

멀티형공조시스템의 효과적인 운전을 위한 시스템운전알고리즘

한도영[†], 박관준^{*}

국민대학교 기계·자동차공학부, *국민대학교 기계공학과 대학원

A System Operating Algorithm for the Effective Operation of a Multi-type Air-conditioning System

Doyoung Han[†], Kwanjun Park^{*}

School of Mechanical and Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

^{*}Graduate School of Mechanical Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received November 23, 2005; revision received June 7, 2006)

ABSTRACT: A system operating algorithm was developed for the effective operation of a multi-type air-conditioning system. The system operating algorithm includes control algorithms for a safety mode, an initial operating mode, a stabilization mode, a fault diagnosis mode, an efficiency mode, and a tracking mode. Various tests were performed to show the effectiveness of these algorithms. Tests showed good results for the operation of a multi-type air-conditioning system. Therefore, these algorithms developed for this study may be used for the effective control of a multi-type air-conditioning system.

Key words: System operating algorithm(시스템운전알고리즘), Multi-type air-conditioning system(멀티형공조시스템), Electronic expansion valve(전자팽창밸브), Variable speed compressor(가변압축기), Fault detection and diagnosis(고장검출 및 진단)

기 호 설 명

하첨자

FDD : 고장검출 및 진단
Fr : 압축기 주파수 [hertz]
P : 압력 [atm]
Q : 냉방용량 [kW]
R : 실내기 운전대수 [ea]
SH : 과열도 [°C]
ST : EEV 스텝 [step]
T : 온도 [°C]

comp : 압축기
e : 에러편차
EEV : 전자팽창밸브
i : 실내기번호
mea : 측정
o : 실외
reset : 재설정
set : 설정

1. 서 론

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-910-4675; fax: +82-2-910-4839

E-mail address: dyhan@kookmin.ac.kr

사용자가 컴퓨터나 네트워크를 의식하지 않는 상태에서 장소에 구애받지 않고 자연스럽게 네트

워크에 접속되어 정보를 교환하고 처리할 수 있는 유비쿼터스 환경에 대하여 정부와 학계, 그리고 산업계 전반에서 지속적으로 관심을 갖고 있으며 이미 스마트홈시스템이라는 이름으로 고급 아파트에 적용되고 있는 실정이다. 스마트홈시스템에 지대한 관심을 갖고 있는 가전업체들은 자사 가전기기들을 스마트홈시스템에 접목시키기 위하여 많은 연구를 진행하고 있으며, 특히 개별환경을 제공할 수 있는 멀티형공조시스템의 경우 통신기술의 발달로 기상데이터, 시스템의 각종 운전상태, 사용자의 다양한 운전조건 등에 대한 정보이용이 가능함으로 이를 사용한 효과적인 개별 환경 조성에 대한 연구가 꾸준히 요구되고 있다.

최근까지 발표된 멀티형공조시스템의 시스템에 대한 연구로 속도제어방식의 압축기를 이용한 성능실험,⁽¹⁾ 모세관과 전자팽창밸브를 이용한 냉매충전량 특성실험⁽²⁾ 등이 있으며, 제어에 대한 연구로 압축기 속도변화에 의한 실내온도 제어⁽³⁾와 과열도 제어,⁽⁴⁾ 2차 유체 출구상태에 의한 압축기

주파수 및 전자팽창밸브 개도 제어,⁽⁵⁾ 실험을 통해 얻은 계수를 이용한 용량 제어,⁽⁶⁾ 전자팽창밸브에 의한 실내온도 제어,⁽⁷⁾ 압축기에 의한 압력 제어 및 전자팽창밸브에 의한 2차 유체 출구온도 제어⁽⁸⁾에 관한 연구 등이 있다. 그러나 멀티형공조시스템의 각 부속기기를 제어할 수 있는 개별 제어알고리즘에 대해서는 연구가 활발히 진행되었으나 각 개별 알고리즘을 통합하여 효과적으로 운전할 수 있는 시스템운전알고리즘에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 멀티형공조시스템의 시스템운전알고리즘을 개발하고 개발된 알고리즘을 시스템에 직접 적용하여 실험을 통해 안정적이고 효과적인 시스템운전을 확인하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험장비

멀티형공조시스템은 Fig.1과 Table 1과 같이 1대의 실외기와 4대의 실내기로 구성되어 있다. 실

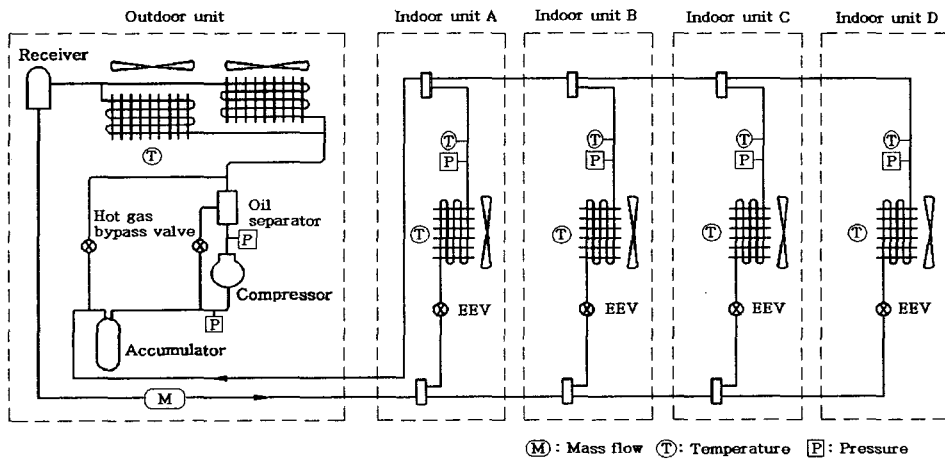


Fig. 1 Multi-type air-conditioning system.

Table 1 Specification of a multi-type air-conditioning system

Component		Specification
Outdoor unit	Compressor	Inverter driven scroll type 15.2 kW (90 Hz)
	Fan	Inverter driven axial type (60 m ³ /min)
Indoor units	Fan	3 Step turbo type (9 m ³ /min)
		3 Step turbo type (6 m ³ /min)
	Coil EEV	φ 6.4 mm × 2-row × 14-tube 480 pulse

내기는 실내열교환기, 실내팬, 전자팽창밸브 등으로 구성되어 있으며, 실외기는 압축기, 액분리기, 유분리기, 실외열교환기, 실외팬 등으로 구성되어 있고, 고압측 냉매가스를 저압측으로 보낼 수 있도록 핫가스바이패스밸브가 설치되어 있다.

멀티형공조시스템의 실험은 1개의 실외환경조성챔버와 4개의 실내환경조성챔버로 구성된 동적환경조성챔버 내에서 수행되었다.⁽⁹⁾ 실외환경조성챔버에서는 3단 언로드타입 압축기가 사용된 15 HP 용량의 냉동기, 3대의 7kW 전기히터, 3대의 6kW 전극봉식 증기분무형 가습기가 사용되어 건구온도 $-10\sim 42\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, 습구온도 $1\sim 33\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 의 실외환경이 조성되었으며, 실내환경조성챔버에서는 5HP 용량의 항온항습기, 7kW 전기히터, 6kW 전극봉식 증기분무형 가습기가 사용되어 건구온도 $15\sim 35\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, 습구온도 $5\sim 31\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 의 실내환경이 조성되었다.

멀티형공조시스템과 동적환경조성챔버를 제어하고 실험을 통해 얻은 각종 데이터를 수집하기 위하여 Fig. 2와 같은 데이터 수집 및 제어시스템이 사용되었다. PC #1을 통해 멀티형시스템의 온도, 압력, 소모전력, 냉매유량데이터와 챔버 내 공기의 온도, 습도데이터가 측정되었고 챔버의 제어가 수행되었으며, PC #2를 통하여 멀티형시스템의 온

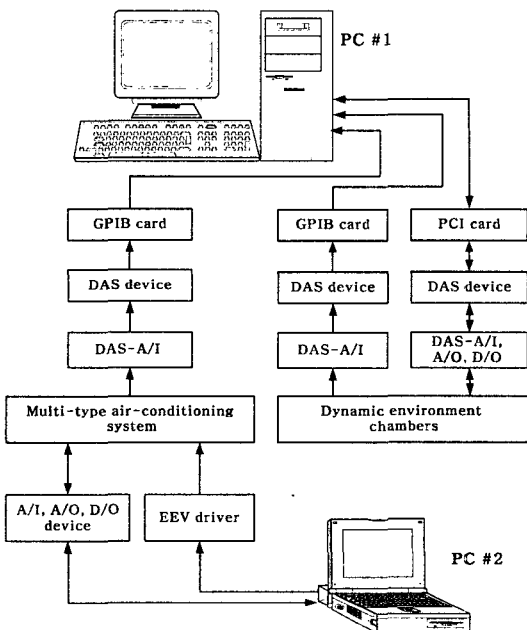


Fig. 2 Data acquisition and control system.

도, 압력데이터의 측정과 전자팽창밸브, 압축기, 핫가스바이패스밸브의 제어가 수행되었다. 온도측정을 위해 $-273\sim 400^{\circ}\text{C}$, $\pm 0.09^{\circ}\text{C}$ 의 정확도를 갖는 T형 열전대와 압력측정을 위해 $0\sim 500\text{ psi}$, $\pm 0.65\text{ psi}$ 의 정확도를 가지고 있으며 압력변화에 따라 $4\sim 20\text{ mA}$ 의 디지털값이 출력되는 압력센서와 소모전력측정을 위해 3상 전원의 소비전력측정이 가능하며 $\pm 0.02\text{ kW}$ 의 정확도를 갖는 전력측정기와 냉매유량측정을 위해 $0\sim 12\text{ kg/min}$, $\pm 0.06\text{ kg/min}$ 의 정확도를 가지고 있으며 유량변화에 따라 $4\sim 20\text{ mA}$ 의 디지털값이 출력되는 유량센서가 사용되었다.

3. 통합제어

멀티형공조시스템의 제어알고리즘은 시스템운전 알고리즘, 고장진단알고리즘, 압축기제어알고리즘, 전자팽창밸브제어알고리즘 등으로 구성되어 있다.

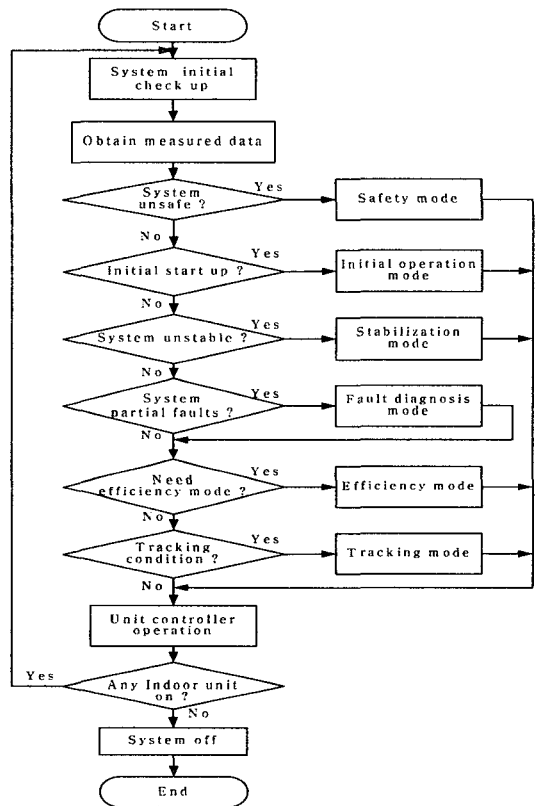


Fig. 3 System operating algorithm for a multi-type air-conditioning system.

3.1 시스템운전알고리즘

멀티형공조시스템의 시스템운전알고리즘의 전체 제어순서도가 Fig. 3에 나타나 있다. 그림에서 보듯이 시스템이 기동된 후 시스템을 초기점검하였으며 시스템고압, 시스템저압, 실내온도오차 등 필요데이터를 측정한 후 이를 사용하여 안전모드, 초기운전모드, 안정화모드, 고장진단모드, 효율화모드, 추종모드 등으로 구성된 운전모드를 선정하여 시스템을 운전하였다.

안전모드는 시스템에 이상이 있을 경우 작동되는 모드로 안전을 위해 시스템을 일시 정지시킨 후 시스템을 점검하는 모드를 의미한다. 시스템 작동중 시스템저압이 1.2기압 이하이거나 시스템 고압이 24기압 이상이 되면 안전모드가 선택되어 압축기를 일시 정지시켰고 전자팽창밸브를 초기화시켰으며 각종 부속품의 고장 여부를 점검하였다. 고장이 수리되면 전자팽창밸브를 130스텝으로 조정하였고, 3분이 지난 후 압축기의 주파수를 40 Hz로 설정한 후 시스템을 재가동하였다.

초기운전모드는 시스템 기동 후 정상 사이클이 형성할 때까지 사용되는 모드로써 시스템의 고압과 저압의 차이가 7기압 이하일 경우 선택되어 전자팽창밸브를 170스텝으로 하고 압축기를 45Hz로 설정하여 운전하였다. 시스템의 고압과 저압의 차이가 7기압 이상이면서 저압이 7기압 이하이고 고압이 13기압 이상이면 초기운전모드를 종료하였다.

안정화모드는 시스템이 정상 사이클을 벗어나 불안정한 상태가 되었을 때 작동하는 모드로써 압축기제어알고리즘과 전자팽창밸브제어알고리즘을 사용하는 대신 압축기의 주파수를 강제 감소시키고 전자팽창밸브의 개도를 강제 증가시켜 시스템을 안정화시키는 모드를 의미한다. 시스템저압이 1.2~2.0기압이거나 시스템고압이 22~24기압이면 시스템의 안정적인 운전을 위해 안정화모드가 작동되었으며 안정화모드 시작 후 10초가 경과되면 안정화모드가 종료되었다. 안정화모드에서 현재의 압축기 주파수가 40 Hz 이하이면 30 Hz로 조정하였고, 40 Hz와 60 Hz 사이에 있으면 10%를 감소시켰으며, 60 Hz와 70 Hz 사이에 있으면 14%를 감소시켜 운전하였다. 또한 각 실내기 전자팽창밸브의 평균 개도량이 80스텝 이하이면 10스텝씩 증가시켰고, 80스텝 이상이면 5스텝씩 증가시

켜 운전하였다.

고장진단모드는 멀티형공조시스템의 응축기오염, 증발기오염, 압축기밸브누설, 냉매배관부분막힘 등 네 가지 부분고장을 고장진단알고리즘을 사용하여 실시간으로 진단하고 부분고장에 대하여 적절히 대처하는 모드를 의미하며, 시스템이 안정적으로 10분 이상 운전된 경우에 한하여 고장진단알고리즘이 적용되어 부분고장 유무가 판단되었다. 부분고장 중 특히 응축기오염으로 진단된 경우 시스템고압을 20기압 이하로 유지시키기 위해 1초 간격으로 핫가스바이패스밸브를 제어하였으며 고장진단 시작 후 10초 경과하면 고장진단모드를 종료하였다.

효율화모드는 시스템이 안정적으로 운전될 때 압축기 주파수를 감소시키고 전자팽창밸브의 개도를 증가시켜 시스템의 효율을 향상시키는 모드를 의미한다. 실내설정온도와 측정온도와의 차이인 실내온도오차의 평균 오차가 0.5°C 이하이고 시스템저압이 2~7기압이면서 시스템고압이 13~22기압인 경우에 효율화모드가 선택되어 압축기의 소비전력을 감소시키기 위해 압축기 제어주기마다 압축기 주파수를 2Hz씩 감소시켜 운전하였고 전자팽창밸브에 의한 냉매유동저항을 감소시키기 위해 전자팽창밸브 제어주기마다 밸브의 스텝을 -0.2°C 이상일 경우에 1스텝씩, -0.2°C 이하일 경우에 2스텝씩 증가시켜 운전하였다.

추종모드는 시스템이 안정적으로 운전될 때 사용자에게 의해 설정된 실내설정온도를 추종하도록 시스템을 제어하는 모드를 의미한다. 저압이 2~7기압이면서 고압이 13~22기압인 경우 추종모드가 선택되어 압축기제어알고리즘에 의해 압축기가, 전자팽창밸브제어알고리즘에 의해 전자팽창밸브가 제어되었다.

3.2 고장진단알고리즘

Fig. 4에는 사용된 고장진단알고리즘을 보여준다.¹⁰⁾ 멀티형공조시스템의 응축기오염, 증발기오

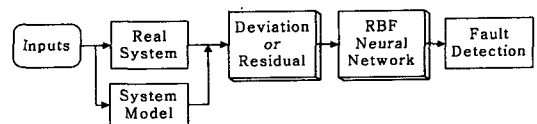


Fig. 4 Fault detection algorithm.

염, 압축기밸브누설, 냉매배관부분막힘에 대한 부분고장을 진단하기 위하여 응축온도, 증발기 입구온도, 압축기 입구와 출구의 온도와 압력을 입력변수로 사용하였으며 고장진단방법으로 잔차를 이용한 RBF 신경망을 사용하였다. 실험을 통해 실외온도와 실내온도에 따른 입력변수들의 무고장 상태에서의 수학적 모델을 구한 후, 이를 사용하여 잔차를 계산하였으며, 잔차를 입력으로 하여 6×23×4 구조의 일반화된 RBF 네트워크를 사용하여 고장을 진단하였다.

3.3 압축기제어알고리즘과 전자팽창밸브제어 알고리즘

압축기제어알고리즘은 Fig. 5과 같이 압축기압력설정알고리즘, 압축기압력재설정알고리즘, 압축기주파수설정알고리즘으로 구성되어 있으며 퍼지로그직을 사용하였다.⁽¹¹⁾ 실외온도와 실내기 운전대수를 입력으로 사용하여 압축기압력설정알고리즘에 의해 설정압력을 계산하였고, 설정압력과 실내온도 평균 오차를 입력으로 사용하여 압축기압력재설정알고리즘에 의해 재설정압력을 계산하였으며, 재설정압력과 실내온도 평균 오차로 사용하여 압축기주파수설정알고리즘에 의해 압

축기 주파수를 계산하여 압축기를 제어하였다.

전자팽창밸브제어알고리즘은 Fig. 6과 같이 실내온도 제어알고리즘과 과열도 제어알고리즘으로 구성되어 있다.⁽¹¹⁾ 실내온도 제어알고리즘은 실내온도오차와 실내온도오차의 변화율을 입력으로 하고 전자팽창밸브시스템 변화량을 출력으로 한 퍼지로그직을 사용하였으며, 과열도 제어알고리즘은 과열도오차를 입력으로 하고 전자팽창밸브시스템 변화량을 출력으로 한 비례제어알고리즘을 사용하였다.

4. 실험결과 및 분석

개발된 제어알고리즘의 성능을 확인하기 위해서 실외환경을 표준조건인 건구온도 35±0.3℃, 습구온도 24±0.2℃로 유지하면서 정상부하실험, 고부하실험, 부분부하실험, 저부하실험, 안전모드실험을 수행하였다. 실내부하는 환경조성챔버 내에 설치된 전기히터를 사용하여 필요한 부하를 제공하였다. Fig. 7부터 Fig. 12까지는 정상부하실험, 고부하실험, 부분부하실험, 저부하실험, 안전모드실험의 연속 실험결과를 보여준다. Fig. 7은 실내온도, Fig. 8은 압축기 주파수와 시스템 운전모드, Fig. 9는 냉매유량과 소비전력, Fig. 10은 전자팽

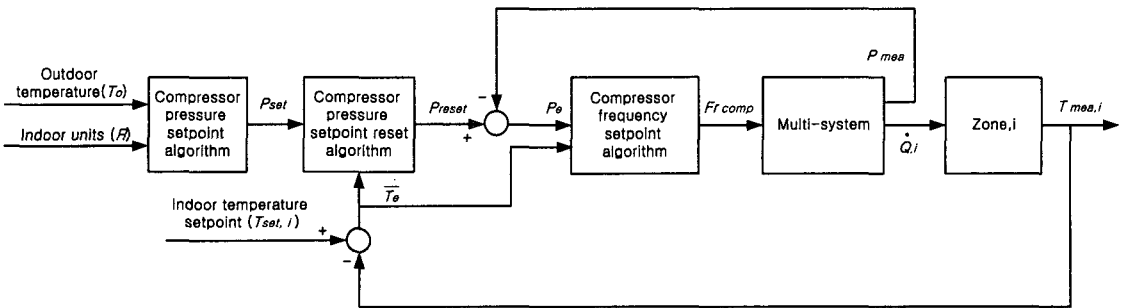


Fig. 5 Compressor control algorithm.

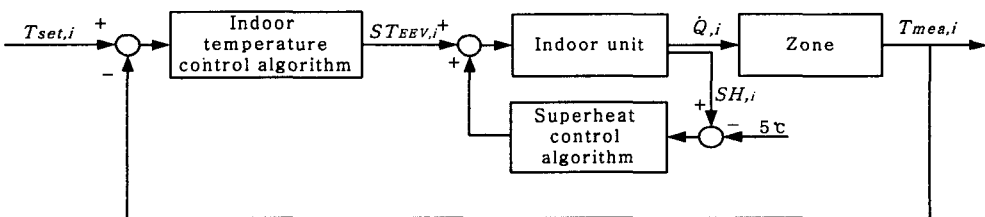


Fig. 6 Electronic expansion valve control algorithm.

창밸브 위치, Fig. 11은 과열도, Fig. 12는 시스템 압력을 나타낸다. Fig. 8의 시스템 운전모드에서 0은 안전모드, 1은 초기운전모드, 2는 안정화모드, 3은 추종모드, 4는 효율화모드, 7은 고장진단모드를 의미한다.

A실, B실, C실, D실의 실내온도가 29, 32, 30, 31℃인 초기상태에서 2.10, 1.68, 2.10, 2.10kW의

부하를 각 실에 공급하면서 18분 동안 정상부하 실험을 수행하였다. 실험 초기에는 초기운전모드로 운전되다가 30초가 지난 후 추종모드로 전환되었으며 실내온도가 설정온도 28℃의 ±0.5℃ 이내에서 제어되면서 효율화모드로 전환되었다.

시험시작 18분 후 각 실의 부하를 정상부하 실험의 경우보다 평균 95% 증가된 4.2, 2.94, 4.2,

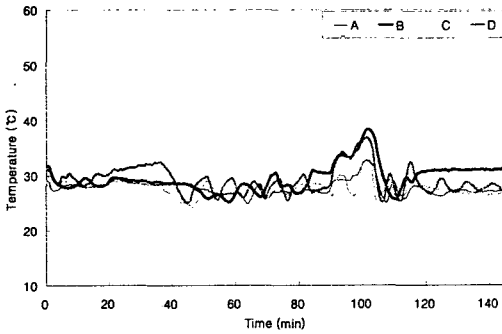


Fig. 7 Indoor temperature.

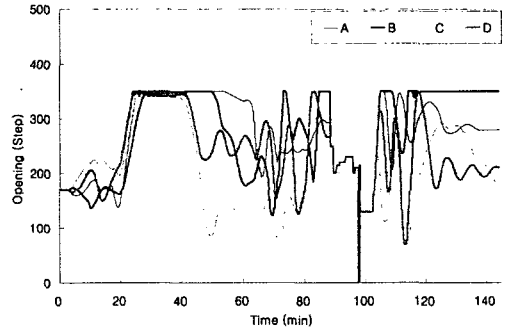


Fig. 10 Electronic expansion valve opening.

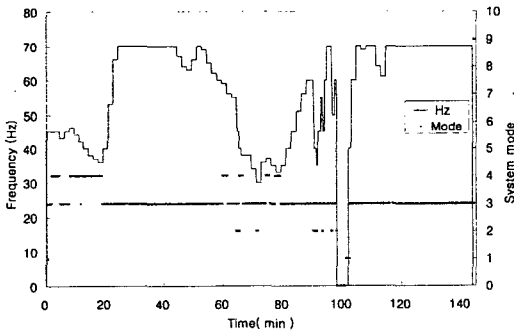


Fig. 8 Compressor frequency and system operating mode.

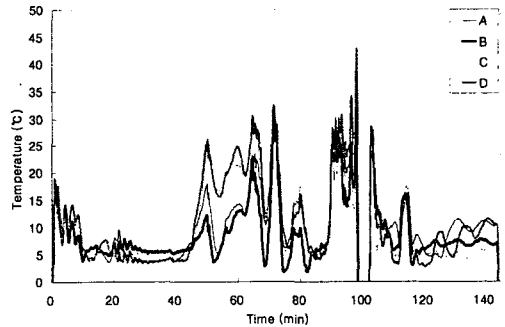


Fig. 11 Superheat temperature.

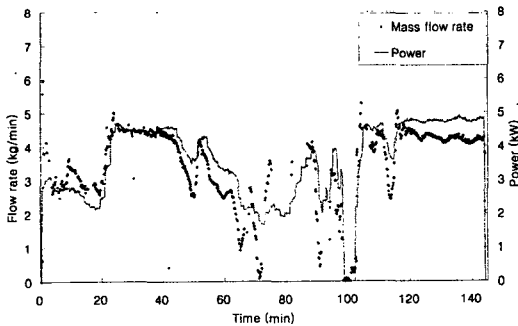


Fig. 9 Refrigerant flow rate and power consumption.

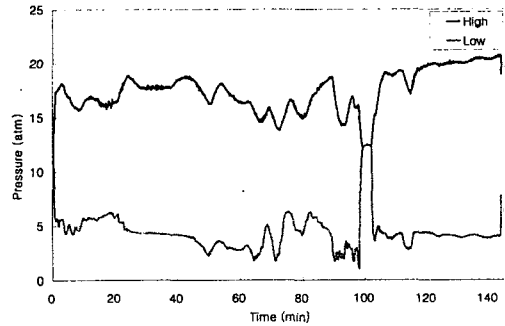


Fig. 12 System pressure.

4.2kW의 부하를 각 실에 공급하면서 20분 동안 고부하실험을 수행하였다. A실, B실, C실의 경우 고부하실험 초기에는 고부하에 의해 실내온도가 상승하였으나 압축기 주파수 증가와 전자팽창밸브 개도의 증가에 의한 냉매유량의 증가에 의해 실내설정온도로 추종하는 것을 알 수 있었다. 그러나 D실의 경우 압축기의 최대 주파수와 과열도를 3℃ 이상으로 제어하는 범위 내에서 허용된 전자팽창밸브의 최대개도임에도 불구하고 부하를 감당하지 못하여 실내온도가 상승함을 알 수 있었다. 시스템모드는 실내온도 에러편차가 큼으로 인해 추종모드가 선택되었다.

시험시작 38분 후 각 실의 부하를 정상부하실험의 경우보다 A실은 100%, B실은 75% 증가시켰고, C실, D실은 각각 70% 감소시켜 4.20, 2.94, 0.63, 0.63kW의 부하를 각 실에 공급하면서 24분 동안 부분부하실험을 수행하였다. 이때 실내설정온도는 27℃로 변경하였다. 실내온도가 27℃ 부근에서 잘 제어되었고 전체 부하의 감소로 압축기 주파수가 감소되었으며 부하가 작아진 C실과 D실의 전자팽창밸브가 급격히 닫혀 이로 인해 C실과 D실의 과열도가 급격히 상승한 것을 알 수 있었다.

시험시작 62분 후 각 실의 부하를 정상부하실험의 경우보다 A실, C실, D실에서는 40%, B실은 60%를 감소시켜 1.26, 0.84, 1.26, 1.26kW의 부하를 A실, B실, C실, D실에 공급하면서 20분 동안 저부하실험을 수행하였다. 실내부하 감소에 따른 시스템 불안정을 없게 하기 위해 64분과 69분에 안전화모드가 선택되어 정상상태일 때의 압축기 제어주기 100초에 비해 매우 짧은 10초 주기로

압축기를 제어하여 시스템을 안정화시킨 것을 볼 수 있었다. 또한, 저부하시 압축기 주파수 감소로 소비전력이 감소되었고 안전화모드, 추종모드, 효율화모드가 반복됨을 알 수 있었다.

시험시작 82분 후 2.52, 4.20, 2.52, 2.52kW의 부하를 A실, B실, C실, D실에 공급하면서 안전모드실험을 수행하였다. 압축기 주파수를 증가시키면서 전자팽창밸브를 88분에 250스텝, 88분 40초에 200스텝으로 수동조작하여 감소시킨 결과 시스템모드가 추종모드에서 안정화모드로 변환되면서 압축기 주파수를 급격히 감소시켰고 전자팽창밸브의 개도량을 증가시켰다. 92분과 93분에 압축기 주파수를 수동조작하여 30Hz에서 45, 55Hz로 다시 상승시켰으나 안정화모드가 선택되면서 압축기 주파수가 45Hz로 감소되었으며 94분과 95분에 주파수를 각각 60, 70Hz로 또다시 상승시켰지만 안정화모드가 작동되어 96분에 50Hz로 감소되었다. 보다 과격한 조건을 제공하기 위해 압축기 주파수를 97분에 60Hz로 다시 증가시켰고, C실과 D실의 전자팽창밸브를 완전히 닫았으며 그 결과 시스템 저압이 급격히 낮아져 안전모드가 선택되어 98분에 압축기가 정지되었다. 압축기의 정지로 인해 실내온도가 4실 모두 32℃ 이상의 고온으로 상승되었으며, 안전모드에서 전자팽창밸브는 130스텝으로 초기화되었고, 저압과 고압의 압력균형이 이루어졌음을 알 수 있었다. 안전모드는 3분간 작동되었고 전자팽창밸브와 압축기의 초기화가 이루어진 후 초기운전모드를 1분간 유지하였으며 102분에 압축기가 40Hz로 가동된 후 추종모드로 운전되는 것을 알 수 있었다. B실의 경우 다른 실에 비해 실내부하가 많이

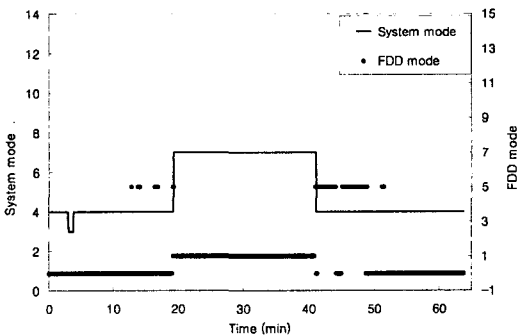


Fig. 13 System operating mode and FDD mode.

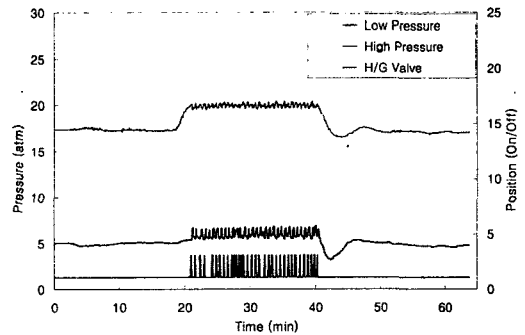


Fig. 14 System pressure and hot gas bypass valve position.

제공되어 A실, C실, D실 경우 설정온도인 27°C로 제어되었으나 B실은 전자팽창밸브가 최대개도량까지 열렸으나 충분한 냉방용량은 제공받지 못하여 설정온도로 유지되지 못함을 알 수 있었다.

실외환경을 표준조건인 건구온도 35±0.3°C, 습구온도 24±0.2°C, 실내환경을 건구온도 27±0.3°C, 습구온도 19.5±0.2°C로 유지하면서 응축기오염 고장진단실험을 수행하였다. 시험 초기 무고장상태로 운전하다가 시험시작 19분에 응축기 전열면적을 45% 차단하여 응축기오염상태를 모사하여 운전하였고 다시 40분에 무고장상태로 운전하였으며 그 실험결과를 Fig. 13과 Fig. 14에 나타내었다. Fig. 13에는 선택된 시스템모드와 고장진단결과를 보여주며 고장진단결과가 0일 경우 무고장, 1일 경우 응축기오염, 2일 경우 증발기오염, 3일 경우 압축기밸브누설, 4일 경우 냉매배관부분막힘, 5일 경우 알 수 없는 고장을 의미한다. Fig. 14는 시스템 압력과 핫가스바이패스밸브의 작동상태를 보여주고 있으며, 핫가스바이패스밸브의 값이 1이면 닫힘상태, 3이면 열림상태를 나타낸다.

실험결과에서 보듯이 시험 초기 무고장상태에서 추종모드와 효율화모드로 안정하게 운전되다가 응축기오염이 모사된 후 고장진단알고리즘에 의해 응축기오염고장이 진단되어 고장진단모드로 전환되었으며 이때 시스템 고압을 20기압 이하로 유지하기 위하여 핫가스바이패스밸브가 제어되었다. 시험시작 40분 후 무고장상태에서 시스템 압력의 급격한 변화로 고장진단결과가 다소 불안정했으나 시스템은 효율화모드로 안정되게 운전되었다.

5. 결 론

멀티형공조시스템의 효율적인 운전을 위해 시스템 운전알고리즘을 개발한 후 통합제어 실험을 통해 제어성능을 확인하였다.

(1) 시스템의 고압, 저압, 실내온도 평균 오차를 사용하여 안전모드, 초기운전모드, 안정화모드, 고장진단모드, 효율화모드, 추종모드로 구분하여 시스템 운전알고리즘을 개발하였다.

(2) 실외환경을 냉방표준조건으로 유지하면서 정상부하실험, 고부하실험, 저부하실험, 부분부하실험, 안전모드실험으로 구분하여 연속실험을 실시한 결과 조건에 따라 필요한 운전모드가 적절히

선택되어 운전되었고 압축기와 전자팽창밸브가 안정적으로 제어되었으며 실내온도가 효율적으로 적절하게 유지되었다.

(3) RBF 신경망을 이용한 고장진단알고리즘을 사용하여 실시간 응축기오염 고장실험을 실시한 결과 응축기 고장이 적절히 진단되었고 핫가스바이패스밸브에 의해 시스템이 안정적으로 제어되었다.

따라서, 본 연구에서 개발된 시스템운전알고리즘과 각종 알고리즘들은 멀티형공조시스템의 효과적인 제어를 위해 실질적으로 사용할 수 있을 것이라 판단된다.

후 기

본 연구는 2006년도 국민대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었으며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Jun, Y. H., Kim, D. H., Heo, S. H., Kwon, Y. C., Moon, J. M. and Hong, J. T., 2003, Experimental study on performance evaluation of system air-conditioner using compressor of PWM or inverter method (cooling and heating characteristics), SAREK, Vol. 15, No. 9, pp. 738-743.
2. Choi, J. M. and Kim, Y. C., 2003, The performance of a heat pump with a variation of expansion valve at various charging conditions, SAREK, Vol. 15, No. 8, pp. 661-666.
3. Han, D. and Kwon, H. J., 2000, Compressor speed control of the multi-type air conditioning system by using a fuzzy algorithm, Proceeding of the SAREK, pp. 1348-1352.
4. Choi, J. M., Kim, Y. C. and Ha, J. H., 2001, Experimental study on superheat control of a variable speed heat pump, SAREK, Vol. 13, No. 4, pp. 233-241.
5. Jung, D. S., Kim, M., Kim, M. S. and Lee, W. Y., 2000, Capacity modulation of a multi-type heat pump system using PID control, SAREK, Vol. 12, No. 5, pp. 466-475.

6. Masuda, M., Wakahara, K. and Matsuki, 1991, Development of a multi-system air conditioner for residential use, ASHRAE Trans., Vol. 97, Pt. 1, pp. 127-131.
7. Han, D. and Lee, S.W., 2003, The EEV control of the multi-type air-conditioning system by using a fuzzy logic superheat temperature setpoint reset algorithm, SAREK, Vol. 15, No. 5, pp. 381-387.
8. Kim, S.Y. and Kim, M.S., 2001, Capacity modulation of a multi-heat pump system using PID control with fuzzy logic, SAREK, Vol. 13, No. 9, pp. 810-817.
9. Han, D. and Kim, K.H., 1998, Design and control of dynamic environmental chamber, Proceedings of the SAREK, pp. 656-661.
10. Han, D. and Ryoo, B.J., 2004, Fault detection and diagnosis of the air-conditioning system by using mathematical models and RBF neural networks, Proceedings of the SAREK, pp. 475-480.
11. Han, D. and Park, K.J., 2004, The integrated control algorithm for effective operations of a multi-type air-conditioning system, Proceeding of the SAREK, pp. 457-463.