

전력수급 종합시스템의 현황분석 및 전력산업 구조개편에 따른 전망.

김정훈
홍익대학교 전기제어공학과 교수

추진부
한전 전력연구원

Highly Intergrated Total Energy System
and its Application in a Competitive Electricity Market

Jung-Hoon Kim

Jin-boo Choo

Dept. of Electrical Engineering, Hongik Univ.

Korea Electric Power Research Institute of KEPCO

Abstract-Highly Integrated Total Energy System for system operational planning and analysis is a totally integrated computerized system for various parts of power system operation planning and power system analysis. It is developed by KEPCO for about 8 years, named HITES.

Nowadays restructuring, deregulation, privatization and competition of electricity market is introduced in the world.

This paper describes HITES application for two typical models of a competitive electricity market.

1. 서론

현재 전력사업 구조 개편이 중요한 현안으로 등장해 많은 나라가 관심을 갖고 있다. 구조개편을 진행했거나 진행중인 국가 중 선진국이 많고 이에 대한 성과가 좋게 나타난 곳이 많아 우리나라에도 이를 도입하려고 하고 있다. 구조개편은 전력이라는 재화의 속성상 독점 운영과 규모의 경제가 불가피하다는 기존 인식을 바꾸는 혁명적인 과제로 시장 경제체제를 전력부문에 도입하는 것이다. 따라서, 전력 산업의 경쟁도입은 사전에 상당한 준비가 없는 자본주의가 새로이 도입되었을 때 병폐로 나타났었던 자본분배문제를 피할 수 없을 것이다. 특히 전력수요가 성장하고 있고, 판로주의가 발달한 우리나라에서 힘의 균형과 정보의 공유에 대한 적절한 체계를 구축하지 않으면 그동안의 노력과 정성이 헛되게 되어 혼란이 가중될 수도 있다.

본 원고에서 다룰 전력수급 종합시스템은 전력계통의 운용 및 제어중심으로 한 전력회사의 에너지 운용계획이다. 즉, 전원 설비가 주어졌을 때 안정성과 경제성을 갖고 국민에게 전력을 효율적으로 공급하는 목적을 갖고 있다. 현재 수직통합 상태에서 이 계획은 한 전력회사의 것이 아니고 국가의 에너지 운용 계획이다. 따라서, 전원계획이 확정되고 난 후에 이에 따른 전력 시스템 운영 및 제어에 해당하는 전력수급 종합시스템을 도입함으로써 연료수급, 부하예측 등 각종 정책 결정지표를 얻을 수 있다. 우리나라에서는 HITES(Highly Integrated Total En System)이 98년 개발되어 운용하고 있다.

그러나, 구조개편의 도입으로 경쟁체제로 바뀌면서 발전, 송전, 배전 회사가 별도로 분리되어 송전분야를 제외하고는 몇 개 또는 그 이상 회사들로 나누어짐으로써 관련 분야의 기존의 틀이 달라지게 된다. 이러한 변화에서 전력수급계획도 달라지는 것은 당연한 일이다.

구조개편은 각국이 처해있는 문화와 환경에 따라 차이가 있으나 크게 POOL모형과 쌍방계약(Bilateral contract) 모두 가지로 나눌 수 있다. 이러한 두가지 방법은 4단계로 진행될 우리나라의 구조개편 모형에 모두 반영되어 있으므로 두가지 방법 모두에 대하여 고려하여야 본다.

2. 전력 수급 종합 시스템

2.1 종합 시스템의 배경

전력 사업의 각 부분은 서로 밀접하게 연관되어 있어 그 전체적인 유기적 기능의 협조가 대단히 중요한 것이다 이를 그림 1로 표시하였고, 그림에서 보듯이 계통계획 이외에 다른 큰 분야는 전력시스템의 운용 및 제어로서 주어진 여건하에서 최

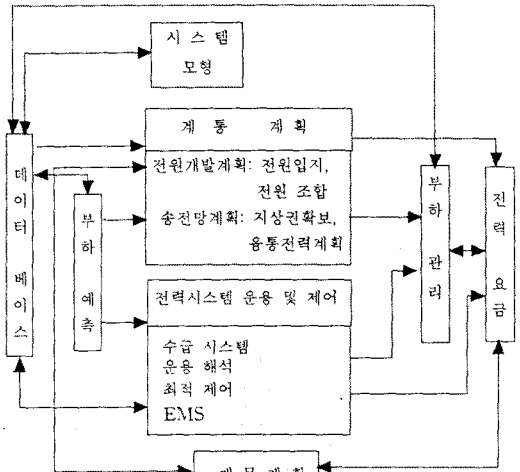


그림 1 전력 사업의 전체 모형도

선의 상태를 추구하는 것이다.

종합시스템은 전력계통의 운용 및 제어분야와 계통계획의 일부분을 총칭하여 포괄적으로 표현한 것이다. 이미 언급된 바와 같이 최선의 상태를 찾는 것이 그 주요 임무이기는 하나, 전력시스템의 수많은 구성요소와 부분간의 협조를, 시시각각 변화하는 전력수요에 대처하여 유지하는 일은 단순하지 않으며, 고도의 숙련과 지식, 그리고 수단을 필요로 하게 된다. 컴퓨터의 발전이 없었다면 현재와 같은 대규모의 전력시스템은 아마 존재하지 못하였을 것이며, 설혹 존재하였다 하더라도 유지하기는 어려웠을 것이다.

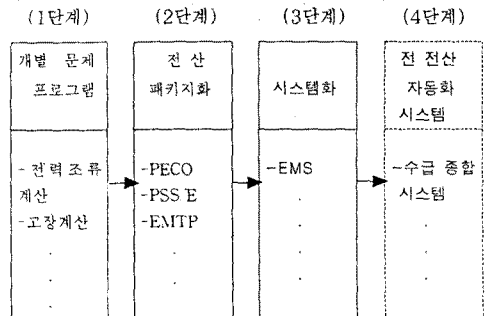


그림 2 전력시스템 컴퓨터 소프트웨어의 발전단계

그림 2는 이상의 소프트웨어의 발전단계를 예시한 것이다. 우리나라는 현재 전산 프로그램을 일부 자체개발 또는 구입 활용하고 있는 1단계에 머물러 있는 것으로 평가된다. 2단계 이후의 소프트웨어는 이번엔 한전에서 개발한 HITES를 제외하고는 전량 구입에 의존하고 있다. 현재 우리나라에서 활

용되고 있는 EMS 시스템의 발전단계를 그림 3에 보인다. 이미 ECS단계에서 전산 소프트웨어가 주종을 이루고 있는 점을 볼 수 있으며, EMS 단계에서는 여러 종류의 기능을 갖는 프로그램들이 전체로서 하나의 시스템을 이루게 된다. 넓은 의미의 종합시스템은 EMS에서 한 단계 더 진전된 형태이며, 그림 2에서의 네 번째 단계에 해당되는 것이다. 전력시스템의 규모가 방대하여지고 복잡하게 되어 갈수록, 각 부문간의 협조 및 방대한 정보의 흐름이 원활하게 이루어져야 하는데, 만일 이 흐름이 병목현상을 보이게 된다면 부문간의 협조는 더 이상 기대할 수 없을 뿐만 아니라, 전기에너지의 서비스 제공이라는 역할의 수준이 저하하게 된다.

2.2 종합시스템의 필요성

그림 4는 전력 사업의 여러 과제가 시간축과 어떠한 관계를 가지고 있는가를 설명하기 위한 것이다. 그림에서, 전력시스템의 주요 관심과제와 시간축과의 관계를 볼 수 있다. 여기서 EMS가 온라인 중심의 운용 및 제어를 하고 있고, 나름대로 최선의 상태를 추구하고는 있으나, 이것은 시간축의 개념에서 볼 때 극히 일부분만을 수용하고 있다는 것을 알 수 있다. 년단 위이상 10수년 또는 수십년에 대한 문제는 계통계획에서 다루고 있다. 그런데, 특히 언급되어야 할 사항인 분단위에서 년 단위에 이르는 전력계통 부문은 전력수급계획과 운용 해석 종합시스템의 영역으로서 더 많은 문제점과 해결되어야 할 과제를 안고 있는데, 주어진 여건하에서 최선의 상태를 찾기 위해서는 전력시스템운용이 그림에서 보는 여러 분야들의 총체적 관점에서 결정될 때, 보다 최적인 상태를 찾을 수 있는 것이다. 이 종합시스템은 그 주요분야로서 전력수급계획과 계통운용해석 분야로 나눌 수가 있는데, 각기 경제성과 안정성을 목적으로 하며 상호 보완해 나가야만 최적의 경영효율을 얻을 수 있게 된다.

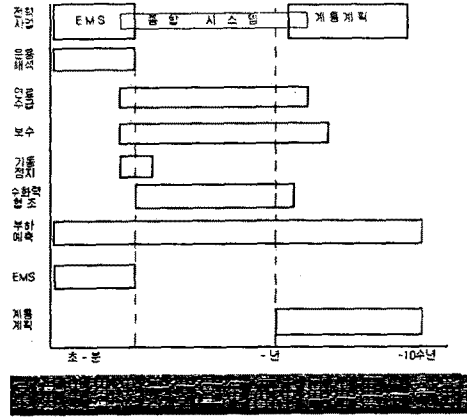
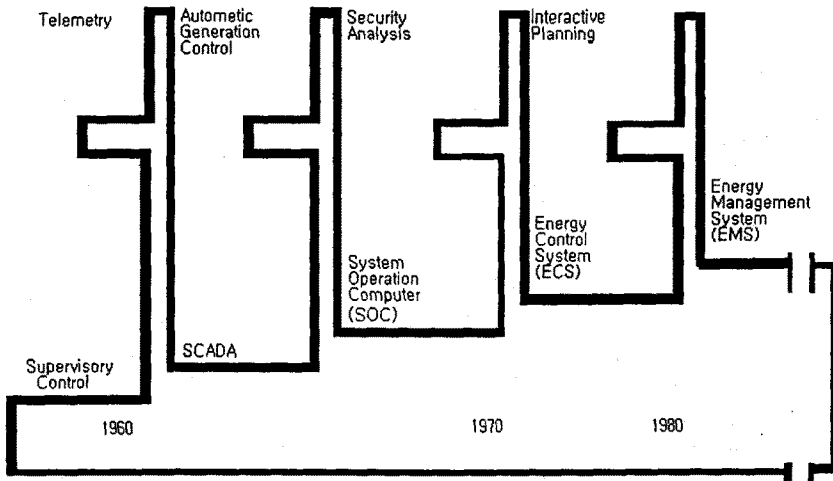


그림 4 전력시스템과 시간축과의 관계

그림 5는 그림 1의 내용중에서 전력시스템 운용 및 제어라는 부문을 보다 상세히 보여주는 것이다. 이 그림에서는 운용 및 제어를 위한 주요 요소가 블록으로 대표되어 있다. EMS도 하나의 블록으로 표현되어 있으며, 종합시스템의 입장에서는 EMS가 조그마한 하나의 블록에 불과하다는 점을 볼 수 있다.



- | | | | | |
|---------------|------------|---------------|------------------------|------------------------|
| ○ Mech | ○ Computer | ○ SCADA | ○ SCADA | ○ SCADA |
| ○ Relay | ○ Master | ○ AGC | ○ AGC | ○ AGC |
| ○ Solid State | ○ Scan | ○ Dispatcher | ○ Scheduling | ○ Scheduling |
| ○ Scanning | ○ Monitor | ○ Information | ○ Power Flow | ○ Optical Power Flow |
| | ○ Alarm | ○ CRT.MMI | ○ State Estimation | ○ State Estimation |
| | ○ Log | | ○ Security Analysis | ○ Security Analysis |
| | | | ○ Remedial Action | ○ Remedial Action |
| | | | ○ Security Dispatch | ○ Security Dispatch |
| | | | ○ Trainig Simulation | ○ Trainig Simulation |
| | | | ○ Real-Time Study | ○ Real-Time Study |
| | | | ○ Interactive Planning | ○ Interactive Planning |

그림 3 EMS의 발전 단계

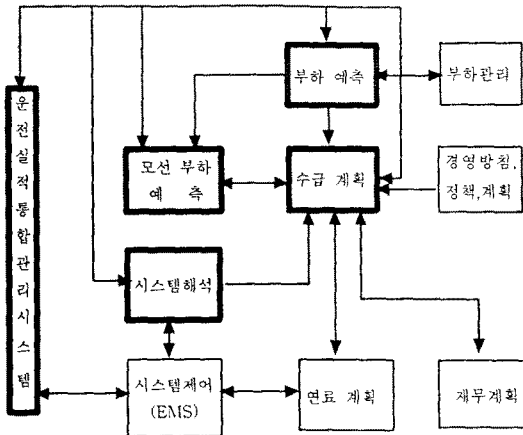


그림 5 종합시스템의 설명도

종합시스템을 구성하기 위해서는 그림 5의 기존 부분의 외

- (모선)부하예측
- 수급계획(전력수급 및 발전계획)
- 시스템 해석(전력계통 운용해석)
- 데이터베이스

가 추가되어야 함을 볼 수 있는데, 이 부분이 종합시스템의 주요 불럭이 되는 것이다. 부하예측은 전력수급계획과 운용부문에서 가장 먼저 수행해야 할 작업이며, 기본 바탕이 된다. 부하예측은 부하관리와 서로 밀접한 상관 관계를 맺고 있으며, 좋은 부하패턴이 되도록 부하관리를 해야한다. 부하관리는 현재도 시간대별 전력요급의 형태로서 어느정도 수행되고 있고, 또한 DLC(Direct Load Controller), 열병합 발전, 냉난방기 등의 보급에 의하여 앞으로도 계속 어느 정도의 관리가 가능한 불럭이며, 이것이 부하예측에 되돌려져서 응용되고, 보다 종합적인 수단에 의하여 지속적인 관리가 가능한 것으로 보인다. 그러나 이 부분 역시 매우 큰 독립적인 과제이고 총괄적인 입장에서 다루어져야 하는 불럭이다. 정확한 전력수요예측에 기초하여 장단기적인 치밀한 전력수급계획을 수립해야 하는데, 전력에 중대한 영향을 미치는 적절한 발전기보수계획 및 기동정지계획, 경제급전계획을 수행해 나가야 한다. 이 불럭은 각 회사의 경영방침, 정책계획에 정확히 반영되어야 하며, 적절하고도 시기에 맞는 연료계획 수립에 이용되게 된다. 재무계획은 수급계획에서 얻어지는 각종 연료, 원자력, 석탄, 석유 등의 확보를 위한 재원을 의미하게 되며 중속적인 의미를 갖는다. 수립된 수급계획에서 전력계통운용에 문제점이 없는지 계통해석을 수행하게 되고, 문제점이 있는 경우는 피이드백해서 수급계획을 조정하여야 하며, 정확한 전력계통해석을 위해서는 전체 부하를 모선별로 부하를 상징하는 분야가 필요하다. 이를 위해 시스템 해석과 모선부하 상징 불럭이 필요하다. 수급계획과 계통해석에 기초하여 온라인 급전운용을 시행하는 것이 시스템 제어 불럭이 되며, EMS가 이에 해당된다. 전문야의 불럭들의 데이터를 관리하고 갱신해 가는 데이터베이스 시스템을 운영하는 운전실적관리시스템의 불럭이 마지막으로 중요한 불럭이다. 종합시스템의 각 단위불럭에서 필요로 하는 데이터와 생성되는 데이터가 통합된 데이터베이스에 저장되어 모든 단위시스템에서 공유하며 사용할 수 있는 구조를 가지게 된다.

이와 같이 구성되는 종합시스템에서 기존의 부분과 별도의 독립적 기능을 수행할 수 있는 부분을 제외하고 남는 불럭인 (모선)부하예측, 수급 계획, 시스템 해석 및 데이터 베이스를 종합시스템의 주요 구성요소라고 부르기로 하고, 부문별로 보다 상세히 고찰하기로 한다.

2.3 종합시스템의 국내외 현황

각국은 시스템의 효율적 운용을 나라별 특성에 맞추어 있다.

2.3.1 일본의 동북전력의 경우

30년동안 체계적으로 진행한 일본의 동북전력의 종합시스템의 구성은 그림 5의 형태를 가지며, 수급계획 및 동식 보고서

작성시스템(ESPOIR), 변전소별 kW 예측시스템 (Local Energy Allocation system:LEDA), 계통 보호계전 운용기술, 계통 운전 훈련용 시뮬레이터 이외에도 구축화된 시스템이 개발되어 있는 것으로써, 이중 주요요소인 ESPOIR과 전력계통해석시스템(PSALM)을 보면 다음과 같다.

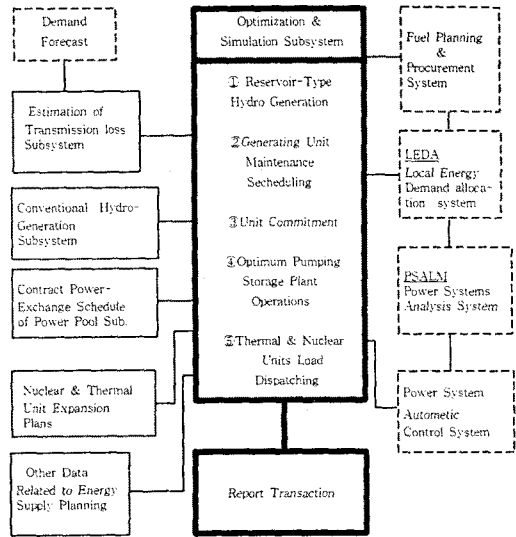


그림 6 수급 시스템의 개념도

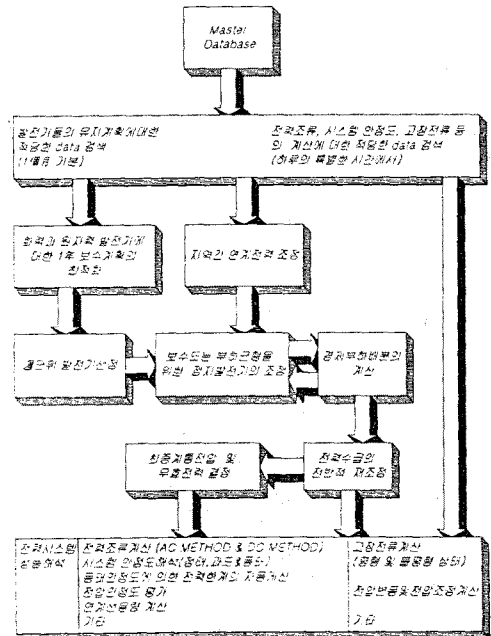


그림 7 전력계통해석 시스템의 개념도

2.3.3 HITES와 해외 수급 프로그램과의 비교.

미국과 일본 등에서 개발한 전력수급계획프로그램과 비교하여 보면 다음 표와 같다.

표 2 해외 수급 계획 프로그램 비교표

구분	POWERSYM	WESCOUGER	주부(中部) 전력	한전
수요	· 8760시간 · 전년도 추세 적용 · 최대수요와 년간 에너지를 저장하면 시간별 계산	· 168시간 · 기 저장된 과거 부하 패턴 적용 · 일기 고려 수정	· 8760시간 · 8월 최대3일기준 또는 최대 기준 · 월, 주 및 일 최대 · 신정 · 24시간 부하산정	· 8760시간 · 년 에너지기준 또는 최대 기준 · 시간별 상대계수로 신정 · 현재 개발중
보수 계획	· 예비율 평준화 · LOLP 평준화	· 기획정	· 기획정 (장표 진신화)	· 예비율 평준화 · LOLP 평준화
장표 진신화	· 주별 수행 · 장표 없음	· 장표 없음	· 주별 시간별 등급별-수요곡선 및 장표작성 (진신화)	· 월별로 수작업 장표 작성
기동지 계획	· 우선 순위법 ① 수력 ② 제약있는 화력 ③ 알수 ④ 화력 순	· 1단계: Pre-Optimization - 화력 우선 순위 · 2단계: Optimization - 3단계: Final · 수력, 알수, 제약분	· 수력 차감후 · 우선 순위법 · 알수시물레이션 (진신화) · DSS시물레이션 (진신화)	· 수요일 평일기준 · 우선 순위법 · 알수 시물레이션 · 화력 DSS 시물레이션 (반자동화)
경제 배분	· 등중분비법 · 주별×52주 (168×52Wk)	· 등중분비법 (168H)	· 등중분비법 (168H×52Wk)	· 이용율 지정 배분 · 등중분비법(24H)
연료 제약	· 수력배분 단계에서 동시처리	· 수동과 자동배분 ① 수동 시간+일별+주별 최대, 최소 지정 ② 자동 - Peak Shaving 알고리즘 적용 - Shadow Fuel Cost 적용(y법)	· 자동으로 계산 - 제약 있는 경우 - 제약 없는 경우 두 경우 장표작성 (168H×52Wk)	· 수력 y법 적용 (Shadow Cost) · 화력, 수동으로 출력제약인력 (24H 경제배분)
송전 손실	-	· Penalty Factor 수동 입력 ① 침두부하시 ② 주간 ③ 야간	-	· 부하대별 고할 예정
발전 데이터	· CDC · LDC · 문태키트로	-	· 공급편들 유-무 · 경우별 계산 · 돌발파지속정지시 · 구분계산 돌발시 · 알수 보전	-

2.3.2 우리나라 경우

우리나라의 이 분야 관련 연구는 1991년 9월에 태동하기 시작하여 1998년 12월에 최종 결과를 얻었다. 과거의 수급계획과 비교하면 다음과 같다.

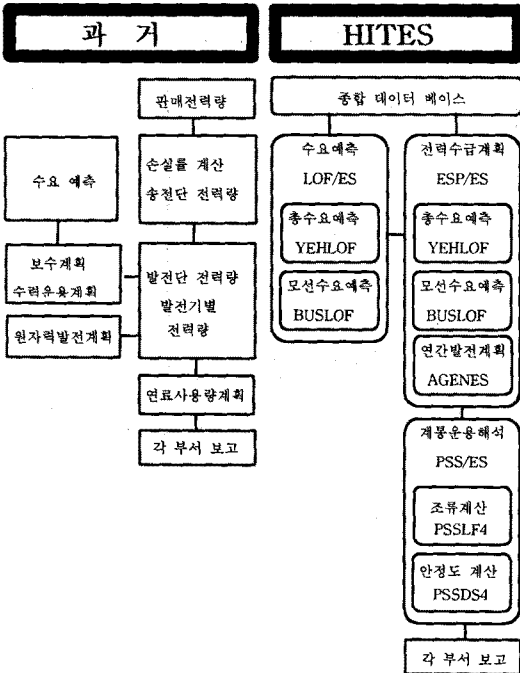


그림 8 전력 수급 종합 시스템의 구조

우리나라는 동북전력과 달리 그동안 한전에서 개발한 프로그램과 외국에서 구입하여 사용하고 있는 것을 상호연관시키는 Database시스템을 구축하였다. 이렇게 하여 개발된 시스템은 전력수급 종합시스템(HITES)으로 구조를 과거와 비교하여 보면 위의 그림 8과 같고 HITES의 구성은 다음과 같다.

표 1. 전력 수급 종합 시스템의 구성

시스템명	분야명	기능
수요 예측 시스템 (LOF/ES)	총수요예측 (YEHLF)	연간(8760H) 시간별 총수요 예측
	모션수요예측 (BUSLOF)	연간(8760H) 시간별 모션 수요 예측
전력 수급 계획 시스템 (ESP/ES) (HITES)	발전기예방정비 계획 (MANTES)	발전기의 최적 예방정비기간의 설정
	수력 운용 계획 (HYDRES)	사용 가능 수량의 결정
	연간 발전 계획 (AGENES)	연간(8760H) 시간별 기별 발전력 배분
계통운영해석 시스템 (PSS/ES)	전력 조류 계산 (PSSLF4)	발전계획의 안정성 검토
	계통안정도계산 (PSSDS4)	발전계획의 안정성 검토
종합 데이터베이스 시스템 (RDBMS)	종합 데이터베이스 관리 (HDBMAN)	입출력 표준화 및 데이터베이스 관리

HITES는 이미 개발되어 한전에서 보유하고 있는 프로그램을 이용하여 사용한 알고리즘이 정교하다. 즉, 최고수준의 계통기술로 되어있으므로 정확하다는 좋은 점은 있으나 다음과 같은 단점도 예상된다.

- ① 자료 입력이 복잡
- ② 수렴이 불가능한 경우 존재.
- ③ 전문가급 인력이 필요.
- ④ 프로그램 수행시간이 큼.

이러한 단점을 극복하려는 노력은 도호규(東北)전력에서 볼 수 있으며, 내용은 다음과 같다.

- ① 보고에 초점 맞춤 (대정부, 전력회사내)
- ② 일반적인 자료 사용
- ③ 반복계산 배제
- ④ 결과 제공시간이 짧음.

즉 HITES는 전체적인 종합시스템 구도에는 못미치는 상태이고 입력자료는 해당 프로그램 전문가의 힘이 필요하는 등 준수성을 높일 가능성이 내제되어 있다.

3. 전력 산업 경쟁도입에 따른 전력 수급 계획의 전망

3.1 전력산업 경쟁도입에서의 전력수급

현재 세계적으로 진행되고 있는 전력구조 개편은 국가별로 다양하나 크게 Pool모형과 쌍방 계약 모형으로 나눌 수 있다.

우리나라는 4단계로 하여 현재 수직 통합되어 있는 전력 회사로 발전, 송전, 배전 회사로 나누려고 한다. Pool모형과 쌍방 계약 모형이 혼합되어 있는 형태라 할 수 있다. 따라서, 전력수급계획이 이 두 가지 모형에서 어떻게 변형될지를 고려해 보기로 한다. 전력수급계획 종합 시스템은 특성상 전력계통을 운영 및 제어하는 성격이 강하여 두가지 모형에서 송전부문을 관리하는 기관이 주로 담당하게 될 것이다. 즉, 그림 5의 종합 시스템에서 시스템 해석 부분은 논의의 여지가 없으나 나머지는 부분은 시장 경제가 지배하는 향후에 어떻게 변화되어야 할 지를 고려하여 보자.

3.2 Pool 모형에서의 전력수급

Pool 모형의 대표적인 영국의 E&W POOL을 대상으로 전력수급이 어떻게 다루어져야 할 지를 알아본다. 현재 영국은 수요 포화 현상으로 수요예측은 상대적으로 의미가 없는 상태이다. 그러나, 만약 수요가 증가되는 경우 이에 대한 발전소 건설이 적극적 방법이나, 이것은 계통 계획 분야이므로 수급분야는 아니다. 다만 발전회사는 다음날의 30분단위의 발전소의 운전 가능 상황, 발전기가 운전중, 대기 또는 운전유연성, 고정비, 가변비, 대기 가격, 기동 가격 그리고 제한된 기간동의 최대출력 등을 송전 사업을 관장하는 공익성 기관인 NGC (National Grid Company)에 통보하여야 하는데 경쟁력을 갖기 위해 발전기 보수 계획과 연료 수급 계획의 효율성을 높이기 위하여 부하에 대한 예측, 즉 발전회사 각각이 담당하여야 할 부하에 대한 예측과 효율적인 발전소 보수계획을 수립하여야 할 것이다.

이외에 대부분의 전력수급계획의 불럭은 전국 계통망을 독점하고 있는 NGC가 수행하게 된다. NGC는 송전망운용사업과 조정사업으로 업무가 구분되는데, 계통운용사업인 보조서비스(Ancillary Service)는 Uplift로서 Pool 판매 가격으로 보전다.

3.3 Bilateral Contract 모형에서의 전력수급

이 모형은 미국 캘리포니아주에서 도입하고 있는 것으로 계통운용을 독립운용기구(ISO)와 전력거래(PX)로 분리하고 있다. ISO는 송전계통신뢰도 운용을 실시하여 이용자에게 공평한 서비스를 제공하며 PX는 일간 현물시장으로 시간별 전력거래 수급균형을 조정하는 역할을 한다. 또 SC(Schedule Coordination)가 있으나 PX와 동일한 기능을 갖는다고 간주할 수 있다.

이러한 구조에서 전력수급을 원활하게 하기 위하여 계통운용 보조서비스를 A) Scheduling/Dispatch, B) 무효전력보상/제어, C) 주파수제어/부하추종, D) Energy Balance, E) 순비력, F) 운전예비력의 6가지로 상세히 분리하고 송전정보제공 시스템(Open Access Same Time Information System)을 도입하여 투명하고도 공평한 시장구축을 목표로 계속 보완하여 나아가고 있다.

4. 결론

전력수급계획에 대하여 알아보고 전력구조 개편에 따른 담당 역할의 변화를 분석하였다.

아직 선진국에서도 구조개편이 완성하지 못하여 시장체제 구축을 위하여 많은 연구와 시도가 앞으로 수행될 것으로 보인다. 우리는 이 추세를 놓치지 않기 위하여 우리나라에서 추진하고 있는 구조개편의 투명성과 공평성을 유지하여야 하고 이를 실제로 구현할 수 있는 정보제공시스템을 구축하여야 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 한국 전력공사 기술 연구원, "전력수급계획 및 운용해석 종합 시스템의 설계에 관한 연구", 1993.12.
- [2] 한국전력공사 전력연구원, "연간 전력수급계획 수립을 위한 종합패키지 개발", 1998.12.
- [3] Sally Hunt and Graham Shuttleworth, "Competition Choice In Electricity", National Economic Res Associates, 1996.