

하계 특수경부하기간의 단기 전력수요예측

Short-Term Load Forecast for Summer Special Light-Load Period

박 정 도* · 송 경 빈†
(Jeong-Do Park · Kyung-Bin Song)

Abstract - Load forecasting is essential to the economical and the stable power system operations. In general, the forecasting days can be classified into weekdays, weekends, special days and special light-load periods in short-term load forecast. Special light-load periods are the consecutive holidays such as Lunar New Years holidays, Korean Thanksgiving holidays and summer special light-load period. For the weekdays and the weekends forecast, the conventional methods based on the statistics are mainly used and show excellent results for the most part. The forecast algorithms for special days yield good results also but its forecast error is relatively high than the results of the weekdays and the weekends forecast methods. For summer special light-load period, none of the previous studies have been performed ever before so if the conventional methods are applied to this period, forecasting errors of the conventional methods are considerably high. Therefore, short-term load forecast for summer special light-load period have mainly relied on the experience of power system operation experts. In this study, the trends of load profiles during summer special light-load period are classified into three patterns and new forecast algorithms for each pattern are suggested. The proposed method was tested with the last ten years' summer special light-load periods. The simulation results show the excellent average forecast error near 2%.

Key Words : Short-term load forecast, Summer special light-load period, Consecutive holidays load characteristics

1. 서 론

전력수요예측은 발·송전설비의 증설계획수립, 적정 예비력의 확보, 발전기 기동정지계획의 수립, 경제적인 전력계통의 운영 및 안정적인 전력공급에 필수적인 분야이다. 우리나라와 같은 고립 계통의 경우 전력수요예측의 성능은 매우 중요하며, 특히 발전설비의 예비력이 충분하지 않은 시점에서는 더욱 그러하다. 전력수요예측은 예측 대상에 따라 단기, 중기, 장기로 나눌 수 있다. 단기 전력수요예측은 주로 익일 예측을 수행하며 예측 대상일은 크게 평일, 주말, 특수일 및 특수경부하기간으로 나뉘게 된다. 평일 및 주말은 통계적인 방법을 주로 사용하고 있으며 특수일의 경우 퍼지 [1-3], 신경회로망 [2-4], SVM(Support Vector Machine) [5] 등 다양한 방법이 연구되었다. 우리나라의 경우 설연휴, 추석연휴 및 하계휴가 기간은 현저히 낮은 수준의 전력사용 패턴과 연휴의 특성을 나타내므로 특수경부하기간으로 지정하여 특별히 취급하고 있다.

하계 특수경부하기간은 7월말부터 8월초까지 대략 일주일의 하계휴가 기간을 말하는 것으로 대규모 사업장의 하계휴가로 인한 조업중단의 여파로 일반적인 평일에 비해 매우 낮은 수준의 전력사용 패턴을 나타낸다. 따라서 하계 특수경

부하기간의 수요예측은 통계적인 예측방법으로 수행하기 힘들기 때문에 예년 해당기간 실적치의 평일대비 수요 저감율 및 수요경향을 분석한 후 전년대비 부하증가율과 최근 휴일의 평일대비 수요저감율을 반영하여 예측하도록 하고 있으며, 운전원이 보정을 할 수 있도록 하고 있다 [6]. 이 구간에 대한 예측방법은 기존에 연구된 바가 없으며, 전적으로 운전원의 전문가적인 식견에 의존하고 있으므로 연구 및 체계화의 필요성이 크다. 따라서 본 논문에서는 하계 특수경부하기간의 추세를 세 가지(증가, 수평, 감소) 패턴으로 분류하여 각 추세에 대한 예측 알고리즘을 제시함으로써 하계 특수경부하기간에 대한 단기 전력수요예측 방법을 수립한다.

2. 본 론

하계 특수경부하기간은 법정 공휴일은 아니지만 대규모 사업장의 하계휴가로 인해 공휴일 및 연휴의 특성을 동시에 나타낸다. 하계 특수경부하기간의 수요패턴을 분석하기 위해 연도별 8월 1일의 요일과 연휴의 특성이 나타난 일자 및 요일을 표로 정리하면 표 1과 같다.

과거에는 하계 특수경부하기간의 특성이 8월 1일부터 8월 5일에 걸쳐서 나타나는 것으로 간주하기도 하였으나, 표 1을 살펴보면 하계 특수경부하기간의 특성은 8월 1일의 요일에 따라서 인근 일자의 부하패턴이 정해진다는 것을 알 수 있다. 각각의 패턴에 대해서 전력수요가 반응하는 일자(연휴 특성 일자)는 서로 다르지만 해당 일자에 대한 요일을 파악해보면 표 1과 같은 규칙을 따르게 된다.

* Division of Energy & Electrical Engineering, Uiduk University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, Korea

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr

Received : February 7, 2013; Accepted : March 13, 2013

표 1 하계 특수경부하기간의 부하 패턴
Table 1 Load pattern of summer special light-load period

8월 1일의 요일	패턴	연휴 특성일자	연휴 특성요일	연도
일	증가	2,3,4	월,화,수	2004, 2010
월	증가	1,2,3	월,화,수	2005, 2011
화	수평	-	-	2006
수	수평	-	-	2007
목	감소	31,1,2	수,목,금	2002, 2003
금	감소	30,31,1	수,목,금	2008
토	증가	3,4,5	월,화,수	2009

증가패턴은 8월 1일이 토, 일, 월요일인 경우에 해당되며, 연휴 특성 요일은 모두 월, 화, 수요일에 나타난다. 이것은 대규모 사업장의 하계휴가로 인한 조업 중단 특성이 주말부터 수요일에 걸쳐 나타나기 때문이다. 2002년 이후 증가 패턴에 해당하는 연도는 5개년(2004년, 2005년, 2009년, 2010년, 2011년)으로 각각에 대한 실적수요를 정규화하여 그림으로 나타내면 아래와 같다.

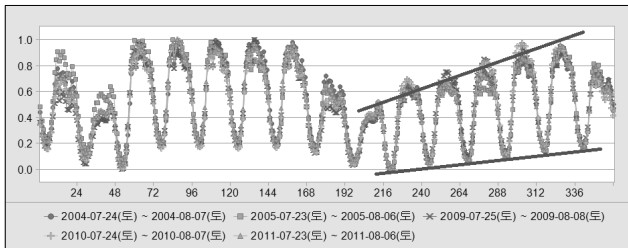


그림 1 하계 특수경부하기간 증가 패턴
Fig. 1 Increasing pattern of summer special light-load period

그림 1의 정규화된 5개년의 데이터는 직관적으로 매우 유사함을 알 수 있다. 2004년과 각 연도의 상관계수를 구하면 최소 0.9719로 나타나 매우 강한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 2002년 이후 감소패턴에 해당하는 연도는 3개년(2002년, 2003년, 2008년)으로 각각에 대한 실적 수요를 정규화하여 나타내면 다음 그림과 같다.

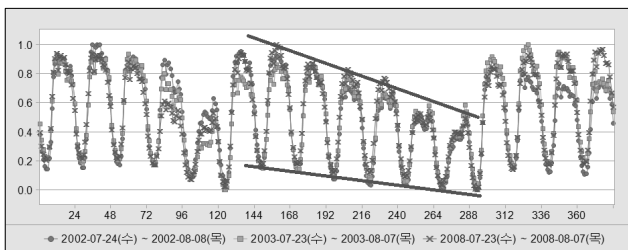


그림 2 하계 특수경부하기간 감소 패턴
Fig. 2 Decreasing pattern of summer special light-load period

2002년에 대한 각 연도의 상관계수를 구하면 최소 0.9462로 역시 매우 강한 상관관계를 나타내었다. 따라서 증가패턴일 경우 8월 1일 포함 혹은 이후의 월, 화, 수요일에 새로운 알고리즘을 적용하여야 한다. 마찬가지로 감소패턴일 경우 8

월 1일 포함 혹은 이전의 수, 목, 금요일에 새로운 알고리즘의 개발이 필요하다.

2.1 최대수요 증가 패턴

2.1.1 증가 패턴의 최대수요 예측

아래의 그림은 2004년 하계 특수경부하기간의 수요 데이터이다. 그림에서 아래쪽 점선은 2004년 8월 1일(일요일)의 최대값과 2004년 8월 6일(금요일)까지의 실적치의 최대값을 연결한 직선이며, 최대수요가 점점 선형적으로 증가하고 있는 추세라는 것을 알 수 있다. 일요일의 최대수요를 시작으로 점차적으로 증가하여 금요일의 최대수요를 기점으로 증가가 멈추게 된다. 따라서 일요일의 최대값과 금요일의 최대값을 사전에 알 수 있으면 하계 특수경부하기간의 최대부하에 대한 예측이 가능하다. 증가패턴의 경우 연휴특성을 나타내는 요일은 표 1과 같이 월, 화, 수요일이며 각각에 대한 예측 방안을 다음과 같이 살펴본다.

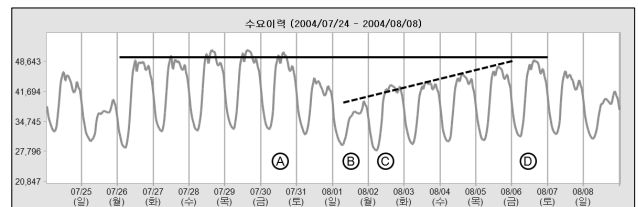


그림 3 하계 특수경부하기간 증가패턴의 최대수요
Fig. 3 Maximum load trend for the increasing pattern of summer special light-load period

① 월요일 최대부하 예측

월요일의 최대부하는 그림 3의 관계에서 알 수 있듯이 이전주 일요일B의 최대 부하와 금요일D의 최대부하 사이의 선형적인 관계를 통하여 예측이 가능하다. 그러나 월요일C의 예측은 이전주 금요일A에 수행하므로 이전주 일요일B의 최대부하를 먼저 예측하여야 한다. 일요일의 전력수요는 평일에 비하여 낮은 최대·최소 전력수요 특성을 보이며, 24시간 패턴 또한 평일과 다른 경향을 보인다. 이러한 특성을 반영하기 위해 회귀분석법, 퍼지-선형 회귀분석법[7] 등을 이용하여 주말을 예측하고 있다. 본 논문에서는 하계 특수경부하기간에 대해 고찰하는 것이 주목적이므로 단순한 지수평활화법을 이용하여 일요일의 최대값을 예측한다. 지수평활화법은 가장 최근의 예측 데이터와 그 전 데이터의 차이에 적합한 상수를 사용하여 과거로 올라 갈수록 자료의 중요성이 감소한다는 가정에서 과거 자료에 점점 낮은 가중치를 부여하여 예측을 하는 기법이다. 주로 시계열 특성을 가지는 데이터의 예측에 사용이 되며 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$F_d = \alpha X_{d-2} + \alpha(1-\alpha)X_{d-3} + \alpha(1-\alpha)^2 X_{d-4} + (1-\alpha)^3 F_{d-4} \quad (1)$$

식(1)에서 α 는 평활화계수이고 F_d 는 d일의 예측된 값이며

X_{d-N} 은 $d-N$ 의 날짜에 속하는 실측 데이터가 된다. 본 논문에서는 식(1)의 최우변항을 무시하고 가중치의 합이 1이 되도록 정규화한 다음 식을 사용하기로 한다.

$$F_d = \frac{\alpha X_{d-2}}{\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2} + \frac{\alpha(1-\alpha)X_{d-3}}{\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2} + \frac{\alpha(1-\alpha)^2 X_{d-4}}{\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2} \quad (2)$$

예측 입력데이터가 많아지면 예측일에 가장 가까운 데이터의 가중치가 작아지기 때문에 과거 실적 데이터는 전력수요 특성을 고려하기 위해 예측일전 과거 3주 일요일 데이터를 이용하였고 α 는 [8]의 방법을 통해 0.77을 사용하여 시계열 예측모형을 구성하였다.

한편, 월요일㉔예측을 위해서는 금요일㉑의 최대부하도 존재하지 않으므로 금요일㉑에 대한 예측이 필요하게 된다. 금요일㉑은 월요일㉔+4일이 되어 대규모 사업장의 하계휴가가 끝나는 시점이 되어 조업단축의 효과가 나타나지 않는다. 따라서 금요일㉑의 최대부하는 가장 최근 평상주(이전주) 평일(월~목)의 최대부하 평균 수준으로 복귀하는 것으로 가정하여 다음과 같이 산출한다.

$$X_{nf}^{max} = (X_{p1}^{max} + X_{p2}^{max} + X_{p3}^{max} + X_{p4}^{max})/4 \quad (3)$$

여기서, X_{nf}^{max} 는 이전 주 월~목요일의 최대전력수요 평균 값이며, X_{pi}^{max} 는 이전 주 요일별 최대전력수요 실측치이다. (단, i 는 월요일:1, 화요일:2, 수요일:3, 목요일:4)

앞에서 구한 일요일 최대 예측값과 금요일 최대 예측값을 이용하여 월요일 최대값 예측을 다음과 같은 선형 방정식을 사용하여 수행한다.

$$F_{max}(D_i) = (X_{nf}^{max} - X_{ps}^{max})/5 \times D_i + X_{ps}^{max} \quad (4)$$

여기서, $F_{max}(D_i)$ 는 월요일의 최대전력수요 예측값이며, X_{nf}^{max} 와 X_{ps}^{max} 는 금요일㉑, 일요일㉔의 최대전력수요 예측값이다. 또한 D_i 는 요일 값이다. (단, 일요일:0, 월요일:1, 화요일:2, 수요일:3, 목요일:4, 금요일:5, 토요일:6)

② 화, 수요일의 최대부하 예측

화요일 예측은 월요일에 수행하고, 수요일 예측은 화요일에 수행하므로 이전주 일요일㉔의 실측값을 사용할 수 있다. 따라서 이전주 일요일㉔의 실측값과 금요일 최대 예측값을 이용하여 화, 수요일 최대값 예측을 다음과 같은 선형 방정식을 사용하여 수행한다.

$$F_{max}(D_i) = (X_{nf}^{max} - X_{ps}^{max})/5 \times D_i + X_{ps}^{max} \quad (5)$$

여기서, $F_{max}(D_i)$ 는 해당요일의 최대전력수요 예측값이고, X_{nf}^{max} 는 금요일의 최대전력수요 예측값이며, X_{ps}^{max} 는 일요일의 최대전력수요 실측값이다.

2.1.2 증가패턴의 최소수요 예측

다음 그림은 2004년 하계 특수경부하기간의 수요를 나타낸다. 다음 그림에서 아래쪽 점선은 2004년 8월 2일(월요일)㉑의 최소값과 2004년 8월 6일(금요일)㉒까지의 실측치의 최소값을 연결한 직선이며, 최소수요가 점점 선형적으로 증가하고 있는 추세라는 것을 알 수 있다. 월요일의 최소 수요를 시작으로 점차적으로 증가하여 금요일의 최소수요를 기점으로 증가가 멈추게 된다. 따라서 월요일의 최소값과 금요일의 최소값을 사전에 알 수 있으면 하계 특수경부하기간의 최소부하에 대한 예측이 가능하다.

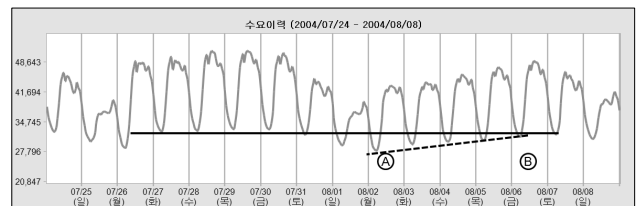


그림 4 하계 특수경부하기간 중 증가패턴의 최소수요
Fig. 4 Minimum load trend for the increasing pattern of summer special light-load period

① 월요일 최소부하 예측

월요일 최소부하 예측은 (2)번식을 이용하고 예측일 이전 3주 월요일의 데이터를 입력데이터로 사용하여 예측한다.

② 화요일 최소부하 예측

화요일의 최소부하는 월요일의 최소 예측값과 금요일의 최소 예측값의 선형 관계를 이용하여 예측이 가능하기 때문에 월요일㉑과 금요일㉒의 최소부하를 먼저 예측하여야 한다. 월요일 최소부하는 (2)번식을 이용하고 과거 3주 월요일 데이터를 이용하여 예측한다. 금요일의 경우 최소값을 이전 주 화~금의 최소값의 평균으로 다음과 같이 가정한다.

$$X_{nf}^{min} = (X_{p2}^{min} + X_{p3}^{min} + X_{p4}^{min} + X_{p5}^{min})/4 \quad (6)$$

여기서, X_{nf}^{min} 는 이전 주 화~금요일의 최소전력수요 평균 값이며, X_{pi}^{min} 는 이전 주 요일별 최소전력수요 실측치이다. (단, i 는 화요일:2, 수요일:3, 목요일:4, 금요일:5)

앞에서 구한 월요일 최소 예측값과 금요일 최소 예측값을 이용하여 화요일 최소값 예측을 다음과 같은 선형 방정식을 사용하여 수행한다.

$$F_{min}(D_i) = (X_{nf}^{min} - X_{pm}^{min})/4 \times D_i + X_{pm}^{min} \quad (7)$$

여기서, $F_{min}(D_i)$ 는 화요일의 최소전력수요 예측값이며, X_{nf}^{min} 와 X_{pm}^{min} 은 금요일, 월요일의 최소전력수요 예측값이다. 또한 D_i 는 요일값이다.

③ 수요일의 최소부하 예측

수요일의 최소부하는 화요일과 마찬가지로 선형 방정식을

이용하여 예측하지만 수요일의 예측은 화요일에 수행을 하므로 월요일㉠의 실측값을 사용할 수 있다. 따라서 수요일의 예측은 월요일㉠의 실측값과 금요일의 최소전력 예측값을 이용하여 선형 방정식을 사용하여 예측한다.

$$F_{\min}(D_i) = (X_{nf}^{\min} - X_{pm}^{\min}) / 4 \times D_i + X_{pm}^{\min} \quad (8)$$

여기서, $F_{\min}(D_i)$ 는 수요일의 최소전력수요 예측값, X_{nf}^{\min} 는 금요일 최소전력수요 예측값, X_{pm}^{\min} 은 월요일의 최소전력수요 실측값이다.

2.2 최대수요 수평 패턴

다음 그림은 2001년 하계 특수경부하기간의 수요 데이터이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 수평패턴인 경우 연휴시작으로 짐작되는 7월 30일(월)은 7월 27일(금)에 비해 약 87%의 수요저감률 보이고 나머지 평일의 부하는 월요일에 비해 큰 변동이 없다.

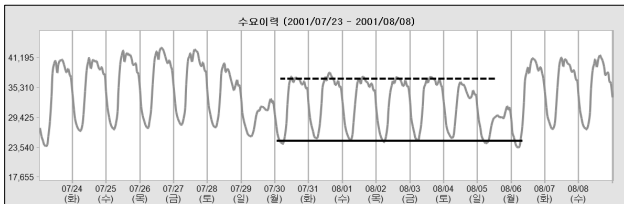


그림 5 하계 특수경부하기간 수평패턴의 최대·최소수요
Fig. 5 Maximum and minimum load trend for the horizontal pattern of summer special light-load period

하계휴가 영향이 있을 것으로 짐작되는 7월 28일(토) ~ 8월 3일(금) 일자를 예측하면 지수평활화법의 특성상 화요일만 오차가 크고 나머지는 감내할만한 수준이므로 기존의 방법을 이용하여도 큰 무리가 없다.

2.3 감소 패턴

2.3.1 감소패턴의 최대수요 예측

다음 그림은 2008년의 하계 특수경부하기간의 수요 데이터이다. 그림 6에서 직선은 2008년 7월 29일(화요일)㉠의 최대값과 2008년 8월 3일(일요일)㉡까지의 실측치의 최대값을 연결한 직선이며, 최대수요가 점점 선형적으로 감소하고 있는 추세이다.

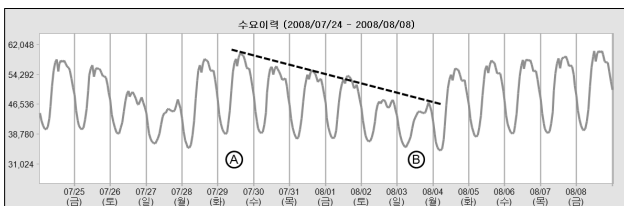


그림 6 하계 특수경부하기간 감소패턴의 최대수요
Fig. 6 Maximum load trend for the decreasing pattern of summer special light-load period

화요일의 최대수요를 시작으로 점차적으로 감소하여 일요일의 최대수요를 기점으로 감소가 멈추게 된다. 따라서 화요일의 최대값과 일요일의 최대값을 사전에 알 수 있으면 하계 특수경부하기간의 최대부하에 대한 예측이 가능하다.

① 수요일 최대부하 예측

수요일의 최대부하 예측은 화요일㉠의 최대수요 예측값과 일요일㉡의 최대수요 예측값을 이용하여 예측한다. 일요일의 ㉡ 경우 2.1에서 설명한 일요일 예측 알고리즘을 이용하여 최대값을 예측하고 화요일㉠의 경우 실측치가 존재하지 않으므로 (2)번식을 사용하여 예측일의 최대 전력수요를 예측한다. 예측을 위한 입력데이터는 예측 수행일을 기준으로 즉, 화요일 이전의 가까운 과거 3일의 평일 전력수요 데이터를 선택하여 예측한다. 따라서 화요일의 최대 예측값과 일요일의 최대 예측값을 이용하여 수요일의 최대값 예측을 다음과 같이 수행한다.

$$F_{\max}(D_i) = (X_{ns}^{\max} - X_{pt}^{\max}) / 5 \times (D_i - 2) + X_{pt}^{\max} \quad (9)$$

여기서, $F_{\max}(D_i)$ 는 수요일의 최대전력수요 예측값이며, X_{ns}^{\max} 와 X_{pt}^{\max} 는 일요일㉡, 이전 화요일㉠의 최대전력수요 예측값이다.

② 목, 금요일 최대부하 예측

목, 금요일의 경우 화요일의 실측치가 존재하므로 화요일㉠의 실측치와 일요일㉡의 예측치를 이용하여 목, 금요일의 최대값을 예측한다.

$$F_{\max}(D_i) = (X_{ns}^{\max} - X_{pt}^{\max}) / 5 \times (D_i - 2) + X_{pt}^{\max} \quad (10)$$

여기서, $F_{\max}(D_i)$ 는 해당요일의 최대전력수요 예측값이며, X_{ns}^{\max} 는 일요일㉡의 예측값, X_{pt}^{\max} 는 화요일의 ㉠ 실측치이다.

2.3.2 감소패턴의 최소수요 예측

다음은 2008년 하계 특수경부하기간의 전력수요 데이터이다. 그림에서 직선은 2008년 7월 29일(화)의 최소값과 2008년 8월 3일(일)의 최소값을 연결한 직선이다. 최소부하 역시 화요일㉠과 일요일㉡의 최소수요의 선형적인 특징을 고려하여 예측할 수 있다.

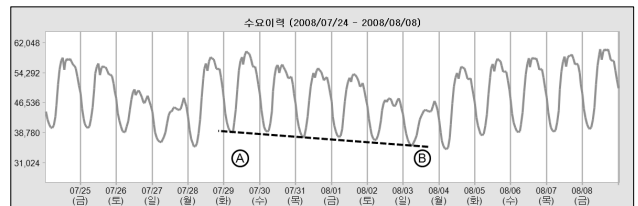


그림 7 하계 특수경부하기간 감소패턴 최소수요
Fig. 7 Minimum load trend for the decreasing pattern of summer special light-load period

① 수요일 최소부하 예측

수요일의 최소부하 예측은 감소패턴 구간의 화요일㉠ 최소수요 예측값과 일요일㉡ 최소수요 예측값을 이용하여 다음 식으로 수행한다.

$$F_{\min}(D_i) = (X_{ns}^{\min} - X_{pt}^{\min})/5 \times (D_i - 2) + X_{pt}^{\min} \quad (11)$$

$F_{\min}(D_i)$ 은 수요일의 최소수요 예측값이며 X_{ns}^{\min} 는 일요일㉡의 최소수요 예측값, X_{pt}^{\min} 는 화요일㉠의 최소수요 예측값이다.

② 목, 금요일의 최소부하 예측

목, 금요일 최소부하 예측은 화요일의 실측치를 이용하여 아래 식을 이용하여 수행한다.

$$F_{\min}(D_i) = (X_{ns}^{\min} - X_{pt}^{\min})/5 \times (D_i - 2) + X_{pt}^{\min} \quad (12)$$

$F_{\min}(D_i)$ 는 해당요일의 최소수요 예측값이며 X_{ns}^{\min} 는 일요일㉡의 최소수요 예측값, X_{pt}^{\min} 는 화요일㉠의 최소수요 실측값이다.

2.4 24시간 시간대별 예측

하계 특수경부하기간의 최대·최소 수요는 앞에서 언급한 바와 같이 증가·감소 패턴에 따라 선형적인 증가 및 감소 추세를 나타낸다. 하지만, 24시간 시간대별 전력 사용패턴은 최근 일자와 유사하므로 다음과 같이 평일중 최근 3일의 데이터를 지수평활화법으로 시간대별 예측하고 정규화하여 산출한다.

표 2 하계 특수경부하기간 예측 알고리즘 입력 데이터

Table 2 Input data for summer special light-load period forecast

증가패턴의 입력 데이터				감소패턴의 입력 데이터			
예 측 일 의 요 일	월	최대 부하 예측	X_{ps}^{\max} : 이전 일요일 최대수요 예측값, 지수 평활(과거 3주 일요일 데이터) X_{nf}^{\max} : 금요일의 (3)식 최대부하 예측값	수	최대 부하 예측	X_{pt}^{\max} : 화요일 최대수요 예측값, 지수평활(과거 평일 3일 데이터) X_{ns}^{\max} : 일요일 최대수요 예측값, 지수평활(과거 3주 일요일 데이터)	
		최소 부하 예측	과거 3주 월요일 데이터		최소 부하 예측	X_{ns}^{\min} : 일요일의 최소수요 예측값, 지수평활(과거 3주 일요일 데이터) X_{pt}^{\min} : 화요일 최소수요 예측값, 지수평활(과거 평일 3일 데이터)	
	화	최대 부하 예측	X_{ps}^{\max} : 이전 일요일의 실측값 X_{nf}^{\max} : 금요일 최대부하 예측값 (3)식	목	최대 부하 예측	X_{pt}^{\max} : 화요일 최대부하 실측치 X_{ns}^{\max} : 일요일 최대수요 예측값, 지수평활(과거 3주 일요일 데이터)	
		최소 부하 예측	X_{pm}^{\min} : 지수평활화(과거 3주 월요일 데이 터)로 예측한 값 X_{nf}^{\min} : 금요일의 최소부하 예측값 (6)식		최소 부하 예측	X_{ns}^{\min} : 일요일의 최소수요 예측값, 지수평활(과거 3주 일요일 데이터) X_{pt}^{\min} : 화요일 최소수요 실측값	
	수	최대 부하 예측	X_{ps}^{\max} : 이전 일요일의 실측값 X_{nf}^{\max} : 금요일 최대부하 예측값 (3)식	금	최대 부하 예측	X_{pt}^{\max} : 화요일 최대부하 실측치 X_{ns}^{\max} : 일요일 최대수요 예측값, 지수평활(과거 3주 일요일 데이터)	
		최소 부하 예측	X_{pm}^{\min} : 월요일의 실측값 X_{nf}^{\min} : 금요일의 최소부하 예측값 (6)식		최소 부하 예측	X_{ns}^{\min} : 일요일의 최소수요 예측값, 지수평활(과거 3주 일요일 데이터) X_{pt}^{\min} : 화요일 최소수요 실측값	

① 시간대별 수요예측

시간대별 수요예측은 다음 식을 사용하여 각각의 시간대별 부하를 예측한다.

$$H_t = \frac{\alpha X_t^{d-2}}{\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2} + \frac{\alpha(1-\alpha)X_t^{d-3}}{\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2} + \frac{\alpha(1-\alpha)^2 X_t^{d-4}}{\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2} \quad (13)$$

여기서 H_t 는 t시간대의 예측값이고 X_t^{d-n} 는 d-n의 날짜에 속하는 t시간대 실측값이다.(단, t는 1, 2, ... 24)

② 시간대별 정규화값 산출

다음 식을 사용하여 H_t 의 시간대별 정규화패턴을 산출한다.

$$PU_t = (H_t - H_t^{\min}) / (H_t^{\max} - H_t^{\min}) \quad (t = 1, 2, \dots, 24) \quad (14)$$

여기서, PU_t 는 t 시간의 정규화값, H_t^{\min} 는 H_t 중 최소값, H_t^{\max} 는 H_t 중 최대값

③ 최종 시간대별 수요예측

$$L_t = (F_{\max} - F_{\min}) \times PU_t + F_{\min} \quad (t = 1, 2, \dots, 24) \quad (15)$$

여기서, F_{\max} 는 하계 특수경부하기간 알고리즘으로 예측한 최대수요, F_{\min} 은 하계 특수경부하기간 알고리즘으로 예측한 최소수요

제안한 알고리즘의 유형별, 요일별 입력데이터와 예측식을 종합하여 나타내면 표 2와 같다.

3. 사례 연구

2002년부터 2012년중 하계 특수경부하기간이 증가패턴과 감소패턴에 해당하는 연도에 대해 제안한 방법을 사용하여 예측하고 기존의 방법과 비교하였다. 기존방법은 평일예측시 우수한 성능을 나타내는 지수평활화법[9]을 사용하였다.

오차는 최대부하 오차와 최소부하 오차, 24시간 중 최대 오차, 24시간 평균오차를 나타내었다. 시간 t에서의 수요예측 오차식은 다음과 같다.

$$Error_t(\%) = \frac{|F_t^{Forecast} - X_t^{Actual}|}{X_t^{Actual}} \times 100, (t = 1, 2, \dots, 24) \quad (16)$$

3.1 증가패턴의 사례 고찰

하계 특수경부하기간은 하계휴가의 영향으로 전력사용 변화가 극심하여 기존의 방법을 사용하면 최대부하오차 평균은 12.31%이며, 최소부하오차 평균은 7.1%, 최대오차 평균

은 14.11%, 그리고 24시 오차 평균은 9.51%로 큰 오차율을 발생하여 예측의 어려움이 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 방법으로 하계 특수경부하기간을 예측하면 최대부하오차 평균은 2.41%이며, 최소부하오차 평균은 2.72, 최대오차 평균은 5.35% 그리고 24시 오차 평균은 2.60%로 기존의 방법과 비교한 결과 대략 4%~10%의 큰 오차율 개선이 되었음을 확인할 수 있다.

3.2 감소 패턴의 사례 고찰

감소패턴에 대해 기존의 방법을 사용하면 최대부하오차 평균은 6.55%이며, 최소부하오차 평균은 4.30%, 최대오차 평균은 8.26% 그리고 24시 오차 평균은 5.40%로 큰 오차율을 발생하였다. 제안한 방법으로 하계 특수경부하기간의 감소패턴에 대해 예측하면 최대부하오차 평균은 2.26%이며, 최소부하오차 평균은 2.07%, 최대오차 평균은 4.03%, 그리고 24시 오차 평균은 2.02%로 대략 2.2%~4.3%의 오차율 개선되었음을 확인하였다.

표 3 하계 특수경부하기간 증가패턴 알고리즘의 결과 비교

Table 3 Forecast result comparison for the increasing pattern of summer special light-load period

증가 패턴	기존방법				제안방법			
	최대부하 오차(%)	최소부하 오차(%)	최대오차 (%)	24시간 오차(%)	최대부하 오차(%)	최소부하 오차(%)	최대오차 (%)	24시간 오차(%)
2004-08-02(월)	11.62	1.75	14.24	8.23	3.87	1.77	4.75	2.63
2004-08-03(화)	15.94	11.68	17.18	12.89	0.32	2.00	4.79	1.89
2004-08-04(수)	11.27	9.44	12.46	9.84	0.48	2.17	2.80	1.35
2005-08-01(월)	19.08	4.79	23.54	14.33	2.67	4.84	7.52	3.58
2005-08-02(화)	13.44	10.00	13.52	10.74	2.74	4.65	4.65	2.28
2005-08-03(수)	13.07	9.37	14.37	10.46	6.87	4.95	8.24	4.97
2009-08-03(월)	18.38	0.93	18.38	10.50	0.01	0.93	4.20	1.35
2009-08-04(화)	8.29	8.67	11.37	7.25	3.06	1.50	7.25	3.00
2009-08-05(수)	3.29	6.29	6.77	3.81	3.19	1.04	7.23	2.83
2010-08-02(월)	12.17	0.19	12.27	7.58	5.47	0.19	6.27	3.75
2010-08-03(화)	11.81	9.46	12.89	9.55	0.97	2.14	2.96	1.73
2010-08-04(수)	3.54	7.33	8.91	4.54	2.58	2.2	6.75	3.54
2011-08-01(월)	17.17	3.29	17.17	10.7	0.33	3.29	3.61	1.4
2011-08-02(화)	14.44	12.03	16.18	12.2	1.15	4.16	4.22	2.17
2011-08-03(수)	11.18	11.41	12.46	10.06	2.49	5.01	5.01	2.47
평균	12.31	7.11	14.11	9.51	2.41	2.72	5.35	2.60

표 4 하계 특수경부하기간 감소패턴 알고리즘의 결과 비교

Table 4 Forecast result comparison for the decreasing pattern of summer special light-load period

감소 패턴	기존방법				제안방법			
	최대부하 오차(%)	최소부하 오차(%)	최대오차 (%)	24시간 오차(%)	최대부하 오차(%)	최소부하 오차(%)	최대오차 (%)	24시간 오차(%)
2002-07-31(수)	4.01	2.69	5.69	4.05	0.52	1.60	2.40	1.40
2002-08-01(목)	10.97	5.90	12.82	8.78	4.33	3.58	6.55	3.69
2002-08-02(금)	12.05	6.93	14.02	9.02	4.52	5.39	6.69	3.79
2003-07-30(수)	2.25	4.23	4.26	2.00	1.18	2.70	2.76	1.50
2003-07-31(목)	3.15	3.55	5.59	3.80	3.22	0.94	3.95	1.64
2003-08-01(금)	9.44	4.62	9.70	6.67	1.62	2.33	4.61	2.04
2008-07-30(수)	3.14	2.50	4.80	3.10	2.23	0.65	3.37	1.35
2008-07-31(목)	7.38	4.26	8.99	5.89	0.58	0.92	2.29	0.90
2008-08-01(금)	6.55	3.98	8.46	5.28	2.18	0.54	3.65	1.87
평균	6.55	4.30	8.26	5.40	2.26	2.07	4.03	2.02

4. 결 론

본 논문에서는 하계 특수경부하기간의 부하특성을 분석하여 하계 특수경부하기간을 8월 1일의 요일에 따라 세 가지 패턴으로 분류하였다. 증가 및 감소 패턴에 대한 하계 특수경부하기간의 최대부하, 최소부하, 24시간 부하의 수요예측 알고리즘을 제안하였다. 증가 및 감소 패턴에 대해 제안한 알고리즘으로 예측을 수행한 결과 최대부하 오차, 최소부하 오차, 24시간 오차가 2%대로 나타났다. 이것은 일반적인 평일의 오차율과 유사한 수준으로 현장적용이 가능한 수준의 우수한 성능이다. 본 연구에서 제안한 방법은 하계 특수경부하기간 전력수요예측 오차를 큰 폭으로 줄여 오차율 개선에 기여할 수 있다. 향후 제안한 알고리즘에 기온에 따른 수요의 민감도를 적용시킨다면 예측 오차를 더욱 개선할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국전력거래소 및 한국에너지기술연구원의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] Kyung-Bin Song, Bon-Suk Ku, Young-Sik Baek, "Load Forecasting for Holidays Using a Fuzzy Least Squares Linear Regression Algorithm", The Transaction of the KIEE, Vol.52 No.4 , pp 233-237, 2003
- [2] Kwang-Ho Kim, Hyoung-Sun Youn, Yong-Cheol Kang, "Short-Term Load Forecasting for Special Days in Anomalous Load Conditions Using Neural Networks and Fuzzy Inference Method", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 15 No.2, pp 559-565, May 2000
- [3] Saeid Nahi, "Load Forecasting on Special Days & Holidays in Power Distribution Substation Using Neural & Fuzzy Networks", IEEE International Conference on Computational Intelligence for Modeling Control and Automation, Conference Publication, pp 118, Nov 2006
- [4] I. Aquino, C. Perez, J.K. Chavez, S. Oporto, "Daily Load Forecasting Using Quick Propagation Neural Network with a Special Holiday Encoding", IJCNN, Conference Publications, pp 1935-1940, Aug 2007
- [5] Yuanzhe Cai, Qing Xie, Chengqiang Wang, Fang-cheng Lü, "Short-term load forecasting for city holidays based on genetic support vector machines", ICECE 2011, Conference Publications, pp 3144-3147, Sep 2011
- [6] Korea Power Exchange, "Electricity Market Rules", Dec 2011

- [7] Kyung-Bin Song, Seong-Kwan Ha, "An Algorithm of Short-Term Load Forecasting", Trans. of KIEE, Vol. 53A, No. 10, pp.529-535, Oct 2004
- [8] Kyung-Bin Song, Oh-Sung Kwon, Jeong-Do Park, "Optimal Coefficient Selection of Exponential Smoothing Model in Short Term Load Forecasting on Weekdays", Trans. of KIEE, Vol. 62, No. 2, pp.149-154, Feb 2013
- [9] Jeong-Do Park, Kyung-Bin Song, Hyeong-Woo Lim, Hae-Soo Park, "Short-Term Load Forecast for Near Consecutive Holidays Having The Mixed Load Profile Characteristics of Weekdays and Weekends", Trans. of KIEE, Vol. 61, No. 12, pp.1765-1773, Dec 2012

저 자 소 개



박 정 도 (朴 正 道)

1969년 10월 6일생. 1992년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기전자공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사). 현재 위덕대학교 에너지전기공학부 부교수.

Tel : 054-760-1663

E-mail : jdpark@uu.ac.kr



송 경 빈 (宋 敬 彬)

1963년 9월 15일생. 1986년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 텍사스 A&M 대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 송실대학교 전기공학부 부교수.

Tel : 02-820-0648

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr