

논문 2010-47SC-6-2

# CDS센서를 이용한 이동 가능형 태양추적시스템 설계

## (Design of movable Tracking System using CDS Type Sensor)

심 명 규\*, 지 언 호\*\*, 전 순 용\*\*\*

(Myung-Gyu Sim, Un-ho Ji, and Soon-yong Chun)

### 요 약

태양광발전은 발전 셀의 특성상 태양광의 일사량에 따라 발전량이 달라지며, 태양과 셀 단면이 이루는 각도에 의하여 발전량에 차이를 가져온다. 일사량은 경도와 위도로 분류되는 지구표면의 위치와 계절에 의하여 결정되는 반면, 태양과 발전 셀의 단면이 이루는 각도는 고정된 위치에서 태양광발전 장치의 각도를 가변함으로써 변경가능하다. 실용적인 발전효율 향상 방안으로 태양광 발전 장치의 각도 조절방법이 많이 사용되며, 이를 위한 태양추적장치에 대한 연구가 활발하다. 본 연구에서는 태양광발전 효율향상을 위한 태양추적시스템에 관한 연구를 진행하였다. 본 연구의 태양추적시스템은 광도전효과(Photoconductive effect)를 이용한 반도체 포토센서를 이용하여 태양의 위치확인을 위한 센서부를 구성하였으며, 센서의 출력신호를 마이크로프로세서를 이용하여 해석하고, 태양을 추적하기 위한 구동부 제어신호를 발생시켰다. 태양추적시스템의 성능분석을 위한 태양발전장치(10W)를 제작하였으며, 실험을 통하여 연구에서 설계및제작된 태양추적장치의 유용성을 확인하였다.

### Abstract

Amount of power generated from solar photovoltaic can vary according to solar flux of sunlight due to nature of solar cell panel, and an angle that the sun and the surface of cell makes brings difference in amount of power generation. Solar flux is decided by location of surface of the Earth that is classified into longitude and latitude, but on the other hand, an angle that the sun and the surface of cell makes can be changed by changing the angle of a solar power generation device at the fixed location. A method of changing the angle of a solar power generation device as a measure for improving practical power generation efficiency, and studies about a solar tracking device for this are in active. This study conducted a research on a solar tracking system for improvement of solar power generation efficiency. A solar tracking system of this study is composed of a sensor part to confirm a location of the sun with a semiconductor photosensor using the photoconductive effect, and it analyzed output signal of a sensor by using microprocessor and it produced a control signal of driving part for tracking the sun. A solar power generator (25W) was produced to analyze performance of a solar tracking system and usefulness of a solar tracking device that was designed and produced in this study was confirmed through experiments.

**Keywords :** CDS Cell, solar system, sun tracking, renewable energy

## I. 서 론

지구 환경오염은 에너지 사용의 증대로 21세기의 최대 과제로 부상하고 있다. 특히 화석 에너지사용에서 오는 탄산가스 발생은 온실가스 증가와 오존층 파괴의

주원인이 되어 지구 온난화 현상을 가속화하게 될 것이다. 이러한 변화에 대응하고자 세계는 온실가스 규제 협약을 규정하고, 실행에 옮기고 있다. 또한 사용가능한 석유자원의 고갈로 인한 대체에너지에 대한 관심이 증가하고, 신재생에너지 개발에 대한 많은 연구개발이 이루어지고 있다<sup>[2]</sup>. 신재생에너지 분야에서 큰 비중을 차지하는 발전으로 태양광 발전이 있다. 태양광 발전은 화석 연료를 사용하지 않고 태양에너지를 이용하여 환경오염이나 소음발생이 적고, 에너지원이 무한하다는 장점을 가지고 있다. 기술적으로 규모에 비해 발전량은 변하지만 발전 효율은 규모에 관계없이 일정하며, 태양

\* 정회원, 동양대학교 전자제어과  
(DongYang University)

\*\* 정회원, 동양대학교 시스템제어공학과  
(DongYang University)

\*\*\* 정회원, 동양대학교  
(DongYang University)

접수일자: 2010년7월15일, 수정완료일: 2010년11월15일

광이 닿는 곳이면 전기를 필요로 하는 어느 장소에서도 발전할 수 있고, 연료의 공급없이 20년 이상 사용 가능할 뿐만 아니라 운전, 유지관리 및 보수비용의 절감으로 인해 대체 에너지원으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 태양광발전은 일사량과 발전을 위한 셀 단면이 태양과 이루는 각도에 따라 발전량에 차이가 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 특성으로 태양광발전분야에서는 셀의 발전특성 향상을 위한 연구와 함께 태양에너지의 효과적인 집광을 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 일사량은 지역에 따라 차이가 발생하는 요소로 발전효율을 증대시키기 위해서는 발전 장치의 설치장소가 달라져야 한다는 제약이 있는 반면, 발전 셀 단면이 태양과 이루는 각도는 발전장치의 기구부를 회전시킴으로서 태양과 이루는 각도를 가변할 수 있다<sup>[4-6]</sup>. 따라서 본 연구에서는 태양광발전의 효율을 향상시키기 위하여 발전시스템의 태양추적에 기초가 되는 태양 추적 장치를 설계하였으며, 실험을 통하여 발전 효율 향상 성능을 확인하였다. 이러한 태양추적시스템은 대형 발전 시스템에서도 유용하게 활용될 것으로 판단되며, 특히 소형화가 가능하여 군에서 야전훈련/작전수행간 운용되는 무전기 및 야시경등의 비상 전원장치의 효율을 향상시킬 것으로 판단된다.

## II. 본 론

### 1. 추적시스템의 설계

#### 가. 시스템의 센서부

##### (1). 센서부의 디자인

본 연구에서 사용한 광도전효과(Photo conductive effect)를 이용한 반도체 포토센서(CDS cell)는 그림 1 과 같으며, 표 1은 포토센서의 전기적 특성으로 본 연구에서 사용된 센서는 최대정격파워 100mW, 최대정격 전압 150Vdc의 센서로서 입사 광량에 따라 저항 값이 변화한다.



그림 1. 반도체 포토센서(CDS)  
Fig. 1. Cds Photo CELL.

표 1. CDS cell 특성표  
Table 1. Specification of CDS.

최대정격	Power dissipation	100mW
	Max Voltage	150Vdc or AC
	Temp. Range	-30~+70°C
광-전기 특성	Light Resistance at 10 Lux	min20, max 50Kohm
	Gamma Value at 10~100 Lux	0.7typ
	Dark Resistance at 0 Lux	min 2Mohm
	Peak Spectrol Response	min 550, max 650nm

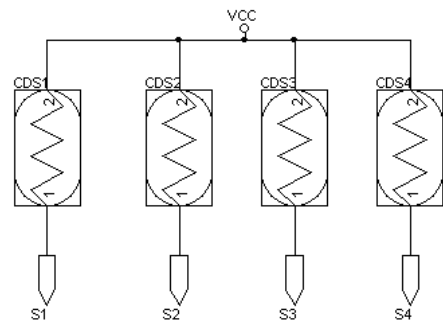


그림 2. CDS센서의 디자인  
Fig. 2. Design of CDS Sensor.

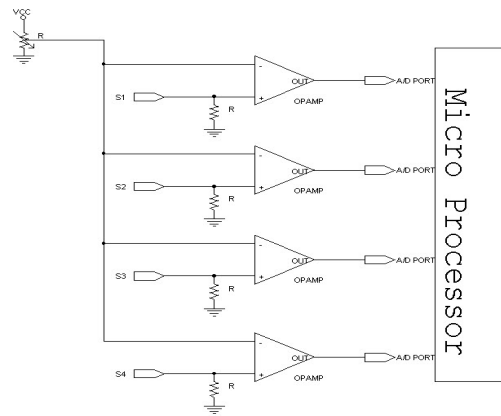


그림 3. 입력된 센서값의 비교  
Fig. 3. Compare Circuit.

그림 2는 CDS Cell배열을 보여주며 4개의 센서를 이용하여 광량에 따른 전기특성 신호를 검출하고, 검출된 신호를 그림 3과 같이 마이크로프로세서의 ADC 입력 단으로 전달한다.

그림 2와 같이 4개의 CDS Cell로부터 센서의 입력 값이 마이크로프로세서의 입력포트에 전달된다. 프로세서로 전달된 센서신호는 A/D converter를 이용하여 디지털 신호로 변환하여 분석하고, 센서의 신호 분석 결과에 의하여 구동부를 동작시켜 태양을 추적하게 된다.

(2). 센서부의 구성

센서부는 그림 4와 같다. 중앙에 위치한 기둥은 그림자를 생성하기 위한 부분으로 설계되었다. 태양과 이루는 각도에 따라 형성되는 기둥의 그림자는 상하좌우에 위치한 포토센서에 전달되는 광량에 변화를 가져오고, 광량의 변화는 센서의 출력신호를 변화시킨다. 이러한 구조는 태양의 위치에 따라 각 센서의 출력이 다르며, 기둥의 길이 방향과 태양광의 입사 방향이 일치할 때 기둥의 상하좌우 센서에서 대동소이한 출력을 생성하게 된다.

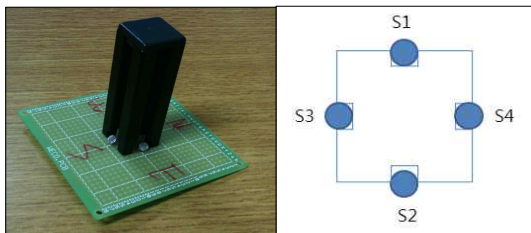


그림 4. 상하좌우 센서의 배치  
Fig. 4. Localization of Sensor.

나. 시스템의 구동부

본 연구에서 태양추적시스템의 유용성을 확인하기 위한 소형 태양발전시스템을 구성하였다. 태양발전시스템은 발전부와 구동부, 그리고 제어부로 구성되며, 그림 5는 모터 구동부의 H-Bridge 회로이다.

그림 5에서 모터는 DC모터를 사용하였고 모터 드라이버는 모터의 정/역 제어에 원활한 H-Bridge 회로를 사용하였다. P형 MOSFET와 N형 MOSFET의 조합에 의해 모터의 회전이 정/역으로 바뀐다. 모터 드라이버 프로세서에 의해 ON1에 신호가 입력되면 Q1과 Q4를 스위칭하여 모터를 정회전 시키고 ON2를 통하여 역회전을 시킨다. ON1과 ON2의 신호가 동시에 들어가게

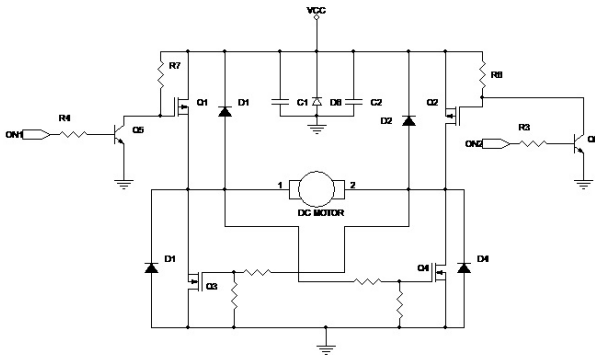


그림 5. 모터 구동부 H-Bridge 회로  
Fig. 5. Motor Driver Circuit.



(a) 상하제어 모터 (b) 좌우제어 모터

그림 6. 상하 좌우 모터  
Fig. 6. Up/Down and Left/Right Motor.

되면 모터의 전압이 상승하고 소자에 열이 발생하여 회로가 손상된다. 이를 막기 위해 프로세서에 의해 ON1 신호에서 ON2신호로 순간적인 변화 시 딜레이를 주어 회로가 손상되지 않도록 하였다. 그림 6은 태양발전시스템의 고도각 및 방위각 조정을 위하여 실제 시스템에 설치된 구동부를 보여준다.

다. 시스템의 제어부

센서에 의해 출력되는 값은 마이크로프로세서에 의해 제어된다. 본 연구에서는 ADC와 PWM이 내장되어 있는 ATMEGA128 프로세서를 사용하였다. ATMEGA128은 8채널 10비트 분해능의 축차비교형 A/D컨버터를 가지고 있다. 센서에 의해 입력된 값을 A/D변환에 의해 아날로그 값을 디지털 값으로 변환하여 전압레벨을 측정하고 일정 전압이 되면 PWM신호를 출력하여 고도각 또는 방위각 모터를 회전시키게 된다.

라. 시스템의 기구부

기구부는 그림 7과 같이 제작되었다. 바닥의 좌우제



그림 7. 추적 시스템의 프레임  
Fig. 7. Frame of Tracking System.

어모터를 지지할 수 있는 삼각지지대와 상하제어모터를 고정할 수 있는 프레임, 그리고 태양전지를 설치하기 위한 전지판으로 나뉜다. 기구부는 가로/세로/높이 각각 60센티미터, 무게 8Kg으로 제작되어 이동이 용이하다.

마. 제어시스템의 블럭도와 제어 알고리즘

(1). 구성 블럭도

그림 8은 태양추적 제어시스템의 구성을 나타낸다. 추적시스템의 구성은 CDS로 구현된 센서, 센서의 출력을 비교하는 비교부, 센서신호를 해석하고 처리하는 마이크로프로세서, 모터구동을 위한 구동부로 구성되었다.

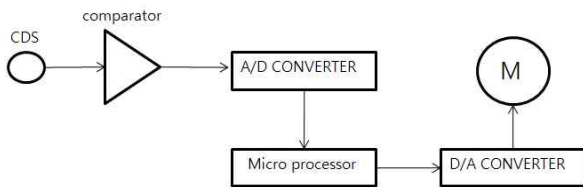


그림 8. 추적시스템의 구성 블럭도  
Fig. 8. Block Diagram of Tracking System.

(2). 알고리즘

그림 9는 추적제어 알고리즘을 보여준다. 시스템은 S1, S2, S3, S4 4개의 센서신호를 입력받아 고도각제어를 위한 S1과 S2의 센서신호를 비교하여 태양의 위치가 추적시스템과 이루는 고도각의 차이를 판단하게 되고, 방위각제어를 위하여 S3과 S4의 센서신호를 비교하

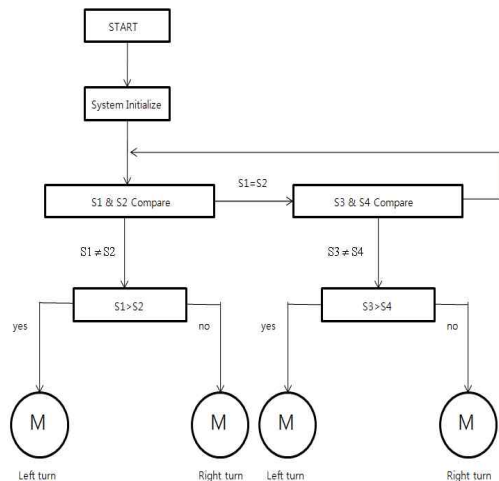


그림 9. 추적시스템의 구동 알고리즘  
Fig. 9. Tracking Algorithm.

여 태양의 위치가 추적시스템과 이루는 방위각의 차이를 판단하게 된다.

제어부를 이루는 마이크로프로세서에서 판단된 센서 신호의 특성에 따라 태양추적을 위한 모터구동 신호를 발생하여 모터드라이버로 전달하게 된다.

III. 실험

실험은 두 가지로 진행을 하였다. 맑은 날씨 상황에서 시스템을 한 방향만 바라보고 있는 고정시스템의 형태와 본 연구에서 설계 및 제작된 태양을 추적하는 추적시스템으로 나눠 진행을 하였다. 고정 시스템의 경우 정남방향을 방위각의 기준으로 하였을 때 태양광의 연평균 입사각인 33도로 설치하여 진행하였다.<sup>[3]</sup>

표 2는 실험에 사용된 태양전지판의 규격을 나타낸다. 태양 전지를 구성 후 기구부의 상판에 태양전지를 설치하여 07AM-07PM까지 실험을 진행하였다. 고정시스템과 본 연구에서 설계제작한 추적시스템의 광발전 실험 결과를 표 3과 표 4에 나타내었으며, 그림 10은 두

표 2. 실험에 사용한 태양전지 모델  
Table 2. Sun-Cell for Experiment.

정격전압	Vmax	15V
정격전류	Imax	562mA
사이즈	Dimensions	155*115*2.5mm

표 3. 고정식 태양광발전시스템의 발전량  
Table 3. Generating quality of Fixed System.

Hour	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
07AM	10.22	0.5	5.11
08AM	10.84	0.7	7.58
09AM	11.75	1.1	12.92
10AM	13.21	1.33	17.56
11AM	14.25	1.64	23.37
12AM	13.96	1.82	25.40
01PM	14.41	1.85	26.65
02PM	13.67	1.84	25.15
03PM	13.67	1.68	22.96
04PM	13.54	1.51	20.44
05PM	13.34	1.29	17.20
06PM	13.1	0.75	9.82
07PM	12.4	0.33	4.09
Average Power per Hour(W/hr.)			16.79

표 4. 추적식 태양광발전시스템의 발전량  
Table 4. Generating quality of Tracking System.

Hour	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
07AM	13.21	1.2	15.85
08AM	13.85	1.5	20.77
09AM	13.99	1.7	23.78
10AM	14.21	1.74	24.72
11AM	14.35	1.89	27.12
12AM	13.94	1.99	27.74
01PM	14.86	1.85	27.49
02PM	13.67	1.85	25.28
03PM	13.67	1.76	24.05
04PM	13.54	1.76	23.83
05PM	13.54	1.62	21.93
06PM	13.4	1.68	22.51
07PM	13.1	0.97	12.70
Average Power per Hour(W/hr.)			22.9

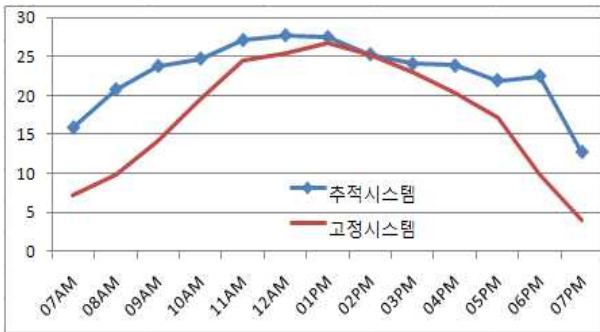


그림 10. 두 시스템의 출력 전력 비교  
Fig. 10. Output Power Specification.

시스템의 생산 전력량을 비교하여 나타내었다. 그림10에서 태양과 고정시스템의 위치가 직각을 이루는 시간(12AM에서03PM)에는 발전량의 차이가 작은 결과를 보이지만, 태양이 정남향 방향을 벗어난 시간에는 고정식 태양발전시스템과 본 연구에서 설계된 추적식 태양발전시스템의 발전량의 차이가 많이 난다는 것을 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 CDS Cell을 이용하여 태양추적시스템을 설계하였다. 연구의 추적시스템은 회로를 단순화하고, 마이크로프로세서를 이용하여 센서의 신호를 해석 및 추적제어를 실시함으로써 태양추적시스템 설계의 단순화와 비용절감의 효과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 설계 및 제작한 태양추적시스템을 이용하여 태양발전실험을 진행한 결과 본 연구에서 연구된 태양추적발전시스템이 고정식보다 높은 효율의 태양광발전을 할 수 있음을 확인하였다.

소형 제작이 용이하여 군의 비상시나 야전작전 등에도 충분히 활용 가능 할 것으로 판단되며, 향후 태양 추적 시 발생하는 오차 수정 방안연구와, 외란에 의한 노이즈 대응방안연구를 진행하여 시스템의 성능을 향상시킨다면 태양광발전분야에 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이경섭, “태양광발전 시스템의 일사량에 따른 전력 패턴 분석” 전기학회논문지 : P. 제58P권 제4호 (2009년 12월), pp.602-608
- [2] 김성균, “기후변화 감시 현재와 미래”, 신재생에너지저널. 통권55호(2010년 6월), pp.88-92
- [3] 김선호, “태양추적장치용 고정밀 태양위치검출시스템,” 한국정밀공학회 2009년도 추계학술대회논문집, pp. 2. Korea, January 2010.
- [4] M. Serhan and L. EL-Chaar “TWO AXES SUN TRACKING SYSTEM:COMPARSION with a FIXED SYSTEM,” International Conference on Renewable Energies and Power Quality, pp. 3, Granada, Spain, march 2010.
- [5] Ion Boldea and S.A.Nasar “ELECTRIC DRIVES”,CRC, pp. 44-120, spring 1998.
- [6] Soteris, “Design and Construction of a One-Axis Sun-Tracking for PV Supplied DC motor,” Solar Energy, Vol.69, No.4, pp. 343~350, 1996.

— 저 자 소 개 —



심 명 규(정회원)  
 2009년 동양대학교 IT전자공학부  
 학사 졸업.  
 2010년 동양대학교 전자제어과  
 석사 과정.  
 <주관심분야 : 전자유도기술, 제  
 어계측>



지 언 호(정회원)  
 2003년 동양대학교 시스템제어  
 공학과 학사 졸업.  
 2005년 동양대학교 시스템제어  
 공학과 석사 졸업.  
 2008년 동양대학교 시스템제어  
 공학과 박사 수료.

<주관심분야 : 시스템제어, 제어계측>



전 순 용(정회원)  
 1986년 경북대학교 전기공학과  
 학사 졸업.  
 1991년 경북대학교 전기공학과  
 석사 졸업.  
 1995년 경북대학교 전기공학과  
 박사 졸업.

<주관심분야 : 자동제어, 신호처리, 국방기술>