

태양전지발전 온실개폐시스템 개발

Solar PV System for greenhouse windows operation

김영중 강연구 유영선 강금춘 백이
농업기계화연구소

Y.J.Kim Y.K. Kang R..S. Ryou K.C. Kang Y. Baek
National Agricultural Mechanization Research Institute

서 론

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 근래 지속적인 연구개발로 인하여 경제성확보에 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 \$ 0.36~0.56과 1,500~1,100으로 조사되었다(2002, Reinhard).

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 태양광발전시스템의 적용가능성을 분석하고 자 한다.

재료 및 방법

온실동력부하 조사

태양광 발전시스템을 온실에 적용하는 기초자료를 삼고자 3곳의 온실을 대상으로 동력부하를 조사하였다. 조사대상 온실 선정은 우리 나라 표준온실모델인 1-2W형 온실을 선정하였으며 육묘장도 한군데 조사하였다. 조사항목은 직류개폐기의 종류 및 개수, 개폐부하 등 이었고 기타 교류전기동력기기에 대해서도 조사하였다. 조사방법은 현지지를 방문하여 실측하였고 개폐부하는 각각의 개폐기의 전류 및 전압을 열림 및 닫힘 작동을 하면서 멀티메타로 계측하였다.

태양전지발전시스템 제작시험 태양광발전시스템의 설계식

태양전지 용량결정은 $P_{As} = \frac{E_L \cdot D \cdot R}{Q_A / H_S \cdot K}$ (kWh) 에 의해 결정된다. 여기서,

Q_A 는 태양전지 설치 경사면 일사강도, kW/m', K 는 종합설계계수, E_L 은 부하의 수요전력량, kWh, D 는 부하의 태양광발전시스템에 대한 의존율, R 은 설계여유계수다. 한편, 배터리 소요용량, $Q_B = \frac{E_L \cdot (1+N)}{B_F}$ (kWh)로 Q_B 는 배터리 소

용용량, kWh, N 는 부조일수, 일, B_F 는 축전지상수(방전심도 × 충방전효율)다.

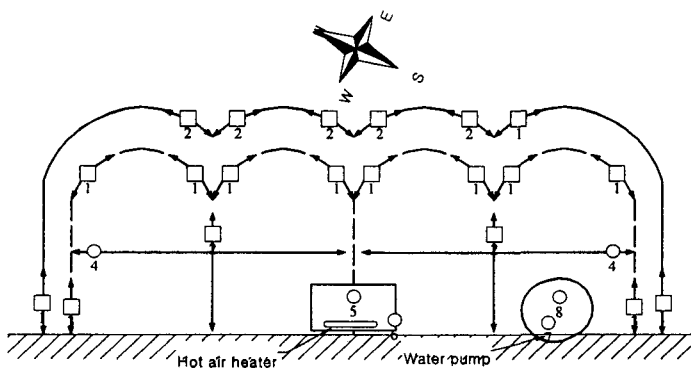
주요조사 항목

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

결과 및 고찰

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

경기도 안성온실(750평)에서는 개폐기를 20개가 사용되었고 부여온실(300평)에서는 15개가 사용되었다. 단위개폐기의 개폐부하는 제작회사에 따라 다르게 나타났으며 최대개

폐부하는 67.2W로 온실을 열 때, 최소개폐부하는 15.7W로 닫을 때 발생하였으며 이는 온실을 열 때는 개폐기가 위로 상승하면서 지구의 중력에 의해 부하가 많이 걸리고 닫을 때는 개폐기가 내려오면서 중력 만치 적게 걸리니 당연한 결과라 할 수 있다. 온실 1동 당 최대개폐부하는 안성온실이 900W, 부여온실은 567W로 조사되었다. 이를 기초 자료로 삼아 온실개폐동력용 태양전지 발전시스템을 설계하였다.

온실개폐동력용 태양전지 발전시스템

제작시험

태양전지 발전부 설계

태양광발전출력, $P_{AS} = \frac{E_L \cdot D \cdot R}{Q_A / H_S \cdot K}$ 에서 일일부하량 E_L 은 설치온실에서 실측

한 온실개폐기 전력부하량으로 0.22kWh로 정하였고, 태양광의존율은 태양전지발전시스템을 보조전원이 없는 주전원으로 이용하여 개폐기를 작동시킨다는 가정 하에서 100%로 하였고, 설계여유계수 R 은 통상적으로 1.2로 설정하므로 여기서도 1.22로 하고, 연평균일사량 Q_A/H_S 는 설치지역 안성의 연평균일사량을 고려하여 3.35 kWh/m²·day, 시스템효율 K 또한 태양광발전시스템 설계 시 통상적으로 사용하는 값 60%로 정하여 태양전지 출력식에 대입한 결과 본 설치온실의 태양전지 출력 P_{AS} 는 0.164kW_p로 계산되었다. 이를 기준으로 본시험에서 제작한 태양광 발전장치는 그림 3에서 보는 바와 같은 태양전지12V-50W급 4개로 하여 200W로 하였고, 개폐기의 작동전압 24V를 고려하여 직렬과 병렬로 구성하여 24V로 출력하여 배터리를 충전하도록 하였다. 배터리 소요용

량, $Q_B = \frac{E_L \cdot (1+M)}{B_F}$ 으로 표시할 수 있고 여기서 N , 부조일수, 즉 해가 없는 연속적인 기간, 는 우리 나라 기후사정을 고려하여 2일로 정하였고 축전지 상수 B_F 는 0.85로 하여 배터리용량을 3.1kWh로 계산되어 12V-200AH 배터리 2개로 축전부를 구성하였다. 태양전지의 설치각도는 설치지역 안성에서 연중 최대일사량을 받을 수 있도록 35도로 경사지게 설치하였다 (그림 2).

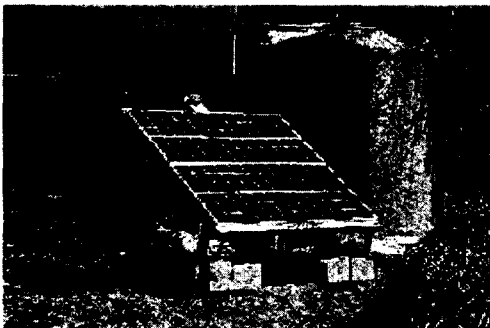


Figure 2. Photo of the solar PV system for greenhouse windows operation

양전지가 받은 최고피크는 정오경 1,900W_p로 나타났고 태양전지에 의해 수집된 전력량

태양전지발전시스템 충전부와 전력제어부

태양전지시스템 충전부는 12V-200A 배터리 두 개를 직렬로 연결하여 24V가 생성되도록 하였다. 배터리의 과충전과 과방전을 사전에 방지하기 위하여 전력조정기도 구성하였다.

일사량과 태양전지 효율

그림 3은 온실에 태양전지발전시스템을 설치하고 일사량과 태양전지 전력발생량을 나타낸 그래프로 전력량은 24V 모터에 최대부하를 걸고 계측한 값이다. 하루 중 태

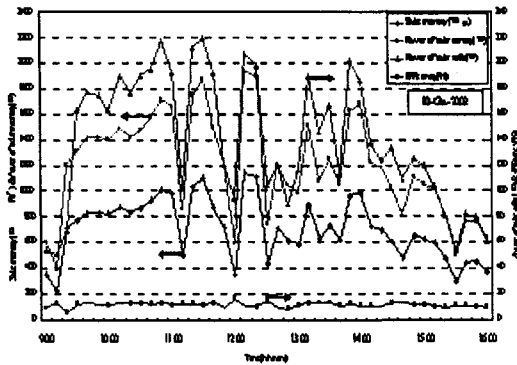


Figure 3. Solar insolation and efficiency of solar PV system for greenhouse windows operation

양전지발전시스템의 배터리는 12V-200A 2개로서 2.4kW 이므로 배터리는 항상 만충전 상태임을 알 수 있었다. 그러나, 배터리 방전시험의 결과 충전필요시점까지의 방전량은 약 900Wh로 측정되었으므로 실제적으로는 배터리 2개 방전량인 1,800Wh 정도가 연속적으로 사용될 수 있다. 최대방전용량은 1,800Wh로 1일 개폐횟수가 2번이라면 무조일수가 4일 지속되더라도 본 배터리용량으로 연속적으로 4일 동안 온실내의 개폐작업에는 지장이 없을 것으로 사료된다. 그러나, 실제적으로는 계절적 악기상에 의한 연속개폐일수 여부는 좀 더 지속적인 관찰이 요망된다.

온실개폐기의 개폐작동성

본 시험에서 제작한 태양전지발전시스템을 20개 온실의 개폐는 적용한 결과 아무런 문제점은 발견되지 않았다. 20개 개폐기를 동시 작동시킬 때 개폐전류는 35A까지 상승되었고 개폐부하는 160Wph 로 측정되었으며 개폐시간은 15분으로 기존 전력시스템에 의한 개폐시간과 같았다. 배터리충전 상태도 항상 만충전상태를 유지하고 있었다.

요약 및 결론

태양광발전 온실천·측창개폐시스템을 제작하였으며 주요 구성품은 태양광 발전장치로 12V-50W급 4개를 직병렬로 연결하여 24V가 생성되도록 하였고 12V-40AH 배터리를 2개 병렬로 연결하여 태양전지에서 생산되는 직류를 충전하도록 하였다. 태양전지의 설치각도는 설치지역 연중 최대일사량을 받을 수 있는 35도로 하였다. 과충전과 과방전을 방지하기 위하여 전력조정기를 통하여 충전과 온실개폐기 운전이 되도록 하였다. 온실개폐작동성 시험결과 1-2W 온실 750평, 20개 온실개폐기를 문제없이 동시에 태양광 전력으로 무조일수 4일 이상 운용할 수 있는 것으로 나타났다. 태양광발전 온실개폐시스템은 무전원지역의 온실에 사용할 수 있을 뿐 만 아니라 정전시 비상용전원으로 도 사용 가능하다.

은 220W_p 정도가 되었으며 따라서 태양전지의 전력변환효율은 13%로 나왔다. 하루 동안 전체적 평균효율은 10.7%로 계산되었으며 오후 5시경 이후에는 전력생산량은 극히 미미하였다.

개폐전력과 태양전지 전력생산량

보통 온실에서는 수동식 개폐를 하며 개폐회수는 비, 우박, 급격한 외기변화 등 기상조건에 따라 다르다. 9월 평균 개폐부하는 156Wh로 나타났고 반면 1일 태양전지 발생량은 1,030 Wph로 측정되었다. 본 태

인용문헌

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.