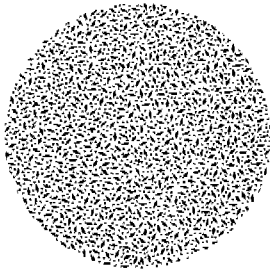


# 最近의 保護繼電 技術의 動向

Recent Trends on Protective  
Relaying Technology

(下)



白 榮 基

韓國電力公社 技術研究院  
系統保護 責任專門員

## 3. 系統保護對策이 要求되는 最近 의 電力系統上的 問題點과 그 對策

最近 電力系統이나 機器가 複雜·多樣化함에 따라, 그 保護方式도 從來와는 다른 보다 높은 水準의 技術을 要하고 있다. 여기서는 現在 우리 電力系統이나 外國의 電力系統에서 重點의으로 擡頭되고 있는 事項과 앞으로 우리 電力系統에서 부딪힐 可能性이 있는 몇가지 問題點과 그 保護對策에 對하여 列擧해 본다.

### 3·1 電力系統의 擴大·複雜化

最近의 電力系統은 高度産業社會의 需要에 副應하여 大容量化로 擴大·複雜化되어 가고 있다. 卽 主幹 電力系統이 超超高压, 超高压, 그 下位電壓等 몇 段階의 送電網으로 構成되고, 獨立된 系統사이의 連繫, 長距離·大容量의 送電網 構成, 大容量의 發電機·變壓器의 設置運轉, 分路리액터 (Shunt Reactor), 直列커패시터 (Series Capacitor) (유리系統의 例는 아님)의 適用, 大容量·多回線의 複雜한 母線 構成 等과 系統의 루프 (Loop) 運用이나 系統變更에 依한 背後 電源條件의 變化等 系統構成이 高度로 多樣化·複雜化하는 傾向이 두드러지게 나타나고 있다.

電力系統의 어떤 部分에서 事故가 發生時 安定運轉을 爲해서는 그 構成要素인 送電線, 母線 및 各種 電力用 機器 個個에 適用된 保護繼電시스템에 依하여 一次的으로 早期에 事故部分을 除去하는 것이 물론 必要하다. 그러나 電力系統이 擴大·複雜化됨에 따라, 故障除去時間이 遲延되거나, 루프回路 遮斷에 依한 系統狀態의 變化等の 原因에 依據 二次的인 系統攪亂으로 波及되어 廣範圍하게 供給支障을 불러 일으키는 경우가 발생하고 있다. 이러한 波及事故를 防止하고, 또 發生되더라도 最少限化하며 系統 安定後의 復舊 操作을 自動的으로 하기 위하여, 外國의 大型 電力系統에서는 이론마 事故波及擴大防止裝置 (또는 系統安定化裝置)를 導入 하여 既存의 保護繼電裝置와 協調시키고 있다. 이러한 事故波及擴大防止시스템의 運營을 爲해서는 廣範圍한 系統으로부터 各種 情報를 신속히 蒐集하여 信賴性

있는 컴퓨터시스템으로 演算處理할 必要가 있기 때문에 이들 裝置는 대개 컴퓨터를 母體로 하고 있다. 그리고 이러한 事故波及防止시스템은 아래와 같은 條件에 應動토록 하고 있다.

- 過負荷 現象의 發生 및 潮流 移動
- 系統周波數의 異狀 發生
- 脫調現象의 豫測 또는 發生
- 特定 連繫點 또는 特定 母線遮斷
- 其他 系統의 重大 變化 豫測事項

우리 電力系統도 이와같은 裝置의 導入을 檢討해 보는 것이 바람직한 것으로 思料된다.

### 3·2 送電系統의 長距離化, 大容量化

發電所 建設의 立地的, 環境的인 條件이나 制限事項때문에 電源端과 負荷端이 偏在하는 傾向이 점점 두드러져, 主幹 送電線이 長距離化 되고 있으며, 또 發電所의 單位容量이 大型化되고 여러개의 유니트(Unit)가 한 發電所에 建設됨에 따라 送電線은 大容量化 하고 있는 實情이다. 이러한 送電線의 長距離化에 따른 線路임피던스나 아크抵抗, 塔脚抵抗 등의 影響을 考慮하면 事故電流는 相當한 程度로 적게 될 경우가 많아지며, 事故電流/負荷電流의 比는 減少하게 된다. 또 電源에 連結되는 送電線에서는 發電所의 運轉狀態에 따라 事故電流가 大幅으로 變化하고 極端的인 경우로는 事故電流를 供給하지 않는 端子(非電源端子)로 되는 경우도 있게 된다. 이와같은 狀況들은 系統安定度上 대단히 苛酷한 條件이 될 뿐 아니라, 保護繼電方式에서는 常時的 負荷電流에 比하여 적게되는 事故電流에 對해서도 應動할 수 있는 高感度の 事故檢出이 要求되며, 또 送電線의 一端이 非電源端으로 되는 경우에도 動作 가능한 保護方式을 適用하지 않으면 안되게 된다. 長距離·重負荷의 送電線의 경우 만약 故障除去에 失敗하게 되면 全系統에 미치는 影響이 크기 때문에 무엇보다도 高性能이고 高信賴度の 保護方式을 適用하는 것이 要望된다.

이와같은 問題에 對處하기 爲해서는, 事故檢出方式의 改善에 依한 高速化, 補助繼電器의 高速化, 逆相 距離繼電器와 같은 常時負荷電流에 影響을 받지 않는 繼電器의 適用, 檢出回路의 IC化 등의 對策이 講究될 수 있겠으나, 最近에 開發된 디지털形의 傳送電流差動繼電方式을 適用하면 問題點은 없겠다.

### 3·3 地中케이블系統의 擴大使用 趨勢

大都市 等에서는 都市美觀이나 施設物 設置上的 制約等으로 地中케이블의 設置가 不可避하게 되고 있는 實情이다. 最近에는 負荷의 增加에 따라 超高压·大容量 系統의 地中케이블도 增加 趨勢에 있다. 이렇게 地中케이블 系統이 增加되고, 長距離 送電線, 大容量 調相 콘덴사 등이 많이 設置되면, 系統의 靜電容量이 增加하게 된다. 이와같은 靜電容量은 系統事故時에 리액턴스成分과 過渡的으로 共振現象을 일으켜, 比較的 낮은 次數의 高調波 成分을 發生시키는 要因이 되고 있다.

그런데 60Hz의 基本波形的 故障電流에만 良好하게 應動하는 原理를 가진 保護繼電器는 위와 같은 高調波成分이 많이 含有될때는 繼電器의 動作時間이 遲延되거나, 感度低下되는 問題가 發生되어 不正動作을 할 수 있게 된다. 特히 靜止形繼電器는 電磁形繼電器보다 그 動作原理上으로 影響을 더욱 받기 쉽다.

이와같은 경우에는 高調波의 振動周波數, 高調波의 基本波에 對한 含有率, 高調波의 減衰時間 등에 따라 現在 適用하는 保護方式의 繼續 使用與否를 再 檢討해야겠지만, 경우에 따라서는 새로운 保護方式이 要求될 수도 있다. 具體的인 對策으로는, 基本波에만 應動하는 回路方式, 限時回路를 利用하는 方式, 波形的 正負 非對稱性을 利用하는 方式, 高調波를 活用하는 方式 등이 講究되지만, 各各 長短點이 있기 때문에 組合하여 適用하는 것이 바람직하다. 이경우도 디지털形의 繼電器를 使用하면 解決될 수 있다.

### 3·4 多回線 併架 送電系統의 導入豫想

國土가 좁은 先進國 電力系統에서는 이미 이와같이 多回線을 同一鐵塔에 共架하는 所謂 多回線 併架系統을 많이 使用하고 있지만, 아직 우리 系統에서는 適用치 않고 있는 實情이다.

그러나 蔚山工業團地 같은 경우는 實로 鐵塔받이라고 할 程度로 深刻한 程度이다. 때문에 우리 系統도 이와같은 工業團地와 美觀上 또는 用地難이 深刻한 都市 周邊에는 多回線 共架系統의 導入이 不可避하리라고 생각된다.

그런데 이와같이 超高压系와 二次電壓系를 同時에 한 鐵塔에 設置할 경우에는, 電線配置의 不平衡

으로 上位系의 潮流나 事故電流에 依해 下位系에 靜電·電磁誘導電壓을 發生시키고, 回線間 및 對地間의 零相 循環電流가 發生되어 地絡事故 保護가 어렵게 되거나, 保護機能에 支障을 줄 우려가 發生되는 것으로 報告되고 있다. 現在 이와같은 共架多回線 送電系統을 適用하고 있는 外國電力會社에서는, 波形傳送到에 의거 動作하는 新型 保護方式인 디지털形의 電流差動繼電方式을 適用하여 解決하고 있다. 그러나 下位 電壓系로 電力線搬送方式을 使用해야 하는 경우는 新形 保護方式의 適用은 어렵기 때문에, 이와같은 效果를 지닌 感度 走査形의 方向繼電器를 適用하고 있다. 따라서 우리도 이와같은 系統을 導入時에는 이에 對한 對策을 미리 念頭에 두어야 할 것이다.

### 3·5 送電系統의 多端子化 趨勢

送電線의 多端子라 함은, 送電線의 兩端이 2個의 發(變)電所에 連結되는 것이 아니고, 送電線이 “T”形 또는 “+”形 등으로 3個 또는 그 以上の 發·變電所에 連結되는 것을 말한다. 우리 電力系統의 154kV 級에서 “T”分岐의 3端子 送電線이 一部 適用되고 있지만, 이 경우는 完全한 形態의 3端子(3端子 모두가 電源端子)라고는 볼 수 없다. 그러나 外國電力會社에서는 超高压系統에 이러한 3端子 構成을 많이 하고 있다. 用地難이나, 經費節減에 對應하기 爲해서는 우리 電力系統도 이와같은 多端子 系統을 導入하는 것이 바람직한 것으로 思料된다. 물론 多端子 送電網으로 構成하면, 保護의 困難度는 端子數의 2乘倍로 增加된다. 그렇다고 保護가 不可能한 것은 아니다. 多端子系統에서는 系統構成에 따라 内部事故時 事故電流 또는 負荷電流가 流出되는 問題點, 故障電流의 分岐效果, 1端 流入 2端 流出 등의 問題點이 發生하는 경우가 있기 때문에 從來의 2端子用 保護繼電方式으로는 困難한 경우가 發生되고 있다. 이러한 경우에는 最近에 開發된 디지털形의 傳送電流 差動繼電方式을 適用하는 것이 좋은 對策이 될 것이다.

### 3·6 變壓器 大容量化 및 構造의 多樣化

最近의 超高压 系統에 大容量의 變壓器 導入 등으로, 變壓器의 適用 趨勢도 大容量의 單相·單捲形을 先頭로 해서, 單相 多脚形, 3相五脚形 등 構造가

多樣化해지고 있으며, 卷線構造의 改善 및 鐵心材料로서 高透磁率의 方向性 電磁鋼帶의 採用 등에 의거 勵磁突入電流에 包含되는 第二高調波分이 減少하는 傾向으로 故障電流와 勵磁突入電流와의 識別이 점점 困難해지고 있다. 따라서 事故檢出 感度を 向上하기 爲해서는 勵磁突入電流에 依한 誤動作 防止對策을 強化할 必要가 있다. 또 變壓器 内部事故가 發生한 경우에는 事故點에 流入하는 電流波形이 隣近 系統에 設置된 콘덴사나 케이블等 靜電容量의 影響으로 高調波分이 過渡적으로 重疊하는 경우가 있어, 高速度로 事故를 檢出하는데 障害要因이 되고 있다. 그래서 보다 安定된 電力供給과 機器損傷을 輕減시키기 爲해서는 保護繼電器의 檢出感度 向上과 高速度 動作 및 信賴度 向上 등이 要求된다.

具體적인 方法으로, 檢出感度 向上을 爲해서는 變流器의 過渡特性과 勵磁突入電流 判定方式을 改善하며, 檢出範圍를 分割하는 方法을 講究하는 것이 좋으며, 動作時間 短縮을 爲해서는 高調波特性의 改善과 새로운 形의 필타를 導入하는 것이 바람직하다. 또 信賴度 向上을 爲해서는 保護方式의 二重化, 2系列化 또는 自動點檢·常時監示方式을 採用하는 方案이 추천되고 있으나, 여기서도 디지털形을 使用하면 그 特性을 현격히 改善시킬 수 있게 된다.

### 3·7 發電機 單位容量의 大型化

最近의 스팀터빈(Steam Turbine)發電機 即 原子力이나 火力發電所에 있어서의 單位機 容量은 大型化 趨勢에 있다. 1970年代 初盤의 경우까지만 해도 우리系統의 경우는 250~300MW程度, 外國의 경우는 500MW程度가 最高 單位容量이었으나, 最近에는 600에서 1000MW까지 이르고 있다. 反面에 이렇게 單位機 容量의 增加에도 不拘하고, 發電機의 絶緣技術 및 冷却技術이 發達하여 오히려 그 體積은 增大되지 않아, 發電機의 逆相電流耐력이 低下하는 傾向이 있으며, 同期脫調에 對한 對策이 要請되고 있다.

이렇게 單位機의 容量이 增加됨에 따라 發電機 한대가 全体 系統에 주는 影響도 매우 크게되어 保護裝置의 誤·不動作에 依한 影響을 看過할 수 없는 처지가 되고 있다. 때문에 發電機 保護繼電器의 役割과 信賴性 向上에 對한 考慮가 過去에 比하여

더욱 重要하게 要求되고 있는 實情이다. 또 發電所의 設計나 運轉制御가 最適經濟化하고 있는 趨勢에 따라 保護繼電器의 適用과 構成·運용에도 變化가 豫想된다. 單位機 容量 大型化에 對한 保護對策으로는, 앞의 保護繼電方式 動向에서 言及한 것과 같이, 固定子 卷線의 100%地絡保護方法, 逆相電流耐力的 急激한 低下( $k=5$  以下)에 對備한 高性能의 繼電器 開發, 發電機用 遮斷器 保護對策, 界磁喪失 保護方式의 改善과 同期脫調 保護方式의 追加 等이 行해지고 있으며 信賴度 向上을 爲한 常時監示 및 自動點檢對策이 講究 되고 있다.

### 3·8 架空 配電線의 絶緣化

大都市에서는 配電線의 地中化가 一部 되어 있지만, 國內外를 莫論하고 配電線은 아직까지 架空線이 그 主体가 되고 있다. 그런데 架空線에는 裸電線이 그동안 많이 使用되어 왔지만, 最近에 都市에서의 建物이 高層化, 工事用 鐵骨材나 크레인, TV 안테나 等の 裸電線 接觸에 依한 安全事故의 發生 增加와 街路樹의 地絡事故 發生 等に 代備하여 絶緣電線으로 많이 代替되었으며 점차 增加될 展望이다. 이러한 架空配電線의 絶緣化는, 感電事故나 供給支障事故 側面에서 볼때는 確實히 效果的인 對策이라고 볼 수 있지만, 事故 保護 側面에서 볼때는 새로운 問題點을 惹起시킨다. 即 電線이 斷線되어 地上에 떨어지더라도 絶緣被覆에 由한 事故點 地絡抵抗이 매우 크게되어 경우에 따라서는 現用的 保護繼電器로는 事故를 檢出할 수 없게 될 수도 있다. 때문에 電線이 地上에 長時間 放置되어 安全事故 誘發 要因이 되고 있다.

이에 對한 對策을 講究하기 爲해서, 美國에서는 數十年前부터 研究를 始作하여 이른바 “아크 周波數에 依한 檢出方式”과 “高周波에 依한 檢出方式” 등이 提示되었지만 實用化는 되지 않았으며, 最近에 Westinghouse에서 零相電流와 負荷電流의 比率을 利用한 “比率接地繼電器(CGR形)”를 商品化하여 實系統에 適用하고 있지만, 이것도 配電線이 重負荷 運轉時에 큰 效果가 없어 完全한 對策이라고는 할 수 없다.

日本의 各 電力會社에서도 研究를 進行 또는 完了하여 斷線 檢出裝置를 提示하고 있으나, 아직 不完全한 實情이다. 우리 電力系統에서는 아직까지 이

에 對한 特別한 保護裝置는 適用치 않고 있으나, 現用的 地絡過電流繼電器를 可能한 最少動作値에 整定하여 運用中이다. 또 보다 高性能이 裝置를 開發하기 爲하여 來年부터 本格的으로 研究를 할 豫定이다.

## 4. 今後的 課題와 展望

以上에서 最近의 保護繼電技術의 動向에 對하여 記述하였는데 今後的 保護繼電技術 課題와 動向에 對하여, 先進國의 趨勢와 우리의 姿勢에 對하여 簡略하게 檢討해 본다.

于先 世界的인 趨勢와 課題들로는,

가. 保護繼電技術의 向上을 爲한 追求가 繼續될 것으로 展望된다. 왜냐하면 電力需要가 繼續 增大되고, 資源과 에너지의 節約 趨勢, 供給信賴度の 向上, 保守運用的 效率化·省力化에 따른 任意的인 要求와 電子技術의 發達, 光傳送 技術의 進歩, 새로운 事故檢出原理의 開發等 周圍與件의 變化로 保護繼電技術은 보다 高性能化, 高速化, 選擇性 向上을 爲하여 開發·進歩되어야 할 것이며 또 할 수 있을 것으로 思料된다.

나. 디지털形 繼電器의 擴大 補給

現在 時點에서 디지털形 繼電器를 擴大·運用하기에는 아직까지 다소의 與件이 不備하지만, 마이크로 컴퓨터의 價格이 좀더 引下되고, 센서(Sensor) 技術, 情報傳送技術 및 各種 保護方式에 對한 演算 알고리즘(Algorithm)이 보다 確實하게 整理·開發되고, 디지털形 繼電裝置를 收容할 수 있는 發·變電所의 環境이 整備된다면 豫想外로 디지털形 繼電器의 補給은 빠른 것으로 展望된다. 특히 高性能의 保護技術 要求되는 超高压 電力系統의 保護分野나, 發電所·變電所 등에서 여러가지의 保護機能이 複合要求되는 分野 等에서는 適用이 빠르게 進行될 것으로 思料된다. 또 나아가서는 디지털裝置를 利用하여 發·變電所 全體의 保護, 制御를 統合하여 取扱할 수 있는 컴퓨터 시스템도 곧 導入될 것으로 展望된다.

다. 保護繼電裝置의 信賴度 向上

保護繼電裝置에 있어서 自體의 動作信賴도는 가장 重要한 要素中의 하나라고 할 수 있다. 電力系統이 점점 複雜化되어감에 따라 保護繼電裝置에 對

한 보다 確實한 信賴度를 要求하고 있으나, 信賴度 向上에 對한 電力系統의 周圍環境은 더 惡化되고 있다. 따라서 保護繼電裝置 側面에서는 常時監示 및 自動點檢方案의 講究, 서지와 노이즈에 強한 繼電裝置의 開發等으로 보다 信賴度를 向上시킬 수 있는 對策이 하드웨어나 소프트웨어 側面에서 講究되어야 할 것으로 생각된다.

라. 裝置의 小形化, 標準化 및 에너지 節約化

最近에는 모든 電力設備 分野에서 에너지 및 資源의 節約化를 爲한 努力이 展開되고 있다. 保護繼電裝置 側面에서도 이러한 趨勢에 발맞추어, 裝置를 小形化 및 標準化로 製作하려는 움직임이 繼續되고 있다. 또 運用·保守 側面에서도 完全히 메인테넌스·프리 (Maintenance-Free)의 體制를 導入하려고 하고 있다. 이러한 慾求是 最近의 半導體技術의 高度化 및 集積化, 高機能化로 不遠間에 充足되리라고 생각된다.

한편 우리의 保護繼電技術의 開發과 運用이 世界的인 趨勢에 뒤쫓아 가기 爲해서는,

가. 電力會社 立場에서는,

現在 우리 電力系統保護上の 問題點 即 誤·不動作 事例의 發生 및 高抵抗 事故時의 檢出感度 等の 問題點解決과 보다 向上된 動作信賴도와 全體系統의 安定運轉을 爲해서는, 發·變電所의 保護繼電裝置 設置 및 運轉環境을 整備하고, 보다 높은 水準의 最新 先進技術을 과감히 導入하여야 할 것으로 생각된다.

나. 國內 製作會社의 側面에서는,

現在 國內의 保護繼電器 製作技術은 極히 初歩的인 段階에 있다. 이것은 外國의 경우와는 달리 國內의 大企業의 重電氣會社들이 그동안 投資를 外面해왔기 때문인 것으로 思料된다.

10余年前 政府에서 1983年度까지 345kV 系統 保護繼電裝置를 包含한 모든 保護繼電裝置를 完全國產化하려고 計劃을 세웠던 일이 있지만, 지나간 애기에 不過하다. 늦게나마 요즘 일부 中小企業이 外國의 保護繼電器 製作會社와 技術提携의 움직임이 보이고 있는 것은 多幸스런 일이라 생각된다. 지금 부터라도 한발자욱씩 保護繼電器 技術者의 養成과 投資에 힘을 모으면, 우리의 保護繼電技術도 電力會社와 產業成長의 뒷받침으로 發展할 것으로 思料된다.

## 5. 結 言

電力系統保護 分野에의 實務經驗만을 가지고, 敢히 最近의 保護繼電技術의 動向과 展望에 對하여 記述하였지만, 保護繼電技術 分野가 廣範圍하고 專門性이 있을 뿐 아니라 또 全體의인 考察이기 때문에 未洽한 것으로 생각된다. 不足한 內容이지만 電氣界에 從事하시는 여러 技術者들에게 조금이라도 도움이 되기를 바라며 아울러 電力系統 및 機器의 保護에 關心을 가질 수 있는 契機가 되었으면 좋겠다.

\*

# 謹 賀 新 年

乙丑年 正月

大韓電氣協會 任職員一同