

전력시장 운영 발전계획시스템 개발

최재석*, 윤용태*, 차준민*, 박준형*, 구분희*, 오태곤*, 이상성*, 백웅기**, 최현일**, 박성진***
 기초전력연구원 전력정책연구센터*, 한국서부발전(주)**, 동국제강그룹***

Development of Generation Planning System for Power Market Operation

Tae-Gon Oh*, Jun-Hyeong Park*, Bon-Hui Ku*, Jae-Seok Choi*, Yong-Tae Yoon*, Jun-Min Cha* and Sang-Sung Lee*,
 Ung-Ki Baek** and Hyeon-Il Choi**, Sung-Jin Park***
 KESRI CASEP^{3*}, Korea Westernpower**, DKUNC***

Abstract - This study develops a new system for generation system simulation and operational planning (namely, KPWR-X) including GMS(Generator Maintenance Scheduling), UC(Unit Commitment), and LF(Load Forecasting) for new power system environment in recent. The KPWR-X provides operator and planner to help the generation system more safely and economically. GUI developed in this study makes operator feel in convenient to control whole power system. In future, it is expected that generation company, ISO, and fuel procurement, etc. may use an instructional tool developer's suggestion for application. It will be also applicable to establish the operational strategies for generation control, fuel procurement and power system risk management.

본 연구는 이 중에서 발전기보수유지계획인 GMS(Generator Maintenance Scheduling)와 발전기기동정지계획인 UC(Unit Commitment), 그리고 수요예측인 LF(Load Forecasting)중에서 중기 및 단기에 예측에 관한 것 등을 포함한다.

1. 서 론

최근 미래의 전력 계통 구조인 스마트 그리드 구현에 부합할 수 있는 보다 효율적이고 능동적으로 변화하는 전력계통에 대응할 수 있는 시스템의 개발이 요구되고 있다. 또한, 우리나라의 경제 지표 및 기온 등의 주변 환경 특성을 반영한 수요 예측을 실시함으로써 외국의 상용 발전기보수유지계획 및 기동정지계획보다 실용적이고 효율적인 발전계획을 수립할 수 있는 시스템 개발의 필요성이 더욱 절실히 대두되고 있다.

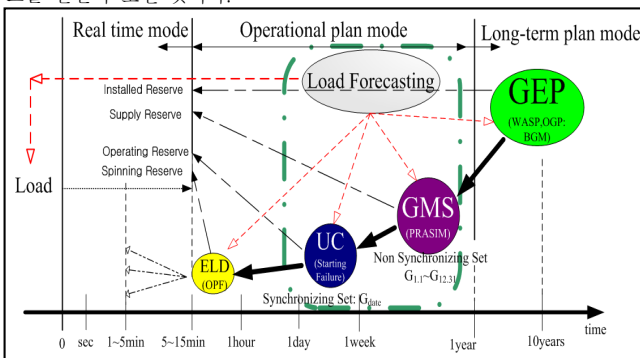
본 연구에서는 장기 발전계획 수립 모델을 개발함으로써 단기간의 일간, 월간, 연간 발전계획 수립 모델 알고리즘에서 제약조건의 적용을 다르게 하여 발전사업자가 효율적이고 경제성이 있는 발전계획을 수립할 수 있는 상용 발전운영계획시스템(일명 KPWR-X V1.0)을 개발하였다. 이는 DB구축 및 수정이 직접적으로 사용자에게 의해서 이루어 질수 있으며, 다양한 사건을 구성하여 시뮬레이션이 가능하여 발전사업자 입장에서 계통 사고 발생 시에 적절히 대처할 수 있다. 특히, 본 연구에서는 다음의 연구개발 내용에 중점을 두고 한국형 발전계획시스템을 개발하였다.

- 발전기 보수유지계획 모델 개발
- 수요기반 기동정지계획 모델 개발
- 장·단기 전력수요예측 모델 개발
- DB 구축 및 화면구성

2. 발전계획

2.1 발전운영계획

그림 1은 발전계통의 확충계획에서 실시간운영까지의 관련성의 개념도를 간단히 보인 것이다.



<그림 1> 발전계획과 운영의 개념도

2.2 발전기보수유지계획

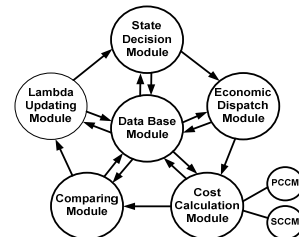
본 시스템에서 GMS 수행시 다음과 같은 총7가지의 목적함수를 선택할 수 있도록 하였으며 보수기간제약, 보수인원수의 제약등의 기존의 제약조건을 모두 고려할 수 있도록 구성하였다,

- (1) 최소공급예비율을 갖는 일의 공급예비율의 최대화
- (2) 최소공급예비력을 갖는 일의 공급예비력의 최대화
- (3) 공급예비율 평활화
- (4) 연간 확률론적 발전비용의 최소화
- (5) 최대 LOLE의 최소화
- (6) EIR(Expected Index of Reliability)의 최대화
- (7) 퍼지이론을 사용한 의사결정자의 만족도 최대화

또한 전역적인 최적해를 보장하지는 못하지만 보다 나은 해(보수유지계획안)를 구하기 위하여 전역적 탐색법중 하나인 유전알고리즘(GA)을 접목하였다.

2.3 발전기기동정지계획

본 시스템의 UC에서의 목적함수는 전체 비용을 최소화하는 것을 고려하였으며, 제약조건으로는 수급균형제약조건, 발전기최소정지 및 최소기동 시간 제약조건, 발전기의 최대 및 최소 출력 제약조건을 고려할 수 있도록 구성하였다. 또한 UC 최적해를 계산하기 위한 기법으로 LR(Lagrange Relaxation)알고리즘을 사용하였다. 그림 2는 개발한 UC의 모듈 구성도를 보인 것이다.



<그림 2> UC Simulation을 위한 Module의 체계도

2.4 수요예측

본 시스템에서 LF는 추세기법 및 감도계수를 이용하여 중기 및 단기 예측을 실시하였다. 표 1은 수요예측모형별 활용분야를 보인 것이다.

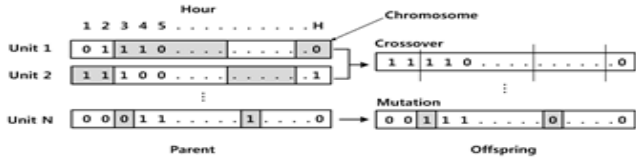
<표 1> 수요예측모형과 활용분야

| 모형 | 활용분야 |
|-----------------|-----------------------------------|
| 미시경제모형 (다중회귀분석) | 장기전력소비량, 최대전력수요예측 |
| 단기시계열모형 | 1~2년내 단기전력수요예측, 지역별수요예측 |
| 장기시계열모형 | 20년이내의 장기전력소비량, 최대전력수요예측, 지역별수요예측 |

2.5 최적화기법

본 연구에서는 발전기보수유지계획 및 기동정지계획에서 보다 나은 해를 찾기 위하여 확률론적인 검색 방법의 일종인 그림 3과 같은 유전

알고리즘(GA: Genetic Algorithms)을 이용하였다.



〈그림 3〉 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)에서 '부모'와 '자손'해

3. 사례연구

이번 연구에서 개발한 KPWR-X V1.0을 이용하여 우리나라 각 분야 별로 2010년도 혹은 2009년도에 대하여 적용을 실시하여 보았다.

3.1 발전기보유지계획 수행결과

그림 4는 GMS 수행시 총 7개의 발전회사 중에서 서부발전회사의 발전기의 보유유지수립안을 보인 것이다.

The table displays the maintenance schedule for 7 power companies. It lists various units and their scheduled maintenance dates across different months and years. The data is organized into columns for each company and rows for individual units.

〈그림 4〉 총 7개의 발전회사중 서부발전회사의 발전기보유지계획 결과

3.2 발전기동정지계획 수행결과

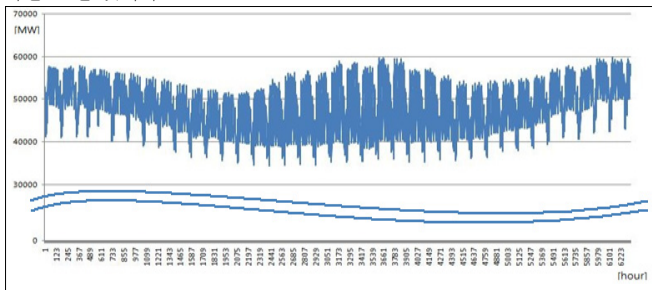
그림 5는 UC 수행시 총 170대의 발전기중 #1~#20발전기의 기동정지 결과를 보인 것이다.

The table shows the start/stop status of 20 power units over 24 hours for 170 different scenarios. Each row represents a unit, and each column represents an hour. The status is indicated by 0 (stopped) or 1 (started).

〈그림 5〉 총 170대의 발전기중 #1~#20발전기의 기동정지계획 결과

3.3 수요예측 수행결과

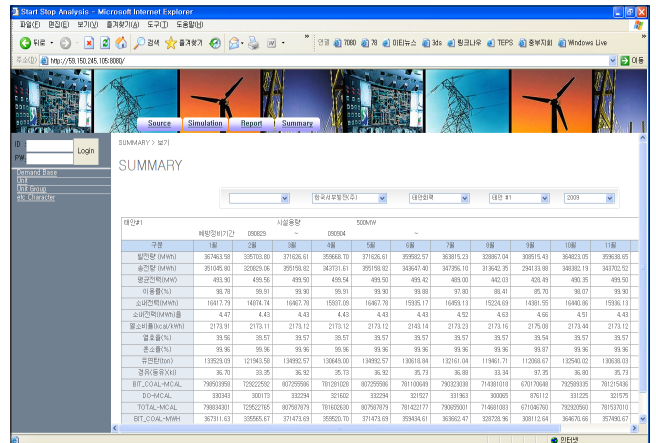
그림 6은 본 연구에서 제안하는 추세기법을 이용한 2009년도 수요예측을 보인 것이다.



〈그림 6〉 본 연구에서 제안하는 추세분석기법을 이용한 2009년도 수요예측

3.4 KPWR-X V1.0 시스템의 화면구성(GUI)

한편, 본 연구에서 개발한 발전운영계획시스템인 KPWR-X V1.0의 화면구성을 그림 7에서 보이고 있다. 일간, 월간, 연간 발전계획 수립 모델 개발을 통해서 발전사업자가 기간별로 다른 발전기 운용계획을 수립함으로써 보다 유연성이 있는 발전계획을 세울 수 있으며 우리나라 지역과 환경이 적용된 화면 구성 및 발전기기의 위치 및 발전량을 그래프로 나타내어 운영자 입장에서 사용의 편의성이 제공되도록 시스템을 구축하였다.



〈그림 7〉 KPWR-X V1.0 시스템의 화면구성 및 결과물 출력

4. 결론

본 연구에서는 최근 급격히 변화하는 사회의 전력시장운영환경에서 미래의 전력 계통 구조인 스마트 그리드 구현에 부합되는 실시간 요금 체계를 적용할 수 있고 보다 효율적이고 능동적으로 변화하는 전력계통에 대응할 수 있는 KPWR-X라는 V1.0의 시스템을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 KPWR-X V1.0 시스템의 핵심은 다음과 같다.

1. 퍼지이론을 기반으로 한 발전기 보유유지계획수립모델 개발과 함께 우리나라의 경제지표 및 기온의 특성을 반영한 장·단기 전력수요예측 모델 개발을 통해서 우리나라의 전력계통 환경 변화에 대처할 수 있는 수요기반 기동정지계획 모델 개발 및 사용자의 편의를 도모하기 위한 DB 구축 및 화면을 구성하였다.
2. 효율적이고 경제적인 발전기 예방정비계획 모델을 개발함으로써 우리나라의 전력계통의 안정성 및 효율적인 발전계획 수립에 도움을 줄 수 있다.
3. MILP 방법의 기동정지계획을 구현함으로써 효율적인 발전계획수립에 도움을 주며, 화면 구성 및 사용자 입장에서 편의를 도모할 수 있다.
4. 경제지표 및 기온, 요일별 특성의 장단기 전력수요 예측 모델을 개발함으로써 전력계통의 환경 변화에 대처해 나갈 수 있으리라 기대된다.

더불어 앞으로 다음과 같은 활용방안이 기대된다.

1. 현재 우리나라는 지속적인 시장 운영 규칙 개정 및 경쟁요소의 도입, 재생에너지 및 분산전원의 확대 그리고 탄소세 도입과 같은 환경제약 등 많은 변화가 예상되고 있어 발전회사 측면에서 이에 부응하는 새로운 발전계획을 확보함으로써 타 발전사업자에게도 도입이 가능하다.
2. 현재 전력계통 주변 환경을 반영하여 다른 전력계통 연구기관의 교육 프로그램으로도 활용할 수 있다.
3. 현재 전력거래소에서 실시하는 급전기시에 미리 대응하는 방안으로 활용될 수 있으며, 발전기의 문제 발생 시 대안 책을 강구할 수 있는 시간적인 여유가 생성될 것이다.
4. 전력수요예측, 발전계획의 신뢰도 수준 향상 및 전력시장에 적용 가능한 발전계획을 수립할 수 있는 종합 발전기 운용 tool로서 활용함이 기대된다.
5. 기존/현재의 시장 과도기적인 환경에서의 발전기 운영기술을 적용할 수 있다.

[감사의 글]

본 연구는 한국서부발전의 재원으로 기초전력연구원의 지원을 받아 수행된 연구이며(09309), 미래형전력네트워크 신뢰도 연구센터 지원하에 이루어졌음.

[참고 문헌]

- [1] Dekker, R. & Smeitink, E. "Preventive maintenance and risk assessment", Reliability and maintainability Symposium, Proceedings, Annual 22-25 Jan, 2001.
- [2] F. Zhang, F. D. Galiana, "Towards a more Rigorous and Practical Unit Commitment by Lagrangian Relaxation", IEEE Trans., PWRS-3, No. 2, pp 763-773, May 1988.
- [3] 황갑주, 최수권, "추세분석법에 의한 영역의 장기수요예측", 대한전기학회 논문지, Vol. 53, Nov 2004 pp.604-609