

## 심야전력 보급증가와 부하패턴 및 발전비용의 영향

김창수, 이창호, 박종진  
한국전기연구원

### Analysis of Load Pattern and Generation Cost in Midnight Power Services

C. S. Kim, C. H. Rhee, J. J. Park,  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract-** Recently, heating using oil and gas has been continuously replaced by that using midnight power in home, due to increase of oil price. Therefore, midnight power apparatus has been more and more spreading. However, cost of midnight power services is increasing because high fuel cost of generation facilities by existing power generation mix are charge of midnight power services.

This paper analyzes trends about rapidly increasing midnight power in winter, and evaluate load pattern and supply cost of midnight power. Also, this study proposes rate direction of midnight power according to introduction of competitiveness system with B/C evaluation of midnight power cost

#### 1. 서론

심야전력요금제도는 특정시간대에 집중되는 전력수요를 분산시키고 전기사용이 비교적 적은 심야의 전력 수요를 증대시켜 전력 소비를 효율적으로 운용하기 위한 제도이다. 이를 위하여 전기요금제도의 하나로 심야시간대에 낮은 요금단가를 적용하여 심야시간대 발전설비의 이용률을 향상하고 부하평준화를 유도하기 위하여 85년부터 심야요금제도를 시행하였다.

심야전력의 보급은 수년 전까지는 홍보비비와 설비비용 등에서 다른 대체난방과의 경쟁으로 많은 보급이 이루어지지 않았으나, 최근에는 난방에너지인 석유가격 인상, 심야기기의 사용편리성 등에서 우수성으로 심야전력기기의 급격한 보급과 관련 전력사용이 증가하였다. 이에 따라 동계부하패턴에서 심야전력이 차지하는 비중이 증가하여 긍정적인 영향과 부정적인 영향이 동시에 발생하고 있다.

- 동계에 심야적용 시작점(22시경)에 피크부하 발생
- 심야시간적용 시작점에 부하변동율이 최대
- 심야시간대에 한계설비로 증유 및 복합화력이 가동
- 겨울철 가스수요증가에 따른 발전분야 가스수급

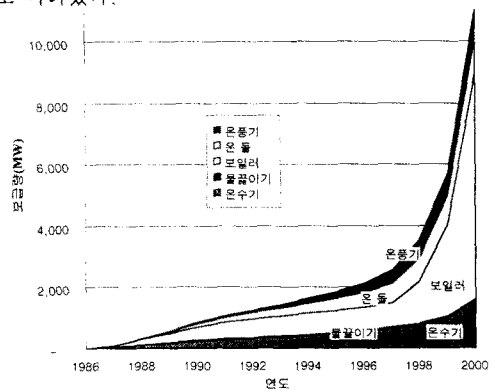
이에 따라 본 연구에서는 동계심야전력 보급에 따른 발전설비구성, 한계비용 측면에서 비용분석과 요금영향평가 등을 수행하여 향후 경쟁시장에서 심야요금 정책과 보급수립을 위한 방안을 제시하고자 한다.

#### 2. 심야기기의 부하패턴 영향

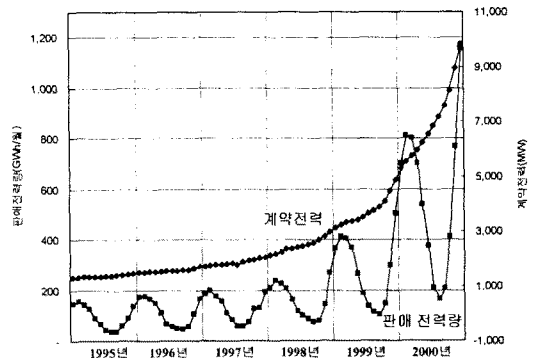
##### 2.1 심야기기의 보급

한전은 심야기기의 보급확대를 위하여 에너지관리공단과 함께 꾸준한 홍보를 지속하였으며, 최근에는 유가 급등에 따른 상대적인 심야전기 사용요금 하락과 수용가의 의식수준 향상으로 보급이 가속화되었다. <그림 1>에서 빙축열냉방심야전력을 제외한 심야기기 보급추세를 보면 96년까지는 연 15~20%의 증가였으나, 97년부터

급격히 증가하여 2000년에는 전년대비 2배정도인 90% 이상 증가하였다. 특히, 난방으로 심야전력을 이용하는 심야보일러의 보급이 1999년부터 급속히 증가하고 있다. 이에 따라 심야전력사용인 월별 심야전력 판매전력량도 급격히 증가하였다. 동계 심야전력의 최대사용은 2월로 나타났다.



<그림 1> 심야기기 보급추이



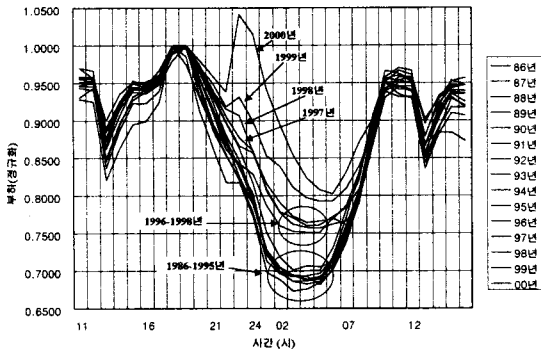
<그림 2> 심야전력 이용량

계약전력 단위당 심야부하 사용량에 있어서는 매년 점차 증가하고 있으며, 계약전력 100kW미만의 경우 2000년 2월의 단위계약kW당 심야전력사용량이 120~200kWh/월로 나타내었다. 이는 심야기기의 일평균 사용시간이 평균4~6.5시간을 사용하는 것으로 심야적용 대상시간인 10시간보다 작다.

##### 2.2 심야기기에 의한 부하패턴 영향

심야전력요금 도입후 동계시점의 일부하 패턴변화를 조사하여 심야기기 도입에 따른 부하패턴의 영향에 대하여 분석하였다. <그림 2>는 86년부터 2000년까지 동계 시점 최대부하 발생일의 11시부터 다음날 16시까지의 부하패턴을 나타낸 것이다. 그림에서 86년~99년까지는 18~19시 사이에 동계최대부하가 발생하였으나, 심야기

기가 급격하게 보급된 후인 2000년의 경우에는 23시에 발생하였다. 이는 보급된 심야기 특성상 오후 10시부터의 심야시간대 작동으로 이 시간에 심야기 작동에 의한 급격한 부하변동이 발생함을 알 수 있다.

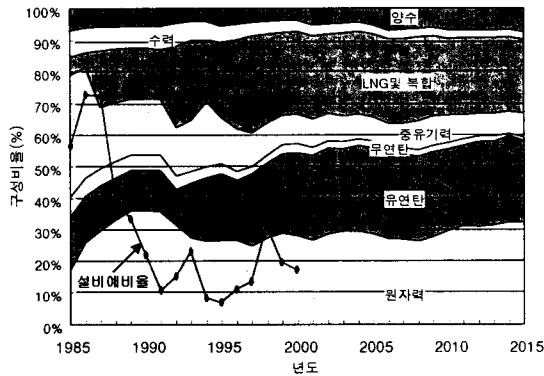


〈그림 3〉 동계 최대부하 시점의 부하패턴

부하패턴에서 기저부하 비율을 보면 95년까지는 최대 부하의 70% 정도였으나, 96년부터는 기저부하 비율이 75% 이상으로 상승하였다. 96년 및 97년 기저부하 상승은 심야기 보급세로 볼 때 다른 동계 전력이용에 의한 것으로 보인다. 그러나, 99년 및 2000년의 경우에는 기저부하가 80%까지 상승하였음을 알 수 있으며, 기저부하 상승은 그래프에서 보여지듯이 심야기 보급에 의한 영향으로 보여진다.

### 2.3 발전설비 변화 및 심야요금

심야전력요금제도가 도입되는 시기인 85~87년경에는 설비예비율이 50% 이상으로 높은 수준이었으며, 이에 따라 심야시간의 한계설비는 석탄화력이 담당하였다. 이후에 전력수요증가로 예비율의 하락으로 10~20%대를 유지하고 있으며, 기저설비 비중도 꾸준히 증가세를 보이고 있다.

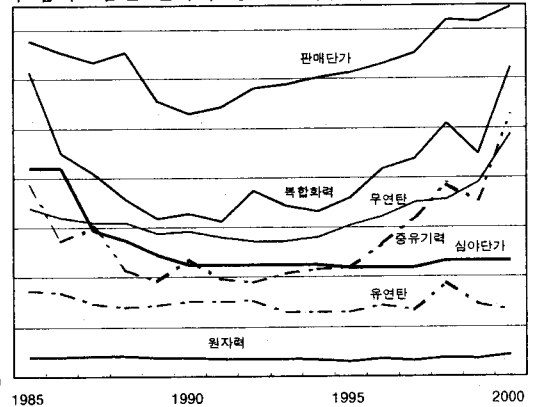


〈그림 4〉 설비구성비 및 예비율 변동추이

기저설비(원자력 및 석탄화력) 비율은 90년대 50%에서 2000년 후반에는 55~60%까지 확대될 전망이다. 일일 부하패턴에 나타나는 기저비율인 70~75%에는 미치지 못할 전망이다. 따라서, 설비예비율과 부하패턴 및 향후전망 등을 분석하면, 심야시간대 한계설비는 도입초기의 석탄화력에서 중유기력 및 복합화력이 담당할 것으로 전망된다.

각 전원별 연료단가와 심야요금 추세를 보면 〈그림 5〉에서와 같이 심야요금 도입초기에는 중유기력 수준 이상의 높은 요금단가였으나, 이후 심야보급 촉진을 위한 심야전력요금단가 상승억제로 현재에는 중유기력의 변동비 단가의 1/2수준의 요금이다. 이에 따라 심야한

계설비 변동, 석유가격상승 등으로 심야발전비용은 증가하나 심야요금은 변하지 않는 문제점이 발생하고 있다.



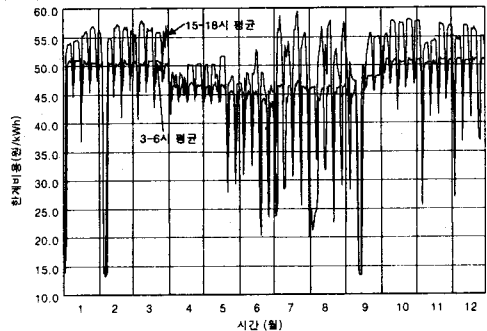
〈그림 5〉 발전변동비용 및 전력요금 단가

### 3. 심야요금산정 및 적용방향

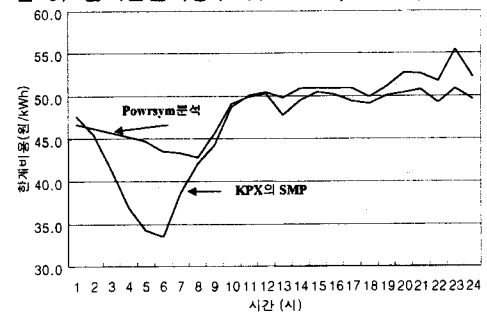
#### 3.1 계통한계비용산정

경쟁시장 도입으로 한국전력거래소(KPX)에서는 시장 가격 산정의 기초단계로 시간대별 한계발전비용을 발표하고 있다. 한계비용은 시간별로 가장 비싼 발전기의 발전비용으로 KPX자료에서 동계 3~6시 평균 한계비용이 40~50원/kWh로 분석되며, 하계에는 비용이 낮다.

이와 함께 본 연구에서는 시간대별 발전계획 분석모형인 Powrsym모형을 사용하여 시간별 한계발전비용을 시뮬레이션 하였다. 여기에서의 한계발전비용은 단위부하(100MW설정)변동에 따른 발전비용 변동의 산정이다. 〈그림 5〉는 Powrsym시뮬레이션 결과에 따라 일부 하중 최대시간대인 16~18시와 최저시간대인 3~6시의 평균한계비용에 대한 연간추세를 일별로 나타낸 것이다. 그림에서 심야시간대 한계비용은 동계는 50원, 하계는 45원 정도이다. 하계는 동계보다 최대부하 대비 기저부하의 비율이 낮아서 한계비용도 낮아진다.



〈그림 5〉 한계발전비용추세(Powrsym분석, 2000년)



〈그림 6〉 시간별 연평균 한계비용(2000년)

위의 결과를 심야요금에 적용할 경우에 2000년의 경우 심야전력요금은 50원 수준 이상이어야 하며, 심야의 한계발전설비로 중유기력 및 LNG복합화력으로 적용하여야 한다.

〈그림 6〉은 Powrsyn 분석결과와 KPX의 한계비용자료를 비교한 것이다. 심야시간대 한계비용은 동계보다 하계가 낮게 나타나며, 연평균은 Powrsyn분석시 45원대, KPX분석은 40원대를 나타내고 있다.

### 3.2 심야전력프로그램의 B/C분석

현재 보급하고 있는 심야기기의 대부분은 심야보일러와 온수기이며, 특히 심야전기보일러는 대체에너지 난방인 석유보일러에 의한 난방을 대체하고 있다.

심야전력 사용시에 전력생산을 위한 열효율은 35~38%정도이며, 난방손실을 포함하면 이보다 낮아진다. 기존보일러 난방의 경우 종합열효율은 80% 이상이다. 이에 따라 열효율을 고려할 경우에 심야전력 생산을 위한 연료가격과 기존보일러 사용의 연료가격의 단가차이가 2.2배 이하일 경우에는 심야전력에 의한 난방이 국가적으로 비효율적인 에너지사용으로 나타나게 된다.

여기서는 DSM 프로그램 평가에 일반적으로 사용되는 캘리포니아테스트를 이용하여 전력회사 및 수송가 관점에서 경제성을 평가한다. 프로그램 평가에서 대상은 난방면적 20평의 가정용에 대하여 기존의 등유보일러와 심야전기보일러/온수에 대하여 평가하였다.

〈표 1〉 심야전력 프로그램 테스트

(단위: 만원)

	참여자 (P)	수용가영향 (RIM)	총자원 (TRC)
편익	회피기기: 43 연료비: 130 =173	전력수입 38.6	참여자 173
비용	심야기기: 64 전기료: 38.6 =102.6	중분연료비 87.6	참여자: 64 중분연료 87.6 =151.6
계	70.4	-49.0	21.4
편익/비용	1.69	0.44	1.14

- 연간 에너지사용(20평기준) : 13.6Gcal/년
- 종합효율 : 심야기기(95%), 일반보일러(80%)
- 발전소 중분비용 : 50원/kWh(송전단기준)

위의 테스트에서 참여자는 비율이 1.7로 연 70만원 정도의 편익이 있으나, RIM테스트에서는 편익보다 비용이 높다. 이는 심야전력을 공급하는 중분비용이 전력 판매단가에 비하여 높게 나타난 결과로 전체 전기요금에 부정적인 영향을 준다. 총자원 테스트에서는 1.14로 약간 유리한 것으로 나타났다. 따라서, 현재의 심야전력 요금수준 변화로 RIM영향을 줄이면서 참여자의 수익을 유지하는 방향의 요금제도 도입이 필요하다.

위의 분석에서 RIM은 전원구성에 따른 심야전력공급 비용의 상승에 의한 것이며, 심야한계 발전설비가 기저설비인 석탄화력이 담당할 경우에는 경제성을 확보할 수 있다.

위의 분석에서 수용가와 전력회사의 연료구입에서의 세금차이를 포함하여 분석하였다. 그러나, 국가적인 차원의 경제성분석에는 세금효과를 제외하여야 한다. 즉, 수용가가 석유, 가스 구입시의 세금과 전력회사 연료구입시의 세금의 차이를 반영하지 않아야 한다. 이 경우에 현재의 발전설비구성에서는 국가적인 총자원 테스트에서도 경제성을 확보하기 어려울 것이다.

### 3.3 빙축열 냉방 프로그램의 심야요금

빙축열냉방은 하계에 최대부하시의 전력사용을 기저부하시간대로 부하를 이전하는 프로그램이다. 이는 앞에서 동계심야전력의 심야전력부하창출과는 다른 프로그램이다. 빙축열냉방은 발전비용이 비싼 시간대에서 상대

적으로 저렴한 시간대로 부하이전으로 전력생산비용을 낮추고 첨두부하 발전설비를 회피하는 두가지 효과가 발생한다. 따라서, 이러한 부하이전기에 대해서는 심야부하창출과 다르게 적용하여야 한다.

하계시점에는 일간 첨두부하와 기저부하의 비율이 동계보다 커지므로 하계 심야시간대 한계비용은 낮아진다. 이에 따라 동계와 하계의 심야전력 사용요금을 차등적으로 적용하여 지속적인 빙축열 보급정책이 필요하다. 그러나 심야시간대의 실시간 요금과의 요금왜곡은 바람직하지 않으며, 첨두발전설비 회피에 따른 인센티브의 확대 지급으로 보급정책을 확대하는 것이 바람직하다.

### 3.4 향후 심야요금 적용방향

최근 심야기기의 급격한 보급증가로 심야시간대에 중유기력 및 LNG복합화력에 의한 심야전력공급이 이루어지고 있다. 특히 우리나라 부하패턴에 적합한 경제적인 심야기기의 개발보다는 심야기기의 보급에만 관심을 갖게 되어 심야시간대 부하왜곡과 요금왜곡이 심하여 겨울철에는 심야시간대의 시작점에 첨두부하가 발생하고 있다.

따라서, 향후 심야기기 개발에 있어서는 현재의 부하패턴에 긍정적으로 작용할 수 있는 다양한 심야요금 정책을 도입하는 것이 바람직하다. 여기에는 하루 중 부하가 가장 낮은 3-4시경을 기준으로 5시간대 또는 6시간대 심야요금을 도입하여 다양한 심야적용시간을 개발하는 것이 필요하다. 또한, 제어형 심야기기의 도입에 따른 요금제도를 추가하여 심야 시작시점의 부하집중을 막고 균등한 심야부하가 창출될 수 있도록 정책을 도입하여야 한다.

앞으로 시장경쟁이 도입되면 배전회사(판매회사)는 시간대별 시장가격으로 전력을 구입하여 수용가에게 공급하게 된다. 따라서, 심야부하 창출 요금제도에는 해당 시간대의 시장요금의 반영이 필요하다. 따라서, 경쟁시장에서는 전체 요금제도 및 실시간요금제(RTP)에서 심야전력요금을 고려하여야 한다.

## 4. 결론

지금까지의 심야전력 요금은 심야시간대 투입되는 발전설비 구성과 연료비용 등의 요소보다는 정책적인 요금설계로 추진되었다. 이에 따라 실제 생산비용과 요금과의 불일치가 발생하였으며, 외부여건의 변화에 다른 심야전력요금의 신속적인 대응이 이루어지지 못하였다. 이에 따라 최근의 급격한 심야기기 보급으로 심야시간대 부하곡선의 왜곡과 비싼 발전기에 의한 심야전력 공급이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 실제 심야전력에 소요되는 비용평가에서 kWh 당 45원 이상이 소요되며, 현재 요금인 23.2원과는 많은 차이가 있다. 따라서, 현재 심야부하 패턴의 왜곡을 줄이기 위한 다양한 심야요금시간대(8시간 및 6시간대) 개발과 외부의 환경변화(심야전력 생산비용의 변화)를 고려하는 요금체계의 개발이 필요하다.

또한, 동계와 하계의 차등적인 요금정책과 장기적으로는 심야요금이 경쟁시장에서의 요금제도 및 실시간요금제(RTP)에 포함하여 요금을 개발하여야 한다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 한국전력거래소, "시간별 부하 및 SMP자료", 2000년
- [2] 한국전력공사, 전력통계월보 및 한국전력통계, 각년도
- [3] 한국전력공사, "심야전력 마케팅 전략개발에 관한 연구", 1999. 11
- [4] 동경전력, "선택요금제도 및 전력요금", 2000.
- [5] 한국전력공사, "심야전기요금제도 및 사용안내", 1999.