

자연전류방식을 이용한 태양광 인버터

정연택*,한정희*,김용주**,이승환***,성낙규*

*명지대학교 전기공학과,**동양공업전문대학 전기과,***충남전문대학 전기과

(Line-Commutated Photovoltaic Inverter System)

Yon-Tack Chung*,Kyung-Hee Han*,Yong-Joo Kim**,Seung-Hwan Lee***,Nark-Kuy Sung*
*Myong Ji University,**Dong Yang Technical Junior College,***Chung Nam Junior College

Abstract

The output power of photovoltaic(PV) system is fluctuating due to the change in the insolation and temperature and etc. This problem can be overcome if the system is connected to storage batteries and the power system. According to, this paper proposes line-commutated photovoltaic inverter system.

It has been experimentally verified that and maximum power can be obtained by varying the firing angle.

1. 서론

태양광 발전은 최근 환경문제, 에너지 수요증대에 따른 문제 해결책의 하나로서 주목받고 있고, 태양전지 모듈의 연구 또는 그 주변시스템 개발이 증대되고 있다. 그러나 태양에너지는 태양전지에 의해 태양광이 전기에너지로 변환되지만 태양전지 출력은 직류전력이므로 이 전력을 일반가정에 사용하기 위해서는 인버터에 의해 교류전력으로 변환할 필요가 있다.^[1-2]

태양전지의 출력은 일사량, 온도등에 의해 크게 변동하므로 태양광 발전시스템을 유효하게 사용하기 위해서는 축전지를 추가하고, 상용전원과 연계해서 전력공급에 안정화를 도모하며, 또한 출력에너지를 최대로 이용하기 위한 최대출력 제어가 필요하다.

가정용의 태양광발전 연계시스템은 이미 실용화 단계에 접어들고 있고, 이것에 대한 대상 인버터는 전압형 인버터가 주를 이루고 있지만 직류 중간회로에 대용량 콘덴서를 태양전지와 병렬로 접속할 필요가 있다. 이때문에 인버터부 또는 출력부에 단락이 발생하는 경우, 순간적으로 과대한 전류가 흐르므로 순간적으로 인버터를

차단해야 하지만 전류원인 경우에는 순간적으로 차단할 필요가 없다.^[3-4]

본 연구에서는 전력계통과 연계한 3상 타역식 인버터를 이용하여 전압검출에 의한 정전압 제어방법에 의해 최대출력제어를 하고, 입력전류 파형의 개선책으로 12펄스형 회로에 대하여 검토하였다.^[5]

2. 태양전지

태양전지의 간략화한 전류, 전압특성을 식(1)과 같이 표시하고 등가회로는 그림 1과 같이 나타낸다.

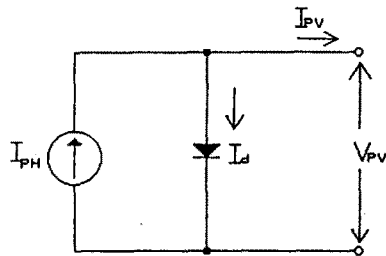


그림 1. 태양전지의 등가회로

$$I_{pv} = I_{sc} \{ 1 - e^{K(V_{pv}/V_{oc} - 1)} \} \dots \dots (1)$$

여기에서

I_{sc} : 단락전류

V_{oc} : 개방전압

K : 곡선상수

그림 2는 본 논문에서 사용한 태양전지 모듈의 전류, 전압(I-V)특성과 전력, 전압(P-V)특성을 표시한다.

그림 2에서 알 수 있듯이 최대출력점은 일사량의 변화에 따라 비례적으로 변화하며, 전압은 약간 변동한다. 따라서 태양전지를 효율적으로 이

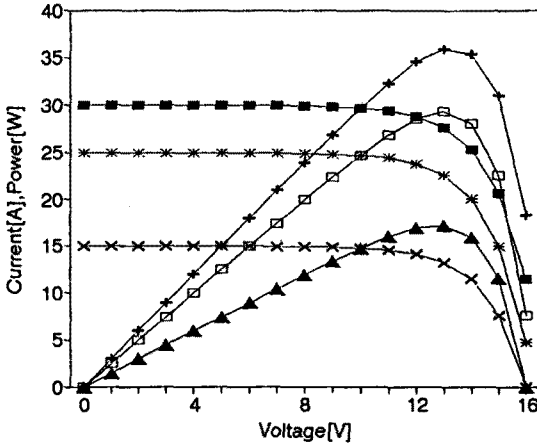


그림 2. 태양전지의 특성곡선

용하기 위해서는 최대출력점 근처에서 동작시킬 필요가 있다.

3. 3상 타역식 태양광 인버터

3상 6펄스 정류기는 $0 \sim \pi$ 까지 제어 가능하지만 $\pi/2 < \alpha < \pi$ 에서는 $E_{da} < 0$ 이 되므로 부하에 I_d 가 흐르지 않는다. 따라서, 펄스 정류기의 점호각 α 을 $90^\circ \sim 180^\circ$ 범위에서 부하측에 직류전원을 역방향으로 접속하면 인버터로서 동작하며 직류전원측에서 교류측에 전력을 공급하게 된다.

그림 3은 직류전원 태양전지를 연결한 3상 6펄스 타역식 태양광 인버터이다. 여기에서 V_d 는 인버터측 전압, V_{pv} 는 태양전지 출력전압, I_{pv}

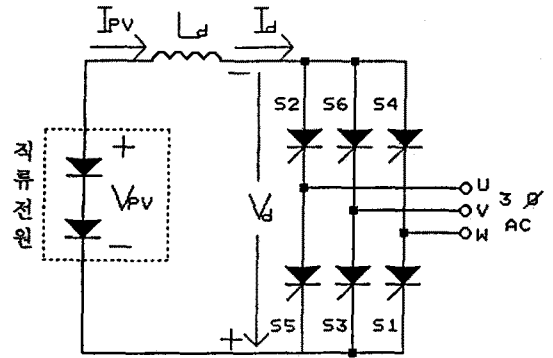


그림 3. 3상 6펄스 타역식 태양광 인버터

는 태양전지 출력전류를 나타낸다.

그림 4는 위상제어각을 연속적으로 증대하는 경우의 교류전원의 상전압과 선전류 및 전력을 표시하며 점호각 α 와 직류전압과의 관계를 나타낸다. 이것은 교류측을 3상으로 한 경우이지만 단상일때도 그림과 같은 시스템을 구성할 수가 있다.

그림 3에서 각 정류소자의 순전압강하 및 전류시의 전류 중첩을 무시하고, 직류측 회로에는 충분히 큰 인덕턴스 L 이 있다고 하면, 직류측 회로의 전류 I_d 는 일정하게 되며, 교류회로에 있어서의 선전류는 그림 4와 같이 구형파로 출력된다.

또한, $\alpha < 90^\circ$ 경우에는 전력이 (+)되어 교류측에서 직류측으로 전력을 공급하므로 순변환 동작이 되며, $\alpha > 90^\circ$ 경우에는 전력이 (-)되어 직류측에서 교류측으로 전력을 공급하므로 인버터 동작이 된다. 이 인버터는 언제나 지상역률로 운전되며 계통으로부터 지상무효전력을 공급받게 된다. 이 타역식 인버터의 직류전압 V_d

점호각	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$	$\alpha = 150^\circ$	$\alpha = 180^\circ$
1상 전압							
전류							
전력							
	$P=VI$	$P=VI\cos 30^\circ$ $\approx 0.866VI$	$P=VI\cos 60^\circ$ $\approx 0.5VI$	$P=VI\cos 90^\circ$ $=0$	$P=VI\cos 120^\circ$ $\approx -0.5VI$	$P=VI\cos 150^\circ$ $\approx -0.866VI$	$P=VI\cos 180^\circ$ $=-VI$
	순변환 영역(전력공급)			전력수수없음	인버터 영역(전력수급)		

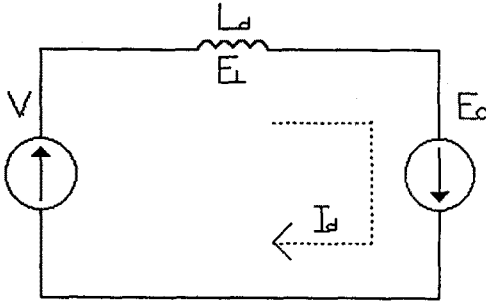
그림 4. 교류측 전압, 전류, 전력

는 점호각 α 에 대하여 다음과 같은 관계를 갖는다.

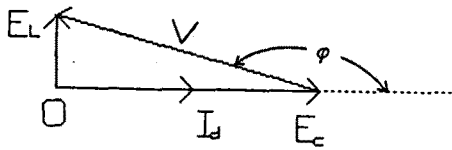
$$V_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V \cos \alpha \dots\dots\dots (2)$$

그리고, 그림 5의 등가회로 및 벡터도에서 교류측 전류의 실효값 I_d 와 V 와의 위상차를 ϕ 라 하면 역률 $\cos \phi$ 는 식 (3)과 같이 된다.

$$\cos \phi = -\frac{E_c}{V} \dots\dots\dots (3)$$



(a) 등가회로



(b) 벡터도

그림 5. 등가회로 및 벡터도

4. PV 시스템의 제어회로

태양전지의 출력은 불안정하기 때문에 초퍼 회로를 이용한 축전지 저장시스템과 상용계통 전력을 이용하는 인버터 방식이 있다.

본 논문에서는 태양전지를 항상 상용계통과 연계함으로써 자연전류 할 수 있는 3상 타역식 인버터를 사용하고 직류전원측에 태양전지 어레이 (V_{PV})를 연결하였다. 태양전지는 그림 2와 같은 특성을 갖고 있기 때문에 전압 V_{PV} 와 전류 I_d 의 함수가 되므로, 식(2)에서 점호각 α 를 조정하면 V_d 가 변화하게 되고, 따라서 V_{PV} 도 변화하게 된다.

따라서, 점호각 α 를 변화시켜 태양전지의 최적동작전압 V_{OP} 가 되도록 α 를 조정하여 유효하게 이용할 수 있도록 제어한다.

그러나, 점호각 α 를 90° 근처에서 동작하면 역률이 좋지 않게 되어, 무효전력이 증가하게 되므로 점호각 α 를 90° 부근의 운전은 피하고 가능한 180° 에 가깝게 하여 역률이 1에 가까운 상태로 운전하는 것이 좋다. 그러나, 일사량이 변하면 그림 3에서 최대 동작점이 변화하므로 그 변화분 만큼 점호각 α 를 보정하기 위하여

전압 검출에 의한 PI제어기를 사용하여 항상 최대 출력점에서 동작하도록 하였으며, 제어 블록도는 그림 6과 같다.

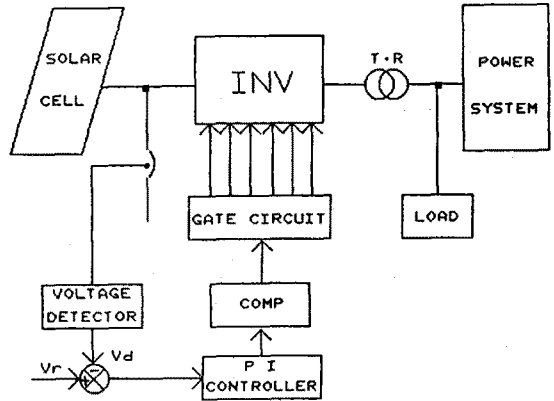


그림 6. PV 시스템의 제어 블록도

또한 6펄스 타역식 인버터를 사용하면 교류전류 파형이 구형파가 되므로, 본 논문에서는 교류 입력전류에 포함된 고조파분을 저감하고, 교류전류를 정현파로하며, 동시에 직류 출력전압에 포함된 맥동 증폭을 감쇠시키고, 맥동 주파수를 높게하여 평활용 리액터의 저감을 도모하기 위해 12펄스 회로를 그림 7과 같이 구성하였다.

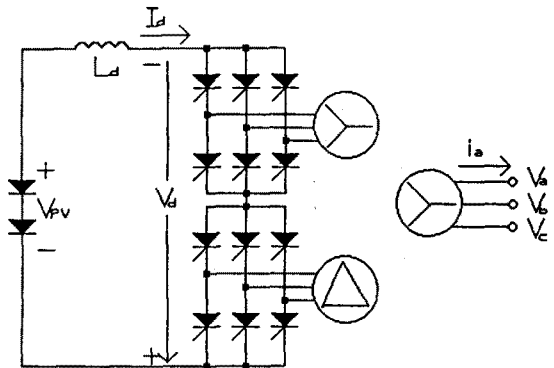


그림 7. 3상 12펄스 타역식 인버터

5. 실험결과

본 실험에서 사용한 회로는 그림 7과 같이 12펄스형 타역식 인버터를 사용하였다.

여기서 직류전원(태양전지)는 시멘스 45 [W]를 10개를 직렬접속 하였고, 평활용 리액터는 0.4 [H]를 사용하였으며, 교류전원은 $\gamma - \Delta - \gamma$ 접속을 하여 2차측 교류전압을 100 [V]로 하였다.

그림 8은 일사량 변화에 따른 전압, 전류, 전력 특성을 나타내었다. 그림 8에서 알 수 있듯이 일사량 변화에 따른 최적동작전압 V_{OP} 는 약간의

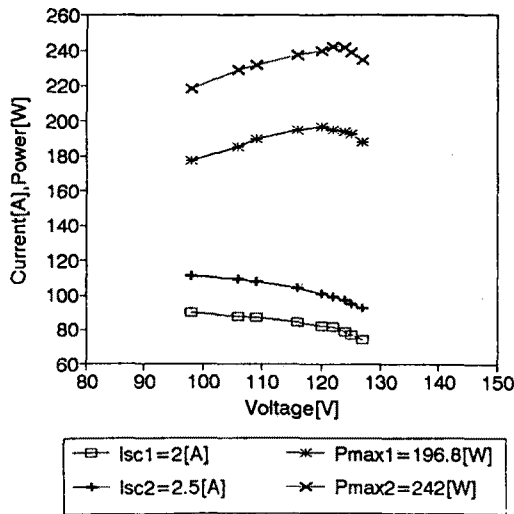
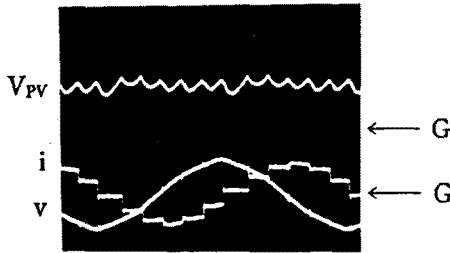
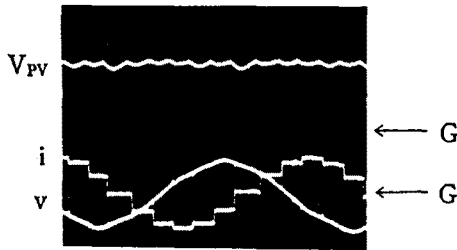


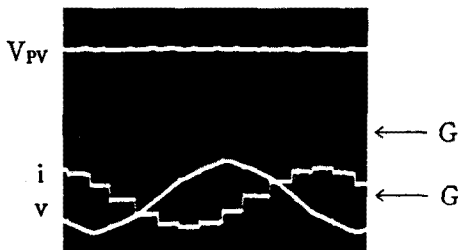
그림 8. 인사각변화에 따른 PV전압,전류,전력특성



(a)점호각 $\alpha = 125^\circ$



(b)점호각 $\alpha = 140^\circ$



(c)점호각 $\alpha = 155^\circ$

Volt/Div : 50[V]
Time/Div : 2[ms]

사진 1. α 변화에 따른 PV전압과 교류전압, 전류

변화를 갖고 있으므로, 점호각 α 의 변동값은 약간의 변동만을 가져온다.

사진 1은 일정인사각 조건에서 최적동작전압을 찾기 위한 점호각 α 에 따른 태양전지전압, 교류전압, 전류파형을 나타낸다.

이상과 같이 실험을 행한 결과 태양전지의 출력전력은 양호한 특성을 얻었다.

6. 결론

12펄스형 타어식 인버터를 태양광 발전에 적용한 결과 항상 상용계통과 연결되어 있으므로 자연전류에 의하여 SCR을 온-오프 제어 가능하므로 회로가 간단하고, 전류형이므로 출력측 단락시 회로에 흐르는 전류는 태양전지의 단락전류 이하로 억제되고, 12펄스형을 사용함으로써 교류측 전류의 고조파 성분 및 파형을 개선할 수 있었다.

교류측 전류를 거의 정현파에 가깝게 만들기 위한 다중방식 또는 탭변환 방식에 대한 제어 알고리즘을 다음에 보고할 예정이다.

참고문헌

- [1] Katsumi Ohwnia & Tsuyoshi Sata, "A Simplified Maximum Power Tracking Method For Photovoltaic Solar System," JIEE PP. 72-78, 1986.
- [2] Ziyad Salameh & Daniel Taylor, "Step-Up MPPT for Photovoltaic Arrays," Solar Energy Vol. 44. No.1.pp. 57-61, 1990.
- [3] F.harashima, H.Inaba, R.Kitahori & T.Shibuya, "The Power Control of Photovoltaic Generation System by PWM Inverter"
- [4] S. Nonak & K. Kesamaru, "Inter connection system with sinusoidal output PWM current source inverter between photovoltaic arrays and the utility line," IPEC-Tokyo, pp. 144-151, 1990.
- [5] O. Wasynczuk & P. C. Krause, "Reduce order modeling of grid-connected photovoltaic inverter systems," Sandia contract, pp. 59-3675, January 1988.