

# One sensor방식의 추적식 PV System

고재홍<sup>1</sup>, 박정민<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국폴리텍대학 광주캠퍼스 전기과

## The Tracking Photovoltaic System by One sensor Type

Jae-Hong Ko<sup>1</sup> and Jeong-Min Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Electricity, Gwangju Campus of Korea Polytechnics

**요 약** 본 논문에서는 태양과 태양전지 모듈이 법선을 이루도록 기존에 태양의 방위각 및 고도각을 제어하는 양축 추적시스템에 2개의 센서를 사용하였던 Double-sensor방식에서 1개의 센서로 방위각 및 고도각을 제어할 수 있는 One-sensor방식의 양축 추적시스템을 제안하였다. 그리고 제안한 추적시스템을 제작하여 시스템의 실제 운전을 실행하였다. 제안한 추적시스템은 1개의 센서를 이용하여 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어하기 위해 방위각과 고도각을 제어하는 양축 추적시스템이다.

실험결과 가장 효율적인 운전과 불필요한 구동부의 동작을 방지하여 전력소모를 감소할 수 있었으며 고정식에 비해 본 논문에서 제안한 One-sensor방식의 양축 추적시스템이 약 23[%]의 발전효율이 증가함을 확인 할 수 있었다.

태양을 추적하여 더 많은 햇빛을 받게 하여 태양전지의 효율을 높이기 위하여 행해진 추적장치는 대형 방식에 많은 연구가 진행되어 왔다. 따라서 본 논문의 태양위치추적의 모니터링 시스템을 구축하여 지속적인 발전효율에 대한 실용화 연구를 통해 태양광발전시스템 보급에 큰 역할을 할 것이라 기대된다.

**Abstract** While traditional two-axis tracking systems with double sensors had been using two sensors to control azimuth and elevation angle of the sun so that a solar cell module would make a normal line with the sun, this paper proposed a new two-axis system that can achieve the same performance with only one sensor in it.

It is Two-axis tracking system that control azimuth and elevation to control to be reduced for solar cell module as proposed tracking system uses 1 sensors and the sun always forms normal.

Two-axis tracking system of one sensor method that propose in paper that could reduce electric power consumption and sees than fixed type preventing action and the most efficient driving and needless drive could confirm that generation efficiency of about 23 [%] increases.

To heighten efficiency of solar cell doing to receive more sunlights chasing the sun, done tracking device have proceeded a lot of studies in large size way. Therefore, is expected that will do big part in the sun tracking supply through utility study about persistent generation efficiency constructing monitoring system of the sun tracking of this paper.

**Key Words** : Photovoltaic, Tracking system

### 1. 서론

현재 태양전지의 변환효율은 상용제품의 경우 14%로 낮고 태양광발전시스템의 총 설비비 중 70%이상을 태양전지가 차지하고 있다. 따라서 기존의 전기설비에 비해

발전단가가 높은 경제성을 갖추기 위해서는 태양전지 재료의 성능향상, 주변장치의 효율 증대 및 관련분야에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되어야 할 것이다.

태양광발전시스템의 발전효율을 높이기 위한 방법으로는 일반적으로 높은 변환효율을 갖는 태양전지를 사용

\*Corresponding Author : Jeong-Min Park

Tel: +82-62-519-7194 Email: pvkorea@kopo.ac.kr

접수일 12년 09월 13일 수정일 12년 10월 05일

계재확정일 12년 10월 11일

하는 방법, 변환기의 변환효율을 높이는 방법 및 MPPT 제어를 하여 높이는 방법, 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 방법 등이 있다.

하지만 셀 자체의 변환효율을 높이는 방법은 발전단가를 높이는 주된 요인이 됨으로 현재에 있어서 효율성이 떨어지며, 변환기의 변환효율을 높이는 방법은 국내외 변환기 효율이 90%이상으로 그 한계에 도달하여 수 [%]의 효율을 높이기란 매우 어려운 실정이다. 또한 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 하는 방법은 태양광발전의 효율은 높일 수 있으나 시설단가가 높아지는 단점이 있다.[1-3]

본 논문에서는 태양과 태양전지 모듈이 법선을 이루도록 기준에 태양의방위각 및 고도각을 제어하는 양축 추적시스템에 2개의 센서를 사용하였던 Double sensor 방식에서 1개의 센서로 방위각 및 고도각을 제어할 수 있는 One sensor 방식의 양축 추적시스템을 제안하였으며, 제안한 추적시스템을 제작하여 시스템의 실제 운전을 통한 추적시스템의 타당성을 입증하고자 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 태양광발전시스템

태양광발전시스템에서 추적장치는 태양전지의 법선방향과 입사되는 태양광선의 방향을 일치시키기 위한 자동 제어장치를 의미한다. 즉, 추적장치는 계절과 시간에 따라 변화하는 태양의 위치에 따라 항상 태양전지 모듈이 태양을 향하도록 하여 태양전지 모듈이 태양광선과 수직으로 놓여있지 않음으로 인하여 발생하는 코사인손실을 최소화하여 태양에너지를 가능한 많이 이용할 수 있도록 하는 제어장치로서 추적장치의 종류에는 단축 추적장치, 양축 추적장치가 있다.[4-5]

단축 추적장치는 태양의 하루 이동경로를 동서 또는 남북으로 쫓아가는 시스템으로 입지에 따라 고정형 태양광발전시스템보다 약 10~15%로 발전량이 증가하며, 고도각 추적장치와 방위각 추적장치로 분류할 수 있다. 고도각 추적장치는 어레이면에 위치된 축이 회전함으로써 태양을 추적하며 그 축에 관한 설치 변수는 최대-최소 경사각과 회전축의 설치 방위각 또는 고도각이다. 경사각의 크기와 설치 방위각에 따라 태양광발전시스템의 부지면적과 어레이의 그림자 영향으로 발전효율이 저하되므로 사전에 충분한 검토가 필요하다.

또한, 방위각 추적장치는 태양광발전시스템 설치위치의 위도를 고려한 경사각으로 고정되고 설치변수는 설치

경사각 및 방위각, 회전각이며 회전축은 수직축에 대해서 회전한다.

양축 추적장치는 단축 추적장치 보다 정확한 추적을 위해 사용되며 양축 추적장치는 항상 방위각과 고도각이 회전함으로써 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어한다. 양축 추적장치는 고정형 태양광발전시스템에 비해 발전량이 약 25~35%정도 증가하는 반면 초기 투자비가 많이 드는 단점이 있으며 구동축 배열 방식에 따라 Azimuth-elevation 추적방식과 Polar 추적방식으로 나눌 수 있다.

Azimuth-elevation 추적방식은 지표면과 수직인 Azimuth 축을 중심으로 회전하고 동시에 이에 수직하며 동서로 배열한 Elevation 축을 기준으로 회전하는 방식이다. 이에 반해, Polar 추적방식은 지구의 자전축과 Polar 축에 대하여 시간당 15°씩 회전하고 동시에 이와 수직한 적위 축을 기준으로 년  $\pm 23.5^\circ$ (시간 당 최대 0.0016°이내)에서 회전하는 방식으로 현재 구미 각국에서 운용되고 있는 집광식 태양광 활용시스템에서 가장 보편적으로 사용되고 있다.

태양전지를 태양과 수직방향으로 항상 유지하기 위한 태양 추적방법으로는 태양 추적신호 발생방식에 따라 광센서를 이용하는 센서방식과 태양의 위치를 계산하여 추적하는 프로그램방식, 센서와 프로그램을 병행하여 이용하는 하이브리드방식 등 크게 3가지 방식이 있다. 각 방식은 서로 장단점이 있어 사용하고자 하는 목적과 외부 환경 및 태양 추적정확도 등을 고려하여 적용하여야 한다.

### 2.2 시뮬레이션

고정식 및 경사각변형, 추적식 등 PV 어레이의 설치형태에 따른 발전량을 비교분석하기 위하여 Symphony사의 SE-S86 태양전지 모듈 1장을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 태양전지 모듈의 파라미터를 나타내고 있다. 시뮬레이션 툴은 Solar pro V3.0을 이용하였으며, 시뮬레이션 파라미터 조건은 경도 126.55°와 위도 35.8°로 하였다.

[표 1] 태양전지 모듈의 파라미터

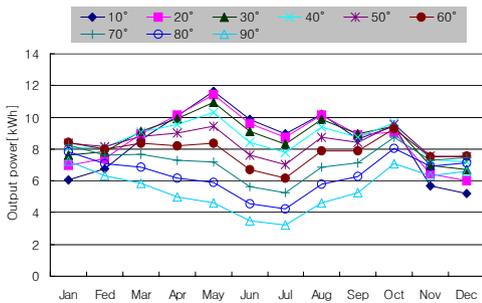
[Table 1] Parameter of PV module

Parameter	Value
Cell Type	Multi-crystalline Si
Peak Power(Pmax)	86W
Peak Power Voltage(Vmax)	18.54V
Peak Power Current(Imax)	4.67A
Open Circuit Voltage(Voc)	22.5V
Short Circuit Voltage(Isc)	5.10A
Module Efficiency( $\eta_m$ )	13.3%

태양전지를 고정식 및 경사가변형으로 설계할 경우의 발전량을 비교분석하기 위하여 방위각은 정남향, 경사각은 0°에서 90°까지 10°씩 변환시키면서 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 1은 경사각 변화에 따른 월별 발전량 그래프를 나타내고 있다. 연간 발전량은 경사각이 30°일 때 104.89[kWh]로 가장 많았으며, 월별 발전량은 1월과 2월, 3월에는 경사각이 각각 60°, 50°, 30°에서 발전량이 높게 나타났으며 4월에는 20°, 5월과 6월, 7월, 8월에는 10°의 경사각에서 발전량이 높게 나타났다. 또한 9월, 10월에는 각각 30°, 40°의 경사각에서 발전량이 높게 나타났으며 10월, 11월에는 50°, 60°의 경사각에서 발전량이 높게 나타났다.

따라서, 고정식의 경우 30°의 경사각으로 설계하는 것이 발전량이 가장 높았으며, 경사가변형의 경우 1월~12월 각각 60°, 50°, 30°, 20°, 10°, 10°, 10°, 10°, 30°, 40°, 50°, 60°로 경사각만을 조절하여도 고정식에 비해 5.21[kWh]정도 발전량을 높일 수 있다.

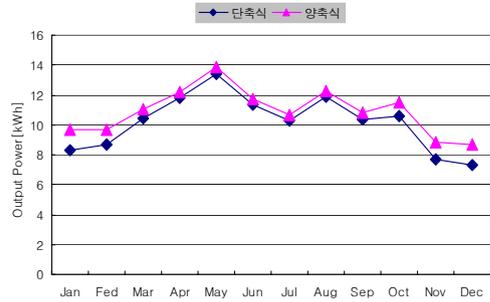


[그림 1] 경사가변형 PV시스템 월별 발전량  
[Fig. 1] A monthly PV generation value at the tilt angle

태양전지의 법선방향과 입사되는 태양광선의 방향을 일치시키기 위한 추적방식에는 단축식과 양축식이 있다. 본 논문에서는 단축식과 양축식의 발전량을 비교분석하기 위해 방위각만을 추적하는 단축식과 방위각 및 고도각을 함께 추적하는 양축식을 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2는 단축식과 양축식의 월별 발전량 그래프를 나타내고 있다. 월별 발전량은 양축식이 단축식에 비해 1월과 2월, 3월에는 각각 1.38[kWh], 0.92[kWh], 0.57[kWh] 정도 높게 나타났으며, 4월과 5월, 6월은 각각 0.42[kWh], 0.43[kWh], 0.38[kWh] 높게 나타났다. 또한 7월과 8월, 9월에도 각각 0.35[kWh], 0.4[kWh], 0.46[kWh]정도 높게 나타났으며 10월과 11월, 12월에는 각각 0.87[kWh], 1.13[kWh], 1.38[kWh]정도 높게 나타났다.

따라서, 방위각과 고도각을 함께 추적하는 양축식으로 설계한다면 방위각만을 추적하는 단축식에 비해 연간 8.67[kWh]정도의 발전량을 높일 수 있다.

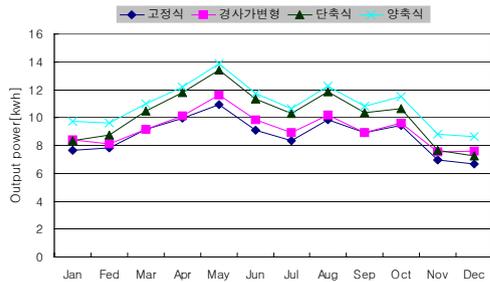


[그림 2] 단축 양축 태양광발전시스템 월별 발전량  
[Fig. 2] A monthly PV generation value of one-axis and two-axis

본 논문에서는 고정식, 경사가변형, 단축식, 양축식 등 PV 어레이 설치 형태에 따른 출력특성을 비교분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 3은 PV 어레이 설치 형태에 따른 월별 발전량 그래프를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 양축식이 고정식, 경사가변형, 단축식에 비해 각각 발전효율이 25%, 19%, 7%정도 높게 나타났으며, 단축식이 고정식 및 경사가변형에 비해 각각 16%, 11%정도 높게 나타났다. 또한 경사가변형은 고정식에 비해 5%정도 발전효율이 높게 나타났다.

따라서, 경사각을 계절에 따라 최적의 상태로 조절한다면 경사각 변화에 따른 효율의 감소를 최소화 할 수 있을 것이며 방위각만을 추적하여도 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 발전효율을 최대로 하기 위해서는 방위각과 경사각 모두를 추적하는 양축식이 적절하다는 것을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다.



[그림 3] 설치형태에 따른 태양광발전시스템 월별 발전량  
[Fig. 3] A monthly PV generation value at PV installation shape

### 2.3 추적시스템 제어부

본 논문에서는 센서방식을 이용하여 방위각과 고도각을 제어하는 양축 제어방식을 채택하였다. 이것은 방위각을 제어하는데 모터 하나를 사용하며 경사각을 제어하는데 모터 하나를 사용함으로써 총 2개의 모터를 이용하여 태양전지 위쪽의 광센서에 의해 태양빛의 세기를 비교하여 태양을 추적할 수 있는 방식이다. 이 방식의 특징은 방위각은 물론 경사각을 조절할 수 있어 정확한 태양의 추적이 가능하며 이에 따라 보다 높은 태양전지의 효율이 증가될 수 있다. 하지만 방위각과 경사각을 제어하기 위해 모터가 2개 필요하며 방위각 제어 시에는 적당한 토크면 가능하지만 경사각 제어 시에는 모터의 강력한 토크가 요구된다. 또한 센서와 2개의 모터를 사용함으로써 전력소모가 클 것으로 생각된다.

따라서 시스템을 구성하는데 있어 센서 및 2개의 모터에 의한 전력소모, 모터의 토크 등을 고려해야 할 것이다. 시스템은 크게 태양전지 어레이, 센서 및 구동부, 시스템 제어부로 구성되어 있다.

본 논문에서는 추적시스템이 태양의 위치를 추적하지 않을 경우 수평안전모드로 프로그램을 설정하여 가장 효율적인 운전과 불필요한 구동부의 동작을 방지하여 전력소모를 감소하고, 날씨가 좋지 않은 악천후 시에도 별도의 기상장치 없이 수평모드로 동작하게 하여 풍압에 의한 지지력이 가장 좋은 수평안전모드로 전환하게 하였다. 태양 추적시스템은 크게 센서, 센서부, 제어부, 구동부로 이루어져 있다.

센서에서는 광도전소자(cds)의 특성을 이용하여 태양과 이루는 각에 따른 빛의 밝기를 인위적으로 입사하도록 하여 소자양단의 저항값의 변화를 검출하도록 구성하였다. 센서부에서는 검출된 저항값과 고정된 저항의 입력전압분배에 의해서 각각 동서남북 4방향에서의 검출전압을 비교부에 입력하여 태양의 위치를 판별하도록 신호값을 출력한다.

제어부는 ATmega16을 사용하여 센서부의 입력신호를 프로그램화하여 논리기능을 수행한 후 출력 신호를 발생시켜 태양의 방위각과 고도각 값에 따른 입력신호를 모터 드라이브부에 입력하여 태양전지 모듈이 태양의 법선 방향에 위치하도록 한다.

구동부는 DC모터 2개로 구성되어 있으며 각각 방위각과 경사각을 구동하며 DC모터는 1: 130의 감속기어를 사용하였다.

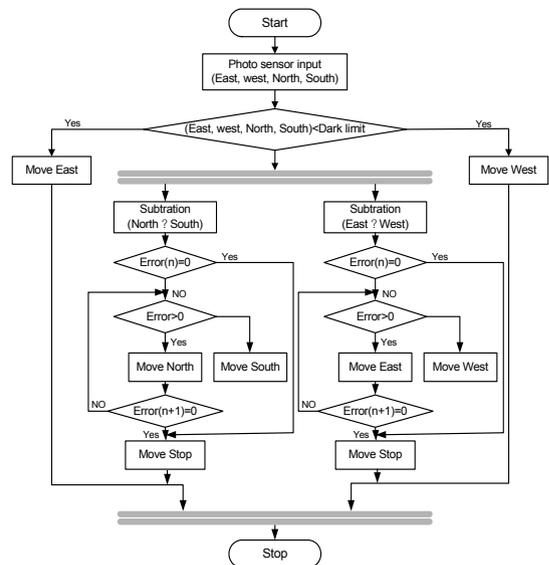
#### 2.3.1 제어알고리즘

그림 4는 센서 추적방식의 제어알고리즘을 보여주고 있다. 4개의 Photo TR이 값을 받아 값이 모두 일정 값보

다 낮아 밤이라고 판별되면 초기상태 즉, 방위각은 동쪽을 향하도록 복귀하고 고도각은 수평상태로 복귀한다. 또한 4개의 Photo TR 값 중 1개 이상의 값이 일정 값보다 크면 낮으로 판별하여 태양의 위치를 추적하게 된다.

먼저 동과 서, 남과 북에 위치한 Photo TR에서 생성된 값을 센서부에서 비교하여 센서와 태양의 법선이 이루는 각도에 따른 신호가 검출된다. 이렇게 발생된 신호는 마이크로프로세서에 입력되어 입력된 신호 조건에 의해 마이크로프로세서에서 출력을 제어한다. 출력된 신호는 4개의 출력포트를 한 쌍으로 모터드라이브에 입력되며 2개의 드라이브로 방위각과 고도각을 추적하게 된다.

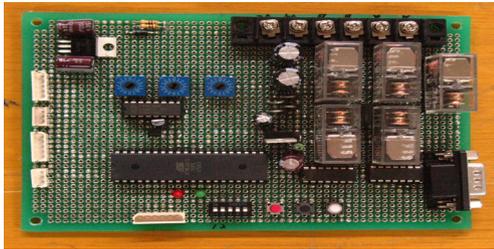
또한 우천이나 흐린 날에는 센서의 오동작을 방지하기 위하여 4개의 Photo TR의 값이 모두 연속 5시간 이상 암흑 즉 일정 값보다 낮을 때 초기상태로 복귀되도록 하였다.



[그림 4] 센서추적방식의 제어알고리즘  
[Fig. 4] Control algorithm of sensor tracking method

#### 2.3.2 제어회로

그림 5는 추적시스템의 제어부 사진을 나타내고 있으며 방위각과 경사각을 동시에 제어하는 양축 태양광 추적시스템의 제어부는 전원입력단자, 센서입력단자, 방위각제어 모터출력단자, 경사각제어 모터출력단자와 마이크로프로세서회로 및 주변회로 등으로 구성되어 있으며 Relay가 마이크로프로세서를 제외한 나머지 회로의 메인 차단 스위칭소자로 사용되었다. 또한 볼륨식 리미트 스위치는 방위각 및 고도각의 추적 유효각을 제어하는데 사용되었다.



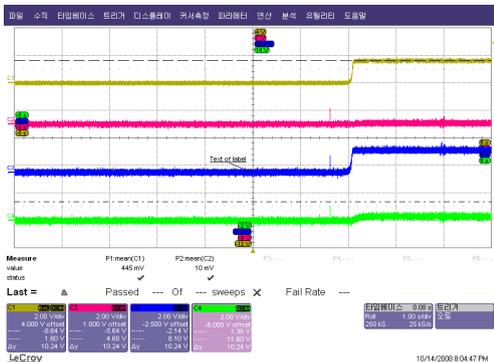
[그림 5] 추적시스템의 제어부 사진  
[Fig. 5] Picture of solar tracking controller

### 2.4 태양추적성능 특성

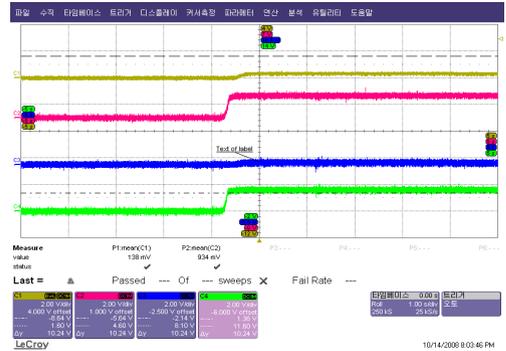
본 논문에서는 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어하기 위해 센서방식으로 태양추적 제어알고리즘을 적용하였고, 1개의 센서를 이용하여 방위각과 고도각을 모두 추적하였다.

그림 6과 그림7, 그림 8, 그림 9는 센서에서 검출한 전압 파형을 나타낸 것이다. 그림 6에서와 같이 위에서부터 A(동), B(서), C(남), D(북)에서의 센서 출력값을 각각 비교하여 음영이 발생하지 않은 센서에서는 전압이 발생하게 된다. 이는 A와 C센서의 전압이 발생하지 않을 경우 음영이 발생했다는 의미가 되고 따라서 전압이 발생하지 않는 A와 C쪽으로 구동신호를 발생하게 된다.

그림 6의 경우 방위각과 고도각을 제어하는 각각의 센서에 음영이 발생한 경우 검출한 전압파형이다. A와 C센서의 전압은 약 1.8V이고 센서 B와 D는 0V를 출력하고 있다. 따라서 태양이 B와 D사이에 위치함을 판별하게 되고 그 방향을 향해서 모터의 구동신호를 발생하게 된다. 또한 그림 7은 그림 6과 마찬가지로 A와 C사이에 음영이 발생하여 방위각과 고도각을 모두 추적할 경우의 전압파형을 나타낸다.



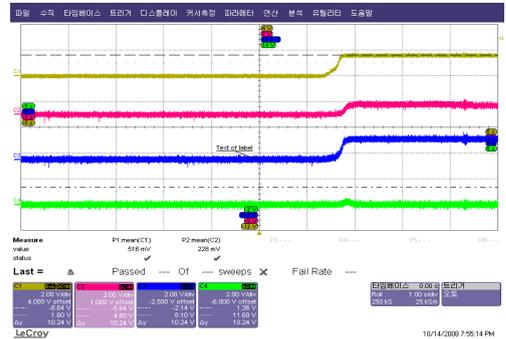
[그림 6] B, D 음영시 각각 센서의 출력전압  
[Fig. 6] Output voltage of each sensor when they are in the B and D



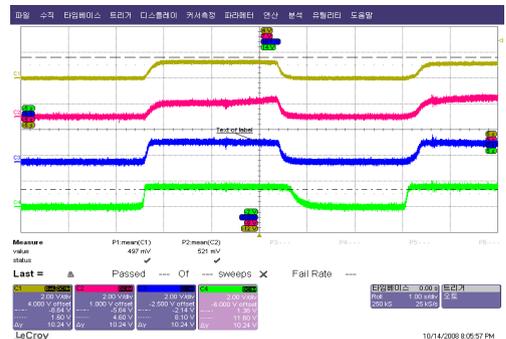
[그림 7] A, C 음영시 각각 센서의 출력전압  
[Fig. 7] Output voltage of each sensor when they are in A and C

그림 8의 경우 센서 D에만 음영이 발생하여 고도각만을 추적할 경우의 전압파형을 나타낸다.

또한 그림 9의 경우 태양전지가 태양의 중앙에 왔을 때 센서에서 검출한 전압파형을 나타낸다. 따라서 A, B, C, D는 일정한 전압값을 가지게 되고 더 이상 추적을 하지 않게 된다.



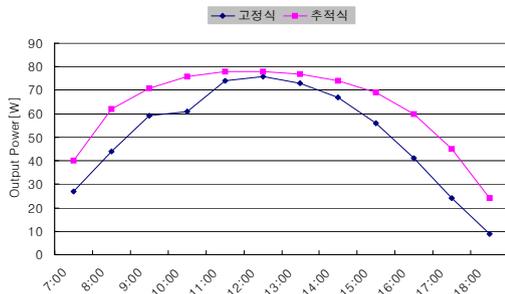
[그림 8] D 음영시 각각 센서의 출력전압  
[Fig. 8] Output voltage of each sensor when they are in the D



[그림 9] 가운데 음영시 각각 센서의 출력전압  
[Fig. 9] Output voltage of each sensor when they are in the Center

### 2.5 태양추적 운전특성

본 논문에서 제안한 추적장치를 햇빛이 있는 야외에서 가동하자 태양의 중심을 향해 추적이 실행되었다. 그림 10은 일사량이 좋은 날 동일 모듈을 이용하여 고정식과 추적식의 일일 누적발전량을 데이터화한 것이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 고정식에 비해 추적식의 일일 누적발전량이 약143[W]정도 차이가 낮으며, 태양전지 법선의 기울기가 크면 클수록 고정식보다 추적식의 발전출력이 현저히 높아진다는 것을 알 수 있었다.



[그림 10] 고정식과 추적식의 일일 발전량차이  
[Fig. 10] Compare with a fixed type and tracking type

### 3. 결론

태양 추적장치는 시간에 따라 변화하는 태양의 위치를 추적하여 항상 태양전지 모듈이 태양을 향하게 한다. 태양 추적장치는 태양의 경사각 또는 방위각만을 추적하는 단축 태양추적시스템을 사용하기도 하나, 보다 정확한 추적을 위해 일반적으로 태양의 방위각은 물론 경사각에 따른 태양의 변화를 추적하는 양축 태양추적시스템을 사용한다. 본 논문에서 제안한 추적시스템은 태양의 위치를 추적하지 않을 경우 수평안전모드로 프로그램을 설정하여 가장 효율적인 운전과 불필요한 구동부의 동작을 방지하여 전력소모를 감소하고, 날씨가 좋지 않은 악천후 시에도 별도의 기상장치 없이 수평모드로 동작하게 하여 풍압에 의한 지지력이 가장 좋은 수평안전모드로 전환하였으며, 1개의 센서를 이용하여 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어하기 위해 방위각과 고도각을 제어하는 양축 추적시스템을 구성하여 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

시뮬레이션 결과 양축식이 고정식, 경사가변형, 단축식에 비해 각각 발전효율이 25[%], 19[%], 7[%]정도 높게 나타났다. 따라서, 발전효율을 최대로 하기 위해서는 방

위각과 경사각 모두를 추적하는 양축식이 적절하다는 것을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다.

센서를 여러 각도에서 실험한 결과 태양의 위치에 따라 민감하게 반응하였지만 센서의 순간적 전압 오차에는 추적하지 않았으며 이는 별도의 기상장치 없이도 구름이나 센서부의 이물질 등에 의한 일시적인 전압 오차 신호에 대해 모터를 구동하지 않으므로 불필요한 전력소모를 줄일 수 있었다.

일사량이 좋은 날 동일모듈을 이용하여 고정식과 추적식의 일일 누적발전량을 비교한 결과, 고정식일 때 611[W], 추적식일 때 754[W]로 약 143[W]의 차이가 남을 확인할 수 있었으며 태양전지 모듈의 법선 기울기가 크면 클수록 고정식보다 추적식일 때 약 23[%]의 발전효율이 증가함을 확인 할 수 있었다.

태양을 추적하여 더 많은 햇빛을 받게 하여 태양전지의 효율을 높이기 위하여 행해진 추적장치는 대형 방식에 많은 연구가 진행되어 왔다. 따라서 본 논문의 태양위치추적의 모니터링 시스템을 구축하여 지속적인 발전효율에 대한 실용화 연구를 통해 태양광발전시스템 보급에 큰 역할을 할 것이라 기대된다.

### References

- [1] 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.
- [2] R. Andoubi, A. Mami, G. Dauphin, M. Annabi, "Bond graph modelling and dynamic study of a photovoltaic system using MPPT buck-boost converter", IEEE ICS, Vol. 3, pp. 200-205. 2002.
- [3] Mohan Undeland Robbins, "Power Electronics", Willey, Second Edition, 1995.
- [4] Kotsopoulos A., Duarte J. L., Hendrix M. A. M., Heskes P. J. M., "Islanding behaviour of grid-connected PV inverters operating under different control schemes" Proceedings of the 2002 IEEE 33rd Annual IEEE Power electronics Specialists Conference, Vol.3, pp. 1506-1511. 2002.
- [5] P. L. Swart, J. D. Van Wyk, "Source tracking and power flow control of terrestrial photovoltaic panels for concentrated sunlight", 12th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Vol. 1, pp. 700-705. 1998.

**고 재 흥**(Jae-Hong Ko)

[정회원]



- 2001년 8월 : 경상대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2010년 8월 : 순천대학교 대학원 전자공학과 박사수료
- 1991년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 전기과 교수

<관심분야>

태양광 발전, 전기시스템제어

---

**박 정 민**(Jeong-Min Park)

[정회원]



- 2002년 2월 : 조선대학교 전기공학과 (학사)
- 2004년 2월 : 조선대학교 일반대학원 전기공학과 (석사)
- 2009년 2월 : 조선대학교 일반대학원 전기공학과 (박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 전기과 교수

<관심분야>

전력전자