태양광 발전의 성능향상을 위한 PV/T 시스템 개발

최정식, 고재섭, 강성준, 백정우, 장미금, 문주희, 정동화
순천대학교 전기제어공학과

Development of PV/T for Performance Improvement of Photovoltaic System

Jung-Sik Choi, Jae-Sub Ko, Sung-Jun Kang, Jeong-Woo Baek, Mi-Geum Jang, Ju-Hui Mun, Dong-Hwa Chung
Department of Electrical Cotron Engineering, Sunchon National University

ABSTRACT

This paper proposes photovotaic thermal hybrid module to get the electrical and Thermal performance of building integrated photovoltaic(BIPV) system. BIPV system is decreased the system efficiency because output of PV is decreased by the thermal rising on generating. In order to improve the efficiency of BIPV module, water cooling system is applied and generated thermal is used the warm water system. Water cooling system uses the flux control algorithm considering water temperature and power loss. Electrical and thermal performance of proposed photovotaic thermal hybrid module is confirmed through the actual experiment and herby proved the valid of this paper.

1. 서 론

기존 화석연료의 한계성과 그것의 사용으로 인한 환경오염이 인류의 생존마저 위협하는 상황에서 최근 대체에너지의 연구 개발의 필요성이 커지고 있다.[1] 대체에너지원의 하나로 각광받고 있는 태양에너지는 청정에너지원이고, 무한정하며 소음이 없기 때문에 특히 주목받고 있다. 이러한 태양광 발전은 특별한 유지관리, 공해 및 재료의 부식이 없이 간단하게 태양광을 이용하여 전기를 생산하는 기술로 다양한 응용분야가 있지만, 그중에서도 특히 PV를 건축물의 외피 마감재로 대체하는 건물 일체형 PV(Building Integrated PV)에 대한 기술개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 건물의 외피를 구성하는 요소로 통합된 PV 시스템은 전력생산이라는 본래의 기능에, 건물의 외피재료로서의 새로운 기능을 추가함으로서 PV 시스템의 설치에 드는 비용을 절감하는 이중 효과를 기대할 수 있다. 또한 종래의 독립형 PV 시스템과 같이 설치 공간을 위한 별도의 부지확보가 필요 없기 때문에 경제성 측면에서 더욱 유리한 기술이다.

특히 선진국 일부에서는 전기에너지와 열에너지를 동시에 생산하고 환경 친화적 건물에 대한 요구를 만족할 만한 태양광·열 복합 응용 기술을 개발 보급 중에 있다. 국내에서도 최근 몇 년 사이 PV 시스템의 열기를 배출하여 성능개선을 위한 방안이 제시되기도 하였고, 태양광과 열을 혼합시킨 태양광·열 복합 모듈의 개발의 기초 연구가 시작되었다.[2][3] 그러나 초기 투자비용이 높기 때문에 경제성 부분의 보완이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 논문에서는 BIPV로 활용이 가능한 태양광·열 복합 시스템을 제안한다. 태양광·열 복합 시스템의 효율성을 향상시키기 위해 물을 이용한 냉각시스템과 전력소모와 물의 온도를 고려한 유량제어 알고리즘을 제시한다. 제시한 알고리즘은 종래의 BIPV 모듈과 성능분석을 비교하여 그 효용성을 입증한다.

2. PV/T 시스템

PV 시스템은 전기 생산과정에서 모듈 후면에 많은 열이 발생한다. 이러한 열은 PV 시스템의 전기효율을 떨어뜨리는 가장 큰 원인이다. 태양광·열 복합시스템은 기존의 폐열로서 버려졌던 이 열을 난방이나 온수의 열원으로 활용하여 전기와 열을 동시에 생산하는 원리이다. 또한 태양광·열 복합 시스템은 BIPV 형태로 건물에 적용이 가능하며, PV 모듈 후면의 폐열을 이용하여 건물이나 시설에 소요되는 난방에너지를 줄일 수 있다. PV 모듈의 전기 생산과정에서 발생하는 열을 건물내부로 유입시켜 건물의 냉난방 또는 급탕설비에 이용하며 이 과정에서 PV 모듈 온도가 감소한다. 따라서 모듈의 표면온도가 1℃ 올라갈수록 효율이 0.4~0.5% 감소하는 PV 모듈 효율특성을 고려할 때 PV 시스템의 효율을 극대화 시킬 수 있는 활용기술이다.[4] 또한 외기온도의 신선한 공기를 직접 가열하여 난방을 수행하게 되므로 기존의 방열기 난방방식 또는 내부 순환형 난방방식에 비해 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있고 태양열을 이용한 공기난방의 형태이므로 유해가스 발생이 전혀 없는 환경 친화적 시스템이다.

3. 제어 알고리즘

그림 1은 PV/T 시스템을 위한 유량 제어 알고리즘을 나타낸다. 축열 탱크의 입구와 출구 부분에 설치된 온도센서를 통해 유입되는 물의 온도와 유출되는 물의 온도를 입력받고, 유입되는 물의 온도가 설정 온도 보다 낮을 경우에 유입되는 물의 유량을 제어한다. 또한, 설정 온도보다 높을 경우에는 유입되는 물의 온도와 유출되는 물의 온도를 비교하여 온도차가 설정 값보다 큰 경우에는 축열 탱크의 온수 온도를 유지하기 위하여 유량제어를 수행한다. 유입되는 물의 온도가 설정 값보다 높고, 온도차가 설정 값보다 작을 경우 제어를 멈추게 되는 알고리즘이다.

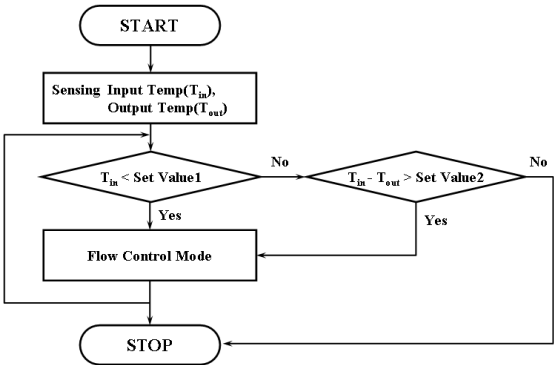

그림 1 유량제어 알고리즘의 순서도
Fig. 1 Flowchart of flux control algorithm

4. 시스템 성능분석

그림 2는 태양광·열 복합 모듈과 일반 BIPV 모듈의 출력 직류전압을 비교하여 나타낸 것이다. 실험당일의 일사량은 매우 높은 편이었으며, 외기온도는 22[℃] ~ 30[℃] 사이를 나타내고 있다. 냉각 매체인 차가운 물이 유입된 태양광·열 복합 모듈의 직류전압이 일반 BIPV 모듈에 비해 평균 1.9[Vdc] 정도 높게 출력되고 있다.

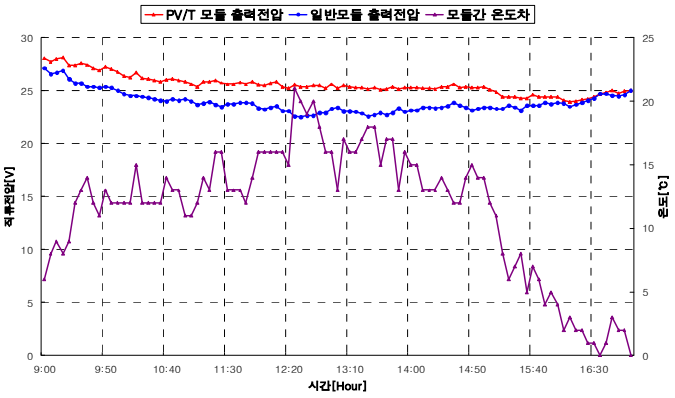

그림 2 환경조건 변화에 따른 출력전압 비교
Fig. 2 Comparison of output voltage with environment variation

그림 3은 태양광·열 복합 모듈 온도변화에 따른 태양광·열 복합 모듈 내부의 유수 온도와 온수 저장 탱크의 온도를 비교하여 나타낸 것이다. 모듈 유수온도가 저장탱크 물의 온도의 50[%] 차이가 발생하며 펌프가 동작하여 태양광·열 복합 모듈 내부에는 새로운 저장탱크의 물이 유입되는 제어 알고리즘에 의해 최종적으로 저장탱크의 물이 데어지는 효과를 얻을 수 있다. 또한, 제어 알고리즘에 의해 일사량이 가장 높은 2시 ~ 3시 사이에 물의 온도가 가장 높게 데워지고 있으며, 4시 이후에는 물의 온도가 제어 값에 도달하여 순환이 없어 천천히 데어짐을 알 수 있다.

그림 4는 본 논문에서 제시한 PV/T 시스템의 열적 성능과 전기적 성능을 분석한 것이다. 열적 성능은 일사량이 가장 높은 2시 ~ 3시 사이에 16.9[%] 가장 높게 측정되었고, 전기적 성능은 초기에 가장 차가운 물이 유입된 오전 시간(9시 ~ 10시)에 16.7[%]로 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 이로써, PV/T 시스템을 제작한 결과에 대한 전기적 성능과 열적 성능의 하이브리드 효과를 얻을 수 있다.

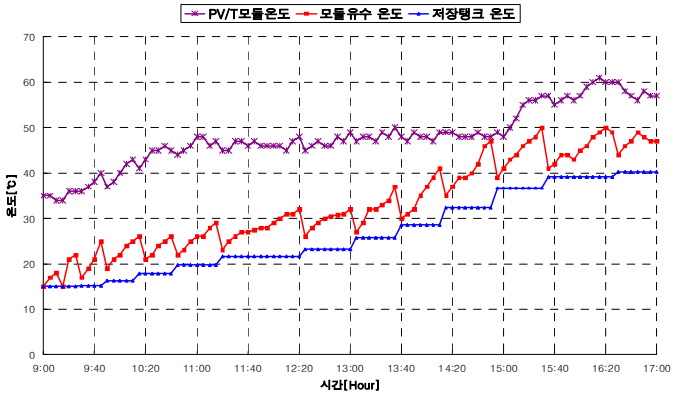

그림 3 PV/T 모듈에 의한 물의 온도 특성
Fig. 3 Temperature characteristic of water with PV/T module

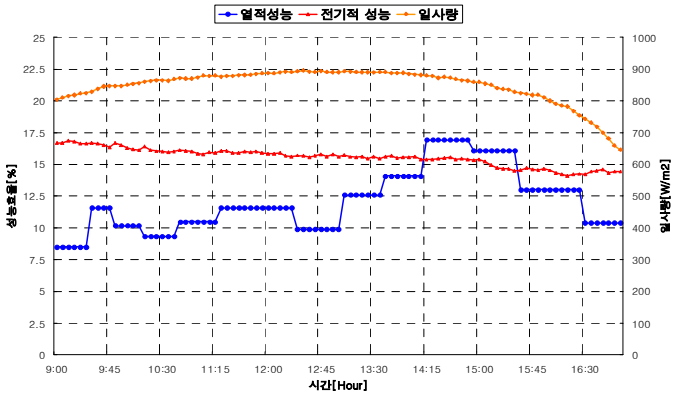

그림 4. PV/T 복합 모듈의 성능 분석
Fig. 3 Temperature characteristic of water with PV/T module

5. 결 론

본 논문에서는 BIPV의 전기적 성능과 열적성능의 하이브리드 효과를 얻을 수 있는 PV/T 모듈의 개발을 제시하였다. 태양광 발전 동안에 발생한 열을 보상하기 위해 BIPV 모듈의 수냉식 냉각시스템을 적용하여 모듈 후면의 온도를 하강시키며, 이 때 발생된 열을 또 다른 열원으로 사용하여 온수 시스템에 적용하는 PV/T 복합 시스템을 제시하였다. 전기적 성능은 일반 BIPV 모듈에 비해 평균 1.9[Vdc] 정도 높게 나타났으며, 열적 성능은 효율 증가율이 오전시간 대에 높게 나타남을 알 수 있다. 이로써, 본 논문에서 제시한 태양광·열 복합 시스템의 효용성을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 구와노 유키노리. "태양전지란 무엇인가", 서울, 아카데미서적,1999.
[2] J. H. Kim, J. T. Kim et al., "Thermal and Eletrical Performance of an Air Type PV/T System", 2007 ISES, Vol.1, pp401-401, 2007
[3] 김진희, 김준태, "액체식 Glaxxed PVT 복합모듈의 성능실험 연구, 대한설비공학회 논문집, Vol.24, No.4 pp260-265, 2005
[4] H. A Zondag et. al "Flate-plate PV-Thermal Collectors and Sstem a Review", Renewable & Sustainable Energy Reviews, pp.1-66. 2005.