

## 기상변수를 고려한 모델에 의한 단기 최대전력수요예측

고희석\*(경남대)<sup>1</sup> 이충식(대원과학대학)<sup>2</sup> 최종규(마산대학)<sup>3</sup> 김주찬(경남대)<sup>4</sup>

### Short-term Peak Power Demand Forecasting using Model in Consideration of Weather Variable

1.H.S.KOH kyungnam university 2. C.H.S.LEE.deawon science college 3.J.K.CHOY.masan college 4. J.C.KIM .kyungnam university

**Abstract** - This paper is presented the method peak load forecast based on multiple regression Model. Forecasting model was composed with the temperature-humidity and the discomfort index. Also the week periodicity was excluded from weekday change coefficient of two types. Forecasting result was good with about 3[%]. And, utility of presented forecast model using statistical tests has been proved. Therefore, This results establish appropriateness and fitness of forecast models using peak power demand forecasting.

#### 1. 서 론

80년대 후반부터 정치적, 사회적 환경이 변화하여 발전소 부지, 주변환경 및 투자여건 등의 심각한 문제로 발전소 건설이 어려워져서 공급위주의 정책은 한계에 부딪히게 되었다. 따라서 전력은 공급위주에서 벗어나 전력수요 면에 역점을 두고 이를 합리적으로 관리하여 전력수급의 균형을 도모하여 발전소건설을 최소화하고 낭비요인을 줄여 전력계통의 이용효율을 최대한으로 높이는 방법이 중요한 문제로 인식되고 있다. 또한 전력계통의 수급계획이나 운용에 있어서 전력공급력과 적절한 예비전력의 확보가 대단히 중요하고, 이들을 결정하는 중요한 요소중의 하나가 전력수요예측 자료이다.

전력수요예측 기법으로서는 시계열 방법, 회귀분석법 및 신경회로망을 이용하는 방법 등으로 분류할 수 있는데, 아직 국가별 지역별로 완전한 예측기법은 보고되고 있지 않고 최적의 예측모형을 구성하는데 초점을 맞추고 있다. 특히 전력수요를 예측할 경우에 가장 큰 문제 중의 하나가 특수일 부하의 처리 방법인데 이를 극복하기 위한 다양한 방법들이 꾸준히 발표되고 있다.

본 연구에서는 기상변수(기온, 상대습도 및 불쾌지수)를 모델로 하는 다중회귀 예측모형을 구성하여 하계의 최대전력수요를 예측하고자 한다. 이 방법은 수요성장요인의 급격한 변동에 적절한 예측이 가능하고, 수요변동 요인의 발견이 용이하며, 예측오차의 분석이 용이한 특유의 장점이 있는 반면에 수요성장의 요인과 수요와의 상관관계 파악이 필요하고, 설명변수의 예측이 필요하며 예측 정도가 높아야 하는 등의 문제점도 가지고 있다.

일반적인 회귀모델을 이용한 전력수요의 예측은 주말부하가 포함된 모형은 정확한 예측이 불가능하므로 평일 데이터만을 이용한 예측모델의 구축이 대부분이었다. 하지만 이러한 방법은 예측으로서 문제가 있다. 따라서 이를 극복하기 위해 본 논문에서는 평일환산계수를 이용하여 주말부하도 평일부하로 간주한 예측모형을 구성하고 최대전력수요를 예측하는 방법을 제시한다. 또한 이용되는 평일환산계수는 5항 이동평균값 평균치 및 5항 이동치 개개를 이용한 계수 등 2가지의 계수를 이용한다.

예측모형의 설명변수로 사용된 자료는 1995년부터 1997년까지의 6, 7, 8월의 하계 경남지역의 최고기온과 15시 상대습도 및 불쾌지수를 이용하였으며, 사례연구로 사용한 데이터는 한국전력공사 경남 전력관리처에서 제공한 경남지역의 최대전력량과 기상데이터를 이용한다. 구성된 예측모형을 이용하여 하계의 최대전력수요를 예측하고 기존의 회귀모델을 이용한

예측결과와 비교하여 제시한 방법의 타당성과 적합성을 입증하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 하계부하의 특성분석

매년 전력부하는 일정한 패턴을 가지고 성장한다고 볼 수 있다. 장기적인 면에서 볼 때 전력부하는 경제성장, 경기변동 및 구조변화에 의해서 영향을 받으며 단기적으로는 하계 기상 요인에 의해 상당한 폭을 가지고 변동하는 특성을 가진다. 그림 1은 '97하계 최대전력과 불쾌지수와의 관계를 그래프로 나타낸 것인데, 그림에서 보면 비선형 특성을 나타내는 것을 알 수 있고, 이 특성은 요일에 의한 주간변동이나 다른 확률장애 요인에 기인하는 것으로 사료된다. 그러므로 기후변수를 설명변수로 한 회귀모델을 이용하여 전력수요를 예측할 경우에는 부하패턴을 평일 패턴과 주말패턴으로 구분할 필요가 있다.

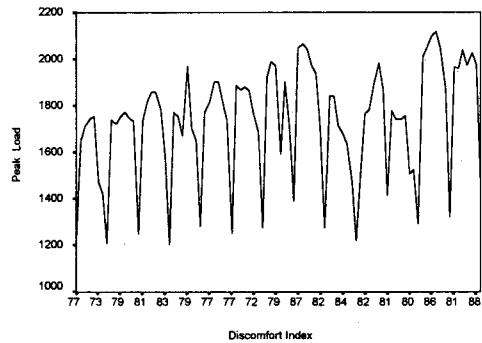


그림 1. '97 하계 최대전력 대 불쾌지수

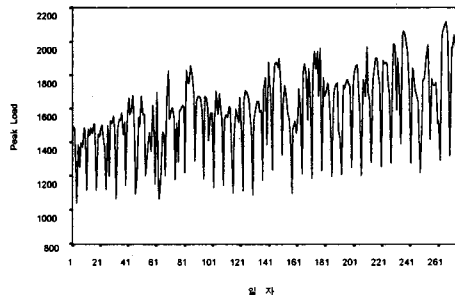


그림 2. '95~'97 하계 최대전력 특성

그림 2에 95년 하계 6, 7, 8월의 부하부터 97년 6, 7, 8월의 하계부하를 그래프로 나타낸 것인데, 그림에서 보면 하계부하의 불규칙한 변동특성을 쉽게 파악할 수 있다. 하계는 연중 최대부하가 발생하는 기간이고, 전력의 기상요인에 대한 상관성이 크게 나타나지만, 긴 장마라든가 휴가철 및 이상 기온 등이 많이 나타나는 시기이므로 하계 전력수요를 예측하는데 커다란 난점으로 작용하고 있다.

### 2.2.1 예측모델의 구축

최대전력예측을 수행하기 위한 기본 모형으로는 식(1), 식(2)와 같이 2개의 회귀모델을 구축한다.

$$y = a_0 + a_1 T_m + a_2 H \quad (1)$$

여기서,  $T_m$  : 최고기온 [°C]

$H$  : 15시 상대습도 [%]

$$y = a_0 + a_1 Thi \quad (2)$$

여기서,  $Thi$  : 불쾌지수

### 2.2.2 평일 환산계수

부하특성 중 주 주기성을 제거하는 하나의 방법으로 평일 환산계수를 계산하는 기본 방법으로 이동평균법을 사용한다. 2가지 형태의 평일환산계수를 구성하는데, 첫 번째는 식(3)에 나타난 것과 같이 5항 이동평균치의 평균값을 이용하여 환산계수를 구하는 것이다.

$$WD_1(k) = \frac{P_i(k)}{P_{max}(k)} \quad (3)$$

여기서,  $P_i(k)$  : 일별 최대전력

$P_{max}(k)$  : 5항 이동평균치의 평균값

두 번째는 식(4)에 나타난 것과 같이 개개의 5항 이동평균치를 이용하여 환산계수를 산출하는 방법이다. 산출된 이 환산계수를 예측치에 회귀시킴으로서 예측치를 구한다.

$$WD_2(k) = \frac{P_i(k)}{P_{m_i}(k)} \quad (4)$$

여기서,  $P_i(k)$  : 일별 최대전력

$P_{m_i}(k)$  : 5항 이동평균치

## 2.3 예측결과 및 분석

### 2.3.1 예측결과

본 연구에서 이용한 회귀모형을 표1에 나타낸다.

표 1. 회귀 모형

모델명	회귀모델
모델 1	$y = a_0 + a_1 T_m + a_2 H$
모델 2	$y = a_0 + a_1 Thi$

표 2에 평일데이터를 이용한 최고기온 및 15시 상대습도를 이용한 회귀모델과 불쾌지수를 이용한 회귀모델에 대한 예측결과를 나타낸다.

표 2. 예측결과(평일)

일자	회귀 모델	자료수	R	R <sup>2</sup>	R <sup>*2</sup>	DW-d	F	%ε
95	모델1	39	0.788	0.620	0.599	1.381	29.42	2.2105
97	모델2	39	0.758	0.574	0.563	1.352	49.96	2.3087
68	모델1	34	0.718	0.516	0.485	0.989	16.51	2.7279
-678	모델2	34	0.715	0.512	0.497	1.015	33.56	2.7638
97	모델1	38	0.819	0.671	0.652	0.735	35.71	2.7279
-678	모델2	38	0.735	0.541	0.528	0.741	42.38	3.3355

참조: R : 상관계수(Pearson Correlation)

R<sup>2</sup>: 결정계수

R<sup>\*2</sup>: 자유도 조절된 결정계수

DW-d : Durbin-Watson의 d

F : 검정통계량

$$\% \epsilon : \text{평균오차율} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \times 100$$

또한 두 개이상의 변수를 설명변수로서 사용할 때 종속변수와 하나 또는 그 이상의 변수와의 상관관계에 제 3의 변수의 영향을 분석하기 위해 편상관계수를 분석한다.

본 연구에서는 무차편상관분석을 실시하였으며, 식(5)에 편상관계수를 구하는 식을 나타낸다. 그리고 15시 상대습도에 대한 무차편상관계수를 구한 결과를 표 3에 나타낸다.

$$R_{12.3} = \frac{R_{12} - R_{13}R_{23}}{\sqrt{1 - R_{13}^2} \sqrt{1 - R_{23}^2}} \quad (5)$$

표 3. 무차편상관계수 분석

일자	모델	P-T <sub>m</sub> 의 R	P-H의 R	편상관계수
95-678	모델 1	0.699	0.389	0.7436
96-678	모델 1	0.710	-0.443	0.6307
97-678	모델 1	0.608	0.346	0.7914

그리고 평일환산계수를 이용하여 최대전력을 예측한 결과를 표4에 나타내며, 표 5에는 평일환산계수를 이용한 경우의 15시 상대습도에 대한 무차편상관계수를 나타낸다. 또한 무차편상관계수는 설명변수가 2개 이상인 경우에 대해서만 이 계수가 필요하므로 불쾌지수를 이용한 회귀모델에는 적용을 시키지 않았다.

표 4. 예측결과(평일환산비)

일자	회귀 모델	자료수	R	R <sup>2</sup>	R <sup>*2</sup>	DW-d	F	%ε (WD <sub>1</sub> )	%ε (WD <sub>2</sub> )
95	모델1	78	0.652	0.425	0.410	0.582	27.71	3.97	4.31
678	모델2	78	0.620	0.384	0.376	0.616	47.36	3.67	4.29
96	모델1	82	0.598	0.358	0.341	0.698	22.00	3.59	4.40
-678	모델2	82	0.600	0.360	0.352	0.706	45.05	3.58	4.39
97	모델1	78	0.596	0.355	0.338	0.662	20.38	2.95	3.98
-678	모델2	78	0.551	0.303	0.294	0.663	32.62	2.67	4.03

표 5. 무차편상관계수 분석(평일환산비)

일자	모델	P-T <sub>m</sub> 의 R	P-H의 R	편상관계수
95-678	모델 1	0.564	0.297	0.6076
96-678	모델 1	0.589	-0.228	0.5678
97-678	모델 1	0.467	0.088	0.5918

### 2.2.3 분석

본 연구에서 제시한 2개의 회귀모델을 이용하여 평일에 대해 최대전력을 예측한 결과를 표 2에 나타내었는데, 예측결과를 보면 95년도에는 하계에 이상기온이 많이 발생하였음에도 불구하고 예측치의 추종이 잘 되고 있음을 알 수 있다. 또한 어느 년에도 평균 예측오차율이 2[%]대로 양호하게 나타났으며, 각 모델의 설명변수에 대한 상관계수도 상관성이 높은 것으로 나타났다. 이상의 결과로 평일에 대한 모델의 적합성을 입증할 수 있었다. 그리고 평일에서의 15시 상대습도에 대한 무차편상관계수를 모델 1에 대해서만 적용시킨 결과를 표 3에 나타내었는데, 이 결과에서 최대전력 대 최고기온에 대한 상관계수를 15시 상대습도가 설명변수로 포함됨으로서 처음의 상관계

수를 증가시키고 있다는 것을 알 수 있었다. 이로써 설명변수로서 기온과 15시 상대습도를 이용한 모델의 타당성을 입증할 수 있다.

주말부하 처리기법의 타당성을 입증하기 위해 제안한 2개의 회귀모델에 대해서 두 형태의 평일환산비를 이용하여 최대전력수요를 예측한 결과를 표 4에 나타내고 있는데, 예측결과를 보면 평일만을 이용한 경우의 평균오차를 보다 약 1.2[%] 정도 높게 나타나, 평균 예측오차가 3[%]대의 예측결과를 얻었다. 하지만, 본 기법을 이용하므로써 회귀모델의 하나의 난점인 평일, 주말부하로 구분하지 않고도 양호한 예측 정도를 얻을 수 있다는 것에서 본 기법의 타당성과 적합성을 확인할 수 있었다. 또한  $WD_2$  평일환산계수를 이용한 경우의 예측결과는  $WD_1$  평일환산계수의 경우 보다 다소 떨어지는 4[%]대의 평균 예측오차를 얻었는데, 이 결과 평일환산계수는 5항 이동평균값 평균치를 이용한  $WD_1$  평일환산계수가 더 효과적이고 적합한 것으로 나타났다.  $WD_1$  평일환산계수를 이용한 무차편상관계수를 표 5에 나타내었는데, 표를 보면 평일의 경우와 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

또한 최소자승법에 의하여 구한 모형식의 계수는 표 6에서 얻어진 것이므로 모집단의 특성이 어느 정도 반영되었는지, 어느 정도 설명력이 있는지 또는 통계적으로 기본 가정이 어느 정도 만족하고 있는지 검토할 필요가 있다. 또한 검정을 동반하지 않은 회귀모형은 신뢰성에 문제가 있을 수 있기 때문에 주의 기울여야 한다. 제시된 회귀모형의 검정 결과를 표 6과 표 7에 나타낸다.

표 6. 회귀모델의 검정 I

일자	모델	R <sup>2</sup>		WD-d		F 치			
		평일	환산	평일	환산	평일	환산		
95 -678	모델1	0.620	0.425	0.599	0.410	1.381	0.582	29.42	27.71
	모델2	0.574	0.384	0.563	0.376	1.352	0.616	49.96	47.36
96 -678	모델1	0.516	0.358	0.485	0.341	0.989	0.698	16.51	22.00
	모델2	0.512	0.360	0.497	0.352	1.015	0.706	33.56	45.05
97 -678	모델1	0.671	0.355	0.652	0.338	0.735	0.662	35.71	20.38
	모델2	0.541	0.303	0.528	0.294	0.741	0.663	42.38	32.62

표 7. 회귀모델의 검정 II

일자	모델	다중공선성( $T_m-H$ )	t-통계량
95 -678	평일 모델 1	0.036	7.7756
	환산 모델 1	-0.052	7.4958
96 -678	평일 모델 1	-0.725	5.8382
	환산 모델 1	-0.540	6.6754
97 -678	평일 모델 1	-0.294	8.5672
	환산 모델 1	-0.500	6.4695

표 6의 결과에서 보면,  $WD_1$  평일환산계수를 이용한 경우의 오차항의 독립성을 분석하는 Durbin-Watson의  $d$ 가 1 이하로 되어 오차항의 독립성 여부가 다소 문제로 되지만, F 치가 평일의 경우와 유사하게 높게 나타나 회귀선의 유의성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 일반적으로 검정 통계량 F 치는 분산분석에 의한 검정통계량으로서 그 값이 커야만 추정된 회귀선이 유의하며, 유의여부를 판정하는 기준으로 F-분포의 기각치  $F(k, n-k-1, 1-\alpha)$ 가 쓰여지고 있다. 다중공선성과 t 통계량을 표 7에 나타내고 있는데, 모델의 다중공선성의 파악은 최고기온과 15시 상대습도와 상관계수를 구한 것인데, 설명변수간의 상관계수가 0.8 이상이면, 다중 공선성이 많고, 0.5 이하이면 다중 공선성이 없다고 볼 수 있다. 96년의 평일 모델만이 다소 문제가 발생하고 나머지 모델은 공선성이 없는 것으로 판단할 수 있었다. 또한 일반적인 t 통계량의 값이 2~3 이상이면 회귀계수는 유의성이 있는 것으로 판단할 수 있는데, 제

안한 회귀모델의 t 통계량을 조사해 보면 전 모델이 3 이상의 값을 가지고 있으므로 유의한 것으로 분석된다. 이상의 검정 통계량을 비교한 결과 제시한 회귀모델의 유의성을 확인할 수 있었고, 특히 불패지수를 이용한 모델이 최고기온과 15시 상대습도를 이용한 모델보다도 다소 양호한 결과를 얻을 수 있었는데, 이는 국민생활의 경제성향이 점점 더 향상됨에 따라 불패지수에 대한 전력의 반응이 민감하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 이후 불패지수 이외에 전력에 높은 상관관계를 나타내는 설명변수의 도출, 자료입수 및 데이터 처리 방법등에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

### 3. 결 론

주말부하 특성을 평일환산비를 이용하여 제거하고 하계의 최대전력수요를 예측한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 제시된 회귀모델은 수요성장의 급격한 변동에도 적절한 예측이 가능하고
  - (2) 예측오차의 분석이 용이하여 통계량의 검정을 가능하게 하여 회귀모델의 유의성 파악이 용이하며, 검정통계량의 검토 결과 제시한 예측모델의 유의성을 확인할 수 있었으며
  - (3) 회귀모델의 난점인 평일만의 데이터 처리를 평일환산계수를 도입하여, 주말부하를 평일로 간주하여 최대전력수요를 예측하는 방법을 제시하였고, 예측결과 예측 정도를 크게 떨어뜨리지 않고 양호한 예측결과를 얻어 제시한 모델의 타당성을 입증할 수 있었다.
- 이상의 결론으로 제시한 회귀모델의 타당성과 적합성은 입증되나, 평일환산계수를 이용할 경우 긴 연휴나 휴가철(기간)의 데이터 처리에 대한 새로운 기법 개발이 지속되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 1998년도 경남대학교 교내연구조성비 지원에 의하여 이루어진 연구입니다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 박영문 외1인, "온도효과를 고려한 단기전력부하예측", 대한전기학회논문지, Vol.35, No.5, 1986, pp.193~198.
- [2] 고희석, 정계길, "건구온도를 고려한 장기 최대전력수요예측에 관한 연구", 대한전기학회논문지, Vol.34, No.10, 1985, pp.43~50.
- [3] 이명진 외2인, "Short-term load forecasting by artificial neural network with fuzzy expert system", 대한전기학회 논문지, Vol.41, No.2, 1991, pp.83~89.
- [4] 고희석, 이태기, "指數平滑에 의한 長期 最大電力需要豫測에 관한 研究", 韓國照明電氣設備學會誌, Vol.6, 1992, pp.43~50.
- [5] 相良, 倉, 林田, 原口, "溫度情報を用いた1日先電力負荷豫測", 電氣學會電力技術研究會, PE-86-108, 1986.
- [6] 林田, 相良, "豫測モデルを自動作成する1日先電力負荷豫測手法", 電氣關係學會九州支部聯合大會, 353, 1987.
- [7] 고희석, 이철우, 이충식, "전력부하설비의 최적운용을 위한 시간대별 전력수요상장", 한국조명·전기설비학회지, Vol.10, No.1, 1996, pp.75~79.
- [8] 고희석, 이충식, "평일환산비를 이용한 단기 부하상장 알고리즘", 한국조명·전기설비학회지, Vol.11, No.5, 1997, pp.62~66.
- [9] 久米, 飯塚, "回歸分析", 岩波, 1987.
- [10] 山由次郎, "新版 需要豫測と經營時系列分析", 日本生産性本部, 1972.
- [11] 大野豊, "數値計算 Hand Book", オー公社, 1990.