

해외기술

해외  
기술

電力情報制御  
시스템

電力系統運用業務  
支援시스템

## 1. 머리말

전력계통규모의 확대 및 복잡화 그리고 고객니즈의 고도화·다양화 등에 따라 계통운영 업무는 복잡화·고도화가 점점더 진전되는 상황이기 때문에 그 업무를 지원하는 기능의 충실함이 더욱 요구되고 있다.

동사는 계통운영자의 부담을 경감하고 보다 고도의 업무에 전념할 수 있도록 하는 즉, “인간이 생동하는” 환경을 정비하기 위해 일찍부터 각종 계통운영지원시스템의 개발에 노력하여 AI(인공지능), 선진의 GUI(Graphical User Interface), 고성능 EWS(Engineering Work Station) 등을 적극적으로 활용하여 실용화를 기하여 왔다. 아래에 이들의 실적을 중심으로 기술한다.

## 2. 支援機能의 高度化

입지난으로 인한 전원의 편제와 대응량화, 민간 발전회사의 전력탁송 등을 위한 규제완화의 확대경향에 따라 급속하게 거대화·복잡화되어 가는 전력설비의 운용을 신속 정확하게 하기 위하여 금후의 계통운영시스템의 구축에 있어서는

“계통변화·수급변화에의 유연한 대응”과 “운영자에게 인텔리전트한 지원”이 요망되고 있다.

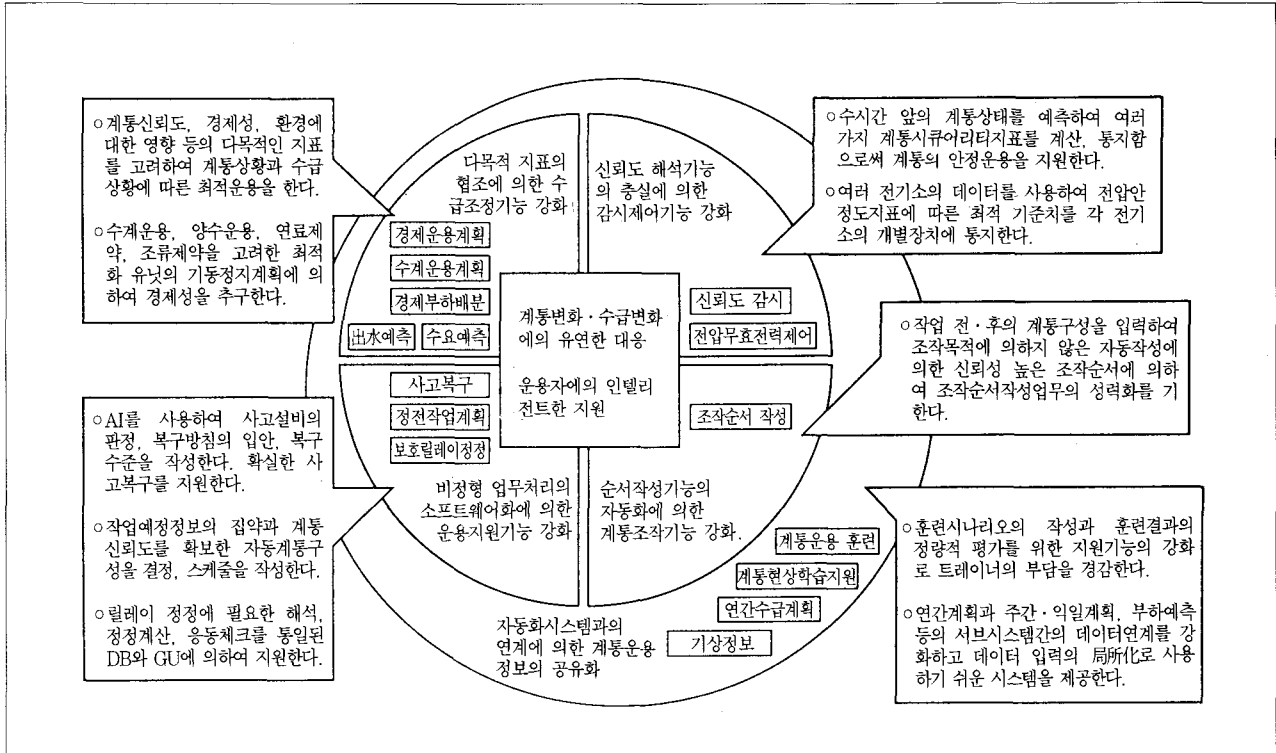
이들의 실현을 위하여 동사의 자주적 개발 또는 전력각사와의 공동개발로 개발에 주력하고 있는 계통운영의 고도화를 위한 새로운 기능과 이들의 개요를 그림 1에 표시한다.

계통운영시스템은 단순한 감시·제어에서 고도의 판단을 하는 업무에 이르기까지 대응할 수 있도록 移行해가지 않으면 안된다. 이를 위하여 운영자를 지원하는 기능, 특히 숙련자의 운용노하우를 짜넣어 필요에 따라 정확하게 지원하는 기능 또는 여러 가지의 정보를 목적에 따라 정리하고 제공하는 기능이 요망되고 있다. 이와 같은 기능의 시스템화에 대하여 동사의 대처방침과 실용화를 위한 각 항목별(처리수법, 맨머신, 시스템구성)방식에 대한 동향을 그림 2에 표시한다.

## 3. 시스템 事例

### 3.1 需給計劃 시스템

需給計劃시스템은 想定需要에 대하여 주어진 전원설비



〈그림 1〉 계통운용 업무의 고도화를 위한 신기능

가운데 가장 경제적이 되도록 화력, 수력, 원자력 및 전력회사간 융통전력의 각 공급력의 조합을 결정함과 동시에 대상 기간내에 1시간마다의 수급밸런스를 명확하게 하는 것을 목적으로 하고 있다.

수급계획은 전력이라고 하는 단일의 제품을 생산하는 전력회사의 생산예측과 공장(발전소)마다의 생산량을 할당하는 제품생산계획이며, 전력회사의 경영베이스가 되는 자료를 작성하는 업무이다. 수급계획에서는 발전설비의 보수실시 시기도 겸하여 검토하는 경우가 있다. 또 장기 수급계획에서는 장래의 발전설비증설계획의 역할도 담당하고 있다.

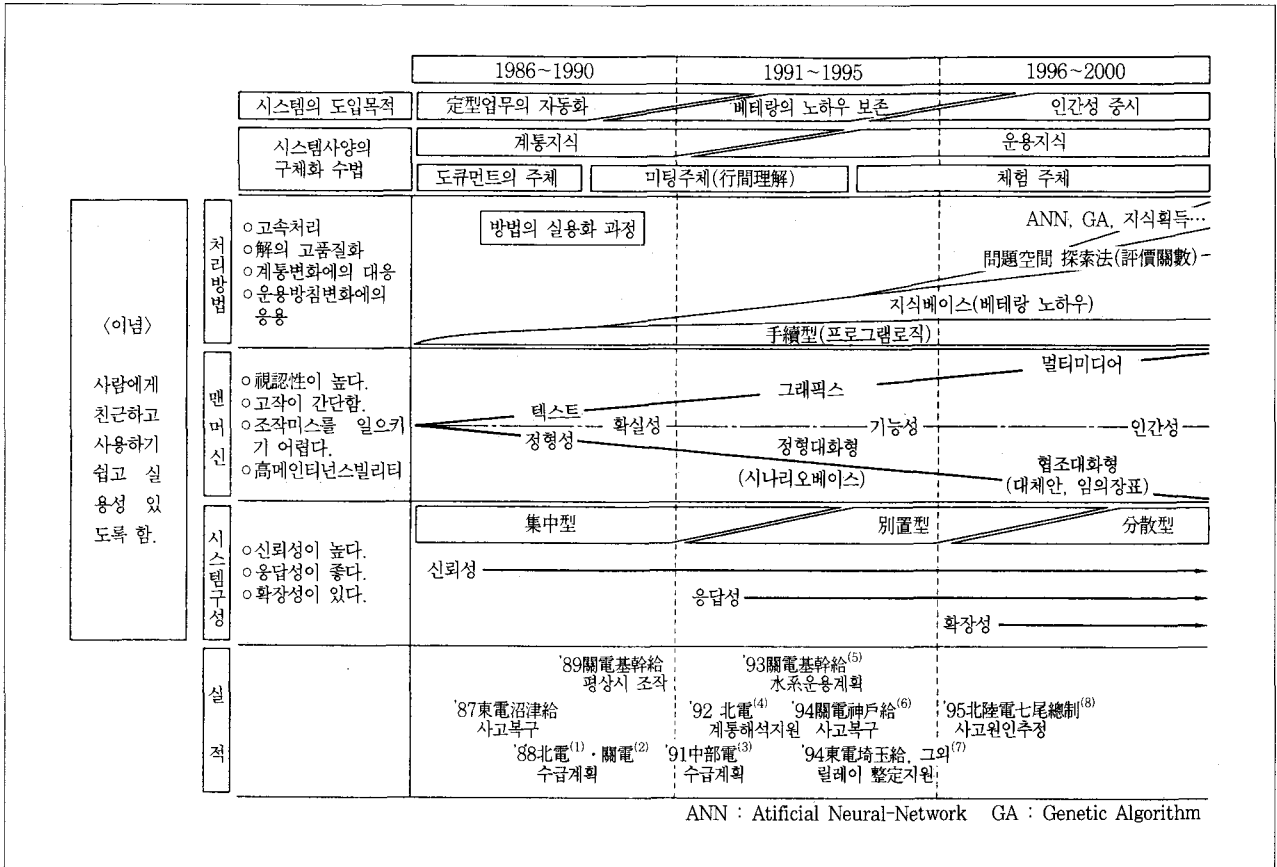
수학적으로는 발전원가와 융통전력가격이라고 하는 전력회사경영의 근간을 좌우하는 원가의 근거를 제공함을 목적으로 하는 대규모의 코스트최소화문제이며, 정밀한 계획을 입안하기 위해서는 전력회사별 수급운용노하우와 數理計畵法의 정확한 이용이 요구된다.

### 3.1.1 시스템의 機能

수요계획 시스템의 기능을 그림 3에 표시한다.

- (1) 수요예측  
실적 데이터로부터 계획용의 수요 데이터를 산출한다.
- (2) 최대전력밸런스 계산(예비력 등)  
순시의 전력밸런스 및 예비력의 확보정도를 산출한다.
- (3) 自流水力, 原子力공급력분담 계산  
운전계획, 실적 등으로부터 硬直的인 전원의 공급력을 산출한다.
- (4) 화력이 起動정지, 운전계획  
연료계약조건하에서의 화력발전기유닛의 가장 경제적인 운전계획을 산출한다.
- (5) 저수수력, 양수수력 운전계획  
양수수력 및 저수수력 발전기 유닛의 가장 경제적인 운전 계획을 산출한다.

해외기술



〈그림 2〉 계통운영 업무지원 시스템의 동향

- (6) 전력량밸런스 계산  
전력유통, 규제완화에 따른 IPP(Independent Power Producer)도 포함하여 가장 경제적인 운전계획을 산출한다.
- (7) 발전기정지계획  
계통신뢰도를 확보한 발전기 정지계획을 입안한다.
- (8) 계통해석  
입안한 1시간마다의 수급밸런스를 그대로 사용하여 계통해석틀에서의 검토가 가능하다. 또 조류제약위반을 자동해소하고 그를 위한 코스트평가도 할 수 있다.

3.1.2 시스템의 구성

수급계획시스템의 시스템구성을 그림 4에 표시한다.

- (1) 파일서버

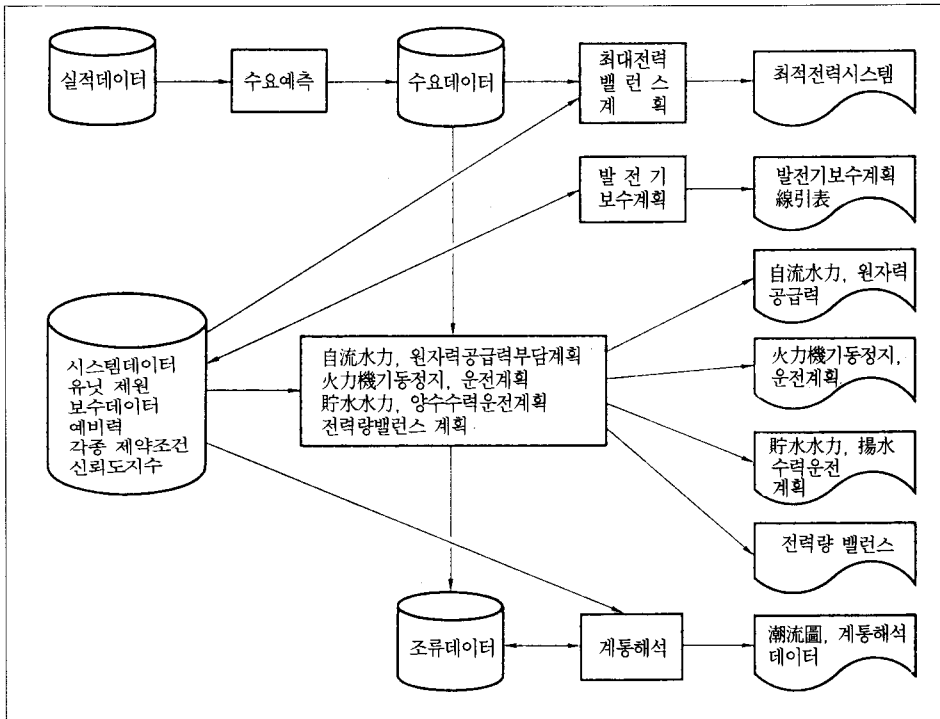
범용RDB(Relational Data Base)를 사용함으로써 전력회사의 호스트계산기, 타부문의 직접적인 데이터교신이 가능하다.

- (2) 수급계획계산용 EWS  
업계표준인 EWS를 사용하여 고속처리가 가능하다.
- (3) 수급계획 맨머신용 퍼스컴(PC)  
범용표계산 소프트웨어를 사용함으로써 EUC(엔드 유저컴퓨팅)을 가능케 하여 타부문의 데이터의 수수를 가능하도록 한다.

3.2 水系運用計劃 시스템

수계운용계획은 수계의 하루하루의 운용계획을 입안하는

해외기술



〈그림 3〉 수급계획 시스템의 소프트웨어 기능

$q$  : 댐식발전소의 단위시간당의 방류량  
 $v$  : 댐저수량  
 $\gamma$  : 유입식발전소의 단위시간당의 방류량

여기서의 최적화는 댐의 日間使用水量 이외의 제약은 고려하지 않고 각 댐의 발전가치를 최대화하는 것만을 목적으로 수계시물레이션을 하여 평가함수를 계산한다. 또한 지금까지 보존하고 있는 최우수안과 비교하여 평가함수가 향상된 경우, 최우수안을 갱신한다.

이 수법에서는 계획안을 보다 좋은 것으로 유도하

것으로 댐의 수위제약과 각종 운용제약을 지키며 또한 전력피크대의 발전전력량을 최대로 하여 화력의 연료비를 저감함을 목적으로 한다. 그러나 수계가 크고 운용제약이 많음으로써 사람이 입안하는데는 숙련자라도 많은 시간을 필요로 한다.

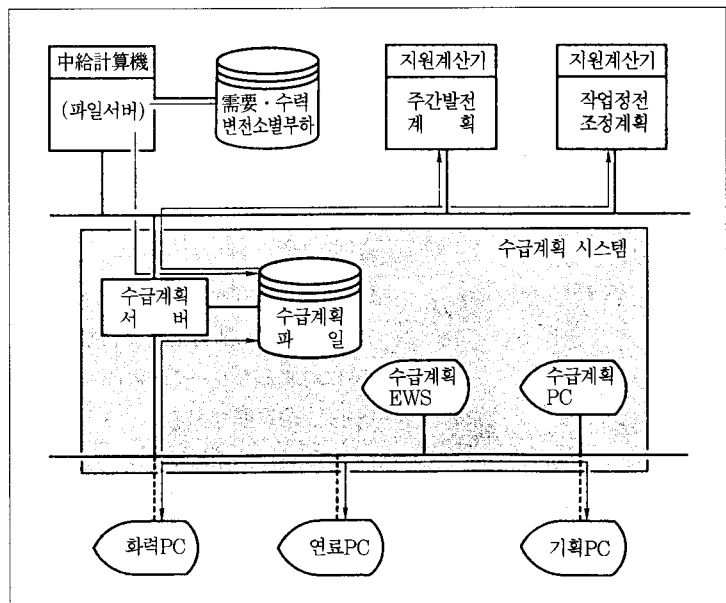
이 시스템은 數理計劃方法과 지식베이스를 조합하여 위의 제약을 지키면서 가장 효율적인 운용계획을 자동입안하는 엑스퍼트시스템이다. 이하에 그 수법을 기술한다.

이 시스템에서는 발전소의 단위시간 사용수량의 離散化와 시간축의 離散化를 실시함으로써 수계운용계획을 대규모로 조합하여 최적화문제로 취급하여 다음 식의 평가함수가 최대가 되는 조합을 탐색한다. 방법의 짜임을 그림 5에 표시한다.

$$C = \sum \lambda P(q, v) + \sum \lambda P(\gamma) \dots (1)$$

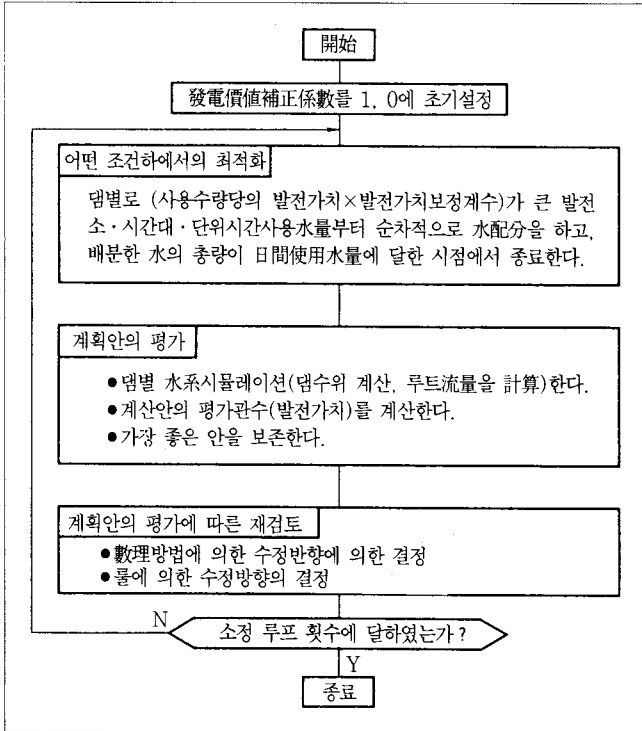
$\lambda$  : 단위전력량가치(시간별)

$p$  : 전력량(발전소별, 시간별)



〈그림 4〉 수급계획 시스템의 시스템 구성

해외기술



〈그림 5〉 수계운용계획 시스템의 처리플로

는 방법으로 하여 다음과 같이 발전가치 보정계수를 변경하여 최적화를 하는 간접적인 방법을 택한다.

$$d_{i+1} = \alpha d_i + (1 - \alpha)(1 + u)$$

$d$  : 발전가치보정계수

$\alpha$  : 시정치 ( $1 > \alpha > 0$ )

$u$  : 수정방향 (1:증, -1:감, 0:회복)

(1) 數理方法에 의한 修正방향의 결정

댐水位제약, 발전효율의 향상을 각 댐이 밀접하게 결합되어 있고 수계전체로 고려할 필요가 있기 때문에 數理方法을 사용하여 수정방향을 결정한다.

(2) 룰에 의한 수정 방향의 결정

각종 운용제약에 관하여는 각 발전소별로 취급할 수 있는 문제이고 단순하기 때문에 룰을 사용하여 수정방향을 결정한다.

### 3.3 停電作業調整 시스템

정전작업조정 지원시스템은 전력계통을 구성하는 주회로

기기 및 릴레이 등의 補機에 대한 메인テナンス작업의 스케줄조정을 지원하기 위한 엑스퍼트시스템이다. 정전작업조정은 작업담당개소로부터 개별적으로 제출되는 작업요구를 취합하여 요구처의 작업일정에 대한 요구를 만족시키면서 여러 가지 운용제약을 준수하고 또한 전력계통의 신뢰성을 확보하는 스케줄을 작성하는 대단히 어려운 것으로, 현재는 사람이 많은 시간을 할애하여 작성하고 있다.

현재 개발을 추진하고 있는 정전작업 조정 지원시스템은 많은 운용제약을 만족하는 스케줄의 조정에 제약조건 부최적화 방법을 사용하고, 계획에 대한 계통신뢰도의 확보에는 사고복구지원기능과 같은 알고리즘을 채용하여 그림 6에 표시하는 정전작업조정에 있어서의 일련의 작업의 자동화를 도모하고 있다.

이번에 개발한 시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

(1) 특정계통의 운용지식에 의존하지 않는 방식을 채용하고 있으며, 연간·월간·주간 등의 계획기간 및 급전소·제어소 등의 적용개소에 의하지 않고 어떠한 작업조정도 적용될 수 있다.

(2) 정전작업의 효율화를 위해 협조작업룰에 의하여 작업의 집약화를 기한다.

(3) 작업요구처의 희망작업기간을 최대한 존중하는 스케줄로 조정한다. 또 조정결과가 희망기간을 벗어났을 경우에는 이유를 가이던스하는 설명기능을 함께 가지고 있다.

(4) 작성스케줄에 대하여 계통사고를 고려한 작업계통의 신뢰도를 체크하여 문제가 있을 경우에는 신뢰도를 확보할 수 있는 계통구성과 당해계통구성으로 이행하기 위한 전환순서를 자동작성한다.

(5) 작업조정에서의 각종 제약조건 및 작업조정룰을 Data Base화하고 용이하게 변경가능한 맨머신을 제공한다.

### 3.4 保護릴레이整定 支援 시스템

보호릴레이정정 지원시스템은 정정업무에 필요한 정정계산, 應動시물레이션 등을 계통도를 베이스로 한 조작성이 좋은 GUI에 통합한 것이다. 정정작업은 보호릴레이의 사고검출감도, 보호범위, 동작시한 등의 값을 결정하는 업무로, 계통현상과 릴레이 특성을 충분히 고려하여 적용계통조건에

의한 고장계산·유도계산 등의 계통해석, 릴레이 중별의 정정계산 및 각 릴레이의 동작협조의 검토를 필요로 한다. 이와 같이 정정업무는 복잡하고 또한 시간을 요하는 업무임과 동시에 전력의 공급신뢰도의 유지를 위하여 중요한 역할을 담당하고 있으며 업무의 효율화와 보다 질적인 향상이 요구되고 있다.

이 시스템은 EWS의 고속처리성·맨머신성을 살려 개개의 계산에서 각종 맵 작성, 장표작성, DB관리까지의 일련의 업무를 종합적으로 지원함으로써 정정업무의 효율화와 고신뢰도화를 실현한다. 이 시스템에 의하여 정정업무시간이 종래의 약 1/2로 단축될 것으로 기대된다.

아래에 시스템의 특징을 표시한다.

(1) 다양, 정밀, 고속의 해석계산기능

선로정수계산·유도계산·고장계산 등 13종류의 계산기능을 소프트웨어로써 정정업무전반을 지원한다. 그림 7에 정

정업무에서의 지원범위와 계산기능을 표시한다.

(2) 다양한 고장에 대한 릴레이응동계산기능

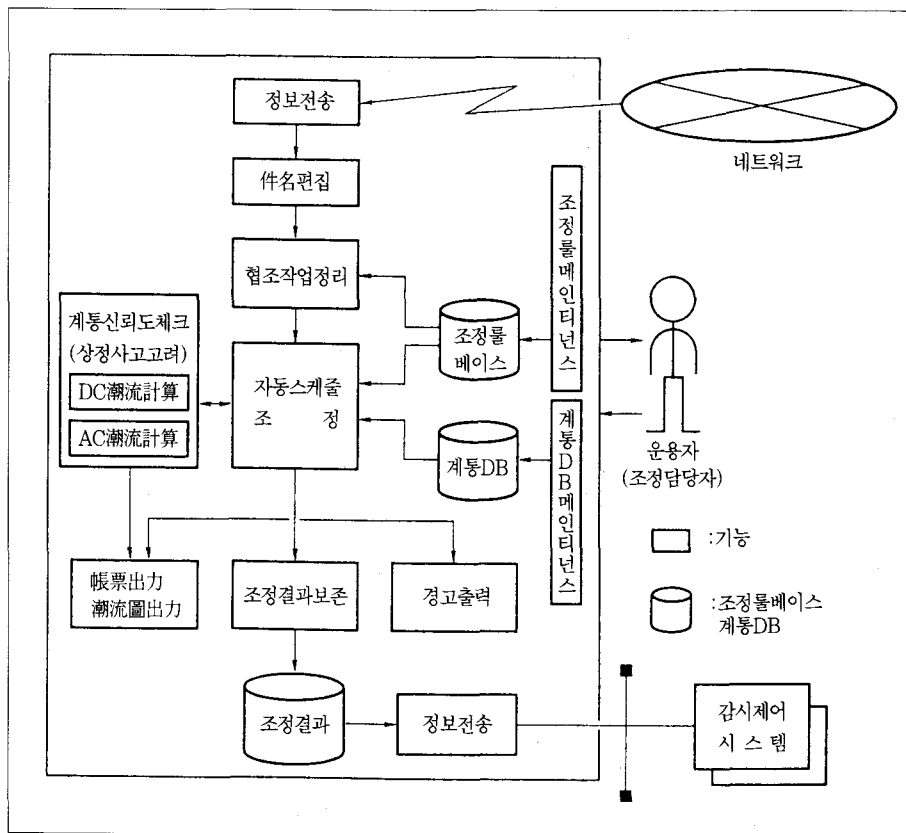
정정업무에서 가장 복잡한 보호릴레이의 협조검토의 지원으로서 여러 가지 고장에 대한 릴레이의 응동시뮬레이션이 가능하다. 시뮬레이션 결과는 계통도상에서 시계열적으로 알기 쉽도록 표시된다.

(3) 관계 제데이터의 DB화와 일원관리

각종 계산에 필요한 데이터가 공통 DB로서 관리될 수 있다. 또 종래 人間系에서 하고 있던 임피던스맵이라든가 정정표 등의 메인テナンス가 시스템에서 실시 가능하다.

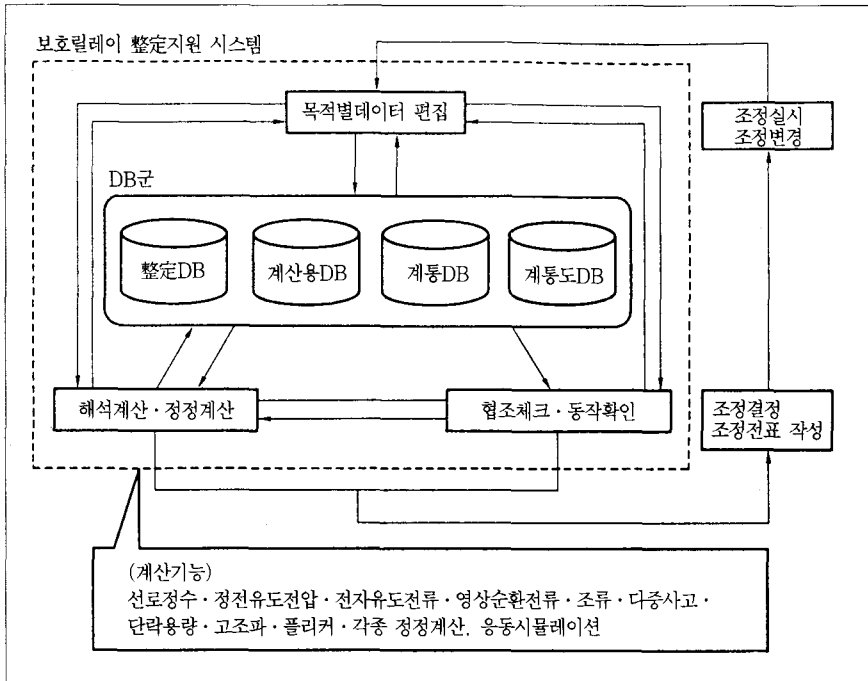
(4) 계통도의 활용에 의한 간단한 입출력인터페이스

인원의 계통도작성, 계통도를 사용한 데이터 입력, 계통도상에 결과출력 등, 계통도를 최대한으로 활용함으로써 효율 좋은 업무를 추진할 수 있다. 그림 8에 계통도로부터의 정정데이터입력화면예를 표시한다.



〈그림 6〉 정전작업조정지원 시스템의 기능구성

해외기술



〈그림 7〉 보호릴레이 정정업무 플로우 지원시스템의 기능

### 3.5 事故復舊支援 시스템

사고후의 공급지장 또는 과부하의 안전하고도 신속한 해소는 전력계통의 운용제어에서 대단히 중요하다. 사고복구는 사고상황의 파악, 복구방침의 확립, 복구조작의 실시, 각 사업소 연락과 계통확인과 같은 단계로 이루어진다.

사고복구지원시스템의 개요를 그림 9에 표시한다. 사고발생직후는 운용자의 부하가 높기 때문에 복구방침이 확립될 때까지의 단계에서의 지원을 주로 개발하고 있다. 다음에 각 지원기능을 설명한다.

#### (1) 사고설비 판정

복구에 사용할 수 없는 사고설비를 사고전후의 계통과 동작Ry와 트립CB로부터 결정한다. 診斷用 "MELDASH"를 이용한 모델베이스방식에 의하여 판정한계가 명확하게 高精度의 판정이 가능하다. 시뮬레이션과정을 판정근거로 제시할 수 있다. 요구精度가 높지 않은 경우에는 고속으로 처리할 수 있는 로직방식에 의한 시스템도 있다.

#### (2) 사고원인 추정

사고송전선의 데이터와 기상데이터 등을 입력으로 하여 雷, 鳥獸 접촉 등의 사고원인을 추정한다. 사고원인의 명확화로 試充電의 가부 판단의 용이화, 현장순시의 효율화를 기대할 수 있다. 물에 의한 불합리한 원인의 배제와 뉴럴네트워크에 의한 확률판정을 병용한다.

#### (3) 복구방침 작성

공급지장이나 과부하를 해소하는 복구조작의 개략적인 방침을 작성한다.

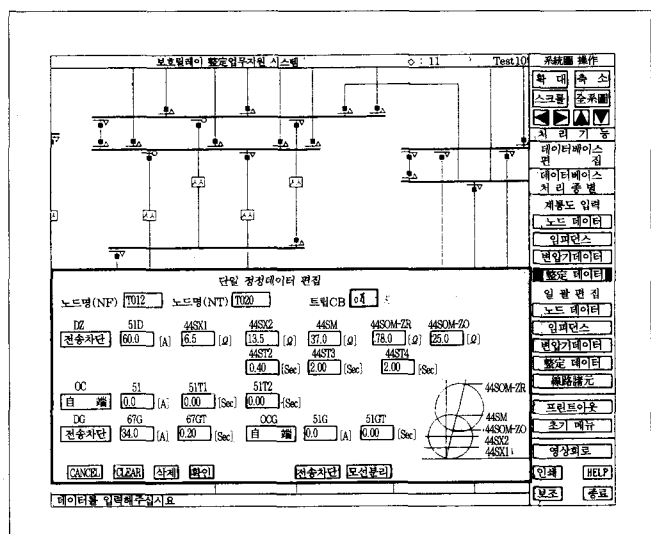
운용자의 사고과정을 프로그램화 하였다.

사고전의 계통에 가깝고 적은 조작수로 되는 案부터 순차적으로 고려한다.

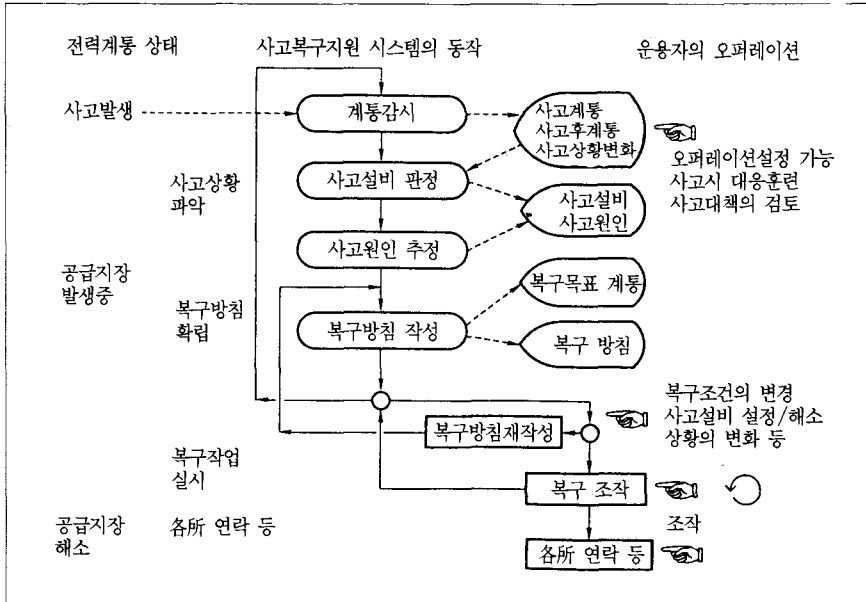
과부하가 없으며 복구할 수 없는 부하가 최소인 복구방침을 작성한다.

복구의 최종형태가 되는 계통을 작성하며 퍼지추론에 의하여 상황에 맞는 방침을 작성하는 수법에 의한 시스템도 있다.

복구방침작성의 알고리즘을 이용하여 다음과 같은 사고



〈그림 8〉 보호릴레이 조정지원 시스템의 전면 예



〈그림 9〉 사고복구지원 시스템의 처리 플로

오픈시스템이며 수급계획 시스템이나 급전운용시스템 등의 다른 시스템과의 데이터링, 제3자의 해석소프트웨어의 짜넣기 등 각 유저의 요구에 맞는 계통계획·운용지원시스템의 구축이 가능하다.

시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

- (1) 충분한 기술계산능력
  - (a) 실효치에서 순시치해석, 단상에서 3상해석을 포함하는 풍부한 계통해석기술을 결집
  - (b) 대규모계통(1,000노드, 100발전기레벨)에서의 해석계산에 충분한 처리성능을 실현
- (2) 고도의 유저인터페이스기능
  - (a) 계통도상에서의 데이터입력, 계산결과표시의 비주얼화

발생이전의 지원기능을 개발하고 있다.

(4) 사고대책의 검토

초기계통과 사고설비를 설정하고 사고 대책을 사전에 검토할 수 있다.

(5) 사고시의 대응학습

초기계통을 설정하여 사고상황변화를 모의적으로 발생시킴으로써 운영자의 사고시의 대응학습에 이용할 수 있다.

(6) 예방사고감시

예상사고를 주기적으로 발생시켜 과부하나 공급지장의 발생을 사전에 豫測監視할 수 있다.

### 3.6 전력계통해석지원 시스템

전력계통해석지원시스템 "ADAPOS"는 계통도주체의 유저 인터페이스를 사용하여 전력계통의 계획·운용에 필요한 조류해석·안정도해석을 고도로 지원하는 시스템이다. 그림 10에 시스템구성을, 그림 11에 화면예를 표시한다.

이 시스템은 UNIX<sup>(주1)</sup> 베이스의 EWS상에서 동작가능한

(주1) "UNIX"는 X/Open Co.Ltd.가 라이센스하고 있는 미국 및 기타국에 있어서의 등록상표이다.

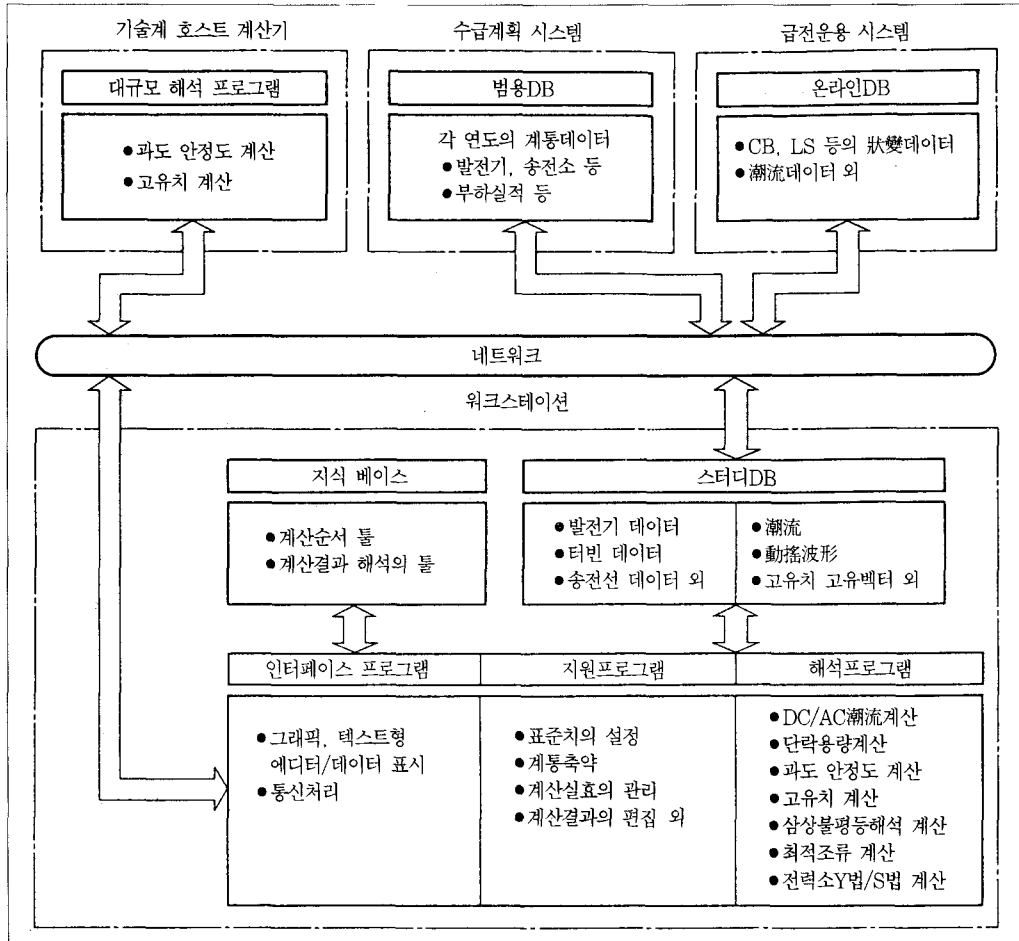
- (b) 아이콘선택에 의한 용이한 계통도작성·수정기능의 실현
- (c) 메뉴선택에 의한 해석프로그램조작의 간략화
- (d) 해석계산공통DB에 의한 데이터 변경의 성력화
- (3) 간단한 도큐멘테이션 작성능력
  - (a) 계통도·각종장표의 자동작성, 유저수정기능을 실현
  - (b) 고품질의 유통소프트웨어를 활용한 문서처리환경을 제공
- (4) 고도의 분산처리능력
  - (a) 수평분산컴퓨터네트워크를 구축
  - (b) 워크스테이션의 활용에 의한 대폭적인 업무효율화를 실현
  - (c) 대규모DB 등의 파일서버의 능력을 효과적으로 이용

## 4. 맺음말

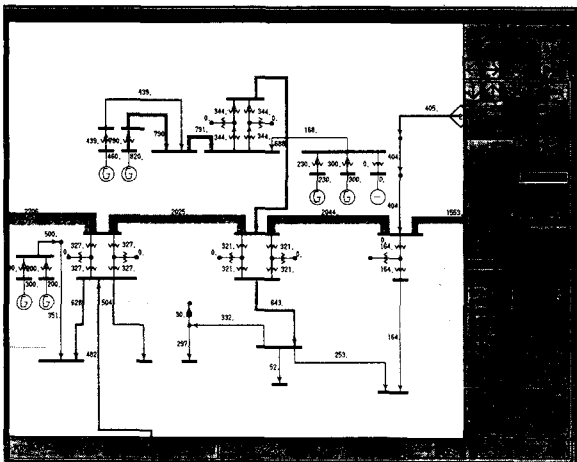
최근의 계산기의 비약적인 발전에 의하여 당사는 종래의 제어용 전용계산기 대신 범용 UNIX서버와 EWS를 베이스로 한 제어용계산기에 대한 새로운 개발에 착수, 계통운용시스템에서의 다운사이징화를 도모해 오고 있다. 이에 더하여



해외기술



〈그림 10〉 전력계통 해석지원 시스템의 시스템 구성



〈그림 11〉 전력계통 해석지원 시스템의 화면 예

전력계통의 진화와 성장에 유연하게 대응할 수 있는 시스템의 구축을 향하여 최근에는 계통운영시스템의 오픈분산화의 개발에 노력하여 실용화를 도모하여 왔다.

이와 같은 배경과 함께 금후 더욱 거대화·복잡화하는 전력설비의 광역운영·고효율운용을 위하여 전력계통의 계획·해석기술의 보다 고도화를 위해 더욱 가속화될 기술혁신에 따른 시스템의 先行開發을 추진하여 가고자 한다.

이 원고는 日本 三菱電機技報를 번역, 전재한 것입니다. 本稿의 著作権은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 大韓電氣協會에 있습니다.