

# ESS의 경제성 분석기법에 관한 연구

윤영상\*, 전원영\*\*, 신용태\*\*\*, 김종배\*\*\*\*°

\*\*\*\*° 송실대학교

## A Study on the Economic Analysis of ESS

Young-Sang Yoon\* · Weon-Young Jeon\*\* · Yong-Tae Shin\*\*\* · Jong-Bae Kim\*\*\*\*°

\*\*\*\*° Soong-sil University

E-mail : \*ysyoon@kemco.or.kr, \*\*jwy@tgin.kr, \*\*\*shin@ssu.ac.kr, \*\*\*\*°kj123@ssu.ac.kr

### 요 약

에너지저장시스템(Energy Storage System, ESS)은 잉여 전력과 에너지를 필요한 시점에 적절하게 공급할 수 있도록 에너지를 저장해두는 기술로 전기에너지의 품질 및 효율성을 극대화할 수 있는 에너지 활용 시스템이다. 미국을 비롯한 유럽 선진국들은 다양한 ESS 관련 제도정비 및 개선을 통해 ESS 산업의 활성화를 유도하고 있다. 우리나라의 경우, 신재생에너지 확대 정책을 수립하고 에너지 저장기술을 그린에너지 분야의 주요 핵심과제 선정하여 체계적인 육성전략을 추진 중에 있다. 그러나, ESS 도입 및 활성화를 위한 법제도적 기반이 마련되어 있지 않고, ESS도입에 대한 경제적 효과성에 대한 객관적인 기준이 없어, ESS의 보급 및 활성화가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는, ESS의 보급과 활성화를 위해 효과적으로 ESS의 경제성 분석하기 위한 기법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 세부적으로는 전기요금 산정방식에 따라 ESS의 운영모형을 정의하고, 운영모형별 경제성을 분석하기 위한 기법을 제시한다.

그리고, 실제 데이터를 활용하여 ESS로 절감할 수 있는 피크 크기를 구할 수 있는 알고리즘을 구현한다. 또한, 저감 피크와 온도, 습도에 대한 회귀 분석을 통하여 최대저감피크를 예측할 수 있는 해법을 제시한다.

### 키워드

ESS, 에너지저장시스템, 그린에너지, 경제성 분석

## I. 서 론

ESS의 경제성 분석에 관한 연구들은 대부분 ESS의 평균적인 성능 사양을 가지고 이론적인 전기사용량을 계산하여 단순히 회수기간을 산정하고 있다. 즉, 단순히 최대부하 때 ESS를 통하여 절감한 전기량에 사용요금 단가를 곱하여 절감금액을 계산하고 이를 통하여 경제성을 평가하고 있다.

그러나, 매월 전기요금의 상당부분은 기본요금으로 이루어져 있는데 기본요금을 줄이는 부분을 언급하고 있지 않다. 전기기본요금은 과거 1년간 동하절기기간 중 중부하와 최대부하시간대 기관 피크 중 가장 큰 값에 기본요금단가를 곱하여 산정된다. 따라서 기본요금을 관리하기 위해서는 피크를 관리해야 하는데 건물별 피크를 구할 수 없거나 피크를 구하더라도 ESS를 어떻게 운영해야 피크를 낮출 수 있는지에 대한 운영 방법을

찾기가 쉽지 않기 때문이다.

본 연구에서는, ESS의 보급과 활성화를 위해 효과적으로 ESS의 경제성 분석하기 위한 기법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

## II. 관련 연구

전기는 생산되는 곳과 소비되는 곳이 멀리 떨어져 있어서 전력 계통은 생산(generation), 송전(transmission), 배전(distribution)의 단계를 거치는 데, 전기사고의 대부분은 이상의 전력 공급계통에서 발생하고 있다. 중앙집중식 전력계통상의 문제 해결을 하여 분산전원의 특징을 갖고 있는 스마트그리드가 고안되었고 에너지 저장시스템이 이를 가능하게 하고 있다.

ESS경제성 분석에 관한 기존연구로는 전력거래소에서 수행한 Smart\_Grid활성화 및 전력수급 안

정을 위한 BESS 도입방안 연구가 있다. 그러나 이 연구에서 사용한 시간대별 수요반응(TOU based Demand Response)에 의한 경제성 분석과 최대전력감소로 인한 기본요금 저감에 따른 경제성 분석결과에 다소 한계점이 있다.

따라서 이러한 한계를 극복하고 보다 정확한 ESS의 경제성 분석기법을 정립할 필요가 있다.

### III. 효과적인 ESS경제성 분석기법

#### 3.1 ESS 운영모형

ESS는 운영전략에 따라, 사용요금절감모형, 기본요금절감모형, 하이브리드모형으로 정의될 수 있다.

사용요금 최적화 모형은 다른 요소는 배제하고 오로지 ESS의 모든 용량을 이용하여 경부하때 충전하고 최대부하때 방전하여 사용요금을 절감하도록 운영하는 모형이다. 이때 순간 충전전 크기(kW)는 PCS의 용량을 넘을 수 없고 충전 용량(kWh) 또는 방전용량(kWh)는 BMS(Battery Management System)의 용량(kWh)을 넘을 수 없다. 전력부하 이동(Electric energy time-shift)은 전기요금에 썩 시간에 배터리를 충전하고 전기요금이 비쌀 때 배터리의 전력을 사용하는 것이다. 필요시 배터리가 전력을 공급할 수 있으므로 다른 발전기의 기동을 상쇄할 수 있다.

PCS의 용량과 배터리의 용량을 고려해서 약 2시간 가량 방전이 가능하고 충전시 또한 2시간 이상 소요됨. 전력부하이동은 전력을 구입하고 저장하는 데 드는 비용과 배터리를 방전함으로써 얻는 이익 사이의 차이를 기반으로 경제성을 가지게 되므로 배터리의 운영비용과 효율이 중요하다. 전력부하 이동으로 사용하는 ESS가 제대로 동작하면 전기에너지 공급용량(electric supply capacity), 송전 및 배전시스템 개선지연(T&D upgrade deferral), 송전 혼잡 완화(transmission congestion relief), 전기서비스 신뢰도(electric service reliability), 전기서비스 전력품질(electric service power quality)와 보조서비스(ancillary service)로도 활용할 수 있다.

기본요금 절감 모형은 ESS의 모든 용량을 이용하여 기관 피크를 저감하도록 운영하는 모형이다. 이때 순간 충전전 크기(kW)는 PCS의 용량을 넘을 수 없고 충전 용량(kWh) 또는 방전용량(kWh)는 BMS(Battery Management System)의 용량(kWh)을 넘을 수 없다.

기본요금은 계약전력 또는 요금적용전력에 단가를 곱해서 계산하는 반면, 계약전력 산정은 설치된 변압기의 용량으로 선정함. 계약전력의 의미는 발전설비, 송배전설비의 사용비용으로 인식할 수 있다. 우선 계약전력의 30%를 요금적용전력으로 정하고 기본요금은 요금적용전력에 단가를 곱하여 계산한다. 요금적용전력은 현재부터 과거 1년 기간 중 12월, 1월, 2월, 7월, 8월, 9월 및 당월

최대수요전력(15분평균kW)값이 계약전력의 30% 이상이면 최대수요전력으로, 30%미만이면 계약전력의 30%로 요금적용전력을 산정한다. 겨울과 여름 기간동안 15분 단위 최대 수요 계약전력의 30%를 초과시 향후 일년간 기본요금으로 부과 되므로 피크저감시 기본요금을 절감하는 효과를 볼 수 있다.

기본요금 및 사용요금 절감 모형은 앞선 2가지 모형의 장점을 이용하여 ESS를 운영한다. 먼저 기본요금을 절감 할 수 있도록 피크를 저감할 수 있도록 ESS를 운영하고, 기관피크를 산정할 때 대상 기간인 하·동절기중 최대부하, 중부하때만 피크를 낮추기 위한 방전을 실시한다.

춘추절기때는 기본요금 절감 모형으로 경부하때 충전하고 최대부하때 방전한다. 하동절기에는 먼저 피크저감을 할 수 있도록 ESS를 운영하고 피크와 관계없는 사용형태를 보일 때는 최대부하때 방전하도록 한다. 일일 전기사용량중 월별 최대 저감 피크선 아래에 있는 경우는 피크 저감이 기본요금절감에 영향을 미치지 못하므로 이런 경우 사용요금절감방식으로 운영토록 한다.

#### 3.2 ESS경제성 분석을 위한 최대저감피크 추정

ESS경제성을 효과적으로 분석하기 위해서는 ESS의 도입이전에 ESS의 3가지 운영모형에 대한 경제성 분석이 전부 이루어져야 한다.

이 중, 기본요금절감을 사용하는 2가지 모형을 고려하여 경제성을 분석하기 위해서는 해당기관의 전기운영상황을 고려한 최대저감피크 추정이 필수적으로 이루어져야 한다. 전기기본요금은 최대저감피크에 의해 결정되기 때문이다. 따라서, 기관의 이전데이터를 활용하여 현시점의 최대저감피크를 예측할 수 있는 기법이 필요하다.

최대저감피크 추정을 위해 기존의 운영 데이터와 날씨 자료를 토대로 회귀 분석을 통하여 선형식을 도출하였다. 날씨 데이터의 경우, 2013년 일별 날씨자료를 기상청에서 수집하여 식에 반영하였으며, 분석을 위해 R 도구를 활용하였다.

전기사용량은 기상데이터의 영향을 많이 받으므로, 온도, 강수량, 습도 및 운무와 같은 기상인자들과 수요전력량, 수요전력, 최대저감피크와의 상관관계를 도출하였다.

분석결과 강수량은 0과 null이 존재하여 결정치가 되었다.

하절기 최대피크저감을 추정하기 위해 여름철을 대상으로 회귀분석을 시행하였다. 대상기간을 주말 및 공휴일을 제외한 업무일로 한정하였고 종속변수인 ML을 구하기 위하여 하절기에 가장 많은 영향을 미치는 최저온도, 습도, 강수량, 운무와의 회귀분석을 하였다. 회귀분석 결과를 보면 최저온도로 계산했을 때 R-squared값이 61%로 산출되었고, 따라서 최저피크저감수요를 추정 모형을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$ML_s = -70.513 + 69.320 \times \text{최저온도}(LC) - 2.448 \times \text{강수량}(WATER) + 9.827 \times \text{습도}(HUMI) + 20.446 \times \text{운무}(DOS)$$

$ML_s$  : 하절기 최대저감피크수요 (kW) 추정 값

마찬가지 방식으로 동절기 회귀분석 결과를 보면 R-squared값이 0.68로 이 식을 이용하여 겨울철 최저피크저감수요를 추정 할 수 있다.

$$ML_w = 1513.743 - 24.277 \times \text{최저온도}(LC) + 4.357 \times \text{강수량}(WATER) + 1.912 \times \text{습도}(HUMI)$$

$ML_w$  : 최대저감피크수요 (kW)

트그리드 활성화를 위한 에너지저장 시스템(ESS), 2012.12

[6] 한나래 안재형, R을 이용한 누구나 하는 통계분석

[7] IEA, Technology Roadmap Energy storage, 2014

[8] BIR, 에너지저장(ESS)관련 산업동향과 전망, 2014

[9] 임팩트, 에너지융합 IT산업실태와 전망, 2013

#### IV. 결론

ESS의 효율적인 활용을 위하여 가장 필요한 것은 어느 정도의 용량을 설치해서 어떻게 운영을 해야 하는가에 관한 문제이다. 즉, 어떻게 운영해야 전기요금을 가장 절감할 수 있는지와 동일한 명제라 할 수 있다. 또한 전기요금의 체계는 사용요금과 기본요금으로 되어 있지만, 기존연구에서는 사용요금의 절감에 치중되어 있고 ESS의 용량을 하루 24시간대 운영하여 평균적인 피크를 낮추도록 하여 경제성 평가를 하고 있었다. 이는 이론적으로만 가능하고 실제 건물에서는 적용할 경우 절감효과는 미미하다.

이에 본 논문에서는 실제 ESS의 경제성을 효과적으로 분석하기 위하여 ESS의 3가지 운영모형을 정의하고, 각각의 경제성 분석을 위한 기법을 제시하였다. 또한, 작년데이터와 날씨데이터를 회귀분석하여 최대저감피크량을 추정하는 해법을 제시하였다.

사용요금절감모형, 기본요금절감모형, 사용요금 및 기본요금절감모형으로 정의하였으며 각 모형에 대한 경제성 분석치를 수치화할 수 있는 방법을 제시하였다.

또, ESS 도입전 경제성 분석을 위하여 전기요금에 가장 큰 영향을 미치는 날씨데이터와 전기사용량 데이터를 분석하여 최대저감피크 추정기법 또한 제시하였다.

본 연구의 결과는 향후 ESS 경제성 분석을 위해 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

[1] 전력거래소, Smart Grid 활성화 및 전력수급 안정을 위한 BESS도입방안 연구, 2013.2.19

[2] 산업경제 리서치, 국내외 에너지저장장치(ESS)산업현황과 비즈니스 전략, 2014

[3] 지능형전력망협회, 스마트그리드 ESS기술동향 보고서, 2012.9

[4] 데이코, M2M, IOT 기술 동향과 전망, 2013

[5] 산업연구원 고동수, 전력수급 균형 및 스마