

경쟁시장에서의 도매 전력 가격과 발전소 건설 Cycle에 관한 연구

김현실 · 안남성
한전전력연구원 정책연구그룹

1. 서론

대규모 투자와 규모의 경제가 필요한 전력 산업은 지난 40여 년간 한국전력 독점의 공기업 체제로 운영되어왔다. 그러나 최근 규모의 경제를 초과한 한국 전력은 경영효율의 한계에 도달하고 비경제성 문제가 대두되었다. 이를 해결하기 위한 방안으로 정부는 경쟁과 선택이라는 시장 원리를 전력산업에 도입시키기로 결정하고 지난 2001년 4월에 한국 전력거래소의 출범과 함께 본격적인 경쟁체제 구축을 진행했다. 이러한 구조개편이 완성되면 다수의 경쟁자가 전력시장에 참여하게 되며 전력도 다른 상품처럼 시장에서 거래할 수 있게 된다. 전력가격은 시장의 수요와 공급에 의해 결정되고, 이 시장가격에 따라 전력 공급과 수요가 영향을 받게 될 것이다.

정부는 구조개편을 통해 전력산업의 효율성을 증진하고 장기적으로 값싸고 안정적인 전력 공급이 가능할 것으로 기대하며 연평균 전력수요가 12.5% 이상 성장하는 우리나라에서 한전의 민영화가 발전설비의 확충에 크게 기여할 것이라고 예측하고 있다¹⁾.

그러나 미국의 사례를 살펴보면, 1996년 캘리포니아 주정부가 전력산업을 구조개편 했을 때 만 해도 2001년 여름의 위기 같은 전력공급 불능상태를 전혀 예측하지 못했으며 오히려 전력가격이 크게 하락할 것으로 예측하였지만 실제 도매 시장 가격은 1999~2000년 사이 약 7배가 상승하였다. 현재는 주 정부의 개입으로 치솟던 가격이 안정되고 전력공급의 중단상태가 안정되었으나 당초 구조개편의 의도와는 전혀 다른 방향으로 가고 있다²⁾.

우리나라와 같이 수요 성장률이 매우 큰 경우 수급불안의 가능성은 상대적으로 더 크며, 구조개편으로 인해 전기요금에 21%내지 38%까지 상승할 것이라는 우려도 존재한다. 또한 수급안정을 위한 정부의 "전력수급기본계획"은 구조개편 이후에는 강제력이 없어서 참고자료 이상의 의미를 가지 못할 것이다.

이상에서 볼 때 현재 우리나라 전력산업의 구조개편은 '전력공급이 안정적으로 이루어질 것인가'와 '전력 가격이 하락할 것인가'에 관한 문제가 핵심 이슈가 되고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직까지 전력산업에 경쟁시장이 형성되었을 경우 민간투자들에 의한 신규 발전소 건설 투자가 어떠한 형태를 보일지 분석한 연구가 없으며 미래의 경쟁 가격을 예측하기 위한 노력도 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 시스템 다이내믹스 접근에 의한 가격 예측 모델을 구축하여 경쟁적 전력시장에서 민간투자자에 의한 전력공급이 어떠한 Cycle을 나타낼지 분석하고, 그에 따른 전력 시장가격 변화를 예측하고자 한다.

2. Construction Cycle

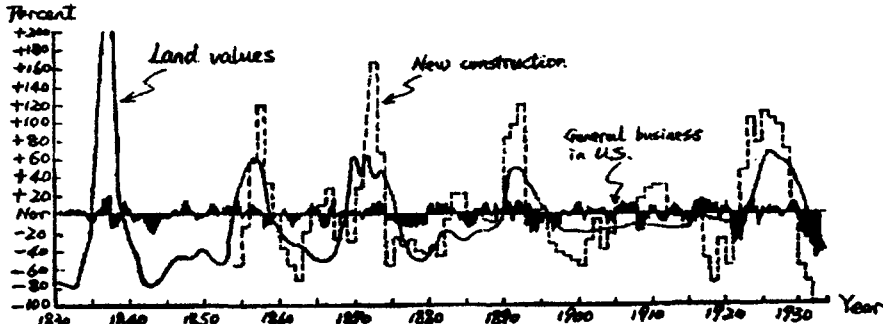
전력산업이 경쟁 시장체제로 전환되면, 발전업자는 필요한 전력 수요 모두에 대해 전기를 공급해야할 의무를 지지 않게 된다. 즉, 발전업자는 시장가격이 발전원가를 초과하여 수익

1) 전기위원회 에너지 경제신문 발행 2002.8.19 · 이수경 "한전 민영화에 대한 금금중" 환경과 공해 연구회

2) 한국발전산업노동조합 자료

을 확보할 수 있을 경우에만 전력을 생산하고 추가발전소 건설에 대한 의사결정을 하게 될 것이다. 이것은 시장에서 수요와 공급의 불안정성을 초래한다. 일반 소비재 상품은 시장가격 변화로 인한 수요와 공급의 불안정성을 “재고”확보를 통해 어느 정도 완화시킬 수 있다. 그러나 전기는 일반 상품들과는 다르게 저장할 수 없기 때문에 생산되는 즉시 소비되어야 하는 특징이 있다. 재고의 확보가 불가능하기 때문에 경쟁 시장에서 전력 가격의 변화에 대한 완충재(Buffer)로서의 역할은 추가 발전소 건설을 통한 공급 증가로서 수행되어야 한다. 즉 수요의 증가로 가격이 상승할 경우 추가적인 발전소를 건설함으로써 수요를 충족시키고 가격을 안정시켜야 한다. 그러나 신규발전소의 건설은 신청과 허가에 많은 시간이 소요되며 건설기간도 짧게는 2년에서 6년까지 걸리기 때문에 가격 변화에 따른 적시적인 필요 전력 공급이 불가능할 수도 있다.

이러한 면에서 전력산업은 자본집약적이고 장기적인 건설 lead-time이 있는 부동산 산업과 매우 유사하다. 부동산 시장은 가장 불안정하고 가격과 건설 활동이 주기적인 순환을 한다. <그림1>은 전형적인 부동산 사이클이다. 이러한 사이클의 발생은 투자자들이 부동산 시장의 feedback 구조를 이해하지 못하고 의사결정에 건설 delay time과 건설 중에 있는 건물을 고려하지 않기 때문에 발생 한다³⁾.



<그림1 The Chicago Land value and Building Cycles>

부동산 산업과 유사한 특징을 갖는 전력산업도 전력가격과 공급에 이러한 사이클이 발생할 가능성이 높다. 그러나 부동산 시장처럼 이를 잘 해결해 나갈 수 있을 것인지는 불분명하다. 전력산업의 수요자들은 전력가격이 높을 때 그에 반응할 수 있는 능력이 거의 없으며, 전력 시스템 보호를 위한 최선책은 강제 정전이고 그로 인한 사회적 손실은 불가피하다. 캘리포니아의 전력 위기와 같은 상황을 겪지 않으려면, 우리는 현재 진행되고 있는 도매 전력 시장의 구조를 분석하고 미래 전력가격을 예측해야만 한다. 이를 바탕으로 정책 결정자는 신규 발전소가 적시에 공급되어 전력 시장을 안정시킬 수 있는 대안을 검토해야 한다.

3. 연구모델

전력시장의 개방 이후 도매 전력 시장에 나타나게 될 시장가격과 발전소의 건설이 부동산 산업처럼 일정한 사이클이 나타날지 알아보기 위해 시스템 다이내믹스 접근에 의한 연구모델을 구축하였다. 시스템 다이내믹스는 시스템적 사고⁴⁾를 모델링하는 방법으로서 MIT의

3) John D. Sterman "Business Dynamics" 2000

4) 시스템적 사고란 문제를 해결하기 위해 부분(part)보다 전체(Whole)를 보면서 복잡한 현상에 감추어진 구조를 파악하여 작은 효과(low leverage)보다는 큰 효과(high Leverage)를 추구한다. 문제들의 이해나 의사소통을 증진시키기 위해 피드백과 시간지연을 묘사할 수 있는 circle로 구성된 언어가 필요하며 Positive feedback

Forrester(1961)가 그 기본논리와 방법론을 개발하였다. 이 접근을 통해 리스크가 높은 전력 산업의 빠른 변화에 가치를 두어 모델링 한다. 모델링을 위한 소프트웨어는 Ithink 프로그램을 사용한다. 이 프로그램은 시스템 다이내믹스 개념을 구체적으로 실행시킬 수 있으며 정보간의 feedback을 반영할 수 있는 Stock and flow model 개발이 가능하다. 모델에 포함된 주요 가정들은 다음과 같다.

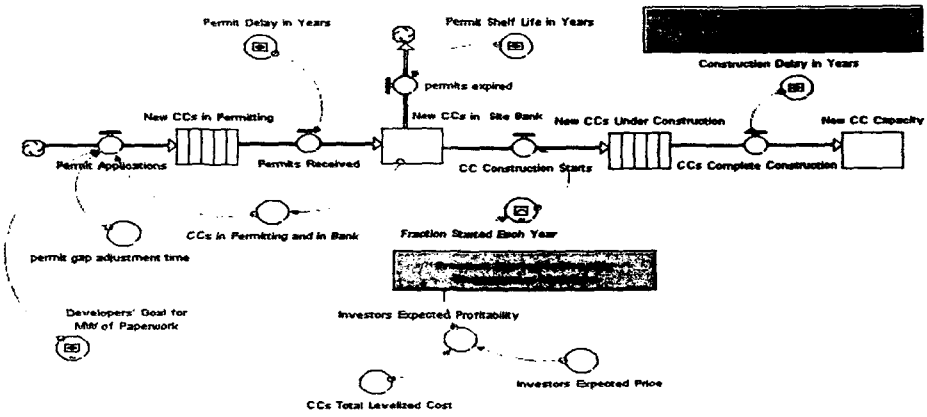
(1) One market

개발된 모델에서는 하나의 도매 전력 시장에서 전력이 거래 되는 것으로 가정한다. 이 시장에서 특정일의 24시간 동안의 시장가격 변화를 살펴본다. 시장 운영자는 수요 변화에 따라 발전소가 가동될 수 있도록 시장 가격을 조정하는 역할을 한다.

(2) 민간투자자에 의한 신규발전소

에너지 경제연구원의 연구결과처럼 미래의 발전원은 건설단가가 싸고 건설기간이 짧은 에너지원이 선택될 것이다. 따라서 모델에서는 향후 민간투자자들이 시장가격에 기초해 가스 발전소에 대한 투자만 한다고 가정한다. 장기적인 건설기간과 투자비가 많이 드는 원자력, 화력, 수력 등에 대한 투자는 정부가 계획한 “제1차 전력수급기본계획”의 확정적 에너지원별 계획에 따른 값을 직접 입력하였다.

<그림2>는 신규 가스 발전소 건설과 관련된 ‘Stock and Flow’이다. 신규 가스발전소는 민간투자자가 건설을 신청하여 허가되는 데까지 1년이 소요된다. 그 이후 발전원가와 수익성을 비교하여 허가된 프로젝트 건설을 시작할 것인지를 결정하게 된다. 이때 기대 수익과 발전원가를 비교하는 투자자의 행태가 얼마만큼의 발전소를 건설하게 될지 결정하는 핵심이 된다. 건설이 시작하여 완공되는데까지는 2년이 소요된다.



<그림2 신규 가스 발전소의 건설 Stock and Flow>

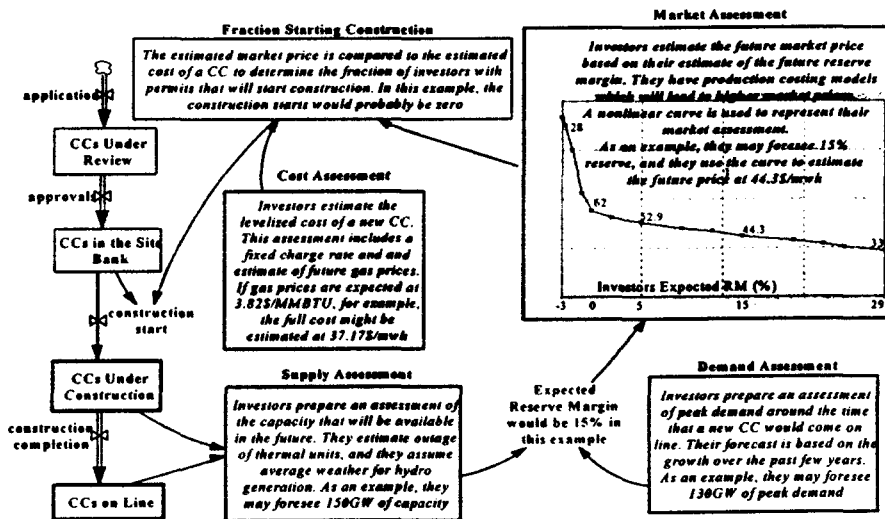
(3) 투자자의 의사결정 이론

투자자들의 의사결정의 핵심은 수익성과 발전원가를 비교하여 얼마만큼의 신규발전소를 건설할 것인지를 결정하는 것이다. <그림3>은 모델에서 사용한 투자자들의 의사결정에 관한 이론이다. 투자자들은 허가가 난 건설 투자안을 실행할 것인지를 결정하기 위해 미래에 이용가능한 공급량과 피크수요를 예측하고 기대 Reserve margins에 기초해 미래 시장가격을 예측한다. 이 기대 가격과 신규 가스 발전소의 발전원가를 비교하여 건설하고자 하는 발전

loop, Negative feedback loop, delays가 그 언어에 해당한다.

5) 조성봉, 김진우 “전력산업의 개혁 방향과 주요정책과제” 에너지경제연구원, 2000

소의 양을 결정하게 된다. 예를 들면, 투자자들은 기대 Reserve margins이 15%일 때 미래의 시장가격은 44.3\$로 예측하게 된다. 가스가격이 3.82\$/MMBTU라면 총 발전원가는 37.1\$/MWh로 평가된다. 투자자들은 발전원가가보다 기대 시장가격이 더 높아 수익성이 있는 것으로 평가하고 건설을 시작하게 될 것이다. 발전소가 완성되어 가동하게 되면 공급량에 변화를 가져오게 되고 이는 투자자의 미래 가치 평가에 영향을 주어 의사결정을 다시 수정하게 될 것이다.



<그림3 투자자의 의사결정>

(4) 전력 수요와 기존 발전 설비

전력거래소의 부하곡선 자료⁶⁾와 한국전력의 “Demand side Management⁷⁾”자료로부터 각 계절 별, 특정일의 전력 수요 패턴을 추정하였다. 산업자원부의 수요 예측에 따르면 향후 10년 동안 연평균 수요 성장률이 최대 6.1%에서 최소 1.7%로 증가할 것으로 예측하고 있다. 그러나 현재까지의 수요성장률은 10%를 초과하고 있다. 따라서 본 연구에서는 모델의 단순화를 위해 시뮬레이션 기간동안 연평균수요 성장률이 5%가 될 것으로 가정하였고 정부의 수요관리에 의한 수요 변화는 고려하지 않았다.

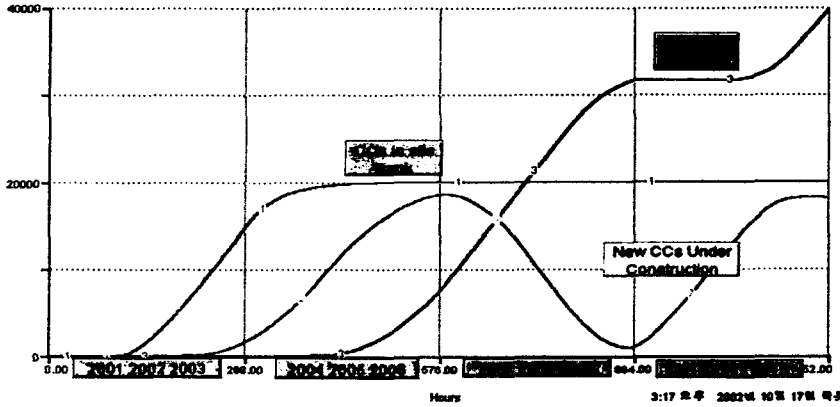
경쟁시장에서 기존 발전소를 얼마만큼 가동할 것인지를 결정하는 것은 시장가격이다. 따라서 기존 발전소의 가동은 시장가격과 총 발전원가를 비교해 가동하게 되고 열소비율 (heat rate)이 낮은 발전소부터 가동하게 될 것이다.

4. Simulation 결과 분석

기본 모델은 2001년부터 2012년까지 실험되고 초기 도매시장가격 \$50/MWh이다. <그림4>는 신규 발전소 건설과 관련한 모델 실험 결과이다. 민간 투자자가 건설을 신청하는 양 (Line1)은 2005년까지 약 20,000 MW에 이른다⁸⁾. Line2는 건설중인 신규발전소를 나타낸

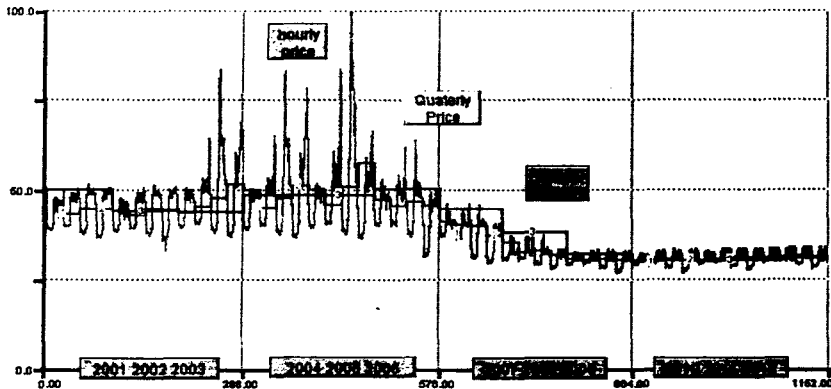
6) 한국전력거래소 “계약중별산업별 부하곡선 자료집” 2001. 12
 7) 한국전력 영업본부 “Demand side Management - DSM program in KEPCO” 2001. 8
 8) 모델에서 개발자들이 신규 허가를 신청하는 목표량이 단기간에 20GW가 되도록 설정하였다. 이는 연간 수요 성장률이 5%/year이고 최대 피크 수요가 약 43GW일 경우 연간 load 성장률은 2GW이다. 따라서 20GW는 향후 10년후 개발자들이 예측할 수 있는 load 량이다.

다. 2006년 말과 2007년 초에 최대 18,600MW로 건설 피크를 이룬다. 그 이후 침체를 하다가 2010년부터 다시 건설 붐이 일어나게 되는 일정한 사이클을 보이고 있다. Line3은 건설이 완성되어 가동되는 신규 발전소의 양으로 첫 번째 건설 붐이 끝나는 지점에서 거의 31,000MW의 신규 발전소가 가동 중에 있게 된다.



<그림4 신규발전소의 건설 >

<그림5>는 기본 시나리오의 도매시장 가격 변화를 나타낸다. Line1은 시간대별 가격이고 Line2는 분기별 가격, Line3은 연도별 가격이다. Simulation된 시간 가격은 2002년 여름과 2003년에 \$78-76까지 치솟고 2005년에는 \$100를 초과한다.

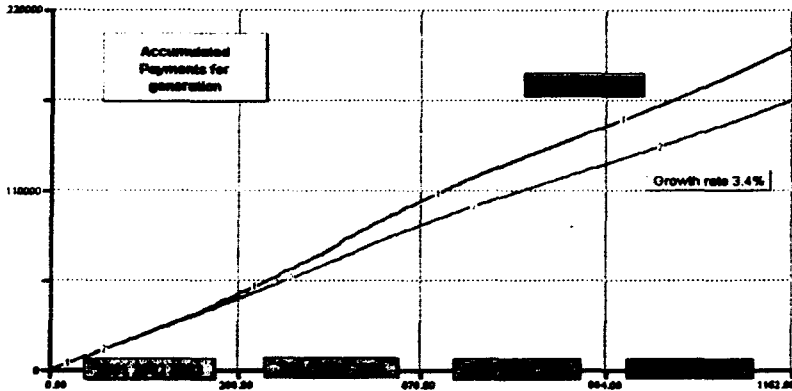


<그림5 도매시장 가격>

수요를 충족시키기 위해 필요한 투자가 적시에 이루어지지 못했기 때문에 이러한 가격 스파이크가 발생하게 된다. 즉, 신규 발전소의 건설 delay에 의해 2004년까지 발전소가 가동되지 못하기 때문에 계속 증가하는 수요를 충족시키지 못해 가격이 상승하게 된다. 그러나 발전소가 완성되면 많은 수의 발전소가 가동하게 되어 시장가격이 하락한다.

신규발전소 건설과 관련한 사이클이 수요가 감소했을 경우에도 발생하는 일정한 패턴인지 알아보기 위해 수요성장률을 산업자원부가 예측한 평균 성장률로 수정하여 실험을 하였다. 수요성장의 둔화로 신규발전소의 건설 규모가 훨씬 줄어들고 건설 붐의 기간이 짧아지긴 하지만 발전소의 건설 사이클은 여전히 나타난다. 시장가격은 기본 시나리오에 비해 훨씬 안정적인 패턴을 보인다. 그러나 <그림6>에 보이는 것처럼 발전사의 발전량에 따른 수익

을 계산했을 때 5%의 수요성장을 기대할 경우 실험 기간 말에 약 \$1,960억의 수익을 예측할 수 있지만 3.4%로 성장이 둔화되었을 경우는 약 \$1,640억로 \$320억의 수익이 줄어든다. 수익의 감소는 영리기업의 의사결정에 중대한 영향을 미칠 것이고, 정부에 제출한 발전소 건설 계획을 수행하지 않을 가능성은 더 커질 것이다. 이는 곧 공급 불안을 초래할 것이다.



<그림6 발전량에 따른 수익>

따라서 시장가격에 기초해 수요 증가와 공급을 동시에 통제할 수 있는 여지가 정부에게 존재해야만 도매 전력시장 시스템의 안정성을 확보할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 구조 개편된 경쟁적인 전력 시장에서 신규 발전소의 건설이 어떠한 행태를 보일 것인지 예측하고 그에 따른 가격 변화를 알아보았다. 신규발전소의 건설은 일반 소비재 상품이나 부동산 산업에서의 건설처럼 붐과 침체라는 일정한 사이클을 보이며, 장기적인 건설 lead-time에 의한 가격 상승이 발생한다. 이 실험 결과는 정부의 건설 계획에 따라 원자력과 화력, 수력 발전소가 적시에 건설된다는 가정 하에 도출된 것이다. 만약 경쟁적인 전력 시장의 불확실성에 의해 이 계획이 제대로 실행되지 못한다면 전력공급의 불안정으로 인해 본 연구 결과에서 나타난 도매시장가격 변화보다 훨씬 더 높은 가격 상승이 초래될 것이다. 정부는 공기업 형태의 전기사업자가 전력수급기본계획을 충실히 수행하도록 관리 감독을 강화하는 방안을 마련함과 더불어 계획 수립에 경쟁 시장이 갖는 불확실성과 위험을 반영해야하고 이를 줄이려는 노력을 해야만 전력 공급의 안정성을 확보할 수 있을 것이다. 또한 민간 투자자에 의한 발전소 건설이 시장 가격에 따라 일정한 사이클을 보임을 인식하고 건설 delay로 인해 적시에 전원이 공급되지 못할 위험을 제거시키기 위한 감독을 해야 할 것이다.

<참고문헌>

산업자원부, 제1차 전력수급기본계획(2002-2015), 2002

Frederick A. Ford, *Waiting for the Boom: A simulation study of power plant construction on California*, Energy Policy vol 29, 2001

_____, *Boom&Bust in Power Plant Construction: Lessons from the California Electricity Crisis*, Special issue the Journal of Industry, Competition and Trade on the California Energy Crisis