

## 냉난방도일을 이용한 기준부하추정 방법에 관한 연구

### A Study on the Baseline Load Estimation Method using Heating Degree Days and Cooling Degree Days Adjustment

위 영 민\*  
(Young-Min Wi)

**Abstract** - Climate change and energy security are major factors for future national energy policy. To resolve these issues, many countries are focusing on creating new growth industries and energy services such as smartgrid, renewable energy, microgrid, energy management system, and peer to peer energy trading. The financial and economic evaluation of new energy services basically requires energy savings estimation technologies. This paper presents the baseline load estimation method, which is used to calculate energy savings resulted from participating in the new energy program, using moving average model with heating degree days (HDD) and cooling degree days (CDD) adjustment. To demonstrate the improvement of baseline load estimation accuracy, the proposed method is tested. The results of case studies are presented to show the effectiveness of the proposed baseline load estimation method.

**Key Words** : Baseline load, Heating degree days, Cooling degree days, Time series, Weather adjustment

#### 1. 서 론

기후변화대응, 에너지 안보, 에너지 사용 효율화 등 에너지 이슈에 대해 주요국들은 경제성장과 온실가스 감축의 동시달성을 위해 자국 특성에 맞는 에너지 기후변화 대응 분야 신성장산업 창출에 주력하고 있다[1]. 한국은 2015년 6월 국무회의에서 2030년 까지 BAU 대비 37% 감축목표를 발표하였으며 이에 따라 에너지신산업을 미래 성장 동력으로 삼아 기후변화대응과 더불어 경제 활성화를 해결하고자 규제개혁 및 활성화 방안을 추진하고 있다. 2015년 11월에는 에너지 신산업 확산전략을 발표하였으며 4대 분야 에너지 신산업으로 에너지 프로슈머, 저탄소 발전, 전기자동차, 친환경 공정을 선정하였다. 이 중 에너지 프로슈머는 소규모 신재생에너지, ICT 기술 등을 활용하여, 누구나 직접 전기를 생산하고 소비하는 다양한 유형의 신산업을 의미하며 기존의 마이크로그리드, 수요자원시장, 제로에너지빌딩, 친환경에너지타운 등을 포함한다. 그동안 소규모 분산자원의 전력은 재판매하기에 양이 너무 적어 버려졌지만 에너지 프로슈머 산업의 확대에 따라 소규모 전기도 전력시장에 되팔 수 있을 것이다. 국내에서도 '분산자원 중개사업자'를 통해 이러한 시장을 생성하고 활성화 하려고 하는 중이며, 관련 법규 및 행정적 지원은 현재 진행 중이다.

새로운 에너지 신성장 산업의 안착과 성공을 위해서는 신규 사업 혹은 프로그램에 대한 경제적 평가와 에너지 사용 효율화 정

도를 판단할 수 있는 기준이 필요하다. 이를 위해 신규 사업 혹은 프로그램의 경우, 적용 전과 후의 에너지 사용량 비교 분석을 통한 에너지 절감량 산출이 반드시 필요하다. 에너지 절감량 산출의 어려운 점 중에 하나는 신규 사업 혹은 프로그램을 적용하지 않을 때 기준부하를 추정하는 것이다. 예를 들어 정부에서는 수요자원 거래시장의 확대와 에너지 사용 효율 프로그램의 상시 적용을 위해 국민DR(Demand Response) 사업을 추진하고 있다. 이를 위해서는 국민DR 프로그램 참여자의 전력 사용정보를 수집하고 각 고객에게 필요한 정보를 제공하는 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 구축이 요구되고 있으며 AMI를 활용한 에너지관리 서비스를 계획하고 있다. 국민DR사업의 성과 분석을 위해서는 AMI 및 관련 서비스를 제공받지 않을 경우의 전기에너지 사용량과 제공 받은 후 전기에너지 사용량 비교가 필요하다.

국민DR사업, 에너지관리시스템 등과 같이 에너지 사용 효율 프로그램 운영이 상시적인 경우 에너지 절감량 산출을 위해서는 기존의 DR에서 사용하는 고객기준부하추정 방법[2]을 적용할 수 없으며 에너지효율화사업 평가에서 사용하는 분석 방법을 적용해야 한다. 각 국내외 에너지효율화사업의 대부분은 특정 전기설비 혹은 가전제품의 교체와 신설에 따른 에너지절감량 산출을 목표로 하기 때문에 절감량 산출 방법이 단순하고 비교적 쉽다[3]-[5]. 하지만 새로운 에너지 신산업에서는 단순 전기기기의 교체와 신설이 아닌 참여자의 전기에너지 소비 패턴에 직·간접적으로 영향을 주는 신규 서비스 혹은 프로그램이기 때문에 절감량 산출 방법이 복잡하고 고려해야 하는 사항이 많다. 복미의 신규 에너지 프로그램 실증의 경우, 절감량 산출을 위해 실험군과 대조군을 나눌 수 있는 실증에서는 그룹 간 비교를 통해 절감량을 산출한다. 그렇지 못한 실증의 경우에는 통계적 방법과 회귀분

\* Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Gwangju University, Korea.

E-mail: ymwi@gwangju.ac.kr

Received : February 24, 2017; Accepted : April 24, 2017

석 방법을 적용하여 기준부하추정을 통해 에너지 절감량을 산출한다.

본 논문에서는 냉난방도일을 활용하여 기준부하추정의 정확성의 높이는 방안을 제안하며, 광주대학교 전력수요 데이터를 이용하여 제안된 방법들을 비교 검증하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 일반적인 기준부하추정 방법에 대해 설명하며 3장에서는 냉난방도일을 이용한 보정을 통한 기준부하추정 모델을 소개한다. 사례연구에서는 광주대학교 전력수요 데이터를 이용하여 3장에서 제안된 예측 모델을 적용하여 모델별 기준부하추정 결과를 비교 분석한다.

## 2. 기준부하추정방법

본 논문에서 제안하는 기준부하추정 방법은 에너지 사용 효율화 사업과 같이 에너지 관련 설비 혹은 서비스가 상시적으로 지속될 때의 에너지 감축량 추정을 위해 사용되는 방법으로 제한한다. 아래 기술되는 내용은 참고문헌 [3], [4]를 요약하여 정리한 내용이다. 에너지 사용 효율 프로그램 평가 측정 항목으로 총에너지절감량(gross energy savings), 순에너지절감량(net energy savings), 기타효과(non-energy benefits), 비용효율성(cost-effectiveness) 등이 있다.

총에너지절감량은 에너지효율화 프로그램에 기인한 에너지 소비 수요의 총 변화량을 의미하며, 순에너지절감량은 총에너지절감량에서 프로그램 외적으로 나타난 효과를 제외한 것을 의미한다. 기타효과는 프로그램 외적인 효과를 의미하며 정량화하기 힘든 요소들로 생산성증가, 일자리 창출, 지역경제 활성화 등이 있다. 마지막으로 비용효율성은 에너지효율화 프로그램으로 발생한 이익 추정치의 현재가치와 프로그램에 들어간 비용을 비교하는 것으로 일반적인 경제성 평가를 의미한다. 이 중 본 논문에서는 에너지 절감 효과를 평가하는 기준이 될 수 있는 총에너지절감량 산정을 위해 필요한 기준부하추정 방법에 대한 내용을 다루고 있다. 에너지 절감량 계산 수식은 에너지효율 프로그램 참여 이전의 에너지 사용량과 이후의 에너지 사용량을 비교하여 추정될 수 있다. 따라서 아래 수식과 같이 기본적인 수식을 이용해서 에너지절감량을 계산할 수 있다.

$$ES = BL - ME \pm Ad \tag{1}$$

여기서  $ES$ 는 에너지절감량(energy savings)를 의미하며,  $BL$ 과  $ME$ 는 각각 기준부하(baseline load)와 측정된 에너지사용량(measured energy)을 나타낸다.  $Ad$ 는 보정값(adjustment)을 의미한다.

수식 (1)에서  $BL$ 은 에너지 효율 향상 프로그램을 실행하지 않는 상태에서 발생할 에너지량을 의미한다. 이는 실제로 측정할 수 없는 값이기 때문에 다양한 방법을 이용하여 추정하며, 본 논문에서 제안하는 방법을 통해 기준부하를 추정할 수 있다.

에너지 효율 향상 프로그램을 통해 에너지 절감량 추정을 하는 방법은 프로그램의 성격에 따라 다양한 방법이 존재한다. 가장 이상적인 방법은 프로그램을 운영할 때 대조군과 실험군으로

적용 대상을 분류하여 프로그램을 진행한 결과를 비교하는 것이다. AMI 기반 서비스 및 에너지관리시스템 설치에 따른 에너지 효율향상을 평가하기 위해서는 앞선 방법을 적용하기 힘들기 때문에 통계적인 방법 혹은 회귀분석 방법을 적용하여 에너지 절감량을 추정한다.

## 3. 냉난방도일을 이용한 기준부하추정 방법

본 논문에서는 제안하는 기준부하추정 방법은 월단위 전력 사용량 추정을 목표로 하며 추정하려는 월의 과거 동월 데이터의 평균을 사용한 모델이다. 이 과정에서 과거 데이터는 기준부하를 추정하려는 월과의 냉난방도일 차이만큼 보정하여 사용하게 된다. 아래 그림은 제안된 기준부하추정 방법 절차를 보여준다.

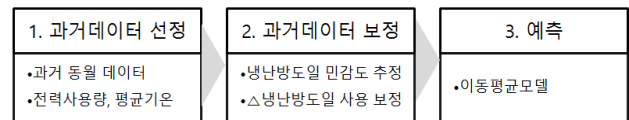


그림 1 제안된 기준부하추정 방법 절차

Fig. 1 Block diagram of the proposed method

제안된 기준부하추정 방법에서 첫 번째 단계는 기준부하를 추정하려는 월과 같은 과거의 동월 전력사용량 데이터와 일별 평균기온 데이터를 선택하는 것이다. 예를 들어 2016년 1월 기준부하 추정을 위해서 제안된 알고리즘에서는 과거 5개년의 데이터를 선택한다. 데이터 구성 예시는 아래 표와 같다.

표 1 과거 데이터 선택 예시

Table 1 Examples of the historical data selection

	전력사용량	해당월의 일별 평균기온
2015년 1월	$P_{2015,1}$	$T_{2015,1,1}, \dots, T_{2015,1,31}$
⋮	⋮	⋮
2011년 1월	$P_{2011,1}$	$T_{2011,1,1}, \dots, T_{2011,1,31}$

과거 데이터 보정을 위해서 본 논문에서는 냉난방도일을 사용한다. 냉난방도일은 냉방도일과 난방도일로 구분할 수 있다. 냉난방도일은 기준온도를 설정하여 기준온도 보다 높거나 혹은 낮은 온도에서는 냉방 혹은 난방을 한다고 가정하고 일별로 평균기온을 사용하여 계산한 지수이다[6]. 냉방도일이 크면 날씨가 더운을 의미하며 이는 전기사용량 측면에서 냉방부하가 크다는 것을 뜻한다. 반대로 난방도일이 크다면 날씨가 춥다는 것을 의미하며 전기 사용량 측면에서는 난방부하가 크다는 것을 뜻한다. 월별 냉난방도일은 아래 수식과 같이 일별 냉난방도일의 합으로 계산될 수 있다. 냉난방도일의 기준이 되는 온도는 나라에 따라 또 인간 활동에 따라 약간의 차가 있다.

$$\begin{aligned}
 HDD_{y,m} &= \sum_d \max(T_{HDD}^{Ref} - T_{y,m,d}, 0) \\
 CDD_{y,m} &= \sum_d \max(T_{y,m,d} - T_{CDD}^{Ref}, 0)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서,  $HDD_{y,m}$ 와  $CDD_{y,m}$ 은  $y$ 년  $m$ 월의 난방도일과 냉방도일이다.  $T_{HDD}^{Ref}$ 와  $T_{CDD}^{Ref}$ 는 각각 난방도일과 냉방도일을 계산하는 기준 온도이다.  $T_{y,m,d}$ 는  $y$ 년  $m$ 월  $d$ 번째 날의 평균기온이다.

본 논문에서 제안된 기준부하추정 방법에서는 수식 (2)로 계산된 냉난방도일을 이용하여 기준부하를 추정하려는 월과 과거데이터 간의 냉난방도일 차이만큼 과거 전력사용량 데이터를 보정한다.

$$\begin{aligned}
 P_{y-1,m}^{Ad} &= P_{y-1,m} + S_{HDD,m}(HDD_{y,m} - HDD_{y-1,m}) \\
 &\quad + S_{CDD,m}(CDD_{y,m} - CDD_{y-1,m})
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서,  $P_{y-1,m}^{Ad}$ 은 과거  $y-1$ 년의  $m$ 월 전력사용량의 보정값이다.  $S_{HDD,m}$ 과  $S_{CDD,m}$ 은 각각  $m$ 월 전력사용량에 대한 난방도일과 냉방도일 민감도 계수이다.

수식 (3)에서 사용한 냉난방도일 민감도 계수는 과거 데이터에서 월별로 전력사용량과 월별 냉난방도일 간의 다중 선형회귀분석(multiple linear regression analysis)을 통해 도출한다. 수식 (4)는 본 논문에서 제안하는 냉난방도일을 독립변수로 가지고 전력사용량을 종속변수로 갖는 다중선형회귀모형이다.

$$P_{y,m} = \beta_0 + \beta_1 HDD_{y,m} + \beta_2 CDD_{y,m} + e_{y,m}
 \tag{4}$$

수식 (4)의  $\beta_1$ 과  $\beta_2$ 가 제안된 방법에서 사용될 난방도일과 냉방도일 민감도 계수이다. 계수들은 수식 (5)와 같이 최소자승법을 이용하여 추정한다.

$$\begin{aligned}
 \min \left( \sum_{i=1}^n (e_{y-i}^2) \right) \\
 = \min \left( \sum_{i=1}^n (P_{y-i,m} - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 HDD_{y-i,m} - \hat{\beta}_2 CDD_{y-i,m})^2 \right)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

냉난방도일을 이용한 기준부하추정 방법 절차의 마지막 단계는 보정된 과거데이터에 이동평균모형을 적용하여 기준부하를 추정하는 것이다. 수식 (6)은 본 논문에서 사용된 이동평균모형이다.

$$\hat{P}_{y,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{y-i,m}^{Ad}
 \tag{6}$$

여기서,  $\hat{P}_{y,m}$ 는  $y$ 년의  $m$ 월의 기준부하추정값을 의미한다.

#### 4. 사례연구

사례연구에서는 3장에서 설명한 기준부하추정 모델을 광주대

학교 전력사용량과 광주 기상청 데이터를 이용하여 비교·검증하였다. 사례연구는 과거데이터 보정의 필요성 확인과 냉난방도일 기준에 대한 설정 부분을 검증하였다. 사례연구 시나리오는 아래 표와 같으면 시나리오별로 과거데이터를 1년에서 5년으로 구분하였다. 따라서 본 사례연구에서는 총 15개의 기준부하추정모형을 적용하였다.

표 2 사례연구 시나리오

Table 2 Case study scenarios

No.	시나리오
1	-보정 없이 과거 데이터 사용 -과거데이터(1개년~5개년) 사용
2	-보정사용(냉방도일기준 18℃, 난방도일기준 18℃) -과거데이터(1개년~5개년) 사용
3	-보정사용(냉방도일기준 26℃, 난방도일기준 18℃) -과거데이터(1개년~5개년) 사용

그림 2에서는 월별 전력사용량을 보여주고 있다. 그림에서 확인할 수 있듯이 월별 전력사용량 패턴은 연도별로 유사함을 확인할 수 있으며 하계기간보다 동계기간에 전력사용량이 증가함을 알 수 있다. 하계기간은 방학기간으로 학교에 상주하는 인구의 감소 때문에 전력사용이 작아지는 것으로 추정되면 동계기간의 경우 학교는 가정과 달리 난방을 가스로 하는 것이 아니라 전기 에너지를 사용한 부하가 크기 때문에 전력사용량이 증가하는 것으로 추정된다.

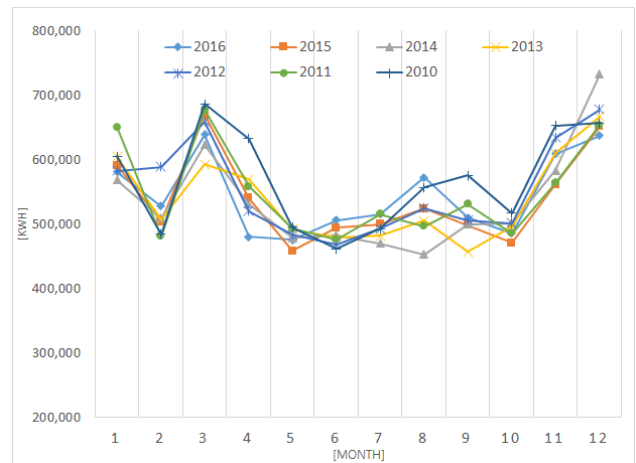


그림 2 월간 전력 사용량

Fig. 2 Monthly electricity usage

제안된 기준부하추정 모델의 정확성을 확인하기 위해 본 논문에서는 절대오차율(APE, Absolute Percent Error)과 평균절대오차율(MAPE, Mean Absolute Percent Error)을 사용하였으면 각각의 수식은 아래와 같다.

$$APE = 100 \times \left| \frac{\hat{P}_i - P_i}{P_i} \right| \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left( 100 \times \left| \frac{\hat{P}_i - P_i}{P_i} \right| \right)$$

여기서  $\hat{P}_i$ 와  $P_i$ 는 각각  $i$  번째 전력사용량 예측데이터와 실측데이터이며  $k$ 는 예측을 진행한 데이터의 총 개수를 의미한다.

본 논문의 사례연구에서는 2016년 1월부터 12월의 전력 사용량 추정을 통해 제안된 방법의 정확성을 검증하였다. 표 3은 사용된 과거 데이터의 수와 시나리오에 따른 기준부하추정모델의 평균절대오차율을 보여준다. 예를 들어 시나리오 1~3개년의 5.16% 오차율은 제안된 방법에서 냉난방도일을 이용한 보정 없이 과거 3개년(2013년~2015년) 월별 데이터의 이동평균으로 12개월의 기준부하를 추정 후 실제값과 비교하여 계산된 절대평균 오차율이다.

시나리오별로 과거데이터 사용개수에 따른 오차율을 분석해보면 과거데이터를 많이 사용하거나 적게 사용한다고 더 좋은 예측 정확성을 보이지는 않는다. 이러한 결과는 연도별로 전력사용량이 증가 혹은 감소하는 추세가 없다고 해석할 수 있다. 시나리오 1과 시나리오2를 비교했을 때는 과거데이터 개수와 관계없이 18°C 기준으로 적용한 냉난방도일 계수를 이용한 보정방법은 예측의 정확성이 낮음을 확인할 수 있다.

시나리오2의 결과를 세부적으로 분석해보면 표4와 같이 4월과 11월의 오차율이 매우 높음을 확인할 수 있다. 4월과 11월을 제외하고 오차율을 시나리오1과 비교하게 되면 모든 기간에서 시나리오1보다 예측 정확성이 개선됨을 표5를 통해 확인할 수 있다. 이러한 결과는 냉방도일 민감도 계수와 관련된 것으로 4월과 11월은 냉방부하가 거의 없기 때문에 냉방도일의 차이가 매우 작지만 전력 사용량의 경우 다른 외부적 이유로 변동성이 나타나기 때문에 민감도 계수가 크게 추정되어 과한 과거데이터 보정이 발생했다. 표 6은 시나리오2에서 사용된 냉방도일 민감도 계수에서 위와 같은 사실을 확인할 수 있다.

본 사례연구에서는 시나리오2의 결과처럼 과도한 냉난방도일 민감도계수를 제거하기 위해 냉난방도일 기준을 시나리오3과 같이 변경해보았다. 앞서 3장에서 언급한 것처럼 냉난방도일의 기준이 되는 온도는 나라에 따라 또는 인간 활동에 따라 차이가 존재한다. 같은 온도라도 기후환경이나 생활수준에 따라 냉난방 부하의 사용이 달라지기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 냉난방도일 기준에 대한 민감도 테스트를 진행하였다. 냉난방도일 기준 온도를 변경하여 기준부하추정 방법의 오차율을 계산했을 때 시나리오3에서 사용된 기준에 가장 좋은 오차율을 보였다. 그림3은 시나리오1과 시나리오3을 월별로 비교한 것이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 제안된 방법의 과거데이터 보정절차가 있을 때 없을 때보다 더 좋은 기준부하추정결과를 보임을 확인할 수 있다.

사례연구를 통해 확인할 수 있듯이 기준부하를 추정하려는 타겟에 따라 모델들의 정확성이 달라질 수 있다. 예를 들어 아파트, 병원, 학교, 공장 등으로 구분된 부하는 장소에 따라 냉난방부하의 크기가 전체 부하에 차지하는 비율이 달라지기 때문에 제안된

시나리오 결과가 다르게 나올 수 있으며, 과거데이터의 개수도 전력사용량이 증가하거나 감소하는 추세를 보이는 장소에서는 다른 결과를 보일 수 있기 때문에 과거데이터 선정이 보정보다 중요한 요소가 될 수 있다. 따라서 수요자원 거래시장과 같이 시장 참여자가 자신의 기준부하추정방법을 선택할 수 있도록 관련 AMI 기반 에너지관리시스템 등의 서비스를 제공하는 기관은 기준부하추정방법에 대한 포트폴리오를 다양화할 필요가 있다.

표 3 시나리오별 평균절대오차율 비교 [%]

Table 3 Results of scenario simulations [%]

	시나리오1	시나리오2	시나리오3
1개년	4.70	13.15	3.53
2개년	4.94	11.12	3.77
3개년	5.16	14.93	3.88
4개년	4.33	13.97	3.34
5개년	4.61	15.33	3.17

표 4 시나리오2 상세 오차율 [%]

Table 4 Detailed results of scenario 2 [%]

2016년 월별	1개년	2개년	3개년	4개년	5개년
1	3.45	1.93	1.87	1.17	1.28
2	3.58	0.78	2.76	2.01	3.09
3	3.70	0.87	2.44	2.12	1.87
4	97.51	80.60	132.13	127.46	140.08
5	3.27	0.79	0.95	1.00	1.62
6	2.23	3.40	4.04	4.88	5.08
7	3.05	5.96	6.14	5.74	4.60
8	8.53	14.70	13.73	12.38	12.55
9	2.33	2.18	5.22	5.15	3.57
10	2.18	0.30	0.49	0.54	1.68
11	24.82	15.73	4.68	1.72	6.11
12	3.20	6.21	4.74	3.41	2.43

표 5 4월과 11월 제외한 시나리오2 결과 [%]

Table 5 Average percentage errors for scenario 2 without April and November data [%]

과거데이터	1개년	2개년	3개년	4개년	5개년
시나리오2 오차율	3.55	3.71	4.24	3.84	3.78

표 6 시나리오2 월별 CDD민감도 계수 [ $\Delta kWh/\Delta CDD$ ]

Table 6 Monthly CDD coefficients for scenario 2 [ $\Delta kWh/\Delta CDD$ ]

월	1	2	3	4	5	6
민감도	0	0	0	-9156	-537	-545
월	7	8	9	10	11	12
민감도	159	542	216	233	2604	0

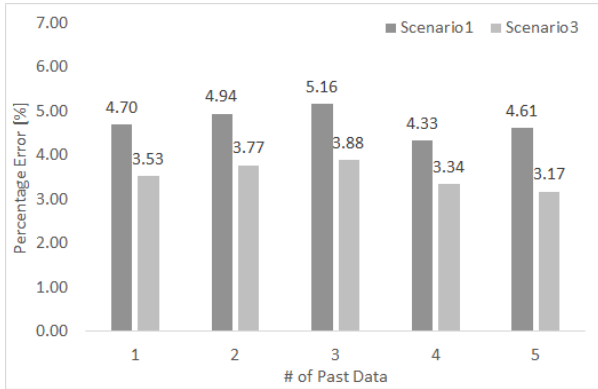


그림 3 시나리오1과 시나리오3 오차율 비교

Fig. 3 Comparison of forecasting errors for scenario 1 and scenario 3

### 5. 결 론

본 논문에서는 에너지 신사업 관련 스마트그리드 환경에서 스마트플랫폼에 도입되는 새로운 전력시장 서비스의 효과를 분석할 때 사용될 수 있는 기준부하추정 방법에 대한 연구 내용을 담고 있다. 본 논문에서 제안된 방법은 냉난방도일을 이용하여 과거데이터 보정을 통해 개선된 기준부하추정 방법을 제안하였다. 제안된 방법들의 비교검증을 위해 광주대학교 전력사용량 데이터와 광주 지역 기상청 데이터를 활용하여 사례연구를 진행하였다. 사례연구 결과로 제안된 방법인 냉난방도일을 활용한 과거 데이터 보정 유무에 따라 기준부하추정의 정확성이 차이가 있음을 확인하였으며, 또한 냉난방도일 기준에 따라 기준부하추정방법의 오차율 변화에 대해서도 검증하였다.

### 감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015 R1C1A1A01051928).

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2015년 선정 기초연구개발과제의 지원을 받아 수행된 것임 (과제번호 : R15XA03-45).

이 논문은 한국전력공사 지원에 의하여 전력연구원의 주관으로 수행된 과제(R16DA11)의 연구 결과임.

### References

- [1] KLRI, "The laws and policies for energy efficiency to cope with climate change in leading countries", 2015.
- [2] LBNL, "Estimating Demand Response Load Impacts - Evaluation of Baseline Load Models for Non-Residential Buildings in California", 2008.
- [3] DOE, "Energy Efficiency Program Impact Evaluation Guide", 2012..
- [4] EPRI, "Guidebook for Energy Efficiency Program Evaluation Measurement & Verification", 2008.
- [5] PJM, "Manual 18B: Energy Efficiency & Measurement Verification", 2016.
- [6] J. Jeong and I. Heo, "Estimating the Impact of Temperature Change on Electricity Consumption in Seoul", Journal of Climate Research, Vol. 10, No. 2, pp. 193-207, 2015.

## 저 자 소 개



### 위 영 민 (Young-Min Wi)

1980년 4월 7일생. 2013년 고려대학교 전기 전자전공학과 졸업(박사). 2013~2014년 한국전기연구원 근무. 2014~현재 광주대학교 전기공학부 조교수.