최근의 電力施設 保護繼電裝置

기술해설
29~3~1

The Latest Protective Relaying Scheme for Power System

이 주 희*
(Choo Hie Lee)

電力施設의 一部分에서 故障이 발생할 때 이것을 계속 방치하면 故障現象은 擴大되어 결국은 安定한 電力供給이 불가능하여 供給中斷을 한다. 따라서 機器와 線路는 그 損傷을 保護하고 事故部分을 局限化하여 健全系統의 保持가 可能하게끔 各 施設에 적합한 保護繼電裝置를 설치하여 대책을 마련할 필요가 발생한다. 即 電力施設은 지역에 분산된 負荷에 電力을 공급하기 위한 發電所, 送電線, 變電設備 및 需用家 引込線등의 連鎖機構로 형성되어 있으므로, 이것들에 대하여 保安을 확보하고, 安定運轉을 유지하며 供給信賴度를 확보하기 위하여 적합하고 경제적인 保護繼電裝置를 적용하여야 한다.

그러나 保護繼電裝置를 선정하기 이전에 對象할 電力施設과 對象되는 故障, 對象設備가 系統에서 占有하는 重要度 및 隣接施設間의 상호협조 등을 특별히 고려하여야 한다. 이 중에서 가장 중요한 것은 계통적인 면에서 상호협조이다. 發電에서부터 引込線까지의 各設備를 有機的으로 組合한 電力系統이라는 거대한 System에 保護繼電裝置를 적용할려면 그 對象되는 故障의 종류와 적용될 장소에 우선 迎合되고 또한 後備保護의 機能도 포함할 수 있게끔 企劃性 있는 계획이 필요하다. 이의 뜻은 保護繼電裝置가 電力施設(電力系統)과 밀접하고 不可分의 관계에 있는것을 말하므로 전력시설 계획은 保護繼電裝置를 충분히 고려하고 수립 되어야 한다.

電力系統의 保護繼電裝置는 從前까지의 局部的이고, 部分的인 役割로 부터 최근은 全系統을 생각하여야 하는 廣域的이고 系統的인 形態로 變貌하였다.

따라서 이에 要求되는 機能上의 信賴性은 매우 높아야 하므로 그 基本 部分에서 機能上 失敗가 發生하면 廣範圍하고 長時間의 供給停止라는 큰 災害를 發生할 우려가 있다. 이 두가지는 保護繼電技術의 根本的인 背景이 될 수 있다.

*정회원 : 한전 기술계획부 계전기 담당역

電力이 産業에서 占하는 重要度가 漸次 高度化 함에 따라 停電은 極力히 避하여야 하고, 또한 電力系統 및 保護繼電裝置의 信賴度向上과 近代化는 必須條件이다. 最近 電力會社系統의 保護繼電裝置는 近代化와 高度化에 어느 程度 接近되어있으나 反面 一般需用家의 保護繼電裝置는 현저하게 낙후된 實情에 있다.

따라서 一般需用家와 電力會社施設의 保護裝置에 對한 近代化 課題는 앞으로 계속 크로즈업 될 것이 豫想되므로, 讀者에 對한 保護繼電裝置의 認識을 넓히고 또한 最近의 發展하는 保護 繼電技術을 紹介하여 陳腐化된 保護繼電 設備를 무速히 代替시키는 자극제를 마련하는 뜻에서 電力施設別로 保護繼電裝置의 適用하는 傾向을 說明하고져 한다.

I. 自家用電氣施設의 保護繼電裝置

自家用電氣設備에 包含되는것은 매우 廣範圍하여 적은것은 受電契約電力 50KW 程度의 小規模工場 및 Building으로부터 큰것은 製鐵 化學工場 등과 같은 數萬KW의 負荷設備에 이르고 있다. 이것은 電力事業者로부터 受電하거나 또는 數萬 KW의 自家用 發電設備를 가지고 있으므로 그 設備內容은 多種多樣하고 이에 따라 保護方式도 多樣하다.

그러나 各 保護繼電裝置는 一般設備의 基本方式과 큰 差異가 없고, 다만 生產設備 全體의 運轉을 高能率化할 수 있게끔 保護繼電裝置의 組合이 複雜 할 뿐이다. 從前까지 생각되어온 一般的인 自家用 電氣設備의 保護繼電方式은 電動機와 같은 單位設備 自體의 保護만 考慮하였고 또한 現在의 大部分 경우가 同一한 方式으로 運轉되는 實情이다. 그러나 最近의 大部分 自家用 負荷設備는 連續作業工程과 高度化의 自動制御設備로 構成되어 있으므로, 한 末端設備의 事故는 設備全體의 停止를 야기 시킨다. 이것으로 因하여 發生되는 直接 間接의 損害는 生產設備의 巨大化와 더불어 漸次로 增加하는 傾向에 있다.

保護繼電裝置의 實際的인 選定은 對象設備의 主要性과 系統設備規模, 規模의 經濟등을 考慮하여야 한다. 即 小規模設備에 高級의 保護繼電裝置를 適用하면 非經濟性 外에 隣接設備間의 相互協調와 保守가 複雜하여 反對로 事故發生裝置가 될 우려가 있다.

1. 受電設備의 保護繼電裝置

受電點의 保護는 普通 電力會社의 給電方式에 따라 決定되므로 電力會社側과 充分한 事前接觸을 한 후에 必要한 保護繼電裝置를 設置한다. 그러나 受電設備의 保護繼電裝置는 負荷에 中斷없는 電力供給을 하는것을 目標로 하므로 故障時에 迅速하게 故障個所를 除去하여 故障部分의 局限化로 健全部分의 送電을 確保하고 또한 故障에 依한 停電波及과 電壓變動 등으로 隣接需用家에 供給支障이 없어야 한다.

受電方式은 普通 1回線 設備로 受電을 하거나 兩回線受電設備에 常時 1回線 受電을 使用하고 있으나 高信賴度가 要求되는 受電設備는 2個以上의 電源을 確保할 수 있게끔 Loop 受電을 한다.

가. Loop 受電때의 Pilot wire 繼電裝置

Pilot wire 保護繼電裝置는 普通 電力會社에서 準備하고 取付할 場所는 需用家에서 提供한다. 이 方式은 差動繼電裝置의 생각을 送電線의 保護에 適用한 것이다.

C.T 2次를 相互에 接續하는 差動繼電裝置를 그대로 送電線의 保護에 適用할려면 送電線 兩端의 亘長이 너무 길어서 어떤 傳達手段이 必要하므로 이 手段으로 Pilot wire를 使用한 方法이다. Pilot의 뜻은 送電線의 兩端에 信號를 送受할 수 있는 어떤 Chanel을 말한다. 普通 이 Chanel로 表示線(Pilot wire)을 使用하는데 이것은 裸線 또는 Cable을 電話柱 또는 配電用電柱에 併架한다. 表示線繼電方式은 送電線의 保護繼電裝置 중에서 가장 優秀한 方式이므로 故障의 種類와 位置에 關係없이 高速度保護가 可能하다. 普通 20km 程度에 使用하는 것이 가장 經濟的이다. 保護繼電裝置는 方向比較繼電方式과 電流比較線電方式이 있는데 後者를 많이 使用한다.

(1) 電流比較表示線 繼電裝置

이 方式은 電流循環方式과 電壓反向方式이 있는데 그림 1,2와 같이 前者는 常時의 負荷電流가 CT와 表示線을 通하여 循環하는 方式이고, 後者는 이와 反對로 常時 表示線에 循環電流가 없다.

電流循環方式은 表示線의 兩端에 電流平衡繼電器를 設置한다. 繼電裝置는 比率差動繼電器와 같은 原理이다. 다만 Trip 용의 表示線을 省略하기 위하여 兩端에

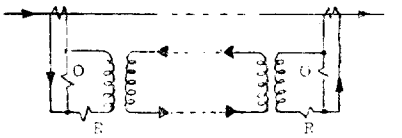
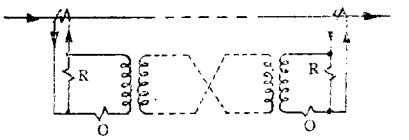


그림 1. 電流循環方式



O : 動作코일, R : 抑制코일

그림 2. 電壓反向方式

繼電器를 設置하는 程度의 差異가 있을 뿐 이다.

電壓反向方式은 前記方式과 同一한 繼電器를 使用하고 있으나, 表示線 兩端繼電器에 있는 抑制 코일의 電壓은 負荷電流 또는 外部故障時의 電流 등 保護區間을 通過하는 電流에 依하여 反對方向으로 加하게끔 CT를 接續한다. 이때 CT 出力의 不平衡과 表示線 線間容量으로 起因되어 흐르는 電流를 除外하고는 表示線에는 電流가 흐르지 않는다. 保護區間에 故障이 發生하면 表示線에 循環電流가 흘러서 兩端의 繼電器는 動作을 한다.

表示線의 短絡 또는 地絡때 兩端의 繼電器 動作狀態는 表1과 같다.

표 1.

	表示線短絡	表示線地絡
電壓反向	誤動作	不動作
電流循環	不動作	誤動作

(2) 電流比較表 示線繼電裝置의 適用例

變壓器 容量이 4,500 KVA 以下 일때는 Pilot wire 繼電器가 母線保護를 兼用할 수 있게끔 結線할 수 있다. 圖-3과 같이 F_1의 故障은 A와 D의 保護區間 이므로 遮斷器 2,3을 開放하고, F_2의 故障은 A,D 및 C,E의 保護區間이므로 遮斷器 2,3,4,5를 開放한다.

만약 變壓器容量이 4500KVA를 超過하면 變壓器 2次側의 故障時에 故障電流가 Pilot wire 繼電器의 感度以上이 되어서 母線保護를 兼用할 수 없으므로 母線保護繼電裝置는 別途로 設置하는데 그 例가 圖-4이다. 이

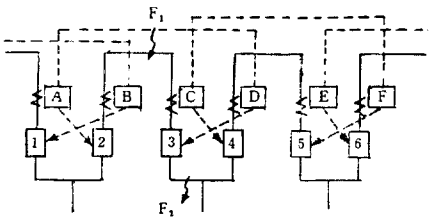


그림 3. 母線保護를 겸할때 表示線 繼電裝置

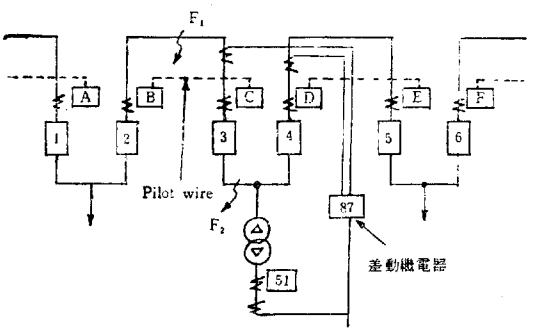


그림 4. 母線保護와 線路保護를 분리할 때 表示線 繼電裝置

때 F_1의 故障은 B.C의 保護區間이므로 遮斷器 2와 3을 開放하고 F_2의 故障은 87의 保護區間이므로 3과 4를 開放한다.

나. 1回線 受電때의 過電流繼電裝置

1回線 受電方式은 電源이 한쪽 方向에만 있으므로 普通, 短絡, 地絡保護에 瞬時 要素付過電流繼電器를 使用한다.

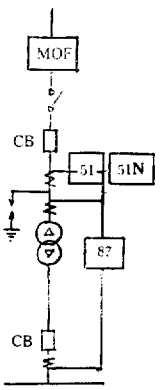


그림 5. CB受電方式

受電容量이 클때는 그림5와 같이 受電遮斷器를 使用하고 있으나, 容量이 적고 簡單한 系統은 그림6과 같이 電力퓨즈와 接地繼電器가 組合된 自動開閉器를 設置하여 受電設備의 保護를 한다.

短絡用으로 瞬時要素付 過電流繼電器를 適用할때는 (i) 電力會社 送電端繼電器와의 協調 (ii) 變壓器 2次側 過電繼電器와의 時限協調 等을 考慮하여, 瞬時要素는 變壓器 1次側의 短絡事故에만 動作시키고, 變壓器

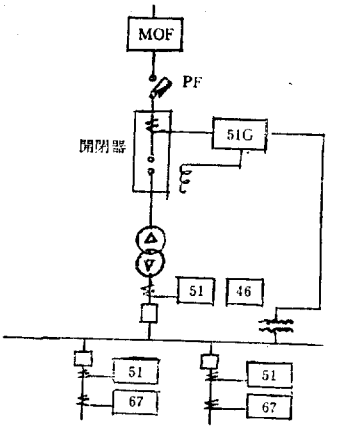


그림 6. 接地保護付 自動開閉器 受電方式

2次側의 短絡은 反限時要素로 動作하게끔 탭과 레버를 整定한다.

그러나 大容量의 變壓器는 故障電流가 커서 瞬時要素는 2次側 反限時要素 繼電器와의 協調가 困難하므로 適用하지 않는다.

또한 短絡保護로 電力퓨즈를 使用할때는 表 2와 같이 變壓器 定格電流에 對한 2.0～2.5倍의 定格 퓨-즈를 適用하면 가장 合理的인 保護가 可能하므로, 最近은 10,000 KVA 以下의 變壓器에 흔히 適用한다. 經濟的인 面에서도 遮斷器를 設置할 때 보다 $\frac{1}{10}$～$\frac{1}{15}$의 저렴한 投資가 可能한 利點이 있다.

표 2.　電力퓨즈의 定格電流 選定基準

主變壓器容量	6.6 KV		13.2 KV		22 KV		66 KV	
	全負荷電流	퓨즈定格	全負荷電流	퓨즈定格	全負荷電流	퓨즈定格	全負荷電流	퓨즈定格
450	39.4	80	19.7	40	11.8	25	3.9	10
500	43.7	100	21.9	50	13.1	30	4.4	10
600	52.5	125	26.2	50	15.7	30	5.3	15
750	65.6	125	32.8	65	19.7	40	6.6	15
1000	87.5	200	43.7	100	26.2	65	8.8	20
1500	131.0	250	65.6	125	39.4	80	13.1	30
2000	175.0	400	87.5	200	52.5	125	17.5	40
3000	—	—	131	250	78.7	150	26.2	65
5000	—	—	219	400	131	250	43.7	100
6000	—	—	—	—	157	300	52.5	125

電力퓨즈의 時間-電流 特性 曲線(T-C Curve)은 最大遮斷時間과 最小溶斷時間의 두 特性으로 表示되는데 EEI-NEMA 標準은 퓨즈 定格電流의 2倍에서 5～10分 후에 퓨즈가 溶斷되고, 또한 1.5倍의 電流에서는 連續 使用할 수 있게끔 規定하고 있다.

ASA에서 規定한 變壓器 1次側의 電力 퓨즈 溶斷時間은 變壓器 定格容量의 3倍에서 300秒, 13.7倍에서 10秒, 25倍에서 4秒 되게끔 規定되어 있으므로 實際로 變壓器의 過負荷 運轉이나 加壓時의 突入電流에 充分히 安定될 수 있다.

電力퓨즈를 使用할 때 한相의 퓨즈만 溶斷되던 單相負荷를 供給하므로 電動機의 燒損같은 事故가 發生할 우려가 있으므로 變壓器 2次側에는 반드시 缺相을 檢出할 수 있는 逆相繼電器(그림6의 46계전기)를 設置하여 2次側 遮斷器를 開放하여야 한다.

地絡保護는 需用家側의 地絡事故가 電力會社系統에 波及되지 않게끔 瞬時要素付 過電流繼電器를 設置한다 方向地絡繼電器를 使用할 수 있으나 이 때 接地變壓器를 設置하면 電力會社 配電變電所의 零相電壓 檢出減度가 低下하는 理由로 一般的으로 需用家의 受電側에는 方向地絡繼電器를 使用하지 않는다.

圖-6 계통에서 地絡保護는 前述한 바 같이 負荷電流를 開閉할 수 있는 接地保護付 自動開閉器의 接地繼電器에 依한다.

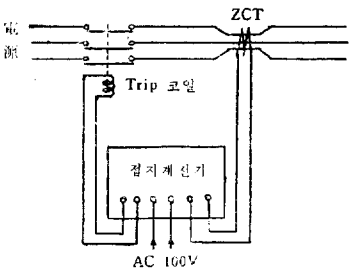


그림 7. 接地保護付 自動開閉器

繼電器가 動作하면 三相을 同時에 自動遮斷할 수 있는 性能을 가지고 있고 柱上吊架式이므로, 簡單한 受電設備에는 適合하다. 接地繼電器는 Static type이므로 高減度이다. 普通 線路側의 地絡電流 0.15~1.0 Amp에서 動作할 수 있게끔 탭이 있다.

2. 變電設備의 保護繼電裝置

가. 變壓器의 差動繼電裝置

電氣工作物規程에 따라 特高變壓器는 5000 KVA 以上인 경우 內部故障을 遮斷할 수 있는 保護繼電裝置를 設置하여야 하고 만약 10,000 KVA 未滿의 變壓器에 內部故障을 警報할 수 있는 保護裝置가 있으면 이것을 省略할 수 있게끔 되어 있다. 一般的으로 大部分의 變壓器는 內部故障을 警報할 수 있는 裝置가 設置되어 있으므로 結果的으로 內部故障을 遮斷할 保護繼電器를 設置하여야 하는 變壓器容量은 10,000 KVA 以上에 該當한다.

變壓器의 保護裝置는 內藏의 機械的인 것과 比率差動繼電器와 같은 電氣的인 것이 있다. 小容量의 變壓器는 經濟的인 理由로 機械的인 保護裝置와 受電回路의 過電流繼電器에 依存한다. 比率差動繼電器는 圖-8과 같이, 둘 또는 그 以上의 同相, 同種의 電流 Vector 差(差電流)와 出入하는 電流(負荷電流)의 比가 豫定値

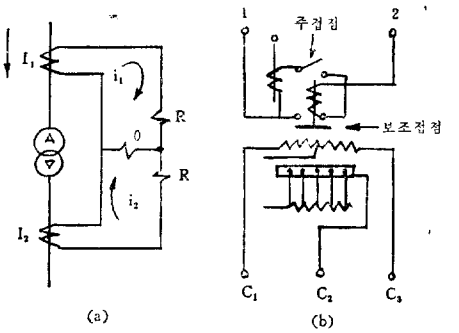


그림 8. 比率差動繼電器

를 넘을때 動作을 한다. 負荷電流 I_1, I_2가 增加할때 CT 特性의 差異가 있으면 i_1과 i_2의 差電流 i_d가 負荷電流에 比例하여 增加하지만 i_d/i_1의 比率은 큰 變動이 없으므로 常時의 負荷電流에는 誤動作을 하지 않는다. 그러나 事故가 發生하면 i_d/i_1의 比率이 豫定値를 크게 超過하므로 繼電器는 動作을 한다. 一般的으로 이 比率은 25~40%를 使用하는데 負荷時 탭 切換裝置付 變壓器는 變壓比가 10% 以下이면 25% 比率特性을, 만약 10%以上이면 40% 比率特性을 選擇한다.

變壓器를 無勵磁에서 급히 全勵磁를 하면 定格電流의 10倍以上되는 過渡突入電流가 差動繼電器의 動作코일에 흘러서 誤動作할때가 있는데 이 때 遮斷器의 投入은 不可能하다. 變壓器容量이 적을때는 回路의 抵抗이 커서 突入電流의 減衰週期가 빠르므로 繼電器의 動作時間 以前에 減衰하여 誤動作을 면할수 있으나 容量이 클때는 特別한 對策이 必要하다. 普通 中容量 以下의 경우는 變壓器를 加壓하여 2次側 遮斷器의 補助接點으로 繼電器의 Trip 회로를 開放하거나 그림-9와 같이 電壓繼電器의 接點으로 0.2~1秒 동안 差動繼電器의 動作코일에 並列抵抗을 挿入하여 動作코일의 感度를 低下시키는 感度低下法을 使用한다. 그러나 이 方法은 低感度 狀態에서 故障이 發生하면 故障의 除去가 遲延되는 缺點이 있으므로 大容量變壓器에서 使用하지 않는다. 即 이때 使用하는 高速度 差動繼電器는 高調波抑制形을 使用한다. 突入電流는 大部分이 高調波電

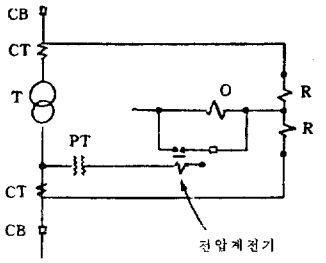


그림 9. 感度低下法 差動繼電裝置

流이고 短絡電流는 正弦波分이 包含되는것을 利用하여 高調波電流는 繼電器의 抑制코일에 正弦波電流는 繼電器의 動作코일에 各各 흘려서 動作條件을 判斷하게 한다.

特殊變壓器인 電氣爐 또는 整流器用의 變壓器는 2次側이 多相인 관계로 差動繼電裝置를 使用하지 않고 反限時 過電流繼電器를 適用하여 內部故障과 過渡特性을 區分하여 保護를 한다. 그러나 機械的 保護裝置를 精密하게 組合하여 比率差動繼電器의 役割을 대신하게 한다.

나. 콘덴서의 保護繼電裝置

콘덴서는 最近 負荷容量의 增加와 電力會社의 力率改善에 對한 協調要求의 理由등으로 많이 使用되고 있다. 一般的으로 發生하는 事故를 大別하면 (i) 系統異常時의 故障, (ii) 콘덴서 裝置內의 短絡, 地絡을 包含하는 故障, (iii) 콘덴서 自體의 故障이므로 콘덴서의 定格電壓과 構造에 따라 適當한 保護繼電裝置를 適用한다.

(1) 6.6 KV 以下의 콘덴서 保護

普通 3.3 KV 回路에서는 數群의 콘덴서를 △結線으로 組合하여 使用하고 있으므로 한 單位 콘덴서의 絕緣破壞는 母線短絡으로 誘發시키므로 過電流繼電器를 흔히 使用하여 保護한다.

6.6 KV 回路用의 콘덴서는 單位 콘덴서의 絕緣耐力上 普通 3.3 KV 콘덴서를 直列 連結하여 △結線으로 使用하고 있으므로 內部素子 한개가 絕緣파괴 되어도 母線短絡까지 波及은 되지 않고, 또한 콘덴서 自體의 絕緣破壞事故가 稀貴한것과 經濟的인 理由로 3.3 KV와 同一한 過電流 保護를 한다. 그러나 重要 系統에 使用하는 콘덴서는 設備自體의 事故를 早速히 檢出遮斷하여 健全系統의 波及을 抑制할 必要가 있으므로 이때는 圖-10과 같이 콘덴서를 Y結線을 하고, 各相에

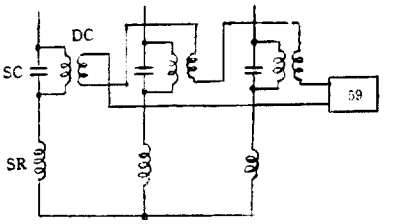


그림 10. Open delta 差動方式

接續된 放電코일의 2次 卷線을 Open delta 結線하여 이 回路에 電壓繼電器를 設置하여 保護한다.

콘덴서의 保護繼電裝置는 前記의 것 외에 그림-11과 같이 過電壓 및 不足電壓 繼電器를 設置한다. 過電壓繼電器는 콘덴서의 許容 長時間 最高 使用電壓이 定格電壓의 110%로 規定되어 있으므로 그 以上의 回路電壓일때 콘덴서를 保護하기 위하여 設置하는데 過電壓繼電器의 動作電壓은 130%에 整定한다. 또한 低電壓이나 無電壓에서 콘덴서가 投入되어 있을때 回路電壓의

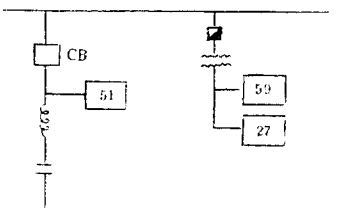


그림 11. 콘덴서 保護繼電裝置

回復時에 콘덴서에 突入電流가 흘러서 이때의 異常電壓 發生으로 다른 機器에 損傷을 주는 原因이 되므로 이것을 防止하기 위하여 不足電壓繼電器를 設置한다. 不足電壓繼電器는 定格電壓의 70%에서 檢出하게끔 調整하여 低電壓과 無電壓때 콘덴서를 系統에서 分離한다.

(2) 11KV 以上의 콘덴서 保護

單位콘덴서를 2個 또는 2以上의 것을 直列으로 Y結線을 하여 使用한다. 單位 콘덴서 한개가 完全短絡時 故障相의 故障電流는 定格電流의 115~155% 程度 增加하고 또한 進相電流이므로 主回路의 過電流繼電器를 가지고는 急速한 事故의 檢出이 困難하다. 即 事故相의 Reactance 와 放電코일의 2次 電壓이 變하므로, 圖-12와 같이 放電코일의 2次 差電壓을 檢出하는 電壓差動繼電裝置를 使用한다.

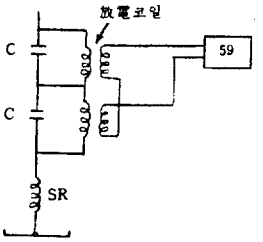


그림 12. 電壓差動方式

電壓差動繼電器裝置는 放電코일 2次 卷線의 差動回路에 接續하므로 常時는 콘덴서의 前後段容量이 平衡되므로 差動回路에는 電壓이 誘起되지 않는다. 만약 콘덴서 素子에 故障이 發生하여 前後段콘덴서의 Reactance 變化가 있으면 事故側 콘덴서의 端子電壓이 低下하여 差電壓으로 繼電器는 動作을 한다.

3. 負荷設備의 保護繼電裝置

自家用 配電設備의 保護는 電力會社와 비슷하지만 需用家는 높은 營利行爲의 追求로 採算을 度外視한 設備投資를 할수없고 또한 負荷配電은 複雜한 要素로 構成되어 있으므로 實際로 合理的인 保護方式의 選擇은 어렵다.

負荷配電設備는 配電面積이 넓어서 事故被害를 받기 쉬운것과 事故率이 높고 또한 그 事故 復歸時間이 긴 것등을 考慮하여 設備에 適合한 各樣의 配電方式과 이 方式에 適合한 保護繼電裝置를 選定하여야 한다.

가. 構內高壓配電系統의 保護

(1) 樹枝狀과 放射狀 系統

그림13 과 같이 負荷分布에 따라 配電線 Load Center 幹線 및 分岐線을 引出하는 方式이며 現在 大部分의 需用家에서 使用하고 있다. 短絡故障은 瞬時要素付 過電流繼電器로 保護하고, 地絡保護는 小勢力過電流繼電

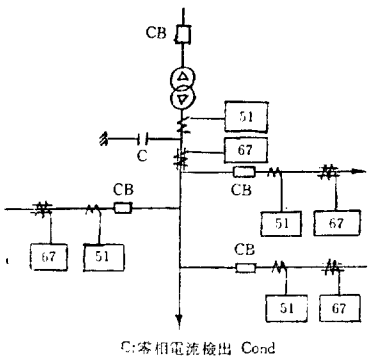
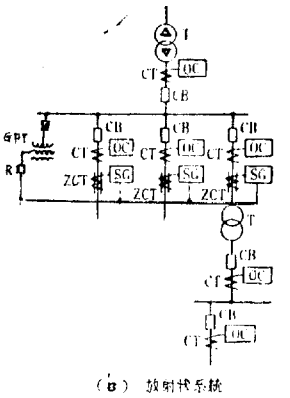


그림 13—(a) 樹枝狀 方式

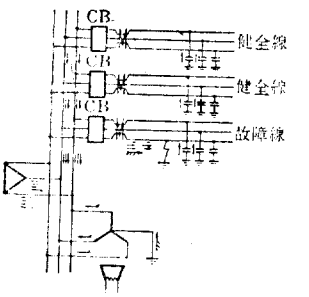


(b) 放射狀系統

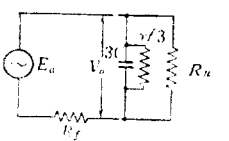
그림 13—(b) 放射狀系統

器 또는 方向地絡繼電器로 故障을 檢出한다.

方向地絡繼電器는 2回線 以上의 配電線이 있는 母線에 適用할수 있다. 이때 繼電器의 電流回路는 零相 C.T(200mA/1.5mA)에, 電壓回路는 接地變壓器의 3次 卷線인 Open delta 端子에 連結한다. Open delta의 兩端子에 連結한 制限抵抗器 (50～200ohms)는 繼電器의



(a) 故障電流分布



R_n: 制限抵抗을 一次換算한 값, $R_n=\left(\frac{n}{3}\right)^2 R_1$, 但,
R_1: 制限抵抗値, n: 零相 PT의 變成比
r : 線路의 漏洩抵抗(1線當)
C : 線路의 充電容量(〃)
R_1: 故障點抵抗

(b) 等價回路

그림 14. 配電線의 一線地絡時

動作에 必要한 有效電流를 흘리고 또한 Open delta 各相에 第3高 調波電流가 循環하는것을 防止한다.

그림14와 같이 1線地絡時의 故障電流와 零相電壓의 크기는 正相과 逆相 Inpedance를 無視하고 計算할 수 있다.

그림 13-(a)의 系統에 小勢力過電流繼電器를 適用할 때 注意할것은 繼電器의 電源側에 零相電流의 供給源이 없으면 地絡繼電器는 動作할수 없으므로 반드시 三相 Condenser를 別途로 設置하여야 한다. 200mA/1.5mA의 ZCT에 繼電器를 設置하고 이의 檢出感度가 0.5 Amp. 母線電壓을 3.3KV이라하면, 3相 380KVAR 以上의 것이 必要하다. 만약 高感度의 static type 繼電器를 使用하면 1/10인38KVAR의 Condenser로 充分할 것이다.

(2) 二次選擇方式 系統

主變壓器 1次와 2次母線 및 各 Load Center 母線을 單母線으로 區分하고, 母線連絡用 遮斷器는 常時開路한다. 常用側 母線에 故障이 發生하면 豫備母線에 瞬時 切換하여 停電時間을 短縮한다.

停電時에 健全系統으로 自動切替하기 爲하여는 電壓平衡繼電裝置를 適用한다.

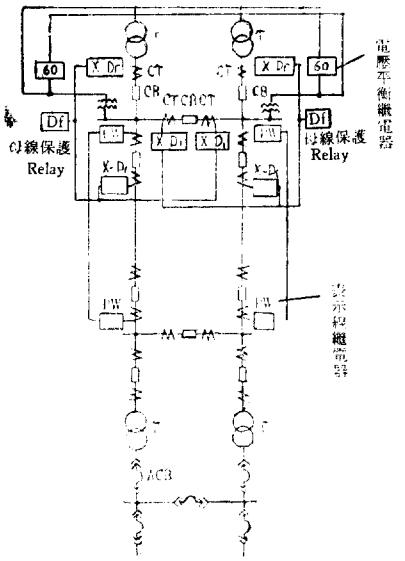


그림 15. 二次選擇方式

이것은 兩系統의 電壓이 있을때 連絡用遮斷器를 開放하고, 만약 自己端子가 無電壓이면 自己 受電遮斷器를 開放하고 連絡用 遮斷器를 投入하는 裝置이다.

構內配電線은 距離가 짧아서 事故率이 적으나 두란트의 生命線같은 重要性을 考慮하여, 故障이 發生할 때 故障區間을 早速히 除去할 수 있게끔 Pilot wire 繼電裝置를 適用한다. 또한 경우에 따라 母線保護裝置를 別途로 設置할때가 있다.

(3) 一次選擇方式 系統

一次選擇方式은 2回線중에서 한 回線을 切換 受電하는 方式이므로 切換時의 瞬時停電을 避할수없다. 保護繼電裝置는 放射狀과 같은 限時 및 瞬時 過電流繼電裝置를 使用한다.

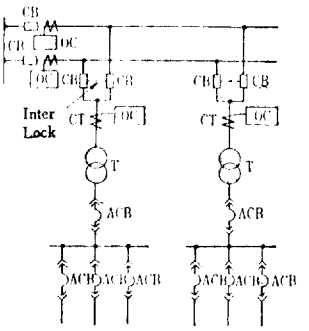


그림 16. 一次選擇方式

(4) Spot Network 方式 系統

負荷密度가 큰 Building 혹은 過密都市地域에는 가장 適合한 配電方式으로 각광을 받고있다. 이 方式의 中樞가 되는 Network Protector는 氣中遮斷器, Protector Fuse 및 Network Relay로 構成되어 있고, Network Protector는 逆電力 遮斷特性, 差電壓投入特性, 無電壓投入特性 등을 가지고 있다.

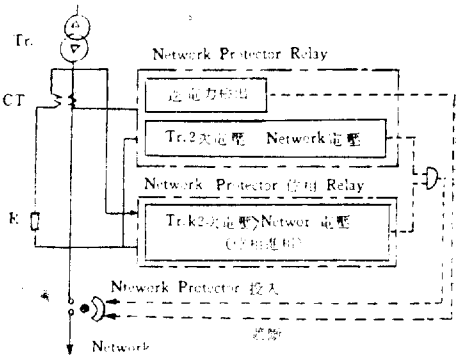


그림 17. Network protector relay 구성

逆電力 遮斷特性; 高壓受電配電線에 短絡事故가 發

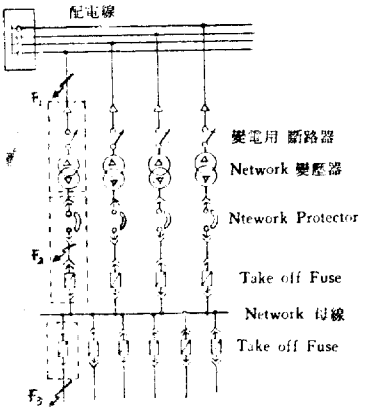


그림 18. Spot network 方式

生할 때 送電斷 變電所에서 遮斷과 同時에 Network Protector Master Relay는 低壓 Network 側으로 부터 逆電力을 檢出하여 Network Protector의 氣中遮斷器를 Trip 시킨다.

만약 高壓受電配電線에 地絡事故가 發生할 때 受電變壓器가 非接地이면, 送電端變電所의 遮斷과 同時에 Network Protector는 受電變壓器의 勵磁電流와 Cable 充電電流의 和가 逆流되는 것을 Master Relay로 檢出하여 遮斷한다.

差電壓投入特性; 故障이 回復되고 高壓配電線에 電壓이 加壓될때 Master Relay 및 位相繼電器는 變壓器 2次 電壓이 Network 電壓보다 높고, 位相이 進相이며 逆電力이 發生하지 않은 Anti Pumping 領域을 檢出하면 Network Protector의 氣中遮斷器는 投入되므로 變壓器는 Network 系統에 連結된다.

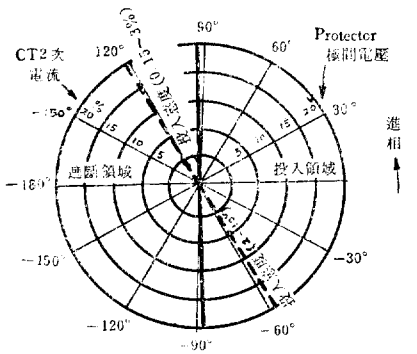


그림 19-1. Network protector master relay 位相特性

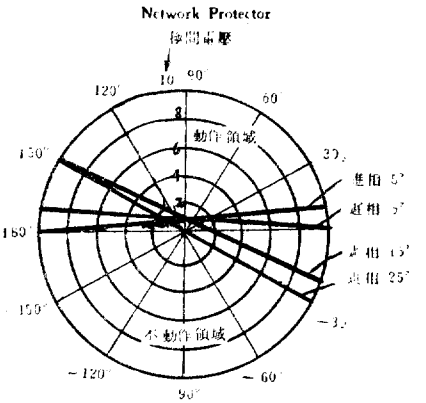


그림 19-2. Network protector 位相 relay

無電壓 投入特性은 低壓 Network 側이 無電壓될 때 高壓配電線에 電壓이 있으면 Network Protector를 投入하는 特性이다. 以上의 特性를 그림18에서 說明한다. 만약 F_1點에 故障이 發生하면 送電端 遮斷器와 Network Protector의 逆電力特性으로 故障線路는 遮斷되고, F_2點에서는 Network Protectr와 Take-off Fuse로 保護하고, F_3點은 Take-off Fuse에 依한다.

Net work 方式은 短絡電流가 크므로 Protector Fuse와 Take-off Fuse는 遮斷容量 100～200KA의 限流퓨-즈를 使用한다.

(5) 2次 Regular Network 方式 系統

2回線 以上의 配電線으로 供給하고 2次母線을 Loop 狀으로 接續한 方式이다. Network 變壓器의 2次側에는 Network Protector와 Protector 繼電器를 設置하고, 變壓器 故障時 등의 逆流를 檢出하여 選擇遮斷하므로, 負荷에 對한 停電없이 健全한 配電線 및 Network 變壓器에 依하여 계속 供給을 할 수 있다. 保護繼電裝置는 前 (4)項과 同一하다.

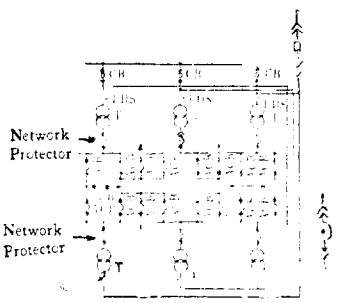
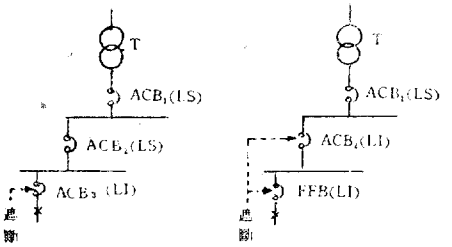


그림 19-3. 二次 Regular network 方式

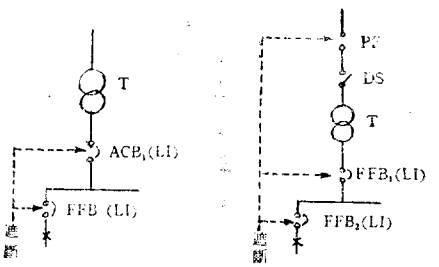
나. 負荷遮斷方式과 保護繼電裝置

負荷遮斷器의 遮斷方式은 全容量遮斷方式과 Cascade 遮斷方式으로 大別할 수 있고 各 方式은 短絡故障에 對하여 施設保護를 할 수 있는 適當한 保護繼電裝置를 使用한다.

全容量遮斷方式 그림20-(a)는 系統各部의 短絡强度가 故障點에 흐르는 最大短絡電流에 견디고, 또한 保護裝置의 容量에 適合하겠끔 施設하는 方法이다. 이 方式은 故障에 對한 選擇性이 있으나 比較的 建設費가 高價인 결함이 있다.



(a) 全容量方式　　(b) 分岐遮斷方式



(c) 主幹遮斷方式　　(d) Tr 1次遮斷方式

ACB: 氣中遮斷器　　LS: 長限時, 短限時 특성
FFB: 배선용차단기　　LI : 長限時, 瞬時특성
PF : 電力퓨즈

그림 20. 負荷遮斷方式

電源에 隣接한 部分 또는 重要系統은 全容量 遮斷方式을 適用하고, 其他系統은 負荷端에 近接할수록 故障電流의 計算値以下인 短絡容量의 遮斷器를 設置하여 가장 가혹한 條件의 短絡故障은 電源側의 全容量遮斷器로 故障을 除去하고, 輕微한 故障은 가장 隣接한 遮斷器로 故障을 除去하는 Cascade 方式을 適用한다. 圖-20 (b), (c), (d)는 이 Cascade 方式이다. 이 方式은 事故時에 停電範圍가 크지만 全容量遮斷方式에 比하여 經濟的이다.

흔히 Building은 經濟性과 電源의 信賴性을 確保하기하여 給電線은 全容量遮斷器를 適用하고 負荷側은 Cascade 方式을 使用한다.

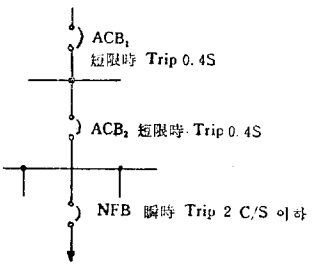
또한 背後電源이 매우 큰 系統은 遮斷器容量이 커지므로 限流퓨즈를 設置하여 이것으로 短絡電流를 遮斷하고, 負荷電流는 不足容量의 遮斷器로 遮斷한다.

다. 低壓回路의 保護

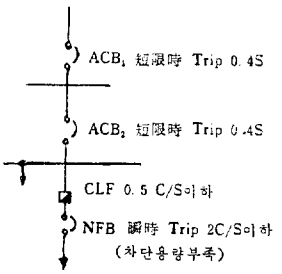
(1) 短絡保護

低壓回路의 特徵은 다음같이 열거할 수 있으므로, 保護裝置의 選定과 組合, 協調에 對하여 技術的으로 考慮할 事項이 많을 뿐더러 經濟的인 面에서 保護水準을 決定하는것은 매우 어렵다. 故障이 發生할때 損害가 적게 發生하는 系統과 重大한 結果를 招來하는 設備로 區分하여 適當한 保護繼電方式을 選定하여야 한다. 低壓回路의 特徵은 (i) 保護裝置 自體가 限時特性을 가지고 있으므로 電流의 多少에 따라 遮斷時間은 變化하고, 最低遮斷時間은 普通 10ms 程度가 된다. (ii) 配線의 Impedance와 短絡地點의 抵抗値에 比하여 電壓이 낮으므로, 電源에 隣接한 部分의 故障電流는 매우 크지만 末端地點은 漸次 減少하여 過負荷電流와 近似할 때가 있다. (iii) 保護裝置의 時間—電流特性은 定格電流를 基準으로 作成되었으므로 回路特性의 變化에 對하여 柔軟性이 적다. (iv) 末端保護에 近接할수록 技術的 檢討보다 經濟性이 重視되기 쉽다. (v) 保全의 對象에서 輕視되므로 設備 當初의 性能保持가 不充分 하다.

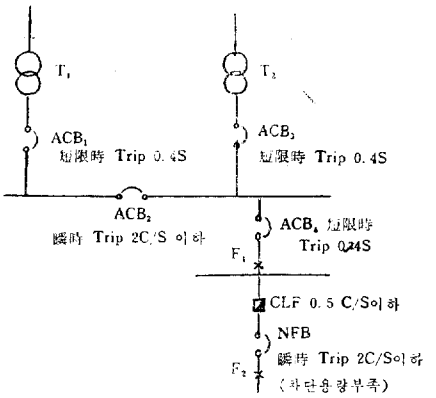
그림 21-(a)는 ACB를 直列接續하였을때의 例이며, Trip 코일의 限時特性은 製作會社에 따라 틀리므로 調



(a) 全容量方式



(b) NFB의 차단용량부족때 Cascade 접속



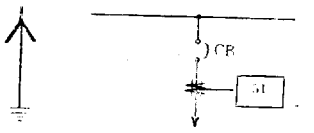
(c) 변압기 並列運轉

그림 21. 低壓回路의 保護裝置例

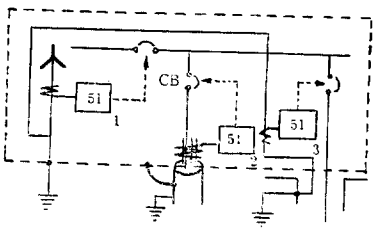
査하여 協調特性을 檢討하여야 한다. 配線用 遮斷器만 遮斷容量이 不足할때 低壓限流를 組合한 例가 圖-21 (b)이다. 그림 21-(c)는 變壓器를 並列運轉할때의 協調方法이다 T_1과 T_2와 單獨運轉할때는 NFB만 遮斷容量이 不足하고, 並列運轉時는 ACB^4도 遮斷容量이 不足하다면, 다음 같은 保護協調를 한다. 먼저 並列運轉時 F_1點의 故障은 ACB_2에 依하여 瞬時遮斷을 한 후 T_1과 T_2를 解列하고 短絡電流를 減少하여 ACB^4에 依하여 故障을 除去한다. 또한 F_2點의 故障은 CLF로 遮斷하며, CLF는 並列時의 短絡容量에 견디어야 한다.

(2) 地絡保護

系統의 中性點 接地方式에 따라 保護繼電裝置가 相異하다. 非接地系統은 前述한 方向地絡繼電器에 依하여 保護하고, 多重接地系統(最近 Building의 400Volt 配電系統에 適用)은 그림22-(a)와 같이 ZCT에 小勢力 過電流繼電器를 連結하여 保護한다. 地絡電流가 短絡電流級이므로 CT 殘留回路 또는 3次卷線에 過電流繼電器를 接續할수도 있으나, 地絡抵抗의 增加와 CT 3次의 Impedance 등을 考慮하여 Static type의 高感度



N 相使用時 中性點에 CT를 連結
(a) 가공선로의 보호



51₁, 51₂는 各選擇遮斷을 할 수 있음
51₃는 箱內 Arc 故障을 檢出하고 外部故障과의 Lock 用 繼電器로 使用할수 있음
(b) 귀선있는 cable 계통의 보호

그림 22. 400 volt 계통의 보호

繼電器를 使用하는 것이 좋다.

Cable系統은 그림 22-(b)와 같은 結線을 한다. 特히 三相 4線式을 Building 施設에 適用할때 工事하는 線路亘長이 매우 긴 關係로 工事가 不良하거나 誤接續으로 常時 中性點電流가 흐른다.

만약 地絡故障이 發生하면 故障電流에는 常時의 中性點電流 또는 電燈回路 等에서 誘起되는 高調波電流가 包含하므로 零相電流의 位相은 一定하지 않고 回路條件에 따라 I_g와 E 間의 位相差는 0°~180° 變化한다. 따라서 誤動作을 避할려면 相選擇繼電器를 設置하여 適當한 位相電壓을 地路方向繼電器에 加하는 方式을 適用할수 있으나 適用하는 繼電裝置가 매우 複雜하고 經濟的인 理由로 再考의 餘地가 있으므로 一般的으로 適用하지 않는다. (다음號 계속)