

실외온도 변화에 따른 R410A 적용 에어컨 시스템의 성능

Performance of a room air conditioner using R410A according to the variation of outdoor temperature

김 병 순*, 이 승 홍**
B. S. Kim, S. H. Lee

Key words: Air-conditioner(공기 조화기), R410A, near-azeotropic refrigerant(유사공비 혼합 냉매), phase change(상 변화)

ABSTRACT

The system performance of a room air conditioner using R410A was experimentally evaluated and compared with that of R22 system. The results indicated that the cooling EER(energy efficiency ratio) of R410A was 1% higher than that of R22 at the outdoor temperature of 35°C. As outdoor temperature increases above 35°C ambient, EER of the R410A system decreased more substantially compared with R22 system. R410A showed higher compressor discharge temperature than that of R22 system at the outdoor temperature of higher than 50°C.

1. 서 론

현재 공조용으로 사용되고 있는 HCFC22 (이하 R22)는 오존층 보호협약인 몬트리얼 의정서에 따라 2020년 전폐되는 것으로 되어있다. R22의 대체냉매로서는 2중 혼합냉매 R410A(HFC32/125, 50/50wt%)와 3중 혼합냉매 R407C(HFC32/125/134a, 23/25/56wt%)가 유력한 후보냉매로서 거론되고있다. 이 중에서 R407C는 냉동능력과 압력이 R22와 거의 같기 때문에 압축기의 설계변경이 필요하지 않지만 R410A는 단위 체적당의 냉동능력이 R22에 비하여 약 1.4배 정도이며, 작동압력이 약 1.5배 정도 되기 때문에 동일한 냉동능력을 내기 위해서는 압축기의 배체체적을 줄여야 하고 구성부품의 내압설계와 같은 개발기간과 개발 비용이 요구된다. 그러나 R410A를 적용한

시스템의 성능이 R22 동등수준으로 가능하므로 소형 에어컨의 유력한 후보로 대두되고 있다.

Table 1에 나타난 바와 같이 R410A의 증기밀도가 R22에 비하여 40% 크고 증발잠열이 크기 때문에 단위 체적당의 냉동능력이 R22에 비하여 약 1.4배 정도 된다. 따라서 냉동능력을 동일하게 하기 위해서는 R22의 경우에 비하여 압축기의 배체체적을 30% 정도 줄여야 한다. R410A는 R22에 비하여 임계온도가 낮기 때문에 작동압력이 1.5배이다. 일반적으로 냉매의 열역학적 특성상 임계온도가 낮은 냉매는 성적계수가 낮은 반면에 냉동능력이 큰 경향을 나타낸다.⁽¹⁾ 그러나 증기밀도가 크므로 동일 냉매 순환 유량에 대한 단위 길이당의 압력강하가 작으며 R22에 비하여 R410A의 액체 열전도도가 크기 때문에 냉매측의 열전달 효율이 향상된다.⁽²⁾ 이러한 R410A의 전달물성 특성으로 인하여 실제 제품의 성능은 R22 동등시스템에 비해 동등이상의 성능이 기대되어진다.⁽³⁾

* 정회원, 부산대학교 기계기술 연구소

** 정회원, 부산대학교 기계기술 연구소

Table 1 Properties of R22 and R410A

Refrigerant	R22	R410A
Molecular weight	86.5	72.6
Critical temp., °C	96	72.5
Boiling point, °C	-40.8	-52.7
Liquid density, kg/m ³	1208	1107
Vapor density, kg/m ³	38.28	53.84
Liquid specific heat, kJ/kg °C	1.212	1.637
Vapor specific heat, kJ/kg °C	0.7604	1.027
Liquid thermal conductivity, W/m °C	0.08725	0.1025
Liquid thermal conductivity, W/m °C	0.01122	0.01266
Latent heat, kJ/kg	233.7	256.68
ODP	0.05	0

본 연구에서는 R410A와 R22를 적용한 시스템에 대하여 표준 시험조건과 실외 공기 온도의 변화에 따른 시스템 냉난방 능력, 성적계수를 측정하였으며 이에 대한 비교 분석 결과를 나타내었다.

2. 시험장치 및 조건

시험에는 냉방정격능력 4.1 kW의 룸 에어컨을 사용하였다. Fig. 1에 냉동사이클의 개략도를 나타내었다. R410A용 압축기는 전술한 바와 같이 배제체적을 R22의 70%로 재설계하여 적용하였으며 실외열교환기는 R410A의 내압설계 기준을 만족하도록 관경을 $\phi 9.52$ mm에서 $\phi 7$ mm로 변경하였으나 실내 열교환기는 변경없이 적용하였다. 히트 펌프 시스템의 능력 및 성능은 공기 엔탈피식 열량계에서 측정되었다. 한국 공업 표준 조건(실내 건/습구 온도: 27°C/19.5°C, 실외 건/습구 온도: 35°C/24°C)에서 냉매봉입량별에 따른 시험을 행하여 냉방 성적계수가 최대로 나타나는 봉입량을 적정 냉매 봉입량으로 하였다.

팽창기구로서는 R22 및 R410A를 적용한 각 히트 펌프사이클이 최적의 상태로 운전 되도록 선정된 모세관(capillary tube)을 사용하였다.

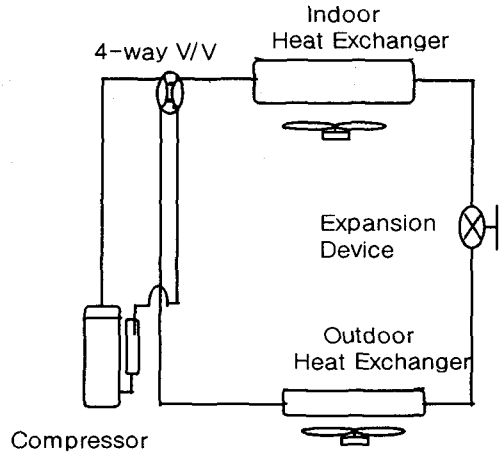


Fig. 1 Schematic diagram of Heat pump system.

실외온도 변화에 따른 시스템의 성능을 평가하기 위하여, 동일 냉매 봉입량, 동일 실내조건과 실외 상대습도 50%로 고정된 상태에서 실외 건구온도를 저온 시험조건 27°C에서 적도지역의 과부하 시험 조건 54°C까지 변화시켰다. 시스템의 압축기 토출압력 및 흡입압력을 브르동식 압력계를 사용하여 측정하였으며 열교환기 및 배관의 온도는 열전대(T형 $\phi 0.3$ mm)를 튜브 표면에 은납으로 부착하여 측정하였다.

3. 시험결과

Fig. 2와 3은 실내 건구/습구 온도를 27°C/19.5°C, 실외 상대습도를 50%로 고정된 상태에서 실외 건구온도 변화에 따른 R410A와 R22의 냉방 능력 및 EER를 표준조건에서의 냉방능력 및 EER의 비를 나타내었다. 실외온도가 표준조건 35°C 이상으로 상승시에는 R410A가 R22에 비하여 능력 및 EER이 더욱 저하한다. 표준조건에 비하여 실외온도 54°C에서 R22의 경우 냉방능력 24%, EER 42%, R410A의 경우 냉방능력 28%, EER 46%의 감소가 있었다.

R410A가 R22에 비해 EER 감소율이 4% 큰 것은 실외온도가 증가함에 따라 R410A의 압축효율 및 체적효율이 감소함에 기인하는 것으로 판단된다. 실외온도 35°C 이하에서는 R22의 능력이 거의 일정하지만 R410A의 능력은 증가하며

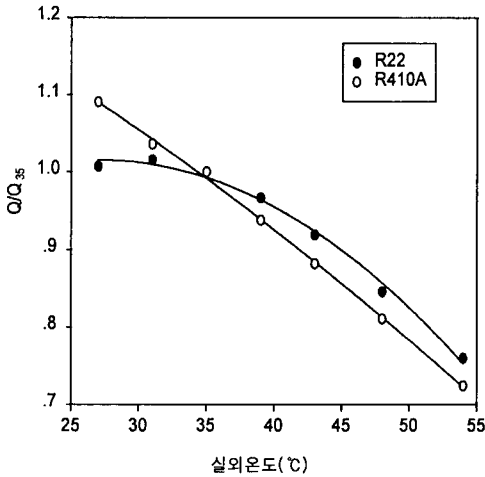


Fig. 2 Cooling capacity ratio as a function of outdoor temperature for R22 and R410A systems.

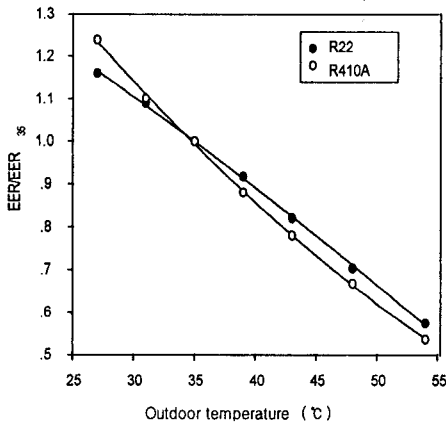


Fig. 3 Cooling EER ratio as a function of outdoor temperature for R22 and R410A systems.

EER 증가율은 R22에 비하여 R410A가 크다. 표준조건에 비하여 실외온도 27°C에서 R22의 경우 냉방능력 1%, EER 16%, R410A의 경우 냉방능력 9%, EER 24%의 증가가 있었다. 따라서 R22에 비하여 R410A의 경우, 외기온도가 높은 냉방 과부하 조건에서는 불리하며 외기온도가 낮은 저온조건에서의 냉방 또는 난방시에 유리하다. Fig. 4에 미국 표준 연구소에서 개발한 혼합

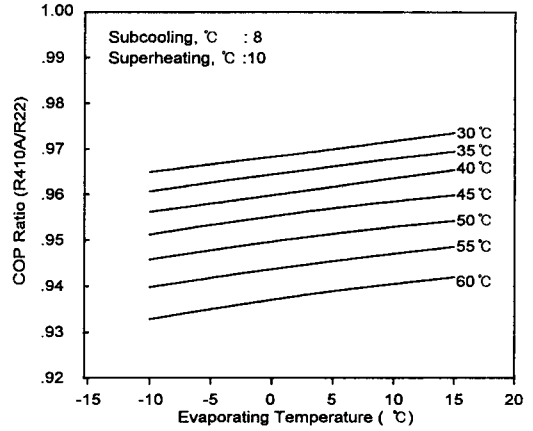


Fig. 4 Theoretical COP ratio of R22 and R410A.

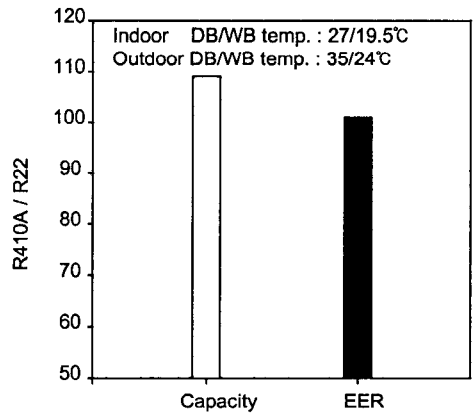


Fig. 5 Cooling capacity and EER ratio of R22 and R410A at the KS-rated condition.

냉매 물성 계산 프로그램(REFPROP 4.01)⁽⁴⁾을 이용하여 R22 대비 R410A의 열역학적 물성에 의한 이론 EER을 과냉각도 8°C, 과열도 10°C 조건에서 응축온도 및 증발온도 변화에 따라 나타내었다. 증발온도가 일정한 상태에서 응축온도가 증가할수록 R22 대비 R410A의 EER 비율이 감소하여 실외온도 변화에 따른 시스템의 성능 결과와 동일한 경향을 나타낸다. R410A의 이론 EER이 R22에 비하여 응축온도 50°C, 증발온도 7°C에서 약 5% 작지만, Fig. 5에서의 정격조건에서 R22 시스템의 응축온도는 48°C, 증발온도는 6°C, R410A 시스템의 응축온도는 48°C, 증발온도는 7.8°C로, R22에 비하여 R410A의 증발온도가

1.8℃ 높으며 EER은 1%, 냉방능력은 9% 증가하였다. 실제 시스템에 있어서 6%에 상당하는 EER의 향상은 전술한 바와 같이 R410A가 R22에 비하여 냉매측 열전달율이 증가하고 R410A의 가스 비체적이 R22보다 작아 저압측 배관의 압력강하가 R22에 비하여 감소하는 특성에 의한 증발온도의 증가에 의한 것으로 판단된다.

Fig. 6에 실외온도 변화에 따른 시스템의 토출압력과 흡입압력 변화가 나타나 있다. R22와 R410A의 흡입압력 변화는 동일한 경향을 나타내는 반면에 R410A의 토출압력의 변화는 R22에

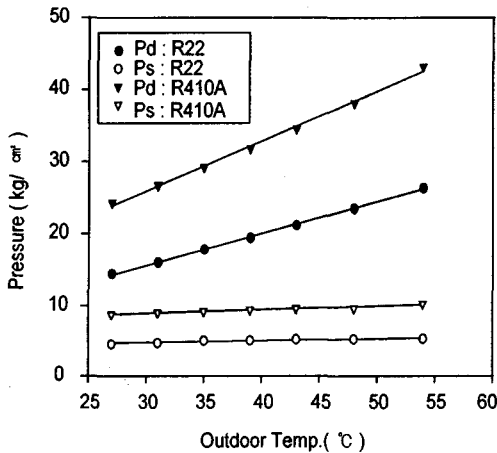


Fig. 6 High and low pressure as a function of outdoor temperature for R22 and R410A.

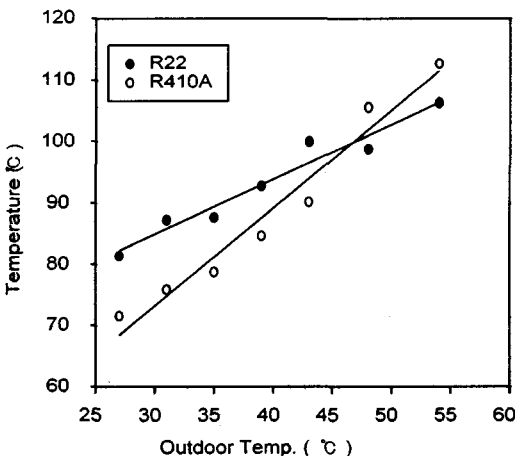


Fig. 7 Discharge temperature as a function of outdoor temperature for R22 and R410A.

비하여 실외온도가 증가할수록 증가율이 크며 이러한 특성이 시스템 성능의 저하요인이 된다.

Fig. 7에 실외온도 변화에 따른 시스템의 토출 온도 변화가 나타나 있다. 실외온도 50℃ 이하에서는 R410A의 토출온도가 R22보다 낮지만 50℃ 이상에서는 토출온도가 높다. 토출온도가 높으면 압축기의 신뢰성이나 압축효율이 저하되기 때문에 실외온도 50℃ 이상에서는 R410A의 성능저하요인이 된다.

4. 결론

(1) 용축온도 50℃, 과냉각도 8℃, 증발온도 7℃, 과열도 10℃에서 R410A의 열역학적 이론 EER은 R22에 비하여 5% 저하한다.

(2) 반면에 표준조건에서 R410A 적용 실제 시스템의 EER은 R22에 비하여 1% 향상되었다. 이것은 R410A의 냉매측 열전달율이 R22보다 증가하고 R410A의 가스 비체적이 R22보다 작아 저압측 배관의 압력강하가 R22에 비하여 감소함에 기인한다.

(3) 실외온도가 표준조건 35℃ 이상으로 상승 시에는 R410A가 R22에 비하여 능력 및 EER이 더욱 저하한다. 실외온도 35℃ 이하에서는 R22의 능력이 거의 일정하지만 R410A의 능력은 증가하며 EER 증가율은 R22에 비하여 R410A가 크다.

(4) 실외온도 변화에 따른 R22와 R410A의 흡입 압력 변화는 동일한 경향을 나타낸다. 토출압력의 변화는 R410A가 R22에 비하여 실외온도가 증가할수록 증가율이 크며 이러한 특성이 R410A의 시스템 성능 저하 요인이 된다.

(5) 실외온도 50℃ 이하에서는 R410A의 토출 온도가 R22보다 낮지만 50℃ 이상에서는 토출 온도가 높다.

참고문헌

1. David A. Didion, and Donald B. Bivens, 1990, Role of refrigerant mixtures as alternatives to CFCs, Int. J. Refrig. Vol. 13, pp. 163-175.
2. Takashi Okazaki, Yoshihiro Sumida and Yoshiaki Tanimura, 1996, Heat transfer characteristics in horizontal tubes for R407C

- and R410A, The Int. Symposium on HCFC Alternative Refrigerants, pp. 51-55.
3. Masahiro Nakayama, Yoshihiro Sumida and Yoshiaki Tanimura, 1996, System performance evaluation of R410A in a room air conditioner, The Int. Symposium on HCFC Alternative Refrigerants, pp. 107-111.
 4. Gallager, J., McLinden, M. O., Morrison, O., and Huber, M., 1996, NIST Standard Reference Database 23, version 4.01 (REFPROP).