

센서방식 및 프로그램 방식에 의한 태양광 발전 추적시스템의 비교 연구

장미금*, 고재섭, 최정식, 백정우, 강성준, 정동화
 순천대학교 정보통신공학부

Comparison study of PV tracking system with sensor and program method

Mi-Geum Jang*, Jae-Sub Ko, Jung-Sik Choi, Jung-Woo Back, Sung-Jun Kang, Dong-Hwa Chung
 School of Information & Communication Engineering, Suncheon National Univ.

Abstract - This paper proposes analysis data of generation efficiency with tracking method for solar tracking. Tracking algorithm of PV generation is divided the sensor method and program method. Generation efficiency is analyzed the three cases 1-high insolation, 2-low insolation, 3-rapidly changing insolation. Proposed data is possible to apply for development of novel algorithm with hybrid tracking method in this paper. Hereby, This paper is proved the benefit of analyzed data.

1. 서 론

세계 기후변화 회의에서 지구 온난화를 억제하기 위한 교토의정서가 채택되면서 지구환경 문제와 미래 에너지원의 다원화, 국가 경쟁력 확보를 위한 에너지 기술의 산업화 등의 국제적인 주변 환경 변화로 온실가스를 방출하지 않고 지속적으로 이용할 수 있는 신·재생 에너지 개발에 적극적으로 참여하게 되었다. 신·재생에너지 중에서도 실용화에 가장 근접해 있는 태양에너지를 이용한 태양광 발전 기술은 미국, 일본, 유럽을 중심으로 일반에게 보급이 확산되면서 21세기 후반의 국가 에너지 안보 차원과 하나의 기간산업으로 발전되었고 이제는 환경 친화적인 중요한 에너지원이 되고 있다.[1]

태양에너지를 에너지원으로 사용하는 태양광 발전은 햇빛이 비치는 곳에서는 어디든지 빛을 전기로 바꾸어 이용할 수 있는 것을 가능하게 하면서 오염이나 소음 등의 공해가 없는 첨단 기술이다. 실제로 석유를 이용하여 발전하는 경우 1kWh당 200g 정도의 CO₂가 배출되는 반면 태양광 발전의 경우는 절반 이하로 배출량을 줄일 수 있다. 또한 태양광 발전 방식은 발전설비에 대한 유지관리가 거의 필요 없고, 규모나 기술 등을 고려할 때 설치가 비교적 용이하다. 태양 에너지의 양이 방대하다는 데서 태양광 발전 시스템의 또 다른 이점을 찾을 수 있다.[2]

이러한 태양광 발전 시스템의 출력 효율을 높이기 위해 일반적으로 태양전지 셀 자체의 효율을 높이거나 태양광 발전 제어용 전력변환 시스템의 변환효율 및 MPPT 제어를 하여 높이는 방법, 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 추적식 방법 등을 이용하고 있다.[3] 태양광 발전 추적시스템은 지리적인 위치의 위도와 경도를 시간의 변수로 사용하여 태양의 궤적을 추적하는 프로그램 방식과 광센서를 이용하여 광량차이를 추적하는 센서방식 및 프로그램 방식과 센서방식을 혼용한 방식 등으로 구성되어 있다. 이러한 태양 추적장치에 의한 발전 방식은 국외의 경우 1MWp 이상의 대규모 태양광 발전소의 발전효율을 높이기 위해 대형 추적식 태양전지 어레이를 사용하고 있다.[4][5]

그러나 태양광 추적시스템의 형태에 따른 발전효율을 일사량에 따라 비교, 분석한 자료는 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 센서 방식 및 프로그램 방식의 발전 효율을 일사량 변화에 따라 비교 분석한다. 이로서 하이

브리드 방식의 추적시스템을 구성한 태양광 발전에서 적용 가능한 데이터를 제시하며 타당성을 입증한다.

2. 태양광 발전의 추적시스템 구조

추적장치의 종류에는 단축 추적장치, 방위각 추적장치, 양축 추적장치 등이 있다.

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 발전효율의 저하되므로 사전에 충분한 검토가 필요하다. 방위각 추적장치는 태양광 발전소 설치위치의 위도를 고려한 경사각으로 고정되고, 설치 변수는 설치 경사각 및 방위각, 회전각이며 회전축은 수직 축에 대해서 회전한다. 양축 추적장치는 항상 두 축이 회전함으로써 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어한다.

그림 1은 단축 추적장치와 방위각 추적장치 및 양축 추적장치를 나타낸다.

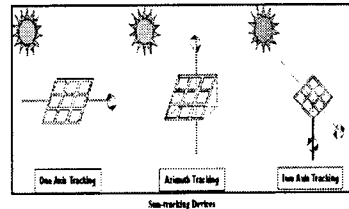


그림 1. PV 시스템의 추적장치의 종류.

Fig. 1 Type of tracking equipment of PV system.

3. 추적 시스템의 제어 알고리즘

3.1 프로그램 추적시스템

태양전지의 발전량은 입사 광량에 비례하므로 같은 외 부환경에서도 태양전지가 태양광 법선 방향으로 위치할 때 발전량이 최대가 된다. 이처럼 태양전지가 태양광에 법선 방향으로 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 계산 대상 장소의 위도와 경도, 날짜, 시간이 필요하며 이로부터 적위, 균시차, 진 태양시, 태양의 시간각 등을 계산하여야 한다.

적위는 지구의 중심 축과 태양의 중심 축으로부터 일직선으로 생기는 광선과 지구의 적도면 사이에 형성된 각으로 δ로 표현할 수 있으며, 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \delta = & 0.322003 - 22.9711\cos(t) - 0.14398\cos(3t) \\ & + 3.946380\sin(t) + 0.019334\sin(2t) \\ & + 0.059280\sin(3t) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, t 은 일 각을 나타낸다. 적위는 지구의 자전축이 23.45° 기울어져 있어서 매일 변하며, 양극단 사이에서 ±23.45°로 바뀌고 북쪽일 때가 양의 값을 가진다.

태양의 시간각은 관측자 즉, 태양 전지판이 설치되어 있는 현지 자오선을 지난 후 시간권 사이의 각으로써 남점에서 서쪽방향으로 돌며 켄 크기를 시간각(ω)이라고 하며 식 (2)과 같다.

$$\begin{aligned} \omega = & (T_{AS} - 12) \times 15^\circ \\ = & \left(T_{STD} + \frac{L_{ST} - L_{LOC}}{15} + EOT - 12 \right) \times 15^\circ \end{aligned} \quad (2)$$

T_{AS} : 진태양시, T_{STD} : 지방표준시, L_{ST} : 표준자오선의 경도, L_{LOC} : 대지의 경도, EOT : 균시차
 균시차(EOT)는 지구가 태양주위를 정원이 아닌 타원의 궤도로 고정함으로서 발생하는 진태양시와 평균태양시 사이의 시간차를 나타내며 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} EOT = & 0.258 * \cos(t) - 7.416 * \sin(t) \\ & - 3.648 * \cos(2t) - 9.228 * \sin(2t) \end{aligned} \quad (3)$$

위 식 (1) ~ (3)에 의해 구해진 적위와 시간각을 이용하여, 고도각 및 방위각은 식 (4)과 식 (5)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\alpha_s = \sin^{-1}(\sin L \sin \delta + \cos L \cos \delta \cos \omega) \quad (4)$$

$$\gamma_s = \sin^{-1} \left(\frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha_s} \right) \quad (5)$$

L : 대지의 위도

그림 2는 태양의 고도각과 방위각의 개념을 나타낸 것으로서 태양의 고도각(α_s)은 태양과 수평면이 이루는 각도를 말하고, 방위각(γ_s)은 태양이 수평면에 투영된 위치가 정 남쪽과 이루는 각을 말한다.

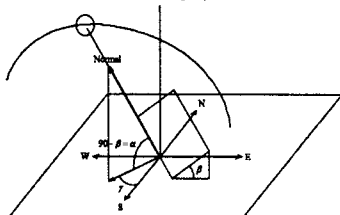


그림 2. 태양의 방위각 및 고도.
 Fig. 2 Azimuth and altitude of solar.

3.2 광센서 추적방식

광센서 추적방식은 센서오차에 의해 동작되며 센서오차가 설정된 오차범위 보다 적거나 같을 때 추적장치는 정지한다. 저 일사량일 경우에는 추적 장치가 설정된 위치로 강제로 이동하거나 오동작하는 경우가 발생한다.

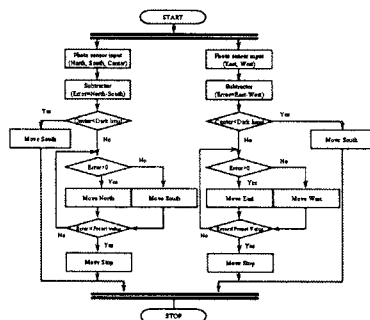
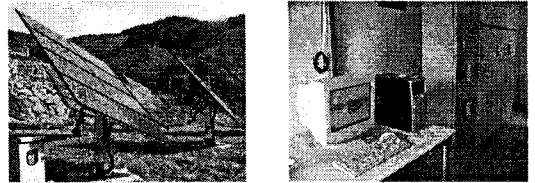


그림 3. 광센서 추적방식 제어 알고리즘.
 Fig. 3 Control algorithm of photo sensor tracking method.

4. 실험 및 결과

그림 4(a)는 양축 태양광 발전 시스템을 나타내고 있으며 (b)는 추적 방식에 따른 발전효율을 측정하기 위한 인버터 그룹을 나타내고 있다. 시스템에 따라 2그룹의 인버터로 구성하였으며, 각 그룹당 32[kW]의 용량으로 선정하였다.



(a)태양광 추적시스템 (b)인버터 그룹
 그림 4. 양축 태양광 발전 시스템의 실험장치
 Fig. 4 Experiment equipment of 2-axis PV system

그림 5-6은 일사량이 좋은 경우, 추적 방식에 따른 교류전력 및 발전량을 나타내고 있다. 일사량이 좋은 경우에는 센서방식이 270[kW], 프로그램 방식이 267[kW]로 나타났다. 센서방식과 프로그램 방식의 발전량은 3[kW], 발전효율은 약 1[%] 정도로 거의 차이가 나타나지 않았다.

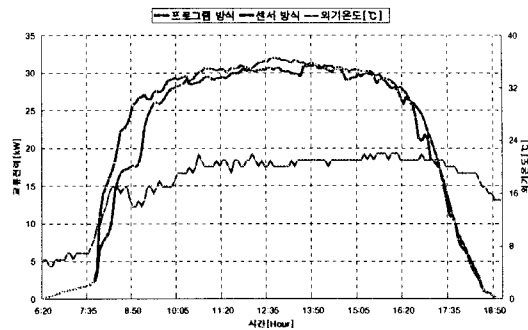


그림 5. 추적 방식에 따른 교류전력 및 외기온도(고 일사량)
 Fig. 5 AC power and air temperature with tracking method (High insolation)

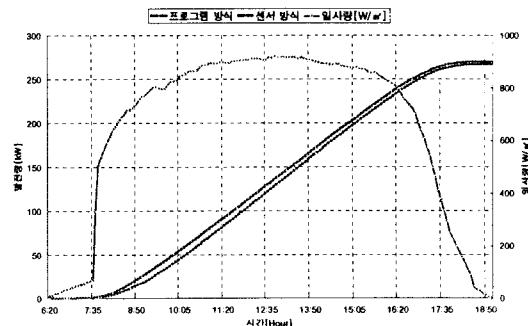


그림 6. 추적 방식에 따른 발전량(고 일사량)
 Fig. 6 Generation volume with tracking method (High insolation)

그림 7 8은 저 일사량일 경우, 추적 방식에 따른 교류전력 및 발전량을 나타내고 있다. 저 일사량일 경우에는 센서방식이 51.7[kW], 프로그램 방식이 56.6[kW]로 나타났다. 저 일사량일 경우에는 프로그램 방식이 센서방식에 비해 발전량이 약 5[kW]정도 나타났으며, 발전효율은 약 9.7[%] 정도로 많은 차이를 나타내고 있다.

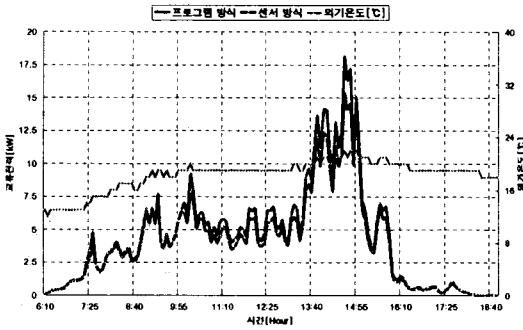


그림 7. 추적 방식에 따른 교류전력 및 외기온도(저 일사량)
Fig. 7 AC power and air temperature with tracking method (Low insolation)

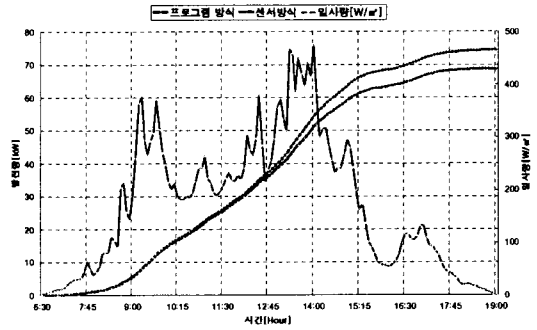


그림 10. 추적 방식에 따른 발전량(일사량 급변)
Fig. 10 Generation volume with tracking method (Rapidly changing insolation)

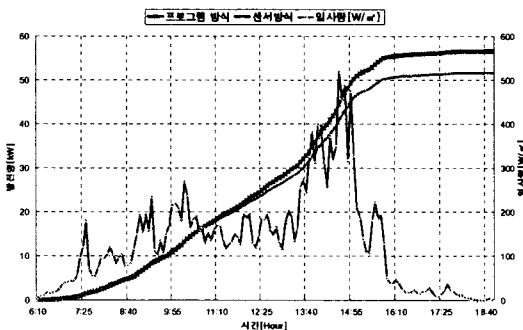


그림 8. 추적 방식에 따른 발전량(저 일사량)
Fig. 8 Generation volume with tracking method (Low insolation)

그림 9 10은 일사량이 급변할 경우, 추적 방식에 따른 교류전력 및 발전량을 나타내고 있다. 일사량이 급변할 경우는 센서방식이 68.7[kW], 프로그램 방식이 74.4[kW]로 나타났다. 일사량이 급변할 경우에는 프로그램 방식이 센서방식에 비해 발전량이 약 5.7[kW]정도 나타났으며, 발전효율은 약 8.2[%] 정도로 많은 차이를 나타내고 있다.

저 일사량 및 일사량이 급변할 경우에는 센서방식 추적장치가 광센서 입력의 변화 폭이 적어 추적장치가 동작하지 않아 발전량이 적게 나타났다.

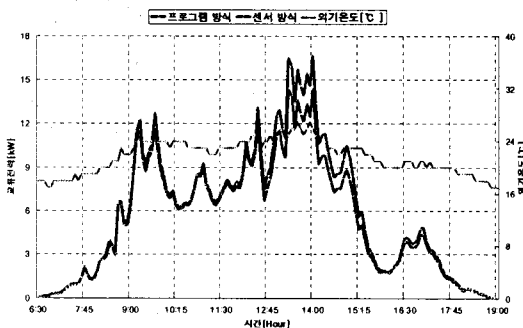


그림 9. 추적 방식에 따른 교류전력 및 외기온도(일사량 급변)
Fig. 9 AC power and air temperature with tracking method (Rapidly changing insolation)

5. 결 론

본 논문에서 태양광 발전의 추적 방식에 따른 발전효율을 비교 분석한 데이터를 제시하였다. 각 방식에 따른 양측 태양광 발전의 발전효율은 일사량이 좋은 경우, 약 1[%]정도 센서방식이 높게 나타났고, 저 일사량일 경우, 약 9.7[%] 정도 프로그램 방식이 높게 나타났으며, 일사량이 급변할 경우, 마찬가지로 약 8.2[%] 정도 프로그램 방식이 높게 나타났다. 일사량이 좋은 경우에는 센서방식의 광센서에 충분한 광량이 입력되어 프로그램 방식과 거의 차이가 나지 않았다. 그러나 일사량이 좋지 않은 경우와 일사량이 급변할 경우에는 광센서 입력의 변화 폭이 적어 센서 방식 추적 장치의 발전량이 현저히 낮게 발생되었다.

따라서 본 논문에서 제시한 추적방식에 따른 발전량 분석 데이터는 일사량을 고려한 추적 알고리즘 개발을 위한 중요한 자료를 나타낸다. 또한 실증 실험을 통한 수치적 데이터를 통해 하이브리드 추적 알고리즘 개발에 적용 가능하며, 이로써 본 논문의 효용성을 입증하였다.

본 연구는 중소기업청이 주관하는 2008년도 산학협력 실 지원 사업 참여로 인한 결과물임.

[참 고 문 헌]

- [1] James and James, "Planning and Installing Photovoltaic system a guide for installers", architects and engineers, Earthscan in the UK, pp 66-128, 2005
- [2] IEA-PVPS, "Trends in Photovoltaic Applications; In selected IEA Countries between 1993-2002", Report IEA-PVPS T1-11, 2003
- [3] 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, pp. 1113-1118(2002).
- [4] W. A. Lynch, M. Salameh, "Simple electro-optically controlled dual axis sun tracker", Solar Energy, Vol. 45, pp. 65-69, 1990.
- [5] B. P. Edwards, "Computer based sun following system", Solar Energy, Vol. 21, PP. 491-496, 1998.