

수전설비를 구성하는 차단기의 특성과 응용(하)

글 / 윤 여 덕(한보공업주식회사 이사)

목 차

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

5. 차단기의 응용

5-1 차단기의 기능

ANSI-C37.100-1972에 기술된 내용을 응용하면 아래와 같다.

즉 회로의 정상적인 상태 뿐 아니라 단락과 같은 비정상적인 상태에서도 소기의 개폐를 할 수 있는 기능을 갖고 있어야 한다고 되어 있다.

원문을 인용하면 다음과 같다.

"A mechanical switching device, capable of making, carrying, and breaking currents under normal circuit conditions and also, making, carrying for a specified time and breaking currents under specific abnormal circuit conditions such as those of short-circuit."

한편, 다음과 같이 설명할 수 있다.

A circuit breaker is applied generally to carry and switch load current and to interrupt short-circuit current when required.

그런데 차단기는 한번만의 동작이 아니라 일반적으로 자주 동작된다는 것이고, 소정의 조정된 내용에 따라(Duty Cycle에 따라) 동작되어야 한다는 것이다.

그러므로 위에 기술된 기능에 따르려면 차단기의 정격은 필요로 하는 회로에 계산되어 지는 요구치와 같거나 그 이상이 되어야 한다는 것이다.

5-2 차단기의 차단방식

차단기는 수동으로 인한 차단(Push button) 방식과 전기적인 동작차단(trip coil) 방식이 있다.

그러나 전기적 차단은 아래의 두가지 기능을 가져야 한다.

① 정상적인 개폐동작일 경우에는 조작자에 의하여 차단기를 열 수 있도록

② 비정상적인 조건에서 회로 보호를 목적으로 열 때에는 자동으로 조작되도록

또한 전동트립방식은 외부전원을 필요로 하는데, 하나는 축전지로부터, 또 하나는 정류된 교류전원(Capacitor첨부)을 쓰는 것인데, 차단기의 트립코일에 연결된다.

정상적인 개폐는 조작자 제어스위치(Control Switch)를 사용하지만, 전기적 자동차단은 계기용

변압기에 의하여 작동되는 보호계전기 단위에 따른 접점으로 이루어진다.

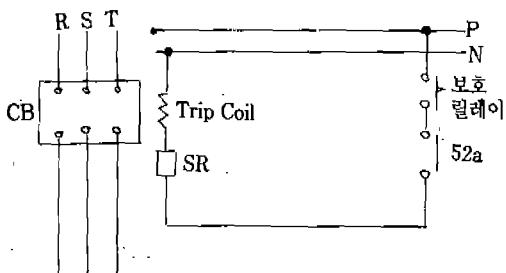
그런데, DC배터리 트립이든 AC커패시터트립이든 결정할 경우에는 다음과 같은 것을 고려하여야 한다.

- 차단기가 한대 또는 몇대 안 될 경우에는 커패시터 트립방식이 배터리 방식보다 경제적이다. 그러나 트립장치는 양쪽 차단기 모두에게 필요하다.
- 배터리 전원은 보다 신뢰성이 있지만 커패시터 트립장치 보다 많은 유지비가 소요된다.
- 배터리를 트립하는 데 사용할 경우에는 DC투입 전력에 얼마만큼의 비용이 든다.

(1) DC배터리를 이용한 차단

배터리는 가장 신뢰할 수 있는 트립전원이다. 그 이유는 다른 보조 트립장치를 필요로 하지 않으며, 차단기에 있는 한개의 트립코일을 직접 여자하는 단 접점계전기를 사용하기 때문이다. 즉, 전력회로에 고장이 계속되고 있는 동안의 전압 및 전류의 상태가 배터리 트립전원에 영향을 주지 않기 때문에 차단기의 트립전원으로는 가장 좋다고 생각된다.

한 예를 들면 그림1과 같은 것이다.



<그림 1> DC배터리를 이용한 전압 Trip장치 예

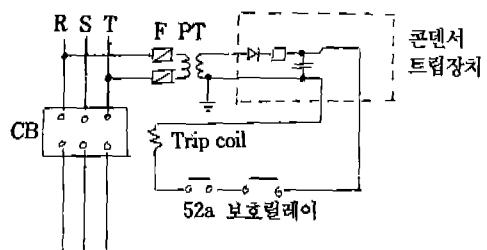
(2) 커패시터(콘덴서) 트립장치

평상시에는 교류를 정류하여 콘덴서에 충전하여 두고, 트립신호용 접점이 ON이 됨에 따라 콘덴서의 방전전류를 차단기의 트립코일에 흘려 차단기를 트립시킨다.

교류조작용 차단기 정전시에 트립전원용으로 많

이 사용된다.

회로의 예를 들면 그림 2와 같다.



<그림 2> 콘덴서 트립방식의 예

그런데, 이 방식에는 다음과 같은 두 가지가 있다.

① 단순방식(simple type): 이 장치는 Capacitor 와 제어용 PT와 같은 AC전압원으로 충전되는 반파 정류기로 구성된다. 이 방식은 AC정전후 단시간(약 30초)동안은 충전을 유지할 수 있다.

② 자동충전방식: 위의 단순방식에 전압증폭기, 배터리 및 배터리 충전기가 추가된 것이다.

즉, 평상시에는 AC전원으로부터 입력되는 전력으로 동작되다가 전원이 정전되면 배터리의 낮은 전압을 승압하여 사용하는 방식이다.

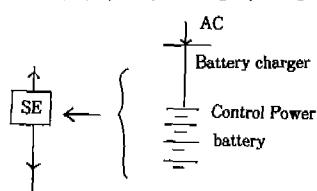
5-3 차단기의 투입

(1) 투입조작방식

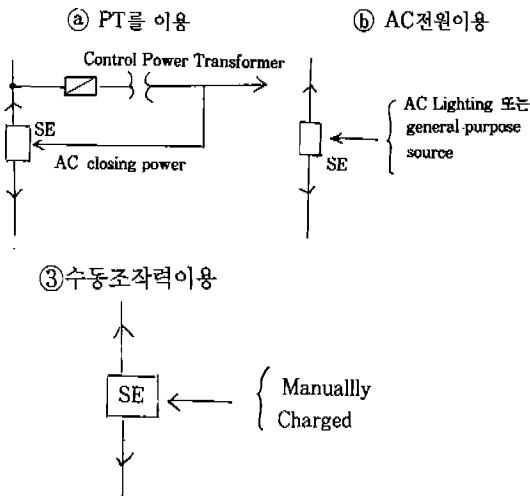
일반 고압용 차단기의 투입조작방식에는 수동조작 방식과 전자솔레노이드 등으로 투입하는 동력조작방식이 있다.

일반적으로 사용되고 있는 투입방식은 다음과 같은 여러가지방식이 있다.

① DC 축적에너지를 이용하는 방식



(2) AC 축적에너지를 사용



즉, 안전성 면에서 고려한다면 동력조작방식이 바람직하나 경제성을 고려하여 개폐빈도가 적은 장소에는 수동조작방식을 사용하는 경우도 있다.

그러나 수동조작은 조작자의 안전성을 고려하여 한계가 있다. 그 규제의 내용은 표1과 같다.

<표 1> 수동조작의 적용

()내는 잠정

항목/규격	JE C-181	KS C 4611		
1) 적용 범위	3.6kV 이상의 교류차단기	3.6kV, 7.2kV 용 수동 또는 동력조작의 교류 차단기		
2) 수동조작은 이 적용가능한 정격표준치	수동조작은 적용외(동력) (kV) (kA) (MVA) (kV) 조작만) 3.6 1.6 10 3.2 " 4.0 25 8 " (8.0) (50) (16) 7.2 2.0 25 4 " 4.0 50 8 " (8.0) (100) (16)			

(비고) 1. 규격 KS C 4611에는 수동조작시 차단기의 정격차단전류의 상한은 조작력을 고려하여 4kV를 한도로 규정되고 있다.

2. 8kV 용은 종래의 실적을 고려하여 잠정적 치로써 팔호로 표시되어 있다.

3. 수동조작의 투입전류는 차단전류의 2배, 동력조작의 것은 JEC-181 규격에는 2.5배로 되어 있다.

또 단시간 전류의 통전시간에 대해서 수동조작은 1초이고 동력조작에서는 2초로 되어 있다.

(2) 투입조작기구

차단기의 조작기구는 기계적 트립자유 방식이 채용된다. 즉, 차단기의 사명인 회로의 보호를 우선으로 하기 때문에 차단기가 투입조작 중에 있다 하더라도 일단 트립지령이 주어지면 트립조작이 우선 행하여 지도록 조작기구가 되어 있다.

또 차단기가 투입되자마자 스프링에는 다음 동작을 할 수 있는 에너지가 저장되어져야 한다.

(3) 투입제어장치

투입조작회로의 제어를 행하는 장치인데, 제어방식은 전기적 트립자유방식을 채용하고 있다.

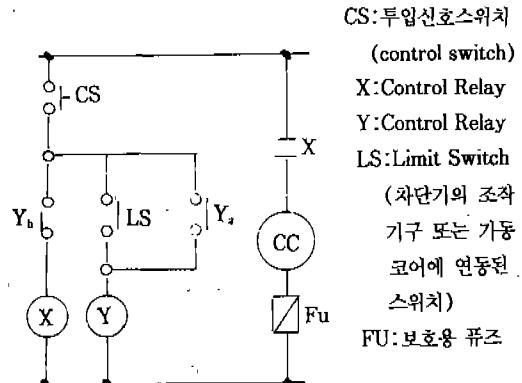
즉, 1회의 투입신호에는 1회 밖에 투입조작을 하지 아니하는 방식으로 투입신호와 트립신호가 동시 신호로 주어져도 차단기는 “오픈”상태를 유지하는 동작을 하게 된다.

이러한 동작을 차단기의 팜핑방지라 한다.

다시 말하여 투입지령이 주어진 상태에서 트립이 되어도 투입과 차단의 반복(팜핑동작)이 되지 않도록 투입을 잠금(lock)하고 있는 것으로, 이는 투입지령이 있어도 트립시킬 수 있게 하는 것이라는 뜻에서 트립프리라 하는 것이다.

전자조작방식의 제어회로에는 여러가지가 있지만 다음과 같이 XY방식과 CX방식의 두 가지를 나누어 설명할 수 있다.

(가) XY방식

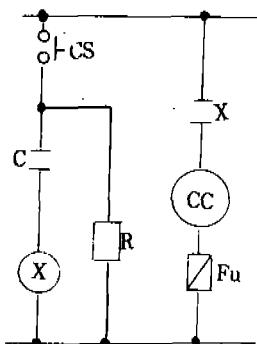


<동작설명>

- ① CS가 “ON”되면 X가 여자된다.
- ② X의 주접점 X가 “On”으로 되고 CC가 여자된다.
- ③ 차단기는 투입동작이 시작된다.
- ④ 투입동작 완료 직전에 LS가 “On”된다.
- ⑤ 그렇게 되면 Y가 여자되어서 Y_a로 자기유지 한다.
- ⑥ Y_b가 “open”되어 X의 여자는 끊어진다.
- ⑦ X의 주접점 X가 open되어 CC의 전류를 끊게 되고, 차단기의 투입동작은 완료된다.
- ⑧ 이 상태에서 트립신호에 의하여 차단기가 트립하여 Y가 여자된 상태, 즉 Y_b가 “오픈”상태를 유지하고 있으므로 차단기는 재투입동작은 하지 아니한다 (전기적 트립자유).

▣ LS는 차단기의 조작기구 또는 가동 core에 연동되어 있으므로 기계적 조정, 마모에 주의를 요한다.

(나) CX방식



CS: 투입신호 스위치
(control switch)
C: 콘덴서
X: Contol Realy
X: 릴레이 주접점
Fu: 보호용 퓨즈
R: 저항

<동작설명>

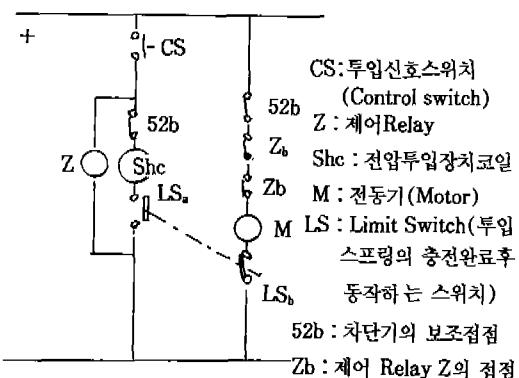
- ① CS를 “On”하면 C의 충전전류에 의하여 X가 여자된다.
- ② X의 주접점 X가 “On”으로 된다. 그렇게 되면 CC가 여자된다.
- ③ 차단기는 투입동작을 개시한다.
- ④ 완전히 투입된 후 C의 충전전류 저하에 의하여 X가 유지전류 이하로 된다.

⑤ X의 주접점 X가 Open으로되어 CC의 전류를 끊고, 차단기의 투입동작은 완료한다.

⑥ 이 상태에서 트립신호에 의하여 차단기가 트립되어도 C는 충전상태에 있기 때문에 충전전류에 흐르지 않고 X가 재여자되지 않으므로 차단기는 재투입동작을 하지 않게 된다(전기적 트립자유).

▣ 기계적으로 연동되는 스위치가 없으므로 제어가 전기적으로 처리된다.

(다) 전동스프링(spring) 조작의 투입제어회로:



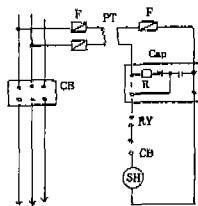
CS: 투입신호스위치
(Control switch)
Z : 제어Relay
Shc : 전압투입장치코일
Zb : M : 전동기(Motor)
M LS : Limit Switch(투입
스프링의 충전완료후
동작하는 스위치)
52b : 차단기의 보조접점
Zb : 제어 Relay Z의 접점

<동작설명>

- ① 전원이 들어옴과 동시에 M가 여자되어 투입 Spring Charge를 시작한다.
- ② 투입스프링 Charge가 끝나면 LS가 동작한다.
- ③ LS_a가 “Off”로 되어 M의 여자를 끊고, 동시에 LS_b가 “On”으로 되어 Shc의 회로가 구성된다. 여기에서 투입준비는 완료된다.
- ④ 다음에 CS를 “On”함에 따라 Shc가 여자되어 차단기의 투입 Latch를 해제시켜 차단기는 투입되고,
- ⑤ LS_a는 원래상태로 복귀한다.
- ⑥ 또 52b가 “Off”로 되어 Shc와 M의 회로를 완전히 끊고, 투입동작은 완료한다.
- ⑦ 특히, CS조작중 트립신호에 의하여 차단기가 트립된 경우, M여자→Shc동작→차단기투입동작(Pumping)을 방지하기 위하여 Z를 여자시켜 zb가 Off 되어 M의 회로가 끊어지게 된다.

(라) 콘덴서 트립장치(Condenser Trip Debice)

Cap:Condenser Trip 전원장치
SH:CB의 전압트립코일
RY:제전기집점



평상시에는 교류를 정류하여 콘덴서(Condenser)에 충전하여 두었다가 트립신호용 접점이 “On”되면 콘덴서의 방전전류를 차단기의 트립코일에 흘려서 차단기를 트립시키는 장치이다. 교류조작용 차단기 전전시에 트립전원용으로 많이 사용된다.

5-4 차단기의 응용

차단기는 일반적인 회로의 개폐 이외에 다음과 같은 종류의 응용을 들 수가 있다.

- 고속도 부하전환(Load Transfer)
- 가공송전 및 케이블의 개폐
- 전동기의 개폐
- 여러번의 자동재폐로(Auto Reclosing)
- 단락전류의 차단
- 커파시터(Capacitors)의 개폐
- 무부하변압기 및 건식리액터의 개폐 등

(1) 변압기 여자전류의 개폐

유도성의 소용량의 전류를 차단할 때 교류전류의 자연영의 값 앞의 유한의 전류에서 강제적으로 차단하는 전류제단현상이 일어나는데, 이때 높은 인덕턴스에 축적된 제단순시의 전자에너지($\frac{1}{2} Li^2$)는 정전에너지의 형태로 변환($\frac{1}{2} CV^2$)되어 V에 해당하는 이상전압이 발생한다.

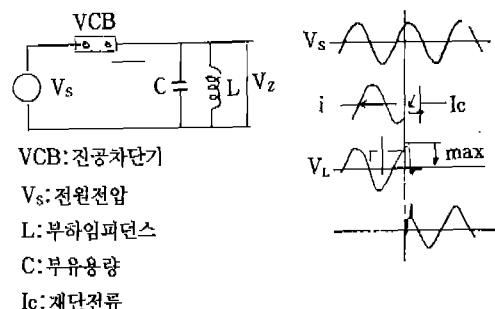
그 값을 V_m 라 하면

$$V_m = \sqrt{IC^2 \times \frac{L}{C} + E^2}$$

여기서 I_c :재단전류

E :재단이 나타날 때 변압기의 단자전압
위식에서 제1항은 재단에 의한 전압이고, 제2항은 전원전압이다. 제1항의 $IC\sqrt{\frac{L}{C}}$ 는 일반적으로 변압기의 Surge Impedance가 커짐에 따라 커지게 된다.

즉, 소용량 변압기는 여자 임피던스가 큰 반면, 대지정전용량이 작기 때문에 변압기 무부하시 서지임피던스가 커져 전류 Chopping 시 Surge전압도 커진다(그림 3 참조).



<그림 3> 변압기의 여자전류차단

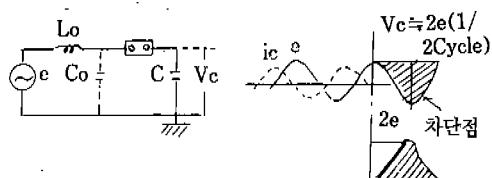
(2) 콘덴서의 개폐

콘덴서의 개폐는 전류차단후에 개폐기의 전극간에 걸리는 전압으로 인하여 어려운 책무의 하나라 할 수 있다.

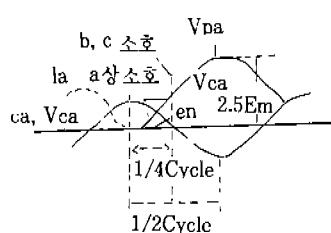
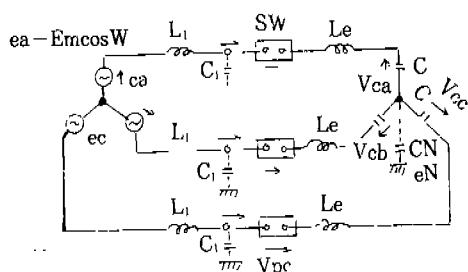
일반 유도성 부하의 회로와는 달리 콘덴서 자체의 손실이 작기 때문에 전류역제작용이 작고, 전류 차단후 콘덴서에는 전류전압(Residual Voltage)이 남으로 이 전류전압과 전원전압이 극간에 걸려(최고 2.5배정도) 이 회복전압에 견딜 수 있느냐 하는 것이 문제가 된다.

만약에 차단기가 이 회복전압에 견디지 못하게 되는 경우에는 재점호가 생기게 된다.

이러한 경우 회로의 인덕턴스(Inductance)와 콘덴서의 커패시턴스(Capacitance)에 의한 진동을 일으켜 연속적으로 재점호가 발생하게 되어 전하가 누적하여 잔류하게 되므로 이상전압의 발생요인이 된다(그림 4,5 참조).



<그림 4> 단상회로인 경우



<그림 5> 3상회로인 경우

(3) 무부하 송전선의 개폐

무부하 송전선의 충전전류를 차단후 1/2사이클에서 개폐기기의 극간전압은 정상대지전압 파고치의 2~2.5배로 상승하는데, 이로 인하여 재점호가 발생될 수 있다. 재점호가 발생하면 기기의 절연회복특성은 고주파 소호조건이 되어 선로측에 3~3.5배의 잔류전압이 충전되고, 다음의 1/2사이클에서 극간에는 4~4.5배의 과전압이 인가되어 재점호가 계속 반

복하게 된다.

최근에는 고속도 차단, 병렬저항의 채용, 진공 및 SF₆ 가스 등 높은 소호매체의 채용에 따라 재점호는 문제가 되지 않으며, 무재점호차단시의 서지전압은 통상 2배 이하이다.

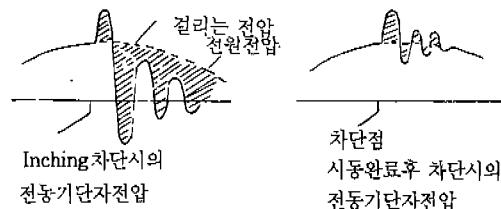
(4) 전동기 개폐

① 전류재단 서지

차단시에 전류가 영(0)으로 되는 전류재단 현상에 의하여 발생되는 서지로 그 전동주파수는 비교적 낮다. 차단후 스위치전극간에 나타나는 전압은 전동기 개폐조건에 따라 다르고, 일반적으로 Inching 차단시에 전극간에 걸리는 전압은 크게 된다.

즉, 전동기는 변압기와 같이 Inductance 부하인데, 보통 케이블에 의하여 연결 접속되어 있어 케이블에 의한 Capacitance로 저감효과가 있다는 뜻도 된다(그림 6 참조).

사선부 Switch극간에



<그림 6> 전동기 차단시 전압

② 재발호 서지

투입시의 선구방전 또는 차단시에 스위치 전극간에 나타나는 전압이 전극간의 내전압을 넘는 경우에 전극간이 순간 단락됨에 따라 발생하는 전압이다. 재발호를 일으킨 경우, 회로의 과도현상에 따라 스위치전극간에는 과도고주파 전류와 여기에 부하전류가 중첩되어 전류가 흐르게 되며, 이 전류치에 의하여 진동도중에 소호발호를 반복하게 된다.

5-5 서지 억제장치

① C-R 직렬형 Absorber

- ② Surge 흡수용 Condenser
- ③ 직렬 Reactor
- ④ Condenser 와 LA의 병렬접속
- ⑤ Surge Arrestor
- ⑥ 비직선형 저항

6. 맷음글

이상에서 차단기의 특성, 기능 및 응용에 대하여 언급하였듯이 차단기란 결국 다음과 같은 목적에 사용되는 것이라 하겠다.

첫째, 사람에 대한 안전이다.

차단기를 조작하는 사람이나 감시, 감독, 운전을 하는 사람에서부터 공사를 하거나 일이 있어 접근하는 사람에 대하여도 안전을 도모하고자 하는 것이다. 이상이 발생하였을 때 차단을 한다든가 접근하였을 경우 경보를 발한다든가 하여 보호를 하는 것이다.

둘째, 기기자체에 대한 보호이다.

기기가 정상상태에 있거나 이상이 발생(고장 등)하였을 경우, 또는 다른 곳의 고장이 파급되어 내습하게 되는 경우에 보호를 받을 수 있다는 것이다.

셋째, 사고의 확대를 방지한다.

어느 기기가 고장이 생겼을 경우에 차단기가 즉시 동작하여 사고가 다른 곳에 파급되지 않도록 조치하는 것이다. 특히 수용이 일반 배전선에 연결되어 있을 경우에는 그 선로에 연결되어 있는 여러곳의 다른 수용에 피해를 주지 않도록 할 필요가 있는 것이다.

넷째, 차단기 조작자체의 안전이다.

차단기가 동작중에 파손된다든가 이상의 경우 다른 사고를 유발하여 사고자체를 확대할 수 있기 때문에 이를 사전 방지하여야 될것이다.

끝으로 보수·점검의 편의를 들을 수 있다. 아무리 차단기를 잘 만들었다 하여도 보수나 점검을 하기가 불편하면 오히려 이러한 이유가 사고를 유발하는 원인이 될 수가 있기 때문이다.

한가지 더 당부하고자 하는 것은 차단기가 트립되었다 하여도 일차측은 항상 살아있는 상태에 놓여있기 때문에 반드시 활선상태에 있다는 생각을 가지고 행동을 할 필요가 있다는 것이다.

또 아무리 기능이 우수한 차단기라 하여도 조작을 잘못하면 큰 일을 유발할 수가 있으므로 맹신하지 말고 차만하지 말것을 부탁한다.

겨울철 실내온도는 18°C ~ 20°C로 유지하자

냉난방에서 1°C의 온도차로 10% 정도의 에너지를 절약할 수 있다.

● 행동지침

- 1) 아파트의 충간 온도차가 심한데 이런 경우 서머스테이트(온도조절계)를 조정해서 18°C를 유지하면 충간 온도차를 줄일 수 있다.
- 2) 사무용 빌딩에서도 반드시 온도계를 설치하고 조절장치를 사용하면 실내온도가 18°C로 유지된다.