

인버터형 멀티 히트펌프의 냉난방 운전특성에 대한 실험연구

박병권, 서동남, 엄유식, 권영철*†, 고국원**

선문대학교 대학원, *선문대학교 기계공학과, **선문대학교 제어계측공학과

Experimental Study on Cooling and Heating Operation Characteristics of Inverter type Multi-Heat Pump

B.K. Park, D.N. Seo, Y.S. Um, Y.C. Kwon*, K.W. Ko**

Graduate school, Sunmoon University, Chungnam

* Department of Mechanical Engineering, Sunmoon University, Chungnam

** Department of Control and Measurement Engineering, Sunmoon University, Chungnam

ABSTRACT : In the present study, the cooling and heating operation characteristics of a multi-heat pump have been experimentally investigated for the number of the indoor units(A, B, C) and the operating conditions. The heat pump was controlled by an inverter scroll compressor. The performance of the heat pump was measured by the multi-calorimeter of an air enthalpy method. Cooling and heating capacities and COPs were obtained at the cooling and heating temperature conditions and the setting temperatures of an indoor unit. With increasing the operation frequency of the compressor, the cooling and heating capacities of the heat pump increased linearly. The operation frequency region of the compressor was different as the combination of the indoor unit and the cooling/ heating condition.

Key Words : Inverter(인버터), Multi(멀티), Heat pump(히트펌프), Capacity(능력), COP(성적계수), Frequency(주파수)

1. 서론

생활수준의 향상으로 주거환경에 대한 관심이 크게 고조되면서 가정용 에어컨은 주거공간의 필수품으로 인식되고 있다. 에어컨의 급속한 수요 증가로 여름철 전력수요가 집중되어 전력공급이 부족함에 따라 정부에서는 에너지소비 효율 등급제를 시행하는 등 공조기의 에너지소비효율에 대한 규제를 강화하고 있다. 정부의 에너지 절약정

책이 강화됨에 따라 공조기의 성능 및 에너지 소비효율의 향상이 최대 관심사가 되었다. 이에 에너지 절감을 위한 방안의 하나로 용량을 조절할 수 있는 개별 공조 시스템이 부각되고 있으며 그 대표적인 것이 설치비용과 공간절약의 장점을 가지고 있는 멀티 시스템 에어컨이다. 하나의 압축기에서 각 공조공간에 설치되어 있는 복수 실내기로 직접 보내며, 각 실내의 부하에 따라 복수개의 팽창밸브를 사용하여 냉매유량을 조절함으로써 각 실내기의 개별공조가 가능하게 되어 종래의 공조방식에 비해 에너지의 효율적 이용이 가능하다. 또한 부하변동에 따라 압축기의 용량을 가변 제어하는 인버터 압축기를 사용하게 되면 설정온도와 실내 온도의 운전조건에 따라 압

† Corresponding author
Tel.: +82-41-530-2396; fax: +82-41-530-2981
E-mail address: yckweon1@sunmoon.ac.kr

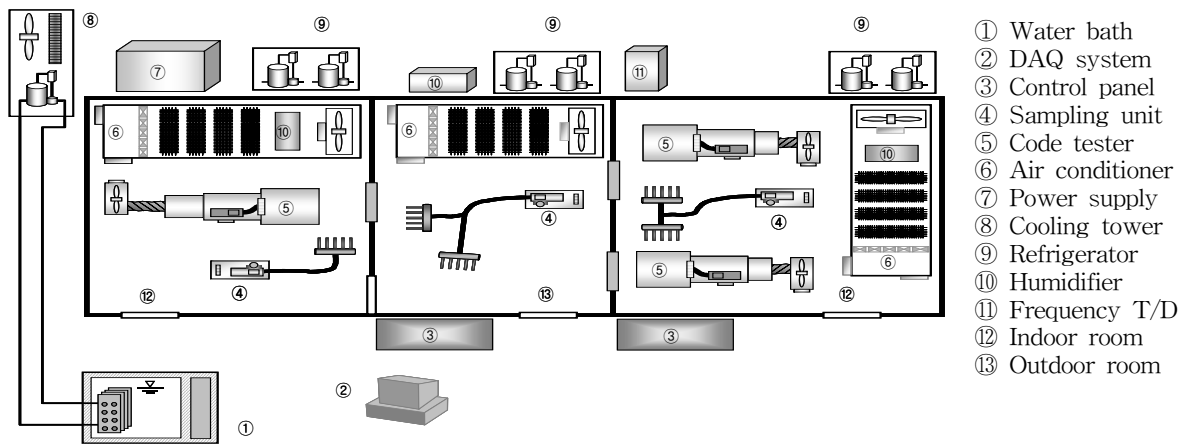


Fig. 1 Schematic diagram of the multi-calorimeter.

축기의 회전속도를 가변시킴으로서 최적의 사이클 조건으로 운전하게 하여 각 실마다 냉난방 능력을 개별 제어함으로써 에너지 효율측면에서 유리하다.

Bahel와 Zubair⁽¹⁾는 30평의 면적에 설치된 정속 열펌프의 계절성능계수를 측정하여 에너지 절약의 관점에서 인버터 시스템과 비교하였다. 실험결과 인버터 열펌프 시스템은 전체 운전시간의 22%가 저속에서 운전되어 단속운전손실을 11% 정도 감소시킬 수 있었으며, 정속 열펌프 시스템과 비교하여 24%의 에너지 절감효과가 있다고 하였다. Rice와 Fisher 등⁽²⁾은 정속 압축기를 사용하는 것보다 가변속 압축기를 사용할 경우 전체적인 에너지 절약효과가 약 26.7%에 이른다고 보고하였다. Han 등⁽³⁾은 시뮬레이션을 통한 멀티 히트 펌프 시스템에 대한 냉난방 성능예측에 관한 연구를 수행하였고, Cho 등⁽⁴⁾은 인버터 스크롤 압축기의 해석적 모델을 개발하고 주파수 변화에 따른 성능해석을 수행하였고, Jung 등⁽⁵⁾은 멀티형 인버터 열펌프의 압축기 토출온도를 이용

한 제어알고리즘에 대한 연구를 하였다.

현재 개별공조의 욕구와 설치면적의 문제를 해결하기 위해 일본 및 유럽에서는 이미 다양한 형태의 시스템이 개발되어 시판되고 있으며, 국내에서도 중소형 건물, 학교, 관공서 등에서 개별공조시스템을 선호하고 있어 멀티에어컨이 기존의 패키지 에어컨 시장을 대체하는 공조시스템으로 주목받고 있다. 따라서 본 실험에서는 인버터 압축기를 적용한 인버터형 멀티 히트펌프 시스템을 구성하여 표준 냉난방 조건에서 실내 설정온도에 따른 압축기 운전주파수 영역을 확인하고 그에 따른 냉난방 운전특성을 조사하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

Fig. 1은 본 연구에 사용된 공기엔탈피식 칼로리미터의 개략도로 실내챔버 2실과 실외챔버 1실로 구성되어 있으며, 실내챔버에는 3대의 풍량측정장치가 설치되어 있다. 모든 실험상태는 PC에서 실험자가 실시간 감지가 가능하며, 또한 온라인 운영 프로그램은 시료의 여러 실험값들을 자

Table 1 Specifications of multi heat pump

Type	Outdoor : 14 kW Indoor : A - 7.1 KW (4-Way) B - 2.8 KW (1-Way) C - 4.5 KW (1-Way)
Cooling Capa.	14,000 W
Heating Capa.	16,000 W
Working fluid	R407C
Compressor	Inverter scroll type

Table 2 Operating temperature conditions (KS C 9306)

Mode	Indoor temp. (°C)		Outdoor temp.(°C)	
	DB	WB	DB	WB
Cooling	27±0.3	19.5±0.2	35±0.3	24±0.2
Heating	20±0.3	15±0.2	7±0.3	6±0.2

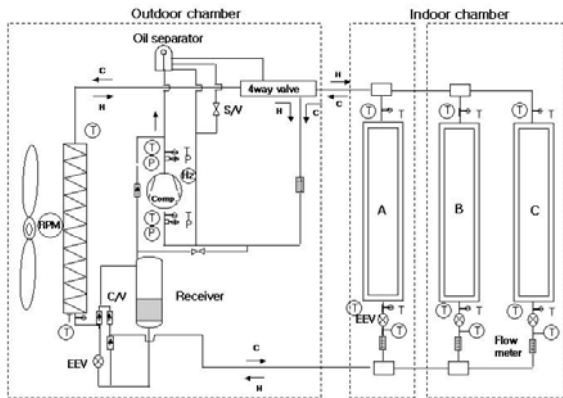


Fig. 2 Arrangement of the multi heat pump

동으로 수집, 저장, 분석 및 처리할 수 있는 기능을 내장하고 있다. 시험시료의 실내기 A, B, C는 칼로리미터의 실내 향온향습 챔버에 그리고 실외기는 실외 향온향습 챔버에 설치되었다. 본 연구에서 사용된 에어컨은 3실형 인버터형 멀티 히트펌프로 시스템의 사양은 Table 1에 나타나 있다. Fig. 2는 본 연구에서 사용한 1대의 실외기에 3대의 실내기가 연결된 멀티 시스템의 개략도로 온도, 압력 및 유량계의 계측위치를 나타낸다. 성능시험은 정격전압(3상, 220V), 정격주파수(50Hz)에서 수행되었다.

본 연구에서는 실내기의 조합(3실, 2실, 1실)에 따른 냉난방 성능 및 운전특성을 조사하고자 KS C 9306⁽⁶⁾을 근거한 냉난방 표준조건 하(Table 2)에서 실험하였다. 실내기 3실(A+B+C), 2실(A+C, A+B, B+C), 1실(A, B, C)에 따라 변화되는 능력을 측정하기 위해 데이터 획득은 칼로리미터의 온도와 습도가 안정 조건범위에 도달한 후, 정상 상태에서 획득하였다. 히트펌프의 소비전력은 전체 시스템의 소비전력을 기준으로 하였으며 이를 기준으로 인버터형 히트펌프의 냉난방 능력과 COP를 계산하였다. 멀티 히트펌프의 열량계산은 ANSI/ASHRAE Standard 58-1986(RA 99)⁽⁷⁾에서 규정한 시험방법을 따랐다. 압축기의 운전주파수를 측정하기 위해서 3상 인버터의 위상을 측정하였다. 위상측정을 위해 3상 전선의 전류파형을 측정하고 이를 OP Amp를 사용하여 전압파형으로 바꾸었으며, 다시 주파수 측정을 위해서 0-5V의 구형파로 변환을 하였다. 변환된 파형은 DAQ 보드의 주파수를 측정하여 압축기의 회전수를 예

Table 3 Operating temperature conditions

Mode	Setting temp. (°C)		
	Cooling	20	24
Heating	20	21	30

측하였다. 또한 인버터형 멀티 히트펌프의 실험 범위를 설정하기 위해 먼저 선행실험을 수행하여 실내기 설정온도 영역을 3개로 구분하였으며, 이를 Table 3에 정리하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 압축기의 운전주파수 변화에 대한 멀티 히트펌프의 3실, 2실, 1실 운전 시 냉방능력 변화를 보여준다. 압축기의 운전주파수는 실내기 운전 대수에 따라 20Hz에서 60Hz로 작동되었고, 압축기의 운전주파수가 20Hz일 때 시스템의 능력은 2.9kW로 최소이었고, 60Hz일 때 시스템의 정격능력은 13.5kW이었다. 3실 운전시에 압축기 운전주파수는 47Hz~60Hz, 2실 운전시는 37Hz~49Hz(A+C), 37Hz~48.4Hz(A+B), 29Hz~33Hz(B+C), 1실 운전시 22Hz~33Hz(A), 20Hz~22Hz 범위(B, C)에서 측정되었다. 실내기 운전대수에 따른 용량변화에 따라 히트펌프의 냉방능력을 증가시키기 위하여 압축기의 운전주파수가 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 또한, 압축기의 운전주파수가 20Hz일 때 소비전력은 1.5kW, 60Hz일 때 5.4kW로, 압축기의 운전주파수가 증가할수록 소비전력도 증가하였다. 실내기 설정온도가 감소할수록 히트펌프의 냉방능력은 증가하였다.

Fig. 4는 냉방운전 시 압축기의 운전주파수 변화에 대한 히트펌프의 COP 변화를 보여준다. 압축기 운전주파수가 증가할수록 소비전력 증가폭보다 냉방능력의 증가폭이 커 40Hz까지는 냉방 COP가 증가하고 있다. 그러나 40Hz 이상부터 소비전력의 급격한 증가로 COP는 감소함을 알 수 있다.

Fig. 5는 압축기의 운전주파수 변화에 대한 멀티 히트펌프의 3실, 2실, 1실 운전 시 난방능력

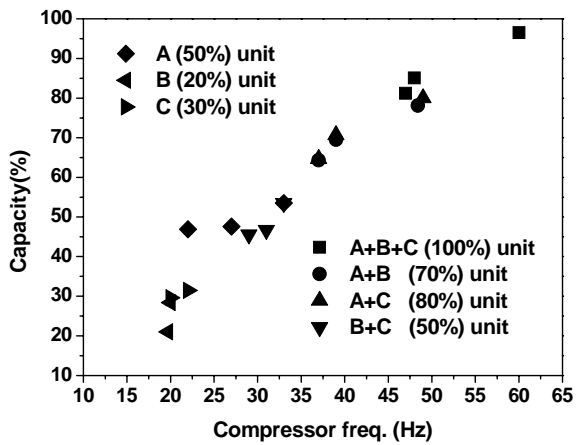


Fig. 3 Variation of cooling capacity on comp. frequency

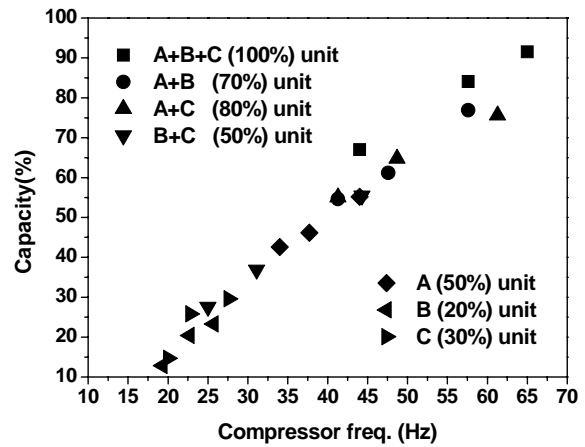


Fig. 5 Variation of heating capacity on comp. frequency

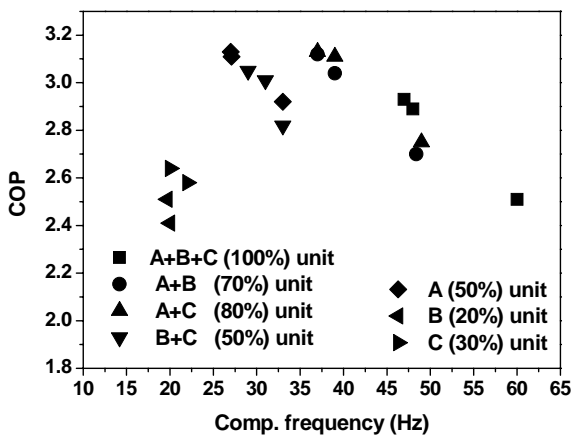


Fig. 4 Variation of cooling COP on comp. frequency

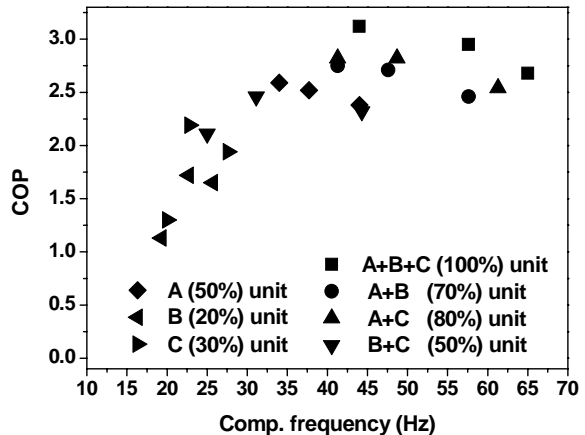


Fig. 6 Variation of heating COP on comp. frequency

변화를 보여준다. 압축기의 운전주파수는 실내기 운전 대수에 따라 20Hz에서 65Hz로 작동되었다. 3실 운전시에 압축기 운전주파수는 44Hz~65Hz, 2실 운전시는 41.3Hz~61.3Hz(A+C), 41.3Hz~57.6Hz(A+B), 25Hz~57.6Hz(B+C), 1실 운전시 34Hz~44Hz(A), 19.3Hz~44.3Hz범위(B, C)에서 측정되었다. 냉방운전의 경우처럼 실내기 운전대수에 따른 용량변화에 따라 난방능력을 증가시키기 위하여 압축기의 운전주파수가 거의 선형적으로 증가하였다. 또한, 압축기의 운전주파수가 20Hz일 때 소비전력은 2.14kW, 65Hz일 때 5.46kW로, 압축기의 운전주파수가 증가할수록 소비전력도 증가하였다. 실내기 설정온도가 증가할수록 히트펌프

의 난방능력은 증가하였다.

Fig. 6은 난방운전 시 압축기의 운전주파수 변화에 대한 히트펌프의 COP 변화를 보여준다. 40Hz까지는 난방능력의 증가폭이 소비전력의 증가폭보다 높아 냉방 COP와 같이 난방 COP는 증가하였으나, 40Hz 이상에서는 냉방의 경우와는 달리 COP의 변화는 거의 나타나지 않았고 일정범위 내에서 거동하였다. 이는 난방용량의 증가로 소비전력이 증가하였으나, 실내기의 난방능력도 함께 증가하여 40Hz 이상에서는 시스템의 난방 능력과 소비전력의 증가폭이 거의 비슷하여 COP의 변화에는 크게 영향을 미치지 못했기 때문이다.

4. 결 론

본 실험에서는 인버터 압축기를 적용한 인버터형 멀티 히트펌프 시스템의 표준 냉난방 조건에서 실내 설정온도에 따른 압축기 운전주파수 영역을 확인하고 그에 따른 냉난방 운전특성을 조사하여 다음의 결론을 얻었다.

1) 냉방운전 시 실내기 냉방용량에 따라 압축기 운전주파수 영역이 다르게 관찰되었다. 압축기 운전 주파수는 실내기 냉방용량에 따라 20Hz~60Hz사이에서 작동하였으며, 실내기 설정온도가 감소할수록 히트펌프의 냉방능력은 증가하였다. 냉방 COP는 25~45Hz부근에 최고치를 보여주며, 40Hz 이상에서는 냉방능력의 증가폭이 비해 소비전력의 증가폭이 더 크게 작용하여 냉방 COP는 감소하였다.

2) 난방운전 시 압축기 운전주파수 영역은 냉방운전의 경우와 비슷한 범위인 20Hz~65Hz이며, 거의 선형적으로 작동하였다. COP는 냉방운전시와 달리 압축기 운전주파수가 40Hz까지는 크게 증가하였으며, 40Hz 이상에서는 일정한 범위를 보여주었다.

참고문헌

1. Bahel, V . and Zubair, S. M., "An assessment of inverter driven variable speed

air conditioners: sample performance comparison with a conventional systems", ASHRAE Trans., Vol. 95, pp. 455-464, (1989).

2. Rice, C. K. and Fisher, S. K., Comparative analysis of single and continuously variable-capacity heat pump concepts, Proc. of the DOE/ORNL Heat Pump Conference, pp. 57-65, (1985).

3. Han, D. Y., Kwon, H. J. and Ha, S. C., Design and performance prediction of the multi-type heat pump system, Proceeding of the SAREK, pp. 515-520, (1999).

4. Cho, H. H., Kim, Y. C. and Park, H. H., Performance characteristics of an inverter-driven scroll compressor, Proceeding of the air-conditioning and Refrigeration Engineering, pp.1139-1143, (1999).

5. Jung, G. H., Choi, H. D., Kim, M. H., Oh, S. K., An optimal control using a compressor discharge temperature on multi-type inverter heat pump, Proceeding of the SAREK, pp. 1241-1246, (2002).

6. KS C 9306, Air conditioners, Korean Agency for Technology and Standards, (1999).

7. ASHRAE, Method of testing for seasonal efficiency of unitary air conditioners and heat pumps, ASHRAE Standard ANSI/ASHRAE 116-1983, (1983).