

## 전력시장에서의 제약문제 연구 (Uplift 최소화)

**박수열\***, 김용완\*,  
한국전력거래소\*

### Empirical Study on treating Various Constraints in Electricity Market

Soo-Yeul Park\*, Yong-Wan Kim\*  
Korea Power Exchange\*

**Abstract** - 현재 우리나라 전력시장에서 시장가격(SMP) 결정시에는 전력계통 운영 및 발전기 자기제약에 기인한 Must Run 등의 제약요소들을 고려하지 않고 실제 전력계통 운영시에만 반영하고 있다. 그러나 전력을 안정적으로 공급하기 위해서는 다양한 제약조건을 충족시켜야 하므로 시장가격은 원칙적으로 이러한 기술적인 제약을 충족시키는 조건에서 결정되어야 한다. 따라서 각종 제약요소 처리 관련 효율적인 전력의 생산 및 소비, 신규투자 등에 대한 시장신호를 제공하기 위해 필요한 개선방향 검토, 시장에 미치는 영향을 분석하고 가능한 개선대안을 모색하여 보았다. 현실적으로 가능한 전력계통 예비력 확보 조건, 발전기 자기제약의 반영 등은 단계적으로 시행하되, 계통제약을 반영한 지역별가격제는 송전이용요금의 개선과 병행하여 점진적으로 개선하는 것이 바람직할 것이다.

#### 1. 서 론

전력시장은 전력을 일반 상품처럼 거래하는 곳이다. 시장가격(SMP)은 한계비용 개념에 입각하여 실시간 수요와 공급에 의해 결정되며, 단계적으로 가격신호에 따라 생산과 소비가 효율적으로 이루어지고 신규투자에 영향을 미쳐 장기적으로 효율적인 전력공급을 유도함으로써 소비자는 및 생산자의 잉여가 적정하게 조정되며 사회적 후생을 최대화 할 수 있게 된다.

그러나 전력상품은 일반상품과 달리 공급상 제한을 유발하는 물리적인 특성을 가지는데, 대용량 저장이 불가능하여 실시간 수요와 공급을 안정적으로 일치시켜야 하는 것이 그것이다. 이에 따라 상시 일정 이상의 수요를 초과하는 예비력을 확보해야 하고 전력계통 운영상 송전손실 및 송전혼잡이 발생하는 외에도, 발전기의 동절기 열공급이나 연료제약에 따른 의무가동 등의 원활한 전력공급에 애로가 발생하는 제반사항 즉, 기술적인 제약요소를 전제적으로 고려하여야 한다. 이러한 제약요소에 대해 현재 전력시장에서 처리하는 현황과 문제점, 개선방향 및 그에 따른 시장영향 등을 살펴보고 향후 개선방안을 제안해보고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 발전계획 수립현황

전력시장에서 원활한 전력공급을 제한하는 제약요소는 물리적 전력계통 운영에 기인하는 계통제약 및 발전기의 개별적인 사정에 기인하는 자기제약으로 대분할 수 있다. 먼저 계통제약은 송전선로를 통한 지역간 전력유동은 송전용량의 한계로 일정 한도 이상의 전력수송이 어려운 점(송전혼잡), 전력수송 과정에서 송전선로의 저항요소로 인한 전력손실(송전손실), 지역적인 기준전압 일탈의 해소를 위한 무효전력의 공급을 위한 일부 발전기의 Must Run(전압제약) 등이다. 또한 전력은 대용량 저장이 불가능하므로 실시간 변화하는 전력수요에 응동하고 일정 기준의 발전기 혹은 송전선로 고장(상정사고) 상황에서도 안정적인 전력공급을 위해 제반 예비력의 확보가 필요하다. 한편, 발전기 자기제약 요소로는 주로 동절기에 수도권 지역에 난방열 공급을 위한 최대 2,000~3,000MW의 열병합 발전기의 우선적인 가동(열제약), 특정 연료의 수급문제에 따른 상한 혹은 하한 등의 가동제한(연료제약), 발전기 신규건설 및 정기보수 시에 시행하는 각종 시험(성능시험) 등이 대표적이라 하겠다.

현재 우리나라 전력시장에서의 발전계획은 계통한계가격을 결정하기 위한 가격결정발전계획 및 전력계통 운영을 위한 운영발전계획으로 이원화 되어 있다. 가격결정발전계획은 열공급, 예비력, 계통제약 등 각종 제약사항을 반영하지 않고 순수하게 발전기의 비용자료와 기술적 특성만을 기준으로 경제급전에 입각하여 수립되며, 계획에 포함된 발전기들 중에서 계획발전량의 공급을 위해 소요

되는 변동비용이 최대가 되는 한계발전기에 의해 시장가격(SMP)이 결정된다. 반면, 운영발전계획은 상기의 각종 제약사항을 반영하여 실시간 계통을 운영할 목적으로 발전기 기동정지, 시간대별 발전기의 출력수준, 예비력 공급 등을 감안하여 수립된다.

**<표 1> 각종 제약요소 반영현황**

목적함수	가격결정발전계획	운영발전계획
	발전비용 최소화	발전비용 최소화
제약조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 발전기특성</li> <li>- 증감발출</li> <li>- 최소 및 최대기동시간 등</li> <li>● 수력 물량 제약</li> <li>● 양수 물량 제약</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 발전기특성</li> <li>- 증감발출</li> <li>- 최소 및 최대기동시간 등</li> <li>● 수력 물량 제약</li> <li>● 양수 물량 제약</li> <li>● 송전제약, 전압제약</li> <li>● 예비력제약</li> <li>● 열제약, 연료제</li> </ul>

현행 제도는 변동비 기준으로 가격결정발전계획을 수립함에 따라 제도적인 안정성, 투명성 확보 등이 용이한 장점이 있지만, 각종 제약요소에 관련된 보상(CON, COFF)의 증가가 수반되며 이는 전력시장의 부가정산금(Uplift)으로 지불하게 된다. '09년 기준으로 약 3.4조원으로 전체 전력시장 정산금의 11.9%를 차지하였다.

##### 2.2 개선방향 검토

전력시장에 대한 일반적인 이론, 발전된 해외 전력시장 사례 및 관련 연구보고서 등에 비추어 이상적인 방안은 일반적으로 가격결정발전계획 수립시 운영발전계획과 유사한 조건을 반영하여 시장가격을 결정하는 것 즉, 운영발전계획과 유사하게 기술적으로 처리 가능한 제약을 반영하여 가격을 결정하는 것이다.

**<표 2> 각종 제약요소 반영방안**

		구 분	개선방향
제약 반영	자기제약		열공급, 연료제약 등 반영
	예비력		예비력 150만kW 반영
	계통제약		경인/비경인 추가 반영
양수/수력	펌핑수요 반영		전력수요 반영
	최적화		거래소 최적화

먼저 현재 운영발전계획에서 고려하는 복잡조류 제약(경인과 비경인)을 반영하여 경인/비경인 지역에 대한 지역별 시장가격을 산정한다. 또한 가격결정발전계획의 수립시 예비력의 확보 조건을 포함하고, 특정지역 전압문제로 인해 의무 가동하는 발전기에 대하여 자기제약과 유사하게 거래소에서 입력하여 출력을 배분한다.

발전기 자기제약 처리에 대해서는 운영발전계획에서 각종 제약이 반영되므로 가격결정시에도 이들 조건을 반영하되, 열공급 발전기가 제약량 이상으로 발전시에는 실제 비용을 반영하여 열공급 모드 비용을 인정하는 것이다. 양수 및 수력발전기의 경우 다른 발전설비와 다른 설비특성을 감안하여 운영발전계획 수준의 양수발전기의 펌핑부하를 반영하여 시장가격을 결정하고, 발전계획 수립시 전력거래소에서 발전회사가 제출한 입찰용량의 범위에서 최적화를 통하여 발전량을 결정하는 것이 바람직하다.

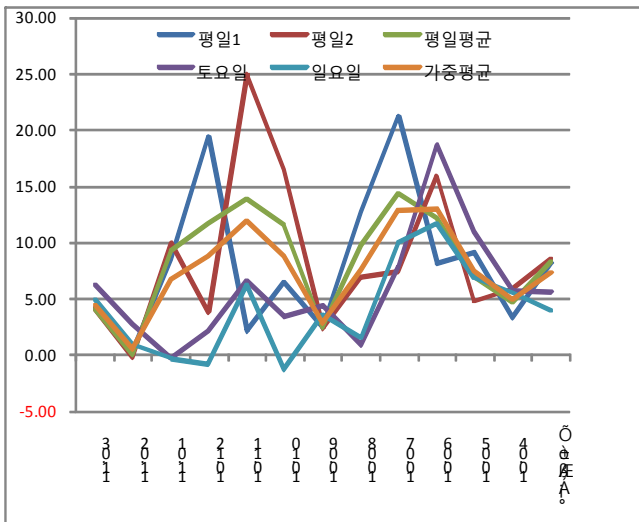
이러한 개선방안은 실질적인 공급능력을 기준으로 시장가격을 결

정함으로써 보다 현실적이고 정확한 가치를 반영하여 가격신호를 제공함으로써 단기적으로 발전기의 운영과 전력의 소비의 효율성을 제고하고, 중·장기적으로 적정한 신규투자 신호를 제공함으로써 안정적인 전력수급 여건을 지속적으로 형성할 수 있을 것이다.

### 2.3 시장에 미치는 영향

위에서 제시한 개선방향에 관한 현실적인 시장여건을 감안 우선적으로 시행이 가능할 것으로 예상되는 사항으로서, 발전기 자기계약 및 예비력 반영시 전력시장 가격에 미치는 영향을 검토하기 위해 간단한 조건을 반영하여 발전계획 프로그램(RSC)에 의해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 기간은 '10.4월~'11.3월 1년간이며 매월 주중(월, 수), 주말(토, 일) 4일을 샘플링하여 적용하였다.

먼저 예비력 반영시 전력시장 영향을 살펴보기 위해 현재의 발전계획 조건에다 매시간 운전예비력 1,500MW를 확보하는 조건을 추가하여 가격결정발전계획을 수립하였다. 이를 기준으로 시장가격(SMP)을 산정한 결과 <그림1>과 같이 예상대로 전체적인 가격수준은 7.36[원/kWh] 상승한 것으로 나타났다.

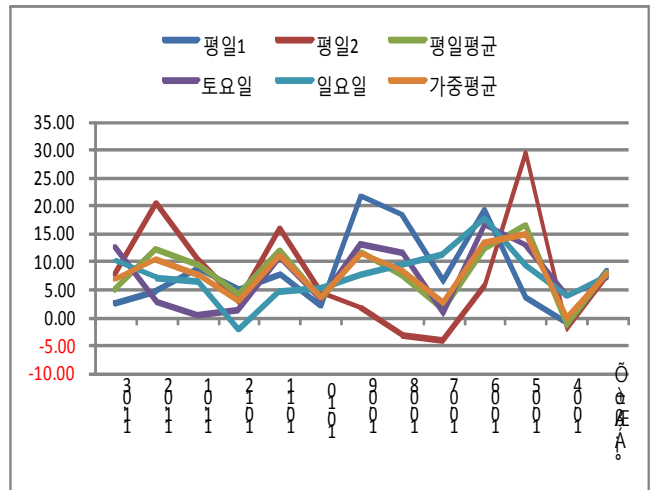


<그림 1> 운전예비력 반영시 시장가격 변동

먼저 요일별 시장가격 변화를 살펴보면 수요가 가장 적어 전력수급 여유가 있는 일요일의 가격상승치가 3.87[원/kWh]로서 가장 작고 토요일은 중간 정도이며 전력수요가 많은 평일 특히 수요일이 8.50[원/kWh] 상승하여 가장 컸다. 월별로는 전력수요가 적어 수급에 여유가 있는 봄, 가을에 해당하는 4월과 9월에 가격상승치가 작고 동계 및 하계 피크시기인 6,7월 및 11,12월에 가장 높게 상승하는 것으로 나타났다. 다만 '11년 3개월간의 상승폭이 전체적으로 작고 한파로 인한 전력수요 증가가 컸던 '11.11월의 가격변동이 수급사정에 비추어 상대적으로 작게 나타난 것은 '11년부터 시장운영규칙의 변경으로 새롭게 적용되는 양수발전기의 최적화에 따른 시장가격 Spike의 축소에 기인한 것으로 보인다.

다음으로 발전기 자기계약 사항을 반영한 경우 시장가격 영향을 살펴 보기 위해 동절기 열공급계약, 연료공급 계약 및 발전기 성능시험 등의 Must Run 조건을 반영하여 가격결정발전계획을 수립하고 시장가격(SMP)을 산정한 결과 <그림2>와 같이 예상과 달리 전체적인 가격수준은 7.73[원/kWh] 상승한 것으로 나타났다.

당초 발전기 자기계약 반영시 계약량 만큼 가격결정발전계획에 Must Run 방식으로 우선 반영되어 현행 방식에서 발전계획에 포함되던 한계 발전기들이 제외되므로 그만큼 전력수요가 저감되는 것과 유사하게 시장가격이 하락하는 효과를 예상된 것과는 반대의 결과가 나타났다. 발전계획 프로그램(RSC)은 발전기 비용자료 및 주어진 제약조건에서 전력계통 전체의 변동비를 최소화하는 목적함수에 맞춰 발전기들의 기동정지 및 시간대별 출력수준을 결정하는 반면, 시장가격은 열공급 계약 등에 따라 포함된 발전기들이 계약량을 초과하여 증발된 경우 시장가격을 결정하게 되어 이러한 역설적인 결과가 나타난 것으로 보인다. 요일별로 살펴보면 가격변동의 차이가 적은 나타나는데, 이는 발전기 계약요인 발생이 요일별로 차이가 별로 없으므로 타당한 것으로 보인다. 월별로 살펴보면 7월 및 12월 피크시기에 시장가격 변동폭이 작게 나타났는데 상대적으로 열공급 계약량 및 발전기 정기보수에 따른 성능시험이 적었던 것에 기인한 것으로 보인다.



<그림 2> 발전기 자기계약 반영시 시장가격 변동

## 3. 결 론

### 3.1 전력시장 개선방향

전력시장에서 각종 제약사항을 반영하여 시장가격을 안정함으로써 전력 생산자 및 소비자들에게 실질적인 가격신호를 줌으로써 에너지의 효율적인 생산 및 소비가 이루어지도록 하면서 동시에 현재의 시장에서 발생하는 과도한 제약비용(uplift)을 축소하는 것은 경제원칙에 부합되는 타당한 개선방향이라 하겠다.

다만 계통제약을 반영한 지역별가격제는 우리나라 전력산업 구조 및 규제상황에서 점진적으로 검토하는 것이 합리적이라 여겨진다. 물론 지역별가격제를 통하여 수도권에 발전기의 계통기여의 보상 및 신규투자 유도에 일부 도움이 되겠지만 수도권 환경규제 강화로 인해 기저 발전설비의 입지는 사실상 한계가 있는 반면 다음과 같은 문제가 있기 때문이다. 먼저 송전설비 투자에 따라 발전기의 송전혼잡 상황 변화 및 제도변경에 따라 불리해지는 등에 대해 발전사업자의 반발 가능성이 크며, 일반 소비자 전기요금의 차등이 없는 상황에서 수요측 시장참여자에 대해서만 가격을 차별하는 경우 시장혼란 우려 등이 커져 지역별 가격차등에 대한 생산자 및 소비자의 수용상 어려움이 예상된다. 또한 지역별가격제를 적용하는 경우 현재 전체 발전량의 20~30% 정도의 용통전력에 대해 지역간 시장가격 격차만큼의 대규모 송전인여금이 발생함에 따라 이를 고려 전체 송전이용요금 수익금의 축소 및 송전요금의 지역간 차등도 걱정하게 개선이 필요하게 된다. 따라서 가격차등 수용도를 감안 점진적으로 접근 즉, 단기적으로 송전이용요금을 적용함으로써 지역적 투자신호를 부분적으로 보완되며, 전력시장 지역별가격제 도입 및 송전이용요금 체제의 제도개선은 이들간 연관성을 고려 중장기적으로 병행하여 추진하는 것이 현실적인 방안이라 보인다.

### 3.2 향후 과제

전력시장은 국가 전체적인 전력산업의 구조, 정부의 정책과 규제 등 여러 요인들에 의해 크게 영향을 받을 수밖에 없으며 경쟁적인 시장환경의 조성이 중요하며, 이러한 제반 환경에 맞춰 적합한 시장구조를 점진적으로 발전시켜 가야 한다.

또한 전력시장 구조의 변화는 전력시장 운영의 근간이 되는 전력 시장운영규칙의 개정에 의해 시행되며, 그 결정은 정부, 회원사, 전력거래소 및 외부전문가로 구성된 규칙개정위원회의 의결 및 정부의 승인에 의해 이루어진다. 즉, 전력시장의 변화, 발전은 어느 일방에서 결정하여 시행할 수 없으며, 정부의 정책을 바탕으로 회원사 등 여러 이해당사자의 의견수렴 및 협조를 바탕으로 이루어질 수 있다. 따라서 전력거래소에서 회원사 등의 의견수렴을 거쳐 전력시장 발전방향에 부합하면서 시장효율성을 제고하는 방안을 도출하여 제도개선을 추진하는 것이 바람직할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국개발연구원, "변동비반영시장 평가진단 및 개선 연구", 2005.11.
- [2] 한국전기연구원, "전력거래제도 개선을 위한 합리적 구현방안 연구", 2007
- [3] KDI국제정책대학원, "CBP전력시장 경쟁강화를 위한 시장제도 선진화", 2010
- [4] KDI국제정책대학원, "CBP전력시장 경쟁강화를 위한 시장제도 선진화", 2010