

부하구성비를 이용한 부하예측에 관한 연구 — 주거용 부하를 중심으로 한

•박 준열

*임 재윤

**김 정훈

•홍익대학교 전기공학과, *충남 전문대학 전기과, **홍익대학교 전기제어공학과

A Study the Load Forecasting Techniques using Load Composition Rates (Residential Load)

Park Jun-Yioul,

*Lim Jae-Yun

**Kim Jung-Hoon

Hong-Ik Univ.

*Chung-Nam Junior College

**Hong-Ik University

Dept. of Electrical Eng.

Dept. of Electrical & Control Engineering.

<Abstract>

The load forecasting has been essential in planning and operation of power systems. The load composition rate is also needed to analyze power systems - load flow calculation and system stability.

This paper proposes the monthly peak load forecasting methods for load groups in residential class using load composition rate and electric consumption characteristics.

The proposed methods were applied to a real-scale power system and the effectiveness was turned out.

1. 서론

전력 시스템 계획 및 운용 전반에 걸쳐 가장 먼저 수행하여야 하는 일이 부하예측이다. 부하예측에 따라 전원계획, 운용계획 및 수급계획등이 수립되어, 장차 전력 시스템의 효율적인 운용을 위한 대체 방안을 강구할 수가 있다. 그려므로 가장 정교한 것이 청정되는 것이 부하예측이다. 그러나 부하는 경향성, 순환성, 계절성 및 수량적인 불규칙성 등을 갖고 있고, 경제, 사회 및 기술적 요인에 의하여 영향을 받기 때문에 정확한 예측은 어렵다.

부하의 구성비는 전력계통해석인 조류계산 및 안정도 계산에서 매우 중요한 정보이므로 이를 제대로 반영하지 못한 결과는 전력엔지니어에게 신뢰성을 끼친다. 부하구성비를 추정하는 방법은 부하자체의 복잡성과 자료의 방대성으로 하여 연구가 미진하였던 분야였으나, 홍익대학교에서 개발한 부하구성비 프로그램[1-4]으로 어느 특정부하의 일의 시간에서 전력의 크기를 구하는 것이 가능하게 되어 특정 부하군의 성장 추이를 각자의 실적자료로 부터 얻을 수 있게 되었다. 이로 인하여 전력 수요 성장은 특정 부하마다 어떤 곡선 형태의 표시가 가능하며 장차 성장 추세의 예측이 용이하여졌다.

이에 본 연구에서는 특정 부하군을 별도로 취급하여 각 부하군을 해당월의 특수성을 고려한 예측 모형, 대상기간 전체를 다루는 예측 모형 및 경향성과 계절성을 고려한 확률 부하예측 모형등의 보다 정교한 부하예측 방법을 제안한다. 전력시스템 계획 및 운용에서 가장 관심의 대상이 되는 것은 여름철의 최대부하이므로 본 연구의 예측 대상을 최대부하로 한다. 예측기간은 월과 년단위인 중장기로 하고, 예측방법은 가장 널리 사용하는 ARIMA모형, 다항식 및 혼합식 모형을 선택하였다[5-10].

2. 부하구성비 추정 방법 및 부하 예측 기법

2.1 주거용 부하구성비.

본 연구에서는 보다 구체적인 자료가 확보되어 있는 주거용 부하군을 대상으로 부하 예측을 하였다. 주거용 부하의 대표적인 부하군은 취사, 냉난방, TV, 냉장고, 조명, 기타 등으로 분류가 가능하고, 이중 특히 냉방 부하는 최근에 급격한 신장을 보이고 있으며 이 부하로 인하여 년 최대부하가 발생하고 있다.

부하구성비 추정 알고리즘[4]에 의해서 구한 결과의 예로 '89년 주거용 부하구성비 결과는 표 1과 같다.

2.2 부하와 가전기기 보급율과의 상관관계.

'85-'90년까지의 가전기기 보급율은 표 2와 같다[11].

표 2. 가전기기 보급율 자료

부하년	85	86	87	88	89	90
가전 TV	0.690	0.800	0.870	0.955	1.040	1.155
냉장고	0.870	0.910	0.950	0.990	1.030	1.060
세탁기	0.390	0.430	0.470	0.560	0.650	0.755
에어컨	0.020	0.030	0.040	0.065	0.090	0.085
보온밥통	0.850	0.830	0.810	0.835	0.860	0.760

보급율의 증가는 전반에는 증가가 완만이나 어느 시점이 지나면서 급속한 증가를 보이며 그 후에는 포화되는 현상이 있다. 이를 표시하는 방법에는 Logistic곡선, Gompertz곡선, Log-normal곡선[8]이 있는데, 한편의 '가전기기 보급율 조사연구 -1992'에서는 다른 곡선에 비해 현실의 추세에 보다 더 가깝고, 매개변수 추정과 곡선의 변용이 용이하다는 이유에서 Gompertz곡선을 이용하였으며, 부하군 중 TV 보급율 추정곡선[11]의 수식은 다음과 같이 표시하였다.

$$Y_t = 1.698 \times 0.249^{0.01t} + 0.002$$

이 곡선으로 부터 TV 부하는 '81부터 '91년 까지는 보급율이 빠른 성장을 하다가 그 이후에는 포화되는 현상을 알 수 있다. 이러한 현상을 부하예측에 반영시키므로 보다 더 좋은 결과를 기대할 수 있다.

3. 부하예측기법

3.1 ARIMA모델

본 연구에서 사용하는 부하예측은 현재 가장 널리 사용되고 있는 시계열 분석에 의한 ARIMA모델을 사용하였다.

부하의 자료는 주기적 시계에 따라 기대값과 풍분산이 일정하지 않은 비정상성(nonstationary)을 나타내므로 정상을 위하여 자료를 차분(difference)하거나 대수변환을 하여 시계열 모델은 ARIMA(p,d,q)을 적용할 수 있으며, 이

표 1. 주거용 부하구성비

월	3 월						6 월						12 월						
	RI	C(H)	TV	RE	LI	ETC	RI	C(H)	TV	RE	LI	ETC	RI	C(H)	TV	RE	LI	ETC	
1	24.2	5.5	2.6	20.2	22.9	24.6	28.3	1.2	1.0	31.0	14.9	22.6	22.7	18.9	2.4	8.4	23.3	24.2	
2	21.3	4.7	4.0	21.1	24.7	26.4	33.7	0.9	0.2	28.5	18.6	28.1	25.2	14.6	0.2	9.0	25.0	25.9	
3	22.8	6.4	4.2	21.1	27.4	26.7	33.7	1.1	0.3	35.4	17.1	25.9	22.8	16.4	0.3	9.1	25.2	26.2	
4	21.6	3.6	0.2	22.2	22.5	3.27	10.7	1.1	0.2	29.7	19.2	29.0	25.0	12.6	0.2	9.3	25.9	26.8	
5	18.5	2.5	0.3	23.3	24.6	7.28	5.0	0.6	0.2	24.2	20.6	31.0	24.7	8.9	0.2	9.7	27.6	28.6	
6	37.3	1.0	0.3	18.0	21.6	21.9	17.1	0.4	0.3	38.6	7.18	26.6	39.4	7.1	0.3	8.6	24.3	23.9	
7	42.9	0.3	3.2	11.5	26.5	9.15	1.34	1.3	3.7	27.6	27.3	8.1	44.1	1.1	1.1	5.8	33.3	32.0	
8	28.1	0.7	16.4	12.6	26.9	15.3	11.5	2.5	19.9	30.0	32.7	6.6	39.7	2.5	14.8	5.2	27.4	40.7	
9	21.0	1.8	16.5	15.0	23.5	20.8	9.5	2.7	17.5	29.3	19.5	21.4	40.8	3.1	15.6	5.8	22.3	12.0	
10	29.5	1.0	11.5	18.6	18.9	26.3	31.7	0.7	10.4	25.9	15.0	28.5	51.2	3.4	10.0	5.7	31.6	11.4	
11	21.7	3.7	5.1	17.8	24.4	27.1	15.0	0.1	3.8	27.8	16.1	29.1	40.5	11.7	4.2	6.8	22.7	14.0	
12	22.4	4.4	4.2	17.4	22.7	27.1	17.3	9.8	2.8	25.4	14.7	29.8	39.6	15.1	3.4	6.6	21.8	13.5	
13	28.8	7.3	3.9	19.3	22.5	18.3	54.7	16.6	2.4	25.2	12.5	21.8	40.7	22.6	3.2	7.2	20.4	5.9	
14	24.8	8.4	5.8	19.4	24.9	16.7	17.5	4.5	23.8	37.6	7.14	0	17.4	33.4	26.0	4.7	7.2	22.6	5.9
15	25.0	9.4	6.8	19.3	24.4	16.1	12.8	2.8	4.5	26.6	14.3	15.2	30.9	28.7	5.5	7.1	21.9	6.8	
16	27.1	7.4	6.8	18.5	23.3	16.8	16.6	9.9	4.6	26.5	14.2	18.1	38.3	22.7	5.4	6.2	21.1	5.6	
17	28.6	6.3	6.9	18.0	23.6	16.6	16.0	1.1	4.9	26.6	14.8	20.5	45.7	18.0	5.2	6.2	19.8	5.1	
18	33.2	3.7	8.0	12.5	17.7	23.0	19.8	9.1	6.8	22.4	13.4	28.3	25.5	9.2	5.2	3.13.1	12.1		
19	40.8	3.1	10.0	9.1	13.4	12.6	22.9	9.3	13.1	19.1	12.0	22.8	24.6	10.5	10.7	3.4	12.5	38.2	
20	43.5	3.9	16.5	7.9	19.5	12.9	26.1	12.0	16.3	16.2	21.3	13.7	42.9	14.0	15.8	3.5	12.1	7.1	
21	47.7	4.0	20.4	7.9	19.0	13.7	37.0	14.8	16.2	14.8	8.2	10.8	40.5	16.4	3.7	11.8	7.7		
22	48.8	4.6	23.9	8.6	9.3	4.2	37.2	12.5	21.0	15.8	7.7	4.6	38.0	16.4	4.1	11.5	3.4		
23	44.4	3.3	24.6	10.3	12.4	5.9	35.9	9.3	21.2	18.5	9.4	5.4	40.4	12.7	24.5	4.7	13.8	3.9	
24	46.9	2.9	15.5	13.2	15.0	6.5	30.6	6.4	11.5	26.6	9.12.9	7.8	47.2	10.6	15.1	5.9	16.3	4.8	

여한 ARIMA모델의 일반식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\phi(B)\nabla^d Z_t &= \theta(B) a_t \\ \phi(B) &= 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p \\ \theta(B) &= 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q \\ \nabla Z_t &= Z_t - Z_{t-1} = (1-B)Z_t\end{aligned}\quad (1)$$

여기서, Z_t : t-시점에서의 전력, B : 후향연산자.

a_t : 백색잡음, $N(0, \sigma_a^2)$, p, q : 모델의 차수
 d : 차분의 횟수

또한, 자료가 계절성이나 주기성을 갖을 경우 비정상성 시계열의 경우와 같이, 계절성을 제거하기 위해서 중법계 절모델 ARIMA(p, d, q) * (P, D, Q)s 을 사용하며, 일반식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\phi(B)\Phi(B^s)\nabla^d \nabla_s^D Z_t &= \theta(B)\Theta(B^s) a_t \\ \nabla_s^D &= (Z_t - Z_{t-s})^D \\ &= (1-B^s)^D = (1-B^s)^D Z_t \\ \Phi(B^s) &= 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \cdots - \Phi_p B^{ps} \\ \Theta(B^s) &= 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \cdots - \Theta_q B^{qs}\end{aligned}\quad (2)$$

여기서, P, Q : 모델의 차수 D : 차분의 횟수
 s : 계절성 주기

3.2 모델의 식별방법.

일반적으로 시계열 모델의 식별에 널리 이용되고 있는 Box-Jenkins의 방법은 자기상관함수(ACF)와 부분자기상관 함수(PACF)를 이용하는데, 자기상관함수 ρ_k 는 (3)식과 같이 t 와 $t+k$ 시점 사이의 자기공분산에 대한 분산비를 나타내며 부분자기상관함수 P_k 는 (4)식과 같이 t 와 $t+k$ 시점에서의 상관관계를 의미한다.

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(Z_t)} \sqrt{\text{Var}(Z_{t+k})}} \quad (3)$$

$$P_k = \frac{\text{Cov}[(Z_t - \bar{Z}_t)(Z_{t+k} - \bar{Z}_{t+k})]}{\sqrt{\text{Var}(Z_t - \bar{Z}_t)} \sqrt{\text{Var}(Z_{t+k} - \bar{Z}_{t+k})}} \quad (4)$$

이와같이 자료의 자기상관함수와 부분자기상관함수의 결과로 부터 표 3의 정리한 특성에 따라 차수 p, q 가 결정되며, 또한 자료가 비정상성인 경우는 자료의 변환인 차분에 의해 정상성화가 요구되며 이때 차분의 횟수인 d 가 결정된다.

표 3. 시계열모델의 식별

모델	ACF	PACF
AR(p)	지수적감소, Sin파형으로감소	시차 P이후 절단
MA(q)	시차 q이후 절단	지수적감소 또는 Sin파형으로 감소
ARMA(p, q)	(q-p)시차후 절단	(p-q)시차후 절단

3.3 모델의 파라미터 추정과 모델검증[5-6]

시계열 모델의 파라미터 추정 방법은 적률추정법(moment method), 조건부 최우주정법(Conditional Maximum likelihood estimation)과 비조건부 최소자승법(Unconditional least square estimation)이 있는데 자료가 비정상성이고, 계절성 모델인 경우 비조건부 최소자승법이 많이 이용되며, (5)식과 같이 Z 가 주어졌을 때 오차의 제곱합을 최소화하는 것이다.

$$S(\phi, \mu, \theta) = \sum_{t=p+1}^n [E(a_t | Z_1, Z_2, \dots, Z_n)]^2 \quad (5)$$

추정된 모델의 적합성을 판별하는 것으로는, 잔차의 검증과 포트멘토우 검증이 있는데, 잔차의 검증은 잔차의 정규성 여부와 자기상관함수의 분포에 의해 결정되며, 포트멘토우의 검증은 Box-Pierce가 0-통계량을 범령하여 제안한 것으로 잔차의 분포를 이용한 것인데, α 의 유의수준에서 자유도가 $(k-p-q)$ 인 χ^2 분포 임계값 보다 (5)식의 계산값이 작은 경우 모델의 적합성을 판정한다.

4. 구성을 이용한 부하예측 방법

구성을 반영한 부하군별 부하예측을 하기 위하여 주거용 부하를 대상으로 월별 부하예측, 부하군별 부하예측 그리고 부하의 성장과 계절성을 고려한 부하예측을 한다.

4.1 월별 부하예측

부하구성비 추정 알고리즘에 의하여 년도별, 월별, 최대부하의 지정된 시간의 각 부하군 전력자료를, 부하군별 월별로 정리하면 선정된 월의 각 부하군 사용 형태는 매년 유사하며, 다만, 인구의 증가와 경제적 발전등으로 크다면에서는 증가할 것이다. 즉, 이와같이 선정된 월의 각 부하군 전력과 년도와의 관계를 관찰하면 우리나라의 증가형태가 다음 (6)식과 같은 다항식으로 표현함이 적합함을 알게 되었다.

$$Z_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \cdots + a_n t^n + e_t \quad (6)$$

단, Z_t : 선정된 월의 t 년도 전력 t : 년도

a_0, a_1, \dots, a_n : 파라미터 e_t : 백색잡음, $N(0, \sigma_e^2)$

4.2 부하군별 부하예측

주거용 전체부하를 부하구성비 추정 알고리즘에 의하여 부하군별로 얻은 부하자료는 비정상성과 계절성이 성질을 갖고 있으므로 이는 3장의 ARIMA 모델인 (2)식의 적용이 가능하며, 이로서 부하군별로 부하예측이 되어 부하군 수 만큼의 예측모델이 나타나게 된다. 이렇게 수행된 결과를 합하면 전체 주거용부하가 최대부하가 구해진다.

4.3 부하의 성장과 계절성을 고려한 부하예측

일반적으로 각 부하군의 전력은 계절에 따라 변동하고, 또한 경제적인 발전으로 인하여 증가추세의 특성을 갖고 있으며 특히 각 부하군의 년도별 최대 부하는 절진적으로 증가하거나 최저 부하의 증가는 최대부하의 그것보다 떨어지는 특성이 있다. 각 부하군의 이러한 특성을 고려하기 위해서 (7)식과 같이 추세성분과 계절성분 그리고 계절적인 불규칙 성분으로 분해해서 예측모델을 구축하는 것이 타당하다.

$$Z_t = f(T, S, I) \quad (7)$$

여기서, Z_t : 각 부하군 전력 T : 각 부하군 추세성분

S : 각 부하군 계절성분 I : 각 부하군 불규칙성분

(7)식에서 각 부하군의 추세성분은 주거용부하의 경우 각 부하군을 구성하는 가전기기 보급율이 직접적인 관련이 있으며 다음과 같이 나타낸다.

$$f_T = a_0 + a_1 X_t \quad (8)$$

여기서, f_T : 각 부하군의 추세성분 전력

X_t : 각 부하군 보급율

그리고, (7)식의 계절성분은 주기성을 갖고 앞에서 년도별 최대 부하와 최소부하의 증가율 차이로 인하여 (9)식과 같이 계절 삼각함수에 진폭의 증가 효과를 반영한다.

$$f_S = (\beta_0 + \beta_1 \cdot t) \cos(wt + \phi) \quad (9)$$

여기서, f_S : 각 부하군의 계절성분 전력

t : 월 ϕ : 위상차

마지막으로, 계절적인 불규칙 성분은 3장의 ARIMA 모델에 의하여 나타낼 수 있으며, 이와같이 각 부하군의 예측모델은 세개의 성분을 합성하면 다음과 같이 된다.

$$Z_t = a_0 + a_1 X_t + (\beta_0 + \beta_1 \cdot t) \cos(wt + \phi) + ARIMA + e_t \quad (10)$$

5. 사례연구 및 결과

5.1 샘플 개통

주거용 부하예측을 위해서 한전의 '85-'90년도 까지 월별, 시간별, 실측자료를 이용하여, 부하구성비 추정 알고리즘에 의해 입력자료를 추정하였으며, 선정된 시간은 사례연구로 부터 년 최대부하 발생 빈도수가 많은 15시로 설정하였다. 이와 같은 입력 자료를 갖고 '90년 월별 주거용 부하와 각부하군별 최대 부하를 예측하였다. 입력 자료의 결과로서 주거용 부하의 전력은 그림 1과 같이 계절성을 갖고 있으며, 또한 년도별, 월별 최대부하 선정된 시간의 각 부하군 전력은 그림 2과 같고, 이를 통해서 주거용 부하의 경우 최저 부하가 가장 많은 전력을 사용한다는 것을 알 수 있고, 냉장고의 경우는 4개월에 전천후로 사용하는 부하임이 쉽게 발견된다.

'85-'89 RESIDENTIAL LOAD

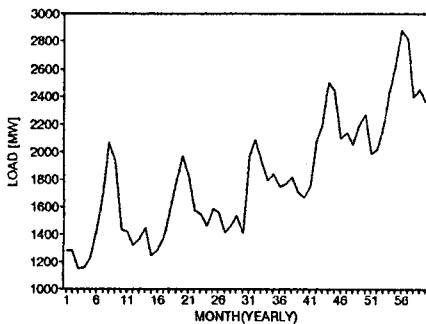


그림 1. 년도별, 월별, 최대부하시 주거용 부하

'85-'89 INPUT DATA (Each Loads of Residential)

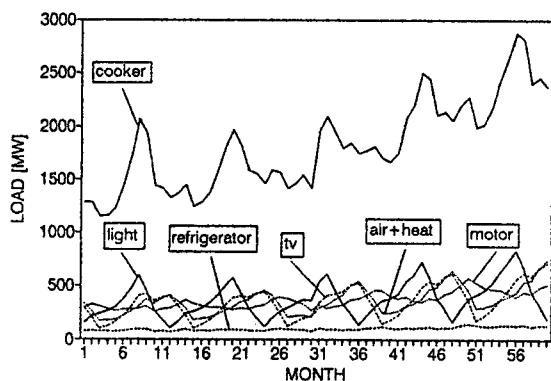


그림 2. 년도별, 월별 최대부하시 각 부하군 전력

5.2 ARIMA에 의한 주거용 전체 부하예측 결과
구성비를 이용한 예측 결과와의 비교를 위하여 전체 부하를 대상으로 ARIMA모델을 적용하였으며 주거용 부하는 그림 1과 같이 비정상성이며 계절성을 갖고 있어 3장의 설명과 같이 추정된 실적 자료의 대수변환과 차분에 의하여 정상성 시계열 자료로 만든 후, 자기상관계수와 부분자기상관함수에 의한 모델식별과정을 통해서 ARIMA(0,1,1)*(0,1,1)12 모델을 얻었다.

모델검증은 유의수준이 0.05일 때 χ^2 임계값이 18.31(d.f = 10)보다 적으므로 모델은 적합하다.

$$(1-B)(1-B^{12})Z_t = (1-\theta B)(1-\Theta B^{12})a_t \quad (11)$$

$$\theta = 0.5405, \Theta = 0.8386, Q^* = 10.3 \text{ (d.f = 10)}$$

'90 FORECASTING OUTPUT (Residential)

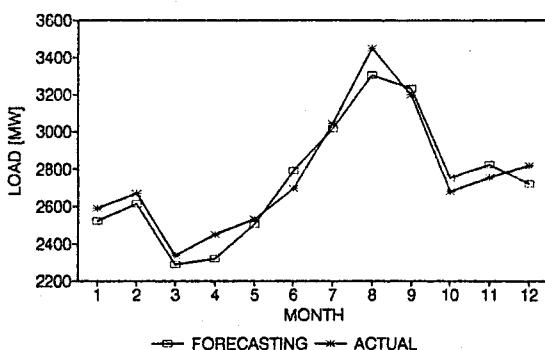


그림 3. 주거용 부하예측 결과

주거용 부하의 예측 결과인 그림 3는 실제값과의 절대오차가 최대 5.0[%]로 양호한 결과를 나타내었다.

5.3 부하구성비를 고려한 부하예측

5.3.1 월별 각 부하군 예측결과
추정된 입력자료를 월별 각 부하군별 자료로 정리한 그림 4는 '85년부터 '89년까지 8월달 최대부하일의 15시 전력을 나타내고 있는데, 시간과 전력은 (6)식을 이용하여 3차 다항식으로 표현할 수 있으며, 취사부하군의 8월분 전력예측 모델은 (12)식과 같다. 월별 각 부하군의 예측 결과는 표 4와 같다.

'85-'89 RESIDENTIAL LOAD (August)

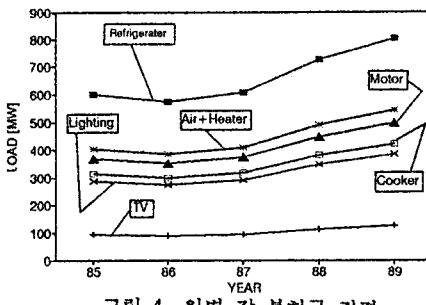


그림 4. 월별 각 부하군 전력

표 4. 보급용을 고려한 각 부하군의 예측모형 파라미터

부하	cock	air	TV	refrl	light	etc
α_0	1132	206	-32.7	-692	-1066	-508
α_1	-1097	2540	145	1100	1015	806
α_2	62.4	49.0	-1.16	-98.0	10.9	-79.5
α_3	-69.9	-110	0.19	-72.1	15.9	1.4
α_4	1.83	1.54	0.015	-2.08	0.326	-1.77
α_5	-0.105	-1.03	0.120	-0.846	0.979	0.097
R^2	0.64	0.91	0.84	0.83	0.93	0.79
ARIMA	(0,1,0)	(0,1,0)	(0,1,0)	(0,1,0)	(0,1,0)	(0,1,0)
ϕ_1	-0.52	-0.44	-0.71	-0.54	-0.84	-0.58
ϕ_2	-0.11	-0.37	-0.50	-0.29	-0.69	-0.35
ϕ_3	-0.48	-0.09	-0.08	-0.01	-0.24	-0.05
ϕ_4	-0.27	-0.08	-0.01	-0.05	-0.03	-0.06

cock : 취사, air : 냉난방, TV : TV, refrl : 냉장고, light : 조명, etc : 기타

$$Z_t = 345 - 47.1t + 13.3t^2 \quad (12)$$

식과 같은 회귀식의 적합도를 결정하는 결정계수 값은 $R^2 = 98.6\%[{\text{ }}]$ 로 각 실적값에 매우 잘 부합한다.

5.3.2 각 부하군별 부하예측 결과

그림 2와 같이 주거용 각 부하군의 실적자료는 점점에 따라 평균과 분산이 변화하는 비정상성을 보이고 또는 계절성을 갖고 있어 3장에 설명된 방법에 의하여 취사 부하의 경우 ARIMA(0,1,1)*(0,1,2)12의 모델의 파라미터를 추정하였으며 모델의 검증은 0값이 유의수준 0.05에서 χ^2 의 임계값 16.9(d.f=9)보다 적으므로 모델이 적합하다고 볼 수 있고 그 예측결과는 그림 5와 같다.

$$(1-B)(1-B^{12})Z_t = (1-\theta_1 B) \cdot (1-\theta_1 B^{12} - \theta_2 B^{24})a_t, \quad (13)$$

$$\theta = 0.5745, \theta_1 = 0.6331, \theta_2 = -0.146$$

$$Q^* = 11.2 \text{ (d.f = 9)}$$

'90 RESIDENTIAL LOAD FORECAST. CURVE OF THE COOKER

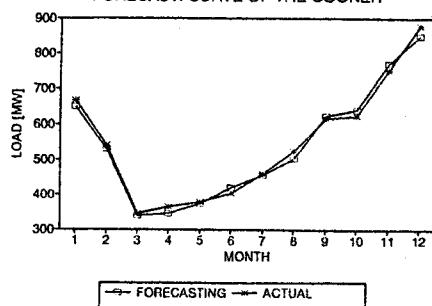


그림 5. 취사용부하 예측결과

표 5. 부하 예측결과

점	Actual [MWh]						원년 각 부하군별 예측값 (점 대 오차 [%])						각 부하군별 예측값 (점 대 오차 [%])						보급율을 고려한 각 부하군 예측값 (점 대 오차 [%])					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	666.9	593.6	153.6	319.0	607.8	247.5	874.6	600.4	155.3	322.6	614.8	250.3	646.7	577.3	149.3	310.2	591.1	240.6	658.1	570.3	148.5	295.4	584.7	228.8
2	541.6	421.2	169.4	445.2	671.3	420.1	555.1	431.7	173.7	458.3	688.1	430.5	529.9	412.1	165.7	435.5	656.8	410.9	547.2	412.5	163.1	411.9	545.5	385.4
3	346.4	201.7	158.1	491.7	627.0	512.2	355.3	206.9	162.2	504.4	643.2	525.4	339.0	197.3	154.6	481.1	613.5	501.2	376.5	213.9	183.0	463.0	607.6	474.5
4	364.9	284.9	184.1	554.6	593.8	517.3	355.8	258.2	150.7	540.7	578.9	504.3	345.6	250.8	148.4	525.2	562.3	489.9	365.0	252.1	145.9	517.4	559.2	477.1
5	378.4	328.4	148.1	612.6	547.2	513.4	388.6	337.3	152.1	629.2	561.9	527.7	374.5	325.0	146.5	506.2	541.5	501.0	382.5	312.4	145.3	600.6	535.4	499.8
6	404.9	408.4	145.5	693.3	512.9	525.0	474.8	478.4	170.6	815.2	601.2	615.6	419.3	422.9	150.7	720.1	531.1	543.7	419.4	398.7	147.9	709.0	520.1	533.9
7	460.1	528.2	150.8	834.9	501.0	569.7	468.9	538.4	153.7	851.0	560.6	580.2	455.8	523.3	149.4	527.1	496.3	563.9	454.7	491.9	145.9	805.0	484.4	548.9
8	524.0	673.9	155.3	1001.4	478.4	617.4	540.3	694.9	160.1	1032.6	493.2	636.6	502.1	645.7	148.8	593.5	458.3	591.6	503.4	607.3	144.5	915.8	448.4	555.5
9	614.0	709.0	152.1	789.8	506.9	456.2	687.2	793.5	170.2	850.3	567.3	510.6	620.7	716.7	153.7	768.0	512.4	561.2	617.7	677.4	148.9	739.1	495.9	442.1
10.	620.9	663.5	134.0	494.7	477.0	284.5	646.7	691.1	139.6	515.2	496.8	296.3	638.6	482.4	137.8	508.7	490.6	292.6	641.0	655.2	135.3	499.8	480.2	285.1
11	750.0	756.1	145.1	364.4	546.0	193.1	780.4	786.7	150.9	379.2	568.1	200.9	768.6	744.8	146.8	373.4	559.5	197.9	764.7	735.2	145.2	370.3	546.2	196.1
12	879.3	846.8	155.4	224.2	613.8	95.2	865.9	839.9	153.0	220.8	604.5	93.7	849.1	817.7	150.0	216.5	592.7	91.9	837.1	766.3	147.1	227.7	581.4	103.5

1:조평 2:냉난방 3:밸트비전 4:냉장고 5:조명 6:등력

5.3.3 혼합형 부하예측결과

주거용 가전기기의 보급율을 고려한 각 부하군의 예측은 (10)식과 같고, 주세성분과 계절성분의 추정된 각 부하군의 파라미터는 표 4와 같다. 또한, 불규칙 성분은 ARIMA(4,1,0)(0,1,0)모델로 식별되었고, 따라서, 이에 기초한 예측 결과는 표 5와 같다.

5.3.4 결과 및 검토

앞에서 제안된 예측방법을 적용한 결과는 표 5와 같이 각 부하군의 예측은 실제값과의 절대오차가 5[%] 이하이며 예측 모델의 수가 6개이고 예측이 용이하다.

한편, 월별 각 부하군 예측 결과는 6월과 9월을 제외하고 예측오차가 4[%]이내로 예측정도가 매우 좋았으며, 6월과 9월의 경우에는 입력자료에서 '86년도 해당월의 부하의 크기가 '87년도 보다 더 크게 나타났던 이상현상에 의하여 예측이 영향을 받아, 입력자료의 오류 가능성성이 높다고 생각된다. 만약 이러한 입력자료의 이상현상이 없었다면 예측오차는 매우 좋았을 것이다. 주거용 부하군이 6개이므로, 부하군당 12개의 월별 예측 모델을 갖으므로 전체 72개의 예측 모델을 갖는 특징이 있다.

보급율을 고려한 각 부하군의 예측결과는 주세성분과 계절성분 그리고 불규칙성분으로 분리하여 예측을 한 후 이를 활용한 결과가 표 1과 같은데 최대 오차가 계절부하인 냉난방의 8월달에 9.8[%]를 나타내고 있다. 이는 계절성 부하의 급변을 보여주고 있으며 따라서 예측이 어려움을 나타낸다.

6. 결론

본 연구에서는 부하의 크기는 부하를 구성하는 요소인 기기들이 직접적으로 좌우한다는 사실을 근거로 각 부하군 별로 예측하고자 하였으며, 부하구성비 추정 알고리즘을 이용하여 각 부하군의 각자 실적 자료를 추정하였으며, 이를 토대로 월별 최대 부하일의 설정된 시간의 주거용 부하와 이를 구정하는 각 부하군의 부하를 예측하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 주거용 부하의 월별 최대 부하예측은 최대 5[%] 이내를 갖는다.
- (2) 부하구성비를 이용하여 각 부하군별로 정도가 높은 예측을 할 수 있고
- (3) 따라서 주거용 부하 전체를 대상으로 예측을 한 것과 부하군별 예측을 종합한 결과가 거의 유사함을 알 수 있었다.
- (4) 또한 가전기기의 보급율을 고려하여 예측도 가능함을 제시하였다.

장차, 이 모델은 부하군별 추정이므로 각 부하군의 시간별 사용패턴을 쉽게 알 수 있으므로 단기, 나아가서 순시 모형으로 확장이 가능하고, 부하성장에 경제모형을 추가하게되면 전체적인 부하예측외에도 지역별 또는 모선별 부하예측도 가능하리라고 기대된다.

[참고문헌]

1. 김형섭, 이제현, 임재윤, 김정훈, '전문가 시스템을 도입한 부하구성비 추정', 대한전기학회 하계 학술대회, pp 345-349, 1991.7.
2. B.Y.Lee, J.H.Kim, K.B.Shim, 'System Wide Load Models for Load Flow and Transient Stability in Korea's Power System.', IEEE International Conference, Beijing pp.183-188, Sep. 1991.
3. 임 재윤, 김 정훈, '합리적인 부하구성비 추정방법에 관한 연구', 대한전기학회 하계학술대회.
4. 임 재윤, 김 정훈, '부하모델을 위한 합리적인 부하구성비 추정방법에 관한연구.', 대한전기학회 논문집사증, 1993.
5. Willian W.S. Wei, 'Time Series Analysis', Addison-Wesley, 1990.
6. Box and Jenkins, 'Time Series Analysis', Holden Day, 1976.
7. Makridakis and Wheelwright, 'Forecasting Method and Application', John Wiley & Sons, 1978. pp.81-84, 1992
8. E.H. Barakat, J.M. Al-Qassian, 'New Model for Peak Demand Forecasting applied to Highly Complex Load Characteristics of a Fast Developing Area', IEEE proceedings-c, Vol.139, No. 2, pp.136-140, March 1992.
9. Ibrahim Moghram, Saifur Rahman, 'Analysis and Evaluation of Five Short-Term Load Forecasting Techniques', IEEE Trans. Power System, Vol.4, No.4,
10. Alex D. Papalexopoulos, Timothy C. Hesterberg, 'A Regression Based Approach to Short Term System Load Forecasting', IEEE Trans. Power System, Vol.5, No 4, pp. 1535-1547, November 1990.
11. 한국전력공사, '가전기기 보급율 조사연구', 1992.