

온도와 일사량 조건에 따른 PV 출력 전압 리플 분석

박성실, 이화수, 문희성, 이병국
성균관대학교 정보통신공학부

The Analysis for the Ripple of PV Output Voltage Considering Temperature and Irradiation

Sung-Sil Park, Hwa-Soo Lee, Hee-Sung Moon, Byoung-Kuk Lee
School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract - 본 논문에서는 지역별로 다른 일사량과 온도 조건에 따른 리플률을 비교하여 커패시터 용량산정에 미치는 영향을 분석하였다. PV 출력 전압 리플을 분석하기 위해 일사량과 온도 조건이 다른 두 지역 수원과 대구를 선정하여 동일한 태양광용 PCS에 적용 하였으며 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

1. 서 론

태양광 발전은 태양 전지를 이용해 태양 에너지를 전기 에너지로 변환할 때 효율이 뛰어나며, 규모의 대소에 관계없이 일정효율로 발전시킬 수 있다. 또한 모듈 구조에 의해 양산성이 풍부하기 때문에 태양광을 이용한 대체 에너지가 각광 받고 있다 [1].

태양광 발전 시스템에서 설비의 수명과 발전 효율을 결정하는 중요한 요소 중 하나가 커패시터이다. 그러므로 커패시터의 용량선정은 시스템의 안정성에 큰 영향을 준다. 즉, 커패시터 용량에 따라 PV 출력 전압은 다른 리플을 갖게 되므로 지역별로 같은 리플을 갖도록 커패시터를 선정해야한다. 일사량과 온도 조건이 서로 다른 지역에 같은 용량의 커패시터를 사용하면 다른 일사량이 큰 곳의 시스템 수명이 다른 지역보다 짧아져서 태양전지 수명의 신뢰도가 감소할 수 있으므로 지역마다 커패시터 용량을 달리 할 필요가 있다.

그러므로, 본 논문에서는 기후의 차이가 큰 두 지역의 일사량과 온도를 고려한 태양광 발전시스템을 설계 하였고 그에 따른 PV 출력 전압 리플의 차이를 분석하였다. 또한 일사량 차이에 따라 커패시턴스 차이를 비교하였으며 커패시턴스와 전압 리플률의 관계를 분석하였고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 커패시턴스와 PV 출력전압 리플의 관계

일정한 일사량일 때 커패시터가 클수록 리플은 작아진다. 하지만 장비의 가격을 최소화하기 위해서는 커패시터의 용량을 최소화해야 한다. 또한 다른 일사량 조건에서 PV 출력전압의 리플이 달라지므로 일사량의 정도에 따라 커패시터의 용량이 결정된다.

2.1.1 지역별 일사량과 온도에 따른 리플률 차이

지역마다 지형과 기후가 달라 같은 날이라 해도 일사량과 온도가 차이가 나므로 PV의 커패시터 전압 리플률이 지역에 따라 달라진다. 먼저 그림 1에서 우리나라에서 일사량이 좋은 편에 속하는 대구와 수원의 일사량을 비교해 보았다. 일사량의 하루 변화 값이 평균적인 특성을 잘 나타내는 4월 중 하루(07. 4. 18)를 선정하여 살펴본 결과, 최고 일사량을 기록하는 13시 경에 수원과 대구에서 약 $200 W/m^2$ 의 일사량 차이가 난다.

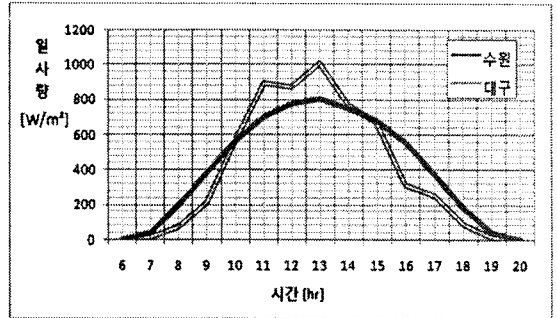


그림 1. 지역 및 시간대별 일사량(2007.04.18)

그림 2는 같은 날짜의 수원과 대구의 온도를 비교한 것이다. 일사량과 온도의 자료는 기상청과 대구광역시 솔라시티 센터의 데이터를 토대로 하였다 [6],[7].

PV 출력전압은 일사량과 온도의 영향을 받으므로 일사량과 온도가 다른 두 지역의 출력 전압 및 리플의 크기도 달라진다.

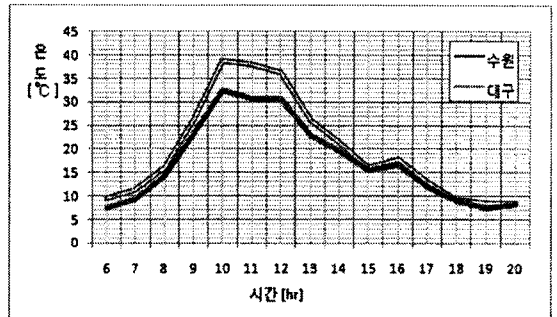


그림 2. 지역 및 시간대별 온도(2007.04.18)

2.1.2 커패시터의 리플률과 수명의 관계

커패시터의 수명은 외부온도와 리플 전류 및 전압과 관계가 크다. 큰 리플 전압을 갖는 커패시터의 수명은 리플이 작은 곳에서 사용되는 같은 용량의 커패시터보다 줄어들게 된다. 리플이 클수록 커패시터의 수명이 줄어들기 때문에 커패시터의 수명을 보장하기 위해서는 커패시터의 용량을 신중하게 고려해야 한다.

2.2 태양 전지의 출력 특성 모델링

태양전지를 일반적으로 모델링하는 방법으로 매개변수형 모델링이 있으며 이 방법은 태양전지의 출력전압, 전류 특성과 일사량 및 표면온도 특성을 고려해야 한다 [3]. 온도와 일사량에 따른 PV 출력 특성을 나타내기 위

해 태양전지 셀을 다이오드를 이용하여 등가회로로 나타내었다.

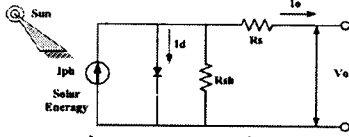


그림 3. PV cell 등가회로

태양전지의 출력 특성은 일사량 $1000[W/m^2]$, 온도 $25[^\circ C]$ 를 기준으로 수식화 하면 다음과 같다.

$$I_{ph} = I_{scr} \frac{s}{1000} + K_i(temp - 25) \quad (1)$$

$$I_{sat} = I_{satr} \left(\frac{T_k}{T_{ref}}\right)^3 \exp\left(qE_{bg} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_k}\right) / kT_k\right) \quad (2)$$

$$I_d = I_{sat} \left(\exp \frac{qV_d}{AKT_k} - 1\right) \quad (3)$$

$$I = I_{ph} - I_d \quad (4)$$

여기서 파라미터는 다음과 같다.

I_{ph} : generated current under insolation

I_{scr} : cell short circuit current

at $25^\circ C$ and $1000W/m^2$

I_{sat} : reverse saturation current of diode

I_{satr} : saturation current at T_{ref}

I_d : characteristic equation of diode

I : one PV cell current

2.3 MPPT의 기본 원리

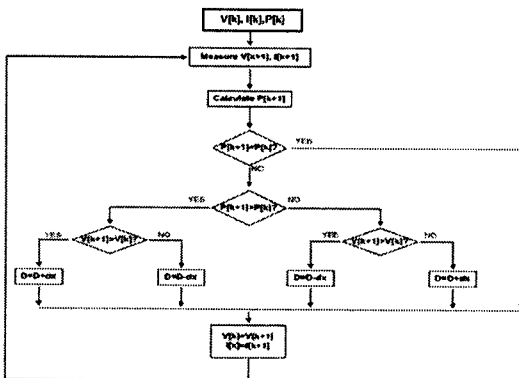


그림 4. P&O 알고리즘

태양전지의 동작점이 I-V 특성곡선 상의 어느 위치에서 동작하는가에 따라서 능동적으로 태양전지의 출력효율이 달라진다. 따라서 I-V 특성곡선 상의 출력이 최대되는 특정한 점에서 동작하도록 MPPT 제어를 한다. 최대 출력 제어기에 설정된 전압 혹은 전류 지령치가 전력 변환 장치를 통해 전지의 동작점을 결정하게 되며, 외부조건에 영향 받지 않고 태양전지의 동작점을 항상 최대 출력점에 위치시키기 위해 전류를 제한하여 제어한다 [4].

여러 가지 MPPT 제어방법 중 알고리즘이 간단한 이점을 갖는 P&O(Perturbation and Observation) 방법은 태

양전지의 전압 및 출력전력을 과거 전압과 전력을 비교하여 변화의 방향에 따라 기준 전압 변화를 결정하여 태양전지의 동작점이 시간 마다 최대 출력점으로 수렴하도록 하는 방식으로 알고리즘은 그림 4와 같다 [3].

2.4 시뮬레이션 결과

태양전지 모듈을 구현하고, 각각의 알고리즘을 고찰하기 위해 PSIM을 사용하였다. 그림 5는 태양광 발전시스템의 회로도를 나타낸다. 이 회로도는 기본적으로 태양전지 모듈에 커패시터와 부스트 컨버터, 부하저항으로 구성된다. 태양전지 모듈 및 MPPT 알고리즘은 하나의 DLL(Dynamic Link Library)로 구성하였다. 태양전지 모듈 및 MPPT 알고리즘은 A부분을 통해 구현하였으며, 동작에 필요한 각종 파라미터를 직접 입력할 수 있도록 하였다.

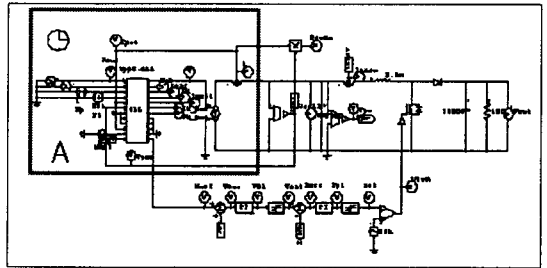


그림 5. PSIM 회로도

태양전지 모듈은 1kW급으로 구성하였으며, 태양전지의 일사량은 수원과 대구에서 측정된 값을 바탕으로 입력 값을 설정하였다. 대구의 표면 온도는 실제 측정된 값을 조사하여 사용했지만, 수원의 표면 온도는 실제 측정된 값을 조사할 수 없었기 때문에 대구의 표면 온도와 외부온도 차이의 패턴을 참고하여 입력 값을 설정하였다. 태양전지의 일사량 입력은 그림 1에 나타난 파형과 같으며, 그림 2는 시간대별 수원과 대구에서의 태양전지의 표면온도 파형을 나타낸다. 스위칭 주파수는 30kHz이고, P&O법의 $delV$ 값은 0.1이다. 시뮬레이션 회로의 각 파라미터는 표 1에 정리하여 나타내었다.

표 1. PSIM 회로의 파라미터

파라미터	소자 값	파라미터	소자 값
Ns	1개	Cboost	3000uF
Np	504개	Lboost	3.5mH
Ccell	1000uF	Rload	150Ω
delV	0.1V	스위칭주파수	30kHz

그림 6, 7은 수원과 대구의 온도와 일사량 조건에 따라 시뮬레이션 한 결과파형이다. 출력전압의 리플을 분석하기 위해서 시간변화에 대한 태양전지 출력전압의 파형을 나타내었다. 또한 MPPT가 제대로 동작하고 있음을 확인하기 위해서 시간변화에 대한 출력전력의 파형도 위쪽에 각각 함께 나타내었다.

그림 6의 출력전압 파형은 출력전압이 거의 일정하게 유지되는 구간에서 약 3.66%의 리플성분을 갖는다. 그림 7에서는 약 4.89%의 리플성분을 갖는다. 일사량과 온도가 수원보다 대체적으로 큰 값을 가지는 대구에서 약 1.23% 더 큰 리플성분을 가짐을 확인할 수 있다. 리플성분은 출력전압이 일정한 구간에서의 전압평균 값과 리플의 크기가 가장 큰 지점에서 값의 비를 백분율로 구하여 크기를 비교하였다.

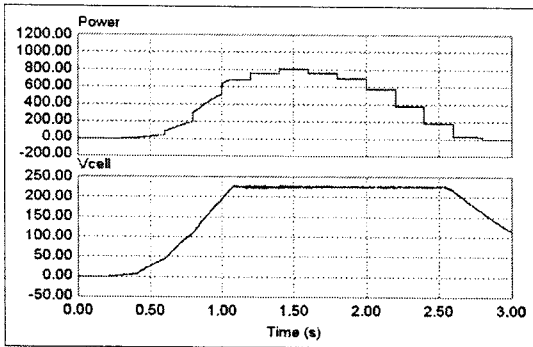


그림 6 수원 지역의 태양전지 출력전력과 출력전압 파형

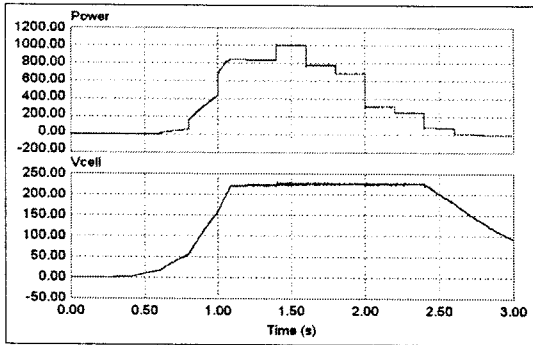


그림 7 대구 지역의 태양전지 출력전력과 출력전압 파형

수원과 대구의 리플성분을 더 자세히 관찰하기 위해서 각각의 출력전압 파형을 그림 8에 확대하여 나타내었다. 위쪽은 수원의 전압파형을 확대한 것이고 아래쪽은 대구의 전압파형을 확대한 것이다.

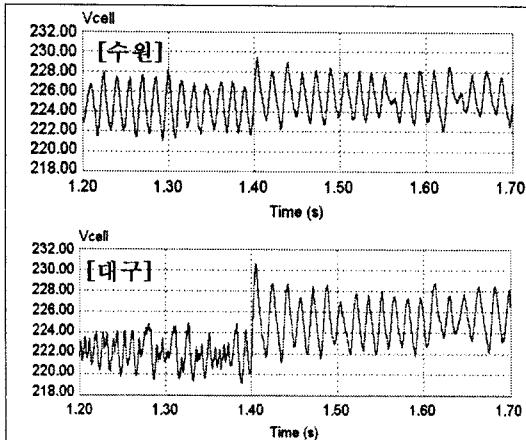


그림 8. 수원과 대구의 태양전지의 리플 파형

약 1.23%의 차이를 보이는 수원에서의 리플성분의 비율과 대구에서의 리플성분의 비율을 같아지도록 하기 위하여, 대구의 온도와 일사량 조건에서 커패시터의 크기를 3000uF으로 조정하여 시뮬레이션 되었다. 시뮬레이션 결과 리플성분의 비율은 4.89%에서 3.33%로 변화하여 약 1.56% 감소한 리플률과 비슷한 값을 나타내었다. 커패시터의 크기를 조절하여 리플성분의 크기를 조절할 수 있음을 확인할 수 있었다. 다음 그림 9는 커패시터의 크기를 다르게 했을 때, 대구에서의 태양전지의 리플파형을 비교한 것이다.

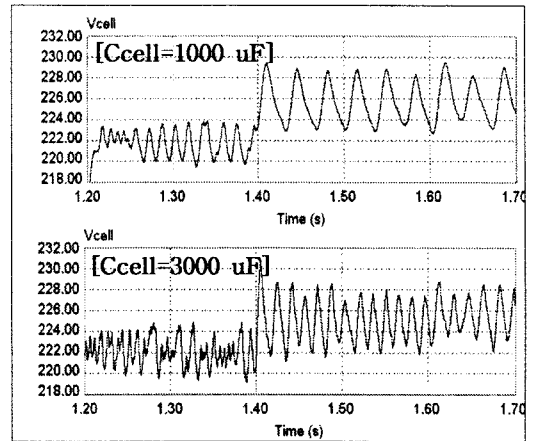


그림 9. 커패시터 크기에 따른 전압리플 비교

4. 결 론

본 논문에서는 지역별 일사량과 온도에 따라 태양 전지 출력 전압 리플률의 차이를 비교하고, 커패시터 용량 산정에 미치는 영향을 분석하였다. 한 예로 일사량과 온도의 차이가 있는 수원과 대구를 비교하여 커패시터의 용량산정의 변화를 확인하였다. 본 논문은 지역별 태양광 발전시스템 설계 시 커패시터 용량산정에 활용가능하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김태엽, "태양전지의 파라미터 추정 및 최대출력점 추종 제어에 관한 연구," 창원대 대학원, 석사학위논문, 2001
- [2] 한정만, "태양전지어레이 가상 구원 모듈의 병렬운전특성 해석 및 제어," 건국대 대학원 석사논문, 2003
- [3] 문성장, "최적의 MPPT 알고리즘에 관한 연구," 경남대 대학원 석사학위논문, 2005
- [4] 강안중, "개선된 MPPT 알고리즘을 이용한 태양광 발전 시스템의 구현," 구미공과대 대학원, 석사학위논문, 2005
- [5] 김형석, "실증시험을 통한 일체형 3kW 태양광발전시스템에 관한 연구," 조선대 대학원, 석사학위논문, 2005
- [6] 기상청 홈페이지 (<http://www.kma.go.kr/>)
- [7] 대구광역시 솔라시티센터 (<http://solacity.deagu.go.kr/renew>)