

給電自動化 시스템

1. 머리말

電力은 산업·교통·통신 등에 없어서는 안 되는 基幹 에너지로서 生活에 密着되어 깊이 침투되어 있다. 그리고 최근에는 컴퓨터 利用技術·情報傳送技術의 발달에 따른 社會생활의 情報化·高度化·하이테크化에 의해 社會의 電力 의존도가 漸次 높아지고 있다. 이와 더불어 電力系統이 확대·복잡해지는 속에서 전력의 安全供給에 대한 社會적 필요성도 더욱 증대하고 있다.

특히 電力設備의 운용·운전은 나날의 需要와 供給에 직결되어 있기 때문에 確實性·迅速性·安全性 등이 강력히 요청되고, 이 실현을 목표로 하여 各 전력회사에서는 약간의 차이는 있지만 유사한 方策에 의해 新技術을 도입하여 給電自動化를 추진하고 있다.

本稿에서는 최근의 給電自動化 시스템의 동향에 대하여 설명하고자 한다.

2. 최근의 技術動向

2·1 機能 분산화

시스템에 요구되는, 機能이 高度化·復雜化·多樣化됨에 따라 시스템의 확장성·보수성에도 높은 기능이 요구된다. 그 대책으로 종래의 機能 集中型으로부터 分散·기능분산형의 시스템 構成을 채용하는 경향이 있다.

기능분산 시스템 構成에는 다음의 2가지 형태가 있다.

(1) 制御用 계산기를 100Mbps인 고속의 專用 데이터 웨이로 접속하여 機能 분산을 실시한다. 하드웨어의 擴張性 확보나 구성제어의 柔軟性에 따른 高信賴度 시스템의 구축이 가능해진다.

(2) 종래 개별적으로 도입되어 왔던 워드 프로세서, 퍼스널 컴퓨터나 EWS(Engineering Work Station)를 LAN(Local Area Network: 전송방식 CSMA/CD, 전송속도 10Mbps)이나 GP-IB(General Purpose Interface Bus)로 制御用 계산기에 접속하고 정보의 共有化·一元化를 도모하여 종래 制御用 계산기로 하여 왔던 업무처리를 분산한다. 플렉시블

리터가 우수한 高速處理를 제어용 계산기에 영향을 주지 않고 실행할 수 있다.

2.2 맨머신 인터페이스의 高度化

최근의 給電自動化 시스템에 채용하고 있는 맨머신을 다음에 표시한다.

(1) 풀 그래픽 CRT에 의한 高密度 한자·圖形·그래픽 表示 및 포인팅 디바이스에의 테이블 채용에 의한 조작성 향상

(2) 大型 비디오 프로젝트에 의한 給電情報의 共用化 및 훈련용 系統盤의 계통 전환

(3) 레이저 빔 프린터에 의한 고밀도 帳票의 高速出力

장래에는 書像·도면·문서 등을 監視畫面과 더불어 동일 高解像度 CRT에 高速 멀티 윈도 表示를 하여 운전원의 업무를 다각적으로 지원하고 誤認識·誤動作이 없는 고도의 視聽覺·인터페이스로 되어갈 것이 예상된다.

2.3 知識處理

지식처리는 監視·制御·計劃·保守 등 폭넓은 분야에 적용할 수가 있다. 특히 계통사고 발생시의 사고설비 判定, 복구방식 決定, 복구절차 作成을 위한 적용은 프로토타입 제작·實證

試驗을 거쳐 온라인 實用機로의 적용 단계에 있다.

2.4 高度 給電情報 시스템

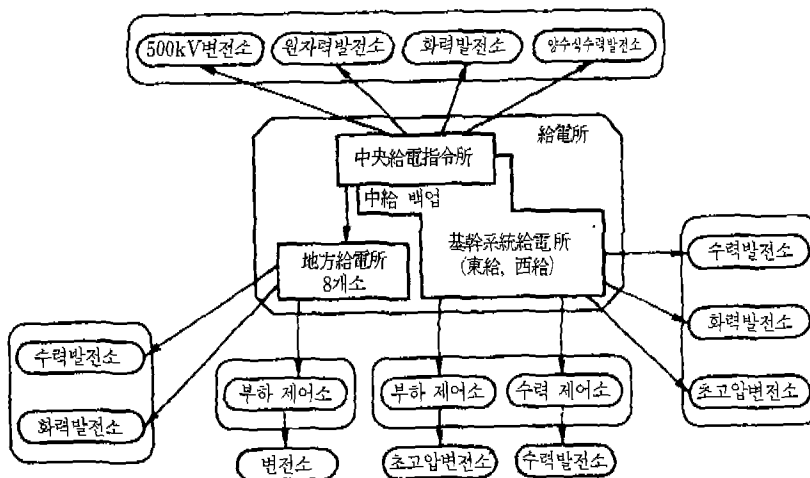
급전소와 上位 급전소·지점·전력소·영업소를 패킷網 등으로 네트워크를 연계하여 電力系統사고 정보, 급전소概況 정보, 전력계통설비의 停止作業에 대한 계획·조정·결정 情報, 기상 情報 등을 交換하고 정보의 활용·서비스의 향상을 도모한다.

이상과 같은 기술동향을 도입한 시스템 사례로서 1989년 11월에 완성된 일본의 關西電力 基幹系統 給電所 자동처리장치를 아래에 소개한다.

3. 基幹系統 給電所

3.1 개 요

關西電力 基幹系統의 급전지령 체계는 그림 1에 표시하는 계층구성이다. 종래는 中央給電所 1개소(수급조정 500kV 계통, 이하 “中給”이라 한다), 系統給電所 3개소(275kV, 154kV 계통) 및 地方給電所(77kV 계통, 부하 공급系)로 구성되어 있었으나 3개소의 系統 給電所를 1개소로 통합하여 基幹系統 給電所를 설치하였다.



<그림 1> 급전지령체계(關西電力 株)

基幹系統 給電所는 하나의 급전소이지만 계통운영의 용이성과 사고시의 신속한 복구를 기하기 위하여 소관 系統을 둘로 나누어 東給과 西給의 2개 指令室로 구성하고 있다. 또한 中給(大阪)과는 지리적으로 떨어진 장소(京都)에 설치함으로써 지진 등으로 中給이 재해를 입어도 그 기능을 대행할 수가 있다.

3·2 시스템 構成

그림 2에 하드웨어 구성, 표 1에 시스템 機能概要를 표시한다. 이 시스템은 고성능제어용 계산기(MELCOM 350-6) 모델 800 2대, 모델 600 2대의 2重系 시스템 구성에 시뮬레이터용 계산기(고속 演算 프로세서가 달린 모델 800) 1대를 부가하고 500M바이트 磁氣 디스크 9대, CRT 31대, 그리고 라인 프린터, 漢字 프린터, 음성 출력 裝置 각 3대로 구성되어, 東西 2 指令室의 給電업무 이외에 中給 백업機能, 운전원 훈련機能을 아울러 갖는 複合 대규모 給電自動化 시스템이다.

3·3 시스템의 특징

<표 1> 基幹系統 給電所 시스템의 기능개요

업 무	기 능 개 요	
급 전 업 무	계통감시	狀變사고감시, 조류전압監視, BSS 監視, K95 監視, 계통접속 상태監視, 단독계통監視, 사고속보編輯
	조작질차표	조작件名編輯, 질차표作成(자동, 파일, 수동) 질차표檢證, 계통전환 가이드
	기록통계	급전運用기록, 사고조작기록保存, 編輯
	운용계산	水系運用계산(계산 센터연계), 예상潮流圖작성·印字
中給 백업	中給계통監視, 수급監視, ELD	
훈련	훈련管理, 계통모의	
構成 制御	Dual, Duplex, Load Share	
데이터메인テナンス	데이터 入力, 생성, 온라인 試驗, 전환	
데이터處理用 EWS	데이터 수정·축적, 溪流예상, 각종 데이터 加工, 編輯, 표시	

3·3·1 情報 送受信

基幹系統 給電所가 취급하는 情報는 다음의 3종류로 분류된다.

(1) SV/TM 情報

系統 감시, 기록 통계업무 등에서 사용되는 CB/LS 등의 상태, RY 동작상황 등의 SV情報, 전력계통의 전압, 有效·無效 電力 등의 TM情報를 SDT(Super High and High Capacity Data Transmitter) 裝置로부터 수신한다. 발·변전소로부터 基幹系統 給電所까지의 情報 전달망의 개념을 그림 3에 표시한다. 基幹系統의 SDT裝置는 4개소에 배치되어, 각각은 48kbps의 HDLC회선 2系統으로 접속되어 있다. 또한 각각이 二重化되어 있다. 발·변전소의 情報는 2개소의 SDT裝置로 CDT(Cyclic Data Transmitter)전송되고, 1개소의 SDT가 재해를 입을 경우에도 情報의 두절이 없도록 構築되어 있다.

(2) 메시지 情報

계통 감시, 기록 통계, 水系 운동계산 업무 등에서 사용하는 메시지(문자) 情報는 RDT(Random Data Transmitter) 회선에 의해 送受信하고 있다. 傳送速度는, 정보보송이 집중되는 中給에 보내는 회선을 9,600bps로 하고 수력 제어소에 대해서는 1,200bps로 한다.

계통사고 速報는 中給, 영업소 등에 자동적으로 送信한다.

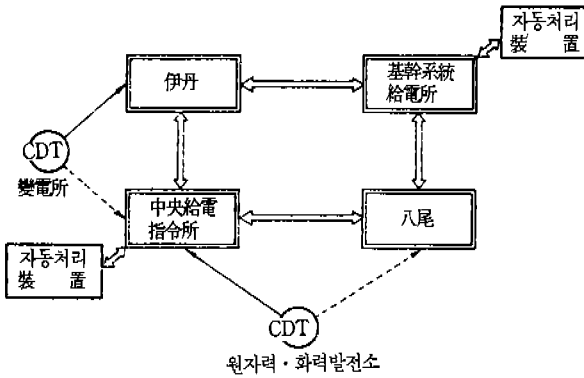
(3) 발견 指令值 정보

中給 백업 운전시의 주요 火力·水力發電所에 대한 발견기 출력 指令值는 운전기준출력 指令裝置로부터 CDT전송한다. 그림 4에 그 개념을 표시한다.

3·3·2 시스템 구성 制御

(1) 통상時

2重系 시스템의 운전方式은 系統 감시의 중요업무에 대해서는 使用모드 系列, 待機모드 系列의 兩 系列로 동일한 처리를 하는 듀얼方式을 채용하여 신뢰성을 높인다. 또한 통상의 업무는



- : SDT裝置
- : CDT 통상 루트
- ↔ : 패킷 傳送 48kbps HDLC
- - - : CDT 백업 루트

<그림 3> CDT-SDT 情報傳送網의 개념

使用코드 系列의 계산기로 실행하고 待機모드 系列의 계산기는 待機하는 듀플렉스方式을 채용한다.

각 系列의 FEP-HOST 계산기 사이에는 기능분산을 실시하여 FEP로는 外部 시스템과의 송수신 處理, 계통상태의 수용, 系統盤 출력을, HOST로는 맨머신 處理(CRT 19대)를 실행하여 계통상태 변화시의 신속한 처리와 맨머신의 高應答性을 실현한다.

(2) 中給 백업時

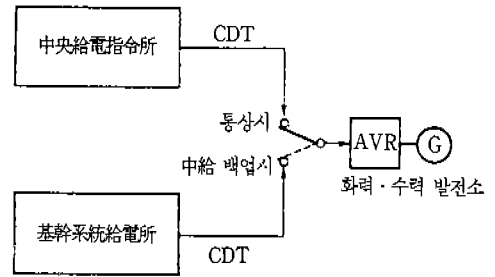
中給 백업시는 中給 백업室의 조작 데스크(CRT 12대)를 待機모드 系列로 접속하고, 待機모드 系列과 부하분산을 실시하여 맨머신 처리의 高應答性을 확보한다.

(3) 훈련, 시험時

운전원의 훈련 및 電力系統 데이터 베이스 증설시의 시험은 待機모드의 계산기를 사용하여 온라인 운전을 수행한 상태에서 실행할 수 있도록 하여 2重系 가동률을 높이는 高信賴度 시스템을 실현하고 있다.

3·3·3 指令室 토털 디자인

指令室의 레이아웃은 人間工學과 디자인의



<그림 4> 中給 백업시의 발전기 출력 指令

협조관계로부터 '계통제어의 中樞'에 어울리는 신뢰감을 표시하고, 동시에 給電運用者가 시스템측으로부터의 어떠한 제약도 받지 않고 남들 할 수 있는 조작을 계속할 수 있도록 操作性·居住性에 중점을 두었다.

(1) 操作 데스크

操作 데스크의 디자인은 人間工學的 觀點에 중점을 두고 CRT의 最適 視距離·각도, 포인팅 디바이스의 사용 편리성 등에 대한 검토를 CAD를 사용하여 실시하였다. 또한 최종적으로는 막업(Mock-Up: 실물 치수 簡易 모델)을 제작하여 操作性의 확인·평가를 실시하였다. 또한 포인팅 디바이스에 태블릿을 채용하여 손 닿은 곳에서의 書面 조작을 가능케 하여 操作性의 향상을 기하였다.

(2) 指令室

指令室의 디자인은 系統監視盤으로부터 주어지는 洞窟感의 최소화, 視覺 作業域(좌우 60도) 內로의 배치 등을 人間工學的으로 검토하였다. 또한 操作 데스크의 디자인, 배치, 색채는 미니튜어 意匠 모델(1/20 실내 모델)을 제작하여 평가에 사용하였다. 평가는 指令室로부터 받은 이미지, 인상, 분위기 등의 감정적 효과를 定量的으로 파악하기 위하여 SD(Semantic Differential)法을 이용하였다.

또한 60인치 비디오 프로젝트를 系統監視盤에 인접하여 설치하고 운전원 사이에 給電情報를 共有하도록 도모하고 있다.

3·3·4 조작 절차표 자동작성

최근의 系統 확대 및 3개소의 系統給電所를 1개소로 통합하였기 때문에 基幹系統 給電所에 있어서의 계통운용 업무는 대폭적으로 증대될 것이 예상되어 운전원의 업무량을 절감하는 것이 요구되었다. 대책으로서는 운용업무중에서 특히 업무량이 많은 조작 절차표의 自動作成方式를 개발하였다.

종래에도 조작 절차표의 자동작성 기능을 가진 시스템은 존재하였으나 기능 범위가 定型的인 것에 한정되고, 또한 조작 절차표 전체의 65%를 점하는 系統전환 절차를 作成할 수 없는 등 실용면에서의 문제점이 많았다. 이번에 開發한 알고리즘(Algorithm)은 정지조작·계통전환 조작 등의 조작 목적에 의하지 않고 조작 절차표를 자동 作成하는 것으로서 운용상의 적용범위가 대폭적으로 擴大되었다. 아래에 開發 알고리즘의 특징과 장점을 표시한다.

- (1) 조작 목적에 의하지 않는 알고리즘이기 때문에 계통전환 절차의 自動作成이 가능해진다.
- (2) 정지절차 작성시에는, 정전범위를 최소로 하는 操作후의 계통구성을 自動作成한다.

(3) 중성점 접지裝置의 전환절차를 自動作成한다.

(4) 전압, 潮流 등의 확인조작 절차 및 系統구성 변경에 따른 릴레이의 43SW 전환절차를 自動作成한다.

알고리즘의 開發은 기존의 조작 절차표를 바탕으로 운전원의 절차표 작성시의 思考過程을 검토하고, 이것을 통합·일반화함으로써 수행하였다.

開發 알고리즘은 조작전과 조작후의 계통상태를 비교하여 無限하게 존재하는 조작전으로부터 조작후의 계통에 이르는 機器 조작의 과정중에서 일정한 룰에 의거하여 운용상 最適의 과정을 추출하고 있다.

아래에 개략적인 알고리즘을 표시한다.

- (1) 조작 절차 作成과정의 系統상태와 조작 종료후의 系統상태를 비교하여 개폐상태가 서로 다른 開閉器를 조작 후보로서 추출한다.
- (2) 조작 후보 開閉器중에서 계통조작 조건이 만족스러운 것을 조작가능한 開閉器로 하여 추출하고, 다시 이 중에서 系統상태에 의해 정해지는 우선순위에 따라 操作開閉器를 선택한다.

로봇 엔지니어링(Robot Engineering)

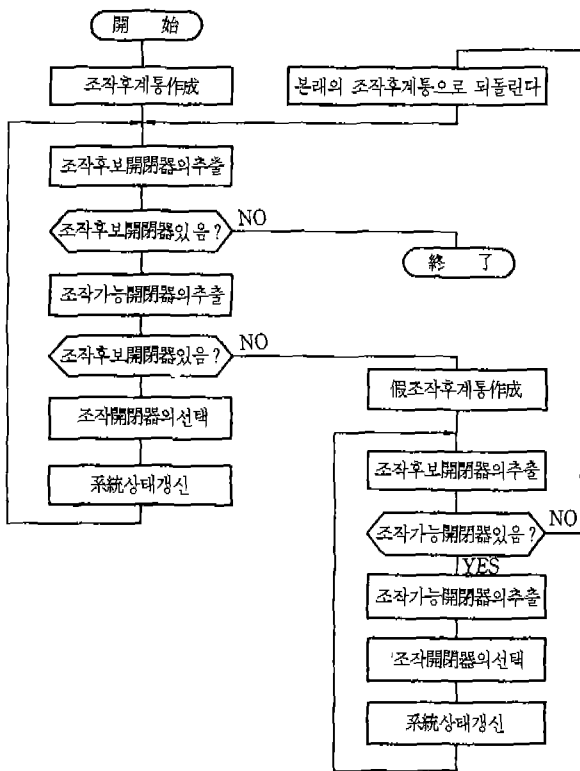
산업용 로봇, 특히 조립 로봇에서 사용목적과 환경에 맞추어 최적의 로봇이나 주변장치, 소프트웨어를 계획하여 설치한 후 운전지도를 하는 것.

산업용 로봇을 單體로 동작시키기 때문에 NC 공작기계나 무인반송차와 함께 사용하거나 조립 라인에 짜넣거나 하여 복잡하게 이용하게 되면서 엔지니어링의 중요성이 증가했다. 일반적으로 엔지니어링 비용은 지그(Jig) 등의 주변기기, 위치결정이나 클램프법 등의 소프트웨어를 포함하지만 스폿용접에서는 로봇 본체의 25% 정도, 아크용접에서는 25~40%, 도장에서 본체와 거의 동액, 조립작업에서는 본체의 2배를 넘는 금액이 필요할 때도 있다고 한다. 특히 시각이나 촉각을 가진 지능 로봇의 경우는 엔지니어링 기술이 불가결하다.

엔지니어링의 구체적인 내용은 여러 가지지만 예를 들면 자동차 보디의 스폿용접에서는 화이트 보디를 컨베이어 위에 정확히 클램프해서 컨베이어의 정지정밀도 $\pm 1\text{mm}$ 를 확보하는 방식을 고안하게 된다. 또 센서 불이 조립 로봇에서는 시각이나 촉각 센서의 정보를 기초로 해서 「부품을 잡지 못했다」거나 「조립에 무리한 힘이 걸렸으므로 다시 한다」는 등을 판단해가는데 이 논리 체계를 구축하는 것이 엔지니어링의 큰 일이 된다. 그리고 이 이론을 로봇 제어의 프로그램 언어로 기술하는 것도 또한 엔지니어링의 일부다.

용어해설

메카트로닉스 기초 이해를 위한



<그림 5> 조작절차 自動作成 알고리즘 플로

(3) 조작가능 開閉器가 존재하지 않을 경우에는 위의 (2)에서 우선순위가 가장 높은 조작후보 開閉器의 조작을 가능케 하는 系統상태를 自動作成하고, 이 系統상태에 이르는 조작절차를 作成한다. 해당 계통에 도달한 후에는 다시 본래의 조작후 系統으로 전환하여 조작하여야 할 開閉器를 선택한다.

(4) 조작후의 系統상태에 도달해서 조작후보 開閉器가 없어진 경우에 處理를 종료한다.

이상과 같은 알고리즘에 대한 處理 플로 (Flow)를 그림 5에 표시한다.

알고리즘의 檢證은 현재 關西電力(株)에서 사용되고 있는 定型의인 절차票와 복잡한 절차票를 합쳐서 100케이스에 대하여 실시하였는데, 自動作成方式이 기존의 절차票와 마찬가지로의 절차票로 作成되는 것을 확인하였다. 그림 6에 송전선의 停止·復元 절차를 自動作成한 예를

표시한다.

3·3·5 訓練 시뮬레이터

복잡화·고도화하는 電力系統 운영에 대한 운전원의 技能을 유지 향상하는 훈련을 위하여 待機系列의 계산기 및 전용의 演算裝置를 사용하여 훈련용 시뮬레이터를 실현하였다.

훈련은 그림 2에 표시하는 바와 같이 中給 백업 겸 훈련 시뮬레이터室에 설치한 트레이너(피훈련자)용의 指令台 3대, 훈련조건 설정, 電氣所를 대행하는 트레이너(훈련자)용의 指令台 3

操作節次票

No.	所 名	機 器 名	操 作	시간
	*	*****		
1	南京都 SS	南京都 _{2L} 43RC	$\frac{3}{0}$	
2	枚 方 SS	南京都 _{2L} 43RC	$\frac{3}{0}$	
3	南京都 SS	南京都 _{2L} 43-79L	로크	
4	枚 方 SS	南京都 _{2L} 43-79L	로크	
5	南京都 SS	南京都 _{1L}	합계 부하 확인	
6	枚 方 SS	南京都 _{1L} CB03	개방	
7	南京都 SS	南京都 _{1L}	무부하 확인	
8	南京都 SS	南京都 _{1L} CB07	개방	
9	南京都 SS	南京都 _{1L} LS7	개방	
10	枚 方 SS	南京都 _{1L} LS9	개방	
11	枚 方 SS	南京都 _{1L} 3E	불이다	
12	南京都 SS	南京都 _{1L} 7E	불이다	
	*	*****		
13	南京都 SS	南京都 _{1L} 7E	떼다	
14	枚 方 SS	南京都 _{1L} 3E	떼다	
15	枚 方 SS	南京都 _{1L} LS3	투입	
16	南京都 SS	南京都 _{1L} LS7	투입	
17	南京都 SS	南京都 _{1L}	무부하 확인	
18	南京都 SS	南京都 _{1L} CB07	투입	
19	枚 方 SS	南京都 _{1L} CB03	투입	
20	南京都 SS	南京都 _{1L}	무부하 확인	
21	枚 方 SS	南京都 _{1L}	조류 밸런스 확인	
22	南京都 SS	南京都 _{2L} 43RC	$\frac{0}{3}$	
23	枚 方 SS	南京都 _{2L} 43RC	$\frac{0}{3}$	
24	南京都 SS	南京都 _{2L} 43-79L	사용	
25	枚 方 SS	南京都 _{2L} 43-79L	사용	

<그림 6> 송전선 停止·復元 절차의 自動作成 예

대, 系統監視盤 등을 사용하여 실시한다. 系統應動 모의는 고속 연산 프로세서(SP)를 탑재한 演算裝置 CPU로 실행한다. 系統應動 모의의 처리개념을 그림 7에 표시한다. 처리는 그림에서 破線으로 나타내는 7개의 블록으로 나누어져 전체를 5초 周期로 실행한다(계통 규모 873 노드, 220 발전기, 1,221 브랜치).

系統監視盤은 70인치의 비디오 프로젝트 8대로 구성되는 고속 가변 系統監視盤을 채용하고, 훈련시에는 2개의 指令室 소관의 系統圖를 표시하며, 中給 백업(3·3·6 참조)시는 中給 소관 系統을 표시한다.

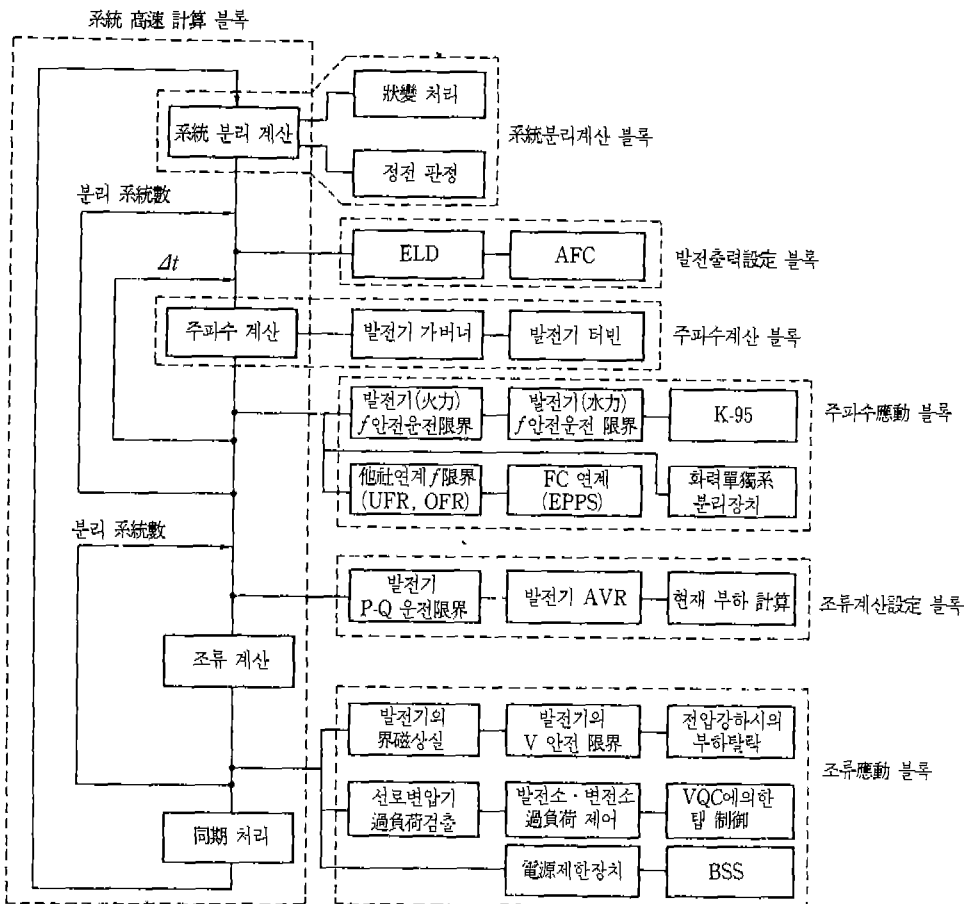
훈련 시뮬레이터는 系統應動 모의·훈련 管理의 데이터 베이스가 필요하며 훈련 대상인 系

統設備의 증설, 변경에 따라 保守할 필요가 있는데, 이 시스템에서는 자동처리裝置의 온라인 데이터 베이스와 一體化하여 保守하는 방식을 채용하여 데이터 베이스 保守作業의 효율화와 품질의 향상을 도모하고 있다.

3·3·6 中給 백업

中給의 업무는 需給제어나 系統조작 등의 온라인 업무와 需給계획 등의 온라인 업무로 나뉘어진다. 基幹系統 給電所에서의 中給이 재해를 입을 때의 백업에 대해 고려할 점은 다음과 같다.

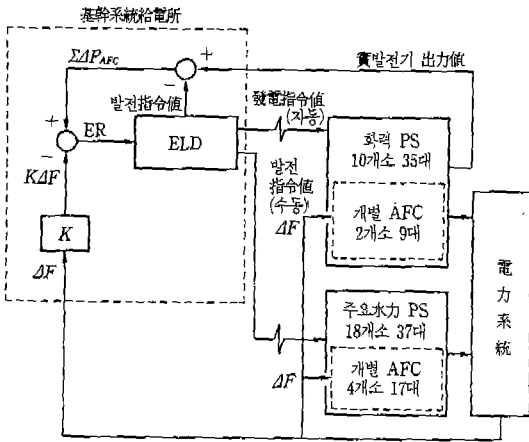
(1) 長期的으로 피해를 입을 때에도 백업할 수 있는 機能을 가진다.



<그림 7> 系統應動 모의처리 개념

<표 2> 데이터 處理用 EWS의 保存 데이터

保存 데이터	保存 주기	保存 기간	保存 내용	사 용 목 적
단기 保存 데이터	1분	5일간	基幹系 P, Q, V, F	系統 사고 解析
장기 保存 데이터 (系統)	1시간	4년간	위와 같음	設備 계획, 運用 계획
장기 保存 데이터 (水系)	1시간	4년간	위와 같음	溪流 예상, 발전 계획 (장래)



ΔF: 주파수 偏差 K: 系統定數
 ΣΔP_{AFC}: AFC 偏差 (= 實발전기出力 - 발전指令値)
 ER: ELD 요구량
 ELD: 經濟負荷配分 (Economical Load Dispatch)

<그림 8> 需給制御 블록 다이어그램

(2) 백업의 대상은 온라인 업무로 한다.

(3) 系統情報나 급전 電話 등의 傳送回線 루트는 지장을 받지 않도록 中給을 경유하지 않는 構成으로 한다.

中給 백업은 中給 백업 겸 訓練用 시뮬레이터 室에서 트레이너 指令 데스크, 트레이너 指令 데스크를 中給 백 용으로 전환하여 실시한다.

機能으로서는 中給 소관 系統(500kV 계통)의 계통 監視, 수급 監視 및 발전기 출력 指令値를 주요 火力·水力 발전소로 전송하는 需給 제어 機能이 있다. 需給 제어 機能의 블록 다이어그램을 그림 8에 표시한다.

需給制御는 운영자가 설정한 발전기 출력値를 대상 발전소로 傳送하는 외에, 장기적인 백업도 가능하도록 주요 火力 발전소에 관하여 經濟負荷 配分(等增分연료비 배분법)을 사용한 피드백

制御를 한다. 또한 周波數 制御는 6개소의 발전소에서 自所內의 주파수 偏差를 검출하여 발전기出力을 조정하는 개별 AFC를 사용한다.

3.3.7 데이터 處理用 EWS

基幹系統 給電所 자동처리裝置에서 수집한 系統 데이터는 傳送速度 2000kbps의 GP-IB 접속한 EWS(Engineering Work Station)로 운영자가 요구할 때 또는 주기적으로 傳送하여 축적한다.

蓄積 데이터는 基幹系統 全 계통의 TM 데이터 및 水系 관련 데이터(溪流, 수위 溢水 등)이며 필요에 따라 불러 내어 임의의 加工·편집·포시·印字를 한다. 保存 데이터의 종류, 保存 기간, 사용 목적을 표 2에 표시한다. 데이터의 保存기간 延長은 디스크의 증설(現狀 700M바이트 實裝)에 의해 쉽게 이루어진다.

그리고 앞으로 이 시스템에 접속하여 知識處理를 이용한 “水系 운영 支援 시스템”, “基幹系 사고 복구 시스템” 등의 시스템 增設이 계획되고 있다.

4. 맺음말

앞으로도 大規模化·復雜化하는 전력계통을 운영하며 사회에 양질의 電氣를 공급하기 위하여 給電所가 해야 할 역할은 더욱더 중요해진다. 그와 더불어 給電 自動化 시스템에 요구되는 高度化 機能에 응할 수 있는 시스템 開發을 추진하여 나아가고자 한다.

本稿는 日本 三菱電機(株)의 諒解下에 번역한 것으로서, 著作權은 上記社에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.