

태양전지 발전 온실개폐시스템 적용

Application of Solar Cell Electricity Generation System for Greenhouse opening and shutting

김영중* 강연구* 강금춘* 백이* 유영선*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원

Y.J. Kim Y.K. Kang K.C. Kang Y. Baek Y.S. Ryou

1. 서론

태양광발전은 수소에너지, 풍력발전 등과 더불어 화석에너지를 대신하여 전기생산을 할 수 있는 미래의 무공해 청정에너지 자원으로 주목받고 있다. 태양광 이용은 화석에너지에 비하여 경제성이 미흡하여 보급에 많은 애로가 있었으나 지속적인 연구개발로 인하여 경제성 확보에 많은 성과가 있었고 또 환경오염에 대한 대체에너지 개발에 대한 사회전반에 걸친 폭 넓은 이해를 바탕으로 이용분야를 점차 확대하고 있다. 우리나라의 태양광 이용은 낙도나 오지의 전원, 고속도로의 전광판 및 비상전화 전원, 산불방지 관측장치의 전원, 주거용 주택에서 전기기기 전원 등으로 이용되고 있다. 반면 선진외국에서는 주로 대규모 발전용으로 연구개발되고 있으며 국가적 차원에서 지속적인 투자가 이루어지고 있다. 킬로와트당 태양광발전 발전단가는 미국이 \$ 0.18~0.35 이며 연중일사량(kWh/m²/year)은 2,300~1,200, 일본의 경우 \$ 0.36~0.56, 연중일사량(kWh/m²/year)은 1,500~1,100 으로 조사되었다(2002, Reinhard).

태양광발전은 n형 반도체와 p형 반도체를 접합하여 빛을 받으면 pn 접합을 가진 반도체 속에서 빛과 물질의 상호작용이 일어나 (+)전하와 (-)전하가 발생하고 그전하를 밖으로 방출함으로써 전기가 흐르고 그 에너지로 모터를 회전시키거나 전등을 켤수 있다. 그러나 이 전기는 직류로 가정용기기를 사용하려면 교류로 변환시켜야 하고 따라서 효율도 저하된다. 온실에는 여러 종류의 전기기기가 사용된다. 대표적인 것으로는 온실개폐기, 온풍난방기, 각종 펌프 등이 있으며 온실개폐기는 대부분 직류모터로 작동된다. 따라서 온실에서 태양전지 이용은 일반 전기기기보다 상대적으로 쉬울 수 있으며 투자비용 또한 적게 들 수 있다. 본 연구는 온실개폐시스템의 동력부하를 조사분석하고 온실 전기기기의 동력원으로서 태양광발전 시스템의 적용가능성을 분석하고 자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 온실동력부하 조사

태양광 발전시스템을 온실에 적용하는 기초자료를 삼고자 3곳의 온실을 대상으로 동력부하를 조사하였다. 조사대상 온실 선정은 우리나라 표준온실모델인 1-2W형 온실을 선정하

* 농업기계화연구소

였으며 육묘장도 한군데 조사하였다. 조사항목은 직류개폐기의 종류 및 개수, 개폐부하등 이었고 기타 교류전기동력기기에 대해서도 조사하였다. 조사방법은 현지를 방문하여 실측하였고 개폐부하는 각각의 개폐기의 전류 및 전압을 열림 및 닫힘 작동을 하면서 멀티메타로 계측하였다.

나. 태양전지발전시스템 제작시험

(1) 태양광발전시스템의 설계식

$$Q_A \cdot A \cdot \eta_{ps} \cdot K = E_L \cdot D \cdot R \text{ ----- (1)}$$

Q_A : 태양전지 설치 경사면 일사강도

A : 태양전지 Array 면적

K : 종합설계계수

E_L : 부하의 수요전력량

D : 부하의 태양광발전시스템에 대한 의존율

R : 설계여유계수

$$\eta_{ps} = \frac{P_{AS}}{H_S \cdot A} \text{ ----- (2)}$$

P_{AS} : 표준상태에 있어서 태양전지 어레이 출력 (KW)

H_S : 표준상태에 대한 일사강도 (1 KW/m²)

식 (1), (2)에서 태양전지 용량은

$$P_{AS} = \frac{E_L \cdot D \cdot R}{Q_A / H_S \cdot K}$$

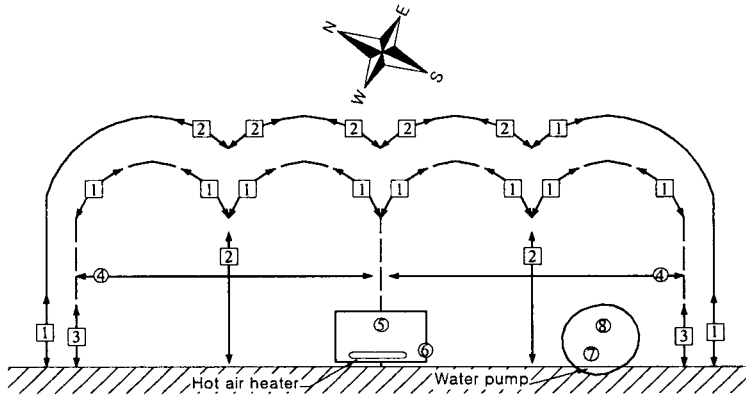
(2) 주요조사 항목

온실용 태양전지 발전시스템에서 주요조사항목은 온실계폐기 부하량, 작동횟수, 태양광 전지 경사각도에서의 일사량, 태양광전지 발전량, 배터리충전량 등이다.

3. 결과 및 고찰

가. 온실의 전기기기사용 실태

그림 1은 750평 온실 내에서 사용되는 전기기기의 종류와 그 용도를 그림으로 표시하였다. 온실 내,외부에서 사용되는 직류개폐기 숫자는 총 20개로 파악되었고, 개폐부하가 상당히 큰 보온덮개개폐기는 2개로서 교류전원(0.75kW)을 사용하고 있었다. 그 외의 전기를 사용하는 교류전기기기로는 온풍난방기 송풍팬 (1.5kW) 2개와 급수용펌프 2개(1.37kW, 0.29kW)가 있었다. 총 전기용량은 약 10kW로 산정되었다.



□ : direct current use ○ : alternating current use

Figure 1. Various electric devices in greenhouse operations

Table 1. Various electric devices in greenhouse operations in Ansung

farm location and information	manu.	Nu.	Volts (V)		Currents (A)		load (W)		remarks		
			op.	sh.	op.	sh.	op.	sh.			
loc. : Ansung area : 750 pyung crop : cucumbêr * opening and shutting speed(m/s) opening : 0.0228 shutting: 0.0214	A	2	27.97		1.81		50.6		24V, under 6A, 1.5 rpm		
	B	7	26.2	27.4	1.15	0.84	30.1	23.0	24V, under 3A, 4 rpm, 54W.		
			C	11	21.8	27.7	1.87	0.97	40.8	26.9	24V, under 6A, 4 rpm
○ total load (mean) op. : 587.1W sh. : 558.1W							V	A	W	Manu.	
○ total load (max.) op. : 900.9W sh. : 619W					max.		op.	27.99	2.4	67.2	A
							sh.	27.99	2.4	67.2	A
○ total load (min.) op. : 621.4W sh. : 497.1W					min.		op.	25.72	0.84	21.6	B
							sh.	26.97	0.72	19.4	B

(continued) (in Buyoo)

farm location and information	manu	nu.	volt (V)		curr (A)		load(W)		remarks			
			op.	sh.	op.	sh.	op.	sh.				
Lo. : Buyoo Area : 300pyung crop : melon house type: 3 conti.	D	8	op.	sh.	op.	sh.	op.	sh.	24V			
			25.5	26.3	1.71	1.41	43.6	37.1				
	E	2	26.7	28.9	0.89	0.57	23.8	16.5	24V, under 2A			
	B	2	26.2	27.4	1.15	0.84	30.1	23.0	24V, under 2A			
	G	1							AC220, 2A, 400W			
H	1							AC220, 2.4A, 400W				
○ total load (mean)							V	C	W	manu.		
op. : 434.8W												
sh. : 375.8W												
○ total load (max.)												
op. : 567.8W							max.	op.	26.02	2.1	54.6	D
sh. : 414.8W								sh.	27.04	1.51	40.8	D
○ total load (min.)												
op. : 358.6W							min.	op.	26.22	0.86	22.5	E
sh. : 335.8W								sh.	28.56	0.55	15.7	E

표 1은 그림 1의 온실에서 사용되는 직류개폐기의 운전부하를 표시한다. 안성온실(750평)에서는 개폐기를 20개가 사용되었고 부여온실(300평)에서는 15개가 사용되었다. 단위개폐기의 개폐부하는 제작회사에 따라 다르게 나타났으며 최대개폐부하는 67.2W 온실을 열때, 최소개폐부하는 15.7W로 닫을 때 발생하였으며 이는 온실을 열 때는 개폐기가 위로 상승하고 닫을 때는 하강함으로서 당연한 결과라 할 수 있다. 온실 1동 당 최대 개폐부하는 안성온실이 900W, 부여온실은 567W로 조사되었다. 이를 기초자료로 삼아 온실개폐동력용 태양전지 발전시스템을 설계하였다.

가. 온실개폐동력용 태양전지 발전시스템 (1) 제작시험

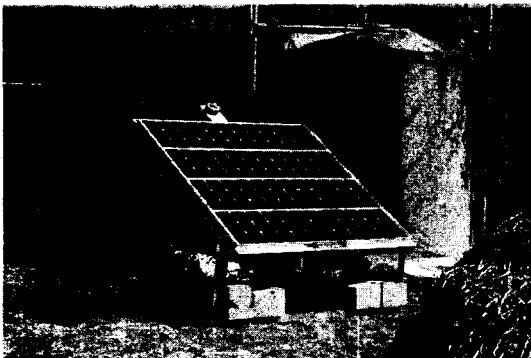


그림 1은 본시험에서 제작한 태양광 발전 장치로 12V-50W급 4개로 구성하였고 개폐기의 작동전압을 고려하여 24V로 배터리를 충전하도록 하였다. 태양전지의 설치각도는 연중 최대일사량을 받을 수 있는 35도로 하였다. 배터리는 12V-200A 짜리 두 개를 직렬로 연결하여 24V가 생성되도록 하였다. 시스템의 주요사항을 표 1에 기록하였다.

Figure 1. Photo of the solar cell electrification for greenhouse opening and shutting

Table 2. Specifications of the Solar cell power system for greenhouse opening and shutting

component	specification	remarks
solar cell	50W × 4	1290×330mm, dir-alt., 24V
power controller	12V-40A	battery charging, supply D.C. to the devices
battery	12V-200AH, ES type × 2	nominal voltage 14.4V
angle adjuster	right to left	solar cell inclination
solar cell supporter	each	1
container	700×400×870mm	for battery, controller

(2) 일사량과 태양전지 효율

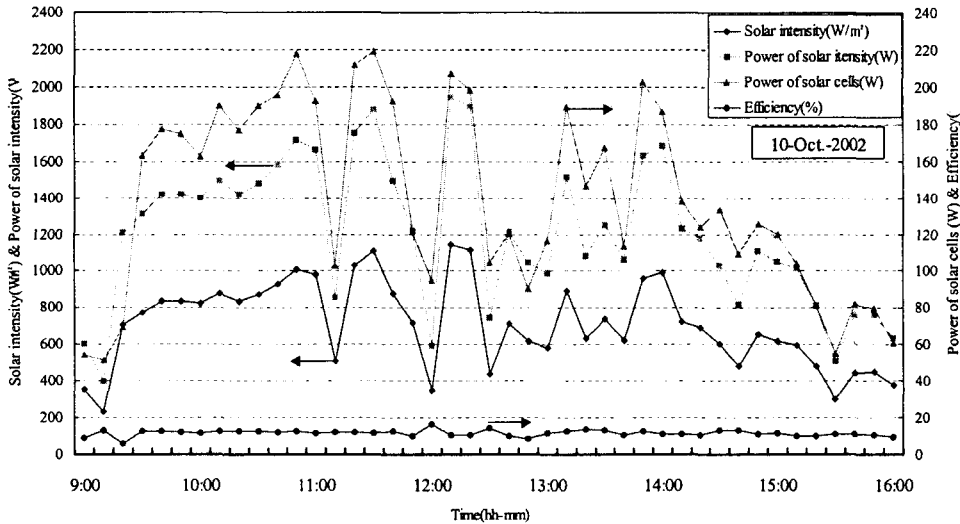


Figure 3. Solar insolation and efficiency of solar cell in the system

그림 3은 안성온실에 태양전지를 설치하고 일사량과 태양전지 전력발생량을 나타낸 그래프로 전력량 계측은 24V 모타에 최대부하를 걸고 계측한 값이다. 하루 중 태양전지가 받은 최고피크는 정오경 1,900W_p로 나타났고 이 때 전력으로 220W_p로 변환되었으며 따라서 전력 변환효율은 13%가 되었다. 전체적 평균효율은 10.7%로 계산되었으며 오후 5시경 이후에는 전력생산량은 극히 미미하였다.

(3) 개폐전력과 태양전지 전력생산량

표 3은 9월 중 온실개폐장치의 소비전력량과 태양전지 전력생산량을 나타낸 표로 소비 전력량은 하루 중 실제 개폐회수를 조사하여 실측한 값이다. 보통 온실에서는 수동식 개폐를 하며 개폐회수는 비, 우박, 급격한 외기변화 등 기상조건에 따라 다를 수 있다. 9월 평균

개폐부하는 156Wh로 나타났고 반면 태양전지발생량은 1,030Wh로 측정되었다. 본 태양전지 발전시스템의 배터리는 12V-200A 2개로서 2.4kW 이므로 배터리는 항상 완충전 상태임을 알 수 있었다. 그러나, 배터리 방전시험의 결과 충전필요시점까지의 방전량은 약 900Wh로 측정 되었으므로 실제적으로는 배터리 2개 방전량인 1,800Wh 정도가 연속적으로 사용될 수 있다. 최대방전용량 1,800Wh으로 1일 개폐횟수가 2번이라면 무조일수가 4일 지속되더라도 배터리 용량으로 연속적으로 온실내의 개폐작업에는 지장이 없을것으로 사료된다. 그러나, 실제적으로는 계절적 악기상에 의한 연속개폐일수 여부는 좀 더 지속적인 관찰이 요망된다.

Table 3. Loads of opening and shutting greenhouse and power produced by solar cells

date	load (Wh)	power by solar cell(Wh)	difference (Wh)
9/6	109.52	497.90	388.38
9/7	109.52	1211.00	1101.48
9/8	219.03	1504.50	1285.47
9/9	219.03	1339.40	1120.37
9/10	109.52	761.20	651.68
9/11	109.52	1420.90	1311.38
9/12	219.03	1030.70	811.67
mean	156.5	1109.4	952.9
total	1095.2	7765.6	6670.4

(4) 온실개폐기의 개폐작동성

본 시험에서 제작한 태양전지발전시스템을 20개 온실의 개폐는 적용한 결과 아무런 문제점은 발견되지 않았다. 통상 온실 개폐는 동시에 이루어지므로 개폐부하가 30A까지 상승 되었지만 큰 문제는 발견되지 않았다. 배터리충전 상태도 항상 만충전상태를 유지하고 있었다.

4. 결론

온실전기기기는 직류전원을 많이 사용하므로 직류를 원초적으로 발생시키는 태양전지발전시스템을 도입하기 좋은 조건일 뿐 아니라 청정에너지자원인 태양전지발전을 보급을 활성화 시킬 수 있는 유망한 분야다. 이를 위해 온실의 개폐장치를 대상으로 개폐부하를 측정 한 결과 750평 온실의 20개 개폐기의 평균개폐부하는 156 Wh로 나타났고 이에 적합한 태양 전지 발전용량은 200W급 솔라셀과 2-12V-200Ah이 적합한 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. Reinhard, Haas. 2002. Building PV markets. Renewable energy world. May-June. 98-111.
2. 통상산업부. 1997. '96 대체에너지 시범보급사업. KIER-964315.
3. 통상산업부. 1996. 대체발전 적용연구(Ⅱ)에 관한 중간보고서.