

다수의 독립형 태양광 발전시스템의 디지털 제어

진호상*, 김희준**

한양대학교 대학원 전자전기제어계측 공학과

Control of multi stand alone solar power systems using digital controller

Ho-Sang Jin*, Hee-Jun Kim**

Dept. of Electronics, Electrical, Control, and Instrumentation Engineering, Hanyang University

Abstract -본 논문은 다수의 독립형 태양광 발전 시스템의 디지털 제어에 대해 제안한다. 제안된 시스템은 에너지를 발생하는 태양전지, 최대전력점을 추종(MPPT)하도록 하는 Boost컨버터, 부하에 적합한 준위의 전압을 공급하는 Buck컨버터로 구성되어 있으며, 태양전지 어레이를 분할하여 제어하므로 Boost컨버터가 태양전지 어레이가 분할 된 만큼 추가된다. 제안된 방법은 디지털 제어기의 제어변수 값 들을 바꿈으로써 전체시스템의 출력특성을 쉽게 제어할 수 있어 사용되는 태양전지 어레이의 종류와 환경조건 변화에 따라 쉽게 제어변수 값들을 조정할 수 있다. 또한 하나의 디지털 제어기로 다수의 태양광 시스템을 제어하므로 고가의 디지털 제어기의 개수를 줄여 비용이 저렴한 장점이 있다.

또는 수KW의 대용량 시스템의 경우 생산전력을 약간 높이는 것만으로도 큰 전력증가를 기대할 수 있다.

2.2 태양전지의 MPPT제어

여러 개로 분할된 태양전지 어레이를 제어할 경우 고가의 디지털 제어기 여러 개를 사용해서 제어하는 것보다 단일 디지털 제어기를 사용하는 것이 비용적인 면에서 경제적인 장점이 있으며, 여러 개의 태양전지 어레이를 제어해야 하므로 최대전력점추적 방식은 제어변수가 적으면서도 알고리즘이 간단한 방식을 선택하였다.

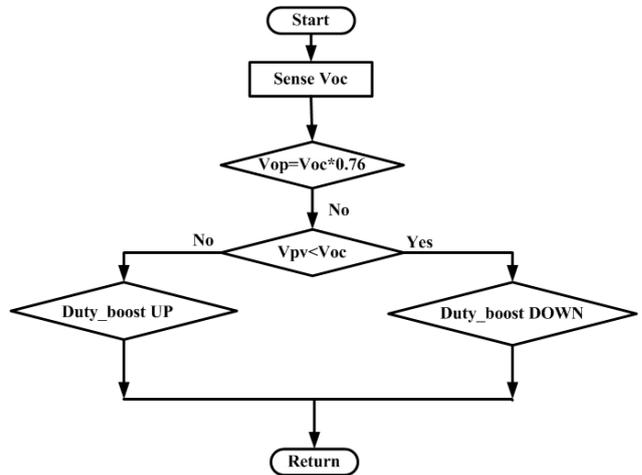
태양전지 어레이의 최대전력점추적은 태양전지 어레이의 개방회로 전압을 이용한 제어방식을 사용한다. 이 방식은 태양전지의 최대전력점에서의 동작전압(V_{op})은 개방회로 전압(V_{oc})에 비례한다는 사실을 이용한 것으로 개방회로 전압을 이용한 제어에 필요한 변수가 적으며, 간단한 제어 알고리즘을 이용해서 최대전력점을 추적할 수 있는 장점이 있다.

$$V_{op} = K \times V_{oc} \quad (2.1)$$

식 (2.1)에서 비례상수 K의 약 0.76 정도이다.

2.2.1 MPPT제어 알고리즘

<그림 2>는 MPPT제어 알고리즘을 나타낸다.



<그림 2> 개방회로 전압을 이용한 MPPT 알고리즘

V_{oc} : 태양전지 어레이 개방회로 전압

V_{op} : 태양전지 어레이 최대전력점

V_{pv} : 태양전지 어레이 출력전압

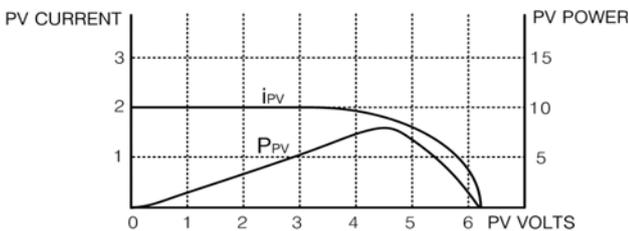
태양전지 어레이의 개방회로 전압을 일정한 주기마다 샘플한 후 식 (2.1)을 이용하여 동작전압을 구한다. 계산된 동작전압을 기준전압으로 이용하여 태양전지 어레이 출력전압과의 오차를 비교하여 Boost컨버터의 시비율을 제어함으로써 최대전력점을 추종하도록 한다. 태양전지의 경우 <그림 1>에서 나타난 것처럼 태양전지의 출력전류가 증가할수록 동작전압은 낮아지는 것을 알 수 있다. 따라서 태양전지의 입력전압이 계산된 동작전압보다 높을 경우 Boost컨버터의 시비율을 증가시켜 출력전압을 높이면 배터리의 충전전류가 증가하여 전체시스템의 전류가 증

1. 서 론

최근 화석에너지의 고갈 및 환경오염 문제에 따라 대체에너지에 대한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 개발되고 있는 여러 자원 중에서도 태양전지는 환경오염 없이 전기에너지를 생산할 수 있는 기능이 있어 이를 이용한 태양광 발전 시스템이 중요한 해결책으로 대두되고 있다. 이는 전기적 기반시설이 부족한 지역에 전력을 공급하는데 도움을 준다. 태양광 발전 시스템의 입력전원은 출력특성이 자연조건에 좌우되는 태양전지이기 때문에 최대전력점 제어가 필요하며, 아날로그 방식으로 제어를 하면 최대전력점 제어부와 컨버터 제어부로 나뉘지게 되어 외부 조건 변화에 따른 시스템의 조율이 힘들다. 또한 여러 개의 태양광 발전시스템을 제어할 경우 전체 시스템을 제어하는 제어부가 많아지게 된다. 따라서 본 하나의 디지털 제어기를 이용하여 다수의 컨버터를 제어하는 방법을 본 논문을 통해 제안한다. 이를 통해 간단하게 전체 시스템을 제어하며, 간단한 프로그램 수정만으로 태양광 발전시스템을 쉽게 추가하여서 제어 할 수 있어 주변 환경에 따라 쉽게 적용할 수 있다.

2. 본 론

2.1 태양전지의 출력특성

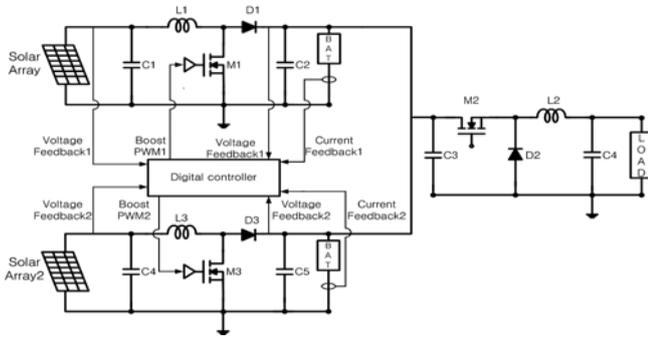


<그림 1> 태양전지 어레이 출력특성 곡선

<그림 1>은 태양전지 어레이의 I-V 특성곡선 및 P-V 특성곡선을 나타낸다. 태양전지 어레이 전압이 4.5[V]이고 전류가 1.8[A]일 때 최대전력 8.1[W]를 생산한다. 그림으로부터 태양전지 어레이는 일사량과 부하의 변동에 따라서 출력특성이 비선형적으로 변하는 것을 알 수 있다. 따라서 태양전지 어레이를 효율적으로 사용하기 위해서는 최대전력점추적(MPPT)제어가 필요하다. 또한 태양전지 어레이의 경우 태양의 고도와 주변지형에 따라서 각각의 태양전지마다 생산되는 전력이 다르다. 따라서 태양전지 어레이를 분할하여 사용하면 각각의 어레이의 알맞은 최대전력을 추적하여 전체 생산전력을 증가시킬 수 있다. 이는 수W

가하게 되고 태양전지의 동작전압은 낮아지게 된다. 반대로 태양전지의 입력전압이 동작전압보다 낮을 경우에는 Boost컨버터의 시비율을 감소시켜 태양전지의 동작전압을 높여주게 된다. 이를 반복하면서 계산된 동작전압에서 태양전지의 최대전력점을 제어하게 된다.

2.3 시스템 구성

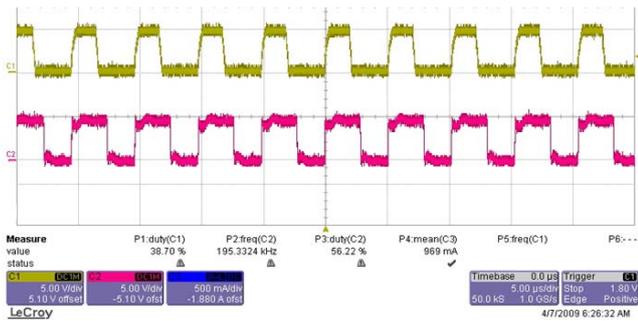


<그림 3> 전체 시스템 블록도

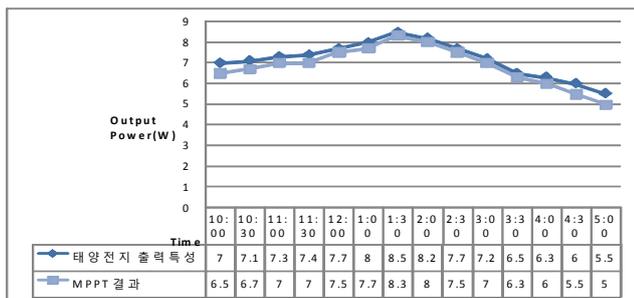
<그림 3>는 전체 시스템 블록도를 나타낸다. 앞단은 Boost컨버터로 구성되어 있으며, 이는 태양전지가 최대전력점에서 동작하도록 제어하며, 잉여전력을 배터리 충전에 필요한 전압으로 승압시켜 준다. Boost컨버터에 직렬로 연결된 Buck컨버터는 부하에 필요한 전원을 공급해준다. 배터리는 부하에 공급하고 남은 전력을 저장하여, 야간 또는 태양전지의 전력이 충분하지 않을 때 부하에 지속적으로 전력을 공급해준다. 시스템의 제어부는 디지털 제어기를 사용하며, 제어기 내부의 A/D컨버터에 의해 변환된 태양전지 출력전압 값을 이용하여 Boost컨버터의 시비율을 변화시켜 전체 시스템을 제어한다.

2.4 실험 결과

논문에서 제안된 단일 디지털 제어기를 이용한 다수의 독립형 태양광 발전 시스템 제어를 검증하기 위해 실험세트를 만들어 MPPT알고리즘을 적용시켜 실험을 하였다. C1파형은 그늘로 인해 분할된 2개의 태양전지 어레이중 하나의 전력생산이 충분하지 않은 상황에서 게이트 파형을 나타내며, C2는 그늘 없이 태양광을 꾸준히 받고 있는 다른 한쪽 어레이의 게이트 파형이다. 서로 독립적으로 최대전력점을 제어함을 확인할 수 있다. 또한 각각의 Boost컨버터를 통해 태양전지의 최대전력점을 잘 추적하는지 확인하였고 결과는 <그림 5>와 같다.



<그림 4> Boost컨버터 각각의 Gate파형



<그림 5> 시간별 최대전력점추적 그래프

<표 1>은 배터리의 전압변화를 나타낸다. 배터리 특성상 초기에는 7.3[V]까지는 빠르게 충전되며 이후에는 천천히 충전된다. 태양전지의 생산전력이 가장 큰 2시, 즉 실험시작 시간이후 4시간이 경과했을 때 시간당 충전량이 가장 많은 것을 확인할 수 있다.

<표 1> 충전 시 배터리 전압

경과시간	BAT1전압 [V]	BAT2전압 [V]
0:00	6.5	6.5
1:00	7.34	7.36
2:00	7.45	7.46
3:00	7.49	7.5
4:00	7.58	7.59
5:00	7.62	7.64
6:00	7.66	7.67
7:00	7.67	7.68

3. 결론

실험을 통해 디지털 제어기 하나를 이용해서 2개의 태양전지 어레이를 동시에 제어하는 것을 확인하였다. 하나의 디지털 제어기를 이용해서 독립적으로 제어되고 있으므로 디지털 제어기의 A/D컨버터의 개수와 PWM파형을 출력 할 포트가 충분하다면 그 이상의 태양전지 어레이를 제어할 수 있다.

다수의 독립형 태양전지 어레이를 제어하기 위해 선택한 개방회로전압을 이용한 MPPT알고리즘은 실제 태양전지의 최대전력점을 잘 추적한다. 실제와는 오차가 발생하지만 0.5[W] 이내인 것을 확인할 수 있다.

제안한 방법은 제한된 태양전지의 생산용량을 좀 더 효율적으로 사용 가능하여, 소용량의 전력을 필요로 하는 곳에 적합하다. 또한 간단한 MPPT알고리즘으로 인해 전류센서가 필요 없어 경제적인 면에서 좀 더 유리하다.

[참고 문헌]

- [1] 유권중, 정영석, 최주엽, "새로운 고효율 MPPT 제어 알고리즘 고찰", 한국태양에너지학회 논문집, Vol22,NO.3, pp.11-20, 2002.
- [2] T/ Martin, S. Ang, "Digital control for switching converters", Proc. of the IEEE International Symposium, Vol. 2, pp. 480-484, 1995.
- [3] Chihchiang Hua and Chihming Shen, "Study of maximum power tracking techniques and control of DC/DC converters for photovoltaic power system", IEEE-PESC.Conf. Rec, Vol. 1, pp.86-93, 1998