

온도에 대한 민감도를 고려한 하절기 일 최대전력수요 예측

論 文
53A-6-7

The Daily Peak Load Forecasting in Summer with the Sensitivity of Temperature

孔 成 一* · 白 榮 植** · 宋 敬 彬*** · 朴 志 皓§
(Sung-Ill Kong · Young-Sik Baek · Kyung-Bin Song · Ji-Ho Park)

Abstract - Due to the weather sensitivity of the power load, it is difficult to forecast accurately the peak power load of summer season. We improve the accuracy of the load forecasting considering weather condition. We introduced the sensitivity of temperature and proposed an improved forecasting algorithm. The proposed algorithm shows that the error of the load forecasting is 1.5%.

Key Words :Load forecasting, Sensitivity of temperature, Korean national days

1. 서 론

전력산업은 1907년 미국의 뉴욕과 위스콘신에서자연독점의 행태로 운영이 시작되었으며, 현재는 칠레, 영국, 오스트레일리아, 북유럽과 미국이 전력산업에 대한 구조 개편을 완성하기에 이르렀다. 우리나라도 2001년 4월 한국 전력의 발전부문을 분할하고 발전회사 간 경쟁체제를 도입하고 있으며 현재는 양방향 가격입찰시장을 준비하고 있다. 발전 부문의 경쟁이 도입되었으며, 보다 체계적인 전력산업의 경쟁으로 에너지산업의 효율성과 경쟁력이 제고되길 기대한다. 전력시장의 개편과 함께 전력수요의 정확한 예측은 안정적인 전력수급뿐만 아니라 전력시장 참여자에게 매우 중요한 기초 자료를 제공하고 있다. 발전 참여자에게는 입찰과 경영계획의 중요 자료가 되며, 송전망 운영자에게는 송전망의 안정적인 운영을 위해 필수 불가결한 자료이다. 전력수요 예측은 예측의 정확도가 매우 중요하다. 우리나라 최근의 전력수요예측 기법의 오차를 살펴보면, 1995년에서 1997년 사이 3년간의 실적자료를 대상으로 한 예측의 정확도가 평일은 평균 2.57%이고, 주말의 경우 3.67%, 특수일은 평균 5.5%로 나타났다.[1,2] 하절기의 제한전과 광복절의 경우 오차율이 5%대의 높은 오차율을 나타내었다.[4] 해외동향을 보면, 전력수요예측 문제에 내재된 비 선형성과 불확실성을 반영하기 위하여 인공지능형 접근 방식인 신경회로망과 퍼지이론의 도입으로 활발한 연구

를 수행하고 있다.[6,7,8,9,10]본 연구에서는 하절기 냉방부하에 의한 전력수요 변화를 정확히 예측하기 위해 하절기 온도를 상승기와 하강기로 구분하고, 과거 10년의 최고온도와 최대부하 데이터를 이용하여 단위온도에 대한 민감도를 도출하였다. 도출한 민감도를 통하여 하절기 평일 최대부하예측을 수행하였다. 제안한 알고리즘의 하절기 일 최대전력수요 예측의 오차율은 1.5%정도로 크게 개선하였다.

2. 본 론

2.1 국내 하절기 일중 온도 특성

하절기의 경우 온도의 상승에 따른 냉방부하의 수요가 급증한다. 따라서 수요 예측을 할 경우 온도의 영향을 고려해야 한다. 그러기 위해서는 하절기 기상감응 수요변동 특성을 파악해서 반영해야 한다. (1)에서 지역별 영향을 고려한 전국 최고온도를 도출하는 과정을 보여준다.

$$\text{전국최고온도} = \sum \text{지역최고온도} * \text{지역 수요분포비율} \quad (1)$$

표 1은 지역별 수요분포비율이다.

표 1 지역별 수요분포비율
Table 1. Weather adding coefficient of each region

지 역	서울	부산	대구	대전	광주
수요 분포 비율	0.5	0.22	0.13	0.09	0.05

* 學生會員 : 慶北大學 電氣工學科 碩士課程
 ** 正 會 員 : 慶北大學 電子電氣工學部 正教授 · 工博
 *** 正 會 員 : 崇實大學 電氣制御工學部 專任講師 · 工博
 § 正 會 員 : 慶北大學 電子電氣工學部 契約教授 · 工博
 接受日字 : 2003年 11月 4日
 最終完了 : 2004年 4月 22日

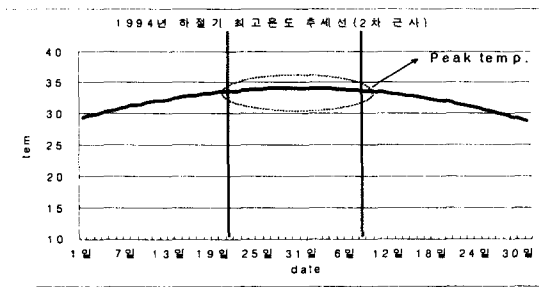


그림 1 1994년 하절기(7~8월) 최고온도 추세곡선
Fig. 1 Tendency curve of summer season max temperature in 1994

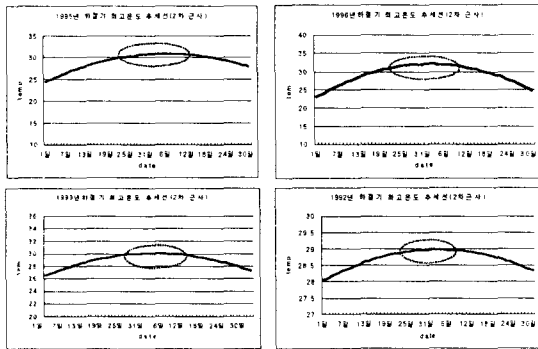


그림 2 1992년, 1995년, 1996년, 1999년 하절기 최고온도 추세곡선
Fig. 2 tendency curve of summer season max temperature in 1992, 1995, 1996 and 1999

그림 1과 2는 하절기 최고온도 추세곡선이다. 실제 데이터에 의해서 그려진 그래프이며 공통적으로 분석해 볼 수 있는 것이 하절기 온도의 최고점이 7월말에서 8월 초순에 걸쳐서 나타남을 알 수 있다. 이런 데이터를 바탕으로 하절기 일별 최고온도의 도출기간은 현재의 시점에서 최근 10년을 바탕으로 하였다. 최고온도를 이용하는 이유는 온도의 영향에 따른 수요의 변동은 평균온도나 최저온도에 비해서 더욱 민감하기 때문이다. 그림 1과 2에서 볼 수 있듯이 하절기의 온도의 상승기와 하강기가 뚜렷이 구분되어지는 경향을 보여준다. 이로 인해서 온도상승기의 부하에 대한 민감도와 온도하강기의 부하에 대한 민감도가 다를 것이라는 예상이 가능하다. 즉, 온도 상승기의 1도 증가에 대한 민감도와 온도 하강기의 1도 증가에 대한 민감도가 다르다는 것을 예상할 수 있다.

2.2 하절기 최고온도와 최대부하관계

그림 3은 2000년 4월과 10월을 대상으로 온도와 부하의 관계를 보여준다. 춘계와 추계의 경우 하계와는 달리 온도의 증감에 따라서 부하의 증감에 거의 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. 춘계와 추계의 경우 일 최고온도가 냉방수요가 요구될 만큼 상승하지 않는다. 그러므로 온도의 변화에 따른 부하의 변화 또한 온도에 종속적이지 않다는 것을 알 수 있다.

그림 4는 2000년 7월과 8월을 대상으로 온도와 부하의 관계를 나타내고 있다. 그림 3에서 보면 춘계와 추계와는 달리 온도의 증감에 따른 부하의 증감이 상호 밀접한 연관이 있다는 것을 보여준다.

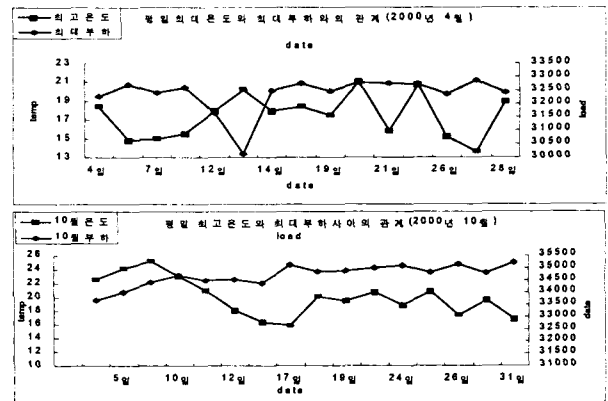


그림 3 봄, 가을의 최고온도와 최대부하사이 관계
Fig. 3 Comparison between the highest temperature and peak load in spring and autumn

2000년 7월 21일의 그래프를 보면 온도가 증가함에 따라서 부하가 감소하는 특이한 경우도 존재하지만 대부분 하절기의 부하와 온도의 관계는 온도가 증가하면 부하도 증가하고 온도가 감소하면 부하도 감소하는 형태를 보여주고 있다

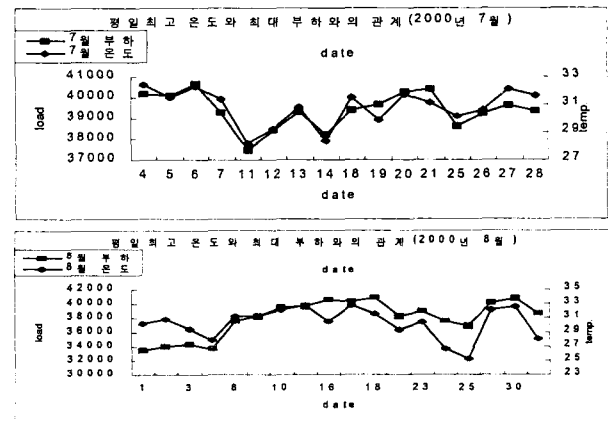


그림 4 여름의 최고온도와 최대부하 사이의 관계
Fig. 4 Comparison between the highest temperature and the peak load in summer season (July and August in 2000)

그리고 하절기의 경우 가령 섭씨 27~28도에서 1도 상승과 섭씨 30~31도에서의 1도 상승에 대한 부하의 변화가 물론 다를 것으로 예상되나 본 논문에서는 선형적으로 가정하고 전개해간다.

2.3 하절기 최고온도와 최대부하사이의 민감도 도출

그림 5는 민감도 도출을 위한 간단한 흐름도이다. 표본 데이터는 1991년부터 2000년까지 하절기 온도상승기와 하강기의 일별 최고온도 및 최대부하 데이터를 이용했다. 온도 데이터는 기상청 홈페이지를 이용해서 자료를 취득했으며 부하 데이터는 한국 전력 공사의 자료를 이용했다.

온도의 상승기와 하강기로 구분하는 이유는 온도 상승기와 하강기 때의 온도의 민감도가 차이를 보이기 때문이다. 예를 들면 통상 온도의 상승기를 7월, 온도의 하강기를 8월로 보았

을 때 이중 온도 1도 상승에 대한 부하의 증가율이 7월에서 더욱더 민감하다는 것이다. 즉 7월에서 1도 상승이 8월에서의 1도 상승보다 전체 부하가 더 많이 증가한다는 것이다. 이로 인해서 본 논문은 온도의 상승기와 하강기로 구분해서 민감도를 구하고 결론을 도출한다. 그림5에서

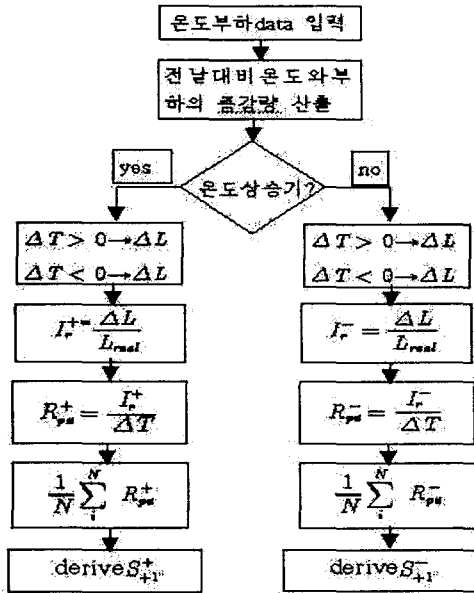


그림 5 온도의 민감도 도출을 위한 흐름도
Fig. 5 Flowchart for calculation sensitivity of temperature

ΔT : 전날 대비 온도 차이 I_r : increase rate
 R_{pu} : Rate per a unit
 S_{+1}^+ : 온도상승기의 1도 증가에 따른 민감도
 S_{+1}^- : 온도상승기의 1도 감소에 따른 민감도이다.

이러한 과정을 거쳐서 1991년~2000년 동안 하절기의 온도 상승기와 하강기로 구분해서 도출한 민감도를 다음 표에 나타내었다.

표 2 온도 1도 상승에 대한 부하 민감도
Table 2. Load sensitivity of 1C increase

온도 상승기	온도 하강기
1.66	1.25

표 3 온도 1도 감소에 대한 부하 민감도
Table 3. Load sensitivity of 1C decrease

온도 상승기	온도 하강기
-0.86	-1.05

표 2,3과 같이 온도의 상승기와 하강기의 민감도가 다르므로 각각 월별 민감도를 다르게 적용해야 수요예측의 정확성이 더 높아질 것이다. 이를 위해서는 온도의 상승기를 통상 7월로 보고 온도의 하강기를 8월로 볼 수 있다.

2.4 민감도를 병행한 하절기 수요예측 알고리즘

그림 6의 하절기 평일 최대전력수요예측 알고리즘은 과거 10년간의 하절기 평일의 민감도를 구해서 온도의 증가와 시기에 따른 민감도를 구분하여 하절기 평일 수요예측을 하는 알고리즘이다. 주위 깊게 관찰할 점은 온도의 상승기와 하강기 때의 온도의 증가에 따른 민감도가 다르게 적용이 된다는 점이다.

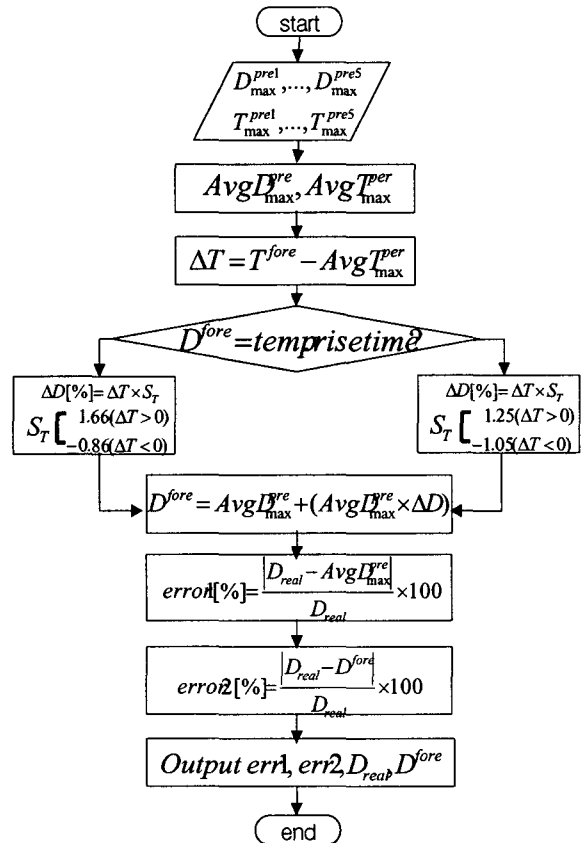


그림 6 민감도 이용한 하절기 최대수요예측 알고리즘
Fig. 6. Algorithm of summer season the max power load forecasting by using sensitivity

그림 6에서
 ΔT : 예측당일 온도와 직전5일 최고온도의 평균의 편차
 ΔD : 단위온도당 증감 비율
 D^{fore} : 예측 부하
 D_{real} : 예측일 실제 부하이다
 $D_{max}^{pre1}, \dots, D_{max}^{pre5}$: 예측일 직전 5일의 최대 부하
 $T_{max}^{pre1}, \dots, T_{max}^{pre5}$: 예측일 직전 5일 최대 온도
 $Avg D_{max}^{pre}, Avg T_{max}^{pre}$: 예측일 직전 5일의 최대 부하 및 최대 온도의 평균

온도 상승기 온도 1도 증가와 하강기 온도의 1도 증가를 비교해보면 상승기 때의 민감도가 많이 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 점은 물론 실제 데이터를 바탕으로 나온 결과이지만 결과를 두고 볼 경우 이러한 결과가 도출되는 것이 매우 타당한 결과라고 생각한다.

2.5 사례 연구

그림 6의 알고리즘을 바탕으로 1999년 7월 13일을 예측해 보겠다. 필요한 데이터는 7월 13일 직전 평일 5일의 최고온도와 최대부하의 데이터를 필요로 한다. 즉, 7월 13일 직전 5일은 7월 9일(금요일), 8일(목요일), 6일(화요일), 2일(금요일)의 데이터가 사용된다. 직전 5일의 최대부하의 평균과 최고온도의 평균을 결정한 다음 직전 5일의 최대부하의 평균과 예측 당일(7월 13일)의 최대부하와의 오차율을 구한다.

예측당일의 부하는 33568[MW]이고 직전 5일의 최대부하 평균은 32883[MW]이다. 이때의 오차율은 2.040[%]이다. 직전 5일의 최고온도 평균은 27.56도이고 예측당일의 최고온도는 28.9도이다. 그러므로 예측당일의 온도가 직전 5일의 최고온도의 평균보다 1.34도 더 크다. 예측을 하는 시기가 7월(온도의 상승기)이고 온도가 직전5일의 평균보다 증가하는 시기이므로 민감도는 1.66[%]을 적용해야 한다. 1.66[%]은 단위 온도 즉 1도 증가에 따른 부하의 민감도를 표현하는 것이다. 그러므로 온도의 증가수치 1.34도에 민감도 1.66[%]을 곱하여 수요예측을 수행한다. 그러므로 최종적으로 예측하고자 하는 예측수식과 예측부하는 다음과 같다.

$$Avg D_{pre}^{max} + Avg D_{pre}^{max} \times sensitivity \times \Delta T = D^{fore} \text{ [MW]}$$

(2)

$$32883 + 32883 \times 0.0166 \times 1.34 = 33614.45 \text{ [MW]}$$

이렇게 예측이 수행된 결과 오차율은 0.1384[%]가 나오고 직전 5일의 평균만으로 예측을 수행할 경우 보다 현저히 오차율이 낮아졌다는 것을 알 수 있다.

특수일로 분류되는 91년 8월 15일 광복절을 예측해 보겠다. 필요한 데이터는 광복절 직전 5일의 최고온도 데이터와 그 평균과 광복절 당일 최고온도를 알아야한다. 광복절 당일 최고온도가 31.2도 직전5일 최고온도의 평균이 29.72도이다. 그러므로 광복절 당일이 1.48도 더 높다는 것을 알 수 있다. 예측을 하는 시기가 8월(온도의 하강기)이므로 1도 증가에 따른 민감도 1.25[%]를 온도 상승분 1.48도에 대한 민감도 1.85[%]를 적용해야한다. 예측 당일인 광복절의 실제부하는 15959[Mw]이고 참고문헌[1]에 따른 퍼지 선형회귀분석법에 의한 예측값이 15648[Mw]로써 1.95[%]의 오차율을 보이고 있다. 예측값 15648[Mw]에 민감도 1.85[%]를 적용하면 결과는 다음과 같다.

$$Avg D_{pre}^{max} + Avg D_{pre}^{max} \times sensitivity \times \Delta T = D^{fore} \text{ [MW]}$$

$$15648 + 15648 \times 0.0125 \times 1.48 = 15937.5 \text{ [MW]}$$

예측 수행 결과 오차율은 0.1348[%]정도의 낮은 오차율이 도출되었으면 알 수 있다.

2.6 예측 결과의 분석

표 4와 그림 7은 민감도를 고려하기 전 후의 오차율을 표와 그래프로 나타내었다. 통상적으로 하절기 이외의 평일을 예측할 경우 직전 평일의 데이터를 이용하는 것이 일반적이다. 그러나 하절기를 예측할 경우 급격한 온도의 상승을 동반하므로 직전 평일만의 데이터에 의존해서 수요예측을 하는데 많은 어려움이 있고 또한 예측 오차율이 크다는 것을 표 4와 그림 6에서도 볼 수 있다.

표 4 예측결과 분석

Table 4. Analysis of load forecast result

	직전평일 5일 데이터를 이용한 평일예측 오차율[%]	온도(민감도) 고려한 경우 평일예측 오차율[%]
2000년7/4(화)	10.28	1.91
7/5(수)	7.82	2.62
7/6(목)	6.96	2.17
7/7(금)	1.74	1.03
8/24(목)	6.66	1.25
1999년7/13(화)	2.04	0.13
7/14(수)	2.52	1.42
7/15(목)	1.29	0.12
7/16(금)	3.00	1.91
8/20(금)	0.87	1.79
8/24(화)	5.99	3.67

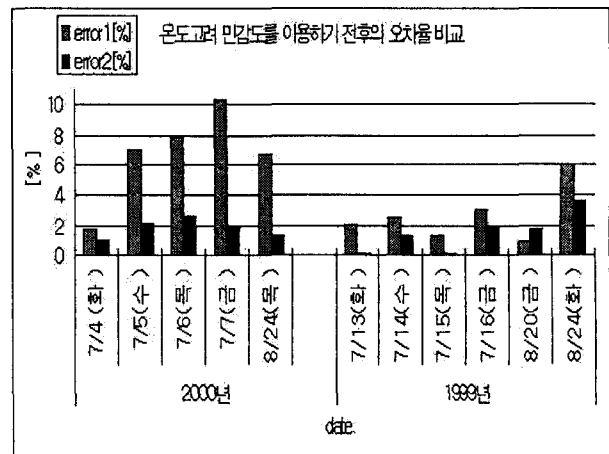


그림 7 민감도를 고려하기 전후의 오차율 비교

Fig. 7. comparison of sensitivity application with others

표 5 예측결과 분석

Table 5. analysis of load forecast result

	직전평일 5일 데이터를 이용한 평일예측 오차율[%]	온도(민감도) 고려한 경우 평일예측 오차율[%]
1998년8/25(화)	3.22	2.48
8/26(수)	1.48	0.71
8/27(목)	4.64	1.58
8/28(금)	2.77	2.49
1997년7/16(수)	3.08	2.82
7/18(금)	1.42	2.24
7/22(화)	6.95	1.07
7/23(수)	7.01	0.33
7/24(목)	4.42	0.93
7/25(금)	2.63	0.11
7/29(화)	0.21	0.045
7/30(수)	5.52	4.22
1996년8/20(화)	1.52	1.61
8/23(금)	4.17	0.57
8/27(화)	14.71	4.47

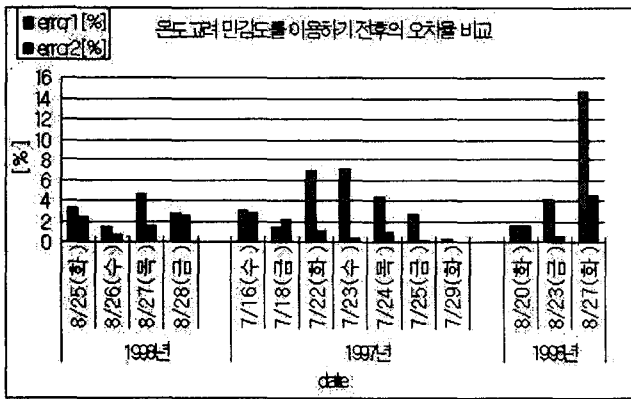


그림 8 민감도를 고려하기 전후의 오차율 비교
Fig. 8. comparison of sensitivity application with others

또한 직전 5일 데이터에 의존해서 구한 평일의 예측오차에 비해서 온도를 적용했을 때 현저한 오차율의 감소를 볼 수 있다. 그러나 매우 작은 일부 데이터의 경우 직전 5일을 이용한 오차보다 온도를 고려할 경우 오차율이 상대적으로 커지는 경우도 있으나 실행결과 매우 드물게 나타나는 정도이다. 표 4와 그림 7에서도 수요예측의 결과를 보여주고 있다. 1997년 7월 18일과 1996년 8월 20일의 경우 예측 오차율이 직전평일 5일보다 약간 커졌다는 것을 알 수 있으나 상대적으로 볼 경우 미미한 경우에 불과한 것이다. 1997년 7월 29일의 예측을 보면 직전 5일 데이터를 이용한 오차율은 0.21[%]로 매우 작으나 민감도를 고려할 경우 0.021[%]로 현저한 오차율의 감소를 보여준다.

표 6 예측결과의 분석
Table 6. analysis of load forecast result

하절기 특수일	퍼지 선형회귀분석법에 의한 오차율	온도의 민감도를 고려할 경우 오차율
92년 제헌절	1.51	0.19
96년 제헌절	5.55	0.37
97년 제헌절	1.14	4.15
98년 제헌절	3.48	5.16
91년 광복절	1.95	0.13
95년 광복절	4.41	2.71
96년 광복절	2.06	0.81
97년 광복절	5.06	6.38

표 6은 참고문헌[1]에서의 퍼지 선형회귀분석법에 의한 특수일 예측 오차율과 온도의 민감도를 이용할 경우 오차율에 관해서 비교하고 있다. 97년과 98년의 경우 IMF구제 금융을 받게 되는 특수한 시기로서 지속적인 경기침체로 전력의 데이터가 잘 맞지 않게 되는 현상을 볼 수 있다. 그 이외의 시기에는 온도의 민감도를 고려하여 예측을 수행할 경우 현저한 오차율의 감소를 볼 수 있다.

표 7은 1991년부터 2000년까지의 하절기(7월, 8월)의 평일 최대전력수요예측의 오차율의 평균이다. 하절기의 평일 최대 전력수요예측 오차율의 경우 1.579[%]로 춘계와 추계의 평일 최대전력수요 오차율보다 더욱 좋은 결과를 보이고 있다.

표 7 1991~2000년 온도민감도 고려하기 전후의 오차율 비교

Table 7. comparison of sensitivity application with others in 1991~2000

	직전평일 5일 데이터를 이용한 평일 예측 오차율[%]	온도(민감도)를 고려한 경우 평일 예측 오차율[%]
평균오차율	4.296	1.579

본 논문과 주간최대 전력수요예측 논문[3]과의 예측 결과 비교

표 8 본 논문의 오차율
Table 8. error of this paper

예측 기간	오차율[%]	오차율 평균[%]
1990.7.20	0.1367	0.5104
1990.7.24	0.9544	
1990.7.25	0.0189	
1990.7.26	0.9315	

표 9 타 논문의 오차율
Table 9. error of comparison paper

모델	예측기간	오차율[%]
모델1	1990.7.20~26	3.4979
모델2	1990.7.20~26	3.5830

논문[3]의 경우 모델 1과 모델 2로 표현되었다. 모델 1의 경우 30년간의 평년기온과 부하를 모델로 한 것이고, 모델 2는 효용성 검증을 위해서 실 기온을 사용한 모델이다. 논문[3]은 예측 수행한 결과 3[%]대의 오차율을 나타내고 있고 본 논문의 경우 동일기간 예측에서 0.5[%]대의 우수한 결과를 나타내고 있다. 타 논문의 예측 기간이 1990년 7/20~26일의 7일 중 토, 일, 월요일을 제외한 평일이다. 그러므로 예측 기간 또한 본 논문과 동일한 것이다. 그러므로 본 논문에서 제시한 하절기 수요예측의 방법이 매우 우수하다는 것을 입증할 수 있다.

3. 결 론

하절기의 경우 온도의 상승으로 인해서 온도에 따른 최대부하의 변화가 매우 큰 시기이다. 본 논문은 하절기 평일 최대 수요예측을 수행하기 위해서 과거 10년의 최고온도와 최대부하 데이터를 이용하여 단위온도에 대한 민감도를 도출하였다. 온도의 민감도를 고려한 수요예측 알고리즘을 구성하여 평균 오차율이 1.5[%]정도로 우수한 결과를 도출하였다. 평일 뿐만 아니라 하절기 특수일인 광복절이나 제헌절 같은 경우에도 온도에 대한 민감도를 이용하여 예측함으로써 현저한 오차율의 감소시킬 수 있었다. 또한 이러한 결과를 도출함으로써 과거의 하절기 최고온도를 이용하여 도출한 민감도의 타당성을 입증하였다. 향후 경제가 더욱더 발전하고 생활수준이 높아지는 요즘의 경우 동절기도 일 최대부하가 최저온도에 의해서 영향을 많이 받는다. 이로 인해서 하절기와 마찬가지로

가지로 등절기 또한 최저온도와 최대부하의 관점에서 관련성을 검증해 볼 필요성이 있겠다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학 공동연구소(02-전-01) 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- [1] 조현호, 백영식, 홍덕헌, 송경빈, "퍼지 선형 회귀분석법을 기반으로 한 특수일 수요예측시스템 개발", 대한전기학회 하계학술대회 논문지, pp. 298~300, 2000.
- [2] 은용범 외 3인, " 전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구 ", 한국 전력공사 전력연구원, Technical Report, TR.94YJ15.J1998.89, 1998년 12월
- [3] 고희석, 이충식, 김종달, 최종규, "기온 예상치를 고려한 모델에 의한 주간최대 전력수요예측", 대한 전기 학회 논문지, 제45권, 4권, pp. 511~516, 1996.
- [4] 송경빈, 구분석, 백영식, "특수일의 최대 전력수요예측 알고리즘개선", 대한 전기 학회 논문지, 제 51권 제 3호 pp. 109~117
- [5] 구분석, 백영식, 송경빈, "추석과 설날 연휴에 대한 전력수요예측알고리즘 개선", 대한전기 학회 논문지, 제 51권 10호pp.453~458
- [6] S. Rahman, and R. Bhatnagar, " An Expert System Based Algorithm for Short-Term Load Forecast ", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No. 1, pp. 50-55, 1987.
- [7] T. M. Peng, N. F. Hubele and G. G. Karady, "An Adaptive Neural Network approach to One-Week Ahead Forecasting, " IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, pp. 1195-1203, 1993.
- [8] A. G. Bakirtzis, V. Petridis, S. J. Kiartzis, M. C. Alexiadis, and A. H. Maissis, "A Neural Network Short Term Load Forecasting Model for the Greek Power System ", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 2, pp. 858-863, May 1996.
- [9] R. Lamedica, A. Prudenzi, M. S. M. Caciotta, and V. Orsolini Cencelli, "A Neural Network GBased Technique For Short-Term Forecasting of Anomalous Load Periods", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 4, pp. 1749-1756, November 1996.
- [10] D. Srinivasan, C. S. Chang, and A. C. Liew, "Demand forecasting Using fuzzy Neural Computation, With Special Emphasis On Weekend And Public Holiday Forecasting", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 10, No. 4. pp. 1897-1903, November 1995.

저 자 소 개



공 성 일 (孔 成 一)

1975년 8월 10일생. 2002년 경북대 전기공학과 졸업. 현재 동대학원 전기공학석사과정

Tel : 053-940-8802

E-mail : kottffss@palgong.knu.ac.kr



백 영 식 (白 榮 植)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1977년 명지대 전기공학과 조교수. 현재 경북대 전자전기공학부 교수

Tel : 053-950-5602

E-mail : ysbak@knu.ac.kr



송 경 빈 (宋 敬 彬)

1963년 9월 15일생. 1986년 연세대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 텍사스A&M전기공공학과 졸업(공학박). 1995년 LG-EDS 시스템 전문과장. 1996년 한전전력연구원 선임 연구원. 1998년 대구효성가톨릭대학교 전임강사. 2000년 계명대학교 공학부 전임강사. 2002년~현재 숭실대학교 전기제어시스템공학부 전임강사

Tel : (02)820-0648

Fax : (02)817-7961

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr



박 지 호 (朴 志 皓)

1991년 2월 경북대학교 전기공학과 졸업. 1996년 8월 동대학원 졸업(석사). 2001년 2월 동대학원 졸업(공학박). 2000년 5월~2001년 8월 (주)네모메스 연구원. 2001년 9월~2003년 2월 강원대 BK21 계약교수. 2003년 3월~현재 경북대학교 BK21 계약 교수.

Tel : (053) 950-7321

Fax : (053) 950-5505

E-mail : pjh@ee.knu.ac.kr