

# 세계각국의 電力系統 制御所 紹介

— 能力을 추가시킨 버지니아 電力會社의 給電所 —

尹 甲 求\* · 李 熙 成\*\*

■ 查 례 ■

- 1. 電力系統의 概要
- 2. 給電시스템의 概要
- 3. 여섯번째 設立한 컴퓨터制御 시스템
- 4. 新 制御所
- 5. 遠隔所의 設備

## 1. 電力系統의 概要

버지니아 電力會社 (Vepco; Virginia Electric and Power Co.) 는 運用面에서 높은 信賴度(exemplary reliability) 와 견실한 經濟性(sound economy)을 달성 하려고, 일시적으로 큰 費用(skyrocketing costs)을 투자하였다. 그것은 現在 여섯번째로 도입한 컴퓨터에 의해서 계통을 높은 신뢰도로 效率 좋게 운전되도록 給電制御(control of power dispatch) 를 하게 한 것이다. 이 最新技術(state-of the art)의 設備와 方法으로 버지니아 인구의 80%가 살고 있는 32,000 평방 마일의 지역과 좀 작은 西버지니아 지역, 그리고 주택용 상업용 産業用 需用家가 130 萬 이상인 北캐로라이나의 供給地域을 제어 하고 있다. 전체 發電施設容量은 29 臺의 發電機로부터 약 10,000 MW인데 이는 火石燃料 발전기 23 臺, 4 個 原子力 및 2 個 水力發電所 들이다. 또한 시설 용량의 3 분의 2 가 Vepco 에 할당되어 있는 國營 kerr Dam 水力發電所의 出力도 Vepco 가 지령하고 나머지 3 분의 1 은 캐로라이나 電力 電燈회사(Carolina Power & Light Co.)에 할당되었다. 침두부하를 담당하기 위해 현재 7개 지방에 27 個 複合火力을 가지고 있다. 일부는 발전소내에 나머지는 격리된 지점에 있다. 격리되어 있는 발전기들은 中央給電

\* 正會員 : 韓國電力公社 自動給電課長

\*\* 正會員 : 韓國電力公社 給電計劃課長代理

指令所로부터 직접 지령받고 있다. 전력계통은 500 KV 이하 66 KV 범위의 송전선이 약 4,600 마일이고 약 380 개소의 送電用 變電所를 가지고 있다. 4 개 의 인근 전력회사와 주요 연계된 15 個 지점의 電壓은 115KV 에서 500 kV 의 범위에 있다.

## 2. 給電시스템의 概要

電力系統의 給電업무는 2,200 시간의 성능시험(shakedown test) 뒤에 99.9%의 실제 稼動率(availability) 을 기록했던 리드스 앤드 노드럽社(Leeds and Northrup Co., a unit of General Signal) 의 LN 5,550 컴퓨터화된 給電시스템에 의해서 컴퓨터 제어가 수행되고 있다. 아울러 新 컴퓨터 시스템은 給電員들에게 아래와 같은 가장 正確하고 최신의 情報를 제공한다.

- 원방감시제어와 資料取得(SCADA)
- 自動發電制御(AGC)
- 經濟給電(ED)
- 相互融通計劃같은 프로그램들과 給電관계의 기능들
- 他 會社와 Energy 去來에 대한 費用을 評價하기 위해 부가된 能力(Capability)

컴퓨터 制御의 效果는 시스템 신뢰도와 經濟性을 보증하는 것이다. 給電설비는 다음과 같은 利益을 주고 있다.

- (1) 給電員과의 긴밀한 連絡

給電員들은 CRT 상에서 신속하고 확실한 파악을 위해 많은 유용한 자료를 가진다.

### (2) 給電員 訓練

給電員들은 CRTs 와 制御臺의 새로운 能力들을 어떻게 이용할 수 있는가를 쉽게 배울 수 있다.

### (3) On-line 潮流計算

전력계통의 成長과 設備가 설계용량에 더욱 가깝게 운전되어야 하기 때문에 이 특징은 開閉器 조작으로 나타나는 선로부하 變化의 보다 정확한 判斷을 확실하게 하고 있다. (시스템에 자동적인 상정사고분석 프로그램을 내장하지는 않았지만 給電員들은 고장중인 주요기기나 線路에 대해서 사전에 記憶된 양자택일의 경우로부터 選擇할 수 있고 想定事故 結果를 결정하기 위해 컴퓨터에 의한 검토 능력을 제공받고 있다.

### (4) 보다 상세한 기록

최근 개발된 프로그램들은 보다 상세하고 유용한 자료를 줄 수 있다. 즉 Fortran 언어로 된 프로그램의 용이성이 프로그램 확장에 신속성을 주고 記錄들도 給電員을 위해 자동적으로 출력되고 있다.

### (5) 地域 負荷의 同時調節

회사의 5個 地域 운용부서에서 동시 부하조절은 과거에 수행할 수 없었지만 현재 SCADA 설비를 통해 中央給電所에서도 가능하다. 이 프로그램들은 지정된 配電用 遮斷器를 順位에 따라 동작시킨다. 그리고 유사한 부하조절 방법이 약 5%의 電壓억제와 회복에 이용된다.

### (6) 경보절차와 분류의 개선

컴퓨터는 확실한 경보내용을 분류하여 그것을 負荷調節 給電員의 콘솔에 절차에 따라 지시하거나 給電員이 입력시킨 정보자시와 조합에서 操作 給電員 콘솔에 발송한다. 경보내용은 역시 적당한 地域制御所의 프린터에도 전송된다.

### (7) 여유있는 通信채널

일반 전화선을 사용해서 制御所와 정상통신을 하지 못하게 된 遠隔所(RTUs)에 다이알 백업이 될 수 있게 하였다. 정상 채널은 24時間專用 設備(full-period dedicated facility)이며, 마이크로웨이브(MW)와 賃貸電話로 供給되고 있다. 이 시스템은 운전원이 고장 RUT에 자동적으로 應答할 수 있도록 호출(call) 할 수 있다. 즉, 運轉員은 통신을 회복시키기 위해 지정된 다이알 백업 變調器에 電磁的인 연결을 할 수 있다. 한번에 8個 RTU까지 연결시킬 수 있다. 이 給電시스템은 운전자료를 수집, 설명하고 給電員들에게 가장 유용한 양식으로 그것을 나타내기

때문에 Vepco의 전체 電力의 質을 높게 한다. 이 給電시스템은 시스템을 계속 향상시키기 위한 잠재력을 갖도록 설계되었다.

## 3. 여섯번째 設立한 컴퓨터 制御 시스템

1952년 電力配分에 대한 첫번째 제어계획으로 부터 최신 LN 5550 시스템까지 Vepco는 매년, 보다 진보된 能力(advanced capability)을 갖춘 L & N 컴퓨터 제어의 6번째 설립을 맞이했다. 첫번째 시스템은 초보적인 아날로그 주파수제어를 供給하는 기본적인 탁상용 유니트였다. 이 시스템은 몇개 相互結合의 추가로 운용되도록 하고, 가능하면 비실용적인 肉聲電話에 의해 운용되도록 주문되었었다. 1957년에 아날로그 컴퓨터는 최초로 自動發電制御(AGC)에 의해 지령될 수 있도록 기능이 부가되었지만 送電損失에 대해서는 고려되지 않았다. 1959년에 AGC 機能을 갖춘 아날로그 시스템인 Desired Generation Computer가 送電損失을 고려한 방법이 포함되었는데 그것은 給電員들에게 가장 經濟的運用을 위해 增分的으로 負荷를 담당하는 發電機를 선택하는데 송전손실을 고려한 出力值을 얻을 수 있도록 누름단추와 指示計器를 사용하고 있다. 그런데 1967년에는 주요단계로서 처음으로 發電機를 直接 디지털制御(direct-digital control:=DDC) 할 수 있는 LN 4200 시스템의 설치가 시작되었다. 그것은 發電機들의 제어 동작을 最小化하기 위해 誤差 適應 制御計算(error-adaptive control calculations) 방식이 인용되었다. 1972년 태풍 Agnes에 의해 옛날 위치에 있는 中央給電所가 완전 침수를 받았다. 設備가 대단한 損傷을 입었는데도 4個月만에 補修되어 正常運轉에 들어갔다. 1973년과 1974년에 걸친 11개월 동안에 프로그래머들은 電力系統의 主要變更 부분을 처리하기 위하여 LN 4200 시스템 소프트웨어를 완전하게 更新시켰다. 또한 6개월 기간에 SCADA 시스템(MAC-16)에 대한 프로그램 수정이 運轉豫想壽命을 연장시켰다. 1972년 洪水때에 給電所 격상계획은 이미 구상되었었고 LN 4200이 一新된 후에 이 계획은 制御所의 再配置를 포함해서 有用한 방법들에 대한 타당성 검토를 하도록 擴張되었다. 그 檢討委員會는 홍수지역이 아닌 곳에 新시스템을 購買하여 건설하도록 결정하였다. 사양서가 준비되어 입찰이 되고 最終檢討후에 契約은 LN會社에 돌아갔다.

## 4. 新 制御所

新 中央給電所는 Vepco 本社 건물 地下 1층의 안 전한 지점에 건설되었다. 給電室의 兩壁表面에 설치한 系統盤(system mapboard)은 全體 發電所, 變電所, 送電線, 연계선 및 開閉 裝置들을 포함하여 Vepco 전체 電力系統을 조직적으로 表示하였다. 송전선의 電壓들은 칼라코딩으로 표시되고 系統盤은 철 grid 내에 삽입된 약 120,000 개의 독립된 플라스틱 타일로 구성되었다. 單線圖 자체는 여러가지 線路와 記號가 蝕刻(etching) 또는 鑄造(molding)에 의하여 독립된 타일로 되어있다. 각 開閉裝置 타일은 表示단추로 開閉狀態를 나타내기 위해 주입할 조그만 구멍을 가지고 있다. 만일 空間에 新設變電所를 만든다면 현재 부분들이 彩色된 接着 베이프(colored stick-on tape)를 사용한 고정된 단선도보다 쉽게 움직일 수 있다. 계통반 바로 앞에서 給電員이 送電系統과 發電設備를 직접 制御할 수 있는 3臺의 制御臺가 있다.

運轉員에 의해 手動操作 되고 있는 콘솔 2臺는 送電系統(開閉器)를 운용하고 제 3의 콘솔運轉員이 負荷制御(AGC)를 책임지고 있다. 3대의 콘솔은 同一한 것이므로 어느 하나가 고장이 나더라도 나머지 어느 것으로도 그 기능을 수행할 수 있다. 제 4의 작은 콘솔 1대는 運轉監視者 또는 컴퓨터 프로그래머를 위해 사용되도록 설치되어 있다. 3臺 주요 콘솔은 각각 7색을 가진 2臺의 彩色陰極線管(CRTs)를 포함하고 또 運轉員에게 컴퓨터에 내장된 자료나 감시하고 있는 계통자료를 200여 종류까지 變更시킬 수 있다. 각 콘솔은 英·數字 電鍵盤(alphanumeric keyboard) 圖型, 文字電鍵盤(graphic character keyboard) 컴퓨터와 통신하기 위한 運轉員 판넬(operator panel), 음성통신을 위한 電話電鍵盤(telephone keyboard)을 가지고 있다. 데이터를 컴퓨터에 入力시키거나 機能을 수행하기 위해서 運轉員은 조종간(joystick) (또는 키이 보드에서 操作단추를 선택)을 사용하여 情報를 추가, 수정, 혹은 呼出하기를 원하는 CRT 디스플레이상의 한점에 커저(cursor)를 움직여 제어조작을 수행한다.

CRT 상의 메세지表示는 運轉員에게 시스템내의 문제점에 집중경계토록 한다.

일반적으로 實時間 重要한 것의 표시는 運轉員이 누름단추를 댈 때부터 호출시까지 3秒 이내에 나타난다. 콘솔들간에 놓여진 2개의 運轉프린터는 時間別, 每日別 記錄은 물론 CRT 상에 나타낸 정보의 프린트된 기록을 제공한다. 發電制御 콘솔근처의 한 수직판넬 상에 16臺의 싱글 펜 스트립차트 記錄計(strip cha-

rt recorders)가 있다. 이들은 線路潮流, 地域制御偏差, 周波數, 純融通電力 및 系統負荷같은 주요한 계통 파라메타의 계속적인 기록을 제공한다. 또한 이중켄 動向記錄計(trend recorders) 4대가 다른 계통자료를 想定하기 위해 사용되어 진다. 이것은 컴퓨터 기억에 유용하고 특별한 發電機의 出力, 위험 상태의 送電線 電力潮流, 혹은 특별한 變電所의 電壓變化등의 감시를 위해 運轉員에게도 필요하다.

전원고장을 감시하기 위해 감시 및 제어시스템은 最小한 60 분동안 제어소를 공급할 수 있는 능력의 100 KW 蓄電池 變換器(battery inverter)로 구성된 無停電 電源裝置(UPS: uninterruptible power source)를 가지고 있다. 500 KW 보조 디젤 발전기가 故障의 연장기간동안 부가설비로 供給되어 진다.

給電所의 中央에 두대의 Xerox 550 CPUs (Central processing units)가 있는데 각각 同一한 容量과 동일한 메모리와 大量 記憶 裝置(bulk memory storage)를 가지고 있다. 모든 설비는 主컴퓨터나 주요 周邊裝置(예를 들면 disk) 내에서 故障(malfunction)이 발생될 때 마스터가 하는 일을 豫備컴퓨터로 하기 위해서 2重 入出力連結(dual-ported) 혹은 컴퓨터 切替 방식으로 되었다. 컴퓨터는 마스터나 예비기로 수행될 수 있다. 설계상 컴퓨터가 發電所와 많은 變電所에 있는 RTUs로부터 情報를 수집함에 따라 通信線 緩衝器(line buffer)와 通信선로 개폐계전기기를 확장할 수 있게 되어있다. 만일 이들 중 하나가 고장이 나면 설비의 제 2 단계가 자동적으로 인계하고 컴퓨터는 하드웨어 技術者가 신속히 수리할 수 있도록 故障에 대한 메세지(message) 정보를 運轉員에게 출력한다.

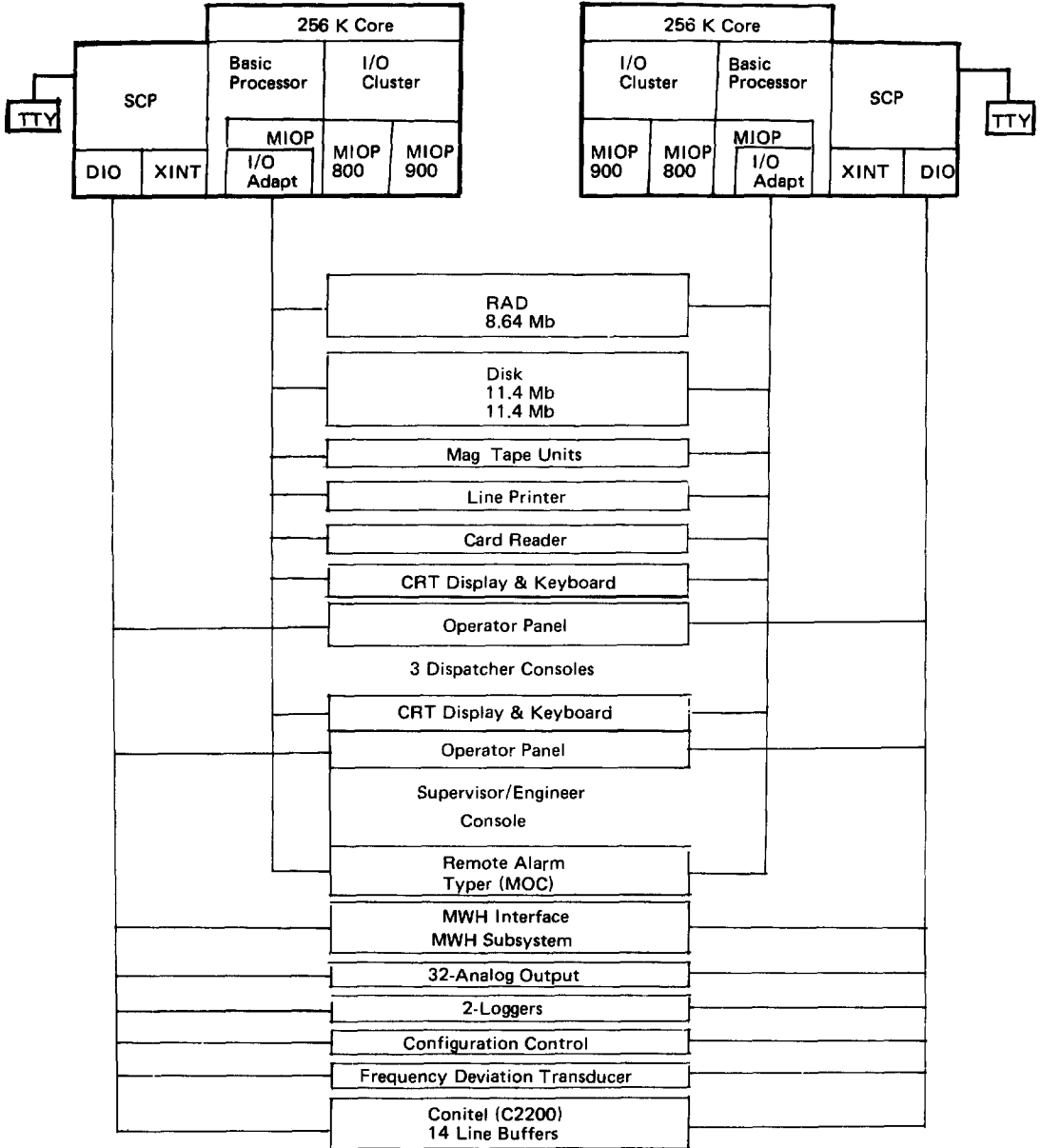
한 컴퓨터만 시스템을 運用하고 여분의 컴퓨터는 後備로 공급되면서 기술적연구와 프로그램開發 및 데이터 베이스 更新機能을 가졌다. 만일 디지털 컴퓨터 2대가 고장나면 아날로그 後備(analog backup) 컴퓨터가 운전에 들어간다. 아날로그 컴퓨터는 11개 발전기중 4대를 連系線 周波數偏差基準(tie-line-frequency bias basis)으로 운전한다. 잇달은 시스템 補強(enhancement)으로 4대의 선택된 발전기들의 遠隔 測定된 MW 表示(telemetered megawatt indications)도 포함 되었다. 이 시스템은 Vepco 에 디지털 컴퓨터가 再建되어 운전에 들어갈 때까지 發電과 負荷가 平衡되도록 했다.

현재 SCADA는 後備方式이 포함 안되었지만 Vepco는 옛날의 給電室에 資料取得을 위해 사용되고 있는 L & N 2050 SCADA를 가지고 이 機能을 추가

할 계획이다 이 컴퓨터는 新制御所에 再配置될 것이고 경보 데이터만을 蒐集, 프린트하도록 프로그램이 修正될 것이다 이 시스템은 新給電 시스템에 의해 사용되고 있는 同一 RTUs 와 同一回線을 가지고 동작되도록 개조될 것이다 디지털 시스템의 프로그래

밍은 實時間 事故處理를 每時間하도록 구성되었다. 資料取得같은 실시간 프로그램은 間斷作動(interrupt driven) 기능이 있고 신속한 應答을 위하여 內在(co-resident) 되어 있다.

실시간 計算이외에 시스템은 資料를 분석하고 給電



DIO = Digital Input/Output  
 MIOP = Multiplexed Input/Output Processor  
 XINT = External Interrupt

SCP = System Control Processor  
 RAD = Rapid Access Disk (High-Speed device)  
 Disk = MOving Head Disk (Medium-speed device)

그림 1. Vepco 自動給電시스템 構成圖

員 정보를 만들고 기록된 정보를 프린트하기 위한 많은 週期的 機能들을 수행하고 있다. 그리고 새로운 프로그램의 컴파일 또는 아셈블리(assembly) 같은 후비 프로그램을 運轉 (run) 시키기 위해 충분한 여유시간을 갖고 있다. 프로그램 실행은 컴퓨터 코아 메모리의 應用프로그램 領域에서 어디에서든지 프로그램을 運轉시킬 수 있는 하드웨어 메모리 맵핑 기술 (hardware memory mapping techniques) 이 사용된다. 필요에 따라서는 磁蕊轉移(core transfers) 를 최소화하기 위하여 이설비는 可用 메모리 (available memory) 를 통하지 않는 非結合된 프로그램을 허용한다. 그렇게 함으로써 可用 CPU 시간의 보다 效率的 이용을 가져온다. 新 傳送回路는 복합시스템 (combined systems)을 유지하기 위해 필요한 全週期 回線(full-period channels)의 數를 최소로 할 것이고 平常狀態에서 이용되는 회선을 개폐기능에 의해 後備가 될 수 있도록 했다. 이것은 서비스 경감과 資本投資를 최소화하는 방법이다. 임시로 당분간 후비정보는 付加回線이 필요한 옛 경보체제를 사용하고 있지만 이 설비는 SCADA가 主 시스템으로 운전될 때 철수시킬 것이다.

5. 遠隔所의 設備

약 23개 變電所와 11개 發電所가 C-200, C2000

C 2020 기종의 L & N Contel (Leeds & Northrup 社의 商標) 遠隔端末裝置에 의해 감시받고 있다. 자료 데이터분은 총 6000개 狀態포인트(status points) 2900 아날로그 포인트(analog points) 와 250 아컴플레이터 포인트(accumulator points) 를 가진 82 遠隔所 장치에 이른다. 그 시스템은 역시 약 3,800 감시제어 (supervisory controls) 를 활용할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 新 給電계통은 이미 主目的인 경제성, 信賴度에 대해서 시험하고 있는데, 그 계통은 틀림없는 成功을 경험하고 있다. 더구나 Vepco 에 강력한 컴퓨터 시스템은 運轉員과 컴퓨터 유지요원들이 앞으로 얼마동안 해당 給電 시스템을 최신 기술수준으로 올리도록 기대되는 프로그램을 設計하고 적용함으로써 그의 投資價値를 계속해서 증가시킬 것이다.

參 考 文 獻

- [ 1 ] H. B. Ross, Jr.; S. B. Childress; New Vepco dispatch Center adds capability, Transmission & Distribution, January 1982.
- [ 2 ] 尹甲求, 李熙成; 세계 각국의 電力系統 制御所 紹介(4), 大韓電氣學會誌, Vol. 30, No. 4, 1981年 4月

< p 25에서 계속 >

< 學生會員 >

(1982.10.1 ~ 31) : 42名

會員番號	姓名	所屬	會員番號	姓名	所屬	會員番號	姓名	所屬	會員番號	姓名	所屬
122549	金安中	광운공대	018055	姜聲範	건국대	386002	蘇富永	건국대	621010	丁上丸	건국대
122550	金容植	"	122551	金榮泰	"	396042	宋珉孝	"	662009	陳鳳洙	"
328001	史甲鎭	"	122552	金忠坤	"	464006	嚴在成	"	701147	崔秀撤	"
549021	劉載雄	"	263214	朴泰成	"	499055	吳世俊	"	844041	黃孝欽	"
550018	俞研錫	"	575484	李商烈	"	549023	劉明鍾	"	562003	殷鍾旻	"
575483	李相穆	"	575485	李完洙	"	558058	尹泰永	"	701145	崔秉仁	충북대
585039	林德善	"	635014	曹斗鉉	"	575492	李秉浩	"	610025	全鎔濶	"
585040	林鏞一	"	701142	崔相來	"	585043	林在豐	"	575491	李都炯	"
585041	林彰鍾	"	122557	金汰煥	"	602045	張安植	"	558057	尹喆熙	"
669017	車鍾憲	"	122558	金弘鎭	"	610026	全重九	"	549022	劉永珏	"
701141	崔乘碩	"	267001	潘漢植	"	610027	全浩必	"			