

# 고립원격지 동굴 전원용 태양광발전 광 추적 시스템

서 오 지 · 소 대 화\*

## Tracking System for Optimum Solar Power System of Widely Separated Cave

Suh Oh Ji, Soh Dea-Wha

**Abstract** : Solar energy is most green and clean, unlimited and sustainable energy source on the earth. It is almost 97% of imported consumer energy in Korea. Because of resource poor nation, it is necessary to do their best to make alternative energy to allot their deficiency of the matter in hand of energy resources of petroleum. In a point of view of this problems, the natural solar energy should be improved by any methods as much, possible as we need. Photovoltaic generation with solar tracking system for obtaining optimal power is one of most benefit equipment to improve power of solar-cell panel producing clean electric power efficiently. Solar tracker is a device for orienting a solar photovoltaic panel toward the sun perpendicularly to sunlight, especially in widely separated place. For this reason, we are very interested in developing the equipment system of tracker, specially in solar cell applications, obtaining a high degree of accuracy to ensure that the optimal sunlight could be directed precisely against to the powered device. As a result, it was obtained of 12.46 volts at 90° toward solar panel and 9.44 volts at 45°, furthermore, improved efficiency more than 30% of average output voltage between tracker system (12.41V) and fixed system (8.55V), respectively. It is also very useful for optimum power system of widely separated cave.

key words: Photovoltaic, tracker, solar energy, PWM, solar power system, widely separated cave

### 1. 서론

대체에너지란 석탄, 석유, 원자력 및 천연가스가 아닌 태양에너지, 바이오매스, 풍력, 소수력, 연료전지, 석탄의 액화, 가스화, 해양에너지, 폐기물에너지 및 기타로 구분되고 있고 이외에도 지열, 수소, 석탄에 의한 물질을 혼합한 유동성 연료를 의미한다. 그러나 실질적인 대체에너지란, 넓은 의미로는 석유를 대체하는 에너지원으로 좁은 의미로는 신·재생에너지를 나타낸다. 우리나라는 미래에 사용될 대체에너지로 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 에너지로 11개 분야를 지정하였고 (대체에너지개발 및 이용·보급촉진법 제 2조), 세분하여 보면 아래와

같다.

- 재생에너지 8개 분야 : 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지

- 신에너지 3개 분야 : 연료전지, 석탄액화·가스화, 수소에너지

최근 10년간 우리나라의 에너지 소비는 매년 10%라는 세계 최고의 증가율을 기록하고 있으며, 온실가스배출량 증가율 역시 세계 1위를 기록하고 있다. 다행히 세계기후협약 이행이 늦추어지고는 있지만 머지않아 우리도 여기에 참여하지 않을 수 없는 형편이어서 대체에너지 개발의 필요성은 더욱 무게 중심을 더해가고 있는 실정이다.

\* 명지대학교 교수

현재 선진각국에서 활발히 기술개발이 진행되어 실용화 단계에 접어든 대체에너지로는 태양에너지, 풍력에너지가 주종을 이루며, 바이오매스, 지열, 파력, 조력 등을 이용한 대체에너지 개발이 활발히 진행되고 있다. '98년 미국 조지 워싱턴 대에서 발표한 '미국의 미래기술'에 의하면 미국은 2010년쯤 에너지 소비량의 10%를 대체에너지로 충당하게 된다고 하며, 또 유럽연합(EU)이 97년 발간한 '에너지백서'는 2010년까지 대체에너지 비중을 현재의 2배인 12%까지 끌어 올리려는 계획을 갖고 있다.

또한, 풍력발전의 메카라 할 수 있는 덴마크의 경우 4,900개의 풍력터빈에서 1,135MW의 전기를 생산 전기소비량의 7%를 충당하고 있으며, "에너지 21" 계획에 의하면 2000년에 10%, 2030년까지 50%를 풍력으로 대체 한다"는 목표 아래 대체에너지 개발과 활성화에 노력하고 있다.

이에 비해 우리나라는 여전히 원자력 위주의 에너지정책에서 탈피하지 못하고 오히려 2015년까지 원자력발전의 비중을 '98년 27.5%에서 34.2%로 늘릴 계획이며, 대체에너지 개발은 초보단계를 벗어나지 못한 채 97년부터 "에너지 기술개발 10개년 계획"에서야 비로소 현재 0.82%에 불과한 대체에너지 비율을 2%까지 끌어 올리겠다고 한 정도이다.

앞으로 20년 후면 에너지 수급 불균형, 50년 후에는 거의 고갈상태에 도달할 것임은 너무도 자명한 현실이다. 이러한 상황이 벌써 현실적으로도 나타나고 있는 상태에서 대체에너지 개발은 더욱 시급한 과제이다.

태양광 발전은 무한정, 무공해의 태양 에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술이다. 기본 원리는 반도체 p-n 접합으로 구성된 태양전지(solar cell)에 태양광이 조사되면 광 에너지

에 의한 전자-정공 쌍이 생겨나고, 전자와 정공이 이동하여 n형 영역과 p형 영역을 가로질러 전류가 흐르게 되는 광기전력효과(photovoltaic effect)에 의해 기전력이 발생하여 외부에 접속된 부하에 전류가 흐르게 된다. 이러한 태양전지는 필요한 단위 용량으로 직·병렬 연결하여 기후에 견디는 단단한 재료와 구조로 만들어진 태양전지 모듈(solar cell module)로 상품화된다.

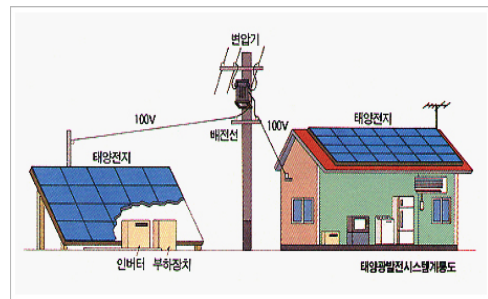


그림1. 태양광발전 설비의 기본 개념도

그러나 태양전지는 비, 눈 또는 구름에 의해 햇빛이 비치지 않는 날과 밤에는 전기가 발생하지 않을 뿐만 아니라, 일사량의 강도에 따라 균일하지 않은 직류가 발생한다. 따라서 일반적인 태양광발전 시스템은 수요자에게 항상 필요한 전기를 공급하기 위하여 모듈을 직·병렬로 연결한 태양전지 어레이와 전력저장용 축전지, 전력조정기 및 직·교류 변환장치 등의 주변장치로 구성된다. 태양전지간의 특성 차이로 인한 모듈의 출력이 낮게 될수 있다. 따라서 태양 전지의 정확한 특성해석이 필요하다. 또한, 태양은 시간과 계절에 따라 위치가 항상 변하고 태양 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하는 태양전지의 출력은 저밀도 에너지형인 관계로 위치추적 장치를 사용하여 지속적인 태양추적을 수행

한다면 태양광 추적 시스템은 이미 적용되고 있는 고정방식의 태양발전 모듈이 설치된 시스템에 대해 연구 하였다. 이 논문은 태양광 발전의 효율을 높이기 위하여 센서(cds)와 마이크로프로세서를 이용한 태양광 위치 추적 장치를 설계하여 고정 방식의 태양광 위치 추적방식의 태양광 발전에 대하여 비교해 보았다. 일반적인 고정 방식의 태양광 발전과 위치 추적 장치를 설치한 위치 추적 방식이 태양광 발전에 대한 비교에서 태양광 위치 추적 장치가 양호한 위치 추적을 보이고 있다.

## 2. 태양광 시스템과 구성

### 2.1문제 제기

#### (1) 기존의 방식

기존의 트래킹 방식으로는 집광패널에 여러 개의 센서를 배열시키고 광원을 비추면 각에 따라 광량의 차이 때문에 센서에서 읽는 값이 차이가 생기므로 어떤 하나의 센서가 채택되면 입력된 방향으로 움직이는 방식이다. 하지만 태양의 거리가 너무 멀어 무한대로 생각할 수 있으므로 실질적으로는 센서 사이의 광량의 차이가 발생하지 않아 설계 취지와는 맞지 않는다.

#### (2). GPS

기술적으로 정교하고 편리하지만, 고비용과 지적재산권 무제 등으로 현재의 여건상 적절치 않음으로 이번 대상에서는 제외하되, 향후 연구 과제로 삼는다.

#### (3) 해결방안 및 수학적 모델링

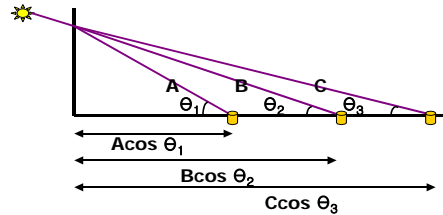


그림2. 수학적 모델링

태양빛의 그림자를 이용하는 방안을 검토 하였다. 태양발전 판에 수직으로 서있는 막대의 그림자를 이용하여 삼각함수를 이용한 수식을 확립하여 제어할 수 있다. 그림 2와 같이 집광패널에 있는 센서에 의해서 막대와 센서와의 거리를 알 수 있고, 또한 막대 윗부분과 센서와의 거리(그래프 상의 A)는 정해져 있으므로 센서가 선택되면  $\theta$  값을 알 수 있으므로 결국 집열판은  $(90-\theta)$ 로 이동하여 광원과 수직을 이룬다. 하지만 이 방법은 센서가 얼마만큼 있느냐에 따라 민감도에 상당한 차이가 생겨 검토결과 적절치 않음을 확인하였다.

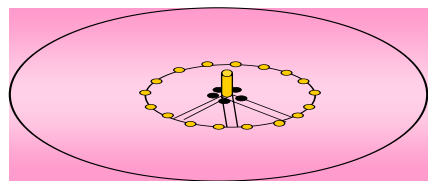


그림3. 광원과 막대에 따른 그림자

그림3과 같이 광원과 막대기에 의해 생긴 그림자에 의하여 센서가 선택되면 선택된 센서에는 그림자에 가려져 빛이 없게 된다. 따라서 다른 센서들에 비해 가장 낮은 값을 갖게 되고, 선택된 센서에 의해 정해진 위치로 움직이게 된

다. 그 결과, 집광패널이 움직이는 동안 계속적인 비교로 결국 광원과 집광패널이 수직이 되어 그림자가 없다면 안쪽 센서에 그림자가 걸치지 않기 때문에 집광패널은 멈춰 서게 된다.

## 2.2 태양광 위치추적 장치

태양광 발전은 태양전지로부터 출력되는 개방전압과 단락전류에 의한 전력에 비하여 얼마만큼의 실효전력을 얻을 수 있는가의 충실도에 따라서 태양광발전 성능이 달라진다. 이러한 이유로 태양광위치추적 장치의 필요성이 요구된다.

태양광발전에서 중요한 요소 중의 하나는 보다 많은 태양광을 집광하는 것으로서, 태양광 위치추적 장치를 통한 정확한 태양위치 추적은 태양광발전의 효율향상을 위하여 요구되는 중요한 장치이다. 집광을 하기 위한 태양광위치추적 장치는 일반적으로 추적신호의 생성방식에 따라 태양위치 계산에 의해 방위각과 고도 각으로 표시되는 프로그램 방식이다. 태양광센서로부터의 입력을 I/O 인터페이스를 통하여 들어오는 감지값을 마이크로프로세서를 사용하여 추적 가능각도를 계산하는 센서방식 프로그램과 센서를 조합한 혼합 방식으로 분류된다.

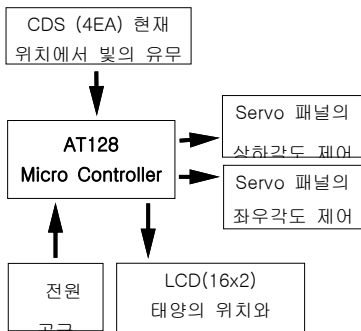


그림4. 태양광 위치추적 장치의 흐름

본 연구에서는 센서와 마이크로프로세서를 사용하여 환경 변화에 대해서도 위치 추적이 가능하도록 설계하였다.

그림5의 태양광 위치추적 장치의 흐름에서 위치추적을 위한 센서부는 CDS를 사용하여 저항과 직렬로 연결하였다.

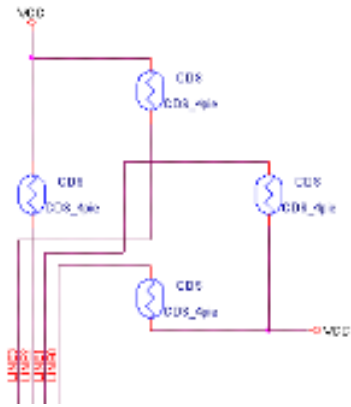


그림5. 태양광 위치 추적 장치의 센서부

CDS에 빛이 많이 감지되면 저항 양단의 전압이 높아진다. 이 전압을 비교기로 측정하여 8051의 입력포트로 전달하여 4bit의 정보를 가지고 서보 각도의 증감을 판단하도록 한다. 또, 태양 빛은 환경에 따라 변화하므로 비교기에는 가변저항을 상용하여 빛의 유무를 판단하는 전압 level을 조정할 수 있도록 한다.

CDS의 좌우 2개의 빛이 모두 포착되었을 때는 좌, 우 각을 제어하는 서보는 정지 상태가 되게 한다. 두개의 CDS 중 한쪽의 빛이 포착되지 않을 때는 그 방향으로 서보 각을 움직이게 하여 다시 두개의 CDS 모두에 빛이 들어올 때까지 움직이게 한다. 상, 하 각도 제어의 경우도 마찬가지로 원리로 동작하게 한다. 하지만 4개의 CDS 모두에 빛이 포착되지 않을 경우에는 태양열 전지판의 지면과 수평이 되는 기본위치

로 돌아오도록 프로그램 한다. LCD 제어는 서보의 각도를 이용하여 태양의 위치(동서남북)와 각도를 표시하며 CDS에서 감지되는 빛의 유무를 Character LCD에 표시한다.

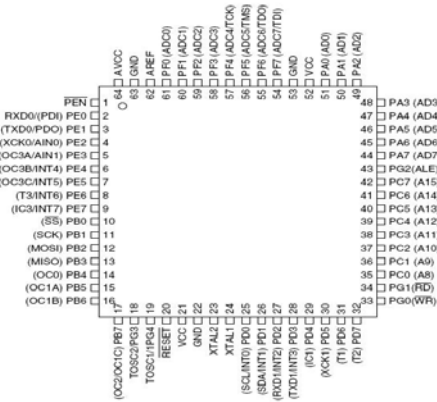


그림6. 태양광 위치추적 장치의  $\mu$ -프로세서

그림 6의 마이크로프로세서는 프로그래밍과 제어가 쉬운 ATMEGA 128를 사용하였으며 4개의 A/D컨버터를 사용하여 센서부에서 값을 읽어 들여 LCD 화면에 읽어 들인 값을 0000-03FF사이의 수로 표시의 A/D컨버터가 10bit-resolution의 해상도를 가지므로  $2^{10}$ 을 16진수로 표시하고 여기서 가장 큰 값과 가장 작은 값을 계산 하여 이를 LCD화면에 표시하면서 계산된 값에 따라서 좌우로 이동하여 태양과 집광면에 수직이 되도록 했다.

여기서 Pulse Width Modulation(PWM)은 펄스폭변조 기술이다. 그림 8과 같이, PWM 회로는 입력전압의 진폭변화를 일정한 진폭의 펄스폭으로 변환하는 것이다.

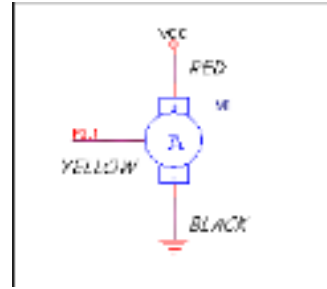


그림7. 서보 모터

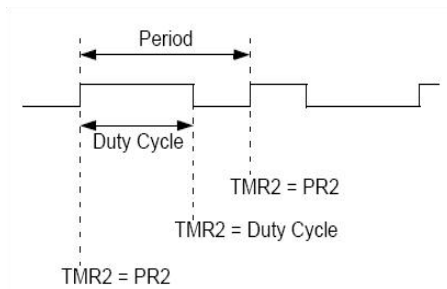


그림8. PWM 변환의 개념도

즉, 진폭정보를 펄스폭이라는 정보로 변환한다. 스위칭 출력회로는 전압진폭이 일정한 신호밖에 출력할 수 없다. 정현파와 같은 전압진폭이 변화하는 신호를 출력하기 위해서는 펄스 신호로 변환(변조)할 필요가 있다. 이 역할을 해내는 것이 PWM 회로이다. 스위칭 출력회로는 고효율 전력전송을 실현하기 위해서 필수적이다. 마찬가지로 PWM 회로도 고효율 전력변환에 반드시 필요한 방식이다. 실제 적용된 구현된 방법은

- 1) 동작범위 +90° ~ -90°로 180° 범위
- 2) 신호선은 Signal, Vcc, Gnd로 구성
- 3) 전원은 5Volt 이상의 독립전원이 필요

(CPU와 별도로 사용하는 전원; 서보 동작 시 전원이 배터리인 경우는 전압 강하가 발생하기

때문에 CPU의 오동작을 유발 할 수 있기 때문, 단 사용되는 프로세서가 저전압 동작 기능이 있는 경우는 공통전원을 사용해도 가능함.)

4) 제어 신호는 PWM으로 공급(사용주파수: 400Hz, 주기: 2.5msec 이하에서 가능)

5) 또는 펄스 폭 0.7msec 에서 2.3msec까지 약 100usec 의 펄스를 만들 수 있는 회로나 프로그램으로서 위 그림과 같이 펄스를 인가하면 공급되는 펄스폭에 따라서 서보가 정해진 각도로 움직여 정지된다.

6) 1.5msec에서 중심 각도를 가지며, 0.7 msec 에서 -90도, 2.3msec에서 +90의 각도 범위에서 이동한다.

7) 공급되는 신호를 PWM으로 할 경우는 펄스폭만을 고려하면 되며. 단일펄스를 공급하는 회로의 경우는 최소한 20msec이내의 주기로 50 회 정도를 인가해야 원하는 위치로 각도를 변경 할 수 있다.

이때는 각도 변경된 후 신호가 소멸되면 외부의 힘에 의하여 서보 각도가 변경될 수 있는 단점은 있으나. 제어 시 PWM을 별도로 발생시키지 않아도 되므로 PWM 발생회로가 없는 시스템에서는 소프트웨어로 제어해야 하므로 프로그램을 잘 구사하면 하드웨어의 부담을 경감하는 보다 간단한 방법이 된다.

### 3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 태양전지 어레이를 고정방식과 추적방식으로 나누어 전압을 측정하였다. 일사량 획득에 따른 발전량을 비교 조사하였다.

표1의 값을 그림으로 나타낸 그림 9와 같이 태양광 어레이에서 나온 전압을 확인하면 태양광 위치추적 방식이 고정 방식에 비해 더 많은 전압을 출력하고 있음을 알 수 있다. 즉 환경적

인 요인에 의해 출력에 변화가 있음을 알 수 있다.

위 와 같은 실험을 통하여 본 실험에 사용한 태양광 위치 추적 장치가 양호한 위치 추적을 보이고 있으며, 고정방식에 비해 위치 추적방식이 더욱 많은 집광을 하여 전체 발전량에 약 30%의 차이가 있음을 알 수 있었다. 이를 통하여 태양광 위치추적 장치가 태양광발전에 보다 높은 효율 향상에 기여함을 알 수 있다.

<표1> 고정식과 회전식의 전압 값

angle [°] 고정식	voltage [V]고정식	angle [°] 회전식	voltage [V]회전식
90	12.46	90	12.46
75	12.16	90	12.35
60	10.35	90	12.44
45	9.43	90	12.50
30	7.52	90	12.40
15	5.38	90	12.39
0	2.58	90	12.38
평균	8.55	평균	12.41

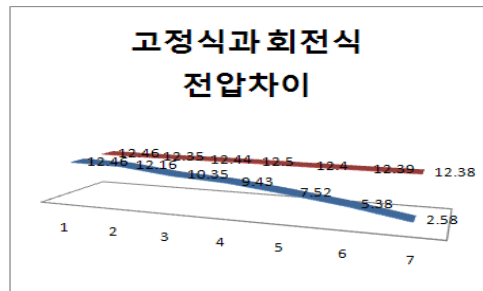


그림9. 고정 태양광 입사각과 출력전압

### 4. 결론

본 논문에서 태양광 발전의 효율 개선을 위하여 태양광위치추적 장치를 구성하고 그 결과를 비교 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻

었다.

광센서와 마이크로프로세서를 이용하여 태양광발전 최적출력을 위한 위치추적제어 및 그 장치로부터 목표 달성의 양호한 동작결과를 얻었으며, 고정방식과 위치추적이동방식의 출력전압 비교에서 입사각 변화에 대한 고정방식의 출력전압 변동에 비하여 추적제어의 경우는 거의 일정한 출력전압을 얻을 수 있으며, 각각의 평균값으로 비교하여 30%이상의 개선효과를 확인하였다.

따라서 특히 고립원격지 소재의 동굴 전원용 태양광발전 시스템의 친환경에너지 효율증대 이용 방안으로 광 추적 시스템의 유용함을 함께 확인하였다.

#### 참고문헌

- 윤덕용, ATMega128 매뉴얼, 음사, pp530-550, 2004.  
 노의철, 전력전자공학, 문운당, pp55-78, 2000.  
 신동욱, 졸업작품만들기, 음사, pp130- 150, 2008.  
 이준신, 태양전지공학, 그린출판사, pp232-245, 2007.  
 이재형, 태양전지원론, 홍릉출판사, pp182-195, 2005.  
 김덕수, 시스템응용, 남목출판사, pp38-50, 1998.  
 이양규, 강신영,오영복, 손경중, 김광현, ‘태양광 위치 추적기를 이용한 태양광 가로등 연구’, 전력전자학술대회 논문집 pp.559-562  
<http://patent.naver.com/patent/specification>.  
[http://cafe.naver.com/aicar.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=1029](http://cafe.naver.com/aicar.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=1029)  
<http://www.paru.co.kr/>