

# PV-모델 기반 태양광 발전 패널 모사 장치의 하이브리드 제어기법

서영태, 웰라와타 투시타, 최성진

울산대학교 전기공학부

## PV Model-based Solar Array Simulator using Hybrid Control Method

Young Tae Seo, Thusitha Wellawatta, Sung Jin Choi

School of Electrical Engineering, University of Ulsan

### ABSTRACT

태양광 패널 등가모델을 결합한 태양광 발전 패널 모의 장치(SAS)는 정확도 면에서 많은 장점이 있다. 특히 SAS에서 사용되는 등가회로 모델은 주변 환경에 맞게 빠르게 변하는 I-V 출력특성을 추출하며, 추출시간이 짧다. 이러한 방법을 이용하려면 제어기를 주목해야하는데, 보통 전압 또는 전류 제어기 하나만 사용한다. 하지만 Fill factor가 높은 패널인 경우, 전압 또는 전류제어기 하나만 사용하여서는 제어가 잘 되지 않기 때문에 본 논문에서는 전압과 전류제어기 모두 사용하되, 필요에 따라 스위칭 하여 사용하는 하이브리드 제어기법을 제안한다. 이러한 기법을 통하여 모두 제어가 가능한 기법을 제안한다.

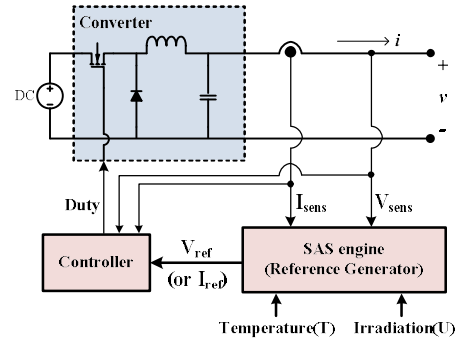


그림 1. Solar Array Simulator

### 1. 서론

실제 태양광 패널을 이용해서 전체 시스템을 검증하기 전에 시스템의 개발단계에서는 그림1의 Solar Array Simulator(SAS)를 많이 이용하게 된다. 본 논문에서 그림 2와 같이 PV 등가회로 모델을 이용하여 SAS를 구성한다. PV 모델로는 그림3의 Simplified Single diode 모델을 사용한다. 본 논문에서는 SAS의 엔진을 통하여 추출되는 레퍼런스값을 하이브리드 제어기를 통하여 모사할 I-V 곡선을 추출하는 법을 제안한다.

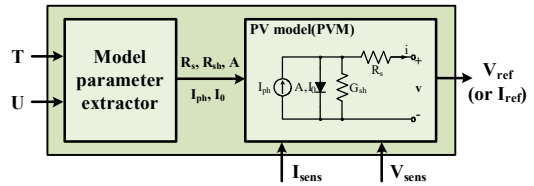


그림 2. PV model-based SAS Engine

### 2. 제안방법

#### 2.1 SAS 구성 정의

PV 등가회로 모델을 이용한 태양광 발전 모사 장치의 엔진은 그림1과 같이 전압(전류)값을 센싱 받아서 전류(전압)레퍼런스값을 내보내게 한다. 레퍼런스 값을 추출하는 방법은 문헌[1]을 통해 구하였다. 이러한 값을 제어기를 통하여 스위칭 신호를 통하여 최종적으로 제어를 하게 된다. 여기서 발생하는 문제는 I-V 곡선의 Fill factor값이 높을수록 I-V 곡선이 각진 형태를 가지는데, 이때 그림 4와 같이 전류제어기만 사용하였을 경우 전류전원 구역은 제어가 잘 되지만 전압전원 구역에서는 제어가 되지 않은 것을 확인 할 수 있다. 따라서 전류제어기와 전압제어기를 필요에 따라 사용하는 것이 필요로 한다. 그리고 그림3과 같이 Simplified Single Diode 모델을 사용하는 이유는 문헌[1]에서 추가될 전압전원 구역을 제어하기 위해 출력전압에 대한 제어가 필요하게 되었고 이에 대해서 식(1)을 이용하여 출력전압 식을 유도하여야 하는데 Gsh인 Shunt Conductance가 있을 경우, 출력전압 식 유도에 문제가 발생하게 된다.[2] 그 이유로는 식(1)의 지수 부분에 포함된 출력전압 v와 Gsh에 포함된 출력전압 v와 겹쳐 최종적인 출력전압 식을

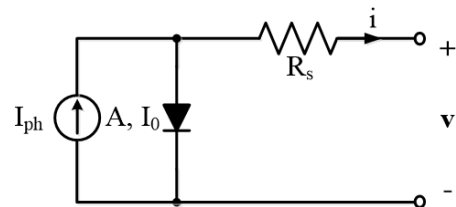


그림 3. Simplified Single Diode 모델

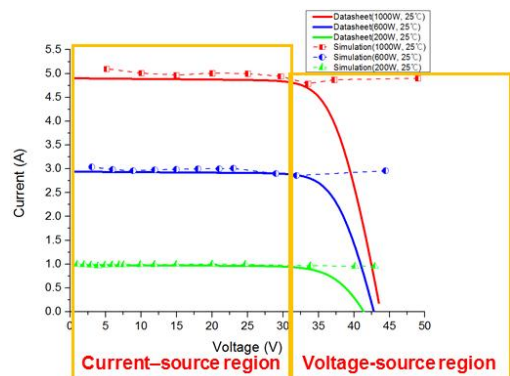


그림 4. Current Controller만 사용하였을 경우의 예제 (PV panel : SQ160PC)

유도할 수 없기 때문이다. 그리하여 Simplified Single Diode 모델을 사용하고 이러한 모델의 출력전류 식은 식(2)와 같이 유도하며, 이 식을 이용하여 출력전압 식(3)을 유도할 수 있다.

$$i = I_{ph} - I_o \left( e^{\frac{v+iR_s}{N_s A V_T}} - 1 \right) - (v+iR_s) G_{sh} \quad (1)$$

$$i = I_{ph} - I_o \left( e^{\frac{v+iR_s}{N_s A V_T}} - 1 \right) \quad (2)$$

$$v = (N_s A V_T) \ln \left( \frac{I_{ph} + I_o - i}{I_o} \right) - R_s i \quad (3)$$

## 2.2 하이브리드 제어기

그림 4와 같이 하나의 제어기만을 사용할 경우 모든 부분을 추출할 수 없다. 따라서 제안하는 제어기법은 하이브리드 제어기를 이용하여 전류, 전압제어기를 모두 사용하는 기법이다. 전류전원 구역은 전류 제어기를, 전압전원 구역은 전압 제어기를 이용하여 각각의 부분을 제어하게 만든다. 이에 맞게 각각의 제어기를 스위칭 하여 사용하려면 어느 기준점이 필요로 하는데 그림 5와 같이 스위칭 제어를 한다. 시작점에 따라 각기 다른 제어를 하는데, 시작점이 Isc 부근 인 경우에는 CC Mode를 먼저 사용하는데 이때 제어기가 스위칭 되는 부분을 Vmpp 지점이 아닌 1.05Vmpp 지점에서 스위칭 하는데 그 이유로는 MPP부분은 상시 바뀌기에 제어하는데 노이즈 발생 및 스위칭 신호인 듀티값이 수시로 변화하기에 값의 5%를 지연 시켜 이에 대하여 문제가 야기되는 것을 방지하게 한다. 마찬가지로 시작점이 Voc 부근인 경우, CV Mode로 시작하여 Impp값의 5%값을 더한 1.05Impp에서 CC Mode로 전환하게 한다.

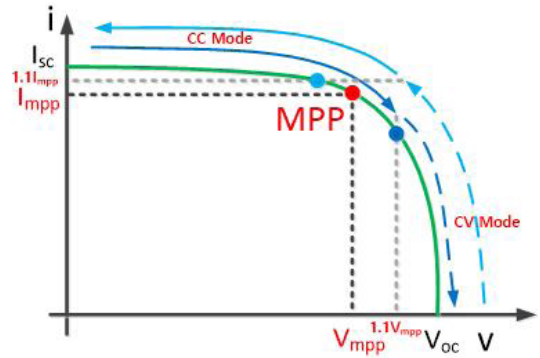


그림 5. Hybrid Controller

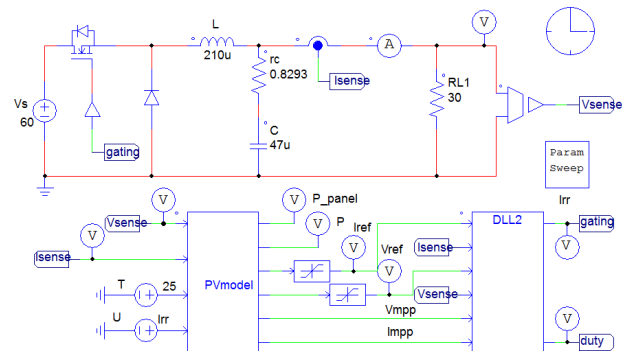


그림 6. PSIM에 구현한 SAS

## 3. 시뮬레이션

본 논문에서 제안하는 하이브리드 제어기를 이용한 SAS는 그림 6과 같이 PSIM을 통해 구현하여 시뮬레이션 하였다. C Block인 PVmodel은 SAS engine을 구현하였고, DLL2는 Hybrid Controller를 구현하였다. SAS engine에서 전압, 전류 레퍼런스값을 만들어 내고, Hybrid Controller로 MOSFET의 스위칭 신호를 발생시켜 컨버터 제어를 시켜 출력전류, 전압을 제어하게 된다. 이를 통해 그림 7과 같이 태양광 패널은 SQ160PC를 선정하였고 각각 1000W, 600W, 200W/25°C를 시뮬레이션 하였다.

## 4. 결론

본 논문은 SAS의 하이브리드 제어기에 대해 제안한다. 제안하는 하이브리드 제어기는 기존의 하나의 제어기를 사용하여 I-V 곡선을 추출하는 방법을 대신하여 두 개의 제어기를 이용해 발생할 수 있는 오류를 줄일 수 있는 방법이다. 기준점을 상시 변하는 MPP지점이 아닌 각각 5%를 지연한 지점을 선택한다. 이러한 제어기 검증 방법은 PSIM을 통한 시뮬레이션을 사용하였고 이를 통해 정확성 또한 검증 하였다.

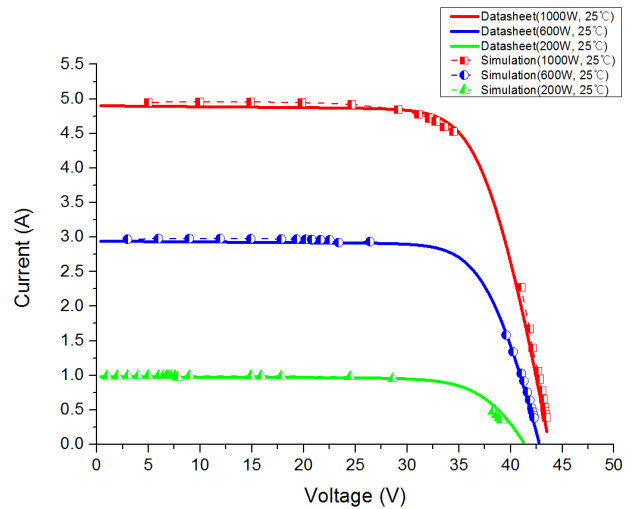


그림 7. Hybrid Control을 이용한 SAS Simulation (PV panel : SQ160PC)

## 참고 문헌

- [1] 서영태, 박준영, 최성진. (2016). 공액구배법을 이용한 태양광 발전 패널 모의 장치용 엔진 개발. 전력전자학회논문집, 183 184.
- [2] A. Vijayakumari, A .T. Devarajan and N. Devarajan, "Design and development of a model based hardware simulator for photovoltaic array," Electrical Power and Energy Systems, Vol 43, page 40 46, Sept., 2012.

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017R1A3B4005488)