

## 마이크로컴퓨터를 이용한 흡수냉동기의 제어

### Micro Computer-Based Control System of Absorption Chiller

류     진     상  
J.     S.     Ryu  
금성전선주식회사 공조설계실



- 1955년생
- 대체냉매용 냉동기, 흡수식 냉온수기와 열병합 발전의 기술개발에 관심을 가지고 있음.

#### 1. 서   론

마이크로컴퓨터를 이용한 제어는 거의 모든 공조설비에 걸쳐서 그 적용범위가 확대되고 있다. 터보냉동기의 경우 미국에서는 1985년경부터 소개되어, 이제는 미국, 일본의 제품에는 거의 100% 적용되고 있는 실정이다. 국내에서는 미국으로부터 수입이 자유화되어 많은 수요자도 마이크로컴퓨터 제어방식의 판넬을 요구하고 있다. 따라서 2~3년후에는 현재의 릴레이 시퀀스방식이 산업용에만 적용될 것으로 예상된다.

흡수냉동기·냉온수기의 경우는 터보와는 그 제어특성이 다르고, 일본이 제품기술을 주도하고 있는 까닭에 마이크로컴퓨터 판넬의 적용이 늦었다. 일본에서 현재 마이크로컴퓨터 판넬을 표준제품에 적용하고 있는 회사는 현재까지 1개 회사에 불과하나, 역시 이 기술도 조만간 일반화 되리라고 예상된다.

터보냉동기와 달리 흡수냉동기는 입력에 따른 출력의 변화, 부하변동에 따른 대응속도 등이 느린 반면, 급격한 부하의 변경을 완만하게 흡수하는 기능이 있어서 정밀한 제어를 필요로 하지

않았다. 또한 안전장치와 부하제어방법도 상대적으로 단순한 시퀀스방식으로 별다른 어려움이 없었다. 그러나 최근의 요구는 빌딩이 인텔리전트화함에 따라 중앙제어의 영역을 확대하여 완전한 무인화를 목적으로 하게 되었고, 이것은 냉동기의 각 부분에 센서를 부착하고, 이것을 종합 판단하여 스스로 조정하거나, 통신수단을 이용하여 중앙에 연락하고 조정받는 기능을 필요하게 되었다.

또한 이제까지는 정격부하조건(100%부하조건)에서의 효율적인 운전만이 거론되었으나, 앞으로는 여러가지조건, 즉 부분부하운전, 냉각수 조건이 다를때의 운전, 이상발생직전의 운전등 정격조건과는 다른 운전조건에서도 최적의 효율을 요구하게 될 것으로 예상된다. 따라서 이러한 다양한 요구는 릴레이 시퀀스방식으로 수용할 수 없으므로 마이크로컴퓨터방식의 제어가 등장하게 되는 것으로 판단된다.

본문은 흡수냉동기·냉온수기에 적용되고 있는 마이크로컴퓨터 제어방식의 특징을 각 기능 별로 설명하고, 이러한 기능을 수행하기 위한 하드웨어 구성방법을 설명하는 순서로 서술하려고 한다.

## 2. 마이크로 컴퓨터 제어의 특성

중앙컴퓨터와 통신을 위해, 또한 데이터의 정확한 진단을 위해 신호처리방식은 기본적으로 디지털방식을 사용한다. 각 제어기능을 몇가지로 묶어서 서술하면 다음과 같다.

### 2.1 부분부하효율과 기동·정지시간의 단축

마이크로컴퓨터를 이용함으로써 냉동기는 스스로의 운전 부하상태를 파악할 수 있으므로 부하조건에 따라 가장 효율적인 운전을 행할 수 있다.

흡수냉동기에서 부분부하운전에 제어하는 것은 재생기에 가해지는 열량과 흡수액의 순환량이다. 과거에는 가열량과 흡수액순환량을 모두 제어밸브에 의해 조정하였으나, 마이크로컴퓨터 방식에는 가열량은 제어밸브로, 흡수액 순환량은 전압·주파수변환기(VVVF)에 의해 흡수액펌프 회전속도를 변화시킴으로 정밀한 제어를 할 수 있고 따라서 부분부하 효율을 향상시키고, 흡수액 펌프의 전력소모량도 절감하였다. 또한 기동시에 흡수액펌프를 부드럽게 기동시키어, 흡수액펌프의 수명을 연장시키고, 배관에 충격을 주지 않게 한다.

또한 초기 기동시 낮은 회전수로 흡수액순환량을 감소시켜, 흡수액의 가열을 빠르게하여 기동시간을 기존의 절반으로 줄일 수 있다.

정지시에도 현재의 부하상태를 파악하여 그에 적절한 회색운전을 행함으로써 현재의 20분의 회색운전을 최소 6분으로 단축하였다. 회색운전시간의 축소는 냉각수·냉수펌프의 운전시간과 흡수액펌프의 운전시간을 줄여 결과적으로 운전비를 절감할 수 있게 한다.

옆의 그림1은 부분부하 특성을 냉온수기의 연료소모량과 흡수액펌프의 전력소비율로 나타낸 것이다. 그림2는 기동시간이 20분에서 10분으로 단축된 것을 나타낸 그림이다.

### 2.2 냉수출구온도의 PID제어

기존 흡수냉온수기의 냉수출구온도제어는 일반적으로 비례제어방식을 사용하였다. 마이크로컴퓨터를 이용하므로 I제어와 D제어 기능을 추

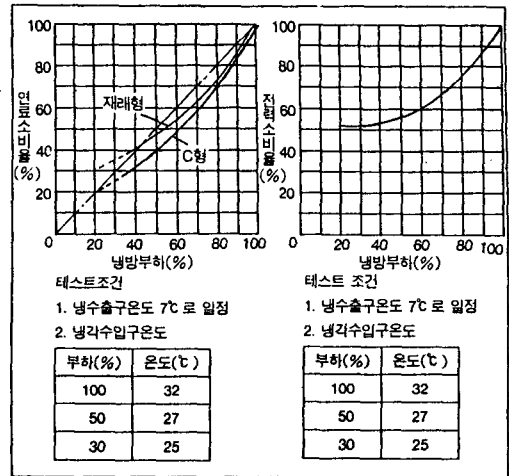


그림 1 부분부하 특성도

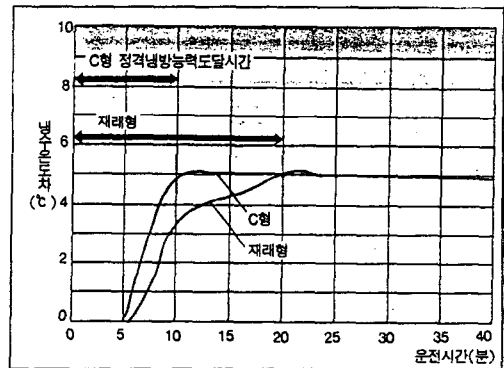


그림 2 기동특성

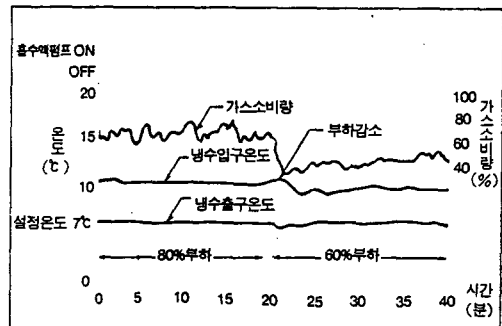


그림 3 부하변동에 따른 냉수온도 변화

가하여 냉수온도의 제어를 보다 정확하게 할수 있다. 냉수온도변화에 대해 급속하게 가열열량을 대응시킴으로 효율적인 운전이 가능하게 되었다. 그림3은 부하 변동에 따른 냉수출구온도의 변화를 나타내는 것으로 편차의 폭이 적고, 결과적으로 에너지소모가 적어질 수 있음을 나타낸다.

하기의 수식은 흡수냉온수기 PID 제어에 사용된 것으로 기본식이다. 이 수식에서  $T_i$ 가 0이면 PD 제어 또는 P 제어,  $T_d=0$ 일때 PI 제어 또는 P 제어,  $T_i=0$ 이고  $T_d=0$ 이면 P 제어가 된다.

$$M = \left[ \frac{100}{P} \left\{ E_n + \sum \frac{\tau}{T_i} E_n + \frac{T_d}{\tau} (E_n - E_{n-1}) \right\} + 50(\%) \right]$$

- $M$  : 연료량 조작량(%)
- $P$  : 비례대(°C)
- $T_i$  : 적분시간(초)
- $T_d$  : 미분시간(초)
- $\tau$  : 샘플링시간(초)
- $\sum$  : 적분항의 적산값(%)
- $t_c$  : 설정온도(°C)
- $t_{cho}$  : 냉온수출구온도(°C)
- $E_n$  : n번째의 설정온도( $t_c$ )와 현재온도( $t_{cho}$ ) 사이의 편차  
냉방시 :  $E_n = t_{cho} - t_c$   
난방시 :  $E_n = t_c - t_{cho}$
- $E_{n-1}$  : n-1 번째의 설정온도와 현재온도 사이의 편차

### 2.3 안전운전기능

흡수냉동기의 기계부문 안정장치로는 냉수온도저, 재생압력, 온도고가 있다. 마이크로컴퓨터 제어방식에는 안전장치에 의한 이상정지 전에 부하를 줄여서 연속운전을 가능하게 하고 있다. 다음의 2가지 기능이 일반적으로 부가된다.

#### 2.3.1 냉각수온도에 관련된 안전운전기능

흡수냉동기의 경우 냉각수온도가 표준인 32°C 이상이 되거나, 하한선이 22°C 이하가 되면 흡

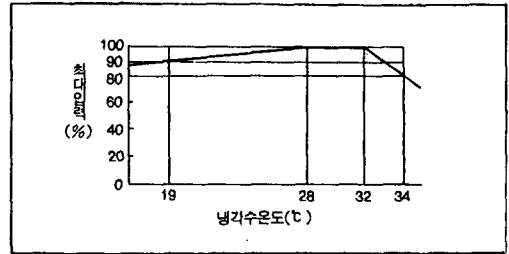


그림 4 냉각수온도에 따른 가열량의 변화

수액의 결정현상이 발생하거나 흡수액순환이 원활하지 못할 수 있다. 따라서 냉각수온도가 이상 상승하거나, 저하하는 경우 가열량을 제한함으로써 냉동기의 연속운전을 보장하는 방법을 채택하였다.

냉각수온도가 이상 상승할 경우는 가열량을 급격히 제한하여 정격치보다 1°C 상승마다 가열량을 10%씩 감소시키고, 19°C 이하가 되면 정격 90%로 감소시키는 방법이 사용된다.

그림4는 그러한 예를 그림으로 나타낸 것이다. 냉각수온도 저하시의 가열량을 감소시키는 것은 결과적으로 에너지절약의 효과를 병행시킨다. (냉각수온도 저하시 성능계수가 향상되고 따라서 동일성능에서, 감소된 가열량이 필요)

#### 2.3.2 결정방지장치기능의 보완

흡수냉동기의 경우 저온열교환기 계통에서 결정이 발생하게 되면 저온재생기에서 흡수기로 고온의 흡수액을 바이패스시키는 오버플로우 시스템을 결정방지장치로 갖추고 있다.

그러나 이것은 흡수기내에서의 결정을 방지할 수 없어 고온재생기의 온도와 압력을 이용하여 ON-OFF 또는 저부하운전 등의 방법으로 방지하고 있다. 마이크로컴퓨터 제어방식에서는 고온재생기온도, 저온재생기온도, 냉매응축온도 등을 이용하여 농액농도를 연산하여 그 농도가 결정위험점인 65% 이상이면 저부하운전(보통 50~60%)을 하고, 정상적으로 회복하면 정상제어운전을 행하도록 한다.

따라서 냉각수의 급격한 온도변화, 부하의 잦은변화에 이상정지의 위험없이 안전하게 운전할 수 있다.

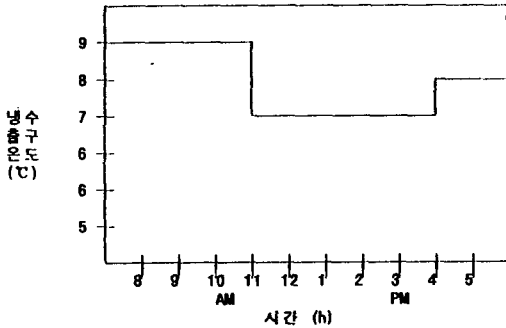


그림 5 냉수출구온도 설정예

#### 2.4 조작기능

과거에 릴레이 시퀀스방식에서는 냉수·온수 등의 출구제어는 온도조절기에 의해 행하고, 그때의 출구온도의 설정은 볼륨저항에 의해 저항치로 입력 하였다. 그러나 디지털방식을 사용하는 마이크로컴퓨터 방식에서는 디지털 신호로 냉·온수출구온도를 설정하고, 따라서 멀리 떨어진 중앙컴퓨터에서 임의 설정이 가능하게 되었다.

외기보상으로 적절한 냉수온도를 연산하여, 연속적으로 냉수온도를 임의 설정할 수 있고, 또는 하루의 냉방시간(또는 난방시간)을 시간대별로 분할하여 적당한 냉수온도로 조절할 수 있게 되었다.

#### 2.5 기기감시와 정비관리기능

종래의 냉동기는 운전자 또는 기기관리자가 시간대별로 기기의 각 부위온도, 압력 등을 확인하여 운전상태를 감시한다. 또한 흡수냉동기·냉온수기의 경우 1일 1회정도의 추기조작을 행하며, 고온재생기 버너의 연소상태등을 점검한다. 마이크로컴퓨터방식의 흡수냉온수기·냉동기는 이러한 점검기능을 갖추어 스스로 판단하고, 점검내용을 기억하며 정비가 필요한 경우 지시신호를 보낼수 있다. 이러한 기기의 감시는 디지털방식이므로 중앙컴퓨터와 연결은 물론이거니와 필요시 모뎀을 통한 전화통신망을 이용해 원격지 조작·감시까지도 가능할 수 있게 되어 있다.

#### 2.5.1 기기감시기능

일정시간의 운전데이터(1주일간)를 일정시간 단위(일반적으로 1시간)로 기억하여 필요시 별도의 출력장치를 이용하여 확인할 수 있다. 기억된 운전데이터는 일정시간후(보통1주일)에는 지워지며, 계속하여 확인전 1주일간의 데이터를 기억하고 있다.

아래의 항목은 기억되는 운전데이터의 예이다.

- 냉온수입출구온도 °C
- 냉각수입출구온도 °C
- 고온재생기온도 °C
- 저온재생기온도 °C
- 응축온도 °C
- 기동·정지횟수(기기, 흡수액·냉매펌프, 버너)
- 운전시간(기가, 흡수액·냉매펌프, 버너)

#### 2.5.2 정비관리기능

흡수냉동기·냉온수기의 운전유지에 필수적인 일부 정비사항에 대한 신호를 만듦으로써 운전자가 주기적인 점검없이, 신호를 받은후 조작을 할 수 있도록 하고있다.

예를 들어 일반적으로 1주일에 1회정도인 추기조작(근래에는 기밀 기술의 발달로 시즌에 1회로 축소됨)의 경우 추기가 필요할 때 추기지시 신호를 보내어 운전자가 추기조작을 하도록 하며, 흡수냉온수기의 고온재생기 연관을 청소하도록 하는 등의 신호이다.

또 하나의 기능은 이상정지시, 그때의 운전데이터와 이상부위를 기억하여 필요시 그 데이터를 추출하여 이상원인을 분석할 수 있도록 하고 있다. 그밖에도 시스템의 고장인 전원이상, 단선, 프로그램이상, 메모리이상 등을 스스로 진단하여 신호를 보낼수 있다.

### 3. 하드웨어의 구성

마이크로컴퓨터 제어의 기본구성 예로 그림6과 같은 것을 들수 있다. 또한 그 기본사양의 예는 다음과 같다.

CPU : 8bit(내부 16bit) H8/532

ROM : 32Kbite

RAM : 1Kbite  
 A/D변환기 : 분해능력 10bit  
 고정기억 ROM : 2Kbite  
 아날로그 입력 : 13점  
 아날로그 출력 : 2점  
 디지털 입력 : 40점  
 디지털 출력 : 24점  
 통신회선 : EIA RS 232C, 통신속도 4800BPS  
 전 원 : AC100V, 50/60HZ  
 소비전력 : 35VA  
 사용환경 : 주위온도 -10~55°C  
 상대습도 20~80% RH  
 보존온도 : -10~60°C

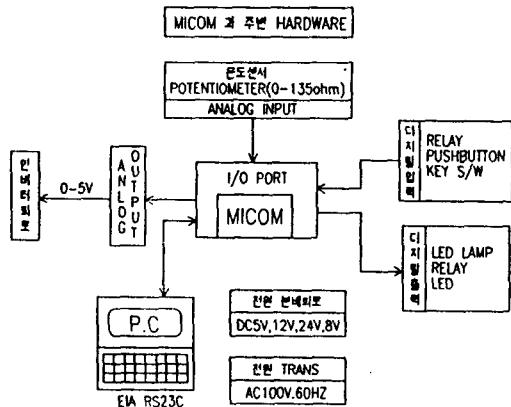


그림 6 마이크로컴퓨터 제어의 기본구성도

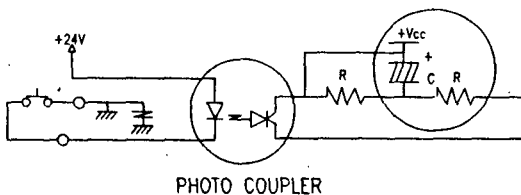


그림 7 디지털 입력회로

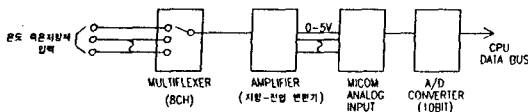


그림 8 아날로그 입력의 블록다이아그램

또한 입출력시의 NOISE를 차단하여 마이크로 컴퓨터 제어의 신뢰성을 보장하기 위해 각 입출력 회로에는 NOISE 차단장치와 CR 타이머 등의 회로를 구성하였다.

### 3.1 디지털 입력 계통

그림7과 같이 PHOTO COUPLER를 사용하여 입력측의 NOISE 성분을 차단하여 마이크로컴퓨터의 오동작을 방지하도록 하고, 그 뒤에 콘덴서 "C"와 저항 "R"을 사용하여 입력측에서 채터링(CHATTERING)이 발생하여도 일정시간 동안은 입력 신호가 마이크로컴퓨터 제어계통에 전달되지 않도록 회로를 구성하고 있다. 예를 들어 냉수·냉각수 플로우스위치의 경우 지연시간 3초, 고온재생기 압력 이상의 경우 1초의 지연시간을 주고 있다.

### 3.2 디지털 출력

디지털출력의 경우도 PHOTO COUPLER를 사용하여 출력측으로 부터의 NOISE를 차단하고, 접점에 서지흡수기(SURGE ABSORBER)를 부착하여 접점을 보호하는 회로를 구성하였다.

기기 자체에 회로에 사용되는 접점은 125V ac 10A, 125V ac 1A, 사용자에게 공급되는 INTERFACE 접점은 250V ac 0.1A이다.

### 3.3 아날로그 입력

아날로그 입력의 블록타이머 그림은 그림8과 같다.

아날로그 입력부는 멀티플렉서를 사용하여 다점입력방식을 채택하였고, AMPLIFIER를 통하여 변환된 0~5V의 아날로그 그 값을 A/D 변환기를 이용 DIGITAL 신호로 변환하여 CPU로 전송한다.

여기에 사용된 A/D 변환기의 분해능력은 10 BIT로 아날로그 신호를 1024종류의 DIGITAL 신호로 변환시킬 수 있다.

### 3.4 아날로그 출력

흡수액펌프를 기기의 상태에 따라 최적의 상태로 운전시키기 위하여, 마이크로컴퓨터 판넬에서 냉각수입구온도, 고온재생기온도를 감시하

여 재생기온도 변화에 대응하여 0~5Vdc의 출력을 발생시키며, 이 신호는 INVERTER에 입력되어 펌프의 회전수를 제어, 흡수액의 순환량을 가감토록 설계되어 있다.

또한 기기의 열원으로 STEAM을 사용할 경우 STEAM 제어 VALVE의 연속비례제어를 실행할 수 있도록 하고, 원거리 전송에 유리한 4-20A DC의 아날로그 출력을 준비하고 있다.

#### 4. 결 론

본문은 현재 일본에서 개발되어 국내에 소개되고 있는 흡수냉동기·냉온수기용 마이크로컴퓨터이용 제어방식에 대해 소개하였다. 기능 자체는 국내의 기술진으로 충분한 해석과 설계가

가능하다고 생각한다. 그러나 프로그램의 지속적인 개발과 하드웨어의 신뢰성은 계속해서 연구해야 할 중요한 과제이다.

흡수냉동기·냉온수기의 일반적인 수명은 15년 이상이다. 기본적으로 마이크로컴퓨터 판넬의 수명 역시 이와 동일하여야 할 것이다. 그러나 사용되는 부품의 내구성이 흡수냉동기·냉온수기가 일반적으로 설치되는 기관실에서 15년 이상을 보증한다는 것은 많은 증명을 필요로 하고 있다. 따라서 더욱 가혹한 조건하에서 운전될 수 있는 산업용의 경우는 아직까지 부분적으로 부품교환이 가능한 릴레이-시퀀스 방식이 일반적이다. 앞으로 신뢰성과 내구성, 또한 편리성 등의 개발이 필요하리라 생각한다.