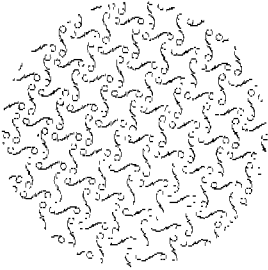


電氣事故의 波及防止策

Countermeasure to Cascading Loss of Power System



申 祥 均

韓電 電源計劃部 系統計劃擔當役

1. 머리말

國家經濟의 成長과 國民生活의 向上과 더불어 電力需要는 增加되며, 이 需要를 充足시키기 위한 電力供給設備의 擴充은 系統의 大型化, 復雜化를 가져 온다.

最近 우리의 電力系統은 發電所用地 確保의 어려움에 따른 地域偏重, 送電線用地的 求得難, 公害問題 및 人口의 都市集中 等の 社會的 環境變化로 인한 電源의 集中 大容量化와 遠隔化는 必然的으로 電氣事故의 發生確率을 높이고 있다.

生活水準向上에 따른 電氣設備의 多樣化와 電子應用 技術의 發達에 수반한 產業構造의 質的變化는 電力에 대한 社會의 依存度를 더욱 높이고 있는 만큼 停電事故가 需用家에 미치는 영향은 증대되고 있으므로 電力系統 計劃과 設備運用面에서 供給信頼度向上을 도모하여 良質의 電氣를 停電없이 安定하게 供給하기 위해 努力하고 있다.

2. 事故波及의 影響

電力系統에서 一部 送電線路나 變電設備에서 事故가 發生했을때 즉각 對處하지 못한다면

- 系統連繫의 不安定
- 需給不平衡에 의한 周波數 異狀
- 設備의 過負荷
- 電壓低下

等の 擾亂現象으로 事故는 점차 波及擴大 되어가고 만다.

大都市의 突발적인 停電은 商店, 個人, 政府機關과 電力會社自体에도 直接, 間接的인 經濟的 損害를 입히게 되는데 外國에서 發生한 大停電 事故의 경우 표1에서와 같이 事故의 原因은 一部 送電線이 雷擊이나 過負荷로 遮斷되었을때 即時 收拾되지 못하고 負荷遮斷이나 水力의 出力增發 遲延等에 의해 停電範圍가 擴大된 事例이다.

3. 事故의 波及防止對策

電氣供給設備에 絶對로 故障이 發生하지 않도록 한다는 것은 不可能하므로, 가능한한 故障發生의 事前豫防에 努力해야 되고, 일단 發生했을 경우에

〈表-1〉外國의 大停電 事故例

發生國 및 地域	美國 뉴욕 全境	프랑스 東北部	美國 뉴욕 南部
發生日時	77. 7. 13 20:37	78. 12. 19 08:27	81. 9. 9 15:30
波及範圍			
○停電範圍	뉴욕 全境	全國土의 75%	約 52,000호
○供給支障電力	6,100MW	29,000MW	390MW
復旧所要時間	25時間	10時間	5時間
事故原因	雷擊으로 他社受電 2個 Route 送電線遮斷	400kV T/L의 過負荷에의한遮斷으로 全國連鎖波及	發電所 69kV 接地變壓器의 短絡事故에 의한 火災
波及原因	<ul style="list-style-type: none"> • 系統動搖 • 電壓低下 • 負荷遮斷遲延 	<ul style="list-style-type: none"> • 送電線容量의 過大評價 • 負荷遮斷遲延 • 水力의 出力増發遲延 	<ul style="list-style-type: none"> • 地中線의 連鎖遮斷에 의한 停電
其他	直接被害 : 546百萬弗 間接被害 : 2億9千萬弗	<ul style="list-style-type: none"> • 供給不能電力量推定 : 約 1億 kWh • 産業活動減少額 : 45億프랑 	區間에 發生되고 過去의 停電事故 經驗으로 市民動搖 적음

는 故障個所를 迅速히 檢出하여 적절한 方法으로 그 波及範圍를 최소한으로 축소시켜 系統의 安定을 維持하는 것이 必要하다.

波及事故를 줄인다는 것은 供給信賴度를 向上시켜 窮極的으로 使用者에 對해 Service Level을 높이는 것이며 이것은 電力의 繼續供給이나 電壓과 周波數의 規定值 維持程度에 依해 評價되고 있으며 各部門에서의 對策으로는 다음과 같다.

가. 供給設備의 補強

電氣事業의 公益의 要因때문에 設備에 대한 投資는 一般企業과 같이 그 投資가 가져오는 收益面만 으로 必要性, 時期, 實施方法을 判斷하고 決定할 수가 없고 電氣事業을 둘러싼 社會環境의 變化等を 充分히 配慮하여 어느 期間을 통해 同一한 信賴度 程度에서 最小經費가 되는 計劃을 選定하여 電力設備를 補強해 나가고 있다.

1) 送變電設備의 擴大

- 全國 345kV環狀網 系統構成
- 送電線路의 2回線, 2方向化
- 變壓器의 多Bank化
- 電壓階層의 單純化
345kV→154kV→22.9kV→110/220V
- 系統最高電壓의 格上
345kV→500kV 또는 800kV

2) 都心地 送配電設備의 地中化

- 地中化 對象線路

- 人口 10萬以上의 20個都市의 中心部特定場所와 架空線不可場所

- 新市街地 造成地域

○地中化線路 于先確保

- 地下鐵 建設區間 電力溝參加

- 新市街地 共同溝參加

- 各種街路工事時 管理埋設

○都心地 變電所의 屋內化擴大

3) 配電設備의 現代化

○配電線의 Loop構成 및 自動切替스위치 附設 擴大

○配電電壓의 昇壓

- 配電 1次電壓의 昇壓 마무리

- 110/220V 配電方式 繼續推進

- 昇壓에 따른 安全對策檢討

나. 系統分析 技法의 向上

電力系統의 長·短期 計劃樹立이나 大容量發電機의 系統連結을 위해서는 潮流計算, 故障電流計算과 安定度檢討 등의 系統分析을 통하여 技術的·經濟的으로 妥當하고 信賴性있는 系統을 構成하고 있다.

最近에는 필수적으로 電算Program을 利用하여 年度別로 몇개의 系統構成案에 대해 해당설비 有無時를 模擬하여 電算分析하고 여러가지 基準에 만족되는 것중 經濟性이 最于先하는 事業을 選定하여 設備의 擴充時期를 決定한다.

1) 潮流計算에 의한 定態分析基準

- 尖頭負荷 정상계통운전시 또는 深夜負荷時

(尖頭負荷의 60%水準) 定格潮流 以下 維持와 公칭전압 (345kV 또는 154kV)의 ± 5% 範圍 維持

- 發電機 1 Unit, 變壓器 1 Bank 또는 送電線路 1區間等의 單一系統事故時 345kV 母線電壓 95% 以上, 154kV 母線電壓 90% 以上 유지하고 短時間內에 系統操作으로 定格維持가 가능한 경우에는 定格潮流의 120% 以下 維持

- 既設設備만으로 供給할 때 送電損失節減 또는 定格電壓 維持에 必要한 對策費가 많아 系統擴充을 하는 것이 有利한 경우

2) 故障電流檢討

故障計算에는 電力系統을 零相, 正相, 逆相의 對

稱分回路로 表現하는 對稱座標法이 가장 많이 使用되고 있으며 送電線路나 發·變電所에서 線間短絡 또는 1線地絡 等の 故障이 發生했을 때 故障點과 系統各部の 電壓, 電流를 구하여 遮斷器의 遮斷容量, 保護繼電方式, 設備의 過電法, 過電壓耐力 및 近接通信線에의 誘導電壓 等を 檢討하는데 使用하고 있다.

系統의 擴張과 連系에 따른 故障容量의 增加로 發生되는 問題點은 遮斷器 및 關連直列機器의 電流容量不足, 故障點의 損傷擴大等이 있으며 對策으로는

- 遮斷器의 遮斷容量의 格上
 - 高Impedance 機器의 採用
 - 最高電壓格상에 依한 下位系統의 分割
 - 直列 Reactor의 設置
 - 發·變電所母線의 分割運用
- 等이 있다.

3) 安定度 檢討

系統의 環狀網構成이 많아지고 單位設備의 送電容量이 增大됨에 따라 安定度 問題에 관한 比重은 점차 높아지고 있는데 이것은 多數의 同期發電機가 單一系統에서 同期運轉을 하고 있을때 어떤 擾亂이 發生하여 一時的 또는 永久的으로 安定된 運轉을 繼續 할 수 있는지 여부를 판단하는 것이며 檢討方法에 따라

- 送電線의 正常Impedance, 發電機의 定數와 慣性定數, 負荷의 電壓特性을 考慮하여 系統에 擾亂을 加했을때 發電機의 內部電壓이 일정하다고 보고 發電機位相角 變化曲線의 第1次가 安定한지의 여부를 判斷하는 過渡領域과
 - 過渡領域檢討에 發電機의 勵磁系(AVR), 原動機의 調速機, 負荷의 周波數特性 等を 追加하여 過渡領域以後(1 Sec~10Sec) 發電機動搖가 制御系의 動作에 의해 減衰 또는 增幅하는지를 檢討하는 動態領域
- 으로 分類하고 있다.

우리 系統의 發電機들은 製作會社가 多樣하고 運轉年數가 많아 最新大容量機를 除外하고는 精確한 制御系의 資料를 使用하는 것이 困難하여 대개는 一般的으로 使用되고 있는 典型的 數值(Typical Data)를 利用하고 있으나 앞으로 이 分野에 Data Bank System을 確立하여 系統分析者들이 가능한 한 正

確한 Data를 使用 할 수 있도록 체제를 갖출 必要가 있다.

現在 計劃樹立에 適用하고 있는 安定度 檢討方法으로는 環狀送電線路의 母線부근에서 3相短絡이 發生하여 6 Hz후 고장제거(해당선로 2回線開放)時 系統 安定이 유지되어야 하고, 또는 主要 發電所に 連結된 單一送電線路의 電源側 母線부근에서 3相短絡이 發生했을 경우 역시 6 Hz후 1回線 開放으로 系統安定을 維持하여야 한다.

다. 保護繼電方式의 適用

保護繼電方式은 電力系統內에서 事故가 發生했을 때 다른 健全設備로의 波及을 방지하여 기기와 線路의 損傷을 막고 事故部分을 될 수 있는한 축소시키기 위한 것으로 保安의 確保, 機器損傷의 防止, 安全運轉의 維持, 供給信賴度의 確保를 適用目的으로 하고 있다.

또한 保護繼電方式은 보호대상에 따라 發電, 變電送電, 配電設備 保護繼電方式으로 分類할 수 있으며 各方式마다 적합한 適用方法이 있으나 대체적으로 대상 설비의 位置와 事故의 種類, 設備가 系統에서 차지하는 重要度を 고려하여 全体系統과 相互 協助되도록 하고 있다.

系統事故의 波及을 防止하기 위해 사용되는 保護繼電方式에는 다음과 같은 종류가 있다.

- 周波數異常
 - 低周波數檢出 繼電方式
 - 系統安定化 繼電方式
- 過負荷
 - 過負荷檢出 繼電方式
- 脫調
 - 脫調分離 繼電方式
 - 事故繼續分離 繼電方式
 - 脫調未然防止 繼電方式
- 電壓低下
 - 低電壓檢出 繼電方式

라. 運用側面에서의 對策

系統을 運用할 때 電力設備 個個의 構成要素만을 생각한다면 系統全体로서의 合理的運用이 困難하므로 需給調整, 運轉操作 및 制御, 經濟運用面에서 有機적으로 運用하기 위해서는 均준한 設備補強과

方式의 改善이 必要하다.

우리 會社에서는 79年度 中央給電指令所에 2중 온라인 리얼타임(Dual On-Line Real Time) 컴퓨터 시스템을 중추로 한 自動給電시스템을 導入, 稼動하였는데 이 시스템은 經濟性を 考慮한 自動周波數制御(AFC)機能 및 系統運用狀態의 遠方監視 制御와 資料取得機能을 基本으로하여 自動發電制御, 經濟給電, 信賴度監視, 遮斷器의 遠方開閉制御 및 系統電壓 監視技能을 갖고 있으며 이 設備의 運轉으로 系統의 周波數(60±0.2Hz)와 電壓(154kV±5%)의 維持率 改善으로 인한 良質의 電力供給과 經濟給電에 따른 燃料費 節減 效果를 가져왔으나, 現在設備을 補強하기 위해 87년까지 電源 및 燃料의 多樣化와 環境條件의 制約 등을 고려한 最新技術의 에너지관리 시스템(EMS)를 도입설치하여 電力系統의 規模 擴大와 自動給電시스템 技能發達에 따른 設備代替代로 效果를 增進시키고, 階層制御시스템 構成으로 系統運用 範圍擴大를 도모할 것이다.

超高壓 電壓格上을 위한 系統檢討業務의 能率의 처리와 大容量 發電所 建設과 關聯되는 系統特性分析 技術確保 및 系統全般에 걸친 檢討技法 向上을 위해 美國 PTI(Power Technologies Inc.)에서 개발하여 世界 約70余 기관에서 사용하고 있는 系統計劃檢討用 Program인 PSS/E(Powey System Simulator) Package를 도입할 예정이며 이 Program

은 系統分析에 基本이 되는 潮流計算, 故障計算, 過渡 및 動態安定度 計算과 系統等價化計算, 線路定數計算 등을 對話式으로 처리할 수 있고 計算된 結果의 電力潮流圖, 安定度 動搖曲線 등을 CRT 화면이나 Plotter에 出力할 수 있는 기능을 갖고 있다.

送電線路의 主要幹線에 系統現象 觀測裝置(Transmission Factor Recorder)를 設置하여 系統擾亂時 周波數, 電壓의 變化量과 線路의 電力變化 狀態를 測定하여 事故의 精確한 原因分析으로 大型事故로의 未然防止와 安定度向上을 기하며

또한, SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)시스템을 全國적으로 擴大하여 配電系統의 自動化를 도모할 것이다.

4. 맺는말

이상과 같이 우리나라에서는 事故의 波及防止를 위해 多方面에서 적절한 對策을 강구하고 있지만 電力設備의 龐大함은 事故가 언제 어디서나 豫告없이 發生할 可能性을 갖고 있으므로, 事故發生의 減少와 未然防止를 위해서는 計劃에서 運用에 이르기까지 經濟的, 合理的으로 推進, 施行되어야 하고, 優秀人력을 確保하여 先進技術을 習得, 普及하기 위한 長期的 對策을 세워 推進해 나가야 할 것이다.

(37페이지에서 계속)

야 할 것이나 過多한 初期投資는 피하고 손쉽게 해결될 수 있는 간단한 工程부터 始作하여 그 工場의 諸般與件에 부합되는 범위 내에서 점차적으로 확대시켜 나아가야 할 것이다. 自動化를 고려할 수 있는 生産工程에는 運搬, 銑接, 塗裝, 檢査, 測定, 調整 나사締結, 部品挿入 등을 들 수 있다.

生産基盤의 脆弱과 技術開發能力의 不足 이외에도 좋은 製品을 一般 消費者가 올바르게 選擇할 수 있도록 品質認證體制와 또한 使用者의 クレ임에 대해서 생산자는 賠償責任意識을 갖고 해결해 줄 수 있는 制度가 시장에서 완제품만을 보고 商人의 권고나 매스컴을 통하여 귀에 익은 商標만을 선택한다면 품질보다는 유통이익이 많은 제품, 광고에만 치우

친 제품들이 더욱 활기를 띠울 것이다.

家電製品에 對한 국가의 型式承認制度가 있기는 하지만 그 근본 취지는 家電製品으로부터의 火災나 感電 危險性으로부터 인명피해와 재산보호를 하고자 하는 規制이며 品質을 認證하는 것은 아니다. 型式承認을 取得할 當時의 製品이 製造業者 事情에 의하여 그 構造나 材質, 使用部品 등에 變更이 있어도 承認當時의 型式區分 범위 내에만 있으면 違反이 아니기 때문에 製品의 變造生産 可能性이 많다.

어느 製品의 品質을 評價함에는 製品自體의 性能도 중요하지만 이와 同一 혹은 그 以上の 品質水準으로 均一하게 保證生産될 수 있는지 그 生産體制도 評價 되어야만 할 것이다.