

韓電研究所의 82年度 研究成果

Study for '82 by



金正滉

韓電技術研究所長

I. 82年度 研究課題와 그 選定背景

1) 電力設備 豫防診斷 技術開發

産業社會로의 發展과 家庭用 電氣機器의 普及은 우리의 需用家로 하여금 停電없는 電力供給을 過去 어느 때보다 切實히 要求하고 있으며 앞으로 그 度가 더욱 커갈 것이다. 그런데 우리의 電力系統은 複雜化되고 大型化되어 1回의 停電事故로 因한 影響은 同時에 多數 需用家에게 많은 不便과 經濟的인 損失을 끼칠 수 있어 社會問題化 할 素地가 있다. 따라서 突發的인 事故가 없는 設備保全이 要求되고 있는 것이다.

過去와 같은 事故發生後에 修理 또는 交換하는 式의 事後保全方式으로는 需用家の 要求에 充足할 수 없을 뿐더러 電力事業者로서도 設備稼動率의 低下와 修理 및 代替에 따른 經濟的 損失을 감안한다면 國家的으로도 바람직하지 못한 일이므로 事故發生 以前에 設備의 狀態를 診斷하여 適時에 計劃的으로 改修 또는 代替할 수 있도록 措置하는 豫防保全方式의 開發이 必要하여 다음의 課題를 選定했다.

○發電所 復水器의 漏洩事故의 豫防診斷

○發電設備의 熔接部位의 欠陥에 對한 超音波 探傷方法

○變壓器油의 溶解가스分析에 依한 狀態判定方法

○發電所 配管系의 支持裝置의 適正調整方法

2) 送配電設計 및 維持保守에 關한 資料 調査와 研究

電力系統의 擴大와 系統의 信賴性 向上이 要求되고 있으나 各種 電力設備은 山岳이나 海岸隣接地域에 까지 擴張되어 自然現象으로 因한 風雪害, 雷害, 塩害가 電氣設備事故의 原因이 되고 있어 이의 減少對策 講求의 資料로 다음 課題를 選定하였다.

○送電鐵塔 過渡接地 抵抗 特性 및 低減對策

○配電用 碼子類 特性 檢討

○島嶼地區 配電用 鐵塔設計 資料測定

○塩害汚損圖 作成

○IKL圖 作成

○大需用家 負荷曲線 資料測定

3) 新에너지開發에 關한 技術調査

脫石油電源開發의 要請에 副應하여 石油資源이

全혀 없는 우리나라로서는 世界的으로 널리 分布되어 있고 埋藏量이 豊富한 海外 有煙炭의 輸入使用이 不可避하여 輸入有煙炭 使用을 目的으로 建設中인 三千浦 및 高亭等 發電所의 竣工運轉에 對備하여 國內 無煙炭과는 特性이 判異한 海外 有煙炭의 諸般 特性과 取扱技術에 關한 資料를 수집하여 當該 發電所의 勤務者는 勿論 其他 關聯者의 參考가 되도록 하였다.

또한 自然에너지로서의 風力과 小水力에 關한 事項도 部分的으로 取扱하였다.

4) 環境影響에 關한 研究

石炭火力의 增加와 發電所基地의 大容量化에 따라 冷却水의 海洋 生態系에 미치는 영향, 石炭輸送과 貯藏過程에서 야기되는 炭塵 飛散에 依한 公害問題, 石炭燃焼에 따른 硫黃酸化合物, 窒素酸化合物과 排煙內의 粉塵에 依한 公害, 그리고 多量으로 發生할 石炭灰에 依한 土壤, 水質汚染과 灰處理場 確保難等 問題點이 漸次 擴大될 것이 豫想되어 그 影響을 合理的이고도 迅速하게 評價할 수 있는 環境影響 評價手法의 開發과 公害防止對策이 要求되고 있다.

○發電所 沿岸海水 汚染度 測定과 冷却水의 영향 調査

○新設發電所의 建設前과 稼動後의 環境영향 評價

○石炭灰 利用方案 研究 등을 取扱했다.

II. 82年度 研究成果

1) 送電鐵塔接地의 過渡特性 및 低減 對策研究

雷擊時 送電線 逆閃絡事故의 減少를 위해서는 鐵塔 塔脚의 接地抵抗値를 낮게 함이 重要하나, 鐵塔에 들어오는 雷擊電流는 衝擊性 서어지電流이므로 鐵塔接地는 過渡値의 見地에서 考慮되어야 한다.

그러나 지금까지는 定常値를 測定하여 適用해 왔으므로 過渡値에 對한 目標値의 檢討와 效果인 過渡接地 抵抗의 低減對策 研究가 必要하게 되었다.

本 研究에서는 格子圖 理論으로 부터 逆閃絡 臨界雷擊 電流를 計算한後 年間 架空地線 總落雷回數

(100km當)와 雷擊電流 및 峻度の 確率分布 函數로부터 逆閃絡發生率(LFOR)을 計算하여 鐵塔 塔脚接地의 目標値를 檢討하였으며, 아울러 塔脚接地의 過渡 特性調查와 低減對策을 研究하였다.

檢討結果 현재 韓電에서 適用하고 있는 鐵塔 塔脚接地의 目標値는 本 計算에서 154kV T/L은 LFOR이 2回/100km/年 정도이고, 345kV T/L은 0.7回/100km/年 정도이며, 이때 過渡値도 目標値以下가 되도록 規制할 必要가 있다.

그리고 鐵塔接地의 過渡特性은 토양의 도전을 유전율 및 接地裝置 形狀 등의 影響을 많이 받으며, 時間이 경과함에 따라 초기의 서어지임피이던스의 값에서 大地에 대한 전체 합성누설저항치(定常抵抗値)에 접근하게 된다.

過渡値의 低減을 위하여 定常値뿐만 아니라 초기 서어지임피이던스, 임펄스임피이던스의 低下와 過渡時間을 짧게함이 重要하다.

埋設地線 전체의 길이는 같으나 條數를 증가하던 초기의 서어지임피이던스와 임펄스임피이던스를 大幅 減少시킬 수 있으며, 條數의 증가에 따라 埋設地線의 길이가 짧아지므로 이에 따라 過渡時間도 짧아진다. 즉, 이것은 過渡値를 低減할 수 있는 有效한 方法이 된다.

그리고 分布接地(긴 埋設地線 등)의 施行으로 定常値는 상당히 낮게 할 수 있으나 過渡値는 높은 경우가 많으므로 이 경우에는 塔脚 가까이에 集中接地(多數의 짧은 地線 또는 多數의 接地棒 등)를 並用함으로써 過渡値를 크게 낮게 할 수 있다. 이는 定常値는 目標値보다 낮으나 過渡値가 目標値를 초과하는 鐵塔接地에 對한 補修에 效果인 對策이 될 수 있을 것이다.

아울러 經濟的인 接地設計를 위한 임펄스임피이던스에 對한 埋設地線 有效長 決定에 關하여도 論하였으며, 深打接地工法과 저감제의 最適適用에 대해서는 계속 檢討되고 있다.

2) 熔接部位에 대한 超音波 探傷法

發電設備는 高溫高壓 狀態에서 運轉되고 있으며 많은 熔接部位를 가지고 있다.

이 熔接部位는 設備의 大容量化와 長期間 運轉되어감으로 인하여 熔接欠陥에 의한 事故가 자주 發生되는 實情이다. 따라서 이 熔接部位에 대한 信賴

性 確保를 위한 適切한 檢査方法의 確立은 더욱 重要한 課題로 대두되고 있다.

이 熔接部位에 대한 檢査方法으로서 放射線 檢査 浸透探傷 檢査 등이 있으나 超音波探傷 檢査法은 보다 더 精密하고 速応性이 있는 등 長點이 있다.

그러나 波形解釋의 어려움과 방해 에코(Echo)의 發生이 檢査에 支障을 주므로 이 研究課題에서는 理論과 實驗을 통하여 各種 欠陥의 分類와 發生原因, 欠陥에 대한 探知技術, 방해에코의 判別要領, 探知된 欠陥의 定量化 方法, 檢査結果의 判定方法에 관한 技術을 体系化하였다.

熔接部位에 대한 超音波 探傷의 適用時에 방해에코의 發生과 誤判을 防止하기 위하여서는 檢査前에 熔接이음의 設計 및 仕樣의 調査를 正確히 해야하며, 欠陥種類的 分析方法으로서는 에코높이에 의한 方法, 走査에 의한 方法, 波形의 관찰로서 分析하는 方法 등이 있고, 氣空, 슬래그(Slag) 등의 球形 欠陥에서는 振子走査法을 적용하고, 龜裂, 溶込不足 등의 平面形 欠陥에 대하여는 前後 및 雙探觸子法, 길이형 欠陥에서는 前後走査法과 探傷 角度 變換法 등을 適用함이 適合하다.

欠陥의 位置는 삼각함수 또는 欠陥位置 계산자로서 算出할 수 있고, 欠陥의 크기는 距離感度 補正用 자(DGS Scale) 또는 距離振幅 特性曲線의 사용이 必要하다.

檢査結果의 分類方法으로는 JIS Z 3060에서는 欠陥을 1급~4급으로 分類하여 判定하고 있고, ASME-Sec V에서는 基準感度の 20%를 超過하는 欠陥으로서 被試驗體의 두께別로 一定欠陥 크기를 超過하면 不合格 判定하고 있다.

한편, 各種 人工欠陥을 심은 熔接試驗片에서의 欠陥에 대하여 超音波 探傷을 한 結果와 放射線 透過試驗을 한 사진을 比較分析함과 동시에 試驗片의 欠陥을 切斷하여 본 結果, 超音波 探傷法의 適用으로 欠陥의 位置, 種類, 形狀, 欠陥크기의 判定에 대한 性能이 다른 檢査方法에서 보다 綜合적으로 優秀함을 알 수 있었다.

結論으로, 독일 Krautkrämer社, GE社의 技術基準과 先進國 規格類 및 實驗結果와 現場經驗을 土台로 「熔接部位에 대한 超音波 探傷技術 基準(案)」을 作成하여 檢査技術을 体系化하였다.

3) 缺陷檢出器(Trouble Shooter)를 利用한 復水器 漏洩事故 豫防에 관한 研究

火力發電所의 復水器 Tube 漏洩事故는 蒸氣系統에 海水가 混入하게 되는 結果가 되어 蒸氣管系統을 腐蝕시키는 原因이 되므로 1個 發電 Unit당 10,000~20,000個 程度로 많은 Tube中에서 바늘구멍만한 크기의 미소한 결함이 發生되어도 出力減發 및 發電停止까지 하는 境過로 進展하게 된다.

이 復水器의 漏洩事故中에서도 Tube의 入口와 出口部分의 擴管部位의 漏洩個所의 發見은 復水器內의 眞空狀態를 利用하여 촛불, 비누거품, 비닐 등의 吸入與否에 依하여 判斷은 既存方式으로는 探知가 어려워 發電所 運營上 많은 問題點으로 되어 왔다.

近來 美國에서는 이 擴管部位의 漏洩狀態의 檢出이 可能한 缺陷檢出器를 開發하여 復水器의 漏洩個所 探知技術을 開發 部分的으로 適用하고 있으며 日本도 이 分野는 開發初期 段階이다.

우리 研究所에서도 이 缺陷探知器를 緊急導入하여 오랫동안 問題點으로 되어온 復水器 Tube 및 擴管部 漏洩問題를 解決하고자 湖南 T/P 2號機, 서울 T/P 3號機 復水器를 選定 現場試驗을 實施 機器의 特性 및 漏洩部位 檢出技術을 研究하였다. 그 結果 復水器 內에는 10,000~20,000個 程度의 많은 Tube가 密集設置되어 있으므로 인하여 缺陷檢出器의 音波는 妨害物이나 固形物이 있으면 通過하지 못하여 制限된 範圍만 檢出 可能함을 알았다. 또한 超音波를 發生시키는 發振器 1個로는 45° 圓錐方向으로 傳波되며, 85m³ 程度 空間의 缺陷狀態를 探知할 수 있었다.

그러므로 超音波發振器는 漏洩部位가 豫想되는 가까운 場所에 設置하여야 하고 그 數量은 漏洩豫想 個所에 따라 調整되어야 한다.

그리고 復水器의 構造에 따라 發振器의 數量 및 位置選定이 適正하게 되어야만 漏洩部位에 대한 精密點檢이 可能하다. Trouble Shooter로서 點檢이 可能한 部位는 一般压力容器, 熱交換器 Tube 漏出部分, 各種 配管資材熔接部, Bearing, Gear類 등의 初期破損狀態, 電氣的 放電狀態, Steam Trap

動作狀態, 其他潤滑狀態, Tank 漏出部 檢査 등을 할 수 있고 使用者의 研究開發에 따라 多樣한 用途로 利用할 수 있다.

이번 研究結果를 土台로 앞으로 機器特性 및 發振器 位置選定, 感度調整 基準 등의 檢出技術을 現場에 適用하겠다.

4) 變壓器 熔解 Gas 分析에 依한 狀態 判定 方法 研究

電力系統의 大容量, 高電壓化 추세에 따라 變壓器가 大型化되고 需用家에 對한 信賴度 向上이 더욱더 요망되고 있는바 從來에 主變壓器 事故豫防 方法으로 實施해 온 電氣的 試驗으로는 事故의 發端이 되는 初期段階 부터의 微少한 異常을 檢出하는 것이 困難할 뿐 아니라 大部分이 一時 運轉停止를 要하는 등의 不便이 따르고 있었다.

따라서 우리 研究所에서는 先進外國에서 活用하고 있는 變壓器油中 Gas 分析에 依한 異常診斷法을 도입하여 變壓器 事故發生을 最少限으로 抑制하고져 82年度에 330臺의 送變電用 變壓器 및 發電用 變壓器를 對象으로 Gas 分析을 實施하였다. 變壓器油中 Gas 分析에 依한 異常診斷이란 油入變壓器 內部에서 Arc, Corona 過熱 등의 異常現象이 發生하면 그 部分의 絶緣材料나 油가 損傷을 받아 熱分解에 依하여 特有的 Gas를 發生하므로 絶緣油中의 可燃性 Gas를 定期的으로 分析하여 Gas의 種類 및 量에 따라 變壓器의 異常有無를 判定診斷하는 것이다.

異常으로 判定된 變壓器는 狀態의 判定 結果에 따라 즉시 解体點檢하거나 또는 經時變化를 追跡 調查하여 적절한 時期에 運轉中止하여 內部點檢 修理 등을 行할 수 있도록 함으로써 變壓器事故를 事前에 豫防할 수 있다.

82年度에 Gas 分析結果 異常狀態로 診斷된 100여臺의 變壓器中 狀態가 惡化된 것으로 判斷된 9臺의 變壓器에 對하여 內部點檢을 實施한 結果 4臺에서는 異常個所를 發見하여 事故를 豫防할 수 있었다.

그러나 其中 3臺는 送變電用 變壓器로서 Divert 室의 Seal 불량 등에 依한 누유 및 Gas 누설로 本體油中 Gas 量을 증가시켜 誤診을 招來한 것으로 判定되었다. 따라서 향후 Gas 分析에 依한 內部異

常狀態 判定의 正確율을 높이기 위해서는 送變電用 變壓器의 Divert 室의 Seal 보수 및 Gas 누설에 對한 보수가 先行되어야 할 것이다.

나머지 2臺는 發電用 變壓器로서 總可燃性 Gas 量이 異常 Level을 초과하여 現場에서 內部點檢을 實施하였으나 異常個所를 發見치 못하였다. 이는 事故部位에 따라 現場調査로서는 點檢할 수 없는 부위가 있으므로 차후 주기적으로 Gas 分析에 依한 追跡調査를 實施하고, Gas 增加量이 異常狀態로 判定될 경우, 工場으로 移送하여 完全解体 點檢을 해야 한다.

83년에는 油中 Gas 分析과 아울러 電氣的 豫防診斷法을 開發함으로써 綜合診斷體制를 갖추고 診斷技術 蓄積으로 보다 完全한 事故豫防을 기하도록 할 것이다.

5) 配電用 碍子類 特性檢討 (配電線 絶緣事故 防止對策을 中心으로)

配電線路의 設備事故中 碍子事故의 占有率이 77年 以後 急激히 增加하여 80年度에는 27%에 達하였다. 이와같은 碍子事故는 碍子自體의 破損만이 아니고 線路의 停電을 誘發하게 되므로 電力의 安定供給이란 側面에서 時急한 對策이 必要하게 되었다. 따라서 本 研究에서는 事故現場을 中心으로 事故統計와 事故狀況을 調査한 結果 事故品의 大部分이 國產碍子로서 74%가 碍子自體의 品質不良으로 인한 것이며 26%가 電氣的 閃絡에 依한 것으로 나타났다. 또한 事故碍子の 特徵으로 製作年度에 따라 不良率이 增加하며 製作後 3年以上 부터는 높은 不良率을 보이고 있어 國產碍子の 經年變化 特性檢討을 위하여 機械的 또는 電氣的인 加速劣化試驗과 劣化時 電氣的 特性의 變化를 實測하였다. 그 結果 國產碍子는 外國產에 比해 劣化速度가 대단히 빠른 것으로 確認되었으며 그 原因이 碍子の 磁器質보다 構造設計의 未熟과 品質管理의 不足으로 判明되어 이에 必要한 對策으로서

① 磁器結合用 시멘트의 硬化率과 吸水率을 줄이고 凍結膨脹을 考慮한 緩衝措置로 彈力性 페인트를 塗布한다. ② 磁器의 曲部 R을 되도록 크게 하고 얇은 부분이 생기지 않도록 設計한다.

③ 品質管理는 工程別로 實施하고 각 工程마다 必要한 試驗을 實施한다.

등을 提示하였다.

둘째로 配電線路의 絶緣設計에 대한 問題點을 檢討하기 위해 碍子의 個別 絶緣特性 卽 實使用狀態에서의 閃絡特性 및 V-t 特性試驗 등을 實施한 結果 現 配電線路에는 COS 碍子が 絶緣設計上 脆弱部分으로 나타나 COS 碍子の 漏洩 및 閃絡距離를 增加시킬 것, 또 重汚損地域의 絶緣設計에는 線路用으로 라인포스트碍子, 器機支持碍子에는 TR-208, 引留用으로 懸垂碍子(191m/m) 3個連 以上을 使

用할 것을 提案하였다.

세째로 近來 電波媒体의 利用이 擴大, 高度化됨에 따라, 電波公害에 對한 엄격한 規制가 豫想되므로 碍子の 라디오 雜音電壓(RIV) 抵減을 위하여 特高壓 禰碍子是 禰과 磁器部를 結合할 때 空間이 생기지 않도록 禰上部의 構造改良이 必要하고, 絶緣電線을 使用할 경우에는 電線支持部分의 被覆을 벗기는 것이 效果的인 것으로 알려졌다.

故事와 現代經營 ⑦

九 牛 一 毛

九牛一毛은 글자 그대로 아홉마리 소 가운데 한개의 털과 같이 많은 것 가운데 아주 적은 수, 큰일 중에 보잘것 없는 적은 일에 대하여 쓰는 말이다.

世上事에는 九牛의 一毛라도 버릴 수 없는 경우도 있지만 이 말의 경우는 語源에 의하여 많은 수에 대하여 보잘것 없는 적은 수 큰일에 대하여 하찮은 존재로서 適用해야 한다.

〔原典〕 文選記 司馬遷 報任少卿書, 假令僕伏法受誅 若九牛亡一毛 輿螻蟻何以異

〔解釋〕 이것은 文選이라는 책에 있는 기록이다. 司馬遷이 任少卿에게 보내는 글 가운데 “가령 내가 法에 伏하고 誅를 받는다 하더라도 세상에서 볼 때는 아홉마리 소의 많은 털 중에 하나를 잃은 것 같고 한마리의 개미새끼와 다를 것이 무엇이냐(그러므로 아무 이롭도 없는 하급관리인 내가 형벌에 치욕을 느끼고 죽더라도 거들떠 보는 사람도 없고 버릴 수 없는 것이니 차라리 살아서 큰 일을 하겠다).

〔逸話〕 中國 漢나라에 李陵은 용맹스럽고 싸움 잘하는 장수였다. 그가 隸下將兵을 거느리고 匈奴로 원정 갔는데 목숨을 아끼지 않고 잘 싸워서 흉노의 온 땅을 진동시켰다. 戰勝報가 조정에 전해지자 漢武帝는 기뻐서 축하연까지 벌였는데 이에 격분한 匈奴의 單于는 몇10만의 병력을 투입하여 섬멸전을 벌였다. 李陵은 용감히 싸웠으나 많은 적의 포위망을 뚫지 못하고 잡히고 말았다. 李陵은 목숨을 끊으려고 했지만 반드시 복수하기로 결심하고 치욕을 참고 투항하고 말았다.

이 소식을 들은 漢武帝는 분노를 참지 못하여 그를 천거한 사람과 가족을 처형했다. 그리고 이 처사에 대하여 太司公 司馬遷에게 의견을 물었다. 그는 아부하지 않고 “李陵은 불과 5,000의 군사로서 數萬의 匈奴를 무찔렀으나 兵力의 不足으로 불가피 투항한 것이다. 이를 알고 지원하지 못한 조정의 책임도 있는 것이니 이번의 처벌은 너무 가혹하다”라고 대답했다. 李陵을 변호하는 말을 듣고 漢武帝는 더욱 격분해서 司馬遷을 下獄시켰는데 그 이듬해 李陵이 匈奴를 위해 군사를 훈련시키고 있다는 말을 잘못 듣고 司馬遷에게 가장 가혹한 宮刑(남자의 생식기를 제거하는 형)을 가했다. 자신을 중용하는 것이다.

司馬遷은 그 참기 어려운 극형을 참고 치욕을 받으면서도 父親의 유언에 따라 그가 쓰고 있던 史記를 완성시키기 위해 죽음을 피하고 삶을 택했다. 이때 자기의 솔직한 심정을 막역한 친구인 任少卿에게 한통의 편지를 써서 보내 호소했는데 中 一節이 앞에서 본 解釋文이다.

그는 그의 말대로 살아 남아서 不朽의 名譽인 史記를 完成하여 司馬遷의 이름을 영원히 남게 하였다.

〔考察〕 요즘은 會社 經營者中에는 九牛의 一毛에 집착한 나머지 大勢를 그르치는 일을 가끔 보게 된다. 會社에는 各其 그 職責에 따라 任務와 統率活動범위가 있다. 將軍과 參謀와 兵은 각자 임무가 다르며 將軍이 총을 들고 斥候活動을 하는 일은 없다.

그런데 企業의 最高 經營者가운데는 九牛의 一毛에 불과한 係長이 하는 일까지 간섭하면서 오히려 스스로 決心해야 할 重要한 문제는 參謀會議에 委任處理를 함으로써 會社를 難局으로 몰아 넣는 例도 있다. 小利보다는 大利 小義보다 大義 小局보다 大局으로 안목을 넓혀야겠다. (H·C·S)