

# 보 호 계 전 방 식

2003.

# 1. 변류기

(1) 목적 : 전류 변화

(2) 변류비

규격	1차 전류			2차 전류
	단 일 비		이 중 비	표준 : 5, 1 비표준 : 2, $\frac{5}{\sqrt{3}}, \frac{2}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}$
IEC 185	10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75 및 그의 10배수		좌동	
BS 3938	상동		상동	상동
ANSI C 57.13	단 일 비	이 중 비	다 중 비	5
	10 800	25/50	120/100/90/80/60/	
	15 1200	50/100	50/40/30/20/10	
	12.5 1500	100/200	240/200/180/160/	
	40 2000	200/400	120/100/80/60/40/20	
	50 3000	400/800	400/320/300/240/	
	75 4000	600/1200	220/160/100/80/60	
	100 5000	1000/2000	600/400/300	
	200 6000	2000/4000	800/600/400	
	300 8000		1000/800/600	
400 12000				
600				

정격전류의 선정 (참고 - 기다리 출판사, 전기설비 기술계산 핸드북, I-404쪽)

수전 회로, 변압기 회로 - 최대 부하전류의 125~150%

전동기 회로 - 최대 부하전류의 200%

(3) 과전류 정수 : 정격 주파수, 정격 부담 (0.8 지전류) 상태에서 CT의 비오차가 -10%가 될 때의 최고 1차 전류를 정격 1차 전류로 나눈 값

$n > 5, n > 10, n > 20, n > 40$ 로 표기

보호 대상	보호 방식	과전류 정수	
		표준	특수
발전기		10	20
변압기	차동 방식	10	20
송전선	차동 방식	10	20
	거리 방식	20	40
	과전류 방식	10	20
배전선	과전류 방식	5	10
전동기		10	20

(4) 과전류 강도 : CT에 정격 부담, 정격 주파수 상태로 열적, 기계적, 전기적 손상없이 1초 간 흘릴 수 있는 최고 1차 전류를 정격 1차 전류로 나눈 값  
300, 150, 75, 40

(5) 용도

- 1) 계측용 CT : 평상시 정상 상태에서 사용하므로 정격 이내에서 정확해야 하며 사고 시에는 포화 되어 계측기 및 회로를 보호하는 특성
- 2) 계전기용 CT : 사고 시 (대전류 영역)에 응동해야 하므로 상당한 대전류에서 포화하지 않아야 함.

(6) 비오차 =  $\frac{\text{공칭 변류비} - \text{측정 변류비}}{\text{측정 변류비}} \times 100\%$

비 보정계수(Ratio correction factor) : 변류기의 비오차 표시 방법 중 하나, 미국 ANSI

$$R.C.F = \frac{\text{측정 변류비}}{\text{공칭 변류비}}$$

표준	계전기용	일본, 한국	n(20)에서 10% 이내
		영국	5 ~ 10%
		미국	- 10% 이내
	계기용	평상시 100% 부하 부근에서	
		한국	± 1.2%
		미국	± 0.3 ~ ± 1.2%
		영국	0.1 ~ 5%

(7) CT의 2차 부담 : CT 2차 회로에 정격 전류 (5A) 를 보낸 경우 CT 2차 전압과 정격 전류의 적으로 표기

CT의 2차 부담이 40VA 라면, 정격 2차 전류 5A 인 CT에서는

$$Z = \frac{VA}{I^2} = \frac{40}{5^2} = 1.6 [ohm]$$

정격 부담이 40VA인 CT에서는 2차 회로의 임피던스 (계기, 계전기, 제어 케이블 등의 임피던스의 합)가 1.6[ohm] 이하가 되게 하여야 한다.

표기 방법

ANSI

계전기용 C800 부하저항 =  $\frac{800V}{100A} = 8 \text{ ohm}$

이때의 부담  $I^2 \times R = 5^2 \times 8 = 200VA$

부 담	오 차 계 급
B - 1 (25VA)	C 100 T 100
B - 2 (50VA)	C 200 T 200
B - 4 (100VA)	C 400 T 400
B - 8 (200VA)	C 800 T 800

T는 권선형에서만 적용

C형 CT : 미국 ANSI 규격에서 정한 특성, 철심의 누설 자속이 규정치 이내이고 권선이 균일하게 감겨져 있어 표시된 수치에서 특성을 계산에 의해 계산 가능한 CT

T형 CT : 미국 ANSI 규격에서 정한 특성, 철심의 누설 자속이 커서 변류비 영향을 줄 수 있어 계산에 의해 특성을 구할 수 없고 시험에 의해서만 가능.

계기용

부 담	오 차 계 급
B - 0.5 (12.5VA)	1.2
B - 0.9 (22.5VA)	
B - 1.8 (45VA)	

VDE

	ACCURACY CLASS	RATED OUTPUT VA (S <sub>N</sub> )	RATED SATURATION FACTOR, n
Metering & Measuring	0.2	5 10 15	n < 10 or n < 5
	0.5	5 10 15 30	
	1	5 10 15 30 60	
	0.2G	5 10	n < 20 or n < 10
	0.5G	5 10 15	
	1G	5 10 15 30	
Protection	1 or 3	5 10 15 30 60	n < 10 or n < 5
	1G or 3G	5 10 15 30	

For instrumentation : 1M 5

For metering : 0.5M 5

For protection : 5P 20

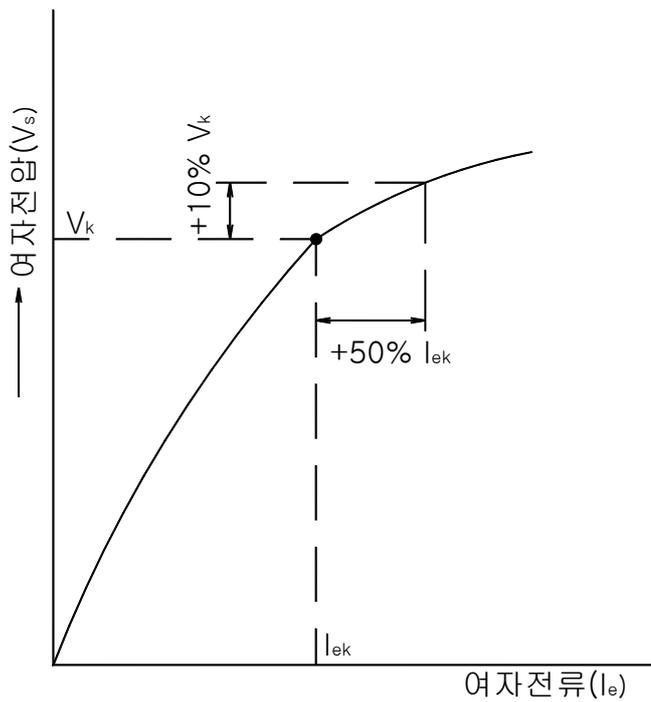
#### (8) 포화 특성

CT는 1차 전류가 증가하면 2차 전류도 변류비에 비례하여 증가한다. 그러나 어느 한 계에 도달하면 1차 전류는 증가하여도 2차 전류는 포화하여 증가하지 않는다.

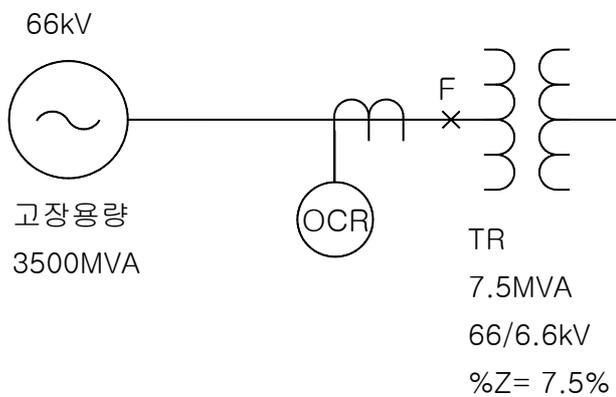
포화점 (knee point) - CT의 1차 권선을 개방하고 2차 권선에 정격 주파수의 교류 전압을 서서히 증가시키면서 여자 전류를 측정 할 때 여자 전압이 10% 증가할 때 여자 전류가 50% 증가되는 점을 포화점이라 한다.

포화 특성 시험에서 포화점의 인가 전압을 포화 전압이라 하고 이것이 충분히 높아야 대전류 영역에서 확실한 보호가 가능.

차동 계전방식 또는 PILOT WIRE 방식등에서는 사용한 양단 CT의 포화 특성 일치가 매우 중요하다.



(9) CT 선정 예



- 고장 임피던스 계산

100MVA 기준	전원 측 고장 임피던스	$\frac{100 \times 100}{3500} = 2.85 [\%]$
	변압기 임피던스	$7.5 \times \frac{100}{7.5} = 100 [\%]$

- 최대 고장 전류  $I_s = \frac{100 \times 100}{\sqrt{3} \times 66 \times 2.85} = 30.69 \text{ [kA]}$

- 최대 부하 전류  $I_L = \frac{7500}{\sqrt{3} \times 66} = 66 \text{ (A)}$

- CT 1차 정격 전류  $I_1 = 66 \times 1.5 = 99 \approx 100 \text{ (A)}$

- 정격 부담 : 50VA
- 오차 계급 : 계전기 및 계기용 1.0급
- 정격 내전류  $\frac{I_s}{I_1} = \frac{30,690}{100} = 306.9 \approx 300$ 배
- 정격 과전류 정수 : 변압기 2차측에서 3상 단락이 발생하였을 때 1차측 고장전류  

$$I_s' = \frac{100 \times 100 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 6.6 \times (2.85 + 100)} \times \frac{6.6}{66} = 850 \text{ (A)}$$
- 과전류 정수 :  $n = \frac{850}{100} = 8.5 \quad \therefore n > 10$  되는 CT 선정

- 변류기의 과부하도  $\alpha$ 는

$$\alpha = \frac{\text{최대 고장전류}}{\text{변류기 정격 1차전류} \times \text{과전류 정수}} < 12 \text{ 이면 과부하 내량을 만족한다.}$$

$$\text{CT가 } 100/5 \text{ } n > 10 \text{ 일 때 } \alpha = \frac{30,690}{100 \times 10} = 30.69 \text{ (부적합)}$$

$$\text{CT가 } 150/5 \text{ } n > 10 \text{ 일 때 } \alpha = \frac{30,690}{150 \times 10} = 20.46 \text{ (부적합)}$$

$$\text{CT가 } 150/5 \text{ } n > 20 \text{ 일 때 } \alpha = \frac{30,690}{150 \times 20} = 10.23 \text{ (적합)}$$

그러므로 변류기는 다음과 같은 정격의 것을 선정한다.

- CT 비 : 150/5
- 오차 계급 : 1.0 급
- 부 담 : 50VA
- 정격 과전류 정수 :  $n > 20$
- 정격 과전류 강도 : 300배

## 2. 보호 계전기

### (1) 보호계전기의 역할

전력 계통 내의 어떤 부분에서 사고가 발생하였을 때 이 사고를 방치하면 사고 현상이 확대되어 결국에는 안정된 전력 공급을 할 수 없게 된다.

따라서 기기와 선로의 손상을 막고 사고 부분을 될 수 있는 한 축소시켜 다른 건전 계통에는 사고 현상이 파급되지 않도록 사고 현상을 검출하고 사고 구간을 계통에서 제거하기 위하여 차단기에 차단명령을 내는 것이 보호계전기의 역할이다.

보호계전기는 전력 계통이 정상인때는 동작하지 않고 고장이나 이상 상태가 발생 할 경우에는 적절한 동작을 할 수 있는 구조이어야 한다.

### (2) 보호계전기의 구비조건

#### 1) 충분한 선택성을 가질 것.

계전기에 사용하는 계기용 변류기, 변압기 등의 오차를 포함한 종합 오차는 적어야 하고 동작 정정치에 대한 전류, 전압, 시한 등의 동작치 오차가 가능한 한 적어야 한다.

#### 2) 충분한 동작 감도가 필요하다. 그 고장의 초기상태를 검출하거나 계통의 크기를 변화할 때 높은 감도의 것이 필요하다.

#### 3) 특성이 일정하여 경년 변화가 적고 또한 온도 주파수, 왜형 파형의 영향이 가능한 적어야 한다.

#### 4) 계기용 변압기, 변류기 등을 조합하여 사용하므로 소비 전력이 가능한 한 적어야 한다.

#### 5) 이상 고전압 및 최대 과전류에 대하여 열적, 기계적인 강도가 충분하여야 한다.

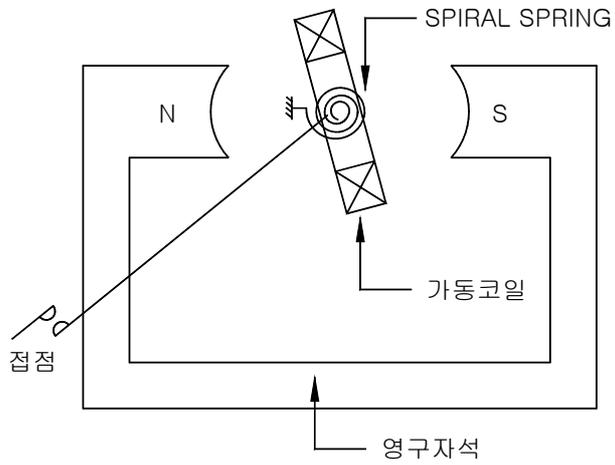
#### 6) 접점은 충분한 개로 또는 폐로 용량을 갖고 경년 열화가 적어야 하고 기계적으로 충분한 보증동작 회수치가 있어야 한다.

#### 7) 보수 점검을 용이하게 하고 취부 위치에서 예상할 수 있는 경사, 충격 및 진동 등에 오동작 하지 않아야 한다.

(3) 보호계전기의 분류

동작기구상의 분류

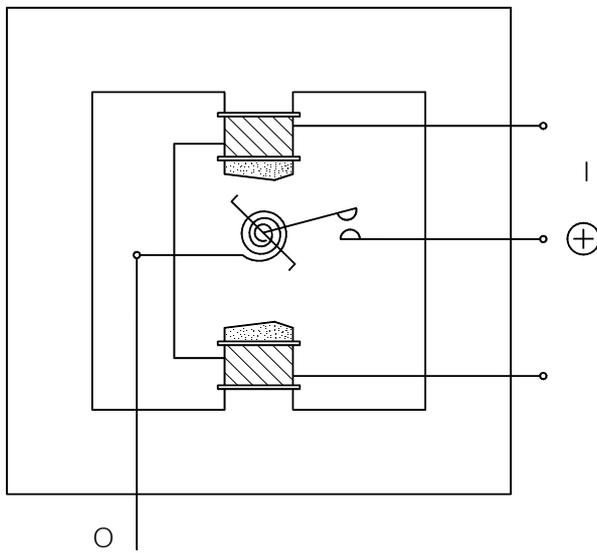
1) 가동 코일형



<가동 코일형>

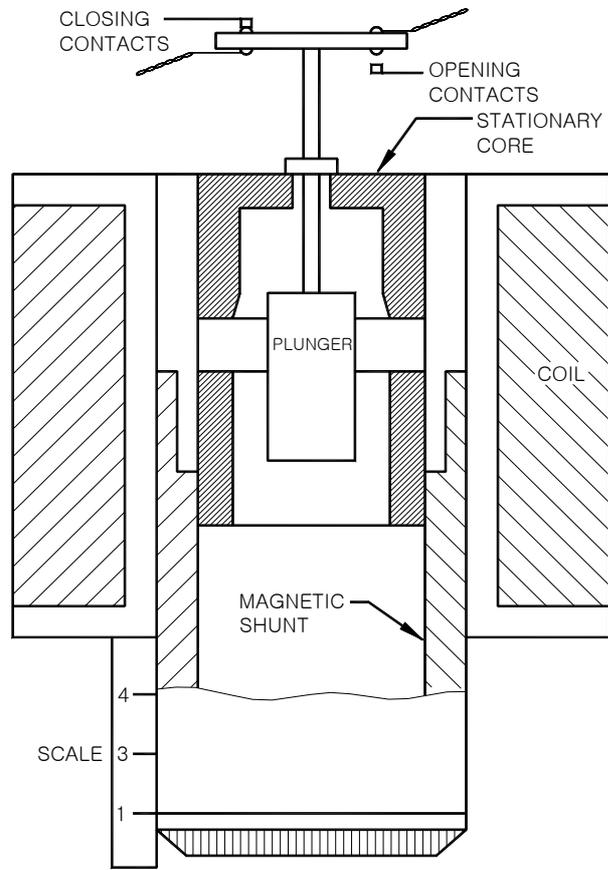
2) 가동 철심형

◦ 가동 철심형

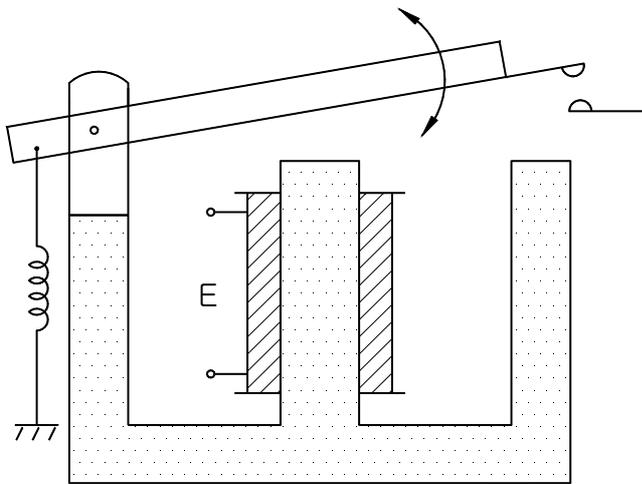


<회전 철심형>

◦ 플러저형

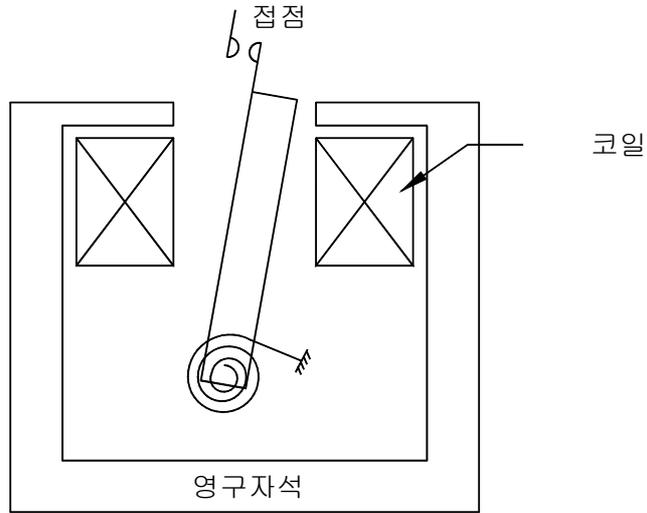


<PLUNGER 형>



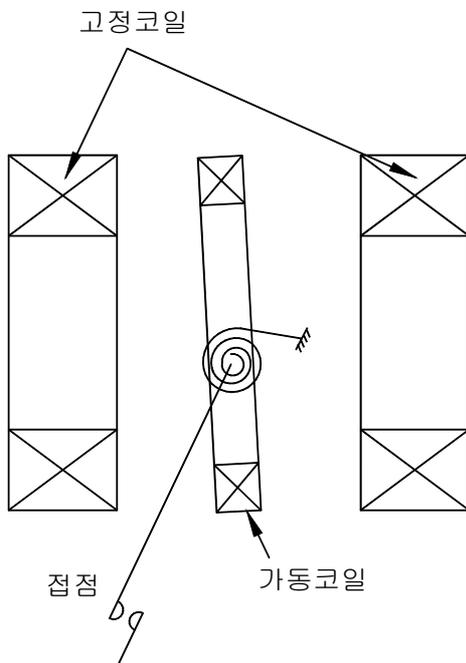
<HINGE 형>

◦ 유극형



<유극형>

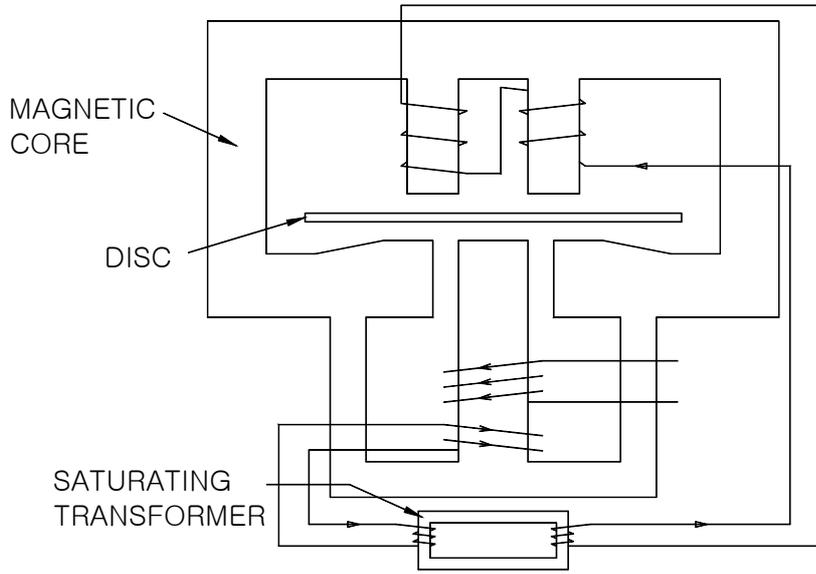
- 3) 정지형
- 4) 정류형
- 5) 전류력계형



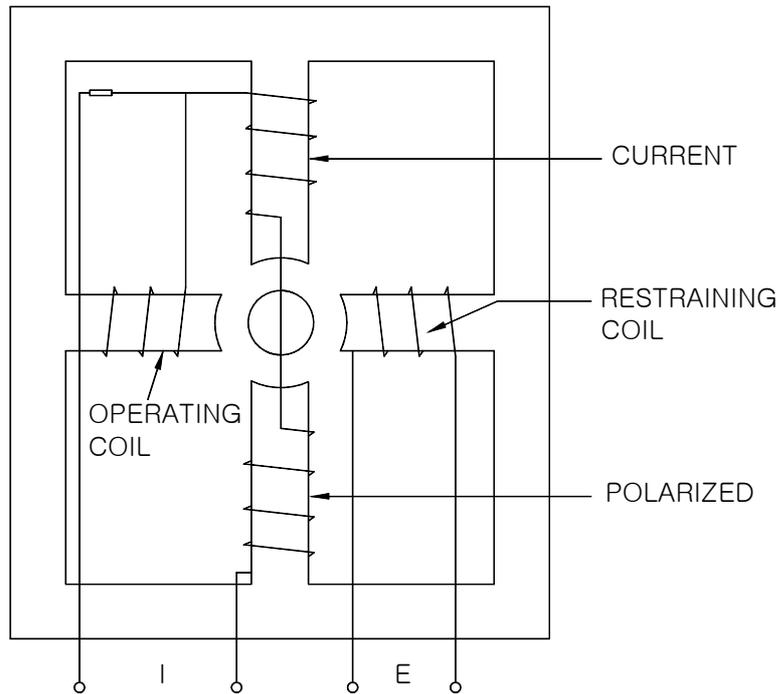
<전류력계형>

6) 열동작형

- 7) 전동기형
- 8) 유도형



<유도형 분상 변압기>



유도형 (유도환)

- 유도원통형
- 유도원판형

## 동작 시한상의 분류

### 1) 고속도형

일정치 이상 (동작한계치의 200%)의 계전기 구동 입력이 있으면 40ms 이하에 동작하는 계전기

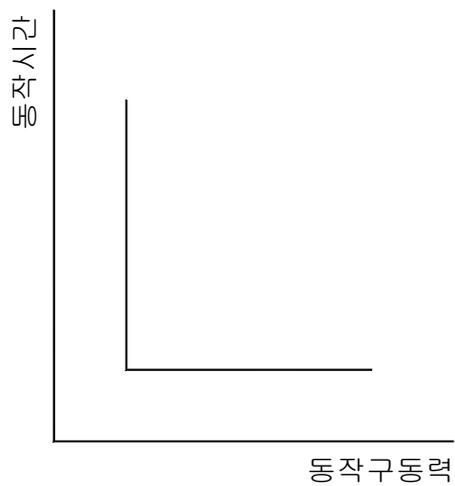
### 2) 순시형

일정치 이상 (동작한계치의 200%)의 계전기 구동 입력이 있으면 보통 0.2초 이하에 동작하는 계전기

### 3) 한시형

동작입력을 갖으면 일정시간 후에 동작하는 것으로써 다음의 4종류로 분류된다.

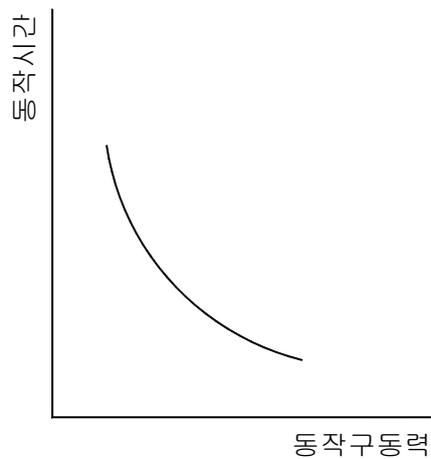
#### ◦ 정한시형



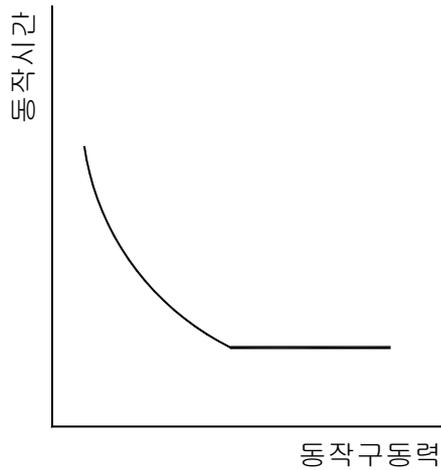
(a) 정한시형

#### ◦ 반한시형

계전기의 구동력이 증가할수록 동작속도가 빨라지는 특성을 가진 형.



(b) 반한시형

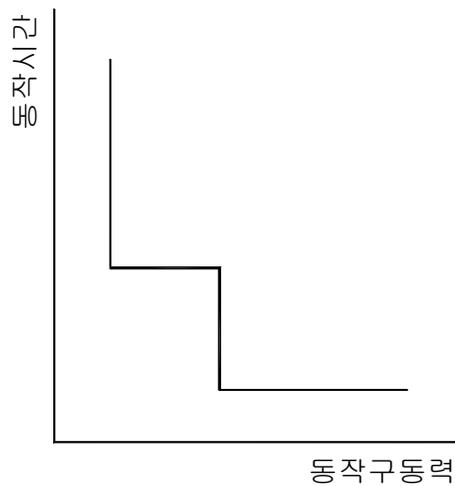


(c) 반한시성 정한시형

◦ 반한시성 정한시형

계전기의 구동력은 어느 범위까지는 반한시 특성을 갖고 일정치 이상으로 되면 정한시로 되는 특성을 가진 것.

◦ 단계 한시형



(d) 반한시성 정한시형

기능별 분류

1) 전류 계전기

- 과전류 계전기
- 부족전류 계전기 - 교류발전기의 계자 보호 및 직류기의 시동용

2) 전압 계전기

- 과전압 계전기

- 부족전압 계전기
- 3) 비율 차동 계전기
- 4) 방향 계전기
  - 방향 계전기
  - 접지 방향 계전기
- 5) 거리 계전기
 

고장점의 전기적 거리가 일정치 이내에 있을 때 동작하는 계전기

  - 옴 계전기
  - 임피던스 계전기
  - 모 계전기

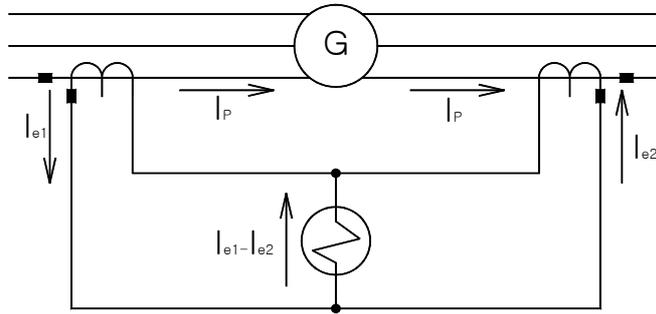
동작 원리상의 분류

- 1) 전자형
  - 가동 코일형
  - 가동 철심형
  - 유도형
  - 전류력계형
  - 전동기형
- 2) 정지형
- 3) 디지털형

(4) 보호계전 방식

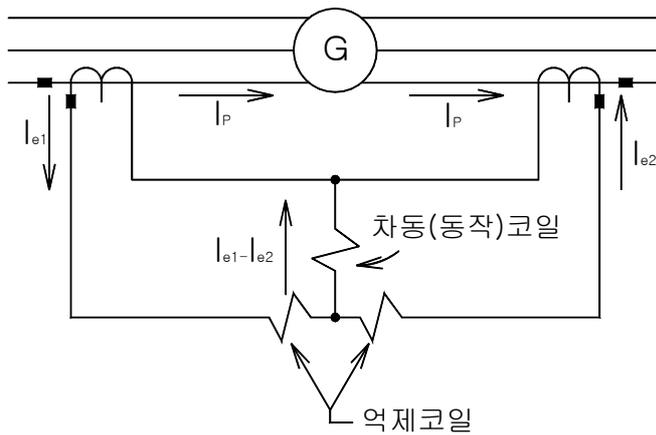
- 1) 발전기 보호
  - 고정자 권선 단락
  - 차동 보호
  - IEEE 242 - 1975
  - 용량 : 1,000kVA 이상은 전압 등급에 관계없이
  - 전압 : 5kV 이상은 용량에 관계없이
  - 2.2kV 이상으로 501kVA 이상의 발전기에 적용

과전류 차동 보호계전방식



변류기 제작상의 차이 및 계전기에 연결된 제어케이블에 의한 불평형 부하로 인하여 전류 불평형 발생, 고감도, 고속도가 어렵다.

비율 차동 보호계전방식



- 일정 비율 차동 계전기 (Constant Percent Differential Relay)  
억제 전류에 대한 차동 전류의 비가 일정
- 가변 비율 차동 계전기 (Variable Percent Differential Relay)  
억제 전류의 크기가 증가할수록 계전기가 동작하는데 필요한 차동 전류가 비례하여 증가하지 않고 더 많이 증가하므로 외부의 큰 사고에는 둔감하고 경미한 내부사고에도 민감하게 검출  
Slope은 억제 전류 (통과 전류)에 대한 동작 전류 (차동 전류)의 비  
발전기에서는 보통 5~10%

전압차동 보호계전방식

심한 외부 사고 시 비율차동 보호계전방식에서 사용된 변류기가 포화되어 계전기가 오동작 할 우려가 있을 때 계전기 양단의 전압이 일정한 값 이상일 때 동작

◦ 고정자 권선의 지락 보호

발전기 중성점의 접지 방식 종류

**직접 접지** - 발전기의 영상 임피던스가 초기 과도 리액턴스보다 작기 때문에 발전기 단자에서의 지락 사고 전류는 3상 단락 전류보다 커져 과도한 전류로 인하여 고정자 권선 및 철심에 손상을 줄 가능성이 높다.

**리액터 접지** - 1선 지락 전류의 크기를 3상 단락 전류의 25% 이상 되도록 유도성 리액터 설치.

**접지변압기 접지** - 발전기가 성형이 아니거나 어떤 이유로 접지가 불가능한 경우 Zig-Zag 또는 Y- $\Delta$  변압기 사용. 1선 지락 전류의 크기가 3상 단락 전류의 25% 이상 되도록 선정.

**소호 리액터 방식** - 1선 지락 사고 시 소호 리액터에 의한 유도성 전류와 선로의 용량성 전류가 같아지도록 한 방식

**변성기(PT) 접지** - 고 리액턴스 접지 방식과 비슷. 비접지방식과 비슷한 특성

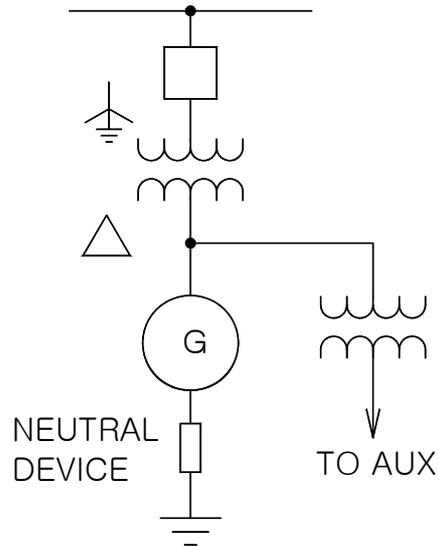
**저항 접지** - 1선 지락 전류를 100-2000A로 제한

**배전용 변압기 접지** - 발전기 중성점과 대지 사이에 배전용 변압기의 1차측을 접속하고 그 2차측에 저항을 연결. 변압기 1차측으로 환산한 접지저항 값이 크기 때문에 지락 전류의 크기는 5~15A로 제한

**비접지** - 1선 지락 사고 시 사고 전류가 거의 흐르지 않아 사고점에서의 손상을 가장 확실히 경감할 수 있으나 건전상에 과전압을 유기하며 사고 검출이 어렵다.

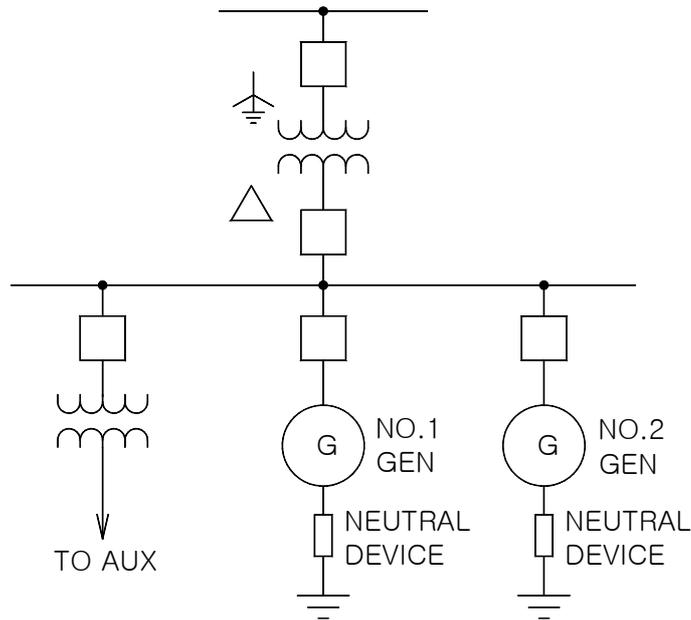
발전기 중성점의 접지 방식 선정

- 단위식 발전기



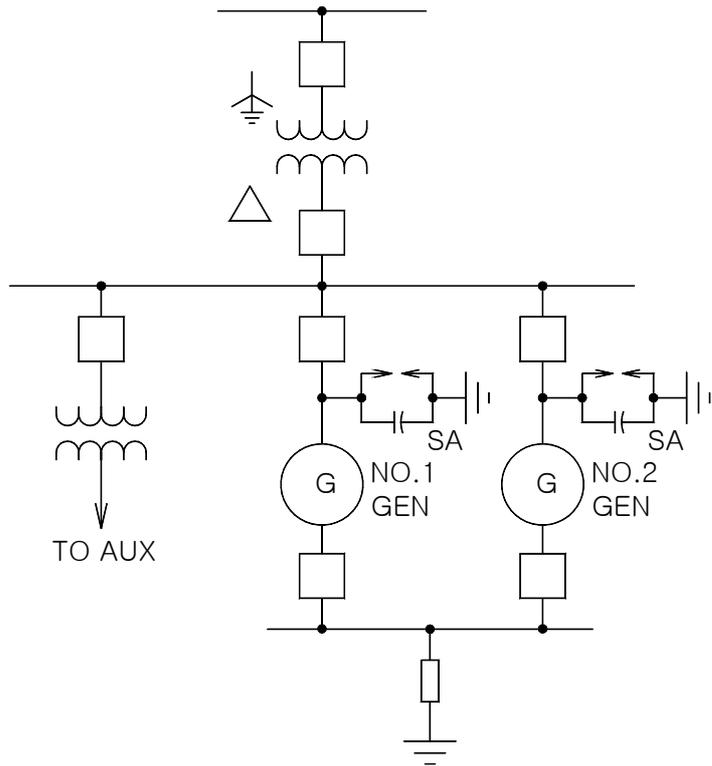
저항접지 방식 채용

분기선 없는 공통 모선에 2대 이상의 발전기가 연결된 경우



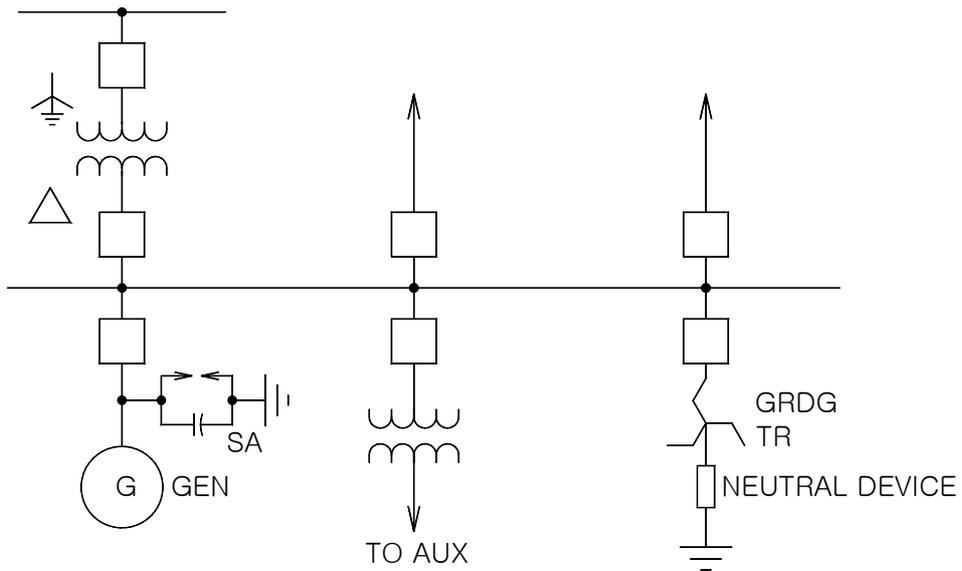
저항 또는 리액터 접지

발전기용량에 무관하게 접지 구성



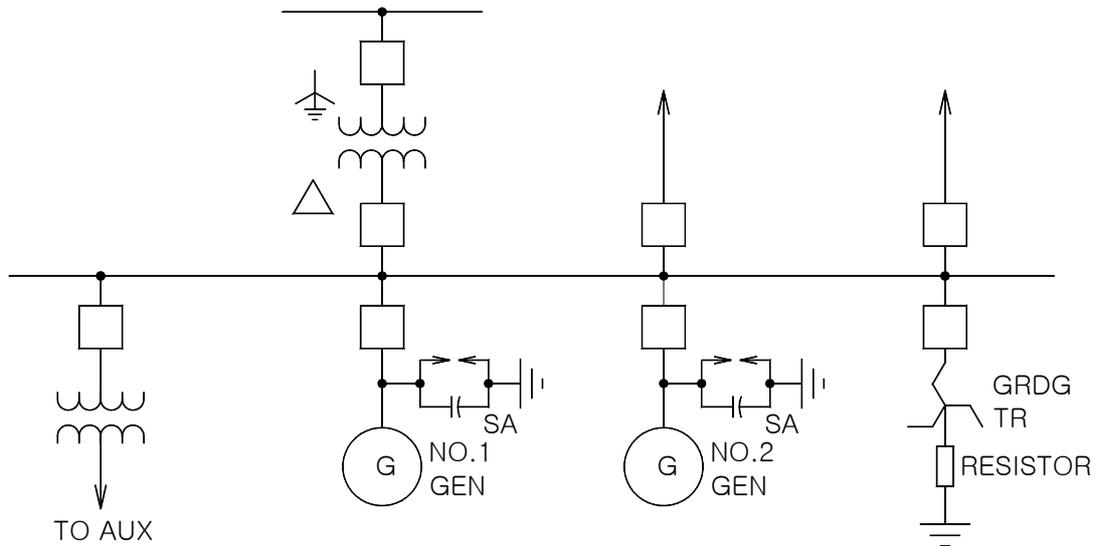
운전되고 있지 않는 발전기는 중성점으로부터 격리할 수 있는 장치가 필요.  
 발전기 용량이 다른 경우 접지 장치 용량 선정이 어렵다.  
 발전기가 비접지로 운전될 경우에 개폐 써어지 보호용 써어지 보호장치 필요.

- 분기선이 있는 모선에 1대의 발전기가 연결된 경우

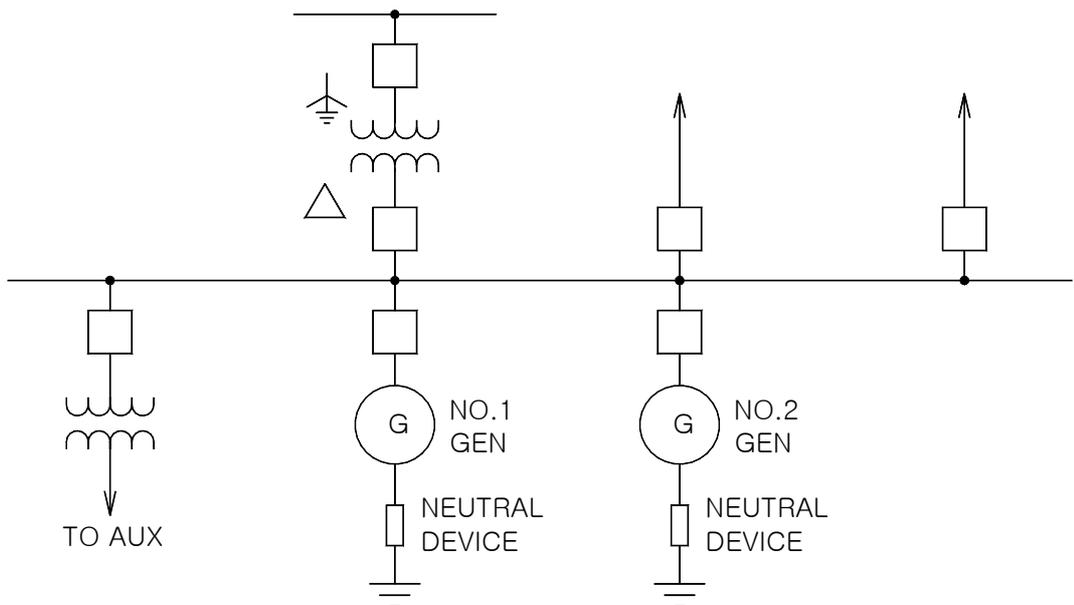


접지 변압기를 사용하지 않고 저항을 사용하여 발전기를 접지하는 방식은 발전기가 계통에서 분리되었을 때 분기선이 비접지로 운전되므로 사용되지 않음.

- 분기선이 있는 공통 모선에 2대 이상의 발전기가 연결된 경우

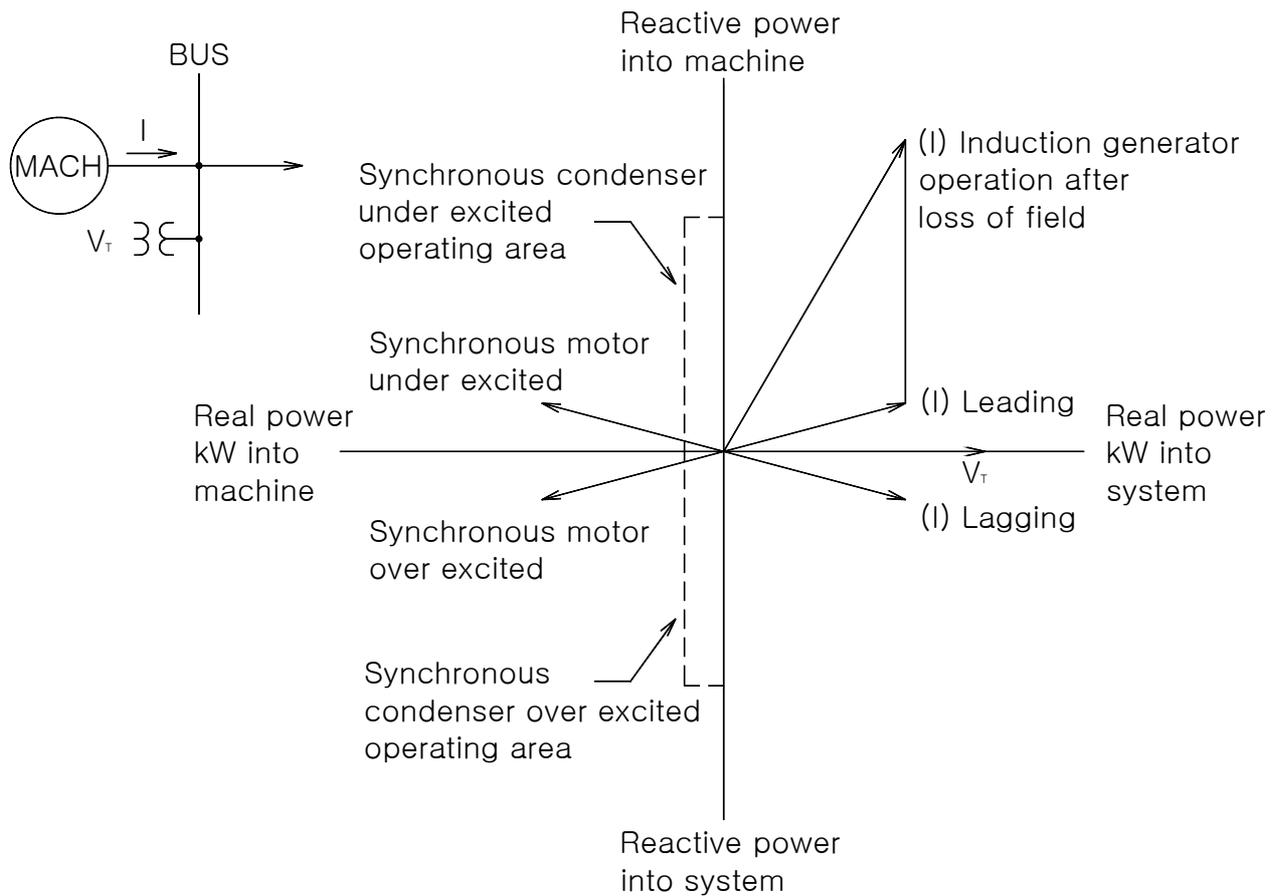


- 분기선이 있는 공통 모선에 2대 이상의 발전기가 연결된 경우



분기선에 접지점을 제공하기 위해 적어도 1대의 발전기는 항상 계통에 연결되어 있어야 한다는 제약이 있음.

- 계자상실 보호  
동기 발전기는 운전 중 계자 자속 필요, 계자 자속 상실 시 발전기는 진상운전 유도 발전기로 운전되고 탈조됨.
- 불평형 전류 보호  
차단기의 결상 트립 및 선로 단선 사고를 포함한 불평형 사고 - 대부분 차지 부하의 불평형 및 계통 임피던스의 불평형
- 부족 주파수 보호  
계통 주파수 저하 시 고유 진동 주파수를 가진 터빈 날개가 저압 터빈 종단 날개의 공진에 의해 진동이 급격히 증가하여 결국 피로에 의한 균열 발생
- 과여자 보호  
저압이 증가하거나 주파수 감소 시 과여자 상태로 되어 자속이 철심을 포화시키고 철심과 주변의 도체에 심한 와류 손상을 이르게 가열의 원인
- 과전압 보호  
정격 · 출력, 정격 주파수 및 역률에서 정격 전압의  $\pm 5\%$  내에서 연속 운전.
- 역전력 보호  
계통에 병입되어 운전중인 발전기의 원동기 입력이 감소하여 무부하 운전에 필요한 값 이하가 되면 발전기는 계통으로부터 전력을 받아 동기 전동기로 운전  
  
증기 터빈 - 풍손에 의한 열이 누적되어 터빈 과열.



원동기가 동기 속도로 회전하고 발전기에 동력을 공급하지 않는 상태에서 발전기가 동기 전동기로 운전되기 위해 필요한 역전력을 발전기 kW 정격의 %로 나타내면 다음과 같다.

복수기 있는 터빈	3%
복수기 없는 터빈	3+%
디젤 엔진	25%
가스 터빈	50%
수 차	0.2~2+%

## 2) 변압기

◦ 차동 보호(주 보호)

적용기준

IEEE 242-1975 : 2차측 전압 2.4kV 이상 용량 1,000kVA 이상

ANSI C37.91-1985 : 용량 10MVA 이상

한전설계기준 2401 : 용량 10MVA 이상

유용한 Percent slope : 15 ~ 60%

적용 시 주의사항

- 위상각 보정

Y-△ 결선 TR의 1차, 2차 전류간 30° 의 위상차가 있으므로 Y측 변류기는 △,  
△ 권선측 변류기는 Y로 결선

- 전류치 보정

AUX TR이나 전류 보정탭 사용

- 변류기 오차와 비율 특성

- 여자 돌입 전류에 의한 오동작 방지

정정

비율 > 최대 탭 절환기 오차+최대 % 불일치+최대 변류기, 변류비 오차+여유

탭 절환기 오차 :  $\frac{OLTC - \text{전 변환 탭}(\%) \text{ 범위의 } 1/2}{NLTC - 0}$

변류비 오차 : 10%

탭의 부정합 율

탭의 부정합 율 (%) =  $\frac{\text{변류기 2차 전류의 비} - \text{정정탭의 비}}{\text{정정탭의 비}} \times 100$

일반적으로 5%

여유 : 5%

총오차가 20%를 넘지 않으면 25%에 정정하고 20%를 초과하고 35%를 넘지 않으면 40%에 정정하나 일반적으로 25%에 정정



◦ 과전류 보호(후비 보호)

1차측

적용 계전기 - 순시 요소 부 과전류 계전기

여자돌입 전류에 동작 하지 않도록 정정

정정

한시요소

IEEE 141-1976 : 전부하 전류의 150~200%

ANSI C37.91-1985 : 변압기 OA 정격의 200~300%

순시요소

ANSI C37.91-1985 : 변압기 2차측 3상 단락 사고 시 변압기 통과 전류  
(대칭전류)의 175% (125~200%)

IEEE 141-1976 : 변압기 2차측 3상 단락 사고 시 변압기 통과 전류  
(대칭전류)의 175% (125~200%)  
(3상 단락전류의 비대칭분 = 대칭 전류의 160%)×  
1.1(여유)

2차측

적용 계전기 - 순시 요소가 없는 과전류 계전기

2차측 모선 단락 보호 및 피더 후비 보호용

정정

한시요소

IEEE 141-1976 : 전부하 전류의 150~200%

모선 정격 전류의 100%

과전류 계전기 적용 시 주의사항

- 1차측

변압기 여자 돌입 전류 이상

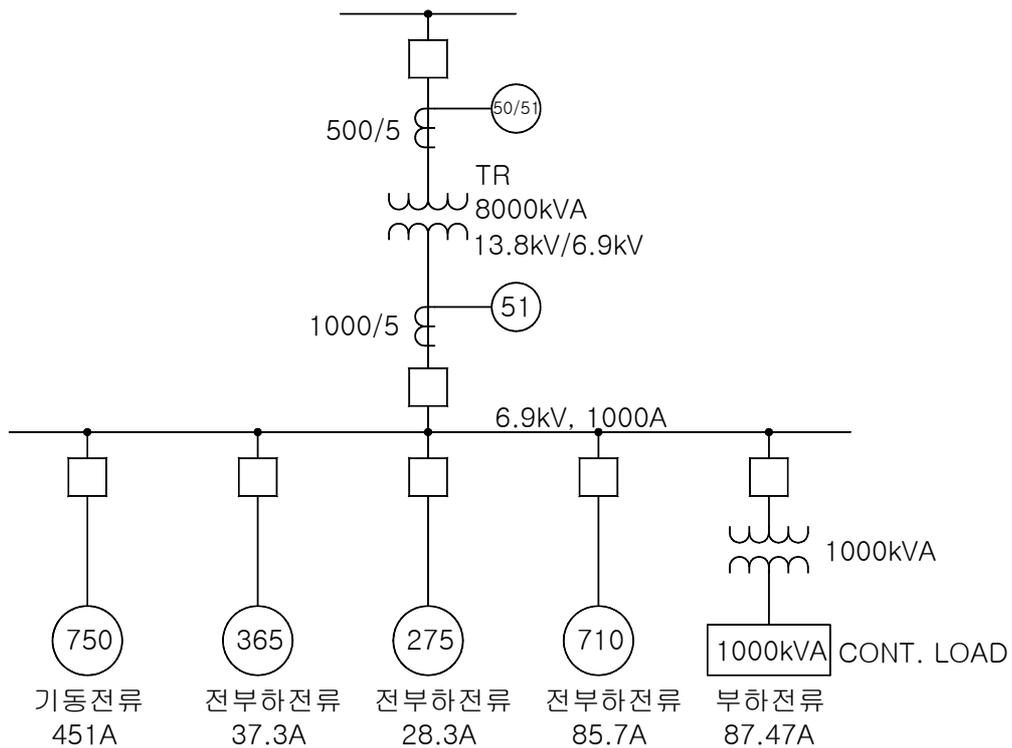
IEEE 242-1975 여자돌입 전류 : 변압기 전부하 전류의 8~12배

변압기 Through Fault Protection Curve 하단  
 변압기 2차측 최소 상간 단락 전류에 Pick up

- 2차측

모선에 연결된 전동기 중 용량이 가장 큰 전동기가 다른 모든 전동기가 운전 중에 있을 때 기동할 수 있도록 탭 선정

예



연속 운전전류 ( $I_{cont}$ ) =  $(37.3+28.3+85.7+87.47)0.9=214.893$  (A)

기동 전류 ( $I_{an}$ ) : 451 (A)

$I_{an} + I_{cont} = 451 + 214.893 = 665.89$  (A)

적절한 변압기 용량 :  $\sqrt{3} \times 6.9 \times 665.89 = 7,958$  kVA

Select 8,000kVA (직입 기동 시)

2차 변류기 비 =  $1.5 \times 665.89 = 998.83$

따라서 1000/5로 선정

과전류 계전기

$$\begin{aligned} \text{Pick up current} &: 1.15 \times 665.89 \times \frac{1}{CT \text{ ratio}} = 1.15 \times 665.89 \times \frac{1}{1000} \\ &= 3.82 \text{ (A)} \end{aligned}$$

Select 5 A (모선전류 용량 고려)

$$\text{계전기 1차 전류} : 5 \times \frac{1000}{5} = 1000 \text{ (A)}$$

$$\frac{\frac{1,000}{8,000}}{\sqrt{3} \times 6.9} = 1.49 \text{ (변압기 전부하 전류의 149\%)}$$

변압기 1차측

변류기 선정 : 150% × 변압기 전부하 전류

$$= 1.5 \times \frac{8000}{\sqrt{3} \times 13.8} = 502 \text{ (A)}$$

Select 500/5

$$\text{계전기 한시 요소 정정} : 1000 \times \frac{6.9}{13.8} \times \frac{5}{500} = 5 \text{ (A)}$$

Select 5 (A)

$$\text{계전기 1차 전류} : 5 \times \frac{500}{5} = 500$$

$$\frac{\frac{500}{8,000}}{\sqrt{3} \times 13.8} = 1.49 \text{ (변압기 전부하 전류의 149\%)}$$

1, 2차 전류 정정치 비교

$$\text{1차} : 500 \times \frac{13.8}{6.9} = 1000 \text{ (A) (6.6kV 기준)}$$

2차 : 1000 (A)

순시 요소의 정정

변압기 % 임피던스를 6%로 가정하면

변압기 2차 고장전류의 크기는

$$I_s = \frac{100 \times 100}{6 \times \frac{100}{8} \times \sqrt{3} \times 6.9} \approx 11.15 \text{ (kA)}$$

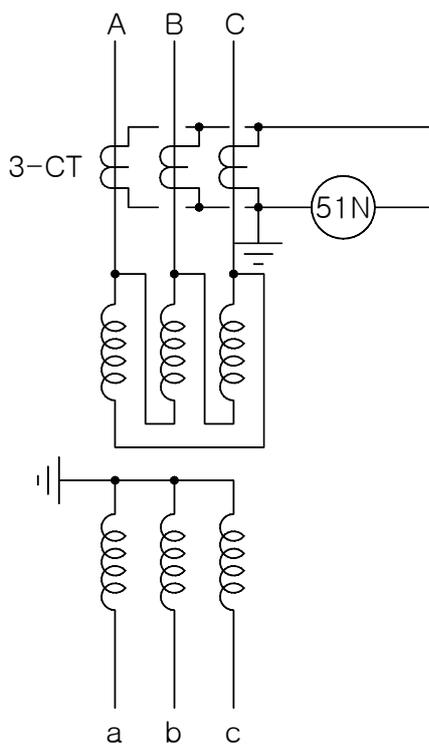
$$1.7 \times 11.15 \times \frac{6.9}{13.8} \times \frac{5}{500} = 94 \text{ (A)}$$

94 이상 되도록 선정

◦ 지락 보호

△ 권선의 지락 보호

잔류회로에 의한 방식

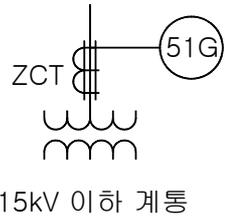


이 방식은 변류기의 포화 및 여자 돌입 전류에 의해 오동작 할 수 있다.

지락전류의 크기가 큰 계통이 적합하다.

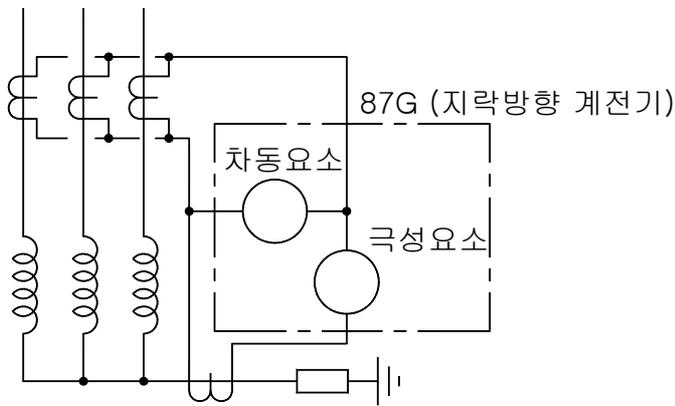
간선 회로에 적합하며 대용량 전동기 기동회로 적용 시 주의가 요망된다.

영상 변류기에 의한 방식

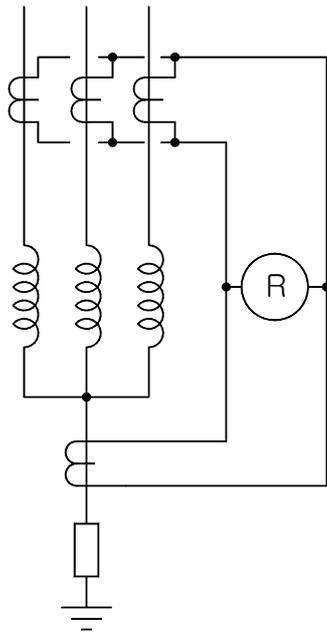


Y 권선의 지락 보호

지락 차동 계전 방식



Restrict Earth Fault



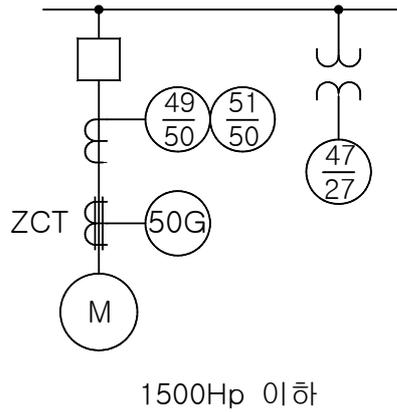
3) 전동기

◦ 전압

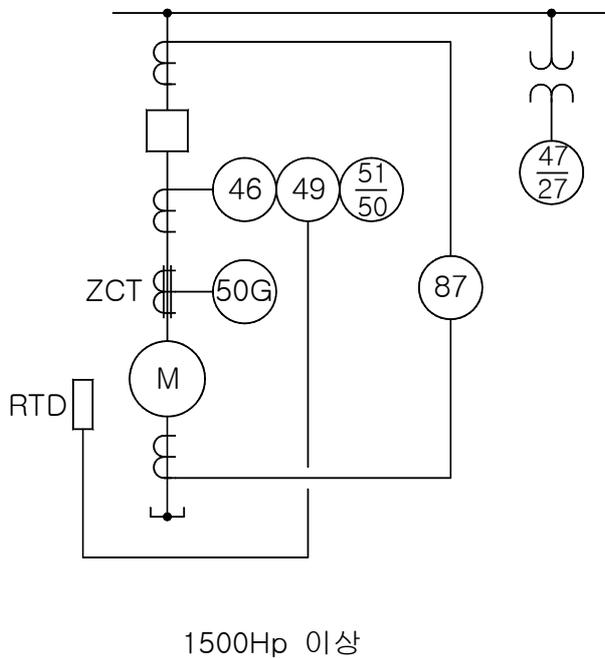
2000Hp 이상 : 13.8kV

250Hp ~ 1750Hp : 4.16Kv

◦ 보호계전기 방식

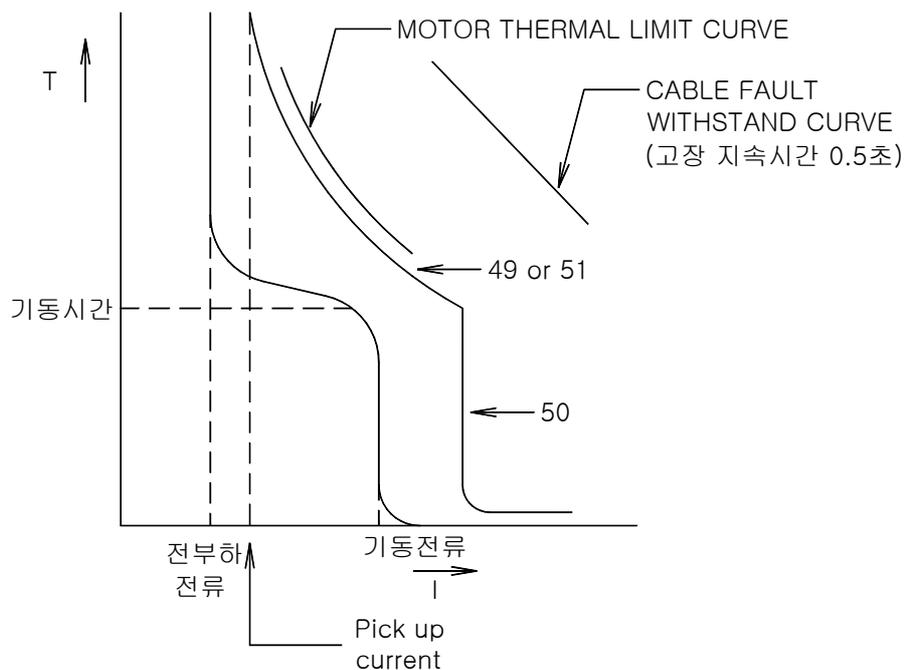


- 27 : Under voltage relay
- 47 : Phase sequence relay
- 49 : Thermal over load relay
- 51 : Over current relay
- 50G : Instantaneous over current ground relay
- 50 : Instantaneous over current relay
- 46 : Current balance relay
- 87 : Differential relay

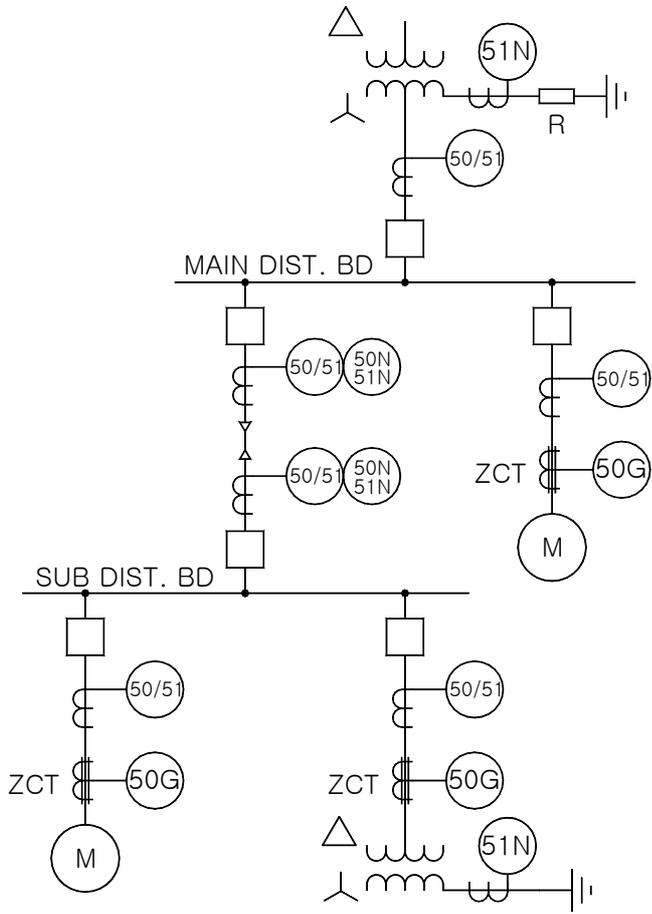


◦ 추천 정정치

계전기 기구번호	정 정	비 고
49/50	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Service factor 1.15인 전동기 : 전부하전류의 1.0</li> <li>◦ Service factor 1.0인 전동기:전부하 전류의 90%, 일반적으로 115% (IEEE 288)</li> <li>◦ 순시요소(50)는 구속 전류의 2배</li> </ul>	과부하 보호용
50/51	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 구속전류의 50%에 시간 지연은 전동기 기동시간 보다 길게</li> <li>◦ 순시요소(50)는 구속 전류의 2배+</li> </ul>	
50G	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 4.16kV - 1차측 기준, 20A</li> <li>◦ 13.8kV - 1차측 기준, 30A</li> </ul> <p style="text-align: center;">TD 0.1</p>	50/5 ZCT
47/27	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <math>V_2 = 5\%</math>, TD = 0.1</li> <li>◦ 부족 전압은 75~80%</li> </ul>	
46	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1500Hp 이상의 전동기에 적용</li> <li>◦ 2차 정격 전류의 15%</li> </ul>	
87	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 13.8kV는 2000Hp 이상</li> <li>◦ 4.16kV는 1500Hp 이상</li> <li>◦ Slope : 10 ~ 20%</li> </ul>	



4) 소내 지락 보호계전 방식



◦ 접지방식

계통의 접지방식에 대한 비교

항 목	비접지 방식	직접 접지 방식	저항 접지 방식
지락 시 건전상에 나타나는 전압	매우 큰 이상전압이 발생한다.	상시와 변함없다.	선간전압 정도의 전압이 발생한다.
변압기등의 절연	계통의 전압보다 훨씬 높은 절연레벨을 요한다.	계통의 전압과 같은 절연레벨을 요한다.	계통의 전압보다 다소 높은 절연레벨을 요한다.
다중 지락사고의 가능성	매우 높다.	매우 낮다.	낮다.
지락전류의 크기	매우 적다.	매우 크다.	크다.
지락사고의 검출	매우 어렵다.	매우 용이하다.	용이하다.
지락사고 시의 전원 공급	일정 시간동안 가능하다.	즉시 정전된다.	즉시 정전된다.
계통의 운전	계전기 적용이 곤란하여 매우 불리하다.	매우 용이하다.	용이하다.
접지 장치 및 보호 장치의 설치 비용	매우 적다.	보통이다.	매우 많다.

◦ 접지 저항의 정격 전류 산정 방법

고압간선에 설치된 CT의 1차측 정격	접지 저항의 정격 전류
4000A	2000A
3000A	1500A
2000A	1000A
1000A	500A

접지 저항의 정격 시간 : 10초 혹은 30초

◦ 정정치 산정

고압간선

잔류회로(3CT'S)에 한시 과전류계전기 (51N)를 연결하여 지락 발생 시 인입 차단기를 동작시킨다.

전류 정정치는 일반적으로 200~1,200A 정도에 정정하나 다음 표에 의하기도 한다.

변류기의 1차측 정격	계전기의 전류 정정치	
	잔류 회로에 연결된 계전기 (51N)	영상 변류기에 연결된 계전기 (51G)
4,000A	200A	100~150A
3,000A	150A	60~120A
2,000A	100A	40~60A

51N의 전류 정정치 : 변류기 정격의 5%~10%

고압 간선에서의 지락 보호는 변압기 중성점에서의 지락 보호와 중복되므로 지락 보호를 하지 않는 경우도 있다.

변압기 중성점 및 간선 차단기 사이

변압기 중성점 및 간선 차단기 사이에 설치되는 지락차동 계전기는 동일 계통의 다른 계전기들과 보호협조를 할 필요가 없으므로 변압기 중성점과 간선사이에서 발생하는 지락을 매우 신속하게 보호할 수 있다.

일반적으로 동일 계통의 여러 단계의 지락보호협조가 실시된 경우와 변압기로부터 주 모선까지의 거리가 멀거나 많이 노출된 경우에 적용한다.

전동기 휘더

영상변류기 (ZCT)와 순시 과전류계전기 (50G) 적용

4.16kV (6.6kV)	20A
13.8kV	30A
Time delay	0.1초

변압기 휘더

변압는 Δ-Y로 결선되므로 전동기 휘더와 동일하게 적용한다.

5) 저압 계통 보호계전 방식

◦ 변압기 1차 보호 NEC 450-3

Fuse : 변압기 1차 정격 전류의 250% 이내

- 경제적이고 보수가 용이
- 3상 계통에서 1상 만의 휴즈가 개방되면 결상 운전 위험이 있고 변압기 내부 사고나 장시간의 과부하 보호에 신뢰도가 낮다.

차단기 : 변압기 1차 정격 전류의 300% 이내

한시 : 변압기 OA정격의 200~ 300%

Time dial은 TR Fault Withstand Curve 아래에 놓이도록

순시 : 저압 측 3상 단락 사고 및 변압기 여자 돌입 전류에 동작하지 않도록 동작치를 변압기 2차측 단락사고 전류의 1.75배 (단락 시 비대칭 전류 + 여유)

◦ 변압기 2차측

한시 : 변압기 OA정격의 150~ 250%

Time dial은 전후 차단기와 협조

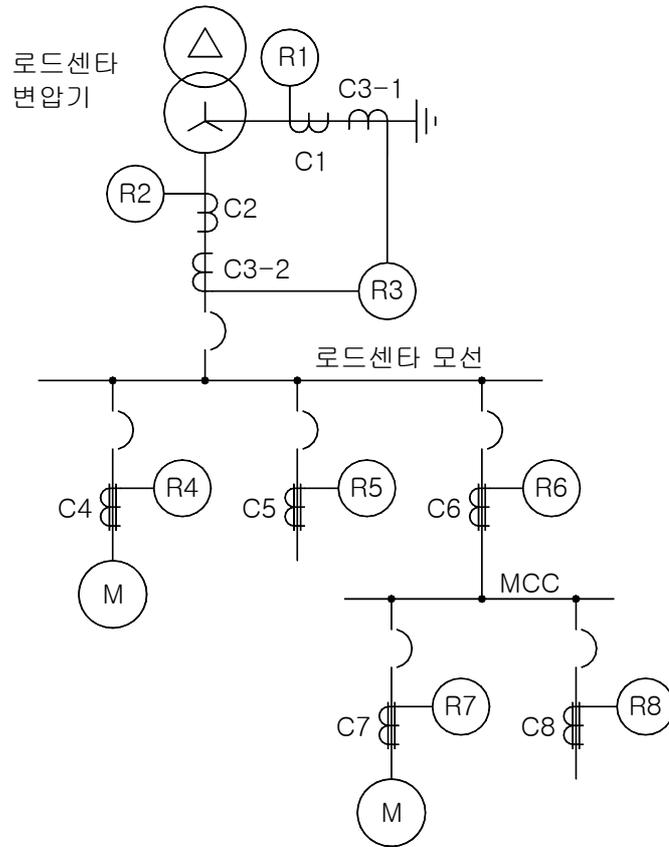
회터의 가장 큰 전동기를 제외한 전부하 전류 + 가장 큰 전동기 기동 전류

◦ 저압반

저압반에서 분기되는 회터의 보호장치 정정 기준

전동기 회터	LT	픽업	S.F = 1.0, 1.25×전부하 전류
			S.F = 1.15, 1.35×전부하 전류
		시간지연	기동 시 트립되지 않는 범위에서 최소 Time Band
	IT	픽업	2×기동전류
	50G	픽업	고압 소내 지락보호계전방식과 동일
모타 콘트롤 센터 회터	LT	픽업	1.25×MCC 최대수요전류
		시간지연	전위, 후위 보호장치와 보호 협조되도록 선정
	ST	픽업	(MCC 최대수요전류+가장 큰 전동기 기동전류)×1.1
		시간지연	0.1초 Time Band (전위 순시 트립장치와 협조)
	51G	픽업	고압 소내 지락보호계전방식과 동일
		시간지연	고압 소내 지락보호계전방식과 동일

## 저압계통 지락 보호



### 로드센타의 MCC 휘더

영상 변류기와 한시 지락과전류계전기 (51G) 적용

한시 지락과전류 계전기 (51G)는 MCC에서 지락계전기를 설치하지 않는 피이더의 상보호장치들 중 차단 정격이 가장 큰 보호장치와 보호협조한다. 일반적으로 120A 정도에 정정하며 동작시간은 오동작하지 않는 한 가장 낮게 정정한다.

### 저압 간선

변압기 중성점에서의 지락 보호와 중복되므로 지락계전기를 설치하지 않는다.

저압간선에 지락 보호계전기를 설치할 경우 3CT의 잔류회로에 한시 과전류계전기 (51N) 설치하고 하단의 MCC 휘더에 설치한 51G와 보호협조한다.

### 변압기 중성점

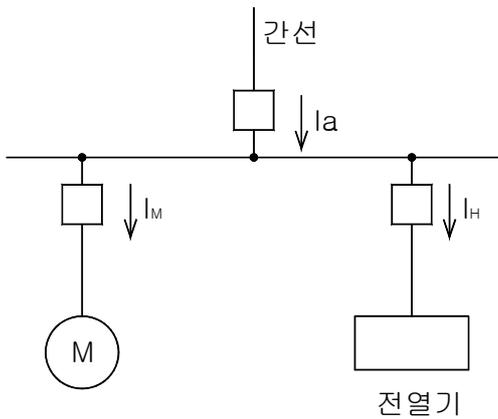
로드센타의 MCC 휘더에 설치된 계전기 (51G)와 보호협조를 위하여 전류 정정치는 51G의 정정치와 같거나 다소 높게하며 시간 정정치는 최대 지락전류에서 51N과 협조 시간 간격을 둔다.

변압기 중성점 및 간선 차단기 사이  
지락 차단계전기를 설치하지 않는다.

MCC에서 분기되는 휘더

15Hp 이상의 전동기 휘더와 30AT 이상의 비전동기 휘더에는 영상변류기와 순  
시 지락 과전류계전기 (51G)를 설치하고 약 5~10A에 정정한다.

6) 저압 간선의 굵기 및 보호장치



◦ 전선 굵기

$I_M < I_H$  일 때

간선 전선 굵기는  $I_a = I_M + I_H$  이상

$I_M < 50A, I_M > I_H$  일때

$I_a = 1.25I_M + I_H$

$I_M > I_H, I_M > 50A$  일때

$I_a = 1.1I_M + I_H$

◦ 보호 장치

$3I_M < I_H$  이하

$2.5I_a < 3I_M + I_H$  일 때

$2.5I_a$

### 3. 보호 협조

각 계전기들 간의 동작 시간 간격 (S)

$$S = T_B + T_R + T_S$$

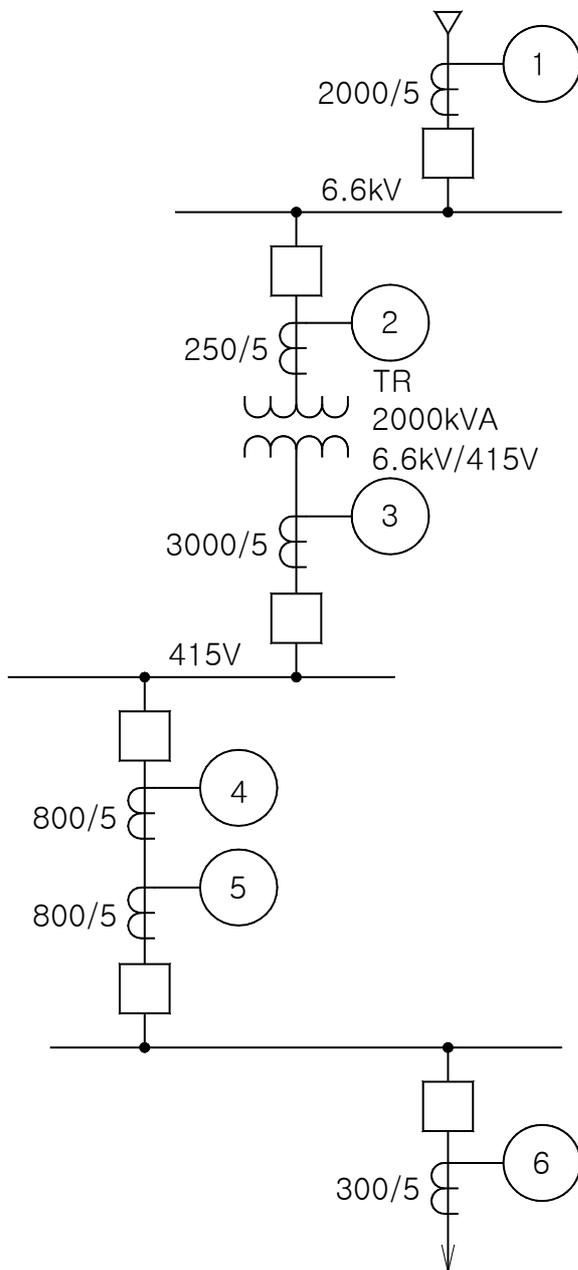
$T_B$  : 하단에 설치한 차단기의 동작 시간, 0.08초

$T_R$  : 계전기의 관성 동작 시간, 0.1초

$T_S$  : Safety factor, 0.12~0.22초

유도 원판형 : 0.3 ~ 0.4초

정지 형 : 0.2 ~ 0.3초



(1) Relay 6의 계산

Load 150kVA,  $I_N = 208(A)$ , 3상 단락전류 21,000(A) 라면

$$\text{한시 요소 - Pick up current} = 1.15 \times 208 \times \frac{5}{300} = 3.98(A)$$

$$\text{Select } 5A, \text{ Primary current} = 5 \times \frac{300}{5} = 300(A)$$

$$\text{- Plug setting multiplier} = \frac{21,000}{300} = 70$$

Tripping time required : 0.1 sec

ANSI 형의 very inverse time 형이라면

$$\text{Tripping time} = \text{TMS} \left[ \frac{19.61}{\left(\frac{I}{I_{PU}}\right)^2 - 1} + 0.491 \right] \text{로 부터}$$

$$\text{TMS} = \frac{0.1}{\frac{19.61}{\left(\frac{I}{I_{PU}}\right)^2 + 0.491}} = 0.2$$

$$\text{TMS} = 0.2$$

$$\text{Actual tripping time} = 0.2 \times \left[ \frac{19.61}{70^2 - 1} + 0.491 \right] = 0.1 \text{ sec}$$

CURVE 공식

$$T = D \left[ \frac{A}{\left(\frac{I}{I_{PU}}\right)^P - 1} + B \right]$$

형 식	개 요	P	A	B	비 고
ANSI MOD	Moderately inverse	0.02	0.0515	0.114	
ANSI VERY	Very inverse	2	19.61	0.491	
ANSI X TRM	Extremely inverse	2	28.2	0.1217	
IEC-A	Normal inverse	0.02	0.14	0	
IEC-B	Very inverse	1	13.5	0	
IEC-C	Extremely inverse	2	80	0	
IEC-D	Definite time		0	0	

$$\text{순시 요소 - Pick up current} = 6 \times 300 \times \frac{5}{300} = 30(\text{A})$$

$$\text{Primary current} = 30 \times \frac{300}{5} = 1,800(\text{A})$$

(2) Relay 5의 계산

부하 400kW,  $I_N = 696(\text{A})$ , 3상 단락전류 21,000(A)

$$\text{한시 요소 - Pick up current} = 1.15 \times 696 \times \frac{5}{800} = 5.0(\text{A})$$

$$\text{Select } 5\text{A, Primary current} = 5 \times \frac{800}{5} = 800(\text{A})$$

$$\text{- Plug setting multiplier} = \frac{21,000}{800} = 26.25$$

$$\text{Tripping time required : } 0.3 + 0.1 = 0.4 \text{ sec}$$

$$\text{Tripping time} = \text{TMS} \left[ \frac{19.61}{\left(\frac{I}{I_{PU}}\right)^2 - 1} + 0.491 \right] \text{로 부터}$$

$$\text{TMS} = \frac{0.4}{\frac{19.61}{\left(\frac{I}{I_{PU}}\right)^2 + 0.491}} = 0.77$$

$$\text{TMS} = 0.8$$

$$\text{Actual tripping time} = 0.8 \times \left[ \frac{19.61}{26.25^2 - 1} + 0.491 \right] = 0.41 \text{ sec}$$

순시 요소 -  $\infty$

(3) Relay 4의 계산

Relay 5와 동일, 단 순시만 정정

$$\text{순시 요소 - Pick up current} = 6 \times 800 \times \frac{5}{800} = 30(\text{A})$$

$$\text{Primary current} = 30 \times \frac{800}{5} = 4,800(\text{A})$$

(4) Relay 3의 계산

변압기 용량 : 2,000kVA, 6.6kV/415V,  $I_{NS} = 2,666.6(A)$

BUS 전류 용량 : 3,000(A)

최대 3상 고장 전류 : 30,000(A)

최대 전동기 기동 전류 : 500(A)

부하전류 : 1,958(A)

$$\therefore 500+1,958 = 2,458(A)$$

$$\text{한시 요소 - Pick up current} = 1.15 \times 2,458 \times \frac{5}{3,000} = 4.7(A)$$

$$\text{Select } 5A, \text{ Primary current} = 5 \times \frac{3,000}{5} = 3,000(A)$$

$$\text{- Plug setting multiplier} = \frac{30,000}{3,000} = 10$$

고장전류 30,000(A)에서 Relay 4의 동작 시간

$$0.8 \times \left[ \frac{19.61}{37.5^2 - 1} + 0.491 \right] = 0.5 \text{ sec 이므로}$$

$$\text{Tripping time required} : 0.5+0.3 = 0.8 \text{ sec}$$

$$\text{Time Multiplier setting} = \frac{0.8}{\frac{19.61}{10^2 - 1} + 0.491} = 1.16$$

$$\text{TMS} = 1.2$$

$$\text{Actual tripping time} = 1.2 \times \left[ \frac{19.61}{10^2 - 1} + 0.491 \right] = 0.8 \text{ sec}$$

순시 요소 -  $\infty$

(5) Relay 2의 계산

변압기 용량 : 2,000kVA, 6.6kV/415V,  $I_{NP} = 175(A)$

$$\text{변압기 2차측 고장 전류의 1차측 환산 전류} = 30,000 \times \frac{0.415}{6.6} = 1,886(A)$$

CT ratio = 250/5

$$\text{한시 요소 - Pick up current} = 30,000 \times \frac{0.415}{6.6} \times \frac{5}{250} = 3.77(A)$$

$$\text{Select } 4A, \text{ Primary current} = 4 \times \frac{250}{5} = 200(A)$$

$$\frac{200}{175} = 1.14 \text{ (변압기 전부하 전류의 114\%)}$$

$$\text{Plug setting multiplier} = \frac{1,886}{200} = 9.43$$

Tripping time required : 0.8 sec

$$\text{Time Multiplier setting} = \frac{0.8}{\frac{19.61}{9.43^2 - 1} + 0.491} = 1.19$$

TMS = 1.2

$$\text{Actual tripping time} = 1.2 \times \left[ \frac{19.61}{9.43^2 - 1} + 0.491 \right] = 0.85 \text{ sec}$$

순시 요소 - Pick up current =  $1.75 \times 1,886 \times \frac{5}{250} = 66(\text{A})$

Select 75A

$$\text{Primary current} = 75 \times \frac{250}{5} = 3,750(\text{A})$$

#### (6) Relay 1의 계산

최대 용량 전동기 기동 전류 : 800(A)

연속 부하 전류 : 900(A)

$$\therefore 800 + 900 = 1,700(\text{A})$$

고장 전류 : 10,000(A)

한시 요소 - Pick up current =  $1.15 \times 1,700 \times \frac{5}{2,000} = 4.88(\text{A})$

Select 5A, Primary current =  $5 \times \frac{2,000}{5} = 2,000(\text{A})$

$$\text{Plug setting multiplier} = \frac{15,000}{2,000} = 7.5$$

고장 전류 15,000(A)에서의 6.6kV BUS 인출 회로의 Tripping Time은

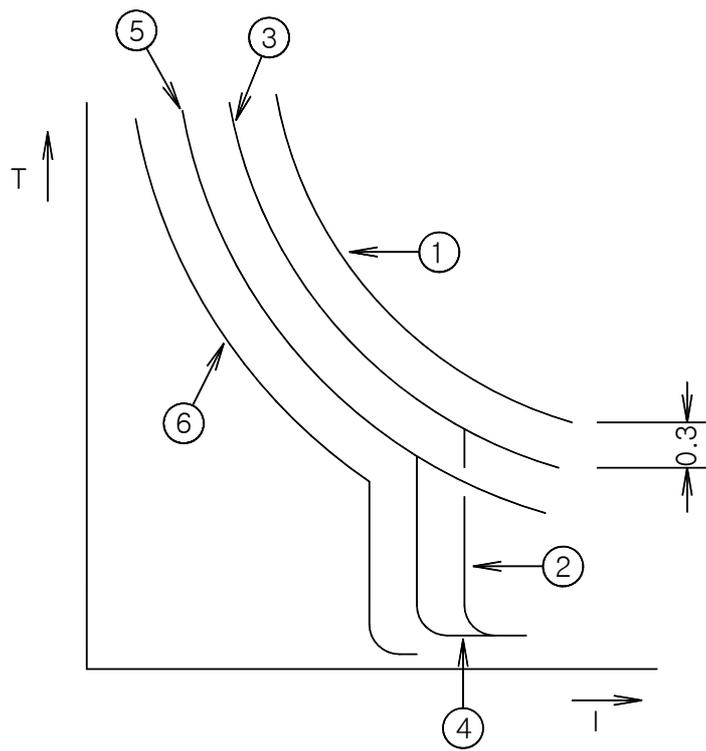
$$t = 1.0 \times \left[ \frac{19.61}{7.5^2 - 1} + 0.491 \right] = 0.84 \text{ sec}$$

Tripping time required : 0.84+0.3 = 1.14 sec

$$\text{Time Multiplier setting} = \frac{1.14}{\frac{19.61}{7.5^2 - 1} + 0.491} = 1.34$$

TMS = 1.4

$$\text{Actual tripping time} = 1.4 \times \left[ \frac{19.61}{7.5^2 - 1} + 0.491 \right] = 1.2 \text{ sec}$$



## 참 고 문 헌

1. IEEE 242 Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System
2. IEEE 288,ANSI C37.92 Induction motor protection
3. IEEE 588,ANSI C37.96 Guide for ac motor protection
4. IEEE 273,ANSI C37.91 Protective relay applications to power transformers
5. Westing house Applied Protective Relaying
6. The art of science of protective relay , C. Russell mason
7. 보호계전기기술 의 상식, 전기서원 (일본)
8. CO-GENERATION 보호계전기기술자료집 일본 미쓰비시
9. 보호계전기응용기술 , 한국전력공사
- 10.보호계전기실무 1,2 한국전력공사
- 11.타사발전기 병렬운전 연계선로 보호업무지침, 한국전력공사
- 12.원자력발전소 표준화설계를 위한 조사용역보고서
- 13.전기설비기술계산 핸드북, 기다리출판사
- 14.보호계전 시스템 기술 신대승저 기다리 출판사

연구회 : 전력계통보호기술연구회