

태양광 멀티스트링 시스템에서의 효율적인 운전 방식

형권엽, 하정익
서울대학교 전기컴퓨터공학부

Efficient Operating Method in Multi-string Photovoltaic System

Kwonyub Hyung, Jung Ik Ha
School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University

ABSTRACT

태양광 멀티스트링 시스템은 각 태양광 패널과 연결된 부스트 컨버터를 통해 개별적 MPPT제어가 가능하기 때문에 전체 시스템의 효율적인 운전이 가능하다. 하지만 각 부스트 컨버터의 동작으로 손실이 증가하는 단점이 있다. 본 논문에서는 DC 링크의 전압을 각 패널 중 가장 높은 전압과 일치시켜, 부스트 컨버터의 동작 없이 인버터의 DC링크 전압 제어를 통해 MPPT를 수행하는 방법을 제안한다. 또한 기존의 방식과 비교를 통해 효율을 분석하고 이를 모의실험을 통해 검증한다.

1. 서론

PV 패널은 일사량과 온도에 따라 특정 전압 전류 곡선을 출력한다. 일사량과 온도가 일정할 때 최대의 출력 전력을 얻을 수 있는 동작점을 MPP(Maximum Power Point)라 하고, MPP를 추정하기 위해 패널 전압을 제어하는 것을 MPPT(Maximum Power Point Tracking)이라 한다. 면적이 넓은 PV 패널의 경우 패널의 각 지점에 입사되는 빛의 양이 다르므로 MPP도 각 부분마다 달라진다. 그러므로 다수의 작은 패널을 병렬로 연결한 멀티 스트링 시스템을 이용하여 각각의 패널을 MPPT 제어하면 넓은 패널 하나를 MPPT 제어하는 것 보다 더 큰 출력을 얻을 수 있다.^[1]

본 논문에서는 멀티스트링 시스템을 제어하는 기존의 방식과 비교해 볼 때 부스트 컨버터 측의 스위칭 손실을 줄이는 더 효율적인 운전 방식을 제안한다.

2. 태양광 멀티스트링 시스템에서의 제안된 운전 방식

2.1 태양광 멀티스트링 시스템의 회로 구성

본 논문에서 고려할 태양광 멀티스트링 시스템은 PV 패널, 승압형 DC/DC 컨버터, 3상 DC/AC 인버터로 이루어져 있으며, 전체 회로 구성은 그림1과 같다. 두 개의 태양광 패널들은 각각 승압형 DC/DC 컨버터와 연결되어 개별적인 운전이 가능하고, DC/DC 컨버터는 DC/AC 인버터와 연결되어 있다.

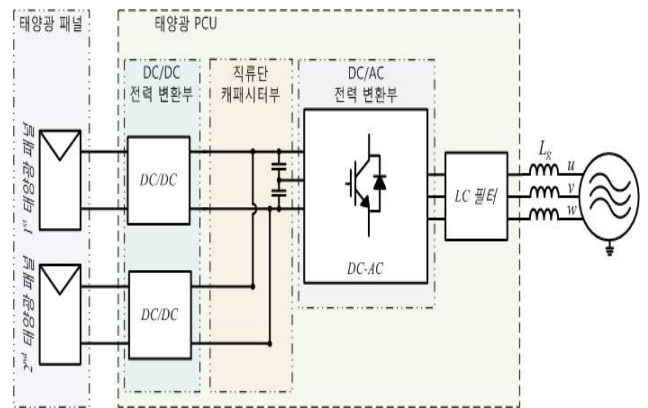


그림 1 태양광 멀티스트링 시스템 구성도
Fig. 1 Configuration of multi-string PV system

2.2 태양광 멀티스트링 시스템의 제어

태양광 멀티스트링 시스템에서는 일반적으로 승압형 DC/DC 컨버터가 MPPT 제어를 수행하고, DC/AC 인버터에서의 DC링크 전압 제어를 통해 태양광에서 발전되는 전력을 계통으로 보낸다. DC링크 전압은 일반적으로 PV패널의 Voc(open circuit voltage)보다 큰 값으로 일정하게 제어하여, PV 패널 전압에 관계없이 승압형 DC/DC 컨버터가 동작할 수 있게 한다.^[2]

2.3 제안된 효율 운전 방식

본 절에서는 제안하는 태양광 멀티스트링 운전에 대해 설명한다. 제안된 방식은 DC링크 전압을 운전 상황에 따라 조절한다.

계통으로 전력이 전달될 수 있는 최소의 DC링크의 전압은 다음 식(1)과 같다.

$$V_{dc,min} = V_{grid} + ZI_s \quad (1)$$

여기서 Z는 필터의 임피던스이고 I_s 은 발전하고자 하는 계통 전류의 크기이다. PV 패널의 전압이 $V_{dc,min}$ 보다 크면 DC링크의 전압과 같은 값을 갖는다. PV패널 전압의 크기에 따른 DC링크 전압 지령은 그림2에서 순서대로 나타내었다.

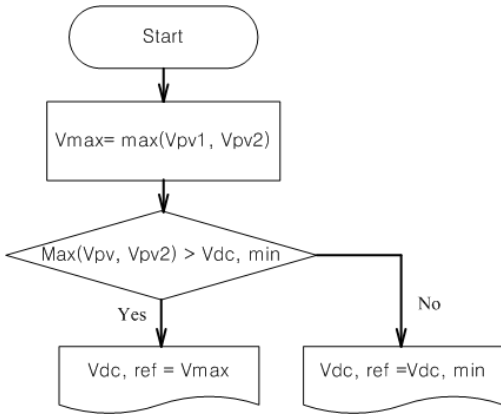


그림 2 제안된 제어 방식에 따른 DC전압 지령 결정 순서도
 Fig. 2 Sequence chart of deciding DC-link voltage reference

이로써 2개의 패널 전압이 $V_{dc,min}$ 보다 클 경우 DC링크의 전압은 PV패널과 같아져서 부스트 컨버터의 동작을 시키지 않을 수 있다. 이는 부스트 컨버터에서 발생하는 스위칭 손실을 줄일 수 있다.

제안된 제어 방식의 단점으로 DC링크의 전압 변화를 볼 수 있는데 이는 시간에 따라 천천히 변화하므로 전체 시스템의 출력 전류THD에 영향을 거의 주지 않는다.

2.4 시뮬레이션 및 결과

제안된 제어 방식은 모의실험을 통해 증명되었다. 그림3은 2개의 패널 전압에 따른 DC링크의 전압이다. V_{dc} 는 초기에 더 큰 값을 갖는 V_{pv1} 을 따라가다가 V_{pv2} 가 V_{pv1} 보다 더 커지는 시점에서는 V_{pv2} 의 값을 따라 간다. 2개의 값이 모두 최소 전압 이하가 되면 일정한 값을 유지하게 된다.

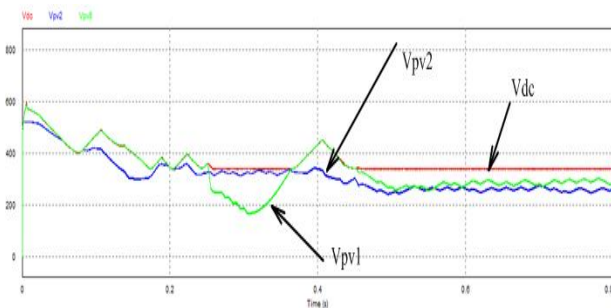


그림 3 2개의 패널 전압에 따른 DC링크의 전압 변화 결과
 Fig. 3 Simulation result of Vdc according to both Vpv

그림4는 부스트 컨버터의 MPPT 결과이다. 각 패널의 최대치 전력에 맞게 제어되고 있음을 확인할 수 있다. 0.25초, 0.45초에 일사량과 온도의 변화를 주어 MPP를 바꾸어 MPPT가 잘 되는지를 확인하였다

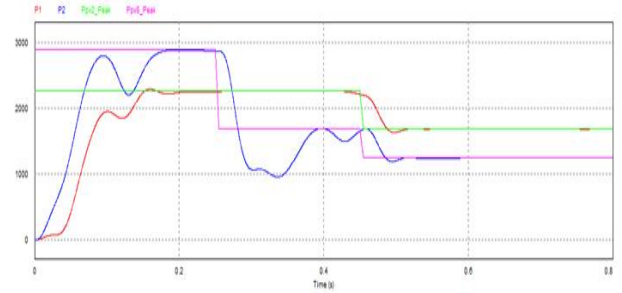


그림 4 PV 패널의 출력 전력 파형과 최대 전력
 Fig. 4 The waveform of output power in PV panel and Maximum power

표1은 기존의 운전 방식과 비교하여 전체 시스템의 효율을 나타내었다. 이 또한 모의 실험에서 입력 출력 전력을 통해 추론되었다.

표 1 기존의 방식과 비교를 통한 제안된 운전방식의 효율
 Table 1 The efficiency of proposed method compared with conventional method

기존방식	0.901
제안된 방식	0.953

3. 결론

본 논문은 태양광 멀티스트링 시스템에서의 효율적인 운전 방식을 제안하였다. PV 패널 전압이 $V_{dc,min}$ 보다 클 경우 DC링크 전압을 가장 높은 PV 전압과 같게 제어하여 부스트 동작을 생략하여 스위칭 손실이 줄었다. 이를 통해 전체 시스템의 효율을 높일 수 있고, 제안된 방식은 모의실험을 통해 검증되었다.

이 논문은 서울대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참고 문헌

[1] Schonberger, J, "A single phase multi string PV inverter with minimal bus capacitance ", Power Electronics and Applications, 2009. EPE '09. 13th European Conference on
 [2] N. A. Rahim, Saad Mekhilef, Implementation of Three Phase grid Connected Inverter for Photovoltaic Solar Power Generation System Proceedings IEEE. PowerCon 2002. Vol 1, pp. 570 573., Oct 2002