

# 전기적 회로절체 알고리즘에 의한 태양광 어레이의 출력향상 방안에 관한 연구

김병목, 이후동, 태동현, 노대석\*  
한국기술교육대학교 전기공학과

## A Study on Output Enhancement Method of PV Array Using Electrical Circuit Reconfiguration Algorithm

Byung-Mok Kim, Hu-Dong Lee, Dong-Hyun Tae, Dae-Seok Rho\*  
Department of Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education

**요약** 전세계적으로 화석연료의 고갈위험과 환경오염에 대한 에너지의 부족 문제를 해결하기 위하여, 신재생에너지에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 우리나라에서도 2030년까지 신재생에너지의 비중을 전체 발전량의 20[%]인 63.8[GW]까지 확대하기 위하여 정책 및 제도가 추진되고 있다. 하지만, 태양의 위치 변화에 따라 주변 고층 건물 및 나무 등에 의하여 태양광 어레이에 음영이 발생하면, 해당 어레이의 출력 손실을 초래할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 음영으로 인한 출력 손실을 개선하기 위하여, 음영이 발생하지 않은 영역의 태양광모듈을 와이어와 스위치에 의해 전기적으로 회로 구성을 변경하는 태양광 어레이의 출력향상 알고리즘을 제안한다. 또한, 전력전자 회로해석 상용 프로그램인 PSIM S/W를 이용하여, 태양광 어레이, 와이어 및 절체스위치, 계통연계형 인버터로 구성된 태양광전원의 모델링을 제시한다. 이를 바탕으로 태양광전원의 운용 특성을 분석한 결과, 음영이 50%가 발생하면 기존에 방식에서는 출력이 발생하지 않지만 제안한 방식에서는 음영이 발생한 어레이와 발생하지 않은 어레이를 분리시켜, 전압을 246[V]로 회복시키고 지속적으로 출력을 유지할 수 있어, 태양광전원의 운용효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

**Abstract** Recently, RES (renewable energy source) projects have been spreading all over the world as an alternative to solve the shortage of energy and environmental problems caused by fossil fuel consumption. The Korean government also supported the policy and demonstration project to increase the proportion of renewable energy to 63.8[GW] until 2030, which is 20[%] of the total power generation. On the other hand, output loss of a PV array can occur when the surrounding high-rise buildings and trees shade a PV array. Therefore, this paper proposes an algorithm to improve the output loss of a PV array, which electrically changes a circuit configuration of PV modules by wiring and switching devices. Furthermore, this study modeled a PV system based on PSIM S/W, which was composed of a PV array, a circuit configuration device, and a grid-connected inverter. From the simulations results with the modeling and test device, the existing method showed no output when 50% of the shade occurs in PV modules. In contrast, the proposed method could produce the output because the voltage in the PV module could be restored to 246[V], and the operation efficiency of the PV system could be improved by the operation algorithm of the circuit configuration device.

**Keywords** : RES, PV Array, Circuit Configuration Algorithm, Circuit Configuration Device, PSIM S/W

본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 연구(No.20182410105070)와 한국에너지기술평가원의 연구(No.20191210301940)에 의하여 수행되었음.

\*Corresponding Author : Dae-Seok Rho(Korea University of Technology and Education)  
email: dsrho@koreatech.ac.kr

Received May 27, 2020  
Accepted August 7, 2020

Revised July 21, 2020  
Published August 31, 2020

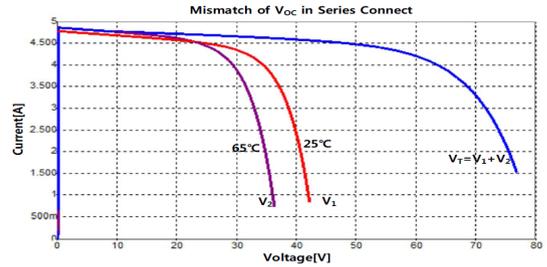
## 1. 서론

전세계적으로 화석연료의 고갈위험과 환경오염에 대한 에너지의 부족 문제를 해결하기 위하여, 신재생에너지에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 우리나라에서도 2030년까지 신재생에너지의 비중을 전체 발전량의 20%인 63.8[GW]까지 확대하기 위하여 정책 및 제도가 추진되고 있다[1-5]. 하지만, 태양광전원은 운용상의 다양한 기후조건과 경년열화 현상으로 발전능력이 저하되고 수명이 감소하고 있다. 따라서 태양광전원의 운용효율을 향상하기 위한 다양한 운용기술 개발이 요구되고 있는 실정이다. 한편, 태양광전원은 필요한 발전량을 얻기 위해 태양광모듈을 직병렬로 조합하여 전체 시스템을 구성하는데, 일사량 및 온도에 따라 성능이 크게 좌우된다. 일부 태양광전원은 주변 환경을 고려하지 않고 설치되어, 건물 또는 나무 등으로 인한 음영과 같은 특수한 상황에 의해, 출력 전력의 손실이 발생한다. 이러한 환경으로 음영이 고정적으로 어레이에 발생하게 되면, 발전 가능한 시간이 적은 태양광 어레이는 큰 출력 손실을 갖게 된다[6]. 따라서, 본 논문에서는 음영으로 인한 출력 손실을 방지하여 출력 효율을 향상시키기 위하여, 회로 변경 스위치와 와이어를 이용하여 음영이 발생하지 않은 영역의 태양광모듈을 서로 연결시키는 태양광 어레이의 출력향상 알고리즘을 제안한다. 또한, 전력전자 회로해석 상용 프로그램인 PSIM S/W를 이용하여, 태양광 어레이, 와이어 및 절체스위치, 계통연계형 인버터로 구성된 태양광전원의 모델링을 제시한다. 이를 바탕으로 태양광전원의 운용 특성을 분석한 결과, 음영이 발생한 어레이와 발생하지 않은 어레이를 분리시켜, 태양광전원의 운용효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

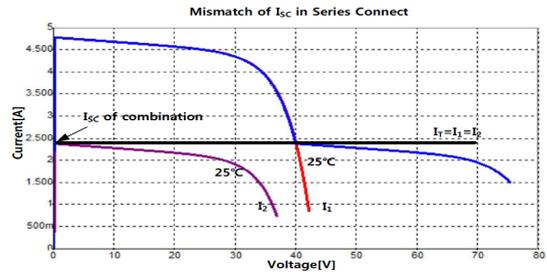
## 2. 태양광 어레이의 운용 특성

태양광전원은 필요한 전력을 생산하기 위하여 태양광모듈을 직·병렬로 조합하여 어레이를 구성한다. 이러한 어레이 구성으로 인하여 태양광 전원은 운용 중에 어느 한 모듈에 이상이 생길 경우, 전압 및 전류의 불균형이 발생하여, 전체시스템의 전력을 감소시킬 수 있다. 이를 부정합 손실(Mismatch losses)이라 하며 태양광모듈의 동작점, 회로배치, 태양전지 간 다른 특성변수 등에 의해 기인한다. Fig. 1은 직렬 연결된 태양광 모듈의 부정합 특성곡선으로 (a)는 개방전압의 부정합특성, (b)는 단락

전류의 부정합특성을 나타낸다. 즉, 직렬 연결된 태양광 모듈에서 하나의 모듈에 음영이 발생하여, 전류 불균형이 발생되면, 전체 전류가 성능이 좋지 못한 태양광모듈의 전류로 제한된다.



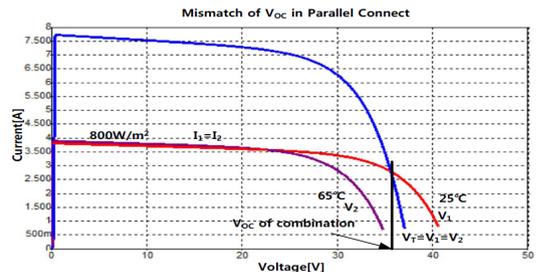
(a) Mismatch of open voltage in series connection



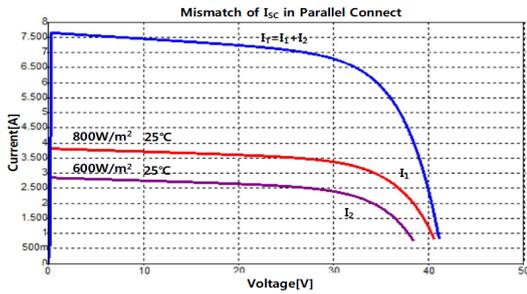
(b) Mismatch of short circuit current in series connection

Fig. 1. Mismatch characteristics of series-connected in PV modules

Fig. 2는 병렬 연결된 태양광모듈의 부정합 특성곡선으로 (a)는 개방전압의 부정합특성, (b)는 단락전류의 부정합특성을 나타낸다. 즉, 병렬 연결된 태양광모듈에서 하나의 모듈에 음영이 발생하여, 전압 불균형이 발생되면 전체 전압이 성능이 좋지 못한 태양광모듈의 전류로 제한된다. 따라서 태양광모듈의 발전량은 손실되고, 그림자에 가려진 모듈에서는 역 전압이 인가되면서 열이 발생하여 모듈의 파손을 일으킨다.



(a) Mismatch of open voltage in parallel connection



(b) Mismatch of short circuit current in parallel connection

Fig. 2. Parallel connected of series-connected PV modules

### 3. 전기적 회로구성에 의한 태양광 어레이의 출력향상 알고리즘

태양광 어레이는 태양의 위치 변화와 날씨 변화 및 나무 등으로 발생하는 음영에 의해 출력손실이 발생한다. 음영이 없는 정상상태에서, 부분음영이 어레이 전체 면적의 약 50[%] 이상 발생하면, 어레이를 구성하는 스트링 전압의 감소로 인하여 인버터가 동작을 정지하여 전체 출력이 0으로 되는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 음영이 발생할 경우, 와이어와 스위치를 이용하여 음영이 발생하지 않은 영역의 태양광 모듈이 서로 연결되도록 회로 구성을 변경하는 태양광 어레이의 출력향상 알고리즘을 제시한다. 즉, 음영에 의한 태양광 어레이의 출력 손실을 최소화하여 전체시스템의 출력을 향상시키는 알고리즘은 다음과 같다.

[Step 1] 태양광 어레이가 설치된 주변 환경(건물, 나무 등) 및 계절에 따라, 태양광 어레이에 발생하는 음영의 면적과 음영이 발생하는 시간대를 분석한다.

[Step 2] [Step 1]에서 분석한 데이터를 바탕으로, 태양광 전원의 출력 손실이 크게 발생하는 시간대와 음영이 발생하는 면적을 산정하고, 효율이 가장 높은 회로 구성을 제시한다.

[Step 3] [Step 2]에서 제시한 회로구성에 대하여, 음영이 발생할 경우 크로스 와이어(CW)와 스위치(SW1, SW2, SW3)를 이용하여 Fig. 3과 같이 회로 구성을 변경한다. 즉, 어레이의 회로 변경은 음영이 발생한 스트링 중에서 음영이 발생하지 않은 모듈 사이에 스위치와

크로스 와이어(CW)를 연결하여 음영이 발생하지 않은 부분의 모듈을 정상적으로 동작할 수 있도록 스트링 회로를 구성한다.

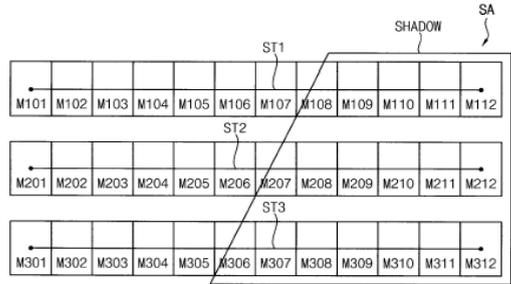


Fig. 3. Configuration of PV arrays

[Step 4] 태양광 어레이의 입력 전압을 분석하여 인버터 동작 전압 범위를 벗어나면, [Step 3]과 같이 회로 변경을 통하여 태양광 전원의 출력을 향상시킨다.

### 4. PSIM을 이용한 태양광 전원 출력향상장치 모델링

#### 4.1 태양광 모듈 및 어레이 모델링

전력전자해석 프로그램인 PSIM을 이용하여 250[W]급 태양광 모듈을 모델링하면 Fig. 4와 같다. 이 모듈은 60개의 태양전지 셀과 3개의 바이패스 다이오드로 구성되며, 20개의 셀마다 하나의 다이오드가 설치되어 있다.

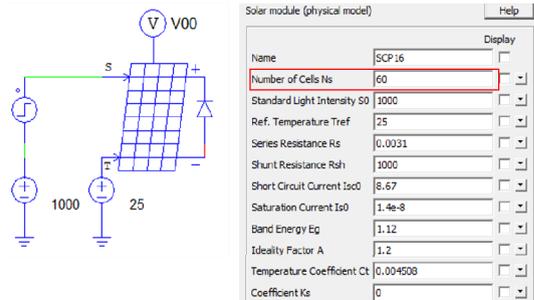


Fig. 4. Modeling of PV module

2[kW]급 태양광 스트링은 250[W] 태양광 모듈 8개를 직렬로 연결하여 구성하며, 4[kW]급 태양광 전원은 2개의 스트링을 병렬로 연결하여 구성하며 Fig. 5와 같이 나타낼 수 있다.

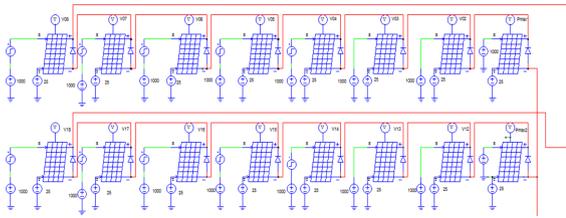


Fig. 5. Modeling of 4kW PV array

#### 4.2 회로 변경장치 모델링

태양광 모듈에 부분적으로 음영이 발생하는 경우, 절체 와이어에 의한 회로 변경장치를 모델링하면 Fig. 6과 같다. 즉, 16개의 태양광 모듈과 7개의 절체 스위치 및 와이어로 구성된다.

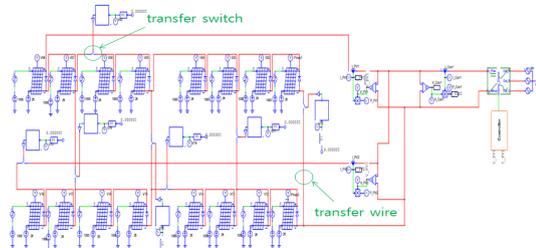
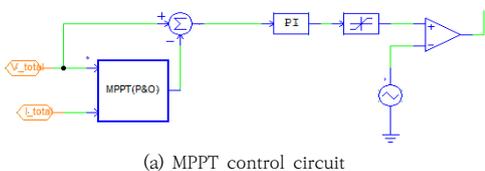


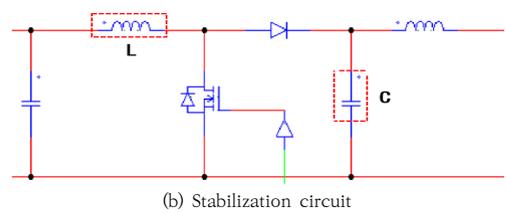
Fig. 6. Modeling of circuit configuration device

#### 4.3 계통연계형 인버터의 모델링

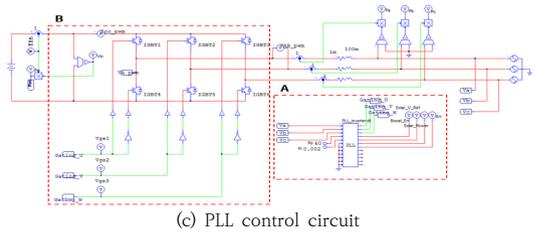
PSIM을 이용하여 MPPT 제어기 및 안정화 회로, PLL 제어기로 구성된 3상 계통연계형 인버터를 모델링하면 Fig. 7과 같다. 여기서, Fig. 7(a)는 태양광 전원의 최대 출력을 추종하는 MPPT 제어기이며, Fig. 7(b)는 출력 맥동을 저감시키기 위한 안정화 회로이다. 또한, Fig. 7(c)의 A부분은 계통의 선간전압 및 위상을 추종하여 C 언어 기반(DLL)으로 구성된 PLL 제어기를 통해 6개의 IGBT의 스위칭 신호를 결정하고, Fig. 7(c)의 B부분은 3상 계통연계형 인버터를 통해 스트링에서 발생한 DC 전력을 3상 AC 전력으로 변환하여 계통으로 공급한다 [7-9].



(a) MPPT control circuit



(b) Stabilization circuit



(c) PLL control circuit

Fig. 7. Modeling of 3-phase grid-connected inverter

#### 4.4 전체 시스템의 모델링

상기에서 제시한 모델링을 바탕으로 태양광 스트링, 인버터 제어기(MPPT 제어, 안정화회로, PLL 제어)로 구성된 전체 시스템을 나타내면 Fig. 8과 같다.

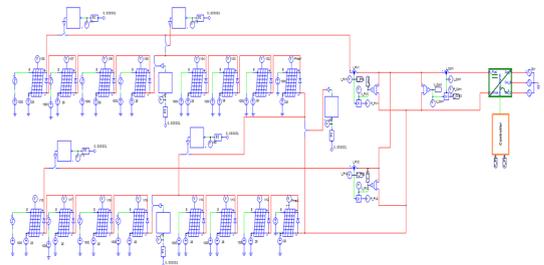


Fig. 8. Modeling of entire system

### 5. 4kW급 태양광 전원용 출력향상

#### 시험장치 구현

##### 5.1 태양광 모듈 및 어레이 구성

태양광 모듈은 60개의 태양전지 셀과 3개의 바이패스 다이오드로 구성되며, 20개의 셀마다 하나의 다이오드가 설치되어 있다. 2[kW]급 태양광 스트링은 250[W] 태양광 모듈 8개를 직렬로 연결하여 구성하며, 4[kW]급 태양광 전원은 2개의 스트링을 병렬로 연결하여 구성한다. Table 1은 시스템 구현에 사용된 태양광 모듈의 전기적 특성을 나타낸 것이다.

Table 1. Specifications of a PV module

items	contents
rated power ( $P_{max}$ )	250[W]
Pmax voltage ( $V_{mp}$ )	30.8[V]
Pmax current ( $I_{mp}$ )	8.14[A]
open voltage ( $V_{oc}$ )	37.5[V]
open voltage ( $I_{sc}$ )	8.67[A]

### 5.2 회로 변경장치 구성

태양광전원의 회로변경을 위한 와이어 및 절체스위치의 구성도를 나타내면 Fig. 9와 같다. 이 그림에서와 같이, 음영이 발생한 스트링 중에서 두 개의 스트링 사이에 와이어를 연결하여 음영이 발생되지 않은 부분은 정상적으로 작동하도록 회로를 구성한다. 또한, 정상상태의 모듈과 음영이 발생한 모듈을 분리시키기 위하여, 각 태양광스트링의 중간지점에 절체스위치를 설치한다. 한편, Labview S/W를 이용하여, 회로절체를 위한 스위치의 제어블록도를 나타내면 Fig. 10과 같다.

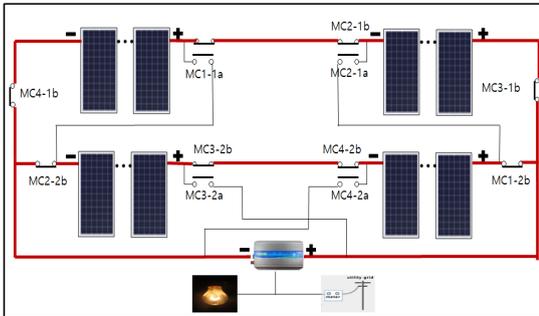


Fig. 9. Modeling of optimal configuration device in PV system

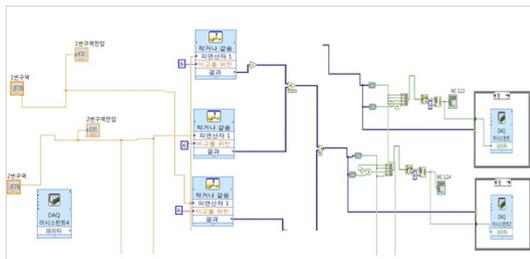


Fig. 10. Modeling of optimal configuration device in PV system using Labview S/W

### 5.3 계통연계형 인버터의 구성

4kW 인버터의 주요 사양은 Table 2와 같다. 어레이 별 동작 전압 범위는 DC 130~700[V]이고, 출력전압은 AC 380[V]이다.

Table 2. Specifications of PV Inverter

	items	contents
input	voltage operating range	DC 130V ~ 700V
	rated capacity	4kW
output	rated voltage	380V
	frequency fluctuation rate	60Hz +0.5Hz, -0.7Hz
	waveform distortion at output stage	5% or less
	overload capability	110% 10 minutes
	load power factor	more than 0.98
	rated efficiency	more than 95%

## 6. 시뮬레이션 및 시험결과 분석

### 6.1 시뮬레이션 및 시험조건

본 논문에서 제안한 태양광 전원의 회로변경에 의한 출력향상 알고리즘의 유용성을 확인하기 위하여, 여기서는 Fig. 11과 Fig. 12와 같이 시뮬레이션 및 시험조건을 상정한다. 구체적으로 Fig. 11은 좌측에서 우측 방향으로, 순서대로 음영을 발생시킨 경우이고, 그리고 Fig. 12는 임의로 중간모듈에 부분 음영을 발생시킨 것이다.

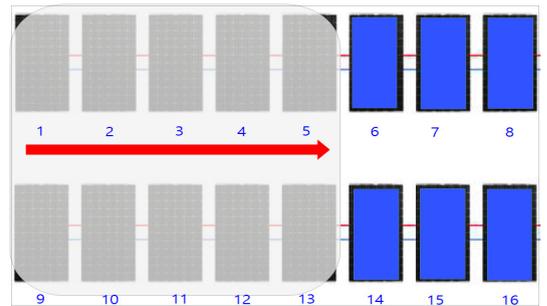


Fig. 11. Shadow condition from left to right module

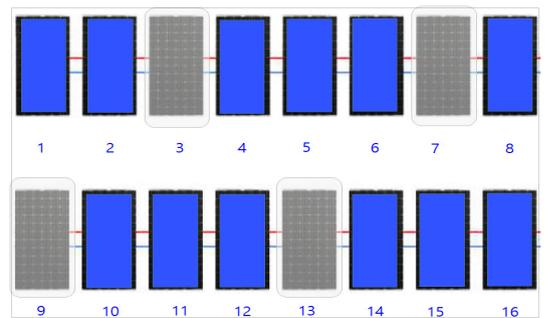


Fig. 12. Shadow condition in random way

## 6.2 PSIM의 모델링에 의한 출력향상 특성 분석

### 6.2.1 기존의 태양광 전원 출력특성

Fig. 11의 시뮬레이션 조건을 바탕으로 모듈에 음영을 순서대로 발생시킨 경우 태양광 어레이의 전압 및 출력 특성을 나타내면 Fig. 13과 같다. 여기서 Fig. 13(a)는 태양광 어레이의 전압이고 Fig. 13(b)는 태양광 어레이의 전력을 나타낸다. Fig. 13(a)는 태양광 모듈 좌측에서 우측으로 1개씩 3개의 모듈까지 음영을 발생시킨 경우이며, 이때 태양광 어레이의 전압은 246[V]에서 216[V], 185[V], 154[V]까지 감소되고, 4개의 모듈까지 음영을 발생시키면 태양광 인버터의 탈락전압인 130[V] 이하까지 감소되어 인버터가 정지되는 것을 알 수 있다. 또한, Fig. 13(b)와 같이 태양광 어레이의 출력도 전압과 동일한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 상기의 어레이의 전압과 출력을 음영 구역별로 나타내면 Table 3과 같다.

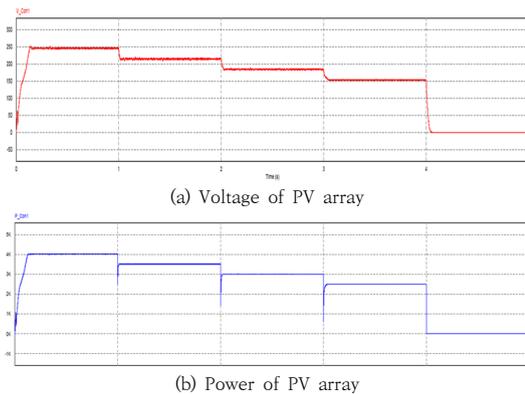


Fig. 13. Characteristics of voltage and power of PV array

Table 3. Characteristics of voltage and power of PV array

shadow sections	voltage [V]	power [kW]
0	246.3	4.01
1	215.6	3.51
2	185.4	3.00
3	153.9	2.50
4	0	0
5	0	0

한편, Fig. 12의 시뮬레이션 조건을 바탕으로 임의로 모듈에 음영을 발생시킨 경우 태양광 어레이의 전압 및 출력 특성을 나타내면 Fig. 14와 같다. 여기서 Fig. 14(a)는 태양광 어레이의 전압이고 Fig. 14(b)는 태양광 어레이의 전력을 나타낸다. Fig. 14(a)는 태양광 모듈 좌측에서 우측으로 1개씩 3개의 모듈까지 음영을 발생시킨 경우, 태양광 어레이의 전압은 246[V]에서 216[V], 185[V], 154[V]까지 감소되고, 4개의 모듈까지 음영을 발생시키

이의 전력을 나타낸다. Fig. 14(a)는 태양광 모듈에 임의로 음영을 발생시킨 경우이며, 이때 태양광 어레이의 전압은 246[V]에서 216[V], 185[V], 154[V]까지 감소되고, 4개의 모듈까지 음영을 발생시키면 태양광 인버터의 탈락전압인 130[V] 이하까지 감소되어, 인버터가 정지되는 것을 알 수 있다. 또한, Fig. 14(b)와 같이 태양광 어레이의 출력도 전압과 동일한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 상기의 어레이의 전압과 출력을 음영 구역별로 나타내면 Table 4와 같다.

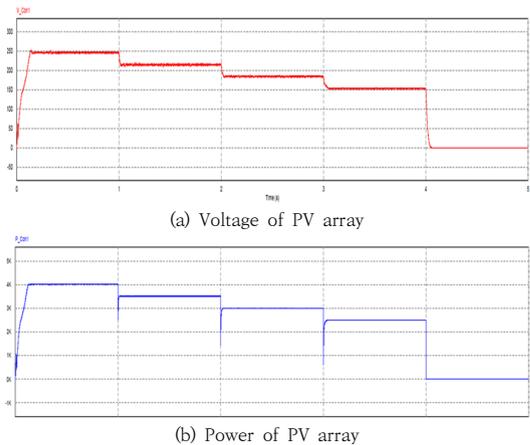


Fig. 14. Characteristics of voltage and power of PV array

Table 4. Characteristics of voltage and power of PV array

shadow sections	voltage [V]	power [kW]
0	246.3	4.01
1	215.6	3.51
2	185.4	3.00
3	153.9	2.50
4	0	0
5	0	0

### 6.2.2 제안한 태양광전원 출력특성

Fig. 11의 시뮬레이션 조건을 바탕으로 모듈에 음영을 순서대로 발생시킨 경우 태양광 어레이의 전압 및 출력 특성을 나타내면 Fig. 15와 같다. 여기서 Fig. 15(a)는 태양광 어레이의 전압이고 Fig. 15(b)는 태양광 어레이의 전력을 나타낸다. Fig. 15(a)는 태양광 모듈 좌측에서 우측으로 1개씩 3개의 모듈까지 음영을 발생시킨 경우, 태양광 어레이의 전압은 246[V]에서 216[V], 185[V], 154[V]까지 감소되고, 4개의 모듈까지 음영을 발생시키

면 절체스위치가 동작하여 태양광 모듈이 246[V]로 회복되어, 인버터의 운전이 가능함을 알 수 있다. 즉 기존에 운영방식에서는 인버터의 탈락전압인 130[V] 이하까지 감소되어 인버터가 정지되지만, 본 연구에서 제안한 방식은 인버터의 운전이 지속되어, 태양광 전원의 운용효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 또한, Fig. 15(b)와 같이 태양광 어레이의 출력도 전압과 동일한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 상기의 어레이의 전압과 출력을 음영 구역별로 나타내면 Table 5와 같다.

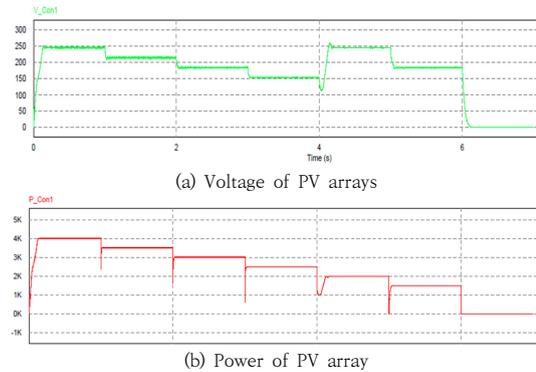


Fig. 15. Characteristics of voltage and power of PV array

Table 5. Characteristics of voltage and power of PV array

shadow sections	voltage [V]	power [kW]
0	246.3	4.01
1	215.6	3.51
2	185.4	3.00
3	153.9	2.50
4	245.9	2.00
5	185.5	1.54

Fig. 12의 시뮬레이션 조건을 바탕으로 임의로 모듈에 음영을 발생시킨 경우, 태양광 어레이의 전압 및 출력 특성을 나타내면 Fig. 16과 같다. 여기서, Fig. 16(a)는 태양광 어레이의 전압이고, Fig. 16(b)는 태양광 어레이의 전력을 나타낸다. Fig. 16(a)는 태양광 모듈에 임의로 음영을 발생시킨 경우, 태양광 어레이의 전압이 246[V]에서 216[V], 185[V], 154[V]까지 감소되고, 4개의 모듈까지 음영을 발생시키면, 절체스위치가 동작하여 태양광 어레이가 246[V]로 회복되어, 인버터의 운전이 가능함을 알 수 있다. 즉, 기존의 운영방식에서는 인버터의 탈락전압인 130[V] 이하까지 감소되어 인버터가 정지되지만,

본 연구에서 제안한 방식은 인버터의 운전이 지속되어, 태양광 전원의 운용효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 또한, Fig. 16(b)와 같이 태양광 어레이의 출력도 전압과 동일한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 상기의 어레이의 전압과 출력을 음영 구역별로 나타내면 Table 6과 같다.

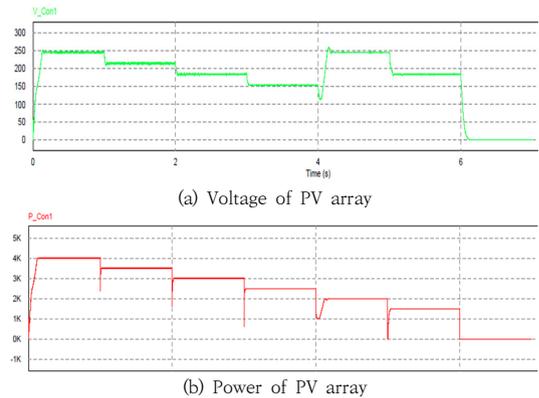


Fig. 16. Characteristics of voltage and power of PV array

Table 6. Characteristics of voltage and power of PV array

shadow sections	voltage [V]	power [kW]
0	246.3	4.01
1	215.6	3.51
2	185.4	3.00
3	153.9	2.50
4	245.9	2.00
5	185.5	1.54

### 6.3 시험장치에 의한 태양광 전원 출력향상 특성 분석

기존의 운영방식과 제안한 운영방식에 의한 태양광발전의 운용효율 특성을 비교하기 위하여, 음영이 발생된 모듈의 개수를 파라메타로 하여, 태양광발전의 출력특성을 나타내면 Table 7과 같다. 여기서, 기존의 운영방식에서는 4개 이상의 모듈에 음영이 발생하는 경우, 인버터의 최소 동작범위를 벗어나 인버터가 정지하는 문제점이 발생하지만, 제안한 운영방식에서는 4개 이상의 모듈에 음영이 발생하여도 회로변경에 의하여 인버터가 정상적으로 동작함 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서 제안한 방식은 더 많은 모듈에 음영이 발생하여도 정상적인 인버터의 운전이 가능하여, 태양광 전원의 운용효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

Table 7. Characteristics of voltage and power of PV array with test device

shadow sections	existing method		proposed method	
	voltages [V]	powers [kW]	voltages [V]	powers [kW]
0	248.1	3.684	248.1	3.684
1/8	211.0	3.228	211.0	3.228
2/8	196.4	2.764	196.4	2.764
3/8	151.8	2.300	151.8	2.300
4/8	0	0	248.1	1.842

## 7. 결론

본 논문에서는 음영으로 인해 감소된 스트링의 전압을 전기적 회로구성에 의한 태양광 어레이의 출력향상방식을 제안하고, PSIM S/W와 시험장치를 이용하여 기존 태양광전원의 운전방식과 제안한 태양광전원 운영방식을 비교 분석하였다. 이에 대한 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 기존 태양광전원의 운영방식에서는 음영이 스트링 면적의 50%가 발생하면 스트링의 전압은 인버터의 최소 동작전압 범위 130[V]를 벗어나, 해당 스트링은 인버터로부터 탈락되어 해당 출력은 0[W]로 감소함을 PSIM S/W를 이용하여 확인하였다. 따라서 음영으로 인하여 태양광전원의 운용효율이 감소하게 됨을 알 수 있었다.
- (2) 제안한 태양광전원 운영방식을 이용하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 음영이 해당 스트링 면적의 50%가 발생하면, 초기에 스트링 전압 및 출력은 순간적으로 감소되지만, 절체 스위치로 인하여 스트링의 전압은 246[V]로 회복되고, 출력은 2000[W]가 됨을 PSIM S/W를 이용하여 확인하였다. 또한 모듈에 음영이 5까지 발생하여도 인버터 동작범위 안으로 유지되어 태양광 발전이 가능하다. 따라서 기존의 운영방식에 비하여 운용효율이 향상됨을 알 수 있었다.
- (3) 전기적 회로구성에 의한 태양광 어레이의 출력향상 시험 장치를 이용하여 PSIM S/W와 동일한 조건으로 시험을 해본 결과 시뮬레이션 결과와 동일함을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 태양광전원 운영방식을 이용한다면 지속적으로 출력을 유지하여 태양광전원의 운용효율을 상당히 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

## References

- [1] S. J Ku, S. H Yoon, "Willingness to pay for renewable energy investment in Korea: A choice experiment study", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, No. 8, pp. 2196-2201, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.013>
- [2] S. J Ku, S. H Yoon, "The Electrical Characteristics of The Modules According to The Environment of The Floating Photovoltaic System", J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng, Vol. 31, No.5, pp. 283-289 2018 DOI: <http://doi.org/10.4313/JKEM.2018.31.5.283>
- [3] H. T Kim, S. S Jhang, "Key Technologies for Stabilization of Power System for Successful Achievement of 3020 Renewable Energy Policy", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 67, No. 2, pp. 149-157, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5370/KIEE.2018.67.2.149>
- [4] Ministry of Trade, Industry and Energy, Renewable Energy 3020Plan, <https://www.gov.kr/portal/ntnadm/News/1279625>, 2017.
- [5] B.K Kim, K. S Ryu, C. H Kim, D. S Rho, "A Study on the Customer Voltage Characteristic of Distribution System with Large Scale PV", Trans. KIEE. Vol. 62, pp. 29-36 No.1, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2012.62.1.029>
- [6] D. H. Tae, J. B Park, M. Y Kim, S. S Choi, C. H Kim, D. S Rho, "A Study on the Efficiency Improvement Method of Photovoltaic System Using DC-DC Voltage Regulator", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol. 17, No. 7 pp. 704-712, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.7.704>
- [7] Jung-Hyun Kim, Gwang-Seob Kim, Kyo-Beum Lee, "A Sensorless MPPT Control Using an Adaptive Neuro-Fuzzy Logic for PV Battery Chargers", THE KOREAN INSTITUTE OF POWER ELECTRONICS Vol. 18, No. 4, pp. 349-358, 2013. DOI: <https://doi.org/10.6113/tpke.2013.18.4.349>
- [8] Wujong Lee, Hyunsik Jo, Hak Ju Lee, Hanju Cha, "Seamless Transfer Operation Between Grid-connected and Stand-Alone Mode in the Three-phase Inverter", Journal of The Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 62, No. 2, pp. 201-207, 2013.2. DOI: <https://doi.org/10.5370/kiee.2013.62.2.201>
- [9] Jeong Ku-In, Kwon Jung-Min, "Parallel operating technique for the stand alone PV PCS", The Transaction of The Korean Solar Energy Society 35(6), pp. 9-15, 2015.12. DOI: <https://doi.org/10.7836/kses.2015.35.6.009>

김 병 목(Byung-Mok Kim)

[정회원]



- 2011년 3월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2013년 8월 : 동대학원 전기공학과(공학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 스마트그리드, 2차전지

노 대 석(Dae-Seok Rho)

[정회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 일본 북해도대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 1987년 3월 ~ 1998년 8월: 한국 전기연구소 연구원/선임연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

전력/배전 계통, 분산전원연계, 전력품질해석

이 후 동(Hu-Dong Lee)

[정회원]



- 2016년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2018년 8월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

전력/배전계통, 신재생에너지, 전기저장장치

태 동 현(Dong-Hyun Tae)

[정회원]



- 2014년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2016년 8월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 마이크로그리드