

태양광 발전의 효율 개선을 위한 능동형 추적시스템 개발

고재섭*, 최정식**, 정철호**, 김도연**, 정병진**, 박기태**, 정동화**
 순천대학교 정보통신공학부*, 순천대학교 정보통신공학부**

Development of Active Tracking System for Efficiency Improvement of PV Generation

Jae-Sub Ko*, Jung-Sik Choi**, Chul-Ho Jung**, Do-Yeon Kim**, Byung-Jin Jung**, Ki-Tae Park**, Dong-Hwa Chung**
 Suncheon University*, Suncheon University**

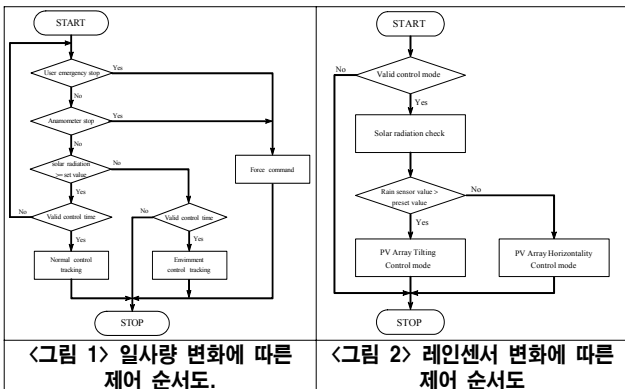
Abstract - This paper proposes a the high efficiency tracking system regarding power loss when operating a tracking system for environment variable such as a rapidly changing insolation and shadow effect to improve the power of PV tracking system. To reduce the power loss, this paper proposes a novel control algorithm of the tracking system. And paper suggests a method controlling an altitude for length which is received the shadow influence of PV array. The paper is analyzed efficiency about conventional PV tracking method, comparing proposed algorithm with high performance method.

1. 서 론

태양광 발전 시스템의 출력 효율을 높이기 위하여 셀의 효율, 전력변환 시스템의 효율 및 MPPT 제어, 태양광 추적식 방법등을 이용하고 있다.[1] 태양 추적장치에 의한 발전 방식은 국외의 경우 1MWp 이상의 대규모 태양광 발전소의 발전효율을 높이기 위해 대형 추적식 태양전지 어레이를 사용하고 있다.[2] 태양위치를 위한 단순한 계산방법은 태양의 적위와 시간 방정식을 계산하는 방법 [3]과 황도 경도, 경사, 적위, 적경, 천정의 거리, 태양의 방위 등을 계산하는 방법[4] 등이 제시되고 있다. 이러한 종래의 태양광 발전에 사용되는 추적시스템은 기후환경에 의해 추적장치의 오동작의 문제점으로 태양의 정확한 추적이 불가능하고 기후환경의 외부 요인에 대응하지 못함으로써 추적장치의 불필요한 동작으로 인한 에너지 소비가 발생된다. 또한, 태양광 발전 추적 시스템에 셀에 그림자의 영향이 있으면 셀이 발전하지 않고 Revers bias로 동작하게 되고 hot-spot의 문제로 나타나게 된다.[5] 따라서 본 논문에서는 일사량 변화와 그림자 영향에 따른 제어 알고리즘을 제시하고 이에 대한 실험을 통하여 일반적인 방법을 비교하여 본 논문의 타당성을 입증한다.

2. 일사량 변화에 따른 제어 알고리즘

일사량 변화에 따른 새로운 제어 방법은 현재의 방위각 및 고도, 일사량의 변수를 이용하여 일사량이 추적장치의 제어 가능한 범위에서 태양의 방위각 및 고도각에 따라 설정된 일사량의 값보다 적은 경우에는 설정된 위치로 추적장치가 강제로 이동 후 정지하게 된다. 또한 일사량은 구름에 의한 산란이나 낙엽 등에 의해서 추적장치의 오동작의 염려가 있으므로 추적장치의 제어기에서는 일정한 데드 밴드 폭을 설정하여 설정된 지연시간 후에 일사량을 샘플링하여 설정된 값 이상의 일사량이면 추적장치는 프로그램 방식에 의하여 태양의 방위각 및 고도각을 제어한다. 그림 1과 2는 일사량 및 레인센서 아날로그 입력 값의 변화에 따른 제어 순서도를 나타낸다.

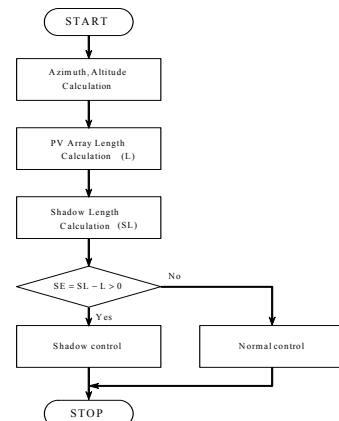


〈그림 1〉 일사량 변화에 따른 제어 순서도.

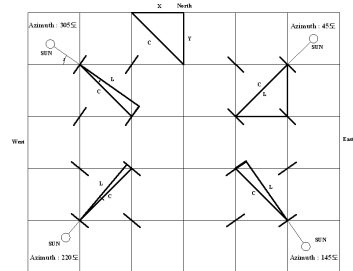
〈그림 2〉 레인센서 변화에 따른 제어 순서도

3. 그림자 영향을 고려한 제어 알고리즘

태양전지 모듈의 성능감소 인자 중 hot-spot 현상은 모듈의 그림자에 대한 영향으로 Bypass diode가 없는 모듈에서는 그림자에 영향을 받은 셀이 Revers bias로 동작하여 발전을 하는 소자가 아닌 저항성 소자로 동작하여 전체적인 시스템 출력에 영향을 미친다. 또한 Bypass diode가 있는 경우라도 셀에 그림자가 60%이상이면 Bypass diode가 동작하여 그림자 영향이 없는 셀만 발전하게 되어 발전 전력량은 감소된다. 그림 3은 그림자 영향을 고려한 새로운 제어 알고리즘을 나타내며, 태양의 방위각에 따른 PV 어레이 사이의 길이 계산을 위한 좌표는 그림 4와 같이 나타낼 수 있다.

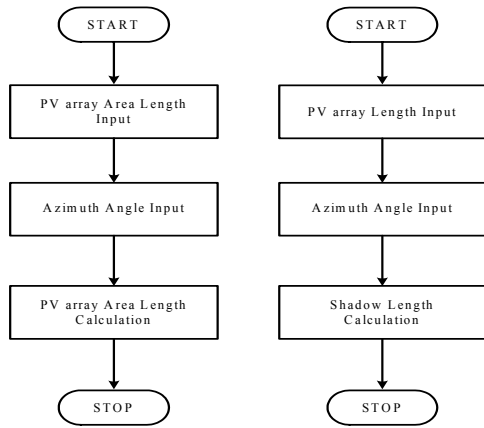


〈그림 3〉 추적제어기의 알고리즘.



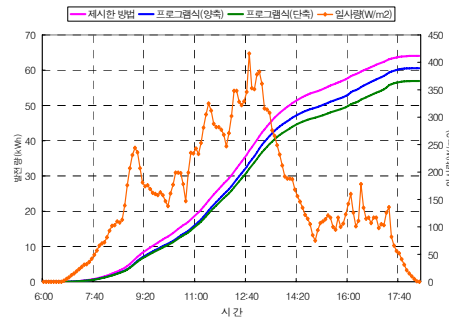
〈그림 4〉 태양의 방위각에 따른 PV 어레이 사이 길이 계산.

추적장치 제어기에서는 현재의 태양 방위각과 어레이간의 간격을 이용하여 실제 어레이 간 이격거리를 계산하고 현재 시간의 그림자 길이와 어레이간의 이격거리를 비교한다. 그림자 길이가 이격거리 보다 클 경우 추적장치 제어기에서는 현재 태양의 고도각에 이격거리 오차 고도각을 보상하여 위치를 제어한다. 그림 5는 PV 어레이 사이 길이를 계산하는 알고리즘의 순서도를 나타낸다. 그림 6은 그림 5에서 구해진 PV 어레이 사이 길이와 방위각을 이용하여 PV 어레이 그림자 길이를 계산하는 알고리즘을 나타내고 있으며, 그림 7은 본 논문에서 제시한 PV 어레이 그림자 보상 알고리즘의 순서도를 나타낸다.



〈그림 5〉 PV 어레이 길이 계산 알고리즘

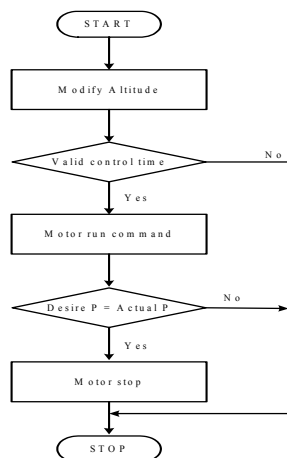
〈그림 6〉 PV 어레이 그림자 길이 계산 알고리즘



〈그림 9〉 제어방식에 따른 발전량 비교.

그림 10은 그림자 보상에 따른 교류전력 변화를 나타낸 것으로서 9시 40분까지 제안한 그림자 보상 알고리즘에 의한 발전량 차이를 비교하면 그림자 보상을 탑재한 추적장치의 발전량은 21.94[kWh]이고 그림자 보상기능을 제외한 추적장치의 발전량은 16.45[kWh]로서 발전량 차이는 5.49[kWh]이다.

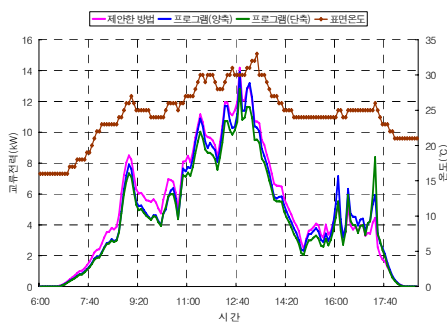
그림 11은 그림자 보상을 알고리즘을 적용하여 분석한 자료로서 시간 별 발전량 및 일사량의 변화를 나타내고 있다. 그림자 보상 알고리즘에 의한 발전량은 그림자 영향이 미 보상된 발전량에 비해 약 10[kW] 정도 높게 나타나고 있다.



〈그림 7〉 PV 어레이 그림자 보상 알고리즘.

4. 실험 및 결과

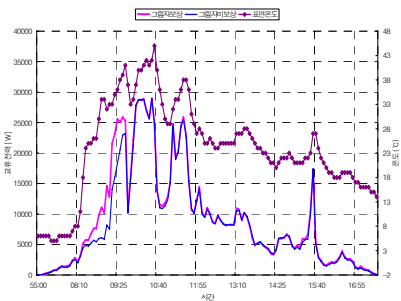
그림 8은 본 논문에서 제시한 제어 방식의 추적장치의 제어방법에 따른 표면온도 및 교류전력 변화를 나타내고 있다.



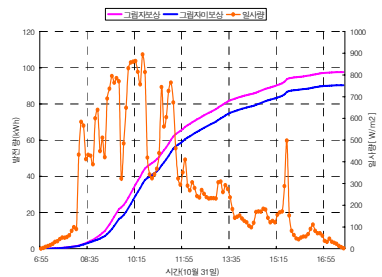
〈그림 8〉 일사량에 따른 표면온도 및 교류전력 변화.

그림 9는 일사량 감지에 따라 본 논문에서 제시한 제어 방식과 종래의 프로그램방식에 따른 발전량을 비교하여 나타낸 것이다. 종래의 프로그램방식 추적장치 그룹(양축)과 본 논문에서 제시한 방법으로 일사량 변화에 따라 제어하는 추적장치 그룹(양축)으로 구성되어 실험하였다. 실험결과 저 일사량일 경우 추적장치가 실시간으로 추적하는 경우보다 현재의 태양의 방위각 및 고도각을 기준으로 추적장치를 강제로 특정 위치로 제어하는 방법이 발전량 증가함을 알 수 있다.

발전량은 종래의 프로그램방식이 60.57kWh, 제시한 알고리즘 방식이 64.06kWh, 단축 프로그램방식이 56.93kWh 으로 나타나고 있으며 제시한 알고리즘의 센서방식이 종래의 프로그램방식에 비해 5.7%의 발전 효율이 증가하였다. 이로써 제시한 알고리즘을 적용한 추적방식이 일사량의 변화 또는 저 일사량일 경우에 종래의 프로그램 방식에 비해 성능이 우수하게 나타남을 알 수 있다.



〈그림 10〉 그림자 보상에 따른 교류전력 변화.



〈그림 11〉 그림자 보상에 따른 발전량 비교.

5. 결론

본 논문은 태양광 발전의 추적시스템에 관한 것으로 일사량 변화와 그림자 영향을 고려한 능동형 제어 알고리즘을 제시하였다. 일사량 변화를 고려한 제어 알고리즘은 종래의 방법에 비해 약 5.7%의 발전효율이 증가되었으며, 그림자 보상 알고리즘을 적용한 추적시스템은 종래의 방법에 비해 약 10[kW]정도의 발전량이 증가되었다. 이러한 실증실험을 바탕으로 본 논문에서 제시한 능동형 추적제어 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

[참고 문헌]

- [1] H. J. Noh, D. Y. LEE, D. S. Hyun, "An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled PV-applications", IEEE IES, Vol.2 (2002), pp. 1113-1118.
- [2] W. A. Lynch, M. Salameh, "Simple eletro-optically controlled dual axis sun tracker", Solar Energy, Vol. 45(1990), pp. 65-69.
- [3] J. W. Spencer, 1989, Comments on "The astronomical almanac's algorithm for approximate solar position (1950 - 2050)", Solar Energy Vol. 42, No. 4, 353.
- [4] R. Walraven, 1978, "Calculating the position of the Sun", Solar Energy 20, 393 - 397.
- [5] M.C. Alonso-Gaica, "Experimental study of mismatch and shading effects in the I-V characteristic of photovoltaic module", Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 90, Issue 3, P.329, 2004.