

● 教材 (2) ●

전기설비의 안전보호장치

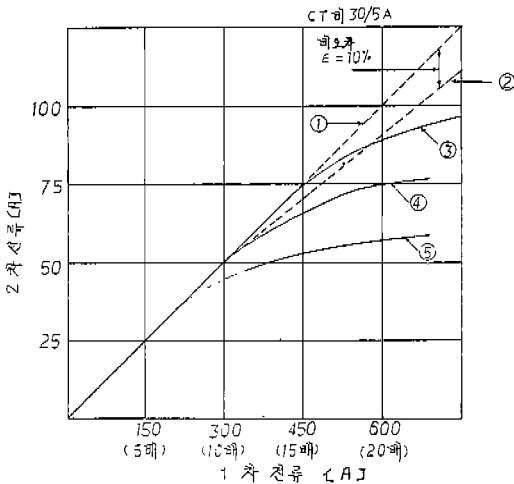
(2)

김삼동

신영전기(주) 이사·공장장

※ 과전류 정수란

비오차가 -10%가 될때의 1차전류를 변류기의 정격 1차전류로 나눈 값으로 $n > 5, n > 10$ 과 같이 표시하고 그 특성의 예를 그림 7에 표시하였다.



〈그림-7〉 변류기의 과전류 특성에

- ① : 비오차 0%
- ② : 비오차 10%
- ③ : $n > 20$ 일때 변류기의 실측치
- ④ : $n > 15$ 일때 "
- ⑤ : $n > 10$ 일때 "

$$\text{비오차 } \epsilon = \frac{\text{공칭 변류비} - \text{진}의 \text{ 변류비}}{\text{진}의 \text{ 변류비}} \times 100(\%)$$

4) 고장전류의 계산과 O.C.R 정장예

① 조건 : 수전전압 : 6.6 (kV)

수전전단락용량 : 100 (MVA)

계약전력 : 1,500 (kW)

변류기 : $n > 10$

차단장치전차단시간 : 5 (CYCLE)

과전류제전기 TAP

○ 반환시정한시 : 4-5-6-7-8-10-12

○ 순시요소 : 20-30-40-60-80

② 고장전류계산

동작시간의 정정에는 먼저 고장전류치를 알 필요가 있다.

○ 최대단락전류는 전원측 최대단락용량시에 있어서

$$3 \phi I_s = \frac{I_n \times 100}{\%Z}$$

여기서 $\begin{cases} I_n : \text{기준용량에 대한 정격전류} \\ \%Z : \text{기준용량에 대한 전원에서 고장점} \\ \text{까지의 전 Impedance} \end{cases}$

○ 최소단락전류는 전원측 최소단락용량시에 있어서 2상단락전류임으로

$$2 \phi I_s = \frac{\sqrt{3}}{2} 3 \phi I_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_n}{\%Z} \times 100 \text{으로 된다.}$$

○ 그림 8에서 F_1, F_2 점 고장시의 단락전류를 구하라.

○ 기준용량을 변압기 500 (kVA)로 하면

전원 Impedance $\%Z_0$ 는

$$\begin{aligned} \%Z_0 &= \frac{\text{기준용량}}{\text{수전점단락용량}} \times 100\% \\ &= \frac{0.5(\text{MVA})}{100(\text{MVA})} \times 100\% = 0.5\% \end{aligned}$$

○F₁점에서 본 전원측 Impedance의 합계

$$\%Z_T = Z_T + Z_0 = 4\% + 0.5\% = 4.5\%$$

(여기서 Z_T: 변압기 Impedance 4% at 500kVA Base)

a. F₁점에서 고장시의 단락전류는

○440(V)측 3상단락전류 3φI_{s2}는

$$3\phi I_{s2} = \frac{500(\text{kVA})}{\sqrt{3} \times 0.44(\text{kV})} \times \frac{100}{4.5(\%)} = 14,600(\text{A})$$

○440(V)측 2상단락전류 2φI_{s2}:

$$2\phi I_{s2} = 3\phi I_{s2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 14,600 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 12,600(\text{A})$$

○6.6kV측 3상단락전류 3φI_{s1}(환산치)

$$3\phi I_{s1} = \frac{500(\text{kVA})}{\sqrt{3} \times 6.6(\text{kV})} \times \frac{100}{4.5\%} = 970(\text{A})$$

○6.6kV측 2상단락전류 2φI_{s1}(환산치)

$$2\phi I_{s1} = 3\phi I_{s1} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 970 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 842(\text{A})$$

b. F₂점에서 고장시의 단락전류

○6.6kV측 3상단락전류 3φI_s

$$3\phi I_s = \frac{100(\text{MVA}) \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6.6(\text{kV})} = 8,748(\text{A})$$

○6.6kV측 2상단락전류

$$2\phi I_s = 3\phi I_s \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 7,570(\text{A})$$

③ OCR의 정정

가. OC3의 정정

$$\text{○배전선 전류용량} = \frac{150(\text{kVA})}{\sqrt{3} \times 0.44(\text{kV})} \approx 197\text{A}$$

(여기서 150kVA는 부하용량)

$$\text{○동작치의 정정} = 197(\text{A}) \times 1.5 \times \frac{5}{300} \approx 4.92(\text{A})$$

○TAP 4-5-6-7-8-10-12 중 5 TAP에 정정한다.

○F₁점고장시의 최소단락전류의 변류기 2차전류는 210(A) $\left(12600\text{A} \times \frac{5}{300}\right)$ 로 TAP5의 42배로 되고 최소 단락전류로 확실히 동작한다.

○동작시간은 계통의 말단임으로 최저 LEVER1로 좋다.

○과전류정수는 n>10로 하고, 사용부담을 정격부담과 같은 것으로 하기 때문에 변류기 1차에 단락전류가 흐른다 해도 2차에는 최대 50A정도만 흐르게 하는

것이 좋다.

즉, TAP에 대해 배수가 1000%시는 이미 과전류계 전기의 특성은 정한시 영역에 들어감으로 협조가 충분히 취해졌을때 필요한 최저동작시간 0.2초를 확보해준다.

나. OC2의 정정

$$\text{○변압기 1차전류용량} = \frac{500(\text{kVA})}{\sqrt{3} \times 6.6(\text{kV})} \approx 44(\text{A})$$

$$\text{○동작치의 정정} = 44 \times 1.5 \times \frac{5}{75} = 4.4$$

따라서 5A TAP에 정정한다.

○F₁점 고장시의 최소단락전류 2차전류는 56A(842A $\times \frac{5}{75}$)로 TAP치의 11.2배로 충분히 동작하는 값이다.

○다음에 OC2의 동작시간입니다만 6.6kV계통에 있어서 단락고장은 수전의 OC1을 순시요소부로 하기 때문에 이미 이것으로 보호하도록 되어 있고 OC2는 변압기 2차 가장 가까운점 고장시에 있어서 최대단락전류(전류적으로는 F₁고장점의 전류와 동일)로 OC3와 협조가 되도록 정정한다. F₁점고장시의 최대단락전류에 있어서 OC3의 동작시간은 앞에서 0.2초였었다.

그리고 동작시간차는 0.35초를 둘 필요가 있음으로

OC2는 F₁점 고장시에 있어서 최대단락전류(변류기 2차에서 64A = 970A $\times \frac{5}{75}$)로 TAP치의 1,300% 0.55초(0.2초+0.35초)로 동작하도록 정정한다.

n치는 TAP치의 1000%에 대해 이미 정한시부에 들어가도록 되어 있음으로 0.55초를 확보해 있다.

다. OC1의 정정

$$\text{○수전전류용량} = \frac{1,500(\text{kW})}{\sqrt{3} \times 0.6(\text{kV})} = 131(\text{A}) \text{로 동작정정치는 이 값의 } 150\% \text{임으로}$$

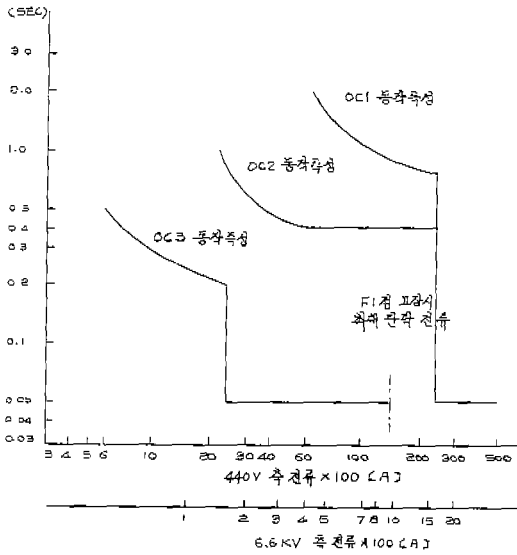
$$131(\text{A}) \times 1.5 \times \frac{5}{200} = 4.92(\text{A})$$

따라서 tap은 5A로 정정한다.

최소단락전류는 변류기 2차에서 21A로 $(842 \times \frac{5}{200})$

TAP치의 4.2배(21A ÷ 5)로 충분히 동작하는 값이다.

그리고 OC1의 반한시정한시부의 동작시간정정은 F₁점 고장시에 있어서 최대단락전류로 OC2와 협조가 되도록 되어 있다. 즉 변류기의 2차전류 24A(970 $\times \frac{5}{200}$) TAP치의 4.8배)로 0.9초(0.55+0.35초)로 동작

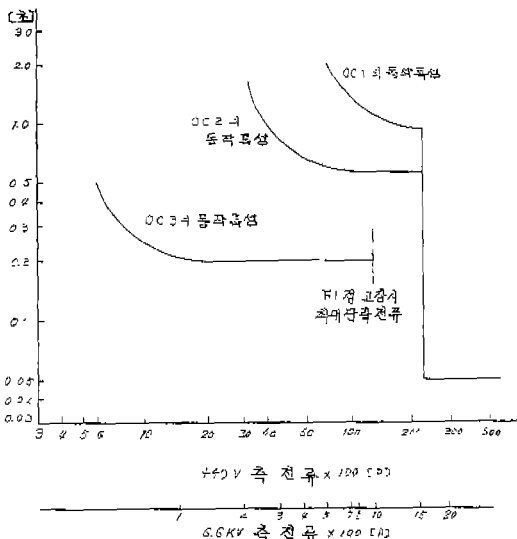


(그림-10) 고압수용가 계통 MODEL 시한협조곡선 (말단은 순시요소부하한 경우)

하도록 정정한다.

순시요소의 정정에 있어서는 변압기 2차 고장에서는 동작하지 않도록 할 필요가 있다. F1점 고장시의 최대 단락전류의 150% 정도로 한다. 따라서 F1점의 최대 단락전류는 $24A(970 \times \frac{5}{200})$ 임으로 $24(A) \times 1.5 = 36(A)$ 로 되고 TAP은 40A로 된다.

OF2점 고장시의 최소단락전류는 변류기 2차전류로



(그림-9) 고압수용가 계통 MODEL 시한협조곡선 (말단의 반한시, 정한시로 한 경우)

$189(A)(7570A \times \frac{5}{200})$, TAP치의 37.8배 = $189 \div 5$)로 충분히 동작하는 값이다

○또 n치에 대해서는 TAP이 40A임으로 OC1의 순시요소에는 확실한 입력이 기대된다.

○다음 그림9와 그림10은 고압수용가 말단을 반한시 정한시로한 경우와 순시요소부하한 경우를 표시하였다.

3. 지락보호협조

1) 지락보호협조의 개요

지락보호협조에 대해서도 과전류보호협조와 같이 전력회사의 공급변전소의 보호방식에 대응해서 수용가측으로서는 시한협조 및 지락전류협조를 취할 필요가 있다.

특히 과급사고의 대부분이 지락사고에 의한 것이다. 더욱이 수용가측의 검출점(ZCT등 설치개소)에서 전원측으로 발생한 지락사고는 현행의 설비방식으로는 과급사고로 되나, 적어도 검출점부터 부하측으로 발생한 지락사고는 전부 수용가에서 차단해야할 필요가 있다.

지락보호방식에 대해서는 저압수용가에 있어서 전부 저압으로 변성하는 경우에 분명한 정의가 없다.

고압에 있어서도 그 동작시간, 동작전류 등에 대해서 생각하는 방식이 상당히 다르므로 배전계통에서 통일된 지락보호방식이 채용되어지고 있지 않다.

이것은 지락보호방식에 대해서 개발이 충분치 않기 때문이라고 생각된다.

여기에서 다양화 되어 있는 보호방식을 검토하고 그 보호협조에 대해서 상세히 설명할 수 없으므로 보편적인 보호방식을 설명하고자 한다.

2) 고압수용가용 지락계전기의 구성과 동작

고압수용가의 지락계전기는 크게 대별하면 지락과전류계전기(OCGR)와 방향지락계전기(DGR)가 있으며, 이외에도 지락과전압계전기(OVGR) 등이 있으나 주로 공급변전소의 지락계전기입으로 여기에서 생략한다.

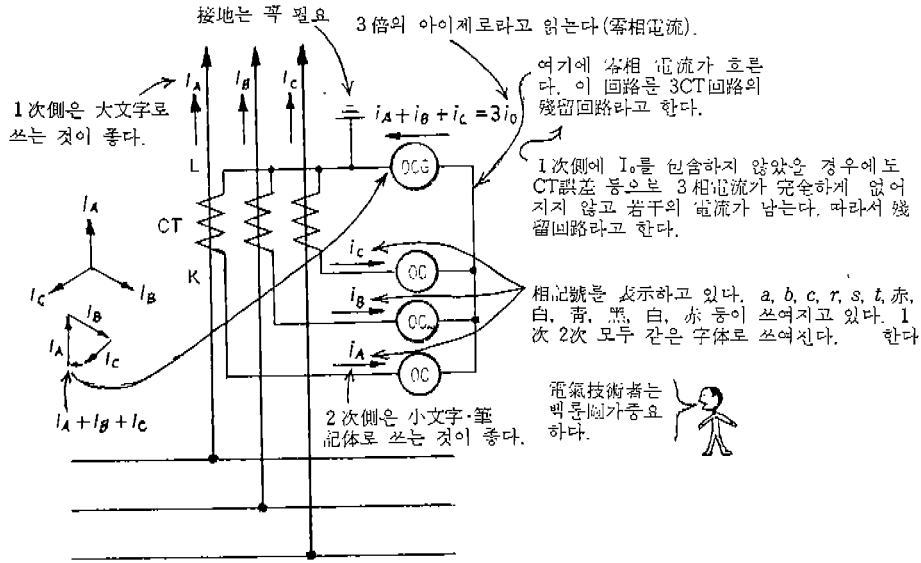
2-1) 지락과전류계전기

OGR의 주기능은

가. 지락전류 LEVEL을 검출하는 것

나. 소정의 시간에 검출하는 것

의 2 항목으로 지락전류 LEVEL 검출은 ZCT로 도출된



〈그림 - 11〉 변류기의 A 접속

영상전류의 LEVEL이 일정치를 넘는것을 검출하는 것과 변류기의 잔류회로의 전류 또는 3 권선변류기의 영상분전류를 검출하는 것이다.

검출시간은 지락고장이 발생해서 제전기가 차단신호를 내기까지의 시간으로 주로 2시간은 TIMER 회로에 의하여 관리된다.

① 변류기의 잔류회로를 이용하는 방법

접지계의 지락보호에 있어서 그림과 같이 3개의 CT를 A결선으로 하여 CT의 중성점과 부담측의 중성점을 연결하여 2 회로에 제전기를 연결하는 방법으로 CT 잔류회로의 I₀₂는 AMPERE-TURN의 법칙에 따라

$$I_{02} \cdot n_2 = I_{01} \cdot n_1 \Rightarrow I_{02} = \frac{n_1}{n_2} \cdot I_{01}$$

즉, 잔류회로의 전류 I₀₂는 변류기의 2차변류비(2 권선 CT의 변류비)에 관련되는 것으로 다음에서 대두되는 3차권선부 CT와의 큰차이점이 있다. 즉 2차변류비는 1차전류의 크기에 따라 결정되는 것이며 지락계전기와 조합하기 위하여 선택된 것이 아니다. 그러므로 일반적으로 300/5 A이하의 CT에서는 3 권선CT부의 것이 사용되지 않고 이 방식이 사용된다.

〈제산예〉

a. 1차지락전류가 30A가 흐르는 저항접지계에서 300/5 A의 CT를 사용한 잔류회로에 있어서는

잔류회로 전류는 $I_{02} = \frac{5}{300} \times 30A = 0.5(A)$

b. 200/5 A의 CT를 사용한 잔류회로의 경우

잔류회로 전류는 $I_{02} = \frac{5}{200} \times 30A = 0.75(A)$

c. 3 권선부CT의 3차변류비는 일반적으로 100/5 A 이므로

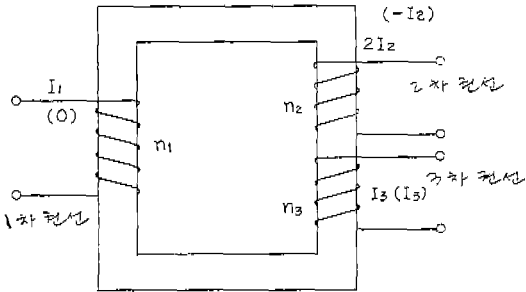
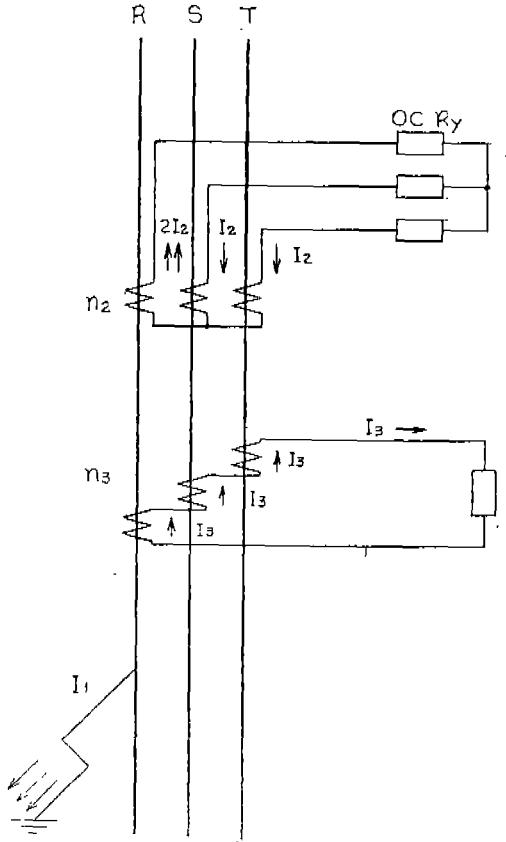
3차회로에 흐르는 전류 $I_{03} = \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{100} \times 30A = 0.5(A)$

위 a, b, c에서 비교하여 볼 때 300/5 A이 하여 변류비를 같은 CT의 잔류회로전류가 3 권선부CT 사용시 보다 많은 전류를 PICK UP 할 수 있다.

3개의 CT를 사용시에 3 CT의 특성차에 기인하여 영상전류가 흐르는 경우가 있다. 특히 단락시에 발생하는 직류분에 따른 여자 때문에 포화하고, 현저한 특성차가 생기고 소세력과전류계전기가 오동작하는 것이 있기 때문에 최대단락전류의 통과시에 오동작 하지 않도록 정정하여야 한다(그림11).

③ 3 권선CT를 사용하여 검출하는 방법

3 권선CT를 사용하는 것은 비접지계에서 ZCT에 의한 전류검출의 불확실로 감도가 저하되는 것과 접지계에서 CT의 2차권선의 잔류회로를 사용시의 부하용량이 달라짐에 따른, 2차측 계기를 표준 5 A로 사용하기 때문에 변류기 자체는 광범위한 변화를 시키지 않으면 안된다. 지락계전기는 부하와는 무관개로 일정한 감도가 요구되기 때문에 2차잔류회로를 사용시는 계전기의 사양이 다양하게 된다. 따라서 제전기를 표준화 시키기 위해서는 보조CT를 사용해야 하며 이로 인하여 주 CT의 부담이 커지고 RELAY의 감도가 저하하게 되어



지락상 CT 각 권선전류
(전전상 CT 각 권선전류)

〈그림-12〉 지락고장시 전류분포

부하전류와는 무관계로 설치될 수 있는 3차권선을 사용하게 되고 1차/3차의 비를 일정하게 해 두면 계전기의 감도도 좋고 계전기도 표준화할 수 있다.

그러나 각상 CT의 불평형에 의한 잔류전류의 발생이 있으므로 3kV, 6kV 22kV계의 저항접지로서 접지전류 25A~100A 정도의 곳에 적합하다.

○ 3권선CT에 따른 지락과전류계전기의 입출력 관계
3권선 CT는 1선지락시에도 CT 2차권선에 영상전류가 분류하기 때문에 3차권선에서 있는 실제 영상전류는 2차권선의 결선방법과 권선수에 크게 좌우된다. 이를 고려하여 지락과전류계전기를 정정하여야 한다. 그리고 2차권선의 잔류회로는 결선하지 않고 OPEN시켜야 한다.

지금 R상 지락시 각상의 전류분포는 그림12와 같고 이 전류에 따른 각 권선에 생기는 AMPERE-TURN은 여자전류를 무시하면

$$n_1 I_1 = n_2 I_2 + n_3 I_3 \dots\dots\dots ①$$

$$n_2 I_2 = n_3 I_3 \dots\dots\dots ②$$

식 ①에 식 ②를 대입하면

$$n_1 I_1 = n_2 I_2 + n_3 I_3 = n_2 (2I_2) + n_3 I_3 = 3n_3 I_3$$

$$\therefore I_3 = \frac{I_1}{3} \left(\frac{n_1}{n_3} \right)$$

$$I_2 = \frac{I_1}{3} \left(\frac{n_1}{n_2} \right)$$

$$\frac{I_3}{I_2} = \frac{\frac{I_1}{3} \left(\frac{n_1}{n_3} \right)}{\frac{I_1}{3} \left(\frac{n_1}{n_2} \right)} = \frac{n_2}{n_3}$$

일반적으로 주회로 CT의 2차변류비가 300/5A를 넘는 경우에 활용됨으로 $n_3 \ll n_2$ 이다.

그러므로 CT 2차권선측에 분류효과는 적게 된다. 여기서 유의할 점은 계전기에의 입력전류는 3권선CT의 3차정격전류의 1/3밖에 유입하지 않는다는 것을 명심하여야 할 것이다. (다음호에 계속)

