

電力系統運用業務支援 시스템

1. 머리말

최근 日本의 各 電力會社에서는 知識處理(AI), 그래픽컬 유저 인터페이스, 컴퓨터 네트워크 등 尖端情報處理技術을 적용한 각종 系統運用業務支援 시스템의 개발 연구가 행해지고 있어 앞으로 급속히 실용화될 것이 예상된다. 本稿에서는 미쓰비시 電力系統解析支援 시스템《ADAPOS》(Advanced Analyzer of Power System)을 기점으로 하여 系統運用계획, 수급운용계획 등을 통합 지원하는 시스템의 개발 구상을 보고한다. 엔지니어링 워크스테이션(EWS)을 中核으로 하여 分散處理 네트워크를 구축하고 필요에 따라서 미니수퍼 컴퓨터, 화일 서버, 메인 프레임을 접속한 시스템을 구성, 系統運用업무에 필요한 각종 解析·計劃 프로그램을 對話型 그래픽컬 유저 인터페이스에 의하여 통합, 高度로 지원하는 시스템을 개발한다.

2. 系統運用業務支援을 위한 統合 시스템 개발구상

2.1 개발의 배경

전력계통은 대규모화하고 그 구조와 기능은 복잡해지고 있다. 전력수요는 해마다 增加一路에 있으며 대략적인 예상에 의하면 연 2~3%의 成長이 기대된다. 平均 2.5%가 成長할 것으로 가정하면 2000년까지 약 50GW의 새로운 발전량이 필요하게 되며, 그 발전량을 需用家에 공급하기 위하여는 同量의 송배전설비도 늘어나야 하기 때문에 그 규모의 확대에 수반하여 복잡성 또한 증대하게 된다. 그리고 공급량을 수요에 맞추기 위하여 巨大한 전력계통을 감시·제어·해석하는 최신 컴퓨터 기술과 디지털 통신기술의 적용을 필요로 한다.

전력계통운용은 原子力·LNG 火力의 硬直型 電源이라든가 코제너레이션 등 電力會社 이외의 발전기 증가, 새로운 전력요금제도의 도입 등으로 일층 복잡해질 것으로 생각된다. 새로운 不確實性에 대응하기 위하여 運用者의 意思 결정에는 원격 데이터라든가 더욱 정교한 모델, 엑스퍼트 시스템 등을 이용한 컴퓨터 解析의 지원이 필요하게 된다. 이 때문에 電力會社에서는 금후 加一層 다방면의 일에 컴퓨터를 이용할 것

으로 생각된다. 컴퓨터를 이용함으로써 개인 생산성의 개선, 계획업무의 고도화, 설계·건설공사관리의 효율화를 기할 수 있으며, 계통운용에 눈부신 變化를 가져옴으로써 일상 보수업무의 지원으로 작업자의 안전성이 개선될 것으로 기대된다.

여기서는 電力會社의 급전관련 기술자 '個人的生産性'과 '計劃業務', '運用業務'를 대상으로 해서 계획·해석 등의 진보된 계통기술과 엑스퍼트 시스템, EWS, 컴퓨터 네트워크 시스템 등 尖端情報處理技術을 結集한 계통운용계획, 수급운용계획, 급전제어 등의 업무지원을 목적으로 하는 통합 시스템의 개발을 제안한다.

2.2 시스템의 구성과 특징

2.2.1 기능

계통운용관련 업무내용을 本社와 支店別로 아래와 같이 大別하여 계획·운용·운전업무를 지원하는 시스템을 개발한다.

(1) 本社에 대한 급전업무 지원

계통운용부문에 있어서 수급운용계획(翌日の 수급계획에서부터 週間單位, 年間單位로의 長期間까지)·基幹系統 운용계획·계통해석업무를 지원한다.

(2) 支店 급전소에 대한 급전업무지원

支店 급전소에 있어서 停止作業計劃·조작순

서표 작성·水系運用計劃·운용업무자로 작성 등 오프라인 業務를 지원한다.

(3) 支店 급전소에 대한 급전제어 지원

支店 급전소에 있어서 상태감시(경보 시스템)·계통조작(복구) 등의 온라인 업무를 지원한다.

(4) 本社에 대한 계통계획 지원

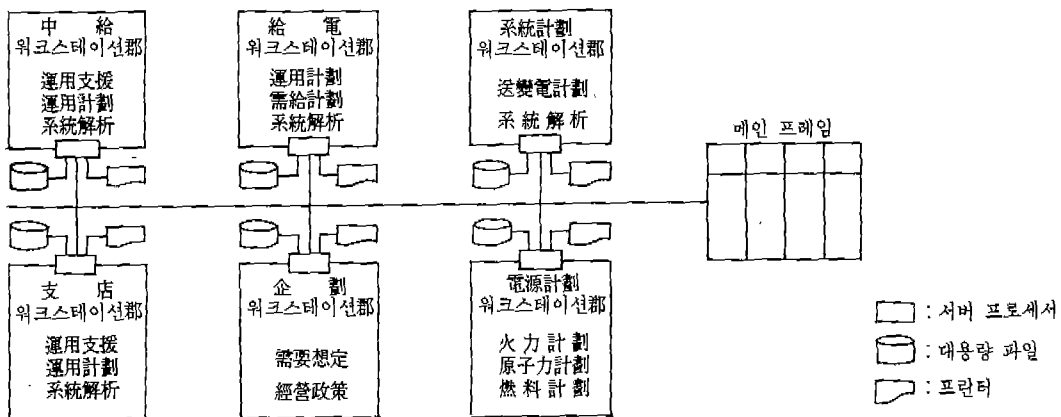
기술·공무부문에 있어서 發電·送電·變電 등의 설비계획(中長期) 책정업무를 지원한다.

2.2.2 구성

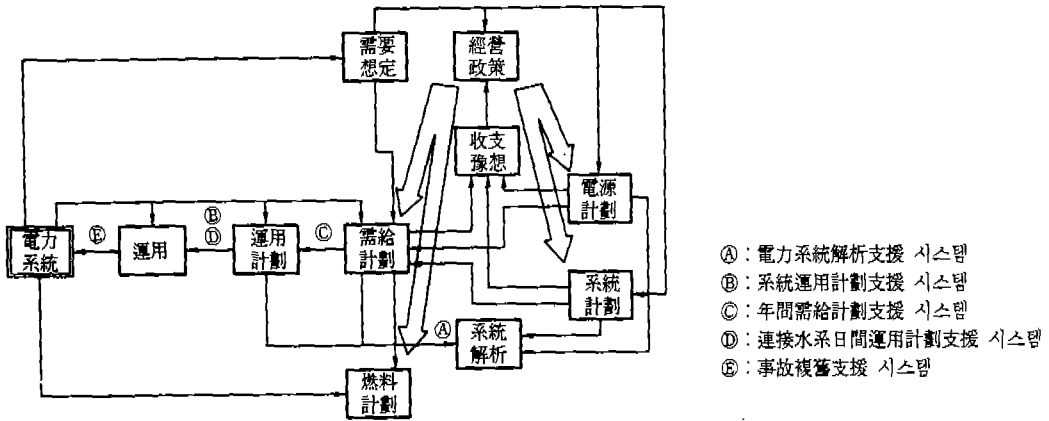
각 業務 지원기능을 統合化하여 電力會社의 각 부문에 전개되는 시스템 이미지를 그림 1에, 각 EWS群에서 實行하는 任務 플로우 3章에서 소개하는 시스템 事例의 位置 결정을 그림 2에 표시한다.

1990년대의 컴퓨터 기술의 키워드로서 퍼스널화, 分散化, 인텔리전트화를 들 수 있다. 컴퓨터가 低價, 小型, 高性能化함과 아울러, 언제 어디서나 자유로이 컴퓨터를 사용하고자 하는(퍼스널화) 욕구가 증대하는데 이를 위하여는 OS, 言語, 데이터베이스, 通信 아키텍처의 '分散化', '標準化', '인텔리전트化'를 필요로 하며 그에 대한 연구 개발은 급속도로 진전되고 있다.

그림 3은 컴퓨터 시스템의 추이를 概觀한 것



<그림 1> 綜合 시스템의 概念

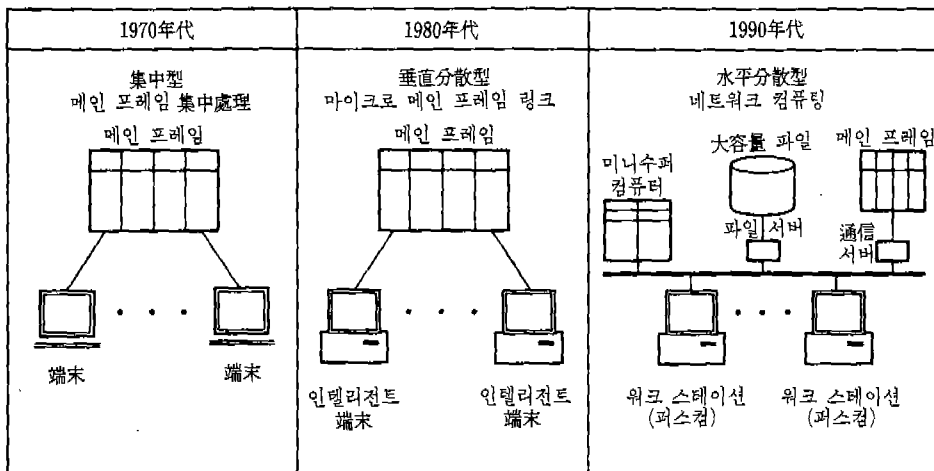


<그림 2> 系統運用業務의 任務 流程

이다. 그림 1에 표시하는 워크스테이션에 의한 水平分散型 모델은 今後 主流를 이룰 것을 표시하고 있다. 이 分散 컴퓨터 네트워크를 念頭에 두고 下記의 業界標準 基本 소프트웨어(오픈 시스템) 구성의 기본 시스템을 개발하고 있다.

- (1) 고도의 異機種 시스템間 네트워크 機能
 - 오퍼레이팅 시스템 UNIX(System V, 4.3 BSD)
 - 로컬 에어리어 네트워크 IEEE 802.3/Ethernet
 - 네트워크 프로토콜 TCP/IP

- (2) 平易한 맨머신 인터페이스 開發 틀
 - 윈도 시스템 X-Window
 - 그래픽컬 유저 인터페이스 OSF/Motif 등
 - (3) 高性能 AI 言語
 - 프로덕션 시스템 OPS 83 등
 - 오브젝트 指向言語 C++ 등
- 현재 電力公社 각사와 공동으로 연구하고 있는 수급운용계획 관련 시스템의 開發로 計劃·解析技術의 레벨업, 메인 프레임과의 접속, 給電課·火力部·燃料部 등 사이의 分散 워크스테이션 시스템의 실현 등 목표로 하는 이미지에



<그림 3> 컴퓨터 시스템의 推移

가까운 모델의 構築技術 확립을 지향하고 있다.

2.2.3 특 징

컴퓨터 기술진보의 현저한 高性能 워크스테이션을 이용한 시스템 構築으로 아래와 같은 長點을 實現시킬 수 있다.

- (1) 高度의 技術計算能力
 - (a) 풍부한 계통계획·해석기술의 結集
 - (b) 대규모적인 계통계산으로 충분한 계산 성능 실현
- (2) 간편한 다큐먼트 작성능력
 - (a) 계통도·각종 장부의 자동작성 및 유저 修正機能 실현
 - (b) 高品質 서드파티 소프트웨어를 活用한 문서처리 환경 제공

(3) 高度의 分散處理能力

- (a) 水平分散 컴퓨터 네트워크 구축
- (b) 워크스테이션 活用으로 대폭적인 업무 효율화 실현
- (c) 대규모적인 데이터베이스 등의 메인 프레임 능력을 효율적으로 이용

2.3 급전업무지원 기능의 개발상황

현재 개발이 가장 진척되고 있는 '本社에 대한 급전업무지원 기능'에 관하여 그 개발상황을 표1에 표시한다. 대부분의 기능을 自主的 또는 電力會社와 공동연구를 개발하여(표1의 ○표), 미쓰비시 電力系統解析支援 시스템《ADAPOS》을 기초로 同一 EWS면에서의 통합 시스템으로서의 功績이 갖추어지고 있다. 더욱이 不足機

<표1> 本社에 대한 給電事務支援機能의 開發狀況

機 能	內 容	系統解析支援	系統運用計劃	年間需給計劃	水系運用計劃	今後의開發豫定	海外流通 소프트웨어
需給計劃기능	供給計劃策定業務支援 ·諸元計算策定 ·年間 8,760 시간需給狀況算定 ·最適化(火力出力配分,貯水池,火力補修)			○ ○ ○ ○			◎ PP/MS
基幹系統運用計劃기능	基幹系統運用計劃(月間,週間計劃)策定業務支援 ·豫測(需要,出水) ·供給力運用最適化 ·信賴度 체계 ·電壓 / 潮流 체계 ·系統運用對策檢討支援		△	△ △	○		◎ STFOR ◎ Wescouger
系統解析기능	需給밸런스模擬 ·平常時 / 事故時系統解析 -簡易潮流계산 -詳細潮流계산 -最適潮流계산 -短絡電流계산 -不平衡故障계산(多重故障) -安定度解析 ·水系別水力供給力豫測 ·需要配分	△ ○ ○ ○ ○ ○ ○				○ ○	◎ PSS/E ◎ PSA

주) ◎ : ABB, ○ : Electrocon, △ : PTI, PP/MS : Power Plant Maintenance Scheduling Program, STFOR : Short Term Load Forecast Program

관련 : 기 획 : 總需要想定
기술·공무 : 設備計劃(電源·送電線·뱅크 등 新增設)
화력·원자력 : 電源補修計劃
송변전 건설 : 基幹系統主要停止工事計劃
지점·기타 : 154kV·66kV 系統의 系統構成計劃과 潮流

○ : 大部分의 機能을 自主 또는 電力會社와의 共同研究에 의하여 開發한 것

△ : 大部分의 機能을 自主 또는 電力會社와의 共同研究에 의하여 開發중인 것

能의 追加, 現有機能의 高度化를 추진하고 있다.

3. 시스템 事例

3.1 電力系統解析支援 시스템 <ADAPOS>

전력계통해석지원 시스템은 전력계통해석기술과 엔지니어링 워크스테이션 기술을 결합하여 전력계통의 계획 및 운용에 필요한 潮流計算 이라든가 短絡容量計算, 安定度計算 등을 對話型 그래픽컬 유저 인터페이스에 의하여 高度로

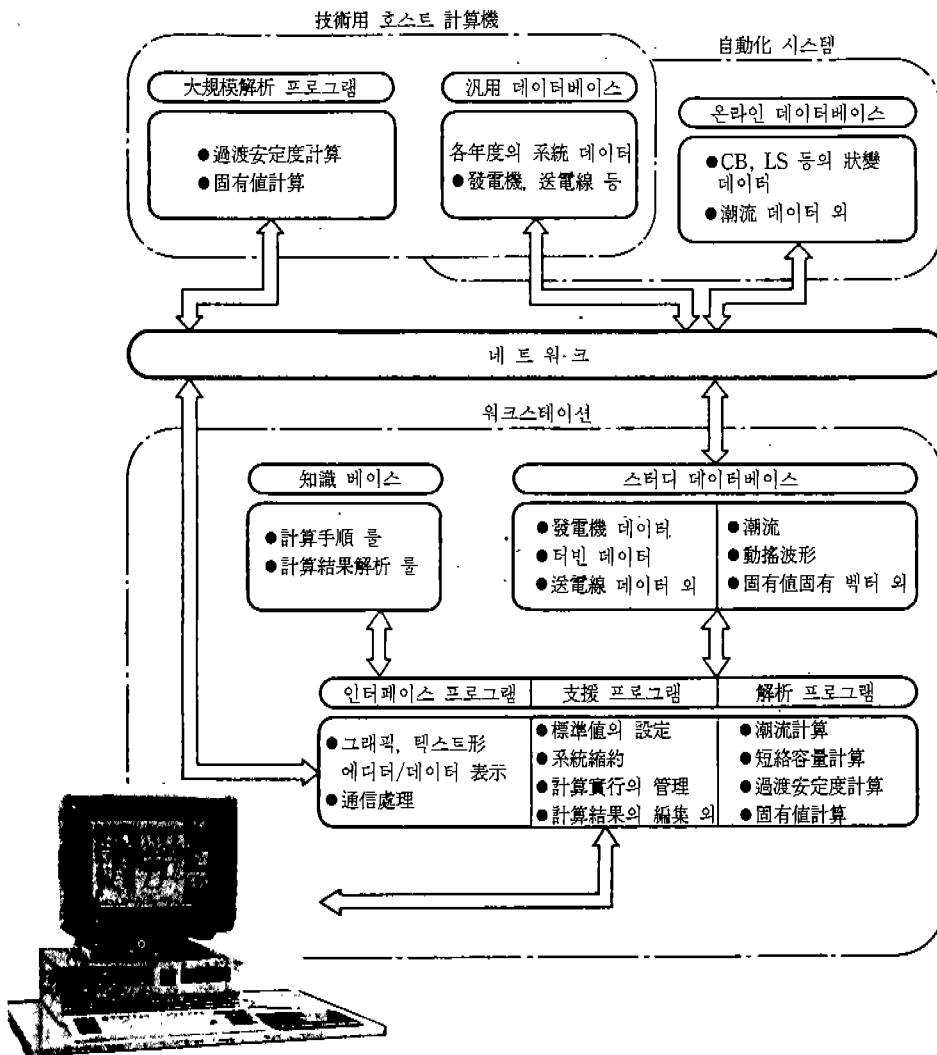
지원하는 시스템이다. 그림 4에 시스템 구성을 표시한다. 이 시스템을 기초로 각 유저의 要求에 부합되는 계통계획·운용지원 시스템 구축이 가능하다.

시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

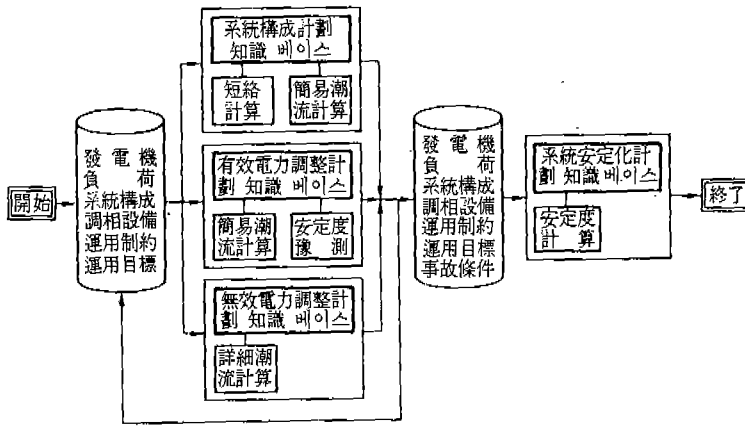
(1) 統一 데이터베이스에 의한 데이터 變更의 省力化

각종 해석계산에 필요한 데이터가 하나의 데이터베이스상에서 통일적으로 취급된다.

(2) 계통도에 의한 데이터의 入力, 計算結果



<그림 4> 電力系統解析支援 시스템의 시스템 構成



<그림 5> 系統運用計劃支援 시스템의 소프트웨어 構成

표시

계통도 위에서 데이터의 入力이 간단하게 행해지며 각종 계산 데이터의 계통도 표시로 해석 계산 결과를 용이하게 파악할 수 있다.

(3) 계통도의 작성 및 수정이 용이

마우스에 의한 아이콘 선택으로 계통도의 작성·변경이 용이하다.

(4) 해석 프로그램 조작의 간략화

메뉴선택으로 간단하게 각종 계산이 가능하다.

(5) 계통해석의 지식을 물화한 知的支援機能의 구축이 가능

계산 결과의 良否判定이라든가 리포트 작성을 용이하게 행할 수 있으며 나아가서 특정업무를 대상으로 문제의 발견, 대책입안, 대책안 평가·선택 등 고도한 知的作業을 지원하는 계통 계획·운용 시스템을 구축할 수 있다.

3·2 계통운용계획지원 시스템

계통운용계획지원 시스템은 실제 규모의 전력계통을 대상으로 하여 운용계획을 지원하기 위한 エキスパート 시스템이다. 종래의 시스템에서는 해석을 위한 수치계산이나 데이터의 관리를 계산기로 하고 문제의 발견이나 대책입안, 대책안에 대한 평가·선택을 모두 계획자가 했었는

데 이들 계획자의 노하우를 지식 베이스화함으로써 운용계획을 보다 유연하게 지원할 수 있도록 한 것이다. 그림 5에 표시하는 소프트웨어 구성의 각 서브 시스템의 내용은 다음과 같다.

(1) 系統構成計劃支援 시스템

短絡容量對策 및 (稀)頻度事故時의 重過負荷對策으로서 母係分離 또는 送電線 루프 개방계획안을 작성한다.

(2) 有效電力 조정계획지원 시스템

(稀)頻度事故時나 單一設備 사고시의 설비 과부하를 방지하고 발전 코스트, 안정도 등을 고려한 유효전력 분포를 결정한다.

(3) 電壓/無效電力 조정계획지원 시스템

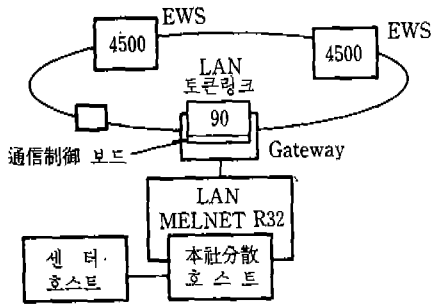
평상시나 단일설비 사고시에 전압을 적정치로 유지하기 위한 調相設備 등의 증설·운용계획안을 사고시에 대비한 신뢰성, 설비의 경제성, 계통의 안정성 등을 고려하여 결정한다.

(4) 계통안정화계획지원 시스템

사고에 대한 과도적 안정도를 판정하여 계통의 安定運用계획안을 작성한다.

3·3 年間需給計劃支援 시스템

연간수급계획지원 시스템은 발전기의 起動停止回數制約이나 補修計劃, 燃料消費計劃 등을 고려하면서 경제적이며 신뢰성이 높은 운용상



<그림 6> 年間需給計劃支援 시스템의 하드웨어 構成

대가 되도록 每時間마다 各 發電機의 발전전력량을 결정하기 위한 것이다. 이 시스템은 그림 6에 표시하는 바와 같이 대형 계산기와 EWS를 通信回線으로 묶은 구성으로서, 대형 계산기의 全社의 蓄積 데이터와 계산능력을 유효하게 활용하면서 EWS의 계산능력과 맨머신성을 살려서 EWS上에 구축한 計劃諸元 데이터베이스를 사용하여 여러 가지 檢討項目을 同一諸元으로 검토할 수 있는 시스템으로 되어 있다. 시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

(1) 時間單位의 供給力計劃

8,760시간의 발전기와 揚水貯水池의 상황이 출력 가능하며 또한 潮流計算 등과 연계된 종합적인 계획이 가능하다.

(2) 統一的 데이터 管理

專用 에디터에 의하여 1000종류에 미치는 계획제원을 효율적으로 結集할 수 있다.

(3) 계획계산과 文書作成의 兩面支援 제출문서의 書式에 따른 出力이 가능하다.

3·4 連接水系日間運用計劃支援 시스템

連接水系日間運用計劃支援 시스템은 貯水池式 댐, 調整池式 댐 및 발전소에서 구성되는 연

접수계의 일간운용계획을 지원하기 위한 엑스퍼트 시스템이다. 연접수계 일간운용계획은 河川法上的의 제약도 있어 대단히 어렵기 때문에 종래에는 사람의 손으로 계획을 입안하는데 여러 시간을 요하였다. 이 시스템으로는, 개략적인 계획을 계획입안자의 經驗則을 이용한 클 베이스 시스템으로 구하고 다음에 最適化手法을 이용하여 계획의 質을 높이는 方法으로 15분 정도면 계획을 입안할 수 있게 되었다. 시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

(1) 각종 제약조건을 충족시키면서 發電價値 最大를 目標로 하고 있다.

(2) 學習機能을 갖게 함으로써 학습과정에서 얻어진 復數의 候補群中 가장 적당한 것을 선택하는 方法을 채용하여 熟練運用者와 동등 또는 그 이상의 능력을 가지고 있다.

(3) 특정한 水系의 운용지식에 의존하지 않는 方法을 채용하고 있기 때문에 어떠한 水系에도 적용할 수 있다.

(4) 實際運用에 必要한 各種制約을 데이터베이스內의 데이터로서 가지고 있기 때문에 변경이 용이하다.

(a) 義務放流

(b) 발전기 最短運轉時間

(c) 발전기 最短停止時間

(d) 발전기 起動禁止時間帶

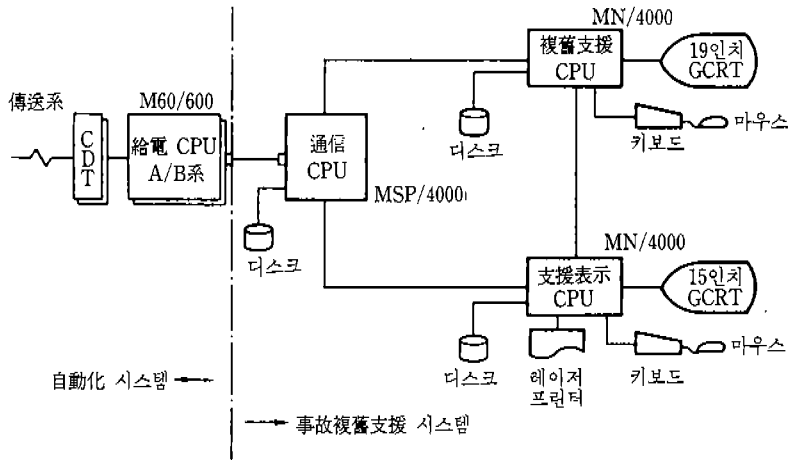
(e) 河川水位上昇制約

(5) 說明機能을 가지고 있기 때문에 운용계획 입안시뿐 아니라 수계운용에 관한 교육에도 이용할 수 있다.

3·5 사고복구지원 시스템

사고복구지원 시스템은 전력계통에 사고가 발생하였을 때 정전개소를 조기에 복구하기 위

에너지 절약 10%



<그림 7> 事故復舊支援 시스템의 하드웨어 構成

한 방법을 리얼타임으로 표시하여 운전원의 조치·조작을 지원하기 위한 엑스퍼트 시스템이다.

事故樣相의 복잡화와 사고범위의 광범위화로 사람의 손에 의한 方法으로는 現狀以上の 공급 시간 단축은 어렵다. 그래서 AI 기술을 도입하여 운전원이 신속·적절한 판단과 조치를 취할 수 있는 시스템을 개발하였다. 그림 7에 그 시스템의 구성을 표시하였다. 시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

(1) 복구지원의 리얼타임성

大規模系統(100개소 정도의 電氣所, 主要 特高需要家)의 사고발생시, 사고개소와 복구조작 등 복구지원 내용을 수10초내에 제시한다.

(2) 실제운용을 감당할 수 있는 복구지원

노련한 운전원의 경험과 노하우를 지식 베이스로 하여 실제운용에 알맞는 복구지원을 신속하고도 적절히 실행한다.

(3) EWS의 活用

EWS면에서 복구를 지원함으로써 기존의 자동화 시스템으로의 영향을 최소한으로 억제하여 복구지원의 高速化를 실현한다.

(4) 學習支援機能

想定事故를 설정하여 계통사고와 복구조작을 시뮬레이션할 수 있기 때문에 운전원이 복구시

의 대응과 조치에 관한 學習을 할 수 있다.

4. 맺음말

전력계통해석지원 시스템<ADAPOS>을 기초로 하고 EWS를 中核으로 한 分散處理 네트워크를 적용하여 계통운용계획, 수급운용계획 등을 통합 지원하는 시스템의 개발 구상을 報告하였으며 각 업무마다 개발한 지원 시스템의 實例에 관하여 紹介하였다.

1990년대의 개막을 맞이하여 通産省은 資源 에너지廳이 종합한 “電氣事業情報高度化構想”을 실현하기 위하여 電力 9個社에 10년간에 걸쳐 합계 3兆円을 투자하도록 요구하고 있다. 이 금액은 현재 전력업계의 연간 설비투자액에 맞먹는 금액이다.

금후 날로 巨大化, 複雑化하는 전력계통에 있어서 전력계통 운용업무의 효율化를 위하여 계획·해석기술력을 더한층 고도화할 것을 목표로 일층 가속화하는 컴퓨터의 기술혁신 속도에 뒤따르는 시스템의 선행개발을 추진하였으면 하는 마음 간절하다.

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.