ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol.65, No.9, pp. 1486~1492, 2016
http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2016.65.9.1486

부하 패턴을 고려한 건물의 전력수요예측 및 ESS 운용

Load Forecasting and ESS Scheduling Considering the Load Pattern of Building

황 혜 미* · 박 종 배** · 이 성 희*** · 노 재 형** · 박 용 기†
(Hye-Mi Hwang · Jong-Bae Park · Sung-Hee Lee · Jae Hyung Roh · Yong-Gi Park)

Abstract - This study presents the electrical load forecasting and error correction method using a real building load pattern, and the way to manage the energy storage system with forecasting results for economical load operation. To make a unique pattern of target load, we performed the Hierarchical clustering that is one of the data mining techniques, defined load pattern(group) and forecasted the demand load according to the clustering result of electrical load through the previous study. In this paper, we propose the new reference demand for improving a predictive accuracy of load demand forecasting. In addition we study an error correction method for response of load events in demand load forecasting, and verify the effects of proposed correction method through EMS scheduling simulation with load forecasting correction.

Key Words : Building load forecasting, Load pattern, Forecasting correction, ESS scheduling

1. 서 론

전력수요예측은 현재에도 수많은 연구가 진행되고 있고 점차 고도화되는 예측기법들이 개발되고 있으며, 대부분 국내 전체 계통의 전력 수요를 대상으로 한다. 예측을 통한 전력 수요 결과는 전력 계통 내의 발전기 운영예비력이나 기동정지계획 등 전력 계통의 수급 운용에 활용되고 있으며, 계통의 안정적이고 경제적인 운용을 위하여 상당히 중요한 역할을 담당한다. 이러한 전력수요예측은 비단 대규모 전력 계통에 국한된 것은 아니다. 최근 에너지의 효율적인 사용을 위하여 에너지관리시스템 (Energy Management System, EMS)이 도입되고 있는 소규모 혹은 중대규모 부하에서도 역시 안정적이고 경제적인 부하 운용 및 전력 수급을 위하여 부하의 정확한 수요예측이 요구된다.

전력수요예측에 관한 연구는 이미 통계적, 수리적 방법으로 다양하게 연구되어 오고 있으며 상당히 훌륭한 예측 결과가 나오고 있다. 이러한 대규모 부하의 수요 예측에 관한 연구는 크게 과거 시계열적인 특성을 바탕으로 예측 방법을 고도화하거나 기상 및 이벤트와 같은 요소와의 관계를 규명하는 방향으로 이루어져왔다. 하지만 기존의 연구들은 대부분 부하의 변동성이나 불확실성이 그리 크지 않은, 국내 전력 계통을 대상으로 하는 대규모 부하에 대한 예측 연구들이 주를 이루고 있다[1]-[8].

† Corresponding Author : Research Center for Innovative Electricity Market Technology, Konkuk University, Korea.
E-mail: draco98@konkuk.ac.kr
* Photovoltaic Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Korea.
** Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University, Korea
*** Dept. of Consulting, E3 EXPERT Inc., Korea
Received : February 4, 2016; Accepted : July 25, 2016

건물과 같은 소규모 부하는 전력 계통에 비하여 전체적으로 어떠한 원인에 의한 부하 변동이 발생할 경우 그 변동성은 상대적으로 부하에 미치는 영향이 상당히 크고 양을 가늠하기 쉽지 않다. 따라서 부하 변동에 대한 예측이 쉽지 않기 때문에 기존의 예측 방법을 사용할 경우 결과의 신뢰성을 보장하기 어렵다. 즉, 소규모 특정 부하에서는 부하의 수요 및 변동 특성, 변동량을 충분히 반영할 수 있는 예측 방법이 필요하다. 이를 위한 선행 연구에서, 우선 한국에너지기술연구원(Korea Institute of Energy Research, KIER)의 건물 부하를 대상으로, 기존의 전력계통 수요예측과는 달리 예측 대상을 사전에 정의하지 않고 자율적으로 그룹핑하여 부하에 가장 적합한 예측 대상을 도출하고, 예측 대상 그룹에 대한 부하 수요패턴을 작성하였다. 또한 건물의 수요패턴에 따라 예측 정확도를 평가하여 일부 특수 패턴에 대한 결과를 제외하고, 전반적으로 높은 예측 정확도를 나타내고 있음을 확인하였다[9]-[10].

본 논문에서는 선행 연구의 결과를 바탕으로 예측도가 떨어지는 그룹에 대한 새로운 참조 패턴을 제안하고, 전력 부하 측면에서의 이벤트나 예측 가능한 부하 운영 환경 변동에도 대응할 수 있는 주기별 오차 보정 방안에 관하여 연구하였다. 또한 대상 건물의 에너지저장시스템(ESS) 및 부하예측시스템으로 구성된 에너지관리시스템을 가정하여 부하의 불확실성을 고려한 주기별 오차 보정 방식이 부하예측 및 ESS 운영 스케줄링을 통하여 경제적 부하 운영에 미치는 영향을 살펴보았다.

2. 계층적 군집분석을 활용한 부하패턴별 수요예측

선행연구를 통하여, 대상 부하의 전력수요 예측을 위한 부하

Copyright ⓒ The Korean Institute of Electrical Engineers
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(한국에너지기술연구원 제1연구동)의 전력데이터(1분)를 수집하고, 일별 전력수요(1440분)에 따라 군집분석을 실시하였다. 군집분석은 월별 날짜(24시간, 1440분)를 중심으로 전력 수요량이 비슷한 날짜들을 그룹화하기 위하여, 계층적 군집분석(Hierarchical Clustering Method)을 활용하였다[11]. 분석에 활용된 데이터는 실제 계측된 데이터 2013년 4월 9일~2015년 7월 15일 중에서 2013년과 2014년 데이터이며, 이중 해당 날짜에 왜곡된 데이터가 있는 날짜가 포함된 달은 전체 군집 특성에 영향을 미칠 수 있으므로 제외하였다. 계층적 군집분석의 평균연결법(Average Linkage Method)을 적용하여 군집분석을 수행한 결과, 그림 2에서 보는 바와 같이 크게 부하 그룹을 평일과 휴일 그룹으로 나타내었으며, 이중 연휴 전 평일은 일반 평일에 속하긴 하지만 다른 수요 양상을 나타내는 것을 확인하였다[9].

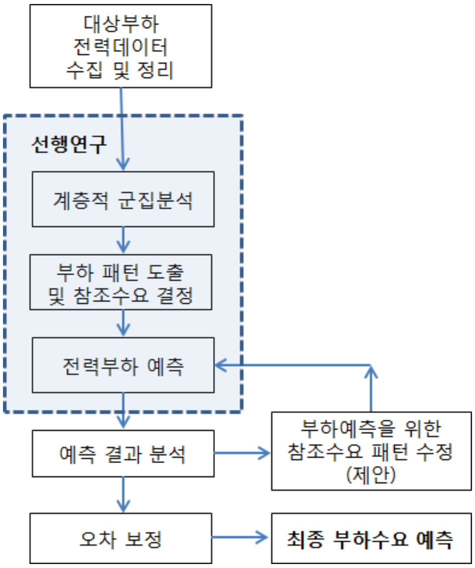

그림 1 전력 수요 예측 순서도

Fig. 1 Load forecasting process

이로써 대상 부하의 패턴 그룹은 우선 평일과 휴일로 나뉘고, 평일은 일반 평일과 연휴 전후 평일로 1차 분류되었다. 또한 실제 계측 데이터의 전력 수요특성 분석을 통하여, 국내 일반적인 전력 수요의 특성을 반영한 평일 월요일, 화요일~금요일의 전력수요 패턴과 연휴 전후 휴일의 수요 특성도 함께 부하 그룹에 반영하였다.

이와 같은 방식으로 수요 예측을 위하여 도출된 최종 부하패턴은 총 7가지(패턴1 특수 휴일, 패턴2 일반 주말, 패턴3 연휴 전/후 주말, 패턴4 일반 평일(월요일), 패턴5 일반 평일(화요일~금요일), 패턴6 연휴 전/후 평일(월요일), 패턴7 연휴 전/후 평일(화요일~금요일))이고, 기존의 다양한 연구 결과를 바탕으로 표 1과 같이 각각의 패턴에 -365일, -7일, -14일, -3일, -1일, -14일, -1일의 전력수요 참조 날짜를 적용하여 패턴별 수요예측을 수행하였다[6],[7],[9],[12].

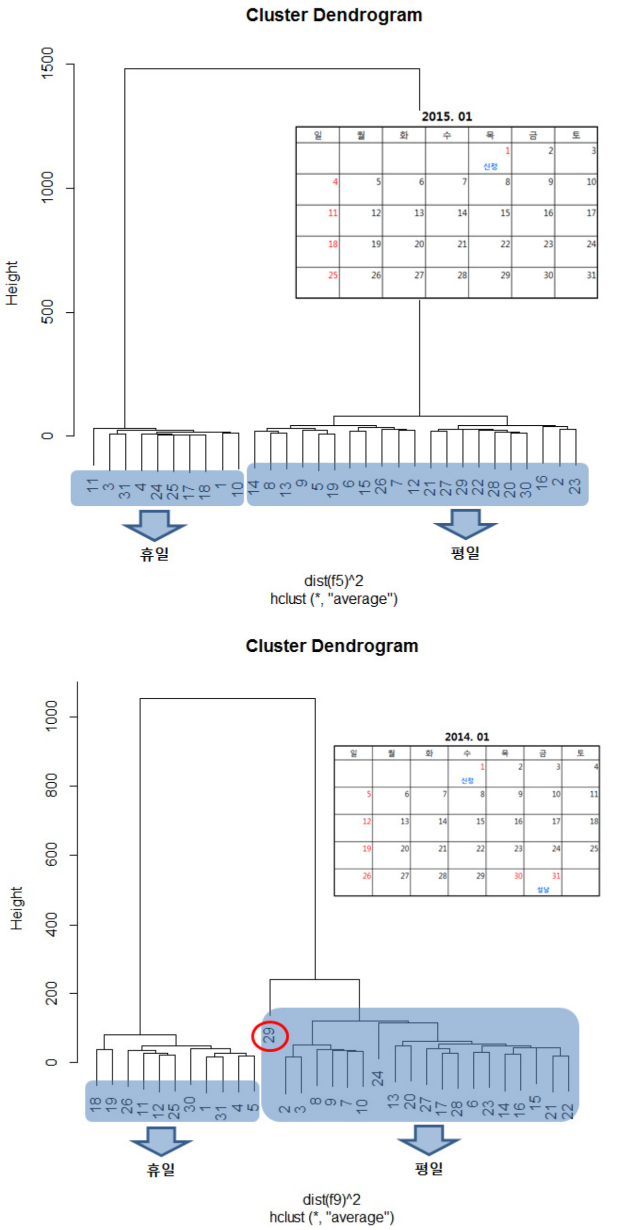

그림 2 부하패턴 도출을 위한 군집분석 결과(예)

Fig. 2 Cluster analysis result for load pattern of target

3. 수요예측 결과분석 및 참조패턴 수정

3.1 예측결과 분석 및 참조수요 패턴 수정

완성된 패턴에 대한 전력수요예측 결과는 수집된 대상 부하의 전력수요 데이터를 활용하여, 2015년 1월 1일부터 7월 15일까지의 전력부하 수요를 군집분석을 통하여 세분화된 부하 패턴별로 예측한 후, 각 패턴별로 오차를 평가하였다. 이때 그룹 패턴별 예

측의 정확도를 평가하기 위하여 절대비율오차(Absolute Percent Error, APE)를 활용하였으며 단순회귀모형의 결정계수 R^2 (Coefficient of Determination, R-square)을 계산하여 예측값과 실제값 사이의 타당성을 검증하였다[13].

표 1 대상 부하의 전력패턴에 따른 참조수요
Table 1 Reference data for demand pattern of target load

구분	세부그룹 1	세부그룹 2	패턴	참조수요 날짜
휴일	특수 휴일	-	1	365일
	주말	일반 주말	2	-7일
		연휴 전후 주말	3	-14일
평일	일반 평일	월요일	4	-3일
		화~금요일	5	-1일
	연휴 전후 평일	월요일	6	-14일
		화~금요일	7	-1일

표 2 패턴별 예측오차 및 결정계수
Table 2 APE and R-squared for patterns

구분(패턴)	예측 오차(APE)	결정계수(R^2)
1	22.6157 %	0.9387
2	4.7140 %	0.9243
3	19.2463 %	0.9962
4	5.7987 %	0.9862
5	0.7786 %	0.9816
6	9.7570 %	0.9939
7	1.1868 %	0.9119
전체	0.0048 %	0.9058

$$R^2 = \frac{SSR}{TSS} = 1 - \frac{SSE}{TSS} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^{n}(\hat{y_i} - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y})^2 \quad (2)$$

$$TSS = SSR + SSE$$

여기서,

TSS : Total sum of squares (전체제곱합)
SSR : Sum of squares due to regression (회귀제곱합)
SSE : Sum of squares due to error (오차제곱합)

전력수요예측에 대한 오차율은 결과에서 보는 바와 같이 전체 7개 패턴에 대한 예측 오차가 0.0048%, 예측 정확도(1-APE)는 99.9952%로 매우 높게 나타났으며, 결정계수 역시 0.9058로서 해당 예측 방식은 타당한 것을 알 수 있다. 하지만 특수 휴일(패턴 1)과 연휴전후 주말(패턴 3)에서 패턴별 예측 정확도는 10% 이상 떨어지는 것을 볼 수 있다.

패턴 1과 3은 특이 수요를 나타내는 그룹들로서, 유사 연구들에서도 이러한 특수 경부하 기간의 예측에 대한 정확도를 높이기 위한 연구가 꾸준히 진행되어 오고 있다[3],[6],[8]. 따라서 본 논문에서는 대상 부하의 수요 패턴의 특성을 확인하여 오차 발생 원인을 파악하고, 예측 정확도를 향상시킬 수 있는 참조 수요를 찾아내어 패턴 1과 3에 대한 새로운 참조 패턴을 제안하였다.

우선 패턴 1은 표 1에서 볼 수 있듯이 예측을 위한 참조수요가 -365일로서 설날, 추석, 석가탄신일과 같은 음력 휴일들의 비중이 날수의 절반 정도를 차지하고 있다. 이러한 음력 휴일은 매년 조금씩 달라지는 양력 날짜로 인하여 해당 휴일의 전력 수요 특성 또한 달라질 가능성이 매우 높다. 즉 기존 연구에서 제시한 1년 전 참조 수요를 그대로 사용하는 경우에는 시간(날짜)별로 기온이나 이벤트 등에 의한 전력수요의 변동으로 인하여 부하 패턴의 특성 자체가 달라지므로 현재 시점에서는 예측오차가 발생할 수 밖에 없다. 실제로 2015년 설 연휴(2015년 2월 18~2월 22일)를 예로 들면, 설날 당일인 2월 19일의 경우 참조 수요는 1년 전 설 연휴(2014년 1월 30일~2월 2일) 중 1월 31일의 전력수요가 된다. 이것은 약 2주 정도의 시간 차이가 발생함과 동시에 장기적 관점에서 월별로 유사한 패턴을 나타내는 전력부하의 특성을 고려한다면, 해당 시점에서 전력수요에 영향을 주는 환경 요인들도 많이 달라질 가능성이 있다.

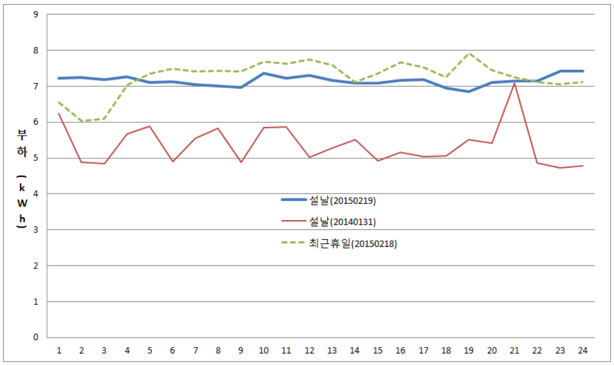

그림 3 특수휴일(패턴 1)의 전력수요패턴 비교
Fig. 3 Load pattern comparison in special holiday (Pattern 1)

그림 3에서도 나타나는 바와 같이, 2015년 설날(2월 19일)의 전력수요는 기존 방식의 참조 수요를 적용할 때 1년 전 설날 당일(2014년 1월 31일)이 되고, 실제 전력수요는 1년 전 전력수요보다 직전 휴일인 2월 18일의 수요가 훨씬 더 유사한 것을 볼 수 있었다.

연휴 후 주말을 나타내는 패턴 3도 마찬가지로 일반 주말과 비교하여 보면 24시간 동안 기저부하 수준에서 약간의 변동만 있는 특성을 보이고 있다. 이 역시 참조 수요는 -14일을 활용하고 있지만, 실제 데이터를 바탕으로 분석한 결과, 그림 4에서 보는 바와 같이 부하 환경 조건이 비슷한 '최근 휴일'의 수요와 더 유사한 부하 수준을 나타내고 있음을 확인하였다.

따라서 본 논문에서는 대상 부하의 수요예측을 위한 부하 패턴 1과 3의 참조 수요를 모두 '직전 휴일'로 표 3과 같이 제안하

였다. 이때 이전 방식과의 예측 정확도 비교는 평균절대오차(Mean Absolute Percent Error), MAPE를 활용하였으며 계산 방법은 식 (3)과 같다.

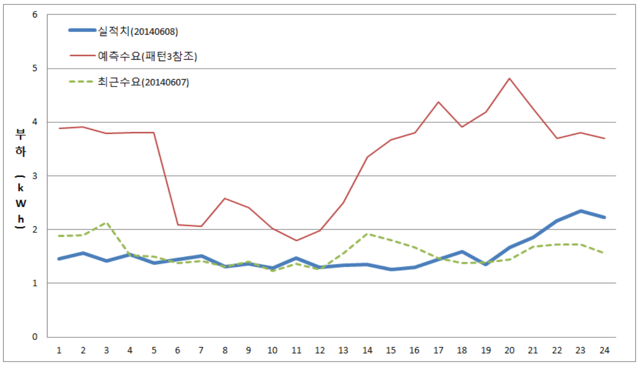

그림 4 연휴 전/후 주말(패턴 3)의 전력수요패턴 비교

Fig. 4 Load pattern comparison in weekend before/after holidays (Pattern 3)

표 3 패턴별 참조수요 (수정 후)

Table 3 Modified reference data for load pattern

구분	패턴	대상	참조 수요
휴일	1	특수 휴일	직전 휴일
주말	2	일반 주말	1주일 전
	3	연휴 전후 주말	직전 휴일
일반 평일	4	월요일	3일 전
	5	화~금요일	1일 전
연휴 전/후 평일	6	월요일	2주 전
	7	화~금요일	1일 전

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^{n_k} \left| \frac{\sum_{k=1}^{n_k} \hat{y_k}}{\sum_{k=1}^{n_k} y_k} - 1 \right|}{n_k} \tag{3}$$

여기서, k 는 시간, $\hat{y_k}$, y_k 는 각각 k 시간대 예측 수요, 실제 수요이다.

3.2 참조수요 패턴 수정 결과

수정 제안된 참조수요 패턴을 적용하여 동일한 예측기간(2015년 1월 1일~2015년 7월 15일) 동안 패턴별 예측 수요를 예측한 결과, 대상 부하의 전력수요는 표 4와 같다. 결과에서 보는 바와 같이 패턴 1의 경우에는 수정 패턴을 적용하였을 때, APE를 활용한 예측 정확도는 99.33%로 수정 전의 결과(APE 22.62%)와 비교하여 정확도가 97% 향상되었다. 패턴 3 역시 APE 기준 예측 정확도가 80.75%에서 99.02%로 약 95% 증가한 결과를 나타내었다. 또한 전체 MAPE는 패턴 1만 수정한 경우 15.6%에서 14.26%로 약 9% 예측 정확도가 향상되었고, 패턴 3만 수정한 경우에는 2.4%, 패턴 1과 3 모두를 수정하여 반영한 경우는 13.88%로 수정 전에 비하여 전체 예측 정확도가 11.5% 향상되었음을 확인하였다.

표 4 수정된 참조수요를 적용한 전체 예측 정확도

Table 4 MAPE with modified reference date

	구분	APE(%)	MAPE(%)	전체 MAPE(%)
수정 전	패턴 1	22.62	37.15	15.68
	패턴 3	19.25	58.36	
수정 후	패턴 1	0.67	6.58	14.26
	패턴 3	0.98	12.99	15.30
	패턴 1,3	0.14	9.14	13.88

4. 예측 오차보정 및 ESS 운영을 통한 예측보정의 영향

4.1 시간별 오차보정

본 논문에서 제시한 예측 방법은 개별 건물 부하에 대한 단기 전력수요예측 방법으로서 예측 방법이 비교적 간단하고 예측 시스템 구축 시 쉽게 운영할 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 대상 부하가 소규모 건물 부하이고 일정 기간 내에서 과거 전력수요 실적을 기반으로 예측되므로 부하 운영 환경이 급격히 변화하는 경우에는 예측 오차가 커질 가능성이 있다. 따라서 실제 부하 예측시스템이 운영될 경우 급격한 부하 환경 변화에 대응할 수 있는 보정 방안이 필요하다. 본 논문에서는 아래와 같이 예측 주기에 따라 부하의 전력수요 실적과 예측값 사이의 차이를 보정하는 방안을 제시하였다. 여기서, c_t는 시간 t에서의 보정계수, $\hat{y_t}'$는 예측값의 보정결과이다.

$$\hat{y_t}' = \hat{y_t} \times c_t \tag{4}$$

$$c_t = \frac{\sum_{k=1}^{t-1} y_k}{\sum_{k=1}^{t-1} \hat{y_k}} \tag{5}$$

제시한 보정 식은 시간 t가 누적될수록 과거 오차에 대한 학습 결과가 누적되는 형태로서 보정 시점 및 시간, 주기 등에 영향을 받을 수 있다. 본 논문에서는 보정계수에 반영하는 시간의 범위에 따른 예측 오차의 변화를 살펴보고, 각 경우의 예측 정확도를 계산하였다. 보정계수의 반영 시간은 현재 예측 시점을 중

심으로 과거 수요 전체를 반영하는 누적보정 방식과 현재 시점으로부터 과거 30일 평균, 2주 평균, 1주 평균, 2일 평균, 전날 1일 평균을 적용하였으며, 각각의 보정계수를 반영하여 예측 정확도를 계산한 결과는 표 5와 같다. 표의 결과에서도 볼 수 있듯이 보정 전에 비하여 보정 후의 예측 오차가 더 작은 것을 볼 수 있으며, 또한 보정계수 산출에 반영되는 시간이 짧을수록 보정에 의한 예측 정확도가 더 높아지는 것을 확인할 수 있었다[7]. 또한 표 5에서의 보정 시작은 모두 2015. 3. 1일 데이터를 기준으로 하였으며, 각각의 보정실시 시간은 3289시간으로 모두 동일한 조건에서 분석하였다.

표 5 보정방식에 따른 예측 보정 결과

Table 5 Results for correction methods

	보정 이전	보정계수 반영 시간					
		전체 누적	30일	2주	1주	2일	1일
APE (%)	1.10	0.42	0.66	1.03	0.76	0.88	0.40
MAPE (%)	31.25	27.03	26.92	27.34	26.48	24.73	23.11

4.2 ESS 스케줄링 및 예측 보정의 영향 분석

연구를 통하여 제시된 예측 방법 및 오차보정 기법이 실제 수요 예측시스템에 적용될 경우의 영향을 평가하기 위하여, 본 논문에서는 제안된 예측 방법이 적용된 부하수요예측 시스템과 오차 보정기법을 적용할 에너지저장시스템(ESS)을 가정하고, 제안된 시간대별 수요 예측 및 보정 결과에 따라 48시간 ESS의 충/방전 스케줄링을 시뮬레이션하였다.

우선 보정 기법을 적용하지 않고 제안된 수요 예측 기법에 따라 48시간 동안의 부하를 예측하고, TOU 요금을 기반으로 해당 기간 동안의 ESS 스케줄링을 실시하였다. 또한 제시한 보정기법 중 누적보정과 최근 1일 보정을 실시한 결과를 바탕으로 수요예측을 실시한 후 이에 대한 ESS 스케줄링을 시뮬레이션하였다. 그림 5는 보정 기법이 적용되지 않은 상태에서의 ESS 운영결과를 나타내며, 그림 5는 보정기법을 사용한 상태에서의 수요예측결과와 각각의 보정기법을 사용하였을 경우의 24시간 ESS 스케줄링 결과이다. 특히 그림 6에서는 보정방식에 따른 영향을 살펴보기 위하여 누적보정과 1일 보정에 의한 부하 예측과 그에 따른 ESS 운전스케줄을 비교하였다. 여기서 누적보정은 전술하였듯이 과거 데이터 전체의 오차평균을 반영한 것이고 1일 보정은 예측 시점에서 24시간 과거 데이터의 오차 평균을 반영한 것이다. 또한 시뮬레이션에 사용된 ESS 최적 운용 프로그램은 현재 한국에너지기술연구원에 설치되어 있는 신재생에너지 통합모니터링시스템을 활용하였고, 전력요금은 TOU 요금제를 활용하였다[14],[15].

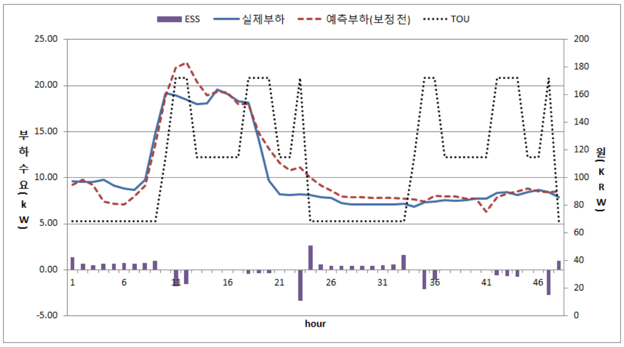

그림 5 부하 수요예측(보정 전)에 의한 ESS 운영결과

Fig. 5 ESS scheduling result using load forecasting (without correction)

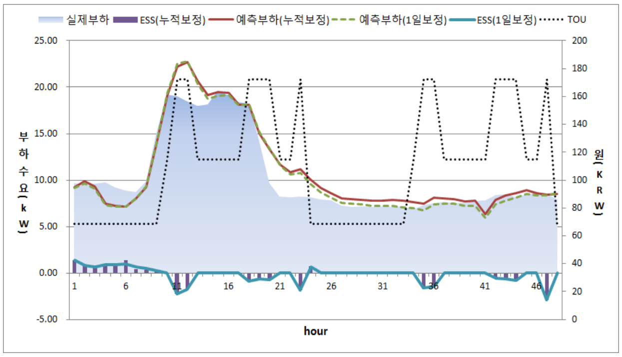

그림 6 부하수요예측(1일보정 및 누적보정)에 의한 ESS 운영결과

Fig. 6 ESS scheduling result using load forecasting with correction method

표 6 수요예측 및 ESS 운영에 따른 1일 전력요금

Table 6 1day charge to load forecasting and ESS scheduling result

ESS 미 운영	ESS 운영 시			
실제부하	실제부하	보정 전	누적보정	1일 보정
36,549원	35,802원	35,833원	35,701원	35,700원

그림 5와 6에서 보는 바와 같이, 보정전후 및 부하의 보정방식(누적보정 및 1일 보정)에 따라 부하예측은 시간이 지날수록 각기 다른 결과를 나타내었고 이에 따른 ESS 운영 스케줄의 차이를 확인할 수 있다. 좀 더 명확한 예측 보정의 효과를 입증하기 위하여, 표 6과 같이 부하 및 ESS 운영 스케줄 결과를 바탕으로 1일 동안의 전력요금을 계산하여 비교하여보았다.

그 결과, 표 6에서 보는 바와 같이 보정 전 수요 예측에 대한 1일 전력요금보다 보정에 의한 예측력 향상 및 ESS의 운영 효과로 인하여, 보정 후 1일 전력요금이 감소하였음을 볼 수 있다. 해당 보정 방식은 보정 주기가 짧고 보정 데이터가 많이 쌓일수록 그 효과가 커지게 되므로, 실제 시스템을 지속적으로 운영하는 경우 예측 및 보정의 효과는 더욱 커질 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 논문은 부하의 전력수요예측을 목적으로, 실제 측정된 전력 부하 데이터를 계층적 군집분석 기법을 통하여 결정된 예측 대상 패턴을 활용한 수요예측 방안에 관하여 제시하였다. 이중 선행연구를 통하여 결정된 패턴을 토대로, 예측 정확도가 떨어지는 특수 패턴에 대하여 실제로 패턴별 부하 분석을 실시하고 예측력을 높일 수 있도록 참조 수요 패턴 변경을 실시하였다. 그 결과 기존 연구 결과보다 우수한 예측 정확도를 확보할 수 있었으며, 이로써 부하 고유의 특성이 반영된 건물의 전력 수요를 고도의 예측 기법 없이도 높은 정확도의 예측 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

더불어 본 논문에서는 소규모 건물부하의 특성 상 해당 수요예측 방법이 취약할 수 있는 실시간 정확도 및 갑작스런 부하변동 이벤트에 대한 적응력을 높이기 위하여 별도의 오차보정 방법을 제시하였다. 보정방법은 과거 운전 결과를 바탕으로 발생된 오차의 평균을 실시간 예측 결과에 적용하는 방식을 사용하였다. 제시한 보정방법의 효과 및 경제적 부하운영의 영향은 에너지저장장치 운영을 가정한 시뮬레이션을 통하여 확인할 수 있었으며, 본 연구 결과는 소규모 부하의 전력 수요예측을 통한 부하관리 및 에너지관리시스템 분야에서 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(B6-2429)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

References

[1] Si-Yeon Kim, Jong-Hun Lim, Jeong-Do Park and Kyung-Bin Song, “Short-Term Electric Load Forecasting for the Consecutive Holidays Using the Power Demand Variation Rate”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 27, No. 6, pp. 17-22, 2013.

[2] Jeong-Soon Lee, H. G. Sohn and S. Kim, “Daily Peak Forecasting for Electricity Demand by Time series Model”, The Korean Journal of Applied Statistics, vol. 26, No. 2, pp. 349-360, 2013.

[3] Dae-Hoon Ahn and Sang-joong Lee, “Daily Load Forecasting Including Special Days Using Hourly Relative Factors”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 19, No. 5, pp. 94-102, 2005.

[4] Sung-Ho Ryu, “Forecasting Accuracy Improvement for Summer Load”, Journal of the Electric World/Monthly Magazine, July, pp. 66-72. 2014.

[5] Hyeong-Woo Lim, Si-Woong Moon, Jeong-Do Park, Kyung-Bin Song, Sung-Kwan Joo, Ki-Jun Shin, Bum-Seob Cho and Chang-Hyun Jung, “A scheme for short-term load forecast applying the trend of load variation rate”, KIEE summer Conf. pp. 69-70, 2011.

[6] Jeong-Do Park, Hyung-Bin Song, Hyeong-Woo Lim and Hae-Soo Park, “Short-Term Load Forecast for Near Consecutive Holidays Having The Mixed Load Profile Characteristics of Weekdays and Weekends”, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 61, No. 12, pp. 1765-1773, 2012.

[7] A Study on Short-term Load Forecasting Technique and its Application, Korea Power Exchange, 2011.

[8] Jeong-Do Park and Kyung-Bin Song, “Short-Term Load Forecast for Summer Special Light-Load Period”, The Transactions of Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 62, No. 4, pp. 482-488, 2013.

[9] Hye-Mi Hwang, Sung-Hee Lee, Jong-Bae Park, Yong-Gi Park and Sung-Yong Son, “Load Forecasting using Hierarchical Clustering Method for Building”, The Transactions of Korean Institute of Electrical Engineering, vol. 64, No. 1, pp. 41-47, 2015.

[10] Sung-Hee Lee, Hye-Mi Hwang, Yong-Gi Park, Jong-Bae Park and Sung-Ho Moon, “Development of Building Electricity Load Forecasting Algorithm for Economic EMS Operations”, Journal of the Korean Data Analysis Society, vol. 16, No. 5(B), pp. 2457-2468, 2014.

[11] Data mining methodology for big data analysis, FREE ACADEMY, 2014.

[12] Electricity Market Rules, Korea Power Exchange, 2011.

[13] Relation and Statistical Models, 2^{nd} Edition, Kyung Moon Sa, 2011.

[14] Infrastructure Project for Technology Industrialization, Korea Institute of Energy Research, 2014.

[15] Jong-Bae Park, Sung-Yong Son, Soo-Hee Han, Eun-Sung Oh and Yong-Gi Park, “ESS and EMS Algorithm (II)”, Korea Institute of Energy Research, 2014.

저 자 소 개

황 혜 미(Hye-Mi Hwang)

2002년 강원대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2016년 건국대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국에너지기술연구원 태양광연구실 선임연구원

E-mail : hyemi@kier.re.kr

박 종 배(Jong-Bae Park)

1987년 서울대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 건국대학교 전기공학과 교수

E-mail : jbaepark@konkuk.ac.kr

이 성 희(Sung-Hee Lee)

1992년 목원대 응용통계학과 졸업. 1994년 충남대 대학원 통계학과 졸업(석사). 1999년 岡山대학 대학원 환경수리학과 졸업(박사). 현재 ㈜E3 EXPERT 부사장

E-mail : leevaluator@naver.com

노 재 형(Jae Hyung Lee)

1993년 서울대 원자핵공학과 졸업. 2002년 홍익대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 미국 시카고 Illinois Institute of Technology 전기공학과 졸업(박사). 현재 건국대학교 공과대학 전기공학과 부교수.

E-mail : jhroh@konkuk.ac.kr

박 용 기(Yong-Gi Park)

2005년 건국대 전기공학과 졸업. 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2014년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 건국대학교 전력시장신기술연구센터 연구원.

E-mail : draco98@konkuk.ac.kr