

태양광 PV 어레이에서 병렬 부정합을 저감시키는 모듈 부정합 보상기법

박기엽* 안희욱**

금오공과대학교 전자공학부 대학원*

금오공과대학교 전자공학부 교수**

Method for PV Module Mismatch Compensation to Reduce Parallel Mismatch in Solar PV Array

Gi-Yob Park*, Hee-Wook Ahn**

Dept. of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology

ABSTRACT

The power loss due to PV module mismatch in PV array system is analyzed and a mismatch compensation method is proposed. A dc-dc converter is used to compensate for series mismatch caused by a low current module in a string. The converter is controlled to maximize the array power output. The proposed compensation method was verified by PSpice simulation.

1. 서 론

태양광 발전시스템은 다수의 모듈을 조합한 PV 스트링 또는 어레이 형태로 구성되며 PV시스템을 구성하는 모든 모듈의 전기적 특성은 동일하다는 전제하에 설계된다. 그러나 모듈교체, 특성열화 등에 의해 전기적 특성이 다른 모듈이 PV시스템에 포함될 수 있으며 이러한 모듈 부정합은 발전시스템 전체의 효율을 저감시키는 부정합 손실(Mismatch Loss)을 유발한다. PV스트링 구조에서의 부정합 손실 저감기법으로서 컨버터를 이용해 부정합 모듈의 전류를 정규모듈의 전류에 일치시키는 기법이 소개된바 있다.^[1] 이 기법은 부정합 스트링의 전압을 감소시켜 어레이 내의 전압 불균형을 유발하므로 어레이 구조에는 부적합하다. 본 논문에서는 PV 어레이 구조에서의 부정합 손실을 분석하고, 손실 보상 방법으로서 어레이의 출력으로부터 비정규 모듈과 정규 모듈의 전류 차이를 비정규 모듈에 보상하는 기법을 제시하였다. PSpice 시뮬레이션 이용해 제안된 보상 기법의 효과를 확인한다.

2. PV 어레이에서의 모듈 부정합 현상

일반적인 PV 어레이 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. PV Array에서의 부정합 손실을 분석하기 위해 PSpice의 Single diode model을 이용하여 비정규 모듈 하나가 포함된 2K[W]급 PV 어레이 시스템을 구성하였다.^[2]

PSpice 시뮬레이션을 이용한 PV 어레이의 P-V 특성곡선은 그림 2와 같이 국지적 MPP(Maximum Power Point)점 A, B를 포함하는 형태이며 PV 어레이의 동작점은 PCU(Power Control Unit)의 MPPT기능에 의해 A 또는 B점으로 결정된다.

동작점 A의 경우 부정합 스트링은 최대 전력에서의 동작점

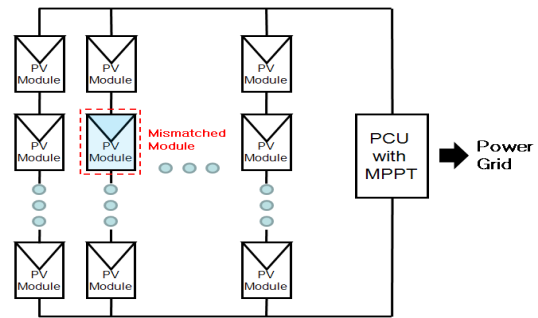


그림 1. 비정규 모듈 하나가 포함된 Array 구성
Fig 1. Construction of PV array with mismatched module

이지만 정합 스트링은 최대전력이 아닌 곳에서의 동작점에 해당하므로 모듈 부정합에 의한 손실이 발생하게 된다. 동작점 B의 경우 정합 스트링은 최대전력에서의 동작에 해당되지만 부정합 스트링의 모듈들은 비정규 모듈의 전류에서 동작하게 됨으로 출력손실이 발생하게 된다. 각각의 동작점에서의 손실은 0.4K[W]와 0.2K[W]이며 동작점 모두에서 부정합 손실이 발생한다. 각 동작점에서의 어레이 출력 손실은 비정규 모듈의 최대 출력전력인 130[W]를 초과하는 값으로 어레이에 포함된 비정규 모듈은 어레이의 출력 손실을 유발하게 됨을 의미한다.

이와 같이 어레이내의 비정규 모듈은 PV 어레이의 발전 효율을 감소시킨다. 이는 PV 발전 시스템의 경제성과 직접적으로 연관되며, 따라서 부정합 손실을 저감하기 위한 기법이 필요하다.

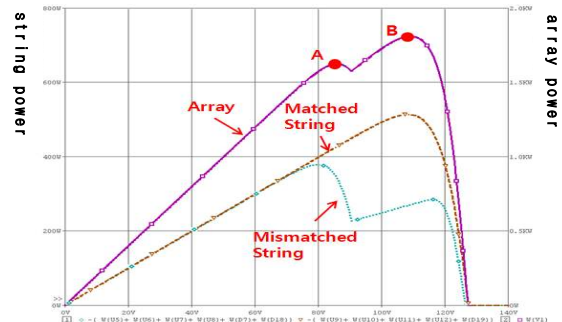


그림 2. 비정규 모듈이 포함된 Array P-V 특성
Fig 2. P-V characteristics of mismatched PV array

3. 부정합 보상 기법

부정합 손실은 부정합 스트링내의 비정규 모듈과 정규 모듈의 특성차이로 인하여 발생하며 이는 부정합 스트링과 정합 스트링의 최대전력점이 다른 곳에 위치하는 결과를 가져온다. 따라서 부정합 손실 저감방법으로 비정규 모듈의 전기적 특성과 정규 모듈의 특성을 일치시켜 정합 스트링과 부정합 스트링의 최대전력점을 일치시키는 방법을 적용할 수 있다.

그림 3(a)에서와 같이 어레이 출력으로부터 비정규 모듈과 정규 모듈의 전류 차이를 비정규 모듈에 보상하는 방법을 적용함으로써 그림 3(b)와 같이 비정규 모듈의 특성을 정규 모듈의 특성에 일치시킬 수 있다. 비정규 모듈에 전류를 보상하는 방법을 통하여 최대전력점을 일치시킬 수 있으며 부정합에 의한 손실을 줄일 수 있다. 전류 보상을 위해서는 전류원 특성을 가진 dc-dc 컨버터를 이용하고, 입력 전력은 어레이의 전압으로부터 공급한다.

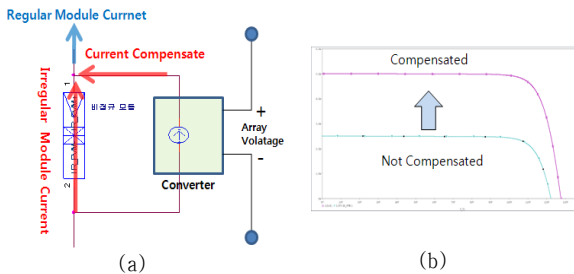


그림 3. 부정합 손실 보상 기법

Fig 3. Mismatch compensation method of mismatch loss

4. 시뮬레이션 및 결과 검토

부정합 보상 효과를 확인하기 위하여 그림 4와 같이 전류 보상원을 추가하고 출력 특성을 확인하였다. 그림 5는 정규 모듈과 비정규 모듈의 부정합 전류가 2.5[A]인 상황에서 보상전류의 크기에 따른 어레이 P-V 특성을 나타내었다. 무보상($I_{cc}=0[A]$)의 경우, 국지적인 MPP점으로 인해 MPPT기능에 의한 동작점은 불확실하며, 모든 동작점에서 부정합 손실이 발생한다. 제안된 보상기법을 적용하여 정규 모듈과 비정규 모듈의 전류차이를 보상한 정보상($I_{cc}=2.5[A]$)의 경우, 부정합에 의한 국지적 MPP는 사라지고 하나의 MPP만 존재하며 MPPT기능에 의한 동작점은 명확하게 된다. 최대 출력전력은 1.98K[W]로 부정합 손실이 상당히 줄어들었음을 확인할 수 있다. 과보상($I_{cc}=5[A]$)의 경우, 최대 전력점은 1.91K[W] 출력은 정보상의 경우보다 낮다. 따라서 보상전류의 크기에 의하여 어레이의 최대전력은 변화함을 알 수 있다. 이 특성을 이용하면 부정합 보상제어장치를 구현할 수 있다. 보상용 dc-dc 컨버터를 제어할 때, 어레이 출력이 증가하도록 컨버터의 듀티를 조절하는 MPPT 알고리즘을 적용하면 된다.

5. 결론

Pspice 시뮬레이션을 이용하여 PV 어레이에서의 출력 손실을 분석하고 부정합 손실을 저감할 수 있는 기법을 제안하였다. 비정규 모듈을 포함한 PV 어레이의 출력은 국지적 MPP를 포

함하는 형태로 나타나며 어레이의 최대 출력은 가용 출력보다 낮아진다. 국지적 MPP에 의해 PCU의 MPPT기능은 불확실한 동작을 일으킬 수 있으며 부정합으로 인한 발전효율 감소는 PV 어레이 발전시스템의 경제성을 저하시키는 요인이 된다. 모듈 부정합에 의한 손실은 비정규 모듈에 전류를 보상하는 방법을 통하여 감소시킬 수 있었으며 국지적 MPP점이 사라지는 것을 PSpice 시뮬레이션을 통하여 확인할 수 있었다.

제안된 보상 기법은 어레이의 전력을 이용한 dc-dc 컨버터를 활용하여 구현될 수 있으며 실제 PV시스템에서의 검증을 통해 PV 어레이 시스템의 확장 및 유지보수에 따른 부정합 손실을 저감에 기여할 것으로 기대된다.

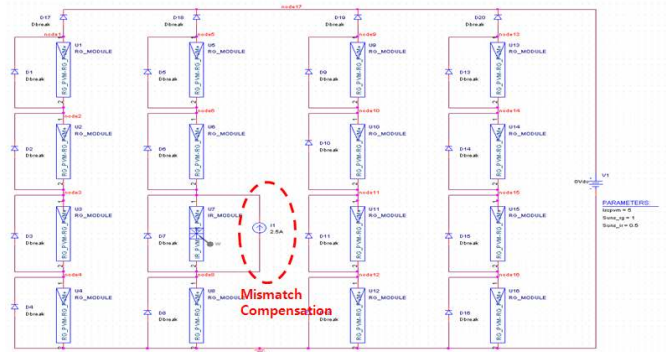


그림 4. 보상 전류원이 포함된 PV 어레이 회로

Fig 4. The circuit of mismatched PV Array with mismatch compensator

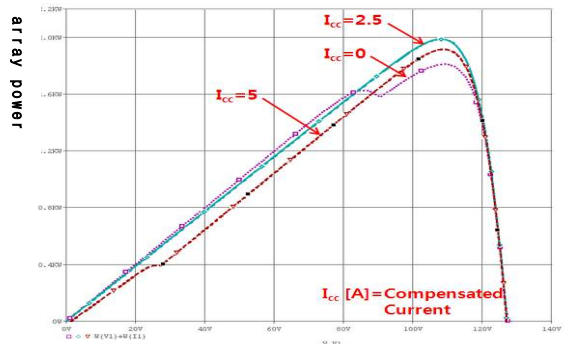


그림 5. 보상값에 따른 PV array의 P-V 특성

Fig 5. P-V characteristics of compensated PV array

참고 문헌

- [1] 안희욱, "태양광 PV 스트링에서의 모듈 부정합 손실의 분석 및 개선 기법 타당성 연구", 한국태양학회 논문집, Vol. 29, No. 1, pp.58-63, 2009.
- [2] R.K. Nema, Savita Nema, Gayatri Agnihotri, "Computer Simulation Based Study of Photovoltaic Cells/Modules and their Experimental Verification", ACEE, International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol 1, No. 3, May 2009.