

## 공기압축 에너지저장방식의 추적식 태양광발전시스템 운전특성

박정민, 김형석, 백형래, 조금배  
조선대학교

### The Operating Characteristics of Tracking PV System Using Air Compress Energy Charging Method

Jeong-Min Park, Hyung-Suk Kim, Hyung-Lae Baek, Geum-Bae Cho  
Chosun University

**Abstract** - This paper describes the element of solar cell's characteristics, photovoltaic system and solar tracking through experiment. Furthermore, it proposes the experiment results of the PV system is contained solar modules, power conditioning system and the solar tracking system using air compress charging energy

The experimental results show that the PV system is always operated at maximum power of solar cells and tracking the sun in order to generate efficiently power generation and propose a capability of its application.

## 1. 서 론

현재 국외의 경우 1 MWp 이상의 대규모 태양광 발전소의 발전효율을 높이기 위해 대형 추적식 태양전지 어레이를 사용하고 있으나 발전효율에 대한 이론 및 체계에 대해서는 보고되지 않고 있으며 국내에서는 에너지기술연구소에서 400 Wp 급 양방향 추적장치를 자체적으로 개발한 적이 있으나 기계적인 취약점으로 현재 철수한 상태이고 그 결과 및 효율에 대한 보고가 미흡한 실정이다. 또한, 1KW급 규모의 소형 태양전지 모듈용 추적장치는 현재 개발되지 않고 있으며 태양광 추적기는 태양 추적장치를 구동할 때 모터나 액추에이터를 이용할 경우는 전력 소모가 크며, 저전력의 소형 태양광 추적장치에 DC 모터를 이용하는 경우는 기술적으로 많은 개발과제가 남아있기 때문이다.

이러한 점을 고려할 때 본 논문에서는 축전지와 같은 전력저장시스템 대신 압축공기를 에너지로 저장하고 저장된 압축공기 액추에이터로 구동하여 최대 발전효율을 가져올 수 있는 방법을 제시하고 특성을 분석한다.

본 논문에서는 압축공기로 저장된 에너지를 액추에이터를 통해 태양전지 어레이가 태양과 항상 법선을 이루도록하여 최대전력을 발생하는 시스템을 제안하고, 액추에이터 구동특성에 따른 태양추적 계통연계형 PV 시스템의 출력특성을 분석하여 제안한 시스템의 우수성을 입증하고자 한다.

## 2. 태양광 추적시스템

센서에 의한 방법의 경우 일정 각도가 벗어난 경우 태양 추적이 안 되는 단점을 보완하기 위하여 프로그램에 의하여 시간에 따른 태양의 대각의 위치를 결정하고 센서로 정확한 위치를 추적하는 방법을 사용할 수 있다. 프로그램에 의하여 대각의 위치를 먼저 추적해 가므로 장시간 동안 태양이 나타나지 않은 경우에도 태양추적이 가능하고 이물질에 의한 오동작을 일정범위 내에서 제한할 수 있다. 이 방법은 프로그램이 비교적 간단하면서도 정확한 태양의 위치 추적이 가능하고 오류도 적어지는

장점이 있다. 그러나 태양의 대각 위치를 추적할 수 있는 프로그램이 필요하고 이물질에 의한 문제를 완전히 해결하지 못하고 센서 추적이 비해 회로가 복잡한 단점이 있다.

### 2.1 시스템 구성

#### 2.1.1 태양위치 추적센서

센서에 의한 방법은 그림 1과 같이 5개의 광센서(Cds)를 이용하여 입사되는 광량을 중앙에 있는 센서와 비교하여 태양의 위치를 추적한다.

센서와 태양이 법선 각도에서 벗어나 광센서 윗쪽으로 천공되어져 있는 홀에 센서의 일부가 그늘을 만들어 5개의 광센서 출력이 달라지게 되면 중앙의 광센서의 출력이 가장 크게 나타나도록 가동부를 움직여 태양을 다시 법선 방향에 위치하도록 한다.



Fig. 1 Construction of sensor using CDs

#### 2.1.2 제어회로

그림 2는 태양위치 추적시스템의 회로도를 나타낸 것이다. 센서에서 입력되는 전압은 중앙의 Cds 전압강하값과 비교하여 태양의 위치를 판별하여 마이컴에 입력신호를 발생하게 된다. 태양의 위치와 태양전지어레이가 법선을 이루도록 액추에이터 실린더의 개폐 시기 및 주기를 판별하여 제어하게 되는 구조이며 에어 컴프레서의 공기압이 떨어질 경우 자동적으로 계통에서 공급을 시키게 된다.

압축공기 노즐의 제어는 솔레노이드밸브에 의하여 제어되고 각 배관에는 압력계이지에 의하여 과 입력을 보호하고 있다.

마이컴은 microchip 사의 원칩 마이컴 PIC16C711을 사용하였으며 clock은 4MHz 오실레이터를 사용하며 12개의 입출력 port를 사용하였다.

추적 동작의 진행은 광량의 차이에 의하여 센서로부터 비교되어진 전압신호는 비교기에 의하여 중앙값을 기준으로 임의의 2곳이 결정되어지고 마이컴에서 구동 액추에이터 제어용 솔레노이드 밸브의 제어신호를 발생하게 된다. 솔레노이드 밸브에 의하여 압축공기는 액추에이터

실린더에 공급되어 가동부가 가동되어 태양과 항상 법선을 이루도록 제어된다. 그림 3은 제어부 실물사진이다.

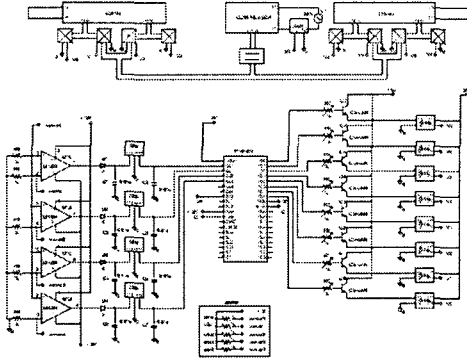


Fig. 2 Schematic of solar tracking control system

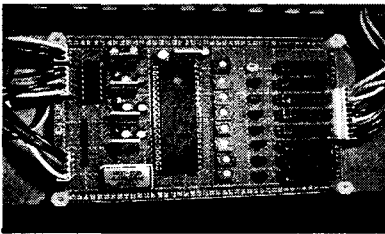


Fig.3 Photograph of tracking control unit

### 2.1.3 태양추적시스템 가동부

가동부는 크게 액추에이터 실린더와 솔레노이드밸브, 그리고 에어 컴프레서 및 제어회로로 구성된다. 액추에이터 실린더는 최대 하중이 100Kg의 대용량 실린더이며 최대 이격거리는 40cm 이다. 입력 에어 압력은 5 Bar 이고 양방향 1개의 흡기, 배기의 구조로 되어있다.

솔레노이드 밸브의 최대 동작 시간은 0.1ms 이 회복 속도이다. 12V DC 전원으로 구동되며 3단자 입출력 구조이다. 솔레노이드 및 실린더 구동압력을 조절하기 위하여 압력계이지 및 밸브를 부착하여 적절한 압력이 공급될 수 있도록 설계하였다.

### 2.2 태양추적시스템 특성

본 논문에서는 태양전지 어레이에서 발생된 전력을 최대한으로 하기 위하여 센서, 프로그램 복합방식으로 태양추적 제어알고리즘을 적용하였다. 시제작한 추적시스템을 이용하여 태양전지 모듈사이에 있는 센서를 통하여 검출된 광량에 따른 전압값으로부터 Microcontroller에 의하여 제어될 때의 출력전압, 출력전류 및 전류에 대한 파형으로부터 태양추적 구동할 때와 구동하지 않을 때를 비교하여 실험을 수행하였다.

그림 4와 그림 5는 가동부를 고정시켰을 때와 추적을 수행할 때 태양전지 어레이의 입출력전압, 전류, 전력계적의 파형을 나타낸다. 이때 입력전압 및 전류가 불안한 상태이지만 입출력 전력계적곡선에서 알 수 있듯이 최대 전력을 출력하고 있음을 알 수 있다.

그림 6은 임의의 날씨가 화창한 날 같은 출력을 내는

어레이로 고정상태와 추적상태의 발전량을 데이터화한 것이다. 고정상태보다 최대 150W 이상 차이가 남음을 알 수 있고 태양전지 법선의 기울기가 크면 클수록 고정상태보다 추적을 수행하는 상태의 발전 출력이 현저히 큼을 알 수 있다.

그림 7은 임의의 기후 변화가 있는 날 같은 출력을 내는 어레이로 위와 같은 실험을 수행한 결과의 태양전지 발전출력량을 데이터화한 그래프이다. 구름이 없는 상태에서는 최대발전량이 150W 정도차이가 나고 있으나 구름이 가려진 상태에서는 출력이 어느정도 동일함을 알 수 있다.

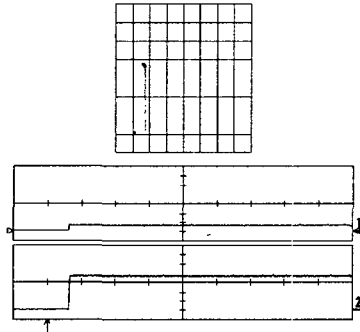


Fig. 4 Output power, voltage and current without tracking system

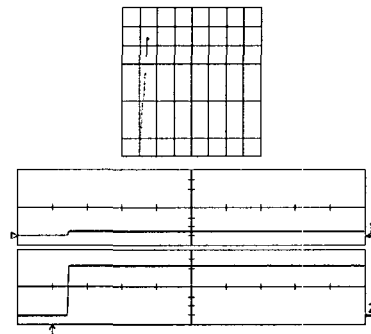


Fig. 5 Output power, voltage and current with tracking system

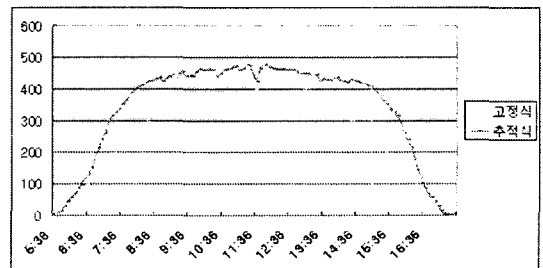


Fig. 6 Compare with a static system and tracking system in fine day

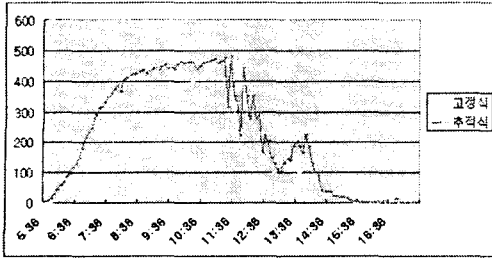


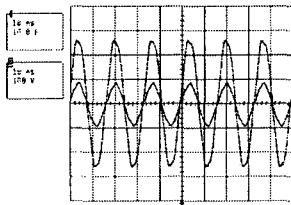
Fig. 7 Compare with a static system and tracking system in some gloomy day

### 2.2.1 계통연계시 PCS 출력특성

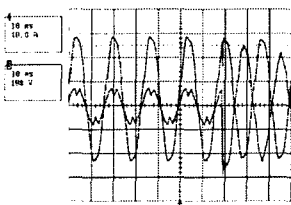
본 논문에서는 공기압축 에너지저장방식 계통연계형 태양광 추적시스템의 출력특성을 분석하기 위하여 태양 추적시스템의 출력특성을 평가 분석하였다. 출력특성을 분석하기 위하여 부하를 가변하는 조건으로 각각 PCS의 출력 및 계통선의 입·출력 그리고 부하측의 입출력을 측정하여 결과를 분석하였다. 부하의 일부는 압축공기의 압력이 떨어져서 에어 컴프레서가 구동할 때의 특성을 위주로 측정을 하였고 일반 부하는 최소부하, 중부하, 최대부하 조건으로 나누어 각각 측정 및 분석을 수행하였다.

그림 8은 기저 부하상태와 가동부 및 에어 컴프레서가 순간적으로 구동하는 상태에서 (a) PCS 측의 전압, 전류 출력과 (b) 계통선쪽의 전압, 전류 그리고 (c) 기저 부하측의 전압, 전류를 각각 측정한 것이다.

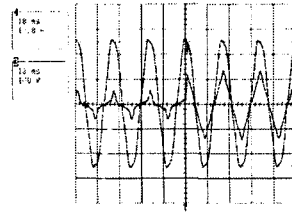
PCS의 출력전류는 평균값 6 [A]에서 기저 부하 소비전류 3 [A]로 구동하다가 부하 소비전류 및 에어컴프레서 구동전류의 평균값이 13 [A]로 계통으로 잉여전류를 공급하는 전류의 평균값이 1 [A]로 - 7 [A]로 부족 전류분을 계통에서 공급하고 있음을 알 수 있다. 여기서 - (負)의 기호는 전류의 반전된 방향을 나타낸 것이다. PCS는 잉여전류에서 부족전류의 전환점에서 위상이 반전이 되며 속응하여 전류를 안정적으로 유지함을 알 수 있다.



(a) Power conditioning system



(b) Utility line in deficiency power



(c) Load and air compressor operating

Fig. 8 Output voltage and current in some load and air compressor operating mode

### 3. 결 론

태양전지에서 발생하는 전력은 적류지만 대부분의 부하는 교류를 사용하므로 전력변환기가 필요하다. 또한 태양전지의 변환효율이 낮고 일사량이나 온도 등에 따라 항상 출력특성이 변하고 있다.

이러한 배경에서 본 논문은 축전지와 같은 전력저장시스템 대신 압축공기로 저장된 에너지를 액추에이터를 통해 태양전지 어레이가 태양과 항상 법선을 이루도록 하여 최대전력을 발생하는 공기압축 에너지 저장방식 태양광 발전시스템을 구성하여 최대전력점을 추적해 가는 방식을 구현하여 특성을 분석하였다. 공기압축에너지 저장방식 태양추적형 태양광발전시스템을 구성하여 출력특성을 분석한 결과 고정식에 비하여 40 % 이상의 발전출력을 증가시킬 수 있었다. 물론 에어컴프레서 구동 전원을 계통에서 유입이 되어 전체 효율을 고려할 때 다소 저하되었으나 에어컴프레서의 1회 저장에너지로 약 3회 운전이 가능하였으므로 발전의 효율이 증대된 결과를 얻었다. 또한, 계통연계형 PCS 출력 특성을 분석한 결과 부하에서 소비되고 남은 발전된 잉여전력은 계통으로 공급이 원활이 이루어짐을 확인하였고 컴프레서와 같은 일시 최대 부하에서 부족한 부하전력을 계통에서 속응적으로 전환되어 공급함을 확인할 수 있었다.

태양을 추적하여 더 많은 햇빛을 받게 하여 태양전지의 효율을 높이기 위하여 행해진 추적장치는 대형 방식에 많은 연구가 진행되어 왔으며 그 연구의 일환으로 본 논문의 기본 사료로 제시한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Hyeong-Ju Noh, Dong-Yun Lee, Dong-Seok Hyun, "An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled PV applications" IEEE IES, Vol2, pp1113-1118, 2002. 11
- [2] Kitano, T., Matsui, M., De-hong Xu, "Power sensor-less MPPT control scheme utilizing power balance at DC link - system design to ensure stability and response", IEEE IES, Vol2, pp 1309-1314, 2001.11.
- [3] Nagayoshi, H., Orio, S., Kono, Y., Nakajima, H., "Novel PV array/module I-V curve simulator circuit" IEEE Photovoltaic Specialists Conference 2002, pp1535-1538, 2002. 5.
- [4] Ruther, R., de Silva, A.J.G., Montenegro, A.A., Salamon, I.T., Araujo, R.G., "The petrobras 45.5kwp, grid-connected pv system: a comparative study of six thin-film module types operating in brazil" Proceedings of the 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference 2002, pp1440-1443, 2002.5.