

센서방식 태양광 발전시스템의 효율개선을 위한 새로운 추적알고리즘 개발

(Development of a novel tracking for efficiency improvement of
PV system with sensor method)

장미금* · 고재섭 · 최정식 · 강성준 · 백정우 · 정동화

(Mi-Geum Jang* · Jae-Sub Ko · Jung-Sik Choi · Sung-Jun Kang · Jung-Woo Back · Dong-Hwa Chung)

Abstract

This paper proposes a novel tracking algorithm for efficiency improvement of photovoltaic(PV) system using sensor method. PV system of sensor method is exactly impossible to track a sun position when insolation is low or rapidly changed by the clouds and fogs. Also, in this case, tracking device is occurred energy consumption by unnecessary operating. This statement of reason, real power of PV system is not increased than fixed PV system in specified location.

Therefore, this paper proposes a novel tracking algorithm considered insolation for efficiency improvement of PV system using sensor method. And this paper analyzes the generation volume and proves the validity of proposed algorithm as compared with the conventional PV tracking system using sensor method.

Key Word : PV system, Tracking, Insolation, Sensor method, Efficiency

1. 서론

태양광발전은 태양의 빛에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 시스템이다. 태양광발전은 무한하고 청정한 태양을 에너지원으로 사용하므로 연료가 필요 없고, 설비자체가 가동부분이나 열기관이 없어 수명이 길다. 또한, 다른 발전방식에 비하여 운전과 유지보수가 용이하다. 그러나 기존 발전방식에 비하여 발전 단가가 높고, 에너지 밀도가 희박하여 일정한 전력을 이용하기 위해서는 넓은 면적의 태양전지모듈 설치 장소가 필요하다. 그리고 기상조건 및 자연조건에 절대적인 영향을 받는다. 태양전지에서 발생하는 전력은 직류지만 대부분의 부하는 교류로 사용하기 때문에 태양광 발전의 출력을 교류로 변환시켜 사용하여야 한다[1].

태양전지 모듈이 일사량, 소자의 온도 및 부하와 같은 외부환경 등에 따라 최대 발전 출력점이 변하는 특성을 가지고 있다. 변환 효율도 14~24[%] 정도 밖에 되지 않기 때문에 가능한 많은 에너지를 태양전지에서 얻을 수 있도록 항상 MPP(Maximum Power Point)에서 동작하도록 전력변환기를 제어해야 할 필요가 있다. 따라서 전력전자기술의 진보는 태양광 발전 제어용 PCS(Power Conditioning System)의 이용기술 개발을 촉진하게 하였다[2].

태양전지의 출력 효율을 높이기 위하여 일반적으로 태양전지 셀 자체의 효율을 높이거나 변환기의 변환 효율 및 MPPT 제어를 하여 높이는 방법, 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사하게 하는 방법 등을 이용하고 있다.

태양광 발전의 추적 시스템은 퍼지를 기초로 한 프로그램 방식의 추적장치를 설계하여 태양을 효과적으로 추적하는 시스템을 구현하였다[3]. 또한 포토센서를 이용한 추적시스템 등의 센서방식을 이용한 태양을 추적하는 시스템이 제안되었다[4]. 태양 추적 시스템이 응용된 것으로 약 650℃ ~ 1200℃의 고온이 요구되는 태양열 집열기 시스템에 사용되는 Parabolic Dish형 추적장치를 위한 태양의 방위각과 고도각 위치 계산 및 태양 센서에 의해 추적하는 Hybrid 방식이 제안되었다[5].

그러나 현재까지 태양 추적장치는 태양의 추적 정밀도 향상에 관하여 연구 되어 왔다. 그러나 일사량, 온도, 태풍, 눈, 적설 등 자연환경 변화에 따라 자동 추적할 수 있는 시스템에 관한 연구는 미비한 실정이다. 특히 종래의 태양광 발전에 사용되는 센서방식의 추적시스템은 광량이 적은 경우 설정된 위치로 강제 이동하거나 현재 위치에서 정지하는 경우와 구름 및 안개 등 급변하는 기후 환경에 의해 추적 장치의 오동작의 문제점으로 태양의 정확한 추적이 불가능하다.

따라서, 본 논문에서는 환경변수 중 하나인 일사량을 고려한 센서방식 태양광 추적 시스템의 새로운 제어 알고리즘을 제안한다. 또한 종래의 센서방식 태양 추적 알고리즘과 제시한 알고리즘을 태양광 발전 시스템에 적용하여 발전량을 분석하여 그 타당성을 입증한다.

2. 태양광 발전의 추적시스템 구조

태양광 발전시스템에서의 추적장치는 PV 어레이를 지지하는 구조물로서, 어레이 표면에 태양의 복사에너지의 입사각을 최소화하면 입사된 복사에너지는 최대가 되어 태양광 발전시스템에서 발전 효율을 높일 수 있다. 추적장치의 종류에는 단축 추적장치, 방위각 추적장치, 양축 추적장치 등이 있다.

그림 1은 단축 추적장치와 방위각 추적장치 및 양축 추적장치를 나타내며, 표 1은 설치변수를 나타내고 있다.

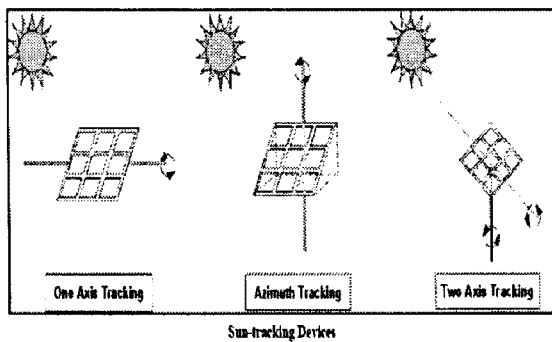


그림 1 PV 시스템의 추적장치의 종류.
Fig. 1 Type of tracking equipment of PV system.

표 1 설치변수.
Table 1 Installation variable.

Tracking Mode	Parameters required
No tracking	PV Array의 경사 및 방위각
Seasonal tilt adjustment	PV Array의 경사 및 방위각 또는 고도각
1-axis tracking	추적축의 경사 및 방위각
2-axis tracking	None
Azimuth tracking	추적축의 경사 및 방위각

단축 추적장치는 어레이면에 위치한 축이 회전함으로써 태양을 추적하며 그 축에 관한 설치 변수는 최대, 최소 경사각과 회전축의 설치 방위각 또는 고도각이다. 경사각의 크기와 설치 방위각에 따라 태양광 발전소의 부지 면적과 어레이의 그림자 영향으로 발전효율이 저하되므로 사전에 충분한 검토가 필요하다. 방위각 추적장치는 태양광 발전소 설치위치의 위도를 고려한 경사각으로 고정되고, 설치 변수는 설치 경사각 및 방위각, 회전각이

며 회전축은 수직 축에 대해서 회전한다. 양축 추적장치는 항상 두 축이 회전함으로써 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어한다.

3. 센서 방식의 추적 제어 알고리즘

광센서 추적방식은 센서오차에 의해 동작되며 센서오차가 설정된 오차범위 보다 적거나 같을 때 추적 장치는 정지한다. 저 일사량일 경우에는 추적 장치가 설정된 위치로 강제로 이동하거나 오동작하는 경우가 발생한다. 그림 2는 광센서 추적 제어 알고리즘을 나타낸다.

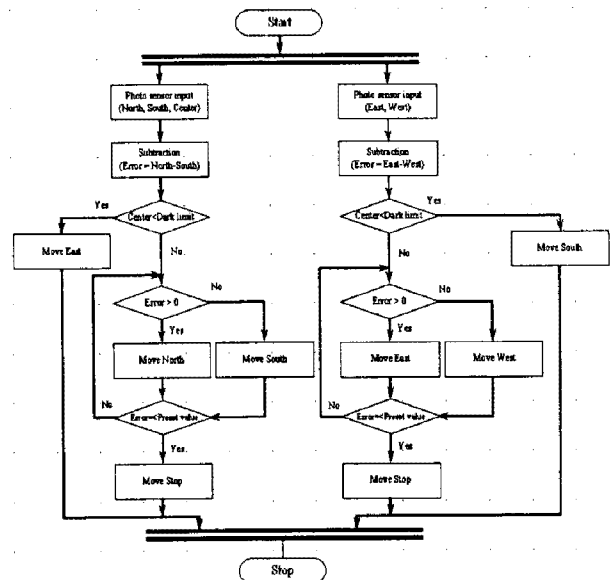


그림 2 광센서 추적방식 제어 알고리즘.
Fig. 2 Control algorithm of photo sensor tracking

4. 제시한 제어 알고리즘

안개 및 구름, 비로 인한 저 일사량 경우 태양빛의 산란 효과(Refraction effect)는 태양광 발전에 많은 영향을 미친다. 태양 추적장치가 실시간으로 태양의 방위각 및 고도각을 추정하는 경우에도 실제 태양광 발전량은 특정한 위치에 고정되어 있는 경우보다 발전량이 증가하지 못하며, 추적 장치의 운전으로 인하여 불필요한 소비전력이 발생한다.

또한, 센서방식 추적장치인 경우에는 광센서의 미세한 오차로 인하여 데드밴드 폭을 적게 하여 제어 시에는 산란광 때문에 추적장치의 오동작이 발생하여 불필요한 소비전력이 발생되며 발전량에는 영향을 미치지 못한다. 그리고 데드 밴드 폭을 크게 한 경우에는 추적장치의 미동작으로 소비전력을 줄일 수 있지만 태양의 방위 및 고도의 위치 오차가 크게 되어 발전량이 적어 발전효율을 감소시킨다. 따라서 본 논문에서는 태양의 위치가 추적 가능한 위치일

때 일사량의 아날로그 0~5Vdc 값을 A/D 컨버터 입력을 받아 설정된 값 이상의 일사량이면 프로그램 방식으로 태양의 위치와 어레이가 법선이 되도록 추적장치를 제어하며 일사량이 설정된 값 이하가 되면 추적장치는 설정된 위치로 이동 후 정지한다.

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 3은 본 논문에서 제시한 제어 알고리즘을 나타낸다.

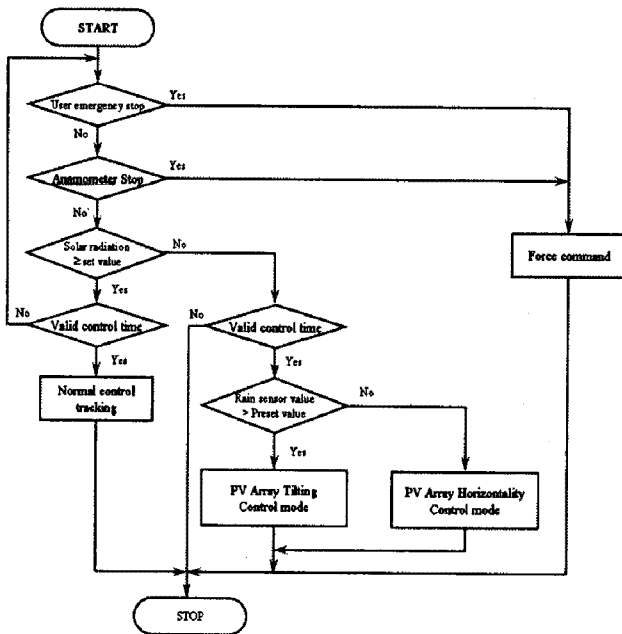


그림 3 제시한 제어 알고리즘
Fig. 3 Proposed control algorithm.

5. 실험결과 및 분석

그림 4는 본 논문에서 제시한 알고리즘의 타당성 분석을 위해 실증실험을 수행한 태양광 발전 시스템의 구성도를 나타낸다. 추적장치는 비교군을 위해 양축 2그룹으로 구성되어 있으며, 1그룹당 용량은 32[kW]이다. 본 연구는 일사량이 좋을 때와 일사량이 좋지 않을 때의 발전량을 분석하였다.

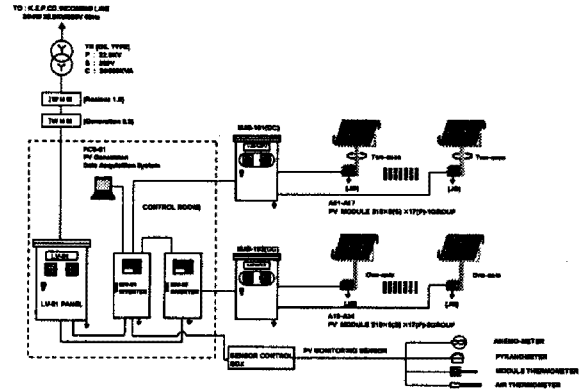


그림 4 태양광 발전 시스템의 구성도
Fig. 4 Configuration of PV generation system.

그림 5~7은 일사량이 높을 경우의 센서방식과 제시한 알고리즘에 의한 방식을 비교하여 나타낸 것이다. 그림 5는 교류전력의 변화를 비교하였고, 그림 6은 직류전압과 직류전류의 변화를 비교하여 나타내었다. 또한 그림 7은 종래의 센서방식과 제시한 방식에 대해 일사량에 따른 태양광 발전의 발전량을 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 일사량이 높은 경우 종래의 센서방식이 213.3[kW], 제시한 알고리즘은 214.1[kW]의 발전량을 출력하였다. 일사량이 높은 경우에는 종래의 방식과 제시한 알고리즘에 의한 방식이 거의 차이가 없으며, 모두 높은 발전량이 나타남을 알 수 있다.

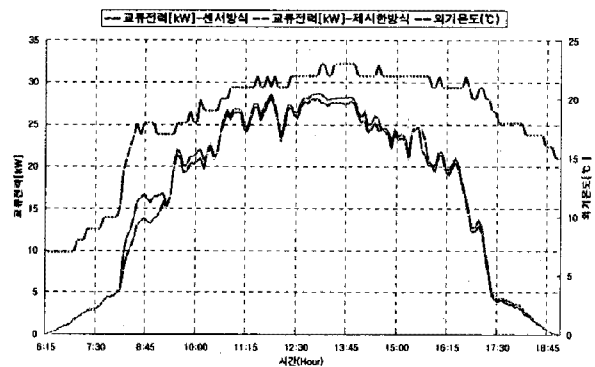


그림 5 태양광 발전의 교류전력 비교(높은 일사량).
Fig. 5 AC power comparison of PV system (High insolation)

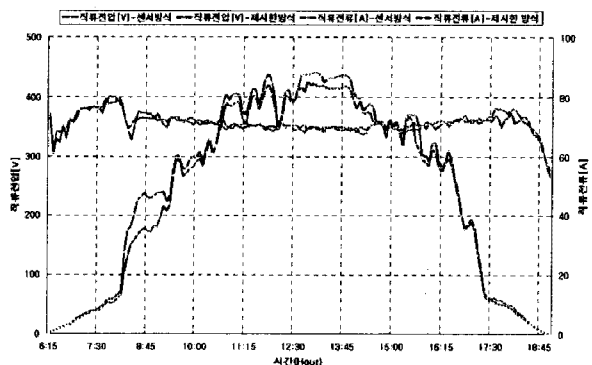


그림 6 직류전압 및 직류전류의 비교 (높은일사량).
Fig. 6 Comparison of DC voltage and current(High insolation)

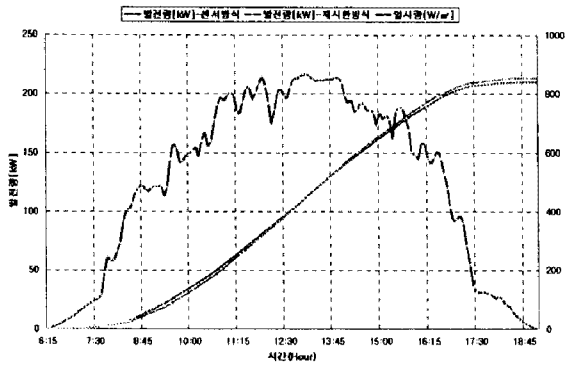


그림 7 발전량 비교 (높은 일사량)
Fig. 7 Comparison of generation volume(High insolation)

그림 8~10은 일사량이 낮을 경우의 센서방식과 제시한 알고리즘에 의한 방식을 비교하여 나타낸 것이다. 그림 8은 하루 동안의 인버터 출력의 교류전력 변화를 비교하였고, 그림 9는 태양전지 어레이의 직류전압과 직류전류의 변화를 비교하여 나타내고 있다.

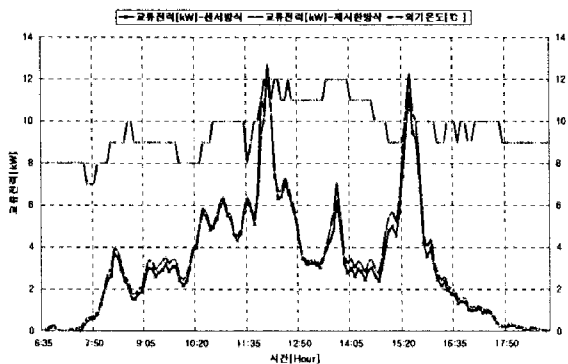


그림 8 태양광 발전의 교류전력 비교(저 일사량).
Fig. 8 AC power comparison of PV system (Low insolation)

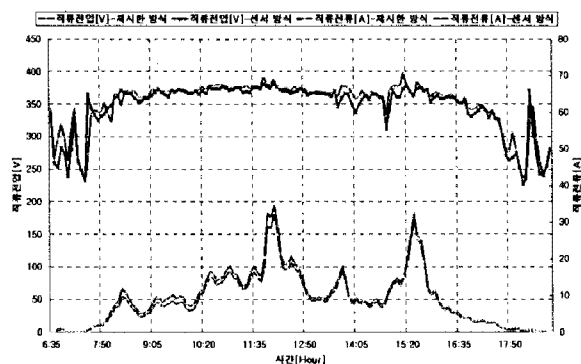


그림 9 직류전압 및 직류전류의 비교 (저 일사량).
Fig. 9 Comparison of DC voltage and current(Low insolation)

그림 10은 추적시스템에 대한 종래의 센서방식과 제시한 방식에 대해 일사량에 따른 태양광 발전의 발전량을 비교하였다. 그림 10에서와 같이 일사량이 낮은 경우, 종래의 센서방식은 37.6[kW], 제시한 알고리즘은 40.8[kW]의 발전량을 출력하였다. 일사량이 낮은 경우에는 제시한 알고리즘에 의한 방식이 종래의 방식에 비해 약 3.2[kW] 정도 높게 나타남을 알

수 있다. 이는 일사량이 낮을 경우에 추적 시스템을 동작시키지 않게 함으로서 불필요한 전력의 소모를 줄였기 때문이다.

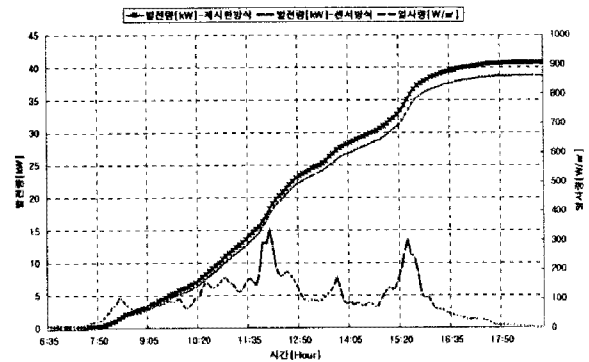


그림 10 발전량 비교 (저 일사량)
Fig. 10 Comparison of generation volume(Low insolation)

6. 결론

본 논문에서는 센서방식의 태양광 발전 시스템의 효율을 개선하기 위한 새로운 추적 알고리즘을 제시하였다. 제시한 알고리즘은 일사량이 낮을 경우 환경 모드로 운전하게 되며 이는 태양추적 장치의 동작 및 전력소모와 연계된다. 제시한 알고리즘의 타당성 분석을 위해 종래의 센서 방식과 제시한 알고리즘에 의한 추적방식을 일사량이 높은 경우와 일사량이 낮은 경우에 대해 비교하여 분석하였다.

일사량이 높을 경우에는 환경모드의 영향을 받지 않아 두 제어 알고리즘에 의한 발전량은 거의 차이가 나지 않았다. 그러나 일사량이 낮은 경우, 제시한 알고리즘에 의해 환경모드로 운전하는 방식이 종래의 방식에 비해 약 3.2[kW] 정도 높은 발전량을 출력하였으며, 약 7% 정도의 효율을 개선하였다. 따라서 본 논문에서 제시한 새로운 추적 알고리즘에 대한 타당성을 입증할 수 있었다.

본 과제(결과물)는 교육과학기술부·지식경제부·노동부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] Kazuyoshi Tsukamoto, "Photovoltaic Power System Interconnected with Utility", Proceeding of the American Power conference, Vol. 1, pp.276-281, 1990.
- [2] M. Mirkaemi-Moud, B. W. Williams, "A Single Chip Pulse-Width Modulator Based on a Compressed Look-up Table", IEEE IECON, Vol. 1, pp.246-251, 1992.
- [3] 박영철, 강용혁, "Parabolic Dish형 태양열 집열기를 위한 2축 태양추적장치의 개발에 관한 연구", 한국태양에너지, Vol. 19, no. 4, pp. 81-99, 1999.
- [4] W. A. Lynch, M. Salameh, "Simple eletro-optically controlled dual axis sun tracker", Solar Energy, Vol. 45(1990), pp. 65-69.
- [5] B. P. Edwards, "Computer based sun following system", Solar Energy, Vol. 21(1998), PP. 491-496.