

## CHƯƠNG 5: TRANG BỊ ĐIỆN – ĐIỆN TỬ Lò ĐIỆN

### I. Lò điện trở

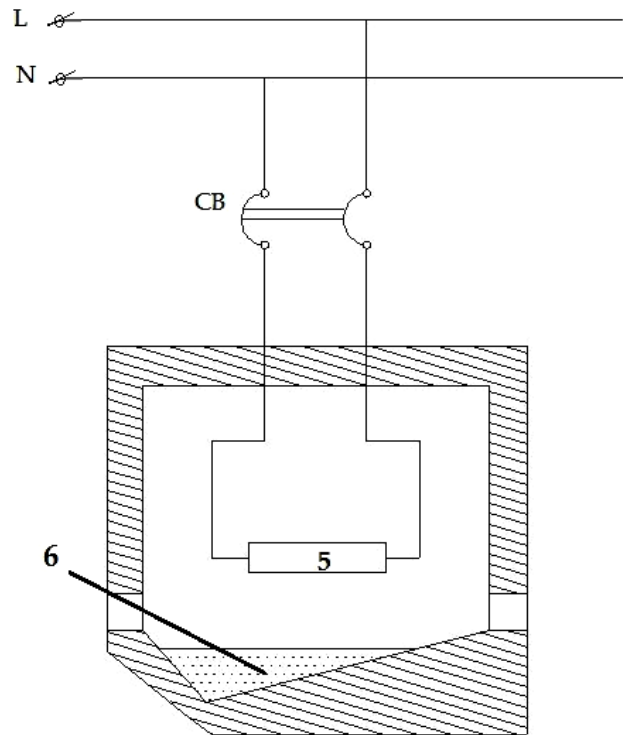
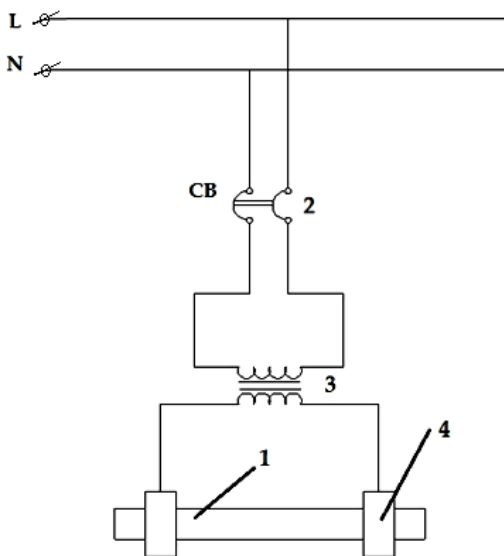
#### 1. Khái niệm chung

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...

#### 2. Phân loại lò điện trở

– Phân loại theo phương pháp toả nhiệt:

- + Lò điện trở tác dụng trực tiếp.
- + Lò điện trở tác dụng gián tiếp.



a) Đốt nóng trực tiếp

b) Đốt nóng gián tiếp

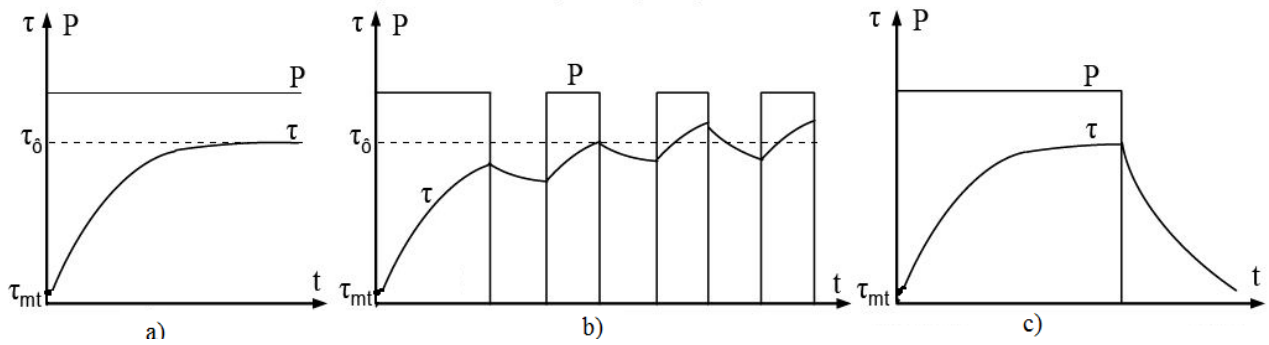
1. Vật liệu được nung nóng trực tiếp;      3. Biến áp;      4. Đầu cấp điện  
5. Dây đốt (dây điện trở);      6. Vật liệu được nung nóng gián tiếp

Hình 5-1: Nguyên lý lò điện trở đốt nóng trực tiếp và gián tiếp

– Phân loại theo nhiệt độ làm việc:

- + Lò nhiệt độ thấp: nhiệt độ làm việc của lò dưới  $650^{\circ}\text{C}$ .
- + Lò nhiệt trung bình: nhiệt độ làm việc của lò từ  $650^{\circ}\text{C}$  đến  $1200^{\circ}\text{C}$ .
- + Lò nhiệt độ cao: nhiệt độ làm việc của lò trên  $1200^{\circ}\text{C}$ .

- Phân loại theo nơi dùng:
  - + Lò dùng trong công nghiệp.
  - + Lò dùng trong phòng thí nghiệm.
  - + Lò dùng trong gia đình.
- Phân loại theo đặc tính làm việc:
  - + Lò làm việc liên tục.
  - + Lò làm việc gián đoạn.



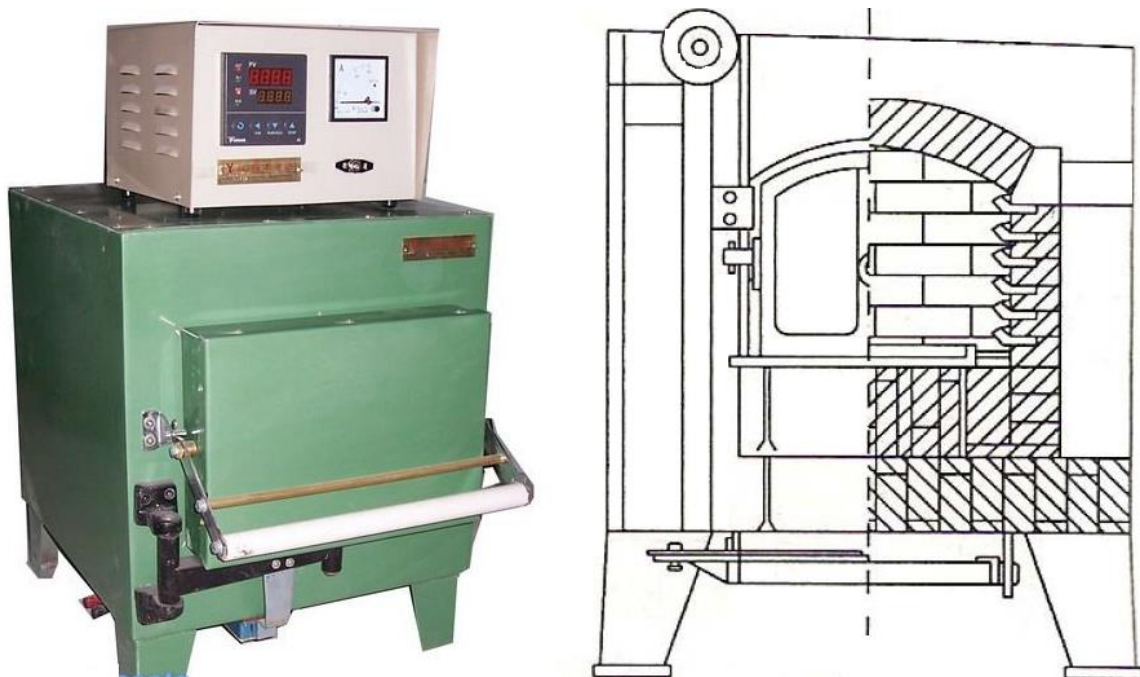
Hình 5-2: Đồ thị nhiệt độ các chế độ làm việc của lò điện trở

a. Lò liên tục

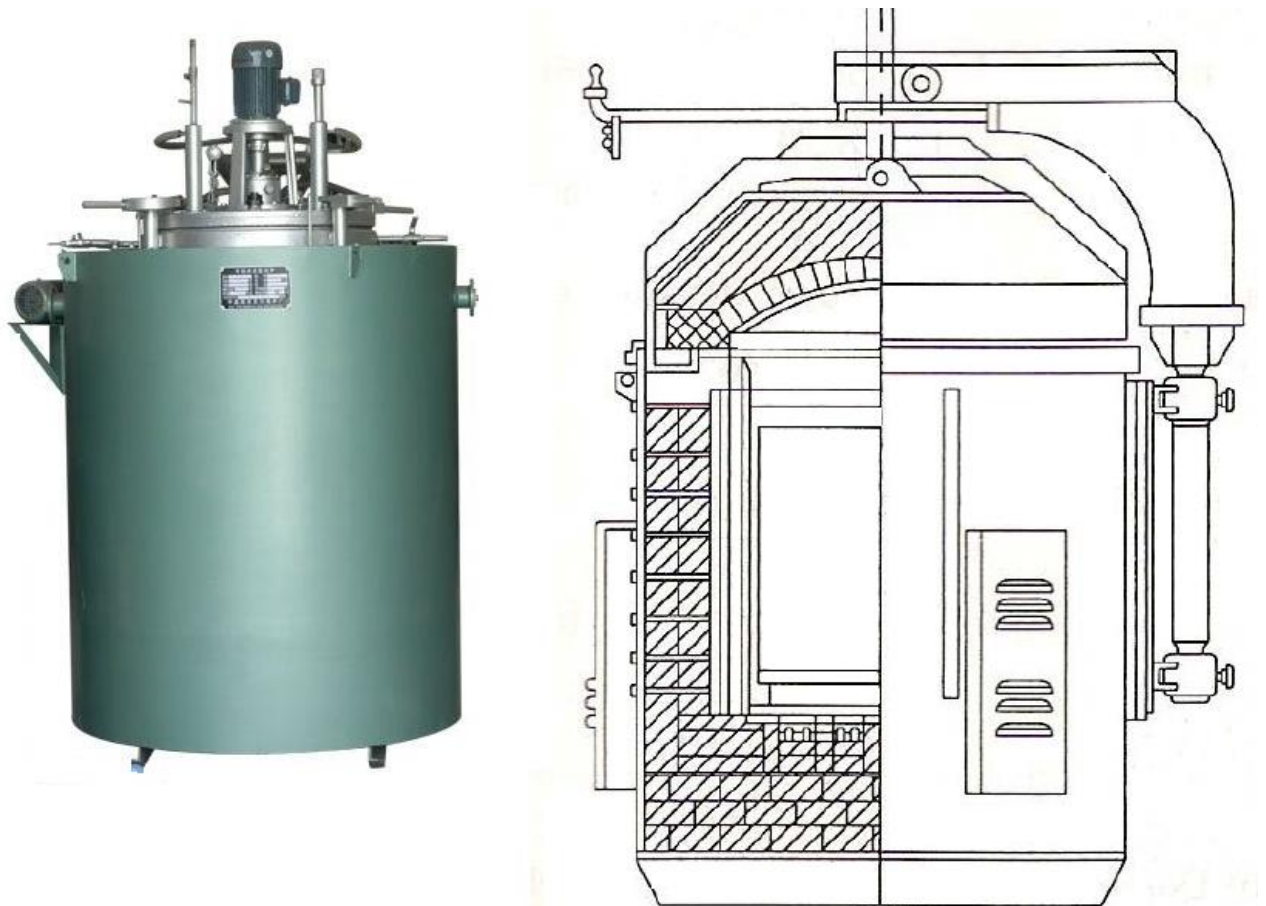
b. Lò làm việc có tính lặp lại

c. Lò gián đoạn

- Phân loại theo kết cấu lò:
  - + Lò buồng.
  - + Lò giếng.
  - + Lò chụp.



Hình 5-3: Hình ảnh và kết cấu lò điện trở dạng lò buồng



Hình 5-4: Hình ảnh và kết cấu lò điện trở dạng lò giếng

- Phân loại theo mục đích sử dụng:
  - + Lò tôi.
  - + Lò ram.
  - + Lò ủ.

### 3. Các yêu cầu đối với dây điện trở

#### 3.1. Dây điện trở bằng hợp kim

Hợp kim Crôm – Niken (Nicrom). Hợp kim này có độ bền cơ học cao vì có lớp màng Oxit Crôm ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 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  $1200^\circ\text{C}$ .

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

#### 3.2. 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.

#### 3.3. Điện trở nung nóng bằng vật liệu kim loại

Vật liệu Cacbuarun (SiC) chịu được nhiệt độ cao tới  $1450^\circ\text{C}$ , 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.



Hình 5-5: Các loại dây điện trở dùng trong công nghiệp và dân dụng



Hình 5-6: Các thanh điện trở dùng trong công nghiệp và dân dụng

#### 4. Tính toán kích thước dây điện trở

Xuất phát từ năng suất lò, ta tính ra công suất lò tiêu thụ từ lưới điện.

Năng suất lò:

$$A = \frac{M}{t}, \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad (5.1)$$

Trong đó:

M – Khối lượng vật gia nhiệt (kg).

t – Thời gian gia nhiệt (s).

Nhiệt lượng hữu ích cấp cho vật gia nhiệt:

$$Q = M \cdot C(t_2 - t_1) \text{ (J)} \quad (5.2)$$

Trong đó:

$C$  : là nhiệt dung riêng trung bình của vật gia nhiệt trong khoảng nhiệt độ ( $t_1 \div t_2$ ), [J/kg.độ].

$t_1, t_2$  : nhiệt độ lúc đầu và lúc gia nhiệt của vật gia nhiệt [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Công suất hữu ích của lò:

$$P = \frac{Q}{t} = A \cdot C(t_2 - t_1) \text{ [W]} \quad (5.3)$$

Công suất lò:

$$P_{lò} = \frac{P}{\eta} \text{ [W]} \quad (5.4)$$

Trong đó:  $\eta$ - hiệu suất của lò, thường lò điện trở có hiệu suất  $0.7 \div 0.8$ .

Công suất đặt của thiết bị:

$$P_{đặt} = k \cdot P_{lò} \text{ [W]} \quad (5.5)$$

Trong đó:

$k$  – hệ số dự trữ, tính đến tình trạng điện áp lưới bị sụt áp, do dây hóa già mà điện trở tăng lên.

$k = 1,2 \div 1,3$  đối với lò làm việc liên tục.

$k = 1,4 \div 1,5$  đối với lò làm việc theo chu kỳ.

Từ công suất  $P$ , có thể tính gần đúng mật độ công suất dây đốt một pha. Đó là khả năng cấp nhiệt của dây đốt trong một đơn vị thời gian trên một diện tích bề mặt dây.

$$W_{dđ} = \frac{P}{mF_{dđ}} \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (5.6)$$

Trong đó:

$m$  – số pha.

$F_{dđ}$  – Diện tích bề mặt (diện tích xung quanh) của dây đốt một pha [ $m^2$ ].

Từ công suất lò, có thể tính được kích thước dây đốt cần trang bị cho lò. Với lò có số pha đối xứng, công suất của pha sẽ là:

$$P_{1ph} = \frac{P}{m} \text{ [W]} \quad (5.7)$$

Trên quan hệ tỏa nhiệt, công suất dây đốt cấp qua diện tích xung quanh  $F_{dđ}$  nên:

$$P_{1Ph} = W_{dđ} \cdot F_{dđ} = W_{dđ} \cdot LC \rightarrow L = \frac{P_{1Ph}}{W_{dđ}C} \quad (5.8)$$

Trong đó:

L – chiều dài dây đốt (m).

C – chu vi dây đốt (m).

Trên quan hệ giữa các thông số điện thì:

$$P_{1Ph} = \frac{U_{Ph}^2}{R_{Ph}} = \frac{U_{Ph}^2 L}{\rho S}$$

Suy ra:

$$L = \frac{U_{Ph}^2 S}{P_{1Ph} \rho} \quad (5.9)$$

Trong đó: S – diện tích tiết diện dây đốt, [m<sup>2</sup>].

Cân bằng (5.8) và (5.9), ta có:

$$CS = \frac{P_{1Ph}^2 \rho}{U_{Ph}^2 W_{dđ}} \quad (5.10)$$

Vế trái (5.10) là các thông số về kích thước dây đốt. Thừa số đầu của vế phải là các thông số về điện, thừa số sau của vế phải nói lên mối quan hệ nhiệt của dây.

Dây đốt dùng trong lò điện trở có thể có tiết diện tròn hay chữ nhật và kích cỡ như bảng 1.

Bảng 1: Tiết diện dây đốt dùng trong lò điện trở

Nhiệt độ làm việc trong lò (°C)	Kích thước dây đốt (mm)	
	Dây tròn (đường kính d)	Dây chữ nhật (kích thước axb), ( $m = \frac{b}{a}$ )
<300	1	8 × 1
300 – 600	2	10 × 1
600 – 800	3 – 4	15 × 1,5
800 – 1000	4 – 5	20 × 2
1000 – 1100	6 – 7	25 × 2
1100 – 1200	7 – 8	25 × 3

Với dây tròn:  $C = \pi d$ ;  $S = \frac{1}{4} \pi d^2$

Thay vào (5.10) và tìm d, ta có:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho P_{1ph}^2}{\pi^2 W_{dd} U_{ph}^2}} \quad [\text{m}] \quad (5.11)$$

Với dây chữ nhật:

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

$$S = ab = ma^2$$

Thay vào (5.10) ta có:

$$a = \sqrt[3]{\frac{\rho P_{1ph}^2}{2m(m+1)W_{dd}U_{ph}^2}} \quad [\text{m}] \quad (5.12)$$

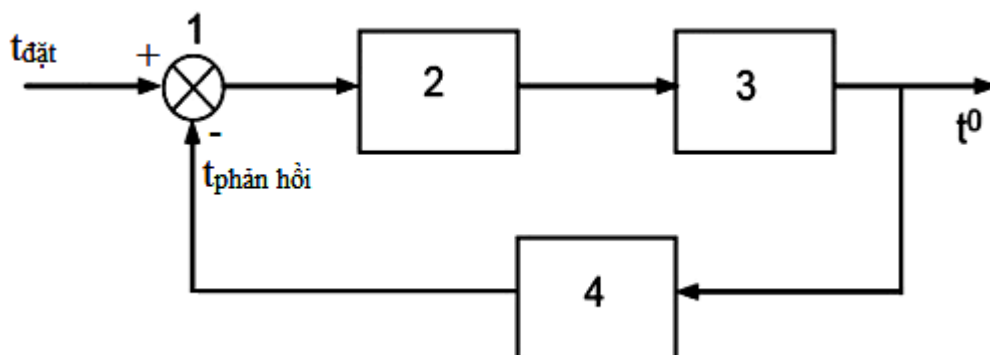
Và  $b = ma$ ; thường  $m = 5 \div 15$ .

Chiều dài dây sẽ tìm tiếp theo trong công thức (5.9).

## 5. Không chế và ổn định nhiệt độ 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  $\rightarrow$  sao, hoặc từ nối tiếp  $\rightarrow$  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.



1: Bộ tổng hợp điều khiển.

2: Bộ điều chỉnh và ổn định nhiệt độ.

3: Điều chỉnh nhiệt độ  $t^\circ$ .

4: Cảm biến nhiệt độ.

Hình 5-7: Sơ đồ khối chức năng điều khiển nhiệt độ

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 khống chế và ổn định nhiệt độ lò điện trở.

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

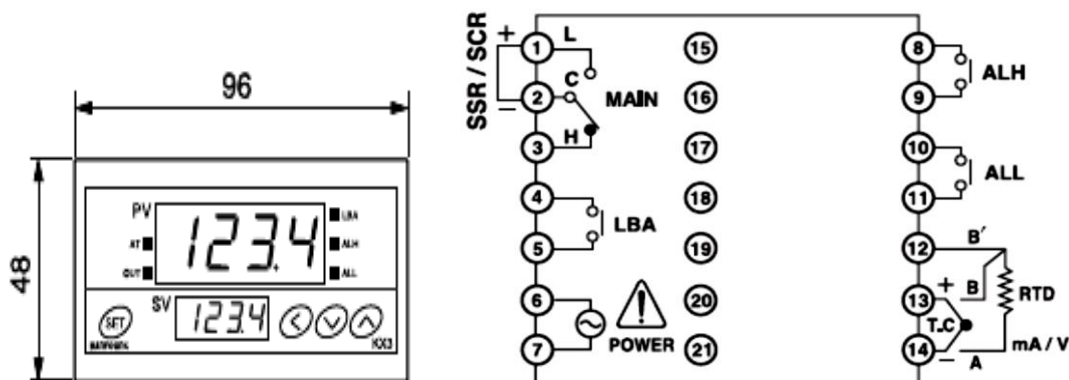
- + Nhiệt kế thủy ngân
  - Ưu điểm: Cấu tạo đơn giản, cùng một lúc thực hiện ba chức năng: cảm biến, khâu chấp hành và chỉ thị nhiệt độ.
  - Nhược điểm: Chỉ dùng được đối với lò điện nhiệt độ thấp ( $t^0 \leq 650^0C$ ), độ nhạy không cao do quán tính nhiệt của nước thủy ngân lớn.
- + Nhiệt điện trở (RN)
  - 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: 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 5-8: Hình ảnh nhiệt kế và cặp nhiệt



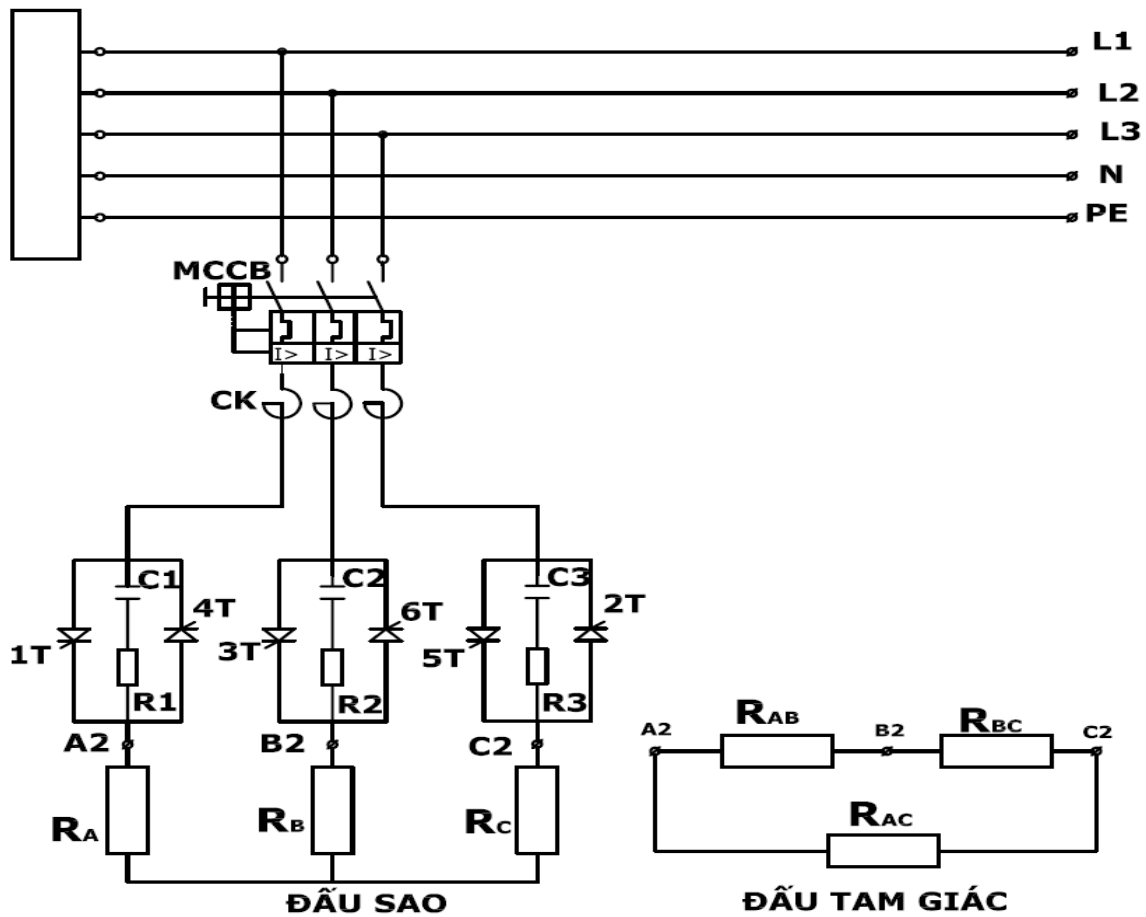
Hình 5-9: Bộ hiển thị dùng trong điều khiển nhiệt độ



**6. Một số sơ đồ khống chế nhiệt độ lò điện trở điển hình**

**6.1. Sơ đồ mạch điều khiển công suất lò điện trở**

Khống chế nhiệt độ lò điện trở có thể là duy trì ổn định nhiệt độ làm việc của lò hoặc thay đổi nhiệt độ theo yêu cầu và duy trì ổn định nhiệt độ đó. Việc khống chế nhiệt độ lò thường được thực hiện qua khống chế công suất lò bằng cách đóng cắt nguồn cấp hoặc hạn chế nguồn cấp.



Hình 5-10: Sơ đồ mạch động lực lò điện trở 3 pha

Hình 5-11 ta có:

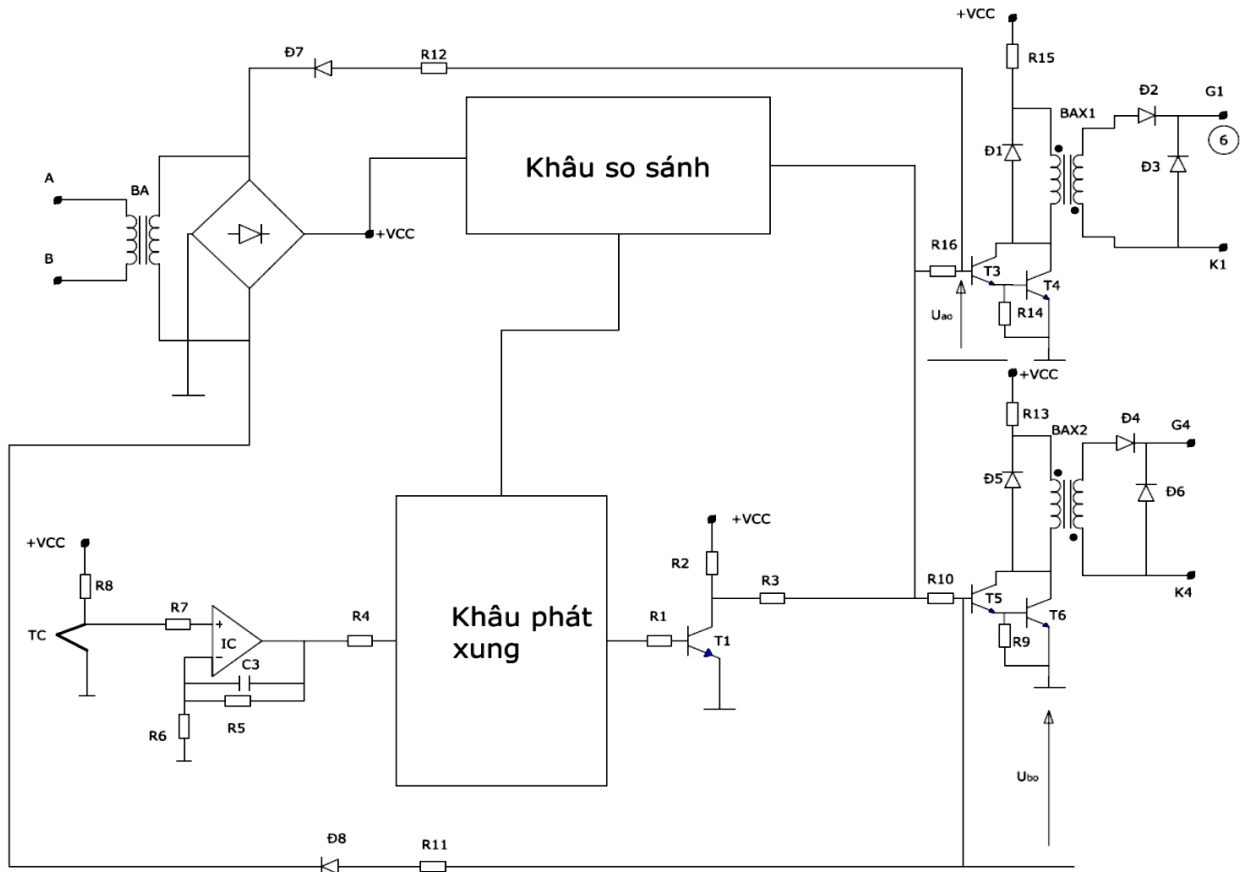
G1, K1: Kích dẫn SCR 1T ở bán kỳ dương.

G4, K4: Kích dẫn SCR 4T ở bán kỳ âm.

Các Transistor T3, T4 và T5, T6 khuếch đại darlington. Cặp nhiệt TC khi nhận nhiệt độ từ lò → giá trị điện trở tăng lên → ngõ vào dương của OP-AM so sánh → khâu phát xung. Tín hiệu của khâu phát xung được đưa vào T1, nếu tín hiệu dương T1 dẫn bão hòa, nếu tín hiệu âm T1 ngưng dẫn.

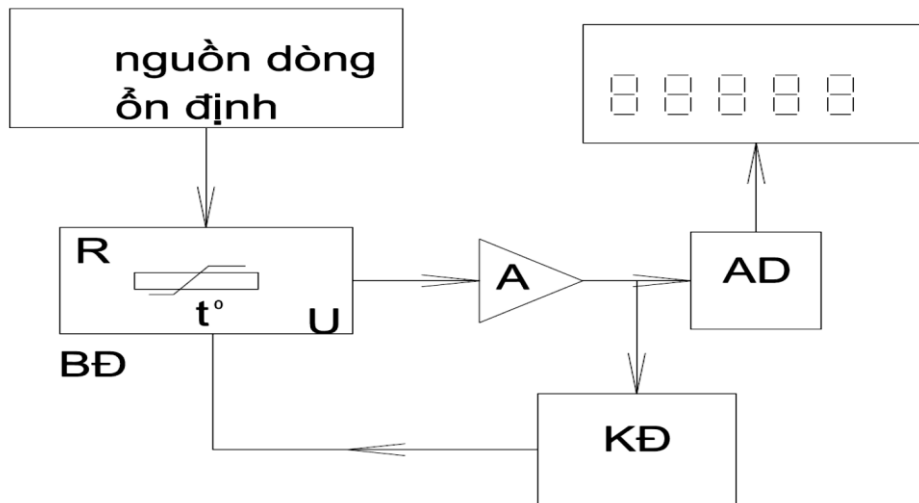
Khi tín hiệu so sánh dương và  $U_{ab} > 0$  thì T3, T4 dẫn → BAX1 phát xung kích, kích dẫn SCR 1T. Ngược lại T3, T4 ngưng dẫn.

T5, T6 dẫn ở bán kỳ âm của BA.



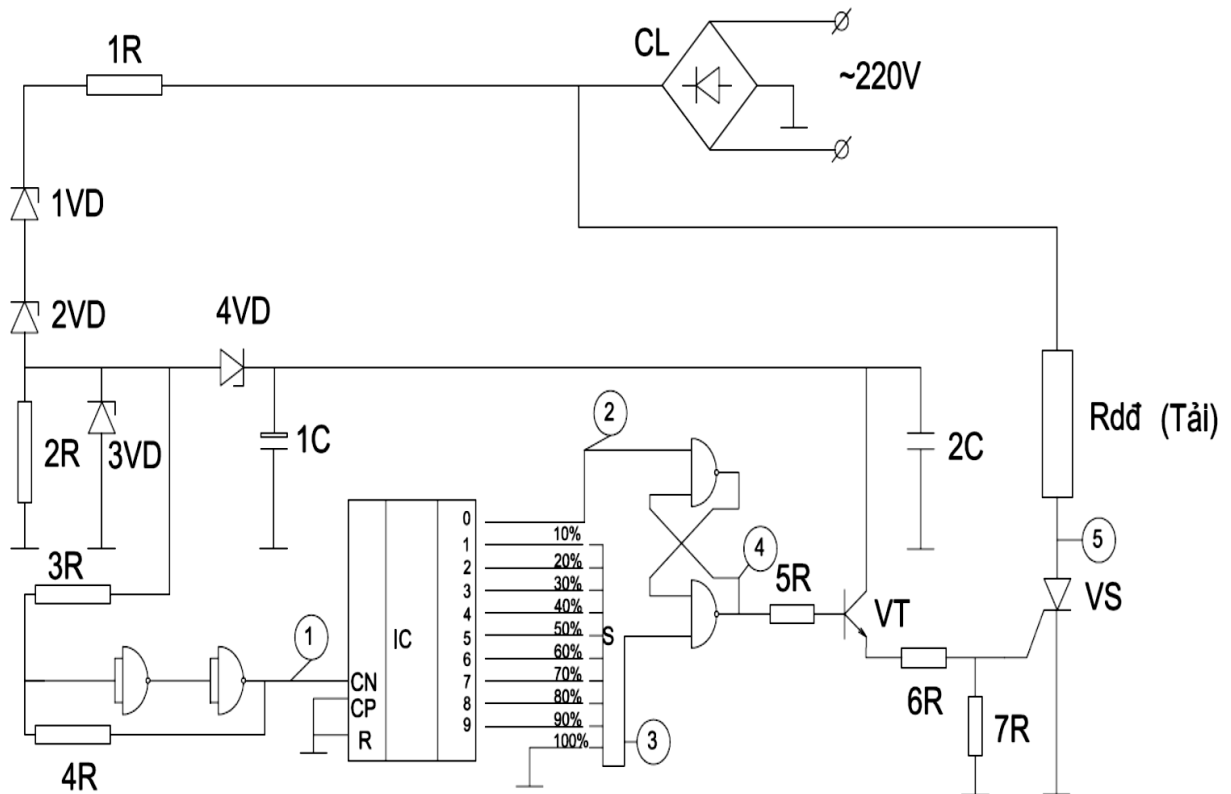
Hình 5-11: Sơ đồ mạch điều khiển khống chế nhiệt độ 1 pha

6.2. Sơ đồ mạch điều khiển khống chế từng cấp công suất lò điện trở



Hình 5-12: Sơ đồ khối bộ hiển thị

Bộ nguồn dòng ổn cấp cho bộ biến đổi BĐ trong đó nhiệt độ lò làm thay đổi trị số điện trở của cảm biến nhiệt điện trở. Tín hiệu ra qua bộ khuếch đại A, một mặt sẽ qua bộ khuếch đại phản hồi KĐ để đưa tới bộ biến đổi và mặt khác đến bộ biến đổi tương tự - số A/D và qua đó tới bộ chỉ thị số.



Hình 5-13: Sơ đồ nguyên lý điều khiển không chế công suất lò điện trở

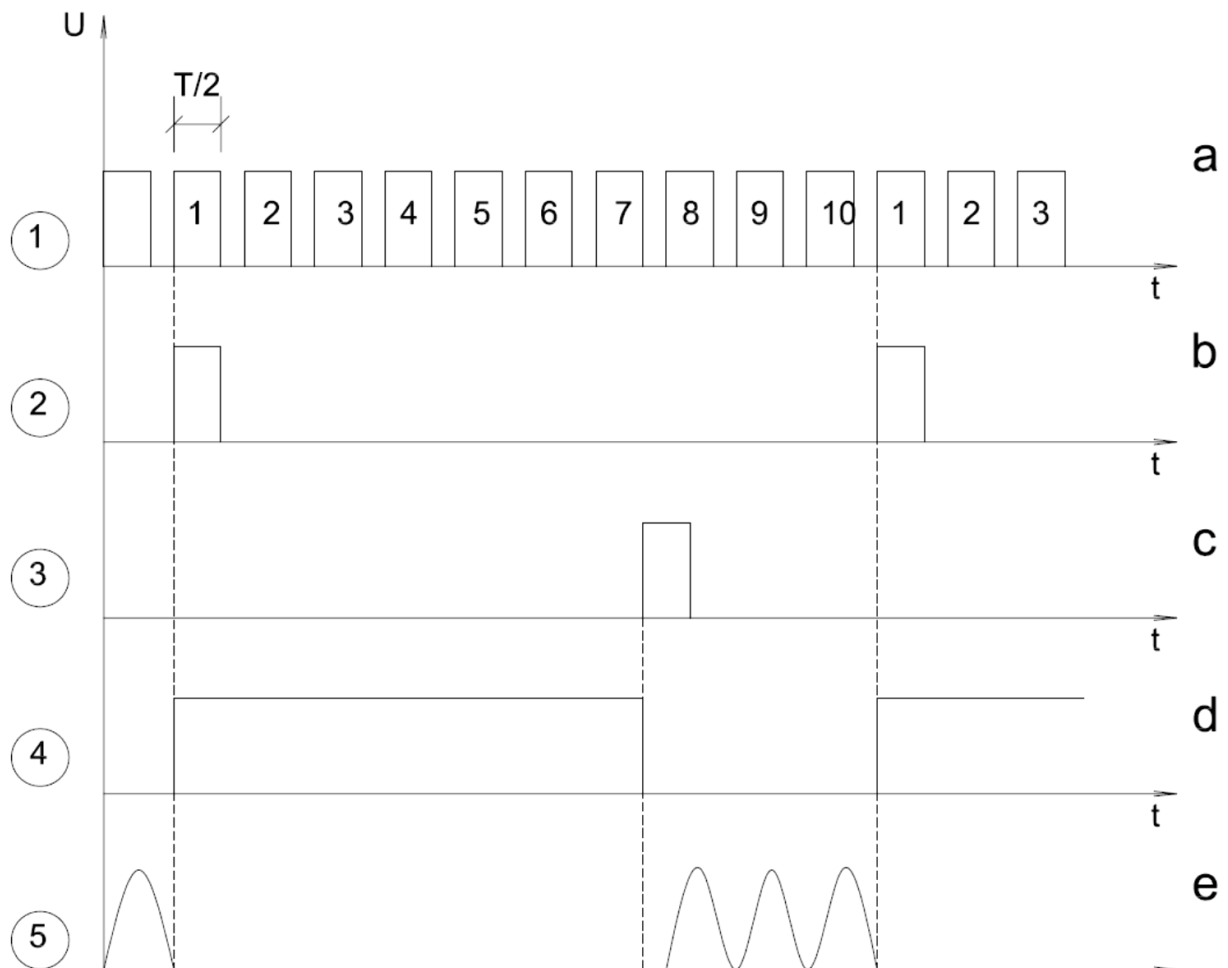
Sơ đồ hình 5-13 dùng cho lò công suất nhỏ, tối đa  $6 \div 10$  kW, theo 10 cấp khác nhau, từ 10% đến 100% công suất định mức. Sơ đồ dùng các vi mạch CMOS. Trigger Schmitt tạo bởi 2 phần tử NAND sẽ hoàn thiện dạng các xung nhịp trên và đưa vào cửa vào CN của bộ đếm. Các điốt ổn áp 1VD, 2VD làm nhiệm vụ chống nhiễu cho bộ điều chỉnh tránh chuyển đổi sai của bộ đếm.

Các xung nhịp dương tới bộ đếm, có độ dài xung (thời gian xung)  $T/2$  bằng một nửa chu kỳ điện áp lưới và lệch nhau về thời gian bằng  $T/2$ . Khi đầu ra 0 của bộ đếm có mức logic 1 thì đầu ra của trigger RS tạo bởi 2 phần tử NOR có mức logic 1 và transistor VT dẫn → dẫn tới thyristor VS dẫn. Tải dây đốt  $R_{dd}$  có dòng chạy qua. Thyristor sẽ dẫn cho tới khi đầu ra nối với con trượt chuyển đổi S có mức logic 1. Lúc đó trigger RS chuyển trạng thái thyristor khóa.

Nếu con trượt chuyển đổi S thiết lập ở vị trí 100% thì trigger RS không đổi trạng thái, giữ nguyên trạng thái đầu ra có mức logic 1 và thyristor luôn dẫn → dẫn đến tải  $R_{dd}$  được cấp đầy đủ công suất.

Ở sơ đồ này, thyristor đóng vai trò một khóa mạch (góc mở luôn bằng 0).

Như vậy, công suất cấp cho tải ứng với 70% (tỉ lệ nghịch với độ rộng các xung ở đầu ra trigger RS (hình 5-14). Độ rộng này thay đổi nhờ con trượt chuyển đổi S.



Hình 5-14: Giảm đồ xung khi không chế công suất lò điện trở khoảng 70% công suất định mức

## II. Lò hồ quang

### 1. Khái niệm chung

Lò hồ quang lợi dụng nhiệt của ngọn lửa hồ quang để nấu chảy kim loại và nấu thép hợp kim chất lượng cao.

Lò hồ quang được cấp nguồn từ biến áp lò đặc biệt với điện áp đặt vào cuộn sơ cấp (6 ÷ 10 kV), và có hệ thống tự động điều chỉnh điện áp dưới tải.

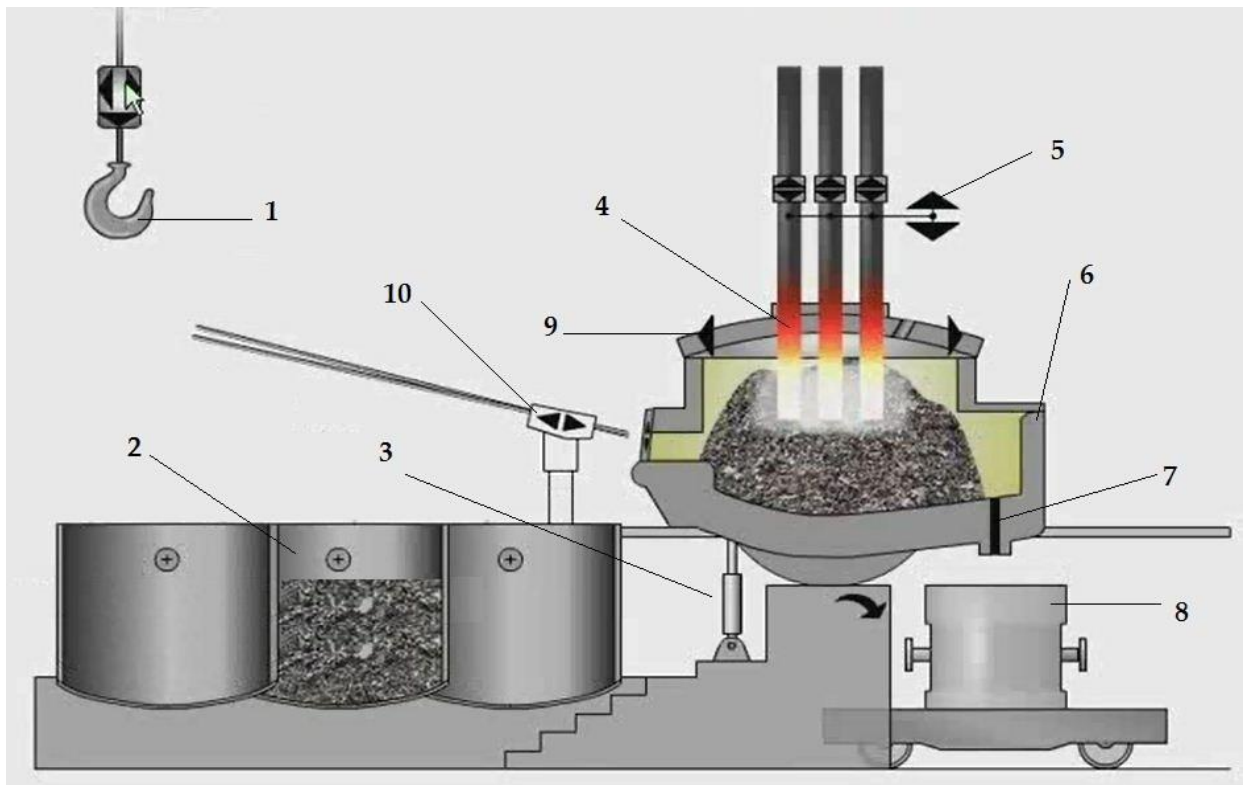
– Các thông số quan trọng của lò hồ quang là:

+ Dung tích định mức của lò: số tấn kim loại lỏng của một mẻ nấu.

+ Công suất định mức của biến áp lò: ảnh hưởng quyết định tới thời gian nấu luyện và năng suất của lò.

– Cấu tạo và kết cấu của lò hồ quang

Một lò hồ quang bất kỳ đều phải có các bộ phận chính như hình sau:



Hình 5-15: Cấu tạo lò hồ quang

Giải thích hình:

1. Cơ cấu nâng hạ để cung cấp nguyên liệu cho lò;
2. Bồn chứa nguyên liệu.
3. Giá nghiêng lò;
4. Điện cực (hồ quang);
5. Cơ cấu dịch chuyển điện cực.
6. Vỏ cách nhiệt với bên ngoài;
7. Miệng rót thép đã nấu chảy.
8. Vận chuyển thép nấu chảy đến chỗ đúc khuôn;
9. Cơ cấu di chuyển nắp lò qua lại.
10. Cơ cấu bơm khí Oxy và cacbon.

– *Chu trình nấu luyện của lò hồ quang gồm ba giai đoạn với các đặc điểm công nghệ sau:*

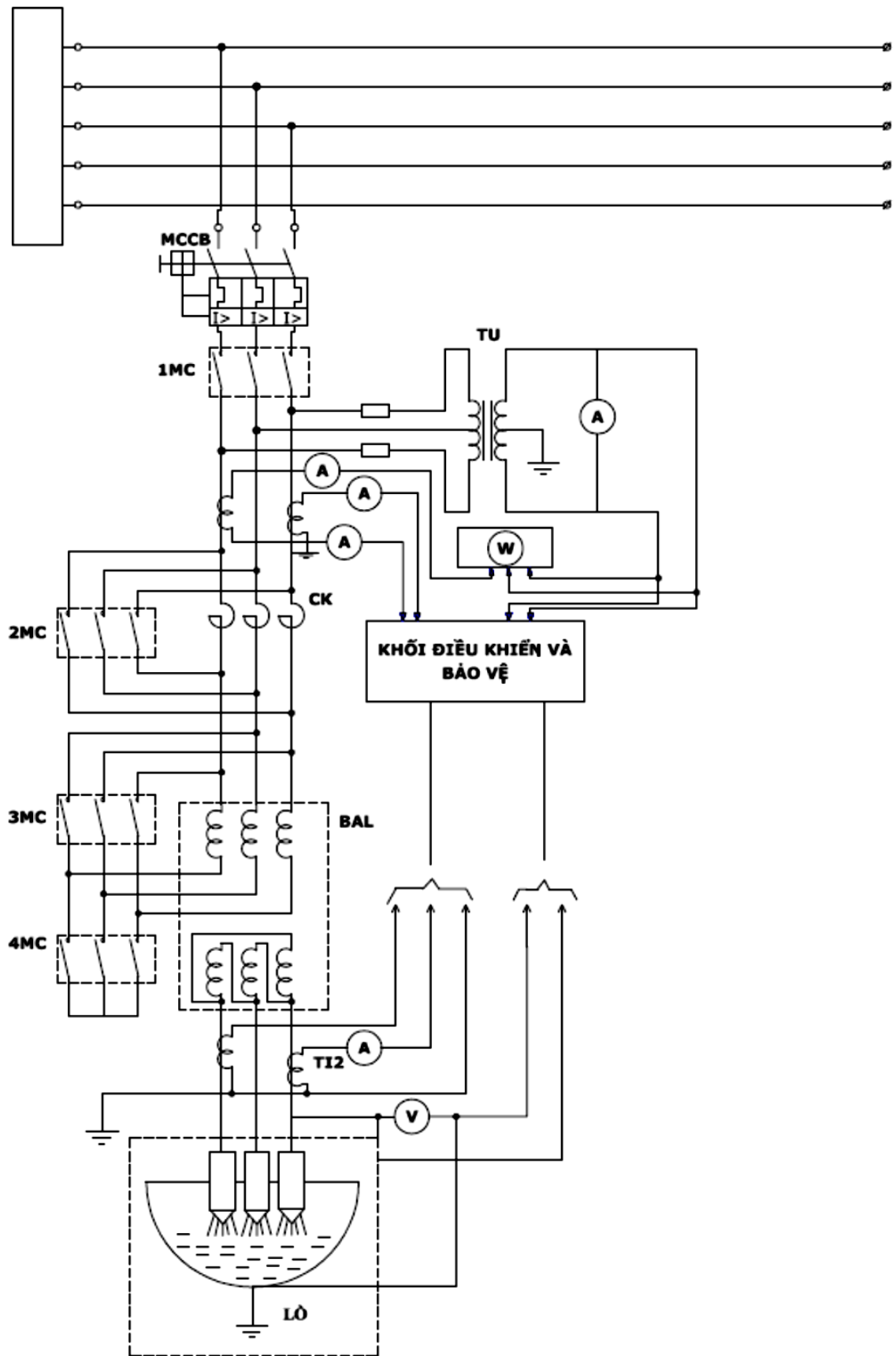
## 2. Sơ đồ cung cấp điện của lò hồ quang

Nguồn cấp cho lò hồ quang được lấy từ trạm phân phối trung gian với cấp điện áp 6 kV, 10 kV, 20 kV hoặc 22kV (tùy theo cấp điện áp của trạm phân phối).

Sơ đồ cấp điện có các thiết bị chính sau:

- + MCCB đóng cắt không tải dùng để đóng cắt mạch động lực của lò và lưới điện trong trường hợp cần sửa chữa.
- + Máy cắt dầu 1MC, đóng cắt có tải cấp điện cho lò.
- + Cuộn kháng CK dùng để hạn chế dòng ngắn mạch làm việc (dòng ngắn mạch làm việc không được lớn hơn 3 lần dòng định mức), ngoài ra cuộn kháng còn có chức năng đảm bảo cho ngọn lửa hồ quang cháy ổn định, đặc biệt là trong giai đoạn nung nóng và nấu chảy kim loại. Sau đó cuộn kháng CK được ngắn mạch bằng máy cắt dầu 2MC.

Sơ đồ cung cấp điện cho lò hồ quang được vẽ như bên dưới:



Hình 5-16: Sơ đồ cấp điện lò hồ quang

+ Máy cắt dầu 3MC và 4MC dùng để đổi nối sơ đồ đầu dây cuộn sơ cấp của biến áp lò (BAL) thành hình sao (Y) hoặc tam giác ( $\Delta$ ).

+ Biến áp lò (BAL) dùng để hạ áp và điều chỉnh điện áp cấp cho lò.

Biến áp lò về cấu tạo và hình dáng giống như biến áp động lực thông thường, nhưng nó làm việc trong môi trường khắc nghiệt, điều kiện làm việc nặng nề cho nên so với biến áp động lực thông thường nó có những đặc điểm khác biệt sau:

- Cùng một cấp công suất, biến áp lò có kích thước và khối lượng lớn hơn.

- Dòng ngắn mạch nhỏ ( $I_{nm} \leq 3I_{dm}$ ).

- Có độ bền cơ học cao để chịu được sự tác động của lực điện từ phát sinh trong các cuộn dây và thanh dẫn trong trường hợp xảy ra hiện tượng ngắn mạch làm việc.

- Có khả năng tự động điều chỉnh điện áp dưới tải trong phạm vi khá rộng khi điện áp lưới dao động.

- Phía cao áp có biến dòng TI1 và biến điện áp TU dùng cho các khí cụ đo lường: vôn kế (V), ampe kế (A), wat kế (W), đồng hồ đo công suất hữu công (kWh) và đồng hồ công suất vô công (kVAr).

- Phía hạ áp có biến dòng TI2 dùng để đo dòng và đưa tín hiệu đến mạch bảo vệ ĐKBV (khởi điều khiển và bảo vệ).

### 3. Điều chỉnh công suất lò hồ quang

Trong một chu trình nấu luyện của lò hồ quang, trong mỗi giai đoạn, công suất điện tiêu thụ khác nhau. Bởi vậy, điều chỉnh công suất lò hồ quang là một vấn đề quan trọng đối với công nghệ nấu luyện kim loại trong lò hồ quang. Ngoài ra, điều chỉnh công suất lò trong toàn chu trình nấu luyện hợp lý cho phép:

- Giảm thời gian nấu luyện.

- Nâng cao năng suất của lò.

- Giảm chi phí điện năng.

- Nâng cao chất lượng thép.

Mỗi giai đoạn làm việc của lò hồ quang (gồm nấu chảy, ôxy hoá, hoàn nguyên) đòi hỏi một công suất nhất định, mà công suất này lại phụ thuộc chiều dài ngọn lửa hồ quang. Như vậy, điều chỉnh dịch điện cực tức là điều chỉnh chiều dài ngọn lửa hồ quang, do đó điều chỉnh được công suất lò hồ quang. Đó là nhiệm vụ cơ bản của các bộ điều chỉnh tự động các lò hồ quang.

Các yêu cầu chính đề ra cho một bộ điều chỉnh công suất lò hồ quang là:



– Đủ nhạy để đảm bảo chế độ làm việc đã cho của lò, duy trì dòng điện hồ quang không sụt quá (4÷5%) trị số dòng điện làm việc. Vùng không nhạy của bộ điều chỉnh không quá  $\pm$  (3÷6%) trong khi nấu chảy và  $\pm$  (2÷4%) trong các giai đoạn khác.

– Tác động nhanh, đảm bảo khử ngắn mạch hay đứt hồ quang trong thời gian (1,5 ÷ 3s). Điều đó sẽ làm giảm số lần ngắt máy cắt chính, giảm sự thấm Carbon của kim loại. Các lò hồ quang hiện đại không cho phép ngắt máy cắt chính quá 2 lần trong giai đoạn nấu chảy. Đảm bảo yêu cầu này nhờ tốc độ dịch cực nhanh tới (2,5 ÷ 3 m/ph) trong giai đoạn nấu chảy (khi dùng truyền động điện cơ) và (5 ÷ 6 m/ph) (khi truyền động thủy lực). Dòng điện hồ quang càng lệch xa vị trí đặt thì tốc độ dịch cực phải nhanh.

– Thời gian điều chỉnh ngắn.

– Hạn chế tối thiểu sự dịch cực không cần thiết như khi chế độ làm việc bị phá vỡ trong thời gian rất ngắn hay trong chế độ thay đổi tính đối xứng. Yêu cầu này càng cần đối với lò 3 pha không có dây trung tính. Chế độ hồ quang của một pha nào đó bị phá hủy sẽ dẫn theo phá hủy chế độ hồ quang của pha còn lại. Điện cực các pha còn lại đang ở vị trí chuẩn cũng có thể bị dịch chuyển. Do vậy mỗi pha cần có hệ điều chỉnh độc lập để sự làm việc của nó không ảnh hưởng tới chế độ làm việc của các pha khác.

– Thay đổi công suất lò trong giới hạn 20÷125% trị số định mức với sai số không quá 5%.

– Có thể di chuyển nhanh từ chế độ điều khiển tự động sang chế độ điều khiển bằng tay do phải thực hiện thao tác phụ nào đó (chẳng hạn nâng điện cực trước khi chất liệu vào lò) và ngược lại, chuyển nhanh về chế độ điều khiển tự động.

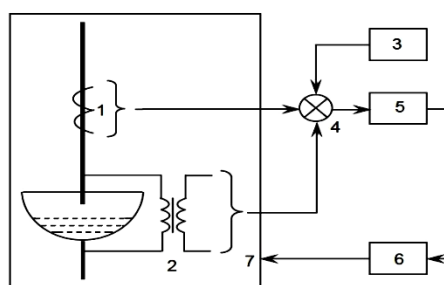
– Tự động châm lửa hồ quang khi bắt đầu làm việc và sau khi đứt hồ quang. Khi ngắn mạch thì việc nâng điện cực lên không làm đứt hồ quang.

– Dừng mọi điện cực khi mất điện lưới.

– Cơ cấu chấp hành (cơ cấu dịch cực) có thể truyền động bằng điện - cơ hay thủy lực. Trong cơ cấu điện - cơ, động cơ được dùng phổ biến là động cơ điện một chiều kích từ độc lập vì nó có mômen khởi động lớn, giải điều chỉnh rộng, bằng phẳng, dễ điều chỉnh và có thể dễ mở máy, đảo chiều, hãm. Đôi khi cũng dùng động cơ không đồng bộ có mômen quán tính của roto nhỏ.

#### 4. Một số sơ đồ không chế dịch cực lò hồ quang

##### 4.1. Sơ đồ khối chức năng



Hình 5-17: Sơ đồ khối chức năng một pha không chế dịch cực lò hồ quang



## + Mạch lực

- Động cơ một chiều kích từ độc lập Đ truyền động dịch chuyển điện cực thông qua cơ cấu truyền động thanh răng - bánh răng được cấp nguồn từ bộ biến đổi dùng thyristor.

- Bộ biến đổi là hai bộ chỉnh lưu hình tia ba pha nối song song ngược: 1T, 3T, 5T và 2T, 4T, 6T.

- Biến áp động lực 2BA có chức năng phối hợp điện áp giữa lưới điện và động cơ điện, đồng thời hạn chế dòng điện ngắn mạch và hạn chế tốc độ tăng dòng anot để bảo vệ các thyristor.

- Cuộn kháng cân bằng CKCB1 và CKCB2 hạn chế dòng cân bằng.

- Trị số tốc độ và chiều quay của động cơ phụ thuộc vào điện áp ra của bộ biến đổi. Trị số này phụ thuộc vào góc mở  $\alpha$  của các thyristor

- Điều khiển bộ biến đổi này dùng phương pháp điều khiển chung (phối hợp tuyến tính):

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$$

## + Mạch điều khiển

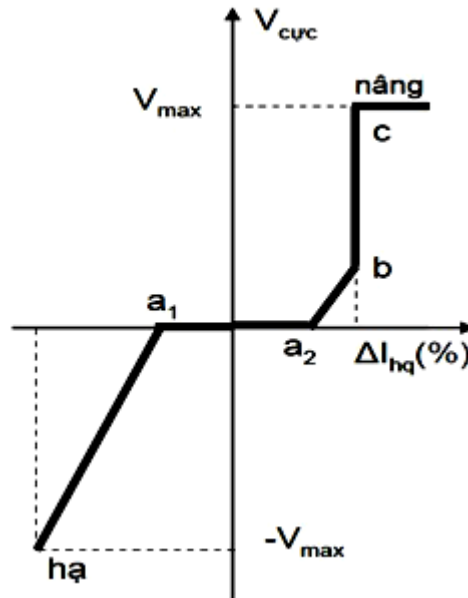
- Điện áp ra trên cầu chỉnh lưu 1CL tỷ lệ với dòng điện hồ quang ( $I_{hq}$ ) đặt lên chiết áp  $VR_2$ .

- Điện áp ra trên cầu chỉnh lưu 2CL tỷ lệ với điện áp hồ quang đặt lên chiết áp  $VR_3$ . Tổng đại số của hai điện áp trên hai chiết áp đó đưa vào khâu KN (khâu không nhạy tạo ra đoạn  $a_1 - a_2$ ) nếu tổng đại số của hai điện áp trên nhỏ hơn trị số điện áp của khâu KN, điện áp ra của KN (tương ứng như điện áp chủ đạo) bằng không. Lúc đó góc mở  $\alpha = 90^\circ$  cho hai nhóm van, điện áp ra của hai bộ biến đổi bằng không, động cơ dừng quay.

Nếu chế độ làm việc của lò sai lệch khỏi chế độ đã đặt (như  $I_{hq}$  tăng do hiện tượng ngắn mạch làm việc,  $U_{hq}$  tăng do chưa thổi được hồ quang hoặc ngọn lửa hồ quang bị đứt) thì tổng đại số trên hai chiết áp  $VR_2$  và  $VR_3$  lớn hơn điện áp ngưỡng của vùng không nhạy, điện áp ra của KN khác không, cực tính điện áp ra của KN sẽ quyết định trị số góc của  $\alpha$  để cho bộ biến đổi phát ra điện áp có cực tính để động cơ quay theo chiều nâng hoặc hạ điện cực.

- Khi điện áp hồ quang ( $U_{hq}$ ) tăng, cực tính của điện áp ra của khâu KN sẽ làm cho bộ biến đổi phát ra điện áp để động cơ quay theo chiều hạ điện cực.

- Khi dòng điện hồ quang tăng, cực tính ra của khâu KN đổi cực tính, kết quả động cơ quay theo chiều nâng điện cực đi lên. Ở vùng dòng hồ quang thay đổi nhỏ, tốc độ nâng điện cực tỷ lệ với số gia  $\Delta I_{hq}$  (đoạn  $a_2 - b$ ) ở vùng thay đổi lớn của dòng hồ quang, thì tốc độ nâng điện cực tăng nhảy vọt (làm việc ở chế độ role) nhờ điốt ổn áp trong khâu phản hồi âm điện áp KFH.



Hình 5-19: Đặc tính khi nâng - hạ điện cực lò hồ quang

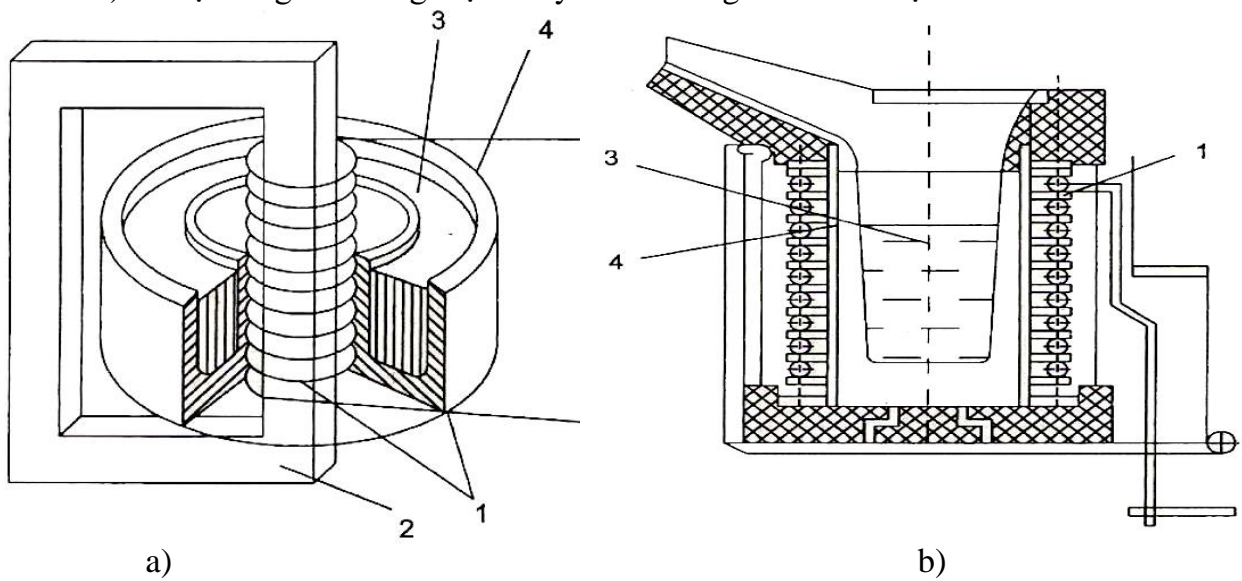
### III. Lò cảm ứng

#### 1. Khái niệm và phân loại

##### 1.1. Khái niệm chung

Nguyên lý làm việc của lò cảm ứng (hay lò tần số).

Là dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi đặt một khối kim loại vào trong một từ trường biến thiên thì trong khối kim loại sẽ xuất hiện (cảm ứng) các dòng điện xoáy (dòng Foucault). Nhiệt năng của dòng điện xoáy sẽ đốt nóng khối kim loại.



a)

a) Lò cảm ứng có mạch từ

b)

b) Lò cảm ứng không có mạch từ

1. Vòng cảm ứng; 2. Mạch từ; 3. Nồi lò; 4. Tường lò bằng vật liệu chịu nhiệt

Hình 5-20: Lò cảm ứng tần số công nghiệp

## 1.2. Phân loại thiết bị gia nhiệt bằng tần số

- Theo tần số làm việc:
  - + Lò tần số công nghiệp.
  - + Lò trung tần (500-10000)Hz.
  - + Lò cao tần (tần số trên 10Khz).
- Theo phạm vi sử dụng:
  - + Lò nấu chảy kim loại.
  - + Lò nôi ( không có lõi thép).
  - + Lò máng (có lõi thép).
- + Lò nung: dùng nung phôi cho rèn, dập nóng, cán nóng. Phôi càng lớn thì tần số làm việc càng nhỏ.
- + Lò tôi bề mặt, làm việc ở tần số cao. Lớp tôi càng mỏng thì tần số làm việc càng cao.
- + Lò sấy chất điện môi và bán dẫn.

## 2. Sự truyền năng lượng trong thiết bị gia nhiệt bằng tần số

Năng lượng điện truyền từ nguồn điện (tần số), qua vòng cảm ứng, biến đổi thành năng lượng trường điện từ. Trong vật gia nhiệt, điện năng (dòng xoáy) cảm ứng được chuyển thành nhiệt năng.

## 3. Các thành phần chính trong thiết bị gia nhiệt bằng tần số

### 3.1. Các bộ biến tần

Hiện nay, trong các thiết bị gia nhiệt bằng dòng điện cao tần, nguồn cao tần (các bộ biến tần) có thể là máy phát điện quay, đèn điện tử hay biến tần dùng thyristor.

- Máy phát điện tần số cao làm việc với tần số  $500 \div 8000$  Hz với công suất  $0,5 \div 1500$  kW.
- Đối với tần số dưới 500 Hz dùng máy phát không đồng bộ cực lõi có số cặp cực lớn và số vòng quay cao.
- Đèn phát tần số thường dùng đèn 3 cực chân không. Tần số phát từ vài chục kHz đến hàng trăm MHz.
- Biến tần thyristor phổ biến nhất gồm 2 khâu cơ bản:
  - + Chỉnh lưu có điều khiển và nghịch lưu độc lập.
  - + Công suất của các bộ nghịch lưu thyristor có thể tới 12.000kW, điện áp hơn 1000V, tần số tới 10kHz.

### 3.2. Vòng cảm ứng

Do dòng qua vòng cảm ứng lớn nên tổn hao điện chiếm tới  $25 \div 30\%$  công suất hữu ích của thiết bị. Do vậy cần làm mát vòng cảm ứng. Làm mát bằng không khí cho phép mật độ dòng điện  $2 \div 5 \text{ A/mm}^2$ .

Làm mát bằng nước chảy trong vòng cảm ứng rỗng tiết diện tròn, ô van. Dây dẫn làm vòng cảm ứng có thể rỗng vì dòng cao tần chỉ phân bố ngoài dây.

### 3.3. Tụ điện

Tụ điện dùng trong các sơ đồ của lò làm chức năng phân li dòng điện một chiều hoặc bù  $\cos\phi$ .

### 3.4. Dây dẫn cao tần

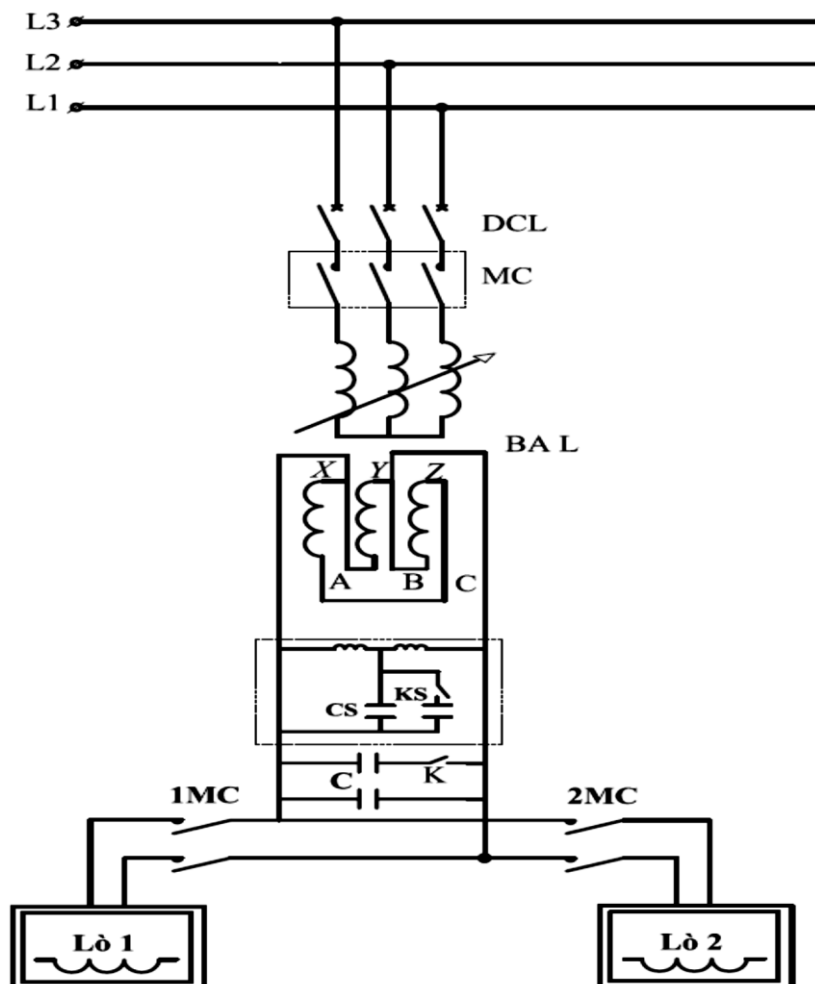
Thường là các thanh cái phẳng, có cảm kháng lớn.

### 3.5. Các công tắc tơ

Các công tắc tơ được dùng là công tắc tơ cao tần 2 cực chịu điện áp lớn, và tần số cao.

## 4. Một số sơ đồ không chế thiết bị gia nhiệt bằng tần số

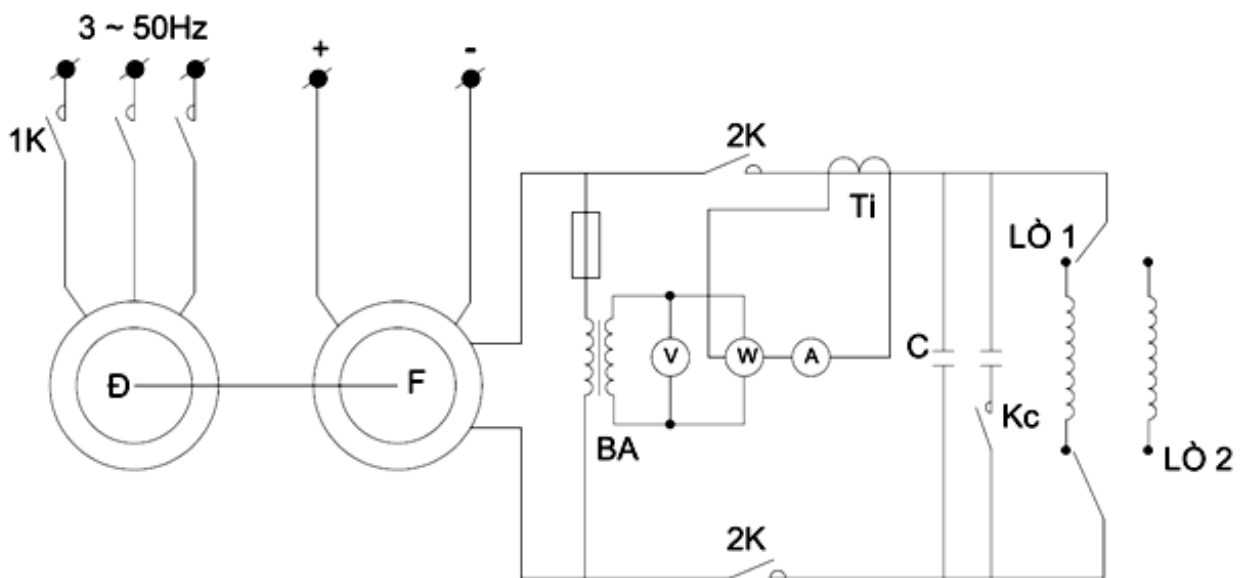
### 4.1. Lò cảm ứng tần số công nghiệp



Hình 5-21: Sơ đồ mạch điện cảm ứng tần số công nghiệp

Lò cảm ứng tần số công nghiệp được cấp nguồn từ lưới điện quốc gia qua cầu dao cách ly CL, máy cắt MC và biến áp lò BAL, trong quá trình nấu luyện, điều chỉnh công suất của lò bằng bộ điều chỉnh điện áp dưới tải của cuộn sơ cấp biến áp lò. Vì hệ số công suất ( $\cos\varphi$ ) của lò rất thấp ( $0,6 \div 0,7$ ) nên dùng bộ tụ điện tĩnh C để bù công suất phản kháng nhằm nâng cao hệ số công suất lò. Điều chỉnh dung lượng bù của lò bằng công tắc K. Khối đối xứng ĐX gồm cuộn kháng LS, tụ CS có chức năng cân bằng phụ tải giữa các pha của biến áp lò. Để tận dụng hiệu suất sử dụng thiết bị, lò cảm ứng có hai nồi nấu thép, làm việc luân phiên nhau bằng cầu dao chuyển đổi 1CD và 2CD.

#### 4.2. Lò cảm ứng trung tần dùng máy phát cao tần



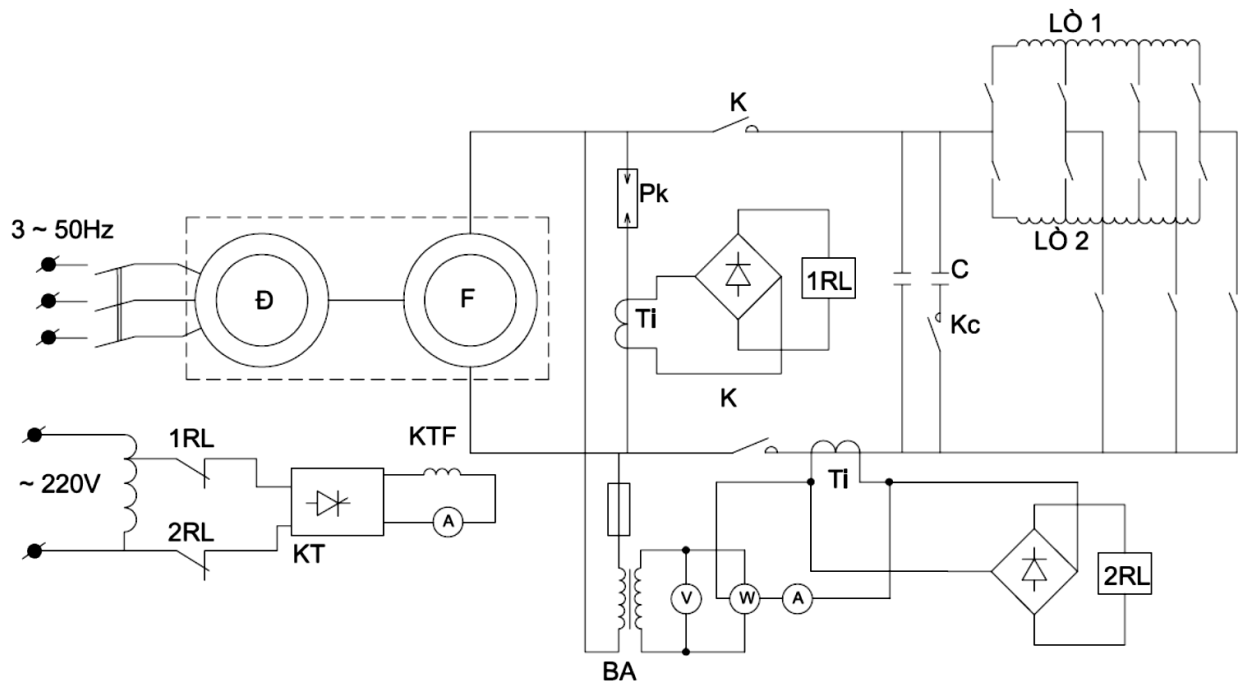
Hình 5-22: Sơ đồ điện lò cảm ứng trung tần

Hai lò cảm ứng trung tần lò 1 và lò 2 được cấp nguồn từ cùng một máy phát cao tần F. Máy phát cao tần được động cơ không đồng bộ sơ cấp Đ kéo; các tụ C1 và C2 bù công suất vô công nhằm nâng cao hệ số công suất ( $\cos\varphi$ ). Biến áp đo lường BA (biến điện áp), biến dòng (TI) cấp nguồn cho các đồng hồ đo: Vôn kế (V), ampe kế (A), wat kế (W). Đối với tần số ( $150 \div 500$  Hz) thường dùng máy phát đồng bộ thông thường cực lõi, cuộn dây kích từ quấn trên rôto của máy phát.

Đối với tần số ( $1000 \div 8000$  Hz) dùng loại máy phát kiểu cảm ứng, cuộn dây kích thích và cuộn dây làm việc quấn trên stator của máy phát, còn rôto có dạng bánh răng. Kết quả từ thông do cuộn kích thích sinh ra là từ thông đập mạch, cảm ứng ra trong cuộn dây làm việc dòng điện tần số cao.



### 4.3. Lò cảm ứng cao tần dùng máy phát cao tần



Hình 5-21: Sơ đồ điện lò cảm ứng trung tần

Tập hợp thiết bị bao gồm: bộ biến tần máy điện quay (Đ-F), bộ kích từ thyristor cho máy phát kích từ, bộ tụ bù  $\cos\varphi$  có điều chỉnh hệ số bù (C và Kc), các cuộn cảm ứng của lò 1, và lò 2 có thể điều chỉnh số vòng bằng tay, hệ thống đo lường và thiết bị bảo vệ.

Để tránh sự cố quá áp do đứt mạch cảm ứng, bộ phóng điện  $P_k$  sẽ phóng điện. Dòng phóng qua biến dòng  $T_i$  sẽ làm role dòng cực đại 1RL tác động, ngắt mạch kích từ máy phát. Role 2RL cũng tác để bảo vệ quá tải.

Trong trường hợp riêng, thiết bị có thể có bộ biến tần phụ công suất bằng 25% công suất bộ chính. Bộ biến tần phụ dùng duy trì nhiệt độ lò nấu chảy kim loại trong thời gian rút hay khi sấy lò. Trong thời gian này thì bộ biến tần chính làm việc với lò thứ hai.

**BÀI TẬP ÁP DỤNG**

**Bài 5.1.**

Nêu khái niệm về lò hồ quang, phân loại? Chu trình làm việc? Ngăn mạch là gì?

**Bài 5.2.**

Vẽ mạch điện động lực và mạch điện điều khiển hệ thống gia nhiệt bằng lò điện trở với yêu cầu sau:

Đóng MCCB hệ thống chuẩn bị hoạt động.

Hệ thống gồm các thiết bị: Cảm biến nhiệt độ thấp CBT, cảm biến nhiệt độ trung bình CBTB, cảm biến nhiệt độ cao CBC, điện trở chính ĐTC, điện trở phụ ĐTP, quạt chính QC và quạt phụ QP.

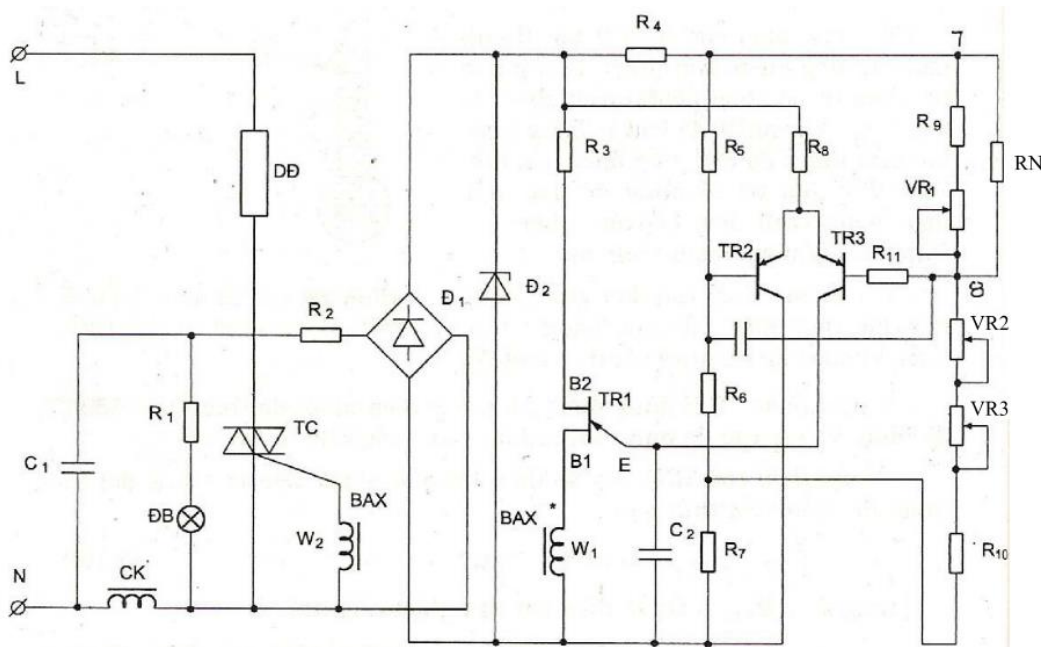
Ban đầu, nhấn nút ON, 3 cảm biến nhiệt độ chưa tác động chỉ có điện trở chính, và quạt chính hoạt động. Đến khi cảm biến nhiệt độ cao tác động thì ĐTC và QC dừng,

Sau đó nhiệt độ bắt đầu hạ dần, nhiệt độ thấp hơn CBTB thì ĐTP và QP hoạt động, nhiệt độ lên lại tác động và CBTB thì ĐTP và QP dừng. Nếu ĐTP và QP làm việc không đủ công suất dẫn tới nhiệt động tiếp tục giảm, giảm đến khi CBT tác động thì ĐTC và QC hoạt động (ĐTC và QC làm việc thì ĐTP và QP dừng), khi nhiệt độ tác động và CBC thì ĐTC và QC dừng. Chu trình lặp lại.

Các động cơ được bảo vệ quá tải và ngắn mạch.

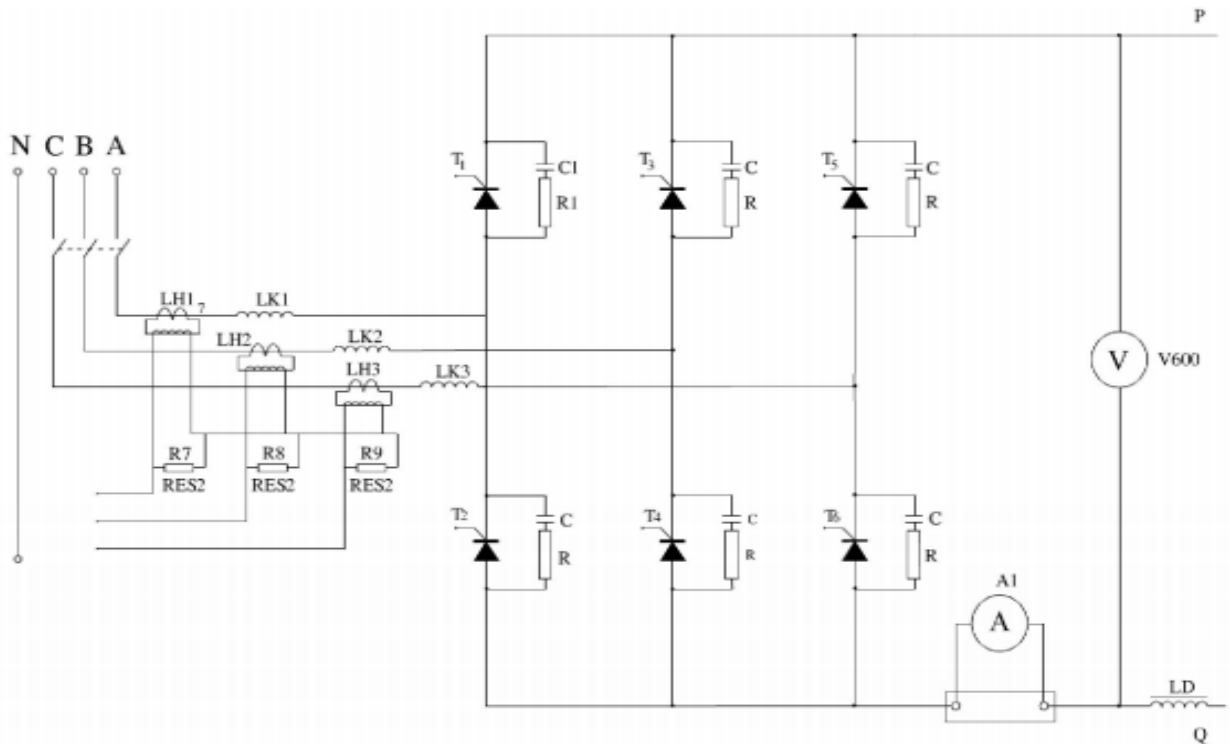
**Bài 5.3.**

Giải thích sơ đồ mạch khống chế nhiệt độ lò điện trở theo hình 5.3.



**Bài 5.4.**

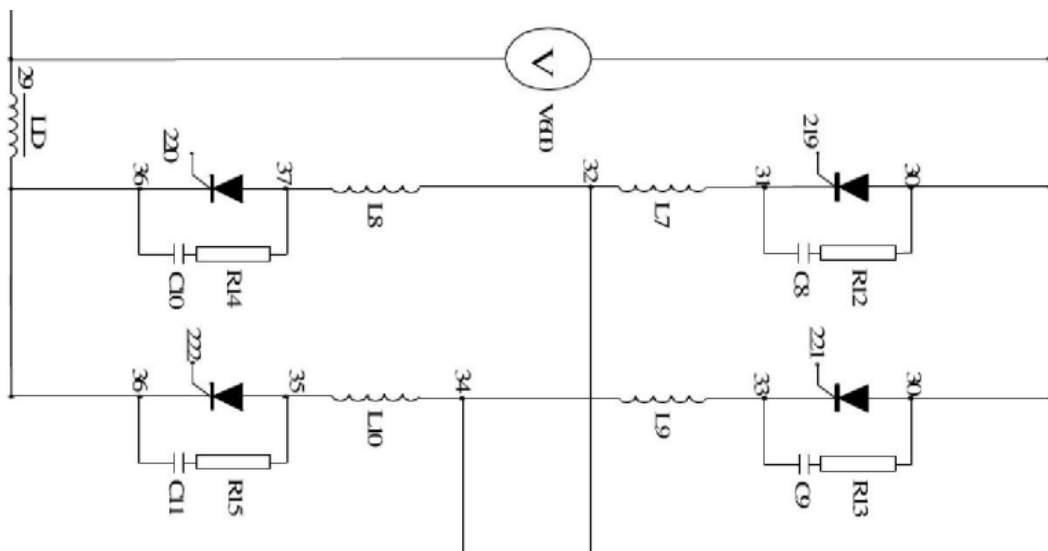
Giải thích nguyên lý hoạt động và vẽ dạng sóng ngõ ra của khối chỉnh lưu có điều khiển dùng thyristor (khâu CL) của lò cảm ứng dùng bộ biến tần (hình 5.4).



Hình 5.4

**Bài 5.5.**

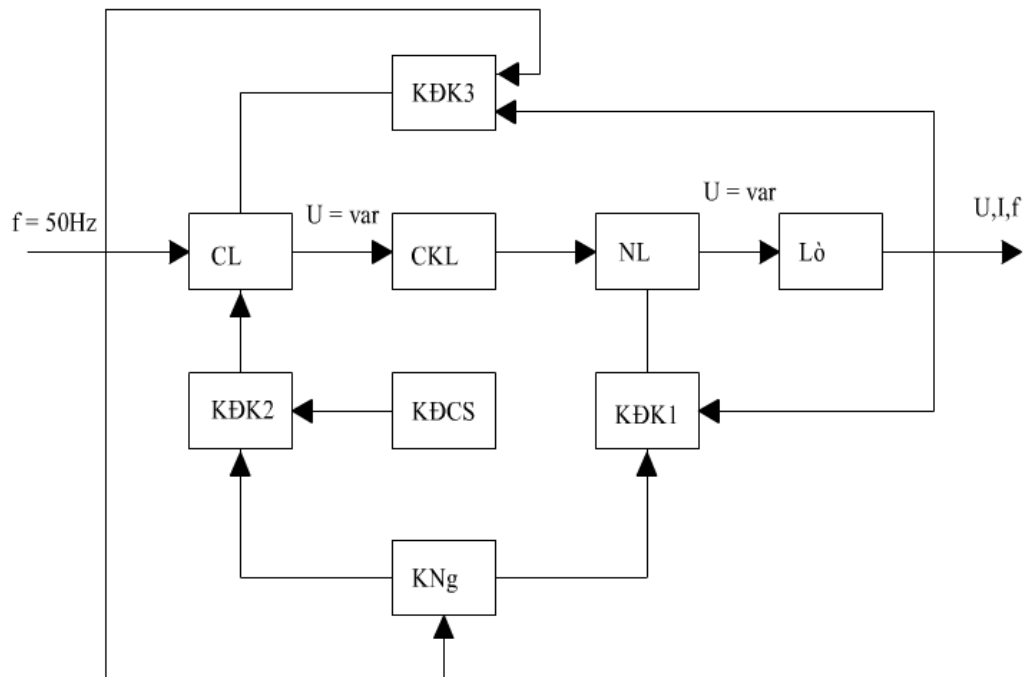
Giải thích nguyên lý hoạt động của khối nghịch lưu (NL) cộng hưởng, biến điện DC thành AC cung cấp cho vòng cảm ứng của lò cảm ứng dùng bộ biến tần (hình 5.5).



Hình 5.5

**Bài 5.6.**

Chuyển sơ đồ chức năng của lò cảm ứng dùng bộ biến tần thành sơ đồ nguyên lý?



Trong đó

CL: Là khối chỉnh lưu có điều khiển dùng thyristor.

NL: Là khâu nghịch lưu cộng hưởng, biến điện DC thành AC cung cấp cho vòng cảm ứng của lò.

CKL: Là khâu lọc điện áp DC dùng cuộn kháng có L lớn.

KNg: Là nguồn DC cung cấp cho tất cả các khâu trong mạch điều khiển.

KĐCS: Là khâu điều chỉnh công suất của lò.

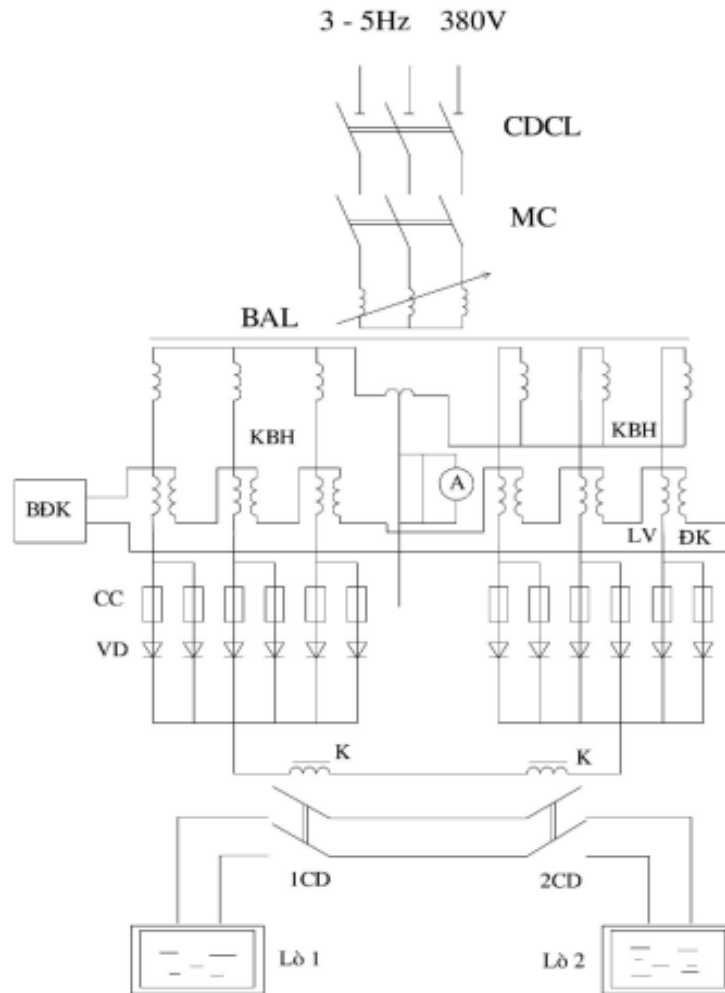
KĐK1: Là khâu điều khiển bộ chỉnh lưu.

KĐK2: Là khâu điều khiển bộ nghịch lưu.

KĐK3: Là khâu điều khiển công nghệ rơ le, contactor ... đo lường và bảo vệ.

**Bài 5.7.**

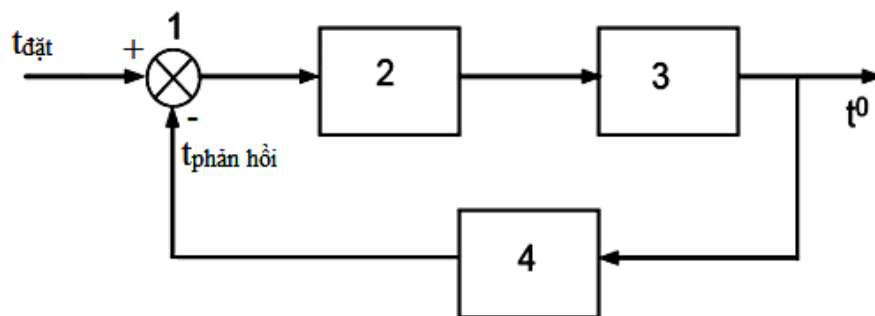
Giải thích nguyên lý hoạt động của lò hồ quang chân không (hình 5.7)?



Hình 5.7

**Bài 5.8.**

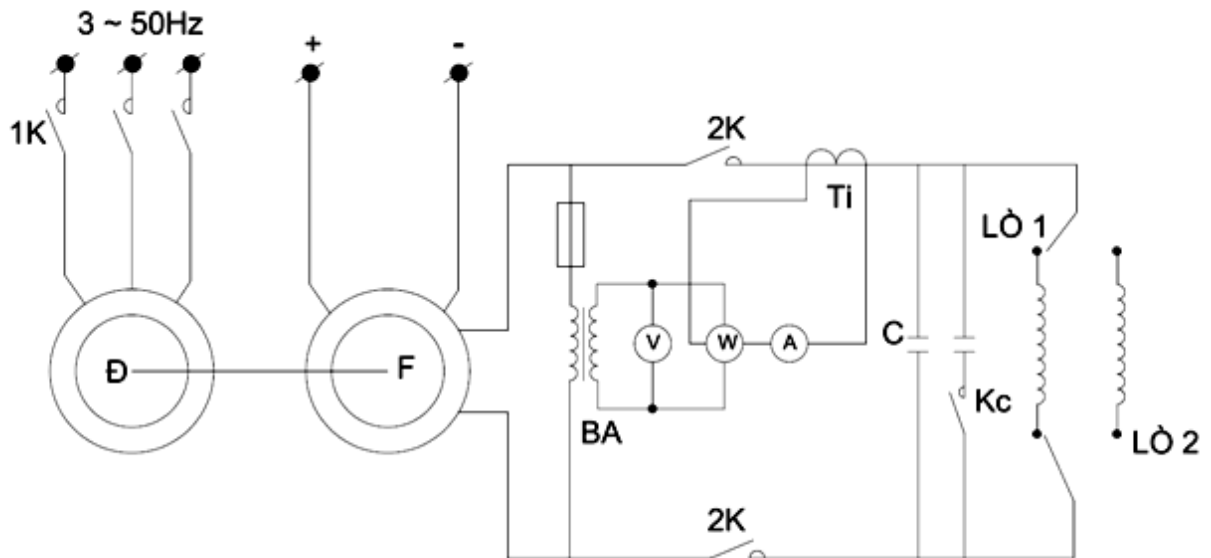
Chuyển sơ đồ chức năng của lò điện trở thành sơ đồ nguyên lý?



- 1: Bộ tổng hợp điều khiển.
- 2: Bộ điều chỉnh và ổn định nhiệt độ.
- 3: Điều chỉnh nhiệt độ  $t^\circ$ .
- 4: Cảm biến nhiệt độ.

**Bài 5.9.**

Trình bày chức năng của từng thiết bị có trong sơ đồ điện lò cảm ứng trung tần (hình 5.9)? giải thích nguyên lý hoạt động của mạch?



Hình 5.9

**Bài 5.10.**

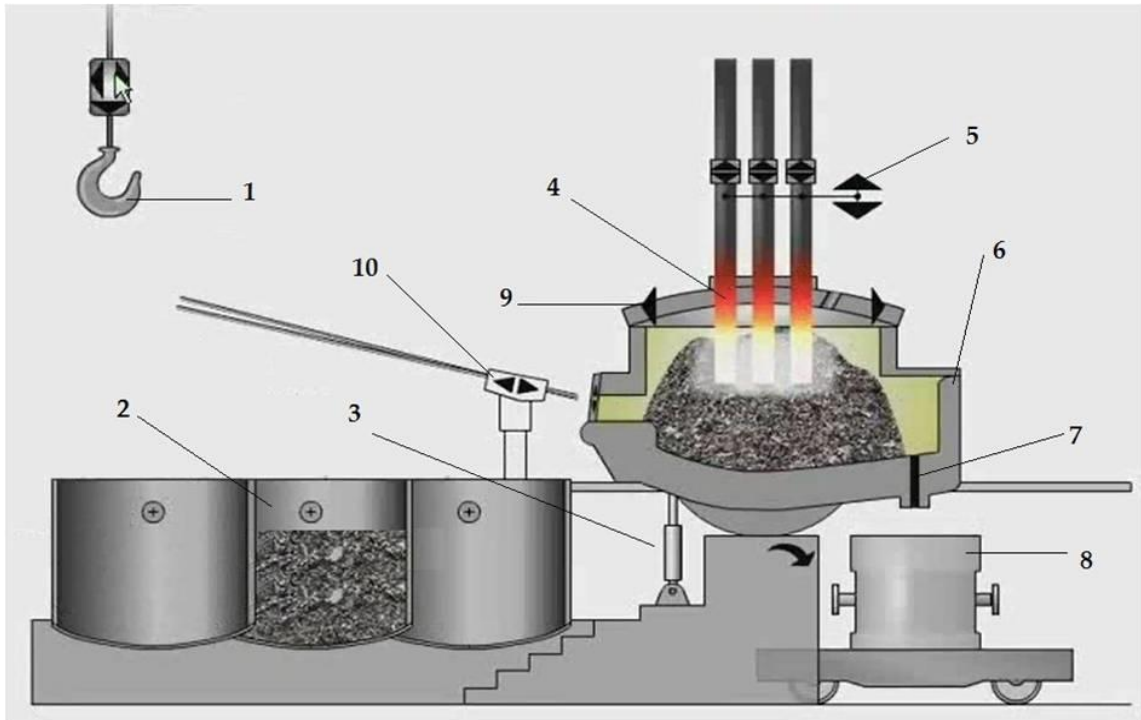
Cho lò hồ quang như hình vẽ 5.10

Vẽ sơ đồ động lực và sơ đồ điều khiển lò nhiệt với yêu cầu sau:

Nhấn nút start: Mạch hoạt động theo trình tự. Nắp bồn 9 được mở ra, chạm vào HTM thì dừng, móc treo 1 chuyển động về bên phải để đưa vật liệu vào bồn, vật liệu được đưa xuống bồn sẽ chạm vào HTVL1 thì móc 1 dừng, sau đó 3 giây móc treo 1 chuyển động về vị trí cũ, chạm vào HTVL2 thì dừng, nắp bồn 9 được đóng lại, tác động vào HTĐ thì dừng, lúc này động cơ 10 bơm oxi vào bồn trong 30 giây để đảm bảo bồn đủ oxi, sau đó cơ cấu dịch chuyển điện cực 5 đưa điện cực từ từ đi xuống, tín hiệu dòng điện qua điện được cài đặt để quyết định điện cực đi xuống bao nhiêu (dòng điện cao hơn giá trị cài đặt thì điện cực đi lên, nếu dòng điện nhỏ hơn giá trị cài đặt thì điện cực đi xuống).

Bồn được gia nhiệt trong 30 phút sẽ mở van 7, rót thép nóng chảy ra ngoài, khi hết thép trong bồn CBL tác động, van 7 dừng, cơ cấu dịch chuyển điện cực 5 đưa điện cực từ từ đi lên, tác động vào HTT thì dừng, lúc này động cơ 10 bơm oxi vào bồn vẫn hoạt động 10 giây để làm nguội bồn. Kết thúc chu trình hoạt động.

Hệ thống được bảo vệ quá tải và ngắn mạch.



Hình 5.10



**Bài 5.11**

Giải thích mạch điện nâng hạ điện cực lò hồ quang (Mạch dùng hệ thống máy phát - động cơ; Mạch dùng hệ thống thyristor - động cơ) như hình vẽ.

