

넓은 영역의 온도범위를 가지는 급속 온도특성측정시스템 컨트롤러 설계

신 광 식 *, 정 완 영
동서대학교 인터넷 공학부
전화: 051-327-3768 핸드폰:017-583-6717

Design Controller For Rapidity Temperature Measurement-system

Kwang-Sig Shin *, Wan-Young Jung
Dept. of Internet Engineering, Dongseo University
E-mail : sdf3@korea.com

Abstract

An automatic TCXO frequency-temperature test apparatus was firstly developed by using thermoelectric device array. The developed system swing stably the test temperature range from -40°C to $+80^{\circ}\text{C}$ for about 1 hour. The rising temperature ratio was fairly linear with time in this test temperature range. The temperature could be controlled error in error range of $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ in this system. The frequency-Temperature properties of TCXO or the thermoelectric properties of other electric device.

I. 서론

주파수 발생 장치에서의 주파수의 안정성은 무선 통신 분야 및 정확성을 요하는 계측장비 분야의 기기에 있어 아주 중요하다. TCXO 는 이동 통신 장비 등에서 온도 변화에 관계없이 일정한 주파수를 발생시킬 수 있도록 하기 위해서 사용되는 핵심 부품으로 거의 모든 통신 장비에 부착되어 있다. 이러한 TCXO 는 제조 단계에서 넓은 영역의 온도 범위에서 동작 시험을 거쳐야 하는데 동작 테스트를 위해 빠른 온도 변환 속도와 정확하게 설정온도를 유지시킬 수 있는 온도 변환

장치와 이를 측정 할 수 있는 측정 장비가 필요하다. 기존의 온도 변환 장치는 콤프레샤 타입으로 부피도 클뿐더러 소음이 심하고 온도가 변환되는 속도도 상당히 느리다.

본 논문은 이러한 기존 시스템의 결점을 보완하면서 수행 속도 또한 확연하게 높일 수 있도록 온도 변환 장치에 열전 소자 모듈을 이용하여 넓은 범위의 온도를 최소의 오차 폭으로 제어하기 위한 제어 방법과 모듈의 응용 방법에 관한 내용으로 TCXO 측정 장비에 적용하는 것을 예로 든 것이다. 이러한 온도 변환 방식은 기존의 콤프레샤 방식을 대체할 차세대 온도 변환 방식으로 극성 전환을 통해 어디든지 간편하게 냉각과 발열을 할 수 있으며 소자의 부피에 따라 극소 면적에서 광범위한 범위까지 응용이 가능하다.

II. 시스템 구조

2.1 열전소자의 기본 구조

그림 1 은 일반적인 열전소자 의 구조이다. 열전소자의 기본 원리는 Seebeck 효과와 Peltier, Thomson 효과로 설명이 된다. 이때 열전소자에 가해지는 전압의 극성에 따라 한쪽 면에서는 발열(가열) 현상이 또 다른 한쪽 면에서는 흡열(냉각) 현상이 일어나게 된다.

III. 제어

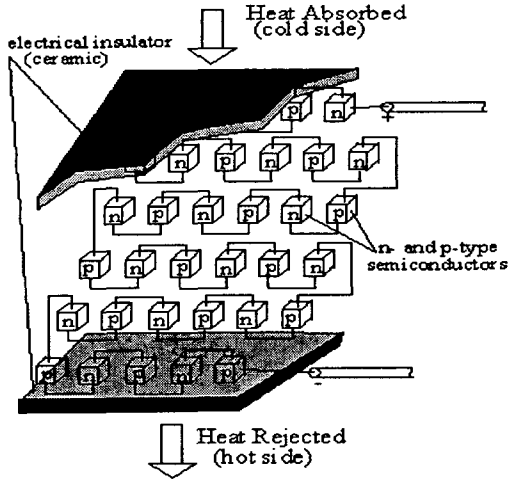


그림1. 열전소자의 구조

2.2 온도 특성 측정 시스템의 구조

내부에 10cm³의 실험 공간을 가지고 그 실험공간의 외벽은 보온 단열재로 채워 넣어 최대한 온도 손실을 적게 하였으며 내부 실험공간에도 열전소자가 부착되어 있는 벽면의 온도를 강제로 순환시키기 위한 순환 팬과 방열판을 장착해 최대의 열 효율을 유도하였다. 열전 소자의 동작은 한 면에서는 발열, 또 다른 한 면에서는 흡열 반응을 보이는데 실험 공간에 가열 동작을 할 때는 흡열 부의 과 냉을 방지하고 냉각 동작 시에는 발열 부의 과열을 방지하기 위해 냉각수를 순환시키는 구조로 설계하였다.

그림 2에서 실제 온도특성 측정 시스템의 구조를 볼 수 있다.

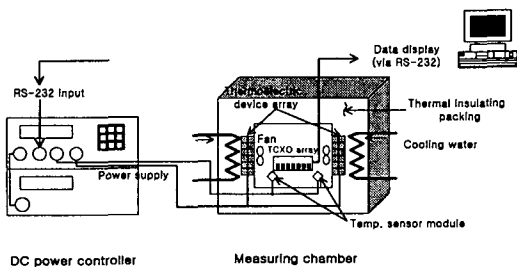


그림2. 시스템의 전체 구조

3.1 동작 흐름

측정 시스템의 모든 기능은 PC에서 RS-232통신을 통해 제어 및 모니터가 가능하며 온도 동작 온도 범위는 -40℃ ~ +80℃ 까지이며 실제 측정 가능한 온도 범위는 -45℃ ~ +120℃ 이다.

그림 3은 동작 흐름을 보여준다.

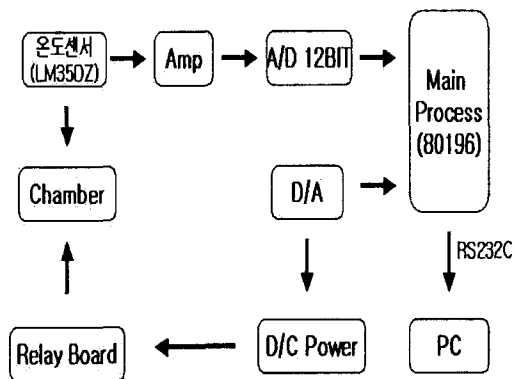


그림3. 시스템 동작 흐름도

3.2 제어 순서

온도센서로 사용한 LM35의 동작 특성을 그림 4에서 보이고 있다. 온도센서의 오차를 보완하기 위해 자체 교정 변수로서 a,b,c,d를 사용하여 현재온도 x 일 때 $a + bx + cx^2 + dx^3$ 삼차 방정식으로 온도센서의 오차를 교정한다.

시스템의 온도를 제어하기 위한 방법으로 PID 제어 기법을 사용한다. PID 변수의 값은 CEM Tool에 의한 시뮬레이션 결과에 의해 최대 속도 혹은 최대 안정되는 값으로 결정할 수 있다. 그림 5는 이 시스템의 최대 안정 동작 시뮬레이션 결과이다.

넓은 영역의 온도범위를 가지는 금속 온도특성측정시스템 컨트롤러 설계

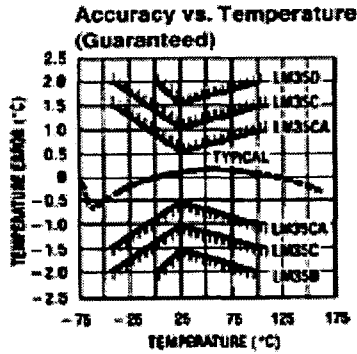


그림4. 온도센서(LM35)의 동작 특성

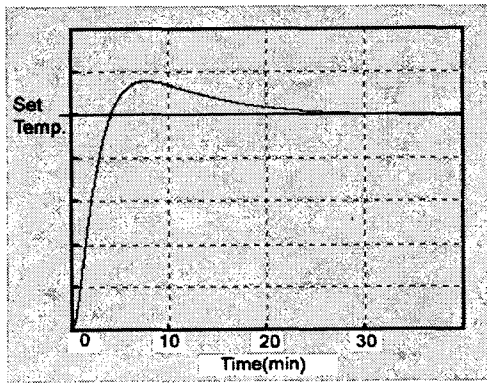


그림 5. 시스템 최적의 동작을 위한 PID 변수 시뮬레이션 결과

제어 순서는 그림 6 과 같다.

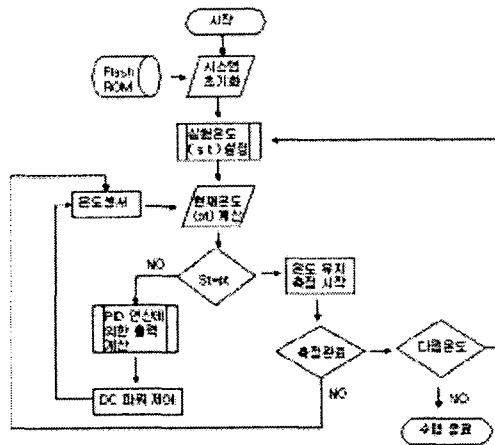


그림 6. 제어 순서도

시스템 초기화 단계에서 교정 변수와 PID 변수를 초기화하며 만일 변경 사항이 있을 경우 새로 저장하여 변수를 갱신한다.

열전 Chamber 의 PID 제어 함수는 크게 열전소자의 전달함수(G1),알루미늄 열전도 전달함수(G2), 내부 공기 열전달 함수(G3) 의 순으로 계산되어진다.

열전소자 전달함수는

$$Q_c = C \times \frac{dT_t}{dt}$$

Qc: 세라믹 열판 에 저장된 열량

Tt: 세라믹 열판 의 현재 온도

C : 세라믹 열판 의 비열

에서 세라믹 열판에 저장된 열량과 단열재에 의해 손실되는 열량의 관계를 공급되는 열과의 관계로 계산하면

$$Q_h = C \times \frac{dT_t}{dt} - \frac{T_t - T_e}{R}$$

Qh : 공급되는 열

Te : 외부(실험공간 외부) 온도

R : 단열재 열저항

의 계산에 의해 전달함수는

$$\frac{T_r(S)}{Q_h(S)} = \frac{1}{C_s - \frac{1}{R}}$$

로 구해진다.

알루미늄의 열전도 전달함수는 앞의 과정과 유사하게 구해진다.

열전소자의 흡열 효율이 70 % 인데 이 때문에 열전소자의 전달함수를 전압에 따라 분류하면

$$\frac{T_r(S)}{V_L(S)} = \frac{-0.7 \times Q_r(T)}{C_s - \frac{1}{R}}$$

처럼 된다. 여기서 알루미늄의 열 전도 전달함수는

$$\frac{T_r(S)}{V_L(S)} = \frac{-0.7 \times Q_r(T)}{C_c \times s - \frac{1}{R}} \times \frac{1}{C_{AL} \times s - \frac{1}{R}}$$

Cc: 세라믹 소자의 비열

Cal: 알루미늄의 비열

처럼 구할수 있다.

이 결과로 내부 열전달 함수 즉 전체 시스템의 전달함수를 구하면

$$G(S) = -0.7 \times \frac{Q_r(T)}{V_L(S)} \times \frac{1}{C_{AL} \times s - \frac{1}{R}} \times \frac{1}{C_{AIR} \times s}$$

Cair: 공기의 비열

< 감사의 글 >

이 시스템 전달함수를 이용하여 제어계를 간략하게 하여 그림 5에서처럼 언더슈트와 오버 슈트가 최소가 되게 동작을 시킬수 있는 PID 값을 계산하면 $P=0.127$, $I=-1.83$, $D=2.11$ 이 된다. 그리고 교정 변수는 LM35 특성 곡선상에서 일반적인 경우를 상정하면 동작 온도 범위인 -40°C 에서 $+120^{\circ}\text{C}$ 사이에서는 오차가 거의 0에 가깝다. 따라서 $a=0$, $b=1.0$, $c=d=0$ 으로 설정한다.

이 논문의 일부는 반도체 설계교육센터(IDECS)의 부분적인 지원에 의해 이루어 졌습니다.

참고문헌

- [1] I.B. Cadoff, E.Miller, Thermoelectric Materials and Devices, Material Technology Series, Chapman and Hall, London, 1960.
- [2] D.D.Pollock, Thermoelectricity, Theory Thermometry Tool, ASTM, Wiley, New York, 1985.
- [3] Benjamin C. Kuo, Automatic Control System, Prentice Hall, 1955.
- [4] K.J. Astrom, T. Hagglund, Automatic Tuning of PID Controllers, 2nd edition. Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC, 1995.

IV. 결론

0°C 에서 $+80^{\circ}\text{C}$ 까지 온도를 변화 시키는데 약 25분 가량이 소요 되었고 0°C 에서 -40°C 까지 변화 시키는데 약 30분 가량이 소요되었다. 이 결과는 기존의 시스템에 비해 영상에서는 약 30분 가량 영하에서는 약 1시간 가량 온도 도달 시간을 줄인 것이다.

온도 오차는 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 의 범위이며 현재 설정된 PID 값으로는 설정온도에 도달하기 6 $^{\circ}\text{C}$ 전에 제어가 시작된다. 즉 설정온도를 기점으로 $\pm 6^{\circ}\text{C}$ 가 제어되는 온도 범위이며 최대 오버 슈트 2.5°C , 최대 언더 슈트 3°C 로 발생한다. 그림7은 전체적인 특성을 보여준다.

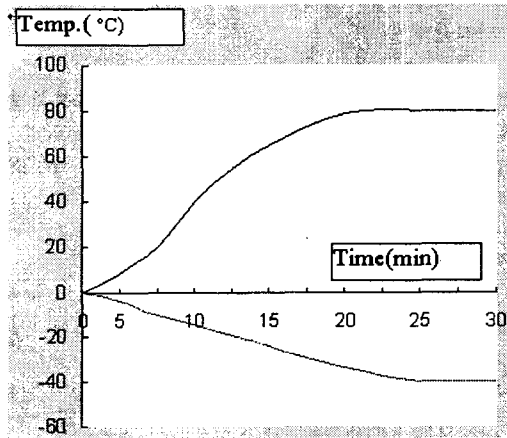


그림 7. 온도 변환 특성