

수전설비를 구성하는 차단기의 특성과 응용(중)

글/윤 여 덕(한보공업주식회사 이사)

목 차

1. 수변전설비란
2. 수변전설비의 구성기기
3. 차단기의 필요성
4. 차단기의 특성
5. 차단기의 응용
6. 맺음말

4. 차단기의 특성

4-1 차단기의 기능

차단기는 여러가지 목적에 의하여 시설되겠지만 크게 나누어 다음과 같이 두가지로 대별할 수가 있다.

첫째, 고압 또는 특별고압의 전로중에 있어서 기계기구 및 전선을 보호하기 위하여 필요한 곳에 과전류 차단기를 시설하여야 한다(전기 제40조 참조). 둘째, 고압 및 특별고압 전로에 접지가 생긴 경우에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다(전기 제42조 참조)고 전기설비기술기준에 명시되어 있다. 즉, 단락사고 및 지락사고에 대하여 기기나 전로를 보호하기 위하여 차단기를 적당한 장소에 시설하여야 된다는 것이다.

또한 저압에 있어서도 과전류 차단을 위하여 퓨즈를 사용하도록 규정하고 있다(전기 제39조 참조).

4-2 차단기의 종류

현재 제작·사용되고 있는 차단기를 소호매체, 소호방식 및 사용전압에 따라 분류하면 다음표와 같다.

<표 4-1> 차단기의 종류

종 류	정 격 전 압(kV)				
	7.2	25.8	72.5	170	362
유입차단기	0	0	0	0	—
자기차단기	0	—	—	—	—
공기차단기	—	0	0	0	0
가스차단기	—	0	0	0	0
진공차단기	0	0	0	0	—

4-3 차단기의 정격

(1) 정격전압

공 칭 전 압(kV)	정 격 전 압(kV)
6.6	7.2
22.9	25.8
66	72.5
154	170
345	362

(2) 절연강도(170kV이하 기준)

정격전압(kV)	상용주파내전압(kV, 실효치)	뇌임펄스내전압치(kV, 파고치) 12/50 μ s
7.2	20	60
25.8	60(50)	150(125)
72.5	160	350
170	325	750

(3) 정격주파수 : 60Hz

(4) 정격전류

정격 전압 (kV)	정격차단 전류 kA (r.m.s)	정격전류 A(r.m.s)						정격투입 전류 KA(Peak 치)	정격차단 시간 (Cycle) (60 Cycle 기준)
		600	1,200	2,000	3,000	4,000	8,000		
7.2	12.5	600					31.5	8	
	25	600	1,200	2,000			63		
	31.5		1,200	2,000	3,000		80		
	40		1,200	2,000	3,000	4,000	100		
25.8	12.5	600	1,200				31.5	5	
	25	600	1,200	2,000	3,000		63		
	40			2,000	3,000		100		
72.5	12.5	600	1,200				31.5	5	
	20		1,200	2,000			50		
	31.5		1,200	2,000	3,000	4,000	80		
170	31.5	600	1,200	2,000			80	3	
	40		1,200	2,000			100		
	50		1,200	2,000	3,000	4,000	125		
	63			2,000		4,000	158		
362	40			2,000		4,000	100	3	

(5) 정격투입전류 : 투입전류의 한도이며 투입전류의 최종주파에서의 순시치의 최대치로 표시한다.

이의 크기는 정격차단전류(실효치)의 2.5배를 표준으로 한다.

(6) 정격차단시간 : 정격의 상태에서 표준동작책무 및 동작상태에 따라 차단할 때의 차단시간의 한도

(7) 표준동작책무

종 별	동 작 책 무
일 반 용	CO-15초-CO
고속도재투입용	0-0.3초-CO-3분-CO

- (주) 1) 7.2kV급 차단기의 표준동작책무는 CO-15초-CO
 2) 2, 5, 8kV급 이상의 차단기는 0-0.3초-CO-3분-CO
 3) 전력용콘덴서사용 및 분포리액타용 차단기는 CO-15초-CO로 한다.
 4) C를 투입동작, O를 차단동작, CO를 투입동작에 이어서 즉시 차단동작.

(8) 정격단시간전류 : 이 전류를 1초간 차단기에

흘렀을 때 이상이 발생하지 않는 전류의 최대한도이고, 차단기의 정격차단전류와 같은 값(실효치)로 하며 최대과고치는 정격치의 2.5배로 한다.

(9) 정격차단전류

① 정격차단전류는 차단기의 정격전압에 해당하는 회복전압 및 정격재기전압 등 규정회로 조건하에서 규정의 표준동작책무 및 동작상태를 수행할 수 있는 낮은 역률 차단전류의 한도를 말하며 교류분 실효치로 표시한다.

② 차단기는 정격차단시간에 따라 위의 교류분 실효치에 다음 표에 표시한 백분을 직류분을 포함하는 단락전류를 지장없이 차단할 수 있어야 한다.

단락전류의 백분을 직류분

정격차단시간(Cycle 60Hz기준)	백분율직류분(%)
3	40
5	20
8	10

(10) 정격재기전압(TRV) : 차단기가 정격차단전류 또는 그 이하의 전류를 차단할 때 부과될 수 있는 고유재기전압의 한도로서 2Parameter법과 4Parameter법으로 표시하며 그 규약치는 다음 표의 값을 표준으로 한다.

정격재기전압 표준치(정격전압 72.5kV이하)

정격전압 u (kV)	과고치 uc (kV)	과고시간 t ₁ (μs)	지연시간 td (μs)	지연선전압 과표치 u' (kV)	지연선시간 과표치 t' (μs)	상승률 uc/t ₁ (kV/μs)
7.2	12.4	52	7.8	4.1	25	0.238
25.8	41	88	13.2	13.8	42.5	0.47
72.5	12.4	168	8.4	41.5	64	0.74

$$uc = 1.4 \times 1.5 \sqrt{\frac{2}{3}} u$$

$$u = 7.2, 25.8kV \text{ 일 때}$$

$$td = 0.15t_1$$

$$u = 72.5kV \text{ 일 때}$$

$$td = 0.05t_1$$

$$u' = \frac{1}{3}uc$$

(11) 정격차단충전전류

① 가공송전선 무부하 충전전류(72.5kV 이상의 차단기)

정격전압(kV)	정격차단충전전류(A)
72.5	10
170	63
362	315

② 케이블 충전전류

정격전압(kV)	정격차단충전전류(A)
72	10
25.8	31.5
72.5	125
170	160
362	355

(12) 회로의 조건

① 회복전압 : 정격전압의 100%로 한다.

② 중성점 접지방식

- 1) 7.2kV : 비접지 방식
- 2) 25.8kV : 다중접지방식 또는 비접지 방식
- 3) 72.5kV : 비접지방식 또는 소호리액터 접지방식
- 4) 170kV 및 362kV : 직접 접지방식

③ 기타 조건은 상기 정격치에 준한다.

4-4 차단기의 구조

(1) 유입차단기(Oil Circuit Breaker : OCB)

(가) 탱크(Tank)형 유입차단기

철조(鐵槽 : Tank)의 상부에 부상(Bushing)을 놓고, 철조내 부상하부에 고정접촉자, 가동접촉자 및 소호실(消弧室)등을 갖고 있다.

개폐조작은 절연로트(가동접촉승강봉)를 써서 외부에서 인력 또는 동력(전자력 등)에 의하여 구동하게 된다.

절연유는 소호재로 쓰이는 외에 충전부(접촉자 등)와 대지, 상간 및 극간(개극된 때의 고정접촉자와 가동접촉자의 사이)의 절연재로도 사용된다.

그렇기 때문에 많은 양의 기름을 필요로 하고, 차단기로서는 비교적 대형이 된다.

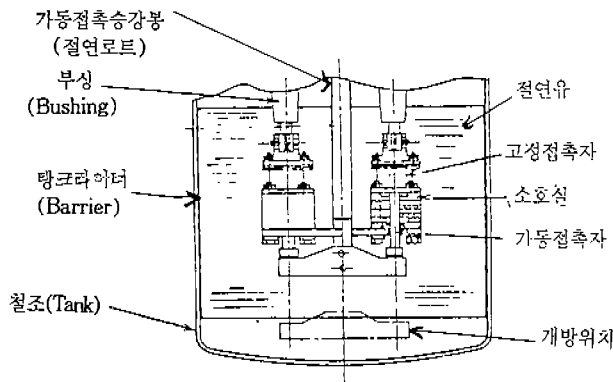
접촉부의 구조는 저전압 소용량의 것에서는 병절형(並切型)을 쓰나, 고전압 대용량의 것에는 고성능의 소호실이 쓰이고 있다.

근간에는 진공차단기나 가스차단기의 선호에 따라 수요가 감소하고 있으나, 이 기종은 장점도 있어 명맥을 유지하고 있다(그림 1참조).

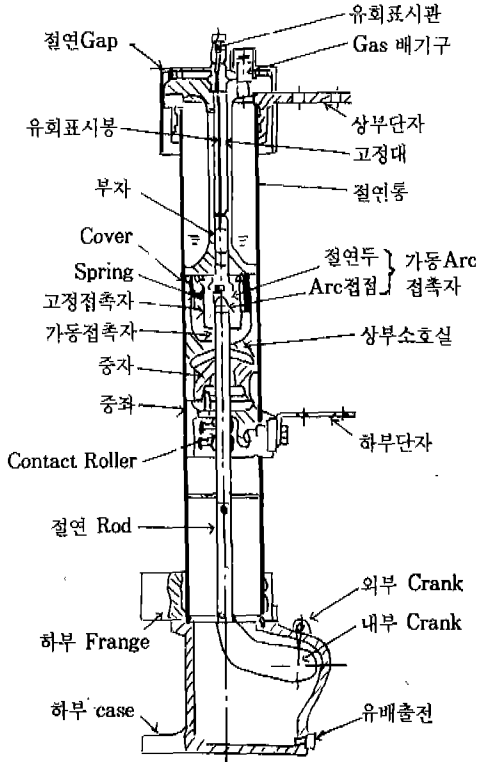
(나) 극소유량차단기(Minimum Oil Circuit Breaker = MOCB)

이 차단기는 통전부, 소호실을 각 상 독립된 용기에 집어 넣은 구조인데 그 한 예를 그림2에 들었다. 차단통은 조작기 위에 붙여져, 절연로트에 의하여 조작력이 조작기로 부터 차단통내의 가동접촉자에 전달되어 개폐조작이 이루어진다.

상간 및 대지의 절연은 예폭시수지 등의 고체절연물과 공기절연의 병용(並用)에 의하여 행하여져, 안



<그림 1> 유입차단기의 내부구조도



<그림 2> 극소유량차단기의 차단부 예시도

정된 절연성능이 얻어질 수 있다 하겠다.

그렇기 때문에 절연유는 소화재로서 사용되는 이외에 극간절연재로서 사용될 수 있게 되어 있어, 소요 유량은 대당 수 리터(ℓ) 밖에 들어가지 않으므로 유입차단기이지만 명칭을 분리하여 극소유량차단기라 불려진다.

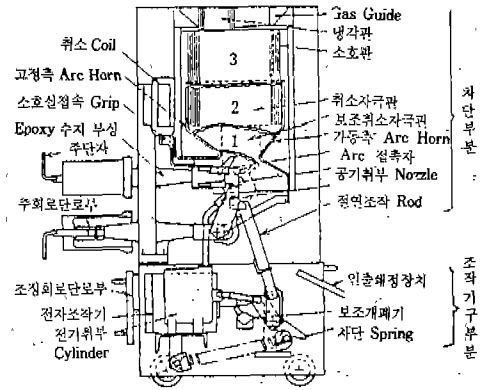
(2) 자기차단기

자기차단기는 기중에 있어 자기취소코일에 의하여 아크를 좁은 홈으로 끌어들이어 소화하는 차단기로, 차단기 최하부에 투입전자석을 취부하고, 순차 상부에 기구부, 접촉부를 배치, 최상단에 소화실을 넣은 구조인데 접촉부, 차단부, 소화실이 모두 노출되어 있다. 극간, 상간 및 대지의 절연은 대기 및 고체절연물에 의하는데, 소화실의 재료가 흡습하면 극간절연성능이 저하하여 차단성능에 지장을 줄 수 있으

로 대책을 강구하여 사용한다.

자기차단기는 소화실을 나온 접촉자가 보이므로 보수점검이 용이한 장점이 있으나 비교적 대형이 되고 차단음이 크게 나는 것이 단점이다.

일반적으로 특고압수전설비의 2차변전소용으로 사용하고 있다.



<그림 2-2> 자기차단기의 구조(예)

(3) 공기차단기(Air Blast Circuit Breaker : ACB)

이 차단기는 고속기류(氣流)에 의한 아크열 및 이온의 소산, 고기압에 의한 차단점 사이의 높은 절연내력을 이용하여 교류회로를 차단하는 것으로 유럽에서 가장 일찍 개발하여 쓰기 시작한 것이다.

이 기기의 장점은 기름을 전혀 쓰지 않으므로 화재의 우려가 없다는 것이고, 반면 사용기압이 비교적 높아(10~20kg/cm²정도) 이의 제어 및 보수에 세심한 주의가 필요한데 수천볼트에서 초고압의 것에 이르기까지 사용되고 있다.

이 형은 사용회로의 재기전압에 의한 차단성능에 끼치는 영향이 다른 차단기 보다 크기 때문에 차단시 제한저항을 삽입하여 차단용량을 증가시켜 개폐이상 전압을 억제시키고 있다.

(4) 진공차단기

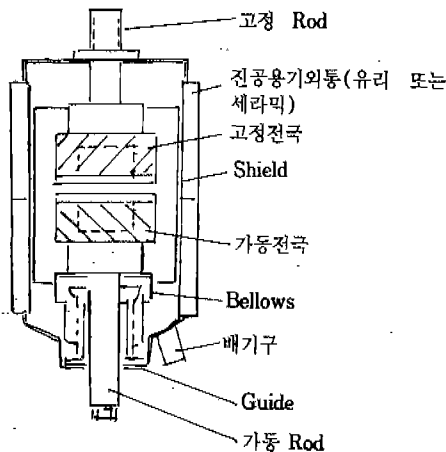
진공차단기는 각상 독립된 차단통을 갖고 있어 이 차단통내에 고진공(10^{-4} mmHg 이하)으로 유지된다.

다음 그림은 진공차단기의 외관예와 차단통(또는 진공밸브)의 구조를 나타낸 것이다.

진공중에서 가동접촉자와 고정접촉자를 마주보도록 배치하여 금속 벨로스를 달은 진공용기와 연결된 가동접촉자를 상하로 움직여 이로 인하여 개폐작업이 행하여진다.

상간 및 대지의 절연은 대기 및 고체 절연물로 이루어진다.

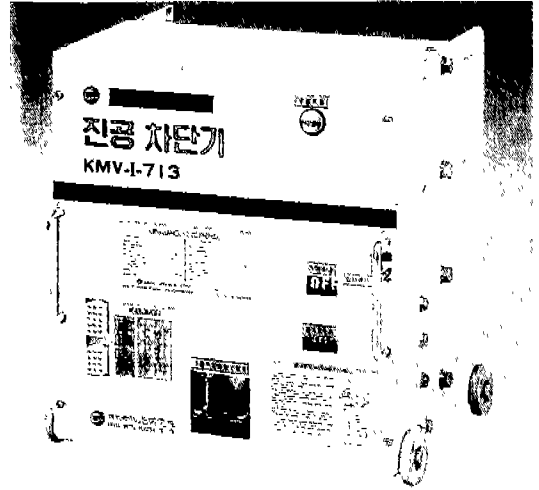
진공차단기는 고진공중에서는 대기중의 몇 배이상 높은 절연내력이 얻어진다는 것을 응용한 차단기로서 다른 차단기에 비하여 소형화되고 접점수명이 길어 기계적 차단기로서는 가장 이상적인 차단기라 할 수가 있는데, 전류차단시에 과전압을 발생, 전동기, 변압기 등의 절연을 파괴할 수가 있어 적당히 서지흡수 장치를 병용할 필요가 있는 것이 흠이다.



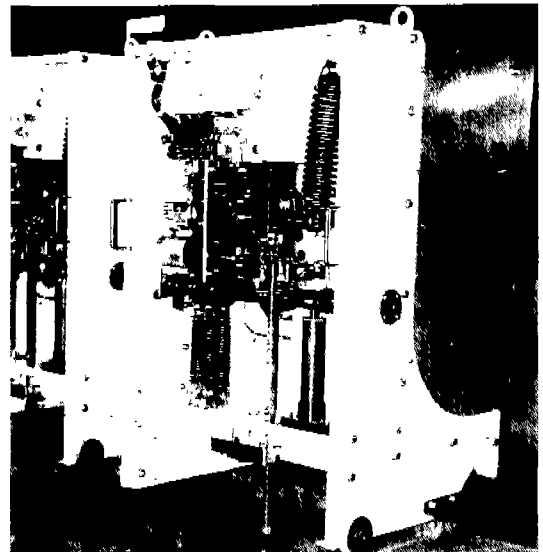
<그림 3> 진공차단부(Vacuum Interrupter : VI)의 구조도

(5) 가스차단기

가스차단기는 SF₆가스의 소호능력, 절연내력의 우수성과 안정성을 이용한 것으로 특별고압 및 초고압



(정면)



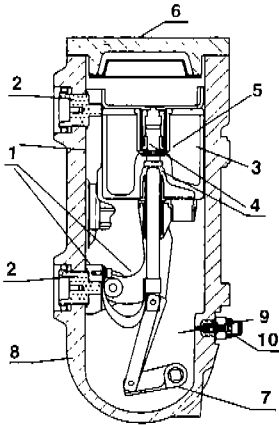
(이면)

<그림 4> 진공차단기의 외형도

의 분야에 많이 쓰이고 있다.

구조는 각상 독립된 용기내에 SF₆가스를 봉입하였다. 밀봉구조이기 때문에 보수, 점검을 할 때에는 가스를 빼고 중진작업에 장시간을 요하게 되므로 충분히 이 점을 고려하여야 한다.

(범례)



- 1) 주접점
- 2) 터미널
- 3) 소호실
- 4) 아크 접촉자
- 5) 절연노즐 (Nozzle)
- 6) 뚜껑
- 7) 조좌기구
- 8) 외함 (에폭시 수지)
- 9) 파열장치
- 10) SF₆가스 주입 또는 배기밸브

<그림 5> SF₆ 가스 차단기의 차단부예

4-5 각종차단기의 비교

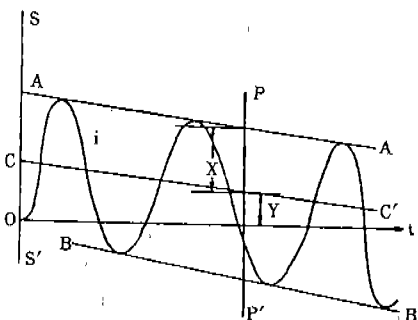
(1) 차단기의 종류와 성능비교

성능	진공차단기 (VCB)	Tank형 유입차단기 (OCB)	소유량형 유입차단기 (LOCB)	Gas차단기 (GCB)	자기차단기 (MBB)
전압[kV]	3.6~36	3.6~300	3.6~36	3.6~550	3.6~12
전류[A]	400~3,000	200~4,000	400~2,000	600~12,000	600~3,000
차단용량[MVA]	50~1,500	50~1,500	100~1,500	150~4,500	100~1,000
차단전류[kA]	8~40	8~50	16~40	20~50	16~50
차단시간[Cycle]	3~5	3~5	3~5	2~5	5
3/6kV급의 차단적수	3~4	2	2	3	2
소호실·접촉부의 보수	가성 간단하다.	어렵다.	어렵다.	간단하다.	간단하다.
접점	다.	(유교체)	(유교체)	(Gas교체)	
형 결 감	가성 깨끗하다.	불결	불결	깨끗하다.	깨끗하다.
차단시의 통상 개폐	적다.	적다.	적다.	적다.	적다.
소음	단락전류의 차단	적다.	적다.	적다.	크다.
개폐시 지지압	가장 높다.	조금 높다.	높다.	낮다.	가장 낮다.
개폐수명	무부하	10,000~30,000	10,000	10,000	10,000
단락전류	30~50	3~5	3~5	10~30	4~6

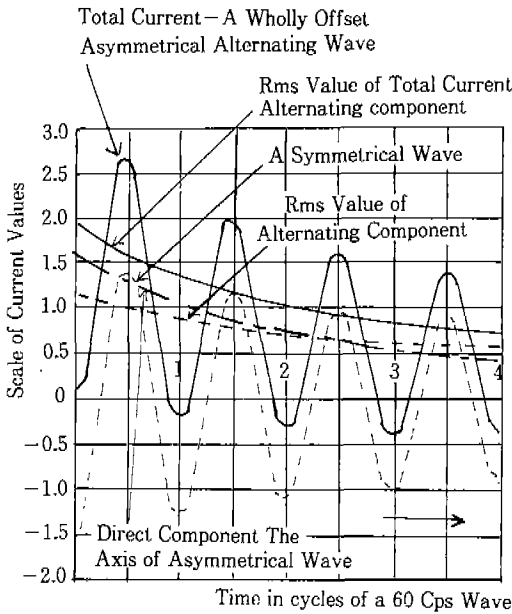
(2) 차단기의 종류와 적용상의 비교

종류	진공차단기 (VCB)	Tank형 유입 차단기 (OCB)	소유량유입차단기 (LOCB)	자기차단기 (MBB)
차단 성능	차단시간이 가장 짧으며, 탈조차단도 가능하여 가장 차단성능이 우수하다.	보통	보통	보통
치수 및 중량	가장 소형·경량(배선반에 3단짜리까지 가능)	가장 크다.	소형·경량(배선반에 2단짜리까지 가능)	소형·경량이라고 할 수 없다.
화재	가장 안전(Building 등에 최적)	위험성 있다.	위험성 있다.	안전
보수·점검	수명이 가장 길며 보수는 거의 불필요	접점의 보수필요 및 절점의 보수필요	접점의 보수필요 및 절점의 보수필요	접점의 보수필요
차단시의 소음	가장 작다.	작다.	작다.	크다.
외기의 영향	전혀 받지 않음.	습기의 영향을 받는다.	습기의 영향을 조금 받는다.	습기, Gas의 영향을 받는다.
설치 방식	배선반에 직결설치 고정형·인출형(인출형에 최적)	대부분 고정형	고정형·인출형	고정형·인출형
다빈도개폐조작	최적	부적	부적	보통
부하의 적용	개폐 Surge 고려할 필요가 있지만 Condenser 개폐용으로는 부적	일반용에 적용, Condenser 개폐용으로는 부적당	Condenser 개폐용으로는 적당하다고 할 수 없다.	개폐 Surge는 낮지만 Condenser 개폐용으로 적당하다고 할 수 있다.
가격	보통	싸다	보통	고가

고장전류 = $\frac{\text{고장점의 계통전압}}{\text{전원에서 고장점까지의 임피던스}}$
 전류파형은 다음 그림과 같이 된다.



- i : 차단전류
- AA'·BB' : 전류파의 envelope
- CC' : AA'와 BB' 간 거리의 2등분선
- SS' : 단락순시
- PP' : 발호순시
- X : 발호순시의 차단전류의 교류분 진폭
- Y : 발호순시의 차단전류의 직류분



<그림 6> 단락전류의 파형

4-6 단락용량

(1) 단락고장 전류

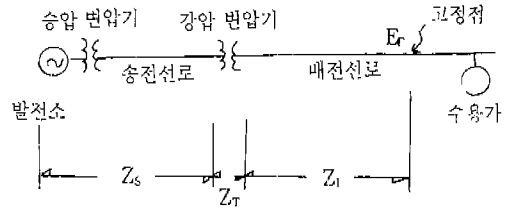
정상적으로 운전되고 있는 선로에 단락고장이 발생하면 그때까지의 정상부하 임피던스(Impedance)가 고장점까지의 단락임피던스로 변화(감소)하고, 전압·전류는 순식간에 돌연 변화하여 고장전류는 교류분 이외에 직류분이 포함된 비대칭전류로 된다.

즉, 고장전류는 아래식과 같이 된다.

(2) 임피던스

전원에서 고장점까지의 임피던스는 회로의 구성 여건에 따라 달라지게 되며, 또 고장점이 어디냐에 따라 결정되는 것이나, 한 예를 들면 다음과 같다.

(가) 계통구성예



위 그림에서

- Zs : 계통임피던스
- Zr : 변압기의 임피던스
- Zl : 선로임피던스
- Zf : 고장점의 계통전압
- If : 고장전류

이라면

$$I_f = \frac{E_f}{Z_s + Z_r + Z_l} \text{ (A)}$$

가 된다.

(3) 고장전류의 계산

계통의 고장은 일반적으로는 불평형고장이므로 Kirchhoff법으로 상기의 임피던스를 갖고는 계산이 매우 복잡하다.

그러므로 비대칭의 3상의 전압·전류를 정상·역상 및 영상분의 분력으로 분해하여 각분력의 회로를 독립적으로 계산하고, 후에 이들을 합성시켜 계산하는 대칭좌표법을 통상 운영하고 있다.

또한 임피던스치도 계산오차가 적은 Per Unit법 (PU법)을 사용하여 간이계산을 한다.

PU법은 기준이 되는 전압, 전류, 임피던스 및 kVA등을 선정하여

$$Z = \frac{\text{Impedance} \times \text{Base kVA}}{(\text{Base kV})^2 \times 10^3}$$

로 환산하나 통상 자기용량 Base의 %치가 주어져 있으므로 환산후의 Base kVA에 있어서의 Z(PU)는

$$\frac{\text{환산후의 Base kVA}}{\text{환산전의 Base kVA}} \times (\text{환산전의 Base kVA에 대한 } Z)$$

상기 식에 의하여 구하여진 각각의 임피던스를 계산하여 등가 Impedance가 구하여지면

(4) 단락용량 계산

• 단락용량대칭치 (kVA) = $\frac{\text{Base kVA}}{\text{등가 } Z(\text{Pu})}$

• 단락전류대칭치 (A)

= $\frac{\text{Base kVA}}{\text{등가 } Z(\text{Pu}) \times \sqrt{3} \times \text{Base kV}}$

• 단락전류비대칭치 (A) = (비대칭계수) × (단락전류 대칭치)

≃ (1.4~1.8) × (단락전류 대칭치)

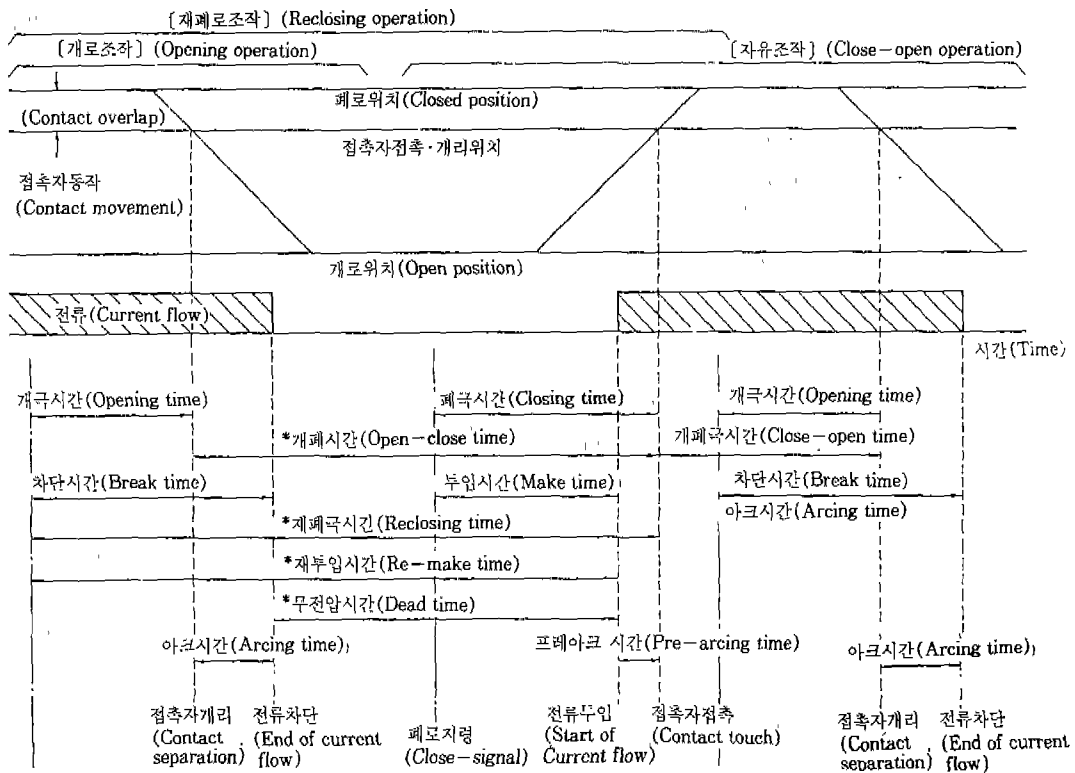
비대칭계수는 : 고압이상의 차단기 ≃ 1.8

한류퓨즈, 전압차단기 ≃ 1.5~1.6

(5) 전류차단

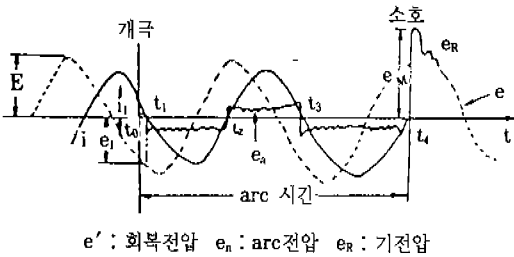
회로의 전압과 전류가 동상인 경우에는 항상 동시에 Zero치를 통과하므로 동상전류 차단시 아크전류가 쉽게 소멸한다.

그러나 단락전류는 그 위상이 90° 늦은 지상전류이므로 차단현상이 복잡하다. 지상전류를 차단하는 경우 재기전압(Restriking Voltage)이라는 과도적인 전압이 발생하므로 지상전류의 차단현상을 통하여, 즉 접점간에 나타나는 전압은 전원전압보다 높고, 전압상승율도 크므로 절연회복이 충분하지 않으면 재점호한다. 재기전압은 단락전류를 차단한 후에 극간에 나타나는 전압이므로 그 주파수가 클수록 파괴치가 높을수록 극간의 절연내력이 이를 견디기 어렵고 그만큼 차단이 곤란하다.



<재폐로 차단기의 동작특성>

그림7은 재기전압파형의 일부분을 확대한 것이다.



<그림 7> 지상전류의 차단

4-7 고속도 재폐로

고속도 재폐로(High Speed Reclosing Circuit)란

표준동작책무(Standard Duty Cycle)의 일종으로서 차단기가 어떠한 이유로 인하여 투입후(폐로후) 고장상태가 지속되고 있을 경우에는 다시 개로되었다 어느 시간 경과후 다시 폐로되는 기능을 표시한 것이다.

IEC에서는 $O-(\theta)-CO-\left(\frac{1}{3}\text{분}\right)-CO$ 로 표기

하여 있으나, 우리나라의 한전규격에는 $O-0.3\text{초}-CO-3\text{분}-CO$ 로 운영하고 있다. 위에서 θ 는 전류 차단에서 Pre-Arc발생 까지의 시간(무전압시간)을 나타낸다.

이 관계를 요약한 도표를 보면 다음과 같다.

즉, 고압배전선로 사고 통계에 의하면 순간사고의 점유율이 90% 이상을 나타내고 있음에 비추어 재폐로 운전으로 송전을 기할 수가 있게 된다.

11월의 문화인물

문화체육부는 11월의 문화인물로 언론이 위암 장지연선생을 선정했다.

위암은 유학의 개신(改新)을 통해 개화를 주장한 사상가이자 민족주의 사학의 토대를 세운 사학자이다.

언론 및 대한자강회활동을 바탕으로 국력배양과 구국을 호소한 애국계몽사상가이기도 했다.

유교적 가문에서 성장한 위암은 일찍 유학경전에 통달하고 실학에도 많은 관심을 가졌다.

1895년 을미사변이 일어나자 그는 의병의 깃기를 호소했고 1897년 아관파천때에는 고종의 환궁을 요청하는 만인소를 기초했다.

1901년 황성신문사 사장을 맡



장 지 연 (1864~1921)

은 그는 을사조약(1905)이 체결되자 '시일야방성대곡'이란 제목의 사설로 일제의 흥계를 알리고 투옥되기도 했다.

이듬해 위암은 대한자강회를 조직, 구국운동을 벌이다 강제해산을 당했으며 1909년엔 진주의 경

남일보사 주필로 활동하다 한일합방이 되던날 황현의 '절명시'를 게재로, 이로 인해 신문이 정간되었다.

그후 조선총독부 탄압속에서도 언론활동을 계속하다 3년후 마산으로 은거해 국학과 전통문화를 통한 국민의 일체감조성을 꾀했다.

주요저서로는 <대한강역고>, <조선유교연원>, <만국사물기원역사> 등이 있다.

문화체육부는 관련단체와 함께 장지연선생의 애국적 삶을 기리기 위해 특별강연회, 논총발간, 묘역정화 등 다채로운 행사를 벌인다. 또 MBC TV는 11월17일하오 10시55분부터 위암의 생애를 준비했고 KBS TV는 언론인·관련학자의 대담프로를 11월중에 방영한다.