

계절별 최대전력수요를 고려한 수요관리 프로그램 설계

이종욱*, 위영민*, 이재희*, 주성관*
고려대학교*

A Design of Demand Response Program in Consideration of Seasonal Peak Load

Jong-Uk Lee*, Young-Min Wi*, Jaehee Lee, Sung-Kwan Joo*
Korea University*

Abstract - 본 논문에서는 하계와 동계 각 기간별 최대전력수요와 온도를 이용한 수요관리 프로그램 적용일과 적용시간을 추정하는 방법을 제안하였다. 사례연구에서는 국내 전력수요 데이터를 바탕으로 제안된 방법을 2011년~2012년에 적용하여 수요관리 적용일과 적용시간을 추정하였다.

기간의 최대전력수요가 하계피크 기간의 최대전력수요를 넘어서는 것을 확인할 수 있다. 이러한 추세를 반영하기 위하여 하계와 동계기간을 구분한 수요관리 추정이 필요하다. 예측 방법으로는 시계열 분석모델중 하나인 자기회귀누적이동평균(ARIMA)을 이용하며 사용되는 데이터는 20년간의 데이터를 바탕으로 각 기간의 최대전력수요를 예측한다 [4].

1. 서 론

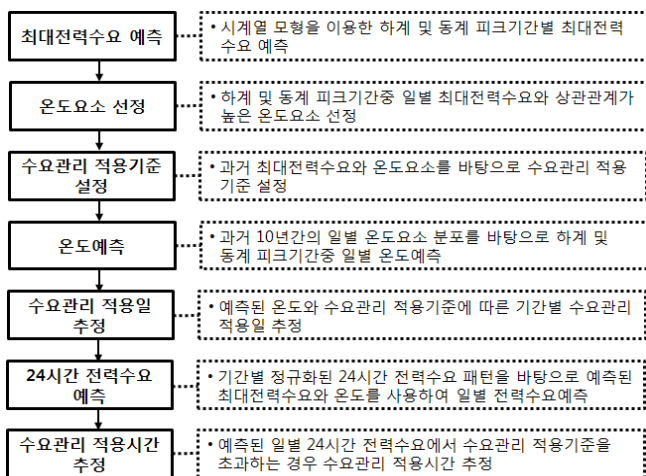
수요관리는 전력회사가 수요 측의 전기사용형태를 합리적으로 통제, 조정하는 계획이나 활동을 의미한다 [1]. 최근 에너지 소비의 증가로 인한 필수 예비력 확보문제가 제기되면서 수요 측 관리의 중요성이 점차 커지고 있다. 또한 수요관리를 통해 피크수요를 억제함으로써 첩두 발전기 건설 회피를 통한 경제적을 얻을 수 있다 [2], [3]. 그동안 국내의 수요관리는 하계기간 냉방부하에 의한 전력수요 억제를 위해 활용되었지만, 최근 동계 전력수요 증가로 하계와 동계 기간의 수요관리 자원의 적절한 분배의 중요성이 높아지고 있다. 따라서 본 논문에서는 하계와 동계 피크기간에 따라 수요관리 적용일과 적용시간을 추정하는 절차를 제시한다. 적용기준은 전력수요와 온도 예측을 통하여 설정하였으며, 사례연구에서는 제안한 방법을 통하여 2011~12년 수요관리 적용일 및 적용시간을 추정하였다.

2. 본 론

본문에서는 수요관리 프로그램 설계절차를 제안하고 제안된 방법을 적용하여 하계 피크기간인 2011년 7월~8월과 동계 피크기간인 2011년 12월~2012년 1월의 수요관리 적용일 및 적용시간을 추정한다.

2.1 수요관리 프로그램 설계 절차

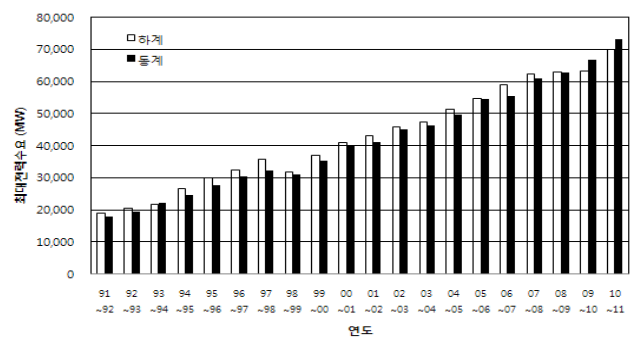
수요관리 프로그램 적용일과 적용시간을 추정하기 위해서 하계와 동계 피크기간으로 구분하여 수행한다. 여기서 하계피크 기간은 7월~8월을 의미하며 동계피크 기간은 12월~1월을 의미한다. 본 논문에서 제안하는 수요관리 프로그램 설계절차는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 수요관리 프로그램 설계 절차

2.1.1 하계 및 동계 피크기간별 최대전력수요 예측

<그림 2>는 하계와 동계 피크기간중의 최대전력수요 그래프이다. 최대전력수요는 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 2009년 이후로는 동계피크



<그림 2> 하계 및 동계 피크기간 중 최대전력수요

2.1.2 온도요소 선정

전력수요는 온도와 밀접한 연관이 있으며, 냉난방 수요가 많은 7~8월과 12~1월에 연중 최대전력수요가 발생한다. 그러므로 온도요소를 바탕으로 하계와 동계 피크기간에서의 수요관리 적용여부를 결정할 수 있다. 이때 사용할 수 있는 온도요소로는 최고온도와 최저온도가 있으며, 피크기간 중 일 최대전력수요와의 상관관계가 높은 온도요소를 이용하여 수요관리 적용여부를 결정할 수 있다.

2.1.3 수요관리 적용기준 설정

예측된 최대전력수요와 수요관리 프로그램의 수요관리 적용 기준을 설정한다. 이때, 적용 기준은 온도 트리거 포인트(Trigger_T)를 통하여 설정하며 계산 방법은 식(1)과 같다.

$$Trigger_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n T_i \times u \begin{cases} u=1, (L_i > lastL) \\ u=0, (L_i \leq lastL) \end{cases} \quad (1)$$

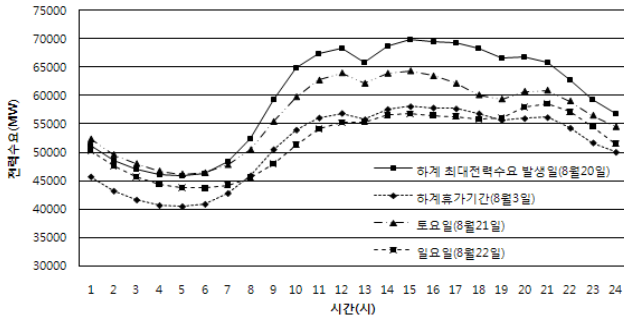
여기서 N은 $L_i > lastL$ 인 경우의 개수이고, n는 기간의 일 수, T_i 는 i번째 일의 온도요소이다. L_i 는 i번째 일의 최대전력수요이며, lastL은 작년 동일기간중의 최대전력수요이다.

2.1.4 온도예측

과거 10년간의 일별 온도요소의 분포를 바탕으로 하계와 동계 피크기간의 온도예측을 수행한다. 일별 온도는 표준정규분포를 따른다고 가정하였으며 2.1.2에서 선정된 온도요소에 따라 각 구간의 일별 온도를 예측한다 [5].

2.1.5 수요관리 적용일 추정

하계와 동계 피크기간 중에서 수요관리 적용기준에 따라 수요관리 적용일을 추정한다. 이때, 하계와 동계 피크기간 중에서 모든 날이 수요관리 적용일이 되지 않는다. <그림 3>과 같이 평일 또는 주말과 같은 요일적 특성, 특수일 또는 하계휴가기간과 같은 사회적 이벤트에 의하여 최대전력수요 패턴의 특성이 다르기 때문이다. 그러므로 적용기준에 적합한 날이라도 주말, 특수일, 특수경부하기간의 경우에는 적용 대상일에서 제외해야 한다. 여기서 특수경부하기간은 신정, 설 또는 추석 전, 후 7일간과 하계휴가 집중기간을 의미한다 [6].



〈그림 3〉 요일 또는 사회적 이벤트에 따른 전력수요의 특성

2.1.6 24시간 전력수요 예측

선정된 적용일에 대하여 24시간 전력수요 예측을 수행한다. 전력수요 예측은 해당 기간의 최대전력수요에 의해 정규화 된 전력수요와 최대전력수요의 온도반응성을 바탕으로 이루어지며 식(2)을 사용하여 일별 전력수요 예측을 수행한다.

$$\hat{L}_{i,t} = \alpha \times (\hat{T}_i - trigger_T_j) \times \hat{L}^{peak} + \hat{L}^{peak} \times PU_L_i \quad (2)$$

여기서 $\hat{L}_{i,t}$ 는 i 번째 선정일의 t 시간 예측된 전력수요이며, α 는 최대 전력수요의 온도반응성으로서 정규화된 전력수요와 온도요소의 선형회귀분석을 통하여 구해진다. \hat{L}^{peak} 는 예측된 최대전력수요이고, PU_L 는 예측 기간의 정규화된 대표 전력수요패턴이다.

2.1.7 수요관리 적용시간 추정

예측된 일별 24시간 전력수요에서 수요관리 적용기준을 초과하는 경우를 수요관리 적용한다고 가정하여 수요관리 적용시간을 추정한다.

2.2 사례연구

사례연구에서는 2.1절에서 제안한 방법을 적용하여 하계 피크기간인 2011년 7월~8월과 동계 피크기간인 2011년 12월~2012년 1월의 수요관리 적용일 및 적용시간을 추정한다.

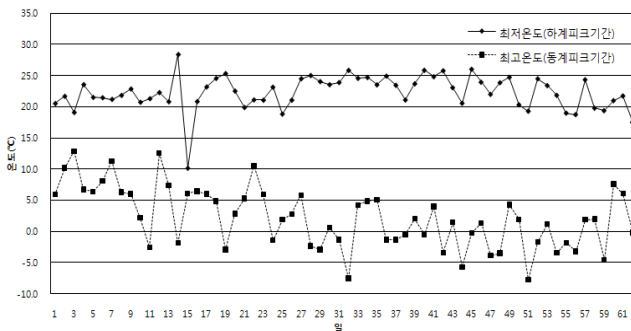
기간별 최대전력수요예측을 위하여 1991년~2001년 데이터를 사용하였으며, 자기회귀누적이동평균을 이용한 2011~2012년 최대전력수요 예측결과 하계 피크기간 중 최대전력수요는 71,420MW, 동계는 73,137MW로 나타났다. 각 기간에 사용될 온도요소는 하계피크기간에는 최저온도, 동계피크기간에는 최고온도이며, 이것은 최근 5년간 데이터를 바탕으로 상관관계 분석을 통해 얻어졌다.

2005~2011년 피크전력수요 기간 중 최대전력수요와 일기요소 데이터를 바탕으로 수요관리 적용 기준온도를 Case에 따라 산출하였다. 수요관리 적용기준 및 기준온도는 <표 1>에 나타나 있다.

〈표 1〉 수요관리 적용기준

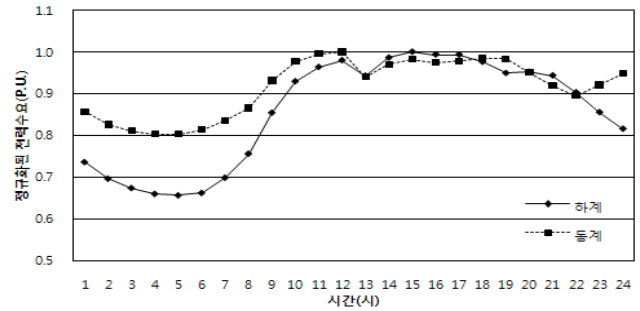
Case	수요관리 적용기준	하계기간 (최저온도)	동계기간 (최고온도)
I	2010~11년 최대전력수요 기준	23.7℃	0.8℃
II	Case1 기준대비 1% 상향 기준	23.7℃	0.5℃
III	Case1 기준대비 2% 상향 기준	23.8℃	0.3℃

〈그림 4〉는 2001년~2011년간의 일별 온도요소의 분포를 바탕으로 온도예측을 수행한 결과이다. 하계 및 동계 피크기간 각각 62일에 대하여 수행하였다.



〈그림 4〉 각 기간별 온도예측 결과

기준온도와 온도예측 결과를 바탕으로 수요관리 적용일을 추정하고 식(2)을 사용하여 일별 24시간 전력수요예측을 수행한다. 정규화된 패턴은 <그림 5>와 같이 최근 3년간의 최대전력수요 발생일의 24시간 전력수요패턴을 사용하였다.



〈그림 5〉 하계 및 동계피크기간의 대표 24시간 전력수요 패턴

일별 24시간 전력수요예측 결과에서 수요관리 적용기준을 초과한 시간을 수요관리 적용시간으로 가정하여 총 적용시간을 추정하였다. 각 기간별 수요관리 적용일 및 총 적용시간 추정 결과는 <표 2>에 나타나 있다.

〈표 2〉 2011~12년 수요관리 적용일 및 적용시간 추정 결과

Case	하계피크기간 (2011년 7월~2011년 8월)		동계피크기간 (2011년 12월~2012년 1월)	
	적용일	총 적용시간	적용일	총 적용시간
I	13	84	13	94
II	13	68	12	57
III	12	42	12	22

<표 2>에서와 같이 수요관리 적용기준에 따라 수요관리 적용시간 및 적용시간이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 최대전력수요 기준이 클수록 적용일이 약간 줄어들었으며, 하계와 동계 피크기간의 수요관리 적용일은 서로 비슷한 비율로 나타났다. 하지만 적용시간에서는 최대전력수요 기준이 작을 경우 동계 피크 기간에서의 수요관리 총 적용시간이 상대적으로 크게 나타났으며 최대전력수요 기준이 클 경우에는 상대적으로 작게 나타났다.

3. 결 론

본 논문에서는 온도와 최대전력수요를 수요관리 적용기준으로 사용하여 하계와 동계 피크기간의 수요관리 적용일 및 적용시간을 추정하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 통하여 2011~12년 수요관리 적용일 및 적용시간 추정을 수행하였다. 그 결과 수요관리 적용기준에 따라 적용일수와 총 적용시간이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 각 기간의 수요관리 적용일 비율은 비슷하게 나타났는데 이를 통하여 동계 피크기간에도 하계 피크기간 수준의 수요관리가 필요하다는 것을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 지식경제용어사전, 지식경제부, 2010년.
- [2] 박종진, 김현웅, 김진오, “전력 수요관리 프로그램의 지원금 변화에 따른 참여도 연구”, 조명·전기설비학회논문지, 제 22권, 10호, pp. 18-23, 2008년.
- [3] 원종률, 김정훈, “부하관리 요금제도에서의 기준부하 설정에 관한 연구”, 대한전기학회 전력기술분과 추계학술대회 논문집, 2008년.
- [4] 허명희, “SPSS 시계열 분석과 예측값 분석”, 서울:데이터솔루션, 2008년.
- [5] Patrick E. McSharry, et al., “Probabilistic Forecasts of the Magnitude and Timing of Peak Electricity Demand”, IEEE Trans. on Power Systems, vol. 20, no. 2, pp. 1166-1172, 2005.
- [6] 전력시장운영규칙, 전력거래소, 2010년.