

하중 분산형 새로운 태양광 추적 장치에 관한 연구

*서종준, *송성근, *박성준, **이상훈, **문채주, ***김종달
*전남대학교, **부산대학교, ***목포대학교, ***동명대학

A study on the load dispersion a new PV tracking system

*J-J Seo, *S-K Song, *S-J Park, **S-H Lee, **C-J Moon, ***J-D Kim
Chonnam National University, **Pusan National University, ***Mokpo National University, Tongmyung College

Abstract - In solar power system, the height and azimuth of the sun are important parameters which control generated power magnitude. The way that controls the daily generation magnitude according to latitude and longitude and uses two axles is often used in the existing sunlight racing system now. In this two-axle sunlight 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 building already built up. This research is a development about the small-scale economy track device of independent load-dispersing type solar generation system. The position track algorithm is through calculating the trail of height and azimuthal of the sun calculation to follow the sun.

1. 서 론

태양광발전 시스템에서 발전효율을 높이기 위해서는 일반적으로 높은 변환효율을 갖는 태양전지를 사용하는 방법, 변환기의 변환효율을 높이는 방법 및 최대전력추종(Maximum Power Point Tracking:MPPT)하는 방법, 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 방법 등이 이용되고 있다. 셀 자체의 변환효율을 높이는 방법은 발전단가를 높이는 주된 요인 됨으로 현재에 있어서 효용성이 다소 떨어진다. 또한 변환기 효율을 수 [%] 높이기란 매우 어려운 설정이다. 그러므로 현재 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 시스템인 태양광 추적장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

현재 일반적으로 사용되고 있는 해바라기 타입의 태양광 추적시스템은 부하 하중이 한 점에 집중되는 방식으로 일반건축물 옥상에 설치하기 위해서는 부수적인 보안공사가 필수적이며, 설치 단가 또한 높은 단점이 있다. 따라서 부하 하중이 집중되지 않으면서, 고정식에 비해 설치단가가 높지 않은 태양광 추적장치에 대한 필요성이 대두되고 있다. 본 연구는 점 하중방식인 해바라기 타입의 태양광 추적 장치의 단점을 극복하기 위한 선 하중방식 태양광 발전 시스템으로 경제적인 태양광 추적장치를 제안하였다. 본 연구에서 사용된 태양광 위치 추적 알고리즘은 프로그램방식에 의한 태양의 고도와 방위각을 계산하였고, 고도는 DC모터 시스템을 이용한 리프팅 방식을 적용 하였으며, 방위각은 Solar 모듈이 원주 운동을 할 수 있도록 DC모터를 이용하여 직선운동에 의해 회전운동으로 전환이 가능한 로커 암을 이용하였다.

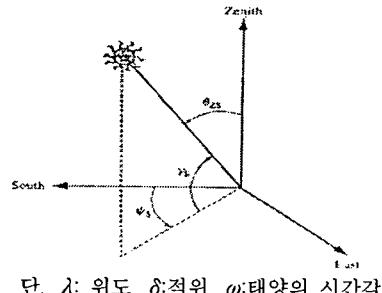
2. 태양추적장치의 구성

2.1 태양위치 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 시간, 윤년, 적위, 군시차, 진태양시, 태양의 시간각 등을 계산하여야 한다. 그림 1과 같은 지평좌표계상에서 태양의 고도각 및 방위각은 아래와 같이 주어진다.

$$\gamma_s = \sin^{-1} [\cos(\lambda)\cos(\delta)\cos(\omega) + \sin(\lambda)\sin(\delta)] \quad (1)$$

$$\phi_s = \sin^{-1} [\cos(\delta)\sin(\omega)/\cos(\gamma_s)] \quad (2)$$



단, λ : 위도 δ : 적위 ω : 태양의 시간각

식 2의 방위각 계산결과 정(+)인 경우에는 오후, 부(-)인 경우에는 오전을 나타내고 있다.

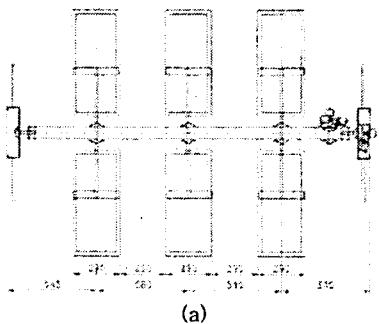
그림 1. 태양의 방위각 및 고도
Fig. 1 Elevation and azimuth

2.2 태양광 추적장치

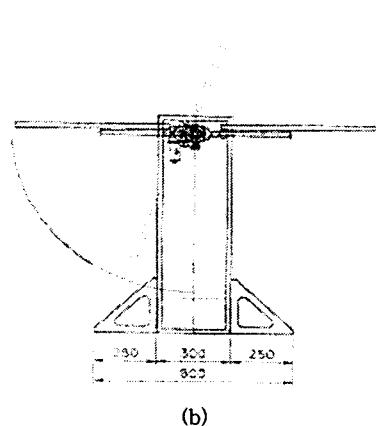
현재 일반적으로 사용되고 있는 해바라기 타입 태양추적장지의 단점을 보완하기 위한 새로운 직축, 횡축형 태양광 추적기는 그림 2에 나타나 있다. 제안된 태양광 추적장치는 20[W]급 6장을 사용하여 총 120[W]급으로 제작하였으며, 양쪽에 2조의 지지대에 의해 지지된다. 고도각 제어는 상부에 태양전지판을 고정시키기 위한 지지대 프레임인 수평축을 회전시켜 제어하였으며, 방위각을 제어는 스윙운동에 의한 추적방식을 취하고 있으며, 각 Solar 모듈이 원주 운동을 할 수 있도록 DC모터를 이용하여 직선운동에 의해 회전운동으로 전환이 가능한 로커암을 이용하였다.

본 추적장치는 로크 암에 의해 각 솔라셀이 연동되는 구조로 인해 풍력과 같은 외부 외란에 강한 구조를 가지

나, 각 솔라셀이 간섭 없이 태양광을 추적하기 위해서는 솔라셀 간의 간격이 필요하다. 따라서 이 간격에 따라 추적시간이 결정된다. 추적시간을 많게 하기 위해서는 솔라셀 간격이 커야하나, 이는 넓은 설치공간이 필요한 단점이 있다. 따라서 솔라셀 간격설계이 태양광 추적시간을 결정하는 요소가 된다. 그럼 3은 솔라셀 간격에 따른 태양광 추적시간에 대한 개념을 나타낸 것이다.



(a)



(b)

그림 2. 직축, 횡축형 태양광 추적기

Fig. 2 Solar position tracker of vertical and horizontal axis type

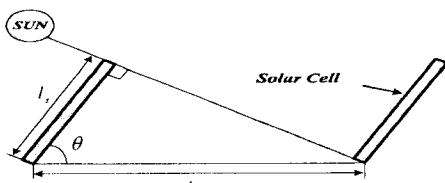


그림 3. 솔라셀 간격에 따른 태양광 추적시간
Fig. 3 Solar position tracking time according to cell-width

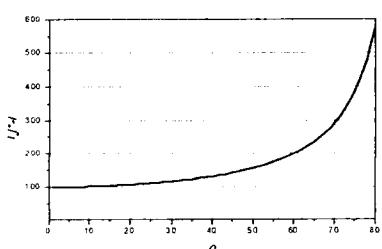


그림 4. 최대 방위각에 따른 이격거리

Fig. 4 Length according to maximum elevation

태양의 방위각은 1간당 15°씩 변하게 되며 추적시간이 정해지면 제어 가능한 최대 방위각(θ)이 결정된다. 최대 방위각이 결정되면 솔라셀 간의 이격거리는 아래 식에 의해 결정된다.

$$l_w = l_s / \cos(\theta) \quad (3)$$

그림 4는 추적각도에 따른 이격거리를 솔라셀의 폭에 대해 정규화 하여 도식화한 것이다. 본 연구에서 다양한 실험을 통하여 계측한 결과 태양광 추적시간을 8시간으로 설정하였으며, 이때의 솔라셀 이격거리는 솔라셀 판의 폭의 2배가 된다.

태양광의 방위각, 고도가 계산되면 그림 5에 나타낸 개념도에 의해 제안된 태양광 추적장치에 적합한 직축, 횡축 각은 아래 식과 같다.

$$\gamma_h = \tan^{-1}[\tan(\gamma_s) / \cos(\phi_s)] \quad (4)$$

$$\phi_h = \sin^{-1}[\cos(\gamma_s) \cos(\phi_s)] \quad (5)$$

식 (4) 및 식 (5)에 의해 계산된 태양각 위치를 연속적으로 추적할 경우, 추적장치의 구동전력이 크게 되는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 태양광 추적장치의 구동은 추적장치의 실제 횡축각과 계산된 횡축각의 차가 10° 차가 발생한 시점에 동작하여 실제 횡축각을 계산된 횡축각 보다 10° 앞서게 제어한다. 이때 위치 오차는 그림 6에 나타내었다. 위치각 10° 오차에 의한 태양광 감소율 산란을 무시하면 2% 이내가 된다.

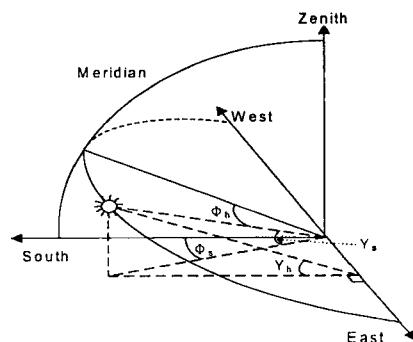


그림 5. 제안된 태양광 추적장치의 직축, 횡축 각

Fig. 5 Vertical and horizontal axis angle of proposed solar position tracker

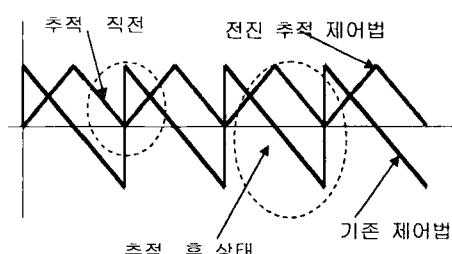


그림 6. 추적장치의 구동모드

Fig. 6 Operation mode of solar position tracker

3. 제안된 추적장치의 특성분석

그림 7은 연구에서 사용된 120[W]급 태양광 추적 장치이다. 태양위치 추적장치의 구조는 태양전지판을 고정시키고 지지하기 위한 H-프레임 형태의 지지대가 있고, 프레임 한쪽 축에는 태양전지를 구동하기 위해서 직축, 횡축을 담당하는 DC모터 2조가 설치되어 있으며, 프레임 안쪽 부분에는 태양광 추적 장치의 제어를 담당하는 부분인 제어보드를 설치하였다. 구동 장치에 사용되는 모터는 12V 차량용 소형 DC모터를 사용하였고, 제어를 위한 마이크로프로세스는 DSP TMS320LF2406A를 사용하였으며, key를 통해 동작상태를 결정하고, LCD를 통해 각종 정보를 표시하게 하였다.

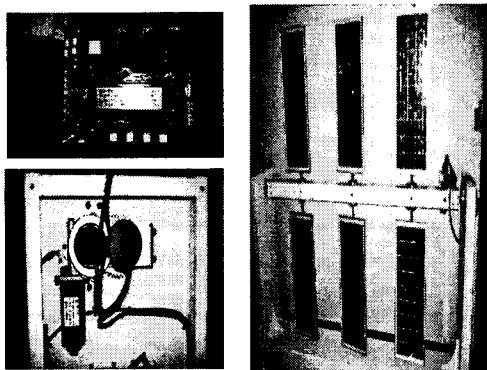


그림 7 태양위치 추적기와 내부 구성

Fig. 7 Solar position tracker and inner structure

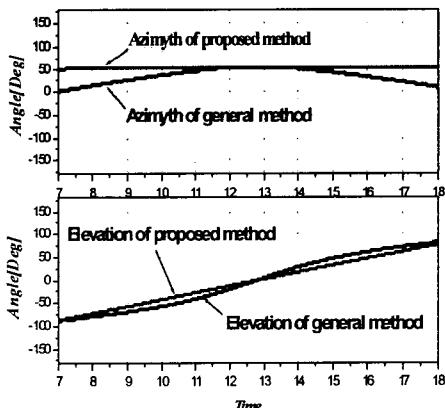


그림 8. 춘·추분점 방위각 및 고도

Fig. 8 Elevation and azimuth on spring & autumnal equinox

그림 8은 춘·추분점 기준의 해바라기 시스템과 제안된 방식에서 방위각 및 고도각을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 기존 방식의 고도각은 시간이 경과함에 따라 0° 에서 50° 사이로 변하고 있음을 알 수 있으며, 제안된 방식은 고도각의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 따라서 춘·추분점 근처에서는 고도각 제어에 대한 전력 소비가 기존 방식에 비해서 매우 적음을 알 수 있다. 또한 방위각은 기존 방식과 비교했을 때 시간에 관계없이 변화량이 일정함을 알 수 있다. 이로 인해 추적 장치의 총 변위량이 기존의 방식에 비해서 적어지므로 추적 장치 구동부의 전력소모가 적어지는 장점이 있다. 그림 9와 그림 10은 동지 및 하지 때의 방위각 및 고도각을 나타내고 있다. 동지시 방위각·고도각은 기존의 방식과 제안된 방식이 거의 동일함을 알 수 있다. 그러나

하지점에서는 제안된 방식의 방위각 변화율이 기존의 방식보다 적게되어 방위각 추종 제어에 소비되는 구동부의 전력을 적게 할 수 있다.

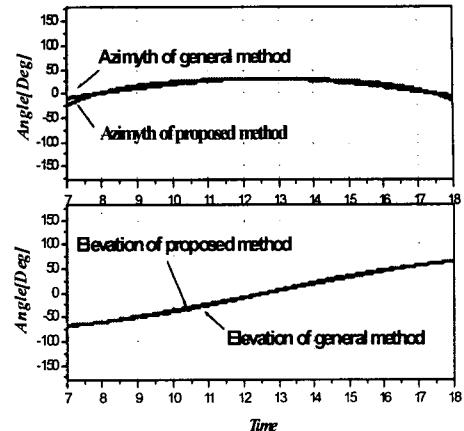


그림 9. 동지점 방위각 및 고도

Fig. 9 Elevation and azimuth on winter solstice

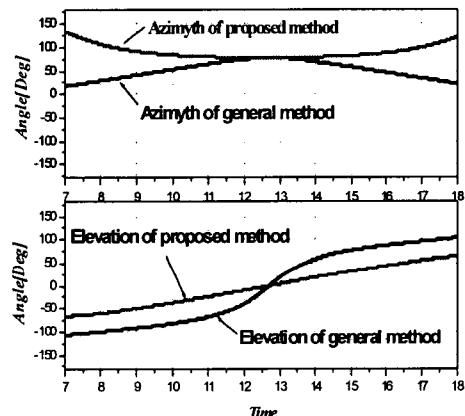


그림 10. 하지점 방위각 및 고도

Fig. 10 Elevation and azimuth on summer solstice

4. 결 론

점 하중방식인 해바라기 타입의 태양광 추적 장치의 단점을 극복하기 위해 본 논문에서 제안된 선 하중방식 태양광 발전 시스템은 아래와 같은 장점을 갖는다.

- 시설물 하중이 선 하중으로 분산되어 기존 옥상에 설치가 용의하다.
- 해바라기 타입에 비하여 풍하중과 같은 외란에 강인 하다.
- 태양의 위치 추적시 전체경로를 단축하여 전력소모를 줄일 수 있다.
- 해바라기 타입에 비하여 제작비가 저렴하다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 강신영 외 3명, 전력전자학술대회 논문집, 687 ~ 691, 2003
- [2] 한국전력공사 전력연구원, “자가발전도서 최적발전방식 선정 연구”, 01 전력연-단638, 2001
- [3] A. L. Fahrenbruch, R. H. Bube, “Fundamental of Solar Cells”, Academic Press, New York, 1993