전력부하설비의 최적운용을 위한 시간대별 전력수요상정

(Power Demand Forecast Classified by Time Period for Optimum Operation of Power Load Equipment)

高義石* · 李哲雨** · 李忠植***
(Hee-Seog Koh · Chul-Woo Lee · Chung-Sik Lee)

요 약

본 논문에서는 중회귀모델을 시간대별로 구성하고, 변수변환 등을 이용하여 전력수요를 상정하는 방법을 제시한다. 전력수요의 상정결과 2% 정도의 양호한 精度를 얻었다.

이 수법을 이용하여 전력수요를 상정할 경우, 전력부하설비의 최적운용 및 발전비용의 최적화는 물론 전력수급의 균형을 도모하여 전력계통 및 전력설비의 이용효율을 최대로 하는데 기여할 것이다.

Abstract

In this paper, power demand forecasting method using variable change and composed multiple regression model classified by time period presented. Forecasting result of power demand was about 2 percentage. This result was good. This method may contribute not only optimum operation of power load equipment and power generation equipment but also maximum utility of power system and equipment keeping the balance of supply and demand of power.

1. 서 론

산업활동이 활발한 현대사회에서 전력은 국민생활의 가장 필수적인 요소일 뿐 아니라 산업의 원동력이므로 전력의 부족은 국민생활의 지장은 물론 산업활동의 위축 등을 초래하여 경제생활을 저해하는 결정적인 요인이 되므로 전력수급에 따른 전력수요를 사전에 정도(精度)좋게 상정하는 것이 중요한 일이다. 하지만 전력은 생산과 소비가 동시에 발생하고 잉여전력의 경제적인 저장이 곤란하며 전력공급도 전력소비에 따라 시시 각각으로 변하므로 전력설비의 이용율은 매우 낮다. 또한 경제성장에 따라 전력설비의 증가가 필수적이나 전력설비의 건설은 다른 생산설비의 건설보다 공사기간이 길고 공사비가 많이들므로 적절하고 장확한 전력설비의 건설계획이 필요하다.

전력설비의 이용율을 높이기 위해서는 전력설

*正會員 : 경남대학교 전기공학과 교수
**正會員 : 경남대학교 대학원 전기공학과 박사과정
***正會員 : 경남대학교 대학원 전기공학과 박사과정
接受日字 : 1996年 1月 10日

비의 수급계획이나 운용에 있어서 전력공급력과 적정한 예비전력의 확보가 대단히 중요하고, 발전계획이나 운용계획 등의 수급계획은 수요상정을 근거로 하고 있다. 수급계획의 목적은 전력의 안정공급을 전제로 하여 경제성과 신뢰성을 추구하는 것이고, 또한 전력수요상정이 수급계획의 기초가 되고 있기 때문에 어느 범위 이상의 정도가 요구되고, 여러 발전소의 효율적인 기동, 정지에 필요한 자료가 되고, 경제적 배분, 계통운용의 감시, 위험한 운전조건의 발견 및 계통의 돌발사고 분석 등 계통안정도문제에 관련된 참고자료로 이용된다. [1)~8)]

본 논문에서는 중회귀 수법에 의거하여 수요상정모델을 구성하여, 설명변수의 변수변환을 실시하여 모델을 재구성하고 이를 설명변수로 사용한다.[9), 10)] 그리고 하루의 각 시간부하를 시간대 별로 나눈 기본모델을 구성하여 상정치를 구하고, 이 각 시간대의 상정치 중 가장 큰 값을 일일의 최대수요치로서 사용한다. 또한 설명변수로 사용되는 기온(수요상정을 하고자 하는 전년도의 실기온과 30년 평년기온)에 변수변환을 실시해 데이타로의 적용을 강화시킨 결과 정도가 2%정도로 나왔는데, 이 결과로서 전력설비의 운용 및 보수계획등 적정하게 세움으로써 전력부하설비들의 최적운용및 발전비용의 최적화에 크게 기여할 것으로 사료된다.

2. 전력부하특성

2.1 계절별 일부하 특성

그림 1에는 각 계절별 최대수요 발생 시간대를 1991년의 전력수요를 기초로 수요곡선을 도시한다.

그림 1에서 최대수요가 발생하는 시간대를 보면 여름철에는 오후 15시경에, 가을철에는 19시경에, 겨울과 봄의 중간기 계절에서는 오전 10~12시 또는 저녁 19~20시경에 발생하는 경우가 많으므로 최대수요가 발생하는 시간대가 계절마다 다소 차이가 있다. 이들 각 시각에 있어서 최대수요발생의 요인은 각각 특유의 수요특성에 따르고 있는 것으로 생각된다. 저녁시간에 나타나는 최대수요는 일반 가정의 점등수요 등이 포함되고, 겨울철 오전의 최대수요는 9시나 10시대의 기온에 따른 온방수요가 큰 요인으로 되고있는 것으로 생각된다.

2.2 주별 전력수요 변동특성

그림 2는 1989년 1월부터 1992년 12월까지의 주간 최대전력을 나타낸 것이고, 그림 3은 1989년 3월 1일부터 1992년 2월 28일까지의 매일의 시간별 최대전력을 나타낸 것이다. 그림 2와 3에서 보면 부하가 휴일이나 연휴 또는 휴가철 등에

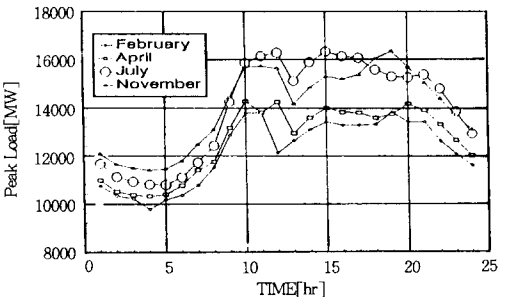

그림 1. '91 전력수요의 일특성
Fig. 1. Days characteristic of power demand of '91

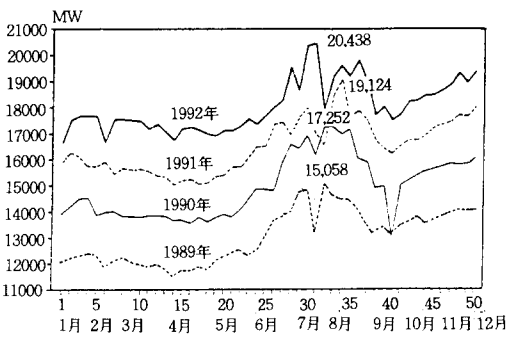

그림 2. '89~92 주간최대부하
Fig. 2. Weekly peak load of '89~92

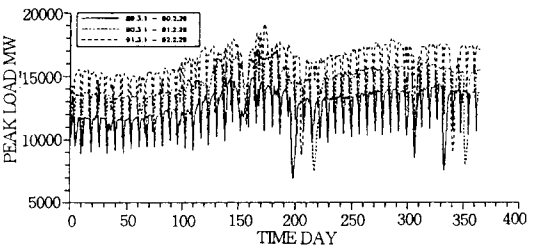

그림 3. 매일의 최대부하
Fig. 3. Daily peak load

서 현저한 감소와 시기에 따라 경향이 다르다는 것을 알 수 있으나, 년간 부하 움직임의 형태가 유사함을 알 수 있다.

3. 전력수요 상정모델

3.1 중회귀 모델의 기본식

t일의 u시간대(p시에서 q시까지)에서 최대수요 $y_u(t)$가 식(1)에 나타낸 것과 같이 당일의 최고기온이나 예상기온 등의 기상요인(설명변수) x_i를 선형적으로 더할 수 있는 것으로 가정한다.

$$y_u(t)=a_0+\sum_{i=0}^{m}a_ix_i+e(t) \quad (1)$$

중회귀분석을 이용한 수요상정에서는 식(1)의 계수 a_0~a_m을 과거 n일간에 관측된 같은 u시간대에서 최대수요와 설명변수의 실적치에 최소자승법을 적용해서 추정한다. 이것을 t일의 u시간대의 최대수요 상정식에 이용한다. 수요상정을 수행 할 경우에는 식(1)의 설명변수 x_i에 예보기상이나 실적기상을 대입하여 당일의 수요를 상정한다. 또 최소자승법으로 계수를 추정할 경우에는 수요상정 대상일에 가까운 관측일의 데이타 일수록 상정식에 반영한다.

3.2 설명변수의 구성

수요상정식에 사용하는 설명변수는 기상 데이터를 이용한다. 일반적으로 신뢰도가 양호하게 입수할 수 있는 실적기온 및 과거 30년 평년기온을 이용한다. 설명변수로 사용하는 기온 데이타는 식(2)를 이용해 우리나라를 대표하는 5개 지역(서울, 부산, 대전, 광주, 대구)의 기상 데이터를 이용하여 구성한다.

$$T(t)'=\sum_{k=1}^{m}W_k\cdot T(k,t) \quad (2)$$

T(k,t) : k지점의 t일의 최고기온 실적치 및 30년 평년기온(℃)

k : 기상지점(서울, 부산, 대전, 광주, 대구)

m : 지점수

W_k : 기상합성비(수요상정일 전년도의 각 지점마다의 년도 최대 전력비(%))

기상합성비는 한국전력공사에서 매년 발행하고 있는 경영통계자료를 기초로 년의 총전력대비를 구해서 사용한다. 따라서 서울 55%, 부산 15%, 나머지 3지역은 각각 10%의 비를 선택한

설명변수의 후보로는 각 지역별 최고기온, 평균기온, 최고기온의 3일간 평균기온 등이다. 평균기온은 최고기온과 최저기온을 단순히 평균한 것이고, 기온의 3일 평균이란 당일의 기온과 전일 2일간의 기온을 더해 평균한 기온을 말한다.

3.3 설명변수의 변수변환

수요특성을 설명하는 변수로의 설명력을 강화시키기 위해 설명변수는 변수변환을 실시한다. 설명변수로 이용하는 모든 기온에 대해서만 실시한다. 변수변환에 이용하는 식은 (3)식으로 계산되는 4차의 식을 이용해서 변수변환을 수행한다.

$$T'(t)=\sum_{k=1}^{m}[W_k(a_{u0}+\sum_{j=1}^{4}a_{uj}T(k,t)^j)] \quad (3)$$

a_{uj} : 수요상정 전년도의 u시간대의 최대수요와 설명변수 T와의 4차의 다항식 회귀계수

또한 본 연구에서 설명변수의 변수변환에 이용하는 것은 기온만을 이용하였다.

4. 수요상정방법 및 결과

4.1 수요상정 방법

앞에서 서술한 수요상정 수법에 의해 각시간대별 수요를 상정한다. (4)식과 같이 각 시간대별 수요상정치 중에서 가장 큰 수요상정치를 구하고 이것을 하루의 최대수요상정치로 한다.

$$Y(t)=\max(y_1(t), y_2(t), y_3(t)) \quad (4)$$

Y(t) : 일 최대수요상정치

본 연구에서는 하루를 3개의 시간대로 나누어 각 시간대별로 수요상정치를 구한다. 이것은 그림 1에 나타난 오전, 오후, 저녁의 최대전력을 이들 3개의 시간대별 수요모델에 각각 만족되도록 하기 위해서이다.

본 연구에서는 표 1에 나타낸 것처럼 하루를 3개의 시간대로 나누고, 3가지 경우에 있어서 시간대 구분별로 전력수요를 상정한다.

즉 변수변환을 한 각 설명변수들과 각 시간대별 전력수요들과의 관계를 모델로 하여 시간대별 전력수요를 상정하고 이들중 최고치를 선택한다.

모델에 사용한 전력은 1990년도에서 1991년까지의 한국전력공사에서 제공한 시간별 최대전력량을 이용한다. 그리고 각 계절을 대표하는 월에 대해 평일의 전력데이타만을 이용하여 전력수요를 상정한다. 각 계절을 대표하는 월로서 겨울은 1월~2월, 봄은 4월~5월, 여름은 7월~8월, 가을은 11월~12월에서 전력수요를 상정한다.

4.2 수요상정 결과

변수변환을 실시한 각 기온 변수와 각 시간대 최대수요와의 관계를 모델로 하여 전력수요를 상정한 결과를 표 2와 표 3에 오차율 및 편차 그리고 결정계수 R^{*2}을 나타낸다.

본 연구에서 실시한 3가지 경우의 시간대 모두에서 여름철을 제외한 다른계절에서는 약 1.2% 이하의 양호한 수요상정 정도를 얻을 수 있었다. 하지만 여름철에서는 2% 정도로 다른 계절의 오차율 보다 크게 나타났다. 이는 여름철에는 일년중의 최대피크가 있는 계절로서 기온 이외의 다른 설명변수가 요구되는 것으로 생각된다. 최대수요가 발생하는 시간대를 고려하지 않은 최대전력수요의 상정과 시간대별 모델을 구성하여 최대전력수요를 상정한 경우와의 수요상정 정도를 비

표 1. 시간구분
Table 1. Time division

시간대 / 분류	제1시간대	제2시간대	제3시간대
T-1	9시~12시	13시~16시	17시~20시
T-2	9시~11시	12시~15시	16시~21시
T-3	9시~11시	12시~17시	18시~20시

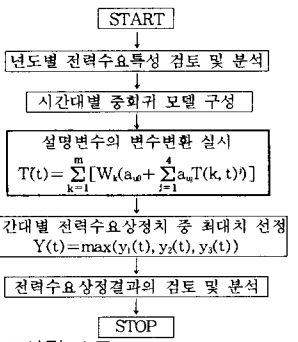

그림 4. 전력수요상정 흐름도
Fig. 4. Flow chart of power demand forecasting

표 2. 예측결과
Table 2. Forecasting result

분류	설명변수	봄(4월) 오차율(%)	봄(4월) 편차(Mw)	봄(4월) 결정계수(R^{*2})	여름(7월) 오차율(%)	여름(7월) 편차(Mw)	여름(7월) 결정계수(R^{*2})
T-1	$T_{9t\,max}$	1.254	262.898	0.250	1.608	337.923	0.832
	$T_{9t\,ave}$	1.152	262.862	0.169	1.892	450.651	0.699
	$T_{9t\,a3max}$	1.135	274.884	0.815	2.063	486.812	0.605
	T_{30max}	1.058	258.012	0.207	2.425	571.910	0.464
	T_{30ave}	1.124	295.374	0.258	2.291	542.885	0.520
	$T_{30a3max}$	1.093	268.857	0.163	2.252	515.436	0.567
T-2	$T_{9t\,max}$	1.180	256.697	0.218	1.633	342.739	0.811
	$T_{9t\,ave}$	1.192	267.047	0.176	1.796	433.376	0.724
	$T_{9t\,a3max}$	1.144	277,193	0.197	2.125	496.335	0.605
	T_{30max}	1.097	261.175	0.214	2.431	571.825	0.460
	T_{30ave}	1.222	285.373	0.212	2.285	542.088	0.513
	$T_{30a3max}$	1.135	270.091	0.164	2.254	515.782	0.561
T-3	$T_{9t\,max}$	1.226	262.382	0.186	1.633	342.739	0.811
	$T_{9t\,ave}$	1.190	262.992	0.173	1.798	433.389	0.722
	$T_{9t\,a3max}$	1.144	277.193	0.197	2.215	496.335	0.605
	T_{30max}	1.097	261.175	0.214	2.431	571.825	0.460
	T_{30ave}	1.740	394.328	0.896	2.285	542.088	0.513
	$T_{30a3max}$	1.138	268.326	0.169	2.254	515.782	0.561

표 3. 예측결과
Table 3. Forecasting result

분류	설명변수	가을(11월) 오차율(%)	가을(11월) 편차(Mw)	가을(11월) 결정계수(R^{*2})	겨울(1월) 오차율(%)	겨울(1월) 편차(Mw)	겨울(1월) 결정계수(R^{*2})
T-1	$T_{9t\,max}$	1.625	339.059	0.964	0.822	152.157	0.606
	$T_{9t\,ave}$	1.208	259.539	0.378	0.881	170.701	0.643
	$T_{9t\,a3max}$	1.092	240.651	0.412	0.950	177.912	0.370
	T_{30max}	0.666	144.527	0.789	0.898	177.445	0.523
	T_{30ave}	0.707	159.146	0.772	0.865	171.900	0.497
	$T_{30a3max}$	0.610	138.763	0.798	0.910	171.867	0.310
T-2	$T_{9t\,max}$	1.625	339.059	0.964	0.830	153.697	0.641
	$T_{9t\,ave}$	1.208	259.539	0.378	0.902	174.104	0.724
	$T_{9t\,a3max}$	1.092	240.651	0.412	0.952	178.355	0.383
	T_{30max}	0.666	144.527	0.789	0.883	175.475	0.504
	T_{30ave}	0.707	159.146	0.772	0.888	178.280	0.586
	$T_{30a3max}$	0.610	138.763	0.798	1.350	234.302	0.780
T-3	$T_{9t\,max}$	1.625	339.059	0.964	0.780	148.476	0.612
	$T_{9t\,ave}$	1.208	259.539	0.378	0.834	162.521	0.632
	$T_{9t\,a3max}$	1.092	240.651	0.412	0.954	178.354	0.380
	T_{30max}	0.666	144.527	0.789	0.903	176.953	0.532
	T_{30ave}	0.707	159.146	0.772	0.886	174.759	0.593
	$T_{30a3max}$	0.610	138.763	0.798	1.350	234.302	0.780

교해 보면 시간대별 모델이 상당히 수요상정 정도를 향상시킬 수 있었다.

또한 설명변수들의 데이타로의 적용을 강화시키기 위해 변수변환을 실시해 변수로 사용하고, 변수로 사용되는 기온은 과거 30년간의 기온을 통계적 수법으로 재구성하여 만든 예상기온과 91년도의 실적기온 등이다. 전력수요를 상정하는 일련의 흐름도를 그림 4에 나타낸다.

이 변수를 각 시간대별 모델에 적용시켜 상정함으로써 부하변동의 경향을 충분히 반영함으로써 시간대별 모델의 상정치가 정도가 양호한 것으로 사료된다.

앞으로 이 수법을 계속 발전시킴으로써 매 시간 수요상정도 가능할 것으로 생각되며, 중회귀 수법을 이용한 최대전력수요의 정도 향상면에서 크게 기여할 것으로 사료된다. 그리하여 전력설비의 운용 및 보수계획 등을 적정하게 세우기 위한 기초자료를 정도좋게 제공함으로써 전력부하설비들의 최적운용및 발전비용의 최적화에 크게 기여할 것으로 생각된다.

5. 결 론

수요상정 결과 오차율이 2% 정도의 범위로 양호한 精度를 얻을 수 있었는데 이것은 일반적으로 중회귀모델을 이용한 최대수요예측의 정도는 국내의 경우 3% 이하인 것을 생각하면 정도 면에서 상당히 개선되었다고 할 수 있다.

앞으로 매시간 전력수요상정모델을 구성함으로써 1시간 앞 전력수요상정도 가능할 것으로 생각되며, 이 자료를 토대로 발전설비 및 전력설비의 최적운용은 물론 전력을 합리적으로 관리하여 전력수급의 균형을 도모하며 전력계통 및 전력설비의 이용효율을 최대로 할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1) M.A.Abuelmagd, N.K.Sinha, "Short-Term Load Demand Modeling and Forecasting:A Review", IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, SMC-12,3, pp.370~382. 1982.

2) 고희석, 정재길, "건구온도를 고려한 장기 최대전력수요예측에 관한 연구", 대한전기학회지, Vol.32, No.10, pp.43~50, 1985.

3) 村田, 三宅, 上良, "氣溫の豫想値を考慮したモデルによる週間電力負荷豫測", 電氣學會電力技術研究會, PE-89-19, 1989.

4) 村田純一, 三宅尙志, 相良節夫, "休日と季節の影響表すモデルによる週間電力負荷豫測", 電氣學會全國大會, 1093, 1989.

5) 고희석, 이태기, "지수평활에 의한 장기 최대전력수요 예측에 관한 연구", 조명·전기설비학회지, Vol.6, No.3, pp.43~48, 1992.

6) 久米 均, 飯塚悅功, "回歸分析", 岩波書店, 1991.

7) 中村 繁, 北村幸房, "氣象データマニュアル", 丸善, 1987.

8) 한국전력공사 전력경제처, "전력경제", 1992.

9) 中村, 山城, 宮本, "週期係數モデルによる翌日總需要豫測", 電氣學會誌B, 113, pp.1381, 1993.

10) 灰田, 武藤, "變數變換を用いた最大需要豫測手法", 電氣學會電力技術研究會資料, PE-93-24, 1993.

◇著 者 紹 介◇

고 희 석(高羲石)

1942년 8월 21일생. 1966년 부산대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1979년 동아대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1985년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사) 1992~ 현재 대한 전기학회 평의원. 1994~ 현재 경남대학교 대학원장, 경남대학교 공과대학 전기공학과 교수

이 철 우(李哲雨)

1952년 12월 10일생. 1977년 건국대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1979년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 경남대학교 대학원 전기공학과 박사과정, 영진전문대 전기과 부교수.

이 충 식(李忠植)

1966년 3월 21일생. 1991년 경남대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료.