

직류리액터 경감을 위한 계통연계형 태양광 발전시스템

성낙규^{*,} 이상집^{*}, 이승현^{**}, 오봉환^{***}, 이훈구^{**}, 한경희^{*}
 * 명지대학교, ** 충남전문대학, *** 명지전문대학

Utility Interactive Photovoltaic System for DC Reactor Reduction

Nark-Kuy Sung^{*,} Sang-Chip Lee^{*}, Seung-Hwan Lee^{**}, Bong-Hwan Oh^{***}, Hoon-Goo Lee^{**}, Kyung-Hee Han^{*}
 * Myong Ji University, ** Chung Nam Junior College, *** Myong Ji Junior College

Abstract - In this paper, we compose of the single current source inverter for utility interactive photovoltaic system. According to insert parallel resonant circuit, the dc reactor decreases the distortion of dc current and output current. Therefore, we decrease the dc reactance and control modulation factor to operation at the maximum power point around of solar cell.

부하 및 계통으로 주회로를 구성하였다.

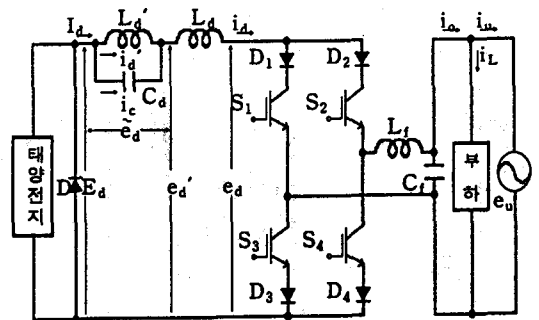


그림 1 계통연계형 태양광 발전시스템

1. 서론

신 에너지원으로서 무공해이며 무한한 태양에너지를 이용한 태양광 발전시스템이 새로운 대체에너지로서 각광받고 있다. 태양전지의 출력은 직류인데 비하여, 대부분의 부하는 교류부하이기 때문에 태양전지를 상용화하기 위해서는 직·교류 변환장치인 인버터가 필수적이다. 인버터는 전압형과 전류형으로 크게 분류되지만, 전류형은 직류전류를 일정하게 하기 위해서 큰 직류 리액터를 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 태양광 발전시스템을 단상 전류형 인버터로 구성하였다. 그리고 직류측에 병렬 공진회로를 삽입함에 따라 맥동전력의 일부를 교류 전해콘덴서에 축적하여 직류전류의 맥동을 억제하므로 직류리액터의 크기를 경감하였으며, 변조율을 태양전지의 최대출력점 근방에서 동작하도록 제어하였다.

2. 태양광 발전시스템

그림 1은 태양광 발전시스템으로서 태양전지, 병렬공진회로, 직류리액터, 전류형 인버터, 필터회로,

L_d' 와 C_d 는 직류리액터 L_d 를 감소시키기 위해 구성된 병렬공진회로를 나타낸다.

부하에 공급되는 전류를 i_o 라 가정하고, 인버터의 교류출력전류 i_a 가 역률1의 정현파로 모두 상용전원에 공급되는 것으로 가정한다면,

$$P = e_u i_o = E_u I_o (1 - \cos 2\omega t) \quad (1)$$

이 되고, 2배 주파수로 맥동한다. 변조율을 MI라 하면, PWM에 의한 리플전압이 완전히 L_d 에서 억제된다면, 직류 순시전압

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

이 된다. 여기서 그림 1에 표시한 것처럼 공진회로에 걸리는 전압 $\hat{e}_d = E_d - e_d$ 라 하면, 직류전압

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

이 된다. 여기에서 일정한 계통전압 E_u 를 공급하는 경우 MI를 변화시키므로 태양전지 전압 E_d 를 가변할 수 있다.

L_d' , C_d 의 병렬공진회로에서 얻을 수 있는 교류 전압 $\hat{e}_d = E_d \cos 2\omega t$ 이고, L_d 에 흐르는 전류

$i_d = I_d + \dot{i}_d$ 이 되어 i_d 의 교류분

$$\dot{i}_d = (E_d/2\omega L_d')\sin 2\omega t \quad (5)$$

이 된다. C_d 에 흐르는 전류

$$i_c = -2\omega C_d E_d \sin 2\omega t \quad (6)$$

이므로

$$2\omega L_d' = 1/2\omega C_d \quad (7)$$

가 되도록 병렬공진회로를 설계하면

$$\dot{i}_d = -i_c \quad (8)$$

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

교류출력전류 i_o 는 I_d 를 변조파 ξ 에서 PWM 제어하면, PWM리플은 교류필터 L_f 와 C_f 에서 제거되기 때문에 결과로써 다음식이 표시된다.

$$i_o = I_d \xi = I_d MI \sin \omega t \quad (9)$$

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. 이때 직류 리액턴스 L_d' 에 대한 C_d 는 비교적 소형경량의 콘덴서를 구성할 수 있기 때문에 전체적으로 상당히 소형경량화가 가능하다.[3],[4]

3. 제어기 구성

그림 2는 제어기 구성을 나타낸 것으로 상용계통 전압과 위상동기를 위하여 직접 계통전압 E_u 를 동기트랜스로 검출하여 샘플 앤 홀드회로를 거쳐 CPU의 A/D 변환기에 입력하였다.

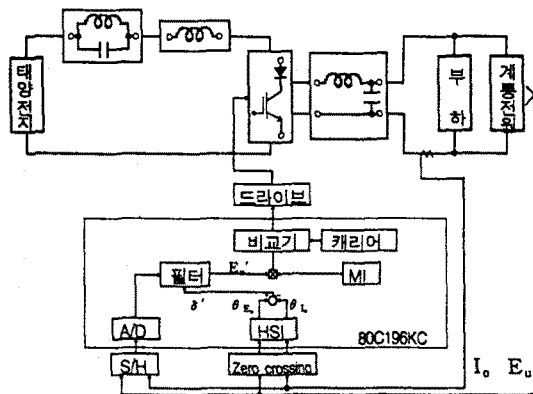


그림 2 시스템 제어기 구성

표 1의 회로정수를 이용하여 실험하도록 구성하였다.

표 1 회로정수

계통전압 E_u	100[V]	
직류리액터 L_d	50[mH]	
병렬공진	리액터 L_d'	15[mH]
	콘덴서 C_d	117[uF]
필터	리액터 L_f	5[mH]
	콘덴서 C_f	2[uF]
변조비 MI	0.85	
주파수	반송파	4[kHz]
	변조파	60[Hz]
태양전지	개방전압	90[V]
	단락전류	3.32[A]

4. 실험결과

본 논문에서는 태양광 발전시스템을 그림 2와 같이 태양광 발전시스템을 구성하여 실험을 하였다.

그림 3은 병렬공진회로를 삽입하지 않고 직류리액터 $L_d = 125$ [mH]를 사용했을 때의 인버터의 출력전압과 출력전류 그리고 인버터 입력전류의 파형을 보여준다.

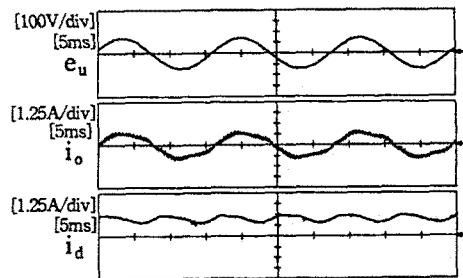


그림 3 병렬공진회로가 없는 경우 파형

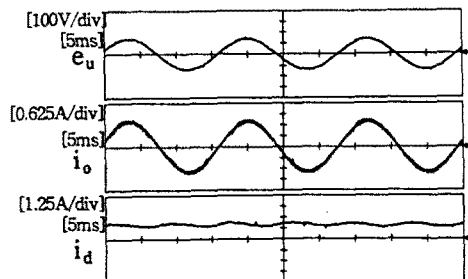


그림 4 병렬공진회로를 삽입한 경우 파형

그림 4는 병렬공진 리액터 $L_d' = 15[\text{mH}]$ 와 공진 콘덴서 $C_d = 117[\mu\text{F}]$ 을 삽입하고, 직류 리액터 $L_d = 50[\text{mH}]$ 일 경우 인버터 출력전압, 출력전류, 인버터 입력전류의 파형을 나타낸다. 그림 5는 계통전압, 인버터 입력전류, 공진콘덴서 C_d 에 흐르는 전류 그리고 공진 리액터 L_d' 에 흐르는 전류의 파형을 보여준다. 그림 6은 인버터 입력전류 i_d 가 1.5[A]에서 2.9[A]로 증가했을 때의 계통전압, 인버터 입력전류, 공진 콘덴서 C_d 에 흐르는 전류 그리고 공진 리액터 L_d' 에 흐르는 전류의 파형을 나타낸다.

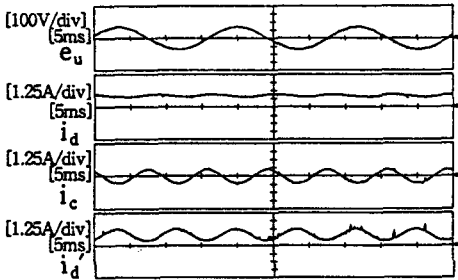


그림 5 공진회로 및 인버터 입력전류 파형

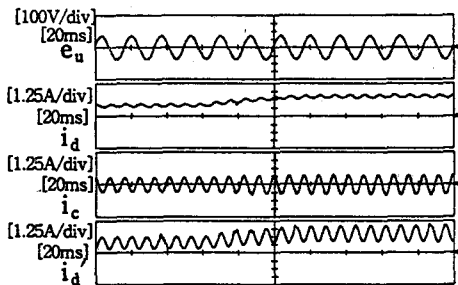
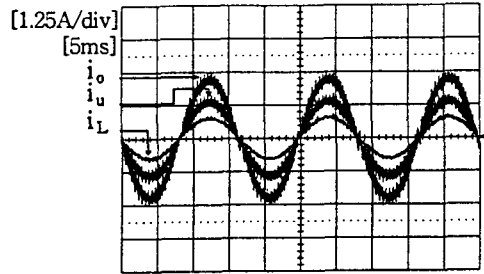
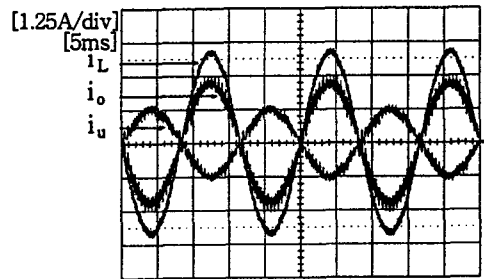


그림 6 인버터 입력전류가 증가했을 경우 파형

그림 7의 (a)는 계통을 연계했을 때 부하에서 요구되는 전류가 인버터 출력전류보다 작을 경우에 인버터 출력전류 i_o 가 부하에 부하전류 i_L 를 공급하고 그리고 잉여전류 i_u 를 계통에 공급하는 파형을 나타낸다. (b)는 부하에서 요구되는 전류가 인버터 출력전류보다 클 경우 부족분의 전류를 계통에서 공급해 주는 전류파형을 나타낸다.



(a) $i_o > i_L$ ($i_o = i_L + i_u$)



(b) $i_o < i_L$ ($i_L = i_o - i_u$)

그림 7 연계시 출력전류 파형

5. 결 론

본 논문에서는 계통연계형 태양광 발전시스템을 단상 전류형 인버터로 구성하여 상용계통과 연계 운전하는 경우 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 병렬공진회로를 삽입함으로써 직류리액터의 크기를 감소시킬 수 있었다.
- (2) 계통전압과 출력전류를 검출하여 위상차를 보상하므로 고역률 제어를 행하였다.
- (3) 병렬공진회로에 의해서 직류전류의 왜곡과 출력전류의 왜곡을 감소시킬 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 大野隆彦, "太陽光發電技術の歩み", 日本電氣學會誌, Vol. 112, No.12, 1992
- [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)
- [4] 野中・架裝丸・西, "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の出力高調波低減", 電氣學會誌, No.350