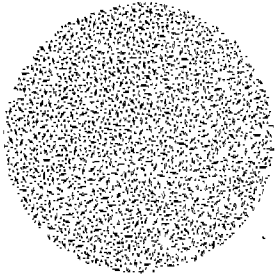


綜合電力系統 運用 시스템의 未來

The Future Prospect of Electric Power Control System



李 暉 宰

韓國電力公社 中央給電指令所長

1. 序 論

電力系統運用的 基本課題는 電力Energy를 生産에서부터 消費에 이르기까지 分配하는데 經濟性과 安定性을 維持하면서 良質의 Energy를 供給하는데 있다.

그동안 우리나라는 括日할 만한 經濟成長으로 急進的인 電力事業의 發展國家로 發展되어 왔으며 앞으로도 持續的인 成長으로 2001年代의 電力需要는 現在의 3倍가 되는 31,000MW가 되리라 보고 있다.

또한 에너지資源競爭에 접어든 世界的인 에너지波動의 影響으로 우리나라의 電源設備는 脫石油, 燃料 多邊化 및 高効率化가 婁請되어 原子力, 有煙炭, 揚水LNG等 大單位 發電設備가 投入될 展望이며 이러한 設備는 立地的인 制約으로 負荷中心地까지 長距離送電系統으로 連系되어 大電力長距離 輸送手段으로서 765KV의 格上된 電壓階層이 90年代에 登場될 것으로 보고 있다.

한편 우리나라의 需要構造도 先進國의 類型에 따라 國民生活水準의 向上과 情報集約型 産業分野가 發展함으로써 電力需要의 成長의 度는 낮아지고 反面에 보다 精密한 良質의 電力Energy 供給을 要求하게 된다.

이러한 未來의 電力經營上의 어려운 課題를 解決하기 爲하여 現在 世界 各國에서 推進되고 있는 發變電 및 配電設備의 自動化와 系統運用시스템을 連結하는 綜合에너지管理시스템 (Energy Management System)의 構成이다.

지금까지 우리나라는 地域給電시스템 (SCADA)나 漢江水系制御所等이 分散되어 設置運用되어 왔으나 將來의 電力系統은 生産·流通·消費를 一体로 하여 時時刻刻으로 變하는 需要에 맞추어 에너지分配를 安定되고 効率的으로 制御運用하려는 것이 未來의 構想이 되고 있다.

2. 給電, 發變電設備의 自動化 過程

給電業務는 需給運用과 電力系統設備運用部門으로 나눌 수 있다.

需給運用 : 規定 周波數維持

効率的 Energy 配分 (經濟運用)

電力系統設備運用 : 適正한 電壓維持

系統操作 指令(安定運用)

需給運用을 爲한 自動化는 1966年 10月 中央給電에 ANALOG 自動周波數 制御裝置(AFC: Automatic Frequency Control)가 設置되었다.

系統周波數와 基準周波數와의 偏差를 檢出하여 發電機의 出力을 制御하는 機能을 華川水力 2 台에 連結시켰다. 當初 計劃은 春川水力과 釜山 및 群山火力에도 AFC를 適用하고 將次는 經濟負荷配分(ELD)까지도 考慮한 Console이 設置되었으나 67년부터 急成長한 需要로 또다시 닥쳐온 制限送電으로 말미아마 뜻을 이루지 못하고 72年 2月 火力機의 經濟配分計算을 爲한 增分燃料費計算尺 (Incremental Fuel Cost Slide Rule)을 製作하여 이 때부터 經濟運用的 機械化가 이루어졌다. 特히 우리나라에서는 처음으로 Digital 計算機를 利用한 計算結果에 따라 만들어진 Slide Rule이었고 이것이 後에 自動給電裝置運用に 큰 도움이 되었다.

이어서 70年代에 世界各國이 Digital Computer에 依한 自動給電設備가 運用되면서 우리나라도 1979年 6月부터 ALD 自動給電設備가 導入되었다.

給電設備 變遷過程

- 1961. 7 模擬電力系統整, 電話指令台, 周波數記錄計 (三社統合當時)
- 1963. 6 電力潮流遠隔測定裝置設置
給電司令室 記錄計內容
 - 서울火力 : 發電機出力記錄計
 - 水色變電所: 主變壓器 負荷電力記錄計
 - 富平變電所: 154KV南北線(富平-大田間)
電力潮流記錄計
- 1966. 10 自動周波數制御裝置(AFC)設置
華川水力發電機 2 台 制御
- 1971. 1 增分燃料費 計算尺 製作使用
火力發電所 燃料費特性 考慮
- 1979. 6 自動給電(ALD)시스템 設置
電力系統遠方監視測定
自動發電制御, 經濟給電
- 1981. 5 서울電力遠方監視制御(SCADA) 시스템 設置
42個 變電所 遠方監視制御
- 1983. 3 南서울電力遠方監視制御시스템 設置
8 個 變電所遠方監視制御(85년 20個增設)
- 1985. 10 釜山電力遠方監視制御시스템 設置

32個變電所遠方監視制御

- 1986. 3 漢江系水力集中監視制御(TADA)시스템 設置
7 個水力發電所 集中監視制御
- 1987. 5 에너지管理시스템(EMS)設置豫定
電力에너지의 效率의 管理
中央-地域間 階層制御

3. 綜合系統運用시스템의 構成

3-1 에너지의 理想配分(經濟運用)

電力事業에서 投入되는 에너지 費用은 막대하다. 또한 投入된 電源設備를 效率的으로 運用하기 爲하여 電力系統運用に 있어서의 經濟運用은 큰 課題中의 하나가 되고 있다.

過去에 高成長時代에는 KW確保에 主力을 둔 給電이었으나 앞으로의 給電은 多樣化된 에너지, 數 많은 制約條件(出水傾向, 炭消費, 公害防止, LNG 使用制約, 熱併合等)과 隨時로 變化하는 油價·炭價 變動에 對應하여 經濟的인 發電機의 構成과 燃料需給展望을 豫測해야 한다.

또 過去에는 基底用 大容量機로서 活躍하던 250~400MW級 火力機가 이제는 起動-停止 對象이 되고 電算機를 자주 利用하여 適正 運轉台數를 決定해야 한다.

여기에 平日, 休日 및 季節的인 負荷曲線의 形態에 따라 揚水와 內燃의 Best MIX를 期할 때 經濟的인 效果가 더욱 發揮된다.

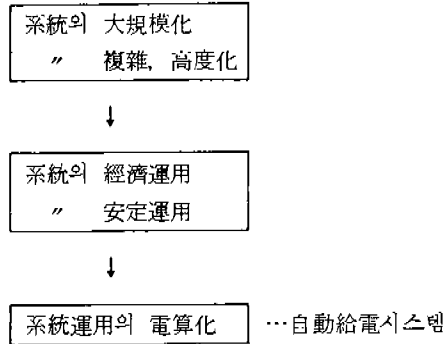
그래서 電力需給의 安定期에 들어선 오늘날의 給電은 “頭腦의 給電”時代를 맞이하게 되었고 “에너지綜合運用”의 時期로 접어들었다. 이러한 課題를 遂行하기 爲하여 大容量컴퓨터를 主軸으로 한 綜合 에너지 管理시스템을 導入하게 되었다. 지금까지 利用되어 온 自動給電設備는 經濟運用的 領域으로서 어떤 代表的인 系統狀態를 OFF-LINE으로 計算된 損失定數를 設定하여

- 翌日負荷豫測과
- 短期經濟運用이 可能했으나 앞으로의 시스템은
- On-Line Data Base에 依한 送電損失과 最適潮流計算을 土台로 한 電壓制御 經濟運用.

- 週間 및 年間 運用計劃의 計算
- 運轉台數決定을 爲한 起動停止 Program處理가 可能하게 된다.

3-2 安定된 에너지 供給

電力系統의 大型化와 더불어 共通의인 特色으로 나타나는 것이 經濟運用 위에 安定運用이며 이를 爲한 電算시스템이 構成이다.



그래서 自動化的 第Ⅰ期로서는

- AFC
- ELD
- 系統監視
- 運用計劃計算
- 自動記錄이 主機能이 되었으나

第Ⅱ期의 시스템은

- 信賴度, 監視制御
- 系統安定化制御
- 系統自動操作

- 對話型運用計算機能을 갖게 되고
- 橫似訓練用시뮬레이터로

實系統事故에 適應하는 要員의 養成이 可能하다. 또한 系統運用 自動화시스템은 電力系統構成에 알맞게 漸次的으로 階層制御시스템으로 變遷되어야 한다.

1987년에 우리나라에 運用될 에너지管理시스템(EMS)은 從前의 ALD에 系統安全制御機能, 模擬訓練機能 및 他 System과의 連系機能이 追加된다.

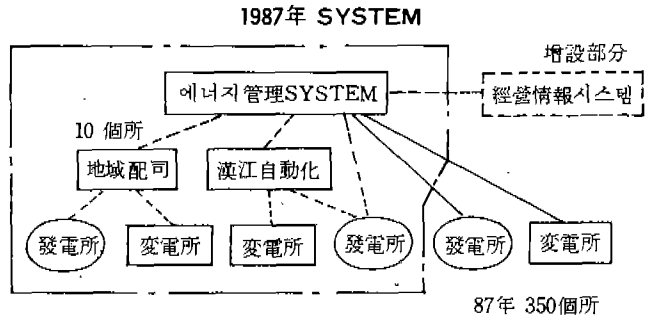
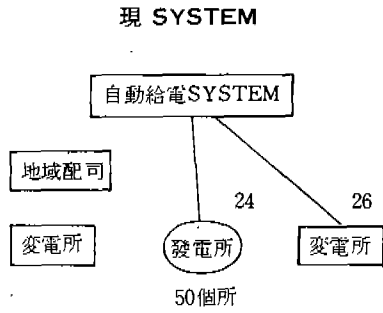
여기에서 에너지의 經濟運用外에 大電力 時代에 臨한 高度의 系統의 安全性을 維持하려는데 意圖가 있음을 알 수 있고 그의 概要는 다음과 같다.

항목별	현ALD시스템	EMS 시스템
컴퓨터	CPU 2대 (256KBytes)	CPU 4대 (8 MBytes)
기능	SCADA/AGC	SCADA/AGC, 안전제어 및 시뮬레이터
사업장	발, 변전소5개소	발, 변전소 35개소
제층구성	ALD 단독	EMS+10개 SCADA

現在까지의 系統運用設備의 自動化는 中央給電에 ALD를 主軸으로 發電制御 및 345KV 主幹系統과 一部 主要 154KV 變電所에 對한 遠方監視制御가 可能하게 되어 있다.

이에 따라 系統運用技術計算이 代表的인 負荷條件에 依한 OFF-LINE計算結果를 가지고 經濟運用에 필요한 負荷時間帶別 送電損失係數를 求하여 發

機能 \ 年代	1960	1970	1980
計算機技術	Process IC Computer	LSI MICRO Computer	Multi Computer System 階層化
AFC	Analog AFC	Digital AFC	
ELD	Hybrid ELD	" ELD	
遠方監視	T/C /TM 遠方監視制御	Computer Base System	On Line Net Work 化
Man/Machine Interface	配電盤 系統盤	Color Display CRT	對話型
Soft Ware	Assembler	高級言語, Package化 (Application)	多樣化, 複雜化



○ 現設備 / EMS 機能

구분	設備 機能別	現 시스템	EMS 시스템	
소	基本機能	○	○	
	SCADA	○	○	
	發電制御	○	○	
트	安定制御	○	○	
	安全制御	○	○	
	計劃	○	○	
	監視	○	○	
	資料傳承	○	○	
	어	發電機	○	○
		水力發電	○	○
		負荷	○	○
		線路	○	○
		設備	○	○
費用		○	○	
事故		○	○	
給電員訓練		○	○	

구분	設備 機能別	現 시스템	EMS 시스템	
하	CPU	2 (16비트 680nS)	4 (32비트 2.8MIPS)	
	主記憶裝置	256KB	8 MB	
	補助記憶裝置	2 (6MB)	8 (268.5MB)	
	磁氣메이프記憶裝置	4 (800BPI, 37.5IPS)	6 (1600BPI, 125IPS)	
	콘솔	4台	7台	
	드	電力系統整	1 (5.1×2.3m)	1 (17×5)m
		電力系統整狀況整	0	2 (3×4m)
		動向記録	9台	20台
		X-Y플로터	0	1台
		프린터/로터	0	5台
세한아이트 콘솔		0	1台	
네		標準時刻 및 周波數 偏差 集積器	0	1台
		프린터/로터	4台 (200LPM)	7台 (600LPM)
		遠隔所 通信 連絡裝置	1 식 (50RTU)	1 식 (100 RTU)
		資料 傳承 裝置	0	1 식 (13RCC)
	無停電 電源 供給裝置	1	1 프 (2층 構成)	
	어	地域 給電 시스템	0	7 (階層 制御)
		遠隔所	50	45 (100台 備定)
		이포트 콘솔	0	3
	備	IBM 컴퓨터	0	1 (資料 傳送)

해야하고 이에 對한 對策과 要員들의 訓練이 緊要하게 되었고 이러한 On-Line Real Time Control 을 爲한 應用技術 (Application Software)이 날로 發展되어 가고 있다.

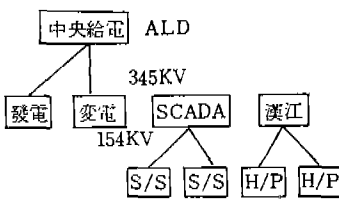
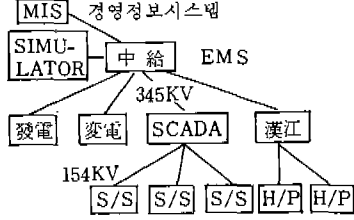
今般에 導入될 EMS는 345KV 및 154KV 系統의 情報가 직접 또는 SCADA를 通해서 交換되어 發電 및 送變電系統의 階層制御體制가 構築된다.

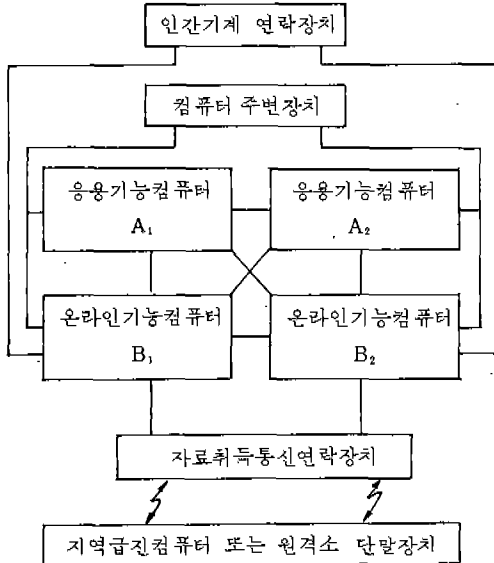
이로써 信賴度制御의 高度化가 이루어져 傳送回路의 異狀 및 測定點의 欠損과 誤差를 修正하는 狀態推定프로그램, 大電源 脫落 및 送電線 事故時 動的安定度 計算 그리고 綜合的인 에너지 制御機能으로서 安全制約 條件을 考慮한 ELD, AFC가 可能하게 된다.

電出力制御에 利用되었고 電壓-潮流計算 및 安定度計算도 Off-Line 計算으로 系統運用檢討가 이루어져 왔다.

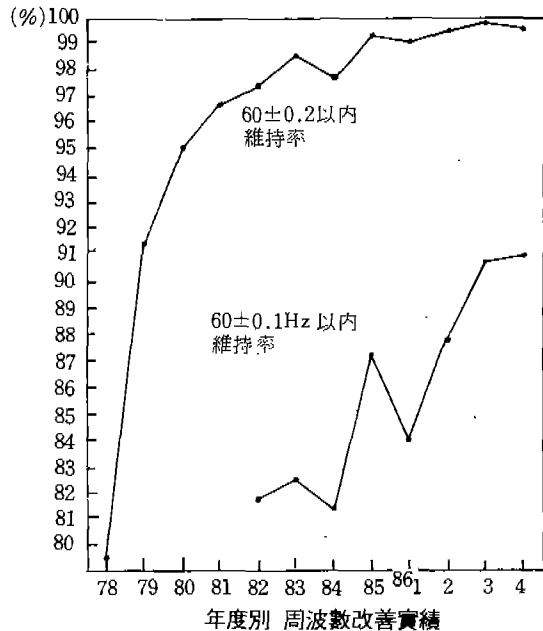
그러나 날로 大型化되는 發電機 및 送電線 事故에 對備한 系統의 安全運用을 위해서는 위와같은 計算들이 On-Line Data Base에 依한 系統分析을

系統運用的 段階別 發展 構想

目 標	(I)	(II)
I Energy 最適配分 企業性 提高	ALD 運用段階 1. 自動經濟給電適用 2. 週間經濟運用 Unit Commitment 3. 短期負荷豫測電算化 4. 送電損失프로그램適用	EMS 技術定着段階 1. 年間補修計劃電算化 2. " 發電計劃 " 3. 水系 運用 最適化 4. LNG 最適配分電算化
II Energy 品質改善 良質의 電力	1. 自動發電制御 目標: $60 \pm 0.2\text{Hz}$ 2. On-Line 電壓監視 $157\text{KV} \pm 5\%$	1. 火力機-揚水機制御改善 目標: $60 \pm 0.1\text{Hz}$ 2. On-Line Data Base電壓潮流計算 $160\text{KV} \pm 5\%$
III Energy 安定供給 社會的責任具現	1. OFF-LINE 故障計算 2. " 安定度計算 2. 有效接地系構成 4. 事故防止對策 樹立	1. ON-LINE BASE 故障計算 2. " " 安定度計算 3. " " 想定事故 分析 및 對策樹立
IV Energy 綜合管理 EMS SYS. 構成 機能	 <p>1. 自動發電制御(ELD+AFC) 2. 遠方監視制御(SCADA)</p>	 <p>+ 安定制御(ON-LINE) + 模擬訓練機能 (想定事故解析) + 經營情報시스템(MIS) 連系</p>



에너지관리시스템의 개략적 구성도



4. 未來의 系統運用시스템의 展望

1979年 우리나라에 처음으로 ALD(Automatic Load Dispatching) System 이 導入되면서 周波數나 電壓改善에 많은 實效를 거두었다. 또 經濟的인 利得도 상당하였다. (經濟值偏差 0.59%에서 0.022 %로 減少 1% 1日 燃料費 82年基準 4千萬원)

그러나 87년부터는 電力系統의 制御對象의 規模擴大, 複雜化로 制御시스템은 高信賴度維持上 複合計算機System이 되고 高度화된 應用프로그램을 處理하는 CPU와 Real Time Control를 履行하는 CPU로 分擔되는 System으로 轉換된다. 또한 各(發電所 및 SCADA) 端末裝置도 處理能力高度化 되어 運轉資料를 相互交換하는 시스템으로 構成되어질 것이다.

유럽 電力會社는 이미 發電과 配電시스템까지 完璧한 階層이 構成되어 On-Line 負荷管理까지 實現이 可能하게 되어 있다.

이러한 系統運用設備의 未來像은 단계별로 推進되어야 하며 이들은

- 電力系統構成, 規模, 特殊性
- 電力系統의 地域의 特性
- 電力企業체의 조직, 責任分擔
- 設備投資의 目的, 豫算規模
- 情報傳送機能의 方式, 能力
- 既存設備와 그 利用方式等を 고려해야 할 것이다.

電力設備의 效率的 運用과 安全運用은 電力事業체에 賦課된 基本命題이고 發電所의 自動化趨勢에 따라 電力系統運用의 自動化는 그의 運用技術 Level을 向上시켜 가며 強力히 推進되고 있다. 未來 實用化될 自動化機能으로서는 系統故障의 自動復舊시스템, 온라인 系統 시뮬레이션에 의한 最適系統構成決定 GIS나 大型變壓器와 같은 電力設備의 故障豫防診斷, 保護繼電器의 動作, 事故進展記錄 및 洪水와 落雷을 豫測하는 RADAR 氣象情報에 의한 豫防制御시스템의 構成等이 登場할 것이다.

이러한 應用分野를 實現하기 爲해서는 理論의 確立은 勿論 電子計算機의 Soft Ware와 Hard Ware 技術이 定立되어야 하고 이에 따라 給電業務, 發電所 및 配電業務에 필요한 情報가 신속 精確히 交換되어야 한다. 또한 이들間에 有機的인 連系가 이

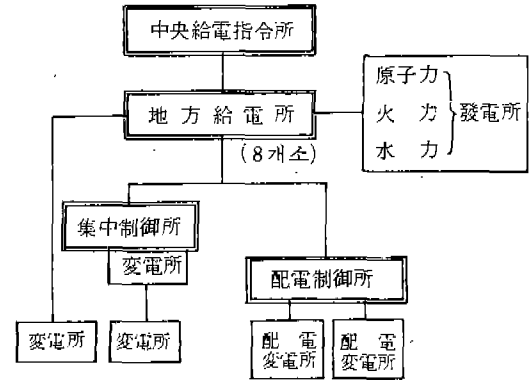
France 電力에너지 管理 시스템

(1) 特色

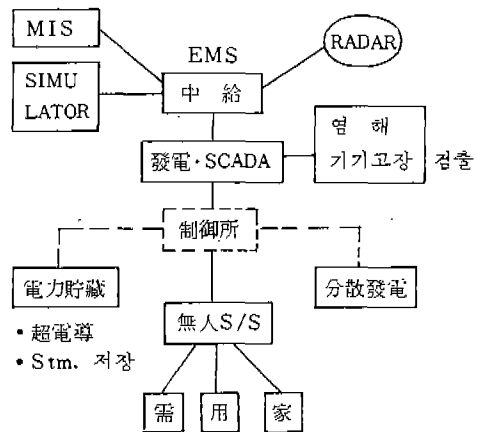
國營事業

Electricite de France (EDF)

(2) 運用形態



未來의 에너지管理시스템



完全 階層制御 시스템構成

루어짐으로써 에너지 生産管理(經濟配分)로부터 消費管理(負荷管理)에 이르기까지 效率的으로 運用될 수 있는 綜合管理시스템으로 發展되어야 할 것이다

*