

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 화물을싣고 궤도 위를 주행하여 목적지까지 안전하게 도달하는 것이다. 철도차량의 주행에는 주행속도를 줄이며 조절하고 정지시킬 수 있는 장치가 필요하며 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 공기 압력을 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 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
EBSR	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(휠주방지장치)	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, 접착력이 일반적으로 교통에 비해 약하다. 가속력이나 제동력이 접착력의 한계를 초과하면 가속 시에는 차륜이 헛되는 공전(slip)이 발생되고, 제동 시에는 차륜이 레일 위를 미끄러지는 활주(skid)가 생긴다. 철도차량은 이처럼 접착력의 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 제동 성능을 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.

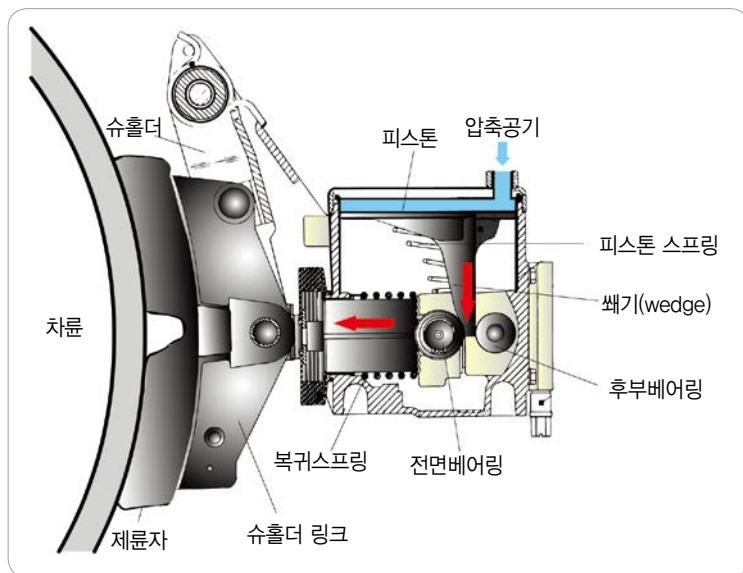
접촉식 제동 장치에서 제동력을 발휘하는 방법에는 답면²⁾제동과 디스크제동 등이 있다.

- **답면제동**

답면제동은 차륜의 답면에 제륜자를 직접 밀착시켜 차륜과 제륜자 사이의 마찰력을 이용하여 제동력이 작용하도록 한다. 답면제동은 구조가 간단하고 설치가 쉬워 전기동차에는 견

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 쐐기는 수직으로 밀린다. 수직으로 밀린 피스톤 하부의 쐐기는 전면 베어링과 함께 제륜자를 수평으로 믈다. 제륜자에 작용하는 압력은 피스톤이 하부로 밀리는 정도에 따라 쐐기의 각도가 달라지므로 쐐기의 각도에 비례하여 제륜자에 작용하는 제동압력이 증폭되어 나타난다.

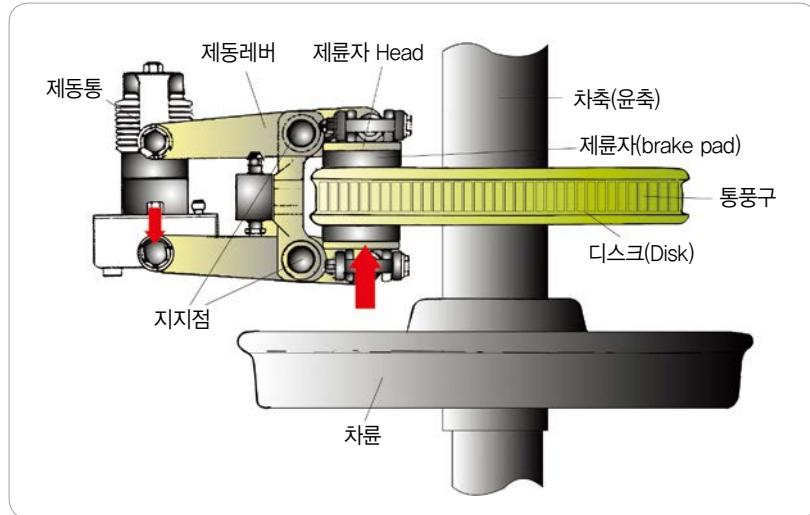


[그림 6-1] 답면 제동 장치

• 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 믈다. 이때 제륜자에 가해지는 압력은 지레의 원리에 의해 제동통과 지지점의 거리와 지지점에서 제륜자까지 거리의 비율만큼 증폭되어 나타난다.



[그림 6-2] 디스크 제동 장치

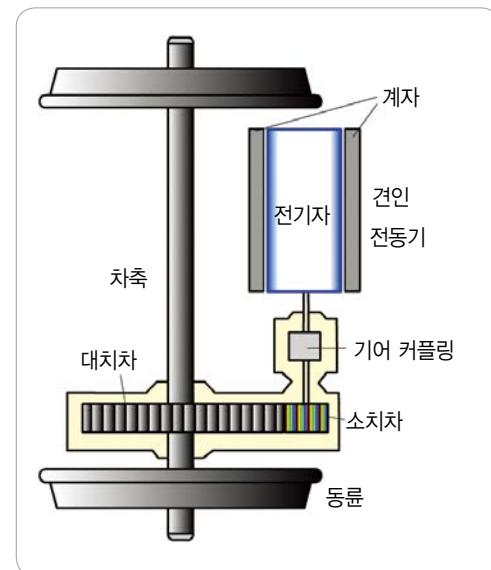
2) 비접촉식(전기식) 제동 장치

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.



[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

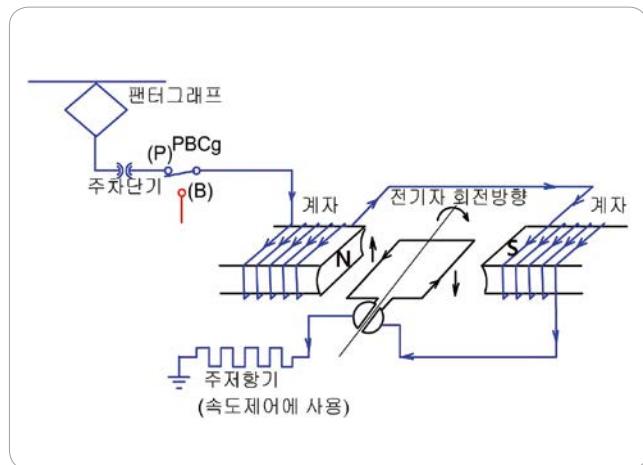
다. 그러나 무동력 운전 시에는 관성에 의해 회전하는 차축의 회전력이 반대로 대치차 → 소치차 → 기어 커플링 → 전기자의 순서로 회전력을 전달하여 전기자를 회전시킨다. 이때 전기자가 회전하면서 전동기계자 내의 자기력선을 끊을 때 발생하는 역(逆)회전력을 제동력으로 이용하는 시스템이 전기제동 시스템이다.

[그림 6-4]와 [그림 6-5]는 직류 직권 전동기에서 전류의 흐름을 나타내었다.

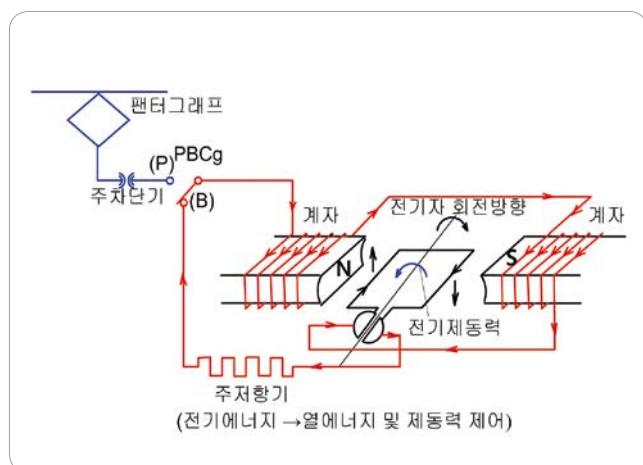
동력 운전 시에는 [그림 6-4]와 같이 팬터그래프 → 주차단기 → PBCg(P) → 계자 → 전기자 회전 → 주저항기의 순서로 전류가 흐르고, 이때 주 저항기는 저항값을 변화시켜 견인전동기의 회전 속도를 제어한다. 한편 견인전동기가 무동력 운전 중이라도 계자 철심에는 잔류자기(residual magnetism)가 남아 있어 처음에는 미세한 자속⁶⁾이 존재한다.

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.

그러나 [그림 6-5]와 같이 PBCg를 (B)위치로 하여 팬터그래프와 견인전동기 회로를 분리하여 발전된 전류를 계자 코일에 흐르도록 회로를 구성하면, 계자의 자속이 증대되며 발전전압과 전



[그림 6-4] 동력 운전 시 전류 흐름



[그림 6-5] 전기제동 시 전류 흐름

6) 자기장 속의 어떤 표면을 통과하는 자기력선의 물리적인 양

류도 높아져 견인전동기는 발전기로 작용한다. 이때 전기자가 계자에서 발생하는 자기력선을 끊을 때 생기는 힘이 차륜의 회전력에 대하여 역(逆)회전력인 제동력(파란색 화살표)으로 작용하고, 전기 제동 시 발생한 전기 에너지는 주 저항기에서 열에너지로 바뀌어 대기로 방출된다.

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 절약할 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 발휘하는 시스템이다. 레일방식의 와전류제동은 차륜과 레일 사이의 점착력을 이용하지 않기 때문에

높은 감속력을 발휘할 수 있다.

(2) 제동제어방식에 의한 분류

1) 공기제어식

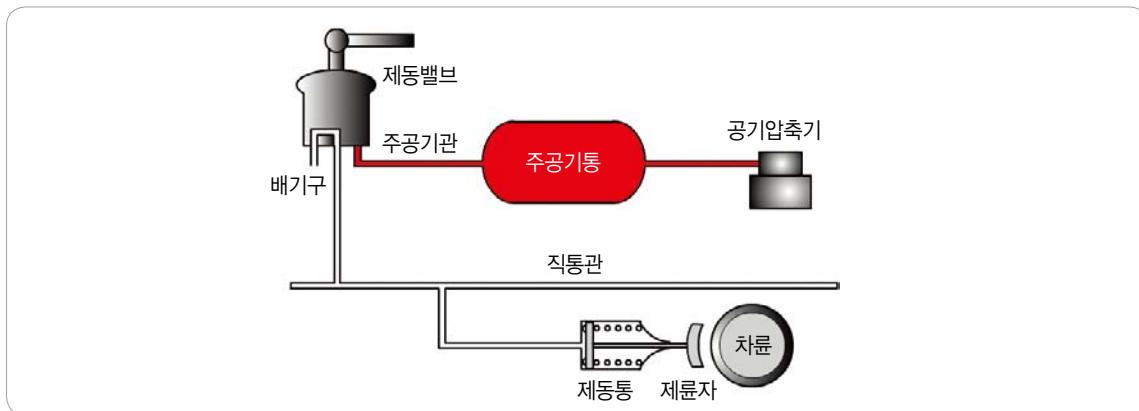
공기제어식은 제동밸브 등의 조작 기구로 공기압력을 변화시켜 제동력의 크기를 제어하는 방식으로 직통공기 제동 방식과 자동공기 제동 방식으로 나눈다.

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 배기구를 통하여 대기와 통해 있다. 따라서 차량에 체결되었던 제동은 완해가 된다. 이를 완해 작용이라 하고, 평상 운전 시 제동밸브를 놓는 위치이다.

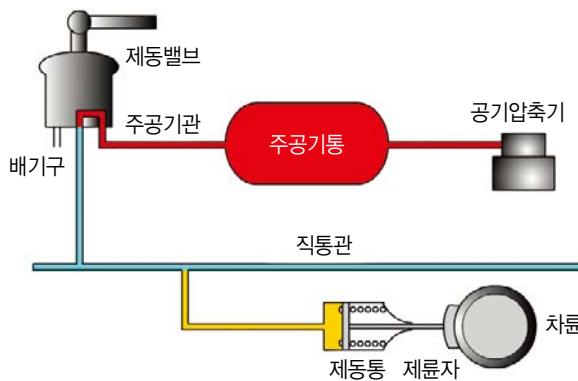


[그림 6-6] 직통공기 제동완해 작용

- 제동 작용

[그림 6-7]은 직통공기 제동의 제동 작용을 설명한 것이다. 제동밸브를 제동위치로 옮기면 주공기관의 압축공기가 제동밸브를 거쳐 직통관에 공급되고, 직통관의 압축공기는 제동통

으로 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.

- ① 구조가 간단하여 제작비가 저렴하다.
- ② 제동밸브의 조작으로 제동력의 조절이 쉽고 다양하다.

단점으로는

- ① 열차의 편성이 길면 차량 간에 제동력의 불균형이 생긴다.
- ② 열차가 분리 시 또는 직통관이 끊어지거나 파손되는 경우에는 제동 작용이 불가능하고, 제동밸브 외에는 제동을 조작할 수 없다.

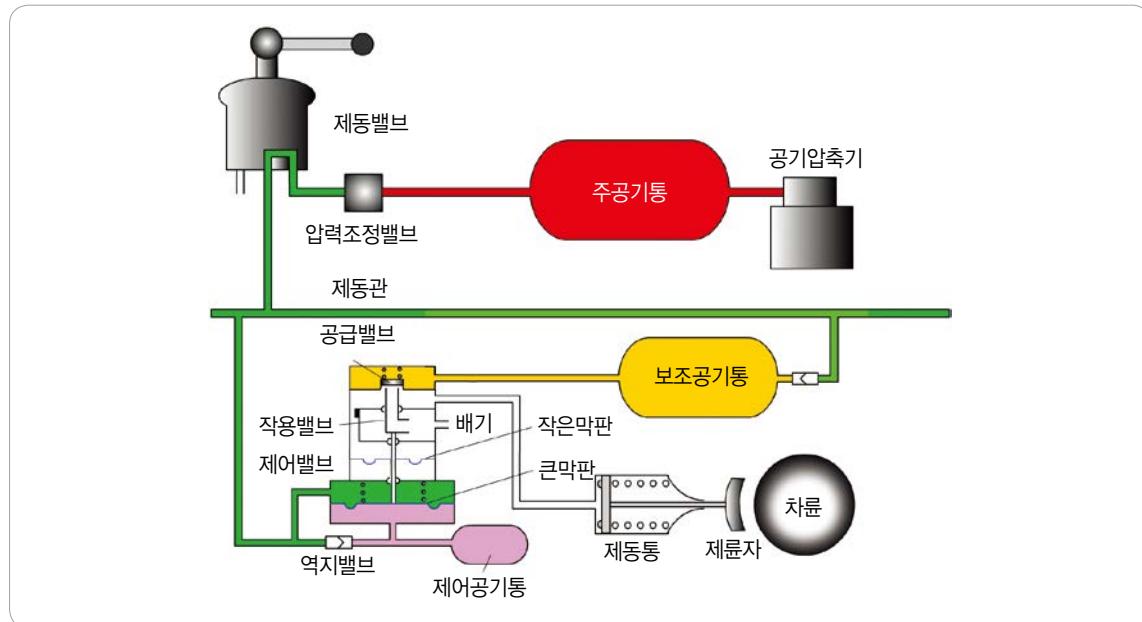
② 자동공기 제동 장치

자동공기 제동은 주공기통과 제동밸브, 제동관, 제어밸브(혹은 삼동변) 및 제동통을 연결하여 평상시 전체 차량에 연결된 제동관에 압축공기를 설정된 압력만큼 가득 차게 해 놓았다가 제동

관 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.

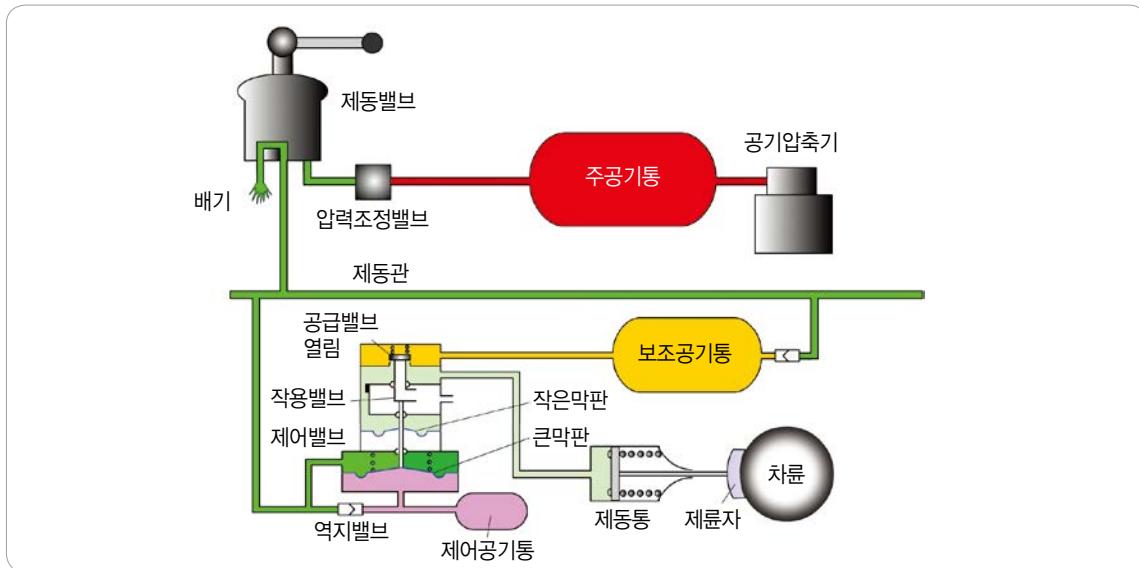
[그림 6-8]은 자동공기 제동의 원해 작용을 나타내었다. 제동밸브를 완해위치로 옮기면 주공기통의 압축공기는 압력조정밸브에서 소정의 압력(5~6kgf/cm²)으로 조정된 다음 제동밸브를 거쳐 제동관에 공급되고, 보조공기통에 충만하게 된다. 한편 제동통의 압축공기는 제어밸브를 거쳐 대기로 배기되어 제동은 완해가 된다.

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 원해 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 작동

2) 전자 공기식

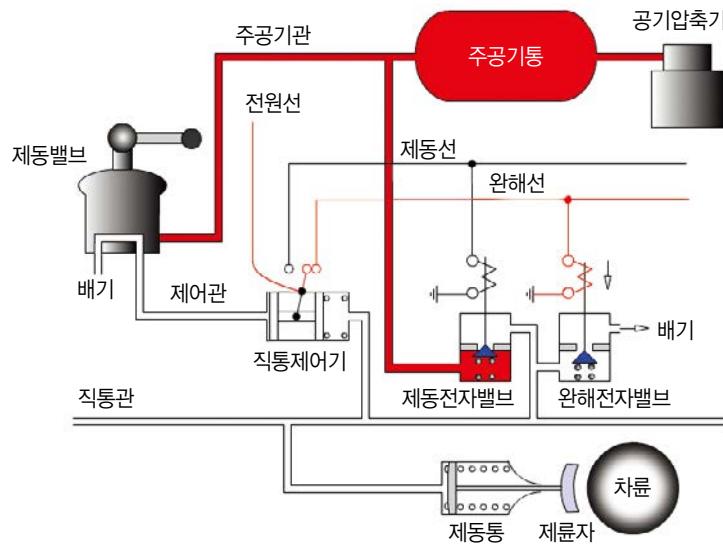
① 전자 직통공기 제동 장치

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.

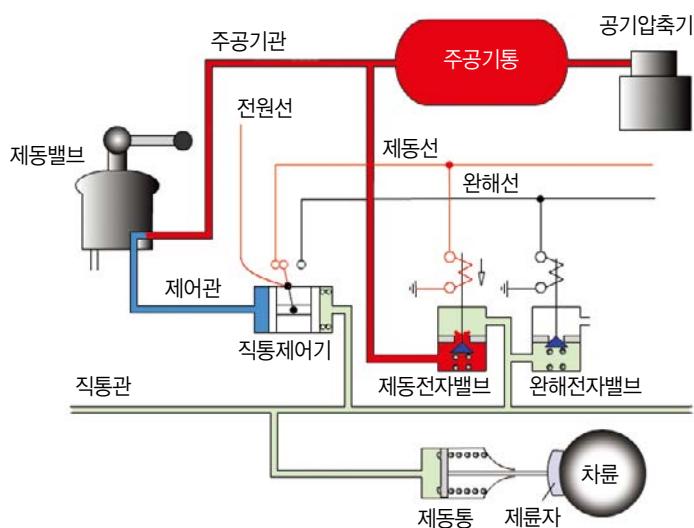
[그림 6-10]은 전자 직통공기 제동의 완해 작용을 나타낸 것으로, 직통제어기의 제어관 측 공기가 제동밸브의 배기구로 빠지면 직통제어기 내의 피스톤은 우측의 스프링 탄성에 의해 좌측으로 이동하고, 전기접점은 완해선 쪽으로 구성된다. 전원이 완해선으로 가압되면 완해 전자밸브가 여자⁷⁾ 되므로 직통관과 제동통에 있던 공기는 완해전자밸브를 통하여 대기로 배출되어 제동은 완해가 된다.

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 주 공기관과 제어관이 연결되어 직통제어기의 제어공기실에 공기압력이 형성된다. 따라서 직통제 어기의 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

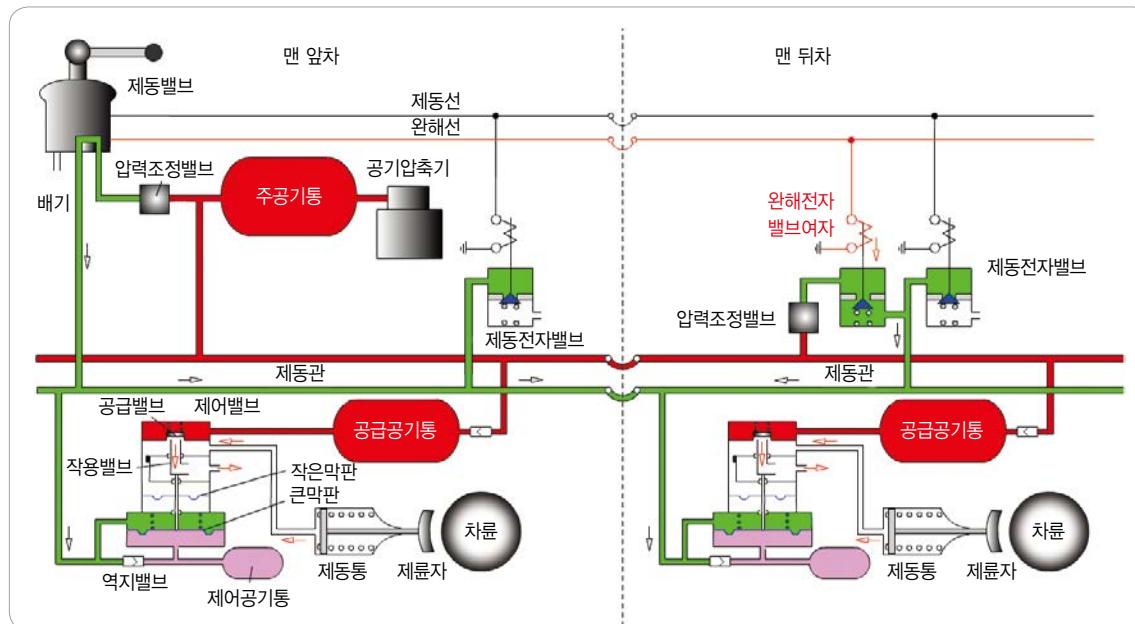
공기가 제동전자밸브를 거쳐 직통관과 제동통으로 유입되므로 제동이 체결된다.

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.

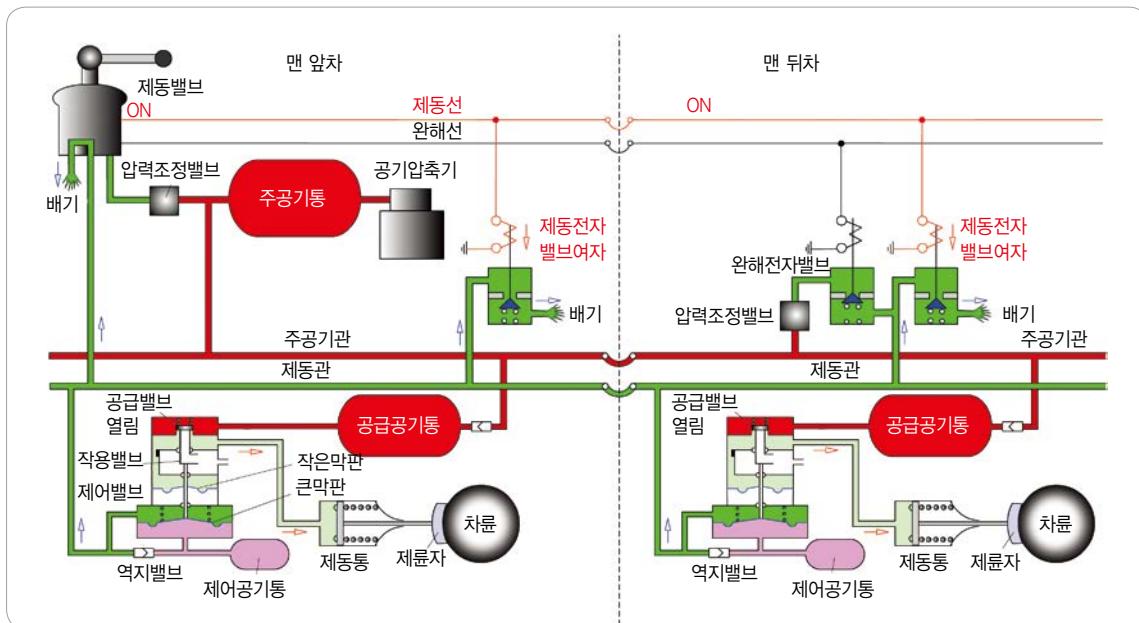
전자 자동공기 제동은 [그림 6-12] 및 [그림 6-13]과 같이 각 차량에 별도의 제동 전자밸브를 설치하여 제동밸브로 제동을 취급하면, 제동선을 ON 하여 각 차의 제동전자밸브를 여자시켜 차량별로 제동관의 압축공기를 배기하여 제동 작용을 빠르게 하도록 한 시스템이다.

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 주공기관의 압축공기가 제동관으로 직접 공급되므로 제동의 완해를 보다 신속하게 하도록 하였다.



[그림 6-12] 전자 자동공기 제동완해(총기) 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

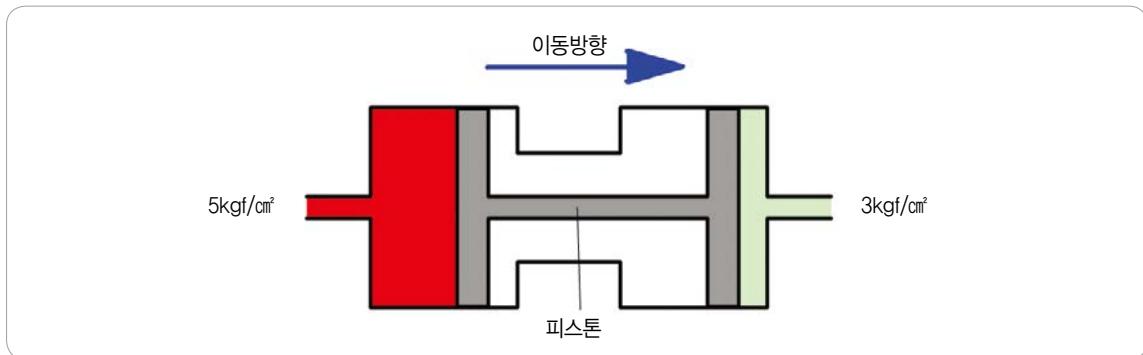
공기 제동 장치 작용의 기초가 되는 공기의 압력 차, 작용면의 면적 비와 공기통이나 기기실의 용적 비에 대한 개념을 살펴본다. 그리고 중계밸브를 예로 들어 공기제동 작용의 작동원리를 알아보기로 한다.

(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.



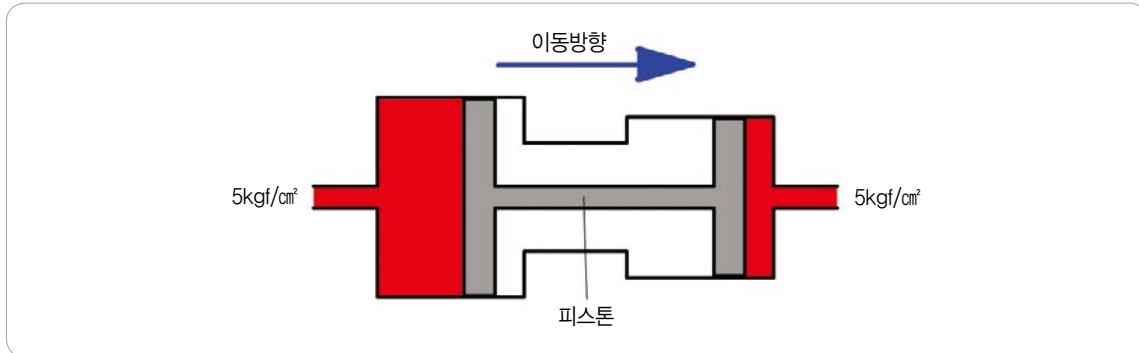
[그림 6-14] 압력 차이에 의한 작동 기기의 작동

2) 면적 비

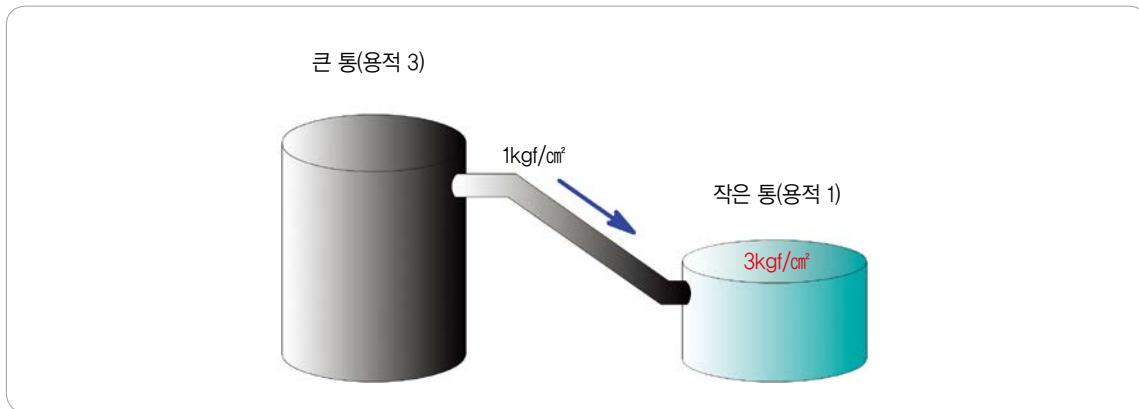
공기의 압력은 물체의 단위 면적당 작용하는 힘의 크기이기 때문에 면적이 넓을수록 작용하는 힘의 크기가 커진다. 따라서 공기가 작용하는 2개의 면을 가진 피스톤에 면적의 차이가 있으면 양 쪽 면에 같은 압력이 작용하여도 [그림 6-15]의 예와 같이 피스톤은 면적이 작은 쪽으로 이동하게 된다.

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



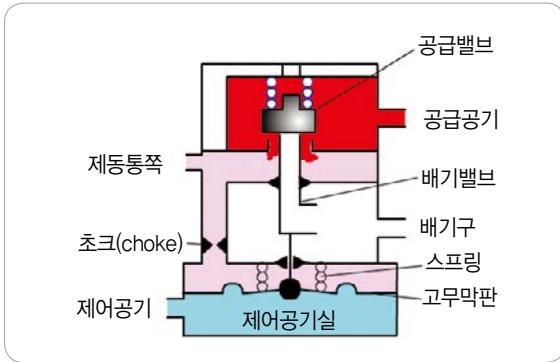
[그림 6-16] 용적 차이에 의한 압력 변화

[그림 6-16]에서 큰 통과 작은 통의 용적 비를 3:1로 하고 큰 통에서 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 압축공기를 작은 통에 보내면 작은 통에는 $3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 압축공기 압력이 형성되어 압축공기의 압력을 높여 준다. 반대로 작은 통에서 큰 통으로 $3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 압축공기를 보내면 큰 통에는 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 압축공기 압력이 형성된다.

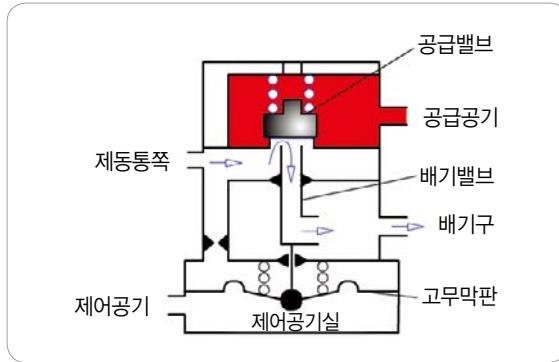
6.1.2.4 공기 제동의 작용

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

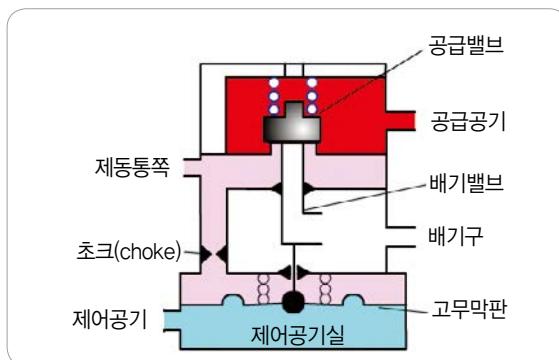
[그림 6-17]에서 제어공기실에 압축공기를 공급하면 제어공기실 압력이 고무막판 상부의 스프링 힘을 이기고 고무막판을 밀면서 배기밸브를 밀어 올린다. 이때 배기밸브에 의해 위쪽의 공급밸브가 들어 올려져 공기의 통로가 열리면서 위쪽에 머물러 있던 공급공기가 제동통 쪽으로 들어가 제동 작용을 한다. 한편 초크(choke)를 통해 고무막판 상부에도 압축공기 압력이 형성된다.

(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 딥면이나 차축의 디스크 등에 밀착시켜 제동력을 발휘하도록 하였다. 이 과정에서 제동통에서 나오는 제동원력을 증폭시키려고 [그림 6-1], [그림 6-2]와 같이 쪘기 또는 지렛대를 이용한 기초제동 장치를 설치하여 제륜자가 차륜의 딥면 또는 디스크에 작용하는 제동압력(제륜자압력)을 더 크게 하였다. 제동통에서 나오는 제동원력과 제륜자에 나타나는 제동압력과의 비를 제동배율이라고 한다. 제동배율의 크기는 기초제동 장치의 쪽기의 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 작용도록 하여 편성 전체적으로 볼 때 차륜의 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 제공하도록 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 상황에서서 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 차륜의 미끄러짐이 발생하면 즉각 제동통의 압축공기를 배기하여 제동력을 약화시킨다. 제동력이 약화되어 차륜이 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 이용해서 전기제동으로 표기하기로 한다.

10) 전자식에 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 현시하는 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.

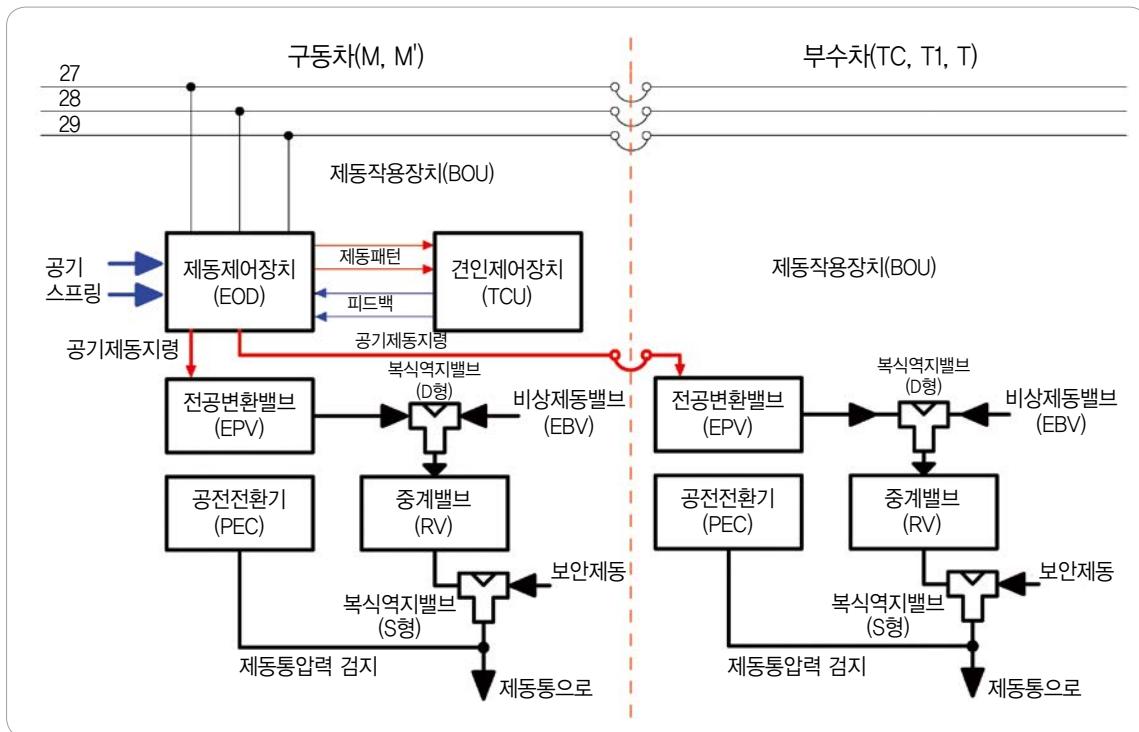
6.2.1 상용제동

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 마이크로 프로세서에 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.

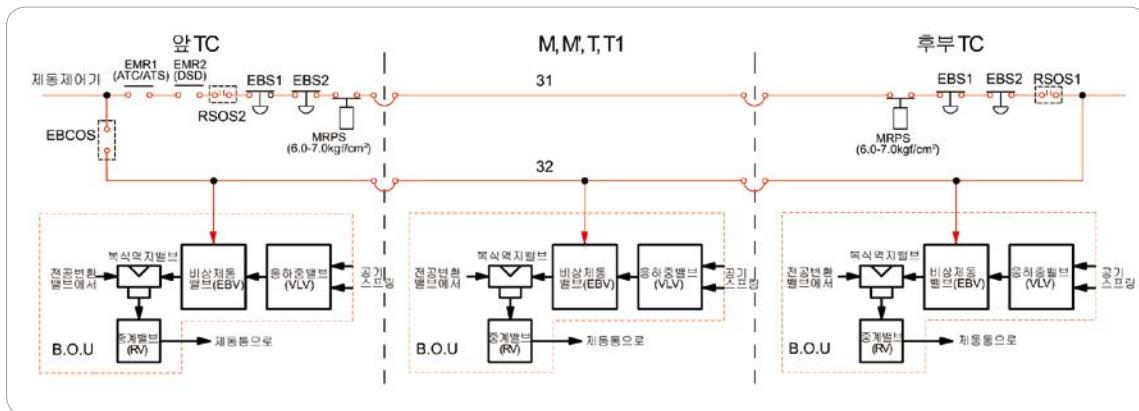
전기제동력이 충분히 확립되어 제동패턴의 크기만큼 되면 구동차의 전기제동력으로 구동차뿐만 아니라 부수차의 제동력까지도 부담하게 된다. 이를 일괄교차(Cross Blending)제어라 한다. 또한 제동력의 변화율을 제어(Jerk Control)하여 승차감을 적절히 제어한다.



[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)

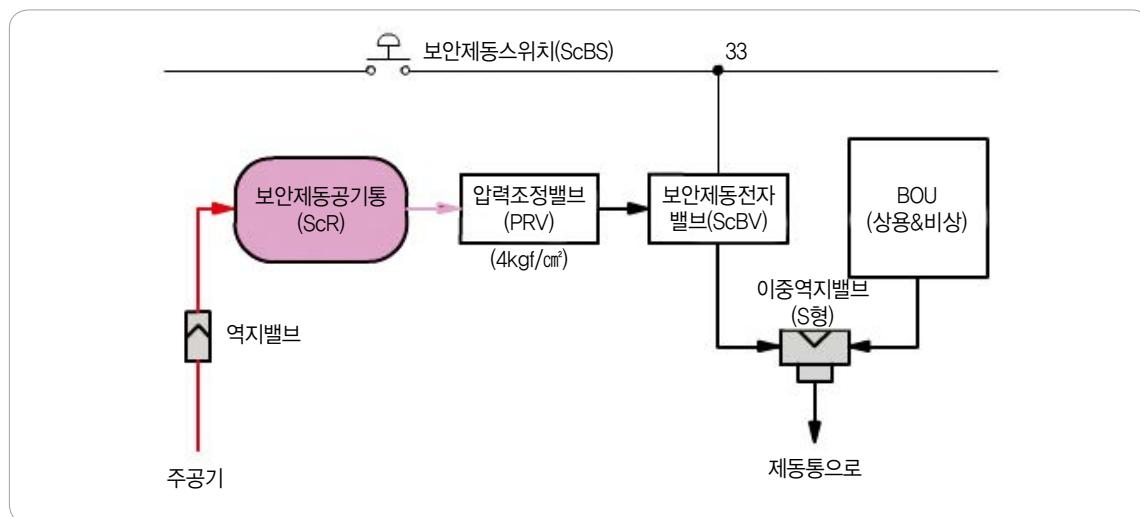


[그림 6-21] 비상제동시스템 개념도

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.

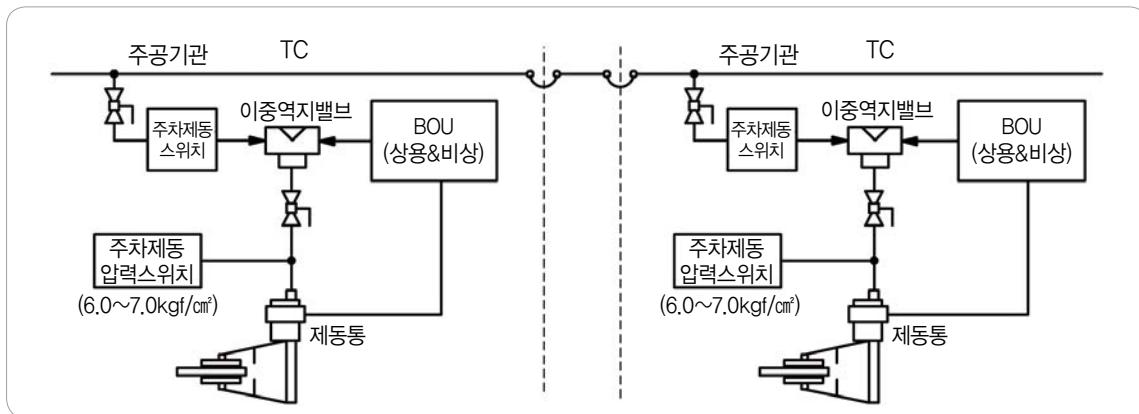


[그림 6-22] 보안제동시스템 개념도

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 ℥로 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 ℥이고, 압축공기의 압력은 주공기통의 압력과 같다.

(3) 보안제동공기통(SBR : Security Brake Reservoir)

보안제동에 사용하는 압축공기를 저장하는 공기통이다. 모든 차에 설치되어 있고, 용적은 50 ℥ 이며, 압축공기의 압력은 주공기통 압력과 같다.

(4) 제어공기통(CR: Control Reservoir)

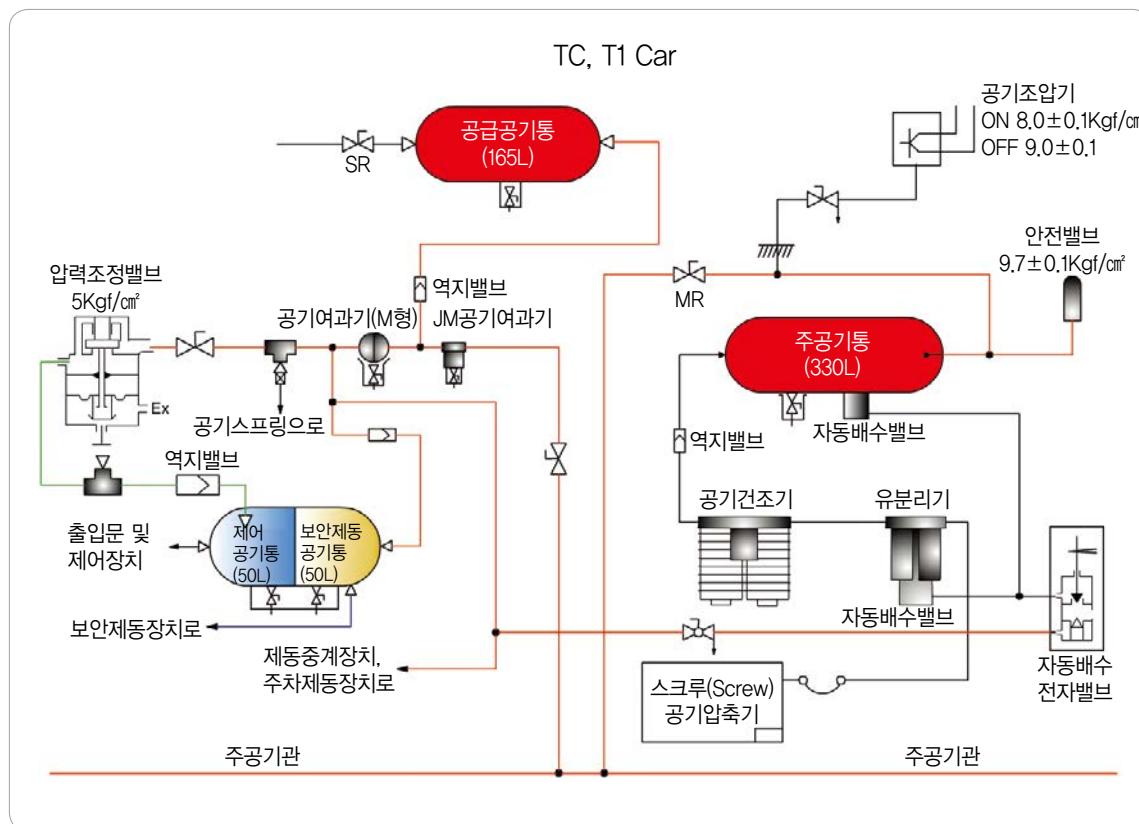
출입문이나 압축공기의 압력에 의해 작동하는 각종 기기를 작동시키는 압축공기를 저장한다. 모든 차에 설치되어 있고, 용적은 50 ℥ 이다.

기기제어에 사용하는 공기압력은 압력조정밸브에 의해 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 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

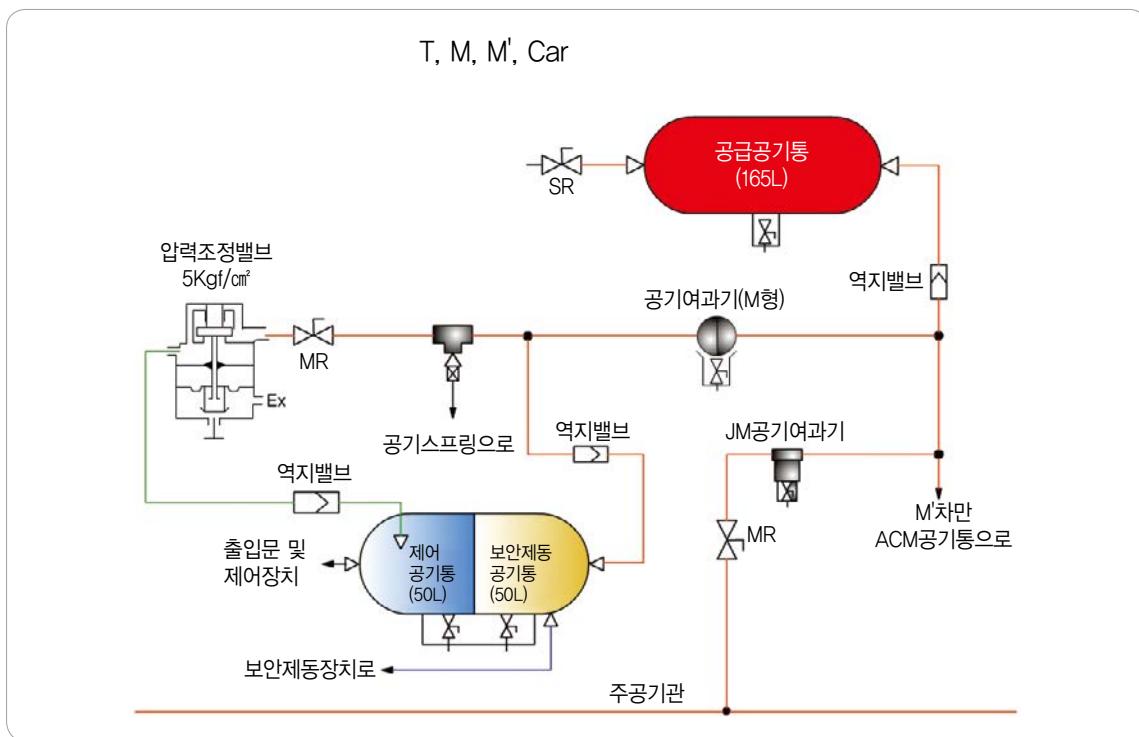
[그림 6-24]에서 스크루(Screw)공기압축기에서 기름과 공기를 혼합하여 압축한 압축공기는 유(油)분리기를 거치면서 기름을 분리하고 공기건조기에서 남은 불순물과 유분 등을 제거한 다음 주공기통에 저장된다.

주공기통의 압축공기는 각 차에 연결되어 서로 통해 있는 주공기관에 압축공기를 공급하는 한편, 자차의 공급공기통과 보안제동공기통에 압축공기를 공급하고 압력조정밸브를 거쳐 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 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 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 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.

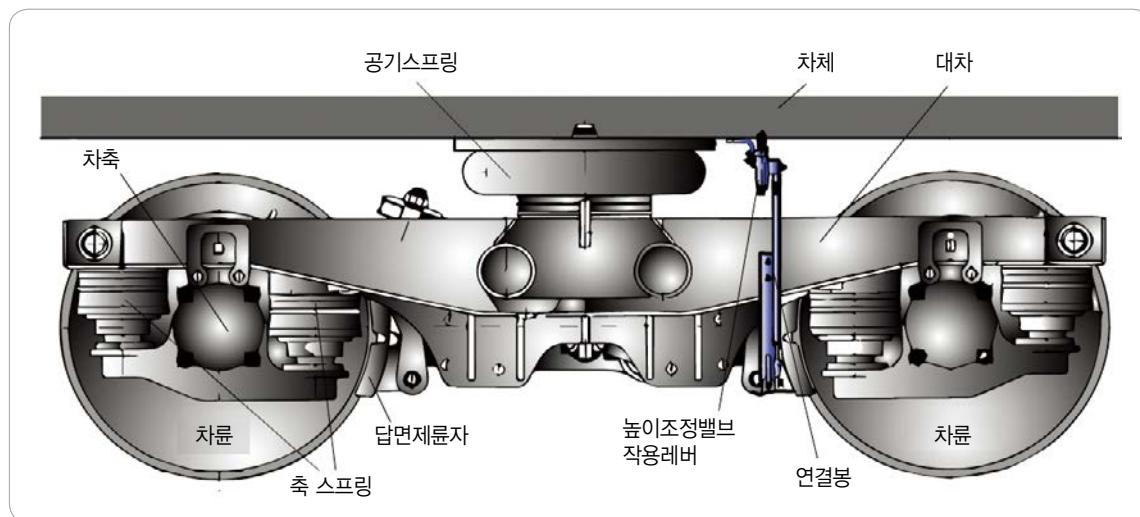
6.3.2.1 높이조정밸브의 역할

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 눌려서 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

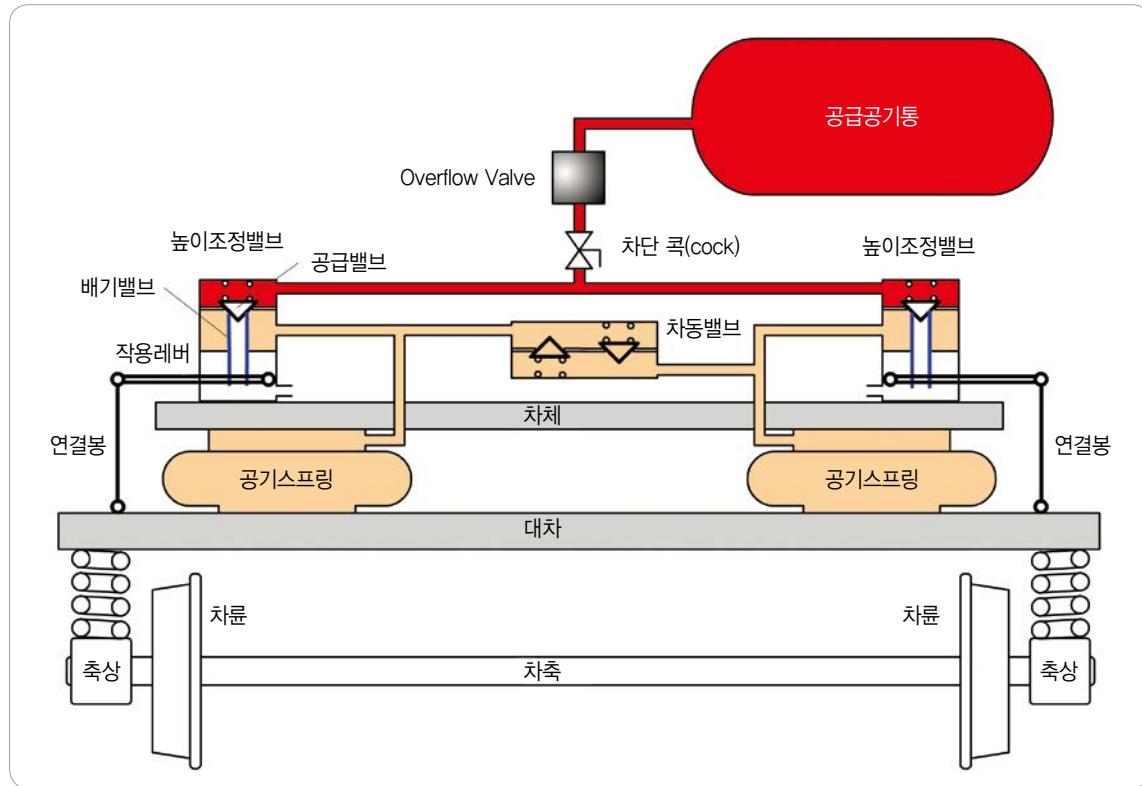
중량이 감소되면 공기스프링이 팽창하여 차체가 높아진다.

그러나 승객 하중의 변동으로 차체의 높낮이가 달라지면 일정한 높이의 고상 흄과 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 배기밸브



[그림 6-27] 높이조정밸브의 작용 개념도

브가 공급밸브를 연다.

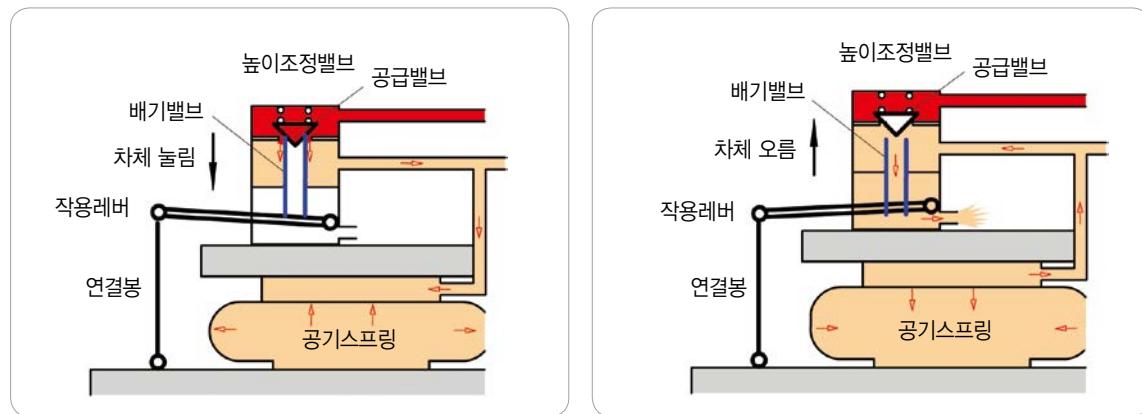
공급밸브가 열리면 공급공기통의 압축공기(빨간색)가 공기스프링에 공급되어 공기스프링 내의 압축공기압력을 크게 하여 공기스프링이 단단하게 차체를 떠받친다.

(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.

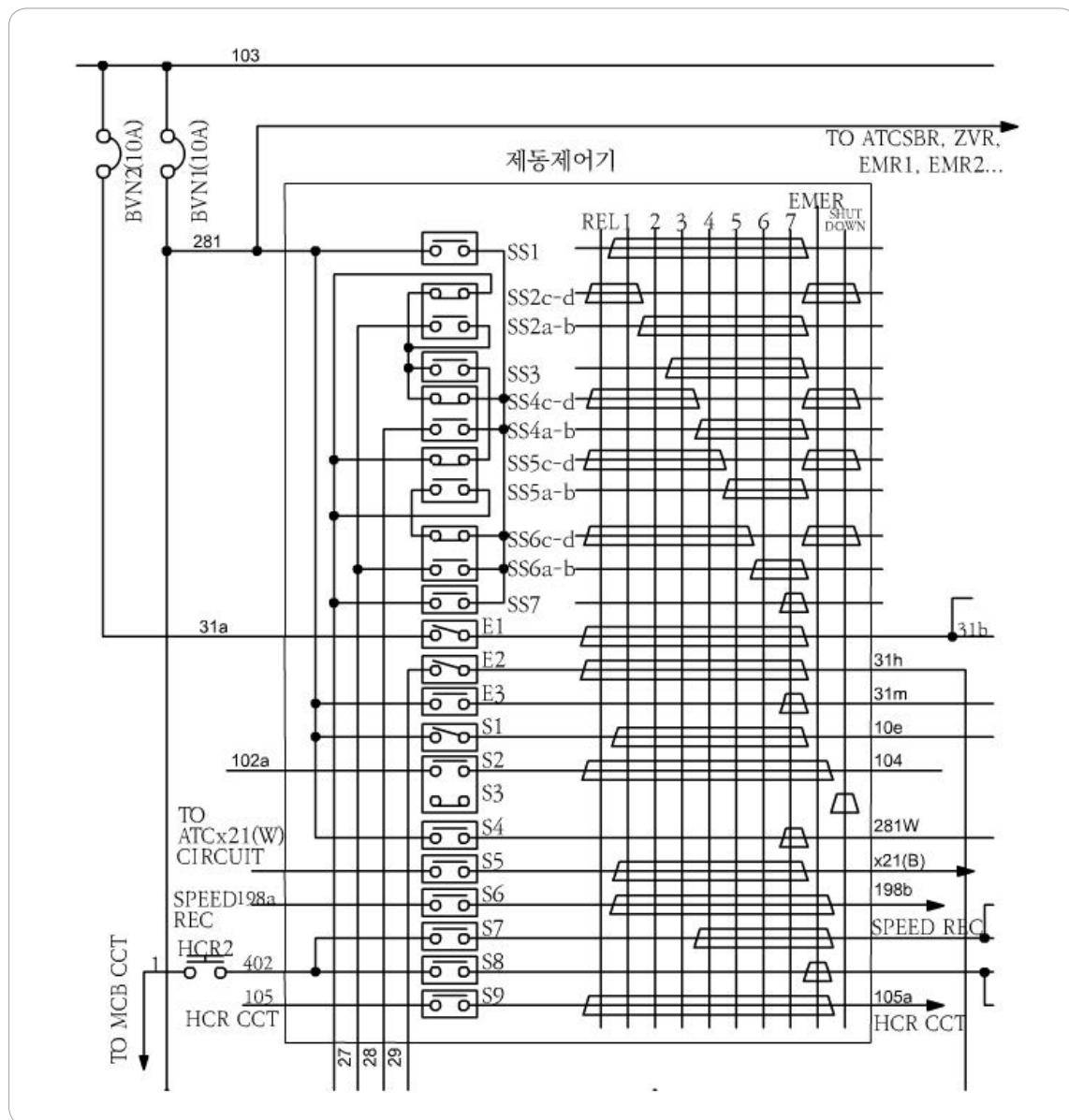
6.3.3 제동제어기(Brake Controller)



전기제어식 제동 장치의 제동제어기는 제동핸들의 조작에 따라 핸들 축에 연결된 캠에 의해 전기 접점을 여닫아 제동제어 신호를 인터선으로 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.

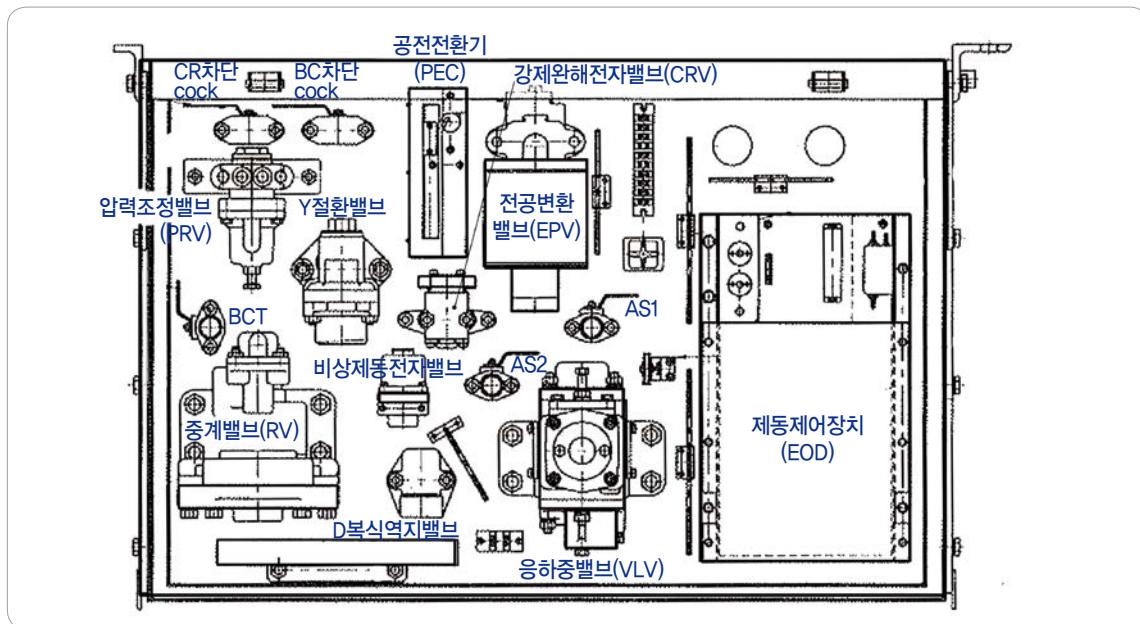
[그림 6-33]은 구동차용 제동 작용장치이다. 부수차용은 제동제어장치가 없어 상자의 크기가 작다. 장치 내에는 제동제어장치(EOD : 부수차는 없음), 전공변환밸브(EPV), 중계밸브(RV), 비상 제동전자밸브(EBV), 응하중밸브(VLV), Y절환밸브(TV), 강제완해전자밸브(CRV), 압력조정밸브(PRV), 공전전환기(PEC), D 복식역지밸브(DVC) 등이 있다.

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 작동 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.

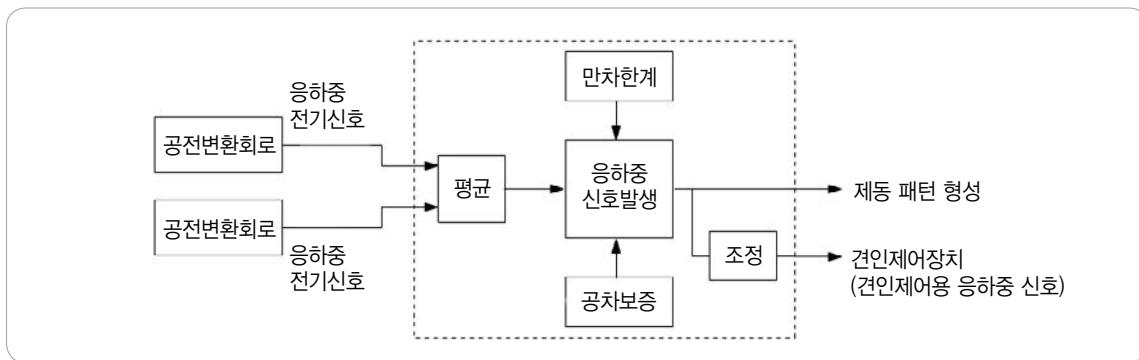
EOD는 제동전용의 인버터를 사용하고 있고, 장치의 전원도 차량의 다른 장치와 별개로 절연되어 있다. 따라서 다른 선과의 접촉으로 인한 오(誤)작동을 방지할 수 있고, 전차선이 정전되어도 제동시스템의 제어와 작동에는 영향이 없다.

(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 전기 신호로 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.

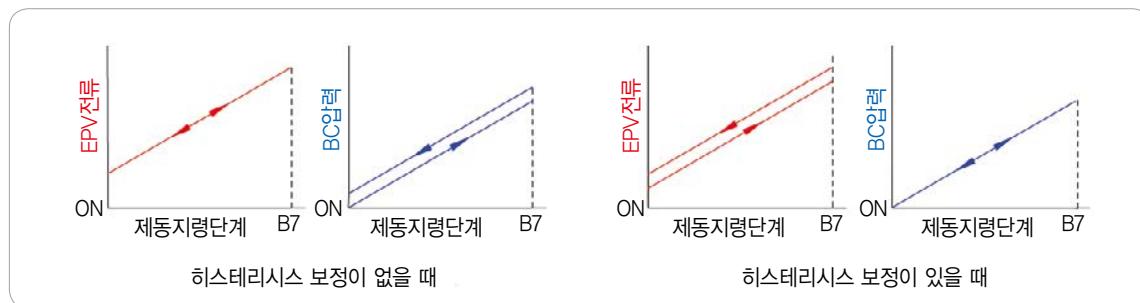
- ① 전기제동 피드백 신호가 제동패턴 신호보다 적을 때는 부수차와 구동차의 공기 제동력을 제어하여 ‘구동차 전기제동 + 부수차 공기 제동 + 구동차 공기 제동 = 제동패턴’이 되도록 한다. 전기제동력의 부족분을 공기 제동력으로 보충하는 방법은 부수차와 구동차 제동력의 부족분에 상응한 크기의 전류신호를 전공변환밸브(EPV)에 보내 전류량을 공기압력으로 변환시켜 공기 제동력을 제어하는 방법이다.
- ② 전기제동피드백 신호가 제동패턴보다 큰 경우에는 구동차의 전기제동력으로 부수차의 제동력까지 담당한다.

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 제어전류 치를 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 담면 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)

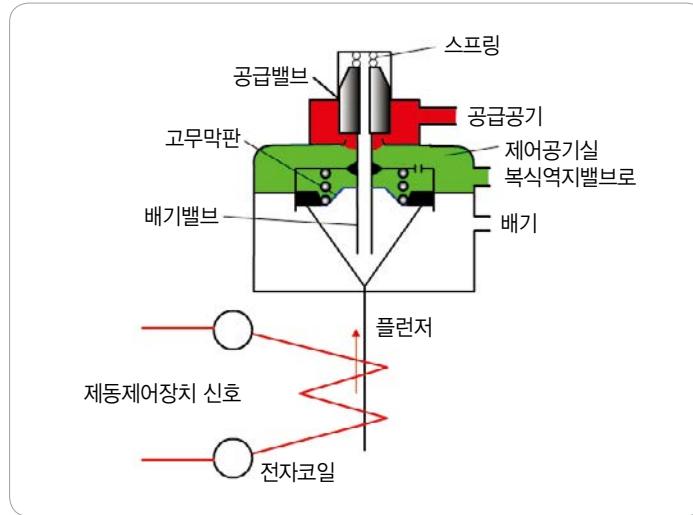
(1) 개요

전공변환밸브(이하 EPV라 한다)는 상용제동 시 EOD에서 오는 신호 전류를 받아 그 전류의 크기 만큼을 압축공기압력으로 변환시킨다. 변환된 압축공기는 D 복식역지밸브를 거쳐 중계밸브의 제어 공기실에 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 배기구는 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.

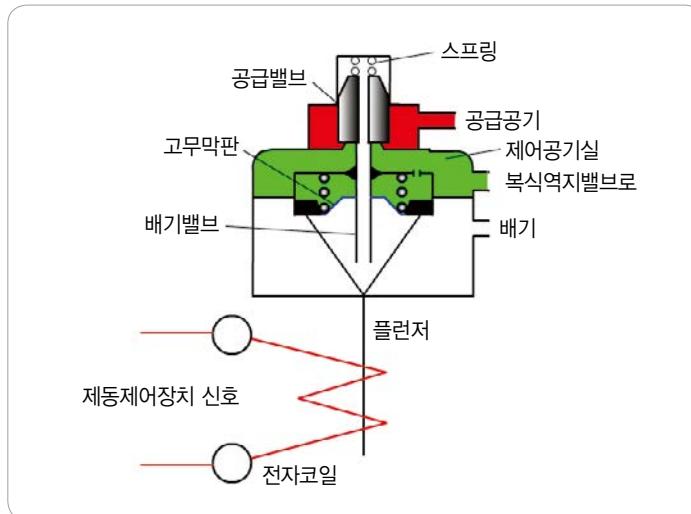
2) 유지 작용

공급밸브를 통하여 유입되는 제어공기가 고무막판 상부실에도 유입되어 전기신호에 상응한 압축공기압력이 형성되면, 제어공기압력과 상부 스프링 압력이 더해져 고무막판과 배기밸브를 플런저와 함께 아래로 밀게 된다.

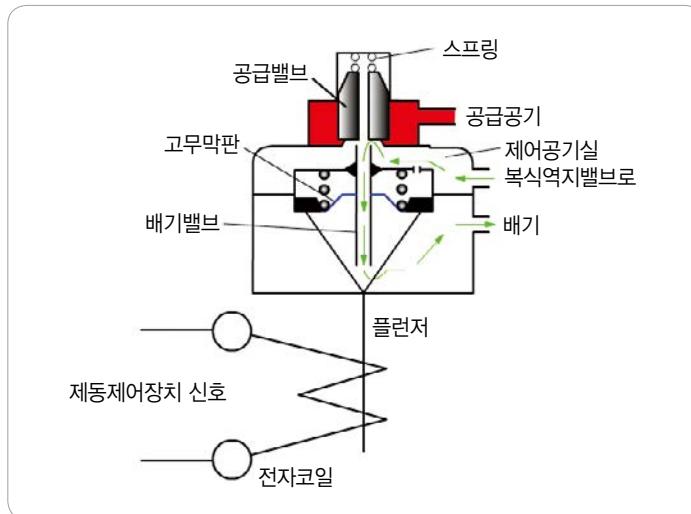
이때 배기밸브는 공급밸브에 맞닿아서 내려가는데 배기밸브의 가운데 배기구는 막힌 상태로 공급밸브가 밸브시트에 밀착하므로 공급공기의 통로와 배기밸브의 배기 통로를 모두 막는다. 따라서 EOD의 전기신호 값에 상응한 제어공기압력만 형성되고, 장치는 균형을 이룬다[그림 6-37].

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 검지부

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 검지부와 압력 공급 · 배기밸브부 사이의 본체에 부착되어 있어 롤러의 지점을 레버로 조정하여 작용압력 차를 조정할 수 있다.

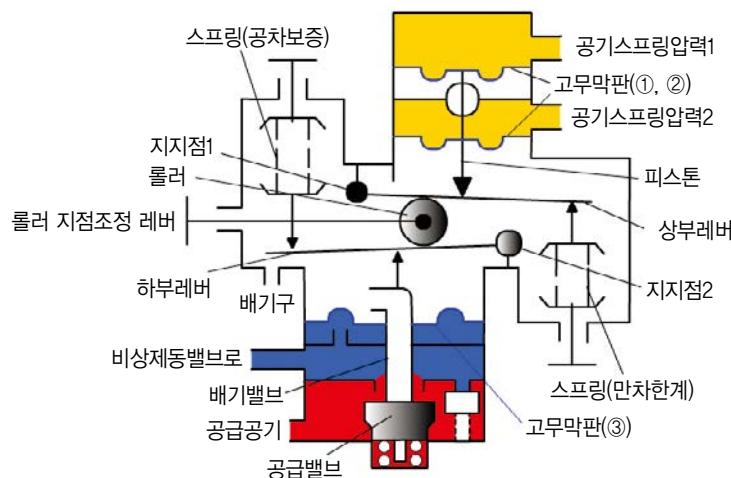
4) 스프링부(공차보증, 만차한계)

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

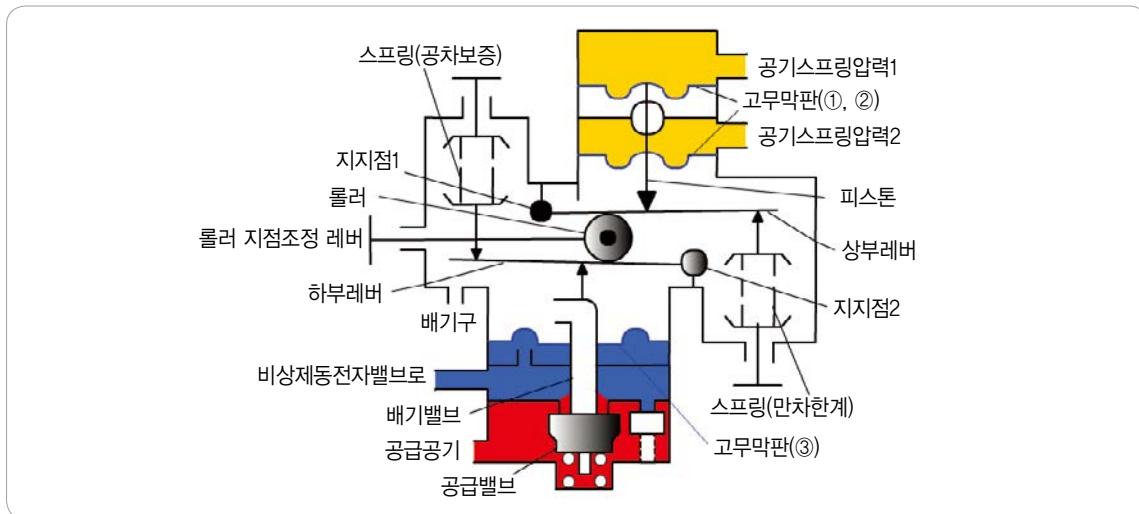
버가 지지점 2를 중심으로 아래로 밀리면 배기밸브가 밀리면서 공급밸브를 연다. 공급밸브가 열리면 머물러 있던 공급공기가 열린 통로를 통해 비상제동전자밸브로 가서 대기한다. 이때 형성되는 제어공기압력은 승객 하중에 상응한 크기만큼 공기압력이 만들어진다.

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

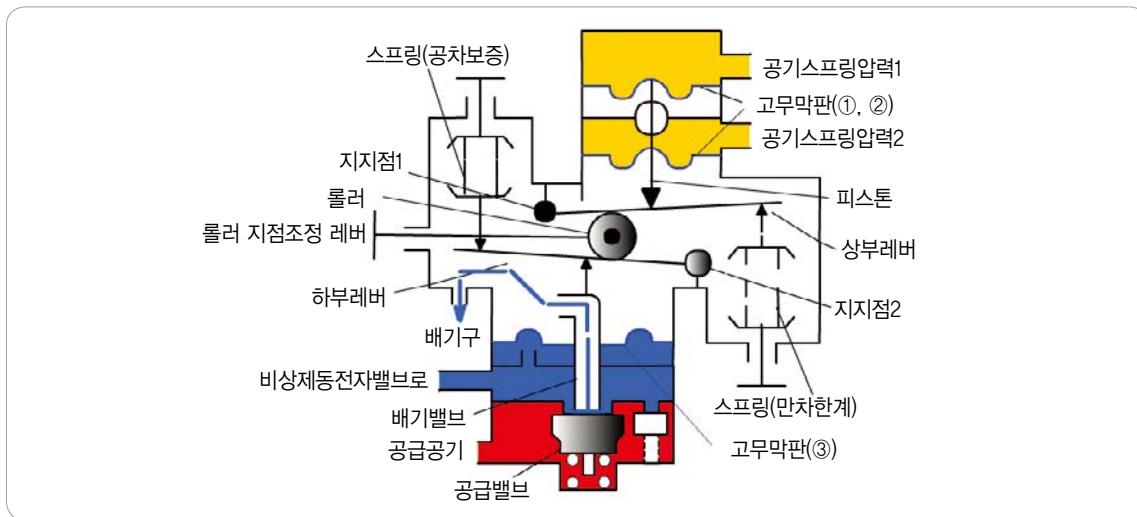
비상제동전자밸브로 가는 공급공기압력이 고무막판(③) 하부에도 유입되면서, 고무막판(③)을 위로 떠미는 힘이 커지면 하부레버 → 롤러 → 상부레버를 위로 밀어 올리는 힘이 커진다. 이 커진 힘이 공기스프링 압력부에서 상부레버 → 롤러 → 하부레버를 누르는 힘보다 약간 더 커지게 되면 고무막판(③)과 배기밸브가 위로 밀린다. 이때 배기밸브는 공급밸브에 맞닿은 채 공급밸브와 함께 밀리므로 공급밸브는 밸브시트에 밀착되어 공급압력의 유입을 막고, 배기밸브는 공급밸브에 맞닿아 있어 비상제동전자밸브 측의 제어공기압력의 배기도 차단된 상태를 유지한다[그림 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] 응하증밸브의 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, 구월운전스위치 오조작 등의 상황이 발생하면 인통 된 전기 회로가 끊어지므로 전자밸브가 무여자 되어 비상제동이 자동으로 작용하도록 한다.

(2) 작용

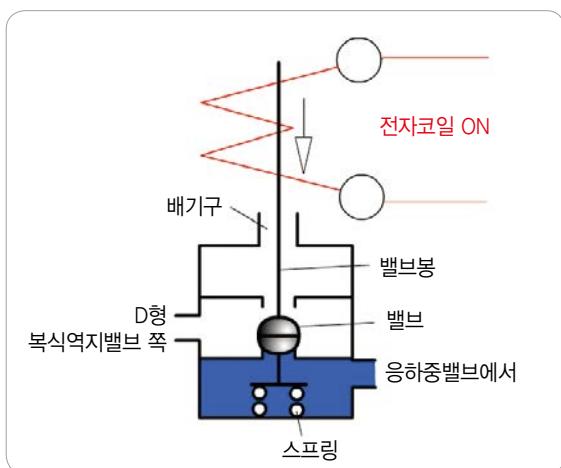
1) 비상제동완해

비상제동Loop회로의 구성으로 EBV의 전자코일에 전원이 투입(ON)되면 자기력에 의해 밸브봉

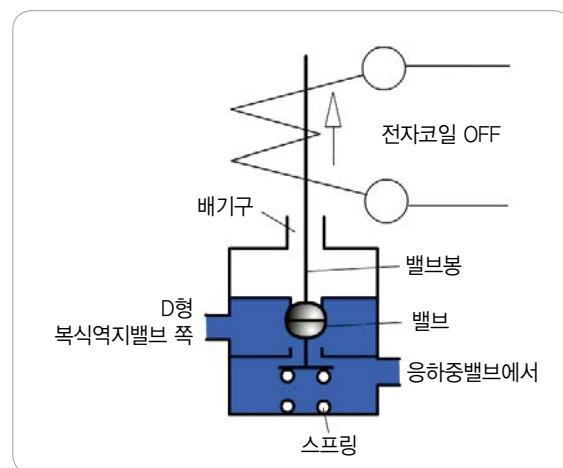
은 밸브와 함께 스프링 힘을 이기고 아래로 밀린다. 따라서 밸브는 하부 시트(seat)에 밀착되므로 응하중밸브에서 오는 공기는 막히고 상부 시트는 열려서, D 복식역지밸브(중계밸브의 제어공기)의 통로는 배기구와 연결되어 비상제동을 완해한다[그림 6-42].

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(Doubl Check Valve)

(1) 개요

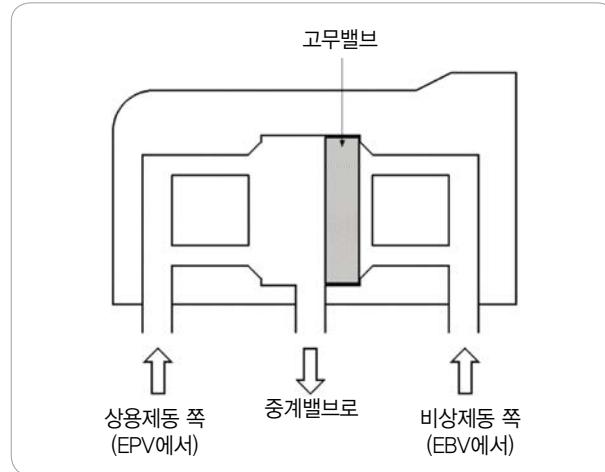
D 복식역지밸브는 고무 밸브를 사이에 두고 상용제동 시 EPV에서 형성된 제어공기와 비상제동 시 EBV에서 형성된 제어공기가 양면에 작용하도록 되어 있다. 만약 상용제동과 비상제동이 같이 작용하여 양면에 압축공기가 동시에 형성되는 경우에는 두 개의 압력 중 높은 쪽의 압력을 선택하여 중계밸브로 공급한다. 따라서 상용제동 중에 비상제동을 체결하더라도 즉시 압력이 높은 비상제동 체제로 전환되도록 하였고, 만약 비상제동 시 작용 압력이 부족하다면 상용 최대 제동이 작용하도록 하여 항상 최상의 제동력을 발휘하도록 하였다.

(2) 구조 및 작용

압축공기는 상황에 따라 상용제동 쪽 또는 비상제동 쪽 통로에서 밸브 한쪽으로 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 고무밸브를 밀고 중계밸브 쪽으로 들어가도록 한다.

[그림 6-44]는 EPV에서 오는 상용제동 쪽 압축공기가 중계밸브 쪽 통로로 들어가는 그림을 나타내고 있다.



[그림 6-44] D 복식역지밸브의 작용

6.3.4.6 중계밸브(Relay Valve)

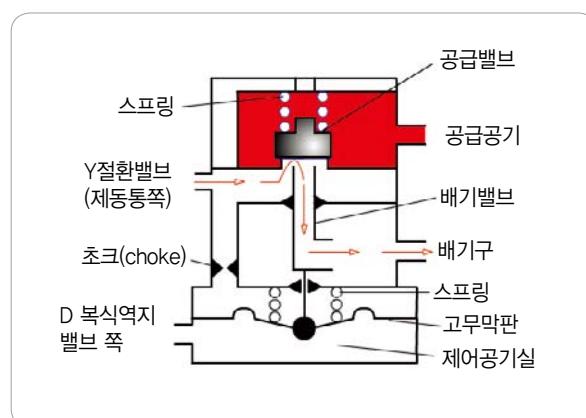
(1) 개요

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



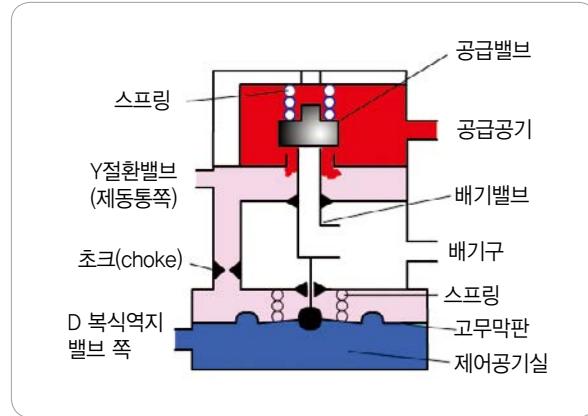
[그림 6-45] 중계밸브의 완해 작용

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 상부실에 들어간다. Y절환밸브를 거친 압축공기는 활주방지장치를 거쳐 제동통으로 들어 가 공기 제동력으로 작용하게 된다.



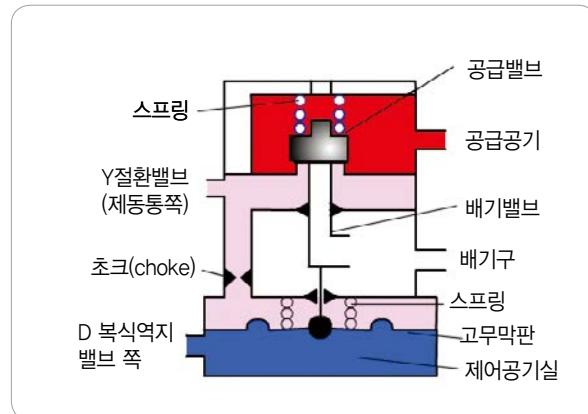
[그림 6-46] 중계밸브의 제동 작용

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 만다.

배기밸브가 아래로 밀리면 배기밸브는 공급밸브에 맞닿은 채 아래로 내려오고, 공급밸브는 밸브시트에 밀착되어 공급통로를 막는다. 따라서 공급공기 측과 Y절환밸브 쪽의 통로가 차단되고, Y절환밸브 측과 배기구 쪽의 통로도 막힌 상태를 유지한다[그림 6-47].

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.



[그림 6-47] 중계밸브의 유지 작용

6.3.4.7 Y절환밸브(Y-Transfer Valve)

(1) 개요

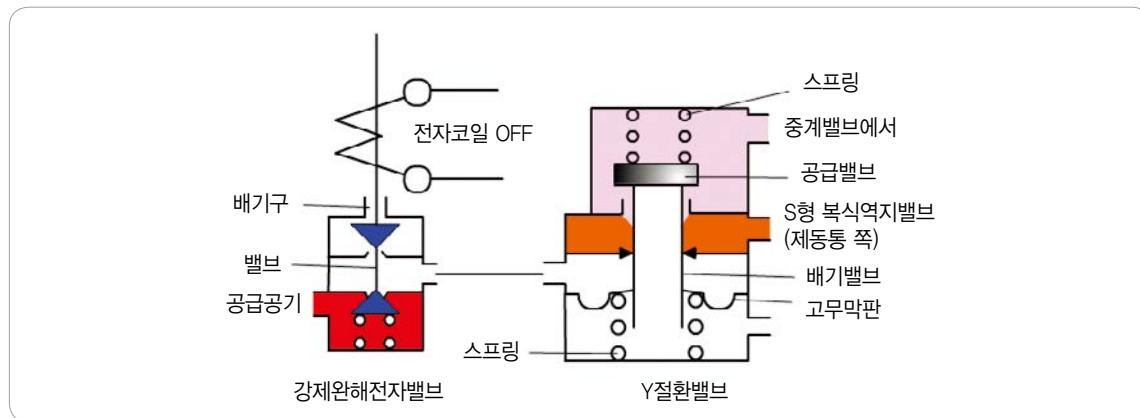
Y절환밸브는 평상시 중계밸브에서 오는 압축공기가 S 복식역지밸브로 가는 통로가 된다. S 복식역지밸브를 거친 압축공기는 활주방지장치를 지나 제동통으로 들어가 공기 제동을 체결한다. 만약 제동 불(不)완해가 발생하여 강제완해를 시키기 위해 강제완해 전자밸브가 여자 되면, 그 지시 압력에 의해 Y절환밸브가 작동하여 제동통에 남아 있는 압축공기(불완해가 된 압축공기)를 배기시켜 강제로 완해하는 작용을 한다.

(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.

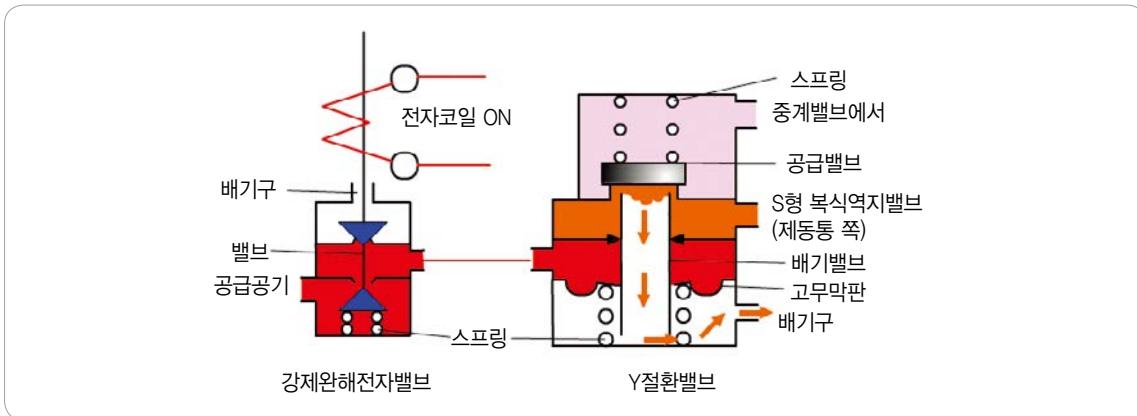
Y절환밸브의 고무막판은 아래쪽 스프링 힘에 의해 배기밸브와 함께 위로 밀리고 배기밸브는 위쪽의 공급밸브를 밀어서 통로를 연다. 따라서 강제완해 작용이 없는 한 Y절환밸브에서는 중계밸브와 S 복식역지밸브 쪽(제동통 쪽)의 통로를 항상 개방하고 있다.



[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 만다. 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 공급공기 통의 압축공기가 Y절환밸브의 고무막판 상부실에 작용하여 고무막판과 배기밸브가 스프링 압력을

이기고 아래로 밀리면 배기밸브의 배기구가 열려서 제동통에 남아 있는 압축공기를 배기하여 제동을 완해한다[그림 6-49].

6.3.4.9 압력조정밸브

(1) 개요

압력조정밸브는 주공기의 압축공기($8.0\sim9.0\text{kgf}/\text{cm}^2$)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.

이 밸브의 최고 사용 압력은 $9.9\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이고, 압력 조정범위는 $3.5\sim7.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이며, 통상 압력은 $5.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 조정되어 있다.

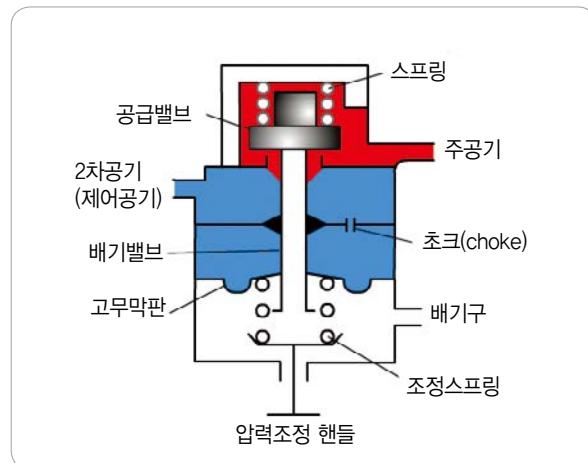
(2) 작용

압력조정밸브는 공급밸브, 배기밸브, 그리고 압력조정부의 3개 주요 부분으로 구성되어 있고 작용은 다음과 같다.

1) 공급 작용

2차 측 공기압력이 조정 압력보다 낮으면 조정스프링의 힘에 의해 고무막판과 배기밸브는 위 방향으로 밀려 올라가고, 이때 배기밸브는 공급밸브에 접촉한 상태로 공급밸브를 밸브시트에서 밀어 올린다. 따라서 주공기는 공급밸브의 열린 통로를 거쳐 2차 측에 공급된다. 한편 2차 측에 공급된 압축공기의 일부는 초크를 거쳐 고무막판의 상부실에 압력을 형성한다[그림 6-50].

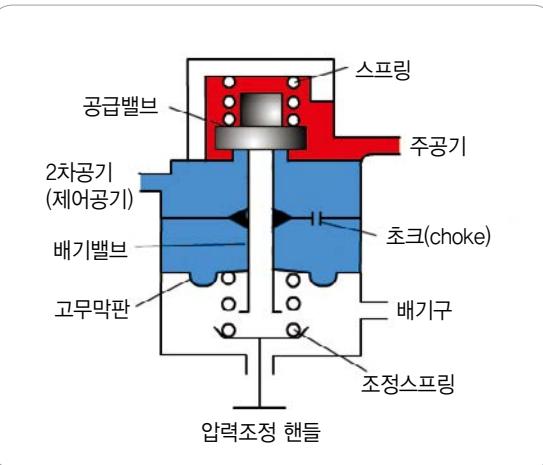
압축공기 압력의 조정은 압력조정 핸들로 한다.



[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 밑으로 만다. 이때 배기밸브는 공급밸브에 맞닿은 채 내려오면서 공급밸브가 밸브시트에 밀착되어 주공기의 압축공기의 공급을 막는다. 그리고 배기밸브는 공급밸브에 밀착되어 있어 2차 측에 형성된 공기압력이 조정스프링의 조정 압력과 균형을 이룬 상태로 유지된다[그림 6-51].

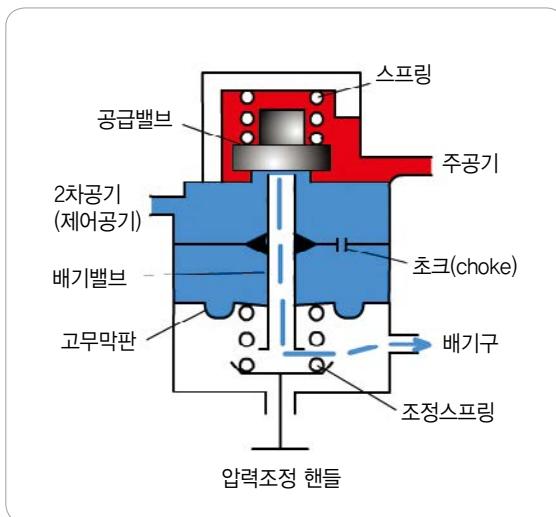


[그림 6-51] 압력조정밸브의 유지 작용

3) 배기 작용

2차 측 공기압력이 조정스프링의 압력보다 높아지면 공기압력은 조정스프링 압력을 이기고 고무막판과 배기밸브를 아래로 만다.

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 배기작동은 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 공기 압력이 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 칠상¹¹⁾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 담면의 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 압축 공기를 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.

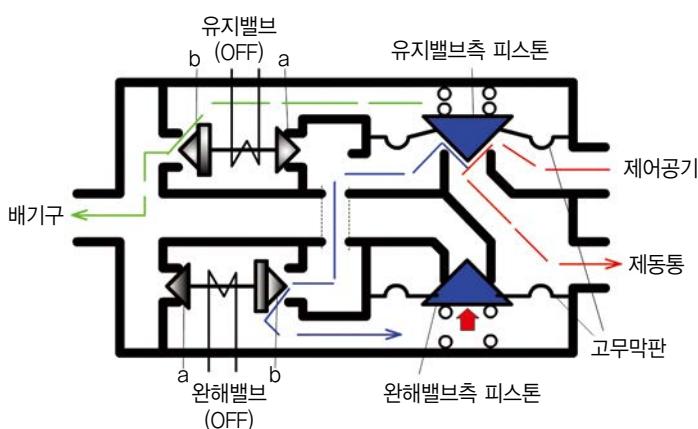
6.3.5.5 압력제어밸브의 작용

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)

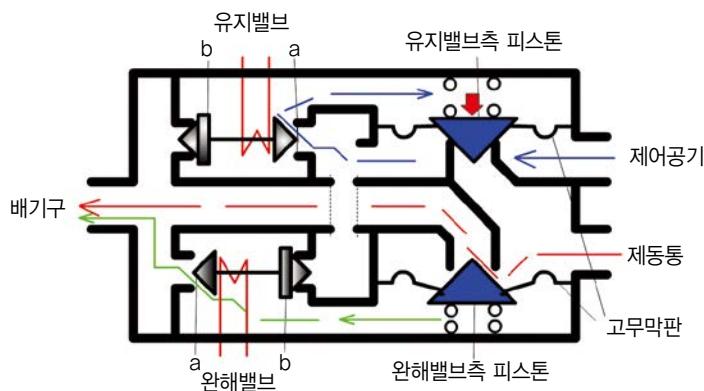
(2) 차륜이 미끄러질 때

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

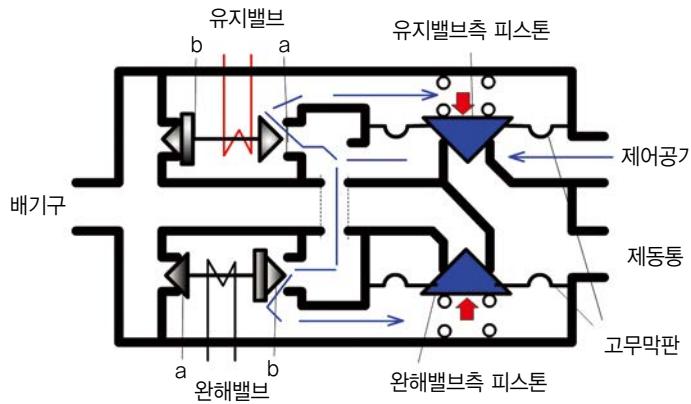
2) 유지 작용

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 되어 압력조정밸브에서 조정(4kgf/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.

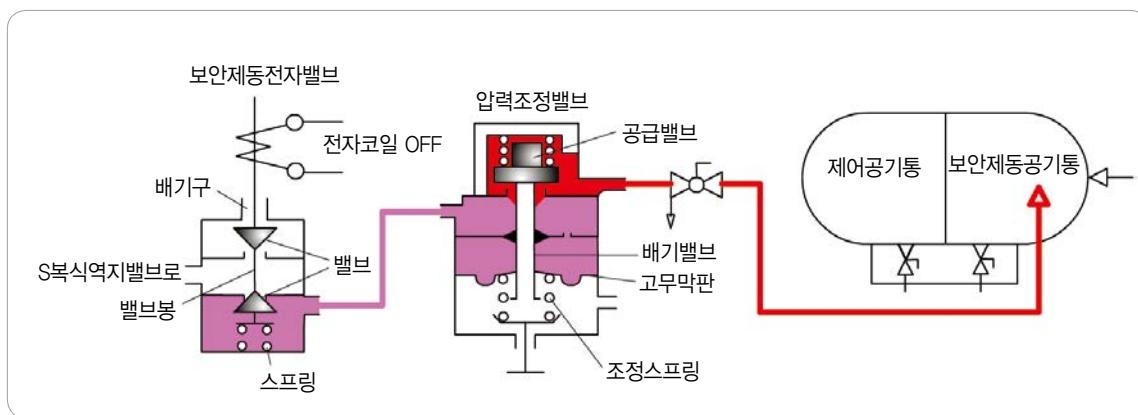
(2) 압력조정밸브(Press Regulating Valve)

압력조정밸브는 보안제동공기통의 압축공기를 공급받아 조정된 압력으로 감압시켜 보안제동 전자밸브로 보낸다. 압력의 조정은 통상 $4.0 \pm 0.2\text{kgf/cm}^2$ 로 조정되어 있다.

6.3.6.3 작용

(1) 보안제동전자밸브가 무여자 시(제동 완해)

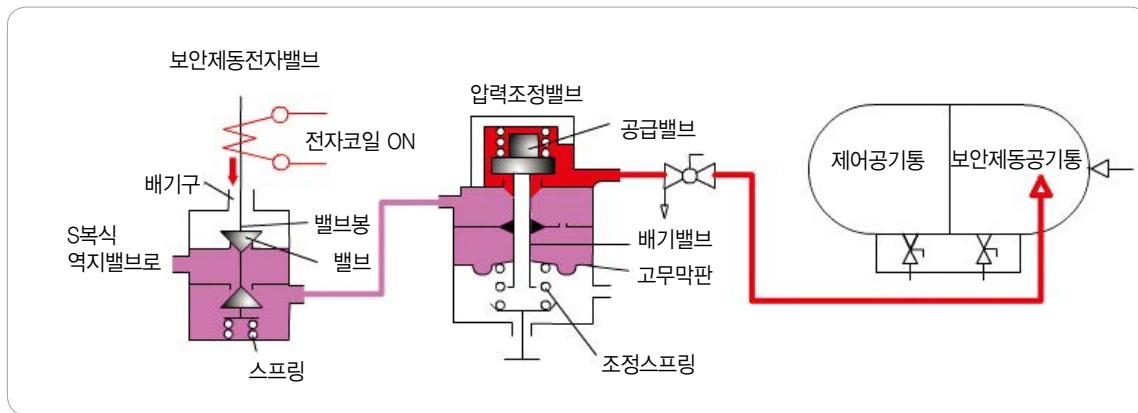
압력조정밸브에서 조정스프링 압력에 의해 고무막판이 배기밸브를 밀고 공급밸브를 열면 보안제동공기통의 압축공기가 압력조정밸브에서 조정되어 보안제동전자밸브의 하부실에 유입되어 항상 대기하고 있다. 만약 보안제동이 작용하였다면 작용했던 제동 압력(S 복식역지밸브 쪽)은 보안제동전자밸브의 배기구로 배기되어 보안제동은 완해가 된다[그림 6-56].



[그림 6-56] 보안제동 완해 작용

(2) 보안제동전자밸브 여자 시(제동 작용)

보안제동 제어 신호로 보안제동전자밸브의 전자코일을 여자 하면 압력조정밸브를 거쳐 보안제동전자밸브에서 대기하고 있던 4kgf/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 되어있고, 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

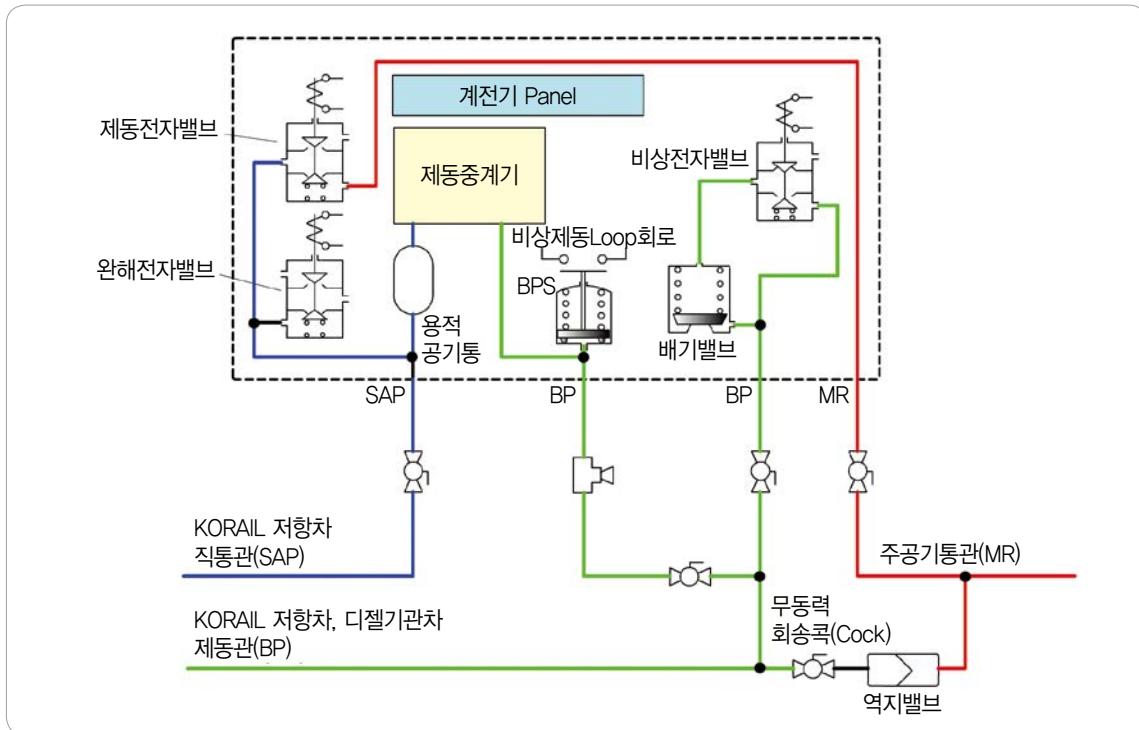
제동중계장치는 TC차에 설치되어 있고, 전기제어식 HRDA 제동 장치가 장착된 전기동차(이하 전기제어식 전기동차라 한다)와 공기제어식인 전자직통공기 제동 장치를 장착한 저항제어 전기동차(이하 공기제어식 전기동차라 한다)를 상호 연결할 때, 서로 다른 방식의 제동 제어 신호를 변환하여 제동제어가 가능하도록 한다. 그리고 디젤기관차의 제동관(BP) 압력을 상용 및 비상제동의 디지털 전기 신호로 변환하여, 디젤기관차가 전기제어식 전기동차를 구원운전할 때 제동 작용이 가능하도록 하는 역할을 한다.

6.3.8.2 장치의 구성

제동중계장치를 구성하고 있는 주요 장치는 [그림 6-58]과 같다.

(1) 제동중계기(BTD: Brake 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 공기제어식 전기동차의 제어 신호 또는 전기제어식 전기동차의 제동중계기(BTD)의 제어 신호를 받아 직통관 압력 공기를 만든다.

(3) 완해전자밸브(RV)

이 밸브는 공기제어식 전기동차의 제어 신호 또는 전기제어식 전기동차의 제동중계기(BTD)의 제어 신호를 받아 직통관 압력 공기를 배기한다.

(4) 제동관 압력스위치(BPS)

제동관 압력스위치는 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 디젤기관차 또는 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.

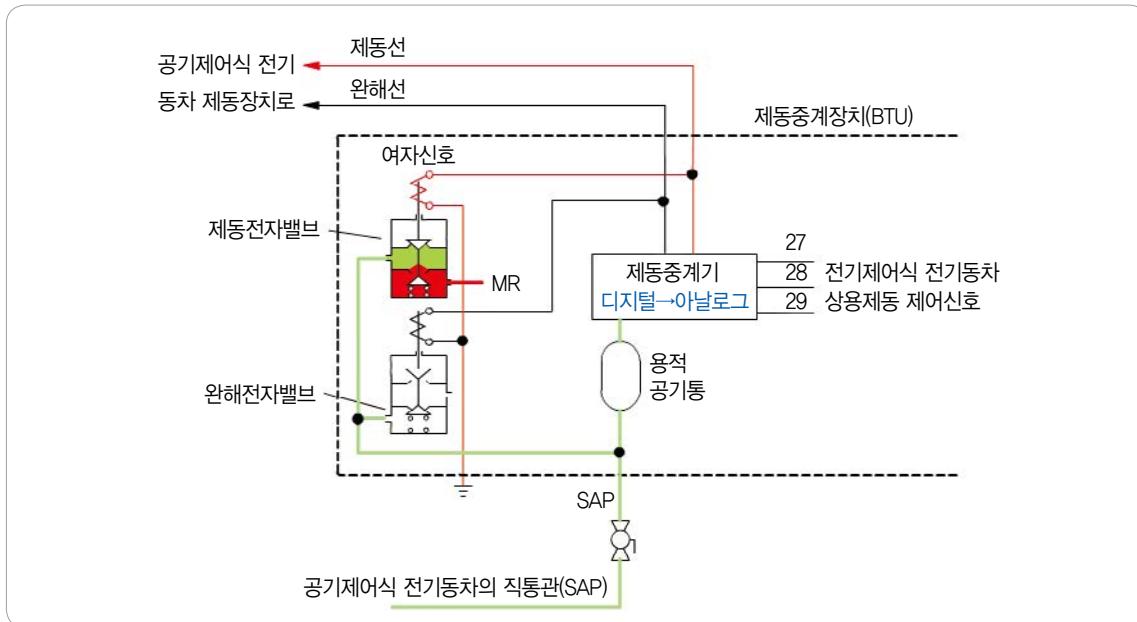
공기제어식 전기동차의 직통관(SAP)이나 제동관(BP)의 공기신호를 전기제어식 전기동차의 상용제동 전기신호로 변환시킬 때는 먼저 변환할 방향을 결정하고, 직통관 압력 또는 제동관의 압력 변화를 감지하여 아날로그 전기 신호로 만들고, 그 신호를 7단 디지털 신호(2진코드)로 바꾸어 전기제어식 제동 장치의 상용제동제어선(27, 28, 29)으로 출력한다. 직통관과 제동관의 선택은 운전실의 구원운전스위치(RSOS)의 선택에 따른다.

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 무여자되어 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 구동 차에 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 공기 제동을 체결한다. 이것이 HRDA 제동 장치의 상용제동 작용이다.

상용제동 시 EOD는 구동차와 부수차를 하나의 유닛(unit)으로 하여 제동력을 일괄교차(cross blending)제어하면서 전기제동과 공기 제동의 조화를 꾀하고, 제동력의 변화율을 제어(Jerk Control)하여 제동체결 시에 나타나는 충격을 완화한다.

6.4.1.2 상용제동 작용

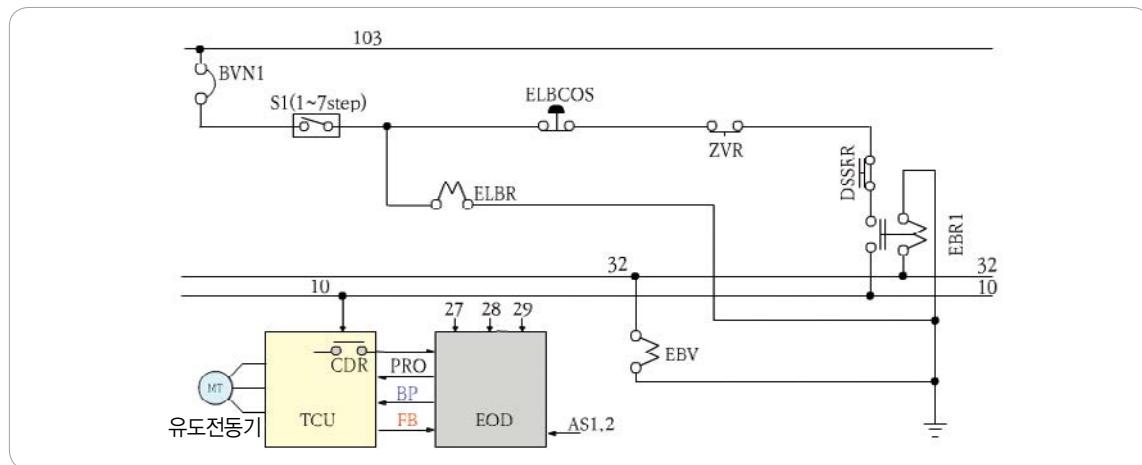
제동핸들을 상용제동 위치(1~7step)로 옮기면 전기 회로는 다음과 같이 구성된다.

(1) 전기제동계전기(ELBR)와 전기제동선(10선)에 신호를 보낸다

- 1) 103선 → BVN1 → S1(1~7step) → ELBR 여자
- 2) 103선 → BVN1 → S1(1~7step) → ELBCOS(정상위치) → ZVR(b) → DSSRR(b) → EBR1(a) → 10선(전기제동선) → TCU에 제어 신호를 준다[그림 6-60].

EBR1은 비상제동Loop회로가 구성(31선 → 32선)되면 여자 되는 계전기이다.

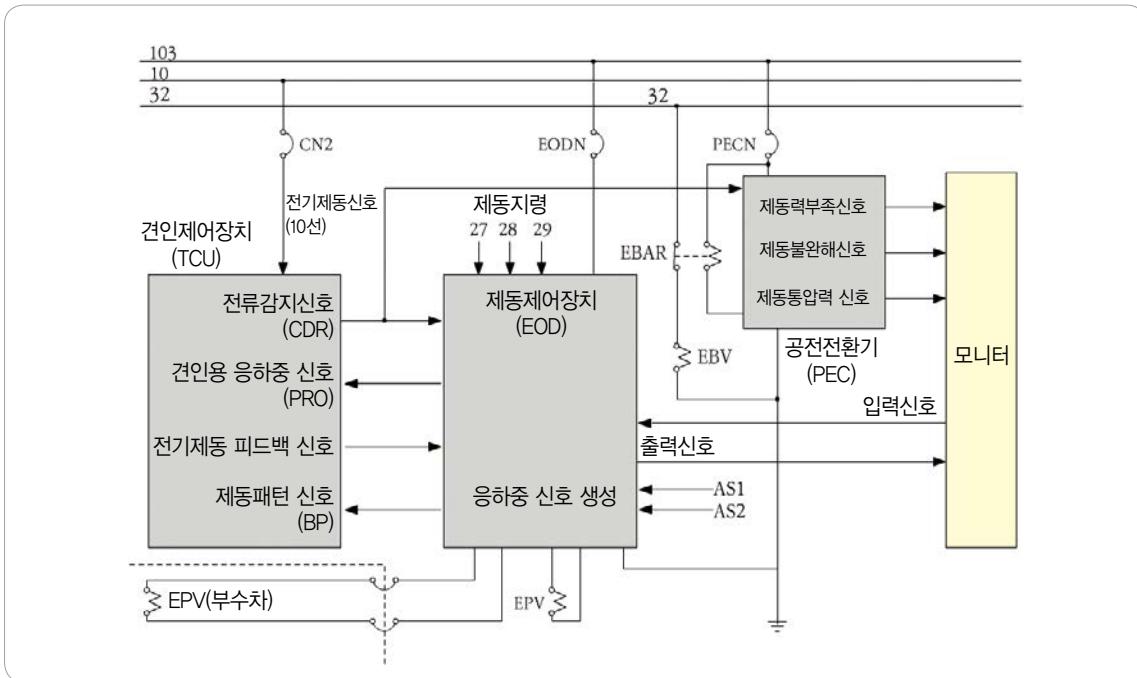
EBR1(a) 연동을 전기제동 제어회로에 설치한 이유는, 비상제동의 체결로 비상제동Loop회로가 차단되면 EBR1이 무여자 되므로 EBR1(a) 연동을 개방하여 비상제동 시 전기제동이 체결되지 않도록 한 것이다.



[그림 6-60] 전기제동 제어회로

(2) EOD의 작동

[그림 6-61]에서 EOD에 제동 제어 신호(27, 28, 29)가 오면 EOD는 만들어진 응하중 신호와 제동 제어 신호 값을 연산하여 제동패턴(BP)을 만들어 TCU에 제동제어신호를 준다. 그리고 부수차와 구동차의 EPV에 제어 신호를 주어 공기 제동이 작용하도록 한다.



[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 구동 차의 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 \leq 전기제동 출력 \rightarrow 구동차 공기 제동완해, 부수차까지 공기 제동완해

제동패턴 > 전기제동 출력 → 공기 제동 추가(if BP > FB ⇒ ①)

- 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(②)를 만든다.
제동제어신호수신	27, 28, 29선의 제동 제어 신호(⑥)를 수신
제동패턴 연산	응하중 신호와 제동 제어 신호 값을 연산하여 제동패턴(⑦)을 만든다.
전기제동제어	제동패턴(BP)을 TCU로 보내(⑧) 전기제동을 제어 한다.
공기제동제어	제동초기 또는 전기제동력 소멸 시 부수차와 구동차의 EPV에 전기신호를 주어 공기 제동을 체결(⑨) 한다.
전기제동 피드백	TCU에서 형성된 전기제동 출력신호가 EOD로 피드백(⑩)된다.
일괄교차제어	EOD에서는 제동패턴과 전기제동피드백(FB) 신호 값을 비교하여 일괄교차제어를 한다.

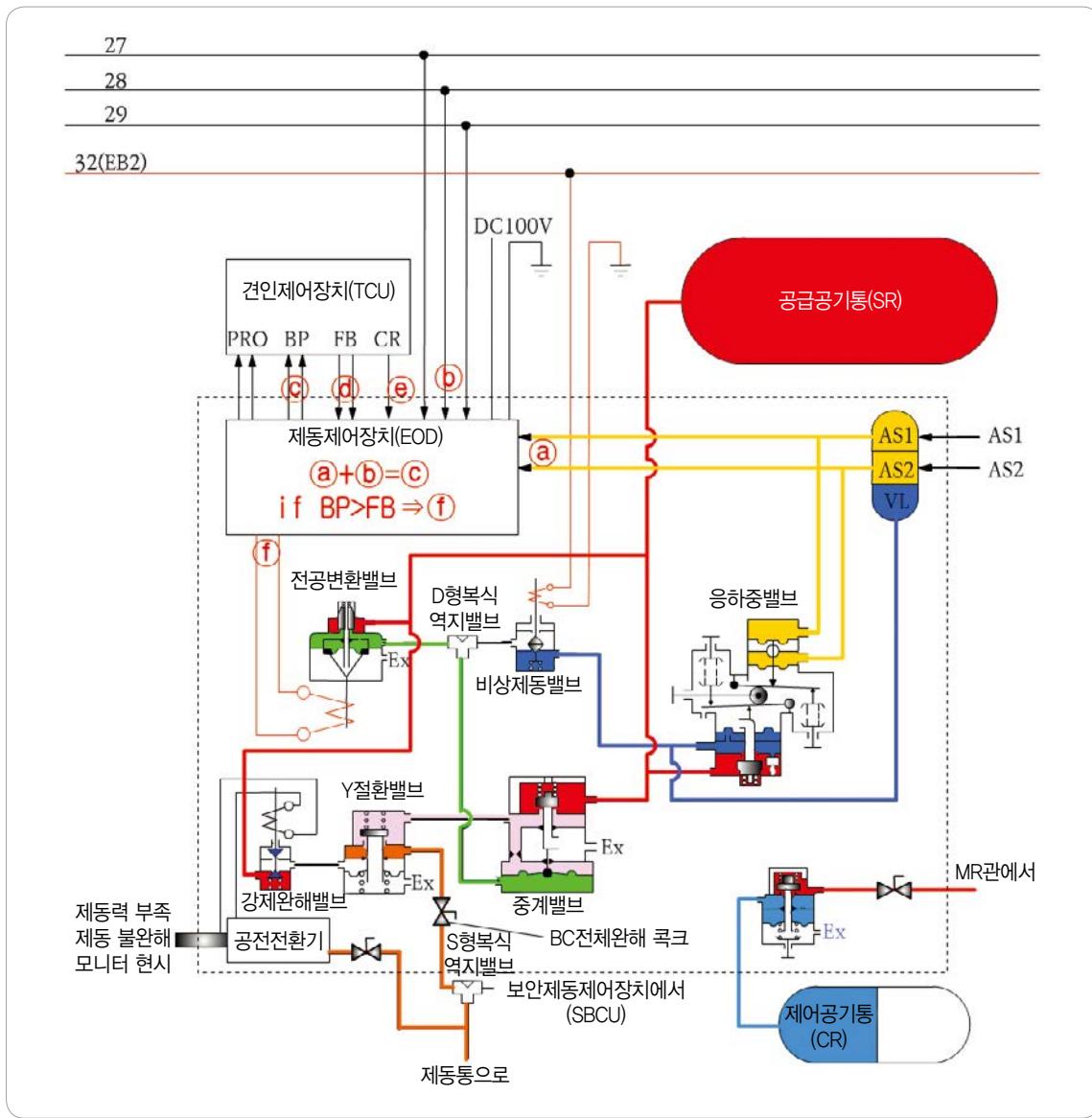
(3) 상용제동 시 전기제동

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 플런저가 상승되어, 대기 중인 공급공기압력(빨간색)이 밸브의 통로를 거쳐 공급(녹색)된다. 상용제동력의 크기는 EOD에서 전송된 전기신호 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

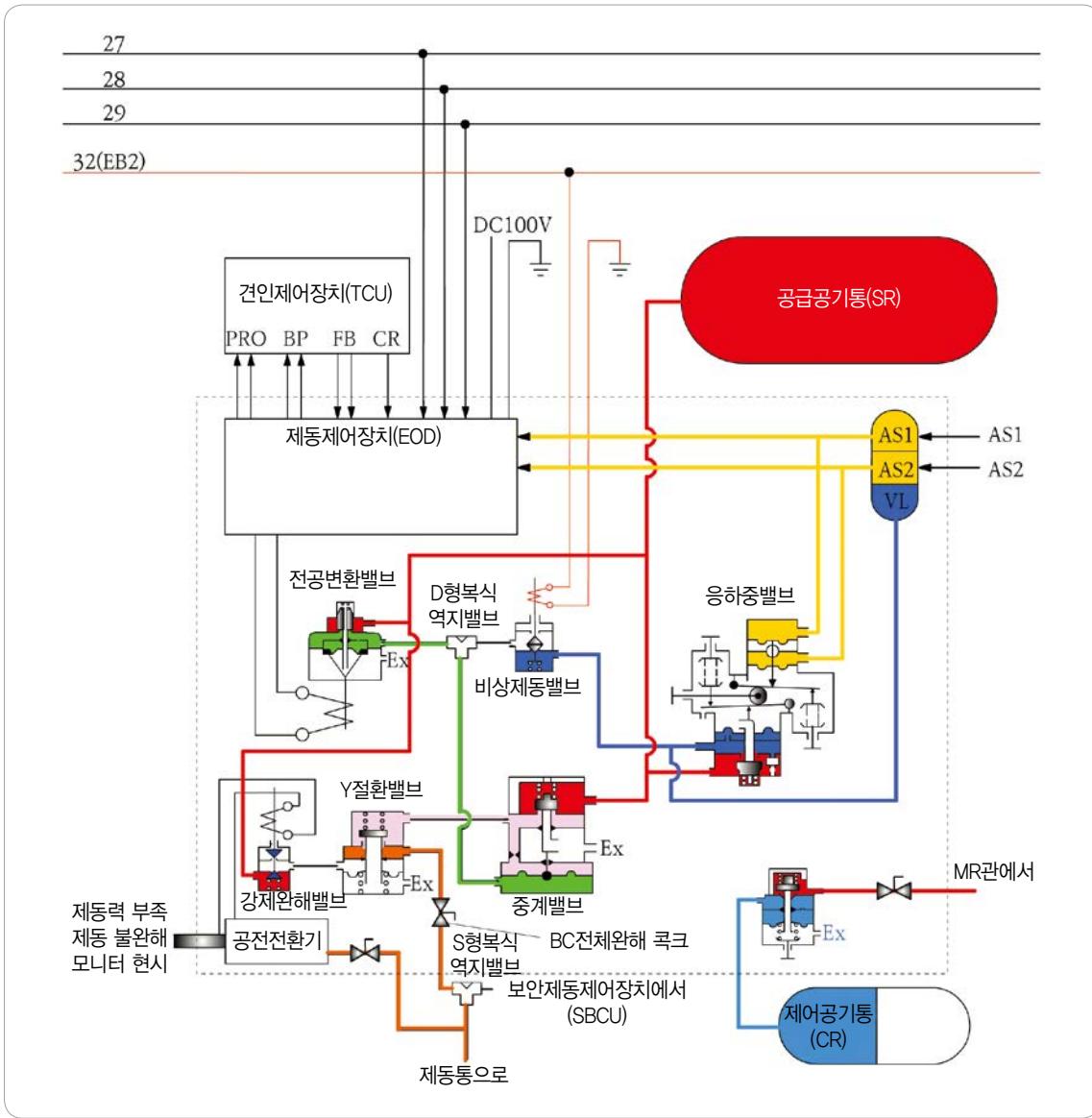
Y절환밸브를 통과한 압축공기는 S 복식역지밸브의 밸브를 밀고 제동통으로 들어가 공기 제동을 체결한다(주황색).

2) 유지 작용

일단 상용제동이 작용하여 제동 압력이 형성되면, EPV와 중계밸브는 다음에 의해 제동을 유지 한다[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

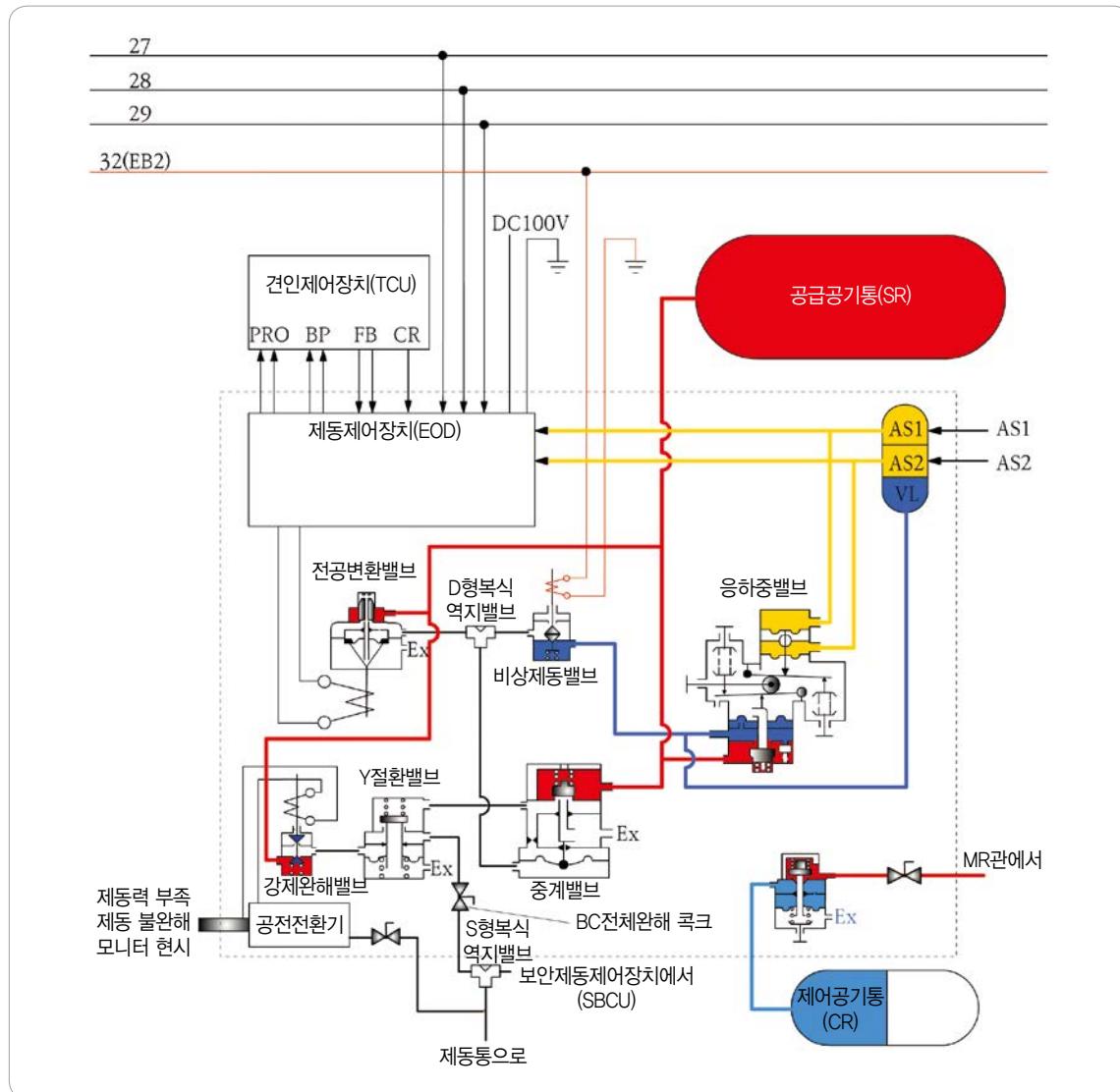
EPV에서 생성된 제어공기 압력(녹색)과 중계밸브에서 만들어진 Y절환밸브 측(분홍색) 압력이 같아지면 배기밸브가 공급밸브에 맞닿은 채 아래로 밀려, 공급밸브가 밸브시트에 밀착하여 공급 공기의 유입은 막하고, Y절환밸브 쪽의 제동통 압력의 배기도 차단하여 제동통의 압력은 일정하게 유지된다.

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 전공변환밸브의 플런저는 밑으로 내려가고, 공급된 중계밸브의 제어공기실 공기는 D 복식역지밸브를 거쳐 EPV의 배기구로 배기된다.



[그림 6-64] 상용제동(공기 제동)의 완해 작용

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 E3 접점이 붙어 BER을 먼저 여자시켜 직류 100V의 제어 전원(103선)에 의해 비상제동Loop선이 구성된다. 이후 EBR2가 여자되면 완해위치에서 상용7단 위치까지 E1접점을 거쳐 비상제동Loop회로가 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 6.0~7.0kgf/cm²)이어야 한다.

[그림 6-65]에서 EMR1과 EMR2의 여자회로는 다음과 같다.

(1) EMR1 여자회로

1) ATC 구간은 ATCEBR의 여자로

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

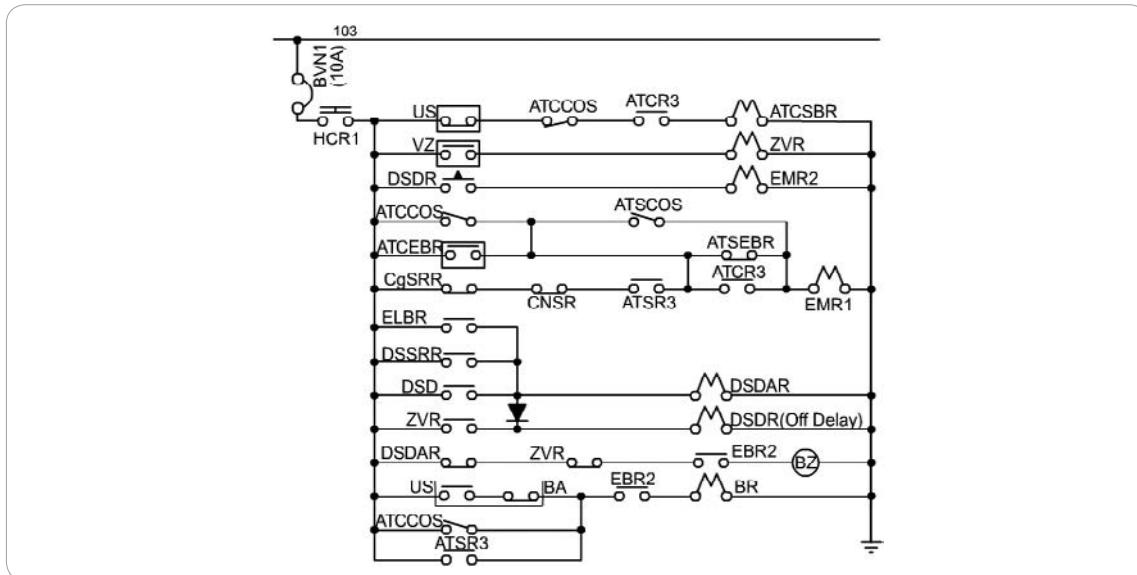
1) DSDR, DSDAR 여자

103선 → BVN1 → HCR1(a) → [ELBR(a), DSSRR(a), DSD(a), ZVR(a)] → DSDAR 여자
 ↘ DSDR(Off delay) 여자

여기서 ELBR은 전기제동계전기이고, DSSRR은 절연구간 검지계전기이며 ZVR은 정지 속도계 전기이다. 즉, 제동핸들로 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

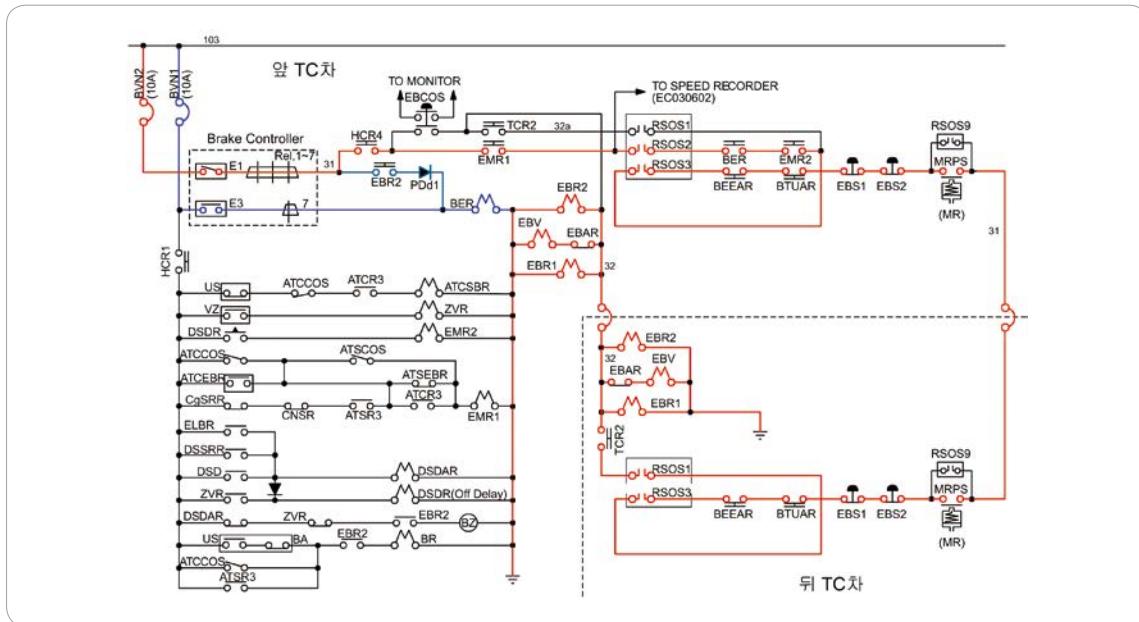
(3) 비상제동Loop 회로의 구성[그림 6-66]

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 무여사시켜 해당차는 비상제동이 체결되도록 한다.



[그림 6-66] 비상제동Loop회로

3) BER 자기 여자회로 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, ATCPSON, 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

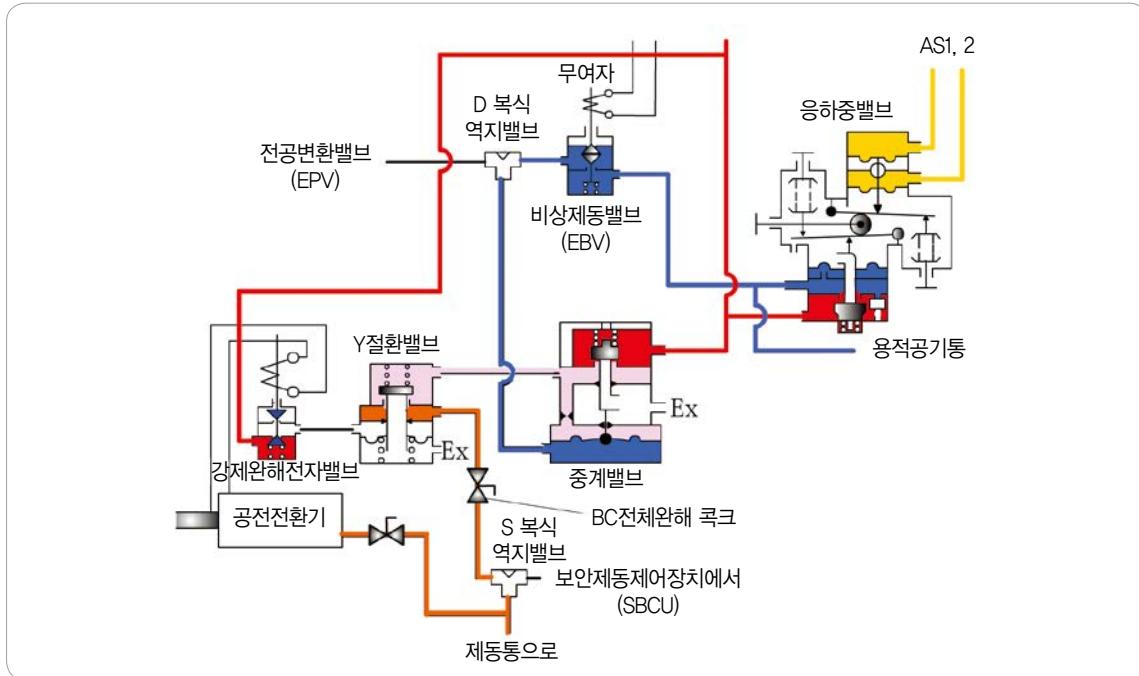
EBV에서 오는 제어공기압력이 D 복식역지밸브를 밀고 중계밸브의 제어공기실로 공급된다(파란색).

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

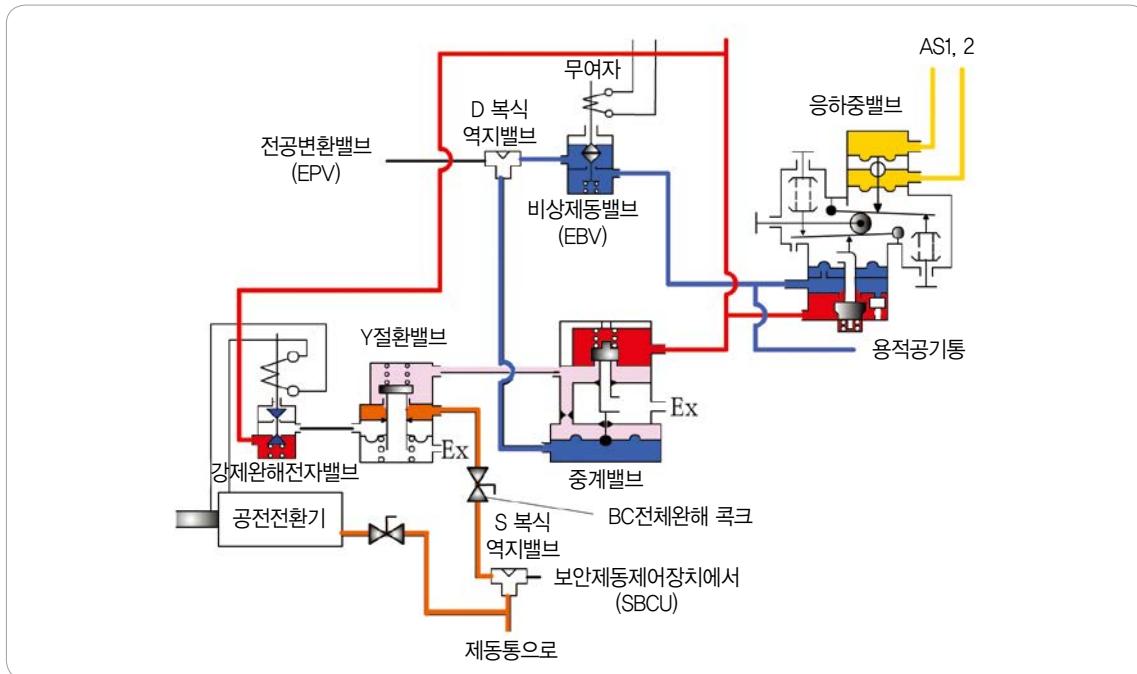
중계밸브에서 생성된 압축공기는 Y절환밸브를 경유하여 S 복식역지밸브로 간다(주황색). 따라서 Y절환밸브를 통과한 압축공기는 S 복식역지밸브를 밀고 제동통으로 흐른다(주황색).



[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

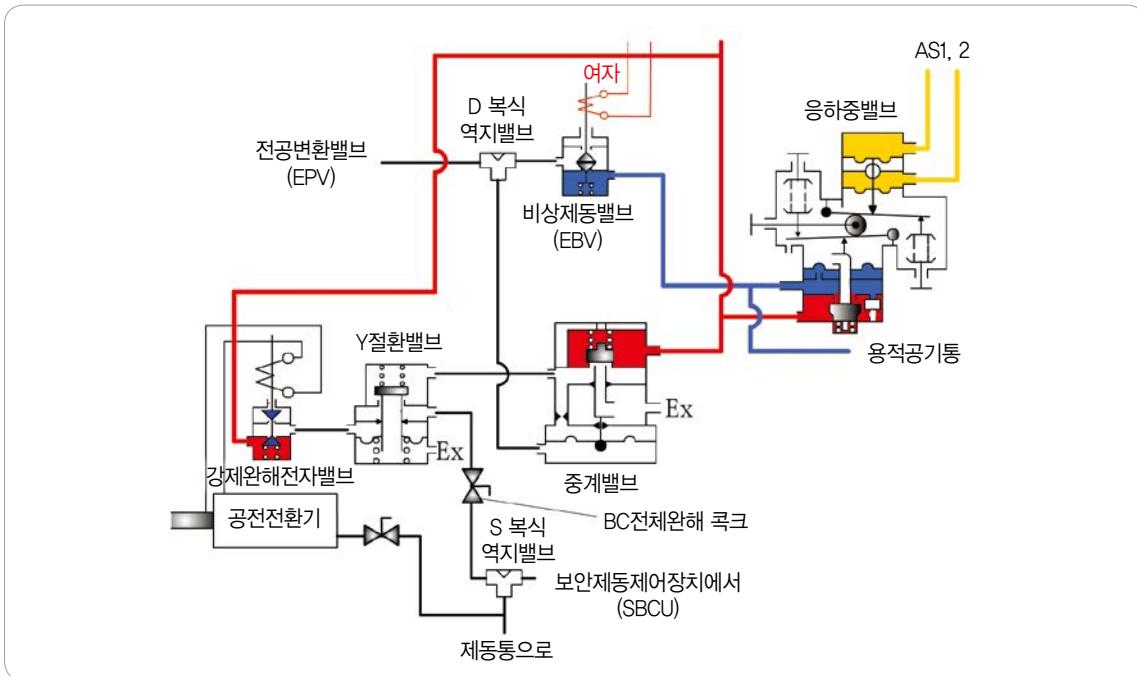
제동핸들을 7단으로 옮겨 초기 비상제동Loop회로를 구성하면 비상제동이 완해가 된다. 이후 제동핸들을 7단 이외의 상용제동 위치 또는 완해 위치로 옮겨도 비상제동은 완해상태를 유지한다.

1) EBV 여자

EBV가 여자 되면, 밸브를 막아 응하증밸브의 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

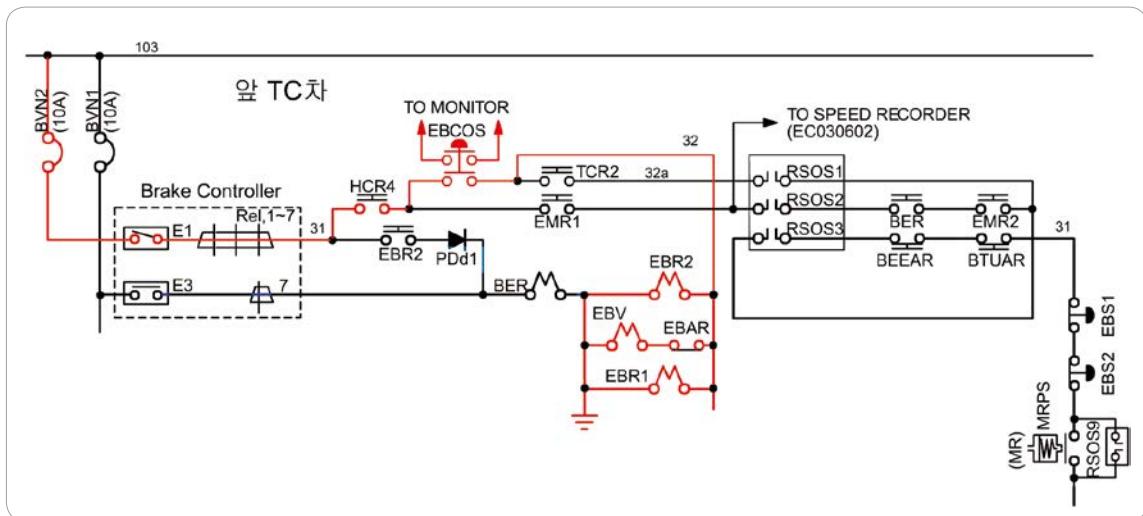
6.4.2.4 비상제동의 개방

비상제동이 체결되어 완해가 되지 않으나 부득이 비상제동을 완해하고 운전할 때 취급하는 스위치가 비상제동 개방 스위치(EBCOS, 이하 EBCOS라 한다)이다. 그러나 스위치를 취급하면 비상제동 Loop 회로의 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 5kgf/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($8.0 \sim 9.0 \text{kgf/cm}^2$)가 압력조정밸브에서 설정된 압력(4kgf/cm^2)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($4.0 \pm 0.1 \text{kgf/cm}^2$)으로 조정되어 보안제동

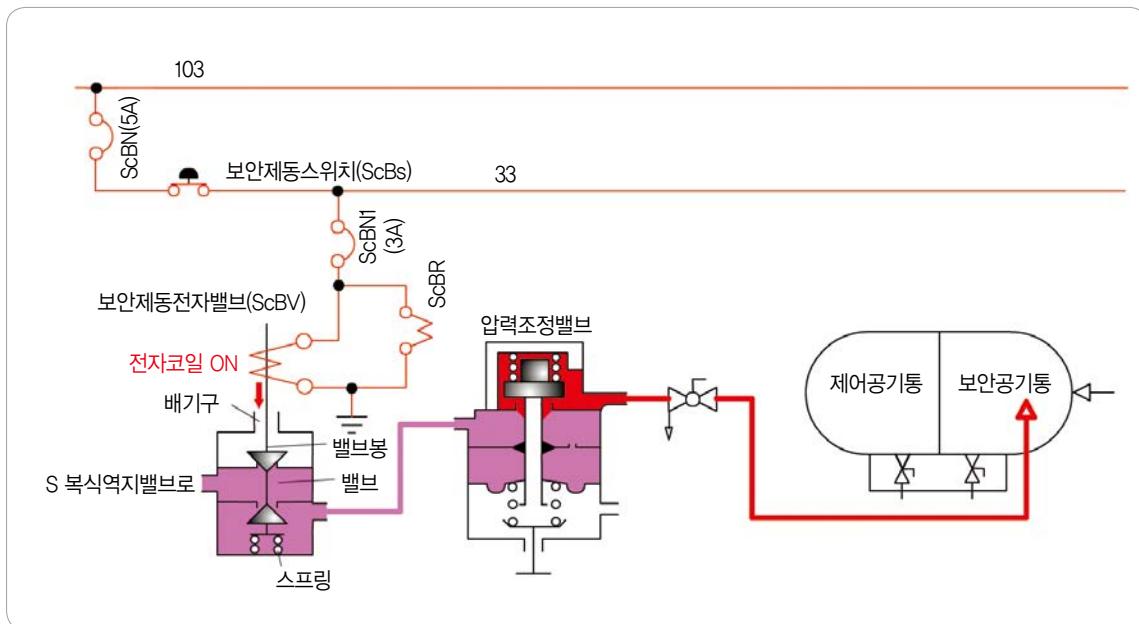
전자밸브로 가서 대기한다. 이는 보안제동 시 제동통에 작용하는 압력이 된다.

2) 보안제동 전자밸브

보안제동스위치(ScBS)의 제동 제어(33선)을 받아 보안제동 전자밸브의 전자코일이 여자 되면 밸브봉을 밀어, 압력조정밸브에서 조정된 압력이 밸브의 공기 통로를 통하여 S 복식역지밸브(제동통) 압력으로 형성된다.

3) S 복식역지밸브

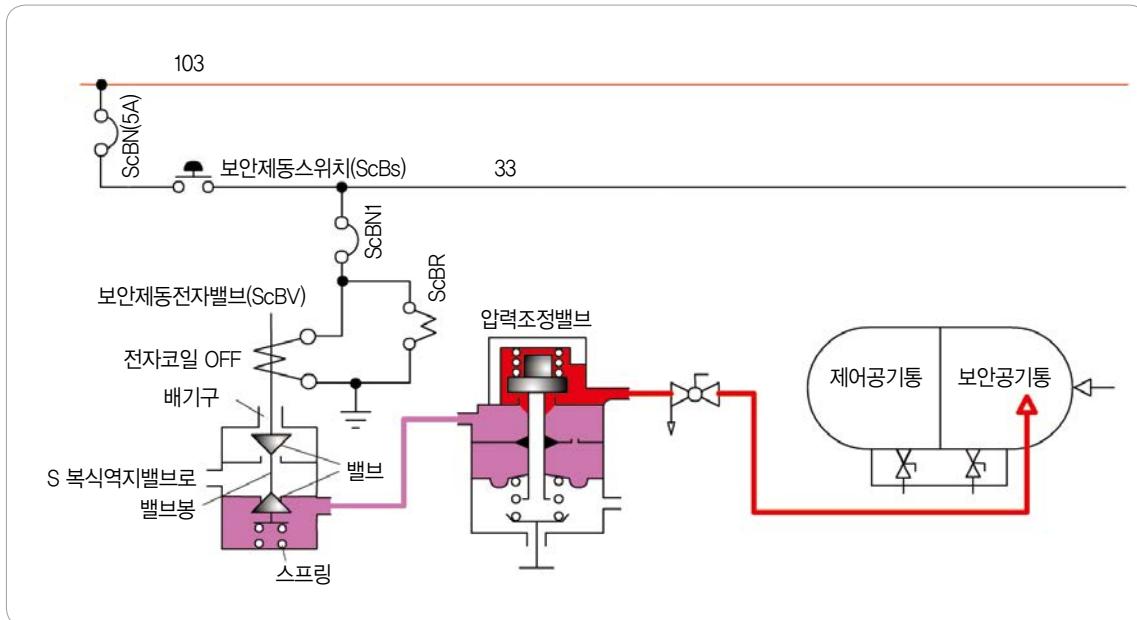
보안제동전자밸브에서 오는 압축공기에 의해 S 복식역지밸브가 밀리고 제동통 쪽으로 압축공기가 흐른다.



[그림 6-71] 보안제동의 제어와 제동 작용

(2) 완해 작용

보안제동스위치를 복귀하면 보안제동 제어 신호의 소멸로 보안제동 전자밸브가 무여자 되어 밸브 봉이 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].



[그림 6-72] 보안제동의 제어와 완해 작용

6.4.4 주차제동

주차제동통은 TC차 전부대차의 각 축에 하나씩, 2개가 설치되어 있다. 주차제동을 제어하는 주차제동 스위치(PBS)는 TC차 운전실에 있고, 주차위치와 완해위치로 구성되어 있다. 완해위치에서는 주공기통의 압축공기를 주차제동통에 공급하고, 주차위치에서는 주차제동통의 압축공기를 대기로 배출하는 작용을 하는 기계적인 스위치이다.

주차제동 장치의 주공기 배관에는 주차제동 압력스위치(PBPS, 이하 PBPS라 한다)가 설치되어 있어, 주차제동 상태를 전기신호로 모니터 제어장치에 보내고, 주차제동이 체결되어 있으면 동력 운전회로를 차단한다. 주차제동압력스위치의 설정 압력은 $6.0\sim7.0\text{kgf/cm}^2$ 로 되어 있다.

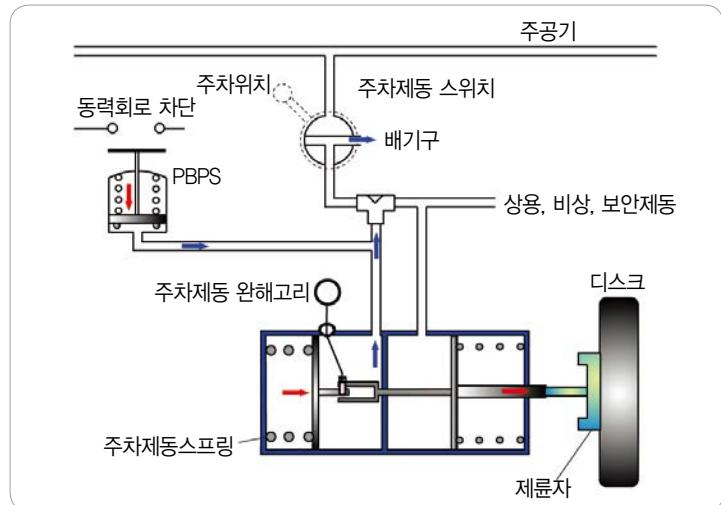
6.4.4.1 주차제동의 체결과 완해

(1) 주차제동의 체결

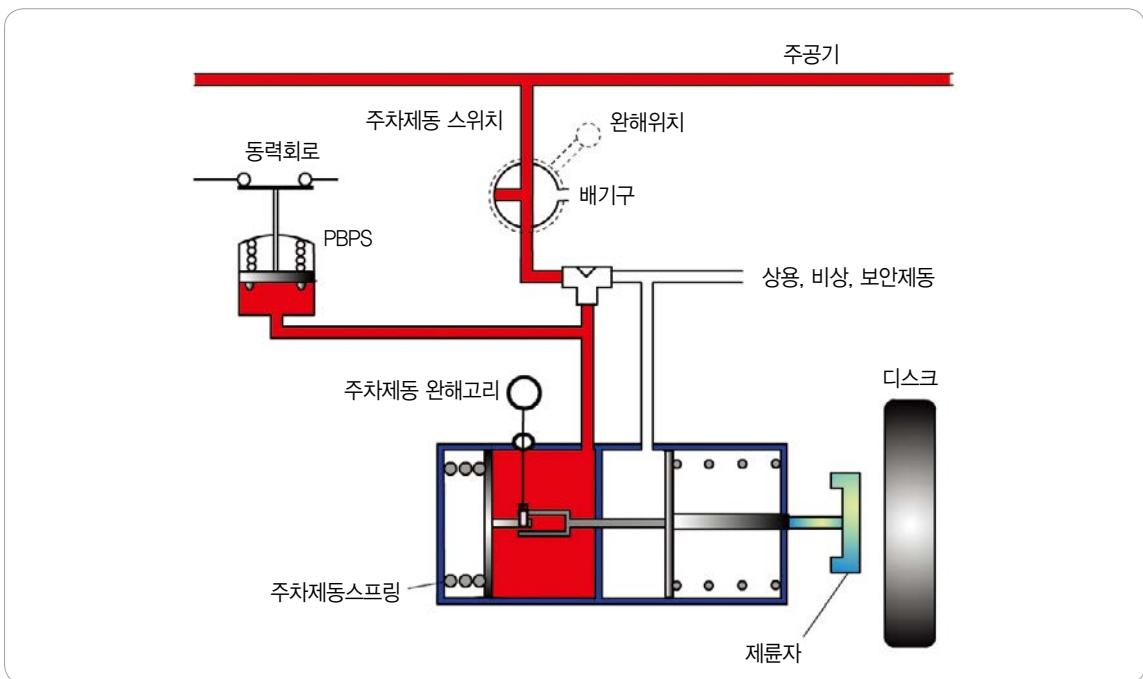
운전실에 있는 주차제동 스위치[그림 6-73]를 주차 위치로 하면, 주차제동통 안의 주공기가 주차제동 스위치의 배기구로 배기되어 주차제동 스프링의 탄성으로 주차제동이 체결되고, PBPS에 의해 동력 회로가 차단된다[그림 6-74]. 또한 어떠한 이유로 주공기통압력이 주차제동통의 스프링 압력보다 약해지면 자동으로 주차제동이 체결되므로, 차량을 장시간 유치할 때 구름방지용으로 주로 사용한다.



[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].

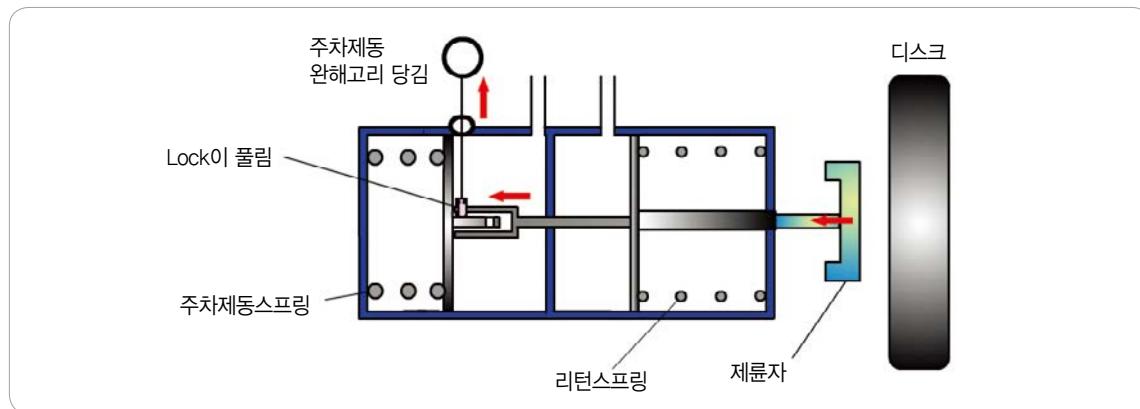
6.4.4.2 주차제동의 강제완해

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.

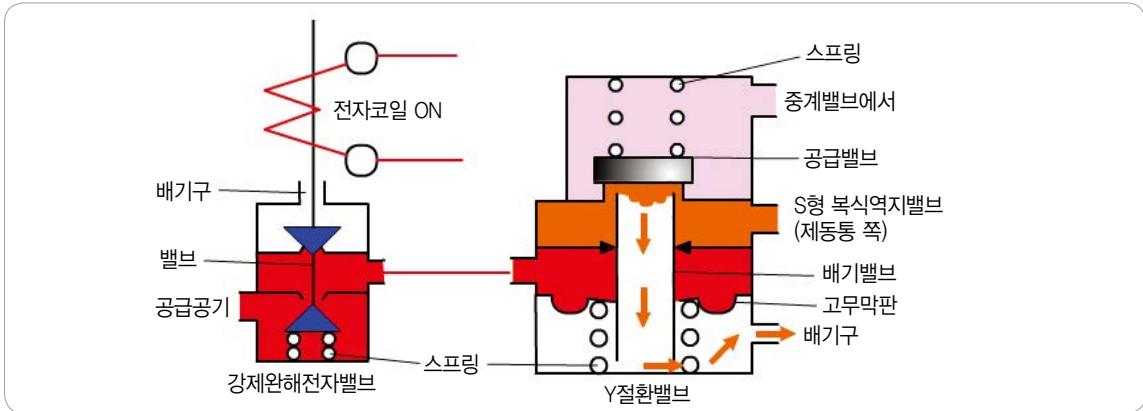
주공기통의 압축공기 압력이 정상으로 되어 주차제동통에 들어오면, 주차제동 피스톤은 주차제동 스프링 힘을 이기고 복귀된다. 이때 풀어진 Lock은 복귀 장치에 의해 복원되면서 주차제동 피스톤과 봉이 같이 작동하도록 다시 묶어 준다.



[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 공전환기의 강제완해 제어 신호에 의해 강제완해전자밸브가 여자 된다.



[그림 6-77] 강제완해 작용

강제완해전자밸브가 여자 되면, 밸브 하부실에 와 있던 공급공기압력이 Y절환밸브 고무막판 상부 실로 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].

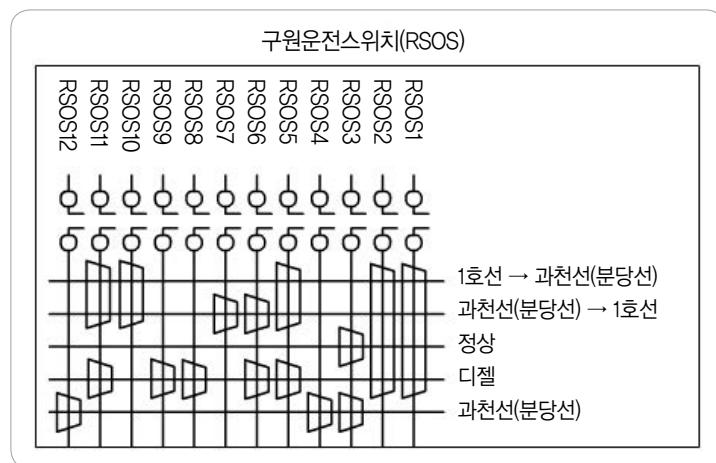
- ① 정상위치
- ② 과천선(분당선)¹³⁾ 위치
- ③ 과천선(분당선) → 1호선
- ④ 1호선 → 과천선(분당선)
- ⑤ 디젤위치

전기동차는 디젤기관차의 구원만 받고, 디젤기관차를 구원운전 할 수 없다.

RSOS의 각 위치에서 전기접점의 구성은 [그림 6-79]와 같다.



[그림 6-78] RSOS 위치

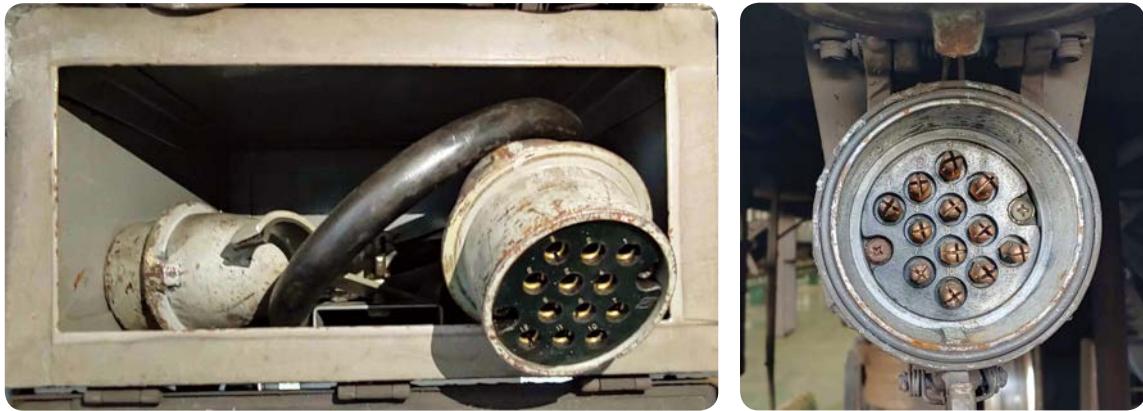


[그림 6-79] RSOS의 위치별 전기접점의 구성

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 쇄정하여 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 범저(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 구명은 이물질이 침투하지 못하도록 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)

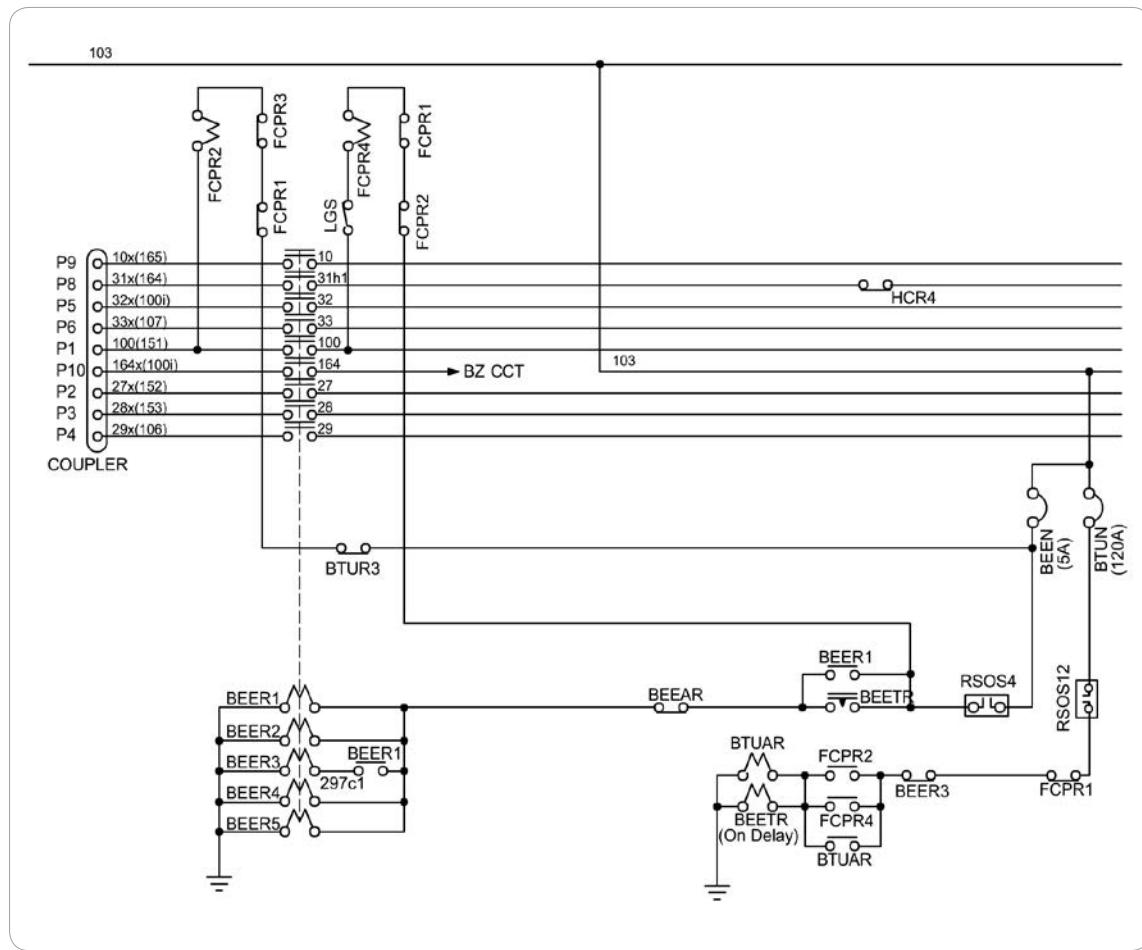
고장 열차와 구원 열차를 연결한 다음에 각 공기관 콕을 열어서 공기가 서로 통할 수 있도록 하여야 한다. VVVF 차량 간에 구원운전을 할 때는 주공기관(MR) 콕만 열어 주면 된다. 과천선 VVVF 차량은 TC차 앞쪽에 콕 2개가 설치되어 있고, 차량의 종류에 따라 3개까지 설치된 차량(저항 제어 차)도 있으므로 해당 콕을 모두 개방해야 한다. 전기동차가 디젤기관차의 구원을 받을 경우에는 따로 장착되어 있는 제동관(BP) 호스[그림 6-81]를 디젤기관차와 연결하고, 전기동차의 무동력회송 콕 [그림 6-58]을 열어 준다. 그러면 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

그림 6-82에서

- ① 103선에서 BEEN → RSOS4 → FCPR2(b) → FCRR1(b) → FCPR4 여자
 - ② 103 → BTUN → RSOS12 → FCPR1(b) → BEER3(b) → FCPR4(a) → BEETR 여자
 - ↘BTUAR 여자
 - ③ 103 → BEEN → RSOS4 → BEETR(a) → BEEAR(b) → BEER1,2,4,5 여자
 - ↘BEER1(a) → BEER3 여자
 - ④ 103 → BEEN → BTUR3(b) → FCPR1(b) → FCPR3(b) → FCPR2 여자
 - ⑤ 103 → BEEN → RSOS4 → FCPR2(b)여자로 접점개방 → FCPR1(b) → FCPR4 무여자
 - ⑥ 103 → BEEN → RSOS4 → BEER1(a) → BEEAR(b) → BEER1~5 계속 여자
- BEER1~5 연동에 의해 고장 열차와 구원 열차 상호 간에 12점퍼에 의한 9개 선(10, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 100, 164)이 연결되어, 구원 열차와 고장 열차 상호 간에 전기제동과 공기 제동이 같이 작용하도록 한다.

6.5.3.2 비상제동Loop회로의 구성(비상제동완해)

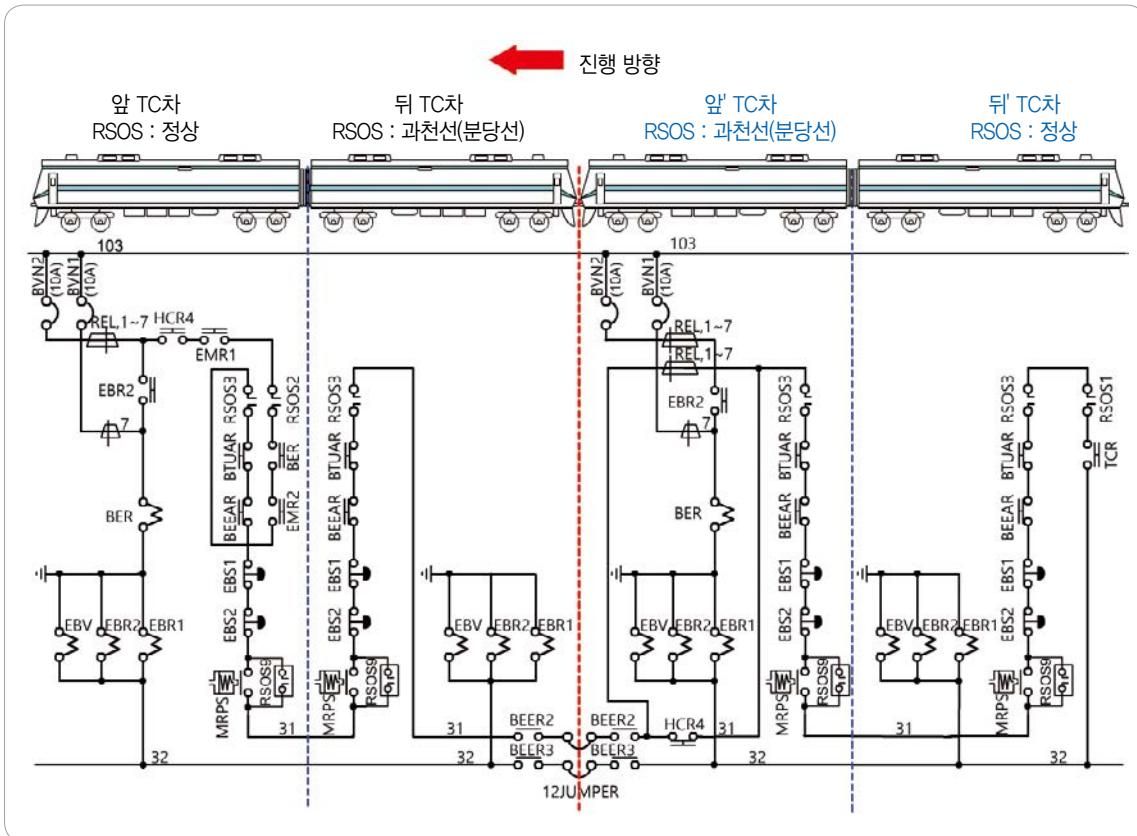
진행 방향의 맨 앞 TC차 제동핸들을 7단 위치에 놓으면, [그림 6-83]과 같이 BER이 여자 되고, 앞 TC차 103선 → BVN2 → 제동핸들(REL,1~7) → HCR4(a) → EMR1(a) → RSOS2(정상) → BER(a) → EMR2(a) → RSOS3(정상) → BTUAR(b) → BEEAR(b) → EBS1(정상) → EBS2(정상) → MRPS(정상) → 31선 → 뒤TC차 → MRPS(정상) → EBS2(정상) → EBS1(정상) → BEEAR(b) → BTUAR(b) → RSOS3(과천선) → BEER2(a) → 12Jumper → 앞'TC차 → BEER2(a) → 제동핸들(REL,1~7) → RSOS3(과천선) → BTUAR(b) → BEEAR(b) → EBS1(정상) → EBS2(정상) → MRPS(정상) → 31선 → 뒤'TC차 → 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.

6.5.4 구원운전 시 제동의 취급

구원운전 시, 동력 운전과 제동취급은 구원 열차에서 취급하는 것이 원칙이다. 고장 열차와 구원 열차의 각 운전실에서 제동을 취급하였을 때 작용하는 현상은 다음과 같다.

6.5.4.1 상용제동의 취급

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 보안 제동이 체결된다.

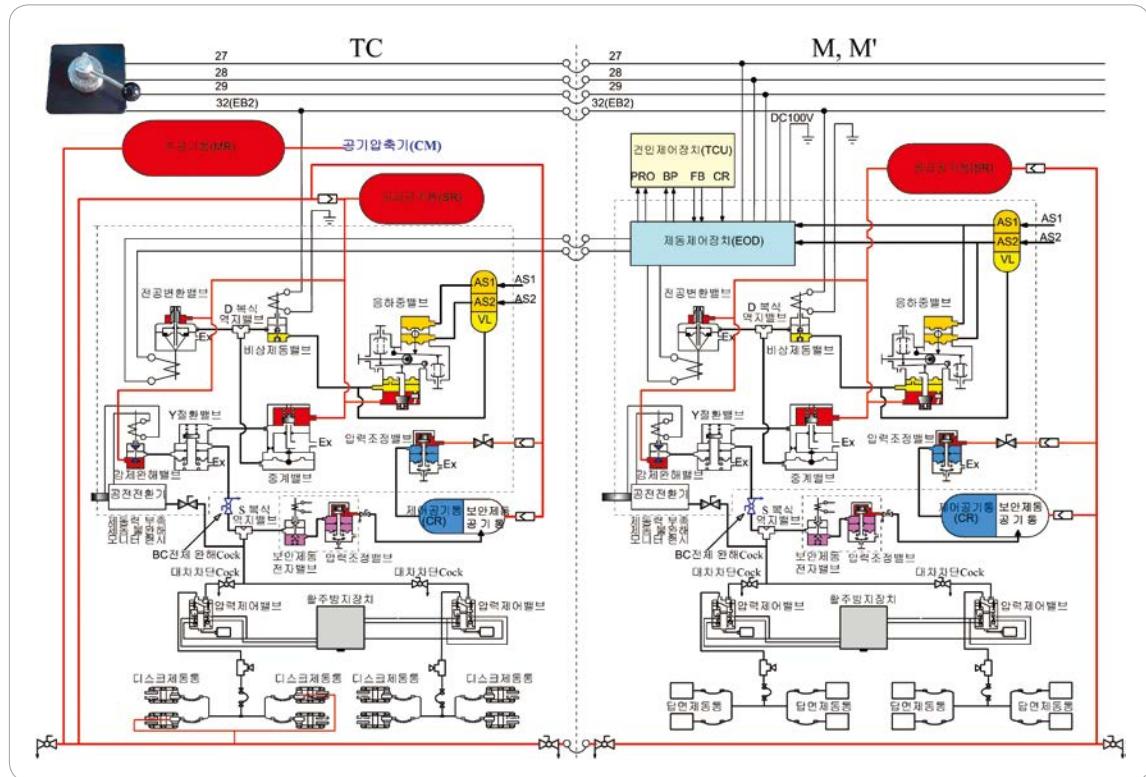
이상을 정리하면 [표 6-11]과 같다.

[표 6-11] 과천선(VVVF 차) 상호 간에 연결하는 경우의 작용

조작	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]

- 색이 있는 것이 구원 열차임.
- 앞 : 구원 열차 앞 운전실, 뒤 : 구원 열차 뒤 운전실, 앞' : 고장 열차 앞 운전실, 뒤' : 고장 열차 뒤 운전실
- : 가능, ×: 불가능
- 구원 열차에서 동력 운전 중 상용제동, 비상제동, 보안제동이 체결되면 구원 열차의 동력 운전 회로를 차단한다.



[그림 6-84] HRDA 제동장치 간략도



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 작동 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 주기관을 통해 각 차의 공기통에 압축공기를 공급한다.
 - (2) ()는 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 양 만큼의 압축공기압력으로 변환하여 공기제동력으로 작용하도록 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 강제 완해 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. VVVVF 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