
Peltier소자를 이용한 열전 제습기 설계 및 구현

장 재 철*, 양 규 식**

Design and implementation of thermoelectric dehumidifier using peltier module

Jae-Chul Jang*, Gyu-Sik Yang**

요 약

본 논문에서는 습도를 제어하기 위해 습도센서를 사용하여 습도를 측정 제습 입력값과 비례 제어를 위해 범용 μ -processor PIC16C54와 Thermoelectric module을 사용하여 구현하였다. Peltier Module 모델에 따라 크기와 특성이 다양하고 Module의 종류에 따라 그에 따른 적절한 열저항을 유지할 수 있도록 하는 방열판 선택 또한 매우 중요한 설계 요소이다. 열전소자를 사용하여 전자제습기를 구현함으로써 국부공간의 무소음, 무진동, 저에너지 소모에 의한 효과적인 제습을 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, humidity measurement is accomplished using humidity sensor, dehumidify is implemented using general-purpose μ -processor PIC16C54 and thermoelectric module for control measured humidity and input target humidity value proportionally. Peltier module product is variety kind of size and characteristic, very important drawing factor is selection necessary heat sink, which is maintain proper thermal resistance from variety kind of module also. From electronic dehumidifier is manufacture by using thermoelectric module, no sound, no vibration, low power consumption of partial space efficient dehumidify proves the validity of this system.

* 한국아이엔전자공업(Korea Intelligence New Electronics Ind. Co.)

** 한국해양대학교 전자통신공학과

접수일자 : 1999년 3월 9일

I. 서 론

제습은 일반적으로 기계적인 냉동시스템을 통해서 공기 냉각을 통해 제습을 하며 특성상 필수적으로 압축기의 회전축이 필요하며 회전에 의해 소음과 에너지의 소비가 발생한다. 이러한 제습은 냉매의 상태변화에 따른 온도를 이용하여 냉방 및 제습이 이루어진다. 기존의 제습시스템은 냉방효과에 따른 제습을 목적으로 하여 실제 제습이 이루어져야 하는 곳뿐만 아니라 그 외 공간도 불가피하게 냉방을 해야 되기 때문에 비효율적인 시스템으로 구성되었다. 이러한 문제를 해결하고 보다 효율적으로 제습을 하기 위해 현재 많이 응용[1][2]되고 있는 열전소자를 이용하여 공기중의 수증기를 노점 온도(Dew point temperature) 이하로 가장 이상적이고 정확하게 제어하므로써 제습의 목적으로만 사용할 수 있는 전자제습기를 구현하고자 하였다.

본 연구에서 구현된 전자제습기를 이용할 경우 실내의 온도는 그대로 유지하면서 제습이 필요한 부분의 습기만을 제거할 수 있기 때문에 각종 정밀전자기기의 운용에 있어 치명적인 습기 제거에 효과적이며, 또한 소형 경량으로 에너지소모를 최소화하여 국부제습의 무소음, 무진동, 정밀온도 제어로 새로운 형태의 전자제습기를 설계 및 제작하여 전자 냉각[3][4]에 의한 최적 제습시스템을 구현하고자 하였고 정확한 온·습도제어를 위해 온도 및 습도센서를 부착하여 내부습도와 열전소자의 온도를 판단하여 최적습도 비례 제어를 위해 μ -processor PIC16C54와 Thermoelectric Module을 사용하여 구현하였다.

II. 제습(Dehumidify)

1. 습도(Humidity)

습도를 이해하기 위해서는 공기선도를 사용하면 습한 공기의 상태를 알 필요가 있다. 습한 공기의 상태는 온도, 습도, 엔탈피, 비체적 등으로 표시되어 있다. 그림 1은 공기선도를 나타낸다. 공기선도는 공기의 조건중 2가지만 알면 그 교차점에서 공기의 상태를 알 수 있도록 되어있다.

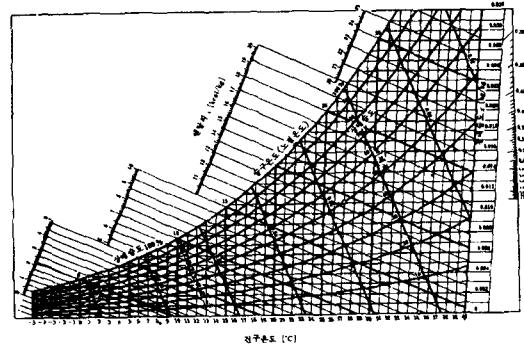


그림 1. 공기선도
Fig. 1 Air-state diagram

2. 제습방법

공기중에는 응축되지 않은 상태(non condensing)에서 습도는 보통 20%에서 90%가 함유되어 있다. 동절기는 습도가 낮다고 하나 사실은 온도가 낮은 상태에서 빙점에 이르러 잠재하고 있다. 이러한 공기중에 함유된 습기를 제거 추출하는 것을 제습이라 하며 다음과 같은 방법들이 있다.

- (1) 감습기에 의한 방법 - 이 방법은 공기의 온도보다 낮은 온도를 가진 분수수에 접촉시키는 방법이다. 즉 시중에 판매되고 있는 “물 먹는 하마”와 같은 방법
- (2) 냉동(refrigerator)방법 - 역카르노사이클에 의한 냉동기를 돌려서 온도를 저하시켜 열역학의 이론으로 더운열은 찬열로 전도하는 이론을 선택하는 방법
- (3) 가열방법 - 습기가 함유된 공기에 열을 가하여 습기를 건조시켜 증발시키는 방법

공기의 상대습도와와의 관계는 습윤공기사이의 평형관계이다. 이런 방법의 추출방법에는 소위 수분함량을 평형함수율이라 말하는데 전체함수율과 평형함수율의 차를 자유함수율 (free moisture content)이라고 하여 자유수분과 평형수분은 조건에 따라서 달라진다. 제습의 능력은 열전달과 물질전달의 속도에 좌우된다.

3. 일반적인 냉각시스템과 열전 냉각법

열전현상(Thermoelectric effect)은 열과 전기사이

의 에너지 변환을 의미하며 변환소자의 양단에 온도차이가 있을 때 소자 내부의 carrier가 이동함으로써 기전력이 발생하거나 기전력을 입력했을 때 반대로 온도차이가 발생하는 현상[5][6]이다.

열전현상은 1900년도 초부터 연구가 시작되어 구소련의 Ioff가 약 4%의 변환효율을 얻을 수 있게 연구가 진행되어 현재 약 10%이상의 변환효율을 가지고 있다. 이러한 열전은 양단간의 온도차를 이용하여 기전력을 얻어내는 Seebeck효과, 기전력으로 냉각과 가열을 하는 Peltier효과, 도체의 선상의 온도차에 의해 기전력이 발생하는 Tomson효과로 나눌 수 있으며 재료분야가 핵심기술이나 제품화과정의 시스템기술이 더욱 부각되고 있다. 이러한 Peltier효과를 이용하여 가습기, CPU냉각, 냉온정수기, 김치냉장고등에 실용화에 많이 이용되고 있어 전자제습기로서의 응용하고자 한다.

먼저 냉각시스템의 차이점을 확인하기 위해 기계식 냉동시스템과 비교하고자 한다. 일반적인 기계식 냉각시스템에서 주요부분은 증발기, 응축기, 그리고 압축기이며 증발기 표면은 액체 냉각제 비

등점의 있는 곳이고 압축기는 냉매를 순환하여 외부기온 수준 이상의 온도로 증가시키서 충분한 압력을 가하며 응축기는 외부공기에서 흡수된 열을 방출하는 시스템으로 구성된다.

열전소자 냉각에서도 기계식 냉각시스템과 원리적으로 차이가 없다. 액체의 냉매대신 두가지 다른 반도체를 증발체로 사용하여 대체한다. 냉각접점(증발기 표면)은 액체가 기체로 변할 때 냉매로부터 에너지를 흡수하는 대신 열전소자 냉각은 한 반도체에서 다른 반도체로 전자가 통과할 때 발생하는 에너지 흡수를 통해 냉각된다. 압축기는 직류전력원으로 한 반도체에서 다른 반도체로 전자가 구동되는 형태로 대체된다. 열발생면은 냉각기 시스템으로부터 열에너지를 축적하여 방출하는 일반적인 응축기 팬으로 대체된다.

열전소자 냉각법의 특징은 냉매가 없고 기계적인 시스템을 사용하지 않으며 단지 전자적으로 제어하기 위해 외부센서 만을 사용한다. 표 1은 기계식 냉각시스템과 Peltier 냉각시스템을 시스템 측면에서 상호 비교하였다.

표 1. 압축기 냉각과 Peltier 냉각과의 비교표

Table 1. Comparison table of compressor cooling and peltier cooling

압축기 냉각	Peltier 냉각	Peltier 냉각의 특징
압축기 모터	Thermo 직류 전원	<ul style="list-style-type: none"> · 가동부분이 없다. - 진동, 잡음이 없다 - 충격 및 신뢰성이 높다 · 소형, 경량으로 형상이 자유롭다. · 국부 제습이 가능하다.
팽창부 증발부 응축부	저온(고온) 접합부 고온(저온) 접합부	<ul style="list-style-type: none"> · 전류방향 전환으로 냉각/가열이 가능하다. - 가열의 효율은 100%상회한다. · 전류의 P.I.D 제어로 고정밀 온도제어가 가능하다. · 상온 영역의 고정도 및 에너지의 온도제어가 가능하다. · 온도 응답성이 빠르다
기밀배관	전기배선	<ul style="list-style-type: none"> · 냉매를 사용하지 않아 신뢰성이 높다. · 기밀배관이 없고 전기배선이 이루어진다. · 무중력하에서도 지장없이 작동한다. · 전기적 - 기타 고체전자 회로로 양 방향으로 조작성이 용이하다. - 보수가 용이하다. · 냉매가 없어 오염 및 공해가 없다.

4. 열전냉각기 설계 및 제작

전자냉각시스템을 설계하기 위해서 열전냉각 모듈의 내부구조를 보면 열전모듈을 전기적으로 직렬, 열적으로 병렬로 그림 2와 같이 열전 냉각 모듈의 결합 구조로 구성된다. 열전반도체 재료는 완전한 분자 격자구조에 전자가 많은 N형 또는 완전한 격자구조에서 전자가 부족하여 정공이 남아있는 P형으로 N형과 P형 반도체로 구성되어 있다. N형 반도체에서 여분의 전자와 P형 반도체에 있는 정공들을 “Carrier”라고 부르고 냉각부에서 발열부로 열에너지를 이동하게 하는 작용제(냉매) 역할을 한다.

냉각부에서 열 흡수는 그림 2에서와 같이 전자의 이동을 통해 흐르는 캐리어 전류에 비례한 발열부 온도상승에 기인한다. 양질의 열전 반도체 재료는 방열부에서 냉각부로 급격히 전이되는 열 전이를 예방하고 보다 높은 열발생 캐리어를 전송 성능을 가질 뿐만 아니라 캐리어에 대해 쉽게 흐를 수 있게 하는 열전 반도체 재료인 Bismuth Telluride를 사용[7][8][9]한다.

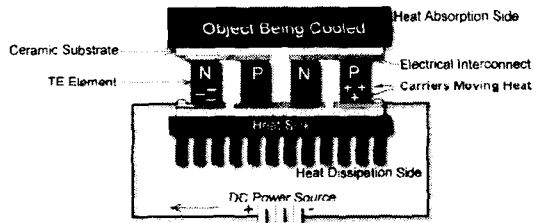


그림 2. 열전냉각 모듈의 구조
Fig. 2 Structure of thermoelectric cooling module

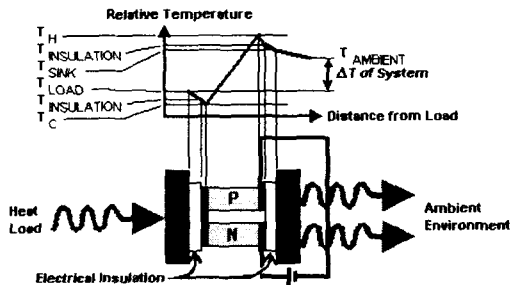


그림 3. 열전냉각 온도 관계
Fig. 3 Temperature relationship diagram of thermoelectric cooling

열전소자의 특성은 두 개의 세라믹 기판모듈에 각각 전기적으로 연결되어 열방출 능력에 따라 다양한 크기, 형태, 동작전류 및 전압 특성을 가진다. 낭비되는 전력을 방지하기 위해서는 정확한 사양에 따른 모듈의 능력 또는 크기, 양을 선택한다. 일반적으로 응용 조건에 의해 모듈이 선정되며, 선정조건은 다음 변수[10]들에 의해 결정된다.

- T_C : Cold Surface Temperature
- T_H : Hot Surface Temperature
- $T_{AMBIENT}$: Ambient Temperature
- T_{SINK} : Heat Sink Temperature
- $T_{INSULATION}$: Module Insulation parts Temperature
- Q_C : The amount of heat to be absorbed at the Cold Surface of the T.E.

냉각효율은 발열부의 온도가 효율적으로 방열되는가에 의해 결정되므로 방열판의 설계 또한 중요한 변수이다. 발열부온도는 다음의 두가지 주요 변수에 의해 결정[11][12]된다.

- 1) 열이 방출할 때 외기 환경온도
 - 2) 열전소자와 외기 환경 사이의 열교환 효율
- 이러한 두 온도(T_C & T_H)의 차인 ΔT 가 가장 중요한 변수이고 정확한 온도 제어를 위해 결정되어야 한다.

그림 3은 열전시스템에서 이루어지는 전형적인 온도단면도로써 각 부위의 온도 관계를 보인다. 또한 열전냉각모듈을 선정함에 있어 가장 중요한 변수는 C.O.P(Coefficient of Performance)이며 C.O.P는 입력전력(Q_c/Q_m)으로 나누어진 흡열면에서의 열흡수로 정의된다. 최대 C.O.P 경우는 최소의 입력전력으로 열교환($Q_H = Q_C + Q_m$)이 이루어지는 이상적 상태가 되므로 최상의 열전 냉각의 능력을 발휘하기 위하여 방열판(Heat Sink)의 역할이 중요하며 성능은 식 (1)과 같이 열저항(Q_S)으로 결정 [13]된다.

$$Q_S = \frac{T_S - T_A}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

- Q_S = Thermal Resistance in Degrees °C per

Watt

- T_S = Heat Sink Temperature in Degrees $^{\circ}C$
- T_A = Ambient or Coolant Temperature in Degrees $^{\circ}C$
- Q = Heat Input to Heat Sink in Watts

III. 전자제습기 구현

1. 하드웨어 구성

시스템의 구성은 그림 4와 같이 직류전원공급기에 연결된 마이크로컴퓨터를 중심으로 입력으로는 습도조절 스위치, 내부 습도 및 방열판 온도를 검출하기 위한 센서로 구성되고 출력으로는 열전모듈, 습도표시용 FND로 구성된다.

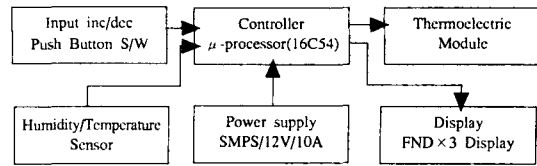
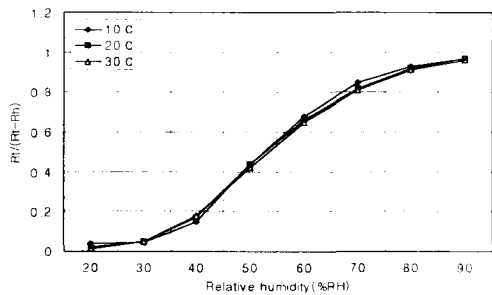


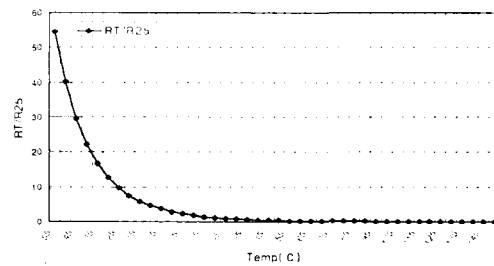
그림 4. 제습기의 하드웨어 구성도
Fig. 4 Block diagram of dehumidifier

2. 소프트웨어 구성

설정습도에 따른 방열판온도와 내부습도의 센서 입력 특성곡선은 그림 5와 같은 특성데이터를 아래의 프로그램 알고리즘으로 8bit A/D converter인 ADC0805를 사용하여 CPU 입력으로 처리했다.



(a) RH characteristics curve of humidity sensor



(b) R/T characteristics curve of NTC thermistor

그림 5. 입력센서의 특성곡선

Fig. 5 Characteristics curve of input sensor

DIM TABLE [64] AS SINGLE

TABLE [0] = 125

TABLE [32] = 25

TABLE [63] = 55

OPEN "A-D" FOR INPUT AS #1

INPUT #1, ADCOUNT

TABLEOFFSET = INT(ADCOUNT/4)

SENSOR_DATA=TABLE(TABLEOFFSET1)

NEXT_SENSOR_DATA(TABLEOFFSET+1)

'This is the lookup table.

'This is -129/4.

'Open A-D.

'And get count.

'Divide by 4 for lookup table of 64 elements.

'Round result to next lowest integer value.

'Get sensor data at pointer.

'Get sensor data above pointer(next pointer location).

'Actual sensor data is between these two.

$$\text{DIFF_SENSOR_DATA} = \text{ABS}(\text{ADCOUNT} - [\text{SENSOR_DATA} * 4])$$

'This is the distance from sensor data between
'sensor data and nexy sensor data.

$$\text{INTER_SENSOR_DATA} = \text{SENSOR_DATA} + (\text{SENSOR_DATA} * \text{NEXY_SENSOR_DATA}) / 4 * (\text{DIFF_SENSOR_DATA})$$

'Final output sensor data

전체시스템의 소프트웨어 흐름은 그림 6에서와 같이 열전모듈을 중심으로 습한 공기가 노점온도를 유지하는 흡열면에 접합때 제습이 이루어진 후 건조공기가 되어 내부에서 순환되는 시스템으로 이루어진다. 모든 제어는 마이크로컴퓨터에 의해 이루어지며 열전모듈의 과부하를 보호하기 위하여 과부하 방지회로를 부가하였다.

설정 입력습도 및 습도센서에 의한 센서출력을 FND에 표시할 수 있도록 구성하였으며 입력된 습도와 내부습도센서로부터의 값을 상호 비교하여 목표치이하일 경우 열전소자의 전원을 차단하고 목표치이상일 경우 전원을 인가하는 전형적인 PID 제어로 실행하며 설정입력모드는 ±1%단위 순서적으로 Up/Down할 수 있도록 프로그램하였다.

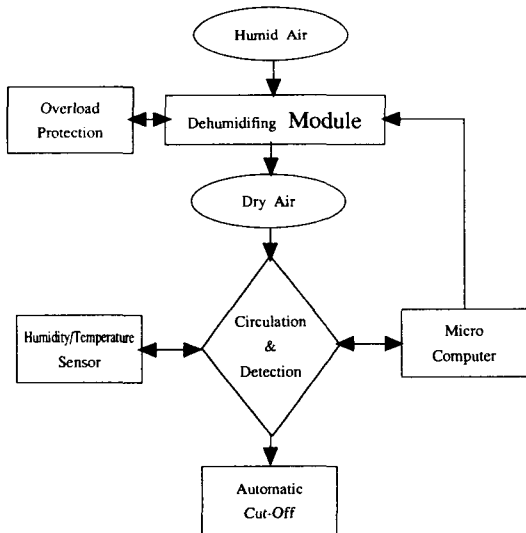


그림 6. 제습기의 소프트웨어 구성도
Fig. 6 S/W block diagram of dehumidifier

3. 열전소자의 선정

열전소자를 선정하기 위해 AZTEC사가 제공하

는 열전모듈 설계프로그램을 사용하여 적용 환경에 따른 외기온도는 50℃로 기준하였다. 그리고 그림 1의 공기선도에서와 같이 습기가 결빙되지 않는 상태에서 가장 왕성한 제습이 이루어지는 노점온도 1℃를 기준을 적용하여 열전모듈 분석프로그램에 입력한 결과 그림 7에서와 같이 부품번호는 CP1.0-127-08 L로 선정되었고 선정된 열전모듈의 전압, 전류, 전력이 다른 온도특성들은 그림 8에서 보인다.

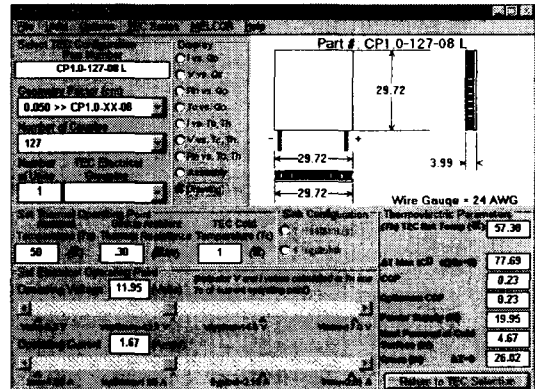


그림 7. 열전냉각 분석 프로그램 실행 결과
Fig. 7 Executed result of thermoelectric cooler analysis program

4. 방열판 선정

그림 7에서와 선정된 열전모듈의 열저항은 0.3 0℃/W로 최적으로 방열할 수 있는 방열판은 AZTEC 프로그램 방열판 설계 모드에서 식(1)을 기본공식으로 그림 9와 같은 규격으로된 열저항 0.34℃/W를 유지할 수 있는 방열판을 설계 제작하였다.

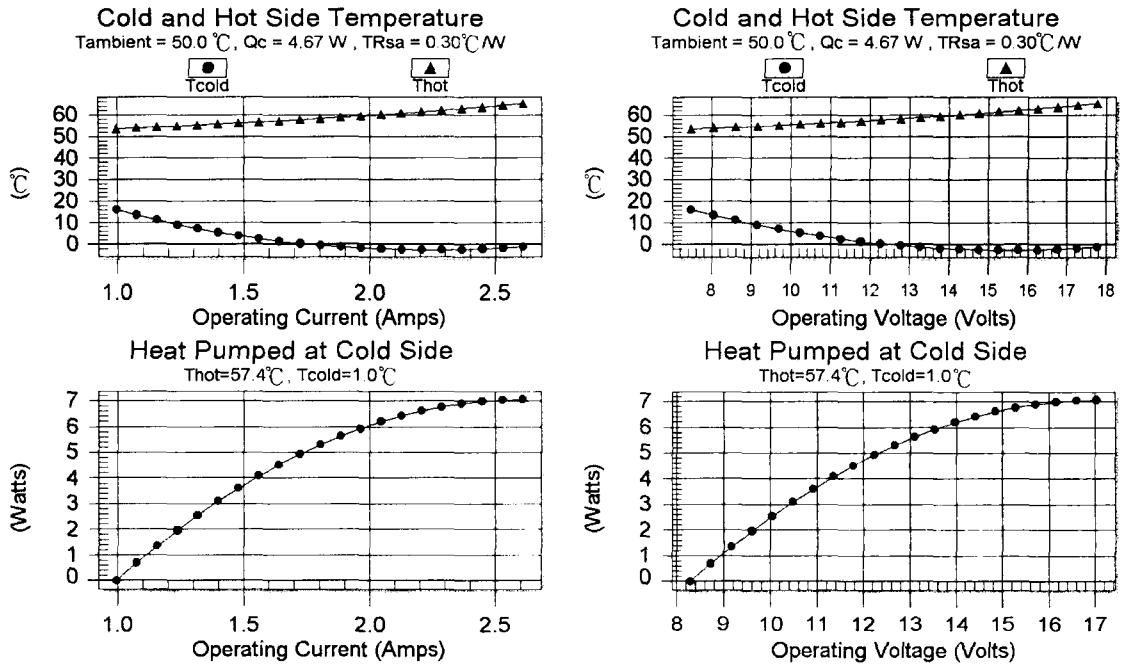


그림 8. CP1.0-127-08 L 열전모듈의 전압, 전류, 전력에 따른 온도특성
 Fig. 8 Temperature characteristics versus voltage, current, and power of CP1.0-127-08 L thermoelectric module

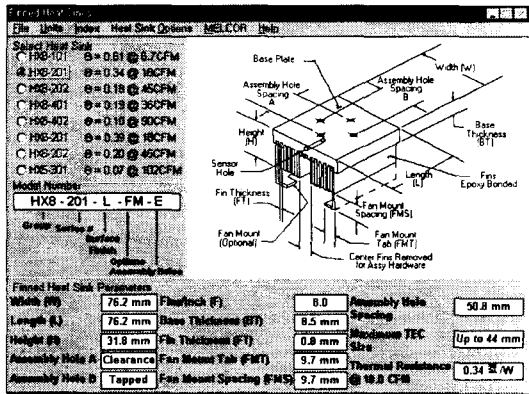


그림 9. 방열판 분석 프로그램 실행 결과
 Fig. 9 Executed result of heat sink analysis program

IV. 실험 및 결과

본 연구에서는 열전모듈의 이용한 제습기의 제습능력을 측정하기 위해 항온항습기 내에 전자제습기를 설치하여 상온 20°C와 습도(RH) 80%로 유

지하면서 추출된 검출수를 24시간 기준하여 매 시간 측정된 결과 그림 10에 보인 표와 같은 결과로 주어진 환경에서의 제습능력을 알 수 있었다.

실제 외부환경에서의 능력을 확인하기 위해 습기가 많은 비가오는 날을 선택 평방 1.5m²의 간이 제어패널을 이용하여 Digital 온도계(0~50°C) 및

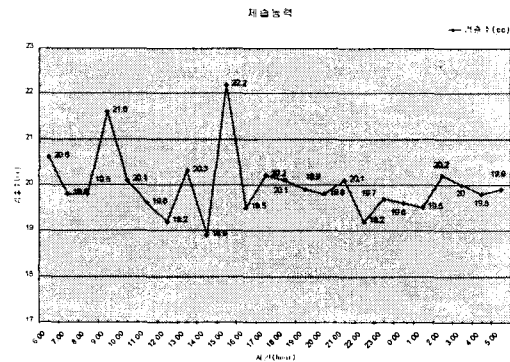


그림 10. 단위시간당 제습능력
 Fig. 10 Dehumidity capacity per hour unit

습도계(25~95%)를 외부 온·습도측정용으로 각 1개씩을 패널외부에 설치하고 패널내부에는 각 모서리에 온·습도계 4개와 중심부에 온·습도계를 각 1개씩을 설치하여 5개의 내부 온·습도계에서 측정된 값의 평균치를 계산하여 24시간 얻어진 결과는 그림 11과 같음을 알 수 있었다.

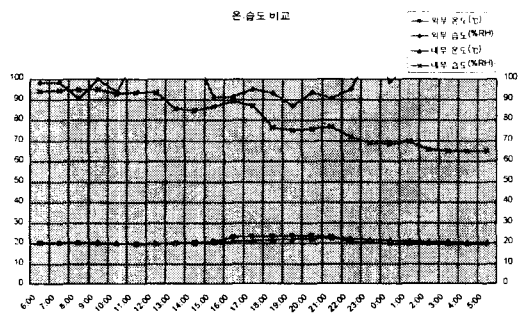


그림 11. 외부환경 적용에 따른 단위시간당 제습능력
Fig. 11 Dehumidify capacity per hour unit versus applied external environment

V. 결 론

본 연구에서는 열전소자를 사용하여 전자제습기를 설계하고 제작하였다. 제어방법은 마이크로프로세서에 의해 습도센서 입력에 따른 현재습도를 표시하고 제어요구 습도입력 설정모드를 지정하여 원하는 습도를 스위치로 입력할 수 있도록 하였으며 내부 제어는 입력된 습도와 현재습도를 상호 비교하여 설정습도보다 낮을 때에는 Thermoelectric Module OFF시키고 설정습도 보다 현재습도가 높을 때에는 Thermoelectric Module ON시키는 동작모드로 제어하게 함으로써 설정된 습도 유지할 수 있도록 프로그램하였다. 실제 제습능력을 점검하기 위해 온도 20℃, 습도 80%(RH)를 항온항습기에서 정확하게 유지시켜 매시간 검출수량을 점검한 결과 평균 19.98cc(약 20cc) 물이 검출되었다. 시간이 지남에 따라 어느정도 일정한 물이 검출됨을 결과표에서 알 수 있었고 실제 외부환경 시험 결과 최대 내·외 습도를 30%이상 유지하였으며 전력소모 60W 정도로 기계식에 비해 1/10 이하였고 크기는 1/15 이상으로 축소시켜 기계식 냉동기에 의한 제습

보다 무소음, 경량, 저 에너지로 효율적인 제습능력 있다는 것을 실험결과 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Harman, T.C. and Honig, J.M., Thermoelectric and Thermomagnetic Effects and Applications, McGraw-Hill, 1967.
- [2] Smythe, Robert, Thermoelectric coolers take the heat out of today's hot chips, Electronic Products, Aug. 1995.
- [3] A.F. Ioffe, "Semiconductor thermoelements and thermoelectric cooling", Inforsearch Ltd, London, 1957.
- [4] T. K. Hunt, Research on materials related to the soduim heat engine, LBL-21232, 1986.
- [5] Levine, M.A., Solid State Cooling with Thermoelectrics, Electronic Packaging & Production, Nov. 1989.
- [6] Akio Suzuki, Energy analyses on thermoelectric generators, 일본전기학회 논문지 A권, 116권 3호, p.231, 1996.
- [7] 성만영, 복합재료에 의한 열전변환 냉각소자의 개발에 관한 연구, 전기전자재료학회지, Vol.9, No.1, p.65, 1996.
- [8] 심재동, 조영환, 현도빈, 하현필, 전자냉각재료 개발, KIST 보고서, 1993.
- [9] Karuei Matsubara, "Proc. Energy conversion & utilization with high efficiency", p.279-280, 1993.
- [10] Melcor Corporation, Thermoelectric Handbook, Sept., 1995.
- [11] Rowe, D. M., CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC Press, Inc., 1995.
- [12] Masayuki Arai et al, Cgaded compositional design of FGM compliant pad for TEG module based on residual thermal stress analysis, 일본기계학회논문집(A), 66권 594, p.488, 1996-2.
- [13] M. Schultz, J. p. Mchugh and W. A. Tiller, J. Appl. Physics., 33, p.2443, 1962.



장 재 철(Jae-Chul Jang)

1990년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 3월~현재 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과(박사과정)

1992년 3월~1992년 11월 동환산업주식회사 부설 연구소 근무

1993년 3월~1998년 6월 공군 유도탄통제장교 근무(대위전역)

1998년 7월~현재 한국아이엔전자공업 기술연구소 소장

*관심분야 : 마이크로파 회로해석 및 설계, 안테나 해석 및 설계, 디지털 응용 및 제어계 측기기 설계



양 규 식(梁圭植)

1953년 11월생

1974년 2월 한국항공대학교 통신공학과 졸업

1984년 2월 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1991년 8월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사)

1986년~현재 한국해양대학교 전자통신공학과 부교수