

단상 계통연계형 태양광 발전시스템의 맥동전압제거 기법

이재근, 최종우
경북대학교

The Elimination Method of Ripple Voltage for a Single Grid-Connected PV System

Jae-Geun Lee and Jong-Woo Choi
Kyungpook National University

Abstract

The dc link voltage in a single-phase PV system has necessarily twice component of fundamental wave. It makes high THD in the grid current, and according to the problem, power quality is lower. This paper proposes the new method for removing ripple voltage. The performance was verified through computer simulation using MATLAB.

1. 서론

태양광 발전 시스템은 상의 수에 따라 단상, 3상으로 나눌 수 있으며 축전지 유무에 따라 독립형, 계통연계형으로 분류할 수 있다.

그 중에서 본 논문은 단상 계통연계형 태양광 발전 시스템을 다루고 있다. 단상 태양광 시스템의 경우 dc링크전압에는 필연적으로 기본주파수의 2배의 맥동전압이 생긴다. 이 맥동성분은 전원측 전류에 THD를 증가시키며, 그에 따라 전력품질 저하를 초래하게 된다. 따라서 맥동 전압을 제거하는 것이 반드시 이루어져야 한다.

본 논문에서는 dc링크 전압의 맥동 성분을 제거하는 방법을 제시하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 입증한다.

2. 본론

2.1 태양광 시스템 구성

단상 계통연계형 태양광 시스템은 그림 1과 같이 구성되어 있다. 태양광 셀에서 전기를 생성시 dc/dc컨버터, dc/ac인버터를 통해 전원측으로 보낼 수 있으며, 반대로 전원측에서 전력을 공급 받을 수 있다.

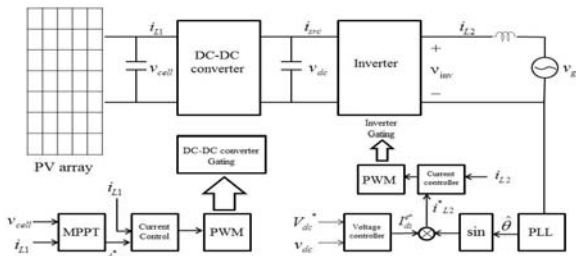


그림 1 단상 계통연계형 태양광 시스템
Fig. 1 A single grid-connected PV PCS system

MPPT가 잘 이루어지고 있다는 가정하에 dc/dc컨버터 출력전류(i_{src})를 가변전류원으로 모델링 한다. 그리고 전원

측에는 단위역률로 제어하여 유효전력을 공급한다.

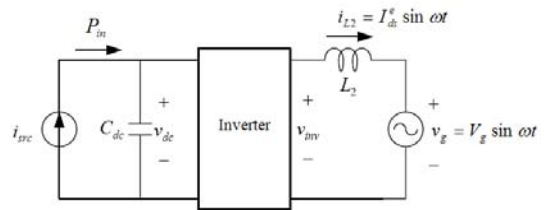


그림 2 태양광시스템 단위역률 제어
Fig. 2 Unity power factor control of PV system

전원측 전압 및 전류는, 다음과 같이 정의한다

$$v_g(t) = v_g \sin \omega t \quad (1)$$

$$i_{L2}(t) = I_d^c \sin \omega t + I_q^c \cos \omega t \quad (2)$$

전원측 전력은 다음과 같이 나타난다.

$$P_{out2}(t) = v_g(t) * i_{L2}(t) \quad (3)$$

$$= \frac{v_g I_d^c}{2} - \frac{v_g I_q^c}{2} \cos 2\omega t + \frac{v_g I_d^c}{2} \sin 2\omega t$$

수식에서 보듯이, 전원측 전력에는 유효전력과 기본주파수 2배의 맥동전력의 합으로 이루어져 있음을 알 수 있다. 정상상태에서 일정한 직류전력이 직류링크 커패시터측으로 유입되는 경우, 전원측 순시입력전력의 맥동성분으로 인해 직류링크전압도 맥동성분을 가지게 된다.

2.2 맥동전압 제거방법

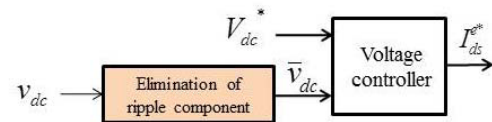


그림 3 맥동전압 제거
Fig. 3 Elimination of Ripple Voltage

직류링크의 맥동전압을 제거하기 위해, 저역 통과 필터(LPF)를 사용할 수 있다. 그러나 제거하고자 하는 주파수와 대역폭에 따라서 성능이 좌우된다. 응답속도를 높이기 위해 전압제어기의 대역폭을 높이면 인버터 출력전류지령의 THD가 나빠지고, 대역폭을 낮추면 성능이 떨어진다.

다음으로는 대역 저지 필터(BSF)를 사용할 수 있다.^[1] 저역 통과 필터와 같은 단점을 가지고 있으나 성능은 저역 통과 필터보다 우수하다. 전달함수는 다음과 같이 나타난다.

$$T(s) = \frac{s^2 + \omega_0^2}{s^2 + BSs + \omega_0^2} \quad (4)$$

여기서, ω_0 는 중심주파수이고, BW는 대역폭이다.

마지막으로 맥동치를 계산하는 방법이 있다. 인버터에서 손실이 없다고 가정하면, 직류링크단에서 전력식은 다음과 같다.

$$P_{in} - \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C_{dc} V_{dc}^2 \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L_2 I_{L2}^2 \right) + \frac{v_g I_d^c}{2} - \frac{v_g I_d^c}{2} \cos 2\omega t$$

$$\tilde{V}_{dc} \cong \frac{1}{C_{dc} V_{dc}^*} \left(\frac{L_2 I_{L2}^c}{4} \cos 2\omega t + \frac{V_g I_{ds}^c}{4\omega} \sin 2\omega t \right) \quad (5)$$

직류링크전압에서 맥동성분만큼 빼주면 된다. 하지만, 파라미터값이 정확하지 않으면 맥동 제거의 능력이 떨어진다.

맥동치 계산법은 파라미터값이 정확하지 않으면 성능이 떨어지고 대역 저지 필터는 과도상태가 좋지 않다는 단점이 있다. 이 둘을 직렬로 결합하여 상호 보완하는 새로운 필터를 구상할 수 있다.

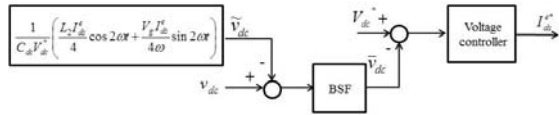


그림 4 제안한 방법
Fig. 4 Proposed method

2.3 모의실험

컴퓨터 시뮬레이션(Matlab)을 통해 검증하였다.

항목	값
전원전압	단상 60Hz, 220V(rms)
dc/dc 컨버터 인덕터(L1)	1mH
계통 연계형 인덕터(L2)	1mH
직류링크 전압 지령값	350V
직류링크 커패시터(Cdc)	1mF (실제값 1.1mF)
태양전지 셀전압	100V (일정하다고 가정)
dc/dc 컨버터 전류지령	iL1*=0A(0s) → 30A(0.1s) → 15A(0.2s)
dc/dc 전류 PI제어기	3000 rad/s
dc/ac 전류 PR제어기	3000 rad/s
dc/ac 전압 PI제어기	500 rad/s
BSF	중심주파수 120Hz, 대역폭120π rad/s

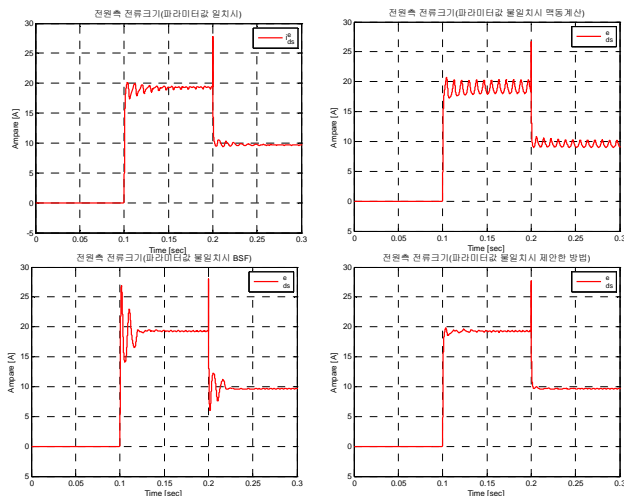


그림 5 전원측 전류 크기
Fig. 5 Size of source current

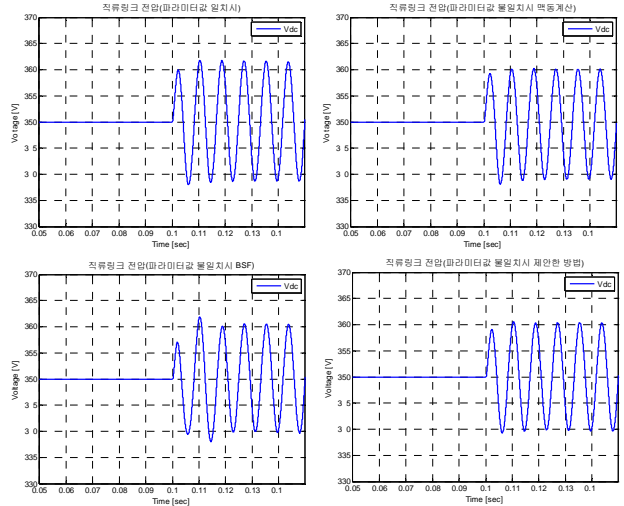


그림 6 직류링크 전압
Fig. 6 DC link voltage

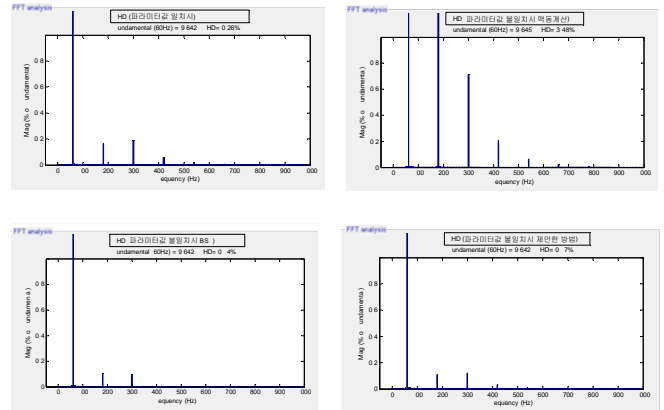


그림 7 전원측 전류 주파수 분석
Fig. 7 Frequency analysis of source current

그림 5를 통해 제안한 방법이 과도상태 및 정상상태가 확연히 좋아짐을 알 수 있다. 그림 6은 직류링크전압 확대파형이고, 그림 7은 고조파를 분석한 결과이다.

3. 결론

맥동치를 계산하는 방법은 과도상태는 좋지만, 정확한 파라미터가 뒷받침 되지 않으면 맥동능력이 다소 떨어지는 문제점이 있다. 반대로 대역저지필터는 과도상태가 나쁘고 정상상태가 좋다. 그것을 보완하여 대역저지필터를 직렬로 연결하면 상호 문제점을 해결 할 수 있다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 2007-P-EP-HM-04-0000)

참고문헌

[1] Bae, H.S.; Lee, S.J.; Choi, K.S.; Cho, B.H.; Jang, S.S.; "Current Control Design for a Grid Connected Photovoltaic/Fuel Cell DC-AC Inverter", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE, pp1945-1950, 2009