

技師會員을 爲한 理論과 實務

● 連 載 ●

電氣技術者를 위한

알기 쉬운 保護繼電器

(4)

第 3 篇 高壓系統의 保護 릴레이 시스템

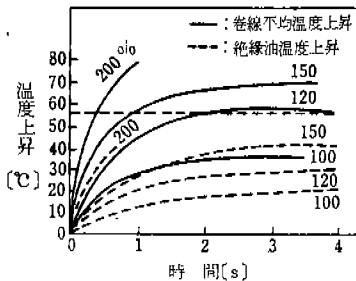
前月

(3) 受電保護 시스템

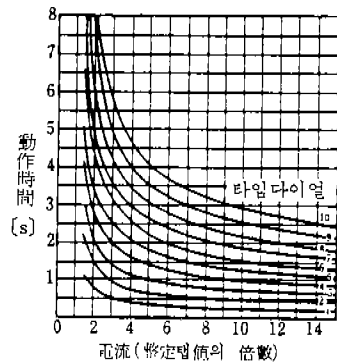
(i) 유도원관요소의 계속

유도원관요소 시동치의 각 변압기 정격전류에 대한 배율은 3 ϕ 300kVA에 대해서는 40/26.2=1.53배 1 ϕ 75kVA에 대해서는 40/11.4=3.5배가 된다. 이 같은 치를 사용하여 그림33에 표시하는 변압기의 과부하 과도특성예와 그림34에 표시하는 OC의 시한특성에서 과부하보호를 검토하면 다음과 같이 된다.

(1) 3 ϕ 300kVA에 대해서는 OC의 시동치가 40A (1.53배)이므로, 150%강의점까지 과부하보호가 되지 않는다. 그 이상의 과부하에 있어서는 OC의 정



〈그림-33〉 配電用小形變壓器의 過負荷-過渡特性例



〈그림-34〉 誘導圓板形OC의 時限特性.

정(整定)타임다이얼 1의 경우만이 과부하보호를 할 수 있으나 그이외는 보호되지 않는다.

(2) 1 ϕ 75kVA에 대해서는 3.5배이상의 과부하가 아니면 동작하지 않으므로 OC에 의한 과부하보호는 기대할 수 없다.

즉, 이 케이스에서는 OC에서의 변압기의 과부하보호는 할 수 없으므로 OC의 탭이 변압기의 과부하보호에 적당한 치를 갖는 OC로 변경하여 재검토하거나 또는 각 변압기의 1차측에 고압컷아웃(P.C)를 설치하여 전력퓨즈에 의해 개별로 보호할 필요가 있다.

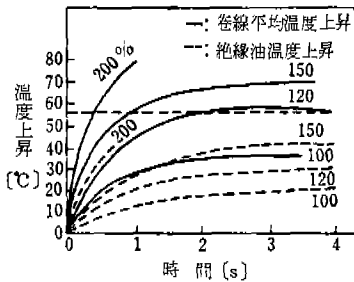
유도원관요소의 보호범위는 그림25의 ㉔, ㉕ 점 근방까지이며 저압측에 설치되는 배선용차단기(MCCB)와 시한협조를 생각할 필요가 있다. 단락전류에 대해서는 MCCB는 0.01~0.03초에서 동작하므로 유도원관요소의 타임다이얼을 이 이상으로 정정하면 된다. 예로 표 7에 따라 ㉔, ㉕점 사고에서 1초이하로 정정한다. 만약 0.5초로 정정하는 것이라면 그림34의 시간특성의 정한시부분(定限時部分)이 0.5초인 타임다이얼 2를 선정하면 된다.

(ii) 瞬時要素

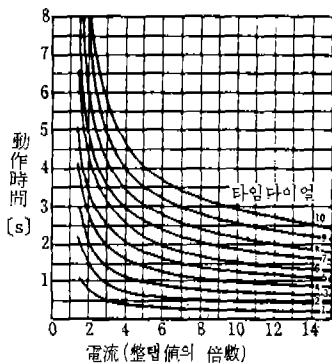
순시요소는 그림25의 ㉔점사고(고압회로)로 확실하게 동작하고, ㉕점사고(저압회로)로 확실하게 동작이 되지 않도록 정정(整定) 한다. 즉 ㉔점사고의 최소고장전류(最小故障電流)로 여유를 갖고 동작하고 ㉕, ㉖점사고의 최대고장전류에서는 여유를 갖고 동작이 되지 않도록 정정할 필요가 있다.

(b) PE-CB, PF-S形 受電의 過負荷·短絡保護

이 방식은 수요가 구내의 단락사고를 고압한류퓨즈(전력퓨즈 : PF)로 보호하는 것이다. 보호협조의 기본적인 생각은 OC의 경우와 같으나 PF의 특성



〈그림-33〉 配電用小形變壓器의 過負荷 過渡特性例



〈그림-34〉 誘導円板形OC의 時限特性

상의 문제로 다소 복잡하다.

(i) 高压限流퓨즈의 特性

고압한류퓨즈(이하 퓨즈로 약함)는 그림35에 표시하는 것과 같이 내부구조로 되어 있다.

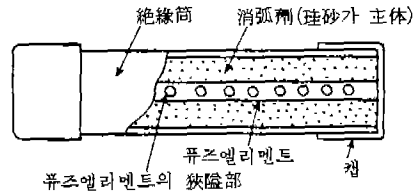
퓨즈에 단락전류가 흐르면 그림36과 같이 퓨즈엘리먼트는 발열하여 용단되거나 아크가 발생한다. 아크저항에 의해 단락전류는 최대치가 i_m 에서 i_g 까지로 제한(한류)되어 구사(珪砂)에 의해 아크가 소고(消弧)되어 차단이 완료한다.

퓨즈에는 그림37과 같이 대전류~소전류역의 전반에 걸쳐 차단할 수 있는 광역퓨즈와 대전류만 차단할 수 있는 백업퓨즈가 있다. 광역퓨즈는 이것만으로 단락사고의 전부를 보호할 수 있으므로 PF·S형에 채용된다.

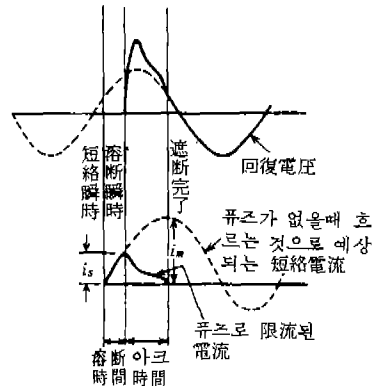
백업퓨즈는 소전류역의 차단이 되지 않아 이 영역은 OC에 의해 사고를 검출하고 CB로 차단할 필요가 있으므로 PF·CB형에 채용된다. 단 이 방식은 PF와 OC의 협조를 충분히 검토하고 어느 보호설비로 부터도 검출되지 않는 보호범위상의 맹점이 생기지 않도록 해야 한다.

퓨즈의 동작특성은 그림38에 표시하는 세가지의 특성이 있다.

「溶斷特性」은 단락전류를 흘리기 시작하여 퓨즈



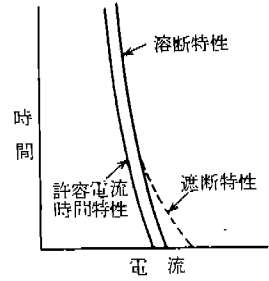
〈그림-35〉 高压限流 퓨즈의 構造



〈그림-36〉 퓨즈의 限流狀況과 遮斷

種類	電流遮断特性	特性曲線	使用方法
廣域퓨즈 (全領域遮断퓨즈)	規定的條件으로 最小遮断電流부터 定格電流까지 모든 것을 차단할 수 있는 퓨즈	1時間 이내에遮断하는 모든電流를 차단할 수 있다.	① 퓨즈單獨의 使用可能 (트립없이 負荷開閉器와의 組合이 可能) ② 트립附屬開閉器와의 組合 사용도 可能
백업퓨즈	遮断해도 차단不能이 되는領域을 가지며 最小 차단電流가 大體로 定格電流의 3倍以上이 되는것	遮断不能領域, 遮断可能領域	① 퓨즈單獨 사용은 차단不能領域의 電流로 퓨즈의 觸點사고를 일으킨다. 그러므로 사용하지 않는 것이 좋다. ② 트립附屬開閉器와 組合, 차단不能領域을 いて도 協調를 위하여 사용한다.

〈그림-37〉 廣域퓨즈와 백업퓨즈의 說明



〈그림-38〉 高压限流퓨즈의 動作特性

엘리먼트가 용단하기까지의 시간특성을 표시하는 것이다.

「許容電流時間特性」은 과전류가 단시간 흘렀을 경우에 퓨즈특성이 열화(특성변화)하지 않는 범위의 전류-시간특성을 표시한 것이다. 변압기 2차의 퓨즈, MCCB등과의 협조점토, 부하의 과도전류(변압기의 여자돌입전류, 콘덴서의 돌입전류, 전동기의 시동전류등)로 퓨즈 열화가 생기지 않도록 할 때는 이 특성을 사용한다.

「遮断特性」은 정격전압아래 단락전류를 차단시켰을 경우에 아크를 완전히 차단할 때까지의 시간특성을 표시한 것이다. 전력회사 변전소의 OC와의 보조협정에는 이 특성을 사용한다.

이러한 퓨즈의 특성은 메이커에 따라 다르므로 퓨즈의 검토를 할 때는 메이커의 카탈로그등으로 정확한 특성도(特性圖)를 입수할 필요가 있다. 또 변압기용, 전동기용, 콘덴서용등, 용도에 따라 특성이 다르므로 주의가 필요하다.

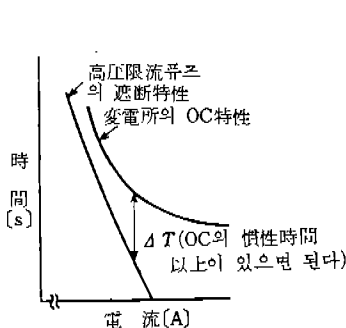
그리고 고압한류퓨즈의 중요한 특성으로서 차단용량이 있다. 퓨즈의 필요차단 용량은 전력회사의

제통칙의 사정에 의해 상이하므로 전력회사와 협의하여 적절한 퓨즈를 선정할 필요가 있다.

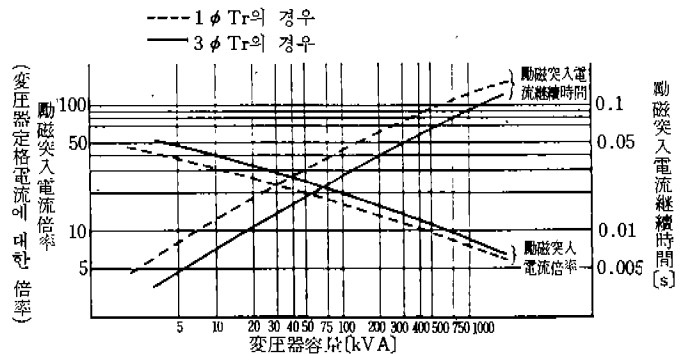
(ii) 高压限流퓨즈의 選定

고압한류퓨즈의 전류정격치(電流定格値)의 선정은 과부하전류의 최대치 이상으로 하지 않으면 안된다는 것은 당연한 것이나 그것 보다는 변압기 여자돌입전류(勵磁突入電流)와 전동기의 시동 전류로 퓨즈가 열화되지 않도록 하는 데서 결정된다고 말할 수 있다. 즉 허용전류시간 특성상에 있어서 부하의 과도전류특성으로 결정된다.

선정된 퓨즈는 그 차단특성과 전력회사 변전소 OC특성과 그림39와 같이 기록하여 시한협조(時間協調)를 검토하지 않으면 안된다. 고압한류 퓨즈는 변압기 2차측의 퓨즈, MCCB와의 협조를 생각하지 않으면 안된다. 즉 저압측의 단락사고에 의해 고압한류퓨즈가 열화 혹은 용단하지 않도록 할 필요가 있다. 이것 또한 그림39와 같이 특성도상(特性圖上)에서 검토하는 것이나 일반적으로는 변압기 2차측의 퓨즈, MCCB와의 협조는 어려울 때가 많



〈그림-39〉 變電所OC와 高压限流퓨즈의 協調



〈그림-40〉 變壓器勵磁突入電流의 波高値와 繼續時間 (例)

으며 변압기 2차측 주간(主幹)에는 MCCB를 설치하지 않고 각분기(各分岐)에 MCCB(정격전류치가 주간의 경우보다 작게되어 협조가 잘 된다)를 설치하여 그것과 협조되도록 하는 일이 많다.

(iii) 具体的 選定

그림25의 모델로 고압한류 퓨즈의 선정을 행한다 「變壓器의 定格電流」는 전술한 계산에서 다음과 같이 된다.

$$3 \phi 300 [kVA] \text{ 정격전류} = 26.2 [A]$$

$$1 \phi 75 [kVA] \text{ 정격전류} = 11.4 [A]$$

$$\text{합계 정격전류} = 26.2 + 11.4 = 37.6 [A]$$

(주) 실제로는 벡터합(合)인 것이나 여기서는 단순 가산했다.

따라서 퓨즈정격전류는 37.6[A] 이상의 것을 선정하지 않으면 안된다.

「變壓器의 勵磁突入電流」는 변압기의 용량, 구조 철침재료, 잔류자속 고압배전선의 회로정수 및 여자투입위상동에 의해 정해진다.

그림40은 비교적 소용량 변압기의 여자투입 전류(파고치)와 계속시간의 대표 예로서 이에 의해 계산을 한다.

$$3 \phi 300 [kVA] \quad I_{3\phi} = 26.2 \times 13 \text{倍} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 241 [A]$$

$$\text{勵磁突入電流繼續時間} = 0.05 [s]$$

$$1 \phi 75 [kVA] \quad I_{1\phi} = 11.4 \times 18 \text{倍} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 145 [A]$$

$$\text{勵磁突入電流繼續時間} = 0.038 [s]$$

그리고 계수(係數) $1/\sqrt{2}$ 는 그림40에 있어서의 여자투입전류의 파고치표사이므로 실효치(實効値)에 환산한 것이다.

다음에 단상변압기와 3상변압기의 합성여자투입 전류는 전류치가 있어서 각각의 전류치의 합계로 하며 계속시간은 각각의 계속시간 가운데 장시간 쪽의 치(値)를 채용하면 되는 것으로 다음과 같은 식이 된다.

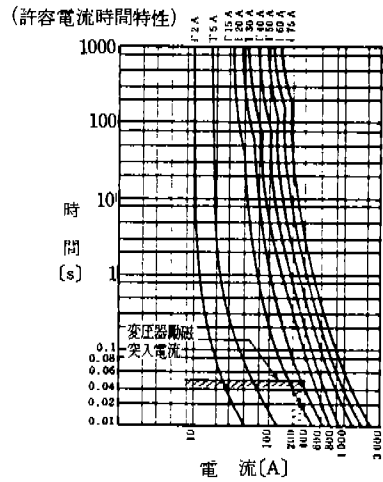
$$\text{合成勵磁突入電流 } I_{\phi} = I_{3\phi} + I_{1\phi} = 241 + 145 = 386 [A]$$

$$\text{勵磁突入電流繼續時間} = 0.05 [s]$$

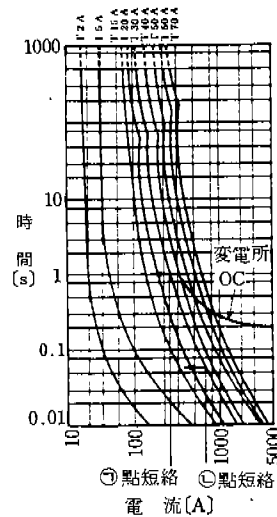
이 치를 기초로 그림41에 의해 정격전류 30A 이상의 퓨즈를 선정하면 된다는 것을 알 수 있다.

「短絡電流」는 CB형의 항에서 계산한 것과 같이 다음 치가 된다.

$$I_{3\phi s} (\text{㉟點}) = 13,100 [A]$$



〈그림-41〉 高壓限流퓨즈定格値의 選定



〈그림-42〉 高壓限流퓨즈와 變電所 OC와의 協調檢討圖

$$I_{3\phi s} (\text{㉟點}) = 771 [A]$$

$$I_{2\phi s} (\text{㉟點}) = 231 [A]$$

이 치(値)를 선정한 퓨즈의 차단특성을 작성, 전력회사에 보내어 CB의 CT비(比) CC의 탭치와 타임다이얼을 즉 OC의 동작시간특성을 조사하여 비교검토를 한다. 그 검토예를 그림42에 표시한다. 이 그림과 같이 OC와 퓨즈로서 충분히 협조가 이루어지고 있으면 좋다.

(2) 受電點의 地絡保護

자가용 수전설비에 있어서의 전기사고 가운데 70

~80%는 지락사고이며, 20~30%는 단락사고이다. 이 비율은 수요가 구내 뿐만아니라 전력회사의 송배전선에 있어서도 같다. 즉 단락사고는 그다지 높은 확률로 발생하는 일은 없으나 지락사고는 비교적 자주 발생한다고 생각해도 무방하다.

수요가 구내에서 지락사고가 발생하면 앞에서 말한바와 같이 지락사고점으로 향하여 영상전류(零相電流)가 흘러 들어온다. 이 영상전류를 지락계전기로 검출하고 차단기를 풀어 보호를 하도록 한다.

이것이 지락보호이다.

(a) OCG에 의한 地絡保護

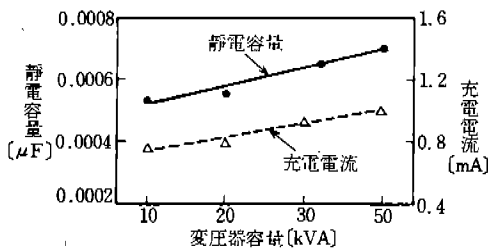
먼저 표시한 그림22, 그림23에 있어서의 지락보호계전기는 지락과전류전기(OCG)에 의하는 것이 일반적이다.

그림29에 있어서 수요가측 G에 흐르는 영상전류는 i_{01} 이며 이 치의 계산식은 이미 표시했다. 이 i_{01} 을 정하는 지락저항 R_g 는 사고종류 상태에 따라 대폭으로 변화하여 수 Ω ~수만 Ω 의 범위를 취한다. 그러나 매우 높은 지락저항까지 검출하려면 오동작(誤動作)등의 문제가 생김으로 3,000~10,000 Ω 를 검출목표로 하는 일이 많다. 그림29에 있어서 $R_g > 10,000(\Omega)$ 으로 가정하면 I_{01} 은 5~30A정도 이므로 $I_{01} / \omega C_1 \gg R_g$ 로 하여 전류치의 계산은 다음과 같이 생각하면 된다.

$$i_{01} \approx \frac{6,600/\sqrt{3}}{R_g} = \frac{6,600/\sqrt{3}}{10,000(\Omega)} = 0.381[A]$$

OCG는 이 치로 동작하는 것과 같이 여유를 가진 탭치로 정정하지 않으면 안된다.

한편 전력회사측의 배전선에서 지락사고가 발생했을 경우는 그림30과 같이 i_{02} 가 OCG로 흐른다. 이것으로 OCG는 동작해서는 안되므로 i_{02} '의 최대치 이상으로 OCG탭치를 선정하지 않으면 안된다. i_{02} '의 최대치는 먼저 표시한 계산식에서 명백한 것



〈그림-43〉 配電用變壓器의 對地充電電流

과 같이 $R_g = 0$ 일 때이다. 따라서

$$i_{02}'_{max} = I_{02}$$

라고 말할 수 있다. 이결과 OCG의 탭치 I_{0cc} 는 다음 식으로 만족하지 않으면 안된다.

$$\frac{6,600/\sqrt{3}}{R_g} >_{ocg} > I_{02}$$

I_{02} 에 대해서 검토하면 유틸타입의 수요가의 경우는 애자, 차단기, 변압기, 모선등의 대지정전용량(對地靜電容量)에 의한 것이 된다. 애자류는 15~20DF/개, 차단기는 100PF/상 정도, 변압기는 그림43와 같으며 이같은 종류의 수요가설비 에서는 I_{02} 가 100mA를 넘는 일은 거의 없다. 따라서 OCG의 정정은

$$\frac{6,600/\sqrt{3}}{R_g} > I_{0cc} > 0.1[A]$$

로 하면 된다. $R_g = 10,000(\Omega)$ 를 목표로 하면

$$0.381 > I_{0cc} > 0.1[A]$$

로 하면 된다. 이로써 수요가 구내의 대지충전전류가 0.1A일 경우, 탭치를 0.1A 보다 약간 높게 정정하면 좋을 것 같다고 생각할지 모르나 여유를 두고 대지충전전류의 2~3 배로 정정하는 것이 일반이다 ($I_{0cc} = 0.2[A]$ 정도로 정정하는 일이 많다).

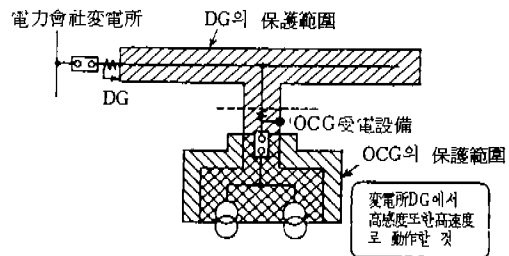
고압수요가용 지락계전장치에 의하면 탭정정치는 200, 400, 600mA로 정해지며 다시 여기에 탭추가가 가능하며 100, 800, 1000mA의 탭을 갖는 것이 있다.

유틸타입 이외의 경우에서 수전설비 구내에 고압케이블을 갖는 경우에는 대지저락검출 감도가 저하되어 가는데

예로

$$R_g < \frac{6,600/\sqrt{3}}{I_{0cc}}$$

로 생각하면 된다. 즉 $I_{0cc} = 1.0[A]$ 로 정정했다고



〈그림-44〉 變電所와 受電設備의 保護範圍

한다면, $R_0 < 3810[\Omega]$ 가 되며 이 감도에 대해서는 전력회사 변전소 인출구의 방향지락계전기와의 협조를 생각할 필요가 있다. 그림44에 표시하는 것과 같이 수요가구내는 DG(방향지락계전기), OCG(지락과전류계전기) 양쪽의 보호범위에 들어가 있으므로 단락사고의 경우와 같이 OCG는 DG보다 고감도 또는 고속도가 아니면 안된다. 이 점을 검토하는 데는 DG의 동작감도(動作感渡)를 알 필요가 있으니 전력회사에 DG감도 혹은 목표 OCG감도를 문의하여 결정할 일이다.

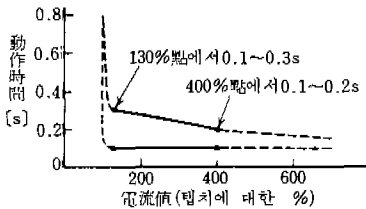
OCG의 동작시간은 그림45의 경우와 같이 정해지고 있다. 여기에 수전설비측 CB의 동작시간 5~8사이클(50Hz지구에서는 0.1~0.16초, 60Hz 지구에서는 0.08~0.14초)을 가산한 것이 사고제거 시간이 된다. 130%의 점에서 생각한다면

$$50\text{Hz지구사고제거시간} = (0.2) \sim (0.4), \\ (0.26) \sim (0.46) [\text{초}]$$

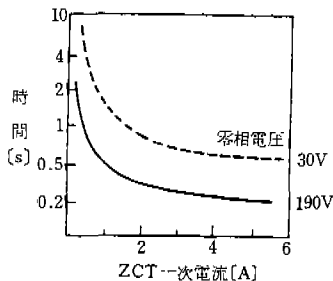
$$60\text{Hz 지구사고제거시간} = (0.18) \sim (0.38), \\ (0.24) \sim (0.44) [\text{초}]$$

가 된다.

변전소측 OG의 동작시간은 이것보다 늦지 않으면 안된다. 이 동작시간은 자 전력회사에 따라 차이가 있으며, 또 DG의 구조에 따라서도 달라진다. 일반적인 예로서 그림46에 전자형(電磁形)DG의 동



〈그림-45〉 高圧需要家用地絡繼電裝置의 電流 時間特性



〈그림-46〉 變電所 DG의 動作時間特性 (例)

작시간 특성을 표시했으나 수요가 사고제거시간과 협조가 되도록 변전소 DG의 동작시간을 확인할 필요가 있다.

이상과 같은 일로 해서 수요가측은 가능한 한 고속차단기를 채용하여 OCG는 오동작 하지 않는 범위에서 고감도에 정정해야 한다.

(b) DG에 의한 地絡保護

수요가 구내에 고압케이블을 갖는 경우에는 대지충전전류가 증가하므로, OCG에 의해 보호하려고 하면 이미 표시한바와 같이 지락점출감도를 저하시켜야 하므로 이 때문에 고압기기의 보호가 불충분하게 되거나 변전소 DG와의 협조가 불충분하게 된다.

케이블의 대지충전전류치(對地充電電流值)(예)를 표 8에 표시한다. 이것으로 수전설비 구내의 대지충전전류 I_{c2} [A]를 계산하며, 다음과 같은 식으로 OCG감도를 계산한다.

$$R_0 < \frac{6,600/\sqrt{3}}{2 \sim 3 \cdot I_{c2}} [\Omega]$$

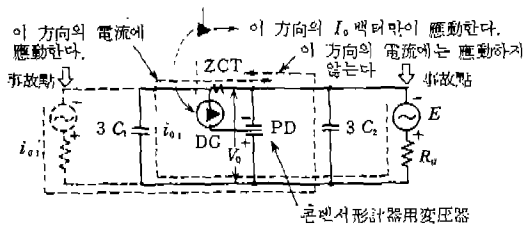
이 점출감도 R_0 로 수요가 구내 보호에 불충분하다고 인정되는 경우, 혹은 전력회사측과 상의해 보고 감도부족의 경우는 OCG로서의 보호는 할 수 없다. 이러한 경우에는 지락방향계전기 DG를 채용함으로써 적정한 감도를 얻을 수가 있다.

〈표-8〉 高壓케이블의 對地充電電流 (6.6kV CV케이블)

導體斷面積 (mm ²)	靜電容量 (μF/km/相)	對地充電電流 (三相一括50Hz) (mA/m)	對地充電電流 (三相一括60Hz) (mA/m)
8	0.21	0.75	0.91
14	0.25	0.90	1.08
22	0.28	1.01	1.21
38	0.33	1.19	1.42

(注) 케이블제조 베이커에 의해 약간 차이가 있으므로 정밀계산의 경우는 메이커에 확인할 것. BN케이블은 이 수치보다 약간 작다.

DG는 그림47과 같이 영상전압(零相電壓) V_0 를 기준으로한 전류가 전력회사측에서 수요가구내에 유입하는 경우에 동작하고 수요가 구내에서 전력회사측 방향에 유출하는 경우는 동작하지 않는 것으로 된다. 따라서 DG는 전류벡터의 위상(位相)을 검출할 필요가 있으므로 영상전압을 필요로 하며 그림



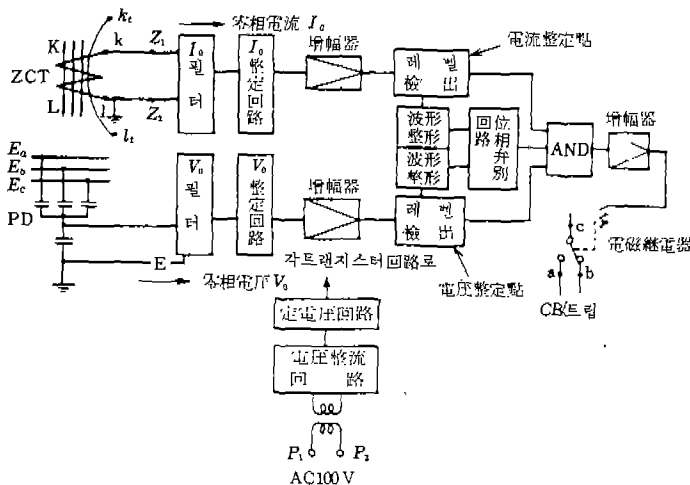
(그림-47) 地絡方向繼電器의 動作

과 같은 콘덴서형 계기용변압기 PD를 통해 얻는다.

구체적으로는 DG는 그림48과 같이 구성되고 있다. 영상전류는 영상변류기 ZCT로 검출하며 외곽파형의 경우에는 50Hz 또는 60Hz만을 통하는 필터에 의해 기본파(基本波)만을 끄집어 낸다. 이 영상전류는 트랜지스터·IC등에 의해 증폭한 위에 레벨검출회로에 의해 동작전류치 설정을 행하게 한다.

한편 전류는 방형파(方形波)에 파형정형(波形整形)하여 영상전압과의 위상변별(位相弁別)을 행하게 한다.

영상전압은 PD에 의해 끄집어 내고 영상화로서와 똑같이 하여 위상변별회로에 공급시킨다. 그림 가운데의 I_0 , V_0 정정회로는 입력치(入力値)를 변화시키는 것으로서 일정치의 레벨검출회로와 조합하



(그림-48) 高压受電設備用DG의 構成圖

여 정정을 한다.

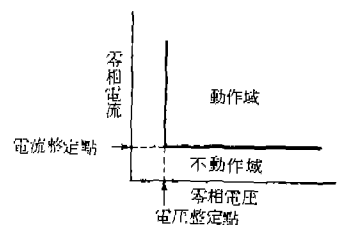
DG의 특성에는 그림49에 표시하는 것과 같이 전압-전류특성과 위상특성이 있다. 전압-전류 특성은 각정정점(各整定點)을 넘은 영역이 동작역(動作域)이 된다. 정정은 전류가 0.1~0.8A, 전압이 10~20V 등이다. 위상특성은 그림과 같이 최대감각도 45°로 하여 고정시키고 있다.

정정방법은 수요가 구내사고만을 생각하며 전류정정 I_{DC} [A]는,

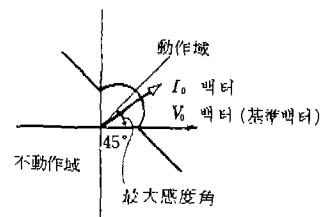
$$I_{DC} = \frac{6,600/\sqrt{3}}{R_0}$$

라고 생각하면 된다. 여기서 R_0 은 목표 검출감도(3000~100,000Ω정도)이며 감도의 상한은 100~200 mA로 하는 것이 일반적이다.

전압정정은 일반적으로 10V(PD의 100% 출력은 190V이며, 10V는 그 약 5%에 상당한다)로 충분하나 전력회사 측 배전선의 대지중전전류가 클 경우에는 10V로서는 충분한 감도를 잡을 수 없을 때가 있으므로 주의를 요한다. 만약 대지중전전류가 판명되면 앞에서 말한 영상전압계산식으로 지락사고시의 전압을 구하고 전압정정을 행하든가 거기에 적합한 계전기를 채용할 필요가 있다.



(a) 電壓-電流特性



(b) 位相特性

(그림-49) DG의 特性

*