

# PWM 전류형인버터를 이용한 계통연계형 태양광 발전시스템

박춘우\*, 성낙규\*, 이승환\*\*, 강승욱\*\*\*, 이훈구\*\*, 한정희\*  
 \* 명지대학교, \*\* 충남전문대학, \*\*\*상지전문대학

## Utility Interactive Photovoltaic Generation System using PWM Current Source Inverter

Choon-Woo Park\*, Nark-Kuy Sung\*, Seung-Hwan Lee\*\*,  
 Seung-Wook Kang\*\*\*, Hoon-Goo Lee\*, Kyung-Hee Han\*

\* Myong Ji University, \*\* Chung Nam Junior College,  
 \*\*\* Sang Ji Junior College

### ABSTRACT

In this paper, we composed utility interactive photovoltaic generation system of current source inverter, and controlled that low harmonic and high power factor are hold by supposing control and compensation method which is concerned with synchronous signal distortion and modulation delay.

And we put parallel resonant circuit into dc link, so, magnitude of direct reactance was reduce by restraining direct current pulsation which had accumulation of pulsating power in alternating electrolytic condenser. Also we controlled that modulation factor is operated around maximum output of solar cell.

### 1. 서론

현재 인류가 가장 많이 사용하고 있는 전기에너지는 대부분이 화력발전이나 원자력발전에 의존하고 있는 실정이며, 화력발전의 경우 화석연료의 한계성 및 지역 편중으로 인한 공급의 불안정성과 석유 사용증가로 인한 공해로 생태계와 오존층이 위협받고 있다. 또한 원자력발전의 경우 원자력의 안정성 및 핵 폐기물의 지구오염등 심각한 사회문제가 제기되고 있다.

새로운 대체에너지원으로 각광받고 있는 태양전지의 출력은 직류인데 비하여, 대부분의 부하는 교류부하이기 때문에 태양전지를 상용화하기 위해서

는 직·교류 변환장치가 필수적이며, 상용계통과 연계하여 운전하는 경우 단위역률을 갖는 정현파 전류 및 전압을 계통에 공급해 주어야 한다.[1]-[3]

본 연구에서는 계통연계형 태양광 발전시스템을 단상 전류형 인버터로 구성하여, 동기신호의 왜형과 변조지연에 따르는 제어 및 보상법을 제시하여 저고조파와 고역률을 유지하도록 제어하였다. 그리고 직류측에 병렬 공진회로를 삽입함에 따라 맥동전력의 일부를 교류 전해콘덴서에 축적하여 직류전류의 맥동을 억제하므로 직류 리액턴스의 크기를 경감하였으며, 변조비를 변화시키므로 최대출력점 근방에서 동작하도록 제어하였다.

### 2. 태양전지의 최대출력추적특성

일정 일사량 조건에서 태양전지가 최대출력점을 갖는 경우의 전압을  $E_{MPP}$ 라 하고, 일사량이 변화

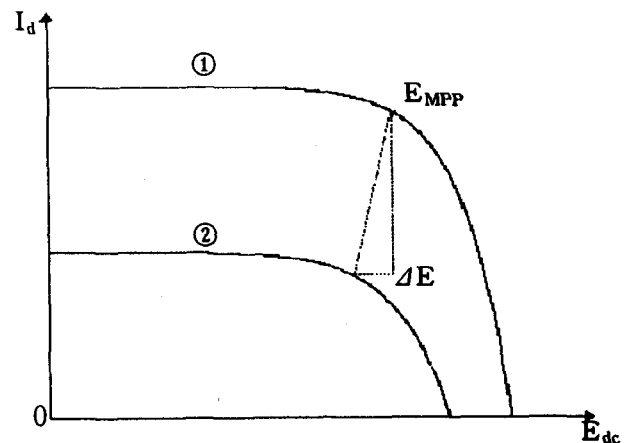


그림 1 일사량 변화에 따른 출력특성

하게 되면  $E_{MPP}$ 가 그림 1과 같이 곡선①에서 곡선②로 변하게 되므로 최대출력점을 갖는 전압  $E_{MPP}$ 가  $\Delta E$ 만큼 변화하게 된다. 따라서 식(3)에서 알 수 있듯이 태양전지 전압  $E_d$ 가 변화하면 변조비  $MI$ 를 변화시킬 필요가 있다. 일사량 변화에 따른 전압변동분  $\Delta E$ 만큼 보상하기 위해서 변조비  $MI$ 가  $\Delta MI$ 만큼 변화하므로써 항상 태양전지가 최대출력점에서 동작하도록 제어하여야 한다.

### 3. 회로구성

그림 2는 직류 평활용에 2배 주파병렬공진회로를 적용한 경우의 계통연계형 태양광 발전시스템을 나타낸다.

$L_d$ 와  $C_d$ 에서 병렬공진회로의 공진주파수를 전원주파수의 2배로 조정해서 2배의 맥동에너지를  $L_d$ 와  $C_d$ 에 분담한다. 이것에 의해 2배 주파수로 맥동한 직류전압  $e_d$ 의 맥동분을 흡수해서 직류전류  $i_d$ 를 일정( $I_d$ )하게 할 수 있다.[4]

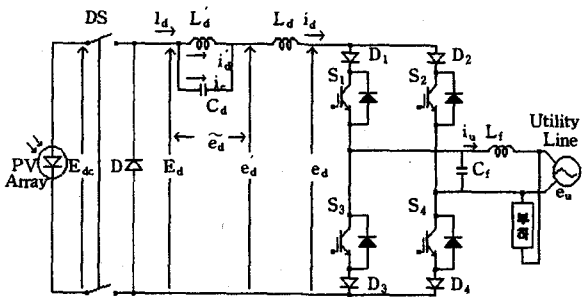


그림 2 계통연계형 태양광 발전시스템

그림 2의 신호에서 회로 각부 전압과 전류의 관계는 인버터로서 정현파 PWM제어를 행하면,  $e_d$ 는 2배주파수에서 맥동하는 PWM 변조파형이 되지만,  $L_d$ 에 의해서 리플전압은 거의 저지되고  $e_d$ 에는 나타나지 않는다.  $e_d$ 에 포함된 2배주파수의 교류분전압은  $L_d$ ,  $C_d$ 의 병렬공진회로의 전압  $\tilde{e}_d$ 에 의해서 완전히 저지되고, 태양전지에 서의 입력단자에서는  $MI$ 제어에 따라서 정해진 직류전압의 평균치  $E_d$ 가 나타난다.

변조비를  $MI$ 라하면 변조파  $\xi$ 는 다음식으로 표시 되고,

$$\xi = MI \sin \omega t \quad (1)$$

PWM에 의한 리플전압이 완전히  $L_d$ 에서 억제 된다고 한다면  $L_d$ 의 직전 직류 순시전압  $e'_d$ 는

$$e'_d = e_u \xi = \sqrt{2} E_u \cdot MI \cdot \sin^2 \omega t \quad (2)$$

$$= (MI \cdot E_u / \sqrt{2})(1 - \cos 2\omega t)$$

된다. 여기서 그림 2에 표시한 것처럼

$$\tilde{e}_d = E_d - e'_d \text{라하면}$$

$$\text{직류전압 : } E_d = MI \cdot E_u / \sqrt{2} \quad (3)$$

$L_d$ ,  $C_d$ 의 병렬공진회로에서 얻을 수 있는 교류 전압

$$\tilde{e}_d = E_d \cos 2\omega t \quad (4)$$

$L_d$ 를 흐르는 전류

$$i'_d = I_d + \dot{i}_d \quad (5)$$

$i'_d$ 의 교류분

$$\dot{i}_d = (E_d / 2\omega L_d) \sin 2\omega t \quad (6)$$

$C_d$ 를 흐르는 전류

$$i_c = -2\omega C_d E_d \sin 2\omega t \quad (7)$$

따라서

$$2\omega L_d = 1/2\omega C_d \quad (8)$$

가 되는 것처럼 병렬공진회로를 설계하면

$$\dot{i}_d = -i_c \quad (9)$$

가 되고, 병렬공진회로 이외의 직류회로에서는  $i_d = I_d$ (일정)가 된다.

태양전지의 출력전압

$$E_{dc} = E_d = E_u \cdot MI / \sqrt{2} \quad (10)$$

가 되고, 태양전지 출력특성에서 정해진 광량에 대한 직류입력전류  $I_d$ 가 얻어진다. 실제로는 일사량 변화에 따라서,  $I_d$ 는 시시각각 변동하지만, 상용주파수의 수사이클에서 수십사이클 정도에서는 일정

하게 할 수 있다.

교류출력전류  $i_u$ 는 이  $I_d$ 를 변조파 $\xi$ 에서 PWM 제어하면, PWM리플은 교류필터  $L_f$ 와  $C_f$ 에서 제거되기 때문에 결과로써 다음식이 표시된다.

$$i_u = I_d \xi = I_d M \sin \omega t \quad (11)$$

(2)식과의 관계로부터  $i_u$ 의 실효치  $I_u$ 와  $I_d$ 의 관계는

$$I_u / I_d = MI / \sqrt{2} \quad (12)$$

가되고, 변조비MI에 의해서 정해진다. 따라서 유효 전력 P는 식(10)과 식(12)에서

$$P = E_u I_u = (E_{dc} \sqrt{2} / MI) (I_d MI / \sqrt{2}) = E_{dc} I_d \quad (13)$$

이되고 인버터회로의 손실을 무시하면 에너지 수지는 일치한다

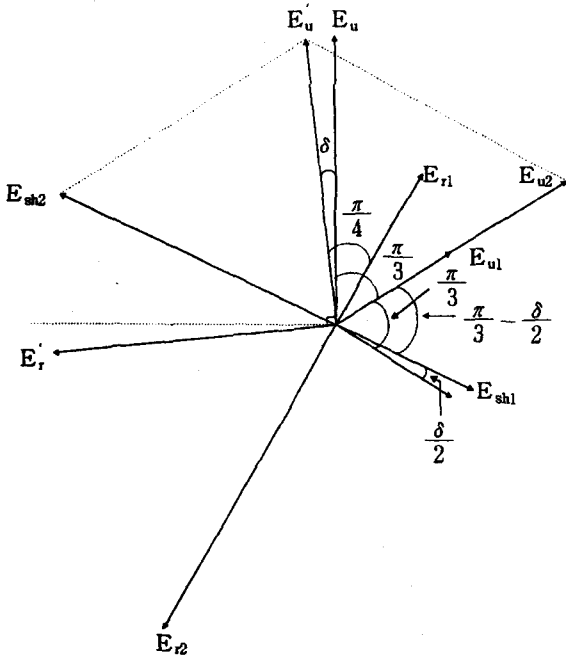


그림 3 변조지연 보상을 위한 벡터도

그림 3은 변조지연 보상을 위한 벡터도로서 계통전압을 변조지연  $\delta$ 만큼 보상한 전압  $E_u'$ 와 기

준 리액턴스전압  $E_r$ 가  $90^\circ$ 의 위상차를 가지므로 이 두벡터를 합성하여 연산하면 안정된 PWM변조가 이루어져 계통전압과 인버터 출력전류를 동상 운전하므로 단위역률제어가 가능하다.

그림 4는 그림 3의 벡터도를 만족하기 위한 전달함수를 나타낸다.

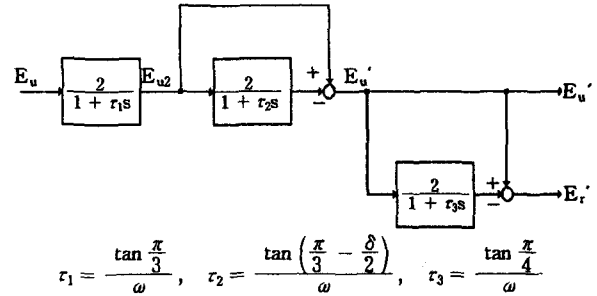


그림 4 기준과 발생기의 블록선도

#### 4. 시뮬레이션 및 고찰

시뮬레이션은 표 1의 회로정수를 이용하여 행하였다.

표 1 회로정수

계통전압 $E_u$		100V
직류리액터 $L_d$		5mH
병렬공진	리액터 $L_d'$	15mH
	콘덴서 $C_d$	117uF
필터	리액터 $L_f$	1mH
	콘덴서 $C_f$	20uF
변조비 MI		0.8
주파수	반송파	3.6kHz
	변조파	60Hz
태양전지	개방전압	90V
	단락전류	6.6A

그림 5는 PWM패턴과 전압·전류의 관계를 표시한다.

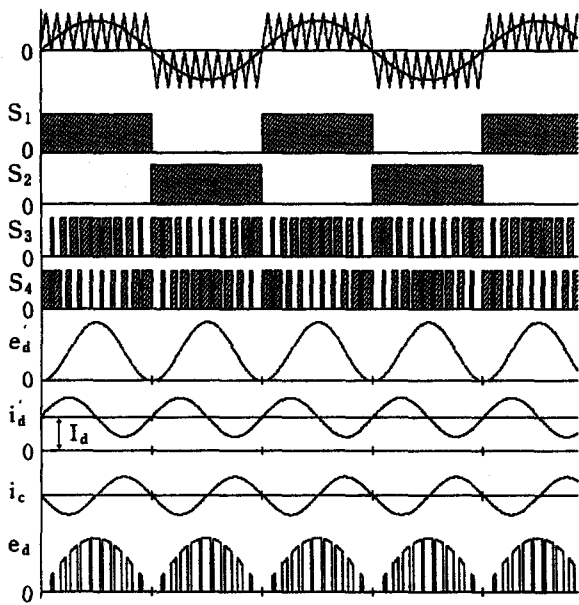


그림 5 PWM패턴과 전압·전류의 관계

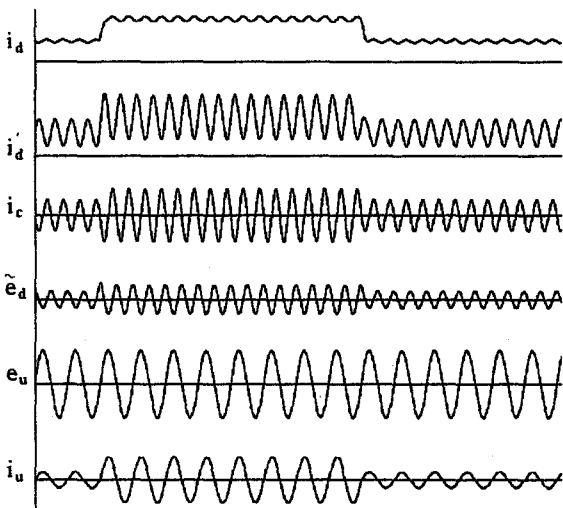


그림 6 직류전류지령치 변화시의 응답파형

그림 6은 직류측 태양전지가 일사량 변화에 따라 전류가 비례적으로 변화하므로 이와같은 경우에 대하여 그 전류지령값을 2A에서 4A로 변화하는 경우의 각부파형을 나타낸다.

## 5. 결 론

정현파 PWM 단상 전류형 인버터의 직류출력전

압은 전원의 2배 주파수로 맥동하게 되므로 직렬로 대용량의 리액턴스가 필요하게 된다.

본 논문에서는 직류리액턴스 경감책으로 상용주파수의 2배 주파수로 동조한 병렬공진회로를 첨가하여 직류맥동을 최소로 감소하였다. 또한 태양전지의 전압만을 검출하여 최대동작점에서 동작하도록 MI를 변조하는 변조지연 보상기법을 구현하여 역률1이 되도록 제어하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki, T. Murakami, M. Nishi & Y. Neba : "Interconnection System with Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter between Photovoltaic Arrays and the Utility Line", Proc. of 1990 International Power Electronics Conference IPEC-TOKYO, p. 144, (April 1990)
- [2] S. Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki & M. Nishi : "Interconnection System with Single Phase IGBT PWM CSI between Photovoltaic Arrays and The Utility Line", Conf. Rec. of IEEE/IAS Annual Meeting, Seattle Washington, p.1302, (Oct. 1990)
- [3] S. Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki & M. Nishi : "Utility Interactive Photovoltaic System Using Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter", Technical Digest 5th International Photovoltaic Science and Eng. Conf. Kyoto, p. 665 (Nov. 1990)
- [4] 野中・作太郎 : "系統連系太陽光発電システムに適した単相PWM電流形インバータ", 電學論D, 114, p.631-637, 1994