

## P-Pool 모형을 활용한 장기 전력시장가격(SMP) 전망

김은환, 양성배, 박만근, 조춘택  
한국전력거래소

### Projection of Long-term System Marginal Price using P-Pool Model

Kim Eun Hwan, Yang Sung Bae, Park Marn Geun, Cho Chun Taek  
Korea Power Exchange

**Abstract** - 전력산업 구조개편에 따라 도입된 새로운 전력시장환경하에서 전력시장가격(SMP)은 시장참여자에게 있어 기존사업 운영 및 신규투자에서의 의사결정을 하는데 가장 중요한 요소로 작용하게 된다. 이에, 본 논문에서는 전력시장 시뮬레이션 모형인 P-Pool 모형을 활용하여 제3차 전력수급기본계획에 기준한 장기 전력시장가격(2007-2020)을 전망하고 이를 시장정보로 제공함으로써 향후 잠재적 시장참여자의 의사결정을 돕고자 한다.

#### 1. 서 론

2001년 4월 전력산업구조개편에 따라 개설된 변동비반영전력시장(Cost Based Pool)은 정부의 도매전력시장 개설 중단에 따라 올해 만 6년째 운영 중에 있다. CBP 시장에서의 전력시장가격(SMP)은 매일 개최되는 비용평가위원회에서 발전사업자가 제출한 자료를 토대로 평가한 발전기별 기술 및 경제성 자료를 근거로 발전기 기동 및 급전 최적화프로그램인 RSC(Resource Scheduling and Commitment)를 이용한 가격결정메커니즘에 따라 결정되고 있다. 변화된 전력시장 환경에서 장기 전력시장가격(SMP)은 시장참여자에게 있어 기존 노후발전기 폐지 및 신규 발전기 건설 경제성평가에 있어 가장 중요한 평가요소로 작용하게 된다. 이에, 본 논문에서는 현재 거래소가 도입 운영중인 전력시장 시뮬레이션 모형인 P-Pool을 활용하여 2020년까지의 장기 전력시장가격을 전망하고 그 결과를 분석하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 P-Pool 전산모형 개요

P-Pool 모형은 미국 P-Plus사에서 기존 발전시뮬레이션 모형인 Powrsym을 바탕으로 새로운 전력시장환경에 맞춰 개발한 전력시장 시뮬레이션 모형이다. 거래소는 2001년 도매전력시장(TWBP) 개설에 대비하여 도입하였으며, 이후 현 CBP 시장체제 장기화에 따라 P-Plus사가 KDN과의 공동프로젝트를 통해 국내 CBP 시장가격규칙을 반영하여 개발한 CBP 버전을 재도입하였다. 현재 거래소가 보유한 P-Pool CBP 버전은 2007년 1월 기준 시장가격규칙을 모두 반영하고 있어, 정적한계송전선실계수 적용이 가능 할뿐만 아니라 SMP 또한 한계발전기 평균비용에 기초한 현 CBP 시장의 가격결정메커니즘에 따라 결정된다.

##### 2.1.1 모형특징 및 분석능력

기존 발전시뮬레이션 모형인 Powrsym 대비 P-Pool 모형의 특징은 기존 Powrsym 모형이 송전계약 등과 같은 실제 계통운영에서의 제약사항을 반영하지 못하고 발전기 기동 및 급전정지만을 시뮬레이션한 것에 반해 P-Pool 모형은 현 국내전력계통 운영에서의 제약사항인

송전혼잡, 열계약, 무연탄계약 등의 처리가 가능하다. 따라서 P-Pool 전산모형에서는 SMP 결정을 위한 비계약 급전계획 및 제약사항을 반영한 제약발전계획을 도출할 수 있으며, 이를 통해 CON, COFF 산정 및 발전기별 CP 정산 또한 가능하여 실제 CBP 시장에서의 발전기별, 회사별 수익, 비용 및 이익 분석이 가능하다. 또한, 발전기예방정비계획 수립 및 발전기 불시고장처리를 위한 몬테카를로 시뮬레이션 또한 가능하며, 현 시간대별 부하자료를 기초로 미래 발전량 및 최대전력을 이용하여 미래 시간대별 부하자료 생성할 수 있어 현 CBP 시장을 모의하는데 있어 최적의 능력을 보유하고 있다.

##### 2.1.2 모형 및 정보처리 구조



그림 1. P-Pool 실행 프로그램 구조

P-Pool 실행 프로그램 구조는 위 그림 1과 같이 크게 현 시간대별 부하자료, 미래 발전량 및 최대전력을 기초로 한 수요곡선 생성 프로그램(LDPREP.exe), 발전기별 계획예방정비일수를 기초로 LOLP 최소화 알고리즘에 따라 계획되는 보수계획 산정 프로그램(AutoMnt.exe), 발전기별 고장정지율(EFOR)에 따라 몬테카를로 기법에 의해 산정되는 발전기 고장정지 처리 프로그램(MCS.exe) 및 수요곡선, 보수계획, 고장처리 및 기타 입력자료를 종합하여 시뮬레이션을 수행하는 Main 프로그램(POOL.exe)로 구성되어 있으며, 주요정보처리 구조는 아래 그림 2와 같다.

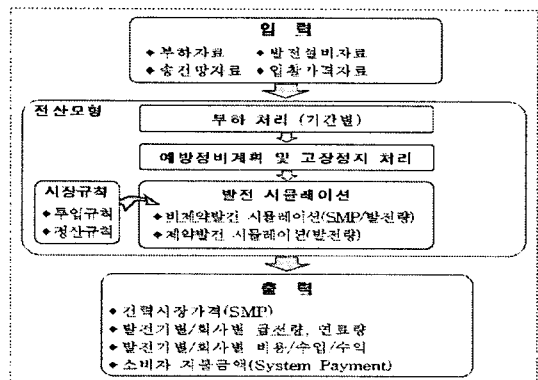


그림 2. P-Pool 정보처리 구조

## 2.2 전망 전체 및 시나리오

P-Pool을 통한 SMP 전망에 있어 모형 입력자료가 되는 전망 전체 및 민감도분석을 위한 시나리오는 아래와 같다.

### 2.2.1 모형 입력자료

발전설비의 경우 기준설비는 2006년 7월 기준 운전중인 설비를 미래 설비는 제3차 전력수급기본계획에 반영된 설비를 반영하였으며, 설비별 기술성 및 경제성 자료는 비용평가위원회에서 평가한 RSC 입력자료를 적용하였다. 전력수요의 경우 기준이 되는 부하패턴은 2006년 시간대별 부하자료를 적용하였으며, 미래수요는 제3차 계획의 판매량 및 최대전력 전망치를 기준으로 P-Pool 수요곡선 생성 프로그램을 이용하여 생성하였다. 실제 시장에서 SMP에 상당한 영향을 미치는 예방정비의 경우 2007-2009년까지는 거래소에서 발표하는 예방정비계획을 적용하였고, 2010년 이후는 P-Pool의 보수계획 산정 프로그램을 이용해 생성하였다. 송전제약을 반영하기 위해 지역을 수도권, 비수도권, 제주권의 3개 권역으로 구분하였으며, 지역간 용통전력량 제약치는 제3차 계획에 반영된 송전선로 건설계획에 따라 산정하였다. 그 외, 수도권 연제약, 무연탄제약, 비중앙구입전력, 수력발전량 등은 2006년 실적치를 적용하여 이후 연도에도 동일한 것으로 가정하였다.

### 2.2.2 분석 시나리오

장기 SMP 전망의 경우 수요예측 오차, 발전설비 변화, 예방정비 계획 차이, 연료가격 변동 등에 따라 변동성이 높으므로 전망에 있어 시나리오별 가격전망을 통한 민감도 분석이 필요하다. 본 논문에서는 이중 실제 시장에서 SMP 결정에 가장 큰 영향을 미치는 LNG 가격 전망에 따라 기준시나리오, LNG 전망 기준안 시나리오, LNG 전망 상한안 시나리오의 3가지를 선정하여 분석하였다. 본 논문에서 전망한 LNG 가격전망은 도시가스회사의 자문을 통해 가스공사 장기 계약물량에 기초하여 도출하였으며 전망안은 아래 그림 3과 같다.

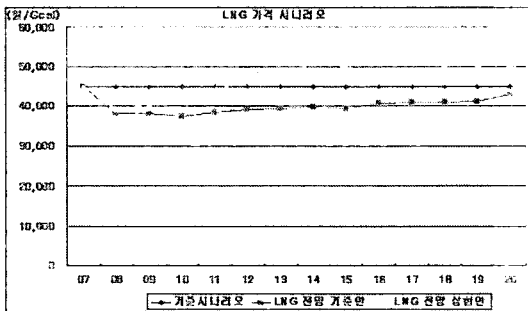


그림 3. LNG 가격 시나리오

기준시나리오의 경우 LNG 가격이 2006.1월 - 2007.7월 실적치 수준을 유지하는 것으로 설정하였으며, LNG 전망 기준안에서는 장기적으로 LNG 가격이 2008년 한쪽으로 하락한 뒤 이후 점진적으로 소폭 상승하는 것으로 현 수준보다 낮게 유지되는 것으로 설정하였다. 반면, LNG 전망 상한안에서는 2008년 이후 빠르게 증가하여 2012년부터는 현 수준보다 높게 유지되는 것으로 설정하였다.

### 2.3 모형 신뢰도 검증

장기 SMP 전망치의 신뢰도 확보를 위해 2006.1 - 2007.7월까지의 최근 19개월간의 실제 시장실적자료, 예방정비자료, 수요자료 및 발전설비 자료를 입력자료로 한 모형 시뮬레이션 결과를 통해 전력시장가격 전망을 위한 P-Pool 모형의 신뢰도를 검증한 결과 실제 시장가

격과의 평균 오차율은 1.5%로 높은 신뢰도를 가지는 것으로 나타났다.

표 1. 모의 전력시장가격 전망 및 실적(가중평균 원/kWh)

	06.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
실적	81.16	82.84	85.49	83.44	81.75	71.76	65.3	73.52	74.43	89.92	67.61	89.83
전망	79.65	83.74	84.03	82.53	79.16	71.16	66.98	73.13	72.54	70.28	88.09	80.39
오차율	1.9	-1.3	1.7	1.1	3.2	0.8	-2.8	0.5	2.5	-0.5	-0.5	-0.8

	07.1	2	3	4	5	6	7
실적	86.45	82.69	88.89	82.62	81.48	81.94	76.07
전망	86.89	82.01	87.08	82.45	81.25	80.72	78.21
오차율	-2.9	0.8	2.1	0.2	0.3	1.5	-2.8

실제 전력시장에서의 가격결정메커니즘이 최적화에 기반하여 결정되는데 반해, P-Pool 모형에서의 전력시장가격은 발전기 기동 및 급전 알고리즘에 따른 시뮬레이션 결과라는 점을 고려할 때 평균 오차율 1.5%는 장기 전력시장가격 전망에 있어 P-Pool 모형의 높은 신뢰성과 P-Pool 알고리즘이 실제 최적화 과정을 통해 도출된 발전기 기동 및 급전정지계획을 잘 모의하고 있음을 보여준다.

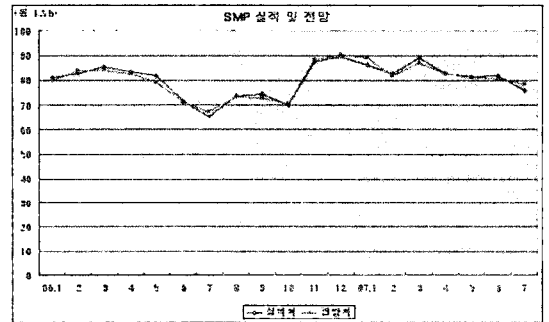


그림 4. SMP 실적 및 전망

## 2.4 전망 견과

앞서의 전망전제에 따른 P-Pool 모형에 의한 장기 전력시장가격(SMP) 전망 결과는 아래와 같으며, 모든 시나리오에서 장기 SMP는 현 수준보다 하락하는 것으로 전망되었다.

### 2.4.1 기준 시나리오

표 2. 연도별 가중평균 SMP(원/kWh)

	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SMP	83.2	83.6	78.3	81.1	78.3	75.5	75.2	72.9	69.6	68.1	67.2	68.4	69.1	69.6
기저설비 비용	55.4	56.5	55.8	54.7	53.4	52.9	54.0	58.4	56.3	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
전비 역비율	10.1	12.5	13.3	12.8	16.1	19.5	18.3	20.3	22.5	23.9	25.0	24.1	23.5	22.8

연료가격을 2006.1 - 2007.7월 평균가격을 적용한 기준 시나리오에서 전망 SMP는 2017년 67.2원/kWh까지 점진적으로 하락한 뒤, 다시 상승하기 시작하여 2020년에는 2015년 수준인 69.6원/kWh로 전망되었다. 이러한 SMP 추이는 기저설비 비중이 점진적으로 증가함에 따른 기저설비 발전량 점유율 증가 및 효율이 향상된 신규전원(복합) 건설에 따라 기존 노후 복합설비의 SMP 결정횟수가 줄어들며 따른 것이다. 따라서, 제3차 전력수급기본계획상의 발전설비 확충 및 전력수요가 실현되며 LNG 가격이 현수준을 유지하는 경우, 장기적으로 SMP는 하락

한다는 것을 본 논문결과를 통해 알 수 있다.

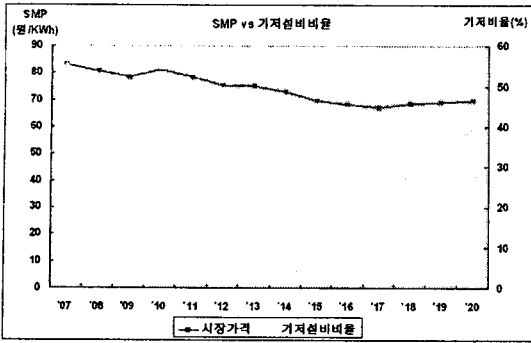


그림 5. SMP vs 기저설비비율

### 2.4.2 LNG 가격전망 기준안

표 3. LNG 가격전망 기준안 SMP(원/kWh)

	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SMP	83.2	71.2	69.4	70.5	68.8	65.9	66.3	65.2	61.8	62.7	62.3	63.6	64.1	67.0
기저설비비율	55.4	56.5	55.8	54.7	53.4	52.9	54.0	56.4	56.3	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
LNG 가격(선형가)	44.9	38.1	38.0	37.3	38.3	39.0	39.4	39.9	39.4	40.9	41.1	41.1	41.2	42.9

LNG 가격전망 기준안에서 SMP는 2010년까지는 LNG 가격과 연동하여 움직이며, 2011년부터는 설비에비율의 증가에 따라 LNG 가격이 점진적으로 상승함에도 하락하는 추세를 나타내었다. SMP는 LNG 가격에는 비례, 기저설비를 일정비율 유지시에는 반비례하는 추세를 나타내며, LNG 가격변동이 크지 않은 LNG 가격전망 기준안에서는 변동성이 큰 설비에비율의 영향이 보다 큰 것으로 분석되었다.

### 2.4.3 LNG 가격전망 상한안

표 4. LNG 가격전망 상한안 SMP(원/kWh)

	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SMP	83.2	73.3	73.1	77.1	77.2	77.4	80.3	80.8	76.1	77.5	75.7	75.0	76.2	76.7
설비에비율	10.1	12.5	13.3	12.8	16.1	19.5	18.3	20.3	22.5	23.9	25.0	24.1	23.5	22.8
LNG 가격(선형가)	44.9	39.2	40.6	41.7	44.3	46.1	48.1	50.6	49.9	52.7	52.0	50.3	50.4	50.5

LNG 가격전망 상한안에서는 SMP가 기저설비 일정비율 유지시 설비에비율에는 반비례, LNG 가격에는 비례하는 특성 및 LNG가격 및 설비에비율 추이가 2008년 이후 유사한 추이를 나타냄에 따라 77원/kWh 부근에서 소폭 변동하는 것으로 전망되었다.

### 2.4.4 시나리오별 전망 SMP 비교

표 5. 시나리오별 전망 SMP 비교

	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
기준 시나리오	83.2	80.6	78.3	81.1	78.3	75.5	75.2	72.9	69.6	68.1	67.2	68.4	69.1	69.6
LNG 기준안	83.2	71.2	69.4	70.5	68.8	65.9	66.3	65.2	61.8	62.7	62.3	63.6	64.1	67.0
LNG 상한안	83.2	73.3	73.1	77.1	77.2	77.4	80.3	80.8	76.1	77.5	75.7	75.0	76.2	76.7

위 표 5의 시나리오별 전망 SMP 비교에서 볼 수 있

듯이 3차 수급계획 및 연료가격 실적을 기준으로 한 미래 전력시장가격(SMP)은 점진적으로 하락하는 것으로 전망되었다. 또한, LNG 가격전망 상한 시나리오에서도 80원/kWh를 넘지 않아 제3차 전력수급기본계획상의 전망이 실현될 경우, LNG 가격이 다소 상승하더라도 SMP는 2006년 실적인 79.07원/kWh 수준을 크게 상회하지 않을 것으로 전망되었다.

최근 전력시장에서의 SMP 상승은 설비에비율 및 기저설비 비중하락에 따른 측면이 크다고 볼 수 있으므로, 장기적 SMP 안정화를 위해서는 적정비율의 설비에비율 및 기저설비 확보가 필요한 것으로 판단된다.

## 3. 결 론

전력시장 시뮬레이션 모형인 P-Pool을 이용한 전력시장가격(SMP) 전망은 모형 신뢰도 검증에서 볼 수 있듯이 SMP 전망에 있어 높은 신뢰도를 가지는 것으로 나타났다. 3차 계획에 기준한 전력시장 전망 결과 향후 SMP는 기저설비비율이 55% 수준을 유지하는 가운데 장기적인 설비에비율 증가에 따른 기저설비 발전점유율 증가 및 신규복합 건설에 따라 점진적으로 하락하는 것으로 전망되었다.

분석결과에서 볼 수 있듯이, SMP 결정의 80%를 담당하는 LNG복합 설비의 연료인 LNG 가격 추이에 따라 SMP가 연동하고 있으나, 보다 큰 변동요인은 설비에비율 및 기저설비 발전 점유율에 있는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 안정적인 전력수급 확보를 위해서는 물론 SMP 안정화를 통한 전기요금 상승 억제를 위해서도 적정 설비에비율 및 기저설비비율 확보가 필요할 것으로 판단된다.

향후 P-Pool 모형의 활용방안으로는 현 전력수급계획 수립시 최적화 모형인 WASP를 활용하여 비용최소화 기준 계획을 수립하고 있으나, 이러한 최적대안이 현 CBP 시장체제에서 반드시 전기요금 최소화로 이어진다고는 볼 수 없으므로, 차기 계획시 P-Pool 모형을 활용하여 사업자 건설의향 평가 시 해당 대안에 따른 시장 SMP 및 총 거래비용 반영을 통해 비용최소화 및 전기요금 안정화를 동시에 달성할 수 있는 대안을 선정함으로써 현 시장운영과 전력수급계획과의 연계성을 강화할 수 있을 것이다.

### 【참 고 문 헌】

- [1] "제3차 전력수급기본계획 (2006-2020)", 산업자원부, 2006.12
- [2] P-Pool 사용자설명서(V.1.0), KDN, 2006.3
- [3] "2006년 전력시장 통계", 전력거래소, 2007.5
- [4] "2006.1 - 2007.7 RSC 입력자료", 전력거래소
- [5] Allen J. Wood and Bruce F. Wollenberg, "Power Generation, Operation and Control", 1984
- [6] Harry G.Stall, "Least-Cost Electric Utility Planning", 1989
- [7] Andres Ramos and Ignacio J. Perez-Arriaga, "Classification and Comparison Criteria for Generation Production Cost Models", September 1991
- [8] "POWRSYM Plus User's Manual", Energy & Control Consultants, 1986