

소용량 태양 추적장치를 이용한 PV 시스템제작 및 출력특성

임훈우*, 박제웅*, 최문한*, 김평호**, 장용해***, 조금배*, 백형래*
* 조선대학교, ** 서강정보대학, ***광주기능대학

The Manufacture and Output Characteristics of Small PV System Using Solar Tracking System

Hong-Woo Lim*, Je-Woong Park*, Mun-Han Choi*, Pyoung-Ho Kim**
Yong-Hae Jang***, Geum-Bae Cho*, Hyung-Lae Baek*,
*Chosun University, **Seokang College, ***Gwangju polytechnic college

Abstract - Nowadays, almost of practical energy is come from the fossil fuel, such as coal, oil and gas those are limited and caused the environmental pollution. For these reason, solar energy is come into notice as a new alternative energy source to overcome the shortage of electricity in the future⁽¹⁾.

In this paper, small PV system using photo sensor for tracking sun is developed and is verified by experiments.

1. 서 론

태양을 추적하여 전달되는 태양에너지를 최대한으로 얻기 위한 태양추적장치는 태양전지나 태양열 집광장치 등에 이용되어 왔다. 태양추적장치는 태양전지의 집광면 법선방향과 태양전지모듈로 입사되는 태양광선의 방향을 일치시키기 위한 자동제어 장치이다. 즉, 태양추적장치는 매일 매일 시간에 따라 변화하는 태양의 위치를 추적하여 항상 태양전지모듈이 태양을 향하게 하여 태양전지 모듈에 입사되는 태양광선에 수직으로 놓여있지 않음으로 인하여 발생하는 손실을 최소화시켜 보다 많은 태양 에너지를 집광시킬 수 있도록 하는 자동제어 장치를 말한다.⁽²⁾

태양을 추적하여 더 많은 햇빛을 받게 하여 태양전지의 효율을 높이기 위하여 행해진 추적장치는 대형 방식에 많은 연구가 진행되어 왔다. 대형 추적 장치는 계속적으로 장치간에 걸쳐 태양을 추적하기 위하여 한 곳에 고정시켜 놓고 컴퓨터로 제어하고 추적함으로써 초기값이 날짜에 따라 어느 정도 고정되어 있고 센서에 의해 조금 수정하는 방식을 택하는 것이 일반적이다. 이와는 달리 소형추적장치는 이동성을 고려하여 휴대용으로 주로 이용되는데 단시간에 노트북이나 휴대폰에 충전하기 위한 방식이 될 것이다. 대형과 소형방식에는 그 사용방식과 초기 위치가 고정되느냐 혹은 바뀌느냐하는 점에서 차이를 보여주고 있으며 또한 이동식에서는 프로그램화하여 사용하는 데 제약이 많아 추적장치를 제작하고 제어하는데 있어 이를 유념 해야한다.

태양추적시스템은, 태양추적신호의 생성 방식에 따라서 다시 크게 4가지 방식으로 나눌 수 있는데, 자연형 방식(passive tracking), 태양 위치를 계산하여 시스템을 구동시키는 프로그램 방식, 광센서를 이용하여 태양의 위치를 찾아 구동시키는 센서식 및 프로그램/센서 복합방식으로 나눌 수 있다.^(3,4)

본 논문에서는 광센서를 이용하여 태양을 추적하는 방식으로 제어부는 마이컴을 이용하였으며 제작된 추적기로 실험을 통하여 실제 태양 아래에서 추적을 행하였다.

2. 추적장치 제작 및 제어

2.1 센서의 제작

추적장치에서 센서는 상당히 중요한 부분을 차지한다. 센서에서 정확한 데이터를 얻지 못하면 정확한 추적이 불가능하다. 센서는 5개의 광도전소자(CDS)를 이용하여 태양의 상태를 분석하며, 태양의 방위각 및 경사각의 변화에 따른 태양의 위치를 정확히 판별하게 된다. 그림 1은 실제로 제작된 태양센서를 보여주고 있으며 지름은 약 25mm 정도로 아주 작다.

태양전지에 입사되는 태양빛의 세기는 photodiode에 의하여 전압 또는 전류값으로 변환된다. 일반적으로 사용되는 태양전지는 photodiode의 큰 전류량을 이용하기 위하여 발생하는 전류를 전류/전압 차동 증폭에 의하여 전압으로 변화시킨다. 태양 빛의 세기를 전압으로 변환시킨 후 필터를 통과하게 하여 A/D변환을 시킨 후 비교에 의하여 태양의 위치를 분석하게 된다. 하지만 본 소형 태양전지 방식에서는 이러한 복잡한 방법을 사용할 수가 없다. 따라서 두 값의 비교에 의한 단순 비교방식으로 cpu가 연산작업을 실시하여 방위각과 경사각을 추적할 수 있도록 각각의 제어모터에 신호를 주게된다.⁽⁵⁾

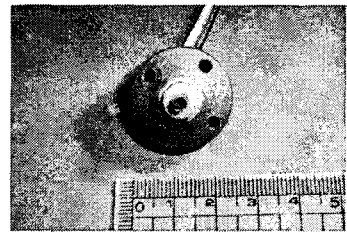


그림 1 태양광 추적기 센서 및 실물사진

2.2 제어회로 및 프로그램

본 연구에서 구현한 전체 알고리즘은 태양전지의 위치를 파악하여 구동부에 발전된 전원의 일부를 추적시스템의 에너지로 사용하고 나머지는 부하에 공급하게 된다. 발전된 전력을 추적 시스템의 구동부에서 최대한 전력소비를 줄이기 위하여 주제어 소자인 마이컴을 제외한 나머지의 시스템은 다운상태로 대기하도록 하여 수행하게 하였다.

2.2-1 태양광 추적기

그림 2는 제작된 추적기의 실물이다. 태양광 추적시스템은 크게 센서부, 센서드라이브부, 마이컴 주제어 회부, 모터 드라이브부, 가동부, 본체로 이루어져 있다.

센서부에서는 광도전소자(CDS)의 특성을 이용하여 태양과 이루는 각에 따른 빛의 밝기를 인위적으로 입사하도록 하여 소자 양단의 저항값의 변화를 검출하여 구

성하였다.

센서드라이브부에서는 검출된 저항값과 고정된 저항의 입력전압분배에 의해서 각각 5방향에서의 검출전압을 비교부에 입력하여 센서 중심부를 기준으로 태양의 위치를 판별하도록 신호값을 출력한다.

마이컴 주회로부는 원칩마이컴 PIC16F84A를 사용하여 센서 드라이브부의 입력과 이를 프로그램적으로 논리 기능을 수행한 후 출력 신호를 발생하게 되고 이 신호가 모터 드라이브부에 입력하게 된다. 이 부분에서 전력소비를 최소한으로 하기 위해 10분에 1회 풀로 마이컴 부를 제외한 나머지 시스템의 전원을 온-오프 시킨다. 또한 입력신호의 조건에 따라 구동 신호를 발생하며 일사량의 변화에 대응한 여러 가지 조건에 대한 설정이 프로그램화 되어있다.

모터 드라이브부는 모듈화된 단일칩으로 구성하였고 방위각과 경사각구동용 드라이브로 구성되어있다.

가동부는 스텝모터 2조로 되어있고 각각 방위각과 경사각으로 구동한다. 스텝모터는 한 펄스당 0.4 회전하며 감속기어를 사용하였으므로 정지토크는 무한대이다.

본체는 크게 3등분으로 나뉘며 태양전지 어레이, 받침 지지대, 회로기판과 모터구동부를 포함한 부분이다. 휴대하기 쉽게 분리가 가능하며 조립도 쉽게 구성하였다.

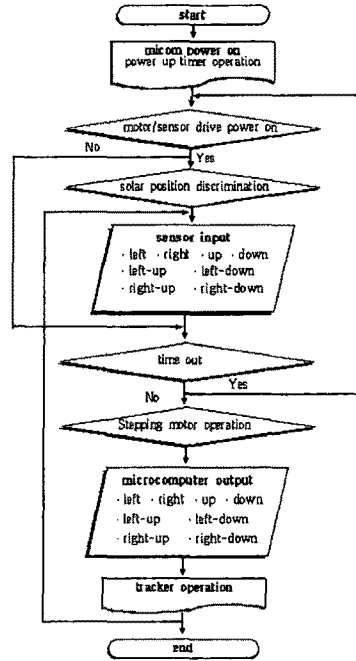


그림 3. 태양광 추적제어 알고리즘 순서도

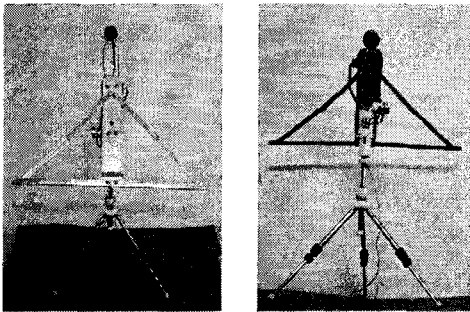


그림 2. 태양광 추적시스템

2.2-1 제어순서 알고리즘

그림3은 태양광 추적장치의 제어 순서도를 보여주고 있다. 제어알고리즘은 전원이 투입됨과 동시에 CPU, 파워업 타이머와 센서부 및 구동부에 전원이 투입되고 마이컴에서는 입력과 출력을 제어한다. 먼저 센서부에서 센서와 태양의 법선이 이루는 각도에 따른 신호가 검출되고 4가지의 입력조건이 성립된다. 센서 중앙부에 있는 광도전소자를 기준으로 좌, 우, 상, 하로 센서와 태양이 법선에 가까운 쪽에서 신호는 발생한다. 이렇게 발생된 신호는 비교기에 입력되고 각각 상, 하, 좌, 우의 위치 입력신호가 펄터를 거쳐 마이컴에 입력된다. 입력된 신호 조건에 의해 마이컴에서 출력을 제어한다. 출력된 신호는 4개의 출력포트를 한쌍으로 모터드라이브에 입력되며 2개의 드라이브로 상하좌우를 컨트롤한다. 발생된 전력소비를 최소한으로 하기 위해 10분동안 마이컴을 제외한 시스템의 전원을 차단하고 20회의 입력조건으로 판별한 출력신호를 출력하여 모터를 구동시킨다. 20회의 입력조건이 끝나면 다시 마이컴을 제외한 회로의 전원을 차단하고 대기모드로 돌아간다.

빛의 입사각과 확산도를 판별하기 위해 센서부의 출력 신호가 좌우 또는 상하의 신호가 동시에 입력될 때, 3개 이상의 입력신호가 들어올 때는 구름이 끼었거나 기타 이상으로 간주하고 출력신호는 발생되지 않는다.

2.2-2 제어회로도

방위각과 경사각을 동시에 제어하는 2축 태양광 추적 시스템의 디지털 제어 전체 회로도도 그림4와 같다. 전원 입력단자, 센서입력단자, 방위각제어 모터출력단자, 경사각제어 모터출력단자와 마이컴회로 및 주변회로, 드라이브부, 센서검출 및 증폭 비교판별부분으로 구성되어 있으며 DY5M-relay가 마이컴을 제외한 나머지 회로의 메인 차단 스위칭소자로 사용되었다.

마이컴은 PIC16F84를 사용하였다. 신호검출 및 증폭 비교판별부는 LM324와 C1815 및 저항소자의 조합으로 구성하였다. 모터드라이브 IC는 단일칩으로 구성된 L298N이 두 개가 사용되었으며 마이컴 전원의 안정화를 얻기 위해 7805 정전압 IC를 채용하였다.

그림4는 태양추적을 아날로그방식으로 제어하기 위한 회로도이다. 이것은 디지털 추적방식과 비교해 보기 위해서 제작된 회로이며 실제로 추적해 보았다.

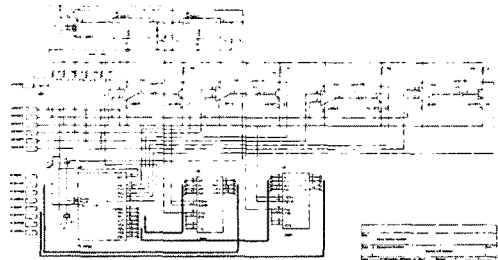


그림 4. 태양광 추적기 디지털 제어 회로도

그림5는 2축 추적기 회로기판의 외형 실물 사진으로 정전압 전원 회로부, 회로 차단장치부, 마이크로 컨트롤러부, 센서신호 비교부, 스텝모터 드라이브부, 디스플레이부 및 컨택선부로 구성되어 있다. 회로 패턴의 크기는 75×45×15 mm 이다.

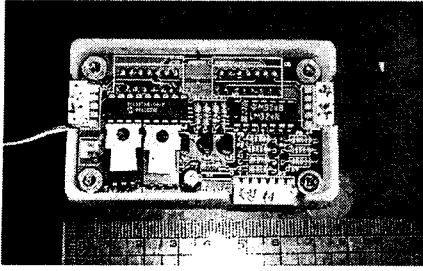


그림 5. 태양광 추적기 PCB 회로 배열 및 외함 실물사진

3. 태양추적 결과 및 분석

본 실험에 사용된 태양전지는 용량이 15W이고 측정된 태양전지의 개방전압은 약 18V였고 단락 전류는 약 670mA이었다. 부하는 실제로 사용될 충전조건을 만들기 위해서 12V, 7Ah 용량의 축전지를 사용하였다.

그림6은 추적상태모드에서 잠시 추적을 중지한 상태를 나타내는 파형이다. 추적을 중지한 상태이나 전체 시스템에 전원이 공급되고 있는 상태이다. 센서에 전원이 공급되는 상태에서 태양이 구름에 가려 센서에 빛의 밝기가 약할 때는 약 전체 시스템에 약 100 mA의 전류가 흐른다. 그러나 빛의 밝기가 강할 때는 파형에서 보는 것처럼 210mA의 전류가 흘러 시스템의 소비전력은 약 2.5W가 됨을 알 수 있다.

그림7은 상하구동 또는 좌우구동모터 중 하나만 구동할 때의 입력전압 및 전류파형으로 입력전압 12V이고 전류 275mA이다. 시스템 소비전력은 3.3W이다.

그림8은 상하모터와 좌우모터 동시에 구동할 때 입력 전압 및 전류파형으로써 전압 12V 전류 412mA, 소비 전력 약 5W이다. 이는 경사각을 제어하는 모터의 소비 전력이 커진 결과이다. 방위각을 추적하는 모터를 경사각도 동일하게 설치한 경우에는 최대 약 300mA가 흘렀다.

그림9는 빠른 실험수행을 위해 대기모드 시간을 12초로 설정하고 200초간의 태양광 추적기가 추적을 수행할 때 입력전압 및 전류변화 파형을 나타낸 것이다. 현재 최소전류 6mA로 구동되는 대기모드 시간을 짧게 설정해 놓았지만 실 구동 시에는 10분간의 대기모드시간으로 추적을 수행한다.

본 연구에서 태양을 추적하기 위하여 전 시스템을 구동할 때 최대 소비전력은 약 5W, 최소 소비전력은 0.07W다. 최소 소비전력에서 10분간 대기모드로 있다가 최대 혹은 그 이하에서 추적을 약 10초간 수행하게 되고 추적이 모두 이루어진 후 다시 대기모드로 돌아간다.

본 태양추적에서 있어 추적장치가 10분간 대기모드에서 대기하다가 평균 8초간 추적을 한다고 가정하면 전체적으로 소비되는 전류는 평균 10mA 정도 된다. 따라서 전체 시스템에서는 평균 약 0.12W의 전력이 소비됨을 알 수 있는데 15W를 충전할 수 있는 노트북용 태양 전지 모듈의 경우에는 전체 전력의 1%의 전력도 소모되는 않는다. 따라서 일반적으로 추적에 따른 효율의 증가가 하지 않은 것에 비해 10% 이상 된다고 보면 본 추적장치는 태양을 추적했을 때 더 많은 전력을 생산할 수 있음을 알 수 있다.

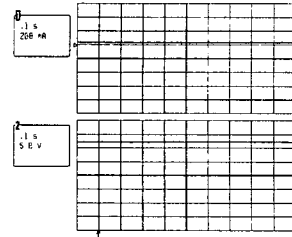


그림 6. 센서만 입력받을 때의 입력전압 및 전류파형.

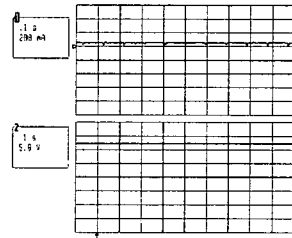


그림 7. 모터 1개 구동 시 입력전압 및 전류파형

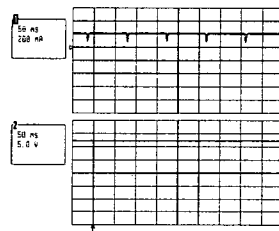


그림 8. 모터 2개 구동 시 입력전압 및 전류파형

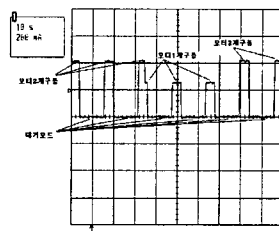


그림 9. 태양 추적 시 입력 전류파형.

그림10은 추적기에 태양전지 시스템을 탑재하여 구동시켰을 때 방위각 혹은 경사각 두 방향 중 한 방향으로만 추적하였을 경우의 출력전류와 전압을 나타낸 것이며 그림11은 두 방향 모두를 추적한 경우를 나타낸 파형이다. 그림 10과 11에서 볼 수 있는 결과는 모두 방위각과 경사각의 변화에 따른 전류의 변화를 단계적으로 보기 위하여 추적장치의 대기모드에서의 시간간격을 12초로 하고 센서에서의 신호검출과 모터에 출력하는 과정을 13회 반복하면 다시 대기모드로 돌아가게끔 프로그래밍하여 측정한 것이다. 또한 반복 회수를 13회 끝까지 지 않은 경우라도 센서의 값을 비교하여 태양이 정중앙 위치에 왔을 경우 바로 외부회로의 전원을 끊어 추적을 중지하고 12초간의 대기모드로 돌아가도록 하였다. 추적

방법을 지정된 시간으로 지정하지 않고 센서링과 출력의 반복되는 횟수로 지정하고 추적이 완료되면 바로 대기모드로 환원하는 방법은 시간을 지정하는 방법에 비해 소비전력을 최소화할 수 방법임을 확인할 수 있었다.

for automatic tracking", Solar Energy Vol. 37, No. 3, 1986, pp. 245-247

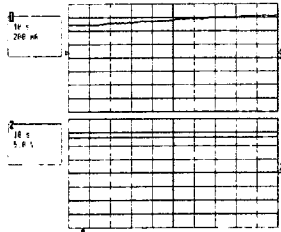


그림 10. 단방향 추적 시 태양전지의 출력전류 및 전압

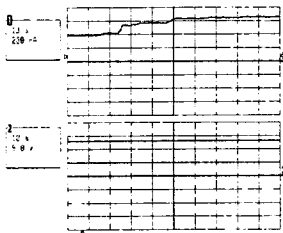


그림 11. 양방향 추적 시 태양전지의 출력전류 및 전압

5. 결 론

본 논문에서는 센서를 이용하여 방위각과 경사각 모두를 추적한 2축 제어방식을 이용하였으며 마이크로 컴퓨터가 센서에서 신호를 받아 태양의 위치를 판별한 후 각각의 축을 조절할 두 개의 모터에 신호를 주어 태양의 위치를 추적하는 방식이다. 디지털을 이용한 2축 제어방식은 약 10분 정도 마이크로컴퓨터를 가동시키고 외부회로의 전기를 차단하는 방법으로 추적을 행하는 방법을 택하여 대기모드에서 약 0.07W 전기만을 소비하게 함으로써 전력소비를 최소화하는데 성공했다. 10분간 대기모드를 행하고 8초 이내의 시간에 추적하도록 하면 평균 약 0.1W 이내의 전력만을 소비하게 되어 추적에 의한 태양전지의 전력생산을 극대화할 수 있었다.

제작된 추적기로 실제 태양 아래에서 추적을 행하여본 결과 모두 원활하게 작동함을 확인할 수 있었다. 이 기술을 더욱 발전시키면 상품화할 수 있을 것이라 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] W.A.Lynch and 2.M.Salameh, "Simple electro optically controlled dual axis sun tracker", Solar Energy, Vol. 45, No. 2, 1990, pp. 65-69
- [2] E.A. barber, H.A. Ingleby and C.A. Morrison, "A solar powered tracking device for driving concentrating collectors", Alternative Energy Source, 1977, pp. 527-539
- [3] R. Zogbi and O. Laplaze, "Design and construction of a sun tracker", Solar Energy, Vol. 33, No. 3/4, 1984, pp. 369-372
- [4] D.M. Noshier, R.E. Boese and R. J. Soukupt, "The advantage of sun tracking for planar silicon solar cells", Solar Energy, Vol. 19, 1977, pp. 91-97
- [5] Sode-Shinni Nmada Rumala, "A shadow method