

발 간 등 록 번 호

11-1613000-002858-01



제2종
철도차량운전면허 표준교재



전기동차 구조 및 기능



국토교통부



제2종
철도차량운전면허 표준교재



전기동차 구조 및 기능



국토교통부

발간사

근대화의 여명기에 출발한 한국 철도의 시작은 일제 강점기와 한국전쟁의 격변기를 거치면서도 꾸준히 발전하여 산업화 시대의 중추적 역할을 감당하여 왔습니다. 초창기 증기기관차로 시작한 동력기관차는 디젤기관차와 산업선의 전기기관차로 발전하여, 현재 고속철도의 대중화 시대로 접어들고 있습니다. 국가경제의 성장은 인구의 대도시 집중과 교통수요의 증가를 가져왔으며, 이에 새로운 대중교통 체계를 필요로 함에 따라, 1974년에 전기동차를 도입하여 우리나라 최초의 서울지하철 1호선과 인천과 수원을 연결하는 수도권 전철을 개통하게 되었습니다. 이후 수도권 지하철망의 확충과 더불어 지방광역도시인 부산, 인천, 대구, 광주, 대전에서도 지하철이 개통함에 따라 바야흐로 대중교통의 도시철도 시대가 도래하였으며, 현재는 지역별 경량 전철과의 연계 및 도로 교통과의 환승체계를 이용하여 세계에서 가장 우수한 도시교통 네트워크 시스템을 운영할 수 있게 되었습니다.

도시철도의 확대와 고속철도의 대중화 등으로 안전한 열차 운영을 필요로 하였기 때문에, 국토교통부에서는 2005년 철도안전법을 새롭게 제정하면서 안전운행에 가장 중요한 역할을 담당하는 기관사 면허를 국가자격으로 전환해 철도차량 운전면허제도를 시행하여 운전면허를 가진 사람만이 철도차량 운전 업무를 수행할 수 있도록 하였습니다. 철도차량 운전면허의 종류도 고속철도차량, 제1종 전기차량, 제2종 전기차량, 디젤차량, 철도장비 차량, 노면전차 6개 분야로 세분화하여 차량 종류별 전문 기관사를 양성하여 철도차량 안전운행을 위해 최선을 다하고 있습니다.

철도차량 운전면허 취득의 기회는 모든 국민에게 개방되어 있지만, 사전 준비과정이 필요합니다. 제2종 전기차량 운전면허는 국가로부터 지정된 철도차량 운전교육훈련 기관에서 철도안전법령에 규정된 교육을 받고 시험에 합격하면 취득할 수 있는 면허입니다. 제2종 전기차량 운전면허 교육의 모델은 수도권 광역철도인 한국철도공사 4호선의 운행구간과 전기동차를 기본으로 하고 있습니다. 지금까지는 대부분의 교육훈련기관이 한국철도공사와 서울교통공사 인재개발원의 교육 교재를 기본으로 각

교육훈련기관 자체로 집필된 교재를 사용하여 왔습니다만, 철도차량 운전을 위한 기본 소양과 기초지식을 강화하고 교육생들이 보다 쉽게 공부할 수 있는 교재의 발간 요구가 있어 국토교통부에서 제2종 전기차량 운전면허 교육과정에 필요한 표준교재를 개발 하였습니다. 표준교재는 철도관련법과 운전관련규정, 도시철도시스템, 전기동차의 구조 및 기능, 운전 이론, 비상시 조치, 기능 교육에 대한 내용으로 구성되어 있으며, 도시 철도 운전업무 종사자가 갖추어야 할 자질로서 기본적인 내용부터 전문적인 부분까지 학습할 수 있도록 구성되어 있습니다. 철도관련 교육훈련기관 및 학교는 물론 현업에서 제2종 철도차량 운전업무에 종사하고 있는 기관사분들도 이 교재를 활용함으로써 향후 철도인의 안전의식과 기술적 자질을 높일 수 있을 것으로 기대하고 있습니다.

도시의 교통망은 사회의 유기체적 조직과 같아 계속 변화되고 발전을 추구합니다. 이러한 변화와 발전에 도시철도는 대중교통의 핵심이며, 이미 포화상태에 이른 도로 교통의 해결점입니다. 철도운영기관에서의 근무를 희망하는 교육생 여러분께서 이 표준 교재를 열심히 공부하여 원하는 목표를 달성하시기 바라며, 우리나라의 도시철도를 포함한 모든 철도분야에 도움이 되어 한국 철도가 세계화로 나아가는 큰 발전을 이룰 수 있기를 희망합니다.

아울러 표준교재 제작에 참여하신 집필진과 검토진, 한국교통안전공단의 편찬진 여러분의 노고에 감사의 말씀을 드리며 국민에게 봉사하며 안전한 한국 철도의 위상이 더욱 확립 되도록 최선을 다하고 노력 하겠습니다.

2020년 12월

철도안전정책관 강 희 업

표준교재 이용 및 저작권 안내

표준교재의 저작권

이 표준교재는 「저작권법」 제24조의2에 따른 국토교통부의 공공저작물로서 별도의 이용 허락 없이 자유이용이 가능합니다.

다만, 이 표준교재는 “공공저작물 자유이용허락 표시 기준(공공누리, KOGL, www.kogl.or.kr) 제2유형  ”에 따라 공개하고 있으므로 다음 사항을 준수하여야 합니다.

1. 출처의 명시
2. 상업적 이용 금지

표준교재의 이용 및 주의사항

이 표준교재는 철도운전업무 종사자에게 필요한 기본적인 지식을 모아 제시한 것이며, 철도종사자를 양성하는 전문교육기관 등에서는 이 표준교재에 포함된 내용 이상을 해당 교육과정에 반영하여 활용할 수 있습니다.

또한, 이 표준교재는 「저작권법」 및 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따른 공공저작물 또는 공공데이터에 해당하므로 관련 규정에서 정한 범위에서 누구나 자유롭게 이용이 가능합니다.

그리고 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따라 이 표준교재를 발행한 국토교통부는 표준교재의 품질, 이용하는 사람 또는 제3자에게 발생한 손해에 대하여 민사상·형사상의 책임을 지지 아니합니다.

표준교재의 정정 신고

이 표준교재를 이용하면서 다음과 같은 수정이 필요한 사항이 발견된 경우에는 철도자격관리시스템(lic.kotsa.or.kr/rbm/)으로 신고하여 주시기 바랍니다.

- 철도안전법 등 관련 규정의 개정으로 내용 수정이 필요한 경우
- 기술된 내용이 보편 타당하지 않거나, 객관적인 사실과 다른 경우
- 오탈자 및 앞뒤 문맥이 맞지 않아 내용과 의미 전달이 곤란한 경우
- 관련 삽화 등이 누락되거나 추가적인 설명이 필요한 경우

※ 주의 : 표준교재 내용에는 오류, 누락 및 관련 규정 미반영 사항 등이 있을 수 있으므로
의심이 가는 부분은 반드시 정확성 여부를 확인하시기 바랍니다.

목차

CONTENTS

1장 전기동차 일반 1-1

1.1 철도 일반.....	1-2
1.2 전기동차 차량 일반	1-14
1.3 전차선 및 절연 구간.....	1-29
1.4 과천선 VVVF 전기동차 제어 일반	1-32

2장 특고압 회로 2-1

2.1 저압 제어 일반	2-2
2.2 기동 준비.....	2-20
2.3 기동기기 및 제어회로	2-30
2.4 비상 보호 회로	2-69
2.5 운행 취급 회로	2-79

3장 견인 장치 3-1

3.1 개요	3-2
3.2 견인 장치의 구성과 작용	3-13
3.3 견인 장치의 제어.....	3-40
3.4 주 변환장치의 보호 작용과 복귀	3-67
3.5 고장 차량의 차단 취급	3-76

4장 고압보조 장치 4-1

4.1 고압보조 장치의 개요	4-2
4.2 보조전원 장치(SIV)	4-5
4.3 AC440V 연장급전(Extension Supply)	4-15
4.4 전동 공기압축기(Compressor Motor)	4-22
4.5 송풍전동기(Blower Motor) 장치.....	4-34
4.6 냉·난방장치	4-39

5장	저압보조 장치	5-1
5.1	저압보조 장치.....	5-2
5.2	충전장치	5-3
5.3	출입문 장치	5-5
5.4	점등 장치.....	5-19
5.5	열차종합 정보장치(TGIS : 모니터 장치).....	5-34
5.6	기타 저압장치.....	5-41
6장	제동 장치	6-1
6.1	개요	6-2
6.2	HRDA 제동 장치의 개관	6-25
6.3	HRDA 제동 장치의 기능과 작용.....	6-30
6.4	HRDA 제동 장치의 작용	6-66
6.5	구원운전	6-86
7장	운전 보안장치	7-1
7.1	운전 보안장치 개요	7-2
7.2	ATS 장치	7-12
7.3	ATC 장치	7-35

1장

전기동차 일반



- 1.1 철도 일반
- 1.2 전기동차 차량 일반
- 1.3 전차선 및 절연 구간
- 1.4 과천선 VVVF 전기동차 제어 일반



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 정제 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 운영하는 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 전인력을 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.

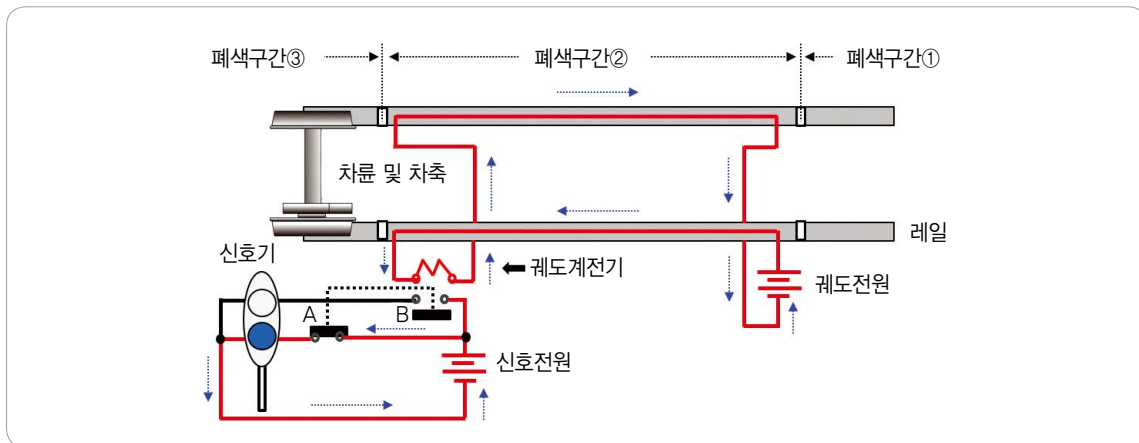
3) 열차 제어란 열차의 진로와 신호 등을 제어하여 열차의 운행을 제어하는 것을 말한다.

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.

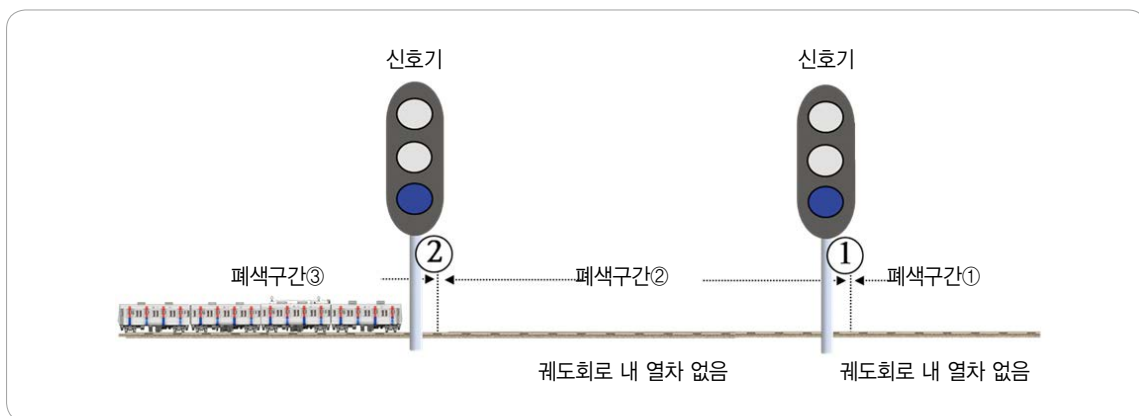
② 신호란 모양, 색 또는 소리 등으로서 열차 또는 차량에 대하여 운행의 조건을 지시하는 것을 말한다.

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.

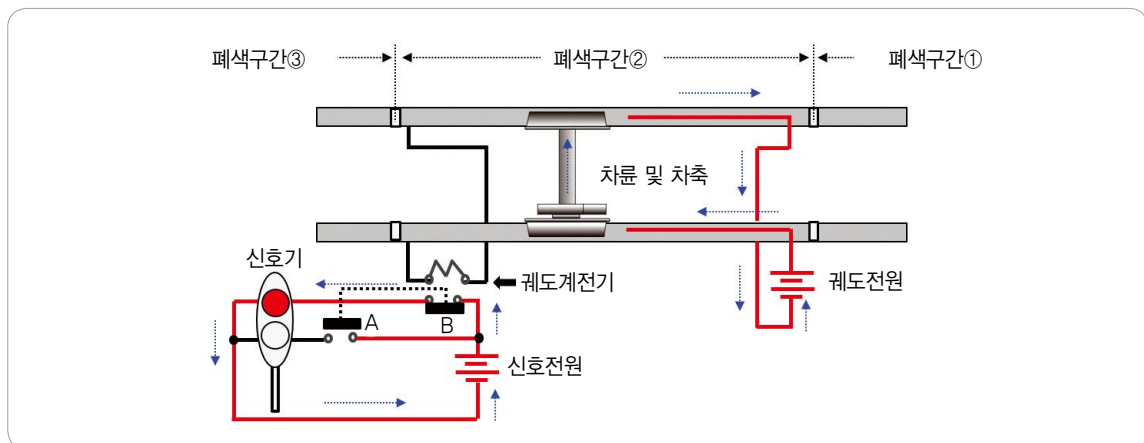


[그림 1-1] 궤도회로 1

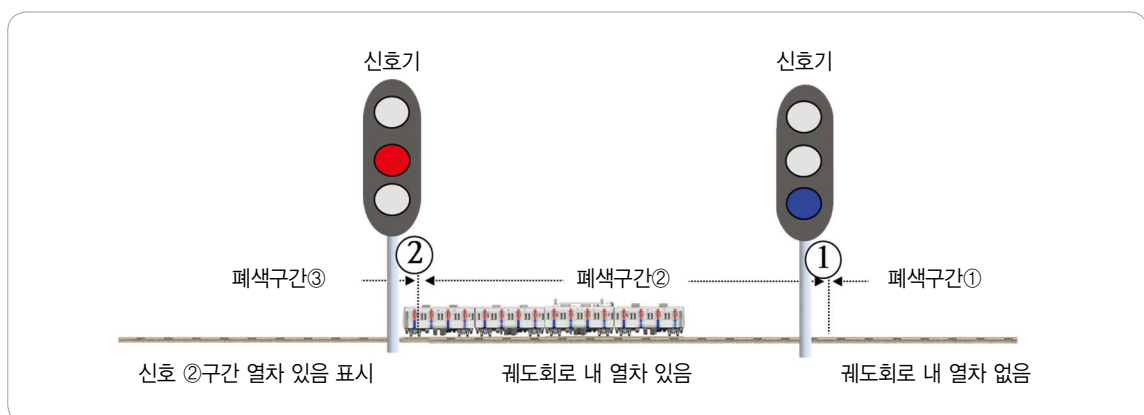


[그림 1-2] 신호 현시 1

- 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 운행할 수 없도록 한다.
- ② 열차 또는 차량을 검지하는 방법은 궤도 전원의 전류가 레일과 전선을 통하여 + 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 적색등을 점등시키게 된다. 따라서 [그림 1-4]의 폐색구간②에 열차나 차량이 있는 것을 표시하여 다른 열차나 차량이 폐색구간③에서 폐색구간②에 진입할 수 없음을 표시한다. 위 궤도회로는 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 현시 창에 표시하며 열차의 속도를 감시하여 일



[그림 1-5] ADU



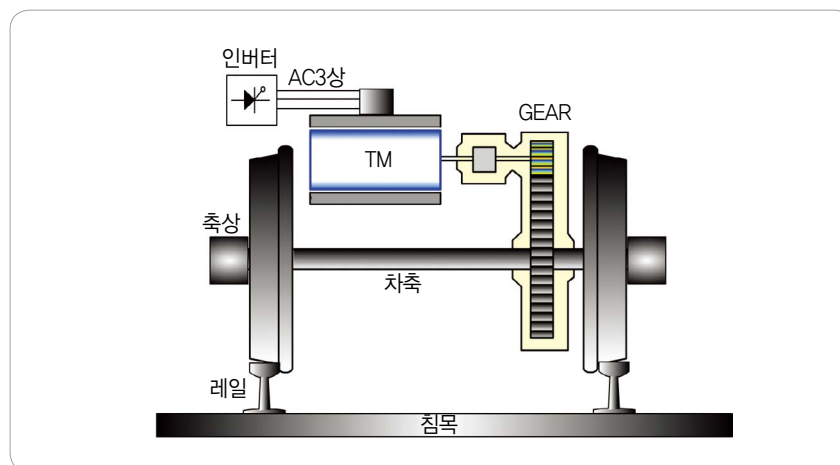
[그림 1-6] MMI

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 속도와 차량 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.



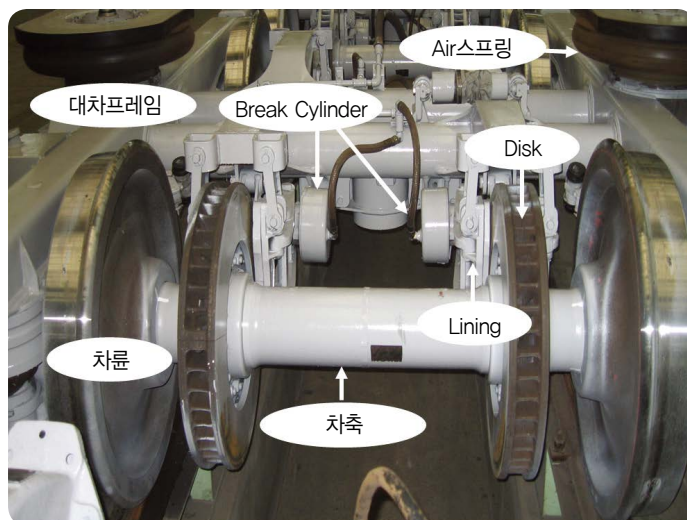
[그림 1-7] 동력 전달 과정 개략도

- ① 기어는 치차라고도 하며 톱니바퀴를 이용하여 회전력을 전달하는 장치다.
- ② 견인력은 열차를 끌고 속도를 높일 수 있는 힘을 말한다.
- ③ 견인전동기(Traction Moter)는 동력 차량의 대차에 설치되어 견인력을 발생시키는 Moter로서 견인전동기에서 발생하는 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. 1개 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 차륜담면을 제륜자로 압착하는 담면 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.

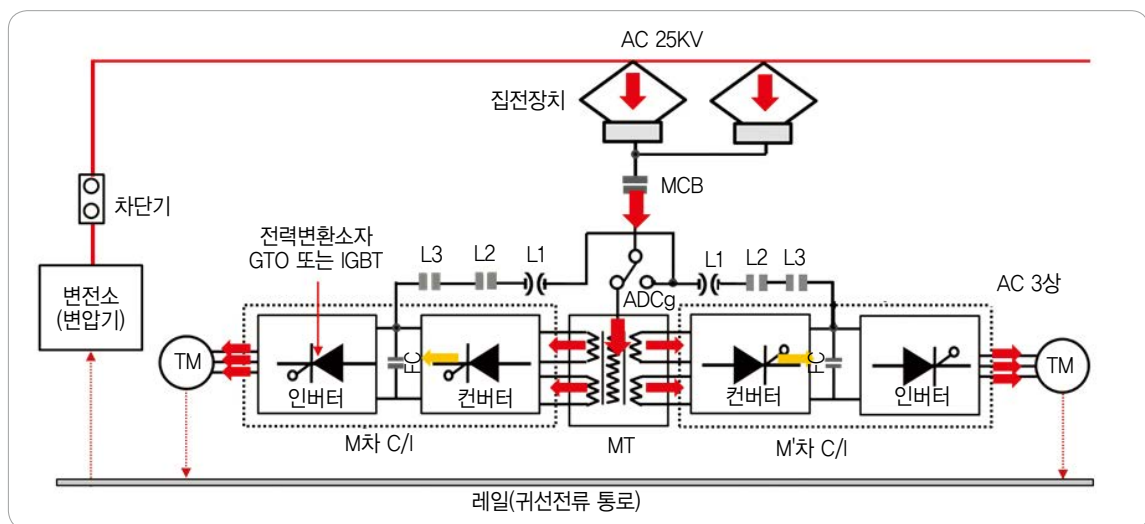
- ① 집전장치란 전차선과 접촉하여 전기 차가 전기를 공급받을 수 있도록 하는 장치로, 집전 방식에 따라 일반적으로 궤도 상부에 있는 전차선에서 전기를 공급받는 팬터그래프

(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 약칭을 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(Variable Voltage

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 띄워 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 체제를 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 레일위를 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 석탄을 싣고 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 헝가리 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.

2014년부터 도시철도법 시행으로 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 궤도가 접촉되며 운행하는 점착식 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. 이때 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) 과천선 VVVF 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 동력장치를 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

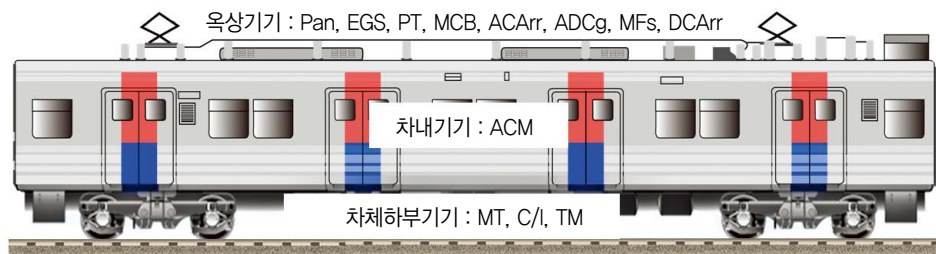
(1) 주요 기기 배치

전기동차 차량별로 주요 기기는 차 위 옥상과 객실 내, 그리고 차체 하부에 분산되어 배치하였다.

1) TC차는 운전실이 있는 차량으로 차체 하부에 SIV(Static Inverter), 공기압축기(Compressor Moter), 축전지(Battery)가 배치되어 있다.

2) M차는 차체 하부에 주변환장치(Converter/Inverter), 견인전동기(Traction Motor)가 배치되어 있다.

3) M'차는 차체 옥상에 팬터그래프(Pantograph), 비상접지스위치(Emergency Ground



[그림 1-10] M'차 기기 배치 예

Switch), 계기용변압기(Grounding Potential Transformer), 교류피뢰기(AC Arrester), 주차단기(Main Circuit Breaker), 교직절환기(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

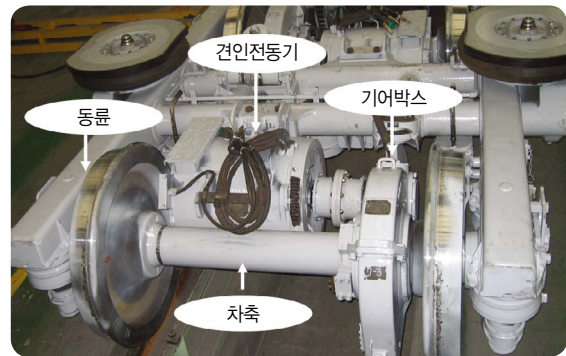
- 1) SIV는 보조전원장치(Auxiliary power system)라 하며 교류 구간은 컨버터에서 출력되는 DC 1,800V, 직류 구간은 전차선에서 공급되는 DC 1,500V를 AC 3상 440V로 변환하여 객실 냉난방, 조명 장치 등에 사용된다. 또한 별도로 출력되는 DC 100V로 축전지를 충전하고, 운전실에서 연결된 모든 차량을 제어할 수 있는 제어용 전원으로 사용한다. SIV는 TC차와 T1차 차체 하부에 배치되어 있다.
- 2) 축전지(Battery) 전압은 DC 84V 또는 $92.5V^{2)}$ 로 전기동차를 제어할 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 $8\sim 9\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 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.

2) 신형 Li-Po Battery 전압

3) PWM(Pulse Width Modulation) 펄스 폭 변조



[그림 1-11] 주 변환장치



[그림 1-12] M차 견인전동기

- 5) 견인전동기(Traction Motor)는 동력 차량에 설치되어 견인력을 발생시키는 전동기(Motor)이다. 약칭은 TM이라 하며 M차와 M'차 차체 하부에 있다.
- 6) 팬티그래프(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 Reaiy)를 작동시키고, 직류일 경우에는 직류 전압계전기용 저항기(DCVRRe)를 거쳐 DCVR(DC Voltage Reaiy)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 감지되거나 MT 2차 측 이후에 고장이 발생하였을 경우 신속하게 차단 작용할 수 있는 차단기 역할을 한다. 약칭은 MCB로 M'차 옥상에 배치되어 있다.



[그림 1-13] M'차 옥상 기기



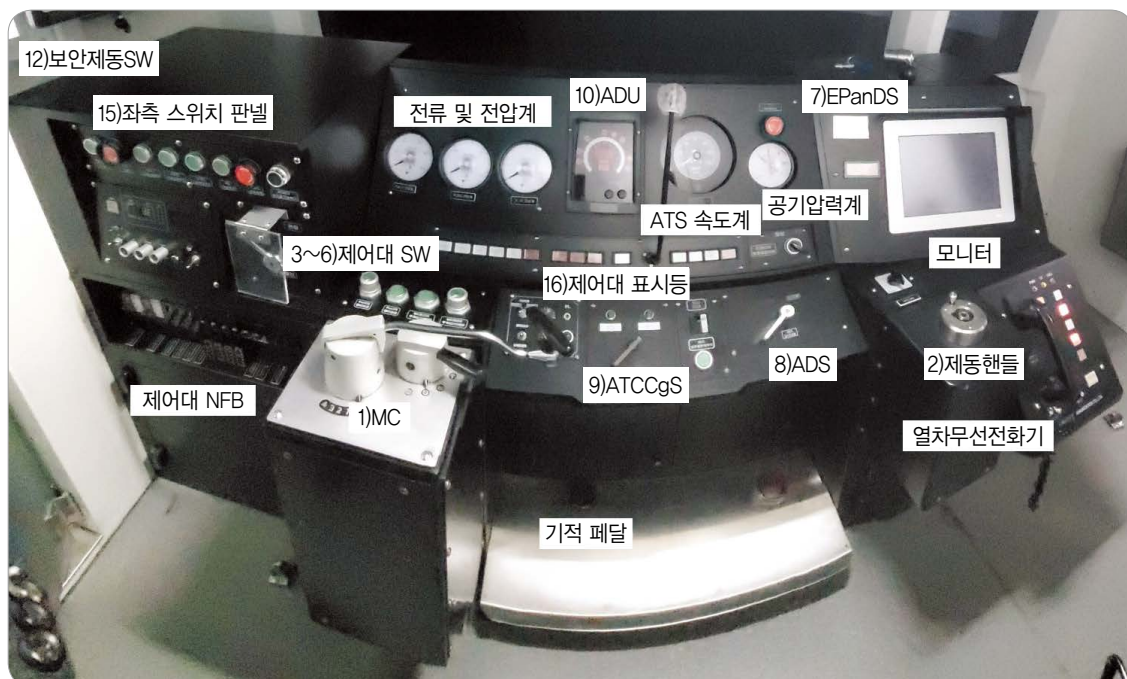
[그림 1-14] M차 옥상 기기

- 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 간 회로를 일치시키도록 하는 장치다. 약칭은 ADCg라 하고 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 12) 주퓨즈(Main Fuse)는 교류 구간에서 직류 모진⁴⁾ 등으로 MT 1차 측에 대전류가 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(Serge)가 전동차 내로 들어올 경우 방전하여 접지가 되며 전차선이 단전되는 장치로 약칭은 DCARR이라 하며 M'차 옥상에 배치되어 있다.
- 14) 보조공기압축기(Auxiliary Compressor Moter)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 옥상에 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 축 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 취거 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 취거 위치가 있다. 위급한 경우 외 정차제동이나 감속제동은 상용제동으로 취급하여야 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 취급하며 제동 핸들이 투입된 운전실에서만 취급할 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 상승시킬 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 취급할 수 있다.
- 7) EPanDS(Emergency Pan Down Switch)는 비상 팬터그래프 하강 스위치라 하며 버튼스위치로 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 투입 제어 전원을 직접 차단하고 동시에 팬터그래프를 하강하도록 되어 있다. 취급 후에는 수동으로 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 취급하는 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 접시시키고 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

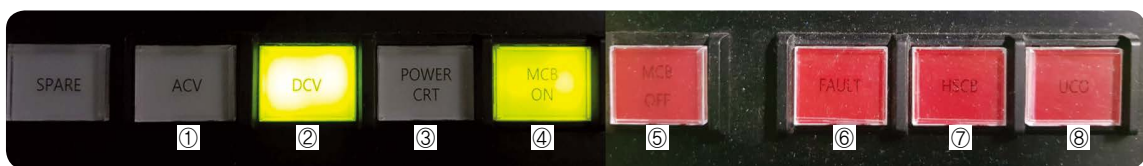


[그림 1-22] 제어대 좌측 SW 패널

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.

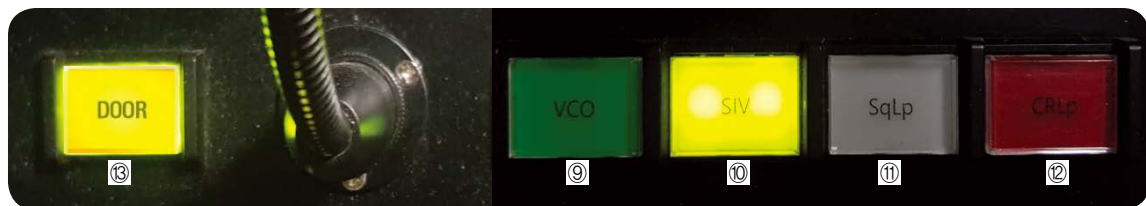
16) 운전실 표시등 종류 및 점등 시기



[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 상태를 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 적색등이다. 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 SqLp(Sequence Test Lamp)는 회로 시험등으로 백색등이다. 후부 운전실 TEST SW가 작동하였을 때 점등되며 시퀀스(C/I) 시험 상태임을 표시한다.
- ⑪ SIV등은 백색등으로 편성 차량 중 SIV가 1대라도 기동되면 점등된다.
- 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) 6칸 편성 전동 열차의 경우 항상 TC - M - M' - T - M' - TC 순서로, 기능이 다른 차량이 연결되며 이러한 방법으로 연결된 열차를 고정 편성 열차라고 한다. 8칸 편성 또는 10칸 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] 6칸 편성 전동 열차 차량 종류 및 주요 기기 배치

- 2) 0호차와 5호차의 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 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) 0호차와 5호차의 SIV는 3호차를 기준으로 각각 3량씩 객실 서비스 전원 공급을 담당할 수 있도록 하였다.

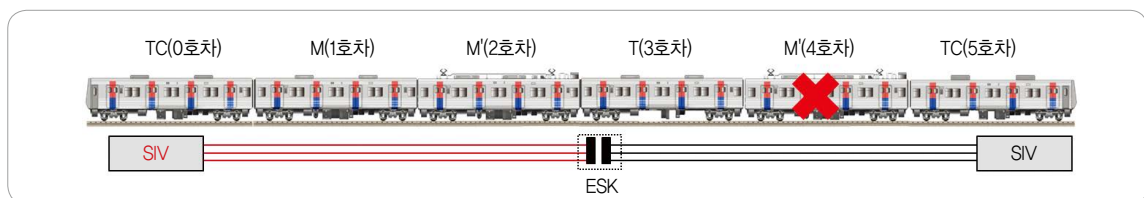
(4) 열차를 견인할 수 있는 구동차는 1, 2, 4호차로 편성 내 분산 배치되어 있으며 2호차에서 집전된 전차선의 전기를 1호차의 C/I에 공급할 수 있도록 조합해서 연결되어 있다.

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



[그림 1-27] 6칸 편성 전동 열차 동력차 고장 발생 범례

1) 4호 M'차의 고장으로 조치가 불가능하면 3M3T에서 2M4T로 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.

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

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

- 2) 5호차 SIV는 구동 전원 공급 불능으로 3, 4, 5호차의 객실 서비스 전원은 공급되지 못한다.
- ① 0호차의 SIV는 정상적으로 작동하고 있어 SIV등은 점등 상태다.
 - ② 연장 급전 취급으로 3호차의 ESK를 투입하여 0호차의 SIV에서 출력되는 객실 서비스 공급 전원을 3, 4, 5호차에 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 1, 2호차 2대의 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.

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 있

는 전차선에서 M'차 옥상 기기인 팬터그래프로 집전을 하며, DC 750V 제3궤조 방식에서는 급전용 레일에서 집전 슈(Collector shoe)로 집전을 한다.

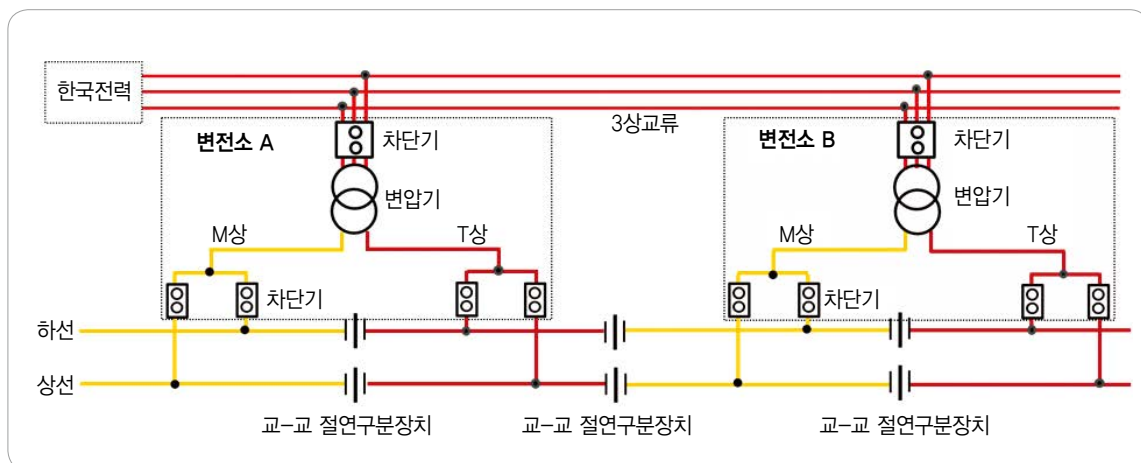
1.3.2 절연 구간

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.

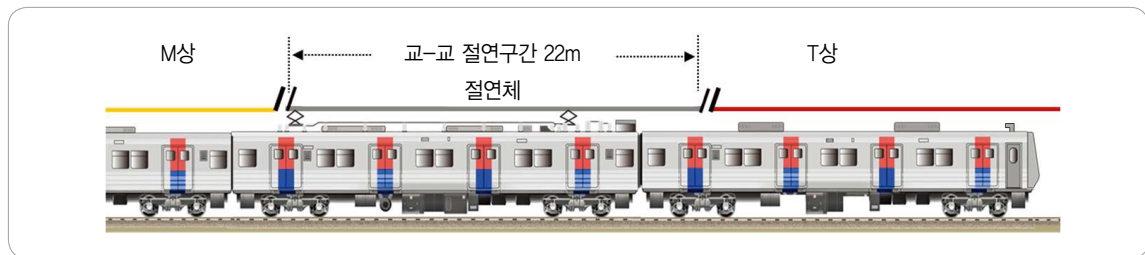
전차선 사이를 나누어 놓는 것을 구분이라 하며 장치는 전차선 구분 장치라 한다. 특히 전차선 간 절연이 되도록 절연체를 투입하여 구분한 구간을 절연 구간이라 하고, 팬터그래프는 상승 상태로 이상 없이 통과할 수 있도록 하였다.

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.



[그림 1-29] 교교 절연 구간 개략도

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



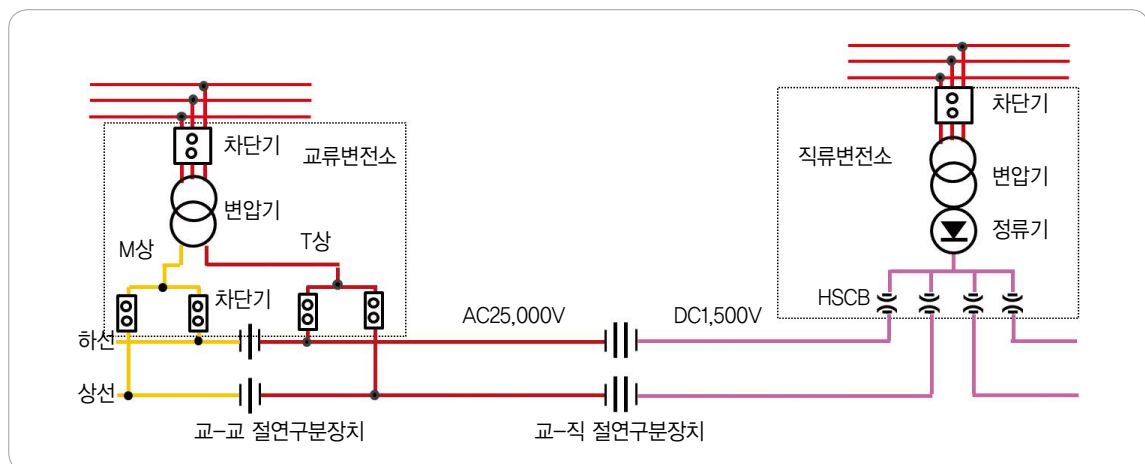
[그림 1-30] 교교 절연 구간

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 않도록 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



[그림 1-31] 교직 절연 구간 개략도

- (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 과천선 VVVF 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 체결되어 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 현시한다.
 - 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.

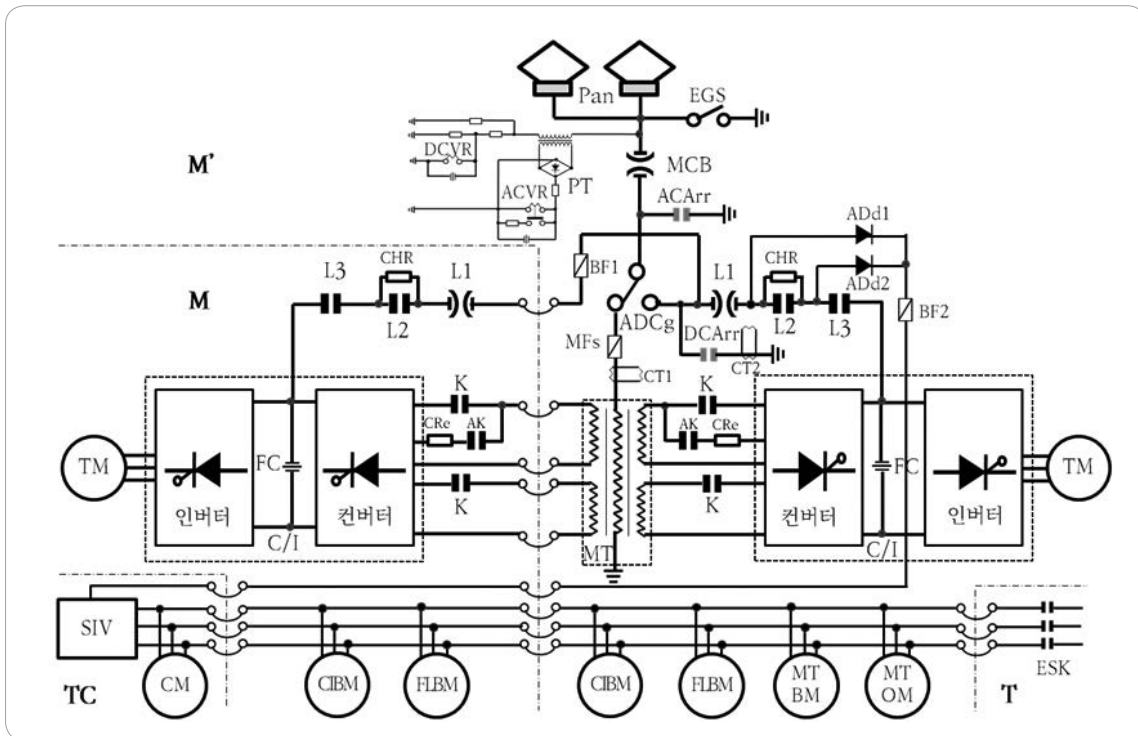
- (2) 운전실에서 ACMCS를 눌러 103선에 공급되고 있는 DC 84V 또는 92.5V의 Bat 전압으로 각 M'차의 ACM을 구동하여 Pan을 상승하고 MCB를 투입할 수 있는 압축공기를 만든다. 이때 공기 압력계에 ACM 공기압력은 표시되지 않는다.

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.
- 1) 축전지 전압계는 DC 100V를 표시하며 전체 차량에는 제어 전원 DC 100V가 공급된다.
 - 2) CM 구동으로 압축공기를 전체 차량에 공급하게 되며 MR 압력이 $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 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.



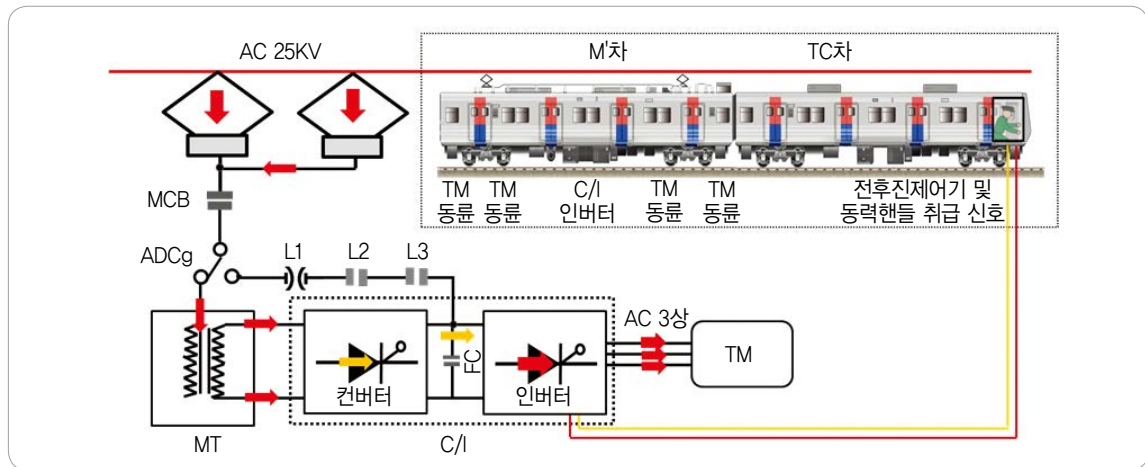
[그림 1-33] 과전선 VVVF 전기동차 주회로 간략도

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.

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.



[그림 1-34] 과천선 VVVF 전기동차 M차 교류 구간 동력 운전 과정

1.4.2.2 직류 구간 동력 운전

- (1) 직류 구간에서는 기동이 완료되면 L1이 투입되어 전차선에서 집전된 DC 1,500V가 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

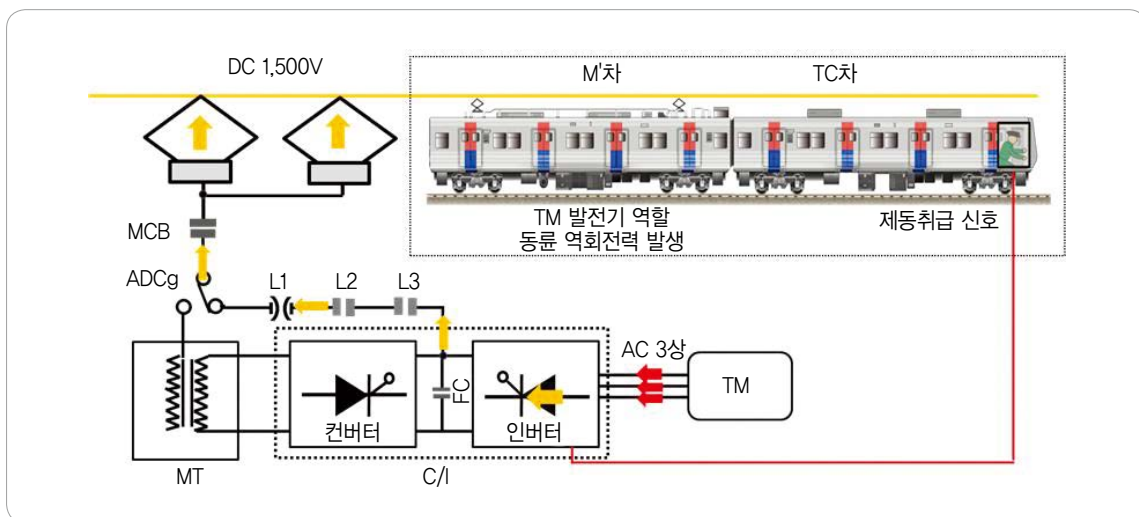
과천선 VVVF 전기동차는 상용제동 취급을 하면 구동차+부수차를 제동 Unit로 구성하여 전기제동, 전기제동+공기제동, 공기제동이 체결된다.

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 차륜담면을 제륜자로 압착하는 담면 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

종 류	차량 연결 순서	비 고
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 상승시킨다.
- (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 경고 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 DOO등은 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 접지되기 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 취거한다.
- (4) 운전실 제동 핸들을 취거하여 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

2장

특고압 회로



2.1 저압 제어 일반

2.2 기동 준비

2.3 기동기기 및 제어회로

2.4 비상 보호 회로

2.5 운행 취급 회로



2장

특고압 회로

2.1 저압 제어 일반

학습목표

- ✓ 전기동차 제어 방법 및 회로에 대하여 설명할 수 있다.
- ✓ 전기동차 특고압 장치의 구조와 작용 및 제어 과정을 설명할 수 있다.
- ✓ 전기동차 보호기기 동작과 조치 방법에 대하여 설명할 수 있다.
- ✓ 전기동차 운행 중 취급 사항에 대하여 설명하고 실행할 수 있다.

2.1.1 개요

전기동차는 고정편성 열차로서, 운전실이 있는 TC차는 맨 앞과 맨 뒤에 2칸을 연결하고 있으나 출입문 개폐 연동 회로, 냉난방 제어 등 일부를 제외한 나머지 기동, 동력 운전, 제동 취급 등 모든 제어는 기관사가 있는 전부 운전실에서만 할 수 있다. 운전실에서 각 차량의 특고압, 고압, 저압 기기를 제어하는 방법으로는 저압 전원에 의한 간접 제어 방식이 있다.

간접 제어를 할 수 있는 저압 전원은 TC차 및 T1차에 배치된 DC 84V 또는 92.5V의 축전지 전원이다. 운전실에서 제동 핸들을 투입하면 편성 내 모든 차량과 Jump선으로 연결된 103선에 축전지 전원을 공급한다. 이렇게 모든 차량에 공급된 103선 전원을 제어 전원으로 사용하여, 기기 배치와 성능이 각각 다른 모든 차량을 운전실에서 간접 제어를 한다.

전차선의 AC 25,000V나 DC 1,500V의 높은 전압을 전동차 내로 공급하기 위하여 팬터그래프를 상승시켜야 한다. 운전실에서 PanUS를 누르면 103선 전원과 ACM에서 압축한 5kg/cm²의 압축공기로 편성 내 모든 M'차의 Pan이 상승된다. 이와 같은 방법으로 AC 25,000V나 DC 1,500V의 고압 전기 회로를 직접 연결하지 않고 운전실에서 저압의 전원과 공기압력을 이용하는 간접 제어를 할 수 있으며, 특고압 장치인 MCB, ADCg, EGS도 103선의 전원과 압축공기를 이용하여 제어를 한다.

그러나 특고압 장치 중에는 피뢰기나 MFs와 같이 간접 제어 방식으로 동작하지 않고 낙뢰나 외부 Surge 등 이상 전압이나 전류가 유입될 경우 전기동차를 보호하기 위하여 작동하는 보호기기도 있다.

2.1.2 용어 정의

(1) 제어란 각종 설비를 스위치나 센서 등 각종 조작기기를 이용하여 사용목적에 따라 자동 또는 수동으로 동작이나 정지 또는 조절 등의 취급을 하는 것을 말한다.

(2) 전기동차 회로 구분

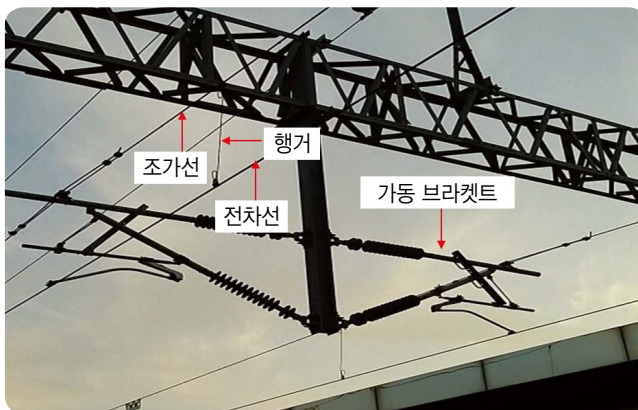
- 1) Pan에서 C/I 전까지를 특고압 회로라 하며, 회로 내 있는 각종 장치들을 특고압 장치라 하고, 특고압 장치를 제어하는 저압 제어회로를 특고압 제어회로라 한다.
- 2) C/I에서 TM까지를 견인 회로라 하며, 회로 내 있는 각종 장치들을 견인 장치라 한다.
- 3) SIV 및 SIV 출력 전원으로 구동되는 CM, 송풍기, 냉난방을 고압 보조 장치라 하며, 고압 보조 장치를 제어하는 회로를 고압 보조 회로라 한다.
- 4) 축전지(Battery) 전원과 SIV에서 출력되는 DC 100V, SIV 출력 전원 AC 3상 440V를 보조 변압기(AT)에서 AC 100V와 AC 220V로 낮춘 전압을 사용하는 회로는 저압 회로로 분류하고 있다.

(3) 전기동차의 Bat 전압은 $DC\ 1.2V(1\ Cell) \times 70\ Cell$ 로 DC 84V이며, Li-Po(Lithium polymer) Bat 전압은 $DC\ 3.7(1\ Cell) \times 25\ Cell$ 로 DC 92.5V이다.

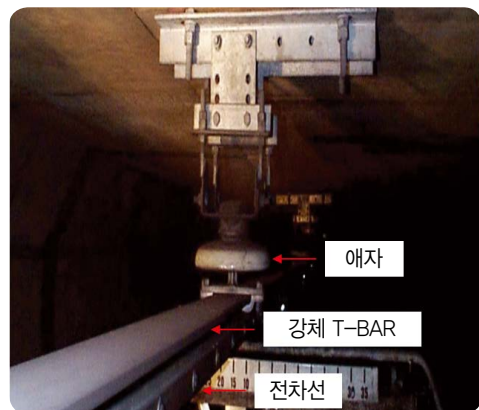
(4) 회로의 개폐와 차단

- 1) 개폐 작용이란 단순히 전류가 흐를 수 있는 통로를 연결하거나 개방하는 작용이며, 차단이란 부하기기를 사용하고 있어 회로에 전류가 흐르는 상태에서 회로를 개방하는 것을 말한다.
- 2) 높은 전류가 흐르고 있을 때 회로를 개방하는 경우, Arc가 발생되어 기기가 손상될 수 있다. 전기동차는 교류 구간에서 진공차단기인 MCB를 이용하여 부하 전류를 차단하고, 전류치가 높은 직류는 HSCB(High Speed Circuit Breaker) 형식의 차단기를 사용하여 부하 전류를 차단하고 있다.
- 3) 아크(Arc)란 부하기기 작동으로 전류가 흐르는 상태에서 입력 측과 부하 측 간을 차단할 경우 공기를 통하여 전류가 흐르는 것을 말하며, 이때 높은 열과 빛이 발생하는 현상을 말한다.
 - ① 소호(消弧) 작용이란 Arc에 의해 발생하는 높은 열과 불꽃을 끄는 작용을 말한다.

- ② 용착이란 Arc에 의해 발생하는 높은 열과 불꽃에 의해 입력 측과 부하 측을 연결하는 접점이 용접되어 정상적인 동작을 할 수 없는 상태를 말한다.
 - ③ 용단이란 정격전류보다 높은 대(大)전류의 유입으로 퓨즈(Fuse)가 끊어지는 것을 말한다.
- (5) 전원 측(입력 측)이란 전기를 공급하는 쪽을 말하며 부하 측이란 전기를 사용하여 동력, 빛, 열 등을 발생시키며 소비하는 쪽을 말한다.
- 1) 전기동차의 전원 측은 전기를 공급하는 전차선, Bat 등을 말한다.
 - 2) 전기동차의 부하 측은 전차선에 집전되는 전기를 사용하는 TM, CM, 객실 냉난방 등과 Bat 전기를 사용하는 DC 형광등, 열차 무선전화, 방송 장치, 모니터 장치 등을 말한다. 또한 계전기 등 제어기기도 Bat 전기를 사용하는 부하에 포함된다.
- (6) 전차선은 일반적으로 지상 구간은 커티너리(Catenary) 방식을, 지하 구간에서는 강체 가선 방식을 사용하고 있다.
- 1) 커티너리(Catenary) 방식은 현수식(懸垂式)이라고 하며, 궤도 위쪽에 조가선을 설치하고 행거(Hanger)나 드로퍼(Dropper)로 전차선을 궤도면과 평행하게 매달아 놓은 방식이다.
 - 2) 강체 가선 방식은 터널 천장에 애자(碍子)를 설치한 후, 알루미늄제의 T-Bar를 애자에 고정시키고 아랫부분에 이어(Ear)로 전차선을 고정하여 설치한 방식이다.



[그림 2-1] Catenary 방식



[그림 2-2] 강체 가선 방식

(7) 전차선 단전과 급전

- 1) 전차선 단전은 변전소에서 전차선에 전기를 공급하는 방향, 즉 급전 측의 차단기나 HSCB가

차단되어 전차선의 전기 공급이 중단되는 것으로, 이때 전기동차는 전기 공급을 받을 수 없어 운행이 불가능하다. 전기동차의 EGS, ACarr, DCarr 등이 작동하는 경우에도 전차선은 단전된다.

- 2) 전차선 급전은 단전 후 변전소에서 급전 측의 차단기나 HSCB를 투입하여 전기를 공급하는 것을 말한다.

2.1.3 제어 방법의 이해

2.1.3.1 개요

제어회로란 제어 명령에 따라 전기가 흐를 수 있도록 하거나 차단할 수 있는 통로를 말한다. 회로를 연결하는 전기선에는 103선처럼 선번호가 있고, 회로를 연결하거나 차단할 수 있는 기기들이 배치되어 있다. 이런 기기들은 SW 조작 등을 통한 제어 명령에 따라, 전자석이나 공기압력 또는 전류 신호 등으로 저압이나 고압의 전기가 부하에 흐르게 하거나 차단하는 작용을 한다. 또한 제어 명령이 없어도 과전류나 단락 등 전기적인 고장이 발생하였을 때 자동으로 회로를 차단하거나 고장을 표시할 수 있는 기기들도 배치되어 있다.

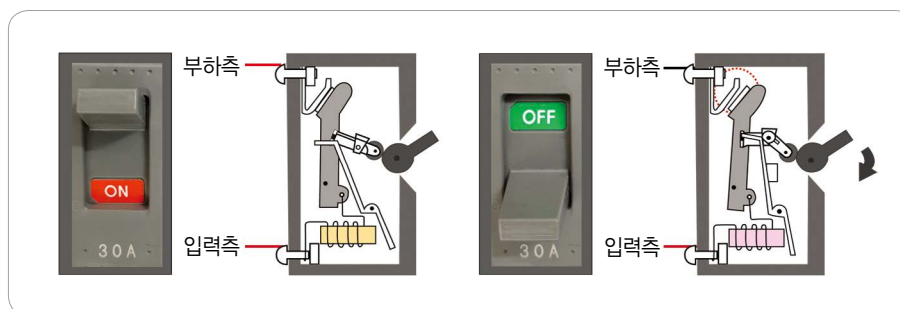
제어회로 내 전기선과 배치된 각종 기기를 기호로 표시한 도면을 회로도 또는 결선도라 한다.

2.1.3.2 제어회로 주요 기기 및 작용

(1) 스위치(Switch : SW)

1) 회로 차단기(Circuit Breaker)

- ① 전기동차의 저압 회로에서 사용하는 회로 차단기는 N.F.B(No Fuse Breaker)라 하며, 수동으로 ON 또는 OFF 위치로 조작할 수 있어 일반적인 스위치 형태와 같다.



[그림 2-3] NFB

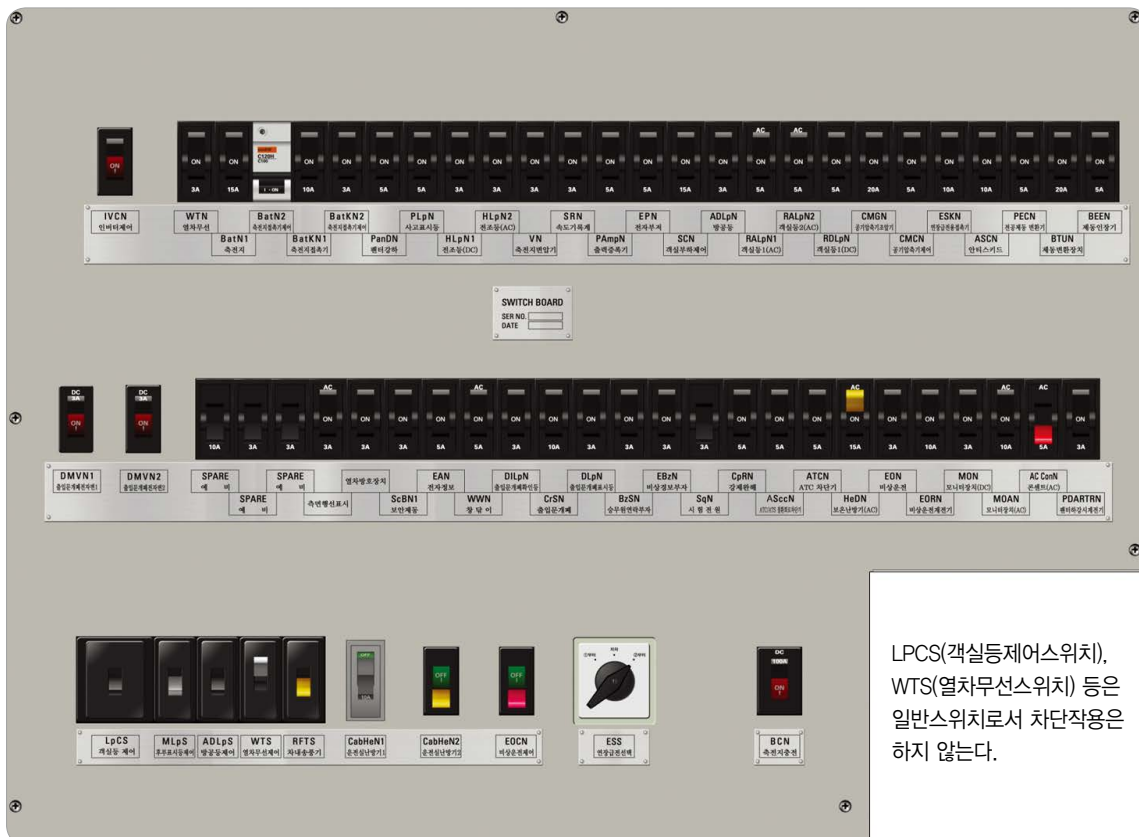


[그림 2-4] SW

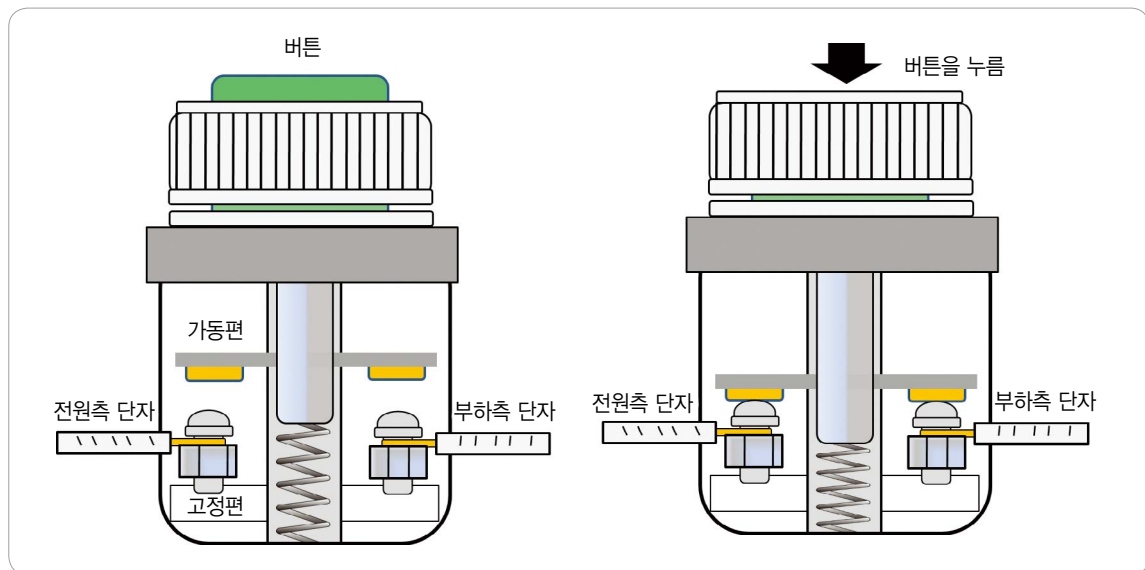
- ② 일반 스위치와 다른 점은 그림과 같이 내부에 과전류를 검지하는 코일이 있어, 용량을 초과하는 전류가 흐를 경우에 코일의 전자력에 의하여 투입을 유지시키고 있던 잠금장치가 풀려 자동으로 차단이 된다. 과전류에 의해 자동으로 차단되는 것을 Trip이라 하며, Trip 된 차단기의 복귀 취급(ON 취급)은 수동 조작으로 한다.

[표 2-1] 회로 차단기 및 스위치 기호와 명칭 예시

회로 차단기	스위치	명칭	배치 차량
		HCRN(전부차 제어계전기 회로차단기)	TC차
		PanVN(Pan 전자밸브 회로차단기)	M'차
		LPCS(객실등 제어 스위치)	TC차
		WTS(열차무선 스위치)	TC차



[그림 2-5] TC차 배전반 차단기 및 스위치



[그림 2-6] Push Button SW

2) 푸시버튼스위치(Push Button Switch)

푸시버튼스위치란 누름 버튼 스위치라고도 하며, 버튼을 누르고 있는 동안만 전원 측과 부하 측의 회로를 연결하고, 손을 떼면 전원 측과 부하 측의 회로를 차단하는 제어용 조작 스위치를 말한다.

스위치 내부에 스프링이 있어 누르는 동안 가동 편(片)과 같이 동작하는 가동접점이 고정접점과 접촉되어 회로를 연결하고, 손을 떼면 스프링의 힘(복원력)에 의하여 복귀, 가동접점이 고정 접점과 분리되어 회로를 차단한다.

3) 버튼스위치(Button Switch)

버튼스witch는 누르면 회로를 연결하고 손을 떼도 누름 상태가 유지되므로 버튼을 시계 방향으로 돌려야 복귀되는 스위치이다.

4) 토글스위치(Toggle Switch)

토글스위치란 손가락 끝으로 레버를 직선으로 왕복운동을 시켜 전기회로의 개폐 조작을 하는 제어용 스위치를 말한다.



[그림 2-7] 각종 스위치

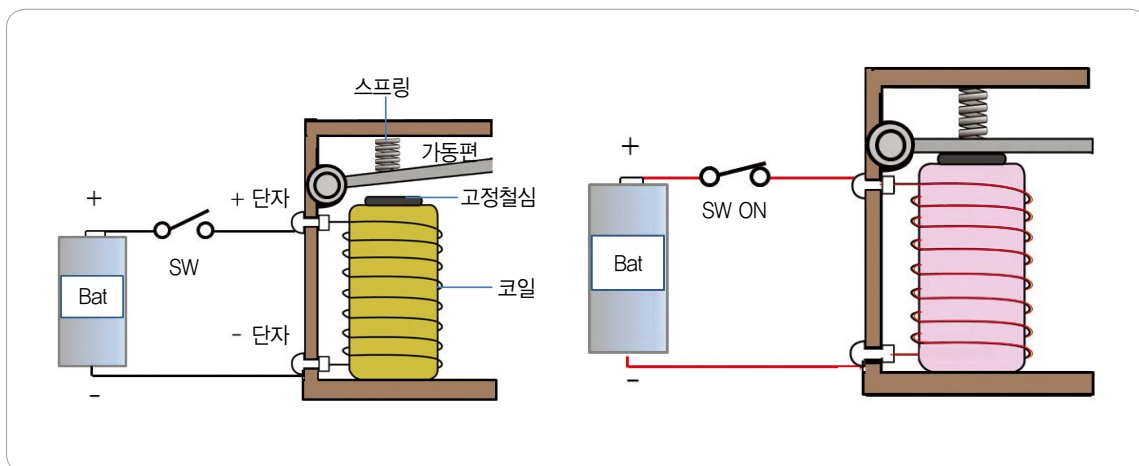
[표 2-2] SW 및 회로 연결점 기호

푸시버튼SW	버튼SW	연결점	비고
			연결점 표기에서 위쪽은 상 · 하 좌 · 우로 전류가 흐르며 아래쪽은 연결되지 않는다.

(2) 전자력을 이용한 제어 기기

제어회로를 구성하는 기기 중에는 전자력을 이용하여 회로를 연결하거나 차단하는 방법을 사용하는 것도 있다. 철심에 코일을 감고 전류를 코일에 흐르게 하면 전자석이 되는 원리를 이용한다.

[그림 2-8]에서 코일에 전류가 흐르지 않을 경우, 스프링의 장력으로 가동 편은 고정 철심과 분리



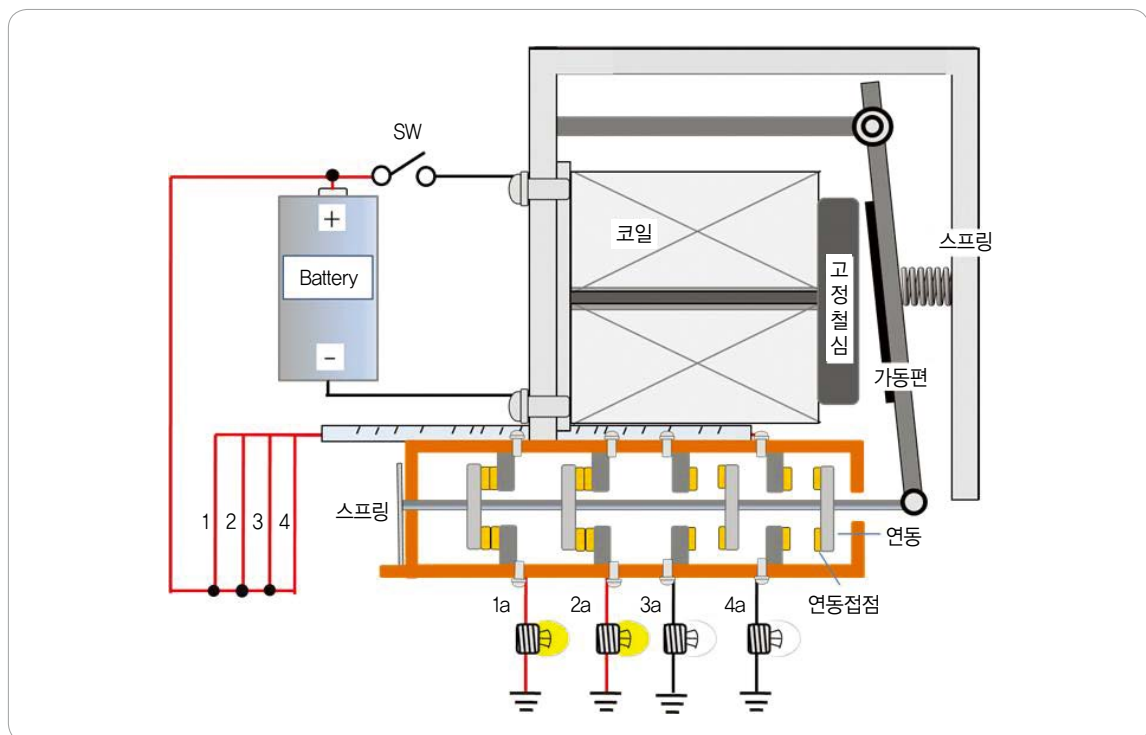
[그림 2-8] 전자석

되어 있다. 코일에 전류를 흐르게 하면 스프링의 힘보다 강한 코일의 전자력에 의하여 가동 편은 고정 철심에 접촉하게 된다. 코일에 전류가 흐르지 않을 때를 무여자라 하고, 코일에 전류가 흘러 전자석이 될 때를 여자라 한다. 이와 같이 스프링의 장력과 전자력을 이용하는 기기로는 계전기(Relay), 접촉기(Contactor), 전자밸브(Magnetic Valve) 등이 있다.

1) 계전기(Relay)

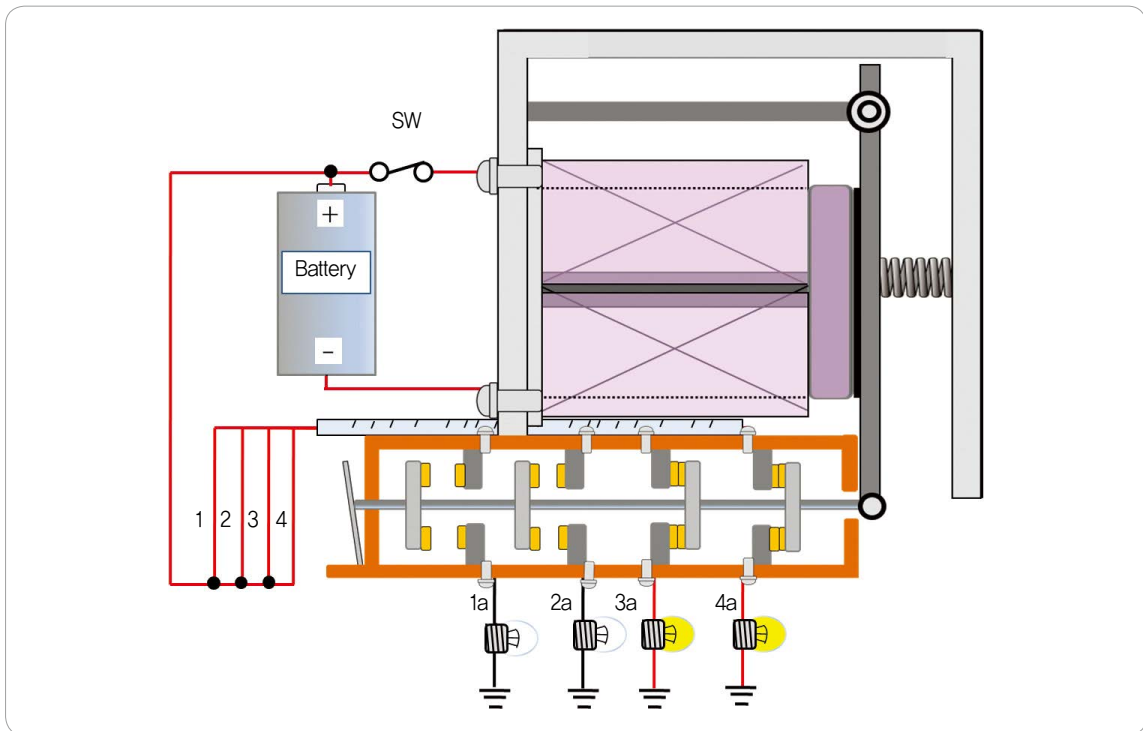
계전기는 전자석의 원리를 이용하여 전기의 접점을 개폐할 수 있도록 하는 기기로서, 구조는 고정 철심과 코일, 스프링, 가동 편, 가동 편과 연동되어 동작하는 연동과 연동 접점 등으로 구성되어 있다.

- ① [그림 2-9]과 같이 계전기 코일에는 전류가 흐르지 않고 가동 편은 스프링의 장력에 의하여 고정 철심에서 분리되어 있는 상태를 계전기(Relay) 무여자라고 한다.
- ② 이때, 가동 편과 같이 동작하는 2개의 연동은 고정 접점과 접촉하여 1~1a, 2~2a 간은 부하 측과 연결되어 있고, 2개의 연동은 접촉되지 않은 상태로 3~3a, 4~4a 간은 부하 측과의 회로를 차단하고 있다.



[그림 2-9] 계전기 무여자

- ③ 연동(접점)과 고정 접점이 접촉되어 회로가 연결되는 것을 폐로(Close)라 하며, 연동(접점)과 고정 접점이 접촉되지 않은 상태로 회로가 차단되는 것을 개로(Open)라고도 한다.
- ④ [그림 2-10]과 같이 계전기 코일에 전류를 흐르게 하면 스프링의 힘보다 큰 전자력에 의하여 가동 편이 고정 철심에 접촉되는 상태가 되는데, 이를 계전기(Relay) 여자라 한다.
- ⑤ 이때, 가동 편과 같이 동작하는 2개의 연동은 고정 접점과 접촉되지 않은 상태로 1~1a, 2~2a 간은 부하 측과 차단되고, 2개의 연동은 고정 접점과 접촉되어 3~3a, 4~4a 간은 부하 측과 연결된다.



[그림 2-10] 계전기 여자

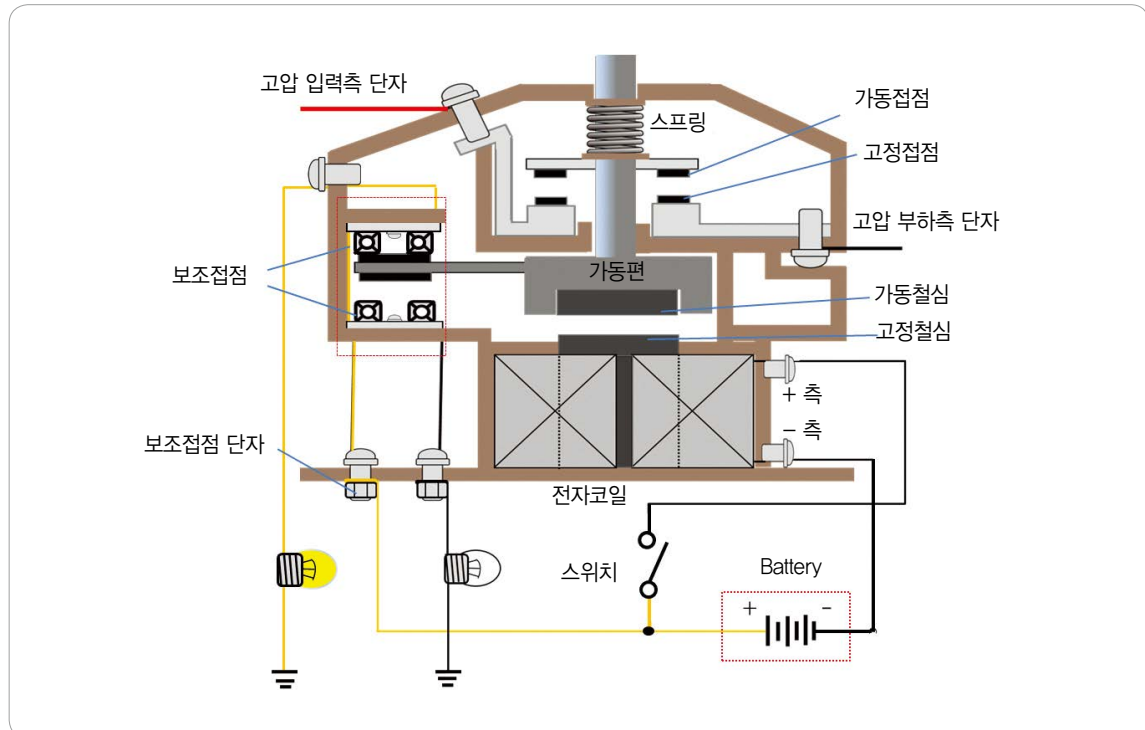
- ⑥ 계전기가 여자 되었을 때 접촉되어 전기회로를 구성할 수 있도록 하는 연동을 “a연동”, 접점을 “a접점”이라 하며, 회로를 차단하는 연동을 “b연동”, 접점을 “b접점”이라 한다. 또한 계전기가 무여자 되었을 때 회로를 연결하는 연동을 “b연동”, 접점을 “b접점”이라 하고, 회로를 차단하는 연동을 “a연동”, 접점을 “a접점”이라 한다. 계전기 코일과 연동은 회로도에서 [표 2-3]과 같이 기호로 표시한다.

[표 2-3] 계전기 및 표시등 기호

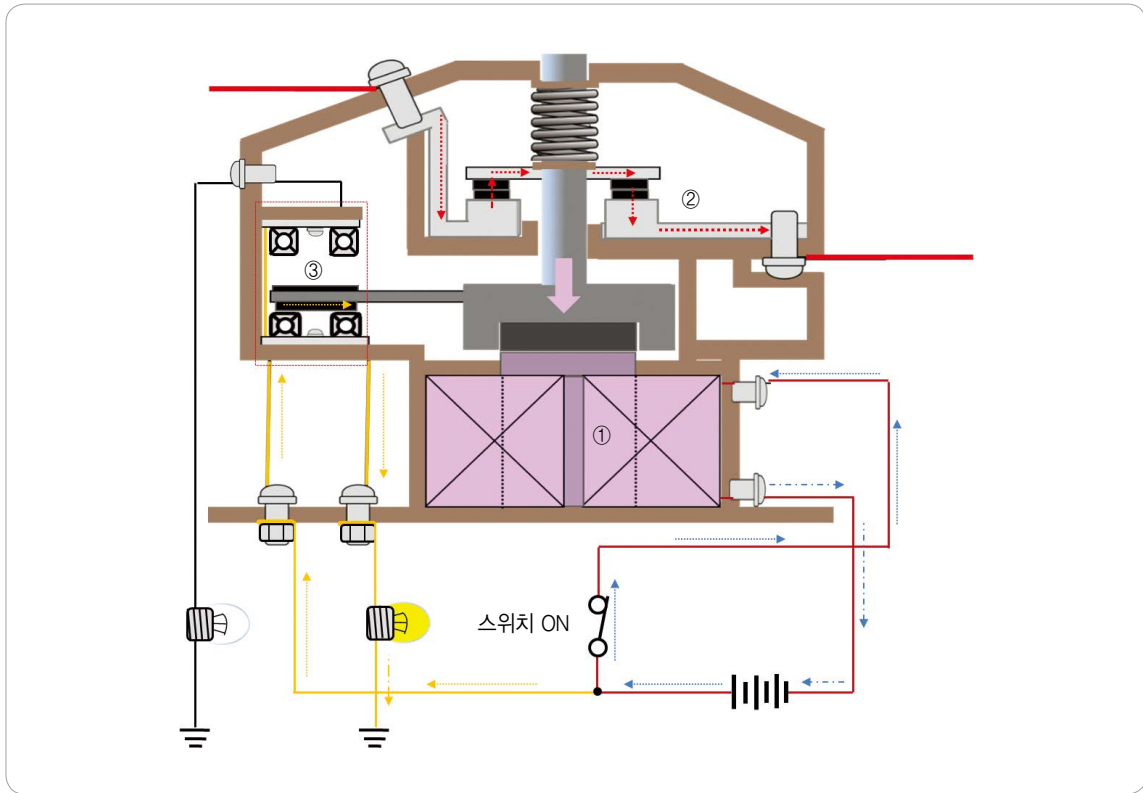
계전기(코일)	a연동	b연동	비고	표시등
 	 	 	a, b 연동은 계전기 무여자 → 여자 순 서로 배열 계전기에는 보통 2~4개의 연동을 사용한다.	

2) 접촉기(Contactor)

접촉기도 전류를 코일에 흐르게 하면 전자기력이 발생하는 원리를 이용하여 주로 고압의 회로를 연결하거나 차단하도록 하였다. 전류의 용량이 큰 고압의 회로에 사용하는 접촉기는 큰 전류가 흘러도 안전한 고압 접점과 저압 회로에 사용하는 보조 접점이 같이 동작하는 구조로 되어 있다. 또한 BatK, ACMK 등과 같이 저압의 회로를 개폐하는데 사용하는 저압용 접촉기도 있다.



[그림 2-11] 접촉기 무여자



[그림 2-12] 접촉기 여자

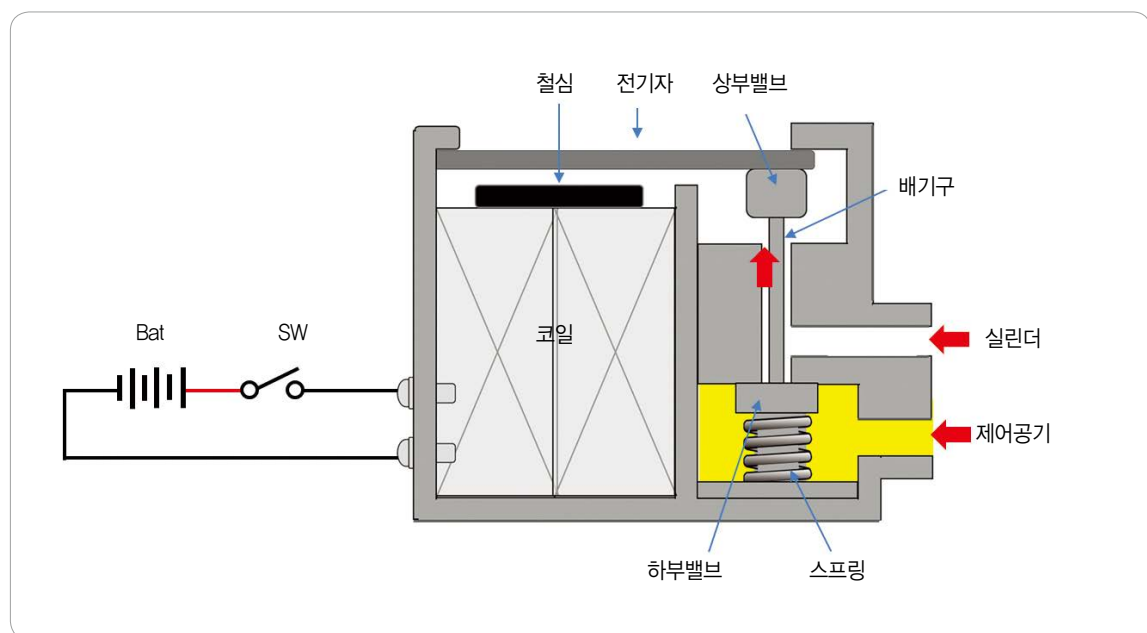
- ① [그림 2-11]과 같이 접촉기 코일이 무여자일 때 스프링 장력으로 가동 철탄과 고정 철탄은 분리되어 있어, 가동 편과 같이 동작하는 가동 접점은 고정 접점과 개방된 상태다. 따라서 고압 입력 측과 고압 부하 측은 차단되어 있다.
- ② 가동 편과 같이 동작하는 적색선 내 보조 접점은 고압 회로가 차단되었을 때 저압의 전원이 흐를 수 있도록 접촉되어 부하로 흐르고 있다.
- ③ [그림 2-12]와 같이 코일에 전류가 흐르면 스프링의 장력보다 큰 전자력에 의하여 가동 편 의 가동 철탄이 고정 철탄에 접촉된다. 가동 편과 같이 동작하는 가동 접점은 고정 접점에 접촉되어 고압의 전류가 부하 측으로 연결된다. 동작 순서는 편의상, 청색 → 적색 → 황색 순서로 구분하였다.
- ④ 가동 편과 같이 동작하는 보조 접점도 고압 회로가 연결되었을 때 회로를 구성하는 접점은 연결되고, 차단되었을 때 연결하는 접점은 분리되어 있다.

[표 2-4] 전자 접촉기 회로도 기호 예

기호	명칭	용도	비고
	보조 접점 (기계적 b접점)	주 접점 차단 시 회로 구성	K(교류접촉기)
	보조 접점 (기계적 a접점)	주 접점 투입 시 회로 구성	K(교류접촉기)
	접촉기 주 접점	고정 접점과 가동 접점 표시	'접촉 편'이라고도 함

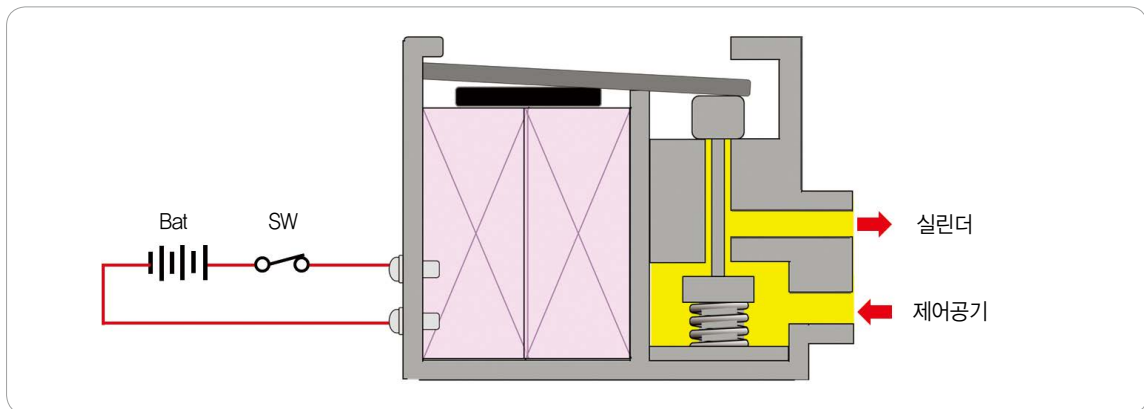
3) 전자밸브(Magnetic Valve)

전자밸브는 계전기나 접촉기와 같은 방법으로 전자력을 이용하여 제어 공기를 실린더에 공급하거나 실린더에 공급한 공기를 배출시키는 작용을 한다. 전기동차의 Pan, MCB, ADCg, EGS와 LB(Line Breaker), 출입문 등 고압 및 저압의 기기는 전자력과 제어 공기의 압력을 이용하여 부하를 개폐하는 방법으로 제어하고 있다. 특히 고압의 기기에서는 전자 접촉기의 보조 접점과 동일하게 부하 개폐와 같이 동작하는 기계적인 보조 접점을 사용하고 있다.



[그림 2-13] 전자밸브 코일 무여자

- ① [그림 2-13]에서 전자밸브 코일에는 전류가 흐르지 않는 무여자 상태로, 전기자는 철심과 분리되어 있다. 제어 공기를 공급하거나 차단하는 하부 밸브는 하부 밸브 쪽 스프링 장력에 의하여 실린더 쪽의 통로를 막고, 상부 밸브는 배기구의 통로를 열어 실린더의 공기가 대기로 배출된 상태다. 실린더의 작용에 따라 동작하는 기기는 차단 상태다.



[그림 2-14] 전자밸브 코일 여자

- ② [그림 2-14]와 같이 전자밸브 코일에 전류를 흐르게 하면 여자 상태가 되어 전기자는 철심과 접촉되며, 하부 밸브 쪽 스프링을 압축하며 밸브를 누르게 된다. 따라서 상부 밸브는 배기 통로를 막고 하부 밸브에 의하여 차단되었던 제어 공기를 실린더에 공급한다. 실린더의 작용에 따라 동작하는 기기는 연결 상태다.

[표 2-5] 기계적인 보조 접점 사용 예

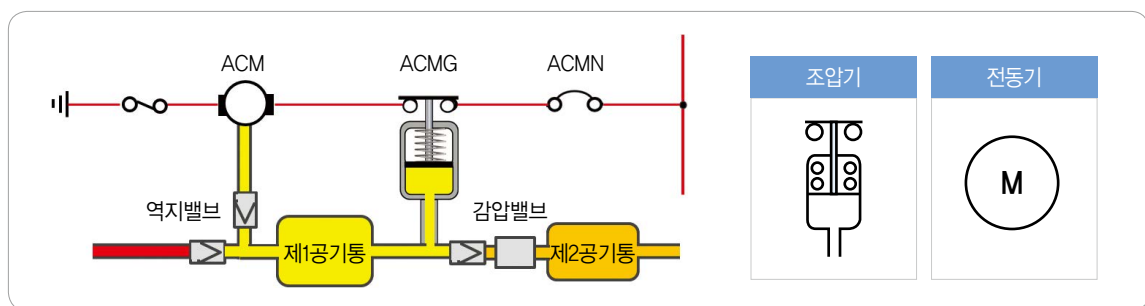
기호	용도	비고
	주 접점 차단 시 회로 구성	MCB, EGS, ADCg(교류 위치), L1
	주 접점 투입 시 회로 구성	MCB, EGS, ADCg(직류 위치), L1

(4) 조압기(Pressure Governor)

- 1) 조압기란 공기압축기에서 압축된 공기압력과 스프링의 작용으로 작동하며 전기동차에서 사용

하는 조압기는 ACMG¹⁾와 CMG²⁾가 있다. ACMG는 ACM의 압력이 $6.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하에서 구동 회로를 연결하여 압축 작용을 하고 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상일 경우 구동 회로를 차단하여 압축 작용을 중지하도록 하며, CMG는 CM이 $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하에서 압축 작용을 하고 $9\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상일 경우 압축 작용을 중지하도록 작동한다.

2) [그림 2-15]에서 제1공기통의 압력은 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하로, ACMG는 ACM이 계속 공기를 압축 할 수 있도록 전기회로를 연결하고 있다.



[그림 2-15] 보조 공기압축기의 조압기 사용 예 및 기호

3) 제어 공기압력이 일정 압력 이하로 될 경우, 제어회로를 차단하는 압력 스위치(PS : Pressure Switch)로는 MRPS(주 공기압력 스위치), PBPS(주차제동 압력 스위치), PanPS(팬터그래프 압력 스위치) 등이 있다.

(5) 기타 회로도 기호

[표 2-6] 회로도 기호

기호	명칭	비고
	Jumper선	차량과 차량 사이를 연결하는 전기선
	다이오우드	전류를 한 방향으로 흐르게 한다.
	LGS 및 접지	저압 접지 스위치와 접지는 사용 후 남은 전류의 통로

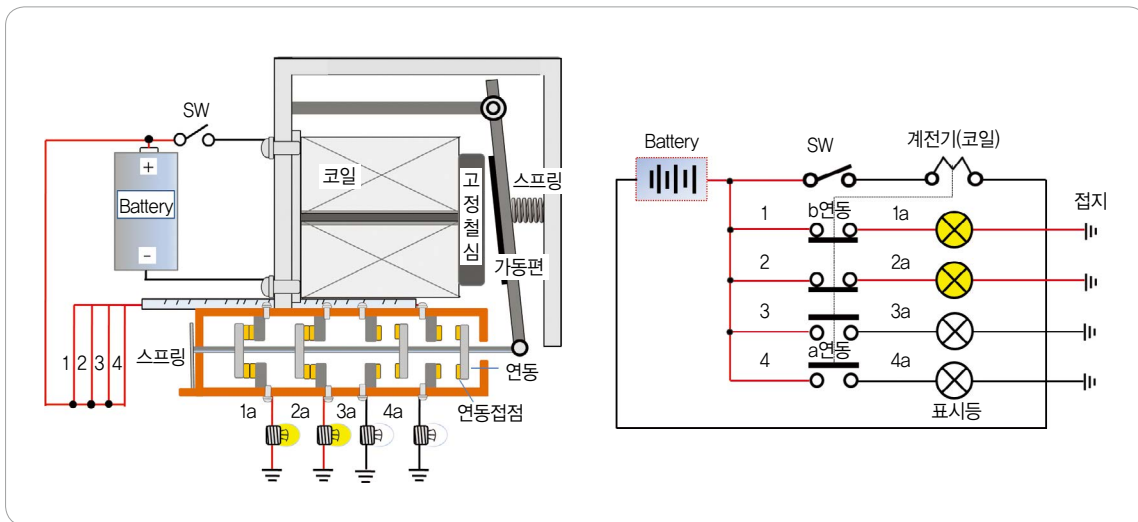
1) ACMG(ACM Governor):보조공기압축기 조압기

2) CMG(CM Governor) : 공기압축기 조압기

2.1.3.3 결선도의 이해

(1) 제어회로 내 전기선과 배치된 각종 기기를 기호로 표시한 도면을 회로도 또는 결선도라 한다.

- 1) 계전기가 무여자일 때 코일과 연동의 상호 동작 관계를 기호에 의한 회로도로 표현한다. 우측 회로도는 계전기가 무여자일 때 연동의 관계를 기호로 표시하고 있다.



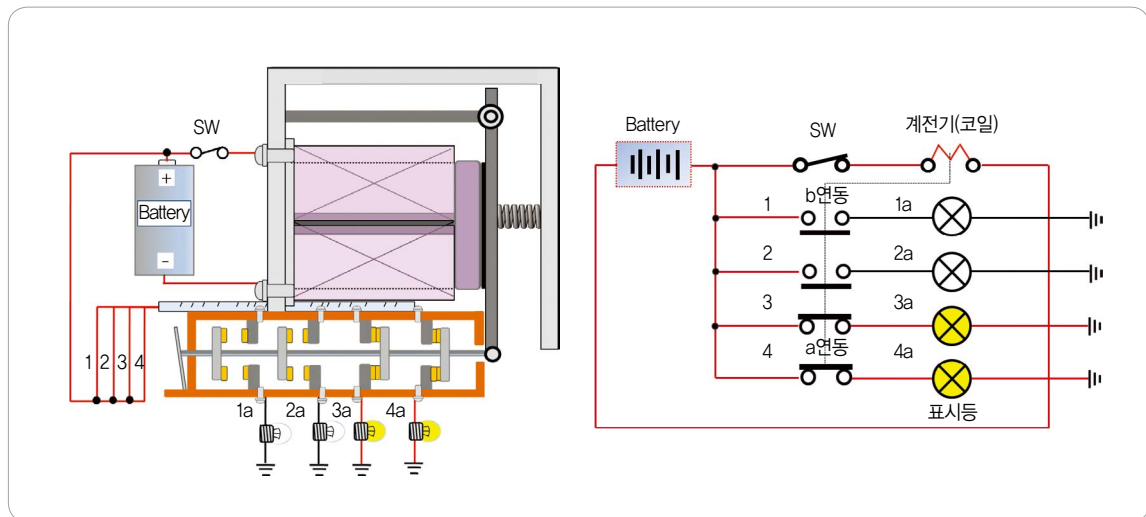
[그림 2-16] 계전기 무여자 및 회로도 보는 법 예시

- ① 회로도에서는 계전기의 코일과 연동을 분리하여 표시하고 있다. 이해를 돕기 위하여 점선으로 계전기 코일과 연동을 연결하였다.
- ② SW는 OFF 상태로 계전기 코일에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 계전기는 무여자 상태로 가동 편과 고정 철심은 분리되어 있다.
- ③ 가동 편과 같이 동작하는 연동의 작용으로 1~1a, 2~2a선 사이는 계전기가 무여자일 때 회로가 연결되는 “b연동”으로, 부하 측인 표시등이 점등되어 있다. 우측 회로도에서도 1~1a, 2~2a선 사이는 “b연동”으로 연결되어 부하 측 표시등이 점등되어 있다.
- ④ 3~3a, 4~4a선 사이는 계전기가 무여자일 때 회로를 차단하는 “a연동”으로 부하 측과 차단되어 있다. 우측 회로도에서도 3~3a, 4~4a선 사이는 “a연동”으로 회로가 차단되어 있다.

2) 계전기가 여자일 때 코일과 연동의 상호 동작 관계를 기호에 의한 회로도로 표현한다.

- ① SW는 ON 상태로 계전기 코일에는 전류가 흐르고 있어 계전기는 여자 상태이므로 가동 편과 고정 철심은 접촉되고 있다.

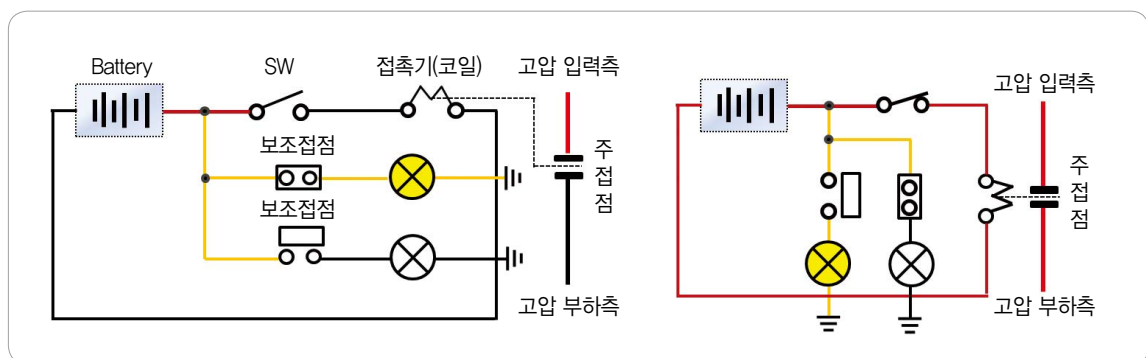
- ② 가동 편과 같이 동작하는 연동의 작용으로 1~1a, 2~2a선 사이는 계전기가 여자일 때 회로가 차단되는 “b연동”으로, 부하 측인 표시등이 소등되어 있다. 우측 회로도에서도 1~1a, 2~2a선 사이는 “b연동”으로 개방되어 부하 측 표시등이 소등되어 있다.



[그림 2-17] 계전기 여자 및 회로도 보는 법 예시

- ③ 3~3a, 4~4a선 사이는 계전기가 여자일 때 회로를 연결하는 “a연동”으로 부하 측과 연결되어 있다. 우측 회로도에서도 3~3a, 4~4a선 사이는 “a연동”으로 회로가 연결되어 있다.

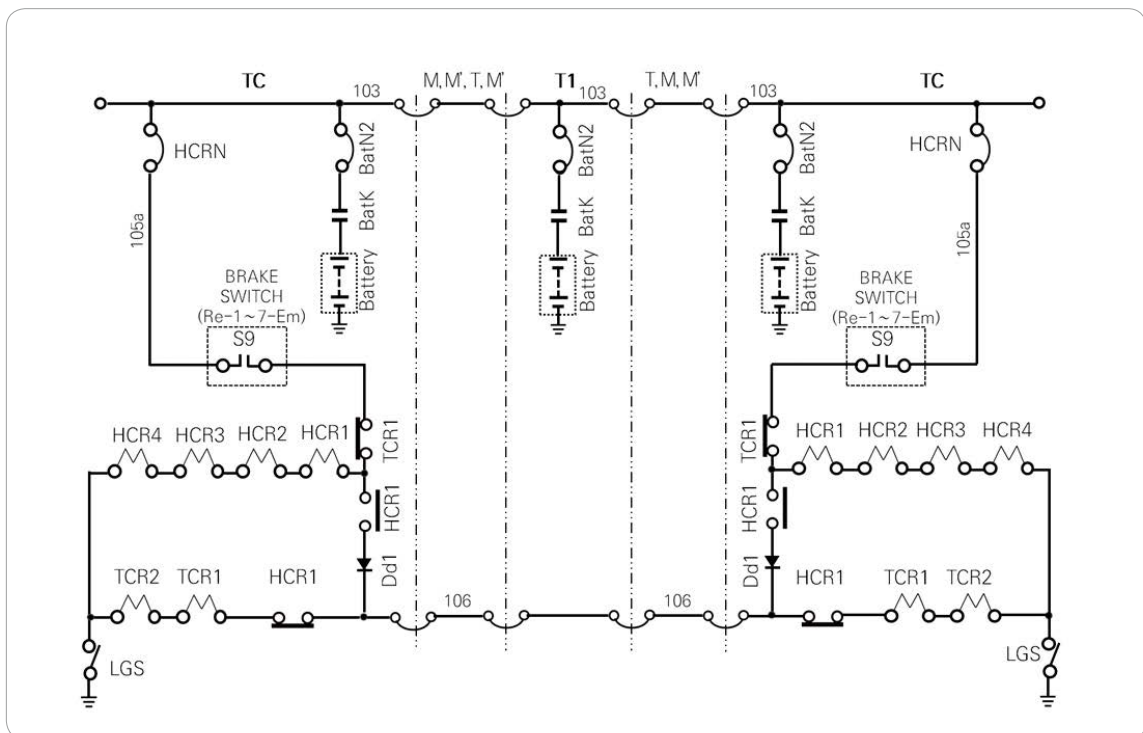
- 3) [그림 2-11] 및 [그림 2-12] 접촉기 동작에 따른 주 접점과 보조 접점의 동작 관계를 회로도로 표현한다.



[그림 2-18] 접촉기 무여자 및 여자 회로도 예시

- ① 우측 그림은 SW가 OFF 상태로 접촉기 코일에는 전류가 흐르지 않고 있어 접촉기는 무여자 상태다. 주 접점은 입력 측과 부하 측을 차단하고 있으며, 주 접점이 차단되었을 때 회로를 연결하는 보조 접점은 부하 측과 연결되어 있다.
- ② 좌측 그림은 SW가 ON 상태로 접촉기 코일에는 전류가 흐르고 있어 접촉기는 여자 상태다. 주 접점은 입력 측과 부하 측을 연결하고 있으며, 주 접점이 회로를 연결할 때 동작하는 보조 접점은 회로를 연결하고 있다.

(2) [그림 2-19]의 회로도에는 10칸 편성의 전기동차 운전실 선택 과정을 도면으로 표시하고 있으며, 회로도 목적에 따라 T, M, M'차는 도면이 생략되어 있다.



[그림 2-19] 운전실 선택 회로

1) 결선도 작성 기준

- ① 결선도는 각종 기기를 기호로 표시한다. 위 그림에서 Battery, 회로 차단기, 계전기 코일 및 연동, 점퍼선 등을 기호로 표시하고 있다.
- ② 결선도는 전기가 흐르지 않는 상태로 모든 기기는 동작하지 않고 있다. 103선에는 축전지

전압이 가압되지 않고, 모든 계전기 및 연동은 동작하지 않고 있다.

- ③ 같은 기기는 동일 차량에서만 동작한다. 우측 TC차 HCR1 계전기 코일이 여자 될 경우, 좌측 TC차 HCR1(a) 연동은 동작하지 않는다.

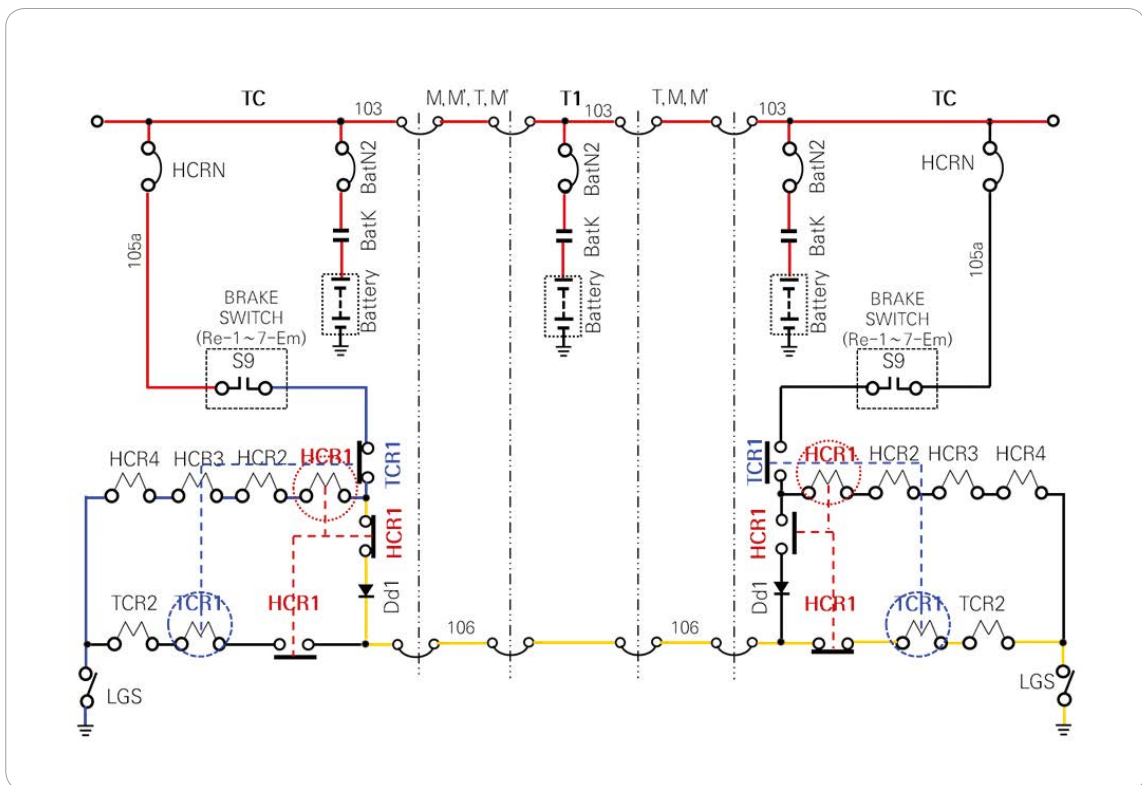
2) 회로를 연결하는 선번호가 있다.

- ① 103선은 좌측 TC차에서 우측 TC차까지 Jumper선으로 연결되어 있다.

- ② 106선은 좌측 TC차에서 우측 TC차까지 Jumper선으로 연결되어 있다.

3) 각종 기호는 명칭을 표시하고 있으며, 같은 기기가 많을 경우에 숫자로 구분한다.

- ① 회로 차단기 : TC차 및 T1차 HCRN³⁾, T1 BatN2⁴⁾
 ② TC차 및 T1차 Battery, BatK⁵⁾ 접점
 ③ 제동제어기 접점 : TC차 S9 접점



[그림 2-20] 운전실 선택 회로 동작 순서

3) HCRN(Head Control Relay NFB) : 전부차 제어계전기 회로차단기, HCR : 전부차 제어계전기

4) BatN1,2(NFB Battery) : 축전지 회로차단기

5) BatK(Battery Contactor) : 축전지 접촉기

④ 계전기 코일 및 연동 : 전 · 후부 TC차 HCR1,2,3,4 계전기 코일, HCR1(a) 연동, HCR1(b) 연동, TCR⁶⁾1,2 계전기 코일, TCR1(b) 연동

4) 운전실 선택 회로 보는 법은 동작 순서와 전기 흐름 순서를 편의상 적색선 - 청색선 - 황색선 순서로 하였고, 같은 계전기와 연동의 동작은 원과 점선으로 표시하였다.

(3) 회로도를 보는 목적은 기기 배치와 흐름 순서를 이해하여 정상적인 제어 순서를 이해할 수 있고, 정상적인 제어가 되지 않는 경우에는 확인이 가능한 원인을 찾을 수 있도록 하기 위한 것이다.

[그림 2-20] 회로도를 예로 들어 이해할 수 있도록 한다.

- 1) 모든 기기가 정상인 경우 제동 핸들을 투입하게 되면, 전부 쪽 운전실은 HCR 1,2,3,4 계전기 코일이 여자 되어 각 계전기의 연동이 회로를 연결하거나 차단하여 제어가 정상적으로 이루어지도록 한다.
- 2) 제동 핸들을 투입한 후에도 정상적인 제어가 되지 않을 경우에는 103선 전원 공급 여부, 103선과 제동 핸들 접점(S9) 사이에 있는 HCRN 차단 여부, 제동 핸들 위치 등 확인이 가능한 원인을 찾을 수 있다.
- 3) [그림 2-20] 회로도는 모든 기기가 정상인 경우 제동 핸들을 투입한 운전실 쪽은 HCR이 여자 되어 전부 운전실이 되고, 반대쪽 운전실은 TCR이 여자 되어 후부 운전실로 되는 과정을 도면으로 표시한 것이다. 운전실 선택에서 학습하도록 한다.

2.2 기동 준비

기동 준비는 운전실의 각종 기기가 정상 상태로 있고, 차단기 및 스위치가 정상적으로 투입(ON) 또는 차단(OFF)되어 있으며, 편성의 모든 차량이 정비가 완료된 조건으로 시작한다. 103선에 Bat의 전원을 공급하고, 모든 차량을 제어할 수 있는 운전실을 선택하며, ACM을 구동하여 M'차의 Pan을 상승시키고, MCB를 투입하여 전기동차 기동을 하기 위한 준비 과정이다. 이후 모든 제어회로는 10칸 편성 차량을 기준으로 한다.

6) TCR(Tail Control Relay) : 후부차 제어계전기

2.2.1 103선 가압

2.2.1.1 개요

- (1) 전기동차 편성 내 모든 차량과 연결되어 있는 103선 전원은 전기동차 제어 전원과 직류 부하 전원으로 사용하고 있다.
- (2) 기동 준비를 위하여 운전실에서 제동 핸들을 투입하면, 전 · 후부 TC차와 T1차의 BatK가 여자 되어 Bat DC 84V 또는 92.5V가 103선에 가압된다.
 - 1) 제동 핸들을 투입하면, 제동 핸들 위치에 따라 제동 제어기 내의 전기접점이 동작한다.
 - 2) 전 · 후부 TC차와 T1차의 BatN1을 통하여 전체 차량에 연결된 102선에는 항상 Bat 전압이 가압되고 있다.



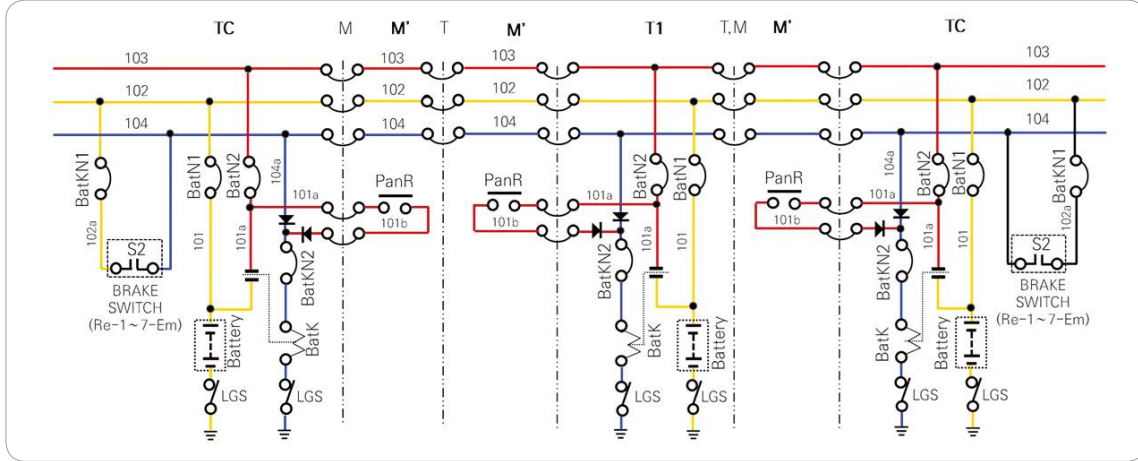
접점 명칭	제동 핸들 위치(접점 역할)
S2	완해, 1~7단, 비상제동 (103선 가압 회로 연결)
S9	완해, 1~7단, 비상제동 (운전실 선택 회로 연결)

[그림 2-21] 제동 핸들 투입 및 제동 제어기 내 전기접점 동작

- (3) Pan이 상승하면 PanR 연동에 의하여 103선은 가압 상태를 유지한다.
- (4) 기동 완료 후 SIV에서 출력되는 DC 100V를 103선에 공급하여 제어 전원과 직류 부하 전원으로 사용하고 Bat 충전도 하도록 하고 있다. 103선에 정상적인 직류전원 공급이 되지 않을 때는 전기동차는 정상적인 운행을 할 수 없다.

2.2.1.2 103선 가압 회로

- (1) 순서는 편의상 황색선 - 청색선 - 적색선 - 짙은 적색선 순서로 하고, 계전기, 접촉기, 연동은 동작하지 않은 것으로 한다. 전부 및 후부 TC차, T1차 Bat - 101선 - BatN1 - 102선 → 순서에 따라 102선에는 Bat 배치 차량별로 BatN1을 거쳐 102선에 Bat 전압을 공급한다.



[그림 2-22] 103선 가압 회로

- (2) 전부 TC차 BatKN1⁷⁾ - 102a선 - 제동 제어기 접점(S2) - 104선 → 순서로 102선의 축전지 전압은 제동 핸들을 투입한 TC차 운전실에서 104선에 공급된다.
- (3) 104선 - Dd - BatKN2 - BatK - LGS 순서로 104선에 가압된 축전지 전압은 전·후부 TC차와 T1차의 BatKN2를 거쳐 차량별로 BatK를 여자 시킨다. BatK 여자로 BatK 접점은 회로를 연결한다.
- (4) Bat - 101선 - BatK 접점 - 101a선 - BatN2 - 103선 순서로 BatK 접점과 BatKN2를 거쳐 전·후부 TC차와 T1차의 Bat 전압은 103선에 가압된다.

2.2.1.3 103선 가압 유지

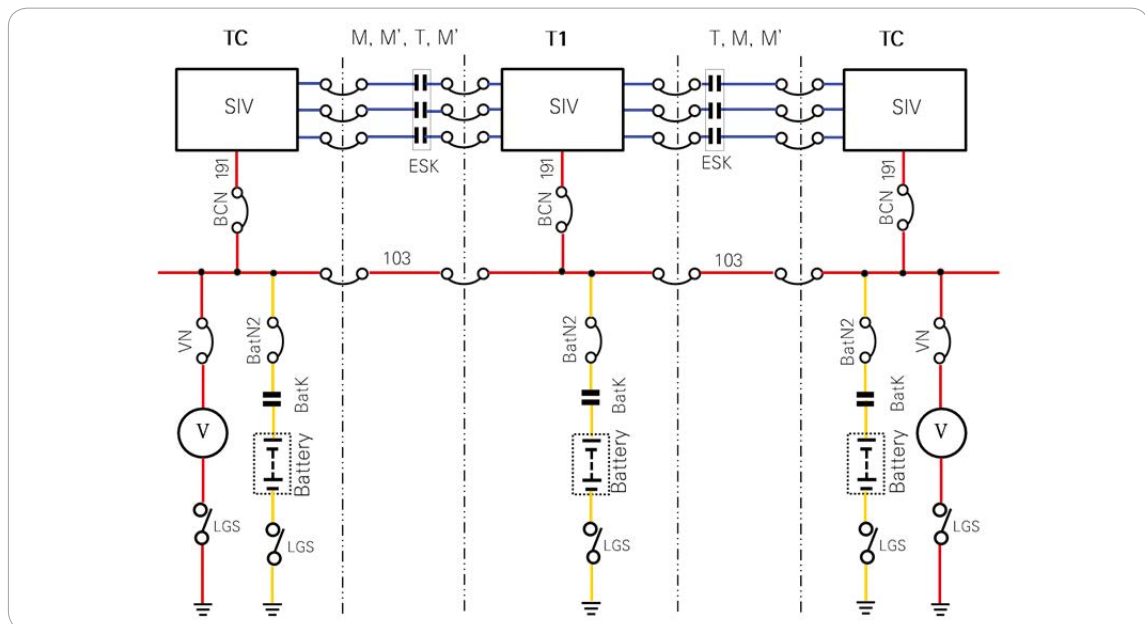
- (1) 기동 완료로 Pan이 상승하면 PanR⁸⁾(a) 연동에 의하여 103선은 가압 상태를 유지한다.
- (2) 전부 및 후부 TC차, T1차 Bat - 101a선 - BatK 접점 - M'차 PanR(a) - 101b선 - Dd - BatN2 - BatK - LGS 순서로 BatK를 여자 시킨다.
BatK 여자로 Bat - BatK 접점 - 101a선 - BatN2 - 103선 순서에 따라 Pan이 상승하면 M'차 PanR(a) 연동에 의하여 BatK가 여자 되며, 제동 핸들을 취거하더라도 103선은 가압 상태를 유지하게 된다.

7) BatKN1, 2(NFB BatK) : 축전지 접촉기 회로차단기

8) PanR(Pantograph Relay) : 팬터그래프 제어 계전기

2.2.1.4 기동 후 103선 전원 공급

- (1) 기동이 완료되면 SIV에서 AC 3상 440V와 DC 100V가 출력되며, DC 100V는 103선에 공급되어 제어 전원으로 사용하고 축전기 충전도 한다.
- (2) 전 · 후부 TC차, T1차 SIV - 191선 - BCN⁹⁾ - 103선 순서로 SIV에서 출력되는 DC 100V가 공급된다.
- (3) 103선 - VN¹⁰⁾ - 축전기 전압계 - LGS 순서로, 축전기 전압계는 기동 전에는 DC 84V 또는 92.5V, 기동 후에는 DC 100V를 현시한다.



[그림 2-23] 기동 완료 후 103선 전원 공급

2.2.2 운전실 선택

2.2.2.1 개요

- (1) 전기동차 편성은 맨 앞과 맨 뒤에 운전실이 있는 TC차가 연결되어 있다. 운전실 선택의 목적은 기관사가 있는 운전실에서만 전기동차의 기동, 동력 운전, 제동 취급 등의 중요한 제어를 하기

9) BCN(Battery Charge NFB) : 축전기 충전 회로차단기

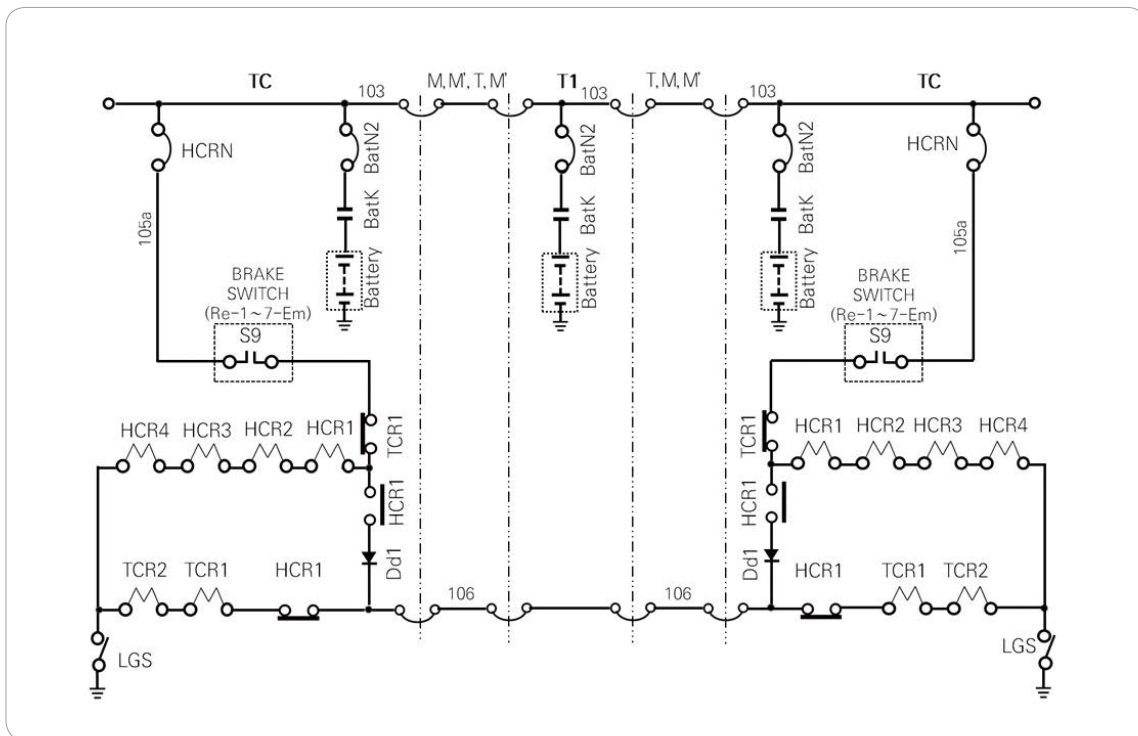
10) VN(DC Voltmeter NFB) : (축전기) 전압계 회로차단기

위한 것이다. 출입문 개폐 연동 회로, 객실 냉난방 및 객실 송풍기 제어회로, 표시등 회로 등 일부 제어는 후부 운전실에서 가능하도록 하였다.

- (2) 운전실 선택은 제동 핸들을 투입한 운전실 쪽은 HCR(Head Control Relay), 후부 운전실 쪽은 TCR(Tail Control Relay)이 여자 되는 것으로 위치 선택이 이루어진다.
- (3) 운전실 선택이 완료된 후 후부 운전실에서 운전실을 선택하는 것은 불가능하다.
- (4) HCR은 전부 운전실 제어가 많아 4개를 사용하고 있으며, 운전실 선택 계전기는 1개의 계전기가 단선되면 모든 계전기가 무여자 되도록 직렬로 연결되어 있다.

2.2.2.2 운전실 선택 회로

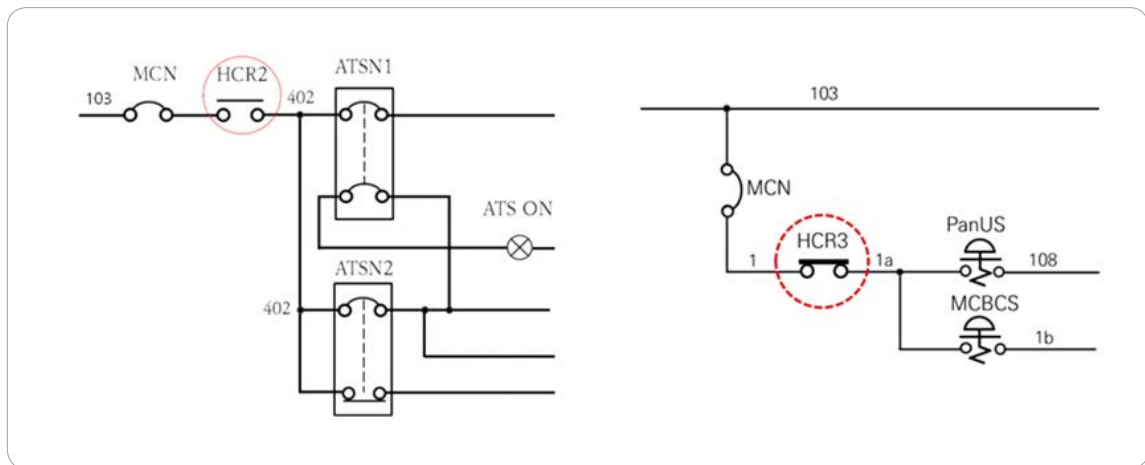
- (1) TC차 103선 - HCRN - 제동 제어기 접점(S9) - TCR(b) - HCR1 - HCR2 - HCR3 - HCR4 - LGS 순서로, 103선 가압이 완료되면 제동 핸들을 투입한 운전실 쪽 HCRN → S9 접점을 거쳐 HCR1,2,3,4를 여자 시켜 모든 차량을 제어할 수 있는 전부 운전실 선택이 완료된다. TCR은 무여자 상태로 TCR1(b) 연동은 회로를 연결하고 있다.
- (2) HCR의 여자로 HCR1(a) - Dd1 - 106선 - 후부 TC차 - HCR1(b) - TCR1 - TCR2 - LGS



[그림 2-24] 운전실 선택 회로

순서에 따라 후부 TC차의 TCR1,2를 여자 시켜 후부 운전실로 선택이 완료된다. 후부 TC차의 HCR은 무여자로 HCR1(b) 연동은 회로를 연결하고 있다.

- (3) 후부 운전실의 103선 - 후부 TC차 HCRN - 제동 핸들(S9) - TCR(b) 순서에서, 후부 운전실 TCR이 여자 되어 TCR1(b) 연동은 회로를 차단한다. 따라서 전부 운전실 선택이 완료된 후 후부 운전실에서 제동 핸들을 투입하여도 회로가 구성되지 못하므로 운전실 선택을 할 수 없다.



[그림 2-25] 전부 운전실 ATS 전원 공급 및 기동 취급 회로 예시

- (4) [그림 2-25]에서 전부 운전실 HCR2 여자로 HCR2(a) 연동에 의하여 ATS 전원이 공급되고, HCR3 여자로 HCR3(a) 연동이 PanUS와 MCBCS 취급 회로를 연결하고 있다. HCR1,2,3,4가 병렬회로인 경우, HCR2가 고장이 발생하게 되면 전부 운전실 ATS는 사용할 수 없고 PanUS 나 MCBCS 취급은 가능하여 전부 운전실에서 모든 제어를 동시에 할 수 없게 된다. 따라서 4 개의 계전기를 직렬로 사용하여 1개의 계전기에 고장이 발생하면 모든 계전기가 동작하지 않도록 하고 있다.

- (5) 제동 핸들 투입으로 103선 가압과 운전실 선택 완료 후 현상은 다음과 같다.

- 1) 103선 가압으로 축전지 전압계는 DC 84V 또는 92.5V를 표시한다.
- 2) 103선 전원으로 운전실이 선택되어 전부 운전실 MCB OFF등 및 DOOR등이 점등된다.
- 3) 운전실 선택으로 전부 운전실 운전 보안장치 전원이 공급되며, ATCCgS 위치에 따라 ATS 알람 벨(Alarm Bell)이 울리거나 ADU가 점등된다.

2.2.3 ACM(Auxiliary Compressor Moter) 구동

2.2.3.1 개요

- (1) Pan 상승, MCB 투입, ADCg 절환 등 기동에 필요한 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압축공기를 만들기 위하여 운전실 또는 M'차 배전반의 ACMCS를 눌러 ACM을 구동한다.
- (2) ACM은 M'차의 차내에 있으며, DC 84V 또는 92.5V로 구동되는 직류 직권전동기로서 정상적인 구동 시간은 5~6분, 정격 구동 시간은 10분이다.
- (3) ACM은 MCB 투입 전까지만 구동 회로가 유지되며, MCB 투입 이후에는 ACMCS를 취급하여도 ACM은 구동되지 않는다.
- (4) ACM은 구동되는 동안 ACMLp가 점등되며 전체 M'차의 ACM 구동이 완료되면 ACMLp는 소등된다.
- (5) ACM에서 압축되는 공기압력은 $6.5\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 로, ACMG의 동작으로 $6.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하일 때는 ACM이 구동되고 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상에서는 ACM 구동이 중지된다.



[그림 2-26] ACM

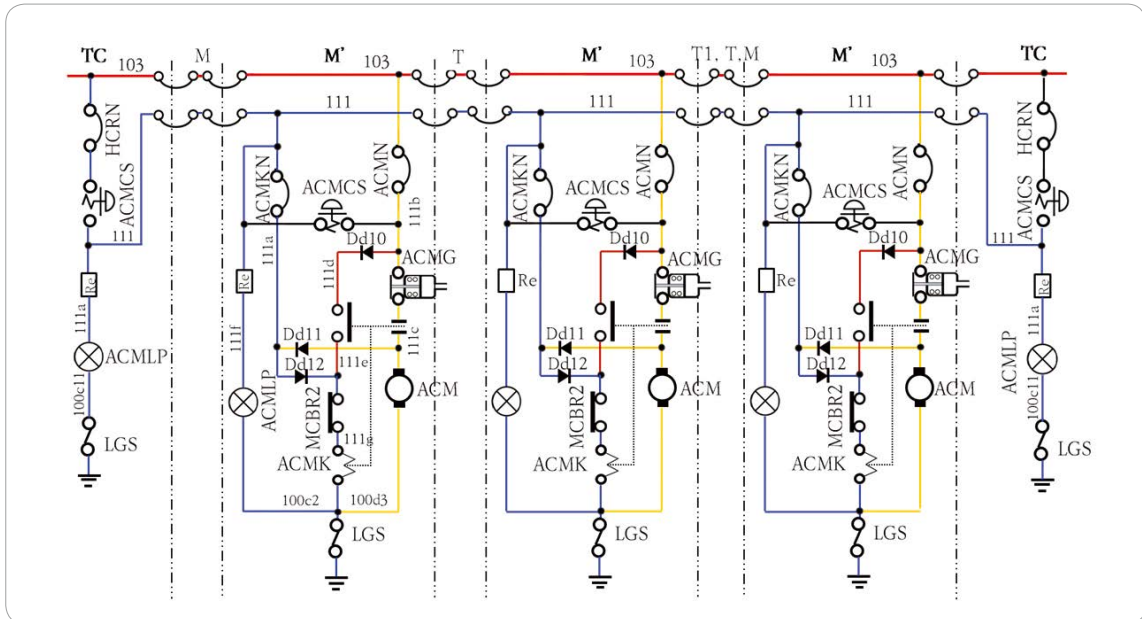
2.2.3.2 ACM 구동 회로

- (1) ACMK¹¹⁾ 여자 및 ACMLp¹²⁾ 점등

1) 순서는 편의상 청색선 - 황색선 - 짙은 적색선 순서로 하고, 계전기, 접촉기, 연동은 동작하

11) ACMK(ACM Contactor) : 보조공기압축기 접촉기, ACMKN : 보조공기압축기 접촉기 회로차단기

12) ACMLp(ACM Lamp) : 보조공기압축기 구동지시등



[그림 2-27] ACM 구동 회로

지 않은 것으로 한다. 전부 운전실에서 ACMCS를 누르면 전부 TC차 103선 - HCRN - 111선 - ACMKN(각 M'차) - 111a선 - Dd12 - MCBR2(b) - 111g선 - ACMK - LGS 순서로 각 M'차의 ACMK가 여자 된다.

2) MCBR2¹³⁾는 MCB가 투입되면 여자 되는 계전기로, MCBR2(b) 연동은 MCB가 투입되면 회로를 차단한다. 따라서 MCBR2(b)로 ACM은 MCB 투입 전까지 구동되며 MCB 투입 이후에는 ACMCS를 취급하여도 ACM은 구동되지 않는다.

3) 한편, 전부 운전실 ACMCS - 111a선 - ACMLP - LGS와 111선 - 각 M'차 - ACMLP - LGS 순서로 ACMLP가 점등된다.

(2) ACM 구동 및 ACMG

1) 각 M'차 ACMK 여자로 각 M'차 103선 - ACMN - 111b선 - ACMG - ACMK 접점 - 111c선 - ACM - LGS 순서로 ACM이 구동된다.

2) ACMG는 ACM 압력이 $6.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하일 경우 회로를 연결하여 ACM을 구동하고, $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$

13) MCBR2(MCB Relay) : 주차단기 제2계전기, MCBR1 : 주차단기 제1계전기

이상이 되면 회로를 차단하여 ACM 구동을 중지시킨다. ACM의 공기압력이 $6.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상인 M'차의 ACM은 ACMG 동작으로 구동되지 않는다.

(3) ACMK 자기 유지(Self Hold)

- 1) 각 M'차 103선 - ACMN - Dd10 - 111d - ACMK 접점 - 111e - MCBR2(b) - 111g - ACMK - LGS 순서로 각 M'차의 ACMK가 여자 된다.
- 2) 운전실 ACMCS(푸시버튼스위치)에서 손을 떼면 전부 TC차 103선 - HCRN - 111선 무가압 순서로 ACMK를 여자 시키는 전원 공급이 차단된다. 그러나 1)번 순서로 ACMK는 자기 접점에 의하여 MCB 투입 전까지 여자 상태를 자기유지 한다.

(4) ACM 구동과 ACMLp 점등

- 1) TC차는 각 M'차 103선 - ACMN - 111b선 - ACMG - ACMK 접점 - Dd11 - 111a선 - 각 M'차 ACMKN - 111선 - ACMLp - LGS 순서로, M'차는 ACMKN - 111f선 - ACMLp - LGS 순서로, 각 M'차 ACM이 구동되는 동안 ACMLp는 점등 상태를 유지한다.
- 2) 전체 M'차의 ACM 압력이 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상 되면 ACMG가 111b선과 111c선 간을 차단하여 ACMLp는 소등된다. 그러나 각 M'차 중 1량이라도 ACM이 구동되고 있다면 ACMLp는 점등 상태다. 따라서 운전실에서는 ACMLp 소등으로 전체 M'차 기동에 필요한 ACM 압력이 확보된 것으로 한다.
- 3) ACM 구동 후 공기압력이 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 되는 시간은 보통 5~6분이며 정격 구동 시간은 10분이다. 따라서 ACM 구동 후 ACMLp가 10분 이상 소등되지 않으면 그대로 기동 취급을 하여 정상적으로 ACM 압력이 확보된 차량을 기동할 수 있도록 한다.
- 4) M'차 배전반 내 ACMCS를 누르면, M'차 103선 - ACMN - ACMKN - 111선 순서로, 전부 TC차에서 ACMCS 취급을 하는 것과 같이 111선을 가압하여 전체 M'차 ACM이 구동된다. 후부 TC차 취급도 동일하다.

(5) ACM 구동 정지

- 1) ACMG는 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상이 되면 ACM 구동을 중지시킨다. 그러나 MCB 투입 전까지 ACM 압력이 $6.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하로 될 경우, ACM을 다시 구동시킨다.

- 2) MCB가 투입되면 MCBR2(b)가 회로를 차단하여 자기 유지되던 ACMK는 무여자 된다. 따라서 ACM 구동 회로는 완전히 정지되며, MCB가 투입된 상태에서는 ACMCS를 누른다 하더라도 MCBR2(b)에 의하여 ACMK 여자회로는 구성되지 않는다.

2.2.3.3 ACM 공기 사용 기기

- (1) [그림2-29]에서 ACMCS를 누른 후 ACMK 접점은 MCB 투입 전까지 자기 유지 상태로 ACM은 ACMG에 의하여 구동하거나 정지된다.
- (2) 공기는 M'차 ACM 압축기 - 역지밸브 - 제1공기통 - [ACMG] - 역지밸브 - 감압밸브($5\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 압력변환) - 제2공기통 순서로 M'차 Pan, MCB, ADCg, EGS, L1¹⁴⁾, L2, L3에 공급된다. 제1공기통과 역지밸브 사이 ACMG는 압축공기 압력에 따라 ACM 구동회로를 차단하거나 연결하는 작용을 한다.
- (3) ACM압축기와 역지밸브 사이 ACMG 고장이 발생하면 공기압력이 $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상에서도 ACM 구동을 정지시키지 못한다. ACM과 제1공기통 사이 안전밸브는 ACMG 고장 발생으로 인해 ACM이 공기 압축을 계속하는 경우, 일정 이상의 공기압력을 대기로 배출하는 작용을 한다.

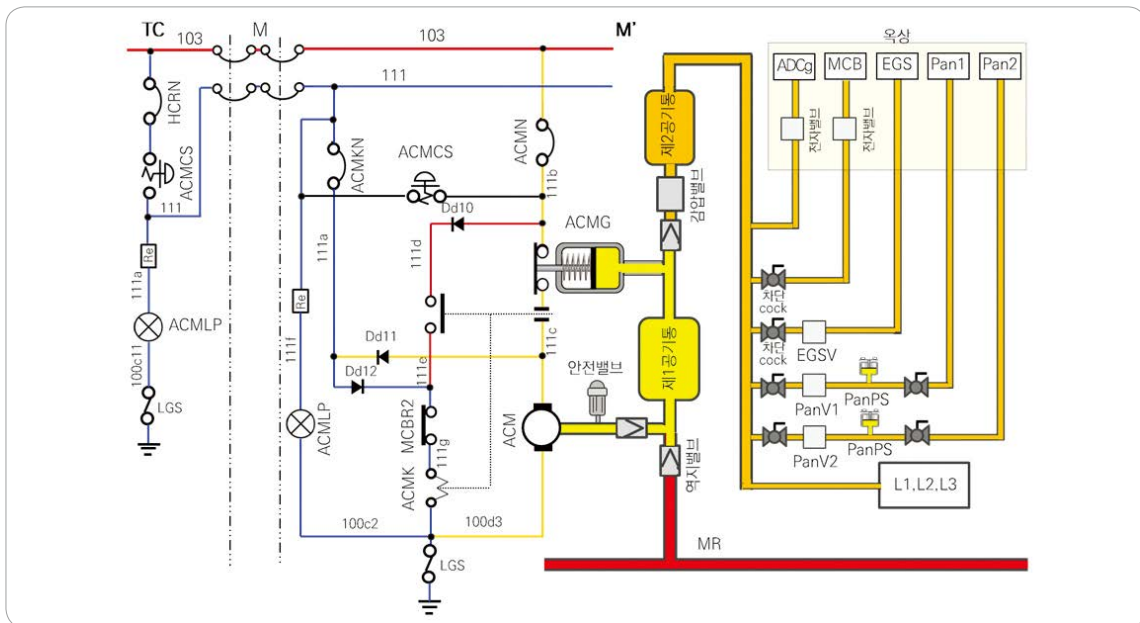


[그림 2-28] ACMG

- (4) MCB 투입 후 ACM 구동회로가 정지되면 압력공기는 TC차, T1차 CM - MR관($9\text{kg}/\text{cm}^2$) - 역지변 - 제1공기통 - 감압변($5\text{kg}/\text{cm}^2$ 압력으로 조정) - 제2공기통 - 각종기기 순서로 공급된

14) L1(Line Breaker L1) : 차단기 L1, L2 : 차단기 L2, L3 : 차단기 L3

(5) MR관과 제1공기통 사이에는 역지밸브가 있어 ACM에서 압축된 공기는 M'차에서만 사용할 수 있도록 하였다.



[그림 2-29] ACM 공기 배관 및 사용 기기

2.3 기동기기 및 제어회로

2.3.1 팬터그래프(Pantograph)

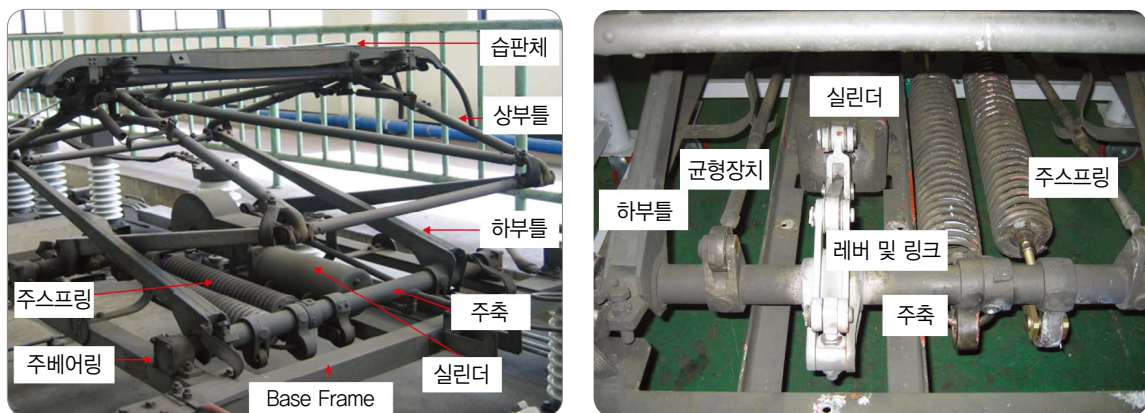
2.3.1.1 개요

팬티그래프는 M'차 옥상위에 2개가 배치되어 있으며 DC 1,500V인 지하구간의 강체가선 방식 전차선과 AC 25,000V인 지상구간의 카테너리(Catenary) 방식 전차선으로부터 집전을 원활하게 하기 위하여 사용된다.

- (1) 압상력(Contact Force)은 6.0kgf으로 팬터그래프 작용 높이가 변화하더라도 지하 및 지상구간에서 각각 일정한 값을 유지하도록 되어 있다.

- (2) 전차선의 고·저 변화에 대하여 팬터그래프는 전차선과 접촉상태를 유지하도록 하고 있다.
- (3) 집전용량은 DC 1,500V(지하구간)을 기준으로 하여 1개 Pan에 습판체 2개를 설치하였다.
- (4) 눈과 추위에 대비하여 실린더 부분에 있는 레버 및 연결부에 커버를 설치하고, 실린더에는 고무 다이어프램 방식을 채용하고 있다.

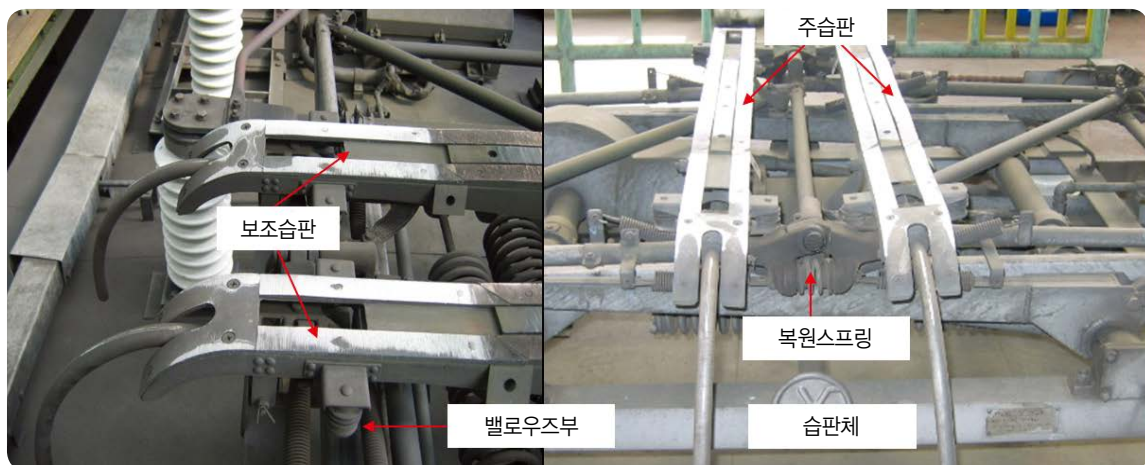
2.3.1.2 구조 및 제원



[그림 2-30] 팬터그래프 구조

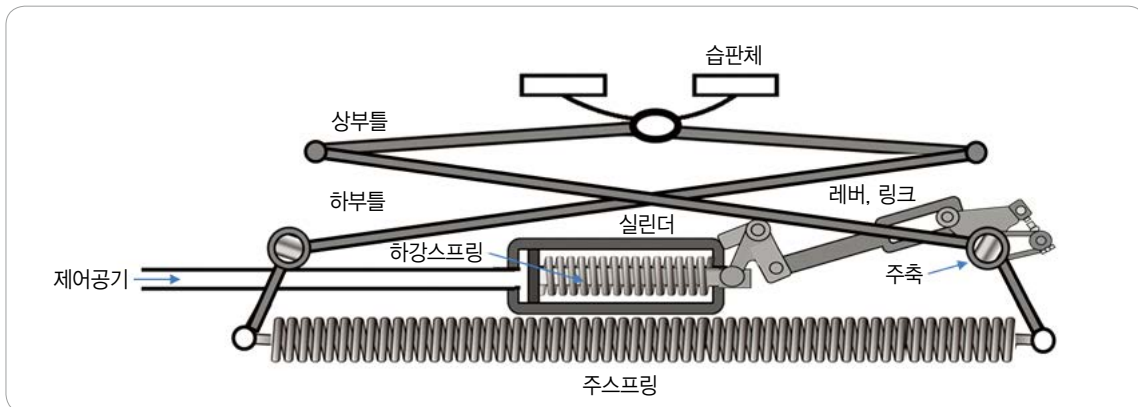
(1) 구조

- 1) 틀(Frame) 조립은 상부틀과 하부틀로 이루어지며 하부틀은 교차되어 있다.



[그림 2-31] 습판체 구조

- 2) 상부틀 위쪽에는 습판체와 습판체를 지지하는 습판체 지지장치가 있다.
 - ① 1개 습판체에는 주습판이 2매, 보조습판이 2매로 1개 Pan에는 주습판 2열 2매 보조습판 2열 2매가 설치되어 있다.
 - ② 운행 중 진동에 의한 습판체와 전차선의 떨어짐 현상을 방지하기 위하여 벨로우즈부 스프링과 복원스프링에 의하여 전차선과 접촉을 유지하도록 하고 있다.
- 3) 하부틀은 기본 프레임에 설치된 주 베어링에 의하여 지지되고 있는 2개의 주축에 고정되어 있다.
 - ① 2개의 주축 사이에는 틀의 평형을 유지하기 위한 균형장치(Equalizer)와 Pan을 상승시키는 힘으로 작용하는 주스프링이 각각 가로로 2개씩 설치되어 있다.
 - ② 한쪽의 주축은 레버와 링크에 의하여 팬터그래프 상승용 실린더와 연결되어 있다.
- 4) 실린더 내에는 Pan을 하강시키는 힘으로 작용하는 하강 스프링이 있다.



[그림 2- 32] 하강 스프링

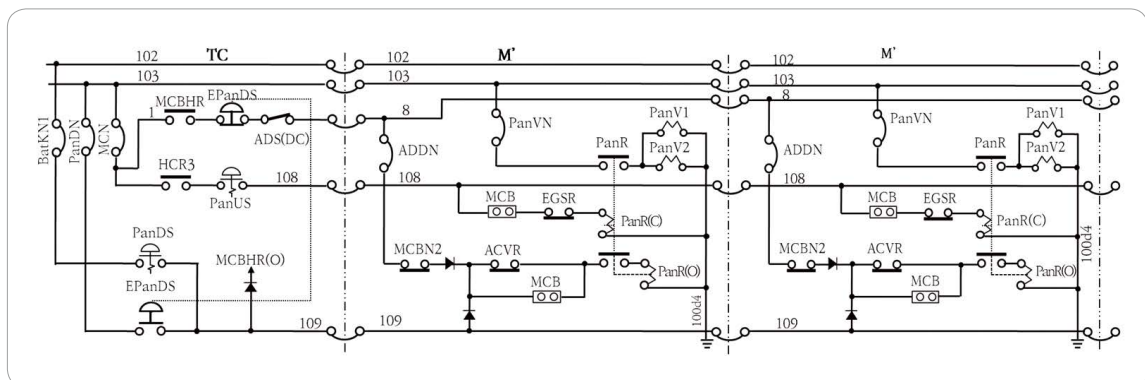
(2) 제원

- 1) 전차선 전압 : 지상 AC 25,000V, 지하 DC 1,500V
- 2) 조작 방식 : 전자 공기식
- 3) 동작 방식 : 공기 상승, 스프링 하강
- 4) 조작 공기압력 : $4 \sim 6 \text{ kgf/cm}^2$ (표준 5 kgf/cm^2)
- 5) 압상력 : 6 kgf (표준치)
- 6) 팬터그래프 높이
 - ① 접은 높이 : 280mm 이하

- ② 최저 작용 높이 : 530mm 이하
- ③ 표준 작용 높이 : 1,000mm
- ④ 최고 작용 높이 : 1,380mm 이하
- ⑤ 해방 시의 높이 : 1,480mm

2.3.1.3 Pan 상승

- (1) Pan 상승 취급은 전부 운전실에서 PanUS를 누르면 103선 전원과 ACM 구동으로 압축한 5kg/cm²의 압축공기를 이용하여 전체 M'차의 Pan이 상승한다.
- (2) Pan이 상승하면 PT의 동작으로 운전실의 전차선 전원 표시등이 점등되어, Pan 상승 여부와 전기방식 및 급전 상태를 확인할 수 있다.
- (3) Pan 상승 회로



[그림 2-33] Pan 제어회로(TC-M'-M'차)

- 1) 전부 TC차 103선 - MCN¹⁵⁾ - HCR3(a) - PanUS - 108선 - 각 M'차 - MCB 차단(각 M'차) - EGSR¹⁶⁾(b) - PanR(C)¹⁷⁾ - 100d4선 순서로 각 M'차 PanR(C) 코일이 여자 되며, 이 회로의 순서에서 전체 Pan 상승 조건은 다음과 같다.
 - ① 103선이 가압되어야 한다.
 - ② 전부 운전실에서만 Pan 상승 취급을 할 수 있다.

15) MCN(NFB for "MC"): 주간제어기 회로차단기

16) EGSR(EGS Relay): 비상접지스위치 보조계전기

17) PanR(C): 팬터그래프 제어 계전기(Close), PanR(O): 팬터그래프 제어 계전기(Open)

- ③ 전부 운전실의 MCN, HCRN이 ON 위치에 있어야 한다.
- ④ 전체 M'차의 MCB가 차단된 조건에서만 전체 Pan이 상승한다. 일부 차량의 MCB가 투입되어 있을 경우, 해당 차량의 Pan만 상승하지 않는다.
- ⑤ EGCS를 취급하지 않은 조건에서 Pan이 상승한다. AC 구간에서 EGCS를 취급하면 전체 M'차의 EGS가 동작하고, EGSR 여자로 전체 M'차 Pan이 상승하지 않는다. DC 구간은 EGCS를 취급하여도 EGS가 동작하지 않는다.

2) PanR(C) 여자로 각 M'차 103선 - PanVN - PanR(a) - PanV1,2 - 100선 순서에 따라 Pan 전자밸브 코일이 여자 된다. 전자밸브 코일 여자로 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압축공기가 Pan 실린더로 공급된다.

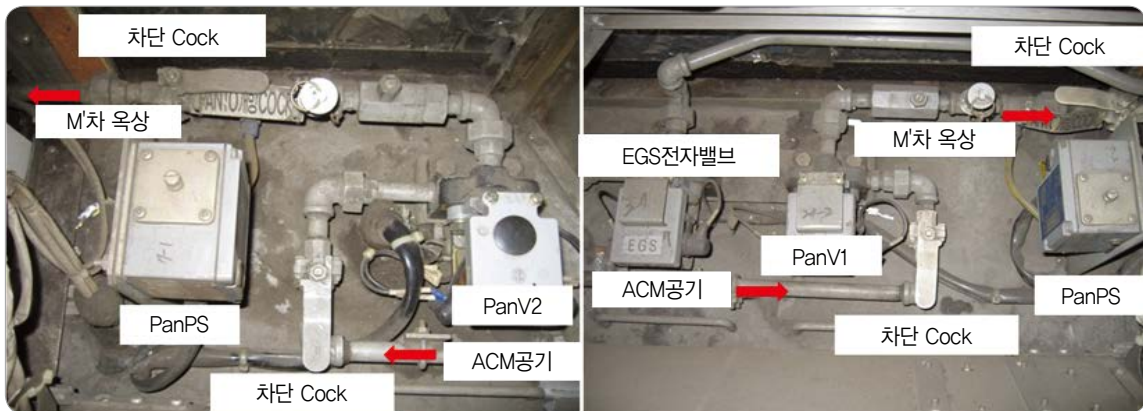
- ① Pan 전자밸브 코일을 여자 시키는 전원은 PanVN을 거쳐 공급된다.
- ② PanR(a) 연동은 PanV1,2 전원 공급, PanR(O) 코일 여자회로, 103선 가압 유지회로에 사용한다.
- ③ PanV1,2 코일은 Pan이 하강할 때까지 여자 상태를 유지하여 Pan 실린더에 압축공기를 공급한다.

TC차 103선 - MCN - HCR3(a) - PanUS - 108선 - MCB 차단(각 M'차) - EGSR(b) - PanR(C) - 100d4선 순서에서 PanUS는 푸시버튼스위치로 손을 떼면 108선 전원 공급이 차단된다. 그러나 PanR(C)는 PanUS 취급 후 손을 떼서 전원이 차단되어도 여자 상태를 유지하는 Keep Relay다. 따라서 PanV1,2 코일은 Pan이 하강할 때까지 여자 상태를 유지하여 Pan 실린더에 압축공기를 공급한다. PanDS 취급으로 PanR(Open) 코일이 여자 되면 PanR 연동이 개방되어 PanV1,2를 여자 시키던 전원을 차단한다.

(4) 상승 동작

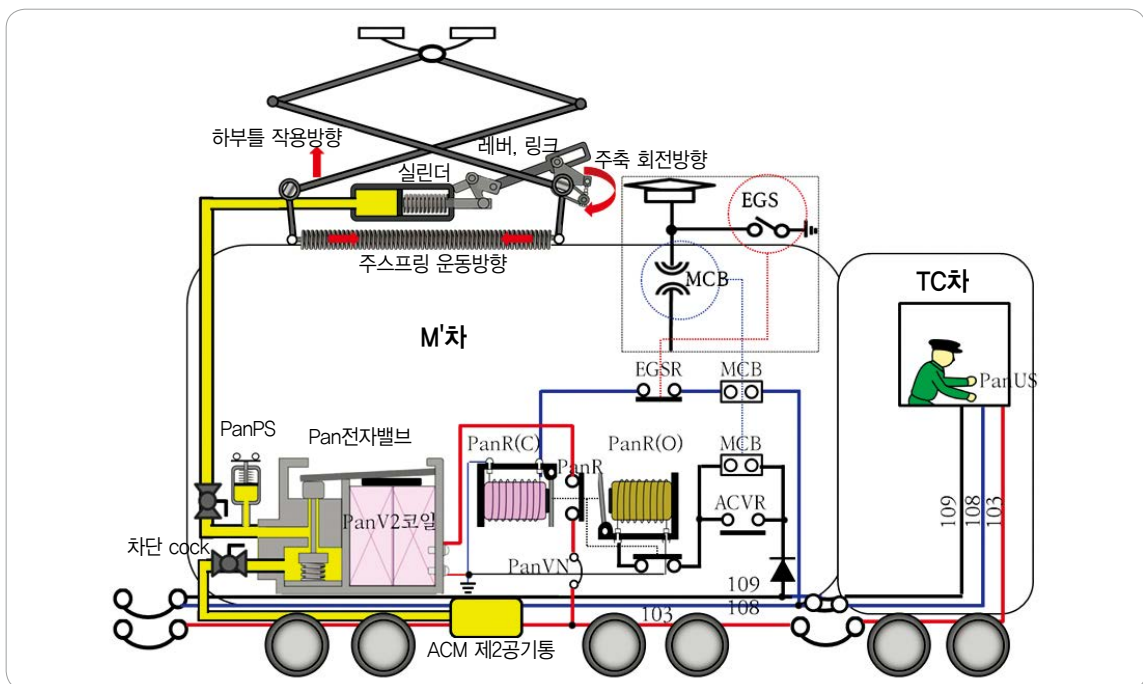
- 1) 운전실에서 PanUS를 누르면 [그림 2-35]에서 M'차의 MCB 차단, EGCS를 취급하지 않은 조건으로 PanV1,2가 여자 된다.
- 2) PanV1,2 코일 여자로 전자밸브가 배기 통로는 막고 공급 통로는 열어, ACM 제2공기통의 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 압축공기가 실린더 내로 공급된다.
- ① PanV¹⁸⁾는 M'차 객실 내 의자 밑에 각각 PanV1, PanV2가 있다.

18) PanV(Pan Valve) : 팬터그래프 전자밸브, PanVN : 팬터그래프 전자밸브 회로차단기



[그림 2-34] PanV1, 2

- ② [그림 2-34]에서 공기관 차단 Cock은 Pan 전자밸브 이전과 PanPS 이후에 각각 2개씩 있으며, 1개라도 차단 위치에 있을 경우에 해당 Pan은 상승하지 않는다.
- ③ PanPS는 MCB 투입 회로에서 설명한다.
- 3) 공기압력에 의하여 실린더 내 하강 스프링이 압축되면서 피스톤은 돌출된다. 피스톤과 연결되어 있는 레버와 링크는 회전이 억제되고 있던 주축을 자유롭게 회전할 수 있도록 한다.



[그림 2-35] AC 구간 Pan 상승 제어 개략도(M'차 1개 Pan)

- 4) 주축이 주 스프링 힘(복원력)에 의하여 회전하면 주축에 붙어 있던 하부 틀이 상승 방향으로 작용하여 Pan은 상승한다.
- 5) Pan은 실린더에 압축공기를 공급하면 상승하지만, Pan을 상승시키는 힘은 상승 높이에 따라 단계적으로 변화한다.
- 6) Pan 상승 시간은 보통 10~14초로 조정되어 있다.

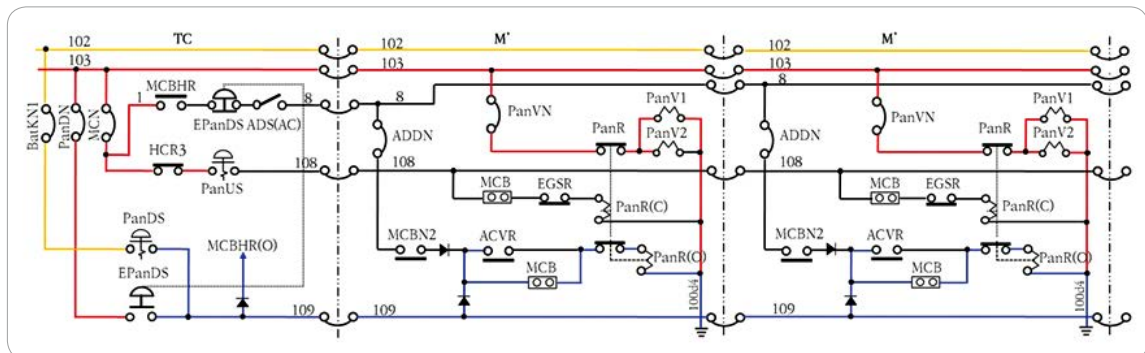
[표 2-7] Pan 상승 단계별 힘의 작용

팬터그래프 높이	팬터그래프를 상승시키는 힘
접은 위치 → 최소 작용 높이	공기압력 + 주 스프링
최소 작용 높이 → 완전 상승 높이	주 스프링

2.3.1.4 Pan 하강

- (1) Pan 하강은 운전실의 PanDS를 취급하여 하강하거나 EPanDS 취급으로 하강하는 2가지 방법이 있다.
 - 1) 정상적인 Pan 하강 순서는 MCBOS를 취급하여 MCB를 차단시키고, PanDS를 취급하여 Pan을 하강시킨다. 만일 MCB를 차단하지 않고 Pan 하강 취급을 한 경우, 운전실의 MCBHR(O) 코일을 여자 시켜 MCB 투입 회로를 차단하도록 하였다.
 - 2) EPanDS 취급은 PanDS 취급으로 Pan이 하강하지 않을 경우, 또는 전차선 고장 발견 등으로 급히 Pan을 하강시켜야 할 경우에 취급한다.
- (2) Pan 하강 취급을 하면 각 M'차의 PanR(O) 코일의 여자로 PanR(a) 연동이 PanV1,2를 여자 시키던 전원을 차단한다. PanV1,2의 무여자로 Pan은 하강하며 운전실의 전차선 전원 표시등은 소등된다.
- (3) Pan 하강 회로
 - 1) 순서는 편의상 황색선 - 청색선 순서로 하고, 계전기, 접촉기, 연동은 동작한 것으로 한다. PanDS에 의한 하강 취급은 TC차 102선 - BatKN1 - PanDS - 109선 - 각 M'차 순서로 109선이 가압된다. 한편 109선 - TC차 Dd - MCBHR(O) 순서로 MCBHR Open Coil을 여자시킨다.

- ① PanDS 취급 전원은 102선 전원으로 BatKN1을 거쳐 공급받으며 103선 무가압 상태에서도 Pan 하강 취급을 할 수 있다.
- ② 전·후부 운전실 모두 Pan 하강 취급을 할 수 있다.
- ③ MCBHR(O) 여자로 전체 MCB 투입 제어회로를 차단한다.



[그림 2-36] AC 구간 PanR(O) 여자 회로(TC-M'-M'차)

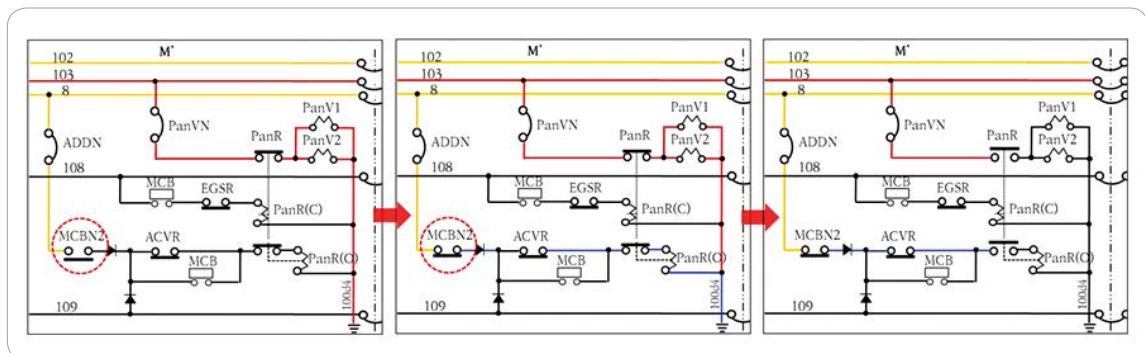
2) 109선 - 각 M'차 - Dd - ACVR(b) - PanR(O) 순서와, 109선 - 각 M'차 - Dd - MCB 차단(각 M'차) - PanR(O) - 100d4선 순서로 PanR(O) 코일을 여자 시킨다.

- ① AC 구간은 MCB가 차단된 조건이 아니면 Pan이 하강하지 않는다.

전차선 전기가 AC인 경우 Pan 상승 상태에서는 ACVR이 여자 되어 있어, Pan 하강 취급으로 PanR(O) 코일을 여자 시키기 위하여 MCB가 차단되어 있어야 한다.

- ② DC 구간은 MCB 차단과 관계없이 Pan이 하강한다.

전차선 전기가 DC인 구간은 Pan 상승 상태에서 DCVR은 여자, ACVR은 무여자로, DC 구



[그림 2-37] DC 구간 MCBN2 차단 차량 PanR(O) 여자 및 PanV 무여자 순서

간은 MCB가 투입되어 있더라도 ACVR(b) 연동으로 PanR(O) 코일을 여자 시킬 수 있다.

③ [그림 2-37] DC 구간에서 MCBN2가 차단된 M'차는 Pan이 하강한다.

순서는 황색선 - 청색선 순서로 하고 모든 연동은 동작한 것으로 하였다.

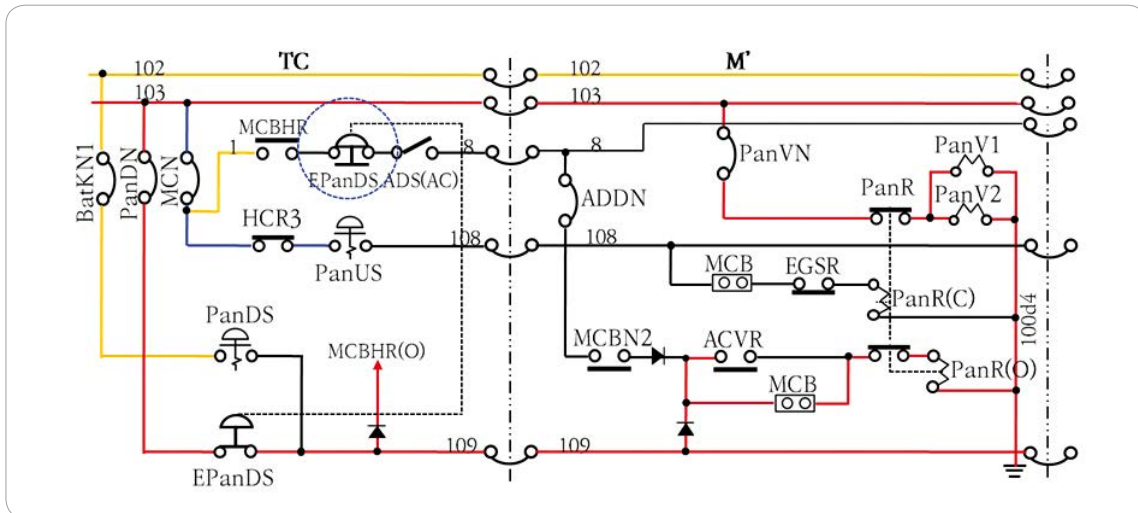
TC차 103선 - MCN - 1선 - MCBHR(a) - EPanDS - ADS(DC위치) - 8선 - 각 M'차 ADDN¹⁹⁾ - MCBN2(b) 순서로 직류 구간에서 각 M'차의 MCBN2²⁰⁾가 차단되면 MCBN2(b) - ACVR(b) - PanR(O) - 100d4선 순서로 PanR(O) 코일을 여자 시킨다.

3) 103선 - 각 M'차 PanVN - PanR(a) 연동 - PanV1,2에서 PanR(O) 코일의 여자로 PanR(a) 연동이 PanV1,2 코일에 공급되고 있던 103선 전원을 차단하여 PanV1,2가 무여자 되고 Pan은 하강한다.

4) EPanDS에 의한 Pan 하강 취급은 TC차 103선 - PanDN²¹⁾ - 109선 - 각 M'차와 109선 - TC차 Dd - MCBHR(O) 순서로 된다. 이후 Pan 하강 과정은 PanDS 취급과 같은 순서로, Pan 하강 시간이나 조건은 동일하다.

한편, EPanDS를 취급하면 전부 TC차 103선 - MCN - 1선 - MCBHR(a) - EPanDS(점선 내) - ADS 순서로 MCB 제어회로를 직접 차단할 수 있도록 한다.

① EPanDS 취급 전원은 103선 전원으로 PanDN을 거쳐 공급받는다.



[그림 2-38] AC구간 EPanDS 취급에 의한 PanR(O) 여자 회로

19) ADDN(NFB DC Selection) : 교직절환 DC용 회로차단기, ADAN : 교직절환 AC용 회로차단기

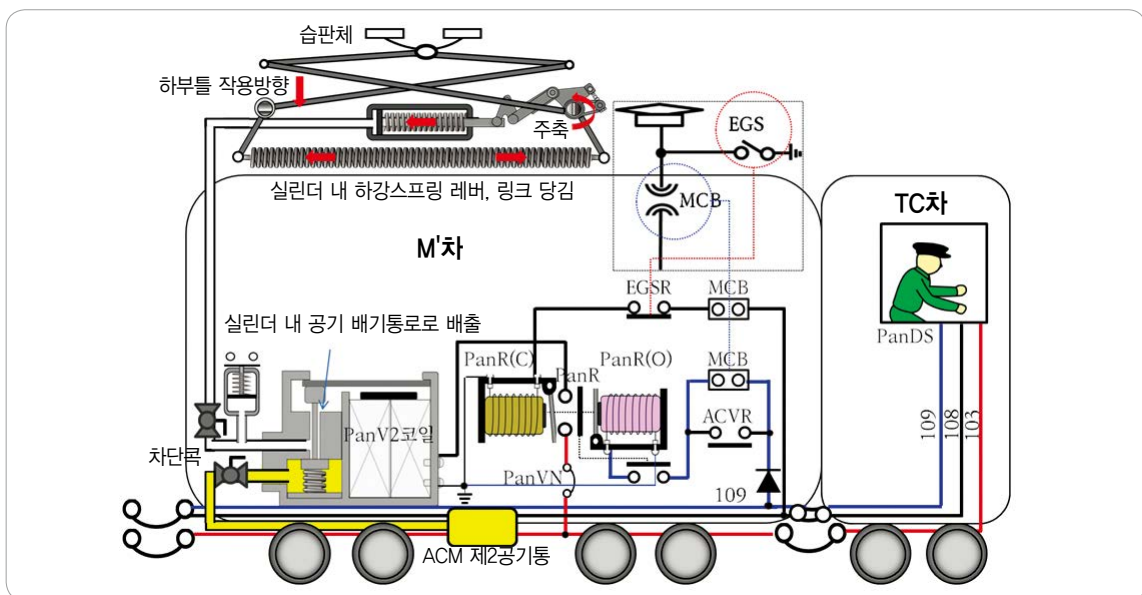
20) MCBN1,2(NFB for "MCB") : 주차단기 제어 회로차단기, MCBN1(교류 구간), MCBN2(직류 구간)

21) PanDN(NFB "Pan D") : 팬터그래프 하강 회로차단기

- ② 전·후부 운전실 모두 EPanDS 취급을 할 수 있다.
- ③ EPanDS를 취급한 경우 MCB 제어회로를 직접 차단한다.
- ④ EPanDS를 취급한 경우 Pan 하강 시간이나 조건은 PanDS 취급과 같다.
- ⑤ EPanDS를 취급한 경우 반드시 수동으로 복귀 취급을 하여야 한다.

(4) 하강 동작

- 1) 운전실에서 PanDS나 EPanDS를 취급하면 109선이 가압되며 각 M'차 교류 구간 MCB 차단 조건, 직류 구간은 MCB 차단과 관계없이 ACVR(b) 연동에 의하여 PanV1,2가 무여자 된다.
 - ① 교류 구간은 MCB가 부하 전류를 차단한 조건에서 Pan을 하강시킬 수 있도록 MCB 보조 접점이 하강 회로 내에 있다.
 - ② 직류 구간은 MCB가 부하 전류를 차단할 수 없어 MCB 차단과 관계없이 Pan을 하강시키도록 ACVR(b) 접점이 하강 회로 내에 있다.
- 2) PanV1,2 무여자로 전자밸브는 압축공기의 공급 통로는 막고 배기 통로는 열어 Pan 실린더에 공급되고 있던 압축공기를 대기로 배출시킨다.
- 3) 실린더 내 하강 스프링이 복원되면서 피스톤은 원래 위치로 복귀한다. 동시에 피스톤과 연결되어 있는 레버 및 링크를 잡아당겨 주축이 회전하면서 Pan은 하강하고 접은 위치로 된다.
- 4) Pan 하강 시간은 보통 4~6초로 조정되어 있다.

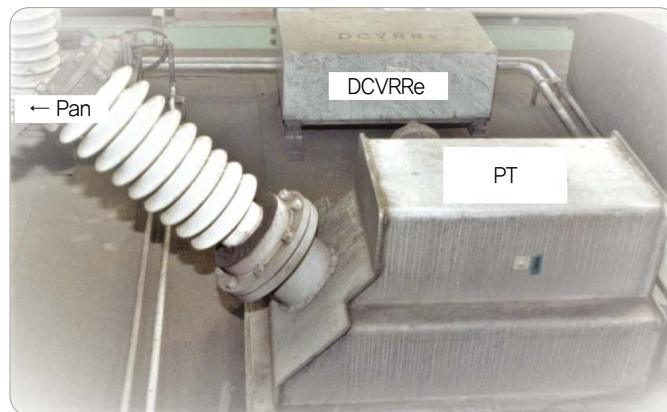


[그림 2-39] AC 구간 Pan 하강 제어 개략도(M'차 1개 Pan)

2.3.2 계기용 변압기(Potential Transformer)

2.3.2.1 개요

- (1) PT(계기용 변압기)는 M'차의 옥상에 설치되어 있으며, 전차선에 전기가 공급되고 Pan이 상승하고 있는 동안 항상 동작한다.

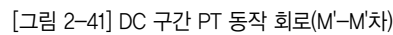


[그림 2-40] PT

- (2) 1차 코일은 Pan에 접속되며, 2차 코일은 정류기와 저항을 통하여 교류전압계전기(ACVR)에 접속된다. 교류 구간에서는 AC 25,000V를 AC 100V로 변환 후 정류기를 거쳐 DC로 변환되어 교류전압계전기(ACVR)를 여자 시킨다.
- (3) 1차 측의 접지 측은 저항기를 통하여 접지되고, 그 저항기의 도중에 직류전압계전기(DCVR)가 접속된다. 직류 구간에서는 1차 측을 통한 전류에 의하여 직류전압계전기(DCVR)가 동작된다.

2.3.2.2 PT 동작 회로

- (1) 전차선에 DC 1,500V의 전원이 공급되는 상태에서 Pan을 상승시키면 전차선 - 각 M'차 Pan - PT 1차 측 - DCVRR₁(직류전압계전기용 저항기) - DCVR - 500선 순서로 DCVR이 여자 된다. 한편, Pan - PT 1차 측 - DCVRR₃(직류전압계전기용 저항기) - 500선(고압 접지) 순서로 저항기를 통하여 접지된다.
- (2) 전차선에 AC 25,000V의 전원이 공급되는 교류 구간에서는 전차선 - 각 M'차 Pan - PT 1차 측(AC 25,000V) - PT 2차 측(AC 100V) - 정류기 - ACVRR₁(교류전압계전기용 저항기) - ACVR - 100선 순서로 ACVR이 여자 된다.



(1) Pan 상승으로 전기방식에 의해 각 M'차의 ACVR 또는 DCVR이 여자 되면 시한계전기인 ACVRTR 또는 DCVRTR이 여자 된다. 시한계전기의 용도는 MCB 제어회로에서 설명한다.

- 한편 각 M'차 103선 - MCBN1 - 9선 - ACVR(a) - Re - C(콘텐츠) 순서로 ACVR이 무여
자 될 경우, 일정 시한 동안 ACVRTR을 여자 시킬 수 있도록 콘텐츠에 충전한다.

- [그림 2-42] DCVRTR 여자(연동 동작)

한편 각 M'차 103선 - MCBN2 - 9m선 - DCVR(a) - Re - C(콘덴서) 순서로 DCVR이 무 여자 될 경우, 일정 시한 동안 DCVRTR을 여자 시킬 수 있도록 콘덴서에 충전한다.

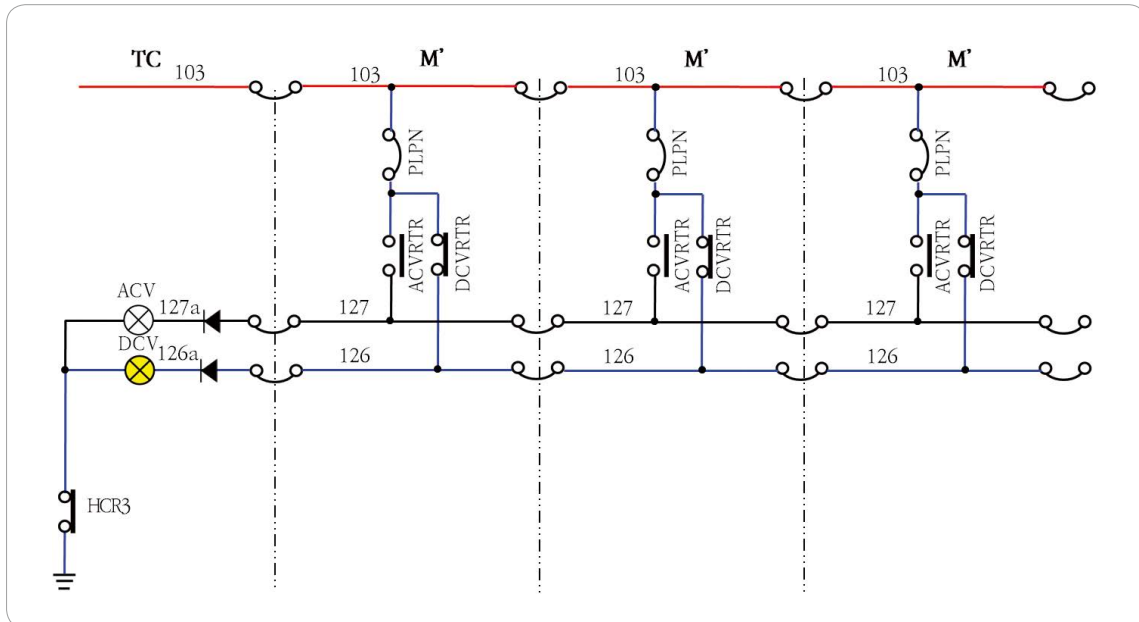
(2) ACVRTR 또는 DCVRTR의 여자로 운전실의 전차선 전원 표시등인 AC등 또는 DC등이 점등되어 전차선의 급전 상태와 Pan 상승 여부를 확인할 수 있다.

1) 각 M'차 103선 - PLPN²²⁾ - ACVRTR(a) - 127선 - Tc차 127선 - Dd - 127a선 - ACV Lamp - HCR(a) - 접지 순서로 전부 운전실 AC등이 점등된다.

2) 각 M'차 103선 - PLPN - DCVRTR(a) - 126선 - Tc차 126선 - Dd - 126a선 - DCV Lamp - HCR(a) - 접지 순서로 전부 운전실 DC등이 점등된다.

위와 같은 회로로 AC 구간에서 AC등, DC 구간에서 DC등이 점등된다.

3) 전부 운전실 DC등 점등 순서 ① 전차선 DC 1,500V → DCVR여자, ② 103선 전원 → DCVR(a) → DCVRTR 여자, ③ 103선 전원 → DCVRTR(a) → 전부 운전실 DC등 점등 순서로 된다.



[그림 2-43] DC등 점등 회로(연동 동작)

22) PLPN(NFB "Pilot Lamp) : 지시등 회로차단기

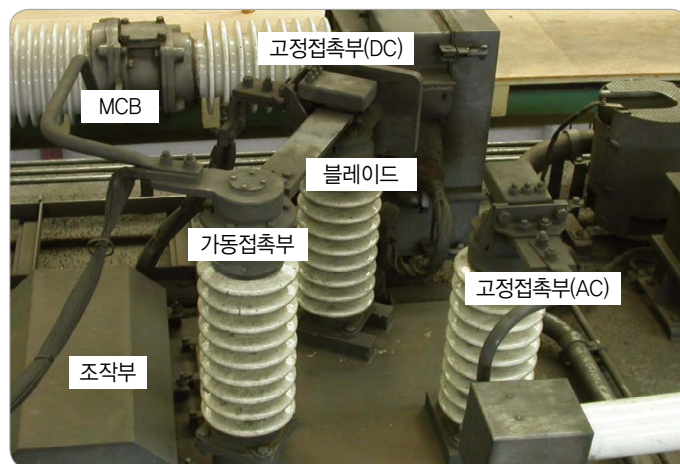
2.3.3 ADCg(AC-DC Change Over Switch)

2.3.3.1 개요

- (1) ADCg(교직 절환기)는 교·직류 전기동차 M'차 옥상에 설치되어 있다. Pan 상승 후 전차선 전기방식에 따라 전기동차의 회로를 일치시켜야 한다. 전기동차의 회로를 교류 또는 직류로 바뀌는 역할을 하는 ADCg는 운전실에서 ADS를 취급하는 경우 반드시 MCB가 차단된 조건에서만 ADCg가 절환된다.
- (2) ADCg AC 위치에서는 전차선의 25,000V를 MT(주 변압기) → C/I(주 변환 장치) → TM(견인전동기) 순서로, ADCg DC 위치에서는 전차선의 1,500V를 C/I 인버터 → TM 순서로 공급한다. 따라서 전차선 전기의 종류와 ADCg 위치가 일치되지 않으면 MCB는 투입되지 않도록 하였다.
- (3) 교직 절연 구간을 운행할 때는 절연 구간 전방에서 ADS를 진입할 구간의 전차선 전원 위치로 전환하여 ADCg 절환 취급을 한 후 절연구간을 통과하여야 한다.

2.3.3.2 구조

- (1) ADCg는 5kg/cm²의 압축공기를 이용하여 동작하는 단로기이다. 본체와 조작부, 보조 스위치 등 부속 장치로 구성된다.
- (2) 본체에는 AC 및 DC 고정 접촉부, 가동 접촉부와 블레이드(Blade)가 있다. 전차선 전원은 MCB를 거쳐 가동 접촉부에서 블레이드 위치에 따라 AC 측 고정 접촉부를 통하여 MT 쪽에, 또는 DC 측 고정 접촉부를 통하여 C/I 인버터에 공급된다.



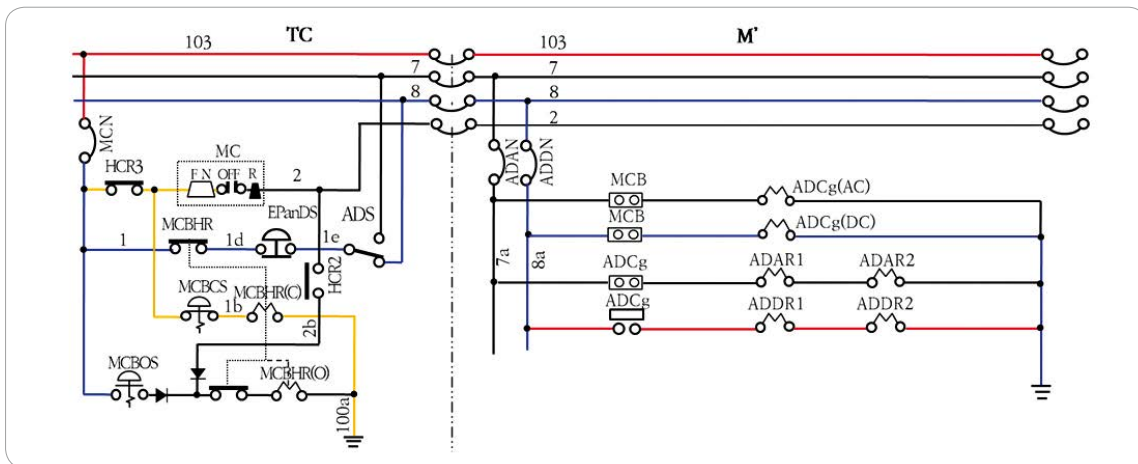
[그림 2-44] ADCg(DC 측)

- (3) 조작부에는 AC 측과 DC 측의 전자밸브 2개, 실린더, 링크, 토글 스프링, 조작 레버가 있다. 한편, 보조 스위치는 조작 레버와 연결된 조작 로드에 의하여 동작한다.

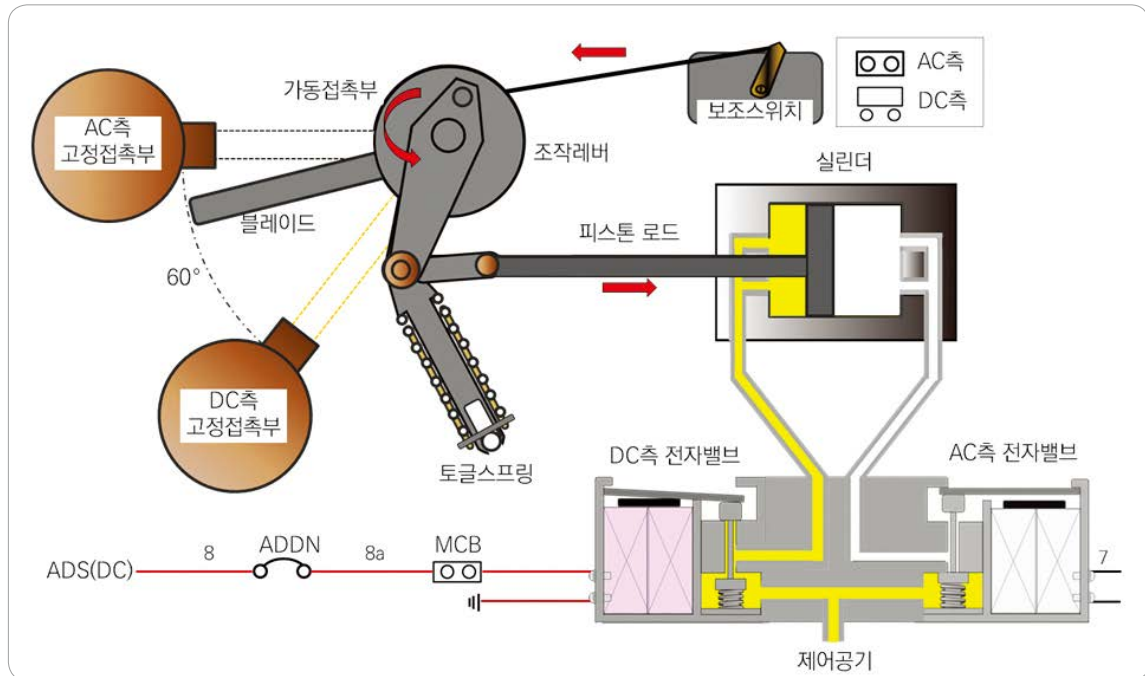
2.3.3.3 동작

(1) ADCg 절환 회로

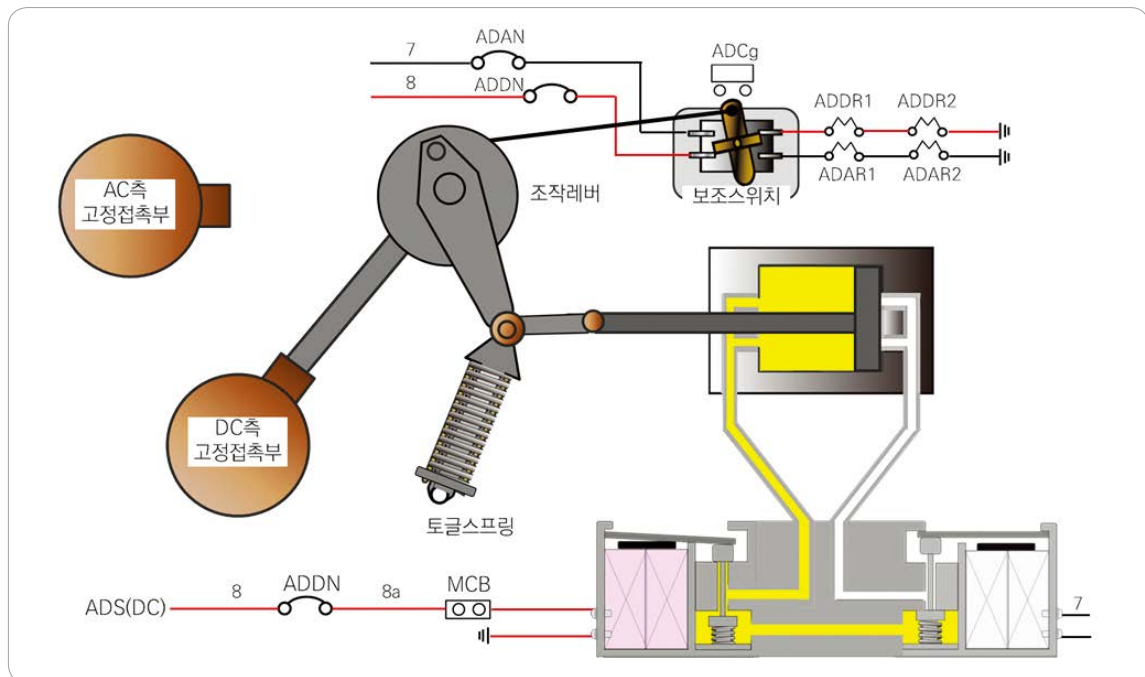
- 1) Pan 상승 후 운전실의 DC등 점등으로 ADS를 DC 위치로 전환 후 MCBCS를 취급하면 8선이 가압된다. 동작 순서는 황색선 - 청색선 - 적색선 순서로 하고 계전기 및 연동은 동작한 것으로 한다.
 - ① 8선 - 각 M'차 ADDN - 8a선 - MCB(차단 보조 접점) - ADCg DC 측 코일(전자밸브) - 접지 순서로 각 M'차 ADCg가 DC 측으로 절환된다. MCB 차단 보조 접점은 운전실에서 ADS를 AC 위치에서 DC 위치로 전환할 때, MCB가 차단된 조건으로 ADCg 전자밸브의 DC 측 코일이 여자 되도록 한다.
 - ② ADCg가 DC 측으로 절환되면 각 M'차 ADDN - 8a선 - ADCg DC 측(보조 접점) - ADDR1, 2 - 접지 순서로 ADDR1,2가 여자 된다. ADDR1,2의 연동은 MCB 투입 회로에도 사용한다. 따라서 전차선 전원의 종류와 전기동차 회로가 일치하지 않으면 MCB는 투입되지 않는다.
- 2) Pan 상승 후 운전실의 AC등 점등으로 ADS를 AC 위치로 전환 후 MCBCS를 취급하면 7선이 가압된다. 각 M'차 ADAN을 거쳐 ADCg AC측 코일이 여자되고, ADCg가 AC측으로 절환되면 ADAR1,2가 여자되는 과정은 DC구간과 같다.



[그림 2-45] ADCg DC측 절환 회로



[그림 2-46] ADCg DC 측 절환 과정

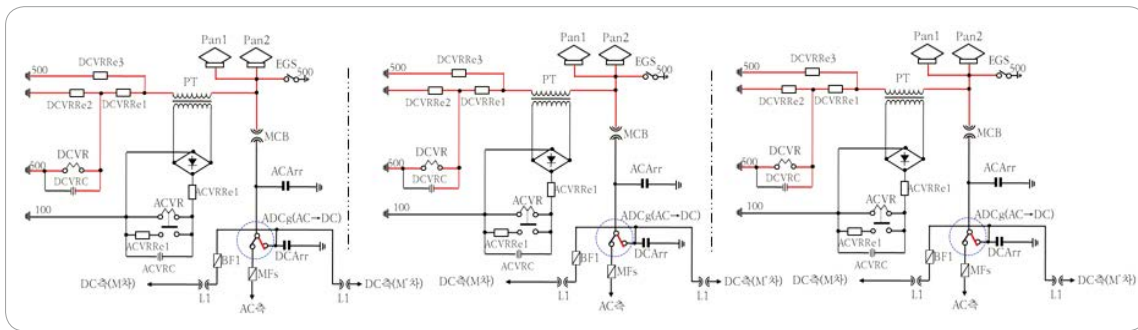


[그림 2-47] ADCg DC 측 절환 완료

(2) 동작 과정

- 1) 블레이드는 AC 측 고정 접촉부에 투입되어 있다. ADS를 AC에서 DC 위치로 전환하면 MCB 차단 조건으로 조작부의 DC 측 전자밸브 코일이 여자 된다. 전자밸브는 공급 통로를 열어 ACM 제2공기통의 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 압축공기를 실린더 좌측실로 공급한다.
- 2) [그림 2-46]에서 실린더 좌측실에 공급되는 압축공기의 작용으로 피스톤과 피스톤 로드는 우측 방향으로 이동하며, 조작 레버는 반시계 방향으로 회전을 시작한다.
- 3) 조작 레버 상부에 있는 블레이드는 AC 측 고정 접촉부에서 빠져 피스톤이 우측 끝까지 이동하는 동안 60° 를 회전하여 DC 측 고정 접촉부에 투입된다. 전기동차 회로는 DC 측으로 된다.

(3) 전기동차 DC 측 회로



[그림 2-48] 전기동차 DC 측 회로

2.3.4 주차단기(Main circuit Breaker)

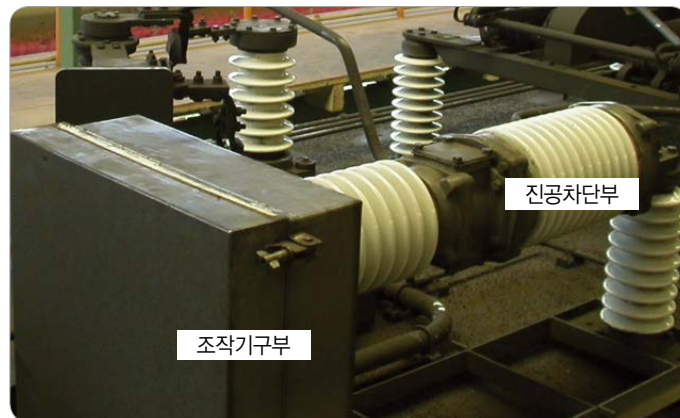
2.3.4.1 개요

- (1) MCB는 M'차 옥상에 배치되어 있고 평상시 AC 또는 DC 구간에서 주 회로를 개폐하는 개폐기 역할을 한다.
- (2) AC 구간 운전 중 MT 1차 측에 과전류가 검지되거나 MT 2차 측 이후의 회로에 고장이 발생할 경우, 과전류를 신속하고 확실하게 차단하는 사고 차단 작용을 한다. 그러나 DC 구간에서는 사고 차단 작용은 하지 않는다. 따라서 AC 구간에서는 개폐기와 차단기 2가지 역할을 하고, DC 구간에서는 개폐기 역할만 한다.
- (3) MCB는 일반적으로 진공차단기라고 한다. 진공 중의 높은 절연내력과 아크의 확산 작용을 이용하고, 밀봉된 진공 용기 속에 고정전극, 가동전극을 배치하여 전극(접점)의 개방으로 전류를 차단한다.

[표 2-8] 정격

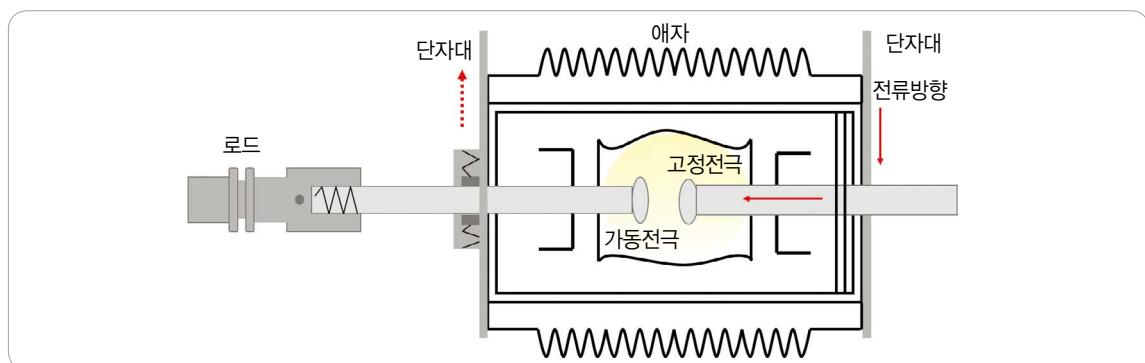
조작 방식	투입	차단
	전자제어 공기 조작식	전자식
조작 전압	DC 100V	
조작 압력	5kg/cm ²	

2.3.4.2 구조



[그림 2-49] MCB

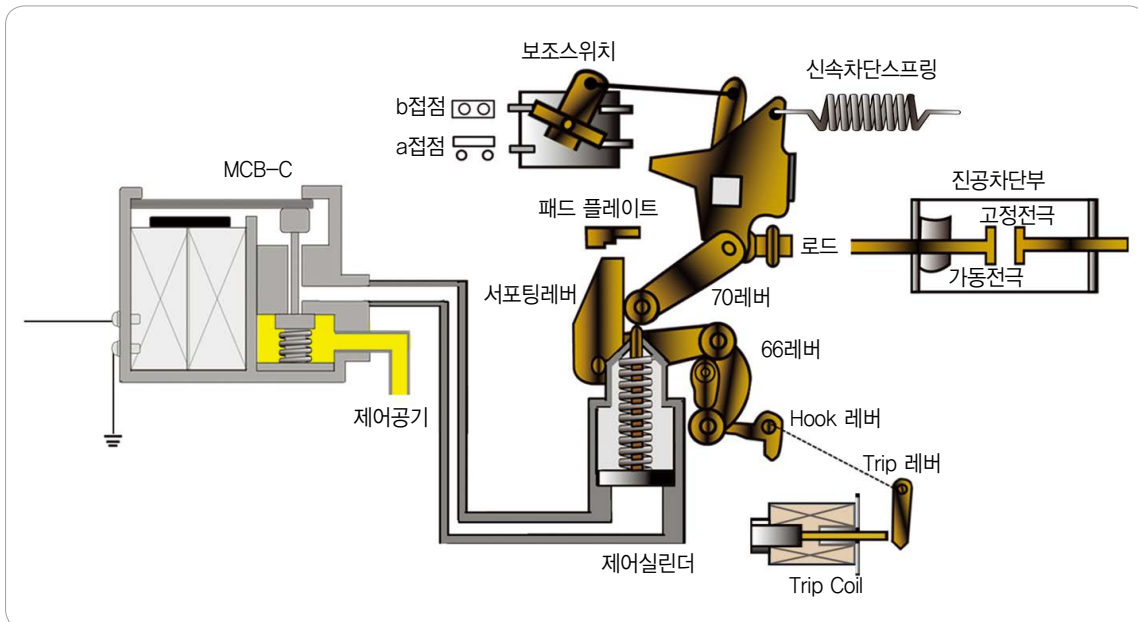
- (1) 진공 차단부 내부에는 고정 전극, 가동 전극이 있으며 진공 상태를 유지하도록 하였다. 고정 전극에는 Pan에서 집전된 AC 25,000V 또는 DC 1,500V가 단자대(Termination Frame)를 거쳐 흐르고 있다. 가동 전극은 MCB 투입 지령에 의하여 로드의 작용으로 고정 전극에 접촉하며, Pan에서 집전된 전기는 단자대를 거쳐 ADCg로 흐른다.



[그림 2-50] 진공 차단부

(2) 조작 기구부에는 전자밸브, 실린더 등 조작 기구와 신속 차단 스프링(Quick Breaker Spring), 보조 스위치 등이 있다.

- 1) MCB 투입 지령에 따라 전자밸브가 여자 되면, 공기압력으로 제어 실린더 내 피스톤과 레버 등 조작 기구가 동작하여 가동 전극을 고정 전극에 접촉시켜 Pan 회로와 전기동차 회로를 연결한다. 이때 보조 스위치(투입 접점)는 MCB 투입 조건으로 동작하는 저압 회로를 연결한다.
- 2) MCB 차단 지령에 따라 트립(Trip) 코일이 여자 되면, 신속 차단 스프링의 힘으로 가동 전극을 고정 전극에서 개방하여 회로를 개방한다. 보조스위치는 MCB 차단 조건으로 동작하는 저압 회로를 연결한다.

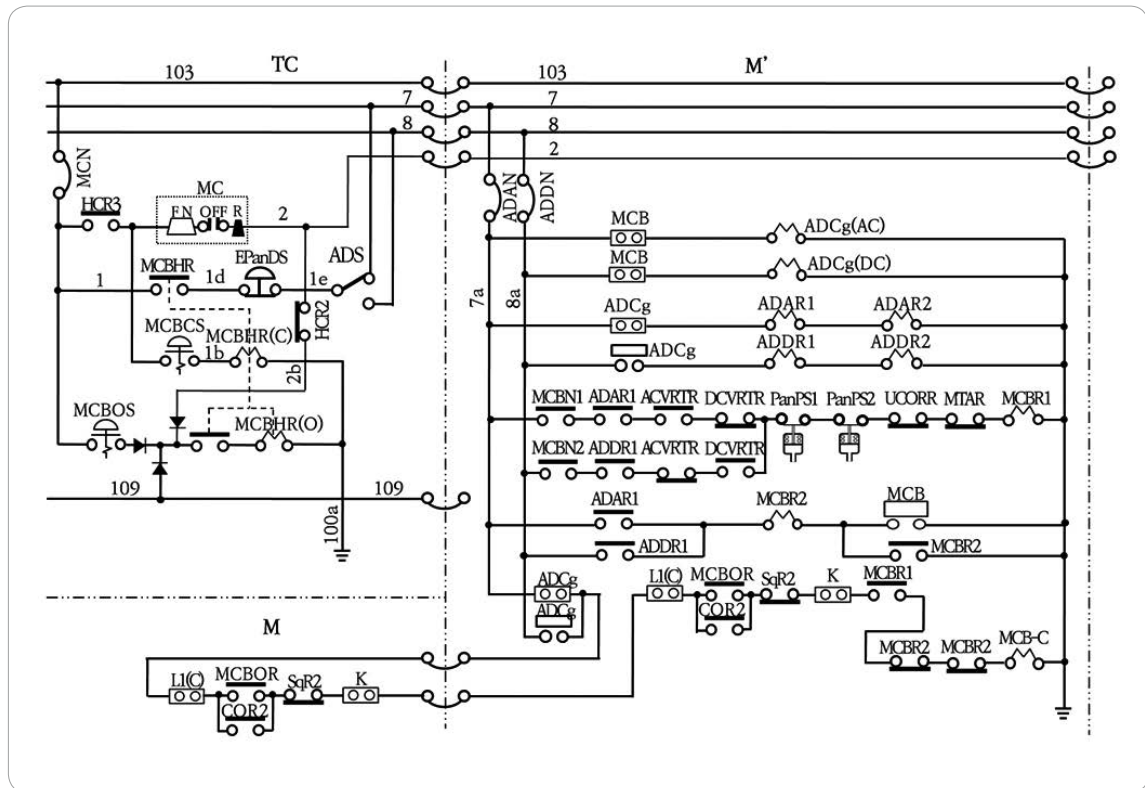


[그림 2-51] 조작 기구부 개략도

2.3.4.3 MCB 투입

(1) MCBHR 여자

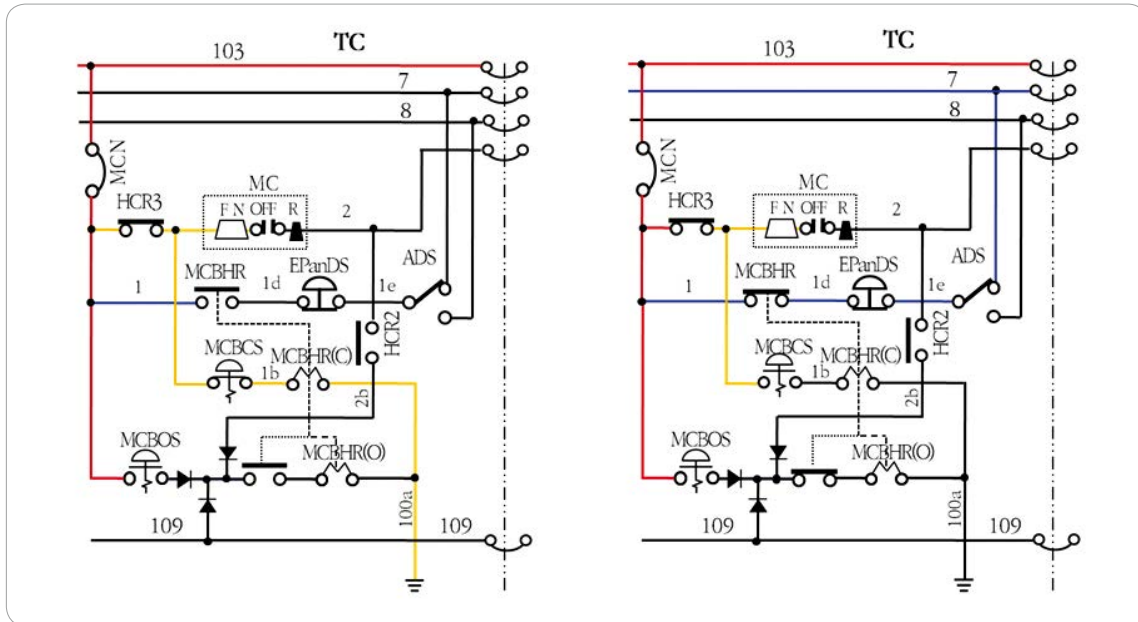
- 1) 전차선 급전 상태에서 Pan 상승으로 전차선 전기방식에 따라 PT가 동작하여 운전실의 AC등 또는 DC등이 점등된다.(PT 동작 회로 참조)
 - ① 각 M'차 AC 25,000V - Pan - PT - ACVR 여자로 ACVR(a) 연동에 의하여 ACVRTR이 여자 되며, AC등이 점등된다.
 - ② 각 M'차 DC 1,500V - Pan - PT 1차 측 - DCVRR1 - DCVR 여자로 DCVR(a) 연동에



[그림 2-52] MCB 투입 회로(TC - M - M'차)

의하여 DCVRTR이 여자 되며, DC등이 점등된다.

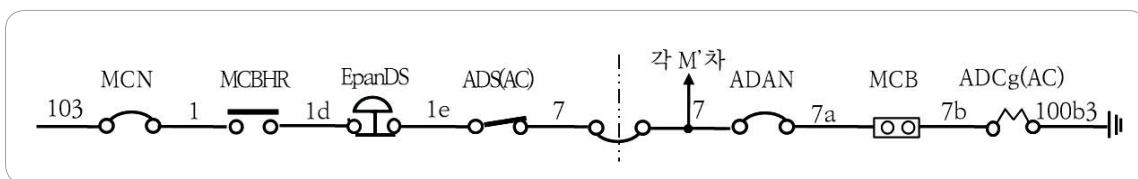
- 2) 전차선 전기방식에 따라 전기동차 회로를 일치시키기 위하여 ADS를 AC 또는 DC 위치로 전환한다. AC 위치에서는 7선, DC 위치에서는 8선으로 Jumper선을 통하여 각 M'차 MCB 투입 회로를 구성시킨다.
- 3) 전부 운전실의 MCN 및 HCRN ON 위치에서 MCBCS를 눌러 MCBHR(C) 코일을 여자 시킨다.
 - ① 전부 TC차 103선 - MCN - HCR3(a) - MCBCS - MCBHR(C) - 100a선 - 접지 순서로 MCBHR(C) 코일이 여자 된다. HCR3(a) 연동으로 전부 운전실에서만 MCB를 투입할 수 있다. 순서는 황색선 - 청색선으로 연동은 동작한 것으로 한다.
 - ② MCBHR(C) 코일의 여자로 MCBHR(a) 연동이 1 - 1d선 사이 회로를 연결한다. 한편 MCBHR(C) 코일은 MCBCS에서 손을 떼면 MCBHR(C) 코일의 여자 전원이 차단된다. 그러나 MCBHR(C) 코일은 여자 상태로 Locking 되어 MCBOS 취급으로 MCBHR(O) 코일이 여자 될 때까지 MCBHR(a) 연동이 1 - 1d선 사이 회로를 연결할 수 있도록 하는 유지 계전기(Holding Relay)다.



[그림 2-53] MCBHR(C) 여자 및 여자 상태 유지

- 4) EPanDS가 동작하지 않은 조건으로 1d - 1e 사이 회로가 연결되어 ADS 위치에 따라 7선으로 회로가 구성된다.

(2) ADCg 절환



[그림 2-54] ADCg AC 측 코일 여자 회로

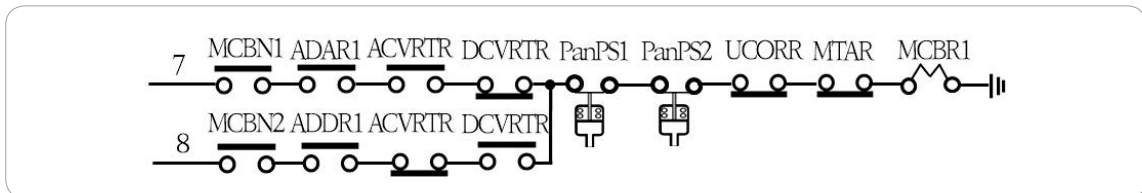
- 1) TC 차 103 - 1선 - MCBHR(a) - 1d선 - EPanDS - 1e선 - ADS(AC 측) - 7선 - 각 M'차 - ADAN - 7a선 - MCB(차단 보조 접점) - 7b선 - ADCg(AC 측 코일) - 100b3선 순서로 ADCg가 AC측으로 절환되고 ADAR1,2²³⁾가 여자 된다.

23) ADAR1,2(AC Selection Relay) : 교직절환 AC용 계전기, ADDR1,2 : 교직절환 DC용 계전기

2) ADS가 DC 측일 경우 ADS(DC측) - 8선 - 각 M'차 - ADDN - 8a선 - MCB(차단 보조 접점) - 8b선 - ADCg(DC 측 코일) - 100b3선 순서로 ADCg가 DC 측으로 절환되고 ADDR1,2가 여자 된다.

(3) MCBR1 여자

1) AC 구간은 7선 - 각 M'차 ADAN - 7a선 - MCBN1 - ADAR1(a) - ACVRTR(a) - DCVRTR(b) - PanPS1 - PanPS2 - UCORR²⁴⁾(b) - MTAR²⁵⁾(b) - MCBR1 - 100b2선 순서로 MCBR1이 여자 된다.

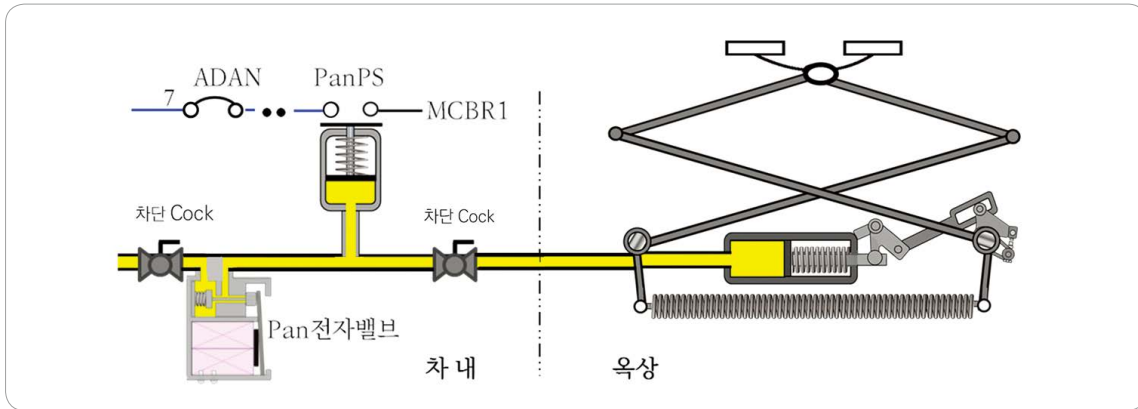


[그림 2-55] MCBR1 여자 회로

- ① AC 구간에서 각 M'차 NFB는 ADAN, MCBN1(a), MTBMN, MTOMN이 ON 위치에서 해당 차량의 MCBR1이 여자 된다. MCBN1(a)은 MCBN1 NFB가 ON 위치에 있을 때 회로를 연결하도록 하였다. MTBMN 또는 MTOMN이 OFF 위치에 있을 때는 MT의 냉각 작용이 불가능하게 되어 MTAR을 여자 시켜 MCB가 투입되지 않도록 하였다. 만일 MTAR 복귀 불능으로 VCOS 취급을 한 경우, UCORR 여자로 MCB를 투입할 수 없다.
- ② Pan 상승과 MCB를 투입시키는 정상적인 공기압력은 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 최소 $4.4\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상은 확보되어야 한다. PanPS1,2는 각각의 Pan을 상승시키는 공기압력에 의하여 MCBR1 회로를 연결하거나 차단하는 공기압력 스위치로서, 만일 2개의 Pan 중 어느 하나라도 Pan 실린더에 공급하는 공기압력이 $4.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하가 되면 MCBR1 회로를 차단하여 MCB가 투입되지 않도록 하였다. 따라서 과천선 VVVF 전기동차 PanPS 동작 압력은 $4.2\sim 4.4\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 하였다.
- ③ ADCg가 AC 측으로 절환되어 ADAR1,2의 여자로 ADAR1(a)은 회로를 연결하고 있다. 전차선이 급전되고 Pan이 상승하면 ACVRTR(a)은 회로를 연결한다. ADS가 AC 위치가 아

24) UCORR(Unit Cut-Out Repeat Relay) : Unit 개방 반복계전기, UCOR : Unit 개방 계전기

25) MTAR(Main Transformer Aux-Relay) : 주변압기 보조계전기



[그림 2-56] PanPS

닌 경우와 Pan이 상승하지 않았거나, 전차선이 단전되었을 때는 MCBR1의 무여자로 MCB가 투입되지 않는다.

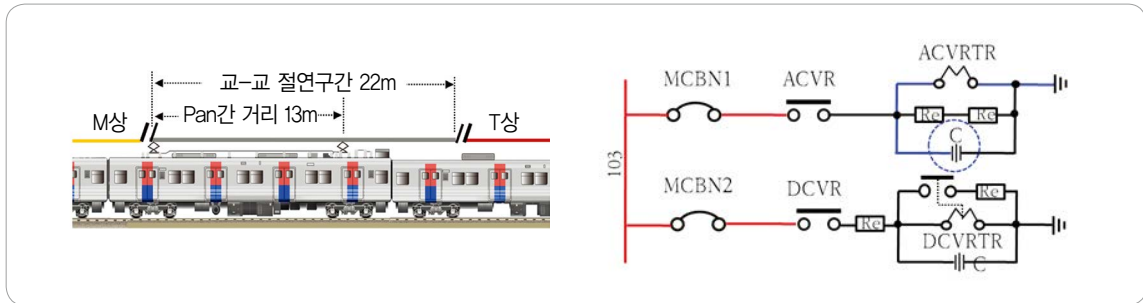
2) 직류 구간은 8선 - 각 M'차 ADDN - 8a선 - MCBN2 - ADAR1(a) - DCVRTR(a) - ACVRTR(b) - PanPS1 - PanPS2 - UCORR(b) - MTAR(b) - MCBR1 - 100b2선 순서로 MCBR1이 여자 된다.

① DC 구간에서 각 M'차 NFB는 ADDN, MCBN2가 ON 위치에서 해당 차량의 MCBR1이 여자 된다. MCBN2(a)는 MCBN2가 ON 위치에 있을 때 회로가 구성되도록 하였다. 만일 MCBN2가 OFF 위치에 있을 때는 DC 구간에서 해당 차량은 Pan이 상승하지 않도록 하였다.(Pan 하강 회로 참조)

② PanPS1,2는 AC 구간과 같은 역할을 하며, MT는 AC 구간의 전용 기기로서, NFB MTBMN, MTOMN이 차단되어도 MTAR(b), UCORR(b) 연동은 DC 구간에서는 동작하지 않는다.

③ ADDR1(a)과 DCVRTR(a)는 DC 구간도 AC 구간과 같이 ADS가 DC 위치가 아닌 경우와 Pan이 상승하지 않았거나 전차선이 단전되었을 때는 MCBR1의 무여자로 MCB가 투입되지 않는다.

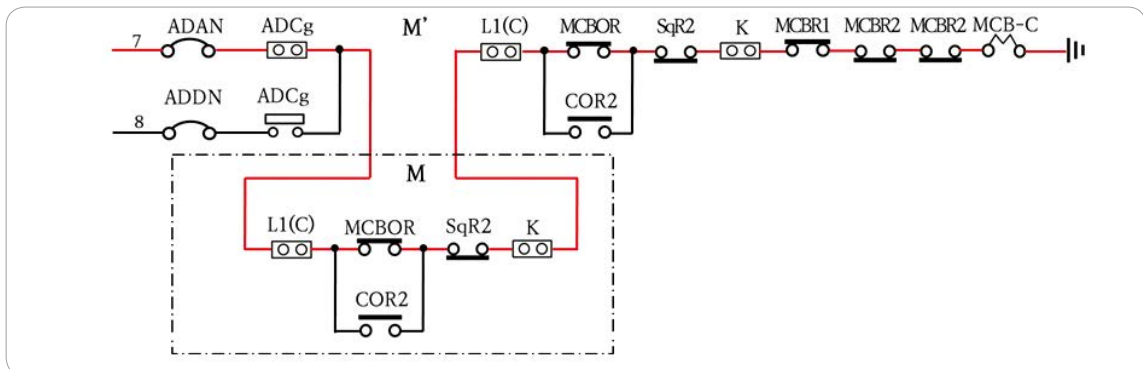
3) MCBR1 여자로 MCB가 투입되고 MCB 투입 후 MCBR1이 무여자 되면 MCB는 차단된다. MCBR1 회로에서 ACVRTR과 DCVRTR을 시한계전기로 한 이유는 다음과 같다(절연 구간과 PT 동작 회로를 참조한다.)



[그림 2-57] 교-교 절연 구간 ACVR 무여자 및 ACVRTR 동작

- ① [그림 2-57]에서 M'차 Pan 사이의 거리는 약 13m로 교-교 절연 구간을 통과할 때 약 9m를 진행하는 동안 전차선 전기가 공급되지 못하여 ACVR이 무여자 된다. ACVRTR은 ACVR이 무여자 되어도 일정 시간 동안 콘덴서의 충전 전원으로 여자 상태를 유지하는 시한계전기로, 교-교 절연 구간을 통과할 때 MCB가 차단되지 않도록 하였다. 다만 콘덴서 방전 시간 내에 절연 구간을 통과하여야 한다.
- ② DC 구간은 강체 가선 구간으로 전차선과 Pan이 순간적으로 접촉이 되지 않을 경우, DCVR이 일시적으로 무여자 되더라도 DCVRTR을 시한계전기로 하여 MCB가 차단되지 않도록 하였다.

(3) MCB-C 여자²⁶⁾



[그림 2-58] AC 측 MCB-C 코일 여자 회로(연동 동작)

- 1) AC 구간은 ADS가 AC 위치로 각 M'차 7선 - ADAN - ADCg(AC 측 보조 접점) - M차 [L1(차단 보조 접점) - MCBOR(a) - SqR2(b) - K(차단 보조 접점)] - L1(차단 보조 접점)

26) MCB-C("MCB" Close) : MCB 투입 전자 밸브

- MCBOR(a) - SqR2(b) - K(차단 보조 접점) - MCBR1(a) - MCBR2(b) - MCBR2(b) - MCB-C(MCB 투입 전자밸브 코일) - 접지 순서로, MCB-C가 여자 되어 제어 실린더에 압축공기가 공급됨에 따라 MCB가 투입된다.

- ① ADAN, M'차 및 M차 CIN이 ON 위치에서 MCB-C가 여자 된다. CIN은 M'차 및 M차의 C/I를 제어하는 T.C.U(Traction Control Unit)에 103선의 제어 전원을 공급하는 NFB이다. 103선 전원은 TCU 내 MCBOR을 항상 여자 시키며, MCBOR(a)에 의하여 MCB-C가 여자 된다. 따라서 M'차 또는 M차 CIN이 OFF 되면 MCBOR의 무여자로 해당 Unit MCB는 투입되지 않는다.
- ② 전부 운전실 또는 후부 운전실의 TEST SW가 눌러져 있으면 전체 M'차 및 M차의 SqR1,2가 여자 되며 SqR2(b) 연동으로 전체 M'차의 MCB가 투입되지 않는다.
- ③ 보조 접점은 M'차 및 M차 L1 차단, M'차 및 M차 K 차단으로 주회로가 구성이 되지 않은 상태로 MCB를 투입할 수 있도록 하였다.
- ④ 계전기 연동은 MCBR1(a), MCBR2(b)로 MCBR1은 여자 상태, MCBR2는 무여자 상태에서 회로 구성이 된다.

2) DC 구간은 ADS가 DC 위치로 각 M'차 8선 - ADDN - ADCg(DC 측 보조 접점) - M차 [L1(차단 보조 접점) - MCBOR(a) - SqR2(b) - K(차단 보조 접점)] - L1(차단 보조 접점) - MCBOR(a) - SqR2(b) - K(차단 보조 접점) - MCBR1(a) - MCBR2(b) - MCBR2(b) - MCB-C(MCB 전자밸브 코일) - 접지 순서로 MCB-C가 여자 되어 제어 실린더에 압축공기가 공급됨에 따라 MCB가 투입된다.

- ① NFB는 ADDN만 차이가 있고 SW 동작도 AC 구간과 같다. 따라서 M'차 및 M차 CIN이 OFF 위치일 경우, 해당 Unit MCB는 투입되지 않고 전부 또는 후부 운전실의 TEST SW가 동작되면 전체 MCB가 투입되지 않는다.
- ② 보조 접점도 ADCg DC 측 보조 접점만 차이가 있고 AC 구간과 같다.

3) MCB-C 코일의 여자로 MCB는 투입 동작을 한다.

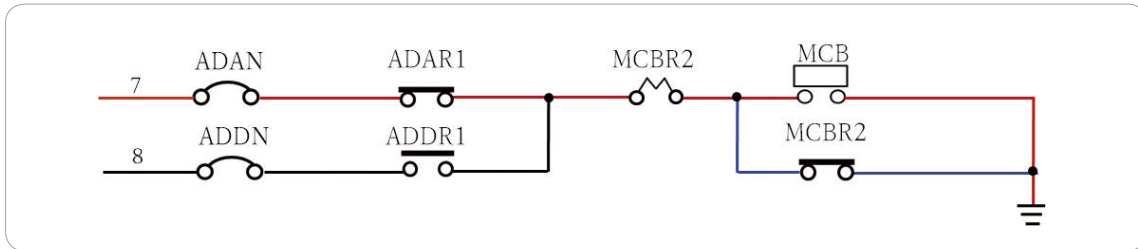
- ① MCBR1 여자로 MCB 투입 전자밸브 코일이 여자 되면, 밸브 작용으로 배기 통로는 막고 공급 통로는 열어 5kg/cm²의 압축공기가 제어 실린더로 공급된다.
- ② 제어 실린더 내 피스톤이 압축공기의 힘에 의하여 올라가고, 피스톤봉에 의하여 70레버는 시계 방향으로 회전하며 상승한다. 70레버 끝에 있는 롤러(roller)는 서포팅(supporting) 레버의 면을 통하여 올라간다.
- ③ 주 레버는 반시계 방향으로 회전하며 로드를 우측으로 이동시키고, 신속 차단 스프링은 팽



- ④ 70레버의 롤러가 패드 플레이트(plate)에 닿아 더 이상 상승하지 않고 서포팅 레버 상부와 패드 플레이트 사이에 고정되고, 레버의 동작은 정지된다.
- ⑤ 로드는 우측으로 이동하여 진공 차단부 내의 가동 전극이 고정 전극에 접촉하여 MCB는 투입이 완료된다. 한편 보조 스위치는 “a접점”과 접촉되어 회로를 연결한다.

1) MCB 투입이 완료되면 AC 구간에서는 각 M'차 7선 - ADAN - ADAR1(a) - MCBR2 - MCB(투입 보조 접점) - 접지 순서로 MCBR2가 여자 된다. 한편 MCBR2의 여자로 각 M'차 7선 - ADAN - ADAR1(a) - MCBR2 - MCBR2(a) - 접지 순서로 MCBR2는 자기 연동에 의하여 계속 여자 상태를 유지한다.

- 2-55

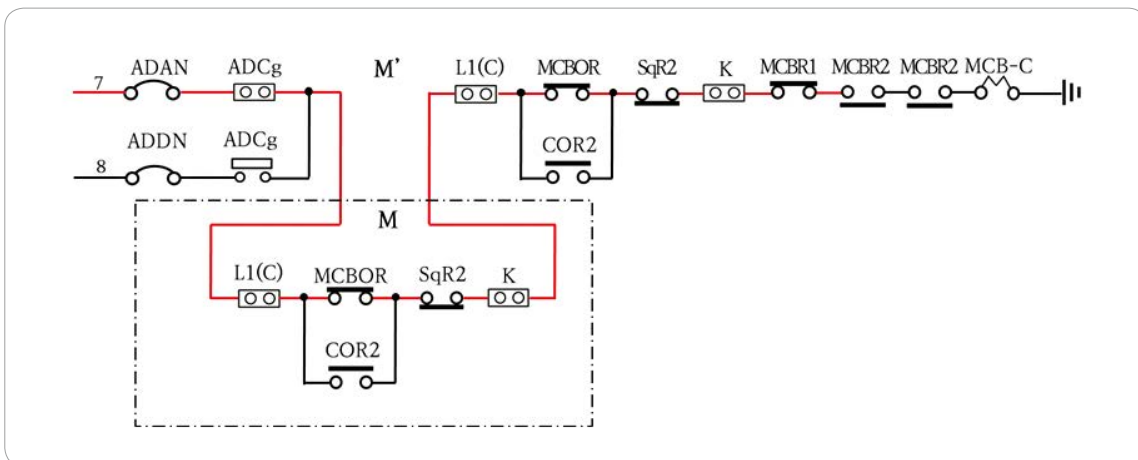


[그림 2-60] AC 측 MCBR2 여자 회로(연동 동작)

2) DC 구간에서는 각 M'차 8선 - ADDN - ADDR1(a) - MCBR2 - MCB(투입 보조 접점) - 접지 순서로 MCBR2가 여자 되며, 자기 연동에 의한 자기 유지 회로와 재투입 방지는 AC 구간과 같다.

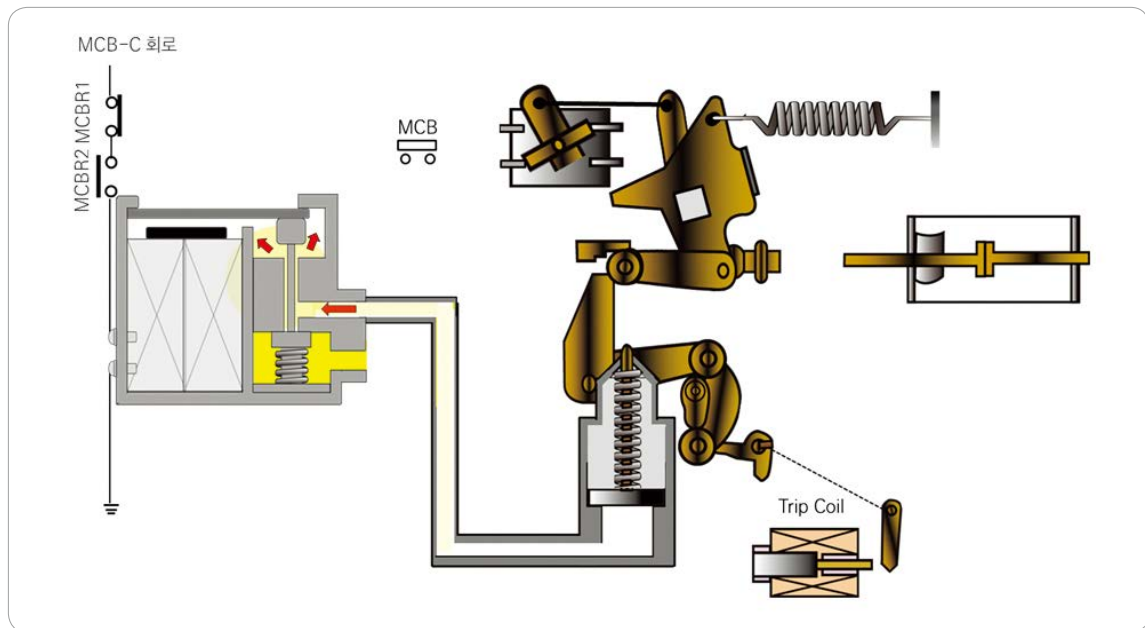
(5) MCB-C 무여자

- 1) AC 구간 각 M'차 7선 - ADAN - ADCg(AC 측 보조 접점) - M차 [L1(차단 보조 접점) - MCBOR(a) - SqR2(b) - K(차단 보조 접점)] - L1(차단 보조 접점) - MCBOR(a) - SqR2(b) - K(차단 보조 접점) - MCBR1(a) - MCBR2(b) - MCBR2(b) - MCB-C(MCB 전자밸브 코일) - 접지 순서에서 MCBR2의 여자로 MCBR2(b) 연동이 회로를 차단하여 MCB-C 코일은 무여자 된다.
- 2) DC 구간 각 M'차 8선 - ADDN - ADCg(DC 측 보조 접점) - 이후 순서는 AC 구간과 같이 MCBR2 여자로 MCB-C가 무여자 된다.



[그림 2-61] AC 측 MCB-C 코일 무여자 회로(연동 동작)

- 3) MCB-C 코일의 무여자로 제어 공기의 공급 통로는 차단되고, 제어 실린더 내 압축공기는 전자밸브 배기 통로로 배출되며, 제어 피스톤은 스프링의 힘으로 하강한다.



[그림 2-62] MCB 투입 상태 유지

- ① 70레버는 패드 플레이트와 서포팅 레버 사이에 고정되어, 제어 실린더 내의 압축공기가 배출되어도 MCB는 투입 상태를 유지한다.
 - ② MCB는 투입 후 차단 작용을 신속하게 하기 위하여 MCB-C를 무여자 시켜 제어 실린더 내의 압축공기를 배출한다.
- (6) MCB 투입회로에서 MCB 투입 전 확인사항과 MCB 투입과정은 다음과 같다.
- 1) MCB 투입 전 확인 사항
 - ① 전차선에 전기가 공급되고 있어야 한다.
 - ② Pantograph가 상승되어야 한다.
 - ③ ADS 위치가 전차선 전기방식과 같아야 한다.
 - ④ 전부 또는 후부 운전실의 TEST SW가 동작되지 않아야 한다.
 - ⑤ 전부 운전실 NFB MCN, HCRN이 정상 위치에 있어야 한다.
 - ⑥ 각 M'차 배전반 NFB는 AC 구간 MCBN1, ADAN, MTBMN, MTOMN과 M차 및 M'차의

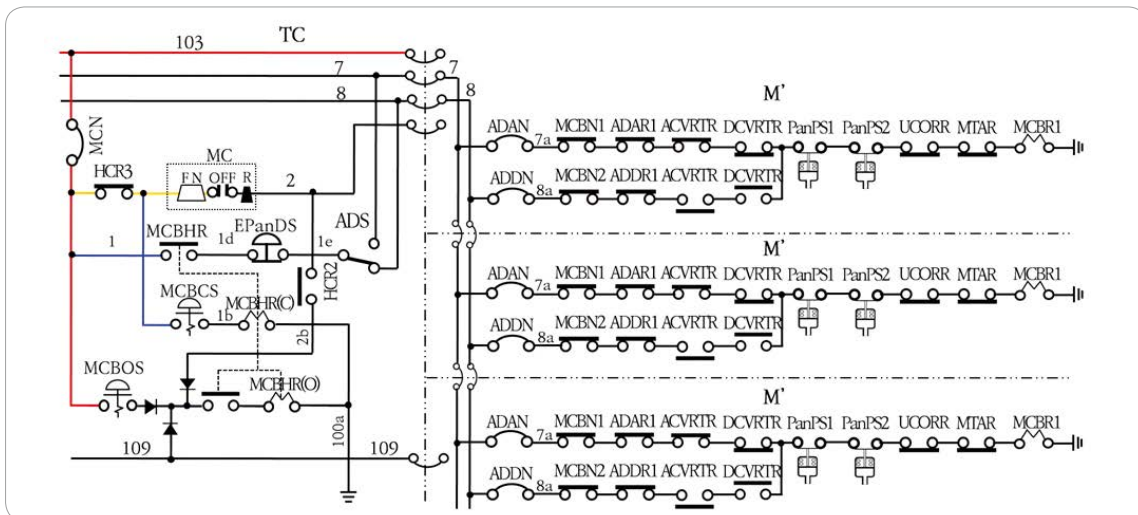
CIN이 정상 위치에 있어야 하고, DC 구간은 MCBN2, ADDN과 M차 및 M'차의 CIN이 정상 위치에 있어야 해당 차량의 MCB가 투입된다.

2) MCB 투입 순서

- ① 전부 운전실의 MCBOS 취급으로 MCBHR이 여자 된다.
- ② ADS 위치에 따라 ADCg가 절환되며 ADAR 또는 ADDR이 여자 된다.
- ③ MCBR1이 여자 된다.
- ④ MCB-C 코일의 여자로 MCB가 투입된다.
- ⑤ MCBR2가 여자 된다.
- ⑥ MCB-C 코일이 무여자 된다. 따라서 MCB 투입이 완료된 후 각 M'차 MCBR1, MCBR2는 여자 상태다.

2.3.4.3 MCB 차단

- (1) 정상적인 차단은 운전실에서 MCBOS를 누르면 전체 M'차 MCBR1및 MCBR2가 무여자 되고 MCBR1의 무여자로 MCB-T²⁷⁾ 코일이 여자 되어 MCB는 차단된다. [그림 2-63]은 교류 구간에서 MCBOS 취급 후 MCBHR(O) 코일 여자로 전체 M'차의 MCBR1이 무여자되는 과정이며 연동은 정상적으로 동작한 것으로 하였다.



[그림 2-63] AC구간 MCBOS 취급 후 전체 M'차 7선 차단

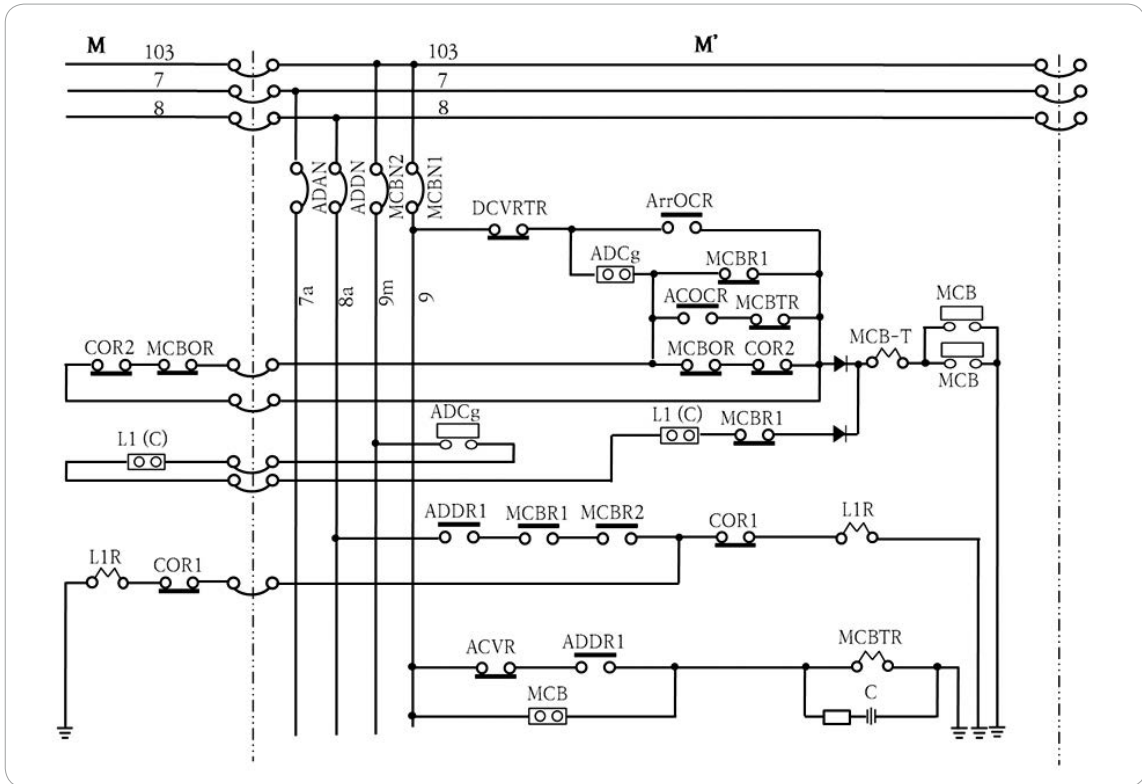
27) MCB-T(MCB Trip) : 주차단기 차단코일

- 1) AC 구간에서 차단은 운전실에서 MCBOS를 누르면 TC차 103선 - MCN - 1선 - MCBOS - MCBHR(a) - MCBHR(O) - 100a선 순서로 MCBHR(O) 코일이 여자 된다.
 - ① MCBHR(O) 여자로 MCBHR(a)은 1 - 1d선과 MCBOS SW - MCBHR(O) 간의 회로를 차단한다.
 - ② [그림 2-63]에서 1 - 1d 간 차단으로 7선에 의해 여자 되고 있던 전체 M'차 MCBR1과 MCBR2가 무여자 된다.

- 2) DC 구간에서 차단은 운전실에서 MCBOS를 누르면 TC차 103선 - MCN - 1선 - MCBOS - MCBHR(a) - MCBHR(O) - 100a 순서로 MCBHR(O) 코일이 여자 된다.
 - ① MCBHR(O) 여자로 MCBHR(a)은 1 - 1d선과 MCBOS SW - MCBHR(O) 간의 회로를 차단한다.
 - ② 1 - 1d선 간의 차단으로 8선에 의해 여자 되고 있던 전체 M'차 MCBR1과 MCBR2가 무여자 된다.
 - ③ [그림 2-64]에서 MCBR1과 MCBR2 무여자로 각 M'차 8선 ADDN - 8a선 - MCBR1(a) - MCBR2(a) - COR1(b) - L1R - 접지 순서로 MCBR1(a)과 MCBR2(a)에 의하여 투입 되고 있던 L1이 차단된다. 한편 M차의 L1R도 무여자 되어 L1이 차단된다.
 - ④ DC 구간은 MCB로 부하 전류를 차단하지 않고 L1이 부하를 차단한 조건에서 MCB는 회로를 개방하는 역할만 한다.

- 3) [그림 2-63]에서 MCBOS 취급을 제외하고 전체 M' 차량의 MCBR1, MCBR2를 무여자 시켜 전체 MCB를 차단하는 방법은 다음과 같다.
 - ① PanDS 취급으로 109선에 의한 MCBHR(O) 코일 여자
 - ② EPanDS 취급으로 1d - 1e 간 회로 차단 및 109선에 의한 MCBHR(O) 코일 여자
 - ③ ADS 취급으로 7선 또는 8선 회로 차단으로 MCBR1, MCBR2 무여자

- 4) MCB-T(MCB Trip) 코일 여자
 - ① AC 구간에서는 각 M'차의 MCBR1 무여자로 각 M'차 103선 - MCBN1 - 9선 - DCVRTR(b) - ACDCg(AC 측 보조 접점) - MCBR1(b) - Dd - MCB-T - MCB(투입 보조 접점) - 접지 순서로 MCB-T 코일이 여자 된다.



[그림 2-64] MCB 차단 회로

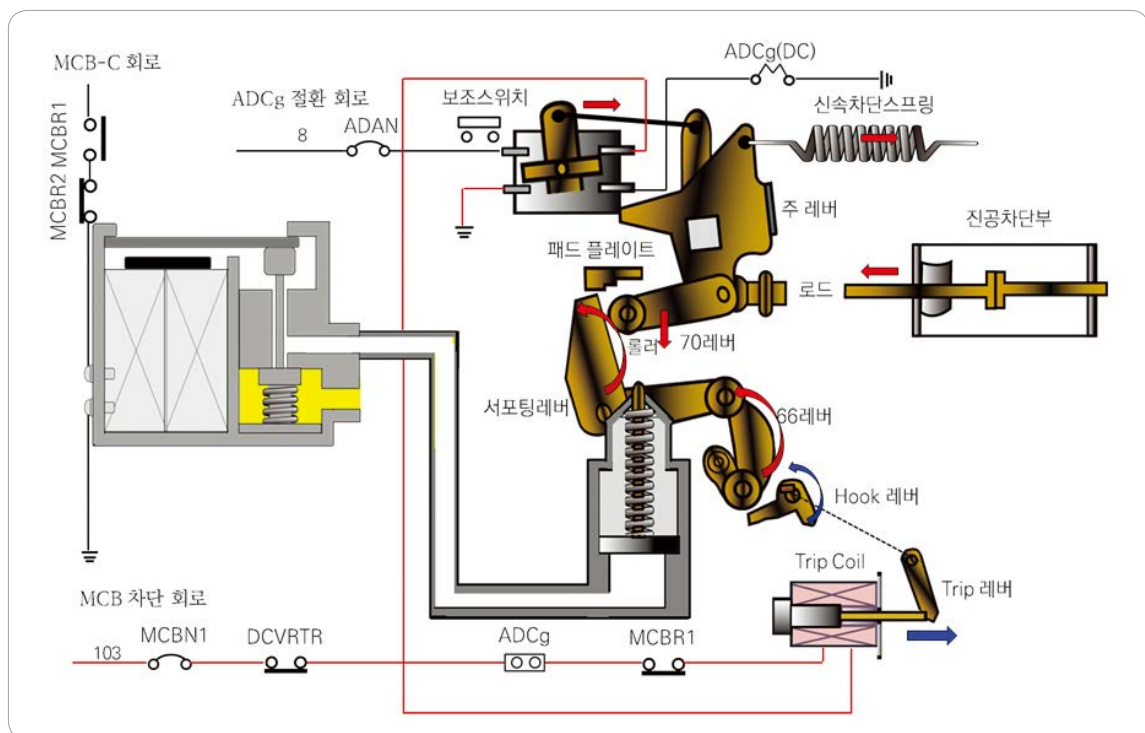
② DC 구간에서는 각 M차의 MCBR1 무여자과 M차 및 M'차의 L1 차단으로, 각 M'차 103선 - MCBN2 - 9m선 - ADCg(DC 측 보조 접점) - [M차 L1(C)(보조 접점)] - M'차 L1(C) - MCBR1(b) - Dd - MCB-T - MCB(투입 보조 접점) - 접지 순서로 MCB-T 코일이 여자 된다.

③ MCB-T 코일은 AC 구간에서는 NFB MCBN1을, DC 구간에서는 MCBN2를 거쳐 103선의 전원으로 여자 된다. 따라서 AC 구간 MCBN1, DC 구간 MCBN2이 차단되면 해당 차량은 MCBR1이 무여자 되더라도 MCB-T 코일을 여자 시킬 수 없어 MCB는 차단 불능이 된다. 그러나 DC 구간은 Pan이 하강하여 부하 전류를 Pan에서 차단한다.

5) MCB-T 코일의 여자로 MCB는 차단 작용을 한다.

① Trip 코일의 여자로 Trip 로드가 우측으로 이동하며 Trip 레버와 Hook 레버를 반시계 방향으로 회전시킨다.

- ② 66레버와 서포팅 레버가 반시계 방향으로 회전하여, 패드 플레이트와 서포팅 레버 상부에 고정되어 있던 70레버와 롤러가 아래쪽으로 이동하기 시작한다.
- ③ 신속 차단 스프링이 복원되는 힘에 의하여 주 레버는 시계 방향으로 회전하고 로드는 좌측으로 이동하여, 진공 차단부 내의 가동 전극이 고정 전극에서 개방되기 시작한다. 한편 보조 스위치는 “a접점”에서 개방되기 시작한다.
- ④ 보조 스위치의 “a접점” 개방으로 Trip 코일은 무여자 된다. 한편 70레버는 아래쪽으로, 로드의 작용으로 가동 전극은 차단 위치로 이동하고, 보조 스위치는 “b접점”과 접촉하여 회로를 구성한다.
- ⑤ Trip 코일의 무여자로 Hook 레버와 Trip 레버, 서포팅 레버, 66레버가 복귀하고 레버의 동작이 정지하여 차단 상태를 유지한다.



[그림 2-65] MCB-T 코일 여자에 의한 MCB 차단 동작

(2) 고장 등에 의한 차단

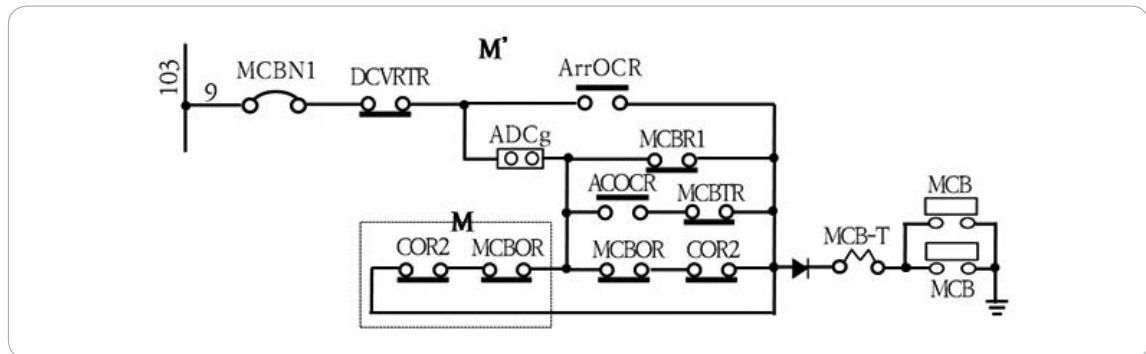
- 1) AC 구간에서는 전차선 단전 발생, 각 M'차 주 변압기 냉각 계통 고장 발생으로 MTAR 동작, PanPS 동작, NFB 차단 등으로 전체 또는 일부 차량의 MCBR1 무여자로 MCB가 차단된다.

- ① 전차선이 단전되면 전체 M'차 ACVR 무여자 → ACVRTR 무여자 → MCBR1 무여자 → MCB-T 여자 순서로 전체 MCB가 차단된다. 이때 MCBR2는 여자 상태이다. 전차선이 급전 된 후 다시 ACVR 여자 → ACVRTR 여자 → MCBR1 순서로 MCBR1이 여자 된다. 그러나 MCB-C 회로상의 MCBR2(b)로 MCB 투입 전자밸브가 여자 되지 않는다. 급전이 된 후 MCB 재투입은 MCBOS 취급으로 MCBR2를 무여자 시키고 다시 MCBOS를 취급하여야 한다.
 - ② PanPS가 동작한 경우 MCBR1 무여자 → MCB-T 여자 순서로 해당 차량의 MCB는 차단 된다. MCBR2는 여자 상태로 PanPS 복귀 후 MCBOS → MCBOS 순서로 MCB를 재투입 한다.
 - ③ MTAR이 동작된 경우에는 고장 복귀를 위하여 RS 취급을 하여야 하며, 순서는 MCBOS → RS → MCBOS로 MCB를 재투입한다.
 - ④ NFB ADAN 차단된 경우에는 MCBR1, MCBR2가 무여자 되므로 ADAN 복귀 후 자동으로 재투입된다.
- 2) DC 구간에서는 전차선 단전 발생, PanPS 동작, NFB 차단, L1 Trip 등으로 전체 또는 일부 차량의 MCBR1 무여자로 MCB가 차단된다.
- ① 전차선 단전 발생 경우 MCBR1 무여자 → M차 및 M'차의 L1 차단 → MCB-T 여자 순서로 전체 MCB가 차단된다. 급전 후 재투입 과정은 AC 구간과 같다.
 - ② PanPS가 동작할 경우 MCBR1 무여자 → M차 및 M'차의 L1 차단 → MCB-T 여자 순서로 전체 MCB가 차단된다. 복귀 후 MCBOS → MCBOS 순서로 MCB를 재투입한다.
 - ③ ADDN 차단된 경우 MCBR1 및 MCBR2 무여자 → M차 및 M'차의 L1 차단 → MCB-T 여자 순서로 전체 MCB가 차단된다. ADDN 복귀 후 자동으로 투입된다.
 - ④ DC 구간 운행 중 L1이 Trip 고장이 발생하면 해당 차량의 MCB는 차단되지 않지만 모든 부하는 정지된다. 고장원인이 소멸 돼도 RS 취급으로 L1을 정상 차단시켜야 하며 MCBOS → RS → MCBOS 취급으로 MCB를 재투입한다.
- (3) 사고 차단은 AC 구간에서 MT 1차 측 과전류 발생으로 ACOCR²⁸⁾ 여자, MT 2차 측 고장으로 MCBOR²⁹⁾ 무여자, 교류 모진 등에 의한 ArrOCR³⁰⁾ 여자로 MCB-T 코일을 직접 여자 시켜 MCB가 차단된다. DC 구간은 MCB가 사고 전류를 차단하지 못하고 L1 Trip으로 차단 작용을 한다.

28) ACOCR(AC Over Current Relay) : 교류과전류 계전기, MCBTR : 주차단기 시한계전기

29) MCBOR(MCB Open Relay) : 주차단기 차단계전기, COR(Cut-out Relay) : 차단계전기

30) ArrOCR(Arrester Over Current Relay) : 파뢰기과전류 계전기



[그림 2-66] AC구간 MCB 사고 차단 회로

- 1) ACOCR은 CT1이 MT 1차 측의 과전류를 검지하면 여자 된다. ACOCR의 동작으로 MCB-T가 여자 MCB를 차단한다.
 - ① 각 M' 103선 - MCBN1 - DCVRTR(b) - ADCg(AC) - ACOCR(a) - MCBTR(b) - MCB-T - MCB(투입) - 접지 순서로 MCB가 차단된다.
 - ② MCBTR(b) 연동은 MCB를 투입할 때, 교-교 절연 구간을 통과 할 때, 순간 단전 후 급전될 때, 돌입전류가 흘러 ACOCR이 동작하여도, MCBTR³¹⁾은 0.5초 동안 여자상태를 유지하여 MCB 차단을 방지한다.
- 2) MCBOR은 M차와 M'차의 T.C.U에서 항상 여자 되어 있는 계전기로 MT 2차 측의 과전류, C/I 접지, GTO Arm 단락 고장이 발생할 경우 무여자 된다. M차 또는 M'차 MCBOR이 무여자 되면 MCB-T가 여자 되어 MCB는 차단된다.
 - ① 각 M' 103선 - MCBN1 - DCVRTR(b) - ADCg(AC) - M차 또는 M'차 MCBOR(b) - COR2(b) - MCB-T - MCB(투입) - 접지 순서로 MCB가 차단된다.
 - ② MCBOR이 무여자 될 때 CIFR도 동시에 여자 되어 VCOS 취급을 할 수 있다. 고장 복귀가 되지 않는 경우 VCOS 취급을 하면 COR1,2가 여자 된다. COR1,2 여자로 고장 C/I 개방, MCB 차단 방지, 고장 표시등 소등, MCB 투입을 할 수 있다.
- 3) ArrOCR은 전기동차 DC 1,500V 회로에 AC 25,000V가 들어올 경우 DCArr이 동작하여 접지 회로를 구성한다. 접지되는 전류를 CT2에서 검지하여 ArrOCR을 여자 시키고 MCB는 사고 차단이 된다. 변전소에서는 전차선 단락 고장이 검지되어 급전 측 차단기나 HSCB가 차단되어 전차선은 단전된다.

31) MCBTR('MCB' Time Relay) : 주차단기 시한 계전기

- ① 각 M' 103선 - MCBN1 - DCVRTR(b) - ArrOCR(a) - MCB-T - MCB(투입) - 접지 순서로 MCB가 차단된다.
- ② DCARR이 동작한 차량은 완전 부동 취급 및 연장 급전을 한다.

(4) MCB 차단 회로에서 MCB 차단 과정은 다음과 같다.

- 1) 정상 차단은 MCBR1의 무여자로 MCB-T 코일이 여자 되어 MCB는 차단된다. DC 구간은 L1이 부하를 차단한 후 MCB는 회로를 개방하는 역할을 한다.
 - ① 정상적인 차단 취급은 MCBOS 취급으로 7선 또는 8선을 차단하여 MCBR1, MCBR2를 무여자 시키고 전체 MCB를 차단한다.
 - ② EPanDS나 PanDS 취급으로 MCBHR(O)을 여자 시켜 7선 또는 8선을 차단하여 MCBR1, MCBR2를 무여자 시키고 전체 MCB를 차단할 수 있다.
 - ③ ADS 취급으로 7선 또는 8선에 의해 여자 되던 전체 M'차 MCBR1, MCBR2를 무여자 시키고 전체 MCB를 차단할 수 있다.
 - ④ M'차 배전반 ADAN이나 ADDN을 차단하여 해당 차량의 MCBR1, MCBR2를 무여자 시키고 MCB를 차단할 수 있다.
- 2) AC 구간에서 MCBN1, DC 구간에서 MCBN2가 차단되면 해당 차량은 MCB가 차단되지 않는다. 다만 DC 구간에서 MCBN2가 차단되면 Pan이 하강하여 부하를 차단한다.
- 3) 정상적인 차단 외 고장이나 사고 차단은 MCBR2에 의하여 자동으로 재투입이 되지 않도록 하고 있어, 고장이 복귀되어도 반드시 MCBOS 취급으로 MCBR2를 무여자 시킨 후 재투입을 한다.
- 4) AC 구간에서 ACOCR 여자, MCBOR 무여자, ArrOCR이 여자 되는 고장이 발생하면, MCB는 사고 차단이 된다. MCB를 투입할 때, 교-교 절연 구간을 통과할 때, 순간 단전 후 급전될 때, 돌입전류에 의하여 ACOCR이 여자 될 경우에는 MCBTR이 0.5초 동안 차단 회로를 개방한다.

2.3.5 주변압기(Main Transformer)

2.3.5.1 개요

- (1) MT는 M'차 하부에 배치되어 있으며, Pan에서 집전된 1차 측의 AC 25KV를 2차 측에서 AC 840V로 전압을 낮춰 C/I Converter에 공급한다.
- (2) [M'+M]차가 1개 동력 Unit으로 구성되어, 집전장치가 없는 M차에 2차 측 AC 840V를 공급하며 M'차 및 M차의 컨버터(Converter)는 각각 2대씩으로, 2차 권선은 각각 2개의 권선으로 구성된다.

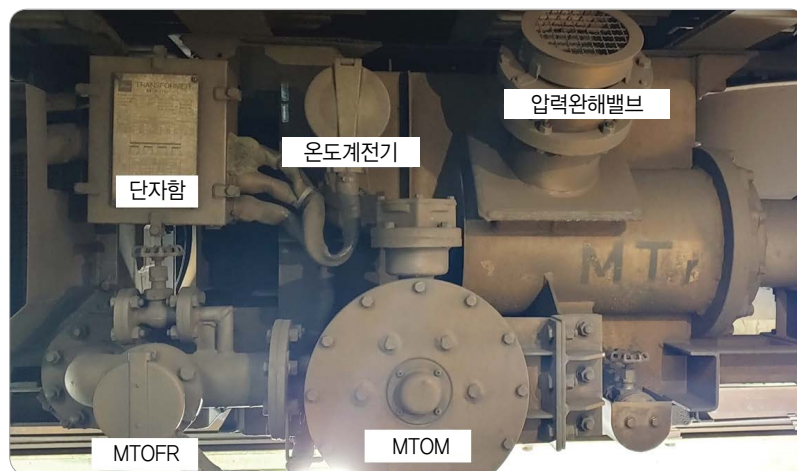
[표 2-9] 정격

정격 \ 권선	1차 권선	2차 권선	
		M'차	M차
용량(KVA)	1790	990	800
정격(V)	25,000	2×840	2×840
전류(A)	71.6	589	476
주파수(Hz)	60		

(3) MT는 교류 구간 운행 중 동력 운전, 전기제동, SIV 전원 공급 등 각종 부하의 사용으로 계속 전류가 흐르게 된다. 따라서 냉각 계통을 강화한 구조로 되어 있다.

2.3.5.2 구조

- (1) MTOM('MT' Oil Pump Motor)은 실리콘 오일을 강제로 순환시켜 MT에서 발생하는 열을 흡수하도록 하는 주 변압기 냉각용 모터이다.
- (2) MTBM('MT' Blower Motor)은 공기를 흡입하여 주 변압기 냉각용 오일을 냉각시킨다.
- (3) 유류 계전기(Oil Flow Relay)는 오일펌프에 의해 순환되는 유류가 정상인지를 검지하는 장치로, 유류가 정지하면 마이크로 스위치의 접점을 닫고 이상을 알린다.
- (4) 온도 계전기(Temperature Relay)는 오일 온도가 100℃가 되면 접점을 닫고 이상을 알린다.



[그림 2-67] MT

2.3.6 필터 리액터(Filter Reactor)

2.3.6.1 개요

FL은 DC 구간의 전용 기기로 M, M'차 차체 하부에 각각 1대씩 배치되어 있다. FL은 강제통풍 냉각 방식의 공심 원통형 리액터로서 SIV로부터 전원을 공급받는 FLBM에 의해 냉각이 되며, 리액터 본체와 전동 송풍기가 같이 조립되어 있다.

2.3.6.2 작용

전기동차가 DC 구간을 운행할 때 전차선으로부터 집전되는 DC 1,500V에는 많은 고조파 전압 성분(리플 전압)이 포함되어 있다. FL은 후단에 연결된 FC(Filter Cap acitor)와 L-C 필터를 구성하여 고조파 성분을 제거하기 위해 사용되며, 리플 전압이 제거됨으로써 인버터의 동작이 안정적으로 양호하게 되도록 한다.

2.3.7 보조 제어함(AC Control Box)

보조 제어함은 집전장치 차량인 M'차 차체 하부에 배치되어 있으며, BF1,2 및 각종 계전기들이 있다.

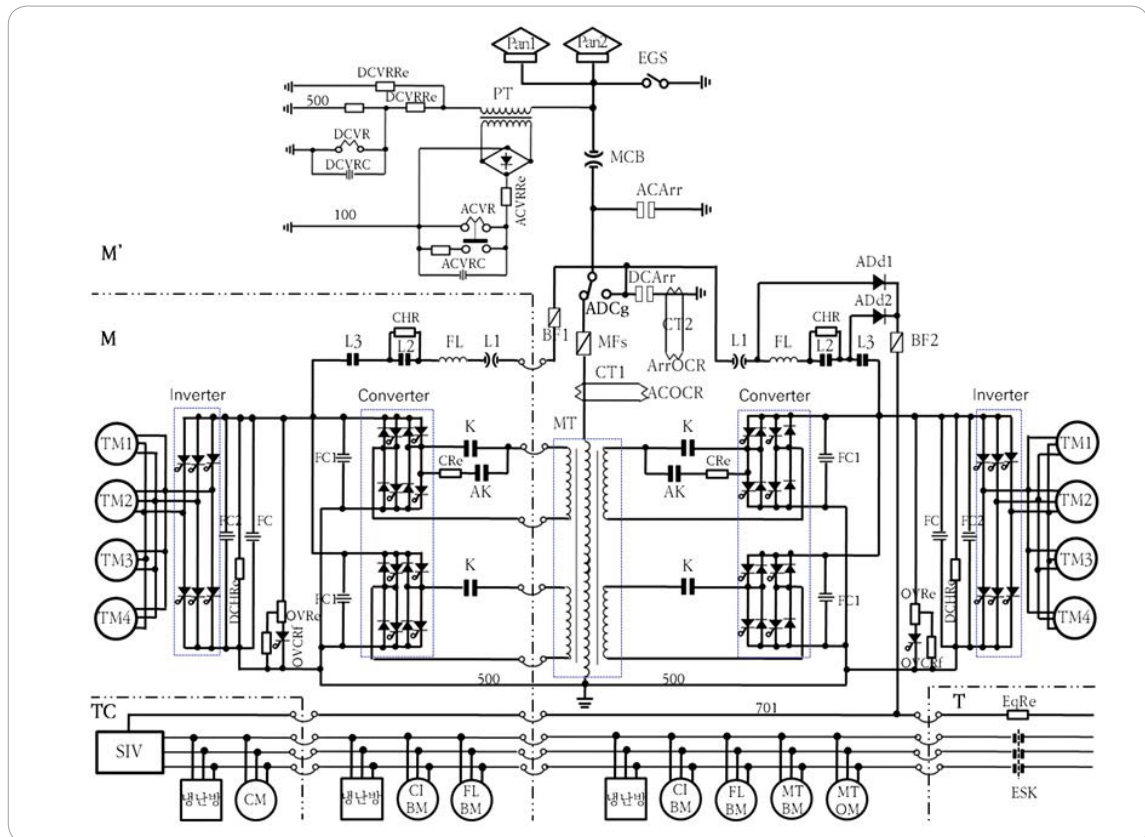
- (1) ACVR, DCVR, ACVRTR, DCVRTR
- (2) MCBR1, MCBR2, MCBR3
- (3) ArrOCR, ACOCR, MCBTR
- (4) MTAR, MTOFTR, MTTHR

2.3.8 종합 회로

과천선 VVVF 전기동차는 Pan이 상승하고 MCB를 투입하면 AC 구간에서는 C/I Converter 및 SIV가, DC 구간에서는 SIV가 자동으로 기동되어 각종 부하 기기가 동작한다.

2.3.8.1 AC 구간 전차선 전원 공급 순서

- (1) 전차선(AC 25KV) → Pan → MCB → ADCg → MT(AC 840V) → Converter(DC 1800V) → L3 → ADd2 → BF2 → SIV 순서로 MCB 투입 후 전차선에서 집전된 전원이 SIV에 공급되어 SIV가 자동으로 기동된다.



[그림 2-68] 주 회로도

- 1) 주변환 장치 Converter 기동은 MCB 투입 신호가 T.C.U에 입력되면 L3(M'차) → L2(M'차) → AK 투입 → CRe(충전 저항기)를 거쳐 FC에 초기 충전이 된다.
- 2) 초기 충전이 완료되면 K 투입 → AK 차단 → DC 1800V 출력 순서로 Converter 기동이 완료된다.
- (2) SIV에서 출력되는 AC 3상 440V 전원은 CM, M차와 M'차 CIBM, M'차 MTOM 및 MTBM에 공급하여 전기동차의 기동이 완료된다.
- (3) 기동 완료 후 동력 신호가 T.C.U에 입력되면, Inverter가 기동되어 Converter의 출력 전원 DC 1,800V를 AC 3상 전압으로 변환하여 TM을 구동하며, 이때 전압(0~1,100V)과 주파수(0~200Hz)를 가변시켜 TM의 회전력과 회전수를 제어한다. 한편 제동 신호가 T.C.U에 입력되면, TM에서 발전된 전원이 전차선으로 회생된다.

- 1) 동력 운전 : 전차선(AC 25KV) → Pan → MCB → ADCg → MT → Converter → Inverter → TM 순서로 전차선 전원이 TM까지 공급된다.
- 2) 회생제동 : TM → Inverter → Converter → MT → ADCg → MCB → Pan 순서로 TM에서 발전된 전원을 전차선에 공급한다.

2.3.8.2 DC 구간 전차선 전원 공급 순서

- (1) 전차선(DC 1,500V) → Pan → MCB → ADCg → L1 → ADd1 → BF2 → SIV 순서로 MCB 투입 후, 전차선에서 집전된 전원이 SIV에 공급되어 SIV가 자동으로 기동된다. L1은 MCB 투입이 완료된 후 MCBR1, MCBR2의 여자로 투입된다.
- (2) SIV에서 출력되는 AC 3상 440V 전원은 CM, M차와 M'차 CIBM, FLBM을 구동하여, 전기동차의 기동이 완료된다.
- (3) 기동 완료 후 동력 신호가 T.C.U에 입력되면 전차선(DC 1,500V) → Pan → MCB → ADCg → L1 → L2 → L3 → Inverter → TM 순서로 전차선에서 집전된 DC 1,500V를 AC 3상 전압으로 변환하여 TM을 구동한다. Inverter는 전압(0~1,100V)과 주파수(0~200Hz)를 가변시켜 TM의 회전력과 회전수를 제어한다. 한편 제동 신호가 T.C.U에 입력되면, TM에서 발전된 전원이 전차선으로 회생된다.
- 1) 동력 신호가 T.C.U 입력되면 L3, L2 순서로 차단기가 투입된다.
 - ① CHR(충전 저항기) → L3를 거쳐 FC에 초기 충전이 되며
 - ② 초기 충전이 완료된 후에는 L2 → L3 → Inverter 순서로 Inverter가 기동된다.
- 2) 회생제동 : TM → Inverter → L3 → L2 → L1 → ADCg → MCB → Pan 순서로 TM에서 발전된 전원을 전차선에 공급한다.

2.3.8.3 전차선 전원 공급 순서 이해

- (1) AC 구간 M'차 C/I는 MCB가 투입된 후 기동되어 DC 1800V를 해당 Unit SIV에 공급한다.
 - 1) M'차의 C/I 고장이 발생하면 해당 Unit SIV는 정지된다.
 - ① SIV 정지로 해당 Unit의 모든 고압 보조 기기가 정지된다.
 - ② MTOM 정지로 60초 후 MTAR이 여자 되어 MCB가 차단된다.
 - 2) SIV 고장이 발생하면 해당 Unit의 모든 고압 보조 기기가 정지된다.

- ① SIV가 정지되면 송풍기 고장 신호로 C/I가 정지된다.
 - ② MTOM 정지로 60초 후 MTAR이 여자 되어 MCB가 차단된다.
 - 3) M'차 송풍기가 정지되면 송풍기 고장 신호로 C/I가 정지된다.
 - ① C/I가 정지되면 해당 Unit SIV가 정지된다.
 - ② MTOM 정지로 60초 후 MTAR이 여자 되어 MCB가 차단된다.
 - 4) M'차의 C/I, 송풍기, 해당 Unit SIV 중 1개의 장치라도 고장이 발생하면 MCB는 차단된다.
- (2) AC 구간 M차 C/I는 동력 운전 및 제동 지령이 있을 경우 동작한다.
- 1) M차 C/I 고장인 경우, 해당 차량 동력 운전 및 회생제동 작용만 불능이다.
 - 2) M차 송풍기 고장인 경우, M차 C/I 정지로 동력 운전 및 회생제동 작용만 불능이다.
 - 3) 해당 Unit SIV 고장이 발생하면 C/I가 정지된다.(M'차 MCB 차단)
- (3) DC 구간 M차 및 M'차 C/I는 동력 운전 및 제동 지령이 있을 경우에만 기동되며, SIV는 DC 1,500V의 전차선 전기가 L1을 거쳐 공급된다.
- 1) M차 및 M'차 C/I 고장인 경우, 해당 차량 동력 운전 및 회생제동만 불능이다.
 - 2) M차 및 M'차 송풍기 고장인 경우, 해당, 차량 C/I만 정지된다.
 - 3) 해당 Unit SIV 고장인 경우, M차 및 M'차 C/I가 정지된다.

2.4 비상 보호 회로

2.4.1 EGS(Emergency Ground Switch)

2.4.1.1 개요

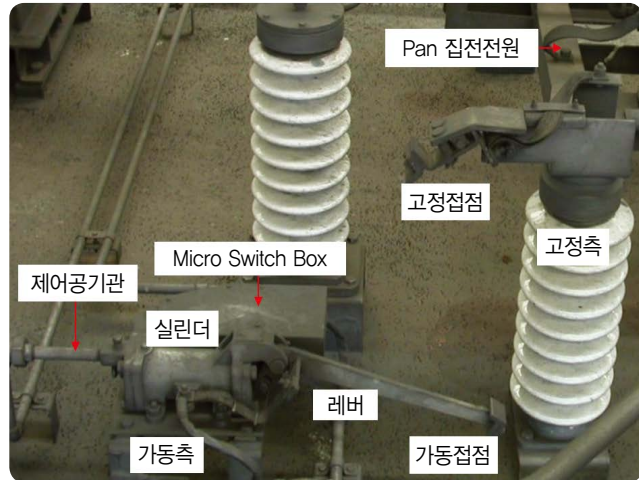
EGS는 M'차 옥상에 배치되어 있으며, 운전실에서 EGCS를 취급하였을 때 동작하여 Pan 회로를 접지시킨다. Pan 회로의 접지는 EGS가 동작한 경우 Pan에서 집전된 전차선 전원을 접지시키는 것으로, 변전소에서는 전차선 단락 고장으로 검지되며, 급전 측 차단기의 차단으로 전차선 전원 공급이 중단된다.

AC 구간을 운행 중 전차선의 중대한 고장 등으로 급히 전차선을 단전시켜야 될 경우, 또는 급히 Pan을 하강시키기 위하여 EPanDS 취급하였으나 MCB 고장 등으로 Pan이 하강하지 않을 경우 등

비상의 경우 외에는 EGCS를 취급하지 않도록 한다. 한편, 차량 정비 중 고압 회로 점검을 할 때 안전을 확보하기 위하여 Pan 회로를 접지시키는 데 사용된다.

2.4.1.2 구조

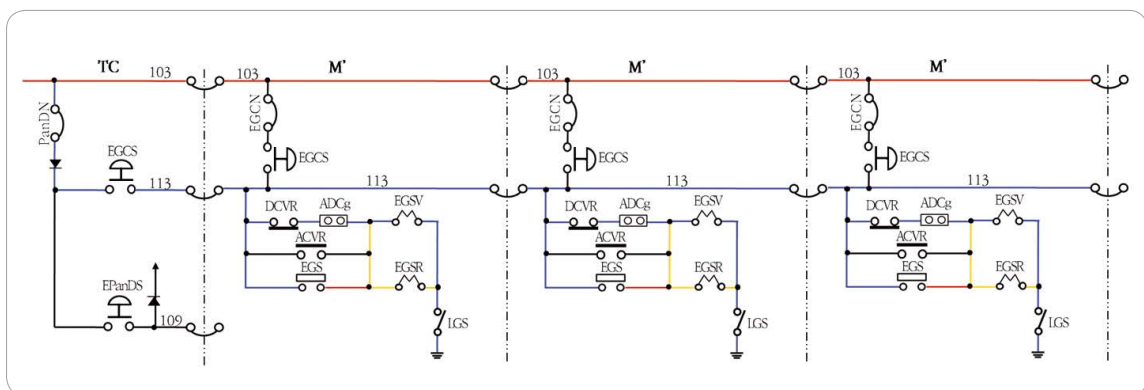
- (1) EGS는 레버를 동작시키기 위한 가동 측과 지지에서 위에 배치된 고정 측으로 구분된다.
- (2) 가동 측은 실린더와 피스톤의 동작에 의하여 연동되는 레버와 가동 접점, 그리고 보조 접점이 회로를 구성하고 있는 Micro Switch Box로 구성된다.
- (3) 고정 측은 가동 접점과 접촉하는 고정 접점 및 고정 접점을 지지하는 장치로 구성된다.



[그림 2-69] EGS

2.4.1.3 동작

- (1) 제어회로

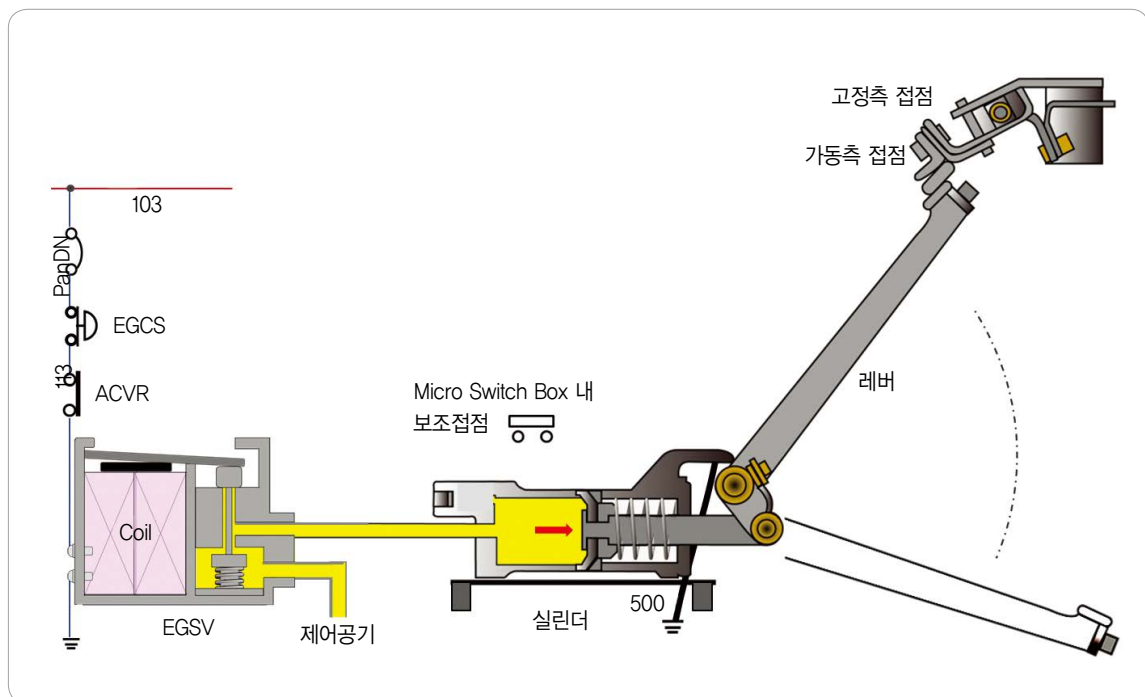


[그림 2-70] EGS 제어회로(TC-M'-M'-M'차)

- 1) 순서는 편의상 청색선 - 황색선 - 적색선 순서로 하고, 기기는 동작하지 않은 것으로 한다.
TC차 103선 - EGCS - 113선 순서로 운전실에서 EGCS를 누르면 113선이 가압된다.

- 2) 각 M'차 113선 - DCVR(b) - ADCg(AC 측 보조 접점) - EGSV(전자밸브 코일) - LGS 순서로 EGS 전자밸브 코일이 여자 되어 전체 M'차의 EGS가 동작한다. 한편, 각 M'차 113선 - DCVR(b) - ADCg(AC 측) - EGSR - LGS 순서로 EGSR이 여자 된다. 또한 각 M'차 113선 - ACVR(a) 순서로 EGSV와 EGSR이 여자 된다.
- ① DCVR(b) - ADCg(보조 접점)과 ACVR(a) 연동으로 EGCS를 취급하였을 때 AC 구간에서만 EGS가 동작한다.
 - ② 각 M' EGSR 여자로 AC 구간에서 EGCS를 취급하였을 때는 전체 Pan 상승이 불가능하다 (Pan 상승 회로 참조).
- 3) EGS 전자밸브 여자로 EGS가 동작하면 각 M'차 113선 - EGS(보조 접점) - EGSV, EGSR - LGS 순서로 EGS 보조 접점에 의하여 EGSV와 EGSR을 여자 시킨다. 따라서 EGCS를 복귀하기 전까지는 자기 유지 회로를 구성하여 동작 상태를 유지하도록 하고 있다.
- 4) M'의 배전반에도 EGCS를 설치하여 103선 - EGCN - EGCS - 113선 순서로 M'에서 EGCS를 취급할 경우에도 동작 순서는 동일하며, 후부 운전실에서도 취급할 수 있다.

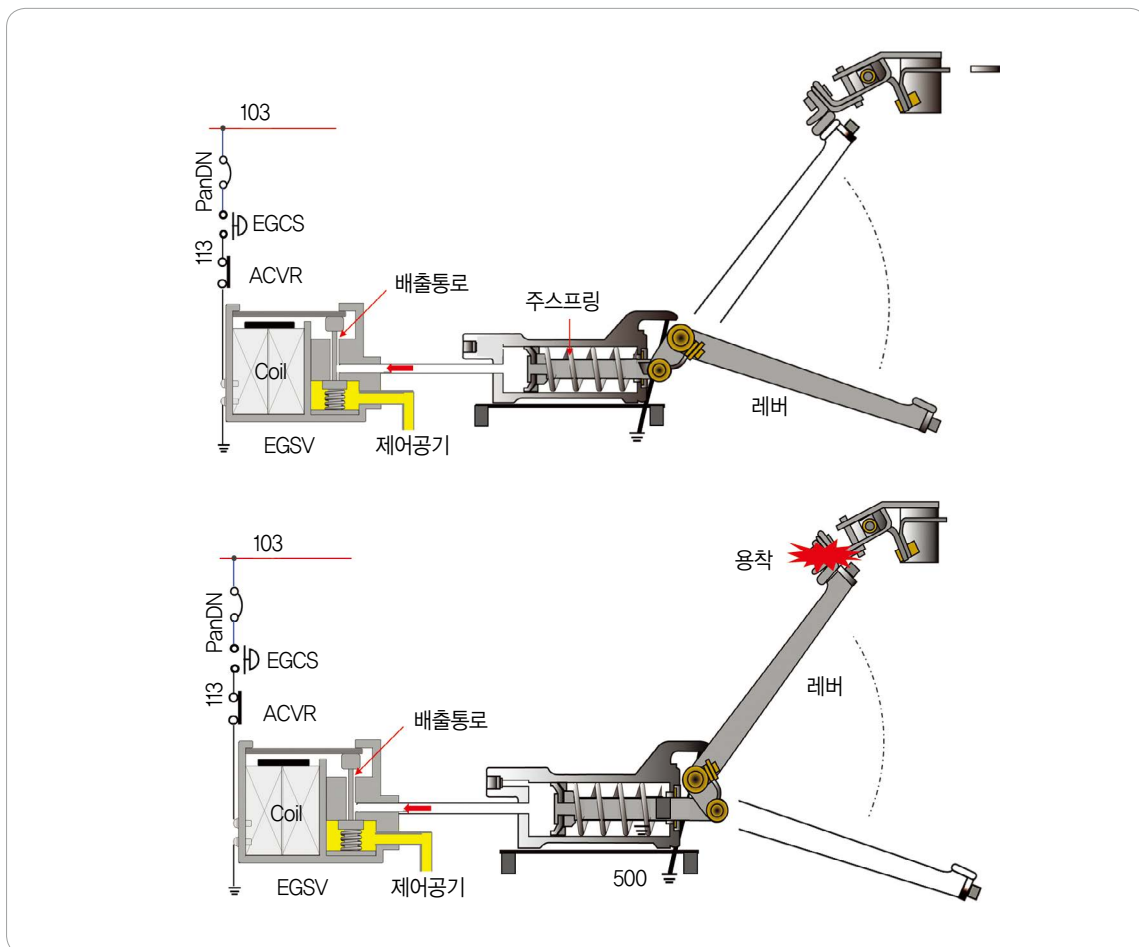
(2) 동작



[그림 2-71] EGS 동작

- 1) EGCS를 취급하면 AC 구간 조건으로 EGS 전자밸브가 여자 되어 ACM 제2공기통의 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 압축공기를 실린더에 공급한다. EGS 전자밸브는 M'차 차내 객실 의자 밑에 설치되어 있다 ([그림 2-34] 참조).
- 2) 압축공기는 실린더 내의 주 스프링을 압축하여 피스톤을 동작시키고 피스톤과 연동된 레버가 회전하여, 레버 끝의 가동 접점이 고정 측에 있는 고정 접점과 접촉하여 Pan 회로를 접지한다.
- 3) 레버가 동작하면 레버와 연동되어 동작하는 마이크로 스위치함(Micro Switch Box) 내 보조 접점이 동작한다. EGCS를 복귀하기 전까지는 자기 유지 회로를 구성하여 동작 상태를 유지 하도록 하고 있다.

(3) 복귀

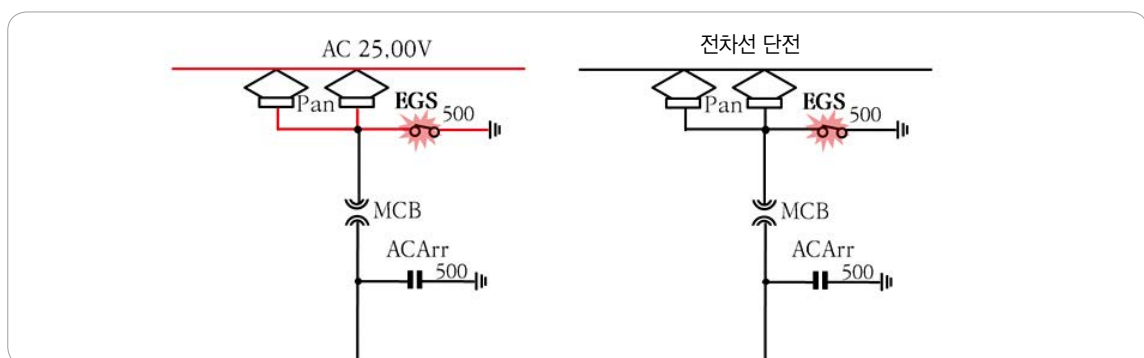


[그림 2-72] EGS 복귀 및 용착

- 1) EGCS를 복귀하면 전자밸브가 무여자 되고 실린더 내의 압축공기는 전자밸브 배기 통로를 거쳐 배기된다.
- 2) 압축공기의 배기로 실린더 내 주 스프링이 작용하여 피스톤이 복귀하고, 피스톤과 연동된 레버의 복귀로 가동 접점이 고정 측에서 분리된다.
- 3) 레버가 동작하면 레버와 연동되어 동작하는 마이크로 스위치함(Micro Switch Box) 내 보조 접점도 차단 위치의 회로를 구성한다.

(4) EGS 용착

- 1) EGCS 취급으로 EGS가 동작할 때 아크에 의하여 가동 접점과 고정 접점이 용착되는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우에는 EGCS를 복귀하여 실린더 내의 압축공기를 배기시켜도 용착된 차량의 가동 접점과 고정 접점이 분리되지 않고 Pan 회로의 접지 상태가 유지된다.
- 2) EGCS의 복귀로 EGS는 무여자 되며 Pan은 상승한다. 그러나 EGS가 용착된 차량에서 전차선 전원 접지 회로를 구성함으로 Pan 상승 순간 단전이 발생한다.
- 3) 따라서 EGCS를 취급한 경우, EGCS 복귀 후 Pan 상승 순간 단전이 발생하게 되면 EGS 용착 차량이 있는지 확인하여야 한다. EGS 용착 차량은 M'차 Pan을 순서대로 상승시켜서 확인하며, 용착된 차량은 완전 부동 취급과 연장 급전 조치를 한다.



[그림 2-73] Pan 상승 순간 EGS 용착 차량에 의한 단전

2.4.2. 교류 피뢰기(AC Arrester)

2.4.2.1 개요

ACArr은 M'차 옥상에 배치되어 낙뢰 등 외부 Surge가 전기동차 내로 들어올 경우, 방전 접지 회

로를 통하여 접지가 되는 보호 기기다. 전차선 전기의 접지로 변전소의 급전 측 차단기가 차단되어 단전이 발생한다. ACArr은 방전 지연 없이 Surge 전압에 신속히 대응하며, 반복되는 낙뢰에도 견딜 수 있다.

2.4.2.2 구조

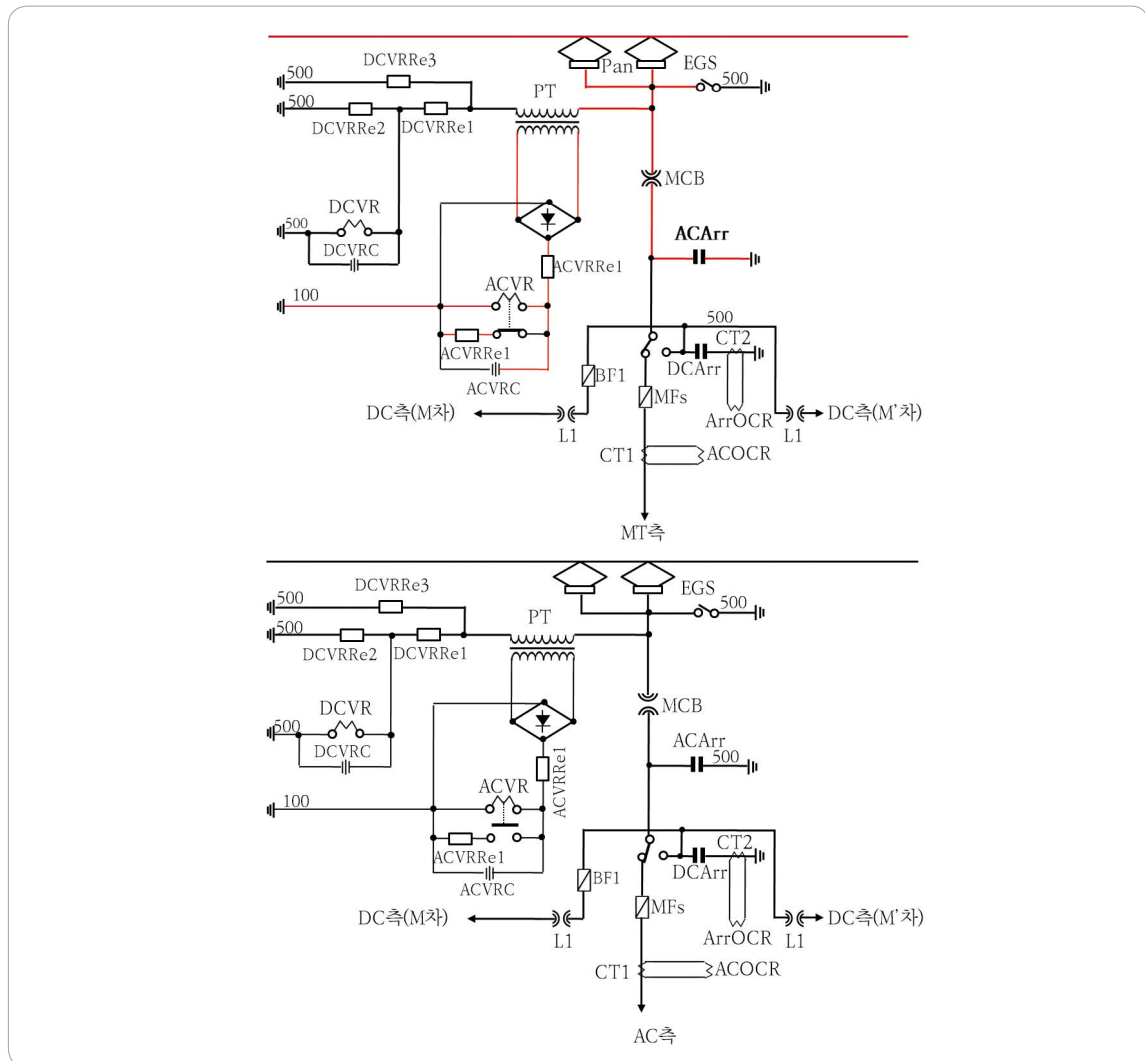


[그림 2-74] ACArr 구조

피뢰기의 상단에는 선로 단자가 설치되어 있고, 하단에는 접지 단자, 피압막(Pre-ssure Relief Diaphragm)이 설치되어 있다.

2.4.2.3 동작 회로

- (1) 운행 중 낙뢰 등 외부 Surge가 발생하여 교류 피뢰기가 동작한 경우, 전차선 단전이 발생하며 고장 표시등은 점등되지 않는다.
 - 1) 교류 피뢰기가 동작한 경우, 전차선 급전 후 MCB 투입 순간 전차선 단전이 발생한다.
 - 2) EGS가 용착된 경우, Pan 상승 순간 단전이 발생하여 구분이 가능하다.
- (2) 동작 차량은 M'차 MCB를 순서대로 투입하여, 투입 순간 단전되는 차량을 완전 부동 취급을 하고 연장 급전 조치를 한 후 운행한다.



[그림 2-75] ACArr 동작 차량 및 전차선 단전

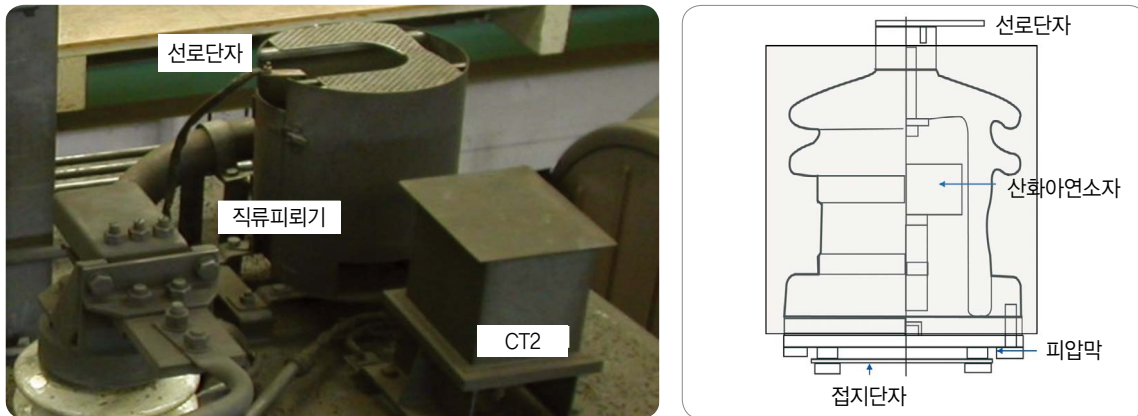
2.4.3 직류 피뢰기(DC Arrester) 및 CT2(Current Transformer)

2.4.3.1 개요

- (1) DCArr은 DC 구간에서 교류 모진이 발생하거나 DC 구간 운행 중 외부 Surge가 전기동차 내로 들어올 경우에 동작한다. 전차선 전기의 접지로 변전소의 급전 측 차단기 또는 HSCB가 차단되어 단전이 발생한다. DCArr은 방전 지연 없이 Surge 전압에 신속히 대응한다.
- (2) CT2(모진 보호용 변류기)는 교·직류 전기동차 M'차 옥상 DCArr 접지 회로 측에 설치되어 있다. DC 구간 운행 중 교류 모진이 발생하였을 때, 또는 직류회로의 절연 수준을 초과하

는 Surge 전압이 들어 왔을 경우에 절연파괴를 일으키게 되므로, 이때 피뢰기 과전류 계전기 (ArrOCR)를 동작시켜서 MCB는 사고 차단을 시키고 전기동차를 급전 회로로부터 차단시켜 기기를 보호할 목적으로 사용된다.

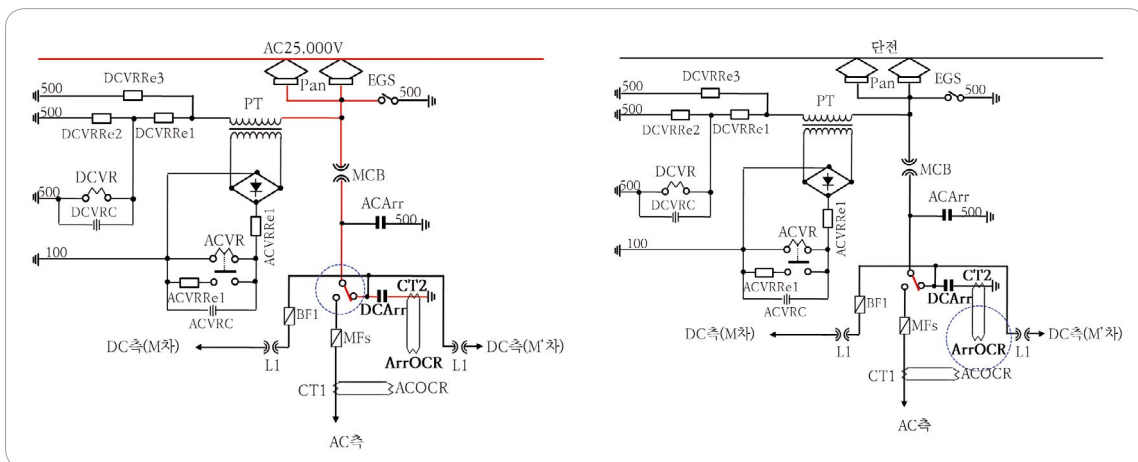
2.4.3.2 DCarr 구조



[그림 2-76] DCarr 구조

2.4.3.3 동작 회로

- (1) 전차선의 AC 25,000V가 전기동차의 직류회로에 유입되면, DCarr은 방전 지연 없이 Surge 전압에 신속히 대응하여 접지를 시킨다. 변전소의 급전 측 차단기가 차단되어 전차선은 단전이 발생한다. 교류 모진 발생 원인은 교-직 절환 취급에서 설명한다.



[그림 2-77] 교류 모진에 의한 DCarr 동작 차량 및 전차선 단전

- (2) 접지 측 회로에는 변류기 CT2가 피뢰기의 방전전류를 검지하여 변류기 2차측의 ArrOCR을 여자시킨다.
- 1) ArrOCR의 여자로 MCB가 사고 차단이 된다.
 - 2) 운전실 제어대 Fault등 및 고장 차량 차측등(백색)이 점등된다.
 - 3) 운전실 모니터에 해당 차량 “AC 1차 과전류”가 표시된다.
 - 4) 전차선 단전으로 AC등이 소등되며 전체 MCB가 차단되어 MCB는 OFF등이 점등된다.
- (3) 교류 모진이 발생하면 즉시 EPanDS를 취급하여 Pan을 하강시키고 다음 정차역에 도착하여 고장 차량을 완전 부동 취급을 하고 연장 급전 조치를 한 후 운행한다. ArrOCR은 RS를 취급하기 전까지 동작 상태를 유지하여 고장 차량을 확인할 수 있으므로, 고장 차량을 확인하여 조치하기 전까지는 RS 취급을 하지 않도록 한다.

2.4.4 주 퓨즈(Main Fuse) 및 ACOCR(AC Over Current Relay)

2.4.4.1 개요

MFs는 M'차 옥상에 배치되어 있으며, 과대 전류에 의한 MT 소손을 방지하기 위하여 전기동차 AC 측 회로 ADCg와 MT 사이에 있다. 전차선의 DC 1,500V가 전기동차의 교류회로에 흘러 직류 모진이 발생하였을 때 용단되어 회로를 차단한다.

2.4.4.2 구조 및 동작

- (1) MFs는 봉산이 들어 있는 원통형의 구멍에 퓨즈를 넣고 스프링으로 당기고 있다.
- (2) 과대 전류에 의해 퓨즈가 용단되면, 스프링의 힘에 의하여 용단된 퓨즈는 Arc와 함께 봉산 통으로 빨려 들어간다. Arc의 불꽃과 높은 열로 봉산 → 물 → 수증기 순서로 변화하여 수증기가 소호(消弧) 작용을 한다.

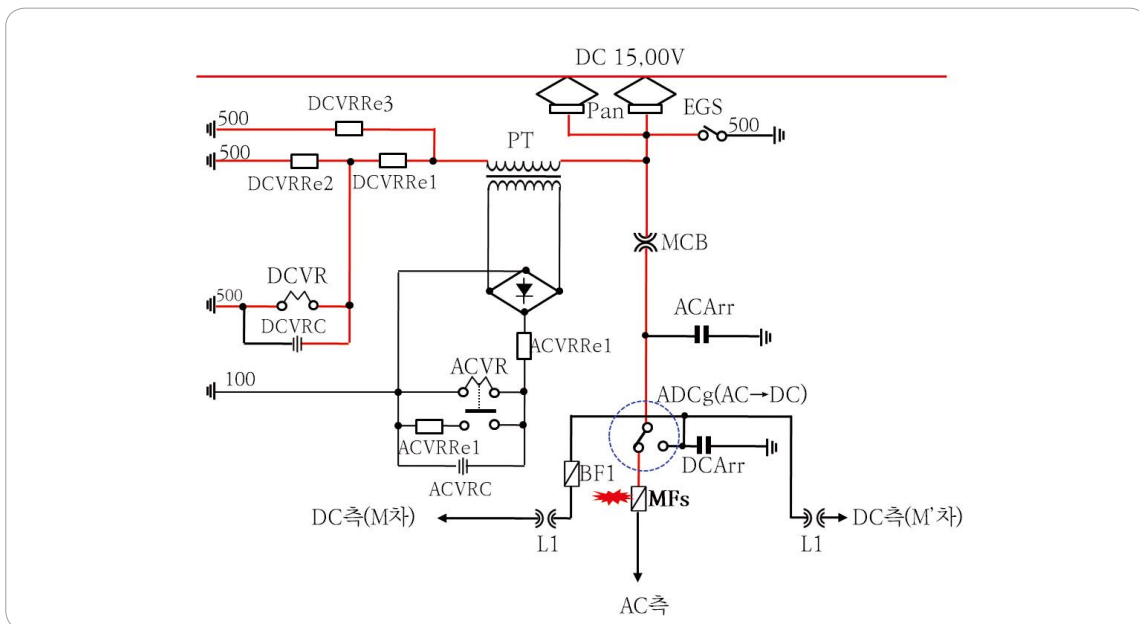


[그림 2-78] MFs

- (3) MFs가 용단되면 [그림2-79] 우측 끝의 적색 단추가 30mm 탈출한다.

2.4.4.3 동작 회로

- (1) MFs가 용단되면 전기동차 AC 측 회로를 차단하여 MT에 전원 공급이 차단된다.
- (2) MFs가 용단되어도 MCB가 차단되거나 고장 표시등은 점등되지 않으며, MCB 투입 및 차단 제어는 정상적으로 이루어진다.
- (3) MFs가 용단된 후 교류 구간에 진입한 경우에 MT, C/I, TM, SIV 등 모든 부하 기기는 전원 공급 중단으로 동작하지 않는다. SIV 정지로 MTOM이 정지되면 MTOFR→MTOFTD→MTOFTR 여자 순서로 60초 후 MTAR이 여자 되어 해당 차량의 MCB는 차단된다.



[그림 2-79] 직류 모진에 의한 MFs 용단 차량

- (4) 적색 단추가 30mm 탈출되어 MFs 용단으로 확인된 차량은 완전 부동 취급과 연장 급전 조치 후 운행한다.

2.4.4.4 교류 과전류 계전기(ACOCR)

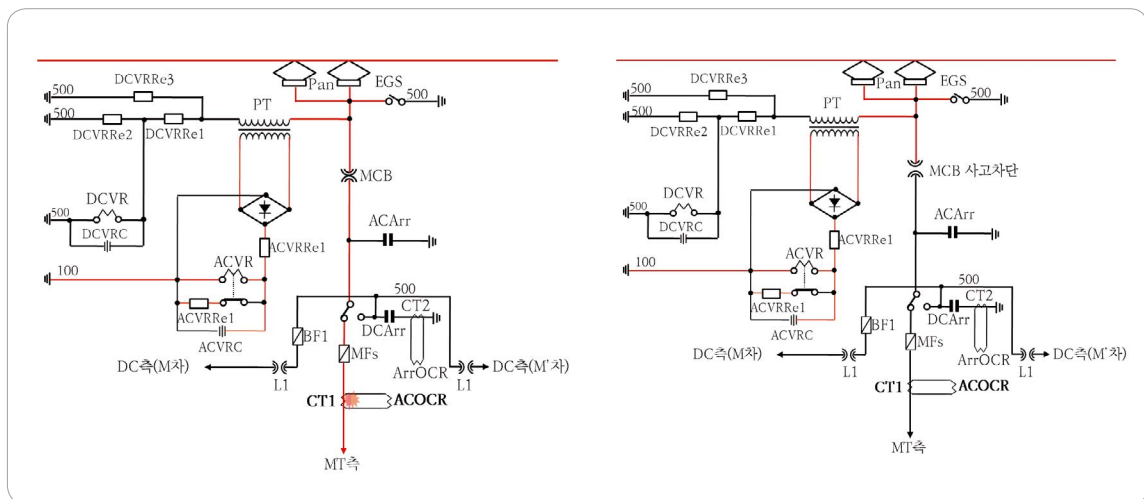
- (1) ACOCR은 M'차 차체 하부의 AC Control Box에 내장되어 있으며, CT1 (Current Transformer)에서 MT 쪽으로 흐르는 과전류를 검지할 경우 여자 되어 MCB를 차단시킨다. 동작순서는 CT1 과전류 검지 → ACOCR 여자 → MCB 사고 차단 순서이다. 그러나 MT 쪽으로 대(大)전류가 유입될 경우에는 MFs의 용단으로 MT를 보호한다

단, MCB를 투입할 때, 교교 절연 구간 통과 중 또는 순간 단전 후 급전된 경우에는 ACOCR이 여자 되어도 MCBTR의 시한 작용(0.5초)으로 MCB 차단을 방지한다.

(2) ACOCR이 여자 되면 고장 차량의 MCB 사고 차단으로 MCB 양 소등, 운전실의 Fault등 및 고장 차량 차측등(백색) 점등, 운전실 모니터 “AC 1차 과전류”가 표시된다. 조치는 1차 RS 취급으로 복귀한다.

(3) CT1은 M'차 차체 하부 MFs와 MT 사이에 설치되어 MT 쪽으로 흐르는 과전류를 검지하여 ACOCR을 여자 시킨다.

(4) 동작 회로



[그림 2-80] ACOCR 동작 차량 MCB 사고 차단

2.5 운행 취급 회로

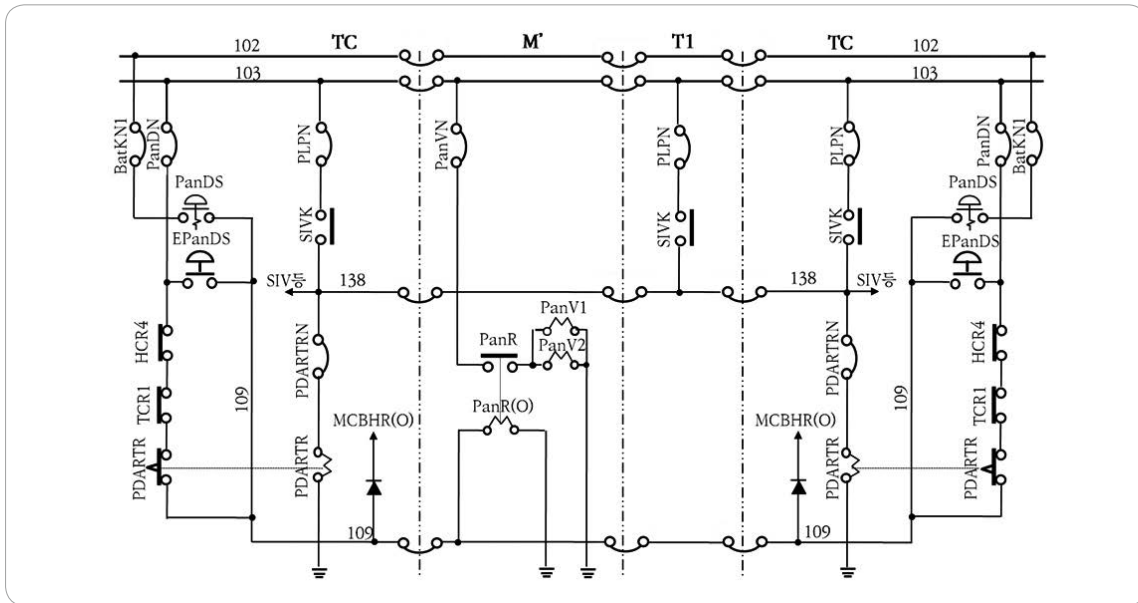
2.5.1 축전지 방전 방지

2.5.5.1 개요

- (1) 제동 핸들을 취거한 후 기동된 상태로 차량을 유지하던 중 전차선 단전이 발생하면, MCB가 차단되며 전차선 급전 후에도 MCB는 재투입되지 않는다.
- (2) SIV 정지로 인해 축전지 충전은 불능인 채 Pan 상승으로 103선 가압이 이루어지고 있어 축전지는 방전되기 시작하며, 축전지가 일정 전압 이하로 방전되면 전기동차는 운행이 불가능하다.

- (3) 축전지 방전 방지 회로는 차량 유치 중 전차선 단전이 발생할 경우에 3분 후 Pan을 하강시켜 103선 가압회로를 차단함으로 축전지 방전을 방지하기 위한 회로다.

2.5.5.2 축전지 방전 방지 회로



[그림 2-81] 축전지 방전 방지 회로

- (1) 유치 중인 전기동차가 전차선 단전이 발생하면 전체 MCB가 차단되어 SIV가 정지되며, SIVK 무여자로 PDARTR이 무여자 된다.
 - 1) 전 · 후부 TC차 및 T1차 103선 - PLpN - SIVK(a) - 138선 순서에서, 전 · 후부 TC차 및 T1차 SIVK 무여자로, SIVK(a)에 의해 138선이 무가압 된다.
 - 2) TC차 138선 - PDARTN - PDARTR 순서로 138선의 전원이 차단되어 PDARTR이 무여자 된다. PDARTR은 1개의 SIV만 기동되어 있어도 여자 된다.
- (2) PDARTR이 무여자 된 3분 후 제동 핸들이 취거된 조건으로 Pan이 하강하며 103선 가압 회로의 차단으로 축전지 방전을 방지한다. 따라서 운행 중 단전이 발생하면 축전지 방전 방지 회로는 동작하지 않는다.
 - 1) PDARTR의 무여자로 TC차 103선 - PanDN - HCR4(b) - TCR1(b) - PDARTR(b) - 109선 - 각 M'차 PanR(O) 순서로 각 M'차 PanR(O)을 여자 시킨다. 한편 TC차 - 109선 -

MCBHR(O) 순서로 MCBHR(O) 코일도 여자 시킨다.

① PDARTR(b)는 시한 연동으로 PDARTR 무여자 된 3분 후 동작하여 회로를 연결한다.

② HCR4(b) 및 TCR1(b)는 제동 핸들이 취거된 상태에서 Pan 하강 회로가 구성된다.

2) 각 M' PanVN - PanR(a) - PanV1,2로 MCBHR(O) 코일 여자로 Pan이 하강하며 PanR 연동에 의하여 유지되던 103선 가압 회로를 차단하여 축전지 방전을 방지한다.

(3) 운행 중 장시간 단전이 발생하여 정차 상태로 대기하는 경우, EOCN을 투입하여 열차 무선전화, 객실 비상등(방공등), 방송 장치만 사용할 수 있도록 한 다음, Pan을 하강시키고 제동 핸들을 취거하여 축전지 사용을 최소화하도록 하고 있다.

2.5.2 운전실 교환

2.5.2.1 개요

(1) 전동 열차는 종착역에 도착한 후, 반복 운전을 위하여 도착한 전부 운전실에서 후부 운전실로 이동하여 운전실 교환을 한다. 전기동차는 기동 상태로 객실 서비스 전원이 공급되고 있으며, 출입문을 개방하여 승객의 하차 및 승차가 이루어지고 있다.

(2) 운전실 교환 도중 MCB는 도착 운전실 쪽에서 투입 회로가 구성되어 있어 투입 상태를 유지한다. 신(新) 운전실에서 기기 취급을 순서대로 하지 않을 경우 도착 운전실의 MCB 차단으로 인해 승객의 불편을 초래할 수 있다.

(3) 운전실 교환은 도착 운전실에서 전·후진 핸들 OFF → MC Key 취거 → 제동 핸들을 취거 후 대하고, 신 운전실에 도착하여 제동 핸들 투입 → ADS 위치 확인 → MCBCS 취급 → MC Key 삽입 → 전·후진 핸들 전진 위치의 순서로 하여, 도착 운전실 쪽 MCB 투입 회로를 차단하여 완료한다.

1) 도착 운전실

① 제동 핸들 취거로 도착 운전실 HCR 무여자, 신 운전실 쪽 TCR 무여자

② 7선 또는 8선 가압 상태로 MCB 투입 회로 유지

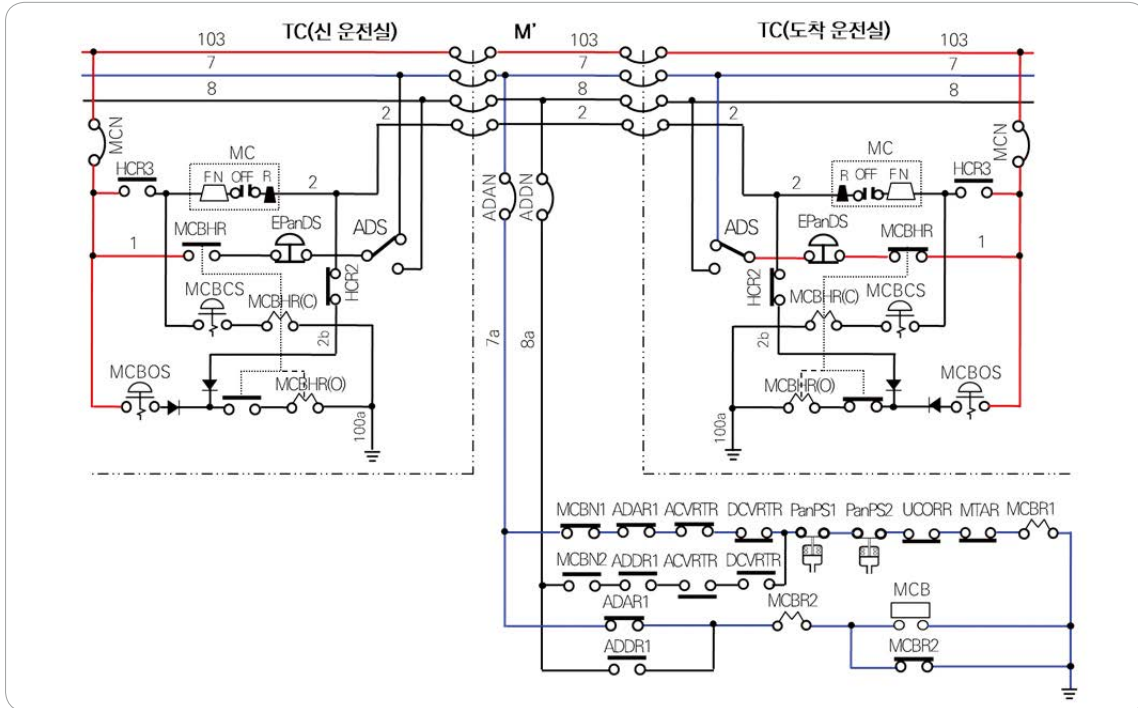
2) 신 운전실

① 제동 핸들 투입으로 운전실 선택 완료

② MCBCS 취급, 7선 또는 8선 가압으로 신 운전실과 도착 운전실 쪽에서 동시에 MCB 투입 회로 구성

③ 전후진 핸들 전진 위치에서 2선으로 도착 운전실 쪽 MCB 투입 회로 차단

2.5.2.2 운전실 교환 회로



[그림 2-82] AC 구간 운전실 교환 회로(TC-M'-TC)

(1) 도착 운전실

- 1) 전 · 후진 핸들 OFF 위치로 하여 도착 운전실 103선 - MCN - HCR3(a) - MC(OFF) 순서로 2선이 무(無)가압 된다. [그림 2-82]는 도착 운전실 제동 핸들 취거 후 HCR 무여자 및 ADS AC 위치 7선 가압으로 표시하였고 7선 회로의 연동은 동작한 것으로 하였다.
- 2) 도착 운전실에서 제동 핸들을 취거하여 HCR은 무여자 되며, MCBHR(C) 코일은 유지 계전기(Holding Relay)로 여자상태를 유지하고 있다. 따라서 103선 - MCN - MCBHR(a) - ADS(AC) - 7선 - 각 M'차 ADAN - MCBR1 및 MCBR2 여자 순서로, 도착 운전실에서 MCB 투입 회로가 구성되어 있다.

(2) 신 운전실

- 1) 신 운전실 도착 후 제동 핸들 투입으로 운전실 선택 완료되고 ADS 위치 확인 후 MCBCS 취

급을 하면, 신 운전실과 도착 운전실 양쪽에서 MCB를 투입한다.

신 운전실 103선 - MCN - HCR3(a) - MCBCS - 100a 순서로 MCBHR(C) 코일이 여자 된다. MCBHR(C) 코일 여자로 103선 - MCN - MCBHR(a) - EPanDS - ADS - 7선 - 각 M'차 ADAN - MCBR1 및 MCBR2 여자로 MCB 투입 회로가 구성된다.

2) 전·후진 핸들을 전진 위치로 하여 신 운전실 103선 - MCN - HCR3(a) - MC(F) - 2선 - 도착 운전실 HCR(b) - Dd - MCBHR(O) 코일 여자 순서로 MCBHR(a) 연동이 MCB 투입 회로를 차단한다. 위와 같은 기기 취급 순서로 MCB가 차단되지 않고 운전실 교환이 이루어진다.

① 신 운전실에서 전·후진 핸들을 전진 위치로 하면 2선에 의하여 도착 운전실의 MCB 투입 회로는 차단된다.

② 신 운전실에서 MCBCS 취급 전 전·후진 핸들을 전진 위치로 하면 도착 운전실의 MCB가 차단되어 MCB를 재투입하여야 한다.

(3) 운전실 교환 중 전차선 단전 발생으로 축전지 방전 방지 회로가 동작하거나 MCB가 차단된 경우, 급전 상태를 확인 한 후 기기 취급 순서는 다음과 같이 한다.

1) 축전지 방전 방지 회로가 동작할 경우, Pan이 하강하고 103선 차단으로 출입문이 닫힌다. 신 운전실에서 제동 핸들 투입 → Pan 상승 → MCB 투입 순서로 정상적인 취급을 한다. 출입문 취급을 우선하여야 할 경우에는 제동 핸들 투입 후 출입문 개방 취급을 한 다음 기동 순서대로 취급한다.

2) MCB가 차단된 경우에는 제동 핸들 투입 → 전·후진 핸들 전진 → MCBCS 순서로 MCB를 재투입한다.

① MCBCS를 먼저 취급할 경우, 도착 운전실 쪽 MCB 투입 회로는 단전에 의한 MCB 차단으로 MCBR1 무여자, MCBR2는 여자 상태로 MCB는 투입되지 않는다.

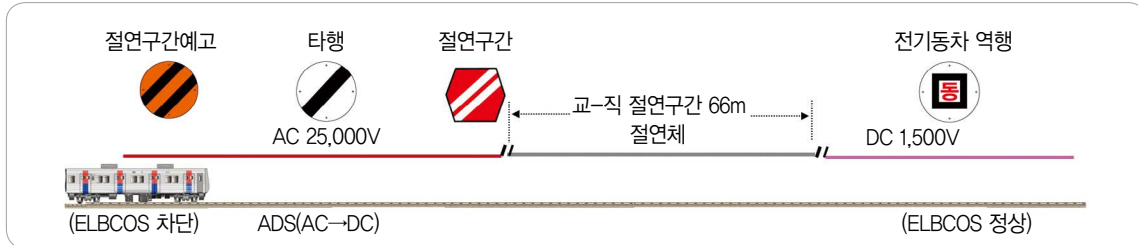
② 제동 핸들 투입 후 전·후진 핸들을 전진 위치로 하여 2선으로 도착 운전실 쪽 MCBR2 여자 회로를 차단한 후 MCBCS 취급 순서로 MCB를 투입하여야 한다.

2.5.3 교-직 절환

2.5.3.1 개요

(1) 교직 절연 구간은 전차선의 전기방식 차이로 66m 거리를 서로 전기가 흐르지 않도록 절연체로 구분한 구간이다. 교-직 절환 취급은 AC 구간과 DC 구간을 동시에 운행할 수 있는 교·직류

전기동차가 교직 절연 구간을 통과하기 위한 기본적인 운전 취급이다.



[그림 2-83] 교직 절연 구간(AC → DC) 표지 및 기기 취급

1) 절연 구간은 무동력 운전으로 통과한다.

- ① 절연 구간 예고 표지 전방에서 회생제동 개방 스위치를 개방 위치로 전환하여 회생제동 회로를 수동으로 차단한 후 절연 구간을 통과하여 전기동차 역행 표지에서 정상 위치로 한다.
- ② 타행 표지 전방에서 동력 핸들 OFF 위치로 한 후 절연 구간을 통과하여 전기동차 역행 표지까지 무동력 운전을 한다.

2) 절연 구간 예고 방송과 절연 구간 관련 표지 순서에 따라 기기를 취급하고 운전실 제어대의 표시등을 확인하여 정상적인 교-직 절환 상태를 확인한다.

- ① 절연구간 예고방송은 절연구간 예고표지 전방에서 시작한다.
- ② 절연 구간 예고 표지 → 타행 표지 → 절연 구간 표지 → 전기동차 역행 표지 순서로 표지가 배치되어 있다.
- ③ 절연 구간 진입 전 타행 표지 전방에서 ADS 전환 취급을 한 후, 전체 MCB가 차단되고 AC 등 또는 DC등이 점등된 것을 확인한다.

3) 교직 절연 구간에서 정상적인 기기 취급과 확인 취급을 하지 않은 상태로 차량 고장이 발생하였을 경우, 전동 열차 정상 운행에 많은 지장을 초래하게 되므로 절연 구간 취급은 정확히 실행하여야 한다.

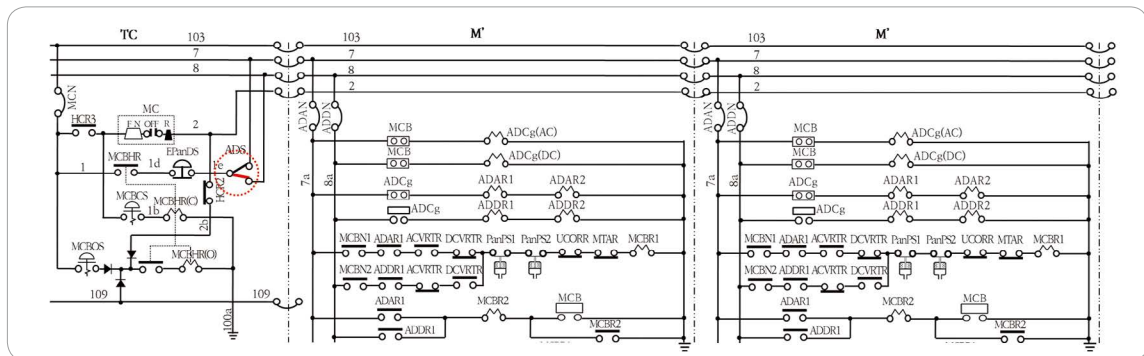
(2) 교-직 절환 취급 후 MCB 차단 및 투입은 일체 차단, 순차 투입의 순서로 된다.

- 1) ADS 전환 직후 전체 MCB 차단
- 2) MCB 차단으로 ADCg 절환
- 3) 교직 절연 구간 통과 후 M'차 진입 순서대로 MCB 투입
- 4) 마지막 M'차 절연 구간 통과 후 전체 MCB 투입

2.5.3.2 교-직 절환 회로

(1) 직류 절환(AC → DC)

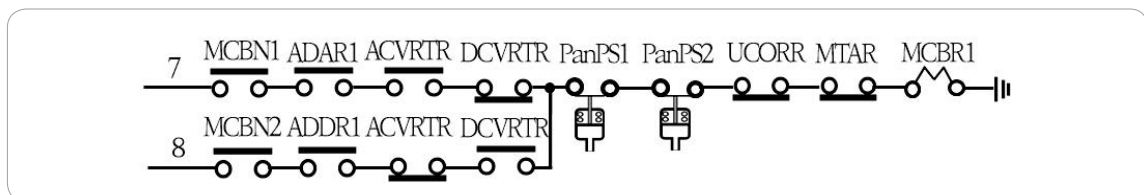
- 1) 직류 절환은 타행 표지 전방에서 동력 핸들을 OFF 위치로 한 후, ADS를 AC 위치에서 DC 위치로 전환한다.



[그림 2-84] ADS AC → DC 절환

- 2) ADS를 AC에서 DC로 전환하면 7선 차단, 8선 가압으로 전체 M'차 MCBR1, MCBR2가 무여자 된다.

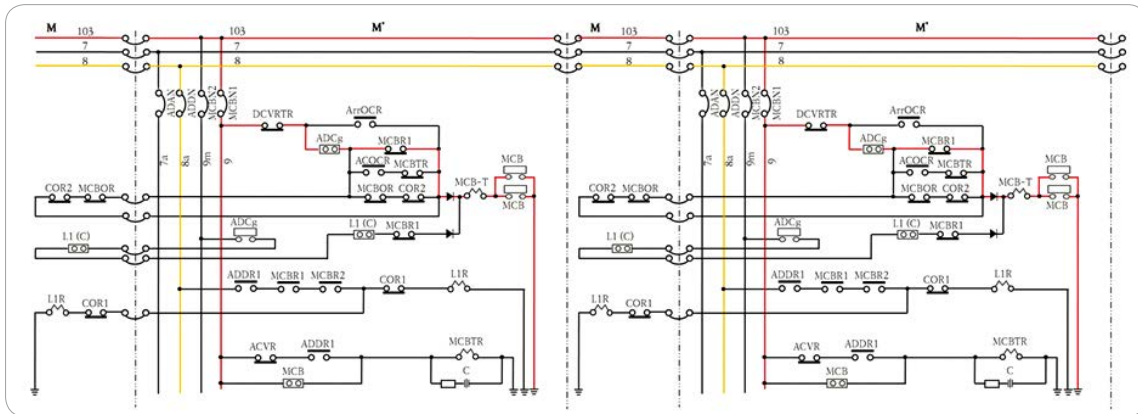
- ① 전부 TC차 103선 - MCN - MCBHR(a) - EPanDS - ADS(AC) - 7선 - 각 M'차 ADAN - MCBR1, MCBR2 여자에서
- ② 전부 TC차 103선 - MCN - MCBHR(a) - EPanDS - ADS(DC) - 8선 전환, 7선 차단으로 각 M'차 ADAN - MCBR1, MCBR2 무여자 순서로 전체 M'차 MCBR1 및 MCBR2가 무여자 된다.
- ③ ADS 전환 위치는 AC 구간으로 ACVR은 여자, DCVR은 무여자 상태이다. [그림 2-85]에서 8선이 가압되어도 8선 - 각 M'차 - ADDN - MCBN2 - ADDR1 - ACVRTR(b) - DCVRTR(a) 순서로 ACVRTR(b) 연동에 의하여 MCBR1은 여자 되지 않는다.



[그림 2-85] MCBR1 여자회로

3) 전체 M차 MCBR1 무여자로 MCB-T 코일이 여자 되어 MCB가 일체히 차단된다.

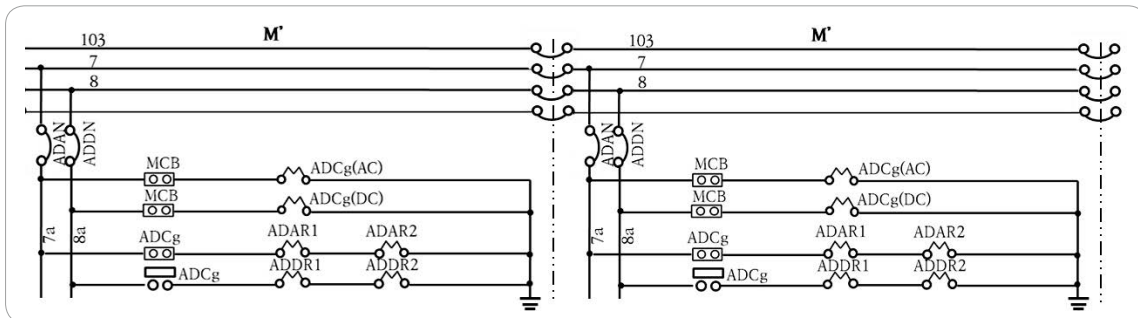
- ① 각 M'차 103선 - MCBN1 - DCVR(b) - ADCg(AC) - MCBR1(b) - MCB-T - MCB(보조 접점) - 접지 순서로 전체 M'차의 MCB가 차단되어 운전실 제어대의 MCB OFF등이 점등된다.
- ② M'차 중 MCBN1이 Trip 된 차량은 MCBR1이 무여자 돼도 MCB가 차단되지 않으며, 운전실 제어대의 MCB 표시등은 양 소등이 된다.



[그림 2-86] MCB 일체 차단

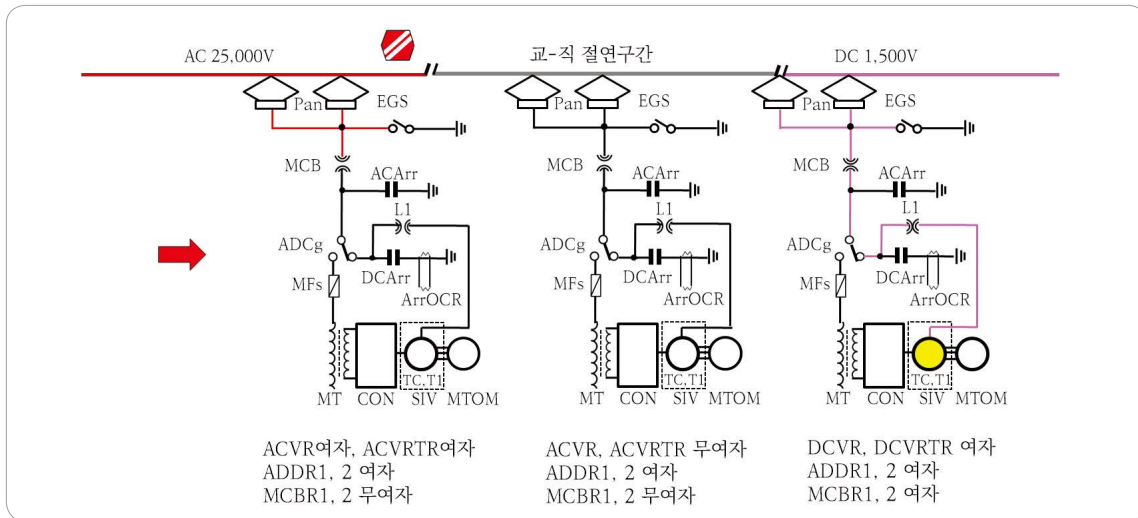
4) 8선 가압 상태 및 전체 MCB 차단으로 전체 M'차의 ADCg가 DC 측으로 절환되고 ADDR1,2가 여자 된다.

- ① 8선 - 각 M'차 - ADDN - MCB(차단 보조 접점) - ADCg(DC 측) - 접지 순서로 ADCg가 절환된다.
- ② 8선 - 각 M'차 - ADDN - ADCg(DC 측 보조 접점) - ADDR1 - ADDR2 - 접지 순서로 ADDR1,2가 여자 된다.



[그림 2-87] ADCg 절환

여자로 M차 및 M'차 L1이 투입되어 전기동차 직류회로에 전차선의 DC 1,500V가 공급된다. 운전실 제어대 표시등은 AC등 및 DC등 동시 점등, MCB 양 소등이 표시된다.



[그림 2-89] 직류 절환 후 MCB 순차 투입 과정

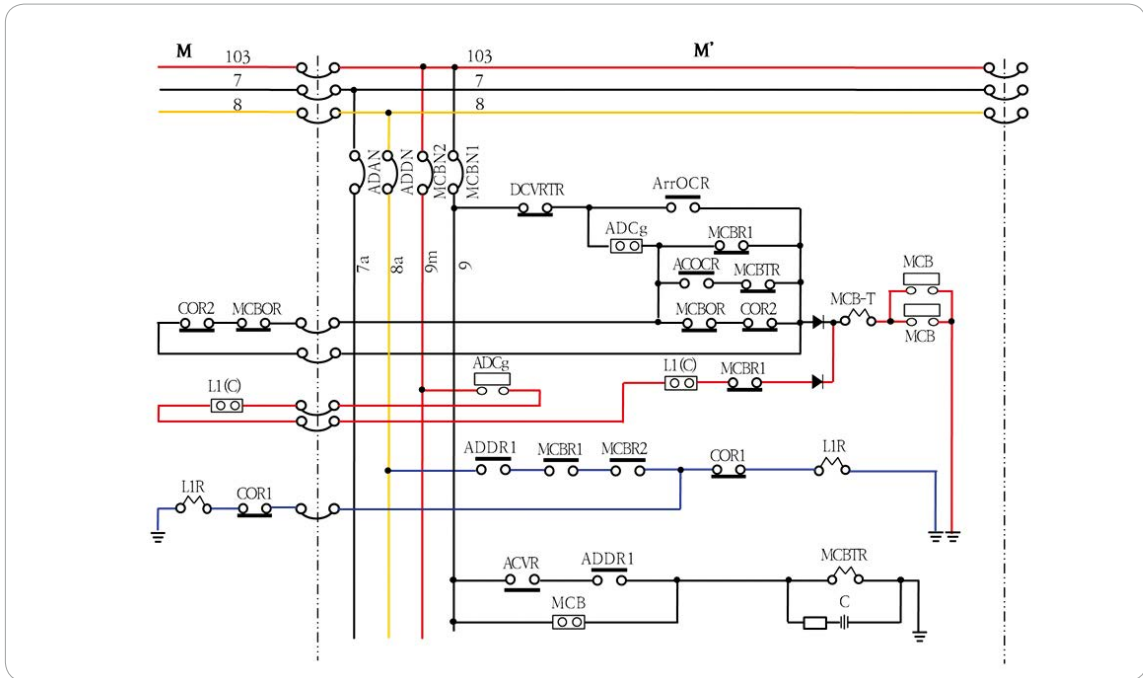
⑥ 가운데 M'차는 절연 구간 내를 통과하고 있어 ACVR과 ACVRTR이 무여자 상태다. 절연 구간 통과 후 DC 구간에 진입하면 MCB가 투입되는 과정은 첫 번째 M'차와 같다. 이때 운전실 제어대 표시등은 맨 뒤 M'차가 절연 구간에 진입하게 되어 DC등 점등, MCB 양 소등으로 바뀐다.

⑦ 맨 뒤 M'차가 절연 구간을 통과하여 DC 구간에 진입하면 MCB는 순차투입이 완료되고 MCB ON등이 점등된다.

(2) 교류 절환(DC → AC)

- 1) 교류 절환은 타행 표지 전방에서 동력 핸들을 OFF 위치로 한 후, ADS를 DC 위치에서 AC 위치로 전환한다.
- 2) ADS를 DC에서 AC로 전환하면 8선 차단, 7선 가압으로 전체 M'차 MCBR1, MCBR2가 무여자 된다. MCBR1, MCBR2 무여자 회로는 직류 절환과 같은 과정이다.
- 3) 전체 M'차 MCBR1 무여자로 M차 및 M'차 L1이 부하를 차단한 후 MCB-T 코일 여자로 MCB가 일제히 차단된다.

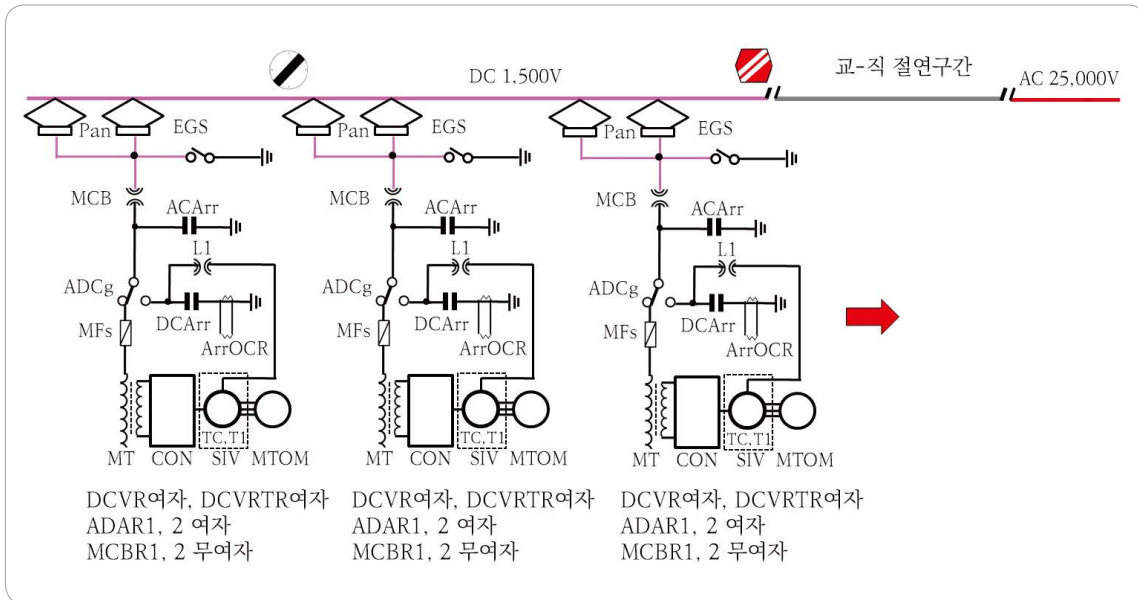
① 각 M'차 8 - ADDN - ADDR1(a) - MCBR1(a) - MCBR2(a) - COR1 - L1R - 접지 순



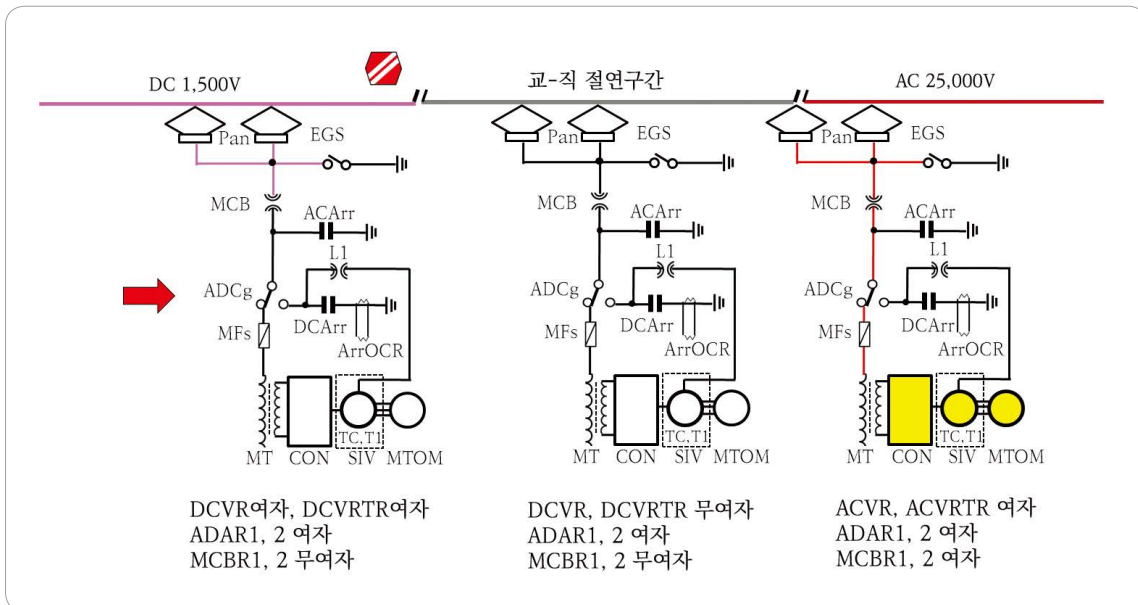
[그림 2-90] MCB 일체 차단

- 서로 M'차 L1이 차단되고, 각 M'차 ADDN - ADDR1(a) - MCBR1(a) - MCBR2(a) - [M차 - COR1 - L1R - 접지] 순서로 M차 L1이 차단된다.
- ② 각 M'차 103선 - MCBN2 - ADCg(DC 측 보조 접점) - M차 L1(C) - M'차 L1(C) - MCBR1(b) - MCB-T - MCB(보조 접점) - 접지 순서로 전체 M'차의 MCB가 차단되어 운전실 제어대의 MCB OFF등이 점등된다.
 - ③ M'차 중 MCBN2가 Trip 된 차량은 MCBR1이 무여자 돼도 MCB가 차단되지 않으며, 운전실 제어대의 MCB 표시등은 양 소등이 된다. 그러나 Pan이 하강하여 부하를 차단한다. 또한 L1이 Trip 된 Unit의 M'차도 MCB가 차단되지 않으며, 운전실 제어대의 MCB 표시등은 양 소등이 된다. 그러나 부하는 L1의 주 접점 트립으로 차단되고 있다.
 - 4) 7선 가압 상태 및 전체 MCB 차단으로 전체 M'차의 ADCg가 AC 측으로 절환되고 ADDR1,2가 여자 된다. 절환 과정은 직류 절환 때와 같다.
 - 5) 교류 절환 후 특고압 기기 동작
 - ① 전차선 전기방식 DC 1,500V로 전체 M'차 DCVR 여자, 운전실 DC등 점등
 - ② ADS 취급 후 전체 MCB 차단 상태로 MCB OFF등 점등
 - ③ MCB 차단으로 ADCg AC 측 절환 상태

6) 교류 절환 후 순차 투입 과정



[그림 2-91] 교류 절환(DC → AC) 후 특고압 회로



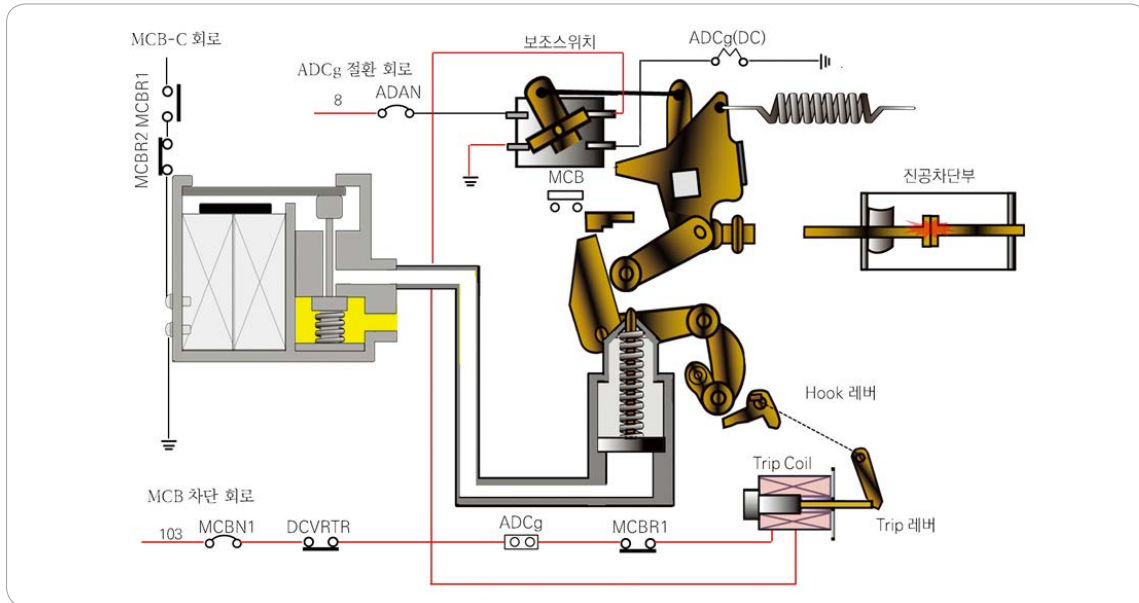
[그림 2-92] 교류 절환 후 MCB 순차 투입 과정

- ① [그림 2-91]에서 교류 절환 직후 전체 M'차의 7선이 가압되고 있다. MCB 차단, ADCg는 AC 측으로 절환되어 있다. DCVR과 DCVRTR은 여자 상태다.

- ② 절연 구간에 진입하는 순서대로 DCVR 무여자로 DCVRTR도 무여자 된다.
- ③ 절연 구간을 통과하여 AC 구간에 진입하는 순서대로 ACVR 여자로 ACVRTR도 여자 된다. ACVRTR의 여자로 MCBR1 여자 → MCB-C 여자 → MCBR2 여자 → MCB-C 무여자 순서로 MCB는 자동 투입된다.
- ④ [그림 2-92]에서 맨 앞 M'차는 AC구간, 가운데 M'차는 절연 구간, 맨 뒤 M'차는 DC 구간에 Pan이 접촉되고 있다.
- ⑤ 맨 앞 M'차는 ACVR 여자로 ACVRTR이 여자 되며, 따라서 MCB는 자동 투입되며, 전기동차 교류회로에 전차선의 AC 25,000V가 공급된다. 운전실 제어대 표시등은 AC등 및 DC등 동시 점등, MCB 양 소등이 표시된다.
- ⑥ 가운데 M'차는 절연 구간 내를 통과하고 있어 DCVR과 DCVRTR이 무여자 상태다. 절연 구간 통과 후 AC 구간에 진입하면 MCB가 투입되는 과정은 첫 번째 M'차와 같다. 이때 운전실 제어대 표시등은 맨 뒤 M'차가 절연 구간에 진입하게 되어 AC등 점등, MCB 양 소등으로 바뀐다.
- ⑦ 맨 뒤 M'차가 절연 구간을 통과하여 DC 구간에 진입하면 MCB는 순차 투입이 완료되고 MCB ON등이 점등된다.

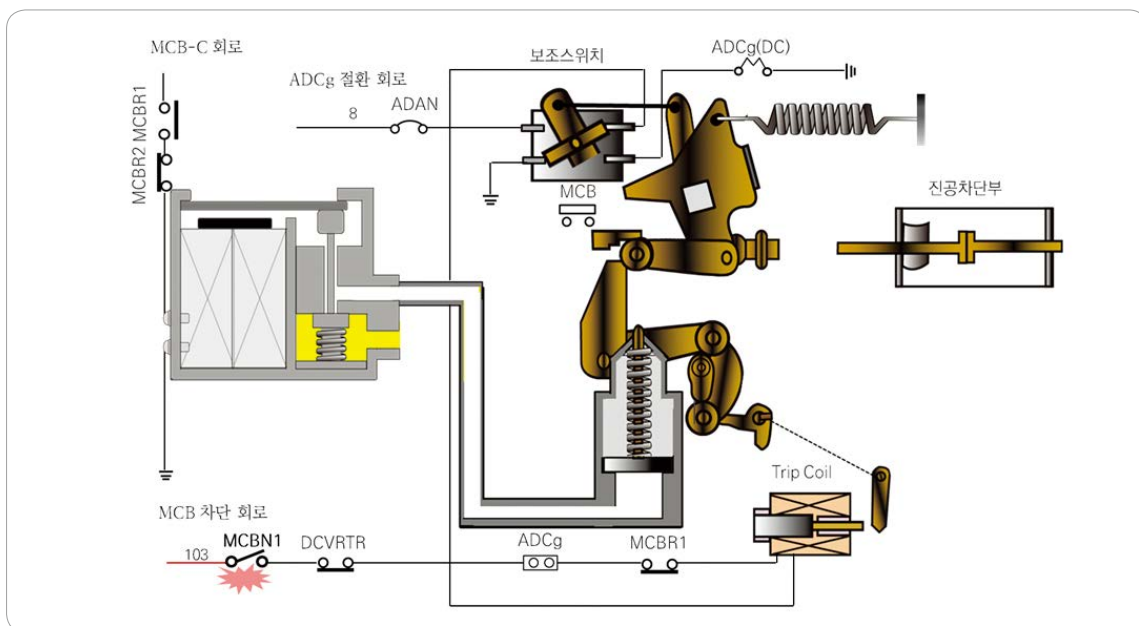
2.5.3.3 모진 보호

- (1) 모진은 교류 모진과 직류 모진으로 구분한다. 비상 보호 회로 단원의 DCArr 및 MFS 동작 회로를 참조한다.
 - 1) 교류 모진은 전차선의 AC 25,000V가 전기동차의 직류회로에 흐르는 것으로, 교류 모진이 발생하면 직류 피뢰기(DCArr)가 방전, 접지 회로를 통하여 전차선의 전기가 접지되며 전차선이 단전된다.
 - 2) 직류 모진은 전차선 DC 1,500V의 대(大)전류가 전기동차의 교류회로에 흐르는 것으로, 직류 모진이 발생하면 주 퓨즈(MFs)가 용단되어 MT를 보호한다.
- (2) 모진 발생 원인은 교-직 절환 취급을 할 때 MCB 차단 불능 또는 MCB 진공 파괴에 의한 절연 불량 등의 차량 고장이 있는 경우, 교-직 절환 취급을 하지 않을 경우이다.
 - 1) 교-직 절환 취급을 위하여 ADS를 전환하면 전체 MCB가 차단되고, MCB가 차단된 조건으로 ADCg가 절환된다. 그러나 ADS 전환을 할 때 MCB가 차단 불능이 되면 ADCg는 절환되지 않는다.



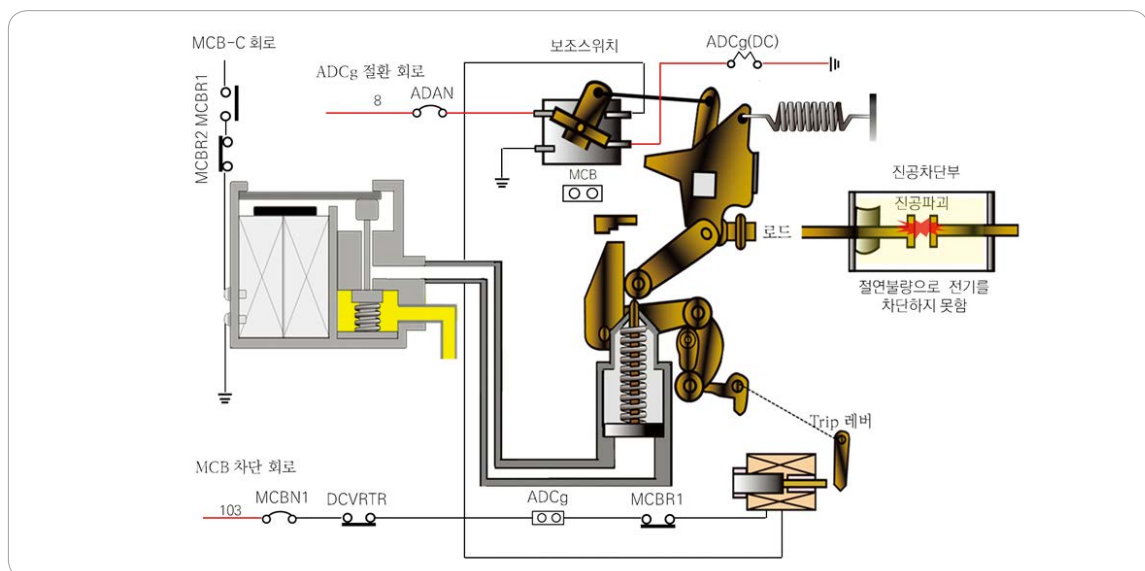
[그림 2-93] 기계적 고착에 의한 MCB 차단 불능

- ① MCB 차단 불능 원인으로는, 진공 차단부 내에서 고정 접점과 가동 접점이 용착되는 MCB 기계적인 고착이 있다. ADS 전환으로 MCB-T 코일이 여자 되어도 고착이 발생한 차량은 MCB 차단 동작을 할 수 없으며 ADCg도 절환되지 않는다.



[그림 2-94] MCBN1 차단에 의한 MCB 차단 불능

- ② AC 구간에서 ADS 전환을 할 때 MCBR1이 무여자 된다. 그러나 MCBN1이 차단되는 경우 MCB-T 코일은 동작하지 못하여 MCB 차단 불능이 되며 ADCg도 절환되지 않는다. DC 구간에서는 기계적 고착이 MCB 차단 불능의 원인이다. MCBN2가 차단되는 경우에도, MCB-T 코일은 동작하지 않고 ADCg도 절환 불능이 된다. 그러나 Pan 하강으로 부하 전류를 차단하며 교-직 절환을 할 때 모진은 발생하지 않는다.
- 2) MCB 진공 파괴에 의한 절연 불량인 경우, MCB 차단 동작으로 진공 차단부 내 고정 접점과 가동 접점이 분리된 상태에서도 진공상태 불량으로 전기를 차단하지 못한다. MCB 차단 회로나 기계적인 동작은 정상적으로 이루어져 ADS를 전환할 때 MCB 차단으로 ADCg도 절환되나, 차단된 MCB를 통하여 Pan에서 집전된 전차선의 전기가 전기동차로 들어온다.

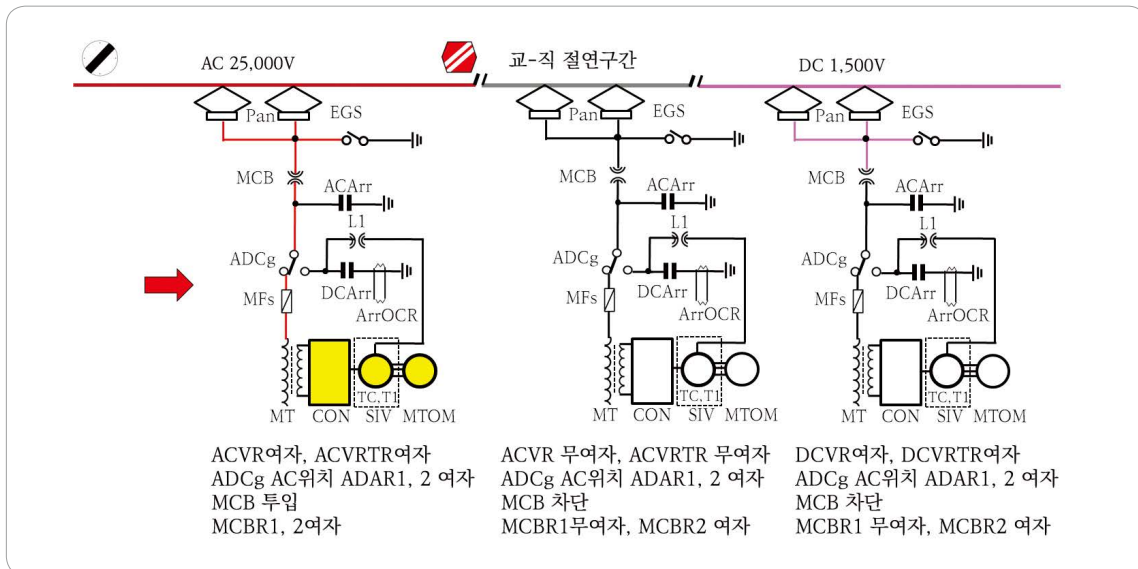


[그림 2-95] MCB 절연 불량

- (3) 교직 절환 취급(ADS 전환 취급)을 하지 않을 경우, M'차가 절연 구간에 진입하는 순서대로 MCB가 차단되어 모진 보호를 한다.
- 1) 직류 절환(AC → DC) 구간에서 기관사가 교직 절환 취급을 하지 않았을 경우, 절연 구간에 진입한 M'차는 ACVR 무여자 → ACVRTR 무여자 → MCBR1 무여자 → MCB-T 코일 여자 순서로 MCB는 자동 차단된다. DC 구간에 진입한 후 MCB는 자동 투입이 되지 않고 ADS를 DC 위치로 전환하여야 투입 된다.
 - 2) 교류 절환(DC → AC) 구간에서 기관사가 교직 절환 취급을 하지 않았을 때, 절연 구간에 진

입한 M'차는 DCVR 무여자 → DCVRTR 무여자 → MCBR1 무여자 → L1 차단 → MCB-T 코일 여자 순서로 MCB는 자동 차단된다. AC 구간에 진입한 후 MCB는 자동 투입이 되지 않고 ADS를 AC 위치로 전환하여야 투입된다.

- 3) 그러나 절연 구간 내에서 고장 등의 원인으로 MCB가 자동으로 차단되지 않을 경우, AC → DC 구간에서는 직류 구간 진입 후 직류 모진이 발생하여 MFs가 용단된다. DC → AC 구간에서는 교류 구간 진입 후 교류 모진으로 전차선 단전이 발생하게 된다. 따라서 교-직 절환 취급은 정상적으로 이루어져야 전동 열차 운행의 혼란을 방지할 수 있다.

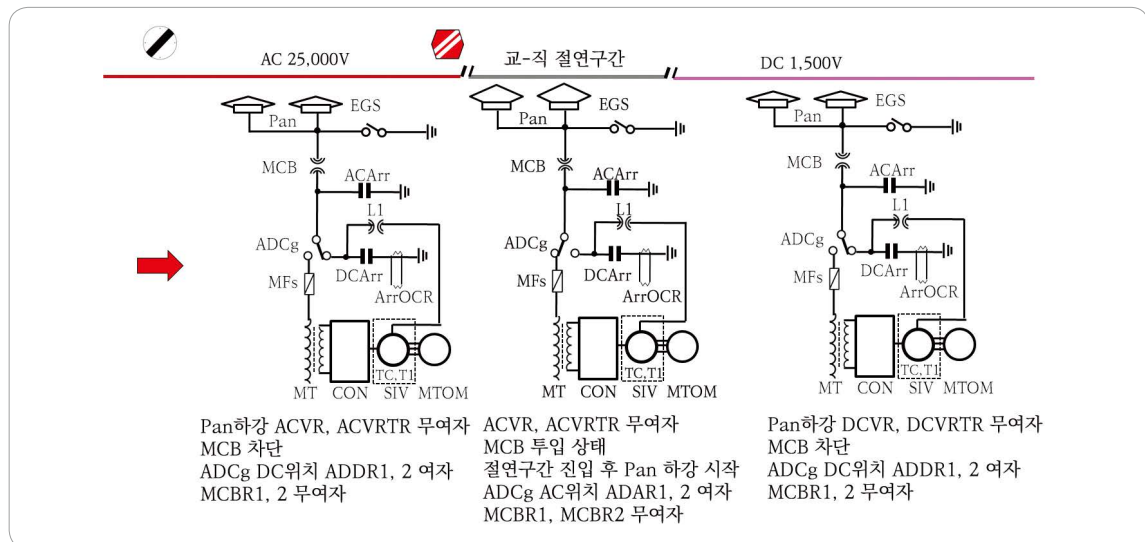


[그림 2-96] 직류 절환 취급하지 않았을 때 모진 보호 과정

- (4) MCB 차단 불량 고장이 발생한 경우, ADS 취급 후 MCB 차단 여부를 확인하여 모진을 방지할 수 있다.

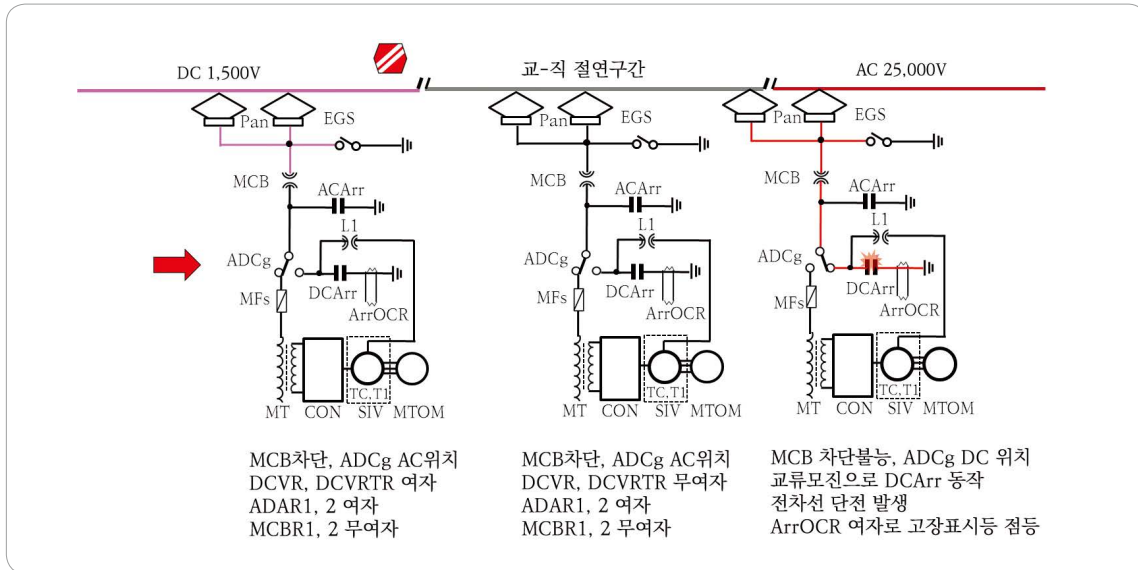
- 1) 교-직 절환 직후 MCB는 전체 차단으로 MCB OFF등이 점등된다. 그러나 MCB 차단 불능 고장이 발생한 경우에는 MCB 차단 불능 차량의 MCB 보조 접점에 의하여 ADS 절환 직후 운전실 제어대 MCB등은 양 소등이 되며 ADCg도 절환 불능이 된다.
- 2) 직류 절환 직후 MCB 양 소등을 확인한 경우, 기관사는 즉시 EPanDS를 취급하여 절연 구간을 40km/h 이하로 통과한다.
 - ① AC 구간에서는 MCB가 차단되어야 Pan이 하강하게 되므로, MCB가 차단되지 않은 차량은 절연 구간에 진입하여 ACVR 무여자로 Pan이 하강한다.

- ② 만일 직류 절환 직후 MCB 양 소등을 확인하지 못하여 EPanDS 취급을 하지 않은 채 MCB 차단 불량 차량이 그대로 DC 구간에 진입하는 경우 직류 모진이 발생한다.



[그림 2-97] 직류 절환 후 MCB 차단 불량 차량 절연 구간에서 Pan 하강

- 3) 교류 절환 직후 MCB 양 소등을 확인한 경우, EPanDS 취급 후 속도를 감속하지 않고 그대로 절연 구간을 통과한다.
- ① 직류 구간에서 Pan은 ACVR(b)로 하강 회로가 구성되므로, MCB 차단 불능 차량도 EPanDS 취급 후 Pan이 하강한다.
- ② 만일 교류 절환 직후 양 소등을 확인하지 못하여 EPanDS 취급을 하지 않은 채 MCB 차단 불량 차량이 그대로 AC 구간에 진입하는 경우, [그림 2-98]과 같이 교류 모진이 발생한다.
- 4) MCB 차단 불능 차량은 EPanDS 취급으로 Pan이 하강하여도 계속 투입 상태로 되며 ADCg도 절환되지 않는다.
- ① 최근 정거장에 도착하여 Pan 상승 취급을 하면 MCB 차단 불량 차량의 Pan은 상승하지 않는다.
- ② 직류 절환을 할 때 MCB 차단 불능이 발생한 경우, 고장 차량의 MCBN1을 확인하고 정상인 경우는 기계적 고착으로 판단하여 완전 부동 취급 및 연장 급전 조치를 한다.
- (5) MCB 절연 불량이 발생한 경우, ADS 취급 후 즉시 모진이 발생한다.
- 1) 직류 절환 취급을 하는 경우, 절연 불량이 발생한 차량은 ADS 전환 순간 교류 모진이 발생한다.
- ① 절연 불량이 발생한 차량은 직류 절환 직후 MCB가 정상 차단되고 ADCg도 DC 측으로 절



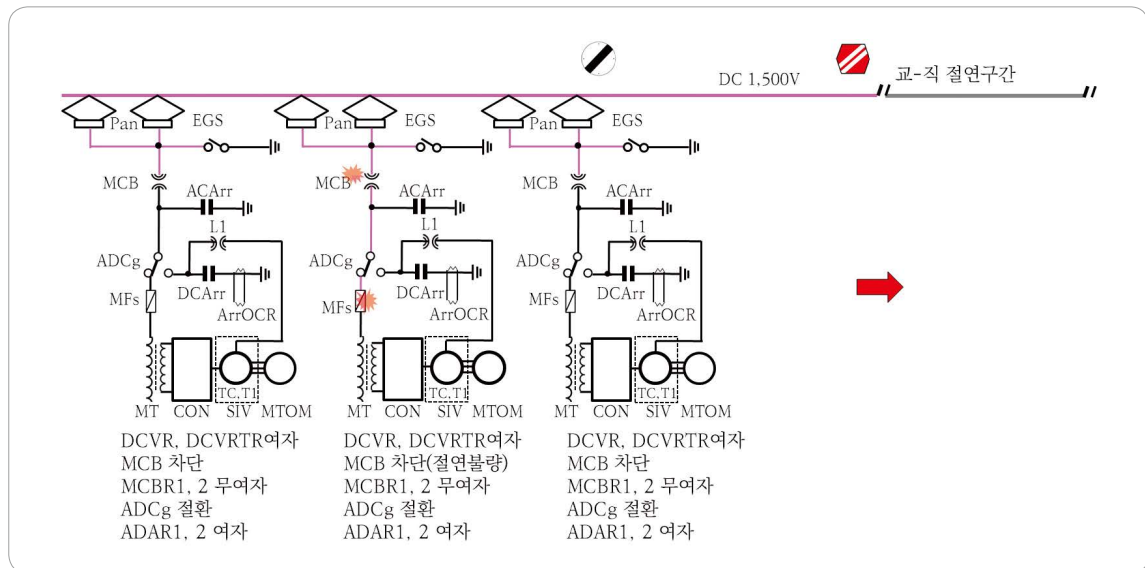
[그림 2-98] MCB 차단 불량 차량 AC 구간 진입 후 교류 모진 발생

환된다. 그러나 고장 차량 MCB는 절연 불량으로 전기를 차단하지 못하여, AC 25,000V가 ADCg DC 측을 통하여 전기동차 DC 측 회로로 흐른다.

- ② AC 25,000V가 DC 측 회로로 들어오면 DCARR은 방전 지연 없이 즉시 전차선을 접지시키고, 변전소 측 차단기가 차단함으로 전차선 단전이 발생하게 된다. CT2는 접지되는 전류를 검지하여 ArrOCR을 여자 시켜 고장 표시등이 점등되고, 모니터로 고장 내용을 알린다. 운전실 제어대 표시등은 직류 절환 직후 AC등 소등, MCB OFF등 점등, Fault등이 점등된다.
- ③ 절연 불량으로 DCARR이 동작한 차량은 그대로 DC 구간에 진입할 경우 다시 전차선을 단전시키게 되므로, 즉시 EPanDS를 취급하여 DC 구간에 진입한 후 고장 차량을 확인하고 완전 부동 취급 및 연장 급전 조치를 한다. EPanDS 취급을 하면 MCB 기계적으로 차단되어 있어 즉시 Pan이 하강하기 시작한다.

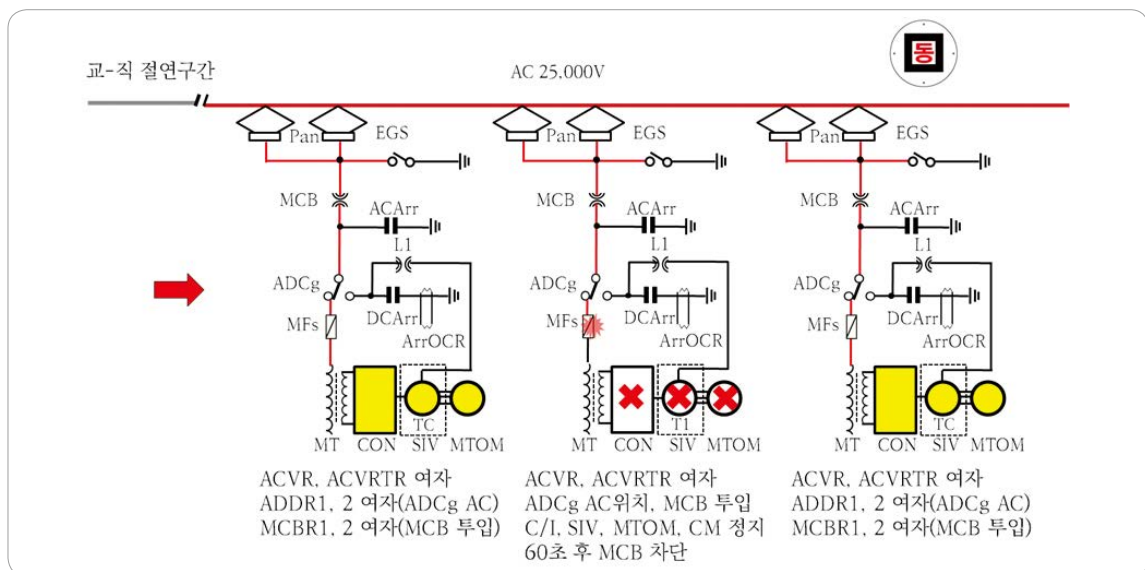
2) 교류 절환 취급을 하는 경우, ADS 전환 순간 직류 모진이 발생한다.

- ① 교류 절환 직후 MCB가 정상 차단되고 ADCg도 AC 측으로 절환된다. 그러나 고장 차량의 MCB는 절연 불량으로 DC 1,500V를 차단하지 못하고 ADCg AC 측을 통하여 전기동차 교류회로로 흐르게 된다.
- ② DC 1,500V가 MT 측으로 들어오면 즉시 MFs가 용단되어 MT를 보호한다. 고장 표시등 점등이나 전차선 단전은 발생하지 않게 되며, 운전실 제어대 표시등은 DC등 점등, MCB OFF등 점등으로 정상적인 교류 절환 후의 현상과 같다.



[그림 2-99] 교류 절환 직후 MCB 절연 불량 차량의 직류 모진 발생

- ③ 교직 절연 구간을 통과한 후 고장 차량의 MCB도 순차 투입이 정상적으로 이루어진다. 그러나 MFs가 용단된 차량은 MT 쪽으로 전원 공급이 불가능하게 되며, 컨버터 정지 → SIV 정지 → MTOM 정지 → 60초 후 MTOFTR 동작으로 MTAR이 여자 되어, 고장 차량은 AC 구간 진입 60초 후 MCB가 차단된다. 고장 차량은 완전 부동 취급 및 연장 급전 조치를 한다.

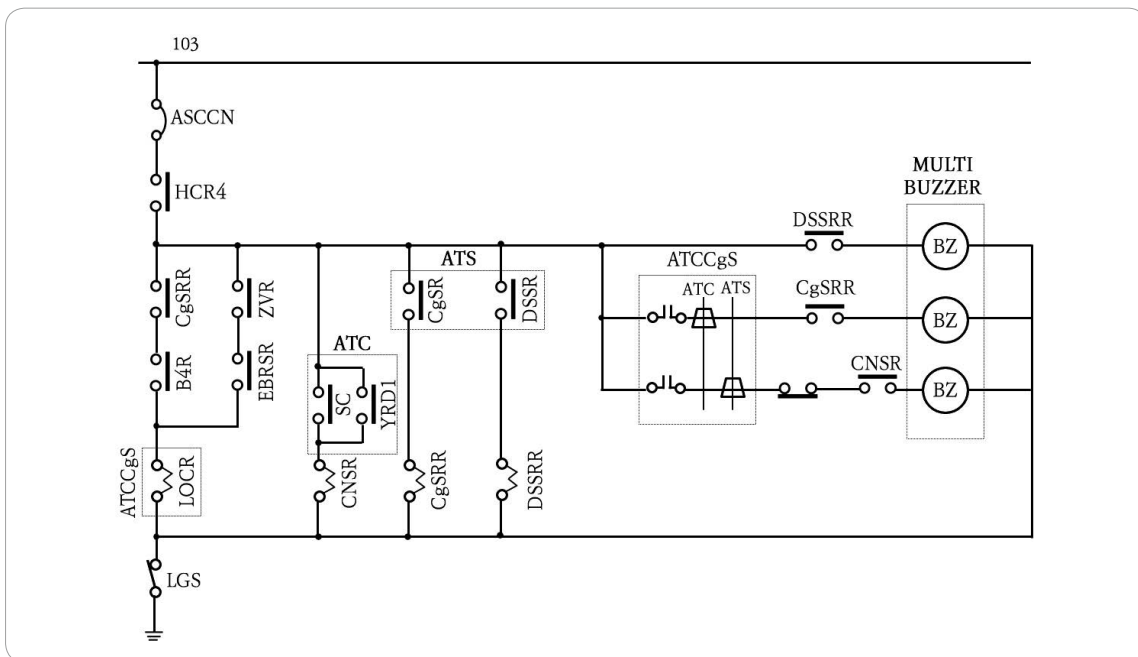


[그림 2-100] 교류 구간 진입 후 직류 모진 차량의 MCB 차단

2.5.4 ATC/ATS 절환

2.5.4.1 절연 구간 예고 방송

- (1) 교-교 절연 구간이나 교-직 절연 구간은 무동력 운전으로 통과하여야 하며, 절연 구간 전방에는 절연 구간 예고 표지와 동력 핸들을 OFF 위치로 하고 무동력 운전을 예고하는 타행 표지가 설치되어 있다.
- (2) 이런 표지 외 절연 구간 운전 취급 오류를 예방하기 위하여, 교-직 및 교-교 절연 구간 전방에 절연 구간 검지용 지상자를 설치하고, 절연 구간을 접근하는 열차가 지상자를 통과하면서 68KHz의 절연 구간 검지 주파수를 수신하면 50초간 절연 구간 예고 방송을 하고 있다.
- (3) 절연 구간 검지 및 방송 회로



[그림 2-101] ATC/ATS 절환 회로

- 1) ATS 차상장치에서 절연 구간 검지 주파수를 수신하면 DSSR³²⁾을 50초간 여자 시킨다.

32) DSSR(Dead Section Indicator Relay) : 절연구간 표시 계전기, DSSRR : 절연구간 표시 보조계전기

- 2) [그림 2-102]에서 전부 운전실 103선 - ASCCN - HCR4(a) - DSSR - DSSRR - LGS 순서로 DSSRR이 여자 된다.
- 3) DSSRR 여자로 103선 - ASCCN³³⁾ - HCR4(a) - DSSRR(a) - BZ³⁴⁾ - LGS 순서로 50초간 절연 구간 예고 방송을 하고 있다.

2.5.4.2 ATC/ATS 절환

- (1) ATC 구간을 운행하는 중 ATS 구간에 접근하면, ATS 지상자의 절환 신호(Ro)를 수신하여 차량장치에서 CgSR³⁵⁾을 여자 시킨다. [그림 2-96]에서 CgSR의 여자로 CgSRR이 여자 되고, CgSRR(a)연동에 의하여 ATS 절환 방송이 출력된다.
 - 1) ATC 위치에서는 ATCCgS가 잠금 상태로 된다. CgSRR 여자로 ATS 절환 방송이 출력되면 제동 4단 이상 위치에서 잠금 상태가 풀려, ATCCgS를 ATC 위치에서 ATS 위치로 절환할 수 있다.
 - 2) ATS 절환 방송이 출력되지 않는 경우에는 정차 후 비상제동 위치에서 잠금 상태가 풀려 ATS 쪽으로 절환이 된다.
 - 3) ATS 절환 방송은 ATCCgS가 ATS 위치로 절환되면 출력이 정지된다.
- (2) ATS 구간을 운전하는 중 ATC 구간에 진입하면 ATC 차량 장치에서 ATC 신호를 수신하여 CNSR³⁶⁾이 여자 된다. CNSR의 여자로 ATC 절환 방송이 출력되고, 정차 후 ATCCgS를 ATC 위치로 절환한다. ATC 위치로 절환한 후 절환 방송은 정지된다.

33) ASCCN(NFB for ATC/ATS Changer circuit) : ATC/ATS 절환 회로차단기

34) BZ(Buzzer) : 버저

35) CgSR(Chang Signal Relay for ATC/ATS) : 절환신호 계전기, CgSRR : 절환신호 보조계전기

36) CNSR(Normal Signal Relay) : 정상신호 계전기, SC : 지령속도 계전기

☑ 핵심정리



1. 제동 핸들 투입 후 103선 가압 및 운전실 선택

- (1) 축전지 전압계 () 또는 92.5V 현시로 103선 가압이 완료된 것을 확인할 수 있다.
- (2) 운전실 제어대 표시등 MCB OFF등 및 DOOR등 점등과 운전 보안장치(ATC 또는 ATS) 전원 투입으로 운전실 선택이 완료된 것을 확인할 수 있다.
- (3) 관련 회로 차단기 : 전부 운전실 BatKN1(BatKN2, BatN1,2), (), VN

2. ACM 구동

- (1) ACMCS 취급 후 ACMLp가 점등되며, () ACMLp 소등으로 전체 M'차 ACM 공기압력 ()이 확보된 것을 확인할 수 있다.
- (2) 관련 회로 차단기 : 전부 운전실 HCRN, 각 () ACMN, ACMKN
- (3) ACMCS 취급 후 ()가 10분 이상 점등 상태인 경우에 그대로 기동 취급을 한다.
- (4) 제동 핸들 투입 후 축전지 전압이 낮은 경우에 () M'차의 ACM만 구동한다.

3. Pan 제어

- (1) Pan 상승은 전부운전실에서만 취급할 수 있으며, Pan 하강은 () 운전실에서 취급이 가능하다.
- (2) Pan 상승
 - 103선 가압 및 전부 운전실 선택, 전부 운전실 MCN, HCRN 정상, ACM 공기압력 확보, 전부 및 후부 운전실 EPanDS 정상, AC 구간 전부 및 후부 EGCS 정상, 전체 MCB가 차단된 경우에 전체 Pan이 상승한다. 전차선이 단전된 경우에는 Pan이 상승하여도 운전실 AC등 또는 DC등은 점등되지 않는다.
 - 각 M'차 PanVN 차단, DC 구간 () 차단, 해당 차량 MCB 투입, Pan 공기관 차단 Cock 이 차단된 경우에 해당 차량의 Pan은 상승하지 않는다.
- (3) Pan 하강
 - 전부 및 후부 운전실에서 Pan 하강 취급이 가능하며, () 구간은 MCB가 차단되어야 Pan이 하강한다.
 - () 구간을 운행하는 중 MCBN2가 차단된 차량은 Pan이 하강한다.
 - 관련 회로 차단기 : BatKN1(PanDS 취급), PanDN(EPanDS 취급)

4. MCB 제어

- (1) MCB투입
 - 전차선 급전 상태에서 전체 Pan이 상승한 후 전부 운전실의 MCN, HCRN 정상, ADS 위치 전차선 전기방식과 일치, 전부 및 후부 운전실 TEST SW 정상인 경우에 MCBCS 취급으로 전체 MCB가 투입된다.

☑ 핵심정리



- 차량별로 Pan이 상승하지 않았거나 Pan 상승 공기압력이 () 이하인 경우, AC 구간 M'차 배전반의 MCBN1, ADAN, MTBMN, MTOMN, 또는 M차, M'차 CIN이 차단된 경우, DC 구간 M'차 배전반의 MCBN2, ADDN 또는 M차, M'차 CIN이 차단된 경우에 해당 M'차 MCB는 투입 불가능이다.
- MCB 투입 과정 및 순서는 Pan 상승 및 전차선 급전으로 ACVR(DCVR) () → ACVRTR(DCVRTR)이 () 된다.
ADS 위치에 따라 MCBCS 취급으로 MCBHR 여자 → 7선(8선) 가압 → () 가 절환 (ADAR 또는 ADDR 여자)된다.
MCBR1 여자 → MCB-C 여자 → () 여자 → MCB-C 무여자 순서로 MCB 투입이 완료된다.
MCB는 투입 후 차단 작용을 신속하게 하기 위하여 MCB-C 무여자로 MCB 제어 실린더의 공기는 배출되고 MCB는 투입 상태를 유지한다.
- (2) MCB 차단은 () 차단과 AC 구간의 () 차단으로 구분한다.
 - MCBOS 취급, PanDS 또는 EPanDS 취급, ADS 취급의 경우, 전체 M'차의 MCBR1, MCBR2가 무여자 되며, () 무여자로 MCB-T 코일이 여자 되어 전체 MCB가 차단된다. MCB 차단과 관련된 회로 차단기는 각 M'차 배전반 내에 MCBN1(AC 구간), MCBN2(DC 구간)가 있다.
 - 전차선 단전, PanPS 동작, MTOMN, MTBMN0이 차단된 경우에 MCBR1은 무여자 되나 MCBR2는 여자 상태로 조치 후 MCB 재투입은 MCBOS → MCBCS 취급을 한다.
 - AC 구간 운행 중 ACOCR 여자, (), ArrOCR 여자 될 경우에 MCB는 사고 차단이 된다. 조치 후 MCB 재투입은 MCBOS → RS → MCBCS 취급을 한다.

5. 교직 절환 및 확인 취급

- (1) 교직 절환 취급은 교직 절연 구간 전방의 ()에서 ADS를 전환하면, 전체 MCB 차단 → ADCg 절환 → 절연 구간 통과 → MCB 순차 투입 순서로 교직 절연 구간을 통과한다.
 - ADS 취급 직후 MCB OFF등 점등, 전차선 전원표시등 점등 상태를 확인한다.
 - ADS 취급 직후 일부차량 차단 불능(MCB 양소등), 전체차량 차단 불능(MCB ON등 점등), 전차선 전원표시등 소등의 경우 즉시 EPanDS 취급으로 Pan 하강 후 다음 구간에 진입 한다.
- (2) MCB 차단 불능인 경우 모진 방지
 - 직류 절환(AC → DC) : ()이나 MCB 기계적 고착인 경우, ADS 전환 직후 고장 차량 MCB는 차단 불능이 되며, 그대로 DC 구간에 진입하게 되면 직류 모진이 발생한다.
 - 교류 절환(DC → AC) : MCB 기계적 고착이 발생한 경우, 고장 차량 MCB는 차단 불능이 되며, 그대로 AC 구간에 진입하게 되면 교류 모진이 발생한다.
 - 교직 절환 직후 ()이 발생한 경우, 즉시 EPanDS 취급으로 Pan 하강 후 다음 구간에 진입하여 모진을 방지한다.

☑ 핵심정리



(3) MCB 절연 불량에 의한 모진 발생 조치

- 직류 절환(AC → DC) 직후 교류 모진이 발생한다. 교류 모진 발생을 확인하면 즉시 EPanDS 취급을 하여야 한다. EPanDS 취급을 하지 않고 직류구간에 진입할 경우 진입순간 ()이 발생한다.
- 교류 절환(DC → AC) 직후 직류 모진이 발생한다. 직류 모진이 발생한 경우에는 AC 구간 진입 후 현상을 확인할 수 있다.

(4) MCB 차단 불능 및 MCB 절연 불량은 완전부동 취급 및 연장급전 조치를 한다.

6. EGCS를 취급할 경우 EGS의 작동으로 ()되므로 비상외의 경우에는 취급하지 않는다.

- (1) EGCS 복귀 후 Pan 상승순간 단전이 되면 EGS 용착여부를 확인한다.
- (2) EGS가 용착된 차량은 완전부동 취급 및 연장급전 조치를 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

3장

견인 장치



- 3.1 개요
- 3.2 견인 장치의 구성과 작용
- 3.3 견인 장치의 제어
- 3.4 주 변환장치의 보호 작용과 복귀
- 3.5 고장 차량의 차단 취급



3장

견인 장치

3.1 개요

학습목표

- ✓ 견인 회로와 관련된 전기 법칙 몇 가지를 알아본다.
- ✓ 교·직류 전기동차의 동력 전달 체계와 전류의 흐름을 알 수 있다.
- ✓ 유도전동기의 회전 원리와 속도 제어 방법을 알고 이해한다.
- ✓ 주 변환장치(컨버터/인버터)의 구성과 작용을 알고 이해한다.
- ✓ 필터리액터, 차단기 및 견인 회로의 보호 장치에 대하여 알아본다.
- ✓ 견인 장치를 제어하는 주간제어기, 제동제어기와 견인제어장치의 작용을 알아본다.
- ✓ 직류와 교류 구간에서 동력 제어회로를 익힌다.
- ✓ 직류와 교류 구간에서 전기제동 회로에 대하여 알아본다.
- ✓ 견인 장치의 보호 작용과 복귀를 알아본다.
- ✓ 전기동차의 재(再)기동과 고장 차 차단을 알아본다.

[핵심용어]

유도전동기, 주 변환장치, 가변전압 가변주파수, 동력 운전, 전기(회생)제동, 견인제어장치, 보호 작용

3.1.1 개요

철도차량용 견인전동기로 과거에는 브러시(Brush)와 정류자를 가지고 있는 직류전동기를 주로 사용하였다. 이에 직류전동기보다 설계가 간단하고, 높은 신뢰성을 가지고 있으며 정비가 쉬운 유도전동기를 철도차량에 이용하고자 하였다. 하지만 유도전동기는 그 속도를 제어하는 기술이 충분하지 못해 그 사용 범위가 한정되었었다.

이후 전력변환 소자의 개발과 전동기의 냉각 기술의 발전, 마이크로프로세서에 의한 제어 기술의

진전에 따라 인버터의 제어에 의한 유도전동기의 구동 시스템이 개발되었다.

철도차량도 VVVF 제어 전기동차에 최초로 유도전동기가 채택되었으며, 철도차량용 교류 유도전동기(이하 유도전동기라 한다)의 특징은 다음과 같다.

첫째, 유도전동기는 직류전동기와 같은 정류 장치나 브러시(brush)가 없어 수리 점검에 드는 시간과 비용을 절감할 수 있고, 회전자(전기자라고도 한다)의 기계적 강도가 뛰어나 회전속도를 높게 할 수 있어 차량의 고속운전이 가능하다.

둘째, 직류전동기와 교류전동기의 동급 출력 용량 측면에서 비교해 볼 때, 교류기가 직류기에 비해 약 30% 정도 작고, 가볍게 할 수 있다.

셋째, 기계적인 절환 조작 없이 인버터에 의해 동력 운전과 전기제동의 절환 및 운전 방향의 절환이 가능하여, 기계적인 접촉기나 절환기 그리고 회로차단기 등의 수를 줄일 수 있어 전체 시스템의 크기와 무게를 줄일 수 있다.

넷째, 전기제동을 충분히 활용하여, 예전에는 공기 제동 방식으로만 제동이 체결되던 부수차(T, T1차) 및 제어차(TC차)의 제동까지도 구동차(M, M'차)¹⁾의 전기제동으로 부담하는 제동 방식을 채택하였다. 그리고 전기제동 시 유도전동기에서 발생하는 전기에너지를 전차선으로 되돌려 보내 에너지의 절감 효과를 얻을 수 있다.

3.1.1 용어 및 약어

용어의 내용과 약어의 명칭은 다음과 같다.

3.1.1.1 용어

용어의 내용은 [표 3-1]과 같다.

[표 3-1] 기본 용어와 내용

용어	내용
GTO 사이리스터 (Gate Turn Off Thyristor)	스위칭용 전력변환(반도체)소자로 전력을 변환하거나 공급 또는 차단하고, 장치를 제어하는 등 무접점 스위치 역할을 한다.

1) 견인전동기(유도전동기)가 장착되어 동력을 발휘하는 차

용어	내용
IGBT (Insulated gate bi-polar transistor)	절연게이트양극성트랜지스터라 하고, 높은 전압과 대 전류의 전기 회로에서 고속 스위칭이 가능한 전력변환 소자이다. GTO 사이리스터에 비해 스위칭 속도가 빠르고 스위칭 시 발생하는 소음과 발열이 적어 GTO 사이리스터 대신 전력을 변환하거나 공급 또는 차단하고, 제어하는 등 무접점 스위치로 사용하고 있다.
가변전압 가변주파수제어	교류 전력을 출력하는 인버터 등의 전력변환장치로 교류 전력의 전압과 주파수 등을 변환하여 전기기기의 속도와 회전력 등을 제어하는 것을 가변전압 가변주파수(Variable Voltage Variable Frequency) 제어라 한다.
견인전동기	동력을 발휘하는 차량에 설치하여 전동기(Motor)의 회전력으로 차량의 바퀴를 회전시켜 추진력을 발휘하는 전동기로 VVVF 제어 전기동차에는 유도전동기를 사용하고 있다.
견인제어장치 (Traction Control Unit : TCU)	주 변환장치에 내장되어 있으며, 마이크로프로세서에 의해 제어되는 전자장치로 컨버터와 인버터를 제어하여 동력 운전과 전기제동을 수행하며, 견인 장치의 보호 작용을 한다.
견인 회로	주변압기 2차 측의 주 변환장치에서 유도전동기까지의 전기 회로를 말한다. 유도전동기에 전력을 공급하고, 동력 운전과 전기제동을 제어하는 전기 회로와 보호회로를 포함한다.
차단기 (Line Braker)	견인 회로와 고압회로를 상시 개폐하거나 회로에 과부하 또는 과전류가 흐르면 회로를 차단하기도 하는 접촉기이다. 견인 회로를 구성하는 고속도차단기(L1)와 유닛(Unit) 스위치(L2, L3) 등이 있다. L1은 회로에 이상이 있을 때 회로를 차단하는 역할도 한다.
동력 운전	견인전동기가 전력을 공급받아 동력(회전력)을 발휘하여 운전하는 것이다. 견인전동기의 회전력으로 차륜을 회전시켜 주행한다.
무동력 운전	견인전동기에 전력의 공급을 중단하여 회전력을 발휘하지는 않지만 주행하는 차량 또는 열차가 관성에 의해 계속 주행하고 있는 상태이다.
역률	교류는 직류와 같이 일정한 전류의 흐름이 아니라 정현파 형태를 그리며 주기적으로 변화하기 때문에 전압과 전류의 위상이 일치하지 않을 수 있다. 따라서 교류의 전압과 전류의 실숫값을 곱한 이론상의 전력 중에서 유효전력으로 사용되는 비율로 입력되는 전체 전력에 대하여 실제로 일을 하는 출력과의 비율이다. 리액터 회로에서는 전압의 위상이 전류의 위상보다 앞서고, 반대로 콘덴서 회로에서는 전압의 위상이 전류의 위상보다 뒤진다.
전력변환 소자	전기적인 스위칭 작용으로 전력의 변환이나 제어를 위해 사용하는 다이오드, 트랜지스터, GTO 사이리스터, IGBT 등을 전력변환 소자라 한다.

용어	내용
전력의 변환	전원을 공급하고 그 전력을 사용하는 부하 사이에서 부하에 적합하도록 전압이나 전류 또는 주파수, 교류의 위상 등을 변화시켜서 전력을 공급하는 것을 말한다. 전력을 변환하는 장치를 전력변환장치라 하고 전기동차에는 변압기, 변류기와 주 변환장치, 보조전원장치 등이 있다.
펄스폭 변조 (PWM: Pulse Width-Modulation)	전력변환 소자의 스위칭을 이용하여 신호나 전기의 펄스의 폭을 조절함으로써 원하는 출력 파형을 얻는 방법이다. 이를 이용하여 전압을 정현파 모양으로 변화시켜 매끄러운 정현파 출력을 얻을 수 있고, 전압과 전류의 크기도 조절할 수 있다.
필터리액터(FL)	직류 구간에서 견인 회로의 고조파 분과 전차선의 이상 충격전압을 흡수하고 인버터와 연결부에 이상전압이 들어가는 것을 방지하는 장치

3.1.1.2 약어

약어와 그 명칭은 [표 3-2]와 같다.

[표 3-2] 약어의 명칭

기호 일람표		
약어	명칭	비고
AK	보조 접촉기	Auxiliary Contactor
AKR	보조 접촉기 계전기	"AK" Relay
APR	보조 전원 계전기	Auxiliary Power Relay
APT	보조 전위 계전기	Auxiliary Potential Relay
ASCN	활주 방지 제어회로 차단기	"ASC" NFB(No-Fuse Braker)
BMFR	송풍 전동기 고장 계전기	Blower Motor Fault Relay
CCOS	제어회로 절환 스위치	Control Changeover Switch
CDR	제동 전류 검지 계전기	Brake Current Detector Relay
CIBM	주 변환장치 송풍 전동기	Conv/Inv Blower Mortor
CIBMN	"CIBM" 회로 차단기	Conv/Inv Blower Mortor NFB
CIFR	주 변환장치 고장 계전기	Conv/Inv Fault Relay
CIN	주 변환장치 제어회로 차단기	Conv/Inv Control NFB
CN1	전 · 후진 회로 차단기	NFB For Forward/Reverse
CN2	전기제동 회로 차단기	NFB For Electric Braking
CN3	동력 회로 차단기	NFB For Powering

기호 일람표		
약어	명칭	비고
COR	차단 계전기	Cut-Out Relay
CTR	출력 제어 계전기	Power Control Relay
DCK	직류 제어 전원 접촉기	DC Control Power Contactor
DCKTD	"DCK" 시한계전기	DCK Timer Relay
EBCOS	비상제동 차단 스위치	Emergency Brake Cut-Out Switch
ELBR	전기제동 계전기	Electric Brake Relay
EODN	"EOD" 회로 차단기	"EOD" NFB
FLBMK	리액터 송풍 전동기 접촉기	"FL" Blower Motor Contactor
FLBMN	"FL" 전동기 회로 차단기	"FL" Blower Motor NFB
K	접촉기	Contactor
KR	접촉기 계전기	"K" Relay
KRR	접촉기 반복 계전기	"K" Repeat Relay
L1	L1 차단기(고속 차단기)	Line Braker "L1"
L1FR	L1 차단 계전기	L1-Trip Relay
L1R	L1 제어계전기	"L1" Relay
L2	L2 차단기	Unit Switch "L2"
L2R	L2 제어 계전기	"L2" Relay
L3	L3 차단기	Unit Switch "L3"
L3R	L3 제어 계전기	"L3" Relay
MCBAR	MCB 보조 계전기	"MCB" Auxiliary" Relay
MCBOR	"MCB" 차단 계전기	"MCB" Open Relay
OVCR _f	과전압 방전 사이리스터	Over Voltage Discharging Thyristor
RS	복귀 스위치	Reset Switch
RSR	복귀 계전기	Reset Relay
SIVSR	"SIV" 기동 계전기	SIV Start relay
SqAR	시퀀스 보조 계전기	Sequence Auxiliary Relay
SqHR	시퀀스 유지 계전기	Sequence Holding Relay
SqR1,2	시퀀스 시험 계전기	Sequence Test Relay
SYN1,2	동기신호용 회로 차단기	Synchronizing Signal NFB
UCOR	유닛(Unit) 차단 계전기	Unit Cutout Relay
UCORR	유닛(Unit) 차단 반복 계전기	"UCOR" Repeat Relay

기호 일람표		
약어	명칭	비고
VCOR	차량 차단 계전기	Vehicle Cutout Relay
VCORR	차량 차단 반복 계전기	"VCOR" Repeat Relay
VCOS	차량 차단 스위치	Vehicle Cutout Switch
VRS	차량 차단 복귀 스위치	Vehicle Reset Switch

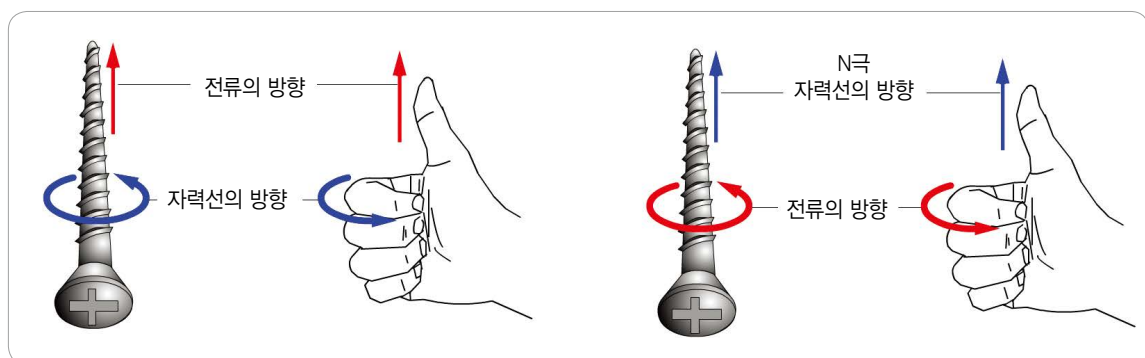
3.1.2 전기의 법칙

견인 회로 기기의 작용을 이해하기 위해 다음과 같은 전기의 법칙을 몇 가지 알아본다.

3.1.2.1 앙페르의 오른나사의 법칙

앙페르의 오른나사의 법칙은 전류의 흐르는 방향과 그 전류에 의해 발생하는 자기장²⁾의 방향을 쉽게 설명한 것이다.

도선에 전류가 흐르는 방향이 오른나사의 진행 방향일 때 오른나사의 회전 방향으로 자기장이 유도된다. 또 나사의 회전 방향으로 전류가 흐르면 자기장은 나사의 진행 방향으로 유도된다는 법칙이다. 따라서 철심에 코일을 감고 전기를 흐르게 하면 자기장이 유도되는데, 유도되는 방향이 오른나사의 진행 방향으로 나타나고 그 방향이 전자석의 N극이 된다.



[그림 3-1] 앙페르의 오른나사 법칙

2) 자석의 자기력(자석이 쇠붙이 같은 금속 물체를 끄는 힘)이 작용하는 공간

오른손을 [그림 3-1]과 같이 하였을 때 전류의 방향을 엄지손가락 방향으로 하면 나머지 손가락의 방향으로 자기장이 유도되는 것을 말한다. 이는 반대로 자기장이 엄지를 제외한 나머지 손가락 방향으로 만들어지면 전류가 엄지손가락의 방향으로 유도됨을 뜻한다.

즉, 오른나사의 진행 방향과 엄지손가락의 방향이 전류의 방향이면 나사의 회전 방향과 나머지 손가락의 방향이 자기장의 방향([그림 3-1]의 왼쪽)이다. 반대로 나사의 회전 방향과 엄지를 제외한 나머지 손가락의 방향이 전류의 방향일 때 나사의 진행 방향과 엄지손가락의 방향이 자기장의 방향이 되며, 전자석일 때는 N극을 나타낸다는 것이 앙페르의 오른나사 법칙([그림 3-1]의 오른쪽)이다.

평면도에서 전류의 들어가고 나감을 표기할 때 $\otimes$, $\odot$ 으로 나타낸다. $\otimes$ 은 앞쪽에서 뒤쪽으로 전류가 흘러가는 것을 나타내고, $\odot$ 은 뒤쪽에서 앞쪽으로 전류가 흘러나옴을 나타낸다.

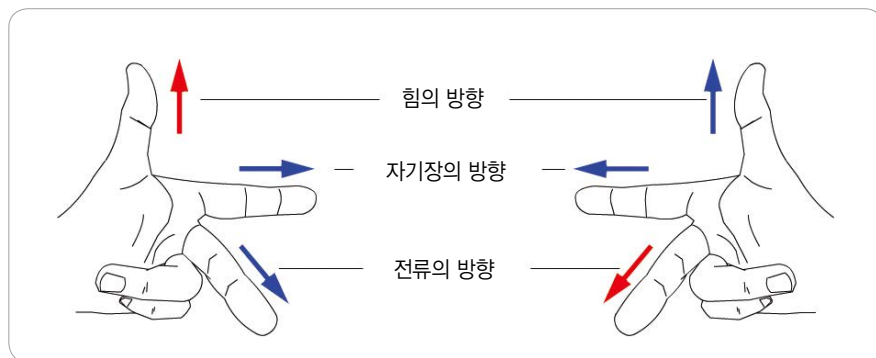
3.1.2.2 플레밍의 법칙(Fleming's rule)

플레밍의 법칙에는 회전력과 자기장의 방향을 알 때 전자유도로 생기는 유도전류의 방향을 표시하는 오른손법칙과 자기장이 작용하는 공간에 도체를 놓고 그 도체에 전류를 흐르게 하면 자기장과 도체에서 생기는 자력선의 상호작용으로 발생하는 힘(회전력)의 방향을 표시하는 왼손법칙이 있다.

(1) 오른손법칙

오른손법칙은 발전기의 원리로 N극과 S극 사이의 자기장 내에서 도체를 회전시킬 때 도체에 유도되는 전류의 방향을 나타내 주는 법칙이다.

오른손을 [그림 3-2]의 오른쪽과 같이 펼쳤을 때 엄지손가락이 도체에 작용하는 힘의 방향, 집게손가락이 자기장의 방향이면, 도체에 만들어진 유도전류는 가운데손가락 방향으로 흐른다. 이를 플레밍의 오른손법칙이라 한다.



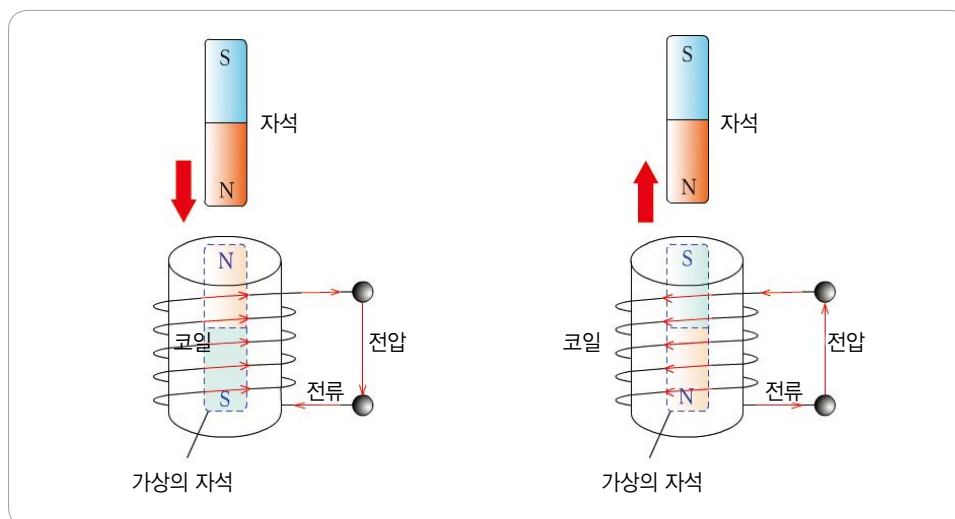
[그림 3-2] 플레밍의 왼손법칙(왼쪽)과 오른손법칙(오른쪽)

(2) 왼손법칙

왼손법칙은 전동기의 원리를 설명해 준다. N극과 S극 사이에 도체를 놓고 그 도체에 전류를 흘려 보내면 그 도체는 N극과 S극 사이의 자기장과 도체에서 만들어지는 자기장과 상호작용으로 회전력이 생기는 것을 설명하는 법칙이다. 왼손을 [그림 3-2]의 왼쪽과 같이 펼쳤을 때 집게손가락이 자기장의 방향이고, 가운데손가락이 전류의 방향일 때 도체에 생기는 힘의 방향은 엄지손가락의 방향이다.

3.1.2.3 렌츠의 법칙

자속³⁾을 변화시키면 이 변화를 방해하는 방향으로 전자유도에 의한 유도기전력이 발생한다. 이 유도기전력의 방향을 구하는 것이 렌츠의 법칙이다.



[그림 3-3] 렌츠의 법칙

[그림 3-3]의 왼쪽 그림에서 자석의 N극을 감겨있는 코일에 가깝게 하면 코일에는 N극에 반발하는 가상의 N극이 생기고, 그 반대쪽에는 S극이 생겨 코일에는 앙페르의 오른나사의 법칙에 따라 화살표 방향으로 전류의 흐름이 유도된다. 반대로 [그림 3-3]의 오른쪽 그림과 같이 자석을 코일에서 멀리하면 코일에는 N극을 끌어당기려는 가상의 S극이 생기고 반대쪽에는 N극이 생기면서 전류의

3) 자기장 속의 어떤 표면을 통과하는 자기력선의 물리적인 양

흐름이 유도된다. 이같이 전자유도로 코일에 생기는 유도전류는 자석에 의한 자속의 증가를 방해하는 방향으로 발생한다는 것이 렌츠의 법칙이다. 이를 응용한 것이 교류의 전압을 변화시키는 변압기이다.

3.1.3 교 · 직류 전기동차의 동력 전달 체계

전기동차는 일반적으로 [그림 3-4]와 같이 동력 운전 시에는 견인전동기(유도전동기)의 전기자 회전력 → 기어 커플링 → 소치차 → 대치차 → 차축 → 동륜의 순서로 회전력을 전달한다.

무동력 운전 시에는 동륜이 관성으로 회전하기 때문에 맞물려 있는 견인전동기의 전기자도 같이 회전하고 있다. 이때 전기제동을 체결하여 견인전동기(유도전동기)의 계자에 전력을 공급하면 계자는 전자석이 되어 회전자계가 발생하고, 회전자계의 회전수를 전기자의 회전수보다 낮게 해 주면 전기자가 회전자계의 자기장 속에서 자기력선을 끊게 된다. 이 자기력선을 끊을 때 생기는 저항(부하)이 차륜 회전력에 대하여 역(易)회전력인 제동력으로 작용한다. 따라서 견인전동기는 일시적으로 발전기로 작용하면서 전력을 만들어 낸다. 이 전력은 동력 운전 시와는 반대로 전차선으로 되돌려지고, 이를 회생제동이라 한다.

교 · 직류 전기동차의 교류 전차선 구간(이하 ‘교류 구간’이라 한다) 및 직류 전차선 구간(이하 ‘직류 구간’이라 한다)에서 견인 회로의 전류의 흐름은 다음과 같다.

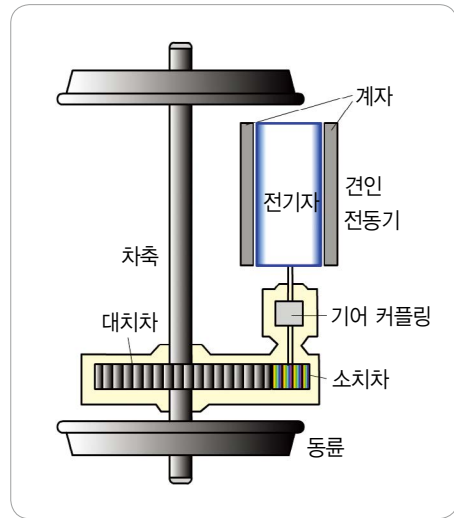
3.1.3.1 직류 구간

직류 구간에서 동력 운전과 회생제동 시 개략적인 전류의 흐름은 다음과 같다.

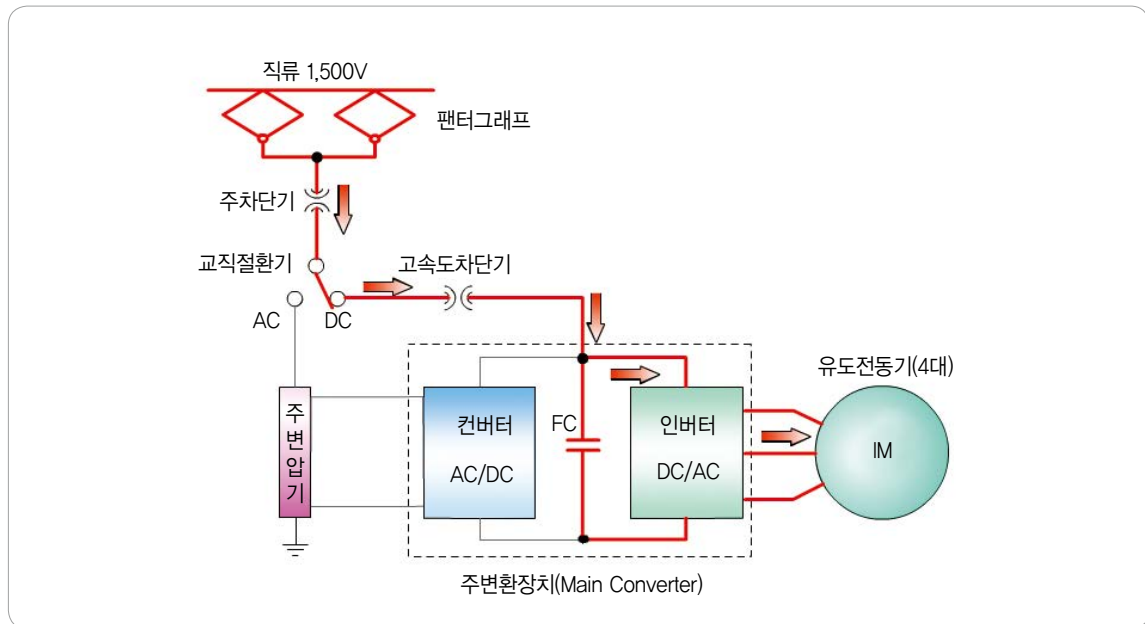
(1) 동력 운전

직류 1,500V의 전차선 전압을 그대로 사용하여 인버터를 거쳐 유도전동기로 가는 회로가 구성된다. 직류 구간에서는 주변압기와 컨버터를 사용하지 않는다.

직류 1,500V → 팬터그래프 → 주차단기 → 교직절환기 → 고속도차단기 → 인버터(DC → AC 변환 및 유도전동기 제어) → 유도전동기([그림 3-5])



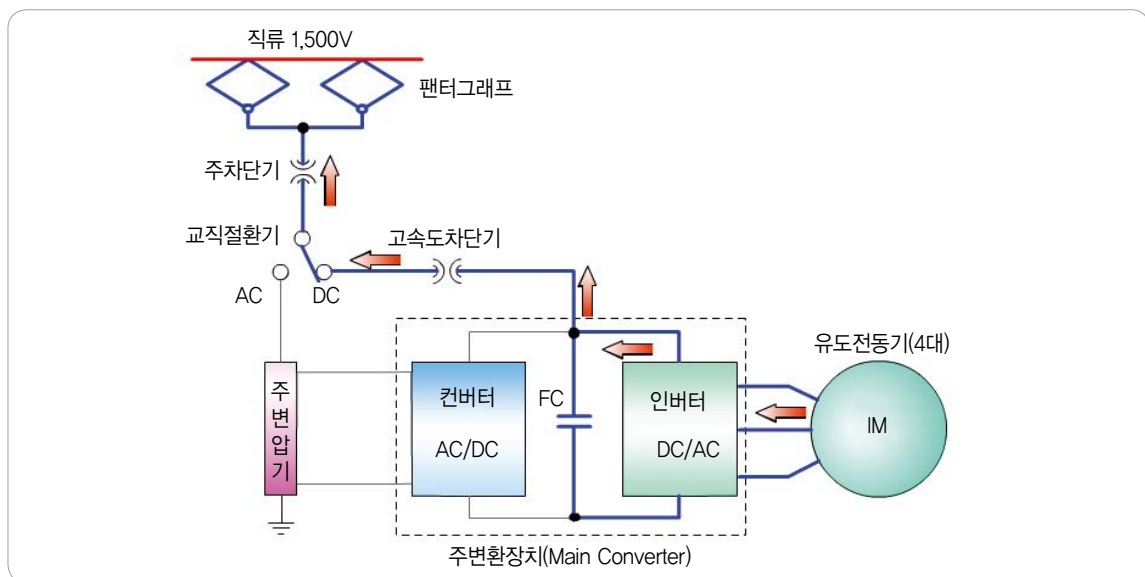
[그림 3-4] 동력전달장치 개요



[그림 3-5] 직류 구간 동력 운전 시 전류 흐름도

(2) 회생제동

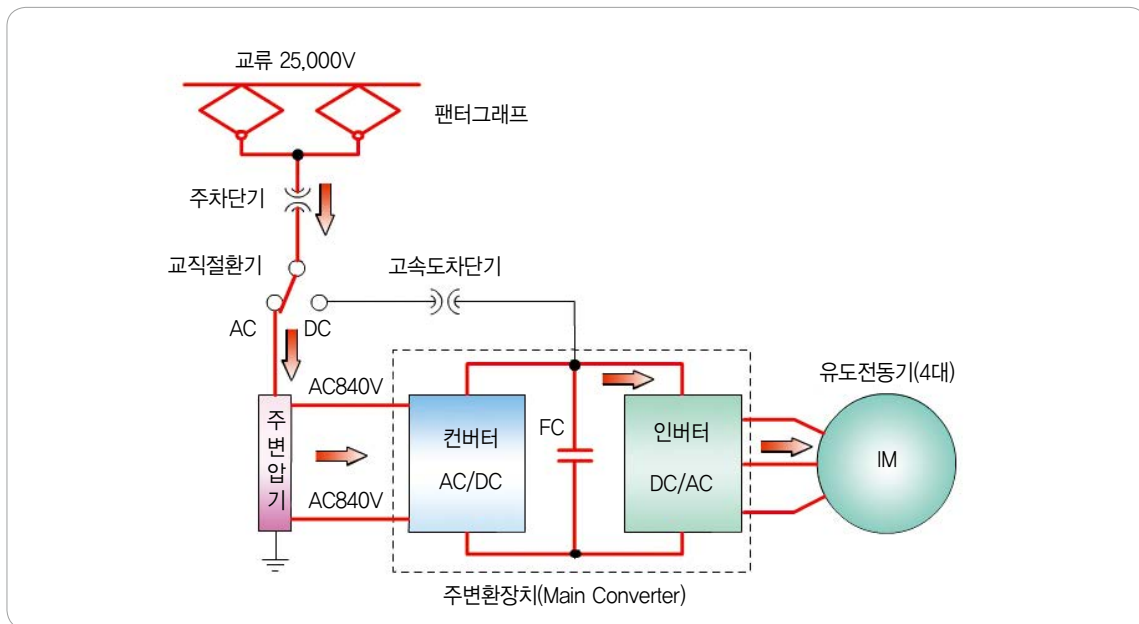
유도전동기 → 인버터(동력 운전 시의 인버터가 컨버터 역할, AC → DC) → 고속도차단기 → 교직절환기 → 주차단기 → 팬터그래프 → 전차선([그림 3-6])



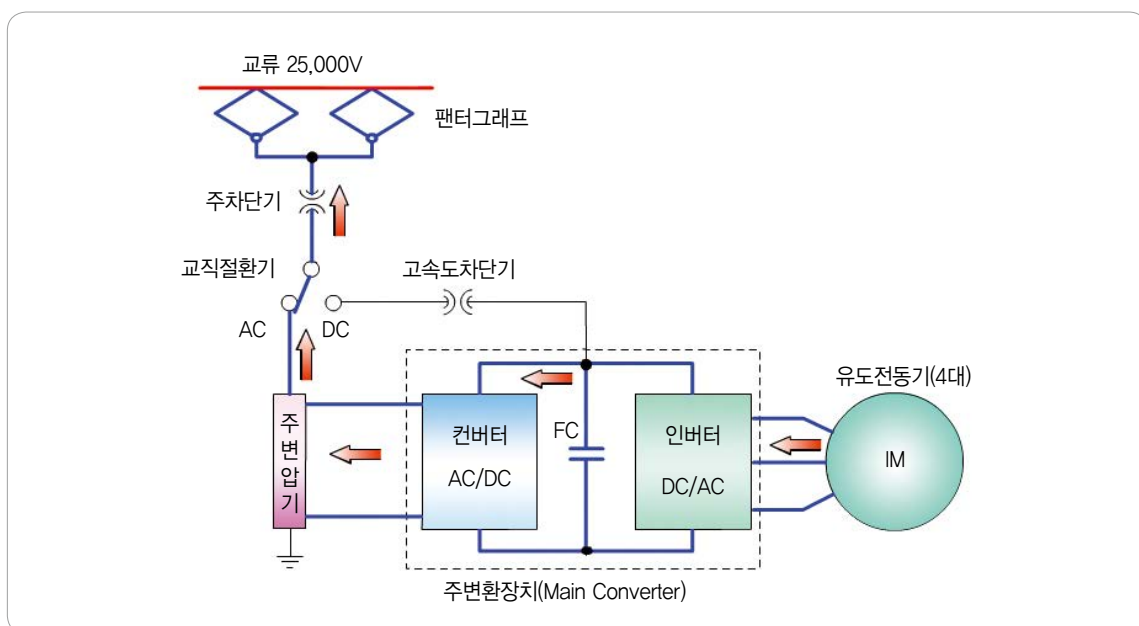
[그림 3-6] 직류 구간 회생제동 시 회생 전류 흐름도

3.1.3.2 교류 구간

교류 구간에서 동력 운전과 회생제동 시 개략적인 전류의 흐름은 다음과 같다.



[그림 3-7] 교류 구간 동력 운전 시 전류 흐름도



[그림 3-8] 교류 구간 회생제동 시 회생 전류 흐름도

(1) 동력 운전

교류 25,000V → 팬터그래프 → 주차단기 → 교직절환기 → 주변압기(AC 840×2) → 컨버터(AC → DC 1,800V) → 인버터(DC → AC, 유도전동기 제어) → 유도전동기 순서로 회로가 구성된다([그림 3-7]).

(2) 회생제동

유도전동기 회생 전류 → 인버터(동력 운전 시의 인버터가 컨버터 역할, AC → DC) → 컨버터(동력 운전 시의 컨버터가 인버터 역할, DC → AC) → 주변압기 → 교직절환기 → 주차단기 → 팬터그래프 → 전차선([그림 3-8])

3.2 견인 장치의 구성과 작용

견인 장치는 유도전동기와 주 변환장치, 그리고 주 변환장치를 제어하는 견인제어장치 및 필터리액터, 차단기, 그리고 기타 보호 장치와 제어회로 등으로 구성되어 있다. 견인제어장치는 운전실의 주간제어기와 제동제어기의 제어를 받아 유도전동기의 운전 방향을 결정하고, 마이크로프로세서로 동력 운전과 전기제동 등을 제어한다.

3.2.1 유도전동기

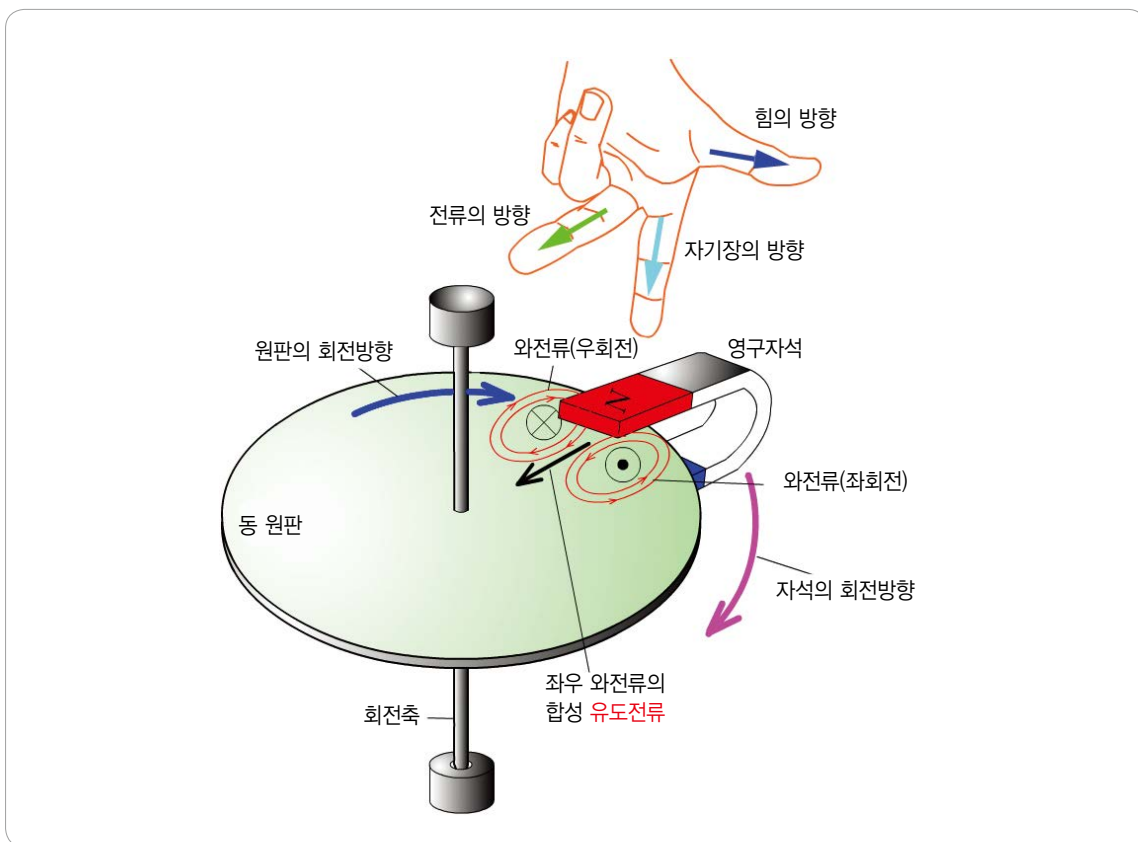
유도전동기의 고정자 권선에 3상의 교류전류를 공급하면 회전자계가 발생한다. 유도전동기는 그 회전자계에 의해 회전자의 도체에 유도되는 유도전류와 자기장 사이에서 회전력을 발휘하는 전동기이다. 유도전동기는 고정자 권선에만 전류가 흐르고, 회전자에는 별도로 외부 전류를 공급하지 않아 직류기에 있는 정류 장치와 브러시(brush)가 없다. 따라서 구성이 간단하고 기계적으로 튼튼하여 유지 보수가 쉬우며 가격도 저렴하다.

VVVF 제어 전기동차의 유도전동기는 3상 4극 농형유도전동기⁴⁾이고, 자체 냉각 방식이다. 연속 정격은 200KW, 1,100V, 130A, 2055RPM(Revolution Per Minute)이다.

4) 회전자의 모양이 대바구니 혹은 새장같이 생겨 농형유도전동기라 한다.

3.2.1.1 유도전동기의 회전 원리

유도전동기의 회전 원리는 일반적으로 아라고(D.F Arago)의 원판으로 설명한다. 아라고의 원판은 회전축을 중심으로 회전이 가능한 동 원판에 영구자석을 맞대고 회전시키면 동 원판이 따라 도는 현상을 나타낸 것이다. [그림 3-9]는 원판을 사이에 두고 영구자석의 N극과 S극을 시계 방향(보라색 화살표)으로 회전시키면 동 원판이 같은 방향(파란색 화살표)으로 영구자석을 따라서 도는 현상을 설명한 것이다.



[그림 3-9] 아라고의 원판과 회전 원리

원판의 회전 원리는 자석의 N극과 S극 사이의 자속이 회전하면 원판에 유도되는 자속도 그 크기가 변화하므로 렌츠의 법칙에 따라 원판에는 자속의 변화를 방해하는 방향으로 유도기전력이 발생한다.

즉 자석이 가는 곳의 자기장은 자석의 빨간색 N극에서 파란색 S극으로 들어가므로 원판의 위에서 아래 방향으로 들어가는 자기장의 세기가 계속 증가하는데 원판에는 이를 방해하는 방향 즉, 원판의

아래에서 위 방향으로 나오는(⊙) 기전력이 유도된다.

반대로 자석이 지나간 자리는 위에서 아래로 들어가는 방향의 자기장의 세기가 점차 줄어들기 때문에 이를 저지하는 방향 즉, 위에서 아래로 들어가는 방향(⊗)으로 기전력이 원판에 유도된다. 이같이 유도된 기전력에 앙페르의 오른나사 법칙이 적용되어 와(맴돌이)⁵⁾전류가 생긴다. 지나간 쪽은 우회전, 가는 쪽은 좌회전하는 전류가 서로 다른 방향으로 만들어지고, 이 와전류의 합성 전류가 [그림 3-9]의 검은색 화살표 방향으로 유도된다.

유도된 전류(검은색 화살표)의 방향은 원판의 중심 쪽으로 흐르고 자기장의 방향은 영구자석의 N극에서 S극 방향으로 이동하므로 원판의 위쪽에서 아래쪽으로 작용한다. 따라서 유도된 전류와 자기장의 작용으로 플레밍의 왼손법칙에 의하여 힘(전자력)이 엄지손가락의 방향(파란색 화살표)으로 발생하고 원판은 자석과 같은 방향으로 자석을 뒤따라 회전한다. 이것이 유도전동기의 회전 원리이다.

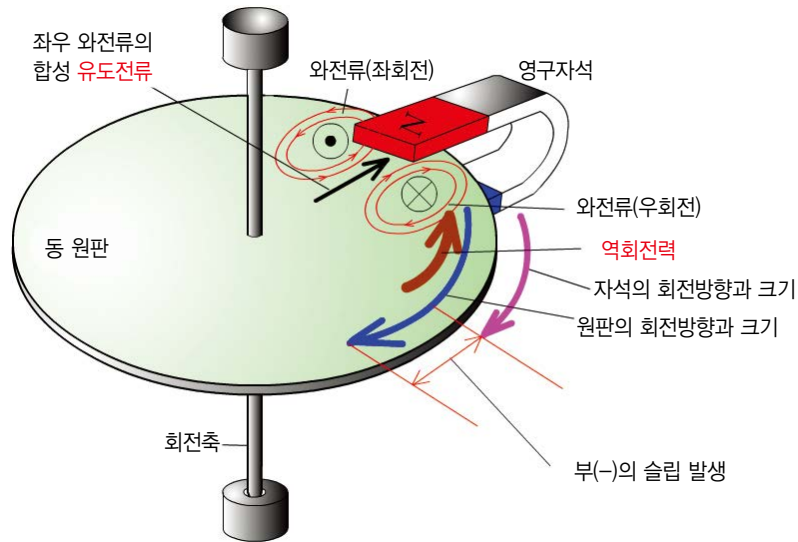
3.2.1.2 유도전동기의 전기제동 원리

동 원판이 관성에 의해 회전하고 있을 때 동 원판의 회전속도보다 영구자석의 회전속도를 늦추면 영구자석에서 발생하는 자기장을 동 원판이 끊고 지나가는 마이너스(-)의 슬립(미끄러짐)이 생긴다.

영구자석이 동 원판을 뒤따라 가면 동 원판의 뒤쪽으로 영구자석이 이동하는 상황이 되어 영구자석 뒤쪽의 동 원판에는 영구자석의 자기장의 세기가 계속 증가하므로 이를 방해하는 방향 즉, 원판의 아래에서 위 방향으로 나오는(⊙) 기전력이 유도된다. 반대로 자석이 지나간 자리는 위에서 아래로 들어가는 방향의 자기장의 세기가 점차 줄어들기 때문에 이를 방해하는 방향 즉, 위에서 아래로 들어가는 방향(⊗)으로 기전력이 유도된다. 이같이 유도된 기전력에 의해 만들어진 와전류의 합성 전류가 유도전동기의 회전 시와는 반대로 원판의 바깥([그림 3-10]의 검은색 화살표) 방향으로 유도된다.

따라서 플레밍의 왼손법칙에 따라 발생하는 힘(전자력)이 회전 시와 반대(갈색 화살표 : 역(易)회전력)로 발생하여 원판의 회전을 방해하는 방향으로 작용한다. 이를 이용한 것이 유도전동기의 전기제동의 원리이며, 이때 원판이 영구자석의 자기장을 끊게 되어 유도전동기는 일시 유도발전기가 되어 교류 전기를 발전한다.

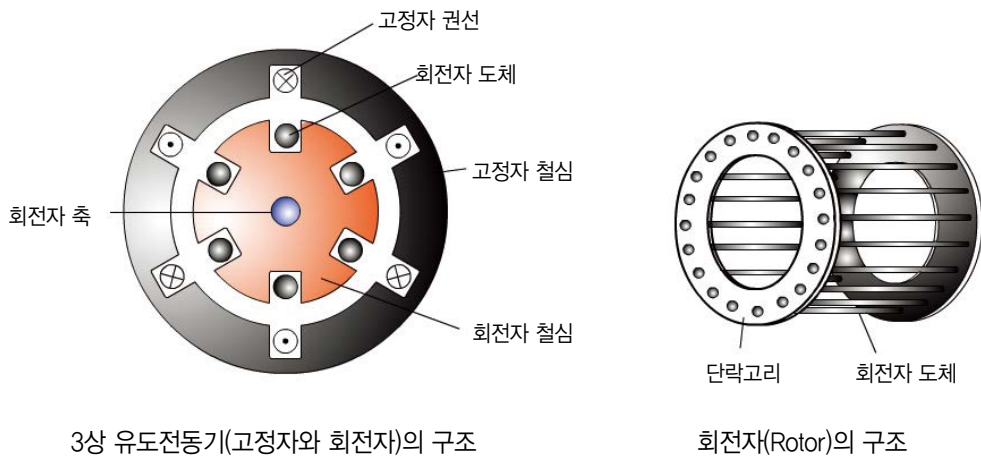
5) 도체의 내부에서 만들어진 전류로, 도체의 일부분에서 소용돌이 모양의 닫힌 통로를 흐르는 전류를 말한다.



[그림 3-10] 아라고의 원판과 전기제동 원리

3.2.1.3 유도전동기의 구조

농형유도전동기의 고정자 측에는 [그림 3-11]과 같이 회전자계를 발생하는 고정자 권선이 있다. 회전자는 철심의 홈에 회전자 도체를 집어넣어 각 도체의 양 끝을 단락 고리로 연결하여 도체와 철심 간을 별도로 절연할 필요가 없으며 간단하고 튼튼한 구조이다.



3상 유도전동기(고정자와 회전자)의 구조

회전자(Rotor)의 구조

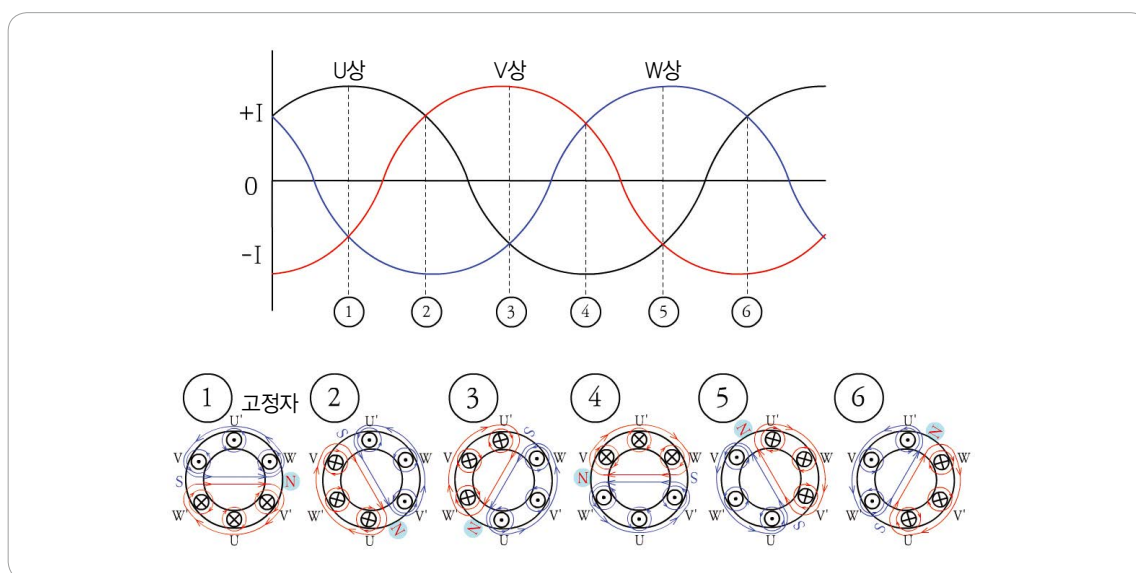
[그림 3-11] 유도전동기의 구조

3.2.1.4 회전자계와 회전수

원판(이하 ‘회전자’라 한다)에 자석을 회전시켜 자속을 변화시키면 자석의 회전에 따라 회전자도 같은 방향으로 회전한다. 그러나 유도전동기에 자석을 회전시킬 수는 없으므로 자석을 회전시키는 대신 3상의 교류 전원을 공급하여 전자석을 만들어 회전시키는 회전자계로 대체한다.

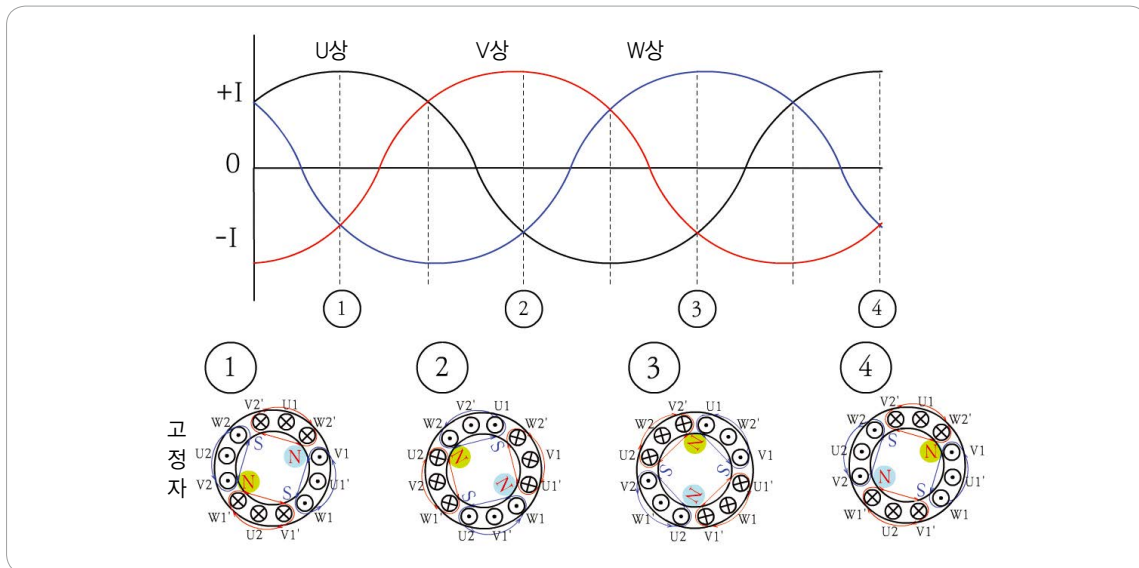
유도전동기의 원통형 고정자 철심의 홈(slot) 사이에 세 가닥의 코일을 120° 의 전기각(電氣角) 간격으로 배치([그림 3-11])하였다. 이들 코일을 각각 U, V, W상 권선(고정자 권선)이라 하고 그 권선에 [그림 3-12], [그림 3-13]과 같이 삼상교류 전류를 흘리면 고정자에 회전자계가 발생한다.

[그림 3-12]는 2극(U와 U', V와 V', W와 W')의 고정자 권선에 3상 교류를 흘려보냈을 때 회전자계가 발생하는 과정을 나타낸 것이다.



[그림 3-12] 2극일 때의 회전자계(1주기에서 1회전)

120° 의 위상차를 가진 U상과 V상 그리고 W상의 1주기 동안에 생기는 회전자계를 6개의 순간으로 나누어 살펴보자. 먼저 ①의 경우 U상은 ‘+’, V상과 W상은 ‘-’로 전류는 고정자 권선의 U(⊗) → U'(⊙), V'(⊗) → V(⊙), W'(⊗) → W(⊙)로 흐르므로 앙페르의 오른나사의 법칙에 따라 전류가 나오는 쪽(⊙)은 반시계 방향(파란색)으로 자기장이 생기고, 전류가 들어가는 쪽(⊗)은 시계 방향(빨간색)으로 자기장이 생긴다. 이같이 만들어진 자기장을 합성하면 N극과 S극을 가진 가상의 전자석이 생긴다. 같은 방법으로 ②에서 ⑥까지 진행하면서 만들어진 가상의 전자석이 시계 방향으로 회전(하늘색 N극의 이동을 참고)하고 있는 것을 볼 수 있어 마치 자석을 회전시키는 것과 같아 이를



[그림 3-13] 4극일 때의 회전자계(1주기에서 1/2회전)

회전자계라 한다.

회전자계는 2극일 때 교류 1주기에서 1회전을 하므로 1초에 60번 진동하는 주파수(Hz)를 가진 3상 교류를 흘려보내면 회전자계는 원주를 1초에 60바퀴를 회전하게 된다.

[그림 3-13]의 4극일 때를 살펴보자. 교류 1주기 ①에서 ④까지 진행하면서 2개의 가상의 전자석이 만들어지고 회전자계는 3상 교류 1주기 동안에 원주를 1/2 회전하는 것을 알 수 있다.

정리하면, 회전자계가 2극일 때는 3상 교류의 1주기에서 원주를 1회전을 하고 4극일 때는 1/2 회전 하므로, 회전자계의 회전수(동기속도⁶⁾)는 주파수(F)에 비례하고 극(P) 수에 반비례하는 것을 알 수 있다. 따라서 회전자계의 초당 회전수(n)는 주파수(F)를 극수(P)로 나눈 값 $n=2F/P$ 로 나타낼 수 있다.

여기서 주파수(F)는 1초당 진동하는 횟수로 초당 회전수이다. 이를 전동기의 분당 회전수인 RPM으로 값을 바꾸면 다음과 같다.

$$N = \frac{120F}{P} \dots\dots\dots(3-1)$$

식 중 N : 1분간 회전수(RPM), F : 전원 주파수(Hz), P : 극수

6) 회전자계의 회전속도이고, 전원의 주파수와 전동기의 극수에 의해 결정된다.

3.2.1.5 유도전동기의 속도 제어

(1) 전압과 주파수 제어

유도전동기의 회전수는 (3-1)식에서와 같이 전원 주파수에 비례하고, 극수에 반비례한다. 즉 회전수를 변화시키려면 전원 주파수 또는 극수를 바꾸어 주면 되는데, 전동기의 극 수를 변경하는 것은 곤란하고 일반적으로 전원 주파수를 변화시킨다. 전원 주파수를 변화시키면 회전자계의 회전속도가 변화하므로 따라 도는 회전자의 회전속도를 제어할 수 있다.

그러나 전원 주파수만을 증가시켜 회전수를 올리게 되면 속도가 올라감에 따라 유도전동기의 회전력이 점차 떨어지고, 부하보다 회전력의 크기가 떨어지면 가속은 멈추게 된다. 따라서 전원 주파수의 증가와 함께 전동기 공급 전압을 동시에 올려 주면 속도를 높이면서 회전력도 유지할 수 있다.

즉, 유도전동기의 회전수를 높이려면 전원 주파수를 올리면서 떨어지는 회전력을 보상해 주기 위해 전압도 함께 올려야 한다. 이를 가변전압 가변주파수(Variable Voltage Variable Frequency) 제어라 한다.

(2) 슬립 제어

유도전동기 회전자의 회전속도는 회전자계의 속도를 거의 따라가지만 회전자에 걸리는 부하로 인하여 완전하게 일치하지는 않는다. 즉 동력 운전을 하는 경우 회전자는 회전자계의 회전속도보다 조금 느린 속도로 회전하고, 전기제동⁷⁾ 시는 반대로 회전자계보다 조금 빠른 속도로 회전한다. 이 일치하지 않는 부분의 비율을 슬립(slip)이라 하고, 회전자계의 속도에서 실제 회전자의 회전속도를 감한 것을 슬립주파수라 한다.

동력 운전 시 슬립주파수가 크면 회전자가 회전자계를 그만큼 늦게 따라가므로, 회전자에 유도되는 전류가 크게 된다. 따라서 슬립의 크기를 제어하면 회전자에 유도되는 전류의 크기가 제어되므로 부하에 대응하여 회전력의 크기도 제어할 수가 있다(식 (3-4) 참고).

슬립주파수 F_s 는 다음식 (3-2)와 같다.

$$F_s = N_s - N \dots\dots\dots(3-2)$$

(F_s : 슬립주파수, N_s : 회전자계의 회전속도(동기속도), N : 회전자의 회전속도)

7) 전기동차의 전기제동은 대부분 전력을 전차선으로 되돌리는 회생제동으로 작용하나, 전력을 전차선으로 되돌릴 수 없는 경우에는 발전제동으로도 작용한다. 따라서 회생제동과 발전제동을 아울러서 전기제동으로 표기하기로 한다.

또 슬립 S는 슬립주파수 F_s 를 회전자계의 회전속도 N_s 로 나눈 값이다.

$$S = \frac{F_s}{N_s} = \frac{N_s - N}{N_s} \dots \dots \dots (3-3)$$

(3) 회전력 제어

1) 전압과 주파수 제어

유도전동기에 발생하는 회전력(Torque)은 식 (3-4)와 같이(전원 전압/전원 주파수)의 제곱과 슬립주파수에 비례하는 것으로 나타나므로, 전동기의 전원 전압과 주파수 그리고 슬립주파수를 제어하여 유도전동기의 토크를 자유롭게 제어할 수 있다.

$$T = K \cdot \left(\frac{V}{F} \right)^2 \cdot F_s \dots \dots \dots (3-4)$$

(T : 유도전동기 회전력, K : 상수, F : 전원 주파수, V : 전원 전압, F_s : 슬립주파수)

2) 슬립주파수 제어

유도전동기의 주파수와 전압을 제어하여 높일 수 있는 전동기의 공급 전압이 한계에 이르면 이후 주파수의 상승으로 떨어지는 회전력을 슬립주파수를 변화시켜 높여준다.

즉, 슬립이 크면 회전자에 유도되는 전류가 커지기 때문에 떨어지는 회전력을 높일 수 있다.

3.2.2 주 변환장치

주 변환장치는 유도전동기가 장착된 구동차(M, M'차)에 탑재되어 있고, 4대의 유도전동기의 전원과 속도 및 견인 등을 제어하는 장치이다. 교 · 직류 전기동차의 주 변환장치는 전력변환장치부와 견인제어장치부로 구성되어 있다. 전력변환장치부에는 컨버터와 인버터 그리고 평활회로가 있다.

[그림 3-14]와 같이 동력 운전 시에 직류 구간(교직 절환기 DC위치)에서 직류 1,500V의 전차선 전원을 공급받아 필터커패시터에서 평활화한 다음, 인버터로 보낸다. 인버터에서는 직류 전력을 3상 교류로 변환 출력하여 구동차(M차 또는 M'차)에 있는 4대의 유도전동기를 제어한다.

교류 구간에서(교직 절환기 AC위치)는 주변압기에서 오는 단상교류(AC 840V×2)의 전원을 입력받아 컨버터에서 직류 1,800V로 변환하고, 그 전압을 필터커패시터(FC)에서 평활화한 다음 인버터로 보내면 인버터에서는 직류 구간과 같이 3상 교류로 전력을 변환하여 4대의 유도전동기를 제어한다.

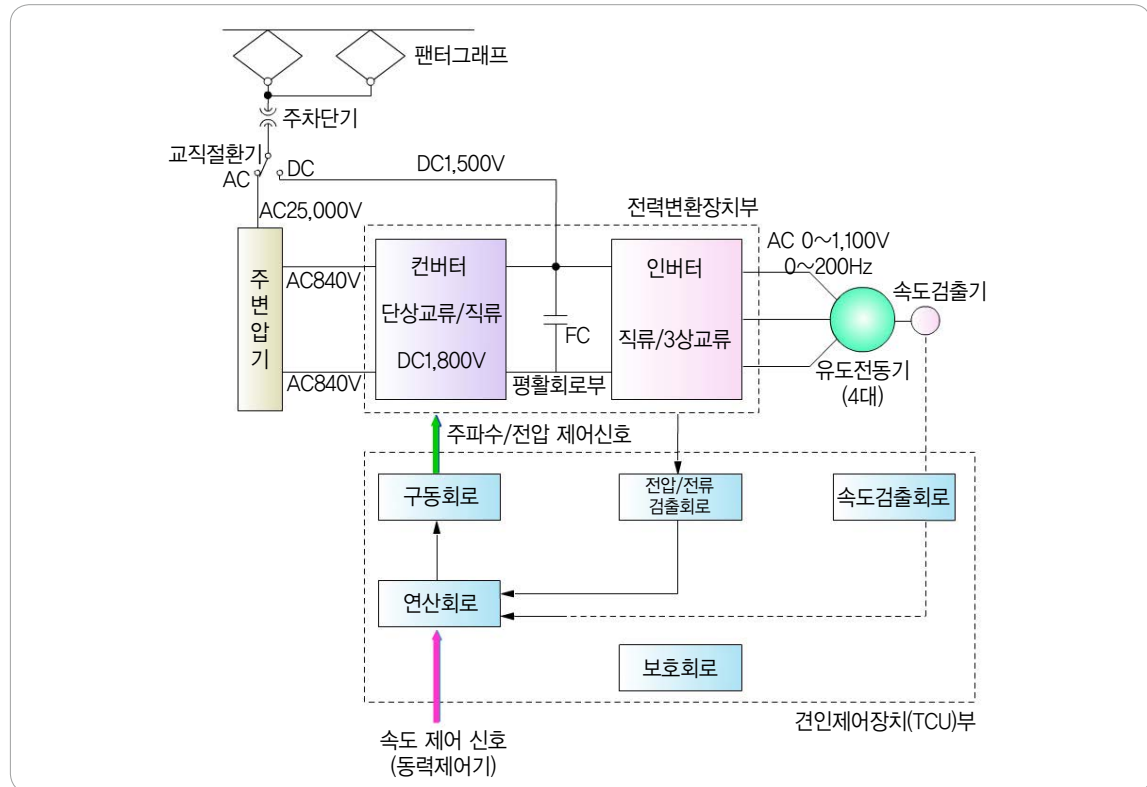
회생제동 시에 컨버터는 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 전차선으로 되돌리는 역할을 하고, 인버터는 유도전동기에서 발전된 교류 전력을 직류 전력으로 변환시켜 교류 구간에서는 컨버터로 되돌리고, 직류 구간에서는 전차선으로 되돌리는 역할을 한다.

따라서 동력 운전 시의 컨버터는 전기제동 시에는 인버터 역할을 하고, 동력 운전 시의 인버터는 회생제동 시에는 컨버터 역할을 하게 된다. 한편 직류 전력을 전차선에서 직접 수전하여 운행하는 직류 전용 전동차에는 컨버터의 설비가 필요 없다.

평활회로 부분은 컨버터와 인버터에서 정류 시 발생하는 파형(ripple) 전압을 흡수하는 필터커패시터가 있다.

주 변환장치의 특징은 다음과 같다.

- ㉠ 동력과 전기제동의 전환과 앞, 뒤 운전 방향의 전환이 전력변환 소자의 스위치 전환으로 이루어지므로 별도의 전기 접촉기가 필요 없다.
- ㉢ 대용량의 전력변환 소자에 의해 유도전동기가 제어되어 견인제어회로가 간단하고 소형화되었다.



[그림 3-14] 주 변환장치의 구성

- ㉔ 교류 구간 운행 중에는 주변압기에서 오는 단상의 교류를 입력받아 컨버터와 인버터를 거쳐 3상의 교류로 출력하여 유도전동기에 전력을 공급하나, 직류 구간을 운행 중에는 직류 1,500V를 직접 인버터에서 3상 교류로 출력하기 때문에 컨버터 부분의 사용이 중지된다.

3.2.2.1 주 변환장치의 구성과 작용

주 변환장치는 [그림 3-14]와 같이 전력변환장치부와 견인제어장치부로 구성되어 있다.

(1) 주 변환(전력변환) 장치부

전력을 변환하여 유도전동기에 전력을 공급하고, 유도전동기를 제어하는 장치를 주 변환장치라 부른다. 주 변환장치의 제어 방식은 전압형 PWM 제어, 가변전압 가변주파수 인버터 제어 방식이다. 장치의 구성은 주변압기를 거쳐 온 단상교류 전원을 직류 전력으로 변환하는 「컨버터 부분」, 직류 전력을 3상 교류로 변환하는 「인버터 부분」, 컨버터 부분과 인버터 부분에서 정류 시 발생하는 파형(ripple) 전압을 흡수하는 「평활회로 부분」의 필터커패시터(Filter Capacitor, 이하 'FC'라 한다)로 구성된다.

(2) 견인제어장치부

1) 제어회로

견인제어장치의 제어회로는 마이크로프로세서에 의해 주 변환장치의 전압과 전류, 유도전동기의 속도, 동력제어기의 속도 제어 신호 등을 연산하여 주 변환장치에 적절한 제어 신호를 준다. 이 제어 신호로 주 변환장치는 유도전동기의 회전속도와 회전력 등을 제어한다. 제어회로는 다음과 같은 회로로 구성된다([그림 3-14]).

- ① 전압/전류 검출회로 : 전력변환장치부의 전압과 전류를 검출한다.
- ② 속도검출 회로 : 유도전동기의 속도를 검출한다.
- ③ 연산회로 : 전력변환장치에서 검출된 전압/전류, 유도전동기의 속도와 동력제어기의 속도 제어 신호를 받아 유도전동기 제어용 주파수와 전압을 연산한다.
- ④ 구동회로 : 연산회로의 신호를 증폭하여 주 변환장치의 전력변환용 소자(GTO 사이리스터 또는 IGBT, 이하 '전력변환 소자'라 한다)의 ON/OFF로 주파수와 전압을 제어한다.

2) 보호회로

주 변환장치와 유도전동기를 과전압, 과전류 등에서 보호하는 회로를 「보호회로」라 하고 기기를

손상시킬 우려가 있는 과전압과 과전류 등의 보호 검출은 기본적으로 하드웨어(Hardware)로 행하고 있다.

운행 중에 발생하는 가벼운 고장의 경우 즉시 전력변환 소자를 OFF 하여 주 변환장치의 작동을 멈추게 하는 동시에 과전압 방전 사이리스터(OVCRf)로 필터커패시터(FC)의 전하를 방전하여 장치를 보호한다.

교류 구간을 운행 중 전력변환 소자의 소손, 주 변환장치의 과부하 및 접지 등의 중(重)고장이 발생하였을 때는 MCB 개방계전기(MCBOR)가 무여자 되어 주차단기(MCB, 이하 MCB라 한다)를 차단한다. MCB가 차단되면 전인 회로가 끊어지므로 고장의 확대를 사전에 방지한다.

3.2.2.2 컨버터와 인버터의 작용

(1) PWM 컨버터(Pulse Width Modulation Convertor)

전기동차용 컨버터는 단상 전압형 PWM 컨버터(Convertor)로 전력변환 소자를 이용한 전력변환 장치이다. 전력변환 소자로 초기 모델은 GTO 사이리스터를 사용하였으나 이후 IGBT 소자를 사용하고 있다. 전기동차가 동력 운전 시에는 주변압기 2차 측 2개의 권선을 병렬접속한 $840V \times 2$ 의 강압된 교류 전원을 PWM 컨버터에서 DC 1,800V의 일정 직류전압으로 변환하여 FC에 에너지를 축적하고, VVVF 인버터 입력으로 공급한다.

전기제동 시에는 유도전동기에서 발생된 교류 전력을 동력 운전 시의 인버터 측에서 직류 1,800V 전력으로 변환하여 일단 FC에 회생 에너지로 축적한 다음 PWM 컨버터에 의해 교류 전력으로 역변환하여 전차선으로 에너지를 되돌려 준다. 따라서 동력 운전 시의 컨버터는 인버터의 전기제동 시와 같고, 전기제동 시의 컨버터는 동력 운전 시의 인버터 역할을 하는 것으로 직류 구간을 운전할 때는 사용하지 않는다.

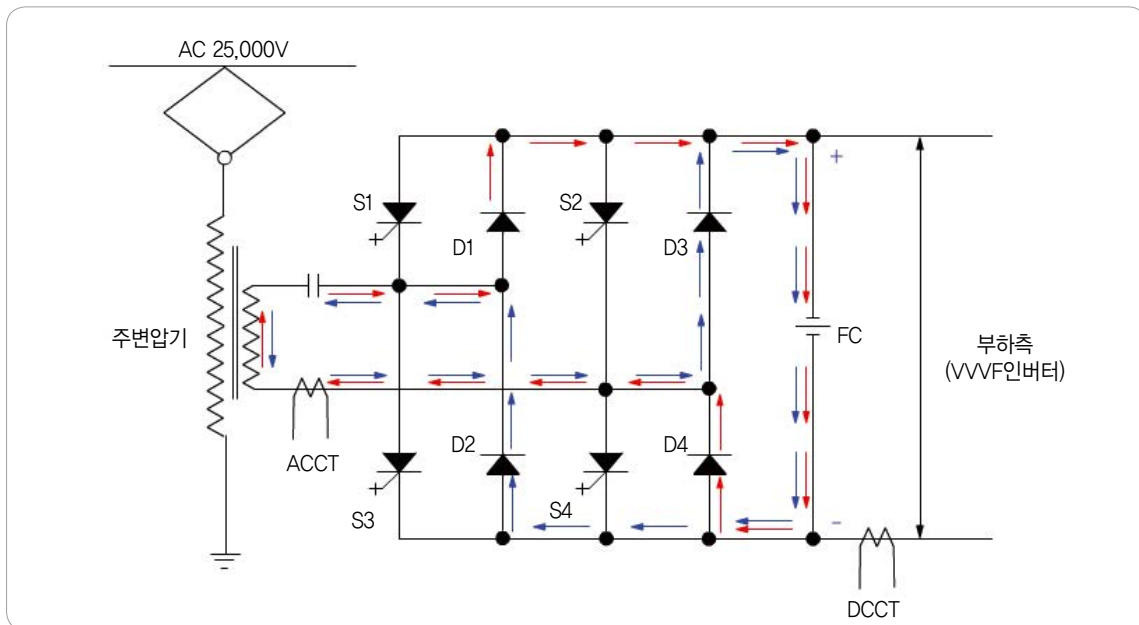
장치의 간략한 구성은 [그림 3-15]에서 보는 것처럼 주변압기의 2차 측에 전력변환 소자(S1~S4), 다이오드(D1~D4), 직류 평활용 FC로 구성되며 부하 측은 VVVF 인버터와 접속된다.

PWM 컨버터의 작용은 크게 교류를 직류로 바꾸는 정류작용을 하고, 전압을 승압하여 직류 1,800V로 높인 다음 정전압 제어와 함께 역률을 제어한다.

1) 교류의 정류작용

정류란 교류로 전류의 흐름이 바뀌는 교류를 한 방향으로 흐르는 직류전류로 바꾸는 작용을 말한다. 교류의 정류는 한쪽 방향으로만 전류를 흐르게 하는 다이오드의 특성을 이용한 것이다. [그림 3-15]에서 4개의 다이오드를 이용하여 정류하는 과정을 살펴보자.

주변압기 2차 측에 유도되는 교류는 전류의 흐르는 방향이 교호로 바뀐다. 그림에서 주변압기 2차 측의 위쪽으로 전류가 흐를 때는 빨간색 화살표 방향으로 전류가 흘러 FC에 축적되고 주변압기 2차 측으로 되돌아오는 하나의 회로를 구성한다. 반대로 아래쪽으로 전류가 흐르면 그림의 파란색 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 FC 측은 전류가 항상 한 쪽 방향으로 흐른다.



[그림 3-15] PWM 컨버터의 구성과 정류작용

2) 역률과 정전압 제어

① 역률 제어

주변압기의 2차 측 유기 전압의 크기와 주파수는 거의 일정하기 때문에 교류 출력전압의 크기와 위상을 컨버터에서 전력변환 소자의 ON/OFF로 제어하면 임의로 역률의 제어가 가능하다. 즉 교류 구간의 전차선에서 오는 전압, 전류와 주파수에 맞춰서 전력변환 소자의 ON/OFF 신호를 주어 역률을 제어한다.

② 정전압 제어

제어 신호 전압과 FC 쪽의 실제 전압을 비교하여 실제 전압이 제어 신호 전압보다 낮으면 제어계에서 전력변환 소자로 전류치를 증가시켜 FC로 보내 에너지를 축적시킴으로 직류전압을 높인다. 반대로 제어 전압보다 실제 전압이 높으면 그 유효전력을 전원 쪽으로 회생하는 방법으로

직류전압을 감소시켜 제어 신호 전압과 실제 전압이 같도록 출력전압(통상 DC 1,800V)을 항상 일정하게 제어한다.

- ㉑ 제어 신호 전압 > 실제 전압 → 전류를 증가, FC에 축적시켜 직류전압 높임
- ㉒ 제어 신호 전압 < 실제 전압 → 유효전력을 전원 측으로 회생, 직류전압 낮춤
- ㉓ 출력전압을 DC 1,800V로 일정 제어

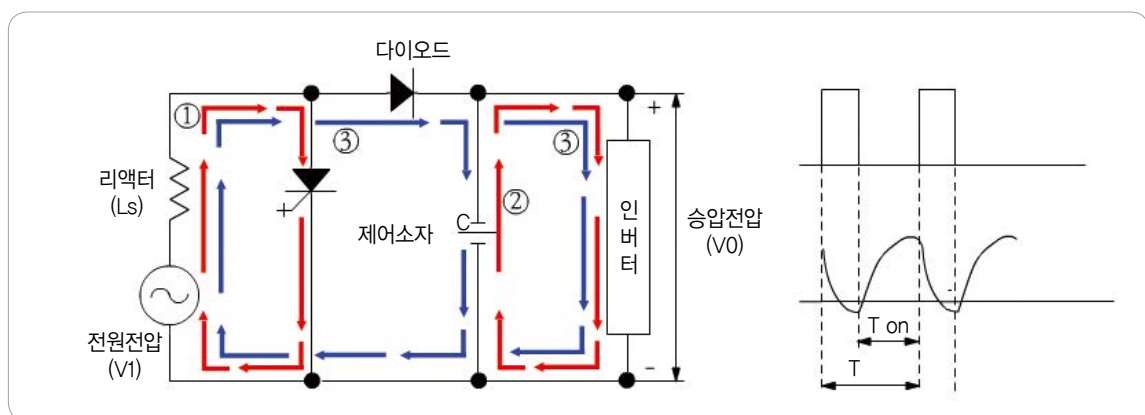
이와 같은 정전압의 제어는 PWM 제어를 통해 평균 전압을 제어하여 이루어진다. PWM 제어는 다음 ‘(2) VVVF 인버터’에서 설명하기로 한다.

③ 승압 초퍼(chopper)로서의 작용

[그림 3-16]은 PWM 컨버터 회로 중 승압 초퍼 작동에 관련된 부분만을 발췌하여 나타내었다.

승압 초퍼의 작동은 전력변환 소자가 ON일 때와 OFF일 때로 구분하여 나타낼 수 있다. 그림에서 교류 전원이 정(正)의 반주기일 때 전력변환 소자를 ON 한 상태에서 전원 전압에 의해 전류가 리액터(L_s)로 흘러(빨간색 화살표 ①) 축적되고, 인버터 측에는 콘덴서에 축적되어 있던 전류(빨간색 화살표 ②)가 흘러간다. 다이오드는 전력변환 소자가 ON일 때 콘덴서의 전류가 전력변환 소자 쪽으로 흐르는 것을 방지한다.

전력변환 소자가 OFF 되면 일정한 전류를 계속 흐르게 하는 리액터의 작용으로 전원 전압(V_1)의 리액터(L_s)에 축적된 전기에너지가 다이오드의 순방향을 거쳐 콘덴서에 더해지고, 인버터 측으로 흘러가므로(파란색 화살표 ③), 인버터 측의 전압은 리액터에 축적된 에너지 전압만큼 승압이 된다. 따라서 전차선에서 수전한 교류 25,000V는 주변압기 2차 측에서 $840V \times 2$ 가 만들어지고, 컨버터를 거쳐 직류 1,800V로 승압이 된다.



[그림 3-16] 승압 초퍼 동작 설명도

(2) VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 인버터

1) 개요

VVVF 인버터는 직류 전력을 3상의 교류 전력으로 변환하여 3상 유도전동기에 전력을 공급하면서 유도전동기의 회전수와 회전력을 제어한다. 제어하는 방식이 출력전압과 주파수의 크기를 변화시켜서 제어하기 때문에 가변전압 가변주파수(Variable Voltage Variable Frequency, 이하 VVVF라 한다)제어 인버터라 한다.

VVVF 제어 인버터는 전력변환 소자를 사용하여 교호 스위칭(ON/OFF) 작용으로 3상 교류 전력을 만들고 전압과 주파수를 제어하여 유도전동기 속도와 회전력을 제어한다. 그리고 동력 운전과 전기제동을 선택하고, 유도전동기의 회전 방향을 바꾸어 차량의 운전 방향을 결정한다.

VVVF 인버터의 주요 기능을 요약하면 다음과 같다.

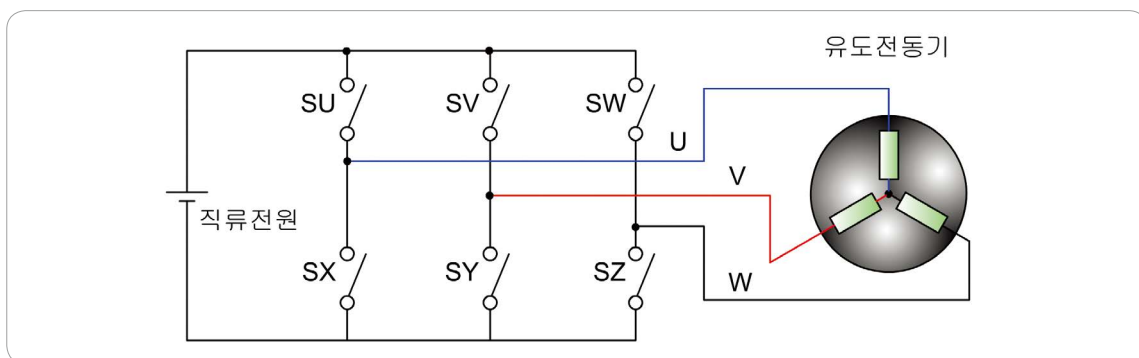
첫째, 유도전동기에 3상의 교류 전력을 공급하며, 전압과 주파수 등을 변화시켜 전동기의 회전수와 회전력을 제어한다.

둘째, 동력 운전과 전기제동의 회로를 선택하고 제어한다.

셋째, 유도전동기의 회전 방향을 바꾸어 차량의 운전 방향을 결정한다.

2) 3상 교류의 발생

직류전원을 3상 교류전압으로 만들기 위해 [그림 3-17]과 같은 회로에 유도전동기를 제어하는 6개의 스위치(SU, SV, SW, SX, SY, SZ)를 설정하였다.



[그림 3-17] 인버터의 간략 회로도

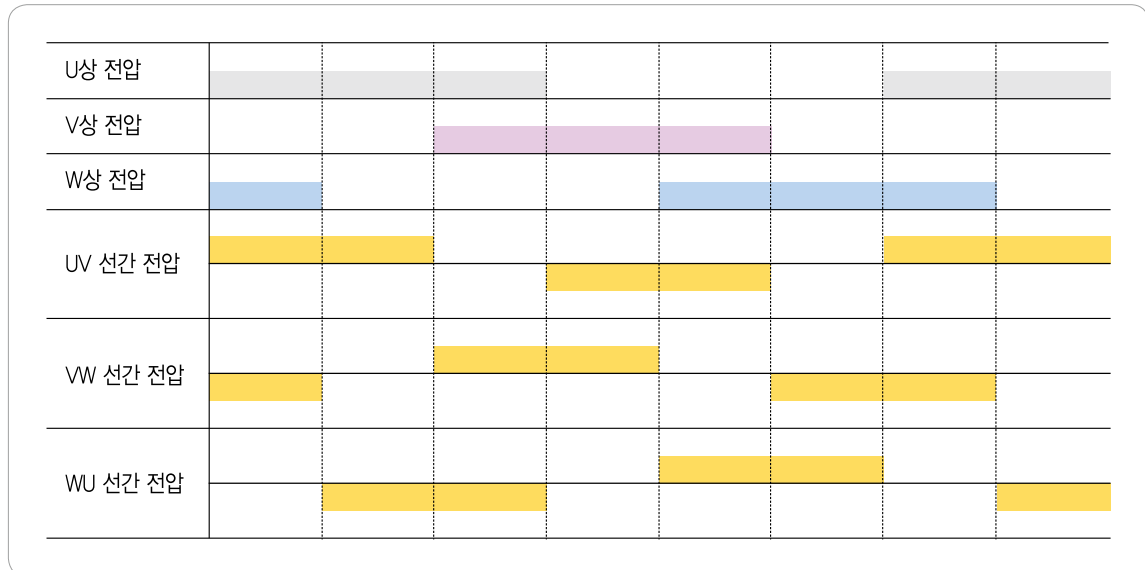
회로의 스위치를 [표 3-3]과 같이 ON/OFF 시키는 경우 교류 3상 U, V, W 각 상의 전압과 UV, VW, WU의 선간전압이 [그림 3-18]과 같이 발생한다.

[표 3-3]의 형태 1, 2, 3에서 스위치 SU가 On 상태로 되고, SV는 형태 3, 4, 5에서 On 상태로 된다. 여기서 U상과 V상의 발생 전압은 반대이기 때문에 서로 대응할 경우 U와 V선 사이 선간의 평균 실효 전압은 형태 1, 2에서 “+”방향으로 나타나고, 형태 4, 5에서는 “-”방향으로 나타난다.

따라서 형태 1에서 6까지 진행되는 동안 U와 V선 사이는 형태 1, 2에서 “+”반주기, 형태 4, 5에서 “-”의 반주기의 교류 1개 파형이 형성된다. 이하 VW, WU 선간에서도 마찬가지로의 교류 파형이 형성되어 3상 교류로 변형된 전력이 [그림 3-18]과 같이 나타난다.

[표 3-3] 스위칭 순서

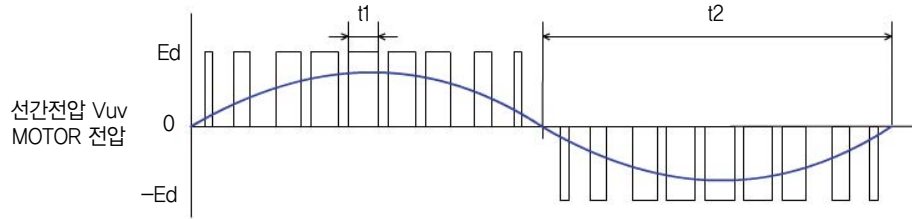
형태	1	2	3	4	5	6	1	2
On 상태의 SW	SU	SU	SU	SX	SX	SX	SU	SU
	SY	SY	SV	SV	SV	SY	SY	SY
	SW	SZ	SZ	SZ	SW	SW	SW	SZ



[그림 3-18] 스위칭 순서에 의한 발생 전압

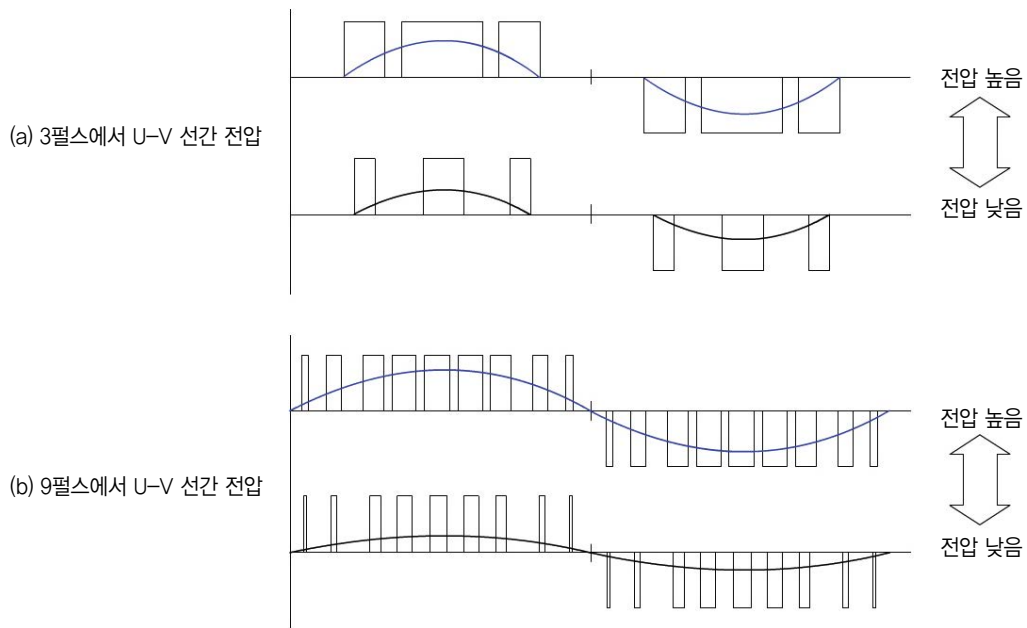
3) 전압 제어 방법

출력전압은 [그림 3-19]에서와 같이 스위치의 ON 기간 t_1 에 의해 제어되고, 출력 주파수는 스위치 ON/OFF의 주기인 t_2 에 의해 제어가 가능하다.



[그림 3-19] 인버터 출력 전압(U-V 상간 발생 전압)

이같이 정현파의 반주기 동안에 전력변환 소자의 스위치 ON 기간(t_1)과 스위칭 횟수(t_2)에 의해 결정된 펄스의 파형을 유도전동기의 전압 제어에 이용한다.



[그림 3-20] 펄스폭 변조에 의한 출력전압 제어 방법

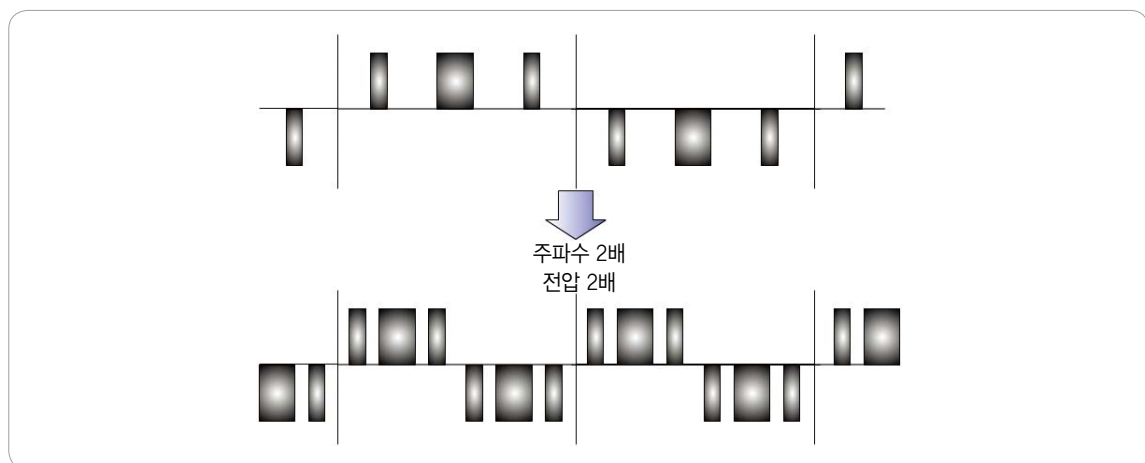
[그림 3-20]은 동일 주파수에 있어서 3과 9펄스 모드⁸⁾ 시의 전압 제어 방법을 보여 주고 있다. 그림의 (a)와 (b)에서 각각 아래쪽은 위쪽보다 펄스폭을 좁게 한 경우로 평균 전압은 그림의 곡선

8) 선간전압 파형의 반주기당 전압 펄스의 수를 펄스 모드라 한다.

으로 표현한 것처럼 펄스폭이 넓은 위쪽에 비하여 아래쪽이 낮게 나타난다. 그리고 펄스 모드를 바꾸면 평균 전압은 변화하기 때문에 유도전동기의 고정자에 인가되는 전압의 크기를 제어하는 것은 펄스 모드와 펄스폭을 변경하는 것으로 가능하게 된다.

4) 주파수 제어 방법

출력 주파수는 [그림 3-21]과 같이 펄스 모드나 펄스폭은 변경하지 않고 펄스 주파수, 즉 전력변환 소자의 스위칭 주파수 주기를 변경하면 가능하게 된다. 위 그림보다 아래 그림과 같이 전력변환 소자의 스위칭 횟수를 2배 증가하면 주파수가 2배가 된다. 인버터에서 주파수의 제어는 유도전동기의 회전수를 속도 검출기에서 검출하여 비교 연산한 다음 제어 신호에 의해 전력변환 소자를 ON/OFF 하여 이루어진다.



[그림 3-21] 주파수 제어

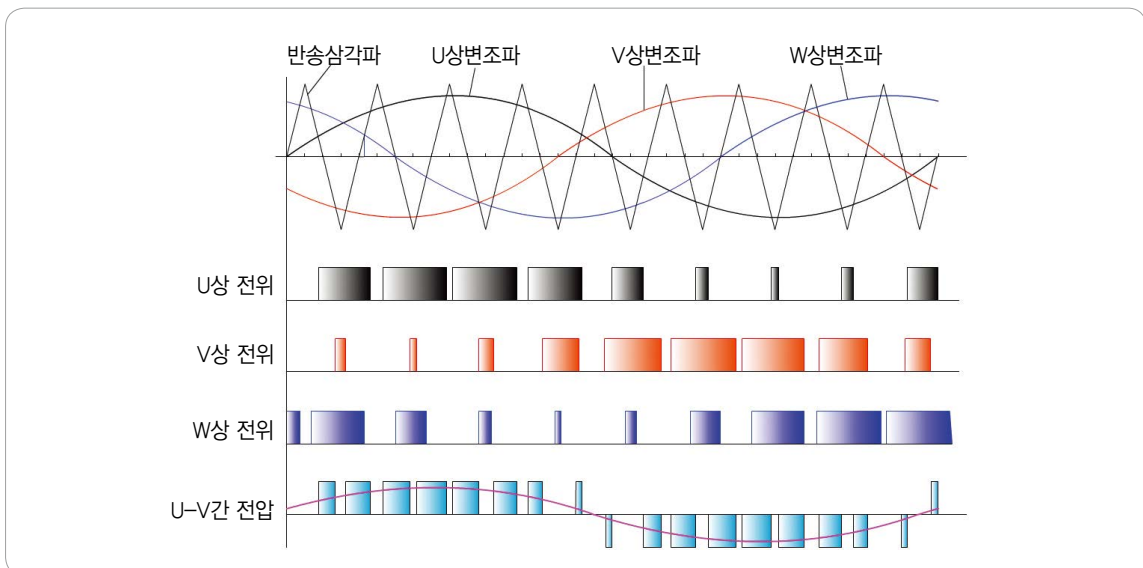
전압 제어와 주파수 제어 방법을 정리하면 동력 운전 시 VVVF 제어 인버터는 직류를 교류로 변환하면서 전압과 주파수를 변화시키는 기능을 가진 변환기로 작용한다. 유도전동기를 제어하는 출력전압의 크기는 전력변환 소자의 스위치의 ON 시간의 비인 펄스폭에 의해 결정된다. ON 시간이 길어 펄스폭이 넓어지면 전압의 크기도 커지고, ON 시간이 짧아 펄스폭이 좁아지면 전압의 크기가 작아진다.

유도전동기의 회전수를 제어하는 출력 주파수는 전력변환 소자의 스위칭 주기에 의한다. 스위칭의 주기를 빠르게 하면 유도전동기의 고정자 코일의 전원 주파수를 높여서 따라 도는 회전자의 속도도 함께 빨라지게 된다.

이같이 전력변환 소자의 스위칭 ON 시간으로 전압의 크기를 제어하고, 스위칭의 주기로 주파수를 제어하여 유도전동기에 공급하는 전압과 주파수를 제어한다.

5) 펄스폭 변조(PWM: Pulse Width Modulation) 제어

펄스폭 변조란 출력 파형의 반주기 안에 여러 개의 펄스열을 만들고, 그 펄스폭의 등가 전압을 정현파 모양으로 변화시켜 매끄러운 정현파 출력을 얻는 방법이다. [그림 3-22]는 9펄스 모드 예로 정현파를 제어하는 방법을 나타내고 있다.



[그림 3-22] 펄스폭 제어 원리

그림과 같이 반송(Carrier) 3각파와 정현파 형태의 각 상 변조파를 비교하여 각 출력 단자 전위를 각 상의 변조파가 반송 3각파보다 큰 경우에만 전력변환 소자의 스위치를 ON 하도록 하면 펄스폭을 변조할 수 있다. 그 출력의 평균 전압은 그림의 U-V 선간전압과 같은 정현파를 얻을 수 있다.

이같이 인버터의 출력전압은 반송 삼각파의 주파수가 높을수록 펄스 모드를 높여서 정현파에 가까운 매끄러운 출력을 얻을 수 있지만, 전력변환 소자의 스위칭 성능과 데이터 처리 속도의 제한, 회로 손상의 우려 등으로 반송주파수는 제한을 받게 된다. 따라서 인버터 출력 주파수의 상승, 즉 차량의 속도가 높아짐에 따라 펄스 모드의 수를 감소시켜 주고 있다.

6) 유도전동기 회전 방향 바꾸기

유도전동기의 회전 방향을 변환하여 차량의 운전 방향을 결정하는 것은 인버터 전력변환 소자의 점호⁹⁾ 순서를 변경하여 주면 된다. 이것은 유도전동기의 고정자 코일의 V상과 W상을 서로 바꾼 것에 해당하는 것으로 회전자계의 발생순서가 반대로 되어 유도전동기의 회전 방향이 반대로 바뀌게 된다.

전력변환 소자의 점호 순서를 [표 3-4]와 같이 하였을 때 전력변환 소자의 점호 순서에 의한 유도전동기 회전 방향 변환은 [그림 3-23]과 같다.

[표 3-4] 전력변환 소자의 점호 순서

반시계 방향 회전					시계 방향 회전					
SU	SU	SW	SV	SV	SU	SU	SU	SW	SV	SV
SY	SW	SX	SW	SX	SV	SY	SW	SX	SW	SX
SZ	SY	SY	SX	SZ	SZ	SZ	SY	SY	SX	SZ

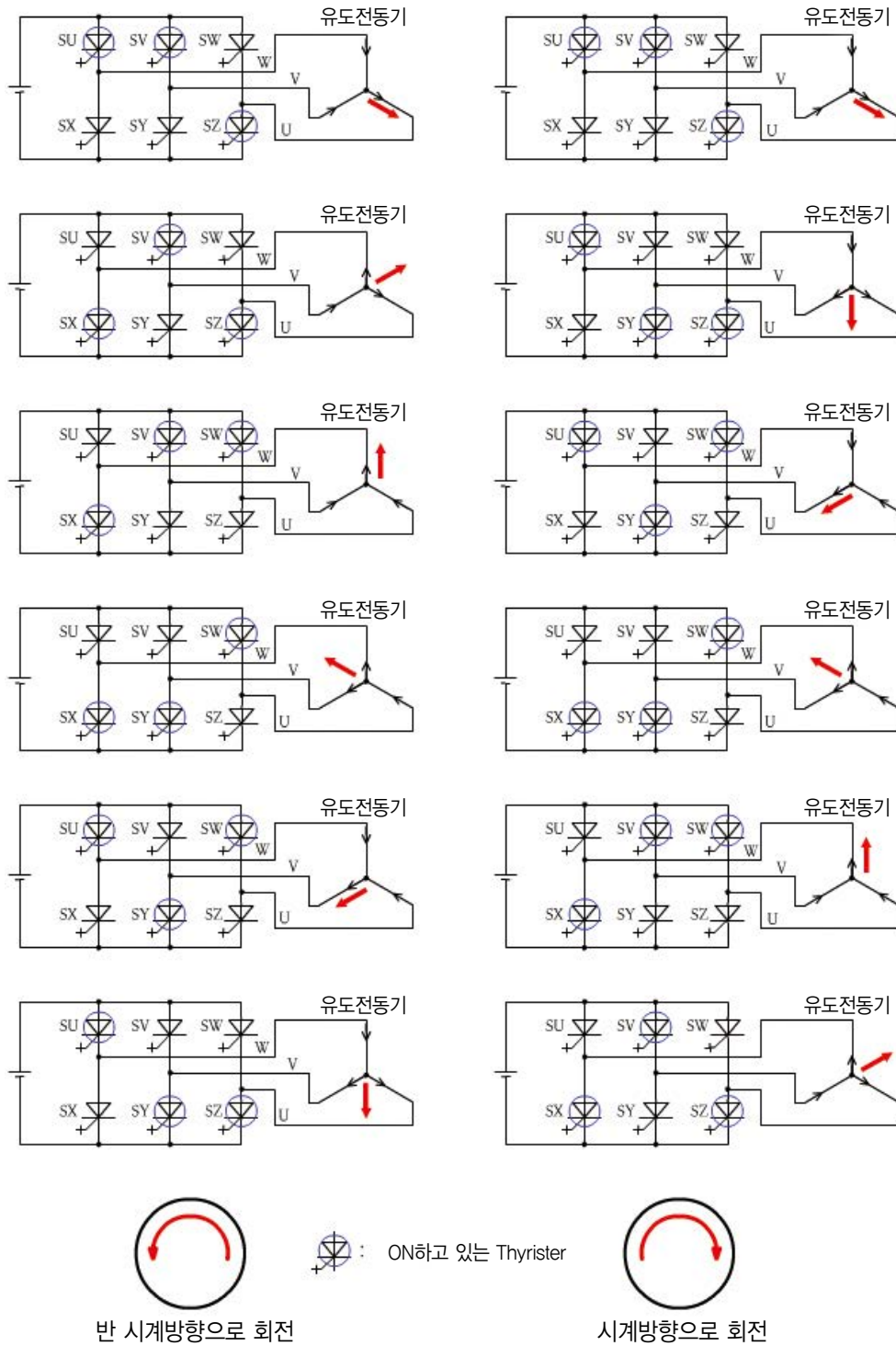
7) 전기제동 제어

전기동차는 무동력 운전 시 관성에 의해 회전하는 차축이 유도전동기의 회전자계를 회전시킨다[그림 3-4]. 따라서 차축과 함께 회전하는 유도전동기의 회전자계의 회전속도를 줄이면 차축의 회전도 저지시킬 수 있다.

회전자의 회전속도를 줄이려면 고정자에서 발생하는 회전자계의 회전속도를 점차 낮추면 된다. 즉 전원 주파수를 인버터의 제어로 낮추어 주면 회전자계와 회전자 사이에는 동력 운전 시와 반대로 마이너스의 슬립이 발생한다(3.2.1.2 유도전동기의 전기제동 원리와 [그림 3-10] 참고). 이 마이너스의 슬립 때문에 회전자가 회전자계의 자속을 끊게 되므로 유도전동기는 일시적으로 유도발전기가 되어 역방향의 회전력이 발생하여 회전자의 회전을 저지하는 전기제동력으로 작용한다.

전기제동 시 유도전동기의 회전속도를 낮추는 방법은 고속에서는 전원 주파수만을 줄여서 회전자의 회전속도를 감속시키고, 중속에서는 전원 주파수를 줄이면서 전원 주파수의 자승 값과 같은 비율로 슬립주파수를 줄여나간다. 저속에서는 전원 주파수와 전원 전압을 함께 줄여서 회전자의 회전속도를 줄인다.

9) 전력변환 소자를 전기가 통하는 상태로 만들기 위해 외부에서 신호를 주는 것



[그림 3-23] 전력변환 소자의 점화 순서에 의한 유도전동기 회전 방향 변환도

유도발전기에서 발생한 교류 전력은 주 변환장치의 인버터에서 동력 운전과는 반대로 직류 전력으로 변환하고, 평활회로의 FC에 축적한다. FC에 축적되어 높아진 직류전압은 직류 구간에서는 전차선으로 되돌리고, 교류 구간에서는 컨버터로 가서 교류 전력으로 변환한 다음 전차선으로 되돌려진다.

즉 전기제동 시의 컨버터부는 동력 운전 시와는 반대로 직류 전력을 교류 전력으로 변환하여 전차선으로 되돌리는 역할을 하고, 인버터부는 유도전동기에서 발전된 교류 전력을 직류 전력으로 변환하여 교류 구간에서는 컨버터부로 되돌리고, 직류 구간에서는 전차선으로 되돌리는 역할을 한다. 따라서 동력 운전 시의 컨버터부는 전기제동 시에는 인버터 역할을 하고 동력 운전 시의 인버터부는 전기제동 시에는 컨버터 역할을 한다.

3.2.2.3 과전압 방전 사이리스터(OVCRf :Over Voltage Discharging Thyristor)

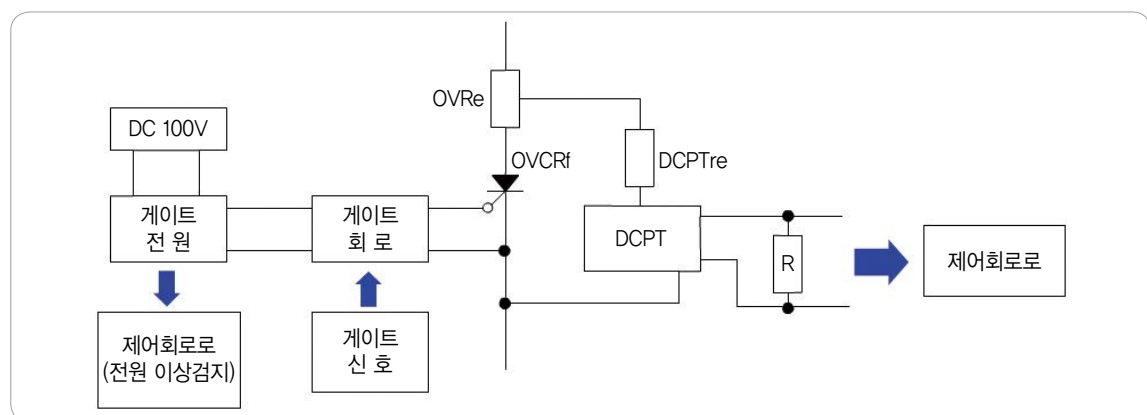
(1) 개요

전기제동 시 전차선 전압의 급격한 변화 등으로 회생 전압이 전차선 전압보다 낮거나 팬터그래프가 전차선에서 떨어지는 현상 등이 발생하면 회생된 전력을 전차선으로 회생시킬 수 없게 된다. 회생되지 못하고 남아 있는 전력은 전력변환 소자의 파손 등 주 변환장치에 악영향을 미치게 된다.

과전압 방전 사이리스터(이하 'OVCRf'라 한다)는 이때 FC의 전하를 방전시켜서 주 변환장치, 보조전원장치(SIV) 등을 직류 과전압으로부터 보호할 목적으로 설치하였다.

(2) OVCRf 장치의 구성

OVCRf는 게이트 회로, 게이트 전원, 과전압 저항기(OVRe), 중간 직류전압(FC 전압) 검출용 직류 계기용변압기(DCPT)가 장착되어 있으며, 그 구성은 [그림 3-24]와 같다.



[그림 3-24] OVCRf 장치 구성도

(3) OVCRf 제어의 원리

OVCRf는 직류 계기용 변압기(DCPT)에서 검출된 FC 전압이 설정치를 초과할 경우 등에 작동하여 FC의 전하를 방전시켜 기기를 보호하는 장치로 다음의 경우에 작동한다.

1) 직류 과전압 검지 시

전기제동 시에는 유도전동기가 발전기로 작용하기 때문에 회생된 전력을 인버터 측에서 직류 전력으로 변환하여 직접 전차선으로 보내거나 컨버터 측으로 보내 전력을 회생한다. 전력을 회생 시 전차선의 정전이 발생하거나 팬티그래프가 전차선에서 떨어지면 전력의 회생이 불가능하거나 회생이 충분하지 못하게 된다. 따라서 FC의 전압은 급격히 올라가 장치에 나쁜 영향을 미치게 되므로 즉시 주 변환장치에서 전기제동의 출력을 감소시키지만 그래도 기준치를 초과하게 되면 OVCRf를 작동시켜 FC의 전하를 과전압 저항기(OVRe)로 방전시킨다.

2) 전력변환 소자 제어 전원 저하 시

전력변환 소자의 제어 전원이 저하된 경우 소자의 스위칭이 불가능하게 되고 소자의 파괴로 진행될 가능성이 있다. 이같이 전력변환 소자의 제어 전원 저하 시에는 즉시 전력변환 소자를 OFF함과 동시에 OVCRf의 작용으로 FC의 전하를 방전시켜 확실하게 장치를 보호한다.

3.2.2.4 방전 저항기(DCHRe : DisCHarge Resistor)

팬티그래프를 내려 차량의 기동을 정지시키거나 견인 회로의 전원을 차단하면 FC에는 잔류 전하가 남아 있다. 이때 FC에 병렬로 접속된 방전 저항기가 남아 있는 FC의 전하를 자연 방전시킨다. 견인 회로 장치 등의 검수 작업 시에는 안전을 고려하여 팬티그래프를 내린 후 자연 방전되는 수 분의 여유를 둔 다음 FC의 전압을 다시 확인한 뒤 작업을 시행하여야 한다.

3.2.3 필터리액터(Filter Reactor)

3.2.3.1 필터리액터의 역할

필터리액터는 전기동차가 직류 구간을 운전할 때만 사용한다. 직류 구간에서 DC 1,500V의 전차선 전압은 철도변전소에서 교류를 정류한 맥류이기 때문에 고조파의 전압(ripple voltage) 성분을 많이 포함하고 있다.

필터리액터는 M, M'차의 L1 차단기와 L2 차단기 사이에 직렬로 접속되어 있고, 뒤쪽에 연결된

FC와 함께 리액터와 콘덴서 조합의 전기 필터 회로를 구성한다. 이 필터 회로는 건인 및 고압회로의 고조파 성분과 전차선의 이상 충격전압 등의 노이즈(noise)¹⁰⁾를 흡수하여 주 변환장치의 입력부에 이상전압이 들어가는 것을 방지한다.

3.2.3.2 필터리액터의 구조

필터리액터는 가운데가 빈 원통형이고, 발생하는 열을 송풍 전동기(FLBFM, Filter Reactor Fan Motor)의 바람으로 강제 냉각시킨다. 리액터의 코일은 평각 알루미늄 선을 원통형으로 감아서 절연 통에 세로 방향으로 집어넣은 다음 양측을 알루미늄 프레임으로 고정하였다.

필터리액터를 냉각하는 송풍 전동기는 SIV의 출력 전원(AC 440V)에 의해 회전한다.



[그림 3-25] 필터리액터

3.2.4 차단기(Line Braker)

차단기는 유도전동기가 장착된 구동차(M, M'차) 차체 측면의 프레임 밑 부분에 있는 함(Box) 속에 있다. 차단기 함에는 1개의 고속도차단기(L1)와 2개(L2, L3)의 차단기, 충전 저항기(CHR) 및 계전기 유닛(Unit)과 L1용 강제 차단 기구가 있다.

10) 기계의 작동을 방해하는 불필요한 전기신호

L1, L2, L3 차단기는 SIV 회로와 견인 회로를 개폐하여 주는 역할을 하고, 특히 L1은 직류 구간을 운행하는 중에 견인 회로에 이상이 있을 때 주 접촉부를 차단하여 전기동차의 SIV 회로와 견인 회로를 보호하는 역할을 하는 고속도차단기이다.



[그림 3-26] 차단기 함

3.2.4.1 L1 차단기(고속도차단기 : High Speed Circuit Braker)

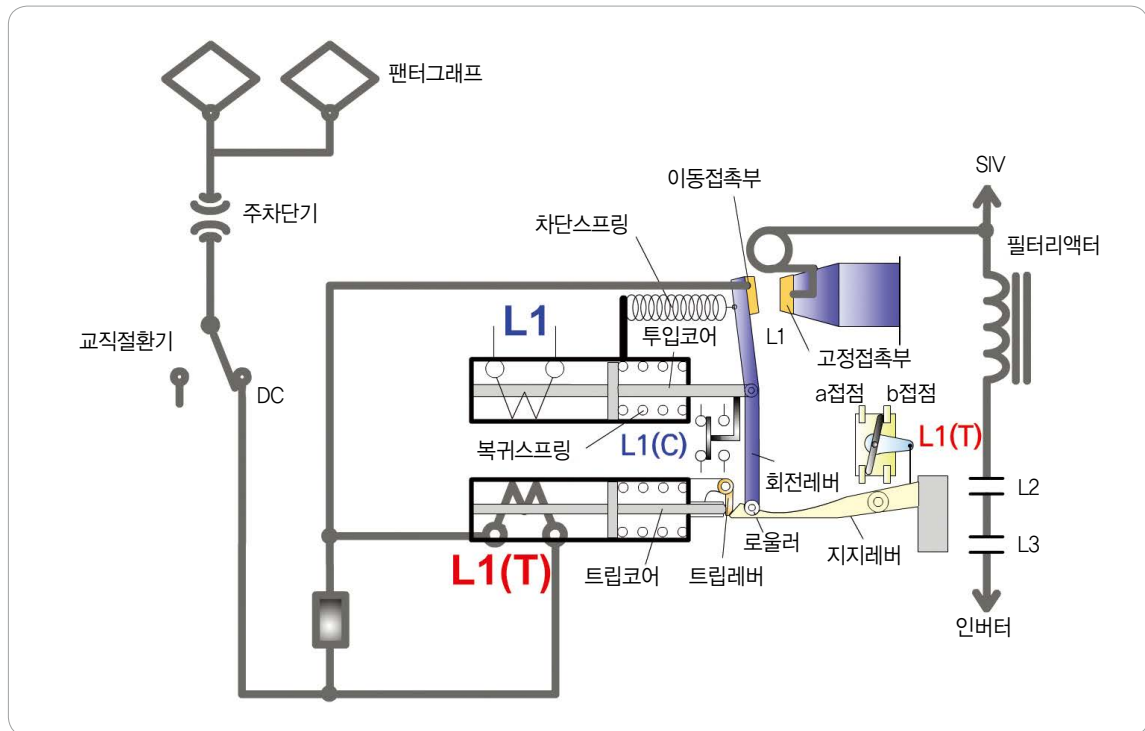
L1 차단기(이하 L1이라 한다)는 전자식 유닛(Unit) 스위치로 고속으로 작동하는 차단용 기구를 사용하여 직류 구간 운행 중 SIV 회로와 견인 회로에 흐르는 직류전류가 1,600A를 초과하거나 주 변환장치의 전력변환 소자의 소손 시 Trip 되어 견인 회로의 주 접촉부를 개방하여 견인 장치를 보호한다.

[그림 3-27]¹¹⁾은 L1이 투입되기 전 고정 접촉부에서 이동 접촉부가 떨어져 있는 상태로 팬터그래프에서 전기동차로 전력 공급이 중단된 그림이다.

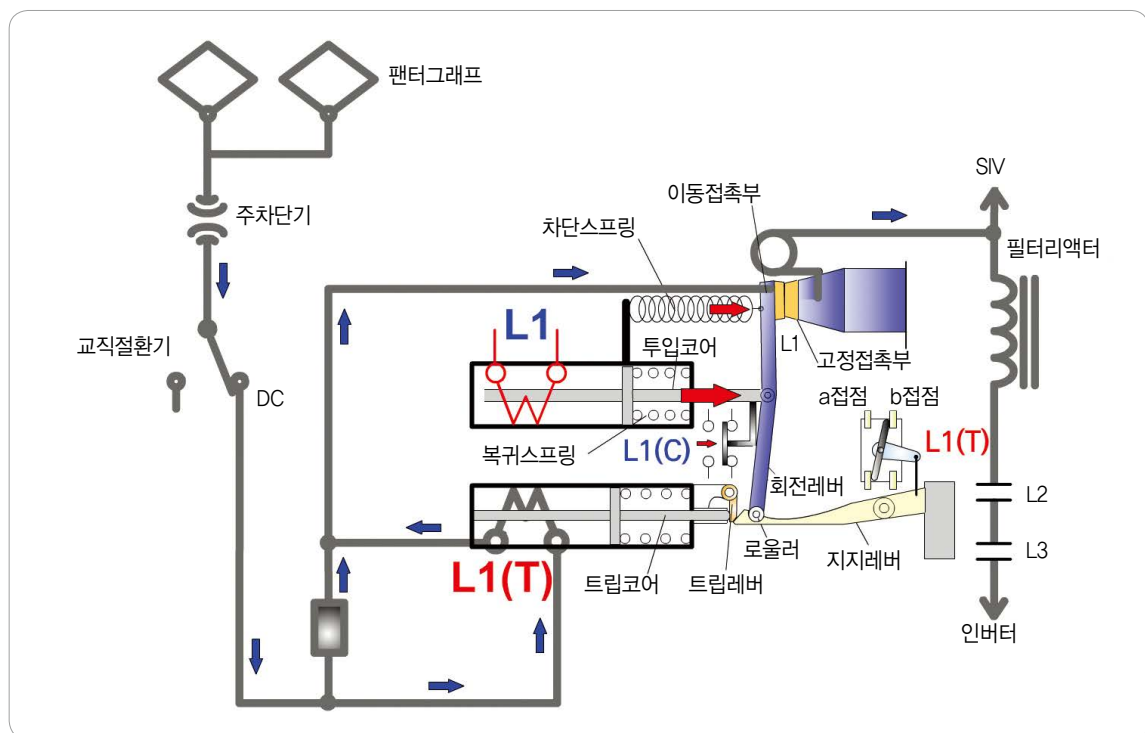
(1) L1의 투입

L1 전자코일이 여자 되면 [그림 3-28]의 빨간색 큰 화살표 방향으로 투입 코어를 민다.

11) [그림 3-27]~[그림 3-30]까지는 L1 고속도차단기의 작동과 보조 접점의 상태를 설명하기 위한 그림으로 구조와 작동 등이 실제 차량과 다름을 밝히 둔다.



[그림 3-27] L1 투입 전



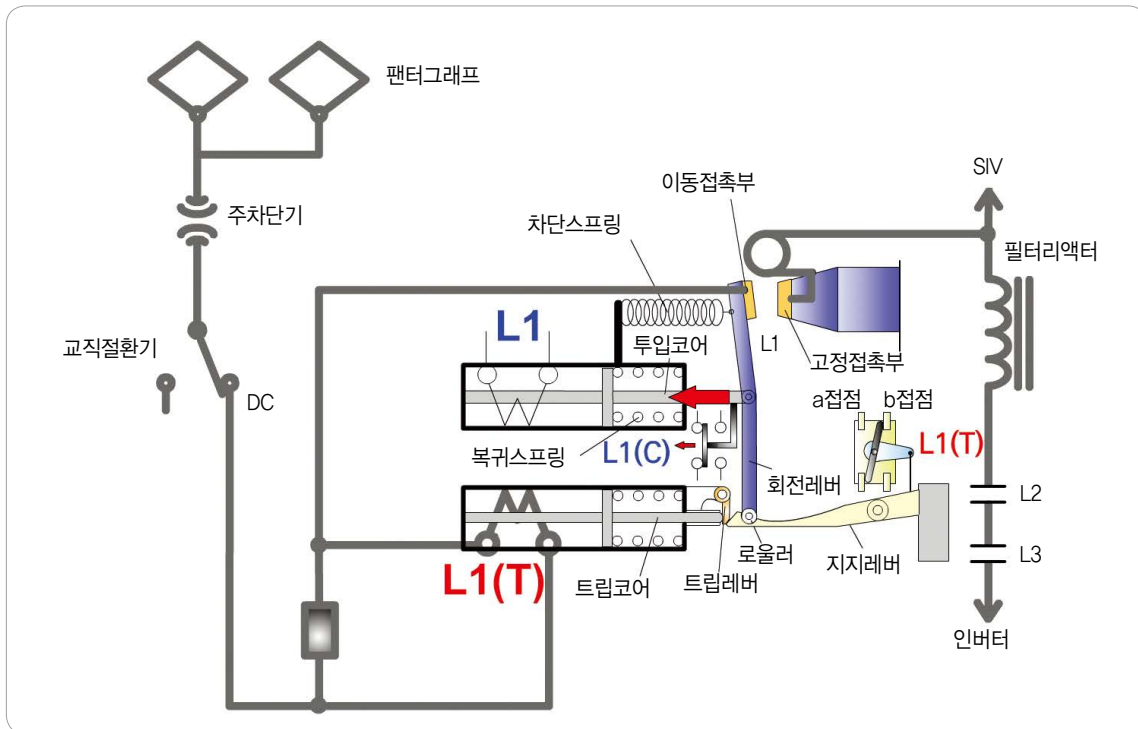
[그림 3-28] L1 투입

투입 코어가 복귀 스프링을 누르고 밀리면 회전 레버는 지지 레버의 홈에 끼어있는 롤러를 지점으로 중간크기의 빨간색 화살표 방향으로 밀려서 차단 스프링 힘을 이기고 이동 접촉부가 고정 접촉부에 접촉한다. 따라서 팬터그래프에서 수전한 전력을 SIV 회로와 견인 회로의 인버터에 공급할 수 있도록 회로를 구성한다(남색 화살표). 이때 보조 접점 L1(C)는 투입 코어와 연동되어 빨간색 작은 화살표 방향으로 밀려서 L1(C)의 a접점을 붙여 준다.

(2) L1의 평상시 차단

L1 전자코일이 무여자 되면 회전 레버가 내부의 복귀 스프링 힘에 의해 [그림 3-29]의 빨간색 큰 화살표 방향으로 복귀되므로 회전 레버는 지지 레버의 홈에 끼어있는 롤러를 지점으로 이동하여 이동 접촉부가 고정 접촉부에서 떨어져 SIV 회로와 견인 회로(인버터)의 구성을 개방한다.

보조 접점 L1(C)는 투입 코어와 함께 이동(빨간색 작은 화살표)하므로 L1(C)의 a접점은 개방하고 b접점을 붙여 준다.

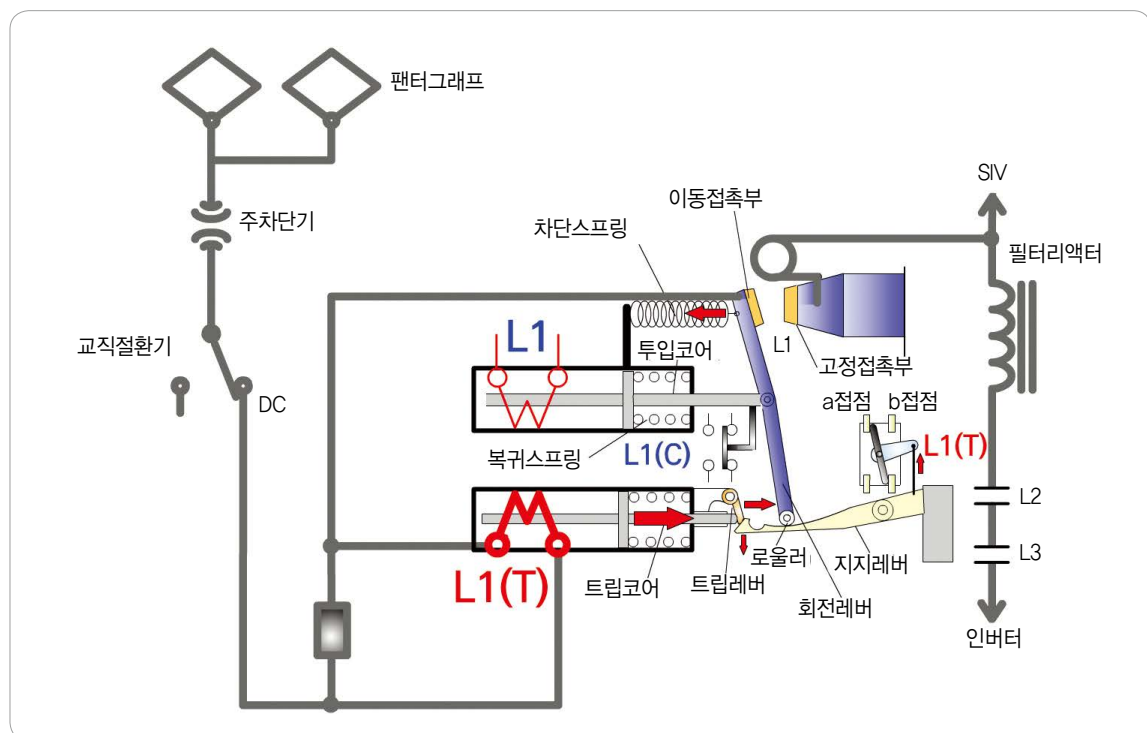


[그림 3-29] L1 평상시 차단

(3) L1의 사고 시 차단

견인 회로에 과전류 등의 이상이 발생하면 L1(T) 트립 코일이 여자 된다. L1(T)가 여자 되면 [그림 3-30]과 같이 트립 코어가 빨간색 큰 화살표 방향으로 이동하여 트립 레버를 밀고 트립 레버에 의해 지지 레버가 아래로 밀리면 회전 레버의 돌리는 지지 레버의 홈에서 벗겨진다. 따라서 차단 스프링의 힘으로 회전 레버가 빨간색 중간크기의 화살표 방향으로 빠르게 움직여 이동 접촉부는 고정 접촉부에서 신속하게 떨어져서 견인 회로와 SIV 회로를 차단한다.

지지 레버가 이동함에 따라 L1(T)의 a보조 접점이 [그림 3-30]과 같이 접촉한다. 따라서 L1은 여자 상태를 유지하고 있으므로 L1(C)의 a보조 접점이 접촉된 상태에서 L1(T)접점도 a보조 접점이 접촉된 상태가 된다.



[그림 3-30] L1 사고 차단

(4) 사고 차단 후 L1의 복귀

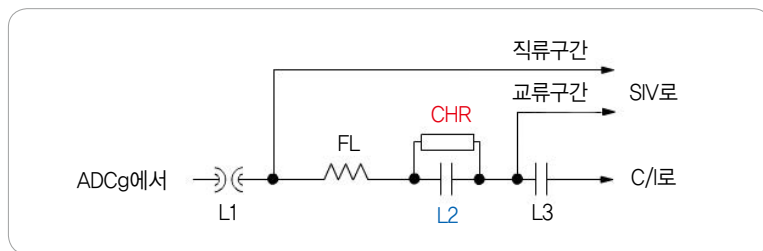
사고 차단 후 운전실의 MCBOS와 리셋 스위치(RS)를 취급하면 L1(C)의 전자코일이 무여자되어 투입 코어가 복귀 스프링에 의해 복귀되면서 회전 레버의 복원으로 돌러도 함께 내려와 지지 레버의 홈에 다시 끼워지고, 평상시 차단 상태로 복귀된다.

3.2.4.2 L2, L3 차단기(Unit Contactor)

견인 회로를 끊거나 투입하는 접촉기로 전자코일에 전원을 공급하면 코일을 여자 시켜 접촉자를 붙여 주는 전자공기식 접촉기이다.

L2는 병렬회로로 [그림 3-31]과 같이 충전 저항기(CHR)가 있어 L2가 투입되기 전이라도 L3만 투입되면 전류는 충전 저항기를 통해 흐를 수 있어 FC에 충전된다. 따라서 L3과 L2가 투입될 때 L3이 먼저 투입되면 견인 회로의 전류는 충전 저항기를 통해 약하게 흘러 FC에 충전되고, 그 후 L2가 투입되어 정상적인 회로가 구성되도록 하여 전기적인 충격을 줄여 준다.

또 회로를 끊을 때도 L2가 먼저 끊기고 충전 저항기를 통해 약하게 전류가 흐르고 있는 상태에서 L3이 회로를 완전히 개방하기 때문에 회로차단 시 생길 수 있는 전기적인 충격을 줄여 준다.



[그림 3-31] L2, CHR과 L3 회로

3.2.5 교류 접촉기(AC Contactor)

주변환장치(C/I)함 내에 설치된 전자식 접촉기로 AC구간에서 TCU의 제어 신호로 작동한다.

(1) AK(AC보조접촉기)

교류접촉기(K)가 투입되기 전 먼저 투입되어 MT의 2차측 전원이 FC로 충전될 때 충전저항기를 거치게하여 충전 시의 돌입전류를 방지하고 K가 투입되면 차단된다.

(2) K(교류접촉기)

AK가 투입되어 FC에 충전된 후 K가 투입되면 컨버터가 기동하여 MT와 C/I를 연결하며, TCU의 제어신호와 보호장치 작동 등으로 차단된다.

3.3 견인 장치의 제어

3.3.1 개요

견인 장치의 제어는 주 변환장치로 운전 방향의 선택, 동력 운전 또는 전기제동을 결정하고, 유도 전동기를 제어하는 한편 견인 장치를 보호하는 것 등을 포함한다.

주 변환장치의 제어는 장치 내에 내장된 견인제어장치(Traction Control Unit : TCU, 이하 TCU라 한다)에서 제어한다.

TCU는 운전 준비가 완료된 상태에서 운전실 제어대의 주간제어기와 제동제어기의 제어 신호를 받아 차량의 상태 및 주변의 여건 등을 고려하여 마이크로프로세서에 의해 연산된 신호로 주 변환장치를 제어한다. 운전 준비의 완료란 전차선에 전원이 급전되어 팬터그래프의 상승과 MCB의 투입으로 전차선의 전원을 전기동차로 받아들인 다음 보조전원장치(SIV)가 기동하여 압축공기 압력과 각 기기가 정상적인 상태에서 운전제어가 가능한 상태를 말한다.

3.3.2 견인 장치의 제어기기

견인 장치를 제어하는 기기는 주 변환장치에 내장되어 있는 TCU와 제어차 운전실에서 전기동차의 견인을 제어하는 주간제어기와 제동제어기가 있다. 그리고 보호 장치가 작동되었을 때 시스템을 복구하는 리셋스위치(RS)와 고장 차를 개방하는 차량차단스위치(VCOS) 및 고장 차의 개방을 복귀시키는 차량차단복귀스위치(VRS) 등이 제어차 운전실에 있다. TCU는 주간제어기와 제동제어기의 신호를 바탕으로 견인 회로를 구성하고, 주 변환장치를 제어하면서 견인 회로를 보호하는 역할을 한다.

주간제어기에는 전기동차의 운전 방향을 결정하는 전·후진 핸들과 동력 운전을 제어하는 동력핸들이 있고, 동력핸들에는 기관사안전장치가 함께 부착되어 있다.

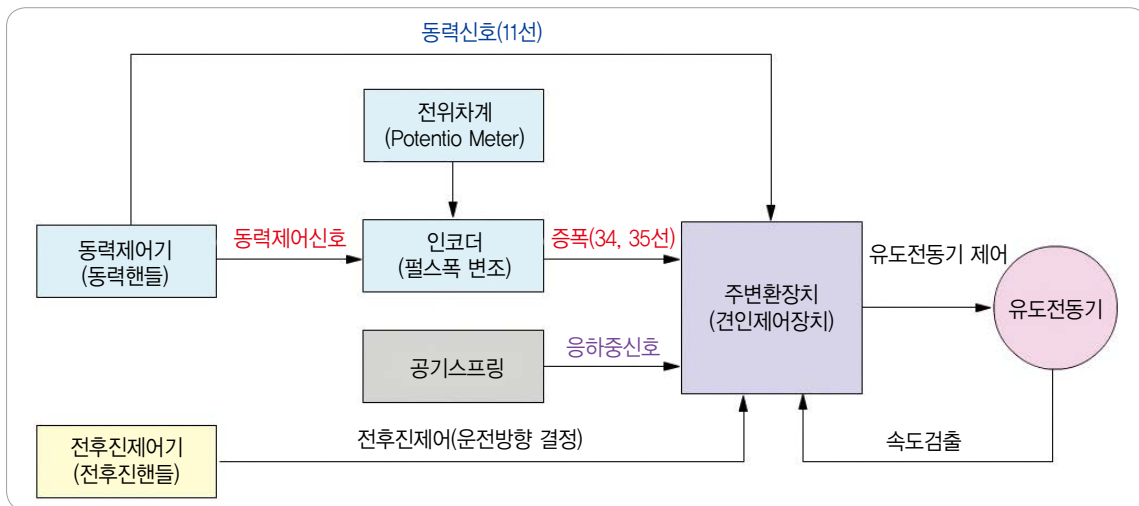
제동제어기는 제동핸들의 조작에 따라 핸들 축에 연결된 캠의 움직임에 의해 전기접점을 여닫아 제동 제어 신호를 인통선으로 보내거나 제어장치의 회로를 개폐한다.

3.3.2.1 주간제어기

주간제어기는 전·후진 제어부, 동력 제어부, 기관사안전장치부로 구성([그림 3-32])되어 있다. 주간제어기는 전·후진 핸들, 동력핸들에 의해 운전 방향과 동력 운전을 제어하고, 기관사 안전장치는 주행 중에 손으로 동력핸들을 항상 아래로 누르고 있어야 장치의 작동을 막을 수 있다.



[그림 3-32] 주간제어기



[그림 3-33] 동력 제어의 개요

(1) 전 · 후진 제어부

전 · 후진 제어부의 핸들에는 전진, 후진, 중립, 차단 of 4개의 위치가 있다. 작용은 전기동차의 운전 방향을 결정(전진/후진)하고, 견인제어 전원(1선 → 2선)을 개폐하면서 ATC 장치에도 전원을 공급한다. 그리고 동력핸들과 함께 동력 신호를 TCU로 보내는 등 전기 회로를 개폐하는 역할을 한다.

(2) 동력 제어부

동력핸들은 0~4단의 5개의 위치가 있다. 전 · 후진 핸들을 전진 혹은 후진 위치(4/5선 가압)로

하여 운전 방향을 결정한 다음 동력핸들을 1~4단 위치로 옮기면 동력 제어선(11선)과 핸들의 위치(1~4단)에 상응한 동력 제어 신호를 TCU로 보낸다.

동력핸들의 축은 기어에 의해 회전하는 장치가 전위차계¹²⁾에 연결되어 동력 제어 신호에 상응한 저항값을 설정하고 이 값에 의해 설정된 직류 신호를 인코더로 보낸다. 인코더에서는 입력된 직류 신호를 펄스폭 변조(PWM) 신호로 변환하여 증폭시킨 다음 그 출력(34, 35선)을 TCU로 보낸다. TCU에서는 동력 제어 신호(인코더 출력)와 응하중 신호 등을 연산하여 주 변환장치로 보내 유도전 동기를 제어하여 동력의 크기를 결정한다([그림 3-33]).

(3) 기관사안전장치부

기관사안전장치(Driver Safety Device : DSD, 이하 DSD라 한다)는 기관사에게 발생할 수 있는 불의의 사고에 대비하여 설치한 장치이다.

DSD는 동력핸들에 연동되어 있어 전기동차가 주행 중에는 동력핸들을 항상 적당한 압력으로 누르고 있어야만 DSD가 작동하지 않게끔 되어 있다. DSD가 작동하면 경고 방송이 송출되면서 약 5초 후 전 차량에 자동으로 비상제동이 체결된다.

(4) 주간제어기의 취급

주간제어기의 취급은 주제어키(Master Control Key : MC 키)([그림 3-34])를 키 투입구에 끼워 오른쪽으로 90° 회전하면 전·후진 핸들을 전진에서 후진 혹은 후진에서 전진 위치로 바꿀 수 있고, 전·후진 핸들의 전진 혹은 후진 위치에서만 동력핸들의 1~4단 취급이 가능하다. 그리고 동력핸들의 위치가 “0”의 위치에 있을 때만 전·후진 핸들로 운전 방향을 바꿀 수 있다.



[그림 3-34] 주제어(MC) 키(key)

3.3.2.2 제동제어기(Brake Controller)

제동제어기는 제동핸들([그림 3-35])에 의해 전기동차의 제동과 제어회로를 개폐한다. 제동핸들의 위치는 완해 위치, 1~7단의 상용제동 위치와 비상 제동 위치 그리고 핸들취거 위치로 10개의 위치가 있다.

12) 일종의 가변저항기로 동력핸들의 위치에 따라 저항값이 변하여 이 값에 의해 직류 입력 신호를 인코더에 보내 동력의 크기를 결정한다.

제동제어기는 제동핸들의 위치에 따라 제동 제어를 하고, 축전지 접촉기(BatK)를 투입시켜 전체 차량의 직류 모선(103선)과 축전지를 연결하면서 제어 운전실을 선택 (HCR/TCR)한다. 그리고 ATC/ATS 절환과 복귀에 관련된 회로를 개폐하고, 비상제동Loop회로를 구성하여 비상 제동을 완해하는 등의 제어 작용을 한다.



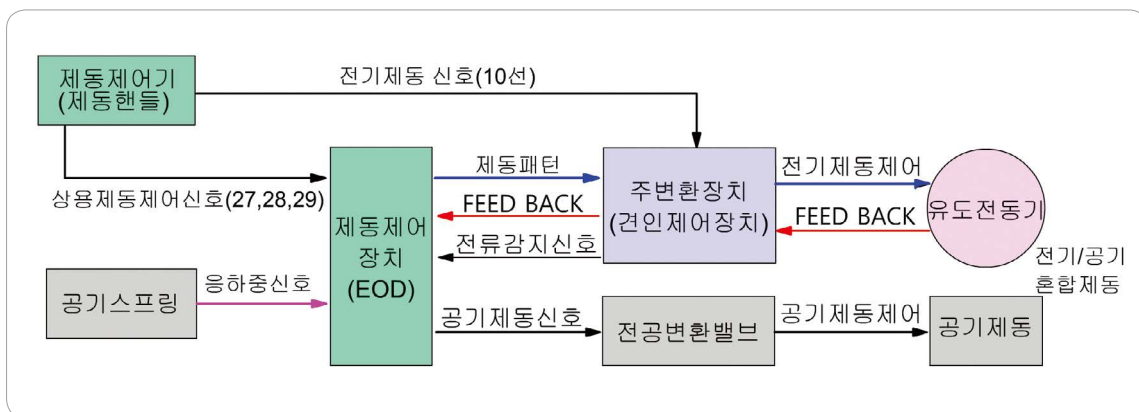
[그림 3-35] 제동핸들

전기제동은 상용제동 시에만 작용한다. 전기제동의 제어는 제동핸들을 제동 위치로 하면 [그림 3-36]과 같이 주 변환장치 내의 TCU에 전기제동 신호(10선)을 주고 제동제어장치(EOD)에 제동핸들의 위치에 따른 상응한 상용제동 제어 신호(27, 28, 29선)가 간다.

제동제어장치(EOD)에서는 제동핸들에서 오는 상용제동 제어 신호와 공기스프링에 의해 검출된 응하중 신호를 연산하여 제동패턴(Brake Pattern)을 만들어 TCU로 보낸다.

TCU는 제동제어장치에서 온 제동패턴의 크기를 기준으로 유도전동기를 제어하여 전기제동력을 제어한다.

유도전동기에서 형성된 전기제동력의 출력 신호는 TCU로 다시 Feed Back 되고, TCU에서 제동 제어장치로 Feed Back 된다.



[그림 3-36] 제동 제어 개요

제동제어장치에서는 제동패턴과 전기제동의 Feed Back 신호를 비교하여 Feed Back 신호의 크기가 제동패턴보다 작으면 각 차의 전공변환밸브에 공기 제동 신호를 보내 공기 제동으로 전기제동력

의 부족분을 보충하도록 제어한다. 한편 전기제동력이 충분히 확보되면 부수차의 제동까지도 전기제동력으로 부담하여 필요한 대부분의 제동력을 전기제동력이 담당한다.

3.3.2.3 견인제어장치(TCU)

TCU는 주 변환장치에 내장되어 있고, 16비트 마이크로프로세서(Micro Processor)와 32Bit 디지털 신호 프로세서(DSP, Digital Signal Processor)¹³⁾로 주 변환장치와 견인 회로를 구성하는 각 접촉기 및 차단기(AK, K, L2, L3 등)의 투입과 차단을 제어한다. 그리고 컨버터와 인버터의 전력변환소자의 start/stop으로 주 변환장치의 순차 기동과 정지를 제어하면서 컨버터와 인버터를 통하여 유도전동기의 속도를 제어하는 장치이다. TCU의 주요 기능은 다음과 같다.

1) 견인 회로의 구성과 운전 방향의 결정

견인 회로를 구성하거나 개방 또는 차단하고 유도전동기의 회전 방향을 바꾸어 전기동차의 운전 방향을 결정한다.

2) 동력 운전 시 동력의 크기 결정

동력핸들의 동력 제어 신호(인코더 출력)와 열차의 속도 및 차량의 하중에 상응한 인장력이 되도록 인버터의 출력전압과 전류, 주파수를 결정한 다음 인버터를 제어하여 동력의 크기를 결정한다.

3) 제동 시 전기제동력의 크기 결정

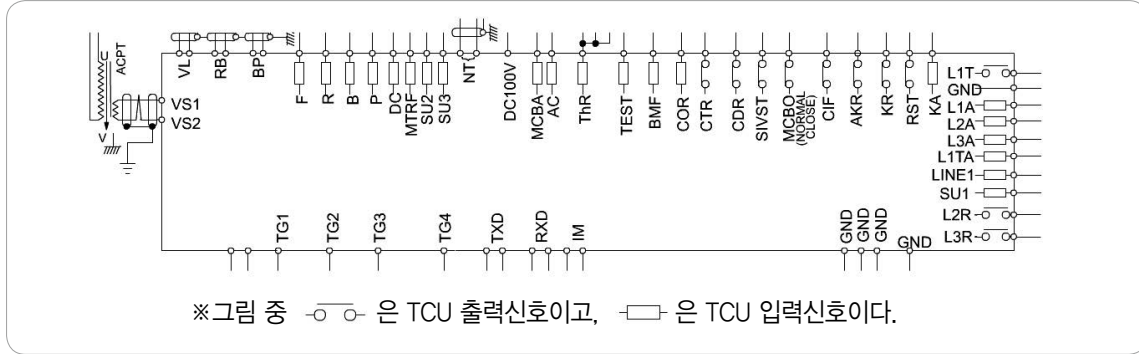
제동패턴에 상응한 제동력이 되도록 인버터의 출력전압, 전류, 주파수를 제어하여 유도전동기의 전기제동력을 결정하고, 유도전동기에서 형성된 전기제동력의 피드백 신호를 받아 제동제어장치를 통해 각 차의 전공변환밸브에서 필요한 만큼의 공기 제동력이 형성토록 하여 전기제동과 공기제동을 적절히 혼합한다.

4) 견인 장치의 보호

견인 장치의 과전압, 과전류 등의 보호 작용을 기계적으로 하여 기기의 손상을 방지한다. 전력변환 소자의 소손, 2차 과부하 등 중(重)고장의 경우에는 MCB 개방계전기(MCBOR)의 무여자로 MCB를 차단하여 고장의 확대를 사전에 방지한다.

13) 디지털 신호를 기계장치가 빠르게 처리할 수 있도록 하는 집적회로를 말한다.(두산백과)

TCU의 제어와 관련된 입력과 출력 신호는 [그림 3-37], [표 3-5]와 같다.



[그림 3-37] TCU 제어 입출력 신호

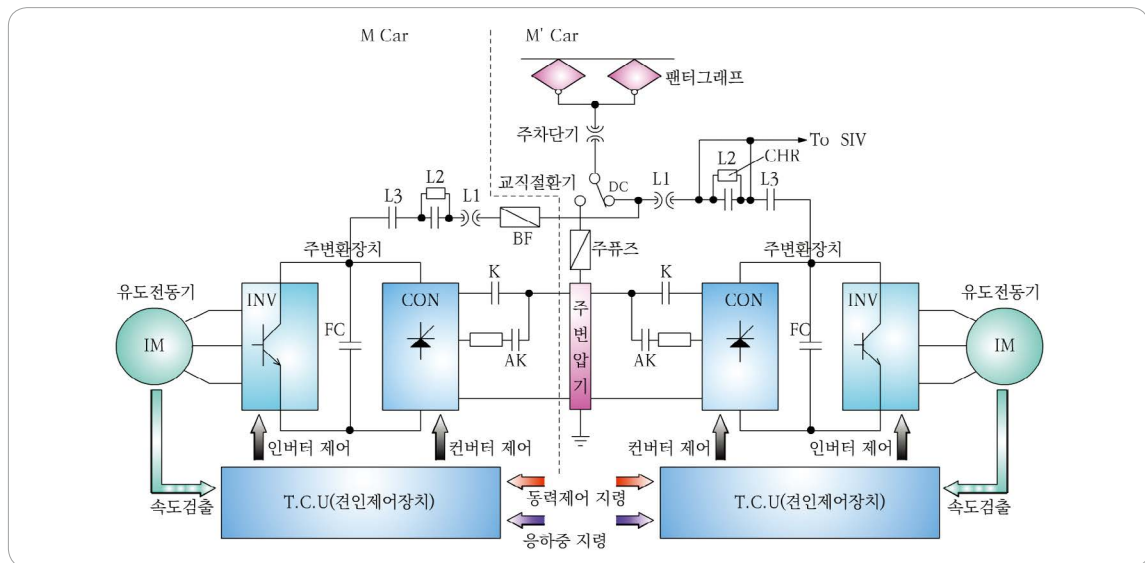
[표 3-5] TCU 제어 입출력 신호 내용

신호	내 용	신호	내 용
ACPT	동기 전원용 교류 변압기 ¹⁴⁾	CDR	제동 전류 검지
VS1, 2	교류 전차선 전압	SIVST	SIV 기동 신호
VL	응하중 신호	MCBO	MCB 고장 차단
RB	전기(회생)제동 유효 신호	CIF	주 변환장치 이상
BP	제동패턴	AKR	AK 투입
F, R	전, 후진	KR	KR 투입
B, P	전기(회생)제동, 동력 운전	RST	복귀
DC	직류 구간	KA	K 투입
MTRF	주변압기 유류, 유온 이상	L1T	L1 트립
SU1, 2, 3	차량 종류 판별	GND	접지
NT	동력 인코더 신호	L1A	L1 투입
DC100V	CIN에서 오는 전원	L2A	L2 투입
MCBA	MCB 개방	L1TA	L1T 트립
AC	교류 구간	L2R	L2R 여자
ThR	주 변환장치 온도 계전기	L3R	L3R 여자
TEST	테스트 신호	IM	유도전동기 전류
BMF	송풍기 이상	TXD	모니터 입력
COR	고장 차 차단	RXD	모니터 출력
CTR	출력 제어	TG1, 2, 3, 4	전동기(1, 2, 3, 4) 회전속도

14) 전차선 측 계기용변압기(PT)의 출력을 변압하여 전차선의 전압과 전류 정보를 TCU에 입력하는 변압기

3.3.3 동력 제어회로(Powering Control Circuit)

동력의 제어는 주간제어기의 제어 신호를 받아 이루어지며, 동력 운전 시 견인 회로의 작동은 교류 구간과 직류 구간이 서로 달라 따로 설명하기로 한다. 속도 제어와 전력의 흐름을 살펴보면 [그림 3-38]과 같고, 장치의 작동은 [표 3-6]과 같다.



[그림 3-38] 견인 회로 및 동력 제어 간략도

[표 3-6] 견인 장치의 작동

M' 차								
구간	상태	L1	L2	L3	AK	K	컨버터	인버터
교 류	P/B	×	○	○	△	○	○	○
	OFF	×	○	○	△	○	○	×
직 류	P/B	○	○	○	×	×	×	○
	OFF	○	×	×	×	×	×	×
M 차								
구간	상태	L1	L2	L3	AK	K	컨버터	인버터
교 류	P/B	×	×	×	△	○	○	○
	OFF	×	×	×	△	○	○	×
직 류	P/B	○	○	○	×	×	×	○
	OFF	○	×	×	×	×	×	×

비고 : P/B Powering/Braking, ○ 투입 또는 Gate 제어, ×개방 또는 Gate OFF, △ FC 충전 시까지 접촉 후 개방

[그림 3-38]에서 전기동차가 직류 구간에 있을 때 전차선 → 팬터그래프 → 주차단기 → 교직절환기 → L1, L2, L3 → 인버터(INV) → 유도전동기의 순서로 주 전력이 공급된다.

속도의 제어는 TCU에서 동력핸들의 동력 제어 신호와 응하중 신호를 받아 유도전동기에서 검출된 속도를 비교, 연산한 다음 그 신호로 인버터를 기동하고 제어하여 결정한다. SIV의 전원은 MCB가 투입되고 L1이 투입되면 공급된다.

교류 구간을 운행 시에는 전차선 → 팬터그래프 → 주차단기 → 교직절환기 → 주퓨즈 → 주변압기 → 컨버터(CON) → 인버터(INV) → 유도전동기의 순서로 전력이 공급되고, SIV의 구동을 위해서는 M'차의 L3이 투입되어야 한다. 교류 구간에서 속도 제어는 직류 구간에서와 마찬가지로 TCU에서 동력핸들의 제어 신호와 응하중 신호를 받아 유도전동기에서 검출된 속도를 비교, 연산하여 결정한다. 이때 인버터와 함께 컨버터의 기동 및 제어도 TCU에서 이루어진다.

3.3.3.1 직류 구간의 기동 및 동력 제어

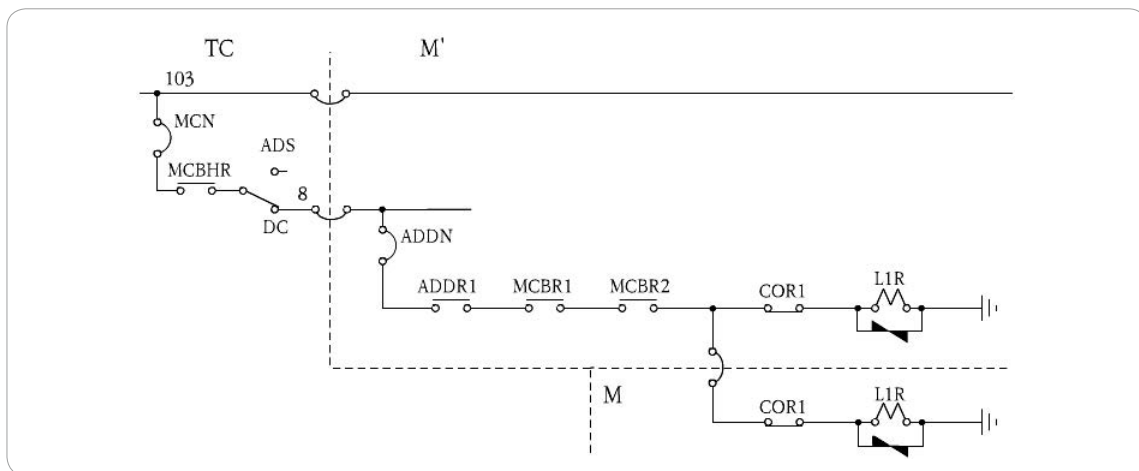
(1) 직류 구간에서의 기동 제어회로

1) L1 차단기(고속도차단기)의 투입과 SIV 기동

전기동차의 MCB가 투입되면 L1은 [그림 3-39]와 같이 투입된다.

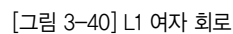
① L1R의 여자

- ◆ TC차{103-MCN-MCBHR(a)-ADS(DC)} - M'차{ADDN-ADDR1(a)-MCBR1(a)
- MCBR2(a)-COR1(b)-L1R 여자
└─ M차{COR1(b)→L1R 여자}



[그림 3-39] L1R 여자 회로

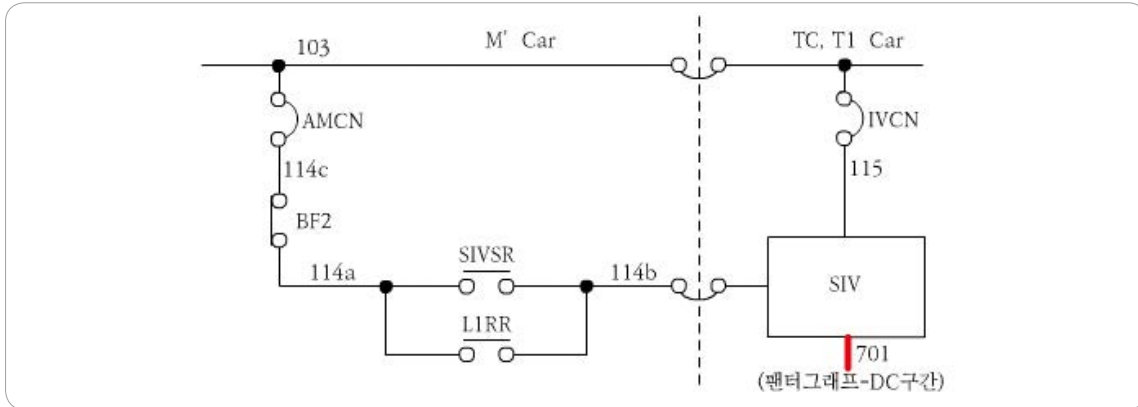
◆ M'차, M차{103-CIN-L1R(a)-L1R(a)-L3(b)-L1 여자로 고속도차단기(L1)가 투입된다([그림 3-40]). L1의 기계적 투입 작동은 [그림 3-28]을 참조할 것.



◆ M'차, M차 {103-CIN-L1(C)-L1(T)-L1RR 여자
└(TCU L1A)}

CCOS는 제어회로 절환 스위치이고, 견인 회로를 차단하거나 견인 회로의 작동 시험을 할 때 사용하며 통상 Normal 위치에 있다.

◆ M'차 {103-AMCN-114c-BF2(b)-114a-L1RR(a)-114b} → TC, T1차{SIV} 로 SIV 기동신호가 입력된다.

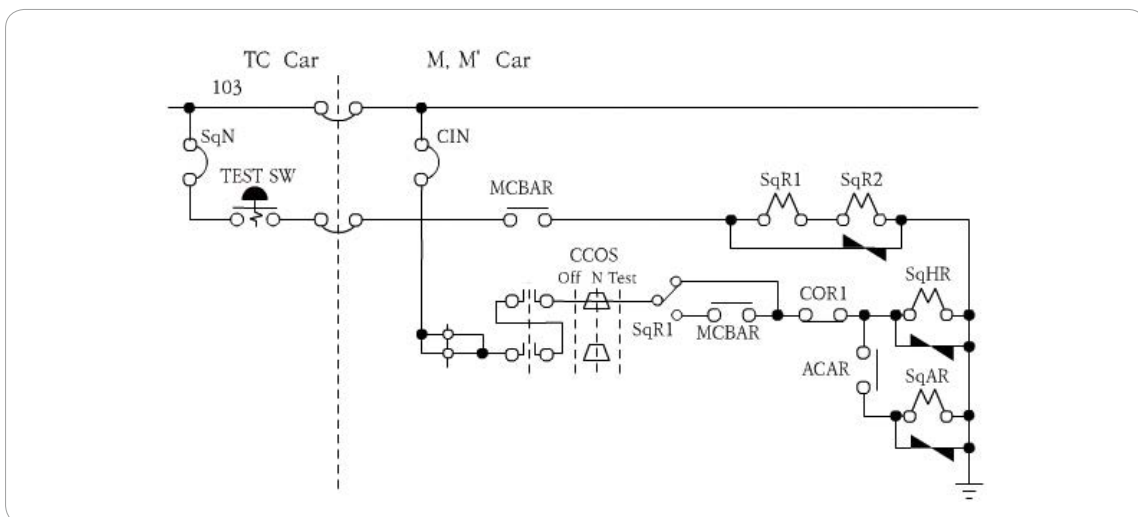


[그림 3-41] 보조전원장치(SIV) 기동 신호

2) 시퀀스 유지계전기(SqHR) 여자회로

제어회로 절환 스위치(이하 'CCOS'라 한다)의 핸들이 정상(N) 위치에 있을 때 [그림 3-42] 회로에 의해 M차, M'차의 시퀀스 유지계전기(SqHR, 이하 SqHR이라 한다)가 여자 된다.

◆ M차, M'차 {103-CIN-CCOS(N)-SqR1(b)-COR1(b)-SqHR 여자



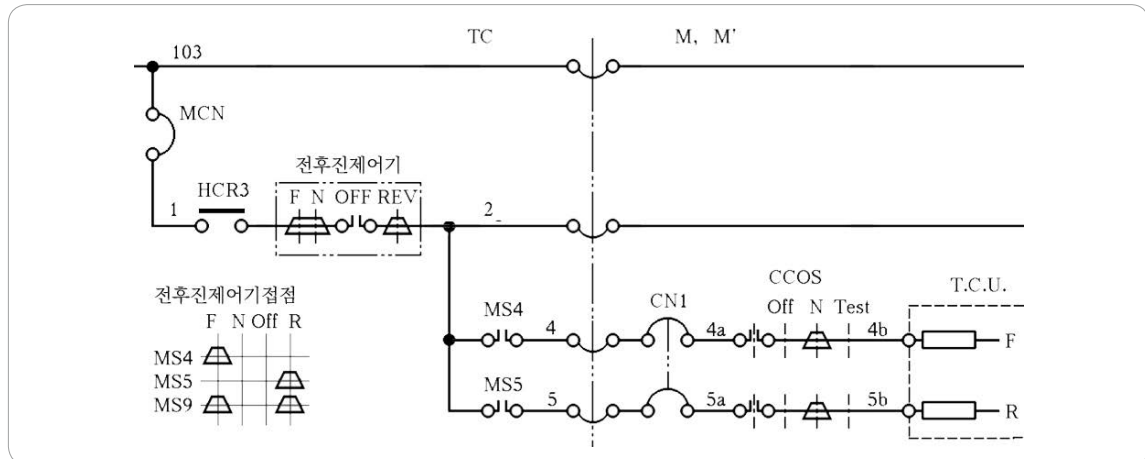
[그림 3-42] 시퀀스(sequence) 유지계전기(SqHR) 여자회로

(2) 직류 구간에서의 동력 제어회로

1) 전 · 후진 핸들의 조작

전 · 후진 핸들의 전진(F) 또는 후진(R) 위치에서 [그림 3-43]과 같이 4선 또는 5선이 가압되

어 TCU에 운전 방향을 결정하는 신호를 준다.



[그림 3-43] 전 · 후진 제어회로

[그림 3-43]에서 TC차 운전실의 전 · 후진 핸들을 전진(F)과 중립(N) 또는 후진(REV) 위치로 하면 103선의 전원이 MCN-HCR3(a)-전 · 후진 제어기를 거쳐 2선이 가압된다. 2선의 가압으로

① 4선 가압

◆ TC차{2-MS4-4}-M차, M'차 {4-CN1-4a-CCOS(N)-4b-(TCU-F)}

② 5선 가압

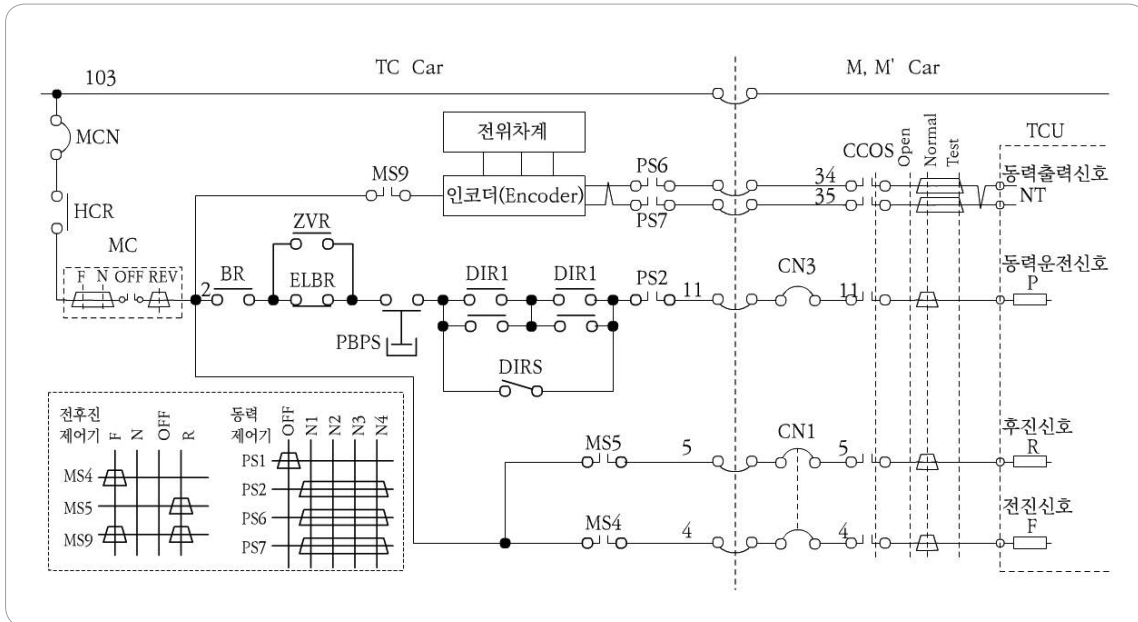
◆ TC차{2-MS5-5}-M차, M'차 {5-CN1-5a-CCOS(N)-5b-(TCU-R)}

2) 출입문 연동 회로

전기동차의 동력 회로는 객실 승객의 안전을 위해 출입문이 모두 닫혀 있는 조건에서 동력 운전이 가능하도록 하였다.

즉, 출입문이 모두 닫히면 출입문 연동계전기(DIR1)가 작동하고, 동력 운전 선(11선)에 있는 DIR1(a)접점을 붙여 준다. 출입문 연동계전기(DIR1)는 모든 차의 객실 출입문이 완전히 닫혔음을 확인하는 계전기로 출입문 닫힘 회로와 연동되어 있다.

출입문 비(非)연동스위치(DIRS)는 객실 출입문의 고장 등으로 출입문이 한 개 이상 닫히지 않거나 기타의 사유로 출입문 연동계전기(DIR)의 작동이 불량한 경우에 출입문과 관계없이 동력 회로를 구성할 수 있도록 하는 스위치이다.



[그림 3-44] 전 · 후진 제어 및 동력 운전 제어 신호

3) 동력 신호와 L3, L2 투입신호

① 동력 운전 신호

동력핸들을 1~4단의 위치로 옮기면, [그림 3-44]와 같이 동력제어기의 PS2, PS6, PS7 접점이 붙는다.

따라서

◆ TC차 {2-BR(a)-ELBR(b)-PBPS(정상)- DIR1(a)-DIR1(a)-PS2-11}-
 $\swarrow$ ZVR(a) $\nearrow$ $\left[\begin{array}{c} \text{DIR1(a)-DIR1(a)} \\ \text{DIRS} \end{array} \right]$

M'차, M차{11-CN3-11-CCOS(Normal)-TCU-P}에 동력 운전 신호가 간다.

② L3 투입신호

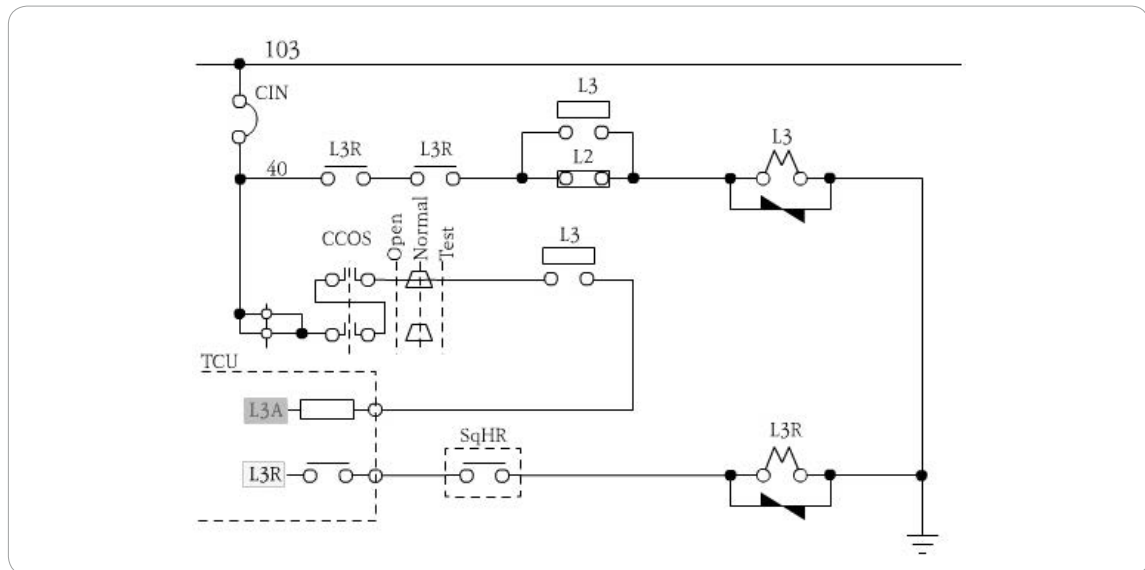
동력 운전 신호가 주어지고 0.3초 후, TCU에서 [그림 3-45]와 같이

◆ M차, M'차 TCU L3R-SqHR(a)-L3R 여자

◆ 103-CIN-40-L3R(a)-L3R(a)-L2(b)-L3 여자

에 의해 차단기 L3을 투입하고, L3 투입을 나타내는 신호(L3A)가 TCU로 입력된다.

◆ M차, M'차 CIN-CCOS(Nomal)-L3(a)-TCU L3A



[그림 3-45] L3 투입 회로

L3이 투입되면 L2가 투입되기 전이라도 L2와 병렬로 연결된 저항기(CHR)를 거친 전력이 FC에 충전([그림 3-31])되면서 동력 회로 구성 시 발생할 수 있는 충격을 완화시킨다.

L3이 투입되고 이후 L3(a) 연동으로 L2(b)와 관계없이 L3 여자회로를 구성한다.

③ L2 투입신호

L3 투입을 나타내는 신호(L3A)가 있는 다음 0.6초 후, [그림 3-46]과 같이

◆ M차, M'차 {TCU-L2R-SqHR(a)-L2R} 여자

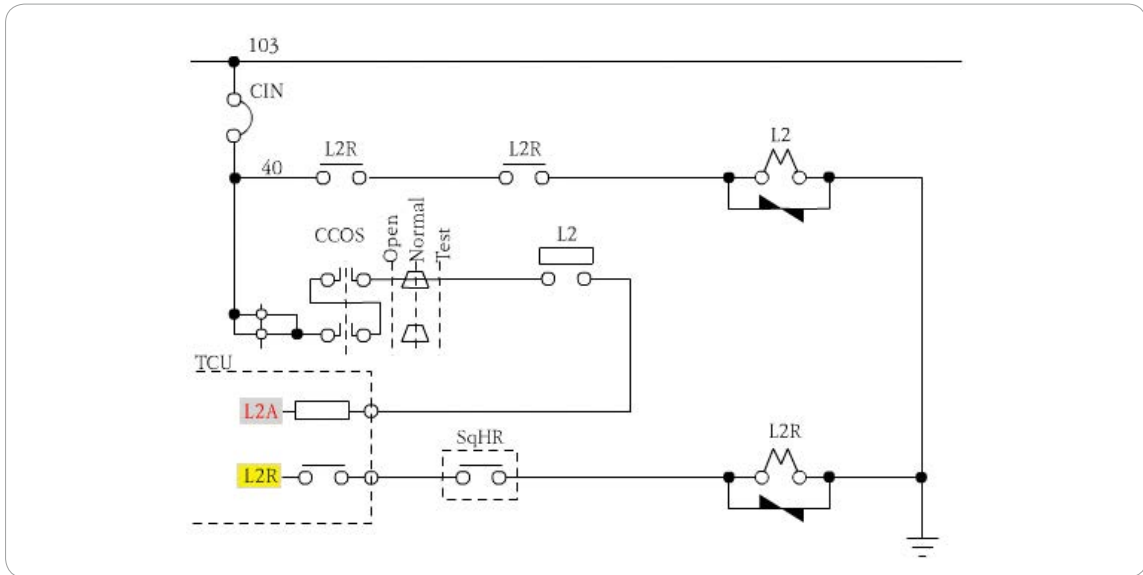
◆ 103-CIN-40-L2R(a)-L2R(a)-L2 여자

에 의해 L2 접촉기가 투입되고, TCU에 L2 투입을 표시하는 신호(L2A)가

◆ M차, M'차{CIN-CCOS-L2(a)-TCU L2A}에 의해 TCU에 입력되고, 전인 회로가 구성된다.

4) 인버터의 기동과 제어

TCU로 L1~L3 투입을 표시하는 신호(L1A~L3A)가 모두 입력된 다음 0.1초 후, 인버터가 기동이 되고, TCU는 각 외부 입력 조건(응하중, 동력핸들의 위치, 속도)에 의해 제어를 행한다. 즉 TC차의 동력핸들에 의한 인코더(Encoder) 출력과 열차 속도, 차량 하중에 상응한 인장력이 되도록 인버터의 출력전압, 전류, 주파수를 결정하여 유도전동기의 속도를 제어한다.



[그림 3-46] L2 여자 및 L2 투입 신호 회로

이때 유도전동기의 제어는 저속 영역에서 주파수를 올리면서 출력전압도 같은 비율로 올리는 정 토크(Torque) 제어와 중속 영역에서 주파수와 슬립주파수를 같은 비율로 올려 출력을 일정하게 하는 정 출력 제어, 그리고 고속 영역에서는 주파수만 최대로 올려 유도전동기의 특성상 높일 수 있는 한계까지 속도를 높이는 특성 제어가 있다.

5) 직류 구간에서 전기동차의 기동과 동력 제어 요약

직류 구간에서 전기동차의 기동과 동력 제어회로의 구성 및 순서는 다음과 같다([그림 3-47]).

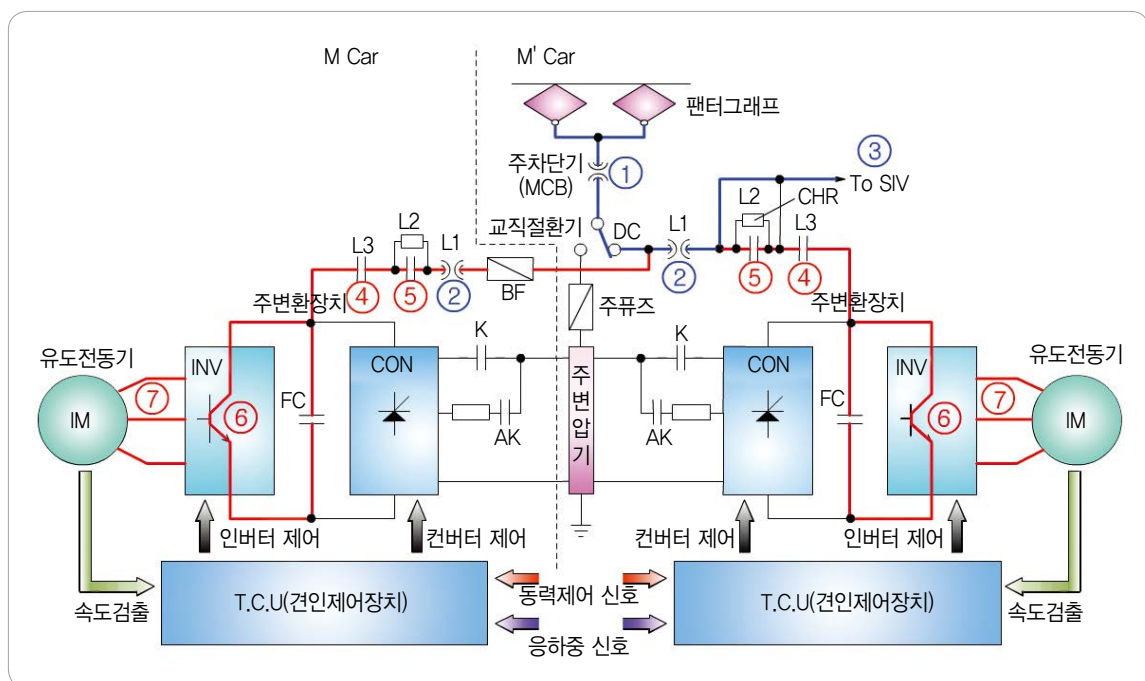
① 전기동차 기동

순서	작용	비고
①	팬터그래프 상승과 MCB 투입	
②	L1 투입	
③	SIV 기동	

② 동력 제어

동력핸들 취급(1~4단) 11선 가압과 인코더 신호 발생, TCU에서 동력 운전 신호(11선) 및 동력 제어 신호(인코더 출력 신호) 수신

순서	작용	비고
④	동력 운전 신호 수신 후 0.3초 후 L3 투입	
⑤	L3 투입 신호(L3A) 수신 후 0.6초 후 L2 투입	
⑥	L2 투입 신호(L2A) 수신 후 0.1초 후 인버터 기동	
⑦	유도전동기 동력 제어	



[그림 3-47] 직류 구간에서 전기동차의 기동과 동력 제어 요약

6) 동력핸들을 OFF 할 경우

동력핸들을 OFF 위치로 하면, 11선이 무가압 상태로 되어 TCU로 가는 동력 운전 신호가 끊기므로 TCU의 신호로 L2가 먼저 차단되고 L3이 차단된다. 이는 L2가 차단되어도 L2와 병렬로 접속된 저항(CHR)을 거친 전력이 공급되고 있는 상태에서 L3이 견인 회로의 전력을 완전히 차단하므로 차단 시 발생할 수 있는 전기적인 충격을 완화하면서 인버터의 전력변환 소자의 OFF가 동시에 이루어진다. 따라서 전차선의 전력은 L2와 L3에서 끊기고, 인버터의 작동이 멈추어 유도전동기의 제어와 전력 공급이 중단되므로 전기동차는 무동력 운전 상태로 된다.

7) 재(再)동력 취급

동력핸들을 OFF 후, 다시 동력핸들을 ON 취급하여 동력 운전을 하는 경우는 앞의 3)항 L3, L2의 투입부터 진행된다.

8) 전진과 후진의 절환

전진과 후진의 방향 전환은 전기동차가 완전히 정지한 다음 동력핸들을 OFF 위치로 하고 전·후진 핸들을 전진(F) 혹은 후진(R)위치로 하여 전환을 한다.

3.3.3.2 교류 구간의 기동 및 동력 제어

교류 구간에서의 동력 제어회로는 M차와 M'차가 다르다. M'차는 전차선의 전력을 받아 SIV에 그 전력을 공급하기 때문에 L3과 L2의 차단기가 투입되지만 M차는 L3과 L2가 투입되지 않는다.

(1) 교류 구간에서의 기동 제어회로

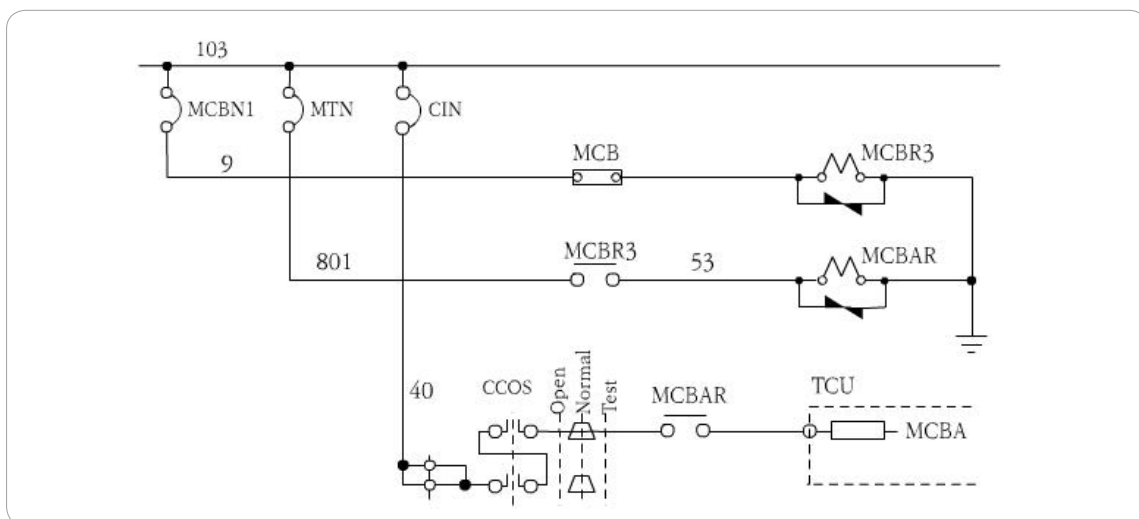
1) 컨버터와 SIV의 기동

① MCB 투입신호에 의해

MCB가 투입하면 [그림 3-48]에서

- ◆ 103-MCBN1-9-MCB(b)-MCBR3 무여자
- ◆ 103-MTN-801-MCBR3(a)-53-MCBAR 무여자

MCBR3의 무여자로 MCBAR도 무여자되어 MCBAR(a) 접점이 떨어진다.



[그림 3-48] MCBAR 여자와 MCB 개방 신호 소멸 회로

◆ 103-CIN-CCOS(Nomal)-MCBAR(a)-TCU MCBA 신호 소멸

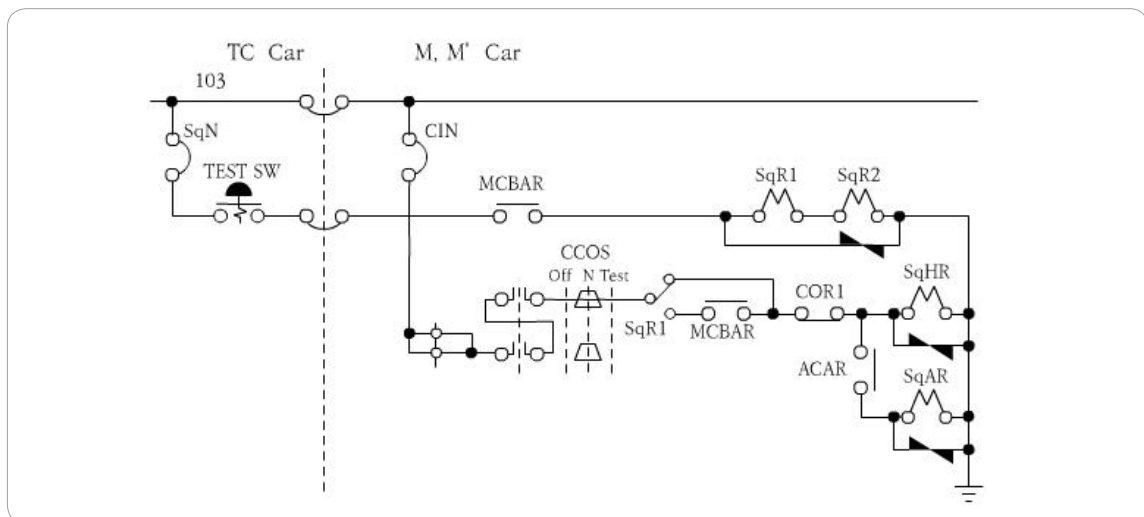
TCU에서는 MCB의 개방을 나타내는 신호(MCBA)가 없으므로 MCB가 투입된 것으로 인식한다.

② 시퀀스 유지계전기(SqHR)와 시퀀스 보조계전기(SqAR) 여자회로

103선이 가압되고, CCOS가 정상(Normal) 위치에 있으면 [그림 3-49] 회로에 의해 M차, M'차의 SqHR과 시퀀스 보조계전기(SqAR, 이하 SqAR이라 한다)가 여자 된다.

◆ M차, M'차 103-CIN-CCOS(N)-SqR1(b)-COR1(b)-SqHR 여자

◆ M차, M'차 103-CIN-CCOS(N)-SqR1(b)-COR1(b)-ACAR(a)-SqAR 여자



[그림 3-49] 시퀀스 유지계전기와 시퀀스 보조계전기 여자회로

③ L3 투입신호(M'차에서만)

MCB 개방 신호(MCBA)가 소멸된 후 TCU에서 [그림 3-50]과 같이

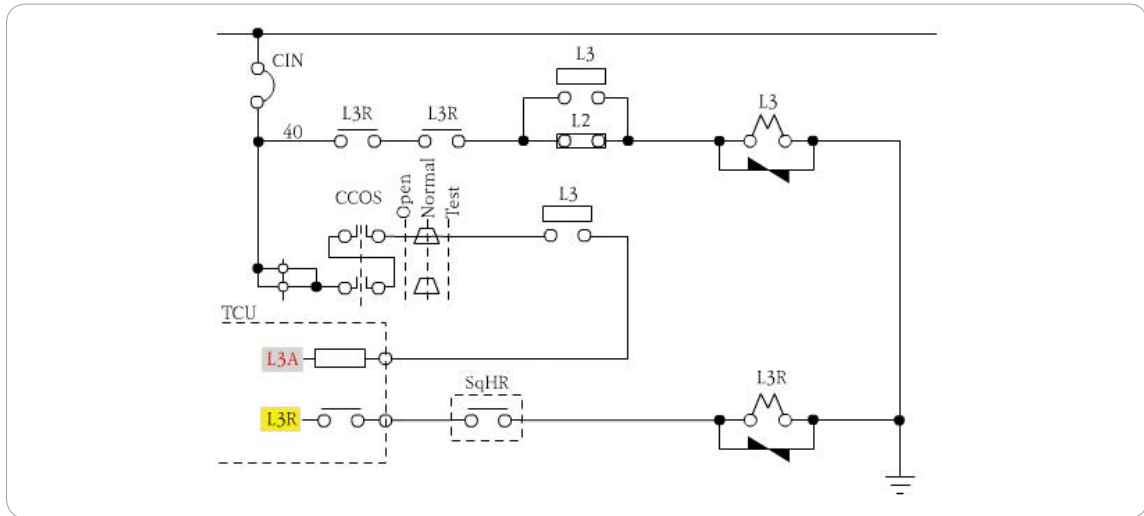
◆ TCU L3R(a)-SqHR(a)-L3R 여자

◆ 103-CIN-L3R(a)-L3R(a)-L2(b)-L3 여자

로 차단기 L3을 투입하고, L3이 투입된 후 투입이 되었다는 신호(L3A)가 TCU로 입력된다.

◆ M'차 CIN-CCOS(Nomal)-L3(a)-TCU L3A

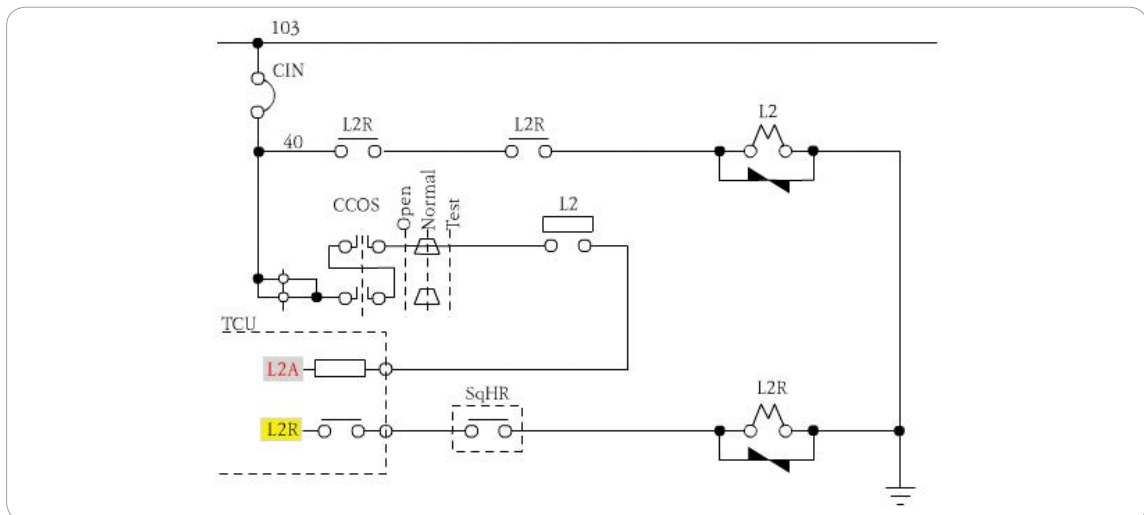
L3이 투입되고 이후 L3(a) 연동으로 L2(b)와 상관없이 L3 여자 회로가 구성된다.



[그림 3-50] L3 투입 회로

④ L2 투입신호(M'차에서만)

L3 투입을 나타내는 신호(L3A)가 있는 다음 0.6초 후, TCU는 L2R을 가압하여 L2R 여자 신호를 보낸다. [그림 3-51]에서



[그림 3-51] L2 여자 및 L2 투입 신호 회로

- ◆ M'차 TCU-L2R-SqHR(a)-L2R 여자
- ◆ 103-CIN-40-L2R(a)-L2R(a)-L2 여자

에 의해 L2 차단기가 투입되고, TCU에 L2 투입을 표시하는 신호(L2A)를

- ◆ M'차CIN-CCOS-L2(a)-TCU L2A에 의해 보낸다.

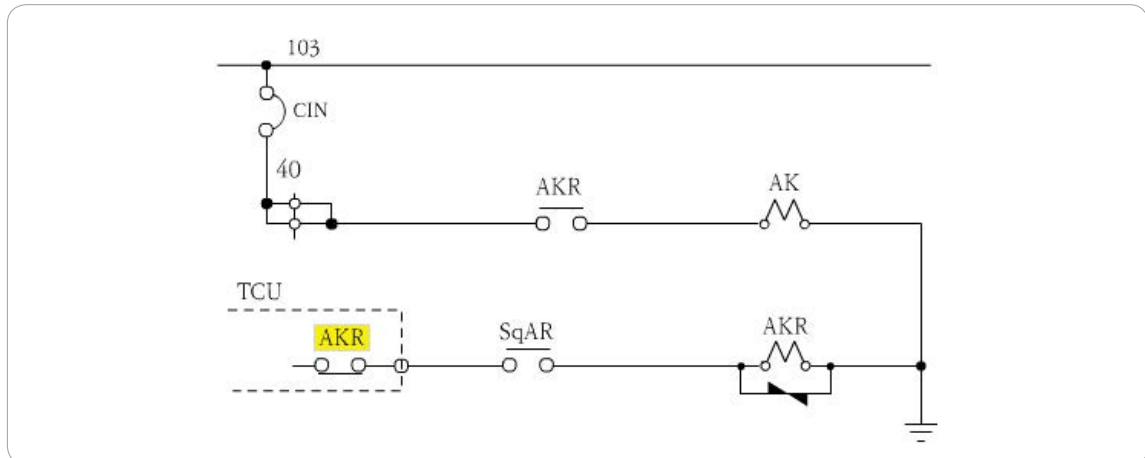
교류 구간에서 M'차는 K가 투입되면 컨버터가 기동되고 L3을 거쳐 컨버터에서 변환된 전력(DC 1,800V)이 SIV로 공급되기 때문에 L2 차단기의 투입은 큰 의미가 없다.

⑤ AK 투입신호(M차 M'차 모두)

M'차의 L2가 투입되고, M차는 MCB가 투입된 다음 1초 후 TCU에서 AKR 투입신호가 나온다. 이때 TCU에서는 MCB의 상태와 차단 입력의 유무, 전차선의 정전 유무 및 보호 작용의 작동여부 등을 확인한 다음 AKR의 여자 신호를 보낸다.

- ◆ TCU-AKR-SqAR(a)-AKR 여자
- ◆ 103-CIN-40-AKR(a)-AK 여자 ([그림 3-52])

에 의해 AK가 투입된다. 이때 컨버터의 기동신호는 아직 주어지지 않지만, 컨버터의 브리지 정류회로에 의해, 충전 저항기(CRe)를 거쳐 직류 중간 회로의 FC에 충전이 시작된다.



[그림 3-52] AKR과 AK 여자회로

⑥ K 투입신호

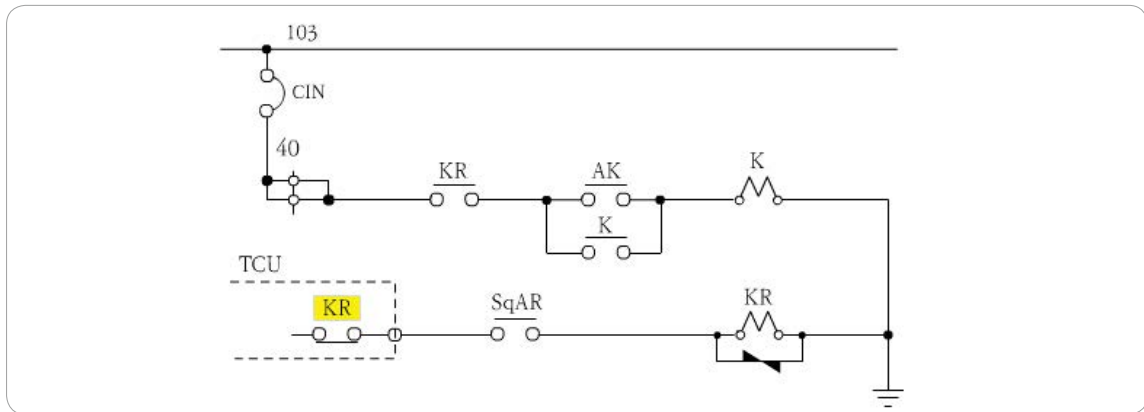
AK 투입으로부터 0.75초 후, TCU에서 KR 여자 신호를 한다.

- ◆ TCU-KR-SqAR(a)-KR 여자 ([그림 3-53])

KR이 여자 되면

- ◆ 103-CIN-40-KR(a)-AK(a)-K 여자

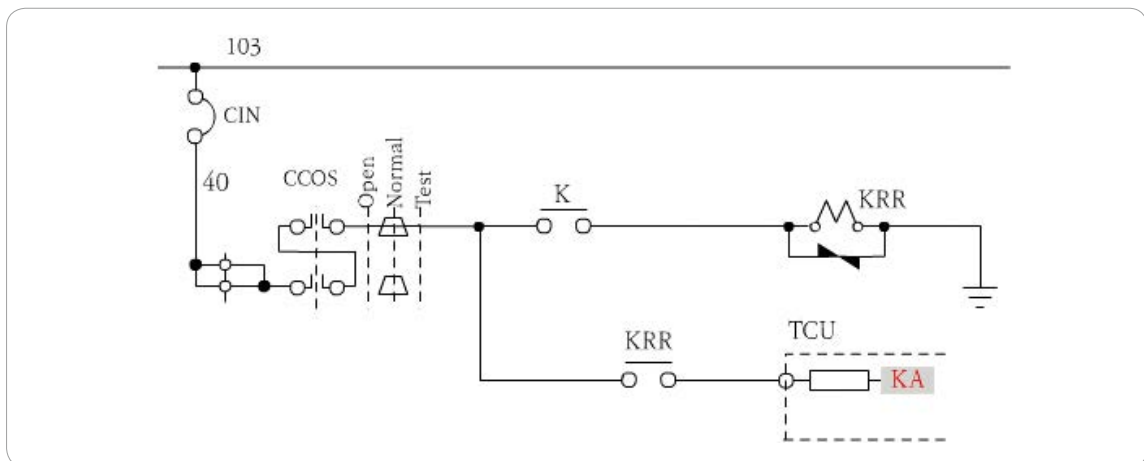
에 의해 K가 투입되고 컨버터가 기동되며, 이후 AK가 무여자 되더라도 AK(a)와 관계없이 K(a) 연동으로 K 여자회로를 계속 구성한다.



[그림 3-53] KR과 K 여자회로

K가 투입된 후 K 투입을 표시하는 신호가 TCU에 주어진다.

- ◆ 103-CIN-40-CCOS(N)-K(a)-KRR 여자
- ◆ 103-CIN-40-CCOS(N)-KRR(a)-TCU-KA(K 투입 표시 신호) ([그림 3-54])



[그림 3-54] K 투입 표시 회로

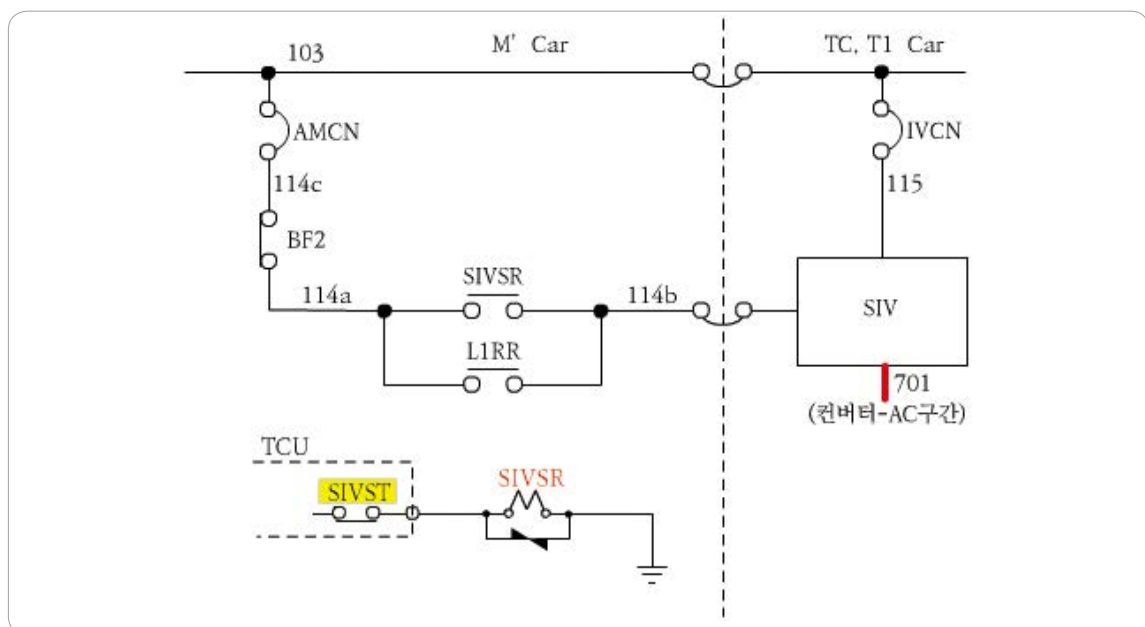
K투입 신호(KA)가 TCU로 가면 TCU에서 AK를 개방한다. 이것에 의해, 교류 구간에 있어서 M, M'차의 견인 회로가 구성되게 된다.

⑦ 컨버터와 SIV의 기동

각 접촉기가 투입하고, 견인 회로가 구성되면, TCU에서 컨버터에 신호를 주어 컨버터가 기동한다. 컨버터가 기동되면 M'차 TCU에서는 보조전원장치(SIV)에 기동신호를 보낸다.

M'차 TCU-SIVST-SIVSR 여자

M'차 103-AMCN-114c-BF2-114a-SIVSR(a)-114b → TC, T1차 SIV 로 제어 신호가 입력 ([그림 3-55])되고, SIV에는 M'차의 컨버터를 거친 직류전원이 공급된다. SIV의 기동으로 교류 구간에서 전기동차는 기동을 마치게 된다.



[그림 3-55] 보조전원장치(SIV) 기동 신호

(2) 교류 구간에서의 동력 제어회로

1) 전 · 후진 핸들의 조작

전진과 후진 신호는 직류 구간에서의 전진, 후진 신호와 같은 움직임으로 된다. 전·후진 핸들을 전진(F) 또는 후진(R)의 위치로 하면, 4선 또는 5선이 가압되고 TCU에 전진 또는 후진 운전의 신호가 주어진다.

2) 동력해들의 조작

동력해들을 1~4단의 위치로 이동하면, 11선이 가압되고 동력 운전 신호가 TCU로 간다. 직류 구

간에서는 동력 운전 신호가 TCU에 전달된 다음 L3과 L2가 접촉되고 인버터로 기동과 제어 신호가 가지만, 교류 구간에서는 직류 구간과 달리 컨버터가 기동이 되어 있는 상태에서 동력 제어가 시작되므로 동력 운전 신호가 오면 0.3초 후 TCU는 인버터의 전력변환 소자에 신호를 주어 곧바로 인버터를 기동시킨다. 그 신호 회로는 [그림 3-44]와 같고, 인버터가 유도전동기를 제어하는 것은 직류 구간과 동일하다.

3) 교류 구간에서 전기동차의 기동과 동력 제어 요약

교류 구간에서 전기동차의 기동과 동력 제어회로의 구성 및 순서는 다음과 같다([그림 3-56]).

① 전기동차의 기동

순서	작용	비고
①	Pan 상승, MCB 투입, TCU로 가는 MCB 차단 신호 소멸	
②	L3 투입(M'차에 한함)	
③	L2 투입(M'차에 한함)	L3 투입 후 0.3초
④	AK 투입	L2 투입 후 1초 후
⑤	K 투입 후 AK 차단	AK 투입 후 0.75초
⑥	컨버터의 기동과 SIV의 기동	

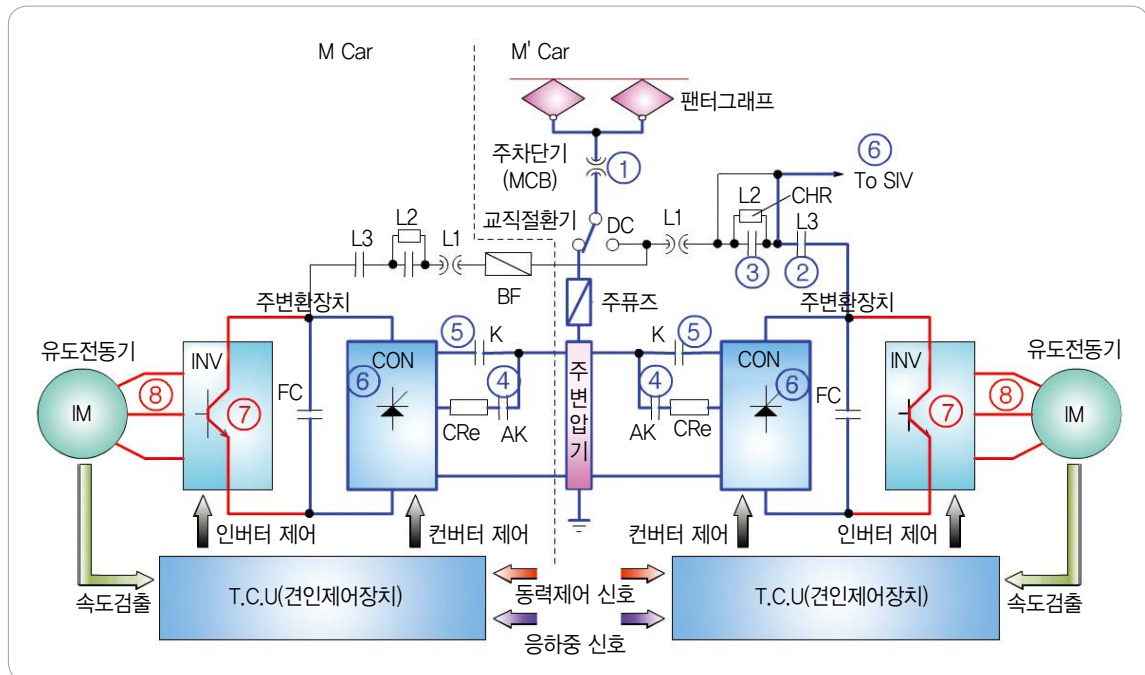
② 동력 제어

교류 구간에서 동력 신호가 가면 컨버터는 이미 기동이 된 상태에서 0.3초 후에 인버터가 기동이 되고 인버터에 의해 유도전동기를 제어하여 동력 운전을 한다.

순서	작용	비고
⑦	동력 신호 0.3초 후 인버터의 기동	
⑧	유도전동기 동력 제어	

(3) 동력 제어 핸들의 OFF

동력핸들을 OFF 위치로 하면 TCU로 가는 동력 운전선(11선)이 무가압되고, TCU의 신호로 1초 후에 인버터의 작동이 멈춘다. 이때 각 접촉기는 원래의 상태를 유지하고, 컨버터도 계속 작동 상태를 유지한다. 그러나 인버터가 정지되어 유도전동기에 전력의 공급과 제어가 중단되므로 전기동차



[그림 3-56] 교류 구간에서 전기동차의 기동과 동력 제어 요약

는 직류 구간과 같이 무동력 운전 상태로 된다.

(4) 재(再)동력 취급

동력제어기를 OFF 후, 다시 동력 운전을 하는 경우에는 0.3초 후에 인버터가 작동하여 동력을 제어한다.

(5) 전진과 후진의 절환

전기동차의 전진과 후진의 방향 절환은 전기동차가 완전히 정지한 다음 동력핸들을 OFF 위치로 하고 전·후진 핸들을 전진(F) 혹은 후진(R) 위치로 하여 방향을 바꾼다.

3.3.4 전기제동 제어회로

전기제동은 상용제동에서만 작용한다. 제동핸들을 상용제동 위치(1~7Step)로 이동하거나 ATC의 속도 초과로 상용제동 신호가 있을 때 제동핸들을 1단 이상 취급하면 전기제동이 작용하는데 이때 발생하는 전기제동력은 공기 제동력과 적절히 혼합되어 작용한다.

제동은 구동차 하나에 부수차 하나가 1개의 유닛(Unit)으로 작용하고, 필요한 제동력은 대부분 전기제동으로 담당하도록 하였다. 공기 제동은 전기제동력이 부족한 경우나 전기제동이 작동하지 않을 때 제동력을 보완한다.

이 같은 두 종류의 제동력은 제동핸들 등에 의한 제동 제어(Brake Notch) 신호와 객실 하중(승차인 수)에 의한 응하중에 따라 결정되어 적절한 제동력을 얻을 수 있지만, 전기(회생)제동이 보호 작용 등으로 작용하지 않을 때는 공기 제동으로 바뀌어 체결된다.

공기 제동은 제동 장치에서 자세히 다루기로 하고, 이 장에서는 전기제동에 대해서만 알아보기로 한다.

전기제동의 작용 회로도 동력 운전과 같이 직류 구간과 교류 구간이 서로 달라 따로 설명하기로 한다.

3.3.4.1 직류 구간에서 전기제동 제어

직류 구간에서 동력 운전 중 동력핸들을 OFF 하면, MCB와 L1은 투입된 상태에서 L2와 L3이 개방되고, 인버터의 기동은 정지된 상태가 된다. 이 상태에서 전기제동은 시작된다.

(1) 전기제동 제어

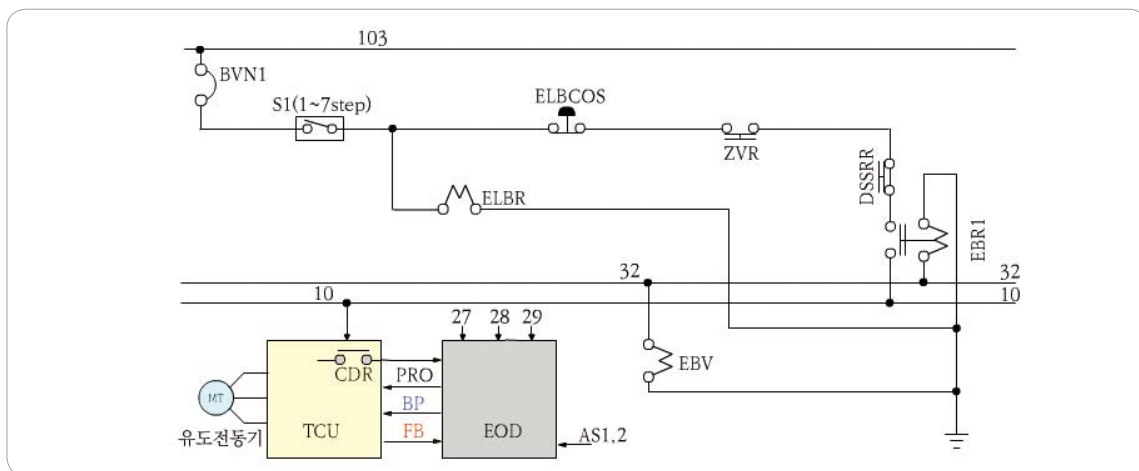
1) 전기제동 제어 신호

제동핸들을 1~7Step의 위치로 이동하면 TCU에 [그림 3-57]과 같이 전기제동 신호(10선)를 준다.

TC차103-BVN1-S1(제동핸들 1~7step)

-ELBCOS(정상)-ZVR(b)-DSSRR(b)-EBR1(a)-M'차, M'차10-TCU

그리고 TC차103-BVN1-S1(제동핸들 1~7step)-ELBR 여자로 동력 운전 회로(11선)를 차단한다.



[그림 3-57] 전기제동 제어회로

[그림 3-57]에서 EBR1 계전기는 제동 계통이 전기적, 공기적으로 완전한 조건에서 비상제동 Loop회로가 구성되면 여자 되는 계전기이다. 따라서 비상제동 Loop회로가 끊어지면 무여자 되어 전기제동 신호선인 10선을 끊어서 전기제동을 차단하기 때문에 비상제동 시는 순수한 공기 제동만 작용하도록 한다.

2) 제동력의 결정

필요한 제동력의 결정은 27, 28, 29선의 제동 제어 신호와 차량의 공기스프링(AS1,2)에 의해 검출된 승객의 하중정보(응하중 신호)를 제동제어장치(EOD)에서 연산하여 필요한 총 제동력을 패턴화(Brake Pattern)한 다음 TCU에 보내 유도전동기를 제어하여 결정한다.

3) 전기제동 작용

① L3 투입신호

TCU는 제동신호(10선)를 받은 다음 0.4초 후에 L3 투입신호를 내고 L3 작동 후 L3이 투입되었다는 신호를 얻는다(동력 운전과 동일 [그림 3-45]).

② L2 투입신호

L3 투입을 나타내는 신호가 있는 다음 0.6초 후에 L2의 투입신호가 나온다. 따라서 동력 운전 시와 마찬가지로 견인 회로가 구성된다(동력 운전과 동일 [그림 3-46]).

③ 인버터의 기동

L2가 투입된 다음 0.1초 후에 인버터가 기동이 되고, TCU는 제동패턴에 상응한 제동력이 되도록 인버터를 제어한다. 인버터에서는 출력전압과 주파수를 결정하여 유도전동기를 구동시켜 전기제동력을 제어한다.

(2) 제동 제어의 차단

제동핸들의 위치를 OFF 위치로 하면 10선이 무가압 상태가 되어 TCU로 가던 전기제동 신호가 종료되므로 L2, L3의 개방과 인버터가 동시에 정지된다. 이 상태로 전기제동이 종료된다.

(3) 동력 취급 또는 재(再)제동

제동 제어를 차단한 후 동력을 취급하거나 다시 제동을 취급하는 경우는 L3 투입 → L2 투입 → 인버터의 기동 및 유도전동기의 제어 순서로 이루어진다.

3.3.4.2 교류 구간에서 전기제동 제어

교류 구간에서 동력 운전 중 동력핸들을 OFF 하면, M, M'차는 [표 3-7]의 상태로 된다.

[표 3-7] 교류 구간에서 무동력 운전 시 기기의 상태

차종 \ 기기	K	AK	L2, L3	컨버터	인버터	SV
M차	투입	개방	개방	작동	정지	
M차 (TC차)	투입	개방	투입	작동	정지	(작동)

(1) 전기제동 제어

1) 제동 신호

제동핸들을 1~7Step 위치로 이동하면 10선이 가압되고, TCU에 [그림 3-57]과 같이 전기제동 신호(10선)가 주어진다.

TC차103-BVN1-S1(제동핸들 1~7step)

-ELBCOS(정상)-ZVR(b)-DSSRR(b)-EBR1(a)-M차, M'차10-TCU

그리고 TC차103-BVN1-S1(제동핸들 1~7step)-ELBR 여자로 동력 운전 회로(11선)를 차단한다.

2) 제동력의 결정

필요한 총 제동력의 결정은 직류 구간과 동일하게 제동 제어 신호와 차량의 공기스프링에 의해 검출된 승객의 하중정보를 제동제어장치(EOD)에서 연산하여 결정한다. 그리고 제동력을 패턴화 하여 TCU에 보내 유도전동기를 제어한다.

3) 인버터의 기동

견인 회로의 각 접촉기의 작동은 변하지 않고 인버터만 정지된 상태에서 TCU는 제동 신호(10선)가 있는 다음 0.4초 후에 인버터의 기동을 행한다.

TCU는 제동패턴에 상응한 제동력이 되도록 인버터를 제어한다. 인버터에서는 출력전압, 주파수를 제어하여 유도전동기를 구동시켜 전기제동력을 조절한다.

(2) 제동 제어의 차단

제동핸들을 OFF 위치로 하면 10선이 무가압 상태로 되고 TCU로 가던 회생제동 신호가 종료되면 서, 인버터의 기동이 동시에 정지된다. 이 상태로 전기제동이 끝난다.

(3) 동력 취급 또는 재(再)제동

제동 신호를 차단한 후 동력을 취급하거나 재 제동을 취급하는 경우는 [표 3-7]의 상태에서 인버터가 기동이 되고, 유도전동기를 제어한다.

3.4 주 변환장치의 보호 작용과 복귀

주 변환장치에 고장이 발생하면 상황에 따라 주 변환장치 고장계전기(CIFR)의 여자, L1 고속도차단기의 차단, MCB 차단계전기의 무여자 및 과전압 방전 사이리스터(OVCRf)의 작동 등으로 보호 작용을 한다.

주 변환장치의 보호 작용¹⁵⁾은 [표 3-8]과 같다.

[표 3-8] 주 변환장치의 보호 작용

고장 내용	구간	기기 작동	제어대 표시등 상태	작동 기기
인버터 과전류	직류 구간	인버터 OFF, L2, L3 차단	FAULT등	CIFR ON
2차 과전류	교류 구간	주 변환장치 정지, K 차단, M차 L2, L3 차단	FAULT등	CIFR ON
2차 과부하	교류 구간	주 변환장치 정지, K 차단, MCB 차단, M차 L2, L3 차단	FAULT등 MCB 양 소등	MCBOR OFF CIFR ON
직류 과전압	직류 구간	인버터 OFF		OVCRf ON
	교류 구간	주 변환장치 정지, K 차단 M차 L2, L3 차단		OVCRf ON
직류 과전류	직류 구간	인버터 OFF	FAULT등 HSCB등	L1 차단
	교류 구간	주 변환장치 정지, K 차단 M차 L2, L3 차단		OVCRf ON
2차 접지	교류 구간	주 변환장치 정지, K 차단, MCB 차단, M차 L2, L3 차단	FAULT등 MCB 양 소등	MCBOR OFF CIFR ON
전력 변환 소자 이상	직류 구간	L2, L3 차단 L1 차단	FAULT등 HSCB등	L1 차단
	교류 구간	주 변환장치 정지, K 차단, MCB 차단, M차 L2, L3 차단	FAULT등 MCB 양 소등	MCBOR OFF CIFR ON

15) 철도청, 과전/분당선 인버터제어 전동차 취급 및 정비 지침서, 1994, pp.2-3-3~5

3.4.1 주 변환장치 고장계전기(CIFR)의 보호 작용과 복구

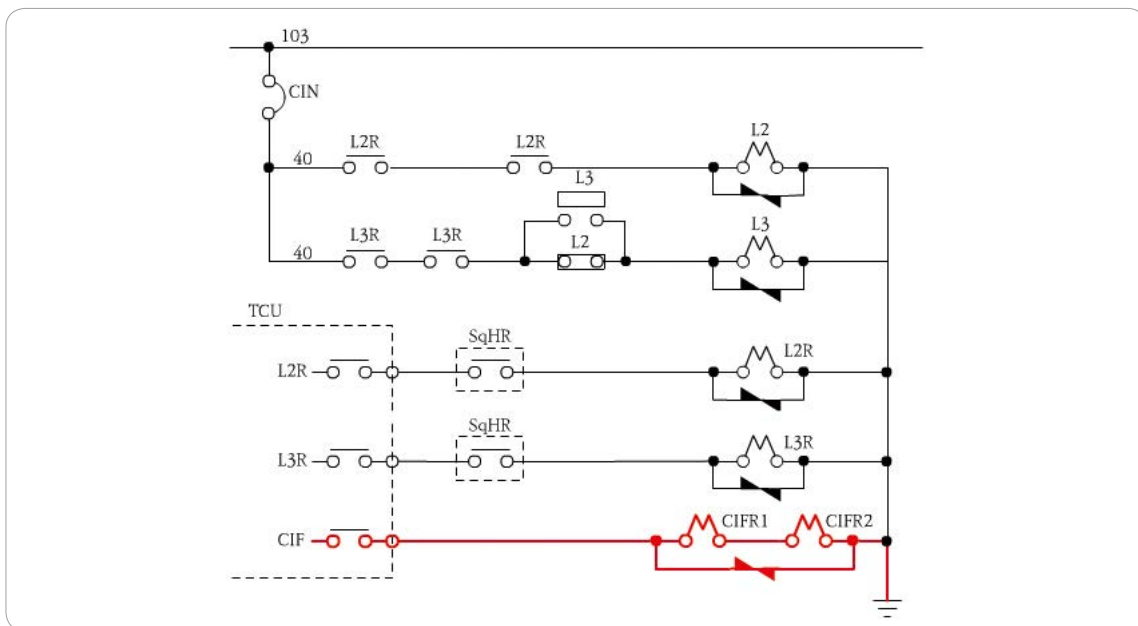
3.4.1.1 주 변환장치 고장계전기(CIFR)의 보호 작용

주 변환장치 인버터의 출력 측(유도전동기 입력 측)에 과전류나 제어 이상 등이 발생하면 직류 구간에서는 TCU에서 인버터의 기동을 중지시키고, L2와 L3을 차단한다.

[그림 3-58]에서 TCU의 L3R과 L2R의 신호가 끊기면 L3R과 L2R이 무여자 되므로 L3과 L2도 무여자 되어 견인 회로의 L3과 L2를 차단한다. 그리고 주 변환장치 고장계전기(CIFR1, 2, 이하 CIFR이라 한다)를 여자 시킨다.

CIFR 여자회로는

- ◆ M차, M'차 {TCU-CIF-CIFR1-CIFR2}에 의해 CIFR1, 2의 계전기 코일을 여자 한다.



[그림 3-58] CIFR 여자회로

CIFR1,2가 여자 되면, [그림 3-59]에서

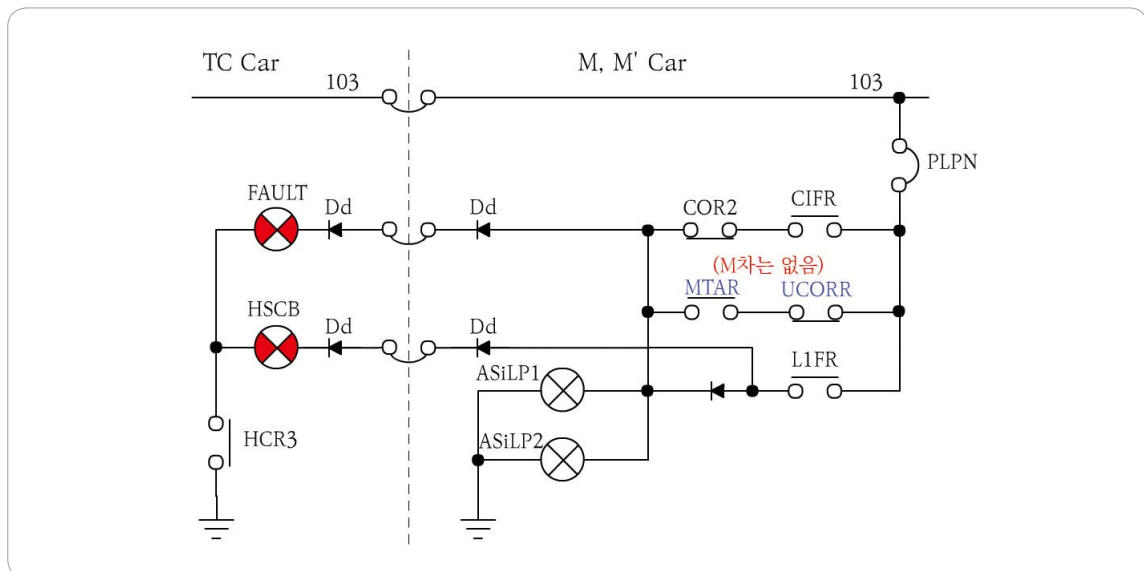
- ◆ M차, M'차 103-PLpN-CIFR(a)-COR2(b)-Dd-TC차 Dd-FAULT등-HCR3-접지에 의해 TC차 운전실 제어대의 FAULT등과 해당 M 또는 M'차의 차측등(ASILP-백색)이 점등된다.

교류 구간에서 주변압기 2차 측 또는 인버터의 출력 측에 과전류가 발생하거나 제어 이상 등이 발생하면 TCU는 KR의 신호를 끊어 KR을 무여자 시킨다. KR이 무여자 되면 KR(a)에 의해 여자 되고 있던 K의 무여자로 K를 차단하여 컨버터의 기동을 정지시키고 CIFR1, 2를 여자 시킨다.([그림 3-53]).

M'차는 TCU에서 L2R과, L3R 신호도 끊어 L2, L3을 개방한다.

주변압기 2차 과전류 또는 인버터의 출력 측 과전류가 발생하면 M차는 K의 차단으로 주 변환장치만 정지되고, M'차는 주 변환장치가 정지되면서 L2와 L3이 차단되므로 해당 유닛(Unit)의 SIV까지 구동을 멈추게 된다. 따라서 SIV의 정지로 SIV의 전원을 받는 각 송풍용 전동기와 주변압기 오일펌프 전동기(MTOM, 이하 MTOM이라 한다)도 멈춘다.

MTOM의 정지로 주변압기를 냉각시키는 기름의 흐름이 검지되지 않으면 약 60초 후에 주변압기 보조계전기(MTAR, 이하 MTAR이라 한다)를 여자시켜 MCB를 차단시키는 연쇄적 고장이 발생한다.



[그림 3-59] 보호 장치 작동 시 고장 표시등 회로

교류 구간에서 M'차 CIFR 여자 시 현상을 정리하면 다음과 같다.

CIFR 여자 → 컨버터/인버터 정지 및 L2, L3 차단 → 10초 후 해당 유닛(Unit) SIV 정지 → 각 송풍기와 MTOM 정지 → 주변압기 냉각유의 흐름이 멈춤 → 60초 후 MTAR 여자로 MCB 차단

3.4.1.2 CIFR의 복귀

보호 작용으로 동력이 차단되고 CIFR이 여자 된 경우의 조치는 다음과 같다.

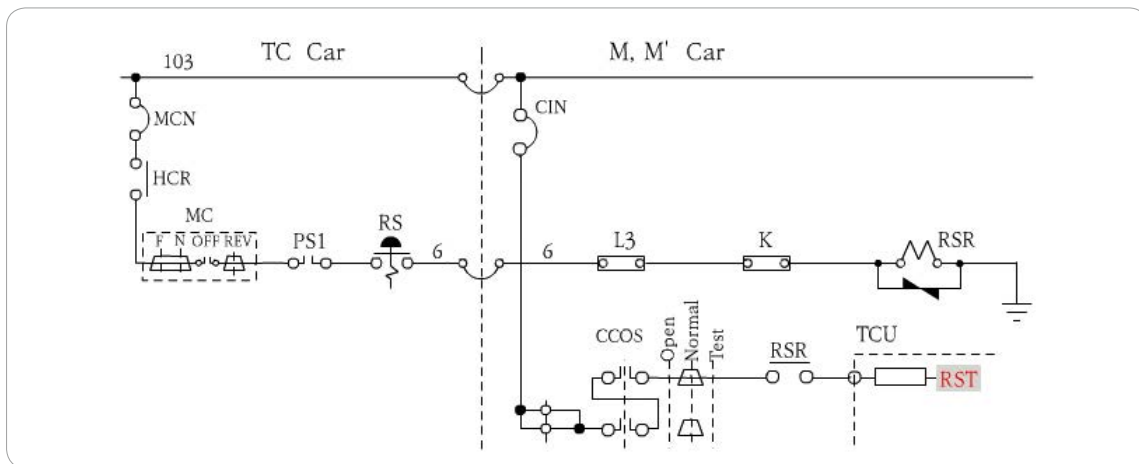
(1) 복귀계전기(RSR)의 여자

보호 작용 후의 복귀 취급은 전체 MCB를 먼저 차단하고 리셋스위치(Reset Switch 이하 RS라 한다)를 취급 한 다음 약 3초 정도 TCU 초기설정 시간 여유를 둔 후 MCB를 투입시키는 순서로 한다.

[그림 3-60]에서 L3 차단기와 K 접촉기가 개방된 조건에서

- ◆ TC차{103-MCN-HCR(a)-MC(F,N,REV)-PS1-RS-6}
- ◆ M차, M'차{6-L3(b)-K(b)-RSR 여자}
- ◆ M차, M'차{CIN-CCOS(Nomal)-RSR(a)-TCU_RST}

에 의해 TCU에 복귀 신호를 보내면 장치가 복귀되고, 그 후 통상적인 방법으로 기동이 가능하게 된다.



[그림 3-60] RS 취급 회로

(2) RS 취급으로 복귀되지 않을 때 조치

RS를 취급하였으나 수초가 지나도 FAULT등이 꺼지지 않으면 재(再)기동을 하여 본다. 재기동 방법은 팬터그래프를 내리고, 제동핸들을 취거 위치로 하여 축전지의 전원이 103선에 가압되는 것을 끊어 제어 전원을 모두 차단하여 견인 회로를 초기화시킨 다음, 약 10초 후 다시 제동핸들을 삽입(103선 가압)하고 팬터그래프의 상승, MCB를 투입시키는 방법이다.

이때 기동을 정지시킨 다음, 약 10초 후 재기동을 하는 이유는 마이크로프로세서에 의해 제어되

는 TCU의 완전 초기화 설정 시간과 FC에 남아 있는 전하가 방전 저항기(DCHRe)를 통해 자연 방전 (3.2.2.4 참고)되는 시간도 고려한 것이다.

이 같은 취급으로도 재차 고장이 발생하여 복귀되지 않으면 직류 구간에서는 차량차단스위치 (VCOS, 이하 VCOS라 한다)를 조작하여 고장 차를 차단하여야 한다.

교류 구간에서 M차는 VCOS를 조작하여 고장 차를 차단한다. M'차는 VCOS를 조작하여 고장 차를 차단하면 주 변환장치가 정지되므로 SIV도 정지된다. 따라서 인접한 유닛의 SIV의 전원을 끌어서 사용하는 연장 급전을 하여야 한다.

3.4.2 L1 고속도차단기에 의한 보호 작용과 복귀

직류 구간에서 직류 과전류와 전력변환 소자의 이상에 의한 회로의 보호는 L1 고속도차단기(이하 L1이라 한다)에서 한다.

L1은 다음의 경우에 트립(Trip)¹⁶⁾ 되어 견인 회로를 끊어서 회로를 보호한다.

- ① 직류 구간을 운행 중 견인 회로에 1,600A 이상의 과전류가 발생하였을 때
- ② 주 변환장치의 전력변환 소자가 소손이 되었을 때

3.4.2.1 보호 작용

L1의 주접촉부의 차단은 TCU의 트립 신호(L1T)에 의해 트립 코일 L1(T)가 여자 되어 견인 회로의 주접촉부를 끊어서 견인 회로(M'차는 SIV 회로 포함)에 흐르는 전류를 차단한다([그림 3-30]).

트립 코일 L1(T)가 여자 되어 견인 회로를 차단해도 L1 계전기 코일은 [그림 3-62]에서 L1(T)의 a 연동에 의해 여자 상태를 유지한다.

- ◆ 103-CIN-CCOS(Normal)-RSR(b)-L1(T)(a)-L1 여자

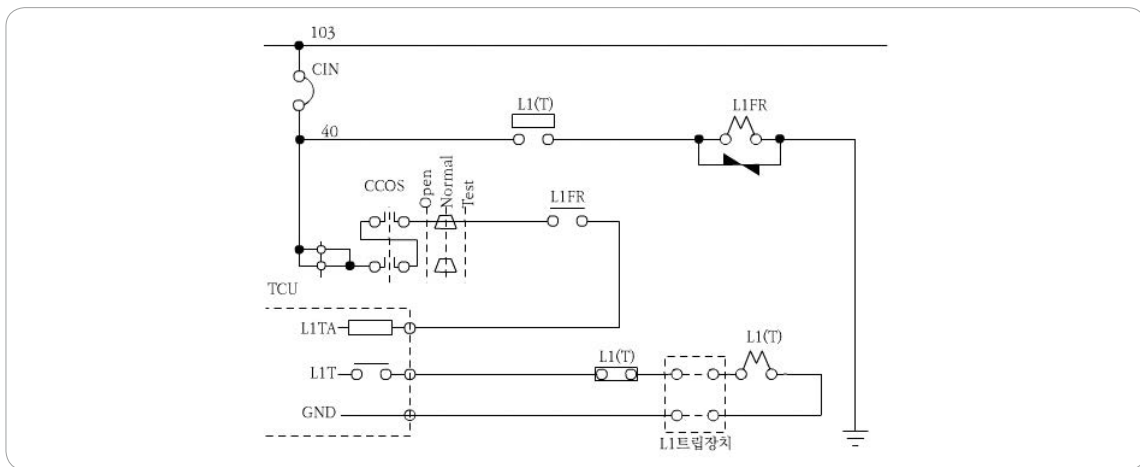
따라서 L1 트립 코일의 여자로 주접촉부가 끊어져 견인 회로는 차단되지만 L1 계전기에 의해 제어되는 보조 접점 L1(C)는 a연동이 붙어 있는 상태로, 보조 접점 L1(T)도 a연동이 붙게 되므로 보조 접점은 L1(C)와 L1(T) 모두 a연동이 붙어 있는 상태가 된다.

16) 차단기가 계전기 등에 의해 전기 회로를 차단하는 것.

TCU에서 L1 트립 신호를 보내면 [그림 3-61]에서

- ◆ TCU-L1T-L1T(b)-L1 트립 장치-L1(T) 여자
- ◆ 103-CIN-L1T(a)-L1FR 여자
- ◆ 103-CIN-CCOS(N)-L1FR(a)-TCU-L1TA

로 L1이 트립 되었다는 신호가 TCU에 입력된다.



[그림 3-61] L1(T)와 L1FR 여자회로

L1 트립 시 나타나는 현상은 모니터에 “L1차단 동작”이라 표시되고, L1FR 여자에 의해 운전실 표시등에 ‘FAULT등’ 및 ‘HSCB등’이 점등되면서, 고장 차의 차측등(ASiLP1,2-백색)에 점등이 된다 (그림 3-59).

한편 L1의 트립으로 견인 회로가 차단되면 M차는 주 변환장치의 인버터만 정지되지만, M'차는 인버터의 정지와 함께 해당 유닛(Unit)의 SIV까지도 정지된다.

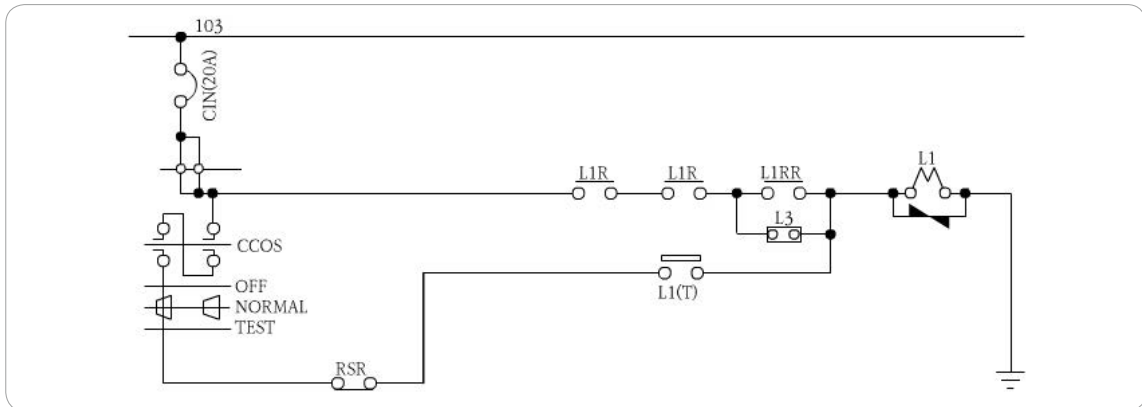
3.4.2.2 L1 트립 복귀

L1이 트립 되었을 때는 고장 차를 확인한 다음 운전실의 RS를 취급한다. RS의 취급은 MCB를 먼저 차단한 다음 취급하고, RS를 취급한 후 TCU가 초기 설정을 할 수 있도록 여유 시간(약 3초)을 둔 다음 MCB를 재투입 하도록 한다.

[그림 3-60]에서 RSR이 여자 되면 TCU에도 복귀 신호(TCU-RST)가 입력된다.

RSR이 여자 되면 [그림 3-62] 회로와 같이 RSR(b) 연동이 끊어지므로 L1이 무여자 되어 L1이 투입되기 전의 정상 상태로 돌아온다.

따라서 L1이 트립 작동으로 차단된 경우에는 RS를 취급해 주어야 L1이 정상으로 복귀된다.



[그림 3-62] L1 복귀 회로

RS 취급으로 복귀되지 않으면 기동을 정지시켜 TCU를 완전 초기화한 다음 재(再)기동을 해 본다.

이와 같은 방법으로도 복귀되지 않으면 전력변환 소자의 소손이 원인일 수 있으므로 전력변환 소자의 소손이 원인일 수 있으므로 VCOS를 취급하여 고장차를 차단하고 M'차는 연장급전을 한다. 그래도 복귀되지 않으면 해당 유닛을 완전 부동 취급한 후 연장 급전 조치를 한다.

3.4.3 MCB 차단계전기에 의한 보호 작용과 복귀

3.4.3.1 보호 작용

MCB 차단계전기(MCBOR, 이하 MCBOR이라 한다)는 교류 구간에서 주 변환장치를 보호하는 역할을 한다. 주 변환장치가 정상일 때는 TCU의 신호(MCBO-Normal Close)에 의해 MCBOR은 여자 상태를 유지한다.

MCBOR은 주 변환장치에 다음과 같은 중(重)고장이 발생하면 무여자 되어 MCB를 차단한다.

- ㉠ 주변압기 2차 측 과부하
- ㉡ 주변압기 2차 측 접지
- ㉢ 주 변환장치 전력변환 소자 소손

여기서 주변압기의 2차 측은 컨버터 입력 측이 된다.

MCBOR이 무여자 되는 고장이 발생하면 CIFR도 함께 여자 되어 MCB 차단과 함께 해당 차 FAULT등과 차측등(백색)이 점등된다.

3.4.3.2 고장 복귀(Reset)

고장이 발생한 후 장치의 복귀 취급은 RS를 누르면 [그림 3-60] 회로에 의해 보호 작용의 복귀 신호(RST)가 TCU에 전달되어 고장이 복귀되면서, FAULT등과 차측등(백색)이 소등된다. 이후 MCB를 투입하면 다시 견인회로를 구성하여, 컨버터가 작동하여 운전이 가능하게 된다.

그런데, RS를 누르고 시간이 지나도 고장 표시등이 꺼지지 않고 복귀되지 않으면 차량차단스위치(VCOS, 이하 VCOS라 한다)를 조작하여 고장 차를 차단하며, M'차일 경우에는 연장 급전도 하여야 한다.

3.4.4 송풍 전동기 고장계전기(BMFR)에 의한 보호 작용과 복귀

3.4.4.1 보호 작용

(1) 송풍 전동기 고장

주변환장치와 필터리액터에서 발생하는 열은 각 송풍 전동기에 의한 강제 송풍으로 냉각된다.

주변환장치 송풍전동기(CIBM, 이하 CIBM이라 한다)와 필터리액터 송풍전동기(FLBFM, 이하 FLBFM이라 한다)의 구동은 SIV의 교류 440V의 전원을 받아 구동한다.

따라서 SIV가 멈추면 송풍기의 구동도 정지 된다. 또한 CIBM이 차단되거나 FLBFM 구동 회로에 있는 M차의 FLBMN, FLBMKN과 M'차의 MTBMN이 차단되면 송풍 전동기의 구동이 멈춘다. 이같이 송풍 전동기의 구동이 멈추면 송풍전동기 고장계전기(BMFR, 이하 BMFR이라 한다)를 여자시킨다.

(2) TCU에 송풍 전동기 고장 신호(BMF)의 입력과 보호

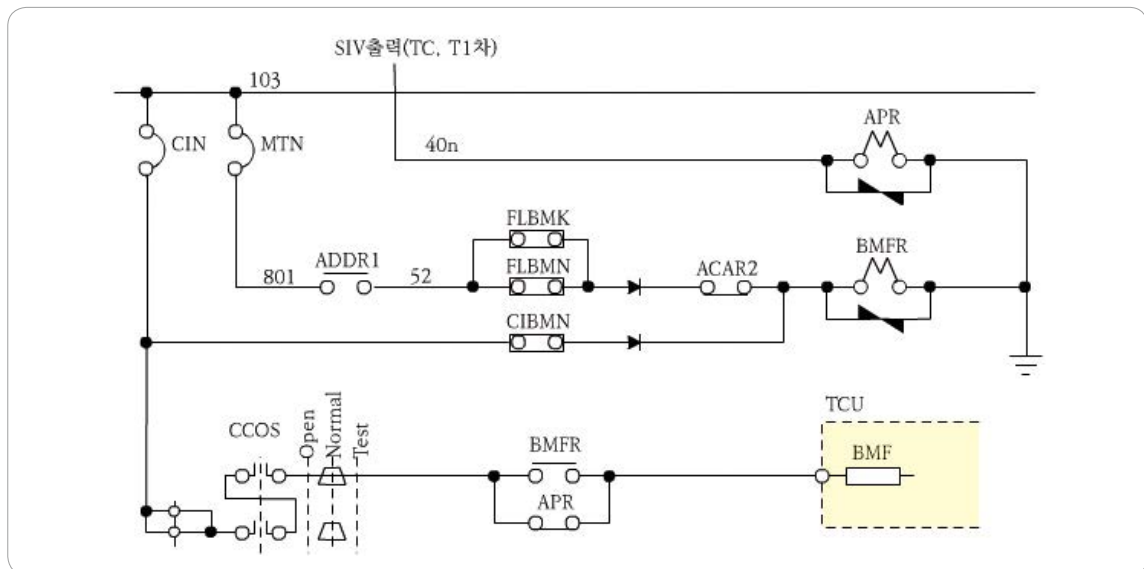
TCU에 송풍 전동기 고장 신호(BMF, 이하 BMF라 한다)가 입력되는 경우는 다음과 같다([그림 3-63]).

- ① M, M'차 CIBM, M차 FLBMN, FLBMKN, M'차 MTBMN, MTN 차단으로 BMFR이 여자
- ② SIV의 정지로 보조 전원 계전기(APR : Auxiliary Power Relay) 무여자

TCU에 BMF가 입력되면, TCU는 20초 후에 주 변환장치의 전력변환 소자를 OFF 하여 주 변환장치를 정지시켜 장치를 보호한다.

SIV정지로 APR이 무여자 된 경우에는 모든 송풍전동기와 주변환장치가 정지되므로 교류 구간에

서는 MTOM도 정지되어 주변압기 냉각유가 순환되지 않으므로 60초 후 MTAR의 여자로 MCB도 차단된다.



[그림 3-63] BMFR 여자회로

3.4.4.2 고장 복귀

TCU에 BMF 신호가 입력되어 주 변환장치가 정지되는 원인은 필터리액터와 CI 송풍전동기와 관련된 회로차단기가 차단된 경우와 SIV의 기동정지로 출력이 나오지 않아 APR이 무여자 된 경우이다.

따라서 이 같은 송풍기가 정지되는 고장은 물리적인 회로차단기의 차단과 SIV의 정지가 원인이므로 회로차단기를 복귀시켜야 하고, SIV가 정지된 경우에는 SIV의 정지 원인을 제거하고 SIV를 기동시켜야 복귀된다.

3.4.5 과전압 방전 사이리스터(OVCRf)에 의한 보호 작용과 복귀

OVCRf는 주 변환장치의 직류 중간 전압, 즉 FC의 전압이 설정치를 초과할 경우와 전력변환 소자의 제어 전원 이상 검지 시 등에 작동하여 FC의 전하를 방전시켜 주 변환장치를 보호하는 장치이다.

3.4.5.1 보호 작용

OVCRf에 의한 보호 작용은 다음과 같은 경우에 발생한다.

(1) 회생제동 시 직류 과전압으로 FC 전압 상승

회생제동 시 직류 과전압이 발생하면 즉시 인버터의 제어로 전기제동력을 줄여서 회생 전력을 줄이지만, 그래도 설정치를 초과하는 경우에는 주 변환장치를 OFF 시키고, OVCRf가 작동하여 FC의 전하를 과전압 저항기(OVRe)로 방전시켜 주 변환장치를 보호한다.

(2) 주 변환장치 전력변환 소자의 제어 전원 이상

전력변환 소자를 제어하는 전원이 저하되면 전력변환 소자의 스위칭이 불가능하고 소자의 파괴 등으로 이어질 수 있다. 이때 즉시 소자를 OFF 하고 OVCRf를 작동시켜 FC의 전하를 과전압 저항기(OVRe)로 방전하여 보호 작용을 한다.

3.4.5.2 OVCRf 작동 후 복귀

OVCRf가 작동된 경우의 복귀 취급은 동력핸들을 OFF 위치로 하고, RS를 누른다. RS의 취급은 전체 MCB를 먼저 차단하고 RS 취급을 한 다음 전체 MCB를 투입시킨다. RS의 취급으로 TCU에 복귀 신호가 입력되면 TCU의 신호로 주 변환장치를 복귀시킨다.

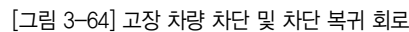
3.5 고장 차량의 차단 취급

고장 차량 차단(VCOS) 취급을 할 수 있는 고장은 다음과 같다.

- ㉠ CIFR 여자
- ㉡ BMFR 여자
- ㉢ MTAR 여자

3.5.1 CIFR, BMFR 여자 시의 고장 차 차단

FAULT등이 점등하고, RS를 조작하였음에도 불구하고 고장 표시등이 소등되지 않는 경우, VCOS를 눌러 고장 차를 차단한다.



◆ TC차 {2 → PS2 → VCOS → 36선}의 회로가 구성된다.

◆ M, M' 차

└ VCORR(a)-COR1-COR2 여자

이상에 의해, 고장 차량이 차단되고, 동력신호와 전기제동신호가 주어져도, TCU는 AK, K, L3 및 L2의 투입신호를 출력하지 않게 되고, 만일 출력한 경우라도 SqAR, SqHR에 의해, AK, K, L3 및 L2는 투입되지 않는다.

• 3-77

한다)를 조작하면 2 → PS2 → VRS → 37선의 회로가 구성되어 M, M'차

◆ M, M'(BMFR(b)-CIFR(b)-VCOR(a)-VCOR-R 여자로

VCOR(a)접점을 끊어서 VCORR을 무여자 시킨다. VCORR의 무여자로 COR1, COR2가 무여자 되어, TCU로 가는 차량차단 신호가 소멸된다.

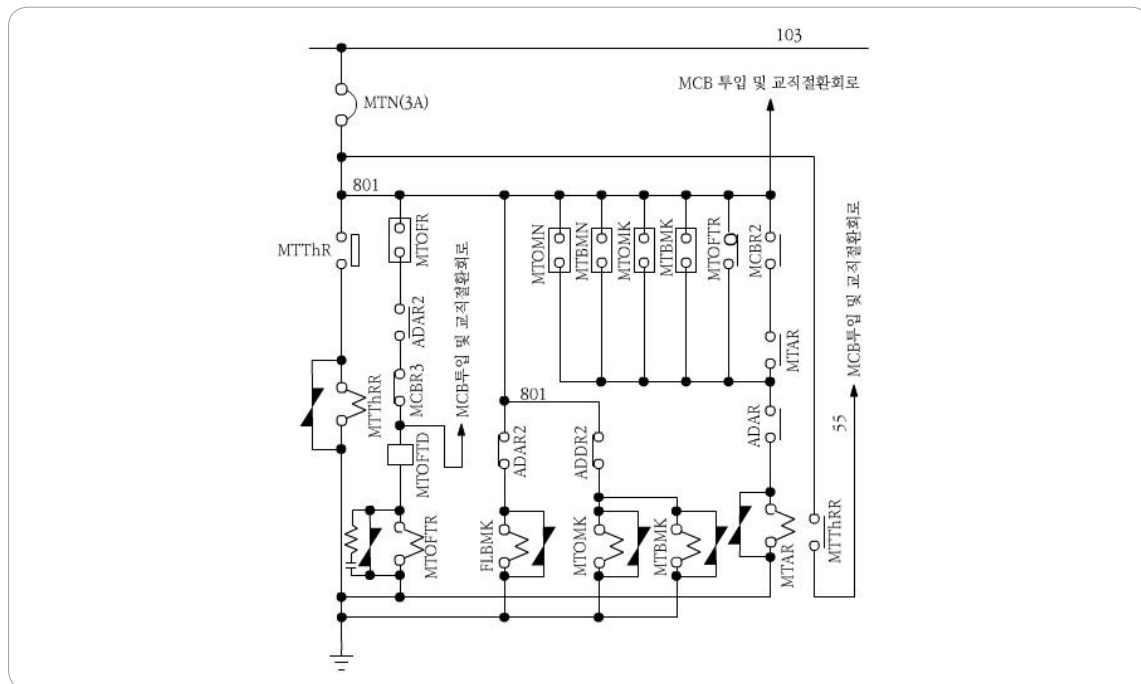
3.5.2 MTAR 여자 시의 고장 차 차단

주변압기 관련 고장의 경우, MTAR이 작동하여 특고압 제어회로의 MCBR1을 무여자 시켜 MCB를 차단하므로 MCBR3가 여자 된다.

MTAR의 작동으로 차량차단 조작 시에는 UCOR이 작동하고, 특고압 제어회로의 MCBR1 여자회로가 끊어져 MCB를 투입하지 못하게 된다.

MTAR이 여자 될 수 있는 조건은 다음과 같다([그림 3-65]).

- ㉠ MTOMN, MTBMN 차단 시
- ㉡ MTOMK, MTBMK 무여자 시
- ㉢ MTOFTR 여자 시



[그림 3-65] MTAR여자 회로

MTOFTR은 MTOM(주변압기 오일펌프 모터)의 고장 등으로 주변압기를 냉각시키는 냉각유가 순환하지 않으면 MTOFR이 무여자 되고, 60초 후 주변압기 오일 순환(MTOF) 시한장치인 MTOFTD에 의해 여자가 된다.

MTAR 여자로 고장 차 차단 스위치(VCOS)를 취급하면 [그림 3-66]에서

◆ 2-PS2-VCOS-36-M' {MCBR3(a)-MTAR(a)-UCOR-S 여자

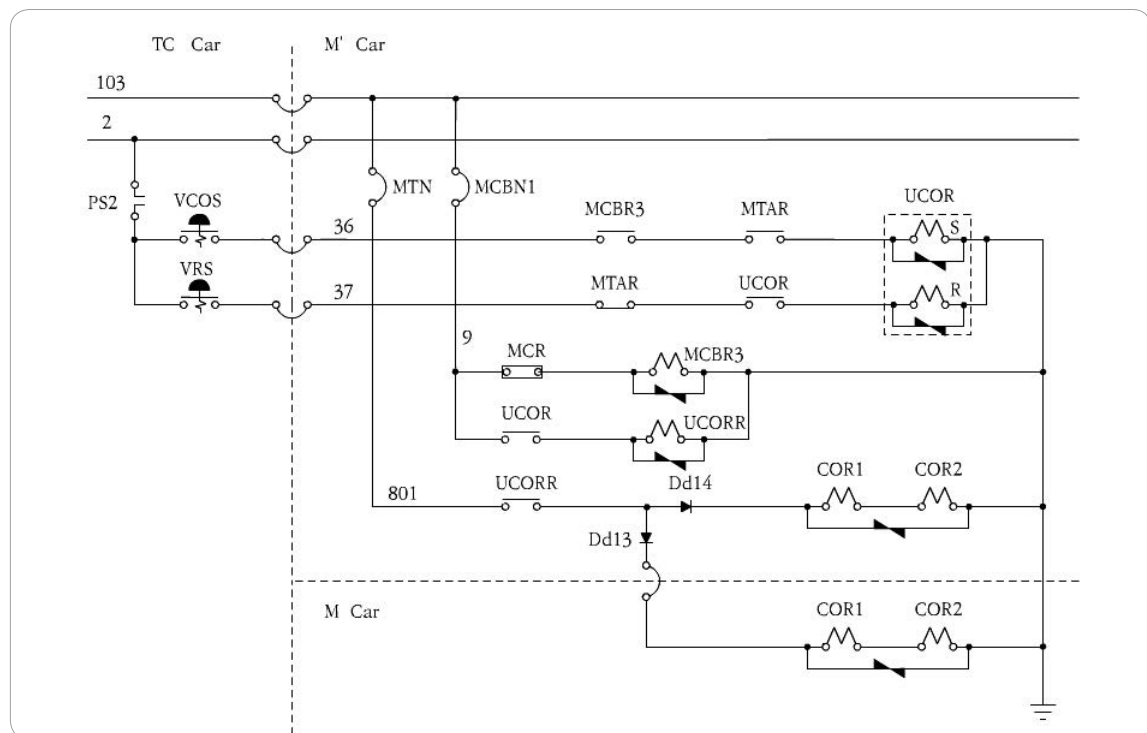
◆ M' {103-MCBN1-UCOR(a)-UCORR 여자

UCORR의 여자로 [그림 3-59]의 FAUL등과 차측등(백색)은 UCORR(b)접점이 열리기 때문에 소등된다. 그리고 [그림 3-66]에서 UCORR(a)접점에 의해

◆ M' {MTN-801-UCORR(a)-Dd14-COR1-COR2} 여자

\Dd13-M {COR1-COR2} 여자

로 M, M'차 2량의 COR1, COR2가 여자되고, COR1의 여자로 [그림 3-49]에서 SqHR, SqAR이 작동하지 않게 된다. 또한, [그림 3-64]에서 COR1의 a접점의 접촉으로 TCU-COR로 TCU에 신호가 입력하여 차량의 차단을 알린다. 한편 UCOR의 여자로 UCRRR이 여자 되면 특고압 제어회로의 MCBR1의 회로를 끊어 MCB를 투입하지 못하도록 한다.



[그림 3-66] MTAR 작동 시 유닛(Unit) 차단 회로

☑ 핵심정리



1. 전기의 기본 법칙

- (1) 오른나사의 진행 방향과 엄지손가락이 전류의 방향이면 나사의 회전 방향과 나머지 손가락이 자기장의 방향임을 나타내는 법칙이 ()이다.
- (2) ()은 발전기의 원리로 N극과 S극 사이의 자기장 내에서 도체를 회전시킬 때 도체에 유도되는 전류의 방향을 나타내 주는 법칙이고, 왼손법칙은 전동기의 원리를 설명해 준다.
- (3) 자속을 변화시키면 전자 유도에 의한 유도기전력이 발생한다. 이 유도기전력의 방향을 구하는 것이 ()이다.

2. ()는 유도전동기, 주 변환장치, 제어장치 그리고 필터리액터와 차단기 및 기타 보호장치 등으로 구성되어 있다.

3. () 원판의 회전 원리는 자석의 자속이 회전하면 원판의 자속도 크기가 변화하므로 유도기전력이 발생하여 자석을 따라 원판이 회전하게 되는 원리이다.

4. 유도전동기의 회전수 제어방법은 전원 주파수를 올리면서 전압도 함께 올려 준다. 이를 () 제어라 한다.

5. 주 변환장치는 () 부분과 () 부분으로 구성되어 있다.

- (1) ()는 단상 전압형 PWM 컨버터(Converter)로 전력변환 소자를 이용한 전력변환장치이다.
- (2) ()는 직류 전력을 3상의 교류 전력으로 변환하여 3상 유도전동기에 전력을 공급하고, 유도전동기의 회전수와 회전력을 제어하며, 회전 방향을 결정한다.

6. ()는 직류 구간에서 견인 및 고압회로의 고조파 성분과 전차선의 이상 충격전압 등을 흡수하여 주 변환장치의 입력부에 이상전압이 들어가는 것을 방지한다.

7. ()은 직류 구간을 운행 중 견인과 SIV 회로를 구성하고, 견인 회로에 이상이 있을 때 주접촉부를 차단하여 견인 회로를 보호한다.

8. 견인제어는 주 변환장치를 제어하여 운전 방향의 결정과 동력 운전 또는 전기제동을 선택하고, ()의 속도와 회전력을 제어하면서, 견인 장치를 보호하는 것 등이다.

- (1) 운전실에서 전기동차의 견인을 제어하는 기기로 제어대의 ()와 제동제어기가 있다.
- (2) ()는 견인 회로의 각 접촉기(AK, K, L2, L3 등)의 투입과 차단 및 컨버터와 인버터를 제어하여 전기동차의 속도를 제어하는 장치로 과전압, 과전류 등의 보호 작용도 한다.

9. 전기동차 견인 회로의 전력 공급

- (1) 직류 구간에서 MCB가 투입되면 ()이 투입되어 SIV에 전력을 공급한다. 견인 회로의 전력은 전차선 → 팬터그래프 → MCB → 교직절환기 → L1, L2, L3 → 인버터 → 유도전동기의 순서로 공급된다.

☑ 핵심정리



(2) 교류 구간에서 견인 회로에 전력은 전차선 → 팬터그래프 → MCB → 교직절환기 → 교직절환기 → 주 퓨즈 → 컨버터 → 인버터 → 유도전동기의 순서로 공급되고, SIV의 구동을 위해 ()이 투입된다.

10. 전기동차의 기동과 동력 제어

(1) 직류 구간에서 기동은 Pan 상승 → MCB 투입 → () 투입 → SIV 기동 순서이다. 동력 제어는 SqHR 여자 → L3 투입 → L2 투입 → 인버터 기동 → 유도전동기의 동력 제어로 이루어진다.

(2) 교류 구간에서 기동은 Pan 상승 → MCB 투입 → () 개방 신호 소멸 → SqHR, SqAR 여자 → L3 투입(M차 한) → L2 투입(M차 한) → AK 투입 → () 투입 → AK 개방 → 컨버터 기동 → SIV 기동 순서이다. 동력 제어는 인버터 기동 → 유도전동기의 동력 제어로 이루어진다.

11. 전기제동은 ()제동에서만 작용한다. 전기제동 시 필요한 제동력의 제어는 제동 제어 신호와 차량의 공기스프링에 의해 검출된 () 신호를 EOD에서 합산하여 제동력의 크기를 결정하여 TCU에 보내 유도전동기를 제어한다.

12. 견인 회로의 보호 작용

(1) 직류 구간에서 보호 장치가 작동이 된 경우에 ()는 L2R과 L3R 신호를 끊어 L2, L3을 개방함과 동시에, 인버터의 기동을 정지시켜 동력을 차단한다.

(2) 직류 구간에서 직류 과전류에 의한 회로의 보호는 ()에서 한다.

(3) 교류 구간에서 견인 회로의 이상 등으로 보호 장치가 작동이 된 경우, TCU는 컨버터, 인버터의 기동을 중단하고, 상황에 따라 K, L2, L3의 개방된다. M차의 ()가 정지되면 SIV도 정지된다.

(4) ()은 교류 구간에서 주 변환장치에 중(重)고장이 발생하면 무여자 되어 MCB를 차단하여 주 변환장치를 보호한다.

📖 참고 문헌

1. 철도청, 과천/분당선 인버터제어 전동차 취급 및 정비 지침서, 1994.
2. 서울특별시 지하철공사교육원, 전기동차Ⅳ, 2005.
3. 한국철도공사 인재개발원, 제2종 운전면허 전기동차 구조 및 기능, 2018.
4. 한국철도공사 인재개발원, 전기동차 도면집, 2018.
5. 서울메트로 인재개발원, 제2종 운전면허 전기동차 구조 및 기능, 2014.
6. 한국교통대학교 철도차량운전면허센터, 제2종 전기 차량 기능 교육 안내서, 2020.

4장

고압보조 장치



- 4.1 고압보조 장치의 개요
- 4.2 보조전원 장치(SIV)
- 4.3 AC440V 연장급전(Extension Supply)
- 4.4 전동 공기압축기(Compressor Motor)
- 4.5 송풍전동기(Blower Motor) 장치
- 4.6 냉·난방장치



4장

고압보조 장치

학습목표

- ✓ 고압보조 장치의 개념과 기기 명칭, 기기의 용도를 설명할 수 있다.
- ✓ 보조전원 장치(SIV)의 설치목적과 구동과정을 알 수 있고, SIV 구동 중 발생하는 고장에 대해 응급조치를 할 수 있다.
- ✓ 전기동차의 연장급전을 설명할 수 있고 직접 연장급전 취급을 할 수 있다.
- ✓ 공기압축기(CM)에 대한 용도, 구동과정, 동기구동 회로를 숙지하고 CM 구동 중 발생하는 고장 조치를 할 수 있다.
- ✓ 송풍기 장치의 설치목적과 송풍기의 종류 등을 알 수 있고, 고장 발생 시 현상을 통해 조치 할 수 있다.
- ✓ 냉·난방장치의 기기 취급과 고장 발생 시 응급조치를 할 수 있다.

4.1 고압보조 장치의 개요

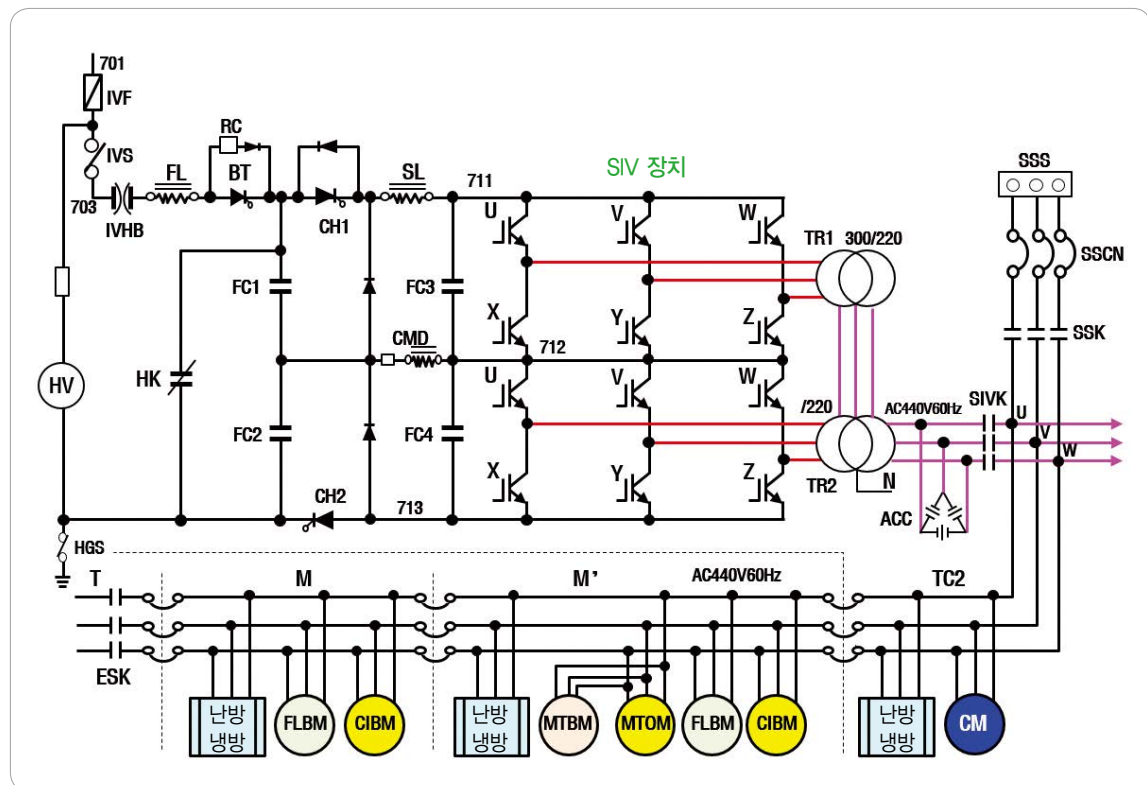
전기동차의 고압보조 장치는 직류(DC) 1500V~1800V를 공급받아 구동하는 보조전원 장치(SIV)와 SIV의 출력 전원을 공급받아 작동하는 공기압축기(CM), 송풍기 장치(BM), 냉·난방 장치, 충전 장치(DC103선 가압), AC440V 연장급전 등을 말한다. AC25,000V를 사용하는 기기는 특고압 장치라고 하고, DC1500V를 사용하는 견인전동기(TM) 장치는 견인제어 장치(주 제어장치)로 통상 정의하므로, 견인제어 장치와 같은 DC 1500V를 사용하면서 전기동차를 견인하지는 않지만 전기동차의 기동 및 운전에 반드시 필요한 기기인 보조전원 장치(SIV)와 전동 공기압축기(CM) 및 그와 관련된 장치들을 고압보조 장치라고 한다. 전기동차의 팬터그래프(Pan)가 상승하고 주회로 차단기(MCB)가 투입되어 고압보조 회로에 DC1500V가 공급되면서 전차선 전압계(HV)가 동작한다. 또한 고압보조 장치인 보조전원 장치(SIV)도 자동으로 구동되어, AC440V의 전력을 출력하여 공급하므로 전동 공기압축기(CM), 주변환기 송풍전동기(CIBM)가 구동하고, 주변압기 송풍전동기(MTBM), 주변압

기 오일펌프전동기(MTOM), 필터리액터 송풍기(FLBM)가 동작하며, 충전장치를 통하여 열차 제어 전원(DC103선 공급 및 축전지 충전)을 공급한다. 또한 냉방장치 및 난방장치가 가동되고, 객실등도 점등된다. 전동 공기압축기(CM)가 구동하여 압축공기를 제어장치, 출입문 장치 및 제동장치 등에 공급하게 되므로 전기동차는 완전하게 기동하게 된다.

4.1.1 고압보조장치 기기 용어

(1) 보조전원장치(SIV : Static Inverter)

DC1500V~1800V를 입력받아 AC3상 440V 60Hz의 전력을 만들어서 전기동차의 표준화 기기인 공기압축기, 냉방장치, 난방장치 등에 공급하며 10량 편성인 경우 3대(TC1,T1,TC2차)가 설치되어 있다.



[그림 4-1] 고압보조장치 기기

(2) 연장급전(Extension Supply)

전기동차 10량 편성인 경우, 3대의 SIV를 구동하여 3량-3량-4량으로 부하를 분담하는데, 1대 이

상의 SIV가 구동할 수 없는 경우 정상인 SIV의 전력을 연장하여 공급받아서 사용하는 것을 말한다.

(3) 전동공기압축기(CM : Compressor Motor)

SIV 전원인 AC 440V 60Hz로 유도전동기를 구동하여 전기동차의 제동장치, 출입문장치, 제어장치 등에 필요한 압축공기를 생산하며 SIV 설치 차량인 TC 차량과 T1차에 설치되어 있다.

(4) 주변환기 송풍기(CIBM : Con/Inv Blower Motor)

주변환기 장치인 Converter와 Inverter의 냉각작용을 하는 송풍기이며, SIV 전원인 AC440V 60Hz로 구동하고 구동차인 M차와 M'차에 설치되어 있다.

(5) 주변압기 송풍기(MTBM : MT Blower Motor)

SIV 전원인 AC440V 60Hz로 구동하며 AC구간 운행 중 주변압기 냉각작용을 하며 M'차에 설치되어 있다.

(6) 주변압기 오일펌프 전동기(MTOM : MT Oil Pump Motor)

SIV 전원인 AC440V 60Hz로 구동하며 Oil Pump의 구동 작용으로 MT 내 절연 오일을 순환하여 냉각작용을 하며 M'차에 설치되어 있다.

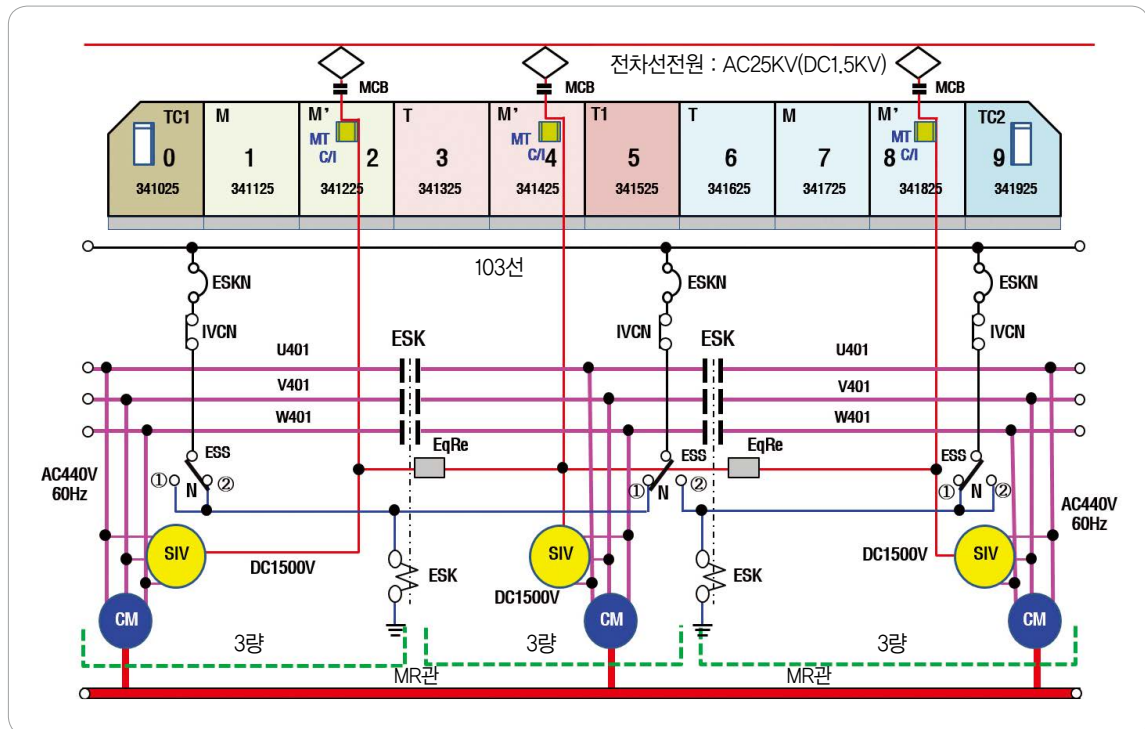
(7) 필터리액터 송풍기(FLBM : Filter Reactor Blower Motor)

전기동차가 직류구간 운행 시 동작하여 필터 리액터(FL)의 냉각작용을 하며 SIV 전원인 AC440V 60Hz로 구동하고 M차와 M'차에 설치되어 있다.

4.1.2 고압보조 장치의 구성

대도시 및 광역철도의 전기동차는 8량, 10량 등 장대화로 편성되어 있어 고장 등에 대비하여 동력이 분산되어 있으며, 수도권 광역 철도의 전기동차는 10량화로 개별 동력을 갖춘 3개 Unit를 고정으로 편성하여 운행하고 있다.

고압보조 장치도 동력운전 장치와 마찬가지로 3개 Unit로 구성되어 있어서 TC1 차량에 설치된 SIV의 출력 전원인 AC440V는 전부 Unit 3량에 공급하고, T1 차량의 SIV는 중간 Unit 3량을 공급하며, TC2 차량의 SIV는 나머지 4량에 공급하도록 설계되었다. 전기동차가 운행 중 1개 Unit가 전차선 공급 전원을 받을 수 없거나 SIV 자체 고장 등으로 구동할 수 없어서 AC440V를 공급할 수 없는 경우는 정상 Unit의 SIV 공급 전원을 연장급전하여 운행할 수 있도록 하였다.



[그림 4-2] 고압보조 Unit 구성

4.2 보조전원 장치(SIV)

4.2.1 SIV 장치 개요

전기동차 운전에 필요하거나 승객 서비스를 위한 각종 기기 장치들은 표준화된 기기로 안정적이고 일정한 정격전압과 정격 주파수의 전원이 필요하다. 견인전동기 등은 부하 변동이 심하여도 충분히 적응하도록 설계되었으나 냉방기, 난방기, 객실등, 제어장치 등은 AC440V 60Hz의 정격 전원이 필요하므로 전기동차 내의 발전소로 불리는 보조전원 장치(SIV)를 설치하였다.

초기형 전기동차인 저항제어 전기동차나 Chopper 제어 전기동차에서는 직류전동기를 사용하여 발전기를 구동하는 회전형 전동발전기(MG: Motor Generator)를 사용하여 AC100V나 AC220V를 공급하였다. 그러나 전기동차의 승객 서비스 향상에 따른 전력 수요가 늘어나고 반도체 산업이 발달하면서 VVVF 전기동차는 중량이 무겁고 복잡한 제어장치를 사용하는 전동발전기(MG) 대신에 반도체 소자를 이용하여 보다 개선되고 향상된 보조전원 장치인 SIV 장치를 전기동차에 사용하게 되었다.



[그림 4-3] 전동발전기(MG), 보조전원 장치(SIV)

4.2.1.1 SIV 주요 제원

[표 4-1] SIV 제원

구분	항 목		사 양
방식	주회로 방식		12상 IGBT Inverter
	제어 방식		PWM 제어 방식
	냉각 방식		자연 냉각 방식
입력	정격전압		DC 1,500V
	전압변동 범위		900V ~ 1900V
출력	정격용량		190KVA(100% 연속), 과부하 내량 200% 1분간
	AC 출력	정격용량	190KVA(직류 출력 포함)
		상수	3상 4선식
		정격전압, 주파수	AC 440V 60Hz
	DC 출력	정격용량	20KW
		정격전압	100V
		맥동률	5% 이하
사용 조건	주위 온도		-25℃ ~ +40℃
	제어 전원	정격전압	DC 100V
		전압변동 범위	70 ~ 110V
소음	소음치		70dB 이하

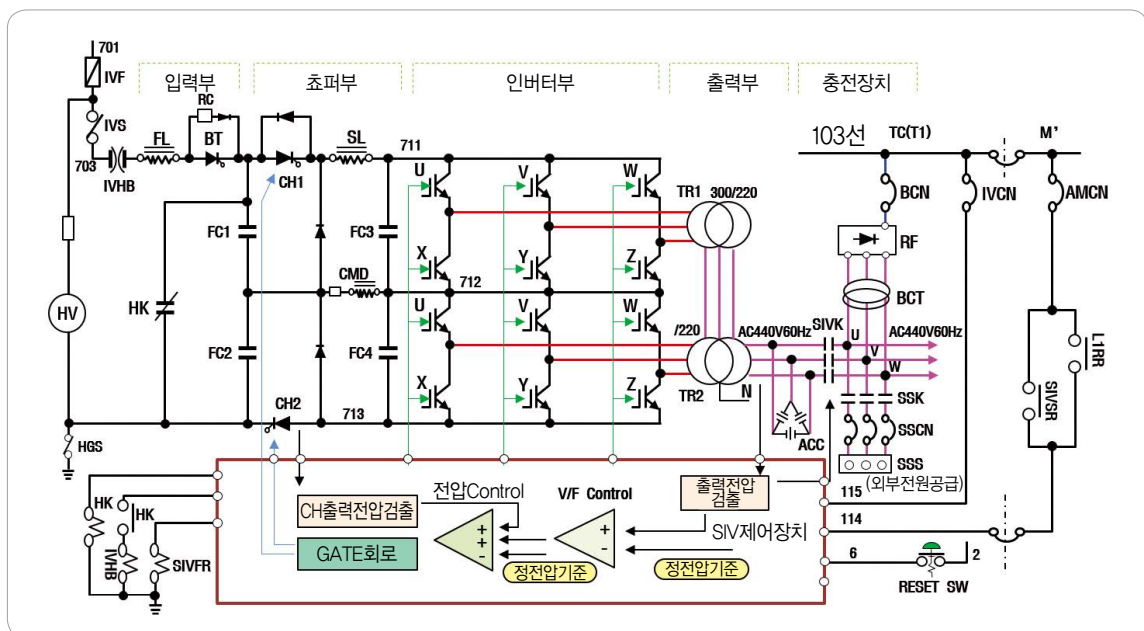
4.2.1.2 SIV 특징

- (1) 전력용 반도체 소자인 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)를 이용하였고 부하 변동에도 적응률이 높고 고속화된 최신의 정지형 인버터 장치이다.

- (2) 장치의 경량화와 신뢰성 향상을 위하여 본 장치의 시스템 구성은 12상 구조이며, 냉각 방식은 히트 싱크를 이용한 자연 냉각 방식을 채택하여 제품의 안정성 및 신뢰성을 극대화하였으며 거의 고장이 발생하지 않는다.
- (3) 인버터의 제어는 입력 전압과 부하 변동에 관계없이 일정한 주파수와 일정한 출력전압을 유지하며, 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 설계되어 있다.
- (4) 열차의 제어 전원에 사용되는 축전지의 충전을 위하여 신뢰성 높은 충전장치를 포함하고 있다.
- (5) 고장 시 자기 보호 및 차단 기능을 갖추고 있으며, 1개의 보조전원 장치 고장 시 운전실 내의 스위치 조작으로 연장급전이 이루어질 수 있는 시스템을 구성하고 있다.
- (6) 보수 점검 시 고압 회로를 분리하여 점검작을 보호할 수 있는 기기를 설치하였고, 전동차를 기동하지 않아도 외부에서 3상 전원(AC440V)을 공급받아 고압 장치들을 시험하고 검사할 수 있게 하였다.
- (7) 열차종합정보 장치(TGIS 모니터)와의 인터페이스를 구성하여 고장 정보 등을 운전자에게 신속히 알려 주고 고장 기록 및 각종 Data를 저장하여 보수자가 용이하게 사용할 수 있도록 하였다.

4.2.1.3 SIV 구성

VVVF 전기동차의 SIV 장치의 주요 구성은 입력부, 쇼퍼부(Chopper), 인버터부, 출력부, 충전장



[그림 4-4] SIV 주 회로도

치, SIV 제어장치, 외부전원 공급 장치 등으로 구성되어 있다.

- (1) 입력부 : 전차선 전원인 DC1500V를 입력하는 장치이며, 보호장치에 이상 없이 일정 전압이 검지되면 SIV 제어장치의 Sequence에 의해 초퍼 장치(CH1,2)가 동작한다.
- (2) 초퍼부(CH1,CH2 : Chopper) : 초퍼부는 상하 2중 Chopper 장치(CH1, CH2)로 SIV 제어장치에 의해 교호로 동작한다. G.T.O Thyristor를 사용하며 인버터 장치에 일정한 전원을 공급한다.
- (3) 인버터부(Inverter) : 인버터부는 Filter Capacitor(FC)의 직류전원을 구형파 교류전류로 변환하는 장치이며 IGBT를 이용한 12상 구조로 되어 있다. 구동 방식은 2대의 6상 Inverter를 30도의 위상차로 운전한다. 12상 인버터의 구성은 3개의 히트 싱크모듈로 되어 있고 IGBT 방열을 위해 자연냉각 방식으로 되어 있다.
- (4) 출력부 : 인버터 장치의 AC3상 출력 전원은 정현파 교류 전원으로 전환되고 변압기에서 합성하여 고압보조 장치에 필요한 AC440V 60Hz로 부하에 공급된다.
- (5) 충전장치 : SIV 출력 전원인 AC440V를 충전장치 변압기에서 AC76V로 강압한 후 정류장치를 거쳐 DC100V의 전원을 103선에 공급하면서 축전지(Bat)에 충전한다.
- (6) SIV 제어장치(SIV PLC) : 제어장치는 SIV의 입력 전원과 출력 전원을 모니터링하면서 기동제어 및 정지제어 시퀀스와 Gate 제어, PWM 펄스 발생 등 실시간 제어를 시행하며 이상 시 즉시 보호장치가 동작하도록 구성된다.
- (7) 외부전원공급 장치(SSS) : SIV를 구동하지 않고도 고압보조 장치의 점검 및 정비를 위하여 외부에서 AC3상 440V를 공급받아 부하에 전원공급을 할 수 있는 장치로 구성되어 있다.
- (8) EqRe(전류 평형용 저항기) : AC 전차선 구간의 교-교 절연구간 통과 시 SIV가 정지되지 않고 통과할 수 있도록 정상인 Unit의 전원 공급으로 평형을 맞춘다.



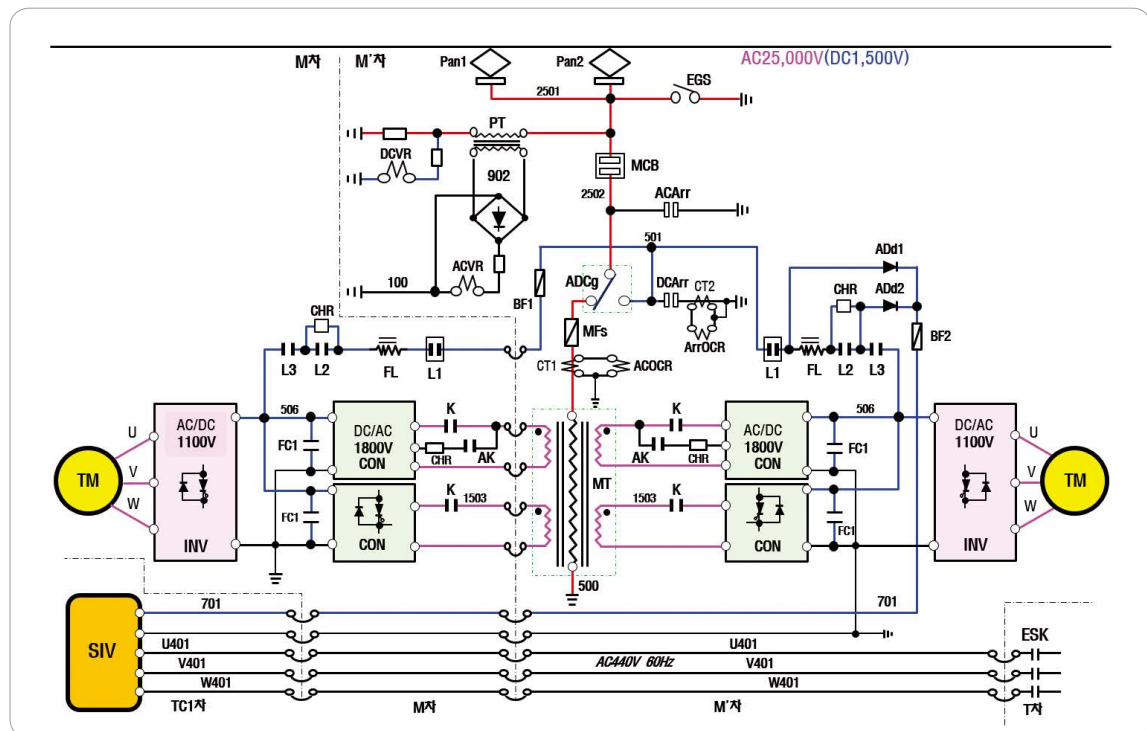
[그림 4-5] ESK, EqRe

- (9) 연장급전 접촉기(ESK) : 고압보조 Unit 분담으로 SIV 전원 공급 중에, 1개 Unit의 Pan을 하강하거나 SIV 고장이 발생하면 연장급전 취급으로 ESK를 투입하여 SIV 전원을 공급할 때 사용한다.

4.2.2 SIV 장치의 기기

4.2.2.1 SIV 전원공급

SIV 장치의 전원공급은 교류구간과 직류구간 운행 시 전원공급 회로가 다르게 구성되어 있다. 특히 교류구간 운행 시에는 주변압기(MT)와 주변환 장치(C/I)를 통하여 SIV를 구동하고 SIV에서 만든 AC440V로 주변압기와 주변환 장치를 강제 냉각하는 송풍기를 구동하도록 회로가 구성되어 있고, 직류구간 운행 시에는 L1 고속도차단기가 투입되면 SIV가 구동된다.



[그림 4-6] SIV 전원 공급 회로도

(1) 교류(AC) 구간

전차선 → Pan → 주회로차단기(MCB) → ADCg(교직절환기 AC측) → 주퓨즈(MFs) → 주변압기

(MT) → 주변환기(Converter) → L3 → ADd2 → BF2 → 701선 → SIV

(2) 직류(DC) 구간

전차선 → Pan → 주회로차단기(MCB) → ADCg(교직절환기 DC측) → L1 → ADd1 → BF2 → 701선 → SIV

4.2.2.2 SIV 주요 기기

- (1) IVF(SIV Fuse) : SIV 입력전원(DC1500V)의 과전류 시 SIV 장치를 보호하는 기기로 Fuse Box 내에 들어 있다.
- (2) IVS(Knife Switch) : SIV 유지보수, 점검 시 점검자의 안전을 확보하기 위하여 설치되고 방전 회로를 구성하며 수동으로 취급한다.
- (3) IVHB(SIV고속도차단기) : SIV 고속도차단기로 정상적인 구동 및 정지 시 투입, 차단되고, 동작 중 보호장치 동작 시 신속하게 차단하여 SIV 장치를 보호한다.
- (4) HK(방전 Contactor) : SIV 정상구동 시 항상 동작되어 있으며, Normal Close Type(동작 시 차단형태)이다. SIV 정지 시는 HK가 투입 되므로 FC에 충전된 전하를 안전하게 방전한다.
- (5) FL, SL(평활 리액터)
 - 1) FL(Filter 리액터) : 입력전원(DC1500V)의 Ripple 전류를 평활하게 하고 L-C 공진회로를 이용하여 고조파를 제거한다.



[그림 4-7] SIV 전면부(Cover 개방) 기기 배치



[그림 4-8] SIV 후면부(Cover 개방) 기기 배치

- 2) SL(Smoothing 리액터) : 인버터부의 Chopper 작용 및 Switching 작용으로 발생할 수 있는 Ripple 전류 및 고조파를 제거한다.
- (6) FC(Filter Capacitor) : FL과 함께 입력전압, 입력전류의 Filtering을 통해 안정화된 전원으로 SIV가 구동하게 한다.
- (7) TR1, TR2(출력측 변압기) : SIV 출력전원인 AC3상 220V, 2조를 합성하여 AC440V 60Hz로 변환한다.
- (8) BCT(충전용 변압기) : SIV 출력 AC3상 440V 60Hz를 AC 76V로 강압하여 정류 장치(RF)에서 DC100V로 정류하여 103선 가압 및 축전지(Battery)에 충전한다.
- (9) SIVK(SIV 출력 접촉기) : SIV 제어장치에서 SIV 출력전압을 검출하여 부하에 전원을 공급할 수 있는 충분한 전압과 주파수인 AC3상 440V 60Hz가 확보되었을 때 SIVK를 투입하여 부하에 공급하고 전압과 전류가 충분하지 않으면 자동 차단된다.

4.2.3 SIV 구동

전기동차를 기동하기 위해 Pan을 상승하고 MCB가 투입되면 SIV 주회로인 701선에 DC1,500V가 공급된다. 제어회로는 TC차 103선에서 IVCN을 통해 115선이 제어장치에 입력되어 기동준비를 하며, M'차 103선의 AMCN을 통해 114b선의 SIV 기동명령이 제어장치에 입력이 되면 SIV는 구동하

게 된다. 상기한 세 가지 신호 중 어느 한 가지 신호라도 입력되지 않으면 SIV는 구동하지 않는다.

4.2.3.1 SIV 기동제어

- (1) 103선 제어전원(DC100V) → IVCN → 115선 → SIV 제어장치 입력한다.
- (2) 전기동차의 Pan이 상승되고 MCB가 투입되면 교류구간 에서는 Converter 장치가 기동되고, 직류구간 에서는 L1이 투입되면서 DC1500V가 701선으로 SIV에 공급된다.
- (3) M'차 103선 제어전원(DC100V) → AMCN → 교류구간 SIVSR(a), 직류구간은 L1RR(a)을 거쳐 → 114b선 → SIV 기동명령이 제어장치에 입력된다.
- (4) SIV 제어장치는 HK를 동작하여 방전회로를 차단하고 IVHB를 투입한다.
- (5) FC1, FC2에 초기충전이 2분압 되고 BT(보조Thyristor)에 Gate 점호로 on 되면 DC1500V가 공급이 되고 쇼퍼 장치가 동작을 시작한다.
- (6) GTO Thyristor로 구성된 쇼퍼(CH1,CH2)장치가 동작하면서 2대의 Inverter 장치가 30°의 위상차로 교호로 운전하고 그 출력을 변압기에서 합성한다.
- (7) SIV 출력전원이 AC440V 60Hz의 정(定)전압, 정(定)주파수가 형성되면 SIVK를 투입하여 부하에 전원을 공급한다.

4.2.3.2 SIV 정지제어

- (1) Pan 하강(전차선 단전 시 등) 및 MCB off 신호 입력 시
- (2) 제어전원 차단 시(IVCN off 시, AMCN off 시)
- (3) 보호장치 동작 시(SIV 경(輕)고장, 중(重)고장 발생 시)

SIV 정지신호가 입력이 되면 IVHB가 자동 차단되고 HK(방전 접촉기)는 닫힘으로 동작하여 FC의 충전 전하를 신속히 방전한다.

4.2.4 SIV 보호동작

SIV가 운전 중에 보호장치가 동작하면 즉시 IVHB가 차단되고 HK는 닫힘 동작이 된다. 보호장치 동작은 경고장과 중고장으로 나누어진다. 경고장은 SIV는 정지되지만 고장 내용이 TGIS 모니터에 표시되지 않고 Fault등과 차측등도 점등되지 않으며, SIV 제어장치에서 3초 후 자동 Reset 신호로 구동되어 60초간 감시 시간을 갖는 보호장치 동작을 말한다. 중고장은 TGIS 모니터에 “SIV 고장”이 표시되고 SIV 제어장치에서 SIVFR을 여자 하여 Fault등과 차측등이 점등되는 고장으로 SIV는

정지되고 자동 Reset이 Locking 되어 재(再)기동되지 않는다.

중고장 요인은 경고장 발생으로 60초간 감시시간 내 재고장이 발생하거나, 고장 발생요인 자체가 중고장 원인으로 BF2 용손시, IVF 용손시 등, 운전실에서 Reset 취급으로 복귀할 수 없는 경우이다.

4.2.4.1 SIV 보호 동작 항목

[표 4-2] SIV 보호 동작

보호 항목	약어	비고	보호 항목	약어	비고
AC출력회로단락	ASOC	중고장	출력 과전압	ACOVD	경고장
초퍼 과전압(CH)	CHOVD1,2	경고장	출력 저전압	ACLVD	경고장
초퍼 과전류(CH)	CHOC1,2	경고장	BF2 용손		중고장
인버터 과전압	INVOVD1,2	경고장	IVF 용손		중고장
인버터 과전류	INVOC1,2	경고장	SIV장치 과온		중고장
콘덴서분압 이상	CUVD	경고장	충전계통 이상		중고장
제어전원 이상	CPSF	경고장			

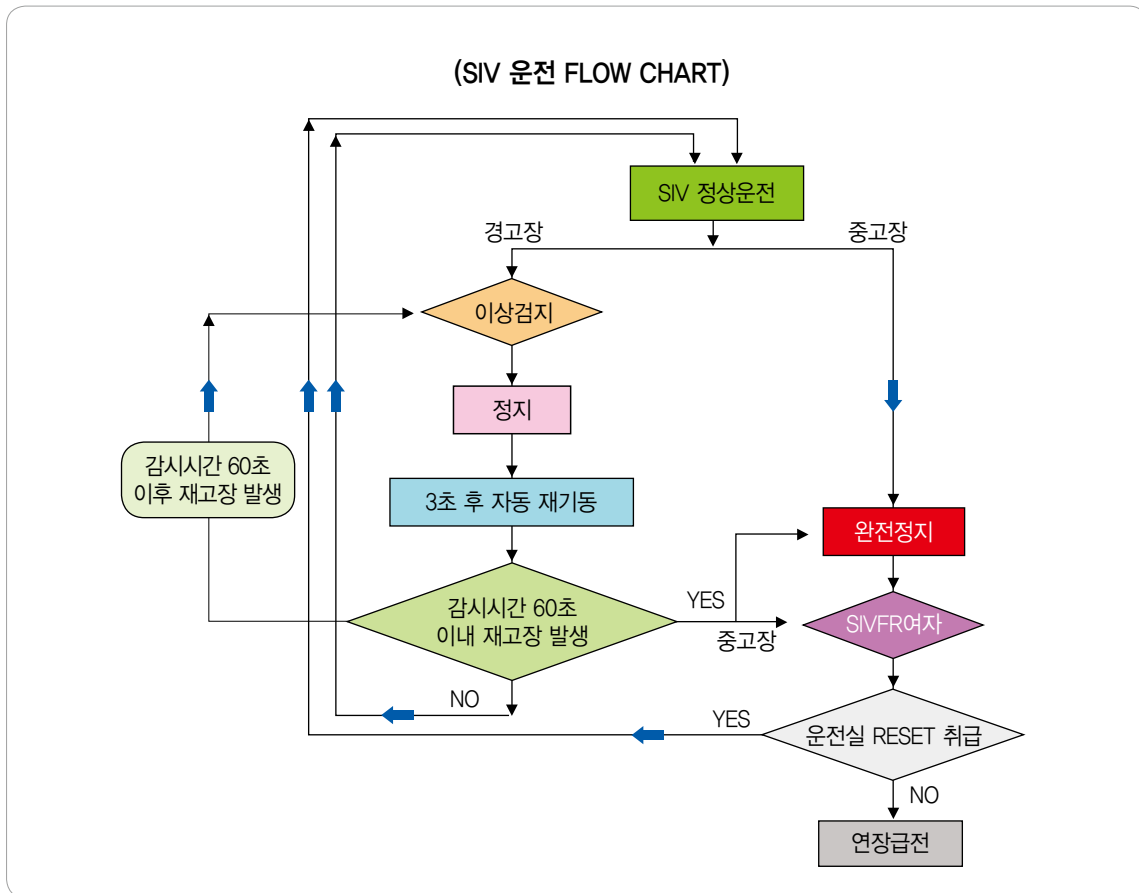
※ AC 출력회로 단락(ASOC)

SIV(보조전원 장치)의 출력전압을 전원으로 사용하는 기기 중 하나의 부하에 단락과 같은 문제가 발생하였을 경우, SIV는 출력 과전류에 의한 보호동작으로 정지한다. 운전실 Reset 취급 시 재고장이 발생하고 SIV는 Shutdown 되며, 연장급전 하면 연장급전하는 SIV 또한 동일 원인으로 정지되어 결국 SIV가 모두 정지하게 되므로, 이 경우에 ASOCR을 여자 하여 연장급전 회로가 구성되지 않게 하였다.

4.2.4.2 SIV 경고장

SIV 운전 중 제어장치 내 보호동작은 System의 이상 감지 시 즉시 동작하여 SIV를 구동 정지하고 자동 Reset 신호를 발생한다.

- (1) SIV 운전 중 제어장치 내의 보호장치는 이상을 감시한다.
- (2) 보호장치가 동작하면 IVHB가 차단되고 SIV는 구동 정지된다.
- (3) SIV가 정지하고 3초 후 자동 Reset 신호로 재기동한다.
- (4) 자동 재기동한 후 60초간 이상 상태를 감시한다.



[그림 4-9] SIV 보호장치 동작 시 운전 과정

- (5) 감시시간인 60초 내에 재고장이 발생하지 않으면 정상 구동 상태를 유지하고, 감시시간 내에 재고장이 발생하면 중고장으로 전환되어 IVHB는 다시 차단되고 SIV는 정지 상태로 Locking 된다.

4.2.4.3 SIV 중고장

SIV 운전 중 발생하는 고장 자체가 중고장 요인이거나, 경고장 발생 후 60초 내 재고장이 발생하는 경우를 말한다. SIV 제어장치에서 SIVFR을 여자 시켜 운전실 TGIS 모니터에 “SIV 고장”이 나타나고 고장 대표등인 Fault등과 고장 차량의 차측등을 점등시켜 기관사가 고장 상황을 알 수 있도록 한다.

- (1) 보호장치가 동작하면 IVHB가 차단되고 SIV는 정지된다.
- (2) TGIS 모니터에 “SIV 고장” 현시되며, Fault등, 고장차량 차측등이 점등된다.



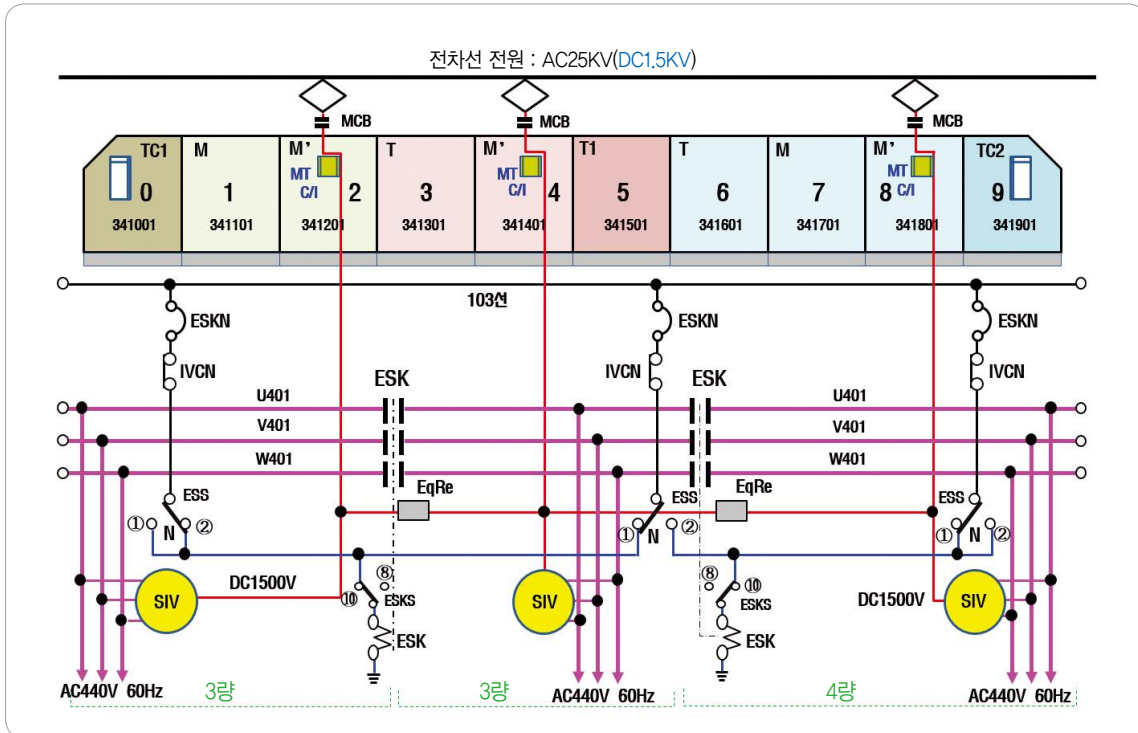
[그림 4-10] SIV 고장 시 모니터 현시, 차측등 점등

- (3) 고장 Unit AC440V 공급 차단으로 고압보조 기기 구동이 정지된다.
(충전장치, CM, MT 냉각장치, C/I 송풍기, 냉난방, 객실 AC등 정지)
- (4) SIV 중고장 발생하고 60초 후 고장 Unit의 MCB가 차단된다.
- (5) 운전실에서 MCBOS → RS(Reset) → 3초 후 MCBCS 취급으로 복귀한다.
- (6) 고장 복귀 불능 시 ESPS 취급하여 연장급전한다.
- (7) ESPS 취급으로 연장급전 불능 시 직접 고장차량에 가서 배전반 내 IVCN을 차단하여 연장급전한다.

4.3 AC440V 연장급전(Extension Supply)

4.3.1 연장급전 개요

수도권 광역 전기동차는 10량 편성으로 3대의 SIV를 설치하여 3개의 고압보조 Unit로 운행하는데, 1개 Unit 이상의 SIV가 고장 등으로 구동 불능되거나 1개 Unit 이상의 Pan 하강, MCB 투입불능 등이 발생하면 해당 Unit은 AC440V가 차단된다. 그러면 그 Unit의 CM(공기압축기) 등의 고압보조 기기를 사용할 수 없어 열차의 안전운행과 승객 불편이 발생하므로 정상 Unit SIV 전원을 연장하여 고장 Unit로 공급받을 수 있게 하는 것이 연장급전 취급이다.



[그림 4-11] 연장급전 간략도

4.3.1.1 연장급전 기기

(1) ESPS(연장급전 스위치)

운전실에 설치된 연장급전 원격 스위치로 고장 차량에 가지 않고 연장급전을 취급할 수 있도록 하였다. 다만, ESPS 취급으로 연장급전이 가능한 경우는 SIV 중고장 발생으로 SIVFR이 여자 된 경우에만 해당된다.



[그림 4-12] ESPS, ESS(연장급전 선택 스위치)

(2) ESS(연장급전 선택 스위치)

SIV가 설치된 차량(TC1, TC2, T1)에 있는 연장급전 선택 스위치로 “①” 위치, “자차(N)” 위치, “②” 위치로 3개 위치를 가지고 있다. 운전실(TC1 차량)에 설치된 ESS는 “②” 위치로, 후부 운전실(TC2 차량)은 “①” 위치로 설정되어 있지만 의미가 없으며, 중간 차량인 T1 차량의 ESS는 선택이 가능하지만 “①” 위치로 설정되어 있다. ESS가 “자차(N)” 위치인 경우는 연장급전이 되지 않는다.

(3) ESKS(연장급전 접촉기 스위치)

연장급전 접촉기(ESK)가 설치된 T 차량(3호차, 6호차)의 배전반에 위치하고 6량 편성이나 10량 편성인 경우에는 “T” 위치로, 8량 편성인 경우에는 “N” 위치로 설정되어 있으므로 연장급전이 되지 않을 때는 ESKS의 위치 확인이 필요하다.



[그림 4-13] ESKS, ESK, IVCN

(4) ESK(연장급전 Contactor)

T 차량(3호차, 6호차)의 차량하부에 설치되어 있으며 ESK가 여자 되면 투입되어 정상 SIV의 AC440V를 고장 차량에 공급하는 연장급전 접촉기다.

(5) IVCN(SIV 제어 NFB)

SIV의 제어장치를 담당하는 차단기로 대단히 중요한 NFB이다. 또한 연장급전을 취급한다는 것도 IVCN이 차단되어야 연장급전이 구성된다. SIV 고장으로 운전실에서 ESPS를 취급하면 IVCN이 자동차단 되고, 해당 Unit의 Pan 하강 등으로 SIV 구동 전원인 DC1,500V를 공급받을 수 없는 경우에는 직접 해당차량의 IVCN을 수동 차단하면 연장급전이 이루어 진다. IVCN이 차단되면 TGIS 모니터에 “연장급전” 표시와 “SIV 통신이상” 자막이 나타나도록 하였다.



[그림 4-14] AMCS 전면부(COVER 개방)

(6) AMCS(자동 연장급전 스위치)

자동운전(ATO 운전) 및 1인 운전에 대비한 장치로 AMCS가 “자동” 위치에 있을 경우 SIV 고장으로 SIVFR이 여자 하면 IVCN Trip 계전기 여자회로가 자동으로 구성되어 연장급전이 이루어지게 하는 장치이다(AMCS 설치 차량만 사용).

4.3.1.2 연장급전 취급하는 경우

(1) 완전부동 취급 시

- Pan 파손 및 집전장치 고장 시
- 교류피뢰기(ACArr), 직류피뢰기(DCArr) 동작 시
- EGS 용착 시
- 주퓨즈(MFs) 용손 시
- MCB 차단 및 투입 불능 시 등

(2) AC구간 운행 중 M'차 주변환기(C/1) 고장으로 복귀 불능 시

- DC구간 운행 중 M'차 L1 강제차단으로 복귀 불능 시

(3) SIV 고장 시

- 경고장 발생 후 60초 내에 재고장 발생시
- 1차 고장이 중고장으로 발생시

4.3.2 연장급전 취급 방법

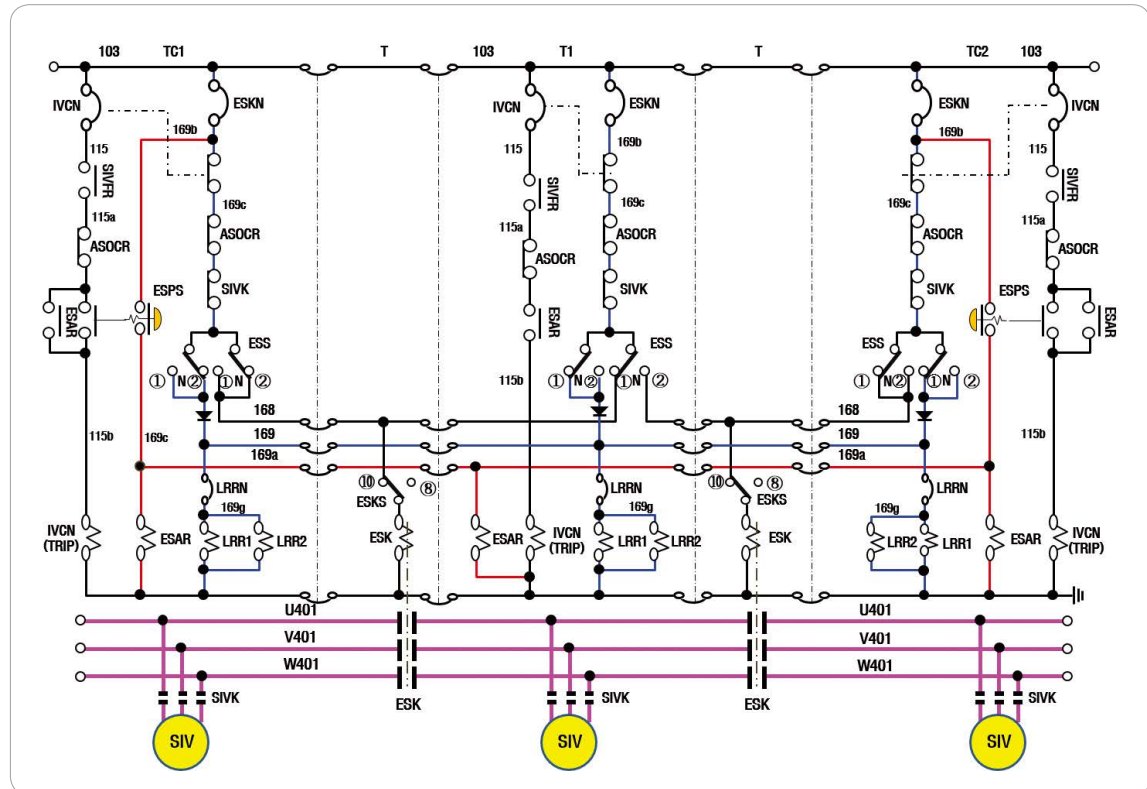
연장급전 취급 방법은 설명한 바와 같이 SIV 고장 시에는 운전실에서 ESPS를 취급하여 전기적으

로 IVCN을 차단하여 연장급전하고, SIV 고장이 아닌 경우에는 고장 차량의 배전반 내 IVCN을 직접 수동차단하여 연장급전을 해야 한다. 정상적인 차량도 IVCN이 차단되면 SIV가 정지하고 연장급전 회로가 구성된다.

4.3.2.1 전부 Unit SIV 고장 시

운전실 TGIS 모니터에 “SIV 고장”이 현시되고 Fault등과 해당 차량 차측등이 점등되므로 고장 상태를 알 수 있다.

- (1) 운전실에서 MCBOS → RS → 3초 후 MCBCS 취급으로 복귀한다.
- (2) 복귀 불능 시 전부 운전실 ESPS를 취급하여 연장급전한다.
 - 103선 → 전부TC차 ESKN(on) → 169b → ESPS취급 → ESAR(SIV차량) 여자
 - 103선 → IVCN(on) → 115 → 전부TC차(고장차량) SIVFR(a) → ASOCR(b) → ESAR(a) → IVCN(Trip) Coil(계전기) 여자로 IVCN이 자체 차단된다.
 - 103선 → ESKN(on) → IVCN(b) → 169c → ASOCR(b) → 169d → SIVK(b) → ESS ② 또는



[그림 4-15] 연장급전 회로도

① 위치에서 168선과 전 차량에 169선이 가압된다.

– 168선 → T차(3호차) → ESKS ⑩량 위치 → ESK 투입코일이 여자 된다.

– 169선 → 전차량(10량 전체)의 LRRN(on) → LRR1, LRR2가 여자 한다.

3호 차량(T차)의 연장급전 접촉기(ESK)가 투입되어 중간 Unit의 T1차(5호 차량) SIV에서 공급하는 AC440V를 전부 Unit에 공급하므로 고압보조 장치의 기기들과 객실 AC등을 점등할 수 있으며, 전체 차량의 LRR1과 LRR2가 여자 되므로 부하가 반감되거나 감소하게 된다.

ESPS 취급으로 연장급전이 안 되거나 완전부동 취급 시 등의 경우에는 배전반을 열고 IVCN을 직접 차단하면 연장급전이 구성되도록 되어 있다. ESPS 취급이나 또는 IVCN 차단으로 연장급전이 되지 않으면 고장차의 ESS가 “자차(N)” 위치인지 여부를 확인하거나 T차(3호 차량) 배전반 내 ESKS의 ⑩(T위치)량 위치를 확인한다.

4.3.2.2 중간 Unit SIV 고장 시

(1) 운전실에서 MCBOS → RS → 3초 후 MCBOS 취급으로 복귀한다.

(2) 복귀 불능 시 전부 운전실 ESPS를 취급하여 연장급전한다.

- 103선 → 전부TC차 ESKN(on) → 169b → ESPS취급 → ESAR(SIV차량) 여자
- 103선 → T1차 IVCN(on) → 115 → 중간T1 차량(고장차량) SIVFR(a) → ASOCR(b) → ESAR(a) → IVCN(Trip) Coil(계전기) 여자로 T1차의 IVCN이 자체 차단된다.
- 103선 → T1차 ESKN(on) → IVCN(b) → 169c → ASOCR(b) → SIVK(b) → ESS를 ① 또는 ② 위치로 선택할 수 있지만 “①” 위치로 설정하였다. ESS는 자차(N) 위치만 아니면 168선과 169선이 가압되고 169선은 전 차량에 직통된다.
 - ESS “①”위치 : 168선 → T차(3호차) → ESKS⑩량 위치 → ESK 여자 된다.
 - ESS “②”위치 : 168선 → T차(6호차) → ESKS⑩량 위치 → ESK 여자 된다.
 - 169선 → 전체차량(10량)의 LRRN(on) → LRR1, LRR2가 여자 하여 부하가 반감되거나 감소하게 된다.

중간 Unit(T1 차량)의 SIV 고장 시 ESS를 “①” 위치로 하면 전부 Unit SIV에서 AC440V를 공급받으며 6량의 전원 공급을 담당한다. ESS를 “②” 위치로 하면 후부 Unit SIV에서 전원을 공급받는데, 이때는 7량의 전원을 담당하게 되어 부하가 많이 걸리므로 중간 Unit의 ESS를 “①” 위치로 한다. 연장급전이 안 되면 중간 Unit의 IVCN을 직접 차단하고, ESS 위치와 ESKS 위치를 확인해야 한다.

4.3.2.3 후부 Unit SIV 고장 시

- (1) 운전실에서 MCBOS → RS → 3초 후 MCBCS 취급으로 복귀한다.
- (2) 복귀 불능 시 전부 운전실 ESPS를 취급하여 연장급전한다.
 - 103선 → 전부TC차 ESKN(on) → 169b → ESPS취급 → ESAR(SIV차량) 여자
 - 103선 → 후부TC차 IVCN(on) → 115 → 후부 TC 차량(고장차량) SIVFR(a) → ASOCR(b) → ESAR(a) → IVCN(Trip) Coil(계전기) 여자로 후부 TC차의 IVCN이 자체 차단된다.
 - 103선 → 후부 TC차 ESKN(on) → IVCN(b) → 169c → ASOCR(b) → SIVK(b) → ESS ① 또는 ② 위치에서 168선과 전 차량 169선이 가압된다.
 - 168선 → T차(6호차) → ESKS ⑩량 위치 → ESK 투입코일이 여자 된다.
 - 169선 → 전체차량(10량)의 LRRN(on) → LRR1, LRR2가 여자 하여 부하가 반감되거나 감소 하게 된다. 6호 차량(T차)의 연장급전 접촉기(ESK)가 투입되어 중간 Unit의 T1차 SIV에서 공급하는 AC440V를 후부 Unit에 공급하게 된다. 연장급전이 안 되면 후부 Unit의 IVCN을 직접 차단하고, ESS 위치, ESKS 위치를 확인해야 한다.

4.3.3 연장급전 취급 후 현상

연장급전 취급으로 IVCN이 차단되어 연장급전이 구성되면 운전실 TGIS 모니터의 “차량상태” 모드에 연장급전 상태가 표시되고 “운전상태” 모드에서는 “SIV 통신 이상”이 표시된다. SIV 자체고장으로 SIVFR이 여자 된 경우에는 Fault등과 해당 차 차측등이 점등되어 있으므로 연장급전 후 MCBOS → RS → 3초 후 MCBCS 취급으로 고장내용을 복귀하여야 한다.

4.3.3.1 연장급전(IVCN 차단) 취급 시 동작 기기

- (1) 해당 차 SIV 구동 불능된다.
- (2) 해당 Unit T차 ESK가 투입되어 연장급전된다.
- (3) 전체 차량의 부하 감소 계전기인 LRR1, LRR2 여자 된다.

4.3.3.2 연장급전(IVCN 차단) 취급 후 현상

- (1) 정상 Unit에서 AC 440V를 고장 Unit에 공급한다.
- (2) 고장 Unit의 CM이 3초 후 재(再)기동한다.
- (3) 전체 차량의 객실등이 반감된다(객실 AC등).



[그림 4-17] Cylinder형, Screw형 공기압축기

가 설치된 TC1, T1, TC2 차량에 3대가 설치되어 있으며 SIV 고장 등 AC440V 전원공급이 중단되면 구동이 정지되지만 연장급전하면 정상적으로 재(再)구동한다.

4.4.1.1 전동 공기압축기(CM) 정격

(1) 교류전동기

[표 4-3] CM 전동기 제원

전동기	구 조	AC 전동기
	정격전압	AC 440V
	주파수	60Hz
	출 력	15kW
	회전수	1,750rpm
	극 수	4poles

(2) SCREW형 압축기

[표 4-4] CM 압축기 제원

압축기	형 식	YT2000AM2
	구 조	압수 로터에 의한 연속 1단 압축
	오일 최대 용량	8ℓ ~ 10ℓ
	자유 공기 방출량	1,700ℓ /min ± 10%
	토출 압력	9 kgf/cm ²
	주위 사용 온도	-25℃ ~ +40℃
	에어엔드 Unit 형식	F102 표준형
	윤활유 냉각 방식	Oil Cooler에 의한 강제 송풍 냉각
	소음 수준	77dBA 이하

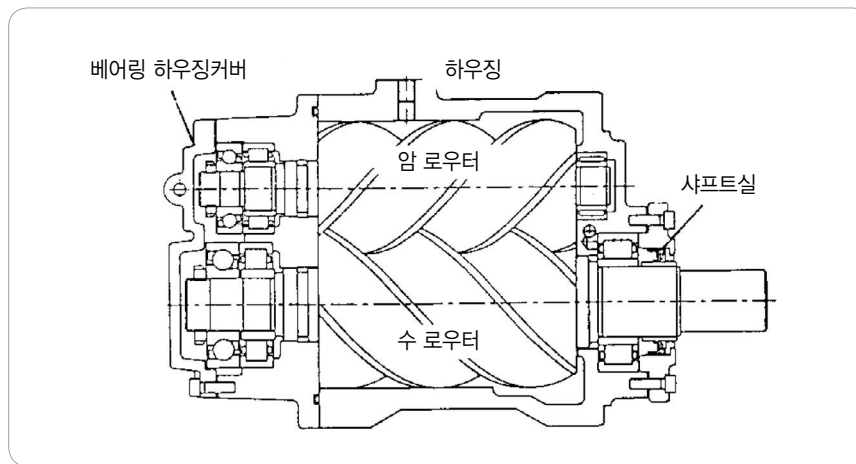
4.4.1.2 전동 공기압축기(CM) 및 관련 기기

(1) AC(교류) 전동기

SIV 공급 전원인 AC440V 60Hz로 구동하는 유도전동기로 CM 기동장치인 CMSB에서 VVVF 인버터 제어System으로 충격을 최소화하면서 Soft Starting 하고 정지한다. 전동기는 공기압축기의 프레임 구조로 되어 있는 취부대에 장착되어 있으며, 전동기 및 스크루 공기압축기는 4개의 행거 브래킷에 취부되어 있고 그 안에 끼워진 방진고무에 의하여 차체의 진동을 흡수하며 원만하게 작용할 수 있게 하였다.

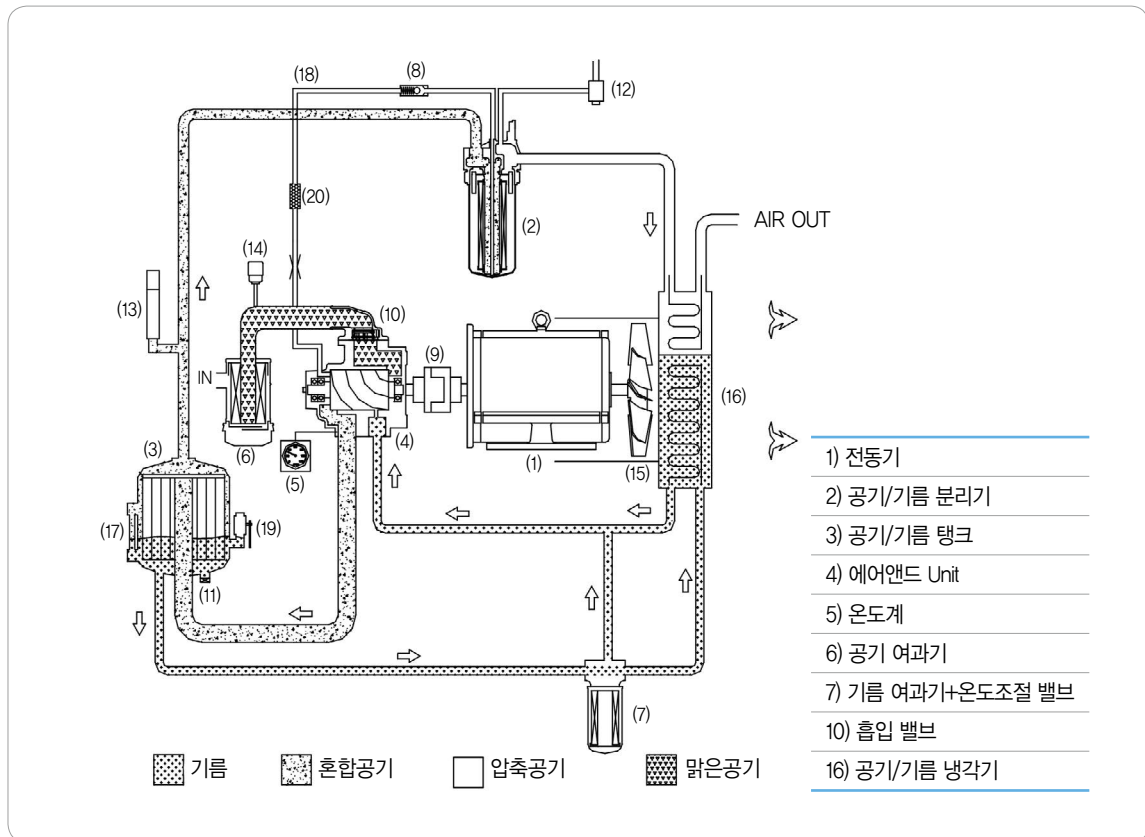
(2) SCREW형 공기압축기

공기압축기는 전동기에 의하여 구동되며, 에어엔드 Unit의 케이싱(casing) 안에서 스크루 압수 로터가 일정 간격으로 서로 맞물려 회전하기 때문에, 구동 시의 진동 및 토출 공기의 맥동을 최소화하면서 공기를 연속적으로 압축하는 구조로 되어 있으며 동작 과정은 다음과 같다.



[그림 4-18] SCREW형 공기압축기 로터

- 1) 맞물린 두 개의 압수 로터와 이를 둘러싸고 있는 케이싱이 스크루 공기압축기의 압축실을 형성하고 흡입 압력으로 기름을 분사하여 흡입된 공기와 혼합한다.
- 2) 로터가 회전함으로써 로터의 근접점이 회전으로 인하여 흡입구와의 연결을 차단하고 공기를 밀어낸다.
- 3) 회전하는 동안에 로터 사이의 공간이 줄어들어 압축이 이루어진다.
- 4) 압축된 공기/기름 혼합물은 분리 역할을 하는 기름 분리기에 유입되어 분리되며, 기름 분리

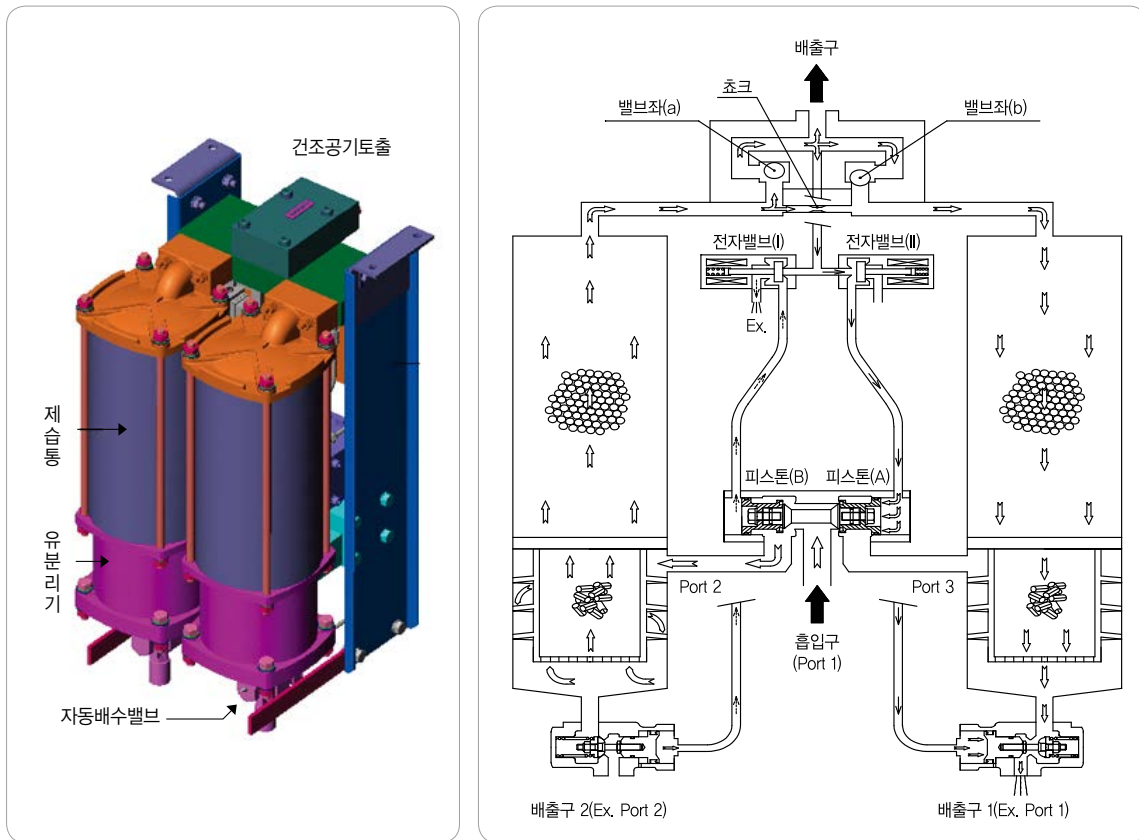


[그림 4-19] 공기압축기 내 공기/기름 흐름도

기 바닥에 고인 기름은 오일 회수 파이프 (Oil Return Pipe)(19)를 통하여 곧바로 에어엔드 Unit(4)에 회수된다. 압축된 공기는 제습기를 통과하여 주공기통(MR)으로 보내진다.

(3) 트윈 타워 공기건조기(Twin Tower Air Dryer)

주공기압축기에서 생성된 압축공기가 후부 냉각기(After Cooler)를 거치는 과정에서 발생한 응축수 및 유분은 공기제동장치 및 제어 공기를 사용하는 기기에 좋지 않은 영향을 준다. 그러므로 이러한 수분이나 유분을 유분 분리기 내장형 트윈 타워 건조기에서 타이머에 의하여 2분 간격으로 교호로 동작하면서 안정적이고 높은 성능으로 제거하여 공기제동장치 및 제어장치 기기에 항상 깨끗한 건조 공기를 공급하게 한다. 타이머의 사이클은 공기압축기의 작동 주기에 영향이 없도록 하기 위하여 압축기가 정지하면 동시에 타이머도 정지했다가 압축기가 재가동되면 타이머 역시 정지되었던 시간에 이어서 계속 사이클을 형성하면서 동작한다.



[그림 4-20] 트윈 타워 공기 건조기 작동도

(4) 자동배수 밸브(Automatic Drain Valve)

자동배수 밸브는 주공기압축기의 제어회로와 연동되며, 주공기압축기 정지와 동시에 자동배수 전자밸브에 의해 생성된 제어 압력이 자동배수 밸브에 유입되어 주공기통(Main Reservoir) 내부에 고인 수분 및 유분 등의 침전물들을 제거한다. 이를 통해 각종 공기 장치 및 제어기기 등을 오일 및 수분으로부터 보호하여 원활한 작용을 하도록 주공기통 및 트윈 제습기 하단의 유(油) 분리기 하부에 장착 하였다.

(5) CM-G(공기압축기 조정 스위치)

CM 조정 스위치인 CM-G는 CM 구동 제어회로에 설치되어 있다. 공기압축기가 구동하여 설정된 공기압력의 상한 값인 9.0Kg/cm^2 에 도달하면 CM 구동을 정지하고, 압축공기를 사용해 하한 값인 8.0Kg/cm^2 이하로 떨어지면 회로를 구성하여 CM이 구동하도록 한다.



[그림 4-21] CM-G와 안전밸브

(6) 안전밸브

CM 계속구동 등으로 주공기통 내의 공기압력이 과다 상승하게 되면 관련 기기의 손상 및 파손이 발생할 수 있으므로 안전밸브를 설치하여 보호한다. 안전밸브는 설정된 압력인 $9.7 \pm 0.1 \text{ Kg/cm}^2$ 를 초과했을 경우 자동적으로 압축공기를 대기로 방출시키며, 설정 압력 이하로 떨어지면 복귀 하도록 하여 준다.

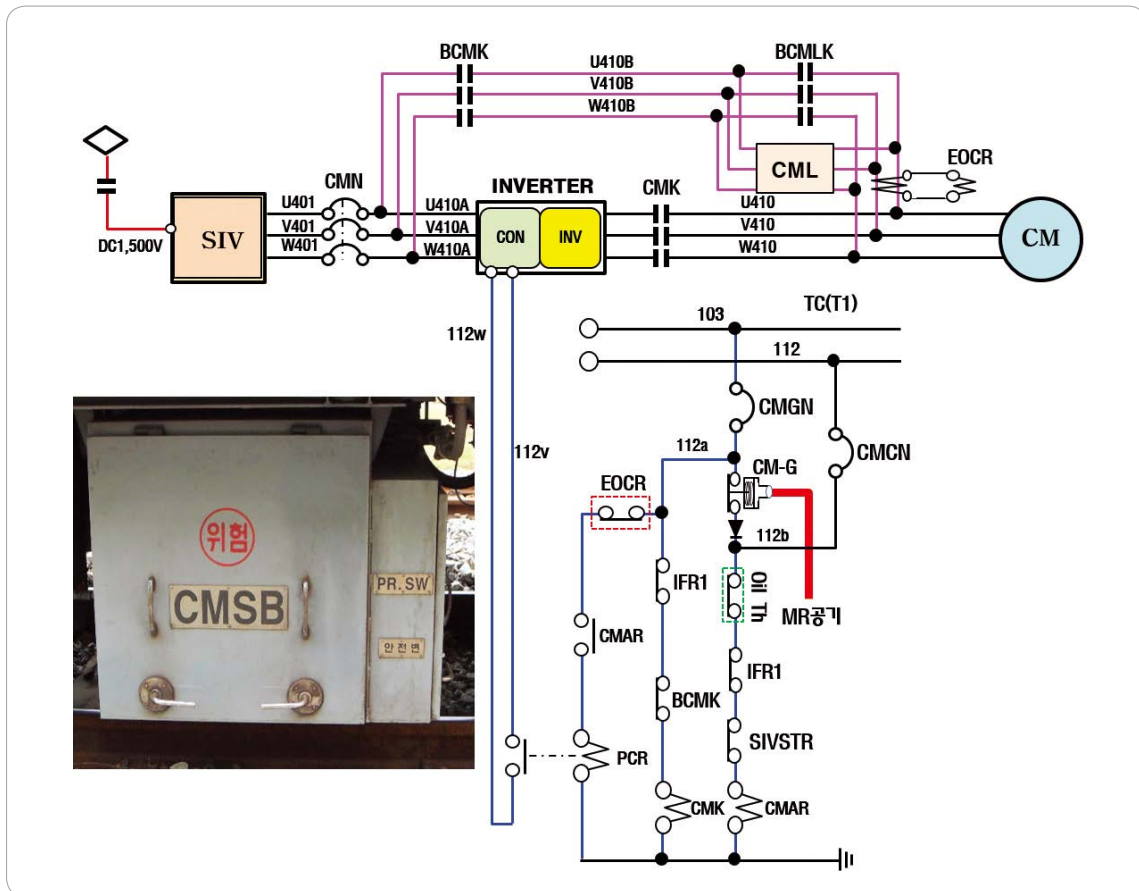
4.4.2 CM 구동제어

4.4.2.1 CM 정상구동(인버터 구동)

전기동차의 103선이 가압되고 CM 기동장치(CMSB)에 이상이 없으면 103선 → CMGN → 112a → IFR1(b) → BCMK(b) → CMK Coil 여자 하여 CMK가 투입 되면서 구동 준비를 하게 된다.

(1) CM-G ON 상태(MR 압력 8.0 Kg/cm^2 이하 시)

- 103선 → CMGN → 112a → CM-G(ON) → 112b → Oil TH(b) → IFR(b) → SIVSTR(b) → CMAR이 여자 된다.
- 103선 → CMGN → 112a → EOCR(b) → CMAR(a) → PCR이 여자 되어 CMSB에 기동신호가 주어지므로 SIV에서 AC440V가 공급되면 CM 인버터 장치에서 VVVF 제어로 SOFT 하게 구동운전을 시작한다.
- CM-G가 ON 되면 → 112b → CMCN → 112선을 통해 다른 CM의 구동 제어를 할 수 있도록 동기구동 회로가 구성된다.



[그림 4-22] CM 정상구동 제어회로

(2) CM-G OFF 상태(MR 압력 9.0Kg/cm² 이상 시)

압축기가 구동하여 MR 압력이 9.0Kg/cm² 이상이 되면 CM-G가 OFF 되어, 103선 → CMGN → 112a → CM-G(Off)로 제어 전원이 차단되므로 CMAR이 무여자 되고 PCR도 무여자 되어 CM은 구동을 정지하게 된다.

4.4.2.2 CM 인버터 장치 고장 시 BY-PASS 구동

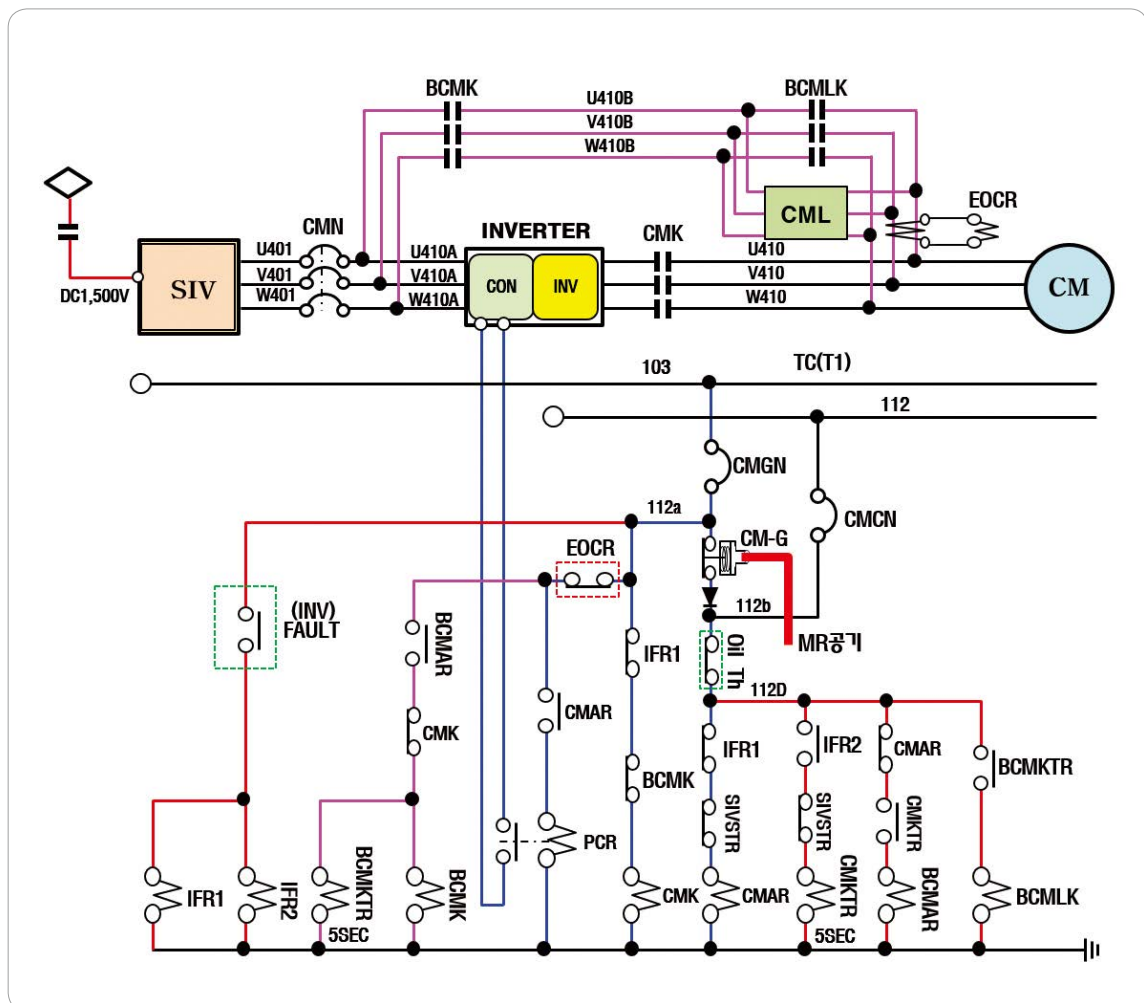
CM 기동장치의 인버터 제어 고장으로 정상구동을 할 수 없을 때는 기동장치에서 5초 후 자동으로 BY-PASS 회로를 구성하여 인버터 장치를 거치지 않고 SIV 전원을 전동기에 공급함으로써 2단 구동제어를 할 수 있도록 회로를 구성하였다. BY-PASS 구동 시에도 CM의 구동 및 정지는 CM-G에 의해서 제어된다. CMSB의 인버터 고장으로 고장계전기인 IFR1, IFR2가 여자 되면, CMK를 Off하고 CMAR도 무여자 한다.

(1) 5초 후 BY-PASS 1단 구동

CM 인버터 고장 계전기인 IFR1, IFR2가 여자 되어 있고 CM-G가 ON 되면 5초 후 CMKTR이 여자 하므로, BCMK가 투입되어 AC440V는 구동 충격을 방지하기 위해 구동 전류를 완화하도록 CML을 거쳐 저속으로 1단 구동을 시작한다.

(2) 1단기동 5초 후 BY-PASS 2단구동

BCMK 투입되고 5초 후에 BCMKTR을 여자 하여 BCMLK를 투입하므로 CM 전동기 구동전원은 CML을 거치지 않고 공급되어 CM 전동기는 고속으로 회전하게 된다.

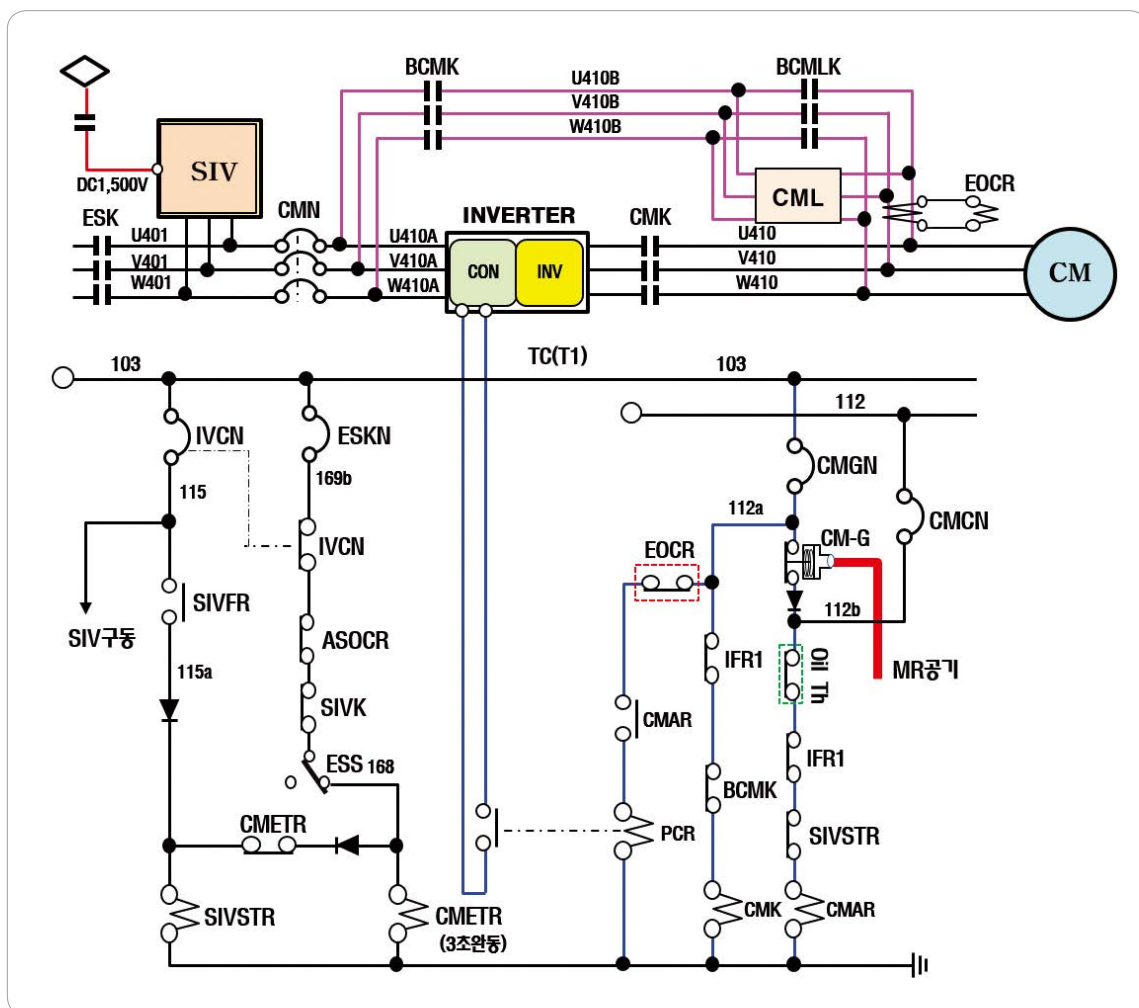


[그림 4-23] CM 구동 BY-PASS 제어회로

4.4.2.3 연장급전 시 CM 구동(인버터 구동)

운행 중 1개 이상 SIV 고장이 발생하거나 해당 Unit 완전부동 취급 등으로 SIV 전원공급이 차단되면 연장급전을 하게 된다. 이러한 경우 CM 자체 고장은 아니므로 연장급전에 의하여 AC440V가 공급이 되면 3초 후 CM은 인버터(VVVF 제어) 장치로 정상 구동하게 된다.

- (1) 운행 중 SIV에 고장이 발생하면 SIVFR이 여자 되므로 103선 → IVCN(ON) → SIVFR(a) → SIVSTR 여자로 CMAR 무여자 되어 CM 구동을 정지한다.
- (2) 연장급전 취급으로 IVCN이 차단하면,
103선 → ESKN(ON) → 169b → IVCN(b)이 차단되면서 연장급전 회로가 구성된다. 또한 168



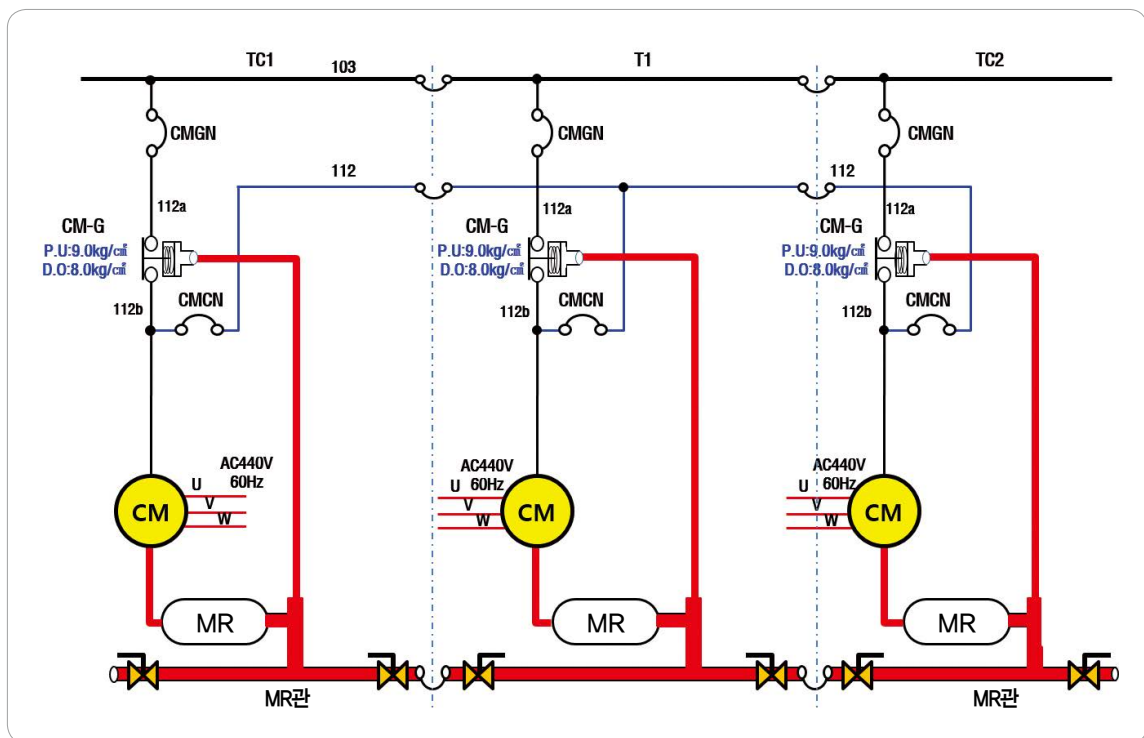
[그림 4-24] 연장급전 취급 시 CM 구동 회로

선 가압으로 3초 후 CMETR이 여자 하여 SIVSTR을 무여자 하므로 CMAR이 다시 여자 하면서 CM은 정상적으로 인버터 구동을 하게 된다.

4.4.3 CM 동기구동 회로

4.4.3.1 동기구동 회로 구성

전기동차를 10량 편성으로 운행 시 동력운전 Unit은 3개 Unit이며, 고압보조 장치의 Unit도 3개로 각각 동작한다. 하지만 주공기관인 MR관은 관통되어 있으므로 1대의 CM이 고장이 나도 특별한 조치 없이 2대로 차량 교환역까지 운행할 수 있다. 전기동차의 제동장치 등에는 고압의 압축공기가 필요하므로 단시간 내에 필요한 압축공기를 충기하기 위하여 3대의 CM을 동시에 구동하고 동시에 정지할 수 있도록 설치한 회로를 동기구동 회로라고 한다. 동기구동 회로는 CMCN을 통하여 112선으로 3대의 CM 구동 제어회로를 연결하였기 때문에 MR 압력 8.0Kg/cm² 이하로 CM-G가 ON 되면 CM 3대가 구동을 시작하고, MR 압력이 9.0Kg/cm² 이상이 되어 CM-G가 OFF 되면 동시에 정지한다.



[그림 4-25] CM 동기 구동 회로

이렇게 10량 편성의 3대의 CM은 동기구동 회로가 구성되어 있기 때문에 운행 중 발생하는 주공기관
의 파손이나 CM-G의 자체 불량 등이 발생하는 경우에 필요한 조치를 하였음에도 CM은 계속 구동하
는 현상이 발생하므로 CMCN OFF 등으로 동기구동 회로를 차단해야 하는 경우도 발생할 수 있다.

4.4.3.2 동기구동 회로 차단

운행 중 전동 공기압축기(CM)는 계속 구동하는 것이 아니고, 동기구동 회로를 통하여 동시에 구동
하여 MR 압력이 9.0Kg/cm^2 에 도달하면 CM-G OFF 접점으로 구동정지한다. 또 정거장에 도착하여
제동취급, 출입문취급 등으로 MR 압력이 8.0Kg/cm^2 이하로 떨어지면 CM-G ON 접점으로 다시 구
동을 시작하므로 정거장에 도착, 출발 시마다 구동과 정지를 반복하게 된다. CM-G의 반복되는 동작
으로 일부 고장이 발생하여 CM이 계속 구동되는 상황이 발생할 수 있고, 또한 압축공기를 공급하는
주공기관의 파손이나 공기여과기, 제동통 및 제동장치 기기 등에서 공기 누설이 발생하는 경우에도
CM은 계속 구동하게 되므로, 이러한 경우는 동기구동 회로를 차단하여 각자 구동하게 하거나 CM 구
동을 정지하는 조치를 취급해야 한다.

(1) CM-G 용착된 경우

1개 CM의 CM-G가 용착되는 경우 동기구동 회로를 통하여 3대의 CM이 계속 구동하게 되고 MR
압력이 9.7Kg/cm^2 이상 상승하게 되면 안전변이 동작하게 된다. 순차적으로 CMGN을 OFF 하여 전
체 CM이 정지하면 해당 차량의 CM-G가 용착된 것으로 판단하고 그 차의 CMGN을 OFF 한 상태로
운행하여도 그 차량의 CM은 동기구동 회로를 통하여 정상적으로 구동한다.

(2) MR관 파손된 경우

전 차량 관통관인 MR관(주공기관) 파손이나 차량 간 연결부에서 MR 공기가 누설되는 경우에는 비
상제동이 체결된다. 그러므로 공기누설 차량 양방향의 차 간 MR 콕을 차단하고 CM이 1개 있는 차량
의 CMCN을 OFF 하여 동기구동 회로를 차단하면, CMCN이 차단된 차량은 자기 차량의 CM-G의 동
작으로 CM이 개별적으로 구동하고, 정지 한다.

(3) CM 구동을 정지시켜야 하는 경우

운행 중 1개 CM이 자체고장으로 계속구동하는 경우가 발생하거나 CM이 설치된 차량의 MR 본관이
파손된 경우는 CM 구동을 정지시켜야 하므로 해당 차량의 CMGN과 CMCN을 함께 OFF 하면 그 차
의 CM 구동이 정지된다(MR관 파손 시는 차량 간 MR콕을 차단함).

4.4.4 CM 보호장치

CM의 보호장치는 입력 전원의 과부하 CM 인버터 장치의 고장이나 온도과온 등에서 안전하게 CM이 구동할 수 있도록 보호한다.

4.4.4.1 보호장치 기기

- (1) CMN(50A) : 정상구동 시, 바이패스(bypass) 구동 시의 순간 과전류는 차단되지 않고 입력 과전류가 지속되는 경우에만 차단되어 인버터 및 전동기를 보호한다.
- (2) CMGN, CMCN 차단기
- (3) CM 인버터 출력 AC 800V 이상 시
- (4) Oil Th : 압축기 내 순환 Oil의 온도가 110℃ 이상 시
- (5) EOGR(CM 과전류계전기) : CM 인버터 고장으로 바이패스(bypass) 회로가 구성되었을 때, 출력 전류가 초기 설정된 전동기의 정격전류를 순간적으로 초과하거나, 계속 흐르면 전동기는 과열되어 소손하므로 EOGR이 동작되어 PCR, BCMK, BCMLK 회로를 차단하여 CM을 정지시킨다. 복귀 방법은 고장 조치한 다음, 103선을 재(再)기동하거나 CM 기동장치 내의 Reset 스위치를 취급하여 복귀한다.

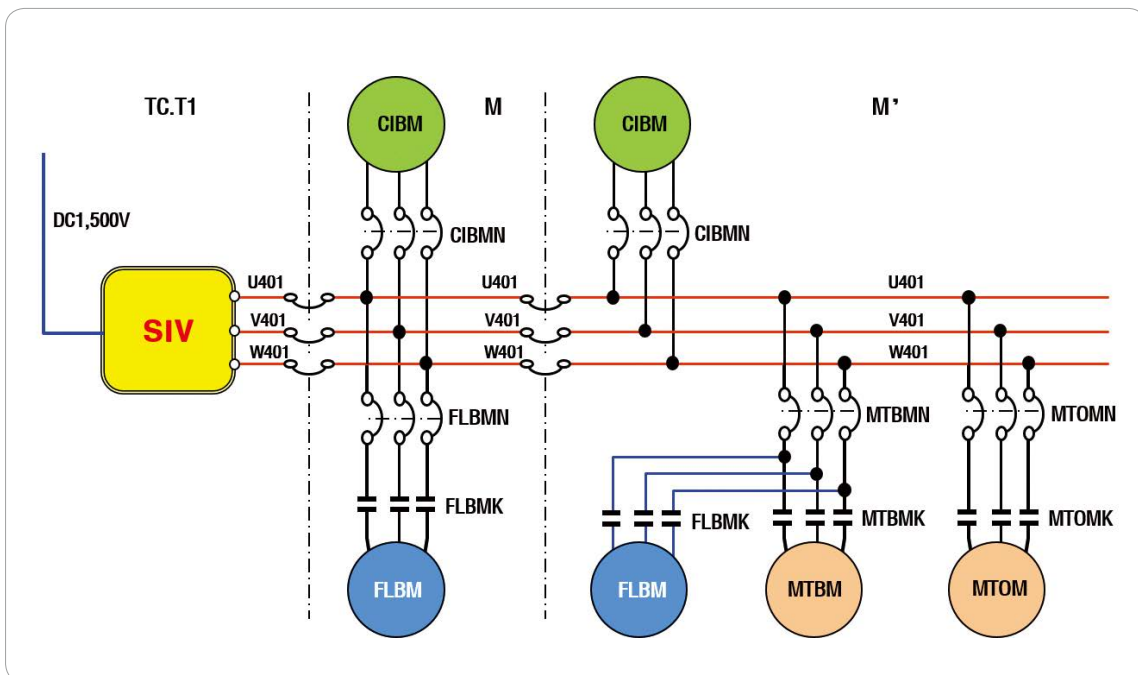
4.4.4.2 CM 구동 불능 시 고장조치

- (1) CM 1대 고장 시
 - TGIS 모니터로 BY-PASS 구동이 확인되면 정상운전 한다.
 - BY-PASS 회로 구성 불능 시 고장차량 차단기 차단 여부를 확인하고 차량 교환 역까지 주의 운전한다.
- (2) CM 2대 고장 시
 - 주공기압력(MR) 충전 상태를 수시로 확인하면서 운전관제와 협의하여 회송 운전하도록 조치한다.

4.5 송풍전동기(Blower Motor) 장치

4.5.1 송풍전동기(BM) 개요

교·직류 VVVF 전기동차의 중요한 기기들은 송풍전동기 장치를 이용한 강제 냉각 방식으로 적정 온도를 유지하고 있다. 특고압 장치의 주변압기(MT)는 중요한 기기이며, 강압 및 승압 작용 시 발생하는 온도 상승에 대해 MTOM과 MTBM을 구동하여 냉각 작용을 하게 한다. 주변환기 장치에 GTO Thyristor를 사용하는 전기동차는 CIBM으로 강제 냉각을 하고 있으며, 직류구간 전용 기기인 FL(Filter Reactor)도 FLBM을 설치하여 온도 상승으로 인한 기기 손상 등을 방지하고 있다. 각 기기의 송풍기는 SIV 공급 전원인 AC440V를 사용한다.



[그림 4-26] 송풍기 장치 전원 공급 구성도

4.5.2 송풍전동기 기기 구성

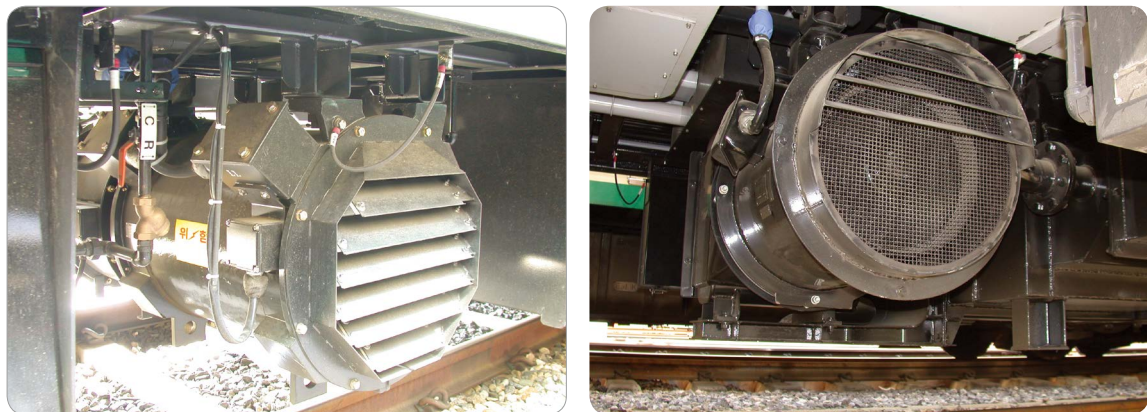
(1) 주변환기 송풍전동기(CIBM)

주변환기(C/I) 장치는 M차와 M'차에 설치되어 있고, 반도체 소자를 사용하여 Converter와

Inverter를 제어하면서 동력운전 및 회생제동을 사용하고 있다. 주 변환 장치(C/I)에는 컨버터 2모듈과 인버터 1모듈이 3열로 배치되어 있다. VVVF 제어장치를 사용하는 초기형 전동차의 주변환 장치 반도체 소자는 GTO Thyristor를 사용하였으며, SIV 공급 전원인 AC440V로 송풍전동기(CIBM)를 사용하여 강제 냉각을 하고, 신형 전동차의 주변환 장치(C/I) 반도체 소자는 IGBT를 사용하므로, Heat Sink를 이용한 자연 냉각 방식이므로 송풍전동기를 설치하지 않았다.

(2) 필터리액터 송풍전동기(FLBM)

필터리액터(FL)는 M 차량과 M' 차량에 각각 1대씩 설치되어 있고, 직류구간을 운행할 때 동작한다. DC1500V 직류회로에 리플 전압이나 고조파 성분을 제거하는 과정에서 발생하는 온도 상승에 대해 FLBM을 가동하여 냉각작용을 한다. 구동 전원은 SIV 전원인 AC440V를 사용하며 M 차량에 설치된 FLBM은 FLBMN을 거치고, M' 차량의 FLBM은 MTBMN을 통하여 공급받는다.



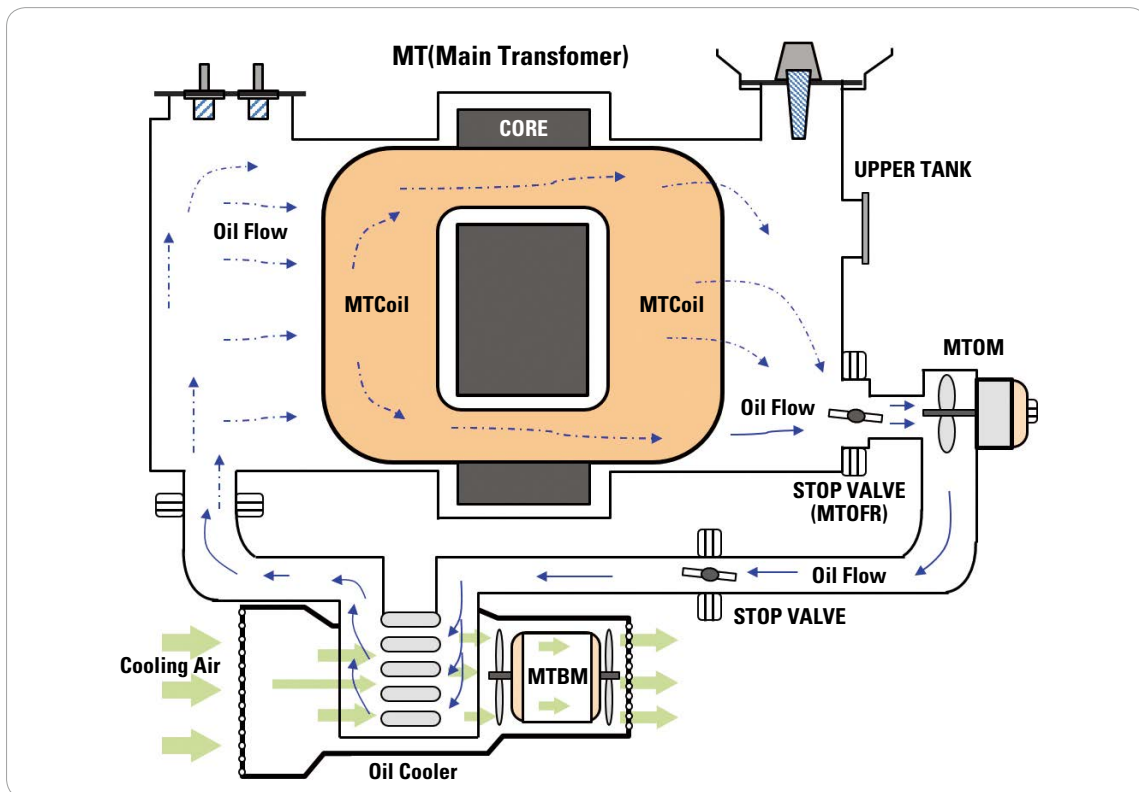
[그림 4-27] FLBM(좌측), MTBM(우측)

(3) 주변압기 송풍전동기(MTBM)

주변압기(MT)는 M'차량에 설치되어 있으며, 동력운전 시 특고압인 AC25000V를 AC840V×2로 변환하고, 제동 시 전차선으로 다시 변환시키는 과정에서 발생하는 온도 상승에 대해, MT 내부의 절연오일을 MTOM으로 순환시켜 냉각작용을 한다. MTBM은 더워진 MT 절연오일이 Oil Cooler를 통과할 때 송풍작용에 의한 강제 냉각으로 열을 방출하고 순환하게 한다. MTBM은 MT와 함께 차체 하부에 장착되고, MT 오일-쿨러와 에어덕트로 접속되어 있으며, 구동 전원은 SIV 전원인 AC440V를 사용한다.

(4) 주변압기 Oil Pump 전동기(MTOM)

주변압기(MT)는 내부에 밀봉된 냉각용 절연유(Oil)를 내장하고 있으며, 이 절연 Oil을 MTOM으로 강제 순환시키고 Oil Cooler에서 MTBM으로 강제 냉각시켜서 MT 1차 권선과 2차 권선으로 순환하게 한다. 다시 MTOM으로 돌아가며 적은 유량으로 효과적인 냉각작용을 할 수 있도록 소형화, 경량화 되어 있다.



[그림 4-28] MT 절연 Oil 순환 과정

4.5.3 송풍전동기 보호 동작

4.5.3.1 주변환기 송풍전동기(CIBM) 보호

(1) M 차량의 CIBMN 차단 시

- 103선 → CIN → 40선 → CIBM(b) → BMFR 여자
- 103선 → CIN → BMFR(a) → M차 TCU에 BMF 입력으로 C/1 정지하며 동력운전 및 회생제동 불능이 된다.

(2) M' 차량의 CIBMN 차단 시

- 103선 → CIN → 40선 → CIBMN(b) → BMFR 여자
- 103선 → CIN → BMFR(a) → M'차 TCU에 BMF 입력으로 C/1 정지하며 SIV가 정지되고 60초 후 MCB가 차단된다(직류구간 운행 시는 C/1만 정지한다).

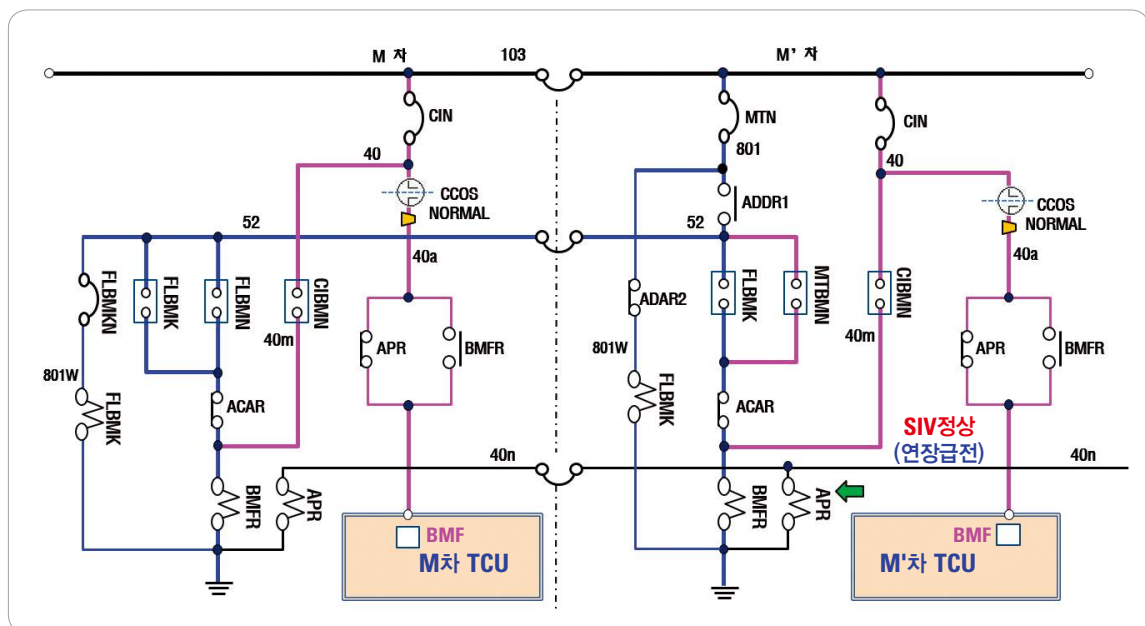
4.5.3.2 필터리액터 송풍전동기(FLBM) 보호

(1) M 차량의 FLBMN, FLBMK, FLBMKN 차단 시

- 103선(M'차량) → MTN → 801선 → ADDR1(a) → 52선 → M 차량 52선으로 FLBMN(b) 또는 FLBMK(b) → ACAR(b) → BMFR 여자 하면,
- 103선 → CIN → BMFR(a) → M차 TCU에 BMF 입력으로 C/1 정지하고 M차 동력운전 및 회생 제동 불능이 된다.

(2) M' 차량의 MTBMN, FLBMK 차단 시

- M'차량의 FLBM의 AC 440V 전원 공급은 MTBMN으로 거쳐 공급되므로
- 103선(M'차량) → MTN → 801선 → ADDR1(a) → 52선 → MTBMN(b) 또는 FLBMK(b) → ACAR(b) → BMFR 여자 된다.



[그림 4-29] 송풍전동기 보호장치

자 되면 냉각용 전동기 구동 불능이 된다. 또한 SIV가 구동 정지되면 AC440V가 차단되어 MTOM이나 MTBM이 구동 정지되어 MT Oil 흐름 불량이 발생하므로 주변압기의 냉각작용 불능이 발생한다. 이러한 경우, 주변압기를 보호하기 위하여 MCB를 차단하도록 회로를 구성하였다.

(1) MTAR 여자로 MCB가 차단되는 경우

- 1) MTOMN, MTBMN 차단 시
- 2) MTOMK, MTBMK 차단 시
- 3) MT Oil 흐름 불량으로 MTOFR(b) 차단 60초 후 MTOFTR 여자 시

(2) MTAR 여자로 MCBR1 무여자 되어 MCB 차단되고 MTAR은 자기 유지된다.

(3) 복귀 취급은 MCBOS → RS → 3초 후 MCBCS를 취급하고 복귀되지 않으면 해당 차량의 배전반 내 MTOMN이나 MTBMN의 차단 상태를 확인하여야 한다. 만일 MTOMN 또는 MTBMN 차단으로 복귀한 후에는 재차 MCBOS → RS → 3초 후 MCBCS를 취급하여야 한다.

4.6 냉·난방장치

4.6.1 냉·난방장치 개요

전기동차의 냉·난방장치는 하절기 및 동절기의 승객 서비스 제공에 중요한 역할을 담당하는 장치이다. 특히 도시교통의 혼잡 및 출퇴근 시간대의 승객량 과다로 연중 냉방장치의 가동이 필요하기도 하며, 동절기의 적절한 난방기 사용으로 최적의 서비스 향상이 필요하게 되었다. 초기 전동차인 저항제어 전기동차는 하절기에 객실 1량당 7개씩의 선풍기를 사용하였는데, 현재는 대용량 Unit Cooler의 냉방기를 자동 및 수동 System으로 제어할 수 있도록 발전 하였다.



냉·난방장치 사용 전원

AC 440V	냉난방 기기 구동 전원
DC 100V	냉난방 기기 제어 전원
AC 100V	냉방기제어 및 동결방지 히터

[그림 4-31] 냉난방 절환 스위치 및 사용 전원

냉·난방장치는 SIV 공급 전원인 AC440V를 사용하며 운전실에서 냉난방 절환 스위치(CHCgS)로 각각 3단계 취급이 가능하다. 난방장치는 외부 온도에 따라 350W, 700W, 1050W를 선택할 수 있고, 냉방장치도 송풍 위치(FAN), 반(半)냉방 위치(HALF), 전(全)냉방 위치(FULL)를 선택할 수 있도록 하였다. 수도권 광역 전기동차는 기관사와 차장이 승무하므로 차장이 취급할 수 있도록 하고 1인 운전인 경우는 자동제어하거나 기관사가 있는 쪽에서 수동 제어할 수 있도록 하였다.

4.6.2 객실 난방장치

4.6.2.1 난방장치 기기

전기동차의 전기 난방장치는 운전실의 CHCgS를 난방 위치로 취급 시 가동할 수 있으며, 객실 내 벽에 설치된 자동 온도조절기 등으로 자동제어도 가능하다. 객실에는 350W, 700W 히터를 설치하고 운전실에는 750W 히터 2개가 설치되어 있다.

CHCgS를 350W 위치로 취급 시 350W 히터만 가동하게 되고, 700W 위치로 취급하면 700W 히터만 동작한다. 1050W 위치로 취급하면 350W 히터와 700W 히터가 동시에 작용하게 된다.

[표 4-5] 난방장치의 구성

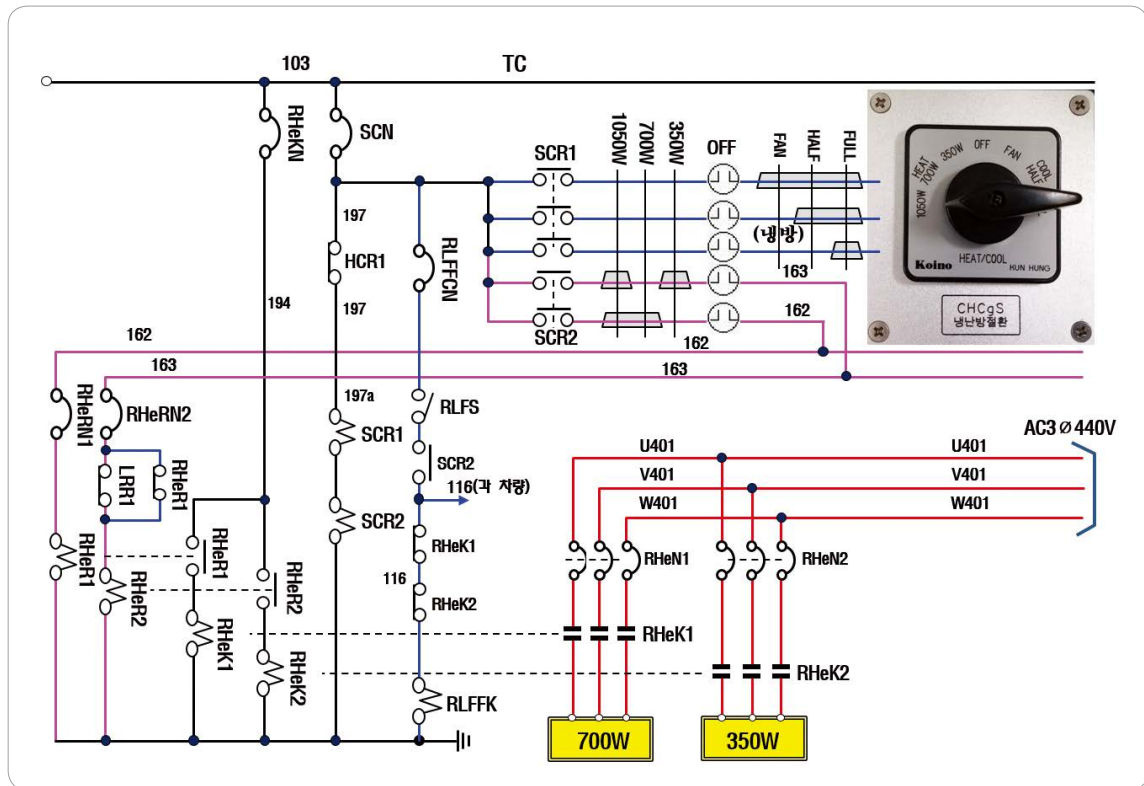
기기 명	위치	용량	객실 1량 수량(개)		사용 전원
			TC차	M, M', T, T1차	
난방장치 (Heater)	객 실	350W	14	16	AC 440V 60Hz
		700W	14	16	
	운전실	750W	2		

4.6.2.2 객실 난방장치 제어

객실 난방장치의 취급은 운행 중에는 후부 운전실에서만 취급이 가능하며, 운전실 교환 중이나 차량기지 등에서 전기동차가 기동되어 있으면 제동핸들은 취거되어 있더라도 전·후부 운전실에서 취급이 가능하다.

(1) 객실 난방 350W 취급 제어

- TC차 103선 → SCN → HCR1(b) → SCR1, SCR2 여자 한다.
- TC차 103선 → SCN → SCR2(a) → 163선 가압으로 전 차량 인통되고,



[그림 4-32] 객실 난방기 제어회로

- 각 차량 163선 → RHeRN2 → RHeR2 여자 되고 → RHeK2 접촉기가 투입되어 350W가 난방기가 가동된다. 난방 계전기인 RHeR2 여자 조건에 LRR1(b) 연동과 RHeR1(b) 연동이 병렬로 구성되어 있으므로 연장급전 시 1050W 난방을 취급하면 350W는 가동되지 않는다.

(2) 객실 난방 700W 취급 제어

- TC차 103선 → SCN → SCR2(a) → 162선 가압으로 전 차량 인통되고,
- 각 차량 162선 → RHeRN1 → RHeR1 여자 되고 → RHeK1 접촉기가 투입되어 700W 히터가 가동된다.

(3) 객실 난방 1,050W 취급 제어

- TC차 103선 → SCN → SCR2(a) → 163선과 162선 가압으로 전 차량 인통되고,
- 각 차량 163선 → RHeRN2 → RHeR2 여자 되고 → RHeK2 접촉기가 투입되어 350W가 가동되고, 162선 → RHeRN1 → RHeR1 여자 되고 → RHeK1 접촉기가 투입되어 700W 히터가 가

동되므로 1,050W가 동작하게 된다.

※ 운전실 난방기 취급

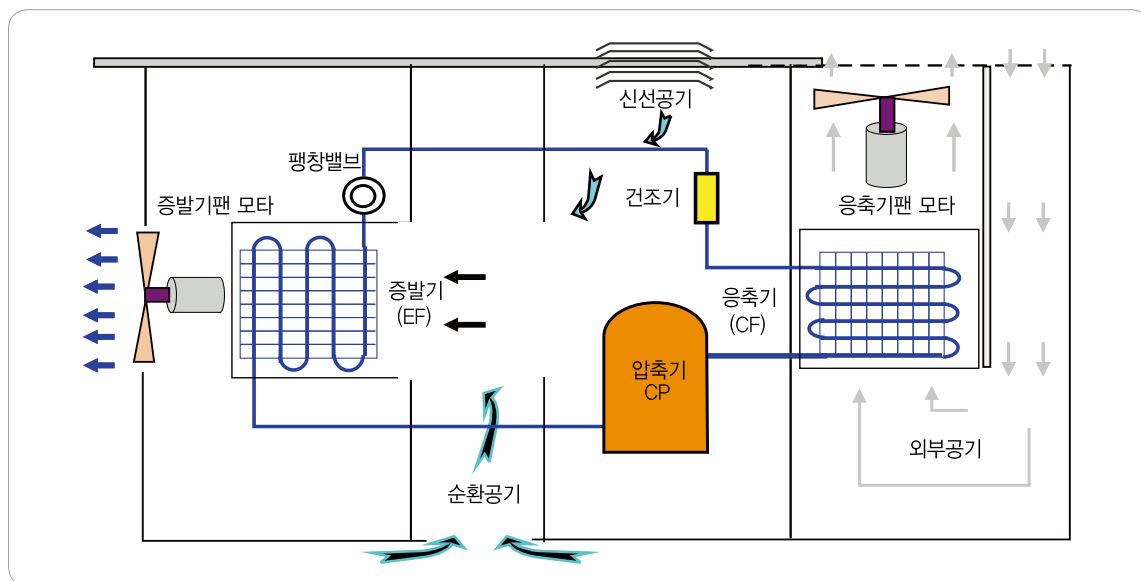
운전실에는 750W용 난방기가 2대 설치되어 있으며, 운전실 난방기 취급 스위치인 CabHeN1과 CabHeN2를 외부온도에 따라 취급하며 SIV전원인 AC440V를 사용한다.

4.6.3 객실 냉방장치

4.6.3.1 냉방장치 개요

전기동차의 냉방장치는 운전실의 CHCgS를 냉방위치로 수동취급 시 가동할 수 있으며, 객실 내벽에 설치된 실내 자동 온도조절기 등으로 자동제어도 가능하다. 전기동차 각 차량의 지붕에는 대용량의 냉방기(Unit Cooler) 2대가 설치되어 있으며, 1대의 냉방기에는 증발기 Fan과 압축기(CP) 2대, 응축기(CF) 2대가 내장되어 있다.

CHCgS를 냉방 Fan 위치로 하면 증발기(EF) Fan만 가동하고, 반 냉방(HALF) 위치로 하면 압축기 1대와 응축기 1대가 가동하며, 전 냉방(FULL) 위치로 하면 압축기 2대와 응축기 2대가 모두 가동된다. 냉방기의 주요 기능은 냉방기능, 제습기능, 환기기능, 공기 청정 기능을 갖추고 있으며, 보호장치가 설치되어 있다. 냉매제는 냉매 Gas(R22)를 사용한다.



[그림 4-33] 냉매(R22)의 순환 과정

[표 4-6] 냉방장치의 제원

기기 명칭	위치	냉방기 용량	객실 1량 용량		사용 전원
냉방장치 (Cooler)	전동차 지붕 위	20,000kcal/h (1대당)	2대	40,000kcal/h	AC 440V 60Hz
※ 운전실 냉방은 TC차 전부 냉방기를 연장하여 사용					

4.6.3.2 냉매 순환 과정

액체가 기체로 증발할 때 주위의 열을 흡수하는 원리를 이용하며, 냉매제(R22)를 순환시켜 냉방용으로 사용한다. 냉매제는 압축기(CP:Compressor)에서 고압으로 압축하면 고온 상태가 되므로, 응축기(CF:Condenser Fan)로 들어가 냉각되면서 고압의 액체 상태로 응축된다. 냉매 중에 포함된 수분은 건조기에 의해 제거되고, 팽창밸브를 지나면서 발생하는 단열팽창으로 냉매제는 액체 상태에서 기체 상태로 변하면서 압력이 떨어지고 온도도 내려가게 된다. 저온, 저압상태의 Gas화된 냉매제는 증발기(EF:Evaporator)로 들어가 열을 흡수하면서 공기를 냉각시키며, 객실 내의 순환 공기는 증발기를 통과하면서 냉방작용이 되는 과정을 반복하게 된다.

4.6.3.3 객실 냉방장치 제어

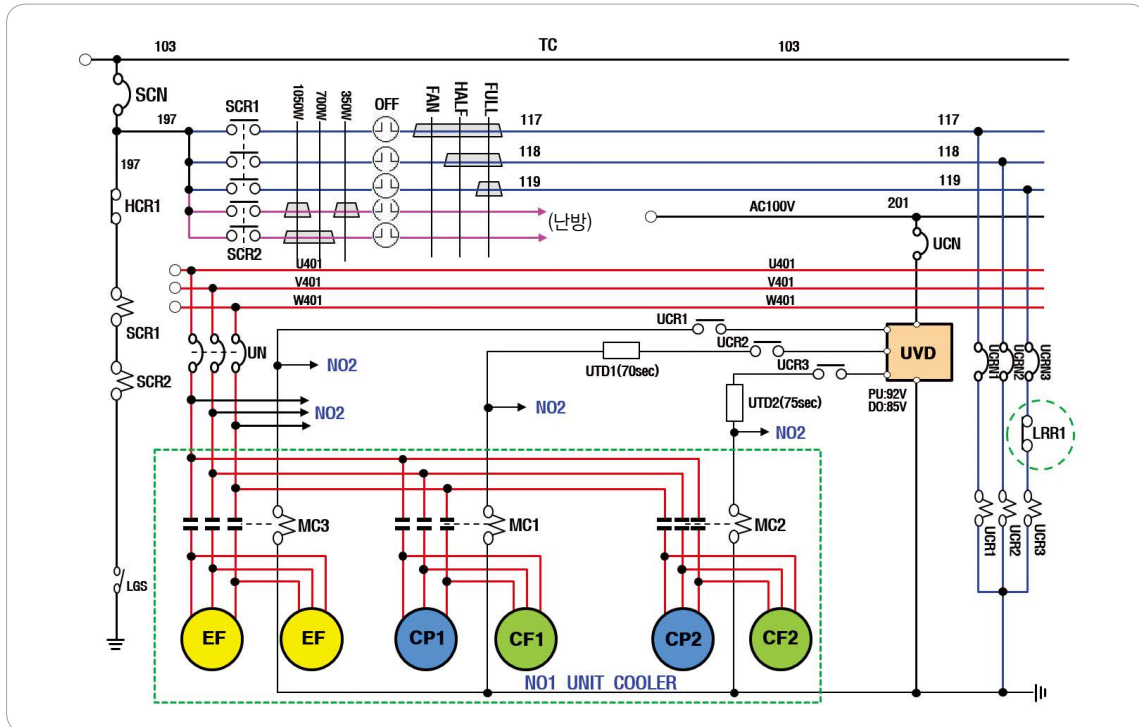
객실 냉방장치도 난방 취급과 동일하며 운행 중에는 후부 운전실에서만 취급이 가능하다. 운전실 교환 중이나 차량기지 등에서 제동핸들이 취거되어 있는 상태에서도 전기동차가 기동되어 있으면 전·후부 운전실에서 취급이 가능하도록 되어 있다.

(1) 객실 냉방 FAN 취급 제어

- TC차 103선 → SCN → HCR1(b) → SCR1, SCR2 여자 한다.
- TC차 103선 → SCN → SCR1(a) → 117선 가압으로 전 차량 인통되고,
- 각 차량 117선 → UCRN1 → UCR1이 여자 된다.
- 201선(AC100V) → UVD → UCR1(a) → NO1, NO2 냉방기 MC3 여자 한다.
- AC440V → UN → MC3(ON) → EF(증발기 팬)가 구동한다. EF 구동 시 냉방은 가동되지 않으며 송풍 작용을 한다.

(2) 객실 냉방 HALF 취급 제어

- TC차 103선 → SCN → SCR1(a) → 117, 118선 가압으로 전 차량 인통되고 117선으로 EF가 구동하고,



[그림 4-34] 객실 냉방 제어회로

- 각 차량 118선 → UCRN2 → UCR2가 여자 된다.
- 201선(AC100V) → UVD → UCR2(a) → NO1, NO2 냉방기 MC1 여자 한다.
- AC440V → UN → MC1(ON) → CP1(1번 압축기), CF1(1번 응축기)가 구동하므로 냉매제의 순환으로 HALF 냉방을 한다.

(3) 객실 냉방 FULL 취급 제어

- TC차 103선 → SCN → SCR1(a) → 117, 118, 119선 가압으로 전 차량 인통되고, 117선으로 EF가 구동하고 118선으로 HALF 냉방이 가동된다.
- 각 차량 119선 → UCRN3 → LRR1(b) → UCR3가 여자 된다.
- 201선(AC100V) → UVD → UCR3(a) → NO1, NO2 냉방기 MC2 여자 한다.
- AC440V → UN → MC2(ON) → CP2(2번 압축기), CF2(2번 응축기)가 구동하므로 냉매제의 완전한 순환 과정으로 FULL 냉방을 한다. 객실 냉방 FULL 취급 시 SIV 고장 등으로 연장급전을 하게 되면 LRR1이 여자 되어 UCR3이 무여자 하므로 CP2(2번 압축기), CF2(2번 응축기)가 구동 정지하여 HALF 냉방 작용이 된다.

☑ 핵심정리



1. 고압보조 장치 개요

- (1) 고압보조 장치 기기의 종류
 - 보조전원장치(SIV), (), 연장급전 장치, (), 냉·난방장치
- (2) 고압보조 Unit의 구성
 - SIV 공급전원 차량으로 10량인 경우 3량 - 3량 - 4량으로 구성

2. 보조전원 장치(SIV)

- (1) SIV 정격 용량과 과부하 내량
 - 정격 용량 : (), 과부하 내량 : 200% 1분간
- (2) SIV 주회로 방식과 제어 방식은
 - 주회로 방식 : 12상 IGBT 인버터
 - SIV 제어방식 : () 방식
- (3) SIV 외부전원 공급장치의 기호 명칭
 - ()
- (4) 전류평형용 ()의 설치 목적
 - 교-교절연 구간 통과 시 SIV가 정지되지 않고 통과할 수 있도록 정상인 Unit에서 순간 전원 공급으로 평형을 맞춤
- (5) SIV 주회로에 ()의 동작 형태와 역할
 - SIV 정지 시는 투입되어 있고, SIV 기동 시는 동작(차단)하는 접촉기
- (6) SIV 경(輕)고장과 중(重)고장
 - SIV 경고장 : 3초 후 자동 Reset으로 기동되며 ()간 감시
 - SIV 중고장 : 감시 시간 내 재고장 발생 시, 초기 고장이 중고장인 경우
 - ※ 중고장 시 SIVFR ()로 Fault등, 차측등, 연장급전 회로 구성 등이 된다.

3. 연장급전

- (1) ESPS 취급으로 연장급전할 수 있는 경우
 - SIV 중고장 발생으로 SIVFR () 된 경우(SIV 자체고장 시)
- (2) 중간 Unit SIV 고장으로 연장급전 시 ESS를 “()” 위치로 선택 시 현상
 - 후부 TC차 SIV 전원을 공급 받으며 부하 용량은 7량이 된다.
- (3) 연장급전을 해야 하는 경우
 - SIV 고장 시, 완전부동 취급 시, M'차 주변환기 고장 시
- (4) 연장급전 취급 후 현상
 - 전 차량 객실등 반감(객실 AC등 중에서 소등)
 - 난방 () 취급 시 350W 가동 불능(350W, 700W 취급 시는 가동됨)
 - 냉방 FULL 취급 시 HALF 냉방만 가동

핵심정리



4. 전동 공기압축기(CM)요

- (1) 전동 공기압축기의 구동 전원
 - SIV 전원인 AC() 60Hz
- (2) CM 전동기 회전수와 토출 압력
 - 회전수 : 1750rpm, 토출 압력 : ()kgf/cm²
- (3) 트윈타워 공기건조기의 구동 간격 시한
 - () 간격으로 교호 동작
- (4) CM BY-PASS 구동
 - CM 인버터 장치 고장 시 ()에서 5초 후 자동으로 BY-PASS 회로 구성
- (5) CM 동기구동 회로 N.F.B
 - CMCN
- (6) 주공기 압력이 9.7kg/cm² 이상 상승 시 조치 방법
 - 순차적으로 CMGN을 OFF하여 CM이 멈추면 CMGN OFF 한 상태로 운전

5. 송풍전동기(BM)

- (1) 송풍전동기의 종류
 - 주변압기 송풍전동기(MTBM)
 - 필터리액터 송풍전동기(FLBM)
 - 주변환기 송풍전동기(CIBM)
 - ()
- (2) M' 차량의 FLBM 공급 전원 N.F.B
 - MTBMN(주변압기 송풍전동기 NFB)
 - ※ 직류구간 운행 시 MTBMN 차단되면 M'차 () 구동 불능이다.
- (3) 주변압기(MT) 냉각장치 보호 동작 조건
 - MTOMN 차단 시, MTOMK 차단 시
 - MTBMN 차단 시, MTBMK 차단 시
 - MTOFTR () 시
 - ※ 상기 각각의 조건에서 MTAR 여자로 MCB를 차단하여 MT를 보호한다.



참고 문헌 ••

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

5장

저압보조 장치



- 5.1 저압보조 장치
- 5.2 충전장치
- 5.3 출입문 장치
- 5.4 점등 장치
- 5.5 열차종합 정보장치(TGIS : 모니터 장치)
- 5.6 기타 저압장치



5장

저압보조 장치

학습목표

- ✓ 저압보조 장치의 개념과 기기 명칭, 기기의 용도를 설명할 수 있다.
- ✓ 충전장치의 과정을 알 수 있고, 이례 상황 시 응급조치를 할 수 있다.
- ✓ 전기동차의 출입문 장치를 직접취급할 수 있고, 고장상황 시 조치할 수 있다.
- ✓ 전기동차의 점등장치를 알 수 있고, 운행 중 적정한 취급을 할 수 있다.
- ✓ 열차종합 정보장치(TGIS 모니터)를 활용하며, 고장 상황 시 신속히 대처한다.
- ✓ 방송장치, 열차무선 장치를 사용할 수 있고, 응급조치를 할 수 있다.
- ✓ 열차 표시등 및 운전실 설비를 알 수 있고 사용할 수 있다.

5.1 저압보조 장치

5.1.1 저압보조 장치 개요

저압보조 장치는 일반적으로 전기동차에서 DC100V와 AC100V를 사용하는 모든 기기 장치와 AC220V를 사용하는 객실등을 포함하여 정의한다. SIV에서 공급하는 AC440V 60Hz 전원을 보조변압기나 충전장치의 변압기에서 강압하여 AC220V나 AC100V 또는 DC100V로 정류하여 사용한다. 주요 저압장치로는 충전장치와 축전지(Battery), 출입문 장치, 객실등 점등장치, 운전실 고장 표시등, 열차종합 정보장치(TGIS), 운전실 표시등, 방송장치 및 표시기 장치 등으로 구분할 수 있다.

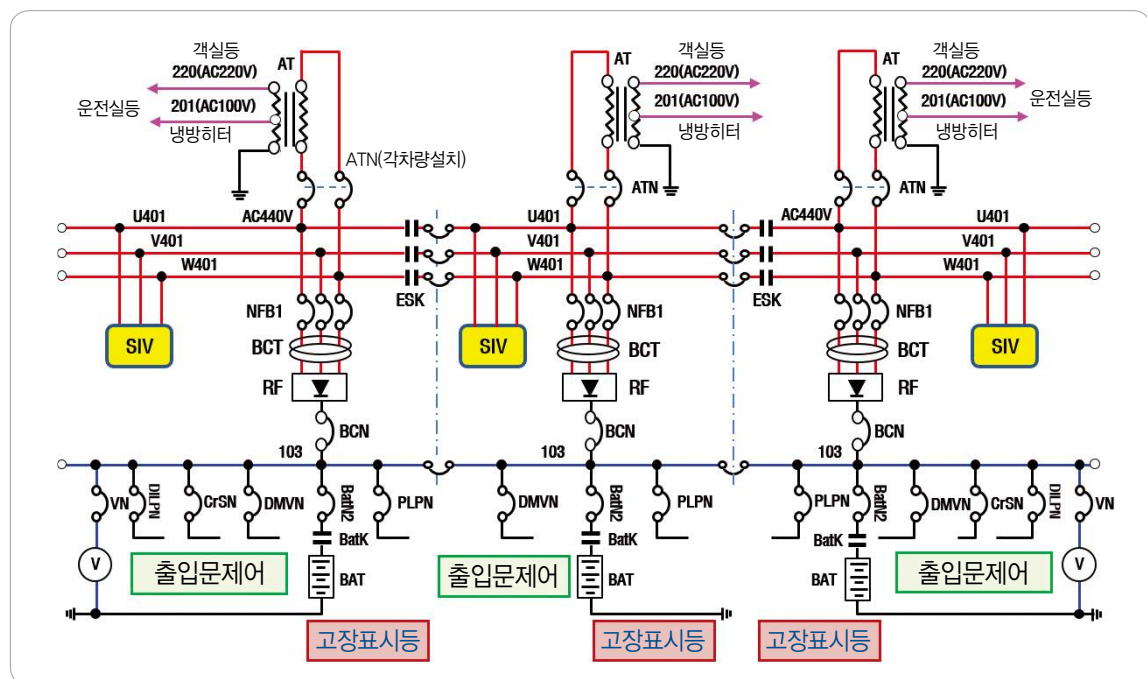
5.1.2 보조변압기(AT)

각 차량에 1대씩 설치되어 있으며, SIV의 AC440V를 공급받아 AC220V와 AC100V로 강압하여 AC220V는 객실등 전원으로 공급하고, AC100V는 냉방장치 제어 및 압축공기를 사용하는 보온

Heater 장치에 사용한다. 운행 중 ATN이 차단되면 해당 차량은 객실 AC등이 소등되고 냉방장치도 가동되지 않는다.

5.2 충전장치

전기동차를 기동하기 위하여 10량 편성의 전동차에는 SIV가 설치된 차량에 축전지(Battery) 3대가 설치되어 있다. 운행 중에는 SIV의 AC440V를 공급받아 충전 장치에서 전파 정류한 DC100V의 전원을 103선에 공급하면서 제어전원으로 사용하고, 다시 축전지에 충전하면서 이를 반복하여 사용하고 있다.



[그림 5-1] 저압보조 장치 구성도

5.2.1 충전장치의 기기 구성

(1) 충전용 변압기(BCT : Battery Charging Transfomer)

SIV의 AC440V 출력전원을 1차 측에서 공급받아, 2차 측에서 AC76V로 강압하여 정류장치(RF)로 보낸다.

(2) 정류장치(RF : Rectifier)

충전용 변압기(BCT)에서 AC76V로 강압된 교류출력을 DC100V로 정류하여 103선에 공급하여 준다.

(3) BCN(충전용 N.F.B)

충전용 회로 차단기인 BCN은 정류장치(RF)에서 변환한 DC100V 전원을 103선에 공급하기 위한 차단기(NFB)로 운전실 배전반 하단에 설치하였으며, 충전장치 계통에 과부하 등의 고장이 발생할 경우 보호 작용을 한다. BCN이 차단된 Unit는 SIV가 정상으로 구동하여도 SIV가 정지된 현상과 같으며, 복귀되지 않으면 다른 Unit의 BCN도 과부하로 차단될 가능성이 있으므로 축전지 전압계를 수시로 확인해야 한다.

(4) 축전지(Battery)

전기동차의 기동 전원으로 사용하는 축전지(Battery)는 10량 편성 시 TC1 차량, TC2 차량, T1 차량에 적재되어 있다. 운행 중 사용하는 제어장치 전원, 운전실등, 객실 비상등, 방송장치는 전차선 정전 등의 고장이 발생하여도 응급조치 중에는 사용이 가능하여야 하므로, 이러한 경우에는 축전지(Battery) 전원을 사용한다. 정상 운행 시는 SIV 전원을 103선에서 공급받아 충전 상태를 유지하고 있으며, SIV가 구동되지 않을 때는 103선에 DC100V의 축전지 전원을 공급한다. 기존 전동차의 축전지는 70개의 Cell이 직렬로 연결되어 있으며, 1개의 Cell은 1.2V로 전체 전압은 84V이지만 SIV 구동으로 부동충전 시에는 1.4V 이상 충전되므로 통상 DC100V로 표시한다. 전차선 정전 발생 등으로 약 74V 이하로 방전될 때는 전기동차 재(再)기동이 어려워지므로 축전지(Battery) 방전에 주의하고, 다시 재기동할 때는 1개 Unit만 먼저 기동하는 방식 등으로 안전을 확보해야 한다.

축전지(Battery) 산업의 비약적 발전으로 신형 VVVF 전기동차에는 충·방전 성능 향상과 기능이 개선된 철도차량용 리튬-폴리머(Li-Po) 축전지를 사용하고, 수명을 다한 기존형도 대체되고 있다.



[그림 5-2] 축전지(Bat)함, BCN

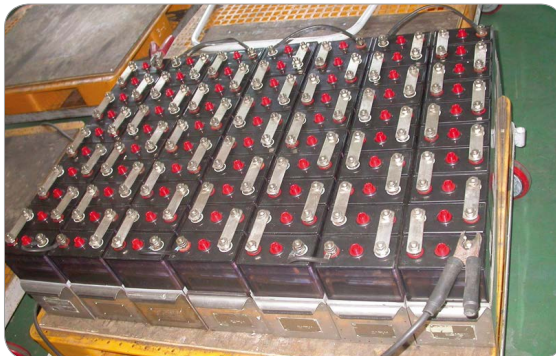
5.2.2 충전회로 및 축전지 사양

(1) 충전회로

SIV AC440V 60Hz → NFB1 → BCT(충전용 변압기)AC76V → RF(정류장치) DC100V → 191선 → BCN → 103선 가압 → BatN2 → BatK → 축전지(Battery) 충전 → 100선으로 SIV 구동 시 상시 부동충전 된다.

(2) 축전지(Battery) 사양

종류	기존형	신형
형식	Ni-Cd(니켈-카드뮴)	Li-Po(리튬-폴리머)
전압	DC84V(1.2V×70Cell)	DC92.5V(3.7V×25Cell)
용량	60Ah	100Ah
충전방식	상시 부동충전	상시 부동충전



[그림 5-3] 축전지(Battery) : 기존형(좌), 신형(우)

5.3 출입문 장치

5.3.1 출입문 장치의 개요

도시철도의 대중교통을 담당하는 전기동차는 안전하고 신속하며 쾌적한 환경을 유지하면서 대량 수송을 하기 때문에 차량 1량의 출입문은 좌측에 4개, 우측에 4개, 총 8개가 설치되어 있다. 10량 편성인 경우에 운전실에서 출입문 스위치를 열림 및 닫힘 위치로 취급하면 한쪽 편의 40개가 동시에

열리고 닫히므로, 출 · 퇴근 시간대 및 평시에도 승객의 승하차가 빨리 이루어진다.

현재 도시철도의 중형 전동차 출입문 1개의 표준규격은 폭이 1,300mm이고 높이는 1,860mm이다. 일반적으로 출입문 취급에는 초기 전동차에서 신형 전동차까지 공기압축기(CM)에서 만든 압축 공기를 사용하고 있지만, 노후화에 따른 교체를 위해 생산되고 있는 광역철도의 신형 전기동차와 대도시 도시철도 전기동차는 DC100V의 직류 모터로 출입문을 동작시키고 있다. 이 교재에서는 압축 공기를 사용하는 공기 방식의 출입문 장치에 대한 학습 과정을 다루고 있다. 출입문 장치는 전기동차의 안전운행과 직결되므로 전동차가 정거장에 정차하였을 때 출입문이 열리게 하고, 1개 이상의 출입문이 열려 있으면 전동차가 동력운전을 할 수 없도록 동력운전과 출입문장치가 상호 연동관계로 구성되어 있다.

(1) 출입문 장치의 기기 용어

- 1) CrSN(Crew Switch NFB) 승무원 출입문 개폐 스위치 차단기
- 2) DOSB(Door Operating Switch Box) 출입문 개폐 장치 함
- 3) DOS(Door Open Switch) 출입문 열림 스위치
- 4) DCS(Door Close Switch) 출입문 닫힘 스위치
- 5) ZVR(Zero Velocity Relay) 정지 속도 계전기
- 6) DrR(Door Relay) 출입문 계전기
- 7) DMV(Door Magnetic Valve) 출입문 전자밸브
- 8) DILP(Door Indicator Lamp) 출입문등(발차 지시등)
- 9) DLP(Door Open Lamp) 출입문 차측등
- 10) DHS(Door Half Switch) 출입문 반감 스위치
- 11) DRoS(Door Re-Opening Switch) 출입문 재개폐 스위치
- 12) DIRS(Door Interlock Relay Switch) 출입문 비연동 스위치
- 13) LSBS(Low Speed By-pass Switch) 저속도 바이패스 스위치
- 14) ILP(Instrument Lamp) 운전실 계기등

5.3.2 출입문 장치의 기기 구성

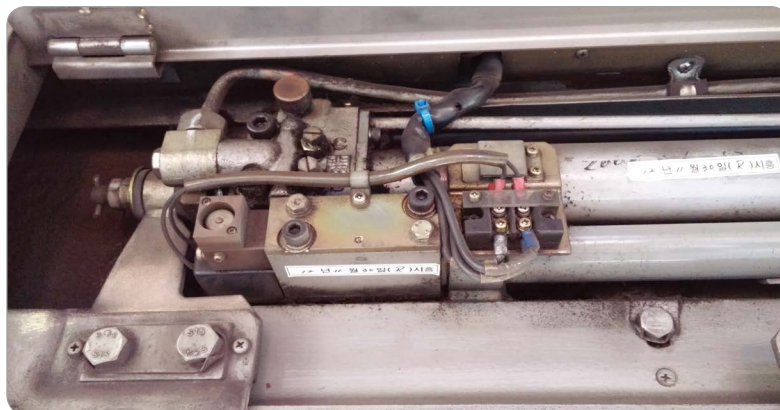
출입문 장치의 기기 구성은 기계장치, 압축공기 공급계통, 전기제어 계통 등으로 구분하며, 전부 운전실이나 후부 운전실에서 출입문을 취급할 수 있도록 하였다. 출입문 개폐 스위치도 초기 기계식

CrS 방식에서 전기식 스위치인 DOSB로 교체하고, 출입문 전자밸브도 ON, OFF 전자밸브 2개가 1조를 이루어 동작 하였지만, VVVF 전기동차는 도어엔진에 부착된 1개의 일체형 출입문 전자밸브 동작으로 출입문을 열고 닫을 수 있도록 하였다.

5.3.2.1 기계장치

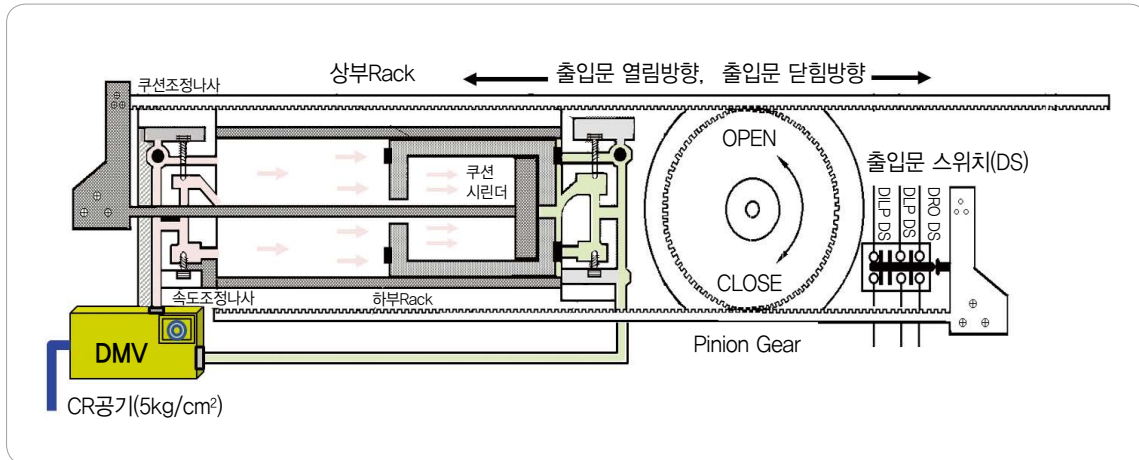
(1) 도어엔진(Door Engine)

출입문 기계장치는 객실 내 각 출입문 상부에 설치되어 있으며, 압축공기를 공급하여 출입문을 양쪽으로 열고 닫는 장치이다. 구조가 간단하면서, 중량 또한 가볍다. 도어엔진 내부 실린더에 쿠션 실린더를 내장하고 있어, 열리고 닫힐 때 쿠션 작용을 함으로써 승객의 승하차 시 출입문에 의한 충격을 방지하도록 하였다.



[그림 5-4] 출입문 기계장치(Door Engine)

기계장치의 구성은 상부 Rack, 하부 Rack(벨트식은 벨트 사용), Pinion Gear(벨트식은 좌우 물러), 실린더, 쿠션 실린더, 쿠션 및 속도 조정나사, 피스톤로드, 출입문 스위치(DS)로 구성된다. 출입문과 결합된 브래킷(Bracket)의 상하 Rack이 Pinion Gear를 통하여 이동하므로 출입문이 열리고 닫힌다. 공기 조정나사는 상부 측의 것은 쿠션 조정나사, 하부 측의 것은 속도 조정나사이다. 도어엔진에 부착된 일체형 출입문 전자밸브(DMV)의 여자로 압축공기가 우측 실린더에 공급되면 좌측 실린더 압축공기는 배기되면서 공급된 압축공기에 의하여 피스톤이 빠른 속도로 움직여 출입문이 열린다. 그러다 본체에 도달 시 배기구 2개가 막히면서 중앙 한곳으로 배기되면 쿠션 작용이 일어나 천천히 열리게 된다. 출입문 전자밸브가 무여자 되면, 좌측 실린더에 압축공기가 공급되고 우측 실린더의 압축공기는 출입문 전자밸브로 배기가 되기 때문에 쿠션작용을 하면서 출입문 닫힘 작용이 이루어진다.



[그림 5-5] 출입문 Door Engine 작용도

(2) 출입문 개폐장치(DOSB)

출입문 개폐장치는 출입문 열림 스위치(DOS) 2개와 닫힘 스위치(DCS) 1개, 출입문 재(再)개폐 스위치(DROS) 1개, 출입문 반감 스위치(DHS) 1개, 출입문 Key 스위치가 한 개의 Box 형태로 구성되어 있고, 운전실 좌·우측에 각각 설치되어 있다. 출입문 Key를 투입하여 시계 방향으로 90°를 회전한 다음 출입문 열림 스위치 2개를 동시에 눌러서 출입문을 열고, 닫을 때는 출입문 Key와 관계없이 닫힘 스위치(DCS)를 누르면 닫히게 된다. 기계식 출입문 장치인 CrS 방식은 대부분 사용되고 있지 않지만, 취급 방법은 CrS 하단의 손잡이 봉을 60° 우측으로 비틀어 위로 올려 기계적 접점으로 전기제어 회로를 연결해서 출입문이 열리게 하였으며, 닫을 때는 상단 봉을 눌러서 출입문을 닫게 하였다.



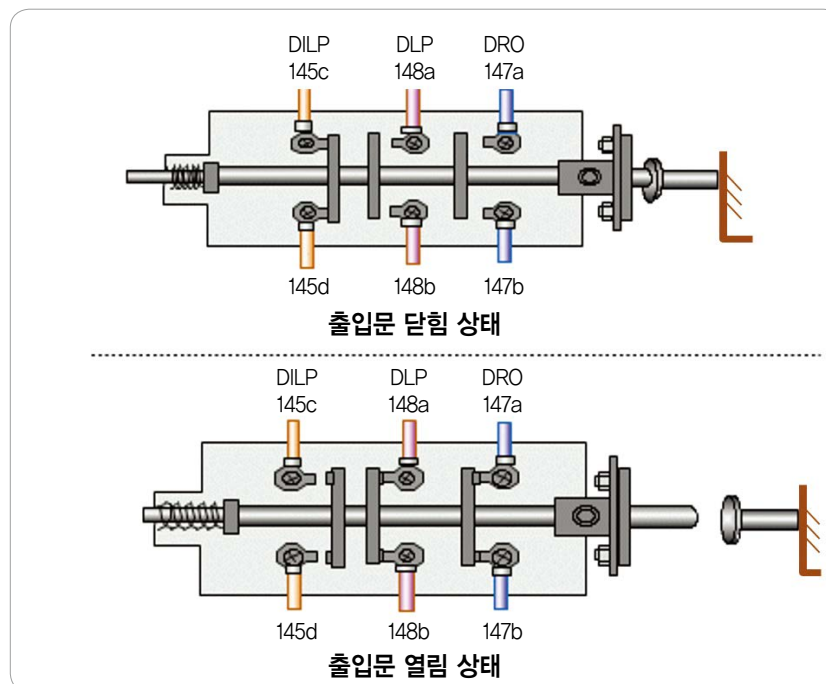
[그림 5-6] DOSB(좌측), CrS 함(우측)

(3) 출입문 스위치(DS : Door Switch)

전기동차는 도시철도를 운행하기 때문에 일반 철도차량에 비하여 출입문이 많이 설치되어 있고, 동시에 열리고 동시에 닫히면서 많은 승객이 승하차를 하기 때문에 승무원이 CCTV나 모니터 및 육안으로 전체를 확인하기 용이하지 않다. 그러므로 이를 보완하기 위하여 전기적 회로로 출입문의 동작 상태를 확인할 수 있도록 출입문 스위치를 설치하였다. 각 출입문마다 출입문의 기계적 열림 및 닫힘 동작에 따라 전기적 접점이 3개씩 설치되어 있고, DILP DS는 출입문이 닫히면 회로가 구성되고, DLP DS와 DRO DS는 출입문이 열릴 때 회로가 구성된다.

1) DILP DS(출입문등 스위치 접점)

기관사가 전부 운전실에서 전 차량의 출입문이 모두 닫힌 것을 확인할 수 있는 출입문등 스위치 접점이다. 10량 편성 시 80개 전체 출입문의 간격이 7.5mm 이하로 닫히면 회로가 연결되어 운전실의 DIR1, DIR2 계전기를 여자 하게 된다. 이 경우, DIR1(a) 연동에 의해 동력운전 회로가 구성되는 것을 연동 운전이라 한다. 또한 DIR2(a) 연동에 의해서 출입문등(DILP : 발차 지시등)과 계기등(ILP)이 점등된다. 1개의 출입문이라도 7.5mm 이상 열리게 되면 회로가 차단되어 출입문등이 소등되고 동력운전 회로도 차단된다.



[그림 5-7] 출입문 스위치(DS 접점)

2) DLP DS(출입문 차측등 스위치 접점)

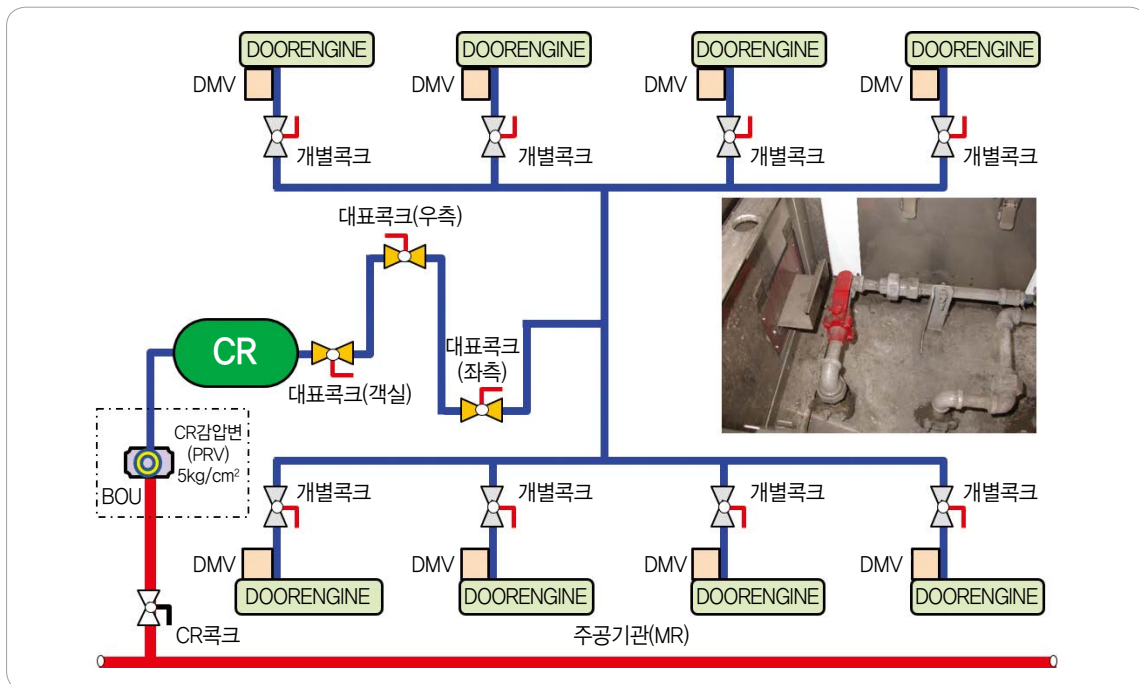
1량 출입문 중 1개 이상 열림 상태를 확인할 수 있는 스위치 접점이다. 출입문이 12.5mm 이상 열리면 회로가 구성되어 출입문 차측등(적색)이 점등되고, 운전실 TGIS 모니터에 출입문 열림 상태를 표시하여 준다. 1량 4개의 출입문 중 한 개의 출입문만 열려 있어도 해당 차량의 차측등(DLP : 적색)은 점등된다.

3) DRO DS(출입문 재(再)개폐 스위치 접점)

출입문이 닫힐 때 출입문에 승객이나 기타 물건이 끼면 전체 출입문을 다시 열게 되는데, 이를 효율적으로 개선한 방법이 출입문 재개폐 취급이다. 출입문이 닫힘 상태에서 12.5mm 이상 열려 있을 때 DROS를 취급하면 해당 출입문의 DMV를 재차 여자시켜 그 출입문만 열릴 수 있도록 회로를 구성하여 준다. 전체 출입문이 닫히는 과정에서 DROS가 취급되면 전체 출입문이 다시 열리게 된다. 동절기나 하절기 출입문 반감 취급 시 출입문을 열림 상태에서 DHS를 취급하는 경우에 반감이 되지 않는 것은 DRO DS 접점으로 DMV 여자 회로가 구성되기 때문이다.

5.3.2.2 압축공기 공급계통

전기동차의 출입문 장치에 공급되는 압축공기는 전 차량 직통관인 8~9kg/cm²의 주 공기관(MR)



[그림 5-8] 출입문 공기 배관도

에서 공급하며, 각 차량의 BOU 함 내 감압밸브인 PRV에서 5kg/cm²로 조정한 제어공기를 사용한다. 출입문 전자밸브(DMV)가 여자 하면 우측 실린더에 압축공기를 공급하여 출입문이 열리고, 출입문 전자밸브가 무여자 되면 열린 쪽 우측 실린더 압축공기는 배기되고 좌측 실린더에 압축공기가 공급되어 출입문이 닫히게 된다.

출입문 장치의 공기 콥으로는 1량 전체 출입문을 수동으로 개방할 수 있는 대표 콥이 3개 있으며, 그 중 2개는 차량 외측에 좌우 1개씩 있고 객실에는 내벽에 1개를 설치하여 응급상황 시 승객이 사용할 수 있도록 하였다. 또한 각 출입문마다 개별 콥이 출입문 옆 또는 출입문 장치 내에 설치되어 있어, 필요한 경우에는 수동으로 취급할 수 있도록 하였다.

5.3.3 출입문 제어회로(전기제어)

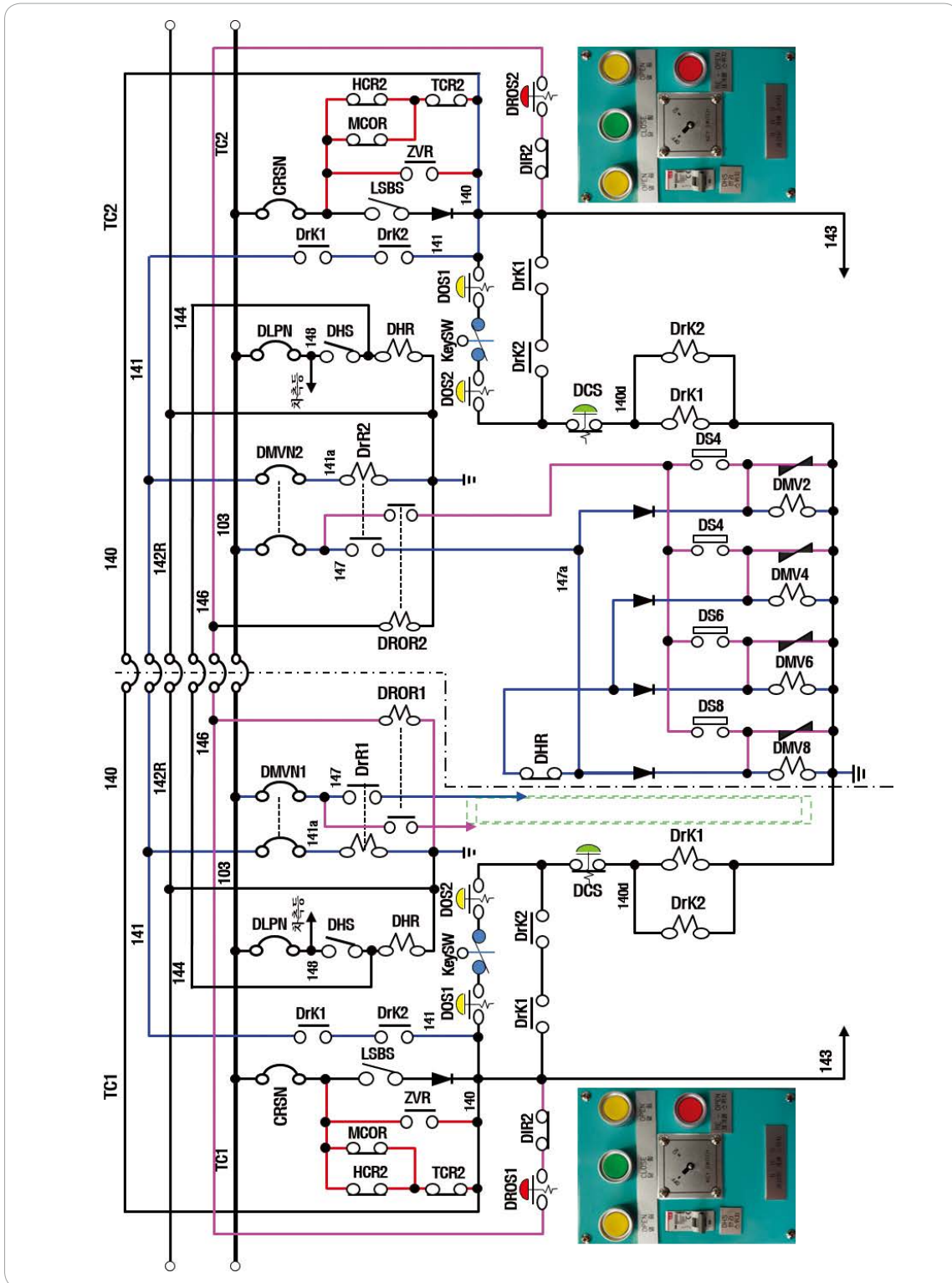
5.3.3.1 출입문 열림 및 닫힘 제어

출입문 열림 취급은 열차가 정차한 조건에서만 출입문 열림 취급을 할 수 있도록 하기 위해, 전부 운전실의 ATC 장치에서 열차정지(5km/h 이하) 시 여자 되는 ZVR(a) 조건으로 후부 운전실에서 장치가 출입문 열림 스위치(DOS)를 취급할 수 있도록 하였다.

(1) 출입문 열림 취급(DOS1,2 취급)

열차가 정거장에 정차하면(열차속도 5km/h 이하 시) 정지속도 계전기인 ZVR이 여자 하므로 출입문 열림 조건이 된다. 승무원(차장)이 DOSB에 출입문 KEY를 투입한 다음 ON 위치로 하고 DOS1, 2를 누르면,

- 103선 → 전부 운전실 CrSN → 140a → ZVR(a)와 LSBS(off) 병렬회로 → 140 → 후부 운전실 DOS1(a) → Key SW(ON) → DOS2(a) → 140d → DrRK1, DrRK2 → 142R(-선) → LGS로 DrRK1, DrRK2가 여자 된다.
- DrRK1, DrRK2가 여자 되면 140 → DrRK1(a) → DrRK2(a) → DCS1(b) → 140d → DrRK1, DrRK2 → 100선 → LGS의 회로로 자기유지 회로가 구성되어, DOS1, DOS2에서 손을 떼더라도 DrRK1, DrRK2는 계속 여자 하므로 출입문은 열림 상태를 유지하게 되며, DCS(닫힘 스위치)를 취급하면 무여자 하게 된다. DrRK1, DrRK2가 여자 되면,
- 140 → DrRK1(a) → DrRK2(a) → 141(143)선으로 전 차량 인통이 되고, 각 차량의 배전반 내 DMVN1(2) → 141a(143a) → 각 차량의 출입문을 취급한 쪽의 DrR1(2)이 여자 된다.



[그림 5-9] 출입문 제어회로

- (2) 이례상황 시 출입문 열림 취급

• 5-13

1) ZVR(a) 여자 조건

열차가 정상 운행 시 정거장에 정차(5km/h 이하 시)하면 ATC 장치에서 검지하여 여자 하는 ZVR(a) 조건으로 출입문을 열 수 있게 된다.

2) LSBS(off) 조건

LSBS는 정상 운행 시 OFF 되어 있는 저속도 바이패스 스위치다. 운행 중 ATC 장치 고장이나 ZVR 불량으로 출입문을 열 수 없을 때, 승무원이 LSBS를 ON 위치로 취급하고 출입문을 열어 승객을 취급한 다음, 열차가 출발할 때는 OFF 취급하여 안전하게 운행하여야 한다.

3) 제동핸들(BH) 취거 시

전동차는 기동되어 있으면서 제동핸들이 취거되면, 전부 및 후부 운전실에서 HCR(b)와 TCR(b) 연동으로 출입문 열림 회로가 구성된다.

4) 전 · 후진핸들 OFF 시

전동차는 기동되어 있으면서 제동핸들이 취거되고 전 · 후진 핸들도 OFF 위치인 상태에서는, ATC 장치가 정지되어 ZVR(a)이 무여자 하지만 MCOR(b), TCR(b) 연동으로 출입문 열림 회로가 구성되도록 하였다.

(3) 출입문 닫힘 취급(DCS 취급)

출입문을 닫을 때는 DOSB의 DCS 스위치를 누르면, 140선 → DrRK1(a) → DrRK2(a) → DCS(b) → 140d → DrRK1, DrRK2 → 100선 → LGS에서 DrRK1, DrRK2가 무여자 되어 141선이 차단되므로, 각 차의 DrR 연동 차단으로 DMV 전자밸브가 무여자 되면서 전 차량의 출입문이 닫히게 된다.

5.3.3.2 출입문 재개폐 취급(DROS)

출입문을 닫기 위하여 DCS를 취급하면 141(3)선 차단으로 DMV가 무여자 하여 출입문이 닫히는데, 이때 승객 또는 이물질이 끼어서 완전히 닫히지 않는 출입문이 있을 경우, 출입문 재개폐 스위치인 DROS를 취급하면 누르고 있는 동안에 해당 출입문 전자밸브의 여자로 출입문이 다시 열리게 되고 DROS에서 손을 떼면 열린 출입문은 닫히게 된다. 출입문 재개폐(DROS) 취급은 2인 승무 차량에서는 차장이 취급하며, 1인 승무 운전에서는 기관사가 취급하도록 되어 있다. DROS 취급으로 출입문이 열리는 조건은 DRO DS가 12.5mm 이상 열린 조건에서 회로가 구성되기 때문이다.

- 103선 → CrSN → ZVR(a) → 140 → DIR2(b) → DROS1(2) → 146 → 각 차량의 DROR1(2) → 100선 → LGS에서 DROR1(2)가 여자 한다. 103 → DMVN1(2) → 147 → DROR1(2)(a) → 해

당 출입문 DRO DS(a) → 해당 출입문 DMV → 100선 → LGS로 완전히 닫히지 않은 출입문만 DMV가 여자 되므로 출입문은 재(再)개방 된다. 재개폐 스위치 취급 시 완전 개방이 되지 않고 닫히는 경우는 쿠션 작용의 부족으로 인해 약간의 충격이 발생할 수 있다.

[전체 출입문 닫힘 불능 시 DOS와 DROS 고장 구분하는 방법]

- (1) 전체 출입문이 닫히지 않을때 DCS를 눌러도 전체 출입문이 닫히지 않는다.
- (2) 전부 운전실 배전반의 CrSN을 OFF 하면 전체 출입문이 닫힌다.
 - CrSN을 다시 ON 취급 시 출입문이 열리면 DOS 고장으로 판단한다.
 - CrSN을 다시 ON 취급 시 출입문이 안 열리면 DROS 고장으로 판단한다.
- (3) DOS 고장 시 차량 교환역까지 운전하지만, 도착한 정거장의 승강장이 DOS가 고장 난 쪽의 반대 방향에 있다면 선로 쪽 출입문이 열리는 경우가 발생할수 있으므로, 이러한 경우에는 회송 운전 등 안전하게 취급하도록 해야 한다.
- (4) DROS 고착(고장) 시 정거장에서 DOS(ON) → 승객 취급 → CrSN OFF 취급하여 출입문을 닫고 다시 CrSN을 ON 한다. 차량 교환역까지 같은 방법을 사용한다.

5.3.3.3 출입문 반감 회로(DHS)

출입문 반감(DHS) 취급은 동절기 또는 하절기에 열차가 출발역에서 정차 시 · 분이 많아, 승강장에서 장시간 정차 시 객실 내의 동절기 보온 및 냉방 유지를 위하여 1량당 8개의 출입문 중 중앙의 4개(한쪽 편 2개씩) 출입문이 열리지 않도록 하였다(광역철도 일부 차량은 중앙 6개 닫힘 취급 구성).

- 103 – DLPN → 148 → 운전실 DHS(ON 취급) → 144 → DHR → 100 → LGS 회로로 DHR이 여자 되고, 전 차량 인통선인 144선 → 각 차량 DHRN → 144a → 각 차량 DHR → 100 → LGS로 전 차량의 DHR이 여자 된다.
- 각 차량 103 → DMVN → 147 → DrR(a) → 147a → DHR(b) → DMV3,5(DMV4,6) → 100 → LGS의 회로가 차단되면서 8개의 출입문 중 차량 중앙 출입문인 DMV3,4,5,6 전자밸브가 여자할 수 없으므로 4개(한쪽 편 2개씩)의 출입문이 열리지 않는다.

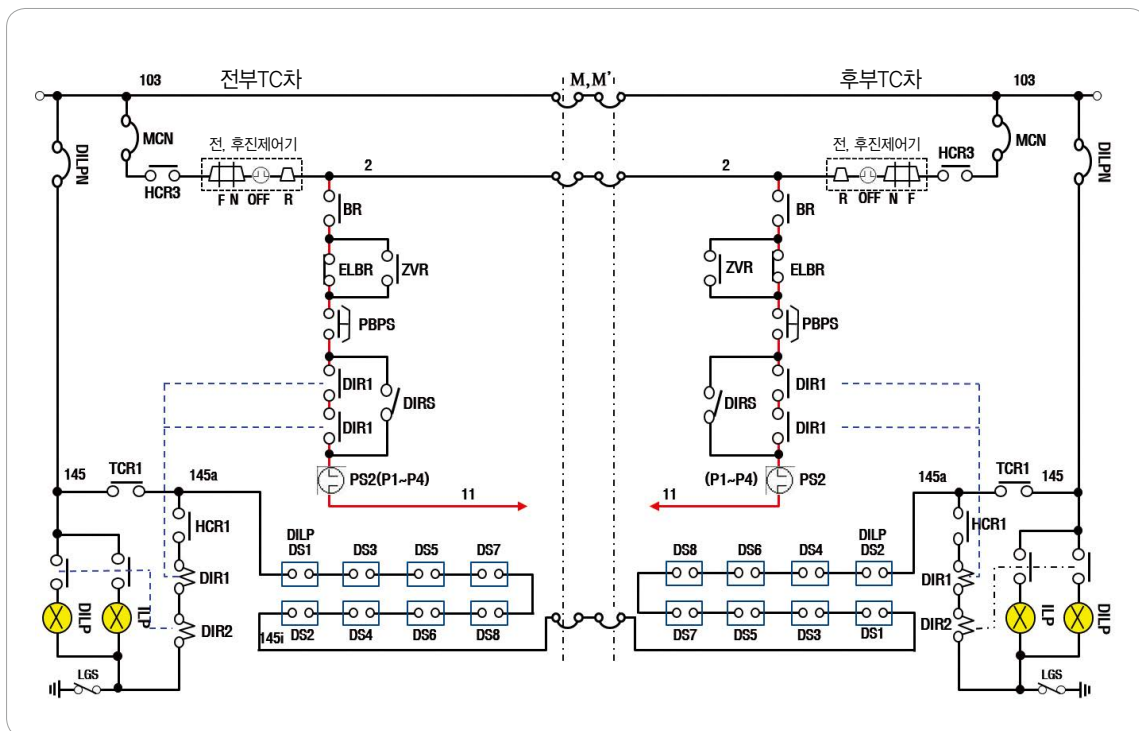
※ 참고 : 출입문 반감 취급은 반드시 출입문이 닫힘 상태에서만 가능하고, 열린 상태에서 취급 시 DHR(b) 연동은 차단되지만 DMV1(2),3(4),5(6),7(8)의 DRO DS 점점에 의해서 회로가 연결되어 있어 DMV가 계속 여자 되므로 출입문 반감작용이 되지 않는다.

5.3.3.4 출입문 점등 회로

(1) 출입문등(DILP) 점등 회로

운전실의 전면에 설치된 출입문등(DILP)은 전 차량 직렬로 연결된 80개의 출입문이 모두 7.5mm 이하로 닫히면(DILP DS 접점), 기관사가 출발할 수 있도록 전부 운전실에서 점등된다. 전체 출입문 중 1개라도 7.5mm 이하로 닫히지 않으면, DILP가 점등되지 않고 전동차의 동력운전 회로가 구성되지 않도록 하였다.

- 103 → 후부 TC 차량 DILPN → 145 → TCR(a) → 145 → 145a → DILP DS 1,2,~ 7,8 → 각 차량 145 DILP DS 1,2,~7,8 → 전부 TC 차량 145i → DILP DS 8,7,~2,1 → 145 → HCR1(a) → 145k → DIR1, DIR2 → 100선 → LGS로 DIR1,DIR2 계전기가 여자 된다. DIR1의 여자로 2선과 11선을 연결하여 동력운전 회로가 구성되고, DIR2의 여자로 출입문등(DILP)과 계기등(ILP)이 점등되어 전체 출입문이 완전하게 닫혔음을 알려 준다. 만일 한 개의 출입문이라도 닫히지 않거나 DILP DS 접점 불량 등으로 145선 구성 불능이 되면, 동력운전이 불가능하므로 응급운전에 따라 비(非)연동 스위치인 DIRS를 취급하고 비연동 운전을 할 수 있다.
- DIR1 계전기의 여자로 구성되는 동력운전 회로는, 103선 → MCN → HCR3(a) → MS(F or R



[그림 5-11] 출입문등(DILP) 점등 회로

위치) → 2선 → BR(a) → ELBR(b)와 ZVR(a) 병렬 → PBPS ON($6\sim 7\text{kg/cm}^2$) → DIR1(a) 「병렬회로」 DIRS(off) → 동력 핸들 1~4단 → 전 차량에 11선 인통이 된다. 이렇게 전체 출입문이 닫힘 조건에서 동력운전 회로가 구성되기 때문에, 출입문등(DOOR) 점등 회로를 출입문 연동회로 또는 연동운전 이라고도 한다.

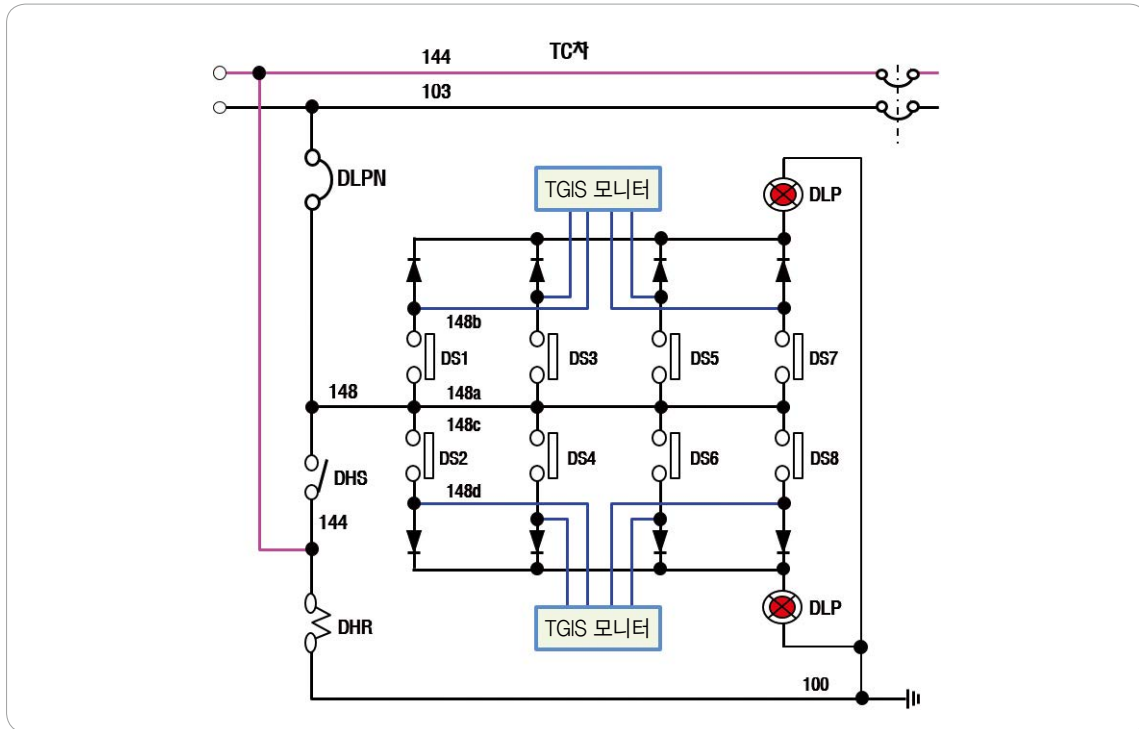
출입문 비연동 스위치(DIRS)는 운행 중 출입문 고장 등으로 1개 이상의 출입문이 닫히지 않거나, DILP DS등의 점점 불량, 원인 불명 등으로 DIR1, DIR2가 여자 할 수 없을 때 사용할 수 있다. DIRS를 취급하면 출입문 연동 계전기와 관계없이 동력운전 회로를 구성하기 때문에, 취급 시는 상당한 주의운전이 필요하다.

- DIR2 계전기가 여자 되면, 전부 TC차 DILPN → DIR2(a) → DILP 및 ILP → 100선 → LGS로 출입문등(DILP)과 계기등(ILP)이 점등된다. 운행 중 출입문등(DILP)은 소등되었으나 계기등이 점등되어 있으면 출입문등의 전구 절손으로 판단할 수 있다.

※ 참고 : 운행 중 후부 TC차의 DILPN이 차단되면 출입문이 닫히더라도 DIR1,2의 여자 전원이 차단되어 동력운전도 불가능하고 DILP 및 ILP도 소등된다. 그러나 전부 TC차의 DILPN이 차단되면, 후부 TC차에서 회로가 구성되어 DIR1,2는 여자 상태이지만 DILP 및 ILP 점등전원이 차단되어 소등되고, 동력운전은 가능하다.

(2) 출입문 차측등(DLP) 점등회로

출입문이 열리면 각 차량의 양쪽 측면에 설치된 적색 등이 열린 쪽에 점등되며, 이를 출입문 차측등(DLP)이라고 한다. 출입문 4개 중 1개의 출입문이라도 12.5mm 이상 열리면 점등된다. 103 → 각 차량 DLPN → 148 → 148a,b → DLP DS(a) → DLP1,2 → 100선 → LGS로 DLP가 점등되어 해당 차량 출입문이 개방되었음을 차의 외측에 표시해 준다. 또한 출입문이 열리면 각 출입문의 DLP DS(a) 148b1~4선, 148d 1~4선이 TGIS에 가압되어 입력되고, 이를 운전실 TGIS 모니터 화면으로 전송하여 각 차량의 개별 출입문이 열려 있는 상태를 모니터링해 준다. 만일에 DLPN이 차단된 해당 차량은 실제 출입문은 열려 있지만 TGIS 모니터에 출입문이 닫혀 있는 상태로 표시하게 된다.



[그림 5-12] 출입문 차측등(DLP) 회로

5.3.3.5 출입문 관련 회로 차단기(NFB) 및 스위치

(1) 출입문 관련 차단기(NFB)

구분	명칭	위치	현상
회로 차단기 (NFB)	CrSN 차단	전부	전체 출입문 열림 불능
		후부	정상운행 시 관계없음
	DMVN1,2 차단	해당차량 1량 출입문 열림 불능 ※ DMVN1 혹은 DMVN2가 1개만 차단 시 － 해당 차량의 차단된 쪽 출입문 4개 열림 불능	
	DILPN 차단	전부	운전실 출입문등(DOOR) 소등, 동력운전 가능
		후부	운전실 출입문등(DOOR) 소등, 동력운전 불능
	DLPN 차단	TC차	해당 차 출입문 차측등 점등 불능 해당 차 TGIS 모니터에 출입문 열림 불능 표시 해당 TC차에서 출입문 반감 취급 불능
		M, M' T, T1	해당 차 출입문 차측등 점등 불능 해당 차 TGIS 모니터에 출입문 열림 불능 표시

(2) 출입문 관련 스위치

스위치 (SW)	DIRS (ON) 취급	출입문이 1개 이상 닫히지 않거나, 후부 DILPN 차단 등으로 동력운전 불능 시 취급하여 운행할 수 있는 비연동 스위치	
	DHS (ON) 취급	동절기 및 하절기 객실 보온을 위한 취급으로, 출입문이 닫힌 상태에서 전부 또는 후부 운전실에서 취급	
	LSBS (ON) 취급	전부	ZVR 고장, ATC 고장 등으로 출입문이 열리지 않을 경우에 취급
		후부	후부에서 출입문 취급해야 하는 경우에 사용함.

5.4 점등 장치

5.4.1 점등장치 개요

전기동차의 점등장치는 SIV의 공급 전원인 AC440V를 공급받아 각 차량에 설치된 보조 변압기(AT)에서 AC220V와 AC100V를 출력하여 객실등과 전조등, 열차 표시등, 시각표등에 공급한다. 그리고 충전장치를 통한 DC100V의 전원으로 후부 표지등, 방공등, 객실 비상등 전원으로 사용한다. 이는 열차의 안전운행과 승객 서비스 향상에 중요하다. 도시형 전기동차는 지하구간과 지상구간을 동시에 운행하므로 대부분 지상구간에서도 객실등을 점등하고 운행하는 경우가 많이 있다.

5.4.2 전조등, 후부 표지등, 운전실등

5.4.2.1 전조등(HLP)

전조등(HLP)은 지하구간 운행과 야간운행, 이상기후 발생 시 열차의 전부 조명등 역할을 한다. TC차 전면 좌우에 각각 실드 빔(sealed beam)으로 된 백열등을 사용하여 165W/55W인 2개의 필라멘트를 내장하고 있으며, 감광 스위치 조작으로 감광할 수 있다. 2개의 조명등 중 우측 등은 직류 전원인 DC100V를 사용하여 비상 상황 발생 시에도 사용이 가능하도록 하며, 좌측 등은 교류 전원인 AC100V 전원을 사용하여 전차선 단전 시 축전지 방전 방지 등에 대비하였다.

(1) HLPS ON 취급

- 103선(AC201선) → HLPN1(HLPN2) → HLPS(ON) → 160a → HLPDS(Up) → 165W → LGS로 165W 전광으로 점등된다.

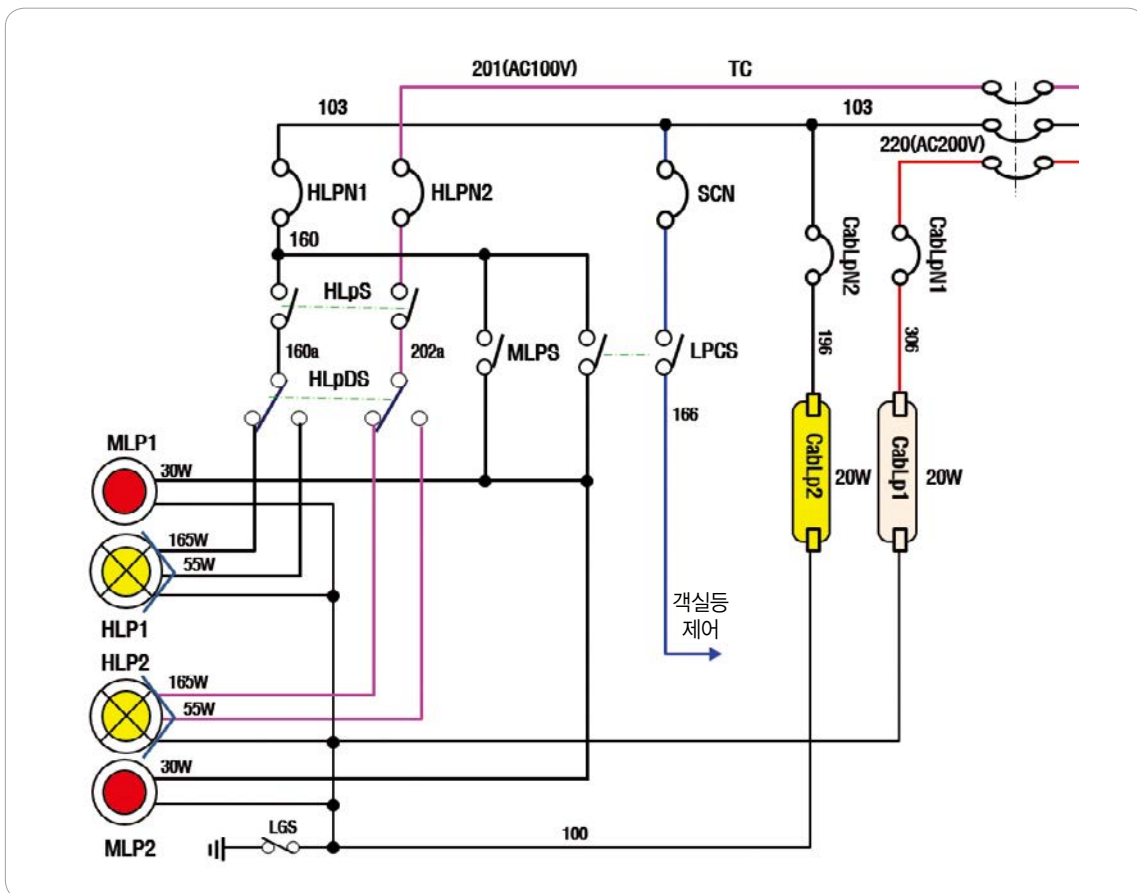
(2) HLPDS(Down) 취급

- 103선(AC201선) → HLPN1(HLPN2) → HLPs(ON) → 160a → HLpDS(Down) → 55W → LGS로 55W 감광으로 점등된다.

5.4.2.2 후부 표지등(MLP : Marker Lamp)

후부 표지등(MLP)은 운행 열차의 위치 표시등으로, 후부방호 역할을 하며 비상 상황에서도 사용이 가능하도록 직류 전원인 DC100V의 전원으로 30W용 적색 등을 설치 하였으며, 운전실 전면 좌우로 1개씩 총 2개가 설치되어 있다. 취급은 후부 운전실에서 MLPS를 ON 취급하거나, 객실등 스위치(LPCS)를 ON 취급하면 점등된다.

- 103선 → HLpN1 → MLPS ON 또는 LPCS ON 취급 → MLP1, 2 → LGS로 후부 표지등이 점등된다.



[그림 5-13] 전조등, 후부표지등, 운전실등 회로

5.4.2.3 운전실등(CabLp)

운전실등(CabLp)은 20W용 형광등 2개로, 직류 전원인 DC100V로 점등되는 CabLP2와 교류 전원인 AC220V를 사용하는 CabLP1이 설치되어 있다. 취급은 승무원이 필요에 따라 CabLpN2를 ON 취급하거나, CabLpN1을 ON 또는 OFF 취급한다. 전차선 단전이나 SIV 고장 시 CabLpN2의 DC 형광등 1개만 점등된다.

5.4.3 객실등 제어

전기동차의 객실등은 교류등(RALp)과 직류등(RDLp)의 형광등이 설치되어 있으며, 대다수 객실등은 교류(AC) 220V 전원을 사용하고 예비 비상등은 DC100V의 축전지 전원을 사용하고 있다. 객실등은 운전실이 있는 TC 차량에는 22개가 설치되어 있고, 그 외 차량(M, M'T)에는 24개가 설치되어 있는데 그중 8개는 직류(DC) 전원으로 점등되는 예비 비상등이다. 객실등 제어는 전·후부 운전실에서 모두 취급할 수 있지만 후부 표지등이 함께 점등되므로 후부 운전실에서 LPCS를 취급해야 한다.

후부 운전실의 객실등 제어 스위치인 LPCS를 ON 취급하면 166선 인통선으로 전 차량의 객실등이 점등되고, 후부 표지등(MLP)도 LPCS 연결 접점으로 점등된다.

5.4.3.1 객실등 제어회로

LPCS ON 취급 시의 제어회로는 103선 → SCN → 197 → LPCS(ON) → 166선(전 차량 인통선)이 인통되고 LPK1 객실등 접촉기와, LRR2(b) → LPK2 객실등 접촉기가 여자 된다.

(1) LPK1 여자로,

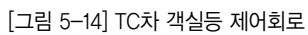
- 220선(AC220V) → RALPN1 → 307선 → LPK1(a) → RALP → LGS
 - 103선(DC100V) → RDLPN → 195선 → LPK1(a) → RDLP → LGS
- (AC등 : TC 차량 3개, 다른 차량 4개, DC등 : 전체 차량 8개)

(2) LPK2 여자로,

- 220선(AC220V) → RALPN2 → 308선 → LPK2(a) → RALP → LGS
- (AC등 : TC 차량 11개, 다른 차량 12개)

[LPK2 회로의 LRR(b) 설치 목적]

LRR2(b) 연동은 SIV 고장등으로 연장급전 시 여자 하여 LPK2를 무여자 시키므로, 객실등의 절



반(TC차 : 11개, 다른 차량 : 12개)인 RALP등이 소등되어 부하를 반감함으로 SIV의 과부하 상태를 보호한다.

5.4.3.2 방공등 제어회로(ADLP : Air Defence Lamp)

방공등(ADLP)은 전차선 장시간 단전이나 등화 관제용으로 사용된다. 각 차량에서 축전지 전원인 DC100V, 30W 백열등을 1량당 4개씩 설치하여 비상상황 시 사용하도록 하였다.

운전실 분전함에서 ADLPS를 취급하면,

- 103 → SCN → ADLPS → 167선 → ADLPR → LGS, ADLPR이 여자 되고 전 차량에 인통이 된다.
- 103 → ADLPN → EOR2(b) → ADLPR(a) → ADLP → LGS, 방공등이 점등된다. EOR2 연동의 설치는 장시간 전차선 단전 등으로 축전지 전압 보호를 위하여 103선을 차단할 경우, 운전실에서 EOCN을 ON 취급하면 축전지 전원으로 방공등을 점등할 수 있도록 하였다.

5.4.4 운전실 표시등

운전실 표시등은 전기동차 주요 기기의 동작 상태, 전원공급, 고장상황 발생 등을 기관사가 쉽게 파악할 수 있게 함으로써 원활한 업무 수행과 고장 조치를 할 수 있게 하였다.

운전실 표시등은 기관사가 위치하는 전부 운전실에서 점등되도록 설계되어 있으며, 기기의 동작 상태를 알 수 있는 동작 표시등과 고장 발생 시 점등되는 고장 표시등이 있으나 따로 구분하지 않고

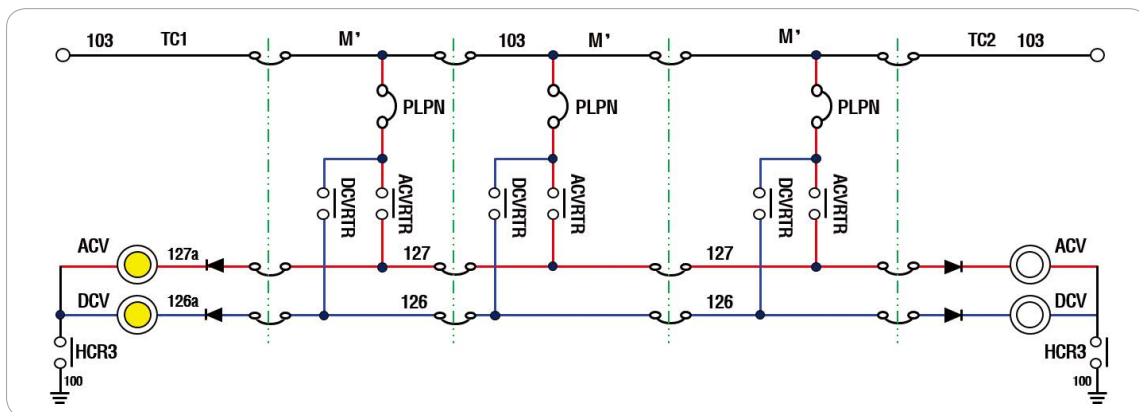


[그림 5-15] 교·직류 VVVF 전기동차 운전실

점등 및 소등되는 관계를 기술하도록 하였다. 1개 편성이 10량인 전기동차는 3개 Unit로 구성되어 있으므로, 같은 고장이라도 TGIS 모니터와 차측등을 확인하여 해당 차량을 확인하여야 한다.

5.4.4.1 ACV등, DCV등

전기동차가 기동하여 팬터그래프(Pan: Pantograph)가 상승하였을 때 전차선에 전원이 공급되어 있으면, 교류 25,000V 구간에서는 ACVR이 여자 되고 그 연동으로 ACVR-TR이 여자 하므로 ACV 등이 점등되고, 직류 1,500V 구간에서는 DCVR이 여자 되고 그 연동으로 DCVR-TR이 여자 하므로 DCV등이 점등된다. 편성 중 1개 Unit 팬터그래프만 상승하여도 ACV(DCV)등이 점등되는 것을 회로를 통하여 알 수 있다.



[그림 5-16] ACV등, DCV등 점등 회로

(1) ACV등 점등 회로

- M'차 103선 → PLPN → 130선 → ACVRTR(a) → 127선 → TC 차량 → 127a선 → ACV Lp 점등 → HCR3(a) → 100선으로 점등된다.

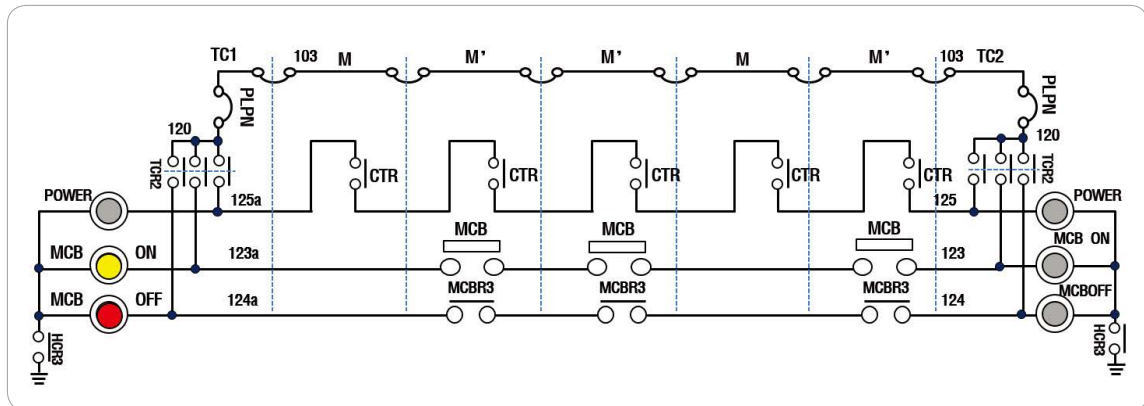
(2) DCV등 점등 회로

- M'차 103선 → PLPN → 130선 → DCVRTR(a) → 126선 → TC 차량 → 126a선 → DCV Lp 점등 → HCR3(a) → 100선으로 점등된다.

5.4.4.2 MCB ON등, MCB OFF등, Power CRT등

1개 편성 10량 전기동차는 5M, 5T로 구성되며, 3개의 동력 Unit를 갖추고 있다. 그러므로 3개의 MCB 투입동작과 차단동작, 5개 구동차(TM)의 동력운전과 회생제동의 정상 상태를 확인하기 위해

후부 TC 차량의 PLPN에서 전원을 공급받아서 점등회로를 구성하도록 하였다. 운행 중 후부 PLPN이 차단되면 MCB ON등, MCB OFF등, Power CRT등이 점등되지 않는다.



[그림 5-17] MCB ON등, MCB OFF등, POWER등 회로

(1) MCB ON등

3개 Unit의 M'차 MCB가 모두 투입되면 후부 PLPN으로 전원을 공급받아 MCB 기계적(a) 연동에 의해 MCB ON등이 점등된다. 1개 이상 MCB가 투입되지 않으면 MCB ON등은 점등되지 않는다.

- 후부 TC차 103선 → PLPN → TCR2(a) → 123선 → 3개 M'차 MCB 투입 → 전부 TC차 123a선 → MCB ON등 점등 → HCR3(a) → 100선으로 동작한다.

(2) MCB OFF등

3개 Unit의 M'차 MCB가 모두 차단되면 후부 PLPN으로 전원을 공급받아 MCBR3(a) 연동에 의해 MCB OFF등이 점등된다. 1개의 MCB라도 차단되지 않으면 MCB OFF등은 점등되지 않는다.

- 후부 TC차 103선 → PLPN → TCR2(a) → 124선 → 3개 M'차 MCBR3 여자 → 전부 TC차 124a선 → MCB ON등 점등 → HCR3(a) → 100선으로 동작한다.
- ※ MCBR3은 MCB가 기계적으로 차단되면 여자 되는 계전기이다.

(3) Power CRT등

일반적으로 Power등이라고 하며, 동력운전 및 회생제동 시 5개 M, M'차의 전동기 출력전류가 설정치 이상 발생하면, 후부 PLPN으로 전원을 공급받아 5개 구동차 CTR(a) 연동에 의해 Power등이 점등된다. 1량이라도 동력운전 및 회생제동 회로가 구성되지 않으면 Power등은 점등되지 않는다.

- 후부 TC차 103선 → PLPN → TCR2(a) → 125선 → 5개 M, M'차 CTR 여자 → 전부 TC차 125a선 → Power CRT등 점등 → HCR3(a) → 100선 동작한다.

5.4.4.3 Fault등과 ASilp등(차측등)

운행 중 특고압 및 견인 제어장치, 고압보조 장치에 고장이 발생하면 Fault등을 점등시키므로 고장 대표등이라고도 한다. Fault등과 함께 차량 양쪽 측면에 부착된 백색 차측등(ASilp)을 함께 동작시켜 고장 차량의 위치를 알려 준다. 직류구간 전용 기기인 L1 차단 시는 HSCB등을 함께 동작시켜 다른 고장과 구분하였다.

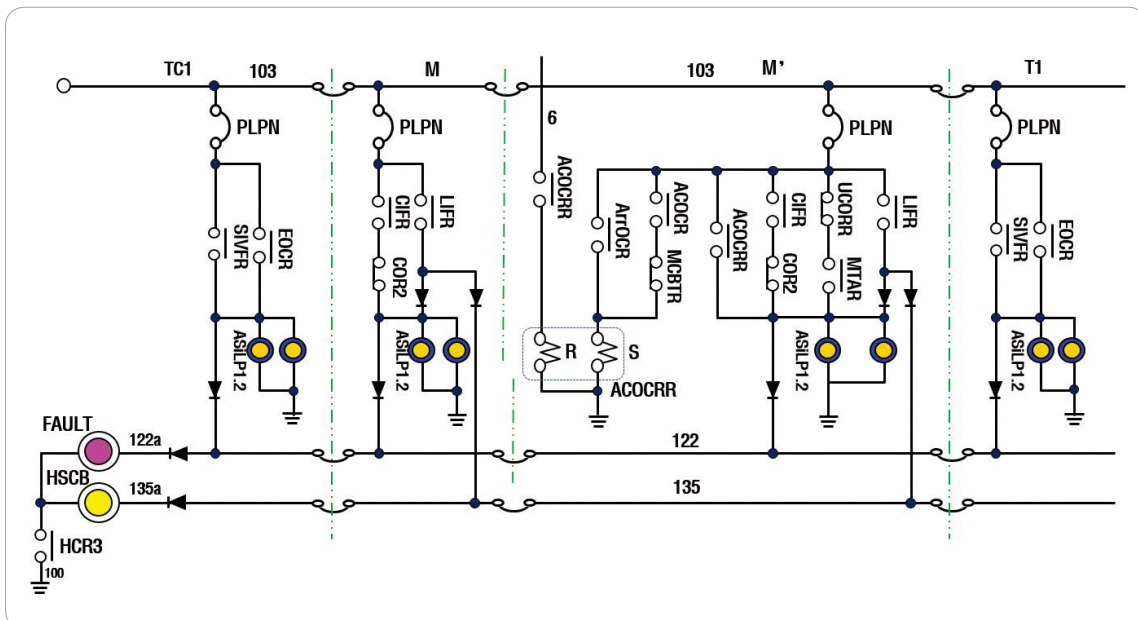
(1) TC(T1) 차량

1) SIVFR 여자 시 : SIV 고장

- SIV 경(輕)고장 발생 후 감시 시간(60초) 내에 재(再)고장이 발생하는 경우
- SIV 초기 고장이 중(重)고장으로 발생하는 경우

2) EOCR 여자 시 : 공기압축기(CM) 구동 회로 고장

- CM 인버터 고장으로 BY-Pass 구동 시 과전류가 발생하는 경우



[그림 5-18] Fault등, ASilp(차측등) 회로

(2) M 차량

1) C1FR 여자 시 : 주변환기(C/I) 고장

– M차와 M'차가 있으므로 주변환기 고장이 나서 복귀 불능 시 고장차량을 개방할 수 있다.

※ COR2(b) 연동은 VCOS(차량차단 스위치)를 취급한 경우, Fault등, ASilp등을 소등시켜 다른 고장에 대비한다.

2) L1FR 여자 시 : 직류구간 L1 차단, 전력변환 소자 소손 시

– 직류구간에서 1600A 이상 과전류 발생 시

– 주변환 장치(C/I) 전력변환 소자 소손 시

※ L1FR 여자 시는 추가로 HSCB등을 점등시켜 다른 고장과 구별한다.

(3) M' 차량

1) ACOCR 여자 시 : ACOCR 여자, ArrOCR 여자

– ACOCR 여자 : MT 1차 측 과전류(120A 이상)로 MCB가 차단되며,

– ArrOCR 여자 : 교류모진이나 MCB 절연불량 시 DCARR가 방전하여 전차선 전원이 단전되면 원인이 소멸되므로, ACOCR이나 ArrOCR이 동작하였을 때는 유지 계전기(Keep Relay)인 ACOCR을 여자 하여 Fault등, ASilp등을 고장을 조치할 때까지 계속 점등하게 한다.

2) C1FR 여자 시 : 주변환기(C/I) 고장

– 견인 제어장치, 주변환(C/I) 장치의 고장이 발생하는 경우

– M차와 M'차가 있으므로 주변환기 고장이 나서 복귀 불능 시 고장차량을 개방할 수 있다.

※ COR2(b) 연동은 VCOS(차량차단 스위치)를 취급한 경우, Fault등, ASilp등을 소등시켜 다른 고장에 대비한다.

3) L1FR 여자 시 : 직류구간 L1 차단, 전력변환 소자 소손 시

– 직류구간에서 1600A 이상 과전류 발생 시

– 주변환 장치(C/I) 전력변환 소자 소손 시

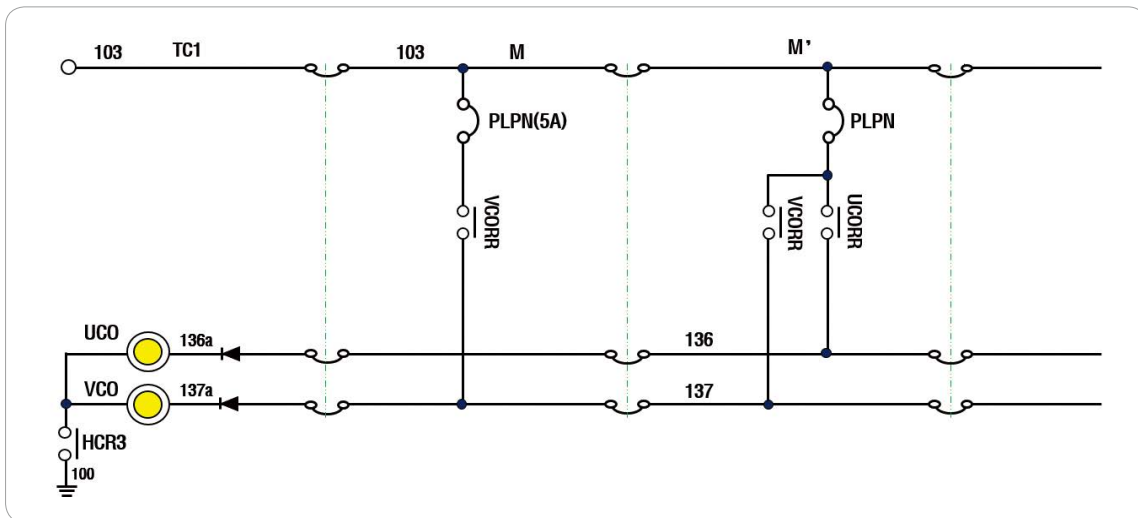
※ L1FR 여자 시는 추가로 HSCB등을 점등시켜 다른 고장과 구별한다.

4) MTAR 여자 시 : 주변압기 NFB 차단 및 접촉기 차단, Oil 흐름 불량 시

※ UCORR(b) 연동은 MTAR 복귀 불능 시 VCOS(차량차단 스위치)를 취급할 경우, 주변압기 고장은 M차 전원도 차단하므로 Unit 개념으로 UCOR을 여자 하고 보조 계전기인 UCORR을 여자 시켜 Fault등, ASilp등을 소등함으로서 다른 고장에 대비한다.

5.4.4.4 UCO등(Unit 차단등)

주변압기(MT) 냉각장치 계통 고장으로 MTAR이 여자 되어 복귀되지 않으면 M차와 M'차, 즉 1개 Unit가 구동을 정지한다. 이때 VCOS(차량차단 스위치)를 취급하면, 유지 계전기(Keep Relay)인 UCOR을 여자 하고 보조 계전기인 UCORR을 여자 시켜 UCO등을 점등한다.



[그림 5-19] UCO등, VCO등 회로

(1) 주변압기 냉각기 고장 시

- MTAR 여자 → MCBR1 무여자 → MCB 차단되고, MCBR3 여자 된다.
- 조치는 MCBOS → RS → 3초 후 MCBOS, 복귀 불능 시 VCOS 취급한다.

(2) VCOS 취급 시 UCORR 여자 과정

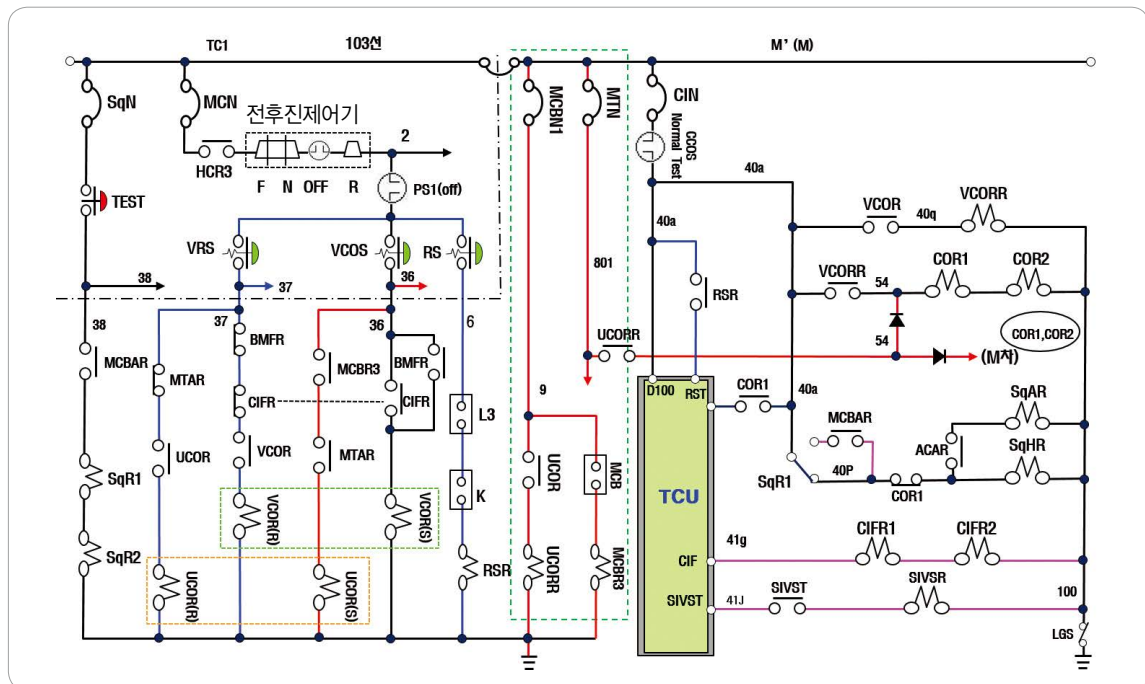
- TC차 103선 → MCN → HCR3(a) → 전 · 후진 제어기(F.N.R) → 2선 → PS1(OFF) → VCOS 취급 → MCBR3(a) → 36선 → MTAR(a) → M'차 UCOR(S) 여자 → 100선으로 동작한다.
- M'차 103선 → MCBN1 → UCOR(a) → UCORR 여자 → 100선
- M'차 103선 → MTN → UCORR(a) → 54선 → M, M'차 COR1,2가 여자 하여 M, M'차의 SqHR과 SqAR이 무여자 하므로, M, M'차의 K, L3, L2가 차단되어 동력운전 및 회생제동 회로가 구성되지 않는다.
- UCORR 여자로 해당 차 MCBR1 회로가 차단되고, UCO등이 점등되고, 고장 표시등인 Fault등, ASilp등은 소등된다.

5.4.4.5 VCO등(차량 차단등)

주변환(C/I) 장치 고장(CIFR) 또는 송풍기 고장(BMFR) 등이 발생하여 복귀되지 않으면 1개 Unit의 동력운전 불능 등이 발생한다. 그러므로 (그림 5-20)과 같이 VCOS를 취급하여 고장 차량만 차단하고 나머지 1개 차량은 정상상태를 유지하게 하며, 보조 계전기인 VCORR을 여자 시켜 VCO등을 점등한다.

(1) VCOS 취급 시 VCORR 여자 과정

- TC차 103선 → MCN → HCR3(a) → 전·후진 제어기(F.N.R) → 2선 → PS1(OFF) → VCOS 취급 → 36선 → CIFR(a) → M, M'차 VCOR(S) 여자 → 100선으로 동작한다.
- M(M')차 103선 → CIN → CCOS(N) → 40a선 → VCOR(a) → VCORR 여자 → 100선으로 동작한다.
- M(M')차 103선 → CIN → VCORR(a) → 54선 → M(또는 M')차 COR1,2가 여자 하여 M(또는 M')차의 SqHR과 SqAR이 무여자 하므로, M(또는 M')차의 K, L3, L2가 차단되어 동력운전 및 회생제동 회로가 구성되지 않는다.
- M(M')차 103선 → PLPN → VCORR 여자로 VCO등이 점등되고, 고장 표시등인 Fault등, ASilp등은 소등된다.



[그림 5-20] VCOS, VRS, RS 제어회로

(2) VCOS 취급해야 하는 경우

- CIFR 여자 후 복귀 불능 시
- BMFR 여자 후 복귀 불능 시
- MTAR 여자 후 복귀 불능 시

(3) VCOS 취급 후 VRS 취급하여 복귀하는 방법

차량차단 스위치인 VCOS 취급 시 여자 하는 VCOR(S), UCOR(S)은, 한 번 여자 하면 전원이 없어도 동작 상태를 유지하는 유지 계전기(Keep Relay)이다. 그러므로 고장 상태를 정상화 했을 때는 (그림 5-20) 회로도나 같이 VRS(차량 차단 복귀 스위치)를 취급하여 무여자 시키면 VCO등이나 UCO등이 소등되고 정상으로 복귀된다.

- TC차 103선 → MCN → HCR3(a) → 전·후진 제어기(F.N.R) → 2선 → PS1(OFF) → VRS 취급 → 37선 → BMFR(b), CIFR(b) → M, M'차 VCOR(a) → VCOR(R) 여자 → 100선으로 동작하여 복귀한다.
- TC차 103선 → MCN → HCR3(a) → 전·후진 제어기(F.N.R) → 2선 → PS1(OFF) → VRS 취급 → 37선 → MTAR(b) → M'차 UCOR(a) → UCOR(R) 여자 → 100선으로 동작하여 복귀한다.

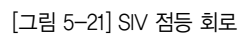
5.4.4.6 DILp등(출입문등)

운전실에 설치된 출입문등(DILP)은 10량 편성시 전 차량 80개의 출입문을 직렬 전기회로로 연결하고, 전체 출입문이 7.5mm 이하로 닫히면(DILP DS 점등) 전부 운전실에서 점등되어 기관사가 출발할 수 있도록 한다. 출입문등은 전·후부 운전실의 DILPN을 통하여 출입문등 점등 회로를 구성한다(그림 5-11 참조).

- 후부 TC차 103선 → DILPN → 145선 → 후부 TC차 DILP DS 1~8 → 145선 → 중간 차량 DILP DS 1~8 → 145a → HCR1(a) → DIR1, DIR2 여자 → 100선으로 동작한다.
 - DIR1(a) : 동력운전 지령선 11선 가압(전체 출입문 닫힘 조건 구성)
 - DIR2(a) : 출입문등(Door Lamp) 점등 회로 구성
- 전부 TC차 103선 → DILPN → 145선 → DIR2(a) → DILP와 DLP 점등 → 100선으로 동작한다.

5.4.4.7 SIV등(SIV 구동등)

SIV가 구동하면 SIV등이 점등된다. 다만, SIV 3대 중 1대만 구동하여도 운전실의 SIV등은 점등되기 때문에, 운행 중 이상 발생 시는 TGIS 모니터의 차량 상태 등을 확인하면 각 SIV의 동작 상태



- 103선 → TC1,2, T1차 PLPN → TC1,2, T1차 SIVK(a) 병렬회로 구성 → 138a선 → SIV등 → 100선으로 동작한다.

전기동차를 기동하지 않고도 제어 전원으로 주회로 장치 기기들의 동작 상태를 시험할 수 있도록 TEST 스위치(Switch)가 설치되어 있다. 주로 검수나 정비 시에 사용하고 승무원은 거의 사용하지 않는 기기이지만, 차량 시험 후 TEST 스위치를 복귀하지 않았거나 실수로 전.후부 운전실에서



잘못 취급한 경우에는 MCB가 투입되지 않으므로, 이러한 경우 SqLP등이 점등되어 있으면 TEST Switch가 취급되어 있다는 것을 빨리 알 수 있다.

(1) TEST Switch 취급

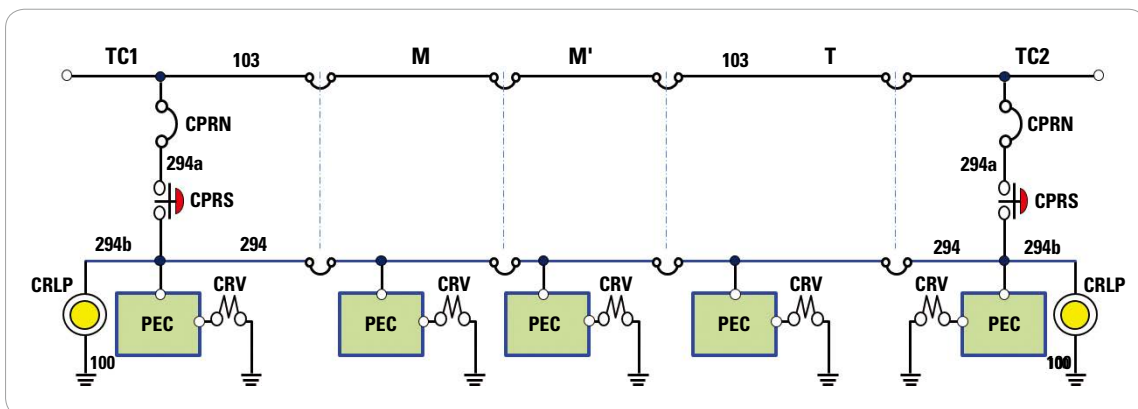
- TC차 103선 → SqN → TEST S/W 취급 → 38선 → 각 M, M' 차량 → MCBAR(a) → M, M'차 SqR1, SqR2 여자 → 100선으로 동작한다.
- MCB가 차단된 조건에서 SqR1, SqR2 여자 하여 MCB(MCB-C코일) 투입 회로를 차단한다.
- 후부 TC차 103선 → SqN → HCR3(b) → 각 M, M'차 SqR1, SqR2 여자 → 전부 운전실에서 SqLp등이 점등한다.

(2) TEST Switch 취급 시 현상

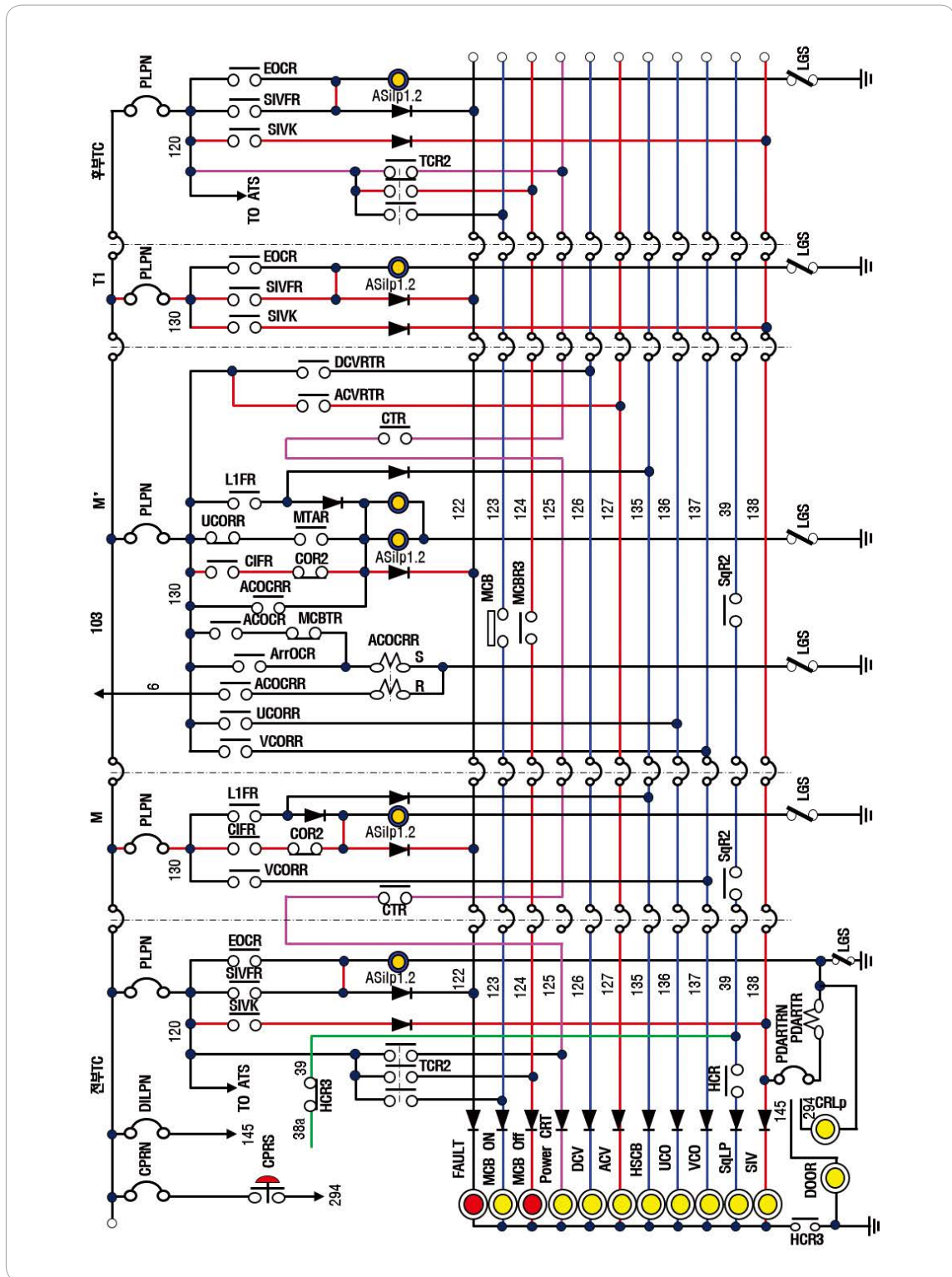
- 1) MCB를 투입하고 난 후 TEST 스위치를 취급할 경우, MCB 차단 현상은 발생하지 않는다.
- 2) MCB를 투입하기 전에 TEST 스위치를 취급하면 MCB가 투입되지 않는다.
- 3) 최초 기동 시, 전체 MCB 투입 불능 시 원인 중의 하나이다.

5.4.4.9 CRLp등(CPRS 취급 표시등)

운행 중 정거장 등에서 정차한 후 출발 시 제동불완해 현상이 발생하였을 때, 기관사가 CPRS(제동불완해 강제완해 스위치)를 취급하면 점등된다. 버튼스위치이기 때문에 취급한 후 CPRS를 시계 방향으로 돌려 주면 복귀된다.



[그림 5-23] CRLp 점등 회로



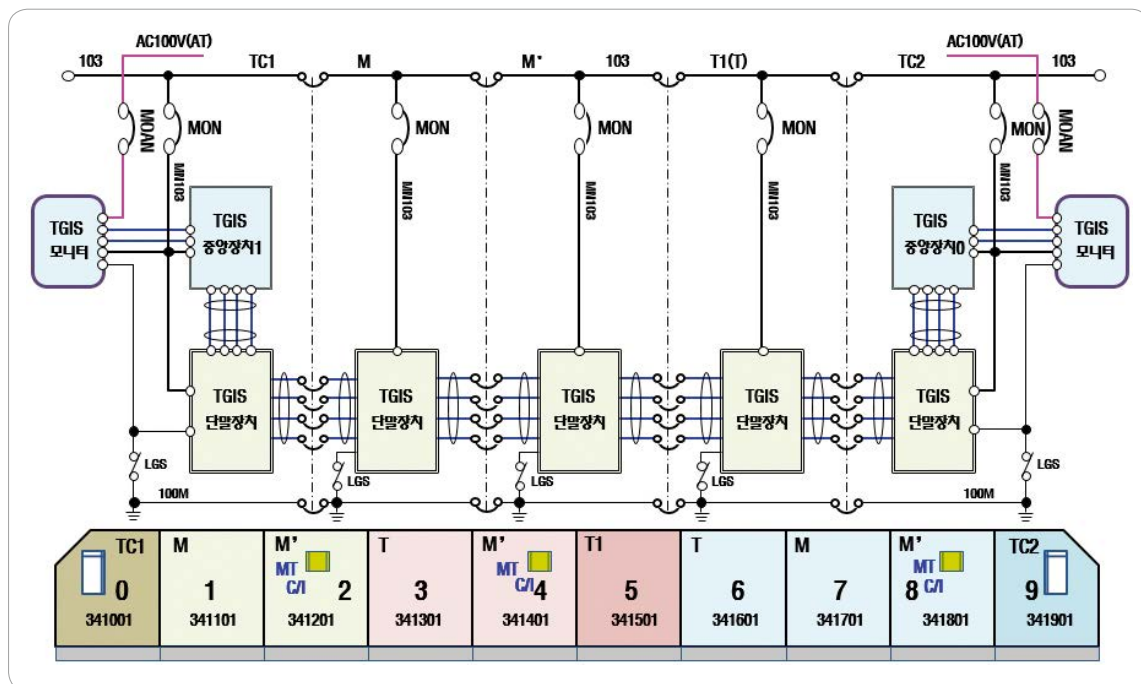
[그림 5-24] 고장표시등 회로

5.5 열차종합 정보장치(TGIS : 모니터 장치)

5.5.1 TGIS 개요

VVVF 전동차에는 승무원의 운전업무 지원 및 차량 검수업무 지원을 하는 정보관리 시스템으로 열차종합 정보장치(TGIS: Train General Information System)를 설치하여 운영하고 있다. TGIS 장치로 운전업무 지원이 향상되므로, 기존 전동차에도 모니터링 장치, 열차의 일반정보만 표시하는 TIS 장치를 설치하고 ATO 전동차에는 TCMS를 설치하여 열차의 안전 운행 및 업무 지원을 강화하게 하였다. TGIS 장치는 각 차량에 설치된 TGIS 단말기를 통해 열차 내 주요 기기의 동작 데이터를 수집하여 운전실의 TGIS 모니터 장치에서 열차의 운행 정보 및 주요 기기의 동작 상태를 승무원이 항상 확인하고 감시할 수 있도록 한다.

만일 이상이 발생하면 자동으로 고장정보를 운전실 모니터에 현시하고 필요한 응급처치 사항도 표시하여, 신속하고 정확한 조치가 이뤄지도록 승무원을 지원한다. 또한 이상이나 고장발생 시 고장 기록 데이터 및 고장 추적 데이터를 수집하고 기록하여, 검수 시 TGIS 모니터 장치를 통하여 현시하고 IC Memory Card를 경유해 지상 장치로 출력함으로 고장 해석을 용이하게 해 주는 특징을 가



[그림 5-25] TGIS 모니터 장치 구성도

지고 있다. TGIS 모니터 장치는 DISPLAY 상태가 고정된 것은 아니고, 필요할 경우에는 언제든지 내용을 수정할 수 있도록 설계하였다.

5.5.1.1 TGIS 모니터 장치의 구성

(1) TC차 TGIS 중앙장치

- 1) 각 차량의 주요기기 동작 및 이상상태의 데이터를 수집하고 기억한다.
- 2) 표시장치와 제어장치로 모니터와 데이터를 전부 TC차로 전송한다.
- 3) 열차 전체의 정보전송 제어를 위해 TGIS 전송시스템의 중앙국 역할을 한다.
- 4) 전부 TC차의 TGIS 모니터 장치가 고장일 경우, 자동으로 전환되어 후부 TC차가 중앙국으로 변경된다.

(2) M(M')차, T1(T)차 TGIS 단말기

- 1) 해당 차량의 주요 기기로부터 데이터를 수집하고 기억한다.
- 2) 표시장치와 제어장치로 모니터와 데이터를 전부 TC차로 전송한다.

(3) TC차 TGIS 모니터 장치(Display Unit)

- 1) 수집되고 기억된 주요기기의 상태와 정보를 현시해 준다.
- 2) 화면 장치의 Push Button Switch 및 Touch Screen Key로 확인한다.
- 3) 운전실 제어대에 설치되어 있다.

5.5.1.2 TGIS 모니터 장치 제원

〈표 5-1〉 TGIS 모니터 장치 기본 사양

항목	사양
표시 속도	0~150 km/h (1km/h 단위)
적산(積算) 거리	0~ 90,000km/h (1km 단위)
차륜경	780~860mm (10mm 간격)
모니터 소비 전력	100W
전송 속도	1,000bps
IC Memory Card 수명	5년
입력 전압	DC100V, AC100V 60Hz
입력 전압 변동 범위	DC 70V~110V AC 90V~110V
성능 보증 온도	-10℃~40℃
보존 보증 온도	-25℃~70℃

5.5.2 TGIS 모니터 화면 장치 기능

TGIS 모니터 화면 장치는 기본 설정 화면으로 운전 상태가 표시되고, 화면 하단에 위치한 Push Button 스위치를 눌러서 승무원이나 검수원, 정비원이 필요한 정보를 확인할 수 있고, 열차의 기본 정보를 설정하거나 조정할 수 있으며, 각종 기록 Data, 고장 관련 Data를 출력하여 판독할 수 있다. 전부 운전실과 후부 운전실에 동시에 표시되기 때문에 운행 상태와 이례 상황에 대한 인지와 조치 능력 등을 향상시키고 지원하게 하였다.

5.5.2.1 TGIS 모니터 MENU 화면

TGIS 모니터 화면 하단에 MENU를 누르면 화면이 현시되며, 각 해당 Mode를 선택하여 필요한 정보를 확인하고 설정 및 조정을 할 수 있다. 주로 검수나 정비 업무 수행 시 많이 사용되고 있다.

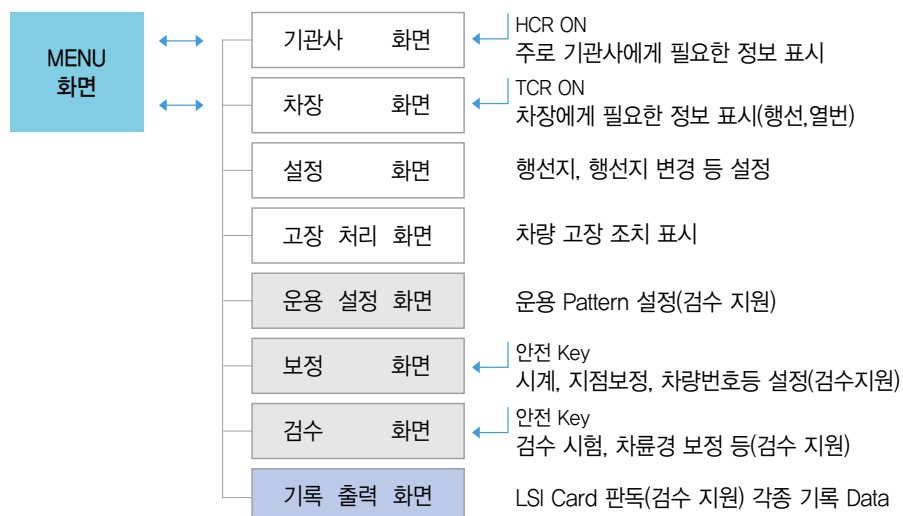


[그림 5-26] TGIS 모니터 “메뉴”화면

(1) MENU 화면

전기동차를 기동하면 기본 설정 화면이 표시되고, 담당자가 필요시 **메뉴** 버튼을 누르면 다음과 같은 화면이 나타나고, 해당 항목을 눌러서 설정 및 조정 등의 작업을 한다. 작업 후 “기관사 화면”을 누르면 운전 상태 화면으로 돌아간다.

(2) 화면(Mode)별 기능



5.5.2.2 운전 지원용 기능

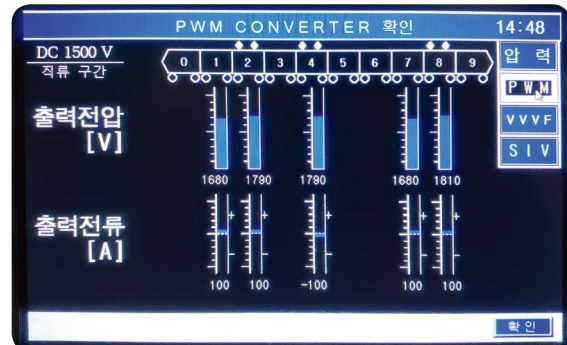
TGIS 모니터 시스템의 기본동작 화면(Mode)으로서, 주로 본선에서 운전 중인 경우에 승무원을 지원하기 위하여 필요한 각종 정보를 운전실의 모니터 화면에 표시하는 기능이다.

(1) 운전 상태 화면

운전상태 화면이 기본 설정 화면으로 표시되고, 현재 운행 중인 열차의 일반 정보인 현재시간, 전차선 구간, 속도, 출입문 동작 상태, 구동차량, ATS 신호, ATC 신호, 다음 정차역, 도착 예정시간 등을 표시하여 준다. 운행 중 기관사가 각 차량의 제동통 압력 등 기기의 동작 상태를 확인할 때는 화면 우측에 표시된 “압력”, “PWM”, “VVVF”, “SIV”를 눌러서 확인할 수 있다.



[그림 5-27] TGIS 모니터 “운전 상태”화면



[그림 5-28] TGIS BC 압력(좌), PWM(우) 화면

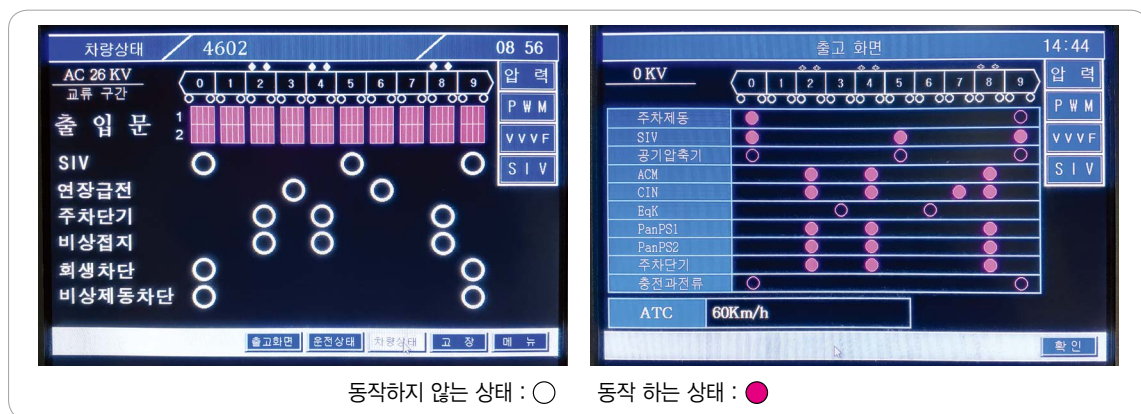


[그림 5-29] TGIS 주변환장치 출력(좌), SIV(우) 출력

- 1) 화면 우측의 **압력** 을 누르면, 각 차량의 압력 상태를 표시한다.
- 2) 화면 우측의 **PWM** 을 누르면, 각 주변환 장치의 출력전압, 전류를 표시한다.
- 3) 화면 우측의 **VVVF** 을 누르면, 각 주변환 장치의 출력 변조율을 표시한다.
- 4) 화면 우측의 **SIV** 을 누르면, 각 SIV 장치의 출력전압, 전류를 표시한다.

(2) 차량 상태 화면

기본화면과 주요 장치 및 기기 등의 동작 상태를 표시하며, SIV 동작 상태, 연장급전, 주회로 차단기(MCB), 비상접지 스위치(EGS), 회생제동 차단 스위치(ELBCOS), 비상제동 차단 스위치(EBCOS) 등의 현재 상태를 보여 준다. 운행 중 주요기기의 동작 상태를 확인하고자 할 때 **차량상태** 를 누르면 다음 화면이 표시되어 확인할 수 있다. 기기 상태를 확인하고 **운전상태** 를 누르면 “운전 상태”로 돌아간다.



[그림 5-30] TGIS 모니터 “차량 상태”(좌), “출고 화면”(우)

(3) 출고 화면

차량기지 등에서 전기동차를 최초 기동할 때 준비 점검하는 과정에서 취급하는 화면으로, **차량상태** 를 누르고 **출고화면** 을 누르면 각 기기의 동작상태, 동작 완료 상태 등을 확인할 수 있으며, 준비가 완료된 차량의 이상 유무를 표시하여 준다. **확인** 을 누르면 되돌아간다.

5.5.2.3 운전 지원용 고장 표시 기능

주요기기의 고장, 이상 시에 고장명칭과 발생차량이 우선적으로 표시되도록 한다. 또한 고장 검지 조건이 해제되면 고장내용 표시가 자동 소거된다. 고장화면은 열차 보안 및 승객의 안전을 고려하여

우선순위를 두었다.

(1) 고장화면의 우선순위

- 1) ATC/ATS 관련 고장
- 2) 제동관련 고장
- 3) 특고압, 주회로 및 C/I 관련 고장
- 4) SIV 관련 고장
- 5) CM 관련 고장
- 6) 기타 고장

예를 들어 ATS 장치와 주변환 장치(C/I)의 고장이 동시에 발생하였을 경우에는 고장 모드에서 ATS 장치를 먼저 표시하고, 다음 고장으로 주변환 장치(C/I) 고장을 표시한다.

(2) 고장화면(예시)

운전 중 출입문 열림과 닫힘은 현재상태를 보여 주며, 각 기기에 고장 발생 시 자동으로 고장 내용이 표시되므로 고장조치 방법에 따라 안전하게 조치하여야 한다. “확인”을 누르면 고장 조치 화면으로 이동한다.



[그림 5-31] TGIS 모니터 “고장 화면”예시

5.5.3 TGIS 모니터 기록 기능

전기동차의 운행상황, 검수, 정비업무를 지원하기 위한 기능이며, 열차운행 기록 기능과 고장발생 기록 기능의 2가지 종류의 기록 기능을 수행한다.

5.5.3.1 열차운행 기록 기능

열차의 사고, 고장 등이 발생한 경우에 사고원인 규명을 용이하게 하기 위하여 열차운행 정보인 열차속도, 주행거리, 동력핸들 및 제동핸들의 위치, ATC 상태, ATS 상태를 주기적으로 기록한다. 기록 주기는 1초라서 매초마다 기록되고 연속적으로 145시간 동안 가능하며, 모니터에 기록된 고장 정보는 LSI Card를 통하여 지상 기기로 출력할 수 있다.

5.5.3.2 고장 기록 기능

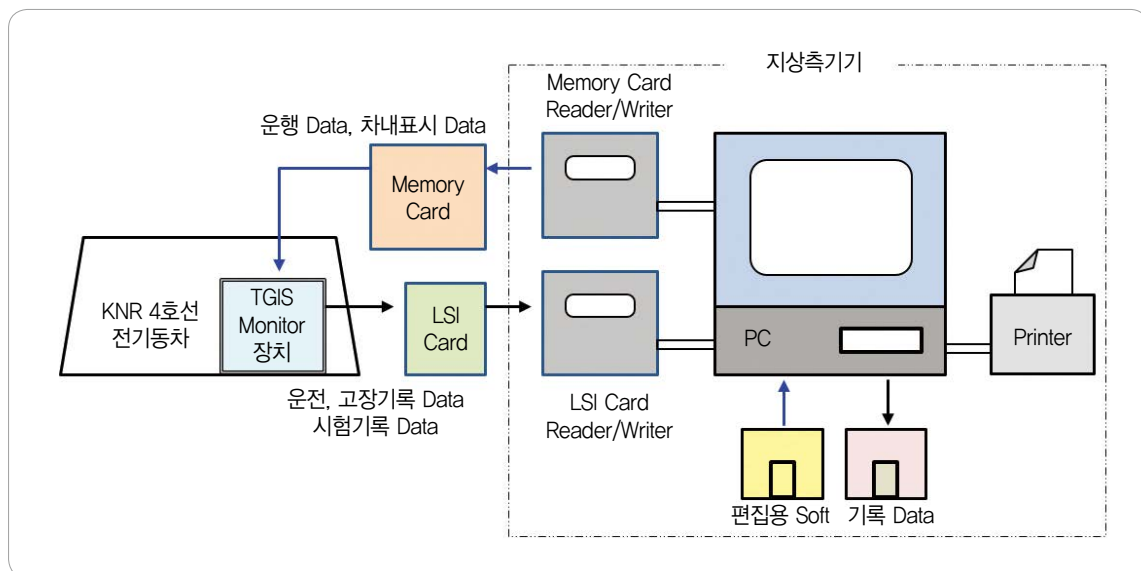
열차 운행 중 고장이 발생하면 TGIS 모니터는 고장과 관련하여 2가지 내용을 기록한다.

(1) 고장검지 기록

기기의 동작 이상을 감지한 경우에는 일반정보(고장 발생 시의 날짜, 시간, 속도 등)와 고장 발생 차량, 고장명칭 등을 기록(최신 고장 100회/Unit당)한다.

(2) 고장추적 Data 기록

기기의 고장 해석을 용이하게 하기 위하여 고장발생 시점 전후의 동작 파형 추적 데이터를 수집하여 기록한다. 기록된 고장 정보는 LSI Card 통하여 지상 기기로 출력할 수 있다.



[그림 5-32] TGIS 모니터 기록 Data 출력

5.6 기타 저압장치

5.6.1 방송장치

방송장치는 DC100V를 전원으로 하는 전기동차의 방송장치로서, 객실 내 및 객실 외 MIC 방송과 승무원 간의 연락통화를 병용시켰으며, IC 음성합성 재생기를 사용하여 자동 및 수동으로 안내 방송을 할 수 있다.

5.6.1.1 방송장치의 구성

방송장치는 중앙방송 제어기, 측면방송 제어기, 출력 증폭기, IC 음성합성 재생기, 전원장치, 차내스피커로 구성되어 있고, 각 차량의 PAmpN을 ON 위치로 하여 전원 장치의 전원 Lamp가 점등되도록 하였다.

5.6.1.2 방송장치의 취급

(1) MIC 방송

1) 객실 내 방송

운전실의 중앙방송 제어기 MIC SW를 BROAD 위치로 하고 음량을 조정하면서 방송을 한다. 그리고 방송이 끝나서 손을 떼면 off 위치로 자동 환원된다. 또한 운전실 양쪽의 측면 방송장치에서 방송을 할 경우, Hand MIC를 Hanger에서 빼내어 키를 누르면서 방송을 한다.



[그림 5-33] 중앙방송제어기(좌), 측면방송제어기(우)

2) 객실 외 방송

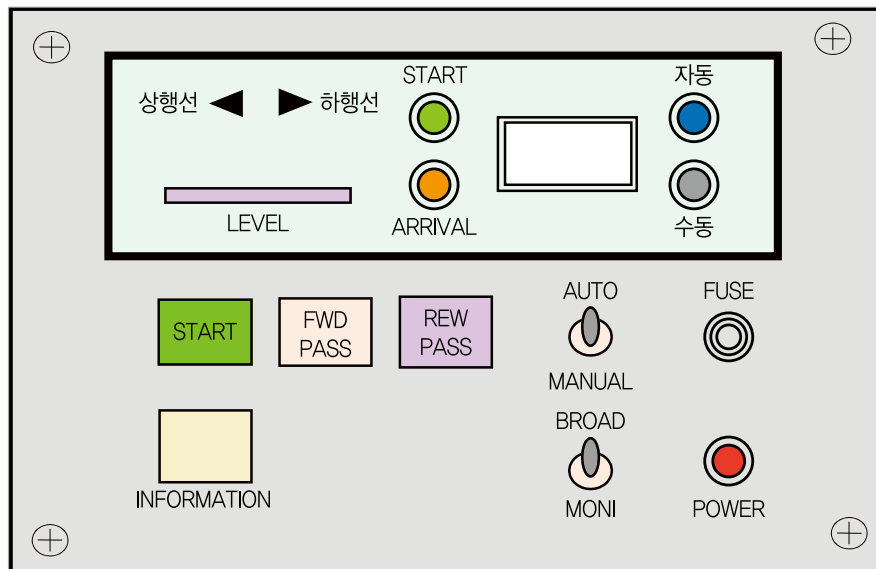
운전실의 중앙방송 제어기에서는 객실 내 방송 때와 동일하다. 다만 스피커 위치를 ROOM에서 SIDE1 또는 SIDE2 위치로 하고, 방송이 끝나면 ROOM 위치로 복귀한다. 또한 양쪽 측면 방송 제어기에서의 방송도 객실 내 방송과 동일하다. 스피커 스위치를 OUT Side로 하면 객실 외 방송이 되고, 손을 떼면 복귀된다.

3) 승무원 연락통화

중앙방송 제어기의 MIC SW를 올리면서 객실방송을 하고, ORDER 위치로 내리면 승무원 통화가 가능하다. 통화가 끝나면 스위치를 중립 위치로 올려 주어 복귀시킨다. 양쪽 측면 방송 제어기에 설치된 Hand MIC를 Hanger에서 빼내어도 연락 통화 상태가 되어 승무원 간 통화가 가능하다.

5.6.1.3 IC 음성합성 재생기

IC 음성합성 재생기는 자동방송 장치이며, 압축된 음성 신호를 메모리에 저장하여 TGIS 모니터 장치에서 전송된 디지털 음성 데이터를 자동으로 방송한다. 자동 방송 중이라도 승무원이 육성으로 수동방송을 하게 되면 자동방송은 일시 중단 되면서 수동방송이 우선으로 방송된다. 승무원이 필요에 따라 수동 취급도 가능하다.



[그림 5-34] IC 음성 합성 재생기

5.6.2 열차무선 장치(TRCP)

5.6.2.1 개요

열차무선 장치(TRCP: Train Radio Control Panel)는 운행 중 관제실이나 정거장 및 열차 간의 운전정보 교환이나 이례상황 발생 시 비상상황 전파, 열차무선 방호 시행 등을 하는 중요한 통신 장치이다. 전기동차 전·후부 TC 차량 운전실에 각 1대씩 설치되어 있으며 Train Line으로 연결되어 있어, 운행 중 전부 운전실의 열차무선 장치 고장 시 후부 운전실의 열차무선 장치를 원격으로 제어하여 사용할 수도 있다.



PWR	차량전원 연결 시 점등
TX	통화전송 시 반짝임
CALL	열차호출 수신 시 점등
VOLUME	통화음량 조정

[그림 5-35] 열차무선 장치

5.6.2.2 열차무선 장치의 취급

(1) 철도공사 구간에서의 무선통화

- TRCP의 KNR과 CH1번을 선택(누름) : 통화송신 시 Hand Set의 PTT를 누르고 통화하고, 수신 시는 손을 떼다.

(2) 서울교통공사 구간에서의 무선통화

- TRCP의 SMSC와 CH4번을 선택(누름) : 통화송신 시 Hand Set의 PTT를 누르고 통화하고, 수신 시는 손을 떼다.

(3) 이례상황 시 비상통화

- TRCP의 EMERG 선택(누름) : 비상신호가 6회 전송되고, 통화송신 시 “비상”을 3번 이상 통보하고 상황에 대해 통화한다.

(4) 차량기지 구내의 YARD통화

- TRCP의 YARD 스위치 선택(누름) : 차량기지 구내에서 운전 취급실(기지 관제)과 통화할 때 사용한다.

(5) 전부 운전실 무전기 고장으로 통화 불능 시

- REMOTE 스위치 선택(누름) : 후부운전실 무전기를 이용하여 통화 가능

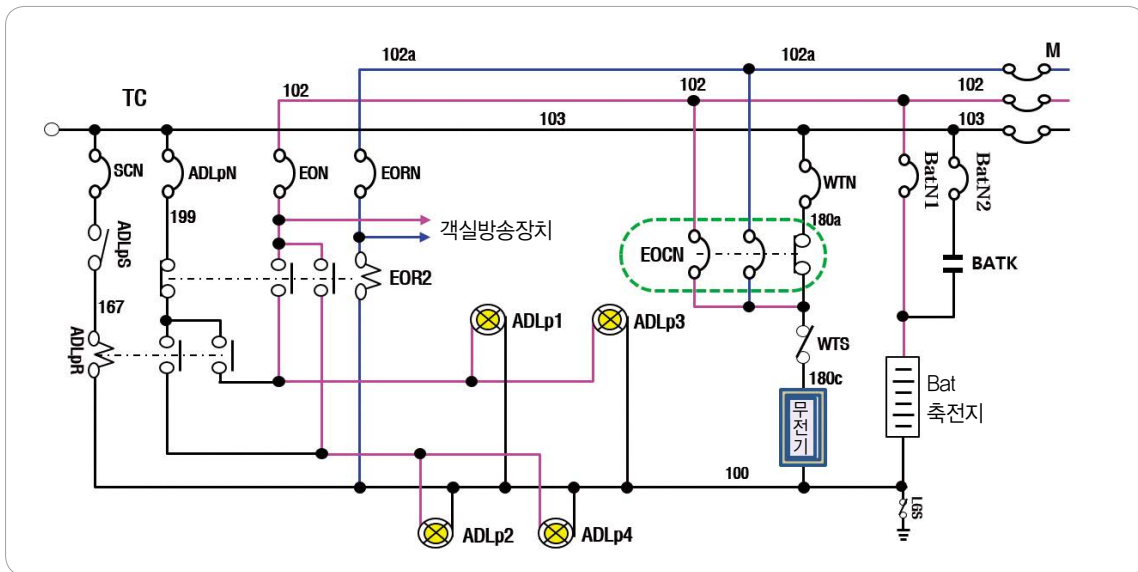
(6) 운전관제에 통화 요청

- RTT 스위치 선택(누름) : 열차번호가 포함된 통화요청 신호가 운전관제에 전송된다.

5.6.2.3 열차무선 장치 구성

(1) 전원공급

- TC차 103선 → WTN → 180a → EOCN(b) → WTS(ON) → 열차무선 장치(TRCP) → 100선으로 동작한다. 전원공급 회로에 EOCN(b) 연동은 장시간 전차선 단전 등의 비상상황 시 비상통화 구성을 위해 설치하였다.



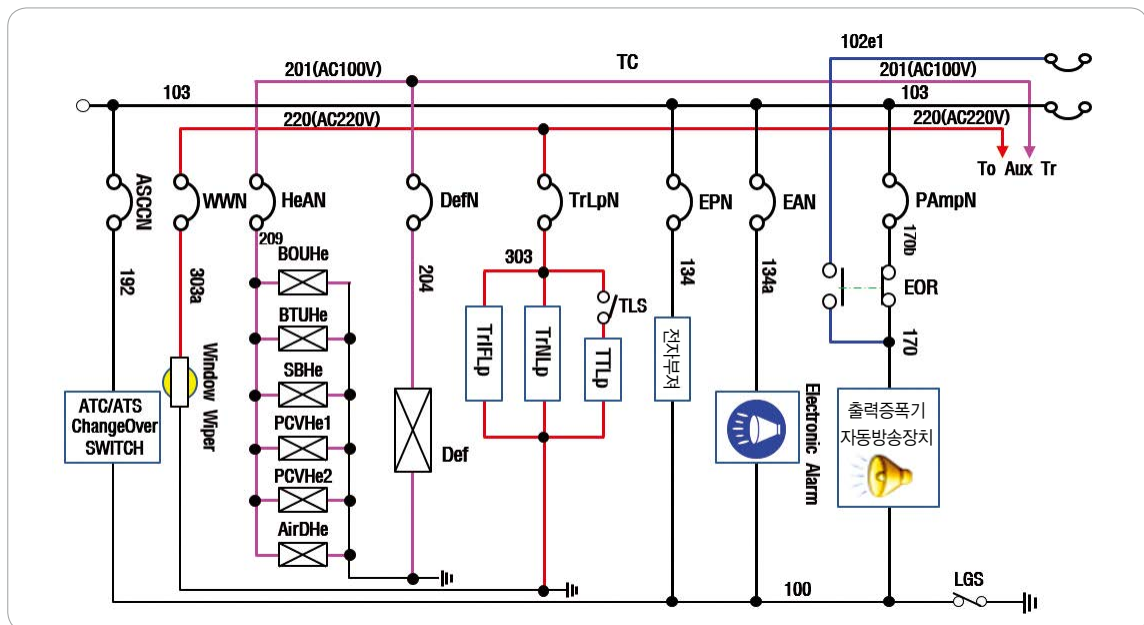
[그림 5-36] 열차무선 장치 전원공급 회로

(2) 비상상황 시 열차무선, 객실조명, 객실방송 취급

야간 운행 시 또는 지하구간 운행 시, 장시간 전차선 단전이나 차량고장 등으로 전동차 구동불능 상황이 발생하면 축전지 전압의 방전을 차단하기 위해 팬티그래프를 하강하고 제동핸들을 취거 하게 되며, 즉시 103선은 차단되어 전동차의 모든 기기를 사용할 수 없게 된다. 이러한 상황에서 승객을 안전하게 유도하고 안내하기 위해 비상회로를 구성한 것이 바로 EOCN(ON) 취급이다. 최소한의 축전지 전원으로 열차 무전기와 방공등, 차내 방송장치를 사용할 수 있게 하였다.

- ### 5.6.3 열차 표시등(TrLp)

열차의 정면 및 측면에 행선표시기로 종착역을 표시하여 승객이 혼동하지 않고 이용할 수 있도록 알려 준다. 사용 전원은 AC220V이다.



5.6.3.2 열차번호 표시 장치(TrNLp)

• 5-45

5.6.3.3 열차 시간표등(TTLp)

운전실에는 열차 시간표를 비치하는데, 지하구간이나 야간운전 시 전방의 시야를 확보하려고 주로 운전실등을 소등하기 때문에 정시운전을 확인하기 위해서는 시간표등이 필요하다. 그러므로 열차 시간표 스위치(TLS)를 ON 취급하여 정시운전 시간을 확인할 수 있도록 하였다. 사용 전원은 AC220V이다.

5.6.4 기타 운전실 장치

5.6.4.1 전자기적(Melody Horn)

전자기적은 기존에 사용하였던 공기기적의 보조장치로 설치하였다. 직류 전원인 DC100V를 사용하며, 전자기적이 계속 오(誤)동작할 때는 배전반 내의 EAN을 차단하여 준다.

5.6.4.2 제상장치(Def)

운행 중 기온 급강하로 전면 유리창에 서리가 생기거나 폭우 등으로 습기가 차면 시야 확보가 어려우므로, 성애 및 습기를 제거할 수 있도록 AC100V 전원으로 제상장치를 동작한다.

5.6.4.3 창닦이 장치(Window Wiper)

운행 중 비 또는 눈이 내리면 전방의 시야 확보가 어려우므로, AC220V 전원으로 창 닦이 장치를 동작한다.

☑ 핵심정리



1. 저압보조 장치

(1) 보조 변압기(AT)의 역할

- SIV 전원인 AC440V를 AT에서 AC220V와 AC100V로 강압한다.
- 차량 1량당 AT 1대씩 설치됨.
 - AC220V : ()
 - AC100V : AC 전조등, 냉난방 제어, Heater 장치 등

(2) 저압보조 장치 종류

- 충전 장치, (), 점등 장치, (), 기타 장치 등

2. 충전 장치

(1) 축전지(Battery) 충전 장치의 과정은

- SIV전원인 AC440V를 AC100V로 낮추고, 전파 정류하여 103선에 공급

(2) 1개 Unit 이상의 BCN 차단 시 현상

- 운행 중 축전지 전압이 서서히 떨어지면 배전반 내 BCN 차단 여부 확인

3. 출입문 장치

(1) 전체 출입문 열림 불능 시 확인 개소

- 전부 운전실 () 차단 시

(2) 1량의 출입문의 열림 불능 시 확인 개소

- 전부 운전실 DMVN1,2 차단 시
- 1량 출입문 대표 콕 1개 이상 차단 시

(3) 전체 출입문이 닫히지 않을 때의 원인

- () 및 () 고착 시

(4) 1량 출입문이 닫히지 않을 때의 확인 개소

- 1량 출입문 대표 콕 1개 이상 차단 시

(5) 1개의 출입문이 닫히지 않을 때 조치 사항

- 출입문에 이물질 여부 확인
- 폐쇄막 설치, 안전 로프 설치, 감시자 승차
- 관제의 비(非)연동 지시에 따라 DIRS ON 취급
- 차량 교환역까지 주의 운전

(6) 전·후부 운전실의 DILPN 차단 시 현상

- 전부 DILPN 차단 시 : 출입문등 소등, 동력운전 가능
- 후부 DILPN 차단 시 : 출입문등 소등, 동력운전 불능

(7) 출입문 반감 취급 시 전체 출입문을 닫고 취급하는 이유

- 출입문이 열렸을 때는 DRO DS가 출입문 ()를 구성하고 있음.

☑ 핵심정리



(8) 출입문 스위치(DS) 3개의 명칭

- () : 출입문이 7.5mm 이상 닫혔을 때 회로 구성
- () : 출입문이 12.5mm 이상 열렸을 때 회로 구성
- () : 출입문이 12.5mm 이상 열렸을 때 회로 구성

(9) LSBS의 설치 목적

- ATC 장치 고장 등으로 () 여차 할 수 없을 때, 전체 출입문을 열기 위함.
- LSBS ON 취급 후 출입문 취급할 때는 열차출발 전 반드시 OFF 취급함.

(10) TC차 DLPN 차단 시 현상

- 해당 TC차 차측등 점등 불능
- TGIS 모니터에 해당 TC차 () 출입문 닫힘으로 표시(실제는 열림)
- 해당 TC차에서 출입문 반감 취급 불능

4. 점등 장치

(1) 전부 조명등(HLP) 2개의 전원 공급 구성

- DC100V 전원(우측 등), AC100V 전원(좌측 등)

(2) 후부 () 차단 시 현상

- MCB ON등 점등 불능
- MCB OFF등 점등 불능
- POWER등 점등 불능

(3) 고장 대표등인 Fault등과 Asilp등이 점등되는 고장

- SIVFR 여자 시, EOOCR 여자 시,
- CIFR 여자 시, L1FR 여자 시
- ACOCR 여자 시, ArrOCR 여자 시, MTAR 여자 시

(4) 객실 비상등의 구성 : 각 차량당 DC100V 등 ()

(5) VCOS를 취급해야 하는 경우

- CIFR 여자 후 복귀 불능 시
- BMFR 여자 후 복귀 불능 시
- MTAR 여자 후 복귀 불능 시

5. 열차 종합 정보 장치(TGIS)

(1) TGIS 모니터 화면 장치의 전원 공급 ()

- MON(DC100V), MOAN(AC220V)

(2) TGIS 모니터 장치의 전송 속도는

- 전송 속도 : ()

☑ 핵심정리



(3) TGIS 모니터 “압력” 선택 시 표시되는 공기압력의 종류

- 각 차량 () 공기압력
- 각 차량 AS(Air Spring) 공기압력

(4) TGIS 모니터 고장 기록 기능의 2가지는

- 고장 검지 기록
- 고장 추적 Data 기록

6. 기타 저압 장치

(1) 열차 무선 장치의 REMOTE 스위치 역할

- 열차 무선 장치 고장 시에 취급하면 후부 차 무전기로 연결되어 통화

(2) EOCN ON 취급 시 사용 가능 기기 및 사용 전원

- 열차 무전기 사용 가능
- 각 차량 객실 방공등 () 점등
- 차내 방송 장치

※ EOCN 취급 시 축전지 전원인 102선의 DC100V 사용

🔍 참고 문헌

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

6장

제동 장치



6.1 개요

6.2 HRDA 제동 장치의 개관

6.3 HRDA 제동 장치의 기능과 작용

6.4 HRDA 제동 장치의 작용

6.5 구원운전



6장

제동 장치

6.1 개요

학습목표

- ✓ 철도차량의 제동 장치가 갖추어야 할 조건과 제동 장치의 종류 및 제동 작용을 이해한다.
- ✓ 공기 제동 장치의 작동 원리와 제동 작용 및 기초제동 장치와 제동배율의 개념을 익힌다.
- ✓ HRDA 제동 장치의 특징과 제동 작용시스템에 따른 제동의 제어와 작용을 이해한다.
- ✓ HRDA 제동 장치를 구성하고 있는 각 장치의 기능과 작용을 익힌다.
- ✓ HRDA 제동 장치의 공기 제동과 전기제동의 종합적인 제어 및 제동 작용을 이해하고, 운전실무 및 이례 상황 발생 시의 조치에 적용할 수 있도록 한다.

[핵심 용어]

- 공기 제동, 전기(회생)제동, 높이조정밸브, 제동작용장치, 일괄교차제어, 비상제동Loop회로, 구원운전

철도 교통의 수송 목적은 철도차량에 승객과 화물을 싣고 궤도 위를 주행하여 목적지까지 안전하게 도달하는 것이다. 철도차량의 주행에는 주행속도를 줄이며 조절하고 정지시킬 수 있는 장치가 필요하다. 이를 제동 장치라 한다.

철도차량의 제동 장치는 열차 또는 차량에 제동력을 작용하여 주행을 멈추거나 주행속도를 억제하고 줄이며 정차한 상태에서 움직이지 않도록 하는 기능을 갖추어야 한다.

이같이 정지, 속도의 억제와 감속, 이동 방지 기능을 모두 갖춘 설비를 제동 장치라 한다. 본 절에서는 철도차량의 제동 장치가 갖추어야 할 조건과 제동 장치의 종류, 그리고 기본적인 제동 작용의 원리를 살펴보기로 한다.

6.1.1 용어 및 약어

용어의 내용과 약어의 명칭은 다음과 같다.

6.1.1.1 용어

용어의 내용은 [표 6-1]과 같다.

[표 6-1] 기본 용어와 내용

용어	내용
견인력	차량을 끌고 가속하기 위한 힘
공전(slip)	견인력이 차륜과 레일 사이의 점착력보다 클 때 차륜이 레일에서 헛도는 현상
공주거리	제동을 체결하였을 때 제동 장치가 작동하여 제동력이 유효하게 작용하기까지의 시간 동안에 주행한 거리
관통제동	열차로 편성된 모든 차량에 제동력이 같이 작용하고, 열차 분리 등이 발생 시에도 열차를 자동으로 정차시킬 수 있는 장치로 열차의 필수 구비 조건이다.
기관사안전장치 (DSD:Driver safety Device)	기관사가 졸음이나 심신장애 등으로 장치를 일정 압력으로 누르지 않으면 경보를 하고, 그래도 복귀하지 않으면 자동으로 비상제동을 체결하여 열차를 정차시키는 운전보안장치이다.
기초제동 장치	제동통 피스톤에서 나오는 제동 원력을 제륜자에 전달하는 기계적 장치로 지렛대의 원리를 이용하여 제동 압력을 높여준다.
삼동변	자동공기 제동 장치에서 제동관의 압력을 감압하면 보조 공기통의 압축공기를 제동통에 보내 제동을 체결하고, 제동관에 압축공기를 공급하면 보조 공기통에 공기를 공급하면서 제동통에 들어간 압축공기를 대기로 배기시켜 제동을 푼다. 그리고 제동관 압력과 보조 공기통 압력이 같은 경우 그 상태를 유지하는 3가지 작용(제동, 완해, 유지)을 하는 밸브이다.
비상제동루프 (Loop)회로	열차의 맨 앞 차량에서 맨 뒤 차량까지 전기 순환 회로를 구성하고 순환 회로의 귀로 쪽에 비상 제동전자밸브를 설치하여 상시 여자 되도록 하였다. 이 루프 회로 상에 보호 및 안전장치의 연동을 넣어 장치의 안전 조건을 만족시키지 못하면 회로를 개방하여 비상제동전자밸브를 무여자 시켜 비상제동이 체결되도록 하는 안전 회로이다. 열차 분리 등의 조건에서 회로가 끊어져도 자동으로 비상제동이 체결되는 등 관통제동의 요건을 구비하였다.
운전보안장치	열차 및 차량의 안전을 확보하기 위한 장치로서 폐색장치, 신호장치, 연동장치, 선로전환장치, 경보장치, 자동열차정지장치, 자동열차제어장치, 자동열차운전장치, 열차종합제어장치 등을 말한다.

용어	내용
응하중 제어	승객의 많고 적음에 관계없이 일정 수준의 하중(보편적으로 20t)까지는 가속도와 감속도를 일정하게 유지하기 위해 승객의 하중을 차량의 앞, 뒤 대차의 공기스프링 압력으로 감지하여 공기압력을 전기 신호로 바꾸어 평균을 내서 그 신호에 의해 견인력과 제동력의 크기를 조절하는 것이다. 승객 하중의 변화는 높이조정밸브에서 감지한다.
저크(jerk) 제어	저크는 시간 변화에 따른 가·감속도의 변화율을 말한다. 저크 제어는 제동 시 감속도가 급격하게 변화하지 않도록 감속도의 변화율을 제한하여 제동을 체결할 때 발생하는 충격을 억제한다.
점착력	차륜과 레일 사이의 마찰력
제동배율	제동통 피스톤에서 나오는 제동 원력과 제륜자에 나타나는 제동 압력(제륜자 압력)과의 비(比)
제동밸브 (brake valve)	공기 제어식 제동 장치의 운전실에 설치되어 있으며, 제동 장치의 압축공기를 가감하여 제동력을 제어하는 장치
제동핸들 (brake controller handle)	전기제어식 제동 장치의 운전실에 있는 제동제어기를 제어하는 핸들이다. 제동제어기 내부의 각종 전기접점을 여닫아서 제동 작용을 하고, 제어회로를 구성하거나 차단한다.
제륜자 (brake pad)	차량에 제동을 체결하면 회전하는 차륜 또는 디스크에 밀착하여 마찰력으로 차륜을 정지시키거나 차륜의 속도를 줄여 주는 부품이다. 답면제동이나 디스크제동 등의 마찰 제동에 사용하고 있다.
초크(choke)	압축공기가 제어공기실로 들어올 때 한꺼번에 많은 공기가 밀려올 경우 압축공기의 압력을 순간적으로 이기면 장치의 작용이 일시적으로 멈출 수 있어 압축공기의 압력이 서서히 증가하도록 공기 통로를 좁게 한 것이다.
활주(skid)	제동력이 차륜과 레일 사이의 점착력 보다 클 때 차륜이 레일 위를 미끄러지는 현상

6.1.1.2 약어

약어와 그 명칭은 [표 6-2]와 같다.

[표 6-2] 약어와 명칭

약어	명칭	비고
ADV	자동 배수밸브	Automatic Drain Valve
AEmR	ATS 비상제동계전기	ATS Emergence Brake Relay
AEmRR	ATS 비상제동 보조계전기	ATS Emergence Brake Auxiliary Relay
AESR	속도 초과계전기	ATS Excess Speed Relay
ATC	열차 자동제어장치	Automatic Train Control

약어	명칭	비고
ATCCOS	“ATC”차단스위치	“ATC” Cut-Out Switch
ATCEBR	“ATC”비상제동계전기	“ATC” Emergency Brake Relay
ATCSBR	“ATC”상용제동계전기	ATC Service Brake Relay
ATSN 1~3	ATS 회로차단기 1~3	NFB For ATS
AV	제동 전자밸브	Application Magnet Valve
B4R	제동 4단 계전기	Relay for Brake 4 Step
BA	제동력 보증계전기	Brake Assurance Relay
BEEAR	제동 비상연장 보조계전기	Aux. Relay for Brake Emer. Extension
BEEN	제동 비상연장계전기 회로차단기	NFB for “BEER”
BEER 1~5	제동 비상연장계전기 1~5	Brake Emergency Extension Relay 1~5
BEETR	제동 비상연장계전기 시한계전기	Time Relay for “BEER”
BER	비상제동계전기	Brake Emergency Relay
BPS	제동관 압력스위치	Brake Pressure Switch
BR	제동계전기	Brake Relay
BTUAR	제동중계 장치 보조계전기	Brake Translating Unit Aux. Relay
BTUN	제동중계 장치 회로차단기	NFB for Brake Translating Unit
BTUR	제동중계 장치 계전기	Brake Translating Unit Relay
BVN 1, 2	제동제어회로차단기 1, 2	NFB for Brake Control
CDR	제동전류 감지계전기(제동)	Brake Current Detector Relay
CMCN	공기압축기 제어회로차단기	NFB For CM Control
CMG	공기압축기 조압기(압력스위치)	Compressor Motor Governor
CMGN	공기압축기 조압기 회로차단기	NFB For CM-G
CMK	공기압축기 접촉기	Compressor Motor Contactor
CMKN	공기압축기 접촉기 회로차단기	NFB For CM-K
CML	공기압축기 리액터	CM Reactor
CpRS	강제완해스위치	Compulsory Release Switch
CR	전류계전기(전기제동)	Current Relay for Motor Circuit

약어	명칭	비고
CRV	강제완해전자밸브	Compulsory Release Magnet Valve
DIR	출입문 연동계전기	Door Interlock Relay
DIRS	출입문 비연동스위치	Door Interlock Relay Switch
DSD	기관사안전장치	Driver Safety Device
EBCOS	비상제동 차단스위치	Emergency Brake Cut-Out Switch
MC	주간제어기	Master Controller
DSSR	절연구간 검지계전기	Dead Section Indication Relay
EBAR	비상제동 보조계전기	Aux-Relay for Emergency Brake
EBRSR	비상제동 복귀계전기	Emergency Brake Reset Relay
EBS 1, 2	비상제동스위치 1, 2	Emergency Brake Switch
EBV	비상제동전자밸브	Emergency Brake Magnet Valve
ELBR	전기(회생)제동계전기	Electric Brake Relay
ELBCOS	전기(회생)제동 차단 스위치	Electric Brake Cut-Out Switch
EOD	제동 제어장치	Electronic Operation Device
EODN	EOD 회로차단기	NFB for "EOD"
PEC	공전전환기	Pneumatic Electric Converter
PECN	공전전환기 회로차단기	NFB for "PEC"
PBPS	주차제동 압력스위치	Parking Brake Pressure Switch
PCV	압력제어밸브(활주방지장치)	Pressure Control Valve
PRV	압력조정밸브	Pressure Regulation Valve
RELV	완해전자밸브	Release Magnetic Valve
RSOS	구원운전스위치	Rescue Operating Switch
ScBN	보안제동 회로 차단기	NFB for "Security Brake"
ScBV	보안제동 밸브	Security Brake Valve
ZVR	정지속도 계전기	Zero Velocity Relay

6.1.2 제동 장치 일반

철도차량은 일반적으로 철로 된 레일 위를 철의 차륜(바퀴)이 접촉하면서 철과 철의 마찰을 이용하여 주행하거나 제동력을 발휘하기 때문에 레일과 차륜 사이에서 발생하는 마찰력 즉, 점착력이 일반도로 교통에 비해 약하다. 가속력이나 제동력이 점착력의 한계를 초과하면 가속 시에는 차륜이 헛도는 공전(slip)이 발생되고, 제동 시에는 차륜이 레일 위를 미끄러지는 활주(skid)가 생긴다. 철도차량은 이처럼 점착력의 한계와 무거운 중량 때문에 가속력과 감속력을 크게 할 수 없어, 제동을 체결하면 정지하거나 속도가 줄어들 때까지 주행하는 거리가 길어진다.

6.1.2.1 철도차량 제동 장치의 구비 조건

철도차량의 제동 장치가 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

1) 신뢰성과 안전성을 갖추어야 한다.

주행하는 철도차량은 어떠한 조건에서도 정확하고 확실하게 제동이 작용되어야 하며, 장치의 일부가 고장이 나더라도 다른 장치를 이용하여 안전하게 제동 작용을 할 수 있어야 한다. 그리고 열차 분리나 운전보안장치 등이 작동하는 이례 사항이 발생하면 신속하고 정확한 제동 작용으로 철도차량을 정차시켜야 한다.

2) 빠르고 확실한 제동성능을 확보하여야 한다.

무거운 중량을 가지고 높은 속도로 주행하는 철도차량은 그만큼 빠르고 확실하게 작용하는 제동성능을 필요로 한다.

3) 제어의 편의성과 적절한 감속력을 갖추어야 한다.

제동력의 제어가 쉬워야 하고, 제동력은 모든 차량에 균일하게 작용하여야 하며, 제동 시 제동에 의한 충격 등이 발생하지 않도록 적절한 감속력을 항상 유지하여야 한다.

6.1.2.2 철도차량 제동 장치의 종류

철도차량의 제동 장치는 차량을 운용하는 목적이나 구조 등에 따라 여러 종류의 제동 장치가 있으나 [표 6-3]과 같이 제동체결방식에 따라 차륜 또는 차축 등에 직접 접촉하여 제동력을 발휘하는 접촉식 제동 장치와 전기의 전자력 등을 이용한 비접촉식(전기식) 제동 장치로 구분할 수 있다. 그리고 제동의 제어방식에 의해 공기식, 전자공기식, 전기식으로 나눌 수 있으며, 제동의 작용시스템에 따

라 상용제동, 비상제동, 보안제동, 주차제동, 정차제동 등으로 나눌 수 있다.

[표 6-3] 제동 장치의 종류

구분		종류	
제동체결방식	접촉식	수용제동	
		증기제동	
		진공제동	
		유압제동	
		공기 제동	
	비접촉식(전기식)	발전제동	
		회생제동	
		와전류 ¹⁾ 제동	
제동제어방식	공기식	직통공기 제동	
		자동공기 제동	
	전자공기식	전자 직통공기 제동	
		전자 자동공기 제동	
	전기식	디지털 방식	
		아날로그 방식	
제동 작용시스템	상용제동		
	비상제동		
	보안제동		
	주차제동		
	정차제동		

(1) 제동체결방식에 따른 분류

1) 접촉식 제동 장치

접촉식 제동 장치는 기계적인 에너지를 이용하여 차륜 또는 차축 등에 제륜자(brake pad)를 직접 접촉하여 마찰력으로 제동력을 발휘하는 방식이다.

1) 자석의 성질을 가진 자성체와 도체의 상호작용으로 도체 내부에 생기는 유기 기전력에 의해 도체 내부에서 소용돌이 모양으로 흐르는 전류

① 수용제동

레버나 지렛대 등을 이용하여 체인이나 스프링의 탄성 등으로 제동력을 얻는 방법으로 오래전부터 사용하고 있으나 제동력이 약한 단점을 가지고 있다. 따라서 속도가 낮을 때나 정차 중에 있는 차량의 움직임을 방지하기 위해 주로 사용한다.

② 증기제동

증기제동이란 증기의 압력을 이용하여 제동 작용을 하는 제동 장치로, 공기 제동이 개발되기 전 초기의 증기기관차에 사용하였다. 증기가 식으면 물로 변하는 등 증기압력의 제어가 어려워 현재는 거의 사용하지 않고 있다.

③ 진공제동

대기압과 진공의 압력 차를 이용하여 제동 작용을 하는 것이다. 제동을 작용시키면 진공상태인 제동통에 대기가 들어가 제동 작용을 한다. 진공과 대기압과의 압력 차(1.033kgf/cm^2)가 작아서 제동력이 약한 단점이 있다.

④ 유압제동

기름의 압력에 의해 제동력을 발휘하는 제동으로, 제동력의 전달과 제동력의 가감을 기름의 압력으로 조절한다. 밀폐된 관 속에 가득 차 있는 유체의 한 부분의 압력을 변화시키면 그 압력의 변화가 다른 쪽으로 전달되어 그 압력을 이용하여 제동을 체결하는 방식이다.

⑤ 공기 제동

압축공기의 압력을 이용하여 제동 작용을 하는 것으로, 제동력을 손쉽게 얻을 수 있고 이용이 편리하여 철도차량의 제동 장치로 주로 사용하고 있다.

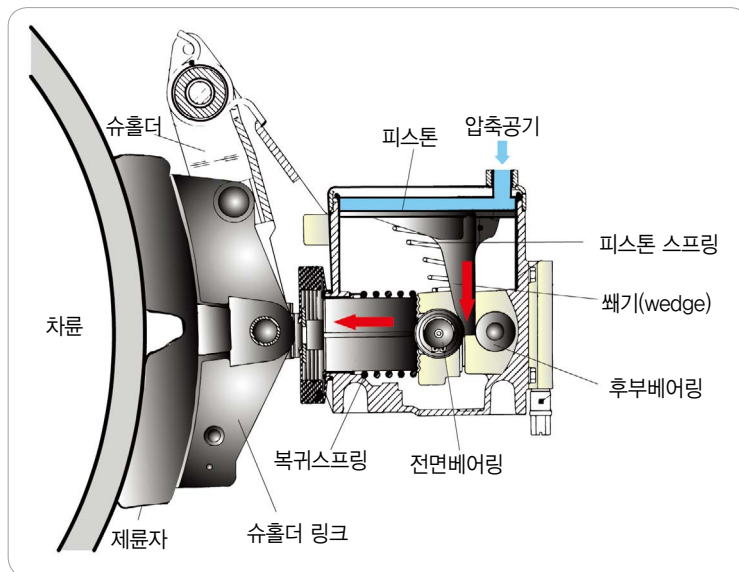
접촉식 제동 장치에서 제동력을 발휘하는 방법에는 답면²⁾제동과 디스크제동 등이 있다.

• 답면제동

답면제동은 차륜의 답면에 제륜자를 직접 밀착시켜 차륜과 제륜자 사이의 마찰력을 이용하여 제동력이 작용하도록 한다. 답면제동은 구조가 간단하고 설치가 쉬워 전기동차에는 건

2) 차륜의 한 부분으로 레일과 접촉하여 점착력을 발휘하는 면

인(유도)전동기가 있는 동력을 발휘하는 구동차(M, M차)에 장착되어 있다. [그림 6-1]에서 피스톤에 압축공기가 작용하면 피스톤과 하부의 썰기는 수직으로 밀린다. 수직으로 밀린 피스톤 하부의 썰기는 전면 베어링과 함께 제륜자를 수평으로 민다. 제륜자에 작용하는 압력은 피스톤이 하부로 밀리는 정도에 따라 썰기의 각도가 달라지므로 썰기의 각도에 비례하여 제륜자에 작용하는 제동압력이 증폭되어 나타난다.

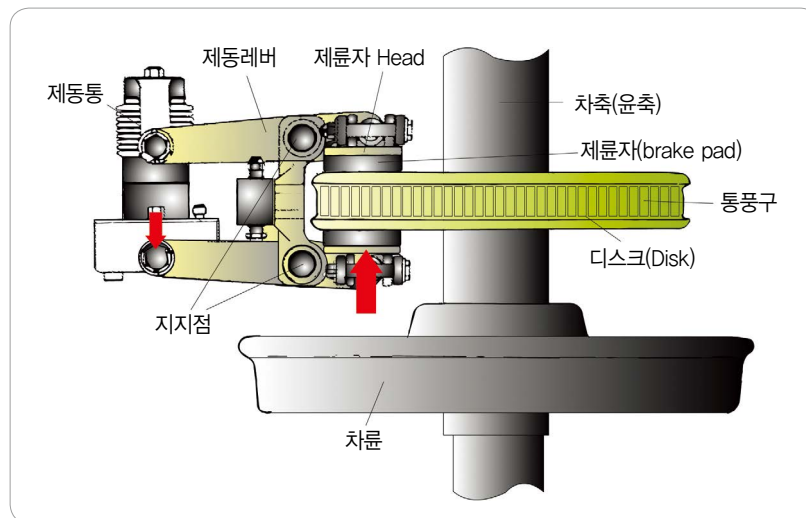


[그림 6-1] 답면 제동 장치

• 디스크제동

디스크제동은 차축에 별도로 디스크를 설치하고 설치된 디스크에 제륜자(brake pad)를 밀착시켜서 그 마찰력으로 제동이 작용하도록 한다. 디스크에는 열을 방출시키는 통풍구의 설치로 공기와의 접촉을 많게 하여 제동 시에 발생하는 열을 식힌다. 전기동차에는 부수차(TC, T1, T차)에 장착되어 있다.

[그림 6-2]에서 제동통에 압축공기가 들어가면 피스톤이 작은 화살표 방향으로 밀리고, 그 힘은 지지점을 거쳐 제륜자 Head와 제륜자를 큰 화살표 방향으로 민다. 이때 제륜자에 가해지는 압력은 지레의 원리에 의해 제동통과 지지점의 거리와 지지점에서 제륜자까지 거리의 비율만큼 증폭되어 나타난다.



[그림 6-2] 디스크 제동 장치

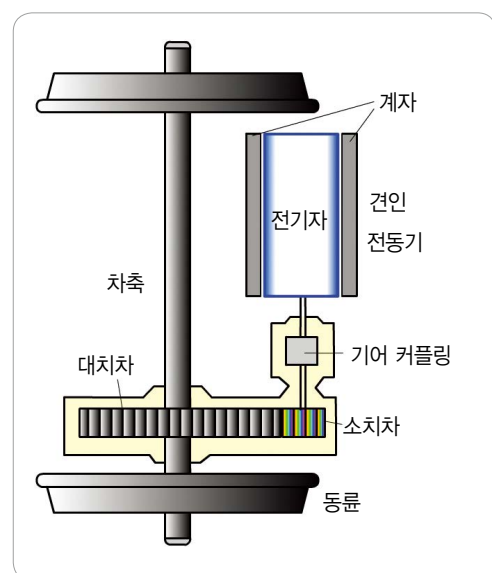
2) 비접촉식(전기식) 제동 장치

전기적인 제동 장치는 전자력을 이용하거나 전동기계자³⁾의 자계⁴⁾ 내를 전동기의 전기자⁵⁾가 회전할 때 걸리는 전기적인 역(逆)회전력을 이용하여 제동 작용을 하는 것을 말한다.

전기동차에서는 발전제동과 전력회생제동을 채용하고 있고, 차량의 속도를 감속하거나 속도를 억제하는 용도로 사용하고 있다.

철도차량의 견인전동기의 전기자는 소치차를 거쳐 차축의 대치차와 맞물려 있다. 동력 운전 시에는 외부에서 공급된 전력에 의해 전동기의 전기자가 회전하여 그 회전력을 동력전달장치를 거쳐 차축에 전달하면 그 회전력에 의해 동륜이 회전하여 레일 위를 주행한다.

[그림 6-3]에서 전기자 → 기어 커플링 → 소치차 → 대치차 → 차축 → 동륜의 순서로 회전력이 전달된다. 그러나 무동력 운전 시에는 관성에 의해 회전하는 차축의 회전력이 반대로 대치차 → 소치차 → 기어 커



[그림 6-3] 동력전달장치 개요

3) 강한 자계를 만드는 전자석

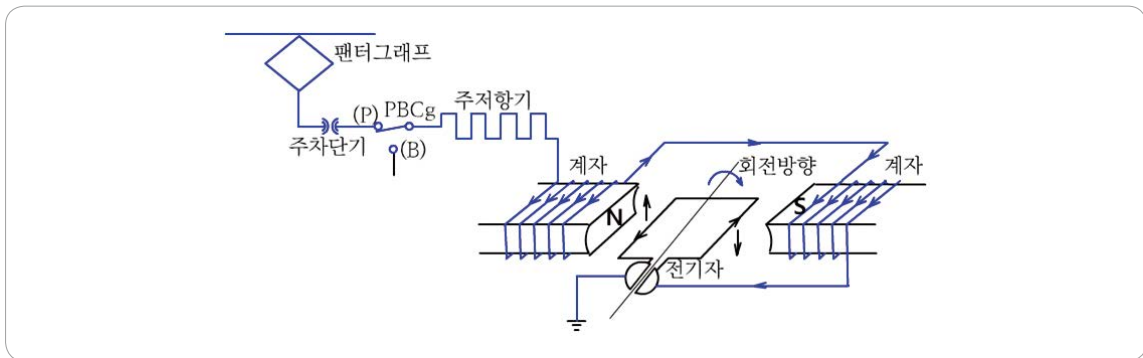
4) 자석의 자력이 작용하는 공간

5) 발전기에서는 외부 회전력에 의해 회전하여 전력을 발생하고, 전동기에서는 외부에서 공급되는 전력에 의해 회전하여 회전력을 발휘하는 기기

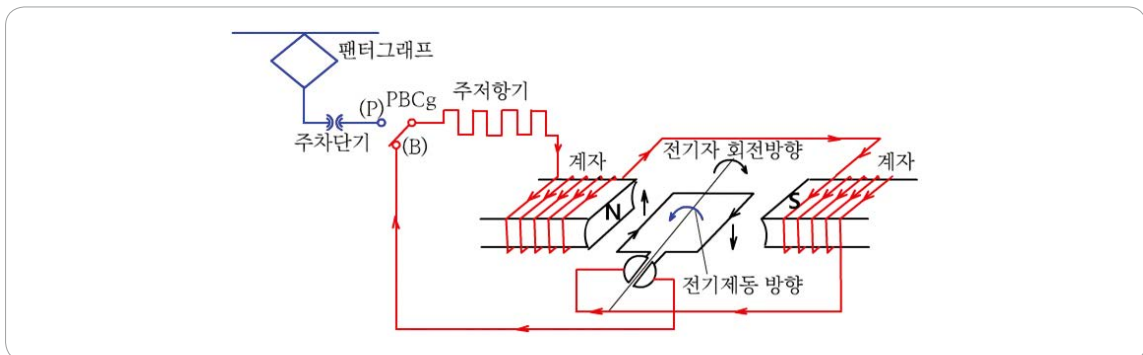
플링 → 전기자의 순서로 회전력을 전달하여 전기자를 회전시킨다. 이때 전기자가 회전하면서 전동 기계자 내의 자기력선을 끊을 때 발생하는 역(逆)회전력을 제동력으로 이용하는 시스템이 전기제동 시스템이다.

[그림 6-4]와 [그림 6-5]는 직류 직권전동기에서 전류의 흐름을 나타내었다.

동력 운전 시에는 [그림 6-4]와 같이 팬터그래프 → 주차단기 → PBCg(P) → 주저항기 → 계자 → 전기자의 회전의 순서로 작동한 견인전동기(traction motor)가 무동력 운전 중이라도 계자 철심에는 잔류자기(residual magnetism)가 남아 있어 처음에는 미세한 자속⁶⁾이 존재한다.



[그림 6-4] 동력 운전 시 전류 흐름



[그림 6-5] 전기제동 시 전류 흐름

따라서 남아있던 미세한 자속을 전기자가 회전하면서 끊으면 적은 발전을 하게 되지만, 발전된 전류가 계자 코일로 흐를 수 있는 회로가 구성되지 않았을 때는 아무런 영향이 없다.

6) 자기장 속의 어떤 표면을 통과하는 자기력선의 물리적인 양

그러나 [그림 6-5]와 같이 PBCg를 (B)위치로 하여 팬티그래프와 견인전동기 회로를 분리하여 발전된 전류를 계자 코일에 흐르도록 회로를 구성하면, 계자의 자속이 증대되며 발전전압과 전류도 높아져 견인전동기는 발전기로 작용한다. 이때 전기자가 계자에서 발생하는 자기력선을 끊을 때 생기는 힘이 차륜의 회전에 대하여 역(逆)회전력인 제동력(파란색 화살표)으로 작용하는 것이다.

한편, 전기제동은 전동기 전기자의 역회전력을 이용하는 제동시스템 외에 와전류를 이용한 와전류 제동시스템 등이 있다.

① 발전제동(dynamic brake)

발전제동은 전기제동 시 발전된 전력을 저항기로 보내 열에너지로 변화시켜 방출시킨다.

② 전력회생제동(regeneration brake)

전력회생제동은 전기제동에 의해 발전된 전력을 전차선의 전압보다 높이 올려 전원 측(변전소)이나 다른 전기차에 보내 사용할 수 있도록 하는 방식으로, 에너지를 회생하여 전력 소비량을 절감할 수 있는 이점이 있다. 그러나 차량에 전력변환 설비, 주파수 변환장치 등이 별도로 필요하여 설비가 복잡하다. 현재 전기동차나 고속 철도차량 등에 전력 회생제동이 가능한 시스템을 채용하고 있다. 발전제동과 전력회생제동은 정차 무렵에 차축의 회전속도가 떨어지면 전기제동이 무효되므로, 차량을 정지시키기 위해서는 공기 제동과 같은 별도의 제동 장치와 병용해야 한다. 현재는 기존보다 더 낮은 속도까지 전기제동을 사용할 수 있는 영속도(zero speed) 전기제동도 개발되었다.

발전제동과 전력회생제동은 전기자가 자기력선을 끊을 때 생기는 역회전력을 이용하므로 접촉식 제동 장치에서 나타나는 부품의 마모나 마찰 면에서 발생하는 열에 의한 피해 등을 막을 수 있는 장점이 있다. 반면에 열차의 속도가 고속에서는 과전압이 발생할 수 있고, 제동 회로에 고장이 발생할 경우에는 제동력을 발휘할 수 없다는 단점이 있다.

③ 와전류 제동

와전류 제동은 디스크방식과 레일방식이 있다. 디스크방식은 차축에 디스크와 전자석을 설치하고, 제동 시 전자석으로 디스크에 와전류를 발생시켜 와전류에 의한 전자력으로 디스크의 회전을 저지하여 제동을 체결하는 방식이다.

레일방식은 차량에 전자석을 설치하고 레일에 직접 작용하여 제동 시 차량의 전자석과 레일 사이에서 전자유도에 의해 발생한 와전류가 차량의 전자석과의 반작용에 의해 제동력을 발휘하

는 시스템이다. 레일방식의 와전류제동은 차륜과 레일 사이의 점착력을 이용하지 않기 때문에 높은 감속력을 발휘할 수 있다.

(2) 제동제어방식에 의한 분류

1) 공기제어식

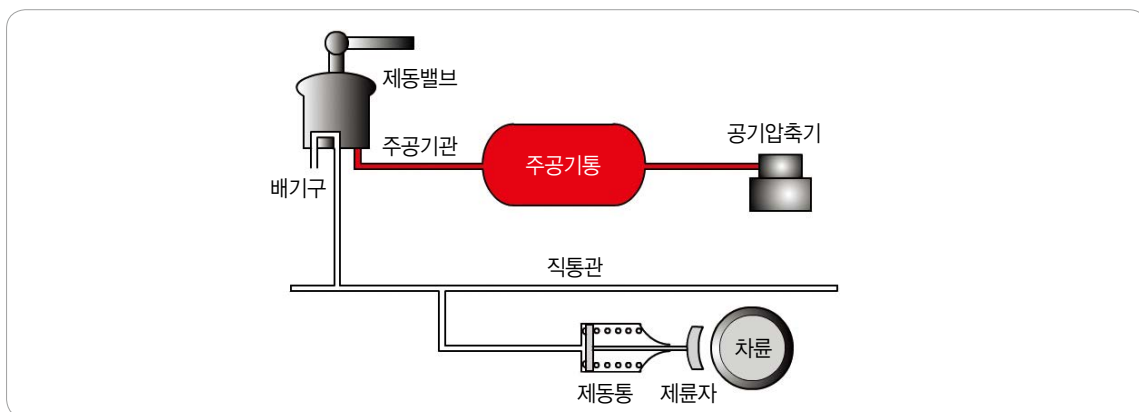
공기제어식은 제동밸브 등의 조작 기구로 공기압력을 변화시켜 제동력의 크기를 제어하는 방식으로 직통공기 제동 방식과 자동공기 제동 방식으로 나눈다.

① 직통공기 제동 장치

직통공기 제동의 제동 작용은 제동을 제어하는 제동밸브(brake valve)에 주공기관과 직통관을 연결하고, 제동밸브의 조작에 따라 주공기관의 압축공기를 직통관을 거쳐 제동통에 직접 보내서 제동 작용을 한다. 제동의 완해는 직통관과 제동통의 압축공기를 제동밸브를 통해 대기로 배출시키면 된다.

• 완해 작용

[그림 6-6]에서 공기압축기에서 압축된 압축공기가 주공기통에 저장되고, 주공기관을 통해 제동밸브에 연결되어 있다. 직통관과 제동통은 제동밸브의 배기구통하여 대기와 통해 있다. 따라서 차량에 체결되었던 제동은 완해가 된다. 이를 완해 작용이라 하고, 평상 운전 시 제동밸브를 놓는 위치이다.

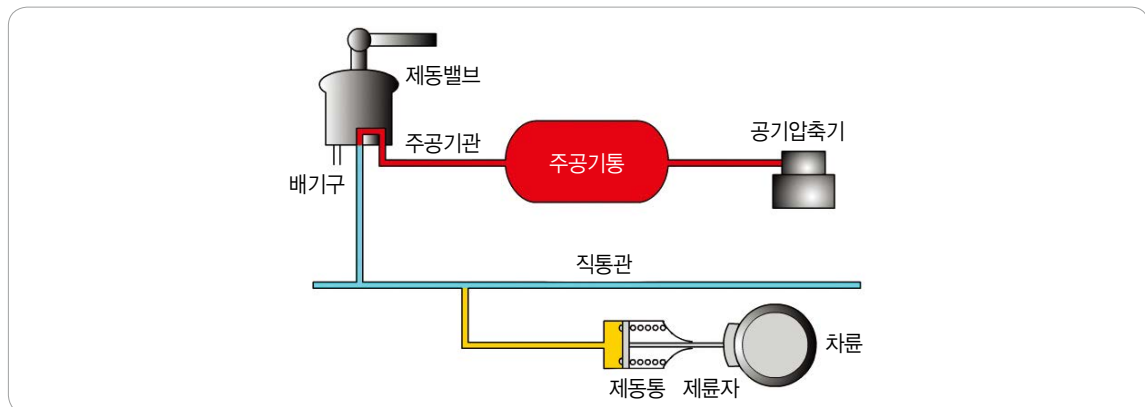


[그림 6-6] 직통공기 제동완해 작용

• 제동 작용

[그림 6-7]은 직통공기 제동의 제동 작용을 설명한 것이다. 제동밸브를 제동위치로 옮기면

주공기관의 압축공기가 제동밸브를 거쳐 직통관에 공급되고, 직통관의 압축공기는 제동통으로 들어가 제동통피스톤을 밀어 제륜자의 압력으로 차륜을 눌러서 제륜자와 차륜 사이의 마찰력을 이용하여 제동 작용을 한다.



[그림 6-7] 직통공기 제동 제동 작용

직통공기 제동은 장치가 간단하면서도, 제동밸브의 간단한 조작으로 직통관과 제동통의 압축공기를 자유롭게 넣고 배기시킬 수 있어 다양하게 제동력을 제어할 수 있다. 그러나 열차가 분리되거나 직통관의 끊어짐 또는 파손의 경우에는 제동을 체결할 수 없는 큰 단점이 있어 이를 보완한 것이 자동공기 제동 장치이다.

또한 열차의 편성이 길면 압축공기의 이동시간 때문에 직통관 압력변화의 전달 시간이 길어져 편성의 앞 차량과 뒤 차량 간 제동력의 불균형이 초래될 수 있다. 이를 보완하기 위해 개발된 것이 전자 직통공기 제동이다.

직통공기 제동의 장점은 다음과 같다.

- ㉠ 구조가 간단하여 제작비가 저렴하다.
- ㉡ 제동밸브의 조작으로 제동력의 조절이 쉽고 다양하다.

단점으로는

- ㉠ 열차의 편성이 길면 차량 간에 제동력의 불균형이 생긴다.
- ㉡ 열차가 분리 시 또는 직통관이 끊어지거나 파손되는 경우에는 제동 작용이 불가능하고, 제동밸브 외에는 제동을 조작할 수 없다.

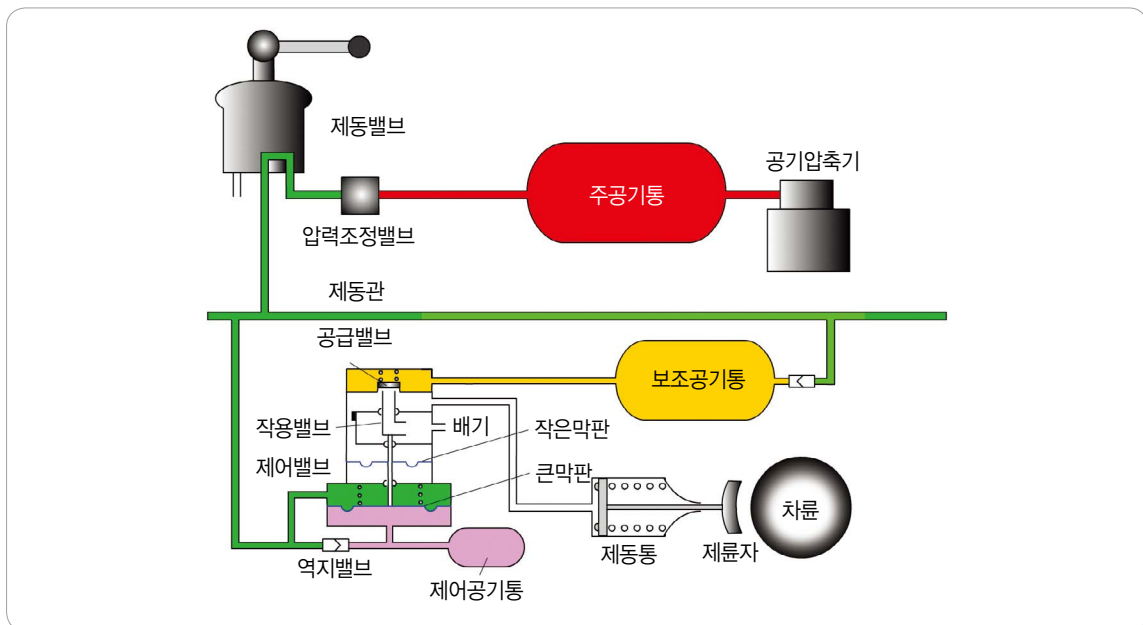
② 자동공기 제동 장치

자동공기 제동은 주공기통과 제동밸브, 제동관, 제어밸브(혹은 삼동변) 및 제동통을 연결하여

평상시 전체 차량에 연결된 제동관에 압축공기를 설정된 압력만큼 가득 차게 해 놓았다가 제동관 내의 압축공기를 대기로 배출시켜 압력을 낮춰주면 자동적으로 제동 작용을 하는 것을 말한다. 따라서 자동공기 제동장치는 제동관의 파손이나 열차분리 등의 사고가 발생하여 제동관 압력이 빠져나갈 때 자동적으로 제동이 체결되도록 하는 관통제동의 한 종류로 직통공기 제동의 단점인 직통관 파손 시나 열차분리 시 제동을 체결할 수 없는 단점을 보완해 준다.

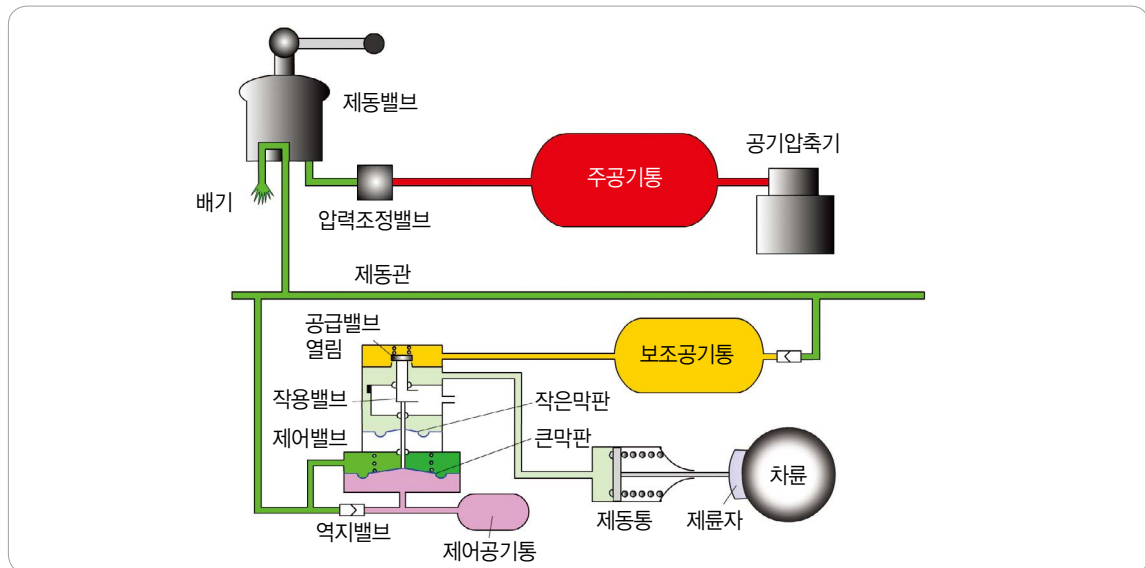
[그림 6-8]은 자동공기 제동의 완해 작용을 나타내었다. 제동밸브를 완해위치로 옮기면 주공기통의 압축공기는 압력조정밸브에서 소정의 압력(5~6kgf/cm²)으로 조정된 다음 제동밸브를 거쳐 제동관에 공급되고, 보조공기통에 충만하게 된다. 한편 제동통의 압축공기는 제어밸브를 거쳐 대기로 배기되어 제동은 완해가 된다.

제동 작용은 제동밸브로 제동관의 압축공기를 배기시키면 제어밸브가 제동관 압력과 제어공기통 압력 차이에 의해 작동하여 [그림 6-9]와 같이 보조공기통의 압축공기를 제동통에 보내 제동 작용을 한다.



[그림 6-8] 자동공기 제동 완해 작용

특히 열차 분리나 제동관 파열 등의 사고와 보안장치 작동 등의 상황이 발생하면 제동관의 압축공기를 배기시켜 자동으로 제동이 체결되어 안전을 확보한다. 이를 장애 시 안전시스템(Fail Safe System)이라 한다.



[그림 6-9] 자동공기 제동 작용

2) 전자 공기식

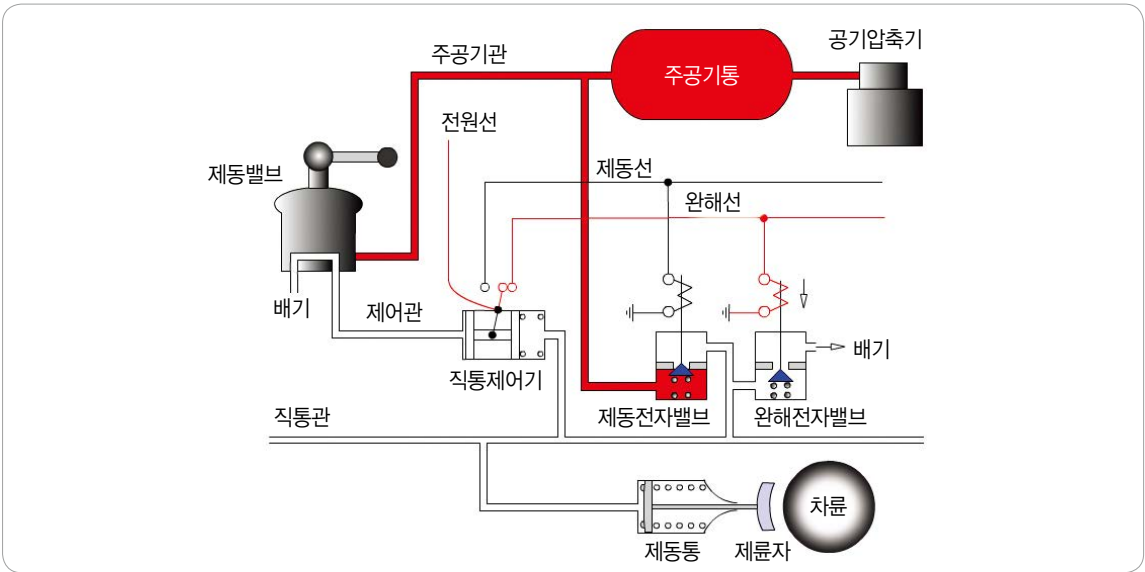
① 전자 직통공기 제동 장치

전자 직통공기 제동은 전기력에 의해 작용하는 전자밸브를 각 차량에 설치하여 제동밸브의 조작에 따라 직통제어기의 전기제어 신호에 의해서 각 전자밸브를 작동시켜 제동 작용을 하는 시스템이다.

제동선과 완해선은 전체 차량에 인통이 되어 있고, 각 차량마다 완해, 제동전자밸브가 각기 설치되어 있으므로 전원가압에 의해 차량별로 제동전자밸브와 완해전자밸브를 작동시켜 전 편성의 제동과 완해 작용이 동시에 이루어진다. 따라서 직통공기 제동장치의 단점인 차량간 제동력의 불균형을 해소하였다.

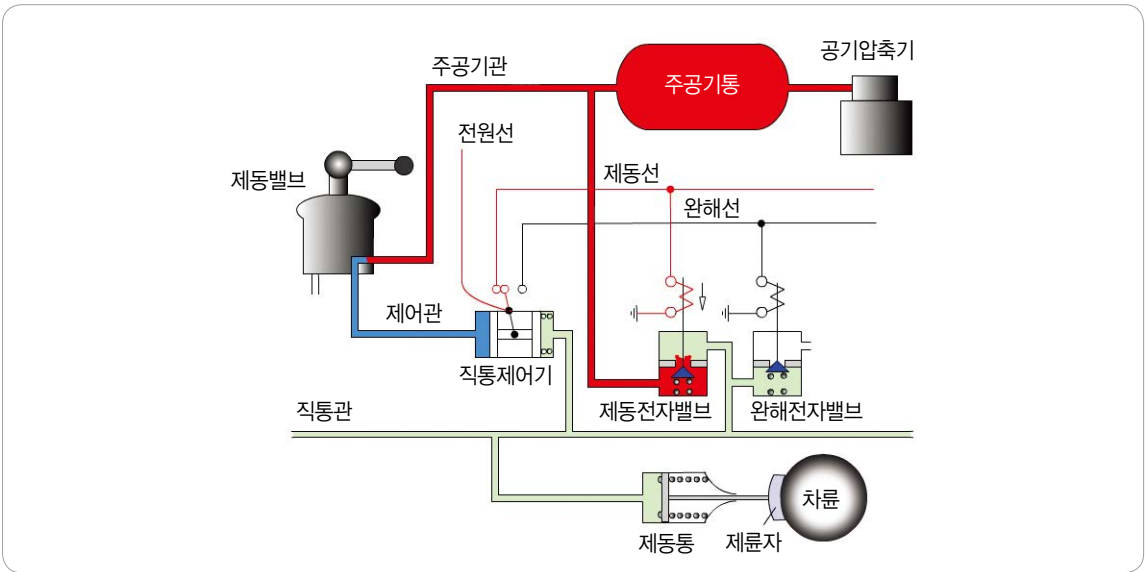
[그림 6-10]은 전자 직통공기 제동의 완해 작용을 나타낸 것으로, 직통제어기의 제어관 측 공기가 제동밸브의 배기구로 빠지면 직통제어기 내의 피스톤은 우측의 스프링 탄성에 의해 좌측으로 이동하고, 전기접점은 완해선 쪽으로 구성된다. 전원이 완해선으로 가압되면 완해 전자밸브가 여자⁷⁾ 되므로 직통관과 제동통에 있던 공기는 완해전자밸브를 통하여 대기로 배출되어 제동은 완해가 된다.

7) 전자코일에 전기가 흘러 자기를 띠는 것을 말한다. 계전기는 자기력이 생기면 연동된 전기접점을 작동시켜 전기 회로를 열거나 닫고, 전자밸브는 공기의 통로를 여닫는다.



[그림 6-10] 전자 직통공기 제동완해 작용

[그림 6-11]은 전자 직통공기 제동 작용을 나타낸 그림으로 제동밸브를 제동위치로 옮기면 주공기관과 제어관이 연결되어 직통제어기의 제어공기실에 공기압력이 형성된다. 따라서 직통제어기의 피스톤은 우측의 스프링 탄성을 이기고 우측으로 이동하므로 전기접점은 제동선 쪽으로 구성된다. 전원이 제동선으로 가압되면, 제동전자밸브가 여자되어 밸브를 작동시켜 주공기통의



[그림 6-11] 전자 직통공기 제동 작용

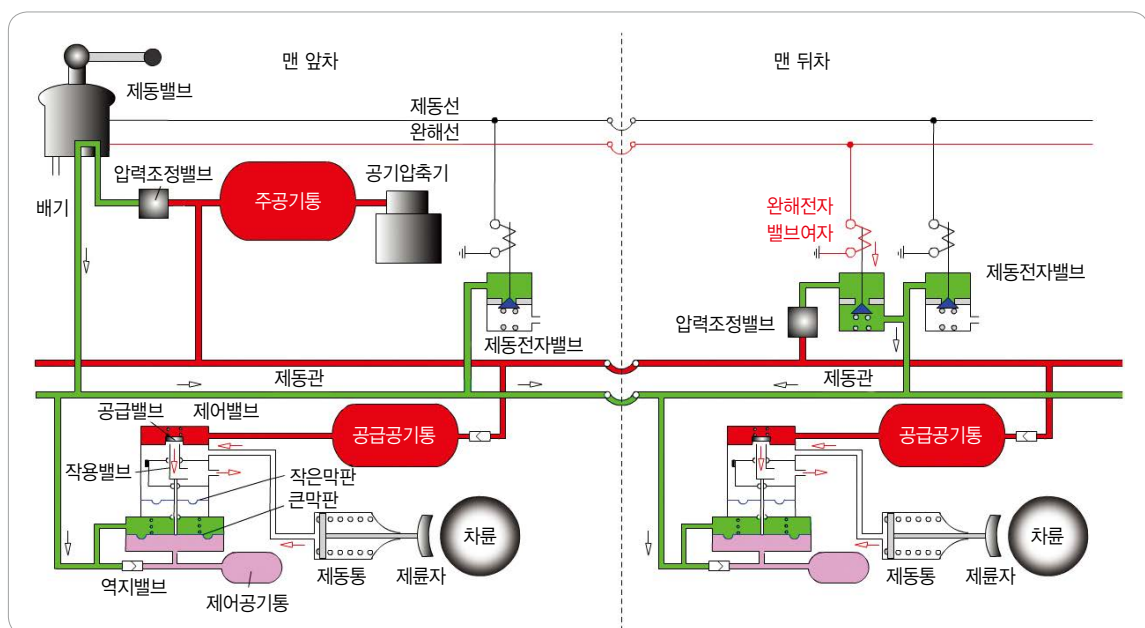
공기가 제동전자밸브를 거쳐 직통관과 제동통으로 유입되므로 제동이 체결된다.

② 전자 자동공기 제동 장치

자동공기 제동은 편성이 긴 열차의 경우 공기 이동시간에 따른 앞, 뒤 차량 간 제동력의 불균형을 초래할 수 있다. 이를 보완한 제동 장치가 전자 자동공기 제동 장치이다. 전자 자동공기 제동은 전자 직통공기 제동과 같이 제동밸브 조작에 따라 전기제어로 전자밸브를 작동시킨다. 전자밸브가 작동하면 제동관의 압축공기가 급·배기 되므로 이에 따라 제어밸브가 작동하여 제동 작용이 이루어진다.

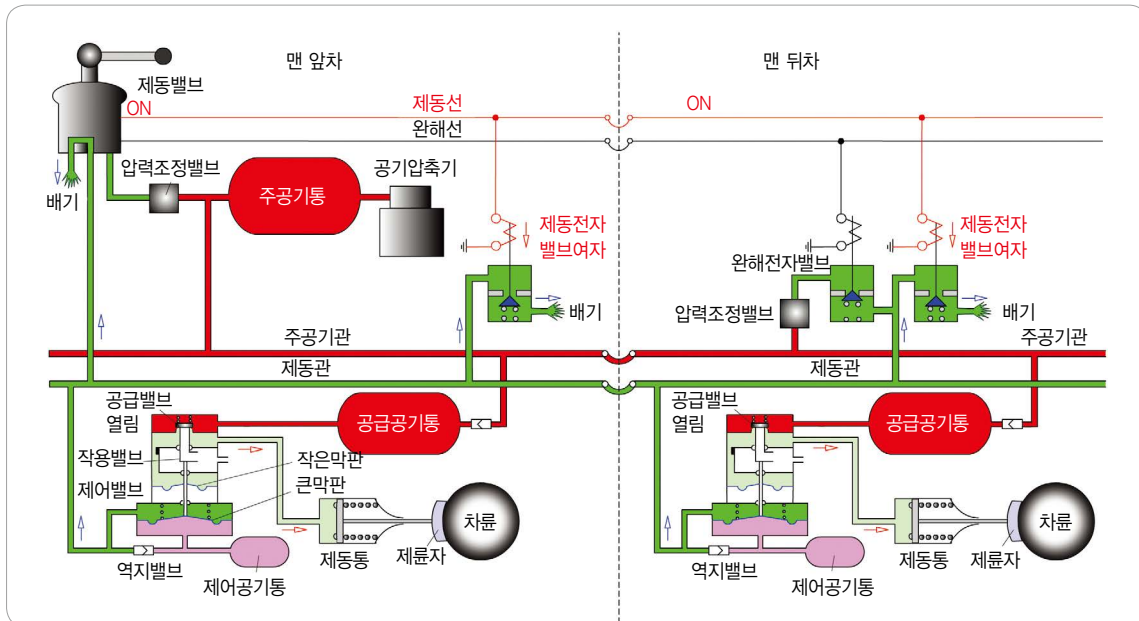
전자 자동공기 제동은 [그림 6-12] 및 [그림 6-13]과 같이 각 차량에 별도의 제동 전자밸브를 설치하여 제동밸브로 제동을 취급하면, 제동선을 ON 하여 각 차의 제동전자밸브를 여자시켜 차량별로 제동관의 압축공기를 배기하여 제동 작용을 빠르게 하도록 한 시스템이다.

제동완해 시에는 주공기통의 압축공기가 압력조정밸브에서 조정되어 맨 앞차의 제동밸브를 통해 전체차량의 제동관에 공급되므로 제동의 완해가 늦어진다. 그러므로 고정으로 편성되어 운행하는 열차에서 맨 뒤에 연결되는 차량은 완해전자밸브가 설치된 차량을 연결하여, 제동밸브로 완해 취급 시 완해선이 ON 되면 완해전자밸브가 여자되어 압력조정밸브에서 조정된 주공기통의 압축공기가 제동관으로 직접 공급되므로 제동의 완해를 보다 신속하게 하도록 하였다.



[그림 6-12] 전자 자동공기 제동완해(충기) 작용

따라서 자동공기 제동에 비해 차량 간의 제동관 압력차이로 인한 제동력의 불균형이 적고, 제동과 완해 작용이 빠르다. 그리고 기존의 자동공기 제동 장치가 장착된 차량과 연결하여 운행도 할 수 있다.



[그림 6-13] 전자 자동공기 제동 작용

3) 전기제어식

전기제어식 제동 장치의 상용제동은 제동제어기를 조작하거나 운전보안장치 등이 작동하면 제동 제어 신호를 전기 신호로 변환하여 각 차량에 인통이 되어 있는 제어선을 통해 제동제어장치에 전달된다. 제동제어장치에서는 제동 제어 신호와 차량의 하중 등을 연산하여 필요한 제동력만큼의 제동패턴을 만들어 전기제동과 공기 제동이 적절히 혼합되어 작용하도록 한다. 전기제어식에는 디지털제어식과 아날로그제어식이 있다.

① 디지털제어식 제동 장치

제동체결 시, 전체 차량에 여러 가닥으로 인통이 된 제어선에 전원을 ON 또는 OFF 시키는 디지털방식의 조합에 의해 제동력을 크기를 제어한다.

② 아날로그제어식 제동 장치

전압, 전류 또는 주파수 등을 연속적으로 변화시켜 그 변화량으로 제동력의 크기를 제어하는 방식이다.

(3) 제동 작용시스템에 의한 분류

1) 상용제동(service brake)

상용제동은 평상시 정차하거나 속도를 줄일 때 또는 정차 중에 움직이지 않도록 할 때 사용하는 제동이다. 제동 작용이 완만하고, 감속도가 크지 않아 열차 또는 차량에 미치는 제동충격이 적다.

2) 비상제동(emergency brake)

사고 또는 위급상황이 발생하였거나 위험을 예지하였을 때 긴급하게 사용하는 제동이다. 짧은 거리에 열차 또는 차량을 정차시킬 목적으로 사용하기 때문에 제동력이 상용제동력에 비해 크고, 빠르게 작용한다.

3) 보안제동(security brake)

상용제동과 비상제동이 모두 장애 또는 고장 발생 등으로 작용하지 않을 때 열차 또는 차량을 급하게 정차시킬 목적으로 설치한 제동이다. 제동 제어회로나 압축공기의 공급경로가 상용제동이나 비상제동과 별개로 분리되어 독립적으로 되어있다.

4) 주차제동(parking brake)

차량기지 등에서 차량이 장시간 머물 때 차량의 이동을 방지하기 위해 사용하는 제동이다. 전기동차에서는 주차제동을 취급하거나 주공기압력이 설정치 이하로 떨어지면 자동으로 스프링 탄성에 의해 제동이 체결되는 방식이다.

5) 정차제동(holding brake)

정차제동은 열차 또는 차량이 정차하면 자동으로 제동이 체결되어 정지 상태에서 움직이지 않도록 하는 제동 방식으로, 오르막 기울기 선로에서 정차했다 출발할 때 뒤로 밀리는 현상을 방지한다. 정차제동은 출발하기 위해 동력핸들을 취급하면 자동으로 제동이 완해가 된다. HRDA 제동장치에는 적용하지 않았다.

6.1.2.3 공기 제동 장치의 작용 원리

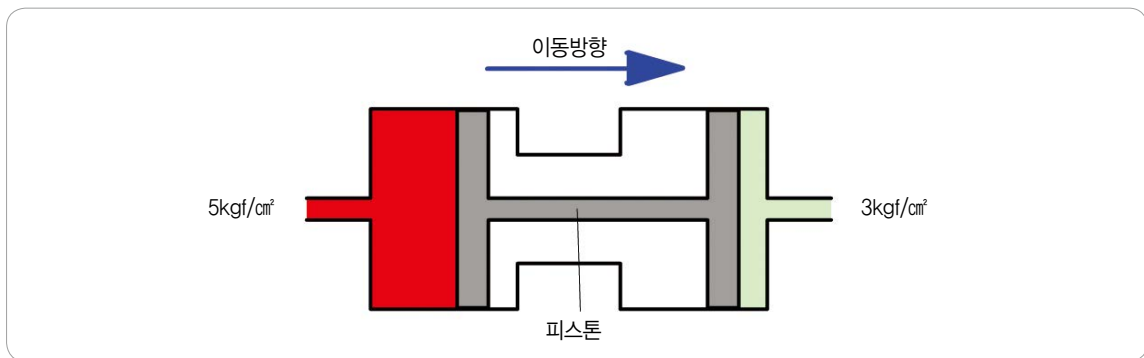
공기 제동 장치 작용의 기초가 되는 공기의 압력 차, 작용면의 면적 비와 공기통이나 기기실의 용적 비에 대한 개념을 살펴본다. 그리고 중계밸브를 예로 들어 공기제동 작용의 작동원리를 알아보고로 한다.

(1) 압력 차, 면적 비, 용적 비

1) 압력 차

공기 제동 장치가 작동하는 기본개념으로, 피스톤의 양면에 작용하는 공기의 압력 차이로 피스톤을 움직여 제동 작용을 하는 것이다.

[그림 6-14]의 피스톤 한쪽 면에는 5kgf/cm^2 , 다른 면에는 3kgf/cm^2 의 압력이 작용토록 하면 피스톤은 3kgf/cm^2 의 압력이 작용하는 쪽으로 밀린다. 이처럼 작용기기는 피스톤 양면의 공기압력의 차이에 의해 작동한다.



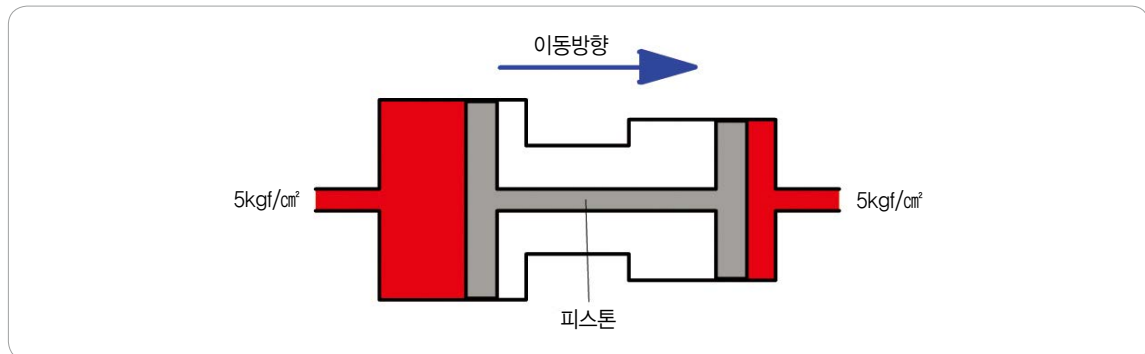
[그림 6-14] 압력 차이에 의한 작용 기기의 작동

2) 면적 비

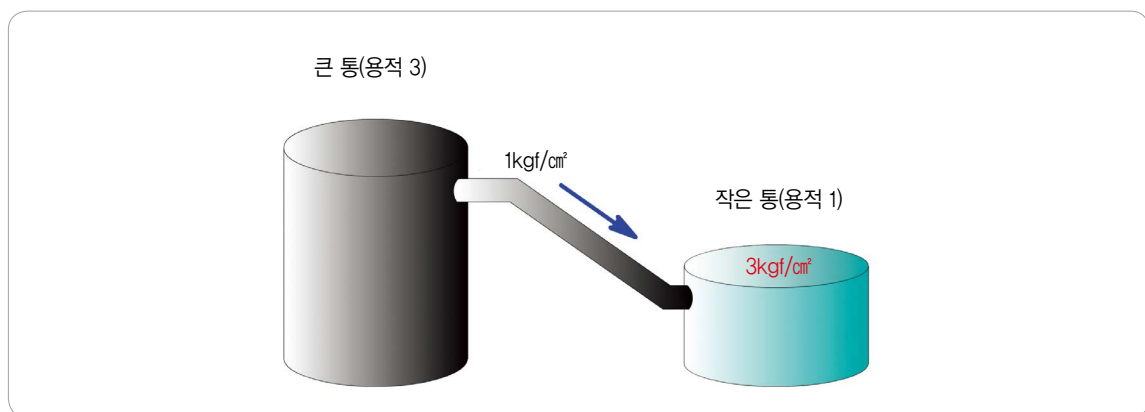
공기의 압력은 물체의 단위 면적당 작용하는 힘의 크기이기 때문에 면적이 넓을수록 작용하는 힘의 크기가 커진다. 따라서 공기가 작용하는 2개의 면을 가진 피스톤에 면적의 차이가 있으면 양쪽 면에 같은 압력이 작용하여도 [그림 6-15]의 예와 같이 피스톤은 면적이 작은 쪽으로 이동하게 된다.

3) 용적 비

용적 비란 용적이 작은 통과 큰 통 사이에 형성되는 압축공기의 압력을 상대적으로 높이거나 낮추기 위하여 작은 통과 큰 통의 용적의 차이를 두는 것이다.



[그림 6-15] 면적 차이에 의한 작용 기기의 작동



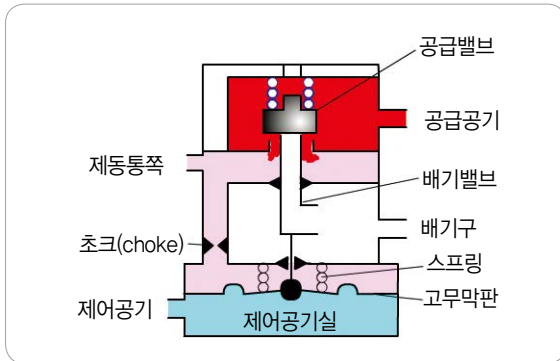
[그림 6-16] 용적 차이에 의한 압력 변화

[그림 6-16]에서 큰 통과 작은 통의 용적 비를 3:1로 하고 큰 통에서 1kgf/cm^2 의 압축공기를 작은 통에 보내면 작은 통에는 3kgf/cm^2 의 압축공기 압력이 형성되어 압축공기의 압력을 높여 준다. 반대로 작은 통에서 큰 통으로 3kgf/cm^2 의 압축공기를 보내면 큰 통에는 1kgf/cm^2 의 압축공기 압력이 형성된다.

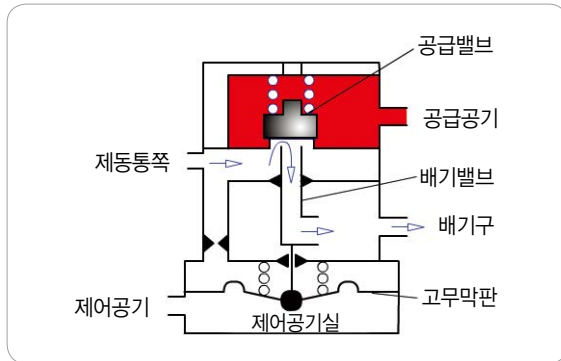
6.1.2.4 공기 제동의 작용

공기 제동의 작용에서는 제동을 체결하고 제동력의 균형을 유지시키며, 체결된 제동을 완해하는 기기가 필요하다. 이 기기로 삼동변과 제어밸브, 중계밸브 등이 있는데 여기서는 중계밸브의 작용을 통해 공기 제동의 작용을 알아본다.

중계밸브는 압축공기압력의 변화에 따라 제동 작용과 제동상태를 유지하고 제동을 완해하는 다음과 같은 세 가지의 작용을 한다.



[그림 6-17] 제동 작용



[그림 6-18] 완해 작용

(1) 제동 작용

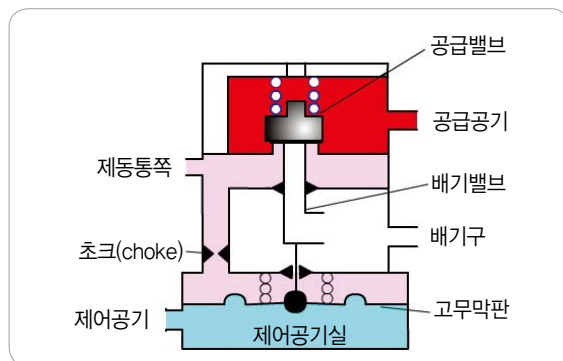
[그림 6-17]에서 제어공기실에 압축공기를 공급하면 제어공기실 압력이 고무막판 상부의 스프링 힘을 이기고 고무막판을 밀면서 배기밸브를 밀어 올린다. 이때 배기밸브에 의해 위쪽의 공급밸브가 들어 올려져 공기의 통로가 열리면서 위쪽에 머물러 있던 공급공기가 제동통 쪽으로 들어가 제동 작용을 한다. 한편 초크(choke)를 통해 고무막판 상부에도 압축공기 압력이 형성된다.

(2) 완해 작용

제어공기실의 압축공기를 배기시키면 [그림 6-18]과 같이 고무막판 아래쪽의 압력이 빠져나가 고무막판 상부실의 압축공기압력과 고무막판 상부의 스프링 힘에 의해 공급밸브가 공급 통로를 막은 상태에서 배기밸브가 공급밸브에서 떨어진다. 그러면 제동통 쪽의 공기는 배기밸브의 가운데 통로를 통해 배기구로 배기되어 제동을 완해한다.

(3) 유지 작용

제동 작용에서 좁은 초크(choke)를 통해 고무막판 상부실에 형성된 공기압력이 하부실의 제어공기압력과 균형을 이루면, [그림 6-19]와 같이 공급밸브 위쪽의 복귀 스프링의 힘에 의해 공급밸브에 배기밸브가 밀착된 채 아래로 밀리면서 공급공기의 통로를 막아버린다. 따라서 공급공기의 공급도 막히고 제어공기실의 공기도 배기밸브에 의해 막히는 균형을 유지한



[그림 6-19] 유지 작용

다. 이를 제동 후 유지 작용이라 한다. 한편 제동 균형 상태에서 제동을 완해할 때도 한꺼번에 제동을 완해하지 않고 제어공기실의 압축공기를 조금씩 단계적으로 빼내면 고무막판 상부실에 압축공기 압력이 높게 되어 제어공기실에서 빼낸 압축공기압력만큼 제동통 쪽의 압력을 배기시켜 제동을 조금 풀어준 다음 다시 균형 상태를 유지하는데, 이를 완해 후 유지 작용이라 한다.

6.1.2.5 기초제동 장치와 제동배율

마찰력을 이용하는 접촉식 철도차량의 공기 제동에는 압축공기압력의 변화에 따라 피스톤 또는 고무막판에 의해 작동하는 제동통(brake cylinder)을 설치하여, 압축공기의 힘으로 제륜자를 차륜의 답면이나 차축의 디스크 등에 밀착시켜 제동력을 발휘하도록 하였다. 이 과정에서 제동통에서 나오는 제동원력을 증폭시키려고 [그림 6-1], [그림 6-2]와 같이 썸기 또는 지렛대를 이용한 기초제동 장치를 설치하여 제륜자가 차륜의 답면 또는 디스크에 작용하는 제동압력(제륜자압력)을 더 크게 하였다. 제동통에서 나오는 제동원력과 제륜자에 나타나는 제동압력과 비를 제동배율이라고 한다. 제동배율의 크기는 기초제동 장치의 썸기의 각도나 지렛대 길이의 비에 의해 결정되기 때문에 제동 장치의 종류에 따라 다르다.

6.2 HRDA 제동 장치의 개관

HRDA 제동 장치(High Response Digital Analog Brake System)는 전기동차에 장착된 제동 장치의 하나이다. 제동력의 제어는 인통선⁸⁾에 전원을 ON/OFF 하여 제동력의 크기를 조절하는 디지털(Digital) 전기제어방식이다. 제동제어 신호에 의한 제동력의 크기는 주위 환경과 차량의 조건 등에 적합하도록 마이크로프로세서(microprocessor)에 의해 연산 제어된다. HRDA 제동 장치는 기본적으로 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- (1) 전기제어에 의해 차량별로 제동이 작용하기 때문에 제동의 응답과 작용이 빠르고 정확하다. 제동 제어 신호는 디지털 전기 신호이고, 장치 간의 통신방식은 디지털 혹은 아날로그 방식을 사용한다.
- (2) 제동력의 크기는 제동제어 신호와 응하중 신호(승객의 하중을 검지하고, 승객의 하중에 상응한 크기의 전기 신호)를 합산하여 결정 한다.

8) 편성된 차량의 맨 앞쪽 차량에서 맨 뒤 차량까지 통해져 있는 절연전선으로 차량 간에는 전기플러그로 접속되어 있다.

- (3) 제동의 작용시스템은 상용제동, 비상제동, 보안제동, 주차제동이 있다.

상용제동은 보통 때 사용하는 제동으로 형태는 전기제동(회생제동과 발전제동, 이하 ‘전기제동’이라 한다⁹⁾과 공기 제동이 병용되는 일괄교차(Cross Blending)방식을 사용한다. 통상적인 상용제동 작용은 구동차(M, M'차, 이하 구동차라 한다)와 부수차(TC, T1, T차, 이하 부수차라 한다)가 1개의 유닛(unit)으로 작용하는데, 디지털 전기 신호에 의한 제동제어 신호와 승객의 하중을 고려한 응하중 신호를 구동차에서 합산하여 필요한 총 제동력을 제동패턴(brake pattern)으로 만들어 주변환장치에 전기제동 신호로 보내고, 이후 형성된 전기제동력을 피드백(Feed Back)하여 부족분을 부수차와 구동차의 공기 제동력으로 보충하는 형태로 작용한다. 제동력의 발휘는 구동차의 전기제동력을 우선으로 하고, 추가로 부수차의 공기 제동력과 구동차의 공기 제동력이 작용하도록 할당되어 있다. 따라서 구동차의 점착 한계 내에서 전기제동으로 차량의 운동에너지를 최대한 감소시켜 제륜자(제동패드)의 마모를 줄여 준다.

공기 제동력은 전기제동이 작용하는 구동차 보다 부수차에 먼저 작용토록 하여 편성 전체적으로 볼 때 차량의 점착효율을 최대한 높일 수 있어 제동거리를 단축할 수 있는 효과가 있다.

- (4) 공기 제동 시 나타날 수 있는 감속도의 급격한 변화를 완만하게 규제하는 저크(Jerk) 제어 기능이 있어 승객에게 쾌적한 승차감을 제공토록 하였다.
- (5) 비상제동은 인통 전기 회로에 의한 비상제동전자밸브의 상시 여자 방식(비상제동Loop회로)을 취하여, 기관사의 비상제동 조작, 비상제동스위치(EBS) 조작, ATC/ATS 작용, 기관사안전장치(DSD) 작동, 주공기압력 부족, 구원운전스위치 위치 불량, 열차분리 등의 상황에서 비상제동Loop회로를 끊어 비상제동전자밸브가 무여자¹⁰⁾ 되면 전체 차량에 비상제동이 자동적으로 작용하도록 하여 안전성을 확보하였다.
- (6) 활주(미끄럼)방지(Anti-Skid) 기능은 차축의 속도와 차량의 감속도를 감지한 다음 그 크기를 설정 치와 비교하여 미끄럼 여부를 판별한다. 제동 작용 시 차량의 미끄러짐이 발생하면 즉각 제동통의 압축공기를 배기하여 제동력을 약화시킨다. 제동력이 약화되어 차량이 점착되면 제동 공기압력을 다시 높이는 작용을 반복하여 미끄러짐을 방지하도록 하였다.
- (7) 보안제동은 상용제동이나 비상제동의 제어 체계와 압축공기의 경로가 다른 별도의 제동 체계를 구축하여 상용제동과 비상제동이 모두 불가능하거나 고장이 났을 때에도 안전하게 정차할 수 있도록 하였다.

9) 전기동차의 전기제동은 대부분 전력을 전차선으로 되돌리는 회생제동으로 작용하나, 전력을 전차선으로 되돌릴 수 없을 때는 발전된 전력을 저항으로 보내 열로 방출시키는 발전제동으로도 작용한다. 따라서 회생제동과 발전제동을 아울러서 전기제동으로 표기하기로 한다.

10) 전자석에 전기가 차단되어 자기력을 잃는 것을 말한다. 자기력이 없어지면 연동된 전기접점으로 회로를 ON/OFF 한다.

(8) 주차제동은 운전실이 있는 제어차(TC차, 이하 TC차라 한다)의 전부(前部) 대차 각 축의 제동통에 하나씩 설치(전부 대차에 2개)하여 운전실에서 주차제동스위치를 취급하거나, 장시간 주차를 할 때 주공기압력이 기준치 이하로 떨어지면 스프링 압력에 의한 기계적인 제동이 자동으로 체결되어 차량의 이동을 방지하도록 하였다.

(9) 저항제어 전기동차 및 디젤기관차와 구원운전 시 상용 및 비상제동이 가능하도록 중계역할을 하는 제동중계 장치를 TC차에 각각 1개씩 설치하였다.

또한 제동력의 부족을 검지하는 기능과 제동 불(不)완해의 검지 및 강제완해의 원격제어기능이 있으며, 제동시스템에 고장이 발생하였을 때 모니터 장치에 고장메시지를 표시하는 기능과 수집된 차량의 정보를 종합제어장치에 전송하는 기능도 가지고 있다.

HRDA 제동 장치의 제동취급에 따른 제동시스템은 상용제동, 비상제동, 보안제동, 주차제동 시스템이 있고 시스템별 개략적인 제동 작용은 다음과 같다.

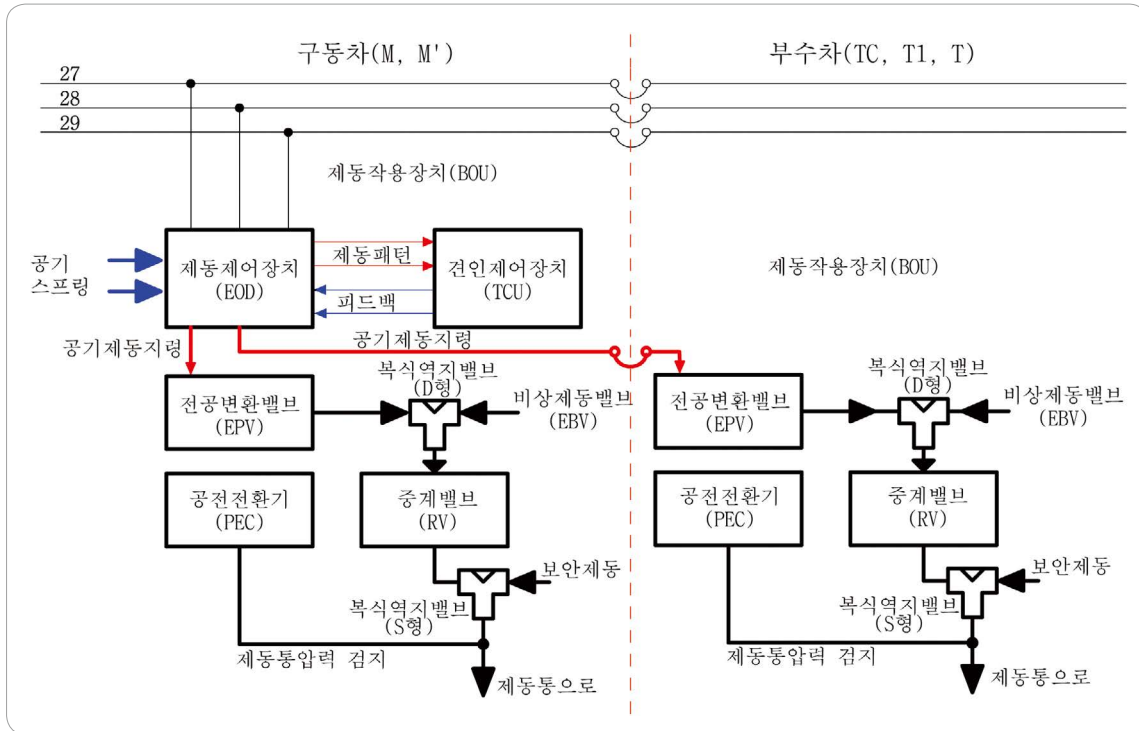
6.2.1 상용제동

상용제동은 평상시 열차 또는 차량의 속도를 억제하고 정차하며, 정차 중 움직이지 않도록 할 때 사용하는 제동이다.

제동제어는 [그림 6-20]과 같이 세 가닥의 제동제어선(27, 28, 29선)에 전원을 ON 또는 OFF 하여 그 제어 신호를 구동차에 있는 제동제어장치(EOD)로 보낸다. 제동제어장치에서는 제어선을 통해 오는 제동제어 신호와 승객의 하중을 검지하여 만들어진 공기스프링의 응하중 신호를 마이크로프로세서에 의해 연산하여 필요한 총제동력을 제동패턴으로 형상화한다.

형상화된 제동패턴은 견인제어장치(TCU)로 가서 주변환장치를 제어하여 유도전동기의 전기제동력을 제어한다. 유도전동기의 전기제동력은 형성된 크기만큼 전기 신호로 만들어져 제동제어장치에 피드백(Feed Back) 되고, 제동제어장치에서는 이 전기제동 피드백 신호와 제동패턴의 크기를 비교한다. 전기제동 피드백신호가 제동패턴(필요한 총 제동력)보다 적으면 부족분을 부수차와 구동차의 공기 제동으로 보충하여 '전기제동력+부수차 공기 제동력+구동차 공기 제동력=제동패턴'이 되도록 제어한다.

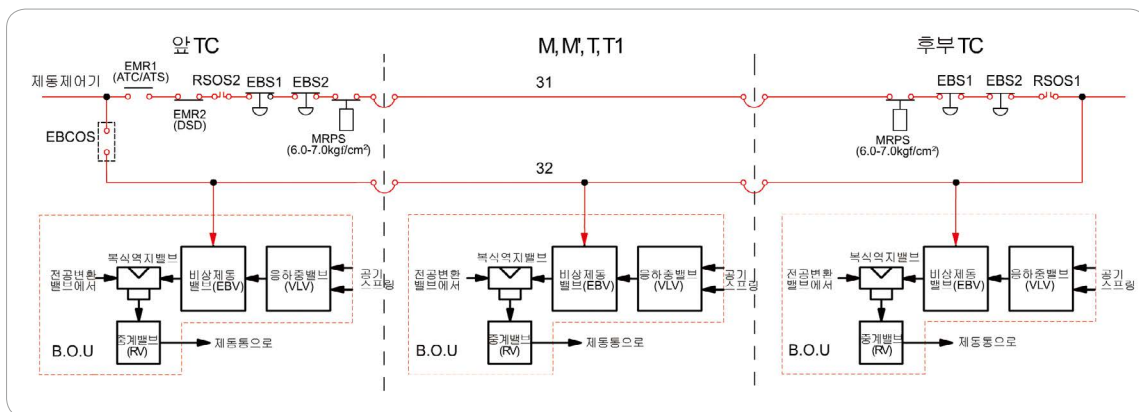
전기제동력이 충분히 확립되어 제동패턴의 크기만큼 되면 구동차의 전기제동력으로 구동차뿐만 아니라 부수차의 제동력까지도 부담하게 된다. 이를 일괄교차(Cross Blending)제어라 한다. 또한 제동력의 변화율을 제어(Jerk Control)하여 승차감을 적절히 제어한다.



[그림 6-20] 상용제동시스템 개념도

6.2.2 비상제동

비상제동은 사고가 발생하였거나 위급상황 등의 사유로 긴급하게 열차 또는 차량을 정지시킬 필요가 있을 때 사용하는 제동이다. 비상제동시스템은 평상시 전기인통선으로 [그림 6-21]과 같이 전(全)

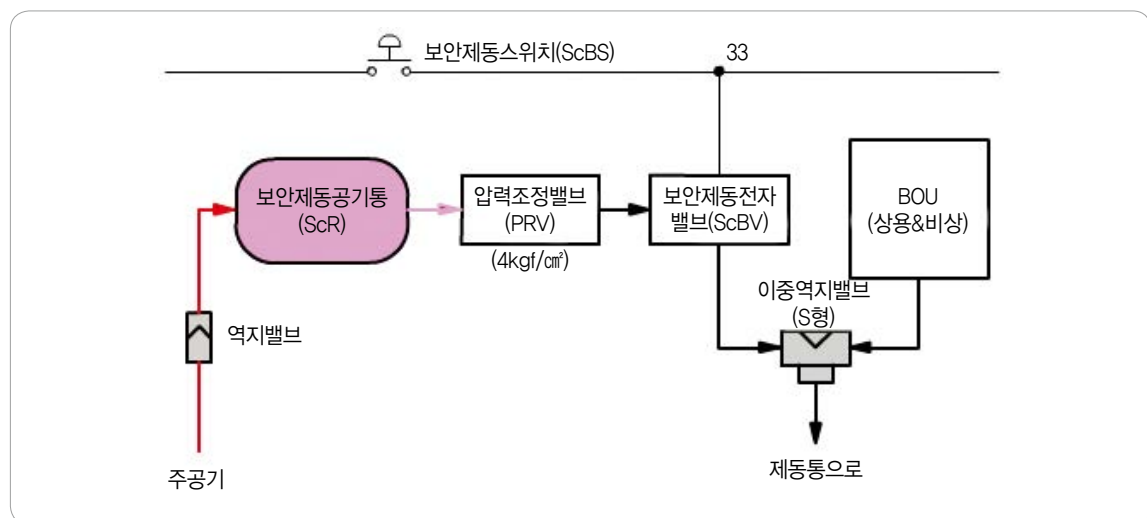


[그림 6-21] 비상제동시스템 개념도

차량에 비상제동Loop회로(31선 → 32선)를 구성하여 각 차의 비상제동전자밸브를 여자 하는 상시 여자 방식이다. 비상제동을 체결하였거나 열차 분리 기타 안전장치의 작동 등으로 비상제동Loop회로가 끊어질 경우에는 전 차량의 비상제동전자밸브가 무여자 되어 자동적으로 비상제동이 체결되는 장애 시 안전시스템(Fail Safe System)을 채택하였다.

6.2.3 보안제동

보안제동은 상용제동과 비상제동을 모두 사용할 수 없을 때 사용하는 제동으로, 상용제동과 비상제동시스템과는 별개의 제어회로와 공기의 경로를 통해 제동 작용이 이루어지는 시스템이다. 보안제동스위치(ScBS)를 취급하면 제어선(33선)을 통해 각 차의 보안제동전자밸브가 여자되고 압력조정밸브에서 4kgf/cm^2 로 조정된 보안제동공기통의 압축공기가 제동통으로 들어가 제동 작용이 이루어진다. [그림 6-22]는 보안제동시스템의 간략한 작용 그림이다.

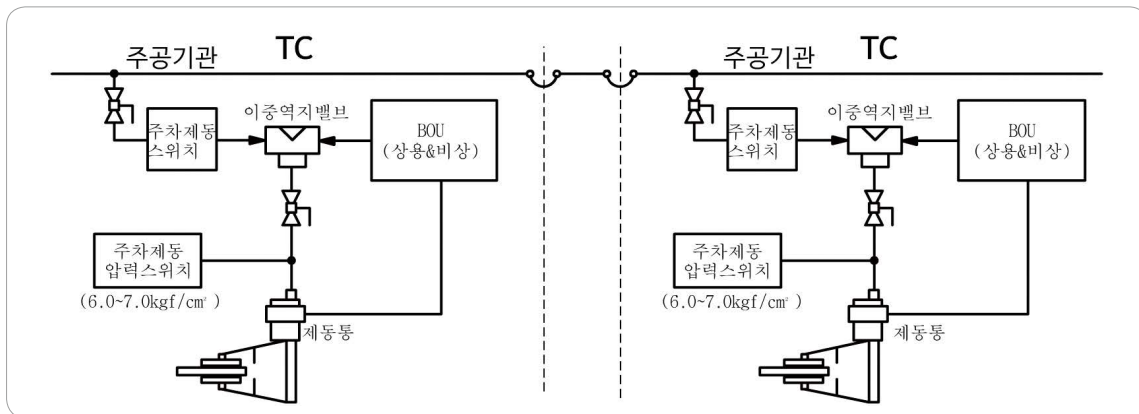


[그림 6-22] 보안제동시스템 개념도

6.2.4 주차제동

주차제동은 장시간 정차 중인 차량이 자동으로 이동하는 것을 방지하기 위해 설치하였다. 주차제동에 사용하는 제동통의 모양과 기능은 일반 제동통과는 다르며, TC차의 앞 대차 각 축에 하나씩 2개가 설치되어 있고, 주차제동스프링의 압력으로 제동력이 작용하도록 되어 있다.

주차제동통의 주차제동스프링은 평상시 주공기관의 압축공기압력에 의해 스프링의 탄성이 억제되어 있다. 주차제동스위치를 취급하여 주차제동통 안의 압축공기를 빼주거나 주공기관의 압축공기압력이 설정치 이하로 낮아지면 주차제동통 안의 주차제동스프링의 탄성력이 제동으로 작용하는 방식이다. 주차제동 시스템의 간략한 작용은 [그림 6-23]과 같다.



[그림 6-23] 주차제동시스템 개념도

6.3 HRDA 제동 장치의 기능과 작용

6.3.1 공기통과 공기 관

HRDA 제동 장치에는 공기 제동 장치 및 기타 기기제어에 필요한 압축공기를 저장하는 공기통과 그 공기가 이동하는 공기관이 있다.

6.3.1.1 공기통의 종류

(1) 주공기통(MR: Main Reservoir)

공기압축기에서 만들어진 압축공기를 저장하는 공기통이다. 주공기통은 공기압축기가 있는 TC차와 T1차에 설치되어 있으며, 용적은 330 ℓ로 공기통 중에 가장 크다. 공기통 밑에는 고여 있는 수분이나 불순물 등을 자동으로 배출시키는 자동배수밸브가 설치되어 있다.

(2) 공급공기통(SR: Supply Reservoir)

주로 제동 작용에 사용하는 압축공기를 저장하는 공기통으로 모든 차에 설치되어 있다. 용적은 165 ℓ 이고, 압축공기의 압력은 주공기통의 압력과 같다.

(3) 보안제동공기통(SBR : Security Brake Reservoir)

보안제동에 사용하는 압축공기를 저장하는 공기통이다. 모든 차에 설치되어 있고, 용적은 50 l 이며, 압축공기의 압력은 주공기통 압력과 같다.

(4) 제어공기통(CR: Control Reservoir)

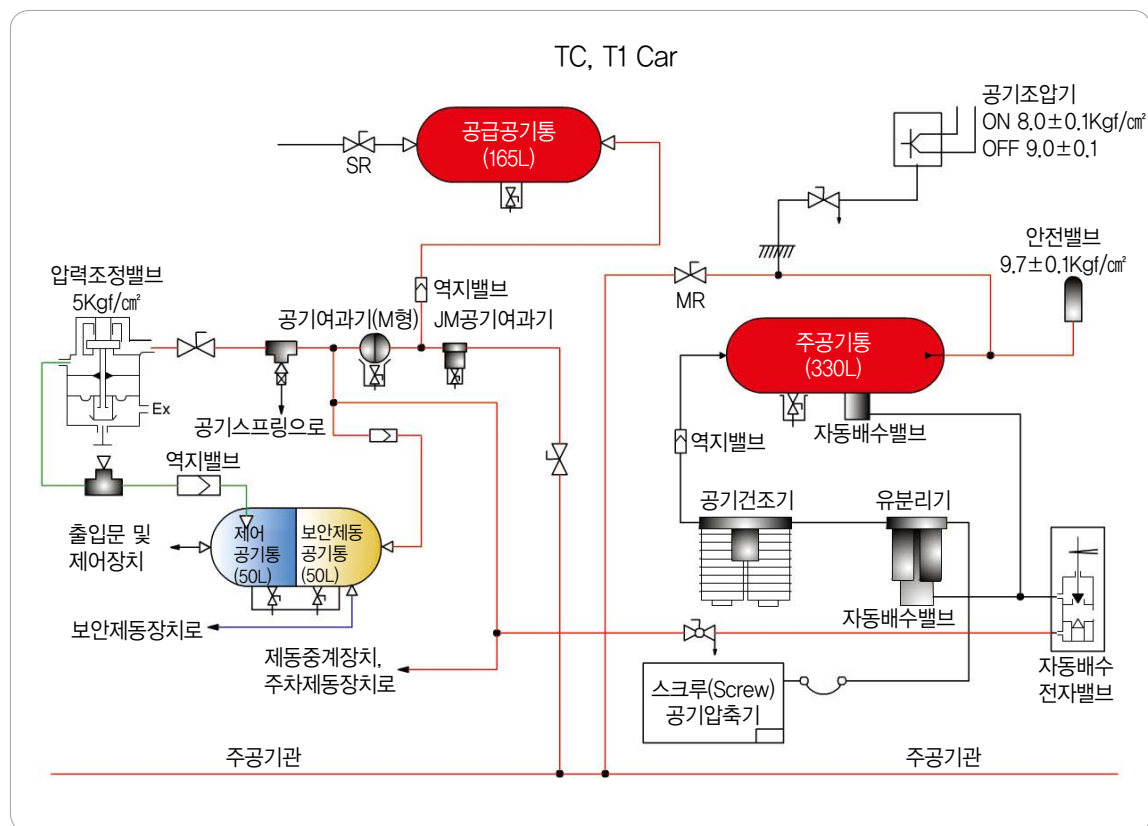
출입문이나 압축공기의 압력에 의해 작동하는 각종 기기를 작동시키는 압축공기를 저장한다. 모든 차에 설치되어 있고, 용적은 50 l 이다.

기기제어에 사용하는 공기압력은 압력조정밸브에 의해 5kgf/cm^2 으로 조정되어 공기통에 저장된다.

6.3.1.2 공기 배관

(1) TC차와 T1차의 공기 배관

TC차와 T1차는 공기압축기와 부속기기가 설치되어 있고, 공기압축기에서 압축한 공기를 보관하는 주공기통이 설치되어 있다.



[그림 6-24] TC차와 T1차의 공기배관

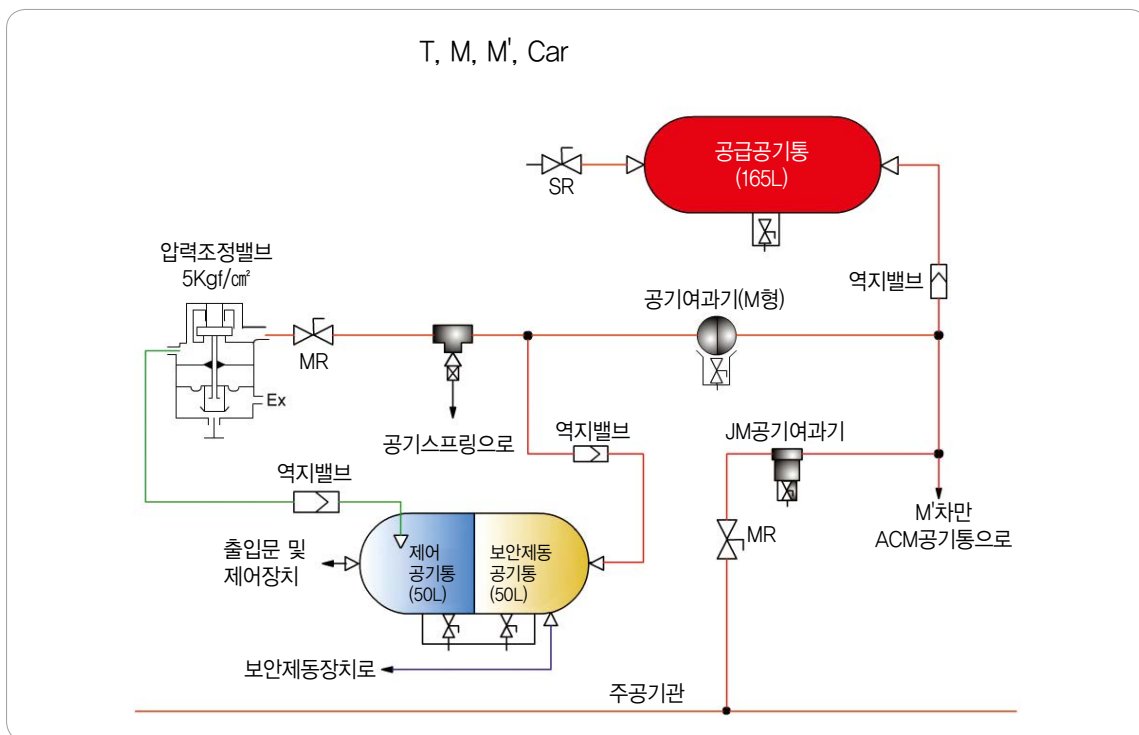
[그림 6-24]에서 스크루(Screw)공기압축기에서 기름과 공기를 혼합하여 압축한 압축공기는 유(油)분리기를 거치면서 기름을 분리하고 공기건조기에서 남은 불순물과 유분 등을 제거한 다음 주공기통에 저장된다.

주공기통의 압축공기는 각 차에 연결되어 서로 통해 있는 주공기관에 압축공기를 공급하는 한편, 자차의 공급공기통과 보안제동공기통에 압축공기를 공급하고 압력조정밸브를 거쳐 5kgf/cm²의 압력으로 조정한 압축공기를 제어공기통에 공급한다.

(2) T차와 M, M'차의 공기 배관

TC차와 T1차의 주공기통에서 오는 공기는 주공기관을 통해 각 차가 연결되어 있다. 따라서 주공기관의 압축공기를 각 차의 공급공기통과 보안제동공기통에 공급하고, 압력조정밸브를 거쳐 5kgf/cm²로 조정하여 제어공기통에도 공급한다. M, M'차와 T차의 압축공기의 흐름과 공기배관은 [그림 6-25]와 같다.

6.3.2 높이조정밸브(Leveling Valve)



[그림 6-25] T차와 M, M'차의 공기배관

높이조정밸브는 대차와 차체 사이에서 차체를 받치고 있는 공기스프링의 압축공기압력을 승객의 많고 적음에 따라 높이거나 낮추어 차체의 높이를 일정하게 유지하기 위한 장치이다. 또 공기스프링의 압축공기 압력은 전기신호로 변환되어 가속력과 감속력의 크기를 결정하는 인자로 작용한다.

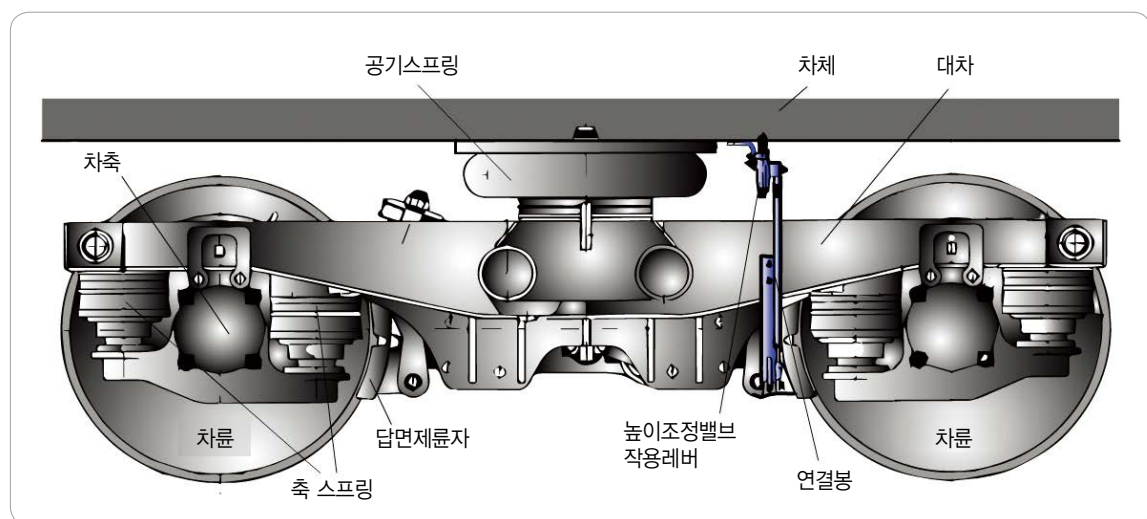
6.3.2.1 높이조정밸브의 역할

높이조정밸브는 [그림 6-26]과 같이 한쪽은 차체에 장착하고 다른 한쪽은 대차에 장착하여 승객의 많고 적음에 따른 대차와 차체 사이의 수직간격의 변화를 감지한다. 승객이 많아 차체가 아래로 눌러서 수직간격이 좁아지면 압축공기를 공기스프링에 공급하여 좀 더 단단하게 차체를 떠받치게 하고, 승객이 줄어 수직간격이 넓어지면 공기스프링에 공급하였던 압축공기를 배출하여 공기스프링이 차체를 받치는 압력을 느슨하게 하여 승객의 많고 적음에 관계없이 항상 일정한 높이가 되도록 차체를 떠받친다. 이때 수직간격의 변화로 만들어진 압축공기압력을 전기 신호로 바꾸어 응하중 신호를 만들고, 동력 운전 시 동력제어 신호 값과 합산되어 가속력의 크기를 결정한다. 상용제동 시에는 응하중 신호를 제동제어 신호 값과 합산하여 제동패턴을 만들어 감속력의 크기를 제어한다.

비상제동 시에는 하중의 감지로 만들어진 공기압력을 직접 응하중밸브에 적용하여 감속력의 크기를 제어한다. 즉 동력 운전이나 제동 시 승객의 하중의 변동이 있어도 항상 일정한 가속도와 감속도를 유지하도록 하는 역할을 한다.

6.3.2.2 높이조정밸브의 작용

승객이 많아 차체중량이 무거워지면 공기스프링(벨로우즈)이 압축되어 차체가 낮아지고, 반면에



[그림 6-26] 높이조정밸브와 공기스프링

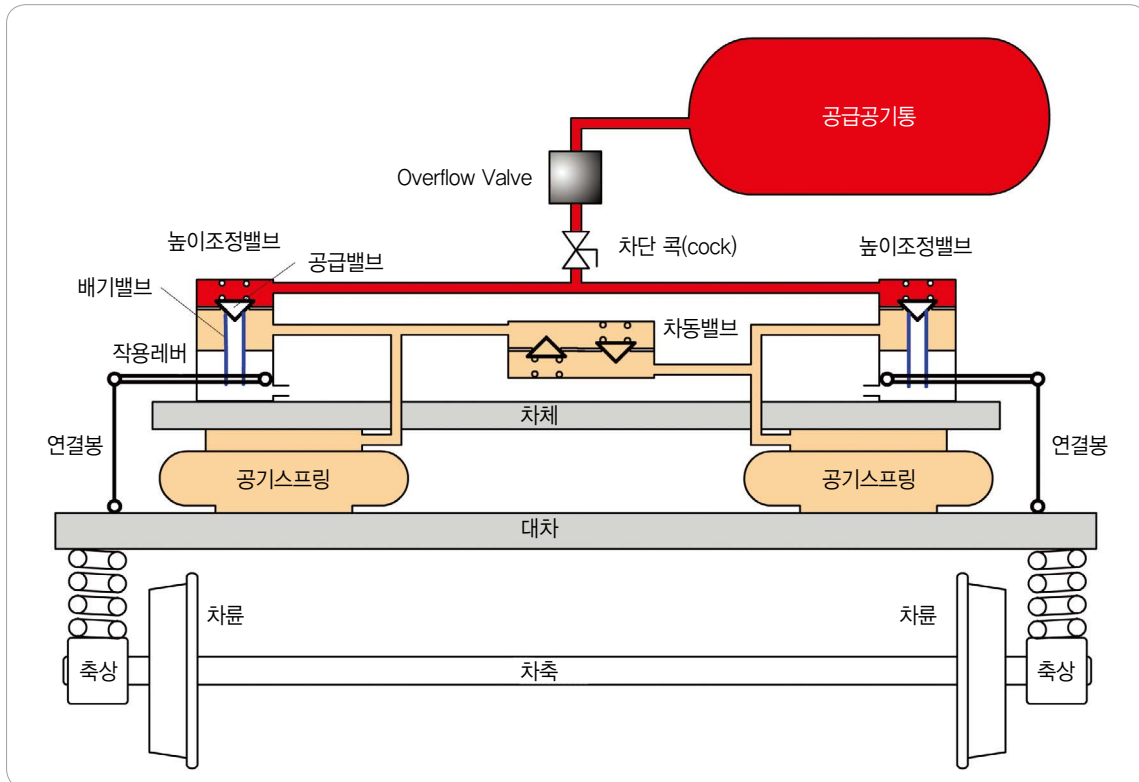
중량이 감소되면 공기스프링이 팽창하여 차체가 높아진다.

그러나 승객 하중의 변동으로 차체의 높낮이가 달라지면 일정한 높이의 고상 홈과 차이가 발생하게 된다. 높이조정밸브는 이를 보완한다. 높이조정밸브는 [그림 6-27]과 같이 연결봉의 한쪽 끝은 차체에 장착하고 다른 한쪽 끝은 대차에 장착하였다. 차체와 대차의 수직 상대운동(승객이 많으면 차체가 아래로 눌리고, 승객이 적으면 차체가 위로 복원)에 따라 높이조정밸브의 작용레버가 작동하여 공급공기통의 압축공기를 공기스프링에 공급하거나 공급된 공기를 배출하여 공기스프링의 높이를 일정하게 유지함으로써 승객의 하중변동에 따른 차체의 높낮이 차이를 없게 한다. 그리고 공기스프링에 공급되는 압축공기의 압력은 전기 신호로 변환되어 동력 운전 시에 가속력과 상용제동 시에 감속력의 크기를 결정하는 인자(응하중 신호)가 된다.

비상제동 시에는 이 압축공기 압력을 직접 응하중밸브에 적용하여 비상제동 시 감속력의 크기를 제어한다.

(1) 차체하중 증가 시(공급 작용)

[그림 6-28]과 같이 승객이 많아 차체가 아래로 눌리면 작용레버가 위쪽으로 회전하면서 배기밸



[그림 6-27] 높이조정밸브의 작용 개념도

브가 공급밸브를 연다.

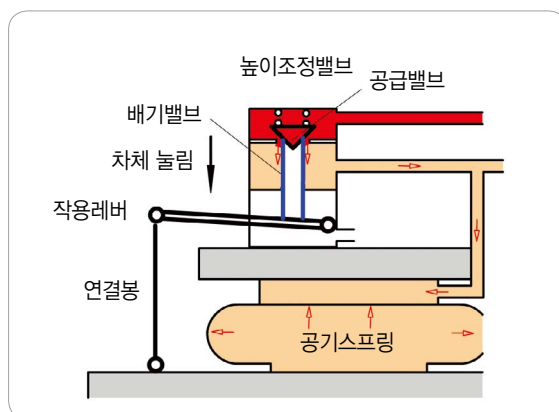
공급밸브가 열리면 공급공기통의 압축공기(빨간색)가 공기스프링에 공급되어 공기스프링 내의 압축공기압력을 크게 하여 공기스프링이 단단하게 차체를 떠받친다.

(2) 차체 하중 감소 시(배기 작용)

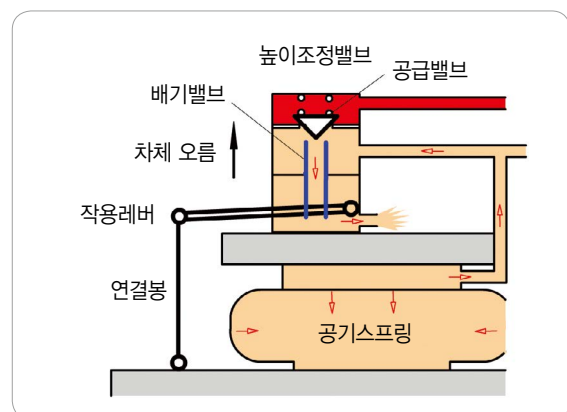
승객이 줄어들면 [그림 6-29]와 같이 작용레버가 아래쪽으로 회전하여, 공급밸브는 닫힌 상태에서 배기밸브가 공급밸브에서 떨어져서 공기스프링의 압축공기는 배기밸브의 가운데 공간을 통해 배기된다. 즉 승객 하중이 무거울 때에 비해 압축공기압력을 적게 한다.

이처럼 높이조정밸브는 승객의 하중 변화에 대응하여 공기스프링의 높이를 일정하게 하여 차체의 높이를 일정하게 유지한다.

6.3.3 제동제어기(Brake Controller)



[그림 6-28] 높이조정밸브 공급 작용

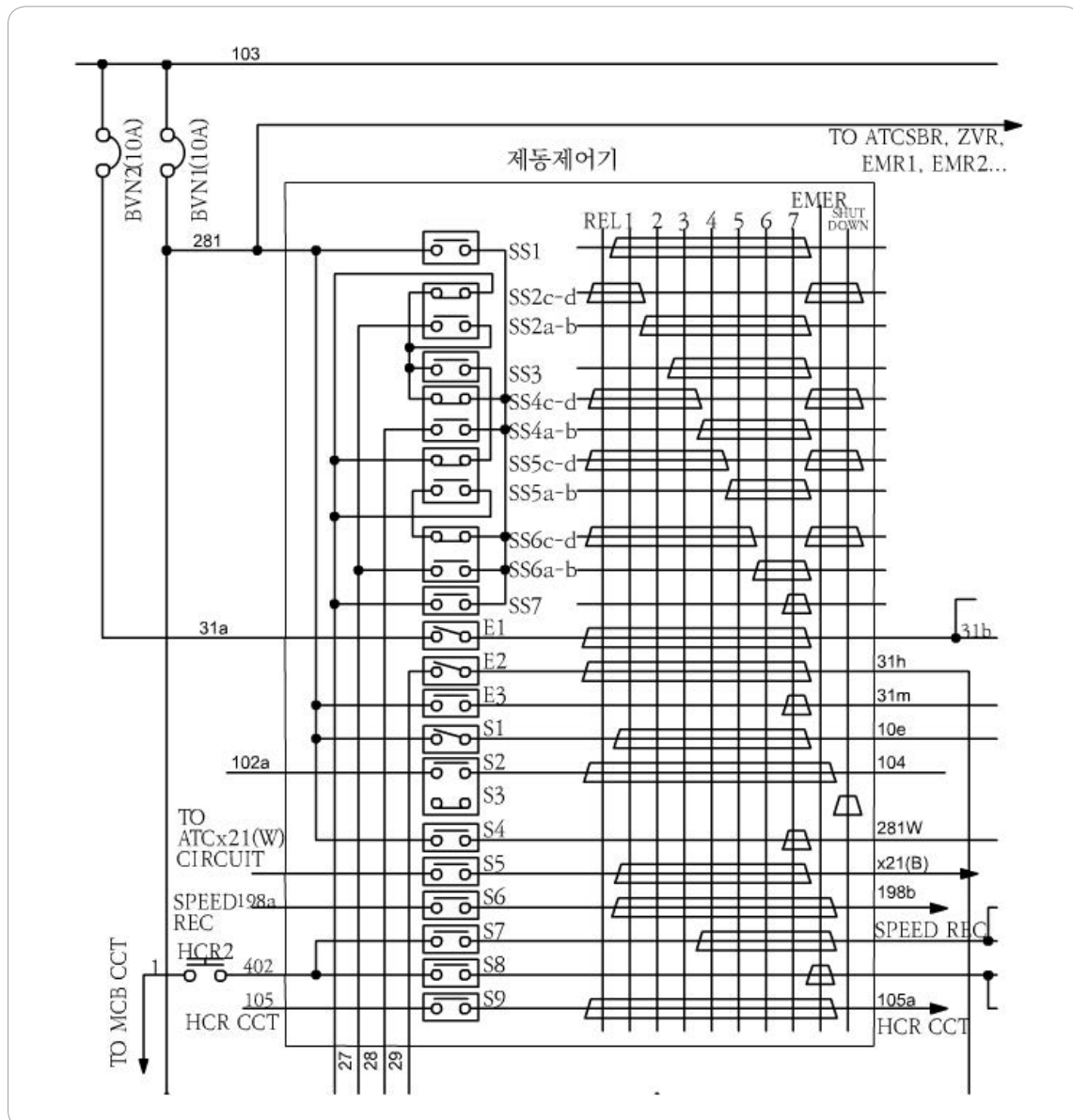


[그림 6-29] 높이조정밸브 배기 작용

전기제어식 제동 장치의 제동제어기는 제동핸들의 조작에 따라 핸들 축에 연결된 캠에 의해 전기 접점을 여닫아 제동제어 신호를 인통선으로 보내거나 제어장치의 회로를 개폐하는 전기접점부가 있다[그림 6-30].

6.3.3.1 제동제어기의 전기접점과 기능

제동제어기는 제동핸들을 제어기에 투입하고 핸들을 조작함에 따라 제동을 제어하고, 직류 전원선(103선)과 제어운전실의 선택, ATC/ATS 및 속도제어에 관련된 전기 회로 등을 개폐한다. 제동제어기의 전기접점은 [그림 6-30]과 같고, 전기접점의 기능은 [표 6-4]와 같다.



[그림 6-30] 제동제어기 전기접점

[표 6-4] 제동제어기 전기접점과 기능

접점	기능
SS1~SS7	상용제동제어선(27선, 28선, 29선)
E1~E3	비상제동 및 비상제동완해
S1	전기제동 회로 구성(ELBR여자) 및 동력 운전 회로(11선) 차단
S2	축전지접촉기(BatK) ON/OFF - 104선 접속
S4	상용 7단 제동 시, 제동력 부족감지 제어선 구성(SB7R 여자 제어)
S5	ATC 지시속도 초과 시 확인(ATC 확인 제동) 기능
S6	상용제동 1~7단 및 비상제동 취급 시 속도기록계에 송신
S7	ATS 제한속도 초과 시 확인 및 ATS/ATC 절환회로 구성
S8	구원운전 시 비상제동 복귀회로 구성(EBRSR 여자)
S9	운전실 선택회로(HCR, TCR 여자) 구성

6.3.3.2 제동핸들의 위치

제동핸들의 위치는 [그림 6-31]과 같이 완해위치(REL), 1~7단의 상용제동위치와 비상제동위치(EMER), 핸들취거위치(SHUT DOWN)로 10개의 위치가 있다. 제동제어기는 조작자의 제동핸들 취급위치에 따라 [그림 6-30]의 스위치를 개폐하여 전기제어 신호를 ON/OFF 한다. 한편, 상용제동은 제동핸들의 위치(1~7단)에 따라 다음 [표 6-5]와 같이 전기제동 제어 신호선을 가압하여 상용제동력을 제어한다.

제동핸들의 비상제동위치와 핸들취거위치에서는 비상제동Loop회로의 차단으로 비상제동전자밸브를 무여자 시켜 전 차량에 비상제동이 작용하도록 하였다.

[표 6-5] 상용제동 시 전기제동 제어 신호(2진 코드)

가압선	위치	완해	상용제동							비상제동	핸들 취거
			1	2	3	4	5	6	7		
27	—	○			○		○		○	—	—
28	—			○	○			○	○	—	—
29	—					○	○	○	○	—	—

※ 비고 : ○은 해당 선의 전기신호가 ON이 되는 것을 표시한다.



[그림 6-31] 제동핸들의 위치



[그림 6-32] 제동 핸들

6.3.4 제동 작용장치(Brake Operating Unit : BOU)

제동 작용장치는 주로 상용제동과 비상제동을 제어하며, 제동에 사용하는 장치들을 상자 안에 하나로 모아 놓았다.

제동 작용장치는 구동차용(M, M' car)과 부수차(TC, T1, T car)용으로 구분한다. 구동차용(M, M' 차)은 장치 내에 제동제어장치(EOD)가 있고, 부수차용은 제동제어 장치가 없다. 따라서 구동차용과 부수차용의 차이는 장치 내에 제동제어장치의 유무(有無)이다.

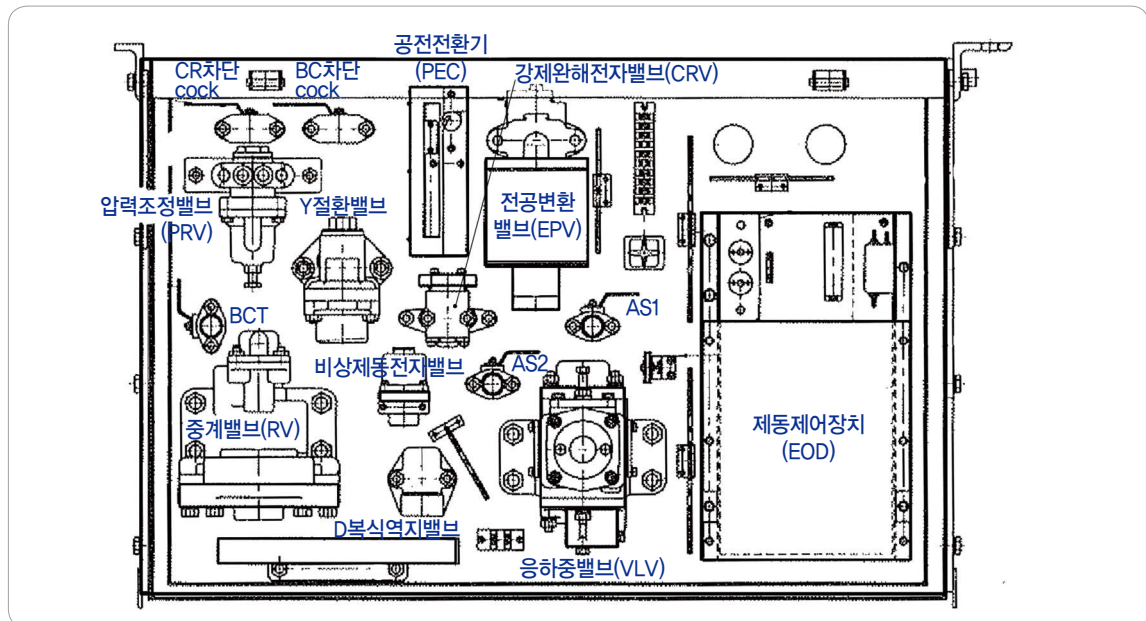
[그림 6-33]은 구동차용 제동 작용장치이다. 부수차용은 제동제어장치가 없어 상자의 크기가 작다. 장치 내에는 제동제어장치(EOD : 부수차는 없음), 전공변환밸브(EPV), 중계밸브(RV), 비상제동전자밸브(EBV), 응하중밸브(VLV), Y절환밸브(TV), 강제완해전자밸브(CRV), 압력조정밸브(PRV), 공전전환기(PEC), D 복식역지밸브(DVC) 등이 있다.

6.3.4.1 제동제어장치(Electronic Operating Device : EOD)

(1) 개요

제동제어장치(이하 EOD라 한다)는 구동차용에만 설치되어 있다. EOD는 상용제동 시 구동차와 부수차를 1개의 유닛으로 하여 마이크로프로세서(microprocessor)로 상용제동력을 제어한다.

EOD에는 공기스프링의 압축공기 압력에 의한 응하중 정보가 전기 신호로 변환되어 응하중 신호로 입력된다. EOD의 마이크로프로세서에서는 이 응하중 신호와 상용제동 시 제동제어기에서 오는 제동제어 신호(27, 28, 29선), 또는 ATC 지시속도 초과에 의한 상용제동신호를 연산하여 제동패턴을 만든다. 이 패턴은 견인제어장치(TCU : Traction Control Unit, 이하 TCU라 한다)에 전기제동



[그림 6-33] 구동차 제동 작용 장치(Brake Operating Unit : BOU)

제어 신호로 작용하고, 이 신호에 따라 주변환장치에서는 유도전동기를 제어하여 제동패턴에 상응한 크기의 전기제동력을 발휘하도록 제어한다. 그리고 유도전동기에서 발생한 전기제동력의 크기가 전기 신호로 EOD에 피드백(feedback)된다.

EOD에서는 전기제동 피드백 신호를 제동패턴과 비교하여 같은 유닛의 부수차의 전공변환밸브(EPV)를 제어하여 부수차의 공기 제동력을 조절하고, 구동차는 전기제동력과 공기 제동력의 비율을 적절하게 배합(Blending) 한다. 즉, 구동차의 전기제동력과 부수차의 공기 제동력, 그리고 구동차의 공기 제동력을 배합하여, 차륜과 레일 사이의 점착력 한도 내에서 설정된 제동패턴에 맞는 적절한 제동력이 발휘하도록 제어한다. 이를 ‘일괄교차(Cross Blending)제어’라 한다.

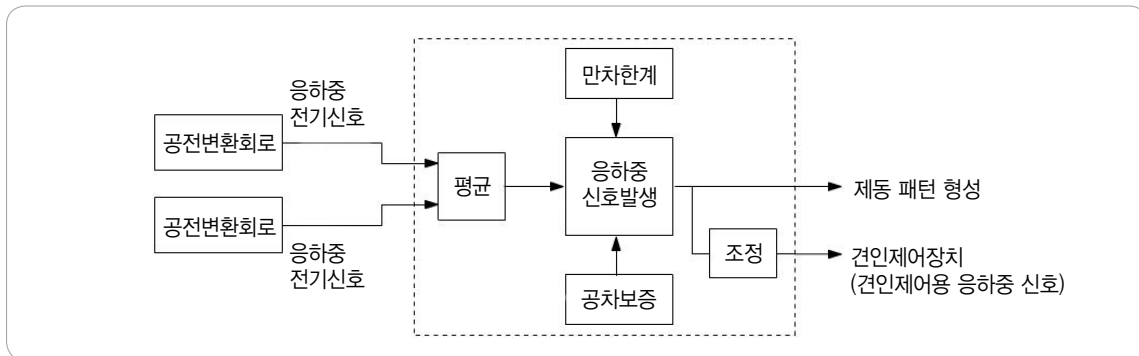
EOD는 제동전용의 인버터를 사용하고 있고, 장치의 전원도 차량의 다른 장치와 별개로 절연되어 있다. 따라서 다른 선과의 접촉으로 인한 오(誤)작동을 방지할 수 있고, 전차선이 정전되어도 제동시스템의 제어와 작동에는 영향이 없다.

(2) 장치의 주요 기능

1) 응하중 신호 생성

승객 하중의 변화에 따라 높이조정밸브에서 만들어진 앞, 뒤 대차의 공기스프링 압력을 공전변환회로에서 2개의 응하중 전기 신호로 바꾼 다음 그 평균치로 응하중 신호를 만든다. 응하중 신호

를 만들 때는 공기스프링의 고장 또는 파손 등으로 압축공기압력이 공차보다 현저히 작게 나타나더라도 최소한 공차의 80%의 응하중 성능을 보장하는 공차보증의 기능을 수행하고, 공기스프링의 압축공기 압력이 과도하게 높더라도 만차의 120%로 응하중 성능을 제한하는 만차한계를 둔다.



[그림 6-34] 응하중 신호의 생성 과정

여기서 응하중 신호의 일부는 견인제어용 응하중 신호로 TCU에 전송되어 동력 운전 시 견인출력을 결정하여 유도전동기를 제어한다. 따라서 전기동차는 승객 하중의 변화에 대응하여 거의 일정한 가속도와 감속도를 가진다.

2) 상용제동제어 신호의 수신과 제동패턴 생성

EOD는 상용제동제어선(27, 28, 29선)으로부터 오는 디지털 신호(전원의 ON/OFF)를 수신하여 제동제어 신호로 출력된다. 출력된 제동제어 신호를 응하중 신호와 합산하여 차량의 상태와 주변 환경에 적합한 제동패턴을 만든다. 만들어진 제동패턴은 필요한 총 제동력으로 형성되고, TCU로 가서 전기제동력을 제어한다.

3) 전기제동 피드백 신호 수신

제동패턴 신호에 의해 TCU의 제어로 유도전동기에서 형성된 전기제동력은 그 크기만큼의 전기신호로 변환되어 TCU를 거쳐 EOD로 피드백된다.

4) 전기제동 전류감지 신호 수신

유도전동기에서 발생한 전기제동 전류가 일정 전류치 이상 형성되면 TCU의 전류감지계전기(CDR)가 여자 된다. 이 전류 신호는 EOD에 입력되어 전기제동이 작용하고 있는 동안 전기제동과

공기 제동을 적절히 혼합하도록 한다.

5) 일괄교차(Cross Blending)제어

구동차의 전기제동피드백 신호와 EOD에서 만들어진 제동패턴 신호를 비교하여 다음과 같이 제어한다.

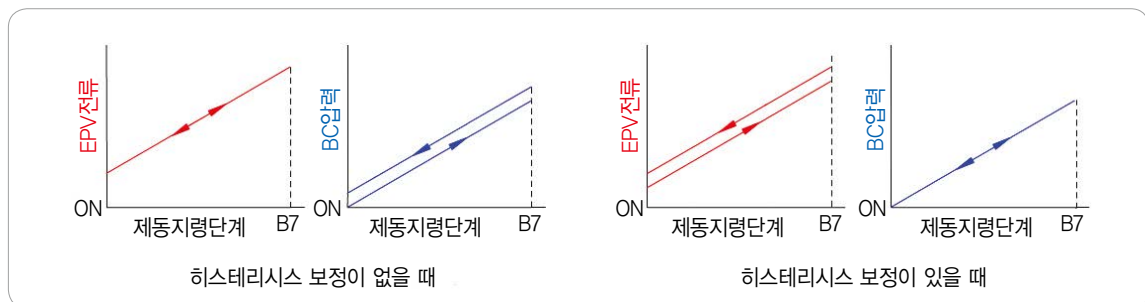
- ① 전기제동 피드백 신호가 제동패턴 신호보다 적을 때는 부수차와 구동차의 공기 제동력을 제어하여 ‘구동차 전기제동 + 부수차 공기 제동 + 구동차 공기 제동 = 제동패턴’이 되도록 한다. 전기제동력의 부족분을 공기 제동력으로 보충하는 방법은 부수차와 구동차 제동력의 부족분에 상응한 크기의 전류신호를 전공변환밸브(EPV)에 보내 전류량을 공기압력으로 변환시켜 공기 제동력을 제어하는 방법이다.
- ② 전기제동피드백 신호가 제동패턴보다 큰 경우에는 구동차의 전기제동력으로 부수차의 제동력까지 담당한다.

6) 제동충격제어기능(Jerk Control Function)

상용제동 시 제동 제어 단(1~7단)의 계단(Step)식 변화로 발생하는 제동력의 급격한 변화를 부드럽게 제어하여 열차의 충격을 줄여서 승객에게 쾌적한 승차감을 제공토록 하는 기능이다. 한편 전기제동 시의 제동충격 제어는 TCU에서 이루어진다. 전기동차 저크제어의 한계는 0.8m/s^3 이하이다.

7) 제동통 공기압력의 히스테리시스(hysteresis) 보정

제동통 압력의 히스테리시스라 함은 전공변환밸브와 중계밸브에 의해 형성되는 제동통 공기압력이 제동 제어전류가 커질 때에는 전류신호보다 늦게 형성되고, 제동 제어전류가 감소할 때는 압



[그림 6-35] 제동통 압력의 히스테리시스 보정

축공기압력의 감소가 지연되는 현상을 말한다.

이를 보정하기 위하여 제동 제어전류를 증가시킬 때는 감소시킬 때 보다 동일 위치에서 제어전류치를 낮게 해 주어 제동통 공기압력이 제어전류가 증가할 때나 감소 시에 동일하도록 해 주는 기능을 하는 것을 「제동통 공기압력의 히스테리시스」보정이라 한다.

8) 인쇼트 기능(In Shot Function)

전기제동이 정상적으로 작용하여 구동차의 전기제동력으로 부수차의 제동력까지 담당하는 중에도 구동차와 부수차의 공기 제동을 완전히 완해하지 않는다. 즉, 전공변환밸브의 전공증폭기 회로에 별도로 공기 제동신호를 추가시켜 제동통의 공기압력을 제동통의 복귀스프링 압력보다 약간 높게 하여 제륜자가 차륜 또는 디스크에 살짝 닿는 정도로만 형성토록 한다. 이 기능에 의해 제동 중에 전기제동이 소멸되면서 공기 제동으로 전환될 때 공기 제동의 체결이 지연되는 것을 방지할 수 있다.

9) 모니터링정보 전송

차량상태에 관한 실시간(Real Time) 정보는 주기적으로 모니터에 전송되고, 고장을 감지하였을 때는 고장 전후의 정보를 추적하여 데이터로 기록한다. 통상적인 차량상태 정보는 상용제동 제어 신호, 공기스프링 압력, 제동통 압력(구동차, 부수차), TCU용 응하중 신호, 전기제동력 패턴, 전기제동피드백 등의 신호와 구동차 및 부수차의 전공변환밸브 전류 등을 모니터 장치로 전송한다.

고장의 감지는 TCU용 응하중 신호, 전기제동력 패턴신호, 구동차 및 부수차 전공(EP) 전류의 비정상적인 상황, 제어 전원의 저하 등을 상시 체크(check)하도록 되어 있다.

6.3.4.2 전공변환밸브(Electric-Pneumatic Change Valve, EPV)

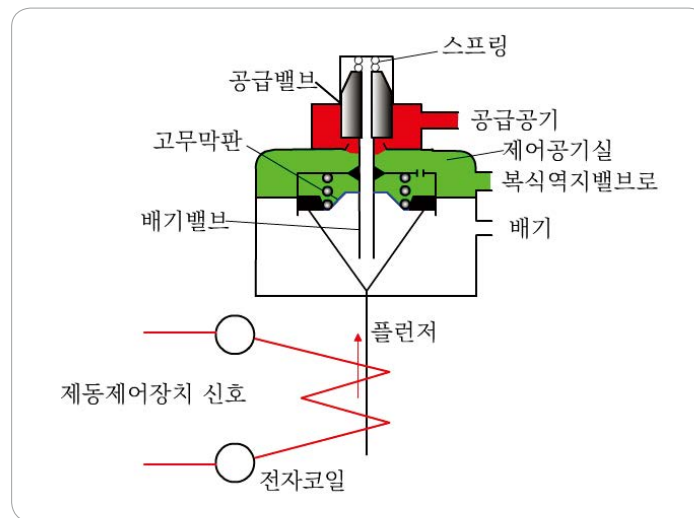
(1) 개요

전공변환밸브(이하 EPV라 한다)는 상용제동 시 EOD에서 오는 신호 전류를 받아 그 전류의 크기만큼을 압축공기압력으로 변환시킨다. 변환된 압축공기는 D 복식역지밸브를 거쳐 중계밸브의 제어공기실에 공급되어 공기 제동력으로 작용한다. 제동완해 시에는 중계밸브에 공급된 제어공기를 배출하는 역할을 한다.

(2) 작용

1) 제동 작용

EOD의 전기신호에 의해 전자코일이 여자 되면 [그림 6-36]과 같이 플런저는 고무막판과 함께



[그림 6-36] EPV의 제동 작용

배기밸브를 위로 밀어 올린다. 배기밸브가 올라가서 공급밸브와 맞닿아 배기구에는 막히면서 더 올라가므로 공급밸브가 열린다. 공급밸브가 밸브시트에서 떨어져 열리게 되면 공급밸브실에 와 있던 공급공기통의 압축공기(공급공기)는 제어공기실에 유입되고 복식역지밸브를 거쳐 중계밸브의 제어공기실로 가서 제동 작용을 한다.

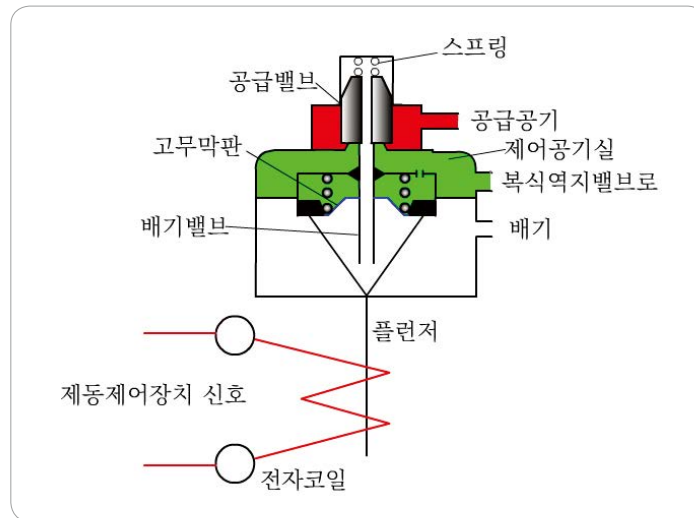
2) 유지 작용

공급밸브를 통하여 유입되는 제어공기가 고무막판 상부실에도 유입되어 전기신호에 상응한 압축공기압력이 형성되면, 제어공기압력과 상부 스프링 압력이 더해져 고무막판과 배기밸브를 플런저와 함께 아래로 밀게 된다.

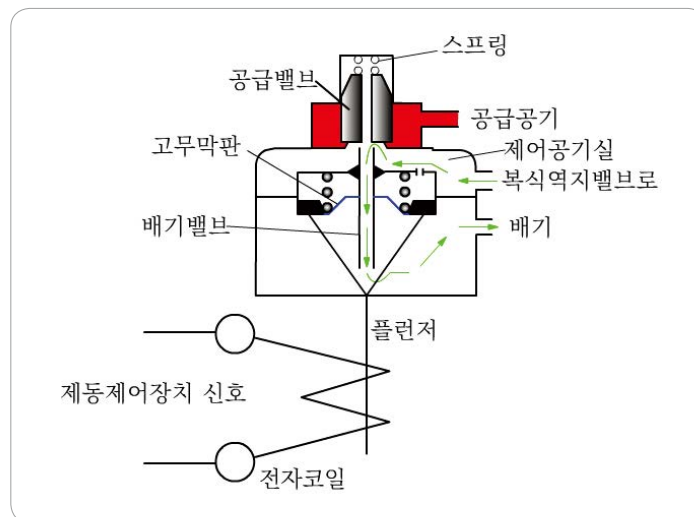
이때 배기밸브는 공급밸브에 맞닿아서 내려가는데 배기밸브의 가운데 배기구에는 막힌 상태로 공급밸브가 밸브시트에 밀착하므로 공급공기의 통로와 배기밸브의 배기 통로를 모두 막는다. 따라서 EOD의 전기신호 값에 상응한 제어공기압력만 형성되고, 장치는 균형을 이룬다[그림 6-37].

3) 배기 작용

EOD의 전기신호가 소멸되면 전자코일이 무여자 되어 배기밸브는 고무막판 상부에 작용하는 제어공기압력에 의해 플런저와 함께 아래로 내려가고 배기밸브는 공급밸브에서 떨어져 배기구가 열리게 된다. 따라서 중계밸브의 복식역지밸브 쪽(제어공기실)의 압축공기는 배기밸브의 가운데 배기 통로를 통하여 배기구로 배출된다[그림 6-38].



[그림 6-37] EPV의 유지 작용



[그림 6-38] EPV 배기 작용

6.3.4.3 응하중밸브(Variable Load Valve)

(1) 개요

응하중밸브는 승객 하중에 따라 변하는 공기스프링의 압축공기 압력에 비례하여 증감된 압축공기를 만들어 비상제동전자밸브(EBV)로 보내 대기시킨다.

비상제동이 작용하면 비상제동전자밸브의 무여자로 대기하던 제어공기압력은 D 복식역지밸브를 거쳐 중계밸브로 공급되기 때문에 승객 하중에 따라 감속력을 가감하여 하중 변화에 상응한 비상제동 감속력을 얻도록 한다.

(2) 구조

응하중밸브는 다음과 같이 구성되어 있다.

1) 공기스프링 압력 감지부

공기스프링 압력실 1, 2와 2개의 고무막판(①, ②)으로 구성된다.

2) 압력 공급 · 배기밸브부

공급밸브, 배기밸브, 고무막판(③)과 배기구로 구성된다.

3) 지점 조정부

지점 조정부는 공기스프링 압력 감지부와 압력 공급 · 배기밸브부 사이의 본체에 부착되어 있어 롤러의 지점을 레버로 조정하여 작용압력 치를 조정할 수 있다.

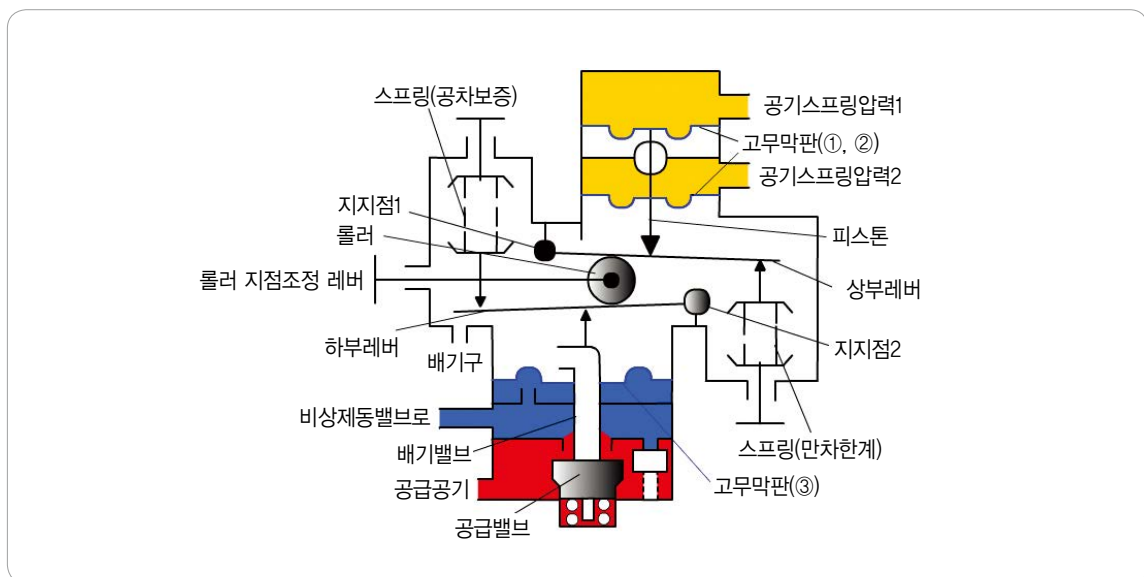
4) 스프링부(공차보증, 만차한계)

위쪽에는 공차의 80% 이상의 성능을 보장하는 공차보증용 스프링이 있고, 아래쪽에는 만차한계를 120% 이하로 제한하는 스프링이 있다.

(3) 작용

1) 공급 작용

[그림 6-39]에서 공기스프링압력 1, 2가 고무막판(①, ②)에 작용하여 피스톤을 아래로 밀면 상부레버가 지지점 1을 중심으로 회전하면서 아래로 밀려 롤러를 거쳐 하부레버에 작용한다. 하부레



[그림 6-39] 응하중밸브의 공급 작용

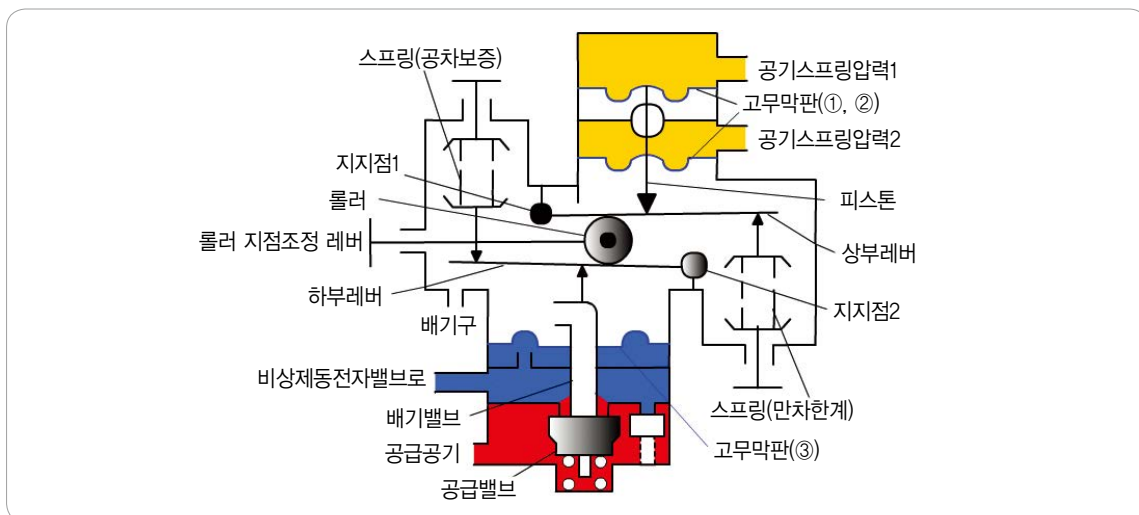
버가 지지점 2를 중심으로 아래로 밀리면 배기밸브가 밀리면서 공급밸브를 연다. 공급밸브가 열리면 머물러 있던 공급공기가 열린 통로를 통해 비상제동전자밸브로 가서 대기한다. 이때 형성되는 제어공기압력은 응하중에 상응한 크기만큼 공기압력이 만들어진다.

공기스프링의 파손이나 장치의 고장으로 공기스프링 압력이 없거나 공차 때보다 적을 때는 공차보증용 스프링 힘이 하부레버를 밀고 있어 공차의 약 80% 정도의 성능을 보장한다.

공기스프링 압력이 한계 압력 이상으로 올라가 만차한계 스프링 조정치 이상이 되면 만차한계 스프링에 의해 상부레버의 밀림이 멈추게 되어 압축공기의 압력 상승을 더 이상 허용하지 않는다. 이를 만차한계라 한다.

2) 유지 작용

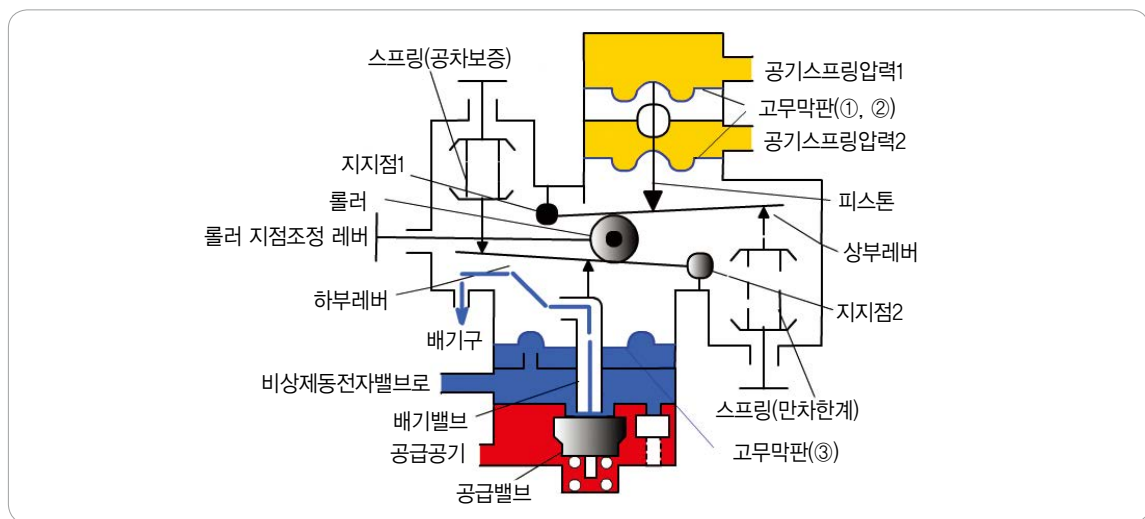
비상제동전자밸브로 가는 공급공기압력이 고무막판(③) 하부에도 유입되면서, 고무막판(③)을 위로 떠미는 힘이 커지면 하부레버 → 롤러 → 상부레버를 위로 밀어 올리는 힘이 커진다. 이 커진 힘이 공기스프링 압력부에서 상부레버 → 롤러 → 하부레버를 누르는 힘보다 약간 더 커지게 되면 고무막판(③)과 배기밸브가 위로 밀린다. 이때 배기밸브는 공급밸브에 맞닿은 채 공급밸브와 함께 밀리므로 공급밸브는 밸브시트에 밀착되어 공급압력의 유입을 막고, 배기밸브는 공급밸브에 맞닿아 있어 비상제동전자밸브 측의 제어공기압력의 배기도 차단된 상태를 유지한다[그림 6-40]. 따라서 비상제동전자밸브에는 승객하중에 상응한 크기의 압축공기압력이 항상 대기하고 있다.



[그림 6-40] 응하중밸브의 유지 작용

3) 배기 작용

비상제동전자밸브로 가는 작용 압력이 조정 압력보다 높거나 유지 상태에서 공기스프링 압력이 줄어들면 균형이 깨져 배기밸브는 공급밸브에서 떨어지므로 작용 압력은 배기밸브를 통하여 배기된다 [그림 6-41].



[그림 6-41] 응하중밸브의 배기 작용

이 배기로 다시 공기스프링 압력과 작용 압력이 균형을 이루면 배기밸브는 공급밸브에 맞닿아 배기 작용을 멈추고 다시 균형 상태를 유지한다.

6.3.4.4 비상제동전자밸브(EBV, Emergency Brake Magnet Valve)

(1) 개요

비상제동전자밸브(이하 EBV라 한다)는 비상제동Loop회로에 의해 상시 여자 상태로 있다가 기관사가 제동핸들로 비상제동 조작, 운전실 비상제동스위치(EBS) 조작, ATC/ATS에 의한 비상제동 작동, 주공기압력 부족, 기관사안전장치 작동, 열차 분리, 구원운전스위치 오조작 등의 상황이 발생하면 인통 된 전기 회로가 끊어지므로 전자밸브가 무여자 되어 비상제동이 자동으로 작용하도록 한다.

(2) 작용

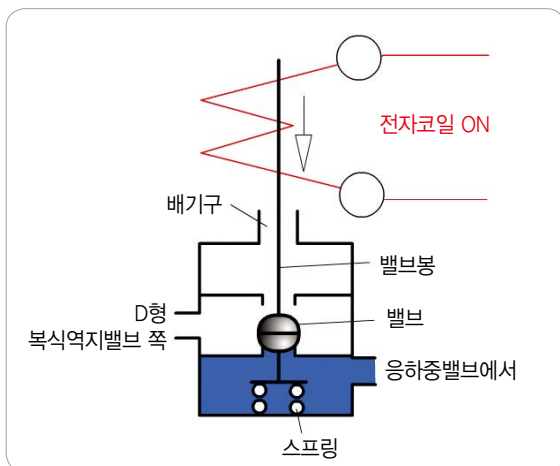
1) 비상제동완해

비상제동Loop회로의 구성으로 EBV의 전자코일에 전원이 투입(ON)되면 자기력에 의해 밸브봉

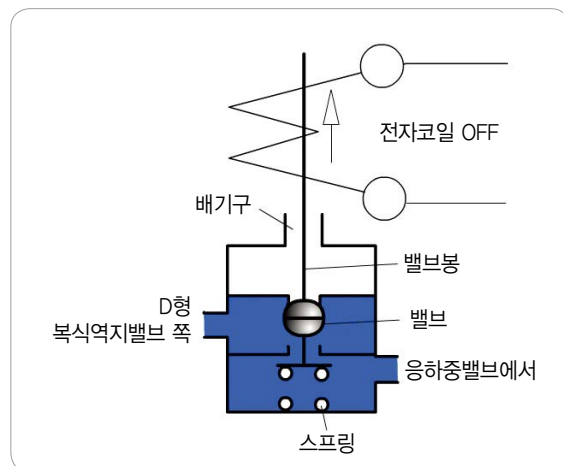
은 밸브와 함께 스프링 힘을 이기고 아래로 밀린다. 따라서 밸브는 하부 시트(seat)에 밀착되므로 응하중밸브에서 오는 공기는 막히고 상부 시트는 열려서, D 복식역지밸브(중계밸브의 제어공기)의 통로는 배기구와 연결되어 비상제동을 완해한다[그림 6-42].

2) 제동 작용

비상제동Loop회로의 차단으로 EBV의 전자코일이 무여자(OFF) 되면 밸브와 함께 밸브봉은 스프링 힘에 의해 복귀된다. 따라서 밸브가 하부 시트에서 떨어져 대기 중이던 응하중밸브의 압축공기는 D 복식역지밸브 쪽으로 공급된다. 이 공기는 D 복식역지밸브를 거쳐 중계밸브의 제어공기실로 들어가 중계밸브를 작동시켜 비상제동이 체결되도록 하는 역할을 한다[그림 6-43].



[그림 6-42] EBV의 비상제동완해



[그림 6-43] EBV의 제동 작용

6.3.4.5 D 복식역지밸브(Double Check Valve)

(1) 개요

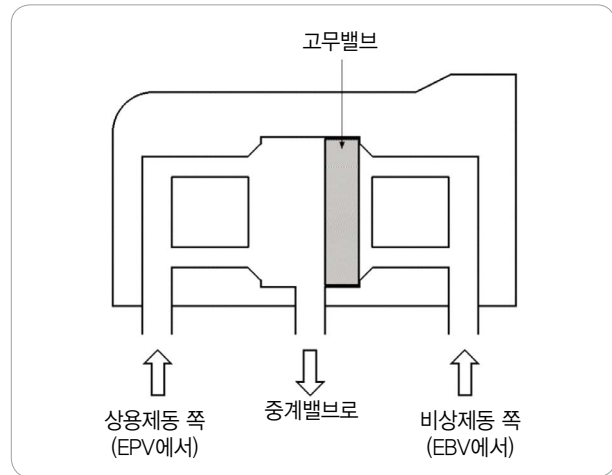
D 복식역지밸브는 고무 밸브를 사이에 두고 상용제동 시 EPV에서 형성된 제어공기와 비상제동 시 EBV에서 형성된 제어공기가 양면에 작용하도록 되어 있다. 만약 상용제동과 비상제동이 같이 작용하여 양면에 압축공기가 동시에 형성되는 경우에는 두 개의 압력 중 높은 쪽의 압력을 선택하여 중계밸브로 공급한다. 따라서 상용제동 중에 비상제동을 체결하더라도 즉시 압력이 높은 비상제동 체제로 전환되도록 하였고, 만약 비상제동 시 작용 압력이 부족하다면 상용 최대 제동이 작용하도록 하여 항상 최상의 제동력을 발휘하도록 하였다.

(2) 구조 및 작용

압축공기는 상황에 따라 상용제동 쪽 또는 비상제동 쪽 통로에서 밸브 안쪽으로 들어간다.

어느 한쪽의 공기압력을 받은 고무밸브는 압축공기에 의해 밸브시트(Valve Seat)에 밀착하고 공기압력이 오는 측 통로가 중계밸브 쪽 통로로 연결된다. 따라서 상용제동 시 EPV에서 오는 통로와 비상제동 시 EBV에서 오는 통로의 어느 한쪽 압축공기 압력 중 높은 쪽 압축공기가 고무 밸브를 밀고 중계밸브 쪽으로 들어가도록 한다.

[그림 6-44]는 EPV에서 오는 상용제동 측 압축공기가 중계밸브 쪽 통로로 들어가는 그림을 나타내고 있다.



[그림 6-44] D 복식역지밸브의 작용

6.3.4.6 중계밸브(Relay Valve)

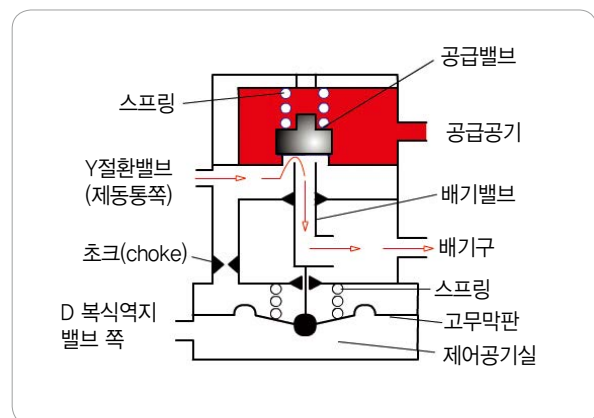
(1) 개요

중계밸브는 상용제동 시와 비상제동 시 D 복식역지밸브에서 오는 제어공기압력으로 작동하여, 대기하고 있는 공급공기를 제어공기압력에 상응한 압력의 압축공기로 양을 증폭한 다음 Y절환밸브(제동통 쪽)로 공급하거나 Y절환밸브의 압축공기를 대기로 배출하는 역할을 한다.

(2) 작용

1) 완해 작용

제어공기실에 압축공기가 없으면 고무막판과 배기밸브는 고무막판 상부의 스프링 압력에 의해 아래로 내려와 있으므로 공급밸브는 밸브시트에 밀착하여 통로를 닫고, 고무막판 상부실과 Y절환밸브(제동통) 쪽은 배기밸브의 가운데 통로를 통해 배기구로 연결된다. 따라서 제동통 쪽의 제동을



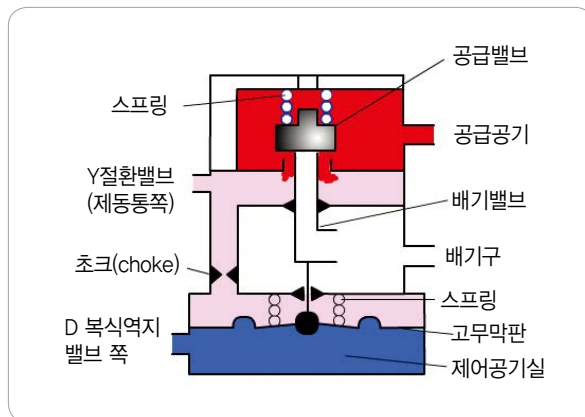
[그림 6-45] 중계밸브의 완해 작용

체결했던 압축공기는 배기구를 통해 배기되어 체결된 제동을 완해한다[그림 6-45].

2) 제동 작용

제어공기실에 압축공기가 들어오면 고무막판이 압축공기에 의해 들어 올려지고 고무막판과 함께 배기밸브가 고무막판 상부의 스프링 힘을 이기고 위로 상승하여 공급밸브를 들어 올린다[그림 6-46].

공급밸브가 올라가면 통로가 열려 공급공기가 Y절환밸브 쪽으로 들어가고 일부는 초크(choke)를 거쳐 고무막판 상부실에도 들어간다. Y절환밸브를 거친 압축공기는 활주방지장치를 거쳐 제동통으로 들어가 공기 제동력으로 작용하게 된다.

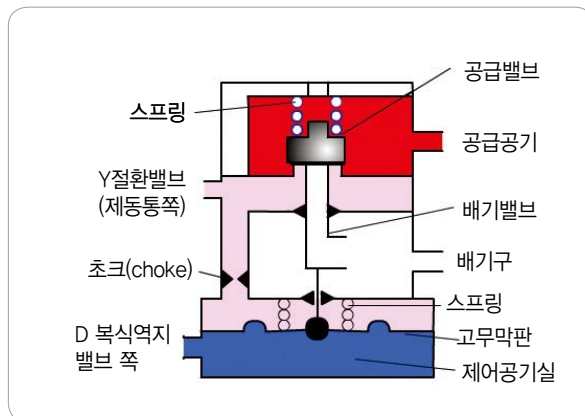


[그림 6-46] 중계밸브의 제동 작용

3) 유지 작용

Y절환밸브 쪽으로 가는 공기의 일부는 초크를 거쳐 고무막판 상부실에 작용하여 그 압력이 제어공기실 압력과 거의 같아지면 고무막판 상부의 스프링 압력이 가세하여 고무막판과 배기밸브를 아래로 살짝 민다.

배기밸브가 아래로 밀리면 배기밸브는 공급밸브에 맞닿은 채 아래로 내려오고, 공급밸브는 밸브시트에 밀착되어 공급 통로를 막는다. 따라서 공급공기 측과 Y절환밸브 쪽의 통로가 차단되고, Y절환밸브 측과 배기구 쪽의 통로도 막힌 상태를 유지한다[그림 6-47].



[그림 6-47] 중계밸브의 유지 작용

균형 상태에서 제어공기압력을 일부만 배기시키면 고무막판이 아래로 밀려 배기밸브가 밀리므로 제어공기압력의 감소분만큼 Y절환밸브 쪽의 압축공기를 배기시키고, Y절환밸브 쪽 공기압력이 제어공기압력과 거의 같은 압력이 되면 다시 균형 상태를 유지한다.

6.3.4.7 Y절환밸브(Y-Transfer Valve)

(1) 개요

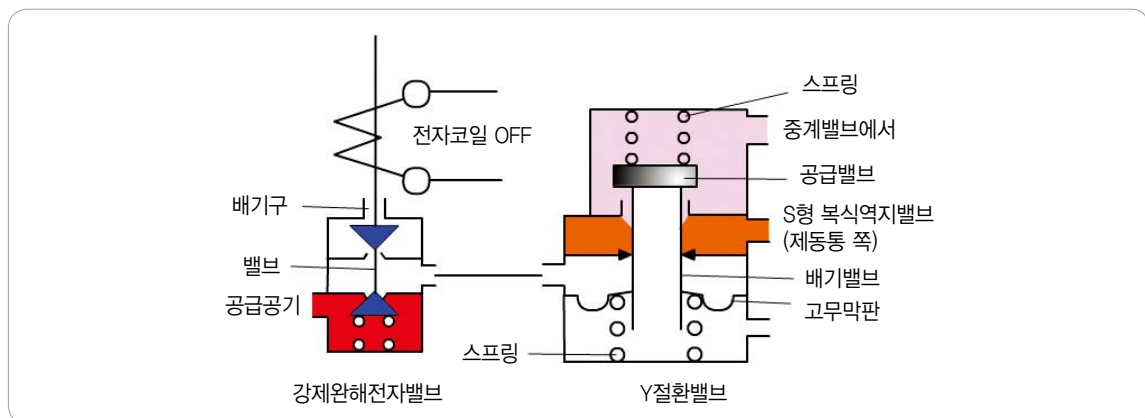
Y절환밸브는 평상시 중계밸브에서 오는 압축공기가 S 복식역지밸브로 가는 통로가 된다. S 복식역지밸브를 거친 압축공기는 활주방지장치를 지나 제동통으로 들어가 공기 제동을 체결한다. 만약 제동 불(不)완해가 발생하여 강제완해를 시키기 위해 강제완해 전자밸브가 여자 되면, 그 지시 압력에 의해 Y절환밸브가 작동하여 제동통에 남아 있는 압축공기(불완해가 된 압축공기)를 배기시켜 강제로 완해하는 작용을 한다.

(2) 작용

1) 평상시(강제완해 해제)

평상시 강제완해 신호가 없을 때는 강제완해 전자밸브의 전자코일이 무여자 되어 있어 Y절환밸브의 고무막판의 상부실은 [그림 6-48]과 같이 강제완해 전자밸브의 배기구로 통한다.

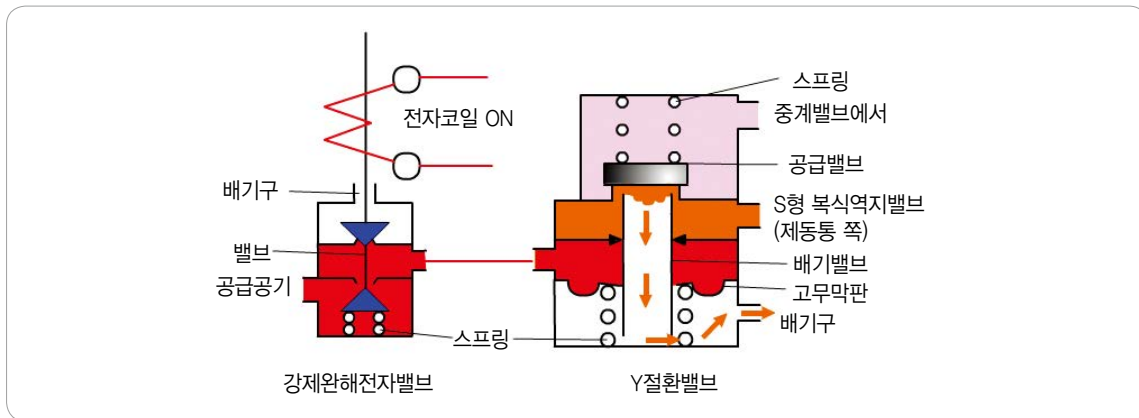
Y절환밸브의 고무막판은 아래쪽 스프링 힘에 의해 배기밸브와 함께 위로 밀리고 배기밸브는 위쪽의 공급밸브를 밀어서 통로를 연다. 따라서 강제완해 작용이 없는 한 Y절환밸브에서는 중계밸브와 S 복식역지밸브 쪽(제동통 쪽)의 통로를 항상 개방하고 있다.



[그림 6-48] 강제완해 신호가 없을 때

2) 지시 공기압력 공급(강제완해 작용)

강제완해 신호에 의해 강제완해 전자코일이 여자 되면 아래 밸브가 밸브시트에서 떨어져 공급공기압력이 [그림 6-49]와 같이 Y절환밸브의 고무막판 상부실로 유입된다.



[그림 6-49] 강제완해 신호가 있을 때(강제완해 작용)

이 압축공기는 고무막판 아래쪽의 스프링 힘을 이기고 고무막판과 배기밸브 조립체를 함께 아래로 밀린다. 배기밸브가 밀림으로 공급밸브는 밸브시트에 밀착되어 중계밸브 쪽과 S 복식역지밸브 쪽의 통로는 막히고, S 복식역지밸브(제동통) 쪽의 통로는 배기밸브의 가운데 실과 스프링을 거쳐 배기구와 연결된다. 따라서 제동통에 압축공기가 남아 있다면 그 남아 있는 압축공기는 Y절환밸브의 배기구를 거쳐 배출되므로 체결된 제동은 완해가 된다.

6.3.4.8 강제완해 전자밸브(CRV)

(1) 개요

제동 불(不)완해가 발생한 상태(운전실 모니터에 ‘제동 불완해 발생’ 현시)에서 운전실의 강제완해 스위치(CpRS)를 취급하면 강제완해 제어선이 ON이 되어 제동 불완해가 발생한 차량의 강제완해 전자밸브를 여자 시킨다. 강제완해전자밸브의 여자로 Y절환밸브를 작동시켜 제동통에 남아있는 압축공기를 배기시키고 운전실에 강제완해 표시등(CRLp)을 점등시킨다.

(2) 작용

강제완해 전자밸브의 전자코일이 무여자 상태에서는 스프링 압력에 의해 밸브가 올라가, 공급공기가 Y절환밸브 쪽으로 가는 통로는 막는다. 그리고 Y절환밸브의 고무막판 상부실은 강제완해 전자밸브의 배기구로 통하도록 되어 있다[그림 6-48].

CpRS 취급으로 강제완해 제어 신호에 의해 강제완해 전자밸브의 전자코일이 여자 되면 밸브는 아래로 밀려서 배기구는 막고, 공급공기와 Y절환밸브 쪽의 통로가 열린다. 이때 열린 통로로 공급공기통의 압축공기가 Y절환밸브의 고무막판 상부실에 작용하여 고무막판과 배기밸브가 스프링 압력을

6.3.4.9 압력조정밸브

압력조정밸브는 주공기의 압축공기(8.0~9.0kgf/cm²)를 일정한 압력으로 조정하여 2차 측에 공급하기 위한 밸브이다. 이 밸브는 2차 측 압력이 일시적으로 조정 압력보다 높아지더라도, 조정 압력보다 높게 들어 온 압축공기를 자체 배기 작용으로 배기시켜 항상 조정 압력으로 일정하게 유지하는 밸브이다.

(2) 작용

1) 공급 작용

스프링

공급밸브

주공기

2차공기 (제어공기)

배기밸브

조크(choke)

고무막판

배기구

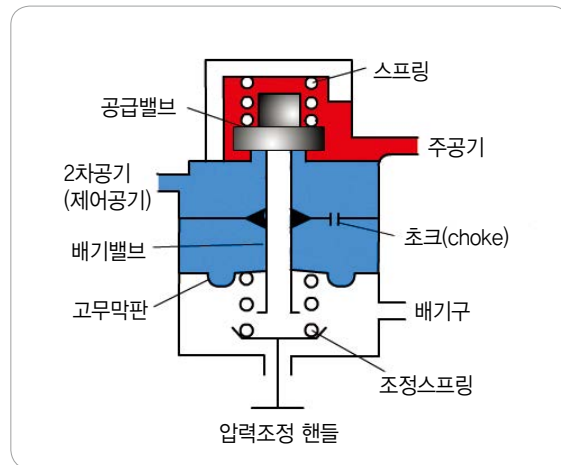
조정스프링

압력조정 핸들

[그림 6-50] 압력조정밸브의 공급 작용

2) 유지 작용

2차 측의 압축공기압력이 조정된 압력까지 증가하면 초크를 거쳐 들어온 고무막판 상부실의 압축공기압력이 조정스프링 힘을 누르고 고무막판과 배기밸브를 함께 밀어낸다. 이때 배기밸브는 공급밸브에 맞닿은 채 내려오면서 공급밸브가 밸브시트에 밀착되어 주공기의 압축공기의 공급을 막는다. 그리고 배기밸브는 공급밸브에 밀착되어 있어 2차 측의 공기가 배기되는 것도 막아 준다. 즉 2차 측에 형성된 공기압력이 조정스프링의 조정 압력과 균형을 이룬 상태로 유지된다[그림 6-51].

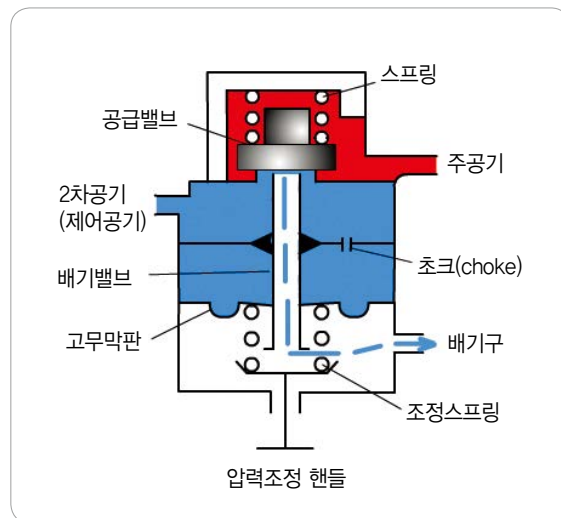


[그림 6-51] 압력조정밸브의 유지 작용

3) 배기 작용

2차 측 공기압력이 조정스프링의 압력보다 높아지면 공기압력은 조정스프링 압력을 이기고 고무막판과 배기밸브를 아래로 밀다.

배기밸브가 아래로 밀리면 공급밸브는 밸브시트에 밀착된 상태에서 배기밸브만 떨어져 2차 측의 압축공기는 조정스프링실을 거쳐 배기구로 배출된다[그림 6-52]. 그 후 2차 측 공기압력이 조정 압력과 같아지면 배기 작동은 중지되고 균형 상태를 유지한다.



[그림 6-52] 압력조정밸브의 배기 작용

6.3.4.10 공전전환기(Pneumatic Electric Converter : PEC)

(1) 개요

공전전환기는 제동통에 형성되는 압축공기압력의 변화를 체크한 다음 아날로그 전류 신호로 변환하여 모니터 장치로 보내는 한편 제동이 작용하는 과정에서 발생한 제동통의 오류정보(디지털 신호)를 모니터로 출력하여 현시한다.

그리고 제동 불완해와 제동력 부족 등의 오류를 검출하고, 제동 불완해가 발생하였을 때 기관사가 운전실에서 강제완해 스위치를 취급하면 그 제어 신호를 받아 불완해가 된 차량의 제동을 강제적으로 완해한다. 제동력의 부족을 감지하였을 때는 감지된 차량에 비상제동을 체결하여 부족한 제동력을 보완한다.

(2) 작용

1) 제동통(BC) 압력 신호의 전송

공전전환기는 제동통의 공기압력을 감지하고, 그 공기압력을 아날로그 전류 신호로 변환하여 모니터 장치로 전송한다. 모니터 장치에서는 제동통의 공기압력의 변화를 출력하여 현시한다.

2) 제동 불완해 감지와 강제완해 작용

① 제동 불완해 감지

제동의 완해 조건 즉, 비상제동, 상용제동, ATC제동과 보안제동이 체결되지 않았는데도 불구하고 제동통에 압축공기압력이 기준치 이상 남아 있는 시간이 5초 이상 지속되면 제동 불완해가 발생한 것으로 간주하고 모니터 장치에 제동 불완해 신호를 보낸다.

② 강제완해 작용

모니터의 현시로 제동의 불완해를 인지하고, 운전실에 있는 강제완해 스위치(CpRS)를 취급하면 강제완해 표시등(CRLp)이 점등되고, 제동 불완해가 발생한 차량의 강제완해 전자밸브가 여자 되어 Y절환밸브를 작동시킨다. 이때 Y절환밸브는 남아 있는 제동통의 압축공기를 배기구로 배기하여 제동을 완해한다[그림 6-49].

3) 제동력 부족 감지(Detection of Insufficient Brake) 작용

제동력의 부족 감지조건은 제동핸들로 상용 7단 제동체결 시 또는 운전속도 초과로 ATC 제동이 체결(ATCSBR 여자)되었으나 전기제동이 작용하지 않을 때이다. 이 같은 조건에서 제동통의 공기압력이 3.5초가 지나도 설정 치에 미치지 못하면 제동력이 부족한 것으로 간주하고 제동력 부족 신호를 모니터로 전송하는 한편 제동력 부족이 발생한 차량의 비상제동보조계전기(EBAR)를 여자시켜 EBV의 여자회로를 차단[그림 6-66]하여 해당 차만 비상제동을 체결한다. 상용 7단 제동과 ATC 제동체결 시 전기제동이 정상적으로 작동하여 TCU의 전류감지계전기(CDR)가 여자 되면 공전전환기에서는 제동력 부족의 감지를 하지 않는다. 이는 전기제동이 작용 중에는 EOD의 초입 작용으로 남아 있는 제동통의 압축공기의 압력이 제동력 부족 설정치보다 작은 것이 정상이기 때문이다.

6.3.5 활주방지장치(Anti-Skid Control Unit)

6.3.5.1 개요

활주방지장치는 제동 작용 시 활주를 방지하여 차륜의 찰상¹¹⁾을 예방하고 제동 거리가 길어지는 것을 억제한다. 활주방지장치는 마이크로프로세서와 집적회로를 사용하여 구조가 간단한 반면에 정밀한 성능을 가지고 있다. 이 장치는 각 차량의 4개의 차축에 있는 속도 감지기에 의해 차축의 속도를 감지하여 차량의 감속도가 설정된 감속도의 크기를 초과하거나 각 차축 사이의 속도 차이가 기준치를 초과하였을 때 작동한다.

차축의 미끄러짐이 검출되면 활주가 일어난 차축이 다시 점착하도록 압력제어밸브를 제어하여 제동통에 작용하고 있는 압축공기를 일부 빼서 제동력을 줄여 재(再)점착을 빠르게 유도한다.

차륜이 재점착되면 다시 제동통에 압축공기를 공급하는 작동을 반복하여 활주를 방지하는 작용을 한다. 그리고 예기치 못한 상황이 발생하여 제동력이 약해지는 것을 예방하기 위하여 주변 상황을 모니터링하고, 고장에 대처하는 기능이 부가되어 있다.

6.3.5.2 활주감지와 제어

활주방지장치는 각 차축에서 수신되는 속도신호를 받아서 표본시간(Sampling Time)마다 기준속도를 정한 다음 각각의 차축속도와 비교하여 활주방지장치의 작동과 작용을 결정한다.

(1) 활주의 감지

이 장치는 차축에서 오는 속도 신호를 분석하여 다음과 같이 활주를 감지한다.

1) 감속도 감지

활주가 어떤 차축에 발생하여 차축의 감속도율이 설정치보다 높아지면 활주가 발생하는 것으로 판단하고 활주신호를 출력한다.

2) 속도 차이 감지

4개의 차축의 속도를 비교하여 가장 속도가 높은 차축이나 각 차축의 속도를 기준속도와 비교하여 얻어진 속도의 차이가 기준치보다 커지면 활주가 발생한 것으로 간주하고 활주신호를 출력한다. 속도 차이에 의한 활주방지 제어장치의 작용은 감속도 감지에 따른 작용보다 우선한다.

11) 차륜이 레일과 접촉하면서 주행할 때 활주 등으로 차륜 답면의 일부가 떨어져 나가거나 벗겨진 것

(2) 제동력의 조절

이 장치는 활주신호를 출력한 다음, 활주가 발생한 대차의 압력제어밸브(PCV)에 완해 신호를 보낸다. 이 신호에 의해 제동통에 있는 압축공기는 일부 배기되므로 제동력이 낮아진다.

(3) 재점착 감지

제동통의 압축공기압력이 낮아진 후 차축의 속도 차이 또는 감속도 율이 주어진 값(활주가 멈추기 직전)보다 적어지면 차축이 다시 점착된 것으로 간주하고, 압력제어밸브에서 제동통의 압력을 유지하도록 하는 제어 신호를 내린다. 이후 활주가 일어난 차축의 속도 차이와 감속도에 따라 제동통에 압축공기를 공급하는 패턴(배기, 유지 또는 정상 공급 등)을 선택하여 제동통의 압축공기를 제어한다.

(4) 완전 재점착의 감지

활주가 일어난 차축의 속도가 기준속도의 설정치보다 작아지거나 또는 감속도가 기준 감속도의 설정치보다 작아지는 것을 감지하면, 차축이 레일에 완전히 점착된 것으로 간주하여 압력제어밸브에 정상적인 압력 공급신호를 보내 주어 정상적인 제동 작용을 수행하도록 한다.

6.3.5.3 안전 연동장치의 작동

활주방지장치가 작동하였으나 어떠한 이유로 차축이 정상으로 회복하는 데 걸리는 시간이 일정 시간을 초과하게 되면 장치의 이상으로 간주하고 보호 측면에서 안전연동장치(Time Delay Interlocking)가 작동한다. 그리하여 활주방지장치로 가는 전기 회로를 끊어서 장치의 작동을 중지시키고 제동통의 압축공기의 배기를 중단시킨다. 일단 이 안전회로가 작동하면 열차가 완전히 정차할 때까지 활주방지장치의 기능은 일시 중지된다.

6.3.5.4 모니터 시스템으로 전송

활주가 발생하여 활주방지장치가 작동하거나, 제어장치의 고장이 발생하면 활주방지 제어장치에서 모니터 시스템으로 정보를 전송한다.

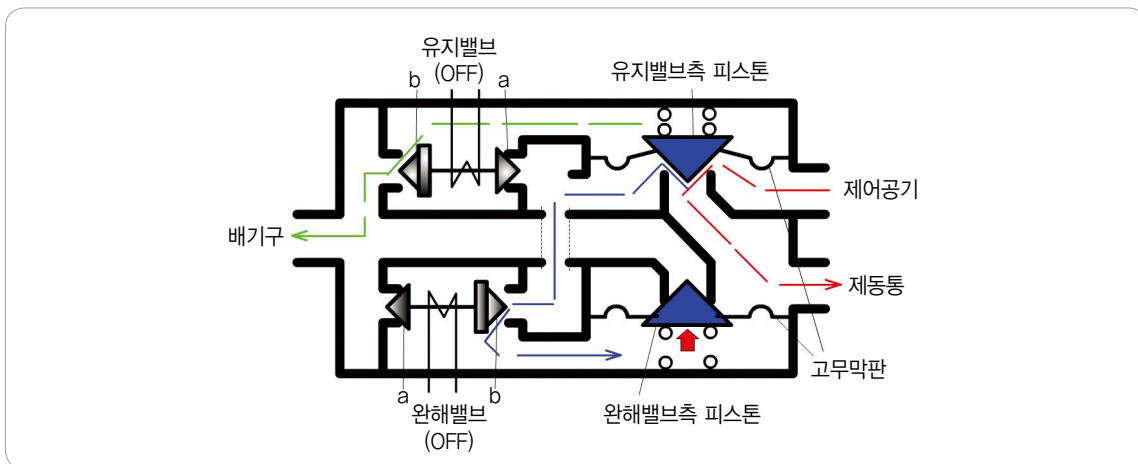
6.3.5.5 압력제어밸브의 작용

압력제어밸브(PCV: Pressure Control Valve, Dump Valve)는 크게 2개의 고무막판과 피스톤, 그리고 2개의 전자밸브 등으로 구성되어 있고, 공기 제동 작용 중 활주방지장치에서 오는 제동완해 신호나 재(再)제동 신호를 수신하여 제동통의 압축공기를 제어하여 차륜이 미끄러지는 것을 예방하

는 역할을 한다. 이는 차륜의 찰상을 방지하고 제동 시 제동 거리가 길어지는 것을 억제해 준다.

(1) 차륜이 정상일 때(미끄러짐이 없을 때)

활주신호가 없는 상태로 완해밸브와 유지밸브가 모두 무여자(OFF) 되어 있다. 완해밸브의 무여자로 완해밸브의 a밸브에 의해 완해밸브 측 고무막판 뒤쪽은 배기구가 차단되어 있고, 유지밸브 측 고무막판 뒤쪽의 압축공기는 유지밸브 b의 열린 통로를 거쳐 배기구로 배출된다(녹색화살표). 제어공기는 자체 압축공기압력으로 유지밸브 측 피스톤을 밀어서 열고 제어공기가 제동통 쪽으로 가는 통로를 개방하여 압축공기를 제동통 쪽으로 보내는(빨간색 화살표) 한편, 열려 있는 완해밸브 b를 거쳐 완해밸브 측 고무막판 뒤쪽에 압축공기가 작용하여 완해밸브 측 피스톤이 배기구로 연결되는 통로를 닫아 버린다(파란색 화살표). 따라서 제어공기와 제동통이 서로 자유롭게 통한 상태에서 공기 제동(상용, 비상, 보안제동)이 작용하면 제동통에 작용하는 압축공기압력의 공급과 배기가 영향을 받지 않는다[그림 6-53].



[그림 6-53] 차륜이 정상일 때(미끄러짐이 없을 때)

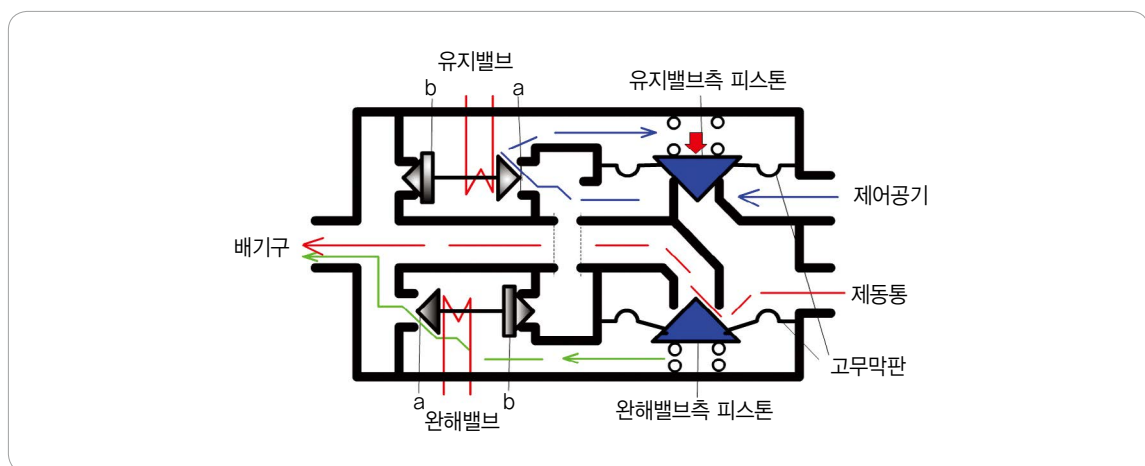
(2) 차륜이 미끄러질 때

차륜의 미끄러짐이 감지되어 활주방지장치가 작동하면 신호에 의해 압력제어밸브는 완해, 유지, 제동의 3가지 작용을 한다.

1) 완해 작용

차륜의 활주가 감지되면 활주방지장치의 제어로 완해밸브와 유지밸브가 모두 여자 된다. 완해와 유지밸브 모두가 여자 되면, 유지밸브 a가 열려서 제어공기가 유지밸브 측 고무막판 뒤쪽으로 들

어가서 고무막판과 유지밸브 측 피스톤을 밀어서(파란색 화살표) 제어공기가 제동통 쪽으로 가는 통로를 막는다. 또 완해밸브 측 고무막판 뒤쪽의 압축공기는 완해밸브 a가 열리므로 배기구로 배출(녹색 화살표)된다. 따라서 제동통 쪽 압축공기는 자체 압력으로 완해밸브 측 피스톤과 고무막판을 밀어서 통로를 열고 배기구로 배기되기 때문에 제동통의 압축공기가 대기로 배출(빨간색 화살표)되어 제동이 완해가 된다[그림 6-54]. 제동통의 압축공기압력이 낮아져 차륜과 레일 사이의 점착력보다 제동력이 약해지면 미끄러지던 차륜은 다시 레일에 점착하게 된다.



[그림 6-54] 압력제어밸브의 완해 작용

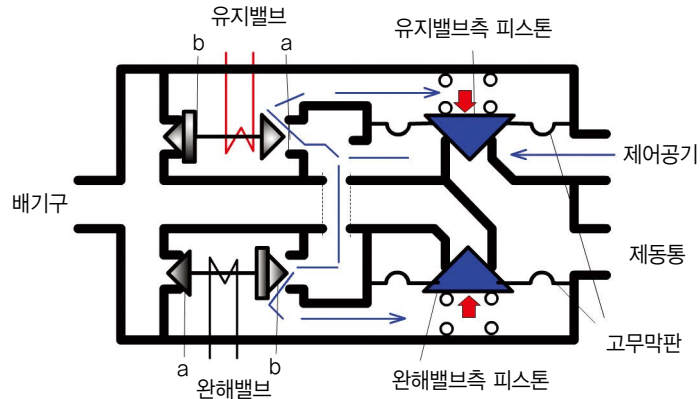
2) 유지 작용

활주방지장치에서 유지신호가 나오면 유지밸브는 여자 된 채 완해밸브만 무여자 된다.

이때 제어공기압력은 완해밸브 측 b밸브를 거쳐서 완해밸브 측 피스톤 뒤쪽(파란색 화살표)으로 유입한 뒤 완해밸브 측 피스톤을 밀어서 통로를 막아 버린다. 따라서 제동통 측의 압축공기는 배기를 중단하고 그 상태를 유지하고, 제어공기 측 압축공기도 유지밸브 측 피스톤에 막혀 있어 공급과 배기가 모두 중단된다[그림 6-55].

3) 제동(정상) 작용

균형 상태에서 차륜의 활주가 해소되고 재점착이 감지되면 배기했던 제동통의 압축공기를 다시 보충하기 위해 활주방지장치의 제어로 유지밸브를 무여자 시킨다. 따라서 [그림 6-53]의 미끄러짐이 없을 때와 같이 유지밸브와 완해밸브가 모두 무여자 상태이므로, 차륜의 미끄러짐이 없는 정상 상태로 복귀되어 제어공기와 제동통이 자유롭게 서로 통하는 상태가 된다.



[그림 6-55] 압력제어밸브의 유지 작용

6.3.6 보안제동 제어장치

6.3.6.1 개요

보안제동은 상용제동과 비상제동이 모두 고장 또는 장애 발생 등으로 작용하지 않을 때 사용하는 제동이다. 보안제동제어장치(Security Brake Control Unit)는 운전실에 있는 보안제동스위치(ScBS)를 취급하여 작용시키며, 상용제동 및 비상제동시스템과 전원, 제어선 및 압축공기의 경로를 달리하여 차별화하고 있다.

6.3.6.2 장치의 구성

보안제동제어장치는 보안제동 전자밸브와 압력조정밸브 등으로 구성되어 있다.

(1) 보안제동 전자밸브

보안제동 전자밸브는 보안제동 제어 신호로 여자 되어 압력조정밸브에서 조정($4\text{kgf}/\text{cm}^2$)된 보안제동공기통의 압축공기를 S 복식역지밸브를 거쳐 제동통으로 보내 보안제동을 체결한다. 보안제동 제어 신호가 소멸되면 보안제동전자밸브가 무여자 되어 제동통의 공기를 대기로 배출시켜 보안제동을 완해하는 역할을 한다.

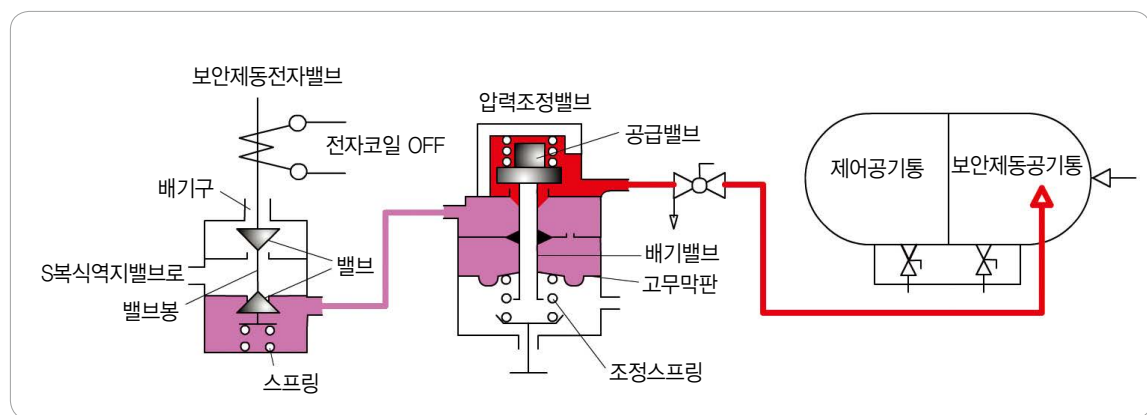
(2) 압력조정밸브(Press Regulating Valve)

압력조정밸브는 보안제동공기통의 압축공기를 공급받아 조정된 압력으로 감압시켜 보안제동 전자밸브로 보낸다. 압력의 조정은 통상 $4.0 \pm 0.2\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 조정되어 있다.

6.3.6.3 작용

(1) 보안제동전자밸브가 무여자 시(제동 완해)

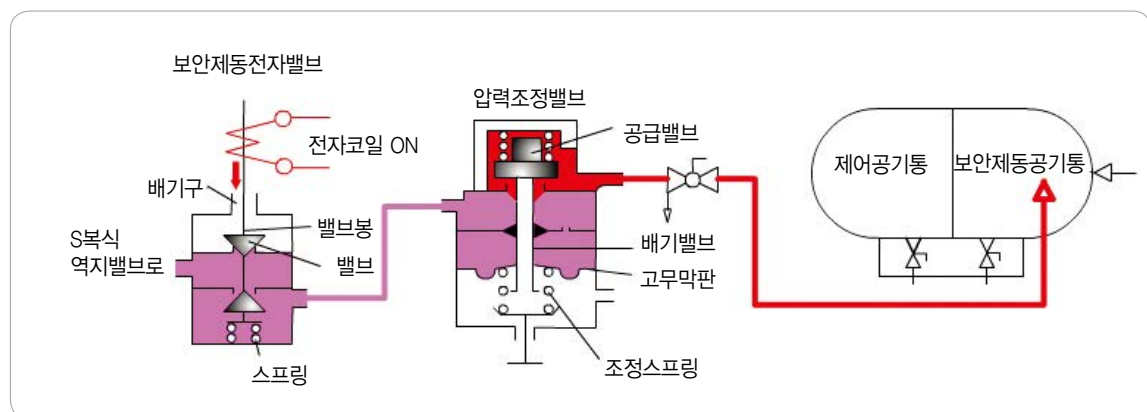
압력조정밸브에서 조정스프링 압력에 의해 고무막판이 배기밸브를 밀고 공급밸브를 열면 보안제동공기통의 압축공기가 압력조정밸브에서 조정되어 보안제동전자밸브의 하부실에 유입되어 항상 대기하고 있다. 만약 보안제동이 작용하였다면 작용했던 제동 압력(S 복식역지밸브 쪽)은 보안제동전자밸브의 배기구로 배기되어 보안제동은 완해가 된다[그림 6-56].



[그림 6-56] 보안제동 완해 작용

(2) 보안제동전자밸브 여자 시(제동 작용)

보안제동 제어 신호로 보안제동전자밸브의 전자코일을 여자 하면 압력조정밸브를 거쳐 보안제동전자밸브에서 대기하고 있던 $4\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 압축공기가 S 복식역지밸브를 거쳐 제동통에 보안제동 압



[그림 6-57] 보안제동 제동 작용

력으로 작용하게 된다[그림 6-57].

6.3.7 S 복식역지밸브(Double Check Valve)

S 복식역지밸브는 D복식역지밸브와 같이 역지밸브의 몸체 좌우 양측으로 압축공기를 받을 수 있도록 되어 있고, 어느 쪽이든 한쪽의 통로가 열리면 다른 쪽은 닫히는 구조로 되어 있다([그림 6-44] 참고).

이 장치의 한쪽은 제동 작용장치(BOU)로부터 오는 상용제동이나 비상제동의 압력이 작용하게 되어 있고, 반대쪽에는 보안제동의 제동 압력이 작용하도록 되어 있다.

따라서 상용제동과 비상제동이 체결된 상태에서 보안제동이 작용하여 동시에 양쪽에서 압축공기가 작용하더라도 압력이 높은 쪽의 공기를 제동통 쪽으로 신속하게 공급하여 제동 시 제동력을 빠르게 확보하는 역할을 한다.

6.3.8 제동중계장치(Brake Translating Unit)

6.3.8.1 개요

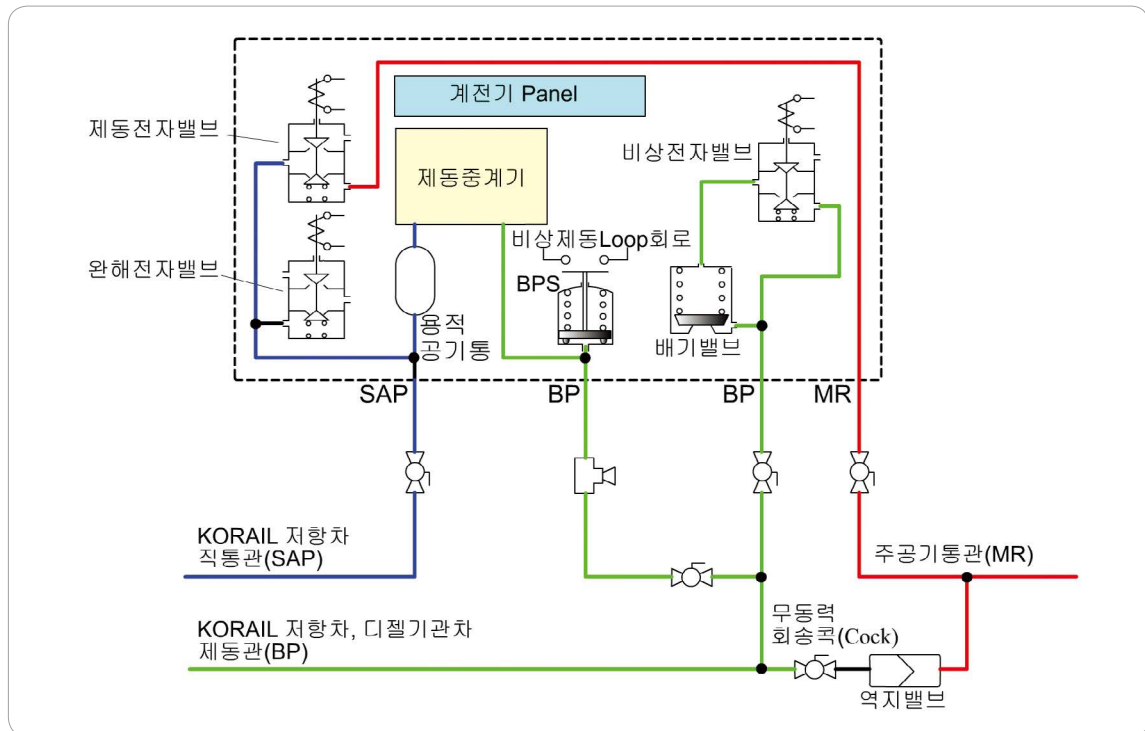
제동중계장치는 전기제어식 HRDA 제동 장치가 장착된 전기동차(이하 전기제어식 전기동차라 한다)와 공기제어식인 전자직통공기 제동 장치를 장착한 저항제어 전기동차(이하 공기제어식 전기동차라 한다)를 상호 연결할 때, 서로 다른 방식의 제동 제어 신호를 변환하여 제동제어가 가능하도록 한다. 그리고 디젤기관차의 제동관(BP) 압력을 상용 및 비상제동의 디지털 전기 신호로 변환하여, 디젤기관차가 전기제어식 전기동차를 구원운전할 때 제동 작용이 가능하도록 하는 역할을 한다.

6.3.8.2 장치의 구성

제동중계장치를 구성하고 있는 주요 장치는 [그림 6-58]과 같다.

(1) 제동중계기(BTD: Barke Translating Device)

제동중계기는 직통관(SAP)과 제동관(BP)의 압축공기의 변화를 아날로그 전기 신호로 변환한 다음 디지털 전기 신호로 바꾸어서 전기제어식 전기동차의 상용제동제어선(27, 28, 29선)을 제어하거나, 반대로 전기제어식 전기동차의 디지털 전기 신호(27, 28, 29선)를 아날로그 전기 신호로 바꾸어 공기제어식 전기동차의 제동전자밸브와 완해전자밸브를 제어한다.



[그림 6-58] 제동중계장치 구성도

(2) 제동전자밸브(AV)

이 밸브는 제동중계기(BTD)의 제어 신호를 받아, 여자 시 압축공기를 직통관(SAP)에 공급하거나 압력을 유지한다.

(3) 완해전자밸브(RV)

이 밸브는 제동중계기(BTD)의 제어 신호를 받아, 여자 시 직통관(SAP)의 공기를 배기하거나 압력을 유지한다.

(4) 제동관 압력스위치(BPS)

제동관 압력스witch는 제동관의 압력을 감지하여 제동관 압력이 설정압력 이하로 떨어지면 전기접점을 개방하여 전기제어식 전기동차의 비상제동Loop회로를 차단한다. 따라서 전기제어식 전기동차는 비상제동이 체결된다. 제동관 압력이 올라가 소정압력 이상이 되면 전기제어식 제동장치의 비상제동Loop회로를 다시 구성하도록 한다.

(5) 비상전자밸브(CGEV)

비상전자밸브는 전기제어식 전기동차에서 비상제동 체결의 제어 신호가 오면 무여자 되어 배기밸브(VV)를 작동시킨다.

(6) 배기밸브(VV)

배기밸브는 비상전자밸브(CGEV)가 무여자 되면 그 작용에 의해 제동관의 압축공기를 대기로 배출시켜 공기제어식 전기동차에 비상제동을 체결한다.

6.3.8.3 작용

(1) 상용제동 제어 신호의 변환

상용제동 제어 신호의 변환은 제동중계기 내의 상용제동 신호변환기(Service Brake Command Changing Device)에서 이루어진다.

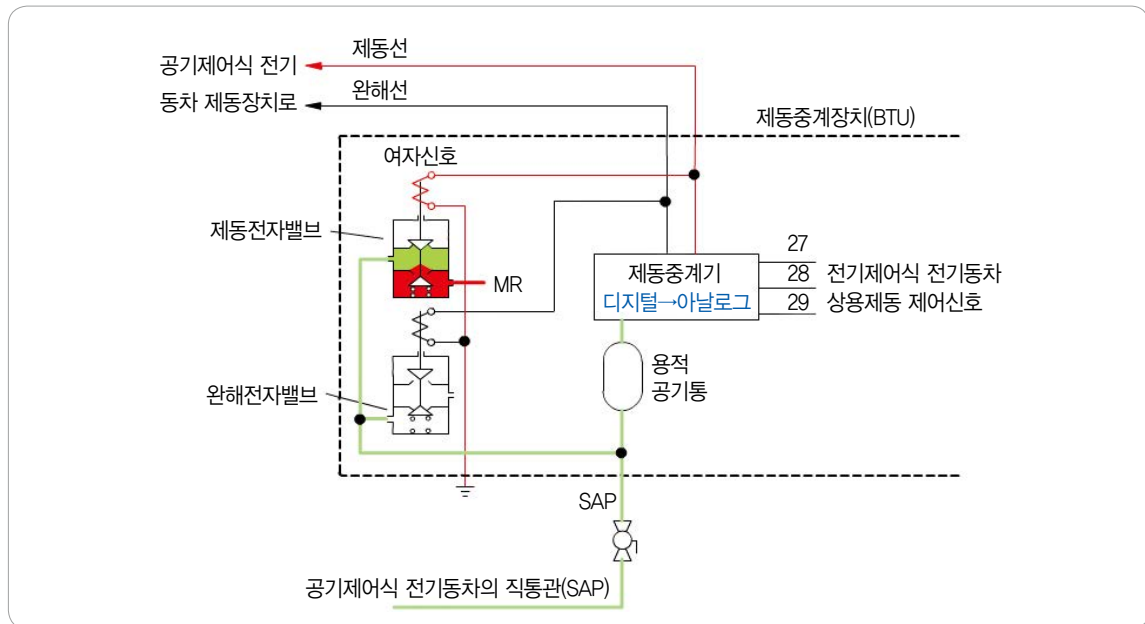
공기제어식 전기동차의 직통관(SAP)이나 제동관(BP)의 공기신호를 전기제어식 전기동차의 상용제동 전기신호로 변환시킬 때는 먼저 변환할 방향을 결정하고, 직통관 압력 또는 제동관의 압력 변화를 감지하여 아날로그 전기 신호로 만들고, 그 신호를 7단 디지털 신호(2진코드)로 바꾸어 전기제어식 제동 장치의 상용제동제어선(27, 28, 29)으로 출력한다. 직통관과 제동관의 선택은 운전실의 구원운전스위치(RSOS)의 선택에 따른다.

전기제어식 전기동차에서 공기제어식 전기동차로 상용제동 신호를 변환할 때는, [그림 6-59]와 같이 전기제어식 전기동차의 상용제동제어선(27, 28, 29)의 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 제동전자밸브와 완해전자밸브를 제어함으로 직통관의 공기압력을 제어한다. 그리고 공기제어식 전기동차의 완해선[그림 6-10] 또는 제동선[그림 6-11]에도 신호를 주어, 공기제어식 전기동차의 제동전자밸브 또는 완해전자밸브를 제어하여 전자직통제동을 제어한다.

제동중계장치에서의 상용제동 제어신호의 변환을 요약하면 [표 6-6]과 같다.

[표 6-59] 상용제동 제어 신호의 변환

구원 차	고장 차	제어 신호 변환
공기제어식	전기제어식	직통관 또는 제동관 공기압력을 아날로그 전기 신호 → 7단 디지털 신호 (2진 코드로 변환)
전기제어식	공기제어식	7단 디지털 신호 → 제동 체결 · 완해전자밸브 제어용 아날로그 신호 (전자직통제동 장치의 완해선과 제동선 제어)



[그림 6-59] 상용제동 제어 신호의 변환(전기제어식 전기동차 → 공기제어식 전기동차)

(2) 비상제동 제어 신호의 변환

비상제동 제어 신호의 변환은 비상제동 제어 신호변환기(Emergency Brake Command Changing Device)에서 이루어진다.

디젤기관차 또는 공기제어식 전기동차에서 비상제동을 체결하면 제동관의 압축공기가 급격하게 배기된다. 제동관의 압력이 떨어져 제동중계장치의 제동관 압력스위치(BPS)의 설정 압력 이하가 되면, 제동관 압력스위치의 전기접점이 떨어져 전기제어식 전기동차의 비상제동Loop회로를 끊어 버리므로 전기제어식 전기동차에도 비상제동이 체결된다.

전기제어식 전기동차에서 비상제동을 체결하면 제동중계장치의 비상전자밸브(CGEV)가 무여자 되어 배기밸브를 작동시켜서 제동관의 압축공기를 신속하게 대기로 배출시킨다. 배기밸브를 통해 제동관의 압축공기가 급격하게 배기되면, 디젤기관차 또는 공기제어식 전기동차의 제동관 압력도 빠르게 배기되어 비상제동이 체결된다. 또한 공기제어식 전기동차와 연결한 경우에는 비상제동제어선(153선)을 가압시켜 공기제어식 전기동차의 비상전자밸브를 여자¹²⁾하고, 비상전자밸브를 통해 제동관의 공기를 더욱 신속하게 배기시켜 비상제동이 체결되도록 한다.

12) 공기제어식 전기동차는 비상제동제어선이 ON 되면 각 차량에 있는 비상전자밸브가 여자 되어 제동관의 압축공기를 빠르게 배기함으로 비상제동을 체결한다.

전기제어식 전기동차에서 비상제동을 완해하면 비상전자밸브(CGEV)가 여자 되어 배기밸브의 공기 통로를 막아 제동관의 공기가 배기되는 것을 차단한다. 그리고 디젤기관차 또는 공기제어식 전기동차에서 제동관에 압축공기를 공급하면 제동이 완해가 된다.

제동중계장치에서의 비상제동 제어신호의 변환을 요약하면 [표 6-7]과 같다.

[표 6-7] 비상제동 제어 신호의 변환 방법

구원 차	고장 차	제어 신호 변환
공기제어식	전기제어식	압력스위치(BPS)를 차단하여 비상제동Loop회로 차단
전기제어식	공기제어식	비상전자밸브(CGEV)에 의한 토출밸브 작동(공기제어식 전기동차의 비상제동제어선 여자로 비상전자밸브 제어)

6.4 HRDA 제동 장치의 작용

6.4.1 상용제동

6.4.1.1 개요

상용제동은 제동핸들 조작(1~7step)에 의한 제동 제어 신호와 ATC 속도 초과에 의한 상용제동 신호에 의해 구동차와 부수차 2량(M-T)이 1개의 유닛(unit)으로 작용한다. 이 제동 제어 신호는 구동차에 있는 EOD로 간다. EOD는 마이크로프로세서(Microprocessor)에 의해 제동 제어 신호와 승객의 하중을 반영한 응하중 신호를 연산하여 구동차와 부수차의 제동에 필요한 총 제동력의 크기를 계산하여 제동패턴을 만든다.

EOD에서 형성된 제동패턴은 TCU로 가서 유도전동기를 제어하여 전기제동을 제어하고 형성된 전기제동력의 출력신호를 다시 EOD로 피드백한다.

EOD에서는 TCU에서 온 전기제동피드백신호를 제동패턴과 그 크기를 비교하여, 제동패턴보다 전기제동피드백신호가 작으면 부수차와 구동차의 EPV로 전류 신호(0~700mA)를 보낸다. EPV에서는 EOD에서 온 전류 신호 값을 제어공기압력으로 변환하여 변환된 압축공기를 중계밸브(RV)로 보낸다. 중계밸브에서는 제어공기압력의 제어를 받아 공급공기통의 압축공기를 제동통으로 보내 공기제동을 체결한다. 이것이 HRDA 제동 장치의 상용제동 작용이다.

6.4.1.2 상용제동 작용

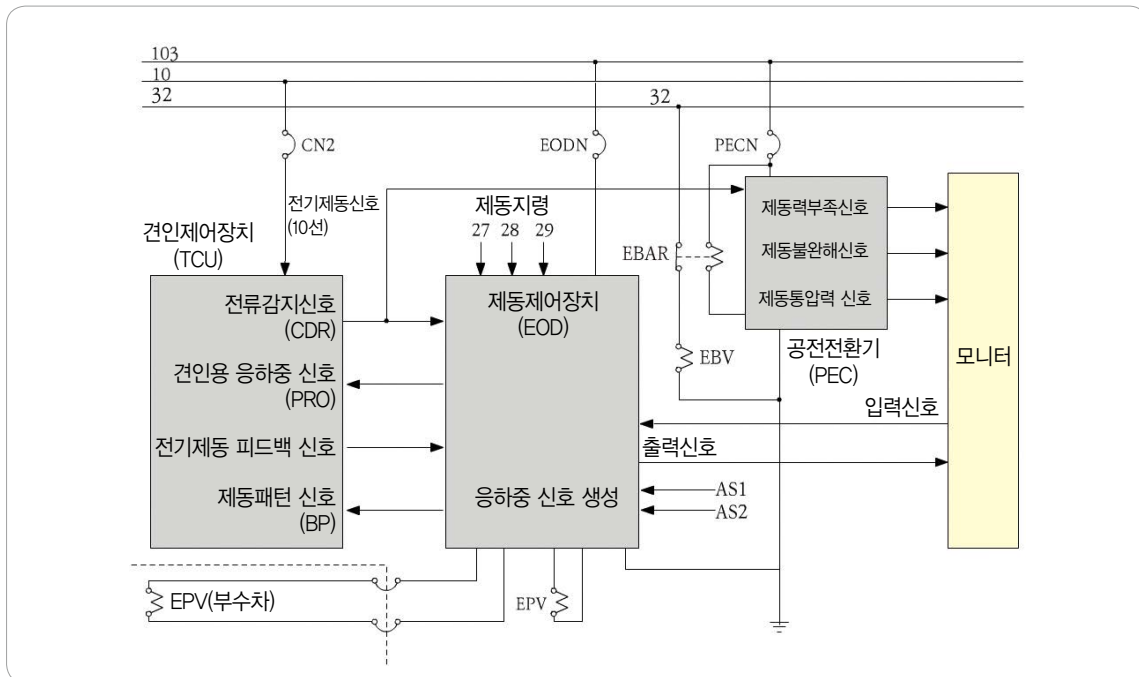
(1) 전기제동계전기(ELBR)와 전기제동선(10선)에 신호를 보낸다

- EBR1은 비상제동Loop회로가 구성(31선 → 32선)되면 여자 되는 계전기이다.

[illegible]

[그림 6-60] 전기제동 제어회로

- 6-67



[그림 6-61] EOD, TCU, PEC의 제어 신호

이후 TCU의 제어로 전기제동력이 확립되면 CDR(Current Detect Relay)이 여자 되어 전류감지 신호를 EOD로 보내 전기제동이 작용하고 있음을 알리고, 전기제동력의 크기가 EOD로 피드백된다.

EOD에서는 제동패턴과 전기제동피드백신호를 비교하여 전기제동력이 충분히 확보되었으면 구동차의 공기 제동을 먼저 완해한 다음, 부수차의 공기 제동까지도 완해한다. 이후 구동차의 전기제동력으로 부수차까지도 제동력을 부담하게 된다.

상용 4스텝 제동 시, 열차의 속도 80km/h~10km/h 전후에서는 구동차의 전기제동력이 제동패턴 값에 근접하여 구동차나 부수차의 공기 제동은 거의 사용하지 않는다.

이상을 일괄교차제어(cross blending control)라 한다. 상용제동 시 EOD에서의 일괄 교차제어 과정을 정리하면 [표 6-8]와 [그림 6-62]와 같다,

일괄교차제어는 구동차와 부수차를 하나의 유닛으로 다음과 같이 제어한다.

- 1) 제동초기에 전기제동이 확립되기 전에는 부수차와 구동차가 모두 공기 제동이 체결된다.
- 2) 구동차의 전기제동력의 출력(피드백)이 충분히 확립되어 제동패턴에 가깝게 되면 구동차의 공기 제동을 먼저 완해하고, 부수차의 공기 제동까지도 완해하여, 구동차의 전기제동력으로 구동차와 부수차의 제동을 모두 부담한다.

제동패턴 ≤ 전기제동 출력 → 구동차 공기 제동완해, 부수차까지 공기 제동완해

제동패턴 > 전기제동 출력 → 공기 제동 추가(if BP > FB ⇒ ㉔)

- 구동차 전기제동 소멸 시 : 부수차, 구동차 모두 공기 제동으로 전환

[표 6-8] 일괄교차제어 과정

과정	작용
응하중 신호 생성	승객 하중에 상응한 응하중(AS1, 2) 값을 연산하여 응하중 신호(㉔)를 만든다.
제동제어신호수신	27, 28, 29선의 제동 제어 신호(㉔)를 수신
제동패턴 연산	응하중 신호와 제동 제어 신호 값을 연산하여 제동패턴(㉔)을 만든다.
전기제동제어	제동패턴(BP)을 TCU로 보내(㉔) 전기제동을 제어 한다.
공기제동제어	제동초기 또는 전기제동력 소멸 시 부수차와 구동차의 EPV에 전기신호를 주어 공기 제동을 체결(㉔) 한다.
전기제동 피드백	TCU에서 형성된 전기제동 출력신호가 EOD로 피드백(㉔)된다.
일괄교차제어	EOD에서는 제동패턴과 전기제동피드백(FB) 신호 값을 비교하여 일괄교차제어를 한다.

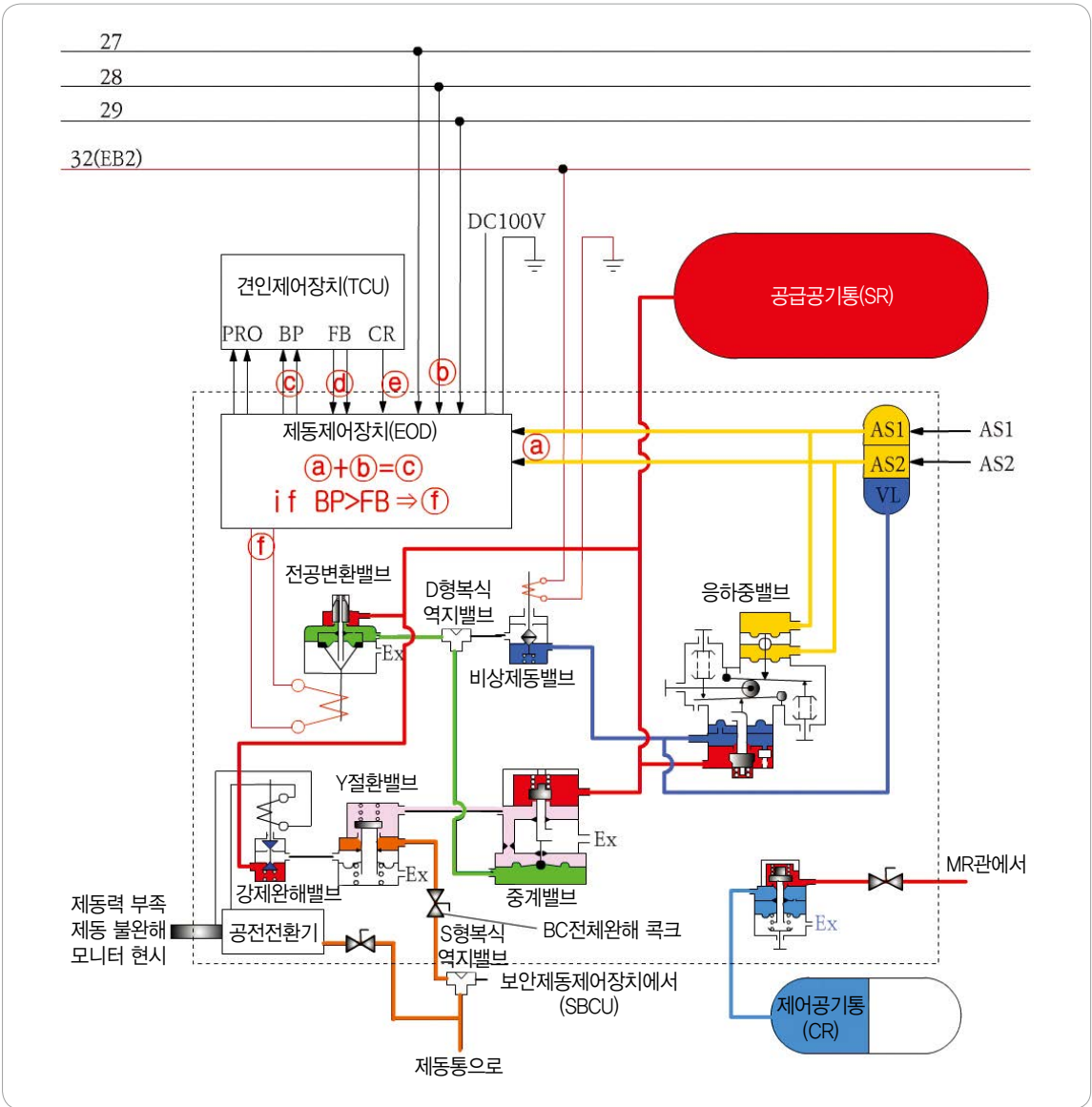
(3) 상용제동 시 전기제동

1) 전기제동 작용

제동핸들을 1~7단으로 옮기면, ELBCOS(정상위치) → ZVR(b) → DSSRR(b) → EBR1(a) → 전기제동선(10선)의 신호가 TCU로 가서, TCU의 제어모드를 동력 운전모드에서 전기제동모드로 바꾼다[그림 6-60]. 그리고 제동 제어 신호(27, 28, 29선)와 응하중 신호에 의해 EOD에서 제동패턴이 만들어지고, 그 제동패턴을 TCU에 보낸다. TCU에서는 제동패턴 값에 상응하는 크기의 전기제동력을 확보하도록 유도전동기를 제어한다. 전기제동력의 제어는 무동력 운전 중에도 차축에 맞물려 회전하고 있는 유도전동기의 회전자의 회전수보다 전원주파수의 회전수가 적도록 줄이면서 전원주파수와 전원전압, 그리고 슬립주파수를 변화시켜 전기제동력을 제어한다.

2) 전기제동의 차단

절연구간을 통과(DSSRR여자)할 때, 정차 중(ZVR여자) 또는 전기제동 차단스위치(ELBCOS)를 차단위치로 하면 전기제동선(10선)이 개방[그림 6-60]되어 TCU의 전기제동신호(10선)가 소멸되므로 모든 차에는 공기 제동만 작용하도록 한다.



[그림 6-62] 상용제동(공기 제동)의 제동 작용

(4) 상용제동 시 공기 제동

1) 제동 작용[그림 6-62]

① EPV(전공변환밸브)

구동차의 EOD에서 전송된 신호전류 값만큼 EPV의 플러저가 상승되어, 대기 중인 공급공기압력(빨간색)이 밸브의 통로를 거쳐 공급(녹색)된다. 상용제동력의 크기는 EOD에서 전송된 전기 신호 값의 크기에 따라 [표 6-9]와 같이 결정된다.

[표 6-9] EOD의 전기신호 값과 EPV의 2차 측 공기압력

전기신호 값(mA)	2차 측 공기압력(kgf/cm ²)
300	1.56±0.15
500	4.52±0.15
700	7.48±0.15

② D 복식역지밸브

EPV에서 생성된 제어공기압력이 D 복식역지밸브를 밀고 중계밸브의 제어공기실로 간다(녹색).

③ 중계밸브

D 복식역지밸브에서 오는 압축공기가 중계밸브의 하부 제어공기실로 와서 고무막판을 밀어 올리면, 배기밸브가 상승하면서 배기밸브에 의해 공급밸브가 열리고 대기 중인 공급공기압력(빨간색)이 Y절환밸브 쪽으로 들어간다(분홍색).

④ Y절환밸브

중계밸브에서 생성된 공기압력이 Y절환밸브를 거쳐, S 복식역지밸브로 간다(주황색). 따라서 Y절환밸브는 단순히 중계밸브에서 만들어진 압축공기가 지나가는 통로 역할을 한다.

⑤ S 복식역지밸브

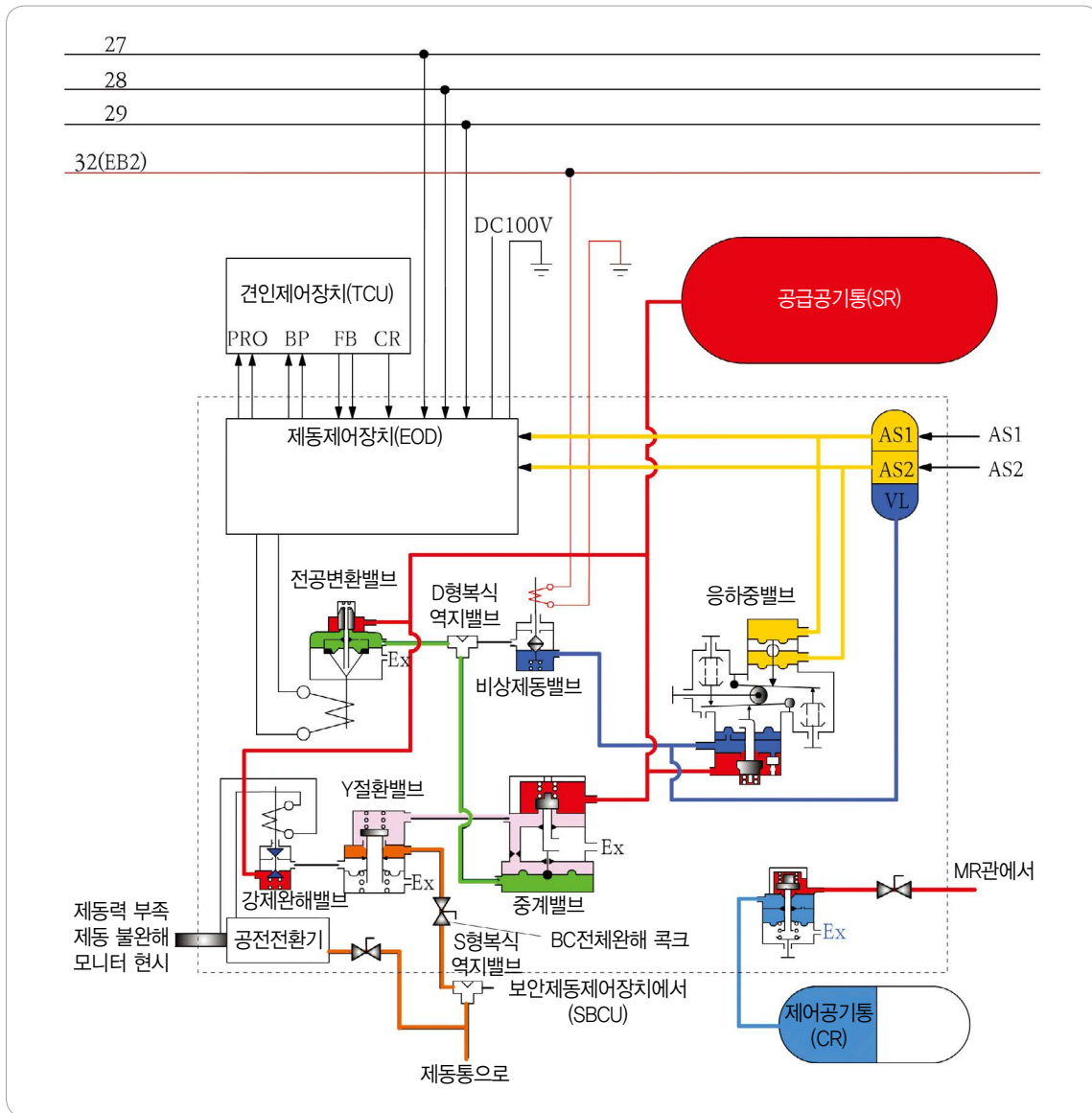
Y절환밸브를 통과한 압축공기는 S 복식역지밸브의 밸브를 밀고 제동통으로 들어가 공기 제동을 체결한다(주황색).

2) 유지 작용

일단 상용제동이 작용하여 제동 압력이 형성되면, EPV와 중계밸브는 다음에 의해 제동을 유지한다[그림 6-63].

① EPV(전공변환밸브)

구동차 EOD에서 전송된 전기신호 값에 상응한 공기압력(녹색)이 형성되면, 고무막판 상부실에도 작용하여 플런저를 아래로 살짝 밀기 때문에, 배기밸브가 공급밸브에 맞닿은 채 아래로 내려와 공급공기의 유입은 막고, D 복식역지밸브 쪽의 중계밸브 제어공기실의 압축공기가 대기로 배출되는 것을 막아 준다.



[그림 6-63] 상용제동(공기 제동)의 유지 작용

② 중계밸브

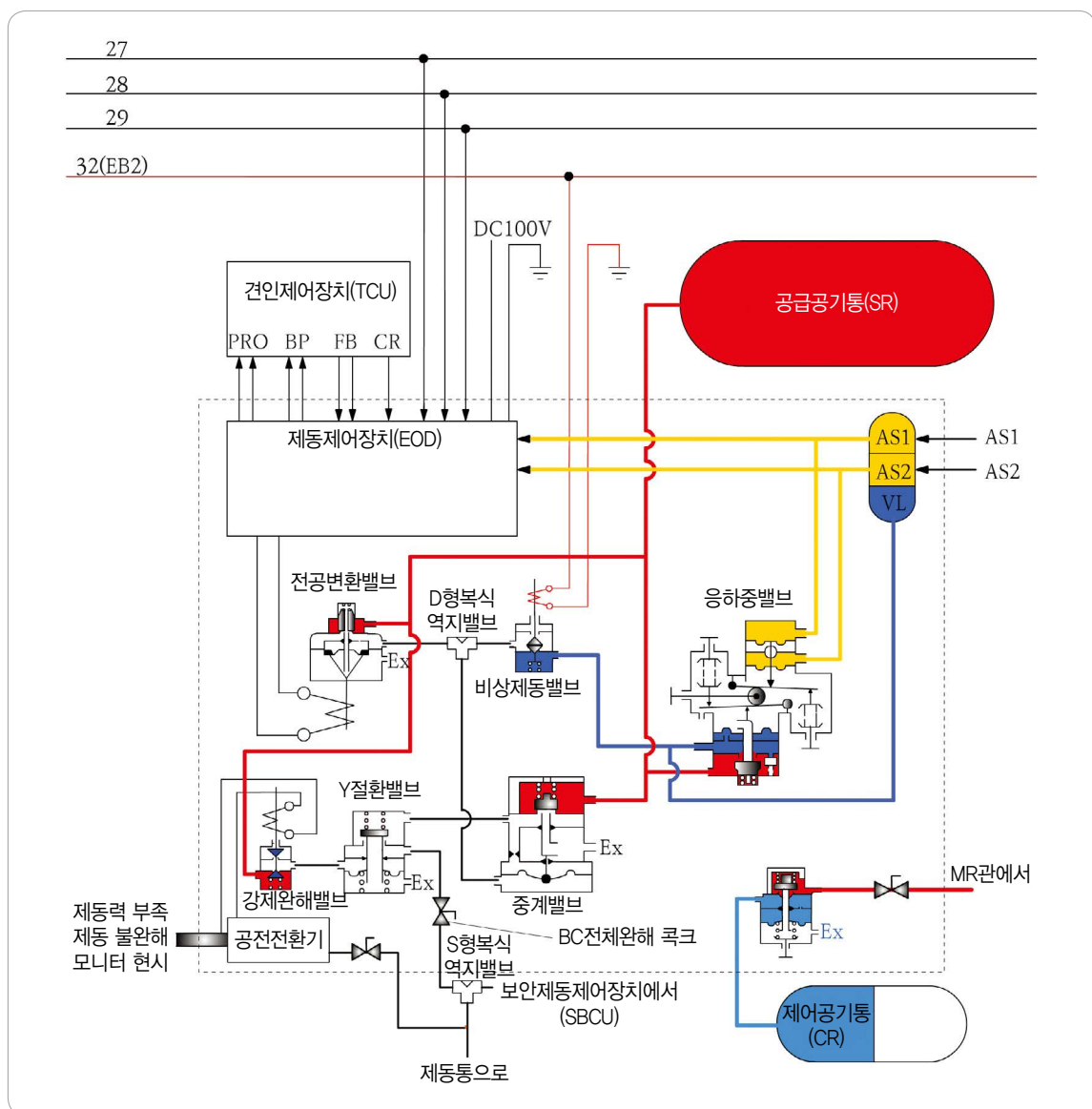
EPV에서 생성된 제어공기 압력(녹색)과 중계밸브에서 만들어진 Y절환밸브 측(분홍색) 압력이 같아지면 배기밸브가 공급밸브에 맞닿은 채 아래로 밀려, 공급밸브가 밸브시트에 밀착하여 공급 공기의 유입은 막히고, Y절환밸브 쪽의 제동통 압력의 배기도 차단하여 제동통의 압력은 일정하게 유지된다.

3) 완해 작용

제동핸들을 완해위치 혹은 상용제동위치의 높은 step에서 낮은 step으로 옮기면, 다음에 의해 제동이 완해 또는 계단 완해가 된다[그림 6-64].

① EPV(전공변환밸브)

제동을 완해하여 제동 제어 신호가 없어지거나 구동차의 EOD로부터 전송되는 전류치가 기존 상태에서 낮아지면 전공전환밸브의 플런저는 밑으로 내려가고, 공급된 중계밸브의 제어공기실



[그림 6-64] 상용제동(공기 제동)의 완해 작용

공기는 D 복식역지밸브를 거쳐 EPV의 배기구로 배기된다.

② 중계밸브

EPV에서 제어공기압력이 배기되면 중계밸브의 공급밸브는 닫힌 상태에서 고무막판과 배기밸브가 밑으로 내려가, Y절환밸브 쪽의 제동통 압력은 배기밸브를 통하여 배기된다. 따라서 제동통 압력이 빠져나가 제동이 완해가 된다[그림 6-64].

6.4.2. 비상제동

6.4.2.1 개요

HRDA 제동 장치의 비상제동은 열차분리, 제동핸들의 비상제동위치와 비상제동스위치(EBS)의 작동, ATC/ATS의 비상제동 신호, 기관사안전장치(DSD) 작동, 주공기압력 부족, 구원운전스위치(RSOS) 오(誤)조작 등에 의해 비상제동Loop선이 끊어지면 EBV가 무여자 되어 비상제동이 작용하도록 하는 방식이다.

즉, 비상제동Loop선은 맨 앞 차량에서 맨 뒤 차량까지 순환 회로를 구성하고 그 회로에 각 차의 EBV가 연결되어 있어, 회로가 끊어지면 EBV의 무여자로 전체 차량에 비상제동이 자동으로 작용하도록 하였다.

6.4.2.2 비상제동Loop회로의 구성

제동핸들을 제동제어기에 투입하여 상용7단 위치로 옮기면, 제동제어기 내 E1 접점이 붙어 직류 100V의 제어 전원(103선)에 의해 비상제동Loop선이 구성된다. 단, 운전실의 제동제어회로차단기(BVN1, BVN2) ON 위치, ATC/ATS 정상, 기관사안전장치(DSD, 이하 'DSD'라 한다)와 구원운전스위치(RSOS, 이하 'RSOS'라 한다) 정상 위치 그리고 주공기압력이 정상(MRPS 작동 압력 $6.0 \sim 7.0 \text{ kgf/cm}^2$)이어야 한다.

[그림 6-65]에서 EMR1과 EMR2의 여자회로는 다음과 같다.

(1) EMR1 여자회로

1) ATC 구간은 ATCEBR의 여자

103선 → BVN1 → HCR1(a) → ATCEBR(a) → ATSEBR(b) → EMR1 여자
 \ ATCR3(a) /

2) ATS 구간은 ATSEBR의 무여자, ATCEBR은 여자 상태

103선 → BVN1 → HCR1(a) → ATCEBR(a) → ATSEBR(b) → EMR1 여자
 \CgSRR(b)→CNSR(b)→ATSR3(a)↗

(2) EMR2 여자회로

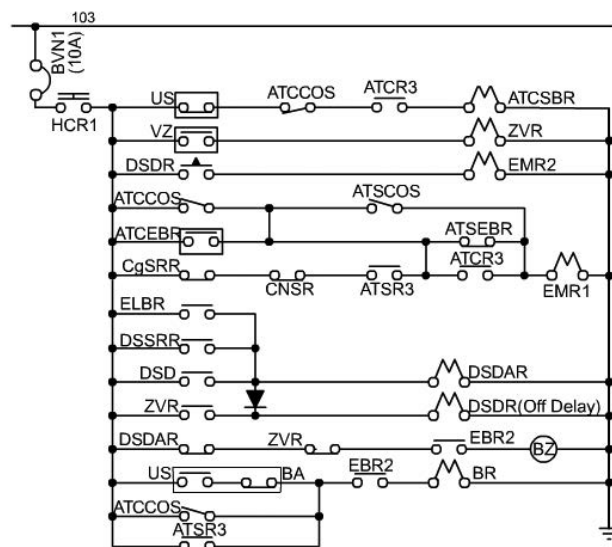
1) DSDR, DSDAR 여자

103선 → BVN1 → HCR1(a) → $\left\{ \begin{array}{l} \text{ELBR(a)} \\ \text{DSSRR(a)} \\ \text{DSD(a)} \\ \text{ZVR(a)} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{DSDAR 여자} \\ \text{\DSDR(Off delay) 여자} \end{array} \right.$

여기서 ELBR은 전기제동계전기이고, DSSRR은 절연구간 검지계전기이며 ZVR은 정지 속도계 전기이다. 즉, 제동행들로 상용제동을 체결하거나 절연 구간에서와 정차 시에는 기관사안전장치에서 손을 떼어 DSD접점이 개방되어도 DSDAR과 DSDR의 여자회로가 구성되므로 EMR2 무여자로 비상제동Loop회로가 끊어져서 비상제동이 체결되는 것을 방지하였다.

2) EMR2 여자

103선 → BVN1 → HCR1(a) → DSDR(a) → EMR2 여자



[그림 6-65] EMR1, EMR2 여자회로

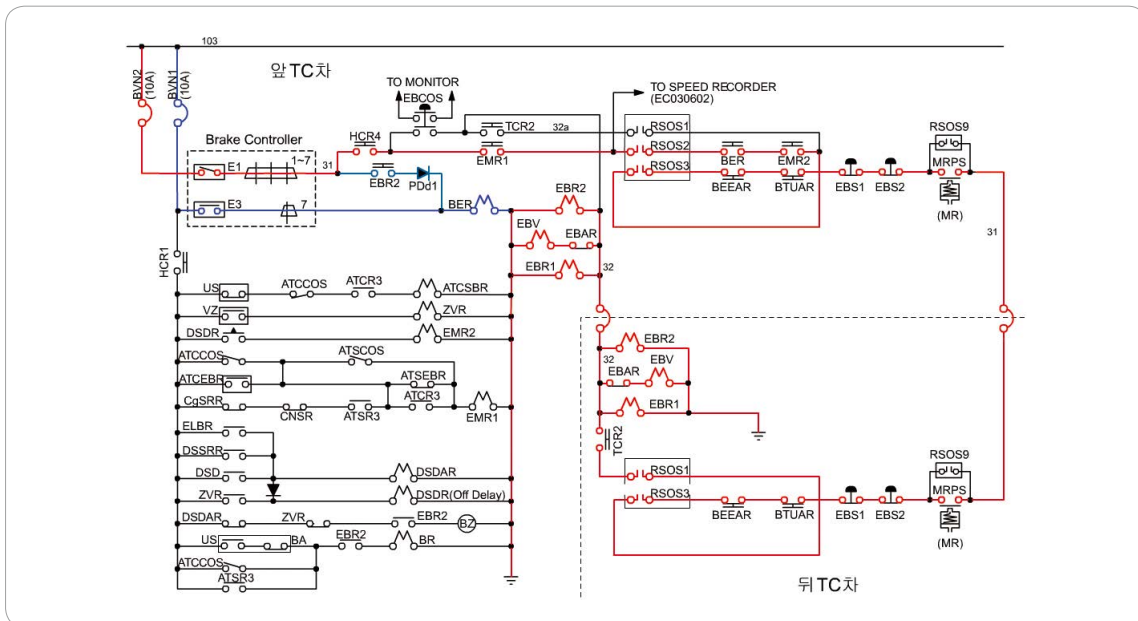
(3) 비상제동Loop회로의 구성[그림 6-66]

1) 제동제어기 7단에서

103선 → BVN1 → 제동제어기 내 E3(제동 7단) → BER 여자

2) EBV 여자

(앞 TC차)103선 → BVN2 → 제동제어기 내 E1(제동완해, 1~7단) → HCR4(a) → EMR1(a) → RSOS2(정상) → BER(a) → EMR2(a) → RSOS3(정상) → BEEAR(b) → BTUAR(b) → EBS1 → EBS2 → MRPS → (뒤 TC차) → MRPS → EBS2 → EBS1 → BTUAR(b) → BEEAR(b) → RSOS3(정상) → RSOS1(정상) → TCR2(a) → 32선 가압으로 전체 EBR1, EBR2와 EBV 여자
여기서 EBV 앞 EBAR연동은 공전전환기에 의해 제동력 부족 감지 시 여자되어 EBV를 무어
자시켜 해당차는 비상제동이 체결되도록 한다.



[그림 6-66] 비상제동Loop회로

3) BER 자기 여사회로 구성

32선 가압으로 EBR2 계전기가 여자 되면,

앞 TC차 103선 → BVN2 → 제동제어기 내 E1(제동완해, 1~7단) → EBR2(a) → BER 여자
따라서 최초 제동7단 접점에 의해 여자 된 BER은 비상제동Loop회로가 구성되어 EBR2가 여자

되면, 제동핸들의 위치를 7단에서 6~1단 또는 완해위치로 옮겨도 BER은 여자 상태를 유지하여 비상제동Loop회로를 구성하게 된다.

따라서 비상제동Loop회로가 끊어져 비상제동이 체결되었을 때는 반드시 제동핸들을 7단 위치에 놓아야 비상제동Loop회로가 구성되어 비상제동이 완해 된다.

6.4.2.3 비상제동 작용

(1) 비상제동의 체결

비상제동은 비상제동Loop회로가 개방되면 작용하고, 순수하게 공기 제동만이 체결된다.

승객 하중의 변동에 따른 제동력은 응하중밸브에서 적절히 조절하여 비상제동 작용 시 승객의 많고 적음에 관계없이 일정한 감속도를 유지하도록 한다. 비상제동Loop회로가 개방되어 비상제동이 체결되는 경우는 다음과 같다.

- 1) 제동핸들로 비상제동 체결 시
- 2) 전·후부 운전실 비상제동 스위치(EBS1,2) 취급 시
- 3) ATC/ATS에 의한 비상제동 체결 시
- 4) DSD 작동 시
- 5) 주공기압력 저하(MRPS 6.0~7.0kgf/cm²) 시
- 6) RSOS가 정상위치가 아닐 때
- 7) BVN1, BVN2, HCRN, ATCN, ATCPSN, ATSN1 회로 차단기 차단 시
- 8) 열차분리 시 또는 31선 32선이 끊어졌을 때

(2) 비상제동의 작용

비상제동Loop회로가 개방되어 31선과 32선이 끊어지면 EBV의 무여자로 다음과 같이 비상제동이 체결된다.[그림 6-67].

1) EBV의 무여자

EBV가 무여자 되면 밸브를 열어서 대기 중이던 응하중밸브 쪽의 압축공기가 유입된다(파란색).

2) 응하중밸브

차량중량에 따라 변화하는 공기스프링(AS1, AS2)의 압축공기가 응하중밸브로 가면 응하중밸브에서는 공기스프링의 압축공기 압력에 비례하는 크기로 압력을 높인 압축공기를 용적공기통으로 보내는 한편, EBV의 하부실에 보낸다(파란색).

3) D 복식역지밸브

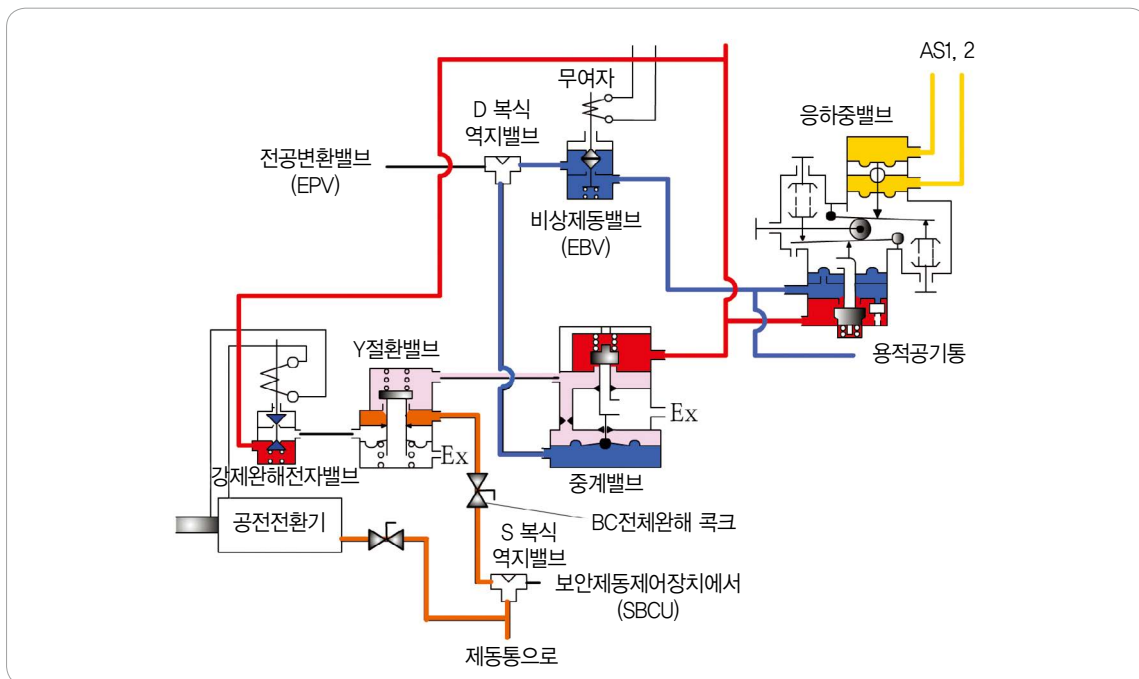
EBV에서 오는 제어공기압력이 D 복식역지밸브를 밀고 중계밸브의 제어공기실로 공급된다(파란색).

4) 중계밸브

D 복식역지밸브에서 오는 제어공기압력이 중계밸브의 하부 제어공기실로 와서 고무막판을 밀어 올리면, 배기밸브가 상승하면서 배기밸브에 의해 공급밸브가 열리고 대기 중인 공급공기압력(빨간색)이 Y절환밸브 쪽으로 들어간다(분홍색).

5) Y절환밸브

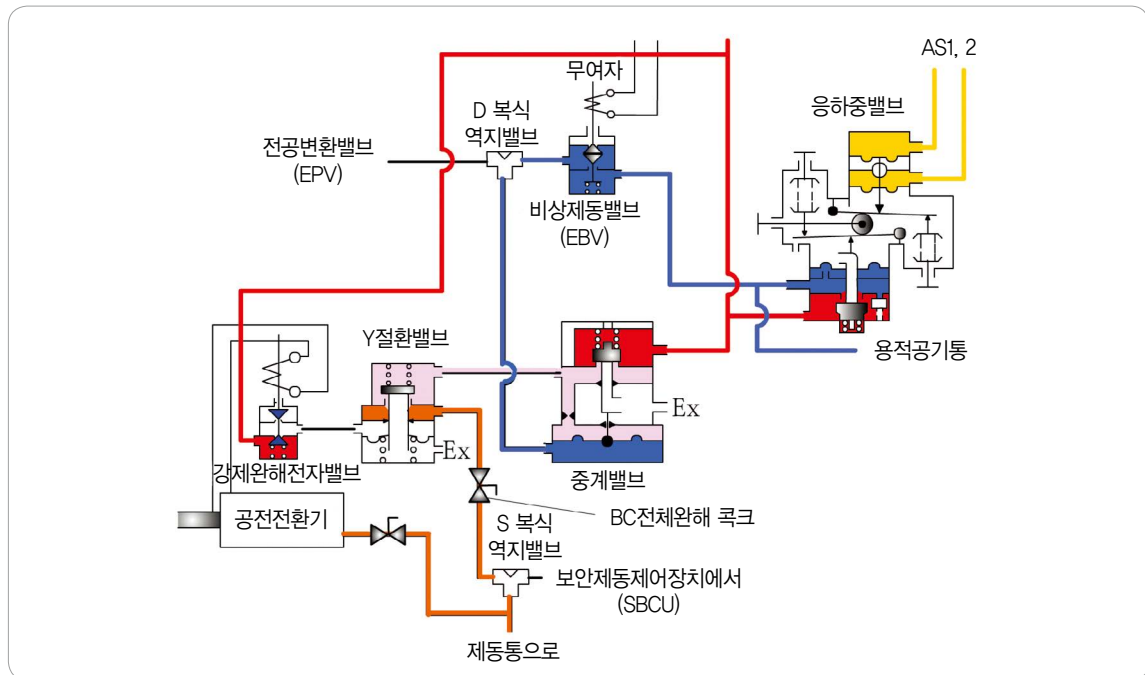
중계밸브에서 생성된 압축공기는 Y절환밸브를 경유하여 S 복식역지밸브로 간다(주황색). 따라서 Y절환밸브를 통과한 압축공기는 S 복식역지밸브를 밀고 제동통으로 흐른다(주황색).



[그림 6-67] 비상제동 작용

(3) 비상제동 후 유지 작용

EBV에서 형성된 제어공기(파란색) 압력과 중계밸브에서 만들어진 제동통 쪽 압력(분홍색)이 같아지면 중계밸브의 배기밸브가 공급밸브에 맞닿은 채 아래로 밀려, 공급밸브가 밸브시트에 밀착하여



[그림 6-68] 비상제동 후 유지 작용

공급공기의 유입은 막히고, Y절환밸브 쪽의 제동통 압력의 배기도 차단되어 제동통 압력은 균형 상태로 유지된다[그림 6-68].

(4) 비상제동의 완해 작용

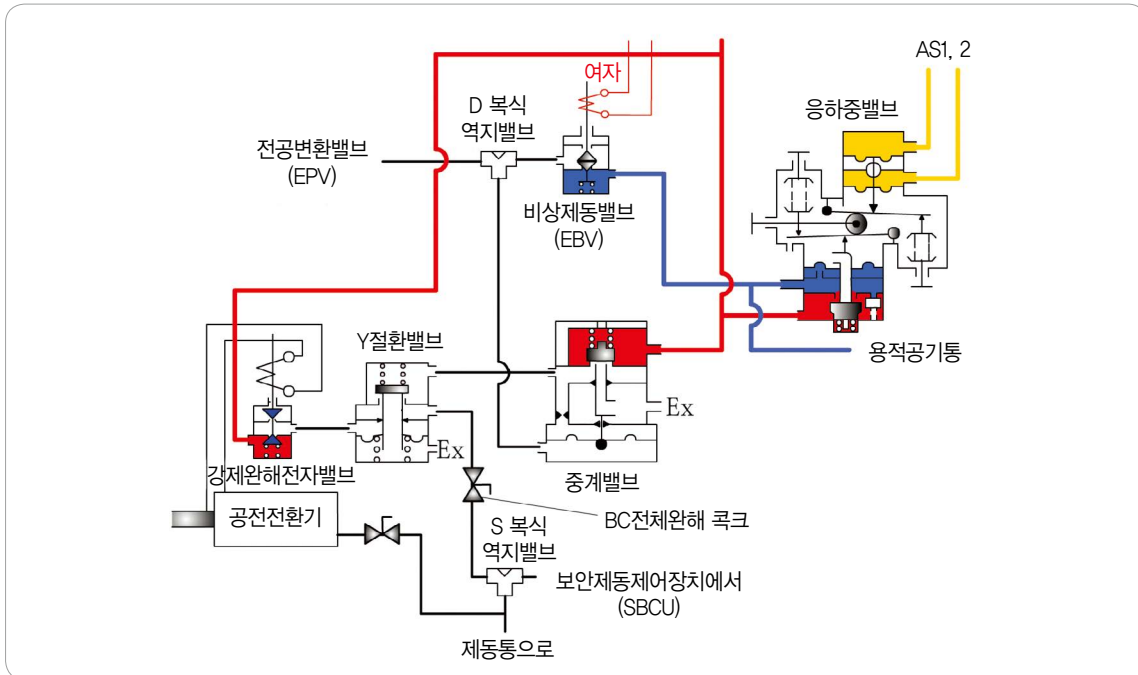
제동핸들을 7단으로 옮겨 초기 비상제동Loop회로를 구성하면 비상제동이 완해가 된다. 이후 제동핸들을 7단 이외의 상용제동 위치 또는 완해 위치로 옮겨도 비상제동은 완해상태를 유지한다.

1) EBV 여자

EBV가 여자 되면, 밸브를 막아 응하중밸브의 용적공기통의 압력을 차단하는 한편, 중계밸브의 제어공기실의 압축공기를 대기로 배기한다.

2) 중계밸브

EBV에서 중계밸브의 제어공기실의 압축공기를 대기로 배기시키면 공급밸브는 닫힌 상태에서 고무막판과 배기밸브가 밑으로 내려가, Y절환밸브 쪽의 제동통 압력은 배기밸브를 통하여 배기된다. 따라서 제동통 압력이 빠져나가 제동이 완해가 된다[그림 6-69].



[그림 6-69] 비상제동 후 완해 작용

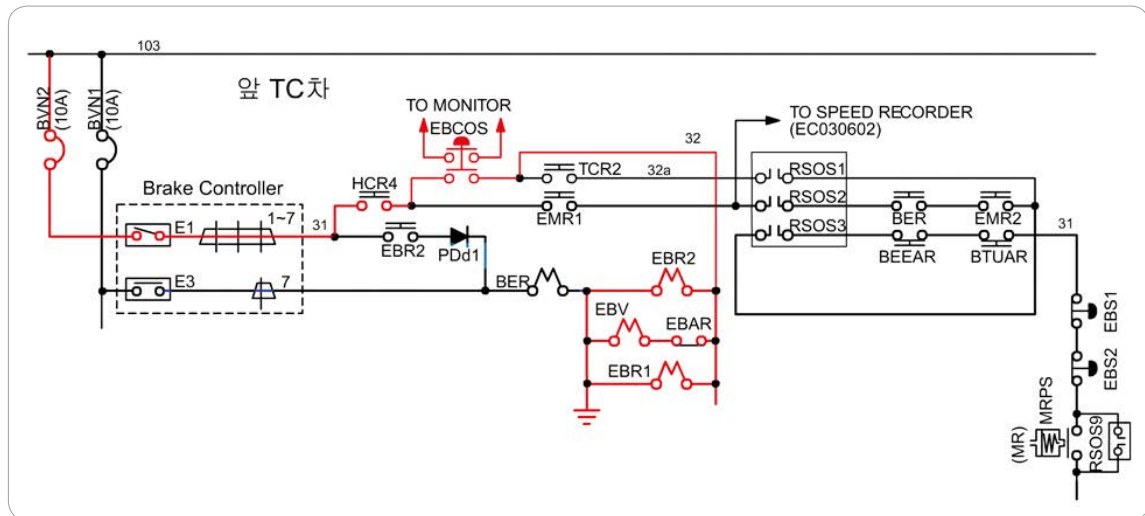
6.4.2.4 비상제동의 개방

비상제동이 체결되어 완해가 되지 않으나 부득이 비상제동을 완해하고 운전할 때 취급하는 스위치가 비상제동 개방 스위치(EBCOS, 이하 EBCOS라 한다)이다. 그러나 스위치를 취급하면 비상제동 Loop회로의 기능이 마비되기 때문에 열차 분리 등의 안전사고에 유의하여야 하고, 반드시 관제사와 차장에게 통보하여야 한다.

EBCOS는 다음과 같은 경우에 취급할 수 있다.

- (1) DSD의 불량으로 비상제동이 복귀되지 않을 때
- (2) 전·후부 운전실 비상제동 스위치(EBS1,2)를 취급한 후 정상으로 복귀되지 않을 때
- (3) 전·후부 운전실 RSOS 조작 후 정상으로 복귀가 안 될 때
- (4) 주공기압력이 MRPS 설정치 이하가 되어 비상제동 체결 시. 단 주공기압력이 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이하가 되면 제동 작용과 기타 기기 작동에 영향을 줄 수 있으므로 운행을 중단하여야 한다.

EBCOS를 취급하면, [그림 6-70]과 같이 RSOS, DSD, 전·후부 운전실 EBS1,2, 그리고 주공기압력과 관계(MRPS)없이 강제로 32선을 가압하여 비상제동을 완해한다.



[그림 6-70] EBCOS 취급 회로

6.4.3 보안제동

6.4.3.1 개요

보안제동은 상용제동이나 비상제동시스템 고장 등의 원인으로 모두 사용이 불가능한 경우에 사용할 수 있도록 안전 측면에서 설치한 제동시스템이다.

보안제동은 운전실의 보안제동스위치(ScBS)를 투입하면 보안제동제어선(33선)을 통하여 각 차의 보안제동 전자밸브가 여자 된다.

보안제동 전자밸브가 여자 되면 보안제동공기통의 압축공기(8.0~9.0kgf/cm²)가 압력조정밸브에서 설정된 압력(4kgf/cm²)으로 조정되어, 보안제동 전자밸브를 거쳐 제동통으로 유입되므로 전 차량에 공기 제동이 체결된다. 보안제동 시 제동력은 응하중 작용이 없는 순수한 공기 제동력이기 때문에 승객의 정도에 따라 제동의 감속도가 달라질 수 있다.

6.4.3.2 보안제동 작용

운전실에 있는 보안제동스위치를 투입하면 33선이 가압되어 [그림 6-71]과 같이 보안제동전자밸브가 여자 된다. 그리고 ScBR 여자로 모니터장치에 보안제동동작 신호를 보낸다.

(1) 제동 작용

1) 압력조정밸브

보안제동공기통 압력이 압력조정밸브에서 설정된 압력(4.0±0.1kgf/cm²)으로 조정되어 보안제동

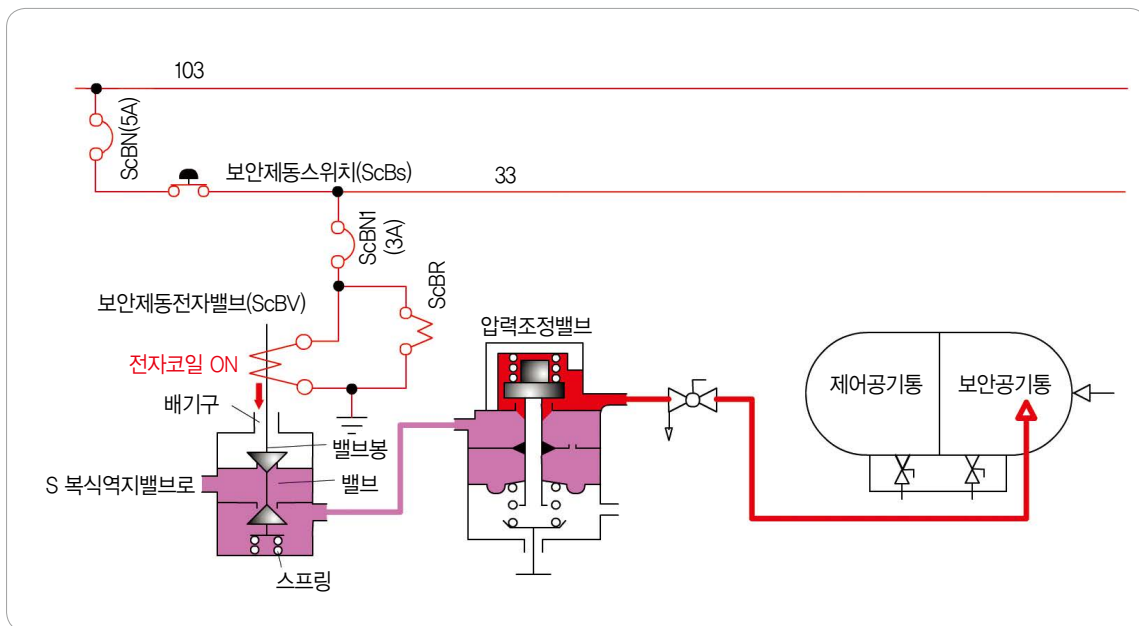
전자밸브로 가서 대기한다. 이는 보안제동 시 제동통에 작용하는 압력이 된다.

2) 보안제동 전자밸브

보안제동스위치(ScBS)의 제동 제어(33선)를 받아 보안제동 전자밸브의 전자코일이 여자 되면 밸브봉을 밀어, 압력조정밸브에서 조정된 압력이 밸브의 공기 통로를 통과하여 S 복식역지밸브(제동통) 압력으로 형성된다.

3) S 복식역지밸브

보안제동전자밸브에서 오는 압축공기에 의해 S 복식역지밸브가 밀리고 제동통 쪽으로 압축공기가 흐른다.



[그림 6-71] 보안제동의 제어와 제동 작용

(2) 완해 작용

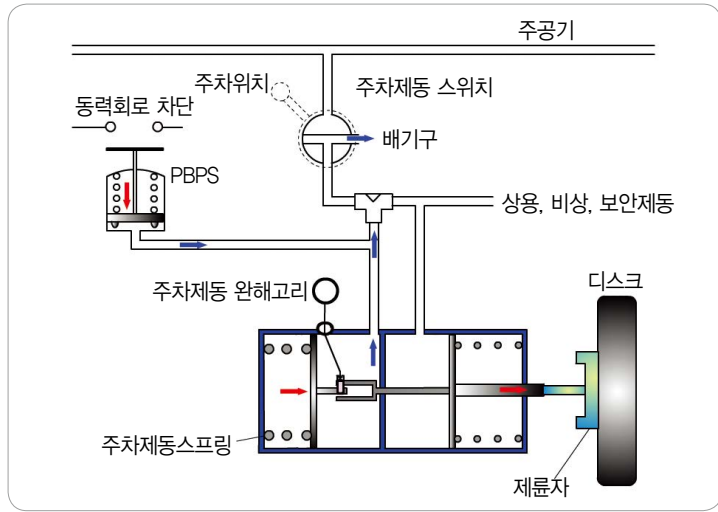
보안제동스위치를 복귀하면 보안제동 제어 신호의 소멸로 보안제동 전자밸브가 무여자 되어 밸브봉이 스프링에 의해 복귀되고 압력조정밸브에서 오는 압축공기가 S형 복식역지밸브로 가는 통로를 막아 제동통 쪽으로 유입되는 것을 차단한다. 한편, S형 복식역지밸브(제동통) 쪽의 공기는 보안제동 전자밸브의 배기구를 거쳐 대기로 배출되어 보안제동은 완해가 된다[그림 6-72].



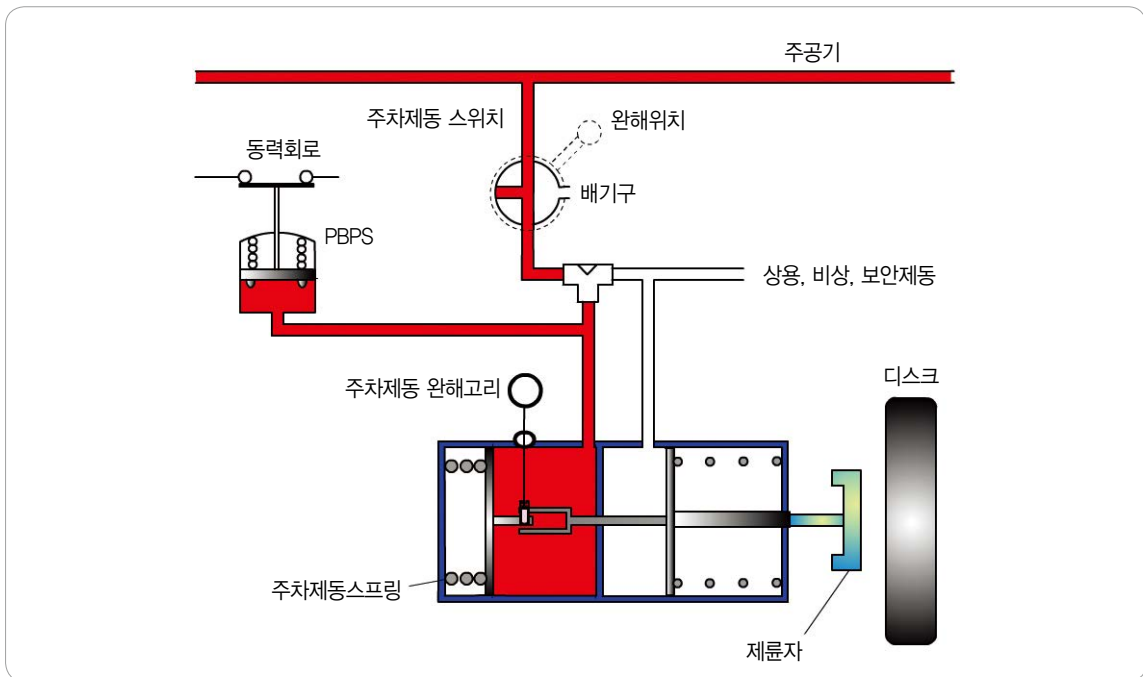
• 6-83



[그림 6-73] 주차제동 스위치



[그림 6-74] 주차제동 작용



[그림 6-75] 주차제동완해 작용

(2) 주차제동의 완해

주차제동 스위치(PBS)를 완해 위치로 하면, 주공기통의 압축공기를 주차제동통으로 유입시켜 주차제동 스프링 압력을 이기고 주차제동을 완해한다. 그리고 PBPS에도 압축공기가 들어가 동력 운전이 가능하도록 회로를 구성한다[그림 6-75].

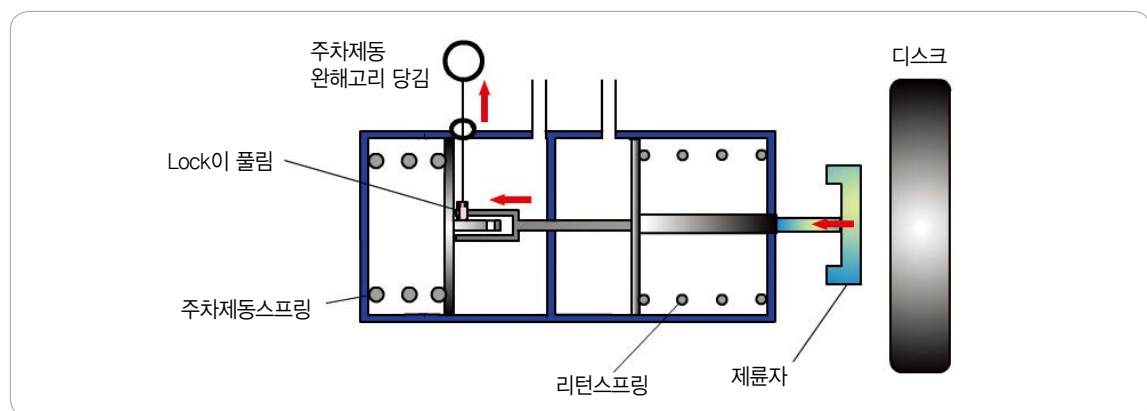
6.4.4.2 주차제동의 강제완해

주차제동통의 주공기관이 누설되거나 기타 사유로 주차제동이 체결되어 완해가 되지 않을 때, 강제로 주차제동을 완해하는 방법은 다음과 같다.

- (1) 주차제동 스위치를 ‘주차위치’로 한다.
- (2) 제동통(BC) 전체 완해 콕(cock)을 차단하여 제동통 안의 압축공기를 모두 배기시키고, 주차제동통이 아닌 다른 제동통의 디스크 제동이 완전히 완해가 된 것을 확인한다.
- (3) 주차제동 완해고리의 손잡이를 당긴다.
- (4) 주차제동통의 제동이 완해가 된 것을 확인하고, 제동통 전체 완해 콕(cock)을 복귀한다.

[그림 6-76]에서 주차제동 완해고리를 당기면 Lock이 풀려서 주차제동통 안의 피스톤과 봉이 분리되어, 제륜자를 밀고 있던 피스톤이 리턴 스프링에 의해 복귀되어 주차제동이 완해 된다.

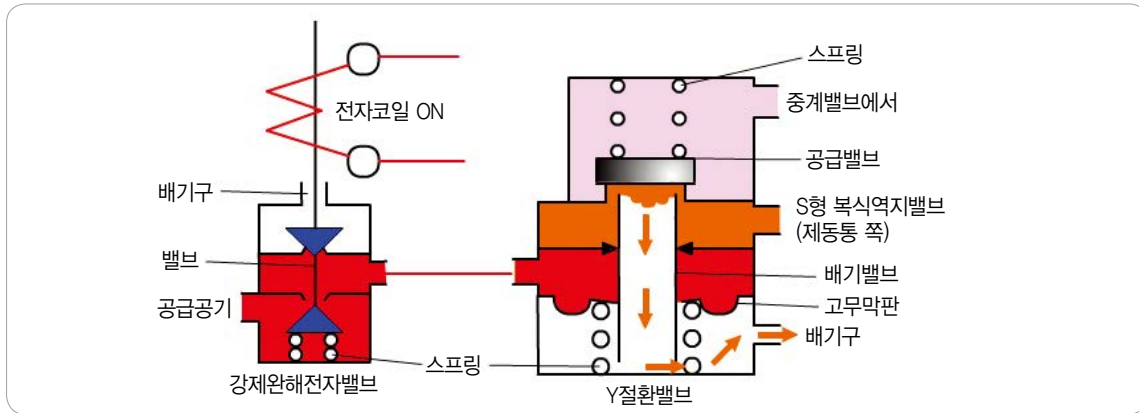
주공기통의 압축공기 압력이 정상으로 되어 주차제동통에 들어오면, 주차제동 피스톤은 주차제동 스프링 힘을 이기고 복귀된다. 이때 풀어진 Lock은 복귀 장치에 의해 복원되면서 주차제동 피스톤과 봉이 같이 작동하도록 다시 묶어 준다.



[그림 6-76] 주차제동 강제완해

6.4.5 강제완해 작용

상용제동, 비상제동, 보안제동과 ATC에 의한 제동이 작용하지 않은 상태에서 편성 차량 중 제동이 완해가 되지 않고 제동통에 압축공기가 남아 제동이 체결된 차가 있을 때 TC차 운전실에 있는 강제완해 스위치(CpRS)를 누르면 공전전환기의 강제완해 제어 신호에 의해 강제완해전자밸브가 여자 된다.



[그림 6-77] 강제완해 작용

강제완해전자밸브가 여자 되면, 밸브 하부실에 와 있던 공급공기압력이 Y절환밸브 고무막판 상부로 유입되어 Y절환밸브의 스프링 힘을 이기고 고무막판과 배기밸브를 아래로 밀면 공급밸브는 닫힌다. 이때 배기밸브가 열려 제동통에 남아 있던 압축공기가 S 복식역지밸브를 거쳐 Y절환밸브의 배기밸브의 배기구로 토출되기 때문에 체결되었던 공기 제동이 강제로 완해가 된다[그림 6-77].

6.5 구원운전

6.5.1 개요

구원운전이란, 열차가 운행 중에 고장 또는 장애 등이 발생하여 자력으로 운행할 수 없을 때, 다른 열차(이를 ‘구원 열차’라 한다)를 연결하여 도움을 받아 구원 열차가 앞에서 끌거나 뒤에서 밀고 이동하는 것을 말한다. 고장 열차에 구원 열차를 연결하여 2개의 열차를 하나로 하여 운전을 할 때, 연결한 구원 열차와 고장 열차 상호 간에 동일한 제동 작용과 승무원 간의 교신이나 양 열차의 승객에 대한 안내방송 등이 가능하도록 하는 것을 구원운전 취급이라 한다.

6.5.2 구원운전 시 취급 기기

구원운전 시 취급하는 기기는 구원운전스위치, 12점퍼, 103선 점퍼, 밀착연결기 공기마개, 공기관 콕(Cock) 등이 있다.

6.5.2.1 구원운전스위치(RSOS : Rescue Operating Switch)

RSOS는 TC차 운전실 뒷면에 있고, 고장 열차와 구원 열차 상호 간에 구원운전을 하기 위해 취급하는 스위치이다.

RSOS는 고장 열차와 구원 열차의 차종에 서로 맞도록 위치를 맞춰 주어야 구원운전 취급이 가능하다. RSOS는 다음과 같은 5개의 위치가 있다[그림 6-78].

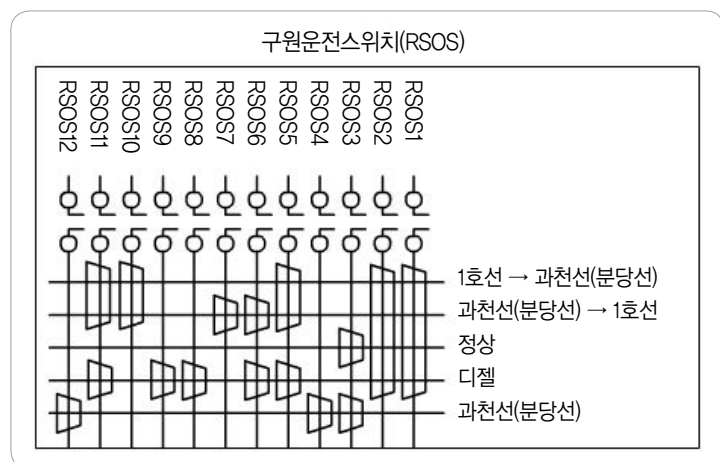
- ① 정상위치
- ② 과천선(분당선)¹³⁾ 위치
- ③ 과천선(분당선) → 1호선
- ④ 1호선 → 과천선(분당선)
- ⑤ 디젤위치

전기동차는 디젤기관차의 구원만 받고, 디젤기관차를 구원운전 할 수 없다.

RSOS의 각 위치에서 전기접점의 구성은 [그림 6-79]와 같다.



[그림 6-78] RSOS 위치

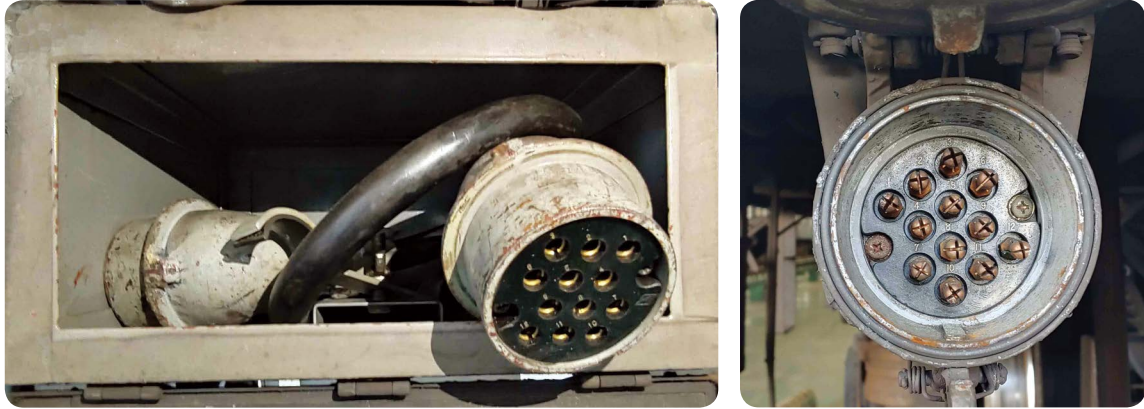


[그림 6-79] RSOS의 위치별 전기접점의 구성

6.5.2.2 12점퍼(Jumper)

12점퍼는 고장 열차와 구원 열차 간의 전기 회로를 연결하는 단자 사이를 접속하는 12가닥의 전기선이 내장된 연결 케이블이다[그림 6-80].

13) 과천선 차량과 모의 운전연습기만 과천(분당선)위치이고, 기타 차량은 'VVVF 위치'로 되어 있음.



[그림 6-80] 12점퍼 적재 상자(좌)와 차량의 소켓과 핀(Pin)(우)

12점퍼에는 [표 6-10]과 같은 선들이 있고, TC차 차체 하부의 운전실 쪽 뒷면의 상자 속에 실려 있다. 구원운전 시 12점퍼를 연결할 때는 점퍼를 소켓에 정확하게 끼우고 덮개의 걸쇠가 점퍼 하부의 턱에 완전히 걸리도록 쇠정하여 점퍼가 빠지지 않도록 고정해야 한다.

12점퍼를 연결만 하면 145선, 175선, 176선은 서로 통하도록 되어 있고, 나머지 9가닥의 선은 RSOS를 취급하여야 상호 연결이 가능하다.

[표 6-10] 12점퍼의 선 번호와 기능

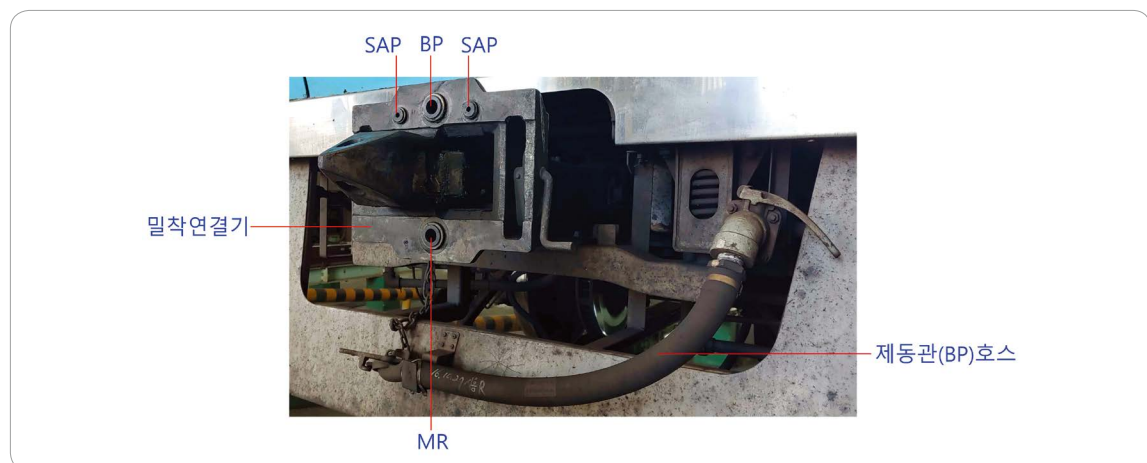
핀(Pin) 번호	RSOS '과천(분당선)' 위치		비고
	선 번호(이름)	기능	
1	100x	접지	
2	27x	상용제동(27선)	
3	28x	상용제동(28선)	
4	29x	상용제동(29선)	
5	32x	비상제동Loop(32선)	
6	33x	보안제동(33선)	
7	145	출입문 DS 접점(145선)	
8	31x	비상제동Loop(31선)	
9	10x	전기제동 제어(10선)	
10	164x	연락용 버저(Buzzer)	
11	175	차내 방송(175선)	
12	176	차내 방송(176선)	

6.5.2.3 103선 점퍼

고장 열차의 축전지(Battery)의 방전으로 직류전압이 떨어져 기준치 이하가 되면, 제어회로와 비상제동Loop회로 등의 구성이 불가능하다. 이때 103선 점퍼를 접속하면 구원 열차의 직류전원(축전지)과 고장 열차의 축전지를 연결해 준다. 103선 점퍼는 12점퍼와 같은 상자에 실려 있다.

6.5.2.4 밀착연결기 공기관 마개

과천선 전기동차와 저항제어 전기동차의 TC차 앞쪽의 밀착연결기에는 4개(MR, BP, SAP 2개)의 공기관이 연결되어 있다. 각 공기관의 구멍은 이물질이 침투하지 못하도록 마개로 막아 놓았다[그림 6-81]은 공기관 마개를 제거한 상태). 따라서 고장 열차와 구원 열차가 서로 연결하기 전에 연결기의 공기관 마개를 제거하여야 공기가 서로 통할 수 있다.



[그림 6-81] 밀착연결기의 공기관과 제동관 호스

6.5.2.5 공기관 콕(cock)

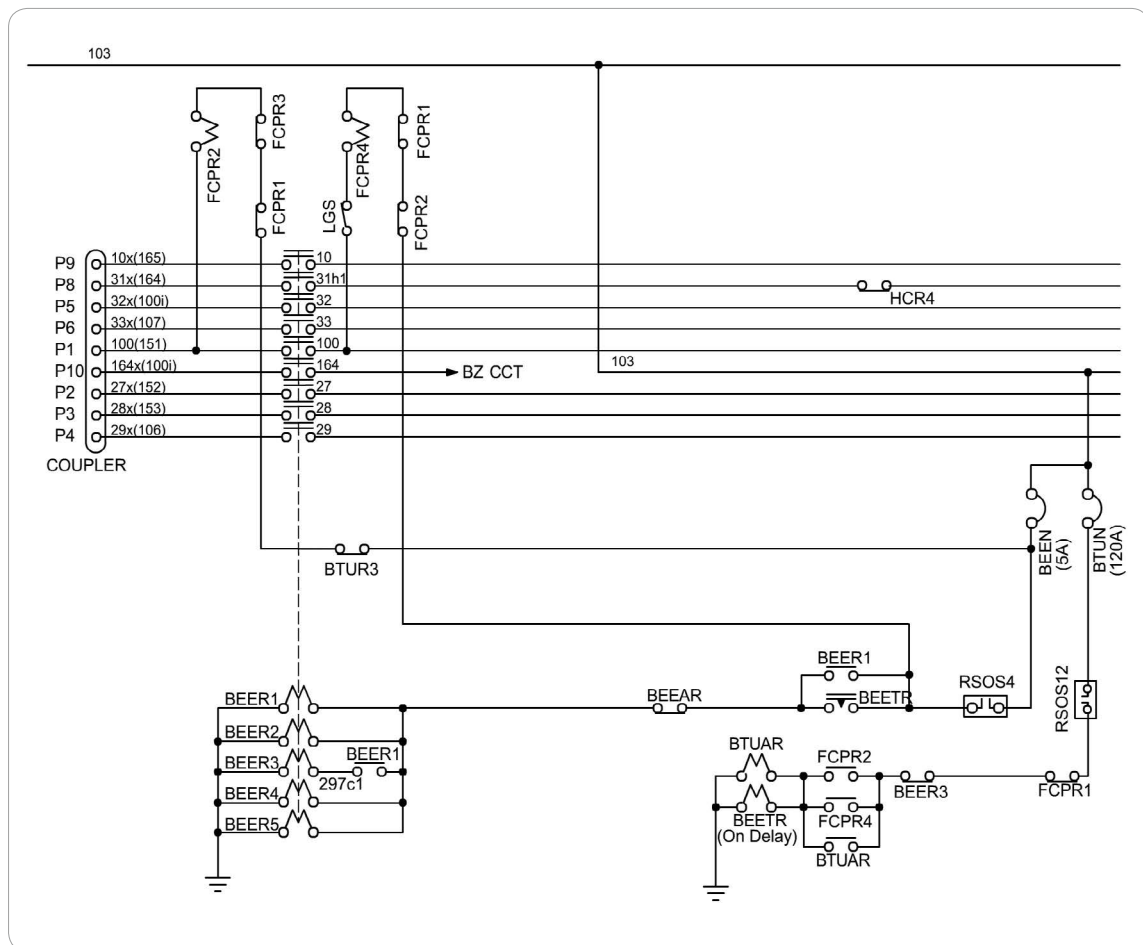
고장 열차와 구원 열차를 연결한 다음에 각 공기관 콕을 열어서 공기가 서로 통할 수 있도록 하여야 한다. VVVF 차량 간에 구원운전을 할 때는 주공기관(MR) 콕만 열어 주면 된다. 과천선 VVVF 차량은 TC차 앞쪽에 콕 2개가 설치되어 있고, 차량의 종류에 따라 3개까지 설치된 차량(저항 제어차)도 있으므로 해당 콕을 모두 개방해야 한다. 전기동차가 디젤기관차의 구원을 받을 경우에는 따로 장착되어 있는 제동관(BP) 호스[그림 6-81]를 디젤기관차와 연결하고, 전기동차의 무동력회송 콕 [그림 6-58]을 열어 준다. 그러면 디젤기관차의 제동관의 압축공기가 역지밸브를 거쳐 전기동차의 주공기관 쪽으로 가게 되어 전기동차에서도 압축공기를 사용할 수 있도록 한다.

6.5.3 구원운전 시 비상제동Loop회로의 구성

6.5.3.1 비상제동연장 계전기(BEER1~5)의 여자

고장 열차에 구원 열차를 연결하고, 서로 마주보는 TC차의 운전실에서 RSOS를 과천선(분당선) 위치로 돌려주면, RSOS의 접점은 [그림 6-79]에서와 같이 RSOS3, RSOS4, RSOS12가 접촉된다. RSOS4의 접점이 구성되면 103선의 전원에 의해 마주보는 운전실의 비상제동연장 계전기(BEER1~5) 5개를 여자 시켜 a접점을 모두 붙여 주므로, 12점퍼를 접속하면 구원 열차와 고장 열차 간에 9가닥의 인통선이 서로 통하게 된다.

여기서 145, 175, 176선의 3가닥은 앞에 설명한 것과 같이 비상제동연장 계전기의 여자와 상관없이 12점퍼만 접속하면 구원 열차와 고장 열차 간에 서로 통하도록 되어 있다.



[그림 6-82] 비상제동 연장 계전기(BEER1~5) 여자회로

① 103선에서 BEEN → RSOS4 → FCPR2(b) → FCRR1(b) → FCPR4 여자
 ② 103 → BTUN → RSOS12 → FCPR1(b) → BEER3(b) → FCPR4(a) → BEETR 여자
 ↘BTUAR 여자

④ 103 → BEEN → BTUR3(b) → FCPR1(b) → FCPR3(b) → FCPR2 여자

⑤ 103 → BEEN → RSOS4 → FCPR2(b)여자로 점점개방 → FCPR1(b) → FCPR4 무여자

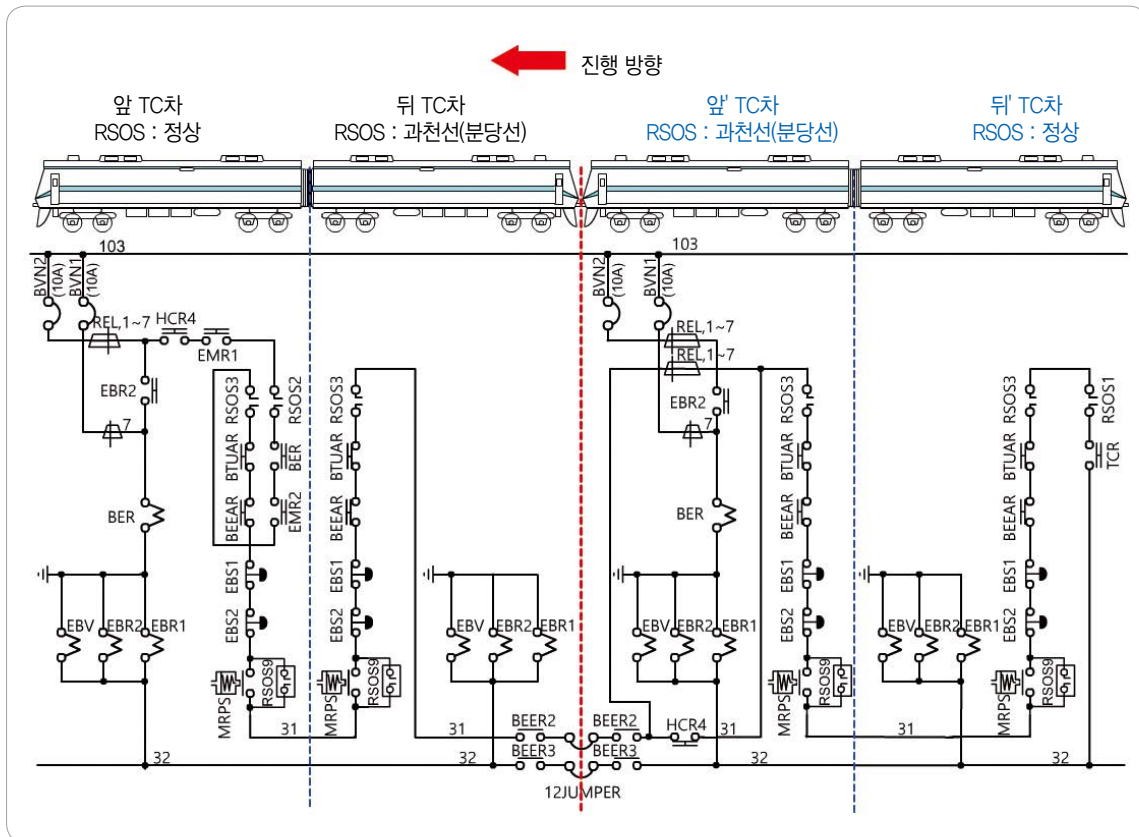
⑥ 103 → BEEN → RSOS4 → BEER1(a) → BEEAR(b) → BEER1~5 계속 여자

6.5.3.2 비상제동Loop회로의 구성(비상제동완해)

진행 방향의 맨 앞 TC차 세동핸들을 7단 위치에 놓으면, [그림 6-83]과 같이 BER이 여자 되고, 앞 TC 차 103선 → BVN2 → 제동핸들(REL, 1~7) → HCR4(a) → EMR1(a) → RSOS2(정상) → BER(a) → EMR2(a) → RSOS3(정상) → BTUAR(b) → BEEAR(b) → EBS1(정상) → EBS2(정상) → MRPS(정상) → 31선 → 뒤TC차 → MRPS(정상) → EBS2(정상) → EBS1(정상) → BEEAR(b) → BTUAR(b) → RSOS3(과천선) → BEER2(a) → 12Jumper → 앞TC차 → BEER2(a) → 제동핸들(REL, 1~7) → RSOS3(과천선) → BTUAR(b) → BEEAR(b) → EBS1(정상) → EBS2(정상) → MRPS(정상) → 31선 → 뒤TC차 → MRPS(정상) → EBS2(정상) → EBS1(정상) → BEEAR(b) → BTUAR(b) → RSOS3(정상) → RSOS1(정상) → TCR(a) → 32선 → 각 차 EBV, EBR1, EBR2 여자로 비상제동Loop회로가 구성된다.

구원운전 시, 동력 운전과 제동취급은 구원 열차에서 취급하는 것이 원칙이다. 고장 열차와 구원 열차의 각 운전실에서 제동을 취급하였을 때 작용하는 현상은 다음과 같다.

구원 열차와 고장 열차의 앞 운전실에서 제동핸들로 상용제동을 취급하면 27, 28, 29선이 가압되어 구원 열차와 고장 열차 모두 상용제동이 작용한다.



[그림 6-83] 구원운전 시 비상제동Loop회로

6.5.4.2 비상제동의 취급

구원 열차와 고장 열차의 앞 운전실에서 제동핸들로 비상제동을 취급하거나 각 운전실에서 비상제동 스위치(EBS1,2)를 취급할 경우, 기타 ATC/ATS에 의한 비상제동 신호, DSD 작동, 주공기압력 부족, RSOS 오(誤)조작, 열차 분리 등이 발생하면 비상제동Loop회로가 끊어져 구원 열차와 고장 열차 모두 비상제동이 작용한다.

6.5.4.3 보안제동의 취급

구원 열차와 고장 열차의 모든 운전실에서 보안제동 취급 시, 구원 열차와 고장 열차에 모두 보안제동이 체결된다.

이상을 정리하면 [표 6-11]과 같다.

[표 6-11] 과천선(VVVF 차) 상호 간에 연결하는 경우의 작용

조작	구분	밀기(Push-Out) 운전				끌기(Pull-In) 운전			
		앞'	뒤'	앞	뒤	앞	뒤	앞'	뒤'
동력 운전		×	—	○	—	○	—	×	—
상용제동		○	—	○	—	○	—	○	—
비상제동(제동핸들에 의한)		○	—	○	—	○	—	○	—
비상제동(비상 스위치에 의한)		○	○	○	○	○	○	○	○
제동핸들 조작		All	—	All	—	All	—	All	—
구원운전스위치(RSOS) 위치		정상	과천선	과천선	정상	정상	과천선	과천선	정상
ATC 취급		정상	—	차단	—	정상	—	차단	—
ATS 취급		차단	—	차단	—	차단	—	차단	—

[비고]

1. 색이 있는 것이 구원 열차임.
2. 앞 : 구원 열차 앞 운전실, 뒤 : 구원 열차 뒤 운전실, 앞' : 고장 열차 앞 운전실, 뒤' : 고장 열차 뒤 운전실
3. ○ : 가능, × : 불가능
4. 구원 열차에서 동력 운전 중 상용제동, 비상제동, 보안제동이 체결되면 구원 열차의 동력 운전 회로를 차단한다.

핵심정리



1. 철도차량의 제동 장치는 신뢰성과 안전성, 및 빠르고 확실한 제동 성능의 확보와 제어의 편의성, 적절한 ()을 갖추어야 한다.
2. 제동 장치의 종류는 제동방식에 따라 ()과 비접촉식으로 구분하고, 제동 제어방식에 따라 공기식, 전자 공기식, 전기식으로 나누며, 제동 작용시스템에 따라 상용제동, (), 보안제동, 주차제동, 정차제동 등으로 나눈다.
3. 자동공기 제동 장치는 제동관의 파손이나 열차분리 등의 경우, () 압력이 빠져나갈 때 자동적으로 제동이 체결되는 제동 장치이다.
4. 공기 제동 장치의 작동은 압력 차, 면적 비, ()에 따라 작용한다.
5. 공기 제동의 기본 작용은 (), 완해 작용, 유지 작용이 있다.
6. 기초제동 장치는 ()의 원리를 이용하여 제동통 압력에 비해 제동압력을 증가시킨 것이다.
7. 제동배율은 제동통 피스톤에서 나오는 ()과 제륜자에 나타나는 제동압력과의 비다.
8. HRDA 제동 장치의 특징은
 - (1) 전기제어 방식으로 () 작용이 있고, 상용제동은 전기제동과 공기 제동이 병용되는 일괄교차식 전자공기방식이다.
 - (2) 감속도의 규제 기능이 있고, ()회로가 상시 구성되어 있다가 회로가 끊기면 비상제동이 작용하는 방식이다.
 - (3) 제동 작용 시 차륜의 미끄러짐을 방지하는 ()기능이 있다.
 - (4) 상용제동과 비상제동이 모두 불가능할 때 사용하는 ()이 있다.
 - (5) 장시간 주차 시 차량의 구름을 방지하는 ()이 있다.
9. HRDA 제동 장치의 제동 취급 방법에 따른 제동시스템은 상용제동, (), 보안제동, 주차제동 시스템이 있다.
 - (1) 상용제동은 EOD에서 제동 제어 신호(27, 28, 29선)와 응하중 신호를 연산하여 ()을 만들고, TCU를 통해 전기제동을 제어하고 EPV로 공기 제동을 제어한다.
 - (2) 비상제동Loop회로가 끊어지면 자동적으로 ()이 체결되도록 하는 장애 시 안전시스템(Fail Safe System)을 채택하였다.
 - (3) ()은 상용제동과 비상제동을 모두 사용할 수 없을 때 사용하는 제동이다.
 - (4) ()은 장시간 정차 중인 차량이 자동으로 움직이는 것을 방지하기 위한 제동이다.
10. HRDA 제동 장치의 기능과 작용
 - (1) 공기통과 공기 배관
공기통에는 주공기통, 공급공기통, 보안제동공기통, ()이 있다. TC차와 T1차의 공기압축기에서 압축한 공기는 주공기통에 저장되고, 주공기통의 공기는 주공기관을 통해 각 차의 공기통에 압축공기를 공급한다.
 - (2) ()은 승객 하중에 따라 공기스프링의 압축공기압력을 높이거나 낮추어서 차체의 높이를 일정하게 유지한다.

☑ 핵심정리



- (3) 제동제어기는 ()의 조작에 따라 핸들 축에 연결된 캠(cam)에 의해 전기접점을 여닫아, 제동 제어 신호를 인통선으로 보내거나 제어장치의 회로를 개폐한다.
- (4) 제동 작용장치는 주로 상용제동과 ()을 제어하며, 제동 작용에 사용하는 장치들을 제동 작용장치함 안에 하나로 모아 놓았다.
- ① ()는 상용제동 시, 구동차와 부수차를 1개의 유닛(unit)으로 하여 작용하는 상용제동력을 제어한다.
 - ② ()는 상용제동 시, EOD에서 오는 신호전류를 받아 그 전류의 크기에 상응한 양만큼의 압축공기압력으로 변환하여 공기제동력으로 작용토록 한다..
 - ③ ()는 승객 하중의 증감에 따라 변화하는 공기스프링 압력에 비례하여 증감된 압축공기압력을 만들어서 EBV로 보내 대기시킨다.
 - ④ ()는 비상제동Loop회로에 의해 상시 여자 상태로 있다가, 전기 회로가 끊어지면 전자밸브가 무여자 되어 자동적으로 비상제동이 작용하도록 한다.
 - ⑤ ()는 상용제동 시와 비상제동 시 압축공기를 제동통 쪽으로 공급하거나, 제동통 쪽의 압축공기를 대기로 배출하는 역할을 한다.
 - ⑥ ()는 중계밸브에서 오는 압축공기가 제동 제어공기 쪽으로 가는 통로가 되나, 강제완해 전자밸브의 여자 시 제동통의 잔류 공기를 대기로 배기시킨다.
 - ⑦ ()는 제동통에 형성되는 제동 압력의 변화를 체크하고, 제동 불완해 감지와 강제완해 작용 및 제동력부족 감지의 기능을 한다.
- (5) ()는 전기제어식 제동 장치와 공기제어식인 전자 직통공기 제동 장치 및 디젤전기 기관차와 상호 연결 시, 제동 제어 신호를 변환하여 상호 제동제어가 가능하도록 하는 장치이다.
11. 구원운전 시 취급하는 기기는 (), 12점퍼선, 103점퍼선, 밀착연결기 공기 마개, 공기관 콕(cock) 등이 있다.
12. VVVF 차량 간 구원운전 시, ()는 마주보는 운전실에서 취급한다.

🔍 참고 문헌

1. 철도청, 과천/분당선 인버터 제어 전동차 취급 및 정비 지침서, 1994
2. 서울특별시 지하철공사교육원, 전기동차Ⅳ, 2005
3. 한국철도공사 인재개발원, 제2종 운전면허 전기동차 구조 및 기능, 2018
4. 한국철도공사 인재개발원, 전기동차 도면집, 2018
5. 서울메트로 인재개발원, 제2종 운전면허 전기동차 구조 및 기능, 2014
6. 한국교통대학교 철도차량운전면허센터, 제2종 전기차량 기능 교육 안내서, 2020

7장

운전 보안장치



7.1 운전 보안장치 개요

7.2 ATS 장치

7.3 ATC 장치



7장

운전 보안장치

학습목표

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

7.1 운전 보안장치 개요

7.1.1 개요

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

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

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

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

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

7.1.2 운전 보안장치 기본 용어

7.1.2.1 ATS 장치의 용어

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

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

(2) AESR(ATS 초과속도 계전기)

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

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

(3) ATSEBR(ATS 비상제동 계전기)

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

(4) FDR(고장 검지 계전기)

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

(5) SDR(정지 검지 계전기)

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

(6) BMR(비상제동 기억 계전기)

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

(7) NSR(무(無)신호 계전기)

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

7.1.2.2 ATC 장치의 용어

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

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

(2) ATC RACK(ATC 함)

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

(3) ATCEBR(ATC 비상제동 계전기)

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

(4) US(ATC 저속도 계전기)

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

7.1.2.3 ATC/ATO 장치의 용어

(1) ATC(Automatic Train Control)

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

(2) ATO(Automatic Train Operation)

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

(3) ATP(Automatic Train Protection)

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

[표 7-1] ATS,ATC,ATP 제어

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

(4) ATC/ATO 구성

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



[그림 7-1] ONE 핸들(중립 위치, 동력 위치)

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

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

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

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

(6) HMI(차내신호 정보 표시장치)

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



[그림 7-2] HMI(차내신호 정보 표시장치)

(7) TWC(열차와 지상설비 간 통신 장치)

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

(8) TRA(정차 위치 수신 장치)

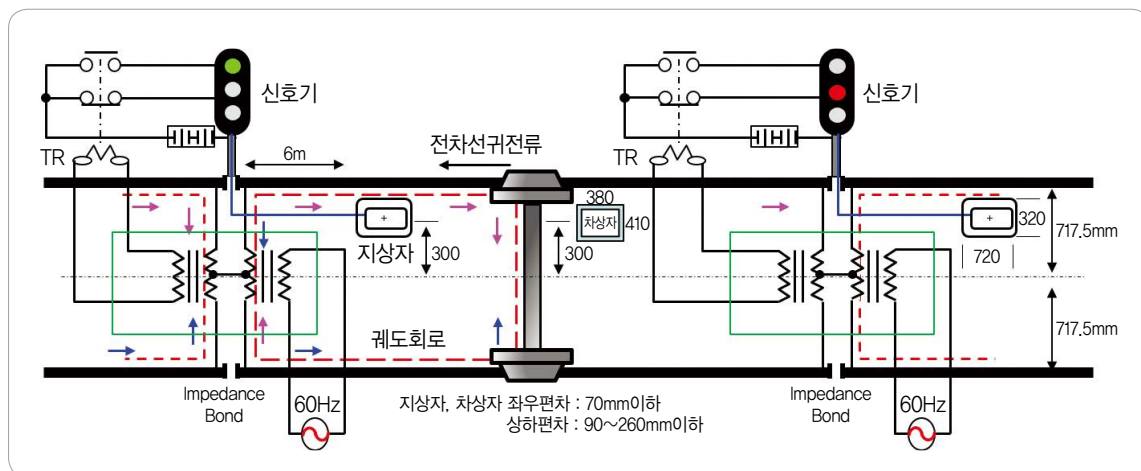
TRA(Trigger Receiver Assembly) 장치는 ATO 운전 시 정거장 정차 위치에 정밀 정차를 수행하기 위하여 운행 중 선로 위에 설치되어 있는 정지 코드를 검지하여 ATO 장치에 전달하면 ATO 장치가 정지 위치까지 남은 거리를 기준으로 연산하여 정차 위치에 정밀 정차를 수행하도록 지원하는 장치이다. ATO 시스템의 정차 목표는 $\pm 35\text{cm}$ 이내의 범위에 열차를 자동으로 정차시키는 것이다.

7.1.3 궤도회로

7.1.3.1 궤도회로의 개요

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

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

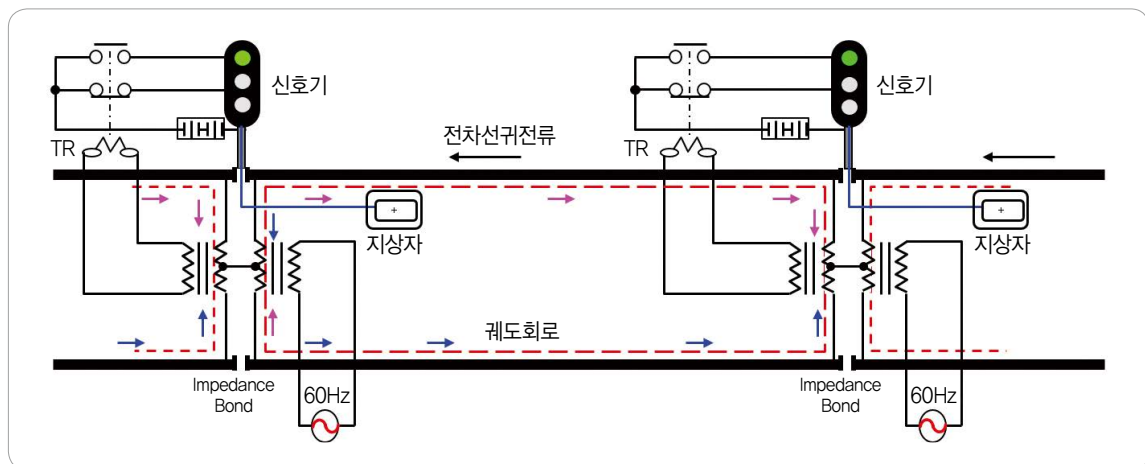


[그림 7-3] 궤도회로

7.1.3.2 궤도회로의 구분

(1) 유절연 궤도회로(PF:Power Frequency)

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

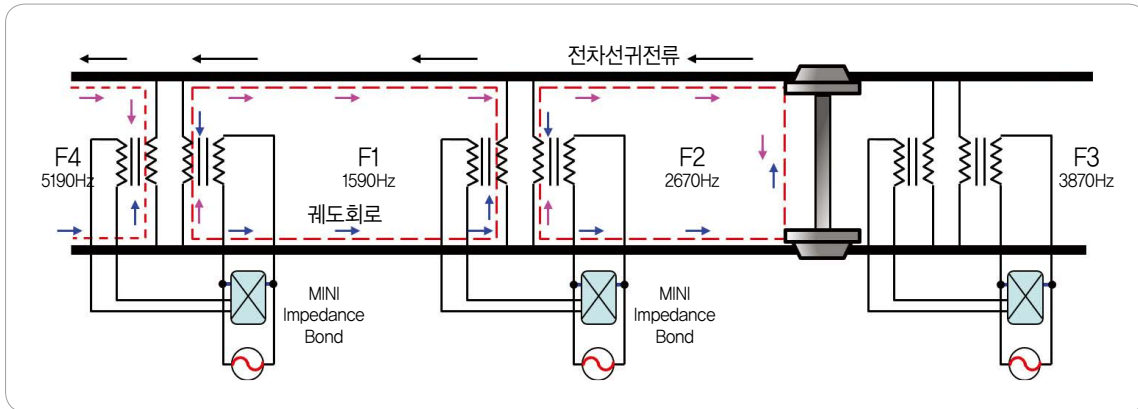


[그림 7-4] 유절연 궤도회로(PF)

(2) 무절연 궤도회로(AF:Audio Frequency)

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

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

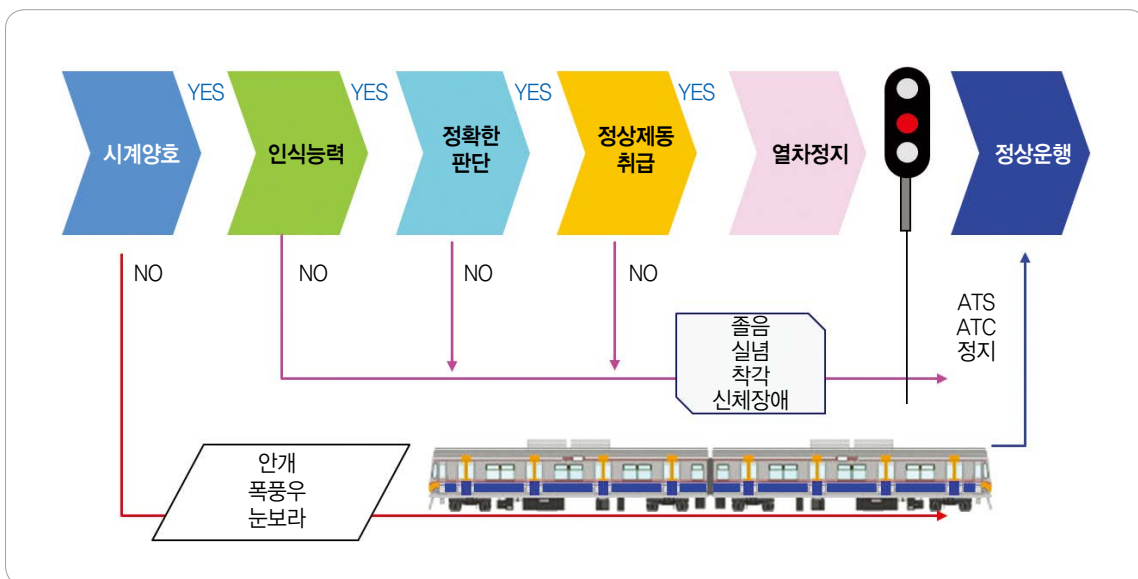


[그림 7-5] 무절연 궤도회로(AF)

7.1.4 운전 보안장치의 보완 기능

7.1.4.1 기계적 보완 기능

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



[그림 7-6] 운전 보안장치의 안전 기능

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

7.1.4.2 신호장치의 Fail-Safe와 ATC 장치의 이중계 구성

(1) 신호장치의 Fail-Safe 기능

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

(2) ATC 장치의 2중계 구성

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

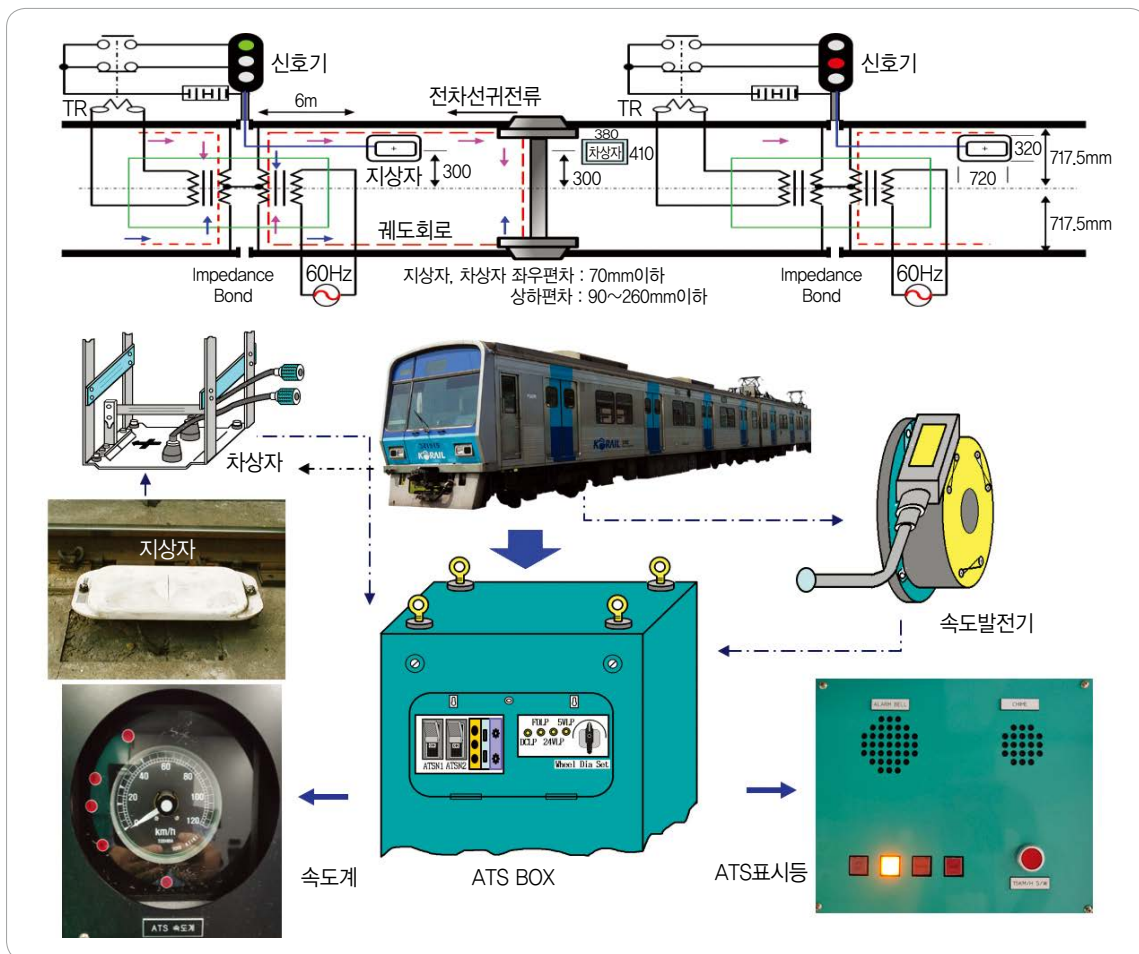


[그림 7-7] ATC 장치의 2중계(ATC1:상, ATC2:하)

7.2 ATS 장치

7.2.1 ATS 장치의 개요

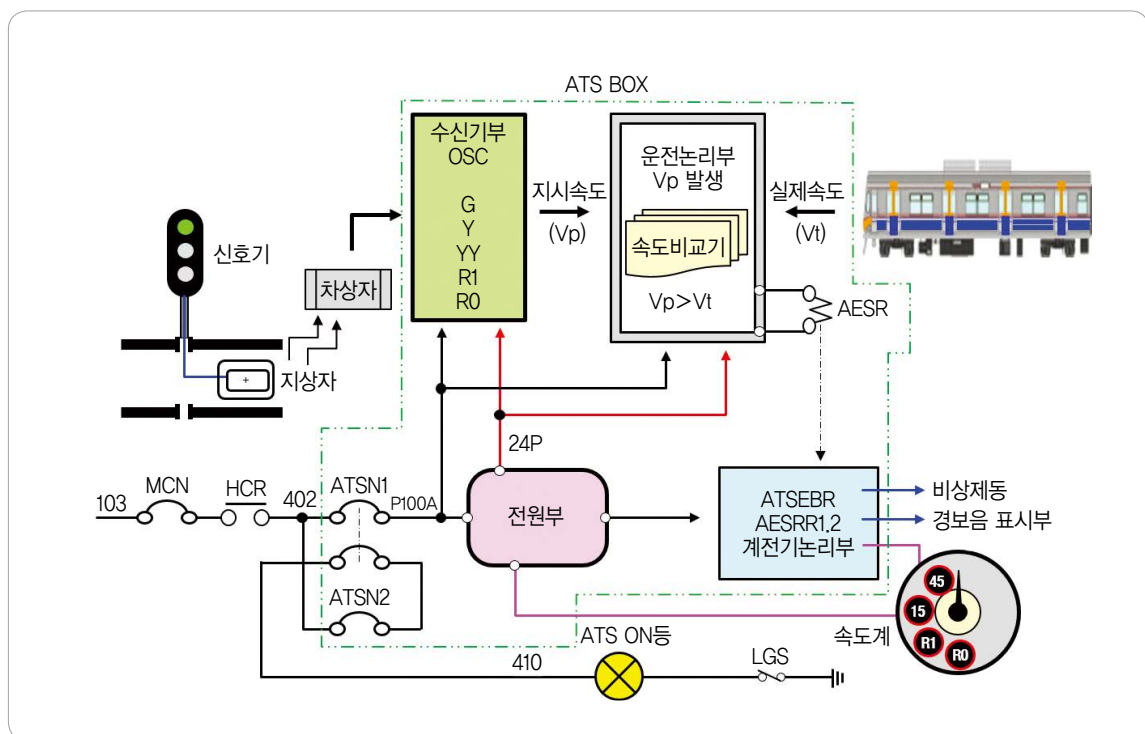
도시철도의 안전한 열차운행을 위해 자동폐색 방식에서 사용하는 전기동차의 ATS 장치는 선로 도상에 설비된 지상장치와 전기동차에 장착된 차상장치로 구분할 수 있다. 지상장치는 궤도회로 및 신호기와 신호 현시 조건에 맞는 주파수를 발신하는 지상자로 구성되어 있고, 차상장치는 발신 주파수를 수신하는 차상자와 차륜에 설치하여 실제속도를 검지하는 속도발전기, 그리고 실제속도와 지시된 속도를 비교 연산 처리하여 경보 및 표시등 현시를 하고 제동 회로에 지령을 주는 ATS Box(수신기부, 운전 논리부, 계전기 논리부, 표시부, 전원부, 기타 장치)로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



[그림 7-8] ATS 장치의 구성

7.2.1.1 ATS 동작 시스템(System)

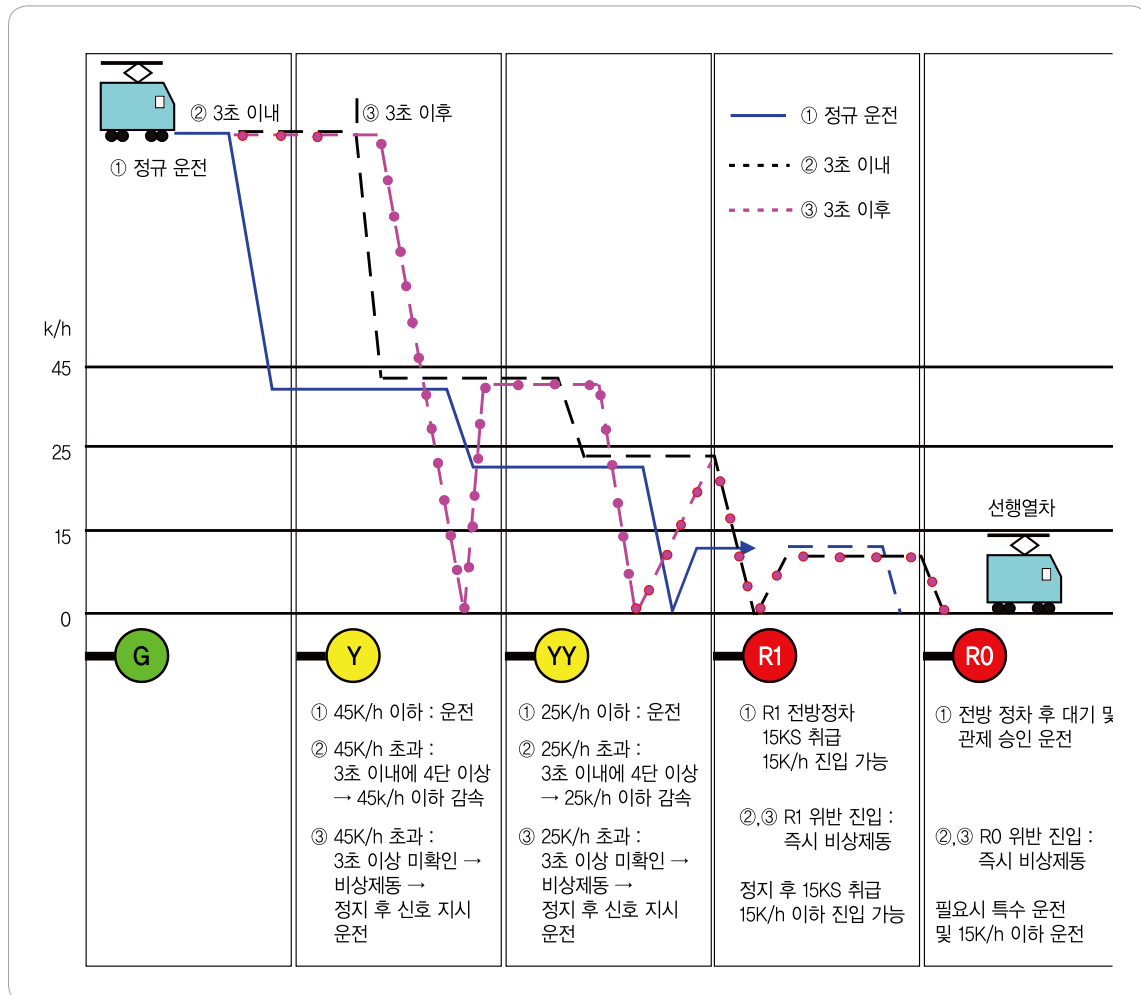
지상 신호기의 신호 현시에 따라 지상자에서 각각 다르게 발신하는 지시속도 주파수를 차상자에서 검지하고, ATS 장치의 수신기부에서 해당 PR과 연계된 SR이 여자 되면 운전 논리부에서는 지시된 속도에 맞는 기준패턴 속도 주파수를 만들어 내며, 이 주파수가 운전 지시속도(V_p)가 되어 실제속도(V_t)와 비교하게 된다. 열차의 차축에 설치된 차축 발전기(Speed Generator)에서는 실제속도에 맞는 속도 주파수(V_t)를 발생시키며, 속도 비교기(Comparator for Brake)에서는 V_t 와 V_p 를 비교한다. 신호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



[그림 7-9] ATS System 동작 과정

7.2.1.2 정상 운전과 ATS 속도 제어

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



[그림 7-10] ATS 속도 제어 곡선

7.2.2 ATS 주요 장치

7.2.2.1 ATS 형식 및 정격

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

7.2.2.2 ATS 차상장치

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

(1) 차상자

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



[그림 7-11] 차상자와 발진기(OSC)

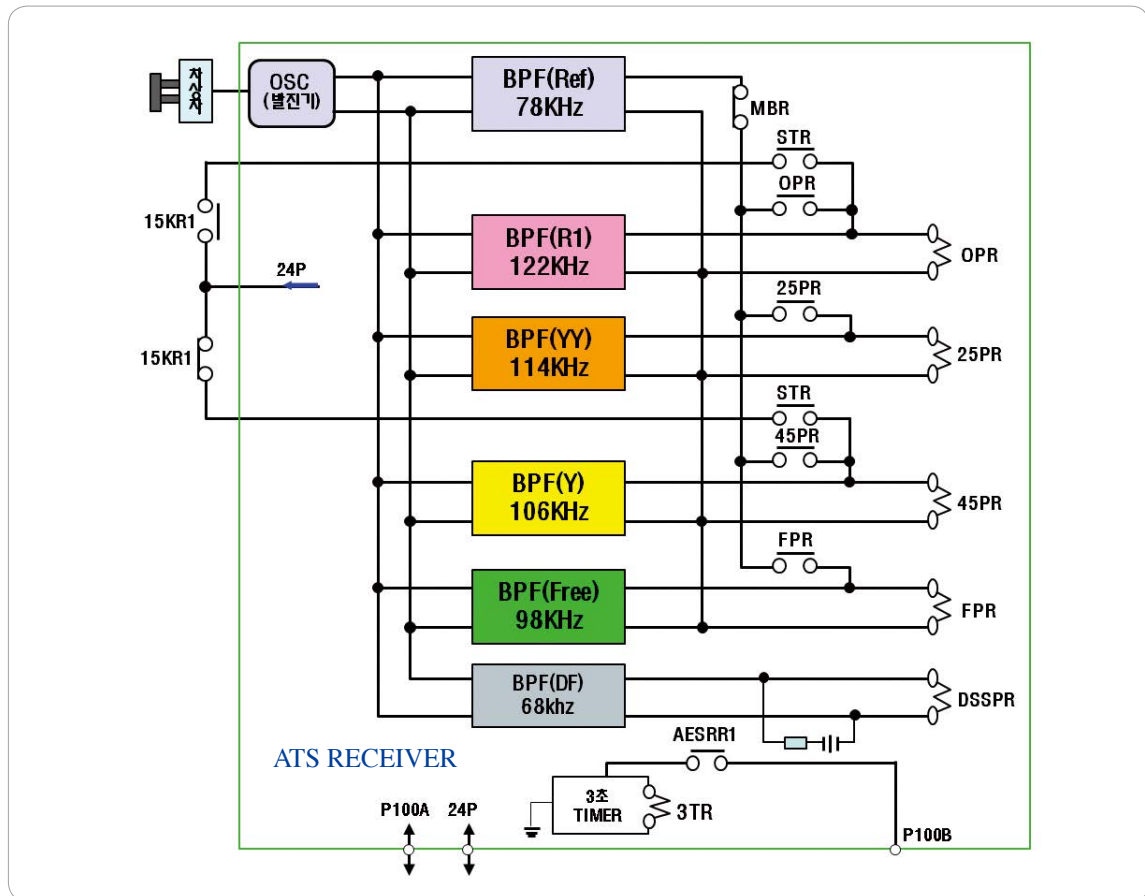
[표 7-2] 신호현시와 공진주파수

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

(2) 수신기부(Receiver)

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

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

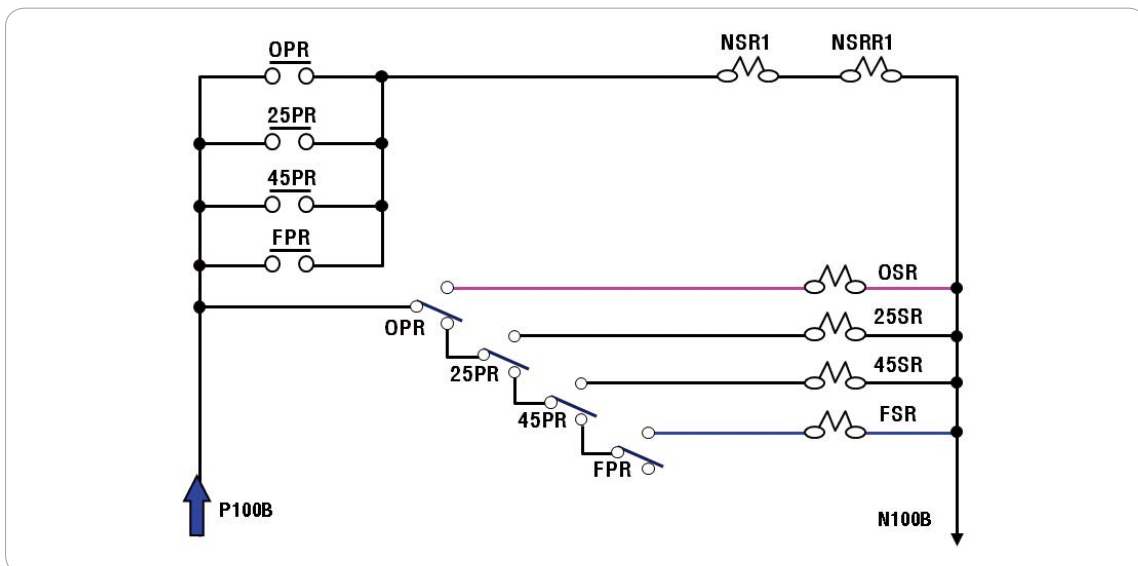


[그림 7-12] ATS 수신기부 출력 계전기

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

(3) 속도계전기(SR:Speed Relay) 및 NSR1 여자회로

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

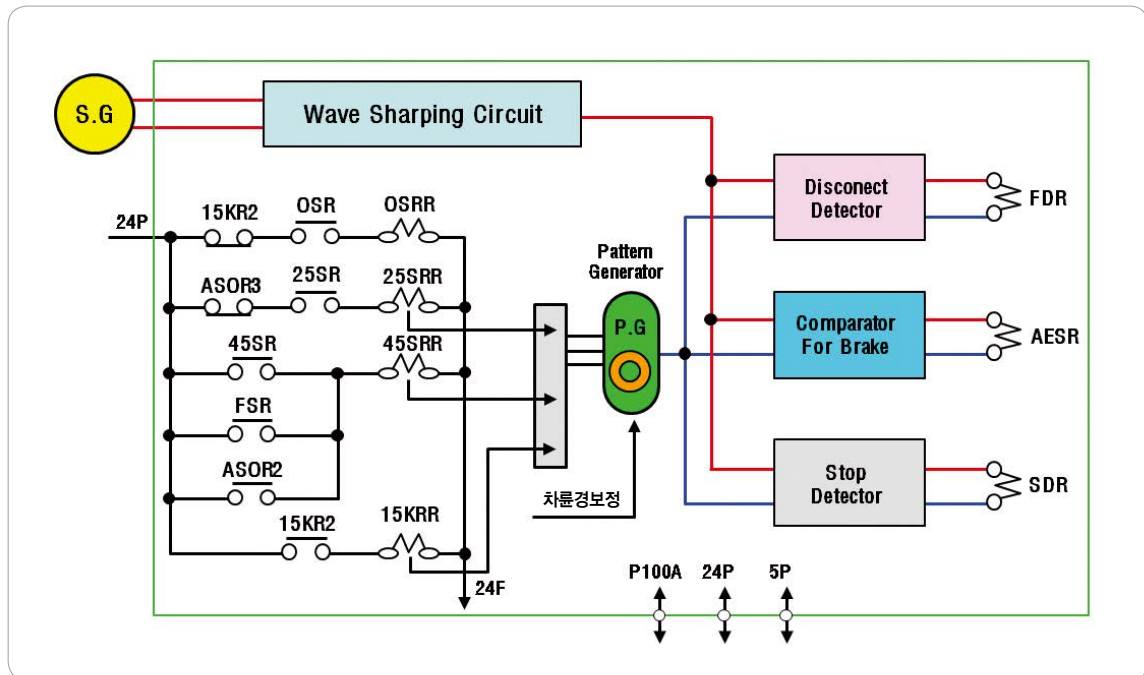


[그림 7-13] 속도 계전기(SR) 회로

(4) 운전논리부(Operating Logic Part)

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

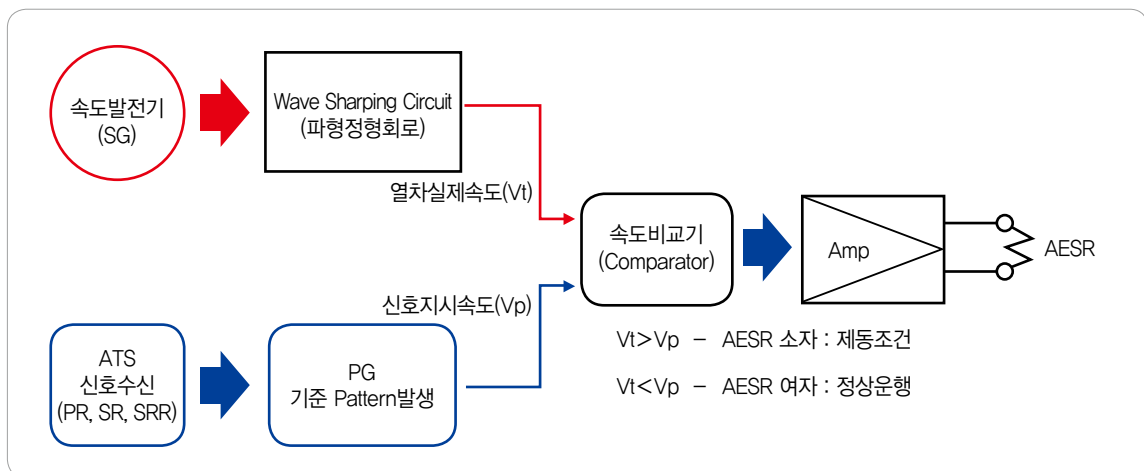
- 1) 기준 Pattern 발생부 : 신호기에서 수신한 신호가 해당 PR과 SR을 여자 시키면 운전논리부의 인터페이스 회로를 거쳐 기준 Pattern Generator에서 각 속도에 맞는 기준속도 주파수인 V_p 를 만들어 내며, 지시속도가 되어 열차속도 주파수(V_t)와 비교하게 된다. 기동할 때 제동행들 투입 시나 Y 신호 수신 시 45km/h Pattern을 만들고, YY 수신 시에는 25km/h Pattern을, 15KS 투입 시에는 15km/h Pattern을 만들어 준다.



[그림 7-14] 운전 논리부의 구성도

2) Wave Sharping Circuit(파형 정형회로) : 차속발전기(SG)에서 열차의 실제속도를 주파수로 검지한 출력(V_t)은 정현파 교류 이므로 이것을 구형파인 Digital 신호로 바꾸어 ATS 속도비교기로 보내 준다.

3) 속도비교기(Comparator For Brake) : 신호 주파수(V_p)와 열차속도 검지 주파수(V_t)를 비교



[그림 7-15] 속도 비교기의 출력

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

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

(5) 속도발전기(Speed Generator)

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



[그림 7-16] 속도(SG)발전기

7.2.3 ATS 전원 공급

7.2.3.1 ATS 전원 공급 회로

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

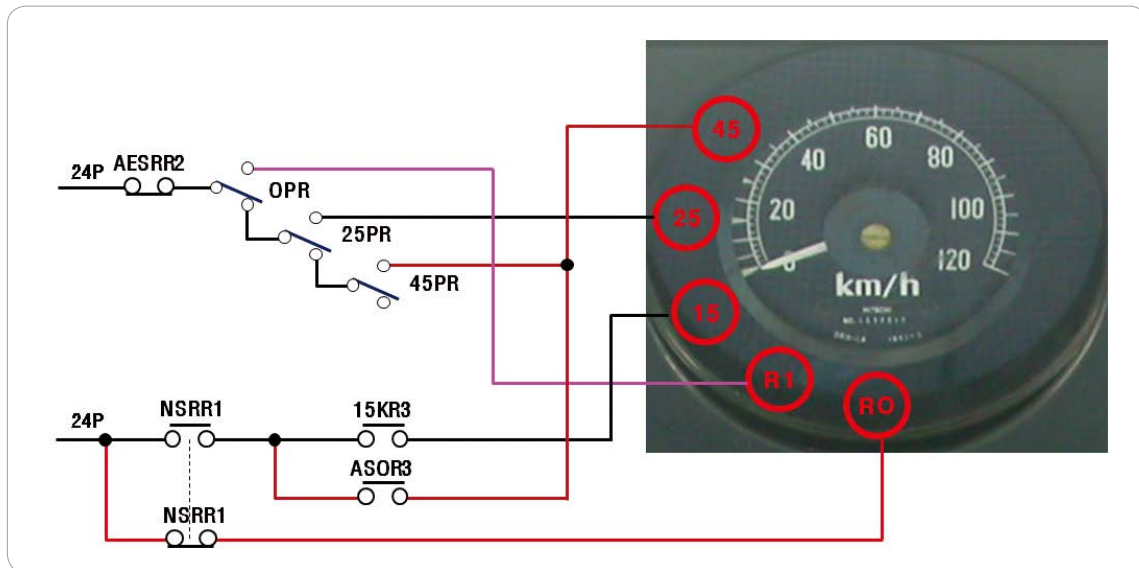
- (1) ATS 장치의 전원 공급 및 관련 차단기(N.F.B)는 ATSN1과 ATSN2로 구성되어 있다.
- (2) 402선에서 ATSN1을 거쳐서 P100A선으로 가압되고, Line Filter 인버터 장치를 통해 DC24V와 DC5V의 24P선, 5P선이 계전기 논리부와 수신기부 그리고 운전 논리부에 전원을 공급하여 준다.
- (3) ATS ON등은 전원공급의 이상 유무를 확인하는 등으로, 402선에서 ATSN2와 ATSN1이 ON 상태이면 점등된다. ATS OFF등은 ATSN2가 차단되면 연동에 의하여 ATSN2R이 여자 되므로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



7.2.3.2 ATS 속도계 표시등 회로

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

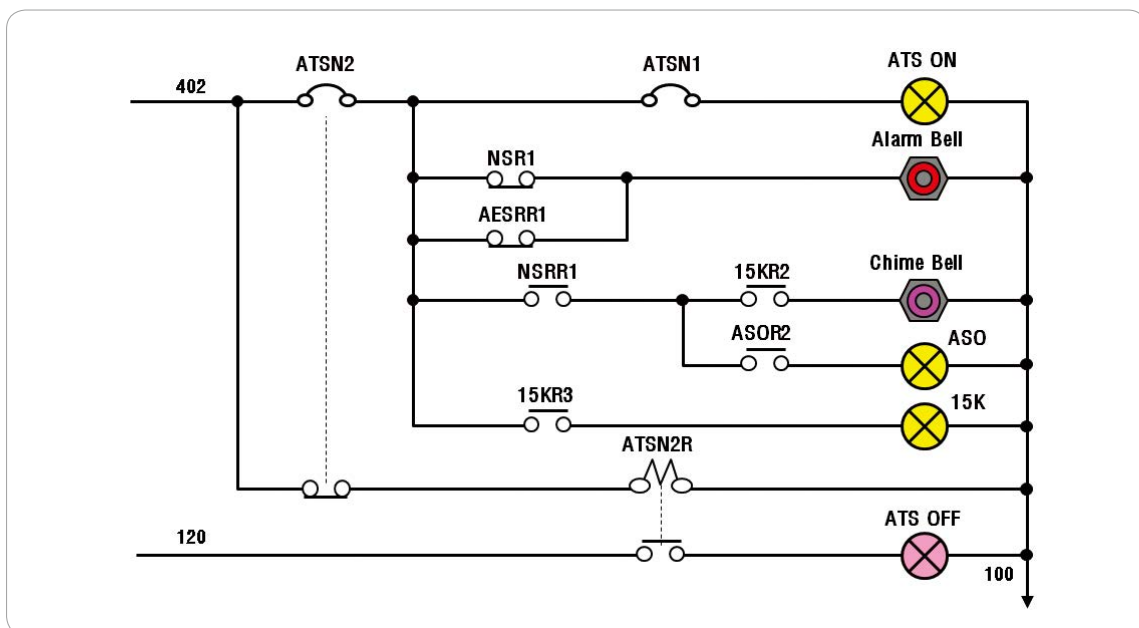
- (1) 절대정지신호 위반 진입 시는 **R0** 등이 점등된다.
- (2) 제한속도 초과 시는 **25**, **45** 등이 점등되면서 경보를 울려 기관사가 인식하고 조치하도록 한다.
- (3) 15KS를 취급하면 **15** 등이 점등된다.
- (4) ASOS를 취급하면 **45** 등이 점등된다.



[그림 7-18] ATS 속도계(Speedmeter) 표시등

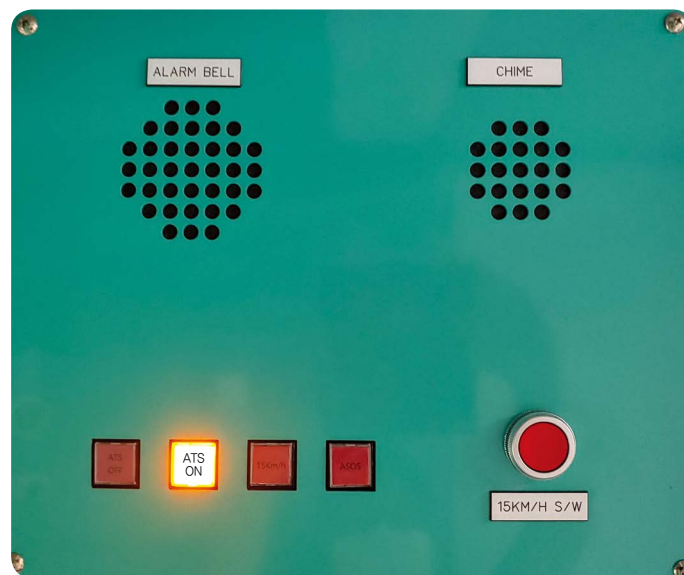
7.2.3.3 ATS 표시등 및 경보(Bell) 회로

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



[그림 7-19] ATS 표시등 및 경보회로

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



[그림 7-20] ATS 표시등, 15KS

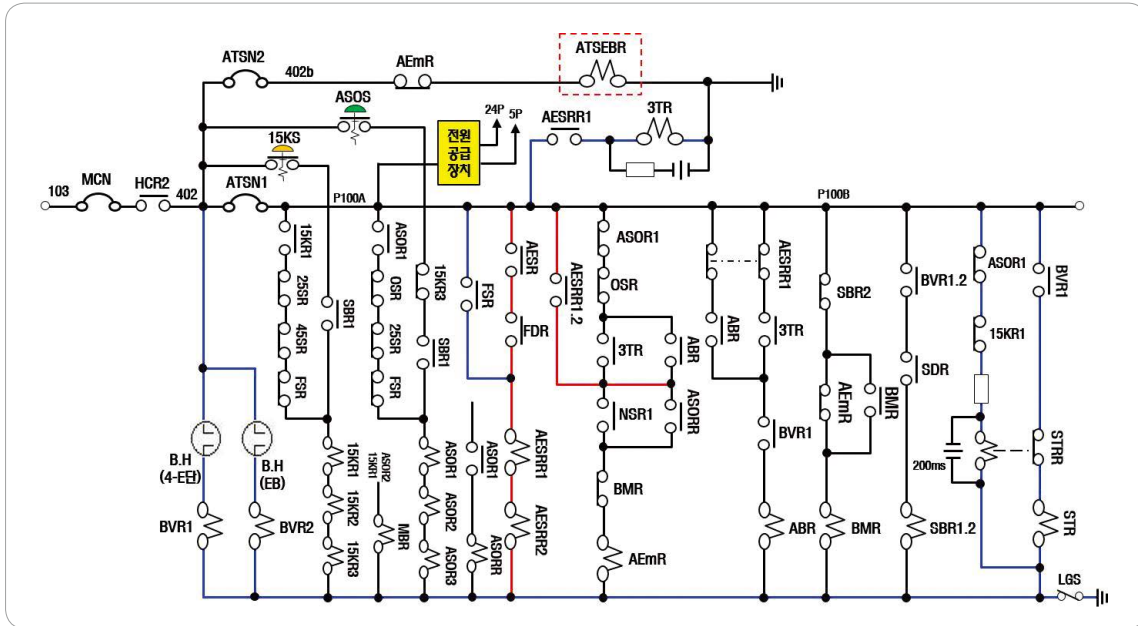
7.2.4 ATS 운전취급

7.2.4.1 ATS 초기설정

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

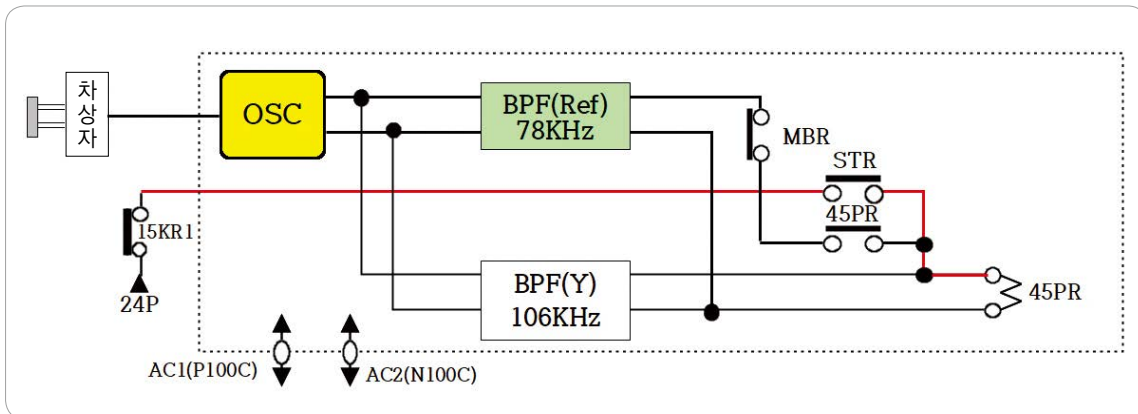
(1) ATS 초기설정 회로

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



[그림 7-21] ATS 회로

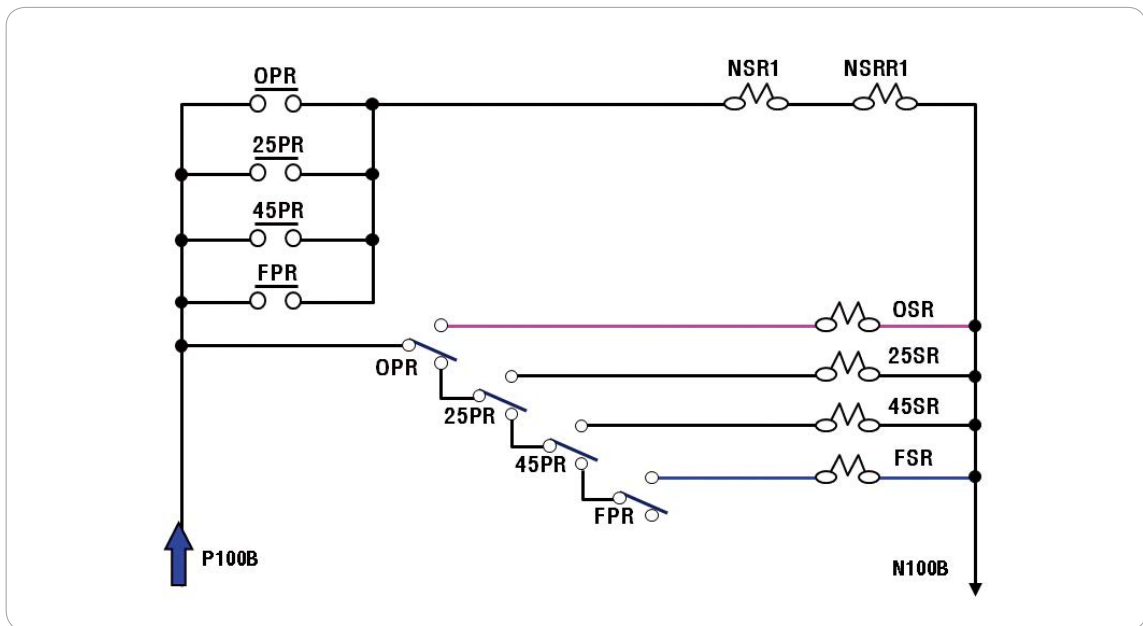
- 2) 수신기부에서는 STRR이 여자 하기 전까지 STR이 여자 하여 45PR을 여자 하면, 발진기 (OSC) 주파수인 78Hz가 BPF(Ref)를 통하여 45PR 자기 점점으로 공급되어 45PR이 계속 여



[그림 7-22] 45PR 여자회로

자 하므로 STR이 무여자 해도 자기 유지된다.

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

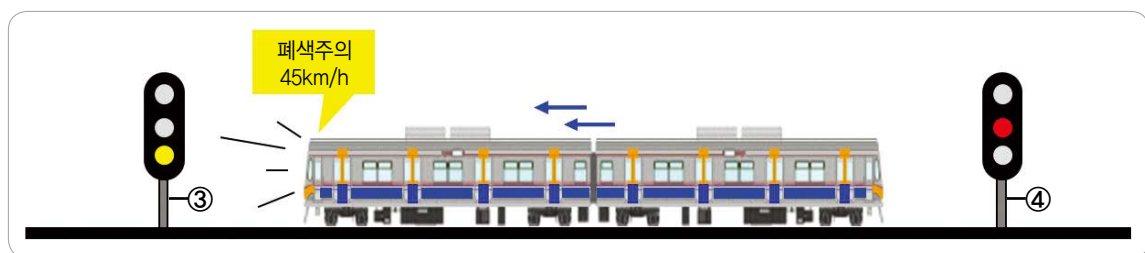


[그림 7-23] 45SR 및 NSR 여자회로

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

7.2.4.3 주의신호 현시 구간 운전

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

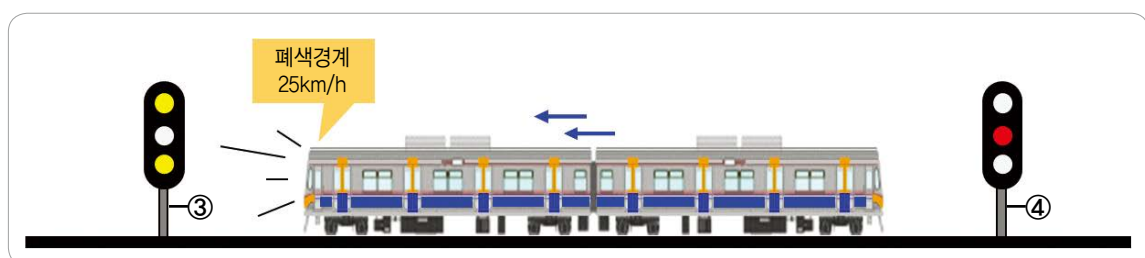


[그림 7-26] 주의신호 현시 운전

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

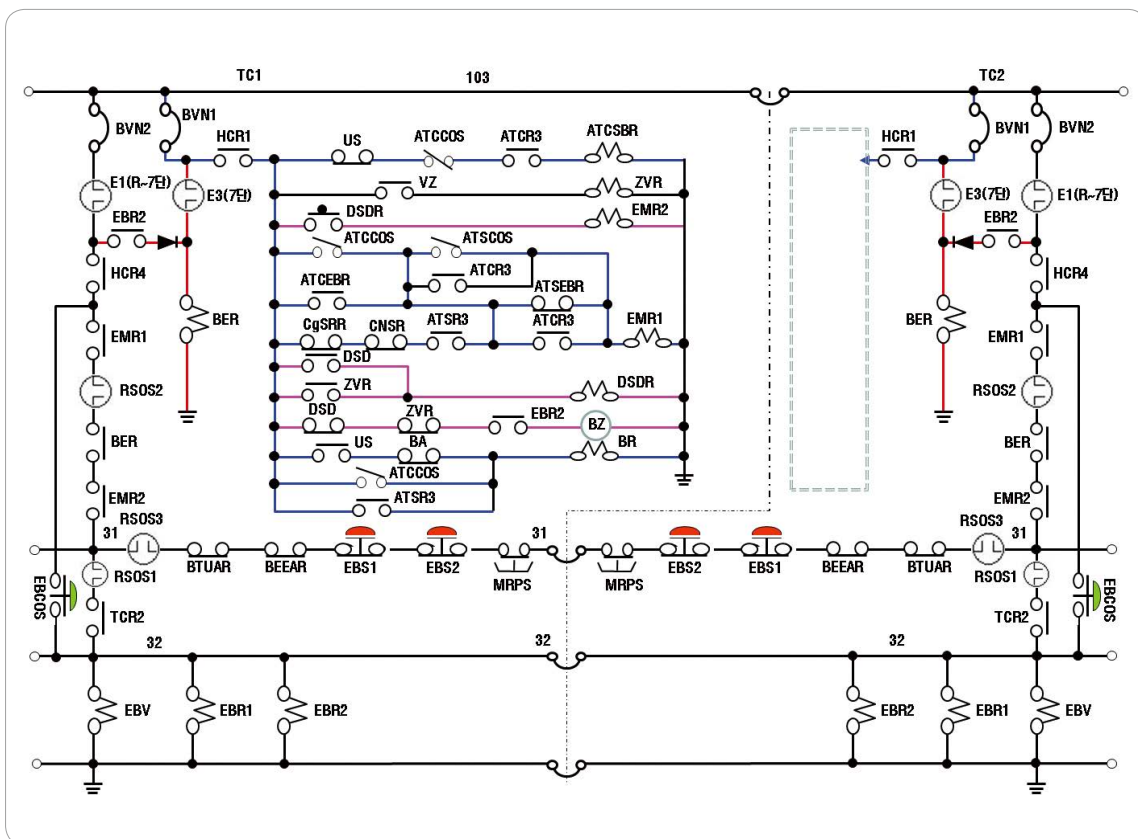
7.2.4.4 경계신호 현시 구간 운전

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



[그림 7-27] 경계신호 현시 운전

- km/h 이하로 감속되면 경보 및 표시등이 소멸되고 제동핸들을 완해 위치로 한다. 만약 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 취급하지 않으면 3초 후 즉시 비상제동이 체결된다.
- (2) 주의신호 현시 시 지상자에서 114KHz를 검지함으로써 25PR을 여자 시키고 OSC 출력으로 유지된다.
- (3) 25PR이 여자 되면 25SR이 여자 되고 25km/h 기본패턴 주파수가 발생하여 AESR, AESRR1.2 및 AEmR 여자회로가 구성된다. 다음 신호기까지 25km/h 이하로 운전한다.



[그림 7-28] 비상제동(안전 LOOP) 회로

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

- (1) 속도비교기에서 AESR이 무여자 하고, AESRR1.2가 무여자 한다.
- (2) AESRR1(b)에 의하여 Alarm Bell이 울린다.
- (3) AESRR2(b)에 의하여 속도계 내에 45등 표시등이 점등된다.
- (4) 3TR이 3초 동안 여자 하여 AEmR 여자회로를 유지한다.

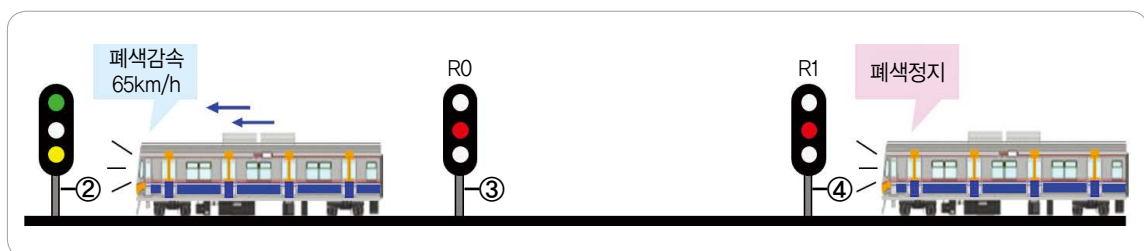


[그림 7-29] 제동핸들, ATS 속도계

- (5) 3초 이내에 제동핸들 4단 이상 취급하여 ABR이 여자 하면, AEmR은 여자 상태를 유지하므로 비상제동은 걸리지 않는다.
- (6) 열차속도가 45km/h 이하로 감속되어 45 등이 소등되고 경보음이 멈추면 제동핸들을 완해한다.
- (7) 3초 이내에 제동핸들을 4단 이상 위치로 가지 않으면 3TR은 무여자 되고 ABR도 여자 할 수 없으므로 AEmR이 무여자로 ATSEBR이 여자 하여 비상제동이 체결된다.
- (8) 지시속도 초과로 비상제동이 체결된 후 복귀 취급 : 제동핸들을 비상 위치로 취급한 후 열차가 완전히 정차한 다음, 7단 위치로 이동하여 비상제동을 완해하여 준다.

7.2.4.6 정지신호(R1) 현시 구간 운전

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



[그림 7-30] 정지신호 현시

(2) 허용정지(R1) 구간 위반 진입 시 회로 구성

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

7.2.4.7 정지신호(RO) 현시 구간 운전

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

(2) 절대정지(RO) 구간 위반 진입 시 회로 구성

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

되는 것은, ATS 비상제동 시 기억계전기인 BMR이 계속 여자 하고 있기 때문이다. BMR을 무여자 하려면 열차가 정차한 후 제동핸들을 비상위치로 하면 무여자가 된다.

7.2.4.8 15km/h 스위치 취급운전

(1) 15km/h 스위치 취급 목적

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

(2) 15km/h 스위치 취급법

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

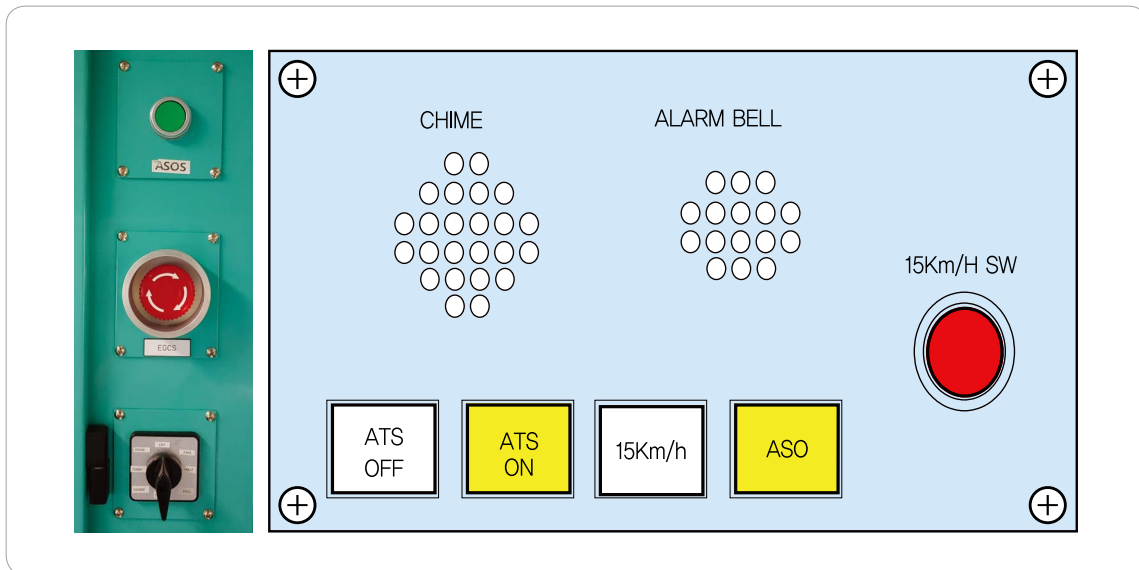


[그림 7-31] ATS 15km/h 스위치

7.2.4.9 ASOS(ATS 특수운전 스위치) 취급 운전

(1) 취급 목적

본선 구간 운행 중 장내신호기, 출발신호기, 입환신호기, 반자동 폐색신호기, 폐색신호기의 고장



[그림 7-32] ASOS, ASO등

및 장애 발생 등으로 정지신호(RO)를 현시할 때 그 정지구간을 관제의 승인을 받은 후 진입하려는 경우나, 혹은 실념(失念), 착각 등으로 RO 구간을 위반 진입한 경우에 ATS 비상제동을 완해하기 위하여 관제에 승인을 받고 ASOS 취급을 한다.

(2) ASOS 취급해야 할 경우

- 1) 운전관제의 지시와 승인으로 RO 구간을 넘어 진입 시
- 2) RO 신호구간을 위반 진입한 후 운전 재개시
- 3) 정지 위치를 지나 출발신호기를 넘어 정차 시에 퇴행 할 경우
- 4) 수신호 취급으로 장내 및 출발신호기를 넘어 진입 시
- 5) 유도신호기의 진행신호 현시에 의해 진입 시

(3) ASOS 취급 방법

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

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

7.2.5 ATS 보호장치와 차단운전

7.2.5.1 ATS 보호장치

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

(1) ATS N.F.B 구성

1) ATSN1

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

2) ATSN2

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



[그림 7-33] ATS N.F.B와 ATSCOS

[표 7-3] ATS NFB(차단기) 작용

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

7.2.5.2 ATS 차단운전

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



[그림 7-34] ATSCOS

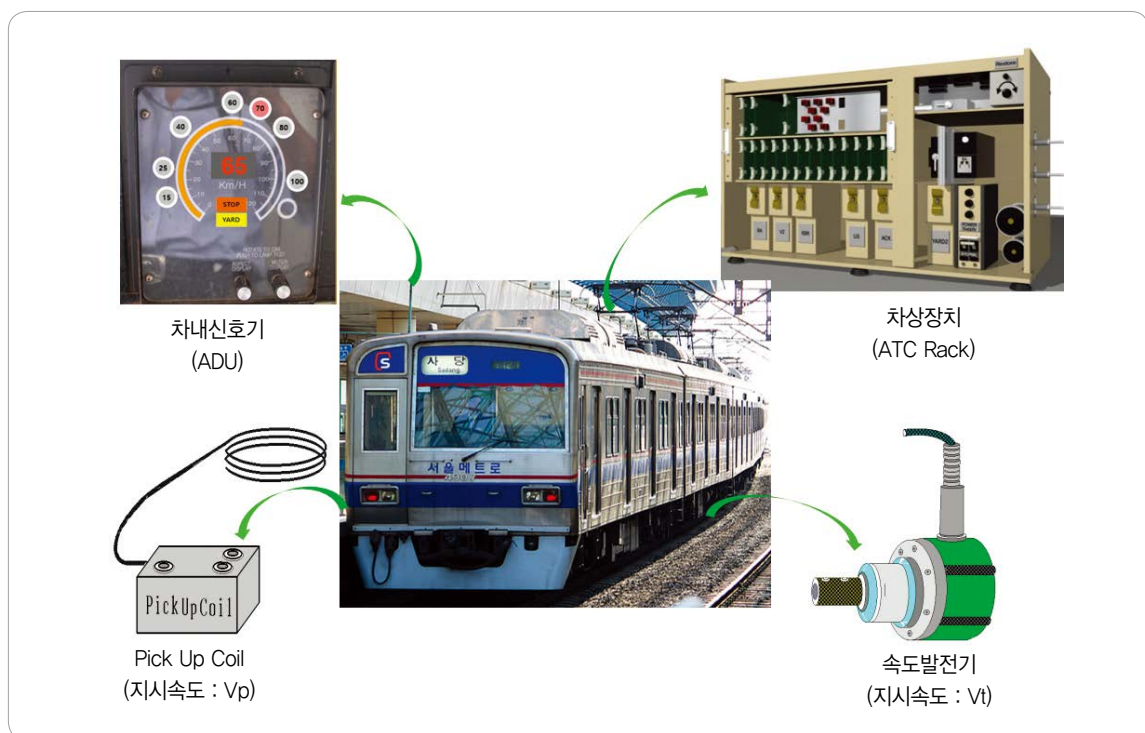
- (2) 교·직류 VVVF 전기동차는 ATSN2를 OFF 하여도 ATS에 의한 비상제동은 복귀되는데, 그것은 402선에서 ATSN2를 거쳐 AEmR 무여자 조건으로 ATSEBR 여자 전원을 공급하기 때문이며,

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

7.3 ATC 장치

7.3.1 ATC 장치의 개요

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



[그림 7-35] ATC 장치의 구성

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

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

7.3.1.1 ATC 주요 제원

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

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

- (6) 궤도회로 주파수

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

7.3.1.2 ATC 기기 및 계전기 명칭

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

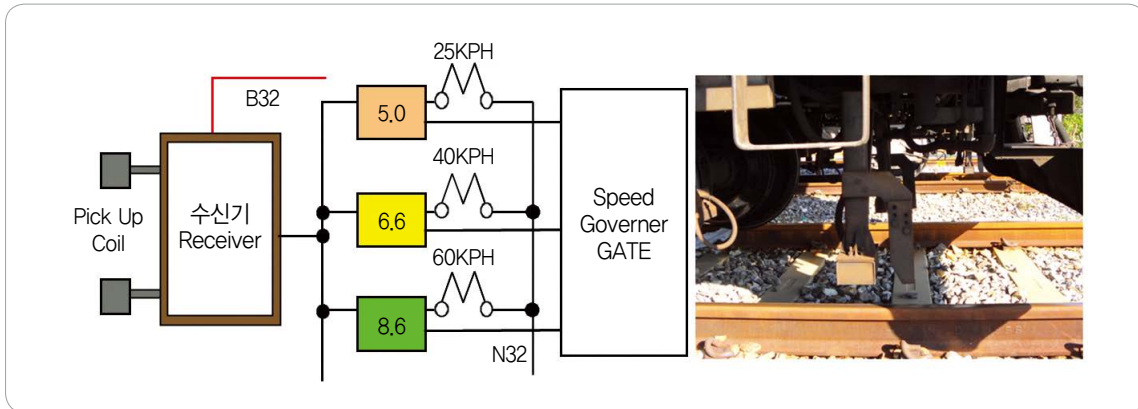
7.3.2 ATC 차상장치

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

7.3.2.1 ATC 차상장치 기기

(1) PICK UP COIL(Cab 신호 수신코일)

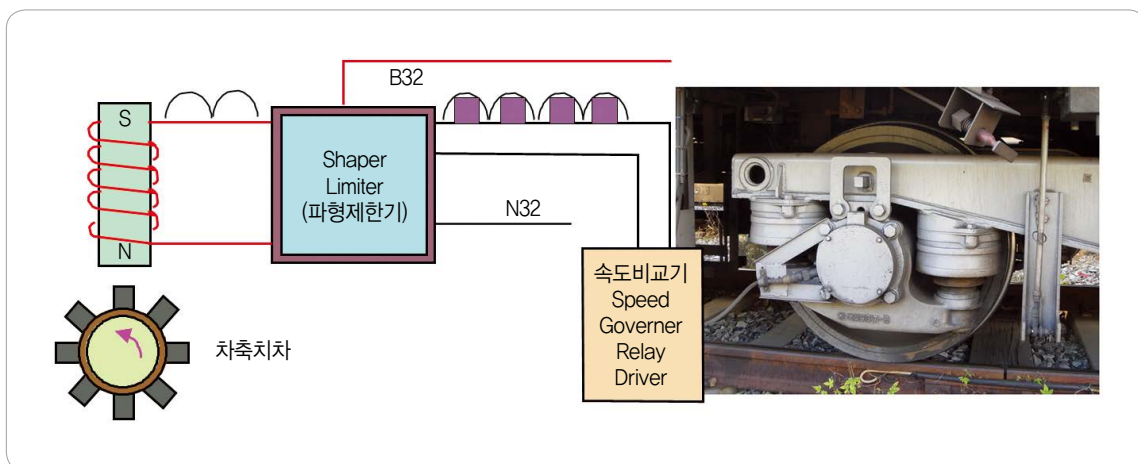
Pick up Coil은 레일에 공급되고 있는 지시속도 주파수를 검지하는 일종의 안테나와 같은 역할을 하는 것으로, TC차의 차륜 앞부분에 1개씩 총 2개가 설치되어 있고, AF 궤도회로 또는 Loop Coil로부터 코드화된 990Hz의 지시속도를 수신하여 ATC 장치의 수신기(Receiver PCB)로 보내 준다.



[그림 7-36] Pick Up Coil

(2) 속도발전기(SG : Speed Generator)

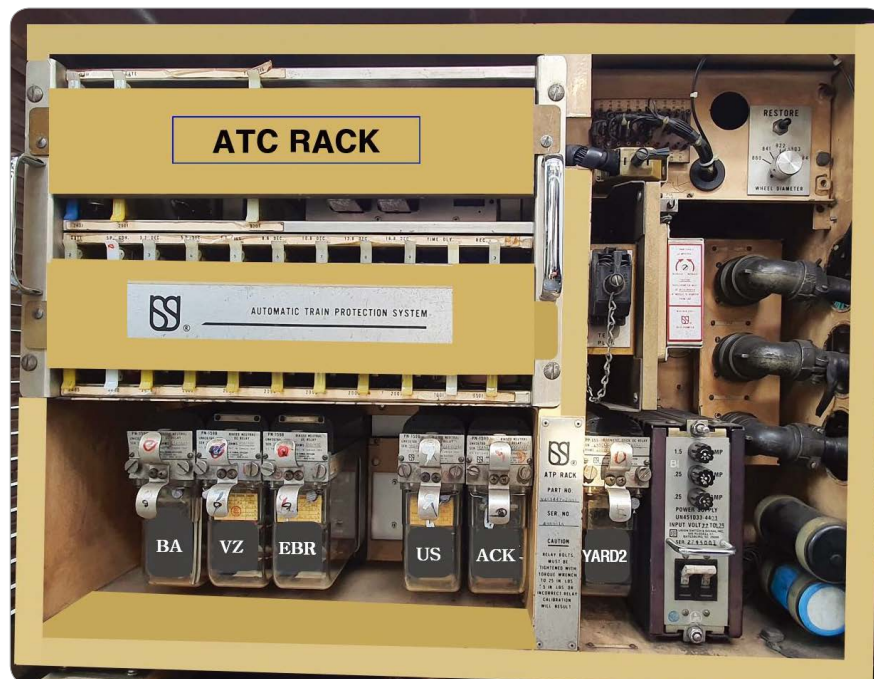
전기동차 TC 차량 전 대차 차륜의 축에 설치된 속도발전기로, 차축의 회전수에 따라 주파수가 발생하며, 발생한 주파수에 의하여 열차의 실제속도를 감지하는 장치이다(열차 속도 1km/h시 48Hz 발생). 영구자석에 코일을 감은 속도 감지 장치를 차축 치차와 근접하게 설치하여, 차축 치차가 회전함에 따라 영구자석에 유도되는 전류의 강약에 따라 발생한 교류 주파수를 Shaper Limiter(파형 제한기)에서 Pulse(구형)파로 변환하여 ATC 장치로 입력한다.



[그림 7-37] 속도(SG)발전기

(3) ATC RACK(ATC 함)

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



[그림 7-38] ATC RACK

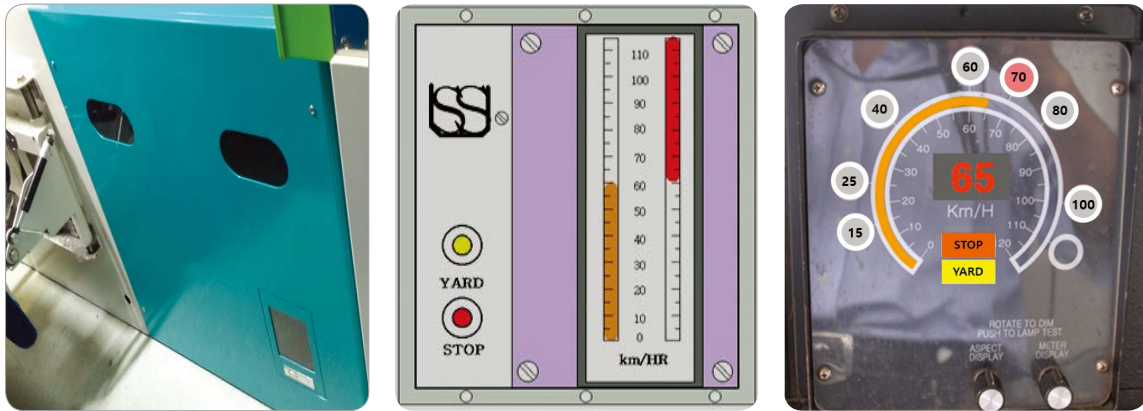
차속도를 판독하여 운전 상태를 감시한다. 또한 운행 중 과부하로 인한 ATCPSN 차단 시 복귀를 용이하게 하기 위하여 ATCPSN 복귀 개폐문을 ATC 함에 따로 설치하였다.

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

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

(4) ADU(Aspect Display Unit) : 차내신호기

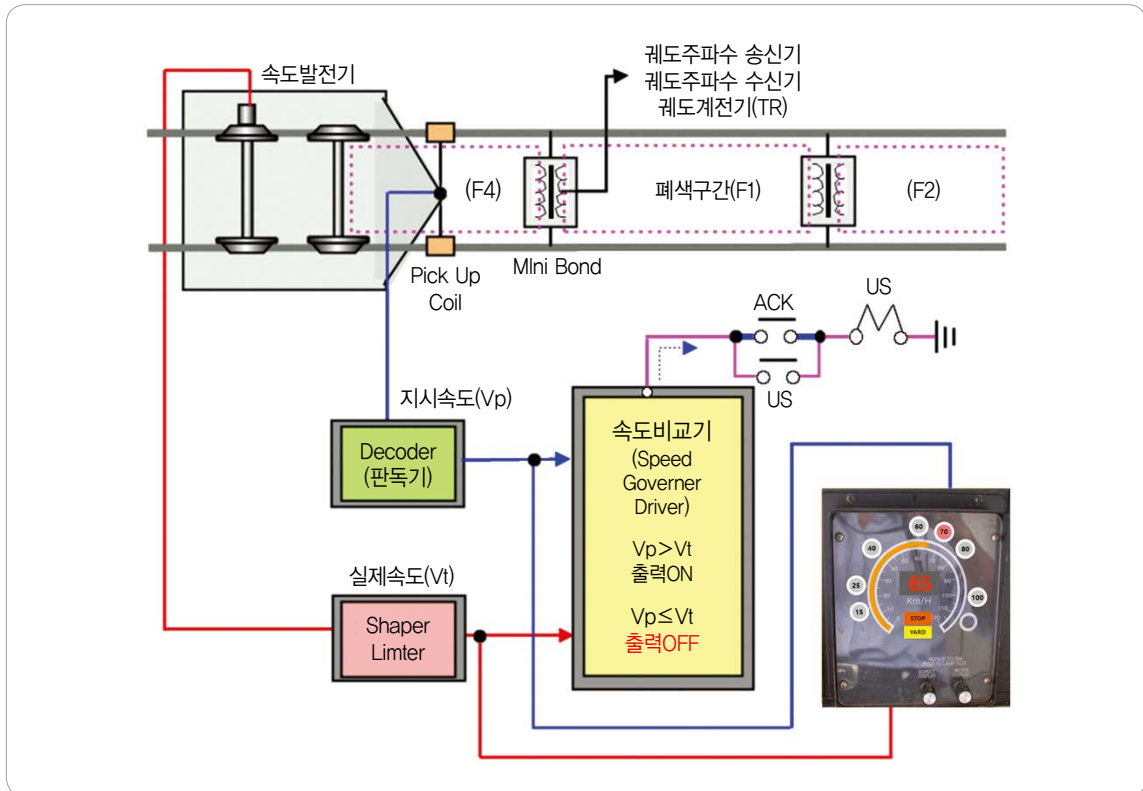
ADU는 운전실 기관사 전면 제어대 중앙에 설치되어 기관사에게 신호의 지시속도와 열차의 실제 속도를 현시하여 주는 차내신호기로, 운전 취급에 있어 대단히 중요하다. ATC 장치를 최초 도입할 때는 막대형 ADU를 사용해 왔으나, 수명 주기에 따라 디지털 방식의 ADU로 바꾸어 사용하고 있다. ADU 내 YARD 표시등은 구내운전 구간을 운행하여야 할 때 황색등으로 점등되며, STOP등은 열차가 본선을 운행 중일 때 지시속도가 없으면 적색등으로 점등되어 열차가 정지하여야 한다는 조건을 주는 것이고 정차하면 소등된다. 운전 취급 및 상황에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



[그림 7-39] ATC 함, 막대형 ADU, 원형 ADU

7.3.2.2 ATC 운전 조건

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



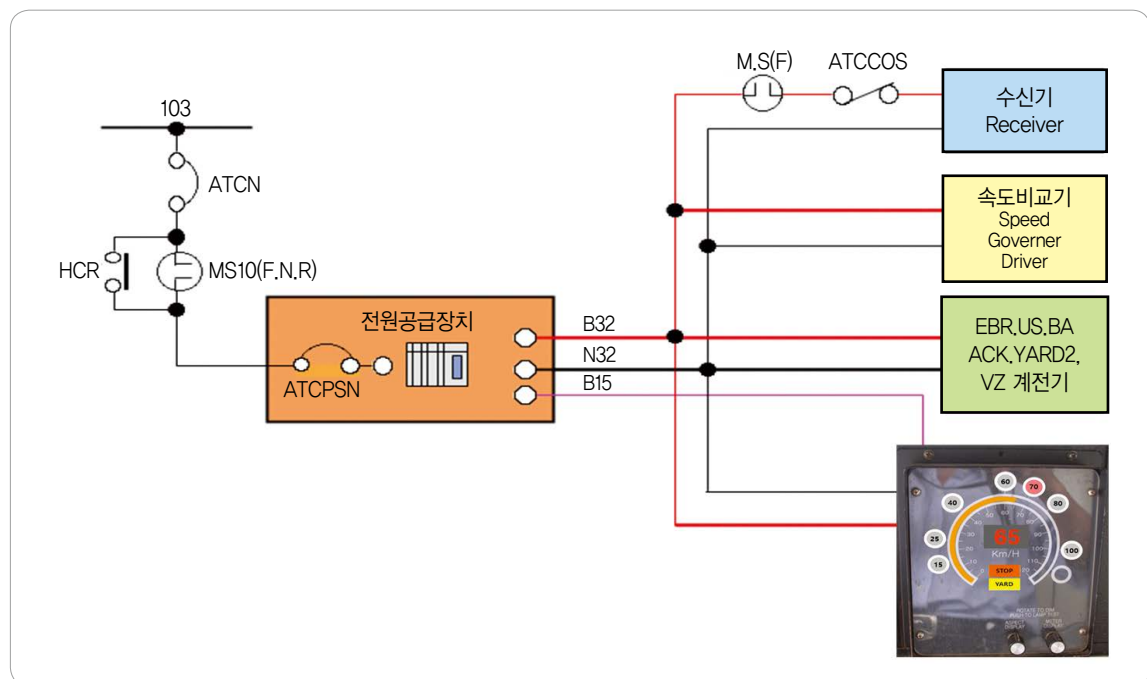
[그림 7-40] ATC 운전 조건

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

7.3.3 ATC 장치의 기능

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

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



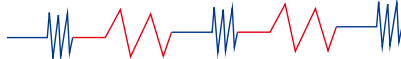
[그림 7-41] 전원 공급 회로

7.3.3.2 지시속도(V_p) 수신 기능

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

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

• 지시속도 출력 신호

- 궤도회로(열차 검지) 주파수 
- 지시속도 수신 주파수 (990Hz) 
- 합성 주파수 

7.3.3.3 실제속도(Vt) 검지 기능

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

7.3.3.4 초과 속도 검지 기능

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

7.3.3.5 열차 정지속도 검지

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

7.3.3.6 제동력 보장 기능

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

7.3.3.7 구내 운전 기능

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

7.3.3.8 차내신호기(ADU) 표시 기능

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

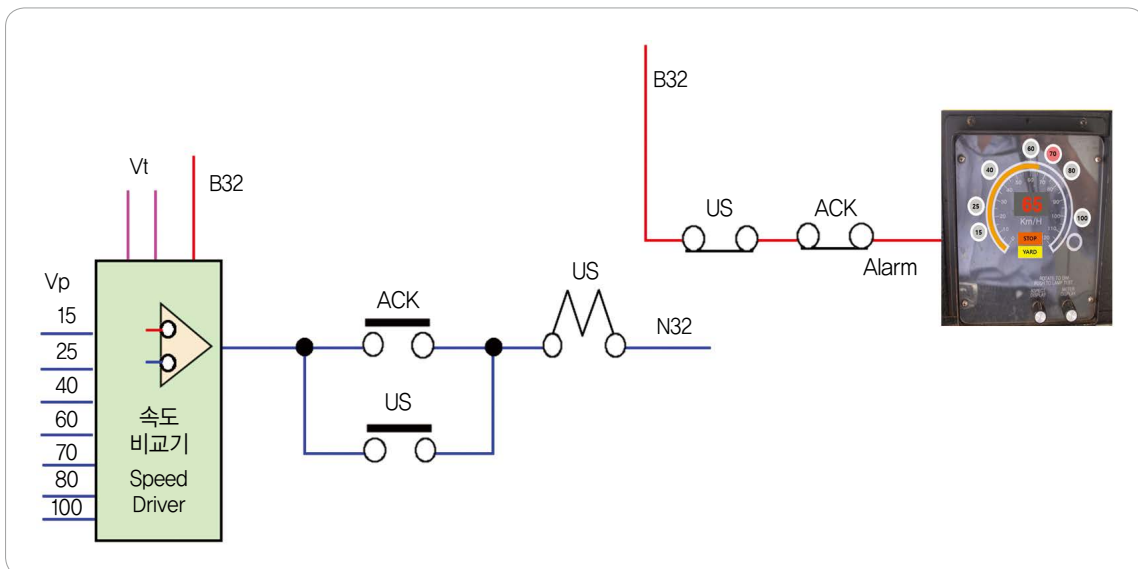
- (1) 지시속도 표시 : 신호의 지시속도로 ADU 내 원형등으로 표시한다.
- (2) 실제속도 표시 : 속도발전기의 출력 신호를 열차 속도로 나타낸다.
- (3) YARD등 : 구내 운전 구간임을 표시한다.
- (4) STOP등 : 본선운행 중 정지신호를 수신하였을 때 정차해야 한다는 조건으로 점등되며 열차가 정차하면 소등된다.
- (5) Alarm 경보 : 지시속도 초과 시 즉시 경보음이 울리며 확인제동을 취급하면 멈춘다.
- (6) 8초 Alarm 경보 : 정지신호인 15km/h가 ADU에 현시되면 동작한다.

7.3.4 ATC 주요 계전기과 운전 조건

7.3.4.1 ATC 주요 계전기(Vital Relay)

(1) US(Under Speed : 저속도 계전기)

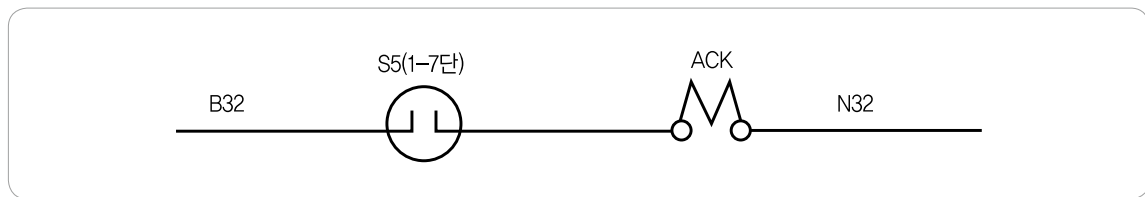
US 계전기는 전기동차 기동 시 여자 되어 운행 중 항상 여자 상태를 유지한다. 즉 신호의 지시 속도(V_p)와 열차의 실제속도(V_t)가 속도비교기에 입력되면, 속도 비교기(Speed Governor Relay Driver)에서는 지시속도가 높으면($V_p > V_t$) 출력이 발생하여 US가 여자 되고, 실제속도가 지시속도를 초과($V_p < V_t$)하는 경우에는 출력이 발생하지 않기 때문에 무여자 되어 ATC 상용제동이 걸리고 동력운전을 차단하는 중요한 계전기이다. US 최초 여자 조건은 제동핸들 1~7단까지의 위치에서 여자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



[그림 7-42] US 여자회로

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

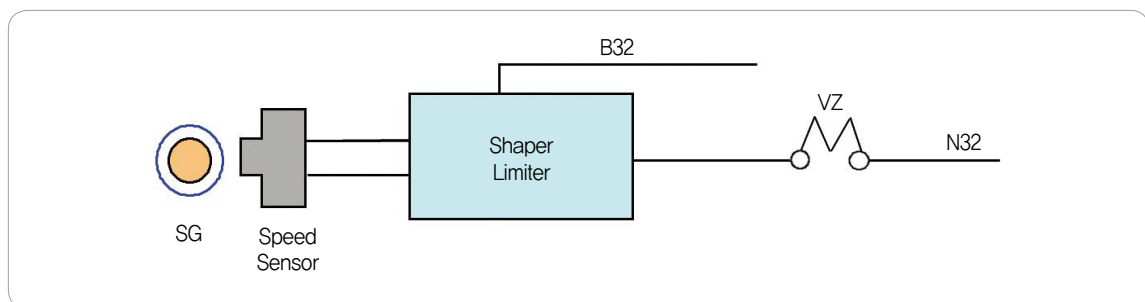
제동확인 계전기는 S5 접점인 제동핸들 1~7단 위치에서 무조건 여자 된다. ATC 동력운전 조건을 구성하는 US를 최초로 여자 하고 속도 초과 시 확인제동에 의한 Alarm 경보를 멈추게 한다. 또한 본선에서 “0” 속도의 정지신호에서 확인 운전 조건인 SS 계전기 여자회로도 구성한다.



[그림 7-43] ACK 여자회로

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

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



[그림 7-44] VZ 여자회로

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

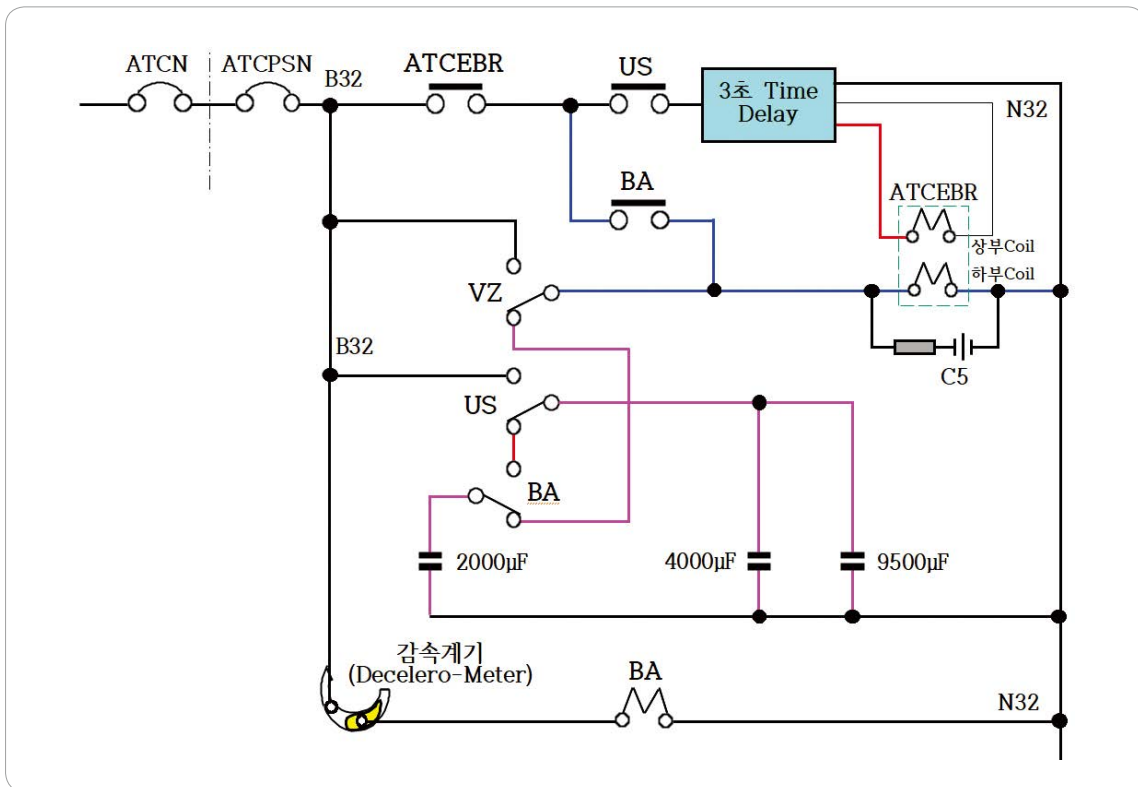
ATC의 운전 조건으로 ATC 비상제동을 결정하는 계전기이며, 전기동차 기동 시 VZ(a)으로 여자 되어 운행 시에는 항상 여자 되어 있어야 정상운전이 가능하다. ATC 장치에 전원 공급이 차단되거나 신호의 지시속도를 초과했을 경우 3초 이내에 제동 감속도가 2.4km/h/s 이상 확보되지 않으면 ATCEBR이 무여자 하여 비상제동 회로(안전 LOOP 회로)를 차단하므로 전 차량의 비상제동 전자밸브(EBV)가 무여자 하게 되어 비상제동이 걸린다. ATCEBR 계전기는 2개의 Coil로 상부와 하부로 구성되어 있고, 운행 시에는 상부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

1) 전기동차 기동 시 열차정지 상태에서 여자 과정

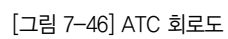
- B32선 → VZ 여자 조건(열차정지) → ATCEBR 하부 코일이 여자 되면,

2) 운행 중 ATCEBR 여자 과정

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



[그림 7-45] ATCEBR 여자회로

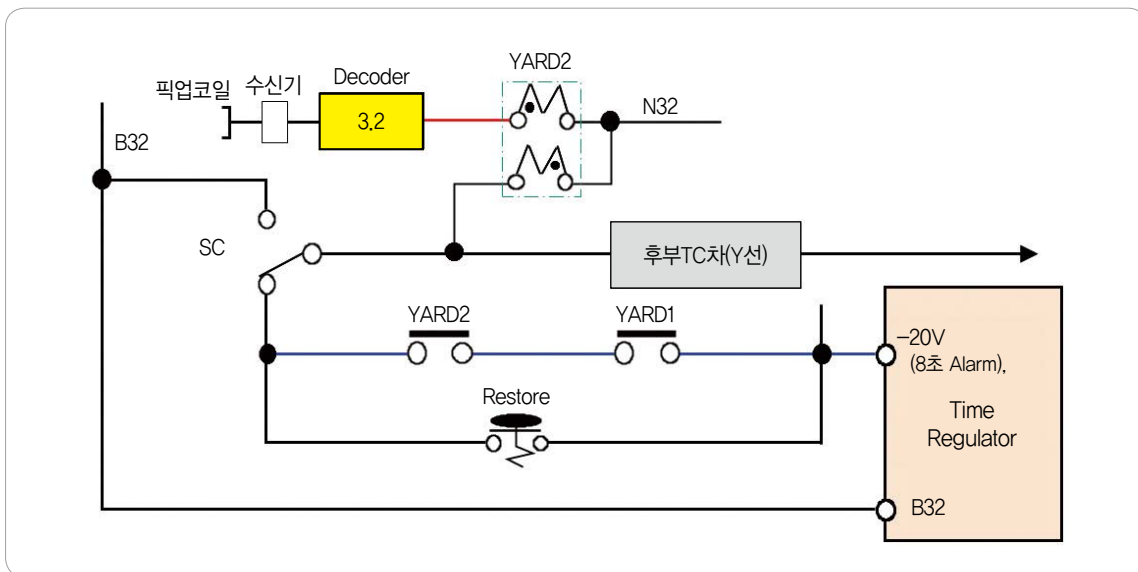


(5) BA(Brake Assurance Relay : 제동력 보증 계전기)

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

(6) YARD2(구내 운전) 계전기

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



[그림 7-47] YARD2 계전기 여자회로

1) 본선과 구내의 경계 지점에서 3.2Hz를 수신하면,

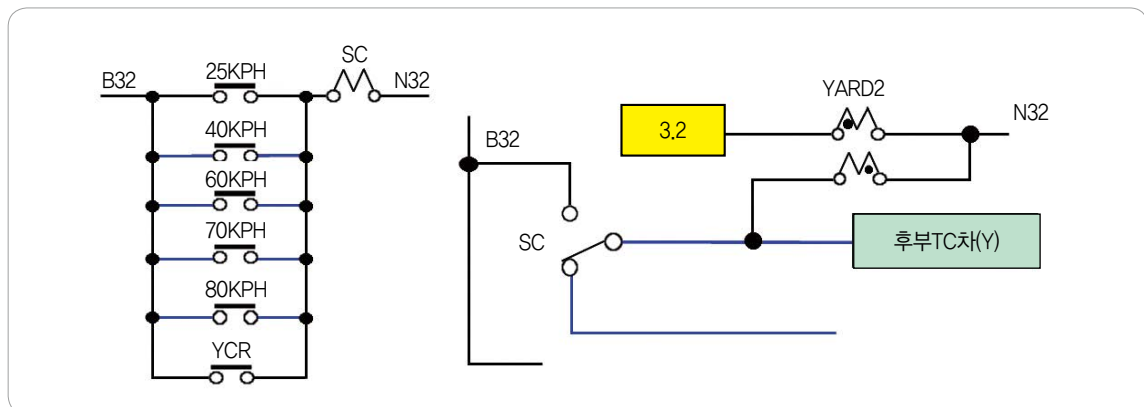
- B32선 → 3.2 Decoder → YARD2 상부 코일이 여자 되고 YARD2에 의하여 YARD1 계전기 도 여자 된다.
- N32선 → SC(b) → YARD2(a) → YARD1(a) → -20V(TimeRegulator) 회로가 구성되어 후 부 차 YARD2도 여자 된다.

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

7.3.4.2 운전지시 계전기

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

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



[그림 7-48] SC 계전기 여자회로

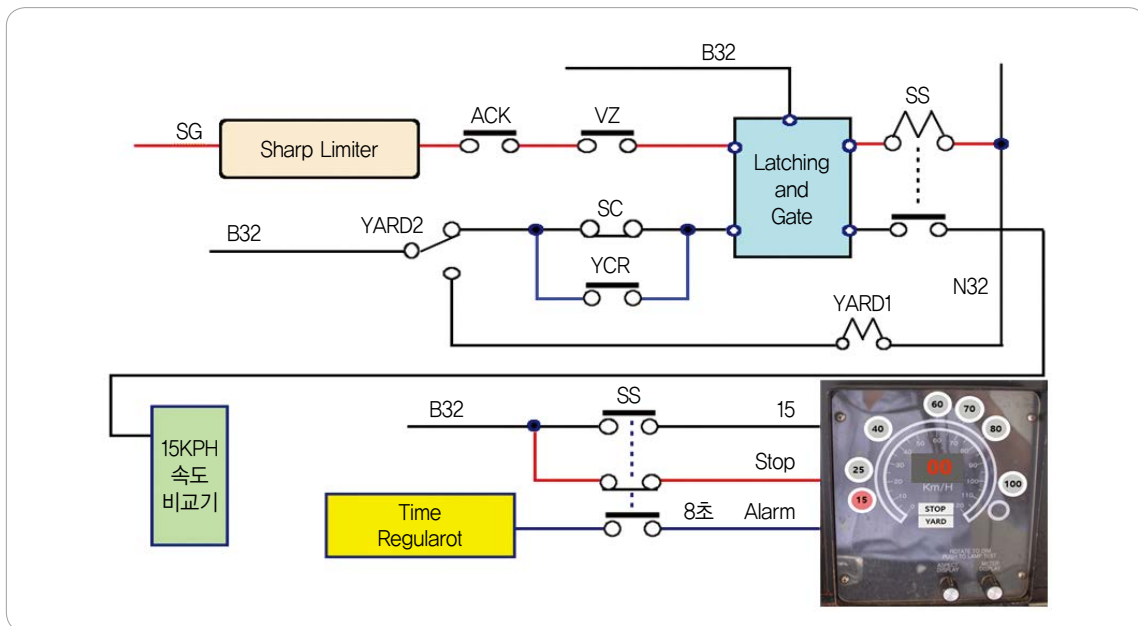
(2) SS(Stop and Proceed) : 정지 후 진행 계전기

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

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

① ACK 여자(확인 제동)와 VZ 여자(열차 정지) 조건

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



[그림 7-49] SS 계전기 여자회로

(3) YCR(YARD Cancel Relay) 계전기

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

7.3.4.3 ATC 장치와 운전 조건

(1) 동력운전 회로

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

(2) 회생제동 회로

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

(3) ATC 상용제동 회로

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

(4) 비상제동 회로

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

7.3.5 ATC 운전 취급

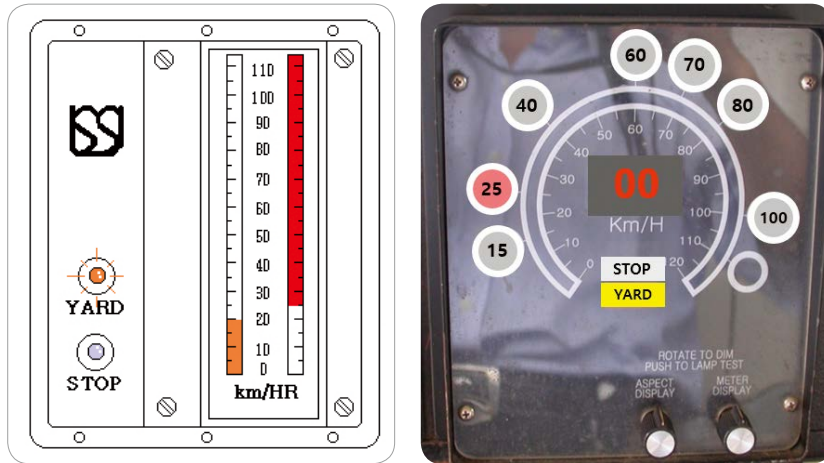
차내신호 폐색 방식의 ATC 운전 취급은 구내운전(YARD), 본선운전, 속도 초과 시 운전, 정지 후 진행 운전, ATC 차단운전 등으로 구분한다.

7.3.5.1 구내운전(YARD Mode Operation)

(1) 차량기지 및 운전취급 역 구내운전 취급

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

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



[그림 7-50] 구내 운전 ADU(막대형)

(2) 구내 운전(YARD2) 설정

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

7.3.5.2 본선운전(Manual Mode)

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



[그림 7-51] 본선 운전 ADU(우측 : 신조 차량)

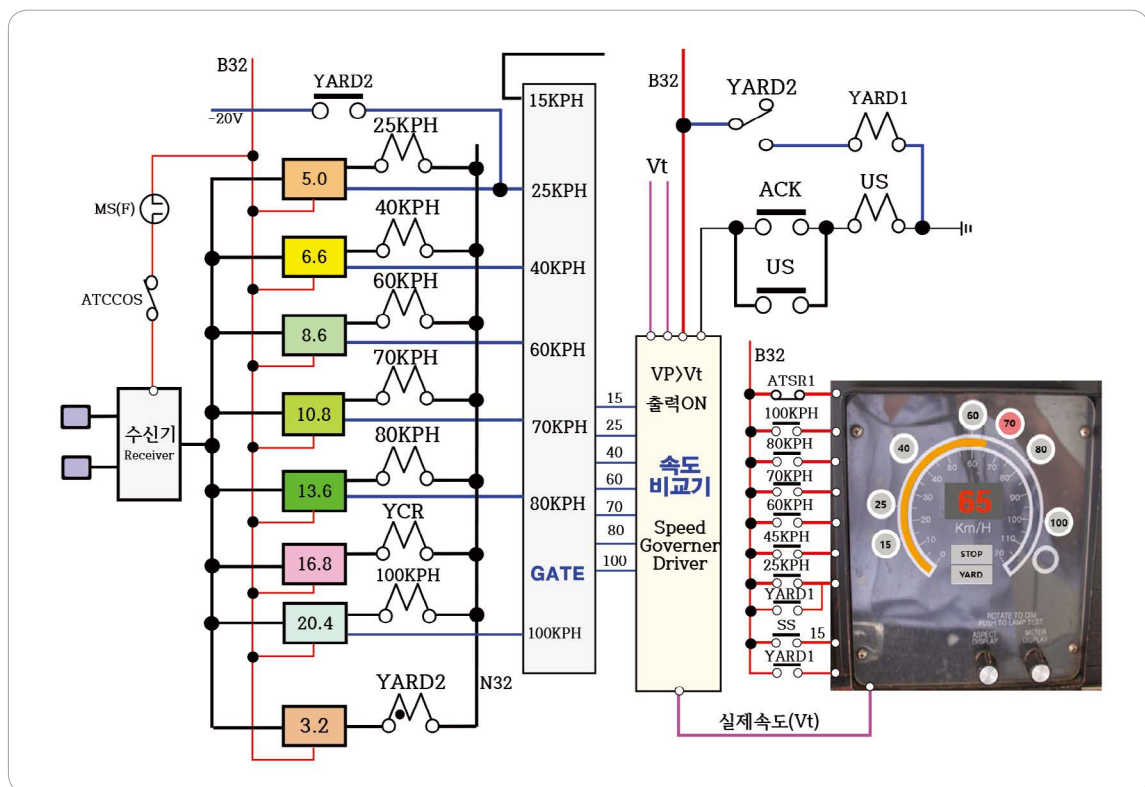
(1) 본선 운전취급

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

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

(2) 본선운전의 설정

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



[그림 7-52] 본선 속도계전기 여자회로

1) 25,40,60,70,80,(100)KPH Relay 여자

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

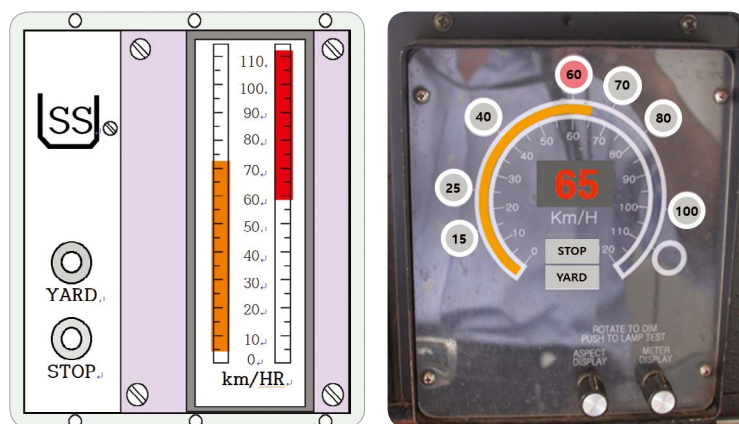
- ① 25KPH Relay는 5.0Hz 수신 시 여자
- ② 40KPH Relay는 6.6Hz 수신 시 여자
- ③ 60KPH Relay는 8.6Hz 수신 시 여자
- ④ 70KPH Relay는 10.8Hz 수신 시 여자
- ⑤ 80KPH Relay는 13.6Hz 수신 시 여자
- ⑥ (100KPH Relay는 20.4Hz 수신 시 여자)

2) 차내신호기(ADU) 70km/h 현시의 경우는,

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

7.3.5.3 지시속도 초과운전(Over Speed Condition)

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



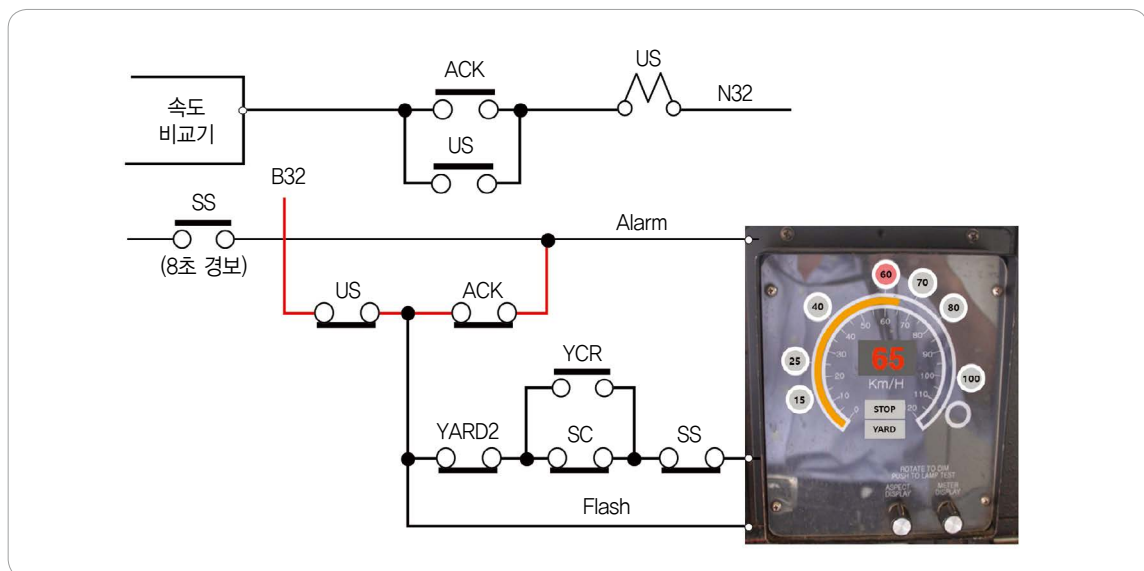
[그림 7-53] 지시속도 초과운전

(1) 지시속도 초과 시 운전 취급

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

(2) 지시속도 초과 시 운전 취급

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



[그림 7-54] 지시속도 초과 시 경보음 회로

7.3.5.4 정지 후 진행 운전(Stop and Proceed Mode)

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

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

(1) 본선 운행 중 정지신호일 때

1) ADU에 지시속도가 현시되지 않는다.

(막대형 ADU는 지시속도 막대그래프가 점멸(Flash)한다.)

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

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



[그림 7-55] 정지 후 진행 운전 ADU

(2) ATC 상용제동으로 정차한 후

1) ADU의 Stop등이 소등된다(막대형 Flash도 멈춤).

2) ADU에 지시속도가 15km/h로 현시된다.

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

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

(3) 관제사 지시로 확인 운전하는 경우

1) 15km/h 이하로 주의 운전한다.

2) ADU에서 8초 경보음은 계속된다.

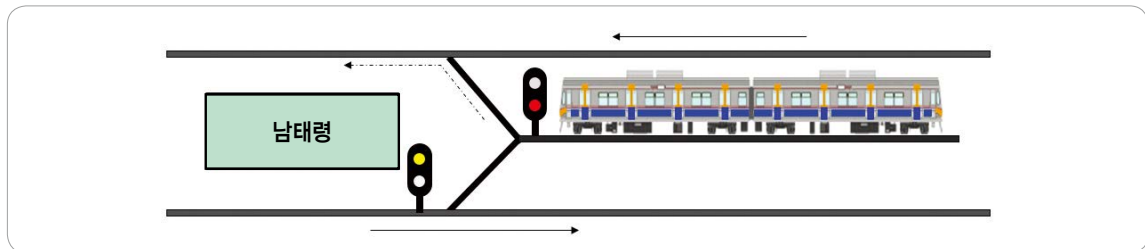
3) 15km/h 이상시는 지시속도 초과현상이 발생하므로 확인제동을 취급한다.

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

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

7.3.5.5 운전취급역(정거장) Y선, 인상선의 운전 취급

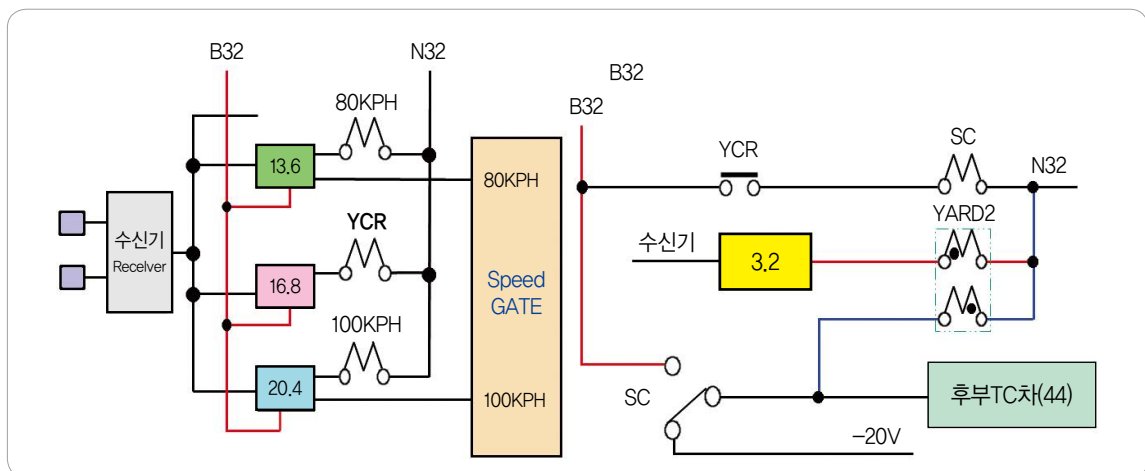
본선 운행 중에 종착역의 Y선이나 인상선에서 운전실을 교환하거나 정거장의 유치선에서 전동차를 기동하는 경우, ATC는 진로가 본선으로 개통이 되어 있으면 본선 지시속도 신호가 ADU에 현시된다. 그러나 본선으로 진로가 개통되어 있지 않으면, 입환신호기는 정지신호를 현시하면서 궤도회로 조건에 YCR이 주어져 ADU에 15km/h가 현시된다.



[그림 7-56] 정거장 Y선 운전 취급

(1) 정거장 Y선(인상선 등) 정지신호 조건

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



[그림 7-57] YCR 여자 조건

가 나타나지만, 입환신호기 정지신호인 경우의 현상은 다음과 같다.

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

(2) YCR 계전기의 작용 및 목적

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

7.3.6 ATC 보호장치와 차단운전

7.3.6.1 ATC 보호장치

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

(1) ATCN 보호장치

1) ATCN(ATC N.F.B)

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

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

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



[그림 7-58] ATCN과 ATCPSN

3) ATC 상용제동 중 비상제동 동작

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

7.3.6.2 ATC 차단운전(ATCCOS 취급운전)

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



[그림 7-59] ATCCOS 차단

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

(1) 제동핸들 투입 시 ATS 정상 여부를 확인할 수 있는 방법
- 제동핸들 투입 시 “다름” 하는 경보음이 멈추면 ATS가 정상 구동함.

- 진행(G) → () → Free
- 감속(YG) → 98KHz → Free(규정 속도 65km/h)
- 주의(Y) → () → 45km/h
- 경계(YY) → 114KHz → 25km/h
- 정지(R1) → 122KHz → 0km/h
- 정지(RO) → 130KHz → 0km/h
- 절연 구간 검지 → () → 규정 속도 60km/h 이하(교직 구간)

- ATS Alarm이 동작한다.
- 즉시 제동행들을 () 이상 상용제동 위치로 취급한다.
- 열차속도가 지시속도 이하 시 Alarm이 멈추면 제동행들을 완해한다.

- ATS 차상 장치 고장 및 () 차단, 정지신호 구간 위반 진입 시
- 제동했을 비상 위치 후 7단으로 하고 원인 확인 조치한다.

- 폐색신호 정지(R1) 구간 진입 및 위반 진입 시
- 제동했을 4단 이상에서 () 스위치를 설정 시까지 누른다.

- 절대정지신호 구간(장내,출발,입환,폐색 RO신호기) 진입 시, 위반 진입 시
- 제동행들 4단 이상에서 ASOS를 설정 시까지 누른다.

핵심정리



(7) ATN1 또는 ATSN2 차단 시 현상

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

(8) ATSCOS 차단 취급 시기와 현상

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

2. ATC 장치

(1) ATC 방식과 ATS 방식의 차이점

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

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

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

(3) 코드 주파수에 따른 지시속도

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

(4) ATC에 의한 비상제동이 체결되는 경우

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

☑ 핵심정리



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

🔍 참고 문헌

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

집필위원

김경진(경일대학교), 김충기(한국교통대학교), 이강열(한국교통대학교)

검토위원

이찬봉(우송대학교), 정상진(한국철도공사), 정원구(한국철도공사)

기획 및 관리

국토교통부

강희업(철도안전정책관), 임종일(철도안전정책과장), 류윤하(철도안전정책과),
심정찬(철도안전정책과), 박재흥(철도안전정책과)

한국교통안전공단

엄득중(철도안전실실장), 이지웅(철도안전처처장), 김재학(철도안전처팀장),
김재성(철도안전처)

편집 및 디자인

도서출판 성진문화

주소 | 서울특별시 영등포구 당산로41길 11 당산 SK V1 Center W동 430호

TEL | 02-2272-4641 FAX | 02-2272-4643

출판등록 | 2007년 9월 20일 제 2015-000120호

ISBN 978-89-85682-56-5 15530

제2종 철도차량운전면허 표준교재 **전기동차 구조 및 기능**

발행일 | 2020년 12월 7일

발행처 | 국토교통부 철도안전정책과



제2종 철도차량운전면허 표준교재

전기동차 구조 및 기능



국토교통부



비매품/무료

15530

9 788985 682565

ISBN 978-89-85682-56-5 (PDF)