

고효율 태양광 위치 추적 장치에 관한 연구

이상훈, 이동희, 박성준*, 안진우
경성대학교, 전남대학교*

The study on a high efficiency PV tracking system

Sang-Hun Lee, Dong-Hee Lee, Sung-Jun Park*, Jin-Woo Ahn
KyungSung Univ, Chonnam National Univ*

ABSTRACT

In solar power system, the height and azimuth of the sun are important parameters which control generated power magnitude. The tracking method that controls the daily generation magnitude according to latitude and longitude using the two axes is often used in the existing sunlight tracking system today. In this two-axle PV track control system, the self-load is concentrated on one FRAME. It is influenced of the regular load, snow load and the wind load, etc. It is difficult to set up the system in the conventional building. This research is a development about the small-scale economy track device of independent load-dispersing solar generation system. The position tracking algorithm is through the new coordinates transformation calculating the height and azimuth of the sun.

1. 서론

태양광 발전 시스템에서 발전 효율을 높이기 위해 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 시스템인 태양광 추적 장치에 대한 관심이 고조되고 있다.^{[1][2][3]} 실제 태양광 활용시스템의 개발 및 상용화를 위해, 태양 추적 장치의 구조, 추적방식에 따른 시스템 효율, 태양 추적 장치의 유무에 따른 출력변화, 태양광 추적 장치를 위한 태양 추적 센서 개발, 마이크로프로세서를 이용하기 위한 추적 알고리즘 개발 등과 같은 태양 추적 장치의 개발 및 실용화와 관련된 많은 연구가 진행되어 오고 있다.

본 연구에서는 점 하중 방식인 해바라기 타입의 태양광 추적 장치의 단점을 극복하기 위한 선 하중 방식의 태양광 발전 시스템으로 경제적인 태양광 추적 장치를 제안하였다. 본 연구에서 사용된 태양광 위치 추적 알고리즘은 프로그램방식에 의한 태양의 고도와 방위각을 계산하여 제안된 추적시스템의 구동에 맞게 새로운 좌표로 변환하였으며, 변환된 좌표를 이용하여 고도는 DC모터 시스템을 이용한 리프팅 방식을 적용하였다. 방위각은 Solar 모듈이 태양의 일 궤적 평면과 수평이 될 수 있도록 DC모터와 로커암을 이용하여 직선운동에 의해 스윙 운동으로 전환이 가능하도록 하였다. 제안된 방식에 대하여 여러 가지 검증된 태양 기하학 이론을 바탕으로 현재 사용 중인

프로그램 방식의 위치추적 시스템을 개선할 수 있는 제어방법 및 구조를 도출하고자 한다.

2. 태양 위치 추적 장치에 관한 이론

2.1 태양 위치 계산

태양전지의 발전량은 입사 광량에 비례하므로 같은 외부환경에서도 태양전지가 태양광 법선방향으로 위치할 때 발전량이 최대가 된다. 이처럼 태양전지가 태양광에 법선방향으로 위치하기 위해서는 현재 시간에 따른 태양의 위치에 대한 정보가 필요하다. 지구가 매일 1°씩 반시계 방향으로 태양을 공전하면서, 자전축은 23.45° 기울어져 서에서 동으로 자전한다. 이러한 현상으로 인해 태양의 방위각 및 고도를 계산하기 위해서는 다소 복잡한 수식이 사용된다. 방위각 및 고도를 계산하기 위해서는 태양 기하학에 따라 시간, 윤년, 적위, 균시차, 진태양시, 태양의 시간각 등을 계산하여야 한다. 태양 기하학에 의해 구해진 적위와 시간각을 이용하여, 지평좌표계상에서 태양의 고도각 및 방위각은 아래와 같이 주어진다.

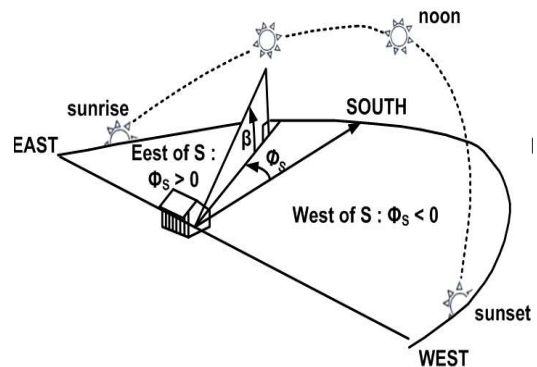


그림 1 태양의 방위각 및 고도.
Fig. 1 Elevation and azimuth.

$$\sin \beta = \cos L \cos \delta \cos H + \sin L \sin \delta \quad (1)$$

$$\sin \phi_s = \frac{\cos \delta \sin H}{\cos \beta} \quad (2)$$

단 L : 현지위도, δ : 적위, H : 시간각

식 (1)의 방위각 계산결과 정(+)인 경우에는 오후, 부(-)인 경우에는 오전을 나타내고 있다.

2.2 제안된 위치 추적 시스템의 좌표

기존의 해바라기 타입의 태양 위치 추적시스템에서 고도각은 관측자가 지평면의 한 점에서 태양의 고도를 바라보게 된다. 또한 방위각을 제어하는 한축은 지평면과 수평인 평면으로 운동하게 된다. 이는 지평면에 고도각 만큼 기울어진 태양의 일계적면을 추적 할 때, 매 시간 추적 지점을 운동 할 경우 고도각의 변화량을 증가 시키게 된다. 따라서 본 논문에서는 방위각을 제어하는 한축을 태양의 일계적 면과 수평이 되도록 위치 추적시스템의 한 축을 제어할 수 있는 새로운 좌표를 제안 하였다. 그림 2는 현재 시간에 따른 태양의 고도와 방위각을 이용한 제안한 태양광 위치 추적 시스템의 새로운 좌표 계산을 나타낸다. 방위각 계산에 있어서는 기존의 태양 위치 추적 시스템은 지평면의 방위각이나 제안된 추적 시스템에서의 방위각은 지평면과 태양의 고도가 이루는 각 만큼 기울어진 방위계적면의 방위각으로 환산되어야 한다. 이와 같은 변환 고도와 변환 방위각을 기존의 고도각과 방위각의 함수로 나타내면 식(3), (4)와 같다.

$$\gamma_h = \tan^{-1}[\tan(\gamma_s)/\cos(\phi_s)] \quad (3)$$

$$\phi_h = \sin^{-1}[\cos(\gamma_s)\cos(\phi_s)] \quad (4)$$

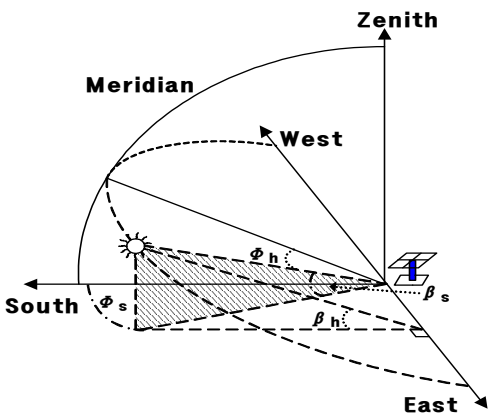
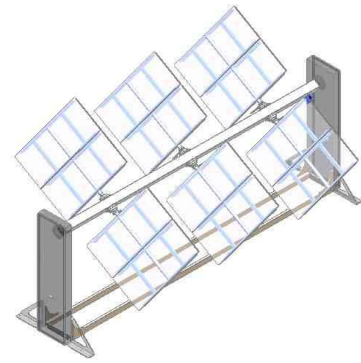


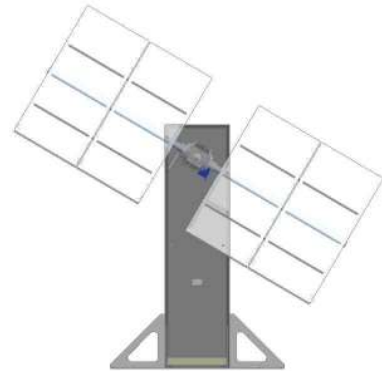
그림 2 제안된 태양광 추적장치의 직축 및 횡축 각.
Fig. 2 Vertical and horizontal axis angle of proposed solar position tracker.

2.3 제안된 좌표를 이용한 위치 추적 시스템 설계

현재 일반적으로 사용되고 있는 해바라기 타입 태양 추적 장치의 단점을 보완하기 위한 새로운 횡축형 태양광 추적기를 그림 3으로 나타내었다. 고도각 제어는 상부에 태양전지판을 고정시키기 위한 지지대 프레임인 수평축을 회전시켜 제어하였으며, 방위각을 제어는 각 Solar 모듈이 원주 운동을 할 수 있도록 DC모터와 웜 기어를 이용하여 직선운동을 시키며, 이 직선운동을 스윙운동으로 전환이 가능하도록 로커 암을 이용하였다. 본 추적 장치는 로커 암에 의해 각 솔라셀 모듈이 연동되는 구조로 풍력과 같은 외부 외란에 강한 구조를 가지나, 각 솔라셀이 간섭 없이 태양광을 추적하기 위해서는 솔라셀 간의 간격이 필요하다. 따라서 이 간격에 따라 추적시간이 결정된다.



(a)



(b)

그림 3 직축, 횡축형 태양광 추적기

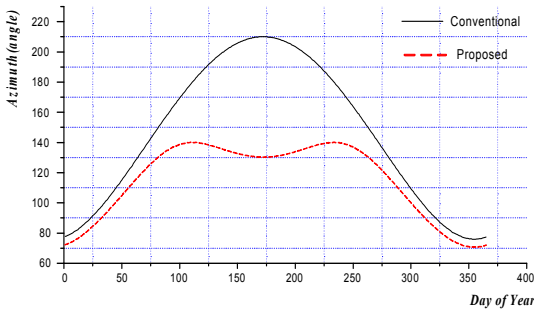
(a) 전체도 (b) 측면도

Fig. 3 Solar position tracker of vertical and horizontal axis type

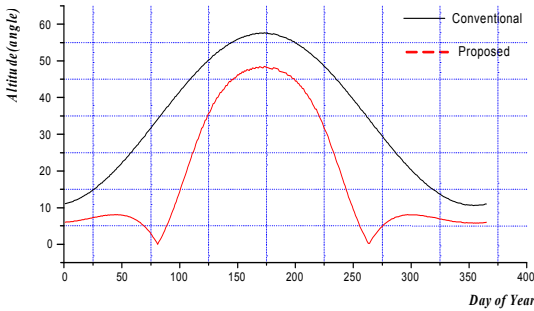
(a) A general view (b) A side view

3. 제안된 추적 장치의 시뮬레이션

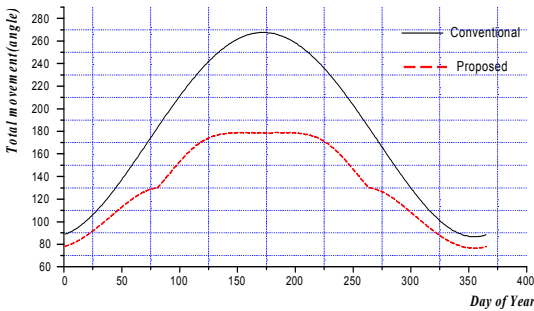
기존의 해바라기식 태양광 위치추적 시스템과 제안된 시스템의 구동 변위를 좀 더 쉽게 비교하기 위하여 두 시스템의 1년간 일계적 변화량을 적산하였다. 그림 4는 위도 36° 경도125°인 지점에 태양광 위치 추적시스템을 위치하고 태양을 추적했을 경우 해바라기 타입의 태양과 위치 추적 시스템과 제안된 시스템의 1년간의 구동부 추적 일계적의 총합을 Matlab 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 고도각의 경우 기존의 위치 추적 시스템의 경우 일 일 고도각의 변화 추이가 정현적으로 나타난다. 제안된 위치 추적 시스템의 경우 동지와 춘분점, 그리고 추분점과 동지 사이에는 일 일 고도각 변화량이 일정함을 알 수 있으며, 춘분점을 시작으로 하지점을 통과 할 때 가장 큰 변화량을 보이며 다시 추분점을 향할수록 변화량을 줄어드는 대칭 구조를 보인다. 방위각의 경우 기존의 위치 추적 시스템의 경우 고도각과 동일하게 정현적인 변화량을 보이며 제안된 위치 추적 시스템의 경우 춘추분점을 기준으로 동지로 갈수록 일 변화율 변화가 있으며, 하지로 갈수록 일 변화율이 일정하며 변화량이 크게 나타남을 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4 추적시스템의 연 궤적 변화.

- (a) 연 방위각 변화량 비교
- (b) 연 고도각 변화량 비교
- (c) 연 총 변화량 비교

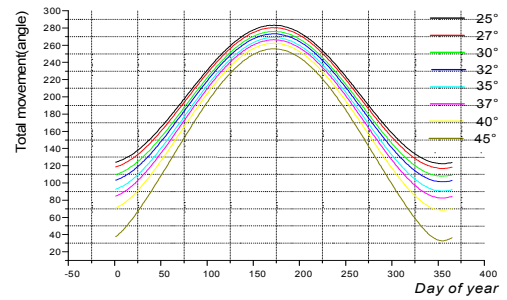
Fig. 4 Variaton of year's locus for each tracking system.

- (a) The comparison of year's azimuth
- (b) The comparison of year's altitude
- (c) The comparison of year's total variation

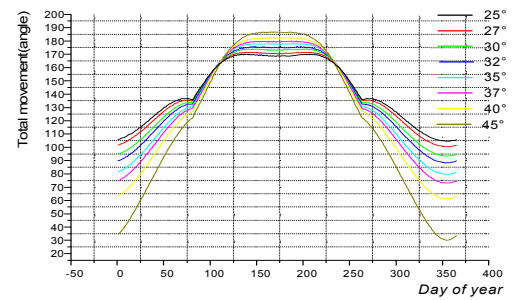
그림 5는 방위각 궤적과 고도각 궤적을 합산한 전체 연 구동궤적을 나타낸다. 연 구동 궤적은 위도에 상관없이 기존의 해바라기식 추적 시스템에 비해 제안된 태양광 위치 추적시스템이 작게 나타나며, 위도에 따른 연 구동궤적의 변화량은 기존의 위치추적시스템과 제안된 위치추적시스템 모두 위도가 낮을수록 전체 구동궤적이 커 구동량이 많다.

4. 결론

본 논문에서는 태양전지의 발전 전력을 높이기 위해 제시되는 태양광 위치 추적 시스템 중 프로그램을 이용한 태양 일 궤



(a)



(b)

그림 5 설치 위도에 따른 추적시스템의 연 궤적 변화.

- (a) 기존 시스템의 연 구동변위
- (b) 제안된 시스템의 연 구동변위

Fig. 5 Variaton of year's locus for each tracking system according to the install latitude.

- (a) A displacement of conventional system
- (b) A displacement of proposal system

적을 계산하여 태양을 추종하는 시스템의 구동부의 효율을 높일 수 있는 새로운 추종 좌표를 제안하였다. 기존의 해바라기 타입의 방식과의 비교 방법은 시뮬레이션으로 비교하였다. 시뮬레이션 결과 일 일 구동 변위를 적산한 연 구동 변위량 비교에 있어 제한된 방식의 태양광 위치 추적 시스템이 더 적게 움직임을 알 수 있었다. 설치 위치에 따른 두 위치 추적 시스템의 구동 변위변화에 있어서는 설치 위치의 경도와 구동 변위의 변화량은 무관하며, 구동변위는 설치 위도에 따라 결과가 다르게 나타남을 알 수 있었다. 위도가 낮을 때 두 위치 추적 시스템의 고도각 변화량은 하지를 즈음하여 기존의 해바라기 타입의 위치 추적 시스템에 비해 제안된 위치 추적 시스템의 구동 변위량이 더 크게 나타난다. 그러나 전체 구동변위에 대해서는 제안된 위치 추적 시스템이 기존의 해바라기 타입의 위치 추적 시스템에 비해 항상 구동변위가 낮게 나타난다.

참고 문헌

- [1] 김기범, 이강연, 박정민, 박진영, 백형래, 조금배, “건물 일체화 태양광발전시스템의 입사각에 따른 발전효율에 관한 연구”, 전력전자학회논문집, pp. 42-44, 7, 2002.
- [2] 이양규, 강신영, 김광현, “소형 태양광 발전시스템 상용화를 위한 프로그램 방식의 태양위치추적기 개발”, 전력전자학회논문지 제8권 제3호, pp. 260-265, 6, 2003.
- [3] 임희천, 안교상, “태양광 발전(Photovoltaic) 기술 동향”, 전력전자학회지 제8권 제3호, pp. 27-34, 6, 2003.