

# VẬN HÀNH ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ TRONG CÔNG NGHIỆP (PHẦN 2)

## TL-ĐCN19

### A. MỤC ĐÍCH THỰC HÀNH

Khảo sát và thực hành điều khiển nhiệt độ trong công nghiệp

### B. GIỚI THIỆU THIẾT BỊ

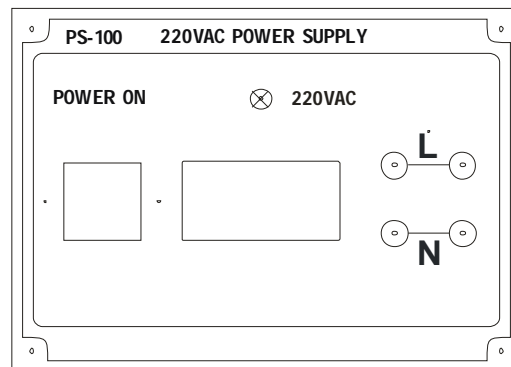
Hệ thống điều khiển nhiệt độ được ứng dụng hết sức rộng rãi trong các lĩnh vực sản xuất và đời sống, khi có yêu cầu về gia công nhiệt cho xử lý nguyên liệu, thành phẩm và đảm bảo nhiệt độ cần thiết cho quy trình công nghệ.

Trong quá trình thí nghiệm, học viên tìm hiểu về hệ thống điều khiển nhiệt độ, tìm hiểu nguyên tắc điều khiển và vận hành hệ điều khiển nhiệt độ.

Thiết bị thí nghiệm về điều khiển nhiệt độ trong công nghiệp TL-ĐCN19 (hình 20.1) gồm có:

#### 1. Bàn thí nghiệm, khung giá, bộ nguồn:

- Bàn thực tập kích thước (DxRxH): 1.200 x 800 x 700 (mm)
- Khung 2 tầng làm bằng sắt hộp, sơn tĩnh điện có rãnh dễ dàng tháo lắp các module thiết bị vào ra
- Bộ nguồn (hình 20.1), bao gồm các khối:

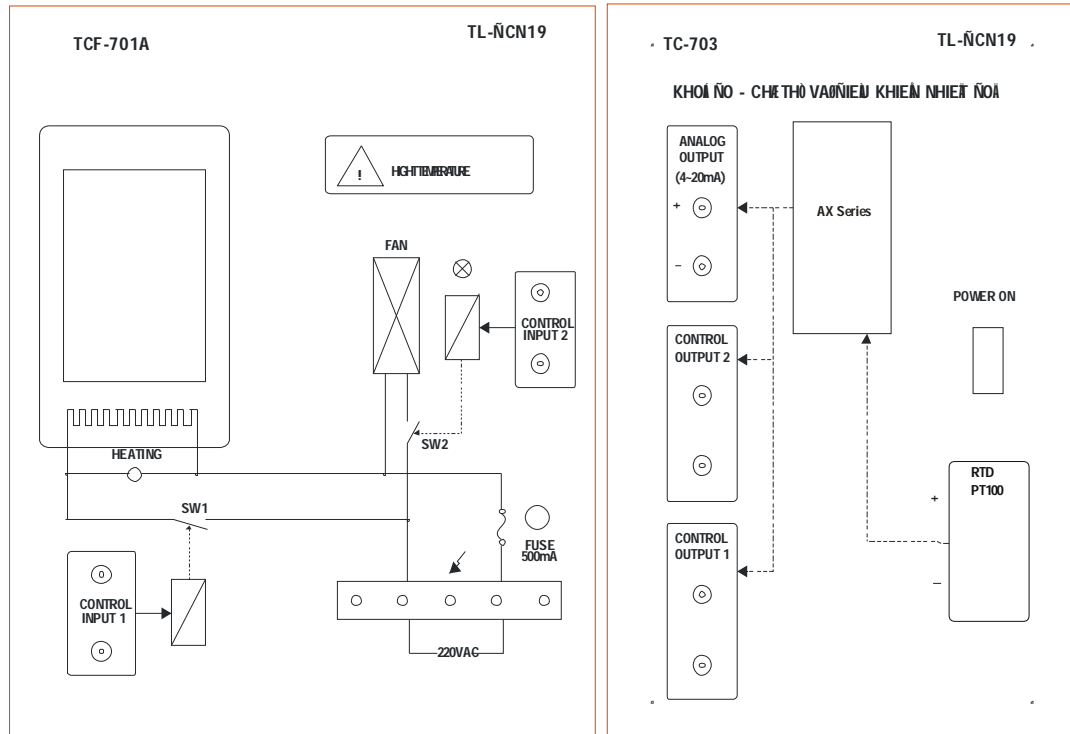


Hình 20.1: Bộ nguồn cho thực hành

- Khối nguồn 1 pha PS-100:
  - Ổ cắm 1 pha 3 cực 16A, đèn báo pha bằng LED màu. Các chốt ra tiêu chuẩn cho 1 pha L và N.

#### 2. Các module khí cụ điện (hình 20.2)

- Khối lò nhiệt TCF-701A:
  - Lò có sợi đốt: công suất 200W.
  - Quạt dùng nguồn 220VAC.
  - Cầu chì và rơ le 220VAC
- Khối đo, chỉ thị và điều khiển nhiệt độ TC-703A:
  - Bộ điều khiển và hiển thị AX series. Sử dụng với Thermocouple, RTD (PT100), 1 lối ra 4 - 20 mA, 2 lối ra rơ le, điều khiển PID.



Hình 20.2: các modules chức năng

## C. ĐẦU NỐI THIẾT BỊ

- Các khí cụ điện trên khối đã được nối với các chốt vào/ra. Khi thực hành, học viên dùng dây kết nối sơ đồ theo từng bài thí nghiệm

**Chú ý:**

- Trong thí nghiệm thực hiện với thể AC 220V. Vì vậy học viên cần tuân thủ quy tắc an toàn điện, trước khi nối dây mắc sơ đồ thí nghiệm cần phải tắt nguồn điện. Trong quá trình đo đạc, chú ý không tiếp xúc vào các điểm hở điện.
- Chú ý lò nhiệt khi vận hành có nhiệt độ cao, cần tránh tiếp xúc với lò cả khi ngắt điện.

## D. CÁC BÀI THỰC HÀNH

### D.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

#### D.1.1. Các vấn đề cơ bản

Trong hệ thống đo nhiệt độ có 3 dải đơn vị đo thường được sử dụng :

- Nhiệt độ Celsius : ký hiệu là  $^{\circ}\text{C}$  là đơn vị phổ biến nhất .
- Nhiệt độ tuyệt đối - Kelvin : ký hiệu là K, thường sử dụng trong khoa học.  
Với nhiệt độ 0 tuyệt đối :  $0^{\circ}(\text{K}) = -273.19^{\circ}\text{C}$ .
- Nhiệt độ Fahrenheit : ký hiệu là  $^{\circ}\text{F}$ , thường được sử dụng ở Mỹ.

Mối liên hệ giữa nhiệt độ  $^{\circ}\text{F}$  và  $^{\circ}\text{C}$  được mô tả bởi biểu thức :

$$T^{\circ}\text{C} = (5/9). (T^{\circ}\text{F} - 32) \quad (20.1)$$

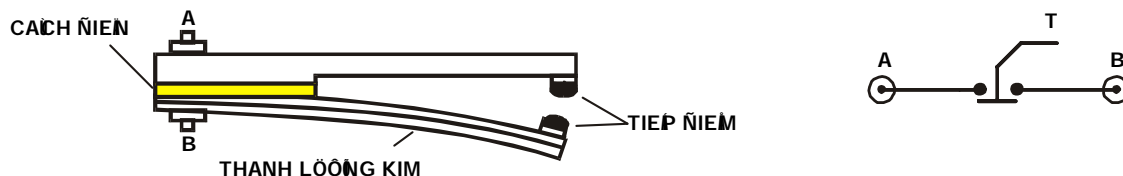
Bảng chuyển đổi giữa các đơn vị nhiệt độ cho trong phần phụ lục 1.

### D.1.2. Cảm biến nhiệt

Cảm biến nhiệt là dụng cụ thực hiện biến đổi giá trị nhiệt độ thành đại lượng khác như chuyển động cơ học, thay đổi áp suất, đại lượng điện (dòng hoặc thế),... cho phép sử dụng để chỉ thị và điều khiển hoạt động của các thiết bị khác. Các cảm biến nhiệt thông dụng bao gồm : Thermostat, RTD loại PT-100 , cặp nhiệt điện và cảm biến nhiệt bán dẫn.

#### D.1.2.1. Bộ điều chỉnh nhiệt Thermostat - Rơ le nhiệt

Bộ điều chỉnh nhiệt Thermostat là một công tắc với 2 tiếp điểm điều khiển đóng ngắt bằng nhiệt độ.



Hình 20.3: Thermostat.

Sơ đồ đơn giản có cấu trúc gồm 1 thanh đế và 1 thanh lưỡng kim (hình 20.3). Thanh lưỡng kim ghép từ hai kim loại có độ dẫn nở nhiệt khác nhau. Khi nhiệt độ tăng, một trong hai thanh sẽ bị dẫn nở nhanh hơn , làm uốn cong thanh lưỡng kim và do đó làm ngắt tiếp điểm điện. Trong thực tế sử dụng, thermostat có bộ giá và lò xo liên kết, cho phép điều chỉnh để đặt giá trị (SP) nhiệt độ điều khiển. Tùy kim loại sử dụng, khoảng nhiệt độ làm việc cho thermostat : - 60°C ÷ +800 °C.

Thermostat được ứng dụng để đóng ngắt các thiết bị điều nhiệt như lò điện, tủ ấm, tủ lạnh,... khi có yêu cầu điều khiển đơn giản, không đòi hỏi độ chính xác điều khiển cao.

#### D.1.2.2. Cảm biến nhiệt điện trở

Cảm biến nhiệt điện trở RTD (Resistant Temperature Detector) hoạt động dựa trên nguyên tắc điện trở R của đa số kim loại thay đổi theo nhiệt độ T. Khi nhiệt độ tăng, giá trị điện trở tăng. Sự phụ thuộc của R vào T được mô tả bởi biểu thức :

$$R = R_0 (1 + a_1 T + a_2 T^2) \quad (20.2)$$

trong đó :  $R_0$  là giá trị điện trở R ở 0°C,

$a_1$  (hằng số) = 0.00399,  $a_2$  (hằng số) = - 6 x 10<sup>-7</sup> , T : nhiệt độ.

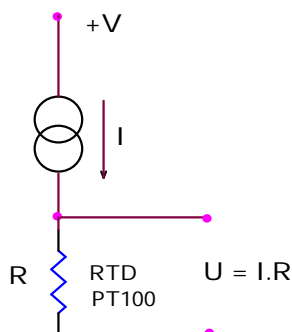
Với giá trị  $a_2$  nhỏ, có thể bỏ qua thành phần phụ thuộc bậc 2 của T và có thể xem điện trở R phụ thuộc tuyến tính vào nhiệt độ T.

Cảm biến PT-100 là loại RTD, sử dụng điện trở thuần của đoạn dây platin cuốn theo dạng lò xo đặt ở vị trí đầu của cảm biến. Trong bảng 20.1 giới thiệu sự thay đổi giá trị điện trở của cảm biến Platin theo nhiệt độ. Ưu điểm của các cảm biến RTD là khoảng nhiệt độ đo rộng (-240°C đến 649°C), có độ chính xác cao, độ phi tuyến nhỏ và tính đồng nhất cao của các cảm biến cùng loại.

Bảng 20.1

NHIỆT ĐỘ (°C)	ĐIỆN TRỞ (Ω)
0	100.0
25	109.9
50	119.8
75	129.6
100	139.3

Để lấy tín hiệu ra, cần cấp dòng  $I$  có độ ổn định cao cho cảm biến (hình 20.4). Sụt thế trên điện trở  $R$  của cảm biến  $U = I.R$ . Với giá trị điện trở  $R$  thay đổi tuyến tính theo nhiệt độ, điện thế lối ra cảm biến  $U$  cũng là đại lượng phụ thuộc tuyến tính theo nhiệt độ. Đo giá trị  $U$ , có thể xác định chính xác nhiệt độ.



Hình 20.4: Sơ đồ nối cảm biến nhiệt điện trở

### D1.2.3. Cặp nhiệt điện :

Nguyên tắc hoạt động của cặp nhiệt điện dựa trên hiệu ứng khuếch tán các điện tử khi cho tiếp xúc hai kim loại khác nhau. Sự khuếch tán này hình thành hiệu điện thế tiếp xúc  $E_t$ , phụ thuộc bản chất của hai kim loại và nhiệt độ chỗ tiếp xúc.

Khi thay đổi nhiệt độ của mối tiếp xúc, giá trị  $E_t$  trong khoảng nhiệt độ giới hạn, được mô tả bằng biểu thức tuyến tính :

$$E_t = C(t_2 - t_1) \quad (20.3)$$

với :  $t_1, t_2$  là nhiệt độ đầu và cuối,

$C$  là hằng số cặp nhiệt điện, có ý nghĩa vật lý là Suất nhiệt động, phụ thuộc vào bản chất hai kim loại, được tính bằng giá trị thế  $E_t$  khi nhiệt độ thay đổi  $1^\circ\text{C}$ .  $C = \text{const}$  cho một loại cặp nhiệt điện. Như vậy, bằng cách đo giá trị  $E_t$ , có thể đo được nhiệt độ tại nơi mối tiếp xúc với môi trường đo. Các cặp nhiệt điện phổ biến được giới thiệu trong bảng 2.

Bảng 20.2

LOẠI TYPE	HỢP KIM ALLOY	NHIỆT ĐỘ CỰC ĐẠI [ $^\circ\text{C}$ ]	SUẤT NHIỆT ĐỘNG [ $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ] ở $20^\circ\text{C}$	THẾ RA mV		
				$100^\circ\text{C}$	$400^\circ\text{C}$	$1000^\circ\text{C}$
J	Iron-Constantan	760	51,45	5,268	21.846	-
K	Chromel-Alumel	1370	40.28	4.095	16.395	41.269
T	Copper-Constantan	400	40.28	4.227	20.869	-
E	Chromel- Constantan	1000	60.48	6.317	28.943	76.358
S	Platinum-90%Pt 10% Rh	1750	5.88	0.645	3,260	9.585
R	Platinum-87%Pt 13% Rh	1750	5.80	0.647	3.407	10.503
B	94% Pt 6% Rh - 70% Pt 30% Rh-	1800	0.00	0.033	0.768	4.833

#### D.1.2.4. Cảm biến nhiệt bán dẫn

Nguyên tắc hoạt động của cảm biến dựa trên sự phụ thuộc của dòng qua lớp tiếp xúc bán dẫn PN vào nhiệt độ.

Đối với lớp tiếp xúc PN dẫn dòng không đổi  $I$  :

$$I(U) = I_0 (e^{qU/kT} - 1) \quad (20.4)$$

Trong công thức trên, nhiệt độ  $T$  là thừa số mũ.

Tuy nhiên, dòng  $I_0$  bão hòa của diode mắc phân cực ngược (Zener) cũng tồn tại mối quan hệ theo hàm mũ theo nhiệt độ, vì vậy, tổng hợp cả hai mối quan hệ hàm mũ trên, ta có mối quan hệ tuyến tính giữa sụt thế trên diode dẫn dòng  $I$  và nhiệt độ :

$$\Delta U = E_g/q - 4.6kT/q (\ln M - \ln I) \quad (20.5)$$

Trong đó :

$I_0$  là dòng bão hòa của diode phân cực ngược (dòng qua Zener ổn áp).

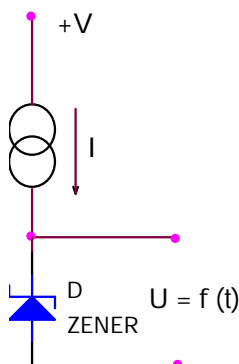
$q$  : điện tích của electron  $= 1.60 \cdot 10^{-19}$  As.

$k$  : hằng số Boltzman  $= 1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K.

$E_g$  : là độ rộng vùng cấm  $= 1.12$  eV đối với Silicon.

$M$  là hệ số.

Cảm biến nhiệt bán dẫn là dụng cụ có độ tuyến tính cao, khoảng nhiệt độ làm việc giới hạn  $(40 - +400)^{\circ}\text{K}$  tương ứng  $(- 233^{\circ}\text{C} - +127)^{\circ}\text{C}$ . Linh kiện LM334, LM335 là linh kiện tạo dòng chuẩn điều chỉnh được. Sơ đồ nối cảm biến (hình 4) có đặc điểm cho thấy tỷ lệ tuyến tính với nhiệt độ  $\sim 10\text{mV} / ^{\circ}\text{K}$  (ở  $0^{\circ}\text{K}$ - thể ra  $=0$ ). Vì vậy có thể sử dụng LM335 như một cảm biến nhiệt độ.



Hình 20.5: Sơ đồ nối cảm biến bán dẫn

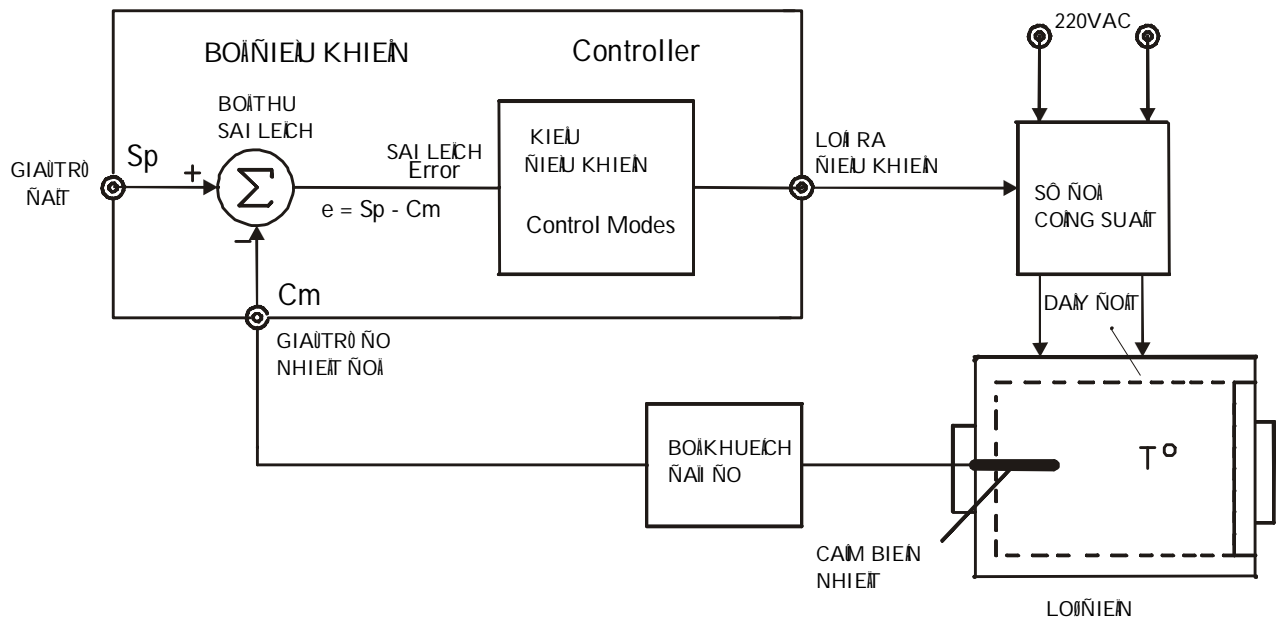
#### D.1.3. Thiết bị điều khiển nhiệt độ

##### D.1.3.1. Nguyên tắc điều khiển

Hệ thống điều khiển nhiệt độ theo vòng kín, bao gồm hệ điều khiển gia công nhiệt theo giá trị đặt và nhánh phản hồi âm nhận thông số ra để đưa ngược trở lại lối vào bộ điều khiển (hình 20.6).

Giá trị đặt SP thường là điện thế hoặc dòng lấy từ biến trở, được đưa vào bộ điều khiển để định nhiệt độ điều khiển.

Giá trị nhiệt độ đo  $C_m$  nhận từ cảm biến nhiệt sau khi được khuếch đại để phù hợp khoảng làm việc với giá trị đặt, là giá trị phản hồi âm.



Hình 20.6: Sơ đồ khối hệ điều nhiệt

Bộ điều khiển thực hiện việc so sánh tín hiệu đặt và tín hiệu đo (phản hồi), trong đó:

$$\text{Giá trị sai lệch} = \text{Giá trị đặt} - \text{Giá trị đo nhiệt độ} : e = SP - Cm.$$

Căn cứ vào độ lớn và dấu của giá trị sai lệch, bộ điều khiển sẽ hình thành tín hiệu tương ứng để điều khiển bộ công suất đốt lò.

Quá trình điều nhiệt cho lò điện là một quá trình liên tục. Khi lò điện được cấp điện, nhiệt độ trong lò bắt đầu tăng. Cảm biến nhiệt sẽ theo dõi và biến đổi nhiệt độ thành tín hiệu điện, gửi về bộ điều khiển. Bộ điều khiển sẽ khuếch đại tín hiệu, so sánh giá trị đo  $Cm$  với giá trị đặt  $SP$ . Nếu giá trị đo nhỏ hơn giá trị đặt ( $e > 0$ ), chứng tỏ giá trị nhiệt độ đo được thấp hơn giá trị đặt, thiết bị sẽ điều khiển tiếp tục đốt lò. Nếu giá trị đo đạt giá trị đặt hoặc lớn hơn ( $e < 0$ ), chứng tỏ giá trị đo nhiệt độ của lò lớn hơn giá trị đặt, thiết bị sẽ điều khiển giảm đốt và ngừng đốt lò. Khi nhiệt độ lò giảm do ngưng đốt, điện thế đo sẽ dần giảm thấp hơn thế đặt, hệ thống lại điều khiển tăng đốt lò. Kết quả là nhiệt độ lò được điều khiển dao động quanh giá trị đặt. Độ chính xác điều khiển chính là giá trị thay đổi của nhiệt độ lò quanh giá trị đặt.

Sự mất nhiệt của một hệ thống điều khiển nhiệt bao gồm :

- Mất nhiệt do truyền cho vật liệu gia công nhiệt
- Mất nhiệt do truyền qua môi trường xung quanh.

Do vậy hệ thống phải điều khiển bù nhiệt kịp thời sao cho đường đặc trưng nhiệt theo thời gian là ổn định nhất. Việc lựa chọn kiểu điều khiển thích hợp tùy thuộc vào quy trình công nghệ gia công nhiệt cụ thể.

Ví dụ trong lò kín chứa vật chất cần gia nhiệt, quá trình gia nhiệt là đơn điệu và dễ điều khiển ổn định nhất. Đối với hệ hở, ví dụ băng tải đưa vật chất chạy liên tục qua vùng gia công nhiệt, hoặc gián đoạn khi đùn ép nhựa 1 sản phẩm, quá trình gia công nhiệt phức tạp hơn.

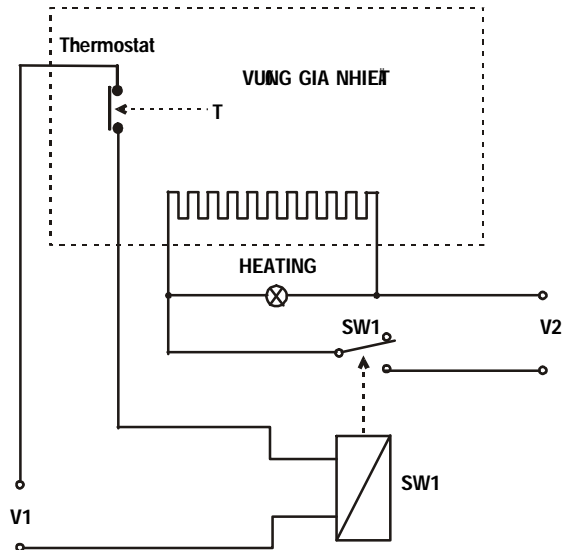
### D.1.3.1. Các kiểu điều khiển

#### D.1.3.1.1. Điều khiển kiểu đóng – ngắt (ON-OFF)

Khảo sát ví dụ hệ thống điều nhiệt đơn giản nhất cho lò điện gồm rơ le nhiệt (thermostat) và khởi động từ (hình 20.7). Điện thế  $V2$  cấp cho dây đốt lò điện được cấp qua khởi động từ  $SW1$ . Khi

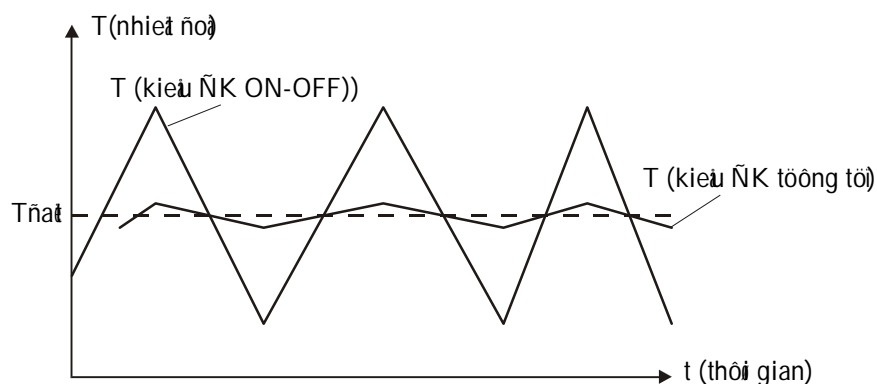
khởi động từ đóng, lò được cấp điện và khi khởi động từ ngắt, lò được ngắt điện. Cuộn điều khiển của khởi động từ được cấp điện V1 qua tiếp điểm của Rơ le nhiệt đặt trong lò (thực tế thường sử dụng 1 nguồn V(~220VAC) chung cho V1 và V2).

Trong quá trình điều khiển nhiệt, rơ le nhiệt sẽ đóng ngắt khi nhiệt độ lò thấp hoặc lớn hơn giá trị đặt. Do đó, làm đóng hoặc ngắt tương ứng khởi động từ để cấp hoặc ngắt điện cho dây đốt lò. Hệ điều khiển này thuộc kiểu đóng - ngắt (ON-OFF).



Hình 20.7: Điều khiển nhiệt kiểu đóng - ngắt (ON-OFF) với Thermostat

Do quán tính của quá trình nhiệt, khi cắt điện đốt lò, nhiệt độ điều khiển vẫn còn tăng thêm một giá trị nào đó và khi đóng điện, nhiệt độ vẫn còn giảm (hình 20.8). Nhiệt độ của lò có sự thăng giáng quanh giá trị trung bình. Sự thăng giáng này tăng lên khi sự mất nhiệt tăng. Phương pháp điều khiển ON-OFF có độ thăng giáng nhiệt độ điều khiển ~từ vài đến 10 % tùy thuộc vào sự mất nhiệt.



Hình 20.8: Diễn biến nhiệt độ của lò theo thời gian điều khiển

#### D.1.3.1.2. Điều khiển kiểu tương tự

Khác với nguyên tắc điều khiển đóng ngắt lò điện qua khởi động từ (kiểu ON-OFF), hệ thống điều khiển nhiệt điện tử cho phép điều khiển liên tục quá trình đốt lò thông qua khoá điện tử. Như vậy lò được điều khiển đốt bằng các xung điện, có chu kỳ điều khiển được, tùy thuộc vào trạng thái nhiệt của lò. Nếu lò chưa đủ nhiệt độ đặt, chu kỳ xung đốt sẽ ngắn. Nếu lò có nhiệt độ tiến tới gần nhiệt độ đặt, chu kỳ đốt sẽ thưa dần. Trong trạng thái dừng, ở nhiệt độ lò bằng nhiệt độ đặt, thiết bị sẽ điều khiển cung cấp cho lò lượng nhiệt chính bằng lượng nhiệt thất thoát (do có truyền nhiệt ra môi trường, do mất nhiệt khi sử dụng lò để gia công sản phẩm).

Có thể thấy nguyên tắc điều khiển này thuộc kiểu PID trong đó chứa các kiểu điều khiển :

- Tác động điều khiển tỷ lệ với sai lệch nhiệt độ (P).
- Tác động điều khiển liên tục khi có sai lệch nhiệt độ (I).
- Tác động điều khiển tỷ lệ với tốc độ sai lệch nhiệt độ (D).

Do vậy, phương pháp điều nhiệt này có độ chính xác cao (~ 1%) so với phương pháp điều khiển ON-OFF (hình 20.8).

Trên hình 20.9 mô tả sơ đồ khối chi tiết của một bộ điều khiển kiểu tương tự

Hệ điều khiển nhiệt bao gồm các mảng chức năng :

- Cảm biến nhiệt loại cặp nhiệt điện (Thermocouple) : kiểu J hoặc K , có thông số kỹ thuật cho trong bảng 3.
- Bộ khuếch đại thể đo trên IC A1. Biến trở P2: OFFSET- MEAS. cho phép chỉnh điểm "0" của thang đo và biến trở P1: GAIN- MEAS. cho phép chỉnh hệ số khuếch đại của bộ đo. Bộ khuếch đại thể đo cho giá trị thể ra (Cm) âm.
- Bộ khuếch đại thể đặt (SP) trên IC A2. Biến trở P4: OFFSET- SET. cho phép chỉnh điểm "0" của thang đặt và biến trở P5: GAIN- SET. cho phép chỉnh hệ số khuếch đại của thang đặt. Biến trở đặt P3: SETPOT sử dụng để đặt nhiệt độ lò sau khi đã chuẩn nhiệt. Bộ khuếch đại thể đặt cho giá trị thể ra(SP) âm.
- Bộ đo nhiệt độ là bộ đo thể hiện số (Digital Voltmeter), xây dựng trên ADC 10 bits, cho phép chỉ thị trên LED 7 đoạn với  $3^{1/2}$  số hạng (Digits), cho phép chỉ thị nhiệt độ tới 1999<sup>oC</sup>.
- Bộ đo có thể đo nhiệt độ của lò hoặc nhiệt độ đặt, tùy thuộc vào vị trí công tắc SW1 - MEAS. hoặc SET.
- Bộ khuếch đại giá trị sai lệch (e) trên IC A3, cho phép khuếch đại hiệu số giữa thể đặt SP và thể đo Cm để hình thành tín hiệu điều khiển phần công suất.

Thể ra của bộ khuếch đại giá trị sai lệch = k.e = k ( SP - Cm). Trong đó giá trị k có thể chỉnh nhờ P6 - Dải tỷ lệ - PROP. BAND.

Giả sử nhiệt độ lò cao hơn nhiệt độ đặt, thể ra của bộ khuếch đại đo A1 tác động vào lối vào dương A3, sẽ âm hơn thể ra từ bộ khuếch đại đặt A2. Bộ khuếch đại giá trị sai lệch A3 sẽ tạo thể âm lối ra, qua A4, làm cấm Q3, ngắt tín hiệu kích Triac TR1, làm ngừng đốt lò.

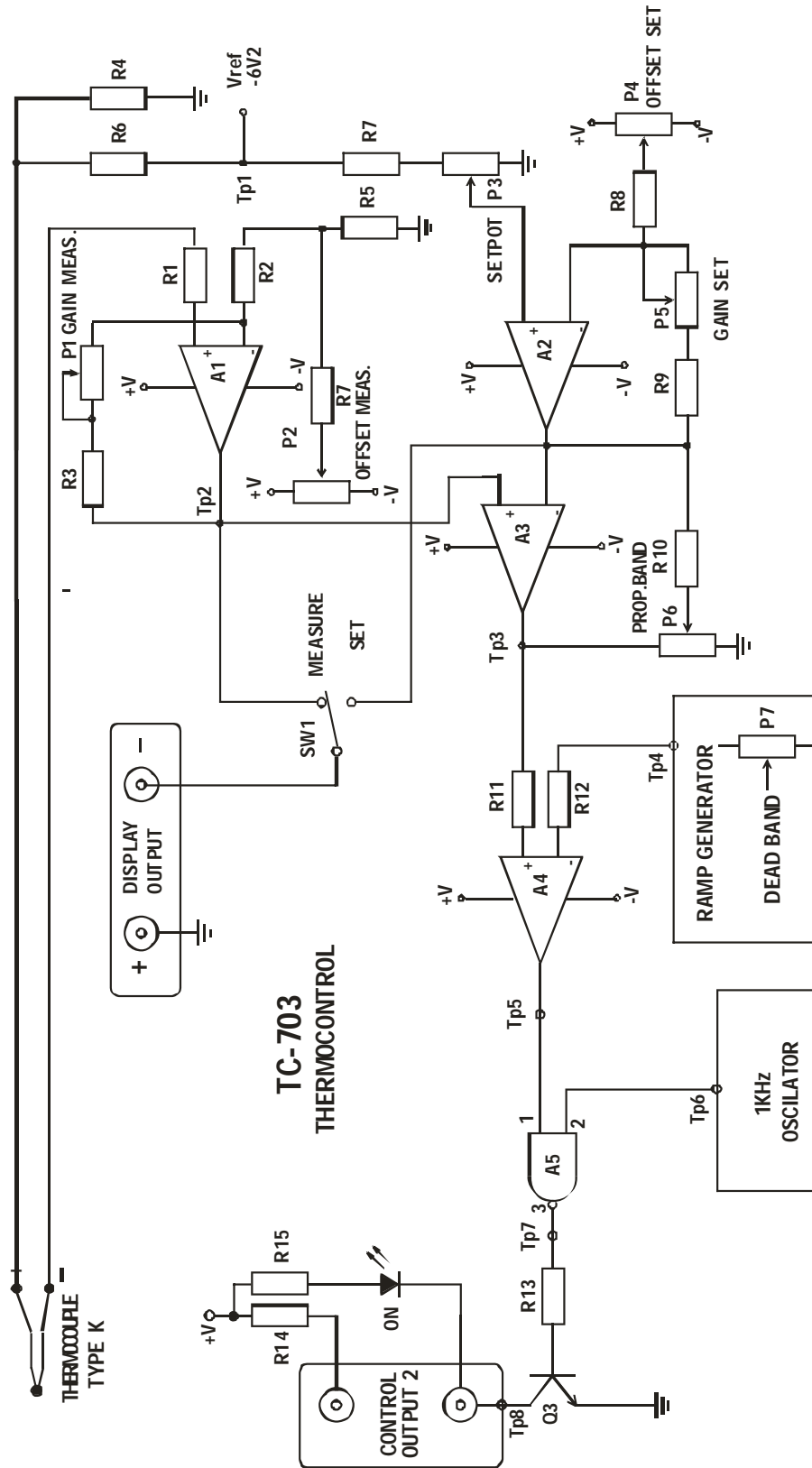
Giả sử nhiệt độ lò thấp hơn nhiệt độ đặt, thể ra của bộ khuếch đại đo A1 tác động vào lối vào dương A3, sẽ ít âm hơn thể ra từ bộ khuếch đại đặt A2. Bộ khuếch đại giá trị sai lệch A3 sẽ cho ra thể dương , qua A4-A, cho phép mở Q3, tạo tín hiệu kích Triac TR1 dẫn, thực hiện cấp điện cho lò.

Việc điều khiển đốt lò được đồng bộ bởi các máy phát xung. Máy phát xung đa hài tần số 1kHz cho phép biến đổi thể điều khiển từ lối ra A3, A4 thành chuỗi xung 1kHz tác động qua Q3 (hình 9) để kích dẫn TR1 qua biến thể cách ly.

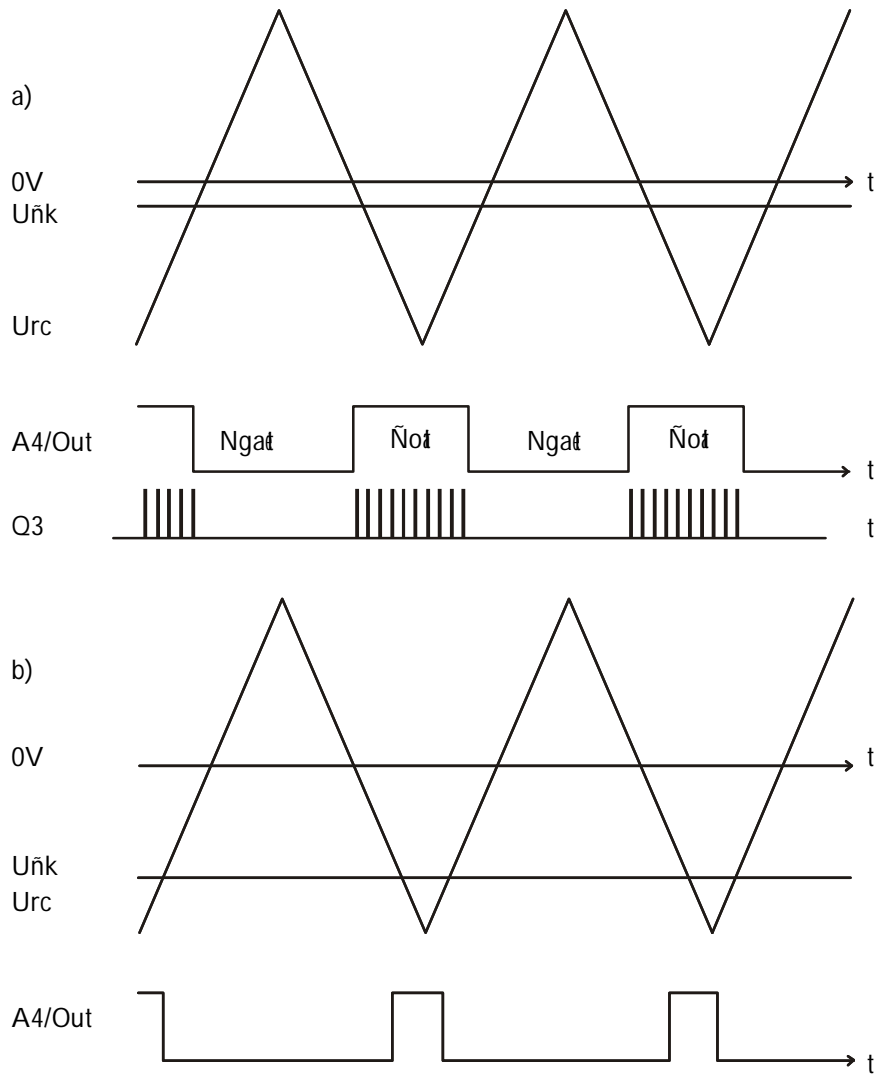
Máy phát xung răng cưa đối xứng với tần số thấp (~ 10sec) , tác động vào lối vào âm A4, biến đổi thể điều khiển từ lối ra A3 thành các xung.

Sơ đồ A4 chịu tác động của thể điều khiển (Lối vào +) và thể răng cưa đồng bộ ( lối vào - . Do vậy ở lối ra A4 sẽ có xung dương tại những thời điểm xung răng cưa thấp hơn thể điều khiển k.e và xung âm khi xung răng cưa cao hơn thể điều khiển k.e (hình 20.10).





Hình 20.9: Sơ đồ khối chi tiết của một bộ điều khiển nhiệt độ kiểu tương tự



Hình 20.10: Giản đồ xung điều khiển cho sơ đồ hình 20.9

Từ giản đồ xung hình 20.10, rõ ràng khi nhiệt độ lò còn thấp, thế điều khiển  $U_{đk} = k.e$  có giá trị âm nhỏ (hình 20.10a), Độ rộng của xung điều khiển ở lối ra A4 sẽ rộng, cho phép đốt lò mạnh hơn. Ngược lại, khi nhiệt độ lò đã đủ cao, thế điều khiển  $U_{đk}$  có giá trị âm lớn, Độ rộng của xung điều khiển ở lối ra A4-A sẽ hẹp, cho phép đốt yếu đi.

Biến trở P7: DEAD BAND cho phép dịch đường cơ bản của máy phát xung răng cưa. Nhờ vậy có thể nâng hay hạ đường gốc cơ bản của thế răng cưa, làm thay đổi thời gian dừng nghỉ giữa các chu trình đốt lò.

Với cấu trúc trên, hệ thống cho phép điều khiển mịn chế độ nhiệt của lò điện và tiết kiệm năng lượng.

Chức năng điều khiển PID được thực hiện trên A3-A4 và máy phát răng cưa. Bộ khuếch đại A3 cho phép điều khiển tỷ lệ với biến trở P6 để chọn khoảng tỷ lệ. Việc so sánh tín hiệu đo nhiệt độ với tín hiệu răng cưa cho phép xác định vận tốc tăng hay giảm nhiệt, do đó sẽ điều khiển nhịp đốt lò gia - giảm tương ứng.

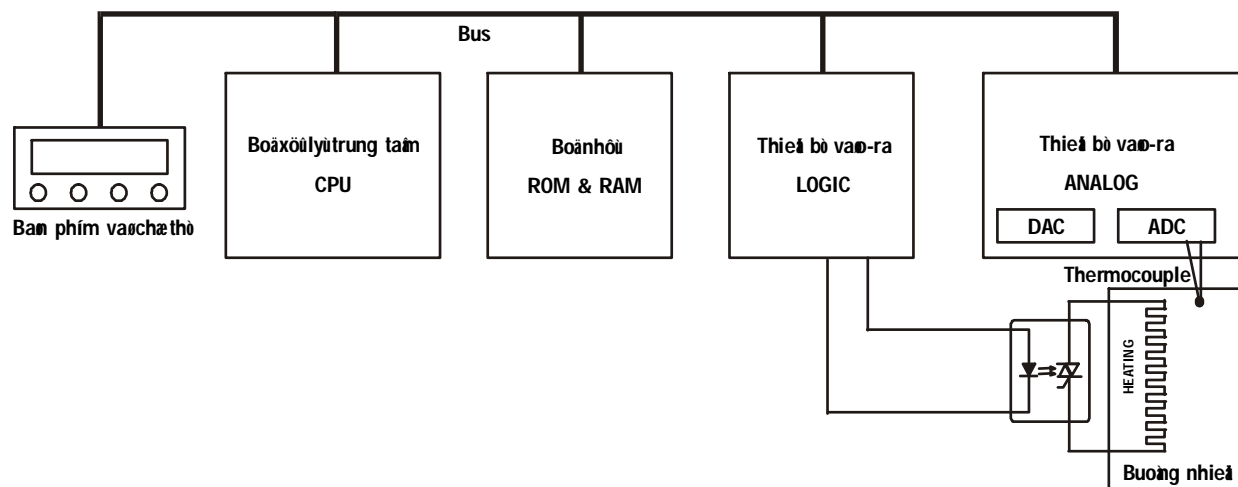
#### D.1.3.1.2. Điều khiển số với bộ vi xử lý

Hệ điều khiển số sử dụng bộ vi xử lý có cấu trúc hoàn toàn khác với hệ thống điều khiển tương tự được mô tả ở trên.

Thiết bị điều khiển trung tâm bao gồm bộ vi xử lý (CPU), bộ nhớ dữ liệu và chương trình (ROM-RAM), thiết bị vào ra (hình 20.11). Toàn bộ hoạt động của hệ thống được CPU điều khiển theo chương trình ghi trong bộ nhớ (ROM).

Cảm biến đo nhiệt độ được nối với bộ biến đổi tương tự số (ADC) trong khối vào/ra tương tự. Giá trị nhiệt độ sẽ được ADC biến đổi thành mã số và ghi nhận vào bộ nhớ RAM. CPU sẽ so sánh giá trị số này với giá trị số đặt từ bàn phím, xử lý kết quả và tạo tín hiệu số thay đổi độ rộng điều khiển phần công suất đốt lò.

Kiểu điều khiển (PID) có thể lựa chọn bằng phần mềm.



Hình 20.11. Hệ điều khiển nhiệt kỹ thuật số

#### D.1.4. Bộ điều khiển nhiệt độ AX Series

Bộ điều khiển nhiệt độ AX4 sử dụng cho thí nghiệm có cấu trúc vi xử lý (hình 20.12)



Hình 20:12. Bộ điều khiển AX4

**Thiết bị có các tính năng sau:**

Các lối ra điều khiển: 4 – 20 mA, Role2 và Role3

Các lối vào:

- Tương thích với các cảm biến nhiệt: Cặp nhiệt điện (K, J, IEC584-1), Nhiệt điện trở RTD (PT100Ω, IEC751)
- Thời gian lấy mẫu đầu vào: 0.1s
- Trở kháng đầu vào :  $\leq 1 \text{ M}\Omega$
- Điện trở dây dẫn đầu vào cho phép : Điện trở 3 dây dẫn phải bằng nhau và  $\leq 10 \Omega$  /1 dây dẫn (RTD)
- Điện áp vào cho phép : 10 Vdc

**• Đặc tính kỹ thuật**

Độ chính xác hiển thị	$\pm 0.3 \%$
Độ phân giải đầu vào	Cặp nhiệt ngẫu : 0.1 °C (K2, J), 0.5 °C (K1)
	Nhiệt điện trở RTD : 0.03 °C (0.1 °F)
Điện trở cách điện	$\geq 20 \text{ M}\Omega$ , 500 Vdc
Độ bền cách điện	Cách điện chịu được điện áp 2300 Vac, 50/60 Hz trong 1 phút

**• Mã và dải đầu vào**

Đầu vào	Mã	Loại đầu vào	Khoảng nhiệt độ	
			Độ C (°C)	Độ F (°F)
Cặp nhiệt ngẫu	E1	K	-100 ~ 1200 °C	-148 ~ 2192 °F
	E2		-100.0 ~ 500.0 °C	-148 ~ 932 °F
	J	J	-100.0 ~ 500.0 °C	-148 ~ 932 °F
RTD	PT	Pt100 Ω	-100.0 ~ 400.0 °C	-148.0 ~ 752.0 °F

**• Đầu ra và các chức năng điều khiển**

- Chương trình điều khiển: PID, P, ON/OFF.
- Tự động dò tham số (Auto-tuning): Chương trình điều khiển PID có chức năng dò tham số (P, I, D) tự động.
- Điều khiển ON/OFF: Khi PV > SV, bộ điều khiển xuất đầu ra 0% (đầu ra OFF). Khi PV < SV, bộ điều khiển xuất đầu ra 100% (đầu ra ON). (Chỉ đúng khi lượng trễ điều khiển bằng 0).
- Đặt lại bằng tay: Người sử dụng có thể cài đặt lại giá trị đầu ra trong khoảng từ 0% đến 100%.
- Lựa chọn hướng điều khiển đầu ra: Tác động thuận/Tác động ngược (tùy theo mục đích điều khiển làm nóng/làm lạnh).
- Đầu ra điều khiển: Đầu ra role/đầu ra xung áp (SSR)/đầu ra dòng (4 – 20 mA)

Rơ le	Tiếp điểm 3A 240Vac, 3A 30Vdc	
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Có thể chọn tối đa 3 đầu ra rơ le (RLY1) Role</li><li>- Hai đầu ra cảnh báo (AL1, AL2) và đầu ra LBA có thể được cài đặt bằng 1 trong các đầu ra RLY1, RLY2, RLY3</li></ul>	
S.S.R	CYC	Xung áp 12 – 15 Vdc (điện trở tải $\geq 600\Omega$ )
	PHA	
4 – 20 mA	Độ chính xác : 0.5%, Chênh lệch đỉnh $V_{p-p} \leq 0.3\%$ , Điện trở tải $\leq 600\Omega$	

• **Các thông số kỹ thuật**

Điện áp nguồn: 100 – 240 Vac 50/60 Hz

Dao động điện áp:  $\pm 10\%$  điện áp nguồn cấp

Công suất tiêu thụ:  $\leq 5.5$  VA





Nhiệt độ môi trường:  $-5 \sim 50$  °C

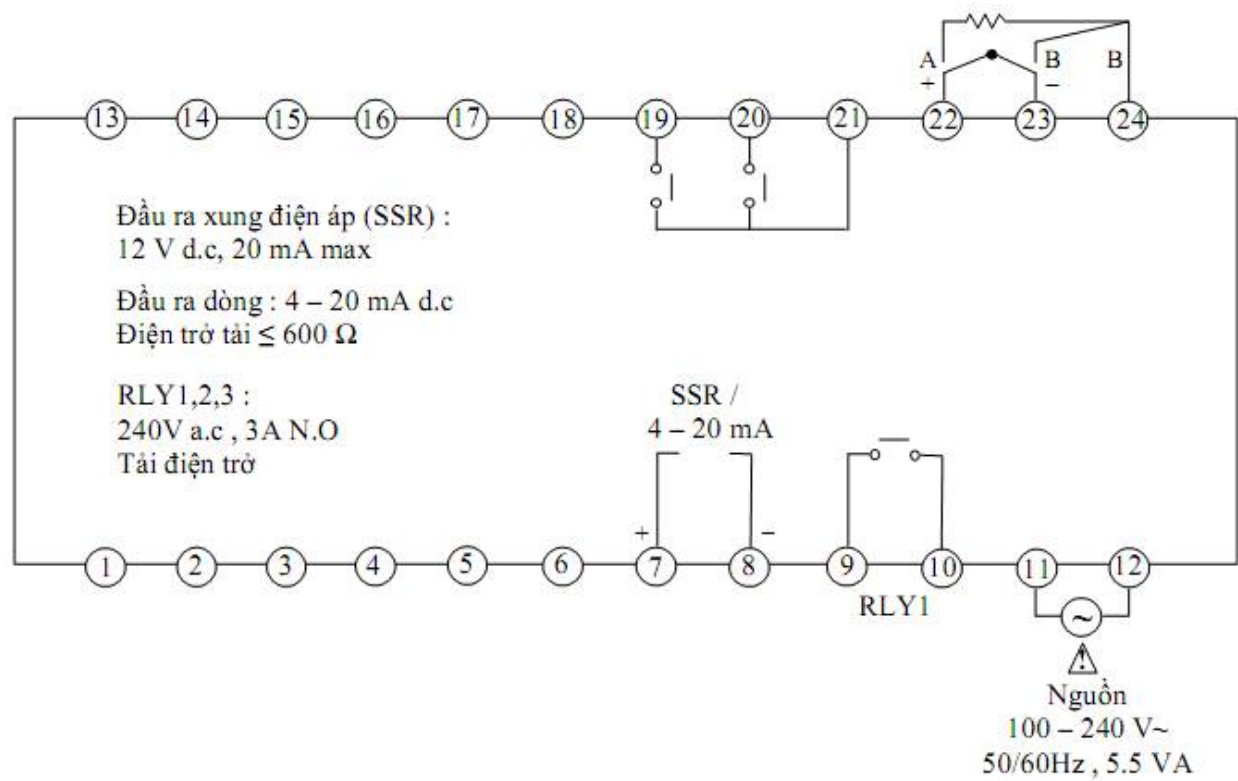
Độ ẩm môi trường: 35 ~ 80 % (Với điều kiện không ngưng tụ sương)

Chịu rung: 10 – 55 Hz, 0.75 mm, theo các hướng X, Y, Z trong tối đa 2 giờ

Chịu va đập:  $\leq 300$  m/s<sup>2</sup>

• **Mô tả mặt máy và ký hiệu**

STT	Model		Giải thích
1	Giá trị thực (PV)		Hiển thị giá trị nhiệt độ tức thời trên màn hình điều khiển
2	Giá trị đặt (SV)		Hiển thị giá trị nhiệt độ đặt trên màn hình điều khiển
3		Phím lên	Thay đổi màn hình điều khiển, tăng giá trị đặt, chuyển tới chế độ cài đặt tham số
4		Phím xuống	Giảm giá trị đặt, chuyển tới chế độ cài đặt tham số
5		Phím chuyển	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chuyển tới cài đặt các chữ số của từng tham số</li> <li>- Chuyển giữa các chế độ cài đặt và chế độ điều khiển</li> </ul>
6		Phím chọn chế độ	Chuyển giữa các chế độ cài đặt và chế độ điều khiển
7	AT	Các đèn báo điều khiển	Đèn ON khi bộ điều khiển PID đặt ở chế độ dò tự động
	OUT		Đèn ON khi bộ điều khiển xuất đầu ra
	AL1		Đèn ON khi xuất cảnh báo Alarm1
	AL2		Đèn ON khi xuất cảnh báo Alarm2
	LBA		Đèn ON khi



Hình 20.13: Sơ đồ đấu dây cho Bộ điều khiển AX4



## D.2. THỰC HÀNH

### D.2.1. Thực hành cài đặt thông số và vận hành bộ điều khiển AX4

- Giải thích các ký tự trên màn chỉ thị bộ điều khiển

Kí tự	Tên tham số	Giải thích	Trạng thái hiển thị	Giá trị mặc định
$S_u$	Nhiệt độ đặt	EU 0 ~ 100 %	Luôn hiển thị	EU 0 %
$RL1L$	Cảnh báo 1 mức thấp	EU 0 ~ 100 % hoặc EUS 0 ~ 100 % (Đơn vị nhiệt độ)	Khi RLYn, ALn = ON	EU 0 %
$RL1H$	Cảnh báo 1 mức cao			EU 100%
$RLdb$	Dải chết cảnh báo 1			EUS 0 %
$RL2L$	Cảnh báo 2 mức thấp			EU 0 %
$RL2H$	Cảnh báo 2 mức cao			EU 100%
$R2db$	Dải chết cảnh báo 2			EUS 0 %
$LbA.t$	Thời gian LBA	0 ~ 7200	Khi LBA = ON (RLYn)	480
$LbA.v$	Nhiệt độ LBA	0 ~ 100 °C (°F)		2
$LbA.d$	Dải chết LBA	0 ~ 100 °C (°F)		2
$LoC$	Khóa phím	$\overline{0}$ : Không có chức năng khóa $1$ : Khóa chế độ cài đặt điều khiển và chế độ dò tự động $2$ : Khóa chế độ cài đặt điều khiển và chế độ cài đặt người sử dụng	Luôn hiển thị	0

Ký hiệu	Tên tham số	Giải thích	Trạng thái hiển thị	Giá trị mặc định
$inP$	Chọn đầu vào	$\overline{K1}$ : Can nhiệt K $\overline{K2}$ : Can nhiệt K $\overline{J}$ : Can nhiệt J $\overline{Pt100}$ : Can nhiệt Pt 100	Luôn hiển thị	$\overline{K1}$
$Unit$	Đơn vị nhiệt độ	Chọn °C / °F	Luôn hiển thị	$^{\circ}C$
$dP$	Dấu thập phân	ON / OFF	Chọn dấu thập phân	$on$
$b1RS$	Bù nhiệt độ đầu vào	-100 ~ 100	Luôn hiển thị	$0$
$FILt$	Thời gian lọc đầu vào	0 ~ 120 giây	Luôn hiển thị	$0$
$SLH$	Giới hạn trên	EU 0 ~ 100 %	Luôn hiển thị	$1200$
$SLL$	Giới hạn dưới	EU 0 ~ 100 %	Luôn hiển thị	$-100$
$oCbr$	Chọn đầu ra điều khiển	$\overline{SSr}$ : Đầu ra xung áp $\overline{rLY}$ : Đầu ra rơle	Khi chọn đầu ra 1/2	$\overline{SSr}$
$SSr.t$	Loại đầu ra xung	$\overline{CYC}$ : Điều khiển ý lệ chu kỳ xung $\overline{PHA}$ : Điều khiển pha	Khi chọn đầu ra SSR	$\overline{CYC}$

<i>Etrd</i>	Tác động đầu ra điều khiển	<i>rEu</i> : Gia nhiệt <i>dIr</i> : Làm lạnh	Luôn hiển thị	<i>rEu</i>
<i>Etrn</i>	Chế độ điều khiển	<i>PId</i> : Điều khiển PID <i>P</i> : Điều khiển tỷ lệ <i>onof</i> : Điều khiển ON / OFF	Luôn hiển thị	<i>PId</i>
<i>Pb</i>	Hệ số tỷ lệ	1 (0.1) ~ EUS 100 %	Khi không ở chế độ ON/OFF	30
<i>I</i>	Thời gian tích phân	0 ~ 3600 giây	Điều khiển PID	240
<i>d</i>	Thời gian vi phân	0 ~ 3600 giây	Điều khiển PID	60
<i>nr</i>	Đặt lại bằng tay	0.0 ~ 100.0 %	Điều khiển P	50.0
<i>HYS</i>	Lượng bù điều khiển	EUS 0 ~ 100 % (Đơn vị nhiệt độ)	Điều khiển ON/OFF	2
<i>Po</i>	Đầu ra khi lỗi đầu vào	0 ~ 100 %	Luôn hiển thị	0.0
<i>rLY1</i>	Chức năng role1	<i>non</i> : Không sử dụng <i>AL1</i> : Cảnh báo 1 <i>AL2</i> : Cảnh báo 2 <i>LbA</i> : LBA	Khi chọn đầu ra 1 hoặc 2 và <i>oEtr</i> ≠ RLY	<i>non</i>
<i>rLY2</i>	Chức năng role2		Luôn hiển thị	<i>AL1</i>
<i>rLY3</i>	Chức năng role3		Luôn hiển thị	<i>AL2</i>

<i>AL.nd</i>	Chế độ cảnh báo 1 (2)	<i>non</i> : Không sử dụng ---[ : Cảnh báo mức cao	Khi AL1 hoặc AL2 được cài đặt 1 trong các đầu vào RLY1, RLY2, RLY3	---[
<i>AL.nd</i>	Chế độ cảnh báo 2 (1)	]--- : Cảnh báo mức thấp -[ ]- : Cảnh báo trong ]--[ : Cảnh báo ngoài		]---
<i>AL.ty</i>	Loại cảnh báo 1	<i>AbS</i> : Cảnh báo tuyệt đối		<i>AbS</i>
<i>AL.ty</i>	Loại cảnh báo 2	<i>dEu</i> : Cảnh báo phân tán		<i>AbS</i>
<i>AL.Hd</i>	Chế độ chờ cảnh báo 1	<i>oFF</i> : OFF		<i>oFF</i>
<i>AL.Hd</i>	Chế độ chờ cảnh báo 2	<i>on</i> : ON		<i>oFF</i>
<i>AL.dy</i>	Thời gian trễ cảnh báo 1	0 ~ 9999 giây		0
<i>AL.dy</i>	Thời gian trễ cảnh báo 2			0
<i>AL.oH</i>	Khóa đầu ra cảnh báo 1	<i>oFF</i> : OFF		<i>oFF</i>
<i>AL.oH</i>	Khóa đầu ra cảnh báo 2	<i>on</i> : ON		<i>oFF</i>

### • Chế độ cài đặt

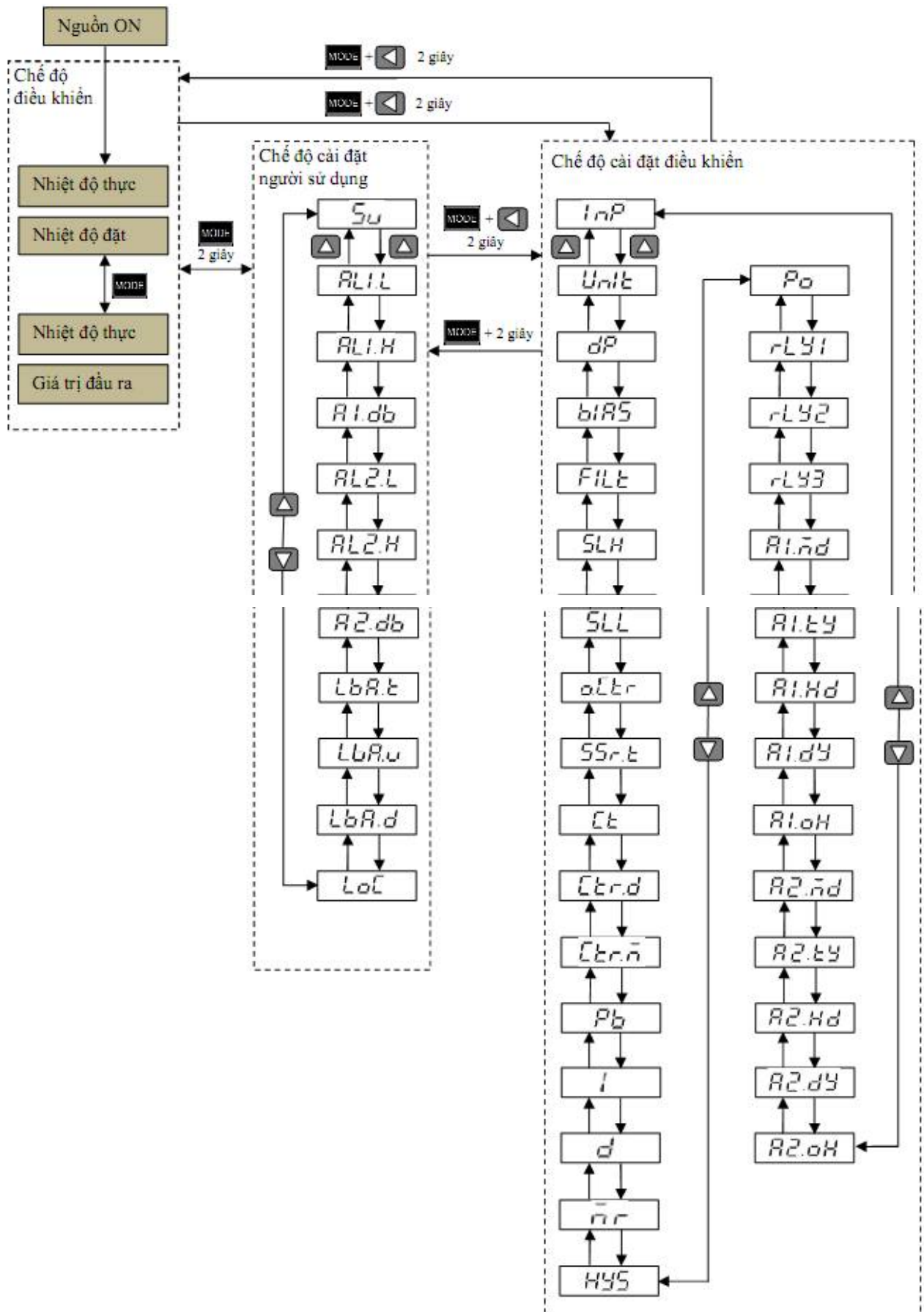
Để dễ dàng cho việc cài đặt và sử dụng, khối tham số bộ điều khiển được chia làm 2 vùng cài đặt tương ứng là chế độ cài đặt người sử dụng và chế độ cài đặt điều khiển.

Chế độ cài đặt người sử dụng là chế độ cài đặt mà các tham số được đặt, thay đổi theo thói quen và mong muốn của người sử dụng gồm cài đặt các cảnh báo và cài đặt cảnh báo lỗi chu trình (L.B.A).

Sau khi đấu nối và cấp nguồn, màn hình điều khiển sẽ hiển thị nhiệt độ thực.

### • Giảm đồ sử dụng các phím và chọn chế độ và thông số để cài đặt






Thông thường bộ điều khiển nhiệt độ điều chỉnh nhiệt độ theo nguyên lý điều khiển PID sử dụng bộ điều khiển PI. Mặc dù vậy đối với 1 số ứng dụng như : điều khiển nhiệt độ tủ lạnh, điều khiển quạt gió, van điện từ,...thường sử dụng nguyên lý điều khiển ON/OFF. Chuyển bộ điều khiển sang chế độ điều khiển ON/OFF bằng cách cài đặt tham số  $\text{Ctrn}$ . Trong chế độ này tham số xuất hiện thêm 1 tham số **HYS**, tham số này được đặt bằng phần trăm nhiệt độ thực tế để quy định độ trễ mà tác động ON/OFF diễn ra khi nhiệt độ đạt tới nhiệt độ đặt.

- **Lựa chọn cảm biến nhiệt cho bài thí nghiệm:**

Trong bài thí nghiệm sử dụng cảm biến nhiệt RTD.

Sử dụng bàn phím nhấn **MODE** và  trong 2 giây để vào chế độ cài đặt điều khiển, chọn **InP**, và chọn **Pt**, sau đó nhấn **MODE** để trở về Menu chính.

- **Lựa chọn đầu ra điều khiển**

- Chọn đầu ra điều khiển ra rơ le 2 (Control Out 1) hoặc rơ le 3 (Control Out 3) chọn **oCtr** và **rLY**.

- **Lựa chọn chu kỳ điều khiển**

- Chọn **Ct** và giá trị số (0~1000s) - mặc định là 2 s

- **Lựa chọn tác động điều khiển ra: làm nóng/làm lạnh**

- Chọn **Ctrd** và **rEu**

- **Lựa chọn kiểu điều khiển**

- Chọn **Ctr.n** và **onoF**

- **Các lựa chọn khác sử dụng lối ra tương tự cho S.S.R - tùy người sử dụng**

+ Chức năng tự động dò tham số PID (A.T)

Chức năng dò tự động sẽ tính toán và tự động cài đặt giá trị tối ưu các tham số bộ điều khiển PID. Sau khi đồng hồ nhiệt độ được bật nguồn, kết nối bộ điều khiển với các cảm biến, ấn giữ đồng thời các phím **MODE** và  $\Delta$  trong 2s để bắt đầu chế độ dò tự động. Khi các tham số được dò xong, chức năng dò tự động sẽ tự động kết thúc.

+ Hiện thị **boUt**

Khi có lỗi xảy ra ở đầu vào: cảm biến không phù hợp hoặc vượt dải nhiệt độ cho phép thì lỗi **boUt** sẽ hiện thị trên màn hình hiển thị nhiệt độ thực.

+ Các cảnh báo

- Sử dụng cảnh báo

AX series cung cấp 2 cảnh báo độc lập nhau (AL1 và AL2). Hai cảnh báo này có thể được cài đặt tương ứng với 2 trong 3 đầu ra rơ le RLY1, RLY2, RLY3. Nếu các cảnh báo không được cài đặt thì các tham số liên quan đến cảnh báo sẽ không hiển thị.

- Chức năng giữ cảnh báo

Nếu không cài đặt chế độ chờ thì khi cấp nguồn bộ điều khiển sẽ ngay lập tức xuất đầu ra cảnh báo mức thấp (LOW) khi nhiệt độ bắt đầu tăng đến nhiệt độ môi trường. Vì vậy để đầu ra cảnh báo mức thấp không ON từ khi cấp nguồn đến khi đạt đến nhiệt độ đặt, cần cài đặt chức năng chờ tác

động ( $An.HD = ON$ ).

- Khóa đầu ra cảnh báo

Nếu **An.OH** = ON, cảnh báo sẽ không cắt cho đến khi gặp tác nhân dừng cảnh báo (nhiệt độ không còn nằm trong vùng cảnh báo). Muốn cắt cảnh báo cưỡng bức thì người dùng ấn giữ phím  $\Delta$  khoảng 2s.

+ LBA (L.B.A : Cảnh báo sự cố chu trình)

Số lần bộ điều khiển PID xuất đầu ra 100% (ON) hoặc 0% (OFF) trên một đơn vị thời gian với 1 đối tượng điều khiển là tương đối ổn định. Chức năng LBA sẽ đếm số lần bộ điều khiển PID đạt 100% hoặc 0% trong 1 đơn vị thời gian (cài đặt thời gian được bằng tham số). Dựa vào đó có thể so sánh tổng số lần bộ điều khiển xuất đầu ra trong 1 thời gian đặt trước từ đó có thể phát hiện một số lỗi ở bộ gia nhiệt, can nhiệt,... Chính vì vậy cài đặt ngưỡng LBA giúp giảm thiểu sự cố ảnh hưởng đến vòng điều khiển.

**Tóm lại :**

- Khi đầu ra điều khiển tương ứng với bộ PID xuất điều khiển 100%

Nếu nhiệt độ tăng lớn hơn giá trị **LbA.u** trong khoảng thời gian LBA, thì đầu ra LBA = ON

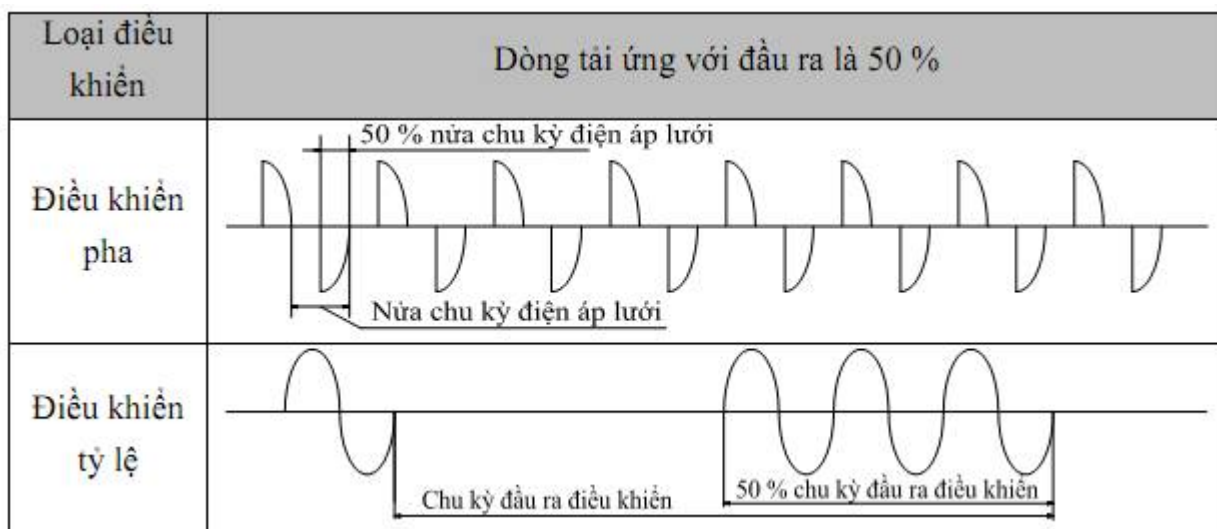
- Khi đầu ra điều khiển tương ứng với bộ PID xuất điều khiển 0%

Nếu nhiệt độ giảm hơn giá trị **LbA.u** trong khoảng thời gian LBA, thì đầu ra LBA = ON

☐ Đầu ra xung điện áp (SSR)

Có thể chọn 1 trong 2 loại đầu ra xung áp (SSR). Đầu ra xung áp điều khiển tỷ lệ : xuất đầu ra ON/OFF tỷ lệ với chu kỳ của xung điều khiển. Chu kỳ xung điều khiển được đặt bởi tham số **Ct**.

Đầu ra xung áp điều khiển pha : SSR sử dụng loại ON/OFF mặc định. Khi đó, trong 1 nửa chu kỳ của điện áp nguồn, bộ điều khiển sẽ mặc định luôn luôn xuất đầu ra ON và tính toán giá trị đầu ra.

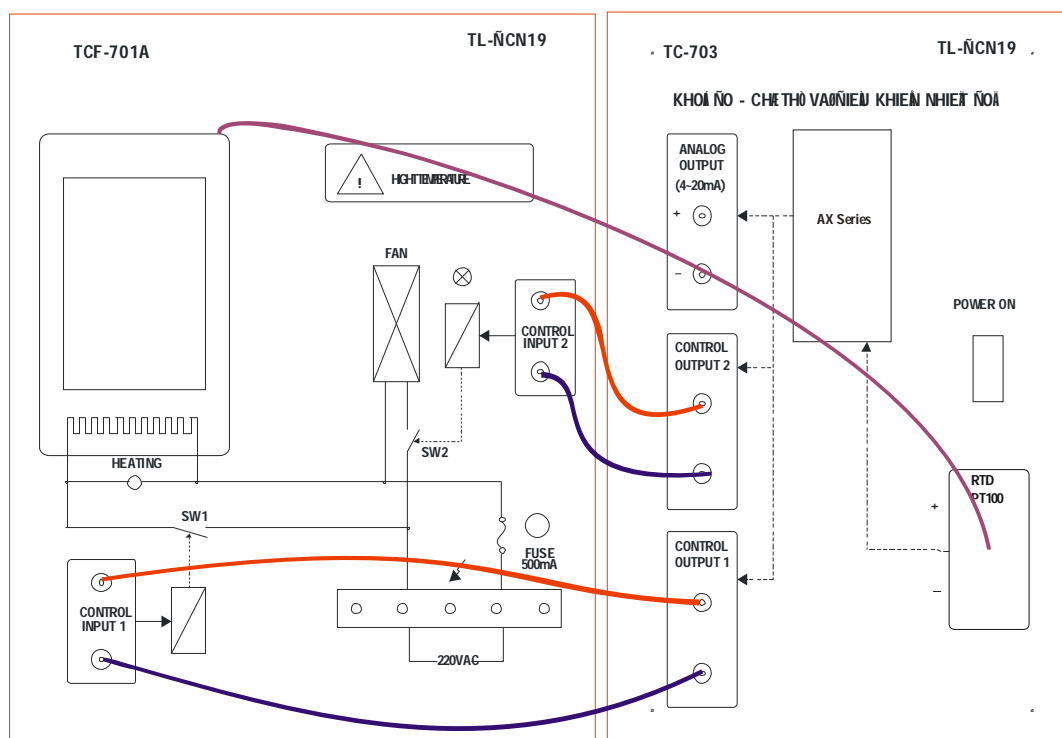


Ấn phím **MODE** để hiển thị giá trị nhiệt độ đặt và giá trị đầu ra tức thời trên khối màn hình giá trị đặt (SV).

## D.2.2. Thực hành điều khiển ON-OFF cho lò nhiệt

1. Tắt điện cho hệ thống

2. Đấu nối thiết bị cho thí nghiệm: Hình 20.14



Hình 20.14: Sơ đồ thí nghiệm điều khiển ON-OFF

- Nối cảm biến nhiệt RTD (PT100) gắn trên hốc lò với lõi vào RTD của khối đo và điều nhiệt.
  - Nối lõi ra Control Output 1 của khối đo và điều nhiệt với lõi vào Control Input 1 của khối lò nhiệt TCF-701A (cho điều khiển đốt).
  - Nối lõi ra Control Output 2 của khối đo và điều nhiệt với lõi vào Control Input 2 của khối lò nhiệt TCF-701A (cho điều khiển quạt).
  - Nối điện 220VAC từ khối nguồn PS-100 với trạm vào 220V của khối lò điện TCF-701A.
3. Cấp điện cho hệ thống. Bật công tắc nguồn trên khối đo và điều nhiệt.
- Xác lập chế độ đo và điều khiển:
    - Cảm biến Pt100,
    - Chế độ điều khiển ON-OFF,
    - Kiểu tác động ra: nóng
    - Lõi ra Rơ le2/ Control Output 1.
    - Nhiệt độ đặt là 100<sup>0</sup>C.
    - Chu kỳ điều khiển: 2s.
4. Vận hành hệ thống điều nhiệt. Theo dõi quá trình gia nhiệt: đọc nhiệt độ lò trên màn chỉ thị khối đo và điều khiển.

Chờ khi nhiệt độ lò đã ổn định, ghi nhận giá trị nhiệt độ cực đại -Tmax và cực tiểu -Tmin. Ghi kết quả vào bảng 20.3.

Bảng 20.3

	Nhiệt độ T	Thời gian t
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
...		

5. Xác định sai số điều khiển nhiệt độ :  $(T_{max}-T_{min})/ T_{\text{trung bình}} [\%] =$

6. Xác lập chu kỳ điều khiển bằng 10s. Lặp lại thí nghiệm

Chờ khi nhiệt độ lò đã ổn định, ghi nhận giá trị nhiệt độ cực đại -Tmax và cực tiểu -Tmin. Ghi kết quả vào bảng 20.4.

Bảng 20.4

	Nhiệt độ T	Thời gian t
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
Tmax		
Tmin		
...		

7. Xác định sai số điều khiển nhiệt độ :  $(T_{max}-T_{min})/ T_{\text{trung bình}} [\%] =$

8. So sánh kết quả cho 2 trường hợp trên và giải thích nguyên nhân dẫn đến các sai số khác nhau.

.....

.....

.....

.....

.....

9. Có thể đặt giá trị nhiệt độ khác và lặp lại thí nghiệm.

### **D.2.3. Thực hành điều khiển ON-OFF cho quạt làm mát**

1. Giữ nguyên cấu hình hệ thống như trên.
2. Đặt giá trị nhiệt độ là  $150^{\circ}\text{C}$ .
3. Vận hành hệ thống và theo dõi cho đến khi nhiệt độ lò đạt giá trị đặt.
4. Xác lập lại chế độ đo và điều khiển:  
Chế độ điều khiển ON-OFF,  
Lỗi ra Rơ le3/ Control Output 2 cho quạt làm mát.  
**Kiểu tác động ra: lạnh**  
Nhiệt độ đặt là  $50^{\circ}\text{C}$ .
5. Theo dõi hoạt động của quạt cho đến khi nhiệt độ lò giảm tới giá trị đặt.