

3kW급 추적식 태양광발전 시스템 개발

강신영, 박규남*, 박성용, 김광현**
 (주)엘시스텍, 진광엔지니어링*, 전남대학교**

3kW PV Generation System Development with Solar Tracker

S.Y. Kang, G.N. Park*, S.L. Park, and K.H. Kim**
 Lsys Tech Co., Ltd, Jinkwang Electric Eng*, Chonnam National University**

ABSTRACT

In photovoltaic generation, PV module is used to generate the electricity, and this system has been in limelight as nonpolluting alternative energy source. But, as energy density is low and PV module cost is high, there is a disadvantage that initial investment cost go up.

In this study, we studied the method of allowing a tracker, adequate to photovoltaic generation, for increasing the generating. We determined the proper error angle in order to decrease the repeating number of tracking without a reduction of the generating by using our developed simulator. And, we presented the photovoltaic approach tracking control and achieved its experiment. Through the result of experiment, it is expected that the fault rate and the consumption of electric power in a tracker get reduced and its cost become cut down.

1. 서 론

태양광발전은 태양전지(PV:Photovoltaic)를 이용하여 빛에너지로부터 전기를 발생시킬 수 있다. PV모듈은 건물 지붕이나 벽면재로 활용할 수 있어 어디에나 설치할 수 있으며, 조립식으로 설치할 수 있어 발전 용량 증설이 용이하여 일반 가정용 발전 시스템으로 설치가 간편하다. 최근 환경 및 화석에너지 고갈 등의 문제로 세계 여러 나라는 대체 에너지 산업 육성을 위해 주택용 태양광발전 시스템의 보급에 힘쓰고 있다. 국내에서도 3kW급 주택용 태양광발전 시스템의 1만 세대 보급 프로그램을 진행하고 있다.

본 연구에서는 태양 추적 장치를 3kW급 계통연계형 태양광발전 시스템에 적용하기 위한 태양광발전

에 적합한 추적 방법을 연구하였다. 본 연구에서는 태양과 PV모듈간의 오차 각도에 따른 발전량 변화를 시뮬레이션하여 허용 오차각을 결정하였다. 그리고 추적 위치를 현재의 태양 위치로 하지 않고 일정 시간 후의 태양 위치로 PV모듈을 움직여주는 태양 전진추적 제어법을 제안 실험하였다. 연구 결과 발전량 감소 없이 추적 횟수를 줄여 구동부의 소비 전력을 감소시키고 기동 정지 횟수 줄일 수 있어 고장도 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2. 태양위치 추적방식

2.1 태양전지 One-Diode 등가 모델

태양전지의 모델링 방법으로는 소수의 실측 데이터로부터 모델을 구할 수 있는 보간법과 광기전력 효과를 수학적으로 모델링하는 매개 변수법이 있다^[1]. 본 연구에서는 매개 변수법을 이용하여 One-Diode 모델 구현하여 태양전지의 특성을 확인하였다. 출력 전류 I는 식 1과 같이 나타낼 수 있다^[2,3].

본 연구에서는 이 모델을 시뮬레이터에 적용하여 PV모듈 특성과 일사량의 변화에 따른 발전 특성을 모의 실험할 수 있도록 하였다.

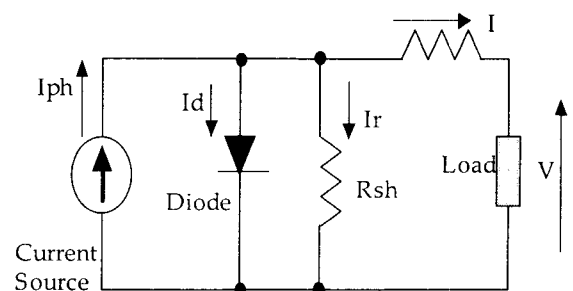


Fig. 1. One-Diode Model of solar cell

$$I = I_{ph} - I_{sat} \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{AKT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

여기서, I_{ph} : 광기전류, I_{sat} : 역포화전류,

I_r : 누설전류, A : 다이오드 성능 지수,

K : 볼츠만 상수, S : 일사량

2.2. 태양위치 일사량 변화

태양은 시간 및 위치에 따라 변하기 때문에 태양의 일조 시간은 여름철에 가장 길고 겨울철에 가장 짧다. 그림 2는 태양 위치 변화의 기준이 되는 절기인 춘·추분과 하지 및 동지의 태양 위치의 변화를 나타낸 것이다. 태양 일조 시간은 여름철 가장 길지만 PV모듈의 직사광량은 여름철에 비해 봄·가을에 많기 때문에 고정식의 발전량은 여름철에 비해 봄과 가을에 높게 나타난다. 이는 태양의 방위각이 하지를 중심으로 정오에 각속도가 빨라지기 때문인 것으로 이해된다. 따라서 태양 추적 시스템을 사용할 경우 여름철의 발전량이 많이 증가함을 알 수 있다.

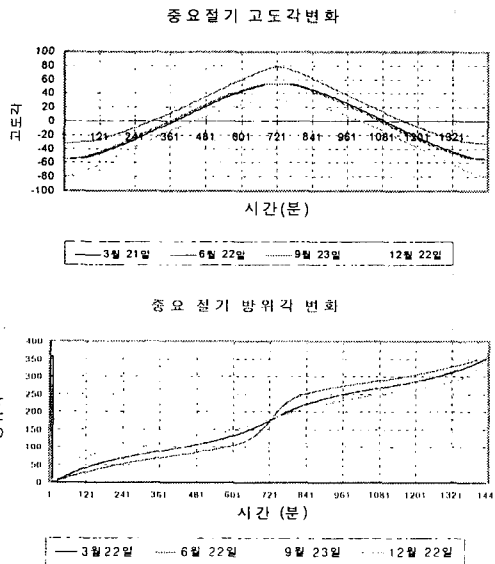


Fig. 2. Variation of elevation and azimuth in each season

2.3 태양위치 추적 방법

태양을 추적하는 방법으로는 광센서를 이용하는 방법과 태양의 위치를 계산하여 추적하는 프로그램식, 센서와 프로그램을 병행하는 방법등 크게 3가지 방법이 있다^[4]. 각 방법은 서로 장단점이 있어 사용하고자하는 목적과 외부 환경 및 태양 추적 정확도 등을 고려하여 각 방법을 선택하여 적용해야 한다. 국내와 같이 기상 변화가 심하고 먼지, 낙엽 같은 이물질 발생이 많은 조건에서는 센서를 사용

하는 태양 추적 방식은 오동작이 쉽게 발생하는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 기상 조건에 적합한 프로그램 방식의 태양 추적 방법을 중심으로 연구하였다. 기존의 태양 추적 프로그램은 기상관측 및 천체 관측용으로 사용되어 오차 각도가 1도 이하의 정밀 제어였다. 태양광발전 시스템은 추적 장치의 기동·정지 횟수를 줄일수록 소비 전력이 감소하게 될 뿐만 아니라 구동장치의 고장이 기동 정지 횟수에 비례함을 고려할 때 시스템의 고장도 감소시킬 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 태양의 위치를 미리 예측하여 정위치 보다 일정 각도 앞서게 제어함으로써 발전 효율을 동일하게 유지하면서도 기동·정지 횟수를 줄일 수 있는 방법을 연구 실험하였다.

본 연구에서는 발전량 감소 없이 태양추적 횟수를 최소화하여 소비 전력을 감소시키고 추적 장치의 고장도 감소시킬 수 있는 태양광 전진추적 제어법을 제안하고 연구하였다.

3. 태양광 전진추적 제어법

3.1 태양 추적 적정 오차각 산출

태양광발전용 추적 장치는 구동장치 기동·정지 횟수를 줄일수록 소비 전력이 감소하게 되고 고장율도 감소하게 된다. 그리고 추적 장치의 추적 횟수는 태양광의 오차각을 어느 정도로 하느냐에 따라 결정된다. 따라서 본 연구에서는 태양광 발전을 위한 추적 장치 오차각을 결정하기 위해 자체 개발한 태양광 시뮬레이터를 사용하여 오차각에 따른 일사량의 변화 및 발전량의 변화를 모의 실험하였다. 실험 결과 1~3°의 오차에서는 태양 광량과 발전량에 차이를 확인할 수 없었고 4° 부터 차이가 발생하기 시작하고 5° 부터 차이가 점점 커짐을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 추적 장치 오차각이 5° 이내가 되도록 하였다.

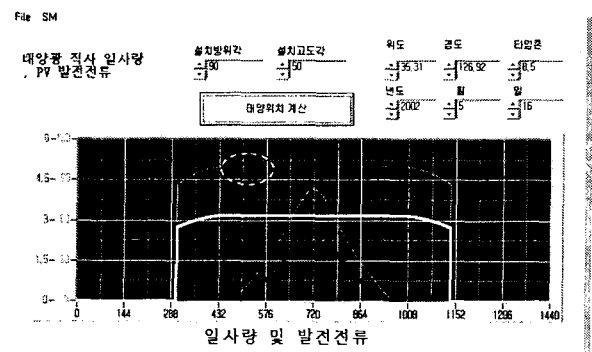


그림 3. 1° distance control

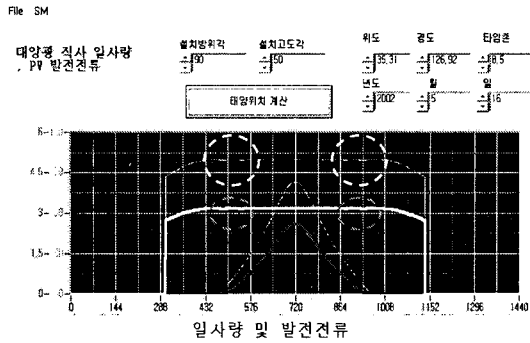


그림 4. 5° distance control

그림 3은 1°의 오차각일 때의 광량과 발전량을 이고 그림 4는 5° 오차각일 때 광량과 발전량을 나타낸 것이다.

3.2 태양광 전진추적 제어 원리

본 연구에서는 마이컴에 태양 추적 프로그램을 내장시켜 현재뿐만 아니라 일정 시간 뒤의 태양 위치를 예측할 수 있도록 하였다. 기존의 추적 프로그램은 현재의 태양과 PV모듈간의 오차를 계산하여 오차를 해소하는 방향으로 PV모듈을 움직여주는 방법을 사용한다. 이에 비해 제안된 방법은 태양이 PV모듈보다 일정 각도 이상 앞서게 되면 PV모듈을 움직여 PV모듈을 태양보다 일정 각도 앞으로 보냄으로서 오차각을 감소시켜 주는 방법이다.

그림 5는 태양광 전진추적 제어법을 나타낸 그림이다. 초기상태 태양의 위치가 r_1 일 때 PV모듈과 법선 방향이었다고 가정한다. 태양이 r_2 에 위치하게 되면 일정 이상의 오차각이 발생하면 PV모듈이 움직여 r_3 에 위치하게 된다. 이때 추적 장치는 $r_3 - r_1$ 각을 이동하고 오차각은 $r_2 - r_1$ 값이 되어 오차각을 작게할 수 있어 추적 횟수를 줄일 수 있게된다. 그림 6에 태양광 전진 추적 제어법을 이용한 경우 오차각의 변화를 도식화하여 나타내었다.

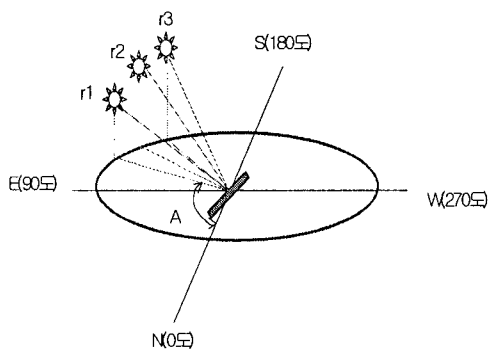


Fig. 5. Principle of control to propose solar tracking

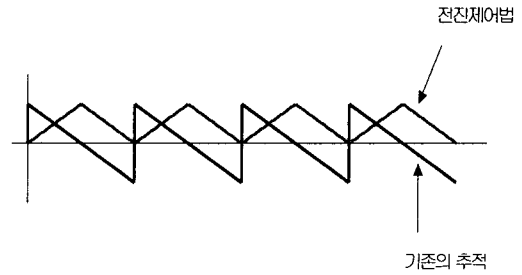
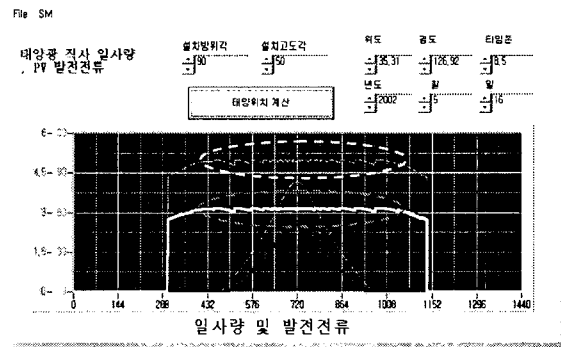


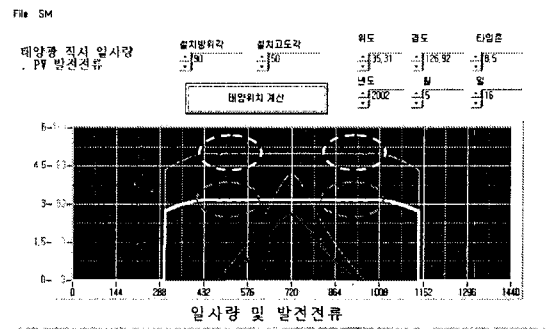
Fig. 6 Variation of distance angle with solar tracking

3.3 태양 전진추적 제어 시뮬레이션

그림 7은 오차 각도가 10°인 경우 시뮬레이션 한 결과이다. 기존 방식에 비해 전진추적 제어법이 광량과 발전량에서 개선됨을 알 수 있다. 또한 적정 오차각 실험에서 기존 방식을 적용한 경우 5°의 경우와 제안된 방식에서 10°의 오차각인 경우 특성이 거의 같음을 알 수 있다. 이에 비해 추적 횟수는 10° 오차각의 경우 22회로 5°인 경우 44회에 비해 절반이 감소하였다. 그림 9는 오차각 20°인 경우의 일사량과 발전 특성을 모의 실험한 결과이다. 이 경우도 제안된 방식을 적용한 경우 특성이 개선됨을 알 수 있다. 그림 9는 태양광 전진추적 제어법 블록도를 이다.



(a) General control method of solar tracking



(b) To propose control method of solar tracking

Fig. 7. 10° Distance Solar tracking

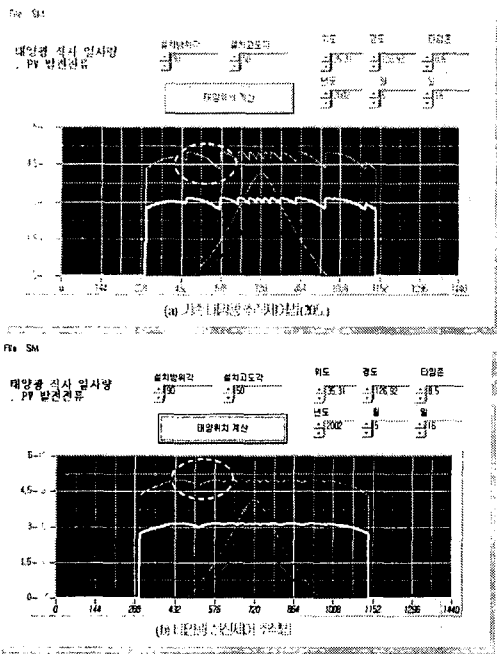


Fig. 8. 20° Distance solar tracking

전 일출 시간에 기동하면서 데이터를 초기화하도록 되어 있다. 그림 11은 태양광 전진추적 제어법을 적용하여 태양 추적 특성을 실험한 결과이다. 5월 달에 실험한 자료이며 날씨는 대체로 화창한 날하고 중간에 열린 구름의 영향을 잠깐씩 받았음을 알 수 있다.

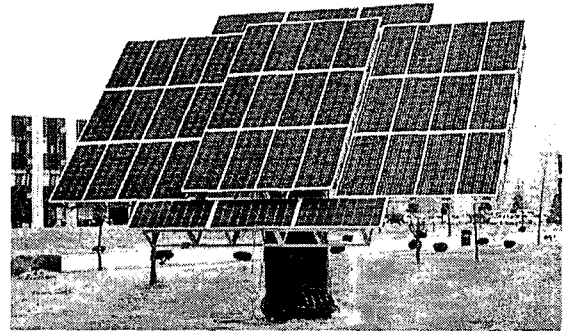


Fig 10. Solar tracker of 3kW PV generation system

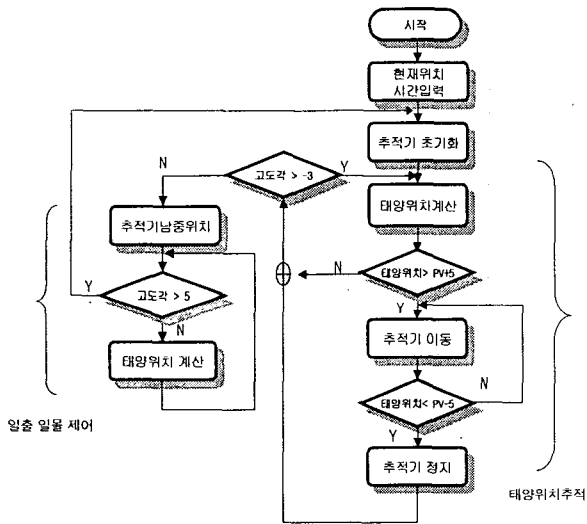


Fig. 9. Flowchart of control method to propose

4. 시스템 구성 및 실험

본 연구에서는 3kW급 태양광 추적 장치를 광주과학기술원 내에 설치하여 실험하였다. 75W, 17V PV모듈 42장이 설치되었다. 구동 장치는 220V, 1마력 단상 유도기를 사용하였고 발생 토크를 크게 하기 위해 7950:1의 2단 감속기를 사용하고 있다. 그림 10에 3kW 태양광발전 시스템에 적용한 추적 장치 사진이다. 추적 장치는 1/20° 정도까지 정밀 제어가 가능하고 누적 오차가 발생하지 않도록 오

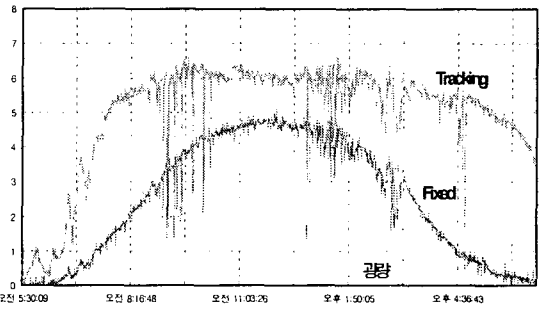


Fig. 11. Experiment result of solar tracking

5. 결론

본 연구에서는 무공해 재생에너지인 태양광을 연구하여 고가의 PV모듈을 최대한 활용할 수 있도록 하기 위해 태양광발전이 적합한 태양 추적 방법을 연구하였다. 자체 개발한 시뮬레이터를 사용하여 태양광 PV모듈간 오차각에 따른 광량 및 발전 특성을 실험한 결과 오차각을 5도 이하로 할 경우 발전량 감소 없이 추적 횟수를 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

또한 기존의 태양 추적 방법을 개선한 태양 전진추적 제어법을 제안하고 실험한 결과 기존 방식에 발전량 감소 없이 추적 횟수를 1/2로 감소시킬 수 있었다. 추적 횟수를 감소시킬 경우 구동장치의 소비 전력을 절감할 수 있고 고장을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 구동장치를 소형의 저가로 개발할

수 있는 장점이 있다.

현재 본 연구는 장기간 동안 실제 기상 상태에서 추적 장치에 대한 특성을 시험하고 검토할 필요가 있다. 향후 관련 내용을 추가로 연구 실험할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] T. Ikegami, T. Maezono, F. Nakanishi, Y. Yamagata, "Estimation of equivalent circuit parameters of PV Module and its application to optimal operations of PV system", Solar Energy Materials & Solar Cells, pp. 389-395, 2001.
- [2] Francois Giraud, Ziyad M. Salameh, "Analysis of the Effects of a passing cloud on a grid-interactive photovoltaic system with battery storage using neural networks", IEEE Transation on Energy Conversion, Vol. 14, No. 4, pp. 1572-1577, December 1999.
- [3] Tsa-Fu WU, Chien Hsuan Chang, Yong-Jng WU, "Sing-stage converters for PV Light system with MPPT and energy Backup", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic systems, Vol. 35, No. 4 October 1999.
- [4] V. Poulek, M. Libra, "A new low-cost tracking ridge concentrator" Solar Energy Materials & Solar Cells 61, pp. 199-201, 2000.