

PF 열교환기 적용 공조기 성능특성에 관한 실험연구

박경만*, 엄유식, 권영철¹, 장근선¹, 이상재²
선문대학교 대학원, ¹선문대학교 기계공학과, ²한국생산기술연구원

Experimental Study on Performance Characteristics of Air-Conditioner with PF Heat Exchanger

K.M. Park*, U.S. Um, Y.C. Kwon¹, K.S. Chang¹, S.J. Lee²
Graduate school, Sunmoon University, Chungnam

¹Department of Mechanical Engineering, Sunmoon University, Chungnam

²Korea Institute of Industrial Technology, Chungnam

요 약

본 연구에서는 공조용 실외기의 고효율화 및 소형화를 위해 응축기로 사용되고 있는 핀-관 열교환기를 동일한 전면면적의 PF 열교환기로 변경하여 성능변화 및 특성을 조사하였다. 이를 위해 3종의 PF 열교환기를 적용하여 공조기의 성능을 비교평가 하였다. 실험은 공기 엔탈피식 칼로리미터에서 공조기의 냉방능력과 소비전력을 측정하여 COP를 계산하였다. PF 열교환기를 적용한 경우에 핀-관 열교환기보다 냉방능력은 증가하고 소비전력은 감소하여 COP가 향상되었다. PF 열교환기의 핀 피치가 클수록 냉방능력과 COP는 감소하였다.

1. 서론

최근 공조기의 에너지소비효율 규제를 강화함에 따라 업계는 공조기의 성능 및 에너지 소비효율 향상을 위해 노력하고 있다.[1] 현재 대부분의 공조기에 사용되고 있는 핀-관 열교환기는 원형관 후단의 후류형성으로 유동저항이 발생하며, 또한 확관 공정으로 인해 접촉 열저항이 존재하여 열전달성능의 감소를 유발한다. 또한 열교환기의 고효율화와 소형화에 효과적이지 못하다. 이를 개선하기 위해 자동차용 공조기에 사용되고 있는 PF(parallel flow) 열교환기를 가정용 공조기에 적용하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.[2] PF 열교환기는 평판관을 사용하여 원관의 후류형성에 의한 저항을 감소시킬 수 있으며 핀과 관을 브레이징 용접하므로 접촉저항을 감소할 수 있다. 또한 평판관 내부에는 여러 개의 미세 유로가 형성되어 있어 관내측 단위면적당 열전달 향상을 기대할 수 있다. 또한 열전달 효율 증대에 따른 PF 열교환기의 체적감소 효과를 이용하면 공조기의 냉매량을 줄일 수 있다. 그리고 관과 핀 모두 알루미늄으로 제작되어 무게와 제작단가를 핀-관 열교환기에 비해 줄일 수 있을 것으로 판단된다. Bae 등[3]은 핀-관 열교환기에 비해 PF 열교환기

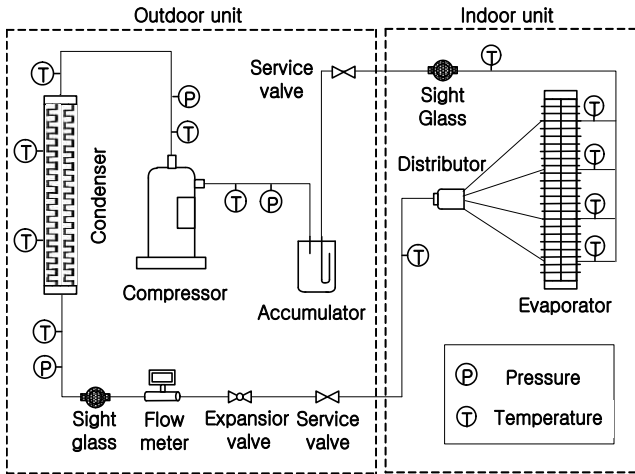
의 체적이 40% 축소되어도 동일 능력을 가지며, 이때 냉매량도 22% 감소한다고 보고하였다. Cho 등 [4]은 공조기에 PF 열교환기를 적용한 결과, 핀-관 열교환기에 비해 PF 열교환기의 체적이 40-50% 정도 감소하여도 동등수준의 성능을 나타내며 적정 냉매량도 35-45% 감소함을 보고하였다. Yun[5]은 핀-관 열교환기에 비해 PF 열교환기를 적용한 공조기의 적정 냉매량은 10% 감소, 응축압력은 6.5% 감소, 그리고 COP는 6% 증가함을 보였다.

본 연구에서는 공조용 실외기의 고효율화 및 소형화를 위해 공조기의 응축 열교환기로 사용되고 있는 핀-관 열교환기를 동일한 전면면적의 PF 열교환기로 변경하여 성능평가를 수행하고자 하였다. 이를 위해 3종의 PF 열교환기를 적용하여 핀 피치에 따른 공조기의 성능을 조사하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1. 실험장치

본 실험연구에서는 핀-관 및 PF 열교환기가 적용된 가정용 공조기의 성능평가를 위해 공기 엔탈피식 칼로리미터를 이용하였다. 본 연구에 사용된 공조기는 약 2.5RT급의 정속형 압축기를 사용한 냉방용



[그림 1] 실내, 실외 시스템 개념도

공조기로 그림 1에 개략도를 나타내었다. 공조기 내의 응축압력과 증발압력 측정을 위해 압축기의 입구 측과 출구 측에 압력계를 부착하였다. 각부의 온도 측정을 위해 응축기와 증발기의 각 패스와 입·출구부 그리고 압축기와 수동팽창밸브의 입·출구부에 열전대를 부착하였다. 공조기 운전 시, 응축기 출구와 증발기 출구의 냉매상태를 확인하기 위해 가시창을 부착하였으며 과열도 조정을 위해 수동팽창밸브를 부착하였다.

표 1은 본 연구에 사용된 핀-관 및 PF 열교환기의 사양을 나타낸다. PF 열교환기는 핀-관 열교환기와 동일한 전면면적을 가지고 있으며 핀 피치가 다른 3종으로 구성하였다. PF-1 열교환기의 핀 피치는 2.22 mm, PF-2는 2.35 mm 그리고 PF-3은 2.5 mm이다. PF 열교환기의 폭은 16 mm이며 PF 열교환기는 핀-관 열교환기에 비해 35% 작은 체적을 가진다.

[표 1] 열교환기의 사양

	FT	PF-1	PF-2	PF-3
핀 형상	Slit	Louver		
열교환기의 크기 (W×H×D)(mm)	805×750×25	805×750×16		
패스 수	4	2		
튜브 크기(mm)	∅7	16 × 1.8		
튜브 간격(mm)	21	9.4		
튜브 수	72	76		
핀 간격(mm)	1.25	2.22	2.35	2.5
핀 수	613	77		
열 수	2	1		

2.2. 실험조건 및 실험방법

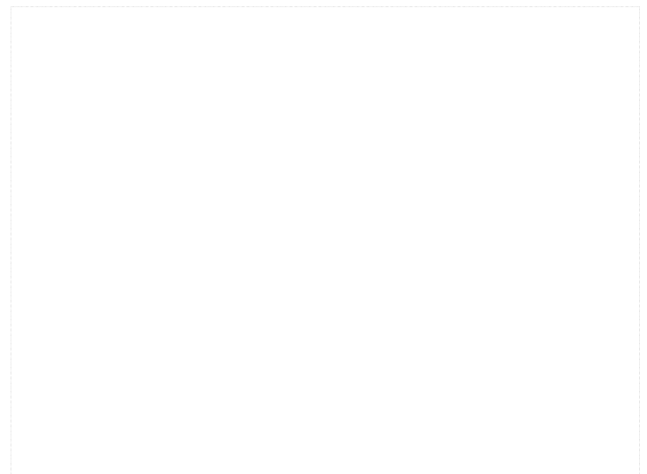
동일 공조기에서 핀-관 열교환기 대신에 3종의 PF 열교환기로 교체하여 동일 실험조건에서 반복 실험을 수행하였다. 공조기의 과열도는 수동팽창밸브

의 개도조절을 통해 제어하였고, 과열도가 약 4°C 일 때에 데이터를 수집하였다. 공조기의 각부 온도 측정을 위해 압축기 입·출구, 실내기 입·출구, 실외기 입·출구 그리고 팽창밸브 입·출구에 T형 열전대를 관 외벽에 부착한 후 그 외부는 단열처리한 후에 측정하였다. 공조기의 압력 측정을 위해 압축기의 입·출구에 디지털 압력계를 부착하여 측정하였다. 증발압력과 응축압력은 압축기 입·출구의 냉매배관에 구멍을 뚫어 관을 연결하고 그 끝에 디지털 압력계를 부착하여 측정하였으며 압력계의 오차 범위는 ±1% 이내이다. 실험은 냉방표준온도(실내 27°C/19.5°C, 실외 35°C/24°C) 조건에서 수행되었다.[6]

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 적정 냉매량 선정

그림 2에 핀-관 및 PF 열교환기 3종을 적용한 공조기의 적정 냉매량을 나타내었다. 냉매량은 핀-관 열교환기가 적용된 공조기에 비해 PF-1의 경우 25.0%, PF-2의 경우 22.2% 그리고 PF-3의 경우 19.4% 감소함을 보였다. 이렇게 핀-관 열교환기를 적용한 공조기에 비해 PF 열교환기를 적용한 공조기의 냉매량이 감소하는 것은 PF 열교환기의 체적이 핀-관 열교환기에 비해 약 35% 작아 상대적으로 내부체적이 감소하였기 때문이다. 공조기 운전 시 응축기측을 포함한 고압단의 비체적이 저압단에 비해 작기 때문에 냉매의 상당부분이 고압단의 응축기에 존재하게 되므로 응축기내의 체적이 감소하면 냉매량을 감소시킬 수 있게 되는데, 본 연구에 사용된 PF 열교환기는 냉매측의 수력직경은 약 0.8 mm 정



[그림 2] 각 열교환기 적용 시 공조기의 적정 냉매량

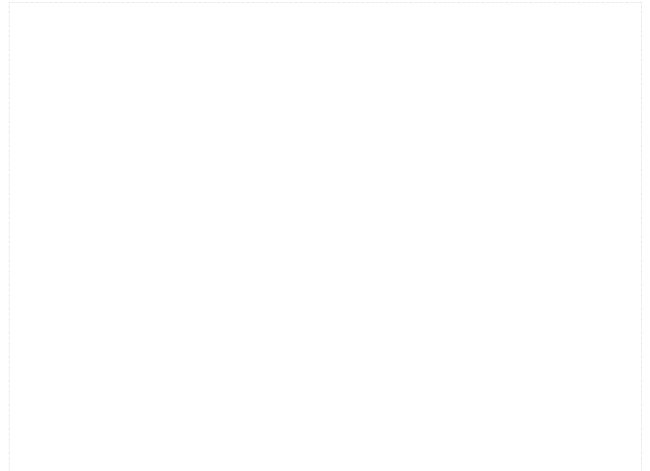
[그림 3] PF 열교환기의 핀 피치 변화에 따른 공조기의 냉방능력과 COP

도로 핀-관 열교환기에 직경 7 mm에 비해 상대적으로 작아 냉매량이 감소한 것으로 공조기의 실험에서 핀-관 열교환기에 대비 22% 냉매량이 감소한다고 보고한 바 있다.

3.2. 냉방성능 비교

그림 3과 4는 PF 열교환기를 적용한 공조기의 응축기의 핀 피치에 따른 냉방능력과 COP를 보여준다. 공조기에 적용된 PF 열교환기의 핀 피치는 각각 2.22 mm, 2.35 mm, 2.50 mm이다. 공조기의 냉방능력은 PF 열교환기의 핀 피치가 2.22 mm 일 때 냉방능력이 가장 우수한 것으로 나타났다. 핀 피치가 클수록 냉방능력은 감소하였으며 이러한 결과는 핀 피치가 증가함에 따라 핀의 열전달면적이 상대적으로 감소하므로 열교환기의 열전달효율이 감소하였기 때문이다. COP는 PF 열교환기의 핀 피치가 2.22 mm 일 때 3.77 W/W, 2.35 mm 일 때 3.69 W/W 그리고 2.50 mm 일 때 3.57 W/W 나타나 핀 피치가 2.22 mm 일 때 공조기의 COP가 가장 크게 나타났다. PF 열교환기의 핀 피치가 증가함에 따라 공조기의 냉방능력은 감소하고 소비전력은 증가하여 공조기의 COP는 감소하였다.

Fig. 3.8에 냉방표준 온도조건에서의 핀-관 열교환기와 PF 열교환기를 적용한 공조기의 P-h선도를 나타내었다. 핀-관 열교환기 적용 공조기 대비 PF 열교환기를 적용한 공조기의 증발압력 감소는 0.5% 이내로 나타나 큰 차이를 보이지 않았다. 반면 응축압력은 핀-관 열교환기를 적용한 경우와 비교할 때 핀 피치가 2.22 mm인 PF-1 열교환기를 적용할 경우 5.9%를, 핀 피치가 2.35 mm인 PF-2 열교환기를 적용할 경우 4.9% 그리고 핀 피치가 2.35 mm인

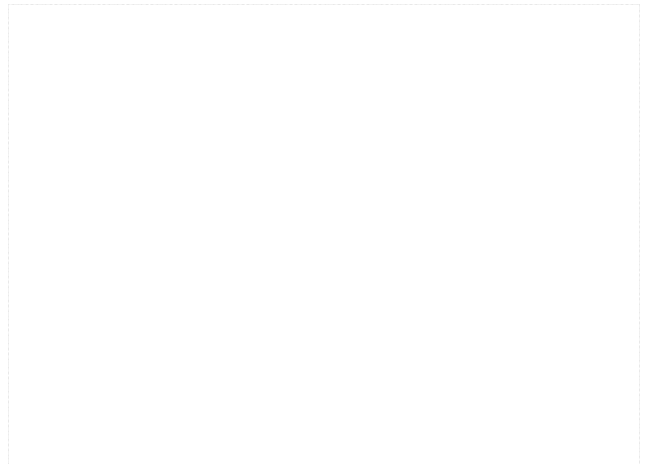


[그림 4] 열교환기 적용에 따른 공조기의 P-h 선도

PF-3 열교환기를 적용할 경우 4.3% 증가함을 보였다. PF 열교환기를 적용한 경우 증발압력은 변화하지 않고 응축압력이 감소하므로 공조기의 압축비는 낮아지게 된다. 핀-관 열교환기를 적용한 공조기에 비해 PF 열교환기를 적용한 공조기의 압력비는 5.7~6.4% 감소하였다. 이러한 압축비 감소로 인해 공조기의 소비전력은 낮아지게 된다. 따라서 응축압력이 낮은 PF 열교환기가 공조기에 적용될 경우에 에너지소비효율이 향상될 것으로 판단된다.

3.3. 토출공기 속도에 따른 성능 비교

그림 5는 냉방표준 온도조건에서 실내기 토출공기 속도변화에 따른 PF-1, PF-2 그리고 PF-3 열교환기를 적용한 공조기의 냉방능력 변화를 나타낸다. PF-1 열교환기를 적용한 공조기의 냉방능력은 실내기의 토출공기 속도가 0.55 m/s에서 0.95 m/s로 증가함에 따라 6,768 W에서 8,573 W로 약 26.6% 증가, PF-2 열교환기를 적용한 공조기의 냉방능력은



[그림 5] 실내기 토출공기 속도변화에 따른 냉방능력

6,712 W에서 8,404 W로 약 25.2% 증가 그리고 PF-3 열교환기를 적용한 공조기의 냉방능력은 6,621 W에서 8,246 W로 약 24.5% 증가하였다. 실내기의 설정 토출공기 속도가 증가함에 따라 공조기의 냉방능력은 거의 선형적으로 증가하였으며, 이는 실내기의 토출공기 속도가 증가함에 따라 증발 열교환기를 흐르는 냉매와 실내 공기의 열전달이 점차 활발하게 이루어지게 되어 공조기의 냉방능력은 상승되었기 때문이다.

4. 결론

본 연구에서는 자동차용으로 사용되고 있는 FP 열교환기를 가정용 공조기에 적용하여 열교환기에 따른 성능평가를 수행하였다. 이를 위하여 핀 피치가 다른 PF 열교환기 3종을 선정하여 기존 핀-관 열교환기가 적용된 공조기의 성능과 비교하였으며, 또한 실내기의 토출공기의 속도에 따른 거동을 파악하여, 다음의 결론을 얻었다.

(1) 공조기의 적정 냉매량은 핀-관 열교환기를 적용한 경우보다 PF 열교환기를 적용한 공조기의 경우에 약 19.4~25.0% 정도 감소하였다.

(2) PF 열교환기를 적용한 공조기의 경우에 핀-관 열교환기 보다 냉방능력은 0.7%~4.7% 증가, 소비전력은 2.6~4.6% 감소하여 COP는 3.6~9.7% 향상되었으며, 핀 피치가 가장 작은 PF-1 열교환기가 가장 우수한 성능을 보였다. 이는 핀 피치가 작을수록 핀의 열전달면적이 늘어나 냉방능력은 증가하고 응축압력의 감소로 소비전력은 감소하여 COP가 증가하는 것이다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

[1] 권영철 외, “실내기 조합에 따른 3실형 열펌프의 냉방성능 실험연구”, 한국산학기술학회논문집, 제 9권, 제6호, 12월, pp. 487-1493, 2008.
 [2] R. E. Critoph, M. K. Holland and L. Turner, “Contact resistance in air-cooled plate fin-tube air-conditioning condensers,” Int. J.

Refriger., 19, p. 400-406, 1996.
 [3] T. S. Bae and C. S. Han, “A feasibility study on room air conditioner with parallel flow condenser,” Proceedings of the SAREK, pp. 402-407, 1996.
 [4] J. P. Cho, Y. H. Choi, N. H. Kim, and J. H. Kim, “Performance evaluation of PF condenser adapted to package air-conditioner,” KSME, pp. 1-6, 2000.
 [5] R. Yun, “Evaluation of performance of a residential air-conditioning system using micro-channel and fin-tube heat exchanger,” proceedings of the SAREK, pp. 28-35, 2007.
 [6] Korean Standards Association, KS air-conditioner: KS C 9306, 2003.
 [7] Bae, T. S. and Han, C. S., A feasibility study on room air conditioner with parallel flow condenser, Proceedings of the SAREK, pp. 402-407, 1996.