

電氣設備의 트러블 對策

11

제 5 장 릴레이 動作으로 트러블 推定

I. 受電回路의 트러블推定

보호릴레이는 계통의 電氣量을 검지하며 소정의 조건이 맞으면 차단기에 트립지령을 내려 回路를 開閉함으로써 사고를 한정시킬 목적으로 사용되고 있다.

保護릴레이의 종류에는 電力系統源인 발전기를 保護하는 것으로부터 需要家端末의 機器保護용까지 각종 기능의 것이 있으나 여기서는 특히 고압 수전단에 설치되어 있는 保護릴레이에 한정해서 설명한다.

受電端은 電流용량이 매우 크고(단락용량이라고 부르며 일반적으로 150MVA) 전압이 높으므로 중대한 사고에 연결되어 릴레이가 동작하는 경우에는 신속한 사고처리나 복구후의 운용에 충분한 주의가 요구된다.

본문에서는 릴레이의 동작에 의하여 遮斷器가 차단되는 경우 受電回路內의 어느곳에서 어떠한 사고가 일어나는가를 추정하고 아울러 受電端電氣設備의 정비관리에 대하여 언급한다.

1. 高壓受電端의 系統圖

수용가가 電力을 고압으로引入하는 경우 책임

분계점 부근장소에 주차단장치를 설치하고 고압 전로와 기기를 보호하여 구내의 사고가 수용가에 파급하는 것을 방지해야 한다.

受電端에 있어서 保護方式은

- (i) 過電流保護
- (ii) 地絡保護

의 두가지가 있으며 이 目的을 달성하기 위하여는 保護릴레이나 주차단장치(차단기 등)를 들 수 있다. 遮斷裝置와 回路構成은 다양한 여러 종류를 생각할 수 있으나 크게 분류하면

- (i) PF·S형
- (ii) PF·CB형
- (iii) CB형

의 세종류로 摘要되며 수전용량이나 要求되는 保護形態에 따라서 사용이 분류된다.

현재 주차단장치와 保護릴레이의 조합을 보면 그림 1과 같이 된다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 사용되는 保護릴레이의 종류는 PF·S형에는 地絡릴레이만이 그리고 PF·CB형과 CB형에서는 地絡릴레이와 過電流릴레이 2種類가 사용되고 있다.

이중에서 CB형에는 短絡事故에 대해서도 過電流릴레이로 保護되므로 2항에서 설명하는 瞬時要素附의 것이 선택된다.

종 류	PF·S형	CB형	PF·CB형
주 차단장치 예			
설 비 용 량	3000kVA 이하	500kVA 이하	500kVA 이하
과 전 류 용 량	과부하단락고장의 어느것이 나 PF로서 보호	과부하, 단락고장과 더불어 OCR와 CB의 조합으로서 보호	과부하보호는 OCR과 CB로서, 단락고장은 PF로서 보호
지 락 보 호	보통은 OCGR를 사용 { 부하측의 고압선의 길이가 짧고 고압부하기가 없는 경우 OCGR을 사용하지 않는 경우가 있다 }	·구내의 대지용량이 큰 경우 : DGR을 사용 ·구내의 대지용량이 적은 경우 : OCGR을 사용	

〈그림 1〉 主遮斷裝置의 種類와 사용되는 保護릴레이

그림 1의 系統圖는 간단히 나타낸 것이나 릴레이의 동작기능과 보호범위 등을 설명하기 위하여는 보다 상세한 系統圖를 CB형의 예로 그림 2에 나타내었다.

그림 2에는 수전단에 地絡릴레이(GR)와 過電流릴레이(OCR)를 준비하고 또한 高壓引出線(分岐線)에도 GR과 OCR을 준비하여 수용가내에 있어서도 사고의 한정화를 도모하고 있다.

GR중에는 地絡過電流릴레이(OCGR)와 地絡方向릴레이(DGR)가 있으며 DGR에는 破線으로 표시한 零相電壓檢出用 컨덴서(ZPD)가 부속되어 있고 零相變流器(ZCT)로부터의 零相電流(I_0)와 零相電壓(V_0)의 2가지 전기량이 릴레이에 도입되어 있다.

또한 過電流保護는 3相監視 때문에 R相과 T相

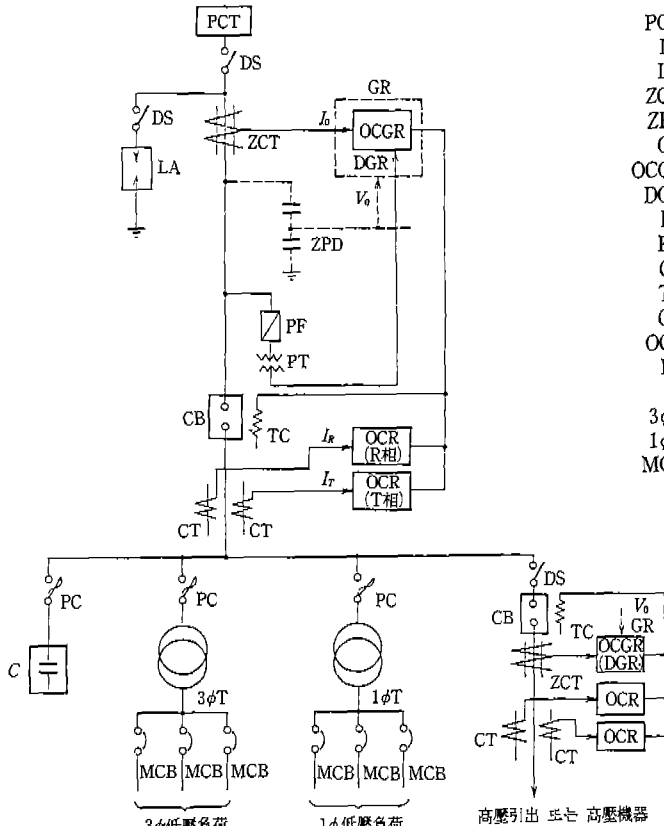
에 각각 한대씩 OCR이 설치되어 있다.

한편 릴레이의 보호범위는 GR과 OCR에 있어서도 릴레이가 設置되어 있는 點(구체적으로는 GR의 경우 ZCT, OCR의 경우 CT의 설치점)으로부터 負荷側이 된다.

따라서 高壓引出線에 설치되어 있는 릴레이는 變壓器側에서 발생한 사고를 검출할 수 없다.

2. 高壓受電端의 보호릴레이 종류와 그 動作

受電端의 事故狀況을 추정, 판단하기 위해서는 동작하는 릴레이의 機能이나 特性 등을 알아둘 필요가 있는데 여기서는 高壓受電端에 설치되는 릴레이의 일반적인 사항에 대하여 설명한다.



- PCT : 전력수급용계용변압기
- DS : 단락기
- LA : 피뢰기
- ZCT : 영상변류기
- ZPD : 영상변압검출용 컨덴서
- GR : 지락릴레이
- OCCR : 지락과전류릴레이
- DGR : 지락방향릴레이
- PE : 고압한류퓨즈
- PT : 계기용변압기
- CB : 차단기
- TC : 트립코일
- CT : 변류기
- OCR : 과전류릴레이
- PC : 고압컷아웃
- C : 고압전상전덴서
- 3φT : 3상변압기
- 1φT : 단상변압기
- MCB : 배선용차단기

<그림 2> 高壓受電端의 系統圖例

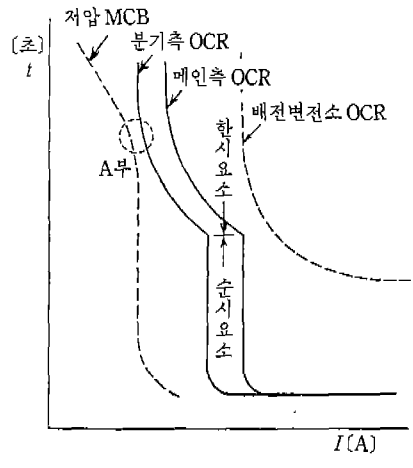
가. 過電流릴레이(OCR)

OCR이란 電路의 단락이나 負荷의 過負荷에 의한 過電流를 變壓器로 끄집어 내고 이 電流의 크기에 의해서 동작하는 릴레이를 말한다.

일반적으로 KSC 4608(高壓受電用誘導形過電流繼電器)에 규정되어 있는 OCR을 사용한다.

이 OCR은 순시요소와 한시요소의 2가지 動作要素가 있으며 瞬時要素는 短絡事故에 의한 단락 전류를 檢出하여 즉시 動作하고, 限時要素는 과부하사고에 의한 통상의 2배에서 數倍에 이르는 電流를 檢出하여 動作시킨다.

動作時間은 그림 3 과 같이 限時要素는 電流의 크기가 커짐에 따라 빠른 시간에 동작하도록 反



<그림 3> OCR의 動作時間特性

限特性을 갖고 순시요소는 즉시 동작한다. 어느 요소가 동작하는가 하는 것은 동작表示器로서 구별하고 있는데 事故處理에 편리하다.

그림 2에 있어서 메인 OCR과 분기선에 있어서의 OCR과의 보호협조(보호협조란 電路에 사고가 발생한 경우 릴레이나 遮斷器는 事故電路만으로 동작하여 기타의 電路는 동작하지 않도록 保護裝置가 相互協助되어 있어서 健全電路에의 급전을 계속함과 동시에 負荷機器나 電路機器가 손상하지 않도록 保護機器의 保護레벨을 조정하는 것을 말한다)는 각기의 OCR 動作電流値와 動作時間値에 차이를 두고 행하고 있다.

즉 분기선에 設置된 OCR의 동작을 메인에 설치된 OCR보다 신속히 動作하도록 정정한다면(그림 3참고), 分岐線에서 事故에 의한 메인의 OCR이 동작하지 않는데 分岐線 이외의 변압기 등에는 급전을 계속할 수 있다.

나. 地絡릴레이(GR)

地絡事故란 전로의 絶緣狀態가 좋지 않아서 도체를 통한 電路와 대지가 접속되어 있는 상태를 말한다.

이 경우에 3相回路중 2선 또는 3선이 대지에 접촉하는 사고는 단락상태와 똑같이 OCR로서 보호되므로 여기서 말하는 지락사고는 1선이 地絡한 상태에 한정한다.

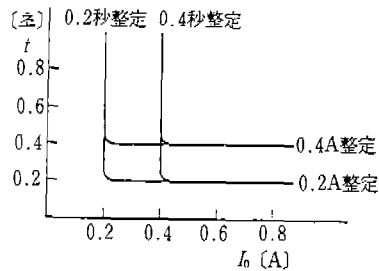
이 크기는 非接地式配電線에서는 電路의 대지 정전용량을 통해서 흐르는 0.1~수A 정도이며 GR에서는 영상변류기에 흐르는 이 電流의 양을 보고 사고를 판정하고 있다.

GR에는 地絡電流의 크기만으로 동작하는 地絡過電流릴레이(OCGR) 크기와 전류의 방향을 판정해서 구내사고인가 외부사고인가를 검지할 수 있는 地絡方向릴레이(DGR)로 나눈다.

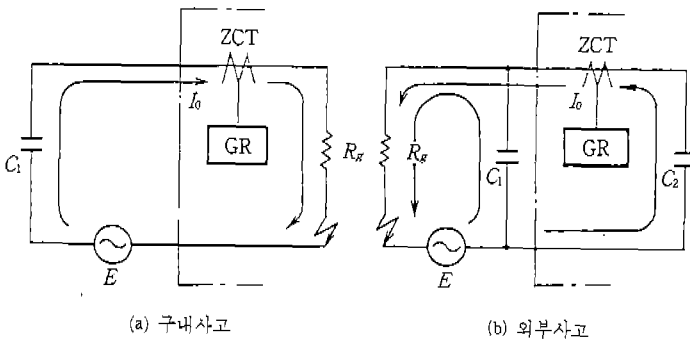
(1) 地絡過電流릴레이(OCGR)

이 릴레이는 영상변류기(ECT)에서 검출된 地絡電流(=零相電流 I_0)의 크기에 의해서 동작하는데 일반적으로 KSC 4601(高壓地絡繼電裝置)에 규정된 릴레이가 사용된다.

動作電流整定値는 0.2, 0.4A 정도로서 동작시간은 그림 4에서 보는 바와 같이 定限時 特性을 갖고 있다. 그림 2에 있어서 메인 OCGR과 分岐線에 있어서의 OCGR과의 보호협조는 주로 OCR



<그림 4> GR의 動作時間特性



<그림 5> 地絡事故와 I_0 의 방향

- C_1 : 系統의 전대지용량,
- C_2 : 構內對地容量,
- R_g : 지락저항
- E : 相電壓,
- I_0 : 零相電流

과 동일하도록 동작시간에 차이를 두어서 실시하고 있다.

(2) 地絡方向릴레이(DGR)

OCGR에서의 地絡保護는 3항에서 설명한 바와 같이 구내에 포설되어 있는 케이블의 長이 길어서 對地靜電容量이 증가하게 되면 외부사고에 의해서도 동작이 끝나게 될 가능성이 있다.

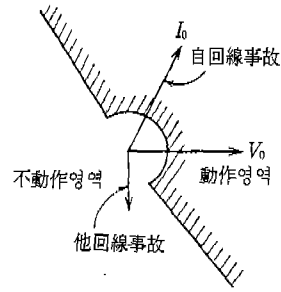
이 때문에 DGR에서는 零相電流의 크기와 더불어 영상전류의 방향을 판정하여 구내사고인가 외부사고인가를 구별해서 保護協助를 취한다. 그림 5에 구내사고시의 外部事故時에 있어서 영상전류가 흐르는 방향의 관계를, 그리고 그림 6에는 DGR의 動作特性을 表示한다. 이 경우 基準이 되는 전기량이 필요한데 現在 시판되고 있는 DGR은 零相電壓檢出用 컨덴서(EPD)에 의한 영상전압(V_0)을 이용하고 있다.

이 DGR에 있어서 보호협조를 그림 2에서 설명하면 다음과 같다. 그림 2의 계통에 또한 2번째의 分岐線이 있으며 여기에 DGR이 설치되어 있는 것으로 한다. 第1分岐線의 ZCT에 의하여 負荷側에 地絡事故가 발생하였다고 하면 제1의 ZCT에 흐르는 零相電流는 사고점을 향해서(負荷側으로 향하여) 흐르므로 동작영역에 들어온 제1의 DGR은 동작한다.

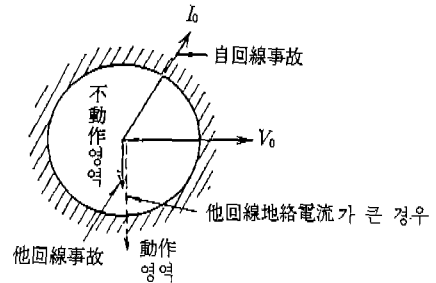
제2의 ZCT에 흐르는 영상전류는 사고점을 향하여(전원側으로 향하여) 흐르므로 동작영역에 들어오지 않고 不動作이 되어서 급전을 계속한다. 이와 같이 零相電流와 零相電壓의 방향을 판정함으로써 사고차단을 한정시킬 수 있다. 이런 종류의 DGR규정은 KSC 4601(高壓受電用地絡方向繼電器)에 의한다.

3. 릴레이의 動作과 受電回路의 事故

그런데 수전단에 설치되어 있는 릴레이가 실제로 동작할 때는 어떠한 사고가 어떻게 일어나며 사고조치로서 무엇을 고려하여야 하는가를 설명



(a) DCR의 特性



(b) OCGR의 特性

<그림 6> GR의 動作特性

한다. 표 1에 사고의 형태로써 고려되는 예를 들고 이에 따르는 릴레이動作의 일람표를 실는다.

가. OCR의 動作

(1) 瞬時要素가 動作할 경우

차단기가 트립할 때 受電盤에서 어떤 릴레이가 動作하는가를 릴레이내의 動作表示器로 확인할 수가 있으나 OCR인 경우에는 動作作用 判別과 動作要素 判別이 가능하기 때문에 事故點을 推定할 수가 있다.

瞬時要素가 動作하고 있는 경우에는 高壓側 短絡事故나 그것에 가까운 過大電流가 흐른 것이므로 事故의 處置도 신중하게 해야 한다. 특히 短絡電流가 흐른 電路(架空線이나 케이블)나 機器(차단기 및 CT)의 손상유무를 확인하지 않으면 안된다.

〈표 1〉 受電端의 事故例와 릴레이動作

사고장소와 형태		사 고 예	OCR		GR
			瞬時요소	限時요소	
차단기	단락		×	-	-
	지락	○지지물열화에 의한 프레임에의 지락	-	-	○
가공선	단락	○단선에 의한 지락	○	-	-
	지락	○수목이나 조류·짐승류의 접촉에 의한 첩탑에의 지락 ○단선에 의한 1선 지락	-	-	○
케이블	단락	○케이블 절연열화에 의한 相間短絡 ○道路切削工事に 의한 케이블절단시 단락	○	-	-
	지락	○케이블 절연층열화에 의한 시스 또는 금속판에의 지락 ○케이블의 과손상에 의한 씌수의 아크 지락	-	-	○
모 선	단락	○금속조각 등 접촉에 의한 相間短絡	○	-	-
	지락	○애자 등 절연열화에 의한 앵글의 지락	-	-	○
C T	지락	○1차, 2차 점선간의 절연열화에 의한 앵글의 지락	-	-	○
P T	단락	○1차측 단자에 금속편 등 접촉에 의한 단락 ○1차 권선층간 절연열화에 의한 단락 (PF로서 보호된다)	○	-	-
	지락	○1차, 2차 권선간의 절연열화에 의한 앵글의 지락	-	-	○
고압부하기기	단락	○기기내배선, 절연불량에 의한 단락	○	-	-
	과부하	○기기의 과부하	-	○	-
	지락	○기기내 절연불량에 의한 지락	-	-	○
변압기 1차측	단락	○1차 권선간 절연에 의한 단락	-	-	○
	지락	○1차, 2차 권선간의 절연열화에 의한 케이스의 지락	-	-	○
변압기 2차측	단락	○저압배선 케이블열화에 의한 저압측 단락	△	○	-
	지락	○저압배선 케이블열화에 의한 저압측 지락	-	-	×
저압 부하기기	단락	○기기내배선·절연불량에 의한 저압측 단락	△	○	-
	과부하	○기기의 과부하	-	△	-
	지락	○기기내 절연불량에 의한 저압지락	-	-	×

○ : 사고 검출이 가능 × : 사고 검출이 불가능 △ : 조건에 의한 사고 검출이 가능 - : 일반적으로 관계없음

이것은 高壓側의 短絡電流值가 受電端의 短絡容量(공급되는 配電變電所의 變壓器容量)이나 線路임피던스에 따라 계산되는 바와 같이 매우 큰 값이 되기 때문이다(표 2 참조).

표에서 알 수 있듯이 需要家の 變壓器 2차측의 短絡事故에 있어서도 순시요소가 움직이는 일도 있어 事故點 추적시에는 2차측의 조사도 있어서는 안된다.

다음에 事故相의 判別인데 OCR은 R相과 T相 각각에 설치되어 있으므로 어느쪽이 動作하는가에 따라서 事故相의 判定가 가능하다. 표 3에 각

기 相의 事故에 의하여 動作하는 별도의 OCR을 들 수 있다. R相 動作이라면 R相이 관련된 事故이므로 사고처리에 있어서는 R相 뿐만 아니라 S 相側 配線의 點檢도 필요하다.

OCR가 CT 2차電流 트립방식인 경우의 短絡事故動作에 관하여 설명하면 이런 종류의 릴레이 接點은 動作時 事故電流를 차단기의 트립코일에 分流시키는 構成으로 되어 있다. 이로서 短絡電流 등의 과대한 전류가 흐르면 接點이 손상되는 일도 생각할 수 있고 事故복구후에는 그 뒤의 사고에 대비하여 릴레이 接點을 點檢하는 것이 필

〈표 2〉 受電流의 短絡電流例

수전단전압 (kV)	변압기 용량 (kVA)	변압기%임피던스 (%)	수전단 단락용량 (MVA)	변압기 1차 %임피던스 (%)	변압기 1차측 단락전류 I_{F1} (kA)	변압기 2차측 단락전류 I_{F2} (A)
6.6	3φ200	4	150	0.13	13.1	424
			100	0.2	8.7	417
			50	0.4	4.4	398
			25	0.8	2.2	365
	3φ100		150	0.07	13.1	215
			100	0.1	8.7	213
			50	0.2	4.4	208
			25	0.4	2.2	199

$$I_{F1} = \frac{\text{수전단 단락용량}}{\sqrt{3} \times \text{수전단 전압}}, \quad I_{F2} = \frac{\text{변압기 용량}}{\sqrt{3} \times \text{수전단 전압}} \times \frac{100}{\% \text{임피던스}}$$

〈표 3〉 OCR의 相別動作

2 상 단 락			3 상 단 락
R-S 상간	S-T 상간	T-R 상간	R-S-T 상간
R상 OCR 동작	T상 OCR 동작	R상 OCR 또는 T상 OCR 동작 혹은 R상 OCR, T상 OCR 양방동작	

요하다.

또 이 릴레이에 接續되는 CT容量도 문제가 된다. 容量이 부족한 CT에 定隔電流值 이상의 큰 電流가 흐르면 CT는 磁氣飽和를 일으켜 OCR에 흐르는 電流值가 비례하여 증가되지 않고 瞬時要素動作值의 誤差가 증대하게 된다. 다시 릴레이가 動作하여 트립코일이 CT의 부담이 되면 CT의 飽和는 점차 심해지고 릴레이는 動作하고 있어도 電流實效值가 감소해서 트립이 불가능하게 되는 것도 있다.

이 때문에 CT의 용량이나 過電流定數의 選擇에 대해서는 충분한 배려를 필요로 한다. CT의 容量을 결정하는 일단의 目標로서 다음 式을 든다.

$$\text{CT의 容量} \geq \frac{\text{瞬時要素의 整定值}}{5} \times \frac{\text{OCR의 소비 VA}}{\text{CT의 過電流定數}} \text{ (VA)}$$

릴레이動作과 事故의 推定이라는 항목에는 직

접관계가 없으나 변압기의 勵磁突入電流의 영향과 瞬時要素의 동작관계를 살펴본다.

遮斷器를 投入하면 變壓器에는 과도적인 여자 돌입전류가 흐른다. 이것은 投入時 變壓器에는 逆起電力이 발생하지 않고 등가적인 短絡狀態가 되므로 이 電流값의 최대치는 정격전류의 수10배로 또한 계속시간은 수~수10Hz로 된다.

최근 變壓器가 高效率, 小形化되어 가고 있으며 더욱이 高透磁率의 鐵心을 채용하고 있기 때문에 이 勵磁突入電流의 최대치는 점점 커지게 된다.

따라서 이 電流에 의하여 OCR의 瞬時要素가 작용하게 되므로 瞬時要素電流整定值의 선택에는 단락보호협조와 동시에 이러한 문제도 고려해야 할 것이다. 일반적으로 瞬時要素電流整定值의 10~20배의 값으로 整定된다.

(2) 限時要素가 動作할 경우

OCR의 限時要素電流整定值는 수용가의 최대계약전력의 150% 가까이 정정되어야 하며 피크 電力을 커트(Cut)하는 디맨드 컨트롤(Demand Control)이 실시된다는 면에서 불 때 통상 운전 에 대해서는 OCR의 限時要素가 動作하는 것은 거의 없다.

OCR의 限時要素가 動作하는 事故로서는 高壓

機器的 過負荷, 低壓回路的 短絡, 低壓機器群의 過負荷 등을 생각할 수 있다. 따라서 事故場所의 규모이나 처리에 대하여는 이들의 場所와 機器가 主가 된다.

受電端 OCR과 低壓例事故와의 絶縁을 생각하는 要素의 하나로서 配線용차단기(MCB)와의 關係가 있다. 低壓負荷는 다수의 MCB로 分岐되어 보호되나 MCB의 프레임(電流값)이 크게 되면 그림 3의 動作協調曲線圖의 A부에서 OCR의 動作특성과 重複되는 일이 있다.

이런 때는 低壓側에 한정된 사고가 있음에도 불구하고 受電端의 OCR 쪽이 먼저 動作하여 전체가 정전되는 狀態가 발생하게 된다. 이것을 방지하기 위하여 MCB의 프레임을 분할하거나 限時要素部分의 動作時間特性을 경사가 매우 심한 특성이 있는 OCR을 선택할 필요가 있다.

다. GR의 動作

(1) 構內事故의 경우

GR이 作動한다는 것은 구내의 高壓側에 地絡事故가 발생하였다는 것이므로 즉시 사고원인을 제거하지 않으면 안된다. 사고원인 중 樹木이나 새와 짐승의 接觸에 의한 것은 일시적으로 발생하는 것으로서 繼續性이 없고 事故個所의 發見이 어렵다.

電路의 機器에 있어서 地絡事故의 대부분은 地絡電流의 아크흔적이 남아 있으므로 事故點을 확인할 수 있다. 케이블 등 눈으로 볼 수 없는 곳의 사고점규모는 각부의 遮斷器나 단조기를 開放하고 各相마다 대지와외의 메거테스트(Megger Test)를 실시하여 규모하고 있다.

低壓側의 地絡事故(누전)는 變壓器에서는 高壓側과 低壓側이 絶연되어 있으므로 수전단의 GR로는 감지할 수 없다.

(2) 外部事故의 경우

수용가 외부의 배전선에 발생한 地絡事故에 대

하여 수전단의 GR은 동작해서는 안된다. 그런데 OCR은 電流值의 크기만으로 判定되므로 구내의 케이블길이와 외부사고에도 불구하고 동작함을 알 수 있는데 이것이 OCGR의 약점인 것이다.

이것은 그림 5의 外部事故인 경우에서 볼 수 있는 바와 같이 구내의 대지정전용량을 통해서 事故點에 電流가 흐르므로 이 電流의 크기가 OCGR의 整定值를 초과함으로써 일어나는 것이다. 여기서 OCR은

$$I \geq kI$$

I_R : 릴레이電流整定值

I_C : 構內對地充電電流

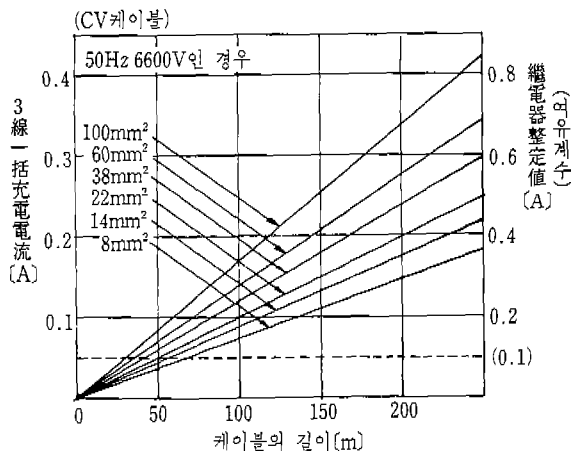
$$I_C = 2\pi fCE$$

f : 주파수 50 또는 60Hz
 C : 3線-一括對地靜電容量
 E : 對地電壓 = $\frac{6600}{\sqrt{3}}$

k : 여유계수 (2~5)

의 關係가 만족하지 않으면 안된다. 그림 7에 케이블길이와 이때 흐르는 充電電流 및 여유계수 2로 하였을 때의 릴레이整定值의 關係를 나타낸다. 이에 의하면 릴레이가 0.2A로 整定하고 100mm²의 케이블을 사용한다면 巨長 60m가 한계임을 알 수 있다.

이와 같은 關係에 의하여 電流值를 크게 선정하면 배전용변전소의 GR과의 感度協調에 문제가



<그림 7> 케이블길이와 充電電流

	正	誤
케이블의 굵기		
케이블시스접지		
ZCT 회로의 접지		
ZCT 試驗 端子		
차폐선의 접지		
強과 電의 流接 線近		
電 源 의 極 性		
ZCT 와 Ry		
突入 電流의 ZCT		
3φ 不 投入		

생기므로 이 경우에는 地絡電流의 方向을 포함해서 判定하는 DGR을 設置해야 한다.

한편, 方向判定의 基準이 되는 영상전압을 끄집어내는 零相電壓檢出用 컨덴서가 필요하나 外部事故에 의한 오동작에 대해서는 효과가 크다. 또한 DGR의 方向判定機能을 構內的 간선과 分岐와의 관계에 대해서도 같으나 分岐가 많은 수용가에도 DGR의 설치가 바람직하다.

(3) GR使用의 주의사항

前項에서 OCGR의 事故에 의한 動作에 관하여 언급하였으나 GR을 사용하는 때에는 주의할 점이 있다. 이것은 GR의 入力 신호레벨이 적어서 잡음이나 유도를 받기 쉽다.

그림 8에서 비교적 발생하기 쉬운 오동작의 原因과 使用상의 주의점을 들었다. GR동작에 따르는 事故原因을 규명하기 위하여는 그림 8의 동작예를 참고하기 바란다.

* * *

變電端의 릴레이動作에 따라 그 系統의 여러가지 事故의 상황을 알 수 있다. 本文記載 이상으로 고려해야 할 要因은 매우 많다.

정확한 事故處理나 整備管理에 안전을 기하기 위하여 릴레이의 機能이나 特性을 파악하여 또 한편으로는 系統의 事故 해석 등의 지식을 습득하는 것이 중요하다.