

건물 최대수요전력 저감을 위한 ESS 용량산정에 관한 연구

허세완, 구태연, 박완기
한국전자통신연구원

sewany@etri.re.kr, kutai@etri.re.kr, wkpark@etri.re.kr

A study on the ESS capacity decision for peak demand power reduction of buildings

Sewan Heo, Tai-yeon Ku, Wan-Ki Park
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 연구는 건물의 최대수요전력 저감을 위한 에너지 저장장치(ESS) 용량 산정 방법을 제안한다. 수집된 전력 소비 시계열 데이터를 동기화하여 정제하고, 소비 전력 데이터를 이용한 ESS의 충방전 시뮬레이션을 통해 다양한 용량 조합의 경제성과 수요전력 저감 효과를 정량적으로 분석하여 최적의 ESS 용량을 도출하는 방법을 제안하였다.

I. 서론

건물의 최대 수요전력 관리는 전력 설비 비용과 에너지 효율성 측면에서 중요한 과제이다. 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS)는 이러한 문제를 해결하기 위한 핵심 수단으로 부각되고 있다. 국내에서는 ESS를 이용한 피크 전력 저감 시뮬레이션 및 전략 수립에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다[1]. 하지만 대부분의 연구는 ESS의 운영 효과에 집중하고 있으며, 정제된 시계열 데이터를 기반으로 한 용량 산정 연구는 부족하다[2]. 또한, 누락된 소비전력 데이터를 보정하여 시뮬레이션의 신뢰도를 높이려는 시도도 일부 이루어졌으나 보다 체계적인 방법론 정립이 필요하다[3]. 본 연구는 고품질 시계열 데이터를 기반으로 ESS의 충방전 시뮬레이션을 수행하고, 용량 변화에 따른 경제성과 수요전력 저감효과를 정량화하여 건물에 최적화된 ESS 용량 산정 기법을 제시한다.

II. 본론

건물의 최대수요전력을 저감하기 위해 적합한 ESS 용량을 산정하기 위해서는 건물에서 소비하는 전력의 시계열 데이터가 필요하다. 전력량계는 측정된 데이터를 내부에 일정 기간동안 보관하지만, 이 데이터를 이용하여 ESS의 용량을 산정하기 위해서는 전력량계로부터 전력 데이터를 수집하여 별도로 보관할 필요가 있다.

하지만 데이터를 수집하는 과정에서 데이터의 품질이 낮아진다. 데이터를 수집하여 통신을 통해 전달하는 과정에서 통신 지연으로 인해 데이터 수집 주기가 불규칙하고, 통신 오류로 인해 일부 데이터가 누락될 수 있다. 전력 소비 데이터가 누락 없이 일정한 시간 주기를 가지는 것은 데이터 활용 관점에서 중요하므로, 수집된

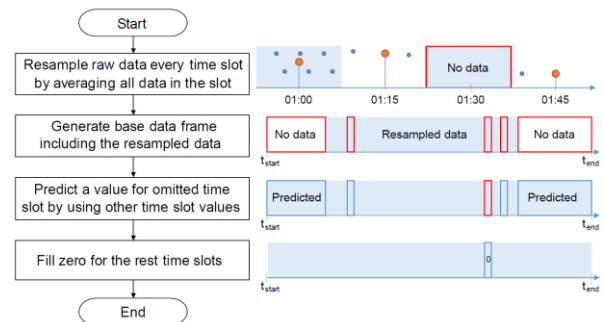


그림 1. 시계열 데이터 동기화 및 누락데이터 처리

데이터의 품질저하를 보완하여 고품질의 시계열 데이터를 얻기 위해서 그림 1과 같이 데이터 전처리 과정을 거친다.

우선 원하는 데이터 주기에 맞게 시간 구간을 정하고 해당 구간에 포함되는 불규칙하게 측정된 여러 데이터를 모아 대표성을 가지는 새로운 값을 생성한다. 시간 구간에 포함되는 원본 데이터의 수에 상관없이 각 시간 구간은 1개의 대표 값을 가진다. 수집된 데이터가 없는 시간 구간은 누락 구간으로 지정한다. 모든 누락 구간에 대해서 다른 날짜의 동일한 시간 구간에 대한 데이터를 종합하여 값을 예측한다. 시간 구간에 참조할 값이 없는 경우에는 초기값을 지정함으로써 시계열 데이터의 품질을 보완한다.

그림 2는 누락 구간이 존재하는 전력 소비 데이터와 시간 동기화 및 누락구간 보정 과정을 거친 데이터를 함께 보여주는 예시이다. 5일간의 원본 데이터를 활용하여 요구되는 7일간의 데이터를 생성하였으며, 다른 시간대의 값을 참조하여 누락된 구간을 예측함으로써 누락 없는 시계열 데이터를 확보하였다.

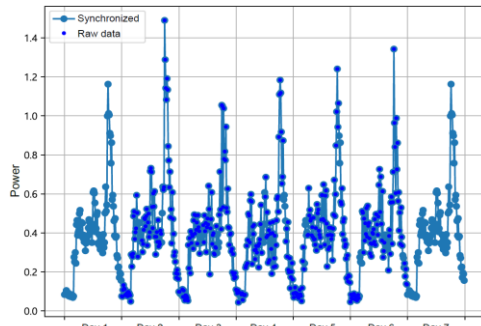


그림 2. 전력 소비 데이터 보정

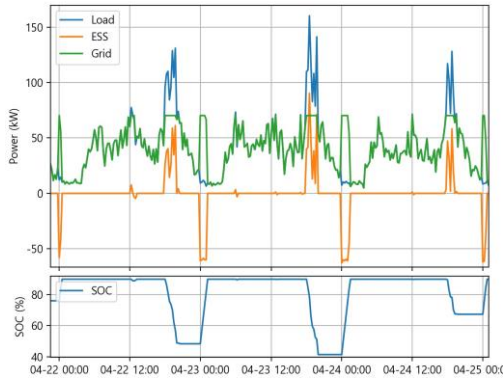


그림 3. 최대수요전력 저감 시뮬레이션

누락 보정 성능을 시각적으로 확인하기 위해 원본 데이터와 동기화 시간을 모두 15 분으로 일치시킨 예시이나, 원본 데이터의 수집 시간이 불규칙하더라도 고품질의 전력 소비 데이터를 확보할 수 있다.

정제된 전력 소비 데이터를 활용하여 건물의 최대수요전력을 저감하기 위한 ESS의 동작을 그림 3과 같이 시뮬레이션 한다. ESS는 소비전력이 기준 전력인 70kW를 초과하지 않도록 출력을 조절한다. 소비전력이 기준 전력을 초과하는 만큼 방전하고, 소비전력이 적은 시간대에 충전한다.

ESS는 PCS의 용량과 배터리 용량에 따라 충방전 특성이 달라진다. PCS의 용량이 큰 경우에는 더 큰 전력을 출력할 수 있으며, 배터리 용량이 큰 경우에는 더 많은 에너지를 저장함에 따라 더 오랜 시간동안 동작할 수 있다. 하지만 각 장치의 용량에 비례하여 비용이 증가하는 반면에 최대수요전력 저감의 효과가 증가하는 수준은 점차 포화상태가 된다. 따라서 비용을 고려하여 적절한 수준의 용량을 결정할 필요가 있다.

건물의 최대수요전력 저감을 위한 ESS의 시뮬레이션은 지정된 용량에 대해 수행되므로, 그림 4와 같이 ESS의 PCS 용량과 배터리 용량을 변화시키면서 시뮬레이션을 반복한다. 각 시뮬레이션마다 PCS와 배터리 용량에 대한 최대수요전력 저감을 정량화한다. 용량 증가에 따른 최대수요전력 저감 효과를 분석하여 건물 소비전력에 적합한 ESS의 용량을 산정할 수 있다. 그림 5는 30 일간의 소비전력 데이터를 통해 PCS와 배터리의 용량을 변화시키면서 70kW를 목표로 최대수요전력을 저감한 결과이다.

전력소비 데이터의 동기화 및 누락 구간 보정과 해당 소비 데이터를 활용한 ESS 시뮬레이션, ESS 용량 변화에 따른 특성 분석은 파이썬 프로그램을 통해 개발되었다. 건물 소비전력에 맞는 ESS의 용량은 소비전력의 형태에 따라 달라지고, 비용 편익과 연관되어 사용자가 결정해야 하므로 일반화할 수 없다. 하지만 ESS 용량에 따른 최대수요전력 저감 결과를 정량화하여 비교할 수 있다.

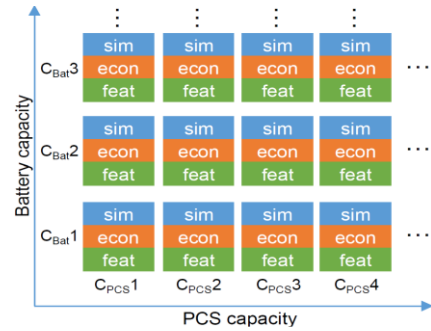


그림 4. ESS 용량을 변화한 시뮬레이션 반복 과정

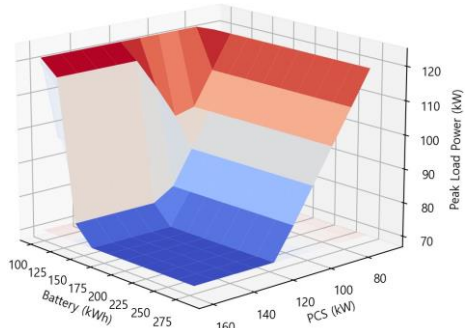


그림 5. 최대수요전력 저감 ESS 용량산정

III. 결론

본 논문에서는 건물의 최대수요전력 저감을 위한 ESS의 용량을 산정하는 방법에 대해 제안하였다. 건물의 소비전력 시계열 데이터를 수집하여 동기화하고 누락 데이터를 보완함으로써 데이터의 품질을 높였다. 이 데이터를 활용하여 ESS의 최대수요전력 저감 동작을 시뮬레이션하고 수요전력 저감효과를 정량화 하였으며, ESS의 구성요소인 PCS와 배터리 용량을 변화시켜 시뮬레이션을 반복함으로써 비용편익과 성능을 종합적으로 분석할 수 있는 환경을 구성하였다.

ESS는 재생에너지와 함께 환경 친화적인 전력 장치로서, 전력 계통의 안정성을 향상하거나 건물 내에서 사용하여 건물 수요를 관리할 수 있는 효과적인 장치이다. 하지만 비용이 높아서 아직도 많은 건물에서 활용되지 못하고 있다. 본 연구를 통해 건물에서 필요로 하는 적절한 용량을 쉽게 산정하여 저비용의 ESS가 많은 건물에서 널리 활용되기를 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea. [No. RS-2025-02314925]

참 고 문 헌

- [1] 조영호, 김성일, 정영석, "에너지 저장장치(ESS)를 이용한 건물 부하관리 전략 및 최대수요전력 저감 효과 분석," 한국전기전자학회 논문지, 15(2), pp. 123-130, 2020.
- [2] 김운성, 박지훈, "건물 에너지 사용패턴을 고려한 ESS 용량 산정에 관한 연구," 대한건축학회논문집, 35(10), pp. 81-88, 2019.
- [3] 이종석, 안성호, 최용석, "전력 소비 데이터의 결측값 보정 방법에 관한 연구: 건물 부하 데이터 중심으로," 한국스마트그리드학회 논문지, 10(1), 44-51, 2021.