

PSA 알고리즘을 이용한 추적식 태양열 발전 시스템 개발

고재섭\*, 강성준\*, 장미금\*\*, 김순영\*, 문주희\*, 이진국\*, 정동화\*  
 순천대학교\*, 전자부품연구원\*\*

Development of Tracking Solar Power Generation System using PSA Algorithm

Jae-Sub Ko\*, Seong-Jun Kang\*, Mi-Geum Jang\*\*, Soon-Young Kim\*, Ju-Hui Mun\*, Jin-Kook Lee\*, Dong-Hwa Chung\*  
 Suncheon National University\*, Korea Electronics Technology Institute\*\*

**Abstract** - This paper proposes tracking solar power generation system using position solar algorithm(PSA). The solar power generation is changed power according to solar position due to using solar energy. The solar tracking methods are the program method and sensor method. This paper proposes two-axis tracking solar power generation using program tracking method. The validity of proposed system in this paper is proved through analyzing temperature of solar collect, generating power and efficiency.

태양의 황도좌표 율리안 날짜로부터 식(2)~식(7)을 이용하여 계산된 다(모든 라디안 각도에서).

1. 서 론

태양 에너지는 환경 친화적으로서 대기오염이나 소음의 발생이 없고, 에너지원이 무한하여 고가의 열려가 없는 큰 장점을 가지고 있다. 태양열을 이용한 발전시스템은 화석연료를 대체할 가장 가격 경쟁력이 있는 분야 중의 하나로 기대되고 있다[1]. 또한 국내의 경우 직달 일사량이 청명일 기준 연평균 약 4,400[kcal/m<sup>2</sup>]로, 중고온 이용 분야에 적용이 가능한 일사조건을 갖추고 있다. 하지만 에너지원이 태양이기 때문에 야간이나 우천 시에 사용이 불가능하고 일사량에 의존하기 때문에 자연환경에 의한 변동이 많은 단점이 있다. 외부의 별다른 조건이나 환경에 관계없이 효율적이고 집약적으로 태양광을 이용하기 위해서는 태양의 위치를 추적하는 태양위치 추적시스템이 필요하다. 태양을 추적하는 방식에는 추적 신호의 생성방식에 따라 크게 설치 장소의 위도 및 경도와 시간정보에 의해 태양위치를 계산하는 프로그램 방식과 광센서에 의한 센서방식 및 프로그램과 센서방식을 혼합한 하이브리드 방식으로 분류된다. 이 중 프로그램 방식은 날짜와 시간에 따른 태양광의 방위각, 고도각을 미리 기억시켜 놓거나 컴퓨터로 계산된 값에 의해 방위각, 고도각을 조절하는 개루프 방식이다. 이는 구름이나 기상조건에 급격한 변화에도 오동작 없이 비교적 높은 추적 정확도를 나타낸다. [2-4].

$$n = jd - 2451545.0 \tag{2}$$

$$\Omega = 2.1429 - 0.0010394594 \times n \tag{3}$$

$$L(\text{mean longitude}) = 4.8950630 + 0.017202791698 \times n \tag{4}$$

$$g(\text{mean anomaly}) = 6.2400600 + 0.0172019699 \times n \tag{5}$$

$$l(\text{ecliptic longitude}) = L + 0.03341607 \times \sin(g) + 0.00034894 \times \sin(2g) - 0.0001134 - 0.0000203 \times \sin(\Omega) \tag{6}$$

$$ep(\text{obliquity of the ecliptic}) = 0.4090928 - 6.2140 \times 10^{-9} \times n + 0.0000396 \times \cos(\Omega) \tag{7}$$

황도에서 하늘 좌표까지의 변환은 표준 삼각법으로 가능하며 식(8), 식(9)으로 나타낼 수 있다.

$$ra(\text{right ascension}) = \tan^{-1} \left[ \frac{\cos(ep) \times \sin(l)}{\cos(l)} \right] \tag{8}$$

$$\delta(\text{declination}) = \sin^{-1} [\sin(ep) \times \sin(l)] \tag{9}$$

조심해야 할 것은 천체가 지평선에 오름을 적절하게 계산하여야 한다. 식 (8)에서 0 과 2π 사이 값을 갖는다. 천체에서 수평좌표까지의 변환은 식(10)~식(16)을 통해 얻을 수 있다.

$$gmst = 6.6974243242 + 0.0657098283 \times n + hour \tag{10}$$

$$lmst = (gmst \times 15 + Long) \times (\pi / 180) \tag{11}$$

$$\omega(\text{hour angle}) = lmst - ra \tag{12}$$

$$\theta_z = \cos^{-1} [\cos(\Phi) \cos(\omega) \cos(\delta) + \sin(\delta) \sin(\Phi)] \tag{13}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left[ \frac{-\sin(\omega)}{\tan(\delta) \cos(\Phi) - \sin(\Phi) \cos(\omega)} \right] \tag{14}$$

$$Parallax = \frac{EarthMeanRadius}{AstronomicalUnit} \times \sin(\theta_z) \tag{15}$$

$$\theta_z = \theta_z + Parallax \tag{16}$$

지구의 일반적인 반지름과 태양과의 거리는 다음 식(17)과 식(18)으로 나타낼 수 있다.

$$EarthMeanRadius = 6371.01 \text{ km} \tag{17}$$

2. PSA에 의한 태양위치 계산

PSA 알고리즘의 입력은 시간 위치이고, 고려할 항목 중 짧은 시간은 날짜(년, 달, 날짜)와 일반적인 시간(시간, 분, 초)으로 주어진다. 위치는 관측하는 위도와 경도의 각도 값으로 주어진다. 위도는 북반구에 대해 +로 고려하고, 경도는 동쪽에서 시작한다.

율리안 날짜는 *jd*로 식 (1)에서 입력 데이터로 계산한다.

$$jd = (1461 \times (y + 4800 + (m - 14) / 12)) / 4 + (367 \times (m - 2 - 12 \times ((m - 14) / 12))) / 12 - (3 \times ((y + 4900 + (m - 14) / 12) / 100)) / 4 + d - 32075 - 0.5 + hour / 24.0 \tag{1}$$

*m*은 월, *y*는 년도, *d*는 월의 날짜, *hour*는 십진수의 일반적인 시간에서 날짜의 시간을 나타낸다. 즉 시간의 함수는 분과 초를 갖으며, 정수 이하의 자리는 무시한다.

이러한 표현은 Fliegel과 Van Flandern(1968)이 제시한 것과는 마지막 2 term 동안은 차이가 난다. 이 term의 덧셈(addition)은 주어진 순간의 시간에 대하여 십진수의 율리안 날짜의 계산을 가능하게 한다. Fliegel과 Van Flandern의 원래의 표현에 따라, Gregorian 이나 proleptic Gregorian에서 B.C 4800년 3월 1일 이후의 날짜에 대해서는 유효하다.

### 3. 시스템 성능 결과

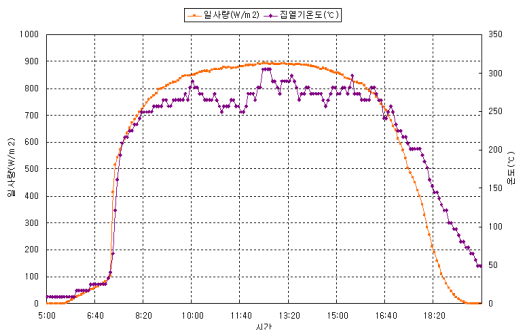
그림 1은 본 과제에서 개발된 시제품 사진을 나타낸다. Dish형 집열기와 양축태양광 시스템과 스텔링 엔진을 이용하여 발전기를 구동시켜 출력을 얻는 시스템이다.

그림 2는 일사량이 높은 경우의 태양열 발전시스템의 일사량에 따른 집열기의 온도를 나타낸다. 일사량이 높을 경우에 집열기의 온도가 300°C 정도로 매우 높은 온도를 나타내고 있다. 그림 3은 2와 같은 조건에서의 추적식과 고정식 발전시스템의 발전량 비교를 나타낸다. 추적식 발전시스템이 고정식에 비하여 누적발전량이 크게 발생하고 있으며 추적식이 고정식에 비해 20% 이상 높게 효율이 나타나고 있다.

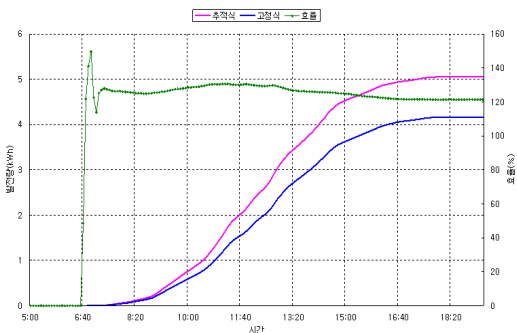
그림 4는 저일사량인 경우의 일사량에 따른 집열기의 온도를 나타내고 있다. 낮은 일사량으로 인하여 집열기의 온도가 충분히 상승하지 못하고 있다. 그림 5는 저 일사량일 경우의 추적식과 고정식의 발전량 비교를 나타낸다. 저일사량일 경우에도 추적식 태양열 발전시스템은 고정식에 비하여 효율이 약 25% 이상 높게 나타나고 있다.



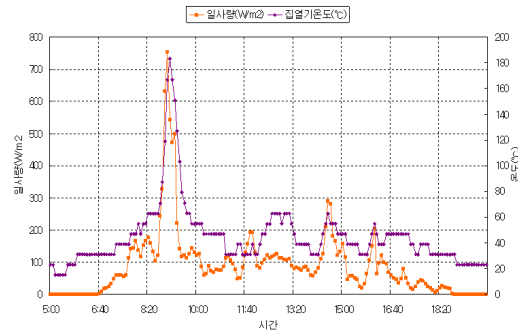
〈그림 1〉 양축 추적식 태양열 발전시스템



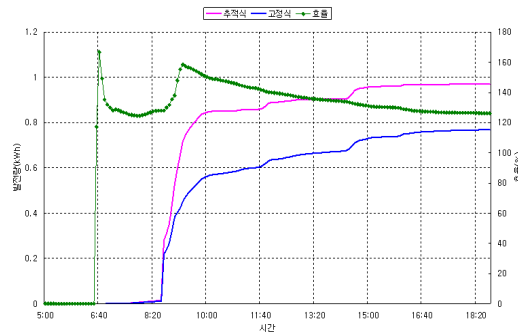
〈그림 2〉 일사량에 따른 집열기 온도(고일사량)



〈그림 3〉 일사량에 따른 발전량 비교(고일사량)



〈그림 4〉 일사량에 따른 집열기 온도(저일사량)



〈그림 5〉 일사량에 따른 발전량 비교(저일사량)

### 4. 결 론

본 논문은 PSA 알고리즘을 이용한 추적식 태양열 발전시스템을 제시한다. 태양열 발전은 태양을 에너지원으로 사용하기 때문에 우천이나 야간에 발전이 이루어지지 못하고 주변환경에 영향을 많이 받는다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 태양열 발전의 발전효율 향상을 위하여 프로그램 태양추적 방식인 PSA 알고리즘을 이용하여 태양의 위치를 추적하고 이를 통해 양축 추적형 태양열 발전시스템을 제시한다. 제시한 태양열 추적시스템은 저일사량과 고일사량에 대해 집열기 온도, 발전량 및 효율에 대한 응답특성을 분석하였으며 고정식 태양열 발전시스템에 비하여 발전효율이 향상됨을 확인하였다. 따라서 본 논문의 타당성을 입증할 수 있었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Kang, Y. H., Flux Distribution of The Dish Concentrator, Journal of the Korean Solar Energy Society, 1999.
- [2] B. J. Wilkinson, 1983, "The effect of atmospheric refraction on the solar azimuth", Solar Energy 30, 295
- [3] L. R. Muir, 1983, Comments on "The effect of atmospheric refraction on the solar azimuth" , Solar Energy 30, 295.
- [4] H. D. Kambezidis, N. S. Papanikolaou, 1990, "Solar position and atmospheric refraction" , Solar Energy 44, 143.