

# 保護繼電 시스템의 設計와 適用

辛 大 承

## 目 次

- 1. 序 言
- 2. 保護繼電 시스템 設計
- 3. 保護繼電方式의 適用

### 1. 序 言

電力系統은 아주廣範圍한 地域에 分散되어있는 需用家에 電力을 供給할 수 있도록 構成되어있으며 따라서 各種電力設備는 颶風, 雷, 氷雪等 自然의 威脅에 露出되어 있어서 이들에 의한 原因과 其他 原因에 의해서 事故가 發生할 可能性이 있으며 事故未然防止에 끊임없는 努力을 하고있음에도 不拘하고 事故를 根絶시킬 수 없는 實情이다.

保護繼電裝置는 事故가 생긴 경우에, 機器나 線路의 損傷을 最少限으로 막고, 隣接한 健全系統에 대한 事故 波及를 防止하여 電力의 安定供給을 確保하는데에 극히 重要的 役割을 하는 것이며 아래에 保護繼電 시스템設計를 進行하는 方法과 그 適用에 대해 말하고자 한다.

### 2. 保護繼電 시스템 設計

#### 가. 保護繼電 시스템 設計上的 基本調查事項

保護繼電 시스템 設計에 있어서는 다음 事項을 調查 整備해야만 한다.

##### 1) 保護할 電力系統의 體質把握

獎來의 系統構成을 考慮한 基本設計方針을 明確히 하고 임피던스, 潮流, 充電電流, 共架送電線鐵塔構成인

경우의 零相循環電流의 有無, 系統의 最大, 最小短絡容量, 安定度, 事故時의 電壓, 電流等 系統의 諸特性을 把握한다.

##### 2) 保護할 線路, 母線 및 機器의 定格事項把握

線路, 母線, 機器의 定格 및 許容電流와 熱的耐量等을 把握하여 保護繼電方式選定資料로 한다.

##### 3) 保護繼電方式과 保護繼電器의 把握

系統內의 事故를 보다 正確, 迅速히 檢出하고 事故區間만을 除去하기 위하여 보다 더 效率的 經濟的인 保護繼電方式을 適用할 수 있도록 標準保護繼電方式을 把握한다. 保護繼電 시스템으로써 具備해야 할 要件은 이른바 3S 즉 感度(Sensitivity), 選擇性(Selectivity) 및 速度(Speed)이다.

① 感度: 保護할 區間內의 어떤 微少한 故障이라도 檢出할 수 있는 銳敏한 感度を 가질것

② 選擇性: 保護할 區間內의 故障만을 確實하게 檢出, 除去시키고 區間外의 他區間事故에는 動作하지 않을것

③ 速度: 故障은 되도록 빨리 除去하는 것이 故障機器나 線路의 損傷減少와 過渡安定度面에서 有利하므로 高速度動作을 할것

등이며 保護繼電 시스템設計上 알아두어야할 電力系統의 構成, 中性點接地方式, 系統事故의 樣相, 事故解析 等に 대해 다시 說明한다.

#### 나. 電力系統의 構成

保護對象이되는 電力系統의 構成이 어떻게 되어있는지를 調查할 必要가 있다.

電力系統과 保護繼電 시스템과는 密接不可分の 關係가 있으므로 새로운 電力系統計劃을 할 경우에는 保護繼電 시스템의 計畫도 協同시켜야 한다. 잘 保護될 수

\* 正會員: 韓國 電氣機器 試驗研究所 部長

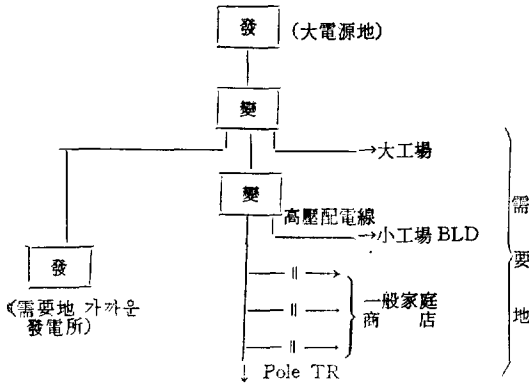


그림 1. 電力系統의 基本形

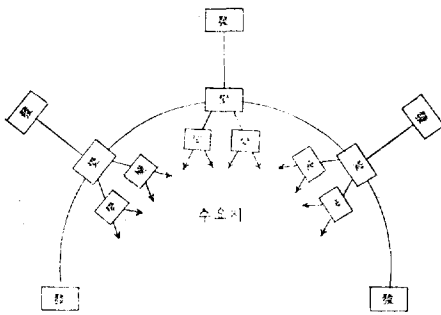


그림 2. 電力系統의 連系圖

없는 電力系統構成을 計劃해서는 안된다.

電力系統의 基本形은 그림 1과 같고 發電所에서 需用家에 이르기 까지의 送配變電設備로 構成되며 送電電力의 크기와 距離에 適合한 各種電壓이 쓰이고 있다. 그림 1의 電力系統에서는 發電所나 送電線에 事故가 생기면 供給支障이 생기므로 그림 2와 같은 基幹系統을 連系하여 供給의 安定化를 圖謀하고 있다. 또 連系함에 의해 效率이 좋은 發電所부터 優先的으로 發電할 수도 있어서 cost低減에도 도움이 될 수 있다. 그러나 이렇게 系統이 連系되면 1個所에 發生한 事故가 全系統에 波及될 可能性이 있기 때문에 一部事故가 全系統 停電이 될 우려가 있을 때에는 系統分離等을해서 停電範圍를 局限시킬 수 있는 對策을 세울 必要가 있다.

#### 다. 中性點接地方式

電力系統의 中性點이 非接地면 1線地絡事故時에 間缺 Arc地絡때문에 健全相의 對地電位가 극히 높아지는 것으로 알려져있고 이것을 막기 위해서 中性點을 接地하는 것을 原則으로 하고있다. 中性點을 低 Impedance로 接地하면 異常電壓을 抑制할 수가 있다. 低 Impedance로하면 1線地絡電流가 커지므로 保護繼電器의 動作이 確實하여 有利하지만 큰 地絡電流때문에

通信線에 電磁誘導作用을 일으키고 安定度에도 影響을 미친다. 이들 問題를 綜合하여 直接接地, 抵抗接地, Reactor接地等을 選擇하게 되는데 地絡繼電 系統의 設計에 直接關係되므로 調査確認해야만 한다.

#### (1) 直接接地

우리나라의 154kV以上の 電力系統은 直接接地로 되어 있다. 直接接地함에 의해 1線地絡時 健全相의 對地電位가 相電壓以上으로 上昇하지 않기 때문에 線路 및 機器의 對地絕緣레벨을 低減할 수 있어서 經濟的인 反面, 短絡과 같은 shock를 系統에 주고 通信線의 誘導障害도 커지므로 安定度確病과 誘導障害輕減面에서 高速度動作, 高信賴度의 保護裝置가 쓰인다.

한편 11.4kV 및 22.9kV 配電系統에서도 中性點直接接地(소위 多重接地)方式을 採用하고 있으며 下位系統 保護裝置와의 協調上 限時動作의 過電流保護方式을 쓰고 있다.

#### (2) Reactor接地

66kV 및 22kV系의 一部에 適用하고 있으며 中性點의 系統1線地絡時의 充電電流와 거의 같은 電流를 흘리는 Reactor (Peterson Coil)를 接續하여 地絡電流를 적게 하고 Arc를 消滅시키는 것을 消弧 Reactor接地라고 한다. 消弧 Reactor는 1線地絡事故의 大部分을 消弧하지만 永久地絡이된 경우에는 一定時間後 消弧 Reactor와 並列로 中性點抵抗器를 投入하여 抵抗分電流로 地絡繼電裝置를 動作시켜서 故障點을 選擇除去한다.

#### (2) 非接地

線路互長이 짧고, 簡單한 系統構成이고 比較的 回路電壓이 낮은 경우에는 非接地方式을 適用한다.

#### 라. 系統事故의 樣相

系統事故는 多種多樣하지만 短絡事故와 地絡事故로 大別할 수 있고 좀더 자세히 말하면 1線地絡, 2線地絡, 2線短絡, 3線短絡(3線地絡과 同一)이 있으며 發生頻度도 上記의 順序와 같아 1線地絡이 가장 많다. 一般으로는 한 回線의 同一地點事故이지만 實際로는 2回線에 걸친 事故가 일어나는 경우도 있으며 多重事故라 부른다.

電力系統은 上記事故에 대해 送電線, 變壓器, 母線等을 單位로하여 遮斷器로 區分할 수 있도록 되어 있고 이 最小區分單位마다 保護를 目的으로하는 主保護繼電裝置를 設置하고 事故波及을 最小限으로 遏止할 수 있도록 하고 있다.

한편 主保護繼電裝置의 不動作, 遮斷器의 不動作, 盲點事故等이 發生하면 事故除去가 안되므로 事故波及擴大防止를 위한 後備保護繼電裝置를 併設하고 있다.

그 외에도 1次인 原因이 他에 波及하여 大事故로 發展하는 경우로서, 發電所나 送電線이 遮斷된 후, 他의 健全送電線等設備가 過負荷가 되든지, 大電源脫落에 의해 發電力과 負荷間의 不均衡이 생겨 周波數가 현저하게 低下하고 系統安定度가 깨어져서 系統間의 脫調가 생기는 경우가 있으므로 이들 大事故波及防止對策을 미리 세워둘 必要가 있다.

마. 事故解析

事故解析은 電力系統에 事故가 發生했을 때 電壓과 電流가 어떻게 變化하는가를 밝히는 것이다. 電壓電流의 變化에 대해서는 大體로 定常狀態만을 생각해도 되지만 過渡現象을 생각할 必要가 있을 경우도 가끔 있다. 이 事故解析이 안되면 保護繼電 시스템의 計劃이나 運用을 할 수가 없다. 方向性을 가진 繼電器의 事故解析에서는 電壓, 電流의 크기뿐 아니라 位相關係를 明確히 할 必要가 있다. 事故解析에서는 主回路의 電壓電流狀態를 把握함은 물론, 繼電器의 入力이 되는 PT, CT의 2次나 3次 回路의 電壓, 電流가 어떻게 되는지를 알아두어야 한다. Cable 系統에서는 地絡事故時와 事故直後에 過渡電流가 흐르면 繼電器가 誤動作할 수가 있으므로 過渡狀態도 알아두어야 한다.

多回線共架送電線인 경우 常時循環零相電流가 흐를 수 있어서 이 電流의 크기에 따라서는, 外部地絡事故時에 地絡方向繼電器의 誤動作이나 內部事故時에 地絡方向繼電器의 不動作을 일으킬 경우가 있으므로 充分히 檢討하여 對策을 세워야한다.

3. 保護繼電方式의 適用

가. 保護繼電시스템設計의 基本事項

電力系統의 保護繼電시스템을 設計함에 있어서는

- 1) 電力系統에 事故가 發生했을 때에는 그 影響을 最小限으로 막기 위해서 適當한 範圍로 事故區間을 遮斷하여 他健全部分의 送電을 確保한다.
- 2) 保護範圍外의 事故에 대해서는 誤動作하지 않도록 한다.
- 3) 主保護와 함께 後備保護를 두어서 保護에 萬全을 期한다. 但後備保護는 반드시 主保護와 함께 두지 않더라도 隣接區間의 保護裝置가 그 役割을 할 수도 있다
- 4) 隣接區間의 保護繼電시스템과 容易하게 協調되고 無保護區間이 생기지 않도록 한다.

위의 各項이 滿足되도록 設計하지 않으면 안된다.

나. 保護繼電方式適用上의 留意點

保護繼電方式適用에 있어서 留意할 點은 아래와 같다.

- 1) 對象으로하는 設備는 무엇인가?

發電機, 變壓器 線路, 母線等.

- 2) 對象으로하는 事故種類는 무엇인가?

1線地絡, 2線地絡, 3相短絡, 相間短絡, 層間短絡等

- 3) 그 設備가 電力系統에서 차지하는 重要도는 어떤가?

- 4) 그 設備의 系統的 連結를 고려한 相互協調가 되어 있는가?

電力系統이란 一連의 시스템은 保護繼電方式으로 반드시 保護될 수 있도록 系統構成이 되어야 한다. 保護繼電方式으로 保護할 수 없는 系統을 構成한다면 無保護系統이 되어 運用할 수 없게 된다.

機器, 送電線, 母線, 事故波及防止의 保護繼電方式適用에 대해 아래에 記述한다.

다. 機器의 保護繼電方式

- 1) 交流機의 保護繼電方式

發電機, 調相機 및 電動機의 交流回路에 대한 保護繼電方式은 아래와 같이 한다.

- 가) 比率差動保護 : 線間短絡保護를 위해서 大略 1,000kVA 以上の 것에는 適用한다. 外部短絡事故時 變流器飽和特性差에 의한 誤動作을 막기 위해 同一 定格의 變流器를 쓴다.

- 나) 層間短絡保護 : 1,000kVA 以上이고 各相複數回路의 電機子捲線을 가진 것은 捲線의 層間短絡保護를 適用한다.

- 다) 過電流保護 : 外部短絡 및 過負荷保護를 위해 모든 交流機에 適用하며 電動機外는 外部短絡의 後備保護가 主目的이다.

- 라) 捲線地絡保護 : 抵抗接地式인 때는 地絡差動保護나 地絡過電流保護, 變壓器接地式인 때에는 地絡過電壓保護를 한다. 非接地式으로서 配電系統에 接續될 경우에는 地絡方向保護를 適用한다.

- 마) 過電壓保護 : 自己勵磁現象이나 AVR裝置故障에 대한 異常電壓保護로 適用한다.

- 바) 界磁回路保護 : 界磁回路의 地絡保護와, 界磁의 異常低下는 同期脫調로 進展되므로 界磁喪失保護를 適用한다.

- 사) 不平衡保護 : 三相負荷不平衡에 따른 回轉子過熱을 防止하기 위해 大容量 發電機에 適用한다.

- 야) 不足電壓保護 : 系統事故直後의 回復電壓에 의한 突流防止를 위해 調相機에 適用한다.

2) 變壓器保護繼電方式

- 가) 比率差動保護 : 捲線의 層間短絡保護를 위해 Bank容量 3,000kVA 以上の 變壓器에는 適用하는 것이 좋다. 大容量變壓器인 경우에는 投入時의 突流에 의해 誤動作하지 않도록 變調波抑制, 小容量變壓器에

는 投入時感度低下等を 考慮한다.

나) 過電流保護: 變壓器의 過電流保護는 變壓器短絡保護와 送配電線 및 母線의 後備保護로 適用한다.

3) 電力用 Condenser의 保護繼電方式

가) 平衡保護: 電力用 Condenser는 單位要素가 直並列로 接續되는 構造이며, 1要素의 破壞短絡을 檢出하기 爲해 특히 設計된 平衡保護를 適用한다.

나) 過電壓保護: 系統의 地絡事故時 負荷가 先行遮斷되면 系統電壓이 急上昇하는 경우가 있으므로 過電壓保護를 한다.

다) 不足電壓保護: 停電後 容量이 큰 電力用 Condenser에 急激하게 電壓을 다시 印加하면 系統電壓이 上昇할 危險이 있으므로 不足電壓繼電器로 停電時에 系統에서 分離시킨다.

라. 送電線保護繼電方式

送電線의 保護繼電方式을 決定함에 있어서는 送電線의 種類, 系統의 接地方式을 充分히 檢討하고 이에 適合한 性能을 가진 것으로 選定해야 한다.

1) 送電線의 構成: 送電線巨長, 併用回線數, 端子數, 分岐端子의 位置, 電源의 크기와 配置, 常時運用形態, 그 送電線의 重要度 등이 要素가 된다.

2) 系統接地方式: 地絡保護方式은 接地方式에 따라 다르므로 上述한 中性點接地方式에 留意하여 適合한 시스템을 選定한다.

電力系統의 構成은 一般으로 系統의 骨格을 이루는 基幹系統이 있고 이것을 中心으로 分岐系統이 接續된다. 이 때문에 基幹系統을 構成하는 重要送電線에 대해서는 가장 高性能의 保護繼電方式을 適用하고, 以下로 차차 分岐系統의 이른다는 생각을 갖고 있으며 一般으로 다음과 같이 適用한다.

가) 電力系統의 基幹인 超高壓送電線은 重要도가 높고 安定度面에서 高速遮斷해야 하므로 Pilot繼電方式을 適用한다. 保護를 2重化하여 信賴度を 높였으며 1次主保護는 Static Relay를 사용한 搬送距離方向比較方式, 2次主保護는 電磁式 Relay를 사용한 搬送轉送遮斷方式을 適用하고 3相 및 單相再開路方式을 쓰고 있다.

나) 154kV系統의 主要幹線은 역시 搬送距離方向比較方式을 適用하며 3相再開路方式을 쓰고 있다. 巨長 15km未滿 또는 Cable線路에는 Pilot Wire繼電方式을 適用한다.

다) 65kV以下의 線路에 대해서는 過電流繼電方式을 適用하며 Loop系統에는 물론 方向短絡繼電器를 쓰고 있다.

마. 母線의 保護繼電方式

母線은 發變電所에 들어온 여러개의 送電線, 發電機

變壓器 등이 接續되어 있는 共通導體이므로 母線事故는 送電線, 發電機, 變壓器 등의 單獨事故에 비해 系統에 重大한 支障을 줌으로 事故除去의 遲延은 系統全體의 安定을 低下시키는 것이 된다.

이 때문에 超高壓變電所를 위시해서 重要發變電所의 母線에는 信賴도가 높은 母線保護方式을 適用한다. 比率差動電流方式은 各 Feeder의 CT 飽和特性差때문에 外部事故時에 誤動作할 우려가 있으므로 電壓差動方式을 適用하며 重要變電所는 2重母線으로하여 母線別로 區分遮斷토록 한다.

바. 事故波及擴大防止의 保護繼電方式

事故가 發生하면 各設備保護의 主保護로 處理하고 主保護로 事故處理가 안될 경우에는 後備保護가 機能을 發揮하여 安定運轉을 繼續하도록 되어 있으나 近年에 電力系統의 急激한 規模擴大와 社會的 地理的 制約條件 等때문에

- 1) 電源의 集中大形化와 遠隔化
- 2) 送電系統의 多樣化, 複雜化
- 3) 變電所의 大容量化
- 4) 設備稼動率의 上昇

등 電力系統의 安定性을 阻害하는 要因이 있어 1次의 原因이 波及하여 全系統崩壞로 發展할 우려가 있기 때문에, 이러한 最惡狀態에 이르지 않도록 系統安定을 維持할 目的으로 適用하는 것이 事故波及擴大防止保護繼電方式이다.

事故波及擴大防止策으로는 發展調整, 電源制限, 負荷制限, 系統分離 등이 있으며 무엇을 어떤 地點에서 檢出하여 어떻게 措置하는 가하는 것을 充分히 檢討하여 適用해야 한다.

表 1. 保護繼電方式適用例

機 能	檢出條件	保護繼電方式	制御內容
過負荷解消	送電所, 變壓器 등의 過負荷	過負荷保護	發電調整 負荷制限
周波數維持	周波數異常	周波數低下	揚水發電機論斷 負荷制限 重要도가 낮은 一般負荷別限
		火力系統分離	火力單獨
		系統分離	系統分斷
安定度維持	脫調時的 電氣的 異常條件	脫調分離	系統分斷
脫調未然防止 (豫測處理)	事故前 潮流遮斷器의 條件	脫調未然防止	電源制限

以上으로 保護繼電시스템을 設備하는데 있어서의 基本의 事項, 調査事項을 簡略하게 說明했으며 多少의 參考가 되었으면 한다.