



電力系統의 安定度向上對策

The Improvement of
Power System Stabilities

李斗鉉

韓國電力公社 送變電部長

1. 現況

1970年代의 急速한 經濟 成長에 따라 이 期間의 電力 需要는 年 平均 17.2%라는 높은 增加率을 나타내었으며 이와 같은 需要 增加에 對處하기 위하여 꾸준한 電源 開發 및 送變電 施設의 擴張이 이루어진 結果 韓國電力은 1981年 末 現在 發電 設備 容量 9,835MW(他社包含), 送電線路 13,059C-KM 主變壓器 容量 21,264MVA等 龍大한 設備를 所有하게 되었다.

한편 第5次 經濟開發 5個年 計劃期間(1982 ~ 1986)中의 GNP 成長率을 年平均 7.2%로 推定할 때 電力의 總 需要 增加率은 年平均 8~9% 정도로 豫測되므로 持續的인 系統 擴張이 不可避할 것이다.

系統이 大型化되어 갈수록 設備의 管理에 어려움이 加重될 것으로 豫想되는 反面에 GNP 成長에 隨伴되는 國民 生活水準의 向上과 精密産業의 發達은 電力 供給에 있어 高度의 安定性, 信賴性, 및 經濟性을 要求하게 될 것이므로 電氣 供給者의 責任이 더욱 더 무거워질 展望이다.

따라서 이 解説을 通하여 電氣需用家들이 要求하게 될 3大 基本事項中 安定성과 信賴性의 提高에 關한 電力 系統의 安定度에 對하여 豫想되는 問題點이 무엇이며 이들을 어떻게 解決해 갈 것인가를 簡單히 考察해 보기로 한다.

2. 幹線 系統의 補強

지금까지 電力需要는 主로 石油를 燃料로 하는 火力發電에 依해 供給하고 있어 油價上昇에 따른 電力 料金の 引上 要因을 크게 안아온 것이 事實이므로 韓電公社는 그동안 脫油 電源開發을 持續적으로 推進하여온 結果 1986년에는 原子力 發電 比重이 現在의 7.2%에서 27.1%로 크게 높아지는 반면에 石油依存度는 現在의 約.80%水準에서 26.2%로 大幅 減少시킬 豫定이다.

그러나 原子力 發電所는 地理的이나 安保의 次元에서 人口 密度가 낮고 地震等 天災地變에 對하여 安全한 地域에 建設되어야 하므로 需要地에서 멀리 떨어져야 하고 經濟性을 높이기 위하여 大容量化 되어야 한다. 그 結果 이러한 大容量 發電所와 需

要 中心地를 連結하는 系統 幹線은 遠距離化 하는 同時에 電力 輸送量이 急激히 增加하는 趨勢에 있어 幹線事故는 全系統의 安定度를 무너뜨릴 危險性을 內包하고 있다.

그러므로 82年 中으로 嶺南과 湖南을 連結하는 345kV 環狀網 構成을 始發로 84年 原子力 5,6号 機가 系統에 竝入되는 時點에는 古里, 新浦項, 西大邱, 新蔚山, 北釜山, 海雲台를 連結하는 嶺南地區 超高压 環狀網과 新沃川(大田)-東서울-西서울-淸陽-新沃川의 環狀網이 構成될 豫定이며 87年까지는 全國을 345kV 環狀網으로 構成할 計劃이다. 이렇게되면 어느 하나의 超高压 幹線이 事故로 電力을 供給할 수 없다 하더라도 系統의 安定度에는 별다른 影響을 주지 않을 것이다.

한편 超高压 系統의 環狀網 構成과 함께 回線當 送電 容量을 增大시키기 위하여 初期에는 導體를 ACSR 483mm² 二複導體로 使用하던 것을 4複導體로 使用하고 있다. 또한 大都市等 負荷 密集 地域에서는 154kV 地中送電 線路和 GIS變電所를 建設하여 市内 中心部까지 154kV 系統이 擴張되고 있으며 이와함께 系統의 電壓을 345-154-66-22kV에서 345-154-22.9kV系로 單純化 시키는 作業과 3.3, 6.6kV 配電電壓을 22.9kV로 昇壓시키는 作業을 活潑히 推進하고 있어 系統 安定度와 아울러 供給 信賴度도 상당한 水準으로 向上될 展望이다.

그러나 1990年代 中半에는 1000MW級 單位機가 4~6台정도 建設되는 原子力發電所가 出現할 豫定이어서 이 時點에는 既存 345kV 系統으로는 電力 輸送을 勘當하기가 用地 問題 등으로 극히 困難을 것으로 豫測되어 超超高压으로의 電壓 格上이 必要할 것이므로 이에 對한 事前 研究와 檢討가 自体 技術障에 依해 이루어지고 있다.

3. 系統 電壓 및 無効電力 制御

過去에는 系統에서의 電壓 問題는 主로 低電壓에 對한 것이 關心의 對象이었다. 그러나 345kV 超高压 및 154kV 地中 送電線의 擴張과 送電能力 增大를 위한 複導體 使用의 普偏化에 따라 送電線路의 進相 無効電力 發生量이 점점 더 많아지고 있어 輕

負荷時의 「페란티」效果에 依한 受電端 電壓上昇 問題가 深化되고 있다.

機器가 定格 電壓 以上の 電壓에서 運轉되면 絶緣 劣化로 壽命이 短縮되며 機器의 無負荷損을 增加시키는等 機器에 惡影響을 끼치게 되므로 電壓 上昇은 低電壓과 함께 適切한 水準으로 補償되어야 한다.

電壓 上昇의 補償은 發電機의 勵磁를 調整하는 方法, 昇壓 變壓器의 變 調整, 分路 리액터에 依한 補償, 輕負荷 線路의 開放等 여러가지 方法이 있겠으나 發電機의 勵磁 調整은 無効電力의 配分 등으로 制約을 받게 되고, 變壓器의 變 調整은 變壓器 自体의 事故 危險性으로 因하여 갖은 變更을 시킬 수 없는 實情이다.

따라서 輕負荷 線路의 開放이나 分路 리액터에 依한 電壓 上昇 輕減이 韓電公社에서는 現實인 方法이 되고 있다.

分路 리액터는 345kV 變電所의 主變壓器 3次 卷線(22kV)側에 連結하여 使用하고 있으나 每年 設置量이 增加하고 있어 3~4年 後에는 345kV 變電所의 分路 리액터 補償만으로는 進相 無効電力 制御가 不完全할 것으로 豫想되므로 地中 送電線路가 引出入하는 154kV 變電所까지도 分路 리액터를 設置하여야 할 段階에 이르게 되었다.

한편 系統의 重負荷時에는 一部 2次送電 系統의 低電壓이 問題되는 地域이 있어 靜電 蓄電器에 依한 低電壓 補償이 이루어지고 있다. 지금까지 韓電公社에서는 靜電 蓄電器를 66kV 以下 系統에만 適用하여 왔으나 系統 擴張에 따른 制御 對象 進相 無効電力量이 크고 設備의 管理 問題 등으로 앞으로는 154kV 以上 系統으로까지 擴大 使用하여야 할 것으로 思料된다.

分路 리액터나 靜電 蓄電器는 輕負荷時 또는 重負荷時에만 運轉되어지므로 設備의 利用率이 낮은 것이 하나의 短點이라 하겠다.

그러므로 最近에는 이 두 設備를 同一 場所에 設置하여 이들을 「다이리스터」로 制御함으로써 電壓 및 無効電力 補償은 勿論, 系統의 「프리카」減少나 定態 및 過渡安定度를 向上시킬 수 있으므로 韓電은 이와 같은 靜止形 無効電力 補償 裝置의 適用 可能性을 慎重히 檢討中이다.

4. 系統 故障容量의 增加 抑制

電力 系統의 事故時 健全相의 電位 上昇을 適正한 水準으로 抑制시키고 機器의 絕緣 레벨을 낮추며 地絡 事故의 高速 檢出을 위하여 韓電公社의 154kV 以上 系統에는 有効接地 系統을 採擇하고 있다.

그러나 345kV 系統의 環狀網 構成과 아울러 154kV 系統의 連系強化로 地絡 및 短絡 事故時 故障 容量의 增加 現象이 두드러지게 나타나고 있다. 그 結果 遮斷器 動作에 큰 負擔을 주고 있어 遮斷器 事故로 因한 系統 安定度 低下를 考慮하지 않을 수 없게 되었다.

특히 電源의 連結이 많은 345kV 新蔚山 變電所와 北釜山 變電所의 154kV 母線에서 故障 容量의 增加 現象이 심하게 나타나 現在 15GVA 遮斷器 容量에 約 72% 정도 水準에 이르고 있다. 遮斷器의 連續 動作時의 遮斷 容量 減少 및 故障時 過渡 電流의 減衰 時定數等を 考慮하여 定格 遮斷 容量의 85% 以內에서 運轉하는 것이 安全한 點을 생각한다면 지금부터 故障 容量 減少 対策을 서둘러야 할 것이다.

345kV 建設後 지난해까지는 345kV 單卷 變壓器의 中性點을 鉗磁마다 接地하여온 結果 主變壓器 뱅크數의 增加에 따라 一部 345kV 變電所에서는 地絡 故障 容量이 短絡 故障 容量보다 더 커지고 있어 今年 부터는 有効 接地 維持에 必要한 主變壓器 中性點만을 接地시키도록 345kV 主變壓器 中性點 絕緣強度를 350kV에서 450kV로 높게 規定하여 施行함으로써 地絡故障 容量增加 抑制에 상당한 效果를 얻을 수 있을 것으로 期待된다.

그러나 이와같은 主變壓器 中性點 接地方式의 變更으로는 短絡 容量의 抑制를 시킬 수 없으므로 別途의 対策을 세워야 할 것이다.

限流 리액터 設置가 短絡 및 地絡故障 容量抑制에 効果인 方法으로 알려져 있으나 우리의 境遇에는 故障 電流가 어느 한 線路에서만 集中으로 流入하는 것이 아니어서 限流 리액터를 設置한다면 故障 電流가 흘러 들어오는 모든 線路를 對象으로 하여야 하므로 設置에 位置上 어려움이 있고 非經濟的이라 여겨진다.

그러므로 故障 電流를 抑制하는 現實的인 方案은

345kV 環狀網이 構成된 地域부터 選別하여 154kV 以下 系統의 樹支狀 運轉이라 하겠다. 그러나 이 境遇에는 때때로 系統 信賴度와 損失 低減에 相衝되는 수도 있으므로 對象의 選定에 대하여 計劃 過程에서 부터 充分한 檢討가 이루어져야 한다.

5. 豫防 補修 體系의 確立

系統의 安定度를 向上시키기 위하여는 事故의 未然 防止와 事故의 迅速한 復舊를 위한 豫防 補修 體系의 確立이 무엇보다 重要한 것이라 하겠다. 過去에는 事故의 迅速한 復舊에 더 力點을 두어온 듯한 감이 없지 않았으나 앞으로는 事故의 未然 防止에 最善을 기울일 豫定이다.

81年度 送電線路의 事故 件數는 0.7件/100C-KM/年으로 지난 1976年度의 1.72件/100C-KM/年에 比하면 顯著한 減少 趨勢를 보이고 있다. 그러나 아직도 送電線路 事故中에는 落雷에 依한 것이 全体の 約 20%를 占有하고 있어 가장 높은 비율이므로 이의 減少에 力點을 두어야 할 것이다.

直擊雷에 依한 事故를 줄이기 위하여 架空地線의 遮蔽角을 345kV에서는 0°로, 154kV에서는 30°以內로 낮추어 設計하고 있으며 逆閃路에 依한 事故率을 減少시키기 위하여 鉄塔의 塔脚接地 抵抗值을 345kV에서는 20Ω 以下로, 154kV에서는 15Ω 以下로 制限하고 있다.

鉄塔의 接地 抵抗值은 更年變化를 일으키므로 既設 鉄塔의 抵抗值을 既 導入된 過渡 接地 抵抗 測定器를 活用하여 特別 雷 事故가 많은 線路부터 測定하여 対策을 세워가고 있다.

大部分의 送電線路는 山岳地를 通過하므로 巡視에 어려움이 많으므로 機動性을 確保하기 위하여 헬機를 定期的으로 使用하고 있으며 이 헬機에 Thermovision을 附着시켜 巡視時 接觸 箇所의 過熱有無를 事前에 點檢 措置하고 있다.

多雪 地域에서는 冬季에 電線 振動으로 因하여 事故가 많이 發生되고 있어 이의 根本的인 解決을 위하여 江原道 hammer산에 雪害 研究用 試驗 送電線路 建設을 完了하고 試驗機器 購入을 推進중이다.

한편 81年度 變電 事故中에는 避雷器 및 主變壓器 事故가 全体の 約 50%를 占有하고 있어 이의 事故 豫防에 力點을 두어야 하겠다.

避雷器 事故를 豫防하기 위하여 仕樣에 放压 責務試驗 및 汚損 試驗 項目을 追加시켰으며 既設 避雷器에 대하여는 碼子 部分의 清掃를 자주 施行토록 하였고 汚損이 심한 地域에서는 避雷器 碼子 表面에 Silicon Compound를 塗布하도록 하여 상당한 效果를 거두고 있다.

主變壓器 事故를 防止하기 위하여 主變壓器 新規 製作 納品時 이미 竣工된 韓國電氣通信研究所에서 短絡試驗을 實施하여 卷線의 機械의 強度를 確認하고 既 確保된 OT 가스 分析器를 最大한 活用하여 運轉中인 變壓器의 内部異常 狀態를 事前에 分析하여 點檢補修하며 劣화된 絶緣油는 미리 濾過를 實施토록 하였다.

또한 現在에는 서울의 一部 地域에만 設置 運轉 中에 있는 SCADA 系統을 段階的으로 擴大시켜

1986年 까지는 全國의 主要變電所를 包含하도록 하여 變電所 機器들의 動作 狀態를 항상 監視토록 하고 事故時에는 遠方操作으로 事故區間을 分離 및 迅速한 負荷切替를 遂行하여 停電時間을 大幅 短縮시키도록 하겠다.

이와 아울러 事故時에는 故障 電流의 波形과 保護 繼電器의 動作 狀態를 Fault Recorder나 Event Recorder로 分析하여 類似 事故의 豫防과 保護 繼電器의 動作 信賴度를 항상 確認하는 體系도 갖추고 있다.

이와 같은 系統 安定度 向上을 위한 우리의 努力이 所期의 成果를 거두어 電氣를 使用하는 需用家에게 보다 더 質이 좋은 電力을 必要한 時期에 豊富하고 安全하게 使用할 수 있기를 期待해 마지 않는다.

故事의 現代經營 ③

靑 出 於 藍

弟子가 스승보다 學問이나 經倫이 뛰어날 경우 우리는 靑出於藍 또는 出藍之譽라는 말을 쓴다.

이것은 學問에 있어서 弟子가 글을 배우고 익혀서 學識이나 經倫이 스승을 능가하는 것을 비유해서 나온 말이지만 오늘날 우리는 이 말을 다양하게 驅使해서 여러곳에 적용해서 쓰고 있다.

學校에서 大學教授를 國民學校 시절에 배운 스승에 比해서 쓰기도 하고, 官職에서 子息이 父親보다 職位가 높은 경우나, 會社에서 下位職에 있던 職員이 自己보다 上位職으로 승진했을 때 出藍之譽를 援用하기도 한다.

【原典】 荀子 勸學篇, 荀子曰 學不可以己, 靑出於藍, 而靑於藍 冰水爲之 而寒於水.

【解說】 荀子 勸學篇에서 荀子가르되 學問은 그러지 말고 계속 노력해야 하며 中도에 쉬어서는 아니된다. 푸른물감은 쪽(藍)에서 나왔으나 쪽보다 더 푸르고, 얼음은 물이 얼어서 된 것이지만 물보다 찬 것과 같이 학문을 쉬지 않고 닦으면 스승을 능가하는 제자가 될 수 있는 것이다.

【逸話】 北史에서 보면 李謐(이밀)은 처음에 孔瓘(공반)이라는 스승에게 배웠으나 그의 배우는 태도가 진지하고 진보가 현저해서 수년 후에는 스승보다 학식이 높아져 공번은 제자인 이밀을 스승으로 받들었는데 그 同門들이 이 사실을 出藍之譽라고 칭송하였다고 한다.

【考察】 이 故事는 學問에서 뿐만 아니라 現代企業經營에서도 잘 適用되는 말이라고 생각된다.

金榮俊會長께서 前職社長으로 在任時, 職員들에게 技術向上을 위한 訓示를 하는 가운데 “어느 萬年筆工場에서 A타입의 萬年筆을 생산해서 수요증가로 好況을 누리는 것을 보고 다른 사람이 이것을 본받아 이와 똑같은 형의 萬年筆을 생산한다면 그 企業은 쓸어지고 만다. 萬年筆이 잘 팔린다는 것을 看破했다면 A타입보다 발전된 기술을 개발해서 다른형의 萬年筆을 만들어야만 成功할 수 있다. 우리會社도 현재의 기술에 만족하지 말고 더욱 연구발전 시켜 국제수준에 앞서 나가자”라고 격려한 바 있는데 이것은 靑出於藍의 眞理와 같다고 본다.

오늘날 日本이 반도체산업에서나 電子産業에서 국제적인 好況으로 經濟發展을 한 美國의 眞空管技術을 도입해서 縮少志向的으로 발전시켜 제품을 생산한 出藍之譽를 누리는 것이 아니겠는가? (H·C·S)