

태양광 발전시스템의 부분그늘 보상을 위한 알고리즘에 관한 연구

°고강훈, 이현우, 서기영, 고희석, 문성찬*

°경남대학교, 한국전력연구원*

The Study on Algorithm for Partial shade Compasation of PV

°K.H. Koh, H.W. Lee, K.Y. Suh, H.S. Koh, and S.C. Moon*

°Kyungnam Univ. division of E.E.E., KEPRI*

ABSTRACT

In this paper, compare and analyze existent MPPT algorithms. Existent algorithms have defects which don't generate it in a partial shade or low insolation. Therefore, to supplement it, we design improved IncCond algorithm consisted of a Aux. switch and capacitor with Generation Control circuit which can always obtain maximum generation power at the factor which is reduced generational efficiency by partial shade. Generation Control circuit is method which can always get maximum output power as it regularly controls each voltage of serial connected solar cell. Accordingly, it can improve efficiency and confidence of utility interaction inverter.

Construction of system use a low price PIC16F87X. We analyze special character according to system operation through simulation and prove the validity through experiments.

1. 서 론

현재 우리나라는 신재생 에너지 확대 보급을 촉진하기 위한 대체에너지 개발 및 이용·보급 촉진 정책을 수립하고 기술 개발 지원에 경주하려고 있다. 그 가운데 태양광발전은 자연에너지를 이용한다는 관점에서 오래 전부터 많은 연구가 진행되고 있으며 최근 가정용 발전장치 실용화에도 박차를 가하고 있다.^{[1][2]}

태양광발전 시스템은 일반적으로 태양전지 모듈 여러 개를 직·병렬 접속하여 전력변환장치에 접속하게 된다. 그 이유는 태양전지 모듈 단독으로는

출력전압이 30[V]이하로 낮으므로 계통연계형 인버터 입력전압으로 승압하기 위해서는 모듈(Module)의 직렬접속과 승압 컨버터가 필요하게 된다. 이러한 직렬접속 어레이(Array)를 다수 병렬로 연결하여 최종전력을 얻게 된다.^{[3][4]}

그러나 태양전지 모듈어레이는 각 모듈의 출력특성이 일사량, 온도, 부하변동 등에 의해 그 동작점이 변화하게 된다. 따라서 이러한 요소로 인한 변동에 대하여 태양전지는 항상 최대출력을 낼 수 있는 최대출력추종제어(MPPT: Maximum Power Point Tracking)기법을 컨버터에 적용하여야 한다.^{[5]~[8]} 기존의 MPPT 알고리즘은 여러 가지 알고리즘이 연구되었으며 크게 아날로그방식과 마이크로 프로세서를 이용한 디지털방식이 있다. 다시 제어대상으로서 정전압 제어방식의 MPPT제어 알고리즘과 이것을 개선한 P&O(Perturbation and Observation Method) MPPT 알고리즘, Inc Cond (Incremental Conductance) MPPT알고리즘, 전류제한 알고리즘으로 나뉘어진다.^{[9][10]} 기존의 MPPT 알고리즘은 높은 일사량에서는 MPPT 추종이 비교적 잘 동작하지만 저 일사량에서는 MPPT 제어가 원활히 동작하지 않아 발전량이 저감되는 특성을 가지고 있다. 따라서 기존의 알고리즘을 개량한 형태가 다수 연구되고 있다.

또한, 알고리즘 측면과 더불어 태양광발전 시스템의 설치에 있어서 태양전지를 건물 밀집지역의 일반가정이나 설치면적의 제약이 있는 곳에 이용하는 것을 고려한다면 인접하는 건물 등의 음영이나 설치장소가 달라 일조량이 다른 경우 태양전지의 직렬 접속시 발전전력이 상당히 저하된다. 이 문제를 부분적으로 개선하기 위해 태양전지에 바이패스 다이오드를 접속하는 방법을 사용한다. 이와 달리 최근 발전효율을 높이기 위해 각 모듈에 MPPT 알고리즘을 설치하거나 하드웨어적으로 일시적인 전압감소 보상 등의 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 알고리즘 문제와는 달리 설치여건과 일시적인 발전량 저하 문제에 대한 개선책으로서 각 모듈마다 초퍼를 적용하여 각 직렬 어레이의 발전 제어함으로서 직렬모듈과 접속된 MPPT 제어기에 공급함으로서 최대전력을 항상 공급 할 수 있는 시스템과 디지털 제어기와 스위칭 토폴로지를 적용한 보조회로를 혼합한 개선된 IncCond 알고리즘을 제안하였으며 시뮬레이션과 소용량의 회로를 구성하여 저 일사량시 또는 부분 그늘을 보상 등의 효용성을 입증하였다.

2. 부분그늘 보상 기법

태양전지는 교류 220V 계통과 연계하여 운전할 때 인버터 회로가 필요하지만 변환의 고 효율화 목적으로 직류전압 320~380[V]정도로 설정하는 경우가 많다. 그러므로 복수개의 태양전지 모듈을 직렬 접속하여 필요한 직류발전 전압을 얻도록 한다. 더불어 발전량의 증가를 위하여 병렬 접속으로 시스템을 구성한다. 직.병렬 연결시 부분그늘에 의해 발전량이 저감되는 것을 막기 위해 직렬과 병렬 연결시 부분보상기법에 대해 연구되어져 있다.

2.1 제안하는 그늘보상 MPPT 기법

전체 시스템 구성에서 태양전지의 발전 제어 회로는 발전불균형상태 문제를 개선하는 방법으로서 그림 1에 태양전지를 두개 직렬연결시의 발전 제어 회로를 나타내었다. 그림 2는 스위칭 SW1, SW2의 스위칭 시퀀스와 리액터 전류파형을 나타내고 있다. 스위칭 시퀀스는 동시에 스위치가 오프되지 않고 상호 반대동작을 하고 있다. 이 때 스위치 SW1, SW2의 오프 시비율 $\overline{D_1}$: $\overline{D_2}$ 와 각 태양전지의 동작전압의 관계를 다음식으로 나타낼 수 있다.

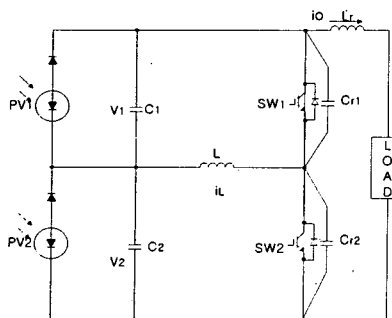


그림 1 발전 제어 회로
Fig. 1 Generation control circuit.

$$\begin{cases} V_1 = -L \frac{di_L}{dt} \\ V_2 = L \frac{di_L}{dt} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = -L \frac{\Delta i_L}{T_{2OFF}} \\ V_2 = L \frac{\Delta i_L}{T_{1OFF}} \end{cases} \quad (1)$$

$$L\Delta i_L = V_1 T_{2OFF} = V_2 T_{1OFF} \quad (2)$$

$$V_1 \frac{T_{2OFF}}{T_s} = V_2 \frac{T_{1OFF}}{T_s} \quad (3)$$

$$\therefore V_1 \overline{D_2} = V_2 \overline{D_1} \quad (4)$$

$$V_1 : V_2 = \overline{D_1} : \overline{D_2} \quad (5)$$

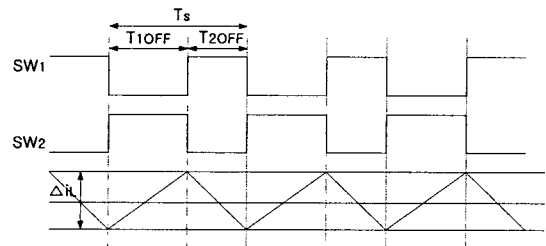


그림 2 스위칭 시퀀스와 리액터 전류파형
Fig. 2 The switching sequence and the reactor current waveform.

식과 같이 각 스위치 오프 시비율의 비 ($\overline{D_1}$: $\overline{D_2}$)를 변화시킨 것으로 각 태양전지 동작전압의 비 (V_1 : V_2)를 자유로이 설정 가능하다는 것을 알 수 있다.

2.2 개선된 IncCond 알고리즘

기존의 방식과는 달리 MPPT 추종제어가 되지 않는 저일사량을 검출한 경우 보조스위치를 동작시킨다. 이 보조스위치에 연결된 대용량 커패시터는 슈퍼커패시터로 대체가능하며 소용량의 배터리를 사용하여 입력전압으로 충전되게 함으로서 일정시간 부족전압을 보충하여 일시적인 발전을 가능하게 한다. 이때 V_{ref} 를 MPPT제어 범위의 최저범위 동작전압으로 설정한뒤 V_{ref} 값을 증가시킨 후 $V(k)$ 값을 검출하여 그 값이 V_{ref} 보다 큰 경우 보조스위치를 동작시키지 않고 V_{ref} 를 최대로 증가시킨후 일사량이나 부하의 변동으로 인하여 $V(k)$ 가 감소하게 된다면 V_{ref} 를 줄인다. 다시 말하면 알고리즘에서 검출된 전력 $P(k)$ 와 $P(k-1)$ 을 비교하여 값이 같으면 MPPT를 수행하지 않으며 전력의 차이가 생겼을 경우 어레이 전압을 따라 추종하다가 전력의 감소가 이루어지면 다시 전압의 기준치를 줄이

도록 동작하게 된다. 이 과정에서 전압의 기준치는 일정시간동안 유지되지만 기존의 P&O MPPT와는 유사하나 V_{ref} 의 증가와 감소값의 의미는 다르다. 그림 3은 개선된 IncCond 알고리즘의 순서도를 나타낸 것이다.

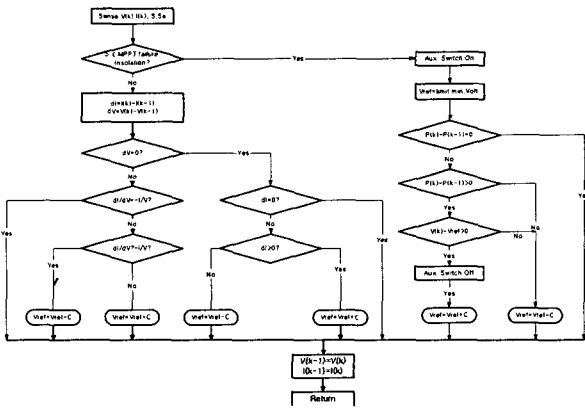


그림 3 제안하는 개선된 IncCond 알고리즘의 순서도
Fig. 3 Flowchart of proposed improvement IncCond algorithm.

3. 시뮬레이션 분석

그림 4는 PSIM을 이용하여 발전 제어회로를 구성한 회로도이다. ms_user6.dll은 태양전지의 특성을 적용한 태양전지 모델이다. ms_user7.dll은 시간에 따라 일사량이 변하는 환경을 만들기 위해 적용된 것이다. ms_user8.dll은 알고리즘의 형태를 프로그래밍한 것이다. 그림 5는 이론적인 파형과 동일한 특성을 얻을 수 있음을 나타내었다.

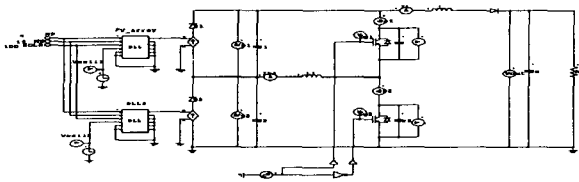


그림 4 제안하는 발전 전력점 제어 회로도
Fig. 4 Proposed generation power point control circuit.

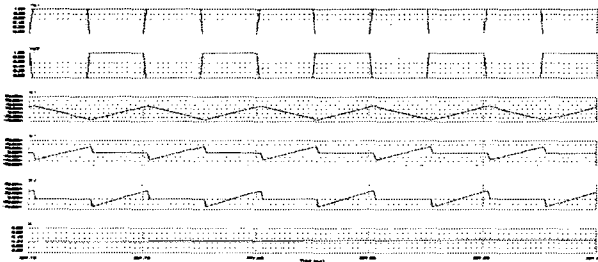


그림 5 인덕터 L과 각부 전류 파형
Fig. 5 Current waveform of Inductor L and each part.

그림 6은 개선된 IncCond 제어기법을 적용하기 위한 회로도를 나타내었다. 그림 7은 각부 동작파형을 나타낸 것이다. 기존의 제어기법과 비교해 볼 때 빠른 추종속도와 실제 전력량과 발전 전력량과의 오차가 저감되었다.

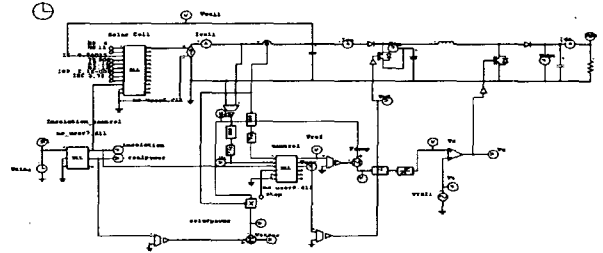


그림 6 개선된 IncCond 제어기법을 적용한 회로
Fig. 6 Circuit that improved implemented IncCond algorithm.

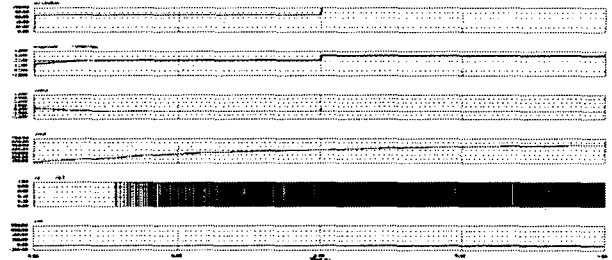


그림 7 일사량 급변시 특성 파형
Fig. 7 Characteristics waveform at rapidly changed insolation.

4. 실험결과 및 검토

그림 8은 실험회로도를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 태양전지는 GMG01531이다. 특징은 정격최대출력 53[W], 개로전압 21.7[V], 단락전류 3.25[A], 최대동작전압 17.4[V], 최대동작전류 3.05[A]이다.

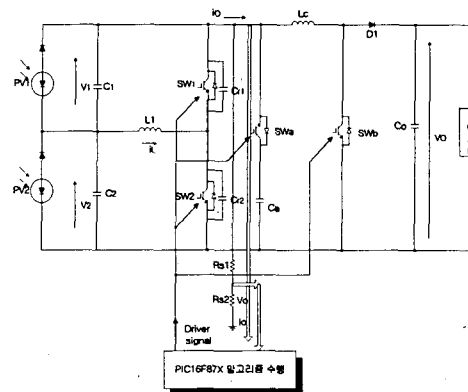


그림 8 실험회로
Fig. 8 Experimental circuit.

4.1 MPPT 동작 특성

각 태양전지의 출력특성과 제어전후의 각 동작점 추이를 그림 9에 나타내었다. 제어전 PV2에 부분 그늘이 발생하게 되어 바이패스 다이오드를 통하여 전류가 흐르게 되어 발전량이 저하되었으나 발전 전력점 제어 동작함으로서 PV1, PV2의 발전량을 동일하게 얻을 수 있다.

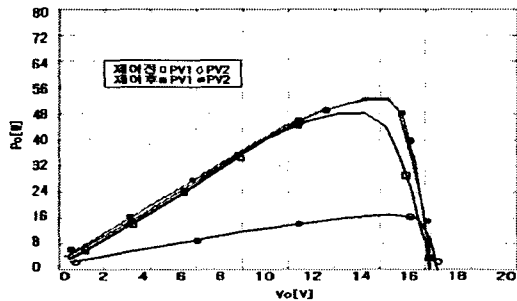


그림 9 제어전과 제어후 P-V 특성곡선
Fig. 9 P-V characteristics curve of before controlled and after controlled.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 MPPT 제어 알고리즘은 모두 저 일사량일 경우 발전이 되지 않는 점과 일사량이 급변시에 추종 응답 속도가 느린 단점을 개선하기 위하여 개선된 MPPT 제어 알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 간단한 구성으로서 저일사량을 검출하여 태양전지의 출력 단에 접속된 보조스위치를 동작시켜 부족한 전압부분을 일시에 공급함으로써 정전압을 유지할 수 있으므로 인버터의 일시적 정지를 막을 수 있다. 또한, 이들 시스템 모두 직렬 또는 병렬 연결시 부분 그늘이 발생하게 되면 어레이 전체의 출력이 현저히 낮아지는 문제점을 개선하기 위하여 다단의 초퍼를 직결하여 최대 전력점을 얻도록 제어함으로서 부분 그늘 보상 제어가 가능함과 동시에 최대전력점을 제어함으로서 부분그늘이 발생하더라도 정출력을 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] “가정내 새로운 전력공급방식”, 일본전기학회 기술보고 제 500호
- [2] “태양에너지 보급 활성화를 위한 포럼”, 광주광역시 지역에너지정책포럼, 2001.12.20.
- [3] 김재연, “분산형전원이 도입된 배전계통의 운용에 관한 연구”, 1995.12.
- [4] 大西 徳生, 高田 茂生, “太陽電池の最大出力制御方

式の比較と昇降壓チョッパ回路を用いた制御特性”, 電學論 D, 112卷 3?, pp. 250-257, 平成 4年.

- [5] 유권중, 정영석, 김기현, 최주엽, “저일사량도에서 MPPT를 동작시키기 위한 알고리즘 연구”, 전기학회논문지 51B권 3호, MAR. 2002, pp. 142~149, 2002.3.
- [6] 清水 敏久, “太陽電池發電システムの發電動作点制御回路”, FBテクニカルニュース No. 56?, pp. 22-27, 2000.11.
- [7] Tokuo Ohnishi, Horoshi Okitsu, “Microcomputer Controlled Photovoltaic Solar Power Conversion System Using PWM Inverter”, IECON'84, pp. 703-708, 1984.
- [8] 修 橋本, 八木 聰, 外 2明, “太陽電池動作点回路を用いたMPPT制御法”, SPC-99-108, pp. 13-18, 1999.