

최근 전력수요의 계절성 변화에 따른 냉난방 부하 연구

박종인, 김광인
한국전력거래소

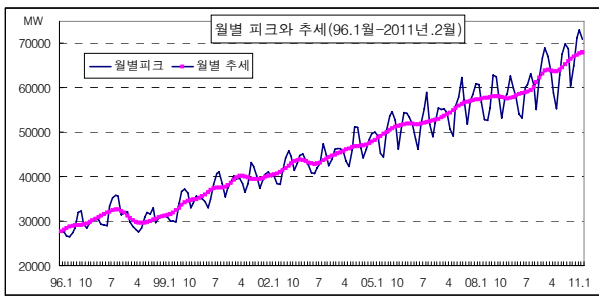
A Study on the Cooling and Heating Load according to a Recent Seasonality Change

Jong-In Park, Kwang-In Kim
Korea Power Exchange

Abstract - 최근 겨울철과 여름철에 다양한 냉난방기기의 보급이 급증하여 최대전력에 대한 기온의 영향이 상당히 커지고 있다. 이에 따라 기온의 영향으로 인한 계절성이 급증하여 전력수요 예측결과와 불확실성을 증폭시키고 있다. 그러나 아직까지는 이러한 냉방 및 난방부하의 급증에 따른 계절성 변화에 대한 체계적인 분석 방법이 정형화되어 있지 못하다. 따라서 본 연구에서는 누적기온반응함수, 기온분포함수, 공적분 및 오차수정모형 등을 바탕으로 엄격한 통계적 검증을 거쳐 냉난방부하 추정 방법을 연구하였고, 아울러 관련 결과를 제시함으로써 향후의 전력수급에 안정적 기반을 제공코자 한다.

1. 서 론

겨울철과 여름철 피크시간대에 최대전력이 확대되는 모습은 아래 <그림1> 96년 1월부터 2011년 2월 기간의 월별 최대전력 등락에서 명확히 나타나고 있다. 또한 X-11 ARIMA를 이용하여 추세 계열을 도출하고, 추세선을 중심으로 등락의 변화를 보면, 2005년 이후 계절성이 크게 확대되는 모습이 잘 나타나고 있다.



<그림 1> 월별 피크 및 추세

이번 연구에서는 냉방 및 난방부하를 추정하는 방법 두가지를 제시하고자 하는데, 첫 번째 방법은 “추세 및 기온변화를 반영한 추정 방법”이고, 두 번째는 “누적기온효과를 이용한 추정 방법”으로서, 특히 두 번째 방법에서는 기존 연중 동계 피크일과 하계 피크일만의 냉·난방부하만을 추정하는 것과 달리, 일별 냉·난방부하를 추정하는 방법을 새롭게 연구하였고, 또한 기온반응함수의 개념도 기존과 달리 피크발생일 3일전까지의 기온 영향을 누적적으로 반영한 누적기온반응함수를 새롭게 제시하였으며, 일별 냉·난방 추정모형 연구를 위해 공적분 및 오차수정이론을 적용하여 유의미한 통계 추정값을 얻음으로써, 모형의 유효성을 엄격히 검증할 수 있었다.

2. 본 론

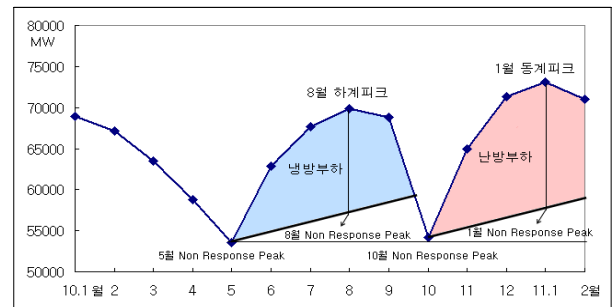
2.1 추세 및 기온변화를 반영한 냉난방부하 추정 방법

본 추정 방법은 기존에도 일반적으로 사용해왔던 방법으로, 파악하고자 하는 냉방 및 난방부하에 따라, 냉방부하를 파악하고자 한다면 해당일의 피크와 해당일전 기온에 영향을 가장 적게 받고(15℃~18℃), 피크 발생시간대가 같은 5월의 기준일 피크를 추출하여 구하고, 난방부하를 파악하고자 한다면, 해당일의 피크와 해당일전 기온에 영향을 가장 적게 받고(15℃~18℃), 피크 발생시간대가 같은 10월의 기준일 피크를 추출하여 구하는 방법이다. 다시말해 단기전력수요예측시스템(박준용, 서울대 경제연구소)의 기온반응함수이론에 의하면, 5월과 10월이 기온에 가장 반응하지 않는(영향 받지 않는) 시기이고, 해당 온도는 15℃~18℃ 수준(Non Response Temperature)을 제시하고 있다.

2.1.1 냉난방부하 추정

냉방부하를 도출하기 위해서는 우선 봄(5월)의 시간별 기온자료를 이용하여, 하계 피크가 발생하는 시간대인 15시의 발생 기온중 15℃~18℃ 기온에 해당하는 시간피크를 추출하고, 이를 평균하여 Non Response Peak(기온에 반응하지 않는 시기의 최대전력 혹은 기본부하)를 도출한다. 따라서 8월 하계피크일의 냉방부하를 구하기 위해서는 해당일의 하계 피크 실적과 위에서 도출한 Non Response Peak의 차이량을 구할 수 있다. 그러나 이 차이량은 하계 피크시간대의 냉방부하라고 규정할 수 없다. 왜냐하면 상기 Non Response Peak가 5월부터 하계 피크가 발생한 8월 기간에 경제성장 등에 의한 추세 성장을 반영하지 않았기 때문이다. 따라서 이러한 3개월간의 추세증가세를 무엇을 반영하느냐가 본 추정 방법에서는 중요한 부분으로 작용한다. 기존에는 3개월간의 전력소비량 혹은 발전량 증가율을 단순히 반영하여 추세 증가율로 적용하였으나, 이는 논리성을 훼손하고 부정확한 냉방부하만을 양산한다. 이를 해결하기 위해서 본 연구에서는 특별히 월 최대전력 시계열자료를 바탕으로 X-11 ARIMA 모형을 적용하여 계절성을 제거한 추세계열을 추출해내고, 5월과 8월의 추세 증가율을 구한후, 이를 5월 Non Response Peak에 적용하여 하계 피크 발생시기인 8월의 Non Response Peak를 산출하였으며, 냉방부하량을 추정하고자 하는 날의 피크에서 차감하여 해당 냉방부하량을 도출하였다.

난방부하를 추정하는 경우도 냉방부하를 추정하는 방법과 마찬가지로 냉방부하 발생하기 직전 가장 기온에 영향을 받지 않는 달인 10월의 기온자료를 이용하여 Non Response Peak를 구하고, 여기에 위와 같은 방법으로 추세 증가율을 반영하여 난방부하량을 도출하였다. 아울러 관련한 내용은 아래 <그림2>에 표현하고 있다.



<그림 2> 추세 및 기온변화를 반영한 냉난방부하 추정

그러나 본 추정 방법은 연중 365일간의 일별 냉난방부하를 모두 추정하지 못하고, 기온도 절대적 기온 수치만을 사용하여 영향력을 측정하는 한계를 가지고 있으므로, 아래 2.2에서는 보다 개선된 추정 모형을 제시하고자 한다.

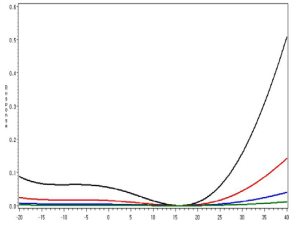
2.2 누적기온효과를 이용한 냉난방부하 추정 모형

본 추정 모형에서는 최대전력수요에 대한 기온의 영향을 고려하기 위해 “누적기온효과”라는 새로운 변수를 사용하였고, 최대전력의 추세요인인 기본부하를 고려하기 위해 “표준화된 일별 발전량”을 도입하였으며, 명절이나 휴일 같은 특수일과 관련된 불규칙 요인도 변수화하여 모형의 정확도를 향상시켰다.

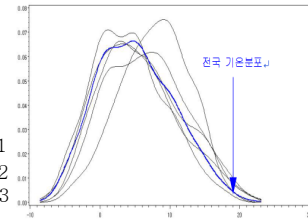
2.2.1 누적기온효과

일반적인 기온효과는 기온반응함수와 기온분포함수를 곱한후 적분값을 통해 아래와 같이 구하는데, 본 연구에서는 일반적인 기온반응함수를 사용하지 않고 누적기온반응함수를 사용하였다. 본 추정 모형이 일별 추정모형이므로 분석하고자하는 날의 피크는 당일의 기온뿐만 아니라 3일전, 2일전, 하루전의 기온으로부터 누적적으로 영향을 받을 가능성을 함수

화한 것이다.



〈그림 3〉 누적기온반응함수



〈그림 4〉 일별 기온분포함수

이러한 비선형 누적기온반응함수는 다음과 같은 다항식형(polynomial)과 삼각함수형(trigonometric)을 포함하는 시리즈 추정을 통해 모형화하였다.

$$g(s^*) = \alpha + \beta_1 s^* + \beta_2 s^{*2} + \beta_3 \cos 2\pi s^* + \beta_4 \sin 2\pi s^* + \varepsilon$$

$$s^* : \frac{s+20}{60}, -20^\circ\text{C} < s(\text{기온}) < 40^\circ\text{C}$$

아울러 매일 일별 24개 기온을 분포화한 기온분포함수는 아래와 같은 “커널 비모수밀도함수 추정법”을 통해 구했다

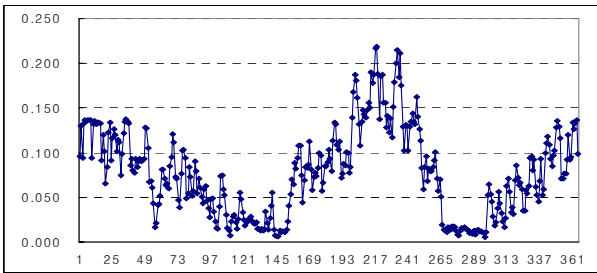
$$\hat{f}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \int K(t)dt = 1, \int t^2 K(t)^2 dt < \infty$$

K : normal 커널함수, h : 계급구간(bandwidth), x : 기온값, x_i : 기온구간대표값

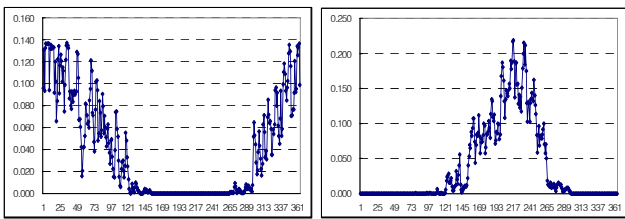
결과적으로 위에서 도출한 누적기온반응함수와 365일 일별 표준화된 기온분포함수들과의 곱의 적분을 통해, 일별 기온효과를 구하고, 냉난방부하 추정모형의 변수로 사용하였다.

$$\int g(s^*) f_t(s) ds \quad \text{---- } g : \text{기온반응함수}, f_t : \text{기온분포함수}$$

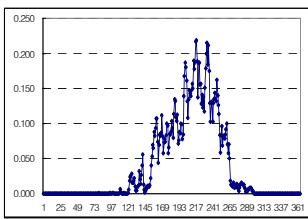
$$s^* : \frac{s+20}{60}, -20^\circ\text{C} < s(\text{기온}) < 40^\circ\text{C}$$



〈그림 5〉 일별 누적기온효과



〈그림 6〉 일별 난방기온효과



〈그림 7〉 일별 냉방기온효과

본 연구에서는 일별 냉난방부하를 구하기 위해 전체 누적기온효과를 난방과 냉방 기온효과로 분리 추출하는 것을 특별히 모형화 하였다.

2.2.2 기타 변수 도입

아울러 계절성부하인 냉방 및 난방부하를 추출하기 위해 최대전력의 추세요인인 기본부하를 “표준화된 일별 발전량”을 반영하여 도출하였는데, 이는 일별 발전량을 각각 앞 3개월, 뒤 3개월까지 총 6개월을 평균하여 이동 평균을 구한값이다. 아울러 명절이나 휴일 같은 특수일과 관련된 불규칙 요인을 변수화하기 위해 월요일, 토요일, 일요일, 공휴일 효과를 별도로 구하고, 아울러 추석과 구정같은 명절에 대해서도 명절 전 2일과 명절 후 3일 기간의 일차별 영향을 반영하였다.

2.2.3 냉난방부하 추정모형

본 연구에서는 일별 최대전력을 피설명변수, 누적기온효과, 특수일 효과, 표준화된 일별 발전량 등을 설명변수로 놓고, 서로 간의 상관관계를 모형화하기 위해 공적분 및 오차수정모형을 아래와 같이 설정하였는데, 공적분 모형식은 아래와 같이 설정하였고, 모형의 적정성을 확보하기 위

해 공적분 검정을 통해 변수간에 공적분관계가 있음을 확인하였으며, 개별 변수들의 적정성을 유의미한 t-value 값을 통해 입증하였다.

$$\log(\text{Peak}_t) = \alpha + \beta \text{TE}_t + \sum_{i=1}^s \delta_i \text{SDE}_i + \gamma \log(\text{SDG}_t) + \varepsilon_t$$

$$= \alpha + \beta \text{TECL}_t + \beta \text{TEHL}_t + \sum_{i=1}^s \delta_i \text{SDE}_i + \gamma \log(\text{SDG}_t) + \varepsilon_t$$

본 모형식에서 TE는 누적기온효과를 SDE(special day effect)와 SDG(standardized daily generation)는 각각 특수일 효과와 표준화된 일별 발전량을 나타내며, 그리고 TECL과 TEHL은 각각 냉방기온효과와 난방기온효과를 나타내는데, 각 변수에 대한 계수값과 t-value는 아래와 같다.

변수	계수값	T-value	변수	계수값	T-value
상수항	-2.988	-50.699	명절	-0.544	-22.698
누적기온효과	0.181	4.264	명절 +1	-0.461	-19.235
월요일	-0.003	-0.645	명절 +2	-0.279	-15.253
토요일	시간변동계수		명절 +3	-0.112	-6.151
일요일	시간변동계수		선기일	-0.125	-4.267
12월 31일	-0.141	-5.362	연휴	-0.017	-1.100
석가탄신일	-0.158	-6.202	샌드위치 Day	-0.054	-3.902
명절 -2	-0.127	-6.947	하계휴가	-0.183	-14.440
명절 -1	-0.444	-24.320	표준화된 일별 발전량	1.00	223.63

2.3 냉난방부하 추정 결과

상기 2.1에서 제시한 첫 번째 추정방법인 “추세 및 기온변화를 반영한 추정방법”을 통해 도출된 냉방 및 난방부하 추정결과는 아래와 같다.

	2006	2007	2008	2009	2010
하계피크(MW)	58,994	62,285	62,794	63,212	69,886
냉방부하(MW)	12,976	13,466	13,045	11,155	15,062
비중(%)	22.0	21.6	20.8	17.7	21.6
동계피크(MW)	55,402	60,947	62,645	68,963	71,840
난방부하(MW)	9,485	12,899	12,845	14,887	16,697
비중(%)	17.1	21.2	20.5	21.6	23.2

상기 2.2에서 제시한 두 번째 추정방법인 “누적기온효과를 반영한 추정 모형”에 의한 냉방 및 난방부하 추정결과는 아래와 같다.

	2006	2007	2008	2009	2010
하계피크(MW)	58,994	62,285	62,794	63,212	69,886
냉방부하(MW)	14,248	14,340	13,557	11,975	14,144
비중(%)	24.2	23.0	21.6	18.9	20.2
동계피크(MW)	55,402	60,947	62,645	68,963	71,840
난방부하(MW)	8,816	11,097	13,098	14,995	16,462
비중(%)	15.9	18.2	20.9	21.7	22.9

최근 5년간 수치 변화를 보면, 점유 비중으로 볼때 냉방부하는 하향세를 보이다가 2010년에 급격히 늘어나고 있고, 난방부하의 경우는 지속적으로 상승세를 보이다가, 2010년에는 냉방부하와 마찬가지로 대폭 상승하는 모습을 보이고 있다.

3. 결 론

냉방 및 난방부하를 추정하기 위해서는 최대전력수요를 설명할 수 있는 변수를 효과적으로 선정하는 것이 중요하며, 본 연구의 두 번째 방법으로 제시한 “누적기온효과를 이용한 추정모형(상기 2.2)”에서는 변수들 간에 공적분 관계를 이용하고, 엄격한 통계적 검증을 거쳐, 변수 도입의 적정성 문제를 해결하였고, 공적분 및 오차수정이론을 추정 모형의 기초 토대로 제시함으로써, 체계적인 추정 모형을 새롭게 확보할 수 있었다. 아울러 도출 결과의 검증을 위해, 기존의 추정 방법을 개선한 “추세 및 기온변화를 반영한 추정 방법(상기 2.1)”을 새롭게 제시하였는데, 두가지 방법으로 추정한 냉방 및 난방부하 모두 비슷한 결과를 보여주고 있다.

그러나 이번 연구에서 제시한 추정 방법은 모두 전력자료의 시계열적 특성을 반영하여 구축된 방법론으로 정확한 현상을 전달하기에 미흡한 면이 있을 수 있으므로, 향후에는 냉방 및 난방기기 보급 통계를 정확히 조사하고, 이에 기반한 추정 방법의 연구가 필요하다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박준용, “단기전력수요예측시스템”, 서울대 경제연구소, 2001
- [2] 박준용, “전력시계열 계절조정시스템”, 서울대 경제연구소, 2002
- [3] 박준인, “단기전력수요예측이론”, 성균관대 경제연구소, 2007