

태양광 발전시스템을 위한 새로운 가변폭 변조방식의 최대전력점 추종기법

고은기, 김진호, 박준열, 이동명
홍익대학교 전자전기공학부

A New MPPT Scheme Based on Variable Step Size Incremental Conductance Method for PV Distributed Generation

Ko Eun-Gi, Kim Jin-Ho, Park Jun-Yeol, Lee Dong-Myung
School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University, Seoul 121-791, Korea

ABSTRACT

This paper proposes a new Maximum Power Point Tracking (MPPT) control algorithm for PV-Cell (Photo voltaic) based on Incremental Conductance MPPT algorithm. The ICN (Incremental CoNductance method) algorithm is widely used due to the high tracking accuracy and adaptability to the rapidly changing isolation condition. In this paper, a modified ICN MPPT algorithm is proposed. This method adjusts automatically the step-size of reference to track the PV-Cell maximum power point, thus it improves the maximum power point tracking speed and accuracy.

1. 서론

화석 에너지 사용량 증가로 인한 지구 온난화로 기후 변화 및 해수면 상승이 진행되고 있다. 이를 위한 대체에너지 개발이 진행되고 있으며 대표적으로 태양광, 풍력, 연료전지를 이용한 친환경 에너지가 주목받고 있는 실정이다. 그 중에서도 태양광 에너지의 경우에는 타 신재생에너지에 비하여 수명이 길고 유지 보수가 간편하다는 이유로 높은 시스템 가격에도 불구하고 여러 분야에 널리 사용되고 있으며 그 적용분야도 지속적으로 확장되고 있다.

태양광 발전은 PV-Cell에 의하여 빛을 받으면 직류 전원이 출력된다. 출력은 일사량과 온도에 의하여 지속적으로 변하며 태양전지 자체의 특성이 변하지 않아도 동작 점은 변하게 되어있다. 일사량 변동의 따른 최대 출력변화 및 V-I, P-V 그래프는 그림 1과 같다. 따라서 효율적으로 출력을 내려면 PV-Cell의 출력을 어떤 조건에 따라서든지 항상 최대로 낼 수 있도록 동작 시켜야 한다. 급격한 광량 변화에 추종하기 위해서는 현재 고정 폭 (Fixed-step) 변조 방식을 갖는 현재의 ICN (Incremental CoNductance) 방식 보다는 광량 변화에 따라 변화량을 자동적으로 조절해 더 빠르게 추종하는 가변 폭 (Variable-step) 방식을 사용하는 게 효과적이다.

본 논문에서는 급격한 광량변화에 높은 추종성을 가지는 가변 폭 ICN 알고리즘을 제안하며 기존 고정 폭 ICN 방식과 새롭게 제안하는 가변 폭 ICN 방식을 시뮬레이션 하여 효율성을 검토해 본다.

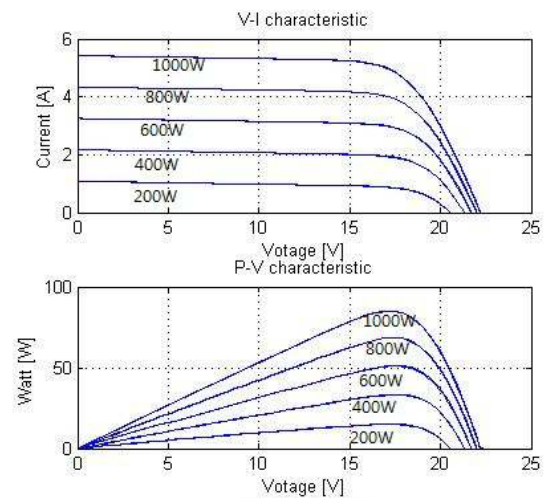


그림 1 PV-Cell의 일사량 변화에 따른 V-I, P-V 특성곡선

2. MPPT 알고리즘

현재 가장 많이 사용되고 있는 알고리즘은 대표적으로 P&O (Perturb & Observe) 라는 섭동 후 추정 기법과 ICN (Incremental CoNductance) 라는 컨덕턴스 증감법이 있다. 섭동 후 추정기법의 경우 계산이 간단하여 가장 많이 사용되고 있으나 최대 전력점 부근에서 동작점의 진동이 발생하게 된다.

2.1 컨덕턴스 증감법 원리

컨덕턴스 증감법의 기본 원리는 그림 3의 P-V 그래프의 특성곡선 기울기를 이용하는 것이다.

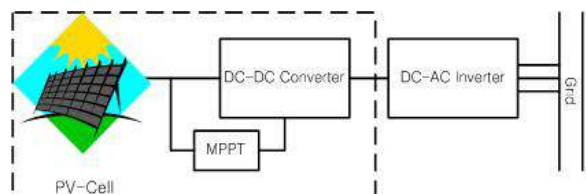


그림 2 일반적인 계통연계 태양광 발전 시스템 구성

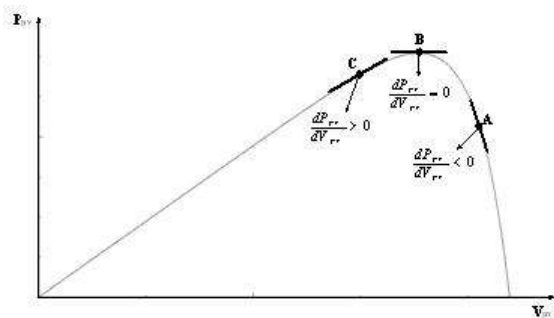


그림 3 P-V 특성곡선을 이용한 컨덕턴스 증감법

$$\frac{dI}{dV} > 0, \frac{dI}{dV} < 0, \frac{dI}{dV} = 0 \quad (1)$$

수식(1) 이 0 보다 큰 경우와 작은 경우에 따라서 지령치를 작게 혹은 크게 주어서 최대 전력 점을 추종하며 흐름도는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보이는 것과 같이 전압과 전류 센서 각각 한 개를 필요로 한다.

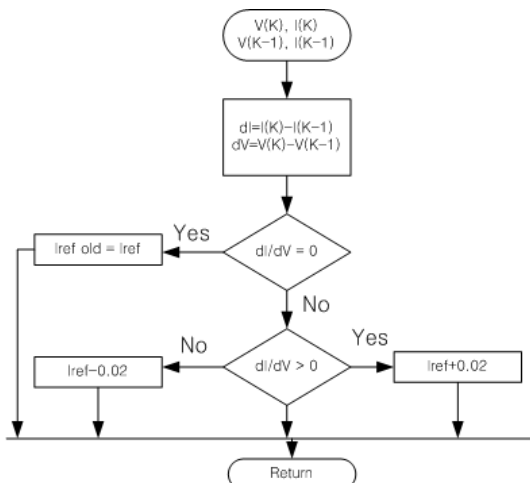


그림 4 컨덕턴스 증감법 흐름도

2.2 제안하는 가변 폭 MPPT 기법

기존의 컨덕턴스 증감법에서 최대전력점을 추종하는 지령치의 경우 고정되어 있는 값으로 변화한다. 그림 4 에서와 같이 0.02 라는 고정된 변화폭을 가진 전류 지령치를 그림 2 의 DC-DC 컨버터에 주어 컨버터 내에서는 전류 지령치에 맞게 Duty ratio를 변환한다. 따라서 일반적인 MPPT 주기인 20ms 마다 일정한 폭으로 변화할 수밖에 없어 빠른 광량 변화에 추종할 수 없다. 그래서 컨덕턴스 증감법의 광량 변화 시 기율기를 이용하여 광량 변화량에 따른 가중치를 주어 빠른 추종 성능을 낼 수 있도록 한다.

가중치 부여조건은 기준은 광량 변화 시 기율기 값 변화를 관측하여 이를 기반으로 구간을 나누었다. 물론 기율기 값이 극단적으로 커지는 경우도 있지만 그 경우는 일단 고려하지 않고 가장 일반적으로 ICN 알고리즘 동작 중 일사량 변화에 따른 기율기 변화를 보고 구간을 나누어 가중치를 주는 방법을 제안한다.

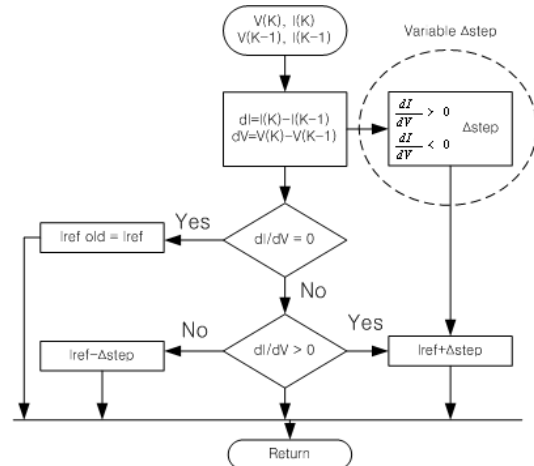


그림 5 제안하는 가변 폭 컨덕턴스 증감법 흐름도

2.2.1 기율기 구간 선정

기율기의 구간선정은 일사량의 변화를 1초안에 $30w/m^2$ 에서 $1000w/m^2$ 으로 변화시키고 다시 반대로 $1000w/m^2$ 에서 $30w/m^2$ 으로 변화 시킨 후 기율기 변화를 관측하였다.

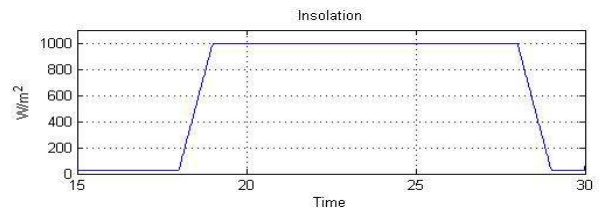


그림 6 일사량 변화 그래프

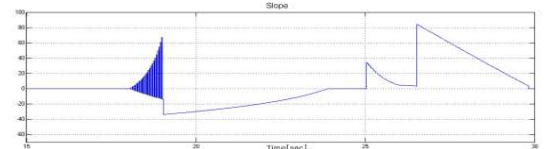


그림 7 일사량 증감에 따른 기율기 변화 그래프

그림 6의 일사량 변화에 따른 기율기 변화가 그림 7에서 보는 것과 같이 나타난다. 일사량이 급격하게 증가할 때는 기율기 변화가 음(-)값으로 나타나고 급감할 때는 기율기가 0 보다 크다. 일정한 일사량에 최대 출력 점에 도달한 시점이 기율기가 0 이 되어야 한다. 그림 1에서 P-V 그래프를 보고 기율기의 양수 값 음수 값의 최대치를 정할 수 있다. 그림 1에서 P-V 그래프를 보면 광량이 감소할 경우 그래프의 기율기가 상당히 커질 수 있다. 일정 값 이상의 큰 값의 기율기는 고려하지 않는다. 단순한 기율기의 비례로 가변 폭에 가중치를 줄 경우 폭 자체의 값이 지나치게 커져 출력 자체에 큰 리플이 발생할 수 있다. 따라서 표 2와 3과 같이 구간을 선정하였다.

표 2 양의 기율기에 따른 구간별 가변 폭 변화

기율기 구간	0	5	15	25	35	45	55
	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	5	15	25	35	45	55	∞
ΔStep	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13

표 3 음의 기울기에 따른 구간별 가변 폭 변화

기울기 구간	0	-5	-10	-20	-30	-40
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	-5	-10	-20	-30	-40	∞
△Step	0.02	0.06	0.1	0.14	0.16	0.2

3. 시뮬레이션 결과

그림 8은 전체 모델링 블록을 나타내며 PV-Cell과 가변 MPPT 컨트롤러 그리고 DC-DC 컨버터로 구성되어 있다. 그림 9의 경우 본 논문에서 제안한 가변 MPPT를 구현한 블록도이며 MPPT주기는 20ms로 하였으며 PV 최대 출력은 500W이다.

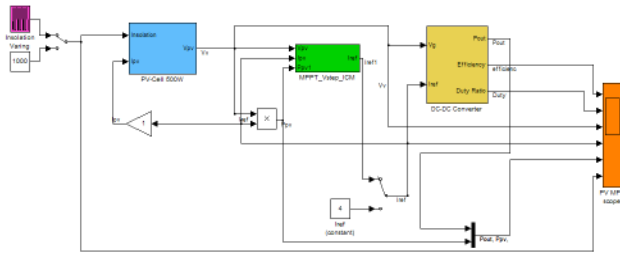


그림 8 매트랩 시뮬링크 로 구현한 PV-System 블록

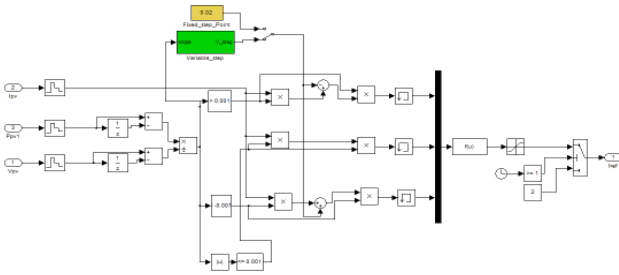


그림 9 가변 최대 전력 점 추종 알고리즘 시뮬링크 블록

같은 조건의 시뮬레이션 결과 가변폭 최대 전력 점 추종 방식이 기존의 MPPT 방식보다 급격한 일사량 변화에 더욱 빠르게 추종하고 있는 것을 그림 10 과 그림 11 을 비교해 보면 알 수 있다. 그림 10 에서 고정 폭 MPPT 방식 에서는 18-20초 사이에 급격한 광량증가에 고정된 지령치 변화만 가능하지만 가변폭 MPPT를 사용한 그림 11의 결과에서는 전류 지령치가 가변적으로 일사량 변화에 추종하는 모습을 볼 수 있다. 또한 PV의 출력 구간을 보면, 같은 일사량 변화 조건에서 가변 폭 MPPT 방식이 더 많은 출력을 내고 있는 것을 알 수 있다.

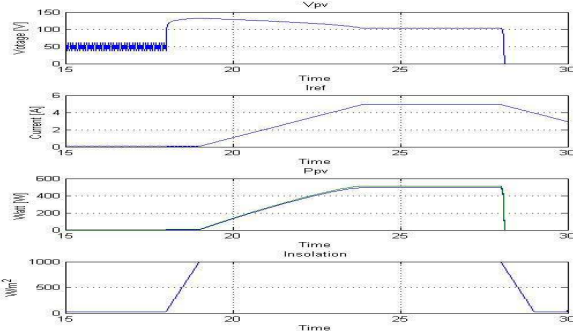


그림 10 가변폭 MPPT 적용 전 PV 전압, 전류 지령치, PV 출력,

일사량

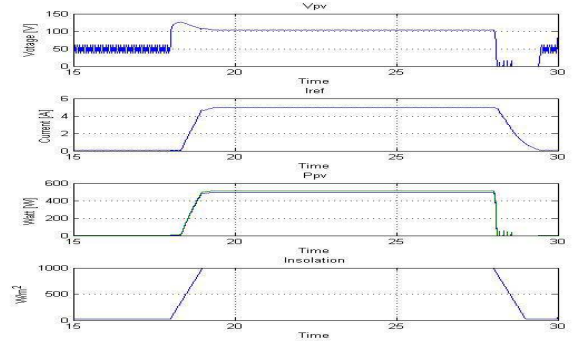


그림 11 가변폭 MPPT적용 후 PV 전압, 전류지령치, PV 출력, 일사량

4. 결론

본 논문에서는 급격한 일사량 변화에서 PV-Cell 의 출력 전압이 최대 출력을 낼 수 있도록 기존의 ICN (Incremental CoNductance) MPPT를 개선하여 가변 폭 ICN MPPT 방식을 시뮬레이션으로 비교해보았다. 가변 폭 MPPT를 사용함으로써 기존방식 대비 빠른 최대 전력점 추종이 가능하다. 또한 다른 가변 폭 MPPT에 비교하여 계산이 단순하기 때문에 빠른 추종이 가능하다. 하지만 ICN 알고리즘 특성상 낮은 광량 0~200w/m² 에서는 효율이 떨어짐으로 이에 대한 개선이 필요하다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원 (KETEP) 의 지원을 받아 수행한 연구 과제 입니다. (No. 2010101040003B)

참고 문헌

- [1] C. Liu, B. Wu, and R. Cheung, "Advanced Algorithm For MPPT Control Of Photovoltaic System," *Canadian Solar Buildings Conference*, pp. 20-24, August 2004.
- [2] T. ESRAM, and P. L. Chapman, "Comparison Of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques," *IEEE Transactions on energy conversion*, Vol. 22, No. 2, pp. 439-449, June 2007.
- [3] A. Pandey, N. Dasgupta, and A. K. Mukerjee, "Design Issue In Implementation MPPT for Improved Tracking and Dynamic Performance," in *Proc. IEEE IECON*, pp. 4387-4391, 2006.
- [4] W. Xiao, and W. G. Dunford "A Modified Adaptive Hill Climbing MPPT Method For Photovoltaic Power System," *35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp. 1957-1963, 2004.
- [5] F. Liu, S. Duan, F. Liu, B. Liu, and YongKang, "A Variable Step Size ICN MPPT Method for PV Systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 55, No. 7, pp. 2622-2628, July 2008.