

태양광 발전 시스템의 발전량 및 이용률 변화

황미용¹, 이순형², 최용성² 

¹ 조선대학교 문화학과

² 동신대학교 전기공학과

Change of Amount of Power and Utilization Rate for Photo-Voltaic System

Mi-Yong Hwang¹, Soon-Hyung Lee², and Yong-Sung Choi²

¹ Department of Culture Studies, Chosun University, Gwangju 61459, Korea

² Department of Electrical Engineering, Dongshin University, Naju 58245, Korea

(Received May 10, 2023; Revised May 18, 2023; Accepted May 21, 2023)

Abstract: In this paper, in order to investigate the efficiency of solar power generation system operation, we have studied operation cases such as generation amount, utilization rate, and generation time, and the following conclusions were obtained. The amount of power generation in 2017 was 1,311.48 MWh, and the amount of power generation in 2018 was 1,226.03 MWh. In 2021, 1,184.28 MWh was generated, and 90.30% compared to 2017, and the amount of power generation decreased by 1.94% every year. The deterioration of photovoltaic modules could be seen as one cause of the decrease in power generation. 1,977.74 MWh was generated in the spring, and 1,621.77 MWh was generated in the summer. In addition, 1,478.87 MWh was generated in the fall, and 1,110.55 MWh was generated in the winter, showing a lot of power generation in the order of spring, summer, fall, and winter. From 2017 to 2022, the seasonal utilization rate, daily power generation time, and daily power generation were investigated, and it could be seen that the spring utilization rate varies from 19.29% to 16.99%. It could be seen that the daily generation time in winter decreased from 2.67 hours to 2.13 hours, and in spring it generated longer than spring from 4.63 hours to 4.08 hours. In addition, the daily power generation in winter also decreased from 2.67 MWh to 2.13 MWh, and in spring it decreased from 4.63 MWh to 4.08 MWh, but it could be seen that it is more than in winter.

Keywords: PV system, Generation amount, Generation time, Utilization rate, Daily power generation time, Daily power generation

1. 서론

기후 변화와 에너지 문제는 전 세계적으로 중요한 문제로 대두되고 있다 [1,2]. 이에 따라, 태양광 발전 시스템은

신재생 에너지 시스템 중에서 가장 빠르게 성장하고 있으며, 대규모 전력 생산에 활용되고 있다 [3,4]. 그러나 태양광 발전 시스템은 일반적으로 기상 조건에 따라 발전량이 달라지는 단점이 있다. 이에 따라, 발전 시스템의 발전량과 이용률을 향상시키기 위해 발전량 및 이용률의 변화를 연구하는 것이 필요하다 [5,6].

한편, 월별, 계절별로 발전량이 달라지기 때문에, 이를 고려하지 않고 발전 시스템을 운영할 경우, 발전량이 부족하거나 낭비될 가능성이 있다. 이에 따라, 월별, 계절별로

✉ Yong-Sung Choi; yschoi67@dzu.ac.kr

Copyright ©2023 KIEEME. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

발전량을 파악하여, 이를 고려한 시스템 운영 계획을 수립하는 것이 중요하다 [7,8].

그리고 발전량 및 이용률을 향상시키기 위해서는, 발전량 및 이용률의 변화 원인을 파악하고, 이에 대한 대응책을 마련해야 한다. 월별, 계절별로 발전량 및 이용률의 변화를 조사하여, 이를 기반으로 발전량 및 이용률을 개선하는 기술을 개발할 수 있다 [5,6].

또한, 태양광 발전 시스템의 경제성은 발전량과 이용률에 크게 영향을 받는다. 월별, 계절별로 발전량 및 이용률을 조사하여, 경제성을 평가하는 것이 중요하며, 이를 통해 태양광 발전 시스템의 경제성을 개선하는 방안을 모색할 수 있다 [7,8].

따라서 월별, 계절별로 발전량, 이용률 변화를 조사하는 것은, 발전량 및 이용률의 개선뿐만 아니라, 시스템 운영 계획 수립과 경제성 평가에도 중요한 역할을 하므로, 본 논문은 태양광 발전 시스템 운영의 효율화를 찾기 위하여 월별, 계절별 발전량, 이용률, 일 발전 시간, 일 발전량을 조사하였다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

2.1 실험 장치

본 논문에서 사용한 태양광 모듈은 (주)탑선에서 제작된 모델명 TS-S425-CB2FKX이며, 425 W 모듈 2,354개로 이루어져 1 MW 규모의 태양광 발전소이다. 모듈의 단락 전류 I_{sc} 는 9.158 A, 최대전류 I_{mp} 는 8.712 A이고, 개방 전압 V_{oc} 는 60.928 V, 최대전압 V_{mp} 는 48.994 V이다. 태양광 모듈에서 입력된 직류 전력을 교류 전력으로 변환하는 인버터는 현대중공업(주)에서 생산된 모델명 HPC-250HT-K1으로 250 kW의 인버터를 사용하였다. 입력 과전압 보호는 931~969 Vdc, 입력 전압 범위는 550~1,000 Vdc, MPPT는 550~820 Vdc, 469 A, 출력은 3상 3선, 380 Vac, 60 Hz, 250 kW이다.

2.2 실험 방법

전남 장성에 위치한 태양광 발전소는 2016년 9월부터 상업 운전을 시작하여 현재까지 발전하고 있다. 태양광에서 발전된 전력은 인버터, 전력량계, 변압기를 통해 전력 거래소로 판매되며 이 판매된 발전량을 비교하였다. 먼저, 2017~2022년까지 6년간의 발전량을 비교하였다. 또한, 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)의

발전량을 비교하였다. 그리고, 봄, 여름, 가을, 겨울의 하루인 2022년 1월 5일, 4월 5일, 7월 5일, 10월 5일 24시간 동안의 발전 경향을 비교하여 전체 봄, 여름, 가을, 겨울의 발전량의 차이가 발생하는 원인을 밝히고자 하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 월별 발전량

그림 1은 2016년 9월부터 2022년 12월까지 월별 발전량을 나타내고 있으며 3~5월의 발전량은 122.05~160.04 MWh로 다른 월에 비하여 많음을 알 수 있다. 표 1은 그림 1의 월별 발전량 대비 차년도의 발전량 비율을 나타내고 있다. 2017년 1월 대비 2022년 1월의 발전량은 117.31%로 증가하였으며, 2017년 3월 대비 2022년 3월의 발전량은 80.56%로 감소하였음을 알 수 있다. 2016년 9월부터 2022년 12월까지의 전체 발전량은 7,359.68 MWh이다. 한편, 2021년 기준 주택 전기판매량은 77,558.39 GWh이며, 2022년 9월 기준 세대수는 23,682,288세대이므로 세대당 전기소비량은 272.9 kWh/월이다. 본 발전소에서 발전한 7,359.68 MWh는 2,697세대가 1년간 사용할 전력량이다.

표 2는 2017년 1월부터 2021년 12월까지 연간 발전량과 증감률을 비교하여 나타낸 결과이다. 2017년 발전량은 1,311.48 MWh이었으며 2018년 발전량은 1,226.03 MWh이었다. 2018년은 2017년 대비 93.49%를 발전하였다. 2021년에는 1,184.28 MWh를 발전하였고, 2017년 대비 90.30%를 발전하여 매년 1.94%씩 발전량이 감소하였다. 발전량이 감소하는 원인으로서는 날씨 변화, 오염, 유지 보수 및 청소 부족, 태양광 모듈의 시간 경과에 의한 노후화 등이 원인으로 생각된다 [9].



Fig. 1. Amount of power by month.

Table 1. Comparison to the previous year, monthly power generation and change rate (unit: MWh, %).

| Year Month | Year | | | | | | Change rate compared to the first year |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| 1 | 88.87 | 129.62 | 73.46 | 70.30 | 197.17 | 117.31 | |
| 2 | 76.27 | 121.08 | 95.12 | 99.71 | 117.15 | 102.61 | |
| 3 | 90.91 | 100.57 | 108.81 | 89.59 | 90.38 | 80.56 | |
| 4 | 88.86 | 89.70 | 138.98 | 85.85 | 109.25 | 103.91 | |
| 5 | 79.94 | 138.16 | 79.68 | 91.09 | 136.28 | 109.27 | |
| 6 | 92.61 | 100.32 | 94.96 | 101.95 | 92.81 | 83.48 | |
| 7 | 141.96 | 81.21 | 72.29 | 156.16 | 91.33 | 118.87 | |
| 8 | 102.66 | 99.46 | 83.82 | 106.16 | 90.67 | 82.38 | |
| 9 | 138.67 | 88.04 | 85.73 | 105.17 | 97.69 | 117.93 | |
| 10 | 134.81 | 109.61 | 92.43 | 109.14 | 99.01 | 113.78 | |
| 11 | 114.43 | 88.98 | 99.60 | 91.16 | 106.64 | 113.44 | |
| 12 | 100.64 | 83.67 | 124.91 | 87.16 | 101.12 | 96.71 | |

Table 2. Annual generation amount and change rate.

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Amount of power [MWh] | 1,311.48 | 1,226.03 | 1,261.55 | 1,200.77 | 1,184.28 | 1,301.36 |
| Change rate [%] | - | 93.49 | 102.90 | 95.18 | 98.63 | 109.89 |

3.2 계절별 발전량

표 3은 2016년 10월부터 2022년 12월까지 계절별 발전량을 나타내고 있다. 봄에는 2,392.75 MWh를 발전하였으며, 여름에는 1,922.94 MWh를 발전하였다. 또한, 가을에는 2,058.08 MWh를 발전하였고, 겨울에는 1,365.71 MWh를 발전하였다.

Table 3. Seasonal power generation (unit: MWh).

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Total |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Winter (Dec.~Feb.) | | 243.75 | 211.97 | 237.75 | 223.04 | 194.03 | 255.16 | 1,365.71 |
| Spring (Mar.~May) | | 422.70 | 365.50 | 397.53 | 419.82 | 372.20 | 415.01 | 2,392.75 |
| Summer (Jun.~Aug.) | | 325.56 | 355.41 | 332.09 | 280.08 | 328.64 | 301.17 | 1,922.94 |
| Fall (Sep.~Nov.) | 247.18 | 319.04 | 304.02 | 280.32 | 286.76 | 288.73 | 332.03 | 2,058.08 |

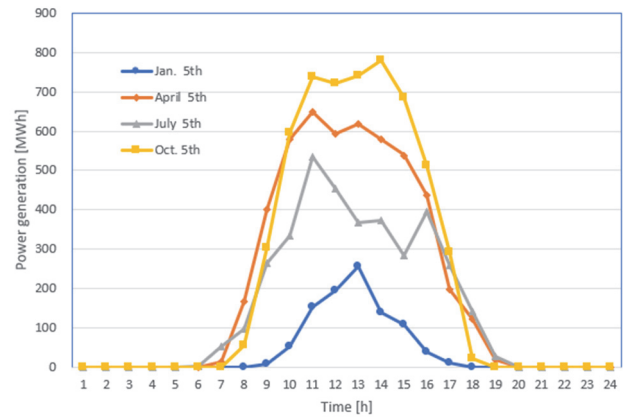


Fig. 2. Power generation trend for 24 hours.

표 3에서 봄에 발전량이 많은 이유를 알아보기 위하여 그림 2와 같이 2022년 1월 5일, 4월 5일, 7월 5일, 10월 5일 겨울, 봄, 여름, 가을 특정일을 지정하여 24시간 동안의 발전량 변동 추이를 알아보았다. 그림 2에서 봄인 4월 5일에는 7시부터 19시까지 발전하였으며, 여름인 7월 5일에는 6시부터 19시까지 발전하였다. 가을인 10월 5일에는 8시부터 18시까지 발전하였으며, 겨울인 1월 5일에는 9시부터 17시까지 발전하였다. 하루 동안의 발전량은 4월 5일 4.92 MWh, 7월 5일 3.58 MWh, 10월 5일 5.45 MWh, 1월 5일 0.96 MWh이었다. 계절별로 발전량의 차이는 발전 시간이 하나의 원인으로 생각된다.

3.3 계절별 이용률

표 4는 2017년부터 2022년까지 계절별 이용률, 일 발전 시간, 일 발전량을 비교하여 나타낸 결과이다. 태양광 발전소의 이용률은 2019년을 제외하고 매년 겨울에는 11.13%에서 8.86%로 감소하고 있다. 봄 이용률은 19.29%에서 16.99%까지 변화되고 있음을 알 수 있다. 겨울의 일 발전 시간은 2.67시간에서 2.13시간으로 감소하고 봄에는 4.63시간에서 4.08시간으로 겨울보다는 길게 발

Table 4. Seasonal utilization rate, daily power generation time, daily power generation comparison.

| Season | Year | | | | | | |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| Utilization rate [%] | Winter | 11.13 | 9.67 | 10.85 | 10.18 | 8.86 | 11.65 |
| | Spring | 19.29 | 16.68 | 18.14 | 19.16 | 16.99 | 18.94 |
| | Summer | 14.86 | 16.22 | 15.16 | 12.78 | 15.00 | 13.75 |
| | Fall | 14.56 | 13.88 | 12.79 | 13.09 | 13.18 | 15.15 |
| Generation time per day [h] | Winter | 2.67 | 2.32 | 2.60 | 2.44 | 2.13 | 2.80 |
| | Spring | 4.63 | 4.00 | 4.35 | 4.60 | 4.08 | 4.55 |
| | Summer | 3.57 | 3.89 | 3.64 | 3.07 | 3.60 | 3.30 |
| | Fall | 3.49 | 3.33 | 3.07 | 3.14 | 3.16 | 3.64 |
| Daily power generation [MWh] | Winter | 2.67 | 2.32 | 2.61 | 2.44 | 2.13 | 2.80 |
| | Spring | 4.63 | 4.01 | 4.36 | 4.60 | 4.08 | 4.55 |
| | Summer | 3.57 | 3.89 | 3.64 | 3.07 | 3.60 | 3.30 |
| | Fall | 3.50 | 3.33 | 3.07 | 3.14 | 3.16 | 3.64 |

Table 5. Comparison of utilization rate by year, daily power generation time, and daily power generation.

| Year | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Utilization rate [%] | 14.96 | 13.99 | 14.39 | 13.70 | 13.51 | 14.85 |
| Daily power generation time [h] | 3.59 | 3.36 | 3.45 | 3.29 | 3.24 | 3.56 |
| Daily power generation [MWh] | 3.59 | 3.36 | 3.46 | 3.29 | 3.24 | 3.57 |

전함을 알 수 있다. 또한, 겨울 일 발전량도 2.67 MWh에서 2.13 MWh로 감소하며, 봄에는 4.63 MWh에서 4.08 MWh로 감소하지만 겨울보다는 많음을 알 수 있다.

표 5는 연도별 이용률, 일 발전 시간, 일 발전량을 비교하여 나타낸 결과이다. 태양광 발전소의 이용률은 2019년도를 제외하고 매년 14.96%에서 13.51%로 감소하고 있다. 따라서 일 발전 시간도 3.59시간에서 3.24시간으로 감소함을 알 수 있다. 또한, 일 발전량도 3.59 MWh에서 3.25 MWh로 감소하였다.

4. 결론

본 논문은 태양광 발전 시스템 운영의 효율화를 조사하기 위하여 발전량, 이용률, 발전 시간 등의 운영사례를 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 2017년 발전량은 1,311.48 MWh이었으며 2018년 발전량은 1,226.03 MWh이었다. 2018년은 2017년 대비 93.49%를 발전하였다. 2021년에는 1,184.28 MWh를 발전하였고, 2017년 대비 90.30%를 발전하여 매년 1.94%씩 발전량이 감소하였다. 발전량이 감소하는 원인으로 날씨 변화, 오염, 유지 보수 및 청소 부족, 태양광 모듈의 시간 경과에 의한 노후화 등이 원인으로 생각된다.
- 2) 봄에는 1,977.74 MWh를 발전하였으며, 여름에는 1,621.77 MWh를 발전하였다. 또한, 가을에는 1,478.87 MWh를 발전하였고, 겨울에는 1,110.55 MWh를 발전하여 봄, 여름, 가을, 겨울 순으로 적게 발전함을 알 수 있었다.
- 3) 2017년부터 2022년까지 계절별 이용률, 일 발전 시간, 일 발전량을 조사하였으며, 봄 이용률은 19.29%에서 16.99%까지 변화되고 있음을 알 수 있다. 겨울의 일 발전 시간은 2.67시간에서 2.13시간으로 감소하고 봄에는 4.63시간에서 4.08시간으로 겨울보다는 길게 발전함을 알 수 있다. 또한, 겨울 일 발전량도 2.67 MWh에서 2.13 MWh로 감소하며, 봄에는 4.63 MWh에서 4.08 MWh로 감소하지만 겨울보다는 많음을 알 수 있다.

본 논문의 결과와 같이 계절별로 태양광 발전량이 변화하고, 태양광 발전량이 매년 감소하는 추세에 있으므로 태양광 발전소의 경제성을 평가를 하는 데 있어서 매우 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

ORCID

Yong-Sung Choi

<https://orcid.org/0000-0003-2904-2813>

REFERENCES

- [1] H. J. Song, *J. Korean Sol. Energy Soc.*, **39**, 25 (2019). [DOI: <https://doi.org/10.7836/kses.2019.39.4.025>]
- [2] J. R. Lim, W. G. Shin, H. S. Yoon, Y. S. Kim, Y. C. Ju, S. W. Ko, G. H. Kang, and H. M. Hwang, *J. Korean Sol. Energy Soc.*, **39**, 1 (2019). [DOI: <https://doi.org/10.7836/kses.2019.39.5.001>]
- [3] S. H. Ahn, Y. M. Soh, and S. J. Yun, *Korea Open Access J.*, **20**, 35 (2022). [DOI: <https://doi.org/10.16958/dsr.2022.20.1.35>]
- [4] E. C. Cho, J. C. Song, Y. H. Cho, and J. Yi, *Curr. Photovoltaic Res.*, **6**, 124 (2018). [DOI: <https://doi.org/10.21218/CPR.2018.6.4.124>]
- [5] J. B. Jee, I. S. Zo, K. T. Lee, W. H. Lee, and S. J. Choi, *JKSES*, **42**, 23 (2022). [DOI: <https://doi.org/10.7836/kses.2022.42.2>]

- 023]
- [6] Y. Yoon, *J. Inst. Internet Broadcast. Commun.*, **19**, 219 (2019). [DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.1.219>]
- [7] Y. Yoon, *J. Inst. Internet Broadcast. Commun.*, **20**, 199 (2020). [DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.1.199>]
- [8] C. J. Kim, J. K. Kim, and K. S. Jang, *J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.*, **19**, 2450 (2015). [DOI: <https://doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.10.2450>]
- [9] S. J. Kim and K. J. Koo, *Korean J. Constr. Eng. Manage.*, **11**, 113 (2010). [DOI: <https://doi.org/10.6106/kjecem.2010.11.1.113>]