

태양전지 전류에 의한 계통연계형 태양광발전시스템의 최대출력 제어법

박인덕*°, 성낙규*, 김대균*, 이승환**, 오봉환***, 김성남*, 한경희*
*명지대학교, **대덕대학, ***명지전문대학

Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaic System by using Current of Solar Cell

In-Duck Park*°, Nark-Kuy Sung*, Dae-Gwun Kim*, Seung-Hwan Lee**,
Bong-Hwan Oh***, Sung-Nam Kim*, Kyung-Hee Han*
*Myongji University, **Taedok College, ***Myongji College

Abstract

A step down chopper and PWM current source inverter is used for the connection between the PV array and the utility. This paper proposes chopper is controlled for the dc reactor decrease and PWM current source inverter is controlled to keep the output power at the maximum point for the PV. The PV current only is measured and employed for the power calculation combining the control parameter of the PWM current source inverter.

1. 서론

현재 사용중인 전기에너지는 원자력발전, 수력발전, 화력발전에 의존하고 있다. 이러한 발전은 자원 고갈 및 환경오염, 생태계 파괴등 문제를 대두시키고 있다. 이에 대한 대책으로 선진 각국에서는 대체에너지 개발이 진행되고 있으며, 그 중에서도 신 에너지원으로 무한하며, 청정에너지인 태양에너지를 이용한 태양광발전시스템이 각광받고 있다.

태양에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 태양전지의 출력은 일사량, 온도 등에 크게 영향을 받기 때문에 가능한한 태양전지의 출력을 항상 최대로 할 필요가 있다. 태양전지의 출력을 교류로 변환하는 인버터는 전압형과 전류형으로 크게 분류된다. 전류형 인버터는 직류전류를 일정하게 하기 위해서 큰 직류리액터를 필요로 하는 단점이 있으나, 부하단락, 인버터 사고시의 단락에 대한 돌입전류의 걱정이 없어 전압형보다 안정하다.[1~4]

본 논문에서는 직류리액터를 경감하는 방법으로

초퍼의 변조파를 계통전원의 2배 주파수로 맥동하도록 제어하였다. 또한 태양전지의 출력전력이 부하전력보다 큰 경우에는 잉여 전력을 계통에 공급하도록 하였고, 부하가 요구하는 전력이 발전 전력보다 큰 경우에는 계통에서 공급받도록 하였다. 그리고, 태양전지 전류만을 검출하여 인버터의 변조율을 제어하므로서 최대전력점에서 동작하도록 하였다.

2. 계통연계형 태양광발전시스템

그림 1은 태양광발전시스템으로 태양전지, 평활용 전해콘덴서, 초퍼, 직류 리액터, 전류형 인버터, 필터, 변압기, 부하 및 계통으로 전체 시스템을 구성하였다.

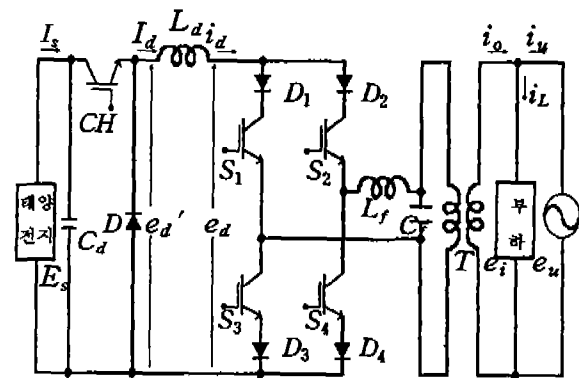


그림 1 시스템 구성

Fig. 1 System configuration

강압초퍼는 직류리액터 L_d 를 경감할 목적으로 계통전원의 2배 주파수로 변조파를 제어하도록 구성하였다.

전류형 인버터는 부하단락, 인버터 사고시의 단락에 대한 돌입전류의 걱정이 없으며, 태양전지가 단락 되어도 단락전류는 최대출력점의 최적 전류 값에 대해 1.1~1.3배 정도가 된다. 그리고 태양전지 자체가 전류제한기능을 갖고 있어 전류형 인버터에서는 이것을 활용할 수 있기 때문에 안정성에서 전압형보다 유리하다.

기존의 최대출력 제어에서는 전압과 전류를 검출하였지만, 계통연계 태양광발전시스템에서는 태양전지전류와 인버터의 변조비로 최대출력점을 추적제어할 수 있다.[4] 절연변압기는 계통과 인버터를 분리하며, 부하에 공급되는 전류를 0이라 가정하고, 인버터의 출력전류 i_o 가 역률1의 정현파로 모두 계통에 공급되는 것으로 가정한다면, 계통전압

$$e_u = \sqrt{2}E_u \sin \omega t \quad (1)$$

가 되며, 출력전류

$$i_o = \sqrt{2}I_o \sin \omega t \quad (2)$$

가 된다.

전류형 인버터의 변조파 $\xi_i = MI_i \sin \omega t$ 라 하고, 변압기의 권수비를 1:1라 하면, 전류형 인버터의 입력전압

$$e_d = \frac{MI_i \cdot E_u}{\sqrt{2}} (1 - \cos 2\omega t) \quad (3)$$

이 되어 인버터의 직류측 전압이 계통전원의 2배 주파수로 맥동을 하게 된다는 것을 알 수 있다. 초퍼의 변조파를

$$\xi_c = MI_c \sin^2 \omega t \quad (4)$$

라하면, 초퍼의 출력전압

$$e_d' = \frac{MI_c \cdot E_s}{2} (1 - \cos 2\omega t) \quad (5)$$

가 된다. 따라서 MI_c 를 가변하므로 초퍼의 출력전압이 가변되는 것을 알 수 있다.

그러므로 직류 리액터 L_d 에 걸리는 전압

$$L_d \frac{di_d}{dt} = e_d' - e_d \quad (6)$$

가 되어, e_d' 와 e_d 가 같게 된다면, 직류 리액터 L_d 에 걸리는 전압이 0이 되므로 직류전류의 맥동은 제거될 것이다.[3] 인버터출력전류 i_o 는 I_d 를 변조파 ξ_i 로 PWM제어하면, PWM리플은 교

류필터 L_f 와 C_f 에서 제거되고, 초퍼의 입출력 관계식으로부터 인버터 출력전류

$$i_o = I_d \cdot \xi_i = \frac{I_s}{MI_c} MI_i \sin \omega t \quad (7)$$

가 된다.

인버터 출력전류 $i_o = \sqrt{2}I_o \sin \omega t$ 가 되어

$$I_o = \frac{MI_i \cdot I_s}{\sqrt{2}MI_c} \quad (8)$$

이 된다. 계통을 연계하였을 때의 전력

$$P_o = e_u \cdot I_o = \frac{MI_i \cdot I_s \cdot e_u}{\sqrt{2}MI_c} \quad (9)$$

이 된다.

계통전압이 일정하다고 가정하고, 초퍼 변조율을 가변하여 인버터에 최대전류를 공급하게 하고, 전류형 인버터의 변조비와 태양전지 전류만으로 최대출력점을 추종할 수 있다. 그림 2는 최대출력점에서 자려 진동하도록 하기 위한 순서도를 보여준다.

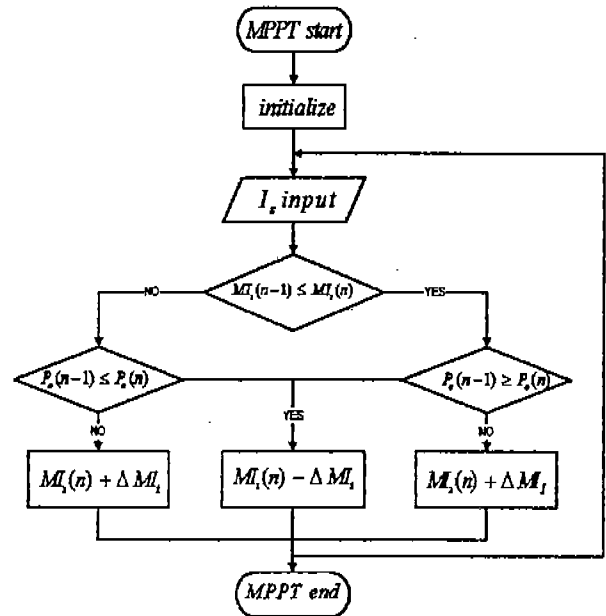


그림 2 최대출력제어

Fig. 2 Maximum power point tracking control

3. 제어기 구성

그림 3은 제어기 구성을 나타낸 것으로, PV의 전류를 검출하여 전류형 인버터의 변조율로 최대 전력점 P_o 를 추종하도록 하였다.

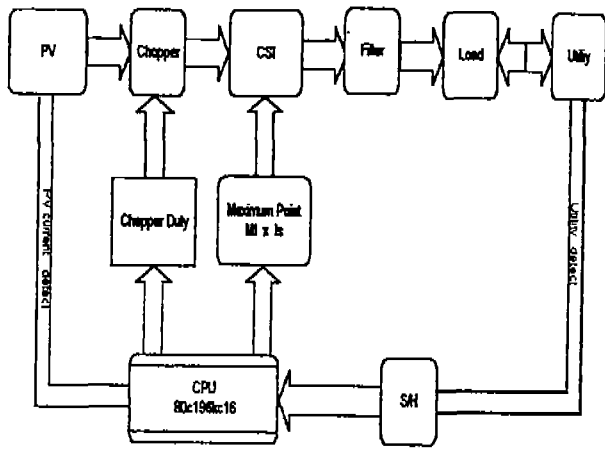


그림 3 제어기 구성
Fig. 3 Controller configuration

계통전압과 위상동기를 위해 계통전압을 동기트랜스로 검출하여 샘플 앤 홀드 회로를 거쳐 CPU의 A/D 변환기에 입력하였다. 실험에 이용한 회로정수는 표 1과 같다.

표 1 회로정수
Table 1 Parameters

계통전압 E_u		110[V]
직류리액터 L_d		50[mH]
직류콘덴서 C_d		2200[μ F]
필터	리액터 L_f	0.59[mH]
	콘덴서 C_f	20[μ F]
주파수	반송파	4[kHz]
	변조파	60[Hz]
절연변압기 권수비		1 : 1.5
태양 전지	개방전압	90[V]
	단락전류	13.2[A]

4. 실험결과

그림 4는 그림 1의 태양광발전시스템에서 강압초퍼를 추가하지 않고 전류형 인버터를 제어한 경우 각부 파형을 나타낸다.

그림 5는 그림 1과 같이 계통과 연계하고 강압초퍼를 전원 주파수의 2배로 제어한 경우의 각부 파형을 나타낸 것으로, 그림 4의 강압초퍼회로를

추가하지 않은 회로의 파형과 비교하여 보면, 직류리액터의 크기를 작게 하였음에도 불구하고, 직류리액터 전류의 맥동을 크게 감소시켰다.

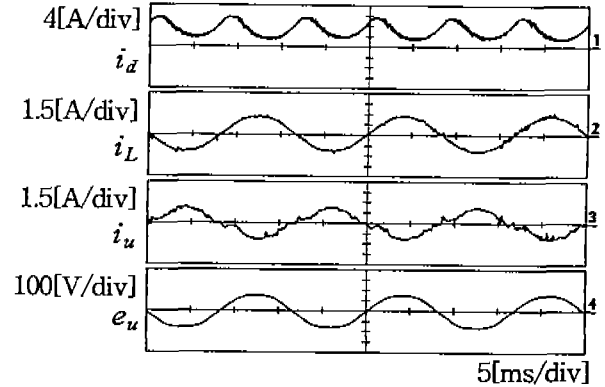


그림 4 강압 초퍼회로가 없는 경우 파형
Fig. 4 Waveforms of case without the step down chopper circuit

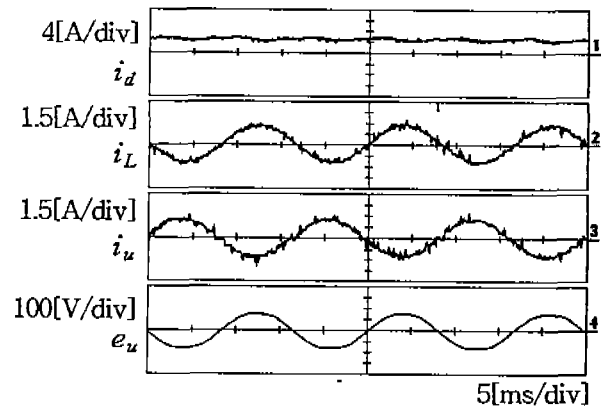


그림 5 강압 초퍼회로를 추가한 경우 파형
Fig. 5 Waveforms of case with the step down chopper circuit

그림 6은 부하를 변화시켰을 경우의 인버터 출력전류와 계통전류의 파형으로 부하가 요구하는 전력이 인버터 출력전력 보다 작은 경우에는 인버터가 부하전력을 공급하고 남은 잉여전력을 계통측으로 동기상으로 공급한다. 그리고 인버터의 전력이 부하전력보다 작은 경우에는 계통측으로부터 부족분의 전력을 역위상으로 공급받고 있음을 확인할 수 있다.

그림 7은 리액터 경감식 (5)와 최대출력점 추적 제어를 하기 위한 식 (9)에서의 초퍼 변조율, 인버터 변조율, 태양전지전류, 계통전압파형을 각각 나타낸다.

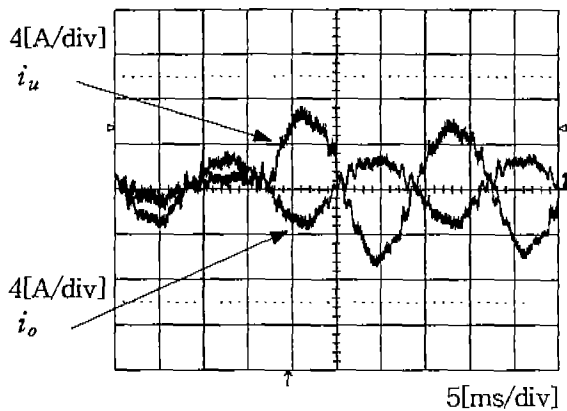


그림 6 부하변화에 따른 전류파형
Fig. 6 Current waveforms as change of load

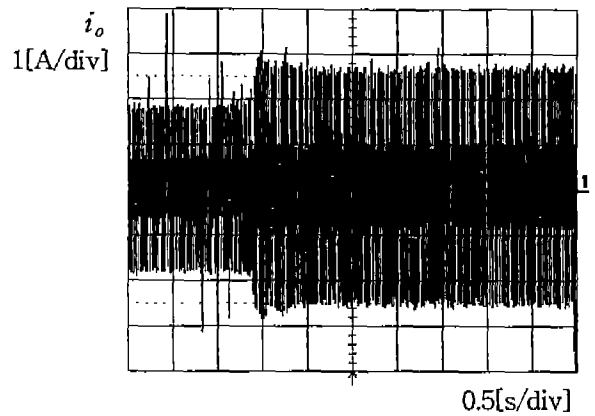


그림 9 전류검출에 의한 인버터 출력전류파형
Fig. 9 Inverter current waveform of detect current

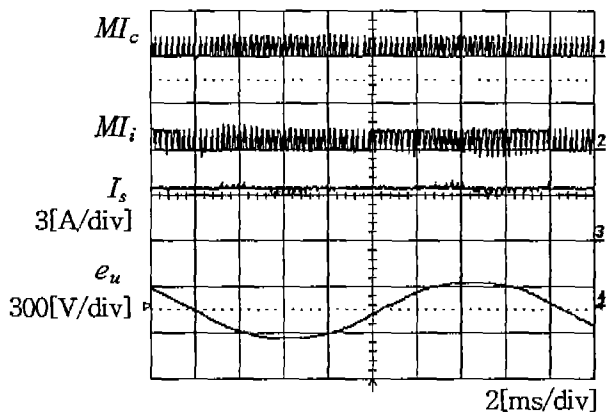


그림 7 최대출력점 추적제어시 각부파형
Fig. 7 Waveforms of each as MPPT

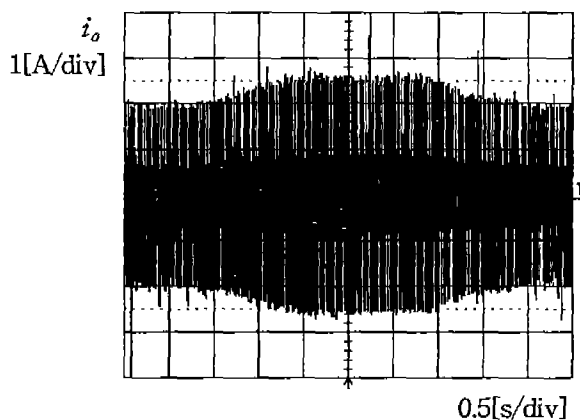


그림 8 인버터 MI 변화에 따른 출력전류파형
Fig. 8 Current waveform as change of inverter MI

그림 8은 인버터의 변조율이 변화함에 따른 출력전류파형을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 변조율을 가변함에 따라 인버터 출력전류가 최대값을 어느 한 부분에서 갖는 것을 알 수 있다.

그림 9는 인버터의 변조율과 태양전지의 전류만을 검출하여 최대출력점을 추적한 인버터의 출력전류파형으로 그림 8의 최대값과 일치함으로 최대출력점을 추적하고 있음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 직류리액터를 경감하는 방법으로 초퍼를 전원 주파수의 2배로 제어하여 직류리액터의 크기를 작게 하였음에도 불구하고, 직류전류의 맥동을 억제하였다. 인버터의 변조율과 태양전지 전류만을 검출하여 최대출력점을 추종이 가능함을 확인할 수 있었다. 인버터는 교류부하에 전력을 공급하고, 남은 잉여전력은 계통에 공급하였다. 그리고, 부하가 요구하는 전력이 인버터 전력보다 큰 경우에는 계통에서 공급받도록 하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Naka H, Kodama H, Takebayashi T, Fujii S, Hiyoshi K., "Utility Interactive PV Inverter with High-Frequency Transformer-Link", IPEC-Yokohama '95, pp.992
- [2] 野中・架裝丸, "單相PWM電流形インバータによる太陽光發電連系システム", 電學論B, 112, pp.439 (平 4-5)
- [3] 門田行生 외 3명, "DC-DCコンバータを用いた太陽光發電單相電流形インバータ", 平成8年電氣 學會全國大會, pp.4-103~4-104, 1996
- [4] 根葉保彦, "PWM 電流形 인버터による系統連系太陽光發電システムの最大電力演算法", T.IEEJapen, Vol.117-d, No.9, '97