

건물 에너지 분석 및 에너지 관리 시스템 알고리즘에 관한 연구

논문
58P-4-25

A Study on the Building Energy Analysis and Algorithm of Energy Management System

한 병 조* · 박 기 광* · 구 경 완** · 양 해 원†
(Byung-Jo Han · Ki-Kwang Park · Kyung-Wan Koo · Hai-Won Yang)

Abstract - In this paper, building energy analysis and energy cost of power stand up and demand control over the power proposed to reduce power demand. Through analysis of the load power demand special day were able to apply the pattern. In addition, the existing rate of change of load forecasting to reduce the large errors were not previously available data. And daily schedules and special day for considering the exponential smoothing methods were used. Previous year's special day and the previous day due to the uncertainty of the load and the model components were considered. The maximum demand power control simulation using the fuzzy control of power does not exceed the contract. Through simulation, the benefits of the proposed energy-saving techniques were demonstrated.

Key Words : Demand Control, Energy Management System, Load Forecasting, Building Automation

1. 서 론

발전소로부터 일반가정용 및 사무용, 공업용까지의 송·배전 계통의 전력 손실, 품질개선, 보상에 관한 연구는 끊임 없이 연구되어져 왔으나 개별 건물 및 건물 군에 관한 에너지 절약 연구는 중요도가 높아지고 있는 분야이며 일반적인 사무용 건물에서 소비전력량의 약 70% 이상을 차지하는 공조 및 조명설비 등은 데이터를 수집·분석하는 건물에너지 관리 시스템(BEMS: Building Energy Management System)을 도입하여 에너지 절약을 도모하고 있다[1][2].

건물 에너지 관리 시스템은 건물의 에너지 사용량을 파악하고 건물 자동화 시스템의 등과 연결된 각종 설비들의 운전 추이를 종합 분석하여 최적 운전을 통해 에너지 절감 효과를 얻는 시스템을 말한다. 전기, 용수, 가스 등의 에너지 사용량 데이터 및 운전 정보를 집계할 수 있는 측정 센서를 에너지 주요 포인트에 적절히 배치하고, 포인트 별로 사용 현황에 대해 분석하여 에너지 소비량을 절감하는 최적의 운전 알고리즘[3]과 개선점을 찾을 수 있다.

이를 위해 본 논문에서는 건물의 전력에너지의 절약을 위해 자동제어 시스템이 구축되어 있는 국내의 건물을 선정하고 건물에너지 관리 시스템의 운전실태 파악 및 효율적인

운전여부 및 운영 알고리즘을 분석하였다. 기존의 단기부하 예측 및 장기부하예측[4]~[13]에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나 건물에 대한 부하예측 및 에너지 절약은 큰 쟁점으로 부각되고 있다. 따라서 전력설비의 에너지 절약을 위한 건물 에너지 관리 시스템의 현장 적용성을 높이고 기존의 수요전력의 오차변화율에 따른 퍼지제어형 최대수요전력 제어기의 단점을 보완하였다. 건물에서 기존의 부하예측 방법은 단기부하예측으로 이전 관측값에 대한 변화율만을 고려하여 적용되어 있었고 이 또한 실제 건물에 적용되어 있는 곳이 극소수에 불과하다. 따라서 본 논문에서는 건물 에너지 절약을 위한 에너지원 분석 및 전력설비용 최대수요 전력 제어기를 통한 수요 전력 저감 방법을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 건물 에너지 사례분석

기존 건물의 상태 파악을 통한 평가 분석과 건물에너지 관리시스템의 문제점 파악 및 개선 방안 제시, 건물에서 부하 발생의 요인과 이에 따른 에너지 흐름 파악 및 불필요한 에너지 차단과 에너지를 효율적으로 분배하기 위해 다음과 같은 건물 에너지 사례분석이 필요하다.

따라서 국내 수도권의 특정 건물을 선정하여 '08. 03. 01 ~ 09. 02. 28'까지 29개의 건물에 대한 소비전력량을 현장에서 중앙감시 장치 및 관리자 등의 인터뷰와 모니터링 데이터를 통하여 조사를 실시하였다.

그림 1에서 보는바와 같이 평균적으로 5월에 소비전력량이 가장 낮으며 9월에 가장 높다. 9월의 경우 늦더위 및 장마 등 온도와 습도의 변화에 따른 소비가 많았다.

그림 2는 29개의 건물에 대한 연중 전력 소비가 가장 많은 1일을 선정하여 최고 사용량을 나타낸 것이다. 심야(24시-08시)의 경우 소비되는 전력을 '0'으로 가정 하였다.

* 정 회 원 : 한양대 전자전기제어계측공학과 박사과정
** 정 회 원 : 호서대 국방과학기술학과 교수·공박
† 교신저자, 펠로우회원 : 한양대 전자컴퓨터공학부 교수·공박
E-mail: hwyang@hanyang.ac.kr
접수일자 : 2009년 11월 13일
최종완료 : 2009년 11월 18일
<본 논문은 본 학회 2009년도 전기설비전문위원회 추계학술대회에서 우수논문으로 선정되어 편집위원회에서 심사 후 본 논문에 게재 되었음>

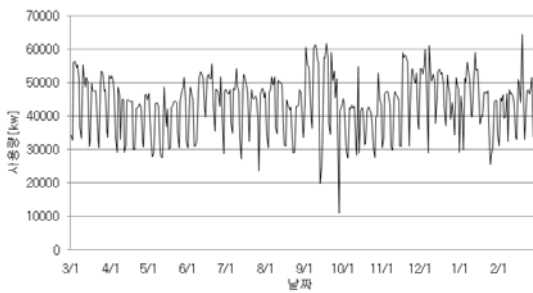


그림 1 건물 전체 연중 소비전력량 현황

Fig. 1 Power dissipation status of the building

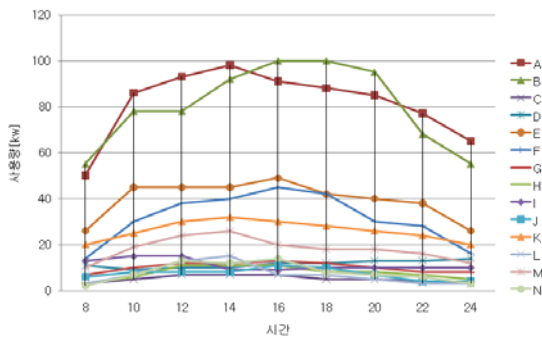


그림 2 건물별 연중 최대전력 사용량(9월18일 기준)

Fig. 2 The maximum amount of power in the building(By September 18)

건물 A, B, E, F는 타 건물에 비해 2배 이상의 전력을 소비하고 있다. 이는 나머지 25개 건물에 비해 건물 규모 및 재실시간, 유동인구가 많음을 알 수 있다.

그림 3은 1년 중 전력 소비가 가장 적은 2월 19일을 선정하여 최저 전력 사용량을 나타낸 것으로 대부분 비슷한 패턴을 나타내고 있으며 오후 2시에 소비전력량이 가장 높게 나타났고 건물 G, J, U, 3은 전력의 변화가 거의 없으며 유동인구 또한 거의 없는 곳이다.

표 1은 29곳의 건물에서 운용중인 에너지관리시스템의 전력설비에 대한 관리요소 및 기능을 나타낸 것이다. 공통적으로 특고압 설비, 고압설비, 저압설비, 비상발전기, UPS, 승강설비 등이 적용되어 있었으며 모니터링 및 제어를 위한 계측정보, 상태정보, 경보 등이 있다. 또한 제어 알고리즘은 최대수요전력제어, 역률제어, 변압기 대수제어, 정·복전제어, 조명제어 등이 공통적으로 적용되어 있다.

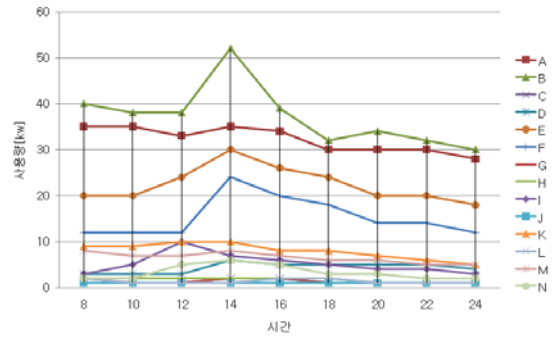


그림 3 건물별 연중 최소전력 사용량(2월19일 기준)

Fig. 3 The minimum amount of power in the building(By February 19)

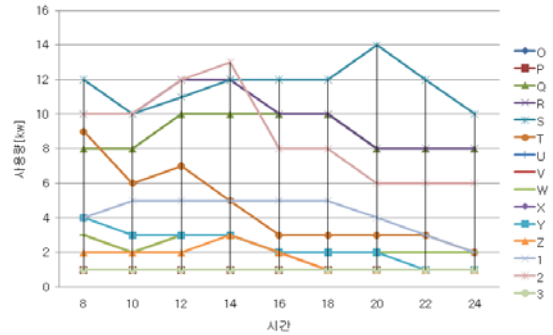


표 1 에너지관리시스템의 전력설비 관리 요소 및 기능

Table 1 Power Plant Maintenance components and features in energy management system

구 분	감시항목			제어기능	구 분	감시항목		
	계측	상태	경보			계측	상태	경보
VCB	X	O	O	최대수요전력 제어, 역률제어, 변압기대수제어, VVVF제어, 위치제어, 패스제어, 파킹제어, 인버터제어, 정·복전제어 등.	주파수	O	X	X
LBS	X	O	O		발전기	X	O	O
NFB	X	O	X		발전기 전압	O	X	X
OVR	X	O	X		발전기 전류	O	X	X
UVR	X	O	X		발전기 전력	O	X	X
DS	X	O	O		발전기 냉각수 온도	O	O	X
GCB	X	O	O		발전기주파수	O	X	X
OCB	X	O	O		축전지 전압	O	X	X
MCC	X	O	X		축전지 전류	O	X	X
전압	O	X	X		UPS 직류전압	O	X	X
전류	O	X	X		UPS 직류전류	O	X	X
유효전력	O	X	X		UPS 충전량	O	X	X
무효전력	O	X	X		엘리베이터 운전상태	X	O	X
전력량	O	X	X		엘리베이터 운전경보	X	O	O
역률	O	X	X	엘리베이터 고장	X	O	O	

-상태/경보/감시/기록 기능, 설정치 이탈시의 경보 기능, 기동/정지, 수동/자동 등의 조작 기능, 관제점 알람 기능.
 -암호 ACCESS 기능, 시간 설정 기능, 정보 지연 기능, 강제 동작 정지 기능, 스케줄 기능, 연산 제어 기능, 자가 진단 기능.
 -복합화면처리, 복합기능처리, 다수 사용자 접속 기능, BACK-UP 기능, 최대수요전력 제어, 역률 개선 제어, 발전기 부하 제어.
 -정·복전 제어, EVENT PROGRAM 제어, 계측치 상, 하한 제어, 발전기투입 순서 제어, 화재 연동 제어, UPS 제어, 비상시 제어 기능.

2.2 최대수요전력 제어

에너지 관리 시스템에서 최대수요전력 관리 장치를 설치하여 수요전력의 목표치를 설정해 놓고 수요전력이 목표치 이하로 유지될 수 있도록 일시적으로 전력부하(에어컨, 공조기, 펌프 등)의 가동을 중단 하였다가 재가동하여 순간적으로 많은 부하가 동시에 사용되는 것을 방지하기 위해 도입되었다.

그림 4는 최대수요전력 관리장치의 구성도를 나타낸 것으로 로컬 컴퓨터에 에너지관리 시스템이 탑재되어 모니터링을 할 수가 있으며 센서 및 전력량계 등을 통하여 전력을 감시, 제어한다[14][15]. 제어대상으로는 전력, 조명, 공조 시스템 등으로 구분 할 수 있으며 현장조사 결과 현재는 관리자 및 현장의 실정에 맞지 않는 구성으로서 단순히 데이터 취득을 위한 모니터링 용도로 이용되고 있는 것이 현실적이다. 따라서 사용자의 용도에 맞게 현장을 모니터링하고 에너지관리 시스템의 효율을 높여야 한다. 건물 에너지 관리 시스템의 제어 알고리즘으로는 정전 시 발전기 가동 제어를 하며 복전 시 전체 부하의 순차적 투입으로 과부하 방지 및 우선순위에 따라 차단기 투입으로 안전한 수전 계통 유지가 가능하도록 하는 정·복전 제어, 여러 대의 변압기를 병렬 운전할 경우 사용 변압기의 대수제어를 실시하여 부하변동에 대하여 변압기가 항상 최고 효율점 근처에서 운전되도록 해야 하는 변압기 대수 제어, 각종 동력기기의 운전시간과 투입회수를 적산함으로써 향후 유지보수 계획이나 기기 노화 경향을 파악하여 유효 데이터로 사용하기 위한 운전시간 투입회수 적산제어, 건물 내의 인덕턴스 성분 부하에 의해 무효전력이 증가하면 신로전류를 증가시켜 배전선로와 변압기에서의 손실을 증가 시키므로 이를 위해 진상 콘텐츠를 이용하여 역률을 상시 목표값이 되도록 제어해야 하는 역률 개선 제어 알고리즘 등이 있다. 이중 현장에서 에너지 절약을 할 수 있는 가장 큰 요인으로 최대수요전력을 감시, 제어해야 하며 시스템 내에 작동하는 알고리즘의 효과를 모니터링을 통해서 확인 할 수 있도록 현실적으로 적용 가능하도록 구성하였다.

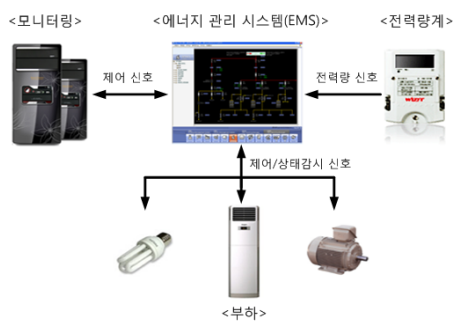


그림 4 최대수요전력 관리장치 구조
Fig. 4 The structure of peak demand power management devices

최대수요전력 관리는 수요시한 동안에 평균 사용전력이 계약전력을 넘지 않도록 최대수요전력 관리 장치를 이용하여 전력을 항상 감시해야 한다. 만약 전력이 설정한 목표치 보다 높게 될 경우에는 부하에 전력을 차단하여 최대수요전력이 계약전력을 넘지 않도록 한다. 따라서 만약 사용자가

특정시간에 많은 부하를 운전하여 계약 전력을 위반하였을 경우 이때의 최대수요전력을 기준으로 요금이 산정되며 부하의 변동에 따른 소비전력의 변화율을 예측해야 계약전력을 유지 할 수가 있다. 식 (1)은 최대수요전력 관리를 위한 기준값으로 해당 수요시한 내에서 사용한 전력량을 수요시한의 비로 나타낼 수 있다.

$$P[kW] = \frac{\text{사용전력량}[kWh]}{\text{수요시간}[h](=15/60[h])} = \frac{Q}{T} \quad (1)$$

최대수요전력은 정해진 수요시한에 대한 평균전력으로 나타낼 수 있으며 수요시한은 부하가 정상상태 운전일 경우는 문제가 되지 않지만 순간적인 기동을 필요로 하는 부하 운전 상태일 경우 오동작이 발생하므로 수요시한을 일반적으로 15분으로 정의하였다. 부하전력은 최대수요전력 관리장치가 전력을 적산하는 샘플링의 한 주기 동안에 부하전력을 나타낸 것으로 식 (1)은 식 (2)와 같이 변형 할 수 있다.

$$P_a [PW] = \frac{\Delta_t \text{사이의 소비전력량}}{\text{펄스검출시간}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2)$$

부하 예측 후 계약전력의 초과여부를 관리자에게 알리기 위해 경보를 발령하게 된다. 보통은 2차 경보까지 발령하게 되나 건물 실측결과 3차 경보까지 발령하는 곳도 있었다. 1년 중 전력 수요량이 많은 여름철(7, 8월)의 하루를 기준으로 최대수요전력량이 목표전력을 초과하여 전력예비율이 감소하거나 초과 하였을 경우 위험이 발생할 수 있으므로 1차 예비경보와 조치를 취하기 위한 2차 경보의 단계로 나누어 관리를 한다.

1차 경보는 최대수요 전력값과 예측 최대수요 전력값의 크기에 의해 결정하며 현재 최대수요 전력량에 의한 방식은 목표전력량에 대한 현재 최대수요 전력량이 초과하였을 때 발령하는 경보이다. 2차 경보가 발생한 후 부하의 제어가 필요하게 되는 시점에서 발생하는 경보로서 저감할 필요가

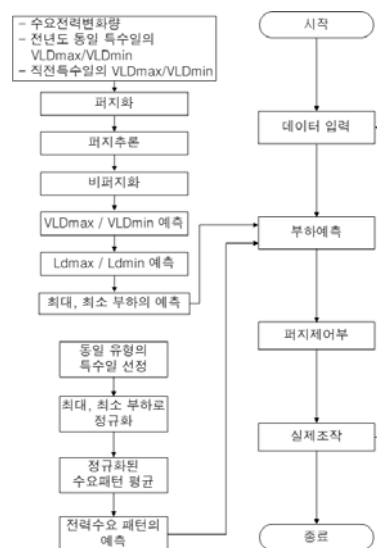


그림 5 제안된 시스템 전체 구조도
Fig. 5 The overall structure of the proposed system

있는 조절 전력이 미리 설정된 차단전력의 크기를 초과하였을 경우 경보가 발생한다.

위와 같이 기존의 부하예측 방법은 최대수요전력 관리장치가 전력을 적산하는 샘플링의 한 주기 동안에 부하전력을 이용하여 예측하였으나 부하의 변동폭에 따른 변화율이 크기 때문에 큰 오차가 발생하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 임의의 구간에서 관측값에 대해 가중치를 부여하고 이전의 특수일 및 일일 스케줄 등을 적용하지 않는 문제점을 보완하는 예측방법을 그림 5와 같이 적용하였다.

2.2.1 부하모델

부하는 식 (3)과 같이 일일 성분은 특수일 변화 성분과 일일 온도변화 성분으로 정의하였다. 기타 습도 및 상대습도, 모델 불확실성 등의 성분은 $e(t)$ 로 정의하였다.

$$x(t) = \sum_{i=1}^n a_i f_i(t) + \sum_{j=1}^m b_j g_j(t) + e(t) \quad (3)$$

여기서, a 는 특수일 계수이고 $n \times 1$ 벡터, b 는 온도계수이고 $m \times 1$ 벡터, $f(t)$ 는 특수일 함수, $g(t)$ 는 온도함수이다.

식 (3)의 온도변화 함수는 다음과 같이 변형 할 수 있다.

$$g_{D_{n+1}}(t) = (1-\alpha)g(t) + \alpha g_{D_n}(t) \quad (4)$$

여기서, $g_{D_{n+1}}(t)$ 는 업데이트 온도모델이며, $g(t)$ 는 일일 평균 온도, $g_{D_n}(t)$ 는 이전 온도모델, α 는 계수이다.

그림 5는 기존에 이용되었던 부하의 변화율에 따른 오차로 부하예측을 실시하였으나 본 논문에서는 전년도 특수일과 직전 특수일 등에 대해서 최대부하와 최소부하 값을 퍼지화 하여 부하예측을 실시하며 이외에도 일일 온도 변화에 따른 수요패턴을 정의하였으며 습도 및 온도 성분은 통계자료를 적용하였다.

2.2.2 부하예측

일반적으로 예측값을 구할 때는 가장 최근 과거값 중 몇 개의 평균에 기준을 두며 각 관측값은 같은 가중치로 주어진다. 본 논문에서 사용된 가중치 적용방법은 분석 상 오래된 관측값을 포함시키며 최근 관측값에 비례하여 더 큰 가중치를 부여한다. 따라서 임의의 시점 t 에서의 지수평활화값을 S_t 라 하고, 지수평활화 방법을 이용한 P 와 S_t 의 관계는 다음 식 (5)와 같이 정의된다.

$$S_{t+1} = S_t + \frac{1}{m}(P_{t+1} - P_{t+1-m}) \quad (5)$$

여기서, m 은 지수평활화 구간의 데이터의 개수이다.

P_{t+1-m} 를 S_t 를 바꾸면 식 (6)과 같다.

$$S_{t+1} = \frac{1}{m}P_{t+1} + (1 + \frac{1}{m})S_t \quad (6)$$

여기서, S_t 는 지수평활화값, P_t 는 실제전력값[kw] m 은 구간내의 데이터 수이다.

다시 $1/m$ 을 a 로 바꾸면 식 (7)과 같다.

$$S_{t+1} = aP_{t+1} + (1-a)S_t \quad (0 < a < 1) \quad (7)$$

시점 t 에서 미래시점 $(t+1)$ 의 예측값으로 지수평활화값 S_t 를 사용한 지수평활화 예측값은 다음과 같다.

$$\widehat{P}_{t+1}(l) = S_t \quad (8)$$

여기서 식 (8)은 다음과 같이 다시 정의 할 수 있다.

$$S_t = S_{t-1} + a(P_t - S_{t-1}) \quad (9)$$

3. 모의실험 결과 및 분석

연중 최대수요전력이 발생하는 여름의 1일을 기준으로 소비전력량을 그림 6과 같이 실측을 통하여 조사하였으며 최대수요전력 제어기가 설치되어 있지 않은 건물을 선정하였다. 계약전력을 상수 값으로 고정시키지 않고 구간에 따른 가변을 두어 적용경보구간과 동일하게 적용하여 실제 적용가능성을 높였다. 특수일 및 온도변화에 대한 함수 및 데이터 또한 수요전력이 발생한 날을 기준으로 정의하였다.

모의실험은 문헌조사에 의한 실제 사례 분석 및 국내외 건물 에너지 관리시스템 운영사례, 건물 에너지 관리시스템을 보유하고 있는 현장조사 및 관리자 인터뷰, 건물 에너지 데이터 수집 및 분석 등을 통하여 취득된 자료를 기반으로 모의실험을 실시하였다.

점등 및 소등 스케줄은 06:00~07:30까지는 전층의 비상등만 점등시켜 청소 및 사무실 순찰점검에 따른 최소한의 조명만 유지하며 07:30~08:00까지 조기구멍을 요구하는 3층 및 6층, 8층 등을 요구시간 별로 점등, 08:30~12:00까지는 전층의 일반등과 비상등을 모두 점등시켜 근무시간 체제로 변경, 10:00~20:00까지 창측은 조도감지 장치에 따라 일정 조도 이상이 되면 자동소등, 12:00~13:00까지 중식 시간으로 비상등을 제외한 사무실 일반등은 소등, 13:00~18:00까지 일반등 점등상태로 유지하였다.

표 2 일일 타임 스케줄

Table 2 Time schedule of the day

시 간	제어상태	상태	비 고
06:00	PATTERN	2	전층비상전등 ON
06:00	ON	-	지하주차장 ON
07:30	ON	-	3층 전체
07:30	PATTERN	4	6, 8층 전체
07:45	ON	-	5층 전체
08:00	ON	-	조기출근부서 ON
08:30	PATTERN	3	전층일반조업 ON
10:00	SWITCH	ON	창측조명제어 ON
12:05	PATTERN	2	전층중식 시간 일반 OFF
13:00	PATTERN	1	전층중식 시간 일반 ON
19:00	ON	-	사무실 구역 전체 전등 소등
20:00	SWITCH	OFF	창측조명제어 OFF

또한 PATTERN 1은 전체 건물의 일반등을 점등시키고 비상등은 소등시킨 상태이며 PATTERN 2는 전체 건물의 일반등은 소등시키고 비상등은 점등시킨 상태이다. PATTERN 3은 전체 건물의 일반등과 비상등을 모두 점등시킨 상태이고 PATTERN 4는 설정된 층만 점등시키고 비상등은 소등시킨 상태, ON은 해당제어 대상의 등을 점등시킨 상태이며 OFF는 해당제어 대상의 등을 소등시킨 상태이다.

마지막으로 SWITCH ON은 조도감지 장치에 따라 자동으로 창가측 등을 점/소등 하도록 시킨 상태이며 SWITCH OFF는 조도감지 장치에 따른 자동 점/소등 제어 상태를 종료한 상태이다. 또한 18:00 이후에 일반 사무실은 소등 연장 부서만 점등 시키고 이외에는 소등하며 에어컨과 모터는 최대수요전력이 발생하는 시간에 모델 불확실성 성분을 만들기 위해 임의로 동작 시켰고 일일 타임 스케줄은 표 2와 같다. 부하제어 대상으로는 조명, 전동기, 에어컨, 엘리베이터 등이며 현장조사를 통해 취득한 데이터를 기준으로 DC IL 60[w]-35개, FCL 32[w]*4조-3개, FL 20[w]*1조-65개, FL 20[w]*2조-1개, FL 20[w]*4조-227개, FL 32[w]*1조-575개, FL 32[w]*2조-823개, FL 32[w]*2조-823개, FL 32[w]*3조-120개, FPL 55[w]-12개, M. 45[kw]-3개, M. 15[kw]-5개, M. 11[kw]-3개, M. 7.5[kw]-8개, M. 5.5[kw]-3개, M. 0.75[kw]-3개, Aircon. 4.7[kw]-2개, Aircon. 2.5[kw]-2개, ELV. 0.24[kw]*2조-2개를 이용하였다.

그림 6에서 보는 것과 같이 파란색 실선은 실제 소비전력량을 나타낸 것이고 주황색 실선은 기존의 오차의 변화율에 따른 퍼지제어 방법이며, 빨간색 실선은 오차의 변화율에 따른 문제점을 보완하기 위해 변형된 지수평활화 방법을 적용시킨 제안된 방법을 나타낸 것으로서 경보구간, 즉 계약전력을 가변적으로 두었기 때문에 임의의 구간에서 계약전력을 넘지 않고 급격한 소비전력의 변화율에 대응하였다.

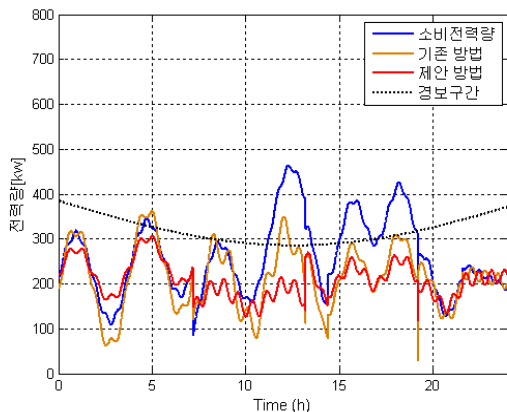


그림 6 제안된 방법과의 소비전력량 비교
Fig. 6 Comparison of Power dissipation by the proposed method

19시의 경우 임의로 전력을 급격히 차단하였으나 기존의 방법은 실제 소비전력량과 비슷한 추이로 전력량이 감소한 반면 제안된 방법은 재실자의 환경에 불편함이 없도록 소비전력 변화율의 크기가 작게 나타났다. 기존의 방법은 또한 5시, 12시경에 급격한 소비전력량의 증가로 계약전력을 위반

하였다. 그림 7에서 보는바와 같이 기존 방법은 215[kw]로 196[kw]인 제안된 방법보다 평균 소비전력량이 높게 나타났으며 계약전력을 3구간에서 위반하여 제안된 방법의 성능을 검증 하였다.

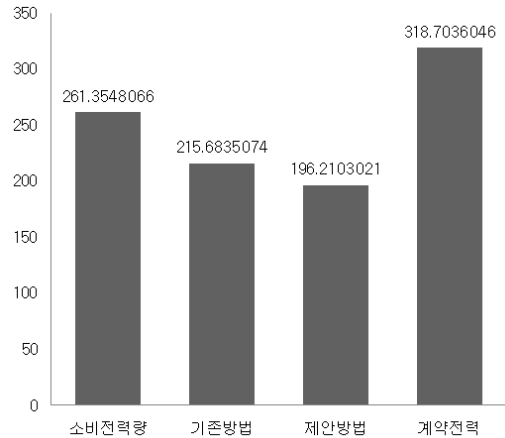


그림 7 평균소비전력량[kw]
Fig. 7 The average power dissipation[kw]

4. 결 론

본 논문은 건물 에너지 절약을 위한 에너지원 분석 및 전력설비용 최대수요전력 제어기를 통한 수요 전력 저감 방법을 제안하였다. 소비전력 분석을 통하여 부하의 특수일을 기준으로 특수일 수요 패턴을 적용 시킬 수 있었다. 또한 최대수요전력 제어에서 부하예측을 기존의 변화율에 대한 큰 오차의 단점을 보완하기 위해 기존의 직전 데이터를 사용하지 않고 일일 스케줄 및 특수일 등을 고려한 지수평활화 방법을 이용하였고 부하모델 또한 전년도 특수일 및 직전일의 부하를 고려하고 모델링에 의한 불확실성 성분도 고려하였다. 모의실험에서 퍼지제어기를 이용하여 계약전력을 초과하지 않도록 최대수요전력제어기를 구성하였으며 모의 실험을 통하여 제안된 에너지 절약 기법의 효용성을 입증하였다.

감사의 글

본 연구는 2007년부터 정부(지식경제부)의 재원으로 에너지관리공단 ‘통합운영 저에너지 건물기술 개발’ 사업 (2007-E-BD26-P-02)의 일부 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

[1] D. L. Loveday, G. S. Virk. "The Development of Advanced Control Algorithms for BEMS", Control in Building Energy Management Systems, IEE Colloquium on 30, pp. 21-24, 1990.
[2] Cheung, J.Y.M., Virk, G.S., Loveday, D.L., "Model based controllers for BEMS", Industrial Applications of Model

Based Predictive Control, IEE Colloquium on 21, pp. 21-26, 1991.

[3] K. Y. Lain, "Output Tracking Control for Fuzzy Systems Via Output Feedback Design", IEEE Transactions on fuzzy systems, vol. 14, no. 5, pp. 628-639. 2006.

[4] E. H. Barakat, J. M. Al-qasem, "Methodology for weekly load forecasting", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 13, no. 4, pp. 1548-1555, 1998.

[5] 박후식, 문경준, 김형수, 황기현, 이화석, 박준호, "전력 부하의 유형별 단기부하예측에 신경회로망의 적용", 대한전기학회논문지, vol. 48A, no. 1, pp. 8-14. 1999.

[6] C.N. Lu, H. T. Wu, "Neural network based short term load forecasting", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 8, no. 1, pp. 336-342. 1993.

[7] N. Amjady, "Short-term hourly load forecasting using time series modeling with peak load estimation capability," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 16, pp. 498-505, 2001.

[8] H. Mori and A. Yuihara, "Deterministic annealing clustering for ANN-based short-term load forecasting," IEEE Transaction on Power Systems, vol. 16, pp. 545-551, 2001.

[9] Titti Saksornchai, Wei-Jen Lee, "Improve the Unit Commitment Scheduling by Using the Neural-Network Based Short-Term Load Forecasting", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 41, no. 1, pp. 169-179, 2005.

[10] Hsiao-Yi Huang, Jia-Yush Yen, "Development of an Intelligent Energy Management Network for Building Automation", IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 1, no. 1, pp. 14-25, 2004.

[11] 정기철, 양해원, "DRNN을 이용한 최적 난방부하 식별", 대한전기학회논문지, vol. 48A, no. 10, pp. 1231-1238, 1999.

[12] 박영진, 심현정, 왕보현, "뉴로-퍼지 모델을 이용한 단기 전력 수요 예측시스템", 대한전기학회논문지, vol. 49A, no. 3, pp. 107-117, 2000.

[13] 송경빈, 구본석, 백영식, "퍼지 최소 자승 선형회귀분석 알고리즘을 이용한 특수일 전력수요예측" 대한전기학회논문지, vol. 52D, no. 4, pp. 233-237, 2003.

[14] S. Wang and J. Xie, "Integrating building management system and facilities management on the internet," Automat. Construct., vol. 11, no. 6, pp. 707-715, 2002.

[15] G. Clark and P. Mehta, "Artificial intelligence and networking in integrated building management systems," Automat. Construct., vol. 6, no. 5-6, pp. 481-498, 1997.

저 자 소 개



한 병 조 (韓 秉 祚)

1979년 11월 24일생. 2006년 영동대학교 전자공학과 졸업(학사). 2006년~현재 한양대학교 전자전기제어계측공학과 석·박사 통합과정 박사수료. 관심분야 비선형 시스템.

Tel : 031-436-8118,

Fax : 031-436-8117

E-mail : help7@hanyang.ac.kr



박 기 광 (朴 起 廣)

1976년 10월 27일생. 2001년 인하대학교 자동화공학과 졸업(학사). 2003년 한양대학교 전자전기제어계측공학과 졸업(석사). 2004년~현재 동 대학원 전자전기제어계측공학과 박사수료.

Tel : 031-436-8118

Fax : 031-436-8117

E-mail : requiem@hanyang.ac.kr



구 경 완 (丘 庚 完)

1961년 2월 5일생. 1983년 충남대학교 전자공학과 졸업(학사). 1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1987년 현대전자반도체연구소 선임연구원. 1994년 영동대학교 전자·정보공학부 부교수. 2005년~현재 호서대학교 국방과학기술학과 부교수.

Tel : 041-540-9541

Fax : 041-540-5693

E-mail : alarmkoo@hoseo.edu



양 해 원 (梁 海 元)

1950년 3월 20일생, 1971년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1973년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년 일본 Kyoto대학교 전기공학과 졸업(박사). 1986년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수. 1993년 미국 Yale 대학 방문 교수.

Tel : 031-436-8118

Fax : 031-436-8117

E-mail : hwyang@hanyang.ac.kr