

長期電力系統의 展望

李 暉 宰*

■ 차 례 ■

- 1. 序 言
- 2. 送電系統 計劃
 - 2.1 現在의 345KV 系統 및 增設計劃
 - 2.2 系統計劃上 予想 問題點
 - 2.3 對策 및 將次的 展望
- 3. 配電系統의 近代化
 - 3.1 配電 1次電壓階層의 單純化
 - 3.2 配電 供給信賴度 向上
 - 3.3 配電系統 運營 自動化 推進
 - 3.4 配電 2次電壓의 昇壓
 - 3.5 地域 環境과의 調和 및 安全性 提高
 - 3.6 配電計劃의 最適化
- 4. 奉仕 水準의 向上
 - 4.1 自動給電 System의 機能擴大
 - 4.2 遠方監視制御(SCADA) System擴大連用
 - 4.3 發電所 最適運用 및 補修計劃 技法開發
 - 4.4 水力發電所 自動化 運用
 - 4.5 事故予防 診斷技術의 開發
 - 4.6 榮業 및 配電業務의 電算化
 - 4.7 事故復旧 및 停電作業時間의 短縮
- 5. 結 言
 - 5.1 送電系統計劃
 - 5.2 配電系統의 近代化
 - 5.3 奉仕水準의 向上

1 序 言

1961年 7月 1日, 電力 三社가 統合되어 韓國電力株式會社로 發足한 以來 四次에 걸친 電源開發 및 送配電施設 擴張 5個年 計劃이 成功리에 完遂되었으며, 1982年 1月 1日, 電力事業의 公益性和 效率性을 圖謀코자 公社 體制로 轉換한 後에도 第五次 電源開發과 送配電施設 擴張計劃이 推進되어 現在 表1과 같이 世界的 水準의 電力公社로 成長 하였다. 이러한 時點에서 現在의 電力事業의 實態를 分析하고 2000年代를 向한 電力系統을 展望해 보고, 系統計劃, 配電系統의 近代化, 奉仕水準의 質的向上 等에 關한 現狀 및 將次的 展望에 對하여 살펴 보기로 하겠다.

표 1. 現在의 電力施設 規模

(1983年 基準)

施 設 名	規 模
○ 發 電 設 備	1241 萬 KW
○ 送 電 設 備 (345 KV)	13,782 C-Km (2,437 ")
(154 KV 以下)	(11,345 ")
○ 變 電 設 備 (345 KV)	22,976 MVA (8,667 ")
(154 KV 以下)	(14,309 ")
○ 配 電 設 備 線 路 (巨 長)	137648 Km
柱上變壓器	(高低圧合計) 8480 MVA (320,133 臺)
○ 需 用 家 戶 數	約 617 萬戶

*正會員：韓國電力公社 技術研究本部 系統研究室長

② 送電系統 計劃

2.1 現在の 345kV系統 및 増設計劃

우리나라의 基幹 送電系統網은 1976. 10 月에 345 KV 系統이 運轉 開始된 이래 現在까지 嶺南—湖南—忠淸地域을 連結하는 345 KV 1次 環狀 系統網이 構成되었고, 2次로 忠淸—京仁地域을 잇는 環狀 系統網이 84 年末 竣工段階에 있어 345 KV 系統 運轉으로 大容量 電力輸送 體系를 確立 하게 된다. 또 앞으로 繼續되는 負荷增加에 대한 對備 및 電力供給의 安定을 위해 1990 年 初까지는 그림 1 과 같이 全國的으로 345 KV 環狀 系統網을 構成할 計劃이다.

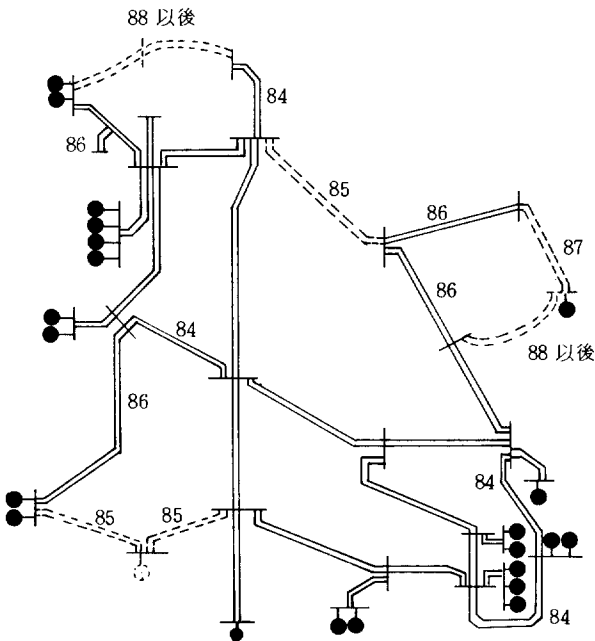


그림 1. 345 KV 系統 및 増設計劃

2.2 系統計劃上 予想 問題點

向後 持續될 電力負荷의 成長을 展望할 때 系統計劃上 다음과 같은 몇 가지 問題點이 豫想된다.

가) 需要地와 電源의 不一致로 地域間 融通電力量의 増大가 深化된다. 그림 2의 例에서 보는 바와 같이 負荷水準이 20 GW인 경우 湖南地域에서 京仁地域으로 相當한 融通電力量이 必要한 것으로 豫想된다.

나) 最近 發電所 單位機의 容量이 900~1200MW 級으로 大容量化하고 同一地點에 4~6機 程度로 大單位化하는 추세이므로 大容量 送電網 構成에 대한 必要性이 増大된다.

다) 系統 安定度 向上을 위한 多重環狀網 建設로

地域需給展望 (20 GW 水準)

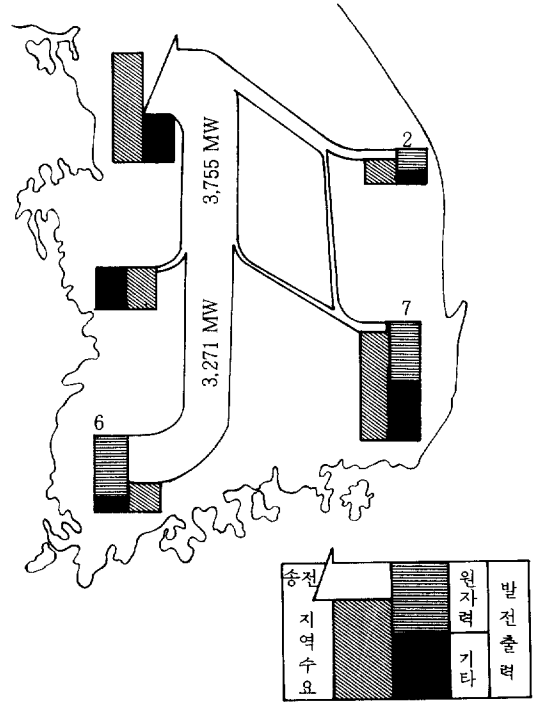


그림 2. 地域間 融通電力量 増大의 一例

표 2. 外國의 電壓格上 推移

國家名	電壓格上推移
美國北部	138 → 345 → 765 → (1,500KV)
“ 南西部	110 → 230 → 500 → (1,100KV)
Canada	120 → 315 → 735 KV
西 歐	110 → 220 → 380 → (800KV)
日 本	154 → 275 → 500 → (1,100KV) (110) (220)

機器의 短絡容量이 増大된다. 例를 들어 負荷水準이 5,000 MW 인 경우 豫想 短絡容量은 約 37,000 MVA가 되므로 現在 使用되는 25,000 MVA 級 345 KV 遮斷器는 交替가 不可避하게 된다.

라) 設備의 大型化 및 人口增加에 따라 送變電設備 建設을 위한 用地 確保의 어려움은 해마다 더욱 深化되어 가고 있다.

2.3 對策 및 將次的 展望

以上の 問題點 解決을 위한 對策과 앞으로의 展望을 살펴본다면,

가) 現在の 送電電壓은 次期電壓으로 格上할 必要

표 3. 外國의 800KV 級 格上現況

運轉年	轉度	國名 (電力會社)	格上電壓	格上檢討負荷水準	格上事由	
					水力系連結	系統規模增大
1965		Canada (H.Q)	315KV → 735KV	8,000 MW (수송전력 5,000MW)	○	
1969		美國 (AEP)	345 → 765	14,000		○
1982		Brazil (CEB)	345 → 750	20,000	○	
"		Venezuela (EDELCA)	400 → 765	8,000	○	
1985		Sweden (SSPB)	400 → 800	22,000		○
1990		日本 (東京電力)	500 → 1,100	50,000		○
1991		臺灣 (TAIPOWER)	345 → 800	25,000		○

표 4a. 電壓格上과 送電容量比較

送電距離 구간거리	345KV 級		800KV 級		備考
	483□×4B	483□×4B	680□×4B	680□×4B	
500 KM	700MW	2,200MW	2,300MW		3倍增大
250	900	3,300	3,500		4 "
100	1,400	5,400	5,800		4 "

표 4b. 電壓格上과 送電線用地問題

電壓 回線數	345KV		800KV		備考
	1	2	1	2	
線下幅	14M	20M	30M	(38M)	
住居離隔	20×2	20×2	30×2	(30×2)	
總排除幅	54	60	90	(98)	約1.7倍增加

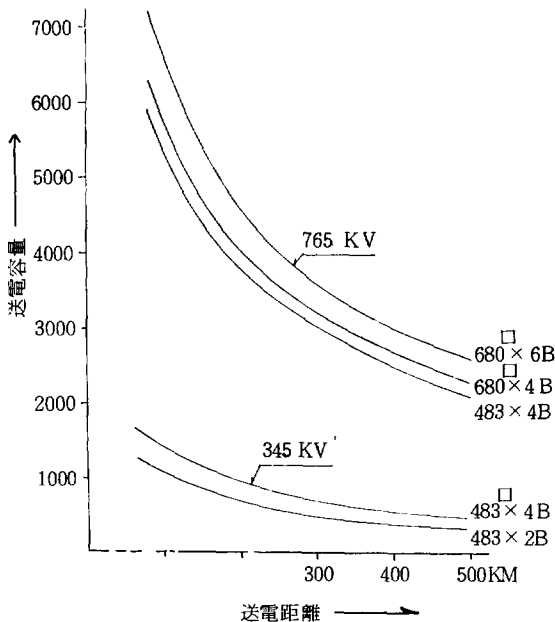


그림 3a. 電壓別 送電容量比較

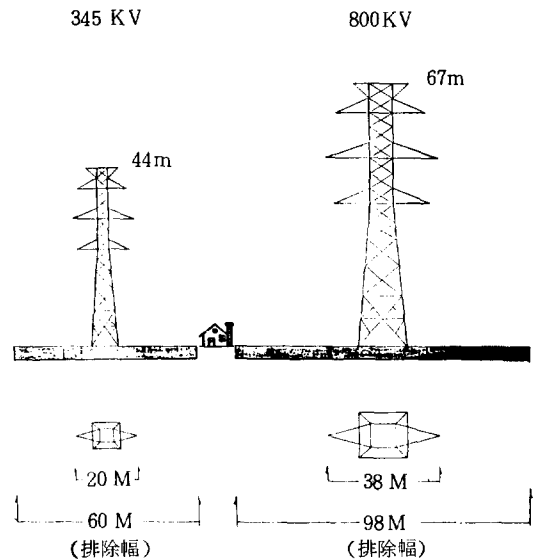


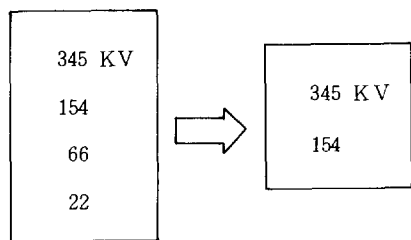
그림 3b. 電壓別 送電線 用地 占用比較

가 있다. 이는 負荷水準이 25,000MW 程度일 때로 展望되나 格上電壓 또는 送電方式決定 및 格上時期 等に 대해서는 좀더 綜合的인 檢討가 必要하리라 본다. 參考로 先進外國에서의 電壓格上 推移를 보면 表 2와 같이 대체적인 格上幅이 2倍 程度임을 알 수 있다. 또한 送電電壓의 格上和 關聯된 外國의 例를 負荷水準을 基準으로 살펴보면 表 3과 같이 대략 800KV級이 世界的으로 보편화될 展望이다.

한편 電壓 格上에 따른 送電容量의 增大 效果는 表 4a 및 그림 3a와 같이 3~4倍 程度이며, 送電線 用地的 增加 面積은 表 4b 및 그림 3b와 같이 1.7倍 程度가 되므로 電壓을 格上할 경우 同一 容量 建設時 送電線用地 確保에도 상당한 利點이 있다.

나) 大容量, 大單位 發電所의 建設에 따라 生産된 電力을 需要地로 원활히 輸送, 供給하기 위해서는 送變電設備의 大型化가 必要하다. 即 送電設備인 경우 345KV는 現在의 2複導體에서 4複導體로, 154KV는 單導體에서 複導體로 建設되며 變電設備는 變壓器의 單位容量을 154KV는 40MVA에서 60MVA로, 變電所 容量으로는 500MVA×2臺에서 500MVA×3臺(345KV인 경우)로 擴大한다.

다) 系統이 複雜, 多樣化하여 감에따라 運用, 補修, 資材의 單純化를 위해서도 現在의 複雜한 系統 電壓 階層을 다음과 같이 單純化한다.



라) 大都市 人口過密地域 및 法規上 制約이 있는 地域은 用地 購入의 어려움을 해소하기 위해 變電所는 屋內化 또는 GIS化하고, 送電線은 地中化한다.

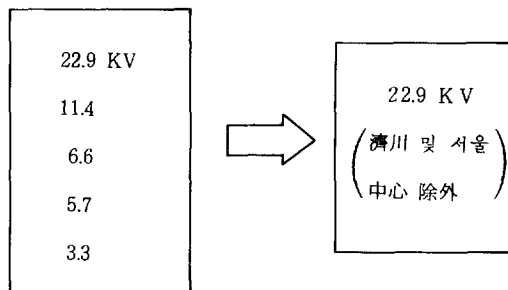
③ 配電系統의 近代化

우리나라의 配電 1次電壓은 22.9KV 系統을 主軸으로 擴張하고 있으며 이와 關聯하여 일부 不完全한 點을 改善하기 위한 努力이 다음과 같이 進行中에 있다.

3.1 配電 1次電壓階層의 單純化

多種의 電壓等級으로 되어 있는 配電 1次電壓은

표 5. 配電電壓의 單純化計劃



濟州道 및 서울 都心地의 6.6kv를 除外하고 1986年까지 全國的으로 表 5와 같이 單一電壓으로 單純化할 計劃이다.

3.2 配電 供給信賴度 向上

現在의 樹枝狀 配電方式은 故障이 發生할 경우 故障線路 全體의 停電이 불가피하다 따라서 停電區間의 縮小를 위해 配電線路의 Loop化가 進行中에 있으며 都心地, 빌딩, 아파트地域을 對象으로 Spot Network 配電方式과 같은 高信賴度의 配電方式을 檢討中에 있다.

3.3 配電系統 運營 自動化 推進

現在 運轉中인 自動給電 System의 下位階層으로서 配電自動化System의 運用을 計劃하고 있다. 表 6과 같이 配電自動化System에는 配電線路 機器의 狀態監視, 遠隔測定 遠方操作 等으로 過負荷 線路 또는 機器의 負荷를 自動으로 切替할 수 있을 뿐 아니라 將來에는 負荷管理面에서도 負荷를 調節, 遮斷한 다거나 遠方檢針, 科金計器管理, 負荷特性調查等 多方面에 利用이 可能하게 된다.

3.4 配電 2次電壓의 昇壓

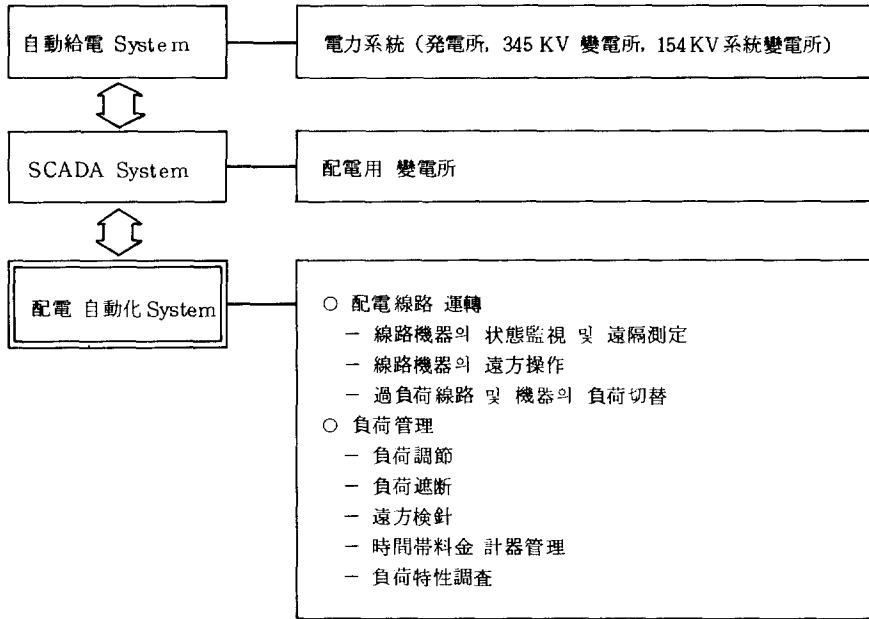
現在 100/220v 兩電壓으로 運營하고 있는 配電 2次電壓은 1990年代까지 220/380V을 主軸으로 한 配電 2次電壓으로 昇壓 完了할 計劃이다.

3.5 地域 環境과의 調和 및 安全性提高

가) 88올림픽等 國際的인 行事에 대비하여 觀光地, 境技場周邊의 美觀地域 또는 都心地 人口過密地域等은 配電線路를 地中化하고

나) 周圍環境과의 調和을 위해 架空線路는 電線路를 垂直配線하고, 材質, 모양, 色彩를 考慮한 가로등 檢용 電柱와 같은 美化裝柱方式을 開發하여 擴大 使用하며,

표 6. 配電自動化 System 의 運用計劃



다) 線路에 裝置하는 配電用 遮斷器等은 眞空遮斷器 (VCB)와 같은 Oil-less 機器의 使用을 擴大하고 柱上變壓器 역시 Compact Type 으로 小型化한다.

라) 架空配電線路는 裝柱의 單純化, 安全事故防止 等을 考慮하여 絶緣電線 또는 架空 Cable 을 使用하여 絶緣化한다.

3.6 配電計劃의 最適化

配電計劃은 지금까지 計劃擔當者의 直感이나 經驗을 토대로한 技術의 判斷에 따라 決定되기 때문에 多樣한 條件이 附되는 경우 計劃의 錯誤를 범하기 쉽게된다. 이같은 錯誤의 範圍를 最小할 수 있는 方法으로 最適化 理論을 適用한 配電計劃의 電算化를 實施하므로써 經濟的이고도 迅速한 配電計劃을 樹立할 計劃이다.

4 奉仕 水準의 向上

韓電이 追求하는 奉仕 水準의 目標은 規定周波數, 適正電壓을 維持함과 동시에 需用家가 願하는 때와 場所에 맞추어 信賴度 높은 電力을 저렴한 價格으로 生産, 供給하는데 있으며 이를 위해 다음과 같은 方案을 講究할 計劃이다.

4.1 自動給電 System 의 機能擴大

現在의 自動給電 System은 經濟的인 面에 注重한

監視, 制御機能을 主要 對象으로 하고 있으나, 앞으로는 表 7 a와 같이 適用對象의 幅을 넓혀 系統運用的 信賴性, 安全性뿐 아니라 運轉員의 訓練 및 運用計劃機能을 具備하고 將次 多邊化되어가는 ENERGY 源(源子力, 有煙炭, 低硫黃油, LNG 等)이 合理的인 運用 環境, 公害에 對한 規制值유지 및 河川用水의 責任放流等을 考慮한 소위 ENERGY 管理 System으로 轉換될 것이다. 또 System의 構成도 現在 中央과 一部 地域給電에서 分離 運用되고 있는 給電 運用 System은 表 7 b와 같이 中央給電과 8 個地域給電 System이 連系되어 完全한 階層制御 System이 構成, 運用될 것이다. 그때에는 周波數 維持範圍는 $60 \pm 0.2 \text{ Hz}$ 에서 $60 \pm 0.1 \text{ Hz}$ 로 改善되며 系統電壓 維持範圍도 $100 \pm 5\% (154 \pm 7.5 \text{ kv})$ 에서 $100 \pm 3\% (154 \pm 4.6 \text{ kv})$ 로 改善될 것은 勿論 經濟運用面에서나 信賴度面에서 높은 水準의 電力系統 運用이 期待된다.

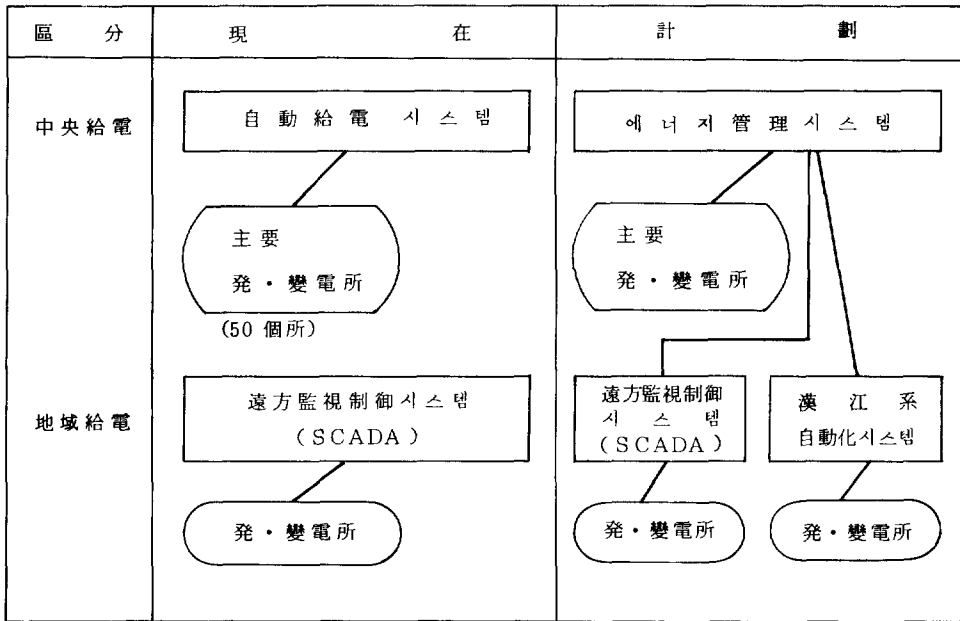
4.2 遠方監視制御(SCADA) System擴大運用

現在 서울地域에서 2 개소가 運用되고 있는 SCADA System은 遠方監視, 遠隔測定, 自動記錄, 自動警報 등의 機能을 갖추고 있어 將次 無人化될 變電所群의 集中制御를 하고 여기에 故障診斷 機能을 부여 함으로서 電力供給, 信賴度增進에 그 效果가 기대된다. 1 次的인 SCADA 機能은 1986 年까지 全國的으

표 7a. 自動給電 System 의 機能擴大

群 別	機 能 別	適 用 與 否	
		現自動電算시스템	에너지관리시스템
系統安全監視 (System Security Monitoring)	遮斷器開閉狀態監視(SBM)	○	○
	過負荷狀態監視(OMP)	○	○
	運轉豫備力監視(RMP)	○	○
	系統電圧監視(SVM)	○	○
系統遠隔制御 (System Supervisory Control)	自動發電制御(AGC)	○	○
	經濟給電制御(EDC)	○	○
	遮斷器開閉制御(SBC)	○	○
	電圧監視制御(SVC)	○	○
信賴度및安全運用 (Reliability & Security Operation)	온-라인潮流計算(OLF)	×	○
	狀態推定(SE)	×	○
	想定事故解析(CA)	×	○
	最適電力潮流(OPF)	×	○
訓練模擬 (Training Simulation)	給電司令員訓練用 시뮬레이터(DTS)	×	○
故障診斷 (Diagnostics)	오프-라인故障診斷(OLD)	○	○
	온-라인故障診斷(OND)	×	○
運用計劃 (Operating planning)	負荷豫測(LF)	×	○
	發電機起動停止(UC)	×	○

표 7b. 階層制御 시스템 構成



로 擴大될 것이다.

4.3 發電所 最適運用 및 補修計劃 技法 開發

原子力 發電所 建設의 擴大로 火力發電所의 起動 停止가 불가피한 바 起動停止에 의한 損失을 最小化 하고 合理的인 並列運轉臺數를 決定하는 技法과 發電所 運營에 必要한 年次補修計劃時 經濟的인 面을 考慮한 補修計劃技法을 開發 運用하여 發電原價의 低減을 期待할 수 있다.

4.4 水力發電所 自動化 運用

水力發電所의 運轉을 自動裝置에 의해 自動化함과 동시에 에너지 管理 System 과 連結하여 上位階層으로서 運用할 計劃이며, 水力資源의 最大 活用을 위한 經濟的 使用水量을 算定할 수 있는 소프트웨어를 開發하여 水力發電所의 合理的인 運用을 誘導한다.

4.5 事故予防 診斷技術의 開發

現在 實施中에 있는 主變壓器의 油中 Gas分析 方法은 運轉中에 있는 變壓器의 故障狀態를 診斷하는 것으로서 定期補修時 故障部分을 事前에 제거하여 系統 安全運轉에 커다란 效果를 견우어 왔다. 앞으로는 이를 더욱 擴大하여 遮斷器, GIS 등 主要機器를 對象으로 X線 診斷 (CB, GIS), 部分放電試驗 (MTR, GIS) 및 超音波 診斷技術등을 開發하여 事故를 未然에 防止하므로써 供給信賴度의 增進을 꾀한다.

4.6 營業 및 配電業務의 電算化

需用家 및 設備의 增加로 複雜해지는 配電業務를 다음과 같이 綜合電算化하는 計劃을 1990 年까지 完了할 예정이며 配電計劃 및 設計業務 역시 電算化를 推進하여 新規 需用接受時 모든 處理를 On-line 으로 신속하고 正確하게 處理하므로써 需用家 서비스 向上에 일익을 擔當하게 된다.

4.7 事故復旧 및 停電作業時間의 短縮

電力系統의 規模는 날로 大容量化, 多邊化되어가고 이러한 電力系統에서의 事故樣狀도 複雜化되어가고 있다. 몇년전에 발생한 뉴욕이나 프랑스 大停電 事故에서 보여준 바와 같이 電力系統의 事故時 操作도 多量의 情報를 同時 處理하고 判斷할 수 있는 電算機能이 要求되고 있다.

이를 円滑히 運用하기 爲해서는 實系統의 ON-LINE DATA BASE에 依한 模擬訓練을 통해서 事故時 復舊操作의 迅速·正確을 기할 수 있도록 給電 操作用 模擬訓練用 Simulator 를 導入할 豫定이다.

또한 停電作業時間의 短縮을 위해 重 電源의 確保, HEL 機 線路巡視等を 施行하고 停電作業時에 隨伴되는 系統信賴度 評價가 考慮되어야 할 것이다.

5 結 言

지금까지의 內容을 간추린다면 200 年代의 電力系統의 展望은 다음과 같이 요약된다.

5.1 送電系統計劃

지금의 345kv 系統은 繼續 擴大될 것이며 앞으로 豫想되는 次期 電壓格上問題에서 그 時期, 格上電壓等은 代案의 比較, 檢討 後에 決定하게 될 것이며 決定後, 格上 設備의 檢討역시 國內外 技術協力を 통해 繼續的인 補完이 必要할 것으로 생각된다. 또한 格上 後 發生하는 環境障碍 역시 示範線路를 建設하여 繼續的인 研究가 進行되어야 하겠다.

5.2 配電系統의 近代化

配電近代化의 基本條件인 配電自動化는 給電運用 System 과 階層構成을 實施하여 地域 給電 System 을 擴張運用한다. 配電計劃 및 設計의 電算化와 新規需用時 On-line 으로 處理할 수 있는 營配綜合 電算 System이 運用될 것이며, 線路 및 機器는 周圍環境과 調和를 이루고 都市過密地域等에는 地中化를 施行함과 동시에 高信賴度의 配電方式을 導入, 運用하게 될 것이다.

5.3 奉仕水準의 向上

原子力 및 大單位 火力의 效率的이고 安全한 運用을 위해 EMS (Energy Management System)를 導入하므로써 2000 年代에는 先進國과 同等한 水準으로 需用家에게 信賴性있는 良質의 電力을 값싸게 供給하게 될 것이다.

