



전기철도 수변전설비의 유지 및 운용 ⑥

자료제공 / 교육훈련팀



목 차

제3장 변전소의 용량과 간격

제4장 변성기기와 변압기

제1절 전철용 직류 변성기기가 구
비해야 할 성능

제2절 변압기 개요

제3절 정류기용 변압기

제4절 정류기 개요

제5장 직류고속도 차단기와 계측

제1절 직류고속도 차단기

제2절 직류변류기와 직류변압기

제3절 고조파 측정

제6장 보호장치

2. 정류회로

가. 3상 전파정류 (6 pulse정류방식)

- ① 고전압 대전류용 반도체를 이용한 전철용 정류기의 등장으로 실용화되기 시작한 가장 기본적인 회로
- ② R,S,T 각 상별로 직류측 출력과 귀환용 회로를 브릿지로 접속, 3상×2회로인 6개회로로 구성
- ③ 직류측 출력은 교류측 입력 1 cycle에 대하여 6 pulse의 맥동을 가지는 맥류로서 전기철도 초기의 캠 제어방식 전동차(저항제어식)에서는 공급전력의 품질상 별 문제가 되지 않았으나 현재 제작되고 있는 반도체에 의한 위상 제어방식(초파 또는 VVVF제어)의 전동차에서는 맥동률이 적은 양질의 전력을 필요로 하며 또한 전원측에 미치는 고조파의 영향 때문에 최근들어 새로 건설하는 지하철에서는 이 정류방식은 채택하지 않고 있다.
- ④ 서울지하철 1,2호선에서 사용하고 있는 방식
- ⑤ 직류측 출력 평균전압은 교류측 입력전압 실효치의 1.35배가 된다.

나. 6상 전파정류 (12 pulse 정류방식)

- ① 고전압 대전류용 반도체의 신뢰도가 향상, 다기능을 가진 다중 접합방식 반도체의 등장으로 전동차 제어방식이 위상제어화, 산업기기의 다양화에 따른 전원측의 고조파 감소대책 필요성 등으로 대부분의 직류방식 전기철도에서는 이 방식을 채택
- ② R, S, T 각 상별로 직류측 출력과 귀환용 회로를 브릿지로 접속, 3상×2회로인 6개회로의 3상 전파정류회로를 교류측 입력이 30° 위상차이를 가진 2개의 3상전원에 각각 접속하여 그 출력을 직렬(Cascade) 또는 병렬로 연결하도록 구성
- ③ 직류측 출력은 교류측 입력 1 cycle에 대하여 12 pulse의 맥동을 가지는 맥류로서 앞의 6 pulse인 3상 전파정류방식에 비하여 맥동률이 작고 고조파 발생측면에서도 비교적 유리하다.
- ④ 정류방식별 고조파 함유량 비교 단위 : %

고조파 치수 \ 정류방식	5	7	11	13	17	19	23	25
6 pulse 정류방식	17.5	11.0	4.5	3.0	1.5	1.25	0.75	0.75
12 pulse 정류방식	2.0	1.5	4.5	3.0	0.2	0.15	0.75	0.75

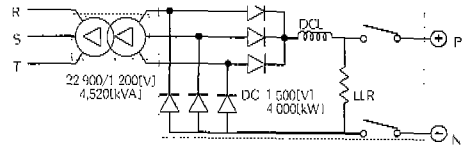
※ 기본파 전류에 대한 고조파 전류의 함유율을 %로 표시한 것임

- ⑤ 서울지하철 3,4호선은 4권선 변압기에 의한 2개의 직류측 정류회로 출력을 병렬로 연결하고 있으며, 철도청 일산선은 3권선 변압기에 의한 직류측 정류회로 출력을 직렬로, 5~8호선 및 타도시 지하철의 경우는 3권선 변압기에 의한 직류측 출력을 직렬로 연결하는 방식으로 되어있다.
- ⑥ 외국의 경우는 3권선 변압기에 의한 직류측 출력을 직렬로 연결하는 방식이 가장 많이 사용되고 있으며 전차선로의 전압강하를 보상하기 위하여 2개중 1개의 정류회로에는 정류

소자에 다이오드 대신 사이리스터를 채용하는 위상제어방식도 사용된다.

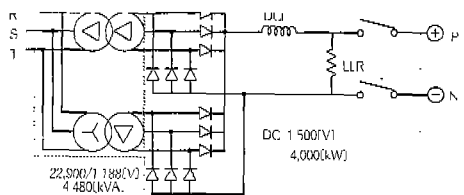
〈그림〉 지하철에서 사용되는 정류회로

(a) 3상 전파정류 (6 pulse 방식) — 서울 1,2호선



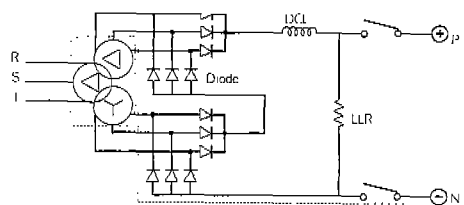
6상 전파정류 (12 pulse 병렬방식) — 서울 3,4호선

(b) 6상 전파정류 (12 pulse 병렬방식) — 서울 3,4호선



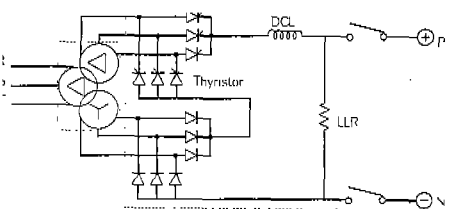
6상 전파정류 (12 pulse 직렬방식) — 서울 제2기, 지방도시

(c) 6상 전파정류 (12 pulse 직렬방식) — 서울 제2기, 지방도시



6상 전파정류 (12 pulse 사이리스터직렬방식) — 외국

(d) 6상 전파정류 (12 pulse 사이리스터직렬방식) — 외국



3. 정류기 사양



가. 지하철에서 사용하는 정류기의 제원

항 목	1,2호선(가스냉식)	1,2호선(공냉식)	3,4호선(공냉식)	
직류 정격 출력	4,000[kW]	4,000[kW]	4,000[kW]	
직류 정격 전압 및 전류	1,500[V], 2,667[A]	1,500[V], 2,667[A]	1,500[V], 2,667[A]	
교류 입력 결선방식	1,200[V], 3상×1회로	1,200[V], 3상×1회로	1,188[V], 3상×2회로	
직류 출력 펄스	단일, 6pulse	단일, 6pulse	병렬, 12pulse	
효율	98%이상	98%이상	97%이상 (변압기+정류기)	
역률	0.9 (25%~100% load)	0.9 (25%~100% load)	0.949 (25%~100% load)	
주위 온도 조건	최대40℃, 최소20℃	최대40℃	최대40℃, 일평균30℃	
연속정격	100%	100%	100%	
단시간정격(2시간)	120%	150%	150%	
단시간정격(1분)	300%	300%	300%	
냉각공기량[CMM]	-	25	136	
서지보호용 R-C network		8 (per diode legs)	12 (per diode legs)	
서지보호용 VOL TRAP		2	12 (per diode legs)	
크기[mm] (W×D×H)	2,660×1,690×3,000	2,760×1,590×2,770	2,137×1,425×2,290	
중량[kg]	3,100	2,500	2,722	
사용 정류 소자	소자 종류	Silicon Diode	Silicon Diode	Silicon Diode
	1대당 소자 사용 갯수	3si×6re×3pa=54ea	6pa×8re=48ea	6pa×6re×2pa=72ea
	Leg 수	6	6	6×2=12
	Leg 당 직렬 소자 수	3	1	1

항 목	1,2호선(가스냉식)	1,2호선(공냉식)	3,4호선(공냉식)		
사용 정류 소자	정극 축소 자	R9GO (disk type)	R700 (stud type)		
	부극 축소 자	R9GO (disk type)	R701 (stud type)		
	역내 전압	3,000[V]	4,000[V] / 4,200[V]	4,000[V] / 4,200[V]	
	정격 전류 (rms)		1,880[A]	470[A]	
	정격 전류 (평균)	1,600[A]	1,200[A]	300[A]	
	최대 전류 (1/2 cycle)	35,000[A]	3cycle, 12,000[A]	7,000[A]	
	최대 전류 (10 cycle)		10cycle, 10,000[A]	4,200[A]	
	최고 허용 온도 (Tj)		190℃	150℃	
	보호 장치	다이 오드 온도 (2θ)	1 level (트립)	2 level (경보, 트립)	2 level (경보, 트립)
		다이 오드 교장 표시		each legs (6 lamps)	each legs (12 lamps)
고저 항접 지			64C (트립)	64RX (트립)	
송풍 기고 장			R26F (트립)	88FFX (트립)	
도어 개방			DIX (트립)	DIX (트립)	

(1) 정류기반의 다이오드 부분

- ① 이 정류기는 3상 브릿지접속 다이오드 정류회로로 이루어졌다.(6개의 정류회로 → 보통 6상 정류회로라 한다.)
- ② 다이오드는 각각의 정류회로에 8개가 병렬로 접속되어 총 48개이다.
- ③ 각 다이오드의 휴즈에는 보조휴즈가 있어 주휴즈 상태를 감시한다.
- ④ 보조휴즈가 제어회로에 연결되어 있다.
- ⑤ 방열판 위에 온도감지기가 설치되어 있다.
- ⑥ 80도에 동작하는 온도감지기에 의하여 쉘 12개를 동작시킨다.
- ⑦ 각각의 쉘은 공기의 흐름을 감지하는 공기흐름감지기가 있다.

(2) 직류출력 부분

- ① 부극단로기와 차단기는 서로 인터록 장치가 되었다.
- ② DC 이상전압방지장치(DC Surge suppressor)가 설치되었다.

(3) 제어전원 부분

- ① 제어전원은 보조공급반에서 전원을 공급 받는다.
- ② 쉘의 전원은 내부의 변압기에서 전원을 공급 받는다.
- ③ 부라운 휴즈 (다이오드 휴즈)
 - ㉠ 부라운 휴즈의 검출회로는 6개의 채널로 구성되어 정류기의 브리지회로의 6개군에 대하여 각각 한 채널로 되어 있다.
- ④ 휴즈가 끊어지면 보조휴즈의 접점이 붙어서 제어회로에 연락한다.
- ⑤ 6개의 채널은 각각의 지시등이 정류기반의 전면에 설치되어 있다.
- ⑥ 온도감지기의 민감도를 감소시키기 위하여 타임 계전기를 설치.

(4) 유지보수 방법

- ① 정류기 속의 먼지를 제거한다.(다이오드 청소

시 각별히 주의)

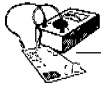
- ② 청소하는 동안에 환기를 시키며 진공청소기로 청소한다.
- ③ 절연체는 건조한 천으로 닦고 물걸레 사용은 바람직하지 않다.
- ④ 문의 인터록 스위치가 잘 동작하는지를 검사한다.
- ⑤ 큐비클의 조명상태를 관리한다.
- ⑥ 표시램프의 동작여부를 시험한다. 방법은 아래와 같다.
 - ㉠ 다이오드반에서 휴즈중 하나를 TRIP한다.
 - ㉡ 다른 6개 채널의 표시램프도 위의 방법으로 시험한다.
 - ㉢ 기타 이상여부가 있으면 즉시 연락하여 보수할 수 있도록 한다.

(5) DIODE정류기와 SCR정류기 비교

구분	DIODE	SCR
장점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설비 간단 ○ 실적이 많아 신뢰도 우수 ○ 고조파 함유량 적다 ○ 유지보수 용이 ○ 설치비 절감 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 출력전압제어 가능 ○ 변전소 간격 길어 경제적 ○ 회생전력 활용 가능 ○ SCR제어특성 이용 HSCB와 보호협조 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변전소 간격 짧아 변전소 건설비 과중 ○ 회생전력 활용 난이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설비 복잡으로 유지보수난이 ○ 설치비과다 ○ 고조파 함유량이 많아 FILTER 별도 필요

(6) VVVF(3VF=Variable Voltage Variable Frequency)차량

종래의 직류직권전동기를 사용하는 CVCF와 대비, 정류자가 없어 고장이 매우 적은 교류 능형 유도전동기를 사용하며 전동기의 단자 전압과 주파수를 가변, 즉 전원전압으로 토오크를, 주파수로 회전속도를 제어함으로써 열차속도의 폭넓은 제어가 가능하여 가속력과 속도제어 특성이 우수하고 에너지효율이 좋은 제어방식의 차량이다.



제5장 직류고속차단기와 계측

제1절 직류고속도 차단기

1. 종류

고속도 차단기는 자체 내에 고장검출부를 갖고 직류회로에 단락전류 또는 역전류 등의 이상전류가 발생한 경우 고장시간을 최대한 단축하고자 고속도로 개극 이상전류가 최대치에 달하기전에 어느 전류치로 제한하여 차단하는 것으로 직류 급전회로의 사고전류 차단에 쓰인다. 고장발생 순서로부터 차단이 동작하여 전류가 감소되기 시작할 때까지의 시간은 보통 8/1000~ 10/1000초 정도이다. 차단 완료할때까지의 시간은 18/1000초 정도이다.

가. 정방향 고속도 차단기

정상전류와 동일방향의 과전류에서 자동 차단을 하는 고속도 차단기이다. 사용종별로 급전용(54F), 정극용(54), 부극용, 인버터용 등이 있다. 급전회로와 기기 등의 과전류 보호에 사용된다.

나. 양방향 고속도 차단기

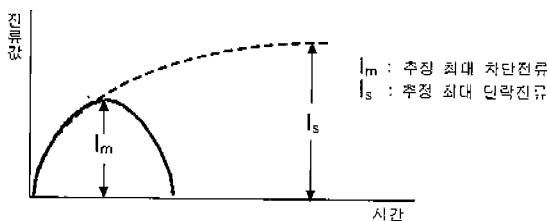
정상전류와 역방향의 양방향에서 과전류에 대해 자동차단하는 고속도 차단기이다. 주로 급전 타이포스트의 상 하선 접속이나 섹션포스트용에 쓰인다.

2. 고속도 차단기의 정격

가. 정격 차단용량

정격전압 및 규정의 회로조건을 기초로 규정의 표준동작책무와 동작상태에 따라 차단하는 경우의 차단용량 한도를 말한다. 추정단락전류 최대치를 사용해서 표시한다.

<그림> 추정 최대 단락전류값과 차단전류의 예



<표>차단전류 최대치의 예

정격차단용량 [A]	규정 회로조건		차단전류 최대값 [A]
	추정 단락전류 최대값 [A]	돌진율 [A/sec]	
15,000	15,000이상	5×10^3 이상	10,000
50,000	50,000이상	5×10^6 이상	25,000

- * 돌진율 : 돌진전류의 초기에 단위시간에 대한 전류의 증가비를 말한다.
- * 점진전류 : 완만하게 증가하는 전류
- * 돌진전류 : 단락전류에 한하지 않고 급격히 증가하는 전류

나. 정격 차단전류

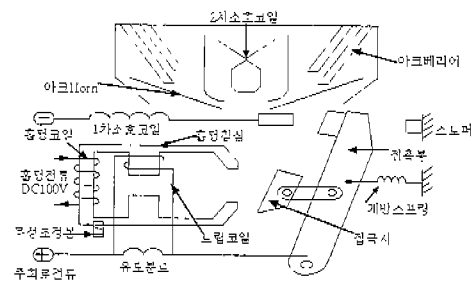
정격전압 및 규정의 회로조건하에서 규정의 표준동작책무와 동작상태에 따라 차단할 때 차단전류 최대치를 말한다.

다. 재기전압과 회복전압

재기전압이란 차단직후 극간에 나타나는 과도전압으로 최대 3200V이다. 또 회복전압이란 차단후의 극간에 나타나는 전압으로 정격전압의 100%를 표준으로 한다.

3. 동작원리와 구조

<그림> 고속도 차단기



고속도 차단기는 고장전류 검출부분과 접촉자를 개방하여 전류를 차단하는 트립부분을 함께 갖춘 것이 특징이다.

고속도 차단기의 구조와 동작기구는 전기 Holding 방식과 기계 Holding 방식에 따라 다른데 기계 Holding 방식은 트립 전자석이 주전류로 여자됨에 따라 Latch를 기계적으로 열므로 트립

시동기구는 교류차단기의 경우와 똑같이 되어 있다.

전기 Holding 방식을 설명하면

- ① 접극자는 Holding Coil의 전자력에 의해 개방 스프링의 힘으로 흡착되며 접촉봉을 통해 접축자가 폐로된다.
- ② 트립 코일의 기자력은 Holding Coil의 기자력을 소멸시키도록 구성되며 이것에 주회로 전류 또는 그 일부가 흘러 일정한 Setting치를 넘으면 Holding Coil의 전자력은 소멸되고 개방 Spring에 의해 신속히 접극자는 개방되고 동시에 접축자가 개로된다.
- ③ 접축자 개로시 발생하는 아-크는 Fleming의 왼손법칙을 이용한 배출 코일에 의해 소호실내로 밀어내 아-크를 분할 아-크길이를 늘려 아-크 전압강하의 증대와 냉각효과에 따라 전압강하가 커져 차단한다.

가. 고속도 차단기의 차단현상

차단기의 아-크전압 e_a 가 $E - R \times i$ (직류전압 - 회로정수와 사고전류의 곱)보다 크면 클수록 전류는 빨리 감소하고 차단은 빨라진다.

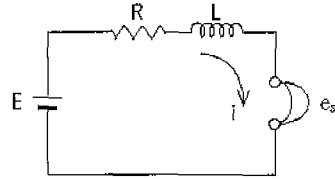
아-크 에너지는 전류, 회로인덕턴스 및 아-크 시간의 증가에 따라 커지고 이것이 증대하면 접축자를 손상시켜 결국 차단불능이 된다. 따라서 인덕턴스를 갖는 직류회로를 고속도 차단기로 차단할 때 차단성능에 관해서는 다음 사항이 요구된다.

- ① 전류가 정정치를 넘으면 가능한 빨리 트립하여 발호할 것.
- ② 발호후 신속히 아-크 길이를 늘려 아-크전압을 크게하여 차단완료로 도모할 것.

그러나 아-크 전압의 Peak치가 너무 크면 이상 전압으로서 회로의 절연을 파괴할 우려가 있으므로 허용치내로 할 것.

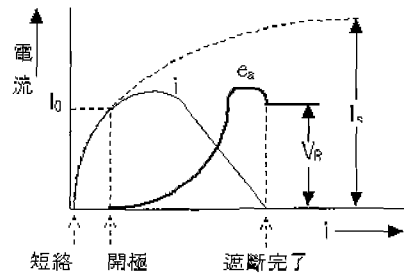
상기 두가지 성능이 만족되면 사고전류가 최종적인 단락전류 I_s 에 도달하기전에 이를 차단할 수가 있다. 아-크 에너지를 감소시킴에 따라 차단

을 쉽게하고 사고의 피해를 줄일 수 있다.



E : 直流電壓
R, L : 回路定數
 e_a : 아크電壓(極間)
i : 事故電流

<그림> 직류회로의 차단



I_s : 推定最大短絡電流 V_R : 回復電壓

<그림> 직류회로의 차단시 파형

나. 고속도 차단기의 消弧

消弧 철심의 양극(N, S)간에는 消滅 코일에 흐르는 主電流에 의해 強磁界가 만들어진다. 接觸子の 開極(아-크 접축자가 열리기 시작)에 따라 발생한 아-크는 이 자계에 의해 押上되어 아-크 Horn을 이동하면서 상승하므로 아-크는 급속히 늘어난다. 아-크 압상력은 아-크가 자계의 가장 강한 NS간에서 발생하는 중에는 강력히 움직이지만 아-크는 상승함에 따라 자계가 약한 공간으로 들어가기 때문에 압상력도 적어진다. 그러나 아-크가 2차 아-크 혼에 다달을 때까지 상승하면 2차 아-크 혼에 접촉된 2차 소멸코일이 아-크 전류회로의 일부로 되어 이 코일에 전류가 흘러 2차 소멸철심은 2차 소멸코일에 의해 자화되며 磁極철판을 양극으로 한 자계가 아-크 Chute 내에 만들어진다. 이 자계가 앞의 소멸철심 자계와 같이 아-크전류에 새로운 압상력을 주어 아-크는 길이를 더욱 늘려 냉각 소멸된다. 다음호에 계속됩니다