

# 태양광 센서에 의한 태양광 전지의 최대전력추적과 신경회로망 제어알고리즘 적용

(Application of Neural Network Control Algorithm and Maximum Power Tracking of Sun Photocell using Sunlight Sensor)

유석주\* · 이성수 · 박알서\*\*

(Seok-Ju Yoo · Seong-Su Lee · Wal-Seo Park)

## 요 약

최근 태양광 발전시스템은 정부 에너지 정책에 의해서 널리 보급되고 있다. 여기에 광전지 전력생산의 효율을 높이기 위해서는 건설한 태양 추적식이 필요하다. 하지만 태양추적 식은 추적기술의 미비에 의해서 아직 널리 보급되지 못하고 있다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 태양광전지의 최대전력추적을 위해서 태양광센서 및 신경회로망 제어알고리즘을 적용하였다. 태양추적 센서는 평판위에 한 개의 사각기둥과 동, 서, 남, 북 4개의 광센서로 구성된다. 태양추적 2축 제어는 두 개의 모터에 의해서 각각 동작되며, 모터의 제어 입력은 신경회로망 제어 알고리즘에 의해서 계산된다. 제안된 제어방식의 기능은 태양추적 광 발전 실험에 의해서 확인하였으며, 본 논문의 태양추적방식은 고정식 보다 32[%]효율을 증가시켰다.

## Abstract

Recently, photovoltaic generator system is widely extended by energy policy of the government. Add to this, high efficiency of photocell power generation is steady needed to sun tracking method. However sun tracking method is not widely extended by insufficiency of tracking technology. As method of solving this problem, this paper applied sunlight sensor and neural network control algorithm for maximum power tracking of sun photocell. Sun tracking sensor consists of one upright square pole and four light sensor of east, west, south, north on flat board. Sun tracking dual axes control is operated respectively by two motor. Motor control input is calculated by neural network control algorithm. The function of proposed control method is verified by sun tracking experiment of photocell generation. The sun tracking method of this paper is increased 32[%] efficiency more than fixed method.

Key Words : Maximum Power Of Photocell, Neural Network Algorithm

\* 주저자 : 원광대학교 전기공학과 졸업(박사)

\*\* 교신저자 : 원광대학교 전기·정보공학부 교수

Tel : 063-850-6890, Fax : 063-850-6890, E-mail : wspark@wonkwang.ac.kr

접수일자 : 2009년 9월 15일, 1차심사 : 2009년 9월 17일, 2차심사 : 2009년 12월 2일, 심사완료 : 2009년 12월 11일

## 1. 서 론

전 세계적으로 석유 자원의 고갈, 고유가의 예견 및 화석 연료 소비에 의한 지구온난화의 문제점 등에 의해서 대체에너지 개발 및 보급화가 절실히 요구 되고 있다. 대체에너지 중에서도 태양에너지는 자원의 무한성과 무공해성으로 많은 관심과 투자를 받고 있는 에너지원이다. 빛을 전기에너지로 변환하는 태양광 발전시스템은 일반적인 다른 발전설비에서 볼 수 있는 기계적인 회전체가 없기 때문에 소음이 없고, 수명이 길며, 유지보수비를 최소화 할 수 있는 장점을 갖추고 있고, 정부의 지원에 의해서 급속하게 보급되고 있다.

현재 태양광 발전시스템에 설치되고 있는 태양전지의 광전 변환효율은 약 15% 정도이며, 태양전지 모듈의 수명은 약 20년 정도로 산정하고 있다. 태양전지의 광전 변환효율 증가시키기 위해서 연구가 계속 진행되고 있으나, 재료적인 문제에서 효율을 증가시키는 것은 쉽지 않은 관계로, 발전용량이 증가 할 수 있도록 모듈의 설치 면적이 증가하는 특징을 가지고 있다[1].

태양광 발전시스템은 다른 발전시스템과 비교하여 설비가 고가이기 때문에 발전단가가 높은 단점을 갖추고 있어서, 정격 광전 변환효율에 근접시키는 제어가 필요하다.

상기에 언급된 정격 광전 변환효율은 태양전지와 태양이 법선관계를 유지 할 때의 최대효율을 나타낸 것으로서, 발전량은 태양전지의 표면에 입사되는 빛의 양에 의존되므로 태양추적 제어가 필요하다[2-3].

태양전지 판의 태양위치 추적제어는 태양운동 궤적 프로그램방식과 센서를 이용한 추적방식으로 나눌 수 있다. 태양운동 궤적 프로그램방식은 지구의 공전과 자전의 궤적에 바탕을 두고 있기 때문에, 날씨의 변화에 무관하게 추적을 실행하게 되며, 설치지역에 따라 프로그램의 수정이 필요 하는 단점을 갖고 있다. 센서를 이용한 추적방식은 포토센서를 이용하여 태양의 위치를 인식하고 있으나, 빛을 인지하는 센서의 구조상의 문제점 때문에, 태양 빛이 약하거나 혹은 태양이 구름에 의해 가려져 빛이 약해지면 오동작하는 문제점을 가지고 있다[4-5].

또한 궤적 프로그램방식의 단점을 보완하기 위해서, 궤적 프로그램 방식과 센서 방식을 함께 사용한 하이브리드 방식도 센서방식의 단점이 그대로 승계되는 단점을 가지고 있다[6].

센서방식은 센서에서 발생하는 정보를 처리하여 제어 입력을 발생시키는 제어 이론이 필요하며, 근래에는 마이크로프로세서의 발달에 의하여 신경회로망 퍼지 등의 계산 량이 많은 알고리즘들로 실시간 제어가 가능하다[7-8].

종래의 태양추적제어 시스템에서 갖고 있던 문제점들을 해결하기 위해서, 본 논문에서는 태양추적 기기 및 추적 센서의 구조를 제안하고, 신경망 제어 알고리즘을 적용하였다.

태양 추적 센서는 평판위의 중앙에 한 개의 사각 기둥이 세워지고, 동서남북의 위치에 4개의 광센서가 구성된다. 태양 추적을 위한 2축 태양추적 기기는 두개의 모터에 의해서 구동되며, 모터의 제어 입력은 신경망 알고리즘에 의해서 계산된다.

제안된 태양광전지의 최대전력추적을 위한 태양추적 센서 및 추적 제어 알고리즘의 기능은 광전 변환 실험에 의해서 확인하였다.

## 2. 시스템의 구성

그림 1과 같이 동쪽 광센서의 출력이 기준 입력되는 광전지의 태양추적시스템은 신경회로망과 직류 모터 그리고 서쪽 광센서에 의해 피이드백 제어 루프를 형성한다.

신경회로망에는 동쪽 광센서와 서쪽 광센서의 오차 값이 입력되며, 오차 값은 양의 값과 음의 값으로 나뉘어져 입력된다. 이때 양의 값은 직류모터를 정 회전시키고, 음의 값은 모터를 역 회전시켜서, 해의 위치에 따라 광전지의 표면을 해와 법선 방향으로 유지 시키게 된다.

또한 해의 고도의 변화에 따른 광전지 표면의 남과 북의 기울기도 같은 방법으로 조절되어서, 해와 광전지 표면이 법선관계를 유지 하게 된다.

이와 같이 구성된 추적제어 시스템은 신경회로망에 입력되는 오차의 양과 음 값으로 정·역회전을 명령

한다는 특징을 갖추고 있다.

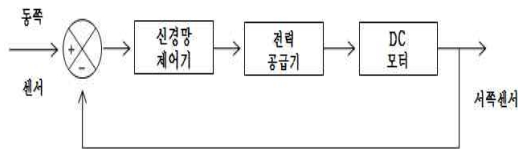


그림 1. 광전지 태양추적시스템의 블록선도  
Fig. 1. Block diagram of photocell sun tracking system

## 2.1 태양 추적센서의 개발

종래에 사용되고 있는 대표적인 태양 추적센서는 평판위에 짧은 원통을 세워놓고, 원통 내측바닥의 원둘레 부분에 동서남북의 위치에 4개의 포토다이오드를 설치하며, 원통 상단의 단면 일부분에 1개의 포토다이오드를 설치하는 구조로 구성되어 있다.

원통 상단에 설치된 포토다이오드는 구름이 태양을 일시적으로 가리거나, 흐린 날씨를 판별하여 태양추적을 일시적으로 중단시키는 정보를 발생한다.

동서에 설치된 포토다이오드에서는 태양의 방위각, 남과 북에 설치된 포토다이오드에서는 태양의 고도각의 변화 정보를 수집하여 추적제어에 이용한다.

하지만 흐린 날씨 등의 이유로 추적이 중지된 상태에서 해가 이동되어 센서에 빛이 도달되지 않는 조건이 발생하며, 이와 같은 경우에는 장시간 기다려야 하는 단점을 갖추고 있어서, 태양추적에 문제가 발생하게 된다.

본 논문에서는 종래에 사용되고 있는 원통형 태양추적 센서의 단점을 개선하기 위해서, 그림 2와 같은 구조의 센서를 제안하였다.

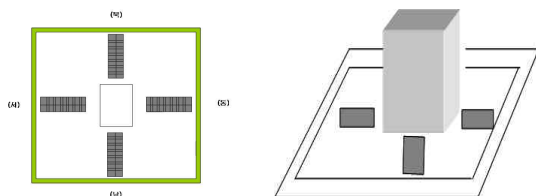


그림 2. 평판 위 기둥의 그림자를 이용한 태양 추적센서  
Fig. 2. Sun tracer sensor using pole shadow on flat board.

제안된 태양추적센서는 평판위에 사각형 기둥을 세우고, 사각형 기둥의 외측 평판에 동서남북의 4곳에 광센서가 설치되어지는 구조이며, 태양이 움직일 때 기둥의 높이는 그림자의 크기와 변화 속도를 결정하므로 적정한 높이로 사용해야하며, 본 실험에서는 광센서 길이의 2배를 사용하였다.

동쪽과 서쪽 그리고 남쪽과 북쪽의 광센서에서 발생되는 전기신호의 비교에 의해서, 태양의 위치 대한 동과서의 기울기 그리고 남과 북의 기울기가 각각 조절된다.

이와 같은 구조는 종래에 대표적으로 사용되고 있는 원통형 형태의 태양 추적센서가 갖추고 있는 문제점을 모두 해결 하게 된다.

## 2.2 신경망제어 알고리즘의 적용

태양전지의 동서 그리고 남북의 기울기를 조정하기 위해서는 정역회전이 가능한 동서 기울기의 조절용 모터1개와 남북 기울기 조절용 모터1개가 요구되며, 모터 제어용의 제어 알고리즘이 필요하다.

최근에는 제어분야에서 시스템 자체에 관한 지식 없이도 학습에 의하여 제어를 구성하는 신경회로망 알고리즘이 유용하게 사용되고 있다.

이와 같은 신경회로망은 학습에 의해 정보를 얻고, 저장 할 수 있으며, 저장된 정보를 활용 할 수 있는 기능을 갖추고 있는 알고리즘으로서, 제어분야에서는 오차를 최소화 시켜 주는 델타 학습규칙이 주로 사용되고 있다.

본 논문에서는 모터 제어에 델타 학습규칙을 이용한 신경회로망 자율 적응 제어 알고리즘을 적용하였다 [9-10].

그림 3은 신경회로망 제어알고리즘을 태양광 추적 제어 시스템에 적용한 제어 순서도를 나타낸 것이다. 그림 3에서 보여 지듯이 동쪽과 서쪽 그리고 남쪽과 북쪽 기울기조정은 신경 회로망에 입력되는 오차의 양과 음 값에 의해 모터의 정·역회전이 구분되어 달성되는 특징을 갖추고 있다.

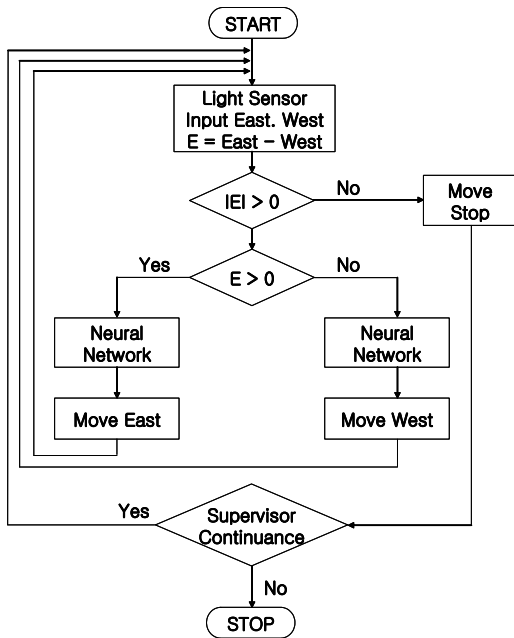


그림 3. 태양전지의 동서 기울기 제어 순서도  
Fig. 3. Control block diagram to East-West slope of photocell

### 2.3 태양 추적기구

태양전지의 전력 발생량은 빛의 입사 량에 비례되므로, 사계절 동안 빛을 장시간 쬐이는 곳에 설치되어야 하며, 일반적으로 태양 추적 식은 고정식보다는 약 30[%] 이상의 전력을 더 생산 할 수 있다.

따라서 초기 설치비용이 조금 더 발생하더라도 태양 전지의 수명을 20년으로 본다면, 태양 추적방식이 더 많은 이익을 낼 수 있다.

이와 같은 인식이 널리 퍼져서 최근에는 대부분이 고정식이 아닌 태양 추적 식을 선호하는 편이다.

종래에 널리 사용되고 있는 태양 추적기구는 한 개의 기동위에 전지 판을 설치하고 있으나, 기동과 전지 판과의 연결부분이 견고하지 못한 관계로 연결부분이 파손되는 단점을 갖고 있다.

본 논문에서는 그림 4와 같이 연결 부분을 견고하게 하여, 강풍 또는 돌풍과 같은 급격한 기후 변화에 강인성을 갖추고, 범용 적으로 사용할 수 있는 태양 추적 기의 형태를 제안하였다.

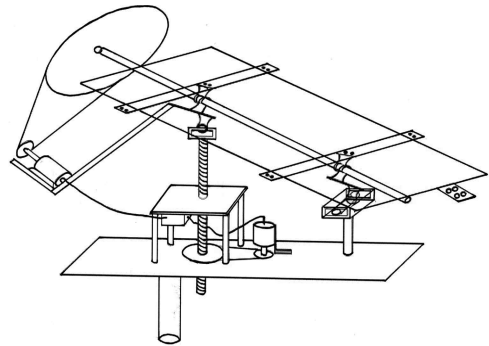


그림 4. 태양 추적기구의 구성도  
Fig. 4. Structure plan of sun tracking mechanism

### 3. 실험 및 결과 고찰

태양광 발전시스템은 널리 보급 되고 있으나 대부분이 고정식이며, 설치방식에 따른 광전지의 효율을 최대한으로 높이기 위해서는 태양추적식의 광 발전설비가 필요하다. 최근 일부 추적식이 설치되고 있으나 태양 추적식의 추적기술 미비에 의해서 아직 범용 적으로 사용되지는 못하고 있다.

이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 새로운 방법의 2축 제어 시스템을 제안하였다.

추적기구의 2축 제어를 위해서 동과서 회전축에 250 : 1의 감속비를 갖는 DC모터(KGC26, 12[V], 1.4 [W])를 사용 하였으며, 남과 북 기울기 조정에는 21 9 : 1의 감속비를 갖는 DC모터(RA-35GM07, 12[V], 12.6[W])를 사용하였다.



그림 5. 태양 추적시스템의 실험장치  
Fig. 5. Experimental equipment of sun tracking system

신경 회로망 제어 알고리즘의 탑재에는 AVR

(ATMEGA128)을 사용하였으며, 광센서는 60×80[mm] 크기의 솔라셀 (4[V], 100[mA])을 사용하였다.

광 발전에 사용된 광전지 모듈(15[ $W_p$ ], 22[ $V_{oc}$ ], 0.95[ $A_{sc}$ ])은 400×350[mm]로 작은 크기를 사용 하였으며, 실험결과는 고정식 그리고 추적식의 응답 특성을 비교하였다.

실험은 같은 규격의 광전지 모듈 두 개를 사용하여, 1개는 경사각 30[°]를 갖는 고정식으로, 다른 1개는 2축제어가 수행되는 태양 추적식으로 수행하였다.

실험결과는 시간의 변화에 따른 전압 및 전류량의 변화를 비교 하였으며, 그에 따른 전력 발생량의 변화도 비교하였다.

그림 6의 곡선은 같은 정격의 태양전지 모듈을 장착한 고정식과 추적식에서 발생하는 전압을 각각 나타내고 있다.

그림 6에서 보여 지듯이 태양전지에서 발생하는 전압은 20-22[V]내에 있으며, 이른 아침을 제외하며 대부분이 21-22[V]내에 있다.

그림 7의 곡선은 태양전지에서 발생하는 전류를 나타낸 것으로, 최대 발생전류는 약 11[A]정도이고, 고정식과 추적식의 발생전류가 거의 같은 시간대는 정오에서 시작하여 1시간 30분 정도이며, 다른 시간대에는 추적식에서 전류가 더 많이 발생함을 알 수 있다.

그림 8은 태양전지에서 발생하는 전력을 나타낸 것으로, 태양전지에서의 발생전압은 빛의 세기에 큰 영향을 받지 않는 관계로 발생전력은 발생전류의 크기에 의존된다.

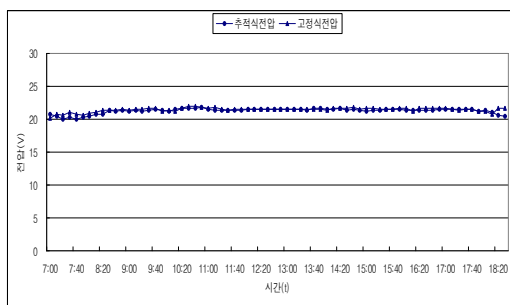


그림 6. 고정식과 추적식 발생전압  
Fig. 6. Generated voltage of fixing and tracking type

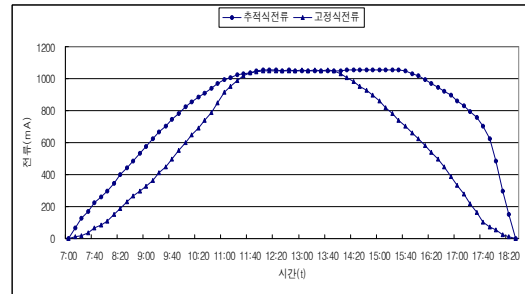


그림 7. 고정식과 추적식 발생전류  
Fig. 7. Generated current of fixing and tracking type

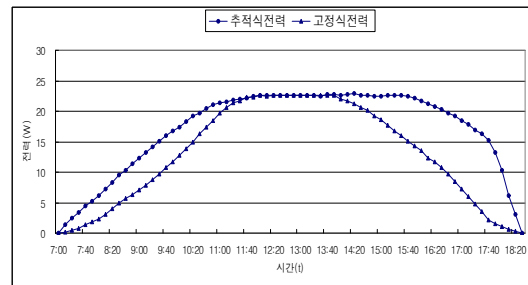


그림 8. 고정식과 추적식 발생전력  
Fig. 8. Generated power of fixing and tracking type

정격출력으로 환산한 하루 동안의 전력 발생시간은 고정식이 6.62시간 이고, 추적식이 8.77시간으로서 추적식이 약 32[%]의 전력을 더 생산 한다.

이와 같은 결과는 년중 30[%]이상의 전력 증대효과를 가져 올수 있고, 이는 30[%]이상의 매출액 증가를 가져온다. 따라서 태양전지의 수명이 15년 이상으로 추정되고 있으므로 태양광 발전시스템에서 태양 추적식의 중요함을 인식 할 수 있다.

#### 4. 결 론

태양 에너지는 자원의 무한성과 무공해성으로 많은 관심을 받고 있고, 다른 발전설비에서 볼 수 있는 기계적인 회전체가 없기 때문에 유지 보수비를 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 투자비가 많이 든다는 점과 효율이 낮다는 단점을 가지고 있다.

태양전지의 발전량은 태양추적식이 고정식 설치 방

식에 비하여 약 30[%]이상 높으나, 추적기구의 강풍에 대한 안정성 그리고 제어이론 적용 등의 연구가 진행되고 있는 관계로, 아직은 범용 적으로 보급되지 못하고 있다.

본 논문에서는 태양광 발전 시스템의 최대전력추적을 위해서 태양 추적센서 및 신경망 제어 알고리즘을 적용하였고, 강풍에도 안정성을 갖출 수 있는 추적 기구를 제안하였다.

실험결과 태양 추적 식은 고정식에 비하여 약 32[%] 정도의 효율 증가를 가져 왔다.

이와 같은 본 논문의 결과는 종래의 태양 추적 장치가 갖추고 있던 단점이 극복될 수 있어서, 앞으로 태양 추적시스템의 구성에 기여 할 것으로 기대 된다.

본 논문은 2009학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.

### References

[1] Dr. F. Lasnier, Tony Gan Ang, "Soiar photovoltaic Handbook", Energy Technology Division Asian Institute of Technology , Vol.1, pp.10-50, 1998.

[2] H.J. oh, 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.

[3] 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.

[4] "포토 다이오드를 이용한 태양 추적센서" 특허 제 10-0369893, 한국에너지 기술연구원.

[5] "렌즈를 이용한 태양광 추적장치" 특허 제10-0427690, 신병환.

[6] "태양광 위치 추적 발전 장치" 특허 제 10-0814343, 미래에너지 기술(주).

[7] G. Feng, "An approach to adaptive control of Fuzzy dynamic system". IEEE Trans. Fuzzy syst., Vol. 10, pp.268-1039, April 2002.

[8] J.Q. Hong, F.L. Lewis, "Neural-Network predictive control for Nonlinear dynamic system with Time-Delay." IEEE Trans. Neural Networks, Vol.14, no.2, pp.377-389, March. 2003.

[9] Seong-Su Lee, Young-Wook Kim, Hun Oh, and Wal-seo Park, "Implementation of self-adaptive system using the algorithm of Neural Network Learning Gain," International Journal of control, Automation, and systems, Vol. 6, No. 3, pp.453-459, June 2008.

[10] J.M. Zurada, Introduction to Artificial Neural systems, 1992 by west publishing company.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 유석주(劉錫注)

1959년 1월 20일생. 1987년 원광대학교 공대 전기공학과 졸업. 2002년 원광대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 원광대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국농어촌공사 익산지사 근무.

#### 이성수(李成洙)

1973년 5월 10일생. 2002년 원광대학교 공대 전기전자 공학부 졸업. 2004년 원광대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 원광대학교 대학원 전기공학과 박사 과정 재학중. 현재 학교법인 기능대학 한국폴리텍V대학 순천캠퍼스 전기제어과 교수.

#### 박일서(朴日緒)

1953년 5월 1일생. 1982년 원광대학교 공대 전기공학과 졸업. 1985년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 원광대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수.