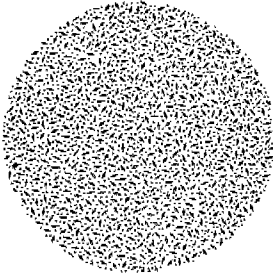


最近의 保護繼電 技術의 動向

Recent Trends on Protective Relaying Technology

(上)



白 榮 基

韓國電力公社 技術研究院
系統保護 責任專門員

1. 序 言

電力系統이나 電力機器의 運用에 있어서 非正常的인 運轉狀態나, 事故狀態는 現代技術로는 完全防止할 수는 없고 必然的으로 일어날 수 있게 마련이다.

때문에 이에 對한 保護繼電技術의 適用은 이들의 運用에 있어서 必須·不可欠하다고 할 수 있다.

電力系統이나 電力機器들이 初步의 段階에서 最近의 超高壓 系統 및 多樣한 機器들로 그 技術과 規模가 擴大·發展하여 오는 過程에서, 保護繼電技術도 이에 副應하기 爲하여 꾸준히 開發되고 進歩되어 왔으며, 더우기 最近의 半導體를 包含한 電子技術의 發達로 보다 多樣化 해지고 있다.

이러한 保護繼電技術의 最近의 動向을 分析해 보고, 또 保護繼電技術上의 對策이 要望되는 電力系統上의 問題點과 今後의 保護繼電技術에 對하여 展望해 본다.

2. 保護繼電技術의 動向

電力系統을 構成하는 各種 電力設備의 保護에 保護繼電器가 適用되어온 以來, 保護繼電技術은 電力系統의 擴大·複雜化에 따른 他意的인 要求에 依해서 또는 保護繼電器 自体의 製作·構成 技術의 開發에 依해서 그동안 끊임없이 發展되어 왔다. 이러한 保護繼電技術은 대체로 두가지 側面으로 나누어 생각할 수 있다. 即 그 하나는 保護繼電裝置의 構成 및 實體와 關聯되는 하드웨어(Hard Ware)技術이며, 또 하나는 各種 被保護設備을 保護하는 原理인 保護繼電方式에 關한 技術 即 소프트웨어(Soft Ware)技術이라고 할 수 있다. 以上の 두가지 側面에서 保護繼電技術의 變遷過程과 最近의 動向을 아래에 要約해 본다.

2-1 保護繼電裝置 하드웨어 技術의 發展 動向

1901年 美國에서 플런저(Plunger)形의 過電流 繼電器를 처음으로 電力系統 保護에 適用한 以來, 지금까지 여러가지 種類의 保護繼電器가 適用되어 왔는데, 保護繼電裝置 하드웨어의 變遷過程을 돌이켜 보면, 最初에는 주로 可動鐵心形을 開發·使用하였

으며, 1910年代에 誘導形이 開發되어 使用되면서부터, 그後 1950年代에 트랜지스터(Transistor) 形의 繼電器가 開發되어 1960年代에 實用化 될때까지는 주로 誘導形을 中心으로 한 電磁形(Electro-Mechanical Type)이 많이 使用되었다. 1970年代 以後 부터는 靜止形(Solid-State Type: Transistor)을 中心으로 하는 하드웨어 技術이 發展하여 왔으며, 특히 1980年代에 들어와서는 디지털(Digital) 形의 保護繼電器가 開發되어 앞으로의 中心的 存在가 될 것으로 思料된다. 그런데 國內의 製作技術은 1974年頃에 겨우 誘導形을 包含하는 電磁形 繼電器를 開發하여 지금까지 주로 生産하고 있으며, 靜止形은 아직 着手도 못하고 있는 實情이다. 그러나 現在 國內 電力系統에는 디지털形을 除外한 모든 形의 保護繼電器가 使用되고 있다.

保護繼電器를 그 構成部品 및 動作原理面에서 分類해 보면, 대체로 電磁形과 靜止形으로 大別할 수 있다. 또 電磁形에는 可動鐵心形, 誘導形 등이 있으며, 靜止形에는 트랜지스터를 中心으로 構成하여 使用되는 아날로그(Analog) 形과 IC(Integrated Circuit), LSI(Large Scale Integrated Circuit) 등으로 構成하여 使用되는 所謂 컴퓨터繼電器로 불리는 디지털形으로 나눌 수 있다. 最近에는 또 디지털形이 實用化되자 保護繼電器의 하드웨어를 디지털形과 從來의 電磁形, 靜止形(Transister形)을 묶은 아날로그形으로 兩分하여 取扱하고 있기도 하다.

1) 電磁形 繼電器의 現狀

電磁形 繼電器라 함은 한마디로 電氣量 또는 電力의 方向 등을 機械的인 힘으로 變換하여 接點을 開閉·操作토록 하는 것으로서 코일, 鐵心, 可動部 스프링 및 接點을 主體로 構成된 것이라고 할 수 있다. 事實 1960年代 初盤에 靜止形(Transistor形)의 繼電器가 實用化 되었지만, 60年代 中盤까지만 하여도 保護繼電器라하면 이러한 電磁形 繼電器가 그 中心을 이루었기 때문에 別途로 電磁形 繼電器란 用語는 거의 使用되지 않았다. 그러나 그後 可動部分을 갖지 않는 트랜지스터形 繼電器가 本格的으로 使用되자, 電磁形과 靜止形으로 나뉘어 불리게 되었다고 할 수 있다.

現在 實用化되고 있는 電磁形 繼電器를 그 動作原理 面에서 넓게 分類해 보면, 앞서 紹介한 誘導形, 可動鐵心形에 可動코일形과 整流形을 追加시킬

수 있다.

誘導形은 交流入力에 應動하는 것으로서, 그 可動部の 構造에 따라, 誘導平板形, 誘導円筒形, 誘導環形으로 區別되지만 誘導環形은 別로 使用되지 않고 있다. 誘導平板形은 그 動作時間特性이 入力の 크기에 따라 變하는 反限時 特性을 가지고 있기 때문에 過電流繼電器나 不足電壓繼電器, 方向繼電器, 電力繼電器 등에 오래 前부터 使用되어 왔으며 이 中에서 過電流繼電器는 그 使用實績이 가장 많아 保護繼電器의 代名詞인 것이다. 誘導円筒形은 컵形이라고도 말하며, 誘導平板形의 可動部를 컵形으로 한 것으로서 動作時間이 빠른 高速度의 繼電器로서 過電流繼電器로 부터 方向繼電器, 距離繼電器 등에 그 用途가 넓다.

可動鐵心形은 交流 또는 直流入力에 高速度로 應動하는 것으로서, 可動部の 構造에 따라 플런저形 可動鐵片形, 힌지(Hinge)形 등으로 나뉘어진다. 플런저形은 電磁力으로 可動部를 끌어 올리는 構造인데, 構造가 簡單하고 小形이기 때문에 接點容量 增大用의 補助接觸器로서 誘導平板形의 過電流繼電器 등에 附屬되어 주로 使用된다. 可動鐵片形은 電磁力으로서 可動部인 鐵片이 回轉運動을 하여 動作토록 하는 것으로서, 電流繼電器나 電壓繼電器 로서 使用되며 價格이 比較的 싼 便이다. 힌지形은 電磁力으로서 可動部를 끌어들이는 것으로서 역시 構造가 簡單하고 小形이기 때문에 補助繼電器나 靜止形 繼電器의 出力 繼電器 또는 誘導平板形 過電流繼電器의 瞬時要素로서 使用되고 있다.

可動코일形은 永久磁石의 磁束가운데에 直流電流을 흐르게 하는 可動코일을 넣어, 直流電流의 方向에 따라 動作시키는 有極性的 直流繼電器이다. 이 繼電器는 小勢力으로 動作할 수 있는 長點이 있어 整流形 繼電器의 直流 極性 檢出素子로서 使用되고 있다. 또 베타繼電器로 불리는 것도 可動코일 形의 一種이다.

整流形 繼電器는 交流量으로 應動시키는 繼電器의 一種으로서, 交流量을 整流한 後에 直流로서 動作시키는 繼電器 素子를 使用한다. 이러한 整流形 繼電器로는 過電流繼電器, 方向繼電器, 距離繼電器 등이 있다.

以上 電磁形繼電器의 種類와 使用現況에 對하여 概略의으로 살펴 보았으나, 솔직히 現在 時點에서

볼때 電磁形 繼電器는 小形化에 限界가 있고, 複雜한 保護機能의 特性을 얻기 어려울 뿐 아니라, 消費負擔이 크며, 接點의 保守가 必要하는等 靜止形 繼電器에 比하여 短點이 많은 便이다. 그러나 電磁形 繼電器 나름대로 靜止形에 比하여 長點도 가지고 있다. 即 周圍에서 發生되는 서지(Surge)나 노이즈(Noise)에 강한 特性을 가지고 있으며, 短時間的인 過負荷耐量이 클 뿐아니라 保護繼電器의 重要한 要素인 動作信賴度도 높고 保守點檢도 便利한 便이다. 또한 價格的인 面에서 볼때도 現在 時點에서는 靜止形에 比하여 매우 有利한 實情이다.

따라서 電力系統의 構成이 複雜한 上位 電壓系統에는 高度의 保護技術이 要하므로 靜止形(Analog또 Digital形)을 適用하는 것이 바람직하겠지만, 下位 電壓系統의 경우는 保護性能, 重要度, 價格等을 綜合 判斷하여, 어떤形의 繼電器를 使用하는 것이 보다 有益한가를 判斷後 決定하는 것이 바람직 하겠다.

2) 靜止形 繼電器의 現況과 展望

靜止形 繼電器라 함은, 트랜지스터, 다이오드 등으로 부터 IC, LSI等에 이르는 半導體를 中心으로 한 電子部品을 使用하여 構成한 繼電器로서, 可動部를 갖지 않는 無接點繼電器를 通稱하는 것이다. 靜止形 繼電器는 한마디로 現代 電子技術의 產物의 一種이라고 할 수 있다. 1948년에 트랜지스터가 發明된後, 트랜지스터가 지닌 高性能의 特性이 保護繼電器에 導入되어 高感度, 高速度, 低負擔化로 性能이 改善된 單體形의 트랜지스터 繼電器가 1960년대부터 實用化되었고, 1970년대 부터는 이른바 全靜止形의 保護配電盤이 高性能의 保護技術을 要하는 電力系統保護에 適用되었다.

그러나, 電力系統이 점점 擴大·複雜化 됨에 따라 지금까지의 아날로그形 靜止形 繼電器로는 充足시킬 수 없는 새로운 保護技術이 要求되고 또 半導體 技術의 發達로 마이크로 컴퓨터가 登場함에 따라 保護繼電技術도 컴퓨터를 利用한 即 디지털形의 靜止形 繼電器가, 1969年 美國에서 研究發表된 以後 12年만인 1981년에 日本에서 最初로 實用化하기에 이르렀다. 한편 國內 電力系統에도 世界的인 趨勢보다는 늦지만 1976年 345kV 系統 導入時에 單體形 트랜지스터 繼電器를 使用케 되었으며, 1979年 頃부터 全 靜止形의 配電盤을 導入 使用하고 있다.

아날로그形의 靜止形 繼電器는 대체로 入力部, 軋타合成部, 檢出部, 出力部等 4個의 機能 블럭으로 構成되어 있다. 入力部에서는 電力系統이나 機器로부터 電壓·電流를 받아서 絶緣함과 同時에 信號레벨을 變換한다. 다음의 軋타 合成部에서는 判定에 必要한 入力を 合成한다. 이것을 檢出部에서는 比較·判定하며, 出力部에서 이 判定 結果를 增幅하여 接點으로 出力하게 된다.

그러나 디지털形 繼電器는 위의 아날로그形 繼電器의 4個 機能中의 軋타合成부와 檢出部 代身 마이크로 컴퓨터를 使用하여 디지털 演算에 의거 處理하는 것이다. 물론 디지털 繼電器는 内部의 處理가 디지털值이기 때문에 入力部 다음에는 A/D變換部가 必要하게 된다. 이외에 基本的 機能은 아날로그形과 同一하다. 그러나 演算處理 過程等 内部의 具體的 構成은 전혀 異質的인 것이라 할 수 있다.

아날로그形 靜止形 繼電器는 從來의 電磁形 繼電器로 製作될 수 있는 모든 種類의 繼電器, 即 單純한 過電流繼電器로부터 複雜한 距離繼電器까지 어떠한 繼電器도 製作이 可能하며, 電磁形으로는 構成이 어려운 特性의 繼電器는 물론이며, 특히 여러 가지 單體 繼電器의 機能이 複合된 配電盤形의 保護繼電裝置(全 靜止形 配電盤)까지 構成이 可能하다. 한마디로 電磁形보다는 훨씬 高感度, 高性能의 保護繼電器가 可能하며, CT, PT에의 低負擔과 規格이 小形일 뿐아니라, 自動點檢이 可能하여 維持保守에도 長點을 가지고 있다.

그러나 이들 形態의 繼電器는 서지(Surge)나 周圍의 雜音에 弱하고 部品の 劣化 等에 依한 信賴度上의 問題가 아직도 남아 있으며, 高度의 保護技術에 對한 限界性 및 電磁形 繼電器에 對하여 아직까지 經濟性이 뒤떨어지는 點等의 短點이 있다.

한편 디지털形으로 現在 實用화된 것은 送電線 保護用 繼電裝置 等 몇가지에 不過하나, 理論적으로는 어떠한 既存의 保護繼電器도 마이크로 컴퓨터의 프로그램만 開發하면 可能하고 또 나아가서는 지금 存在치 않는 새로운 保護方式을 開發할 수 있는 充分한 余地가 있는 것으로 展望된다. 디지털形 繼電器는 從來의 靜止形보다도 더 優秀한 性能과 機能이 可能하고, 信賴性도 훨씬 向上시킬 수 있으며 動作特性을 프로그래밍하여 바꿀 수 있기때문에 融通性이 있고, 小形化·標準化할 수 있는 利點이 있

기 때문에 未來의 保護繼電裝置를 代表할 수 있을 것으로 思料된다. 그러나 現在 時點에서 볼때 問題點도 없지는 않다. 디지털 特有的 誤差 處理問題, 各種 서지나 노이즈에 對한 對策, 自体 트러블 發生時 應急復旧가 어렵고 部品の 特性向上 및 試驗項目·方法上的 問題, 内部 시퀀스(Sequence) 解析上的 어려움, 高精度의 情報傳送路 確保問題, 經濟性等的 側面에서 보다 確實한 對策이 講究되어야 할 것이다.

디지털形 保護繼電器가 아무리 優秀한 性能을 가지고 있다 하더라도, 既存의 電力系統에 運轉中인 모든 다른形의 繼電器를 전부 代替할 수는 없을 것이다. 그리고 下位 電力系統 및 機器保護에까지 高價의 디지털形을 運用하는 것은 非經濟的이 될 것이다.

따라서 이들 여러가지形의 保護繼電器는 超超高壓으로부터 低壓에 이르기까지의 넓은 適用範圍 가운데, 各各 要求되는 保護機能, 信賴度, 經濟性 등의 레벨에 따라 電磁形繼電器나 아날로그形 靜止形繼電器 또는 디지털形 繼電器中 各各의 長點을 充分히 살려서 適用하는 것이 바람직 할 것으로 思料된다.

2·2 保護繼電方式(소프트웨어)의 多樣化

保護繼電方式이란 電力系統 또는 電力機器를 保護할 수 있는 機能과 原理라고 할 수 있다. 따라서 多種·多樣한 電力設備의 種類와 特性때문에 그 保護繼電方式의 種類도 매우 多樣하다.

예를 들면 過電流繼電方式, 方向繼電方式, 差動繼電方式, 距離繼電方式, 方向比較繼電方式, 位相比較繼電方式等 現在 電力系統에 適用되고 있는 保護繼電方式은 以外에도 많으며, 또 繼續해서 새로운 保護方式이 開發되고 있다. 이러한 여러가지의 保護繼電方式 全部에 對하여 記述하는 것은 紙面上의 制限이 있기 때문에 重要한 몇가지 電力設備에 對한 保護繼電方式의 現況과 趨勢를 展望해 본다.

1) 送電線 保護繼電方式

送電線 保護繼電方式은, 送電線이 電力系統에서 차지하는 比重과 그 事故頻度 때문에, 全体 電力設備 保護繼電方式中에는 가장 中心的인 存在이며, 高度로 發展·改善된 方式이라고 할 수 있다. 送電線 保護繼電方式은 送電系統의 發展과 더불어 여러가지 種類가 開發·適用되어 왔으며, 現在까지 適用

되어온 保護方式의 種類는 數十個에 達하고 있다. 우선 그 保護原理 面에서 分類해 보면, 대략 다음의 7가지로 大別할 수 있다.

- 過電流繼電方式
- 電流(電力) 平衡繼電方式
- 距離測定方式(距離繼電方式)
- 方向比較繼電方式
- 電流位相比較繼電方式
- 差電流 原理를 利用한 方式(表示線繼電方式, 傳送電流 差動繼電方式 等)
- 其他方式

다시 이들 保護方式을 그 發展過程과 事故區間 選擇遮斷 性能向上的 順序로 分類해 보면,

- ① 過電流繼電方式
- ② 平衡繼電方式(電流 또는 電力)
- ③ 距離繼電方式
- ④ 파일럿트(Pilot)繼電方式 等を 들 수 있다. 이들 各各의 方式을 다시 細分하면 30餘個의 方式으로 나누어진다.

이들中에서 電力系統의 主幹 送電系統 保護에 適用되는 主保護方式(파일럿트繼電方式)의 變遷過程을 보면, 美國에서 1930年代 初에 電力線搬送 方向比較繼電方式이 처음으로 實用化 되었으며, 日本에서는 이보다 20年 程度 뒤인 1950年代에야 使用하기 始作했다. 이즈음에 運送遮斷繼電方式과 表示線繼電方式도 同時에 使用되고 있었다. 그後 1960年代 初에 位相比較繼電方式이 登場하여 保護性能을 한층 높였으며, 1970年頃에는 最初로 全 靜止形(트랜지스터)의 位相比較繼電方式이 實用化되어 그때까지 適用되어온 保護方式과 같이 使用되기 始作했다 1970年代에는 方向比較繼電方式도 非阻止方式과 全 靜止形이 開發되었으며, 轉送遮斷繼電方式과 表示線繼電方式도 多樣化되었고, 位相比較繼電方式은 單位相에서 複位相方式, 各相位相比較方式으로 保護性能이 점차 改善·進歩하였다. 그後 1970年代末頃에는 아날로그形 轉送電流差動繼電方式(FM式)이 日本에서 最初로 適用되기 始作하였으며, 곧이어 1981년에 所謂 컴퓨터繼電器라고 할 수 있는 디지털形으로 構成된 傳送電流差動繼電方式(PCM式)이 系統에 適用되었다. 이方式이 가장 最近의 그리고 가장 進歩된 送電線保護繼電方式이라고 할 수 있다. 이렇게 主幹 送電系統의 主保護方式은 多樣하고 華

麗하게 開發·適用되어 왔지만, 이른바 後備保護繼電方式은 基本的으로 큰 變化없이 段階限時 距離繼電方式과 方向過電流繼電方式이 그대로 適用되어 오고 있다고 할 수 있다.

한편 國內 電力系統에의 主幹 送電線 保護繼電方式의 適用 狀況을 보면, 1962年度에 當時 主幹 送電系統인 154kV 系統에 主保護方式으로 段階限時 距離繼電方式을 처음으로 適用하였으며, 1968年 154kV 系統 直接接地 時부터 主保護方式으로 方向比較繼電方式을 適用하기 始作하였다.

그後 1976年 345kV 送電系統 導入 等の 過程을 거쳐 지금까지 繼續해서 最初에 適用했던 主保護方式을 그대로 使用하고 있다. 물론 轉送遮斷繼電方式이나 表示線繼電方式을 일부 導入 適用하기는 하였지만, 主流는 역시 方向比較繼電方式(阻止方式)이라고 할 수 있다. 우리도 現在 保護方式의 問題點들을 改善하고 앞으로의 系統의 複雜化에 對備하려면, 좀더 改善·進歩된 保護繼電方式을 擇採하는 것이 바람직할 것으로 思料된다.

2) 發電機 保護方式

發電機 保護繼電方式은, 發電機의 種類(円筒形, 突極形)에 따라 또는 容量, 中性點接地方式, 原動機의 種類, 冷却方式, 製作會社 等に 따라 다소 다르게 適用되고 있다. 最近에 와서 大容量의 發電機가 複雜한 電力系統에 連結·運轉됨에 따라 새로운 保護繼電方式이 追加는 되고 있지만, 同期發電機가 電力系統에 運轉된 以來, 傳統的인 保護繼電方式들이 꾸준히 適用되어 왔다고 할 수 있다. 그러나 그동안 保護繼電器 하드웨어技術의 發達에 따라 感度 및 性能向上은 繼續 進歩되고 있다.

大容量의 發電機 保護繼電方式을 中心으로 最近에 附加 또는 改善되고 있는 保護方式에 對하여 記述해 보면, 固定子 卷線 地絡事故 保護用으로 從來에는 過電流繼電方式이나 地絡過電壓繼電方式, 差動繼電方式 等이 使用되었으나, 이들은 95% 未滿 程度의 保護方式 밖에 되지 못하였다. 그러나 最近에는 第三高調波分을 導入한 100% 保護方式이 適用되고 있다. 또 逆相電流 耐量의 減少에 따른 多樣한 特性의 逆相繼電器의 開發適用, 界磁喪失保護에 過去의 直流 低電流繼電器에서 距離繼電器(Offset-Mho形)로 또 二段階의 距離繼電方式으로 發展되고 있다. 이 밖에도 發電機用 主遮斷器의 相 不平衡

關閉時의 保護方式, 同期脫調 保護方式의 追加等이 이루어지고 있다. 우리 電力系統에 앞으로 設置 될 大型 發電機들에 對하여서도 위에 言及된 새로운 保護技術이 漏落없이 適用되도록 해야 할 것이다.

3) 發·變電所 母線 保護繼電方式

最近 電力系統이 高電壓·大容量化로 複雜하게 構成되어 감에 따라 母線의 役割과 母線保護의 重要性이 한층 높아가고 있다. 한편 母線의 種類도 從來의 架線式 母線에서, 알루미늄 파이프의 支持式 母線, 개스 絶緣 母線 등으로 多樣해지고, 그 構成도 單母線方式에서 二重母線, 切替母線, 1·5 遮斷器母線, 링(Ring)母線 등으로 種類가 細分化되고 있을 뿐 아니라 大規模 二重母線의 경우는 母線 區分運轉方式을 適用하고 있다. 이렇게 母線의 構成이 多樣化됨에 따라, 그 保護方式도 初期의 單純한 電流差動原理의 保護繼電方式에서 電壓差動繼電方式으로, 다시 位相比較繼電方式 및 位相比較 比率差動原理의 繼電方式으로 發展·改善되고 있다. 특히 最近에 많이 適用되고 있는 位相比較 原理의 母線區分 保護方式은 母線事故가 大型 系統事故로 擴大되는 것을 防止하는데 큰 寄與를 하고 있다.

4) 其他 保護繼電方式

위에서 言及한 分野 外에도 配電線, 變壓器, 電動機, 리액터(Reactor), 靜電蓄電器(Series & Parallel Capacitor), 다이리스터(Thyristor) 등의 各種 電力設備와 全体 電力系統, 發電所, 變電所, 需用家系統 等の 모든 電力系統 分野에서의 技術의 進歩와 規模의 擴大·複雜化에 따라 새로운 保護方式이 要求되어, 保護繼電技術은 끊임없이 改善·發展되어 多樣化하고 있다.

〈다음호에 계속〉