

계통연계를 위한 태양광 발전시스템에 관한 연구

허 환^o, 박 춘우^{*}, 성 낙규^{*}, 이 승환^o, 이 훈구^o, 한 경희^o

*명지대학교, **충남전문대학

A Study on Photovoltaic Generation System for Utility Interact

Hwan Huh^o, Choon-woo Park^{*}, Nark-Kuy Sung^{*}, Seung-IIwan Lee^o,

Hoon-Goo Lee^o, Kyung-Ilee Han^{*}

*Myong Ji university, **Chung Nam Junior College

Abstract

The output of solar cell should be operated in the maximum power point, since it is greatly fluctuated by insolation and temperature. Also, since the output of solar cell is a DC power, it needs the inverter to interact with utility line.

In this paper, we made composed of PV system with a chopper that control the maximum power point and the inverter that drive to the high power factor and low harmonic by use of detected and compensated utility line voltage for synchronous phase with utility line.

1. 서 론

태양에너지는 청정 에너지원이고 무한정하기 때문에 새로운 대체 에너지원으로서 각광을 받고 있다. 이러한 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 태양전지의 출력특성은 일사량 및 온도 등에 크게 영향을 받기 때문에 가능한 한 많은 에너지를 얻기 위해서는 태양전지의 출력을 항상 최대로 하는 제어신호를 발생시켜 어떤 자연조건에서도 최대출력점 추적제어를 하여야 한다. 또한 태양전지의 출력은 직류이므로 계통과 연계하기 위해서는 인버터를 사용해서 직류를 교류로 변환할 필요가 있으며, 단위 역률을 갖는 정현파 전류 및 전압을 계통에 공급해 주어야 한다.[1]~[3]

본 연구에서는 계통연계형 태양광 발전시스템을 구성하고 마이크로프로세서를 이용하여 전력비교에 의해 승압초퍼의 시비율을 변화시켜 일사량과 온도변화에 관계없이 항상 최대출력점을 추적도록 하였다. 그리고 인버터와 계통과의 위상동기를 위해서 계통전압을 검출하여 계통전압과 인버터 출력을 동상 운전하므로 고역률과 저고조파 출력으로 부하와 계통에 전력이 공급됨을 실현하였다.

2. 태양전지의 기본특성

태양전지는 광기전력 효과를 이용하여 태양에너지를 직

접 전기에너지로 변환시키는 반도체소자로서 그 출력특성은 그림 1과 같이 일사량에 따라 크게 영향을 받기 때문에 태양전지에서 최대출력점을 얻기 위한 동작점은 태양전지 출력전압과 전류의 곱이 최대가 되는 점이 된다.

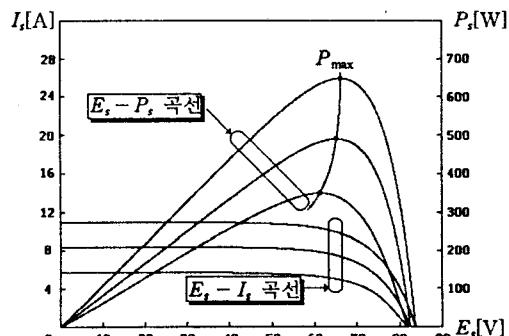


그림 1 일사량 변화에 따른 태양전지의 출력특성

3. 시스템의 구성

그림 2는 PV 시스템에 적용한 주회로도로서 태양전지의 직류 출력전압 E_s 는 승압초퍼에 의해 승압된후 인버터에 의해 교류전압 E_i 로 변환되며 부하 및 계통측에 전류 I_u 를 공급한다.

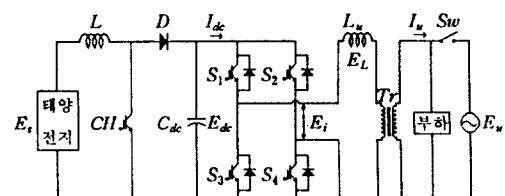


그림 2 PV 시스템의 주회로도

3.1 승압초퍼부

그림 3은 태양전지로부터 인버터측에 직류전원을 공급하는 승압초퍼부와 각부 파형이다. CH가 온일 때는 E_s -

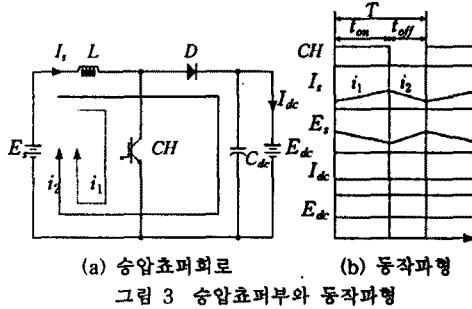
$L - CH - E_s$ 의 경로로 전류 i_1 이 흘러 L 에 에너지가 축적되고 CH 가 오프일 때는 L 에 축적되었던 에너지와 태양전지의 출력이 직렬연결되어 인버터측에 전류 i_2 가 공급된다.

그때 태양전지의 출력전압 E_s 와 인버터 직류축전압 E_{dc} 의 관계는 다음과 같다.

$$E_s = (1 - \alpha) E_{dc} \quad (1)$$

$$I_s = \frac{1}{(1 - \alpha)} I_{dc} \quad (2)$$

여기서 시비율 α 는 $\frac{t_{on}}{T}$ 이다.



3.2 태양전지의 최대출력추적제어

임의의 시점에서 풀당된 전압, 전류를 검출하여 곱한 전력값을 과거의 전력값에 저장한 후 임의의 $\Delta\alpha$ 만큼의 시비율을 보정하고 그 시비율에서의 전력값을 현재의 전력값에 저장한 다음 과거의 전력값과 현재의 전력값을 비교하여 만약 현재의 전력값이 크면 이전 시비율의 보정방향과 같은 방향으로 보정하고, 현재의 전력값이 작다면 이전 시비율의 보정방향과 반대로 보정하므로서 최대출력점에서 동작하게 된다. 예를들면, 일사량이 곡선(1)에서 곡선(2)로 변화하는 경우 위와 같이 제어하므로서 최대출력점이 점②에서 점⑤로 이동하게 된다.

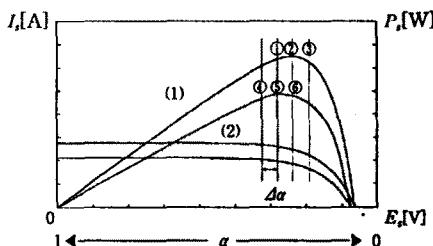


그림 4 태양전지의 최대출력 추적제어방식

3.3 계통 연계형 인버터

그림 5는 PV시스템에 적용한 계통 연계형 인버터의 회로도로서 직류전압 E_{dc} 는 인버터에 의해 교류전압 E_i 로 변환되며 부하 및 계통측으로 전류 I_u 를 공급한다.

계통측으로 흘리는 전류 I_u 는 리액터 양단의 전압 E_L 에 의해서 결정된다. 인버터가 계통선에 단위역률1인 유효전력만을 공급하기 위해서는 리액터 L_u 에 흘리는 전류 I_u

가 계통전압 E_u 와 동상이 되도록해야 한다. 그러기 위해서는 인버터 출력전압 E_i 의 진폭과 위상을 제어하므로서 가능하다.

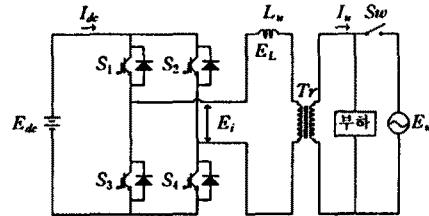


그림 5 계통 연계형 인버터의 회로도

그림 5로부터 인버터 출력전압 E_i 와 계통전압 E_u , L_u 양단전압 E_L 에서 다음식을 구할 수 있다.

$$E_i = E_L + E_u \quad (3)$$

식 (3)에의한 단위역률일때의 페이저도는 그림 6과 같다.

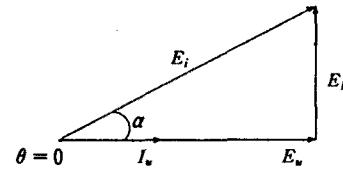


그림 6 단위역률일 때의 페이저도

그림 6에서 I_u 는 다음과 같다.

$$I_u = \frac{E_L}{j\omega L_u} = \frac{E_i}{j\omega L_u} \sin \alpha \quad (4)$$

여기에서 계통측으로 흘리는 전류 I_u 은 리액턴스 전압 E_L 에 비례함을 알 수 있으며 E_i 의 변조파를 얻기위해 그림 7과 같은 제어블록도를 구상하였다.

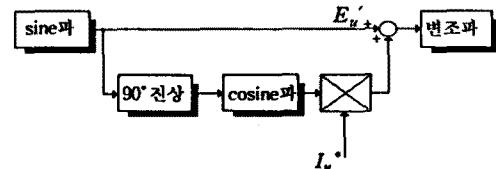


그림 7 기준파 발생을 위한 제어블록도

계통전압 E_u 와 일치하는 sine파를 발생시키고, 이와 90°의 위상차를 갖는 cosine파를 발생시켜 제어에 필요한 값인 기준파로 설정하며 설정된 기준전류 I_u' 의 크기에 의하여 인버터 출력전압을 제어함으로서 그림 6의 페이저도를 만족한다.

그림 7과 같은 제어기를 만족하는 변조지연보상에 대한 벡터도는 그림 8과 같으며, 계통전압 E_u 를 변조지연 δ 만큼 보상한 전압 E_u' 와 기준 리액턴스전압 E_i' 가 90°의 위상차를 가지므로 이 두벡터를 합성하여 연산하면 안정된 PWM변조가 이루어져 계통전압과 인버터 출력전류를 동

상운전하므로 단위역률제어가 가능하다.

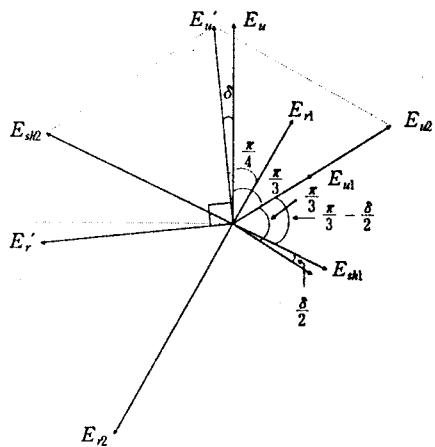


그림 8 변조지연 보상을 위한 벡터도

4. 시뮬레이션 및 실험

그림 9는 계통전압 E_u 에 고조파성분이 포함될 때의 필터 및 위상 shifter에 의해 변조지연각 δ 만큼을 보상한 E_u' 와 이와 90° 진상인 E_r' 의 시뮬레이션파형을 나타낸다.

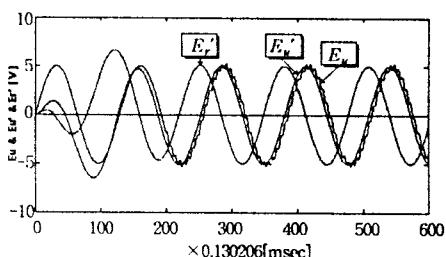


그림 9 필터와 shifter의 출력파형

그림 10은 E_u' 를 X축으로, E_r' 를 Y축으로하여 나타낸 궤적으로서 약 1.5 주기 이후에 정상상태에 도달하면서 원을 형성하여 정확히 90°의 위상차가 남을 알 수 있다.

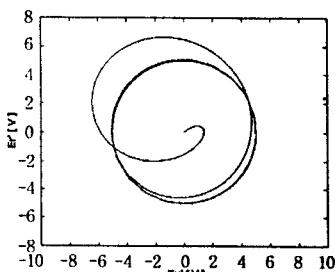


그림 10 E_u' 와 E_r' 의 X-Y 궤적

그림 11은 변조지연각 보상을 위한 계통전압 E_u 와 보상된 기준파 E_u' 의 실측파형을 나타낸다.

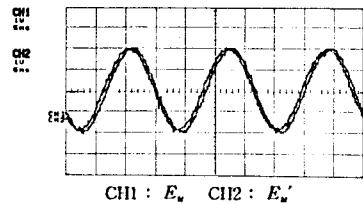


그림 11 계통전압과 기준파의 파형

그림 12는 인버터의 출력전압 및 전류파형이며 그림 13은 계통전압과 부하전류의 파형을 나타낸 것이다.

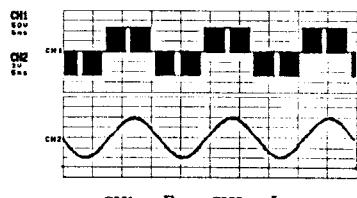


그림 12 인버터 출력전압 및 부하전류파형

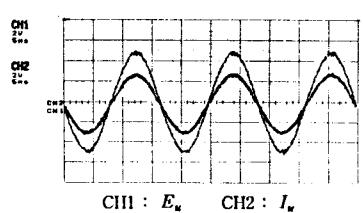


그림 13 계통전압 및 부하전류 파형

5. 결론

본 연구에서는 태양전지의 전력비교에 의한 최대출력점 추적을 승압회로로서 행하여 항상 최대출력점에서 동작되도록 하였으며, 계통연계형 단상 인버터의 기준파로서 디지털 필터와 shifter를 이용해 변조지연을 보상한 파형을 적용하여 인버터의 출력전류를 정현파에 가깝게 제어하고 계통전압과 동상운전하므로서 고역률제어를 행하였다.

참고문헌

- [1] 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, 1990.2
- [2] Sakutaro Nonaka, "A Novel Single-phase Sinusoidal PWM Voltage Source Inverter and its Application for Residential Photovoltaic Power Generation System," JIEE Vol. 115, No. 2, pp.115-118, 1995.
- [3] 根葉 保彦, 東 嘉喜夫, 野中 作太郎, "系統連系太陽光發電システムの最大出力点追従制御," 日本電氣學會全國大會 講演論文集, No.753, p. 124, 1995.3.