



Comparison of Energy and Power Characteristics According to the Types of Solar Panels and Batteries

Oh-Sung Kwon*

Department of Computer Education, Gongju National University of Education

ABSTRACT

At environment not connected to the power-grid for electronic devices, the general solution is solar energy system. Solar energy systems consists of the three components solar panels, battery charger and solar batteries. In this paper, we analysis the relation of the three components and the total power amount and characteristics of our soloar system. We implement a solar energy generation system with 250 Watt solar panels and analysis the obtained data from our solar system during 39 days. The experimantal items are the placement direction of solar panels, the duration of sunshine, and the power change according to seasonal variation. We measure the characteristics of chemical and lithium-ion batteries for solar power charging and the solar power capability of our implemented system. We experiment the change of panel direction with a predefined angle degree 30. We can not obtain meaningful different values of power amount between the South and South-West direction, but rather can get similar values of the two direction testing according to the short experimental period. To measure the duration of sunshine, we measure 1.50 V and 12.0 V entry time each. we can confirm the entry time correspond to the sunrise and sunset time of the days. In case of lithium-ion batteries, the entry process is more smooth than the chemical betteries. In our experimentals, the chemical batteries has seen a rapid increase in the 12.0V entry graph. The both batteries has shown a stable power generation in the middle of day with sufficient sunshine amount. Our experimental result demonstrate that the chemical batteries has 0.28V power variation, the chemical batteries has 0,05V power variation respectively. We confirm that we can construct the efficient solar power generation system according to the our experimentals of the panel direction, the characteristics of batteries.

© 2018 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Solar energy, Chemical batteries, Lithium-ion batteries, Sunshine duration, Sunset time, Solar panel, Battery charger

ARTICLE INFO: Received 22 January 2018, Revised 8 February 2018, Accepted 8 February 2018.

*Corresponding author is with the Department of Computer Education, Gongju National University of Education, Bonghwang-Dong Gongju-Si Chungnam-Do,

KOREA.

E-mail address: oskwon@gjue.ac.kr

1. 서 론

친환경 신재생에너지에 대한 관심이 늘면서 차세대 에너지원으로 자장 주목받고 있는 분야가 태양광 발전으로 일반 상시 전력을 이용할 수 없는 장소이거나 보조 전원의 용도로 자연 에너지 발전 환경을 구축하는 경우에 주로 이용한다. 태양광 발전은 지역에 따라 일조량과 발전량의 차이는 있지만 빛이 드는 곳이면 어디든 설치하고 에너지를 생산하는 가장 일반적인 에너지원이다. 한국의 경우는 태양광 패널을 정남향 기준으로 하루 평균 발전 가능 시간이 약 3.5 시간으로 알려져 있다 [1,11,12,15]. 태양광 설치 장소도 임야 및 건축물 옥상 등의 대규모 시설물에 설치하는 경우에서 창문의 유리나 건축물의 외부마감재에 접목하여 설치하는 경우, 수면 위에 설치하는 수상태양광에 이르기까지 점점 그 영역이 확대되어 가고 있다[1,2].

최근 들어서 100 watt 이하의 소량 전기를 사용하는 각종 센서, 통신 장비, 가로등, CCTV, 교통 안전 시설 등에 적용하는 사례도 늘고 있다[9,13]. 이러한 기기들은 일반적으로 대용량의 패널을 장착할 수 없는 상황인 경우가 대부분이다. 이 경우, 단출하고 소형의 발전기를 장착하여 만들어야 하기 때문에 발전 가능 시간을 면밀히 계산하여야 하며, 태양광 패널, 컨트롤러, 배터리의 특성을 무시하고 시스템을 구성한 경우 동작 효율이 크게 저하될 수 밖에 없다. 이에 본 논문에서는 이러한 상황을 설정하고 태양광 발전 시스템의 구성 요소별 특성을 조사하여 적합한 구성 형태와 발전 효과를 분석하여 그 결과를 제시하고자 한다.

일반적으로 태양광 발전은 빛 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 태양광 패널(panel), 생산된 전기를 저장하는 배터리(battery), 패널의 전기를 배터리에 저장할 수 있도록 하는 충전기 등으로 구성된다. 본 논문에서는 이러한 구성 요소 간의 상호 관계

와 발전 특성을 날씨 변화를 중심으로 실험하였다.

실험은 39일 동안 진행되었고 수집 자료를 분석하여 태양광 패널과 배터리 특성을 정리하였다. 태양광 패널의 경우는 놓인 각도, 일조 시간, 계절 변이에 따른 발전량의 변화를 측정하였다. 배터리의 경우는 일반적으로 사용하는 화학배터리와 리튬이온(lithium-ion) 배터리를 대상으로 실험하였다.

날씨의 맑음과 흐림 변화 차이와 계절 변화와 일조 시간대에 따른 발전 시간의 관계를 발전량 정지에 해당하는 1.50 V 진입시간, 충전이 시작되는 12.0V 진입 시간, 낮 동안의 평균 발전량 등을 기준으로 조사하였다.

본 논문에서는 소규모 태양광 발전 시 패널과 배터리의 특성 실험에 관한 연구를 살펴보고, 3장에서 실험에 사용한 발전 시스템의 구성과 충전 컨트롤러의 일반적인 특성을 설명하고 4장에서는 실험 환경과 다양한 방법의 발전량 측정 결과를 제시하고 결론을 맺도록 한다.

2. 관련 연구

참고문헌 [2]는 태양광발전시설의 입지 선정의 정확성을 높이기 위한 연구로 공간통계분석방법을 적용한 연구를 수행하였다. 태양광발전시스템은 주로 태양으로부터 방출되는 태양에너지의 입사 각도에 따라 시스템 효율이 크게 좌우되는 데, 태양광 패널의 위치를 가변적으로 운영하여 고정형 태양광 발전장치의 발전 한계를 극복하는 태양 추적 시스템의 효율성 측정 연구가 있었다[1,3,11]. [7]의 경우는 방위각 및 경사각에 따른 에너지 효율 분석 연구를 진행하였다. 이러한 효율성 측정 과정은 다양한 변인이 복합적으로 존재하기 때문에 분석이 쉽지않고 이를 효과적으로 지원하는 프로그램이 개발되어 보고되고 있다[10,14].

태양광의 적용은 단지 주택이나 건축물 등의 전

력 공급뿐만 아니라 각종 인프라 사업 분야까지 그 범위를 넓히고 있다. 그 중에서 철도 분야에 관한 적용 분야가 있는데 [4]의 경우가 해당한다. 이 연구는 태양광 발전 시스템을 철도 분야로 확대하여 설계 단계에서의 태양광 발전량 예측과 지평 태양광 발전소를 대상으로 기상정보별 연간 발전량 예측값의 비교 연구를 수행하였다. 한편에선 태양광 설치 부지 비용의 부담을 경감하기 위한 방안으로 수상 시설물을 이용한 태양광 발전 연구도 진행하고 있다[8].

동일한 태양광 패널을 사용하더라도 축전을 위한 전력 보정 방식을 어떻게 하느냐에 따라 에너지 효율은 큰 차이가 날 수 있다. [5]의 연구는 MTP 충전 방식인 경우에 그 발전 효율을 분석하는 연구를 진행하였다. [6]은 소규모 독립형 태양광 발전 시스템 설계를 위한 적절한 태양 전지와 배터리 용량에 관한 연구를 진행하였다.

3. 독립형 태양광 발전 시스템

3.1 장치 구성도

본 논문에서는 상용 전력 계통과 구별되어 자체 배터리 충전 장치를 갖는 독립형 태양광 발전 시스템(Stand-alone Photovoltaic System)을 구성하였다. 실험에 사용된 시스템은 <그림 1>과 같이 전기 에너지를 생산하는 태양광 패널, 생산된 전력을 저장하는 배터리, 패널의 전기를 배터리에 저장되도록 변환하는 충전기로 이루어지며 220V 교류 전기 장치를 연결할 수 있도록 교류파를 생산하는 트랜스가 추가될 수 있다. 본 논문에서는 개방전압이 36V, 최대 출력이 250 Watt 인 태양광 패널 1장을 사용하여 실험하였다.

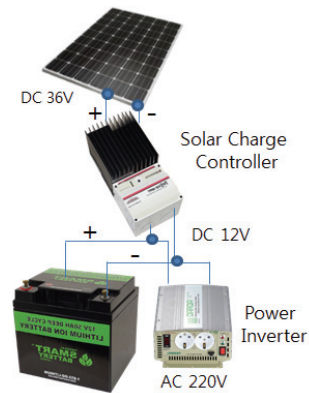


그림 1. 독립형 태양광 발전 시스템
Figure 1. Our Proposed Stand-alone Photovoltaic System

본 논문은 태양광 발전 시스템을 구성하고 발전량 등 그 성능을 실험하는 내용이기 때문에 <그림 1>에서 파워인버터(Power Inverter) 부분의 스위치는 단절하여 전력 소모가 없도록 하였다.

3.2 배터리 충전의 일반적인 특성

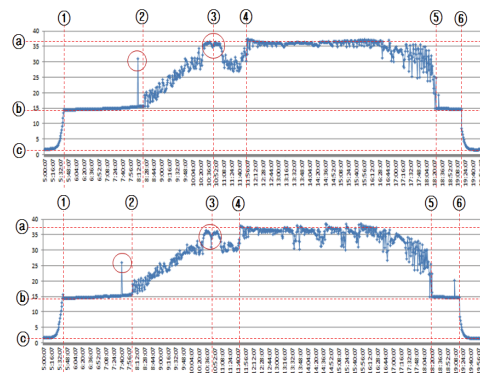


그림 2. 태양광 패널과 화학배터리를 연결한 태양광 시스템의 전력 그래프
Figure 2. Power Graph of Photovoltaics System with Solar Panel and Chemical Battery

태양광 패널의 발전 전력은 배터리에 저장된다. 일반적으로 태양광 발전용 배터리는 성능과 가격을 고려하여 Deep Cycle 기능을 갖춘 무누수 화학 배터리를 주로 사용한다. <그림 2>는 12V 40A 용량의 배터리를 연결하여 측정하였다.

<그림 2>는 본 논문의 태양광 발전 시스템이 생산하는 전력량을 표시한 그래프이다. 이 그래프에서 수직축은 패널의 출력 전압값을 표시하고 수평은 시간대를 표시하고 있다. 한국의 북위32도 35분, 동경 127도 22분 지점의 2017년 8월 31일과 9월 1일의 날씨 조건 하에서 얻은 전력량 그래프의 예이다. <그림 2>에서 수평축 ㉠, ㉢, ㉤는 패널과 배터리만을 연결하고 다른 전력 소모 기기는 없는 상태의 전압을 보여준다. ㉠은 최고 전압을 표시하고 있으며 36.0V 내외를 표시하고 있다. ㉢와 ㉤는 일출(㉠)과 일몰(㉢) 시간에 따른 전압 변화를 나타내고 있으며, 동일 패턴의 전력 변화가 진행되는 것을 확인할 수 있었다. ㉡ 부근의 “○” 표시 부분은 화학배터리의 특성으로 배터리 충전 개시와 함께 발생하는 특징이고, ㉢ 부근의 “○”은 주변의 그림자로 인한 현상임을 확인하였다.

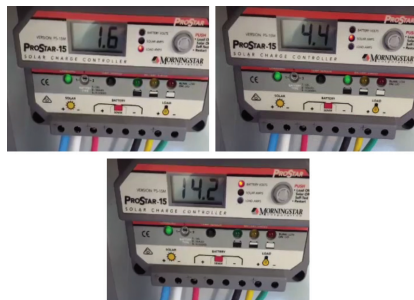


그림 3. 태양광 충전 컨트롤러의 작동 모습
Figure 3. Actual Operating Images of Solar Charge Controller

<그림 3>은 태양광 충전 컨트롤러의 작동 모습을 보여준다. 컨트롤러는 태양광 패널의 전압을 배

터리에 충전 가능한 형태로 변환하고 조정하는 역할을 수행한다. <그림 3>의 LCD 디스플레이 화면은 현재의 전압 수치를 표시하고 있다.

4. 구현 및 실험 결과

본 논문에서 구성 장비의 효율성을 검증하기 위하여 4.1 과 같은 실험 환경을 만들고 날씨 변화에 따른 발전량을 배터리 유형에 따라 실험하였다. 실험은 2017년 8월 29일부터 10월 6일 간 총 39일간의 태양광 발전 실험을 진행하였다.

4.1 실험 환경

표 1. 태양광 전력 실험 장비 구성

Table 1. Devide Organization for Solar Power System

Items	Specification
Solar Panels	Maximum Power(Pmax) 250W Open Circuit Voltage(Voc) 37.60V
Batteries	Solar Battery, 12V, 40AH, Deep Cycle
Charge Controller	Meter PWM BatteryVoltage: 12/24 V RatedCurrent: 15 A



그림 4. 태양광 전력 조정 합체
Figure 4. Metal Box to Control Solar Power System

본 논문의 태양광 전력 실험을 위하여 <표 1>과

같은 규격으로 장치를 구성하였다. <그림 4>는 제 태양광 발전 시스템을 구성한 화면이다. 하단 부분에 배터리, 상단부에 충전 컨트롤러와 변환기를 위치시키고 구성 요소 간 필요한 배선을 하였다. 태양광 발전 전력만을 측정하기 위하여 전력 소비기의 연결은 배제하고 태양광 발전과 배터리 충전만을 측정하였다.

4.2 날씨 변화에 따른 발전량

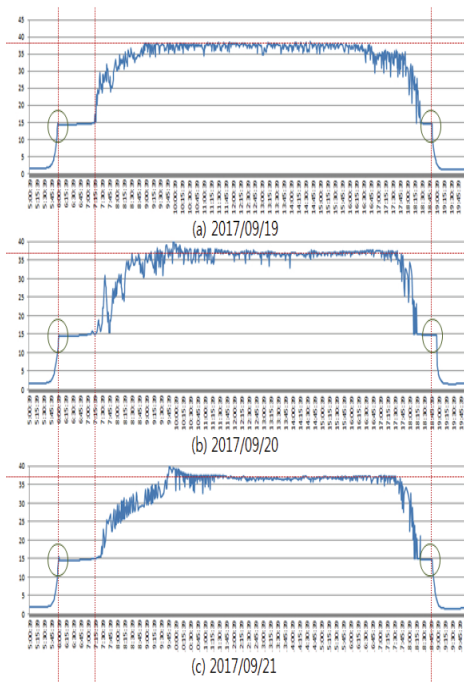


그림 5. 맑은 날의 태양광 발전량 그래프
(한국, 북위 32도 35분, 동경 127도22분)

Figure 5. Solar Power Graph on Fine Days
32°35'(North Latitude), 127°22' (East Longitude), South Korea

태양광 발전은 일조량에 의존하기 때문에 날씨의 흐림과 맑은 정도에 크게 영향을 받는다. 4.1 절의 실험 환경으로 날씨 변화에 따른 태양광 발

전량을 실험하였다. <그림 5> 태양광 패널과 화학 배터리를 연속한 상태에서 맑은 날 연속 3 일의 태양광 발전량을 구하여 작성한 그래프이다. 그림에서 보듯이 일정한 패턴의 발전 결과를 표시하고 있으며 태양광이 없는 시간대에는 1.4 ~ 1.7 Volt를 보이며 충전이 중단되는 것을 확인할 수 있었다. “○” 로 표시된 전력 수치 변곡점은 일출, 일몰 시점과 일치함을 보였다. <그림 6>은 배터리를 리튬이온으로 교체하고 동일 실험을 하여 얻은 그래프이다. <그림 5>와 달리 <그림 6>은 “○” 로 표시된 전력 수치 변곡점이 부드러운 곡선으로 표시됨을 발견할 수 있었다. 이 변곡점 역시도 <그림 5>와 같이 일출, 일몰 시점과 일치하였다. 또한, 리튬 이온 배터리 경우의 전압 변이 떨림 현상이 현저히 적음을 확인할 수 있었다.

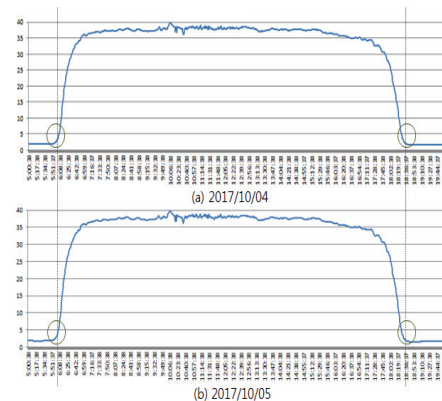


그림 6. 맑은 날의 발전량(리튬이온 배터리)

Figure 6. Solar Power Graph with a Lithium-ion Battery on Fine Days

<그림 7>은 흐린 날의 태양광 발전량 그래프를 표시한 것이다. 맑은 날과 비교하여 일몰과 일출시의 전력량 표시는 큰 차이가 있지만 적용 태양광 패널의 정상적인 출력 전압인 36 Volt 부근에 이르지 못함을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 화학 배터리와 리튬 이온 배터리 모두 동일하였다.

흐린날과 맑은 날의 <그림 8>은 발전량 그래프를 중첩시킨 것으로 정상적인 경우를 표시한 점선 영역 만큼의 발전량을 흐린 날씨에는 도달하지 못함을 표시하고 있다.

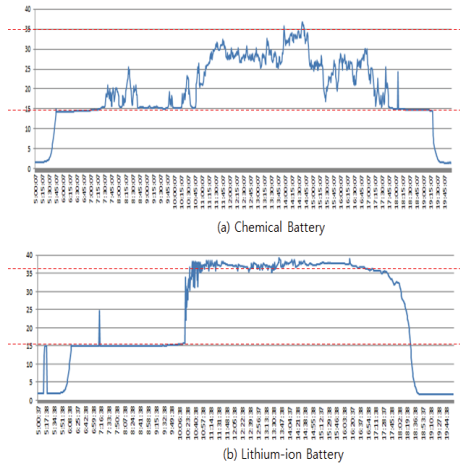


그림 7. 흐린 날의 태양광 발전량 그래프
Figure 7. Solar Power Graph on Cloudy

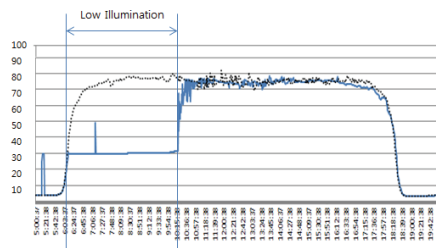


그림 8. 저조도 구간의 표시
Figure 8. Low Illumination Interval

4.3 일조 시간에 따른 발전량

앞의 실험에서 보았듯이 태양광 발전은 일몰 시간 즈음에 배터리 충전량이 1.50V 이하로 떨어지며 휴지기에 들어간다. <그림 9>는 이러한 변이를 설명하고 있으며 (a)는 날씨에 관계없이 충전 정지 시간을 표시한 것이고 (b)는 (a) 그래프에서 흐린날

만을 제외하여 다시 표시한 것이다.

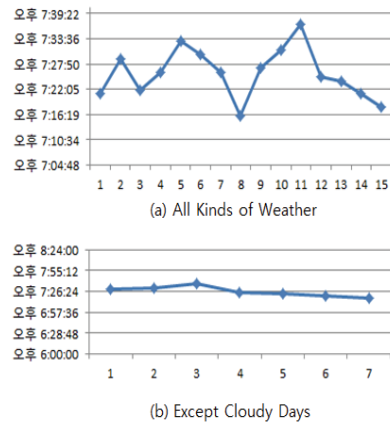


그림 9. 태양광 발전 정지 시간
Figure 9. Down Time of Solar Power

그래프에서 보듯이 날씨에 따라 충전 정지 시간이 앞당겨 지고, 배터리는 1.50V 내외로 다운 상태에 있다가 일출과 함께 원래 배터리 전압인 12.0V를 회복하며 충전 준비를 하는 것을 발견하였다. 이 시간은 일출 시간과 일치하며 시험 시간 중에 그 변이를 추적한 결과는 <그림 10>과 같다.

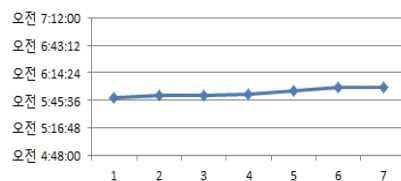


그림 10. 태양광 발전 준비 시간
Figure 10. Ready Time of Solar Power Generation

5. 결 론

본 논문에서는 태양광 발전 시스템을 구성하는 요소 중에서 태양광 패널과 배터리의 발전량을 날

씨 변화를 중심으로 실험하였다. 태양광 패널의 용량은 250Watt, 충전기는 15A PWM, 배터리는 화학과 리튬이온 두 가지 유형을 대상으로 측정하였다.

태양광 발전량 그래프를 중첩하여 분석한 결과, 시간대 별로 동일한 패턴이 반복되는 것을 확인할 수 있었다. 이 패턴을 분석하면 태양광 패널 주변의 구조물 정보, 일조 시간대의 변동 정보를 얻을 수 있었다. 실험 결과, 음영을 만드는 구조물의 존재와 일출과 일몰시간 사이의 일조 시간을 계산할 수 있었다. 일조량이 충분히 확보되는 낮 동안에는 안정적인 발전량 그래프를 보였고, 화학 배터리는 0.28V, 리튬이온 배터리는 0.05V 의 변화폭으로 보다 안정적인 출력을 보였다. 또한, 12.00 V 진입 상태에서 화학배터리가 순간적인 급등으로 진입하고 리튬이온은 경우는 부드러운 곡선을 그림을 확인할 수 있었다.

태양광 패널의 경우 정남, 서남의 방향 변화에 따른 일조량이나 발전량 차이는 크지 않았으며, 날씨 변화에 따른 발전 휴지기 시에 작동 기기의 전력 소모를 최소화하는 방향으로 기기를 최적화하는 노력이 필요한 것으로 실험되었다.

실험에 사용된 250 Watt 태양광 패널의 크기가 제품 소형화에 지장을 줄 수 있는 만큼 크기 때문에 추가적으로 100Watt 급으로 용량과 그 크기를 낮추어 추가적인 실험을 진행할 필요가 있다.

References

- [1] K-M, Kim, *Application of solar tracking system for efficiency enhancement of solar photovoltaic system*, Master's Thesis, Chonbuk National University, Graduate School of Industrial Technology, 2017.
- [2] H. Y. Kim, *A study on the improvement of the accuracy of photovoltaic facility location using the geostatistical analysis*, Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 13, No. 2, pp. 146-156, 2010.
- [3] J-W. Won, *Operation efficiency analysis study of photovoltaic system fixed type and variable type*, Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 19, No. 4, pp. 472-477, 2017.
- [4] B-J. Yoo, and J. Lee, *A study on photovoltaic power generation amount forecast at design stage for extended application in the field of railways*, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 20, No. 2, pp. 182-189, 2017.
- [5] Y-S. Choi, E-K. Kim, and J-W. Jung, *MPPT control techniques for solar energy system*, The journal of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 18, No. 1, pp. 29-36, 2013.
- [6] W-H. Lee, M-Y. Lee, J-H. Lee, and H-J. Lee, *Calculation of capacity of solar cell and battery for stable solar system design*, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 6, No. 5, pp. 396-400, 2005.
- [7] S. H. Lee, Oh H. Kwon, and K. S. Lee, *PV system output analysis based on weather conditions, azimuth, and tilt angle*, Korea Photovoltaic Society, Current Photovoltaic Research, Vol. 5, No. 1, pp. 38-42, 2017.
- [8] C-S. Won, *Technical trend of floating PV system*, The Korean Solar Energy Society, Vol. 13, No. 1, pp. 18-23, 2015.
- [9] J. Kim, and W-H Cho, *Design of intelligent detection system based on solar energy for hazardous road weather service*, Proc. of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 102-105, 2015.

- [10] *Calculating your solar power Requirements*, <http://www.solartechnology.co.uk/support-centre/calculating-your-solar-requirments>, Dec. 2017.
- [11] *Photovoltaic power station*, https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_power_station, Dec. 2017.
- [12] *Solar energy*, <http://www.knrec.or.kr/knrec/11/KNREC110100.aspx>, Dec. 2017.
- [13] *Solar powered cellular wildlife surveillance camera systems*, <https://www.eyetrax.net/wildlife-outdoor-surveillance-cameras/>, Oct. 2017.
- [14] *A powerful software for your photovoltaic systems*, <http://www.pvsyst.com>, Dec. 2017.
- [15] *Solar power*, http://www.knrec.or.kr/energy/sunlight_summary.aspx, Oct. 2017.

태양광 패널과 배터리 유형에 따른 전력 생산 특성 비교

권오성

공주교육대학교 컴퓨터교육과

요 약

일반 전력을 이용할 수 없는 장소에서 전자 기기를 동작시키는 방법으로 흔히 태양광 발전 모듈을 이용한다. 일반적으로 태양광 발전 모듈은 태양광 패널, 충전기, 배터리 등으로 구성된다. 본 논문에서는 이러한 구성 요소 간의 상호 관계와 발전 특성을 실험하기 위하여 시스템을 구성하고 39일 동안 가동하고 그 자료를 분석하였다. 태양광 패널의 경우는 놓여지는 각도, 일조 시간, 계절 변이에 따른 발전량의 변화를 측정하였다. 배터리의 경우는 일반적으로 많이 사용되는 화학 배터리와 리튬이온 배터리를 대상으로 충전 실험을 진행하였다. 태양광 패널의 경우 일조량이 많은 정남, 남서향을 중심으로 그 특성을 조사하였고 발전량의 차이는 크지 않음을 확인할 수 있었다. 날씨의 맑음과 흐림 변화 차이와 계절 변화와 일조

시간대에 따른 발전 시간의 관계를 발전량 정지에 해당하는 1.50 V 전압시간, 충전이 시작되는 12V 전압 시간, 낮 동안의 평균 발전량 등을 기준으로 조사하였다. 조사 결과 발전량이 일몰 시간과 비례함을 확인할 수 있었다. 배터리의 경우는 12.00 V 전압 형태에서 화학배터리가 순간적인 급등으로 전압이 상승하고 리튬이온은 경우는 부드러운 곡선을 보임을 확인할 수 있었다. 일조량이 충분히 확보되는 낮 동안에는 양쪽 유형 배터리 모두 안정적인 발전량을 보였고, 화학 배터리는 0.28V, 리튬이온 배터리는 0.05V의 변화폭으로 보다 안정적인 출력 특성을 보였다. 실험으로 확인된 태양광 패널과 배터리의 발전 특성을 고려하여 패널의 설치 방향, 장착 배터리 특성에 알맞은 운영체계를 구성하면 보다 효율적인 발전 체계가 될 것으로 본다.



Oh-Sung Kwon received the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Chung-Ang University in 1994. He has been a professor in the Department of Computer

Education at Gongju National University of Education since 1995. His current research interests include multimedia data processing and digital image processing.

E-mail address: oskwon@gjue.ac.kr