

## 전력수급 종합시스템 운용현황 및 개선방안

박시우, 윤용범  
한전 전력연구원

### The Plan to Improve Highly Integrated Total Energy System

S.W.Park, Y.B.Yoon  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - The main purpose of HITES(Highly Integrated Total Energy System) is to build and develop an integrated energy system for power system operational planning and analysis which consists of load forecast, economic generation schedule, stability analysis and relational database system. The HITES can be utilized to supply a stable electric power and operate KEPCO's power system facilities economically. This system was put into operation in 1999.

This paper describes the present condition for operation of HITES and proposes the plan to improve this system after installation.

### 1. 서 론

우리나라의 전력수요는 각종 기간산업의 지속적인 성장과 소득수준의 향상으로 급속히 증대하여 왔으며, 최근에는 사회산업 활동구조가 정보화 산업체제로 변천되어감에 따라 전력에너지의 질적향상에 대한 요구도 날로 증대하고, 정전이 사회에 미치는 영향도 더욱 심화되고 있다. 이에 따라 정전비용에 대한 인식과 수용가에 대한 공급신뢰도의 평가기준을 강화하고, 안정적인 전력설비를 확보하기 위하여 고도의 정확성과 유연성을 가진 전력수급 종합시스템의 개발이 절실히 요구되었다. 이에 해외의 발전계획과 관련된 POWRSYM, WESCUGER, 일본의 중부전력 수급계획 시스템 등과 같은 국외의 시뮬레이션 프로그램들을 분석한 결과, 우리 계통의 다양한 발전원 구성 및 계통의 특수성으로 인해 해외 상용 프로그램의 직접적인 업무 적용은 어려운 것으로 판단되어, 전력연구원에서는 지난 '98.12 한전계통에 적합한 전력수급 종합시스템(HITES : Highly Integrated Total Energy System)을 개발, 실무부서에서 활용중에 있다.

그러나, 최근 우리나라도 전력산업에 경쟁을 통해 효율성증대를 도모하기 위한 정부주도하의 전력산업 구조개편이 추진되고 있으며, 전력시장이라는 새로운 개념이 전력산업에도 도입되었다. 이후, 전력거래가 경쟁에 의하여 이루어 질 수 있도록 전력시장제도를 기술하고, 전력시장 및 전력계통의 효율적, 안정적 운용에 필요한 사항이 기술된 "전력시장운영규칙"이 전력거래소 주도로 제정되었으며, 따라서 전력수급 종합시스템 또한 "전력시장운영규칙"에 따른 개선 보완의 필요성이 요구되고 있는 시점이다.

본 논문에서는 현재까지 설치되어 운용중인 전력수급 종합시스템의 개요, 현시점에서의 운용상 문제점, 차후 개선방안 등에 대하여 기술하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 전력수급 종합시스템

##### 2.1.1 전력수급 종합시스템의 구성

전력수급 종합시스템은 전력수급업무의 성격에 따라 수요예측, 전력수급계획, 계통운용해석, 종합 데이터베이스의 4개 시스템과 각 시스템별 수 개의 단위 프로그램으로 구성된다. 각 시스템은 종합 데이터베이스 시스템을 중심으로 클라이언트/서버 구조로 LAN을 통하여 중앙의 종합 데이터베이스를 공유하게 된다. 즉, 본 시스템은 관리 책임 부서에 데이터베이스 서버가 설치되며, 클라이언트에 단위시스템 및 해당 단위 프로그램들을 탑재하여 해당 업무 부서에서 운용함으로써 업무효율을 높이고, 네트워크 환경을 이용하여 각종 시뮬레이션 결과 및 최신 자료를 서버의 데이터베이스에 구축할 수 있도록 구성되었다. 그림 1은 전력수급 종합시스템의 간략한 구성도이다.

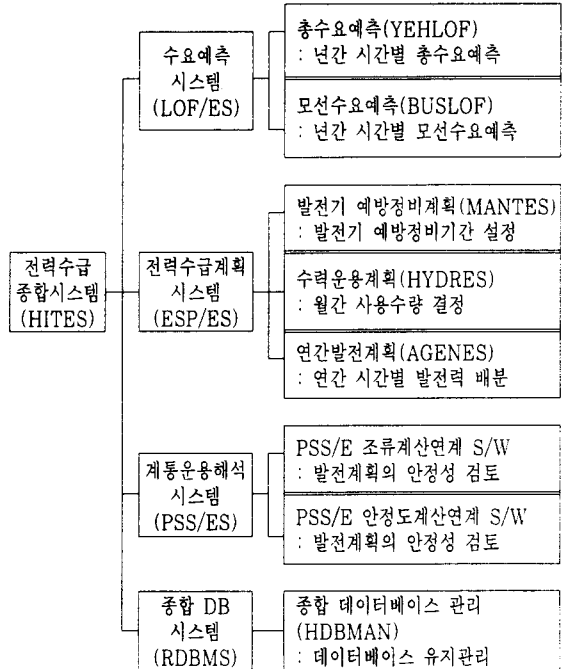


그림 1. 전력수급 종합시스템 구성

### 2.1.2 단위시스템별 기능

#### 가. 수요예측 시스템

##### (1) 총수요예측 프로그램(YEHLOF)

총수요예측 프로그램의 목적은 기본적으로 미래 3년간, 연 8,760시간대의 발전전 총수요를 예측하는데 있다. 수급계획시 대상기간의 최소주기는 시간단위이며, 수요패턴이 하루(24시간)의 주기성을 가지므로 총수요 예측은 연간 일부하곡선(365개 패턴)을 추정하는 것으로 요약될 수 있다. 본 총수요예측 프로그램은 실용화를 목적으로 개발되어, 예측과정이 체계적이고 단순하며, 정확도 면에서도 예측 대상기간의 평균 예측오차는 물론, 최대수요가 일어나는 시점의 예측오차가 가능한 최소가 되도록 개발되었다. 이런 측면에서 총수요예측은 추정된 연최대수요를 이용하여 고찰구간으로 하향 (Top-Down) 전개하는 시계열 분석모형으로 연 8,760시간의 수요를 예측한다.

##### (2) 모선수요예측 프로그램(BUSLOF)

총수요예측에 의해 수립된 전력수급계획은 경제급전논리의 발전계획이므로 전력계통의 관점에서 안정성을 검토할 필요가 있다. 이를 위해, 모선수요예측 프로그램에서는 계통해석용 PSS/E 프로그램에 안정도해석을 위한 기본 자료인 모선수요를 제공하는 역할을 하게 된다. 미래의 정밀한 모선수요예측을 위해서는 방대한 자료와 복잡한 모형이 요구될 수 있으나, 본 시스템의 주요관심은 수급계획이며, 계획된 수급상황을 계통 안정도 해석의 입장에서 검토한다는 점이므로 보다 적은 양의 자료로 손쉽게 모선수요를 예측할 수 있는 예측모형을 개발할 필요가 있었다. 이런 배경에서, 모선수요예측 프로그램도 총수요예측 프로그램과 체계성을 가질 수 있도록 총수요예측에서 산출된 결과를 모선수요실적 시계열을 이용하여 하향전개(Top-Down)하는 시계열 분석모형으로 예측된다.

#### 나. 전력수급계획 시스템

##### (1) 발전기 예방정비계획 프로그램(MANTES)

연간 발전기 예방정비계획이란 주어진 계획기간동안, 각종 제약조건을 만족하면서 각 발전기의 예방정비 시기를 최적으로 결정하는 다변수 최적화문제이다. 본 발전기 예방정비계획 프로그램에서는 공급예비를 평활화 또는 연간 공급지장확률(LOLP : Loss of load probability) 최소화를 목적함수로 하여 발전기별 예방정비계획안을 탐색하며, 결정된 예방정비계획안에 대하여 발전시뮬레이션 과정을 통해 연간 확률적 발전연료비를 개략적으로 계산할 수 있는 기능이 포함되어 있다.

##### (2) 수력운용계획 프로그램(HYDRES)

전력수급계획에서의 수력운용계획의 목적은 주어진 전력수요에 만족하면서, 제한된 수자원을 합리적으로 사용하여 전력의 안정공급과 경제적 운용을 도모하기 위한 것이다. 본 수력운용계획 프로그램은 일정기간(월단위) 내 각 수력발전소 사용수량을 결정하고, 결정된 사용수량을 연간발전계획의 제약조건으로 제공하여, 해당기간에서 화력발전소의 연료비를 최소화하는데 그 목적이 있다. 본 프로그램에서는 과거 댐별 실적으로부터 통계적으로 출수시점(최풍수, 풍수, 평수, 갈수, 최갈수)별 수량을 산출하는 기능과 한강 연접수계의 유량 관계 및 화천댐의 기준수위곡선(Rule-curve)을 반영하여 월간 사용수량을 산정하는 기능이 포함되어 있다.

##### (3) 연간발전계획 프로그램(AGENES)

발전계획은 계획기간동안 미래 예측수요로부터 적정예비력을 유지하면서 최소의 비용으로 공급할 수 있도록 각 발전기의 기동정지계획과 경제급전계획을 수립하는 것이다. 우리나라의 전원설비를 살펴보면 수력, LNG, 국내탄 화력과 같이 에너지 사용량의 제약을 받는 발전

기와 부하추종에 경직성을 갖는 원자력, 석탄 발전기 등 다양한 발전기로 구성되어 있다. 이러한 발전기의 다양성과 운전특성을 고려하면서 가장 안정적이고 경제적인 발전계획이 산출되어야 하며, 이를 바탕으로 하여 연간 연료수급계획을 작성하게 된다. 개발된 연간발전계획 프로그램은 전력수급 종합시스템의 핵심 프로그램으로 168시간의 주간계산을 기본 단위로 하여 연 52주의 발전계획을 수립하는 형식이며, 입력자료로는 연간 수요자료, 발전기별 예방정비계획 및 수력발전소의 사용수량 등의 데이터를 제공받아 경제급전이 고려된 각 발전기별 8,760시간의 시간대별 발전량을 계산하여, 최종 연간발전계획을 산출하게 된다. 그림 2는 간략한 연간발전계획 흐름도이다.

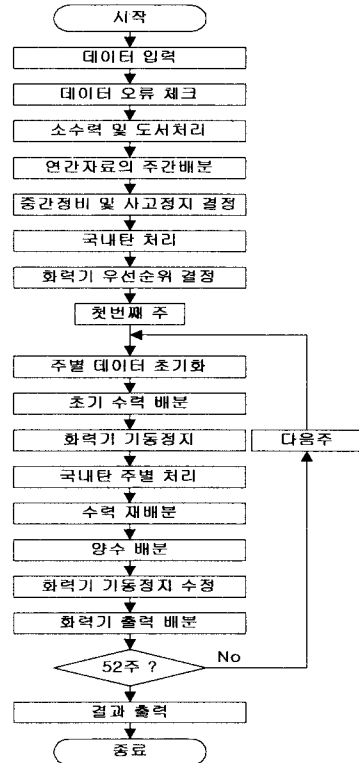


그림 2. 연간발전계획 흐름도

#### 다. 계통운용해석 시스템

계통운용해석 시스템은 상용화된 전력계통 해석틀인 PSS/E 프로그램과 이를 전력수급 종합시스템과 연결해주는 PSS/E 연계 프로그램들로 구성된다. 전력수급 종합시스템에 의해 수립되는 연간발전계획은 경제급전논리로 수립된 경제성 위주의 발전계획으로 전력계통 운용상 송전선 조류제약 또는 안정도조건을 위배하는 문제점이 발생할 수 있어 전력계통의 안정운용상 저해요인이 될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 높은 신뢰성 및 안정성을 갖고 있으며, 현재 한전에 많이 보급되어 있는 상용 PSS/E(Power System Simulator for Engineering) 프로그램을 전력수급 종합시스템에 연계하여 기수립된 연간발전계획의 안정성을 검토하게 된다.

#### 라. 종합 데이터베이스 시스템

종합 데이터베이스 시스템은 상용 오라클 데이터베이스와 종합 데이터베이스 관리 프로그램으로 구성된다. 오라클 데이터베이스 내에는 전력수급 종합시스템의 전체 데이터가 구축되며, 종합 데이터베이스 관리 프로그램은 운용자가 오라클 데이터베이스 시스템을 원활하게

관리할 수 있도록 개발된 프로그램으로 계정관리, 패스워드부여, 연결상태, 계시판 관리, 데이터베이스의 성장 여부를 감시할 수 있는 기능이 있다.

### 2.1.3 데이터 연계

전력수급 종합시스템의 장점은 위 열거된 각종 프로그램들의 운용에 필수적인 입력 데이터들이 데이터베이스를 통하여 상호 교환 및 공유하게 되는 것이다. 이러한 데이터 흐름을 기반으로 전력수급 종합시스템의 전체적인 운용이 이루어지며, 그림 3은 이러한 데이터의 흐름을 간략하게 표현한 것이다.

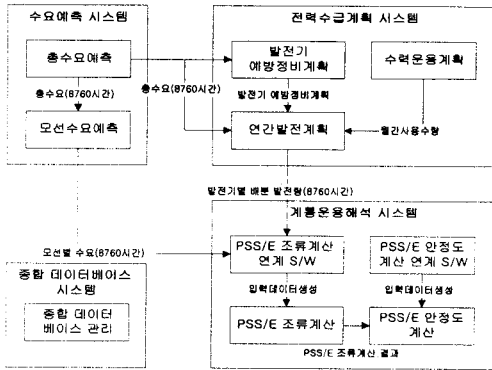


그림 3. 데이터 흐름도

### 2.1.4 전력수급 종합시스템 네트워크 구성

전력수급 종합시스템은 사내 LAN을 이용하며, 서버는 Windows NT, 데이터베이스는 Oracle사의 Oracle7 Workgroup Server 7.3을 사용하였다. 각 단위 프로그램을 운용하는 클라이언트는 그 수가 많지 않고 트랜잭션 또한 적게 일어나므로 유닉스를 기반으로 하지 않고 활용성이 좋은 Windows NT 기반의 클라이언트/서버 구조를 채택하였다. 즉, 입출력의 표준화, 공유성, 연계성, 보안, 유지관리를 고려하여 서버상에 본 시스템의 기반인 종합 데이터베이스가 존재하여, 각 단위 프로그램들은 독립적으로 자신의 기능을 수행하기 위하여 클라이언트 측에서 서버의 종합 데이터베이스를 접근하는 방식으로 개발되었다. 그림 4는 개발된 전력수급 종합시스템이다.

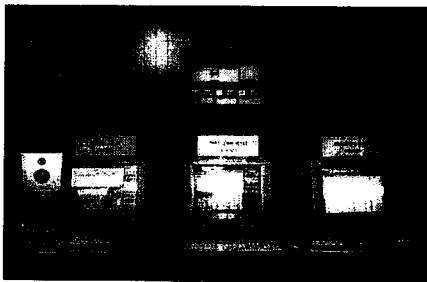


그림 4. 전력수급 종합시스템

### 2.2 전력수급 종합시스템 설치 및 운용 현황

전력수급 종합시스템은 한전 본사에 최초 설치('98.7)후, 6개 발전자회사를 포함하여 현재까지 총 8개 부서에 설치되었으며, 연간 또는 월간 수급계획 업무에 활용중이다. 최초 전력수급 종합시스템은 연간 또는 월간 수급계획 업무를 직접 담당하는 중앙 부서에 설치되어 활용이 되었으나, 전력산업 구조개편에 따른 발전자회사 분리계획에 따라 본 시스템에 대한 발전자회사의 수요가 증가하였다. 본 시스템 개발 당시, 최초 설계

넘은 고전적 경제급전 개념으로, 현재의 전력거래 개념과는 상이하기 때문에 본 시스템을 직접적으로 발전사업자간 전력거래에 직접적으로 사용될 수는 없으나, 각 발전사업자의 연료수급계획의 기초자료 산출을 위한 대안으로는 충분히 활용 가능하기 때문이다.

### 2.3 전력수급 종합시스템 운용상 문제점

전력수급 종합시스템은 개발 및 설치된지 약 2년 6개월된 시스템으로 사소한 운용상 문제점 등은 수차례 개선 및 보완되어 왔으나, 각 단위 프로그램별 알고리즘 등의 핵심 사항 보완에 대해서는 그 개선이 미비하였다. 다음은 본 시스템의 운용중, 실제 활용 담당자로부터 제기된 주요 문제점이다.

- 수급계획기간 고정으로 인한 활용도 저하
    - 개발된 전력수급 종합시스템은 중장기 에너지 수급계획 프로그램으로서 계획수립기간을 1년 단위로 고정하였다. 그러나, 본 시스템을 실제 사용하게 되는 시점에는 적절한 주간 또는 월간 단위의 단기 수급계획 프로그램이 존재하지 않는 상황이었기 때문에 본 시스템의 활용성 증대를 위해 주간 또는 월간 단위의 수급계획으로의 개선이 요청되었다.
  - 연중 계획수립 시점에서 과거 실적 고려 여부
    - 본 시스템의 계획수립기간은 1월 1일부터 12월 31일까지이므로 차년도 수급계획 수립상에는 문제가 없으나, 기 수립된 수급계획을 실제 운용중에 변경하고자 할때, 과거 수요실적 또는 발전실적이 고려될 수 있도록 요구되었다. 즉, 2000년에 작성된 2001년 수급계획을 금년 5월중에 수정하여 재수립하고자 하는 경우, 2001년 1월부터 4월까지의 수급실적을 반영하고 이후, 기간은 예측(수요) 및 알고리즘(발전계획)을 이용하여 계획을 수립하는 것이다.
  - 발전기 예방정비계획 수립시 발전연료비 고려
    - 본 시스템의 발전기 예방정비계획 프로그램은 연간 예비율 평준화, 연간 LOLP 최소화를 목적함수로 하여 준최적의 발전기 예방정비계획을 수립하게 된다. 그러나, 최근 전력산업 구조개편 이후, 연간 발전연료비 최소화를 목적함수로 하는 최적의 발전기 예방정비계획 수립이 요구되었다.
- 다음은 본 시스템의 개발자 측면에서의 운용상 문제점이다.
- 데이터베이스의 정기적인 유지보수 및 관리의 어려움
    - 본 시스템은 중앙의 데이터베이스 서버를 기반으로 운용되므로 관련 데이터의 지속적인 유지보수가 필수적이다. 그러나, 실제 활용담당자의 경우 업무와 관련된 단위 프로그램의 운용에는 문제가 없으나 상대적으로 데이터베이스의 관리에 대해서는 비전문가이므로 데이터베이스의 지속적인 유지관리가 이루어지지 못했다.
  - 주요 프로그램들의 분리 운용에 따른 불편함
    - 본 시스템은 최초 개발시 수급업무별 전문분야를 분류하여 8개 단위 프로그램으로 각각 개발하였다. 그러나, 현재 총수요예측, 예방정비계획, 연간발전계획 프로그램은 업무상 동시에 사용하는 경우가 많으므로, 각각 분리하여 운용하는 것보다는 한 개의 단위 프로그램으로 통합하여 운용하는 것이 효율적이고, 개발 및 관리측면에 있어서도 효과적이다.
  - 사용자 증가에 따른 H/W 보강 및 S/W 개선 필요
    - 본 시스템의 서버 사양(펜티엄 200MHz)은 '98년

당시 고급 사양이었으나, 현재, 종합시스템의 데이터베이스 사용자수 또는 데이터베이스 용량이 차츰 증가되는 추세이므로, 추후 2~3년후에는 데이터베이스 용량 부족, 속도 저하 등 활용상 어려움이 많아질 것으로 예상된다. 이에 서버의 H/W 사양을 대폭적으로 보강해야 할 필요가 있으며, 현재 오라클 데이터베이스(Ver 7.3) 소프트웨어 또한 기능이 강화된 버전(Ver 8.0 이상)으로의 업그레이드가 필수적이다.

## 2.4 전력수급 종합시스템 개선 방안

본 시스템의 운용담당자 및 개발자에 의해 언급된 문제점에 대하여 다음과 같은 주요 개선방안을 제시한다.

- 수급계획기간에 유연성(Flexibility) 부여
  - 전력수급 종합시스템을 구성하는 단위 프로그램들의 계획 수립 최소기간은 연간이 아닌 월간을 단위로 산출되도록 한다. 단, 내부 알고리즘은 현재와 동일하게 주단위로 실행되도록하며, 사용자의 선택에 따라 자유로이 월간, 연간계획으로 확장될 수 있어야 한다.
- 주요 프로그램의 통합 패키지(Package)화
  - 현재, 업무상 활용도가 떨어지는 모선수요예측, 수력운용계획, 계통운용해석 관련 프로그램은 기존 프로그램을 유지하고, 총수요예측, 발전기 예방정비계획, 연간발전계획 프로그램은 알고리즘 및 프로그램을 통합하여, 운용 및 유지관리가 수월하도록 패키지화한다.
- 온라인(On-Line) 데이터 취득에 의한 데이터베이스 유지관리 부담 최소화
  - 시간별 총수요실적과 같이 중앙에서 관리되는 자료에 대해서는 온라인 데이터 취득 프로그램을 개발하여 데이터베이스에 매시간 수요실적을 구축할 수 있도록 하며, 그 외에 발전실적, 발전기별 예방정비계획 등의 데이터는 발전사업자가 직접 입력하여 데이터베이스에 구축되도록 웹기반 데이터베이스 어플리케이션을 개발 운용한다.
- 전력산업 환경변화에 따른 기능 개선 및 추가
  - 전력거래에 의한 시장운용에 따라 전력수급 종합시스템 또한 월간 계통한계가격(SMP: System Marginal Price) 및 기저한계가격(BLMP: Base Load Marginal Price)을 전망할 수 있는 기능이 포함되어야 한다. 또한, 전력수급 종합시스템에서 산출되는 발전계획의 시간별 계획결과를 현재 일간 발전계획시 운용하고 있는 RSC프로그램(일간 가격 결정발전계획 및 운용발전계획을 수립하기 위해 Alstom ESCA사로부터 도입한 발전계획용 프로그램)의 결과 패턴과 유사하도록 개선한다.

## 3. 결 론

전력수급 종합시스템은 '98.12월 개발 및 설치된 후, 연간 및 월간 수급계획 업무에 활용되었으며, 또한, 전력수급계획에 경제급전 개념을 도입하여 연간 발전연료비의 절감에 부분적으로 기여한 바 있다. 그러나, 최근 전력산업구조개편에 따라 발전사업자간 전력거래에 경쟁 개념이 도입되는 등의 전력산업 환경변화로 인하여 본 시스템의 활용도가 다소 저하된 것도 사실이다. 이에 따라, 변화된 환경에 적합한 신규 시스템 개발과 기존 시스템의 개선이라는 두가지 방법이 있을 수 있다.

본 논문에서는 기존의 전력수급 종합시스템의 운용상 문제점을 제기함으로써 유사 시스템을 신규개발하는 과정에서 고려해야 될 사항에 대하여 논의하였고, 또한 기

존 시스템을 보완하고자 하는 경우, 개선방안에 대하여 기술하여, 추후 전력수급 종합시스템의 개선 또는 유사 시스템의 개발시 도움이 되고자 한다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 권태원, 이병하, 함환균, 이경재, "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 설계에 관한 연구", 한국전력공사 기술연구원, 1993. 12
- [2] ABB, "Couger™ User's Manual Version 6.12", ABB Systems Control Energy Planning Center
- [3] 권영준, 최봉수, 유인우, 남재현, 이근준, "발전연료 계약을 고려한 주간발전계획 전산화 시스템 개발", 한국전력공사 계통운용처, 1991. 5
- [4] 土井 淳, 渡辺峰生, 福井伸大, 河野良之, "電力系統 運用業務支援 システム", 三菱電機技報, Vol. 65, No. 3, 1991
- [5] 山田史朗, 村澤忠恒, 土井 淳, 弁木和仄, 態野長次郎, "電力 需給計劃 システムの 開發", 電氣學會 電力技術研究會資料, PE-92-139
- [6] 윤용범, 남재현, 박서우, 안양근, 정상진, 김정부, "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구", 한국전력공사 전력연구원, 1998. 12
- [7] K. Y. Lee, Y. T. Cha and J. H. Park, "Short-term load forecasting using an artificial neural network", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 7, No. 1, pp.124-132, Feb. 1992
- [8] D. Srinivasan, C. S. Chang and A. C. Liew, "Demand forecasting using fuzzy neural computation with special emphasis on weekend and public holiday forecasting", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 10, No. 4, pp. 1897-1903, Nov. 1995
- [9] K. H. Kim, J. K. Park, K. J. Hwang and S. H. Kim, "Implementation of hybrid short-term load forecasting system using artificial neural networks and fuzzy expert systems", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 10, No. 3, August 1995
- [10] "단기수요예측 전문가시스템 개발", 한국전력공사 계통운용처, No. 본사-93621, 1995
- [11] J. F. Dopazo and H. M. Merrill, "Optimal generator maintenance scheduling using integer programming", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-94, No. 5, 1975. 9.
- [12] H. H. Zurn and V. H. Quintana, "Generator maintenance scheduling via successive approximation dynamic programming", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-94, No. 2, 1975. 3
- [13] 김영창, 정도영, 김중욱, 김광인, 김교홍, 오세일, 박종배, "일본의 전력공급계획 산정방법 해설", 한국전력공사, 전력경제처, 1994. 4