

Chương 2

LÒ ĐIỆN TRỞ

2.1. Khái niệm chung và phân loại

Lò điện trở là thiết bị biến đổi điện năng thành nhiệt năng thông qua dây đốt (dây điện trở). Từ dây đốt, qua bức xạ, đối lưu và truyền dẫn nhiệt, nhiệt năng được truyền tới vật cần gia nhiệt. Lò điện trở thường được dùng để nung, nhiệt luyện, nấu chảy kim loại màu và hợp kim màu...

Phân loại lò điện trở có nhiều cách:

1. Phân loại theo phương pháp toả nhiệt

- Lò điện trở tác dụng trực tiếp: lò điện trở tác dụng trực tiếp là lò điện trở mà vật nung được nung nóng trực tiếp bằng dòng điện chạy qua nó. Đặc điểm của lò này là tốc độ nung nhanh, cấu trúc lò đơn giản. Để đảm bảo nung đều thì vật nung có tiết diện như nhau theo suốt chiều dài của vật.

- Lò điện trở tác dụng gián tiếp là lò điện trở mà nhiệt năng toả ra ở dây điện trở (dây đốt), rồi dây đốt sẽ truyền nhiệt cho vật nung bằng bức xạ, đối lưu hoặc dẫn nhiệt.

2. Phân loại theo nhiệt độ làm việc

- Lò nhiệt độ thấp: nhiệt độ làm việc của lò dưới 650°C .

- Lò nhiệt trung bình: nhiệt độ làm việc của lò từ 650°C đến 1200°C .

- Lò nhiệt độ cao: nhiệt độ làm việc của lò trên 1200°C .

3. Phân loại theo nơi dùng

- Lò dùng trong công nghiệp

- Lò dùng trong phòng thí nghiệm

- Lò dùng trong gia đình

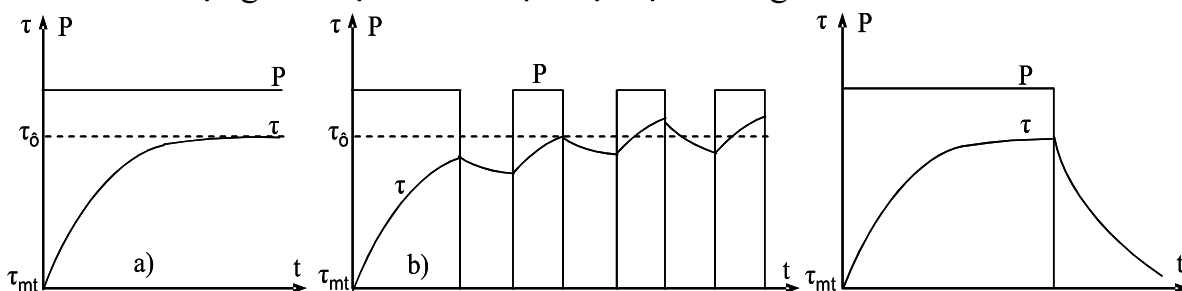
4. Phân loại theo đặc tính làm việc

- Lò làm việc liên tục

- Lò làm việc gián đoạn

Lò làm việc liên tục được cấp điện liên tục và nhiệt độ giữ ổn định ở một giá trị nào sau quá trình khởi động (hình 2.1a). Khi khống chế nhiệt độ bằng cách đóng cắt nguồn thì nhiệt độ sẽ dao động quanh giá trị nhiệt độ ổn định (hình 2.1b)

Lò làm việc gián đoạn thì đồ thị nhiệt độ và công suất như hình 2.2



Hình 2.1 Đồ thị nhiệt độ và công suất lò làm việc liên tục

Hình 2.2 đồ thị nhiệt độ và công suất lò làm việc gián đoạn

5. *Phân loại theo kết cấu lò*, có lò buồng, lò giếng, lò chụp, lò bể...

6. *Phân loại theo mục đích sử dụng*: có lò tôi, lò ram, lò ủ, lò nung ...

Ở Việt Nam thường dùng lò kiểu buồng để nhiệt luyện (tôi, ủ, nung, thấm than); lò kiểu giếng để nung, nhiệt luyện; lò muối để nhiệt luyện dao cắt qua muối nung...

2.2 Yêu cầu đối với vật liệu làm dây đốt

Trong lò điện trở, dây đốt là phần tử chính biến đổi điện năng thành nhiệt năng thông qua hiệu ứng Joule. Dây đốt cần phải làm từ các vật liệu thỏa mãn các yêu cầu sau:

- chịu được nhiệt độ cao;
- độ bền cơ khí cao;
- có điện trở suất lớn (vì điện trở suất nhỏ sẽ dẫn đến dây dài, khó bố trí trong lò hoặc tiết diện dây phải nhỏ, không bền);
- hệ số nhiệt điện trở nhỏ (vì điện trở sẽ ít thay đổi theo nhiệt độ, đảm bảo công suất lò);
- chậm hoá già (tức dây đốt ít bị biến đổi theo thời gian, do đó đảm bảo tuổi thọ của lò)

2.3 Vật liệu làm dây điện trở

1) Dây điện trở bằng hợp kim

+ Hợp kim Crôm - Niken (Nicro). Hợp kim này có độ bền cơ học cao vì có lớp màng Oxit Crôm (Cr_2O_3) bảo vệ, dẻo, dễ gia công, điện trở suất lớn, hệ số nhiệt điện trở bé, sử dụng với lò có nhiệt độ làm việc dưới 1200°C .

+ Hợp kim Crôm - Nhôm (Fexran), có các đặc điểm như hợp kim Nicro nhưng có nhược điểm là giòn, khó gia công, độ bền cơ học kém trong môi trường nhiệt độ cao.

2) Dây điện trở bằng kim loại

Thường dùng những kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao: Molipden (Mo), Tantan (Ta) và Wonfram (W) dùng cho các lò điện trở chân không hoặc lò điện trở có khí bảo vệ.

3) Điện trở nung nóng bằng vật liệu kim loại

+ Vật liệu Cacbuarun (SiC) chịu được nhiệt độ cao tới 1450°C , thường dùng cho lò điện trở có nhiệt độ cao, dùng để tôi dụng cụ cắt gọt.

+ Cripton là hỗn hợp của graphic, cacbuarun và đất sét, chúng được chế tạo dưới dạng hạt có đường kính 2-3mm, thường dùng cho lò điện trở trong phòng thí nghiệm yêu cầu nhiệt độ lên đến 1800°C .

Bảng 2.1. Đặc tính kỹ thuật vật liệu chế tạo dây điện trở là kim loại và hợp kim

Bảng 2.2. Đặc tính kỹ thuật của thanh nung cacbuarun (Nga chế tạo).

Bảng 2.1. Đặc tính kỹ thuật vật liệu chế tạo dây điện trở kim loại và hợp kim

Vật liệu làm dây điện trở	Khối lượng riêng ở 20°C, g/cm ³	Điện trở suất ở 0°C, ρ, Ωmm ² /m	Hệ số nhiệt điện trở α.10 ³	Nhiệt độ chảy lỏng, °C	Nhiệt độ làm việc cực đại, °C	Nhiệt độ làm việc t, °C	
						Làm việc liên tục	Làm việc gián đoạn
-X20H80	8,40	1,100	0,035	1400	1150	1050	1000
Nicrôm -X20H80T	8,20	1,270	0,022	1400	1200	1050	1000
-X15H60	8,30	1,100	0,100	1400	1050	950	900
Thép - X2	7,85	0,900	0,350	1400	1100	850	800
Hợp kim - X13 4	7,20	1,260	0,150	1450	900	750	650
Hợp kim - OX17 5	7,10	1,300	0,060	1450	1050		
Hợp kim - OX25 5	7,00	1,400	0,050	1450	1200		
- 595(OX23 5A)	7,30	1,350	0,050	1525	1250	1050	1000
- 626(OX27 5A)	7,20	1,420	0,022	1525	1300	1150	1100
Vonfram, W	19,34	0,050	4,300	3410	3000*		
Milipden, Mo	10,20	0,052	5,100	2625	2200*		
Platin, Pt	21,46	0,098	8,950	1755	1400		
Sắt, Fe	7,88	0,090	11,30	1535	400		
Niken, Ni	8,90	0,065	13,40	1452	1000		
Những vật liệu phi kim loại (**)							
SiC (cacbuarun)	2,30	800 ÷ 900	Thay đổi theo nhiệt độ (hệ số nhiệt điện trở âm)	-	1500	1250	1200
Grafit	1,60	8 ÷ 3		-	2000 (2800)*		
Cacbon (than)	1,60	10 ÷ 60		-	2000 (2500)*		
Cripton (hỗn hợp của graphit, cacbon và đất sét)	1,00 ÷ 1,25	600 ÷ 2000					

Ghi chú: * Trong chân không hoặc trong môi trường khí bảo vệ
 ** Khối lượng riêng thay bằng khối lượng đồng ρ₁= ρ₀(1 + αt)

Bảng 2.2. Đặc tính kỹ thuật của thanh nung cacbuarun (Nga chế tạo)

Kiểu thanh	Kích thước, mm		Diện tích bề mặt làm việc, cm ²	Điện trở của toàn thanh ở trạng thái nóng, Ω
	Chiều dài toàn thanh	Đường kính hai đầu		
Thanh nung công nghiệp				
KHC – 25x300	406	-	236	0,77 ÷ 1,75
KHC – 25x300	1120	25	236	1,1 ÷ 1,55
KHC – 25x400	1220	25	314	1,2 ÷ 1,80
KHC – 25x560	711	-	564	1,2 ÷ 2,8
KHMB – 25x400	640	-	314	1,1 ÷ 2,0
Dùng ở phòng thí nghiệm				
KHM – 8x100	270	14	25,1	1,0 ÷ 2,0
KHM – 8x150	270	14	37,8	1,5 ÷ 3,0
KHM – 8x150	320	14	37,8	1,5 ÷ 3,0
KHM – 8x150	420	14	37,8	1,5 ÷ 3,0
KHM – 8x180	300	14	45,2	1,8 ÷ 3,6
KHM – 8x180	350	14	45,2	1,8 ÷ 3,6
KHM – 8x180	400	14	45,2	1,8 ÷ 3,6
KHM – 8x180	480	14	45,2	1,8 ÷ 3,6
KHM – 8x200	500	14	50,2	2,0 ÷ 4,0
KHM – 8x250	450	14	62,5	2,5 ÷ 5,0
KHM – 12x250	750	18	94,2	1,5 ÷ 3,0
KHM – 14x300	800	23	132,0	1,75 ÷ 3,5
Công nghiệp và phòng thí nghiệm				
KHA – 12x200	280	-	75,4	4,4 ÷ 9,0
KHA – 12x230	320	-	86,5	4,5 ÷ 9,0
KHA – 16x320	280	-	115	4,5 ÷ 9,0
<i>Ghi chú:</i>				
1. Sai số điện trở không lớn hơn 4%.				
2. Hai chữ số viết ở mác thanh nung: chữ số thứ nhất là đường kính phần làm việc, chữ số thứ hai là chiều dài phần làm việc.				

2.4. Tính toán kích thước dây điện trở

Trong mục này chỉ trình bày việc tính chọn dây điện trở là kim loại và hợp kim. Dây điện trở làm từ kim loại và hợp kim được chế tạo với hai tiết diện: tiết diện tròn và tiết diện chữ nhật.

- Đối với tiết diện tròn cần tính hai thông số: đường kính dây d và chiều dài dây điện trở L .

- Đối với dây điện trở tiết diện chữ nhật cần xác định các cạnh a, b ($b/a = m = 5:10$) và chiều dài dây đốt L.

Trong thực tế có hai loại lò: một pha và ba pha. Nếu công suất của lò lớn hơn 5kW phải làm lò ba pha, tránh hiện tượng lệch phụ tải cho lưới điện. Nhưng khi tính toán chỉ cần tính cho một pha, vị trí số điện trở của dây dẫn của ba pha phải như nhau.

Việc tính toán kích thước dây điện trở được dựa trên hai biểu thức sau:

+ Biểu thức phản ánh quá trình biến đổi điện năng thành nhiệt năng

$$P = W.F.10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (2.1)$$

+ Biểu thức phản ánh các thông số điện

$$P = \frac{U^2}{R} . 10^3 = \frac{U^2}{\rho} . 10^3 \quad [\text{kW}] \quad (2.2)$$

Trong đó: P - công suất của dây điện trở, kW

W - công suất bề mặt riêng của dây điện trở thực, W/cm²;

F - diện tích xung quanh của dây điện trở, cm²;

U - điện áp giữa hai đầu dây điện trở, V;

R - điện trở của dây đốt, Ω;

ρ - điện trở suất của vật liệu chế tạo dây điện trở, Ωmm²/m;

L - chiều dài của dây điện trở, m;

S - diện tích của tiết diện cắt ngang của dây điện trở, mm².

Biểu thức (2.1) có thể viết dưới dạng sau:

$$P = W.C.L.10^{-2} \quad [\text{kW}] \quad (2.3)$$

Trong đó: C - chu vi của dây điện trở, mm.

Từ (2-3) rút ra được:

$$L = \frac{P.10^{-2}}{W_d.C} \quad [\text{m}] \quad (2.4)$$

Từ biểu thức (2.2) rút ra:

$$L = \frac{U^2.S}{P.\rho} . 10^{-3} \quad [\text{m}] \quad (2.5)$$

Cân bằng hai biểu thức (2.4) và (2.5) ta có:

$$C.S = \frac{P^2.\rho.10^5}{U^2.W} \quad [\text{mm}^3] \quad (2.6)$$

a) Đối với dây điện trở có tiết diện tròn

$$C = \pi d, \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Thay vào (2.6) và tìm d, ta có:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4.10^5.\rho.P^2}{\pi^2.U^2.W}} \quad [\text{mm}] \quad (2.7)$$

$$L = \frac{RS}{\rho} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot \rho \cdot P^2}{4\pi \rho W^2}} \quad [\text{m}] \quad (2.8)$$

b) Đối với dây đốt có tiết diện hình chữ nhật ($m = b/a$)

$$C = (a + b) \cdot 2 = 2a(m + 1)$$

$$S = a \cdot b = ma^2$$

Thay vào biểu thức (2.6) và tìm a, ta có:

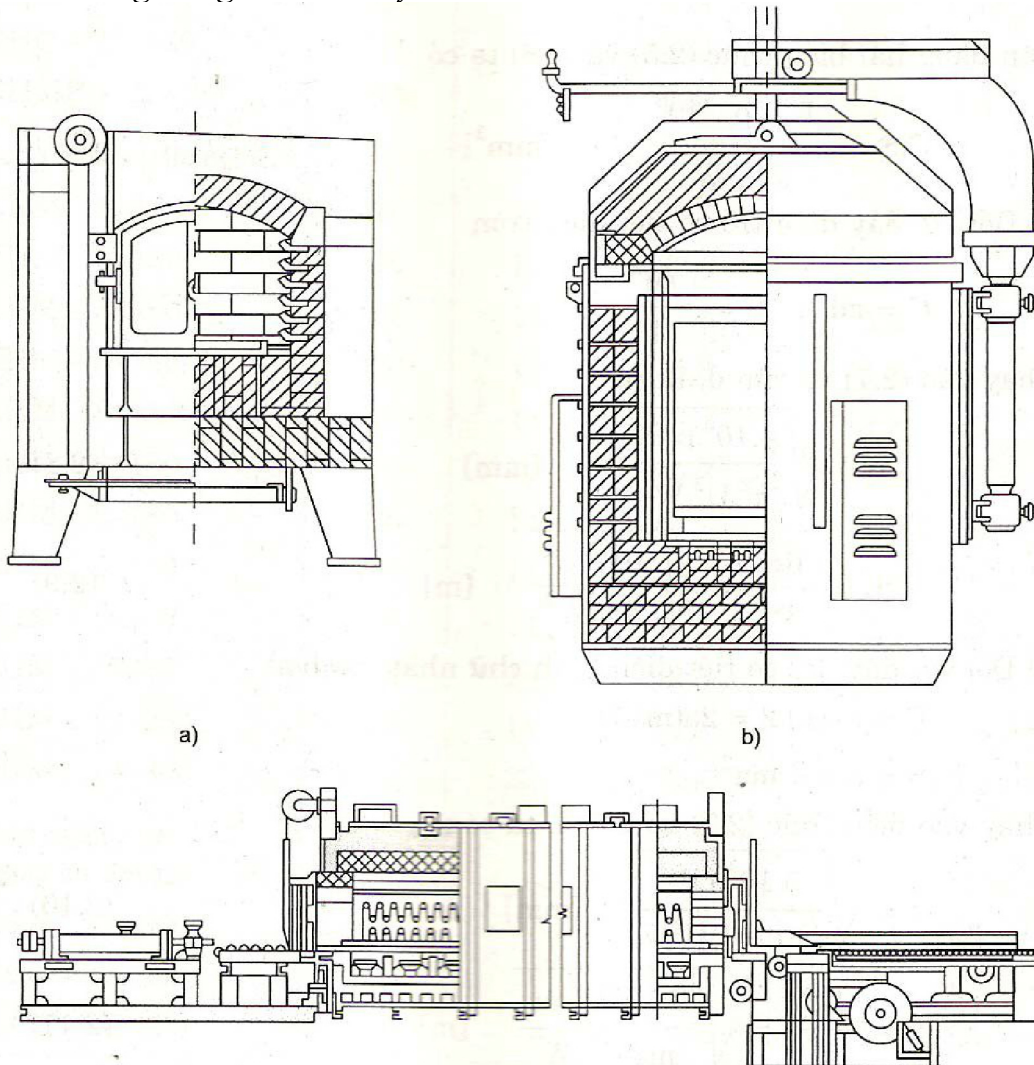
$$a = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 10^4 \cdot \rho \cdot P^2}{m(m + 1)U^2 W}} \quad [\text{mm}] \quad (2.9)$$

$$L = \frac{RS}{\rho} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot P \cdot U^2 \cdot m}{(m + 1)^2 \rho W^2}} \quad [\text{m}] \quad (2.10)$$

2.5 Các loại lò điện trở thông dụng

Theo chế độ nung, lò điện trở phân thành hai nhóm chính:

1. Lò nung nóng theo chu kỳ



Hình 2.3 Các loại lò điện trở; a) buồng lò; b) lò giếng; c) lò đẩy

Bao gồm:

+ Lò buồng (hình 2.3a) thường dùng để nhiệt luyện kim loại (thường hoá, ủ, thấm than v.v...). Lò buồng được chế tạo với cấp công suất từ 25kW đến 75kW. Lò buồng dùng để tôi dụng cụ có nhiệt độ làm việc tới 1350⁰C, dùng dây điện trở bằng các thanh nung cacbuarun.

+ Lò giếng (hình 2.3b) thường dùng để tôi kim loại và nhiệt luyện kim loại. Buồng lò có dạng hình trụ tròn được chôn sâu trong lòng đất có nắp đậy. Lò giếng được chế tạo với cấp công suất từ 30 ÷ 75kW.

+ Lò đẩy (hình 2.3c) có buồng kích thước chữ nhật dài. Các chi tiết cần nung được đặt lên giá và tôi theo từng mẻ. Giá đỡ chi tiết được đưa vào buồng lò theo đường ray bằng một bộ đẩy dùng kích thủy lực hoặc kích khí nén.

2) Lò nung nóng liên tục bao gồm:

+ Lò băng: buồng lò có tiết diện chữ nhật dài, có băng tải chuyển động liên tục trong buồng lò. Chi tiết cần gia nhiệt được sắp xếp trên băng tải. Lò buồng thường dùng để sấy chai, lọ trong công nghiệp chế biến thực phẩm.

+ Lò quay thường dùng để nhiệt luyện các chi tiết có kích thước nhỏ (bi, con lăn, vòng bi), các chi tiết cần gia nhiệt được bỏ trong thùng, trong quá trình nung nóng, thùng quay liên tục nhờ một hệ thống truyền động điện.

2.6. Khống chế và ổn định nhiệt độ lò điện trở

1. Đặt vấn đề

+ Theo định luật Joule - Lence

$$Q = 0,238.I^2.R.t \quad [\text{cal}] \quad (2.11)$$

Trong đó: Q- nhiệt lượng toả ra của dây điện trở, cal;

I- dòng điện đi qua dây điện trở, A;

R- điện trở của dây điện trở, Ω;

t- thời gian dòng điện chạy qua dây điện trở, s;

+ Thời gian nung chi tiết đến nhiệt độ yêu cầu:

$$t = \frac{G.C(t_1 - t_2)}{a} \quad [\text{s}] \quad (2.12)$$

Trong đó: G- khối lượng của chi tiết có độ dài 100mm, kg;

t₁- nhiệt độ yêu cầu, ⁰C;

t₂- nhiệt độ môi trường, ⁰C;

C- nhiệt dung trung bình của chi tiết cần nung;

a- tốc độ toả nhiệt của chi tiết có độ dài 100mm, kcal/s.

+ Công suất điện cần cung cấp cho chi tiết có độ dài là 1mm:

$$P_2 = \frac{4,18.I.a}{100} \quad [\text{kW}] \quad (2.13)$$

+ Công suất tiêu thụ của lò điện trở:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta \cdot \cos \varphi} \quad [\text{kW}] \quad (2.14)$$

Trong đó: η - hiệu suất của lò ($\eta = 0,7 \div 0,75$);

φ - hệ số công suất của lò ($\cos \varphi = 0,8 \div 0,85$).

Từ biểu thức trên ta rút ra rằng: để điều chỉnh nhiệt độ lò điện trở có thể thực hiện bằng cách điều chỉnh công suất cấp cho lò điện trở.

Điều chỉnh công suất cấp cho lò điện trở có thể thực hiện bằng các phương pháp sau:

- Hạn chế công suất cấp cho dây điện trở bằng cách đấu thêm điện trở phụ (cuộn kháng bão hoà, điện trở)
- Dùng biến áp tự ngẫu, hoặc biến áp có nhiều đầu dây sơ cấp để cấp cho lò điện trở.
- Thay đổi sơ đồ đấu dây của dây điện trở (từ tam giác sang sao, hoặc từ nối tiếp sang song song).
- Đóng cắt nguồn cấp cho dây điện trở theo chu kỳ.
- Dùng bộ điều áp xoay chiều để thay đổi trị số điện áp cấp cho dây điện trở.

2) Các loại cảm biến nhiệt độ

Sơ đồ khối chức năng của hệ thống điều chỉnh và ổn định nhiệt độ được trình bày trên hình 2.4

Trong sơ đồ khối chức năng gồm có các khâu chính sau:

- Lò điện trở 3 là đối tượng điều chỉnh với tham số điều khiển là nhiệt độ của lò (t^0).

- Bộ điều chỉnh và ổn định nhiệt độ 2 (thay đổi các thông số nguồn cấp cho lò điện trở)

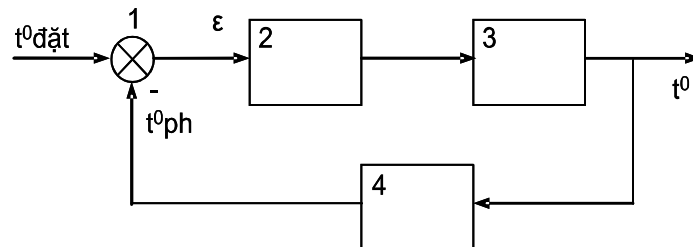
- Bộ tổng hợp tín hiệu điều khiển 1 ($\varepsilon = t^0_{\text{đặt}} - t^0_{\text{ph}}$).

- Cảm biến nhiệt độ 4, có chức năng gia công ra một tín hiệu điện tỷ lệ với nhiệt độ của lò.

Để nâng cao độ chính xác khi không chế và ổn định nhiệt độ của lò điện trở, hệ thống điều chỉnh nhiệt độ lò điện trở là hệ thống kín (có mạch vòng phản hồi).

Việc điều chỉnh và ổn định nhiệt độ của lò được thực hiện thông qua việc thay đổi các thông số nguồn cấp cho lò. Như vậy tín hiệu phản hồi tỷ lệ với nhiệt độ của lò trong hệ thống không chế và ổn định nhiệt độ lò điện trở.

Hiện nay thường dùng các loại cảm biến nhiệt độ sau:



Hình 2.4 Sơ đồ khối chức năng của hệ thống điều chỉnh và ổn định nhiệt độ lò điện trở

+ Nhiệt kế thủy ngân: chiều cao của cột nước thủy ngân tỷ lệ thuận với nhiệt độ của lò. Cấu tạo của nó gồm có: 1- điện cực tĩnh (có thể dịch chuyển được nhờ nam châm vĩnh cửu); 2- Nước thủy ngân đóng vai trò như một cực động; 3- vỏ thủy tinh (hình 2-5)

Như vậy, điện cực 1 và 2 tạo thành một cặp tiếp điểm. Khi nhiệt độ trong lò nhỏ hơn trị số nhiệt độ đặt, tiếp điểm 1-2 còn hở, còn khi nhiệt độ của lò bằng hoặc lớn hơn nhiệt độ đặt, tiếp điểm 1-2 kín. Việc thay đổi trị số nhiệt độ đặt thực hiện bằng cách dịch chuyển điện cực tĩnh 1 bằng nam châm vĩnh cửu.

- *Ưu điểm*: Cấu tạo đơn giản, cùng một lúc thực hiện ba chức năng: cảm biến, khâu chấp hành và chỉ thị nhiệt độ.

- *Nhược điểm*: Chỉ dùng được đối với lò điện nhiệt độ thấp ($t^0 \leq 650^0C$), độ nhạy không cao do quán tính nhiệt của nước thủy ngân lớn.

+ Nhiệt điện trở (RN). Trị số điện trở của nhiệt điện trở thay đổi theo nhiệt độ theo biểu thức sau:

$$R_{RN} = R_{RNO}(1 + \alpha t^0) \quad [\Omega] \quad (2.15)$$

Trong đó: R_{RN} - trị số điện trở của nhiệt điện trở, Ω ;

R_{RNO} - trị số điện trở của nhiệt điện trở trong điều kiện tiêu chuẩn (nhiệt độ môi trường), Ω ;

α - hệ số nhiệt điện trở, $\Omega/^0C$.

Với công nghệ chế tạo vật liệu bán dẫn, người ta có thể chế tạo được nhiệt điện trở với $\alpha > 0$ và $\alpha < 0$.

- *Ưu điểm*: cấu tạo đơn giản, kích thước nhỏ gọn, dễ gá lắp trong lò.

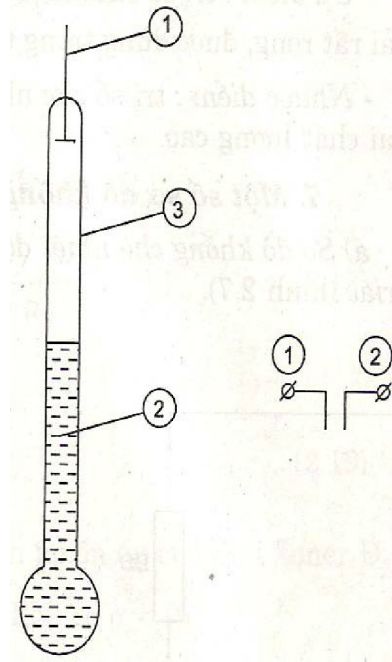
- *Nhược điểm*: chỉ dùng được đối với lò nhiệt độ thấp (t^0 làm việc dưới 650^0C), trị số điện trở của nó chỉ tỷ lệ tuyến tính với nhiệt độ trong một dải nhất định.

+ Cặp nhiệt ngẫu (CNN) có tên gọi thường dùng là can nhiệt

Khi đưa can nhiệt vào lò, nó sẽ xuất hiện một sức nhiệt điện e , trị số của e tỷ lệ tuyến tính với nhiệt độ của lò.

- *Ưu điểm*: trị số sức nhiệt điện e tỷ lệ tuyến tính với nhiệt độ trong một dải rộng, được dùng trong tất cả các loại lò nhiệt độ làm việc tới 1350^0C .

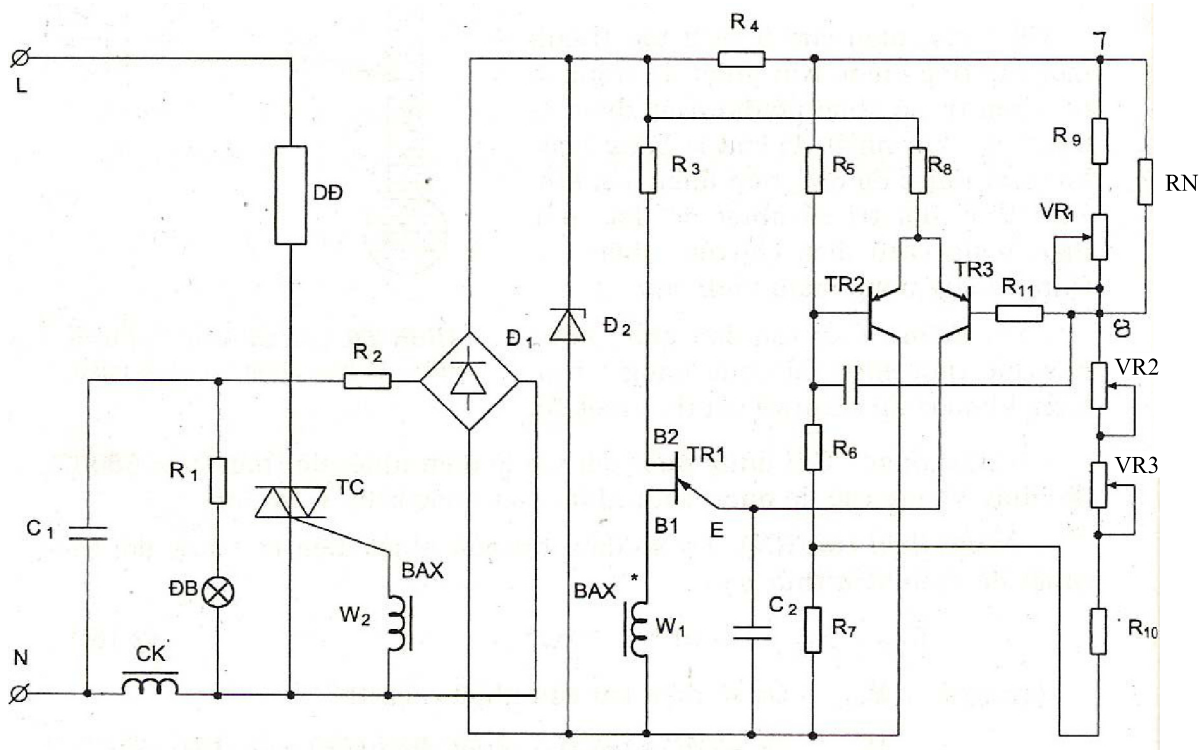
- *Nhược điểm*: trị số sức nhiệt điện rất bé nên cần phải có một khâu khuếch đại chất lượng cao.



Hình 2.5 Cấu tạo của cảm biến nhiệt độ loại nhiệt kế thủy ngân

2.7. Một sơ đồ khống chế nhiệt độ lò điện trở điển hình

1) Sơ đồ khống chế nhiệt độ lò điện trở bằng bộ điều áp xoay chiều dùng triac (hình 2.6)



Hình 2.6. Sơ đồ mạch điện nguyên lý

+ Thông số kỹ thuật của lò:

Đây là lò công suất nhỏ, nhiệt độ làm việc thấp dùng để nuôi, cấy vi trùng trong các viện nghiên cứu

- Công suất định mức: $P = 500W$.

- Nhiệt độ làm việc: $t^0 = 37^0 \pm 1^0$.

+ Nguyên lý điều chỉnh và ổn định nhiệt độ:

Nguyên lý điều chỉnh nhiệt độ lò điện trở thực hiện bằng cách: điều chỉnh trị số điện áp nguồn cấp cho dây điện trở bằng cách thay đổi góc mở α của triac TC. Trị số góc mở α của triac được xác định bằng tốc độ nạp của tụ C_2 . Tốc độ nạp của tụ C_2 phụ thuộc vào dòng colectơ của transito TR_3 (I_c).

- Dòng I_c của transito TR_3 xác định theo biểu thức:

$$I_c = \frac{U_{BE}}{R_8} \quad [A] \quad (2.16)$$

Trong đó: U_{BE} - điện áp đặt lên cực B và E của TR_3 .

$$U_{BE} = \frac{U_{cc} \cdot R_{7-8}}{R_{7-8} + R_{VR2} + R_{VR3} + R_{10} + R_7} \quad [V] \quad (2.17)$$

Trong đó:
$$R_{7-8} = \frac{(R_9 + R_{RV1})R_{RN}}{R_9 + R_{RV1} + R_{RN}} \quad [\Omega] \quad (2.18)$$

U_{CC} - điện áp nguồn cấp bằng điện áp ổn áp của điốt zener D_2 ;

R_{RN} - trị số của nhiệt điện trở R_N (có $\alpha < 0$).

- Điện áp trên tụ C_2 bằng:

$$U_{C2} = \frac{1}{C_2} \int I_C dt = \frac{U_{BE}}{R_8 \cdot C_2} \cdot t \quad [V] \quad (2.19)$$

Tụ C_2 được nạp cho đến khi trị số điện áp trên tụ $U_{C2} \geq U_{ng}$. (U_{ng} - là điện áp ngưỡng của transito TR2). Transito TR2 là transito một tiếp giáp (UJT) có điện áp ngưỡng.

$$U_{ng} = U_{EB1} = 0,68U_{cc}$$

Khi điện áp trên tụ C_2 : $U_{C2} \geq U_{ng}$ - transito TR₂ thông, tụ C_2 được phóng qua cuộn dây sơ cấp của biến áp xung W_1 , cuộn thứ cấp của biến áp W_2 sẽ xuất hiện xung điều khiển đặt lên cực điều khiển của triac TC.

Như vậy, góc mở α của triac TC phụ thuộc vào điện áp U_{BE} và được xác định theo biểu thức sau:

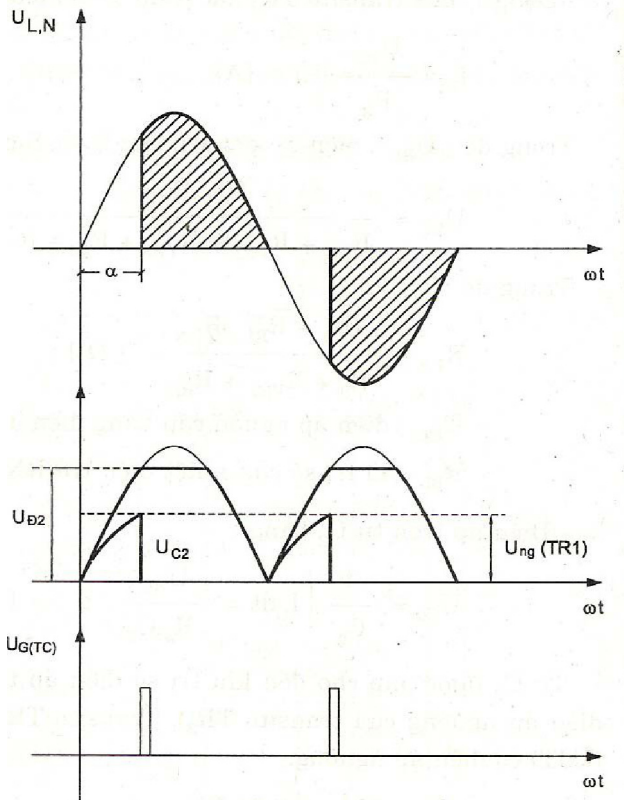
$$\alpha = \omega t = \frac{2\pi f \cdot R_3 \cdot U_{ng}}{U_{BE}} \quad [\text{rad}]$$

U_{BE} phụ thuộc vào: R_{RN} , R_{VR1} , R_{VR2} và R_{VR3} .

Trong đó chiết áp: VR1, VR2 là chiết áp chỉnh định để chọn điểm làm việc hợp lý.

Chiết áp VR3 để đặt nhiệt độ.

Đồ thị điện áp tại các điểm đo của sơ đồ được biểu diễn trên hình 2.7



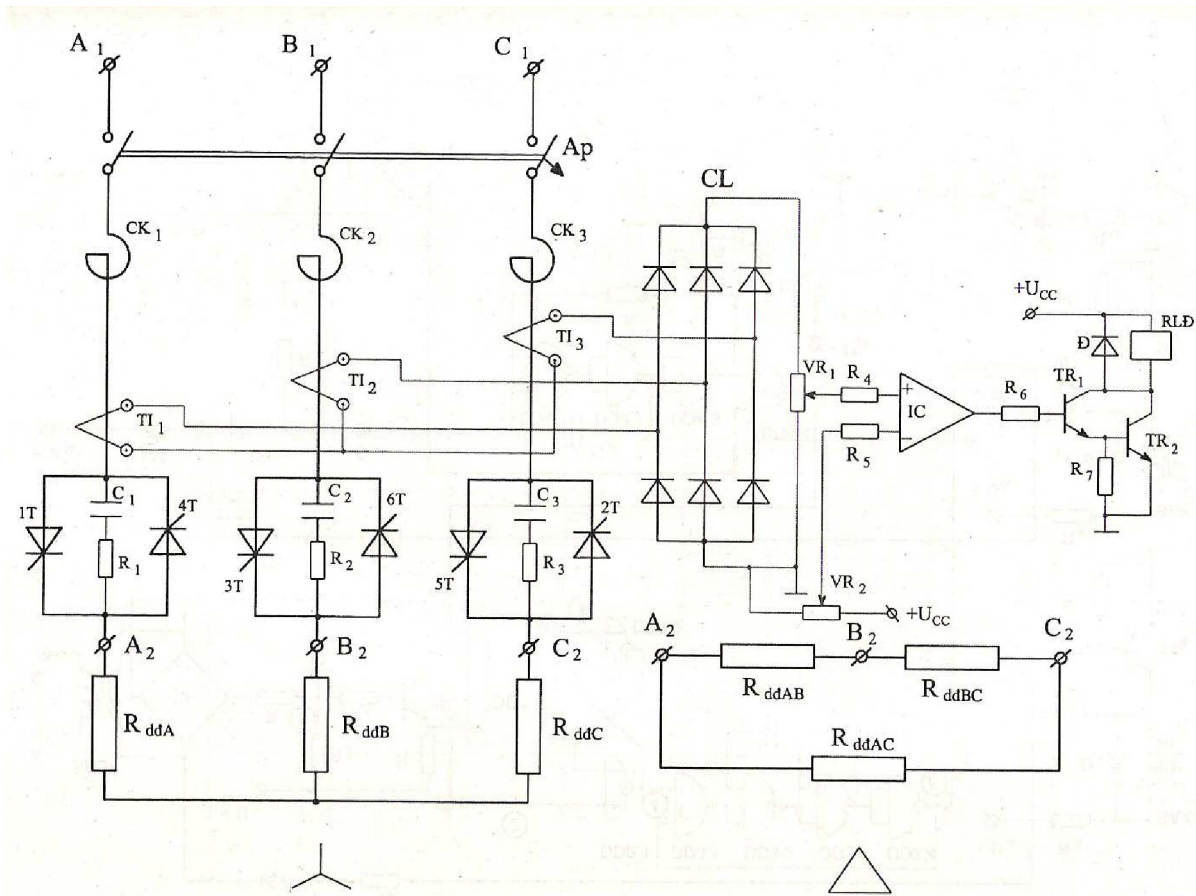
Hình 2.7 Đồ thị điện áp

+ Nguyên lý ổn định nhiệt độ: Giả sử nhiệt độ trong lò vì một lý do gì đó giảm xuống nhỏ hơn nhiệt độ đặt ($t^0 < t^0_{\text{đặt}}$), trị số điện trở của nhiệt điện trở tăng (R_{RN} tăng) làm cho U_{BE} của transito TR3 tăng lên (thế B âm hơn) làm cho I_C tăng, tốc độ nạp của tụ C_2 nhanh hơn cuối cùng góc mở α của TC giảm, điện áp cấp cho dây điện trở tăng và nhiệt độ của lò sẽ tăng đến giá trị nhiệt độ đặt.

2) Sơ đồ khống chế ổn định nhiệt độ lò điện trở bằng bộ điều áp xoay chiều ba pha dùng Thyristor.

Đối với lò điện trở có công suất trên 5kW, để tránh hiện tượng lệch phụ tải cho lưới điện nên phải dùng lò 3 pha. Để khống chế và ổn định nhiệt độ của lò người ta dùng bộ điều áp xoay chiều ba pha cấp điện cho dây điện trở của lò.

+ Sơ đồ mạch lực của lò biểu diễn trên hình 2.8



Hình 2.8 Sơ đồ mạch lực lò 3 pha

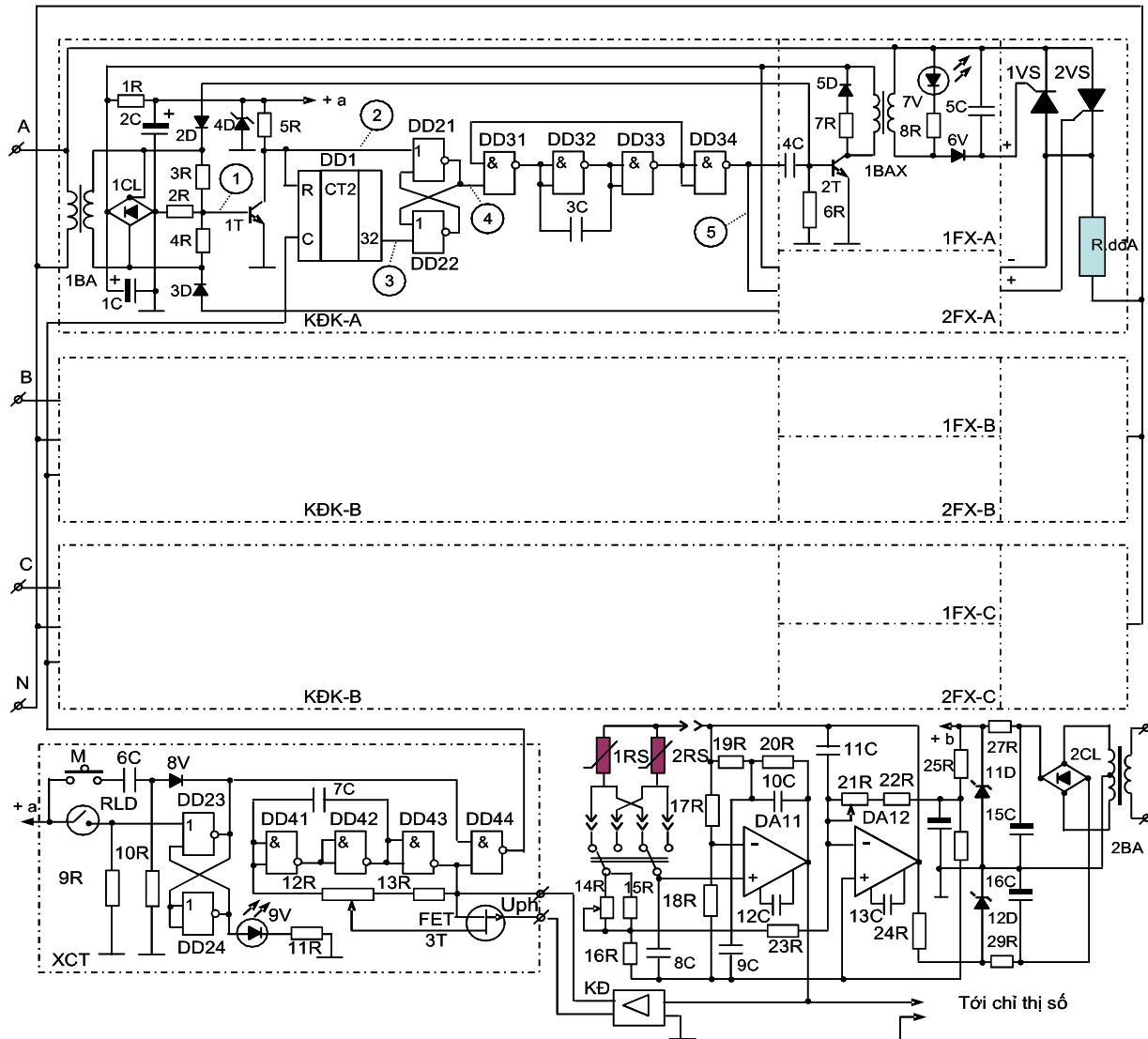
Sơ đồ được dùng cho lò điện trở có dải công suất tiêu thụ từ 5 đến 90 kW (tùy thuộc vào trị số dòng điện trung bình đi qua các Thyristor 1T ÷ 6T).

Mạch lực gồm có các phần tử chính sau:

- Cuộn kháng xoay chiều $CK_1 \div CK_3$ dùng để hạn chế dòng ngắn mạch và hạn chế tốc độ tăng dòng anốt (di/dt) của Thyristor.
- Bộ điều áp xoay chiều ba pha điều khiển hoàn toàn dùng Thyristor 1T ÷ 6T hoặc bộ điều áp xoay chiều ba pha bán điều khiển bằng cách thay các Thyristor 4T, 6T, 2T bằng 3 điôt).

- R_{ddA} , R_{ddB} và R_{ddC} là dây điện trở của lò đấu theo hình sao (Y) hoặc đấu theo hình tam giác (Δ) tùy thuộc vào kích thước dây điện trở khi tính chọn.

- Mạch (R - C) đấu song song với các Thyristor dùng để hạn chế tốc độ tăng điện áp (du/dt) bảo vệ các Thyristor tránh hiện tượng tự mở.



Hình 2.9. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển

+ Mạch điều khiển.

Mạch điều khiển bộ điều áp xoay chiều có chức năng thay đổi góc mở α của các Thyristor 1T ÷ 6T để thay đổi điện áp cấp cho dây điện trở của lò, chính là thực hiện chức năng điều chỉnh và ổn định nhiệt độ của lò.

Mạch điều khiển gồm có các khối chính sau:

* Khối điều khiển xung pha gồm 3 khối tương tự nhau gồm có các khâu sau:

- Khâu đồng pha và xác định thời điểm qua gốc “0” của điện áp lưới gồm biến áp 1BA, bộ chỉnh lưu 1CL, các điện trở $1R \div 5R$ và transito 1T.
- Khâu so sánh và tạo thời điểm phát xung dùng bộ đếm DD1.
- Mạch lật nhớ trạng thái (dùng trigơ R-S: DD2.1 và DD2.2).
- Khâu bấm xung (DD3.1 \div DD3.4).
- Khâu khuếch đại xung dùng biến áp xung BAX₁, BAX₂, R₆ \div R₉, diôt Đ₁ \div Đ₆ và transito TR2 \div TR5).

- Mạch cảm R₁₂, R₁₃, Đ₇ và Đ₈.

* Khối tổng hợp tín hiệu điều khiển gồm các khâu sau:

- Khâu phát xung cao tần gồm DD4.1 \div DD4.4, chiết áp 12R và tụ điện 7C. Tần số phát xung của khâu này có thể thay đổi từ 5kHz đến 1MHz bằng cách thay đổi trị số điện trở 12R.

- Khâu gia công tín hiệu phản hồi âm nhiệt độ gồm: cảm biến nhiệt độ 1RS hoặc 2RS được lựa chọn nhờ khoá chuyển đổi S. Cảm biến nhiệt là một nhánh của cầu đo một chiều, các nhánh còn lại là 17R, 18R và 14R-15R-16R. Cung cấp dòng cho cầu đo là bộ ổn định dòng điện cấu tạo trên khuếch đại thuật toán DA1-2. Điện trở tinh chỉnh 21R dùng để thay đổi dòng ra giới hạn nhỏ và đảm bảo thiết lập giới hạn trên của nhiệt độ cần đo. Giới hạn dưới của nhiệt độ cần đo thiết lập qua điện trở tinh chỉnh 14R.

Điện áp ra từ đường chéo của cầu đo tỉ lệ với điện trở được khuếch đại bởi bộ khuếch đại vi phân thực hiện trên DA1.1, đưa đến bộ biến đổi AD chỉ thị số và tới khuếch đại phản hồi KĐ. Tín hiệu này đưa vào transito trường FET 3T đóng vai trò như một điện trở động đầu song song với chiết áp 12R và 13R. Trị số điện trở của nó (R_{S-D}) thay đổi phụ thuộc vào U_{ph} chính là phụ thuộc vào nhiệt độ. Các tụ 8C, 9C và 10C để lọc nhiễu.

* Khâu bảo vệ quá dòng gồm:

- Khâu gia công tín hiệu tỉ lệ với dòng tiêu thụ của lò là ba biến dòng TI₁ \div TI₃, transito TR₁ \div TR₂, khuếch đại thuật toán IC, cầu chỉnh lưu CL, chiết áp VR₁ \div VR₂, diôt Đ, các điện trở R₁ \div R₇ và rơle liên động RLĐ (hình 2.8)

- Khâu nhớ trạng thái và phục hồi gồm trigơ R-S (DD2.3 \div DD2.4), nút bấm phục hồi M, tụ C₄, 9R \div 11R và đèn báo LED (hình 2.9)

* Nguồn cấp: Nguồn +a lấy từ biến áp 1BA, 1CL. Nguồn +b lấy từ biến áp 2BA, 2CL. Để ổn áp sơ đồ dùng bộ ổn áp thông số 11D -27R và 12D-28R. Sau bộ chia áp 25R-16R có tụ lọc phụ thêm 14C.

Nguyên lý làm việc của sơ đồ như sau:

Tại thời điểm đi qua điểm “0” của điện áp lưới, trên cực collector của transito TR₁ xuất hiện xung chữ nhật. Xung này đưa đến cổng R của bộ đếm DD.1 ra lệnh bắt đầu đếm xung và đưa vào một đầu vào R của trigơ R-S (DD2.1 \div DD2.2). Khi chân thứ hai C của bộ đếm DD1 (lấy từ đầu ra của bộ phát xung cao tần DD.4.1 \div DD.4.4) đạt được $2^8 = 64$ xung, đầu ra 32 của bộ

đếm DD.1 có mức logic “1”. Thời điểm xuất hiện mức “1” của DD.1 phụ thuộc vào tần số phát ra của bộ phát cao tần DD.4.1 ÷ DD.4.4. Tần số đó quyết định trị số góc mở α của các tiristo, chính là trị số điện áp đặt lên dây đốt của lò điện trở. Thay đổi tần số phát xung từ 5kHz đến 1MHz sẽ thay đổi được góc mở $\alpha = 180^\circ \div 0^\circ$ tương ứng với trị số điện áp đặt lên dây đốt của lò từ U_{\max} đến U_{\min} .

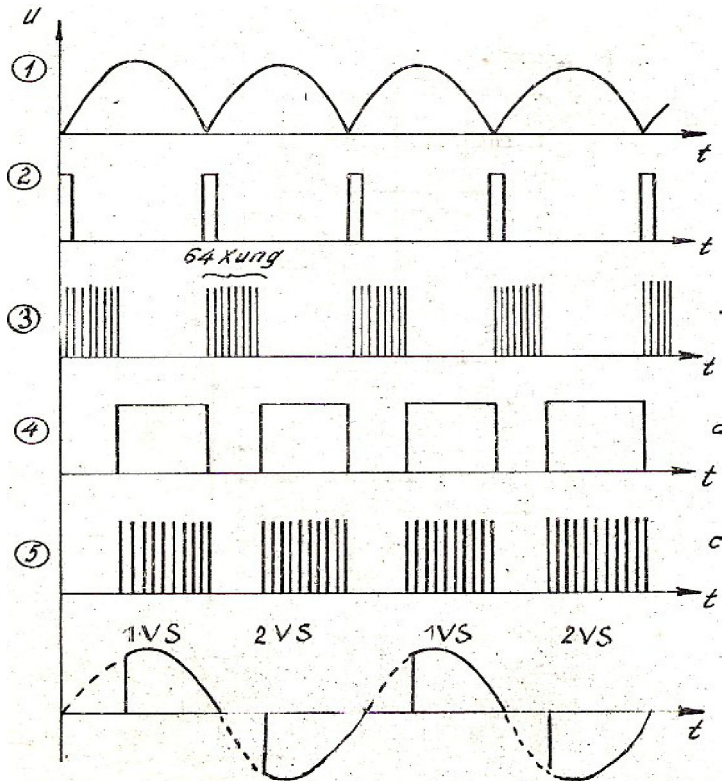
Nguyên lý ổn định nhiệt độ của lò thực hiện như sau:

Nếu vì một lý do nào đó, nhiệt độ trong lò thấp hơn nhiệt độ đặt, sức nhiệt điện phát ra từ cặp nhiệt ngẫu giảm, điện áp phản hồi U_{ph} của bộ khuếch đại KĐ giảm, làm cho điện trở R_{S-D} của FET 3T giảm, tần số phát ra của DD.4.1 ÷ DD.4.4 tăng lên, góc mở α giảm xuống, điện áp đặt lên dây đốt của lò tăng lên, kết quả nhiệt độ của lò tăng lên bằng nhiệt độ đặt và ngược lại.

Nguyên lý làm việc của khâu bảo vệ quá dòng như sau: khi dòng tiêu thụ của lò nhỏ hơn dòng chỉnh định ($I_{dm} < I_{cd}$), điện áp lấy trên chiết áp VR_1 (điện áp trên chiết áp VR_1 tỷ lệ với dòng điện lò tiêu thụ) nhỏ hơn điện áp lấy trên chiết áp VR_2 (điện áp ngưỡng so sánh), điện áp ra của IC bằng $-U_{cc}$ dẫn đến transito TR1, TR2 khoá, role liên động RLĐ không tác động. Khi đó tiếp điểm RLĐ hở, dẫn đến đầu ra Q của trigơ R-S (DD2.3 ÷ DD2.4) có mức logic “1” dẫn đến đầu ra của bộ phát xung DD.4.1 ÷ DD.4.4 có xung, hệ thống làm việc bình thường.

Khi dòng tiêu thụ của lò lớn hơn dòng chỉnh định, trị số điện trở trên chiết áp VR_1 lớn hơn điện áp trên chiết áp VR_2 , điện áp ra của IC bằng $+U_{cc}$, TR1, TR2 thông, role RLĐ tác động dẫn đến đầu ra Q của trigơ R-S (DD2.3 ÷ DD2.4) có mức logic “0” và đầu ra của bộ phát xung cao tần (DD4.1 ÷ DD4.4) không có xung.

Sau khi xử lý xong sự cố, ấn nút “M” qua khâu vi phân 6C-10R và điôt 8Đ, đưa mức logic “1” vào DD4.4, phục hồi trạng thái làm việc cho khâu phát xung cao tần.



Hình 2.10 Đồ thị điện áp tại các điểm đo