

태양광 최대전력추종 제어알고리즘 성능 비교 분석

심재휘, 강 산, 김신아, 홍기남, 최주엽
광운대학교 임베디드SW과, 광운대학교 전기공학과

Solar Comparative Analysis of Various MPPT Algorithms

Jae-Hwe Shim, San Kang, Shin-Ah Kim, Ki-Nam Hong, Ju-Yeop Choi
Dept. of Embedded SW, Kwangwoon University, Dept. of Electrical Engineering

ABSTRACT

As the maximum power operating point(MPOP) of photovoltaic(PV) power systems alters with changing atmospheric conditions, the efficiency of maximum power point tracking(MPPT) is important in PV power systems. Moreover, grid-connected PV system occurs some problems such as voltage inequality and harmonics. Therefore, this paper presents the results of a grid-connected PV system modeling by PSIM simulator and investigates the influence on the grid-connected PV system from aspect of power quality, i.e. voltage drop. This paper includes four MPPT algorithms: Perturbation & Observation(P&O), Improved P&O, Increment Conductance(Incond), Hysterisis simulated with irradiation changing.

로에 대한 계산값을 나타낸 것이고, 그림 1은 수식 1을 이용하여 PSIM 시뮬레이션의 DLL (Dynamic Link Library)파일을 구성한 모습이다.

$$I_{out} = I_{ph} - A \left\{ \exp \frac{q}{BkT} (V_{out} + I_{out}R_s) - 1 \right\} - \frac{V_{out} + I_{out}R_s}{R_{sh}}$$

수식 1. 태양전지 모델링 수식

- | | |
|-----------------------------------|--|
| I_{ph} : 광 발생전류 | I_{out} : 부하에 흐르는 전류 |
| V_{out} : 출력전압 | R_s : 내부 출력저항 |
| R_{sh} : 내부 저항 | A : pn다이오드 특성 계수 |
| B : 재료 계수 | k : 볼츠만 상수(1.38×10^{-23}) |
| T : 절대온도($273 + \text{섭씨온도}$) | q : 전하량(1.6022×10^{-19}) |

1. 서론

태양광 시스템의 태양 전지는 온도와 일사량에 따라 태양 전지의 단락 전류와 개방 전압의 특성이 변화하게 되며 태양 전지의 전력 활용의 효율을 극대화 할 수 있는 최대 전력 출력 지점의 위치도 온도와 일사량에 따라 변하게 된다. 이와 같이 외부변화에 따라서 최대 전력 동작점 또한 달라지기 때문에 태양광 시스템이 최대 전력 동작점에서 운전되기 위해서는 태양 전지의 MPPT (Maximum Power Point Tracking) 알고리즘에 의해서 운행되어야 하고, 태양 전지 제어기는 이러한 변화에 따라 능동적으로 최대 전력을 추적할 수 있도록 디자인되어야 한다.^[1]

2.1 PV Array

최대전력 추종 제어기법 (MPPT)은 태양광 발전시스템에서 사용하는 기법으로써 비선형 곡선인 태양전지 어레이로부터 항상 최대의 전력을 얻기 위해서 사용하는 제어기법이다. 태양광 발전시스템의 태양 전지는 일사량과 온도에 따라서 전류-전압 그리고 전력-전압이 비선형 곡선을 나타내는데, 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 태양전지의 모델링은 필수적이다. 수식 1은 태양전지 내부저항을 고려하지 않고 간략화한 전기적인 등가회

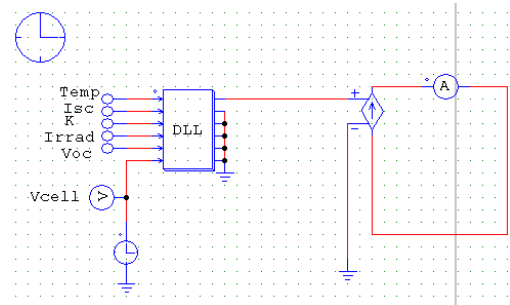


그림 1. 태양전지 등가회로

2.2 최대전력추종(MPPT)제어 알고리즘 분석

다음의 태양전지 수식을 포함하여 최대전력을 추종하는 DC/DC 컨버터를 모델링하기 위한 시스템에서는 전력변환장치 (DC /DC컨버터)가 꼭 필요한데, 이는 일사량과 온도 변화에 따라 태양 전지의 전압과 전류 변동이 심하기 때문이다. 또한 태양전지의 MPPT 제어에 용이하다. 이와 같은 컨버터에 대한 회로도를 그림 2 를 통하여 나타내었다. 본 모델링에 포함된 PWM제어기는 2pole, 1zero 제어기를 사용하였다.^[2]

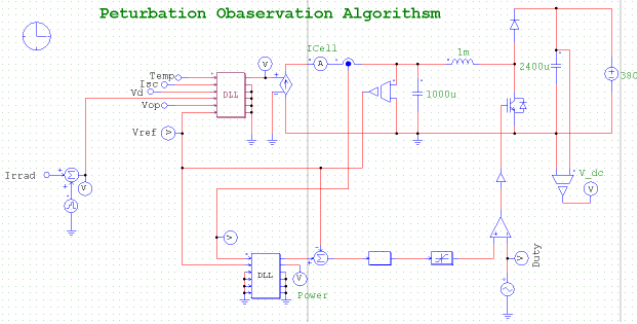


그림 2. 부스트 컨버터 회로도

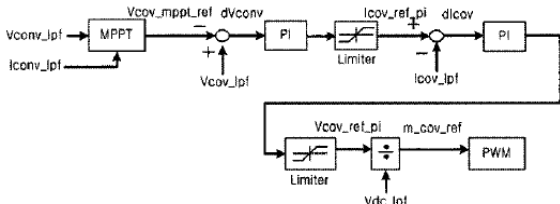
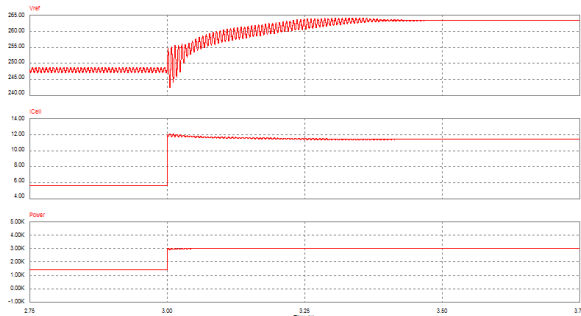
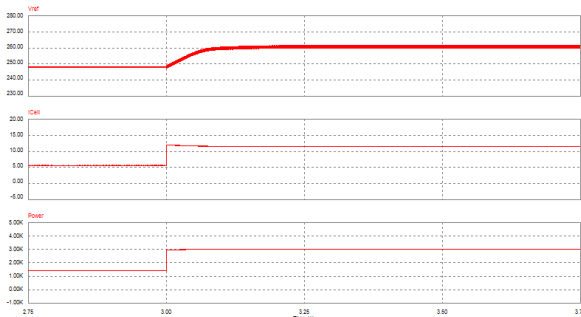


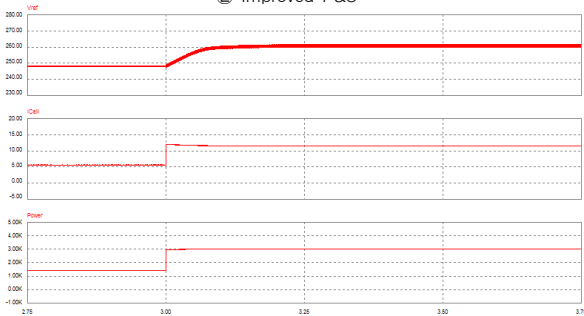
그림 3. 부스트 컨버터 제어 블록도^[2]



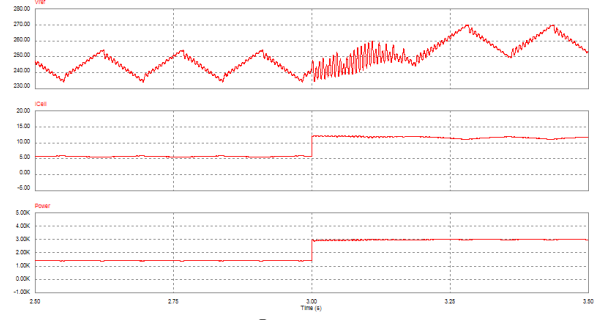
① Perturbation & Observation



② Improved P&O^[3]



③ Incremental Conductance



④ Hysteresis

그림 4. MPPT알고리즘에 대한 일사량 급변 파형
[0.5Kw/m²→1.0Kw/m²]

다음 그림 4는 네 개의 알고리즘에 시뮬레이션 결과 파형값이다. 일사량을 0.5Kw/m²에서 1.0Kw/m²으로 급격하게 변했을 경우 급격한 일사량 변화에 대하여 최대전력점에 대하여 얼마나 빨리 정상상태(Steady State)로 갈 수 있는지를 분석해 보았다. 일사량이 0.5kW/m²에서 1kW/m²로 급변했을 경우에 Vref 파형을 살펴보면 (단, Vref 값이 0.01인 경우) ① P&O, ③ Incond 알고리즘은 추종하는 파형이 유사함을 알 수 있으며 이 두 개의 알고리즘은 본 시뮬레이션의 조건에서 대략 0.5초 정도 지난뒤에 안정상태(Steady-State)로 돌아감을 확인할 수 있었다. ④ Hysteresis 알고리즘의(단, Vref값이 0.01, Gain값이 0.99) 시뮬레이션 결과는 대략 0.2초 정도 지난뒤에 안정상태(Steady-State)로 돌아갔다. ② Improved 알고리즘은 추종 속도가 다른 세 알고리즘에 비해 빨라 대략 0.001초 만에 안정상태(Steady-State)로 돌아가는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 Improved P&O는 추종제어가 가장 빠르기는 하나 약간의 진동 (oscillation) 이 발생하고 있음을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 기존에 제안되었던 MPPT 제어 알고리즘 중 P&O, Improved P&O, Incond, Hysteresis를 분석하였고, 실제 PSIM을 통하여 시뮬레이션으로 구현하였다. 제안되어진 알고리즘의 우수성을 입증하기 위하여 정상상태(Steady State)에서의 전압, 전류의 안정성, 그리고 일사량 급변시에 얼마나 빨리 정상상태에 도달하는지에 대한 추종효율을 알아보았다. 그 결과 주어진 Vref나 증분같은 변수에 따라 그 결과 파형값이 조금씩 다르기는 하지만, Improved P&O, Hysteresis, P&O, Incond 순으로 추종효율이 우수하였다.

참고 문헌

- [1] 임지훈, 최주엽, 송승호, 최익, 정승환, 안진웅, 이동하, "태양광용 부스트 컨버터의 간략화 모델링과 제어기 설계", 한국태양에너지학회, pp 311-316, 2010.
- [2] Kyungsoo Lee, Youngseok Jung, Junghun So, Gwonjong Yu, and Jaeho Choi, "A suggestion of New MPPT Algorithm in the PV system" 전력전자학회, pp 21-28, 2003.
- [3] 강안중, 김태우, 김학성, "일사량 급변에 대한 P&O알고리즘 개선", 전력전자학회, pp 117-120, 2004.