

## 태양광 발전시스템의 환경조건을 고려한 PV 모듈 구성

(PV Module Configuration Considering Environment Conditions of Photovoltaic System)

고재섭\* · 정동화\*\*

(Jae-Sub Ko · Dong-Hwa Chung)

### Abstract

This paper proposes the configuration of photovoltaic(PV) module considering the environment conditions of the PV system. The PV system is consisted of the series-parallel connection of the PV module. When shadows or changes of the radiation or an electrical characteristic in the solar cell are happened to PV system, the serious power loss will occur. If the PV module connected in series has the shadows, the output current is restricted to current of shaded PV module. Also if shadow is occurred to the parallel connection PV module, the output voltage is limited to voltage of shaded PV module. These problems are caused power loss. Therefore, this paper proposes the method that makes the output power of the PV module equalize by reconfiguration of PV module using the switching considering these environment conditions. A validity of the method proposed in this paper proves through comparing with performance of conventional PV module.

Key Words : Photovoltaic, Environment Conditions, Shadow, PV module, Switching

### 1. 서 론

신재생에너지는 에너지위기 및 환경오염에 대한 문제를 해결하기 위한 매우 중요한 요소이다. 종래에 에너지원으로 사용된 화석연료가 빠르게 고갈됨에 따라서 이

에 대한 대체에너지로 비용이 들지 않으며, 풍부하고 환경오염도 없는 태양에너지에 대한 관심이 높아지고 있다[1-2]. 그러나 태양광 발전시스템은 주요 부품인 태양전지의 제작비용이 감소되었지만, 종래의 발전 방법과 비교했을 때 초기 설치비용이 높고 에너지 밀도 및 효율이 낮아 발전단가가 높은 단점이 있다[3-4].

태양광 발전소는 필요한 전력생산을 위해 PV 모듈을 직·병렬로 연결하여 어레이를 구성하고 이러한 어레이를 직·병렬로 구성하여 전체 태양광 발전소를 구성한다. 이러한 태양광 발전소를 구성할 때 다수의 PV 모듈이 사용되며 이러한 PV 모듈 사이에 발생하는 전압 및 전류의 불균형은 전체적인 전력손실을 발생시킬 수 있다. PV 모듈의 역전류 흐름을 방지하는 바이패스 다이오드가 설치되지 않은 PV 모듈이 직렬

\* 주저자 : 순천대학교 공학박사  
\*\* 교신저자 : 순천대학교 전기제어공학과  
\* Main author : Suncheon National Univ. Doctor of Engineering  
\*\* Corresponding author : Suncheon National Univ. Department of Electric Control Engineering  
Tel : 061-750-3543, Fax : 061-750-3540  
E-mail : hwa777@suncheon.ac.kr  
접수일자 : 2013년 10월 1일  
1차심사 : 2013년 10월 3일  
심사완료 : 2014년 1월 22일

로 연결된 PV 모듈에서 불균형이 발생하면 직렬회로의 특성에 따라 전체 전류가 성능이 좋지 못한 PV 모듈의 전류로 제한된다. 또한 병렬로 연결된 PV 모듈은 병렬 회로의 특성으로 출력 전압은 성능이 좋지 못한 PV 모듈의 전압으로 제한되어 전력손실을 발생시킨다. 바이패스 다이오드를 가진 PV 모듈이 직·병렬로 연결되었을 때 PV 모듈의 전기적인 불균형이 발생할 경우 직렬연결에서는 전기적으로 낮은 전류를 가지는 PV 모듈은 단락되어 발전을 하지 못하게 되며 병렬연결에서는 낮은 전압을 가지는 PV 모듈이 발전을 하지 못하게 된다[5]. 이러한 문제는 전기적 성능이 다른 PV 모듈을 접속하거나 전기적으로 연결된 PV 모듈 또는 어레이의 일부분에 그림자가 발생하였을 때 크게 발생한다. 따라서 태양광 발전을 구성하는 PV 모듈 또는 어레이의 일부분에 그림자가 발생하였을 때 전력손실을 저감시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 소용량 PCS(Power Conditioning System)를 각각의 PV모듈에 부착하여 제어를 수행하는 MIC(Module Integrated Converter)이 연구되었다. 그러나 MIC 방법은 모든 PV 모듈에 전력변환장치가 사용되기 때문에 전력변환 효율에 따라 성능이 좌우되며 단위 전력당 발전이용이 높다는 단점을 가진다[6]. 또한 PV 모듈에 발생한 그림자를 제거하기 위하여 추적시스템을 이용한 방법도 제시되었다. 그러나 이러한 방법은 고정식 PV 시스템에는 적용할 수 없다는 문제점을 나타낸다[7].

따라서 본 논문에서는 태양전지표면의 오염으로 인하여 PV 모듈에 입사되는 일사량이 균일하지 못하거나 일부 PV 모듈에 발생한 그림자에 의해 PV 어레이를 구성하는 PV 모듈 사이에 전기적인 불균형이 발생하였을 때 PV 모듈을 새롭게 연결하여 전기적으로 균일한 출력을 나타냄으로서 전력손실을 저감시키는 환경조건을 고려한 PV 모듈 구성을 제시한다. 본 논문에서 제시한 방법은 종래의 PV 모듈과 응답특성 비교를 통해 타당성을 입증한다.

## 2. 태양광 발전의 그림자 영향

태양광 발전의 성능 및 효율을 감소시키는 요인은

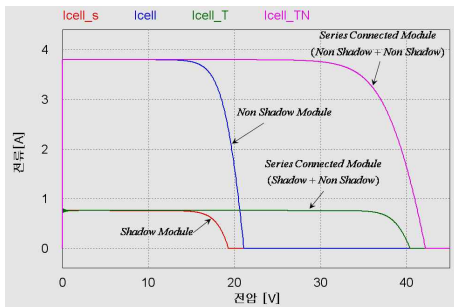
다양하게 발생할 수 있다. 특히 주변 환경에 큰 영향을 받는 태양광 발전 시스템은 태양전지에 발생하는 그림자로 인한 태양전지의 전기적 특성의 변화 현상이 발생한다. 그림자로 인한 직렬연결 PV 모듈에서 전기적 특성 변화는 매우 큰 전력 손실을 발생시킨다. 일반적으로 전압을 증가시키기 위하여 PV 모듈을 직렬 연결하는데, 태양전지 자체의 결함 또는 그림자에 의해 태양전지 모듈 간 전압의 차이가 크게 발생하게 되면 출력이 감소된 PV 모듈은 다른 PV 모듈에 역전압이 인가되어 열이 발생하여 파손되기도 한다[5].

그림 1은 직렬 연결된 PV 모듈에 그림자가 발생했을 때의 특성곡선을 나타내고 그림 1 (a)는  $I-V$  곡선, 그림 1 (b)는  $P-V$  곡선을 나타낸다. 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈과 그림자가 발생하여 낮은 단락전류를 가지는 PV 모듈이 직렬 연결되면 낮은 단락전류로 인하여 전류가 제한된다. 직렬 연결된 PV 모듈의 그림자 영향은 PV 모듈의 서로 다른 단락전류를 발생시킨다. 각 모듈과 부하의 연결 시 폐회로가 형성되고 폐회로 내에서는 전류가 항상 같기 때문에 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈의 전류는 그림자가 발생한 PV 모듈의 전류로 제한된다. 이와 같이 직렬연결 PV 모듈에 발생한 그림자 영향의 두 가지 단점은 첫째, 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈은 낮은 단락전류를 따라야 하므로 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈의 단락전류에서 그림자가 발생한 PV 모듈의 단락전류 차이만큼 제한되기 때문에 손실이 발생한다. 둘째, 전체 개방전압에서 그림자가 발생한 PV 모듈의 개방전압 값을 뺀 값 이하에서 전압 동작점이 존재할 때에 그림자가 발생한 PV 모듈의 전류가 역방향으로 된다. 따라서 역 전압이 인가되고 부하처럼 동작되어 열이 발생하게 되어 PV 모듈의 파손을 일으키는 원인이 된다.

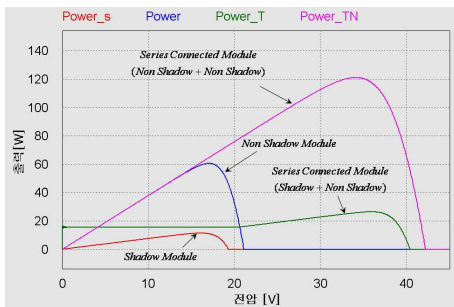
직렬연결의 폐회로는 전류가 같기 때문에 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈의 전류가 그림자가 발생한 PV 모듈의 전류로 제한된다. 따라서 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈의 제한된 전류만큼 손실로 발생하게 된다. 또한 그림자가 발생한 PV 모듈은 단락전류 보다 큰 전류가 흘러 역 전압이 인가되고 PV 모듈에 열이 발생하거나 파손되는 원인이 된다.

최근에는 이러한 직렬연결에 대한 문제를 해결하기 위

하여 바이패스 다이오드를 PV 모듈에 연결한다. PV 모듈에 바이패스 다이오드를 연결함으로써 역 전압이 인가될 경우 바이패스 다이오드의 동작전압까지만 역 전압이 인가된다. 즉 역 전압에 의해 바이패스 다이오드가 동작할 때에 외부에서 흘러들어오는 전류는 PV 모듈을 통해 흐르지 않고 바이패스 다이오드를 통하여 도통이 된다. 이를 통해서 태양전지와 모듈의 파손을 방지한다.



(a)  $I-V$  곡선

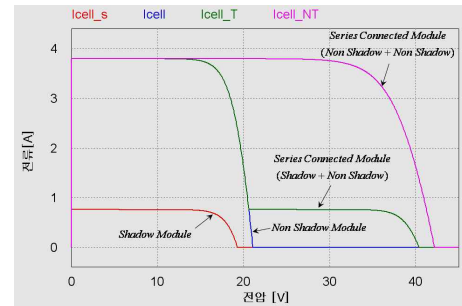


(b)  $P-V$  곡선

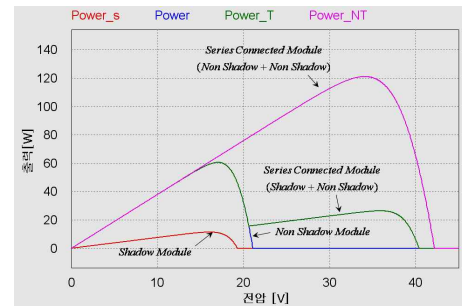
그림 1. 직렬연결 PV 모듈의 그림자 영향  
Fig. 1. Shadow influence of series connection PV module

그림 2는 바이패스 다이오드가 연결된 직렬 PV 모듈의 그림자 영향을 나타낸다. 바이패스 다이오드를 가진 PV 모듈이 직렬 연결되어 있고 하나의 PV 모듈에 그림자가 발생하면 그림자가 발생한 모듈에서 전류가 역방향으로 흐르기 때문에 그림자가 발생한 PV 모듈의 전류는 바이패스 다이오드에 의해 차단되고 그림자가 발생하지 않은 PV 모듈만 동작된다. PV 모듈의 동작전압이 증가함에 따라서 동작전류가 감소하여 그림자가 발생한 PV 모듈의 단락전류 이하가 되면 그림자가 발생한 PV 모듈의 전류가 정 방향으로 흐르

기 때문에 모든 PV 모듈이 동작하게 되어 PV 모듈의 직렬연결 형태로 구성된다.



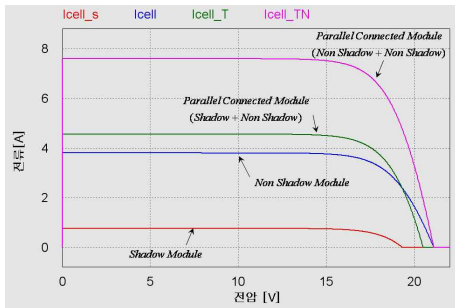
(a)  $I-V$  곡선



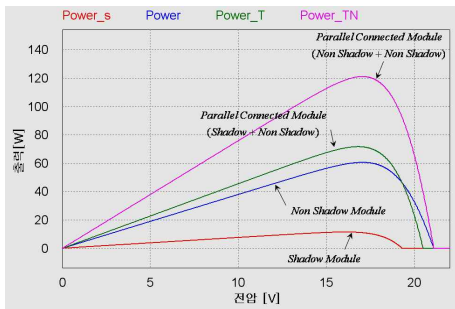
(b)  $P-V$  곡선

그림 2. 바이패스 다이오드가 내장된 직렬연결 모듈의 그림자 영향  
Fig. 2. Shadow influence of series connection PV module with bypass diode

병렬 연결된 PV 모듈의 그림자 영향은 출력전압에 영향을 미친다. 병렬 연결된 PV 모듈의 그림자 영향은 서로 다른 개방전압에 의해 발생하며 큰 개방전압을 가지는 PV 모듈은 개방전압은 낮아지며, 낮은 개방전압을 갖는 PV 모듈은 개방전압이 높아진다. 최대 전력점은 병렬연결에 의해 새롭게 형성된  $I-V$  곡선의 최대전력점을 따른다. 새로이 형성된  $I-V$  곡선의 최대전력점에 의해 각 모듈의 동작점이 개별  $I-V$  곡선의 최대전력점과 다른 위치에 존재하게 된다. 결국 개별 모듈 측면에서 최대전력점에 동작점이 존재하지 않으므로 발전하지 못하는 전력만큼 손실이 발생한다. 그림 3은 병렬 연결된 PV 모듈의 그림자 영향을 나타낸다. 그림 3 (a)는 병렬 연결된 PV 모듈의  $I-V$  곡선, 그림 3 (b)는  $P-V$  곡선을 나타낸다.



(a)  $I-V$  곡선



(b)  $P-V$  곡선

그림 3. 병렬 연결된 PV 모듈의 그림자 영향  
Fig. 3. Shadow influence of parallel connection PV module

### 3. 환경조건을 고려한 PV 모듈 구성

본 논문에서는 PV 어레이에 그림자가 발생하였을 때 스위칭 동작을 통해 PV 어레이를 재구성하는 방법을 제시한다. PV 모듈의 스위칭을 통해 직·병렬연결을 새롭게 구성할 수 있다.

그림 4는 본 논문에서 제시한 PV 어레이의 구성도를 나타낸다. 9개의 모듈과 18개의 스위치를 통해 PV 어레이를 새롭게 구성할 수 있다.

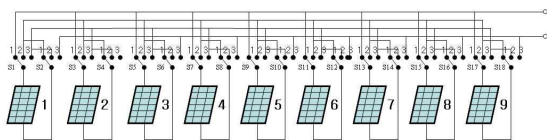


그림 4. 제시한 PV 어레이 구성도  
Fig. 4. Configuration of proposed PV array

그림 4에서 제시하는 PV 어레이를 구성하는 방법에서 첫 번째 열의 1번 PV 모듈을 기준으로 고정시키고

1번 PV 모듈의 상태에 맞게 1번열의 PV 모듈 구성을 변경할 수 있다. 또한 2번 PV 모듈을 2번째 행에 접속하고 이제 맞게 스위칭을 변경하는 경우와 2번 PV 모듈을 3번째 행에 접속하고 이제 맞게 스위칭을 변경하는 경우는 모두 같은 값을 가지게 된다. 따라서 2번 PV 모듈의 경우 3가지 상태를 가지는 스위칭이 아닌 2가지 상태를 가지는 스위칭으로 상태 전환이 가능하다. 따라서 그림 4의 PV 어레이 구성방법은 보다 간단하게 변형시키면 그림 5와 같이 구성할 수 있다.

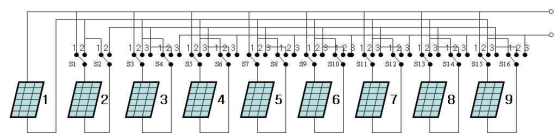


그림 5. 변형된 PV 어레이 구성도  
Fig. 5. Modified configuration of PV array

그림 6은 변형된 PV 어레이 구성 방법에 의한 스위칭 상태에 따른 PV 어레이의 구성도를 나타낸다.

스위칭 상태	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
스위칭 상태	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
PV 어레이 구성도																
스위칭 상태	2	2	3	3	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2	3	3
PV 어레이 구성도																

그림 6. 변형된 PV 어레이 구성 방법에 의한 PV 어레이 구성  
Fig. 6. PV array configuration by the modified PV array configuration method

본 논문에서 제시한 방법은 그림자 또는 전기적으로 다른 PV 모듈에 의해 PV 모듈 사이에 출력이 균일하지 못할 때 발생하는 전력손실을 저감시키기 위하여 PV 모듈을 스위칭을 통해 새롭게 구성하는 방법을 제시하였고 이를 통해 전력손실을 저감시킬 수 있다.

본 논문에서 제시하는 PV 어레이의 구성방법은 다음과 같다.

단계 1 : 모든 PV 모듈의 전압( $V_{pv}$ )과 전류( $I_{pv}$ )를 측정하여 전력( $P_{pv}$ )을 계산한다.

단계 2 : 같은 열에 연결된 PV 모듈 전력의 합을 계산한다.

단계 3 : 단계 2에서 계산된 전력의 최대값과 최소값의 차를 계산한다.

단계 4 : 단계 3에서 계산된 값과 PV 모듈 평균전력을 비교한다.

단계 5 : 단계 3에서 계산된 값이 PV 모듈의 평균전력보다 큰 경우 PV 모듈 구성을 위해 스위칭을 시작한다.

단계 6 : 모든 PV 모듈이 연결되면 종료한다.

그림 7은 본 논문에서 제시하는 그림자 영향을 고려한 PV 모듈의 구성을 위한 순서도를 나타낸다.

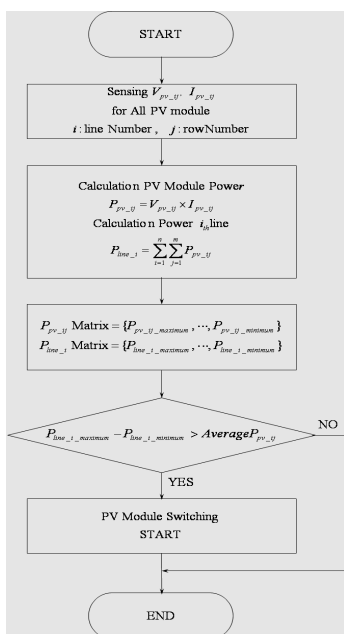


그림 7. 그림자 영향에 따른 PV 모듈의 구성을 위한 순서도  
Fig. 7. Flow chart for configuration of PV module by shadow influence

## 4. 성능시험 및 결과

### 4.1 시뮬레이션 결과

표 1은 환경조건에 따른 PV 모듈 구성의 성능시험을 위한 PV 모듈의 파라미터를 나타낸다. PV 모듈의 파라미터는 AM 1.5, 온도 25°C 및 일사량 1,000W/m<sup>2</sup>의 실험조건에서 측정된 값을 나타낸다.

표 1. PV모듈의 파라미터 및 시뮬레이션 조건  
Table 1. Parameter PV module and simulation condition

파라미터	기호	측정값	단위
개방전압	$V_{oc}$	21.6	$V_{dc}$
단락전류	$I_{sc}$	0.34	$A$
최대전력 전압	$V_{mp}$	17.5	$V_{dc}$
최대전력 전류	$I_{mp}$	0.29	$A$
최대전력	$P_{mp}$	5	$W$
전체모듈수	$N$	9	$EA$

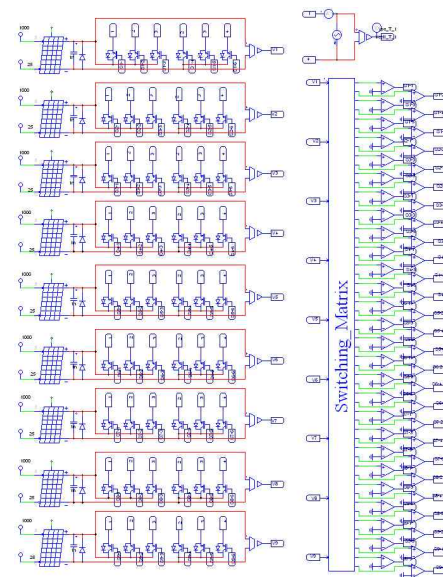


그림 8. 환경변화에 따른 PV 모듈 구성을 위한 회로도  
Fig. 8. Circuit diagram for PV module configuration by environment changing

태양광 발전시스템의 환경조건을 고려한 PV 모듈 구성

그림 8은 환경조건에 따른 PV 모듈 구성 성능분석을 위한 회로도를 나타낸다. 환경조건에 다른 PV 모듈 구성을 위하여 9개의 PV 모듈을 사용하였으며 하나의 모듈에는 각각 6개의 스위치가 사용되었다. 또한 Switching\_Matrix 를 통해 PV 모듈 각각의 전압에 따라 PV 모듈 구성을 하였다.

그림 9는 9개의 PV 모듈이 스위칭을 통해 3개의 병렬 회로와 3개의 직렬회로로 구성되었을 때의 PV 어레이를 나타낸다. 그림 10은 그림 9의 9개의 PV 모듈에 그림자가 발생하지 않았을 경우에 응답특성을 나타내며 그림 10 (a)는  $P-I$  곡선, 그림 10 (b)는  $V-I$  곡선을 나타낸다.

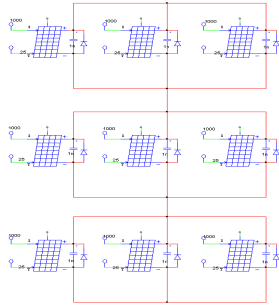
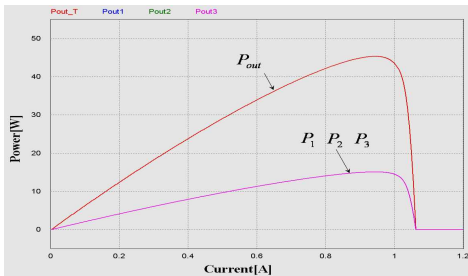
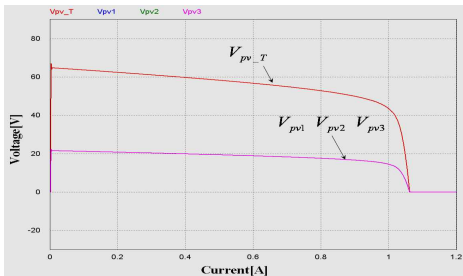


그림 9. PV 어레이(그림자 미발생)  
Fig. 9. PV array(non shaded)



(a)  $P-I$  곡선



(b)  $V-I$  곡선

그림 10. 그림 9에 대한 특성곡선  
Fig. 10. Characteristics curve for fig. 9

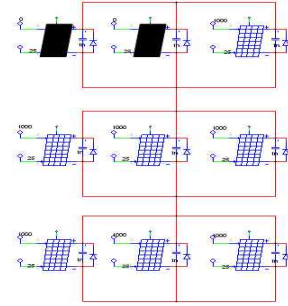
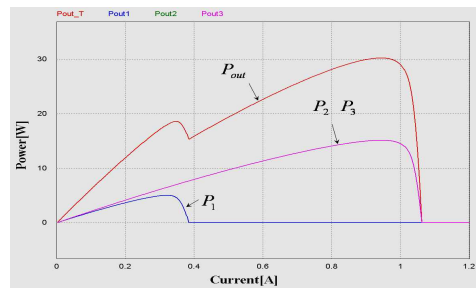
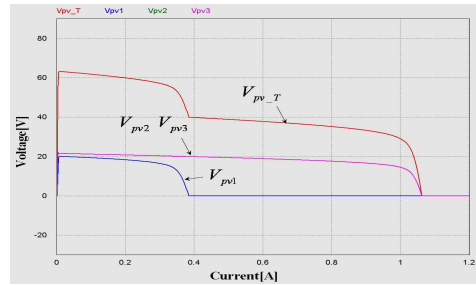


그림 11. PV 어레이(그림자 발생)  
Fig. 11. PV array(shaded)



(a)  $P-I$  곡선



(b)  $V-I$  곡선

그림 12. 그림 11에 대한 특성곡선  
Fig. 12. Characteristics curve for fig. 11

그림 11은 그림 9와 같이 구성된 PV 어레이의 첫 번째 열에 2개의 PV 모듈에 그림자가 발생하였을 때의 PV 어레이 구성도를 나타낸다. 그림 12는 그림 11의 조건에서의 특성곡선을 나타내며 그림 12 (a)는  $P-I$  곡선, 그림 12 (b)는  $V-I$  곡선을 나타낸다. 병렬 연결된 PV 모듈이 다시 직렬 연결되어 있기 때문에 전체적으로 흐르는 전류는 동일하다. 두 번째, 세 번째 열에 흐르는 전류는 3개의 모듈에 고르게 분포가 되지만 그림자가 발생한 첫 번째 열은 그림자가 발생하지 않

은 하나의 모듈로 모든 전류가 인가된다. 따라서 PV 모듈의 허용 가능한 최대전류인 단락전류보다 큰 전류가 흐르게 되고 결국 역전압이 인가된다. 역전압이 인가되었을 때 바이패스 다이오드가 도통되기 때문에 단락전류보다 큰 전류가 되었을 때 전압은 "0"이 되어 발전이 되지 않는다.

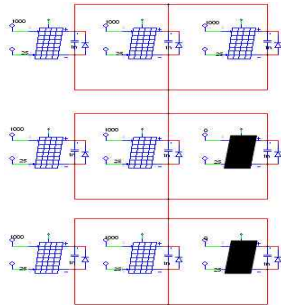
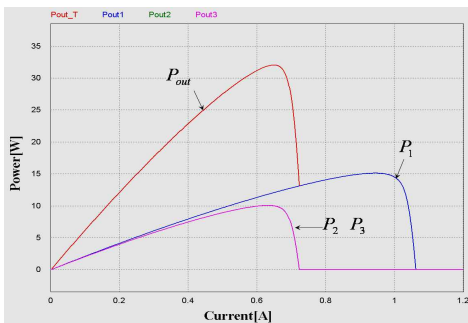
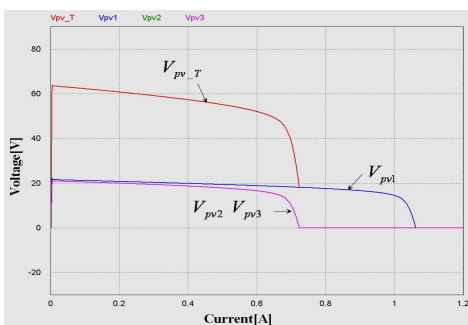


그림 13. 그림자 영향에 대한 PV 모듈 구성  
Fig. 13. PV module configuration for shadow influence



(a)  $P - I$  곡선



(b)  $V - I$  곡선

그림 14. 그림 13에 대한 특성곡선  
Fig. 14. Characteristics curve for fig. 13

그림 13은 본 논문에서 제시한 방법에 의해 그림 11의 PV 모듈의 연결이 재구성되었을 때의 PV 모듈의 구성도를 나타낸다. 그림 14는 그림 13에 대한 특성곡선을 나타내며 그림 14 (a)는  $P - I$  곡선, 그림 14 (b)는  $V - I$  곡선을 나타낸다. 첫 번째 열에는 그림자가 없기 때문에 가장 높은 출력을 나타내고 두 번째와 세 번째 열에는 각각 하나의 그림자가 발생하였기 때문에 출력이 낮아진다. 그러나 두 번째와 세 번째 열에 2개의 PV 모듈에 해당하는 단락전류가 흐를 수 있기 때문에 하나의 열에 집중되어 그림자가 발생한 그림 11보다 높은 출력을 얻을 수 있다.

그림 15는 그림 10, 그림 12 및 그림 14의 전체출력을 비교한 그림을 나타낸다. 표 2는 각각의 모듈 구성에 대한 출력값을 나타낸다. 종래의 일반적인 형태로 PV 모듈을 구성하였을 때보다 본 논문에서 제시한 방법으로 스위칭에 따라 PV 모듈이 구성되었을 때 약 10%의 출력이 향상된다.

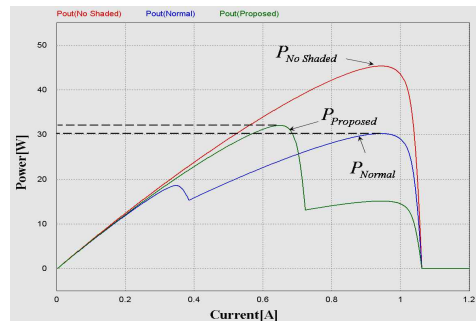


그림 15. PV 모듈 구성에 따른 출력 비교  
Fig. 15. Comparison of power with PV module configuration

표 2. PV모듈 구성에 따른 출력 비교  
Table 2. Comparison of power with PV module configuration

구분	No shaded	Normal	Proposed
Power	45.2W	30.0W	32.4W

그림 16은 PV 모듈에 서로 다른 일사량이 입사되었을 때의 PV 모듈 구성을 나타낸다. PV 모듈에 서로 다른 일사량이 입사될 수 있는 조건은 PV 모듈 표면의 투과율 차이, 태양광의 입사각 차이 등이 원인이 될

태양광 발전시스템의 환경조건을 고려한 PV 모듈 구성

수 있다. 또한 전기적 특성이 다른 PV 모듈이 서로 연결될 경우 출력의 차이가 발생하게 되는데 이를 일사량의 차이로 표현할 수 있다.

그림 17은 그림 16에 대한 특성곡선을 나타내며 그림 17 (a)는  $P-I$  곡선, 그림 17 (b)는  $V-I$  곡선을 나타낸다.

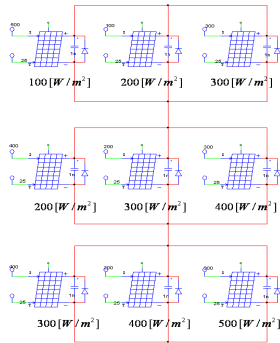
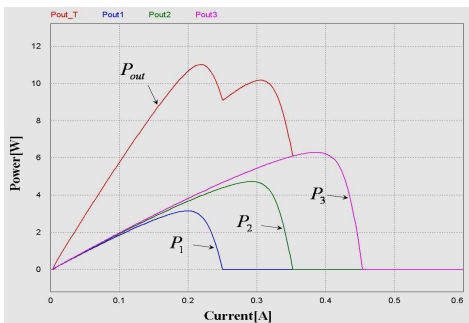
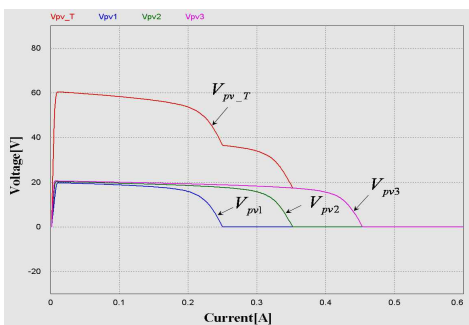


그림 16. PV 어레이(서로 다른 일사량)  
Fig. 16. PV array(different radiation)



(a)  $P-I$  곡선



(b)  $V-I$  곡선

그림 17. 그림 16에 대한 특성곡선  
Fig. 17. Characteristics curve for fig. 16

그림 18은 본 논문에서 제시한 환경조건에 다른 PV 모듈 구성에 의해 스위칭이 이루어진 후 PV 어레이를 나타낸다. 일사량에 따른 출력 차이가 최소가 되도록 PV 모듈을 연결한다.

그림 19는 본 논문에서 제시한 환경조건을 고려한 PV 모듈로 구성하였을 때의 특성곡선을 나타내며 그림 19 (a)는  $P-I$  곡선, 그림 19 (b)는  $V-I$  곡선을 나타낸다. 각각의 PV 모듈의 출력에 따라 스위칭을 통해 PV 모듈을 균일하게 연결함으로써 모든 열의 출력이 같게 나타나고 있다.

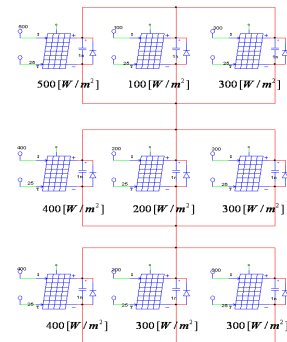
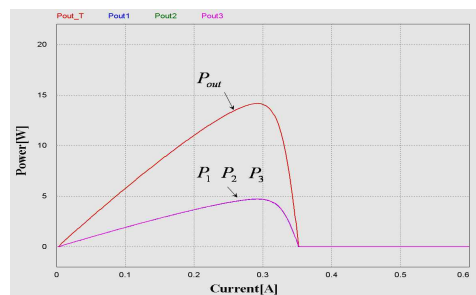
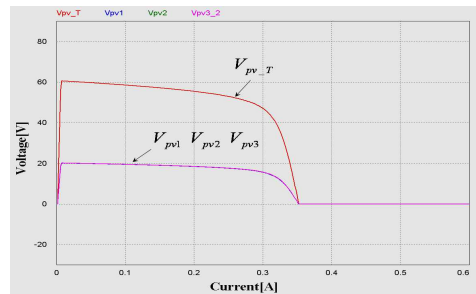


그림 18. PV 어레이(환경조건에 따른 구성)  
Fig. 18. PV array(configuration by environment conditions)



(a)  $P-I$  곡선



(b)  $V-I$  곡선

그림 19. 그림 18에 대한 특성곡선  
Fig. 19. Characteristics curve for fig. 18



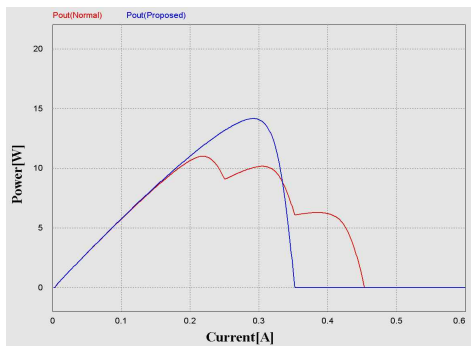


그림 20. 출력전력의 비교  
Fig. 20. Comparison of Output power

그림 20은 PV 어레이를 구성하는 PV 모듈에 각각 다른 일사량이 입사되었을 때 일반적인 모듈로 구성했을 때와 본 논문에서 제시한 방법으로 구성되었을 때의 전체출력 비교를 나타낸다. 종래의 일반적인 모듈로 구성하였을 경우에는 최대전력이 11W이며, 본 논문에서 제시한 방법은 최대전력이 14.1W로 약 30%의 출력이 향상되었다.

## 4.2 실험 결과

그림 21은 본 논문에서 사용된 실험세트를 나타낸다. 실험세트는 PV 모듈 WSM-4W5V 9장을 이용하여 PV 어레이를 구성하였고 TMS320LF2406으로 구성된 DC-DC컨버터, 파형측정을 위한 YOKOGAWA DL708E 오실로스코프와 GP 4505DU Power Supply로 구성되어 있다.

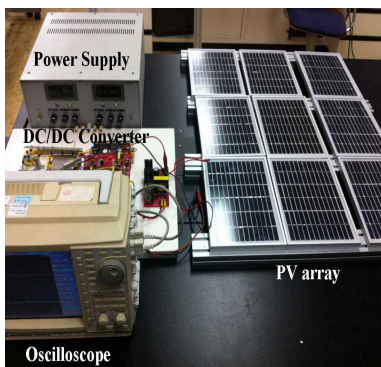
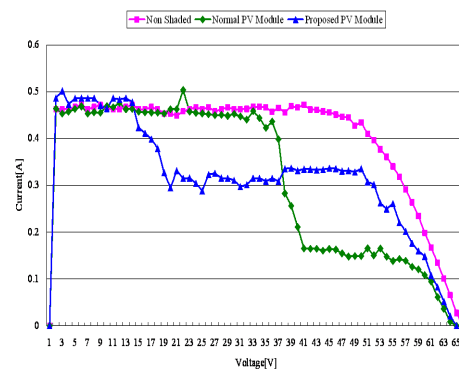


그림 21. 태양광 발전시스템 실험장치  
Fig. 21. Experiment device of PV system

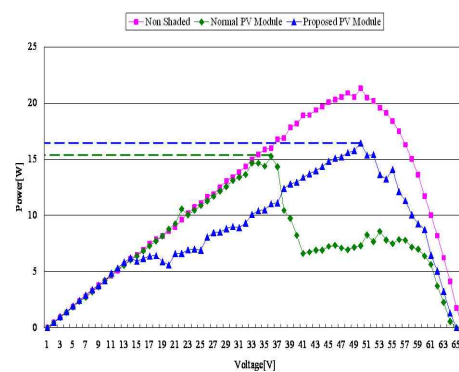
그림 22는 환경조건에 따른 PV 모듈 구성에 대한 실험결과를 나타낸다. 그림 11의 조건과 같은 그림자의 영향이 있었을 때 일반 PV 모듈과 본 논문에서 제시한 방법으로 PV 모듈이 구성되었을 때의 특성곡선을 나타낸다. 그림 22 (a)는  $I-V$ 곡선, 그림 22 (b)는  $P-V$ 곡선을 나타내며 그림 22 (b)에서 본 논문에서 제시한 방법(Proposed PV Module)의 최대전력이 종래의 일반적인 모듈에 비해 더욱 높게 나타나고 있다.

표 2는 그림 22 (b)의 최대전력을 나타낸다.

그림 23은 9개의 모듈로 구성된 PV 어레이에 3개의 PV 모듈이 부분적 그림자가 발생했을 때 조건을 나타내고 그림 24와 25는 그림 23의 조건에 대해 PV모듈 구성을 종래의 일반적인 방법과 본 논문에서 제시한 방법으로 구성했을 때 응답특성을 나타낸다.



(a)  $I-V$ 곡선



(b)  $P-V$ 곡선

그림 22. 그림자 영향에 대한 PV 어레이 특성곡선  
Fig. 22. Characteristics curve of PV array for shadow influence

표 3. PV 어레이의 최대전력 비교  
Table 3. Comparison of maximum power of PV array

구분	Non Shaded	Normal PV Module	Proposed PV Module
Maximum Power W	21.3	15.2	16.5



그림 23. PV 어레이의 그림자 조건  
Fig. 23. Shadow condition of PV array

표 4는 그림 24와 그림 25의 그림자가 발생하였을 때 평균전력 비교를 나타낸다. 본 논문에서 제시한 방법으로 PV 모듈을 구성하였을 때 종래의 일반적인 PV 모듈에 비하여 약 31.2%의 전력이 상승한다.

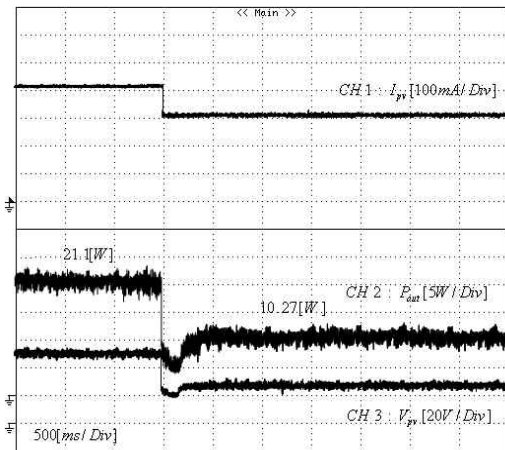


그림 24. 그림자 영향에 대한 PV 모듈 구성 응답특성(일반적인 PV 모듈)  
Fig. 24. Response characteristics of PV module configuration for shadow influence(Normal PV module)

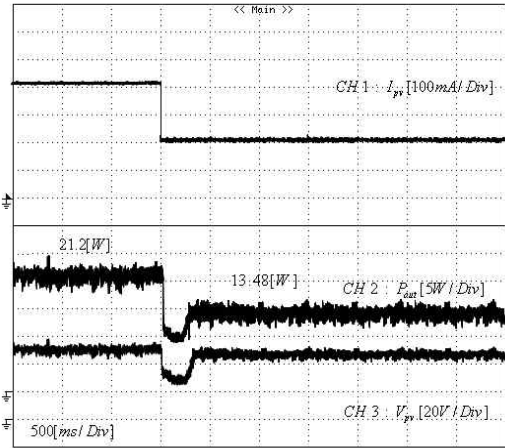


그림 25. 그림자 영향에 대한 PV 모듈 구성 응답특성(제시한 PV 모듈)  
Fig. 25. Response characteristics of PV module configuration for shadow influence(Proposed PV module)

표 4. 그림자 발생에 따른 응답특성 비교  
Table 4. Comparison of response characteristics with shadow condition

구분	Normal PV Module	Proposed PV Module
평균전력	10.27W	13.48W

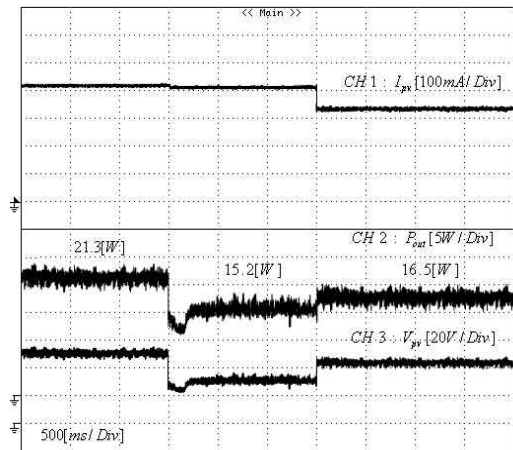


그림 26. 그림자 영향에 대한 MPPT 및 PV 모듈 구성 응답특성  
Fig. 26. Response characteristics of MPPT and PV module configuration for shadow influence

그림 26은 본 논문에서 제시한 MPPT 방법과 그림자 영향에 따른 PV 모듈 구성을 태양광 발전시스템에 적용하여 그림자 영향에 대한 응답특성을 분석한 결과를 나타낸다. PV 모듈에 그림자가 발생하여 순간적인 최대전력점 변화로 인하여 과도상태가 다소 길어지지만 빠른 시간내에 다시 최대전력점을 추적하고 있으며 그림자 영향에 따라 PV 모듈을 스위칭을 통해 다시 연결함으로써 전력이 상승함을 나타내고 있다.

## 5. 결 론

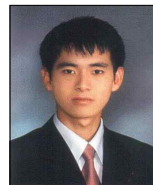
본 논문은 태양광 발전시스템의 환경조건을 고려한 PV 모듈 구성을 제시하였다. 태양광 발전시스템은 필요한 전력을 생산하기 위하여 다수의 PV 모듈을 직·병렬 연결하여 시스템을 구성된다. 따라서 PV 모듈 사이에 전기적인 특성 차이가 발생할 경우 직·병렬 연결특성에 따라 전력손실이 발생하게 된다. 이러한 PV 모듈 사이의 전기적 특성차이는 PV 모듈에 그림자가 발생하거나 PV 모듈 표면이 오염되어 입사되는 일사량의 차이가 발생하였을 경우에 크게 발생한다.

본 논문에서는 이러한 전기적인 특성차이에 의해 발생하는 전력손실을 저감시키기 위하여 스위칭을 통해 PV 모듈을 새롭게 구성하는 방법을 제시하였다. 각각의 모듈은 스위치를 통해 균일한 출력특성을 나타내도록 재구성됨으로써 전체적인 출력특성을 개선하였다. 본 논문에서 제시한 PV 모듈 구성방법은 그림자 조건 및 비균일 일사량 조건에 대하여 종래의 PV 모듈과 출력특성을 비교하였으며 본 논문에서 제시한 PV 모듈 구성방법이 종래의 방법보다 최대전력이 높게 나타남을 확인하였다.

## References

- [1] K. Kurokawa, "Energy from Desert", 2003.
- [2] C. J. Winter, R. L. Sizmann, L. L. Van-Hull, "Solar Power Plants", Springer-Verlag, 1991.
- [3] S. D. Kim, "Incorporating the Power Generation Capacities of New and Renewable Energy into Long-Term Electricity Supply Planning", Ministry of Trade, Industry & Energy, pp.13-20, 2005.
- [4] G. Turner, "Global Renewable Energy Market Outlook 2013", Boonberg New Energy Finance, 2013.
- [5] E. J. Kim, "Study for decreasing mismatch losses of photovoltaic array under shading conditions", Chungnam University Graduate school, 2009.
- [6] K. S. Ko, J. H. Park, H. G. Kim, T. W. Chun, E. C. Nho, "Control of Multi-Central Inverter for Large Power Grid-Connected PV System", 2010 Power Electronics Annual Conference, pp. 385-386, 2010.
- [7] K. T. Park, J. S. Choi, D. H. Chung, "Control of a Novel PV Tracking System Considering the Shadow Influence", The Trans. KIEE, vol. 57, no. 6, pp. 994-1002, 2008.

## ◇ 저자소개 ◇



### 고재섭(高在涉)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업. 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2012년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).

Tel : (061)750-3543

Fax : (061)750-3540

E-mail : kokos22@scnu.ac.kr



### 정동화(鄭東和)

1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 전기제어공학과 교수.

Tel : (061)750-3543

Fax : (061)750-3540

E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr