

電氣設備의 信賴度向上과 事故未然防止를 爲한 深層欠陷 診斷技術 (上)

Reliability Promotion and Diagonis Techniques of Electric Facilities

韓 萬 春

(延世大學校 工科大學 教授)

1. 머리말

電氣設備의 信賴度向上은 結局 電氣事故 未然防止를 爲한 診斷技術을 活用하여 事故를 未然에 防止하고 또 一旦 事故發生時에는 그 復舊 回復을 迅速, 正確하게 함으로써 이루어 진다는 것은 再言할 必要가 없다. 그러므로 本稿에서 는 最近의 電氣事故 未然防止를 爲한 診斷技術의 發展에 對하여 言及하고자 한다.

2. 設備診斷技術發展의 推移

表1은 設備診斷技術의 時系列的인 變化를 整理하여 본 것이다.

여기서 第1段階는 過去의 段階로서 가령 操作盤이나 運轉盤에는 計器類가 있어서 運轉者가 보고 設備의 故障與否를 알 수 있다. 그러나

異常徵候, 즉 故障이 날 것 같다는 情報은 그냥 은 언기가 困難하고 사람의 五感, 즉 만져보거나 소리를 듣거나 눈으로 보거나 또는 냄새를 맡는 등의 이른바 五感에 依存할 수 밖에 없다. 즉 이제까지의 設備의 維持保守는 오랜 經驗을 갖고 技能의 熟練된 保守專門人의 五感에 의해서 이루어졌다고 할 수 있다.

이에 對하여 現在는 第2段階라고 할 수 있다 즉 檢出端에서 信號를 잡아 내서 異常徵候를 檢知하고 이에 따라서 故障發生을 未然에 防止할 수 있는 措置를 할 수 있는 情報를 提供할 수 있다. 이를 爲해서 가령 絶緣診斷裝置 回轉機 診斷裝置, 制御回路 診斷裝置 또는 電動機 등 여러 設備에 對한 診斷裝置가 많이 開發되고 實用化되고 있는 것이 現在의 段階라고 할 수 있다.

第3段階는 未來의 段階이다.

設備診斷技術의 開發에서 問題가 되는 것은 設備故障이 그 自体만이 原因이 아니고 가령 操作業의 設定方法이 나쁘기 때문에 일어나는 境遇도 있다. 따라서 시스템이나 프로세스의 出力이 나빠질 것 같다는 것을 檢出할 수 있어야 한다.

즉 이제까지의 設備診斷技術은 物理學 電氣工學 機械工學 등 縱으로의 專門技術로 處理할 수 있었지만 시스템이나 프로세스 全體의 診斷에

〈表-1〉 設備診斷 技術發展의 推移

第1段階	第2段階	第3段階
異常徵候의 檢知는 사람의 五感에 依存한다.	設備에 對한 異常徵候가 檢知되고 故障을 未然에 防止하기 爲하여 必要한 情報를 얻을 수 있다.	시스템이나 프로세스 性能에 對한 異常徵候를 檢知하고 그 出力의 劣化를 最小로 줄일 수 있는 情報를 얻을 수 있다.

있어서는 이러한 여러 技術을 綜合한 廣域의인 接近으로서 性能診斷의 方向이 되는 것이다.

3. 電氣事故의 事例와 電氣事故未 然防止를 爲한 深層欠陷診斷

實際에 있어서 다음과 같은 電氣事故가 惹起 되는 경우가 많다. 즉

① 保護繼電器 試驗을 每年 充實히 하고 있는 데도 不拘하고 事故가 波及된다.

② 當然히 빨리 動作하여야 할 下位係統의 短時限 過電流 繼電器가 不動作으로 上位에 事故가 波及된다.

③ 絶緣抵抗 管理는 Meggering 은 勿論, 耐壓 試驗으로 完全을 期하고 있었는데도 不拘하고 絶緣破壞 事故가 일어난다.

이런 不測의 事故가 왜 일어나는가?

여기서는 保安規程의 表面的, 劃一的 點檢으로 는 效果를 얻을 수 없다는 것을 몇개의 事例로서 紹介하고 電氣設備의 保守點檢은 本質의 이 어야 한다는 것을 說明하기로 한다.

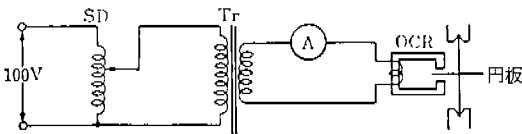
(1) 事故局限裝置로서의 保護繼電器

① 過電流 繼電器의 虛負荷試驗의 問題點

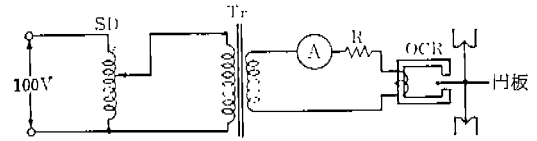
過電流 繼電器 試驗에는 一般的으로 그림 1 과 같은 携帶用 虛負荷 試驗器를 使用한다.

이때 試驗器 負荷는 鐵心이 들어간 인덕턴스 (L)이므로 電流強度가 어느 以上으로 되면 그 鐵心은 磁氣飽和하고 電流波形도 찌그러지게 된다. 따라서 歪波形에 의한 誤差의 影響으로 指針의 指示值보다도 작은 實効值가 繼電器에 흘러서 그 動作時間에 늦음이 생기고 負誤差로 된다. 이런 事實을 外面하고 良品을 不良品으로 取扱하는 경우가 있으므로 注意를 要한다.

이의 解決策으로는 그림 2와 같이 電流回路에 0.5~2 (Ω)의 抵抗을 挿入함으로써 波形을 改善할 수 있다.



〈그림-1〉 虛負荷試驗 回路



〈그림-2〉 改善된 虛負荷試驗 回路

즉 OCR의 임피던스는 워 적고 直流合成이 기 때문에 電流調整은 거의 抵抗에 의해서 이루어 지므로 磁氣飽和에 의한 歪波形의 影響이 적어지는 것이다.

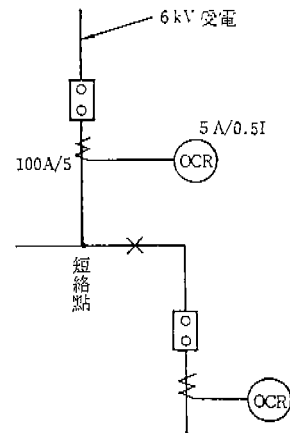
② CT特性不良에 의한 過電流繼電器의 誤動作

가. CT의 層間短絡

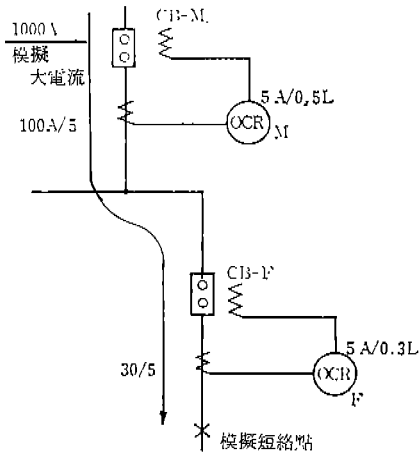
한 自家用 電氣設備에서 그림 3의 場所에서 短絡되었다. 當然히 OCR이 動作해서 主遮斷器를 開放했어야 되는데 어찌된 일인지 電力會社에 事故가 波及되었다.

그래서 OCR의 動作時限 特性을 點檢하여 보았으나 異常없이 動作하고 電力會社의 OCR과 充分히 時限協調가 되었다. 그래서 여러가지로 原因을 調査한 結果 CT의 層間短絡임을 알았다.

즉 短絡大電流가 흐르고 있음에도 不拘하고 OCR에는 忠實한 情報傳達가 되지 않고 相對的으로 電力會社의 OCR이 빨리 動作한 것이 判明된 것이다. 이 事故는 OCR의 單體點檢만으로는 完全한 것이 못되고 綜合點檢이 必要하다는 敎訓으로 되는 것이다.



〈그림-3〉 短絡事故例



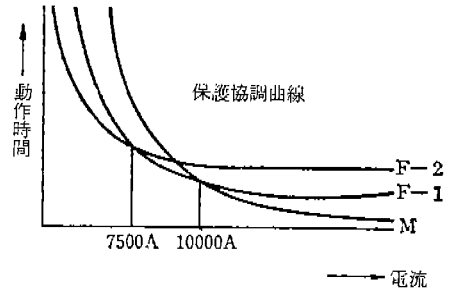
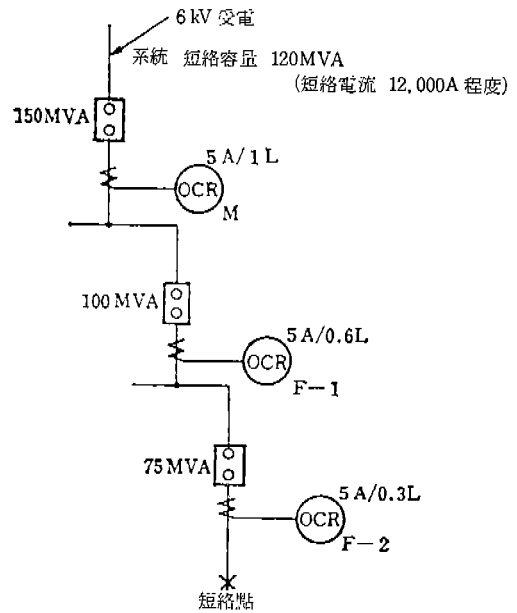
〈그림-4〉 過電流 繼電器의 1次試驗

나. CT의 磁氣飽和

위와 같은 事故가 있는 後에 高壓母線에서 OCR의 (一次) 特性試驗을 하기로 하고 그림4와 같은 高壓母線에 1,000(A)를 흘렸다. 이때 빨리 動作하는 것은 CB-F일 것으로 생각하였는데 實際로는 CB-M이었다. 이것은 CT鐵心の 磁氣飽和 때문이며 100A CT二次側波形的 實効가 30A CT의 實効值보다 크므로 時限 레바差 0.2L 分의 早期動作 效果를 넘어서 OCR-M 쪽이 먼저 動作한 것이다.

이때 30A CT는 電流計와 共用이었으므로 이것을 電流計 專用으로 하고 OCR-F 用으로는 Main과 같이 100A의 CT를 새로 設置하고 整定을 그대로 둔 채 다시 같은 試驗을 하였더니 이번에는 計算과 같이 레바差 0.2L 分의 時間만큼 CB-F 쪽이 먼저 動作해서 解決되었다. 이와 같은 例는 많이 있으며 實際의 短絡電流는 이의 10倍 程度 흐르는 것이다. 그래서 이런 때에는 CB-M의 CT가 飽和해서 위와 같이 事故가 波及할 憂慮가 있다. 따라서 다음과 같은 注意를 하여야 한다.

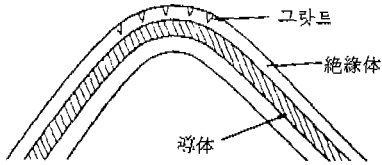
- a. 過度하게 작은 容량의 CT를 OCR用으로 使用하지 않을 것
- b. 重要한 回路에는 過電流 強度 및 過電流 定數가 큰 CT를 使用할 것
- c. PF나 瞬時要素付 OCR을 合理的으로 使用할 것



〈그림-5〉 遮斷容量과 OCR의 動作時限協調

③ 遮斷容量과 繼電器의 動作時限 協調가 거의 大部分의 自家用 發電設備에는 經濟的인 面에서 受電用 遮斷器에만 受電點에서의 短絡容量 以上の 것을 設置하고 피이더의 遮斷器는 그 以下の 것을 쓰는 것이 보통이다(그림5 參照).

따라서 피이더 遮斷器 以後에서 短絡事故가 發生한 경우에 그 遮斷器는 容量不足이므로 動作하여서는 안된다. 그러나 OCR의 整定은 末端일수록 動作時間이 빨라지도록 時限레바를 적게 하고 있다. 이 整定이 可能한 條件은 모든 遮斷器가 充分한 遮斷容量을 갖는 것이며 그 以外에는 그림5와 같이 遮斷可能電流까지는 遮斷하고 그 以上の 短絡事故 등의 電流는 上位에 보내서 最終적으로는 受電遮斷器에서 遮斷하여 外部波及이 안되도록 해야 한다(이것은 原則的



〈그림-6〉 케이블事故原因例

인 것은 PF나 瞬時要素付 OCR을 使用할 때 에는 다르다). 이것이 잘못되면 繼電器가 動作 함으로써 遮斷器가 爆發하는 事故가 일어나게 된다.

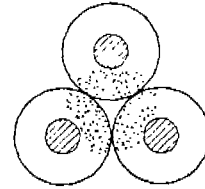
이와같은 事實은 接地繼電器에 對하여도 마찬 가지로서 設置된 電氣回路 全體의 定數를 考慮 한 感度試驗等의 維持管理를 게을리하면 感電 事故時에 不動作되는 不測의 事態가 發生할 수 있는 것이다.

以上에서 過電流 繼電器의 點檢에서의 여러 가지 盲點에 對하여 言及하였는데 一般의으로 이런 配慮가 不充分한 것이 現實이다. 따라서 今後의 保安은 綜合的 見地에서 遂行하여야 하는데 이 경우에도 事故의 局限機能만 있고 未然 防止는 어렵다. 따라서 豫防保安안이 가장 重要 하다는 것을 認識하여야 한다.

(2) 케이블의 絶緣破壞

한 受電設備의 二次側 幹線케이블의 絶緣破壞를 調査하여 보았더니 케이블 自体는 Overload되어 相當히 熱의 劣化되어 있고 그 破壞個 所는 屈曲部로서 여러번 事故가 일어났었다.

그림6과 같이 屈曲하면 絶緣體가 枯化되어 있으므로 큰 龜裂이 생긴다. 이 設施의 主任技術者는 改修할 때마다 Meggering와 技術基準에 따른 耐壓試驗 確認을 하였었는데도 事故가 繼續되므로 診斷을 依賴하였던 것이다. 이때 部分放電(코로나放電) 檢出法으로 診斷하여 相當한 코로나放電이 確認되어 相當히 危險한 狀態임을 알 수 있었다. 이것은 耐壓試驗은 平滑하게 電壓上昇을 하는데 系統中에 發生하는 開閉 Surge 등 異常電壓에 堪耐할 수 없었던 事故例이다.



〈그림-7〉 ZCT의 絶緣破壞例

(3) 코로나放電에 浸蝕된 Cambric線

그림7과 같은 ZCT에 短絡事故가 일어났는데 그 原因은 斷面圖에서 보는 바와 같이 長期間에 걸쳐서 코로나放電에 浸蝕된 絶緣物(Cambric)이 망가졌기 때문이다. 이것은 線間 絶緣破壞의 例인데 對地絶緣도 마찬가지로 코로나放電(部分放電)에 의한 劣化事故가 많다.

(4) 電氣事故 未然 防止를 爲한 深層欠陷 診斷

이와 같이 最近의 事故는 從來의 Megger를 中心으로 한 吸濕劣化判定만으로는 防止할 수 없는 要因이 相當히 많다. 特히 絶緣物中에 發生하는 void나 crack는 그 代表的인 것이며 BN케이블에 대신하여 出現한 CT케이블에도 tree 現象이 나오므로 深層部의 欠陷을 發見할 수 있는 科學的手法을 使用하여야 한다.

이에는 먼저 事故統計를 分析해서 가장 事故率이 높은 原因과 對象機器에 注力하여야 한다. 一般의으로 事故 原因으로는 自然劣化, 製作不良 및 施工不良이 큰 比重을 차지하며 이들은 深層欠陷으로서 介在되어 있다. 그 大部分은 接地事故에 연결되며 對象機器의 大部分은 P.T., C.T. 케이블 등의 乾式 絶緣機器로 乾式 絶緣部分에 事故가 惹起된다. 最近의 電氣機器의 絶緣材料는 從來의 것과 比較하면 많이 向上되었으므로 이런 深層欠陷은 在來方法으로는 發見하기 어려운 경우가 많고 高度의 綜合的 技術을 必要로 한다.

(다음호에 계속)