(Temporary signal)



[그림 6-10] 임시 신호기(상 : ATS지상구간, 하 : ATC구간)

선로 작업이나 고장 등으로 인하여 열차가 정상적인 속도로 운전할 수 없을 경우에 임시로 설치하는 신호기이다.

- 1) 서행 예고 신호기(slow speed approach signal) : 서행 신호기 외방 400m 이상의 지점에 설치하여 전방에 서행 신호기가 있음을 예고하는 신호기이다. 다만, 선로 최고속도가 130km/h 이상 지상 구간에서는 700m 지하 구간에서는 200m 이상 지점에 설치한다.
- 2) 서행 신호기(slow speed signal) : 서행을 요하는 구역을 통과하는 열차에 대하여 그 구역을 제한속도로 서행할 것을 지시하는 신호기이다.
- 3) 서행 해제 신호기(slow speed release signal) : 서행 구간을 벗어나는 열차에 대하여 서행이 해제되었음을 지시하는 신호기이다.

(3) 수신호

수신호는 고장이나 기타 사유로 인하여 장내신호기, 출발신호기, 엄호 신호기에 진행을 지시하는 신호를 현시할 수 없는 경우, 관계 선로전환기의 개통 방향과 쇄정 상태를 확인하고 진행 수신호를 현시하는 것을 말한다. 대용 수신호, 통과 수신호, 임시 수신호 등이 있다.

1) 정지신호

- ① 주간 : 적색기
- ② 야간 : 적색등

2) 서행 신호

- ① 주간 : 적색기 및 녹색기의 기폭을 겉어잡고 머리 위에서 교차
- ② 야간 : 깜박이는 녹색등

3) 진행신호

- ① 주간 : 녹색기
- ② 야간 : 녹색등

(4) 특수 신호(Special signal)

낙석, 낙뢰, 강풍 또는 긴급히 열차를 방호하기 위하여 경계가 필요로 할 때 빛 또는 음향에 의해서 신호를 발생하는 장치이다.

- 1) 발보 신호(열차 무선 방호 장치) : 긴급한 상황에서 경보음을 발생시킴으로써 1km 이내에 운행하는 열차를 정차시킨 후 안전을 확인한 후 운행할 수 있도록 하기 위한 장치이다.
- 2) 발광신호(특수 신호 발광기) : 건널목 지장, 궤도 불량, 강풍, 지진 등으로 열차를 운행하는

데 있어 경계를 요하는 장소에 평상시에는 소등되어 있다가 경계의 필요가 있을 때 여러 개의 적색등을 순환 점등하는 신호기이다.

(5) 전호

전호는 종사원 상호 간의 의사 전달을 하기 위한 것으로 중요한 전호는 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 출발 전호 : 정차장에서 열차를 출발시키는 경우 역장과 차장은 지정된 방식에 따라 출발 시 전호를 하여야 한다.
- 2) 전철 전호 : 전철 전호는 선로전환기의 개통 상태를 관계자에게 알릴 경우에 사용한다.
- 3) 입환 전호 : 정차장에서 차량을 입환할 때 수전호 또는 전호기에 의하여 행하는 방식이다.
- 4) 제동 시험 전호 : 열차의 조성 또는 해결 등 제동기를 시험할 경우에 사용한다.
- 5) 대용 수신호 현시 전호 : 상치신호기의 고장 또는 신호기의 사용 중지 등으로 대용 수신호를 현시할 경우에 사용한다.

(6) 표지

표지는 장소의 상태를 표시하는 것으로 여러 가지가 있으나 중요한 표지는 다음과 같다.

- 1) 자동폐색 식별 표지 : 자동폐색 구간의 폐색신호기 아래쪽에 설치하여 폐색신호기가 정지신호를 현시하더라도 일단정지 후 15km/h 이하 속도로 폐색구간을 운행하여도 좋다는 것을 나타낸다. 이 식별 표지는 초고휘도 반사재를 사용하여 백색 원판의 중앙에 폐색신호기의 번호를 표시한 것이다.



[그림 6-11] 각종 표지류

- 2) 서행 허용 표지 : 선로 상태가 1,000분의 10이상의 상구배에 설치된 자동폐색신호기 하위에 설치하여 폐색신호기가 정지신호를 현시하더라도 일단정지하지 않고 자동폐색신호기 내방으로 진입할 수 있도록 표시하는 것이다.
- 3) 출발신호기 반응 표지 : 승강장에서 역장 또는 기관사가 출발신호를 확인할 수 없는 정차장에 설치하여 백색등을 점등하여 출발신호를 표시한다.
- 4) 입환 표지 : 차량이 입환을 하는 선로에서 개통 상태를 표시할 필요가 있는 경우에 이를 표시한다. 입환 신호기와 다른 점은 무유도 표시등이 없거나 점등되지 않는 경우의 형태로 차량 입환 작업을 할 때 수송원의 유도를 필요로 한다.
- 5) 열차 정지 표지 : 정차장에서 항상 열차의 정차할 한계를 표시할 필요가 있는 지점에 설치하며 그 선로에 도착하는 열차는 열차 정지 표지 설치 지점을 지나서 정차할 수 없다.
- 6) 가선 종단 표지 : 가공 전차선로의 끝부분에 설치하여 전차선로의 종단을 표시하는 것이다.
- 7) 출발선 식별 표지 : 정차장 내 또는 지역 여건상 출발신호기가 동일한 장소에 2기 이상 나란히 설치되어 해당선 출발신호기의 확인이 곤란한 경우 해당 선로 번호를 표시하는 표지이다.
- 8) 차량 정지 표지 : 정차장에서 입환 전호를 생략하고 입환 차량을 운전하는 경우 운전 구간의 끝 지점을 표시할 필요가 있는 지점 또는 상시 입환 차량의 정지 위치를 표시할 필요가 있는 지점에 설치한다. 필요에 따라 정차장 외 측선에도 설치할 수 있으며 입환 차량은 설치 지점을 지나서 정차할 수 없다.
- 9) 차막이 표지 : 본선 또는 주요한 측선의 끝 지점에 설치하는 표지이다.
- 10) 차량 접촉 한계 표지 : 선로가 분기 또는 교차하는 지점에 선로상의 인접 선로를 운전하는 차량을 지장하지 않는 한계를 표시하기 위하여 설치하는 표지이다.
- 11) 속도제한 표지 : 선로의 속도를 제한할 필요가 있는 구역에 설치하는 표지이다.
- 12) 궤도회로 경계 표지 : 신호 원격제어 구간에서 역간의 궤도회로 고장 시 열차 운행을 원활하게 하기 위하여 자동폐색 궤도회로의 경계 지점에 설치하는 표지이다.

6.2.2 궤도회로 장치

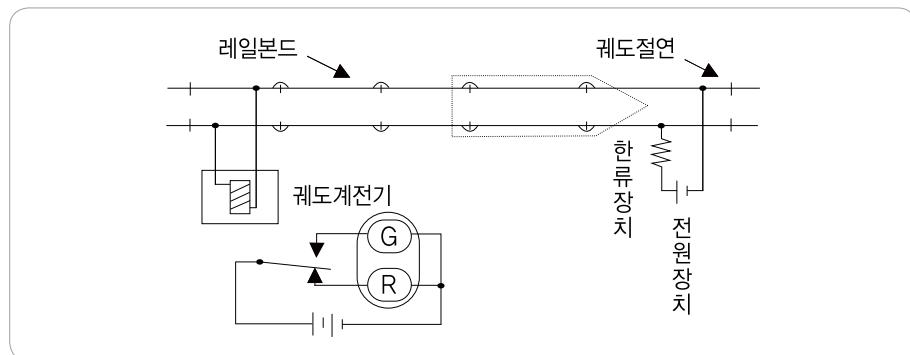
(1) 개요

궤도회로(Track Circuit)란 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 회로를 구성하고, 그 회로를 차량의 차축에 의해 레일 간을 단락 또는 개방함에 따라 열차의 유무를 감시하기 위한 것이다. 신호기 장치, 선로전환 장치, 기타의 보안장치를 직접 또는 간접으로 제어할 목적으로 설치하고 있다.

궤도회로는 1869년 미국의 윌리엄 로빈슨(William Robinson)에 의해 발명되어 당초 개전로식이었으나, 1872년부터 현재까지 많이 사용되고 있는 폐전로식으로 개량되었다.

(2) 궤도회로 원리

궤도를 적당한 구간으로 구분하여 인접 궤도회로와 전기적으로 절연하기 위하여 궤도 절연을 설치하고 궤도회로 내의 궤도 이음매 부분의 접속 저항을 적게 하기 위하여 레일본드(Rail bond)로 접속한 다음 한쪽에는 전원을 부하 쪽에는 궤도계전기를 연결하여 구성한다. 궤도회로 내에 열차가 없을 때에는 송신부로부터 흐르는 전류에 의하여 계전기가 여자 되고, 궤도회로 내에 열차가 진입하면 차축에 의하여 전기회로가 단락되어 계전기는 무여자가 되며, 궤도회로 자체에 고장이 발생하였을 때에도 계전기는 무여자가 된다. 궤도계전기가 여자 접점으로 전류가 통할 때 녹색등이 현시되고 무여자 접점으로 전류가 통할 때 적색등이 현시되도록 신호기를 자동적으로 제어시키므로 선로 용량의 증대, 열차 횟수의 증가 등 선로 용량의 효율을 높이게 되었다.



[그림 6-12] 궤도회로 원리

궤도회로 구성은 종류에 따라 차이가 있으나 주요 구성으로는 전원장치, 한류 장치, 궤도 절연 및 궤도계전기로 구분된다.

1) 전원장치(power supply equipment)

각 궤도회로의 송신단에 설치하는 것으로 직류 궤도회로에서는 정류기와 축전지를 사용하고 교류 궤도회로에서는 궤도변압기, 주파수변환기, 송신기 등이 사용되고 있다.

2) 한류 장치(current limiting equipment)

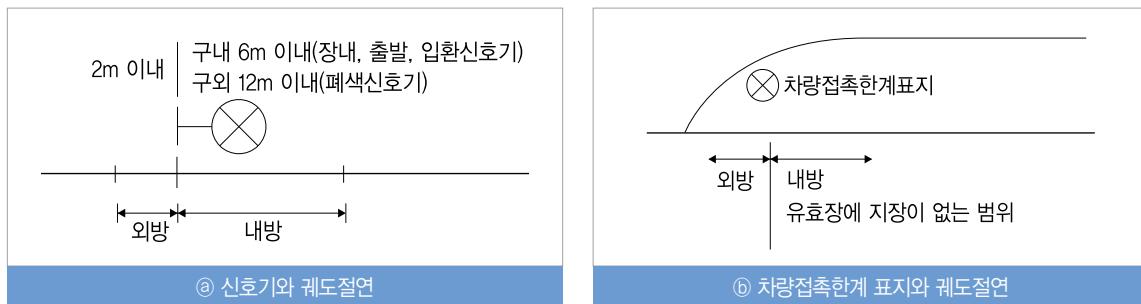
열차의 차축에 의하여 궤도회로의 전원을 단락하였을 때 직류 궤도회로에서는 전원장치에 과전류가 흐르는 것을 제한하고 전압을 조정하기 위해서 설치한다.

3) 궤도 절연(insulation rail joint)

궤도회로는 레일을 사용하여 전기회로를 구성하는 것이므로 인접 궤도회로와 전기적으로 절연하기 위하여 사용하는 것이다.

궤도 절연의 위치는 신호기, 열차 정지 표지 및 차량 접촉 한계 표지 등의 위치와 일치하여야 하거나 지형, 건축 한계, 레일 길이 등으로 궤도 절연과 일치시키기가 어렵다.

따라서 신호기, 열차 정지 표지, 차량 정지 표지 등의 경우 신호기 내방은 정거장 구내에서는 [그림 6-13] ④와 같이 6m, 정거장 외에는 12m 이내, 외방은 2m 이내에 절연을 설치한다. 차량 접촉 한계 표지의 경우는 [그림 6-13] ⑥와 같이 내방으로 유효장에 지장이 없는 범위에서 설치한다.

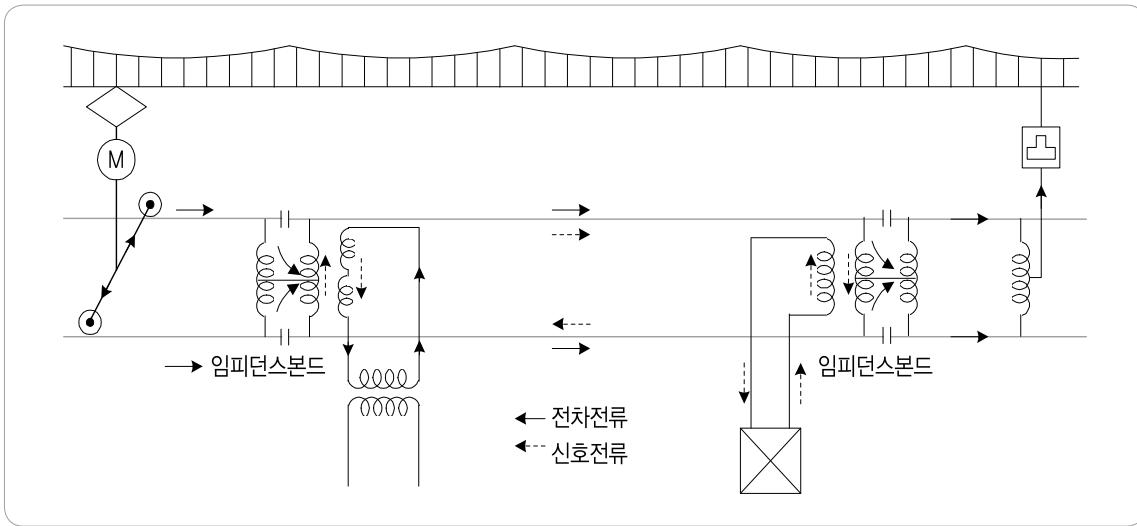


[그림 6-13] 궤도절연 설치위치

① 임피던스 본드 : 전철 구간에서는 전차선의 귀선 전류와 신호 전류는 동일 궤도를 공유한 전기 회로로 구성되어 있다. 따라서 신호 전류는 1개의 궤도회로에만 흐르고 귀선 전류는 변전소까지 회로가 구성되어 있어야 하므로 신호 전류를 차단시키고 귀선 전류가 흐르게 하는 임피던스 본드를 복궤조 궤도회로의 경계점에 설치해야 한다.

궤도에 [그림 6-14]과 같이 전차 전류는 변전소까지 회로가 구성되어 있고 신호 전류는 1개의 궤도회로 내에만 전류가 흐른다. 전차 전류는 코일의 반반씩 반대 방향으로 흐르므로 철심은 자화하지 않으나 신호 전류는 코일이 감겨진 방향으로만 흐르므로 임피던스의 저하를 가져온다.

임피던스는 계전기에 충분한 전류를 공급하여 변동을 적게 하기 위하여 도상 자갈 구간의 누설 임피던스 값에 비해 적은 값으로 신호 전류를 흘려보내며, 전차선 전류는 영전위의 중



[그림 6-14] 임피던스 본드 원리

성점을 상호 접속함으로써 인접 궤도회로에 영향을 받지 않게 한다.

4) 궤도계전기(TR, track relay)

궤도회로(track circuit) 내에 흐르는 전류나 주파수의 유무에 따라 궤도회로 상의 열차 또는 차량의 유무를 검지하는 기기이다. 신호기의 신호 현시를 변경시키거나 또는 열차 통과 중의 선로전환기를 전환할 수 없도록 쇄정하는 조건을 제공하는 등 매우 중요한 역할을 한다.

(3) 궤도회로 분류

1) 사용 전원에 따른 분류

- ① 직류 궤도회로(DC Track circuit)
- ② 교류 궤도회로(AC Track Circuit)
- ③ 정류 궤도회로(Commutation track circuit)
- ④ 코드 궤도회로(Code track circuit)
- ⑤ AF 궤도회로(Audio Frequency Track circuit)
- ⑥ 고전압 임펄스 궤도회로(High Voltage Impulse Track circuit)

고전압 임펄스 궤도회로는 한국철도공사 운영 구간에서 사용되는 궤도회로 장치로 모든 구간(전철 구간, 비전철 구간)에서 사용 가능한 장치로서 3Hz의 임펄스 궤도회로 주파수를 사용하고 있으나 최근에는 AF 궤도회로 방식으로 바꾸어 가고 있다.

2) 회로 구성 방법에 따른 분류

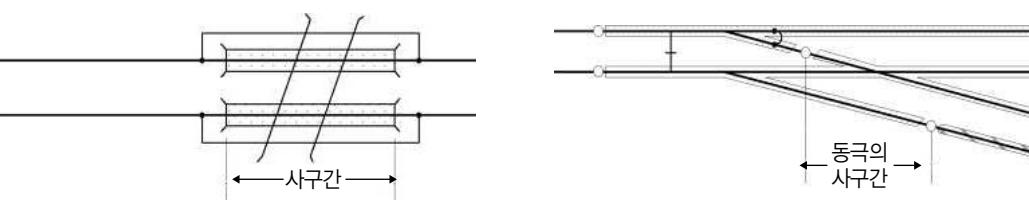
- ① 개전로식 궤도회로 : 최초에 개발된 방식으로 전기회로가 개방되어 있어 평상시는 전류가 흐르지 않다가 열차가 궤도에 진입하면 차축을 통하여 전류가 흘러 궤도계전기가 여자하도록 하는 방식이다. 전력 소모가 적게 드는 장점은 있으나 전원 고장, 회선 단선, 레일 절손 등 기기가 고장 났을 때 열차를 검지할 수 없는 위험성이 있어 특수한 경우에만 사용한다.
- ② 폐전로식 궤도회로 : 평상시 폐회로로 구성하여 전류가 흐르다가 열차가 궤도에 진입하면 차축에 의하여 단락되므로 전류가 차단되어 궤도계전기가 무여자 되는 방식이다. 항상 전류가 흐르고 있어 전력 소모가 많은 단점은 있으나 기기의 고장 또는 장애 시 궤도계전기가 무여자 되어 안전 측으로 동작하는 장점이 있어 일반적으로 많은 곳에서 사용하고 있다.

3) 궤도 절연 유무에 따른 분류

- ① 유절연 궤도회로 : 레일에 물리적인 절연체를 이용하여 전기 흐름을 방해할 목적으로 설치하는 것으로 궤도 절연이 설치되어 있는 방식이다. 전기적 연속성을 방해하고 이음매판의 기계적인 강도를 확보하여야 한다. 구성 방법에 따라 단궤조식 궤도회로와 복궤조식 궤도회로로 구분한다.
- ② 무절연 궤도회로 : 레일에 물리적인 궤도 절연을 사용하지 않고 주파수를 사용하여 궤도 임계점에서 상호 주파수에 대한 공진회로를 이용하여 전기적으로 절연하는 궤도회로이다. 레일을 절단하지 않고 사용하기 때문에 편리하게 사용하고 있다.

(4) 궤도회로 사구간

궤도회로는 그 구간 내의 어떠한 지점에서 단락하더라도 계전기는 정확하게 무여자 되는 것이 이



[그림 6-15] 궤도회로 사구간

상적이지만, 선로의 분기기 교차 지점, 크로싱 부분, 교량 등에 있어서는 좌우의 레일 극성이 같게 되어 열차에 의한 궤도회로의 단락이 불가능한 곳이 생기게 된다. 이러한 구간을 사구간(Dead section)이라 하는데 [그림 6-15]은 사구간의 보기를 나타낸 것이다. 사구간의 길이는 7m를 넘지 않도록 해야 한다.

(5) 궤도회로 단락 감도

단락 감도는 궤도회로의 기능의 양부를 판단할 목적으로 궤도회로 내의 임의의 궤도 사이를 저항으로 단락하여 궤도계전기의 여자 상태를 시험하는 것이다. 궤도계전기를 무여자상태로 하기 위해 레일 양측을 단락하는 최대 저항값을 나타낸다.

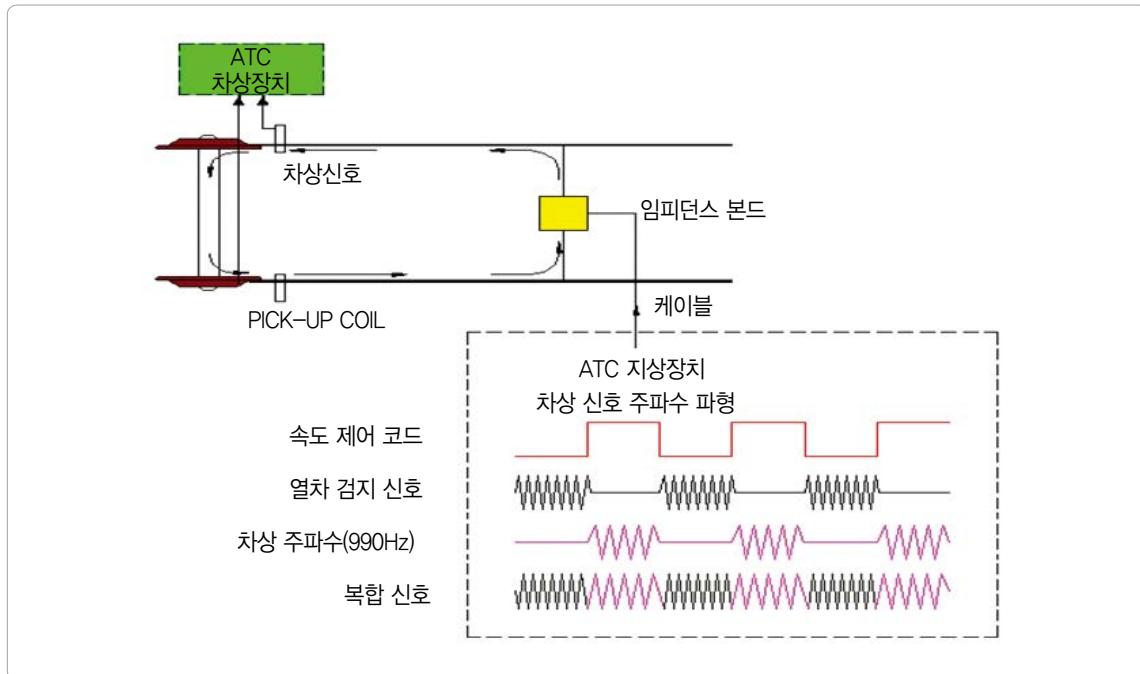
단락 감도 기준은 맑은 날 측정하여 임피던스 본드 및 AF 궤도회로 구간에서는 0.06Ω 이상, 그 밖의 구간에서는 0.1Ω 이상이 되어야 한다.

단락 감도 측정 위치는 직류 궤도회로의 경우에는 송전단의 레일 위, 교류 궤도회로의 경우에는 착전단의 레일 위, 병렬 궤도회로의 경우에는 앞의 두 경우 이외의 병렬 부분의 끝 궤도 위에서 측정하여야 한다.

(6) AF 궤도회로

사람이 귀로 들을 수 있는 16~20,000Hz대의 가청 주파수를 사용하여 궤도회로를 구성하는 것으로 궤도회로 자체만 사용하는 것과 차상 신호방식인 ATC 장치에 활용하는 것이 있다. AF 궤도회로는 차상 신호용으로 가장 적합한 형태의 궤도회로 설비로 시스템의 설계 방식에 따라 여러 가지 형태로 나눌 수 있다. 최근 디지털 신호 기술의 발달로 열차 운행 및 제어 정보를 코드화 하여 차량과 현장 설비 간 안테나를 사용하여 정보를 전송하고 있다.

AF 궤도회로는 단순한 열차 검지 기능뿐만 아니라 전방 열차와의 운행 간격, 해당 열차의 지시 속도, 차량 운행 정보를 차상 장치에 전달하고 제동장치에 직접 연결하여 신호를 무시하고 진입하는 열차를 자동으로 감속하거나 정지할 수 있게 함으로써 열차의 안전 운행을 확보할 수 있다. 전동차 구간 ATC 장치에 사용되는 주파수는 열차 검지 주파수, 차상 신호 주파수, 지시 속도 코드로 구분 할 수 있다. 열차 검지 주파수는 궤도회로의 가장 기본이 되는 열차를 검지할 목적으로 궤도에 흘려 주는 주파수이다. 차상 신호 주파수는 차상에 신호정보를 전송할 목적으로 열차가 해당 궤도회로를 점유하고 있는 동안에만 열차 맨 앞차의 첫 번째 차축 전면에 있는 pick-up 코일을 통하여 차상으로 정보를 전달한다. 지시 속도 코드는 차상 장치로부터 코드 선별 회로에 의하여 결정된 조건을 받아서 해당 속도 코드를 변조, 증폭하여 차상 신호 발생 회로(Cab enable) 조건이 만족되면 궤도회로



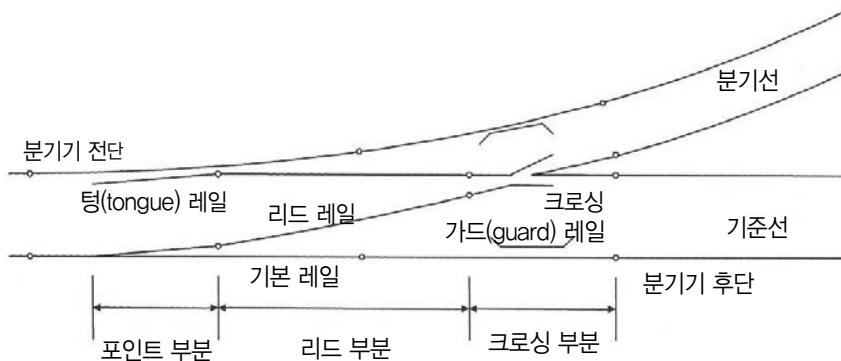
[그림 6-16] ATC 구간 열차 검지 및 차상 신호 제어 구성도(과천선 “예”)

에 송신하고 이 속도 코드를 수신한 전동차는 패널에 지시 속도를 표시하고 제동장치와 연결되어 지시 속도보다 운행 속도가 빠르면 자동으로 감속하거나 정지하게 된다. AF 궤도회로는 상용주파수에서는 불가능한 무절연 궤도회로로 레일을 장대화할 수 있으며 ATC 방식 또는 ATO 자동운전, 무인운전에 사용하는 궤도회로이며, 지상 신호기를 사용하지 않는 차내 신호방식으로 레일을 속도 코드 안테나로 사용하여 연속적으로 속도 명령을 지시한다.

AF 궤도회로는 본선의 분기부와 차량 기지를 제외한 전 구간에 사용되며 차량 기지 내 시험선 및 PDT 시험을 위한 구간의 유치선 및 검수선의 필요한 개소에는 송신부만 구성하여 차상 신호 전송에만 이용한다.

6.2.3 선로전환기 장치

정거장 구내에서는 본선으로부터 측선으로 진로를 바꾸는 등 열차 또는 차량을 한 선로에서 다른 선로로 이동시키기 위하여 설치한 선로 상의 설비를 분기기라 한다. 분기기의 선로를 전환하여 분기기의 방향을 변화시키는 것을 선로전환기라 한다.

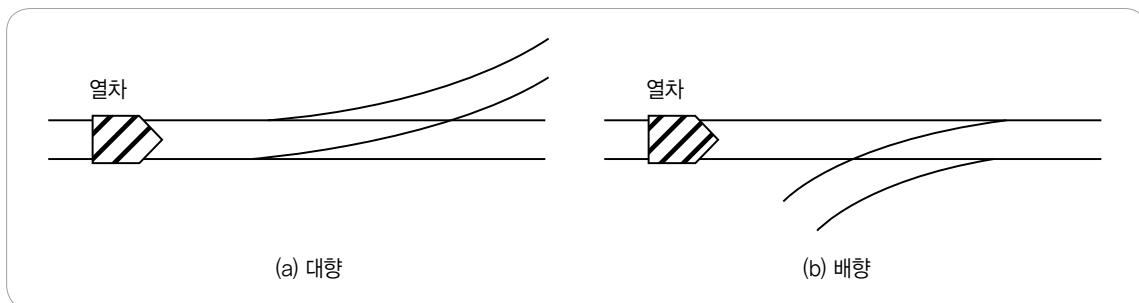


[그림 6-17] 분기기 구성도

(1) 분기부

분기기는 선로가 두 방향으로 분리되거나 합쳐지는 부분에 설치하여 열차를 유도하고 싶은 방향으로 전환시켜 주는 포인트(point 또는 switch) 부분, 리드(lead) 부분, 크로싱(crossing) 부분으로 구성되어 있다. 정거장 구내에는 많은 분기기가 복잡한 구조로 설치되어 있는데, 선로전환기 부분은 선로가 가동되는 부분으로 열차를 운행하는 데 있어 가장 취약 개소로 사고 발생율도 매우 높은 편이다.

분기기는 열차의 통과 방향에 따라 대향 선로전환기와 배향 선로전환기로 나누는데, 대향 방향 운행의 경우 선로전환기(텅레일) 첨단의 밀착이 불량하면 열차가 탈선할 우려가 있으며, 배향 방향 운행의 경우 할출(割出) 우려가 있다.



[그림 6-18] 대향과 배향 분기기

(2) 선로전환기

분기부의 방향을 변환시키는 것을 선로전환기라 하며 선로의 방향을 전환시키는 전환 장치와 전환된 선로전환기가 다시 전환되지 않도록 하는 쇄정하는 쇄정 장치로 구분된다.



[그림 6-19] 일반형 전기 선로전환기와 고속형 전기 선로전환기

(3) 선로전환기 정위 결정법

① 본선과 본선 또는 측선과 측선의 경우는 주요한 방향	
② 단선에 있어서 상 · 하본선은 열차가 진입하는 방향	
③ 본선과 측선과의 경우에는 본선의 방향	
④ 본선 또는 측선과 안전측선(파난선 포함)의 경우에는 안전측선의 방향	
⑤ 탈선 선로전환기는 탈선시키는 방향	

[그림 6-20] 정위 결정법

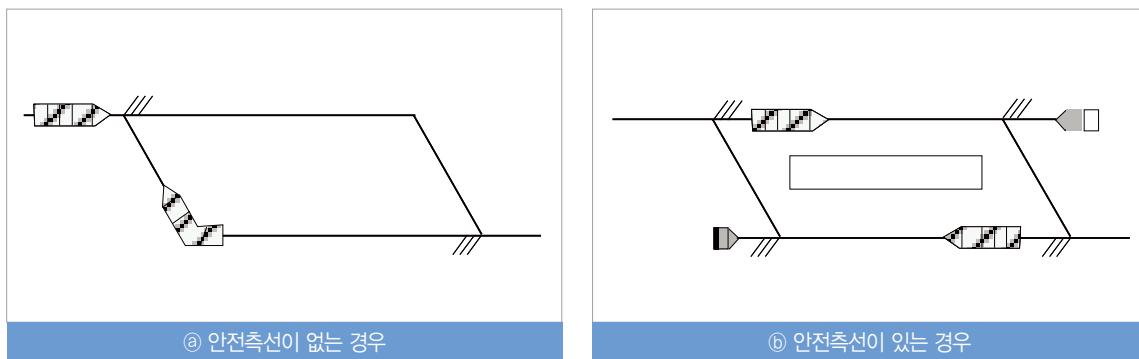
선로전환기가 평상시 개통되는 방향을 정위(Normal position)라 하고 그 반대 방향을 반위(Reverse position)라 하는데 정위 결정법은 다음과 같다.

- 1) 본선과 본선 또는 측선과 측선과의 경우는 주요한 방향
- 2) 단선에 있어서 상하 본선은 열차가 진입하는 방향
- 3) 본선과 측선의 경우에는 본선의 방향
- 4) 본선 또는 측선과 안전측선의 경우에는 안전측선의 방향
- 5) 탈선 선로전환기는 탈선시키는 방향

(4) 안전측선과 탈선 선로전환기

열차가 교행하는 장소에서 열차가 정차 위치를 벗어나 과주 할 경우 반대 방향에서 운행하는 열차와 충돌할 우려가 있는 개소에 안전측선을 설치하여 열차 충돌을 방지하여야 하며, 안전측선 끝에는 차막이 표지를 설치하여 쉽게 정차할 수 있도록 하고 있다.

탈선 선로전환기는 공간 확보 등의 이유로 안전측선을 설치하지 못할 경우 텅레일만 설치하고 리드부와 크로싱부를 설치하지 않는 분기기로 유사시 탈선은 되더라도 대형 열차 충돌을 방지하는 데 목적이 있다.



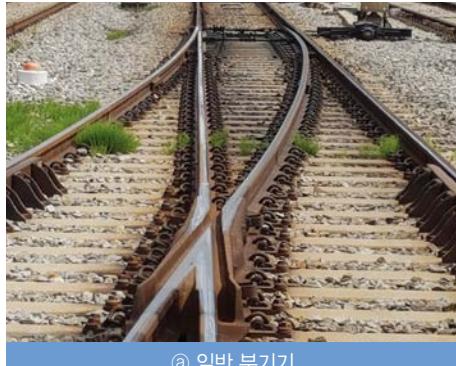
[그림 6-21] 안전측선이 있는 경우 동시 진입 가능

(5) 노스 가동 분기기

분기기 각이 적고 리드 곡선 반경이 커 열차 속도제한을 없애고 승차감을 향상시킬 수 있다. 주로 고속 열차 운행 구간 및 일반선과 고속선 연결 구간에 사용되고 있다. 노스 가동 분기기와 일반 분기기의 특성을 비교하면 다음과 같다.

[표 6-4] 노스 가동 분기기와 일반 분기기의 비교

구분	노스 가동 분기기	일반 분기기
크로싱 분류	F18.5 ~ F65	F8 ~ F15
열차 통과 속도	100 ~ 230 (km/h)	22 ~ 55 (km/h)
분기기 길이	68 ~ 193 (m)	26 ~ 47 (m)
구 성	고망간 크래들 및 크로싱 노스 레일	볼트에 의한 조립식 또는 망간 크로싱
포인트	탄성 포인트	관절식 또는 탄성 포인트
선 형	포인트에서 크로싱 후단까지 일정한 곡률 유지	리드부만 곡선
안전성	안전성 및 승차감이 크게 개선	선로 취약부로 열차 진동이 많음



ⓐ 일반 분기기



ⓑ 노스 가동 분기기

[그림 6-22] 일반 분기기와 노스 가동 분기기

(6) 선로전환기의 종류

1) 구조상의 분류

- ① 보통 선로전환기(Point switch) : 텅레일이 2본 있고 좌우 2개 분기에 사용
- ② 삼지 선로전환기(Three throw point) : 텅레일이 4본 있고 좌·중·우 3개 분기기에 사용
- ③ 탈선 선로전환기(Derailing point) : 크로싱이 없는 선로전환기로 차량을 탈선시키는 데 사용

2) 사용 동력에 의한 분류

- ① 수동 선로전환기(Manual switch) : 사람의 힘에 의하여 선로전환기를 전환하는 것
- ② 발조 선로전환기(Spring switch) : 사람 및 스프링의 힘에 의하여 선로전환기를 전환하는 것
- ③ 동력 선로전환기(Switch machine) : 전기 및 압축공기의 힘에 의하여 선로전환기를 전환하는 것으로 전기 또는 전기·수동으로 전환되는 선로전환기라고 한다.

3) 선로전환기의 전환 수에 의한 분류

- ① 단동 선로전환기
- ② 쌍동 선로전환기
- ③ 삼동 선로전환기

(7) NS형 전기 선로전환기

원거리에 설치한 선로전환기와 사용 횟수가 많은 선로전환기를 인력으로 전환한다는 것은 매우 어려울 뿐만 아니라 동작의 확인도 불확실하므로 이와 같은 불편과 결점을 보완하기 위하여 전기 선로전환기를 사용하고 있다.



[그림 6-23] 전기 선로전환기 동작 순서

1) 성능

NS형 전기 선로전환기의 정격은 다음과 같으며, 전기 선로전환기의 정부하 특성에 있어서 전동기의 슬립(slip) 전류가 8.5A가 되도록 조정한다.

[표 6-5] NS형 전기 선로전환기 정부하 특성

종류	동작 범위(mm)		정격	
	동작 간	쇄정 간	전환	제어
교류 NS형	185	130~185	AC105/220V 단상 60Hz	DC 24V

2) 설치

전기 선로전환기는 궤도의 좌우 어느 쪽으로나 설치할 수 있으나 보통 대향으로 보아 왼쪽에 설치한다. 전기 선로전환기 설치하는 쪽 레일 내측에서 선로전환기 중심선까지 거리는 1,200mm이며 열차가 진동하더라도 흔들리지 않도록 설치한다.

(8) 밀착 검지기

기본 레일과 텅레일이 허용치 이내로 밀착되었는지를 확인하기 위하여 설치하는 것으로, 할출 또

는 불밀착 상태에서 열차가 대향으로 운행할 경우에도 탈선 사고를 방지하기 위한 목적으로 설치하고 있다. 밀착 검지기는 고속선에서 사용하는 기계식(뿔베:Paulve)와 일반 선에서 사용하는 전자식(근접 센서 방식)이 있다.

6.2.4 폐색장치

열차를 안전하고 신속하게 운행하기 위해서는 대향 열차, 선행 열차, 후속 열차가 서로 지장이 없도록 열차의 제동 능력을 감안하여 선행 열차와 후행 열차 간에 일정한 거리를 확보하여야 한다. 이를 위하여 역과 역 간은 일정한 거리를 두고 열차가 운행할 수 있도록 폐색구간을 두고, 한 폐색구간에는 2개 이상의 열차가 동시에 운행되지 않도록 하여야 한다. 이와 같이 일정한 간격을 두고 운행하는 방법으로는 시간 간격법(time interval system)과 공간 간격법(space interval system)이 있다. 그리고 폐색구간을 정해서 폐색식 운행을 하기 위한 일체의 설비를 폐색장치라 하는데, 이것은 폐색구간의 입구에 설치한다. 폐색구간의 길이는 폐색장치에 의해서 정해지며 열차의 운행 시격과 밀접한 관계가 있다. 폐색장치에는 취급 방법에 따라 종사원 상호 간의 협의에 의하는 수동 폐색식과 궤도회로를 이용하여 열차 자체에 의하여 자동적으로 이루어지는 자동 폐색식의 두 가지가 있다. 또한 일정한 거리를 두는 1폐색 구간에서는 반드시 1개 열차만 운행하도록 하고 있다. 따라서 폐색장치는 열차의 안전 운행을 위하여 필수적으로 설치해야 한다. 폐색구간은 자동구간에서는 출발신호기와 폐색신호기 간, 폐색신호기 상호 간, 폐색신호기와 장내신호기 간을 의미하며, 비자동 구간에서는 출발신호기와 장내신호기 간을 말한다.

(1) 고정 폐색 방식(fixed block system)

국내 국철 및 지하철에서 널리 사용되고 있는 방식이다. 역간 궤도회로의 폐색구간을 최초 계획된 운행 간격에 맞추어 분할한 뒤 이 분할된 구간 내에 궤도회로를 설치하여 해당 속도 명령을 궤도회로에 송신하는 방식(AF)과 전방 폐색구간의 열차 점유 또는 무점유 상태에 따라 지정된 계열에 의하여 자동으로 신호 현시 계열이 바뀌는 열차 자동폐색 방식(ABS)이 있다.

1) 시간 간격법

일정한 시간 간격을 두고 연속적으로 열차를 출발시키는 방법으로 선행 열차가 도중에서 정차 한 경우라도 하더라도 후속 열차는 일정한 시간이 지나면 출발하게 하는 것이다. 그러므로 운행하는 도중에 장애물(선행 열차)에 유의하여 감속을 하면서 운행해야 한다. 시간 간격법은 보안도가

낮기 때문에 천재지변 등으로 인하여 통신이 두절되는 경우와 같은 특수한 상황일 때에만 사용하는 것이다.

2) 공간 간격법

열차와 열차 사이에 항상 일정한 공간을 두고 운행하는 방법으로 선행 열차가 위험 구역에 있는 지의 여부를 알 수 있고 고속 운행을 하는데 적합하다. 다시 말하면, 일정한 공간을 두고 일정 구역을 정하여 1개의 열차만을 운행할 수 있도록 한 것이다. 이러한 구간을 폐색구간이라고 하는데, 이와 같은 폐색구간을 정해서 운행하는 방식을 공간 간격 폐색 방식이라 한다. 폐색구간이 길수록 보안도는 향상되지만 운행 밀도상의 제한을 받는다.

(2) 이동 폐색 방식(moving block system)

고정 폐색구간의 개념을 깨뜨리고 궤도회로 없이 선·후행 열차 상호 간의 위치 및 속도를 무선 신호 전송 매체에 의하여 파악하고 차상에서 직접 열차 운행 간격을 조정함으로써 열차 스스로 이동하면서 자동운전이 이루어지는 첨단 폐색 방식이다.

1) 설비의 구성

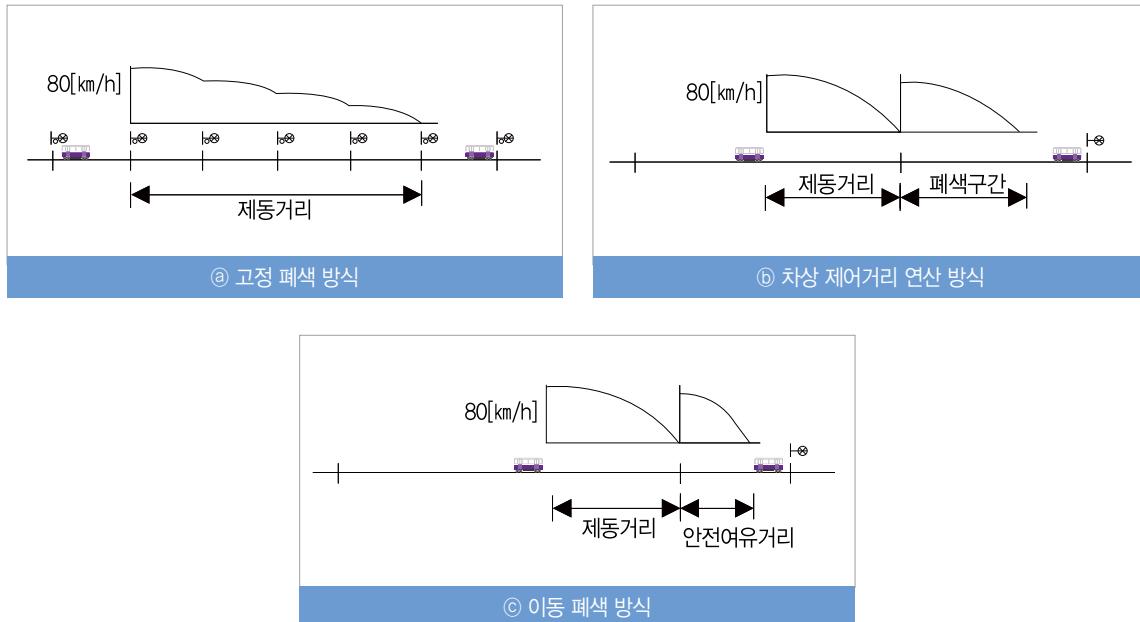
지상 설비와 차상 설비 간의 정보를 전송한다. 지상 설비는 신호 기계실(연동장치)로부터 생성된 지상 정보를 지상 안테나(동축 케이블 포함), 유도식 루프 코일, 태그(Tag), 엑셀 카운터(Axle counter) 등을 설치하여 차상으로 정보를 전송하고 차상에서는 열차의 위치 정보를 지상 설비로 전송하는 방식이다. 차상/지상 상호 간의 데이터통신을 위한 송수신 안테나와 차상의 폐일-세이프 처리 방식을 사용한 마이크로프로세서로 구성된다.

2) 선행 열차의 위치 검출

동축 케이블, 유도식 루프 코일, 태그(Tag), 엑셀 카운터(Axle counter) 등 지상 설비로부터 위치 정보를 수신한 열차는 차상 설비를 이용하여 열차의 운행 위치 정보를 지상으로 전송함으로써 선행 열차 및 후행 열차의 위치 정보를 알 수 있다.

3) 선구의 제한속도

신호 기계실(연동장치)에서는 지상 설비로 선구의 구배, 곡선 등에 따른 제한속도 정보를 송신하고 차상에서는 전방 제한속도를 수신한다. 각 열차의 차상에서는 자체의 위치와 속도를 결정하고,



[그림 6-24] 고정과 이동 폐색 방식의 속도 패턴

이들 데이터를 지상 설비로부터 수신된 데이터와 비교하며 열차의 가·감속 실행을 계산하여 최대 속도를 지시한다. 이의 속도는 전방의 각종 조건에 따른 제한속도와 관련하여 안전제동거리를 확보한다.

(3) 폐색 방식의 종류

폐색 방식이라 함은 1폐색 구간에 1열차 이외에 다른 열차를 동시에 운전시키지 않기 위하여 시행하는 방법으로, 이를 상용 폐색 방식과 대용 폐색 방식으로 대별한다. 또한 폐색 방식에는 취급 방법에 따라 종사원 상호 간의 협의에 의한 수동 폐색식과 궤도회로를 이용하여 열차 자체에 의하여 자동적으로 이루어지는 자동 폐색식 및 무선통신을 이용한 이동 폐색 방식이 이용한 두 가지가 있으며 선로의 상태, 수송량이 많고 적음에 따라 폐색 방식이 결정된다.

1) 상용 폐색 방식

폐색구간에 열차를 운전하는 경우에는 평상시 상용 폐색 방식에 의하여 선로의 상태에 따라 다음과 같이 분류한다.

① 복선 구간

- 자동 폐색식(Automatic Block System)

- 연동 폐색식(Controlled manual Block System)
- 차내 신호 폐색식(Cab Signalling Block System)

② 단선 구간

- 자동 폐색식(Automatic block system)
- 연동 폐색식(Controlled manual block system)
- 통표 폐색식(Tablet instrument block system)

2) 대용 폐색 방식(Substitute block system)

폐색장치의 고장 또는 기타의 사유로 인하여 상용 폐색 방식을 시행할 수 없을 때 상용 폐색 방식의 대용으로 사용하는 방식이다.

① 복선 운전을 할 때

- 통신식
- 지령식

② 단선 운전을 할 때

- 지도 통신식
- 지도식
- 지령식

(4) 폐색장치의 구성 및 기능

1) 연동 폐색식

양역에 폐색장치(통표 기계식 또는 전기 계전기식)를 설치하고 이를 출발신호기와 연동시켜 폐색 취급이 이루어지고 난 후 출발신호가 현시되도록 폐색 취급과 출발 신호 취급의 2종 취급을 단일화한 방식이다. 연동 폐색기는 복선과 단선 구간에 사용하는 것으로서 복선 구간의 쌍신 폐색기와 단선 구간의 통표 폐색기의 단점을 보완한 것인데, 관계 출발신호기를 폐색기와 상호 연동시킴으로써 한 가지라도 충족되지 않으면 열차를 출발시킬 수 없는 설비이다. 따라서 단선 구간에서는 통표의 수수를 위한 열차의 서행 운전은 하지 않게 되었다.

연동 폐색식을 시행하는 폐색구간의 양쪽 역에 설치한 출발신호기 또는 폐색신호기는 다음과 같은 조건이 구비되어야 한다.

- ① 폐색구간에 열차가 있을 때에는 정지신호를 현시할 것
- ② 장치에 고장이 났을 때는 정지신호를 현시할 것

- ③ 단선 운전을 하는 구간의 정거장에 있어서 출발하려고 하는 열차에 대하여 진행신호를 현시하였을 경우에는 반대 방향의 신호기는 정지신호를 현시할 것

2) 자동 폐색장치(ABS : automatic block system)

철도에서는 고정된 하나의 선로를 길게 연결된 열차가 고속으로 운전하게 되며 정차 시에는 제동을 건 후 멈출 수 있는 거리가 길어야 하므로 열차 상호 간 안전 확보가 절실하다고 할 수 있다. 그러므로 열차와 열차 사이에는 항상 일정한 거리를 유지하면서 운행하고 있으며, 이처럼 구분한 구간을 폐색구간이라 하고 보통은 역과 역 사이를 1개 신호 구간으로 정한 후 이 구간에서는 반드시 1개 열차만 운행할 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 산업사회의 발달로 철도 수송량이 급격히 많아짐에 따라 기존 선로 상에서 운행할 수 있는 열차 횟수는 한계가 있어 선로를 단선에서 복선, 복선을 복복선으로 건설하거나 역과 역 사이 열차의 제동능력 등을 감안, 역 간을 여러 개의 폐색구간으로 분할하고 신호기를 설치하여 종래 1개 열차만 운행하던 것을 2개 이상의 열차를 운행할 수 있도록 한 설비를 자동 폐색장치라 한다.

자동 폐색장치는 폐색구간에 설치한 궤도회로를 이용하여 열차의 진행에 따라 자동적으로 폐색 및 신호가 동작하는 것으로 폐색구간의 시점에 설치된 폐색신호기는 열차가 그 구간에 있을 때에는 정지신호를 현시하지만 열차가 없을 때에는 주의 또는 진행신호를 현시하도록 되어 있다. 이와 같이 신호와 폐색은 일원화되어 있으므로 인위적인 조작이 불가능하다.

① 자동 폐색장치의 효과

- 열차 운행 횟수를 증가시킬 수 있다.

신호기를 설치하여 폐색구간을 용이하게 분할하므로 수동 폐색식에 비하여 선로의 상태, 역 간 거리, 운행해야 할 열차 수에 따라 현저히 증가시킬 수 있다.

- 열차의 안전도를 향상시킬 수 있다.

신호 현시는 궤도회로를 이용, 열차 자체에 의하여 직접적으로 자동제어 되므로 인위적인 착오와 취급 잘못으로 인한 사고 발생이 없으며 설비의 확실성이 증가된다.

- 열차를 합리적으로 운용할 수 있다.

폐색구간에 열차 유무를 확인하기 위하여 신호기를 수동으로 취급하는 것과 통 표를 주고 받는 등의 번거로움이 없으며 이에 필요한 취급 시 · 분이 소요되지 않으므로 운전을 합리적으로 할 수 있게 된다.

6.2.5 연동장치

연동장치는 정차장 구내에 열차의 운행과 차량의 입환을 안전하고 신속하게 하기 위하여 신호기, 선로전환기 등의 장치를 기계적, 전기적 또는 전자적으로 상호 연쇄하여 동작하도록 한 장치이다. 정차장 구내에는 많은 선로들이 집합 또는 분기되어 있고 여기에서 열차의 도착과 출발 및 입환 등을 하기 위하여 빈번히 선로전환기를 전환시키고 신호기를 조작하게 된다. 그러나 신호 취급자의 주의력만으로는 사고가 발생할 우려가 있으며 운전 정리 작업 능률도 떨어지게 된다. 따라서 선로 전환기나 신호기의 조작을 잘못한다 하더라도 일정한 순서에 의해서만 동작하고 인위적으로나 잘못된 조작에는 쇄정을 하여 조작되지 않도록 연쇄를 한다. 이와 같이 연쇄 관계를 유지하면서 동작하게 하는 것을 연동이라 하며 조작하는 기구를 연동기 또는 표시 제어부(조작판)라 하고 전자적, 전기적 또는 기계적으로 연쇄하는 장치를 연동장치라 한다. 종류에는 기계 연동장치, 전기연동장치, 전자연동장치가 있다.

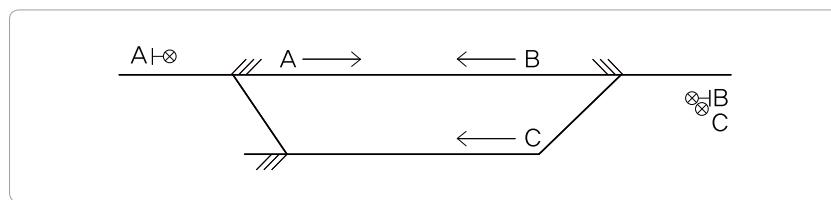
(1) 연쇄의 의의

정거장 구내에서 열차의 도착, 출발 혹은 차량의 입환 등 복잡한 작업을 하는 경우 관계있는 신호기, 입환 표지 및 선로전환기 등의 기기 상호 간에 일정한 순서에 의하여 직접 또는 간접으로 서로 쇄정 관계를 갖도록 하는 것이다. 이와 같이 신호기, 입환 표지, 선로전환기 등을 전기적 또는 기계적으로 동작하지 않도록 잠금장치(쇄정)를 하는 것을 쇄정(lock)이라 하며 기기 상호 간 일정한 순서에 의해서만 동작되도록 한다.

(2) 쇄정

1) 정위 쇄정

장내신호기 A와 B의 진로가 1번 선으로 상호 대향일 때 A와 B가 동시에 진행이 현시되어 열차가 진입할 경우 열차 충돌과 같은 중대 사고가 발생한다. 이와 같은 사고를 예방하기 위하여 A 또



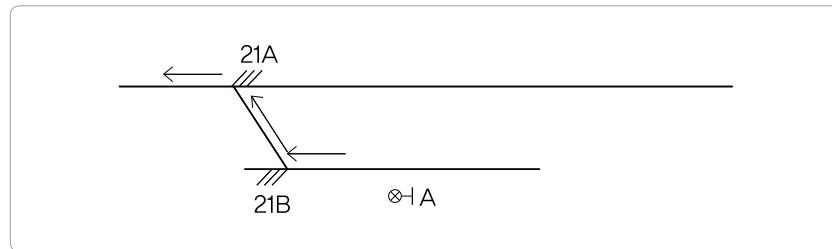
[그림 6-25] 정위 쇄정($A \leftrightarrow B$)



는 B중 한쪽의 신호기가 반위(진행)로 취급하였을 때에는 다른 쪽 신호기는 반위로 취급할 수 없도록 정위(정지)로 쇄정하는 것을 정위 쇄정이라 한다.

2) 반위 쇄정

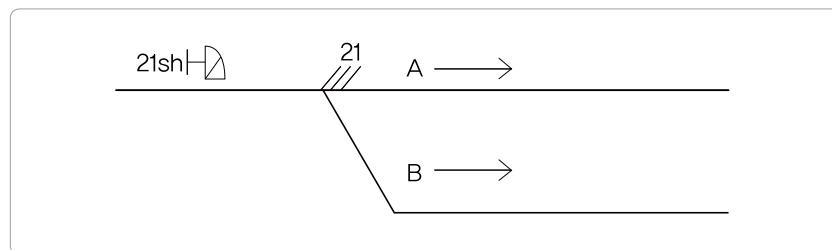
출발신호기 A가 반위로 될 때 21호 선로전환기가 정위일 경우는 안전측선으로 열차가 진입하여 운행을 할 수가 없다. 이와 같이 신호기 A를 반위로 취급하려고 할 때 선로전환기 21호는 반위로 전환되어야 하고 신호기가 반위로 되었을 때는 선로전환기를 반위로 쇄정하는 것을 반위 쇄정이라 한다.



[그림 6-26] 반위 쇄정($A \leftrightarrow 21호$)

3) 정반위 쇄정

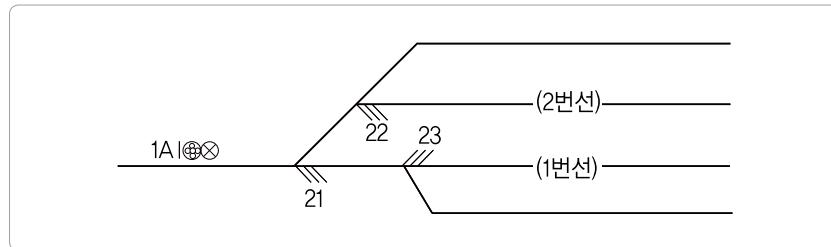
21호 입환 표지는 A 방향 또는 B 방향으로 진로를 구성할 수 있다. A 방향으로 입환 표지를 반위로 할 때는 21호 선로전환기는 정위로 쇄정되어야 하고, B 방향으로 입환 표지를 반위로 할 때는 21호 선로전환기는 반위에서 쇄정되어야 한다.



[그림 6-27] 정반위 쇄정($21sh \leftrightarrow A$ 또는 B)

4) 조건부 쇄정

신호기 1A는 1번 선 또는 2번 선으로 진로를 확보하기 위해서는 선로전환기 21호의 진로 방향



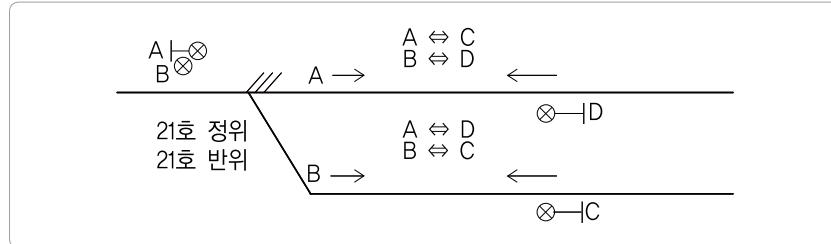
[그림 6-28] 조건부 쇄정

에 따라 정해진다. 즉 21호 선로전환기가 정위일 때는 23호 선로전환기가 정위에 있어야 하며, 21호 선로전환기가 반위일 때는 22호 선로전환기가 정위에 있어야 한다. 이러한 쇄정을 조건부 쇄정이라 한다.

(3) 연쇄의 기준

1) 신호기 상호 간의 연쇄

신호기 상호 간에 연쇄를 하지 않고 열차를 운전하게 되면 중대 사고가 일어나기 때문에 상호 연쇄를 하여야 한다. 신호기 상호 간, 신호기와 입환 표지 간 또는 입환 표지 상호 간에 연쇄를 하여야 한다.



[그림 6-29] 신호기 상호 간 쇄정

① 신호기 A와 B의 연쇄

신호기 A는 21호 선로전환기가 정위일 때 진행신호가 현시되고 신호기 B는 21호 선로전환기가 반위일 때 진행신호가 현시되므로 신호기 A 또는 B는 21호 선로전환기에 의하여 간접 쇄정된다.

② 신호기 A와 C 또는 B와 D간의 연쇄

신호기 A와 C 또는 B와 D는 해당 진로가 대향이므로 한 개의 신호기가 진행을 현시하면 다른 신호기는 진행으로 할 수 없도록 쇄정하여야 한다.

2) 신호기와 선로전환기 상호 간의 연쇄

열차가 정차장 구내에 진입 또는 진출할 경우 신호기의 취급 버튼을 반위로 하면 그 진로와 관계 선로전환기가 정당한 방향으로 전환한 다음 진행신호를 현시하게 된다. 따라서 신호기와 선로전환기 사이에는 취급의 순서가 있고, 또 신호기 취급 버튼에 의해 선로전환기를 쇄정하기 때문에 연쇄 관계가 성립된다. 신호기와 선로전환기 사이의 연쇄는 신호기의 진로에 대한 선로전환기를 정당한 방향으로 전환하고 쇄정할 뿐만 아니라, 진로 외의 선로전환기에 있어서도 다른 열차 또는 차량이 진입할 우려가 있는 경우에는 위험이 없는 방향으로 신호기와 연쇄 관계를 구성하여야 한다.

3) 선로전환기 상호 간의 연쇄

신호기 및 입환 표지 등을 사용하여 열차를 운전하는 경우에는 관계 선로전환기를 정당한 방향으로 개통하고 쇄정하므로 안전하게 운행할 수 있는 진로가 확보된다. 그러나 신호기 또는 입환 표지를 사용하지 않고 열차를 운전하거나 또는 차량을 입환 할 경우에는 각 선로전환기를 단독으로 취급하여야 하기 때문에 취급자가 잘못 취급하면 사고를 일으킬 우려가 있다. 선로전환기를 취급한다는 것은 전환된 방향으로 열차를 운전한다는 것이므로, 선로전환기와 근접하고 있는 다른 선로전환기가 정위 또는 반위로 있지 않으면 안 되는 것도 있다. 이와 같은 경우 취급 버튼을 집중하여 선로전환기에 연쇄를 붙여서 오취급의 위험을 방지한다.

(4) 전기 쇄정법

전기 쇄정법은 연동장치의 기본이 되는 쇄정법으로 연동 도표 작성 시 기초가 되는 쇄정법이며 전자연동장치 쇄정 프로그램 작성 시에도 기본적으로 적용되어 있다.

1) 조사 쇄정

1개의 역구내에서 신호취급소가 남, 북에 각각 있을 경우 취급압구(레버) 상호간에 대한 쇄정을 말한다.

2) 표시 쇄정

정지 정위인 신호기가 정지로 복귀되어 그 표시가 확인될 때까지 관계 진로가 쇄정되는 것을 말한다. 즉 선로전환기 취급 버튼을 정위에서 반위, 또는 반위에서 정위로 할 때 해당 진로의 신호기 정지(정위) 표시 계전기가 낙하되어 선로전환기를 정위 또는 반위로 전환할 수 없는 쇄정을 말한다.

3) 철사 쇄정

선로전환기를 포함하는 궤도회로 내에 열차가 있을 때(궤도회로에 단락되어 있으면) 그 선로전환기를 전환할 수 없도록 쇄정하는 것을 말한다.

4) 진로 쇄정

신호기 또는 입환 표지를 진행 현시에 의해 그 진로에 열차 또는 차량이 진입하였을 때 관계 선로전환기를 포함해 궤도회로를 통과할 때까지 그 선로전환기가 전환되지 않도록 쇄정하는 것을 말한다.

5) 진로 구분 쇄정

진로 쇄정 구간을 여러 개의 궤도회로로 구분하여 열차 또는 차량이 그 구분되어 있는 구간을 벗어날 때마다 그 구간 내에 있는 선로전환기 쇄정 장치를 순차로 해제시켜 다른 열차의 운전 또는 차량의 입환 등에 사용할 수 있도록 한 것을 말한다.

6) 접근 쇄정

접근 쇄정이란 다음과 같은 경우 해당 진로의 선로전환기 등을 전환할 수 없도록 하는 것이다.

- ① 신호기 또는 입환 표지에 진행을 지시하는 신호를 현시하고 신호기 또는 입환 표지 외방 일정 구간에 열차가 진입하였을 경우
- ② 열차가 신호기 또는 입환 표지 외방 일정 구간에 진입하고 나서 신호기 또는 입환 표지에 진행을 지시하는 신호를 현시하였을 때

또한 접근 궤도회로가 구성된 신호기 및 입환 표지에는 접근 쇄정한다. 다만 접근궤도회로가 구성되어 있어도 열차의 제동거리를 확보하지 못할 경우에는 보류 쇄정으로 한다. 접근 궤도회로는 신호기 외방에 열차 제동거리와 여유 거리를 더한 거리 이상으로 하며, 본선의 궤도회로를 해당 신호기 또는 입환 표지의 접근 궤도회로로 이용할 수 있다. 그리고 접근 쇄정의 해정은 다음 경우에 한다.

- 접근 궤도회로에 열차가 없을 경우 즉시 해정
- 열차가 있을 경우 그 신호기 내방에 진입하였을 때 또는 해당 신호기에 정지신호를 현시하고 나서 정해진 시 · 분 경과 후
- 접근 쇄정의 해정 시 · 분은 다음과 같다.

- 장내신호기 90초±10%
- 출발신호기, 입환 표지(입환 신호기 포함) 30초±10%

7) 보류 쇄정

신호기 또는 입환 표지 외방에 접근 궤도가 없는 구간에서 신호기 또는 입환 표지에 진행을 지시하는 신호를 현시하였다가 취소 시 정해진 시간 동안 해정할 수 없도록 하는 것이다. 해정 방법은 열차 또는 차량이 해당 신호기 내방으로 진입하거나 정해진 시·분이 경과 후 해정하도록 하는 쇄정을 말한다.(정해진 시·분은 접근 쇄정과 동일)

8) 시간 쇄정

분기기를 포함하고 있는 유효장 내 장내신호기를 취급하여 열차가 진입 시 유효장 내로 진입은 하였으나 선로전환기를 포함한 궤도회로를 점유하지 않았을 경우 해당 선로전환기는 해정 할 수가 없다. 이때 일정 시간 경과 후 해정 하는 것을 말하며 다음과 같은 경우 시간 쇄정을 한다.

- ① 진로 내의 선로전환기가 진로 쇄정을 설비할 수 없는 선로전환기
- ② 진로 내의 선로전환기가 열차 도착 전 해정 될 수 있는 선로전환기
- ③ 과주 여유 거리 내의 선로전환기

9) 폐로 쇄정

출발신호기 또는 입환 표지(신호기)를 소정의 위치에 설치할 수 없는 경우, 열차 및 차량 정지 표지를 설치하고 출발신호기 또는 입환 표지(신호기)까지의 궤도회로 내에 열차가 점유하고 있을 때 취급 버튼을 정위로 쇄정하는 것을 말하며 다음 신호기에는 폐로 쇄정을 설비한다.

- ① 출발신호기를 소정의 위치에 설치할 수 없는 관계로 그 위치에 열차 정지 표지를 설치한 경우
- ② 지형 등 기타 사유로 인하여 신호기 취급자로부터 열차 또는 차량의 유무를 확인하기 곤란한 신호기

(5) 전자연동장치

1) 개요

전자연동장치는 기존 연동장치의 전기적이고 기계적인 부분을 전자화 하여 현장 신호 제어 설비를 제어하고 표시하는 장치이다. 컴퓨터의 소프트웨어를 사용한 전자연동장치는 가상할 수 있는 상황이 다양하여 하나의 고장이 또 다른 장애를 유발시킬지를 예측할 수 없기 때문에 단순한 원리

로 설계되어서는 안 된다.

따라서 전자연동장치 시스템의 안정성 확보를 위하여 연동 논리를 하드웨어에 의해 구현하고 연동 논리부의 CPU 모듈을 2중화 하여 두 CPU 모듈 결과가 일치할 경우에만 제어하도록 하여 안정성을 확보하여야 한다. 또 하드웨어의 Fail-safe를 완벽히 실현한 전자연동장치를 구현하기 위해 입출력(I/O) 모듈에 Vital 개념을 도입하여 주 프로세서에서 연속적인 확인 신호가 제공되어야만 출력하는 안전 측으로 동작하는 기능을 기본적으로 갖춰야 한다. 전자연동장치는 운전 취급의 용이성과 경제성 및 시스템 2중화에 의해 무중단 운영은 물론, 시스템의 자가 진단 기능과 설치 및 부분 개량이 용이하다는 등의 장점을 가지고 있다. 다시 말하면 기존의 전기연동장치와 같은 고도의 안전성을 유지하면서도 취급과 운영에 있어서 보다 효율적인 컴퓨터 시스템을 이용하는 것이다.

2) 전자연동장치의 기능

전자연동장치는 전기연동장치의 기능을 모두 갖추고 있으며, 자기 진단 기능과 재현 기능 등 컴퓨터 시스템에서 활용할 수 있는 기능들이 있다. 전자연동장치의 특징은 다음과 같다.

- ① 시스템의 표준화 : 각 역에서 공통적으로 사용할 수 있는 연동장치의 기본 기능 표준 프로그램으로 장치하고 각 역마다 다른 운전 조건이나 연동 조건을 대폭 표준화한 효율이 좋은 시스템이라 할 수 있다.
- ② 운전 업무의 현대화 : 전자연동장치 도입에 따라 진로 설정의 자동화, 열차 운행 표시 및 여객 안내 장치로 정보 전송이 가능하게 되고 연동장치 표시 제어판은 상시 제어가 필요하지 않게 되었다.
- ③ 차량 추적 기능 : 전기연동장치는 열차가 진행 중 궤도회로를 부정한 방법으로 여자 하면 진로 및 선로전환기가 해정 되고 잘못된 진로가 구성되거나 선로전환기 전환할 가능성이 있다. 하지만 전자연동장치는 부정한 방법으로 궤도회로를 낙하하여도 그 궤도에 열차가 있다고 보지 않는 논리를 가지고 있다.
- ④ 다른 시스템과의 인터페이스 기능 : 전자연동장치는 컴퓨터 프로그램을 이용하고 있어 CTC, TTC 등 다른 시스템과 인터페이스가 용이하다. 또 진로의 자동제어에 필요한 진로의 지장 판단 및 진로의 자동 복귀 기능이 있다.
- ⑤ 동작의 기록 및 저장 기능 : 제어 및 표시 정보가 항시 기억되어 있기 때문에 장애 발생 시 원인 분석을 위하여 재실행(리플레이) 기능이 있다. 또 현장 신호 제어 기기의 상태 감시 기능을 갖고 있어 이상을 검지한 경우 경보의 발생과 유지보수부로 정보를 표출하는 기능이 있다.

3) 전자연동장치의 장점

전자연동장치는 전기연동장치의 기능을 모두 수행할 수 있을 뿐만 아니라 첨단 기술의 컴퓨터를 응용하여 자동화 기능까지 수행할 수 있다. 장점은 다음과 같다.

- ① 적은 비용으로 시스템의 다중화를 이룰 수 있어 신뢰성을 향상시킬 수 있고 고장 발생 시에도 열차 운행에 지장을 주지 않는 상태에서의 보수가 가능하다.
- ② 자기진단 기능을 갖고 있어 효율적으로 장치를 관리할 수 있으며 장애 발생 시에도 신속한 보수가 가능하다.
- ③ 소량의 통신케이블에 의해 설비를 제어할 수 있다.
- ④ 연동장치 본체 및 현장 신호 설비의 동작을 상시 감시하고 그 내용을 상당 기간 동안 보관하는 등 제어 출력 및 동작 상태에 대한 기록 등이 자동 관리되고 있기 때문에 사고나 장애 발생 시의 원인 추적이 가능하다.

[표 6-6] 전기연동장치와 전자연동장치의 비교

구분	전기연동장치	전자연동장치
하드웨어	<ul style="list-style-type: none"> • 대형, 중량 – 다양한 계전기를 설치하여 상호 연동 또는 쇄정 토록 결선 	<ul style="list-style-type: none"> • 소형, 경량(신호기계실 면적 축소) – 연동장치의 지역 데이터가 내장된 해당 모듈들을 표준 커넥터로 연결
제어	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 설비 연결은 케이블로 계전기실과 연결 	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 설비와의 연결은 데이터통신 또는 케이블 결선
안전성 및 보수성	<ul style="list-style-type: none"> • 안전 측 동작 특성은 우수하나 계전기 고장 시 전체 시스템의 고장으로 연결 • 고장 발견에 장시간 소요 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 부분 2중화로 신뢰성 확보 <ul style="list-style-type: none"> – 이중 출력으로 시스템 운영에 영향 없이 모듈 교체 가능 • 고장 메시지에 의한 장애 발생 시간 및 위치 등을 정확히 알 수 있고 신속한 보수 유지 가능
운용 체계	<ul style="list-style-type: none"> • 운용중 기기 점검 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 시스템 동작 상태 등 자체 진단으로 운용자 장치에 자동 기록 • 데이터 분석으로 고장 진단 및 예방 점검 가능
기능	<ul style="list-style-type: none"> • 열차운전을 위한 최소한의 감시와 신호 설비의 제어 	<ul style="list-style-type: none"> • 광범위한 시스템 자기진단 기능 • 승객에게 열차 운행 정보 제공
호환성	<ul style="list-style-type: none"> • 역 구내 선로 모양 변경 시 많은 경비와 기간 소요 	<ul style="list-style-type: none"> • 역 조건의 변동 데이터만 수정 • 연동장치 계속 사용 가능

6.2.6 열차 집중 제어 장치(CTC, centralized traffic control)

종합관제실의 관제사가 CTC 권역 내의 모든 열차 운행 상황과 신호 제어 설비의 동작 상태를 실시간으로 집중 감시하고 운행 진로상의 신호기와 선로전환기를 원격제어 하여 열차의 운전 정리를 효율적으로 할 수 있는 장치이다. 열차의 위치를 직접 확인하여 통과, 대피를 결정하기 때문에 보안도가 높고 기관사에게 운전 조건을 직접 지시할 수 있기 때문에 신속하고 정확한 운전 정리를 할 수 있어 운전 능률을 향상시킨다.

(1) CTC 효과

광범위한 구역에 산재해 있는 신호 제어 설비를 한 곳에서 감시 제어할 수 있으므로 인적인 착오 발생으로 일어날 수 있는 휴면 에러의 방지와 고밀도 운전에 필요한 선로 용량을 향상 시킬 수 있다.

1) 열차 운전 정리의 신속 정확화

현재 운행 상황이 실시간으로 표시되는 CTC 관제사는 지연 열차나 사고 또는 장애 시 신속하고 정확한 판단을 할 수 있다.

2) 열차 운행 상황에 대한 정보 수집 자동화

진로 설정은 모두 CTC 관제실에서 원격제어로 이루어지며 열차 운행 상황을 모두 자동적으로 CTC 관제설비에 저장·관리되므로 열차 운행 실적을 별도로 관리할 필요가 없다.

3) 선로 용량 증대 및 안전도 향상

CTC 관제 설비는 역 간을 열차 자동 폐색장치를 설치하여야 하기 때문에 선로 용량을 증대시킬 수 있으며 관제사가 열차 위치를 실시간으로 확인하여 교행·대피를 결정하므로 안전도를 향상시킬 수 있다.

4) 신호 제어 설비 고장 파악 용이 및 보수 효율적 관리

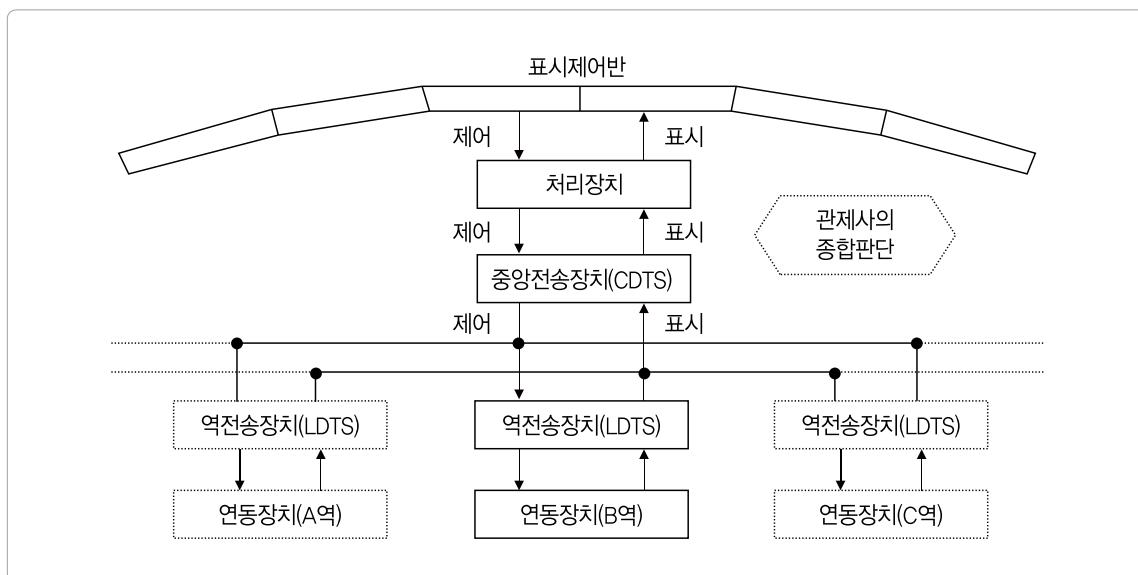
신호 제어 설비 상태를 실시간으로 감시하여 기기의 고장, 장애 상태를 CTC 관제 설비에서 확인할 수 있어 신속한 보수가 가능하여 효율적으로 관리할 수 있다.

5) 경영 합리화

열차 운행 상황이 자동으로 CTC 관제 설비에 표시되고 진로 설정도 CTC 관제 설비에서 원격으로 이루어지기 때문에 각 역에서 운전 취급을 생략할 수 있을 뿐만 아니라 열차 운행 실적을 활용하여 이용 승객에게 정보를 제공함으로써 서비스 향상에도 기여한다.

(2) CTC 구성

CTC 제어 구간은 선로 용량을 높이고 신속한 운전 상황 판단을 위하여 역 간을 자동 폐색장치로 설치하고 피제어 역의 연동장치도 전기 또는 전자연동장치를 설치한다. 또 관제실과 각 피제어 역에는 신호 설비를 조작할 수 있게 제어반을 설치하며 관제사의 승인에 따라 열차 운행 및 차량 입환 등을 직접 조작할 수 있도록 역 자체에 Local 조작반을 설치한다. CTC 관제 설비 구성도는 [그림 2-24]와 같이 대형 패널에 취급 버튼을 설치하는 방법, 모니터와 키보드를 사용하여 컴퓨터 콘솔을 활용하는 방법, 각 역 상황을 표시하도록 프로젝트를 사용하는 방법과 대형 표시 패널을 없애고 모니터만 사용하는 방법 등 다양하다.



[그림 6-30] CTC 장치 구성도

(3) CTC 주요 기능

1) 열차 운행 계획 관리

열차 운행 스케줄을 입력하여 계획에 따라 관리, 운용하고 열차 운행 변경 시 운행 계획을 수정 및 편집을 수행한다.

- ① 열차 운행 계획 작성에 필요한 기본 정보 관리
- ② 열차 운행 계획 작성 및 전송
- ③ 열차 운행 계획 출력 기능
- ④ 운영 관리 기능

2) 신호 설비 감시 · 제어

현장의 신호 제어 설비 신호기, 선로전환기, 궤도회로 등의 상태 변화 및 고장 여부를 원격으로 감시하고 표시한다. 또한 진로 제어 정보를 전송하여 현장 신호 제어 설비를 제어한다.

3) 열차 진로 자동 제어

열차의 운행 계획과 열차 번호, 시간, 진행 경로 등 다양한 항목을 점검하고 가능성을 탐진하여 열차가 운영자의 개입 없이도 지정된 경로를 주행할 수 있도록 하는 기능을 말한다. 열차 운행 계획을 바탕으로 하여 현장 신호 제어 설비를 감시 · 제어한다.

4) 열차 운행 상황 표시

열차 위치와 열차 번호를 식별하여 열차 운행을 실시간으로 검지 표시 제어반에 표시하고 실적을 컴퓨터에 저장한다. 표시 제어반에 표시하는 내용은 다음과 같다.

- ① 열차 번호, 열차 위치(궤도회로 점유 상태)
- ② 진로 상태
- ③ 신호기, 선로전환기, 궤도회로 장치의 동작 상태 및 고장 여부

핵심정리

>>>

1. 신호기 장치

- 신호기 장치는 철도차량 운전자에게 열차 운전 조건을 제시해 주는 설비로 열차의 진행 여부를 ()이나 ()로 표시한다.
- 철도신호는 기관사에게 열차의 운행 조건을 지시하는 ()와 종사원의 의지를 표시하는 () 및 장소의 상태를 표시하는 ()로 분류한다.
- 신호기 장치는 상치신호기와 임시 신호기로 구분하며 상치신호기는 (), (), ()로 분류한다. ()는 서행 예고 신호기, 서행 신호기, 서행 해제 신호기가 있다.

2. 궤도회로 장치

- 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 회로를 구성하고 그 회로를 차량의 차축에 의해 레일 간을 단락 또는 개방함에 따라 ()를 감시하기 위한 전기회로로 신호기 장치, 선로 전환 장치, 기타의 보안 장치를 직접 또는 간접으로 제어할 목적으로 설치하고 있다.
- 궤도회로의 구성은 (), 한류 장치, (), 궤도계전기이다.
- 궤도회로 분류는 사용 전원에 따른 분류, (), 궤도절연 유무에 따른 분류가 있다.
- AF 궤도회로는 단순한 열차 위치 검지뿐만 아니라 전방 열차와의 운행 간격, 해당 열차의 지시 속도, 차량 운행 정보 등을 차상 장치에 전달하고 ()에 직접 연결하여 열차 안전 운행에 기여하는 ATC 장치로 활용된다.
- ATC 장치에 사용하는 주파수는 (), 차상 신호 주파수, () 등이 있다.

3. 선로전환기 장치

- 열차의 운행에 사용되는 본선으로부터 측선으로 진로를 바꾸는 등 열차 또는 차량을 한 궤도(선로)에서 다른 궤도(선로)로 이동시키기 위하여 설치한 궤도(선로) 상의 설비를 분기기라 한다. 이 분기기의 선로를 전환하여 분기기의 방향을 변화시키는 것을 ()라 한다.
- 분기기는 선로가 두 방향으로 분리되거나 합쳐지는 부분의 궤도 위의 설비로 선로로 방향을 전환시켜 주는 ()과 (), ()으로 나눌 수 있다.
- ()는 분기기 각이 작고 리드 곡선 반경이 커 열차 속도제한을 없애고 승차감을 향상시켜 줄 수 있어 고속 열차 운행 구간에 사용되고 있다.

4. 폐색장치

- 역과 역 간 열차 안전 운행을 위하여 폐색구간을 설정하여 그 폐색구간 안에는 2이상의 열차를 동시에 운행시키지 않도록 하는 장치이다. 일정한 간격을 두고 운행하는 방법으로는 고정 폐색 방식과 이동 폐색 방식이 있는데, ()에는 공간 간격법과 시간 간격법이 있으며, 선 · 후속 열차 상호 간의 위치와 속도 정보를 무선신호로 전송하여 차상에서 열차 간격을 조정하는 ()이 있다.

핵심정리

>>>

- 열차 운용에 따라 폐색 방식은 상용 폐색 방식과 대용 폐색 방식이 있으며, 폐색 방식의 사용이 불가능한 경우 폐색 준용 방식으로 운행한다.
- 자동 폐색장치는 궤도회로를 이용하여 열차 운행에 따라 자동적으로 폐색 및 신호가 동작하는 것으로 열차 운행 횟수의 증가, 안전도 향상, 합리적인 열차 운용의 효과가 있다.

5. 연동장치

- 정차장 구내에 열차의 운행과 차량의 입환을 안전하고 신속하게 하기 위하여 신호기, 선로전환기 등의 장치를 (), () 또는 ()으로 ()하여 동작하도록 한 장치를 말한다. 종류에는 전자연동장치, 전기연동장치, 기계 연동장치가 있다.
- 연쇄의 기준은 신호기 상호 간의 연쇄, 신호기와 선로전환기 간의 연쇄, 선로전환기 상호 간의 연쇄가 있으며, 쇄정의 종류에는 (), 반위 쇄정, (), 조건부 쇄정이 있다.
- 전기 쇄정법에는 (), 표시 쇄정, (), 진로 쇄정, 진로 구분 쇄정, (), 보류 쇄정, 시간 쇄정, 폐로 쇄정 등이 있다.
- ()에는 시스템의 표준화, 운전 업무의 현대화, 차량 추적 기능, 다른 시스템과의 인터페이스 기능, 동작의 기록 및 저장기능 등이 있다.

6. 열차집중제어장치

- 종합관제실의 관제사가 CTC 권역 내의 모든 열차 운행 상황과 신호 제어 설비의 동작 상태를 실시간으로 집중 감시하고 운행 진로상의 신호기와 선로전환기를 원격제어 하여 열차의 운전 정리를 효율적으로 할 수 있는 장치를 ()라고 한다.
- 열차 운전 정리의 신속 정확화, 열차 운행 상황에 대한 정보 수집 자동화, 선로 용량 증대 및 안전도 향상, 신호 제어 설비의 고장 파악 용이 및 보수의 효율적 관리 등의 효과가 있다.

6.3 열차운행제어 설비

학습목표

- 열차운행제어 설비인 열차자동정지장치(ATS), 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차자동방호장치(ATP), 무선통신을 기반한 열차제어장치(CBTC)에 대하여 설명 할 수 있다.

[핵심 용어]

- 열차운행제어 설비, 열차자동정지장치(ATS), 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차자동방호장치(ATP), 무선통신을 기반한 열차제어장치(CBTC)

철도 개통 초기에는 열차의 효율적인 운행에 대한 개념이 없었으나 점차 열차의 속도와 운행 횟수가 증가함에 따라 이에 대한 연구가 시작되었다. 열차제어 방식은 처음에는 일정한 시간을 두고 출발시키는 시간 간격법을 사용하였으나, 이 방식은 역 간에 도중 정차한 열차들이 추돌하는 사고가 자주 발생하였다. 이에 따라 1869년 로빈슨에 의해 궤도회로 방식이 발명된 이후 현재는 컴퓨터 기술의 응용과 인공위성을 이용한 차량 추적 시스템으로 급속하게 발전되고 있다. 최근 도로의 교통 체증과 환경오염의 가속화로 인하여 도시 간 고속 교통수단으로써의 철도가 새롭게 주목을 받고 있다. 현재로서는 철도를 대신할 수 있는 다른 대량 교통수단은 생각할 수 없으므로 철도에 대한 중요성은 나날이 증가되어 새로운 열차제어시스템이 요구되고 있다.

한편, 유럽 철도 선진국에서는 차상 신호방식에 대한 개발을 활발하게 진행하고 있으며 우리나라도 차상 신호에 대한 기본 개념을 정립하고 LTE-R을 활용하여 KRTCS-2 시스템을 개발 중에 있다.

6.3.1 차상 신호방식의 필요성

(1) 안전성과 신뢰성 확보

차상 신호방식은 지상 신호방식 구간에서 우려되는 악천후 시 기관사의 신호 현시 확인에 대한 어려움과 ATS 장치에 대한 열차 속도제한 및 ATS 장치 고장 시 열차 안전 확보에 대한 문제점 등을 해결할 수 있다. 또한 지상 신호방식보다 기기의 안전성과 신뢰성을 향상시키고 열차의 정시 운전

및 안전 운행을 확보할 수 있기 때문에 여객 서비스 향상에 기여할 수 있다.

(2) 열차 속도 향상

차상 신호방식에서는 거리 간격법에 의해 제동 목표 거리를 차상 컴퓨터에서 자동으로 계산하여 운행 속도를 지정하기 때문에 지상의 신호 정보에 따라 차상 신호 시스템을 운영할 수 있어 열차 속도를 높일 수 있다.

(3) 선로 용량 증대

차상 신호방식은 거리 간격법에 의해 열차 운행 최고 속도 및 표정속도 등 운행 속도를 향상시키고 선행 열차와 후속 열차 간의 운행 간격을 최소화시킬 수 있어 선로용량을 증대시킬 수 있다.

6.3.2 구조 및 시스템 종별

(1) 구조

차상 신호방식은 열차 운행에 대한 제어를 차상에서 자동으로 실행하는 설비로 열차자동제어장치를 상위 개념으로 하고 열차자동운전장치, 열차 자동 보호 장치 및 열차 자동 감시 장치 등의 하부 장치가 있다.

차상 신호방식은 고속의 열차를 안전하고 효율적으로 운행하기 위해 사용한다. 이는 선행 열차의 위치와 지상의 운행 열차 조건에 따른 정보 코드가 지상 장치를 통하여 차상으로 전송되며, 차상에서는 지상 장치로부터 전송된 정보를 운전실에 표시한다.

(2) 시스템 종별

현재 운용하고 있는 차상 신호방식은 크게 연속 제어 정보 전송방식인 ATC 시스템과 점제어 정보 전송방식인 ATP 시스템 및 통신방식인 CBTC 시스템으로 구분할 수 있다. 차상 신호방식에 대한 시스템은 [표 6-7]과 같다.

[표 6-7] 차상 신호방식 시스템

차상신호 방식	시스템 종류	개발사
ATC 시스템	TVM 계열	프랑스 알스톰
	신간선 ATC	일본
	EBICAB 계열	스웨덴 AD트랜즈
	SACEM	프랑스 알스톰
	ZUB 계열	독일 지멘스
ATP 시스템	KVB	프랑스 알스톰
	ERTMS/ETCS의 유로캡 및 유로발리스	프랑스 알스톰 CS 트랜스포트 독일 지멘스 영국 알카텔 스웨덴 AD트랜즈 안살도(CSEE) 등
	LZB	독일 ICE
CBTC 시스템		

6.3.3 열차운행제어 기술 및 종류

열차운행제어 시스템의 주요한 기능은 열차의 속도 제어로 열차의 안전 운행과 직결되어 있으며, 신호 현시와 열차 운전 속도, 차량의 제동 성능 등에 의해서 설비에 대한 조건이 달라진다. 또한 지상 설비와 차상 설비의 정보 전송방식에 의해 지상의 특정 지점에서 차상으로 정보를 전송하는 점제어 방식과 궤도회로 등을 이용하여 지상으로부터 차상으로 연속적인 정보를 전송하는 연속 제어 방식으로 나누어진다.

점제어 방식은 연속 제어 방식에 비해서 신호 현시 변화에 대응하는 추종성이 떨어지는 반면, 시스템 구성을 단순화할 수 있는 장점이 있다. 이 때문에 점제어 방식은 자동·비자동 구간, 전철·비전철 구간, 직·교류 방식에 관계없이 설비가 가능하고 경제성이나 유지 보수 면에서 유리하다.

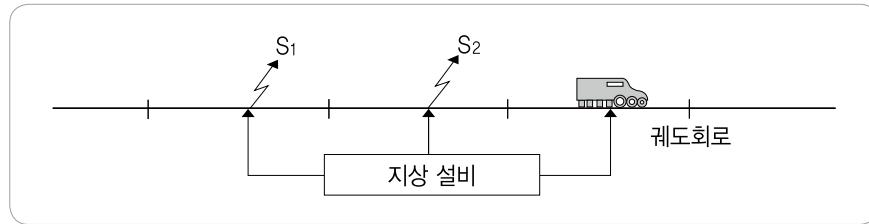
반대로 연속 제어 방식은 연속적으로 차상에서 정보를 수신할 수 있기 때문에 신호 현시의 변화에 대한 대응이 빠르고 운전 능률은 상대적으로 높일 수 있지만 설치비가 고가인 점이 단점이다.

차상 신호방식은 차상과 지상 간의 인터페이스 하는 방법에 따라 아래와 같이 두 가지로 나눌 수 있다.

(1) 궤도회로를 이용한 시스템

궤도회로 방식은 현재 세계적으로 가장 많이 보급되어 있다. 지상 설비는 선행 열차의 점유 상태에

따라 사전에 설정된 여러 개의 속도 코드 중에서 적정한 속도 코드(S_1, S_2, \dots)를 선정하고 이를 궤도회로를 통해 후속 열차로 전송시킨다.



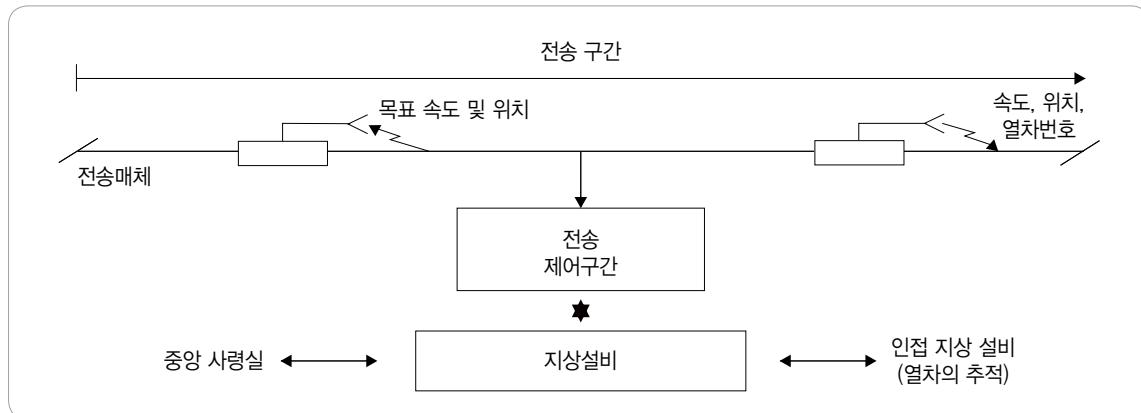
[그림 6-31] 궤도회로를 이용한 시스템

[그림 6-31]에서 S_1 은 목표 속도=0, S_2 는 비상제동 또는 최고 속도=0을 의미한다. 국내에서 궤도회로 방식과 유사한 ATC 구간은 한국철도공사 과천선, 분당선, 일산선이며 서울교통공사 3, 4호선 및 5, 6, 7, 8호선의 ATC/ATO 구간이 이에 해당된다.

(2) 궤도회로를 이용하지 않는 시스템

차상 신호방식 중에서 궤도회로를 이용하지 않는 시스템으로 이동 폐색 방식이 있다. [그림 6-32]와 같이 선행 열차의 속도와 위치 및 열차 번호가 지상 설비를 통해 후속 열차에 전송되면 후속 열차는 자신의 운행 위치 및 속도를 지상으로부터 수신된 데이터 및 최대 허용 속도와 비교를 한 후 자신의 최대 주행속도를 실시간으로 산출해 낸다. 즉, 운행하는 열차의 속도에 따라 전방의 안전제동거리를 자동으로 판단한다.

궤도회로를 이용하는 차상 신호방식과는 달리 궤도와 열차 간에는 양방향 통신이 필요하며, 시스



[그림 6-32] 이동 폐색 방식

템의 안전도를 유지하기 위해 모든 열차는 전송 기기와 실시간으로 통신이 되어야 한다. 만일 전송에 문제가 있을 경우 열차는 즉시 정지하게 되며 후속 열차 또한 정지시킨다.

열차운행제어 설비 종류는 지상 신호방식의 열차자동정지장치(ATS)와 차상 신호방식의 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차자동방호장치(ATP), 무선 기반 열차제어장치(CBTC) 등이 있다.

국내 철도에 열차운행제어 설비로 처음으로 도입된 것은 열차자동정지장치(ATS)로, 지상 신호방식에서 기관사에게만 의존하여 운행하는 열차의 안전한 운행을 위함이었다. 열차자동정지장치(ATS)는 레일 중앙에 설치된 지상자(점제어 방식)를 통해 신호기에서 지시하는 속도를 초과하여 운행하는 열차에 대한 정보를 차상에 제공하고 이에 따라 기관사는 열차의 감속 제어를 수동으로 취급하여 왔다.

그 이후 속도의 향상과 고밀도 운행을 위하여 차상 신호방식인 열차자동제어장치(ATC)가 도입되었으며, 여러 종류의 ATC 장치 중 일부 도시철도 구간에서는 ATC 기능에 열차 자동 보호 기능과 열차 자동 운전 기능을 추가한 ATP/ATO 시스템을 사용하고 있다. 또한 일부 구간에서는 ATC/ATS를 연계한 시스템을 도입했는데, 지상 설비가 ATC 구간과 ATS 구간으로 구분되어 설치됨으로써 두 시스템의 인터페이스 및 자동 절환 방법을 적용하고 있다. 일반적으로 열차운행제어 시스템은 크게 ATC, ATO, ATP, CBTC(MBS)로 분류된다.

6.3.4 열차자동정지장치(ATS, Automatic train stop)

열차 운전의 안전을 확보하기 위해서는 차량이나 선로가 정상 상태로 유지되어야 하며, 또한 기관사의 주위 상황에 대한 정확한 판단과 이에 따른 기민한 행동이 필요하다.

특히 지상 신호방식에서는 기관사의 정확한 판단이 아주 중요하다고 할 수 있다. 이러한 중요성에 비추어 지상 신호방식에서 기관사는 신호기의 신호 현시에 따라 운전 취급하여야 하나 안전 운행을 저해하는 자연현상(짙은 안개, 폭풍우, 눈보라 등)으로 신호의 확인이 어려운 경우 열차 속도의 저하, 또는 기관사의 우발적인 신호 확인 결여로 중대한 열차 운전 사고가 유발되는 사례가 있었다.

바로 이러한 열차의 안전 운행을 저해하는 요소를 해결하고 기관사로 하여금 주의를 촉구함과 동시에 자동적으로 제동을 작용도록 하는 설비가 열차자동정지장치(ATS)이다.

열차자동정지장치는 1969년 경부선에 처음으로 점제어식 ATS 장치를 설치하기 시작하여 전국으로 확대 설치하였으며, 1977년에는 수도권 CTC 구간에, 1988년에는 경부선 CTC 구간에 각각 차상 속도 조사식 ATS 장치를 설치하여 운용하고 있다.

(1) 동작 방식

ATS 장치는 전철 구간이나 비전철 구간 모든 개소에 사용되는데, 3현시 신호방식의 경우 지상 장치는 정지신호에서만, 차상 장치는 단변주 방식에 의하여 동작한다.

4현시, 5현시의 경우는 5가지 신호에 따라 동작하는 다변주 방식에 의하여 차상 장치가 동작한다. 차상 장치의 동작 방식을 요약하면 [표 6-8]와 같다.

[표 6-8] 열차자동정지장치 차상 장치 동작 방식

종류	차상 장치 동작 방식
3현시	점제어, 단변주($105\text{kHz} \rightarrow 130\text{kHz}$) ($78\text{kHz} \rightarrow 130\text{kHz}$)
4현시	차상 속도 조사식, 다변주($78\text{kHz} \rightarrow 5\text{종류}$)
5현시	차상 속도 조사식, 다변주($78\text{kHz} \rightarrow 5\text{종류}$)

(2) 공진주파수 및 제한속도

4현시 및 5현시 구간에서의 ATS 장치 종류별 지상 장치 공진주파수와 차상 장치 제한속도는 다음과 같다.

[표 6-9] 4현시 구간 공진주파수와 제한속도

신호 현 시	절대정지	허용 정지	경계	주의	감속	진행
	(R0)	(R1)	(YY)	(Y)	(YG)	(G)
전기동차용	공진주파수(kHz)	130	122	114	106	98
	속도 제어(km/h)	0	15	25	45	FREE
KTX 및 일반 열차용 (경부선)	공진주파수(kHz)	130	—	122	114	106
	속도 제어(km/h)	0	—	25	65	105

[표 6-10] 5현시 구간 공진주파수와 제한속도

신호 현 시	정지	경계	주의(Y)		감속	진행
	(R)	(YY)	(일반선)	(경춘선, 중앙선)	(YG)	(G)
KTX 및 일반 열차용	공진주파수(kHz)	130	122	114	106	98
	속도 제어(km/h)	0	25	65	105	FREE
전기동차용	공진주파수(kHz)	130	114	106	90	98
	속도 제어(km/h)	0	25	45	65	FREE

(3) 차상 속도 조사식 ATS 장치 특성

ATS 특성은 운전 취급, 신호 현시와 관련하여 열차의 운행 속도, 차량의 제동 성능 등에 따라 조금씩 다를 수 있으나 열차자동정지장치 기본 조건은 다음과 같다.

- 열차를 정지 현시 신호기 앞에 정지시켜야 한다.
- 다른 열차 운행에 지장을 주지 않아야 한다.
- 정지신호 현시의 경우 기관사가 제동 조작을 하지 않으면 자동적으로 비상제동이 체결되어야 한다.

이러한 조건을 만족시키기 위하여 고밀도로 운행하는 광역 전동차 구간에서는 차상 속도 조사식 ATS 장치를 사용하고 있다. 차상 속도 조사식 ATS 장치의 구성은 다음과 같다.

1) 지상 장치

경보 시점의 궤도 사이에 설치되어 그 지점을 통과하는 열차에 정보를 보내는 지상자와 이것을 신호 현시에 따라 제어하는 지상 제어 계전기 및 리드선으로 구성되어 있다.

- ① 지상자 : 설치 위치는 해당 신호기 20m 전방에 설치하여 차상자와 대응하도록 열차 진행 방향 우측에 설치한다.



[그림 6-33] ATS 지상자와 지상 제어 계전기(CR)

- ② 리드선 : 지상자와 지상 제어 계전기를 연결해 주는 전선(7/0.6x20)으로, 제작된 전선을 임의로 자르거나 연장해서 사용할 수 없다.
- ③ 지상 제어 계전기 : 지상자 코일을 제어하기 위한 계전기로서 지상자 회로와 같은 미세한 전류회로 제어에 적합한 PGS(백금, 금, 은, 합금) 접점을 가진 소형 계전기이다. 정격전압 DC 24V, 50mA의 소형 계전기와 콘텐서로 구성되어 있으며 지상자 리드선을 접속하여 제어한다.

2) 차상 장치

차상 장치는 지상으로부터 다양한 정보(130, 122, 114, 106, 98kHz)를 받는 차상자, 제동장치의 회로를 제어하는 수신기 속도 조사부, 계전기 논리부, 운전실 내에 설치된 경보기, 표시기, 전원부 및 기타 부속품, 그리고 전동차 속도를 감지하는 속도발전기 등으로 구성되어 있다.

- ① 차상자 : 차량 중심에서 우측으로 $300 \pm 10\text{mm}$ 위치에 차상자의 중심이 오도록 하고 궤도면 상에서 130mm의 높이에 부착한다. 2조의 코일에 의하여 지상에서 정보를 받아 이를 리드선으로 연결한 4심 케이블로 수신기에 전달한다.



[그림 6-34] ATS 차상자(안테나)

- ② 수신기 : 운전실에서 진동이 적은 곳을 선정해 차상자와의 거리가 가까운 곳에 설치한다.

평상시에는 차상자와 조합하여 78kHz에서 발진하고 있으나 차상자가 130kHz의 공진회로를 구성하고 있는 지상자에 접근하면 130kHz로 주파수가 변하므로 여과기(Filter)의 작용에 의하여 주 계전기는 무여자 되며 경보 회로와 제어회로를 제어하게 된다.

(4) 4현시 차상 속도 조사식 ATS

다면주 점제어 방식으로 광역 전동차 운행 구간에서 사용하고 있으며 지상 구간은 정지(R_0), 정지(R_l), 주의(Y), 감속(YG), 진행(G)을 현시하고, 지하 구간은 정지(R), 경계(YY), 주의(Y), 진행(G) 현시하는 방식을 채택하고 있다.

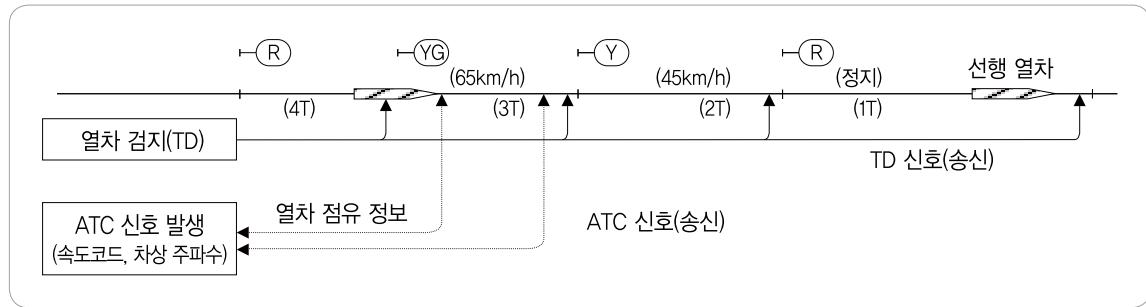
- 1) 진행 또는 감속신호 현시의 경우, 신호기 내방으로 진입할 때 속도 조사를 받지 않고 자유(Free) 주행한다.
- 2) 주의신호 현시의 경우 신호기 내방으로 진입하는 속도 조사는 45km/h 이하로 운행한다. 속도를 초과할 경우 3초 이내에 제한속도 이하로 운행하여야 하며, 3초가 지나면 비상제동이 자동으로 체결된다. 이럴 경우 비상제동에 의한 정지 후 45km/h 이하로 운행한다.
- 3) R_l 정지 구간을 운행할 경우 일단정지 한 다음 15km/h 스위치 조작에 의해 15km/h 이하로 운전 가능하다.
- 4) R_0 정지 구간을 운행할 경우 일단정지 한 다음 특수 스위치 조작에 의하여 1회에 한하여 45km/h 이하로 운전 가능하지만 반드시 관제사로부터 R_0 승인을 득한 후 특수스위치(ASOS)를 취급하고 운전하여야 한다.

6.3.5 열차자동제어장치(ATC, Automatic train control system)

열차자동제어장치(ATC)는 열차가 점유하고 있는 궤도회로로부터 속도 정보(ATC 정보)를(열차의 운행속도, 선행 열차와의 간격, 진로의 상태 등) 연속적으로 수신 받아 그 구간을 주행할 수 있는 최대 허용 속도를 검지한다. 이때 열차의 실제 속도가 허용 속도보다 빠르면 허용 속도 이하로 자동으로 감속시키는 장치이며 열차 이동에 대한 제어 및 열차의 안정성과 열차 운용 명령을 자동으로 실행한다.

또 선행 열차의 위치, 운행 진로 등 선로의 제반 조건에 따른 정보 코드를 선로를 통하여 차상으로 전송하고, 차상에서는 지상에서 전송된 정보를 표시장치에 현시한다.

ATC 장치는 지상 장치(연동장치)에서 각 구간마다 열차를 검지하여 신호정보(ATC 신호)를 송신하고 그것을 차상 장치에서 수신하여 그 신호정보에 의해서 열차는 그 구간 내에 현재 허용된 제한 속도 이하로 자동적으로 속도를 제어하면서 운행할 수 있다.



[그림 6-35] ATC 기본 구성도

이 구간마다의 운행 허용 속도는 [그림 6-35]에서 표시한 것처럼 지상의 신호 현시를 기관사가 육안으로 확인하는 대신에 궤도회로로부터 보내오는 신호 정보를 차상에서 수신하여 자동으로 운행 허용 속도를 판단하고 열차의 현재 속도와 비교하는 점이 다른 것이다.

ATC 장치에 있어서 궤도회로는 크게 열차 검지와 지상 측으로 부터 차상에 대하여 ATC 신호를 전달하는 2중 역할을 한다. ATC 장치는 다음과 같은 역할을 한다.

- 각 구간의 지상 측 열차 검지 기능
- 각 구간의 지상 측 신호정보 전송 기능
- 신호정보의 차상 측 수신 기능
- 수신 정보에 따른 제한속도와 열차의 현재 속도를 비교하여 차상 장치에서 열차 속도를 허용 속도 내로 유지하는 기능

(1) 열차 위치 검지

궤도회로 내에 열차의 유무를 검지하는 것으로 일반적으로 자동신호 구간에 있는 궤도회로와 같다.

그러므로 유무 절연식, 저주파 궤도회로, AF 궤도회로 등 여러 방식으로 나눌 수 있지만 신호정보 전송도 병용이 가능한 형태로 설비한다.

(2) ATC 신호

1) 열차검지 신호(TD, train detection)

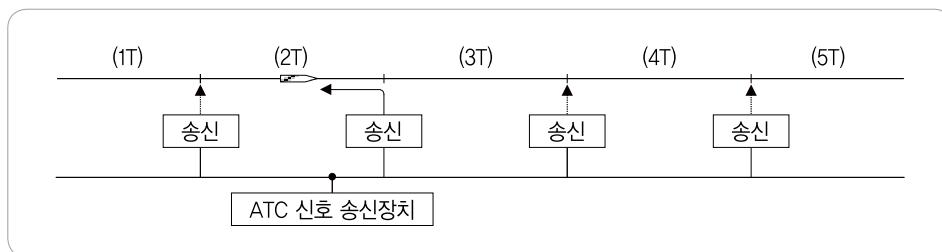
열차 검지(TD)에 따라 각 열차의 운행 위치를 알게 되면 선행 열차와 충돌하지 않는 속도 즉, 정지가 가능한 열차 간 거리를 후속 열차에 전송한다.

이 기능은 종래에는 궤도회로 입구에 설치된 신호기의 현시 조건에 따라 기관사가 육안으로 확인하면서 수동으로 조작하여 열차 속도를 제어하였다.

이것을 자동으로 실행하기 위해서는 지상으로부터 열차가 현재 점유하고 있는 구간에서 허용되는 최대 속도의 정보를 차상에서 수신한 후 판독하게 된다.

ATC 신호를 차상에 전달하는 경로는 열차 검지와 같은 궤도회로가 이용된다. [그림 6-36]에서처럼 궤도회로에는 두 종류의 신호 전류가 흐르지만 신호를 수신하는 위치가 다른데 열차 검지 신호는 지상 측으로, ATC 신호는 차상 측으로 하기 때문에 열차 검지 신호와 ATC 신호를 공용하여 시스템을 간소화하고 있다.

또 AF 궤도회로의 경우 열차 검지 신호와 ATC 신호를 분리하여 평상시 열차 검지 신호만을 흐르게 하고 열차가 검지되면 그 구간에 한하여 ATC 신호를 흐르게 한다.



[그림 6-36] ATC 신호 회로

2) ATC 신호 코드

ATC 신호는 일반적으로 궤도회로에 송신되는 수백Hz ~ 수kHz 사이의 주파수를 갖는 AF 반송파를 10Hz ~ 수십Hz의 저주파로 변조하여 사용한다. 이 저주파의 주파수를 신호 코드라 한다.

예를 들어 신호 코드가 13.6Hz이면 80km/h 이하, 신호 코드가 3.2Hz이면 25km/h 이하의 기지 모드의 신호 현시에 사용된다. 다음 [표 6-11]은 과천선, 일산선, 서울지하철 3, 4호선에서 사용하는 ATC 신호 코드이다.

[표 6-11] 지시 속도와 코드 주파수(과천선, 일산선, 서울지하철 3, 4호선용)

지시 속도	코드 주파수
15km/h	코드 주파수 없음 (일단 정지 후 진행 모드)
25km/h	3.2Hz 기지 모드
25km/h	5.0Hz 수동 모드
40km/h	6.6Hz
60km/h	8.6Hz
70km/h	10.8Hz
80km/h	13.6Hz
15km/h	16.8Hz (일단 정지 후 진행 모드) yard cancel

3) 차상 신호

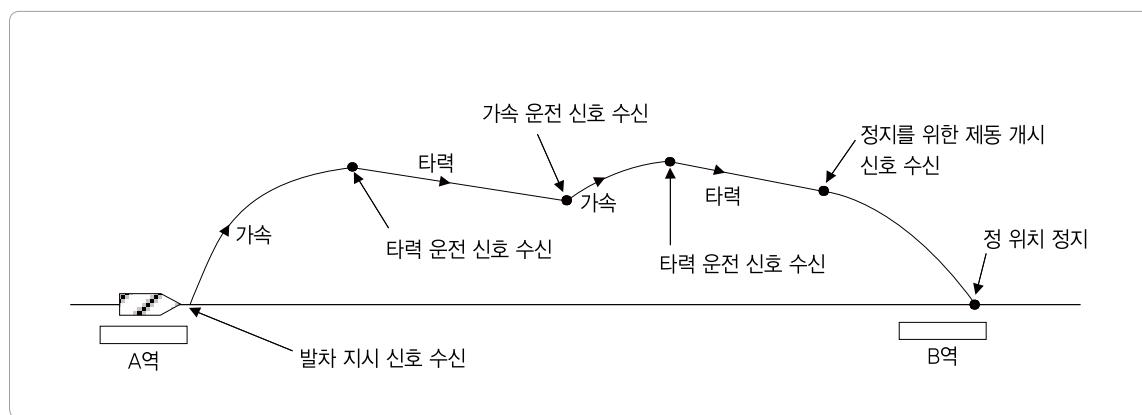
ATC에서는 신호 현시에 상당하는 신호가 궤도회로를 경유하는데, 이때 기관사가 신호기 상태를 보지 않더라도 운전실 차량 패널 속도계에 신호 현시 상태를 표시함으로써 운전할 수 있도록 한 것이 차상 신호(cab signal) 방식이다.

- ① 자동 모드 : ATO 장치에 의한 열차 자동 운전 기능을 의미하며, 각 역 간의 자동 주행과 역에서의 자동 정 위치 정차, Door의 자동 개폐 및 자동 안내 방송을 수락하는 모드로 주로 서울교통공사 등 도시철도에서 사용하고 있다.
- ② 수동 모드 : 지상의 궤도회로로부터 연속적으로 정상적인 지시 속도를 받아 운전하는 방식으로 ATC 차내신호 폐색구간에서 운행하는 열차의 운전 방식이다.
- ③ 기지 모드 : 차량 기지 또는 유치선에서 연속적인 지시 속도를 제공할 수 없을 때 운전하기 위한 것으로 최대 25km/h로 운전 속도를 제한하고 있다.
- ④ 일단정지 후 진행모드 : 정상적인 지시 속도를 받아 운전하던 열차(manual mode)가 지시 속도를 수신할 수 없다면 과속 상황이 적용되어 일단정지 후 15km/h 이내 운전을 허용하는 방식이다.

⑤ 비상제동 : 정상 운행 중인 ATC 차량은 일반적으로 비상제동이 발생하지 않는다. 비상제동 (emergency mode)은 정상 열차가 운행 중에 과속 상황이 발생하여 자동적으로 상용제동이 작동할 때 일정 시간 내에 제동 감속도가 2.4km/h/s 이하일 때만 발생한다. 즉 제동 상황에서 브레이크 패손 등 중대한 고장이 발생하였을 때에만 작동된다는 것을 뜻한다.

6.3.6 열차자동운전장치(ATO, automatic train operation)

열차가 정거장을 출발하여 다음 정거장에 정차할 때까지 가속, 감속 및 정거장에 도착할 때 정 위치에 정차하는 일을 자동적으로 수행하게 하며 ATC의 기능도 함께 하고 있다. 열차에 출발 신호가 지시되면 자동으로 가속되고, 주행 구간의 규정 속도에 이르면 다시 타력 운전으로 열차를 운행하게 한다. 자동 운행 중 ATC에 의해 속도제한을 받을 경우에는 자동적으로 감속제동이 동작되며, 속도제한이 해제되면 다시 속도가 가속된다. 또 열차 속도가 제한속도 이하로 떨어지면 제동을 풀어 준다. [그림 6-37]과 같이 정거장에 접근한 열차는 제동 개시점을 통과한 다음 정차 패턴에 따라 속도 조사를 하여 제동기를 가감하면서 B역 정거장의 정 위치에 자동적으로 정차하게 된다.



[그림 6-37] ATO 속도 제어 곡선

(1) ATO 기능

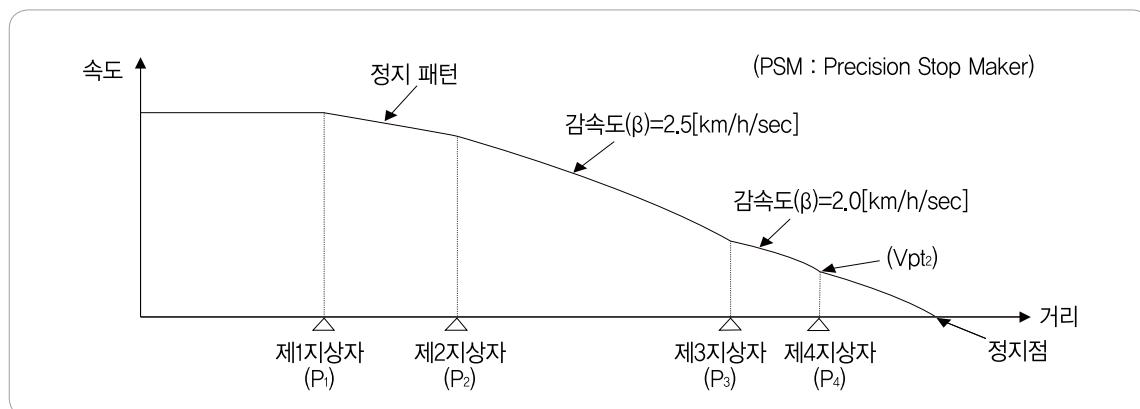
ATO 장치에서 기관사는 열차 내 기기를 감시하거나 역 진입 시 승객의 안전을 감시하는 일을 하므로 기관사와 차장의 승무를 한 사람이 할 수도 있다. 또한 열차의 무인운전도 가능하므로 인력을 절감할 수 있으며 안전하고 정확한 열차 운행으로 여객 서비스를 향상시킬 수도 있다. ATO 장치는 다음과 같은 여러 가지 기능을 가지고 있다.

1) 정속도 운행 제어

역과 역 사이에 있어서 ATC 신호의 허용 운행 속도 지시에 따라 지정된 속도로 열차가 주행하도록 제어한다. 또 ATO 장치의 내부에 지정된 속도와 같은 기준 속도를 발생시키고 열차의 실제 속도와 기준 속도와의 차이점을 검출한 다음, 속도의 차이에 비례한 역행 또는 제동 단(노치, notch) 수를 차량의 제어부에 제공하여 기준 속도와 실제 열차 속도와의 차이가 없도록 열차를 제어한다.

2) 정 위치 정지 제어

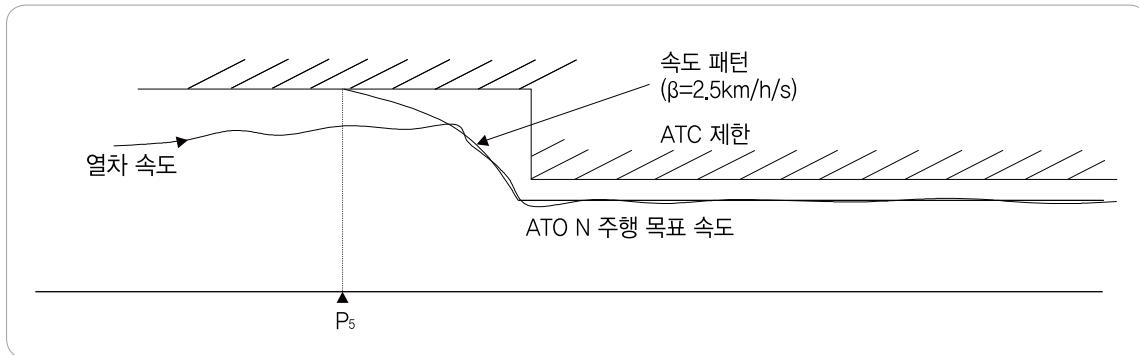
정거장에 정차할 때에는 정해진 위치에 정차할 수 있도록 정 위치 패턴에 따라 속도 제어를 한다. 정지 패턴은 레일 간에 설치된 지상자(제1지상자에서 제4지상자) 및 루프 코일의 정보를 차상에서 검지하여 열차의 위치를 검출함으로써 정지 지점까지의 거리와 속도와의 기준 패턴이 발생한다.



[그림 6-38] 정위치 패턴에 의한 속도제어

3) 감속 제어

정거장 사이의 곡선 또는 구배로 인하여 ATC 신호가 감속을 필요로 하는 구간에 있어서는 ATC 속도 변화점 전방에서 감속을 하도록 알려주는 감속용 지상자(제5지상자) 또는 루프 코일을 설치한다. P5 지상자의 설치 위치는 [그림 6-39]과 같이 ATO 내에서 ATC 속도 변화점에서의 패턴 속도가 감속 신호에 대하여 주행 레벨과 일치하도록 계산된 지점이다. 속도 패턴을 검지한 다음에도 운행하고 있는 열차 속도가 패턴에 접근하기까지에는 정속도 운행 제어가 이루어진다. 패턴 접근에 의하여 역행 주행중에는 일단 타력 제어를 한 다음 예비 제동에 의한 비례 제동이 작동하고



[그림 6-39] 감속 제어

운행 속도가 감속되는 변화점에서는 ATC제동을 하지 않고 그대로 진입하게 된다.

4) 출입문 자동 개폐 및 정차 시간 표시등

출입문 개폐 기능은 열차 정보 송신장치(TWC)를 통하여 정 위치 정차 정보를 받으면 기계실에서 개폐 정보를 발생하여 차상에 전송하게 된다.

정차 시간 표시등(dwell light)은 기관사에게 출발 시간을 예고하여 주는데 정시 운행에 도움을 주는 기능을 하는데 출발 시각의 일정 시간 전에 정차 시간 표시등이 점멸하면 기관사는 출발 조작을 한다.

5) 열차 정보 송신장치(TWC, train to wayside communication)

운행하는 차량과 현장 설비 간의 양방향 통신을 하는 정보교환 장치이다. 이 시스템은 차상 설비와 현장 설비의 2개의 시스템으로 분리되는데, 현장에서는 정거장의 특정한 위치에 지상 TWC 루프 코일을 설치해 정보를 교환하고 차량에서는 차량의 하부에 루프 안테나를 설치해 무선으로 정보를 교환하는 장치이다.

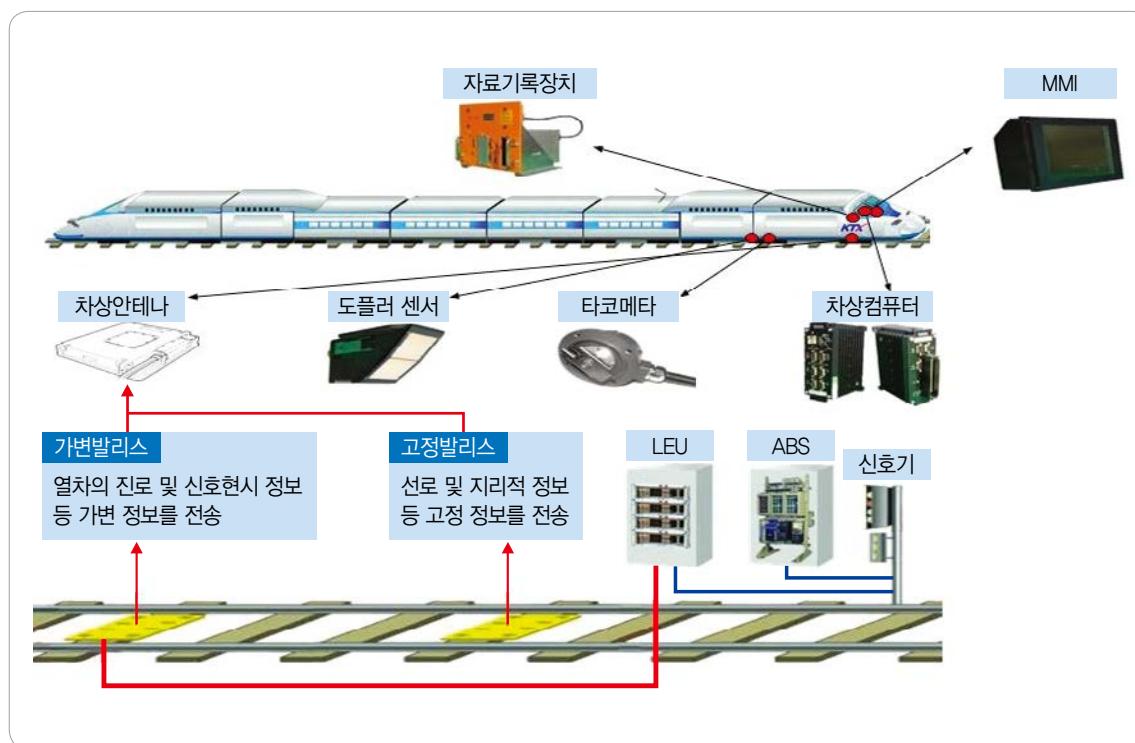
무선으로 송수신 한 정보는 각각 차상 설비인 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차제어 감시 장치(TCMS : train control monitor system)와 연결되어 열차 운전을 제어하고 현장 설비는 TWC 유니트가 신호 기계실의 주 컴퓨터와 연결되어 정보를 송수신 함으로 열차 자동 운전에 필요한 각종 기능들을 수행하게 된다. 또한 정차장 출발점에 설치된 정차 시간 표시등은 기관사에게 출발 시간을 예고하여 열차 정시 운행에 도움을 주는 기능을 하는데, 출발하기 일정 시간 전에 정차 시간 표시등이 점멸하면 이때 기관사는 출발 조작을 한다.

6.3.7 열차자동방호장치(ATP, automatic train protection)

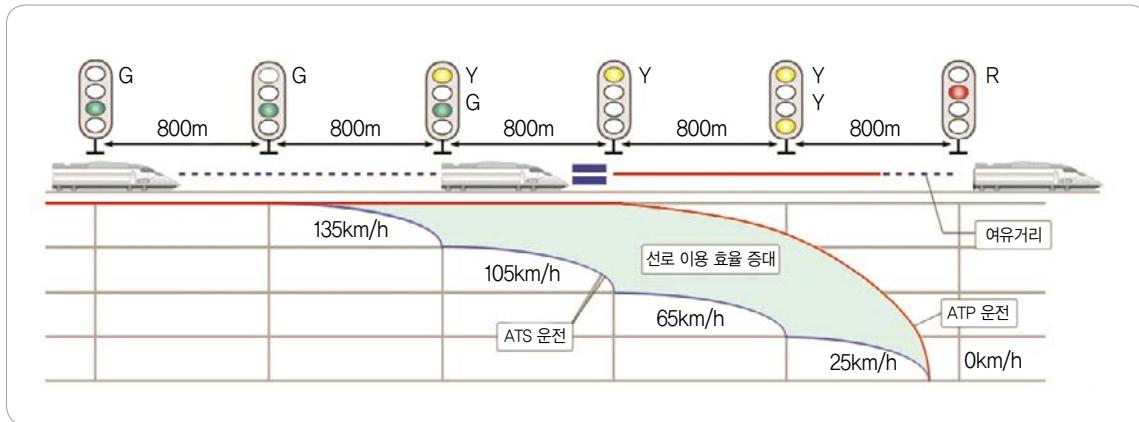
열차 검지, 선행 열차와 후속 열차 사이의 거리 유지, 진로 연동 및 속도제한 등을 통해 안전한 열차 운영을 유지하는 ATC 하부 시스템이다. 폐색구간 경계 지점에 설치한 지상자(밸리스, 비콘, 루프 등)를 통하여 열차 간 운행 정보를 상호 교환하여 최소 제동거리를 확보함으로써 운행 간격의 단축, 선로 용량 증가 및 열차 추돌에 따른 열차 보호를 실행하는 장치이다.

열차자동방호장치는 궤도회로가 아닌 별도의 비콘(밸리스) 또는 루프 코일을 이용하여 열차 운행에 필요한 이동 권한, 제한속도, 구배 등의 정보를 디지털로 지상에서 차상으로 전송하는 방식이며 Distance-to-go 기능에 의한 차내 신호방식이다. 현재 우리나라에서 사용하는 ATP 시스템은 유럽의 ETCS Level 1을 국내에 도입한 것으로 지상 장치는 기존의 신호장치와 인터페이스 되어 가변 정보를 생성하는 선로 변 제어 유니트(LEU)와 지상 정보를 차상으로 전송하는 밸리스(Balise)로 구성된다. 차상 장치는 바이탈 컴퓨터, 입출력 장치, 운전 표시장치, 자료 기록 장치 안테나 및 정보 변환 모듈 등이 있다.

- 차상 컴퓨터에는 경고 곡선과 비상제동 곡선의 두 종류 제어 곡선이 입력되어 있다.



[그림 6-40] 열차자동방호장치 시스템 구성도



[그림 6-41] 열차자동방호장치 제동 곡선

- 열차가 경고 신호를 통과하기 전에는 열차 최대 허용 속도가 표시된다.
- 열차가 경고 신호를 통과하면 보조 표시장치가 00을 표시한다.
- 일정 시간 이내에 기계적인 제동장치(수동 제동 취급)가 동작되면 속도 제어 System이 동작하지 않지만 실제 운행 속도가 비상제동 곡선을 초과하면 즉시 비상제동 장치가 작동되어 열차를 정지시킨다.(열차가 완전히 정지할 때까지 비상제동 장치 동작)
- 이 제어 곡선은 열차가 위험지역 내로 진입하지 못하고 정지되도록 실시간으로 계산된다.

ATP 차상 신호방식을 간단히 설명하면, 차내에 처리 장치(Processing Unit)와 차상 신호 표시 반(Indication Panel), 데이터 반(Data Panel) 및 수신 안테나를 설치하고 데이터 반에는 다음 사항을 입력한다.

- 최대 허용 속도(10km/h 단위)
- 열차 길이
- 열차 등급(여객열차, 화물열차, 모터 카, 멀티플 등 열차 종류별)
- 열차의 가속도 및 감속도(m/s)

지상 설비로는 선로 중앙에 2개가 1조로 구성된 지상자(Beacon)를 설치하고 선로 변에는 신호 부호 전송기(LEU)를 설치하여

- 제한속도(최대 허용 속도, 목표 속도)
- 목표 거리(정지점과의 거리)
- 구배 등 선로 Data

입력하면 이 지상자 위를 통과한 열차는 지상에서 수신한 데이터와 차상에서 입력된 데이터를 비교한 후 목표 지점을 계산하여 속도를 제어한다. 때문에 특성이 서로 다른 열차가 혼용 운행될지라도 정지 목표 지점을 과주할 우려가 없는 안전한 설비로 한때 경부선 신호방식으로 검토하기도 했다. 그러나 점제어 방식이기 때문에 감속 신호를 수신하여 저속으로 폐색구간에 진입한 열차는 그 구간이 개통되더라도 다음 구간의 지상자를 통과할 때까지는 저속 운행이 불가피한 설비이기 때문에 연속 제어 ATC 차상 신호장치에 의해 운행 효율이 감소할 수 있는 단점을 가지고 있어 경부선 신호방식으로 적용되지 않았다.

(1) ATP 기능

1) 과속도 방어

안전성의 개념에 따라 열차에 주어진 제한속도를 초과하지 않도록 보장하는 기능으로 과속도 방어는 실제 속도와 제한된 최고 속도 사이의 비교에 의해 주어진다.

① 제한속도 코드

선행 열차와 후속 열차 사이의 거리 유지, 진로 연동 및 열차 감시 절차를 제공한다.

② 최대 허용 속도

궤도 상태 관련 정보를 제공한다.

2) 선행/후속 열차 거리 유지

동일 선로 상에서 열차 사이의 충돌을 피하기 위해 선행 열차와 후속 열차 사이의 충분한 안전거리를 유지하는 기능으로, 이는 실제적인 제동 기능과 과속도 방어에 사용되는 최대 허용 운행 속도 사이의 관계에 의해 결정된다.

3) 열차 검지

열차검지는 모든 열차가 위치해 있는 궤도의 위치를 결정한다. 대부분의 경우 열차의 위치는 절대적으로 기록되며, 열차 속도는 열차가 최종적으로 검출된 위치에 있어서는 “0”으로 가정한다. 열차 위치의 예측 기법은 사용 기술에 의존하며 정확성을 요구한다.

4) 궤도 및 열차 감시

궤도 및 열차감사는 비정상 상태 발생에 대한 경보 시스템으로부터 주어진다. 열차 감사는 열차의 접촉, 화재, 제동 시스템의 결함 또는 제동 능력의 감쇠 등으로 분류되며, 궤도 감사는 레일 절

손 또는 건널목 통과 차량의 건널목 통과 장애 등으로 표시된다.

5) 진로 연동

진로 연동에 있어서 “진로”개념은 열차의 이동 시작점, 목적지 및 열차가 진행할 궤도를 의미한다. 진로 연동은 먼저 설정된 진로 내에 다른 열차가 존재하는지 유무를 확인한 후 선행 점유 열차가 존재하지 않을 경우 열차가 진행할 수 있다. 그러나 요청된 진로가 점유되어 있거나 사용할 수 없는 경우 열차는 선행 열차와 후속 열차 사이의 거리 유지 방식에 의해 열차 운행을 실행한다.

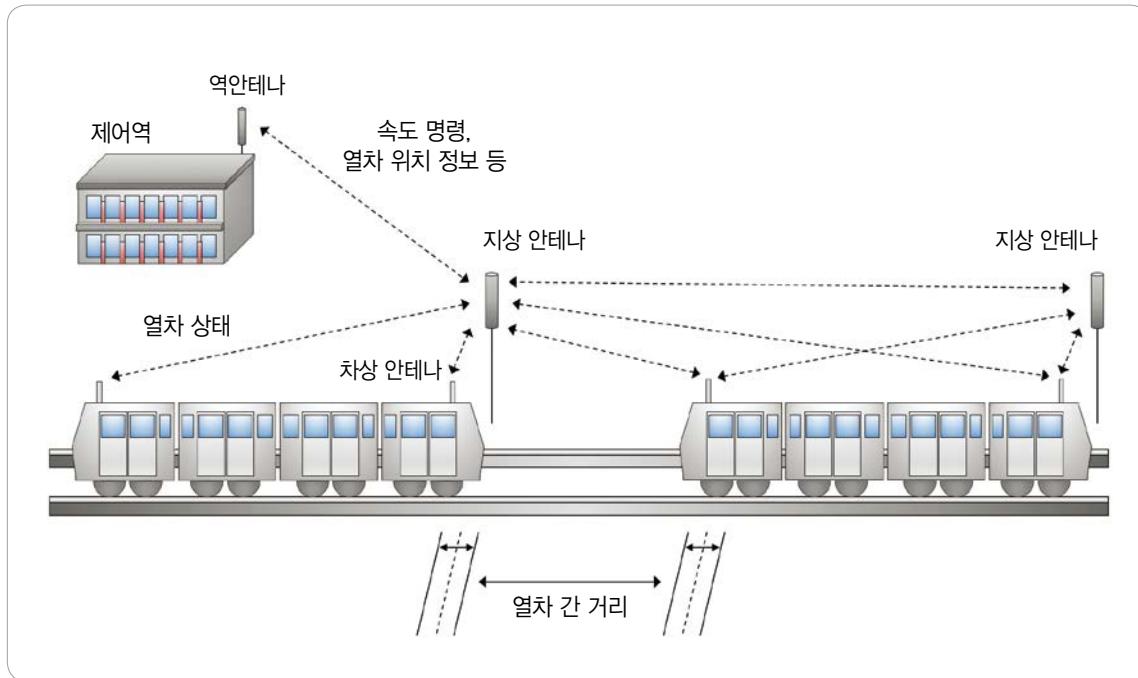
6.3.8 무선통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC, communication-based train control)

최근 들어 도로 교통의 포화 상태에 따른 혼잡 문제로 인해 정시성과 대량 수송 능력을 갖춘 철도 시스템의 효용성이 새롭게 주목되고 있다. 이에 따라 점점 철도 시스템이 차지하는 비중이 증가하면서 새로운 철도 시스템이 요구되어 왔으며, 철도 선진국을 중심으로 새로운 열차제어시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 즉 통신 기술을 이용한 새로운 열차제어 방식에 대한 개발 및 적용이 철도 선진국을 중심으로 활발하게 이루어지고 있으며, 이 결과 궤도회로에 의존하지 않고 무선통신을 이용한 CBTC를 개발하거나 개발 중에 있고, 이를 이용해 이동 폐색(moving block) 시스템 또한 구현하고 있다.

이동 폐색 시스템은 열차 자신의 속도에 따른 제동거리를 열차 스스로가 판단하고 제동하는 방식으로, 열차 간의 거리는 더 이상 폐색구간의 길이에 의해 제한을 받지 않기 때문에 정차 거리가 감소되고, 승객의 열차 대기시간 및 열차 간의 운행 간격이 단축되어 열차 편성 수를 확보할 수 있다. 또한 유지 보수의 측면에서도 열차 점유 상태를 검지하기 위해 매 폐색구간마다 궤도회로를 설치할 필요가 없고, 정보를 전송할 필요가 없기 때문에 지상 설비의 수가 감소되어 유지 보수 비용의 감소로 이어진다.

이동 폐색 시스템은 CBTC 시스템에 의해 구현되며, CBTC 시스템은 다음과 같은 특성을 갖는다.

- 이동 폐색 시스템의 구축
- 지상 장치와 열차 간의 무선을 이용한 인터페이스
- 궤도회로를 사용하지 않음
 - 타고메터, 발리스, 유도 루프, RF 기술 등 다양한 열차 위치 확인 방식 사용
- 기존 열차제어시스템과 쉽게 병행 운전 가능
- 지상 신호 설비들의 감소에 따른 유지 보수비 절감



[그림 6-42] CBTC 기본 구성도

(1) 기본 원리

이동 폐색 방식에 있어 열차 간의 간격은 궤도회로로 구성된 고정 폐색구간에 좌우되지 않으며, 각각의 열차는 정지 또는 주행 중인 선행 열차 및 분기점에서의 신호로 구성된 정차 지점을 비교하여 안전한 충돌 방지를 위한 제동 곡선을 계산해 낸다. 이러한 제동 곡선은 어떠한 상황 하에서도 계산된 정차 지점에 도달하기 전에 열차가 정지될 수 있도록 열차에 목표 주행속도 또는 이동 권한을 인가하게 된다.

고정 폐색 방식에 의한 열차제어는 선로가 많은 폐색구간으로 분할되며, 선행 열차가 폐색구간을 완전히 통과하였을 때에만 후속 열차가 그 폐색구간에 진입할 수 있다. 폐색구간의 길이는 최대 허용 속도를 주행할 때 안전 정차 거리를 확보할 수 있도록 결정이 된다.

반면 이동 폐색 방식의 지상 설비는 선행 열차의 위치 및 전방 신호의 상태를 각 열차에 전송하고, 각 열차는 자신의 현재 위치와 속도 정보를 파악하여 이를 지상 설비로부터 열차로 전송된 정보와 비교를 한 후 자신이 주행해야 할 최대 속도를 계산하게 된다. 열차는 이 최대 주행속도에 따른 안전 제동거리도 산출해 낸다. 이 안전제동거리는 열차 전방의 고정 또는 이동 장애물과 열차 사이의 거리보다 항상 짧게 된다.

(2) CBTC 기능

CBTC는 기본적으로 열차제어를 위한 ATP(automatic train protection) 기능과 역 정차 등을 위한 ATO(automatic train operation) 기능을 가져야 한다. 그 외에 노선 전체의 운행 상황을 감시 및 제어하기 위한 ATS(automatic train supervision) 기능도 가져야 한다. CBTC는 이 중 ATP 기능은 반드시 가지고 있어야 하며, 나머지 기능은 시스템의 구성에 따라 달라질 수 있다.

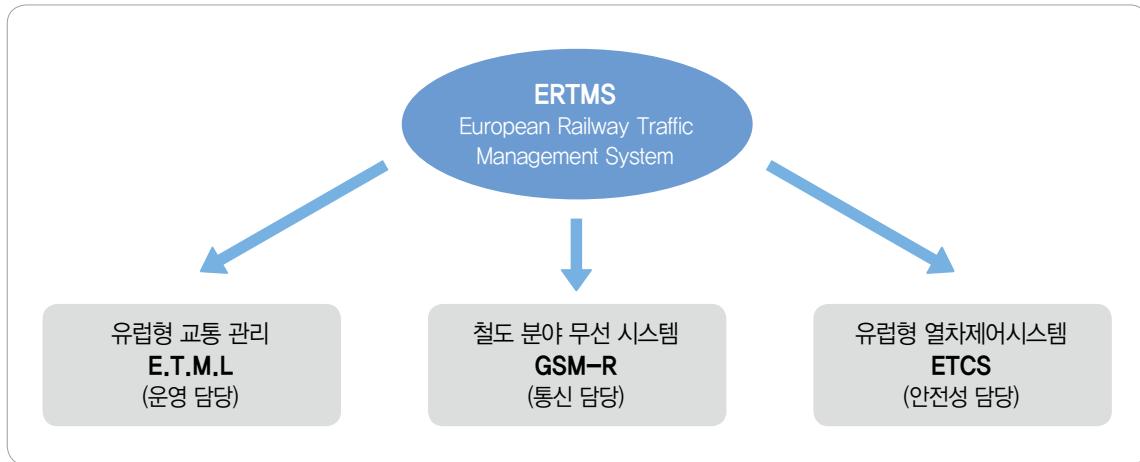
차상 장치와 지상 장치 간의 CBTC 통신 인터페이스는 모든 ATP, ATO 및 ATS 기능을 지원할 수 있어야 한다. 데이터 링크는 CBTC 제어 영역 내에서 연속해서 링크 구성이 되어야 하며, 터널 등 지하 구간에서도 열차 운전을 지원해야 한다. 또한 데이터 링크는 양방향 데이터 전송을 지원해야 한다. 데이터 링크는 열차제어 메시지를 안전하고 적절하게 보안을 유지하면서 전송할 수 있는 프로토콜 구조를 갖는다.

6.3.9 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS)

유럽 각국 철도에서는 열차제어시스템이 서로 달라 인접 국가들 간의 연계 운행에 어려움이 많다. 그래서 ETCS 즉, 유럽열차제어시스템 개발을 위한 컨소시엄을 구성하여 ERTMS 차상 신호 시스템을 개발하였다.

철도 수송을 구체화하기 위한 유럽연합과 국제철도연맹의 지원 하에 ERTMS의 개발은 급속도로 발전하기 시작하였다. 개발의 주목적은 기술적, 경제적, 상업적인 면에 있어서 철도 수송량 취급을 개량하기 위해 각각의 국가에서 사용하는 열차제어 및 안전관련 설비 운영 방법을 통합하는 데에 있다. 그 결과 ERTMS의 개발은 기본적으로 모든 현존하는 유럽 각국의 신호 시스템에서 사용 가능한 상호 호환성(interoperability), 신호 시스템 관련 기술 사양의 표준화에 의한 단일 시장성(single market), 열차 운행상의 안전성(safety), 그리고 에너지 효율성(energy efficiency)에 중점을 두고 진행되었다.

현재 진행 중인 ERTMS(european railway traffic management system)는 열차 운행의 안전성을 필수 조건으로 하는 ETCS(european train control system), ERTMS에서 중점적으로 사용 예정인 무선정보 전송 방식인 GSM-R(global system mobile for railway), 그리고 운영을 주요 목적으로 하는 ETML(european traffic management layer)로 분류된다.



[그림 6-43] ERTMS 기본 구조

(1) ERTMS/ETCS의 특징

유럽의 차세대 열차제어시스템으로 불리는 ERTMS/ETCS는 유럽 철도망에서의 국경 없는 열차 운행에 중점을 두고 개발을 시작하였다. 이의 주요 목적은 신호 시스템과 열차 운행 안전에 기본을 두고 현재 유럽에 존재하는 약 15개의 상이한 신호 시스템을 통합하는 데 있다. ERTMS/ETCS는 유럽 신호 관련 시장 단일화는 물론, 현존하는 신호 시스템 성능에서 요구하는 기본 기술 사양을 표준화함으로써 관련 철도 산업체 간에 공유함으로서 통합된 철도 신호 시장 형성을 목적으로 한다. 이에 따라 ERTMS/ETCS는 현재의 기술 한계와 미래의 가능한 기술 개발 능력(특히 무선통신 시스템)을 고려하여 가능한 면에 있어서 레벨 1, 레벨 2, 레벨 3으로 분류하여 취급한다.

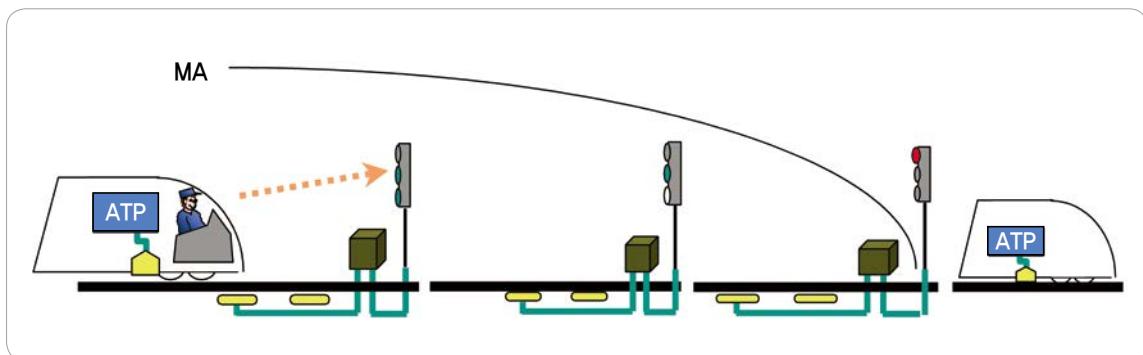
여기서 ERTMS/ETCS는 생산품이 아닌 유럽 통합 열차제어시스템이 보유해야 하는 기본적인 요구 사양을 의미하여, 관련 산업체는 이들 사양에 대한 요구 조건을 충족하도록 제품을 생산해야 할 의무를 갖는다.

[표 6-12] ERTMS/ETCS 레벨 특성

구 분	Level1	Level2	Level3
사용된 폐색 시스템	고정 폐색	고정 폐색	이동 폐색(MBS)
정보 전송 매체	발리스(balise)	무선(radio)	무선(radio)
궤도회로/차축 계수기	필요	필요	불필요
지상 신호기	필요	필요/불필요	불필요

1) ERTMS/ETCS 레벨 1

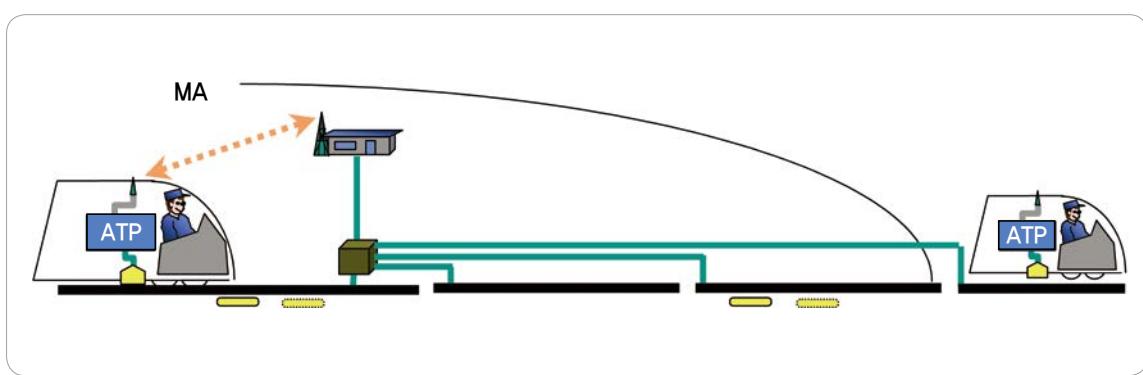
ERTMS/ETCS 레벨 1은 주로 고정 폐색 시스템과 선로 변 신호기에 의존한다. 이는 혼존하는 ATP 시스템과 동일한 형태로 특성이 주어짐에 따라 불연속 정보를 전송하는 eurobalise 또는 반 연속 정보를 전송하는 euroloop가 열차의 속도 제어를 위해 궤도에서 차량으로 정보를 전송한다.



[그림 6-44] ERTMS ETCS 1단계

2) ERTMS/ETCS 레벨 2

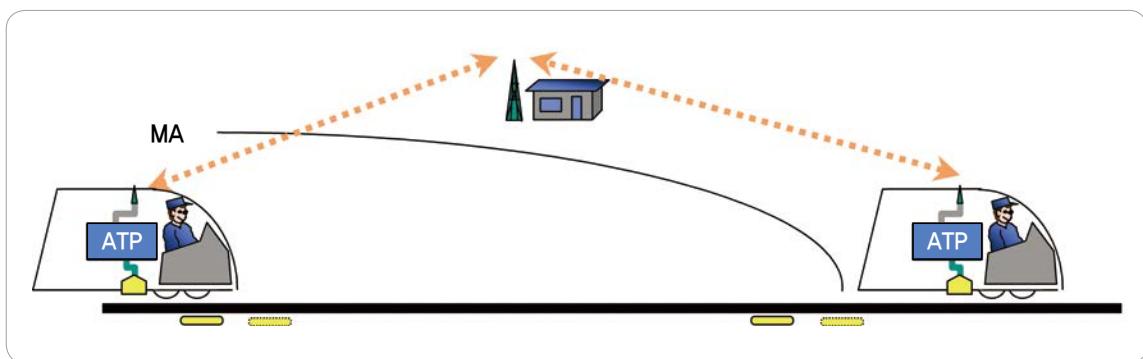
ERTMS/ETCS 레벨 2는 발리스 또는 loop 등과 같은 선로 변 신호기가 아닌 무선에 의해 열차의 속도가 제어된다. 즉 ERTMS/ETCS 레벨 2는 지상과 차량 간의 연속적인 양방향 무선통신과 열차 검지를 위한 불연속 정보 전송을 이용하여 연속적인 열차의 속도 제어 기능을 실행하는데, 이것이 ERTMS/ETCS 레벨 1과의 주요 차이점이다. 단지 기존 신호 시스템의 이중화 시에는 지상 신호기의 사용을 필요로 하지만, 단독적으로 ERTMS/ETCS 레벨 2만을 사용할 경우에는 지상 신호기를 필요로 하지 않는다.



[그림 6-45] ERTMS ETCS 2단계

3) ERTMS/ETCS 레벨 3

ERTMS/ETCS 레벨 3은 기능 면에 있어서 완전한 ATC 기능을 수행함으로써 연속적인 속도 제어를 실행한다. 열차 검지 및 선행 열차와 후속 열차의 열차 간격을 조정하는 기능이 ERTMS/ETCS 레벨 1과 레벨 2에서는 고정 폐색 시스템을 이용하는데 비해, ERTMS/ETCS 레벨 3에서는 이동 폐색 시스템을 사용한다는 것이 주요 특성이다. ERTMS/ETCS 레벨 3은 열차 운행에 연관된 신호 시스템이 완전한 무선방식에 의해 구현됨을 알 수 있다.



[그림 6-46] ERTMS ETCS 3단계

이러한 열차제어시스템의 발전방향은 기존선 및 고속선 철도망에 있어서 최적의 열차 운행 성능 및 안전성을 제공할 수 있음은 물론, 기존 시스템과의 호환성, 국가 간의 열차제어시스템 호환성, 국경 없는 철도 시스템의 건설, 선로 용량의 증대, 그리고 가장 적은 비용의 운영 및 유지 보수를 실행할 수 있을 것으로 기대된다.

특히 ERTMS/ETCS 시스템이 하위 레벨에서 상위 레벨로의 업그레이드가 가능함에 따라 향후 선로 변 설비는 새로운 무선 시스템 관련 설비로 대부분 교체되며 선로 변 설비의 운영 및 유지 보수가 급격히 감소할 것으로 예상된다.

핵심정리

>>>

1. 차상 신호 방식의 필요성

- 철도차량을 운전하는 기관사에게만 의존하는 ()의 단점을 보완하고 기상 악화나 기관사 인적 오류를 방지하기 위한 안전성과 신뢰성 확보가 필요한 시점이 되었다.
- ()은 안전성과 신뢰성이 확보되어 열차 속도 향상, 선로 용량의 증대에 기여할 수 있다.

2. 구조 및 시스템 종별

- ()은 열차 운행에 대한 제어를 차상에서 자동으로 실행하는 설비로, 복잡한 도시철도나 고속 열차를 안전하고 효율적으로 운행하기 위해 사용한다.
- 차상 신호제어 방식에는 () 방식인 열차자동제어장치(ATC)와 () 방식인 열차자동방호장치(ATP) 및 () 제어 방식(CBTC)이 있다.

3. 열차 운행 기술 및 종류

- 지상 신호 정보를 차상으로 인터페이스 하는 방법은 ()를 이용한 방법과 () (지상자 또는 발리스 등)을 사용하는 방법 등이 있다.
- () 폐색 방법인 무선통신을 이용한 열차제어 방법도 개발되었다.

4. 열차자동정지장치(ATS)

- 지상 신호방식은 기관사의 정확한 판단을 중요시한다. 하지만 인적 오류 또는 기상 악화로 인하여 제 기능을 발휘하지 못할 경우를 대비하여 규정 위반 운전 시 열차를 즉시 정차할 수 있도록 한 장치이다.
- ATS 장치는 전철 구간이나 비전철 구간에서 모두 사용되며 3현시에서는 정지신호에서만 동작하는 ()을 사용하고 있으며, 4현시, 5현시에서는 5가지 신호에 따라 동작하는 ()으로 차상 장치가 동작한다.

5. 열차자동제어장치(ATC)

- 궤도회로를 이용한 차상 신호 제어장치로 열차의 속도, 선행 열차와의 간격, 진로 상태 등에 따라 () 정보를 차상으로 전송하는 장치이다.
- ATC 장치에는 각 구간의 지상 측 열차 검지 기능, 신호정보 전송 기능, 차상 측 신호정보 수신 기능, 수신 정보에 따른 제한속도와 열차의 현재 속도를 비교하여 차상 장치에서 열차를 () 내로 유지하는 기능 등이 있다.
- ATC 신호는 열차를 검지하는 ()(TD), 속도 정보를 전송하는 (), 차상에서 인식하는 ()(CAB signal)가 있다.

6. 열차자동운전장치(ATO)

- 열차가 정거장을 출발하여 다음 정거장에 정차할 때까지 가속 및 감속을 조절하고 정거장에 도착 시 정위치에 정차하는 일을 자동적으로 수행한다.

핵심정리

>>>

- 열차에 출발 신호가 지시되면 자동적으로 가속되고 주행 구간의 규정 속도에 이르면 다시 ()으로 열차를 운행하게 한다.

7. 열차자동방호장치(ATP)

- 궤도회로가 아닌 별도의 () 또는 ()을 이용하여 열차 운행에 필요한 이동 권한, 제한속도, 구배 등의 정보를 차상으로 전송하는 Distance-to-go 기능에 의한 차내 신호방식이다.
- 차상의 ()에는 최대 허용 속도(10km/h 단위), 열차 길이, 열차 등급(여객열차, 화물열차, 모터 카, 멀티플 등 열차 종별), 열차의 가속도 및 감속도(m/s^2) 등을 입력한다.
- 지상에는 제한속도(최대 허용 속도, 목표 속도), 목표 거리(정 지점과의 거리), () 등 선로 Data를 포함한 고정 및 가변 정보를 가지고 있는 ()를 설치하여 열차 운행 시 차상에서 지상의 정보를 수집, 제동 곡선을 연산하여 열차를 안전하게 방호한다.
- ATP 기능은 과속도 방어(제한속도, 최대 허용 속도), 선행/후행 열차 거리 유지, (), 궤도 및 열차 감시, () 등의 기능이 있다.

8. 무선통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC)

- 궤도회로에 의존하지 않고 무선통신을 이용한 CBTC(또는 이동 폐색 시스템(MBS)) 시스템에 의해 구현되며, CBTC 시스템은 다음과 같은 특성을 갖는다.
 - () 폐색 시스템의 구축
 - 지상 장치와 열차 간의 ()을 이용한 인터페이스
 - ()를 사용하지 않음
 - 타고메터, 발리스, 유도 루프, RF 기술 등 다양한 열차 위치 확인 방식 사용
 - 기존 열차제어시스템과 쉽게 () 운전 가능
 - 지상 신호 설비들의 감소에 따른 유지 보수비 ()

9. 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS)

- 유럽은 열차제어시스템이 서로 달라 인접 국가들 간의 연계 운행에 어려움이 많으므로 ETCS 즉, 유럽 열차제어시스템인 ERTMS 차상 신호 시스템을 개발하였다.
- 유럽 각국의 신호 시스템에서 사용 가능한 (), 신호 시스템 관련 기술 사양의 표준화에 의한 단일 시장성(single market), (), 그리고 에너지 효율성(energy efficiency)에 중점을 두고 개발되었다.
- 열차제어시스템의 발전방향은 기존선 및 고속선 철도망에 있어서 최적의 열차 운행 성능 및 안전성을 제공할 수 있음을 물론, 기존 시스템과의 호환성, 국가 간의 열차제어시스템 호환성, 국경 없는 철도 시스템의 건설, (), 그리고 가장 적은 비용의 운영 및 유지 보수를 실행할 수 있을 것으로 기대된다.