

자연에너지를 이용한 온실 난방 시스템 개발

Development of Greenhouse Heating System Using Natural Energy Resources

송현갑* 유영선** 박종길*
정희원 정희원 정희원
H. K. Song Y. S. Ryu J. K. Park

1. 서론

우리 나라 겨울철 온실 난방 열량의 평균치는 300 kcal/hr·평으로 500평 온실의 난방 열량은 150,000 kcal/hr이다. 겨울철 온실 재배기간을 5개월로 할 경우 500평 온실 난방에 필요한 석유는 약 200 드럼이 된다.

이와 같은 과도한 온실 난방 에너지 절약 방안에 관한 본 연구는 자연 에너지를 이용하여 온실 난방을 할 수 있는 시스템 개발이며, 석유 에너지를 60~70% 절약할 수 있는 시스템이 될 것이며, 온실 난방 에너지 부담은 어느 한 농가의 문제가 아니라 전국 시설 원예 재배 농가의 어려움 이므로 연구 개발의 필요성이 절실하다.

이와 같은 필요성에 부응하여 본 연구에서는 무공해인 저온 자연 에너지를 고온의 유용 에너지로 유도하기 위한 하나의 방법으로 -5°C 이하의 저온에서도 실용화가 가능한 고효율의 난방 시스템을 개발하여 겨울철 온실 난방에 이용할 수 있도록 함으로서 온실 난방 비용을 현재 화석 에너지를 이용하는 온실의 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ 의 수준으로 낮추어 온실 재배 작물의 대외 경쟁력을 제고하려 한다.

2. 실험장치 및 방법

1). 실험 장치

본 연구의 air to water 열펌프 회로도 및 실험 장치는 그림 1,2와 같다.

시스템 회로 주요부위의 입출구 냉매온도와 물온도를 측정하기 위하여 19개의 T type thermocouple을 부착하여 hybrid recorder를 통하여 컴퓨터에 연결하였고, compressor의 소모 전

* 충북대학교 농업기계공학과

** 농촌진흥청 농업기계화 연구소

력을 측정하기 위하여 전력계를 컴퓨터에 연결하여 자동 기록되도록 하였으며, flowmeter를 물 순환 회로상에 설치하였다. 그리고 냉매의 상변화상태를 육안으로 관찰하기 위하여 냉매회로 주요 부위의 입출구에 sight glass 5개를 설치하였다. 냉매 유량은 고·저압 압력계로 간접 계량하였다.

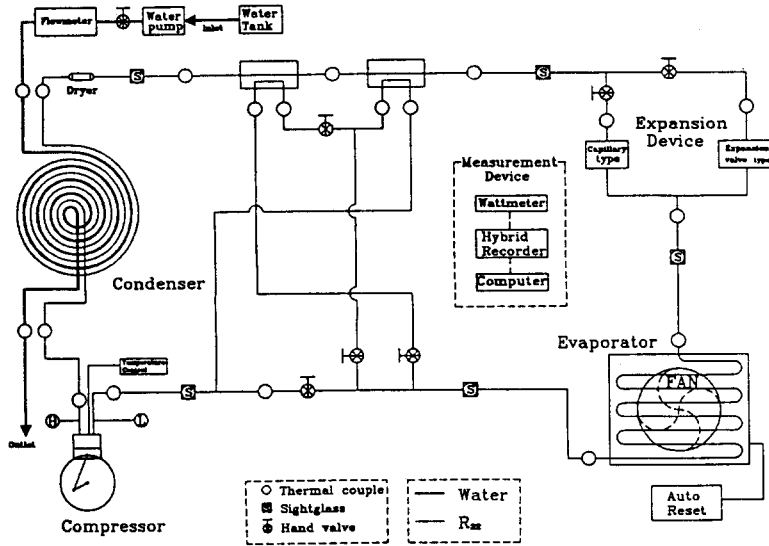


Fig. 1. Experimental apparatus of air to water heat pump system.

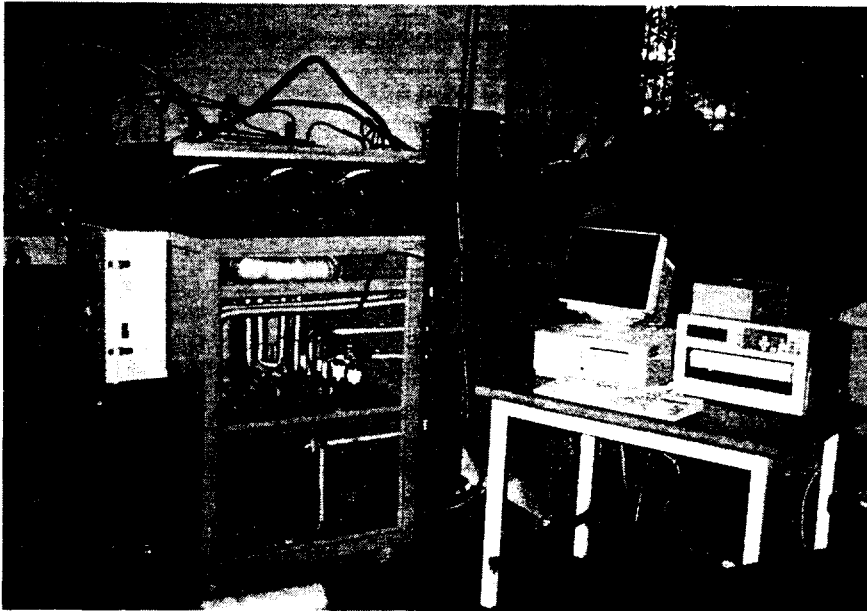


Fig. 2. Photo of experimental apparatus.

2). 실험방법

겨울철 외기온이 $-4\sim-5^{\circ}\text{C}$ 수준에서 변화하고 있는 자연적인 기후 조건에서 air to water 열펌프는 evaporator에 외기를 흡입 통과시킴으로써 저온열을 흡수하는 과정에서 실험을 수행하였다, 그림 2 에서 제시하고 있는 실험 장치에서 각 부위의 온도, 유량(물), 냉매의 고압과 저압 그리고 compressor의 소모전력을 외기온 변화 수준($-4\sim-5^{\circ}\text{C}$)에 따라 측정하여, 물 유량과 냉매 고·저압과의 관계, 외기온과 COP와의 관계, 그리고 $(T_{w,o} - T_{eva})$ 와 COP와의 관계를 분석하였다.

여기서,

$T_{w,o}$: 응축기에 의하여 가열된 물의 평균 온도($^{\circ}\text{C}$)

T_{eva} : 증발기의 냉매 온도($^{\circ}\text{C}$)

3. 결과 및 고찰

저온의 자연에너지를 이용하여 온실 난방온도 수준으로 고온화 할 수있는 공기-물 열펌프를 구성 하였으며 이 시스템에 대한 성능 실험 결과를 분석 고찰 하면 다음과 같다.

1). Condenser 열전달매체(물)의 유량이 냉매압력에 미치는 영향

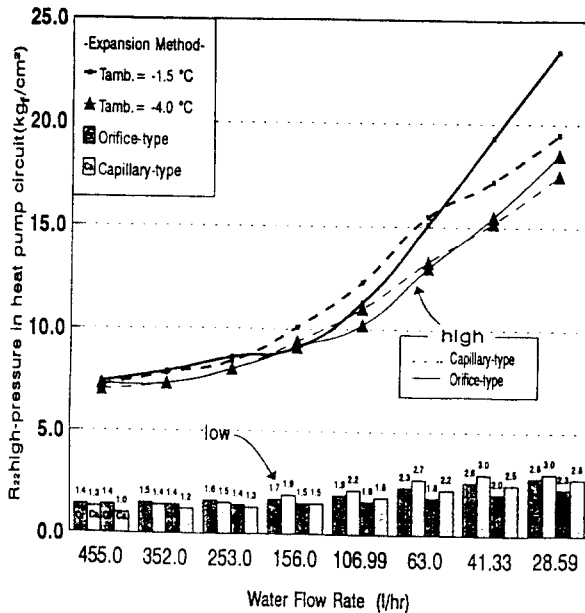


Fig. 3. Relationship between R22 pressure and water flow rate in accordance with expansion valve

Evaporator에 접하고 있는 외기온이 $-4^{\circ}\text{C} \sim -1.5^{\circ}\text{C}$ 인 저온열원에서 열펌프를 난방목적으로 작동하는 경우, 그림 3과 같이 Condenser에서 가열되는 물의 유량이 적을 수록 열펌프내 순환하고 있는 냉매(R_{22})의 고압과 저압은 상승하였으나, 냉매(R_{22})의 저압의 상승폭은 적었고, 고압은 곡선적으로 상승하였으며 그 상승폭은 저압의 경우보다 컸다. 그리고 팽창변 형태에 따른 압력차는 물의 유량이 63 l/hr이상에서는 적었으나 63 l/hr이하에서는 그 차가 크게 나타났다.

2. 외기온과 응축기에 의한 가열매체 온도차가 열펌프 성능(COP)에 미치는 영향

그림 4와 같이 응축기에 의한 가열매체(물)의 가열온도차, $(T_{w.o} - T_{w.i})$ 가 증가할 수록 COP는 감소하였으며, 외기온이 낮을 수록 COP가 낮아졌다. 외기온이 $-3^{\circ}\text{C} \sim -2^{\circ}\text{C}$ 인 경우 Orifice type 팽창변의 경우에는 COP가 2.5 내지 3.8수준을 나타내었다. 그리고 대부분의 경우 Capillary type 팽창변의 경우에는 Orifice type 팽창변의 경우보다 낮은 COP를 나타낸 것은 열펌프에서는 Orifice type 팽창변이 Capillary type 팽창변보다 우수함을 말해 주고 있다.

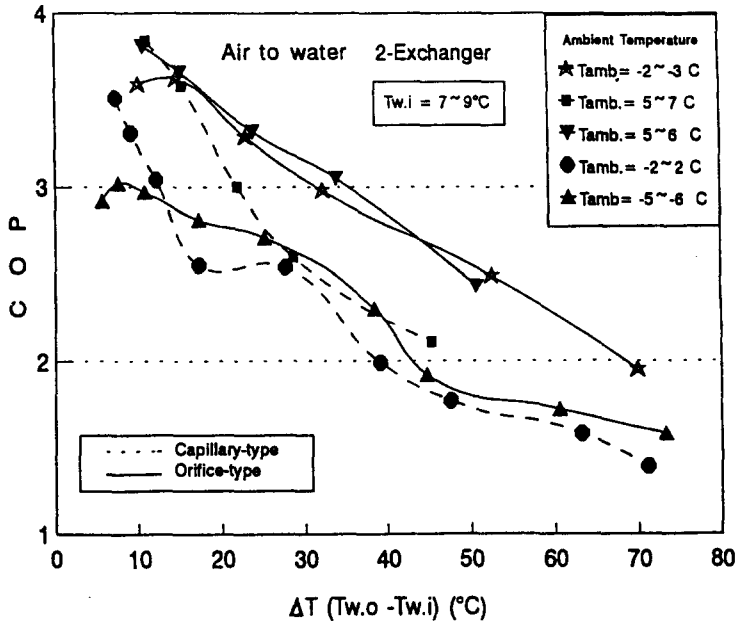


Fig. 4. Effect of ambient temperature, water temperature difference (inlet water temp., $T_{w.i}$, outlet water temp., $T_{w.o}$) and expansion valve type on the COP.

3. 공기-물 열펌프의 성능, COP

그림 5와 같이 공기-물 열펌프에서 가열매체(물)의 평균온도차와 증발기내의 냉매온도차가 클수록 열펌프의 성능, COP는 감소하였으며, 이 온도차가 10°C 에서 60°C 까지 증가함에 따라 열펌프의

COP는 4.5에서 2.9로 감소하였다.

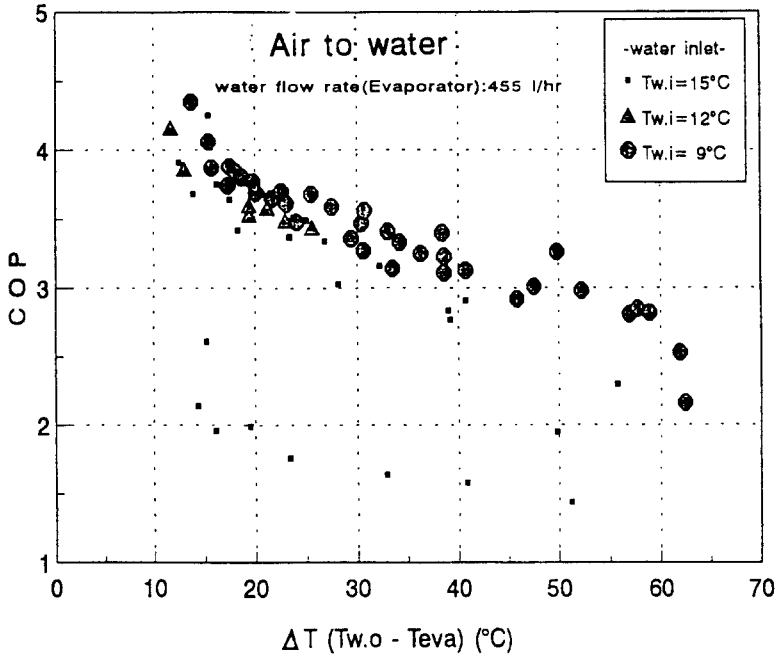


Fig. 5. Effect of inlet water temperature and temperature difference ΔT (water outlet mean temp., $T_{w.o}$ - R_{22} inlet and outlet mean temp. in evaporator) on the COP.

4. 요약 및 결론

은실 난방 열펌프 시스템의 실험분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) Condenser에서 가열되는 물의 유량이 적을수록 열펌프내에 순환하는 냉매(R_{22})의 고압측 압력이 상승 하였으며, 저압측 압력은 그 상승폭이 비교적 적었다.
- (2) 이중관형 Condenser에 의하여 가열되는 물의 입·출구 온도차가 증가할 수록 열펌프의 성능 계수(COP)는 감소 하였고, 외기온이 낮을수록 COP가 낮아졌다.
- (3) 가열매체(물)의 입·출구 평균 온도와 증발기의 냉매온도와의차($T_{w.o} - T_{eva}$)가 클수록 COP는 감소 하였으며, 이온도차가, 10°C 에서 60°C 까지 증가함에 따라 열펌프의 COP는 4.5에서 2.9로 감소 하였다.

참 고 문 헌

1. 김 용찬, 물대 물 열 펌프의 정상 상태 성능 시뮬레이션(1986)
2. 김 민수, 혼합 냉매의 열역학적 물성치 및 열 펌프에의 응용(1991)
3. 日本熱物性學會 編, 熱物性ヘソトフツク (1990), 養賢堂
4. 古在豊樹, 施設園藝におけるヒートポンプ利用の現状と浮求(1984). Refrigeration Vol. 59. No. 683
5. G. F. Hewitt, Process Heat Transfer (1994), CRC Press.
6. Kay. H. Zimmerman, Heat Pump, Prospects in Heat Pump Technology and Marketing (1987). Lewis publishers. INC.
7. T. Kozai, Thermal performance of a Solar Greenhouse With in An Underground Heat Storage System (1985) : proceedings of the Inter. Symposium.
8. 田中後六 著, 위용호 석편 “太陽熱 冷暖房 시스템”, 世進社
9. G. S. Damasceno, P.A. Douanski, S.Rooke, "Refrigerant charge effects on Heat pump performance", ASHRAE Transactions; Reseach
10. J Pannock, R. Rader maher, "Eualiation of R-134a and R-152A as worleng Geuids in a damestic Regsigesator/Freezer", ASHRAE Transactions No-94-20-2 : Symposia
11. 원성필, “혼합냉매의 열펌프 성능분석”, 서울대학교, 1990
12. 류 택용, “열펌프 시스템에서 각종 설계 인자들에 따른 압축기 용량의 최적 설계에 관한 연구”, 1988.
13. 열교환기 핸드북, 대광서림