

# QZSI를 사용한 태양광 발전시스템의 전력제어

김지용\*, 전태원\*, 이흥희\*, 김홍근\*\*, 노의철\*\*\*  
 울산대학교\*, 경북대학교\*\*, 부경대학교\*\*\*

## Power control of Photovoltaic Generator System Using Quasi Z-Source Inverter

J.Y.Kim\*, T.W.Chun\*, H.H.Lee\*, H.G.Kim\*\*, E.C.Nho\*\*\*  
 Ulsan University\*, Kyungpook University\*\*, Pukyong University\*\*\*

### ABSTRACT

This paper proposed a method for controlling the active power of a single-phase grid-connected photovoltaic(PV) system by the quasi-Z-source inverter (QZSI). The MPPT of PV array is achieved by adjusting a shoot-through time of QZSI. The PI+R controller is used for reducing the steady-state error of the grid current. The simulation studies are carried out to verify the performances of proposed system.

### 1. 서 론

태양광에너지를 전력계통으로 공급하기 위하여 태양광 발전 시스템에서의 일반적인 전력변환장치는 태양전지 출력전압을 증폭하기 위한 직류/직류컨버터와 전력계통과 연결하기 위한 인버터 등 2단계로 구성되어 있다. 이 경우에는 전력회로의 크기 및 가격이 증가되고 효율도 저하되는 문제점이 있으므로, 암단락시간을 제어하여 직류전압을 증가시킬 수 있으므로 한 단계 전력회로로 직류전압 제어 및 인버터 역할을 할 수 있는 Z-소스 인버터가 주목받았다.<sup>[1]</sup> 그런데 이 ZSI의 입력전류 즉 태양광의 출력전류가 불연속이므로 태양광의 최대출력제어 (MPPT)을 수행하기가 어려움이 있으므로 최근에 연속인 QZSI (Quasi-ZSD)가 발표되었다.<sup>[2]</sup>

따라서 본 논문에서는 QZSI를 이용하여 단상 태양광 발전 시스템을 구현한다. 먼저 QZSI로 태양광 MPPT제어 방식, 교류 계통전류의 정상상태 오차를 감소시키기 위한 전류제어기 설계 기법 및 변형공간 전압변조방식으로 단상 QZSI의 암단락시간을 제어하는 방식 등을 제시한다. PSIM을 사용한 시뮬레이션으로 제시한 기법의 타당성을 확인한다.

### 2. QZSI의 동작 및 제어

#### 2.1 QZSI의 구조 및 동작

그림 1은 단상 그리드 연결형 QZSI의 구조를 보인 것이다. 이 단상 QZSI는 스위칭 소자의 스위칭상태에 따라 2개의 전압 벡터와 2개의 영전압 벡터가 부하에 인가되는 일반적인 PWM 인버터로 동작하는 비암단락 모드와 어떤 한 브리지에서 상위와 하위 스위칭소자를 동시에 도통시켜 인버터 입력단을 단락

시키는 암단락 모드 등 2개 동작모드로 동작된다. 즉, 한 주기  $T_s$ 구간 중 암단락 시간  $T_{sh}$  동안 암단락 모드로 동작하고, 나머지 시간 즉  $(T_s - T_{sh})$  구간은 비암단락 모드로 동작된다.

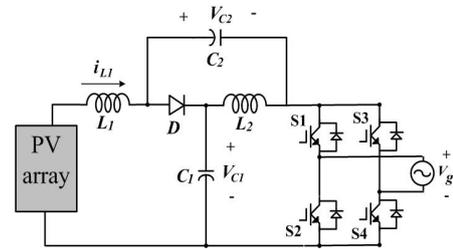


그림 1 단상 그리드 연결용 QZSI의 구조  
 Fig. 1 Structure of single-phase grid connected QZSI

두 동작모드에서의 QZSI의 등가회로를 사용하여 두 커패시터 전압식을 이용하여, 태양광 출력전압에 대한 두 커패시터 전압 비의 파형은 그림 2와 같다.<sup>[2]</sup> 이 그림에서  $M_{sh}=T_{sh}/T_s$ 이며,  $T_{sh}$ 시간이 증가할수록 커패시터 전압 특히  $V_{C1}$ 가 상승함을 알 수 있다.

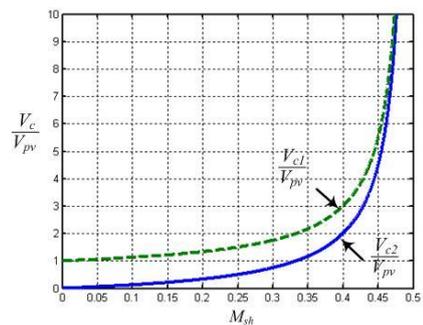
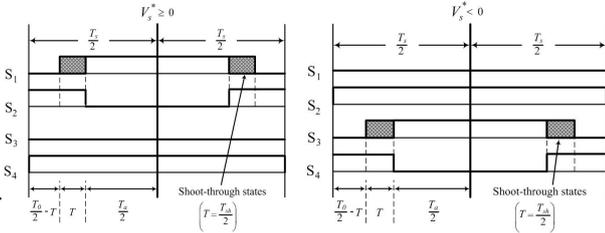


그림 2 암단락 시간에 대한 커패시터 전압  
 Fig. 2 Capacitor voltage for a variation of shoot-through time

#### 2.2 변형 공간전압 변조기법

그림 3은 단상 QZSI에서 4개 스위칭소자 PWM신호에 암단락시간을 제어하면서 스위칭 수를 최소화시키는 변형 변조방식을 사용한 스위칭 패턴을 보인 것이다. 인버터 출력전압 감소를 방지하기 위하여 유효전압 인가 시간  $T_a$ 는 그대로 유지하고 영전압 인가시간 중에 암단락 시간을 할당한다. 시간  $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_{sh}$  모두 반으로 나누고, 반주기를 기준으로 3개의 구간을 대칭 분포시킨다. 기준전압의 양 또는 음의 경우 모두 4개 스

위칭소자 중 2개 스위칭소자는 항상 온 또는 오프 상태로 유지하고 기준전압 극성이 바뀔 때만 스위칭 한다. 그리고 나머지 두 스위칭소자는 한 샘플링구간에서 한 번씩 온-오프 스위칭을 한다. 따라서 스위칭 수를 감소시킴에 따라 스위칭 손실을 줄일 수 있다.



(a) 기준전압이 양일 경우 (b) 기준전압이 음일 경우

그림 3 변형 공간전압 변조 방법

Fig. 3 Modified space voltage modulation method

### 3. QZSI를 사용한 태양광 MPPT 기법

QZSI를 사용한 태양광의 MPPT제어를 위한 제어블럭도는 그림 4와 같으며, 이 제어루프는 태양광 MPPT을 위한 태양광 출력전압제어, 커패시터 전압과 그리드 전류제어, PLL로 계통전압 동기 신호발생 등으로 구성된다. 이 제어기에서 출력된 유효전력 인가시간  $T_a$ 와 암단락 시간  $T_{sh}$ 로 변형변조방식을 사용하여 PWM신호를 발생시킨다.

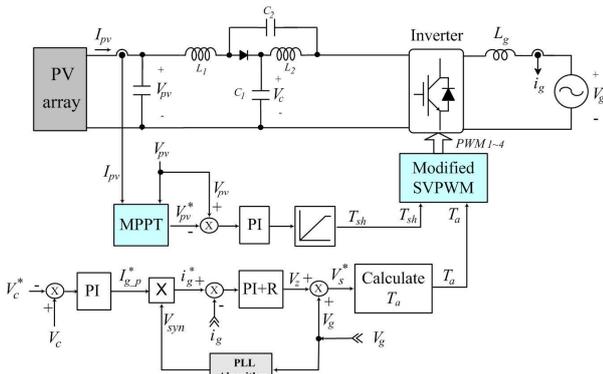


그림 4 QZSI를 사용한 태양광 MPPT 제어

Fig. 4 MPPT control of PV array using QZSI

위의 제어루프에서 계통전류가 교류값이므로, 계통전류 제어기를 PI(비례적분) 제어기로 사용할 경우 기준전류와 실제전류 사이에 시간지연이 발생할 수 있다. 따라서 이 시간지연을 감소시키기 위하여 다음과 같이 PI제어기와 함께 R(Resonant) 제어기를 사용한다.

$$G_c(S) = K_P + \frac{K_I}{S} + \frac{K_R S}{S^2 + \omega_o^2} \quad (1)$$

### 4. 시뮬레이션 결과

그림 5는 계통에 공급하는 전력이 없는 상태에서 1초 후에 태양광의 출력전력 최대점으로 운전 시 태양광 출력전압, 커패시터전압 및 계통전류의 과도응답 특성을 보인 것이다. 태양광 출력전압이 300V에서 230V로 감소됨에도 불구하고 암단락 시간을 약 20μsec로 증가시켜 커패시터전압을 400V로 유지시킴을 알 수 있다.

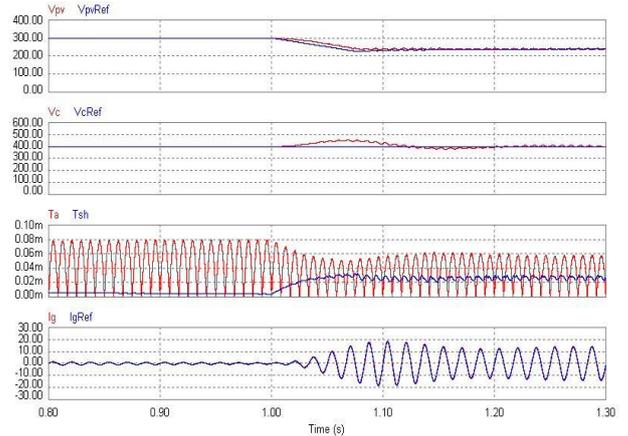


그림 5 태양광 MPPT제어시 과도응답 특성

Fig. 5 Transient responses at MPPT control of PV array

그림 6은 정상상태에서 계통전류의 기준치와 실제값과 PLL로 발생된 계통전압의 동기신호의 파형을 보인 것이다.

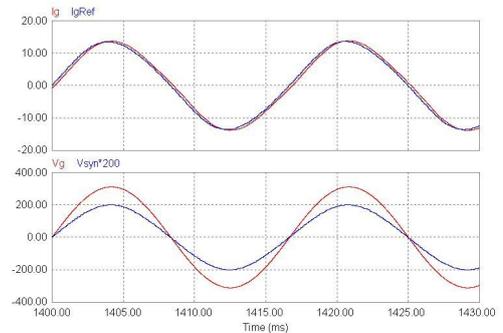


그림 6 계통전류 및 동기신호

Fig. 6 Grid current and synchronization signal

### 3. 결론

본 논문에서는 QZSI를 이용하여 단상 태양광 발전시스템을 구현하였다. QZSI로 태양광 MPPT제어 방식, 교류 계통전류의 정상상태 오차를 감소시키기 위한 전류제어기 설계 및 변형공간 전압변조방식으로 단상 QZSI의 암단락시간을 제어하는 방식 등을 제시하였다. 시뮬레이션 결과로 QZSI를 사용한 태양광 MPPT제어 특성과 계통전류 제어 성능이 상당히 우수함을 확인하였다. 향후 DSP를 사용하여 실제 실험을 수행할 예정이다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다. (NO. 2010T100100465)

### 참고 문헌

- [1] F.Z.Peng, "Z-Source Inverter", *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol.39, no.2, pp.504-510, Mar./Apr., 2003.
- [2] Y.Lin, J.Anderson, F.Z.Peng, and D.Liu, "Quasi-Z-Source Inverter for Photovoltaic Power Generation Systems", in *Proc. IEEE PESC*, 2009, pp.918-924.