

복사-대류 겸용 하이브리드 냉방기

변 호 원*, 오 왕 규*, 김 내 현[†], 최 병 남**, 이 상 엽***, 한 성 필***

*인천대학교 기계공학과, **삼화에이스, ***한일MEC

Hybrid Air-Conditioner Using Both Radiation and Convection

Ho-Won Byun*, Wang-Kyu Oh*, Nae-Hyun Kim[†], Byung-Nam Choi**,
Sang-Yeup Lee***, Sung-Pil Han***

*Department of Mechanical Engineering, University of Incheon,

**Samhwa Ace Co.

***Hanil Mec

ABSTRACT

The hybrid air-conditioner, where air is cooled both by convection and radiation, is developed. The indoor unit of the air-conditioner consists of radiation panel and dehumidification coil, where refrigeration R-134a is supplied by independent refrigeration cycles. Optimum refrigerant charge was 750g for both cycles. Optimum evaporation pressure was 3.7 bar for the radiation panel cycle and 3.9 bar for the dehumidification cycle. The cooling capacity of the radiation panel was 1.01 kW and that of the dehumidification coil was 0.94kW, which yielded COP of 3.3.

Key words: Hybrid (하이브리드), Air-Conditioner (냉방기), Radiation (복사), Convection (대류)

1. 개 요

현재 공동주택의 냉방에는 에어컨이라는 통칭되는 증기압축식 냉동기가 설치하여 사용되고 있다. 에어컨은 편리하게 냉방에 활용될 수 있지만, 강제 대류형이고 용량이 크기 때문에 냉기류가 직접 사람들에게 도달하여 불쾌감을 유발할

뿐만 아니라, 냉방이 지나칠 경우 냉방병이나 두통 등 여러 부작용들이 나타날 수 있다. 특히, 하절기 야간의 경우 취침 시 에어컨을 가동하면 너무 낮은 온도와 기류로 인해 오히려 취침을 방해하는 요인으로 작용하며, 에어컨을 가동하지 않으면 열대야로 인해 잠을 이루지 못하는 상황이 발생한다. 이러한 대류식 냉방기의 단점을 극복하고자 복사 냉방에 대한 연구가 유럽을 중심으로 활발하게 이루어져 왔다.^(1, 2, 3) 복사냉방은 대류 냉방 방식에 비하여 냉각 열량이 적기 때문에 천장이나 바닥면을 활용하여 이루어진다. 이 경

[†] Corresponding author

Tel.: +82-32-770-8420; fax: +82-32-770-8410

E-mail address: knh0001@incheon.ac.kr

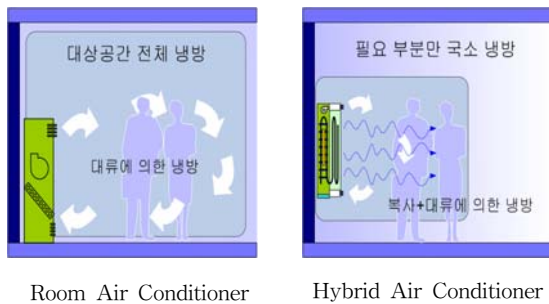


Fig. 1 Concept of the hybrid air-conditioner

우 표면에 결로가 생겨서는 안 되고 따라서 표면 온도는 노점 온도 이상으로 유지된다. 복사냉방 방식은 기류속도가 낮고, 상하온도분포가 균일하며, 소음이 적고, 유지보수가 용이하여 대류식 냉방보다 경제적이고⁽¹⁾ 쾌적성이 증진된다고 보고되었다.^(2, 3) 이와 같은 장점 때문에 국내에서도 복사냉방에 대한 연구가 꾸준히 수행되어 왔다.^(4, 7) 하지만 우리나라의 하절기 기후는 유럽과는 달리 습도가 높기 때문에 결로를 방지하기 위해서는 냉방 패널의 표면온도가 높이거나 보조적인 제습 에어컨을 설치해야 하는 문제가 있다.^(6, 7)

본 연구에서는 좀 더 적극적인 복사냉방 방안으로 복사 패널 표면 온도를 노점 온도이하로 유지하여 결로를 유발시킴으로써 냉각 열량을 현저히 증가시키고 실내 쾌적감을 개선할 수 있는 1.0 kW 용량의 복사-대류 방식의 하이브리드 냉방기를 개발하였다. 이 냉방기는 복사 패널 외에도 대류방식의 제습부가 설치되어 실내 잠열부하를 담당하도록 하였다. Fig.1에 본 연구의 하이브리드 냉방기 개념도가 나타나있다.

2. 하이브리드 냉방기의 구성

Fig. 2 와 3에 하이브리드 냉방기의 실내기 개략도와 복사냉방 및 제습 냉방 사이클이 나타나 있다. 하이브리드냉방기는 실내기와 실외기로 나누어지는데 실내기는 복사판넬 (1m x 1m)과 제습부로 구성되고 실외기는 압축기 (2개), 팽창장치 (2개) 및 응축기 (1개)로 구성된다 복사냉방과 제습냉방은 별도의 압축기를 가진 독립적 냉동사이클이며 응축기만 1개를 분할 사용하도록 하였다. Table. 1에 각 부품의 주요사양을 나타내었다.

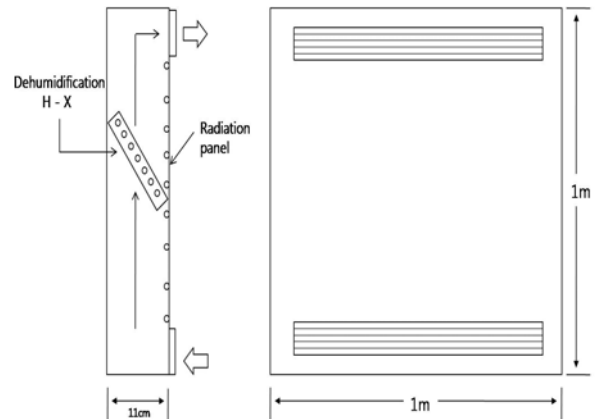
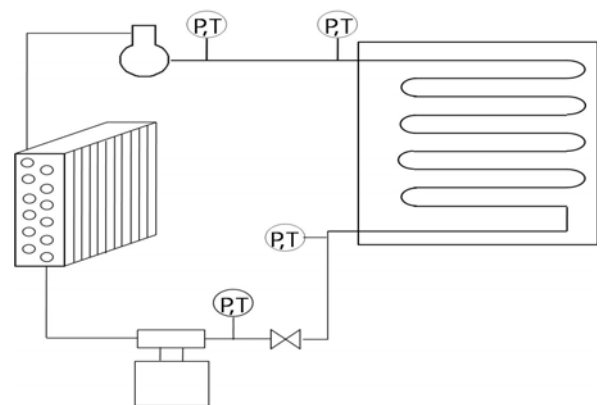
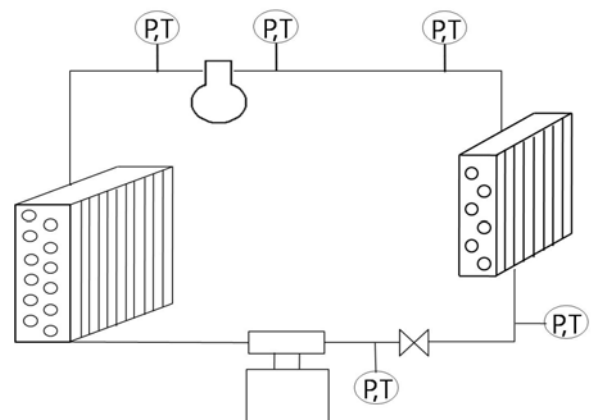


Fig. 2 Schematic drawing of the indoor unit



(a) Radiation cooling cycle



(b) Dehumidification cycle

Fig. 3 Radiation cooling and dehumidification cycle

Table 1 Specification of major components

(a) Radiation Cycle

		Radiation Cycle
Compressor	Maker	Danfoss
	Type	Linear reciprocating
	Capacity	200 W
	Refrigerant	R-134a
Evaporator	Type	Aluminum Panel (1m x 1m)
	Configuration	9 tube row, 9.53 mm O.D.
Condenser	Type	Fin-Tube 2 row 400 x 300 x 44 mm
	Configuration	Pf = 1.95mm, slit fin, 9.53 mm O.D. (1/4)
Expansion Device	Type	EV

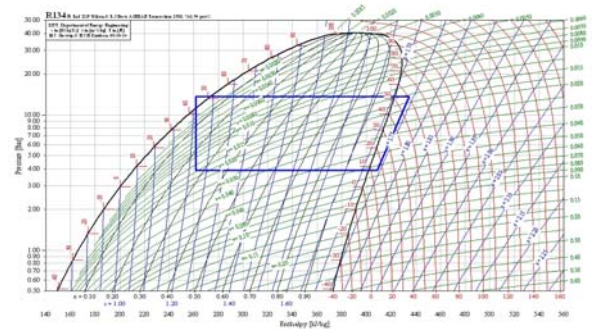
(b) Dehumidification Cycle

		Dehumidification Cycle
Compressor	Maker	Danfoss
	Type	Reciprocating
	Capacity	800 W
	Refrigerant	R-134a
Evaporator	Type	Fin-Tube, 1 row (800 x 350 x 22mm)
	Configuration	Pf=2.5 mm, slit fin, 9.53 mm O.D.
Condenser	Type	Fin-Tube 2 row 400 x 300 x 44 mm
	Configuration	Pf = 1.95mm, slit fin, 9.53 mm O.D. (3/4)
Expansion Device	Type	EV

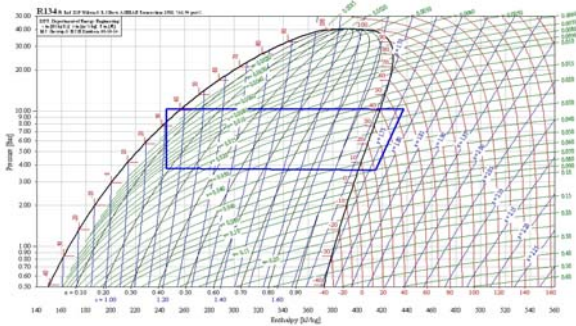
3. 성능시험 결과

시료의 성능은 항온항습 챔버에서 측정되었다. 실험은 KS C 9306⁽⁶⁾ 조건하에서 수행되었는데 실내 측 건습구 온도는 27°C/19°C 이고 실외 측 건습구 온도는 35°C/24°C이다. 냉매 측 온도와 압력의 측정 위치는 FIG. 3에 나타나 있다. 복사판넬과 제습부의 냉각능력은 냉매 측의 열정산으로부터 구하였다. 냉매 측의 열정산은 증발기 입출구의 엔탈피차에 냉매 순환량을 곱하여 구하는데 냉매의 엔탈피는 측정된 온도와 압력으로부터 구하고 냉매 순환량은 질량유량계로 측정하였다. 실험은 냉매 충전량과 증발압력을 변수로 하여 수행되었다.

냉동기에서 냉매충전량과 증발압력은 제품의 성능에 큰 영향을 미치는 인자로 최적치는 제품을 구성한 후 실험을 통하여 구하게 된다. 일반적으로 냉매충전량이 증가하면 응축압력이 높아지고 냉방능력도 증가하나 냉매충전량이 과다하면 냉매순환량이 줄어 냉방능력은 오히려 줄어든다. 본 실험에서 최적의 냉매 충전량은 두 사이클 모두 750g, 최적의 증발압력은 복사판넬의 경우는 3.7 bar, 제습부의 경우는 3.9bar에서 나타났다. 이때 제습부의 전열량은 0.94 kW, 복사판넬의 전열량은 1.01 kW이고 압축기 소비동력은 0.59 kW로 COP는 3.3으로 나타났다. Fig. 4에는 복사냉방 사이클과 제습부 냉방사이클의 P-h선도가 나타나 있다.



(a) Dehumidification



(b) Radiation cooling

Fig. 4 P-h diagram of the dehumidification and radiation cooling cycle

4. 결론

본 연구에서는 복사판넬 표면 온도를 노점 온도이하로 유지하여 결로를 유발시키지 않으면서 냉각 열량을 현저히 증가시키고 실내 쾌적감을 개선할 수 있는 1.0 kW 용량의 복사-대류 방식의 하이브리드 냉방기를 개발하였다. 시제품은 복사냉방과 제습부로 구성되는데 각각 독립적인 사이클로 작동한다. 냉매는 R-134a를 사용한다. 최적의 냉매 충전량은 두 사이클 모두 750g, 최적의 증발압력은 복사판넬의 경우는 3.7 bar, 제습부의 경우는 3.9bar에서 나타났다. 이때 제습부의 전열량은 0.94 kW, 복사판넬의 전열량은 1.01 kW이고 압축기 소비동력은 0.59 kW로 COP는 3.3으로 나타났다.

후 기

본 연구는 2007년 교통건설기술 연구개발사업 (복사대류 병용 하이브리드 냉방기 개발)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Sodec, F., 1999, Economic viability of cooled ceiling systems, *Energy and Buildings*, Vol. 30, No. 2, pp. 195-201.
2. Niu, J., Kooi, J. V. D. and Rhee, H. V. D., 1995, Energy saving possibilities with cooled ceiling systems, *Energy and Buildings*, Vol. 23,

No. 2, pp. 147-158.

3. Jeong, J. W. and Mumma, S. A., 2007, Practical cooling capacity estimation model for a suspended metal ceiling radiant cooling panel, *Buildings and Environment*, Vol. 42, No. 9, pp. 3176-3185.

4. Lee, J. Y., 2008, Evaluation of thermal comfort in ceiling cooling system, *Korean J. Air-Conditioning and Refrigeration*, Vol. 20, No. 4, pp. 287-293.

5. Song, D. S., 2003, A proposal of hybrid cooling system coupled with radiation panel cooling and natural ventilation, *Korean J. Air-Conditioning and Refrigeration*, Vol. 15, No. 6, pp. 543-550.

6. Lim, J. H., Yeo, M. S., Yang I. H. and Kim, K. W., 2002, A study on the application of the dehumidification system for radiant floor cooling using ondol, *Korean J. Air-Conditioning and Refrigeration*, Vol. 14, No. 7, pp. 607-616.

7. Lee, S. Y., Hwang, S. H., Kim, K. H. and Leigh, S. B., 2002, An experimental study for evaluating performance of radiant floor cooling system integrated with dehumidification, *Korean J. Air-Conditioning and Refrigeration*, Vol. 14, No. 2, pp. 142-152.