

전력기온지수를 이용한 전력수요 기온반응도 연구

백광현, 김권수, 박종인
한국전력거래소

The Study on the Temperature Effects on Electricity Demand Using Electricity Temperature Index

Paik, Kwang-Hyun, Kim, Kwon-Soo, Park, Jong-In
Korea Power Exchange

Abstract - 기온의 변화에 따라 전력수요는 상관성을 가지고 밀접하게 움직이는데, 최근에 와서 상관성이 약화되는 경향을 보이면서 불확실성이 증가되고 있다. 이러한 현상이 나타나는 원인은 기온을 분포함수화하여 접근하지 못하고, 누적기온 영향력과 실질적 기온분포를 반영하지 못했기 때문이다. 따라서 이를 보완하기 위해 전력기온지수라는 개념을 새로 창출하였으며, 여기에 누적기온반응도, 유효기온분포 및 실질기온효과를 반영하였다. 따라서 종합적 전력기온지수인 전력기온지수를 통해 전력소비자의 자발적 수요관리 유도 및 안정적 전력수급의 토대를 마련할 수 있다는 결론을 얻었다.

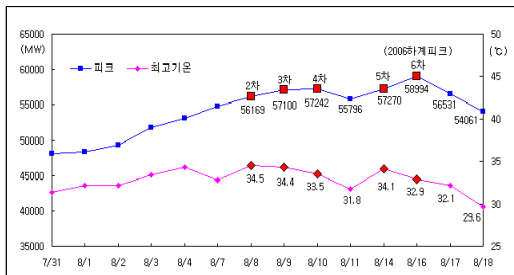
1. 서 론

최근에 전력수요는 불확실성이 증폭되면서 기온과의 상관관계가 상당히 약화되는 현상을 보이고 있다. 이러한 상관성의 약화는 특히 계절성 부하가 가장 많이 발생하는 시기인 여름철 최고로 더운시기와 겨울철 최고로 추운시기에 일어나고 있다. 상관성이 약화되고 있다는 의미는 최고로 더운 날에 여름철 최대전력이 발생하지 않고, 가장 추운 날에 겨울철 최대전력이 발생되지 않는 현상이 나타난다는 의미이다. 따라서 본 연구에서는 기온과 최대전력의 상관성이 약화되고 있는 이유가 무엇인지 밝히고자 하며, 이를 해결하기 위해서 누적적 기온효과와 유효기온분포를 이용해야 하는 당위성과 여기서 도출된 전력기온지수의 필요성을 설명하고자 한다.

2. 본 론

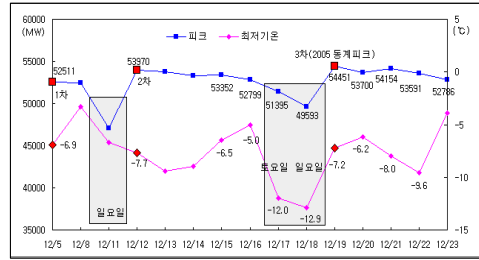
2.1 기온변화와 최대전력

최근 2005년 겨울철('05.12)과 2006년 여름철('06.7-8)의 최대전력 변화를 살펴보면 기온의 변화와 최대전력 변화간의 상관성이 약화되는 현상이 나타나고 있다. 아래 <그림1>에 나타나 있는 바와 같은 2006년 여름철의 최대전력 갱신 변화를 살펴보면, 2차-4차까지의 하계 최대전력이 새로 갱신되었는데 기온 변화는 34.5℃에서 33.5℃로 도리어 하락하고 있고, 2006년 하계 최대전력이 시현된 6차 갱신시에도 마찬가지로 5차 갱신시에 비해 기온은 떨어졌으나 피크는 새로 갱신되는 현상이 나타나고 있다. 아울러 절대 기온수치의 변화에 있어서도 2차 갱신시의 기온 34.5℃에 비해 2006년 하계 최대전력 갱신시의 온도가 32.9℃로 훨씬 낮은 온도를 보이고 있다.



<그림 1> 여름철 기온변화와 최대전력

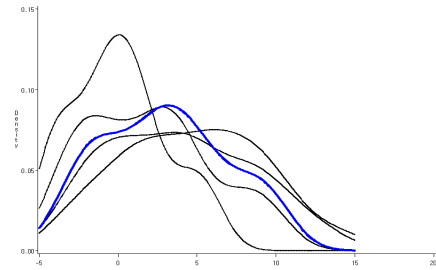
다음으로 아래 <그림2>를 통해서 2005년 겨울철 최대전력이 시현된 달의 최대전력 갱신 변화를 살펴보면, 2005년 12월 19일에 최저기온 -7.2℃로 겨울철 최대전력 5,445만kW가 시현되었는데, 해당일의 기온보다 더 낮은 기온이 시현되었던, 12월 22일(-9.6℃) 및 12월 12일(-7.7℃)에는 이 보다 높은 최대전력이 시현되지 못하는 현상이 나타났다. 이와 같이 최근 여름철 및 겨울철의 최고 피크 발생시기에는 일별 최고기온이나 최저기온이 최대전력 변화를 잘 설명하지 못하는 상관성 약화 현상이 나타나고 있다.



<그림 2> 겨울철 기온변화와 최대전력

2.2 기온효과 도입

기온과 최대전력의 상관관계를 고찰함에 있어 중요한 점은 하루 한 시점의 기온(최고기온 혹은 최저기온)만을 가지고 상관성을 분석하면 허구적 상관관계를 얻을 수 있다는 것이다. 즉 기온이 최대전력에 주는 영향은 일별 일정 시점의 기온만을 가지고 분석하는데는 한계가 있다. 기온에 의한 전력수요 반응도는 일별로는 24개, 주별 168개, 월별로는 720개의 기온값을 모두 고려하여 분석하는 것이 필요하다. 다시말해 최근에는 해당기간의 모든 기온수치를 분포 함수화하여 전력수요 영향력을 분석하는 것이 유용한 것으로 판명되었고 이에 따른 기온분포함수의 형태는 아래 <그림 3>에서 보여주고 있다.

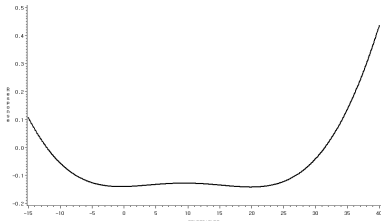


<그림 3> 기온분포함수

기온분포함수는 주어진 기간 동안의 기온이 각 온도에서 얼마나 자주 나타났는지의 상대빈도(relative frequency)를 평활화(smoothing)한 함수이다. 기온분포함수는 기온확률밀도함수(temperature probability density function)라고도 하며, 이를 추정하기 위해서 비모수적 함수 추정법(nonparametric function estimation)중에서 커널(kernel)을 이용해서 추정함으로써, 이를 통해 모든 시점 기온의 영향력이 총체적으로 반영되고 있다. 아울러 기온분포함수의 날짜 구분도 달력상의 날짜 구분이 아닌 실질적 구분을 도입하고 있는데, 실질적 날짜 구분이라함은 최대전력이 발생한 시점 기준 이전 24개 기온값을 해당일의 유효기온분포함수라고 보는 개념이다.

또한 기온분포함수를 고려하는 것 이외에도 기온구간별 기온반응도를 반영하여야 합리적인 기온영향력을 측정할 수 있다. 기온반응도는 기온반응함수로 표현되는데 이는 아래 식(1)에서 제시하고 있는 바와 같이 일별 기온(s^*), 기온분포함수(f_i), 발전량(sdg), 더미변수(dummy) 들과 최대전력과의 모형설정을 통해, 그 결과로 α 와 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 의 추정치를 구할 수 있고, 이를 이용하여 기온반응함수를 식(2)와 같이 도출할 수 있다. 여기서 나타난 기온반응함수는 난방부하가 발생하는 낮은 온도와 냉방부하가 발생하는 높은 온도에서 큰 값을 갖는 U자 형태를 띤다. 이는 기온이 낮을 때와 높을 때 상대적으로 전력수요가 더 크게 발생하는 것을 의미한다. 아울러 기온이 똑같이 1℃ 올라가도 난방부하 및 냉방부하가 크게 발생하는 온도 부근의 1℃ 민감도 차이가 그렇지

많은 작은 온도 부근의 1°C 차이보다 훨씬 큼을 의미한다.



〈그림 4〉 기온반응함수

$$\ln(Peak_t) = \alpha + \beta_1 \int s^* \times f_t ds^* + \beta_2 \int s^{*2} \times f_t ds^* + \beta_3 \int \cos 2\pi s^* \times f_t ds^* + \beta_4 \int \sin 2\pi s^* \times f_t ds^* + \gamma \ln(sdg_t) + \delta \ln(dummy_t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

단, f_t 는 그 달의 기온 분포, $s^* = \frac{s \pm 20}{60}$

$$\widehat{g}_{year}(\hat{s}) = \alpha + \widehat{\beta}_1 s^* + \widehat{\beta}_2 s^{*2} + \widehat{\beta}_3 \cos 2\pi s^* + \widehat{\beta}_4 \sin 2\pi s^* \quad (2)$$

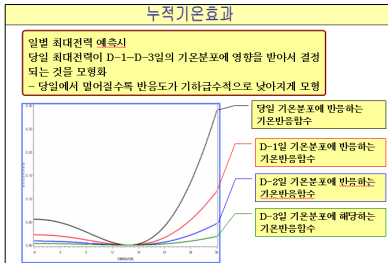
이와같이 도출된 기온분포함수와 기온반응함수의 적분합을 통해 기온 효과를 구할 수 있으며, 이를 통해 기온에 의한 전력수요에의 효과적인 영향력이 측정될 수 있다.

$$\int g(s) f_t(s) ds \quad (3)$$

$g(s)$ 기온반응함수, $f_t(s)$ 기온분포함수

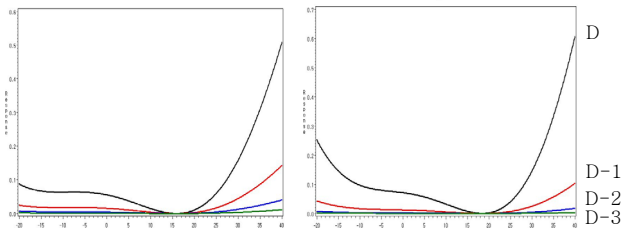
2.3 누적기온 영향력과 전력기온지수

본 연구에서는 기온과 최대전력의 상관성 약화의 원인으로 누적기온 영향력과 기온을 분포화하지 못한 것으로 보고 있다. 따라서 아래 〈그림 5〉와 같이 일반적인 기온반응함수에 별도로 누적기온반응함수를 도입하여 일별 최대전력과 누적기온 영향력간의 상관성을 모형화하였고, 모형실험을 통해 효율적인 결과를 얻을 수 있었다.



〈그림 5〉 누적기온반응함수

이외에도 2.2에서 언급한 유효기온분포함수를 도입함으로써 누적기온 반응함수와 유효기온분포함수의 결합을 통한 실질기온효과를 적용하여 보다 효율적인 결과를 얻고자 노력했다. 아울러 기온반응함수를 적용함에 있어서도 아래 〈그림 6〉에서 나타난 바와 같이 주간시간대 기온반응함수와 심야시간대 기온반응함수를 별도 적용함으로써 냉방부하 및 난방부하와 기온간의 상관성을 더욱 정밀하게 연구할 수 있었다.



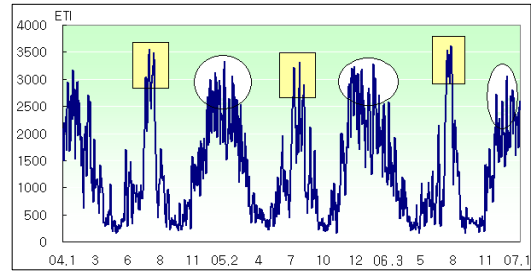
〈그림 6〉 주간시간대 및 심야시간대 기온반응함수

주간시간대(9시-22시) 기온반응함수라 하면 주간시간대의 최대전력과 동일시간대 기온효과간의 상관관계를 모형화하여 주간시간대 기온효과에 대한 기온반응도를 별도로 구한 것이고, 심야시간대(23시-8시) 기온반응함수는 마찬가지로 심야시간대 최대전력과 기온효과를 모형화하여

도출한 것이다. 이러한 별도 기온반응도 구분을 통해 특히 겨울철 난방 전력의 과소 추정을 줄일 수 있는 것이 큰 장점으로 작용한다.

이와 같이 엄격하게 추출된 실질기온효과 개념에는 누적기온 영향력과 실질적 기온분포가 합리적으로 반영되어 있고 이를 가지고 전력수요(최대전력) 반응도를 비교해 본 결과, 기존의 일별 최고기온 혹은 최저기온을 이용할 때와는 틀리게 상관성이 명확하게 나타나는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 이러한 실질기온효과를 지수화하면 전력수요 기온반응도 연구에 유용하게 사용할 수 있다는 결론을 얻었다. 다시말해 2000년 이후 최저 실질기온효과를 나타내는 시점이 9월 14일이었고, 해당일의 기온효과를 100으로 놓고 지수화한 값을 전력기온지수(ETI, Electricity Temperature Index)라는 신개념으로 창출하였다.

전력기온지수(ETI)는 아래 〈그림 7〉과 같은 모습을 보이고 있는데 □와 ○ 부분에서 나타나는 바와 같이 겨울철과 여름철에 특히 기온효과가 높게 나타남으로써 전력기온지수가 2500 이상의 높은 값을 시현하고 있고, 가장 기온효과가 낮은 계절인 3-5월에는 500 미만의 아주 낮은 전력기온지수를 보여주고 있다.



〈그림 7〉 전력기온지수('04.1월 - '07.1월)

일별 전력기온지수 수준은 아래 〈표1〉에 나타난 바와 같은 전력수요 특징을 나타내고 있다. 여름철 및 겨울철 최대전력이 나타나는 시기는

〈표1〉 전력기온지수 구간별 전력수요 특성

일별 전력기온지수	전력수요 현황
2800 이상	전력 최고 피크기
2500 이상 - 2800 미만	전력 피크기
2000 이상 - 2500 미만	전력 초기 피크기
1000 이상 - 2000 미만	전력 성수기
500 이상 - 1000 미만	전력 확장기
500 미만	전력 비수기

2800 이상을 나타내며 전력 최고 피크기이고, 연중의 3-5월에는 500 미만의 작은 전력기온지수값을 나타내며 전력비수기 특성을 보이고 있다.

3. 결 론

기존의 일별 최고기온 혹은 최저기온만으로는 누적기온 영향력을 관측할 수 없어 기온과 전력수요간의 상관성이 약화되고 있다. 그러나 본 연구에서 처음으로 누적기온 영향력과 실질적 기온분포인 유효기온분포를 도입함으로써, 기존의 기온 개념을 대신하는 전력기온지수를 창출할 수 있었다. 이러한 전력기온지수를 이용하여 과거의 기상상황에 대한 전력수요 반응도를 정밀하게 측정함으로써, 미래의 기상변화에 좀더 효과적으로 대응 가능하리라 본다. 아울러 전력 최고 피크기 전력기온지수를 이용하면 전력수요자의 자발적 수요관리를 유도할 수 있고, 안정적인 전력수급에 전 국민적 동참을 이끌어 낼 수도 있으리라 본다. 종합적 전력기상요인인 전력기온지수는 기상상황을 표현해주는 어느 다른 지표(기온, 불쾌지수, 강수량 등)보다도 전력분야에서 아주 중요한 역할을 수행하리라 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] “단기전력수요예측시스템”, 서울대학교 · 한국전력거래소, 2001
- [2] “전력시계열을 위한 계절조정모형”, 서울대학교 · 한국전력거래소, 2001
- [3] “장기전력수요예측시스템”, 성균관대학교 · 한국전력거래소, 2004
- [4] Park, J. Y., “Canonical cointegrating regressions,” *Econometrica* 60, 119-143, 1992
- [5] Park, J. Y. and Hahn, S. B., “Cointegrating regressions with time varying coefficients,” *Econometric Theory* 15, 664-703, 1999