

겨울철 심야기기 사용에 따른 부하사용패턴 추정

◦김창수*, 이창호*, 진병문*, 백영식**

*한국전기연구원, **경북대학교

Estimation of Load Pattern due to Midnight Power Equipment

◦C.S. Kim*, C.H. Rhee*, B.M. Jin*, Y.S. Baek**

*Korea Electrotechnology Research Institute, **Kyungpook National University

Abstract- Recently, electric heating using midnight power has brought a rapid increase, due to a rise of oil price and a low tariff of midnight power. Therefore, the increase of midnight power use has much influenced on midnight load pattern.

This paper estimates the load pattern due to midnight power equipments, analyzes the influence of the spread of midnight power equipments on midnight load, and suggests reasonable spread level of equipments.

한 한달간의 자료로서 검침일이 해당월의 말일이 되지 않고 지역에 따라 1일~말일까지 정해진 기간에 검침된 것을 해당월의 통계자료로 사용한다. 따라서, 통계자료가 해당월의 이전자료를 포함한다. 본 연구에서는 이를 보정하기 위해 평균적으로 시차 15일을 보정하여 월별 실적자료를 재산정 하였다.

그림에서 최근에 심야전력의 급격한 보급으로 인하여 전력사용이 급격히 증가하고 있음을 나타내고 있으며, 심야전력사용은 12월부터 다음해 3월까지 4개월 동안 가장 많이 사용하고 겨울철 최대사용은 1~2월로 나타났다.

1. 서 론

우리나라는 심야시간대 전력수요를 증대하여 전력소비를 효율적으로 운용하고 발전설비의 이용률을 높이기 위하여 85년부터 심야요금제도를 신설하여 심야기기 보급을 추진하였으며, 최근에는 유가급등과 이에 따라 상대적으로 저렴해진 심야전기 이용요금으로 심야기기의 보급이 급격하게 증가하고 심야기기에 의한 부하패턴의 변화가 커지고 있다.

특히 심야기기 증가의 대부분이 겨울철 심야난방기기의 보급으로 겨울철의 부하패턴의 변화영향이 증대되고 심야부하중 심야기기에 의한 부하가 매우 높아지고 있다. 이에 따라 동계부하패턴에서 심야전력이 차지하는 비중이 증가하여 긍정적인 영향과 부정적인 영향이 동시에 발생하고 있다.

본 연구에서는 심야기기 보급에 따른 심야시간대 부하패턴의 변화를 분석한다. 심야기기 보급확대에 따른 부하영향을 분석하기 위하여 과거 심야시간대 부하패턴과 기기보급 등을 이용하여 심야기기 보급증가에 따른 부하패턴 변화에 의한 기존 심야부하와 심야기기에 의한 심야시간대 부하사용패턴을 분리하여 월별로 추정한다. 또한, 이를 이용하여 심야기기 보급에 따른 심야시간대 부하영향을 분석하여 적정 심야기기 보급을 위한 정책방향을 제시한다. 이를 이용하여 심야기기 보급에 따른 심야부하 변화를 예측할 수 있고 급전운용을 경제적으로 추진할 수 있을 것이다.

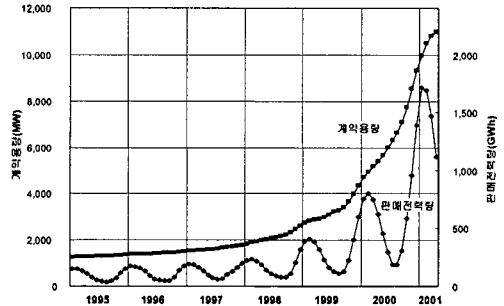
2. 심야기기 부하사용 패턴추정

2.1 심야기기 부하사용 추세

심야기기의 사용목적은 크게 열발생(난방, 온수)을 위한 전력사용과 냉각(여름철 축냉)을 위한 전력사용으로 크게 나눌 수 있다. 최근의 심야전력 보급은 겨울철 난방/온수 사용을 위한 기기보급이 대부분을 차지하고 있다.

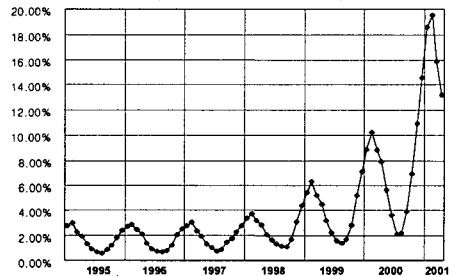
1995년부터 심야기기의 보급에 따른 월별 계약용량과 판매전력량 추세를 보면 다음의 그림 1과 같다. 95년 이전자료는 심야전력사용이 적으므로 제외하였다.

그림에서 사용한 심야전력 사용량 데이터는 한전에서 발간하고 있는 전력통계월보의 자료를 사용하였다. 월보에서 제시하고 있는 월별 자료는 전기요금 검침일에 의



〈그림 1〉 심야전력 계약용량과 월별 판매전력량

아래 그림2는 심야시간대 주중평균 일부하 중에서 심야기기에 의해 생성되는 부하비율을 나타낸 것이다. 그림에서 2001년 1~2월에는 심야시간대 부하의 18% 이상이 심야기기에 의한 부하로 판단되어 심야기기에 의한 부하영향이 급속히 확대됨을 알 수 있다.

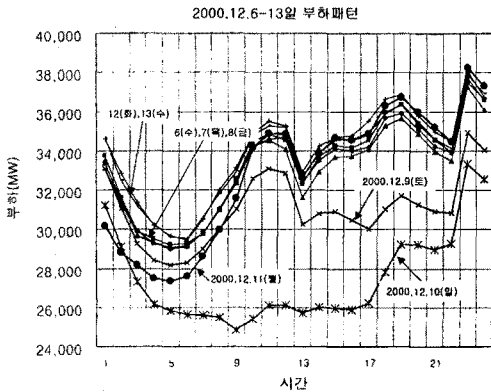


〈그림 2〉 전체부하중 심야기기 부하의 비율

2.2 월별 대표 일부하의 산출

일일 시간별 부하곡선은 365일에 대하여 각각 다른 형태를 가지고 있으며, 이러한 부하를 부하패턴 추정에도 무반영하는 것은 불가능하다. 따라서, 월별로 대표 부하곡선을 도출하였다.

아래 그림3은 일부하패턴의 일부를 나타내고 있다. 그림에서 토, 일, 월요일의 심야시간대 부하패턴은 평일의 부하패턴과는 다른 형태를 보여주고 있다. 따라서, 월별 대표부하패턴에 이를 포함한 평균부하를 사용할 경우에는 부하패턴의 추정에 오차가 많이 발생하게 된다.



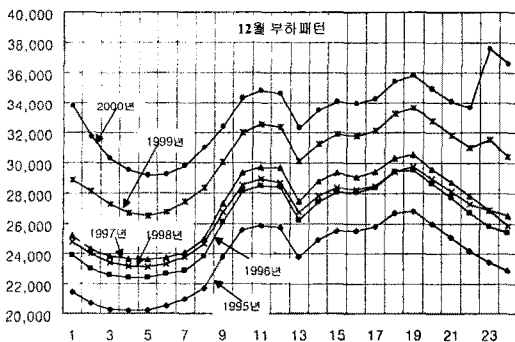
〈그림3〉 일별 부하패턴 (2000년 12월 6~13일)

본 연구에서 관심을 가지고 있는 부하는 심야시간대 부하이며, 이러한 심야시간대 부하가 대표성과 표본성을 갖기 위해서는 대표부하에 영향을 미치는 모든 요인을 제거한 평균부하를 사용하여야 한다. 따라서, 이러한 특수일의 부하를 제외한 일부하 자료를 사용하여 월별 대표적인 일부하 패턴을 도출하였다.

$$D_{y,m,t} = \frac{\sum_d LD_{y,m,d,t}}{N_d}$$

$D_{y,m,t}$: y 년의 m 월의 대표 일부하 패턴

여기서 d는 각 월의 평일부하를 사용하였으며, 토, 일, 월요일은 심야시간대 부하패턴이 평일과 다른 패턴이므로 제외하였다. 또한, 휴일 및 휴일 다음날 등에 대해서도 평일의 심야부하 부하패턴과 달라지는 부하패턴을 갖는 날은 제외하였다. 따라서, 본 연구에서 월별로 사용한 일부하 패턴은 평균적으로 약 15~20개 일부하를 사용하여 월별 대표적인 평균부하패턴을 도출하였다. 월별 대표부하 도출결과 중에서 12월의 부하패턴에 대한 그림은 아래와 같다.



〈그림4〉 연도별 부하변화 추세 (12월 대표부하)

그림에서 심야부하 증가에 의한 심야시간대 부하패턴의 변화를 제외하고는 각 연도별 12월 부하패턴의 추세가 일정하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

따라서, 일별 부하패턴은 심야부하를 제외한 부하에 의해 발생하는 부하와 심야기기사용에서 발생하는 부하의 합으로 볼 수 있으며, 두 부하패턴을 추정함으로써 심야기기에 의한 부하영향을 도출할 수 있다.

2.3. 정규화 부하사용 패턴의 추정

현재 보급된 심야기기는 겨울철 난방/온수를 위한 기기가 대부분을 차지하며, 심야기기의 단위 용량당 시간

별 부하사용패턴은 소요열량과 기기의 제어특성에 따라 달라진다. 소요열량은 365일별로 달라지나, 전체적으로 월별로 구분하여 각기 다른 패턴을 갖는다고 가정하였다. 심야기기 특성은 분석기간인 95년~2000년 까지의 거의 같은 특성을 갖는 기기보급으로 가정하여 연도별 기기보급 제어특성의 차이는 무시하였다.

심야기기에 의한 부하추정에서 부하패턴과 월별 전력사용량을 알 수 있으면 심야기기에 의한 부하를 도출할 수 있다. 심야기기 전력사용량은 심야기기 보급량에 대한 함수이며, 따로 추정을 한다.

본 연구에서는 심야기기 부하패턴은 월별변화는 고려하고, 연도별 패턴변화에 대해서는 일정한 것으로 설정하여 심야기기 전력사용의 부하패턴을 추정하였다.

심야기기 사용시간대는 22:00~익일08:00이며, 데이터정보로는 23시~익일08시 부하가 된다. 심야시간대 전후의 부하패턴을 함께 고려하기 위하여 심야기기 부하추정에 있어서 고려하는 부하는 21시~익일10시 부하인 총 14시간대 부하를 대상으로 추정하였다.

부하패턴의 추정에 있어서 월별 부하패턴에 대한 상호영향을 분석하지 않으므로 각 월별로 추정하며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$SL_{y,m} \times L_{m,t} + SU_{y,m} \times U_{m,t} = D_{y,m,t}$$

여기에서

$D_{y,m,t}$: y 년 m 월의 t 시간대 평균 주중 심야부하

$L_{m,t}$: m 월의 t 시간대 일반 부하패턴

$U_{m,t}$: m 월의 t 시간대 심야기기 부하패턴

$SL_{y,m}$: y 년 m 월의 일반부하 일평균 전력량

$SU_{y,m}$: y 년 m 월의 심야기기 일평균 전력량

y : 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000

m : 1~12월

t : 21시~10시

따라서,

$$\sum_t D_{y,m,t} = SL_{y,m} + SU_{y,m}$$

부하패턴은 합이 1.0인 정규화 패턴을 사용하므로 다음과 같다.

$$\sum_t L_{m,t} = 1.0, \quad \sum_t U_{m,t} = 1.0$$

$$\text{단, } U_{m,1} = U_{m,2} = U_{m,13} = U_{m,14} = 0$$

위에서 실제계량으로 알 수 있는 데이터는 시간별 부하자료로 $D_{y,m,t}$ 와 월별 심야전력판매량인 $SU_{y,m}$ 이며, 이를 이용하여 심야기기의 전력사용패턴을 도출하기 위한 $U_{m,t}$ 및 $L_{m,t}$ 를 도출한다.

위의 식에서 월별로 독립적으로 분석하여 월별부하패턴을 추정한다. 위의 식은 다음과 같이 표현된다.

$$C \times Y = B$$

여기에서 각 월별로 산출하므로 첨자 m은 제외하고 y와 t에 대한 함수이다.

$$Y = [L_1, L_2, \dots, L_{13}, L_{14}, U_1, U_2, \dots, U_9, U_{10}]^T$$

$$B = [D_{y,t}]^T$$

$$C = [SL_y, SU_y, 0.0] \text{ 으로 구성된다.}$$

부하패턴 추정을 위한 위의 식에서 월별로 미지수는 24개(시간별 일반부하 패턴 14개, 시간별 심야부하패턴 10개)이며, 수식은 84개(6년×14시간)이다. 추정은 중

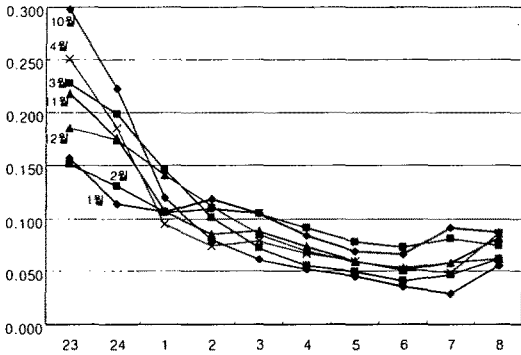
회기분석의 최소자승법으로 계수를 추정하여 부하패턴을 도출하였다.

3. 추정결과와 분석

3.1 심야부하추정

6년간의 부하패턴을 이용한 월별 심야시간대 일반부하 및 심야기기부하 정규부하패턴추정에 의한 심야부하패턴의 추정결과는 아래 그림과 같다.

본 연구의 부하패턴 추정에서 5~9월 부하패턴은 제외하였다 이는 5~9월은 겨울철에 비하여 30%이하의 낮은 사용을 보여 유의성이 낮게 추정되었다. 또한, 여름철에는 심야전력 판매가 적으므로 부하에 차지하는 영향이 매우 낮으며, 주로 겨울철 심야부하에 의한 영향이 중요하다. 특히, 12월~3월 사이의 부하영향이 매우 높다. 본 연구는 심야기기 전력을 가장 많이 사용하는 겨울을 대상으로 하므로 제외하였다

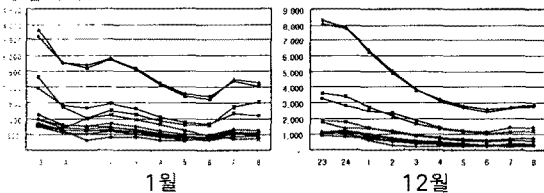


(그림5) 심야기기 부하패턴 추정계수(10월~04월)

그림에서 심야시작 시간대에 높은 사용량을 보여주고 있다. 96~2000년까지 부하추정결과를 이용한 부하패턴과 실제 부하패턴과의 차이를 비교한 결과 1%이내의 오차범위 내에서 추정되었다.

3.2 심야기기 부하사용 패턴의 추정

심야기기 부하곡선 추정을 다음의 두가지 방법으로 도출하였다. 첫째는 도출된 심야기기 부하패턴에 심야기기에 의한 일평균 판매전력량을 곱하여 산출한 심야기기 부하곡선이며, 두 번째는 심야기기를 제외한 일반부하곡선에 일반부하량을 곱하여 산출한 곡선과 전체 부하곡선과의 차이에 의해 도출된 심야기기 부하곡선의 두가지 방법이다.



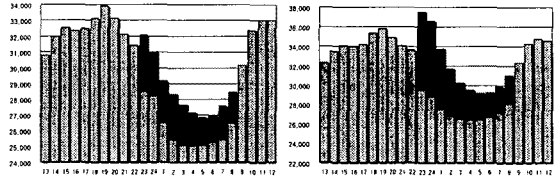
(그림6) 심야기기부하패턴 추정결과(95-00년, MWh)

위의 그림은 앞에서 제시한 두가지 방법에 의해 도출된 부하패턴을 대표적인 12월과 1월의 심야기기부하에 대한 추정결과를 나타낸 것이다. 그림에서 2000년 1월의 심야기기부하 최대값은 4,000MW 정도이며, 이는 심야기기계약전력 4,900MW의 82% 정도가 심야기기 피크부하에 기여하는 것으로 추정되었다. 2000년의 경우에는 계약전력이 9,300MW에 최대부하영향이 8,000MW로 나타났다.

위의 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 최근의 부하패턴이 심야부하추정에 많은 영향을 주고 있다. 여기에는

최근 심야시간대 심야기기를 제외한 일반난방설비 부하사용의 증가가 반영되지 않고 있으며, 이를 고려할 경우에는 23시~2시까지 부하패턴의 감소속도가 추정치 보다 낮을 것으로 예상된다. 이를 감안하면 실제 심야기기에 의한 23시의 최대부하영향은 앞에서 추정한 값보다

그림7은 위의 추정값을 이용하여 전체 부하중에서 심야기기 부하에 대한 패턴을 분석하였다. 그림에서 심야시간대 부하가 많이 하락하고 있음을 보여준다.



(그림7) 심야부하 추정결과(2000년)

3.3 적정 보급방안

앞에서의 분석에서 최근의 심야기기 급증에 따라 심야시간대 새로운 피크발생이 나타나고 있으며, 이는 발전설비비용에 부담이 된다. 따라서, 적정 보급을 위해서는 다음 사항에 대한 평가가 필요하다.

- 새로운 최대부하 생성억제 : 현재 10시간대로 되어있는 요금제도 조정, 제어기기의 심야최저인 4세경에 집중 사용할 수 있는 방안 검토 등
- 기기보급 상한 : 심야시간대 부하창출을 위한 보급으로 심야기기 부하제외시 최소부하와 심야시작시점의 부하와의 차이수준까지 보급의 상한정책

2000년 12월 심야기기 보급기준과 적정 보급수준을 평가하면 20~25%정도 초과공급으로 분석되어지며, 이를 해소하기 위해서는 이러한 검토를 기준으로 적정 보급수준 정책과 심야기기 제어의 개선과 요금제도 개선을 통하여 심야초기 시간대의 부하급증을 완화하는 정책이 필요하다. 부하개선과 함께 심야기기의 적정 계약수준도 높아질 수 있다. 또한, 앞으로 심야요금제도에 대해서도 보급정책과 함께 분석되어야 시장기능에 의한 적정수준에 도달할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 논문에서 심야기기 보급추세와 부하영향을 분석하여 부하패턴을 도출하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 부하패턴의 추정에서 심야기기의 영향이 많은 겨울철 부하패턴은 유용한 수준으로 도출되었다.
- 심야시간대 부하영향은 12~익년2월이 높으며, 심야기기보급용량의 최대 80%, 최소 30%정도가 심야부하패턴에 영향을 주는 것으로 평가되었다.
- 심야시간대 일반부하 증가와 최근의 심야부하 급증에 따른 통계자료 부정확 등을 고려하면 최대부하 영향은 추정치 보다 낮아질 것으로 예상된다.
- 심야요금적용 초기시간대에 심야기기 부하가 밀집하며, 이를 해결할 수 있는 제어기기의 개발과 보급이 필요하다.

도출된 심야기기 부하패턴의 결과를 이용하여 앞으로 적정 심야기기 보급을 위한 정책과 부하패턴 개선을 위한 정책개발에 적용할 수 있을 것이다.

(참고 문헌)

- [1] 한국전력공사, 전력통계월보 및 한국전력통계, 각년도
- [2] 한국전력공사, 시간별 부하자료(1995~2000년)
- [3] 한국전력공사, "심야전력 마케팅 전략개발에 관한 연구", 1999. 11
- [4] 한국전력공사, "심야전기요금제도 및 사용안내", 1999.
- [5] 김창수 등, "심야전력 보급증가와 부하패턴 및 발전비용 영향", 대한전기학회 하계대회, 2001.7