

# 강압초퍼와 전류형 인버터를 이용한 태양광발전 시스템

성낙규\*, 이승환\*\*, 김성남\*, 이훈구\*\*, 김용주\*\*\*, 한경희\*

\* 명지대학교, \*\* 충남전문대학, \*\*\* 동양공업전문대학

## Photovoltaic System using the Stepdown Chopper and Current Source Inverter

Nark-Kuy Sung\*, Seung-Hwan Lee\*\*, Sung-Nam Kim\*,

Hoon-Goo Lee\*\*, Yong-Joo Kim\*\*\*, Kyung-Hee Han\*

\* Myong Ji University, \*\* Chung Nam Junior College, \*\*\* Dong Yang Junior College

**Abstract** - In this paper, we compose of the stepdown chopper and the current source inverter. Because dc side current of the current source inverter pulse with twice frequency of utility, we control that modulation factor of chopper is pulsed twice frequency. Therefore if voltage across the dc reactor equal to zero, it is decreased. And we control modulation factor of the chopper to operate at maximum power point around of solar cell.

터에 걸리는 전압을 0으로 하여 직류 리액터를 경감하였으며, 잉여 발전전력을 계통측으로 공급하도록 제어하였다.

### 2. 태양광발전 시스템

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

### 1. 서론

화석연료의 한계성 및 공해로 인한 대한 대책으로 대체 에너지 개발을 추진하고 있으며, 새로운 대체에너지원으로 각광받고 있는 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 태양전지의 출력은 직류이므로, 계통과 연계하기 위해서는 인버터를 사용해서 직류를 교류로 변환하는 태양광발전 시스템이 필수적이다. 인버터는 전압형과 전류형으로 크게 분류되지만, 전류형은 직류전류를 일정하게 하기 위해서 큰 직류리액터를 필요로 하는 단점이 있으나, 부하단락, 인버터 사고시의 단락에 대한 돌입전류의 걱정이 없고, 계통과 연계하기 위해서 인버터의 출력전압을 계통전압 보다 높게 하지 않아도 되는 장점이 있다.[1]~[4]

본 논문에서는 계통연계형 태양광발전 시스템을 강압초퍼와 전류형 인버터로 구성하였다. 전류형 인버터의 직류측이 전원 주파수의 2배로 맥동을 하기 때문에 초퍼의 변조파를 전원전압의 2배 주파수로 맥동하도록 제어하였다. 따라서, 직류 리액

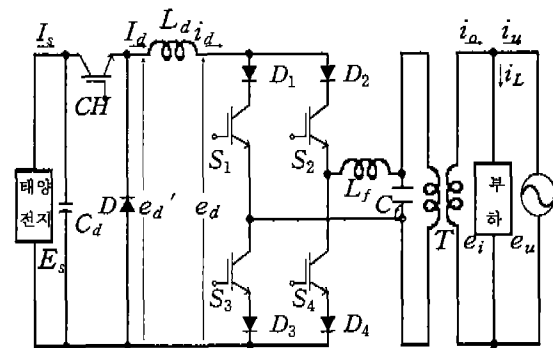


그림 1 시스템 구성

Fig. 1 System configuration

강압초퍼는 직류리액터  $L_d$ 를 경감할 목적으로 전원전압의 2배의 주파수로 제어되도록 구성하였다.[4] 전류형 인버터는 부하단락, 인버터 사고시의 단락에 대한 돌입전류의 걱정이 없으며, 태양전지가 단락되어도 단락전류는 최대출력점의 최적 전류값에 대해 1.1~1.3배 정도가 된다. 태양전지 자체가 전류제한기의 기능을 갖고 있어 전류형 인버터에서는 이것을 활용할 수 있기 때문에 안정성

에서도 전압형보다 상당히 유리하다. 그리고 전압형에서는 단락방지를 위해서 게이트 신호간에 데드타임을 설치할 필요가 있지만, 전류형에서는 그 필요가 없다. 정현파 변조파의 위상을 상용전원의 위상과 동위상으로 고정하는 것에 의해 역률1로 제어할 수 있고, 역률 조정도 용이하다.

부하에 공급되는 전류를 영이라 가정하고, 인버터의 교류출력전류  $i_o$ 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 전원전압의 2배로 맥동을 하게 된다는 것을 알 수 있다.

초퍼의 출력전압

$$e_d' = \frac{MI_c \cdot E_s}{2} (1 - \cos 2\omega t) \quad (4)$$

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

직류 리액터  $L_d$ 에 걸리는 전압

$$L_d \frac{di_d}{dt} = e_d' - e_d \quad (5)$$

가 되어,  $e_d'$ 와  $e_d$ 가 같게 된다면, 직류 리액터  $L_d$ 에 걸리는 전압이 영이 되므로 직류전류의 맥동은 제거될 것이다.

교류출력전류  $i_o$ 는  $I_d$ 를 변조파  $\xi_i$ 로 PWM 제어하면, PWM리플은 교류필터  $L_f$ 와  $C_f$ 에서 제거되기 때문에 결과로서 다음으로 표시된다.

$$i_o = I_d \cdot \xi_i = MI_i \cdot I_d \sin \omega t \quad (6)$$

$i_o$ 의 실효치  $I_o$ 와  $I_d$ 의 관계는

$$\frac{I_o}{I_d} = \frac{MI_i}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

가 되고, 변조율  $MI_i$ 에 의해서 정해진다.

그림 2는 이상의 이론을 확인하기 위한 제어펄스 패턴을 나타낸 것으로 초퍼부를 전원전압의 2배 주파수로 제어하고, 전류형 인버터의 제어펄스

는 전류가 연속적으로 흐르도록 제어한다.

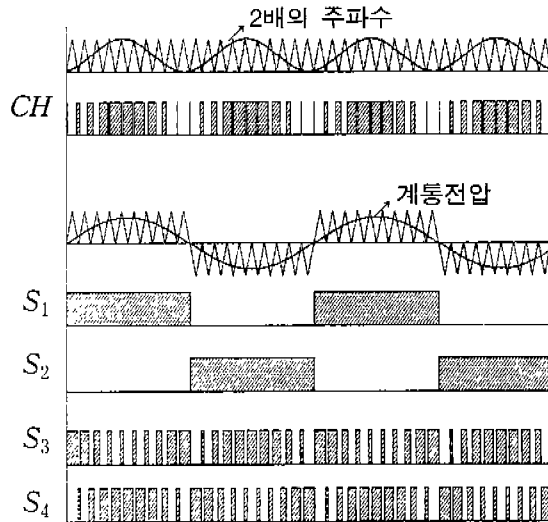


그림 2 제어펄스  
Fig. 2 Control pulse

### 3. 제어기 구성

그림 3은 제어기 구성을 나타낸 것으로, 계통전압과 위상동기를 위해 계통전압을 동기 트랜스로 검출하여 샘플 앤 홀드 회로를 거쳐 CPU의 A/D변환기에 입력하였다.

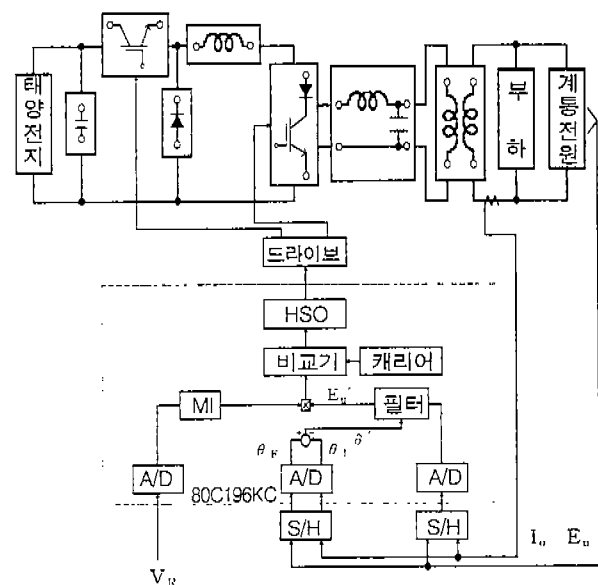


그림 3 제어기 구성  
Fig. 3 Controller configuration

비교기는 전원전압을 A/D변환하면 변조시  $\delta$ 만

컴의 지연각이 생기므로 저역통과필터를 사용하여 변조지연에 따른 보상을 하게 되며, 전원전압에 외란성분이 포함되어 있을 때에도 안정된 변조를 하게 된다. 본 논문에서는 표 1의 회로정수를 이용하여 실험을 하였다.

표 1 회로정수  
Table 1 Parameters

계통전압 $E_u$		120[V]
직류리액터 $L_d$		50[mH]
직류콘덴서 $C_d$		2200[uF]
변조비 MI	초퍼	0.85
	인버터	0.85
필터	리액터 $L_f$	5[mH]
	콘덴서 $C_f$	10[uF]
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 태양광발전 시스템에서 강압초퍼회로를 추가하지 않은 전류형 인버터를 제어한 경우 각부파형을 나타낸다.

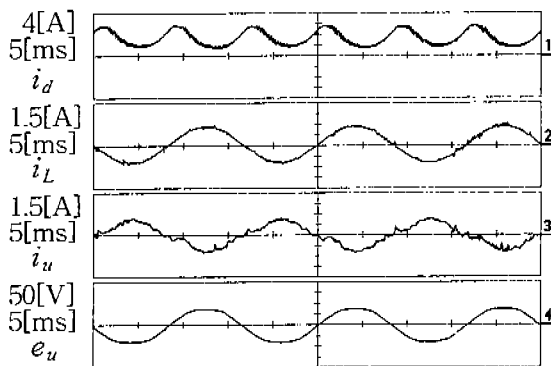


그림 4 강압초퍼회로가 없는 경우 파형  
Fig. 4 Waveforms of case without the step down chopper circuit

그림 5는 그림 1과 같이 계통과 연계하고 강압초퍼를 전원주파수의 2배로 제어한 경우의 각부파형을 나타낸 것으로 그림 4의 강압초퍼회로 부

가하지 않은 회로의 파형과 비교하여 직류 리액터의 크기를 작게 하고도 직류리액터 전류의 맥동을 크게 감소시켰고, 계통전류의 파형을 개선할 수 있었다.

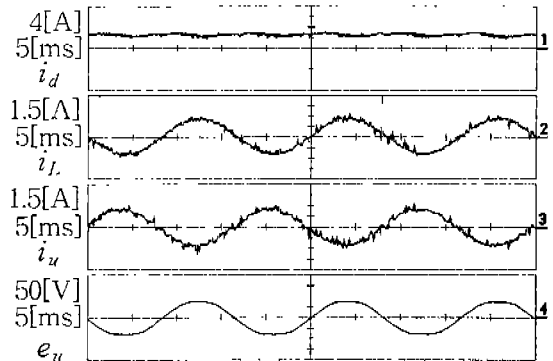


그림 5 강압초퍼회로를 부가한 경우 파형  
Fig. 5 Waveforms of case with the step down chopper circuit

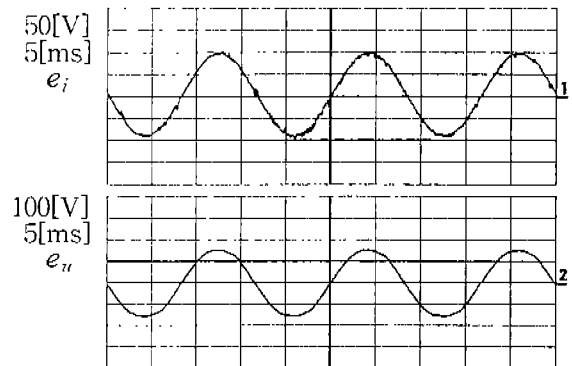


그림 6 인버터 출력전압과 계통전압파형  
Fig. 6 Waveforms of inverter output voltage and utility voltage

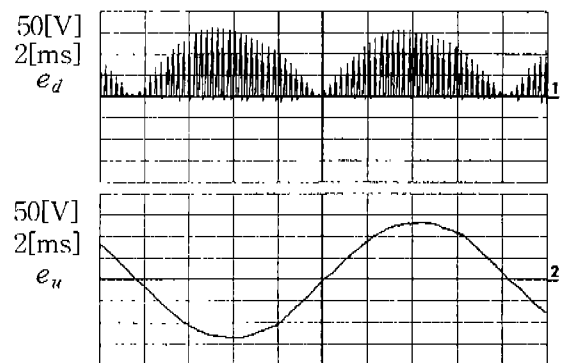


그림 7 초퍼 출력전압과 인버터 출력전압파형  
Fig. 7 Waveforms of chopper output voltage and inverter output voltage

그림 6은 계통을 연계하지 않은 경우의 인버터 출력전압파형과 계통전압파형으로 연계운전하는 경우 계통전원의 위상과 동위상으로 고정하는 것에 의해 고역률로 제어할 수 있다. 그림 7은 연계시 강압초퍼의 출력전압과 인버터 출력전압파형을 나타낸다. 그림 8은 연계운전시 일사량이 변화한 경우의 직류리액터 전류와 출력전압의 파형으로 일사량의 변화에 따라 전류는 변화하지만, 출력전압은 일사량에 관계없이 일정하게 됨을 알 수 있다.

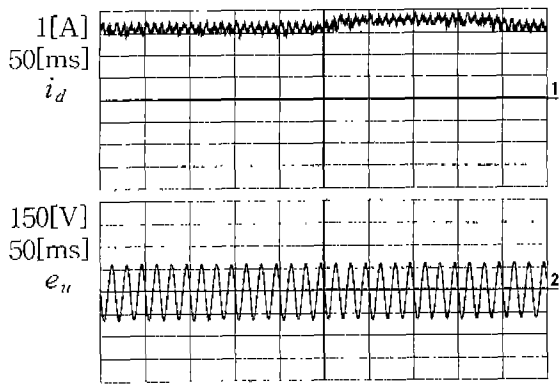


그림 8 일사량 변화에 따른 파형  
Fig. 8 Waveforms as change of insolation

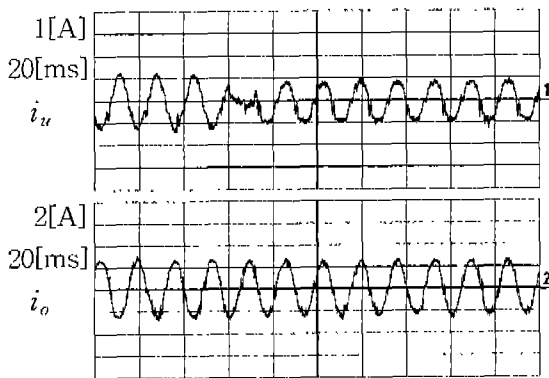


그림 9 부하변화에 따른 전류파형  
Fig. 9 Current waveforms as change of load

그림 9는 부하를 변화시킨 경우의 인버터 출력전류와 계통전류의 파형으로 부하가 요구하는 전력이 인버터 출력전력 보다 작은 경우에는 인버터가 부하전력을 공급하고 잉여전력을 계통측으로 공급한다. 그리고 인버터의 출력전력이 부하전력 보다 작은 경우에는 계통측으로부터 부족분의 전력을 공급받고 있음을 알 수 있다. 그림 10은 연

계운전시 정류기 부하를 사용한 경우 출력전류파형과 전압파형을 나타낸다.

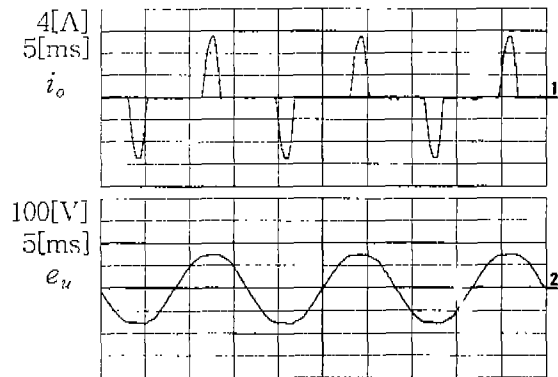


그림 10 정류기 부하의 출력전류와 계통전압파형  
Fig. 10 Waveforms of output current and utility voltage of rectifier load

## 5. 결 론

본 논문에서는 직류 리액터를 경감하는 방법으로 강압초퍼를 전원주파수의 2배로 제어하여 직류 리액터의 크기를 작게 하고도 직류전류의 맥동을 억제하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다. 태양 광발전 시스템에서 인버터의 출력전력이 부하전력 보다 큰 경우에는 잉여전력을 계통전원에 공급하고, 발전전력이 부하전력에 대해 부족한 경우에는 계통전원이 부족분을 공급하는 것을 확인할 수 있다.

## [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.962
- [2] S.Nonaka, K.Kesamaru, K.Yamasaki, et al, "Interconnection System with Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter between Photovoltaic Arrays and the Utility Line", IPEC-Tokyo, pp.144~151, 1990
- [3] 野中・架装丸, "単相PWM電流形インバータによる太陽光発電連系システム", 電學論B, 112, pp.439 (平 4-5)
- [4] 門田行生 외 3명, "DC-DCコンバータを用いた太陽光発電単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