

EMTDC/PSCAD를 이용한 PV Array의 부분음영 시뮬레이션 기법 개발

박해용*, 박영길*, 박민원*, 유인근*
국립창원대학교*

Development of Simulation Method for Partial Shadow of PV Array using EMTDC/PSCAD

Hae-Yong Park*, Young-Gil Park*, Minwon Park*, In-Keun Yu*
Changwon National University*

Abstract - In recent years, the research and development for the photovoltaic(PV) energy system are making rapidly progress around the world and specially this country, too due the deregulation law for the renewable energy system seems to be born sooner or later. In PV generation system, the partially shaded PV array is the one of the worst case which reduces the efficiency of the total PV generation system. The partial shaded condition is the result of shadowing by cloud and dust building up on the surface of the panel. Some structural elements, such as antennas, booms etc. is also the reason of the shadowing. Even if only a small part of PV is shaded, the overall generation power of PV is significantly decreased. Therefore, several researchers who are focusing on the PV generation system take a time for the research related with the shadowing problem of PV array.

In this paper, authors have developed the method which users can achieved the modeling of partially shaded PV array with. With several papers authors have already announced the availability of the EMTDC/PSCAD PV panel model component.

This research result is the developed version of the previous papers.

1. 서 론

현대사회에서는 에너지 생산과 소비, 그리고 환경이라는 세가지를 동시에 만족할 수 있는 대체에너지 개발이 필연적으로 요구되고 있다. 대체에너지 중에서 각광받는 태양광 발전은 태양에너지에 의해 전기를 생산하므로 지역에 따른 제약이 없고, 타 발전에 비해 설치 및 관리에 있어 경제적이다. 또한 국내에서도 폭넓은 보급을 위해 특성 및 제어에 관한 전반적인 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근 들어 연구되고 있는 건물일체형 태양광 발전 시스템 연구에 있어 태양광 발전 시스템의 출력을 감소시키는 부분음영 문제가 심각히 대두 되고 있다.[1-3] 태양광 발전 시스템의 설계 및 제어에 있어 부분음영에 따른 출력 특성은 정확히 고려 되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 EMTDC/PSCAD[4]를 이용하여 태양광 발전 시스템의 부분음영에 따른 V-I 특성을 모델링 하기위한 시뮬레이션 기법을 개발하였다. 이러한 시뮬레이션 기법을 통해 태양광 발전 시스템의 설계 및 연구를 하는데 있어 기후조건으로 인한 제약이 감소하므로 매우 효율적으로 이용 될 수 있을 것이다.

2. 부분음영의 영향

태양전지는 태양빛을 받으면 광전효과(Photovoltaic effect)에 의해 전기를 만들어낸다. 여러개의 태양전지의 연결로 구성된 모듈에서 몇 개의 태양전지가 완전히 태양 빛으로 부터 차단 된다면 음영 태양전지는 출력을 낼 수 없다. 그리고 모듈은 그만큼 태양에너지를 받는 양이 적어 지게 되고, 음영 태양전지는 출력을 방해하는 저항체가 되어 전체출력을 감소 시키게 된다. 그리고 모듈이 출력을 낼수 있는 한계 전압 이하가 될때까지 많은 태양전지가 음영이 진다면 그 모듈은 전혀 출력을 낼 수 없게 될 것이다.

$$I_{SC} = I_L - I_D \left(\frac{I_{SC} \cdot R_S}{V_T \cdot A} - 1 \right) - \frac{I_{SC} \cdot R_S}{R_{Sh}} \quad (1)$$

$$V_{OC} = V_T \cdot A \cdot \ln \left(\frac{I_L}{I_D} + 1 \right) \quad (2)$$

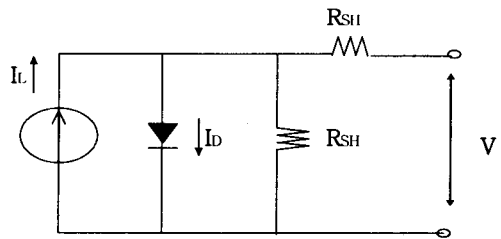


그림 1. 태양전지 등가 회로

그림 1의 태양전지 등가회로를 기초한 특성 방정식에서 출력 전압을 V=0로 놓고 전개한 식 (1), (2)에서 V_{OC} 는 광전류 I_L 에 의한 영향은 적은 반면, 단락 전류 I_{SC} 는 적은 손실전류를 무시 한다면 광전류 I_L 에 절대적인 영향을 받는 출력특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

3. 선택 부분음영에 의한 출력변화

그림 2와 같이 36개의 태양전지로 구성된 모듈에 1, 2, 3개로 음영되는 태양전지의 개수를 증가 시켰을 때의 V-I 특성 곡선을 알아보고, 동일한 면적에서 음영 효과를 점점 두껍게 했을때, 태양광 모듈의 V-I 특성 곡선 변화를 비교 실험 하였다.

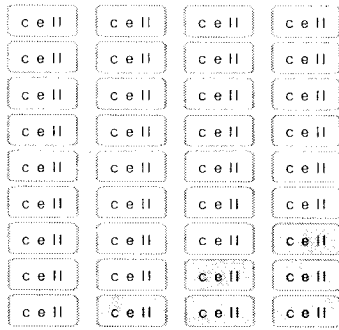


그림 2. 태양광 모듈의 음영 면적 증가

3.1. 면적의 증가에 따른 부분음영

태양전지의 음영부분을 점점 늘렸을 때의 V-I 특성 곡선은 그림 3과 같다.

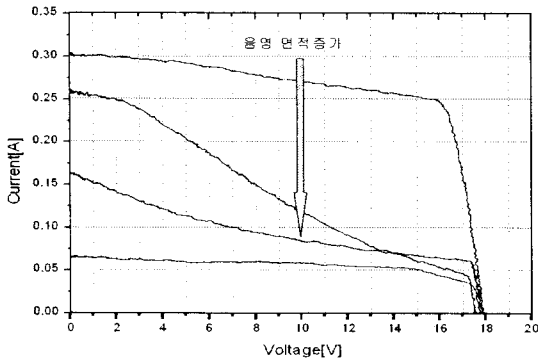


그림 3. 면적의 증가에 따른 부분음영 V-I 특성 곡선

태양광 모듈의 음영 면적이 점점 넓어 질수록 광전류의 감소로 인한 단락 전류의 출력이 급격히 떨어 짐을 알 수 있다.

3.2. 음영의 강도에 의한 영향

태양광 모듈에서 전체면적의 1/12에 해당하는 면적을 이용하여 음영의 강도를 변화 시켰을 때, 그때의 V-I 특성 곡선은 그림 4와 같다.

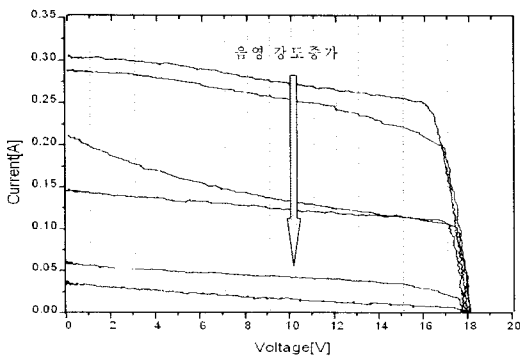


그림 4. 음영의 강도의 증가에 따른 V-I 특성 곡선

동일 면적이라도 음영의 강도가 두꺼워 질수록 태양광 모듈의 출력이 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

4. 태양광 패널별 부분음영 영향 및 시뮬레이션 기법 개발

4.1. 실제 측정된 V-I 특성 곡선

그림 5는 실제 설치된 태양광 모듈 직·병렬 구성을 보여준다. 4개의 모듈이 직·병렬로 연결된 경우 모듈 하나만 음영 시킨 경우(A음영), 직렬연결 2개(A, B음영), 병렬연결 2개(A, C음영)를 음영 시킨 경우의 V-I 특성 그래프를 비교해 보았다.

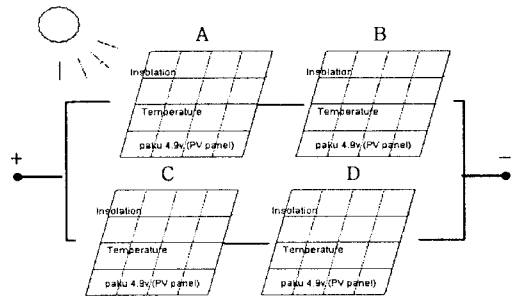


그림 5. 태양광 모듈의 직·병렬 구성

일사량 0.95kW/m^2 음영시 일사량은 0.2kW/m^2 , 표면온도는 50°C 인 조건에서 측정된 결과이다.

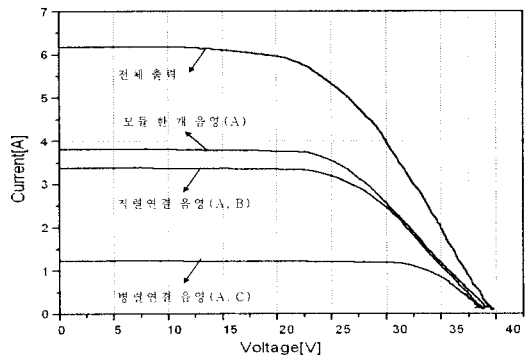


그림 6. 부분음영에 따른 V-I 특성 비교

그림 6에서 보듯이 동일한 음영이 생기더라도 직·병렬 연결에 따른 V-I 특성 곡선이 다르게 나타난다. 직렬연결(A,B)이 음영이 되는 것보다 병렬 연결(A,C)에서 음영이 되는 것이 현저히 출력이 감소 된다. 이것은 병렬연결에서 음영이 지면 음영이 되지 않은 두개의 모듈 모두에게 저항이 되어 전체적으로 4개의 모듈 모두가 음영의 영향을 받게 된다. 그러나 직렬연결의 부분음영은 나머지 두개의 모듈에 영향을 주지 않아 전체 단락 전류의 50% 이상을 출력하게 된다. 그리고 음영진 모듈의 개수는 다르지만 한개의 모듈(A)만 음영진 경우 V-I 특성 곡선은 비슷한 결과가 나왔다.

이것은 음영진 하나의 모듈이 직렬연결된 다른 모듈의 출력을 방해 하므로 전체출력은 두개의 모듈이 부분음영 V-I 특성 곡선과 비슷한 결과가 나온 것이다. 이러한 음영진 모듈의 영향을 줄이기 위한 일반적인 방법으로

bypass 다이오드를 연결해서 음영진 모듈의 영향을 감소시킬수 있다.

4.2. EMTDC/PSCAD를 이용한 시뮬레이션 해석

기존에 여러 논문을 통해 발표된 태양광 모듈의 EMTDC/PSCAD 모델 콤포넌트를 이용하여 그림 5와 동일한 다시 말해 실제 설치된 시스템과 동일한 직렬배치를 EMTDC의 PSCAD상에서 구현하여 각 태양광 패널 마다 각각 다른 일사량을 시뮬레이션상에 투사하였을 때의 변화를 실제 시스템과 비교분석 하였다.[5-7]

그림 9부터 그림 10까지의 비교분석과 같이 부분음영에 의한 실제시스템의 결과와 시뮬레이션의 결과가 아주 일치하는 것을 알 수 있다.

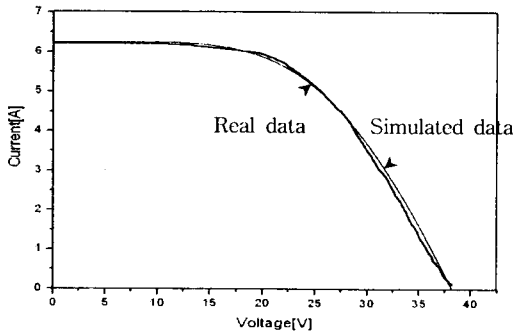


그림 7. 부분음영이 없을때의 결과비교

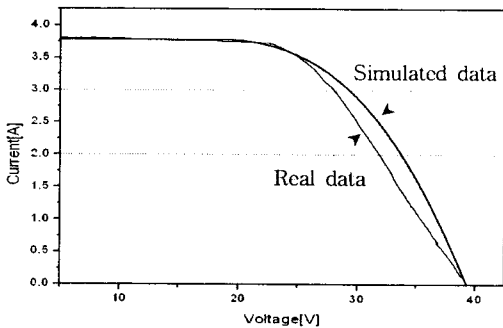


그림 8. 한개의 모듈(A) 음영시 결과비교

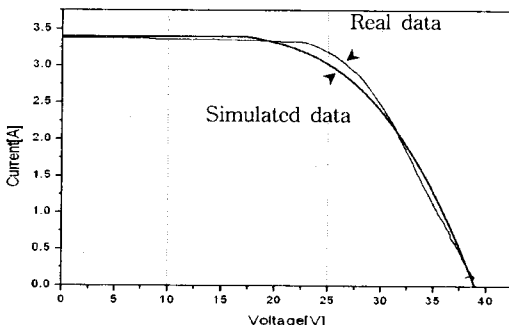


그림 9. 직렬연결(A, B) 음영시 결과비교

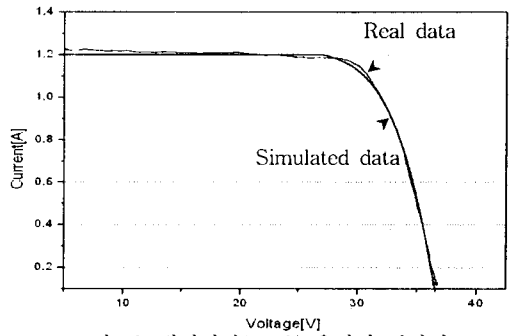


그림 10. 병렬연결(A, C) 음영시 결과비교

5. 결 론

태양광 발전 시스템의 안정된 최대출력을 얻기 위해서는 급격히 변화하는 기후조건에서도 최대출력점 제어를 정확히 해야 된다. 그러기 위해서는 태양광 발전 시스템의 다양한 V-I 특성 곡선을 이해할 필요가 있다. 그러므로 본 논문에서는 태양전지의 다양한 부분음영에 따라 변하는 V-I 출력 특성을 실험 하였다.

태양광 모듈의 음영의 면적 증가에 따른 V-I 특성 곡선과 동일 면적에서 음영의 두께 증가에 따라 감소되는 V-I 특성 곡선을 보여 주었으며, 본 논문에서는 과도현상 분석용 프로그램인 EMTDC/PSCAD를 이용한 개발한 태양광 발전 시스템의 부분음영에 관한 시뮬레이션 기법을 개발함으로써, 태양광 발전 시스템에 관한 연구와 설계에 있어 매우 유용하게 이용 될 수 있을 것으로 기대하며, 특히 부분음영에 따른 여러 가지 동특성해석을 손쉽게 수행 가능하는 발판을 마련했다.

감사의 글

본 연구는 기초전력연구원(02340-17, R-2003-B-342)의 지원으로 수행된 것임.

[참 고 문 헌]

- [1] Tomon Senuyu, "Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaic Array under Partial Shading Conditions", IEE Japan, Vol. 119-B, No. 12, 1999
- [2] A.K. Sharma, R. Dwivedi, "Performance analysis of a solar array under shadow condition", IEE PROCEEDINGS G, Vol. 138, No. 6, 1991
- [3] Gerardo L. Araujo, Andres Cuevas, "The Effect of Distributed Series Resistance on the Dark and Illuminated Current Voltage Characteristics of Solar Cells", IEEE Vol. ED 33, No. 3, 1986
- [4] PSCAD/EMTDC Power System Simulation Software Manual, Manitoba HVDC Research Centre
- [5] Minwon Park, In-Keun Yu, "Simulation Method of Photovoltaic Generation Systems Using EMTP Type Simulations", Trans. KIEE, Vol 54B, No. 6, pp. 303-308, 2005
- [6] Minwon Park, In-Keun Yu, "A Novel Real Time Simulation Technique of Photovoltaic Generation Systems using RTDS", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 19, No. 1, pp. 164-169, 2004
- [7] Minwon Park, Kenji Matsuura, Masakazu Michihira, "A Novel Simulation Method for PV cell using Field Data", Trans. on IEE Japan, Vol. 121 B, No.2, pp. 262-263, 2001