

환경변화에 따른 핀-관, PF 열교환기 적용 공조기 성능 특성 실험 연구

박 경 만, 엄 유 식, 권 영 철[†], 이 상 재¹

선문대학교, ¹한국생산기술연구원

Performance Characteristics on Environment Change of A/C applied Fin-tube and PF Heat Exchangers

K.M. Park, U.S. Um, Y.C. Kwon, S.J. Lee

Department of Mechanical Engineering, Sunmoon University, Chungnam, Korea

¹Korea Institute of Industrial Technology, Chung-nam, 331-825, Korea

ABSTRACT: In the present study, performance characteristics on environment change of A/C applied fin-tube and PF heat exchangers were experimentally investigated. Capacity and COP changing an outlet air velocity, an indoor/outdoor temperature and a relative humidity were obtained. Air-enthalpy calorimeter was used. As the air velocity, indoor temperature and relative humidity increase, capacity and COP increase. PF A/C has smaller refrigerant weight than the fin-tube A/C. The performance of PF-2 A/C with the squarer fin was more excellent than that of PF-1 A/C with the triangler fin.

Key words: Heat exchanger(열교환기), A/C(공조기), Performance(성능), Fin-tube(핀-관, FT), Parallel flow(평행류, PF)

1. 서 론

공조기의 효율을 향상을 위해서는 시스템 요소 부품의 고성능화가 선행되어야 한다. 특히, 열교환기는 시스템의 크기 및 성능에 크게 영향을 미치는 핵심 구성요소로, 공조용 열교환기에는 핀-관 열교환기가 주로 사용되고 있다. 핀-관 열교환기는 냉매가 흐르는 원형의 구리관과 공기측의 알루미늄핀이 기계적인 확관에 의해 접합되어 제작된다. 이 경우 열 저항은 구리관의 전도저항을 무시하면 공기측, 냉매측, 그리고 접촉열저항으로 크게 구분할 수 있는데 공기측의 열저항이 상대

적으로 매우 큰 것으로 알려져 있다. 따라서 그동안 공기측의 열전달성능을 향상시키기 위해 파형핀, 루버핀, 슬릿핀의 우수하고 다양한 핀 형상이 개발되었으며, 냉매측도 마이크로핀, 그로브핀의 가공기술 접목과 관직경의 소구경화가 이루어지는 등 열교환기의 전체성능을 향상시키기 위한 연구가 상당히 진전되어 더 이상의 괄목할 만한 성능향상은 기대하기 어려운 실정이다.

자동차 응축기로 사용되는 평행류(Parallel flow; PF) 열교환기는 관내측의 수력직경이 작고 공기측의 열유동 특성이 기존의 핀-관 열교환기보다 우수할 뿐 아니라, 핀과 평판관을 브레이징하기 때문에 접촉열저항을 무시할 수 있다. 또한 열교환기가 알루미늄으로 구성되기 때문에 열교환기 중량도 크게 줄일 수 있고, 재활용 측면도 우수하여 친환경의 소형 고성능 열교환기 개발이 가능하다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-41-530-2396; fax: +82-41-530-2986

E-mail address: yckweon1@sunmoon.ac.kr

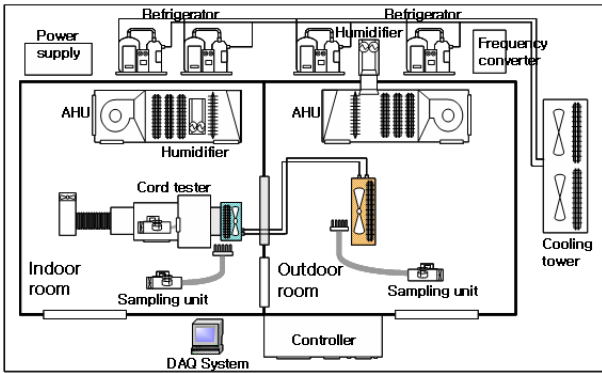


Fig. 1 Schematic diagram of calorimeter used in the present study.

PF 열교환기의 공조기 적용에 관한 연구는 최근에 수행되기 시작하였으며^(1~3), 일반적으로 PF 열교환기를 기존 핀-관 열교환기 대신 공조용 응축기로 사용할 경우에 약 30% 체적감소 효과를 얻을 수 있다고 보고되고 있다.⁽⁴⁾

따라서 본 연구에서는 가정용 공조기의 응축기로 널리 적용되고 있는 핀-관 열교환기와 최근 적용되고 있는 알루미늄 PF 열교환기를 적용한 공조기의 성능을 상대 평가하고자 하였으며, 특히 실내의 환경변화에 따른 공조기의 성능특성을 비교하였다. 이를 위해 동일 전면면적의 핀-관 열교환기, 그리고 삼각형 및 사각형 형태의 2종의 PF 열교환기의 형상에 따른 3종의 공조기 성능을 측정하였다.

2. 실험장비 및 방법

2.1 실험장치

본 실험연구는 핀-관 및 2종류의 PF 열교환기

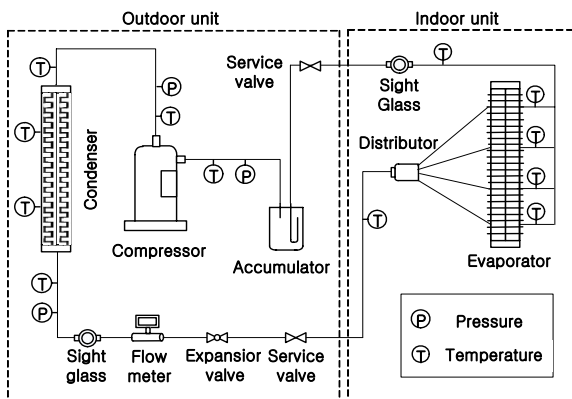


Fig. 2 Schematic diagram of outdoor/indoor unit of A/C system.

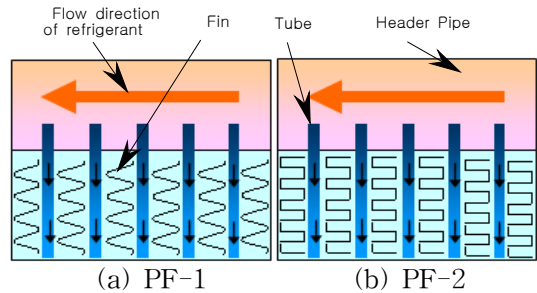


Fig. 3 Schematic diagram of PF-1, PF-2 heat exchanger.

를 가정용 공조기의 실외 열교환기에 적용한 후에, 실내의 환경변화에 따른 공조기의 성능을 비교하기 위해 온습도조절이 가능한 칼로리미터를 사용하였다(Fig 1). 공조기의 성능은 풍량측정장치에 의해 실내기 입구측 공기온도, 토출부 풍량과 온도를 측정된 다음에 KS C 9306에 규정된 방법으로 산출하였다.⁽⁵⁾ 칼로리미터의 건/습구온도는 설정값의 허용범위($\pm 0.2^{\circ}\text{C}$) 내에서 유지되도록 제어되었다.

본 연구를 위해 8kW급 정격 냉방능력의 공조기(정속형 압축기)를 구성하였다(Fig. 2). 실외기에 적용된 열교환기 전면면적은 동일하며 PF 열교환기 체적은 핀-관 열교환기에 비해 약 35% 정도 적다. Fig. 3은 PF 열교환기의 핀과 평판관 형상을 Table 1은 본 연구에 사용된 열교환기의 사양을 보여준다.

2.2 실험방법

3종 열교환기는 공조기의 실외 응축 열교환기로 사용되었으며, 성능비교 실험은 Table 2에 기술된 냉방표준 온도조건 하에서 실내기 토출풍속, 실내의 온도, 실내의 상대습도를 변화하면서 수행되었다. 시스템 압력을 측정하기 위해 압축기의 입출구측에 오차범위 $\pm 1\%$ 이내의 압력계를, 과열도 조절을 위해 수동팽창밸브를, 응축기와 증발기의 각 패스와 입출구부 그리고 압축기와 수동팽창밸브의 입출구부에 열전대를 부착하였다. 시스템의 과열도는 수동팽창밸브의 개도조절을 통해 제어하였고, 시스템 과열도가 4°C 일 때 데이터를 수집하였다. 시스템의 적정 냉매량을 확인하기 위해 냉매량을 50g씩 증량하면서 능력과 COP 변화를 확인하였고, 공조기의 적정 냉

Table 1 Specification of heat exchanger

	FT	PF-1	PF-2
Fin type	slit	louver	
Fin shape	plate	triangular	square
HX Size	805*75 (W*H) mm		
Fin pitch	1.25 mm	2.35 mm	
Fin width	25 mm	16 mm	
Tube size	∅7 mm	16 × 1.8 mm	
Tube pitch	21 mm	7.4 mm	
Row	2	1	

매량은 핀-관의 경우에 1,700g, PF-1과 PF-2의 경우에 1,450g과 1,350g이었다. 이로부터 PF형 공조기는 핀-관 공조기 대비 14.7% (PF-1)와 20% (PF-2) 냉매량 감소를 확인하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4는 실내기 토출공기의 유속변화에 따른 능력과 COP로, 유속이 증가할수록 능력은 핀-관 16.2%, PF-1 19.3%, PF-2 17.9%로 거의 선형적으로 증가하였다. 이는 토출공기 속도가 증가함에 따라 대류 열전달 영향이 증가하여 증발 열교환기를 흐르는 냉매와 실내공기와의 열전달이 활발하게 이루어졌기 때문이다. 유속이 증가할수록 소비전력도 증가하였으며, PF 열교환기 경우보다 핀-관 열교환기에서 약 7~9% 높았다. 열전달 향상에 따른 과열도 증가로 압축기 출구온도 증가와 체적효율 저하로 소비전력은 커지게 된다. COP는 핀-관 11.6%, PF-1과 PF-2는 10.2%와

Table 2 Experimental conditions

Room temperature (°C)	Indoor	27(DB)/19.5(WB)
	Outdoor	35(DB)/24(WB)
Velocity (m/s)	0.55, 0.75, 0.95	
Temperature (°C)	Indoor	21, 24, <u>27</u> , 32
	Outdoor	21, 29, <u>35</u> , 43
Relative humidity (%)	Indoor	40, <u>50</u> , 60, 70
	Outdoor	30, <u>40</u> , 50, 60

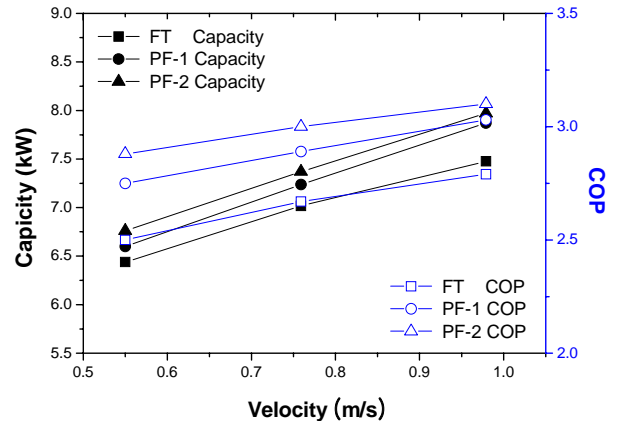


Fig. 4 Capacities and COPs of fin-tube, PF-1, and PF-2 A/C at outlet air velocities.

7.6% 증가하였다. 실험결과, PF 공조기가 핀-관 공조기보다 열전달 성능면에서 더 유리하며, 사각형 핀이 적용된 PF가 삼각형 핀보다 우수한 성능을 제공함을 알 수 있었다. 핀-관 열교환기를 적용한 공조기에 비해 PF-1과 PF-2 시스템의 응축압력은 뚜렷히 감소하였으며, 증발온도의 변화는 미미하였다. 응축압력은 핀-관 열교환기 적용 공조기에 비해 각각 6.8%와 7.5% 정도 감소하였다. 공조기의 응축압력 감소로 시스템 압력차가 줄어들어 소비전력이 감소하여 에너지효율은 향상되게 된다.

Fig. 5는 실내 온도변화에 따른 능력과 COP로, 온도가 높아질수록 능력은 핀-관 37.9%, PF-1 35.2%, PF-2 33.5% 증가를 COP는 핀-관 33.8%, PF-1 31.9%, PF-2 30.8% 증가하였다. 이는 실내 온도 변화로 냉매 증발온도와 유입공기의 온도차가 증가하여 열전달능력이 향상되었기 때문이다.

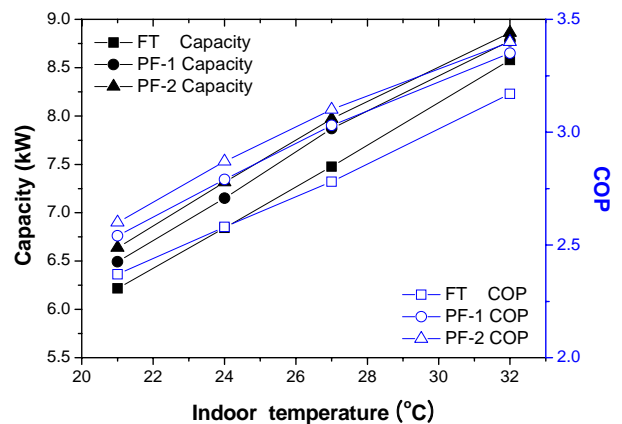


Fig. 5 Capacities and COPs of fin-tube, PF-1, and PF-2 A/C at indoor temperatures.

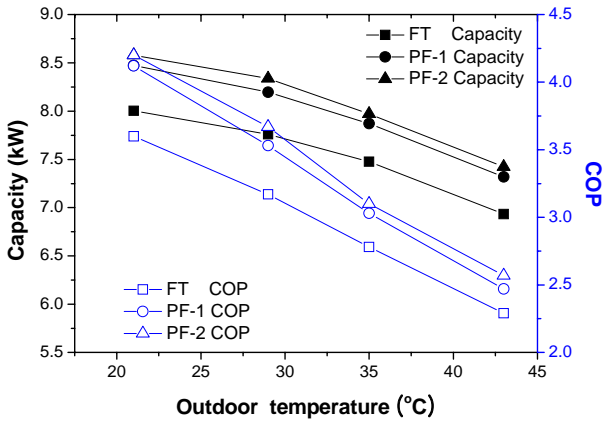


Fig. 6 Capacities and COPs of fin-tube, PF-1, and PF-2 A/C at outdoor temperatures.

소비전력도 거의 선형증가를 하였으나 온도가 증가할수록 능력 증가율에 비해 소비전력 증가율이 다소 크게 나타나 COP의 증가율 차츰 둔화하였다.

Fig. 6은 실외 온도변화에 따른 능력과 COP로, 온도가 높아질수록 능력은 핀-관 13.4%, PF-1 13.6%, PF-2 13.5% 감소를 COP는 핀-관 36.4%, PF-1 40.1%, PF-2 38.8% 감소하였다. 이는 실외 온도 변화로 실외기의 응축온도와 유입공기의 온도차가 줄어들어 열전달 능력이 감소되었기 때문이다. 실내 온도변화 결과와는 달리 소비전력은 크게 감소하여 실외온도가 증가할수록 능력 증가율에 비해 소비전력 증가율이 크게 나타나 COP가 급격히 감소하였다.

Fig. 5와 6으로부터 공조기의 능력과 COP는 PF-1보다 PF-2를 적용한 시스템이 더 우수함을 알 수 있다. PF가 핀-관보다 열전달량이 우수한

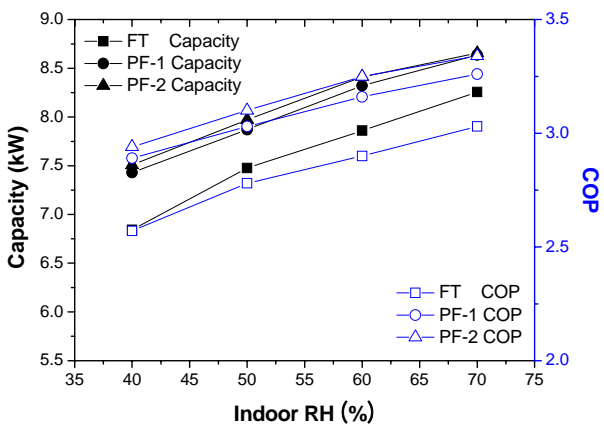


Fig. 7 Capacities and COPs of fin-tube, PF-1, and PF-2 A/C at indoor RHs.

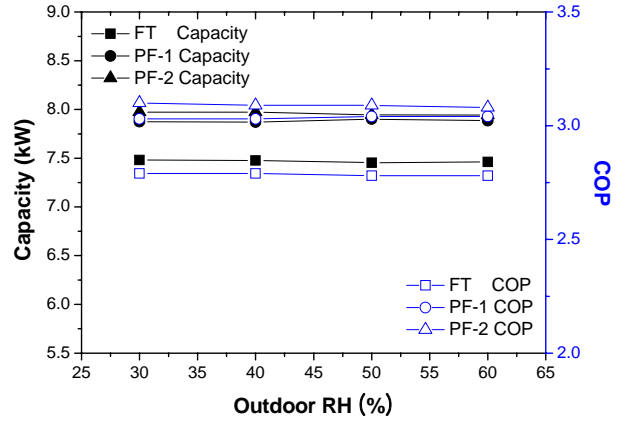


Fig. 8 Capacities and COPs of fin-tube, PF-1, and PF-2 A/C at outdoor RHs.

것은 PF 열교환기의 관이 미세채널로 구성되어 있어 원형 관으로 되어 있는 핀-관 열교환기보다 열전달 계수가 높고 단위체적당 핀 면적이 크기 때문이다. 또한 PF-1의 핀은 삼각형으로 관과 핀이 선접촉을 하지만, PF-2 핀은 사각형으로 관과 핀이 면접촉을 이루고 있어, 상대적으로 열저항이 줄어들어 시스템의 능력에 영향을 준 것으로 판단된다.

Fig. 7은 실내 상대습도 변화에 따른 능력과 COP로, 실내 상대습도가 높아짐에 따라 능력은 핀-관 20.6%, PF-1 16.2%, PF-2 15.3% 그리고 COP는 핀-관 17.9%, PF-1 12.8%, PF-2 14.1% 증가하였다. 증발 열교환기의 핀표면 온도가 유입공기의 이슬점온도 이하가 되면 공기의 수분이 응축되어 핀표면에 얇은 액막을 형성하여 습표면 상태가 된다. 표면에 맺힌 응축수량은 습도량에 따라 달라지며 열교환기의 잠열교환 효율에 영향을 주게 된다. 상대습도가 증가함에 따라 열교환기의 잠열교환 효율이 증가하여 냉방능력은 증가하였다. 습도가 실내 열교환기 성능에 영향을 미침을 알 수 있으나, 열교환기 표면의 응축현상을 가시화하지 못하였다.

Fig. 8은 실외 상대습도 변화에 따른 능력과 COP로, 상대습도 증가에 따른 능력과 COP는 $\pm 1\%$ 미만의 미비한 변화로 실외 상대습도 변화는 공조기 성능에 큰 영향을 미치지 않았다. 실외기에 설치된 열교환기의 표면은 건표면 상태에서 열교환됨에 따라 실외습도 조건 변화 따른 영향은 없었던 것으로 보인다.

4. 결 론

본 실험에서는 핀-관, PF 열교환기를 공조기의 실외 열교환기로 적용하여 실내기의 토출공기 유속, 실내외 온도와 상대습도를 변화하면서 공조기의 성능을 비교하기 위하여 능력과 COP를 평가하여 다음의 결론을 얻었다.

- (1) 동일 전면면적으로 가진 핀-관, PF 열교환기 적용 공조기의 적정 냉매량은 PF 열교환기가 핀-관 열교환기보다 약 15~20% 정도 적었다.
- (2) 실내기 토출공기의 유속변화에 따른 능력과 COP로, 유속이 증가할수록 능력은 거의 선형적으로 증가하였다. PF 공조기가 핀-관 공조기보다 열전달 성능면에서 더 유리하며, 사각형 핀이 적용된 PF가 삼각형 핀보다 우수한 성능을 제공하였다.
- (3) 공조기의 능력과 COP는 실내온도가 높아질수록 능력과 COP는 증가하였고, 실외온도가 높아질수록 능력과 COP는 감소하였다. 또한 실내 상대습도가 높아짐에 따라 능력과 COP는 증가하였다, 실외 상대습도 증가에 따른 능력과 COP의 변화는 미비하였다.

후 기

본 연구는 중소기업청 산학협력실사업의 지원

에 의해 수행된 연구의 일부로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Kim, M. H., Kim, K. J., Chu, E. S. and Bae, Y. D. and Bark, Y. S., 1997, Performance evaluation of brazed aluminum heat exchangers, Proc. of the SAREK, pp. 209-215.
2. Cho, J. P., Choi, Y. H., Kim, N. H. and Kim, J. H., 2000, Performance evaluation of PF condenser adapted to package air-conditioner, KSME, pp. 1-6.
3. Sa, Y. C., Hwang, Oh, S. Y., Chung, B. Y., 2002, Development of Aluminum Micro-Channel Condenser For Air-Conditioners, Proc. of the SAREK, pp. 1372-1377.
4. Yun, R., 2007, Evaluation of performance of a residential air-conditioning system using micro-channel and fin-tube heat exchanger, Proc. of the SAREK, pp. 28-35.
5. Korean Standards Association, 2003, KS air-conditioner: KS C 9306.