

센서방식 태양광 발전시스템의 효율개선을 위한 새로운 추적알고리즘 개발

논 문
58-11-17

Development of a Novel Tracking for Efficiency Improvement of PV System with Sensor Method

최 정 식* · 고 재 섭* · 정 동 화†
(Jung Sik Choi · Jae Sub Ko · Dong-Hwa Chung)

Abstract - This paper proposes a novel tracking algorithm for efficiency improvement of photovoltaic(PV) system using sensor method. PV system of sensor method is exactly impossible to track a sun position when insolation is low or rapidly changed by the clouds and fogs. Also, in this case, tracking device is occurred energy consumption by unnecessary operating. This statement of reason, real power of PV system is not increased than fixed PV system in specified location.

Therefore, this paper proposes a novel tracking algorithm considered insolation for efficiency improvement of PV system using sensor method. And this paper analyzes the generation volume and proves the validity of proposed algorithm as compared with the conventional PV tracking system using sensor method.

Key Words : PV system, Tracking, Insolation, Sensor method, Efficiency

1. 서 론

태양광 발전은 화석연료를 사용하는 다른 발전방식과는 다르게 환경 친화적으로서 대기오염이나 소음이나 발생이 없고, 에너지원이 무한하여 고갈의 염려가 없다는 것이 가장 큰 장점으로 부각되고 있다. 기술적으로 규모에 의해 발전량은 변화하지만 발전효율을 규모에 관계없이 일정하기 때문에 소규모에서 대규모 부하까지 대응할 수 있다. 특히, 발전시간이 침투부하가 걸리는 시간과 일치하므로 하절기 침투부하를 줄여주는 부가효과가 있다. 또한 태양광이 닿는 곳이면 전기를 필요로 하는 어느 장소에서도 발전할 수가 있고, 소형으로 만들어 휴대할 수도 있으며, 연료의 공급 없이 20년 이상 사용 가능할 뿐만 아니라 운전, 유지관리 및 보수비용의 현저한 감소로 인해 대체에너지원으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존 발전방식에 비하여 발전 단가가 높고, 에너지 밀도가 희박하여 일정한 전력을 이용하기 위해서는 넓은 면적의 태양전지모듈 설치 장소가 필요하다. 그리고 기상조건 및 자연조건에 절대적인 영향을 받는다. 태양전지에서 발생하는 전력은 직류지만 대부분의 부하는 교류로 사용하기 때문에 태양광 발전의 출력을 교류로 변환시켜 사용하여야 한다[1].

태양전지 모듈이 일사량, 소자의 온도 및 부하와 같은 외

부환경 등에 따라 최대 발전 출력점이 변하는 특성을 가지고 있다. 변환 효율도 14~24[%] 정도 밖에 되지 않기 때문에 가능한 많은 에너지를 태양전지에서 얻을 수 있도록 항상 MPP(Maximum Power Point)에서 동작하도록 전력변환기를 제어해야 할 필요가 있다. 따라서 전력전자기술의 진보는 태양광 발전 제어용 PCS(Power Conditioning System)의 이용기술 개발을 촉진하게 하였다[2].

태양전지의 출력 효율을 높이기 위하여 일반적으로 태양전지 셀 자체의 효율을 높이거나 변환기의 변환효율 및 MPPT 제어를 하여 높이는 방법, 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사하게 하는 방법 등을 이용하고 있다.[3]-[7]

태양광 발전의 추적 시스템은 소규모 독립형 태양광 시스템에 적용되는 저가의 추적 장치를 개발되어 고정식 대비 발전 효율을 검증하였다.[8] 태양전지 어레이가 태양과 항상 법선을 이루도록 하여 최대 전력을 발생하는 신경망 추적기를 제안하였다.[9] 또한 포토센서를 이용한 추적시스템 등의 센서방식을 이용한 태양을 추적하는 시스템이 제안되었다 [10][11]. 태양 추적 시스템이 응용된 것으로 약 650℃ ~ 1200℃의 고온이 요구되는 태양열 집열기 시스템에 사용되는 Parabolic Dish형 추적장치를 위한 태양의 방위각과 고도 각 위치 계산 및 태양센서에 의해 추적하는 Hybrid 방식이 제안되었다[12][13].

그러나 현재까지 태양 추적장치는 태양의 추적 정밀도 향상에 관하여 연구 되어 왔다. 그러나 일사량, 온도, 태풍, 눈, 적설 등 자연환경 변화에 따라 자동 추적할 수 있는 시스템에 관한 연구는 미비한 실정이다. 특히 종래의 태양광 발전에 사용되는 센서방식의 추적시스템은 광량이 적은 경우 설정된 위치로 강제 이동하거나 현재 위치에서 정지하는 경우

* 정 회 원 : 순천대 공대 전기공학과 박사과정
† 교신저자, 정회원 : 순천대 공대 전기공학과 정교수 · 공박
E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr
접수일자 : 2009년 7월 8일
최종완료 : 2009년 10월 21일

와 구름 및 안개 등 급변하는 기후 환경에 의해 추적 장치의 오동작의 문제점으로 태양의 정확한 추적이 불가능하다.

따라서 본 논문에서는 환경변수 중 하나인 일사량을 고려한 센서방식 태양광 추적 시스템의 새로운 제어 알고리즘을 제안한다. 또한 종래의 센서방식 태양 추적 알고리즘과 제시한 알고리즘을 태양광 발전 시스템에 적용하여 발전량을 분석하여 그 타당성을 입증한다.

2. PV 추적시스템을 위한 모델링

2.1 PV 어레이의 경사면 모델링

일반적으로 고정식인 경우 PV 어레이의 경사각은 태양광 발전소의 위도의 값에 일치하게 설치하면 된다. 이것은 태양광 어레이면에 연간 태양복사에너지가 최대가 되는 경사이다. 또한 계절별 조정방식인 경사 가변형인 경우 여름 PV 어레이 경사각은 태양광 발전소의 위도의 값에 -15° 를 더하고, 겨울에는 $+15^\circ$ 를 더하면 태양 복사에너지가 최대가 되는 경사각을 계산할 수 있다.

PV 시스템 설계 시는 필연적으로 수평면에 대한 경사면에서의 월별 1일 평균 일사량의 비율인 \bar{R} 값이 산출되어야 한다. 이 \bar{R} 값은 직달, 산란, 지면반사성분의 합으로부터 구할 수 있다. 만일 산란 일사량과 지면에서 반사되는 일사량이 각각 등방위성을 갖는다면, 월별 평균비율 \bar{R} 값을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{R} = \frac{\bar{H}_T}{\bar{H}} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \cdot \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) + \frac{\bar{H}_p}{\bar{H}} \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right) \quad (1)$$

그리고 \bar{H}_T 는 식 (2)과 같이 된다.

$$\bar{H}_T = \bar{H} \cdot \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}}\right) \cdot \bar{R}_b + \bar{H}_d \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) + \bar{H}_p \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right) \quad (2)$$

여기서, \bar{H}_d/\bar{H} 는 월별 1일 평균 일사율인 $K_T(\bar{H}/\bar{H}_o)$ 의 함수로서 수평면에서 월별 1일 평균 총 일사량에 대한 산란 일사량의 비율이고, \bar{R}_b 는 해당 달의 월평균 1일 값으로 수평면에서의 총 일사량에 대한 경사면 직달 일사량 비율인 \bar{H}_{bT}/\bar{H} 를 의미한다.

$$\bar{H}/\bar{H}_d = 0.775 + 0.00653 \cdot (\omega_s - 90) - [0.505 + 0.00455 \cdot (\omega_s - 90)] \cdot \cos(115K_T - 103) \quad (3)$$

여기서, ω_s 는 수평면 일몰시간 각으로 $\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \cdot \tan \sigma)$

이다. 해당지방의 월평균 대기권 밖의 일사량 \bar{H}_o 는 식 (4)에서 구할 수 있다.

$$\bar{H}_o = 24 \times 3600 \cdot G_{sc} / \pi [1 + 0.033 \cos(360n/365)] \times [\cos \phi \cdot \cos \sigma \cdot \sin \omega_s + (2\pi \cdot \omega_s / 360) \cdot \sin \phi \cdot \sin \sigma] \quad (4)$$

북반구에서 적도를 향한 경사면, 즉 방위각이 정남 ($\gamma = 0^\circ$)을 향한 경우 \bar{R}_b 는 다음 식으로 정의된다.

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega_s' + (\pi/180) \omega_s' \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad (5)$$

여기서, 경사면 일몰 시간각인 ω_s' 는 해당 월평균 일의 대표 값인 일적위 등을 적용하여 다음 식에 의해 산출할 수 있다.

북반구일 경우,

$$\omega_s' = \min \left[\cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta), \cos^{-1}[-\tan(\phi - \delta) \tan \delta] \right] \quad (6)$$

식 (5)에서 분자 항은 경사면에서 대기권 밖 일사량을, 분모 항은 수평면에서의 대기권 밖 일사량을 의미하며, 이들 각각의 값은 수평면, 또는 경사면에서 태양시를 기준으로 한 일출에서 일몰시간까지의 적분치로서 구할 수 있다. 위의 식 (5)을 임의의 방향을 갖는 어떠한 평면에서도 적용할 수 있도록 변형하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{R}_b &= (\cos \beta \sin \delta \sin \phi)(\omega_{ss} - \omega_{sr})(\pi/180) \\ &\quad - (\sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma)(\omega_{ss} - \omega_{sr})(\pi/180) \\ &\quad + (\cos \phi \cos \delta \cos \beta)(\sin \omega_{ss} - \sin \omega_{sr}) \\ &\quad + (\cos \delta \cos \gamma \sin \phi \sin \beta)(\sin \omega_{ss} - \sin \omega_{sr}) \\ &\quad - (\cos \delta \sin \beta \sin \gamma)(\sin \omega_{ss} - \sin \omega_{sr}) \\ &= 2[\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s + \sin \phi \sin \delta] \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, ω_{sr} 과 ω_{ss} 는 각각 경사면에서의 일출, 일몰시간 각으로 다음 식에 의해 산출 할 수 있다.

$\gamma > 0^\circ$ 인 경우,

$$\omega_{sr} = -\min\{\omega_s, \arccos[(AB + \sqrt{A^2 - B^2 + 1})/(A^2 + 1)]\}$$

$$\omega_{ss} = \min\{\omega_s, \arccos[(AB - \sqrt{A^2 - B^2 + 1})/(A^2 + 1)]\} \quad (7)$$

$\gamma < 0^\circ$ 인 경우,

$$\omega_{SR} = -\min\{\omega_S, ar \cos[(AB - \sqrt{A^2 - B^2 + 1}) / (A^2 + 1)]\}$$

$$\omega_{SS} = \min\{\omega_S, ar \cos[(AB + \sqrt{A^2 - B^2 + 1}) / (A^2 + 1)]\} \quad (8)$$

여기서, A 와 B 는 다음 식에서 산출할 수 있다.

$$A = \cos \phi / (\sin \gamma \tan \beta) + (\sin \phi / \tan \gamma)$$

$$B = \tan \delta \{ (\cos \phi / \tan \gamma) - [\sin \phi / (\sin \gamma \tan \beta)] \} \quad (9)$$

2.2 PV 추적시스템의 구조

PV 어레이 설치 형태에 따라 분류하면 고정식 및 추적식 태양광 발전 시스템으로 구성 할 수 있다. 그림 1은 고정식 발전 시스템이며, 그림 2는 경사 가변형 발전 시스템이다.

고정식인 경우에는 태양광 발전소의 PV 어레이 구성에서 가장 일반적인 형태이며 PV Array는 고정된 구조 위에 설치되며, 설치변수는 태양광 발전소 설치위치의 위도를 고려한 경사각 및 방위각이다.

계절별로 경사각을 수정 할 수 있는 구조인 경사 가변형 발전시스템의 경우 설치변수는 방위각과 태양광 발전소 설치위치의 위도를 고려한 계절별 또는 월별 경사각이다.

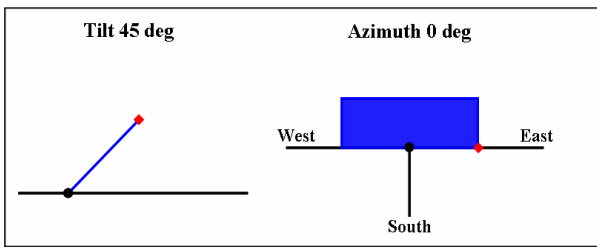


그림 1 PV 시스템의 고정식 발전 시스템.
Fig. 1 Fixed generation system of PV system.

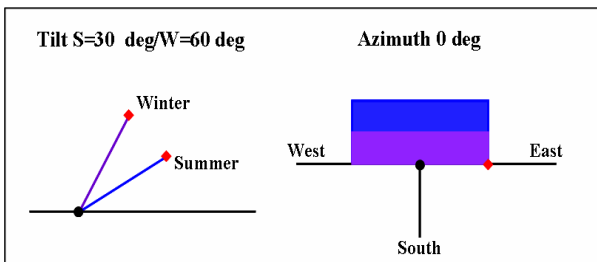


그림 2 PV 시스템의 경사 가변형 발전 시스템.
Fig. 2 Slope variable type generation system of PV system.

태양광 발전시스템에서의 추적장치는 PV 어레이를 지지하는 구조물로서, 어레이 표면에 태양의 복사에너지의 입사각을 최소화하면 입사된 복사에너지는 최대가 되어 태양광 발전시스템에서 발전 효율을 높일 수 있다.

추적장치의 종류에는 단축 추적장치, 방위각 추적장치, 양축 추적장치 등이 있다.

단축 추적장치는 어레이면에 위치된 축이 회전함으로써 태양을 추적하며 그 축에 관한 설치 변수는 최대, 최소 경사

각과 회전축의 설치 방위각 또는 고도각이다. 경사각의 크기와 설치 방위각에 따라 태양광 발전소의 부지 면적과 어레이의 그림자 영향으로 발전효율의 저하되므로 사전에 충분한 검토가 필요하다. 방위각 추적장치는 태양광 발전소 설치위치의 위도를 고려한 경사각으로 고정되고, 설치 변수는 설치 경사각 및 방위각, 회전각이며 회전축은 수직 축에 대해서 회전한다.

양축 추적장치는 항상 두 축이 회전함으로써 태양이 항상 법선을 이루면서 태양전지 모듈에 입사되게 제어한다.

그림 3은 단축 추적장치와 방위각 추적장치 및 양축 추적장치를 나타내며, 표 1은 설치변수를 나타내고 있다.

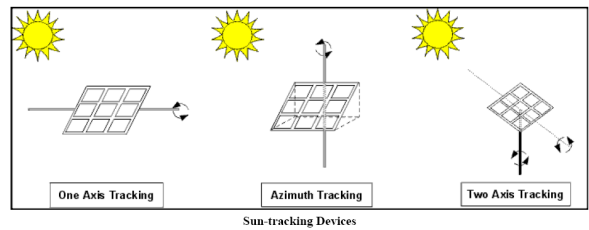


그림 3 PV 시스템의 추적장치의 종류.
Fig. 3 Type of tracking equipment of PV system.

표 1 설치변수.

Table 1 Installation variable.

Tracking Mode	Parameters required
No tracking	PV Array의 경사 및 방위각
Seasonal tilt adjustment	PV Array의 경사 및 방위각 또는 고도각
1-axis tracking	추적축의 경사 및 방위각
2-axis tracking	None
Azimuth tracking	추적축의 경사 및 방위각

3. 센서방식의 추적 제어알고리즘

프로그램 방식이 태양위치를 계산하여 태양광을 추적하는 게루프 방식인데 비해, 센서방식은 제한제어를 사용하는 페루프 방식이다. 주로 소형 시스템 또는 원칩 마이크로프로세서를 사용하여 소 단위 시스템을 제어하는데 사용된다.

이 방식에 사용되는 센서로는 열 센서를 이용하기도 하난 응답시간이 늦어 제어동작이 지연되므로 대부분의 시스템에서는 광센서를 이용하고 있다. 태양의 위치를 감지하기 위해 4 개의 광센서 사이에 그늘판으로 막은 2쌍을 직각으로 배치한 다음 쌍으로 이루어진 센서의 출력을 서로 비교하고 두 축의 모터를 구동하여 직각이 되도록 함으로써 태양광의 위치를 추적하게 한다.

이 방식은 프로그램 방식에 비해 오차가 적고 설치 시에도 별 문제가 없으나 구름에 의한 오동작을 일으키기 쉽다. 따라서 구름이 적은 지역의 무인 시스템이나 비교적 소규모의 시스템에 적합하다.

또한 광센서 추적방식은 센서오차에 의해 동작되며 센서 오차가 설정된 오차범위 보다 적거나 같을 때 추적 장치는 정지한다. 저 일사량일 경우에는 추적 장치가 설정된 위치로 강제로 이동하거나 오동작하는 경우가 발생한다. 그림 4는 광센서 추적 제어 알고리즘을 나타낸다.

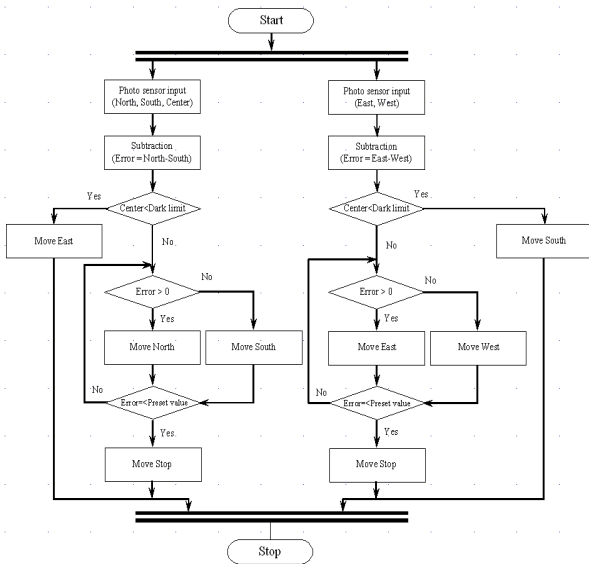


그림 4 광센서 추적방식 제어 알고리즘.
Fig. 4 Control algorithm of photo sensor tracking

4. 제시한 제어 알고리즘

4.1 제어알고리즘 설계

안개 및 구름, 비로 인한 저 일사량 경우 태양빛의 산란 효과(Refraction effect)는 태양광 발전에 많은 영향을 미친다. 태양 추적장치가 실시간으로 태양의 방위각 및 고도각을 추정하는 경우에도 실제 태양광 발전량은 특정한 위치에 고정되어 있는 경우보다 발전량이 증가하지 못하며, 추적 장치의 운전으로 인하여 불필요한 소비전력이 발생한다.

또한, 센서방식 추적장치인 경우에는 광센서의 미세한 오차로 인하여 테드밴드 폭을 적게 하여 제어 시에는 산란광 때문에 추적장치의 오동작이 발생하여 불필요한 소비전력이 발생되며 발전량에는 영향을 미치지 못한다. 그리고 테드 밴드 폭을 크게 한 경우에는 추적장치의 미동작으로 소비전력을 줄일 수 있지만 태양의 방위 및 고도의 위치 오차가 크게 되어 발전량이 적어 발전효율을 감소시킨다. 따라서 본 논문에서는 태양의 위치가 추적 가능한 위치일 때 일사량의 아날로그 0~5Vdc 값을 A/D 컨버터 입력을 받아 설정된 값 이상의 일사량이면 프로그램 방식으로 태양의 위치와 어레이가 법선이 되도록 추적장치를 제어하며 일사량이 설정된 값 이하가 되면 추적장치는 설정된 위치로 이동 후 정지한다.

일사량 변화에 따른 새로운 제어 방법은 현재의 방위각 및 고도, 일사량의 변수를 이용하여 일사량이 추적장치의 제어 가능한 범위에서 태양의 방위각 및 고도각에 따라 설정된 일사량의 값보다 적은 경우에는 설정된 위치로 추적장치

가 강제로 이동 후 정지하게 된다. 또한 일사량은 구름에 의한 산란이나 낙엽 등에 의해서 추적장치의 오동작의 염려가 있으므로 추적장치의 제어기에서는 일정한 테드 밴드 폭을 설정하여 설정된 지연시간 후에 일사량을 샘플링하여 설정된 값(200W/m²) 이상의 일사량이면 추적장치는 프로그램 방식에 의하여 태양의 방위각 및 고도각을 제어한다. 일사량이 200W/m² 이하일 경우에는 태양광에 의한 발전량이 미비하기 때문에 추적 장치를 동작하지 않게 설정한다. 추적 장치를 동작하지 않게 설정하는 경우에는 레인센서에 따라 비나 눈이 태양전지 모듈위에 쌓이지 않게 하기 위해 경사모드로 제어하게 되며, 그렇지 않을 경우에는 수평모드로 운전한다. 그림 5는 본 논문에서 제시한 제어 알고리즘을 나타낸다.

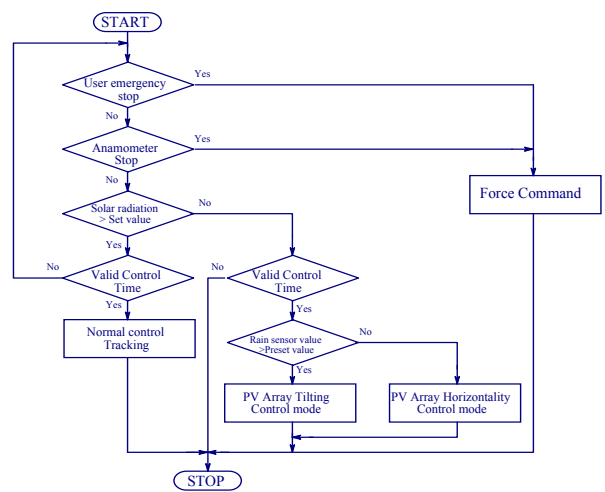


그림 5 제시한 제어 알고리즘
Fig. 5 Proposed control algorithm.

4.2 추적 장치의 제어기 설계

그림 6은 추적장치 제어기 블록도를 나타낸다. 직류 모터 제어용 칩은 National Semiconductor 사의 LMD18200을 사용하여 추적장치의 위치제어에 사용하였다. LMD18200은 H-Bridge 회로를 구성되어 있으며 LMD18200의 특성은 다음과 같다.

- ① Delivers up to 3A continuous output
- ② Operates at supply voltages up to 55V
- ③ TTL and CMOS compatible inputs
- ④ No "shoot-through" current
- ⑤ Thermal warning flag output at 145°C
- ⑥ Thermal shutdown (outputs off) at 170°C
- ⑦ Shorted load protection

방위각 및 고도각 제어를 위한 전동기 동작의 로직입력은 표 2와 같다.

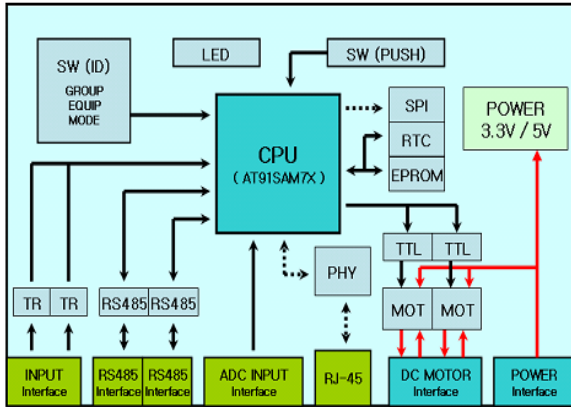


그림 6 추적장치 제어기 블록도.
Fig. 6 Block diagram of tracker controller.

표 2 추적장치 모터 로직 테이블.
Table 2 Logic table of tracker motor.

	PWM	DIR	BRAKE	Output drivers
AZIMUTH	H	H	L	EAST
	H	L	L	WEST
ALTITUDE	H	H	L	SOUTH
	H	L	L	NORTH

5. 실험 및 결과

그림 7은 본 논문에서 제시한 알고리즘의 타당성 분석을 위해 실증실험을 수행한 태양광 발전 시스템의 구성도를 나타낸다. 추적장치는 비교군을 위해 양축 2그룹으로 구성되어 있으며, 1그룹당 용량은 32[kW]이다. 본 연구는 일사량이 좋을 때와 일사량이 좋지 않을 때의 발전량을 분석하였다. 그림 8은 실증실험을 수행한 태양광 발전 시스템을 나타낸다.



그림 8 실험을 위한 태양광 발전 시스템.
Fig. 8 PV generation system for experiment.

그림 9~11은 일사량이 높을 경우의 센서방식과 제시한 알고리즘에 의한 방식을 비교하여 나타낸 것이다. 그림 9는 추적방식에 따른 교류전력의 변화를 비교하였고, 그림 10은 직류전압과 직류전류의 변화를 비교하여 나타내었다. 또한 그림 11은 종래의 센서방식과 제시한 방식에 대해 일사량에 따른 태양광 발전의 발전량을 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 일사량이 높은 경우에는 종래의 센서방식과 제시한 방식의 발전량이 거의 유사하게 나타나고 있다.

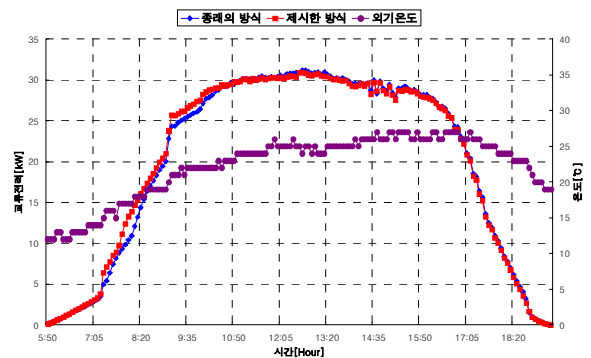


그림 9 태양광 발전의 교류전력 비교(고 일사량).
Fig. 9 AC power comparison of PV system (High insolation)

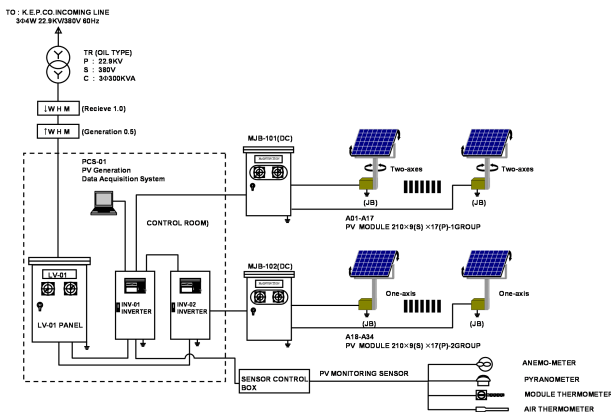


그림 7 태양광 발전 시스템의 구성도
Fig. 7 Configuration of PV generation system.

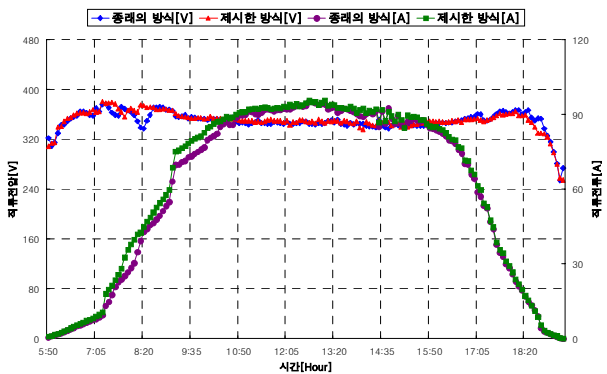


그림 10 직류전압 및 직류전류의 비교 (고 일사량).
Fig. 10 Comparison of DC voltage and current (High insolation)

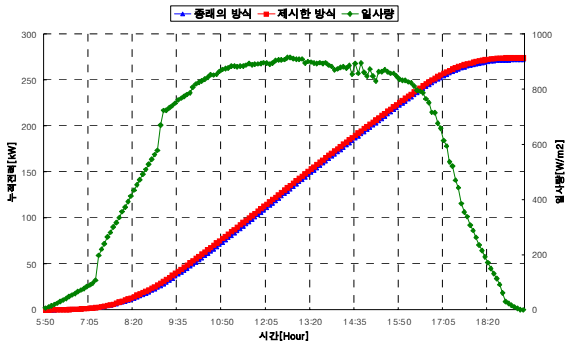


그림 11 발전량 비교 (고 일사량)
Fig. 11 Comparison of generation volume(High insolation)

그림 12~14는 일사량이 급변하는 경우의 센서방식과 제시한 알고리즘에 의한 방식을 비교하여 나타낸 것이다. 마찬가지로 그림 12는 추적방식에 따른 교류전력의 변화를 비교하였고, 그림 13은 직류전압과 직류전류의 변화를 비교하여 나타내었다. 그림 14는 같은 조건에서 종래의 센서방식과 제시한 방식에 대해 일사량에 따른 태양광 발전의 발전량을 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 일사량이 급변하는 경우 종래의 센서방식이 248.4[kW], 제시한 알고리즘은 255.3[kW]의 발전량을 출력하였다. 구름이나 안개등의 영향에 따른 일사량이 급변하는 경우에는 환경 제어모드에 의한 제시한 방식이 약 7[kW] 정도 높은 발전량이 나타남을 알 수 있다.

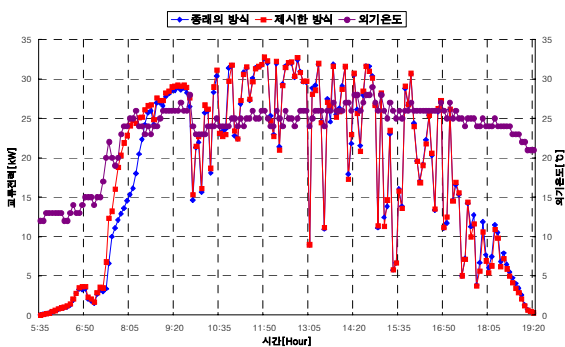


그림 12 태양광 발전의 교류전력 비교(일사량 급변).
Fig. 12 AC power comparison of PV system (Rapidly changing insolation)

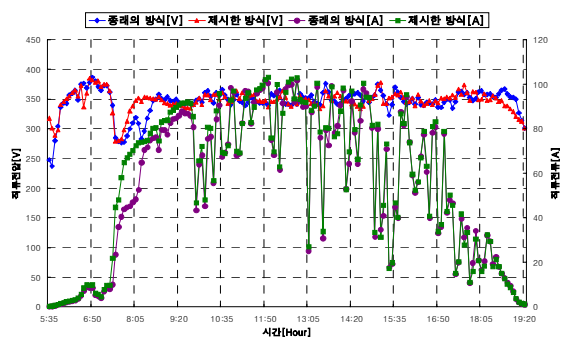


그림 13 직류전압 및 직류전류의 비교 (일사량 급변).
Fig. 13 Comparison of DC voltage and current(Rapidly changing insolation)

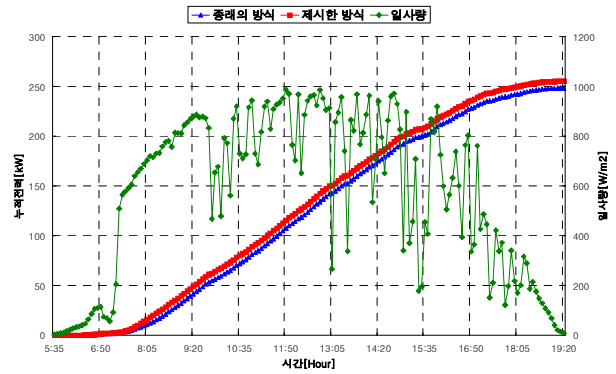


그림 14 발전량 비교 (일사량 급변)
Fig. 14 Comparison of generation volume (Rapidly changing insolation)

그림 15~17은 일사량이 매우 낮은 경우의 센서방식과 제시한 알고리즘에 의한 방식을 비교하여 나타낸 것이다. 그림 15는 추적방식에 따른 교류전력의 변화를 비교하였고, 그림 16은 직류전압과 직류전류의 변화를 비교하여 나타내었다. 그림 17은 같은 조건에서 종래의 센서방식과 제시한 방식에 대해 일사량에 따른 태양광 발전의 발전량을 비교하였다. 실험 당일의 기후 조건은 구름에 의해 일사량이 매우 적고 비가 내렸으며, 이러한 기후조건에서 제시한 방식은 환경제어모드로 운전하였다. 환경제어 모드에서는 우적 센서에 의해 강우량을 감지하여 태양전지판 위에 빗물이 고이지 않도록 Tilting 제어 모드로 운전하였다. 그림에서 알 수 있듯이 일사량이 매우 낮은 경우 종래의 센서방식이 16.5[kW], 제시한 알고리즘은 17.7[kW]의 발전량을 출력하였다. 기후조건이 비가 오거나 구름의 영향에 따라 일사량이 매우 낮은 경우에는 환경 제어모드에 의한 제시한 방식이 약 1.2[kW] 정도 높은 발전량이 나타남을 알 수 있다.

일사량이 높은 경우에는 추적 제어 알고리즘에 제시한 환경제어모드가 영향을 미치지 못해 추적 방식에 따른 발전량이 거의 유사하게 나타났지만, 구름이나 비가 오는 기후조건에서는 환경제어모드로 운전되는 추적시스템의 발전량이 높게 나타남을 알 수 있다.

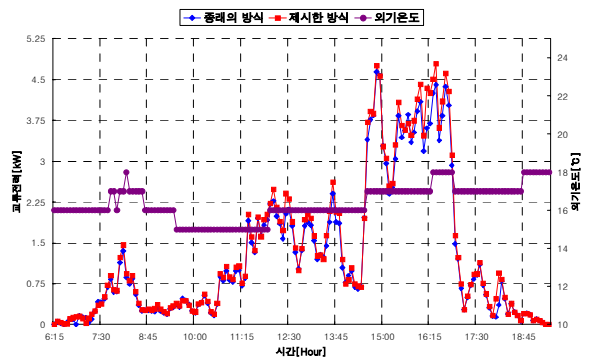


그림 15 태양광 발전의 교류전력 비교(저 일사량).
Fig. 15 AC power comparison of PV system (Low insolation)

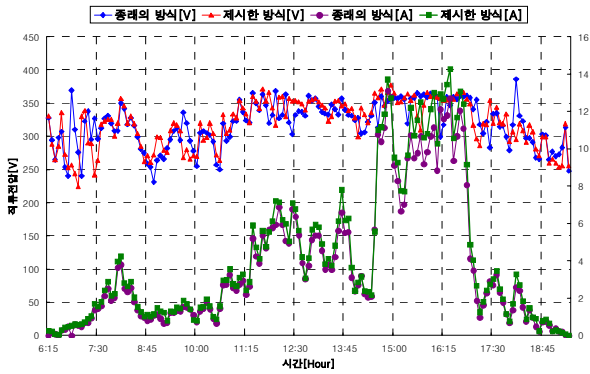


그림 16 직류전압 및 직류전류의 비교 (저고 일사량).
Fig. 16 Comparison of DC voltage and current(Low insolation)

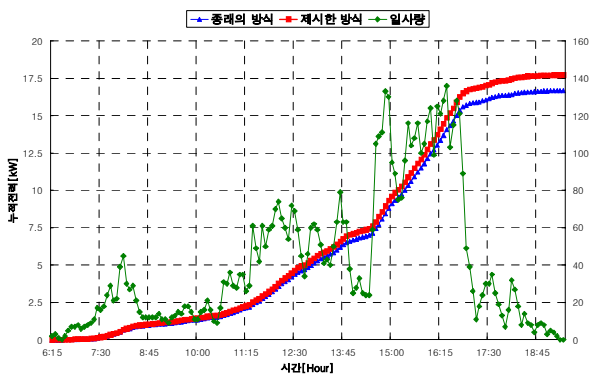


그림 17 발전량 비교 (저 일사량)
Fig. 17 Comparison of generation volume(Low insolation)

6. 결 론

본 논문에서는 센서방식에 의한 태양광 발전의 추적시스템 효율을 개선하기 위한 새로운 추적 알고리즘을 제시하였다. 제시한 알고리즘은 비가 오거나 구름에 의해 일사량이 낮을 경우 환경 제어 모드로 운전하게 되며 이는 태양추적 장치의 동작 및 전력소모와 연계된다. 일사량이 설정 값 이하일 경우, 태양의 위치를 추적하기 위한 추적시스템 구동에 의한 전력소모가 발전량에 비해 상대적으로 크게 나타난다. 따라서 이러한 전력소모를 줄이기 위한 추적 제어 알고리즘을 제시하였다. 제시한 알고리즘의 타당성 분석을 위해 종래의 센서 방식과 제시한 알고리즘에 의한 추적방식에 의한 발전량과 효율을 분석하였다. 이를 위한 조건은 일사량이 높은 경우, 일사량이 급변하는 경우 및 일사량이 낮은 경우에 대해 비교하여 분석하였다.

일사량이 높을 경우에는 환경모드의 영향을 받지 않아 두 제어 알고리즘에 의한 발전량은 거의 차이가 나지 않았다. 그러나 구름 및 안개등의 영향으로 일사량이 급변 경우, 제시한 알고리즘에 의해 환경 제어모드로 운전하는 방식이 종래의 방식에 비해 약 7[kW] 정도 높은 발전량을 출력하였으며, 약 2.8[%]정도의 효율을 개선하였다. 또한, 비가 오거나 구름에 의해 일사량이 매우 낮은 경우, 환경 제어모드에 의한 제시한 방식이 종래의 방식에 비해 약 1.2[kW] 정도 높은 발전량을

출력하였으며, 약 7.2[%] 정도의 효율을 향상시켰다.

따라서, 실증실험을 통해 본 논문에서 제시한 새로운 추적 알고리즘에 대한 타당성을 입증할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 순천대학교 산학협력지원사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Kazuyoshi Tsukamoto, "Photovoltaic Power System Interconnected with Utility", Proceeding of the American Power conference, Vol. 1, pp.276-281, 1990.
- [2] M. Mirkaemi-Moud, B. W. Williams, "A Single Chip Pulse-Width Modulator Based on a Compressed Look-up Table", IEEE IECON, Vol. 1, pp.246-251, 1992.
- [3] H. J. Noh, D. Y. LEE, D. S. Hyun, "An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled PV-applications", IEEE IES, Vol.2 (2002), pp. 1113-1118.
- [4] M. A. Mahmoud. et. al, "Fuzzy logic implementation for photovoltaic maximum power tracking," Proceedings. 91h JEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp. 155 -160, 2000.
- [5] Geoff Walker, "Evaluating MPPT converter Topologies using a Matlab PV model", IEAust, vol. 21, pp. 49-56, 2001.
- [6] Salah Abdallah "The effect of using sun tracking systems on the voltage - current characteristics and power generation of flat plate photovoltaics", Energy Conversion and Management, 45(2004) 1671 - 1679
- [7] W. A. Lynch, M. Salameh, "Simple eletro-optically controlled dual axis sun tracker", Solar Energy, Vol. 45(1990), pp. 65-69.
- [8] 이양규, 강신영, 김광현, "소형 태양광 발전시스템 상용화를 위한 프로그램 방식의 태양위치 추적기 개발", 전력전자학회, Vol. 8, No. 3, pp. 260-265, 2003.
- [9] 김평호, 백형래, 조급배, "지능형 제어기법을 이용한 태양추적시스템에 관한 연구", 한국태양에너지학회, Vol. 25, No. 1, pp. 1-10, 2005.
- [10] P.Roth, A. Georgiev, H. Boudinov, "Design and construction of a system for sun-tracking", Renewable Energy, 29 2004. 393-402.
- [11] P.Roth, A. Georgiev, H. Boudinov, "Cheap two axis sun follow device", Energy Conversion and Management 46 2005 1179-119.
- [12] 박영철, 강용혁, "Parabolic Dish형 태양열 집열기를 위한 2축 태양추적장치의 개발에 관한 연구", 한국태양에너지, Vol. 19, no. 4, pp. 81-99, 1999.

- [13] 박영칠, 강용혁, “집광식 태양열 집열기의 태양추적 장치를 위한 태양위치 계산”, 한국태양에너지, Vol. 18, no. 3, pp. 87-94, 1998.

저 자 소 개



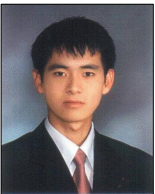
최정식 (崔正植)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 3월 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 061-750-3543

Fax : 061-752-9841

E-mail : cjs1108@scnu.ac.kr



고재섭 (高在涉)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 3월 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 061-750-3543

Fax : 061-752-9841

E-mail : kokos22@naver.com



정동화 (鄭東和)

1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수.

Tel : 061-750-3543

Fax : 061-752-9841

E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr

WebPage : <http://pelab.sunchon.ac.kr/~hwa777>