

시장기반의 발전투자 방법론

김선교*, 박준형*, 윤용태*, 김육**, 이상성***
 서울대학교 전기.컴퓨터공학부*, 한국남부발전**, 기초전력연구원***

Market Based Generation Investment Model

Sun-Kyo Kim*, Jun-Hyung Park*, Yong-Tae Yoon*, Wook Kim**, Sang-Seung Lee***
 Seoul National University*, KOSPO**, KESRI***

Abstract - 우리나라 전력산업은 구조개편 이전에는 수직독점이면서 공기업인 한국전력공사 단일기업의 형태로 운영되어왔다. 2001년 한전의 발전사업 부문이 6개의 발전사업자로 분리되었고, 전력산업은 단계적으로 시장구조로 변모하는 과정 중에 있다. 이러한 전력산업의 구조개편은 전력수급계획에도 영향을 미쳤으며 점차 '시장참여 자격'이 강화되는 방향으로 진행되고 있음을 확인할 수 있다. 2006년의 제3차 전력수급기본계획에 이후 목표계획의 수립, 건설의향의 평가, 연료계약의 실질적 반영 등 다양한 시나리오 분석과 지역별 수급분석 등이 주요 이슈가 되면서, 기존에 활용했던 비용최소화 모형에 의존한 계획기법에 한계가 존재하게 되었다.

본 논문에서는 변화된 전력산업 환경에 적합한 발전투자계획의 방법론으로서 시장 기반의 전원계획 방법론을 제시하고자 한다.

1. 서 론

전력산업의 구조는 기존의 수직독점체제에서 벗어나 경쟁이 도입된 시장구조로 개편되는 과정 중에 있다. 전력산업은 전통적으로 규모의 경제가 존재하기 때문에 자연발생적인 독점체제로 인식되었다. 그러나 소용량의 효율적 발전기기의 도입과 시장여건의 변화로 규모의 불경제가 발생하였고 배전 및 판매부분은 다른 세화의 그것과 차이가 많지 않기 때문에 전력산업에 대한 전통적인 인식은 점차 설득력을 잃어가고 있다. 또한 석유를 제외한 에너지 가격은 가격 결정시 물가, 산업지원, 에너지 수급조정 등 다양한 정책목표를 고려하여 정부인가 하에 결정되므로 자원의 비효율적 분배가 지적되고 있다. 문제해결을 위해 원가 반영의 에너지 가격체계의 개선과 판매 경쟁구조 강화 및 발전 투자촉진을 통한 효율성 강화가 정부주도의 정책으로 추진되고 있다.[5]

현재 우리나라 전력산업에서는 2001년 4월 발전부분이 6개의 자회사로 분할되었으며, 계통운영과 시장운영을 위한 한국전력거래소와 전력거래규제 기관으로서 전기위원회가 설립되었다.

전력산업에서의 발전설비 투자는 안정적인 전력공급을 위해 필수적인 요소이다. 기존 독점체제에서 발전부분이 분할했다는 것은 발전기 투자의 주체가 기존의 정부에서 발전사업자로 바뀌었다는 것을 의미한다. 일반적으로 구조개편이전에는 국가적 차원에서 전력공급의 안정성 및 공공성을 우선적으로 고려되었지만, 구조개편이후에는 전력공급의 신뢰도 수준을 만족시키면서, 발전사업자가 수익성을 올리는 것이 중요한 사항으로 고려되어질 것이다.

2006년의 제3차 전력수급계획 이후, 목표계획의 수립, 건설의향의 평가, 연료계약의 반영 등 다양한 시나리오 분석과 지역별 수급분석 등이 주요 이슈가 되면서 기존의 비용최소화 기준의 최적화 모형(WASP)에 의존한 계획기법에 한계가 존재하게 되었다. 또한 최근의 우리나

라 전력산업에서는 발전부문에 경쟁체제가 도입되어 발전설비 투자가 시장기반에 의한 사업자 자율적 판단에 의해 이루어지고 있으나, 시장 제도적 측면에서 이를 뒷받침할 수 있는 여건이 형성되지 않은 과도기적 상태가 지속되고 있는 실정이다. 추후의 전력산업의 방향성이 시장자율화를 통한 효율성의 극대화를 목표로 하고 있기 때문에 시장기반의 전력수급 분석기법의 도입이 시급히 요구되고 있는 상황이다.[1]

본 논문에서는 발전 산업의 변화에 따라 시장기반의 장기전원계획의 방법론으로써 시장 기반의 발전투자방법론을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 비용최소화 기준의 모형

현재 전력거래소에서는 과거 한국전력공사의 단독기업 형태일 때와 마찬가지로 전원개발계획 수립 및 예비력결정을 위한 방법론으로서 전원개발계획 모형을 사용하여 왔다. 전원개발계획의 기본적 목표는 공급신뢰도를 충족시키면서 연도별 투자비 및 운전비의 현재가치의 합인 목적함수를 최소화는 전원구성 (plant mix)를 찾아내는 것이다. 이것은 최적화 문제로서 계획기간(20~30년) 동안의 매년도 투자비 및 운전비의 현재가치의 합을 최소화하는 연도별, 발전원별 투입용량을 결정하고자하는 것이다. 한전에서는 전원개발계획 모형으로써 WASP(Wien Automatic System Planning Package) 모형을 사용하였다. WASP의 동태적 최적화 문제는 다음과 같이 정식화된다.[2]

$$\text{목적함수: } \sum_{n=1}^T (\sum_{i=1}^M P_n^i U_n^i + G_n(X_n^1 \dots X_n^M)) - S(U_1, \dots, U_T) \quad \text{식 2.1}$$

$$\begin{aligned} \text{제약조건:} \\ P_n^L \leq \sum X_n^i \leq P_n^U & \quad \text{식 2.2} \\ \text{LOLP}_n(X_n) \leq C_n & \quad \text{식 2.3} \\ X_n = X_{n-1} + U_n & \quad \text{식 2.4} \\ U_n \geq 0 & \quad \text{식 2.5} \end{aligned}$$

- i : 발전기 형식번호
- M : 총 발전기 형식의 수
- n : 연도
- X_n^i : n 년도 i 형식의 발전소 건설비의 현재가치(원/kW)
- U_n^i : n 년도 i 형식의 발전소의 투입용량(kW)
- C_n : n 년도 X_n 의 설비로서 운전한 발전계통의 운전비용의 현재가치
- S : 잔존가치(Salvage Cost)
- P_n^L, P_n^U : n 년도 설비용량의 하한 및 상한
- C_n : n 년도 공급신뢰도 또는 LOLP기준(시간/년)

위의 식에서, WASP의 목적함수는 연도별 건설비와 운전비의 현재가치를 구하는 항과 잔존가치를 빼는 항으로

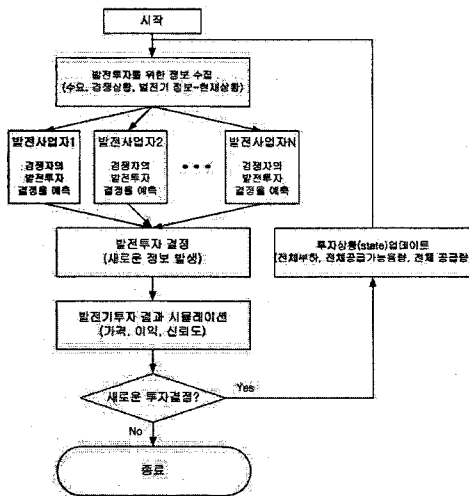
구성되어 있다. 다음항은 후보설비와 기존 발전설비를 이용하고 그 연도의 수요를 만족시키기 위한 운전비를 계산하기 위한 함수로서 확률적시물레이션 기법을 이용해 각 발전기의 고장정지 및 수요의 변화를 고려한 연간 총 운전비의 기대치를 구하는 것이다. 여기에서 말하는 운전비는 가능한 운전비용 가운데 최소치를 뜻한다. 제약조건을 만족시키면서 목적함수를 최소화하는 U_n 을 구하면 이것이 연도별, 발전형식별 건설계획이 되며 비용 최소화 전연개발계획을 찾아낸 것이 된다.

2.2 시장기반의 모형

시장기반 모형이 기존의 모형과 가장 큰 차이를 가지는 부분은 비용최소화가 아닌 각 발전회사별 수익극대화를 목적함수로 한다는 것에 있다. 비용최소화 기준의 모델과 동일하게 미래년도의 전력수요에 공급할 신규설비를 결정하기 위해, 연도별 설비조합을 작성하고 시물레이션을 수행하여 발전비용과 건설비를 계산한다. 그러나 시장기반의 모형은 발전기별 수익을 계산한 다음 각 발전회사별 수익극대화를 목적함수로 계산하여, 수급상황, 경쟁사의 상황 등의 제약조건하에서의 수익이 최대화되는 설비조합을 최적해로 도출한다.

또한 기존의 비용최소화 모형은 규제자입장의 중앙계획적(Centralized) 기준의 최적화를 수행하지만, 시장기반 모형은 각 발전회사 기준으로 분산화된(Decentralized) 최적화를 수행하므로 현재 전력산업이 나아가고 있는 방향성과 일치하는 방법론으로 볼 수 있다.

다음은 전력시장에서 발전사업자가 투자결정을 하는 것을 표현한 그림이다. 전연계획 기간 내에서 발전사업자는 신규발전기 투입으로 자신이 얻게 될 수익을 예측하고, 다른 발전사업자가 투자계획을 알리는 시점에서 수집한 정보를 가지고 다음 단계의 발전계획을 수립하게 된다.



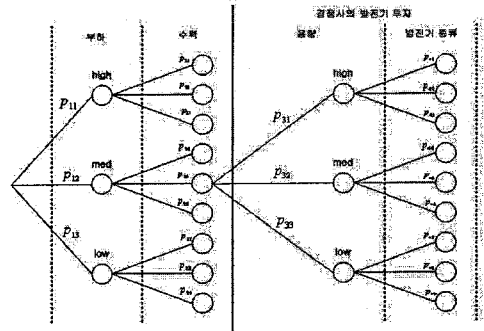
<그림 1> 시장기반의 투자의사결정 흐름도

2.2.1 경쟁자 분석

시장기반 모델의 가장 큰 특징은 경쟁자의 투자결정을 고려해야한다는 사실이다. 본 논문에서는 시나리오기법을 통한 경쟁자 분석을 제시하고자 한다[3].

우선 발전사업자는 현재 존재하는 발전기 정보와 과거 시점에서부터의 경쟁사업자의 투자정보를 기반으로하여 발전투자결정을 한다. 그리고 다른 발전사업자의 발전기

추가용량과 전체수요를 예측하여, 자신의 이익을 극대화시킬 수 있는 발전기를 선택한다. 또한 각 발전사업자마다의 위험선도도와 발전기 종류 및 용량의 선택이 다양할 수 있다.



<그림 2> 발전사업자의 투자의사결정 시나리오

경쟁시장 하에서 발전사업자는 외생변수로 작용하는 부하와 수력에 대한 정보를 확률론적으로 해석하며, 경쟁자 공급용량과 발전기 종류를 예측하여 자신의 발전기 투자를 결정하게 된다. 또한 발전기 투자는 일회적인 사건이 아닌 투자기간 내에 지속적으로 이루어지기 때문에, 새로운 투자결정 시에는 이전의 발전기 투자 결과와 경쟁사 분석, 시장상황 분석 등을 추가적으로 고려한다. 각 확률변수 값들은 과거 실적 값에 근거해 결정되며, 전연 계획기간에서 발전기 투자가 거듭될수록 변화하게 된다.

3. 결 론

본 논문에서는 변화된 전력산업 환경에서 발전기 투자 방법론에 대해서 서술하였다. 기존의 비용최소화 기준의 전연개발계획 모형은 경쟁요소가 강화되고 있는 현재의 전력산업의 방향과 일치하지 않는다. 따라서 전력산업의 변화에 적합한 발전투자모형으로서 시장정보(가격, 수요, 경쟁상황 등)기반 하에 발전사업자가 주체적으로 수익성과 투자성향에 따라 신규 발전기 투자유무를 결정하는 시장기반의 발전기 투자 모형을 제시하였다. 추후 본 모형을 한국전력시장에 적용함으로써 기존의 방법론과 본 방법론의 결과를 비교분석할 것이다.

본 연구는 한국학술진흥재단의 BK21과 산업자원부의 의한 기초전력연구원 및 남부발전의 후원으로 수행된 과제이며, 관련 기관 관계자 여러분에게 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1]김남일, "경쟁적 전력시장에서의 일괄균형가격 예측을 위한 이론적 모델과 실증분석", 에너지경제연구원 기본연구보고서, 2002
- [2]Wien Automatic System Planning User's Manual
- [3]Audun Botterud, Mathew R.Mahalik, "Multi-Agent Simulation of Generation Expansion in Electricity Markets", IEEE,2008
- [4]International Energy Agency, "Power Generation Investment In Electricity Markets", OECD,2003
- [5]제3차 전력수급기본계획(2006~2020년), 산업자원부, 2006