

온도특성에 대한 데이터 정제를 이용한 제주도의 단기 전력수요예측

논 문
58-9-7

Short-term Load Forecasting of Using Data refine for Temperature Characteristics at Jeju Island

김기수* · 류구현* · 송경빈*
(Ki-Su Kim · Gu-Hyun Ryu · Kyung-Bin Song)

Abstract - This paper analyzed the characteristics of the demand of electric power in Jeju by year, day. For this analysis, this research used the correlation between the changes in the temperature and the demand of electric power in summer, and cleaned the data of the characteristics of the temperatures, using the coefficient of correlation as the standard. And it proposed the algorithm of forecasting the short-term electric power demand in Jeju. Therefore, in the case of summer, the data by each cleaned temperature section were used. Based on the data, this paper forecasted the short-term electric power demand in the exponential smoothing method. Through the forecast of the electric power demand, this paper verified the excellence of the proposed technique by comparing with the monthly report of Jeju power system operation result made by Korea Power Exchange-Jeju.

Key Words : Load forecasting, Correlation, Exponential smoothing method, Temperature

1. 서 론

전력수요형태는 경제성장에 따른 국민생활의 수준향상으로 전력소비가 지속적으로 증가하고 있다. 제주도 전력수요 전망으로는 2006년부터 2020년까지 연평균 2.4 [%] 증가를(2006년:298만 [MW], 2020년:396만 [MW])전망하고, 최대전력은 2020년까지 연평균 4.1 [%] 수준으로 다소 높은 증가세를(2006년 : 520 [MW], 2020년 : 880 [MW])전망하고 있다[1]. 또한 우리나라는 2013년부터 적용되는 교토의정서 2차 의무 기간에 온실가스 감축대상국으로 포함될 가능성이 높음에 따라, 제주지역에 대용량 분산전원이 증가하고 있으며, 풍력발전의 경우 현재 건설예정인 풍력설비가 예정대로 모두 건설된다면 2008년7월에는 총 149.1 [MW]의 풍력설비가 운전되어 제주도 발전설비용량 893.5 [MW]의 16.7 [%]에 달하게 된다[1][2]. 이러한 시기에 과거제주의 전력수요변동특성을 파악하고 이를 기준으로 단기수요예측에 적용하여 운영함으로써 최적의 전력계통 운영을 할 수 있을 것이다[3]. 본 논문에서는 하절기 기온의 변화와 전력수요의 상관성을 이용하며, 온도특성에 대한 데이터 정제를 이용하여 각각의 온도영역별 데이터를 사용 지수평활화법으로 제주도의 단기 전력 수요를 예측하였다.

2. 본 론

2.1 제주지역 전력수요 특성

제주지역은 관광도시로서 산업용 부하는 거의 없으며 대부분의 전력수요는 호텔, 음식점, 상가 등에서 발생한다[4]. 제주지역의 연간전력수요는 계속해서 증가하고 있으며, 2001년 이후 1990년대 비해 다소 증가추세가 둔화 되었으나, 연평균 전력수요 증가율은 9.7 [%](1991~2000), 및 6.8 [%](2001~2005)로 증가하고 있다[1]. 1998년 전력최대수요는 283.6 [MW]이며, 2006년은 514.6 [MW], 2007년은 551.9 [MW], 2008년은 552.7 [MW]이다.

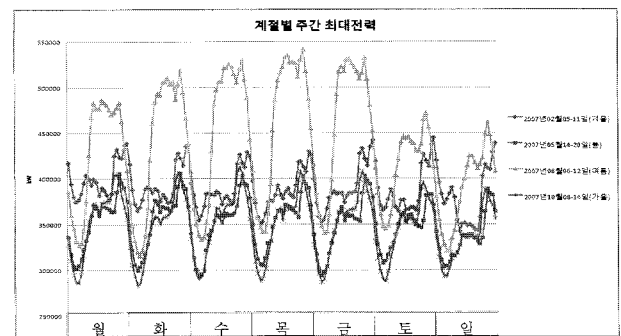


그림 1 계절별 최대전력수요특성

Fig. 1 Demand of maximum electric power by season

계절별 한주의 전력수요특성을 분석하기 위해 2007년 특수일이 없는 주간을 시간당 최대전력을 이용하여 그림 1에 나타내었다. 2007년 봄의 최대전력은 월요일 21시경으로

* 준 회원 : 숭실대 공대 전기공학과 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 숭실대 전기공학과 조교수 · 공박

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr

접수일자 : 2009년 5월 29일

최종완료 : 2009년 7월 1일

405.5 [MW] 이었으며, 가을의 최대전력은 수요일 20시경으로 412.6 [MW]이었다. 봄, 가을의 수요특성은 그림 1와 같이 유사한 형태를 보이고 있다. 겨울의 최대전력은 토요일 24시경으로 445.1 [MW]이었으며, 봄, 가을과 비교해 최대전력 수요가 높으면서 낮 시간대의 수요변동특성이 낮은 것을 볼 수 있다. 여름의 최대전력은 목요일 21시경으로 542.0 [MW]이었고, 최대전력이 다른 계절과 비교해 확연히 높고 수요변동특성 또한 가장 큰 것을 볼 수 있다.

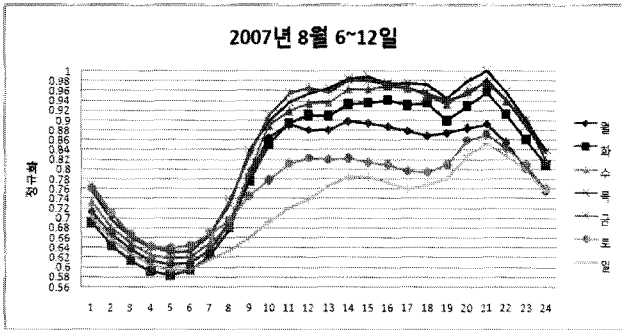


그림 2 요일별 전력수요특성
Fig. 2 Demand of electric power by day

요일별 수요특성은 평일의 수요특성과 주말의 수요특성으로 분류할 수 있으며, 대표적으로 여름철의 특성을 분석하기 위해 2007년 8월의 특수일이 없는 주를 정규화를 통해 요일별로 그림 2에 나타내었다. 주말에 비해 평일의 전력사용량이 많으며 월, 화, 수, 목, 금요일의 수요특성은 비슷한 형태를 보인 반면 주말인 토, 일요일은 평일보다 감소하는 특성을 보이고 있다.

2.2 하절기 전력수요 특성

봄, 가을, 겨울은 온도의 증가에 전력수요변동에 거의 영향을 주지 않는다. 하지만 여름기간은 냉방부하의 사용으로 최대온도가 최대수요에 큰 영향을 준다.

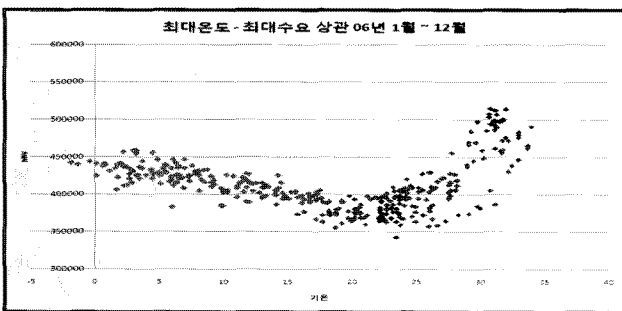


그림 3 2006년 최대수요와 최대온도와의 상관관계[5]
Fig. 3 Correlation between the maximum temperature and the demand of maximum electric power

최대수요와의 상관관계를 분석함에 있어 최고온도를 이용하는 이유는 온도의 영향에 따른 수요의 변동은 평균온도나 최저온도에 비해서 더욱 민감하기 때문이다[6]. 즉, 하절기는 냉방부하의 증가로 다른 계절과 비교해 온도와 최대전력수요가 상관관계를 가진다. 따라서 온도에 따른 수요특성을 분석하기 위해 2006년의 온도와 최대전력의 상관관계를 그림 3에서 보여주고 있다. 다음과 같이 30°C 이상에서 최대전력수요가 높은 것을 볼 수 있으며, 20°C~25°C에서 가장 낮은 것을 볼 수 있다.

2.3 단기 전력수요예측 알고리즘

최대온도와 최대전력 두 변수 사이의 관련성 정도를 정확하게 나타내는 값을 상관계수라고 부르며, 그림 5은 상관계수를 이용한 데이터 정제를 보여주는 그림이다. 두 측정값이 완전한 연관성을 보이면, 즉 한 요인의 값이 커지면 다른 요인의 값도 커지고, 작아지면 다른 요인의 값도 작아질 때, 완전한 양의 상관계수를 보인다고 하고 이때의 상관계수는 1이 된다. 반면에 두 변수 사이에 연관성이 전혀 없으면 상관계수가 없다고 하고 이때의 상관계수는 0이 된다[8]. 제안된 수요예측 알고리즘은 그림 4와 같다.

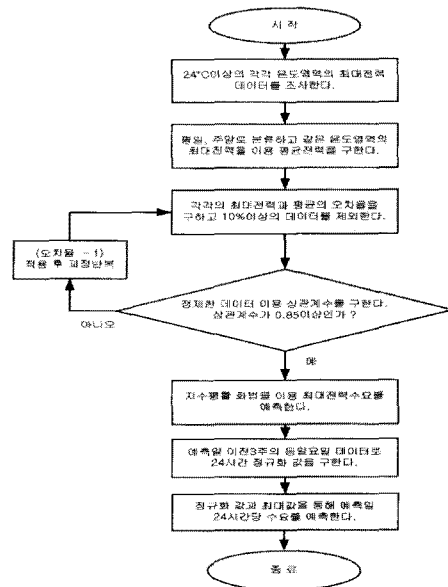


그림 4 제안된 수요예측 알고리즘 흐름도
Fig. 4 Algorithm of forecasting

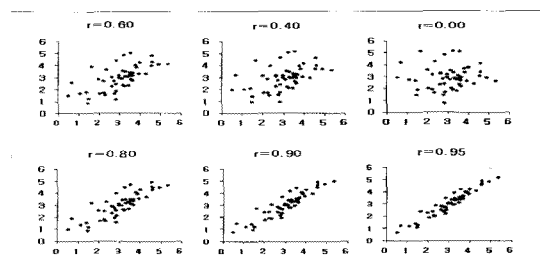


그림 5 상관계수 변화에 따른 모양의 변화[8]
Fig. 5 Change of a correlation coefficient

2.4 온도특성에 대한 데이터 정제를 이용한 예측일의 최대수요 값 예측

1) 최대온도와 최대전력의 상관계수를 구하기 위해 24℃ 이상의 각온도데이터를 이용하며, 데이터는 주말과 평일로 나누고 필터링을 통해 상관계수가 1에 가까운 데이터를 얻으려한다. 상관계수의 계산과정은 다음과 같다[8].

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}} \quad (1)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum y^2 - (\sum y)^2/n}{n-1}}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} \quad (2)$$

여기서, x 는 온도, y 는 최대전력 이다. 이들 자료로부터 표본평균 (\bar{x} 와 \bar{y})과 표본표준편차 (S_x 와 S_y)를 계산할 수 있다. 따라서 상관계수 r 는 위 식에 의해서 계산되어진다. 상관계수가 1에 가까운 데이터를 얻기 위한 필터링과정은 다음과 같다.

2) 예측기간은 6월에서 9월까지의 24℃ 이상의 온도데이터를 이용하였고 평일, 주말의 각각 같은 온도의 최대전력을 구한다. 최대전력을 이용 평균전력을 구한다.

$$Avg_MW_{\max}^{TS} = \sum_i^n MW_{\max}^{TS} / N \quad (3)$$

여기서, MW_{\max}^{TS} 는 같은 온도의 최대전력, $Avg_MW_{\max}^{TS}$ 는 최대전력의 평균이다.

3) 각각의 최대전력과 평균의 오차율을 구하고 10%이상의 데이터는 제외한다.

$$Error(\%) = \frac{|Avg_MW_{\max}^{TS} - MW_{\max}^{TS}|}{Avg_MW_{\max}^{TS}} \times 100 \quad (4)$$

단, $Error [\%] < 10 [\%]$

필터링한 데이터를 이용하여 1)의 과정을 수행한다. 상관계수가 1에 가까울 경우(0.85이상) 다음과정 4)을 수행하고 1에 가까지 않을 경우 3)의 오차율을 감소해가며 1에 가까울 때까지 과정을 반복한다. 여기서, 상관계수는 0.85이상을 사용한다.

4) 필터링한 각각 최대온도의 최대전력을 이용하여 예측

일의 예상 최대온도를 이용 지수평활화법을 사용하여 최대 수요 값을 예측하며, 식은 다음과 같다.

$$Y_d = \alpha I_{r_1}^{TS} + \alpha(1-\alpha)I_{r_2}^{TS} \quad (5)$$

$$+ \alpha(1-\alpha)^2 I_{r_3}^{TS} + (1-\alpha)^3 Y_{d-3}$$

여기서, I 는 실측치, TS 는 같은 온도영역, Y_d 는 예측치, r 은 rank, α 는 $1/N$ 으로 N 은 관측 데이터의 수이다. 입력데이터로 예측일의 예상최대온도와 동일한 온도영역의 3일 최대수요를 사용하여 예측일의 최대수요 값을 산정 한다.

2.5 평상일 24시간 수요예측

24시간별 부하를 예측하기위해 과거 3개주에 대한 부하를 사용한다. 즉, 예측일 이전 3주중 예측일과 동일한 요일을 검색하고 각 날의 24시간 부하를 통해 정규화 값을 구한 다음 평균하여 예측일의 24시간 정규화 값을 구한다. 이전 3주의 데이터로 24시간별 부하의 평균 정규화 값을 구하는 식은 다음과 같다. (이전3주중 특수일이 있으면 제외시키고 그 전주의 동일요일을 택함)

$$Avg_PU_t = \frac{|MW_t|}{|MW_{\max}|} \quad (6)$$

식에서 Avg_PU_t 는 예측일의 24시간 정규화 값이며, MW_{\max} , MW_t 는 예측일 이전 동일요일의 최대값, 시간당 부하 값을 나타낸다. 따라서 예측일의 시간당 수요는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$Y_t = Y_{\max} * Avg_PU_t \quad (7)$$

여기서, Y_t 는 예측일의 시간당 수요 값이며, Y_{\max} 는 예측일의 최대값, Avg_PU_t 는 24시간 정규화 값이다. 이를 통해 예측일의 24시간의 모든 수요값을 예측한다.

3. 사례 연구

현재 제주계통은 수요예측을 위한 데이터로 과거년도, 전력수요, 기상변화에 따른 기온변화, 발전실적, 시간대별수요 등 여러 가지 데이터를 이용하여 수요예측을 하고 있다. 2007년도 제주지역에 대한 한국전력거래소 제주지사에서 예측한 수요예측 오차율의 연간 누계목표는 2.20 [%]이며, 오차가 큰달을 보면 7월의 경우 3.16 [%]의 오차율, 8월은 2.76 [%]의 오차율, 9월은 2.93 [%]의 오차율을 보이고 있다 [7].

여름기간동안에는 평일이든 주말과 월요일이든 상관없이 온도의 영향으로 예측오차가 크게 나타난다. 7월과 8월 동안에 높은 온도가 에어컨 사용을 유발하여 다른 달보다 더 큰

전력소비를 발생시키기 때문이다. 본 논문에서는 하절기 기온의 변화와 전력수요의 상관성을 이용하였으며, 온도특성에 대한 데이터 정제를 이용하여 각각의 온도영역별 데이터를 사용하여 지수평활화법으로 제주도의 단기 전력 수요를 예측하였다. 이 모든 방법은 제안한 단기수요예측 알고리즘 안에 포함되며 일주일의 하루하루를 예측함으로써 한주가 예측되는 방법이다. 수요예측 오차는 다음의 식으로 계산한다[9].

$$Error(\%) = \frac{|P_t^{Forecast} - P_t^{Actual}|}{P_t^{Actual}} \times 100 \quad (8)$$

여기서, $P_t^{Forecast}$ 는 예측일의 시간당 예측값이고, P_t^{Actual} 는 예측일의 시간당 실측값이다.

제안된 방법을 이용 수요예측의 정확도를 확인하기 위해 2007년 8월의 한주를 예측하고 [7]의 오차율과 비교하여 표 1에 제시하고 수요그래프를 도시한다.

표 1 2007년 8월 20일~26일 수요예측
Table 1 Forecasting for 8.20~8.26, 2007

요일	제안된 방법을 이용한 최대값의 예측오차(%)	제안된 방법을 이용한 24시간예측값의 평균오차(%)	주간 평균오차(%)
8.20(Mon)	1.0226	1.3547	1.4517
8.21(Tue)	0.2313	0.9388	
8.22(Wed)	0.1831	1.7798	
8.23(Thu)	0.6548	1.1668	
8.24(Fri)	0.2048	0.8797	
8.25(Sat)	2.3998	2.3018	
8.26(Sun)	3.5199	1.7401	

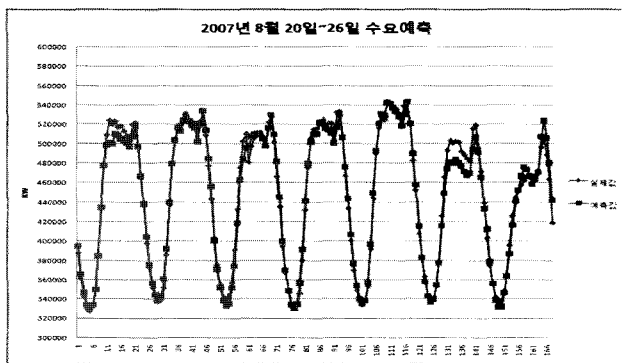


그림 6 2007년 8월 20일~26일 수요예측
Fig. 6 Forecasting for 8.20~8.26, 2007

4. 결 론

본 연구는 제주수요특성분석을 통하여 계절별, 주별, 수요특성을 분석하였고, 하절기 기온과 전력수요와의 상관관계를 분석 하였다. 온도특성을 반영하여 여름기간 중 한주의 수요를 예측하기 위해 온도와 최대전력의 상관계수 ($r=0.89$)를 이용하여 수요를 예측하였다. 그 결과 제안된 알고리즘은 8월의 한주를 예측한 결과 [7]의 오차율 2.76%에서 1.45%로 낮

추었다. 하지만 상관계수와 그에 따른 수요예측의 정확도를 높이기 위한 온도특성을 반영한 데이터가 부족한 것을 볼 수 있었으며, 앞으로는 전년도 및 과거년도의 데이터를 사용하여 수요를 예측할 방법이 필요 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 에너지자원 인력양성사업을 통한 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 산업자원부, “제3차 전력수급기본계획(2006~2020년)”, 제2006-349호, pp.11-16, 2006. 12. 12
- [2] 산업자원부, “기후변화협약 대응 제3차 종합대책”, 기후변화협약 대책위원회, 2006. 2
- [3] 안대훈, 이상중, “시간대별 상대계수를 이용한 특수일이 포함된 평일의 전력수요예측” 한국조명전기설비학회, 조명·전기설비학회논문지 제19권 제5호, 2005. 7, pp. 94-102
- [4] 산업자원부, 에너지관리공단, “수용가 부하곡선을 이용한 전력사용형태 분석”, pp.308-316, 2004. 1
- [5] 제주지방기상청, <http://jeju.kma.go.kr/index.html>, 자료실, 태풍자료
- [6] 공성일, 백영식, 송경빈, 박지호, “온도에 대한 민감도를 고려한 하절기 일 최대전력수요예측”, 대한전기학회 전력기술부문 춘계학술대회논문집, 2003
- [7] 한국전력거래소 제주지사, “제주지역 계통운영 실적”, 2007~8. 1월~12월
- [8] 김연형, “통계학의 이해와 응용”, 형설출판사, 1998
- [9] 송경빈, 하성관, “단기수요예측 알고리즘”, Trans. KIEE.
- [10] 하성관, 김병수, 송경빈, “지수평활화법을 이용한 평일의 24시간 단기수요예측”, 대한전기학회 춘계학술대회, 2004.
- [11] 위영민, 송경빈, 주성관, “결정계수 기반의 데이터 마이닝을 이용한 특수일 최대 전력 수요 예측”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp16-18, 2008.7

저 자 소 개



김기수 (金奇洙)

1981년 4월 1일생. 2007년 위덕대 전기공학과 졸업. 2007년~현재 숭실대 대학원 전기공학과 석사과정
Tel : (02) 826-6648
E-mail : kgs4763@yahoo.co.kr



류 구 현 (柳 求 鉉)

1979년 11월 12일생. 2006년 위덕대 전기
공학과 졸업. 2006년~현재 숭실대 대학
원 전기공학과 석사과정

Tel : 02) 826-6648

E-mail : ryugh@naver.com



송 경 빈 (宋 敬 彬)

1963년 9월 15일생. 1986년 연세대전기공
학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과
졸업(석사). 1995년 텍사스 A&M전기공
학과 졸업(공학). 1996년 한전전력연구원
선임연구원. 1998년 대구효성가톨릭대학
교 전임강사. 2000년 계명대학교 공학부
전임강사. 2009년 현재 숭실대학교 전기
제어시스템공학부 조교수

Tel : 02) 826-0648

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr