최적 운용을 통한 연계형 PV-ESS 시스템의 PV 발전량에 따른 최적 ESS 용량 산정 방법론

김용하¹ · 한규림² · 한상화³ · 이혜선³ · 박종민³ · 김유리²⁺

¹인천대학교 전기공학과, 교수

²인천대학교 전기공학과, 학사과정

³인천대학교 전기공학과, 박사과정

The Methodology of Calculating the Optimal ESS Capacity according to PV Power Generation for Grid-Connected PV-ESS System through Optimal Operation

Kim Yong-Ha¹ · Han Gyu-Rim² · Han Sang-Hwa³ · Lee Hye-Seon³ · Park Jong-Min³ · Kim Yu-ri²⁺

¹Professor, Department of Electrical Engineering, Incheon National University

²BS Candidate, Department of Electrical Engineering, Incheon National University

³Ph.D. Candidate, Department of Electrical Engineering, Incheon National University

⁺Corresponding author: pansy8054@naver.com

Abstract

In this study, the method of calculating the Energy Storage System (ESS) capacity according to the amount of photovoltaic (PV) power generation was proposed, to construct a grid-connected PV-ESS system with the best economic efficiency. That is, the model was proposed to calculate the ESS capacity as the cumulative PV power generation amount in the time zone in which 1 h is added to the time of day when the weight of REC is small. To this end, scenarios for each ESS capacity were constructed based on the PV power generation of the system. In addition, a methodology was developed to determine the ESS capacity of the scenario with the minimum payback period as the optimal capacity through the establishment of an optimal operation plan for each scenario.

Keywords: 에너지 저장 시스템(Energy storage system), 최적 용량(Optimal capacity), 최적 운용(Optimal operation), PV-ESS 시스템(PV-ESS system), 태양광 발전량(Photovoltaic power generation), 투자회수기간(Payback period)

기호 및 약어 설명

x : 시나리오의 개수(개)

n : 반복 횟수(번째)

ESS_{min}^n : n 번째 시나리오의 ESS 용량 범위의 최소값(kWh)

OPEN ACCESS

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.41, No.6, pp.85-95, December 2021
<https://doi.org/10.7836/kjes.2021.41.6.085>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 5 November 2021

Revised: 18 November 2021

Accepted: 19 November 2021

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ESS_{max}^n	: n 번째 시나리오의 ESS 용량 범위의 최대값(kWh)
k	: 시나리오 번호
ESS_k	: 시나리오 k 의 ESS 용량(kWh, 소수점 셋째 자리에서 반올림)
PV_{max}	: 하루 중 시간별 PV 발전량의 최대값(kWh)
PV_{cum}	: 하루 PV 누적 발전량(kWh)
Δx_n	: n 번째 시나리오 간 ESS 용량 차(kWh, 소수점 셋째 자리에서 반올림)
ESS_{opt}^n	: n 번째 최적 ESS 용량(kWh)
ϵ	: ESS 용량 오차(kWh)
ESS_{opt}^*	: 최종으로 결정된 ESS 최적 용량(kWh)
$t_{PV,ini}$	: PV 전력생산 시작 시간대(h)
i	: 시간대(h, $1 \leq i \leq 24$)
$ESS_{cum, ch}^i$	: i 시간대까지의 ESS 누적 충전량(kWh)
$back\ trans_{kWh}^i$	: i 시간대의 한계역송비용(원/kWh)
SMP_i	: i 시간대의 SMP (원/kWh)
REC_i	: 1 kWh 당 발급되는 REC (REC/kWh)
REC_W_i	: REC 가중치
REC_P_i	: REC 가격(원/REC)
$t_{PV,fin}$	: PV 전력생산 끝 시간대(h)
$ESS_{max, ch}$	: ESS 최대 충전용량(kWh)
ESS_{before}^i	: i 시간대의 방전 전 ESS 전위(kWh)
t_{limit}	: $ESS_{max, ch}$ 를 처음으로 초과하는 시간대(h)
$ESS_{sum, disch}$	: $t_{limit} - 1$ 시간대까지의 ESS 총 방전량(kWh)
ESS_{disch}^i	: i 시간대의 ESS 방전량(kWh)
$\sum ESS_{disch}^i$	: i 시간대까지의 ESS 누적 방전량(kWh)
$t_{disch, ini}$	: ESS 방전 시작 시간대(h)
ESS_{after}^i	: i 시간대의 방전 후 ESS 전위(kWh)
$payback_pd$	: 투자회수기간(년)
$investment\ cost$	: PV+ESS 투자비(원)
$t_{ch, ini}$	: ESS 충전 시작 시간대(h)
$t_{ch, fin}$	: ESS 충전 끝 시간대(h)

1. 서론

최근 2050년 탄소중립 선언 이슈로 인해 분산자원과 재생에너지 보급 확대에 대한 관심이 여느 때보다 높은 가운데 에너지저장장치(Energy Storage System, 이하 ESS)는 신재생에너지의 출력 안정화, 전력부하 평준화, 전력 수요 조절 등 다양한 기술을 수행할 수 있는 기술로서 주목받고 있다. 이에 한국을 포함한 미국, 유럽 등 주요 국가들에서는 설치 의무화, 세금 감면 등 ESS에 대한 정책적인 지원이 이루어지고 있다¹⁾. 특히 정부는 “태양광(Photovoltaic, 이하 PV) 및 풍력발전과 연계된 전기에 대하여 신재생에너지공급인증서(Renewable Energy Certificate, 이하 REC) 가중치를 4.0 ~ 5.0으로 우대함”²⁾으로써 재생에너지 연계형 ESS 보급 확대를 지원해왔으며 앞으로도 PV-ESS 시스템에 대한 다양한 정책적 지원은 유지될 것으로 전망된다. 한편, PV-ESS 시스템의 보급을 활성화하기 위해서는 경제성 확보가 중요하다. PCS 용량을 고정하고 최적 PCS/배터리 구성비를 산출하여 ESS 용량별 편익/비용 비율법 결과를 통해 경제성 평가를 반복 수행하여 최적 ESS 용량을 도출한 연구³⁾, 순현재가치(Net Present Value)분석을 통해 경제성 평가를 진행하여 최적 ESS 용량을 산정한 연구⁴⁾ 등 경제성 분석을 통해 최적 ESS 용량을 산정하는 다양한 연구들이 발표되고 있으나 표준화된 기술기준이 마련되어 있지 않아 대개 태양광발전소 용량의 2.5배 ~ 3.5배로 경험적으로 ESS 용량을 산정하고 있다. 따라서 본 논문에서는 PV 발전량에 따라 ESS 용량을 결정할 수 있는 새로운 체계적인 방법을 제안하였다.

즉, 설치 장소에 따라 PV 용량이 이미 정해져 있는 연계형 PV-ESS 시스템에서 PV 발전량, REC 가격, REC 가중치, 설비가격, 계통한계가격(System Marginal Price, 이하 SMP) 등의 경제성에 영향을 미치는 여러 요소를 반영한 최적 운용계획수립 알고리즘과 ESS 용량별 투자회수기간을 산정하여 최적 ESS 용량을 산정할 수 있는 방법론을 개발하였다.

2. 최적 ESS 용량 산정 방법론

본 논문에서 PV-ESS 시스템의 최적 ESS 용량 산정을 위하여 총 4가지를 전제로 하였다. 또한 크게 네 단계로 나누어 최적 ESS 용량을 산정하였으며, 각 내용은 다음과 같다.

2.1 전제

(1) 시뮬레이션을 위하여 ESS 용량의 최소값은 하루 중 PV가 최대로 발전하는 시각의 발전량으로 하였으며 최대값은 하루 누적 PV 발전량으로 하였다. 왜냐하면 최악의 시나리오를 고려하였을 때 매 시간대 생산한 전력을 ESS에 충전한 후 곧바로 역송해야 하는 경우 ESS 용량이 PV 최대 발전량보다 작으면 ESS 용량을 초과하는 발전량은 저장 및 역송이 불가하여 경제성이 낮아지기 때문이다. 또한 하루에 생산한 전력을 모두 충전하고 나서 전력이 생산되지 않을 때 역송하는 경우에는 ESS 용량이 최소한 PV 누적 발전량보다 커야 하므로 ESS 용량의 최대값을 하루 PV 누적 발전량으로 하였다.

(2) 분산형전원에 ESS 설비를 혼합하여 발전하는 “Hybrid 분산형전원의 ESS 충전은 분산형전원의 발전전력

에 의해서만 이루어져야 하며, 소내 부하공급용 전력에 의한 충전은 허용되지 않는다.”⁵⁾ 따라서 ESS 설비용량(ESS의 전력변환장치 용량)은 PCS나 PCS 연계변압기의 정격용량을 제한하고, PCS 입출력을 발전 설비용량 이하로 운전하도록 설정할 경우를 제외하고는 PV 발전설비용량 이하로 설치하여야 한다⁵⁾. 또한 PV 발전량이 최대일 경우에도 역송이 가능하여야 경제성을 최대화할 수 있다. 그러므로 PCS의 용량을 PV 발전설비용량과 동일한 것으로 하였다.

- (3) REC 가중치는 17시부터 익일 9시까지 4배이며 기타시간대에서는 1.5배이다. 그러므로 역송요금을 최대한 하기 위해서는 PV가 전력을 생산하기 시작하는 시간대 전까지는 ESS의 잔여 충전량을 모두 방전하는 것이 가장 수익을 크게 할 수 있다. 그러므로 본 시뮬레이션에서 당일은 PV가 전력을 생산하기 시작하는 시간대로부터 다음날 PV가 전력을 생산하기 시작하는 시간대 직전의 1일(하루)로 정의하였다.
- (4) PV-ESS 연계형 판매사업에서는 당일의 PV 발전량을 당일 모두 역송하는 것이 가장 수익이 크다. 왜냐하면 ESS에 그 전날의 잔여 충전량이 남아있으면 당일 PV 발전량이 남아있는 ESS의 충전 가능 용량보다 클 경우에는 해당 발전량을 모두 충전하지 못하므로 수익이 최대가 되지 않는다. 그러므로 당일 생산전력은 당일 모두 역송하는 것으로 하였다.

2.2 단계

최적 ESS 용량을 구성하기 위한 단계는 다음으로 하였다.

단계 1 : PV-ESS 시스템의 최적 ESS 용량을 산정하기 위해서 먼저 전제 1에서 정해진 ESS 용량의 범위 내에서 시나리오 간 ESS 용량 차이가 같은 x 개의 시나리오를 구성하여 각 시나리오의 ESS 용량을 조절한다.

단계 2 : 다음으로 구성된 각각의 시나리오에 대하여 PV-ESS 시스템이 최적 운용하였을 때의 역송요금을 구한 후 식(1)을 이용하여 투자회수기간을 계산한다.

$$payback_pd = \frac{investment\ cost}{\sum (back\ trans_k^{iWh} \times ESS_{disch}^i)} \times \frac{1}{365} \quad (1)$$

단계 3 : 그리고 각 시나리오의 투자회수기간을 비교하여 투자회수기간이 가장 짧은 시나리오의 ESS 용량을 기준으로 앞서 구성하였던 각 시나리오 간 ESS 용량 차이만큼 증감하여 ESS 용량의 범위를 재설정하고 시나리오를 새로 구성한다.

단계 4 : 이후 각각의 새로 구성된 시나리오의 최적 운용계획수립과 투자회수기간 분석을 반복하여 투자회수기간이 가장 짧은 시나리오의 ESS 용량을 최적 ESS 용량으로 결정한다.

단계 2에서의 각 시나리오에 따른 PV-ESS 시스템에서의 최적 운용계획수립 과정은 다음과 같다.

(1) 최적 운용계획수립 과정

본 논문의 최적 운용계획의 수립은 전술한 전제를 만족시키면서 ESS의 최적 운용을 결정하는 것이다. 즉, 각

시간대의 PV에서 생산된 전력을 어느 시간대에서 얼마나 ESS에서 방전하여 수용가가 받는 금액(역송요금)이 최대가 될 수 있는 ESS의 충·방전 운용계획(최적 ESS 운용스케줄)을 결정하는 것이다.

이를 위하여 본 논문에서는 PV-ESS 최적 운용스케줄 결정의 지표(ESS 방전에 의한 역송시간대의 우선순위)로 식(2)과 같은 PV에서 생산된 전력 1 kWh를 역송했을 때 수용가가 받는 금액인 1 kWh당 역송요금 계인 한 계역송비용을 개발하였다.

$$back\ trans_{kWh}^i = SMP_i + REC_i \times REC_P_i \times REC_W_i \quad (2)$$

이를 사용하여 본 논문에서는 PV-ESS 연계형 판매사업에 대하여 다음과 같은 최적 운용계획을 수립할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

- (1) : ESS가 당일 PV 발전량을 충전만 하고 방전을 하지 않을 경우의 ESS 누적 충전량($ESS_{cum, ch}^i$)을 구한다.
 이때 ESS 누적 충전량($ESS_{cum, ch}^i$)의 계산 시점은 PV가 전력생산을 시작하는 시간대($t_{PV, ini}$)부터로 한다. 이는 PV가 생산한 전력을 당일 모두 방전하여야 하기 때문이다.
 - (2) : (1)의 결과에서 ESS의 누적 충전량($ESS_{cum, ch}^i$)이 ESS의 최대 충전용량($ESS_{max, ch}$)을 초과하면 ESS의 최대 충전용량을 처음으로 초과하는 시간대(t_{limit}) 이전 시간대에서 ESS 방전이 이루어져야 한다.
 - (2-1) : ESS의 최대 충전용량을 초과하기 시작하는 처음 시간대(t_{limit})의 ESS 충전량이 ESS 최대 충전용량($ESS_{max, ch}$)을 만족시키도록 ESS의 최대 충전용량을 초과하는 양을 그 이전 시간대($\sim t_{limit}-1$)에서의 ESS 방전량($ESS_{sum, disch}$)으로 한다.
 - (2-2) : ESS 방전은 그 이전 시간대($\sim t_{limit}-1$) 중 한계역송비용($back\ trans_{kWh}^i$)이 가장 큰 시간대 순으로 최대한 방전한다.
 - (3) : PV 전력생산이 끝나는 시간대($t_{PV, fin}$)의 방전 전 ESS 전위(ESS_{before}^i)가 ESS 최대 충전용량($ESS_{max, ch}$)과 같아질 때까지 (2)의 과정을 반복한다.
 - (4) : 더 이상 PV 전력생산이 이루어지지 않으므로, (3)의 결과에서 PV 전력생산이 끝나는 시간대($t_{PV, fin}$)부터는 방전 전 ESS 전위(ESS_{before}^i)가 ESS의 최대 충전용량($ESS_{max, ch}$)을 초과하지 않는다.
 - (4-1) : ESS 방전 시작 시간대부터 다음날 PV가 전력을 생산하기 시작하는 시간대 직전($t_{disch, ini} \sim t_{PV, ini}-1$)까지 한계역송비용($back\ trans_{kWh}^i$)이 큰 시간대부터 차례로 PCS 최대용량으로 방전하여, PV 전력생산 시작 시간대 직전($t_{PV, ini}-1$)의 방전 후 ESS 전위(ESS_{after}^i)가 0이 될 때까지 방전한다. 이때 ESS 방전 시작 시간대는 REC 가중치가 4가 되기 시작하는 시간대를 말한다.
- 단, (1)의 결과에서 ESS의 누적 충전량($ESS_{cum, ch}^i$)이 ESS의 최대 충전용량($ESS_{max, ch}$)을 초과하지 않으면 (2) ~ (3)의 과정은 생략한다.

Fig. 1은 본 논문에서 사용되는 시간 관련 기호에 대한 그림이며, Fig. 2는 본 논문에서의 최적 ESS 용량 산정 방법론 흐름도를 보인 것이다.

Fig. 1 Time-related symbols

Fig. 2 Flow chart of the methodology for calculating the optimal ESS capacity

3. 사례연구

본 논문에서는 연구 결과의 범용성 및 효용성을 입증하기 위하여 하나의 동일한 시스템에서 ESS 용량만을 다르게 시나리오를 구성하여 최적 ESS 용량 산정 방법론에 따라 연계형 PV-ESS 시스템의 최적 ESS 용량을 산정하였다.

3.1 시스템 구성 및 입력자료

시스템의 설비용량은 PV와 PCS 각각 모두 200 kW로 하였다. 200 kW 규모의 PV가 생산한 전력량은 Fig. 3의 (a)와 같으며 해당 데이터는 충북 T/P에서의 실측자료이다.

REC 가격은 2019년도 이후로 하락세를 보이고 있으므로 본 연구 시점과 가장 가까운 기간의 REC 가격을 적용하기 위하여 2021년 1월부터 4월 22일까지 매주 화요일과 목요일에 거래되는 가격⁶⁾에서 평균을 구하여 37,286원을 입력값으로 사용하였다(Fig. 3(b)).

또한 REC 가중치는 충전시간대인 10시부터 16시까지는 1.5배, 방전시간대인 17시부터 24시, 1시부터 9시까지는 4배를 적용하였다.

한편 일사량이 최대인 날의 SMP를 본 연구에 적용하기 위하여 2018년부터 2020년 서울의 일별 수평면 일사량⁷⁾의 평균값을 계산하였다. Fig. 3의 (c)는 계산 결과 365일 중 평균값이 최대인 날이 6월 22일임을 보인 것이다. 따라서 Fig. 3의 (d)와 같이 2018년부터 2020년의 6월 22일 SMP⁸⁾를 시간별 평균값을 계산하여 적용하였다.

Fig. 3 (a) PV power generation by time, (b) Average of REC price (January 1 ~ April 22, 2021), (c) Average of horizontal radiation from 2018 to 2020 (in Seoul), (d) Average of SMP from 2018 to 2020 every June 22nd

100 kW 규모의 태양광 연계형 ESS의 설치 비용은 배터리, PCS, 에너지관리시스템(EMS)을 포함하여 1억 3,600만 원, PV 설치비용은 단위 kW당 140만 원으로 하였다.

3.2 최적 ESS 용량 산정 방법론

(1) 시나리오 구성

연계형 PV-ESS 시스템의 ESS 용량을 최적으로 구성하기 위하여 3.1절에서 구성한 시스템에서 ESS 용량을 다르게 하여 시나리오를 구성하였으며 이때 ESS 용량은 시간대별 PV 발전량에 따라 결정하였다.

먼저 시나리오의 개수를 5개로 하였으며, 1번째 시나리오의 ESS 용량 범위는 Fig. 3의 (a)에서 시스템의 시간대별 PV 발전량 중 최대값인 192를 최소값으로, PV 누적 발전량인 1068을 최대값으로 하였다($192 \leq ESS_k \leq 1068$). 이때 시나리오 간 ESS 용량의 차(Δx_1)는 Fig. 2의 계산식에 의해 219로 하였다. 다음으로 Fig. 2에 따라 최적 운용계획을 수립하여 1번째 시나리오 중에서 투자회수기간이 가장 짧은 시나리오를 찾고(Fig. 4에서 분홍색 사각형, 1068), ESS 용량 차이(Δx_1)를 이용하여 2번째 시나리오의 ESS 용량 범위를 재설정한 뒤(Fig. 4의 회색 부분, $849 \leq ESS_k \leq 1068$) 2번째 시나리오를 추가로 구성하여 최적 운용계획을 수립하고 투자회수기간을 비교하였다. 이러한 과정은 1번째 시나리오 이후에 구성되는 시나리오 간 ESS 용량의 차(Δx_n)가 ESS 용량 오차(ϵ)보다 같거나 작아질 때까지 반복하였다. 이때 ESS 용량 오차(ϵ)는 0.01로 하였는데 이는 소수점 아래의 용량은 사실상 가치를 부여할만한 의미가 없지만, 이론적으로 투자회수기간이 최소가 되는 최적 ESS 용량이 얼마인지

Fig. 4 Configuration of scenario

를 찾아내기 위해서 소수점 둘째 자리까지 고려하였다.

그 결과 본 논문에서는 Fig. 4와 같이 상술한 방법으로 구성된 총 35개의 시나리오 중에서 14번째 최적 ESS 용량인(Fig. 4에서 육각형) 1041을 최적 ESS 용량으로 산정하였다.

(2) 각 시나리오의 최적 운용 결과

먼저 식(2)에 의한 한계역송비용은 Fig. 5로 산정되었다.

Fig. 5 Marginal reverse power price

Fig. 6은 35개의 시나리오 중 마지막 반복($n=14$)에서 구성되는 5개의 시나리오의 투자회수기간을 비교한 것이다. 그 결과로서 최종적으로 시스템의 최적 ESS 용량을 1041로 결정하였으며 이 값은 10시부터 17시까지의 PV 발전량을 모두 합한 것과 같다.

Fig. 6 Payback period by ESS capacity

Fig. 7은 투자회수기간 비교 결과 최적 ESS 용량으로 결정된 시나리오의 최적 운용 결과를 보인 것이다. 이때 ESS 방전량은 실제로 양의 값이지만 ESS 충전량과 차이를 명확하게 보기 위하여 음의 값으로 표현하였다.

Fig. 7 Optimal ESS operation of the optimal ESS capacity

이러한 결과는 REC 가중치가 1.5배인 10시부터 16시까지는 생산된 전력을 모두 ESS에 충전하고, REC 가중치가 4배인 17시부터 익일 9시까지는 역송해야 투자회수기간을 최소로 할 수 있기 때문이다. 또한 17시부터 역송이 가능하기 위해서는 ESS 방전 전 전위와 방전 후 전위는 ESS 최대용량을 초과할 수 없으므로 17시간대의 PV 발전량을 ESS에 저장하여도 ESS 방전 후 전위가 ESS 최대용량을 초과하지 않아야 한다. 따라서 10시부터 17시, 즉 ESS 충전 시간대에서 한 시간이 더해진 시간 동안($t_{ch,ini} \sim t_{ch,fin} + 1$)의 PV 누적 발전량과 같은 크기로 ESS 용량을 산정해야 가장 경제적으로 시스템을 구성할 수 있다.

한편, 충전 시간대에서 한 시간이 더해진 시간 동안의 PV 누적 발전량이 PV 최대 발전량보다 작은 경우에는 전제 1을 만족하지 않으므로 PV 최대 발전량을 최적 ESS 용량으로 한다.

4. 결론

본 연구에서는 가장 경제적으로 우수한 PV-ESS 시스템을 구성하기 위하여 연계형 PV-ESS 시스템의 최적 운용 알고리즘을 개발하고 이를 통해 PV 발전량에 따라 최적 ESS 용량을 결정할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 본 연구의 주요 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 연구에서는 PV-ESS 최적 운용스케줄 결정의 지표(ESS방전에 의한 역송시간대의 우선순위)로 PV에서 생산된 전력 1 kWh를 역송했을 때 수용가가 받는 금액인 1 kWh당 역송요금 계인 한계역송비용을 개발하였으며
- (2) 한계역송비용을 기준으로 PV-ESS 연계형 판매사업으로 구성된 PV-ESS 시스템에 대하여 SMP, REC 가중치 등이 반영된 최적 운용 알고리즘을 개발하였다.
- (3) PV 용량이 여러 상황에 따라 이미 정해져 있는 PV-ESS 시스템일 경우에 대하여 PV 발전량에 따라 ESS 용량별 시나리오를 세우고 최적 운용 알고리즘을 통해 각 시나리오의 최적 운용계획을 수립하여 투자회수기간이 최소인 시나리오의 ESS 용량을 ESS 최적 용량으로 결정하는 방법론을 제안하였다.

- (4) 제안한 방법론을 실제통자료로 구성된 모델계통에 적용하여 제안한 방법론의 효용성을 입증하였으며
- (5) 연계형 PV-ESS 시스템에서 가장 경제적으로 시스템을 구성하기 위하여 REC 가중치가 낮은 시간대에 서 한 시간이 더해진 시간 동안의 PV 누적 발전량과 같은 크기의 용량으로 ESS 용량을 산정할 것을 제안 하였다.
- (6) REC 가격, REC 가중치, PV 발전량의 크기 및 양상, SMP 등은 현재까지 계속해서 변화해 왔기 때문에 향후 이러한 요소들의 변동에 따른 민감도를 분석하는 연구를 진행할 계획이다.
- (7) 본 연구에서는 1개의 PV 측정치만을 사용하여 최적 ESS 용량을 산정하였으나 PV 발전량이 매일 일정한 것은 아니므로 향후 보다 많은 측정치를 사용하여 PV 발전량의 확률분포함수를 구하고 이를 이용하여 설비의 수명 기간 동안에 경제성이 최대화되는 최적 ESS 용량을 결정할 수 있는 알고리즘을 개발하는 것 이 필요할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “지역혁신클러스터육성(R&D, P0015339)”사업의 지 원을 받아 수행된 연구결과이다.

REFERENCES

1. Lee, S. I., Economic Analysis and Policy Suggestion of Energy Storage System, Korea Energy Economics Institute (Energy Focus), Vol. 12, No. 4, p. 74, 2015.
2. Yoo, J. G., National Assembly Research Service (NARS Current Issues and Analysis), No. 140, p. 3, 2020.
3. Baek, M. K., Park, J. B., Son, S. Y., Shin, H. S., and Park, Y. G., A Study of Optimum Capacity of Battery Energy Storage System Linked PV, The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 67, No. 1, pp. 38-45, 2018.
4. Lee, Y. J., Kim, S. Y., and Han, S. K., A Study on the Energy Saving Capacity of Solar Power Generation System using Economic Evaluation, The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 67P, No. 1, pp. 21-26, 2018.
5. KEPCO Distribution Planning Department, Korean Grid Code for Interconnection of Distributed Energy Resources into Distribution Network, 2021.
6. Renewable One-Stop Business Information Integrated Portal, Today's REC Market, 2021. <https://onerec.kmos.kr/portal/selectBbsNttList.do?bbsNo=477&key=1970>. last accessed on the 23rd April 2021.
7. KMA Weather Data Service Open MET Data Portal, Horizontal Radiation in Seoul (108) observed with the Automated Synoptic Observing System, 2019-2021. <https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAsosList.do?pgmNo=34>. last accessed on the 23rd April 2021.
8. Electric Power Statistics Information System, Hourly SMP, 2020. <http://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkmaSmpShdChart.do?menuId=040202>. last accessed on the 23rd April 2021.