

# 技師會員을 위한 理論과 實務

● 連 載 ●

電氣技術者를 위한

## 알기 쉬운 保護繼電器

(3)

### 第 3 篇 高壓系統의 保護릴레이시스템

보호(保護) 릴레이시스템의 계획 및 정정(整定)에 있어서는 보호대상물의 고장요소, 사고전류 및 적용보호릴레이시스템, 적용보호계전기(適用保護繼電器)의 특성을 충분히 알고 있어야 한다.

일반으로 보호계전기의 정정은 그림21과 같은 순서로 실시된다.

#### [ 1 ] 高壓受電設備의 概要

##### (1) 高壓受電設備의 回路構成

고압수전설비의 회로구성은 여러가지가 있으나, 보호방식으로 보아 분류·정리하면 기본형태는 다음 3종류로 집약된다.

##### (a) CB形에 대해서

이 수전방식은 그림22와 같이 과전류계전기(OC)로, 과부하·단락을, 지락계전기(G)로 지락사고를 검출하고 차단기(CB)에 의해 사고회로차단을 하는 것이다. 다음에 기술하는 다른 방식에 비교하여 보호기능은 가장 높다.

수전모선에 고압전동기 혹은 고압배전선등이 접속될 경우는 그 인출구에도 보호계전기를 증설하게 되므로 전력회사의 인출부분 및 수전회로의 OC 와

의 보호협조 단수가 늘어나 다소 어려운 면이 생긴다.

適用하는 保護繼電器의 目的 및 保護範圍의 確認



保護계전기가 설치되는 회로의 기기(모선, 차단기, 변압기 등)의 정격전류나 허용전류는 어딘지, 또 차단기의 차단시간은 어느 정도인지



變壓器, 發電機 및 線路의 請定數는 어느 정도인가



보호계전기와 結合하는 PT, CT의 特性 및 定格은 어떤가



系統의 短絡事故電流 및 地絡事故의 크기(最大, 最小值) 및 그 分布는 어떠한지

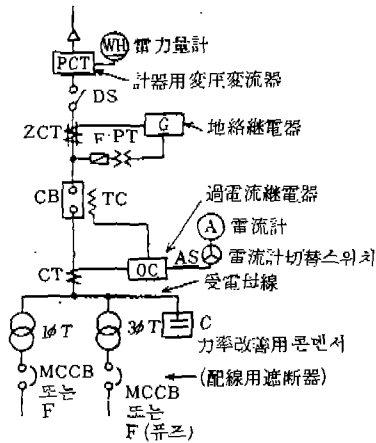


사고전류를 기준으로하여 보호계전기의 용도에 따른 動作整定值, 限時整定值에 따라 整定值를 定한다.



보호계전기에 最적점이 있는지를 검토, 또 上位 下位의 保護계전기와의 檢出감도, 동작시간의 협조는 충분한지를 淸査하고 최종적으로 整定值를 결정한다.

〈그림-21〉 保護繼電器의 整定方法

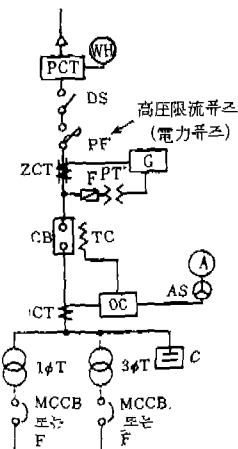


〈그림-22〉 CB形單線結線圖

(b) PF·CB形에 대해서

이 수전방식은 그림23과 같다. CB형의 경우 차단기로 단락사고를 차단하므로 차단기에는 충분한 차단용량을 갖게할 필요가 있으며 값이 비싸지기 때문에 이 방식을 채용하는 일이 있다. 또 기설의 수전설비에 있어서 전력회사측의 배전계통 강화등의 사정에 의해 종래의 차단기의 차단용량에 부족이 있을 경우등에 대한 대책으로서 채용되는 경우가 있다.

이 방식은 발생확율이 낮은 단락사고는 PF(고압한류퓨즈, 전력퓨즈)로 보호시키고 과부하는 OC 지락사고는 G로 검출시켜 CB에 의해 차단시키는 것이다. 이 때에 CB는 부하의 과부하전류 정도의 차단용량으로 충분하므로 경제적이다. 보호기능은



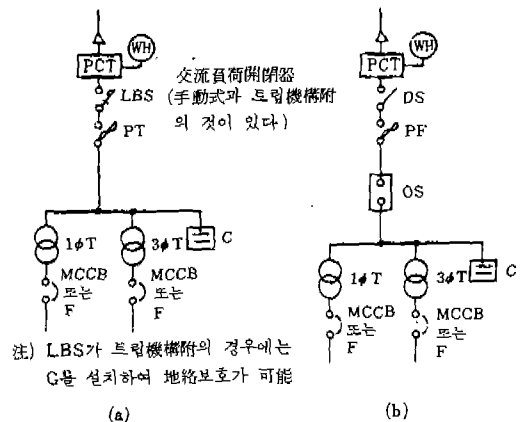
〈그림-23〉 PF·CB形單線結線圖

CB형과 거의 같으나 단락사고가 발생하면 PF를 바꾸지 않으면 안되는 결점이 있다.

(c) PF·S形에 대해서

이 수전방식을 그림24에 표시한다. 이 방식은 가장 경제화를 도모한 수전방식으로 고압한류퓨즈(PF)와 교류부하개폐기(LBS 또는 DS)를 조합한 것이다.

그러나 보호기능은 PF뿐이므로 단락사고와 PF의 보유하는 범위의 과부하만이 보호할 수 있으며, 지락사고는 보호할 수 없다. 과부하와 지락사고를 보호하는 경우는 그림24(a)에 있어서 LBS를 트립기구(機構)가 달린 것으로 하고 그림22와 같이 ZCT, G, CT, OC를 설치하면 된다. 이 PF·S형은 큐비클수전설비등의 비교적 소용량의 간이한 설비에 적용된다.



〈그림-24〉 PF·S形單線結線圖

〔2〕 事故電流·電壓의 計算

보호릴레이시스템이 궁극의 목적인 릴레이의 정정(整定)을 하는데는 보호를 실시하는 상대, 즉 사고전류·전압을 알 필요가 없다. 이 사고전류의 계산 결과는 회로기기의 기계적 강도(強度)의 확인에도 사용되어 보호릴레이시스템 검토의 불가결의 조건이다.

(1) 短絡電流의 計算

%인피던스법에 따르면 3상단락전류  $I_{3\phi}$ 는 아래 식으로 구할 수 있다.

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

여기에서  $I_n$ 은 기준용량에 대한 정격전류,  $\%Z$ 는 기준용량에 대한 전원에서 고장점까지의 전(全) 인피던스이다.

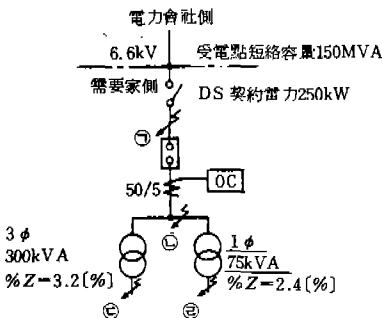
고장전류의 최대단락 전류는 3상단락전류로 생각하면 되고 최소 완전단락전류는 아래식에 표시하는 2상단락전류  $I_{2\phi s}$ 로 생각하면 된다.

$$I_{2\phi s} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi s} = 0.866 \times \frac{100}{\%Z} \times I_n$$

이상의 기본사항을 기초로, 그림25의 모델로서 계산을 한다. 계산시에는 기준용량은 통상 10MVA로 설정하는 일이 많으나 고압수전설비의 경우는 전체의 용량이 작으므로 자기 사의 변압기용량을 베이스로 하는 것이 편리하다. 여기서는 변압기 2대 가운데 용량이 큰 300KVA를 베이스로 하는(75kVA를 베이스로 해도 무방)

전원측 인피던스는 300kVA 기준용량으로 하여 아래 식을 구한다.

$$\frac{300[\text{kVA}]}{150[\text{MVA}] \times 10^3} \times 100 = 0.2[\%]$$



$$i_{3\phi s}(\text{㊸點}) = 771 \times \frac{5}{50} = 77.1 [\text{A}] \dots (\text{CT 二次})$$

$$I_{3\phi s}(\text{㊸點}) = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 771 = 668 [\text{A}]$$

$$i_{2\phi s}(\text{㊸點}) = 668 \times \frac{5}{50} = 66.8 [\text{A}] \dots (\text{CT 二次})$$

$$I_{2\phi s}(\text{㊸點}) = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{100}{0.2+9.6} \times 26.2 = 231 [\text{A}]$$

$$i_{2\phi s}(\text{㊸點}) = 231 \times \frac{5}{50} = 23.1 [\text{A}] \dots (\text{CT 二次})$$

(그림-25) 短絡電流計算의 모델單線結線圖

1φ 75kVA 변압기의 인피던스를 300kVA 베이스로 환산한다.

$$2.4[\%] \times \frac{300[\text{kVA}]}{75[\text{kVA}]} = 9.6[\%]$$

다음에 6.6kV, 300kVA에 대한 정격전류  $I_n$ 을 구해 둔다.

$$I_n = \frac{300[\text{kVA}]}{\sqrt{3} \times 6.6[\text{kV}]} = 26.2 [\text{A}]$$

각 사고점의 단락전류를 구하면 아래와 같다.

$$I_{3\phi s}(\text{㊸點}, \text{㊸點}) = \frac{100}{\%Z} \times I_n = \frac{100}{0.2} \times 26.2 = 13,100 [\text{A}]$$

$$i_{3\phi s}(\text{㊸點}, \text{㊸點}) = I_{3\phi s} \times \text{CT比} = 13,100 \times \frac{5}{50} = 1,310 [\text{A}] \dots (\text{CT 二次})$$

$$I_{2\phi s}(\text{㊸點}, \text{㊸點}) = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 13,100 = 11,345 [\text{A}]$$

$$i_{2\phi s}(\text{㊸點}, \text{㊸點}) = 11,345 \times \frac{5}{50} = 1,134.5 [\text{A}] \dots (\text{CT 二次})$$

$$I_{3\phi s}(\text{㊸點}) = \frac{100}{\%Z} \times I_n = \frac{100}{0.2+3.2} \times 26.2 = 771 [\text{A}]$$

그리고 고압수전설비에서 사용되는 표준적 변압기 용량의  $\%인피던스$  예를 표 6에 표시하니 설비계획시등에 사용되기 바란다. 단지 상세한 설계의 경우에는 그때마다 메이커와 상의할 필요가 있다. 또 이미 변압기가 설치되어 있을 경우에는 그 변압기의 명판을 읽으면  $\%인피던스$  치(値)가 기재되어 있으니 그 치에 따르면 된다.

## (2) 地絡事故時的 零相電圧・電流의 計算

그림26에 지락사고시의 전압·전류분포도를 표시한다. 관계하는 요소는 엄밀히 말해 GPT, CT, 고압배전선 케이블의 저항, 인덕턴스 등이 관계하나 지락사고시의 전압·전류분포에 주는 영향이 적으므로 이들을 무시하고 정전용량(靜電容量)과 지락 저항만을 표시하고 있다.

전압·전류의 관계를 백들로 표시하면 그림27과 같다. 지락사고가 발생하지 않고 있는 상태에 있어서 중성점(中性點)은 Q점에 있다. 이때 a상전류는  $I_a = i_{1a} + i_{2a}$ 이며  $I_a + I_b + I_c = 0$ 로 되어 있다. 지락사고가 발생하면,  $I_a = I_g + i_{1a} + i_{2a}$ 로 증가하나, 대지(大地)에 전류가 고여 있을 수 없으니 반드시

〈표-6〉 配電用變壓器의 %인피던스의 例

(a) 单相 F 6750 R 6600 F 6450 F 6300  
6150 V 210-105 V (单相專用)

容量 [kVA]	油入變壓器 (%Z)		몰드 變壓器 (%Z)	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
10	2.5	2.4	3.8	4.2
20	2.2	2.1	4.0	4.6
30	2.1	2.2	4.0	4.6
50	2.0	2.0	4.2	4.9
75	2.1	2.4	4.1	4.7
100	2.2	2.5	4.0	4.7
150	2.6	2.9	4.0	4.7
200	2.4	2.7	4.2	5.0
300	3.1	3.8	5.2	6.2

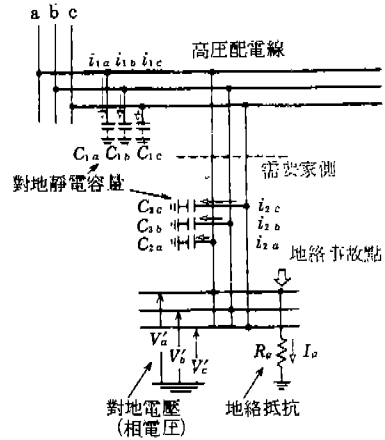
(b) 三相 20~50 kVA :  
一次電壓 R 6600 F 6300 6000 V (Y)  
二次電壓 210 V (Y)  
三相 75~500 kVA :  
一次電壓 F 6750 R 6600 F 6450  
F 6300 6150 V (Y) 210 V (Y)

容量 [kVA]	油入變壓器 (%Z)		몰드 變壓器 (%Z)	
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
20	2.7	2.6	3.8	4.0
30	2.6	2.6	3.8	4.1
50	2.2	2.2	3.8	4.3
75	2.9	3.0	4.1	4.7
100	2.9	3.0	4.4	5.1
150	3.1	3.3	4.1	4.8
200	3.1	3.3	4.3	5.0
300	3.1	3.2	3.7	4.4
500	3.3	3.4	5.1	6.1

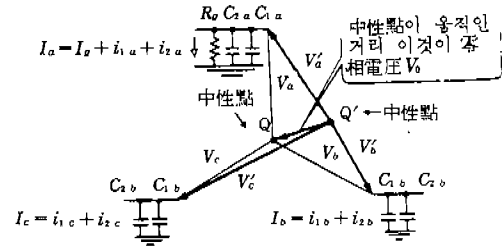
$I_a + I_b + I_c = 0$  이어야 한다. 그렇게 하기 위해서는  $I_a$ 를 감소,  $I_b, I_c$ 를 증가하는 방향으로 대지전압(對地電壓), 즉 상전압(相電壓)이 움직이지 않을 수 없다. 즉  $V_a \rightarrow V_a', V_b \rightarrow V_b', V_c \rightarrow V_c'$ 로 이동한다. 중성점은  $Q \rightarrow Q'$ 로 이동한 것으로 된다. 이 중성점의 이동량이 영상전압(零相電壓)이라고 부르고 있다.

그림26, 그림27에서는 전압상태는 잘 표현되고 있으나 전류분포는 명백하지 않다. 이러한 때는 그림26의 3상회로의 각상(各相)을 일괄하여 영상회로로 하고 다시 태브넨의 정리(定理)에 따라 생각하면 이해하기 쉽다. 이것을 그림28에 표시한다. 상세한 것은 그림의 설명에 의한다.

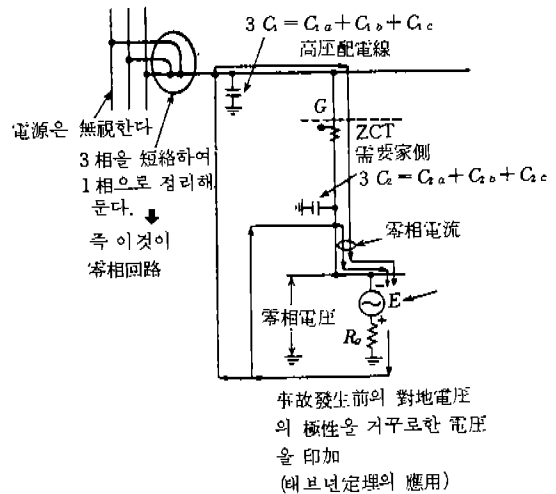
그리고 그림28을 정리하면 그림29와 같이 간단하게 된다.



〈그림-26〉 地絡事故時的 電壓·電流分布圖

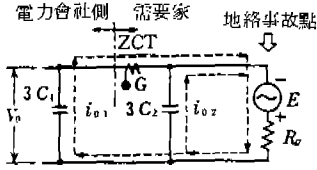


〈그림-27〉 地絡事故時的 中性點의 移動

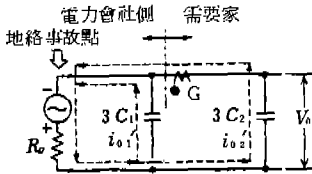


〈그림-28〉 零相回路와 테브넨의 定理

그림29는 수요가 구내에서 지락사고가 발생 했을 경우의 등가회로(等價回路)이다. 이때 수요가측 지락계전기 G에 흐르는 전류는 전력회사측 대지정전 용량  $3C_1$ 에 흐르는 전류이다. 다음에 전력회사측



〈그림-29〉 需要家構 내에서 地絡事故가 발생했을 경우의 零相等價回路



〈그림-30〉 電力會社側 配電線에서 地絡事故가 발생했을 경우의 零相等價回路

배전선에서 지락사고가 발생하면 등가회로는 그림 30과 같이 된다. 이때, 수요가측 G에 흐르는 전류는 수요가측 구내 대지정전용량  $3C_2$ 에 흐르는 전류이다.

그림 29에 있어서의 전류치  $i_{01}$ ,  $i_{02}$ 를 구하면 다음과 같이 된다.

$$i_{01} = 3\omega C_1 \cdot V_0$$

$$i_{02} = 3\omega C_2 \cdot V_0$$

$$V_0 = \frac{6600/\sqrt{3}}{\sqrt{1 + \{R_g \cdot (3\omega C_1 + 3\omega C_2)\}^2}}$$

계산식은 대지정전용량으로 표현하고 있으나 대지정전용량  $C(\mu F)$ 로 표현하는 것보다 대지충전전류  $(3\omega C \times 6600/\sqrt{3})$ 으로 계산한 것이며, 지락저항  $0\Omega$ 로 지락했을 때에 흐르는 지락전류와 같다)로 표현하는 것이 이해하기 쉬우며, 계산식은 아래와 같이 된다.

$$i_{01} = I_{01} \cdot \frac{V_0}{6600/\sqrt{3}} =$$

$$I_{01} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \{R_g \cdot (I_{01} + I_{02})/6600/\sqrt{3}\}^2}}$$

$$i_{02} = I_{02} \cdot \frac{V_0}{6600/\sqrt{3}} =$$

$$I_{02} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \{R_g \cdot (I_{01} + I_{02})/6600/\sqrt{3}\}^2}}$$

### 〔3〕 受電保護시스템

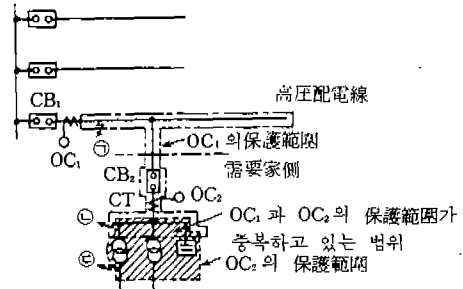
#### (1) 受電點의 短絡保護

고압수요가 구내에서 단락사고가 발생하며 전원측인 변전소·배전선을 통하여 발전소의 발전기에서 단락전류가 사고점에 유입해 들어온다. 이 때문에 단락보호는 수요가측 구내만으로 생각할 수 없으며, 전력회사 변전소와의 협조를 충분히 생각하지 않으면 안된다.

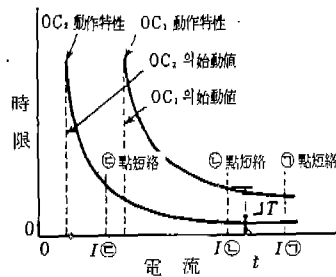
그림 31에 전력회사 변전소 인출구  $OC_1$ 과 수요가  $OC_2$ 의 보호범위 예를 표시한다.

$OC_1$ 의 보호범위는 당연 고압배전선 전역을 커버하는 동시에 수요가측 고압부분까지 보호하고 있다.  $OC_2$ 는 CT보다 부하측이 보호범위가 되어, 통상변압기 저압권선 출구 근방에 보호범위의 한계가 된다. 그림 31에 있어서 (γ)점 사고에서는  $OC_1$ 만이 동작하고 (δ)점 사고에서는  $OC_2$ 만이 동작한다. (ε)점 사고에서는  $OC_1$ 과  $OC_2$ 가 함께 동작하려고 하나, 만약  $OC_1$ 이 빨리 동작하면  $CB_1$ 이 트립되기 때문에 고압배전선이 정전하게 된다. 이와같은 수요가 구내의 사고에 의해 전원측의 고압배전선을 불

電力會社變電所



〈그림-31〉 電力會社變電所引出口  $OC_1$ 과 受電設備  $OC_2$ 의 保護範圍



〈그림-32〉 時限協調例

필요하게 정전시키는 것을 파급사고(波及事故)라고 한다. 이 파급사고는 한사람의 수요가의 사고에 의해 다른 다수의 수요가를 정전시켜 폐를 끼치므로 그림32와 같은 적정한 보호협조를 도모하여 이같은 종류의 사고를 방지할 필요가 있다.

그리고 이같은 종류의 파급사고 방지를 포함하여 수전점의 과전류계전기의 정정(整定)을 전력회사에서 지정되는 경우가 있다. 전력회사의 추장정정치(推奨整定値)를 표 7에 표시하니 참고하기 바란다.

다음 전술한 각회로 구성별로 단락사고의 보호를 어떻게 실시하느냐를 설명한다.

〈표 7〉 高压受電設備OC整定基準例  
(어느電力會社の 推奨値)

繼電器의 種類	用 途	動作整定値	限時整定値	
過電流繼電器	誘導形	一般負荷	契約最大電力의 120~170% 定限時部分에서 0.2秒以下로하여 0.1秒를 標準으로 한다.	
		變動負荷	契約最大電力의 200~250% 定限時部分에서 0.2秒以下로 한다	
	誘導形으로 瞬時要素가 부착되고 있는 것	一般負荷 및 變動負荷	誘導形動作分 契約最大電力의 110~150%	定限時部分에서 1秒以下
			瞬時要素分 契約最大電力의 500~1,500%	瞬 時

(注) 變壓器의 突入電流와 電動機의 始動電流等에서 不動作으로 한다.

(a) CB形 受電의 過負荷·短絡保護

유도원판요소(誘導板要素)의 탭치(值), 순시요소의 정정치는 정상시의 부하전류에서 동작하지 않는 치(值)에 설치하는 것이 기본으로 그위에 변압기 여자돌입전류(勵磁突入電流), 전동기시동 전류 등으로 동작하지 않는 치로 또한 변압기 2차의 단락시에 변압기가 기계적 파괴를 일으키지 않는 치로 설정할 필요가 있다. 변압기의 여자돌입전류, 전동기시동전류 등과의 관계를 상세하게 다음에 기술하겠으므로 여기서는 과부하·단락보호에 대해서 구체적인 검토예로 해설한다.

(i) 유도원판요소

그림25의 모델케이스로 검토한다. 표 7에서 OC

의 동작정정치를 150%로 한다면,

$$\text{부하전류 } I_L = \frac{\text{kW}}{\text{pf} \cdot \sqrt{3} \cdot \text{kV}} = \frac{250}{0.95 \times \sqrt{3} \times 6.6} = 23 \text{ [A]}$$

$$\text{유도원판요소탭치 } I_r = 23 \times \frac{5}{50} \times 1.5 = 3.45 \text{ [A]}$$

∴ 릴레이 최저탭의 4 A(표준타입의 최저탭치)로 한다. OC의 탭치를 정했을 때, 거꾸로 CT 1차 측에서의 시동치를 계산한다.

$$\text{유도원판요소시동치 } I_{sT} = 4.0 \times \frac{50}{5} = 40 \text{ [A]}$$

따라서 이 모델의 경우, 전체의 실비로서 174%(=40/23×100)의 과부하에서 OC가 시동하는 것으로 된다.

다음에 이 OC의 정정치에서 각 변압기의 과부하 보호를 검토한다.

$$3\phi \text{ } 300 \text{ [kVA]} \text{의 定格電流} = \frac{300 \text{ [kVA]}}{\sqrt{3} \times 6.6 \text{ [kV]}} = 26.2 \text{ [A]}$$

$$1\phi \text{ } 75 \text{ [kVA]} \text{의 定格電流} = \frac{75}{6.6} = 11.4 \text{ [A]}$$

\*

