

PF열교환기가 적용된 슬림형 중계기 냉각기

조진표[†] 김내현*, 이재훈**, 이진용**, 목인균***, 임원경***, 임석선***

[†]인천대학교 TIC, *인천대학교 기계공학과, ** (주)파버나인, *** (주)랩어플라이언스

Slim Electronic Panel Cooler with Parallel Flow Condenser

J.-P. Cho[†], N.-H. Kim*, J.-H. Lee**, Y.-J. Lee**, I.-K. Mook***, W.-K. Lim***, S.-S. Lim***

Technology Innovation Center, University of Incheon

**Department of Mechanical Engineering, University of Incheon*

*** Pavonine Co. Ltd, *** Lab Appliance Co. Ltd,*

ABSTRACT : In this study, newly-developed slim electronic panel cooler with aluminum PF condenser and evaporator was tested and the results are compared with imported panel cooler with fin-tube heat exchangers. The PF heat exchangers significantly (approximately 45%) reduced the refrigerant charge. The air-side pressure drop was also reduced, which resulted in the reduction of the sound level of the panel cooler. The effect of the condenser size was also investigated.

Key words : PF heat exchanger(평행류형 열교환기), Electronic panel cooler(중계기 냉각기), Conenser(응축기), Evaporator(증발기), Fin-tube (핀-튜브)

1. 서론

우리나라는 1991년 한국전자통신연구원과 미국의 Qualcomm사가 CDMA 방식의 디지털 이동통신시스템 개발에 착수하였고, 1996년 세계최초로 디지털 회선접속방식을 상용화 하였다. 이 같은 디지털 접속 방식의 개발로 현재 이동통신가입자는 2,500만 명을 넘고 있다. 이동통신 서비스시 단말기에서 나오는 신호를 수신하고 이를 증폭하여 재송출하는 중계기는 필수불가결의 구성요소이고, 이동통신서비스의 핵심기술 이기도 하다. 이동통신의 특성상 이러한 중계기는 옥외에 설치되어야 하며, 이 경우 중계기는 함체에 넣어 보호된다.

외부에 설치되는 이동통신 중계기용 함체는 특성상 우선 대기 중의 먼지, 습기와 같은 오염 물질로부터 보호 되어야 하고 외부의 간섭 전자기파로부터 격리되어야 하며, 그 밖의 다른 위해

요소로부터 보호되어야 한다. 이 같은 이유로 중계기용 함체는 밀폐형으로 제작된다. 또한 이동통신기기의 회선 처리 능력 증가에 따라 중계기들은 점점 소형화되는 경향이 있고, 함체의 소형화는 필연적으로 중계기 전자소자의 고밀도화를 야기하며 단위 체적당 발열량이 증가하게 되었다. 함체 내에서 발생하는 열이 적절히 외부로 방출되지 않으면 중계기내의 온도가 상승하여 전자장치 오작동의 원인이 된다. 일반적으로 중계기 내부에 장착되는 전자소자의 상한 작동온도는 60°C 정도이고 하절기 함체주위 온도는 45°C 까지 올라가므로 두 온도차는 15°C 이내에서 유지 되어야 한다.

중계기에서 발생하는 열은 출력신호가 작은 소형인 경우 수십에서 수백 와트정도이고 중형인 경우 수백와트에서 1kW 내외, 광통신에 사용되는 대형인 경우 1~4kW정도가 된다. 비교적 발열량이 적은 소형 중계기에서는 함체외벽에 방열환을 부착하여 자연대류에 의해 내부열을 처리한다. 중형 중계기의 경우 방열환 또는 관형열교환기에 환을 장착하여 순환공기로 함체를 냉각한

[†]Corresponding author

Tel.: +82-32-770-8420; fax: +82-32-770-8410
E-mail address: knh0001@incheon.ac.kr

다. 대형 증계기의 경우 외부공기만으로는 냉각 능력이 부족하므로 냉각기(에어컨)를 사용하여 합체를 냉각한다.

합체 냉각용 에어컨이 가정용 창문형 에어컨과 다른 점은 두께에 있다. 창문형 에어컨의 경우 증발기와 응축기 사이에 팬과 압축기가 장착되어 대략 가로×세로×두께가 70cm×70cm×100cm 정도의 직육면체형으로 제작된다. 이렇게 하면 증발기와 응축기의 전방으로 공기가 공급되므로 전열 성능도 좋아지고 압력손실도 줄일 수 있다. 하지만 합체 냉각용 에어컨의 경우는 깊이가 깊어지면 합체 내부의 증계기 설치 공간이 줄어들고 합체의부로 돌출되어 설치공간이 늘어나고 미관상 좋지 않으므로 가로×세로×두께가 40cm×1,300cm×20cm 정도로 만든다. 이렇게 되면 공기가 증발기와 응축기의 전방으로 공급되지 못하고 측면에서 공급되어야 하므로 전열성능이 감소하고 압력손실이 증가하게 된다.

본 연구에서는 증계기 냉각기의 응축기와 증발기에 최초로 PF열교환기를 적용하고 전열성능 향상 및 실외측 소음저감 등의 성능개선 작업을 수행하여 저소음형 증계기 냉각기를 개발하였다.

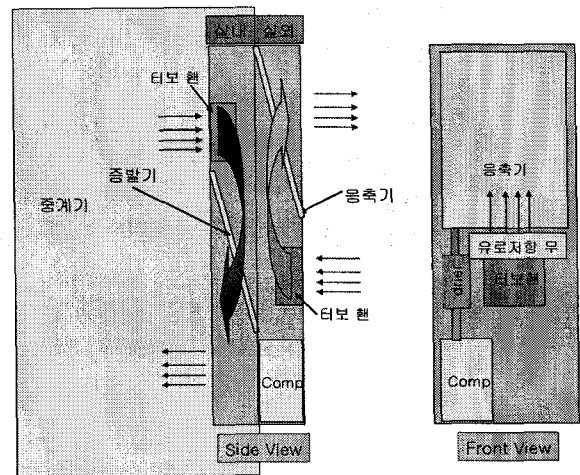
Table 1 Specification List

| Specification list | | Development spec | Original spec |
|--------------------|---------------|---|--|
| Comp. | Maker | LG elec. co. ltd. | JAPAN |
| | Model No. | QK - 104 KAC | KB134VPD |
| | Type | Rotary Type | Rotary Type |
| | Capacitor | 15 μ f 370VAC | 16 μ f 450VAC |
| Evap. | W*H*D | 350mm*375mm*22mm (4Pass, 14-10-7-4) | 380mm*250mm*50mm (2R-1C, I.D. 9.52 ϕ) |
| | Type | Al. PF TYPE | FIN and TUBE TYPE |
| | FIN PITCH | 1.3mm | 1.8mm |
| | MTR Maker | JC INTERNATIONAL | EBM |
| | MTR Model No. | M15-190 | R2E220-AA40-A8 |
| | MTR Rpm | 220V : 2568 rpm | 220V : 2301 rpm |
| | MTR Capacitor | 2 μ f 400VAC 50Hz | 2 μ f 400VAC 50Hz |
| FAN ϕ *d | 190mm*45mm | 220mm*64mm | |
| Cond. | W*H*D | 350mm*375mm*22mm (4Pass, 14-10-7-4) 350mm*550mm*22mm (4Pass, 18-15-10-4) | 340mm*350mm*65mm (4R-2C, I.D. 9.52 ϕ) |
| | Type | Al. PF TYPE | FIN and TUBE TYPE |
| | FIN PITCH | 1.3mm | 1.8mm |
| | MTR Maker | JC INTERNATIONAL | EBM |
| | MTR Model No. | M35-225 | R2E225-AU64-41 |
| | MTR Rpm | 220V : 2684 rpm | 220V : 2676 rpm |
| | MTR Capacitor | 4.0 μ f 450VAC 50/60Hz | 4.0 μ f 450VAC 50/60Hz |
| FAN ϕ *d | 227mm * 63mm | 220mm * 90mm | |
| TXV | Maker | SAGINOMIYA | GERMANY |
| | Model No. | VPX-3405BHC | TLK-00037 |
| Refri. | (Type, g) | R-22 , 500g | 134a, 1,200g |

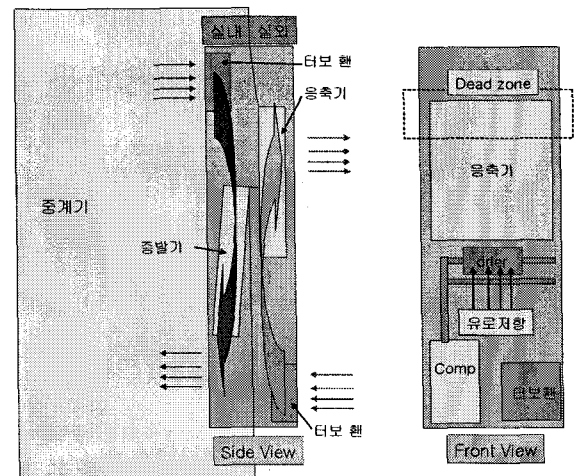
2. 개발제품 및 제품적용 시험

2.1 개발제품

시험 제품에 대한 자세한 사양은 Table 1에 나타나있다. 수입(original spec.) 제품의 주요 사양을 살펴보면 압축기는 로터리타입의 R134a 냉매를 사용하고 있으며 응축기와 증발기 모두 횡-류브방식의 열교환기로 열교환기 두께가 50mm이다. 팬모터로는 터보팬이 사용되었으며 팽창장치는 온도감응식 팽창변이 사용되었다. 개발(development spec.) 제품의 주요사양은 로터리타입의 R22냉매를 사용하는 압축기를 채용했으며, 응축기와 증발기 모두 PF(parallel flow) 방식



(a) Development Spec

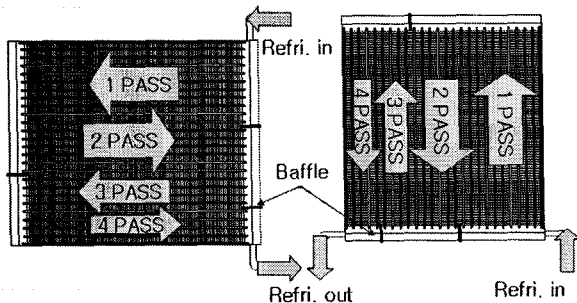


(b) Original Spec

Fig. 1 Layout of the electronic panel cooler.

의 열교환기를 채택하여 열교환기 두께를 22mm로 줄였다. 제품개발의 주안점은 크게 두 가지이다. 첫째 R134a 방식의 냉매를 국내 수급이 용이한 R22로 대체하는 것이고 둘째는 동급성능의 저소음 슬림형 증발기 냉각기를 개발하는 것이다.

Fig. 1 에는 수입품 냉각기의 구성 및 개발품 냉각기의 구성이 나타나 있다. 그림에 나타난 것과 같이 수입품의 경우 좁은 두께로 인하여 증발기와 응축기가 수직으로 설치되어 공기가 열교환기의 측면을 통과하게 된다. 따라서 통과유로가 길어지고 압력손실이 증가하게 된다. 이 때문에 팬도 고정압용 터보팬이 사용되고 이로 인하여 소음이 증가하게 된다. 개발품에서는 수입품에서 나타나는 열교환이 원활하지 않은 영역을 슬림형 열교환기 적용 및 냉매회로 재배치를 통해 공기 유로를 개선했다. 수입품에서 사용된 환-관 열교환기의 형상은 비교적 간단하나 구리원관의 밴딩, 알루미늄 환의 삽입 및 확관에 의한 접합, 배관의 용접, 표면처리 및 세척, 진공 테스트등 생산공정이 매우 복잡하고 자동화에 어려움이 있다. 또한 기계적 접촉에 의한 전열효율의 감소, 원관에서의 유동저항 증가 및 후류에 의한 전열성능의 감소 등으로 고효율화 소형화 하는데는 상당히 어려움이 있다. 이러한 단점은 알루미늄 PF열교환기를 사용함으로써 개선될 수 있는데 PF열교환기는 환과 관을 브레이징(brazing)을 하여 접촉저항을 없애고 관의 형상도 원관 대신에 평관관(flat tube)를 사용해서 유동저항을 줄일 수가 있다. 알루미늄 PF열교환기는 자동차 에어컨



(a) condenser (b) Evaporator
Fig. 2 Sketch of the aluminum heat exchangers installed in the cooler

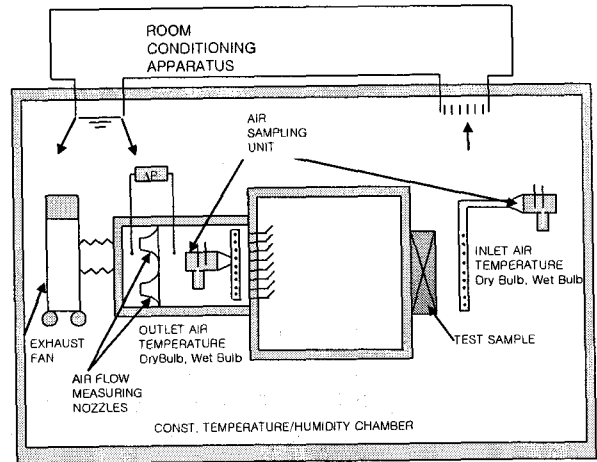


Fig. 3 Psychrometric calorimeter

의 응축기로 사용되고 있고 가정용 에어컨의 열교환기로의 일본 및 국내 가전사에서 적용 생산한 바 있으나 분리형 에어컨의 경우 냉매 충전 문제로 크게 확산 되고 있지는 않다. 증발기 냉각기는 일체형 에어컨으로 냉매충진 문제가 없으며 제품 특성상 슬림화 및 저소음이 우선시 되어야 함으로 알루미늄 PF 열교환기가 적절하리라 판단된다.

알루미늄 PF열교환기 배열방법을 Fig. 2에 나타내었다. 응축기, 증발기 모두 4 pass로 구성되어 있으며 응축기는 수평방향으로 배열하였고 증발기는 응축수 배출이 용이 하도록 수직방향으로 배열하였다. 응축기의 경우 세로크기를 375mm, 550mm 두 가지 샘플을 제작하였다.

2.2 제품적용 시험

냉방능력과 공기측 압력강하 측정을 수행하였다. 시험장치 및 시험사양은 Fig. 3과 Table 2에 나타나 있다. 시험에 사용된 PF열교환기의 체적은 증발기의 경우 환-관 열교환기의 60.8% 정도이고 응축기의 경우 37.3% 와 54.8%의 크기이다. 조진표등^(2,3)은 PF열교환기를 가정용 공조기에 적용한 시험에서 37.6%~40.4%의 체적에서 동일한 성능이 나타난다고 보고하였다. 냉매 봉입량은 조진표등^(2,3)의 연구결과를 바탕으로 환-관 열교환기 50~60% 수준으로 400g~600g 사이에서

Table 2 The experimental condition

| Item | Sample #1 | Sample #2 | Sample #3 |
|------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Comp. | Rotary Type | | |
| Cond. | Fin-Tube | Al. PF (375 mm) | Al. PF (550 mm) |
| Evap. | Fin-Tube | Same size | |
| T.X.V. | Same | | |
| Refri. [g] | R22 1,000 ~ 1,200 | R22 450 ~ 600 | R22 400 ~ 650 |

최적화를 수행하였다. 실험장치는 항온항습 챔버, 흡입식 cord tester, 온도측정 샘플러, 자료획득 장치로 구성되어 있다. 실험은 KS C 9306⁽¹⁾ 조건하에서 수행되었다. 공기측 풍량은 노즐차압을 이용하여 측정하고 입출구 온습도는 샘플링 방법으로 측정한다. 공기측 온도는 교정된 Pt-100Ω 센서로 측정한다. 온도계의 정밀도는 ±0.01℃ 이다. 실내측 온도는 건구/습구 (27℃/19.5℃)로 ±0.3℃ 내에서 균일하게 유지되었다. 열교환기 공기측 압력강하는 전방유속을 0.5 ~ 3.0 m/s로 0.5m/s 간격으로 변화 시켜가며 측정하였다. 공기-엔탈피 방법에서 냉방능력 계산식은 다음과 같다.

냉방능력 Φ_{cr} 는

$$\Phi_{cr} = Q_{vr} \frac{(h_{a1} - h_{a2})}{\nu_n(1+x_n)} + \Phi_{tl} \quad (1)$$

공기측 풍량 Q_{vr} 은

$$Q_{vr} = 1.414 C_d A \sqrt{(\Delta h_p \nu_n)} \quad (2)$$

여기서 ν_n 은 노즐 전단부 공기의 비체적으로 다음과 같다.

$$\nu_n = \frac{101.3 \nu'_n}{(1+x)P} \quad (3)$$

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4에는 중계기 냉각기의 냉방능력이 보여진

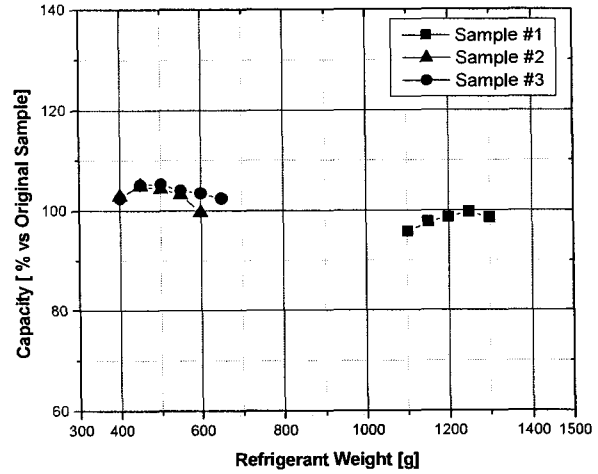


Fig. 4 Cooling capacity of panel cooler.

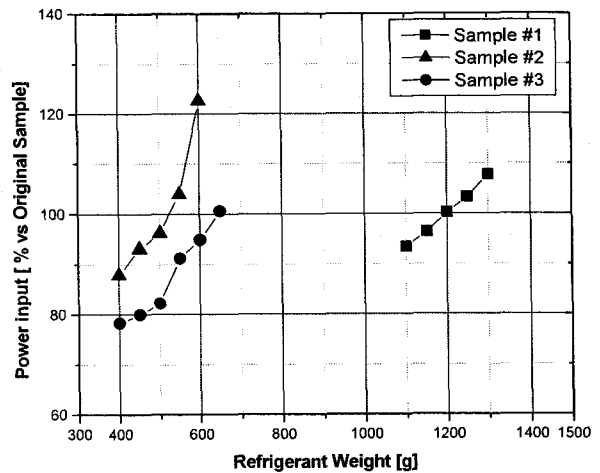


Fig. 5 Power consumption of panel cooler.

다. 조건표^(2,3) 등의 시험에서는 응축기만 알루미늄 PF열교환기를 적용해서 시험했는데 이번 시험에서는 응축기와 증발기 모두에 적용해서 시험을 수행하였다. 최적냉매 봉입량은 현-관 열교환기의 1,250g 에 대하여 알루미늄 PF 열교환기를 사용했을 때 450 ~ 500g으로 42 ~ 48% 감소한다. 조건표등^(2,3)은 가정용 에어컨 적용 시험에서 35 ~ 53%의 냉매 봉입량이 감소한다고 보고하였다. 또 최적 냉매 봉입량은 응축 열교환기 크기가 다른 Sample #2와 #3의 경우 다르게 나타남을 볼 수 있는데 Sample #2 경우 450g, Sample #3의 경우 500g으로 측정 되었다. Sample #3는 #2에 비해 응축기가 47% 크다. 냉방 능력은 Sample #1 대비 5.3% 증가하였다.

Fig. 5에는 소비전력, Fig. 6에는 소비효율이

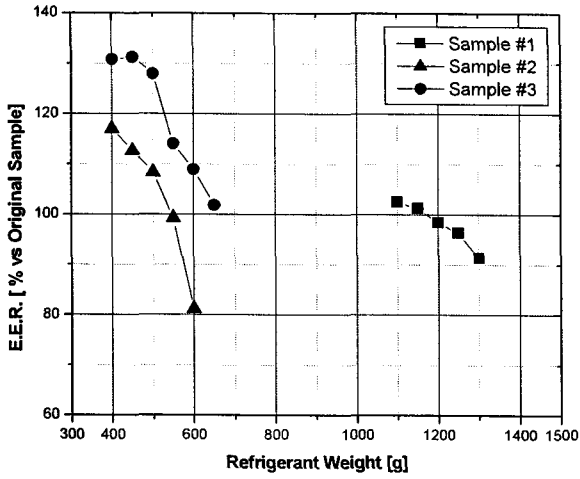


Fig. 6 Energy efficiency ratio of panel cooler.

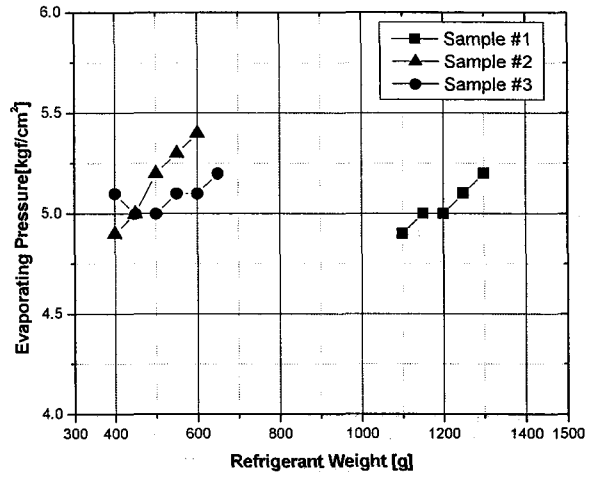


Fig. 8 Evaporating pressure of panel cooler.

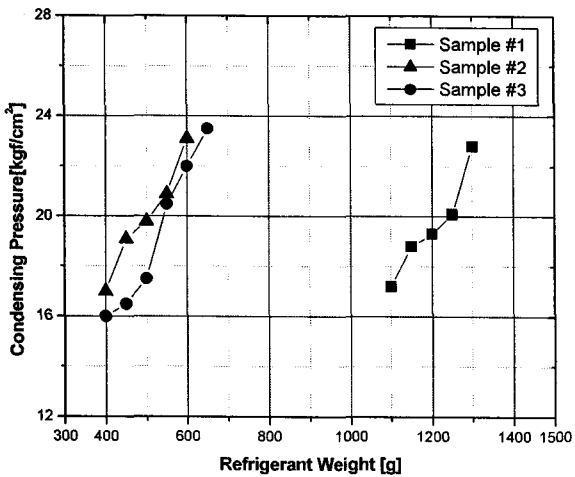


Fig. 7 Condensing pressure of panel cooler.

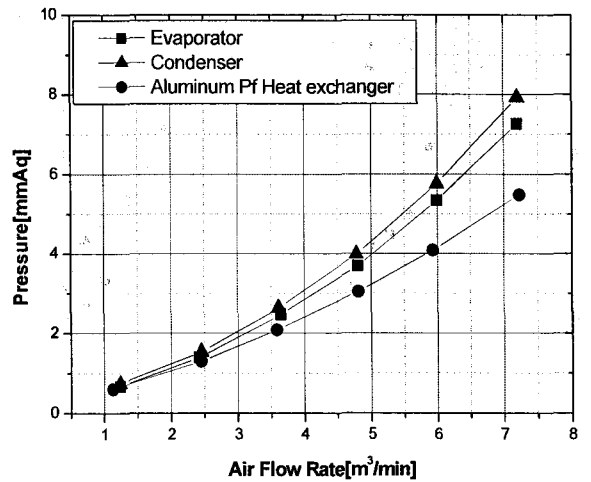


Fig. 9 Comparison of the pressure drop.

비교되었다. 응축기의 크기가 큰 Sample #3의 경우 Sample #2보다 낮은 소비전력량을 보이고 최대 냉방능력이 형성되는 냉매 봉입량에서 환-관 열교환기 대비 7~18% 감소하였다. 소비효율의 경우도 Sample #3가 Sample #2보다 크게 측정되었고 환-관 열교환기 대비 17~28% 증가 하였다.

Fig. 7에는 냉매 봉입량에 따른 응축압력 Fig. 8에는 증발압력을 표시하였다. 응축기의 크기가 큰 Sample #3의 경우 최적능력을 내는 냉매 봉입량에서 17.5 kgf/cm²으로 Sample #2의 19.1kgf/cm²보다 1.6 kgf/cm² 낮았다. 한편 환-관 열교환기의 경우는 Sample #2와 유사한 경향을 보였다. Fig. 9의 증발압력은 제품에 따라 큰 차

이를 보이지 않는데 냉각기의 팽창장치로 온도 감응식 팽창밸브(T.X.V.)를 사용한 것 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 9 에는 열교환기의 공기측 압력강하가 보여진다. 공기측의 압력강하는 알루미늄 PF열교환기가 환-튜브형 열교환기에 비해서 낮게 나타났다. 또한 그 차이는 풍량이 증가할수록 커짐을 보인다. 풍량을 동일하게 유지시킬 경우 알루미늄 PF열교환기는 기존 환-관 열교환기에 비해 풍량 감소에 의한 소음저감의 효과를 볼 수 있었다. 기존제품의 실외측 소음치가 76.8 dB이었고 Sample #3의 경우는 65.0 dB로 11.8dB 감소하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 슬림형 중계기 냉각기에 알루미늄 PF열교환기를 적용하여 성능시험을 수행하였으며 냉방능력, 소비전력, 소비효율등을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 최적성능을 내는 냉매 봉입량은 흰-관 열교환기의 1,250g 에 대하여 알루미늄 PF 열교환기에서 450 ~ 500g으로 42 ~ 48% 감소하였다. 또한 최적 냉매 봉입량은 응축 열교환기 크기에 따라 다름을 알 수 있었다.

(2) 동일한 알루미늄 PF열교환기에서는 응축기의 크기가 큰 경우에 낮은 소비전력량을 보이고 높은 소비효율을 나타내었다. 흰-관 열교환기 대비 소비전력은 7~18% 감소하였고 소비효율은 17~28% 증가 하였다.

(3) 공기측의 압력강하는 알루미늄 PF열교환기가 흰-튜브형 열교환기에 비해서 낮게 나타났다. 따라서 기존 흰-관 열교환기에 비해 풍량을 감소시켜 개발 할 수 있었다. 기존제품의 실외측 소음치가 76.8 dB이었고 Sample #3의 경우는 65.0

dB로 11.8dB 감소하였다.

후 기

본 연구는 2005년도 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. KS C 9306 (2002) Air conditioner
2. J. P. Cho, Y. H. Choi, N. H. Kim, J. H. Kim 1999, "Performance evaluation of PF-condenser adapted to package air-conditioner" Proceedings of the SAREK 1999 Winter Annual Conference. pp.46-51.
3. J. P. Cho, Y. H. Choi, J. H. Kim, N. H. Kim, J. H. Kim 2000, "Performance evaluation of PF-condenser adapted to large size air-conditioner" Proceedings of the KSME 2000 Spring Annual Conference. Vol 1, No 2