

태양전지 최대전력 발생을 위한 다 평면 반사경 태양추적시스템 개발

(Development of Multi-flat Reflector Sun Tracking System for Sun Photocell Maximum Power Generation)

이광신* · 이현석 · 유석주 · 박알서**

(Kang-Sin Lee · Hyun-Seog Lee · Seok-Ju Yoo · Wal-Seo Park)

Abstract

Recently, photovoltaic generator system is widely extended by energy policy of the government. Add to this, for high efficiency of power generation per natural light unit area is needed to sun tracking system. And it is needed to condensed light generator for reducer of equipment expense. As method of solving this problem, this paper is developed multi-flat reflector sun tracking system for sun photocell maximum power generation. The system is consisted of multi-flat reflector and two axes machinery and sun location perceiver and AVR controller. GaAs 3J cell generated 6.75 times power more than silicon cell by times condensing light system. As a result, condensing light system of multi-flat reflector generated maximum power and showed reducing costs to photovoltaic generator.

Key Words : Multi-flat Reflector, Maximum Power Generation, GaAs 3J Cell

1. 서 론

전 세계적으로 고유가 및 자원고갈 그리고 화석 연료 소비에 의한 지구 온난화의 문제점 등에 의해서 재생에너지 보급화가 절실히 요구되고 있다.

재생에너지 중에서도 무한성과 무공해성을 갖는 태양광 발전시설은 자연조사 그대로 사용하는 평판식 모듈과 빛을 모으는 집광식으로 나눌 수 있고, 집광식은 태양을 추적해야만 집광이 될 수 있으며, 일부의 평

판식도 추적 방식을 사용하고 있다[1-2].

이와 같은 태양 추적 방식은 집광식에서 빛의 모음 그리고 평판식에서는 태양광 발전설비의 평균 전력 발생율을 높이기 위해서 사용하게 되는데, 구성요소는 일반적으로 2축 추적 기구, 집광기, 태양 위치 인식기, 제어기 등으로 나눌 수 있다[3-5].

추적 장치의 구동을 위한 신호처리는 태양위치 인식기에서 발생하는 정보를 처리하여 2축 제어를 수행하는 제어이론이 필요하며, 근래에는 Microprocessor 발달에 의하여 신경회로망 퍼지 등의 계산량이 많은 알고리즘들도 실시간 제어가 가능하다[6-7].

현재 상용화된 태양전지의 광전 변환율은 실리콘 셀이 약 16% 그리고 GaAs 3J 셀이 약 37% 정도로서, 이는 최대전력 발생을 표시한 변환율이므로 하루의

* 주저자 : 원광대학교 전기공학과 석사과정
** 교신저자 : 원광대학교 전기·정보공학부 교수
Tel : 063-850-6890, Fax : 063-850-6890
E-mail : wspark@wonkwang.ac.kr
접수일자 : 2011년 8월 10일
1차심사 : 2011년 8월 18일, 2차심사 : 2011년 10월 5일
심사완료 : 2011년 10월 21일

평균 생산전력이 중요하다.

여기에 태양광 발전설비의 범용적 보급을 위한 저가의 발전설비와 자연조사 면적당 평균 전력 발생율을 높이기 위해서, 본 논문에서는 태양광 발전기의 최대 출력 발생을 위한 다 평면 반사경 태양추적 시스템을 제안하였다.

제안된 시스템은 평판형의 거울을 사용한 6배의 집광에 의해 실험을 수행하였으며, GaAs 3J 셀은 실리콘 셀보다 6.75배의 전력을 더 생산하였다. 따라서 고가의 태양전지를 평면경으로 대체하여, 태양광 발전 시설비의 절감효과를 가져올 수 있음을 보였다.

2. 시스템의 구성

태양추적 장치를 갖는 다 평면 반사경 집광식 태양광 발전설비는 집광기, 2축 추적기구, 양면형 전지 Module, 태양위치 인식기, 제어기, 모터로 구성된다. 집광기는 다 평면 반사경으로 구성되며, 2축 추적 기구는 집광기 뒤가 블록 나온 관계로 인간형 2축 제어 장치를 사용하였다.

양면형 전지 Module을 중심으로 양쪽으로 펼쳐진 다 평면 집광기에서 반사되는 빛은 전지 양면에 각각 집광된다. 태양 위치 인식기에서 발생된 동서 그리고 남북의 위치 정보는 제어기에 입력되며, 신경회로망 알고리즘에 의해 연산된 출력은 모터 2축 제어를 수행하게 된다[8-9].

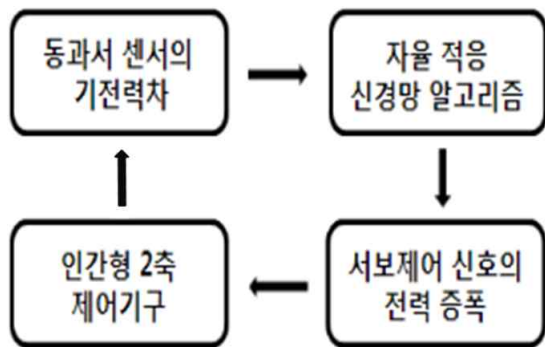


그림 1. 태양 추적시스템의 블록선도
Fig. 1. Block diagram of Sun tracking system

이와 같은 동과 서에 대한 오차 신호검출 그리고 검출된 신호를 추적 제어의 서어보신호로 변환하는 신경회로망 알고리즘, 이에 대한 결과를 전력으로 변환하는 전력증폭기, 인간형 2축 제어기구로 구성된 시스템의 블록선도는 그림 1과 같다.

2.1 태양 위치 인식기

태양위치 인식기는 평판위에 사각형 기둥을 세우고, 사각형 기둥을 중심으로 평판위에 동서남북 4곳에 광센서가 설치되는 구조이며, 태양이 움직일 때 기둥의 높이는 그림자의 크기와 변화 속도를 결정 하므로 적절한 높이를 사용해야 하며, 본 실험에서는 광센서 길이의 3배를 사용하였다.

그림 2와 같은 동쪽과 서쪽 그리고 남쪽과 북쪽의 광센서에서 발생하는 전기 신호의 비교에 의하여, 태양의 위치에 대한 동과서의 기울기 그리고 남과 북의 기울기를 각각 조절하게 된다.

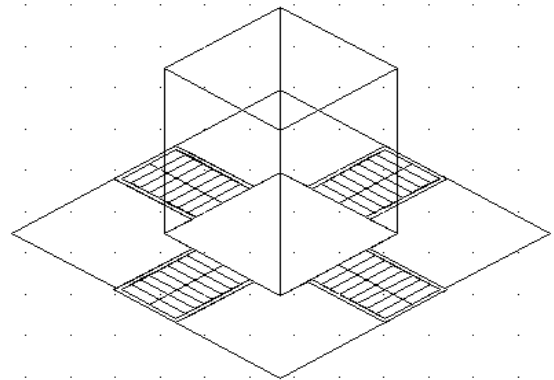


그림 2. 태양 위치 인식기
Fig. 2. Sun location perceiver

2.2 신경회로망 알고리즘

신경회로망 델타 알고리즘이 사용되는 신경회로망 제어기는 시스템의 특성 변화 시에도 실시간학습에 의한 자율적응에 의해서 최적의 무게치가 결정되며, 이와 같은 자율적응의 특징은 시스템 특성 변화 시에 별도로 갖추어야 되는 이득조정 과정이 생략되는 장

점을 갖추고 있다.

태양 이동에 대한 위치 추적은 동서 그리고 남북 기울기 각각의 조절용으로 모터 2개를 각각 사용하여 2축 제어를 수행하였으며, 제어 알고리즘은 신경망 델타 학습규칙을 이용하여 자율 적응제어로 구현하였다 [8-9].

그림 3은 신경망 자율 적응제어 알고리즘을 태양광 추적 시스템에 적용한 순서도를 나타낸 것이다.

그림 3에서 보여지듯이 동서 그리고 남북의 기울기 조정은 신경회로망에 입력되는 오차의 양과 음의 값에 의해 모터의 정·역 회전이 구분되어 수행되는 특징을 갖추고 있다.

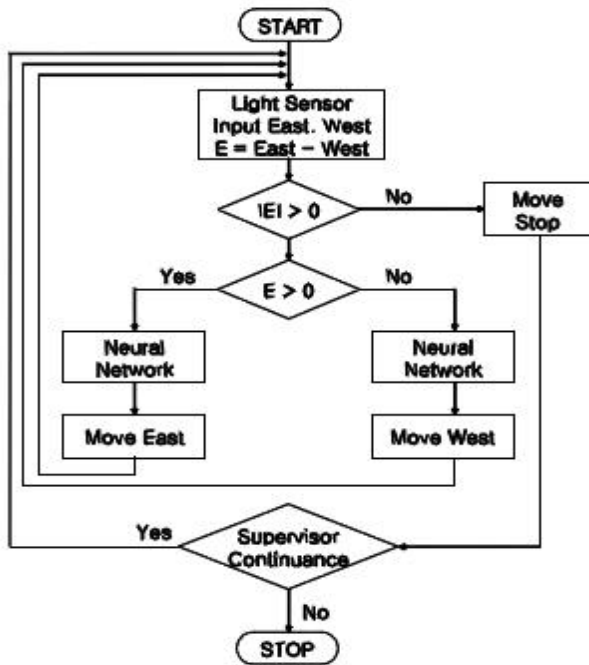


그림 3. 다 평면의 동서 기울기 제어 순서도
Fig. 3. Control flow chart to east-west slope of multiflat reflector

2.3 태양 추적 기구

태양전지의 전력 발생량은 빛의 입사량에 비례하므로, 태양추적식의 평판식 광전지 모듈은 고정식 보다 약 30[%] 이상의 전력을 더 생산하게 되므로, 근래에는 대부분 고정식이 아닌 추적식을 선호하는 편이다.

현재 널리 보급되어 있는 실리콘 태양전지는 온도 상승에 영향을 많이 받는 관계로, 50[°C]이상이 되면 전류 생산이 급격 감소하게 되며, 80[°C]가 되면 작동 불능 상태가 된다.

최근에는 GaAs 3J Cell을 사용한 렌즈 집광식이 많은 관심을 받고 있으며, GaAs 3J Cell은 온도 상승에도 영향을 거의 받지 않으므로 다양한 집광 방식에 의해 범용적으로 보급될 것으로 판단된다.

본 논문에서는 집광기 뒤가 불룩 나온 관계로 남북 기울기 조절용의 수직축은 집광 프레임 감싸는 전체를 들어 올리고, 동서 기울기 조절은 지구베어링 사이를 회전시키게 되는, 그림 4와 같은 인간형 2축 제어 기구를 사용하였다.



그림 4. 인간형 2축 제어장치
Fig. 4. Two axes control equipment of human type

2.4 다 평면 집광기

온도의 영향을 거의 받지 않는 GaAs 3J 태양전지는 가격이 비싼 관계로, 렌즈 집광식을 사용하여 발전 시스템을 구축하고 있으며, 유리렌즈는 무거운 관계로 주로 PMMA(Poly-Methyl-Meta-Acrylate)수지를 사용한 프레벨렌즈를 사용하고 있다. 그런데 수지가 햇볕에 장기간 노출되면 변색이 되어 햇볕 투과율이 정진적으로 감소하게 되는 단점이 있다. 집광식은 렌즈형, 반구형, 포물면의 형태가 주로 사용되고 있고, 가격 그리고 성능 면에서 각각이 장단점을 갖고 있다.

본 논문에서는 가격 그리고 제작 그리고 성능의 유지 면에서 경쟁력을 갖춘 다 평면 집광기를 사용하여 실험을 수행하였다.

그림 5와 같이 다 평면 집광기는 단면이 포물면 형태를 갖는 긴 홈통 중앙의 길이 방향으로 양면형 태양전지 모듈을 수직으로 세우며, 다 평면으로 구성된 양쪽 날개에서 반사되는 빛이 전지 양쪽 표면의 각각에 집광된다.

3. 실험 및 결과 고찰

그림 5는 자연광을 6배 집광시키는 다 평면 반사경 태양 추적 시스템의 실험 장치이다. 반사되는 빛이 셀 표면에 집광시키도록 하게 하는 동서와 남북의 각각의 기울기 제어는 DC모터 (12[V], 15[W], 3000[rpm])를 180 : 1로 감속시켜서 사용하였으며, 광센서는 45×60[mm] 크기의 수지 코팅 솔라Cell (1.7[V], 235[mA])을 사용하였다.

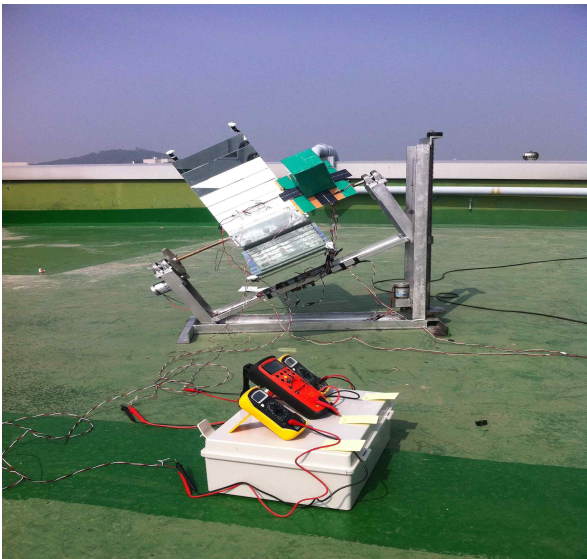


그림 5. 태양 추적 실험장치
Fig. 5. Experimental equipment of sun tracking system

신경회로망 알고리즘은 AVR(ATMEGA128)에 내장하여 사용하였고, 광 발전에 사용된 실리콘 광전지는 광센서로 사용된 솔라Cell을 6개 직렬로 연결하여

사용하였으며, GaAs 3J 광전지는 5.5×6.5[mm] 크기를 사용하여 실험을 수행하고, 실리콘 광전지와 같은 면적으로 환산하여 비교 결과를 얻었으며, 실리콘 모듈의 출력전압은 약 9[V] 그리고 GaAs 3J 모듈의 출력전압은 약 12[V]였다.

실험은 실리콘과 GaAs 3J 광전지를 태양추적 시스템에 의해 수행하고, 같은 조건하에서 고정형의 평판식은 경사각 30[°]에서 수행하였다.

그림 6은 고정 평판식에서 해가 떠서 지는 동안의 시간 변화에 따른 실리콘과 GaAs 3J 셀의 전류발생 곡선으로, 곡선1이 GaAs 3J 셀이며 평균값 전류는 약 0.24[A]이고, 곡선2는 실리콘 셀로 평균값 전류는 0.1[A]이다. 구름의 영향으로 약간의 골들이 발생하나, 정오를 중심으로 완만한 상승과 하강 곡선을 특징으로 한다.

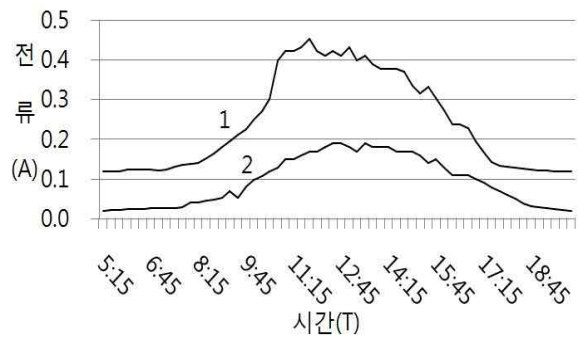


그림 6. 고정 평판식에서의 전류발생 곡선
Fig. 6. Current generation of fixed flat type

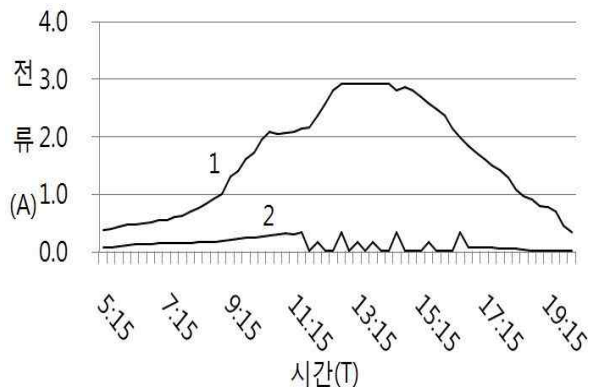


그림 7. 집광 추적식에서의 전류발생 곡선
Fig. 7. Current generation of fixed flat type

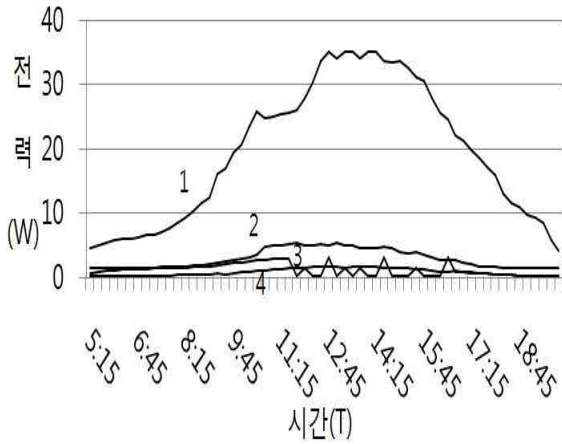


그림 8. 각 방식에서의 전력발생 곡선
Fig. 8. Power generation of respective method

그림 7은 고정 평판식의 면적과 같은 실리콘 셀 그리고 같은 셀 면적의 GaAs 3J 셀에 다 평면 반사경을 사용하여 6배 집광시킨 경우의 전류 발생곡선으로, 곡선1은 GaAs 3J 셀로 전류 발생의 평균값은 1.62[A]이고, 곡선2의 평균값 전류는 0.13이다. 실리콘 셀의 경우에는 10시경에부터 전류 발생이 둔화되기 시작하며, 11시부터는 전류 발생 기능이 마비되어 80[°C] 이상의 온도가 됨을 알 수 있고, 반면에 GaAs 3J 셀은 온도 상승에도 불구하고 입사광에 비례하는 전류가 계속 발생됨을 알 수 있다.

그림 8은 그림 6과 그림 7의 경우를 전력으로 환산하여 표시한 전력 발생 곡선으로, 본 실험은 더위가 시작되는 6월 21일 실시하였다.

실리콘 셀과 GaAs 3J 셀에서 각각 생산되는 평균 전력은 평판식에서 0.9[w](곡선 4)와 2.88[w](곡선 2)이고, 집광식에서는 1.17[w](곡선 3)와 19.44[w](곡선 1)이다. GaAs 3J 셀은 실리콘 셀보다 평판식에서 3.2배, 6배의 집광식에서는 6.75배의 전력을 더 생산하였다.

실리콘 셀의 경우에 광량이 많아지는 여름에 발전량이 늘어나지 않는 이유가 온도 상승 때문임을 알 수 있으며, 온도 상승의 영향을 받지 않고 그리고 광전변환 효율이 높은 GaAs 3J 셀의 사용이 발전량을 증대시킬 수 있음을 보였다.

하지만 고가인 실리콘 셀과 비교하여, 더 고가인

GaAs 3J 셀을 자연 조사방식의 평판으로 사용하기는 시설비 투자에서 부적절하므로, 고가인 셀을 조금만 사용하고 그리고 유지 보수의 용이성을 갖추고 있는 다 평면 집광식이 매우 적합하다고 판단되며, 이와 같은 태양광 발전시설이 범용적으로 보급된다면 청정에너지 확보에 많은 기여를 하리라 생각된다.

4. 결 론

태양광 발전은 자원의 무한성과 무공해성으로 많은 관심을 받고 있지만, 현재 가장 많이 사용되고 있는 실리콘 셀에 대한 온도의 취약성과 광전변환 효율이 개선되어진다면 범용적인 보급이 가능하여 진다.

최근에 일부에서 집광식으로 설치되는 GaAs 3J 셀은 온도의 취약성과 광전 변환효율이 비교적 많이 개선되어졌으므로, 비싼 셀 값을 극복할 수 있는 방법이 필요하다.

극복 방식으로 GaAs 3J 셀에는 주로 렌즈 집광 방식이 사용되고 있으나, 이에 사용되는 프레넬렌즈는 시간 경과에 따라 빛 투과율이 감소하는 단점이 있다.

본 논문은 거울을 사용한 다 평면 반사경 집광식으로, 고가인 GaAs 3J 셀의 사용량을 1/6 이상 감소시켜 주는 결과에 의하여, 광 발전 시설에서 셀의 사용량을 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다.

이와 같이 거울을 사용한 다 평면 집광 방식은 종래 렌즈 집광방식에서 시간 경과에 따라 빛 투과율이 감소하는 단점을 극복할 수 있었으므로, 집광도를 더욱 높이는 설계와 이에 대한 실증 단계를 거치게 되면, 태양광 발전기의 보급에 크게 기여할 것으로 기대된다.

이 논문은 2011학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.

References

[1] H.J. oh, D.Y. Lee, D.S. Hyun, "An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled

PV-application”, 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] “포토 다이오드를 이용한 태양 추적센서” 특허 제 10-0369893, 한국에너지 기술연구원.

[4] “렌즈를 이용한 태양광 추적 장치” 특허 제10-042790, 신병한.

[5] “태양광 위치 추적 발전 장치” 특허 제 10-0814343, 미래에너지 기술(주).

[6] N. Hovakimyan, F. Nardi, A. Calise, “Adaptive output feedback control of uncertain”, IEEE Trans. Neural Network, Vol. 13, No. 13, pp. 1420-1431, November 2002.

[7] J.Q. Hong, F.L. Lwis, “Neural- Network Predictive control for Nonlinear dynamic system with Time-Delay”, IEEE trans. Neural Network, Vol. 14, No.2, pp.337-389, March 2003.

[8] Seong-Su Lee, Young-Wook Kim, Hun Oh, 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.

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

◆ 저자소개 ◆



이광신 (李光信)

1985년 11월 11일생. 2010년 원광대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 현재 원광대학교 대학원 전기공학과 석사과정.



이현석 (李賢錫)

1983년 11월 29일생 2010년 원광대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 현재 원광대학교 대학원 전기공학과 석사과정.



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 한국 농어촌공사 전북지역본부 근무.



박알서 (朴曰緒)

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