

1장

전기동차 일반

1.1 철도 일반

학습목표

- 철도 및 전기동차와 관련된 용어에 대하여 설명할 수 있다.
- 철도의 발전 과정에 대하여 이해할 수 있다.
- 전기동차의 차량 종별 및 주요 기기에 대하여 설명할 수 있다.
- 전기동차 집전 방식 및 절연 구간에 대하여 설명할 수 있다.
- 전기동차의 일반적인 제어 과정을 이해할 수 있다.

1.1.1 개요

철도는 안전하고 신뢰성 있는 대량 수송을 대표적인 장점으로 갖고 있는 육상 교통수단으로서, 고속 열차 운행에 따른 신속성과 전기 차량의 운행으로 환경오염까지 감소시키고 있다는 장점도 있다.

일반적으로 지하철이라 하는 도시철도 또한 자동차에 비해 편리성과 접근성은 낮지만 정거장 간 거리가 짧고 출퇴근 시간에도 일정한 시간 간격으로 정체 없이 운행을 할 수 있어 안전하고 신뢰성이 있는 대도시 대중교통 수단으로 인식되고 있다.

철도의 여러 장점 중에 특히 안전하고 신뢰성이 있는 철도 수송은 일반적인 인식이나 철도 시스템의 자동화만으로 이루어지고 있는 것이 아니라, 각종 시설을 보수·유지하고 운용하는 사람들의 보이지 않는 노력이 바탕이 되고 있다.

우리나라 철도의 발전 과정 또한 마찬가지로 일반 철도, 지하철, 고속철도 등 모든 철도가 세계 최초로 운행을 시작한 국가보다 약 40~110년 늦은 철도 후진국이었으나, 철도와 관련이 있는 사람과 기업의 숨은 노력으로 세기의 격차를 극복하여 현재는 철도 운영 및 기술 선진국으로 부상하고 있다.

전기를 동력원으로 하는 차량이 운행하는 철도를 전기철도(Electric Railway)라 하며 전기철도의 동력차는 전차선의 전기를 집전장치를 통해 공급받아 전동기를 구동하여 견인력을 발생시키는 차량이다. 전기철도는 전차선에 공급하는 전기 종류에 따라 교류 방식과 직류 방식으로 구분하며, 도시 철도 전기동차도 전차선 전기방식에 따라 교류 구간만 운행할 수 있는 교류 전기동차, 직류 구간만 운행할 수 있는 직류 전기동차, 교류와 직류 구간을 동시에 운행할 수 있는 교·직류 전기동차로 구분하고 있다.

전기동차로 승객 수송을 담당하고 있는 철도 운영 기관은 한국철도공사, 서울교통공사 등 많은 기관이 있으며 각 기관별로 전기 방식, 신호 시스템, 운전 방식, 중량 및 경량 전철 등의 차이에 따라 다양한 종류의 전기동차가 운행되고 있다. 전기동차는 1990년대 중반부터 모든 운영기관이 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 제어 방식의 전기동차를 운영하고 있으며, 일반 철도의 전기기관차와 고속철도 등 전기철도는 VVVF 제어 방식의 전기차량을 사용하고 있다.

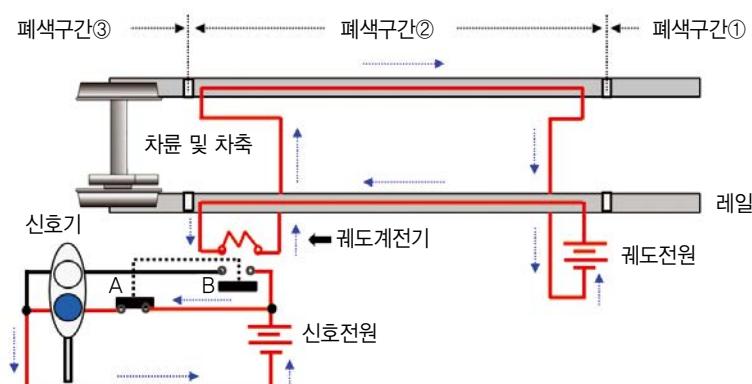
1.1.2 용어 정의

(1) 철도 일반 용어

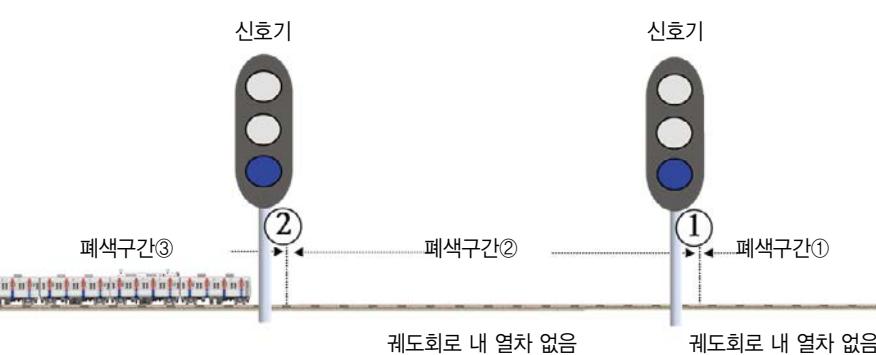
- 1) 철도란 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설과 철도차량 및 이와 관련된 운영·지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말한다. 철도는 미국식 표기로는 Railroad, 영국식 표기로는 Railway라 한다.
- 2) 선로란 철도차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반 또는 인공 구조물로 구성된 시설을 말한다.
 - ① 레일(Rail)은 철도차량의 차륜이 회전할 수 있도록 하는 주행면과 주행선을 제공하여 주행을 유도하며 기능은 차량의 하중(무게)을 직접 지지하는 역할과 전기 차량의 귀선 전류의 통로 및 신호 전류의 궤도회로 등 전기회로의 역할을 한다.
 - ② 궤도회로는 레일을 전기회로의 일부분으로 사용하여 선로 위의 열차 또는 차량의 위치를 검지하는 설비를 말한다.
 - ③ 궤도란 철도차량이 운행할 수 있도록 레일·침목 및 도상(道床)과 이들의 부속품으로 구성된 시설을 말한다.
 - ④ 궤간이란 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14mm 아래 지점을 기준으로 한다. 1886년 국제회의에서 1,435mm를 표준궤간으로 적용하도록 하였으며 우리나라도 표준궤간을 사용하고 있다.

3) 열차 제어란 열차의 진로와 신호 등을 제어하여 열차의 운행을 제어하는 것을 말한다.

- ① 폐색장치란 폐색구간의 폐색 신호방식을 구성하기 위한 신호 제어 기기를 말하며, 폐색이란 선로를 일정한 구간으로 구분하여 그 구간에 2개 이상의 열차가 동시에 운전할 수 없도록 하는 것을 말한다.
 - ② 신호란 모양, 색 또는 소리 등으로서 열차 또는 차량에 대하여 운행의 조건을 지시하는 것을 말한다.
 - ③ 진로란 열차 또는 차량이 운전하여 나가는 통로로서 신호기에 진로표시기를 부착하여 열차 또는 차량이 진입하거나 진출할 선로를 기관사에게 표시한다.
- 4) 회로란 전기가 흐를 수 있도록 하는 통로를 말하며 회로에 교류전류가 흐르면 교류회로, 직류전류가 흐르면 직류회로라고 한다. 궤도회로와 신호 및 폐색구간의 기본적인 사항은 다음과 같다.

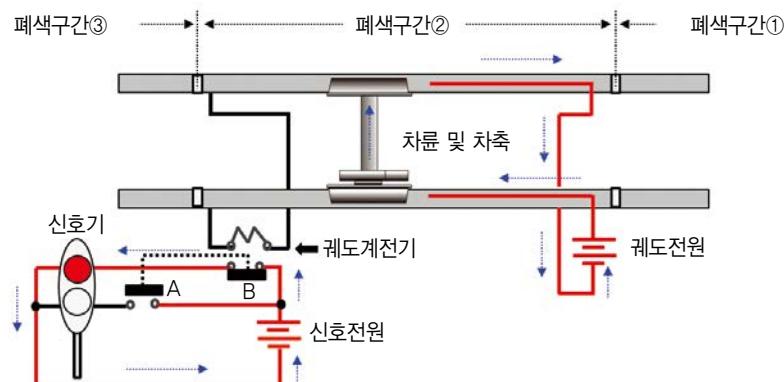


[그림 1-1] 궤도회로 1



[그림 1-2] 신호 현시 1

- ① [그림 1-1]에서 궤도를 일정 구간으로 구분하여 각각의 구간마다 궤도 전원과 궤도계전기로 선로 위의 열차 또는 차량의 위치를 검지하여 운행 중인 열차의 기관사에게 신호기로 그 구간에 진입 여부를 표시한다. 따라서 일정하게 구분한 구간에는 2개 이상의 열차가 운행 할 수 없도록 한다.
- ② 열차 또는 차량을 검지하는 방법은 궤도 전원의 전류가 레일과 전선을 통하여 + 방향에서 – 방향으로 흐를 수 있도록 통로가 구성되어 궤도를 통하여 흐르는 전류에 의하여 궤도계전기가 작동한다. 궤도계전기가 작동하게 되면 궤도계전기와 연동되어 작동하는 A 접점을 닫아(Close) 신호 전원은 진행을 지시하는 신호를 점등시키고 B 접점은 열려(Open) 정지를 지시하는 신호는 소등시킨다. 따라서 [그림 1-2]의 폐색구간②에 열차나 차량은 없는 것을 표시할 수 있도록 한다.



[그림 1-3] 궤도회로 2



[그림 1-4] 신호 현시 2

③ [그림 1-3]에서 열차나 차량이 궤도회로 내로 진입하게 되면 궤도 전원의 전류는 차륜과 차축에 의해 도중 차단되고 궤도계전기는 작동하지 못한다. 따라서 궤도계전기와 연동되어 작동하는 A 접점은 열려 진행을 지시하는 신호를 소등시키고, B 접점은 닫히게 되어 적색 등을 점등시키게 된다. 따라서 [그림 1-4]의 폐색구간②에 열차나 차량이 있는 것을 표시하여 다른 열차나 차량이 폐색구간③에 진입할 수 없음을 표시한다. 위 궤도 회로는 직류회로로 폐색구간의 구분, 신호 현시 방법을 이해할 수 있는 간단한 회로이다.

5) 지상이나 차내의 신호와 연계되어 운행 중인 열차가 신호 현시에 따른 제한속도를 초과할 경우 자동으로 속도를 감속시키거나 또는 정지시키는 장치로 열차 자동정지장치(ATS : Automatic Train Stop), 열차자동제어장치(ATC : Automatic Train Control), 열차자동방호장치(ATP : Automatic Train Protection) 등이 있다. 신호는 ATS 방식은 [그림 1-2, 1-4]와 같이 지상에 있는 신호기로 확인하며 ATC와 ATP 방식은 운전실 내에 있는 차내 신호기로 확인한다.

① 열차자동정지장치(ATS)란 열차가 지상에 설치된 신호기의 현시 속도를 초과하면 3초간 경보를 하고 3초 이내 감속 조치를 하지 않을 경우 열차를 자동으로 정지시키는 장치를 말한다. 정지신호 구간을 진입할 경우에는 즉시 비상제동이 체결된다.

② 열차자동제어장치(ATC)란 앞서가는 열차의 위치와 선로 조건에 의한 운행 속도를 차상으로 전송하여 운전실 내 ADU(Aspect Display Unit : 차내 신호기)에 표시하며 열차의 실제 운행 속도가 이를 초과하면 자동으로 감속시키며 경보를 하는 장치를 말한다. [그림 1-5]에서 ADU의 지시 속도는 15km/h로 실제 속도는 정차 상태임을 표시하고 있다.

③ 열차자동방호장치(ATP)란 앞서가는 열차 위치 등 열차 운행에 필요한 각종 정보를 지상 장치를 통해 차량으로 전송하면 차상의 신호 현시창에 표시하며 열차의 속도를 감시하여 일



[그림 1-5] ADU



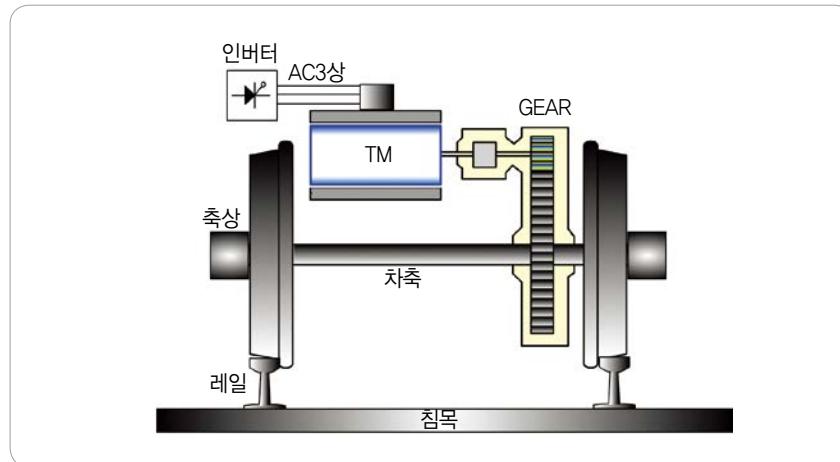
[그림 1-6] MMI

정 속도 이상을 초과하면 자동으로 감속 · 제어하는 장치를 말한다. [그림 1-6]에서 MMI¹⁾는 실제 속도가 75km/h로 허용 속도인 65km/h보다 초과되어 자동 감속제동이 이루어지고 있음을 표시하고 있다.

- 6) 열차 최고 속도는 영업 운행을 할 때 최고 운전 속도를 말하며 선로 최고 속도에 제한을 받는다. 동력차 성능에 따른 차량 최고 속도가 150km/h라 하더라도 선로 최고 속도를 130km/h로 제한하고 있다면 이 구간을 운행하는 열차의 최고 속도는 130km/h로 제한된다.

(2) 차량 일반 용어

- 1) 차륜은 레일 면 위를 회전하면서 주행하는 역할을 하며 차량의 하중을 레일에 전달한다. 차륜 중 동력을 발생시키는 장치에 연결봉으로 연결되어 있거나 또는 견인전동기 회전축에 기어(Gear)와 연결되어 견인력을 발생시키는 차륜은 동륜으로 구분한다.



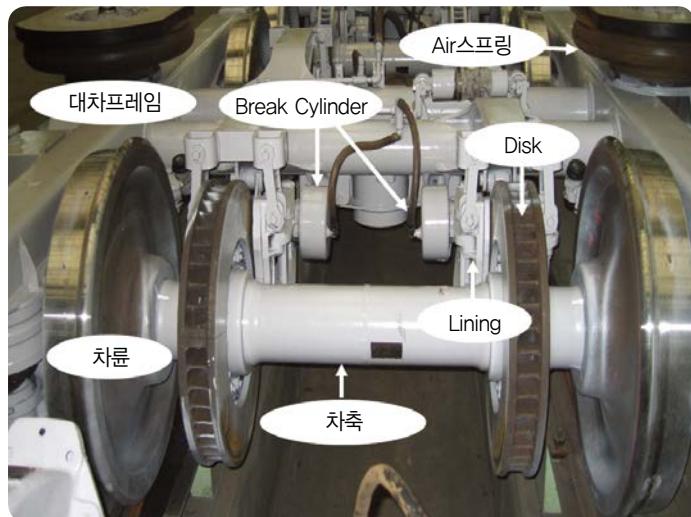
[그림 1-7] 동력 전달 과정 개략도

- ① 기어는 치차라고도 하며 톱니바퀴를 이용하여 회전력을 전달하는 장치다.
- ② 견인력은 열차를 끌고 속도를 높일 수 있는 힘을 말한다.
- ③ 견인전동기(Traction Motor)는 동력 차량의 대차에 설치되어 견인력을 발생시키는 Motor로서 견인전동기에서 발생되는 견인력은 전동기 회전축과 기어로 연결된 동륜에 전달되어 열차가 운행을 할 수 있도록 하고 있다.

1) Man and Machine Interface로 실제 열차 속도, 최대 허용 속도, 다음 구역의 속도제한 등을 표시하여 주는 일반 열차 운전실내 신호 표시장치

2) 대차(Bogie)는 차축과 차륜, 축상(Axle Box) 및 지지 장치, 기초 제동장치, 견인전동기(동력 차량에 한함), 대차 Frame 등으로 구성되며 차체의 중량을 지지하는 주행 장치를 말한다. 1 개 차축은 2개의 차륜과 결합되어 있다.

① 1개 대차는 2개 이상의 차축으로 구성되며 [그림 1-7]의 차축 끝부분에 차축이 회전할 수 있도록 베어링을 설치한 장치를 축상이라 하며, 축상은 지지 장치에 의해 대차 프레임에 고정된다.



[그림 1-8] 전기동차 일반 대차

② 기초 제동장치는 압축공기를 이용하여 차륜답면을 제륜자로 압착하는 답면 제동과 제동용 원판(Disk)을 부착하여 Lining 제륜자(lining brake shoe)로 압착하는 Disk 제동이 있다.

③ 제동(Break)이란 공기, 전기 등을 이용하여 운행 중인 열차 또는 차량을 정지시키거나 감속시키기 위한 취급을 말한다.

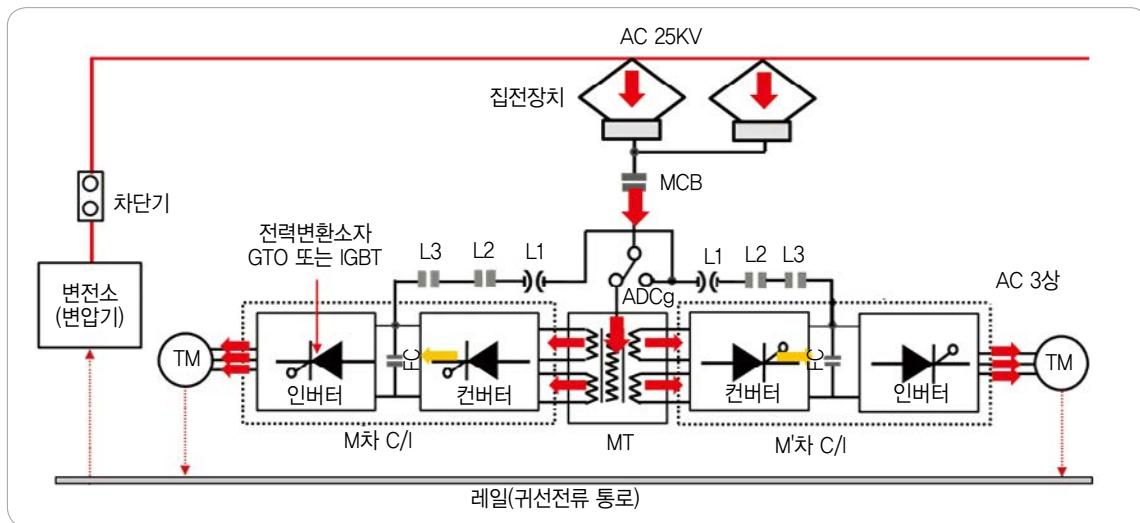
(3) 전기 일반 용어

1) 전차선은 전기 차의 집전장치와 접촉하여 전기 차에 전기를 공급하기 위한 전선을 말한다. 한국철도공사는 교류 방식인 AC 25,000V를, 도시철도에서는 직류 방식인 DC 1,500V, DC 750V를 사용하고 있다.

① 집전장치란 전차선과 접촉하여 전기 차가 전기를 공급받을 수 있도록 하는 장치로, 집전 방식에 따라 일반적으로 궤도 상부에 있는 전차선에서 전기를 공급받는 팬터그래프

(Pantograph)와 급전용 궤도인 제3궤조에서 전기를 공급 받는 집전 슈(Collector shoe) 등이 있다.

- ② 변전소는 발전소에서 송전하는 대단히 높은 교류전압(특고압)을 용도에 따라 변압기(Transformer)를 이용하여 낮추거나 정류기(Rectifier)를 이용하여 직류로 변환하기 위한 시설을 말한다.
- ③ 변압기(Transformer)란 전자 유도 작용으로 교류의 전압을 높이거나 낮추는 작용을 하는 장치이며, 정류기는 교류전력을 직류전력으로 변환하는 장치를 말한다.
- 2) 전력 변환 장치란 전력 변환용 반도체 소자를 이용하여 전압의 크기나 주파수를 변화시키거나 교류를 직류로 또는 직류를 교류로 바꾸는 장치를 말한다.



[그림 1-9] 교류구간 전력 변환 과정 개략도

- ① 전력 변환용 반도체 소자 중 스위칭 작용을 할 수 있는 반도체 소자는 Gate의 ON, OFF 제어가 가능한 사이리스터(Thyristor), Thyristor보다 Gate 제어가 간편해진 GTO(gate turn off thyristor), GTO 방식보다 Gate 제어가 빠르고 경량화된 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)가 있다.
- ② 전기동차의 주 변환 장치는 컨버터(Converter)와 인버터(Inverter)로 구성되어 있어 약정을 C/I라고 한다. 컨버터는 교류를 직류로 변환시키고, 인버터는 직류를 삼상교류로 변환하여 견인전동기에 공급한다. 이때 인버터는 삼상교류의 전압(V), 주파수(f), 슬립주파수(fs)를 변화시켜 견인전동기 회전력이나 회전수를 제어할 수 있어 VVVF(Variab

Variable Frequency) 인버터라고 한다.

- 3) 정격전압 또는 정격전류란 전기기기 등에 사용되는 기준 전압이나 전류치를 말하며, 과전압(Over Voltage) 또는 과전류(Over Current)는 허용된 전압이나 전류를 초과할 경우 기기의 손상을 방지하기 위하여 차단을 필요로 하는 전압이나 전류를 말한다.
 - ① 단락이란 회로의 전선 간 절연 피복 등의 손상에 따라 낮은 저항으로 접촉되는 경우를 말하며, 이때 과전류가 흐르게 된다.
 - ② 서지(Surge)란 전기회로에 흐르는 전류, 전압 등으로 짧은 시간 급속히 증가하고 서서히 감소하는 특성을 가지고 있어, 전기기기의 손상을 방지하기 위하여 자동으로 차단 작용을 할 수 있도록 하여야 한다.

1.1.3 철도의 정의

1.1.3.1 일반적인 정의

일반적으로 철도(Railway)란 육상 교통수단으로서 레일 또는 일정한 안내 레일(Guide way)에 유도되어 여객 및 화물을 운반하는 시설로 정의하고 있다. 사전에서는 “일련의 토지 위에 철제 레일을 부설하고 그 위에 차량을 운전하여 여객과 화물을 운송하는 설비 및 수송 체제”라 해석하고 있다.

오늘날 철도는 나무판자 통로 위를 마차를 이용하여 광물을 수송하였던 철도의 기원에서 시작되어 레일과 차륜이 접촉되지 않고 차량을 레일 위로 띠워 운행하는 자기부상열차의 실용화 등 비약적인 발전을 하였다. 단순한 시각에서 자기부상열차도 일정한 토지 위에 레일을 부설하여 여객을 수송하는 설비 및 수송 체제라는 일반적인 철도의 정의와 같은 내용일 것이다.

1.1.3.2 관련 법의 정의

철도산업기본법에서는 “철도란 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설과 철도차량 및 이와 관련된 운영·지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말한다.”라고 되어 있다. 따라서 단순한 일반적인 정의에서 고속화된 열차와 짧은 간격으로 많은 열차가 운행할 수 있는 열차 제어 및 보안장치 등 복잡한 시설의 설비와 이를 운영하고 보수 유지할 수 있는 운영·지원 체계까지 구체적으로 정의하고 있다.

1.1.3.3 철도 시스템의 정의

철도는 영업, 운전, 차량, 선로, 전기, 신호, 통신, 관제 등 각 철도 시스템 운용자의 전문성 확보로

더욱 복잡해지는 각종 시설의 완벽한 보완·유지와 더불어 철도 시스템 간 유기적인 체계를 구성하는 것이 필요하다. 열차 운전의 책임자인 기관사 또한 안전한 철도 수송을 위하여 운전 기술과 차량에 대한 지식뿐만 아니라 철도 운행과 관련된 철도 시스템에 대한 이해가 요구되고 있다. 철도 시스템과 운영 분야의 오류는 철도의 대표적인 장점인 안전하고 신뢰성 있는 대량 수송을 보장할 수 없어 철도 시스템의 관점에서 철도는 “시설과 인간의 오류가 없어야 하는 Railway”라 할 수 있다.

1.1.4 철도의 발전 과정

1.1.4.1 철도의 기원

철도의 기원은 16세기경 독일의 광산 지역에서 나무판자로 통로를 설치하고 그 위로 광물을 운반하는 마차가 통행하면서부터이다. 이후 마차의 바퀴가 판자에서 밀려나지 않도록 테두리를 설치하였으나, 나무 바퀴와 판자가 파손되는 경우가 많아 17세기경 영국에서 철제로 바꾸어 사용하게 된 것이 철제 레일의 기원이라 할 수 있다.

1804년 영국의 리처드 트레비식(Richard Trevithick)은 자신이 제작한 증기기관차에 10ton의 철광석을 실은 화차를 연결하고 약 16km 구간을 8km/h 정도의 속도로 시험 운행에 성공하여 레일 위를 주행한 세계 최초의 증기기관차로 평가되고 있다.

이후 증기기관차에 대한 연구는 계속되어 1814년 영국의 조지 스티븐슨(George Stephenson)이 증기기관차를 제작하여 시험 운행에 성공하였으며, 트레비식의 증기기관차와는 다르게 광산 철도에 활용되었다.

1.1.4.2 철도의 시작

1825년 9월 27일 영국 북부지방의 스톡턴(Stockton)에서 달링턴(Darlington)까지 약 40km 구간을 스티븐슨(George Stephenson)이 제작한 증기기관차에 35량의 차량을 연결한 후 승객과 석탄을싣고 16km/h 속도로 운행한 것을 공식적인 철도의 개통으로 기록하고 있어 영국은 세계 최초로 철도를 개통한 국가가 되었다.

철도 개통 이후 증기기관차는 1830년 영국에서 최고 속도 46km/h로 가장 먼저 여객 수송 운행을 시작한 이후 프랑스, 독일, 미국 등의 국가에서 최고 속도 120~140km/h의 열차를 운행할 정도로 발전을 거듭하며 오랫동안 철도 동력차의 중추를 담당하였다.

[표 1-1] 대륙별 주요 국가 철도 개통 연도

연도	국 명	연도	국 명	연도	국 명
1825	영국	1851	페루, 칠레	1872	일본
1828	프랑스	1853	인도	1881	중국
1830	미국	1854	오스트레일리아	1892	필리핀, 이란
1835	독일	1855	이집트	1899	한국

1.1.4.3 철도의 발전

(1) 일반 철도

전기기관차와 디젤기관차를 개발하기 시작한 국가는 독일로서 1879년에는 전기기관차, 1912년에는 디젤기관차를 제작하였다. 이후 실용화 단계를 거치면서 증기기관차의 매연 발생 등 환경적인 요인, 도중 급수 및 연료 보충의 문제점, 중량 대비 출력의 한계 등에 따라 동력차는 디젤기관차 및 전기기관차로 교체가 이루어지기 시작하였다.

우리나라는 1899년 9월 18일 경인선 노량진~제물포 간 33.2km 구간을 개통하여 증기기관차로 운행을 시작한 이후, 1954년 미군이 사용하던 디젤기관차 4대를 무상으로 받아 운행을 시작하였다. 1967년에는 증기기관차의 운행을 중지하였고, 1973년 전기기관차를 도입하여 운행할 때까지는 디젤기관차가 철도 수송을 전담하였다.

(2) 지하철

1) 세계의 지하철

세계 최초의 지하철은 1863년 영국 런던에서 증기기관차로 운행을 시작하였으나, 1896년 형거리 부다페스트에서 전기철도 방식의 지하철이 개통된 이후 세계의 모든 지하철은 전기철도 방식으로 운행을 하게 되었다.

아메리카 대륙에서는 1901년 미국의 보스턴 지하철이, 아시아 국가로는 1927년 일본의 도쿄 지하철이 최초로 운행을 시작하였다.

2) 우리나라의 지하철

우리나라는 세계 최초의 지하철 개통 시기보다 111년 늦은 1974년 8월 15일에 당시 서울 지하철 1호선과 수도권 전철 구간을 개통하여 운행을 시작하였다.

지방 도시인 부산과 대구까지 지하철이 운행되었던 2003년에는 대구 지하철 1호선의 화재 사고로 200명의 사망자가 발생하는 대형 참사도 있었지만, 짧은 기간 내 많은 양적 · 질적인 발전을 이

루었으며 현재는 중소 도시까지 철제 차륜 및 고무 차륜 AGT(Automated Guideway Transit) 방식, LIM(Linear Induction Motor) 방식의 경량 전철이 운행되고 있다.

도시철도법 시행에 따라 지하철을 도시철도라 하고 있으며, 자기 부상 방식 경량 전철이 운행되고 노면전차인 트램(Tram) 운행까지 추진되고 있다.

(3) 고속철도

1964년 일본에서 최고 속도 210km/h의 신칸센 고속철도 개통 이후 세계 철도는 고속철도 시대로 진입하기 시작하여 1981년 프랑스의 TGV(Train a Grande Vitesse), 1988년 독일의 ICE(Intercity express) 등이 고속철도 영업운전을 시작하였다. 현재 고속철도는 전기 차량으로 차륜과 레일이 접촉되며 운행하는 접착식 방법으로서, 차량 시운전 최고 속도는 400~500km/h에 이르고 있으나 영업 운전 속도는 300~350km/h를 유지하고 있다.

우리나라는 2004년 4월 1일 서울~부산 간을 최고 속도 300km/h로 영업 운전을 시작하였다. 이 때 도입된 차량은 TGV였으나 6년 후 국내 기술로 KTX-산천을 제작하여 운용하기 시작하였다. 또한 300km/h 이상의 영업 운전을 목표로 새로운 고속차량을 제작해 2013년도에는 세계에서 네 번째의 시운전 속도인 421.4km/h를 기록하였다.

(4) 자기부상열차

1970년대부터 차륜과 궤도가 접촉하지 않고 차체를 부상시켜 운행하는 자기부상열차에 대한 연구가 시작되어 현재 일본, 중국 등 일부 국가에서 단거리 구간의 영업 운전을 하고 있다. 2015년도에 일본에서 초전도자석을 이용한 반발 부상 방식과 LSM 추진 방식의 자기부상열차 시험 운전 결과 최고 속도 603km/h를 기록하고 있으나, 현재 자기 부상 방식의 장거리용 고속 열차는 시험 단계에 있다.

우리나라도 2016년 2월 인천국제공항~용유역 간 상전도 흡인식 부상 방식과 LIM 추진 방식의 무인 자기 부상 철도를 개통하여 영업 운전을 하고 있다.

- 1) 자기부상열차의 부상 방식은 반발식과 흡인식으로 구분하며 자석의 종류는 영구자석, 전자석, 초전도자석을 사용하고 있다.
- 2) 추진 방식은 LIM(Linear Induction Motor) 방식과 LSM(Linear Synchronous Motor) 방식을 사용한다.
 - ① LIM는 선형 유도전동기로서 유도전동기의 고정자와 회전자를 평면의 형태로 하여 선로 내와 차체 하에 배치하여 직선으로 추진력을 발생시키는 비동기전동기 방식이며 LSM(Linear Synchronous Motor)는 동기전동기 방식이다.

- ② 회전형 유도전동기나 동기전동기는 전동기 회전력이 기어에 의하여 동륜에 전달되므로 전동기의 회전운동이 열차의 직선운동으로 바뀌지만 LSM이나 LIM 방식의 자기부상열차는 비점착식 직선운동이다.

1.2 전기동차 차량 일반

1.2.1 전기동차 차량 기능

1.2.1.1 차량의 종류와 열차 편성

(1) 과천선VVVF 전기동차 차량 종류

전기동차의 차량 종류는 먼저 운전실이 있는 TC차(Train Control Car), 동력 장치가 있어 차량을 견인할 수 있는 동력 차량인 구동차(Motor Car), 동력 장치가 없는 부수차(Trailer Car)로 구분한다. 차량별로는 기능 및 주요 기기 배치의 차이에 따라 TC, M, M', T, T1라는 약칭을 사용한다.

1) TC차(Train Control Car)는 운전실이 있어 연결된 모든 차량을 제어할 수 있어 제어 차라고 하며, 동력 장치가 없어 동력 차량에 견인되는 차량으로 약칭은 TC차라 한다.

2) 구동차(M)의 종류 및 약칭

① VVVF 인버터로 견인전동기를 제어할 수 있는 동력 차량으로 지붕 위에 전차선에서 전기를 받아들이는 집전장치인 Pantograph가 있어 동력이 없는 차량을 견인할 수 있으며 약칭은 M'차(Motor Car)라 한다.

② VVVF 인버터가 견인전동기를 제어할 수 있는 동력 차량이지만 집전장치가 없어 인접하여 연결된 M'차에서 전기를 공급받아 동력 장치를 구동하는 차량으로 약칭은 M차(Motor Car)라 한다.

3) 부수차(T)의 종류 및 약칭

① 운전실과 동력 장치가 없어 동력 차량에 견인되는 차량으로 약칭은 T차(Trailer Car)라 한다.

② 운전실과 동력 장치가 없어 동력 차량에 견인되는 차량으로 T차와 같으나 보조 전원 장치(SIV) 등 기기 배치의 차이에 따라 약칭을 T1차(Trailer Car)라 한다.

(2) 전기동차 편성

1) 전기동차는 차량의 종류에 따라 기능 및 기기 배치가 다르다. 승객을 취급할 수 있는 열차로

운행하기 위하여 모든 차량을 제어할 수 있는 TC차와 집전장치가 있는 동력 차량인 M'차를 연결한다. 이렇게 각각 기능이 다른 차량을 6대, 8대, 10대씩 연결한 것을 편성이라 하며 운전실이 있는 TC차를 맨 앞과 맨 뒤에 2칸을 연결한다.

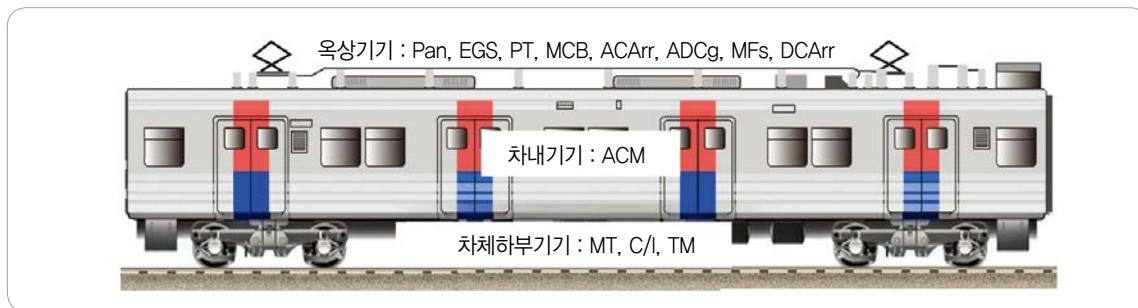
- ① 6칸 편성은 TC – M – M' – T – M' – TC차 순서로 연결하며 구동차(M) 3대, 부수차(T) 3대로 약칭은 3M3T라 한다. M차는 반드시 집전차량인 M'차와 인접하여 연결되어야 동력 장치를 사용할 수 있어 M+M' 2량을 Unit로 한다.
- ② 8칸 편성은 TC – M – M' – T – T – M – M' – TC차 순서로 연결하며 약칭은 4M4T라 한다.
- ③ 10칸 편성은 TC – M – M' – T – M' – T1 – T – M – M' – TC차 순서로 5M5T라 한다.
- 2) 차량 번호는 맨 앞 TC차부터 0호차, 1호차, 2호차 … 9호차 순서로 한다.
- 3) TC차는 동력 장치가 없는 차량으로서 전동 열차 편성 차량에서 구동차와 부수차로 구분할 경우에는 부수차로 분류된다.

1.2.1.2 주요 기기 배치 및 기능

(1) 주요 기기 배치

전기동차 차량별로 주요 기기는 차 위 옥상과 차체 하부에 분산되어 배치하였다.

- 1) TC차는 운전실이 있는 차량으로 차체 하부에 SIV(Static Inverter), 공기압축기(Compressor Motor), 축전지(Battery)가 배치되어 있다.
- 2) M차는 차체 하부에 주변환장치(Converter/Inverter), 견인전동기(Traction Motor)가 배치 되어있다.
- 3) M'차는 차체 옥상에 팬터그래프(Pantograph), 비상접지스위치(Emergency Ground Switch), 계기용변압기(Grounding Potential Transformer), 교류피뢰기(AC Arrester),



[그림 1-10] M'차 기기 배치 예

주차단기(Main Circuit Breaker), 교직질환기(AC-DC Change Over Switch), 주퓨즈(Main Fuse), 직류피뢰기(DC Arrester) 등이 배치되어 있으며, 차내에는 보조공기압축기(Auxiliary Compressor Moter), 차체 하부에는 주변압기(Main transformer), 주변환장치(Main Converter/Inverter), 견인전동기(Traction Motor)가 배치되어 있다.

- 4) T차는 차체 하부에 연장급전 접촉기(Extension Supply Contactor)가 있다.
- 5) T1차는 차체 하부에 SIV(Static Inverter), 공기압축기(Compressor Moter), 축전지(Battery)가 배치되어 있다.

(2) 주요 기기 기능

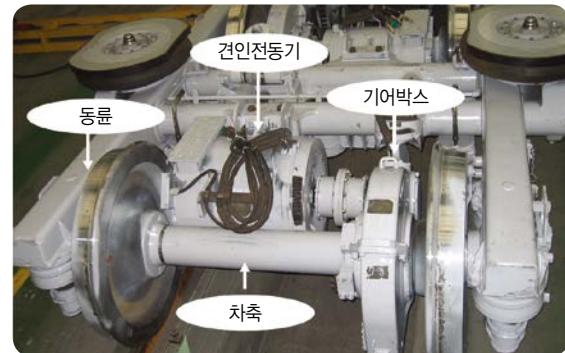
- 1) SIV는 보조전원장치(Auxiliary power system)라 하며 교류 구간은 컨버터에서 출력되는 DC 1,800V, 직류 구간은 전차선에서 공급되는 DC 1,500V를 AC 3상 440V로 변환하여 객실 냉난방, 조명 장치 등에 사용된다. 또한 별도로 출력되는 DC 100V로 축전지를 충전하고, 운전실에서 연결된 모든 차량을 제어할 수 있는 제어용 전원으로 사용한다. SIV는 TC차와 T1차 차체 하부에 배치되어 있다.
- 2) 축전지(Battery) 전압은 DC 84V 또는 92.5V²⁾로 전기동차를 제어할 수 있는 기본 전원으로 사용한다. 기동 후에는 SIV에서 출력되는 DC 100V를 전기동차 제어 전원으로 사용하며 충전도 이루어진다. 약칭은 Bat로 TC차와 T1차 차체 하부에 배치되어 있다.
- 3) 공기압축기(Compressor Moter)는 8~9kg/cm²로 공기를 압축하여 전기동차의 공기제동, 출입문 등에 사용하는 압축공기를 공급하는 장치로서 SIV에서 공급되는 AC 3상 440V로 구동된다. 약칭은 CM으로 TC차와 T1차 차체 하부에 배치되어 있다.
- 4) 주변환장치(Main Converter/Inverter)는 전력 변환용 반도체 소자인 GTO 또는 IGBT를 이용해 전력을 변환시키는 장치로서 PWM³⁾ 컨버터(Converter)는 교류를 직류로 변환시켜 주는 장치이다. 인버터(Inverter)는 직류를 3상 교류의 전압(V), 주파수(f), 슬립주파수(fs)를 변화시켜 견인전동기 회전력이나 회전수를 제어할 수 있어 VVVF 인버터라고도 한다. 약칭은 C/I로 M차와 M'차 차체 하부에 있다.
- 5) 견인전동기(Traction Motor)는 동력 차량에 설치되어 견인력을 발생시키는 전동기(Motor)이

2) 신형 Li-Po Battery 전압

3) PWM(Pulse Width Modulation) 팔스 폭 변조



[그림 1-11] 주 변환장치



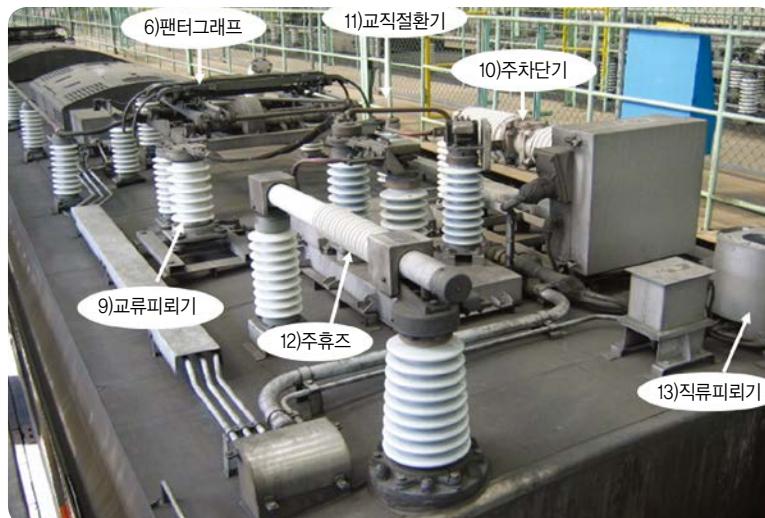
[그림 1-12] M차 견인전동기

다. 약칭은 TM이라 하며 M차와 M'차 차체 하부에 있다.

- 6) 팬터그래프(Pantograph)는 전차선과 접촉하여 AC 25,000V나 DC 1,500V 등을 전동차로 받아들이는 집전장치이다. 약칭은 Pan이라 하며 M'차 옥상에 배치되어 있다. 운전실의 PanUS, PanDS, EPanDS로 제어된다.
- 7) 비상접지스위치(Emergency Ground Switch)는 운전실에서 EGCS를 취급할 경우 Pan에서 집전되는 전차선 전기를 접지시키며, 변전소에서는 차단기가 차단되므로 전차선은 단전된다. 약칭은 EGS라 하며 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 8) 계기용변압기(Grounding Potential Transformer)는 1차 코일은 Pan과 접속되고 있다. Pan이 상승되어 전차선 전원이 집전되면 교류일 경우에는 2차 코일을 거쳐 정류기 및 저항을 통해서 ACVR(AC Voltage Reilay)를 작동시키고, 직류일 경우에는 직류 전압계전기용 저항기(DCVRRe)를 거쳐 DCVR(DC Voltage Reilay)을 작동시켜 전기동차의 회로를 교류 또는 직류로 절환할 수 있도록 하는 장치로서 약칭은 PT라 하고 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 9) 교류피뢰기(AC Arrester)는 교류 구간에서 낙뢰 등 외부 서지(Serge)가 전동차 내로 들어올 경우 방전, 접지 회로를 통하여 접지가 되며 전차선이 단전되는 장치로 약칭은 ACArr이라 하며 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 10) 주차단기(Main Circuit Breaker)는 평상시에는 운전실의 MCBCS, MCBOS로 제어하며 교류 또는 직류 구간에서 주 회로를 개폐(OFF-ON)하는 개폐기 역할을 한다. 교류 구간에서는 MT 1차 측에 과전류가 검지되거나 MT 2차 측 이후에 고장이 발생하였을 경우 신속하게 차단 작용할 수 있는 차단기 역할을 한다. 약칭은 MCB로 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 11) 교직절환기(AC-DC Change Over Switch)는 PT에서 검지하는 전차선 전원의 종류에 따라 운전실의 ADS를 취급하면 전기동차 회로가 교류 또는 직류로 절환되어 전차선과 전기동차



[그림 1-13] M'차 옥상 기기



[그림 1-14] M'차 옥상 기기

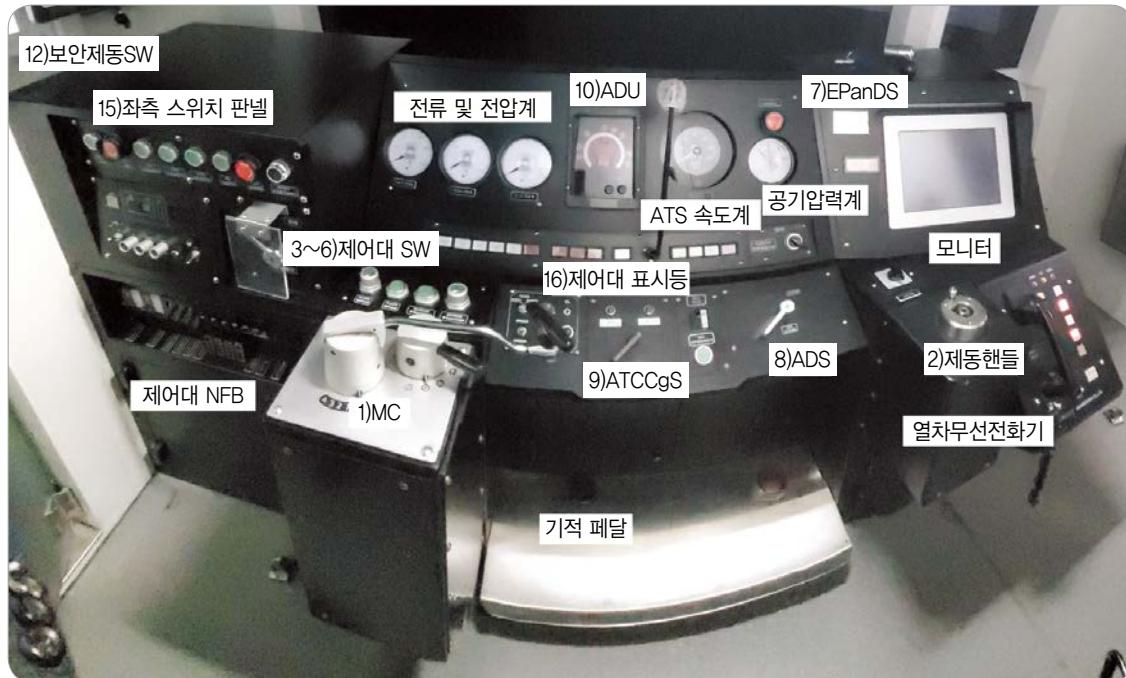
간 회로를 일치시키도록 하는 장치다. 약칭은 ADCg라 하고 M'차 옥상에 배치되어 있다.

- 12) 주류즈(Main Fuse)는 전기동차의 회로가 교류위치에서 직류 모진⁴⁾ 등으로 MT 1차 측에 대 전류가 유입될 경우 MT를 보호하기 위한 퓨즈(Fuse)로서 약칭은 MFs라 하고 M'차 옥상에 배치되어 있다.

4) 직류 모진이란 MCB 고장이나 ADCg의 절환 불능 등의 원인으로 전차선의 DC 1,500V가 전기동차의 AC 측 회로로 유입되는 경우를 말한다.

- 13) 직류피뢰기(DC Arrester)는 교류 모진⁵⁾이 발생하거나 직류 구간에서 서지(Surge)가 전동차 내로 들어올 경우 방전하여 접지가 되며 전차선이 단전되는 장치로 약칭은 DCArr이라 하며 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 14) 보조공기압축기(Auxiliary Compressor Motor)는 기동 전 운전실에서 ACMCS를 취급하면 DC 84V 또는 92.5V의 축전지 전기로 공기를 압축하여 Pan을 상승시키고 MCB 등을 투입하기 위한 압축공기를 공급하는 장치로 약칭은 ACM이라 하며 M'차 객실 내 의자 밑에 배치되어 있다.
- 15) 주변압기(Main Transformer)는 교류 25,000V를 AC 840V로 전압을 낮춰 컨버터에 공급하는 장치로서 약칭은 MT라 하고 M'차 차체 하부에 배치되어 있다.
- 16) 연장급전 접촉기(Extension Supply Contactor)는 SIV 고장 등으로 인접 Unit의 SIV로부터 전원을 공급받기 위해 접촉되는 접촉기로서 약칭은 ESK라 하며 T차 차체 하부에 배치되어 있다.

(3) 운전실 기기 배치 및 기능



[그림 1-15] 운전실 기기 배치

5) 교류 모진이란 MCB 고장이나 ADCg의 절환 불능 등의 원인으로 전차선의 AC 25,000V가 전기동차의 DC 측 회로로 유입되는 경우를 말한다.

1) 주간제어기(Master Controller)

주간제어기는 전 · 후진 핸들(Master S/W부), 동력 핸들(Powering부), 기관사 안전장치(DSD S/W부)로 구분되어 작동하게 되어 있다.



[그림 1-16] 주간제어기



[그림 1-17] 제동 핸들 쭈거 상태

① 동력 핸들(Power Switch)은 OFF, 1~4단의 5개 위치가 있으며 전 · 후진 핸들이 전진 또는 후진 위치에서 작동하여 동력 운전을 할 수 있다.

② 전 · 후진 핸들은 MC Key로 잠금 상태를 풀어야 전진 또는 후진 위치로 전환할 수 있으며 전진(F), 후진(R), 중립(N), OFF의 4개 위치가 있다.

③ 기관사 안전장치(Driver Safety Device)는 운행 중에는 동력 핸들을 계속 누르고 있어야 하며 누름 상태가 유지되지 않을 경우 즉시 경고 방송을 하고 5초가 경과되면 비상제동이 작동하여 열차가 정차하도록 한다.

2) 제동 핸들(Break Controller)의 위치는 10개 위치로 완해 위치, 1~7단 상용제동 위치, 비상 위치, 핸들 쭈거 위치가 있다. 위급한 경우 외 정차제동이나 감속제동은 상용제동으로 쭈급하여야 한다. 최초 기동 준비 과정에서 제동 핸들을 투입하면 축전지 전원을 모든 차량에 공급하는 시동 Key 역할을 한다.

3) MCBCS(MCB Close Switch)는 주 차단기 투입 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 MCB를 투입시킬 때 쭈급하며 제동 핸들이 투입된 운전실에서만 쭈급할 수 있다.

① 푸시 버튼스위치(Push Button SW)란 버튼을 누르고 있는 동안만 ON 위치가 되어 회로를 연결하고 손을 떼면 OFF 위치로 되어 회로를 차단하는 제어용 스위치를 말한다.

② 버튼스위치(Button SW)는 누르면 회로를 연결하며 손을 떼도 누름 상태가 유지된다. 버튼



[그림 1-18] 제어대 SW 및 SW 종류

을 시계 방향으로 돌려야 복귀되어 회로를 차단하는 스위치이다.

- 4) MCBOS(MCB OPen Switch)는 주 차단기 차단 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 MCB를 차단시킬 때 취급하며 MCBCS를 취급한 운전실에서만 MCBOS를 취급하여 MCB를 차단할 수 있다.
- 5) PanUS(Pan Up Switch)는 팬터그래프 상승 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 Pan을 상승 시킬 때 취급하며 제동 핸들이 투입된 운전실에서만 취급할 수 있다.
- 6) PanDS(Pan Down Switch)는 팬터그래프 하강 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 Pan을 하강시킬 때 취급하며 팬터그래프가 상승되어 있는 경우 제동 핸들 투입 여부와 관계없이 취급 할 수 있다.
- 7) EPanDS(Emergency Pan Down Switch)는 비상 팬터그래프 하강 스위치라 하며 버튼스위 치로 PanDS 취급으로 Pan이 하강되지 않을 경우 또는 전차선 고장 발견 등으로 급히 Pan을 하강시켜야 할 경우에 취급한다. Pan 하강 시간은 PanDS를 취급할 때와 동일하나 MCB 투 입 제어 전원을 직접 차단하고 동시에 팬터그래프를 하강하도록 되어 있다. 취급 후에는 수동 으로 복귀 취급을 하여야 한다.
- 8) ADS(AC-DC Change Over Switch)는 교직 절환 스위치라 하며 교 · 직류 전기동차의 주 회로를 전차선 전원에 일치시키기 위하여 ADCg를 절환할 때 운전실에서 취급하는 스위치로 MCB가 차단된 조건이 아니면 ADS를 취급하여도 ADCg는 절환되지 않는다.
- 9) ATCCgS(ATS/ATC Change Over Switch)는 ATS/ATC 절환 스위치라 하며 수동으로 취급 하는 스위치이다. ATC 구간을 운전 중 ATS 구간으로 진입할 경우 또는 ATS 구간을 운전 중



[그림 1-19] 제어대 SW, 계기, 표시등

ATC 구간으로 진입할 때 음성 안내 방송이 출력된다.

- 10) ADU(Aspect Display Unit)는 차내 신호기라 하며 신호, 지시 속도, 제한속도 등 ATC 구간의 정보를 현시한다. ATS 속도계는 ATS 구간에서 운행하는 실제 속도를 지시한다.
- 11) EBS(Emergency Brake Switch)는 비상제동 스위치로서 제동 핸들로 비상제동을 취급하는 경우를 제외하고 급히 열차를 정차시켜야 할 경우 뒤 운전실 등에서 취급할 수 있는 스위치로 운전실에 2개씩 배치가 되어 있다.
- 12) ScBS(Security Brake Switch)는 보안제동 스위치로서 상용 및 비상제동 취급이 불가능할 때 사용하는 스위치이다.
- 13) EGCS(Emergency Ground Command Switch)는 비상접지 제어 스위치라 하며 AC 구간을 운행 중 전차선의 중대한 고장 등으로 급히 전차선을 단전시켜야 될 경우 또는 전차선 고장 발견으로 급히 Pan을 하강시키기 위하여 EPanDS 취급하였으나 MCB 고장 등으로 Pan이 하강하지 않을 경우에 취급한다. 또는 기지 등에서 검수 작업을 할 때 안전조치로 EGCS를 취급할 수 있다. EGCS를 취급하면 EGS가 투입되어 Pan의 베이스 프레임을 직접 접지시키고 변전소의 차단기가 트립 되어 사고 확대를 방지한다. 버튼스위치로 복귀 취급은 수동으로 한다.



[그림 1-20] 11)EBS, 12)ScBS, 13)EGCS

- 14) DOS(Door Operation Switch)는 출입문 개폐 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로서 출입문 Key로 잠금 상태를 풀어야 연결된 전체 차량의 출입문을 열거나 닫는 취급을 할 수 있다. 5km/h 이상에서는 출입문 개폐 취급이 불가능하며 정차 중에만 취급할 수 있도록 하는 안전장치가 있다.
- 15) 제어대 좌측 SW
- ① ACMCS(ACM Control Switch)는 보조 공기압축기 제어 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 전기동차의 기동 준비를 위하여 스위치를 누르면 축전지 전원으로 ACM을 구동시켜 압축된 공기 압력으로 Pan을 상승하고 MCB를 투입하여 기동을 할 수 있도록 한다.
 - ② CpRS(Compulsory Release Switch)는 강제 완해 스위치라 하며 버튼스위치로 제동 불완해 신호가 검지될 경우 스위치를 누르면 제동 불완해 차량의 제동을 강제로 완해 시키며 복귀 취급은 수동으로 한다.
 - ③ RS(Reset Switch)는 복귀 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 고장이 발생하여 복귀 취급을



[그림 1-21] DOS

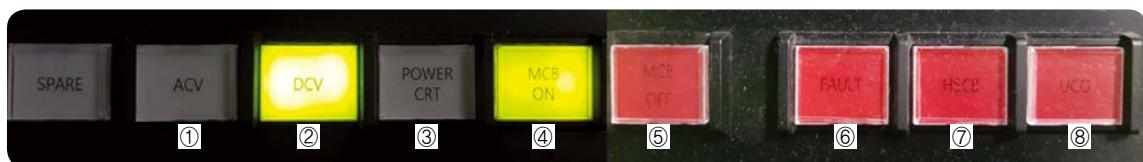


[그림 1-22] 제어대 좌측 SW 패널

할 경우 동력 핸들 OFF, 전 · 후진 핸들 F, N, R 위치에서 누른다.

- ④ VCOS(Vehicle Cut-Out Switch)는 고장 차량 차단 스위치로 푸시 버튼스위치이며 C/I 고장으로 CIFR(C/I Fault Relay) 작동 시, 송풍기 고장으로 BMFR(Blower Motor Fault Relay) 작동 시 또는 주 변압기 냉각 계통 고장으로 MTAR(Main Transformer Aux Relay) 작동 시 RS 취급으로 복귀 불능인 경우 고장 차량을 차단할 때 누른다.
- ⑤ ESPS(Extension Supply Push Button Switch)는 연장 급전 누름 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 SIV 중(重)고장으로 SIVFR(SIV Fault Relay) 작동 시 RS 취급으로 복귀가 되지 않을 때 운전실에서 연장 급전 취급을 할 경우 누른다. AMCS가 수동 위치에 있을 경우 만 회로가 구성된다.
- ⑥ VRS(Vehicle Reset Switch)는 고장 차량 복귀 스위치라 하며 푸시 버튼스위치로 고장 발생으로 VCOS 취급 차량을 정상으로 복귀할 경우에 누른다.
- ⑦ Test SW는 회로 시험 스위치라 하며 버튼스위치이다. 차량 점검 작업 중 취급하는 스위치로 취급한 경우에는 MCB가 투입되지 않으며, 복귀 취급은 수동으로 한다.
- ⑧ 주차제동(Parking Brake)은 전기동차가 기동이 정지된 채로 대기할 때나 유치 중에는 압축공기를 보충하지 못하게 되므로 제동이 완해 될 경우 구르는 것을 방지하기 위한 전동 방지용 제동장치이다. 일반적인 제동과는 다르게 압축공기가 없을 경우 자동으로 제동이 체결되거나 수동으로 주차 위치로 이동하면 압축공기를 배출시켜 스프링의 힘으로 작동한다.

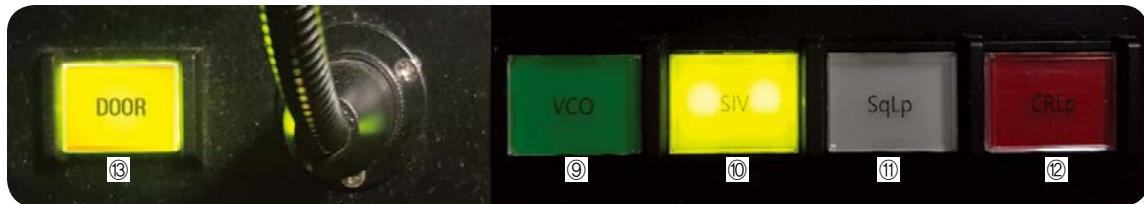
16) 운전실 표시등 종류 및 점등 시기



[그림 1-23] 운전실 표시등

- ① ACV등은 백색등으로 Pan이 상승되었을 때 점등되어 전차선 전원이 교류임을 표시한다.
- ② DCV등은 백색등으로 Pan이 상승되었을 때 점등되어 전차선 전원이 직류임을 표시한다.
- ③ Power등은 백색등으로 동력 운전 또는 회생제동 취급 시 점등되며 전체 컨버터/인버터가 정상 작동임을 표시한다.
- ④ MCB ON등은 백색등으로 전체 MCB가 폐로(ON) 되었을 때 점등되며 전체 MCB가 투입된 상태임을 표시한다.

- ⑤ MCB OFF등은 적색등으로 전체 MCB가 개로(OFF) 되었을 때 점등되며 전체 MCB가 개방된 상태임을 표시한다.
- ⑥ Fault등은 고장표시등으로 적색등이다. 주요 고장이 발생하였을 때 점등되며 편성 차량에서 주요 장치가 고장임을 표시한다.
- ⑦ HSCB(High Speed Circuit Breaker)등은 고속도차단기 고장표시등으로 적색등이다. 직류 구간에서 L1 trip이 발생하였을 때 점등되며 직류 구간에서 L1이 trip된 상태임을 표시한다.
- ⑧ UCO(Unit Cut Out)등은 유니트차단 지시등으로 적색등이다. 주 변압기 냉각 계통 고장으로 MTAR 작동 후 RS 취급으로 복귀 불능 시 VCOS 취급하였을 때 점등되며 고장 Unit가 개방 상태임을 표시한다.



[그림 1-24] 운전실 표시등

- ⑨ VCO(Vehicle Cut out)등은 고장차량 차단 표시등으로 녹색등이다. C/I고장으로 CIFR 작동 시, 송풍기 고장으로 BMFR 작동 시 RS 취급으로 복귀 불능인 경우 VCOS를 취급하였을 때 점등되며 고장 차량의 C/I가 개방 상태임을 표시한다.
- ⑩ SIV등은 백색등으로 편성 차량 중 SIV가 1대라도 기동되면 점등된다.
- ⑪ SqLp(Sequence Test Lamp)는 회로 시험등으로 백색등이다. 운전실 TEST SW가 작동하였을 때 점등되며 시퀀스(C/I) 시험 상태임을 표시한다.
- ⑫ CRLp(Compulsory Release Indicating Lamp)는 강제완해표시등으로 적색등이다. 제동 불완해 발생으로 CPRS 취급을 하였을 때 점등되며 제동이 강제 완해 상태임을 표시한다. CPRS는 수동으로 복귀 취급을 해야 소등된다.
- ⑬ DOOR등은 백색등으로 전체 출입문이 닫혔을 때 점등되며 모든 차량의 출입문이 닫힘 상태임을 표시한다. 1개 출입문이라도 닫히지 않을 경우 점등되지 않는다.

1.2.2 전기동차 특성

1.2.2.1 고정 편성에 따른 특성

- (1) 10칸 편성 전동 열차의 경우 항상 TC – M – M' – T – M' – T1 – T – M – M' – TC차 순서로, 기능이 다른 차량이 연결되며 이러한 방법으로 연결된 열차를 고정 편성 열차라고 한다. 6칸 편성 또는 8칸 편성의 열차도 같다.
- (2) 차량은 공기까지 연결이 가능한 밀착연결기로 연결되어 있으며 고압과 저압의 점퍼(Jumper) 선으로 모든 차량 간 전기회로가 연결되어 있다.
- 1) 밀착연결기는 차량을 서로 연결할 때 연결면이 밀착되어 연결기 내에 설치된 공기관이 별도의 장치가 필요 없이 차량 간 공기가 관통이 되도록 한다.



[그림 1-25] 10칸 편성 전동 열차 차량 종류 및 주요 기기 배치

- 2) 0호차, 5호차, 9호차의 CM에서 압축된 압축공기는 밀착연결기와 주공기관을 거쳐 모든 차량에 공급하여 공기제동과 출입문 등 압축공기를 사용하는 장치들을 작동시킬 수 있도록 하고 있다.
- 3) 운전실에서는 연결된 전기회로와 압축공기를 이용하여 모든 차량의 각종 기기들을 제어할 수 있도록 하였다.



[그림 1-26] 밀착연결기 및 고압 점퍼 연결기

(3) SIV의 입력 전원은 인접 집전장치 차량인 M'차에서 공급한다.

1) 2호 M'차는 0호 TC차 SIV에 4호 M'차는 5호 T1차 SIV에 8호 M'차는 9호 TC차 SIV에 입력 전원을 공급한다. 교류 구간에서는 컨버터에서 출력된 DC 1,800V, 직류 구간에서는 전차선에서 집전된 DC 1,500V가 입력되어 AC 3상 440V로 변환하여 출력한다.

2) 0호차, 5호차, 9호차의 SIV는 3호차와 6호차의 ESK를 경계로 각각 3칸, 3칸, 4칸씩 객실 서비스 전원 공급을 담당할 수 있도록 하였다.

(4) 열차를 견인할 수 있는 구동차는 1, 2, 4, 7, 8호차로 편성 내 분산 배치되어 있으며 2호차에서 집전된 전차선의 전기는 1호차의 C/I에 공급하며 8호차에서 집전된 전차선의 전기는 7호차의 C/I에 공급할 수 있도록 조합해서 연결되어 있다.

- 1) 열차를 견인할 수 있는 구동차가 편성 내 분산 배치되어 있는 방식을 동력 분산식이라 한다.
- 2) 운전실에서 분산되어 있는 모든 동력 차량을 제어하는 방법을 총괄 제어라 한다.

1.2.2.2 동력 분산에 따른 특성

(1) 10칸 편성의 전기동차 열차가 일부 차량에서 고장 발생으로 조치가 되지 않는 경우의 현상과 취급 방법은 다음과 같다. 6칸 편성이나 8칸 편성도 같다.



[그림 1-27] 10칸 편성 전동 열차 고장 발생 범례

1) 2호 M'차의 고장으로 조치가 불가능하면 1호 M차도 전기공급이 불가능하게 되어 5M5T에서 3M7T로 동력차 비율이 낮아진다. 운전실 표시등 종류 및 점등 시기 내용을 참조한다.

- ① 운전실에서는 Fault등 점등으로 확인한다.
- ② Fault등이 점등되지 않는 고장의 경우에는 동력 운전 또는 회생제동 중 Power등이 점등되지 않거나 MCB ON등과 MCB OFF등이 모두 소등⁶⁾되는 것으로 고장 상황을 파악할 수 있다.

6) MCB ON등과 MCB OFF등이 모두 소등되는 것을 MCB 양 소등이라 한다.

③ 고장 내용에 따라 VCOS 취급으로 고장 차량을 개방할 수 있다.

2) 0호차 SIV는 구동 전원 공급 불능으로 0, 1, 2호차의 객실 서비스 전원은 공급되지 못한다.

① 5호차와 9호차의 SIV는 정상적으로 작동하고 있어 SIV들은 점등 상태다.

② 연장 급전 취급으로 3호차의 ESK를 투입하여 5호차의 SIV에서 출력되는 객실 서비스 공급 전원을 0, 1, 2호차에 공급한다.

③ 이와 같이 SIV 정지로 객실 서비스 전원 공급이 불능일 경우 정상 작동하는 SIV로부터 서비스 전원을 공급받을 수 있도록 하는 것을 연장 급전이라 하며, 연장 급전 후 모든 차량의 객실 서비스 장치가 반(Half)으로 작동하는 것을 반감이라 한다.

(2) 조치가 완료되면 4, 7, 8호차 3대의 구동차 견인력으로 승객을 취급하며 응급 운전을 할 수 있다. 6칸 편성 열차의 동력 차량 1대, 8칸 및 10칸 편성 열차의 동력 차량 2대가 고장으로 응급 운전을 할 경우에도 35% 구배에서 기동을 할 수 있다.

참고) 연장급전 후 그림



1.2.2.3 일반적인 특성

(1) 디젤 및 전기기관차로 견인하는 7칸 편성 일반 열차와 비교했을 때 전기동차 열차는 다음과 같은 특징이 있다.

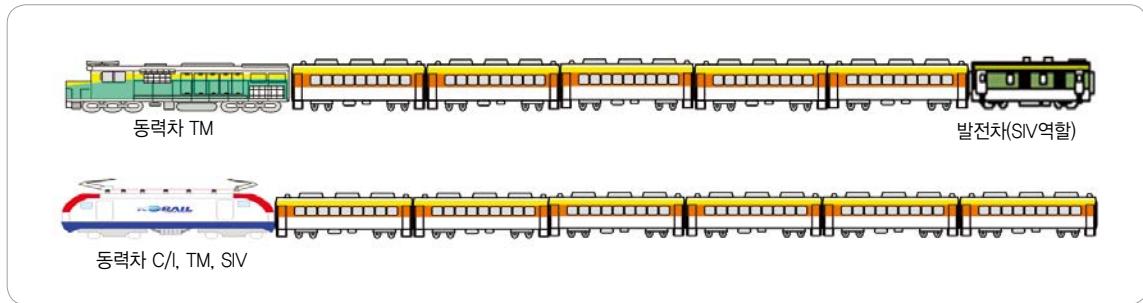
1) 편성 칸 수 대비 승객을 많이 승차시킬 수 있다.

2) 운전실에서 모든 차량을 제어할 수 있다.

① 일반 열차는 운전실이 있는 동력차에서 모든 객차의 출입문 취급 등 기기의 제어를 할 수 없다.

② 일반 열차 중 전기기관차의 경우 객실 서비스 전원 공급은 동력차에서 이루어지지만, 객실 냉난방 온도 조정이나 객실등 취급 등의 제어는 할 수 없다.

③ 전기동차는 출입문 개폐 연동 회로, 냉난방 제어, 표시등 점등 회로 등 일부는 뒤 운전실에 서만 제어를 할 수 있다.



[그림 1-28] 7칸 편성 일반 열차 기기 배치 범례

- 3) 일부 동력 차량이나 SIV 고장이 발생 경우에도 응급 운전이 가능하다.
 - ① 동력 차량이 맨 앞에 1대만 연결되어 있는 일반 열차는 동력 차량에 고장이 발생하면 운행이 불가능하다.
 - ② 일반열차의 경우 객실서비스 전원 공급장치의 고장이 발생하면 승객취급을 할 수 없다.
- 4) 일반 열차에 비해 출입문이 많아 정차 시 · 분을 단축할 수 있다.
 - ① 출입문은 각 차량마다 좌측 4개, 우측 4개씩 있어 정차 중 승객 취급을 할 때는 4개의 출입문을 사용하여 승차 및 하차를 할 수 있어 정차 시간이 단축된다.
 - ② 모든 승강장에는 출입문과 연동되어 작동하는 PSD(Platform Screen Door)가 설치되어 있어 승객 취급이 완료된 후 모든 출입문과 PSD가 완전히 닫혀야 출발할 수 있다.
- (2) 고정 편성의 동력 분산식으로 동력 집중식인 일반 열차와 비교했을 때 단점도 있다.
 - 1) 일반 열차는 동력 차량의 고장이 발생하면 모든 조치가 운전실이 있는 동력 차량에서 이루어지지만, 전기동차는 고장 상황에 따라 해당 동력 차량까지 이동하여 조치해야 될 경우가 많다.
 - 2) 출입문이 많은 장점도 있지만 출입문이나 PSD의 고장 발생으로 조치를 하여야 할 경우에는 승객의 안전과 연관되기 때문에 주의하여야 한다.
 - 3) 정차 역 간 거리가 짧아 정차제동 취급이 많고 출입문과 PSD가 연동되어 정차 위치 범위를 벗어날 경우 출입문 취급을 할 수 없다.
 - 4) 혼잡 시간대 열차 간격이 짧아 고장 조치에 시간이 소요될 경우 후속 열차에 많은 지장을 초래할 수 있다.

1.3 전차선 및 절연 구간

1.3.1 전기방식 및 집전 방식

전차선에 공급하는 전기방식은 교류 방식과 직류 방식으로 구분하며 한국철도공사는 교류 방식인 AC 25,000V를, 도시철도에서는 직류 방식인 DC 1,500V, DC 750V를 사용하고 있다. 교류 방식과 직류 방식의 차이점 중 취급에 가장 큰 영향을 미치는 것은 교류 방식은 전류가 낮아 부하 전류와 고장 전류의 구분이 쉽고, 직류 방식은 전류가 높아 부하 전류와 고장 전류의 구분이 쉽지 않은 것이다.

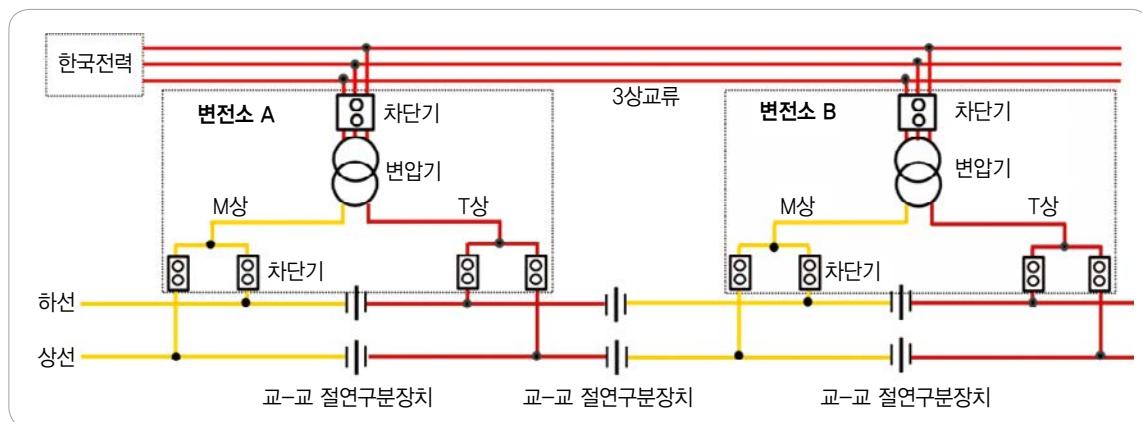
AC 25,000V의 교류 방식과 DC 1,500V의 직류 방식에서는 궤도 위에 일정한 높이로 가설되어 있는 전차선에서 M'차 옥상 기기인 팬터그래프로 집전을 하며, DC 750V 제3궤조 방식에서는 급전용 레일에서 집전 슈(Collector shoe)로 집전을 한다.

1.3.2 절연 구간

1.3.2.1 교교 절연 구간

교교 절연 구간은 변전소에서 전차선에 공급하고 있는 교류 전기의 위상차에 의하여 22m의 거리를 전기가 흐르지 않도록 절연체로 구분한 구간을 말한다.

전차선 사이를 나누어 놓는 것을 구분이라 하며 장치는 전차선 구분 장치라 한다. 특히 전차선 간 절연이 되도록 절연체를 투입하여 구분한 구간을 절연 구간이라 하고, 팬터그래프는 상승 상태로 이상 없이 통과할 수 있도록 하였다.



[그림 1-29] 교교 절연 구간 개략도



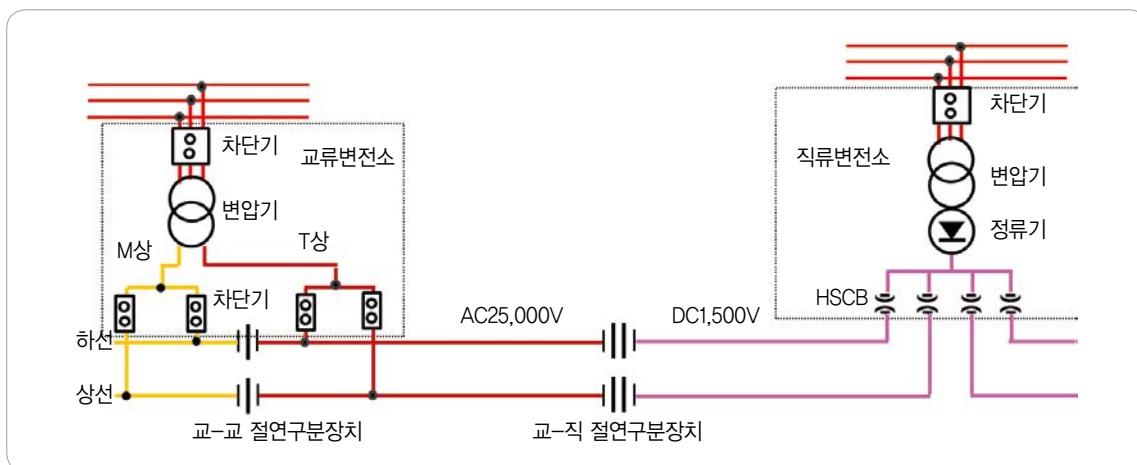
[그림 1-30] 교교 절연 구간

철도 운영 기관의 변전소는 한국전력공사에서 송전된 3상의 특고압 교류를 변압기를 이용하여 전차선에 공급할 전압으로 낮추며, 위상차가 다른 M상(Main Phase)과 T상(Teaser Phase)의 단상 교류로 바꿔 각각 전차선에 공급한다. 위상차가 있는 교류 전기는 같이 사용할 수 없어 [그림 1-29]와 같이 전차선 사이에 교교 절연 구분 장치(22m)를 설치하여 위상이 다른 교류 전기가 서로 흐르지 않도록 하였다.

절연 구간을 동력 운전 상태로 진입할 경우 전차선 파손 등 중대 사고가 발생하게 되므로 절연 구간은 무동력 상태로 통과하여야 한다.

1.3.2.2 교직 절연 구간

전차선의 전기방식이 다른 철도공사의 광역 전철 운행 구간과 서울교통공사의 1호선 및 4호선 구간을 직통 운전하기 위하여 전차선을 구분하고 교·직류 전기동차를 운행하고 있다. 교교 절연 구간과 다르게 전차선 전기 방식의 차이에 따라 [그림 1-31]과 같이 66m 거리를 서로 전기가 흐르지 않



[그림 1-31] 교직 절연 구간 개략도

도록 절연체로 구분한 구간을 교직 절연 구간이라 한다.

(1) 교직 절연 구간 위치

1) 한국철도공사 남영역~서울교통공사 1호선 지하 서울역 간

서울교통공사 1호선 지하 청량리역~한국철도공사 회기역 간

2) 한국철도공사 선바위역~서울교통공사 4호선 남태령역 간

(2) 교직 절연 구간은 교직 절연 구간 전방에서 ADS 절환 취급으로 전체 MCB를 차단하고 무동력 상태로 통과한다.



[그림 1-32] 교직 절연 구간

1.4 과천선VVVF 전기동차 제어 일반

1.4.1 기동 일반

전기동차의 기동이라 함은 Pan을 상승시켜 전차선 전원을 집전 후 운전실의 전원 표시등을 확인한 다음, 전차선 전기의 종류에 따라 전기동차의 회로를 일치시키고 MCB를 투입하여 전기동차가 운행할 수 있도록 하는 운전 준비 과정을 말한다.

1.4.1.1 기동 전 현상

- (1) 전체 차량에는 제어 전원인 Bat DC 84V(또는 92.5V)가 공급되지 않고 있다.
- (2) 운전실 제어대의 표시등은 모두 소등 상태다.
- (3) 전체 차량에는 압축공기가 없어 Pan을 상승시키고 MCB를 투입할 수 없다.
- (4) 앞과 뒤 운전실의 주차제동과 전체 차량의 비상제동이 연결되어 있다.

1.4.1.2 기동 준비

(1) 운전실에서 제동 핸들을 투입하면 앞과 뒤 TC차 및 T1차의 Bat 전원 DC 84V 또는 92.5V가 103선에 공급된다. 103선은 Jumper선을 통하여 전체 차량에 연결되어 있어 DC 84V 또는 92.5V가 전체 차량에 공급된다.

- 1) 축전지 전압계는 Bat DC 84V 또는 92.5V를 표시한다.
- 2) 제동 핸들을 투입한 쪽 운전실 표시등 중 MCB OFF 적색등과 DOOR 백색등이 점등된다.
- 3) 제동 핸들을 투입한 쪽 운전실의 운전 보안장치에 103선 전원이 공급되어 초기화된다.

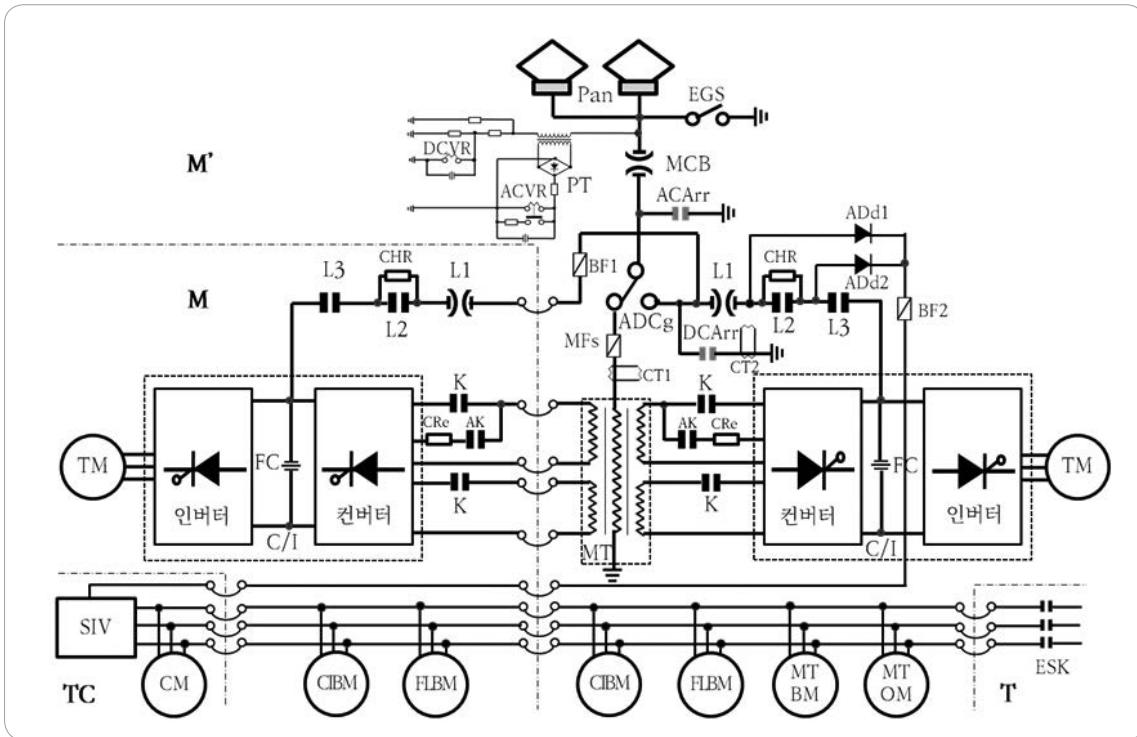
(2) 운전실에서 ACMCS를 눌러 103선에 공급되고 있는 DC 84V 또는 92.5V의 Bat 전압으로 각 M'차의 ACM을 구동하여 Pan을 상승하고 MCB를 투입할 수 있는 압축공기를 만든다. 이때 공기 압력계에 ACM 공기압력은 표시되지 않는다.

1.4.1.3 기동 취급

- (1) 운전실의 PanUS를 눌러 103선에 공급되고 있는 Bat 전압 DC 84V 또는 92.5V와 ACM의 압축공기를 이용하여 전체 M'차의 Pan을 상승시킨다.
- (2) Pan이 상승되면 PT가 작동하여 전차선 전기 방식에 따라 운전실 제어대의 AC등 또는 DC등이 점등된다. 전차선 전기 방식에 따라 운전실 제어대의 ADS를 AC 또는 DC 위치로 선택한다.
- (3) 운전실의 MCBCS를 누르면 103선의 제어 전원과 ACM의 압축공기를 이용하여 전체 M'차의 ADCg가 절환되고 MCB가 투입된다. MCB 투입 이후 주요 기기 기동은 자동으로 제어된다.

1.4.1.4 기동 후 자동제어

- (1) MCB가 투입되면 SIV가 기동된다.
 - 1) AC 구간은 MT에서 AC 840V로 낮춰진 전기가 M차 및 M'차 C/I 컨버터에 공급되며 M'차 C/I 컨버터에서 DC 1,800V로 변환된 전원을 SIV로 공급한다.
 - 2) DC 구간은 L1이 투입되어 전차선 DC 1,500가 SIV 기동 전원을 공급한다.
- (2) SIV가 기동되면 출력되는 AC 3상 440V가 CM을 구동하고 전체 차량의 객실 서비스 전원을 공급하며 기타 고압 보조 기기를 작동시킨다. 또한 SIV에서는 DC 100V를 출력하여 103선에 공급하고 Bat 충전도 한다. 따라서 이후 제어 전원은 SIV에서는 출력되는 DC 100V를 사용한다.

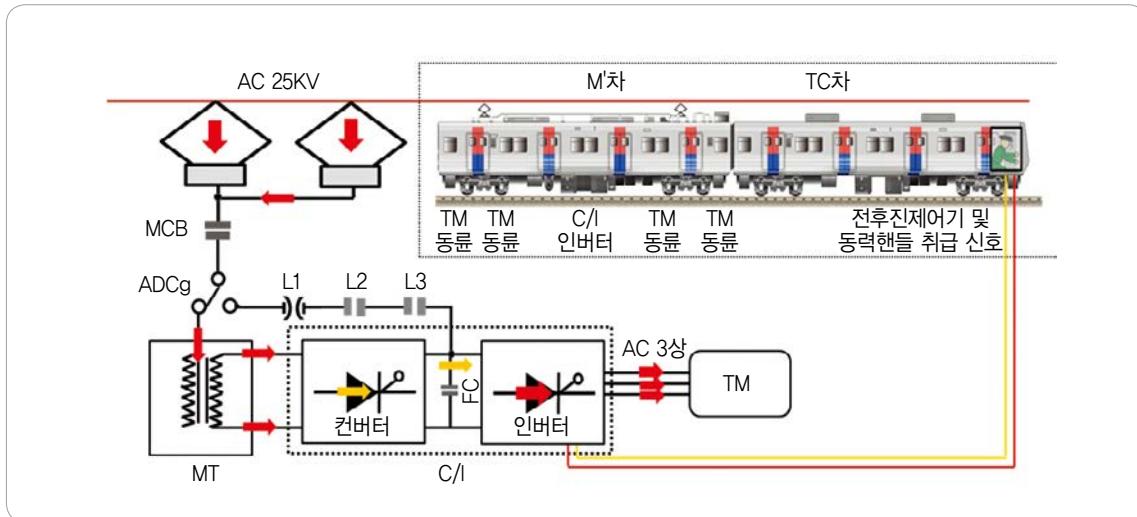


[그림 1-33] 과천선 VVVF 전기동차 주회로 간략도

- 1) 축전지 전압계는 DC 100V를 표시하며 전체 차량에는 제어 전원 DC 100V가 공급된다.
- 2) CM 구동으로 압축공기를 전체 차량에 공급하게 되며 MR 압력이 7kg/cm^2 이상 상승하게 되면 앞과 뒤 운전실의 주차제동과 전체 차량의 비상제동이 완해 된다.
- 3) 운전실 표시등은 전차선 전기 방식에 따라 AC등 또는 DC등 점등, MCB ON등, DOOR등, SIV등이 점등된다.

1.4.2 동력 운전 일반

기동이 완료된 후 기관사가 MC key로 잠금 상태를 풀고 전·후진 핸들을 전진(F) 또는 후진(R) 위치로 이동하면 전진 또는 후진 신호가 인버터에 입력된다. 동력 핸들을 동력 위치로 이동하면 인버터에 동력 운전 신호가 입력되어 인버터는 VVVF 제어로 TM을 구동한다. 용어 정의에서 설명한 대로 견인전동기 회전축은 Gear에 의하여 동륜과 연결되어 있어 견인전동기 회전에 따라 동륜도 같이 레일 위에서 회전하며 전체 차량을 견인하기 시작한다.



[그림 1-34] 과천선 VVVF 전기동차 M' 차 교류 구간 동력 운전 과정

1.4.2.1 교류 구간 동력 운전

- (1) 교류 구간에서는 기동이 완료되면 전차선에서 집전된 AC 25,000V를 MT에서 AC 840V로 낮춘 후 전력 변환 장치 컨버터에서 AC 840V를 DC 1,800V로 변환한다. 이때 M' 차의 DC 1,800V는 SIV에 공급되어 AC 3상 440V를 출력한다.
- (2) 기관사의 전 · 후진 신호 및 동력 신호가 인버터에 입력되면 직류를 삼상교류로 변환하여 견인 전동기를 구동하는 방법으로 동력 운전이 이루어진다.

1.4.2.2 직류 구간 동력 운전

- (1) 직류 구간에서는 기동이 완료되면 L1이 투입되어 전차선에서 집전된 DC 1,500가 SIV에 공급되어 AC 3상 440V를 출력한다.
- (2) 기관사의 동력 신호가 있을 경우에는 L3, L2가 순차적으로 투입되며, 전차선에서 집전된 DC 1,500V를 전력 변환 장치 인버터에서 삼상교류로 변환하여 견인전동기를 구동하는 방법으로 동력 운전이 이루어진다. 따라서 직류 구간에서는 컨버터를 사용하지 않는다.

1.4.3 제동 일반

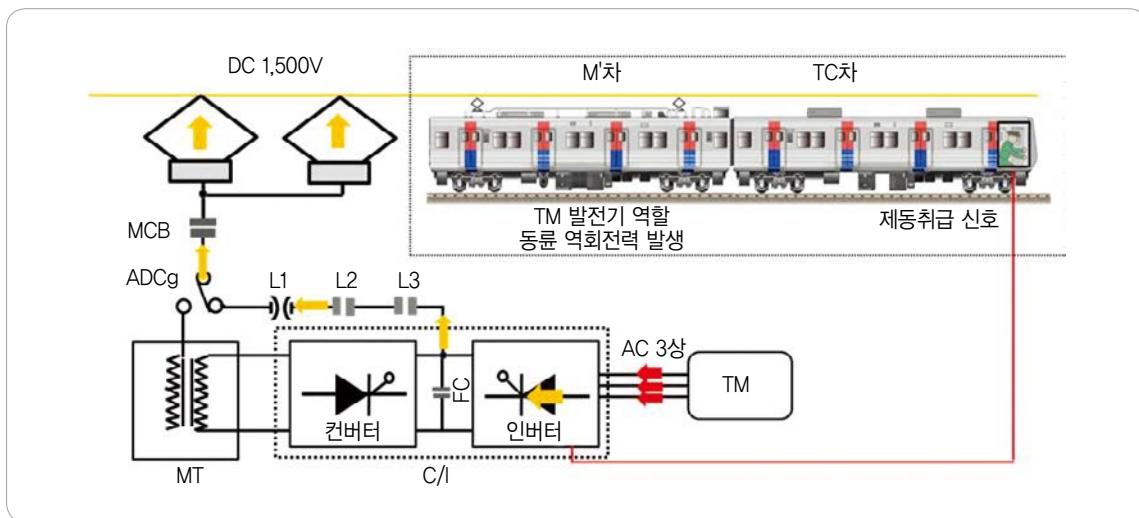
과천선 VVVF 전기동차는 상용제동 취급을 하면 구동차+부수차를 제동 Unit로 구성하여 전기제동, 전기제동+공기제동, 공기제동이 체결된다.

1.4.3.1 공기제동

- (1) 철도차량의 제동은 압축공기를 이용하여 회전하고 있는 차륜에 제륜자를 압착시키거나 차축에 제동용 원판(DISK)을 부착하여 Lining으로 압착시켜, 이때 발생하는 마찰력에 의하여 차륜의 회전을 억제하는 방법으로 제동력을 얻는다. 이러한 방식을 공기제동이라 하며, 전기동차도 기본적인 제동 방법으로 공기제동을 사용하고 있다.
- (2) 구동차의 공기제동은 차륜답면을 제륜자로 압착하는 답면 제동을 사용하고 부수차는 Disk 제동을 사용하고 있다.

1.4.3.2 전기제동

- (1) 견인전동기가 설치된 차량의 경우에는 기관사가 동력 신호를 차단하면 열차는 관성에 따라 무동력으로 진행하게 된다.
- (2) 제동 취급을 하면 전기적인 제동 회로가 구성되어 견인전동기는 일시적으로 발전기 역할을 하게 된다. 이때 견인전동기의 회전력은 동륜 회전 방향과 반대 방향으로 작용하게 되는데, 이 역회전력이 동륜의 회전을 방해하는 힘으로 작용하여 제동력이 발생된다.
- (3) 제동 취급 중 견인전동기에 발생된 기전력을 열로 소모하는 전기적인 제동 방법을 발전제동이라 하며, 전차선으로 공급하는 전기적인 제동 방법을 회생제동이라 한다. VVVF 전기동차의 전기제동은 회생제동을 사용하고 있다.



[그림 1-35] 과천선 VVVF 전기동차 M'차 직류 구간 회생제동 과정

핵심정리

>>>

1. 전기동차 편성

종류	차량 연결 순서	비고
6칸 편성		고정 편성
8칸 편성		"
10칸 편성		"

(1) 차량 번호는 맨 앞 TC차부터 0호차, 1호차, 2호차 … 9호차 순서로 한다.

(2) 동력 차량 [M+M'] 2대를 동력 Unit로 [구동차+부수차]를 제동 Unit로 한다.

2. 기동 준비

- (1) 제동 핸들 투입으로 Bat 전원을 ()에 공급하고 축전지 전압계의 DC () 또는 () 현시를 확인한다.
- (2) 운전실에서 ACMCS를 눌러 103선 전원으로 M'차의 ()을 구동하여 기동에 필요한 압축공기를 만든다.

3. 기동

- (1) 운전실의 ()를 눌러 103선 전원과 ACM의 압축공기를 이용하여 전체 M'차의 Pan을 상승 시킨다.
- (2) Pan이 상승하면 ()가 작동하여 전차선 전원의 종류에 따라 운전실의 AC등 또는 DC등이 점등된다.
- (3) 운전실 ()를 AC 또는 DC 위치로 하여 전차선과 전동차 간 회로를 일치시킨다.
- (4) 운전실 ()를 눌러 103선 전원과 ACM의 압축공기를 이용하여 전체 M'차의 MCB를 투입시킨다. 전체 MCB가 투입되면 운전실의 MCB ON등이 점등된다.
- (5) ()가 투입되면 SIV가 기동되어 SIV 등이 점등된다.
 - SIV는 AC 3상 440V를 출력하여 CM을 구동시켜 ()의 압축공기를 전체 차량에 공급한다.
 - SIV는 DC ()도 출력하여 103선에 공급하고 축전지도 충전한다.
- (6) 운전실 AC(DC)등 점등, MCB ON등 점등, DOOR등 점등, SIV등 점등, 축전지 전압계 DC 100V, 공기 압력계의 MR 압력 8~9kg/cm²를 확인하여 기동이 완료된 것을 확인한다.

4. 동력 운전

- (1) ()로 잠금을 풀고 전 · 후진 핸들을 전진 위치로 하면 인버터에 전진(F) 신호가 입력된다.
 - 잠금 상태가 풀리지 않으면 전 · 후진 핸들을 취급할 수 없다.
 - 전 · 후진 핸들이 전진 또는 후진 위치가 아니면 동력 핸들을 취급할 수 없다.

핵심정리

>>>

(2) 동력 핸들을 동력 위치로 하면 M, M'차 인버터에 역행 신호가 입력된다.

- AC 구간은 컨버터 출력 전원 DC 1,800V를 삼상교류의 주파수와 전압을 변환시키는 VVVF 제어로 ()이 구동되어 견인력이 발생된다.
- DC 구간은 (), ()가 순차적으로 투입되며, 전차선에서 집전된 DC 1,500V를 전력 변환 장치 인버터에서 삼상교류의 주파수와 전압을 변환시키는 VVVF 제어로 TM을 구동하여 동력 운전이 이루어진다.
- 운전실 Power등 점등, 전동기 전류계로 동력 운전 상태를 확인한다.

(3) 운행 중 신호 확인은 ATC 구간에서는 운전실 내 ()로 ATS 구간에서는 ()로 확인하며, 실제 운전 속도는 ATC 구간은 ()로 ATS 구간은 ()로 확인한다.

- ATC 구간 운행 중 실제 속도가 신호 제한속도보다 높은 경우 경고 및 7단 제동이 체결된다.
- ATS 구간 운행 중 실제 속도가 신호 제한속도보다 높은 경우 경보 벨이 울리고 () 이내 4단 이상 제동 취급을 하지 않는 경우 비상제동이 체결된다.

(4) 운행 중 출입문은 DOS의 열림 · 닫힘 SW로 전체 출입문을 열거나 닫는 취급을 하며 출입문과 연동된 PSD도 열리거나 닫히게 된다.

- 운전실 DOOR등은 출입문이 열렸을 때는 소등된다.
- 출입문이 닫혔을 때는 D00등은 점등된다.

(5) 교-직 및 교-교 절연 구간은 반드시 ()로 통과하여야 한다.

5. 제동 취급

(1) 속도 감속이나 정차제동은 상용제동을 취급하며 위급한 경우가 아니면 ()은 취급하지 않는다. 상용제동 및 비상제동의 고장으로 정차 조치가 되지 않는 경우에는 ()을 취급하여 정차할 수 있다.

(2) 상용제동을 취급하면 구동차인 M, M'차는 전기제동+공기제동, 부수차는 ()이 체결된다. 운전실 공기 압력계의 제동 압력 표시, () 점등으로 공기제동과 전기제동의 상태를 확인한다.

6. 보호 기기 작동

(1) 보호 기기 중 ()는 운전실의 EGCS를 취급한 경우 외에는 작동하지 않으며, ACArr은 낙뢰 등의 외부 Surge 유입, DCArr은 교류 모진 등의 외부 Surge 유입, ()는 직류 모진으로 MT1 차 측에 대전류가 유입되는 경우 전기동차를 보호하기 위하여 작동하는 장치다.

(2) ()이 작동할 경우 전차선 전원이 절지되기 때문에 변전소와 전차선 간 차단기 차단으로 전차선이 단전된다. 단전이 되면 운전실 AC(DC)등 소등으로 확인한다.

(3) DCarr이 작동하면 Fault등이 점등되며 ACarr이 작동하면 Fault등은 점등되지 않는다. ()가 작동한 경우에는 고장 표시등 점등이나 단전 현상은 발생하지 않는다.

(4) EGS가 작동했을 때는 취급한 EGCS를 복귀하면 된다. ACarr, DCarr, MFs가 작동한 ()는 복귀 취급이 불가능하므로 () 후 연장 급전 조치를 한다.

 핵심정리

>>>

7. 기동 정지

- (1) 운전실 ()를 눌러 전체 M'차의 MCB를 차단한다. 운전실 MCB OFF등 점등으로 확인한다.
- (2) 운전실 ()를 눌러 전체 M'차의 Pan을 하강한다. 운전실 AC등 또는 DC등 소등으로 확인한다.
- (3) 운전실 전·후진 핸들을 () 위치로 하고 MC Key를 쥐거한다.
- (4) 운전실 제동 핸들을 쥐거하여 103선의 Bat 전원 공급을 차단한다.
- (5) 운전실 주차제동을 주차 위치로 하여 ()를 한다.



참고 문헌 •

1. 철도인재개발원, 전기동차 구조 및 기능, 2013
2. 철도인재개발원, 도시철도시스템일반, 2013
3. 한국철도대학, 전기철도, 2002
4. 한국철도대학, 철도차량공학, 2005
5. 전영석, 김충기, 철도안전법령 요론, 2017
6. 철도청, 과천/분당선 인버터제어 전기동차 정비지침서, 1994
7. 한국철도, 인버터제어(VVVF) 전동차 정비지침서, 1997
8. 한국철도, 인버터제어(VVVF) 전동차 정비지침서, 2003