

## 제 3 장 차단기

1. 차단기의 개요
2. 진공차단기(VCB)
3. 기중차단기(ACB)
4. 전력퓨즈
5. 고장구분자동개폐기

# 1. 차단기의 개요

차단기는 전력개폐장치의 일종으로 전력의 송·수전, 절체, 정지 등을 계획적으로 수행하거나 전력계통에 어떤 이상이 발생하였을 때 그 계통을 신속히 차단하는 역할을 한다. IEC, JEC 등에서는 “정상상태의 전로를 투입, 차단하고 단락과 같은 이상상태의 전로도 일정시간 개폐할 수 있도록 설계된 개폐장치를 말한다”라고 규정하고 있다. 차단기는 전선로에 전류가 흐르고 있는 상태에서 그 선로를 개폐하며, 차단기 부하측에서 과부하, 단락 및 지락 사고가 발생했을 때 각종 계전기와의 조합으로 신속히 선로를 차단하는 역할을 하는 전기설비의 대표적인 보호기기라 할 수 있다.

## 1.1 차단기의 기능요건

- (1) 투입상태에서 양호한 도체이어야 한다. 따라서 정상상태 또는 단락상태와 같은 이상조건하에서는 열적으로 구조적으로 견디어야 한다.
- (2) 개방상태에서는 양호한 절연체이어야 한다. 따라서 상간(相間) 또는 상대지간(相大地間) 절연이 유지되어야 한다.
- (3) 차단기 투입시에는 정격차단전류 이하의 전류를 이상전압 발생 없이 가능한 한 단시간에 차단할 수 있어야 한다.
- (4) 차단기 개방시에는 접촉자 손상 없이 신속하게 안전하게 회로를 분리하여야 한다. 그리고 차단기는 정상상태에 있는 회로의 개폐뿐만 아니라, 단락 상태와 같은 이상상태의 회로도 개폐할 수 있다는 것이 최대의 특징이라 하겠다. 또한 기계적으로는 지진 등에 대해서도 충분한 강도를 가지고, 개폐조작시에 발생하는 소음이 작고 소형이며 보수·점검이 용이하고 더욱이 장기간에 걸쳐 특성이 변하지 않는 것도 주요한 기능이다.

## 1.2 주요 구성부

### 1.2.1 접촉부

접촉부는 전로의 개폐가 이루어지는 부분을 말하며 가동접점과 고정접점으로 되어 있다. 접촉부도 전선의 일부분에 해당하므로 전류의 통전 능력이 중요하다. 접촉부를 연속하여 흐를 수 있는 전류의 크기를 허용용량으로 표현하기도 하는데 이는 접촉자의 최고 허용온도, 접촉면적, 접촉저항 등에 의하며 접촉저항은 접촉압력, 접촉부의 형상, 접촉부의 재질, 접촉방식 등에 의하여 결정된다.

가동접점은 차단기를 개폐할 수 있는 기계적인 가동부와 연결되어 있으며 폐로 시에는 고정접점과 기계적, 전기적으로 확실하게 접촉되도록 하고 개로 시에는 고정접점과 사이에서 발생하는 전압에 충분히 견딜 수 있는 거리로 이격 되도록 하는 역할을 한다.

차단기를 개폐한다는 것은 접촉부를 전기적으로 개폐하는 것을 의미하며 개폐 시에는 전류에 의하여 아크가 발생하기 때문에 이에 의한 접점의 소모가 없고, 아크를 소멸시키기 용이한 구조로 이루어 져야 한다. 접촉부의 구조는 아크의 소멸방식과 밀접한 관계가 있으며, 아크에 의한 접점의 손상을 방지하기 위하여 폐로 중 전류가 통하는 부분과 아크를 발생하는 부분을 구분하여 제작하기도 한다.

### 1.2.2 소호부

차단기의 접촉부를 개방시키면 통전중인 전류가 어느 한도 이하가 아니면 아크를 발생한다. 이 한계 값은 전극의 형상, 전극의 재료, 전로의 조건, 개방속도, 전원의 종류 등에 따라 다르다. 직류 전로에서는 사용전압이 10~20[V] 정도이면 대체로 아크가 발생되지 않으나 교류 전로에서는 개방 시 전압 변동률에 의한 유기 기전력 때문에 발생하게 된다.

전로의 사용전압이 높아지거나 전류가 커지면 아크는 더욱 크게 발생한다. 특히 단락전류와 같은 대전류의 차단 시에는 아크는 몹시 커지게 되므로 아크 소멸에 대한 대책은 더욱 심각하게 된다. 차단 시 발생하는 아크를 소멸시키지 못하면 차단에 실패하게 되며 재 점호되어 큰 사고로 발전하게 된다. 사고의 발생으로 차단기를 차단할 때 가동접점이 기계적으로 충분히 이격 되어 있어도 아크의 소멸이 이루어지지 않으면 전기적으로는 연결된 상태이므로 차단이 완료되었다고 할 수 없다. 따라서 아크를 소멸시키는 소호부는 차단기에서 매우 중요한 부분이 되며 소호부의 구성에 따라 차단기의 종류가 결정된다.

### 1.2.3 조작부

차단기의 가동접점을 직접 동작시킬 수 있는 에너지를 처리 및 전달하는 부분을 말하며 차단기의 종류, 이용되는 운동에너지의 종류에 따라 그 형태가 다양하여 지며 대체로 다음과 같은 기능과 특성을 갖고 있다.

#### (1) 기능

- 투입 : 신호에 의해 접촉자를 투입한다.
- 투입유지 : 접촉자를 투입 위치에서 유지한다.

- 개방 : 신호에 의해 접촉자를 개방하고, 또한 전자변의 동작 등 차단에 필요한 요소의 동작을 수행한다.
- 개방유지 : 접촉자를 개방의 위치에서 유지한다.

## (2) 차단기 조작기구의 특성

- 조작기구는 차단기가 투입될 때 흐르는 고장전류에 대하여 투입을 유지하도록 걸림쇠(Latch)를 걸 필요가 있다.
  - 특고압 및 초고압차단기는 고속도 재투입의 동작책무를 요하는 조작기구와 그 조작을 가능케 하는 재폐로 기구를 갖지 않으면 안 된다.
- 차단기의 조작 방식은 투입 또는 개방의 조작에 직접 필요한 기계력의 종류에 따라 수동, 솔레노이드, 공기, 전동 스프링 조작방식 등으로 구분하고 있다.

### 1.2.4 제어부

차단기의 외부로부터 신호를 받아 이것을 선택하여, 차단기 조작 에너지를 제어하는 장치를 말하고 트립 코일, 전자 접촉기, 압력 계전기, 전자 밸브, 제어 계전기 및 주 회로 접촉자와 같이 움직이는 보조접점 등으로 구성된다.

차단기의 제어방식으로는 전기적, 공기적, 유압적 방식 등이 있다.

### 1.3 차단기에 사용하고 있는 소호방법

교류 차단기의 차단현상(소호)은 보통 어느 형식으로도 회로의 전류가 0의 값을 통과하여 극성을 반전하려고 하는 순간에 차단력을 발휘시켜 자르는 방법을 취하고 있다. 차단시의 소호현상은 통상 절연 내력설이나 에너지 평형설로 설명하고 있다.

다시 말하면 절연 내력설은 차단때 재기전압의 상승특성과 극간의 절연내력 회복 특성과의 경쟁력인 관계로 설명한 것이다. 즉 절연의 회복 특성이 재기전압의 변화보다도 우세하면 차단이 가능하며 그 반대이면 차단이 불가능하게 된다는 것이다. 이것에 대하여 에너지 평형설은 차단때 극간의 전류가 0의 값 통과 후에도 약간이지만 아크 중에 도전성이 남아 재기전압에 의하여 지금까지는 역방향의 전류가 유입하여 아크로의 입력이 생겨 그 때문에 아크의 온도가 변화한다는 점에서 소호현상을 설명한 것으로 이 설은 자기차단기의 소호현상을 설명할 때 잘 적용할 수 있다.

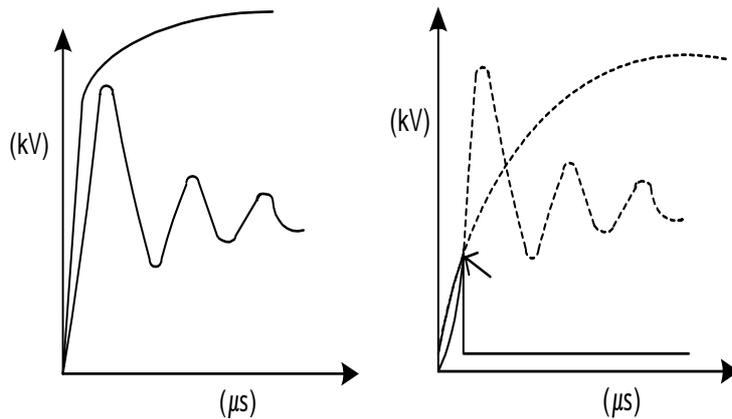


그림 1.1 소호(차단성공) 재발호(차단실패)

♣ 현재 차단기에 많이 사용하는 소호방법

- 아크에 의하여 발생한 가스를 냉각하는 방법
- 이온을 확장하는 방법
- 이온을 어떤 방향으로 불어 날리는 방법
- 소호실의 내압을 높게 하는 방법
- 아크를 세분하는 방법
- 자계의 아크 구동력을 이용하는 방법

위에 기술한 방법들은 어느 것이나 결과적으로는 차단기 극간의 급속한 절연내력의 회복을 합리적으로 상승시키도록 한 것에 지나지 않으며 실제 차단기에서는 하나의 방법뿐만 아니라 몇 가지 방법을 짜 맞추어 차단성능을 높이고 있다.

### 1.4 차단기 정격

차단기의 정격이란 차단기의 성능을 보장하는 한도를 말하며, 본체에 대한 사항과 본체를 조작하는 부분으로 나누어 그 표준치를 정하고 있다.

본체에 대한 사항은 정격전압·전류·차단전류·재기전압·투입전류·주파수·차단시간 등이며 조작기구에 대한 사항은 정격투입 조작전압·트립전압 등이다. 또 중성점 접지방식, 역률 등 전로의 표준 조건과 동작책무에 대한 사항도 있다.

#### 1.4.1 전압에 관한 사항

##### (1) 정격전압

차단기의 정격전압이란 전로의 사용전압에 따라 정해지며 차단기에 인가될 수 있

는 사용전압의 상한 값이 된다. 통상 정격전압은 선간전압으로 표시하며 계통의 공칭전압에 따른 정격전압은 표 1.1과 같다.

표 1.1 정격전압의 표준치

공칭전압(kV)	정격전압(kV)	비 고
3.3	3.6	KSC
6.6	7.2	KSC, ESB
22, 22.9(Y)	25.8, 24	ESB
66	72.5	ESB
154	170	ESB
345	362	ESB

(2) 재기전압

교류회로를 차단할 때 발생하는 아크는 전압과 전류가 동상일때는 동시에 영이 되는 점이 반주기 마다 생겨나므로 쉽게 소멸된다. 그러나 실제의 전력계통에서는 동상인 경우는 없다고 할 수 있다.

전력계통의 단락전류를 차단하는 경우의 등가회로는 그림 1.2과 같이 표시할 수 있다. 그림 1.2에서 단락전류  $i$ 와 전원전압의 위상차는  $\omega L \gg R$  이므로 대략  $90^\circ$ 정도의 지연률로 볼 수 있다. 또 차단기의 가동접점이 개극을 시작하여도 관성이 있으므로 완전히 개극 상태가 되기 전에 전류 0인 점을 만나게 된다. 역률이 낮으면 전류 영일 때 두접점 사이의 전압은 최고치에 가까워지므로 더욱 차단하기 어려워져 계속 전류가 흐르게 된다.

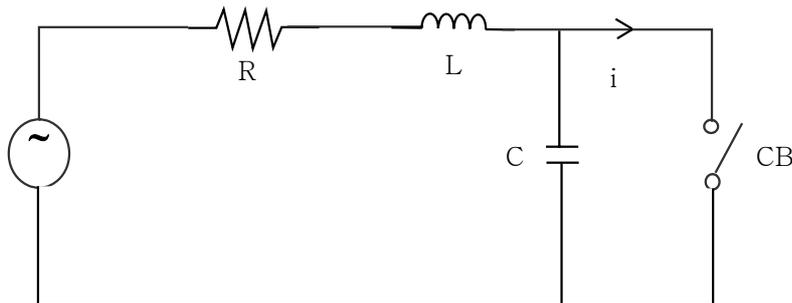


그림 1.2 차단전류의 등가회로

그림 1.3과 같은 지상전류인 단락고장의 차단을 예로 들어 재기전압 발생 현상을 설명하면  $t=t_0$  인 순간에 가동 접촉자를 개방하면 전류는  $i_0$ 의 값을 가지고 있어 아크를 통하여 전류가 흐른다. 이때 전극 간에는 전류와 동상인 아크전압  $e_a$ 가 나타난다.  $e_a$ 는 통상 고주파진동을 포함한 복잡한 파형으로 되어 있다.  $t=t_1$ 일 때 일단 아크가 소멸되나 전원전압은  $e_1$  값이 되므로 재차 아크가 발생하여 전류가 흐른다. 이와 같이 반주기 마다 아크의 점멸을 반복 하다가  $t=t_4$  인 점에서 접촉자는 충분히 열리게 되어 고정접점과 가동접점 간에 절연내력이 확보되어 아크가 소멸된다.

이와 같이 차단기의 한 접점이 차단된 직후에 차단기 전극의 양단에 나타나는 과도전압을 재기전압 또는 과도회복전압(Transient Recovery Voltage)라 한다. 재기전압은 단일주파수 성분뿐인 것과 다중주파의 과도성분을 가진 것이 있으며 이로 인하여 접점 간에 나타나는 전압은 전원전압보다 높고 전압 상승률도 크므로 절연회복이 충분하지 못하면 재점호 한다.

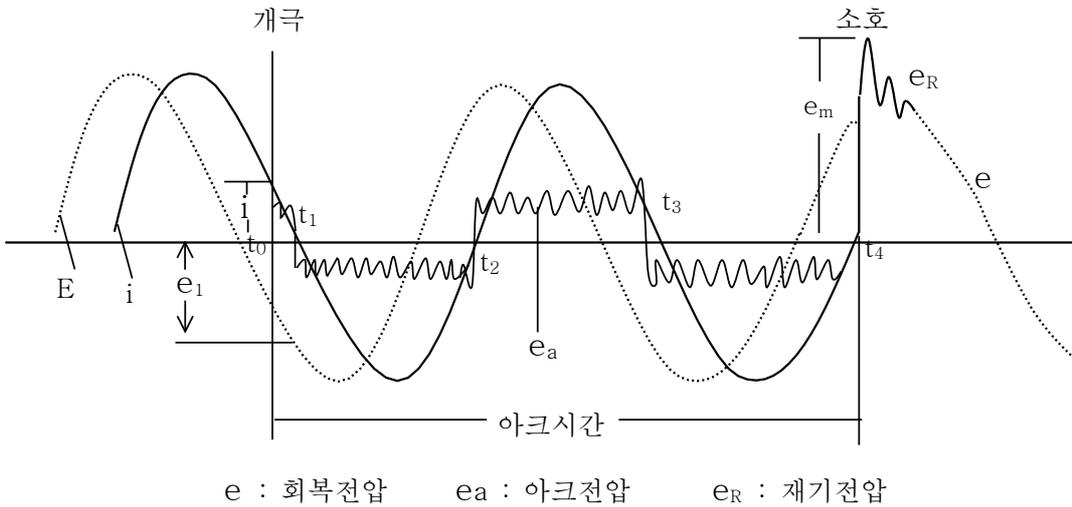


그림 1.3 지상전류 차단과 재기전압

### (3) 투입 및 트립전압

투입조작방식에는 수동, 전동, 전동스프링, 압축공기 등이 있고, 트립조작 방식에는 수동, 과전류, 콘덴서, 직류분로 등이 있으며 대부분 전기 조작에 의하고 있다.

전기적인 투입조작 장치는 직류 또는 교류 110[V], 220[V]를 표준으로 하며 이 값의 85~110[%] 범위 내에서 차단기를 지장 없이 투입할 수 있어야 한다. 때문에 일시적으로 큰 전류를 요하는 솔레노이드 방식에는 충분한 굵기의 배선을 필요로 한다.

트립제어 장치에도 직류 또는 교류 110[V], 220[V]를 표준으로 하며 60~120[%] 범위 내에서 지장 없이 차단기를 트립 시킬 수 있도록 하고 있다.

## 1.4.2 전류에 관한 사항

### (1) 정격전류

차단기의 정격전류란 정격전압, 정격주파수에서 규정된 온도의 상승한도를 초과하지 않는 상태에서 연속적으로 통할 수 있는 전류한도를 말한다. KS와 ESB에서 규정한 정격전류는 표 1.2와 같다.

표 1.2 규격별 정격전류

규격별	정격 전류(A)
KS	200, 400, 600, 1200, 2000
ESB	600, 1200, 2000, 3000, 4000

### (2) 투입전류

전로가 고장으로 차단된 후에 고장이 회복되었는지 확인이 되지 않는 상태에서 재 투입하여 강제 송전을 시도 하는 경우가 있다. 이때 고장이 회복되어 있지 않으면 접촉자가 접촉되는 즉시 고장전류가 다시 흐르게 되어 전자적인 반발력을 받게되는데 이 반발력을 이겨야 투입이 완료된다. 이와 같은 반발력을 이겨내고 투입할 수 있는 전류의 최대치를 정격투입전류라고 한다.

정격투입전류는 통상 정격차단 전류의 2.5배를 표준으로 하고 있다. 정격투입전류는 규정된 표준동작책무와 동작상태에 따라 투입할 수 있는 투입전류의 한도치를 말하며 그림 1.4과 같이 투입 시 최초주파에서 발생하며 순시치로 표시한다.

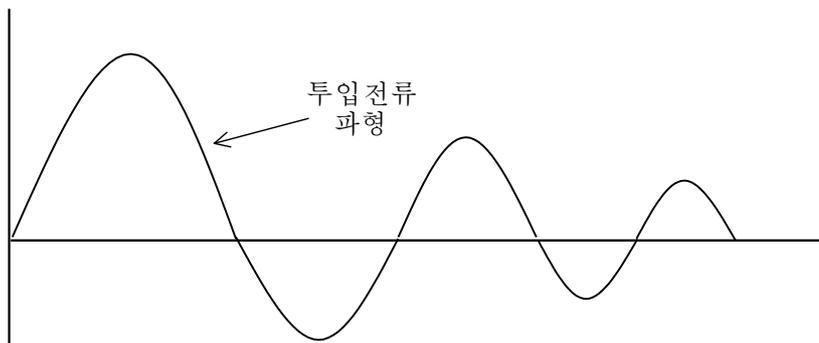


그림 1.4 정격투입전류의 파형

### (3) 차단전류

차단전류란 차단기가 차단된 순간에 각 극에 흐르는 전류를 말하며 아크발생 순간의 순시 값으로 정한다. 차단전류에는 교류분과 직류분이 포함되며 교류분은 3상의 평균치, 직류분은 3상중 최대치를 말한다. 차단전류 중 교류분만을 표현할 때는 대칭차단전류라 하고, 직류분을 포함하면 비대칭 차단전류라 한다

그림 1.5는 단락전류의 파형을 나타내며 직류분이 포함된 비대칭차단전류는 다음 식에 의하여 구하여 진다.

$$\text{비대칭 차단전류} = \sqrt{\left(\frac{X}{\sqrt{2}}\right)^2 + Y^2}$$

X : 차단 전류중 교류분 진폭

Y : 차단 전류중 직류분

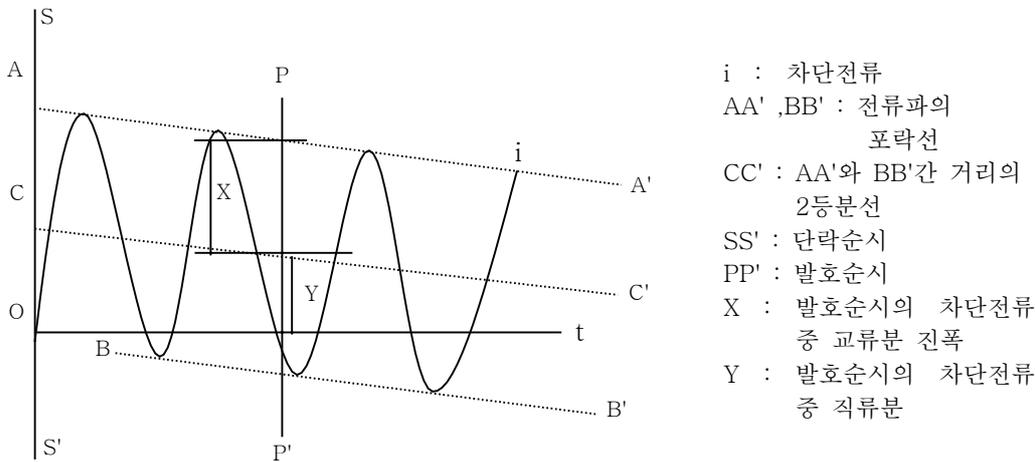


그림 1.5 단락전류의 파형

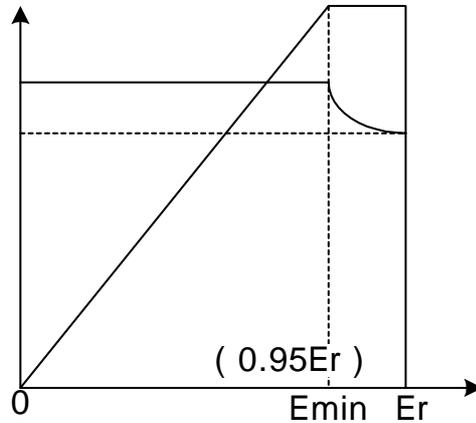
정격차단전류는 정격전압, 정격주파수, 전로의 조건에서 규정한 표준동작책무와 동작상태에 따라 차단할 수 있는 차단전류의 한도를 말하며 교류분의 실효치로 표시한다.

차단기의 차단용량은 그 차단기가 적용할 수 있는 계통의 3상 단락용량의 한도를 나타내며, 다음 식으로 구한다.

$$\text{정격차단용량[MVA]} = \sqrt{3} \times \text{정격전압[kV]} \times \text{정격차단전류[kA]}$$

또한 정격전압 이하의 전압에서 차단기를 사용하는 경우에는 차단용량 값의 변화를

아래 그림과 같이 규정해 놓고 정격전압의 95%가 정격 차단용량을 유지하는 최저 한계전압으로 정하고 있다.



$E_r$  : 정격 전압

$E_{min}$  : 정격 차단용량을 保證하는 최소 전압

그림 1.6 차단기의 전압 특성

### 1.4.3 시간에 관한 사항

#### (1) 개극시간과 아크시간

개극시간이란 폐로 상태에 있는 차단기의 트립 제어장치가 여자된 순간부터 아크 접촉자(아크접촉자가 없는 경우는 주 접촉자)가 개방 될 때 까지의 시간을 말한다. 정격 개극시간은 표준치가 정해져 있지 않으며 제작자의 설계기준에 의하고 있다.

아크시간이란 아크접촉자(아크접촉자가 없는 경우는 주접촉자)의 개방순간부터 모든 극의 주전류가 차단되는 순간까지의 시간을 말한다. 어떤 극에 대해 표현할 때는 그 극의 아크접촉자 또는 주접촉자의 개방 순간부터 그 극의 주 전류가 차단되는 순간까지의 시간을 말한다.

#### (2) 차단시간

개극시간과 아크시간을 합한 것을 차단시간이라 한다. 정격차단시간이란 정격전압, 정격주파수의 전로에 조건에서 규정한 표준동작책무의 동작상태에서 차단할 경우 차단시간의 한도를 말한다.

정격차단시간은 정격주파수를 기준으로 하여 싸이클(cycle)로 나타내며, ESB-150

에서는 3, 5, 8 사이클 등을 표준으로 하고 있다. 또한 차단기는 정격 전압하에서 정격 차단전류의 30% 이상의 전류를 차단할 때의 시간은 정격 차단시간을 초과할 수 없다.

### (3) 투입시간

투입시간이란 개로 상태에 있는 차단기의 투입제어장치가 여자된 순간부터 아크 접촉자(아크접촉자가 없는 경우 주 접촉자)가 접촉될 때까지의 시간을 말한다. 무부하시 투입시간이란 통상 정격전압 72.5[kV] 이하에서는 소정의 표준동작책무를 수행하는데 지장이 없는 값으로 하며 170[kV] 이상에서는 0.27초로하고 있다.

#### 1.4.4 동작책무(Duty Cycle, Operation Duty)

차단기의 사명은 전력의 송수전, 절체 및 정지 등을 계획적으로 하는 외에 전력계통에 어떤 고장이 발생하였을 때 신속히 자동차단하는 책무를 가지는 중요한 보호장치로서 차단기의 동작책무란 1~2회 이상 투입, 차단 또는 투입차단을 일정한 시간간격을 두고 행해지는 동작을 말한다. 동작책무를 기준으로 하여 그 차단기의 차단성능, 투입성능 등을 정한 것을 표준동작책무라고 한다.

KSC, ESB, JEC 등에 의한 표준 동작책무는 표 1.3와 같다.

표 1.3 차단기의 표준동작책무(Standard Duty Cycle)

구 분		동 작 조 건
KSC 4611	동력조작(기호 : A)	O-(1분)-CO-(3분)-CO
	" (기호 : B)	CO-(15초)-CO
	수동조작(기호 : M)	O-(2분)-O 및 CO
JEC 181	일 반 용(기호 : A)	O-(1분)-CO-(3분)-CO
	" (기호 : B)	CO-(15초)-CO
	고속도 재폐로용(기호 : R)	O-(0.3초)-CO-(1분)-CO
ESB 150	일 반 용	CO-(15초)-CO
	고속도재폐로용	O-(0.3초)-CO-(3분)-CO

KSC는 JEC에 준하고 있으며 기호 A, B는 고속도용이 아닌 재투입시 사용되며 A가 가장 널리 사용되고 B는 이보다 재투입시간이 짧은 것에 보통 사용된다.

ESB는 IEC에 준하여, 2종으로 구분하고 있다. 여기서 C는 투입동작, O는 차단동

작, CO는 투입동작에 이어서 즉시 차단동작을 하는 것을 뜻한다.

표 1.4은 ESB-150 따른 차단기의 정격에 관한 사항이다.

표 1.4 차단기의 정격

정격전압 (kV)	정격차단 전류(kA)	정 격 전 류 (A)					정격투입 전류(kA)	정격 차단시간
		600	1200	-	-	-		
7.2	12.5	600	1200	-	-	-	31.5	8c
	25	600	1200	2000	-	-	63	
	31.5	-	1200	2000	3000	-	80	
	40	-	1200	2000	3000	4000	100	
25.8	12.5	600	1200	-	-	-	31.5	5c
	25	600	1200	2000	3000	-	53	
	40	-	-	2000	3000	-	100	
72.5	12.5	600	1200	-	-	-	31.5	5c
	20	-	1200	2000	-	-	50	
	31.5	-	1200	2000	3000	4000	80	
170	31.5	600	1200	2000	-	-	80	3c
	40	-	1200	2000	-	-	100	
	50	-	1200	2000	3000	4000	125	
	63	-	-	2000	-	4000	158	
362	40	-	-	2000	-	4000	100	3c

\*. 정격 투입전류는 peak치 임.

## 2. 진공차단기(VCB)

### 2.1 진공차단기의 구조

중간전압 영역인 3.6 ~ 36[kV]급 차단기에는 유입차단기(OCB 또는 MOCB)가 많이 사용되었는데 소형화, 경량화, 불연화의 장점이 강조되어 진공차단기로 대체되고 있다.

진공차단기는 고진공속에서 전류를 차단하고 있고 고진공중은 절연내력이 높아 접점 스트로크를 타방식에 비하여 작게 할 수 있으므로 조작을 위한 에너지도 적어져서 차단기 전체가 소형, 경량으로 된다. 차단기의 전류차단 부분이 외기와 차폐되어 있기 때문에 차단성능이 주위환경에 영향을 받지 않고 진공도의 수명이 길고 안정된 차단 성능을 갖고 있다. 또 절연회복 특성이 우수하고, 접점 수명이 길어서 개폐회수가 많고 차단후에 높은 회복전압이 요구되는 콘덴서 부하용으로 적당하다.

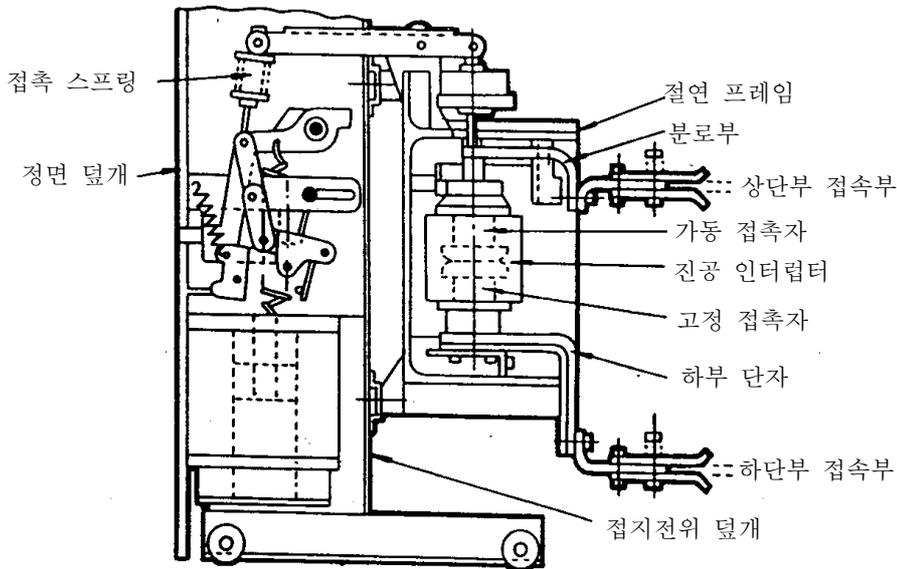


그림 2.1 진공차단기

진공차단기의 외형은 진공 인터럽터 등의 고압충전부는 각상을 분리하여 독립된 프레임에 수납하고 상간절연을 기중에서 하고 있으며, 접촉자는 소형의 진공밸브 안에 설치되어 있어 전체적으로 심플한 구조이다. 그림 2.1은 진공차단기의 구조도이다.

## 2.2 진공차단기의 소호원리

교류전로 중에서 진공상태로 충전중인 접촉자가 있을 때 두 접촉자를 분리하면 아크가 발생한다. 이때 발생한 아크는 통상의 개념과는 다른 양상으로 나타난다.  $10^{-3}$ [Torr] 이하의 진공상태에서는 전자의 자유행정이 수미터에 달하게 되므로 이때 발생한 아크는 전자 충돌에 의하지 않고 그림 2.2와 같이 음극에서 출발하는 중성의 금속증기원자, 양·음전하에 의한 아크이다. 진공밸브내의 아크 주(柱)의 호심(弧心)에 충전하여 있는 고기압의 아크증기는  $10^{-4}$ [Torr] 이하의 저기압의 관벽으로 급속히 확산되기 때문에 접점의 스트로크를 6-16mm 정도로 짧게 할 수 있어 수 $\mu$ s 이내에 완전히 소호되어 극간은 급격히 절연이 회복되어 차단이 완료된다.

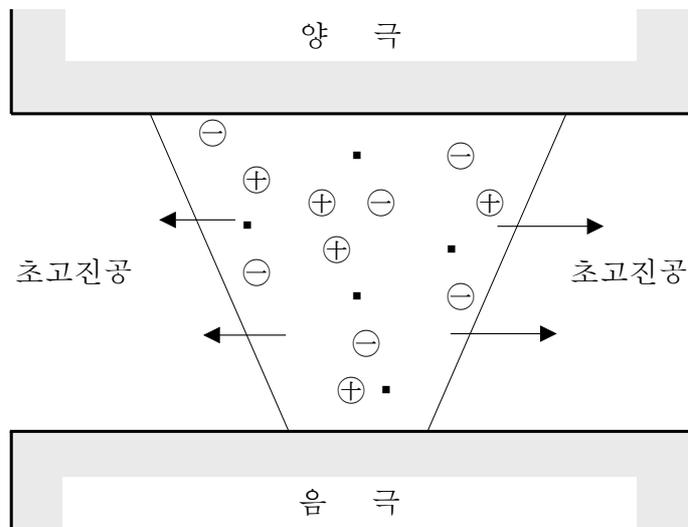


그림 2.2 진공중의 아크발생과 소멸

진공차단기의 접촉자는 그림 2.2와 같이 일정한 간격으로 비스듬하게 홈이 파여 있다. 접촉자를 이러한 구조로 하는 이유는 전하의 이동 경로를 휘어지게 하여 소호를 용이하게 하기 위함이다. 이 결과 접촉자 표면의 국부가열 현상이 없어서 표면의 소모 상태가 균일하여 진다. 접촉자의 표면을 균일하게 유지하면 극간의 내전압 특성이 좋아져 접촉자간의 간격을 작게 할 수 있다. 그림 2.4은 접촉자 형상에 따른 소호효과를 나타낸 것이다.

이와 같은 소호 원리와 전극의 구조 때문에 진공차단기의 전기적 수명은 매우 길며, 전체의 형태를 소형으로 제작할 수 있다.

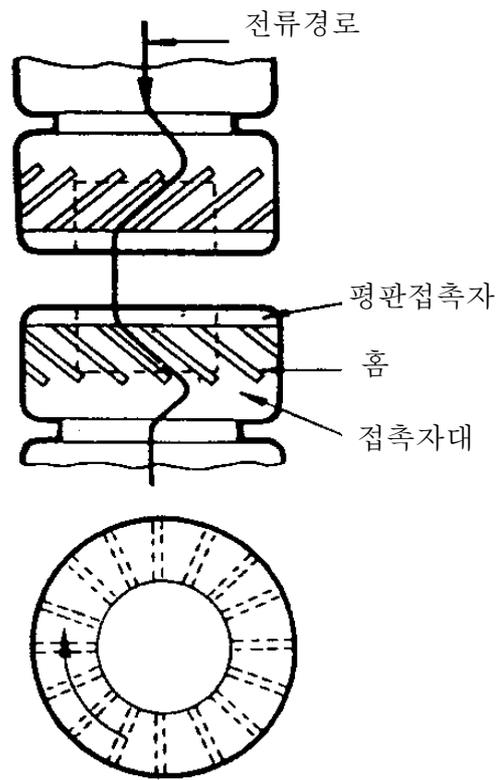


그림 2.3 진공차단기 접촉자의 구조

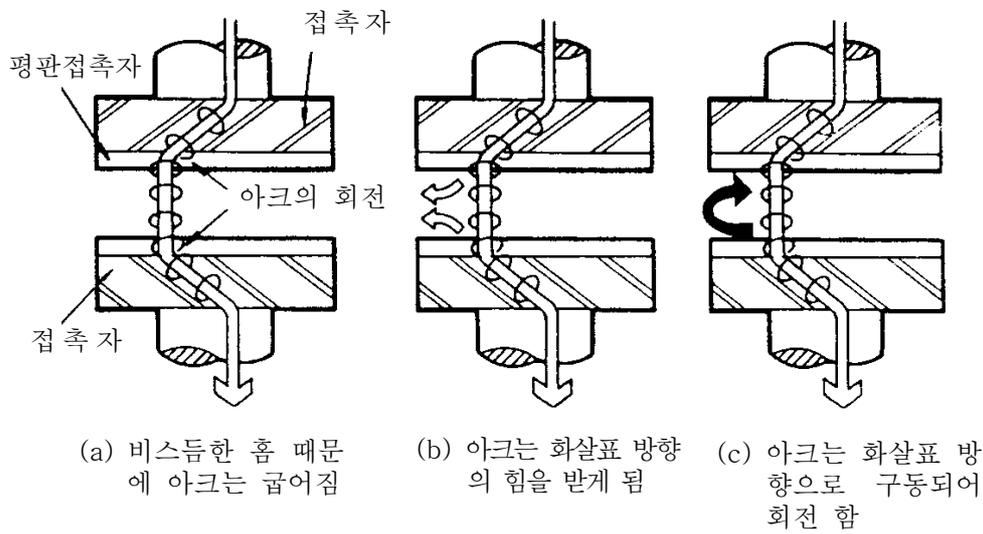


그림 2.4 전극의 형상에 따른 소호 효과

## 2.3 개폐서지의 발생

### (1) 전류재단 현상

전류가 어느 정도 이하로 감소하면 음극점이 소멸하고 전자의 확산 작용에 의하여 양극구 중의 하전입자가 소멸한다. 때문에 양극과 음극사이의 플라즈마가 소멸되므로 전류의 자연 영점에 도달하기 전에 차단되는 현상을 말한다. 이러한 현상은 차단기의 종류, 개방속도, 회로의 조건 등에 따라 다르게 나타난다.

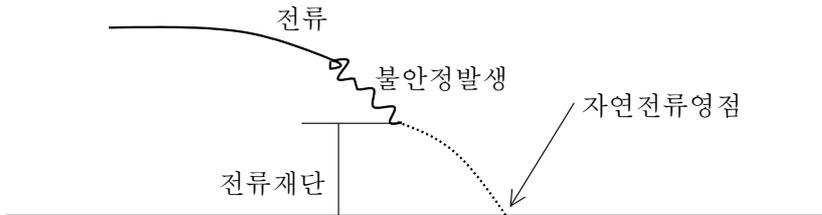


그림 2.5 아크의 불안정과 과전압 발생

진공차단기 개폐시 음극에서 공급되는 중성의 금속증기원자, 양·음이온 등의 량이 진공 중에서 확산되는 량보다 적으면 접점 사이의 아크가 유지되지 못하며, 불안정한 현상이 발생되고 그림 2.6과 같이 자연전류의 영점에 도달하기 전에 차단전류가 영이 되어 전류재단 현상이 발생한다.

### (2) 재단서지

유도성 부하의 전원 측에 진공차단기를 사용할 때의 등가회로는 그림 2.6과 같이 나타낼 수 있다.

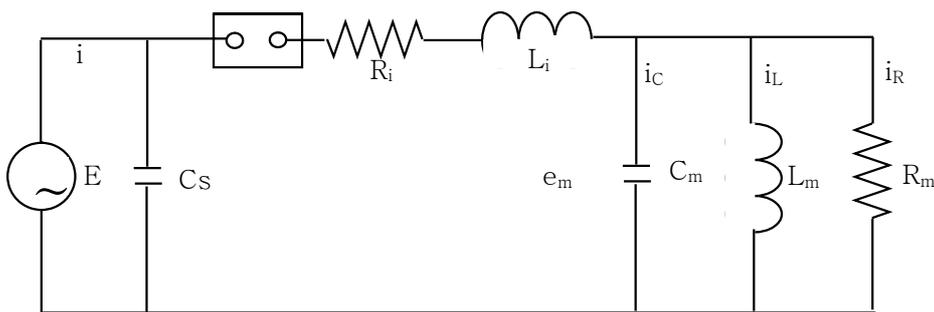


그림 2.6 서지전압 발생 등가회로

유도전동기 등 인덕턴스  $L_m$ 으로 인한  $90^\circ$ 늦은 역률에 의한 서지전압 발생은 그림 1.16과 해석할 수 있으며 주파수는 수천 싸이클에 이르게 된다. 인덕턴스 전로는 전원 차단과 동시에 전류가 영으로 차단된다 하여도 부하 측 인덕턴스에 저장되어 있는 에너지는 캐패시턴스로 전환되면서 서지전압을 발생한다. 이때 발생한 서지전압  $E_s$ 는

$$E_s = I_{CP} \sqrt{\frac{L_m}{C_m}}$$

과 같이 된다.

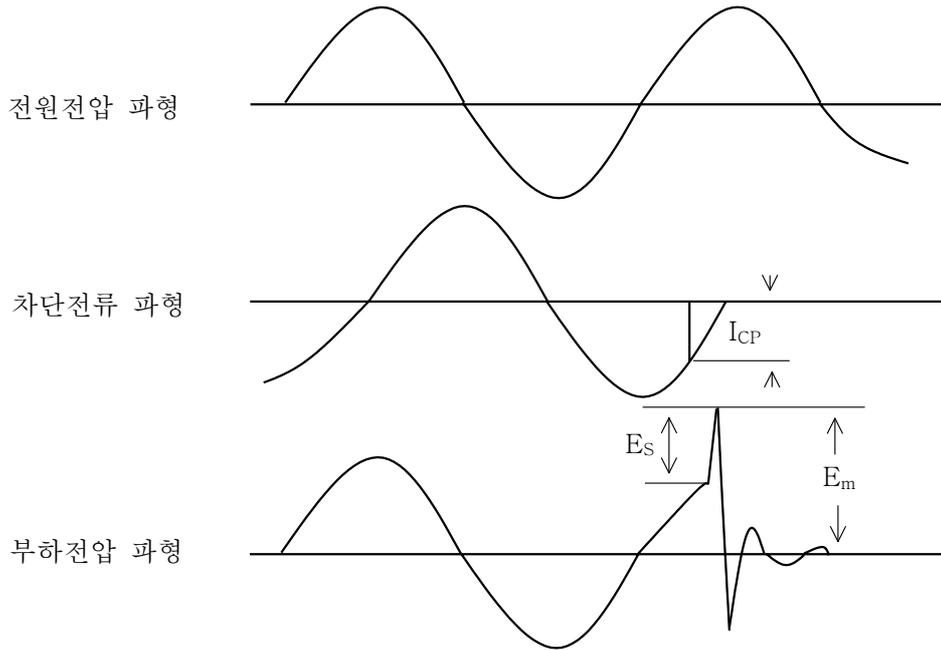


그림 2.7 차단서지의 발생

### (3) 재발호 서지

진공차단기의 이동전극이 충분히 열리지 않는 상태로 차단되거나, 차단 후 재기전압이 극간의 절연회복전압을 초과하면 재발호 하게 되며 재발호 시간은 1[ms]이내이다. 재발호에 의한 섬락현상이 계속되며 이에 의하여 흐르는 고주파 전류에 의한 전압상승이 발생하며 다중 재발호 현상으로 이행되기도 한다. 다중 재발호 현상에 의한 이상전압은 준도가 높아 유도전동기의 권선에 침입하면 국부적인 절연과괴 현상을 일으켜 권선을 열화 시킨다. 또 몰드 변압기는 표 2.1와 같이 충격전압에 대한 절연 강도가 낮아서 문제시된다.

차단기의 차단명령은 차단전류의 위상에 관계없이 출력되므로 이동전극이 기계적

으로 떨어져서 전류가 차단될 때까지의 시간은 차단 시점의 전류의 위상에 따라 그림 1.19과 같이 다르게 나타난다. 그림 1.19의 a점에서 개극이 되면 아크시간이 길어져서 전류의 차단이 완료 될 때는 전극의 간격이 충분히 열리지기 때문에 극간의 절연회복이 정상상태로 되어 재발호의 가능성은 희박하여 진다. b점에서 개극이 이루어지면 전극의 간격이 충분히 열리지 않는 상태에서 아크가 종결되므로 과도회복 전압을 못 이겨 재발호 하기 쉬워진다.

표 2.1 변압기의 뇌임펄스 시험전압

공칭전압(kV)		3.3	6.6	22
유입변압기	절연계급 A	45	60	150
	절연계급 B	30	45	125
건식변압기		25	35	95

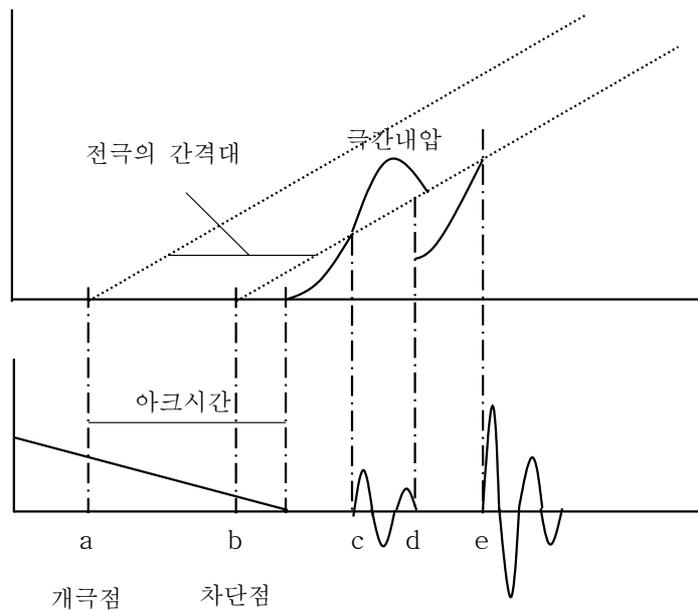


그림 2.8 재발호 서지의 발생

#### 2.4 개폐서지에 대한 대책

진공차단기의 개폐서지 중 특히 문제가 되는 것은 다중 재발호 서지이다. 다중

재발호 서지는 재단서지에 비해 파두장이 짧은 급준도 이므로 유도기의 권선에 침입하면 입구부분의 절연을 파괴 시킬 수 있다.

개폐서지에 대한 대책으로는 서지 억제기구의 사용과 진공차단기 접점의 저(低)서지화를 들 수 있다. 서지 억제는 피뢰기 구조와 같은 형과 저항과 콘덴서의 조합형 등이 있다.

## (1) 서지 억제기구 사용

### ① CR형 Surge Absorber

C-R Surge Suppressor는 그림 2.9와 같이 설치하며 콘덴서 C와 저항 R로 되어 있다. C는 전류 차단후 접촉자 사이에 나타나는 전압의 상승비를 낮게 하여 재발호 발생을 억제하며 R은 재발호시에 고주파 전류가 억제되어 다중재발호와 3상 동시 재단의 발생을 억제한다. C와 R 값은 유도전동기의 용량에 따라 다르다.

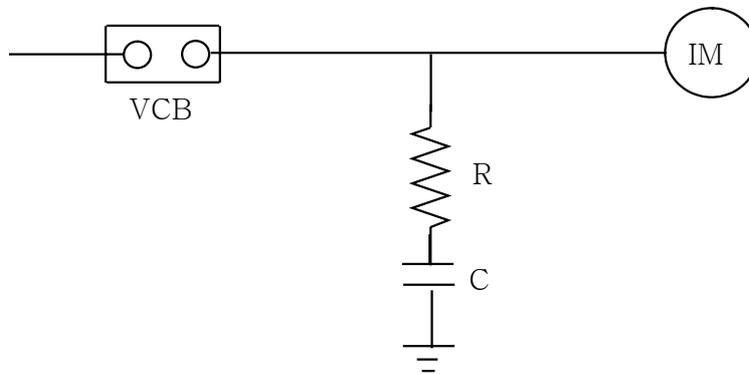


그림 2.9 CR형 Surge Absorber의 설치

### ② Surge Absorber(SA : 서지 흡수기)

서지흡수기(SA)는 피뢰기와 같은 구조로 되어 있으며 제한전압 이상의 전압은 방전궤를 통하여 흐르게 된다. 서지전압은 표 2.2과 같이 낙뢰에 비하여 파고치는 낮고 지속시간은 길기 때문에 SA는 이 특성에 맞게 제작되었다고 할 수 있다.

SA는 유도전동기 또는 몰드변압기용 진공차단기의 부하측에 설치하여 개폐서지에 의한 과도한 전압이 발생하면 이를 대지로 방전시키는 역할을 한다. SA는 이상전압의 상승억제 기능은 없기 때문에 유도전동기 부하에는 CR형 Surge Absorber에 비하여 불리하다.

표 2.2 뇌서지와 개폐서지의 비교

구 분	뇌서지(Lightning Surge)	개폐서지(Switching Surge)
파 고 치	높다	낮다
지속 시간	짧다	길다
표준충격파의 과두장(Tf) 및 과미장(Tt)	Tf : 1.2 $\mu$ S Tt : 50 $\mu$ S	Tf : 250 $\mu$ S Tt : 2500 $\mu$ S

③ 콘덴서

서지 임피던스를 작게 하여 서지전압이 낮게 발생되도록 하고 서지전압의 상승을 완만하게 하여 재점호를 방지 하고자 하는데 효과가 있으나 고주파 전류를 억제하는 기능은 없다.

④ 저(低)서지용 차단기

재단전류(Chopping current)가 발생하면 서지전압이 유기된다. 재단전류는 진공차단기의 소호원리인 고진공 및 고정접점과 가동접점이 극히 가까운데서 영향을 크게 받는다. 이러한 조건에서 접점의 재료에 의한 재단전류의 감소를 꾀하는 것이 저 서지 차단기이다.

저 서지 차단기에 재단전류 값이 적어지는 접촉자 또는 절연회복 특성이 좋은 접촉자를 사용한다. 또 가동접촉자의 개방 속도를 빠르게 하는 방법을 사용하기도 한다.

(2) 서지흡수기(SA)의 시설

구내선로에서 발생할 수 있는 개폐서지, 순간과도전압 등으로 이상전압이 2차기기에 악영향을 주는 것을 막기 위해 서지흡수기를 시설하는 것이 바람직하다.

서지흡수기는 보호하고자 하는 기기전단으로 개폐 서지를 발생하는 차단기 후단 부하측 사이에 설치한다.

표 2.3 진공차단기(VCB)에 서지흡수기 적용여부

전압(kV) 2차 보호기기		3	6	10	20	30
		전 동 기	적 용	적 용	적 용	-
변압기	유입식	불필요	불필요	불필요	불필요	불필요
	몰드식	적 용	적 용	적 용	적 용	적 용
	건식	적 용	적 용	적 용	적 용	적 용
콘 덴 서		불필요	불필요	불필요	불필요	불필요
변압기와 유도기기 와의 혼용 사용시		적 용	적 용	-	-	-

## 2.5 진공도의 측정

진공차단기는 진공 인터럽터 내의 고진공의 절연특성과 차단특성을 이용한 것이므로 진공도 유지는 매우 중요하다. 진공도의 저하가 있으면 차단능력의 저하를 가져오기 때문이다.

7.2[kV] 급의 고압용 진공차단기를 예로 들면 그림 2.10과 같이 22[kV]의 전압을 각상의 두 극에 인가하여 절연파괴(도통상태)가 이루어지지 않으면 정상적인 진공도가 유지된다고 판단할 수 있다. 시험 중 주변 조건에 의해 차단기의 절연물이 열화 되는 것을 방지하기 위하여 고압출력부의 중간 탭을 접지하여야 한다. 중간 탭이 없는 경우 15[kV] 전압을 1분 동안 공급하여 아크방전이 없으면 양호한 것으로 판단하고 있다.

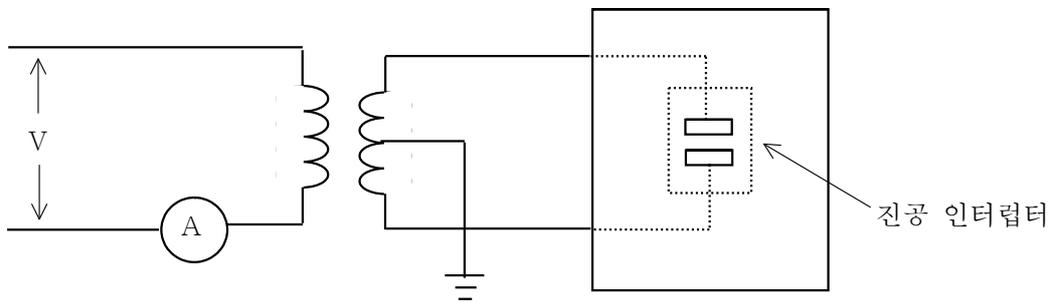
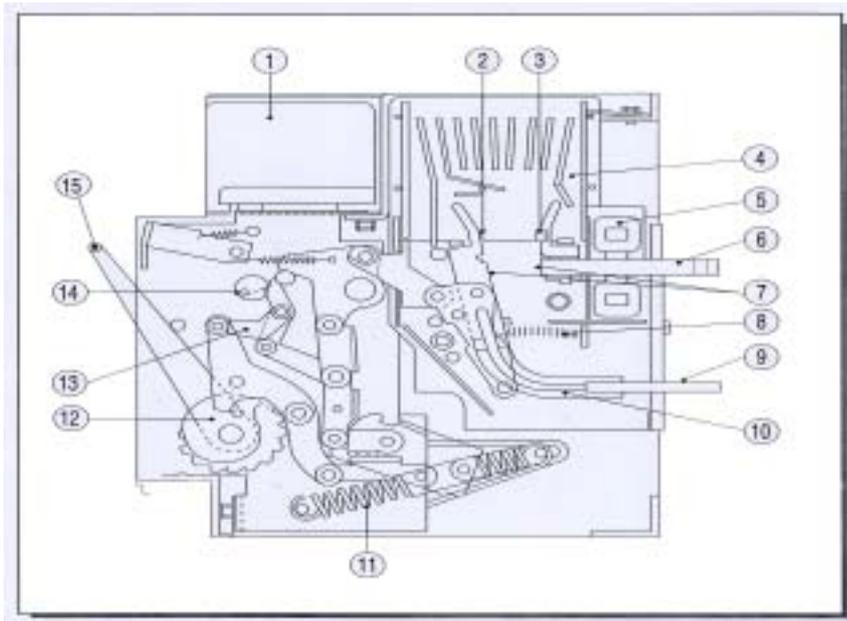


그림 2.10 VCB의 진공도 측정

### 3. 기중차단기(ACB)

#### 3.1 기중차단기의 구조

기중차단기(ACB : air circuit breaker)는 저압용 차단기로 JEC-160에 의하면 교류용은 1,000[V] 미만, 직류용은 3,000[V] 이하의 전로에 사용하는 것으로 되어 있다. 정격전류는 교류 6,000[A] 이하, 직류 12,000[A] 이하, 차단용량은 100[kA] 정도 까지이다.



NO	명 칭	NO	명 칭
1	Trip Relay부	9	부하단자
2	가동아크접점	10	가동접점연결 Shunt (Flexible conductors for main movable contact)
3	고정아크접점		
4	Arc extinguishing chamber	11	투입스프링
5	변류기	12	Charge 기구
6	입력단자	13	Link 기구
7	주접점	14	투입 및 차단기구
8	가동접점스프링	15	수동핸들

그림 3.1 기중차단기

### 3.2 기중차단기의 소호원리

기중차단기는 대기 중에 있어서 전선로의 개폐를 하므로 현재에는 차단전류에 의해 만들어지는 자계에 의해서 아크를 구동하고, 지르콘 분말재 등의 내아크성 절연 재료로 만들어진 아크슈트내로 밀어 넣어 아크를 냉각 이온소멸을 행하여 전류차단을 한다.

소호장치는 그림 3.2와 같은 원리를 이용한다. 그림 3.2(a)는 소호코일을 갖고 있으며 차단전류가 소호코일에 흐르므로 인하여 발생한 자속이 아크를 구동하여 아크슈트 속에서 소호한다. 그림 3.2(b)는 황동의 핀을 다수의 아크슈트 속에 설치하여 이 핀으로 아크를 분할하여 냉각효과를 내도록 한다. 그림 3.2(c)는 아크를 병렬로 나누어 아크슈트판에 의하여 아크를 효과적으로 냉각하여 소호한다. 그림 3.2(d)는 아크전류에 의한 자속이 V자형 홈이 있는 철판을 지나 그 자속이 자기저항이 제일 작은 통로를 찾아서 V자의 홈 구석부를 향하여 이동하므로 아크가 구동되고, 다시 아크가 철판에 분할되도록 하여 소호하며 교류용 차단기에 주로 채용한다.

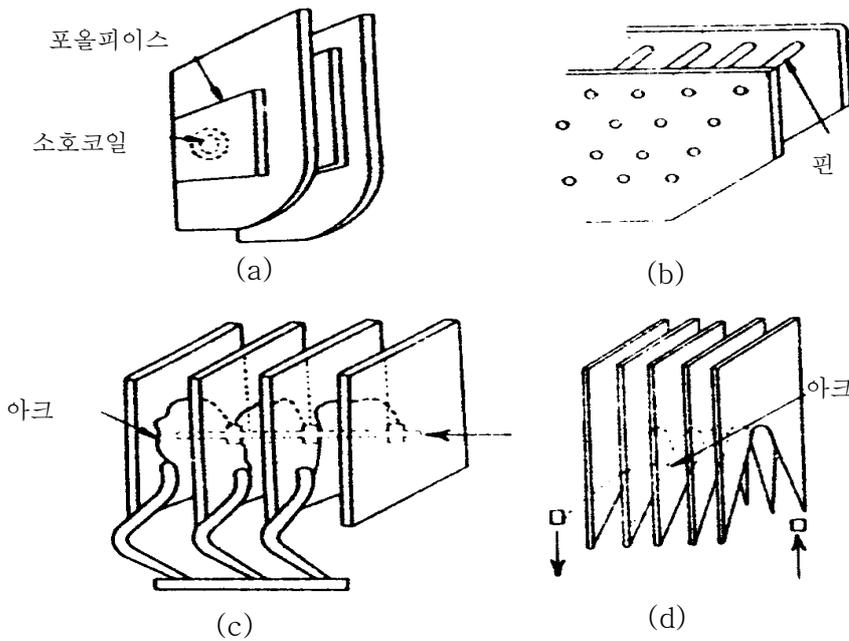


그림 3.2 기중차단기의 소호원리

### 3.3 기중차단기의 특징

기중차단기는 다른 저압차단기와 비교하여 차단용량이 크고, 현장에서 과전류 트립장치의 정정이 가능하고 접점, 아크슈트 등 간단히 보수, 교환이 가능하다.

또 전압트립장치나 과전류트립장치를 내장하고 있어 과전류 트립장치에는 동작시간에 의하여 순시(INST), 단한시(ST), 장한시(LT)가 있다. 따라서 기중차단기는 철강, 중화학공업, 빌딩 시설이나 발·변전소의 저압수배전설비용의 차단기로서, Load Center나 Power Center라 불려진 저압폐쇄배전반에 다단으로 쌓아 수납되고 있다.

### 3.4 각 기능별 역할

#### (1) 장한시(LTD : Long Time Delay)

사용중 설정전류를 초과했을때 과전류차단기가 동작 하도록 해 주는 기능이다. 그 허용시간의 설정은 초과용량의 양에 따라서 차단시간이 달라져야 하기 때문에 기준치를 통해서 알 수 있다

#### (2) 단한시(STD : Short Time Delay)

사용용량에 일정 배율 이상으로 전류가 시간 동안 흐르면 차단 되도록 한다. 이 기능은 장한시 보다 배율이 높고 시간이 짧은 특성이 있다.

#### (3) 순시(INST : Instantaneous Time Delay)

시간에 관계하지 않고 사용용량의 일정 배율 이상으로 전류가 흐르면 차단 되도록 하는 명령입니다.

#### (4) 지락(GFT : Ground Fault Trip)

전류의 누전이나 각상간의 전류차가 발생하면 차단 명령을 하는 장치입니다.

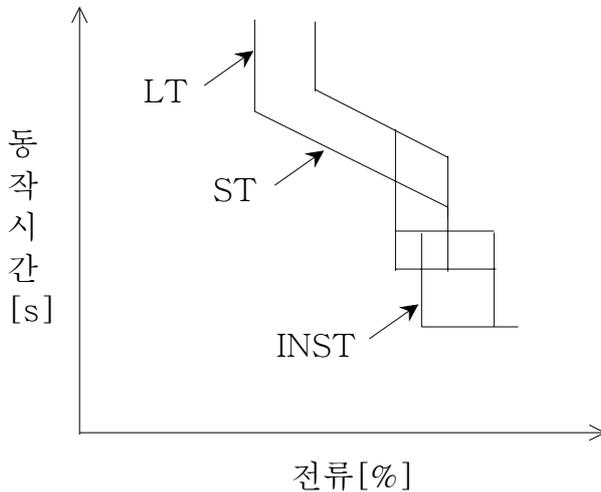


그림 3.3 과전류계전기 특성곡선

### 3.4 차단기 점검사항

#### 3.4.1 주의 사항

차단기의 기능 확인을 위하여 주기적인 점검이 필요하며, 점검시 일반적인 주의사항은 다음과 같다.

- ① 사용 중에는 조작기구내의 가동부 및 차단기의 충전부에 접근금지
- ② 공구가 조작기구 내부나 진공 Bulb에 떨어지지 않도록 할 것
- ③ 차단기에 진동이나 충격을 가하지 말 것
- ④ 젖은 손으로 차단기를 만지지 말 것
- ⑤ 차단기를 밟고 올라서거나 차단기 위에 물건을 올려놓지 말 것
- ⑥ 점검완료 후에는
  - 조작기구 내부 및 진공 Bulb 주위에 공구나 이물이 남아있는지 철저히 확인
  - 볼트 너트 조임상태 재확인
  - 진공 Bulb에 붙은 먼지나 이물질은 알콜, 벤젠 등을 사용하여 닦아낼 것

#### 3.4.2 일상점검

점 검 항 목	점 검 내 용	비 고
표 시 부	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개폐표시기·개폐표시 등의 표시상태</li> <li>○ 동작 횟수계의 횟수</li> <li>○ 조작원(조작스프링 등)의 방축세 상태 표시의 확인</li> <li>○ ABB에서는 공기탱크 압력의 확인</li> <li>○ GCB에서는 가스압력의 확인</li> </ul>	이상을 발견한 경우는 운전을 정지하고, 원인을 조사한다.  필요에 따라 임시 점검을 한다.
차 단 기 외부전반	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이상음(발광코로나음, 전자소음)의 유무</li> <li>○ 변색(단자부 가열변색, 부식, 녹청)의 유무</li> <li>○ 이상한 냄새(이상가열에 의한 것등)의 유무</li> <li>○ 먼지의 부착, 염분의 부착에 의한 오손 등의 유무</li> <li>○ 결로, 빗물 침입, 동절기의 적설 등의 유무</li> <li>○ 절연물의 파손, 손상 등의 유무</li> <li>○ 인출형의 경우, 차단기가 완전히 접속위치 까지 삽입되어 있는가? 등</li> <li>○ OCB에서는 유량 및 기름의 스며 나옴 등의 유무</li> </ul>	
조작·제어 회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이차접속플러그는 완전하게 삽입되어 있는가?</li> <li>○ 조작·제어 코일류의 소손이나 이상한 냄새는 나지 않는가?</li> <li>○ 조작·제어 전압의 확인</li> </ul>	

### 3.4.3 정기점검

#### (1) 일반 점검 방법

No	항 목	점검항목	점 검 절 차	점검주기	비 고
1	주회로	Insulator Barrier Insulating rod	깨끗하고 마른 천으로 먼지나 오물을 청소	6개월 매 300회 동작당 1번	기계적점검
		진공 Bulb	깨끗하고 마른천으로 진공 Bulb의 절연부를 청소		
		충 전 부	보울트, 너트 및 터미날의 조임상태 확인		
2	조작기구	조작기구부	조작기구부의 전면 카바를 열고 보울트와 너트의 조임상태 확인. 편의 손상여부 점검. 필요에 따라 주유 및 청소 (Dash Pot의 가동 피스톤은 마른천으로 청소한 뒤 주유하여야 함)	상 동	기계적점검
		저 압 회 로	단자의 나사 조임상태 확인		
3	조작시험	개폐표시기	개폐표시기의 표시가 정확한지 확인	년2~3회	차단기를 3~4회 동작하여 확인
		개폐도수계	개폐도수계의 동작상태 확인		
4	절연저항 측정	주 회 로	주회로와 대지간의 절연 저항 측정	6개월 매 300회 동작당 1번	500 MΩ 이상
		조 작 회 로	조작회로와 대지간의 절연 저항 측정		

(2) 세부적인 점검과 보수

No	항 목	점검항목	점 검 절 차	점검주기	비 고
1	주회로	Insulator Barrier Insulating rod	깨끗하고 마른 천으로 먼지나 오물을 청소	1년	
		진공 Bulb	깨끗하고 마른천으로 진공 Bulb의 결연부를 청소		
		충 전 부	보울트, 너트 및 터미날의 조임상태 확인		
2	조 작 기	기 구 부	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주유해야할 부분의 주유 상태</li> <li>· 스프링의 부식 및 변형 상태 또한 볼트 및 너트 핀 등의 손상 여부</li> <li>· 주유 및 청소 (Dash Pot의 가동 피스톤은 마른천으로 청소한 뒤 주유하여야 함)</li> </ul>	1년	명시된 주유개소
		저 압 회 로	단자의 나사 조임상태 확인		
3	조작시험	개 폐 표 시 기 동작 Counter	개폐표시기의 작동이 정확한지 점검 개폐 Counter의 동작상태 점검	1년	차단기를 3~4회 동작하여 점검
4	무부하 투입시험	투입시간	0.1초 (정격투입전압 기준)		
		트립시간	0.04초 (정격트립전압 기준)		

#### 1.8.4 진공차단기 점검표

구 분	No	점 검 사 항	
전기·자기적장치	1	투입/트립 Coil이 변형되거나 이상한 냄새는 없는가.	
	2	투입/트립 Coil이 느슨해지지 않았는가.	
조 작 기	3	투입 Latch가 부드럽게 동작을 하는가.	
	4	각 Spring이 적당하게 조작되어 있는가.	
	5	Screws, Split, pins, snap pins, C-rings 등이 느슨해지지 않았는가.	
	6	조작기나 Spring 이 변형이나 손상되지 않았는가.	
	7	Oil Dash pot 정상적인가	
주 회 로	8	접점 소모에 대한 소모선 상태는 정상인가.	
	9	진공 Bulb가 정상적으로 작동 되는가	
	10	Insulating Rod가 Crack 이나 손상이 없는가.	
	11	Insulation Frame에 손상은 없는가.	
	12	절연물에 손상은 없는가.	
	13	진공 Bulb가 완전하게 고정되어 있는가.	
	14	Split pins, Snap pins, C-rings, Spring pins이 느슨해지지 않았는가.	
	15	열에 의해 변색되지는 않았는가.	
제 어 회 로	16	각 연결 부분에 적당하게 Grease가 주유되어 있는가.	
	17	Auxiliary Contactors(52Z)의 접점은 정상인가	
	18	interlock limit switch는 정상적으로 동작되는가.	
	19	Sequence Plug는 견고하고 안전한가.	
기 타	20	전선은 견고하게 죄어졌는가.	
	21	Counter는 정상적으로 작동되는가.	
	22	Switching 표시기는 정상적으로 작동되는가.	
시험과 측정	23	진공 Bulb는 청결한가.	
	24	수동개폐 동작은 정상적인가.	
	25	표준 전기적 개폐동작	Counter의 숫자
			표시기의 표시판
	26	절연성능 시험	주 회 로 : 100V megger 사용
			제 어 회 로 : 500V megger 사용
27	절연강도 시험(진공 Bulb의 pole 사이)		
28	특성시험		

### 1.8.5 이상 발생시 조치

구 분	현 상	점 검 사 항	조 치 사 항
조작부	투입스프링이 축세되지 않음	축세용 전동기 입력전압 확인	조작용 정격전압이 정격으로 유지되도록 조치
		리미트 SW 접촉 불량여부 확인	스위치 점검, 교체
		전동기 불량여부 확인	전동기 점검, 교체
		상기 사항이 정상인데축세가 되지 않는다	조작회로 점검, 접촉 상태 확인
	차단기는 OFF 상태, 투입스프링 축세 상태에서 전기적 투입불가	투입코일 불량 여부	코일 점검, 교체
		리미트 SW 불량 여부	SW 점검, 교체
		리미트 SW 누름판 위치불량 여부	리미트 SW 재 조립
		차단기 보조접점 불량 확인(b 접점)	점검 후 조정, 교체
		투입코일 제어용 전압 확인	정격전압으로 유지
		Cam SW 위치 불량여부	Local, Remote 위치 확인
	차단기 ON 위치에서 트립 불가 (수동은 가능)	트립코일 불량 여부	점검, 교체
		차단기 보조접점 불량여부	점검, 조정, 교체,
		트립코일 제어용 전압확인	정격전압으로 유지
		Cam SW 위치 부적합여부 확인	Local, Remote 위치 확인
		상기 사항이 정상 일때	
	전장부	히터 부동작	전원 오결선 여부
배선용 차단기 확인			교체 등의 조치
온도조절기 정정 부적합여부			정정치 확인
온습도기 불량 여부			점검, 교체
Cam SW 불량 여부			점검, 교체
히터 불량 여부			점검, 교체
배선 상태 불량 여부			제어회로 참조 확인
램프 부동작		전원 오결선 여부	전원 결선 확인
		배선용 차단기 확인	교체 등의 조치
		램프 불량 여부	점검, 교체
		배선 상태 불량 여부	제어회로 참조 확인

## 4. 전력퓨즈

### 4.1 개요

#### 4.1.1 역할과 기능

전력퓨즈는 고압 및 특별고압 선로와 기기의 단락보호용으로 사용되고 있는 차단 장치의 일종이다.

전력퓨즈의 역할을 크게 분류하면 다음과 같다.

- ① 부하전류는 안전하게 통전한다.
- ② 일정치 이상의 과전류는 차단하여 전선로나 기기를 보호한다.

과도전류나 과부하 전류에서는 용단되지 않도록 선정하고 있으며, 각종 개폐장치와 기능을 비교하면 표 4.1과 같다.

표 4.1 전력개폐장치의 기능 비교

구분 \ 기능	회로분리		사고차단	
	무부하	부하	과부하	단락
퓨즈	○	×	×	○
차단기	○	○	○	○
개폐기	○	○	○	×
단로기	○	×	×	×
전자접촉기	○	○	○	×

#### 4.1.2 과전류의 양상

과전류에는 단락전류, 과부하전류, 과도전류가 있는데 퓨즈는 단락전류의 차단을 주목적으로 하고 있다.

##### (1) 단락전류

전로에서 2선 또는 3선이 저임피던스로 접촉되었을 때 과도하게 흐르는 전류이며 전로에서 발생한 가장 큰 전류이다.

##### (2) 과부하전류

보통 사용전류에 비하여 대부분 수배 이하이고 부하의 변동이 원인이 되어 발생한다. 퓨즈는 이를 보호하려고 하면 퓨즈의 수명이 짧아지거나 1상만 차단되어 결상을 일으키기 쉽다. 때문에 퓨즈로는 과부하전류에 대한 보호는 기대하지 않는다.

### (3) 과도전류

변압기의 투입전류, 전동기의 기동전류 등 부하의 투입시 매우 짧은 시간에만 발생하고 자연히 감소하여 정상값으로 돌아가는 전류이다. 퓨즈는 과도전류에 의하여 용단되지 않아야 하므로 정격전류의 것을 사용하여야 한다.

## 4.2 종류 및 차단기와의 비교

### 4.2.1 전력퓨즈의 종류

#### (1) 한류퓨즈

퓨즈가 용단될 때 높은 아크저항이 발생되도록 하는 퓨즈이며 사고전류를 강제적으로 한류작용이 되도록 하고 있다. 그림 4.1과 같이 밀폐된 절연통속에 퓨즈 엘리먼트와 규사 등의 소호제를 충전한 구조로 되어 있다.

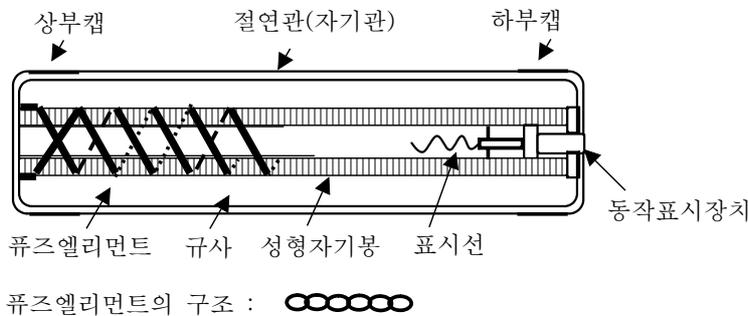


그림 4.1 한류퓨즈의 구조

#### (2) 비한류 퓨즈

한류퓨즈와는 달리 퓨즈 엘리먼트가 용단된 후 발생한 아크열에 의하여 생성되는 소호성 가스를 분출구를 통하여 방출하며, 전류 0점에서 극간의 절연내력을 높여 차단하는 퓨즈이다. 그림 4.2와 같이 파이버관 등을 사용한 절연통의 한쪽을 밀폐하고 다른 한쪽은 열린 구조로 되어 있다.

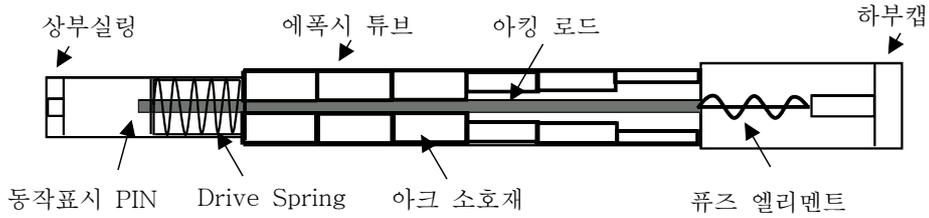


그림 4.2 비한류 퓨즈의 구조

### (3) 한류퓨즈의 정격전류에 따른 한류특성

그림 4.3에서 가로축은 단락전류를, 세로축은 한류퓨즈의 한류특성에 제한전류를 나타낸다. 퓨즈의 정격전류가 10A인 것을 단락전류가 10kA인 곳에 사용하면 단락전류를 1.5kA로 제한하게 되지만, 단락전류가 20kA인 곳에 사용하면 1.8kA 정도로 단락전류를 제한하게 된다. 그러나 퓨즈의 정격이 100A인 것을 사용하면 단락전류가 10kA일 때는 8kA 정도로 제한하고, 단락전류가 20kA인 곳에 사용하면 10kA 정도로 제한하게 되므로 퓨즈 정격전류가 적을수록 한류효과가 큼을 알 수 있다.

한류퓨즈를 사용하여 전기기기의 과전류강도를 낮게 하고자 할 때는 이러한 특성을 감안하여야 한다.

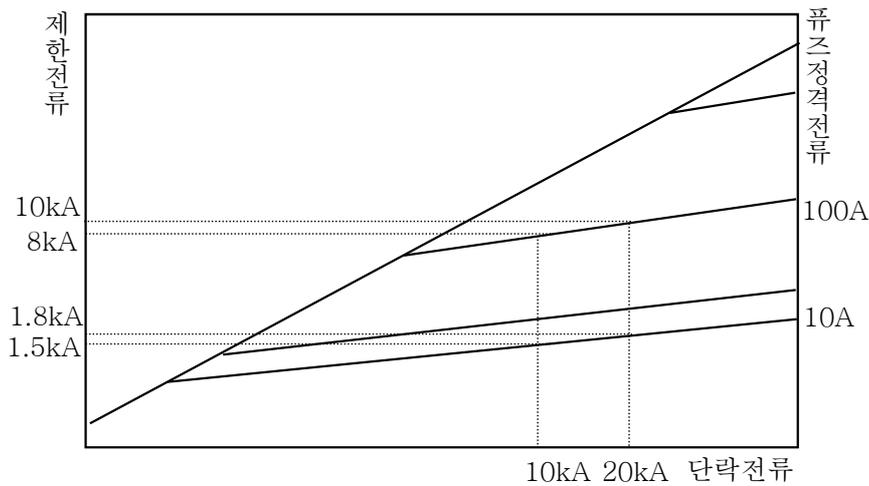


그림 4.3 한류형 전력퓨즈의 한류특성

#### 4.2.2 차단장치에 따른 차단특성

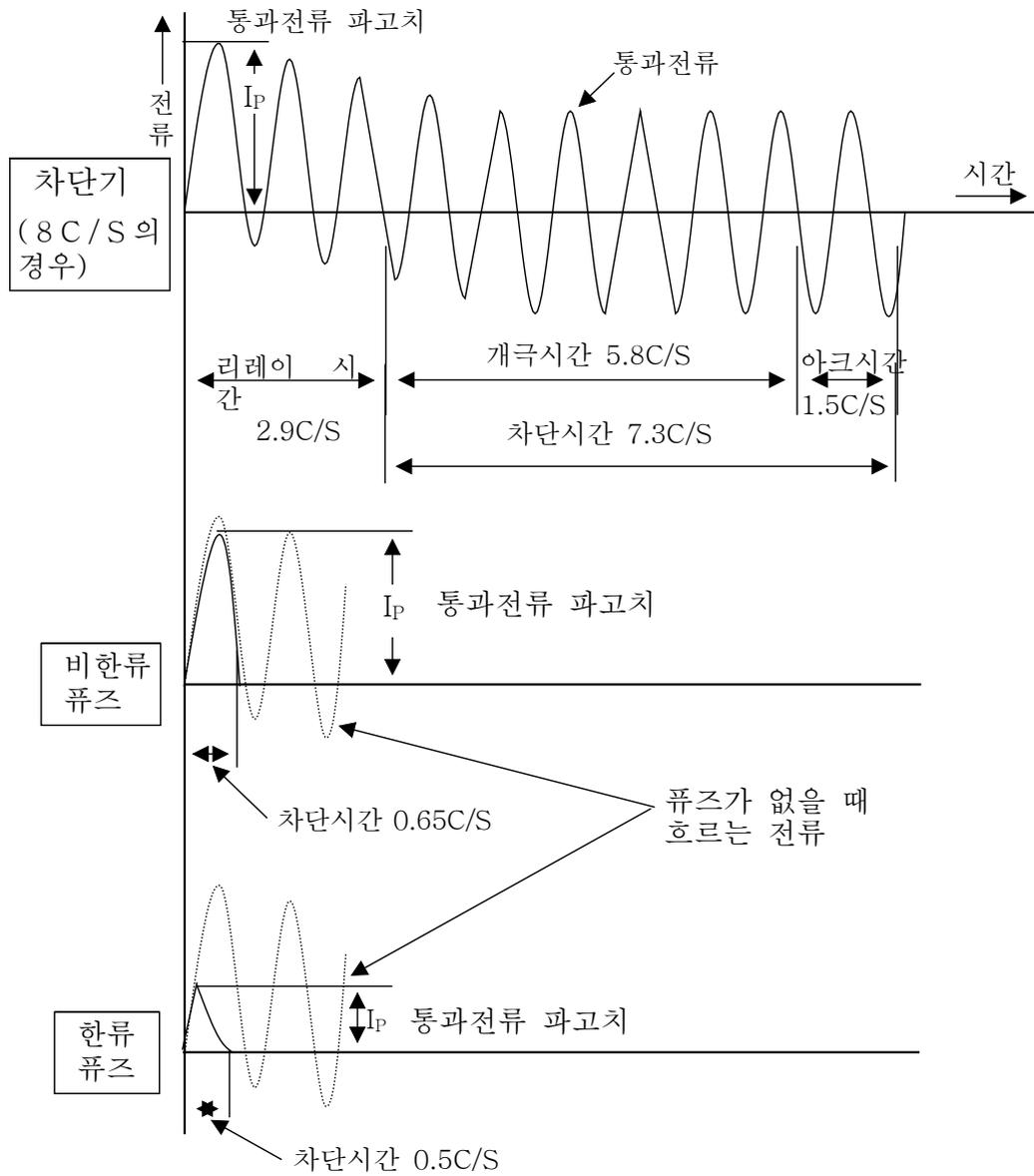


그림 4.4 차단시 전류파형의 비교

그림 4.4는 같은 정격전류값의 차단기 비한류형 퓨즈, 한류형 퓨즈가 같은 사고전류를 차단하는 경우 전류파형을 비교한 것이다.

차단기에서는 단락전류는 거의 한류 되지 않기 때문에 과고치도 변하지 않고 계전기 동작시간을 포함하여야 하기 때문에 10[C/S] 정도로 길게 된다. 전력퓨즈는 최초의 반사이클에서 차단하며 한류퓨즈에서는 그 과고치가 몹시 낮게 된다. 한류퓨즈를 사용하면 그 전로에 접속되어 있는 기기 등이 받는 열적, 기계적 손상을 크게 줄일 수 있다.

한류퓨즈의 한류정도는 퓨즈의 정격전류, 사고전류 크기 등에 따라 변하는데 기계적인 통과 전류특성과 열적인 차단특성인  $I^2Rt$ 를 정량적으로 표시할 수 있어 경제적 설계가 가능하다.

### 4.2.3 전력퓨즈의 장단점

표 4.2 퓨즈의 장단점

장 점	단 점
① 가격이 싸다	① 재투입할 수 없다
② 소형 경량이다	② 과도전류에 용단되기 쉽다
③ 변성기나 계전기가 필요없다	③ 동작시간·전류특성을 계전기 처럼 자유롭게 조정할 수 없다
④ 한류퓨즈는 차단시 무소음, 무방출 특성이 있다	④ 한류퓨즈는 녹아도 차단하지 못하는 전류범위가 있다
⑤ 소형으로 큰 차단용량을 갖는다	⑤ 비보호 영역이 있다
⑥ 보수가 간단하다	⑥ 사용중 열화하여 동작하면 결상을 일으킨다
⑦ 고속도 차단이 된다	⑦ 한류형은 차단시 고전압을 발생한다
⑧ 현저한 한류특성이 있다	⑧ 고임피던스 중성점 접지식에서는 지락보호가 되지 않는다

전력퓨즈는 차단기와 상대적으로 비교하여 그 기능이 떨어지는 것으로 생각하는 경향이 있으나 그렇지만은 않다. 전력퓨즈는 차단기의 역할 뿐 아니라 변성기나 보호계전기의 역할로 부수적으로 행하고 있다. 차단기의 선정시는 변성기가 보호계전기를 필수적으로 설치하여야 하나 퓨즈는 그렇지 않기 때문이다.

전력퓨즈와 차단기의 장단점을 비교하면 표 4.2와 같다.

### 4.3 전력퓨즈의 정격

#### 4.3.1 정격전압

전력퓨즈의 정격전압은 계통의 최대 선간전압에 의하여 3상회로에서 사용가능한 전압한도를 말하며 다음에 의한다.

$$\text{정격전압} = \text{공칭전압} \times \frac{1.2}{1.1} \text{ [V]}$$

표 4.3 전력퓨즈의 정격전압

전압 [kV]	퓨즈의 정격전압 [kV]	최대 설계전압 [kV]
6.6	6.9 또는 7.5	8.25
22 또는 22.9	23	25.8
66	69	72.5
154	161	169

이는 계통의 최대 선간전압이 전력퓨즈의 최대 설계전압보다 높아서는 안되는 것을 의미한다. 이는 3상의 퓨즈가 동시에 용단이 되지 않고 1상분이라도 연결 상태에 있으면 용단되어 있는 퓨즈의 양극에 인가되는 전압에 의한 이상전압의 발생등과 관련이 있다.

퓨즈의 정격전압은 표 4.3과 같다.

#### 4.3.2 정격전류

전력퓨즈가 허용온도 상승한도를 넘지 않고 연속적으로 흘려 보낼 수 있는 전류를 말한다.

ANSI 3746에 의한 정격전류[A]는 다음과 같다.

1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400

정격전류의 선정시는 다음과 같은 사항을 참고로 하여야 한다.

- ① 전부하, 과부하, 과도전류에 대한 사항
- ② 단락전류에 의한 기기의 손상, 전원측과 부하측의 기기 등과의 보호협조
- ③ 전부하 전류보다 큰 정격전류 선정

### 4.3.3 정격차단 용량

정격차단 용량의 표시는 다음에 의한다.

- ① 퓨즈가 차단할 수 있는 최대의 단락전류치를 표시한다.
- ② 퓨즈는 고속도 차단을 하므로 차단전류에는 과도현상에 의하여 발생하는 직류분이 포함된 비대칭분으로 나타난다. 그러나 차단용량의 표시는 교류분만의 대칭실효치로 한다.
- ③ 대칭분과 비대칭분의 비는 전로의 역률이 나쁠수록 크게되지만 퓨즈는 일반적으로 비대칭값(rms)/대칭값(rms) = 1.6으로 취급하고 있다.

## 4.4 전력퓨즈의 특성

### 4.4.1 과전압 특성

한류형 퓨즈는 소호원리상 아크전압이 매우 높아져 전원 전압이상으로 된다. 동작시 회로의 절연내력 이상으로 되면 위험하므로 JEC-201에서는 정격전압 파고값의 3배정도 까지 허용하고 있다. 최근에는 과전압을 억제하는 방법이 연구되어 상당이 낮은 제품도 있다.

비한류형 퓨즈는 전류 0점에서 차단되므로 과전압이 발생되지 않는다. 따라서 퓨즈의 정격전압보다 낮은 전로에 사용해도 과전압을 염려할 필요가 없다. 이러한 특징 때문에 비한류형 퓨즈는 절연내력이 약한 회로에 주로 사용한다.

### 4.4.2 동작특성

전력퓨즈의 전류대 시간 특성은 그림 4.5와 같으며 0.01초 이상과 그이하의 특성으로 구분하고 있다.

#### (1) 동작시간 0.01초 이상의 동작특성

##### ① 안전통전영역(a)

퓨즈에 연속해서 통전되는 최대 안전부하전류 통전영역(a1)과 안전과부하 통전영역(a2)으로 구분된다. 최대 안전 부하전류는 정격전류를 기준으로 하여 결정되고 있다.

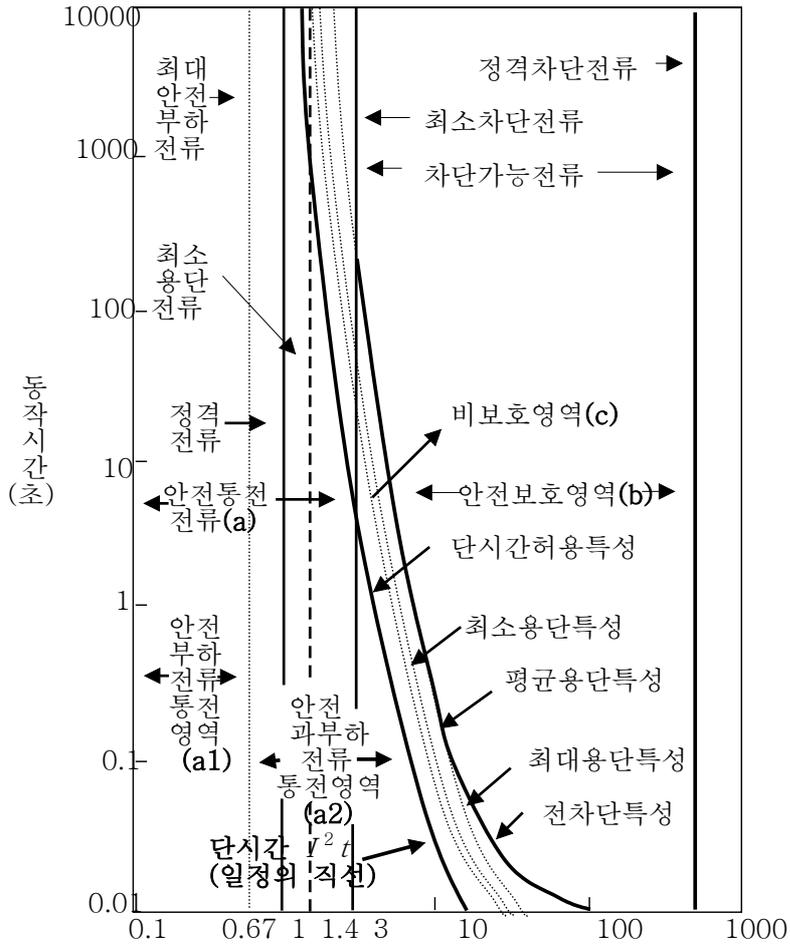


그림 4.5 전력퓨즈의 전류-시간특성

단시간 허용특성은 퓨즈 엘리먼트에 사용되고 있는 재료의 내열특성에 의하여 결정된다. 고압이상의 퓨즈에는 은이 다른 재료에 비하여 도전도가 높고 고온 열화가 적어 안전과부하 통전영역이 넓게 되어 많이 사용되고 있다.

② 보호영역(b)

퓨즈는 열에 의하여 동작하므로 대전류 영역에서는 아주 빨리 동작하여 우수한 한류작용을 나타내지만 소전류 영역에서는 그렇지 못하다. 때문에 퓨즈는 단락보호에는 최적이나 과부하보호에서는 그렇지 못하다.

③ 비보호영역(c)

안전통과 영역과 보호영역 사이에 있으며 이 영역내의 사고전류는 퓨즈로 보호되

지 않으므로 퓨즈가 용단되지 않아 기기가 손상 열화 될 우려가 있다. 이 영역을 가지고 있음이 퓨즈의 단점에 해당된다. 그러나 퓨즈의 재료특성상 어쩔 수 없는 영역이므로 퓨즈를 사용할 때는 항상 이 영역을 염두에 두어야 한다.

## (2) 동작시간 0.01초 이하의 동작특성

이 영역에서는 차단기는 동작하지 않으나 퓨즈는 동작하므로 주의하여야 한다. 한류퓨즈에서는 한류작용이 가장 특징 있는 역할을 하는 영역이다. 0.01초 이하의 미소시간은 단시간 허용 $I^2t$ 와 차단  $I^2t$ 로 표시한다.

### ① 단시간 허용 $I^2t$ (안전허용 $I^2t$ )

단시간 허용특성은 전류가 커지면 허용시간이 짧아진다. 특히 투입전류처럼 시간이 수 싸이클 이하로 미소해지면 열의 방산은 없어지고 허용 열에너지는 일정하게 되어 단시간 전류(실효치)  $I_s$ 와 허용시간  $t_s$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$I_s^2 \times t_s = \text{일정}$$

이 관계는 로그 그래프로 표시하면 2:1의 경사 직선이다. 따라서 이 이하의 시간(또는 이 이상의 대전류) 영역에서의 단시간 특성은 이 특성을 2:1로 전개하면 다음 식으로 나타내어진다.

$$I_{s1}^2 \times t_{s1} = I_{s2}^2 \times t_{s2}$$

$$\therefore t_{s2} = \left( \frac{I_{s1}}{I_{s2}} \right)^2 \times t_{s1} \text{ 또는 } I_{s2} = I_{s1} \sqrt{\frac{t_{s1}}{t_{s2}}}$$

이 단시간  $I^2t$  가 일정하게 나타난 것이 퓨즈의 단점이다. 차단기는 계전기시간+개극시간이 전류값에 관계없이 일정하므로 과도전류가 커도 동작하지 않지만 퓨즈는 과도전류가 커지면  $I^2t$ 가 증대되어 용단되는 경우가 있다.

### ② 보호영역의 차단 $I^2t$

미소 동작시간 보호영역은 차단  $I^2t$ 에 의하여 나타난다. 이것은 퓨즈가 차단완료할 때까지 회로에 유입하는 열에너지로 이 값이 피보호기기의 내(耐)  $I^2t$  보다 작은 퓨즈를 사용하면 보호가 된다.

퓨즈는 대전류에서는 고속동작을 하므로 이 차단  $I^2t$ 는 적다. 특히 한류퓨즈를 사용하면 그 한류작용에 따라 더 적게 제한되어 차단기에 비하면 몹시 적어 큰 보호특성을 갖고 있다.

### 4.4.3 퓨즈의 단점 보완 대책

#### (1) 용도의 한정

- ① 퓨즈의 동작을 단락고장용으로 정격전류를 선정한다.
- ② 상시과부하 차단을 하던지, 퓨즈동작 직후 재투입이 필요한 경우는 퓨즈를 사용하지 않도록 한다.

#### (2) 과소정격의 배제

- ① 최소 차단전류 이하에서 전력퓨즈가 동작하지 않도록 큰 정격전류용을 사용한다.
- ② 최소 차단전류 이하는 다른 기기로 보호한다.

#### (3) 기타

- ① 과도전류가 안전통전 특성 안에 들어가도록 큰 정격전류용을 선정한다.
- ② 퓨즈 동작시에는 3상을 모두 교체함이 좋다.
- ③ 회로의 절연강도가 퓨즈의 과전압치보다도 높아야 한다.
- ④ 고임피던스 중성점접지 계통에서는 지락보호계전기를 설치하여야 한다.

## 4.5 전력퓨즈의 선정

전력퓨즈의 정격전압은 표 4.3의 전력퓨즈의 정격을 참조하도록 하고, 정격전류에 대한 선정기준은 다음과 같다.

### 4.5.1 일반적인 기준

퓨즈의 정격전류는 퓨즈의 모든 특성과 관계되는 중요한 사항이다. 차단기는 계전기의 정정으로 동작시간을 바꿀 수 있으나 퓨즈는 그렇지 못하다. 때문에 전로의 특성, 퓨즈의 특성 등을 고려하여 정격전류를 결정하여야 한다.

#### (1) 상시통전전류의 안전통전

- ① 상시 사용하는 부하전류가 안전하게 통전할 수 있을 것.
- ② 과부하 및 과도돌입전류는 단시간 허용특성 이하일 것.
- ③ 반복부하에는 충분한 여유를 가질 것.

#### (2) 다른기기 등과의 보호협조

- ① 손상보호 : 피보호기기의 단시간 내량보다 퓨즈의 차단특성 및 한류특성이

아래에 있어야 한다.

- 통과전류의 과고값 및 차단  $I^2t$

② 선택차단 : 사고 확대 방지

- 전원차단기의 계전기 시간은 퓨즈의 차단특성 이상일 것

#### 4.5.2 고압퓨즈의 규격

과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 퓨즈는 다음과 같이 적합한 것이어야 한다.

##### (1) 포장퓨즈인 경우

① 정격전류의 1.3배의 전류에 견디고, 2배의 전류에서 120분 이내에 용단 될 것.

② 퓨즈는 KSC 4612(고압전류제한퓨즈)에 적합할 것.

【주】 KSC 4612(고압전류제한퓨즈)

- 변압기용(T): 변압기의 여자돌입전류를 고려하여 0.1초에서의 용단전류

- 전동기용(M): 전동기의 기동전류를 고려하여 10초에서의 용단전류

- 변압기 및 전동기용(T/M): 변압기의 여자돌입전류와 전동기의 기동전류를 고려하여 0.1초와 10초에서의 용단전류

- 특별히 용도를 정하지 않은 것(G): 종전부터 사용되던 것을 규정

##### (2) 비포장퓨즈인 경우

① 정격전류의 1.25배의 전류에 견디고, 2배의 전류에서 2분 이내에 용단 될 것.

#### 4.5.3 변압기용 선정기준

##### (1) 일반사항

① 변압기의 허용과부하전류에 용단되지 않을 것

② 변압기의 여자돌입전류에 용단되지 않을 것. 일반적으로 변압기 전부하전류 10배 0.1초 정도가 퓨즈의 단시간 허용특성 이하에 있으면 된다

③ 2차 단락시 변압기를 보호할 수 있을 것. 퓨즈의 차단특성은 변압기 전부하전류의 25배에서 2초 이내일 것. 또 퓨즈의 최소 차단전류는 예상 단락전류 보다 적어야 한다.

## (2) 3상, 단상 일괄보호

- ① 각상마다 3상, 단상을 합한 전부하전류, 여자돌입전류를 계산하여 그것을 안전하게 통전하는 정격치로 하며, 각상마다 다른 정격으로 하기보다는 각 상중의 최대 정격으로 통일하는 편이 결상될 염려도 없고 보수도 쉽다.
- ② 각 변압기의 2차 단락 보호시에는 (1)의 ③항을 만족하여야 하나 불가능한 경우 각 변압기마다 퓨즈를 사용한다.

## (3) 기타

- ① 계기용변압기용 퓨즈는 그 부하전류에서 계기용변압기 소손방지용으로 선정하면 매우 작은 정격전류 값이 되어 기계적으로 끊어지기 쉬워 보통 1[A] 정도를 선정한다.
- ② 변압기와 콘덴서를 일괄 보호할 때는 콘덴서 용량은 고려하지 않아도 무리가 없다.

## 4.5.4 전동기용 선정기준

### (1) 일반사항

- ① 전동기의 허용 과부하를 안전하게 통전할 것.
- ② 전동기의 시동전류에 의하여 퓨즈가 용단되지 않을 것. 일반적으로 전부하 전류의 5배 10초 정도가 퓨즈의 단시간 허용특성 내에 있는 정격을 선정할 것. 시동전류와 그 시간이 확인되면 그에 따른다.
- ③ 빈번한 개폐나 정·역 운전을 할 때는 그 반복전류로 손상되지 않을 것.

### (2) 시동전류-시간특성의 검토

직접시동에서는 큰 시동전류가 흐르지만 시동전류-시간특성은 사용조건, 전동기 특성에 의해 다르므로 각 경우별로 확인한다.

## 4.5.5 콘덴서용 선정기준

### (1) 일반사항

- ① 콘덴서는 본선에 직접접속하고 특히 전용의 개폐기, 퓨즈, 유입차단기 등을 설치하지 말 것. 다만, 방전장치가 있는 콘덴서에는 개폐기(차단기 포함)를 설치할 수 있으나 평상시 개폐는 하지 않음을 원칙으로 하며 COS를 설치할 경우에는 다음에 의한다.

- 고압인 경우

COS에 퓨즈를 삽입하지 않고 직경 2.6mm이상의 나동선으로 직결한다.

- 특별고압인 경우

COS에는 퓨즈를 삽입하며, 콘덴서 용량별 퓨즈정격은 정격전류의 200%이내의 것을 사용한다.

② KS에 의한 C형 퓨즈는 콘덴서 최대사용전류를 통전 가능하고 또한 투입과도 전류에도 견디는 특성으로 되어 있으므로 『퓨즈 정격전류 $\geq$ 콘덴서의 정격전류』로 하면 퓨즈 정격전류를 쉽게 선정할 수 있다.

#### 4.5.6 파워퓨즈의 선정 예시

표 4.4 22.9kV급 변압기보호용 퓨즈선정표(방출형, "K"Type)

변압기정격 용량(kVA)		변압기정격 전부하전류 In[A]	변압기여자 돌입전류 If=10In[A]	대칭단락전류 실효치[A] Is=100In/%Z	퓨즈정격 선정범위 [A]
1Φ	3Φ				
5	15	0.38	3.8	6.3	1K
10	30	0.76	7.6	12.6	1K
15	45	1.13	11.3	18.9	2K
25	75	1.89	18.9	31.5	3K
33	100	2.52	25.2	42.0	3K
50	150	3.78	37.8	63.0	6K
67	200	5.04	50.4	84.0	8K
75	225	5.67	56.7	94.5	8, 10K
100	300	7.56	75.6	126.1	10, 12K
167	500	12.6	126	210.1	15, 20K
250	750	18.9	189	315.1	25, 30K
333	1000	25.2	252	420.2	30, 40K
500	1500	37.8	378	630.3	50K
667	2000	50.4	504	840.4	65, 80K
1000	3000	75.6	756	1260.6	100K
1670	5000	126.0	1260	2101.0	140, 200K
2500	7500	189.0	1890	3151.5	200K

- 주 1) 상기표는 방출형 퓨즈의 선정임으로 한류형 퓨즈 선정에는 적용치 말 것.  
 2) 전력퓨즈의 정격선정에 필요한 단시간 대전류 특성은 퓨즈형식마다 각기 다르므로 동일정격전류라도 그 동작특성곡선을 참고하여 선정할 것.  
 3) 특별고압에 적용되는 PF와 COS 퓨즈의 동작시간-전류특성에 관한 시험 규격은 거의 유사하나 정격차단전류와 정격내전압 등의 특성은 PF가 우수함.

표 4.5 22.9kV급 변압기보호용 퓨즈선정표(한류형)

변압기(kVA)		정격전류(A)	변압기여자돌입전류(A)		퓨즈정격범위(A)
상수	용량		적용배수	돌입전류	
1Φ	10	0.44	10In	4.4	-
	15	0.66		6.6	-
	20	0.87		8.7	5
	30	1.31		13.1	5, 10
	50	2.18		21.8	10
	75	3.28		32.8	10, 20
	100	4.37		43.7	20
	150	6.55		65.5	20, 30
	200	8.73		87.3	20, 30
	300	13.10	9.5In	124	30, 40, 50
	500	21.83	8.5In	186	40, 50, 63
	750	32.75	8In	262	50, 63, 75
	1000	43.67	7.5In	328	63, 75, 100
3Φ	10	0.25	10In	2.5	-
	15	0.38		3.8	-
	20	0.50		5.0	-
	30	0.76		7.6	-
	50	1.26		12.6	5
	75	1.89		18.9	5, 10
	100	2.52	25.2	10	
	150	3.78	9In	34	10
	200	5.04	8.5In	43	20, 30
	300	7.56	7.5In	57	20
	500	12.6		95	20, 30
	750	18.9		142	30
	1000	25.2		189	40, 50
	1500	37.8		284	40, 50, 63
	2000	50.4		378	63, 75

주 1) 변압기 여자돌입전류는 변압기 정격전류(In)에 대한 배수가 0.1초 동안 지속 되는 것으로 가정하였으며, 특성곡선에서 여자돌입전류에서 0.1초에 견디고 변압기 2차측 단락전류에서 0.2초 이내에 차단되는 특성곡선의 퓨즈 정격 전류를 선정.

2) 위 표의 값은 참고치 임으로 기동전류가 큰 전로나 기기에는 적용 금지.

## 5. 고장구분자동개폐기(A.S.S:Automatic Section Switch)

### 5.1 개요

최근 우리나라의 배전전압은 그 대부분이 22.9kV의 3상4선식 다중접지 방식이다. 이 방식은 여러 가지의 장점도 있으나 또한 단점도 갖고 있는데, 그중 하나가 지락시에 지락전류가 너무 커서(각종 배전방식 중 제일 크며 3상 단락전류 용량보다 클 수가 있다) 지락사고시에는 단락사고시와 같이 한국전력공사의 배전선로에 설치된 리크로져나 공급 변전소에 설치된 차단기가 동작하여 한 개의 수용가가 많은 수용가에 피해를 유발시키는 결과를 가져오고 있다.

그러므로 한 개 수용가의 사고가 그 수용가에만 국한시켜 다른 건전 수용가에 피해를 최소화하기 위한 방안으로 대용량 수용가에 한하여 이 자동고장 구분개폐기를 설치하도록 의무화하였다.

그 후 수변전설비의 대형화와 신뢰성을 높이기 위하여 22.9kV의 경우 1,000KVA 이하 특별고압 간이 수변전설비 용량에 대하여 수전용량이 300KVA를 초과하는 경우 인입개폐기로서 자동고장 구분개폐기를 설치하도록 의무화하였다.

#### 5.1.1 정격전압 및 정격전류

- 정격전압 25.8kV에서 정격전류 200, 400A

#### 5.1.2 정격전류별 설치방법

##### ① 정격전압 25.8kV에서 200A인 경우

- 22.9kV 전기사업자 배전계통에서 부하겸용 4,000KVA(특수부하 2,000KVA) 이하의 분기점 또는 7,000KVA이하의 수전실 인입구에 설치하여 과부하 또는 고장전류 발생시 전기사업자측 공급선로의 타보호기기(Recloser, CB 등)와 협조하여 고장구간을 자동 개방하여 과급사고 방지.
- 전부하상태에서 자동 또는 수동투입 및 개방가능.
- 고성능 부하보호장치로 안전운전 보장.
- 제작회사마다 명칭과 특성이 조금씩 다름.

##### ② 정격전압 25.8kV에서 400A인 경우

- 22.9kV 전기사업자 배전계통에서 부하겸용 8,000KVA(특수부하 4,000KVA)이하의 분기점 또는 수전실 인입구에 설치하여 전기사업자측 공급선로의 타보호기기(Recloser, CB 등)와 협조하여 고장구간을 신속 정확히 분리하여 과급사고 방지.
- 전부하상태에서 자동 또는 수동투입 및 개방가능.
- 과부하 보호 기능.
- 낙뢰가 빈번한 지역, 공단선로, 수용가 선로 등에 사용이 가능.

### 5.1.3 설치장소

- ① 전기사업자측 공급선로 분기점.
- ② 수전실 구내 인입구.
- ③ 자가용선로.

### 5.1.4 고장구분 자동개폐기 명칭

고장구분 자동개폐기는 제작회사 및 특성에 따라 명칭이 서로 다르게 사용되고 있으며 아래와 같음.

- A.S.S(Automatic Section Switch)
- A.S.B.S(Automatic Section Breaking Switch)
- A.S.B.R.S(Automatic Sectionalizing Breaking Reclosing Switch)
- A.S.F.S(Automatic Sectionalizing Fault Switch)
- G.A.S.S(Gas Auto Section Switch) 등

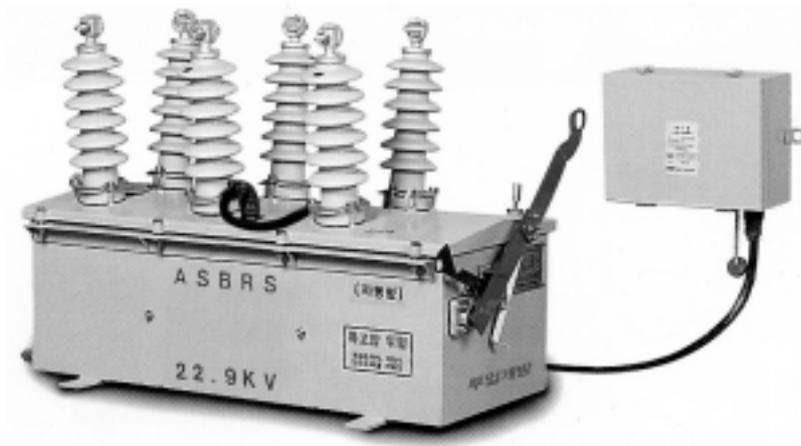


그림 5.1 고장구분 자동개폐기 구조

## 5.2 기능 및 특성

### 5.2.1 계수기능

ASS는 1회 또는 2회의 계수 개방기능을 가지고 있으므로 과도고장이 발생할 가능성이 높은 수용가 또는 선로의 오동작에 의한 정전을 방지할 수 있다.

#### (1) 1회 계수기능

1회 정정시는 후비보호장치의 순시동작과 협조하여 ASS 최소동작 전류 이상 및 후비보호장치 동작전류 이하는 직접 차단하고, 그 이상의 고장전류에 대해서는 후비보호장치가 고장을 제거한 후 무전압 상태에서 개방된다

과도고장(낙뢰, 조류접촉, 수목접촉 등)이 발생할 가능성이 적은 수용가나 고장수리후 확인 송전시 사용하게 되면 신속하게 고장을 제거할 수 있다.

#### (2) 2회 계수기능

2회 정정시는 후비보호장치의 순시동작과 협조하여 ASS 최소동작전류 이상 및 후비보호장치 동작전류 이하는 직접 차단하고, 그 이상의 고장전류에 대해서는 후비보호장치가 고장을 제거한 후 무전압 상태에서 개방되거나, 지연동작과 협조하여 대략 LOCK전류 이하는 직접 차단하고 LOCK전류 이상은 축세 개방하게 된다.

2회에 정정되어 있어도 후비보호장치가 처음부터 지연동작을 하게 되면은 LOCK 전류 이하는 직접 차단하고 LOCK전류 이상은 1회만에 축세 개방되므로 후비보호장치가 CB일때도 CB의 불필요 동작을 방지할 수 있다. 2회 계수정정은 과도고장이 발생할 가능성이 큰 수용가, 선로용개폐기, CB로 수전한 수용가의 LS 또는 DS 대신 ASS를 사용할 때 과도고장에 의한 MIS LOCKOUT, 부하측 보호장치의 투입에 따른 돌입전류로 인한 오동작을 방지할 수 있고 CB가 선로 RECLOSER와 협조할 기회를 부여하므로 유용하게 활용할 수 있다.

#### (2) 과부하 보호 기능

변압기 2차측 또는 1차측의 고장에 대해 내장된 OCR, OCGR에 의한 과부하 및 지락보호 기능을 가지고 있다. 최소동작전류는 1.5배에서 2.5초 이상의 강제한시 특성을 가지고 있으므로 변압기 여자전류, 순간적 과부하에 내성을 갖고 있다.

순시협조는 후비보호장치의 최소동작점까지 동작하게 되고 2회 계수정정된 상태에서 지연협조시는 대략 LOCK전류(800A) 이하에서 동작되게 된다.

### 5.2.2 축세 트립 기능

후비보호장치의 순시동작과 협조하거나 LOCK전류(800A) 이상의 고장전류에 대하여 후비보호장치에 의해 고장전류가 차단된 뒤에 동작할 수 있도록 1회 또는 2회 계수 축세트립 기능을 가지고 있다.

전압, 전류억제방식을 사용하고 있으므로 전류방식에서 발생하는 고장감지후 일정전류 이하로 선로전류가 감소할 때 LOCKOUT되는 문제가 없다.

### 5.2.3 돌입전류에 의한 오동작 방지 기능

다른 수용가 또는 전원측 선로의 고장으로 인해 후비보호장치가 동작할 때 무전압이 되기 직전 고장전류의 유무를 판단함으로써 선로 재가압시 발생하는 돌입전류로 인해 오동작 하지 않도록 되어 있고 계수기능에 의해 전위 보호장치 투입시 발생하는 돌입전류에 대해서는 2회 계수기능을 통해 방지하도록 되어 있다.

### 5.2.4 경부하 운전시의 오동작 해결

기존의 전류방식의 경우 부하전류가 작은 상태에서 고장이 발생하면 돌입전류 억제기능이 해제되지 않거나 제어전원 형성이 늦어 동작치 않을 수가 있으나 지금은 전압 및 전류방식을 채택하여 이러한 문제를 원천적으로 예방하였다.

### 5.2.5 과전류 LOCK 기능

정격차단전류(900A) 이상의 고장 발생시 개폐기를 보호하면서 고장을 제거할 수 있도록 과전류 LOCK(800±10%) 기능을 가지고 있다.

### 5.2.6 순간적인 무전압 개방

축세 트립시 후비 보호장치의 재폐로시간(0.3~0.7초)중 개방될 수 있도록 무전압 직후 개방되기 까지의 시간은 ANCI 규정시간인 0.25초 이내로 되어있어 원활한 협조가 가능하다.

### 5.2.7 기능 정정의 간편

최소동작 전류의 정정은 제어함에 부착된 Selector Switch의 선택에 의해서 내장된 OCR, OCGR과 자동으로 정합되므로 설비용량의 증가에 따른 재 정정이 용이하다.

### 5.2.8 재폐로 기능

RECLOSER와 협조못하는 자기차단 영역(800A 이내)에서의 과도고장을 억제할 목적으로 사용할 수 있으며 수목 및 작은 동물 등의 접촉 위험이 있는 지역에서 정전을 방지하기 위해 1회 재투입의 선택이 가능하다. 이때 한전선로는 고장이 과급되지 않는다.

### 5.2.9 특성

- 제어함은 개폐기의 본체에 부착된 기본형이나 선택형으로 리셉터클을 이용하여 분리 사용 가능합니다
  - 기본형 : 1, 7m
  - 선택형 : 5, 10, 15, 20m
- Remote 기능 8p 리셉터클로서 제어함으로부터 연장하여 Remote 사용할 수 있다(케이블 길이는 5m 선택사양)
- 개방상태를 지상 및 외부에서 쉽게 판별할 수 있는 점점위치 및 표시기와 동작회수가 계수되는 동작계수기가 있다.
- 제어용 전원은 DC24V로써 내장된 전원확보 장치를 사용하기 때문에 별도의 외부전원은 필요하지않다.
- 전선접속 단자는 Clamp Type으로써 22mm<sup>2</sup> ~ 160mm<sup>2</sup>의 동 또는 알루미늄 전선 접속이 가능하며 접지단자 22mm<sup>2</sup> ~ 38mm<sup>2</sup>가 겸비되어 있다.
- 본 개폐기는 과전류를 검출하여 후비보호장치(CB 또는 RECLOSER)가 선로를 개방하고 있는 동안 고장구간을 계통으로부터 자동 분리시키는 기능과 정격 차단전류 이하의 과전류를 검출하여 차단할 수 있는 기능을 동시에 갖고 있다.
- 상용상태에서 기계적인 수동투입 및 개방, 전기적인 투입 및 개방이 용이하여 전기적투입 및 수동투입시에 Trip Free의 기능 갖고 있다.
- 부하개폐 성능
  - 전류 900A에서 개폐허용 회수 : 3회
  - 전류 200A에서 개폐허용 회수 : 200회

### 5.3 정정방법

ASS의 정정은 상·지락 최소동작전류 정정스위치, 계수기능 선택스위치로 구성되며 OCR·OCGR 전자식 Relay의 특성은 최소동작전류와 자동으로 정합되므로 선택스위치에 의해 간단히 정정할 수 있다.

### 5.3.1 최소동작전류의 정정

Selector 스위치에 의해 용이하게 최소동작전류를 정정할 수 있다. LOCK 전류는 800A로 고정되어 출고되므로 선택스위치가 어떤 위치에 있어도 800A 이상을 직접 차단하지 않는다.

#### ① PHASE 최소동작전류의 정정

- PHASE 최소동작전류는 최대부하전류의 2 ~ 3배로 한다.

$$\frac{\text{계약용량}(KW)}{22.9(KV)\times\sqrt{3}} \times (2 \sim 3\text{배}) = \text{PHASE 최소동작전류}$$

#### ② GROUND 최소동작전류의 정정

삼상의 불평형이 크고 GROUND 최소동작전류가 부하전류보다 작으면 오동작할 우려가 있으므로 통상 PHASE 최소동작전류의 50%로 하면 된다.

#### ③ Fuse의 선정

수용가 설치시 부하 또는 전원측에 Fuse를 사용할 시에는 ASS 정정치 이상의 Fuse를 사용하여야 한다. 또 Fuse 정격을 크게 할수록 협조영역이 증가하나 후비보호장치의 지연동작과 협조하도록 해야 한다.

### 5.3.2 계수기능 선택스위치

계수 1회 정정시는 RECLOSER가 과도고장을 제거하는 도중 LOCK OUT될 수 있으므로 과도고장이 발생할 가능성이 높거나 선로보호용으로 사용될 때 또는 CB로 수전한 수용가에서 LS나 DS 대신에 ASS를 사용할 때에는 2회 정정을 통해 과도고장 제지 기회를 갖게된다.

## 5.4 동작방법

ASS의 제어기능은 제어함내의 Control Board에 의하여 이루어지며 과부하보호는 물론 단락·지락고장에 대해서도 후비보호장치와의 완전한 협조를 하게된다.

O.C Trip, G.R Trip, O.C축세Trip, G.R축세Trip, 과전류 LOCK, 계수기능이 있으며 이의 기능은 다음과 같다.

#### 5.4.1 동작기능

- ① O.C Trip : 과부하시 전로를 개로하는 동작을 말하며 내장된 전자식 OCR의 트립코일 특성에 의해 동작된다.
- ② G.R Trip : 지락사고시 전로를 개로하는 동작을 말하며 내장된 전자식 OCGR의 트립코일 특성에 의해 동작한다.

- ③ O.C 축세Trip : 과부하 또는 단락사고시 사고전류를 기억하여 후비보호장치가 동작한 다음 무충전 상태에서 자동적으로 전로를 개로하는 동작을 말한다. 1회 또는 2회계수 후 동작하나 후비보호장치가 지연동작시는 계수에 무관하게 LOCK전류(800A) 이상에서 1회에 축세 트립하게 된다.
- ④ G.R 축세Trip : 지락사고시 지락전류를 기억하여 후비보호장치가 동작한 다음 무충전 상태에서 자동적으로 전로를 개로하는 동작을 말한다.
- ⑤ 과전류 LOCK : 고장전류가 800A±10% 이상이면 개방지령이 억제되었다가 후비보호장치가 고장을 제거한 후 동작한다.
- ⑥ 계수기능 : 고장전류가 흘렀다가 후비보호장치가 고장을 제거하여 무전압이 되면 계수를 한다. 1회 또는 2회의 정정치에 도달하면 개방이 되고 정정치에 도달하기전 고장상태가 해소되면 계수가 해제되어 재차 고장에 대비하게 된다. 그러나 2회 정정시에 후비보호장치가 CB로서 지연특성으로 동작하면 LOCK전류 이상에서 1회만에 축세 개방하므로 불필요한 CB의 재동작을 억제하도록 되어있다.

#### 5.4.2 동작설명

- ① 고장전류가 최소동작전류 이상 LOCK전류 이하일 때  
후비보호장치가 순시동작을 하면 계수만을 행하며 정정횟수에 달하면 축세 개방된다. 후비보호장치가 지연동작을 하면 ASS의 Control Response Time이 빨라 대부분 직접 고장을 제거하나 후비보호장치의 정정상태에 따라서는 후비보호장치가 먼저 고장을 제거하는 경우도 있다.
- ② 고장전류가 LOCK전류 이상일때  
후비보호장치가 순시동작을 하면 계수완료후 축세 개방된다.  
후비보호장치가 지연동작을 하면 계수와 무관하게 1회만에 축세 개방된다.

#### 5.4.3 동작기능 설명

ASS는 출고전에 완전한 정정을 한후 시험을 거쳐 출고된다.

- ① 최소동작 전류시험  
최소동작전류는 정정치의 ±10%에서 동작하도록 되어있다.  
즉 -10%미만에서는 동작하지 않아야 하며 +10%이상에서는 동작해야 한다.
- PHASE 최소동작 전류시험
  - ASS를 투입하고 GROUND 최소동작 전류를 By Pass로 한다.

- 계수기능 스위치를 1로 한다.
- 정정치의 +10% 전류를 1초 이상 흘렀다가 개방한다.  
이때 ASS는 개방되어야 한다.
- 정정치의 -10% 전류를 1초 이상 흘렀다가 개방한다  
이때 ASS는 개방되어야 한다.

○ GROUND 최소동작 전류시험

- ASS를 투입하고 PHASE 최소동작 전류를 BLOCK 위치에 둔다.
- 계수기능 스위치를 1로 한다.
- 정정치의 +10% 전류를 1초 이상 흘렀다가 개방한다.  
이때 ASS는 개방되어야 한다.
- 정정치의 -10% 전류를 1초 이상 흘렀다가 개방한다  
이때 ASS는 개방되어야 한다.

③ LOCK 전류시험

- ASS를 투입하고 PHASE, GROUND를 BLOCK, BY PASS 위치에 둔다.
- 계기기능 스위치를 1로 한다.
- 720A를 1초 이상 흘렀다가 개방한다. 이때 ASS는 개방되지 말아야 한다.
- 880A를 1초 이상 흘렀다가 개방한다. 이때 ASS는 개방되어야 한다
- PHASE, GROUND의 BLOCK 또는 BY PASS를 푼다.
- 720A를 흘려 지속하면 개방되어야 한다.
- 880A를 T.C 특성상의 시간보다 길게 흘려도 개방되지 말아야 한다.  
전류를 개방하면 트립되어야 한다.

④ 돌입전류 억제시험(1초 Set 상태)

- 계수기능 스위치를 1로 한다.
- 정정된 최소동작전류 이하의 전류를 인가한 후 개방한다.(set 상태)
- 최소동작전류 이상의 전류를 인가하여 0.9초 이내에 전류를 개방한다.  
이때 ASS는 트립되지 않는다.

⑤ T.C 특성

- PHASE의 경우는 GROUND를 BY PASS, GROUND의 경우는 PHASE를 BLOCK 위치로 한다.
- ASS를 투입한다.(계기기능 스위치는 아무 위치라도 좋다)
- 최소동작전류의 150% 전류를 흘린다.  
이때 2.5초 이상 지속시 트립되어야 한다.

⑥ 계수기능 시험

- 계수기능 스위치를 1로 정정한다.
- 정정치의 +10% 이상의 전류를 1초 이상 흘렀다가 Timing 완료전 개방한다. 이때 ASS는 개방되어야 한다.
- 계수기능 스위치를 2로 정정한다.
- 정정치의 +10% 이상의 전류를 1초 이상 흘렀다가 Timing 완료전 개방한다. 1회동작시는 개방되지 않고 2회 동작시 개방되어야 한다.

⑦ 재폐로 기능

- 재폐로 스위치를 1회로 정정한다.
- 정정치의 +10% 이상의 전류를 흘려 ASS를 개방한다. 이때 ASS는 재투입되어야 한다.

### 5.5 설치시 유의사항

ASS의 동작은 전원측, 부하측의 구별이 필요없으나 밧데리의 충전을 위하여 가능한 구별하여 설치하는 것이 좋다. Mechanism과 제어회로부는 제작시 별도로 조정 및 시험되고 조립후 최종 시험을 거쳐 출고되므로 수송 도중 발생할 수 있는 손상 또는 부품의 망실 등을 검사하여야 한다.

#### 5.5.1 설치전 점검

① 수동 개폐 조작시험

수동 투입용 핸들을 오른쪽으로 당기면 ASS는 투입되고 녹색의 수동 트립 고리를 당기면 개방된다. 4~5회 되풀이 하여 기계적 동작을 확인한다.

② 자동 개폐 조작시험

투입버튼을 순간적으로 눌렀다 떼면 대략 7~8초 후에 개폐기가 투입되면 모타는 초기위치로 복귀하여 멈추게 된다. 투입버튼을 뺀후 7~8초 정도 후 다시 누르면 투입된다. 투입버튼을 계속 누르고 있는 상태에서 개폐기가 자동 트립되면 개폐기는 투입되지 않으며 투입버튼을 뺀 후 10초정도 후에 다시 누르면 투입된다.

개방버튼을 누르면 전동 트립이 가능하다. 공장에서 출고시는 밧데리를 만충전후 밧데리 연결이 되지않은 상태에서 출고되므로 설치전 밧데리를 연결하고 4~5회 투입 및 개방 조작을 한 후 이상이 없으면 설치한다.

③ 밧데리 점검 및 교환

밧데리는 24V, 1.8AH 무보수형(GEL Type)이 설치되어 있다. 개폐기에 전압

이 인가되면 정전압 및 정전류로 부동충전되므로 별도의 전원 연결이 필요없으나 설치전 6개월 이상이 경과되면 (25% 정도 자기 방전됨) 다음의 요령에 의하여 점검할 필요가 있다.

- **бат데리의 점검**

전압을 측정하여 24V 이상이면 40% 이상의 잔존용량을 가지고 있으므로 개폐조작에 이상이 없으면 설치한다.

бат데리 충전전압은 전원측 R상에 13200V의 전압이 인가되면 이루어지나 인가가 곤란한 경우에는 бат데리를 분리하여 별도 충전후 설치해야 한다.

개폐기 설치시에는 전원측 R상을 전원측으로 하면 장시간 개폐기가 개방시에도 бат데리가 충전되므로 유리하지만 통상은 전원측과 부하측을 구분할 필요가 없다.

- **бат데리의 교환**

무보수형 бат데리는 사용 도중 전해액을 보충할 필요가 없으며 부동충전시 수명은 5년, 5년 후에는 최대 20%, 6년 후에는 최대 50%의 용량감소가 일어난다. 일단 방전시에는 재충전하더라도 수명이 짧아질 수 있다.

④ **동작기기의 정정**

제어함의 뚜껑을 열고 최소동작전류, 계수기능, 돌입전류, 재폐로 기능 스위치를 정정한다.

⑤ **설치**

- ASS를 장주할 때에는 조상고리를 사용하여 올리고 행가볼트, 행가 Bar 및 클램프로 완금에 확실하게 고정한다.

- ASS의 접지는 접지단자에 확실하게 접지한다.

- 개방시에는 전원이 인가되어 있으면 유도전압이 형성될 수 있으므로 부하측 작업시 반드시 3상 접지를 하고 작업하여야 한다.

**5.5.2 점 검**

정기점검 횟수는 오염조건과 ASS에 부과된 수동 및 자동 차단횟수에 주로 좌우된다. 축세 트립시는 무전압 상태에서 개방되므로 전류를 차단하지 않지만 적어도 1년에 한번은 다음 사항을 점검하여야 한다.

- ① 붓싱의 파손 및 Crack 여부 또는 페인트의 벗겨진 상태 및 기계적 상태
- ② 카운터의 횟수 점검
- ③ 제어함 내의 부식 유무 확인
- ④ 절연유의 유량 상태

## 5.6 구조

### 5.6.1 ASS 본체

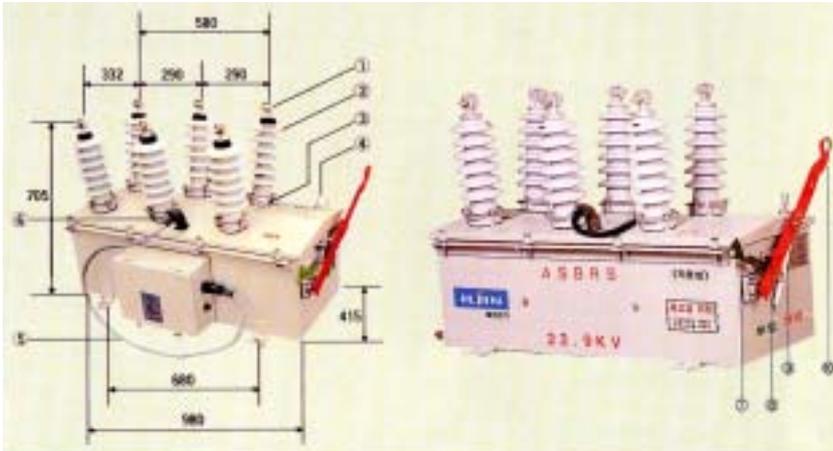


그림 5.2 ASS

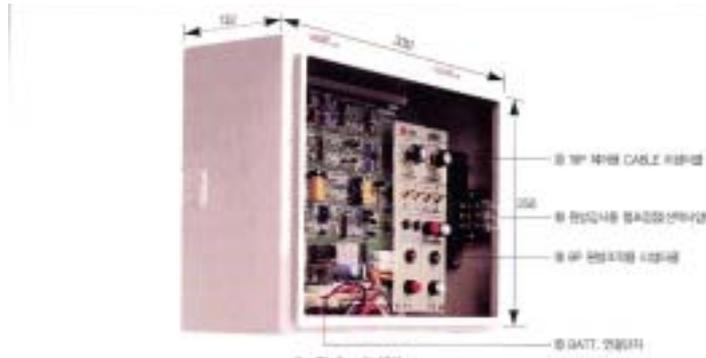
- ① 붓싱 터미널  
크램프 방식으로 동 또는 알루미늄 전선 22mm<sup>2</sup> ~ 160mm<sup>2</sup> 접속에 용이하도록 되어 있다.
- ② 붓싱  
양질의 자기재로 방습형이며 모든 접합부는 누유 및 수분 침투를 방지하는 구조로 패키징 처리되어 있다.
- ③ 조상고리  
개폐기 설치 및 운반시 사용이 용이하도록 되어 있다.
- ④ 에어 밸트룸(숨구멍)
- ⑤, ⑥ 제어 케이블 연결 리셉터클  
19P 실드케이블로서 개폐기와 제어함을 연결하여 사용한다.
- ⑦ 수동 개방 레바  
레바 부분이 녹색으로 표시되어 있으며 아래쪽으로 1회 당기면 개방된다.
- ⑧ 동작 계수기  
개폐기 동작 횟수 확인에 사용된다.
- ⑨ 동작 표시기  
주접점과 연동되어 접점의 투입 및 개방 상태를 표시한다.
- ⑩ 수동 투입 레바  
적색으로 표시되어 있으며 아래쪽으로 1회 당기면 된다

※ 접지단자와 드레인 밸브

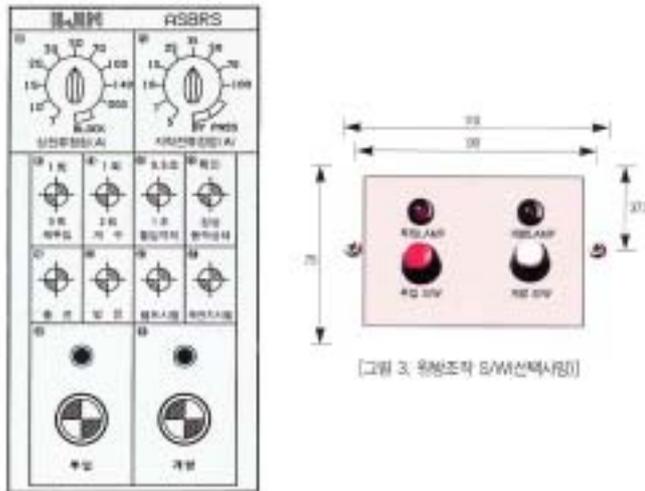
접지에 필요한 22mm<sup>2</sup> ~ 38mm<sup>2</sup> 접속이 용이한 접지단자가 있고 절연유 교체 및 성능 검사용 샘플 채취시 사용된다.

(요구시 부착 : 접지단자는 드레인 밸브와 같이 사용하도록 되어있다)

5.6.2 ASS 제어함



[그림 2. 제어함]



[그림 3. 상 전압조작 SW(상 전압선택서빙)]

그림 5.3 ASS 제어함

- ① 상(PHASE) 최소동작전류 정정스위치  
선택스위치에 의하여 7, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 140, 200A, BLOCK으로 조정된다.
- ② 지락(GROUND) 최소동작전류 정정스위치  
선택스위치에 의하여 5, 7, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100A, BY PASS로 조정된다.

- ③ 재투입 선택스위치  
순간 정전이 예상될 때 “1회” 위치로 UP하면 7 ~ 8초 후 자동으로 재투입된다.(고장 지속시 자동 차단됨)
- ④ 계수기능  
투입과정에서 돌입전류가 크거나 낙뢰 등이 발생할 경우 오동작을 억제키 위해 2회까지 선택된다.
- ⑤ 돌입전류가 길 경우 1초, 짧은 경우는 0.5초 선택한다.
- ⑥ 투입 및 개방 상태  
램프 확인용 스위치.(бат데리 방전을 막기 위해 화인시 UP할 경우만 점등)
- ⑦ 충전을 확인하기 위한 LED이다.(점등시 бат데리 충전중 표시)
- ⑧ 방전을 확인하기 위한 LED이다.(점등시 бат데리 방전중 표시)
- ⑨ LED 램프의 정상 상태 확인.
- ⑩ бат데리 상태를 확인하기 위한 스위치.(버튼을 눌렀을 때 “⑧”번 LED가 점등되면 бат데리가 방전상태이므로 동작을 하지 말고 수동으로 투입한다. 한전 수전 후 48시간이 지나면 자동 충전된다)
- ⑪ ~ ⑫ 투입 및 개방 스위치.
- ⑬ 제어용 케이블 리셉터클.(19P 실드케이블을 개폐기와 연결하여 사용한다)
- ⑭ Remote 리셉터클.(선택사양)
- ⑮ бат데리 연결단자.