

世界各國의 電力系統制御所 紹介

— 미국 발티모아 電力會社의 에너지 制御 시스템 (II) —

尹 甲 求* · 金 榮 漢** · 柳 洪 雨**

〈會誌 第32卷 3號 p. 37에서 계속〉

■ 차 례 ■

- 6. 電力系統 應用
- 7. 應用補佐機能
- 8. 給電員 訓練用 시뮬레이터
- 9. 電氣事故 運用시스템(ETOS)
參考文獻

6. 電力系統 應用

電力系統 應用프로그램은 QUAD 컴퓨터 시스템에서 實行된다.

이들 프로그램은 機能的으로 制御, 監視, 資料 收集과 貯藏의 세종류로 構分된다.

制御프로그램은 自動發電制御, 經濟給電, 電壓 制御와 監視, 그리고 負荷遮斷과 復舊이다. 첫 번째의 두기능은 發電機出力이 經濟적으로 制御되게끔 하며, 나머지 두기능은 電力系統 安全을 유지하기 위하여 非常制御에 사용된다.

資料取得 系統을 통한 資料監視에 부가하여 應用監視 프로그램이 사용되며 그들은 豫備力監視, 過負荷監視, 地域監視, 네트워크 狀態 프로세시이다.

이들 프로그램은 運用上 發生한 문제를 運轉員에게 알리고 경보를 발하며 資料를 화면에 표시한다. 시스템에 사용되는 자료수집과 저장프로그램은 PJM 자료교환, 정보저장, 그리고 에너지 기록이다.

* 正 會 員 : 韓國電力公社 發電部 自動給電課長

** 正 會 員 : 韓國電力公社 發電部 自動給電課長代理

가. 經濟給電

經濟給電 프로그램은 自動發電制御에 의해서 수행되고 系統燃料費를 最小化하도록 發電機出力을 配分한다. 이 프로그램은 다음 세가지 運轉모드중 한가지 모드로 운전된다.

첫번째 모드는 BG & E 會社가 PJM 出力메가와트 (MW) 給電으로 運轉되도록 하고 이때 신호는 PJM으로부터 총발전기 출력을 수신하여 自動發電을 행한다.

두번째 모드는 PJM 램다 (λ) 給電이다. 이때 BG & E 에 보내지는 PJM 經濟制御 신호는 PJM 램다신호이고 이 신호는 BG & E 의 經濟給電 프로그램의 入力으로 사용된다.

세번째 모드는 BG & E 가 독립제어 영역으로서 運轉되도록 허용된다.

나. 自動發電制御 (AGC)

AGC 프로그램은 發電機出力의 실시간 제어를 위하여 經濟給電 프로그램과 結合하여 작용한다.

AGC는 첫째로 수신된 PJM 資料를 利用 制御 要求量 計算을 행하고 PJM을 위한 실시간 制御 資料를 처리하고, 둘째 後備用으로 이용될 地域制御誤差 (ACE) 와 制御要求量 (MW)을 計算하며,

세책로는 各發電機에 대한 更新될 經濟制御量 (MW) 과 주파수 조정량 (MW)을 計算하고 이를 이용 各發電機의 要求發電出力點을 計算하는 發電機制御루프등의 副機能을 갖고 있다.

다. 負荷遮斷과 復舊

負荷遮斷과 復舊는 저주파수負荷遮斷, 手動負荷遮斷, 循環 負荷遮斷의 세가지 부기능으로 構成된다.

저주파수 負荷遮斷은 저주파수 계전기에 의한 負荷遮斷을 監視하고 저주파수 계전기에 의하여 제어되는 차단기에 대한 警報가 發生되지 않도록 한다. 畫面表示는 저주파수계전기에 의하여 遮斷되는 負荷要約畫面에서 볼수 있다.

수동부하차단은 負荷遮斷機能을 制御하고 監視하는 兩機能을 가지고 있다. 그것은 監視制御를 통하여 運轉員이 그룹負荷遮斷을 행하는데 도움을 주도록 畫面表示와 소프트웨어를 포함한다. 運轉員은 단 한번의 監視制御 動作으로 어떠한 要求되는 負荷量의 遮斷도 행할 수 있다.

순환부하차단은 負荷에 대하여 미리 정의된 目錄에 따라 負荷遮斷이 순환되도록 행해진다. 알고리즘은 감소된 負荷量이 순환과정을 통하여 거의 일정하도록 設計된다. 運轉員은 標準監視制御過程을 통하여 순환부하차단을 시작한다. 그는 차단되는 負荷의 크기와 (MW) 차단되는 각그룹에 대한 時間의 길이를 정의 할 수 있다.

라. 電壓減少

電壓減少는 變壓器, 變電所의 電力用 콘덴사, 그리고 配電線 電力用 콘덴사에 대한 逃·配電 地域電壓制御機를 偏倚하기 위해서 사용된다.

運轉員은 3% 또는 5% 電壓段階減少 (偏倚)를 入力할 수 있고 컴퓨터는 要求되는 段階에 따라 制御命令을 發生한다. 하나의 段階는 自動電壓制御의 地域制御機에 대한 백분률 (%) 偏倚실정점이다. 各 偏倚段階는 電壓階層과 電壓制御裝置에 대한 SCADA 制御點에 따라 分離된다. 地域制御機의 偏倚計劃은 各 電壓階層에 대하여 조정되는 電壓의 기울기에 영향을 미친다.

마. 豫備力監視

豫備力監視는 豫備力 計算과 表示, 上·下限無効

電力 (VAR) 限界 計算, 內燃機關 應答 監視 등 세가지 基本機能을 위해서 사용된다. 豫備力監視 프로그램은 주기적으로 豫備力을 計算하고 畫面에 表示하기 위하여 저장한다. 그리고 發電機 出力의 部分 (Piece wise) 線型函數로 表現되는 各發電機의 上, 下限 VAR 限界를 計算하고 畫面表示를 위하여 저장한다. 내연기관 應答정보는 다른시간의 負荷기록에 의하여 저장되고 이 資料는 필요할 때 내연기관들이 應答하는 능력을 측정한다.

바. 過負荷 監視

變壓器와 送電線路의 過負荷를 監視하기 위하여 이 프로그램이 사용된다. 이 프로그램은 每 30 초 주기로 실행되고 7개의 限界값에 MVA 潮流가 비교된다. 監視프로그램은 限界값과 限界를 초과한 실부하에 대하여 警報를 發生하고 畫面에 表示하기 위하여 메세지를 출력한다. 그리고 系統盤에 表示되도록 系統盤 구동장치에 전달된다.

사. 地域監視

지역감시 프로그램은 어떤지역내의 自己會社 供給能力을 그 지역에 대한 總모선 負荷와 비교하기 위하여 計算을 행한다. 自社 供給力은 發電機와 送電線을 포함하여 모든 公營電源의 大수화에서 그 지역내의 가장 큰 한개 公營電源를 빼는 것으로 정의된다. 계산결과는 화면表示와 記錄을 위해 저장된다.

아. 네트워크 狀態 프로세스 (NSP)

네트워크 狀態 프로세스는 계통반에 表示되는 送電線路의 送受電端과 變壓器나, 發電機의 連結을 관찰한다. 또한 地域監視 프로그램에서 要求하는 어떤 連系線의 連結을 결정한다. 각기기의 連結은 變電所에 있는 선택된 스위치장치의 디지털상태로부터 決定되며, Boolean 논리표현 (AND, OR) 으로 해석한다.

자. PJM 資料交換

BG & E의 에너지 制御센터는 펜실베니아주 노리스타운에 있는 PJM 制御센터와 통신한다.

통신은 PJM의 資料連系로써 행해지고 BG & E의 QUAD 컴퓨터와 PJM의 IBM 시스템내에 있는 7개 前端 (Front - End) 프로세스 사이에서

행해진다.

發電計劃資料, 警報, 그리고 약간의 測定된 資料가 PJM과 BG & E 사이에 전송된다. BG & E의 AGC, EDC, 그리고 進歩된 네트워크 解析프로그램은 PJM으로부터 전송된 資料를 활용한다.

차. 情報貯藏

이 소프트웨어 패키지는 원격소 장치로부터 취득된 資料中 선택된 狀態資料와 아날로그 資料 그리고 PJM으로부터 수신된 資料中 선택된 資料 및 運轉員 조작내용과 경보등을 수집하고 저장한다.

運轉員은 資料를 CRT 畫面에 表示할수 있고 프린트 할 수 있다. BG & E의 소프트웨어에 의해서 그 資料를 나중 처리할 수 있도록 마그네틱 테이프에 저장할 수 있다.

카. 에너지 記錄

에너지 記錄프로그램은 發電機出力과 連系線 펄스누산기와 같은 적절한 資料를 이용한 전력량 (MWH 또는 MVARH), 그리고 누적된 MW (MVAR)를 수집하기 위하여 매 1시간마다 실행된다. 이 資料는 10일동안 유지되는 시간별, 일별 데이터베이스에 저장된다. 에너지자료는 기록 또는 화면표시가 가능하다.

7. 應用補佐機能

이들 機能은 應用프로그램 機能을 補佐한다. 그중 약간의 機能은 QUAD와 Cyber 프로그램을 補佐한다. 이들 基本補佐機能은 人間-機械連絡補佐, 資料取得과 制御, 資料生成과 유지보수, 資料과일 액세스(Access)와 警報發生이다.

가. 데이터 베이스 生成과 維持補修

데이터 유지보수는 AGC, 系統盤, NSP 등과 같은 특정의 應用프로그램 資料와 取得된 資料로 構成된 入力카드 형식으로부터 실시간 데이터 베이스를 만드는 오프-라인 기능이다. 데이터 유지보수의 機能은 모든 應用소프트웨어에 대한 데이터 베이스를 初期化하고 生成하는 것이다. 실시간 데이터 베이스는 情報를 必要로하는 시스템과 應用프로그램이 直接 그리고 쉽게 접근(Access) 할 수 있도록 구성된 情報를 가진다.

나. QUAD 데이터 베이스 수정과 사용기구
데이터 베이스 수정은 프로그램 기술자가 완전한 데이터 베이스 生成을 행하지 않고서도 MCP와 CCP의 실시간 데이터 베이스를 음극선관에 표시하고 수정하도록 허용한다. 수정은 CRT 표시와 키보드를 사용하여 온-라인으로 행해진다.

다. EMSD 표준 Cyber 17x 시스템

Cyber 데이터 베이스 액세스(CDBA)는 모든 소프트웨어 應用을 위해서 中央集中化된 資料修正 장치이다. CDBA는 일정률로 資料를 傳送하고 데이터 베이스에 대하여 쓰기와 읽기를 聯鎖 보호(Interlock Protection) 하고 60 bits 단어로 보낼 수 있도록 한다.

CDBA는 應用프로그램에서 필요로하는 소프트웨어를 요청할 수 있는 FORTRAN을 준비하고 있으며, 位置 어드레스를 이용하여 資料修正을 할 수 있다. 資料는 단한개의 단에서 큰블럭까지 전송될 수 있다.

聯鎖보호 모듈은 개조 또는 수정중 일때는 어떤 다른 프로그램이 資料에 接近하는 것을 금지시킨다. 應用프로그램을 빠르게 끝낸 뒤 CDBA 소프트웨어를 이용 어떤 연쇄보호장치도 해제시켜야 한다.

라. 資料取得을 위한 데이터 베이스 카드 형식

데이터 베이스 카드형식은 시스템 데이터 베이스의 生成을 위하여 최초근원(Primary Source) 데이터를 수집하고 형식을 짜고 제출하는 것을 포함하는 것으로 운용원을 위한 중요정보자료이다. 한번 수집된 자료는 데이터 베이스 生成副시스템에 入力시키기 위하여 기술된 형식으로 짜여져 마그네틱 테이프에 기록된다.

마. 警報生成과 表示

警報要約은 책임영역을 기준으로한 카테고리로 나누어진다. 특정 카테고리내의 점들에 대한 警報 해소와 警報認知를 행하는 권리는 制御와 警報割當 화면을 통하여 할당된다.

警報는 警報用 信號燈을 點燈시키고 運轉員 記錄裝置에 메세지를 記錄하고, 들을 수 있는 소리로 경보를 發生하고 경보요약을 更新하며 警報線을 更新한다. 어떤 警報는 系統盤에 영향을 주며 系統

盤 포인트중 하나가 警報가 發生하거나 해제될 때 또는 警報가 認知되었을 때 警報프로세스는 系統盤 프로세스에 알린다.

바. 資料取得과 監視

資料取得과 監視시스템은 電力系統의 선택된 測定點들로부터 原始자료(Raw Data)를 수집하여 이資料를 직접 알수 있는 값 즉, 工學單位(Engineering Unit)로 변환한다. 이資料는 憂亂發生限界와 狀態變化 여부가 점검되고 應用소프트웨어에 의해서 處理될 수 있도록 데이터 베이스에 보급된다. 資料取得네트워크는 Cyber 18 CCP 에 의해서 制御된다.

사. 人間—機械連絡

人間—機械連絡은 電力系統을 監視하고 制御하기 위해서 사용되는 프로그램 하드웨어와 給電員사이에 通信을 한다. 人間—機械連絡은 給電員이 시스템에 작용할 수 있도록 하는 능력을 가지고 있다.

給電員과 시스템간의 주결함은 CDC SC-19 천연색화면 시스템을 통하여 이루어지고 SC-19는 40-800 프로그램 可能한 制御機에 의하여 MCP Cyber 18 시스템과 結合된다.

人間—機械連絡을 補佐하는 서어비스 형식은 負荷와 出力指示, 送電 指示와 制御, 畫面表示와 음극선관 制御, 데이터 베이스와 畫面유지보수, 資料記錄畫面과 制御, 警報操作, 連續記錄計 制御, 監視制御, 實時間 네트워크 解析과 計劃, 프로그램 명 機能, 訓練, 事故記錄 등이다.

아. 아날로그 連續記錄

미리 선택된 資料의 크기가 PI/O 制御機에 있는 소프트웨어에 의해서 週期的으로 불러져 나와 아날로그 값으로 변환되어 割當된 連續記錄計에 出力되어 記錄된다. BG & E는 단지 시스템 램다와 같은 중요한 값의 連續記錄에 이機能을 사용한다.

자. 記錄 副시스템

記錄 副시스템은 運轉員이 記錄형식을 修正하고 生成할 수 있도록 하며 時間, 날짜, 월을 基準하여 週期的으로 記錄을 프린트 할수 있을뿐 아니라 給電員의 요청에 의하여 프린트 할 수 있다.

차. 음극선관 連續記錄

음극선관 連續記錄 副시스템은 給電員이 MCP 內에 있는 어떤 원격측정된 아나로그 값 또는 計算된 값을 음극선관 連續記錄에 割當할 수 있도록 한다.

음극선관 連續記錄은 아날로그 값을 記錄하고 畫面의 왼쪽에서 오른쪽으로 水平軸에 時間을, 아래에서 위로 垂直軸에는 크기를 나타낸다. 음극선관의 하드복사는 음극선관 프린트 機能을 사용하여 복사요청을 받아서 행한다.

카. 診斷 소프트웨어

소프트웨어 시스템에 포함된 것으로 에러가 發生하였을 때 에러상태의 種類를 運轉員에게 알린다. 이들 에러메세지는 컴퓨터시스템 하드웨어의 에러 검출회로, 비합법적인 상태검출, 적절치 못한 運轉員 動作과 資料값에 대한 소프트웨어 점검으로부터 출력된 상태를 포함한다. 또한 컴퓨터시스템 하드웨어를 보수 할 필요가 있을 때, 진단프로그램은 이를 분석하여 補修를 돕는다.

타. 起動/故障切贊/點檢

이機能은 컴퓨터나 주변장치중 어느하나가 故障이 發生하였을 경우 後備를 準備하도록 하기 위하여 사용된다. 資料의 통로가 二中化되도록 컴퓨터 시스템은 構成된다. 그리고 이機能은 이들 資料通路를 교환해서 사용할 수 있도록 한다.

파. 온-라인 畫面生成機

온-라인 畫面生成機는 음극선관 畫面表示의 대부분을 生成하고 유지 및 수정하는데 사용되는 소프트웨어의 한수단 이다. 온-라인 畫面生成機는 음극선관 畫面을 최초로 생성하기 위해서 사용되고 운용상 필요할 때 畫面을 수정하는데 사용된다. 이機能은 온-라인모드에서 實行되고 EMS 시스템이 운전중 일때도 필요한 修正을 행할 수 있도록 한다.

하. 系統盤 作動機

系統盤 作動機는 系統盤에 資料의 表示를 制御하기 위해서 다른 응용기능과 結合된다. 系統盤의 制御는 4 가지 모드인 실제모드, 연구모드, 상정 사고모드와 수동조작모드중 어느 한가지모드로 운전 될 수 있다.

실제모드에서 系統盤은 네트워크상태 프로세스에 의하여 決定되는 機器의 現在의 連續運轉狀態와 過負荷監視 프로그램에 의하여 檢出된 現在의 過負荷狀態를 나타낸다.

연구모드와 상정사고모드에서는 안전분석 프로그램에 의해 檢출된 우란과 사고가 系統盤에 순서대로 표시된다.

수동모드는 다른 機能으로부터의 資料表示를 금지하고 系統盤은 다만 수동제어를 통해서만 資料가 更新된다.

실제모드, 연구모드, 그리고 상정사고모드사이에는 모드결체가 자동으로 이루어진다. 예를들어 系統盤이 상정사고모드로 運轉될때 過負荷監視 프로그램에 의해서 실제 새로운 過負荷가 檢出되게 되면 系統盤의 모드는 실제모드로 自動切替된다. 모드切替機能에 부가하여 系統盤 作動機는 다섯가지의 線路和 變壓器 限界値에 대한 過負荷狀態 表示器를 更新하고 潮流方向을 指示한다. 이들 限界는 警報定格, 定常定格, 24時間定格, 4時間定格과 負荷遮斷定格이다.

8. 給電員 訓練用 시뮬레이터

給電員 訓練用 시뮬레이터는 실제 운용중인 단선 결선도, 도표화면표시와 같은 유사한 화면을 통하여 SCADA 기능의 사용으로 給電員을 訓練하고 경험을 갖도록 한다. 시뮬레이터에 내장된 機能으로는 監視制御, 警報와 事故記錄, 온-라인 畫面生成機, 警報制御, 人間-機械連絡, 自動發電制御, 負荷遮斷, 電壓減少이다. 위에 기술한 화면표시와 制御프로그램 이외에 원격소장치의 운용과 電力系統의 狀態가 모의된다. 원격소장치의 디지털 시뮬레이터는 모의된 SCADA 데이터 베이스내로 측정된 發電機出力과 네트워크 변수를 전달하고 制御信號를 發電機 모의프로그램에 송신한다. 나아가서 遮斷器를 개폐하는 것과 같은 運轉員 制御動作은 모의된 네트워크에서 응답되게 된다.

電力系統모델은 負荷모델 프로그램과 네트워크 모델을 가지고 있으며 이들은 네트워크 토폴로지 프로세스, Fast-Decoupled 潮流計算 알고리즘, 그리고 發電機出力과 주파수응답 副프로그램으로서 사용된다.

制御시스템 소프트웨어는 SCADA, AGC, 記錄,

負荷遮斷, 電壓減少, 警報 그리고 온-라인 畫面生成機를 가진 MMI로 構成된다.

訓練監視 副시스템은 교육에 관한 入力 또는 監視入力部分을 말한다. 여기에서 訓練을 책임지고 있는 사람은 시뮬레이터가 기동되어 모의가 進行되는 동안 發生될 想定사고와 初期條件을 정의한 事故의 순서를 만들고, 저장하고, 수정한다.

訓練生은 온-라인 시스템과 같이 시뮬레이터를 이용할 수 있다. 즉 遮斷器 개폐와 禁止/復原(Inhibit/Enable) 및 旗標(Tag)의 設定/削除機能, 發電機에 대한 AGC發電制御, 變壓器탭과 같은 制御點의 증/감 제어를 행할 수 있다. 이와 같이 訓練生은 시뮬레이터가 運轉中인동안 소프트웨어 운용을 制御하고 네트워크 구성에 영향을 미치는 명령을 입력할 수 있다.

9. 電氣事故 運用시스템(ETOS)

ETOS는 수용가에게 빠르고 정확한 복구를 확인시키기 위하여 電氣事故와 관련된 정보의 신속하고 정확한 수집과 해석을 위해서 사용된다. ETOS 시스템은 BG & E의 配電回路 토폴로지와 보호장치 구성에 관한 데이터 베이스와 온-라인 입력에 사용되는 현재의 수용가 정보시스템에 결합된다.

수용가 정보시스템은 개개수용가의 전기 문제점을 설명하고 시스템 손상을 보고하는데 사용되는 事故要請情報를 준비한다.

ETOS는 事故解析, 警報操作, 作業指示, 副시스템, 連續記錄, 自動記錄의 副시스템으로 構成된다.

事故解析은 제어루틴으로부터 情報를 受信하여 事故要請을 분석하고 警報操作機能에 의하여 發生된 警報를 出力한다. 즉 警報操作은 警報를 받아들여 地域配電영역과 作業영역을 관련된 업무에 할당한다. 作業指示는 해석된 사고요청의 형식에 따라 경보를 발생하기도하고 금지하기도 한다. 그래서 警報는 적당한 運轉位置를 찾도록 한다. 作業指示 副시스템은 ETOS와 配電運用員 사이의 主結合裝置이고 처리를 기다리고 있거나 事故에 의하여 作業中인 모든 업무에 대한 情報를 가지고 있으며 아직은 결정되지 않았으나 건설하도록 압력을 받고 있는 모든 업무에 대한 정보도 갖게 된다. 作業指示 副시스템은 많은 畫面을 가지고 있으며 이들 畫

面은 配電問題點의 크기와 그문제가 어디에 위치하는가를 결정하는 감독자뿐 아니라 시스템 運轉員과 서어비스 指命員을 돕는다. 이들 畫面을 사용하여 그들의 수용가에게 송전을 재개하기 위한 추가인력의 필요 여부를 결정하는데 도움을 준다.

記錄 副시스템은 配電시스템의 보수와 運用에 필요한 인력, 기기의 상태와 운전가능성을 조정하는 일반화면이다.

自動記錄 副시스템은 주기적인 報告와 要約報告의 준비를 위해서 自動記錄, 要請記錄 그리고 실시간을 基準으로 한 情報를 記錄하는데 使用된다. 모든 ETOS 프로그램은 BG & E에서 준비한다.

参 考 文 献

- 1) J. P. Britton, N. M. Peterson and T. J. Varney; "Advanced applications programs for the Wisconsin Electric Power Company Control Center", 1975 PICA Conference, New Orleans, LA, June 2 - 4, 1975.
- 2) J. C. Russell and Rades; "The Wisconsin Electric Power Company Energy Control System", 1973 PICA Conference, Minneapolis, Minnesota, June 4 - 6, 1973.
- 3) W. R. Cassel, A. J. Zetlan, R. E. Hansen, D. W. Bree and R. D. Masiello; "The Delmarva Power and Light Energy Control System", 1977 PICA Conference, Toronto, Ontario, May 1977.
- 4) B. K. Mukherjee, S. O. Hanson, L. L. Hung, S. M. Hoyt, A. L. Gregson, D. R. Karr; "The Union Electric Company Load Dispatch System", Control of Power Systems Conference, Oklahoma, March, 1980.
- 5) J. S. Hortom, Dan Gustafson, Ken Vornwald, W. C. Bruns, W. R. Prince, E. E. Taylor III; "The Baltimore Gas and Electric Company Energy Control System An Overview", 1981 PICA Conference, Philadelphia, PA. May 5 - 8, 1981.