

다중 시계열 모델을 이용한 단기 부하 무효전력 예측

(Short-term Reactive Power Load Forecasting Using Multiple Time-Series Model)

이호상* · 조중만 · 박우현 · 김진오**

(Hyo-Sang Lee · Jong-Man Cho · Woo-Hyun Park · Jin-O Kim)

요 약

본 논문에서는 실제 전력 수요 데이터를 이용하여 유효전력에 단기 부하 예측함에 있어 무효전력이 중요한 역할을 하는 것을 회귀 분석 검증 통계량으로 증명한다. 무효전력의 공급과 수요는 계통의 전압과 아주 밀접한 관계를 가지고 있으므로 계통전압을 관리하고 계통의 신뢰도를 높이기 위해서는 예측된 무효전력 수요에 따라 무효전력 공급계획을 별도로 수립하여 운영해야 한다. 따라서 본 논문에서는 다중 시계열 모델을 이용한 시전 예측방법을 이용하여 설명변수로 유효전력을 사용하여 부하의 무효전력을 예측 하였다.

Abstract

This paper shows that active and reactive power load have significant positive relationship and there exist two types of relationship between them using Test Statistics. In investigating the cross plots at every hour, we found out that from 0 to 8 hours, there relationships are linear, while from 9 to 23 hours, they are two piece-wise linear. Also, reactive power loads was estimated and forecasted using active power load as the explanatory variable with OLS (Ordinary Least Squares) regression methods. MAPE (Mean Absolute Percentage Error) for each model is calculated for one-hour ahead forecasting.

Key Words : OLS(Ordinary Least Squares), Critical Value, MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

1. 서 문

전력 수요가 비약적으로 성장함에 따라 안정한 전력 공급과 발전 비용의 감소, 전력 공급의 신뢰도 향

상을 위한 여러 가지 시도 및 연구가 다양한 분야에서 진행되고 있다. 부하 예측분야에서 대부분의 연구들은 유효전력의 예측이나 분석에 중점을 두었고 무효전력예측에 대한 연구는 전무한 실정이다. 부하의 무효전력은 계통의 전압과 밀접한 관계를 가지고 있으므로 계통 전압을 관리하고 계통의 신뢰도를 높이기 위해서는 무효전력의 수요예측 또한 중요하다. 그리고 무효전력을 예측함으로써 정확한 S.C 투입 시간과 투입량을 산정하여 계통의 전압을 관리 할 수 있고, 발전기의 지 · 진상 운전에 대한 자료가 될 수 있다.

* 주 저 자 : 전력거래소 정보기술처 부처장
Tel : 02-3456-6585, Fax : 02-3456-6729
E-mail : lhs707@kpx.or.kr
**교신저자 : 한양대학교 전자전기공학부 교수
Tel : 02-2290-0347, Fax : 02-2297-1569
E-mail : jokim@hanyang.ac.kr
접수일자 : 2004년 3월 22일
1차심사 : 2004년 3월 26일, 2차심사 : 2004년 4월 23일
심사완료 : 2004년 4월 28일

다중 시계열 모델을 이용한 단기 부하 무효전력 예측

따라서 본 논문에서는 우선적으로 부하의 역률 계산에 필요한 유·무효전력의 상관관계를 규명하고, 단기 부하 무효전력 예측을 위하여 유효전력(MW)을 설명변수로 이용하고, 비선형 예측모델을 이용하여 시간별 시전(one-hour ahead) 무효전력 예측 모델을 만들었다. 본 연구를 위해서는 모든 관리처의 전력 수요 데이터가 필요하나 데이터의 관리상 문제점으로 인하여 신인천 변전소의 전력 수요 데이터만을 이용하였고 기간은 2002년 1월~8월까지이며 배전용 무효전력 보상기(Static Condenser)의 자료는 신인천 변전소의 조상설비 운전일지를 사용하였다.

2. 부하의 총 무효 전력 산출 (Q_{TL})

유·무효전력의 상관관계를 좀 더 명확히 규명하기 위해서는 부하의 총 무효전력(Q_{TL})산출이 선행된다. 현재 계통 해석시 적용하고 있는 부하 자료(유·무효 전력 등)는 변압기 2차측(주로 22.9[kV])에만 계기가 부착되었으므로 계속되는 유효전력(P_T)과 무효전력(Q_T) 중에는 배전용 무효 전력 보상기(22.9[kV] Static Condenser)의 보상량(Q_C)이 포함되었다. 따라서 보상량을 제한 무효전력은 부하의 무효 전력 소비량이 된다. 154[kV]측에서 부하의 무효 전력 산출 과정을 설명하기 위해 대표적인 154[kV] 변전소의 개요도를 그림 1에 나타내었고 부하의 유·무효전력에 대한 산출 방법은 다음과 같다.

총 유효전력(Total active power) :

$$P_T = \sum P_{DM} + \sum P_M = \sum P_{DM} + \sum P_L \quad (1)$$

총 무효전력(Total reactive power) :

$$Q_T = \sum Q_{DM} + \sum Q_M = \sum Q_{DM} + \sum Q_L + \sum Q_C \quad (2)$$

부하의 총 무효전력(Total Load reactive power) :

$$Q_{TL} = \sum Q_{DM} + \sum Q_M - \sum Q_C \quad (3)$$

여기서

P_{DM}, Q_{DM} : 154[kV] 직거래 부하의 유·무효전력
 P_M, Q_M : 변압기 2차측에서 계속되는 유·무효전력

P_L, Q_L : 22.9[kV] 부하의 유·무효전력

Q_C : 배전용 무효전력 보상기(Static Condenser)

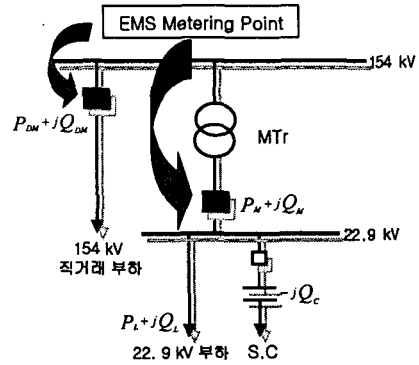


그림 1. 154(kV) 변전소 개요도
 Fig. 1. Structure of 154(kV) substation

3. 검정 통계량

관측된 데이터를 이용하여 회귀모형이 추정되면 이 추정된 회귀선이 표본자료들을 얼마나 잘 설명하는가를 검토해야 한다. 따라서 본 논문에서는 다음과 같은 척도를 사용하여 회귀분석결과를 나타내었다[1].

(1) 결정계수(Coefficient of Determination, R^2)

결정계수란 추정된 회귀선이 관측점들에 얼마나 적합한지를 나타내는 값으로서 결정계수 R^2 는 1에 가까울수록 추정된 회귀선은 관측점들에 적합하다.

(2) DW(Durbin-Watson)

최소자승법을 사용하여 회귀계수를 추정할 때 잔차는 서로 독립적으로 random하게 발생해야 한다는 잔차항에 대한 독립성 가정을 하게 되는데 이때 잔차항이 서로 상관되어질 때 자기 상관(Autocorrelation)이 존재한다고 말하고 그 존재 여부는 DW 값을 사용하여 검정할 수 있으며 그 값이 2에 가까울수록 독립적이라 할 수 있다.

(3) SE(Standard Error)

데이터가 추정된 회귀선에 얼마만큼 집중되어 있는가를 나타내는 지표로서 SE값이 크면 데이터가 회귀선 주위에 넓게 분산되어 있다는 것을 나타내고 SE값이 작다면 회귀선 주위에 집중되어 있다는 것을 나타낸다.

4. 유효 전력과 무효 전력의 관계

부하의 유효·무효전력의 상관관계를 자세히 알아보기 위하여 P_T (Total active power)와 Q_{TL} (Total Load reactive power)의 관계, P_T 와 Q_T (Total reactive power)의 관계를 규명하고자 한다.

4.1. P_T 와 Q_{TL} 의 관계

그림 2는 P_T 와 부하의 총 무효전력(Q_L)관계를 산점도(Scatter Plot) 형태로 나타낸 것으로 본 논문에서 예측하게 될 무효전력이기도 하다. 두 관계를 보면 특정 임계치를 기준으로 하위영역(Lower Regime)과 상위영역(Upper Regime)으로 나누어지는 비선형 관계임을 알 수 있다. 이것은 부하의 유효전력이 임계치 이상이 되면 부하의 무효전력 소비가 현격하게 증가하는 것을 알 수 있으며, 그림 3(a)와 비교해서 보면 그림 2의 상위영역만이 보상되는 것을 볼 수 있다.

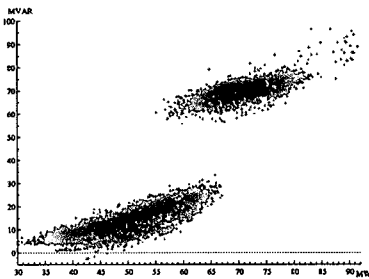


그림 2 P_T 와 Q_L 의 산점도
Fig 2. Scatter Plot of P_T and Q_L

상위영역을 선형모델을 이용하여 회귀분석 하였고, 그 결과는 다음과 같다.

$$Q_L = 0.5941 P_T + 27.924 \quad (4)$$

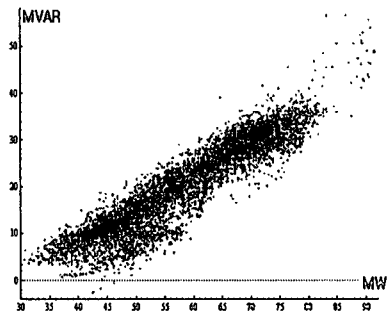
여기서

$R^2=0.5127$, $DW=0.726$ 를 나타낸다.

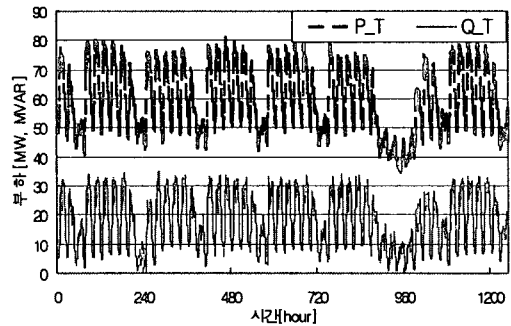
4.2. P_T 와 Q_T 의 관계

두 변수가 어떠한 상관관계를 가지고 변화하는지를 대략적으로 알아보기 위해서 두 변수의 관측치들

을 우선 도표상에 산점도(Scatter Plot)로 나타내 보았다. 그림 3(a)에 나타나듯이 P_T 와 Q_T 가 정(正)의 선형 관계가 뚜렷한 것을 볼 수 있다. (b)는 2002년 1월부터 2월까지의 P_T 와 Q_T 값을 시간에 대하여 나타낸 것으로, 하루 중 최저값은 04~06시에 나타나고 최대값은 18~20시에 나타나며 이러한 값들이 1주일을 주기로 반복된다. 또한 P_T 와 Q_T 가 유사한 패턴을 갖고 변하는 것을 볼 수 있다 [2-3].



(a) P_T 와 Q_T 의 산점도
(a) Scatter Plot of P_T and Q_T



(b) 2002년 1월~2월 P_T 와 Q_T 의 추세
(b) Comparison of P_T and Q_T ('02.1.1~2.28)

그림 3 P_T 와 Q_T 의 관계
Fig 3. Correlation of P_T and Q_T

두 변수의 관계를 규명하기 위하여 선형 모델을 이용하여 회귀분석 하였고 그 결과는 다음과 같다.

$$Q_T = 0.58846 P_T - 11.606 \quad (5)$$

(0.8413) (0.0119)

여기서 $R^2=0.52$, DW (Durbin-Watson)=0.733, ()는 계수로 각각의 SE(Standard Error)값을 나타낸다.

다중 시계열 모델을 이용한 단기 부하 무효전력 예측

5. 회귀 분석 결과의 응용

회귀 분석결과를 토대로 보상전·후의 평균 역률 값과 F.C(Fixed Capacitor), S.C(Switched Capacitor)값을 추정하였다. F.C는 부하의 유효전력의 변화하는 상관없이 일정하게 선로에 존재하는 무효전력을 말하고, S.C 부하의 유효전력의 변화에 따라 투입되는 무효전력량을 말한다. 유효전력과 무효전력을 각각 x_t 와 y_t 라 하면, 식(6)처럼 표현된다.

$$y_t^* = \tan(\theta)x_t \quad (6)$$

여기서 $\cos(\theta)$ 는 역률을 나타내고, 시간 t에서 예측되는 Q_T 를 y_t 로 나타내면 다음과 같이 표현된다.

$$y_t = y_t^* - (C_0 + C_t) = \tan(\theta)x_t - (C_0 + C_t). \quad (7)$$

여기서

C_0 : 고정된 무효전력량

C_t : 시간 t에서의 투입된 무효 전력 보상량

식(7)의 C_t 는 배전용 무효 전력 보상기의 capacitor 용량이며, 다음과 같이 표현된다.

$$C_t = \sum_{i=1}^{n_s} I_{Ci}^0 \beta_{t,i}; \beta_{t,i} = \{0 \text{ or } 1\} \quad (8)$$

여기서

I_{Ci}^0 : 배전 i번째 capacitor의 정격 용량

$\beta_{t,i}$: 시간 t에서의 capacitor의 ON/OFF 상태

n_s : capacitor의 개수

아래와 같은 두 가지 방식으로 표현된다.

$$y_t = \begin{cases} \tan(\theta)x_t - C_0 & \text{if } \beta_{t,i}=0 \\ \tan(\theta)x_t - (C_0 + I_{Ci}^0) & \text{if } \beta_{t,i}=1 \end{cases} \quad (9)$$

그림 3(a)와 그림 2에 상위영역의 회귀분석 결과를 표1에 정리하였다. 수식(9)와 회귀 분석 결과를 비교해 보면 선로에 존재하는 무효전력량 $S.C \approx$

27.924이고, 보상되는 무효전력량 $S.C \approx 39.53$ MVAR라는 것을 추정 할 수 있다.

표 1. 그림 2 와 그림 3(a)의 회귀 분석 결과
Table 1. The regression result of Fig. 2 and Fig. 3(a)

	$\tan(\theta)$	C_0	$C_0 + C_t$	평균 P.F
그림 2	0.588		-11.606	0.862
그림 3(a)	0.595	27.924		0.859

6. 예측 모델

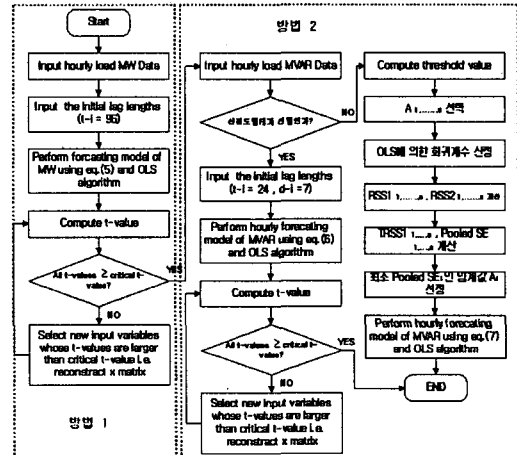


그림 4. 부하의 무효전력 예측 순서도
Fig. 4. Flow chart for forecasting reactive power load

Q_L 을 예측을 함에 있어, 먼저 각 시간별로 P_T 와 Q_L 의 산점도를 살펴보면, 크게 두 가지 형태의 산점도를 보이는데 0시~8시까지의 각 시간별 산점도는 두 변수의 관계가 선형관계인 것을 볼 수 있고, 9~23시까지의 각 시간별 산점도는 두 변수가 특정 임계치를 기준으로 하위영역(Lower Regime)과 상위영역(Upper Regime)으로 나뉘는 비선형 관계임을 볼 수 있다. 따라서 선형관계가 뚜렷한 0~8시는 일반적인 선형 회귀 분석을 사용하여 Q_L 을 예측하였고, 설명변수로 P_T 를 추가하여 예측력을 높였다. 두 변수가 비선형 관계를 보이는 9~23시는 우선적으로 오차를 가장 작게 하는 임계값 (threshold value)을 구하고, 하위영역과 상위영역 각각의 선형관계식을

구한 뒤 예측된 P_T 로 Q_L 를 예측하는 2단계 예측 모델(Two-Step Estimation)을 사용하였다. 2단계 예측 모델은 예측된 값으로 다시 두 번째 예측을 하는 것으로 첫 번째 예측값이 좋아야 결과적으로 구하려는 최종적인 변수의 예측값이 좋아지게 된다. 2단계 예측 모델을 사용하는 주된 이유는 두 변수가 임의의 임계점을 기준으로 비선형 관계가 존재하므로 P_T 를 예측 할 수 있으면 Q_L 도 예측 가능하기 때문이다.

예측 절차를 보면 크게 2가지 나뉜다. 우선 방법 1에서 P_T 를 예측하고 방법 2에서는 두 변수의 산점도가 선형인지 비선형인지를 구별하여 선형일 경우는 선형 모델을 이용한 예측 모델을 구현하였고, 비선형일 경우는 우선적으로 임계값(Threshold value)을 구하고 방법 1에서 예측한 P_T 를 이용하여 Q_L 를 예측하였다[4].

6.1 부하의 P_T 예측 모델

그림 2에서 보여 지듯이, P_T 와 Q_T 는 선형 관계가 뚜렷함을 볼 수 있다. 따라서 다음과 같은 P_T 예측 모델을 만들었다[5-6].

$$P_T = f(P_{T(t-i)}, Q_{T(t-i)}) \quad (10)$$

$$= a_0 + \sum_{i=1}^{Nh} b_i P_{T(t-i)} + \sum_{i=1}^{Nh} c_i Q_{T(t-i)}$$

여기서

$P_{T(t-i)}, Q_{T(t-i)}$: 유·무효전력의 과거치

$t-i$: 과거 유·무효전력의 시간 시차의 개수

P_T 와 Q_T 의 시간 시차 개수를 각각 96으로 하고, 회귀 분석 한 후 신뢰 수준 5[%]를 기준으로 그 때의 t-통계치 보다 큰 t-값을 갖는 변수들만 선택하여 다시 회귀분석 한다. 이러한 과정을 반복해서 모든 변수들이 모두 t-통계치 보다 큰 t-값을 가질 때 그 모델을 선택한다. 여기서 예측된 값을 \widehat{P}_T 로 한다.

6.2 부하의 Q_L 예측 모델

2단계로서 Q_L 예측 모델을 설정하였다. P_T 와 Q_L 에 대하여 각각의 일간 및 시차에 대하여 24시간, 7일로 시차 항목(lag-term)을 주었다.

[0~8시 형태의 예측 모델]

$$Q_L = f(\widehat{P}_T, P_{T(t-i)}, P_{T(d-j)}, Q_{L(d-j)})$$

$$= a_0 + a_1 \widehat{P}_T$$

$$+ (a_2 P_{T(t-1)} + a_3 P_{T(t-2)} + \dots + a_i P_{T(t-i)}) \quad (11)$$

$$+ (b_1 P_{T(d-1)} + b_2 P_{T(d-2)} + \dots + b_j P_{T(d-j)})$$

$$+ (c_1 Q_{L(t-1)} + c_2 Q_{L(t-2)} + \dots + c_i Q_{L(t-i)})$$

$$+ (e_1 Q_{L(d-1)} + e_2 Q_{L(d-2)} + \dots + e_j Q_{L(d-j)})$$

여기서

\widehat{P}_T : 예측 유효전력

$t-j, d-j$: 과거 부하의 유·무효전력 일간 및 시간 시차개수

[9~23시 형태의 예측 모델]

$$Q_L = \begin{cases} a \widehat{P}_T + b & \text{if } \widehat{P}_T > A \\ c \widehat{P}_T + d & \text{if } \widehat{P}_T \leq A \end{cases} \quad (12)$$

여기서

A : 임계값(threshold vale)

\widehat{P}_T : P_T 의 예측값

비선형 모델에 오차를 가장 작게 하는 임계값 A 를 찾아야 한다. 먼저 n 개의 임의의 임계값을 선택하여 예측치와 실제치의 오차가 가장 작도록 하는 함수를 구하는 기법인 최소자승법을 이용하여 모든 n 에 대하여 하위영역과 상위영역 각각의 계수를 구한다. 세 번째와 네 번째 단계에서는 모든 n 에 대하여 RSS_1 과 RSS_2 , $TRSS$ 와 $Pooled SE$ 를 계산한다. 여기서 RSS_1 과 RSS_2 는 각각의 하위영역과 상위영역의 잔차제곱합(RSS Residual Sum of Squares), $TRSS$ 는 RSS_1 과 RSS_2 의 합이며 $Pooled SE$ (Pooled standard Error)는 다음 식 (13)과 같다.

$$Pooled SE = (TRSS / \text{자유도})^{0.5} \quad (13)$$

마지막 단계에서는 최소 $Pooled SE$ 값을 갖는 임계값 A 를 선정하였다.

모델의 효용성을 검증하기 위하여 예측 부하의 실제 부하에 대한 평균 오차는 식(14)와 같이 시간별 평균 오차 절대값의 합을 평균하여 구한 절대 평균

다중 시계열 모델을 이용한 단기 부하 무효전력 예측

백분율 오차(MAPE : Mean Absolute Percentage Error, [%])로 정의하였다.

$$MAPE[\%] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Actual(i) - Forecast(i)|}{Actual(i)} \times 100 \quad (14)$$

여기서, N : 예측 시간의 개수

7. 회귀 분석 결과2

먼저 P_T 에 대한 회귀 분석 결과는 표 2와 같으며 여기서 구한 MAPE값은 전체 데이터의 10[%]에 해당되는 관찰치를 갖고 예측한 결과 값이다. MAPE 값이 1.6411로 P_T 에 대한 예측력이 상당히 좋은 것을 알 수 있다.

표 2. P_T 의 회귀 분석 결과

Table 2. The regression results of P_T

R^2	DW	MAPE[%]
0.9894	2.0000	1.6411

표 3. 각 시간에 대한 임계값 및 검정 통계량

Table 3. Selection of optimal threshold value at each hour

임계값 (MW)	RSS1	RSS2	TRSS	Pooled SE
9시 57	99.1195	234.2209	333.3405	4.0825
10시 65	35.8806	161.4204	197.3010	3.1409
11시 64	20.5429	76.8068	97.3497	2.2062
12시 65	41.9122	79.7152	121.6274	2.4660
13시 58	30.0136	86.6674	116.6809	2.4154
14시 56	33.8134	92.0185	125.8319	2.5085
15시 60	26.8171	67.1146	93.9316	2.1672
16시 65	25.5278	90.9789	116.5066	2.4136
17시 64	11.6947	84.8481	96.5428	2.1971
18시 63	27.9635	55.8521	83.8157	2.0471
19시 63	36.3619	74.6321	110.9940	2.3556
20시 63	24.4187	97.4508	121.8694	2.4685
21시 62	32.4788	185.1725	217.6513	3.2989
22시 67	150.3957	7.5931	157.9888	2.8106
23시 67	187.9769	3.0696	191.0465	3.0907

식 (14)에서 알 수 있듯이 유효전력을 예측함에 있어 자기 변수의 과거값에 설명 변수로 Q_T 를 추가

시키면 예측력이 상당히 좋아 지는 것을 볼 수 있다. 이것은 두 변수의 추세가 거의 비슷하기 때문에 사료된다.

표 3은 비선형 특성을 갖고 있는 09~23시까지의 각 시간에 대한 임계값을 나타낸 값으로 임계값은 대략 56~67[MW] 범위내에서 존재하는 것을 알 수 있다.

부하의 무효전력 Q_L 에 예측 결과는 표 4에 보이고 있다.

표 4. Q_L 의 시간별 예측 모델 결과

Table 4. Forecasting errors of Q_L at each hour

시간	최소오차	최대오차	MAPE[%]
0시	0.026344	1.152568	5.213775
1시	0.088871	0.609274	5.347605
2시	0.011027	1.225170	7.048702
3시	0.037244	0.482304	2.550764
4시	0.006013	0.460421	2.905882
5시	0.023683	0.509990	2.937837
6시	0.008060	1.513080	7.211820
7시	0.040034	1.043000	3.963690
8시	0.024797	0.979718	3.403729
9시	0.214982	7.794510	8.383763
10시	0.285131	5.275780	7.554600
11시	0.047855	4.297840	4.571757
12시	0.018450	4.572100	5.606569
13시	0.735426	4.213120	5.448030
14시	0.020400	4.756730	5.869628
15시	0.143378	4.076610	4.345515
16시	0.125532	6.659770	4.219445
17시	0.346320	5.399390	4.045113
18시	0.152300	4.336060	4.121281
19시	0.077761	3.847110	5.341895
20시	0.073545	4.943520	4.247521
21시	0.096222	9.435860	5.835628
22시	0.661526	5.338170	10.125910
23시	0.301105	5.245950	13.490350
평균	0.148600	3.673700	5.574600

두 변수가 선형 특성을 갖고 있는 0~08시에서의 예측값은 대략적으로 2~7[%]의 MAPE 값을 갖고 있지만 비선형 특성을 갖고 있는 09~23시에서는 MAPE[%] 값이 4~13[%]를 나타내고 있어 예측력이 약간은 떨어지는 것을 볼 수 있다. 하지만 예측방법을 달리하거나 날씨와 온도 경제 지표 등과 같은 설명 변수를 추가 한다면 예측력이 더 좋아 질것으

로 사료된다.

8. 결 론

유효전력의 공급과 수요뿐만 아니라 무효전력의 공급과 수요 또한 계통의 전압과 아주 밀접한 관계를 가지고 있으므로 계통전압을 관리하고 계통의 신뢰도를 높이기 위해서는 예측된 무효전력 수요에 따라 무효전력 공급계획을 별도로 수립하여 운영해야 한다. 이와 관련하여 본 논문에서는 시간별 유·무효전력의 상관관계를 규명하였고, 그 결과 선형 관계인 시간대와 비선형 관계가 있는 시간대가 존재하는 것을 입증하였다. 0~08시는 유효전력과 무효전력이 정의(positive)선형 관계가 있었고, 09~23시에는 하위영역(Lower Regime)과 상위영역(Upper Regime)이 존재하는 비선형 관계가 존재하는 것을 알 수 있었다. 비선형 관계인 시간대에는 임계치가 존재하였으며 대략 56~67[MW] 사이의 구간이고 이를 바탕으로 무효전력에 대한 비선형 예측모델(OLS : Ordinary Least Squares)을 만들었고, 설명 변수로 유효전력에 대한 예측값을 사용하여 예측력을 높였다.

Out of sample 데이터로 구한 각 시간별 평균 MAPE[%]값은 5.575[%]로 처음 시도된 무효전력 예측치로는 좋은 결과 값이라고 사료된다. 또한 예측방법을 달리하거나 날씨, 온도, 습도 및 경제 지표 등과 같은 설명 변수를 추가 한다면 예측력이 더 좋아 질것으로 사료된다.

무효전력을 예측하므로써 정확한 S.C 투입시간과 투입량을 산정하여 계통의 전압을 관리할 수 있고, 발전기의 지·진상 운전에 대한 자료가 될 수 있어 앞으로 무효전력 예측 또한 중요한 것을 본 논문에서 제시 하였다.

본 연구는 한국전력거래소 지원으로 수행된 결과의 일부임.

References

- (1) Bruce L. Bowerman and Richard T. O'Connell. "Time Series Forecasting : Unified concepts and Computer Implementation", Duxbury Press Boston, 1987.
- (2) Joseph F. Hair, Rolph E. Anderson, and Ronald L. Tatham, William C. Black, " Multivariate Data Analysis", Prentice Hall, Inc, New Jersey, 1998.
- (3) Korea Power Exchange (KPX), : "A Study on the Voltage Operation and Determination Methods of Load Power Factor for the Power Transmission System", July 2002.
- (4) Kyung-Hun Lee, Yunho Lee, Jin-O Kim, " TAR (Threshold Autoregressive) Model for short-Term Load Forecasting Using Nonlinearity of Temperature and Load", KIEE Trans. Vol. 50A, No. 9, September. 2001.
- (5) M.T Hagan and S.M. Behr, "The Time Series Approach to Short-Term Load Forecasting", IEEE Trans. On Power Systems, Vo. 2, No. 3, pp.785~791, 1987.
- (6) S. Civanlar and J.J. Grainger, "Forecasting Distribution Feeder Loads: Modelling and Application to Volt/Var Control.", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 3, No. 1, January 1988.

◇ 저자소개 ◇

이효상 (李孝祥)

1955년 2월 26일생. 1981년 2월 한양대학교 전자통신공학과 졸업. 1984년 동대학 산업대학원 석사졸업. 2003년 동대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현 전력거래소 정보기술처 부처장.

조종만 (趙鍾萬)

1959년 7월 27일생. 1986년 2월 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1998년 2월 경상대학교 전기공학과 석사 졸업. 현재 한양대학교 전기공학과 박사과정. 현 전력거래소 중앙급전소 부장.

박우현 (朴遇顯)

1976년 5월 28일생. 2001년 2월 인하대 전기공학과 졸업. 2003년 2월 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사).

김진오 (金鎭吾)

1956년 1월 17일생. 1980년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 12월 Texas A&M대학교 전기공학과 졸업(박사). 현재 한양대학교 전자전기공학부 교수.

