태양전지를 이용한 독립형 전원시스템

이 정 준*, 조 정 민*, 성 낙 규*, 이 승 환**, 오 봉 환***, 한 경 희*
*명지대학교, **대덕대학, ***명지전문대학

A Stand-alone Source System using the Solar cell

Jeong-Joon Lee*, Jeong-Min Jho*, Nark-Kuy Sung*, Seung-Hwan Lee**, Bong-Hwan Oh***, Kyung-Hee Han*
*Myongji University, **Taedok College, ***Myongji College

Abstract - The output characteristics of solar cell vary with load and solar insolation. Therefore solar cell must always track maximum power point. If photovoltaic system is stand-alone, It is necessary to maintain for output of voltage source inverter.

In this paper, stand-alone photovoltaic system consists of boost chopper and voltage source inverter. We make it to track maximum power point by revolution of solar cell array instead of detecting situation of sun in any conditions. And we prove that maximum power point tracking by revolution of solar cell array is better than fixed solar cell.

1. 서 론

현재 인류가 가장 많이 사용하고 있는 전기에너지는 대부분이 화력발전이나 원자력발전에 의존하고 있는 실정이며, 화력발전의 경우 화석연료의 한계성 및 지역 편중으로 인한 공급의 불안정성과 석유 사용증가로 인한 공해로 생태계와 오존층이 위협받고 있다. 또한 원자력 발전의 경우 안정성 및 핵 폐기물의 지구오염등 심각한 사회문제로 제기되고 있다.[1]

이에 대한 대책으로 선진 각국에서는 대체 에너지 개발을 추진하고 있으며, 그 중에서도 신 에너지원으로서 무공해이며 무한한 태양에너지를 이용한 태양광발전시스템이 새로이 각광받고 있다. 태양전지의 출력특성은 일사량 및 부하에 따라 크게 변화하기 때문에 일사량과 부하의 변화에 관계없이 항상 최대출력점을 추적하여야 한다. 그리고 태양광발전시스템을 독립형으로 구성하는 경우 전압형 인버터의 출력전압을 일정하게 유지하여야 할 필요가 있다.[1][2]

본 논문에서는 독립형 전원시스템을 승압쵸퍼와 전압형인버터로 구성하였다. 태양전지어레이의 출력을 최대로 하기 위해 태양의 위치를 검출하는 대신에 태양전지 전압과 전류를 검출한 다음 전력을 연산하였다. 스태핑모터에 의하여 태양전지 어레이를 회전시켜 어떤 조건하에서도 최대출력점을 추적하도록 제어하였다. 또한 인버터 입력전압과 부하변화에 관계없이 인버터의 출력전압이 일정하도록 제어하였다.

2. 독립형 전원시스템

그림 1은 태양전지를 이용한 독립형 전원시스템을 나타낸 것으로 태양전지, 승압쵸퍼, 축전지, 전압형 인버터, 필터, 부하로 전체 시스템을 구성하였다. 승압쵸퍼는 태양전지의 출력전압을 승압하도록 제어하였고, 전압형 인버터는 출력전압을 부하에 관계없이 항상 일정하도록 제어하였으며, 태양전지의 최대출력점추적제어는 태양전지어레이를 스태핑모터로 회전제어하였다.

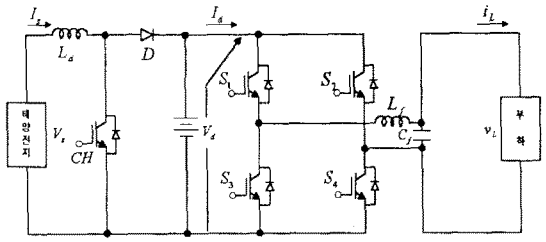
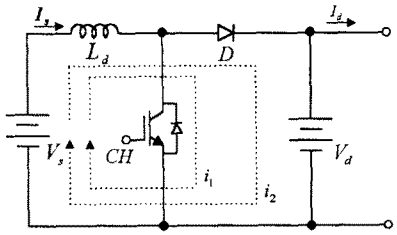
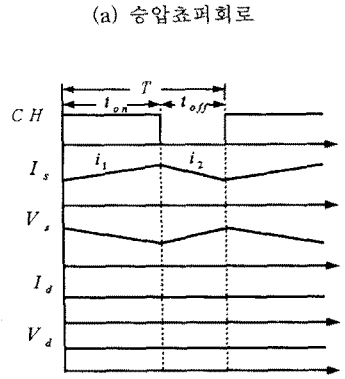


그림 1. 독립형 전원시스템

그림 2는 독립형 전원시스템에서 태양전지로부터 인버터측에 직류전력을 공급하는 승압쵸퍼회로와 동작파형이다. CH가 온일 때는 $V_s - L_d - CH - V_s$의 경로로 전류 i_1이 흘러 L_d에 에너지를 축적하고, CH가 오프일 때는 L_d에 축적되었던 에너지와 태양전지의 출력이 직렬연결되어 인버터 입력측에 전류 i_2가 공급된다.



(a) 승압쵸퍼회로



(b) 동작파형

그림 2. 승압쵸퍼회로와 동작파형

태양전지의 출력전압 V_s와 인버터 직류측전압 V_d의 관계는 다음과 같다.

$$V_s = (1 - \alpha) V_d \quad (1)$$

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

여기서 시비율 α는 t_{on} / T이다.

그림 3은 태양전지의 출력특성곡선을 나타낸다. 일사량이 그림에서와 같이 변화함에 따라 태양전지의 전압과 전류의 곱인 출력전력이 크게 변화하기 때문에 항상 최대출력점을 추적제어하여야 한다.[2]~[4]

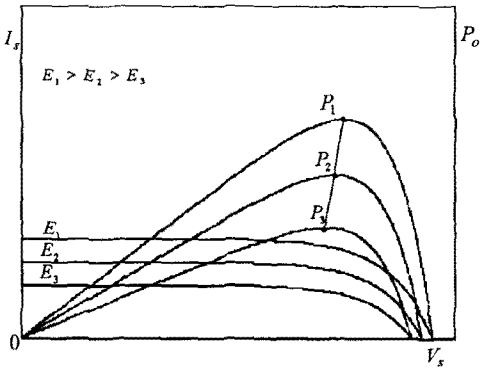


그림 3. 태양전지의 출력특성

그림 4는 스테핑모터를 회전시켜 최대출력제어를 하기 위한 흐름도를 나타낸다. 태양전지전압과 전류를 검출하여 연산된 전력값을 현재의 전력값에 저장한 후 과거의 전력값과 비교하여 스테핑모터를 회전시킨다. 임의의 방향으로 ΔRT만큼 스테핑모터를 제어한 다음, 그 방향에서의 전력값을 현재의 전력값에 저장한 후, 과거의 전력값과 현재의 전력값을 비교하여 만약 현재의 전력값이 크면 이전 회전방향과 같은 방향으로 제어하고, 현재의 전력값이 작다면 이전의 회전방향과 반대로 제어하므로써 항상 태양의 위치를 찾아 최대출력점에서 동작하게 된다.

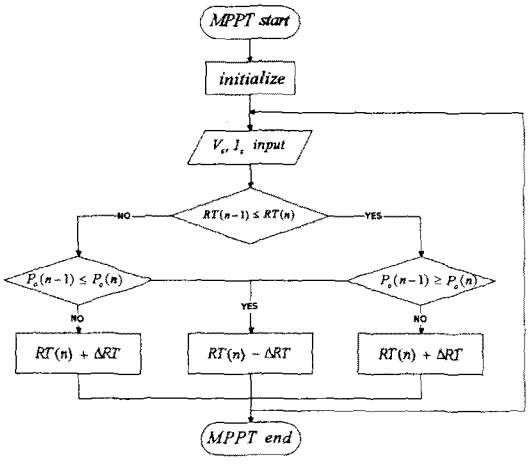


그림 4. 최대출력점추적제어 흐름도

즉, 회전방향이 $+\Delta RT$로 보정되고 있는 경우에는 과거전력과 현재전력을 비교하여 현재전력이 큰 경우에는 $+\Delta RT$를 보정하고, 현재전력이 작은 경우에는 $-\Delta RT$로 보정을 한다. 그러나 회전방향이 $-\Delta RT$로 보정되고 있는 경우에는 과거전력과 현재전력을 비교하여 현재전력이 큰 경우에는 $-\Delta RT$로 보정하고, 현재전력이 작은 경우에는 $+\Delta RT$로 회전방향을 보정하게 된다. 따라서 항상 태양전지의 최대출력점에서 동작할 수 있다.

그림 5는 일정전압 제어순서도를 나타내고 있다. 인버터의 출력전압을 검출하여 정류다이오드를 거쳐 직류로 정류하고 이를 전압피드백회로에 인가한다.

검출한 전압을 DSP를 이용하여 PI제어기로 기준전압값과의 에러를 계산하고, 인버터의 PWM 패턴을 조절하여 인버터 입력전압과 부하변화에 관계없이 인버터의 출력전압을 일정하게 제어한다.

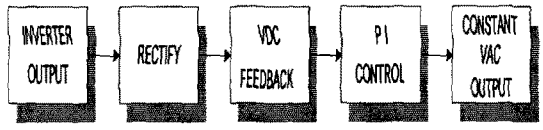


그림 5. 일정전압제어 순서도

3. 제어기 구성

그림 6은 태양전지를 이용한 독립형 전원시스템의 제어기 구성을 나타낸다. 최대출력점추적제어를 하기 위해서 태양전지 전압과 전류를 검출하여 항상 최대전력이 되도록 스테핑모터를 제어하여 태양전지어레이를 회전시켜 태양의 위치를 찾아가도록 제어하였다.

그리고 승압쵸퍼는 태양전지의 전압을 승압하도록 제어하였고, 전압형 인버터의 출력전압을 일정전압제어를 하도록 출력전압을 검출하여 입력전압과 부하변화에 관계없이 일정전압을 유지하도록 제어기를 구성하였다.

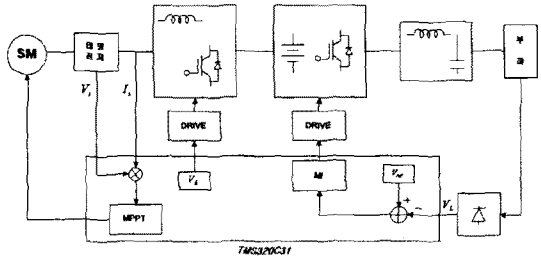


그림 6. 제어기 구성

4. 실험결과

본 논문에서는 인버터출력전압 V_{PP}를 100[V]로 일정하게 하고, 캐리어 주파수는 4[kHz]로 하였다. 태양전지는 개방전압이 18[V]이고, 단락전류가 3.32[A]인 것을 직병렬로 조합하여 승압쵸퍼와 전압형인버터를 통해 부하에 전력을 공급하였다. 부하는 25[Ω], 쵸퍼의 변조율은 0.7로 일정하게 제어하였다.

그림 7은 최대출력점 추적제어동작을 확인하기 위하여 태양전지어레이를 스테핑모터로 일정속도 회전시킨 경우의 출력전력파형이다. 여기에서, 일사량이 일정한 경우 태양전지 어레이가 360 °회전함에 따라 태양전지 출력전력의 최대값은 어느 한지점 즉, 태양의 위치와 일

치하는 지점에서 최대로 출력됨을 알 수 있다.

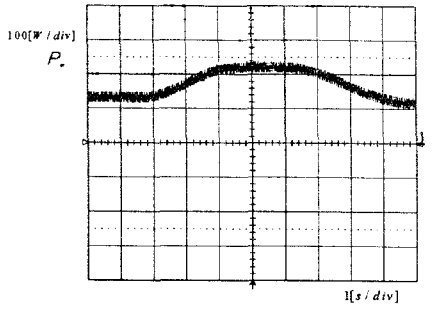


그림 7. 태양전지 어레이의 회전에 따른 출력전력파형

그림 8은 태양전지의 전압과 전류를 검출하여 전력을 연산한 후 스테핑모터를 제어하여 태양전지 어레이를 회전시킨 경우의 출력전력파형이다. 그림 7의 출력전력의 최대값과 일치함으로 태양의 위치를 찾으면서 최대출력점을 추적하고 있음을 확인할 수 있다.

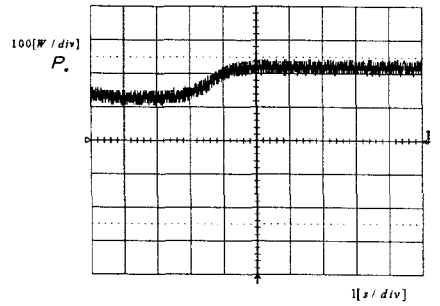
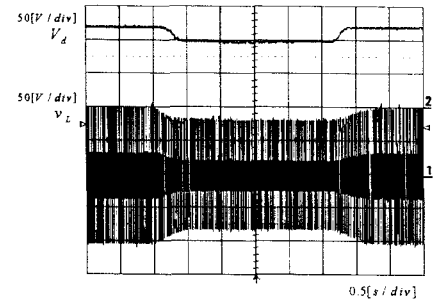
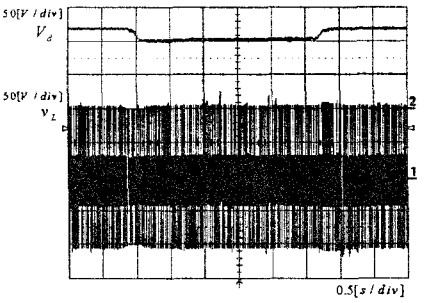


그림 8. 스테핑모터 제어에 의한 출력전력파형

그림 9는 일사량 변화시 쵸퍼의 출력전압과 인버터출력전압을 나타낸 것으로 (a)는 인버터의 출력전압을 일정전압제어를 하지 않은 경우의 파형으로 쵸퍼출력전압이 변화함에따라 인버터의 출력전압도 변화하는 것을 알 수 있다. (b)는 일정전압제어를 한 경우의 파형으로 쵸퍼출력전압이 변화하여도 인버터의 출력전압은 일정전압을 유지하는 것을 알수 있다.



(a) 제어기 없을 때



(b) 제어기 있을때

그림 9. 일사량 변화시 쵸퍼출력과 인버터출력전압

그림 10은 인버터의 출력전압파형과 출력전류파형을 나타낸 것으로 양호한 파형을 얻음을 알 수 있다.

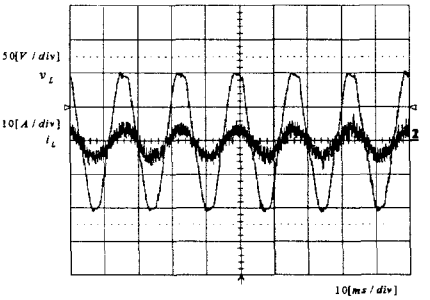


그림 10. 일정전압제어 인버터출력전압과 전류

5. 결 론

본 논문에서는 태양전지를 이용한 독립형 전원시스템을 승압쵸퍼와 전압형인버터로 구성하였다. 태양의 위치를 검출하기 위하여 태양전지 전압과 전류를 검출하여 전력을 연산한 다음 과거의 전력값과 비교하여 스테핑모터에 의하여 태양전지 어레이를 회전시켜 어떤 조건하에서도 최대출력점을 추적하도록 제어하였다. 또한 인버터 입력전압과 부하변화에 관계없이 인버터의 출력전압이 일정하도록 제어하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 鄭然澤 외 6명, "승강압쵸퍼에 의한 태양전지의 최대출력 추적제어", 대한전기학회 논문지, Vol.43, No.11, pp.1846~1855, 1994.

[2] 韓國電力公社, "태양광발전 이용기술 연구", KRC-85G-J05, pp.59~190, 1988.

[3] F Lasnier and TG Ang, "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger, pp.69~90. 1990.

[4] 熊野昌義, 山本吉彦, "落島用太陽光發電システムの運轉研究", JIEE, SPC-86-75, 1986.