

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

태양광열 기반 공기열원 히트펌프 시스템의 난방 성능 향상 실증연구

Empirical study on improving heating performance of Photovoltaic panel system-based air source heat pump system

○김 범 준* 김 민 성* 정 재 원**
Kim, Beom-Jun Kim, Minseong Jeong, Jae-Weon

Abstract

Globally, electrification of energy consumption is being presented as a major strategy to achieve carbon neutrality by 2050, and the use of heat pumps is being considered for heating public buildings. Meanwhile, due to the nature of their location, public buildings in the city cannot use renewable energy such as geothermal or water heat, so they have no choice but to use air source heat pumps. This may affect performance degradation due to the use of cold outdoor air in winter. This study combines a solar photovoltaic system capable of improving the air heat source with a heat pump system to determine the effect of improving the heating coefficient of performance of the heat pump through improvement of the air heat source in winter through long-term demonstration research..

키워드 : 공기열원 히트펌프, 공기난방, 태양광열, 열원개선

Keywords : HAir-source heat pump, Indoor air heating, Photovoltaic, Heat source improvement

1. 서론

전 세계적으로 2050년까지 탄소중립(1.5°C 순(net) 무배출)을 달성하기 위한 전략으로 에너지소비의 전력화(electrification)가 주요 전략으로 제시되고 있어 공공건물의 난방 시 히트펌프 사용에 대해 필수적으로 고려되고 있다. 한편, Bae et al.(2023)은 도심 내 공공건물은 위치 특성상 지열, 수열과 같은 신재생에너지를 사용하기 어려워 공기열원 히트펌프를 사용할 수 밖에 없는 상황이라고 분석한 바 있다. 이는 겨울철 차가운 외기 사용으로 인해 성능 저하 발생에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구는 공기열원의 개선을 가능한 태양광열(PVT) 시스템을 히트펌프 시스템과 결합하여 장기간 실증 연구를 통해 겨울철 공기열원의 개선을 통한 히트펌프의 난방 성적계수(Coefficient of performance, COP) 향상 효과를 입증하고자 하였다.

2. 시스템 개요

그림 1은 실증 대상 건물에 적용된 히트펌프 시스템과 열원덕트 시스템, PVT 시스템을 나타낸 그림이다. 공기열원 히트펌프는 Target room인 2층 대기실 공간에 공기난방이 이루어진다. 히트펌프의 실외기 전단에는 공기열원을 개선할 수 있는 열원덕트를 설치하였다. 열원덕트에는 겨울철 차가운 공기의 가열을 위한 coil이 설치되어있다. PVT 시스템은 외부의 일사를 받아 전기와 열을 생산한다. PVT를 통해 얻은 열은 열매탱크에 저장되어 히트펌프 난방 운전 시 열원덕트의 coil측에 열을 공급한다.

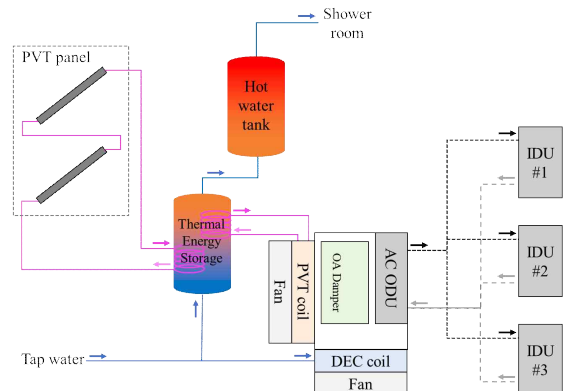


그림 1 신재생에너지 적용 기반 냉난방 히트펌프
시스템 및 태양광열 시스템

* 한양대학교 건축공학과 대학원 박사 과정

** 한양대학교 건축공학과 교수, 공학 박사

(Corresponding author : Department of Architectural
Engineering, Hanyang University, jjwarc@hanyang.ac.kr)

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원(No. 2022R1A4A1026503)과 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(No.20202020800360)을 받아 수행된 연구임.

3. 실험 개요

3.1 실증 대상 건물

히트펌프 시스템은 대한민국 서울 서대문구 홍은119안전센터에 설치되어있다. 냉난방 히트펌프 시스템의 실내기는 Target room인 2층 북측의 휴게실 및 대기실에 설치하였다(그림 2(a)). 실외기는 북측 옥상에 설치하였다. PVT 패널은 1.042 m×2.002 m 넓이로, 계단 코어 옥상부분에 설치했다(그림 2(b)). 히트펌프 시스템, PVT 시스템 및 급탕 system을 모두 짧은 거리에서 운전하기 위해서 열매탱크 및 급탕탱크, 각종 펌프기들은 3층의 체력단련실 내부에 설치하였다 기계실 내부에는 전체 시스템을 제어할 수 있는 PLC 판넬을 설치하였다. 측정 devices들은 표1에 요약되어있다. 측정은 5초간격으로 측정하였으며, 데이터 전처리에는 1분단위마다 평균값을 사용하였다.

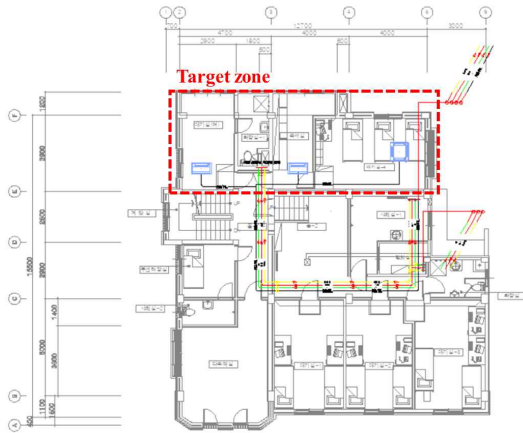


그림 2(a) 2층 구급대기실 및 심신안정실

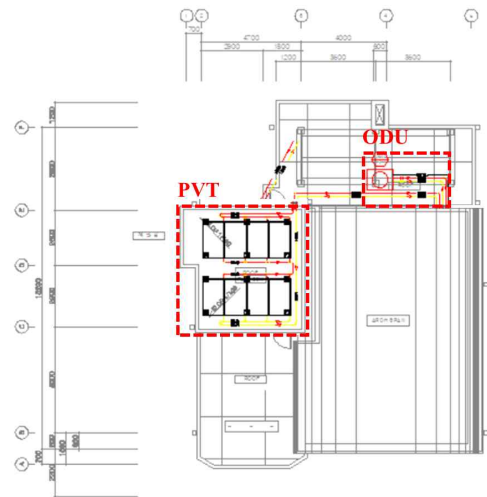


그림 2(b) 3층 및 코어 옥상
그림 2 시스템 설치 위치 평면도

3.2 실험 조건

본 실증 연구의 실험 목적은 PVT coil의 적용 유무에 따른 히트펌프 난방 COP 변화 분석으로 PVT 시 운전 모드간 동등비교를 위해 동일한 외기온도상태 일때의 결과

값 비교하였다. 측정 기간은 2023년 2월 한달동안의 데이터를 수집하여 분석을 수행하였다.

4. 실험 결과

그림 3은 외기 온도에 따른 PVT coil 적용 유무에 따른 히트펌프의 난방 COP 결과이다. 빨간색 점은 PVT를 적용했을때이고 파란색 점은 외기를 사용했을때이다. 각 모드별 평균 COP는 PVT 적용 시 3.26, 미적용시 2.96으로 도출되었다. 실험 결과, 외기온도가 낮을수록 PVT coil 가동시 평균 COP가 더 높은 값이 도출되었다.

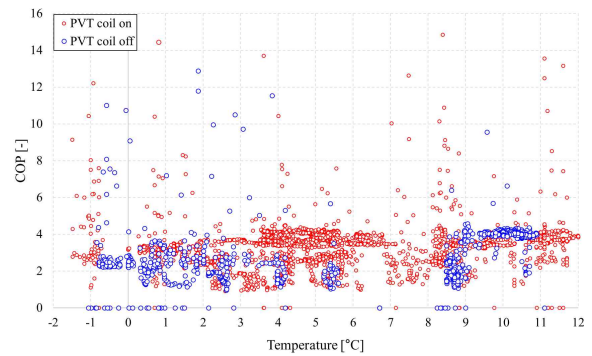


그림 3 외기 온도에 따른 히트펌프 난방 COP

5. 결론

본 연구에서는 공기열원 히트펌프의 PVT 열원 적용에 따른 난방 COP 향상 효과에 대한 장기간 실증적 분석을 실시하였다. 그 결과, 동일 외기조건에서 PVT Coil을 적용하였을 경우 난방 COP가 평균 9% 향상된 효과를 보였음을 알 수 있었다. 다만, 외기온도 8° C 이상에서는 두 운전모드간 COP향상 효과가 크게 나타나지는 않았다. 향후 PVT coil 적용 시 에너지 절감 효과 극대화를 위한 최적 운전 알고리즘 개발과 PVT 패널의 적정 용량산정 연구를 수행하여 공공건물 적용성 향상을 위한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

1. 서울연구원. 서울시 탄소중립을 위한 건물 가스난방 대체방안. 2023
2. Bae, S. Chae, H. and Nam, Y. (2023). Experimental analysis of an integrated system using photovoltaic-thermal and air source heat pump for real applications, *Renewable Energy*, 217, 119128
3. 주홍진, 안영섭, 이경호 (2023). 태양광열 복합 모듈을 활용한 공기열원 히트펌프 실외기 가열 시스템 개발. *한국태양에너지학회 논문집*, 43(6), 163-180.