

수용가 대응용 태양광 ESS 피크컷(Peak-cut) 시뮬레이션 모델

박성현¹, 이기현², 정명석³, 채우리⁴, 이주연^{5*}

¹아주대학교 산업공학과 석사, ²아주대학교 산업공학과 석사과정, ³아주대학교 산업공학과 박사
⁴아주대학교 산업공학과 박사과정, ⁵아주대학교 산업공학과 교수

Solar ESS Peak-cut Simulation Model for Customer

Seong-Hyeon Park¹, Gi-Hyun Lee², U-ri Chae³, Myoung-Sug Chung⁴, Joo-Yeoun Lee^{5*}

¹Masters, Industrial engineering, Ajou University

²Master's Degree student, Industrial engineering, Ajou University

³PhD, Industrial engineering, Ajou University, ⁴PhD candidate, Industrial engineering, Ajou University,

⁵Professor, Industrial engineering, Ajou University

요 약 전 세계 전력 생산 에너지의 비율은 석탄이 40%, 천연가스 20%, 수력 16%, 원자력 15%, 석유 6%로 모두가 환경오염을 유발하는 에너지다. 또한 화석연료는 지구상에 자원의 편중이 심하기 때문에 가격과 공급면에서 심각한 문제를 야기한다. 이러한 문제로 화석 연료를 대체하게 될 차세대 친환경 에너지로써 태양광 에너지가 각광 받고 있다. 이에 본 연구에서는 국내 공단에 Test-Bed를 선정하여 수용가의 대응용 태양광 ESS 시스템 적용함에 있어 Peak-cut 운영을 위한 Charge Operation Plan과 Discharge Operation Plan 운영방안을 최대수요전력 감소 시뮬레이션을 통해 검증하고자 한다. 이를 위해 전력사용량이 가장 많은 11월부터 2월의 전력사용량을 선정하여 Charge/Discharge Logic을 적용했다. 본 논문에서 제시한 충전/방전 로직에 따른 시뮬레이션 결과, ESS Peak-cut 서비스 이후의 최대수요전력이 감소하였으며 Peak-target 전력의 50%로 감소함에 따라 계약전력 또한 감소함을 알 수 있다. 이를 통해 계약 전력 감소는 해당 수용가의 기본 전력 값을 감소시켜, 경제적 우월성을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 전기품질 향상 및 전력공급시스템의 안정화에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 태양광발전, ESS, Peak-cut, 시뮬레이션, 수용가

Abstract The world's electricity production ratio is 40% for coal, 20% for natural gas, 16% for hydroelectric power, 15% for nuclear power and 6% for petroleum. Fossil fuels also cause serious problems in terms of price and supply because of the high concentration of resources on the earth. Solar energy is attracting attention as a next-generation eco-friendly energy that will replace fossil fuels with these problems. In this study, we test the charge-operation plan and the discharge operation plan for peak-cut operation by applying the maximum power demand reduction simulation. To do this, we selected the electricity usage from November to February, which has the largest amount of power usage, and applied charge / discharge logic. Simulation results show that the contract power decreases as the peak demand power after the ESS Peak-cut service is reduced to 50% of the peak-target power. As a result, the contract power reduction can reduce the basic power value of the customer and not only the economic superiority can be expected, but also contribute to the improvement of the electric quality and stabilization of the power supply system.

Key Words : Solar power, ESS, Peak-cut, Simulation, Customer

*This study was supported by Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP). (No.20162010104570). and is a result of research carried out by the Ministry of Commerce, Industry and Energy and the Korea Industrial Technology Development Agency (N0001083)

*Corresponding Author : Joo-Yeoun Lee(jooyeoun325@ajou.ac.kr)

Received May 2, 2019

Revised June 12, 2019

Accepted July 20, 2019

Published July 28, 2019

1. 서론

매크로 그리드로 통칭되는 기존의 전력공급방식은 등가 상으로 볼 때, 발전원과 부하가 전력망의 선로를 중심으로 서로 양단에 배치되어 있어 선로는 전력을 전송하는 통로로 쓰이고 있다. 그러나 장거리 전력 전송으로 부하 말단에서 사용하는 재래식 전송망 즉 대전력망은 손실과 품질저하, 고장의 광범위한 과급으로 인한 대규모 정전 등 많은 부작용에 시달려 오고 있다. 이렇게, 기존 전력망에서의 공급전력 품질문제는 소규모의 전력품질 데이터만으로 판단하는 매우 한정된 조건 속에 갇혀 있다[1].

최근 이러한 전력공급 체계에 변화가 생기기 시작했으며, 화석연료의 확보경쟁, 온실가스 등 지구환경의 위기라는 예견치 못했던 결과로 나타났다. 이에 따라 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약, 오존층보호를 위한 비엔나협약 및 몬트리올의정서, 교토의정서 등으로 이어져, 최근의 COP21(2015년 유엔 기후 변화 회의)로 이어져 오고 있다. 환경우선이라는 의식들은 점차 기정 사실 되었으며 이러한 지체분위기와 움직임은 화석연료로부터의 탈출만이 살길이라는 의식의 확산과도 궤를 같이 한다[2,3].

ESS는 잉여 에너지를 저장하여 사용자가 필요로 할 때나 전력소모가 많을 때 사용할 수 있어, 전력소모를 통해 발생하는 비용을 줄여준다. 신재생에너지인 풍력발전이나 태양광만으로는 기후나 지역, 날씨 등에 영향을 받아 전력공급이 일정하지 못하거나 부족할 수 있으므로 ESS와 함께 활용한다면 일정한 전력 공급을 유지할 수 있다. 또한 발전소에서 생산하는 주파수는 고정되어있지 않고 공급과 수요에 따라 변동하기 때문에 이를 완화하여 주파수를 안정화 시키고 전력의 품질을 향상시킬 수 있다. 더 나아가 ESS를 통해 저장된 에너지 또한 공급과 수요에 따라 소비되므로 효율적으로 사용하기 위한 방법이 필요하다.

이를 위해 태양광 전력저장 ESS 서비스를 위한 전력저장장치의 경제성 있는 계약전력 감소 제시와, 신재생 등 녹색에너지 설치 확산, 전력 수요 급증 등 전기에너지를 둘러싼 전력수급의 장기적 안정성 확보 대책을 제시하고자 한다.

2. 문헌 연구

Ahn, Lee and Oh[4]는 비운영 시간을 최소화하며 동작 상태를 유지하면서 시스템 구성 요소들의 교체, 변

경, 수리가 가능한 1MW급 에너지저장시스템용 PCS를 제작하고 유용성을 검증하였다.

Song[5]은 신재생에너지 공급의무화와 별개로 의무량에 부과된 태양광 발전의 원리와 제조과정에 대해 알아보고 공급의무화에 따른 태양광 발전에 관한 대응방안과 전망을 연구하였다.

Yoo and Park[6]은 미래의 에너지인 태양광발전 기술의 발전 원리와 태양광 발전 시스템을 연구하고 일본과 유럽의 태양광발전 기술 현황 및 전망에 대해 연구하였다.

Kim[7]은 효율적인 태양광발전시설의 입지를 위한 가장 큰 변수인 일사량과 일조량의 계산과 예측하는 방안으로 산란 일사량을 활용하여 분석하고 공간해상력이 미치지 않는 부분에 대한 대안으로 공간통계분석방법인 정규 보간법을 수행하였다.

Lee, Lee, Jung, Chae and Lee[8]은 태양광 에너지 기술에 대한 논문데이터와 특허데이터를 분석하여 LDA 알고리즘을 활용하여 태양광 에너지 기술의 특허 및 논문 동향에 대해 토픽모델링 방법을 활용하여 발전 흐름을 분석하였다.

R. Hanna, J. Kleissl, A. Nottrott, M. Ferry[9]은 Peak의 감소를 목적으로 태양광 배터리에서 수율을 충족시키는 시뮬레이션을 하여 수요 충전 감소를 실시간으로 최적화 하였다.

Park, Kim, Le Dinh Vuong., Park and Yu[10]은 무효전력, 불평형 전류 보상 기능을 갖는 태양광 전력변환장치의 설계에 대해 연구하였다. 전력변환장치에 무효전력, 불평형 전류를 보상하는 알고리즘을 적용하였고 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증하였다.

Kim, Kwon, Choi, Paik and Kim[11]은 비상전원 기능을 하는 하이브리드 에너지 저장 시스템을 제어하기 위한 PCS의 제어 기술을 연구하였다. 이 연구에서 급속 모드 전환 알고리즘을 제안하고 양방향 DC-DC컨버터 기능을 제안하였다.

Chi Yao, Minyou Chen, Ying-Yi Hong[12]은 선박의 PV 모듈 발전은 경로 시간 및 지리에 따라 부하 상태가 불확실성한 점을 착안하여 ESS의 최적 설치 용량을 최적화하기 위한 확률적 클러스터링 알고리즘을 제안하였다.

Kim and Jhang[13]은 신재생에너지 보급 선진국들의 전력계통의 사례를 고찰해보고 이를 토대로 우리나라의 전력계통 안정화 전략 및 기술 개발 방향을 연구하였다.

기존 태양광 관련 연구들을 살펴본 결과, 태양광 관련 기술 동향 분석 연구들이 대다수를 차지하였고, PCS와 컨버터 등의 하드웨어의 기술적 연구가 많은 비중을 차

지하였다. [14,15]

이에 본 연구에서는 기존의 연구의 결과물들을 바탕으로 TestBed의 실제 데이터들을 사용하여 수용가가 전력 사용에 있어 목표전력을 초과하지 않도록 태양광 발전을 통해 전기를 공급하여 Peak-cut제도를 운영하는 시뮬레이션을 수행해보고자 한다[14,15].

3. 분석 방법론

실제 태양광발전 및 ESS 시스템을 통하여 수용가를 대상으로 Peak-cut 서비스를 활용한 PV+ESS 발전 사업을 하는데 있어, Peak-cut 서비스를 통한 경제성효과 (ESS 서비스 전후 비교) 비교분석을 실시하여 가장 알맞은 Peak-cut 운영 모델을 제시한다.

본 방법론에서는 최대수요전력량을 활용하여 충전/방전 운전방안과 PV+ESS 피크컷 서비스를 통해 피크컷 서비스를 적용하기 전과 후 얼마만큼의 전기사용량의 절감효과가 있는지 비교하여 파악해보고자 한다.

3.1 분석 대상

본 연구에서는 국내 TestBed로 선정된 김해시의 공업 단지의 실제 공장에서의 전력사용량 2017년 1월부터 12월까지의 전력 데이터를 활용하여 연구를 진행하였다.

TestBed로 선정된 공장의 경우 계약전력 280kW, 산업용(을) 고압A, 선택II, 공급방식으로는 특고압 3P4W 22.0kV-y이다. 연구에 사용 할 전력 데이터는 한국 전력 공사에서 운영하는 전력포털 서비스인 I-smart에서 수집하였으며 일사량 데이터는 기상자료개방포털에서 수집하였다.

Fig. 1은 수용가의 2017년도의 1년간의 최대수요전력을 나타낸 그래프이다. 대체적으로 11월, 12월, 1월, 2

월이 최대수요전력량이 높은 것을 알 수 있다. Table. 1. 은 Fig. 1의 2017년 중 월별 가장 높은 수요전력의 일시를 나타낸 표이며, 대부분 오전 9시가 최대수요전력이 가장 높으며, 이는 기계를 예열하기 위해 오전 9시가 가장 높은 것을 알 수 있다.

Table 1. Current month Maximum demand

| Month | Current month Maximum demand date and time | kW |
|-------|--|--------|
| Jan. | 5th 9 am | 224.56 |
| Feb. | 13th 9 am | 226.52 |
| Mar. | 12th 9 am | 234.28 |
| Apr. | 4th 7 pm | 148.36 |
| May. | 11th 11 am | 156.24 |
| Jun. | 9th 3 pm | 148.40 |
| July. | 18th 5 pm | 154.76 |
| Aug. | 22nd 4 pm | 139.52 |
| Sept. | 29th 9 am | 127.68 |
| Oct. | 27th 5 pm | 135.56 |
| Nov. | 24th 9 am | 199.16 |
| Dec. | 30th 10 am | 222.28 |

Fig. 2는 1년간 가장 높은 최대수요전력을 기록하는 2월의 일일 최대 소비 전력으로써 휴일과 공휴일을 제외한 날은 대체적으로 최대수요전력이 평균적으로 180kW 이상을 넘는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 3은 PV 발전량을 알기 위한 일사량의 데이터로써 1년간 하루 단위의 데이터를 월 단위로 합하여 일사량을 나타낸 것이다. 12월과 1월이 가장 낮으며, 5월과 6월이 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 김해시의 공업 단지의 실제 공장에서의 최대수요량은 2월의 226.52kW를 기록했으며, 2월의 최대 수요량에 대하여 Peak감소율 50%를 목표로 실험을 진행하였다. 식(1)은 Peak 감소율



Fig. 1. Monthly power consumption

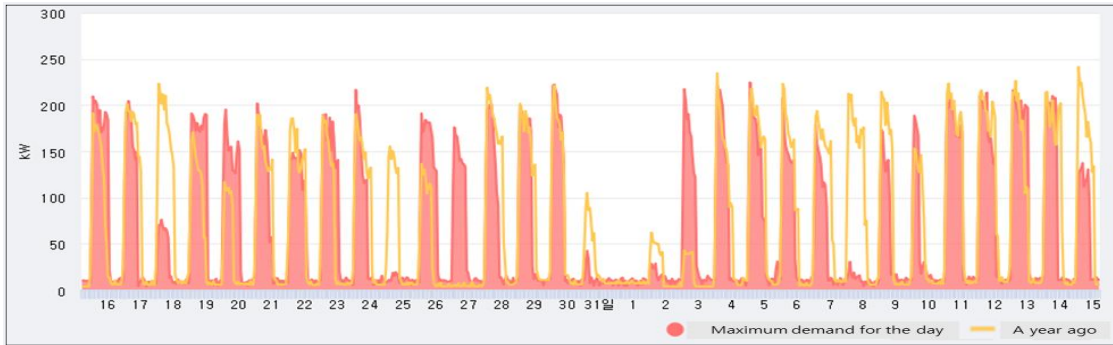


Fig. 2. Daily Power Consumption

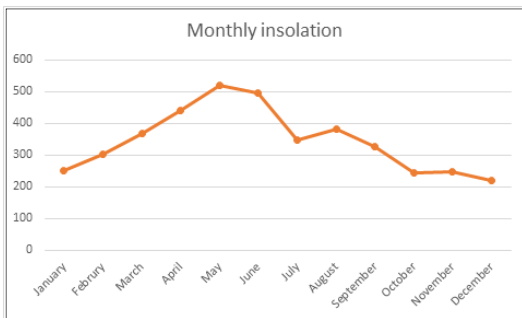


Fig. 3. Consumed energy per hour

을 나타내는 식으로써 전년도 최대수요 전력과 Peak-cut 서비스 후 최대수요전력 즉 Peak-target을 뺀 후 전년도 최대수요 전력을 나눈 값이다. 식(1)에 따라서 Peak 감소를 50%의 목표치는 약 113kW라는 값을 확인하였다.

$$\frac{\text{Previous year Max load} - \text{Max load after PV}}{\text{Previous year Max load}} \quad (1)$$

3.2 실험 조건

본 실험에서는 태양광(PV) 모듈 배치용량을 299.2kW (40Wp x 880장)으로 하고 배터리는 1MW 고정형 전지로서, 방전률 0.25 - 0.5급, 시스템 입출력 효율 95% 이상,컨테이너 수용형, 환경유지 전력손실 2%이내, 보증수명 10년(성능저하률 10%이내)의 전지를 적용했다.

3.3 분석 방법

수용가 별 전력사용량을 분석해보면 겨울에 많은 전력 소비가 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 공정의 제품 생산량과는 별개로 난방 유틸리티 사용 및 기계 장비에 예열 작업이 전력사용량과 높은 상관관계를 나타내고 있음

을 확인 하였다. 일사량을 분석해보면 겨울이 가장 낮는데, 이는 하루 중 낮의 길이가 가장 짧으며, 일반적으로 날씨가 흐리고 눈이 올 경우, 태양광 패널을 눈이 덮기 때문에 발전량이 낮아진 것을 알 수 있다.

최대전력사용량을 감소시키는 것을 목표로 Peak-cut을 운영하는 시뮬레이션을 하기 위하여 가장 열악한 조건인 전력사용량이 가장 많은 11월,12월, 1월, 2월과 일사량이 낮아 PV 발전량이 낮은 12월, 1월, 2월로 시뮬레이션을 운영하였다. 시뮬레이션은 Peak-cut을 운영하기 위하여 충전/방전의 로직으로 두 가지의 운영으로 구성하였다.

운영 시뮬레이션 중 충전 로직의 경우 Fig. 5.와 같이 구성하였다. 부하의 목표 피크값(Peak-target)을 입력하고 설비의 준비 상태를 체크한 후에 충전 루트가 실행된다. 최대수요전력량과, PV 발전량, 배터리 충전량(State of Charge, SOC)의 조건에 따라 작동하게 된다. 예를 들어 수요전력량이 있고 PV 발전량도 있다면, SOC 상태에 따른 충전 또는 중지를 하게 되며, 23시에서 09시 사이에 SOC의 상태가 30%이하이면, 일사량을 확인하여 계통에너지를 충전시키도록 한다.

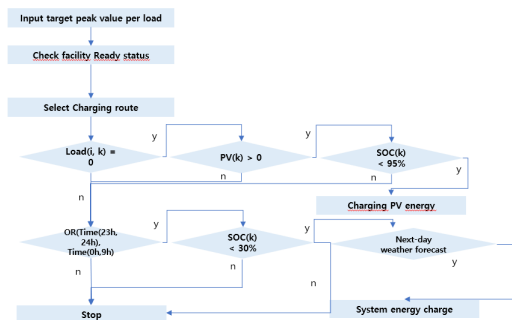


Fig. 4. Charge operation plan

Table 2은 Fig. 4의 조건 순서로써 정보 입력, 사전 확인, 충전선택, PV 상태체크, 계통 상태체크 순서이다. 조건 내용으로는 Peak-target과, SOC상태, ESS 충전을 PV 발전 또는 계통에너지로 충전이다.

Table 2. Charge logic

| Step | Condition | Contents |
|--------|---------------------|--|
| step 1 | Enter information | - Peak reduction target input |
| step 2 | Advance check | - Confirmation status - Check SOC value |
| step 3 | Charge selection | - PV Select whether to charge the generated energy from the charging or grid |
| step 4 | PV status check | - PV Checking power generation status |
| step 5 | System status check | - Check system status |

방전 운전방안의 경우 Fig. 5와 같다. 부하별 상태와 SOC 상태를 체크하며 EMS 운전을 진행 한다. 수요전력이 Peak-target보다 높을 경우 ESS에서 방전을 해주며, 그렇지 않은 경우 대기명령을 내린다. 만약 SOC의 값이 20%에서 25%사이에 있다면 경고를 하고, 20%이하로 내려가면 방전을 중지시킨다.

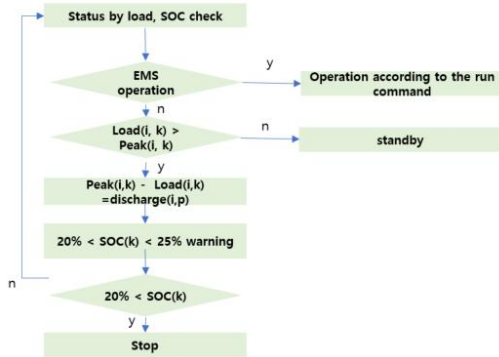


Fig. 5. Discharge operation plan

방전 로직의 순서로써 상태체크부터 시작하여 운전방법체크, 피크체크, SOC체크, 피크체크 순으로 진행되며 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Discharge logic

| Step | Condition | Contents |
|--------|------------------------|---|
| step 1 | Check Conditon | - Check current load value by load - Checking current SOC |
| step 2 | operating method check | - When receiving the time-based operation pattern from EMS -PMS If judged to operate by itself |
| step 3 | Check Peak | - When input peak value exceeds current load value |
| step 4 | Check SOC | -Does not operate when less than 5% of SOC |
| step 5 | Check Peak | - When input peak value exceeds current load value |

Peak-target의 설정 값을 달성하기 위해선 최대전력 사용량이 2017년 기준 113kW를 넘어가지 않고 이에 시간당 최대 113kW이상 사용될 것으로 확인될 때 충·방전 운전방안에 따라 배터리에 저장된 전력을 수용가로 공급하여 Peak-cut 운영을 했다.

4. 분석 결과

Table 4와 Fig. 6은 수용가들의 전력 사용량 합이 가장 많고, 1년 중 가장 높은 Peak값인 226.52kW를 소모하는 2월의 최대수요전력의 시뮬레이션 결과를 그래프와 표로 나타낸 것이다.

Table 4에서 ESS Peak-cut 서비스 전의 값과 ESS Peak-cut 서비스 후의 값을 비교해보면, ESS Peak-cut 서비스 전 113kW 이상인 최대수요전력들이 서비스 후 113kW로 최대수요전력이 감소한 것을 알 수 있으며, 서비스 전 최대수요전력이 113kW가 넘지 않는 값들은, 그대로인 것을 확인할 수 있다. 또한 Peak-cut 서비스를 위하여 ESS에서 수용가로 최대한 방전한 날은 15일로써 서비스 전 최대수요전력인 224.72kW의 값을 Peak-cut 서비스 후 113kW로 절감시키기 위하여, ESS에서 800.25kW를 방전했음을 알 수 있다.

Fig. 6에서 빨간색으로 표시된 부분이 태양광 ESS Peak-cut 서비스를 적용하기 전 수용가의 전력 사용량을 나타내준다. 파란색 선은 ESS Peak-cut 서비스를 적용하고 난 후 최대수요 전력을 그래프를 표현 한 것이며 검은 선은 ESS Peak-cut 서비스를 적용하기 위하여 전력공급량을 말한다. 그래프를 살펴보면 파란색 선의 그래프는 113kw를 초과하는 부분이 보이지 않으며 전력공급량인 검은색 선의 그래프에서도 이상 없이 공급된 것을

알 수 있다. 이를 통해 113kW 이상의 전력사용에 경우 태양광을 통해 저장된 전력으로 ‘Peak-cut’ 운영이 가능하다는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 수용가의 최대수요 전력인 226.52kw에서 50%의 Peak-target으로 설정한 113kw로 감소시켰으며 본 논문의 목적인 계약전력 또한 감소시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

Table 4. February simulation results

| February | Power consumption Before Applicant ESS | Power consumption After Applicant ESS | Amount of electricity supply |
|----------|--|---------------------------------------|------------------------------|
| 01(Wed) | 206.16 | 113 | 591.04 |
| 02(Thu) | 182.92 | 113 | 336.24 |
| 03(Fri) | 205.72 | 113 | 527.44 |
| 04(Sat) | 193.72 | 113 | 321.92 |
| 05(Sun) | 71.28 | 71.28 | 0 |
| 06(Mon) | 204.96 | 113 | 749.56 |
| 07(Tue) | 188.64 | 113 | 702.64 |
| 08(Wed) | 214 | 113 | 512.72 |
| 09(Thu) | 204.76 | 113 | 862 |
| 10(Fri) | 225.8 | 113 | 772.81 |
| 11(Sat) | 221.84 | 113 | 740.23 |
| 12(Sun) | 95.6 | 95.6 | 0 |
| 13(Mon) | 226.52 | 113 | 768.52 |
| 14(Tue) | 205.16 | 113 | 685.25 |
| 15(Wed) | 224.72 | 113 | 800.25 |
| 16(Thu) | 199.68 | 113 | 711.29 |
| 17(Fri) | 136.16 | 113 | 0 |
| 18(Sat) | 198.72 | 113 | 650.45 |
| 19(Sun) | 74.92 | 74.92 | 0 |
| 20(Mon) | 161.56 | 113 | 629.92 |
| 21(Tue) | 199.28 | 113 | 681.46 |
| 22(Wed) | 203.44 | 113 | 703.25 |
| 23(Thu) | 202.56 | 113 | 698.23 |
| 24(Fri) | 126.28 | 113 | 0 |
| 25(Sat) | 112.36 | 112.36 | 0 |
| 26(Sun) | 13.16 | 13.16 | 0 |
| 27(Mon) | 163.44 | 113 | 684.77 |
| 28(Tue) | 62.24 | 62.24 | 0 |

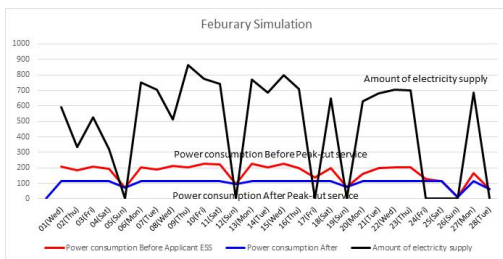


Fig. 6. February simulation results

5. 결론

본 연구에서는 1개 공장에서의 실제 전력 사용량 데이터를 수집하고 충전/방전 로직을 적용하여 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다. 결과적으로 본 연구에서 제안한 시뮬레이션 모델인 Charge Operation과 Discharge Operation을 통해 Peak-target을 달성할 수 있다는 결과와 계약전력 또한 감소하는 결과를 확인할 수 있었다. 피크 시간 전기 사용량이 점점 늘어나며 예비 전력이 부족해지고 있는 시점에, 수용가에 ESS Peak-cut 서비스를 통한 계약전력 감소는 해당 수용가의 기본 전력 값을 감소시켜, 경제적 우월성을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 전기품질 향상 및 전력공급시스템의안정화에도 기여할 수 있다.

본 연구에서는 단수수용가의 특성상 비교할 수 있는 데이터의 양이 상대적으로 부족하였으며, ESS를 통해 공급되는 전력외의 축적되는 태양광 전기량에 대한 분석이 필요하다. 따라서 추후 연구에서는 복수수용가로 다수의 공장에서 소모되는 전력 데이터와 공급량을 제외한 축적 태양광 전기량에 대한 데이터를 추가 분석할 예정이며, 이를 통해 다양한 수용가들의 부하 특성을 고려한 배터리 용량과 태양전지 용량에 대한 정보 분석과 SMP와 REC를 통한 경제성 분석도 가능할 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] S. Yoon, J. Kwon, J. Park & S. Choi. (2011). Indirect current control for seamless transfer of three-phase utility interactive inverters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27(2), 773-781. DOI : 10.1109/APEC.2011.5744661
- [2] S. Yu. (2018). 2030 Greenhouse Gas Reduction Roadmap and Power Sector Response. *Journal of Electrical World Monthly Magazine*. 20-26.
- [3] J. S. Kim & U. J. Lee. (2009). Best Practices Research Use of Solar Energy For Low Carbon Green City. *The Korean Solar Energy Society*, 29(1), 37-42.
- [4] K. S. Ahn, S. T. Lee & Y. S. Oh. (2018). Development of the Modular PCS for ESS with Hot-swap Function. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(3), 31-37. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.3.031
- [5] K. I. Song. (2012). Current Status and Prospect of PV Power Industry in RPS. *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 52(3), 42-46.
- [6] G. J. You & K. Y. Park. (2003). Current status and prospects of future energy and photovoltaic

technology. *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 43(10), 41-47.

- [7] H. Y. Kim. (2010). A Study on the Improvement of the Accuracy of Photovoltaic Facility Location Using the Geostatistical Analysis. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 13(2), 146-156
- [8] K. H. Lee, H. G. Son & S. Y. Kim. (2018). A study on solar energy forecasting based on time series models. *Korean Journal of Applied Statistics*, 31(1), 139-159. DOI : 10.5351/KJAS.2018.31.1.139.
- [9] R. Hanna, J. Kleissl, A. Nottrott & M. Ferry (2014). Energy dispatch schedule optimization for demand charge reduction using a photovoltaic-battery storage system with solar forecasting. *Solar Energy*, 103, 269-287
DOI : 10.1016/j.solener.2014.02.020
- [10] S. M. Park, C. S. Kim, L. D. Vuong, M. W. Park & I. K. Yu. (2016). Design of a Photovoltaic PCS with Compensation Control of Reactive Power and Unbalance Current in Three-phase systems. *Journal of the Korea Industrial Information Systems*, 21(3), 29-33.
DOI : 10.9723/jksis.2016.21.3.029
- [11] M. H. Kwon, S. H. Yang, H. J. Kim, S. W. Choi, D. W. Hwang, D. J. Lee & S. M. Paik (2015). A PCS Control Strategy for Hybrid ESS with Function of Emergency Power Supply. *The Korean Institute of Power Electronics*, 21(3), 403-404.
- [12] C. Yao, M. Chen & Y. Hong, (2018). Novel Adaptive Multi-Clustering Algorithm-Based Optimal ESS Sizing in Ship Power System Considering Uncertainty. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(1), 307-316,
DOI : 10.1109/TPWRS.2017.2695339
- [13] H. T. Kim & S. S. Jhang. (2018). Key Technologies for Stabilization of Power System for Successful Achievement of 3020 Renewable Energy Policy. *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 67(2), 149-157.
DOI : 10.5370/KIEE.2018.67.2.149
- [14] J. H. Lee, I. S. Lee, K. S. Jung, B. H. Chae, & J. Y. Lee (2017). Patents and Papers Trends of Solar-Photovoltaic(PV) Technology using LDA Algorithm. *The Society of Digital Policy & Management*, 15(9), 231-239.
DOI : 10.14400/JDC.2017.15.9.231.
- [15] J. W. Lim, D. H. Han, S. W. Kim, C. H. Ban, & J. M. Choi (2012). PV System with Battery Storage using Peak-cut Algorithm. *The Korean Institute of Power Electronics Proceeding*, 2012(11), 135-136.

박 성 현(Seong-Hyun Park)

[상위]



- 2016년 8월 : 아주대학교 산업공학과 (이학사)
- 2016년 8월 : 아주대학교 컴퓨터공학과(이학사)
- 2018년 8월 : 아주대학교 산업공학과 (공학석사)
- 관심분야 : 융합기술연구, ML, 데이터

분석

· E-Mail : dbtn@ajou.ac.kr

이 기 현(Gi-Hyun Lee)

[상위]



- 2018년 2월 : 남서울대학교 산업공학과(이학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 산업공학과 석사과정
- 관심분야 : 융합기술연구, 데이터분석, 신재생에너지
- E-Mail : black9255@ajou.ac.kr

정 명 석(Myoung-Sug Chung)

[상위]



- 2005년 4월 ~ 2011년 3월 : SAP 본부장
- 2012년 8월 ~ 2018년 5월 : Oracle 상무
- 2015년 8월 ~ 2018년 8월 : 아주대학교 산업공학 (공학박사)
- 2018년 11월 ~ 현재 : 아주대학교 산업융합기술연구센터 교수

· 관심분야 : 융합기술, 데이터 분석, 인공지능(AI)

· E-Mail : mschung333@gmail.com

채 우 리(U-Ri Chae)

[상위]



- 2015년 2월 : 한국복지대학교 의료보장구학과 (보건 학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 산업공학과 석박통과정
- 관심분야 : 융합기술연구, 직업병·직업성 질환, 데이터 분석
- E-Mail : chaeuri@ajou.ac.kr

이 주 연(Joo-Yeoun Lee)

[중산학위]



- 1999년 12월 ~ 2005년 1월 : Oracle 전략솔루션실장(상무)
- 2002년 2월 : 인하대학교 경영대학 경영학박사
- 2005년 2월 ~ 2011년 11월 : SK C&C 전략마케팅본부장(상무)
- 2007년 7월 ~ 2011년 6월 : 한국산

업정보학회 회장

- 2011년 12월 ~ 2014년 3월 : 포스코 ICT 그린사업부문장 (전무)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 공과대학 산업공학과 교수
- 2015년 2월 ~ 2018년 2월 : 산업통상자원부 산업융합촉진 국가옴부즈만(차관급)
- 2016년 7월 ~ 현재 : 한국빅데이터서비스학회 학회장
- 관심분야 : 융합기술, 비즈니스인텔리전스
- E-Mail : jooyeoun325@ajou.ac.kr