

비절연형 태양광 발전 시스템에 관한 연구

황동현, 이우철
한경대학교

A Study on the Power Converter System of Non-Isolation Photovoltaic

Dong Hyeon Hwang, Woo Cheol Lee
Hankyung National Univ

ABSTRACT

최근 석유나 석탄 에너지의 사용으로 인한 대기오염 및 미세먼지 문제가 심각해지고 있다. 따라서 신재생 에너지의 중요성이 대두되고 이에 따라 정부에서도 태양광 발전이나 풍력발전 등의 비중을 확대해 나가려는 정책을 밝히고 있으며 이중 태양광 발전 시스템은 가장 주목 받고 있다.

태양광 발전의 성장에 따라 다양한 연구가 진행되어 왔으며 이중 DC DC 컨버터와 DC AC 인버터로 구성된 비절연형 태양광 인버터는 회로구성이 쉽고 효율이 높아 소용량 발전에서 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 3kW 비절연형 태양광 발전 시스템을 구성하여 시뮬레이션을 통해 태양광 인버터의 동작을 분석하였다.

1. 서론

태양광 발전시스템은 태양광을 태양전지를 이용하여 전기에너지로 변환하는 시스템을 말하며 에너지 변환 시 다른 발전 방법과 달리 기계적, 화학적 작용이 없어 친환경적이다. 또한 소용량부터 대용량 시스템까지 다양하게 적용할 수 있어 신재생에너지 분야 중 가장 각광받고 있다.^[1]

태양광 발전시스템은 생산된 전력을 계통에 전송시키기 위해 태양광 패널의 최대 전력 동작 전압을 추종할 수 있는 전력조절기가 필요하게 된다. 전력조절기는 앞단의 태양광 패널의 출력인 DC 전압을 변환시키기 위한 DC DC 컨버터와 변환된 DC 전압을 전력계통으로 전송하기 위한 DC AC 인버터로 구성된다.

본 논문에서는 가정용 발전으로 가장 많이 사용하는 3kW 태양광 발전시스템을 전단은 Boost 컨버터, 후단은 Full Bridge 인버터로 구성하여 동작특성을 시뮬레이션을 통해 분석할 것이다.

2. 본론

2.1 태양광 인버터

그림 1과 같이 태양광 인버터는 PV(Photovoltaic) Array, Boost 컨버터, 인버터로 구성되어있다.

Boost 컨버터는 인버터의 DC Link 인 커패시터 C_2 전압이 낮게 되면 계통으로 전류가 흐를 수 없게 되므로 DC Link 전

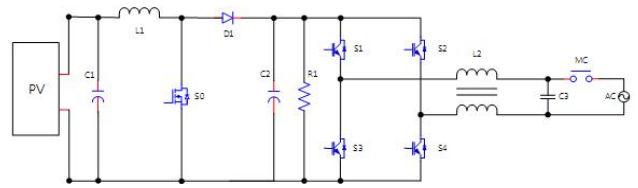


그림 1 태양광 인버터
Fig. 1 PV inverter

압을 상승시켜 주기위해 사용된다. 본 논문에서는 DC Link 전압이 380V 이하 일 때 DC Link 전압을 380V 로 상승시켜주는 동작을 한다.

인버터는 PV Array에서 생성된 DC 전압을 AC 전압으로 변환시키기 위해 사용되며, 계통과 연계되어 회생모드로 동작한다.

2.2 최대 출력 점 계산

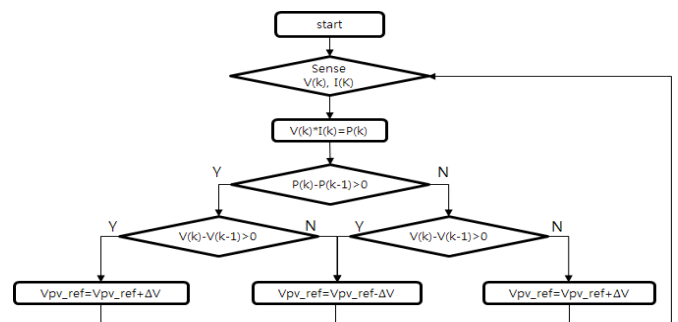


그림 2 Perturbation & Observation 알고리즘
Fig. 2 Perturbation & Observation Algorithm

$V(k)$, $I(k)$ 는 각각 PV Array의 출력 전압, 전류를 나타내며 현재 출력 $P(k)$ 와 이전 출력전력인 $P(k-1)$ 를 비교하고 현재 전압 $V(k)$ 와 이전 전압 $V(k-1)$ 의 증가 감소를 확인하여 V_{pv_ref} 를 증가 또는 감소시키는 P&O 알고리즘을 사용하여 최대 출력 점을 계산하였다.

2.2 태양광 인버터의 동작과정

그림 1의 태양광 인버터는 먼저 DC Link 전압이 380V 이하 일 때 Boost 컨버터가 동작하여 DC Link 전압이 380V 가 되도록 동작시키고 380V 가 되면 동작을 멈춘다. 그 이후 PLL

기법을 이용해 계통 위상을 받아 '0' 전압에서 MC(Magnetic Contactor)를 ON 시켜 계통과 연결시킨다. 계통과 연결되면 인버터를 PWM 컨버터로 동작 시켜 DC Link 전압을 380V 로 제어한다. 그리고 PV Array의 최대 출력 점을 계산하게 되는데 이 때 계산된 V_{pv_ref} 에 따라 동작 모드가 2가지로 나뉘게 된다.

우선 계산된 V_{pv_ref} 전압이 380V 보다 작은 경우 계산된 V_{pv_ref} 에 PV Array 전압을 맞추기 위해 Boost 컨버터가 최대 출력 점 제어를 한다. 이 때 인버터는 계속 DC Link를 380V 로 맞춰 주는 제어를 하고 있으므로, Boost 컨버터의 스위치 S_0 의 duty 에 따라 PV Array의 전압이 바뀌게 되어 PV Array 전압을 계산된 V_{pv_ref} 전압으로 제어 할 수 있다. 본 논문에서는 이를 컨버터 MPPT(Maximum Power Point Tracking)라 하겠다.

계산된 V_{pv_ref} 전압이 380V 보다 높을 경우 Boost 컨버터는 동작하지 않고, 인버터가 DC Link 전압을 V_{pv_ref} 전압으로 제어하여 최대 출력 점을 맞추게 된다. 이를 인버터 MPPT라 하겠다.

3. 시뮬레이션

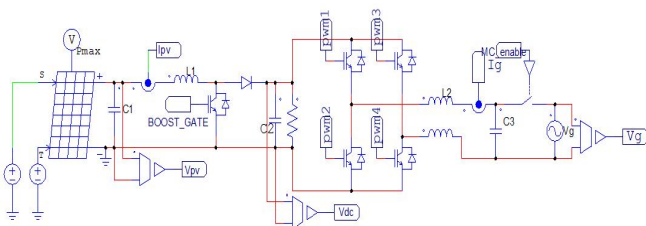


그림 3 태양광 인버터 시뮬레이션 회로
Fig. 3 PV inverter simulation circuit

시뮬레이션을 위해 그림 3과 같이 Psim을 이용하여 Boost 컨버터와 인버터를 구성하여 태양광 인버터를 구현하였으며 시뮬레이션 파라미터 값을 표 1에 나타내었다.

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Parameters of Simulation

파라미터	값
V_{pv}	160 V ~ 500 V
V_g	220 Vrms
L_1	1.5 mH
L_2	400 uH
C_1	330 uF
C_2	2200 uF
C_3	5 uF
Switching Frequency	17 kHz

그림 4는 본문에서 설명한 컨버터 MPPT와 인버터 MPPT 동작 시 시뮬레이션 파형을 나타낸다. V_{pv} 는 PV Array 전압, V_{dc} 는 DC Link 전압, V_{pv_ref} 는 최대 출력 점으로 계산된 전압, P_{max} 는 PV array 최대 출력 전력, $V_{pv} * I_{pv}$ 는 현재 출력 전력, V_g 는 계통전압, $I_g I$ 은 계통으로 흐르는 전류를 나타낸다.

본문에서 설명한바와 같이 컨버터 MPPT 동작 시 V_{dc} 전압

은 380V로 제어되고 V_{pv} 전압이 V_{pv_ref} 를 따라 제어 되는 것을 확인 할 수 있다. 또한 인버터 MPPT 동작 시 V_{dc} 전압이 V_{pv_ref} 를 따라 제어되는 것을 확인 할 수 있다.

그리고 두 파형에서 모두 현재전력이 최대 출력 전력을 추종한 것을 확인 할 수 있다.

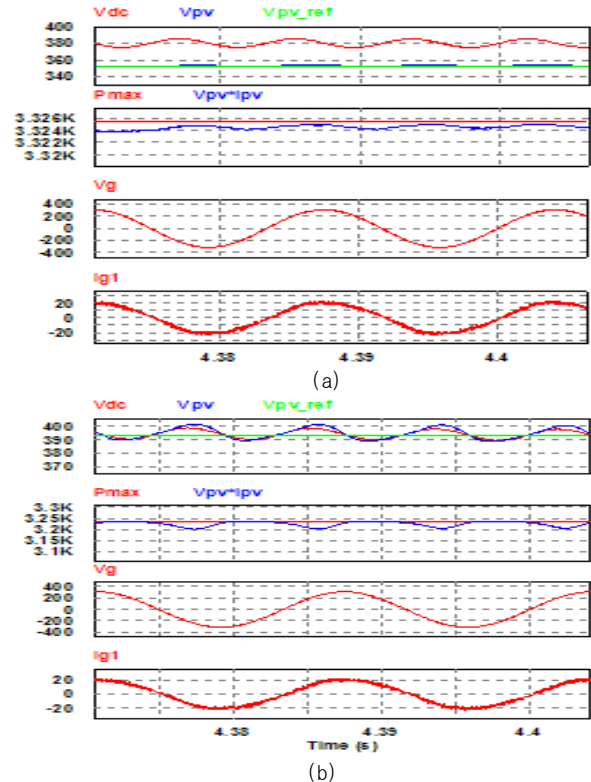


그림 4 (a)컨버터 MPPT 시뮬레이션 파형
(b)인버터 MPPT 시뮬레이션 파형
Fig. 4 (a)Converter MPPT simulation waveform
(b)Inverter MPPT simulation waveform

4. 결론

본 논문에서는 가정용 발전으로 가장 많이 사용하는 3kW 태양광 발전시스템을 비절연형 태양광 인버터로 구현하였으며, 구현한 인버터의 최대 출력 점에 따른 동작특성을 분석하여 각 동작에 따른 최대 출력 점 제어를 달리하였다. 향후 실험을 통해 시뮬레이션 결과와 비교 분석하여 논문의 부족한 내용을 보충할 계획이며, 인버터의 효율을 높이기 위한 제어방법에 관한 연구를 진행할 것이다.

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음.
[[GRRC한경2011 B04], 물류 자동화 시스템의 에너지 절약을 위한 전력변환 기술개발]

참고 문헌

[1] 이성호, 권정민, 권봉환. (2012). 고 효율, 저 잡음 특성을 가지는 양방향 태양광 인버터. 전력전자학회논문지, 17(6), 539-545.