

태양광 발전시스템용 단상인버터

오정석*, 이승환**, 강승욱***, 이훈구**, 한경희*
 *명지대학교, **충남전문대학, ***상지전문대학

Single Phase Inverter for Photovoltaic System

Jung-Suk Oh*, Seung-Iwan Lee**, Seung-Uk Kang***, Hoon-Goo Lee**, Kyung-Hee Han*
 *Myong Ji University, **Chung Nam Junior College, ***Sang Ji Junior College

Abstract

The output power of photovoltaic(PV) system is variation due to the change in the insolation, temperature and etc. This problem can be overcome if the system is connected to storage batteries and the power system. According to, this paper propose photovoltaic Voltage Source Inverter, which would be connected utility interactive system.

It has been experimentally verified that maximum power can be obtained by varying modulation index(MI).

1. 서 론

태양광 발전은 환경오염과 공해문제가 없는 깨끗한 에너지원으로서 미래의 대체에너지로 각광 받고 있고, 태양전지 모듈의 연구 또는 그 주변 시스템개발이 증대되고 있다[1]. 태양에너지는 태양전지에 의해 전기에너지로 변환되지만, 태양 전지출력은 직류전력이므로 교류부하에 사용하기 위해서는 인버터를 이용하여 직류를 교류전력으로 변환할 필요가 있다. 또한 태양전지의 출력은 일사량 변화에 따라 동시에 변동하기 때문에 야간이나 우천시에는 부하에 전력을 공급하는 것이 불안정하게 되는 문제점이 있으므로, 태양광 발전 시스템에 축전지를 추가해야되며, 전력계통과 연계해서 전력의 안정화를 도모시켜야 한다 [2]-[5].

본 연구에서는 축전지가 필요없는 전력계통 연계형 인버터 시스템을 대상으로 일사량변화에 따라 전압만을 검출하여 항상 최대출력을 낼수있는 제어기를 구성하여 이론 및 실험적으로 고찰한다.

2. 태양 전지

태양전지는 광기전력효과(Photovoltaic effect)를 이용하여 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체소자이다.

태양전지의 전류, 전압특성은 식(1)과 같이 나

타낸다.

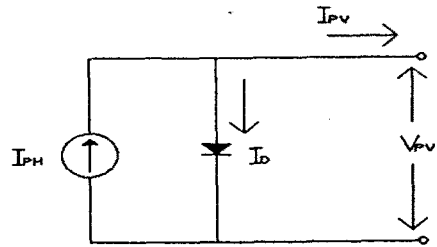


그림 1 태양전지의 등가회로

$$I_{pv} = I_{sc} \times [1 - e^{K(V_{pv}/V_{oc})}] \quad (1)$$

여기에서, I_{sc} : 단락전류
 V_{oc} : 개방전압
 K : 곡선상수

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

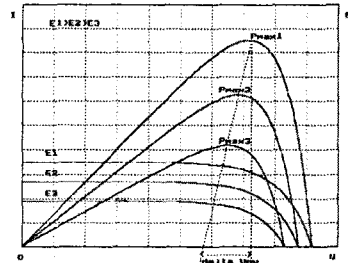


그림 2 태양전지의 특성곡선

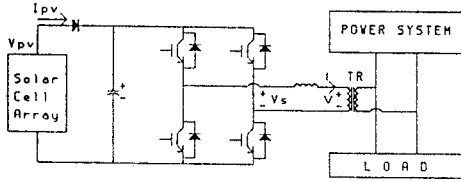
그림 2에서 알수 있듯이 최대출력점은 일사량, 즉 단락전류에 비례적으로 변화하며, 전압은 약간 변동한다. 따라서 태양전지를 효율적으로 사용하기 위해서는 최대출력점 근처에서 동작시킬 필요가 있다.

3. 시스템 구성

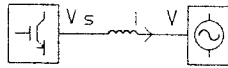
3.1 전력계통 연계형 인버터

전력계통과 연계한 태양광 발전시스템의 구성도를 그림 3에 표시한다. 태양전지의 출력전압 V_m 를 PWM인버터에 의해 교류전압 v_s 로 변환하고 계통전압 v 와 리액터 L 로 연결하고, 또한 이 전력계통측에 안전을 위하여 결합변압기를 설치하였다.

본 시스템을 가정용으로 사용하는 경우에는 태양광 발전전력이 주로 가정내의 부하에 공급되나, 만일 태양광 발전전력이 부하전력에 비해 부족할 경우에는 계통전원이 부족분을 공급한다.



(a)주회로



(b)등가회로

그림 3 태양광 발전 시스템

그림 3(a)의 주회로에서 상용교류전원 v 와 인버터 교류전원 v_s 와의 등가회로는 그림 3(b)와 같이 표시하여 회로방정식을 세우면 다음과 같다.

$$v - v_s = X_L \frac{di}{d\theta} \quad (2)$$

식(2)에서 전류 i 를 구하면

$$i = \frac{V_m}{X_L} \sin \theta - \frac{1}{X_L} \int v_s d\theta \quad (3)$$

와 같이된다.

여기에서, $\frac{V_m}{X_L} \sin \theta$: 전류의 기본파 성분

$$\frac{1}{X_L} \int v_s d\theta: \text{교류측 기본파 성분+나머}$$

지 고조파성분

기본파 성분은 전원과 같은 주파수이므로 고조파 성분은 식(3)에서 2항만 다시 전개하면 고조파 특성을 알수있다. 따라서 식(4)와 같이 된다.

$$\frac{1}{X_L} \int v_s d\theta = \frac{1}{X_L} \sum_{n=1}^{\infty} \int v_{s(n)} d\theta \quad (4)$$

여기에서 v_s 는 인버터의 교류측 파형으로 PWM 파형이다.

3.2 PWM 제어

마이크로프로세서를 이용한 PWM파형은 그림 4와 같은 파형이 되며 스위칭 1주기의 평균전압은 식(5)와 같다[6].

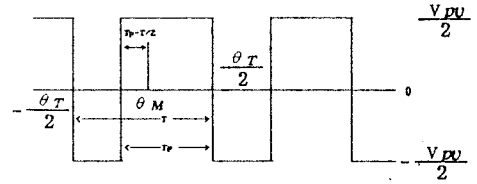


그림 4 펄스폭 변조파형

$$v_s = \frac{1}{T} (T_p - \frac{T}{2}) V_{PV} \quad (5)$$

식(5)에서 순시 평균전압은

$$-\frac{V_{PV}}{2} \leq v_s \leq \frac{V_{PV}}{2} \text{의 값을 가지며 그}$$

그림 4와 같은 스위칭 1주기에서 등가 정현파의 평균전압은 다음과 같다.

$$v = MI \left(\frac{V_m}{2} \right) \sin(\theta_M) \quad (6)$$

여기에서, θ_M 는 스위칭 주기의 전기각이고, MI 는 변조비로서 변조파/캐리어파이며 캐리어파를 변환함으로 가변된다.

식(5)에서 스위칭 주기의 전기각 θ_M 의 임의 펄스수에 따라 일정하게 고정되므로 인버터의 교류전압 v_s 는 변조비 MI 에 비례함을 알수있다.

여기에서, 스위칭 주파수는 고조파를 줄이기 위하여 가능한 높게 하는 것이 좋지만 인버터의 효율을 계산해서 주파수를 결정하는 것이 이상적이므로 본 방식에서는 $1[kHz]$ 로 선정했다.

4. 태양전지의 최대출력 추적특성

최대출력추적을 위한 전력계통과 연계한 태양광발전 시스템은 그림 5와 같이 설계한다.

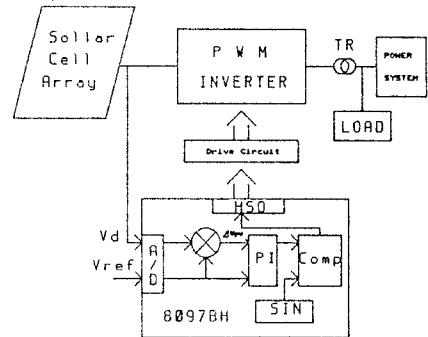


그림 5 PV시스템의 제어블럭도

태양전지는 그림 2에서 전력이 최대가 되는 점을 최적동작점이라하고, 이 동작점에 의한 전류, 전압을 각각 최적 동작전류 (I_{MPP}), 최적동작전압 (V_{MPP})이라 부르며 일사량변화에 대해서 I_{MPP} 는 거의 비례특성을 보이지만 V_{MPP} 는 약간 변동한다. 그러므로 최대전력은 주로 전류에 의해 결정되며 전압을 일정하게 동작하도록 정전압에 의한 방법으로 제어를 구성하면 되지만 실질적으로 전압이 미세하게 변화하므로 최대동작전압을

검출하여 PWM제어를 행한다.

앞서 살펴본 식(6)을 변형하면 다음과 같다.

$$MI = \frac{V_r}{V_m} \cdot \frac{2}{\sin(\theta_M)} \quad (7)$$

따라서, 식(7)에서 교류전압을 일정하게 하고 일사량 변화에 따른 V_m 변화분 ΔV_m 만큼 변조비 MI 를 변화시키므로서 항상 최대전력을 공급한다.

전력계통 연계형 인버터에 R-L를 직렬접속한 유도성 부하시에 시뮬레이션한 각부파형은 그림 6과 같다.

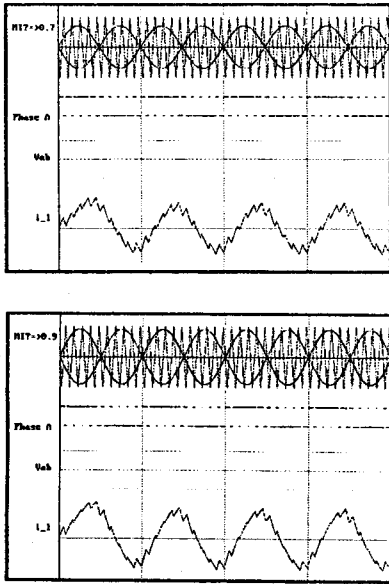


그림 6 시뮬레이션 파형

5. 실험 결과

본 연구에서는 전력계통 연계형 전압형 인버터를 이용하여 직류측에는 태양전지 어레이를 사용하였으며, 필터용 콘덴서 $C=5000[\mu F]$, 캐리어 주파수 $f=1[kHz]$, 리액터 $L=20[mH]$, 제어기는 8097BH 마이크로 프로세서를 사용하였고, 태양전지 어레이는 시멘스 45[W] 10개 직병렬로 접속하여 동작시켰다.

그림 7은 인버터의 출력 전압 전류 파형을 나타낸다.

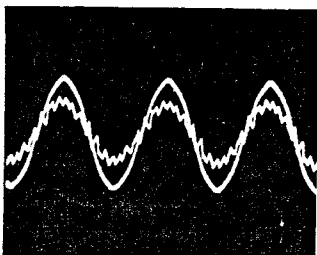


그림 7 실험 파형

6. 결 론

태양광 발전시스템을 일반가정의 단상교류 계통과 연계하기 위한 전압형단상인버터를 대상으로 태양전지로부터 전압만을 검출하여 일사량 변화에 따른 전압 변화분 ΔV_{pv} 를 변조비 MI 로 보상하므로써 최대 출력점에서 동작 할 수 있도록 제어한 결과 인버터의 출력 전압, 전류 파형이 양호함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1]. "太陽光發電用變換裝置とその制御に関する考察", SPC-84-23, P39-P47.
- [2]. S.Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki, and H. Uchiyama, "UTILITY INTERACTIVE PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM USING A SINGLE PHASE IGBT PWM CURRENT SOURCE INVERTER," EPE FIRENZE, 1991, PP.4-040 ~ 4-045.
- [3]. "太陽光發電システムにおけるエボルギ-フロ-制御", 昭和59年電氣學會全國大會, 509.
- [4]. "太陽光發電用SITインバータシステム", 昭和60年電氣學會全國大會, 53, P624.
- [5]. "太陽光發電用インバータの最大出力トラッキング制御", 昭和61年電氣學會全國大會, 509, P590.
- [6]. 이 사영, "속도검출기없는 유도전동기 벡터제어", 공학박사학위논문, 1992.