

受電設備의 事例에서

트립事故와 그 체크포인트

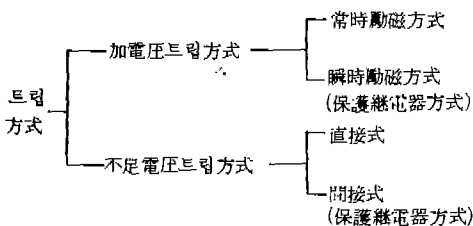
受電設備에서 트립事故의 原因으로서는 電氣機器 配線의 故障(短絡, 地絡)에 의한 것, 過負荷에 의한 것 등 당연히 동작해야 될 트립 외에 動作해서는 안될 때에 트립되는 이른바 Nuisance Tripping (不必要動作)이라고 하는 케이스가 있다.

담당 기술자를 곤란하게 하는 現象인데 그 發生要因을 이해해둔다면 對策을 수립하여 防止하는 것은 곤란한 일이 아니다.

過電流에서는 變壓器 勵磁突入電流가 주로 생각되는데 地路의 경우에는 微小한 事故에너지를 檢出, 增幅하고 있기 때문에 몇 가지의 要因을 들 수 있다.

여기서는 주로 地路에 의한 要因을 가급적 事例를 기초로 하여 들고 체크 포인트를 설명하기로 한다.

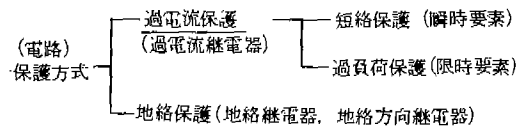
表題인 「트립事故」란 「Tripping」을 말하며 차단기 自動開閉器 (이하 대표하여 CB로 표시한다)의 트립코일에 電流를 흐르게 하여 (勵磁한다고 한다)主接觸部를 개방시키는 것을 말한다. 트립方式중 주로 高壓에 사용되는 것의 例를 그림-1에 들었다. 이하 트립의 用語를 그대로 사용하며 「트립事故」란 트립을 발생시키는 電氣事故의 의미로 사용한다.



〈그림-1〉 트립方式의 分類例

1. 트립의 發生

트립은 물론 電路를 보호하기 위한 現象으로 「保護方式」중의 일부이다. 보호방식은 大別하여 그림



〈그림-2〉 保護方式의 分類例

2와 같이 분류되며 트립은 이같은 보호장치가 동작하여 CB에 의하여 電路를 차단하거나 切放하여 피해를 최소한으로 억제하는 동시에 그 事故가 配電線路 전체에 波及되는 것을 방지하는 것이다.

CB에서 負荷側의 配線機器가 손상되어 事故電流가 흘러 발생하는 트립이라면 당연한 動作이며 銳敏하고 확실하게 動作을 해야 되는데 機器나 配線의 事故가 아니고 雜音의 侵入 등으로 트립되는 이른바 保護繼電器의 誤動作이나 不必要한 때에 동작하는 Nuisance Tripping (不必要動作이라고 번역되기도 하는데 이하 이대로 사용한다)이 때때로 발생하여 담당 기술자를 곤란하게 하는 事例도 적지 않은 것 같다.

여기서는 CB本來의 責務인 配線機器의 絕緣破壞

동에 의한 트립에 대해서는 생략하고 誤動作 또는 Nuisance Tripping을 테마로 하여 그 原因, 對策을 위한 체크포인트에 대하여 설명한다.

또한 그림 2의 保護繼電器에서 過電流繼電器에 대해서는 以下 OCR(Over Current Relay), 地絡繼電器에 대해서는 以下 GR(Ground Reley), 方向性地絡繼電器에 대해서는 以下 DGR(Directional Ground Relay)로 表示한다.

2. 過電流에 의한 트립事故

(1) 變壓器 勵磁突入電流

高壓配線機器事故 이외에 過電流에 의하여 CB가 트립된다면 그 原因의 대부분은 變壓器의 勵磁突入電流라고 해도 좋을 것이다. 이 현상은 交流의 過渡現象, 즉 순간적인 현상에 불과하므로 이로 인한

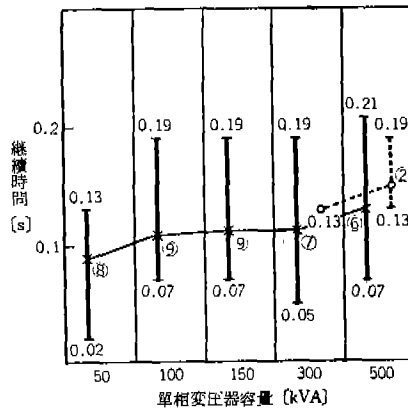
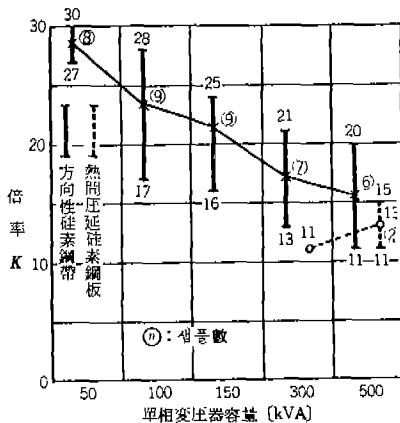
過電流가 흐르는 순간에만 트립되지 않도록 하면 變壓器의 高効率化, 코스트다운을 기할 수가 있기 때문에 過渡電流가 定格電流의 몇배가 되는 것을 容認하여 가령 高壓電力퓨즈가 勵磁突入電流로는 劣化되지 않는 選定方法을 채택하고 있다.

勵磁突入電流와 CB의 Nuisance Tripping의 관계에 대해서는 「가슴으로서 變壓器의 定格電流의 15배의 實効值가 0.1s 계속된다고 생각한다」는 資料가 있으며 또한 高壓퓨즈의 選定資料로서 突入電流의 크기와 持續時間에 대한 조사자료가 있으므로 이것을 그래프로 만들어 그림 3 (a), (b)에 들었다.

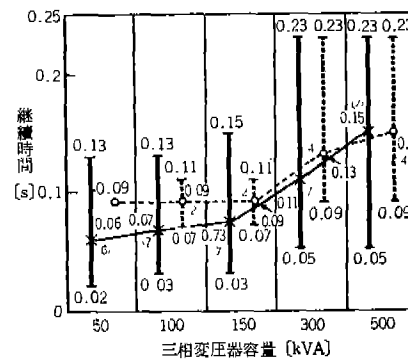
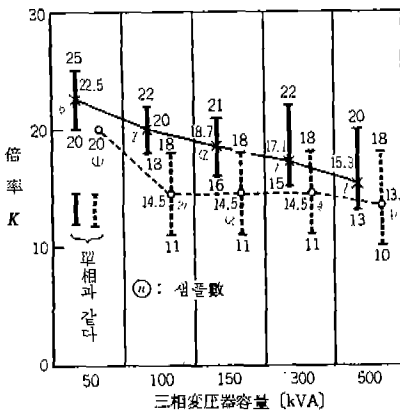
이들의 값과 繼電器用 變壓器(이하 CT로 表示한다)의 變流比, OCR의 閾值, 레버值 등으로 時限協調를 하도록 하면된다.

(2) 기타의 過電流에 의한 Nuisance Tripping

大形 電動機(엘리베이터, 크레인등)의 始動電流,



(a) 單相變壓器 6.6kV/210V



(b) 三相變壓器 6.6kV/210V

(그림-3) 油入 및 乾式變壓器의 勵磁突入電流의 倍率(波高值)과 實効電流值의 繼續時間[s]

電氣爐熔接器 등의 급격한 負荷增 등에 의한 過電流트립을 추정할 수가 있는데 이들은 負荷增의 要因發生에 이어 발생하는 것이며 비교적 발전이 용이하다. 또한 對策도 곤란하지는 않다.

3. GR에서의 트립事故

GR의 센서가 되는 零相變流器(이하 ZCT로 表示한다)는 零相電流를 검출하는 필요성에서 3相 또는 單相交流를 1束으로 하므로 3線 또는 2線 共通으로 1번이다(보통의 CT는 1次側을 몇턴도 할 수 있으므로 鐵心에 비교적 많은 에너지가 전해진다). 1次側이 1번이고 더구나 1次電流가 mA台라는 것은 磁氣設計를 아주 잘 하지 않으면 2次側에서 필요로 하는 出力을 얻을 수 없다(ZCT-2次定格電流가 크고 非接地式 高壓配電線에서 接地變壓器와 함께 구성하여 誘導形의 DGR에 사용하는 것이 鐵心이 큰 것은 이 때문이다).

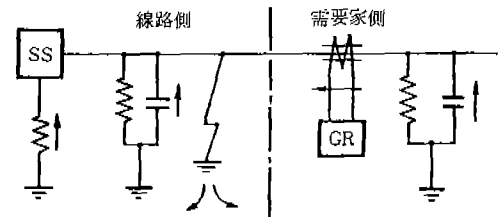
高壓受電設備에 사용하는 것은 가령 鐵心에는「퍼마로이」를 사용하여 勵磁電流에 의한 特性의 變化에 對應하기 위해 2次側의 捲數를 극단적으로 많게 하고 있다. 보통 1000에서 2000턴이다. 여기서 1次電流를 200mA라 하면 2次는 약 200 μ A로 이 微小한 交流를 계전기에 흡수하여 出力트립信號로 變換하는 것이다. 그림 4에 GR의 内部분류圖의 일례를 들었다. ZCT에서의 入力은 일반적으로는 負擔抵抗에 의하여 電壓으로 變換하여 필터에 들어가 50 또는 60Hz分을 얻어낸다. 負擔抵抗의 값은 일례로서 10~20K Ω 정도이고 1次電流 200mA에 대한

繼電器 入力은 $2 \times 10^{-4} \times 10 \times 10^3 = 2$ [V]정도가 된다. 이것을 增幅하여 電磁繼電器를 動作시키게 된다(KSC 4601에서 정하고 있는 試驗用端子 kt, lt는 1번이다).

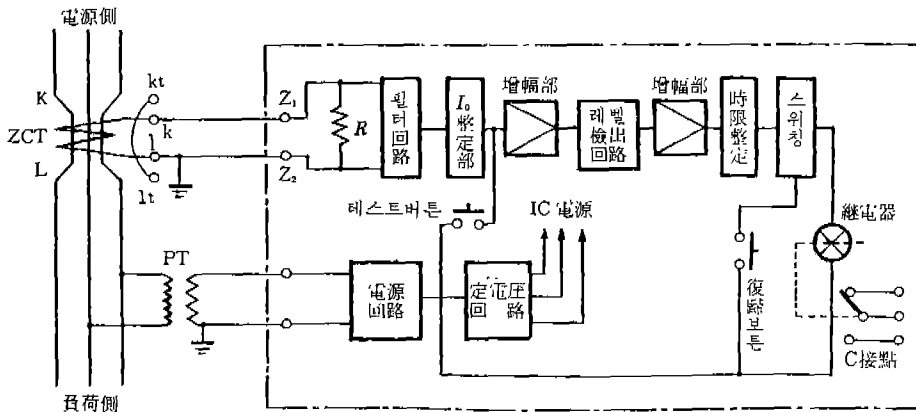
(1) 地絡電流의 方向에 의한 Nuisance Tripping

受電設備에 부착한 ZCT보다 負荷側에 高壓케이블 등이 多量으로 사용되고 對地靜電容量이 많은 경우에는 電源側 配電線路에 발생한 地絡電流의 大地歸路電流가 그림 5와 같이 需用家 構内の 靜電容量을 지나 ZCT를 電源側으로 향하여 반대로 통과하여 이로 인하여 GR가 動作하는 例가 상당히 많다. 이 電流는 配電線路와 分流되는 것이므로 GR의 感度電流 整定값을 크게 하면 방지할 수 있는 경우가 많은데 供給側과의 時限協調, 또는 事故規模의 擴大 등의 不安이 있을 경우에는 DGR을 채용하면 된다. 그림 6에 DGR의 内部분류圖의 일례를 들었다. DGR은 零相電壓과 零相電流의 位相이 一定條件이 되지 않으면 動作하지 않으므로 方向性이 결정되며 確實히 信賴性은 向上되는데 万全은 아니다.

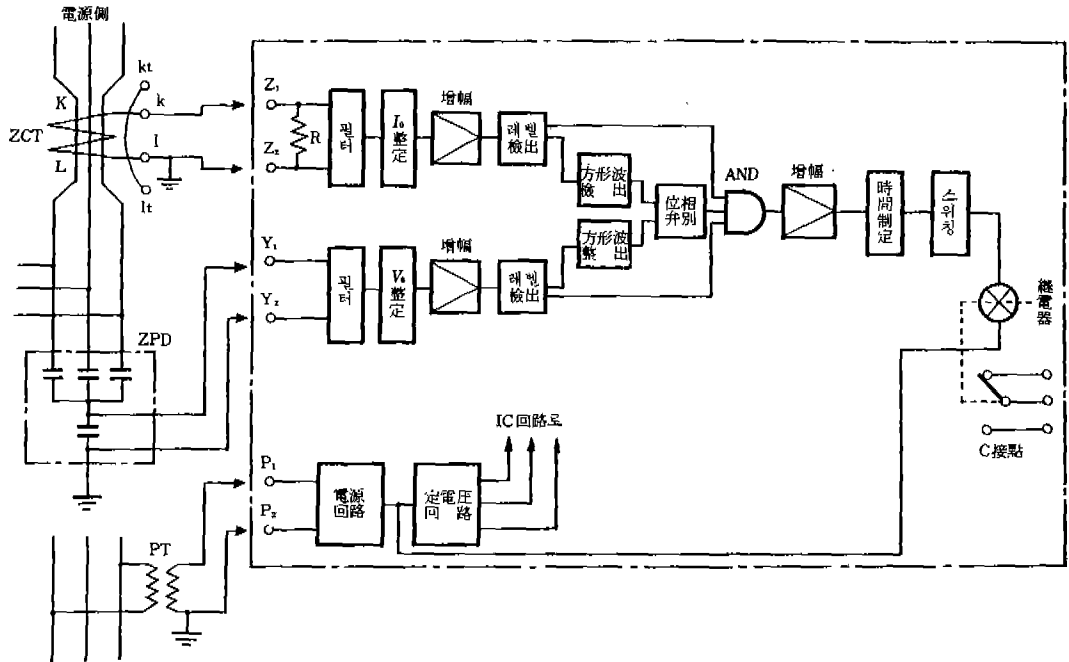
SS : 配電用變電所



(그림-5) GR의 方向性



(그림-4) GR(地絡繼電器)의 内部 分類圖(例)



〈그림-6〉 DGR (方向性地絡繼電器)의 내부블록圖(例)

DGR의 경우 原因不明의 트립이 발생하면 약간 당황하는 경우도 있으므로 좀더 자세히 설명한다.

DGR의 零相電壓要素는 6KV配電線의 경우에는 供給用 變電所의 幟크單位로 생각해야 된다(特高受電의 경우의 構内 高壓配電도 같다) 즉 外部의 配電線路에 發生한 微地絡 등에 의한 零相電壓을 항상 검출하고 있는 것이다. 그림5의 경우 DGR은 動作하지 않으나 繼電器에는 零相電壓이 나타나 있다. 만일 이때 다음 節 이하에서 설명하게 될 要因이 발생하여 位相이 맞으면 트립이 발생하는 경우도 당연히 있을 것이다.

(2) 平衡特性을 초과하는 過電流에 의한 트립

이것은 가령 變壓器 勵磁突入電流의 項에서 설명한 바와 같은 ZCT의 定格電流의 몇배나 되는 1次電流가 흘러 ZCT의 平衡特性(殘留電流에 의한 誤動作)의 保證値를 초과하는 경우로 OCR側에서 協調를 취해도 이쪽에서 트립되는 것도 생각할 수 있다. ZCT의 부착각도를 변경하면 多少 방지가 되는 경우도 있는데 定格電流가 큰 것으로 교체해야 된다.

(3) CB의 不均衡投入

CB, LBS (交流負荷開閉器) 등은 3極이 동시에 投入되는 機構로 되어 있는데 長期間의 使用 등으로 接觸部가 단치는 타이밍에 약간의 차이가 생기는 경우가 있다. 가령 1極만이 먼저 接觸되어 負荷側의 充電電流가 1線에만 흐르는 경우 등이다(이것은 單相케이블이 많이 사용되고 있는 경우에도 事情은 마찬가지이다) 이같은 현상은 DGR의 경우에도 발생한다. 단 零相電壓은 高壓의 對地電壓이 되는데 位相角은 電流쪽이 90° 진행되므로 일반적으로는 繼電器의 感度가 鈍해지는 方向에 있다.

(4) 케이블의 遮蔽金屬의 接地方法에 의한 트립

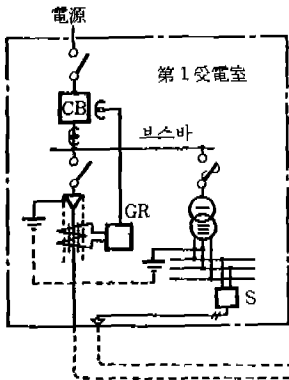
GR가 原因不明의 動作을 할 경우 ZCT가 케이블에 부착되어 있으면 接地 주위에 原因이 있는 경우가 많다. 단, 이때에는 Nuisance Tripping보다도 필요한 때에 動作하지 않는 不安全側의 문제가 많으므로 주의한다.

高壓케이블의 遮蔽金屬의 接地는 繼電器의 感度の 低下를 방지하는 의미에서 通상 片端接地가 原

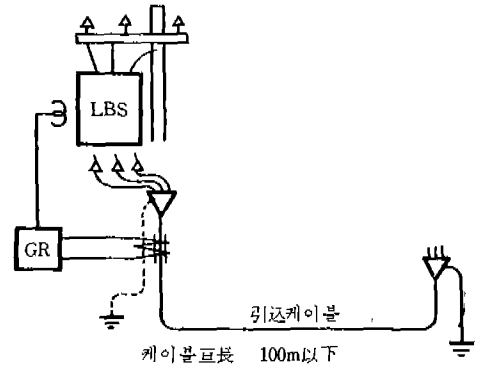
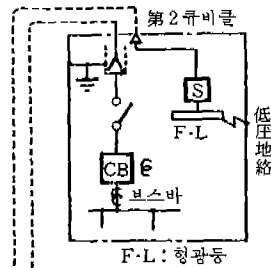
則인데 敷設距離가 길어지면 본래의 電界遮蔽의 效果가 弱어지므로 兩端接地를 하는 경우도 적지 않다. GR가 Nuisance Tripping을 야기하는 것은 이 경우이다. 그림 7에 그 일례를 들었다.

이것은 第2受電室에 低壓이 없기 때문에 照明電源을 第1受電室에서 配線한 例로서 低壓의 地絡電流가 高壓케이블의 遮蔽金屬을 分流했기 때문에 트립이 된 것이다. 이것을 방지하려면 그림 8과 같이 遮蔽金屬에 事故電流 이외의 電流가 흘렀을 때에는 이를 相殺하도록 施設하면 되는데 그림과 같이 케이블의 負荷端에 부착하면 이 케이블 자체의 事故인 경우에는 感度가 低下된다. 케이블 자체의 事故도 檢出하려고 할 경우에는 그림 9와 같이 ZCT를 電源側에 부착해야 된다. 다만 柱上 등에서 ZCT附開閉器를 사용할 경우에는 遮斷容量의 限制로 過電流特機構附(KS-C 4510)가 아니면 위험한 경우이다.

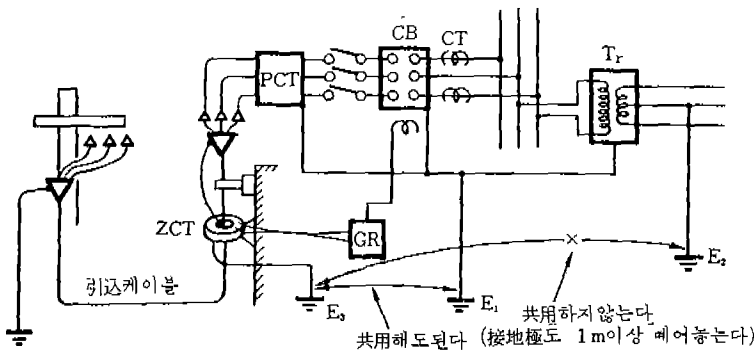
(5) 電磁誘導 등에 起因하는 경우



〈그림-7〉 케이블金屬遮蔽兩端接地에 의한 GR의 誤動作



〈그림-9〉 케이블金屬遮蔽兩端接地인 경우의 ZCT 부착 방법(例)



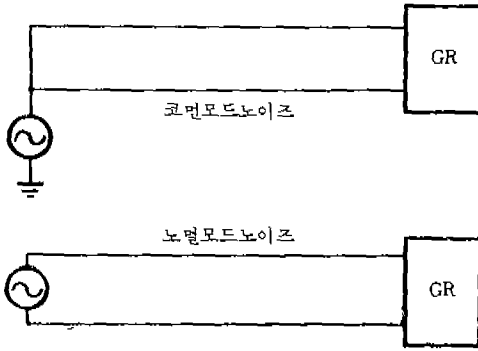
〈그림-8〉 케이블金屬遮蔽兩端接地인 경우의 施設方法

E₁ : 第1種接地, E₂ : 第2種接地, E₃ : 第3種接地

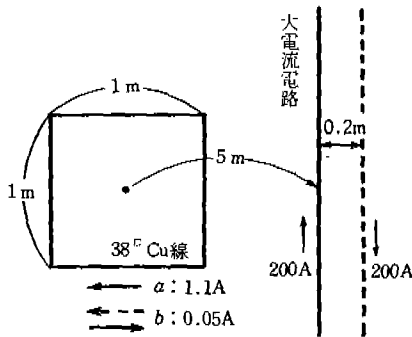
GR은 前述한 바와 같이 微小한 에너지를 대폭적으로 增幅하고 있기 때문에 다른 電子機器와 마찬가지로 雜音(Noise, 이하 노이즈로 表示한다)으로 인하여 誤動作하는 수가 있다. 1次側에서는 ZCT를 貫通하고 있는 電線, 金屬遮蔽에 誘導電流가 흐르는 경우가 있으며 2次側에서는 ZCT에서 繼電器에의 2次配線 및 電源線에서 들어오는 노이즈를 생각할 수 있다.

노이즈에는 空間에서 침입하는 轉射形 노이즈와 電路나 金屬構造物 등에 전달되어 침입하는 傳導形 노이즈가 있다. 電路에 들어가는 것은 일반적으로 라인노이즈라고 한다. 라인노이즈에는 코먼모드와 노멀모드라고 하는 두 가지의 타입이 있다.

코먼모드는 電線路一括과 大地間에 加해지는 電壓이며 노멀모드는 電路의 線間에 加해지는 電壓이다(그림 10). GR에 영향을 미치는 것은 라인노이즈이다. 開閉器의 切入時에 발생하는 開閉인펄스를 제외하고는 대부분이 輻射에 의하여 라인에 침입하는 것이다. 여기에는 두 가지 종류가 있다. 하나는



〈그림-10〉 코먼모드노이즈와 노멀모드노이즈

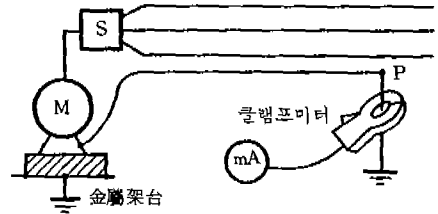


〈그림-11〉 電磁誘導電流의 例

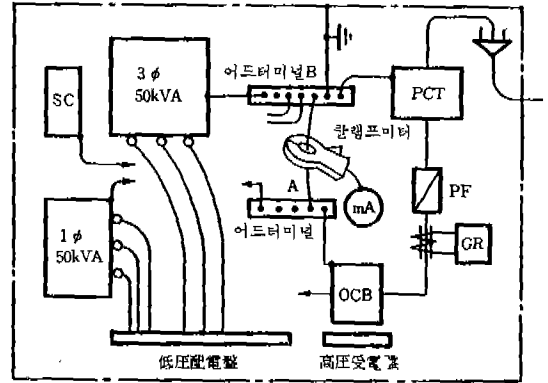
靜電誘導에 의한 것이고 다른 하나는 電磁誘導에 의한 것이다. 靜電誘導에 의한 노이즈는 실드線을 사용함으로써 비교적 용이하게 방지할 수가 있으며 또한 開閉인펄스도 서지업서버 등에 의하여 방지할 수 있는데 문제는 電磁誘導에 의한 노이즈이다.

여기서 說明을 위해 그림 11의 예를 든다. 그림과 같은 電線路에 (實線은 1개로 한다) 50Hz 200A의 電流가 흐르고 있다면 이보다 5m 떨어진 곳의 38mm²銅線의 1m²의 루프回路에는 약 1A의 循環電流가 흐른다. 물론 실제로는 點線과 같이 相殺方向의 位復導體가 되는데 여기서도 거리의 差에 의하여 약 50mA의 電流가 흐른다.

實例로서는 그림 12의 예가 있다. 電動機의 接地抵抗值를 얻을 수가 없기 때문에 떨어진 位置에 施設한 결과 電力線과 接地線이 平行으로 되어 接地點에서 測定한 電流가 數10mA였다(電動機의 絶緣抵抗은 數10MΩ). 또한 그림 13과 같이 큐비클 受電設備의 내부에서 ertz터미널을 연결하고 있는 架



〈그림-12〉 接地線이 電力配線과 平行이 된 例 (不良例)

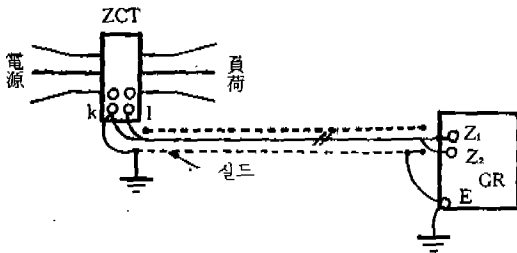


〈그림-13〉 큐비클內的 機器配置圖

線을 클램프式 電流計로 측정한 결과 1A 미만을 지시했다는 예가 있다(機器의 絶緣은 모두 數100MΩ 이상). 이것은 機器의 鐵製케이스가 큐비클의 匡體에 볼트로 固定시키고 있어 電氣的으로 接地線을 통하여 完全한 루프回路가 만들어져 이 루프에 電磁誘導에 의한 電流가 발생한 것으로 볼 수 있다. 이 예에서는 別로 他에의 영향은 없었으나 ZCT가 케이블에 부착되어 있었다면 接地方法에 따라서는 誘導의 영향을 받을 가능성도 있다.

ZCT의 2次配線에 대해서도 마찬가지로 靜電誘導에 의한 노이즈는 前記와 같이 실드線으로 제거할 수 있는데 電磁誘導는 방지할 수 없다. 따라서 가급적 電力線과 平行이 되지 않도록 하고 실드線을 사용한 경우에는 ZCT의 1側의 接地와 共同으로 하여 1點接地로 하여 루프를 만들지 않도록 해야 된다.

예를 들면 그림 14와 같이 繼電器側에서도 接地하면 그림 12와 마찬가지로 大地를 통한 루프가 되어 電磁誘導를 용이하게 받게 된다. 또한 실드線과



(그림-14) ZCT 2次配線の 실드의 2點接地(失敗例)

心線은 거의 密着되어 있으므로 2次配線으로 誘導하게 된다.

GR의 경우에는 ZCT뿐이므로 비교적 주의가 용이하나 DGR의 경우에는 接地콘덴서(이하 ZPC로 表示한다)가 없하기 때문에 루프가 되기 쉽다. 그림 15는 어떤 베이커의 카탈로그에서 轉載한 DGR의 外部接續圖이다. 이 그림에서 주의할 것은 Z_2 와 Y_2 를 繼電器側에서 공동으로 하고 低壓側의 接地는 ZCT에서 1點뿐이라는 것, ZPC의 低壓側을 일단 變壓器에서 絶緣接地와 切離시켰다는 것이다. 이렇게 하면 루프가 되지는 않는다. 強電回路에서는 多重接地라는 用語도 있는 바와 같이 接地點을 많게 하는 例도 있는데 繼電器 回路에서는 1點接地로 해야 된다. 다만 기계적 外力에 의한 接地線의 斷線이나 工事不良에 의한 接觸不良 등이 있으면 不意의 感電事故도 發生할 수 있으므로 ZCT, ZPC의 2次配線工事は 신중하게 또한 확실하게 施工해야 된다.

4. 트립事故가 發生한 경우의 체크 포인트

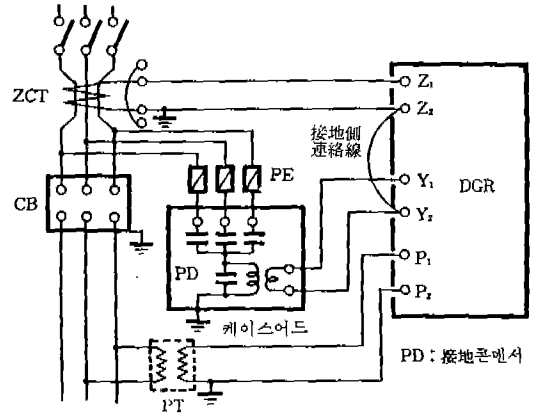
먼저 繼電器의 表示裝置(타게트)를 본다. CR인지 GR인지를, 만일 OCR이면 瞬時要素인지 限時要素인지를 본다.

氣候狀態, 前夜의 降雨, 浸水, 受電設備에 動物, 植物이 侵入할 可能性이 있는지 여부 등도 병행하여 체크한다.

(1) OCR의 경우

(1) 瞬時要素인 경우

① CB 또는 LBS 投入同時(第2受電室등이 있는 경우에는 同時인지 여부를 알 수 없는 경우)도 있으



(그림-15) DGR의 接續圖例

므로 주의한다)라면 變壓器 勵磁突入電流를 우선 체크한다. 물론 다음과 같은 要因이 投入同時에 發生하는 경우도 있을 수 있다.

② 平常시 送電中이라면 事實상의 事故이며 變壓器의 層間 捲線間 短絡, 케이블의 短絡(重量物의 橫斷 등으로 인한 기계적 기타 高壓機器 고장도 있다)의 燒損短絡事故, 高壓配線, 碍子의 劣化등을 規程으로 정하여 상세히 체크하도록 한다.

(2) 限時要素인 경우

① CB投入同時라면 (1)의 ①과 마찬가지로이다.

② 平常運轉時의 경우에는 (1)의 ②의 要因 이외에 變壓器의 過負荷(溫度計를 活用한다. 손이 접촉할 경우에는 接地線의 확인과 火傷에 주의한다) 高低壓電動機의 負荷狀態, 機器에 異常이 없는 것 같으면 電力, 電燈의 負荷kw를 概算해 본다.

(2) GR 또는 DGR의 경우

① CB, LBS 投入同時의 경우

대체로 OCR도 동시에 動作하여 OCR의 경우와 같은 요인이다. 물론 OCR은 動作하지 않고(같은 要因) GR만 動作하는 경우도 있을 수 있다.

(2) 平常시에 不意의 트립이 된 경우

① OCR도 동시에 動作했다면 前記(1)과 같은 要因이다.

② 前項과 같은 要因으로 OCR가 動作하지 않은 경우도 있는데 이 경우에는 특히 高壓配線, 케이블 機器의 絶緣破壞로 地絡만 발생 경우가 대부분이다.

(3) 原因不明의 트립인 경우

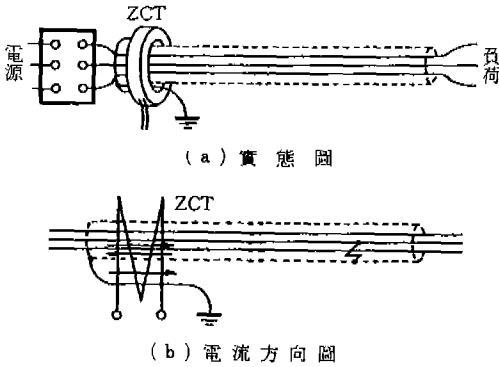
이 경우는 CB를 再投入하면 대체로 성공하며 原因을 추구하기가 곤란한 경우가 많다. 다음의 예는 일례에 불과하므로 각 사업장에 적합한 체크方法을 일상적으로 作成해두면 좋을 것이다.

① 方向性を 체크한다.

케이블의 總延長의 算出, 架空線이 있으면 그 연장, 機器가 가진 靜電容量 등을 계산한다.

② ZCT의 부착위치와 電流方向의 체크

특히 ZCT가 케이블에 부착되어 있을 경우에는 그림 16과 같이 貫通部에 흐르는 電流를 圖示하면 이해가 용이하다. 그림 16은 케이블 자체의 차폐에 地絡한 경우인데 그림 16(b)와 같이 電路에 흐른 地絡電流는 遮蔽를 逆方向으로 흐르는데 (相殺된다) 接地線에 흐르는 電流에서 사고가 檢出된다.



〈그림-16〉 ZCT를 貫通하는 事故電流

③ 高壓케이블의 金屬遮蔽의 接地位置의 체크

片端接地인지 兩端接地인지 다른 接地와 共用으로 되어 있지 않는지 獨立되어 있을 경우에는 金屬造學物이나 큐비클 匡体 등으로 연결되어 루프가 되어 있지는 않는지 등을 체크한다.

④ ZCT, ZPC 2次配線의 체크

2次側の 配線은 1次가 高壓인 경우에는 반드시 1線을 接地해야 되는데 變壓器와는 달리 機器의 端子에서 接地하지 않아도 되므로 接地가 확실하게 되는 곳, DGR인 경우에는 ZPC出力의 1端接地와 共用이 용이한 方法을 선택하여 1點接地로 한다. 前項과 마찬가지로 큐비클의 匡体등을 통하여 루프 回路를 만들고 있지는 않는지 체크한다.

⑤ 外部要因의 체크

도저히 알 수 없는 때에는 外部要因도 생각해 본다. 가령 雨雷가 같은 地方에 있었다든지 交流의 電車가 사업장 가까운 곳에서 달린다든지 大出力의 放送局이 있다든지 無線通信器를 부착한 트럭등이 가까이에서 通行하는 등이다.

⑥ 測定器에 의한 체크

前項과 관련하여 原因追求의 시간적인 여유가 없을 때에는 記錄計를 이용하면 된다. 트립事故가 回復된 후에는 測定해도 의미가 없다는 사고방식도 있으나 일상적인 大地漏洩電流에 事故電流가 加算되는 수도 있으므로 保守測定을 겸하여 현상을 파악해두는 것도 좋겠다. 近年에는 클램프式으로 10mA 이하의 누설전류를 측정할 수 있는 미터도 開發되고 있으며 또한 이 미터에 出力端子를 부착하여 直流變換出力을 얻게 되어 있는 것도 있으므로 손쉽게 測定할 수 있다. 레스폰스(指針應答速度)가 다소 늦은데 사고의 絶對値는 명확하지 않아도 몇시쯤에 異常이 반복된다는 등의 데이터를 얻으면 解明이 빨라진다.

여기서 주의할 것은 가령 그림 13의 큐비클 내부 등에서는 磁力線이 강한 部分이 있으며 이 外部磁界의 영향에 의하여 클램프미터의 品種에 따라서는 영뿔한 값을 지시하는 것이 있다. 이같은 장소에서 사용될 때에는 클램프부를 잘 싣드한 對策品을 선택하도록 한다. *