



GT.0000023951

TS. NGUYỄN TẤN DŨNG - TS. TRỊNH VĂN DŨNG (Đồng chủ biên)  
KS. LÊ THANH PHONG - KS. TRẦN HỮU HƯNG



# TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT - LẠNH

UYÊN  
IẾU



NHÀ XUẤT BẢN  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

**ThS. NGUYỄN TẤN DŨNG – TS. TRỊNH VĂN DŨNG (Đồng chủ biên)**  
**KS. LÊ THANH PHONG – KS. TRẦN HỮU HÙNG**

**TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN CÁC QUÁ  
TRÌNH NHIỆT – LẠNH**

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH – 2009**



## LỜI GIỚI THIỆU

Quá trình nhiệt – lạnh là một trong các quá trình ứng dụng vào thiết bị công nghệ hóa học. Vì vậy, về bản chất kỹ thuật của chúng gồm ba phần chính: quá trình hệ thống thiết bị, công nghệ và tự động điều khiển, ở cuốn sách này chúng tôi cố gắng giới thiệu và chuyển tải những kiến thức cơ bản và chuyên sâu về lĩnh vực tự động điều khiển các quá trình nhiệt – lạnh. Việc tự động điều khiển các quá trình nhiệt – lạnh nhằm các mục đích sau đây:

1. Khai thác khả năng làm việc của hệ thống nhiệt – lạnh một cách tốt nhất, đạt hiệu suất làm việc cao nhất theo ý muốn của con người và yêu cầu công nghệ đã xác định trước.
2. Đảm bảo cho hệ thống làm việc an toàn khi gặp những sự cố nguy hiểm có khả năng làm hư hỏng hệ thống máy móc và thiết bị không đáng có.
3. Đảm bảo cho người vận hành hệ thống thiết bị làm việc một cách an toàn khi gặp sự cố nguy hiểm xảy ra.
4. Tiết kiệm về sức lao động, tiết kiệm năng lượng quá trình, đảm bảo vệ sinh an toàn môi trường làm việc, nâng cao hiệu quả kinh tế trong sản xuất.

Chính vì vậy, việc tự động điều khiển các quá trình nhiệt – lạnh là một trong những phần rất quan trọng trong mọi lĩnh vực kỹ thuật. Với ý nghĩa đó mà nhóm tác giả trong những năm tiếp cận với thực tế và tích lũy kinh nghiệm cộng với vốn kiến thức chuyên ngành đã cố gắng xây dựng cuốn giáo trình này với mục đích phục vụ cho những người làm việc, học tập, giảng dạy và nghiên cứu trong ngành Công nghệ nhiệt – Điện lạnh và Các quá trình thiết bị công nghệ hóa học.

Vì kiến thức chuyên ngành quá rộng, mặc dù đã cố gắng rất nhiều những quá trình biên soạn không tránh khỏi những thiếu sót, mong các đồng nghiệp các độc giả chân thành phê bình và góp ý để cuốn sách tái bản lần sau hoàn thiện hơn. Một lần nữa xin chân thành cảm ơn.

Mọi lời phê bình và góp ý xin gửi về địa chỉ Email: [tandzung072@yahoo.com](mailto:tandzung072@yahoo.com); phone: 0918801670, Bộ môn: Công nghệ hóa học Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM.

**Đồng chủ biên: ThS. Nguyễn Tấn Dũng – TS. Trịnh Văn Dũng**

**PHẦN I**

**CÁC THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG – TỰ ĐỘNG**  
**ĐIỀU KHIỂN CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ**  
**CÔNG NGHỆ NHIỆT – ĐIỆN LẠNH**





## CHƯƠNG 1

# NHỮNG KHÁI NIỆM, KÝ HIỆU THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG HÓA CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ NHIỆT – ĐIỆN LẠNH

### I. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Các thiết bị điều khiển tự động hoá các quá trình nhiệt lạnh, là các thiết bị tham gia tự động điều khiển vận hành hệ thống lạnh làm việc với độ tin cậy an toàn cao. Ngoài việc tự động điều khiển vận hành hệ thống lạnh, nó còn có vai trò quan trọng là bảo vệ các thiết bị của hệ thống lạnh khi gặp sự cố bất thường trong suốt quá trình làm việc, một hệ thống lạnh hoàn chỉnh bao giờ cũng có đầy đủ các thiết bị chính và các thiết bị phụ, thiết bị phụ này có hay không có trong hệ thống lạnh, là tùy theo hệ thống lạnh một cấp nén hay hai cấp nén... và tính chất nhiệt động của mỗi chất lạnh.

- **Thiết bị chính:** bao gồm: máy nén, thiết bị ngưng tụ (dàn ngưng, dàn nóng), thiết bị bay hơi (dàn lạnh) và van tiết lưu, đây là bốn loại thiết bị luôn phải có mặt đầy đủ trong một hệ thống lạnh, nếu thiếu một trong bốn thiết bị này thì không thể nói là hệ thống lạnh.

- **Thiết bị phụ:** bao gồm: bình tách dầu, bình chứa cao, thiết bị làm mát trung gian (bình trung gian), thiết bị hồi nhiệt (bình hồi nhiệt) bình chứa thấp áp, bình tách lỏng, bình tập trung dầu, bình tuần hoàn, bình chứa bảo vệ, bình hồi lưu lỏng, thiết bị xả khí không ngưng (bình xả khí không ngưng) ...v.v

Đa số các thiết bị này làm việc ở chế độ áp lực cao, khi bị sự cố rất nguy hiểm vì môi chất lạnh có thể thoát ra ngoài, gây cháy nổ ảnh hưởng đến tính những người đang làm việc – vận hành hệ thống lạnh, ngoài ra gây ô nhiễm môi trường phá hoại tầng Ôzôn. Như vậy, muốn hệ thống lạnh làm việc an toàn với độ tin cậy cao, đảm bảo đúng trên tiêu chuẩn kinh tế – kỹ thuật, thì các thiết bị hệ thống lạnh phải có các thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ khi gặp sự cố, bên cạnh đó cũng cần phải có các thiết bị tự động điều chỉnh để điều chỉnh các thông số trạng thái cho phù hợp, khi các thông số trạng thái này luôn thay đổi theo thời gian, các thiết bị tự động điều khiển, điều chỉnh, bảo vệ sự cố, bao gồm các thiết bị sau đây:

- Các thiết bị truyền động điện cho máy nén bao gồm: cầu dao, CB (Circuit Breaker), cầu chì (Fuse), aptomat, khởi động từ, công tắc tơ (Contactor) ...v.v
- Các thiết bị tham gia trong điều khiển truyền động điện của hệ thống tự động bao gồm: relay trung gian, relay thời gian, relay nhiệt, relay điện từ ...v.v
- Các thiết bị tham gia trong việc tự động điều khiển-bảo vệ sự cố của các thiết bị trong hệ thống lạnh bao gồm: relay áp lực (relay áp lực thấp, relay áp lực cao, relay hiệu áp lực dầu, relay áp lực nước...), van điện từ, công tắc phao, relay tốc độ, các loại cảm biến áp suất, các cảm biến nhiệt độ (Temperature sensor, thermostatics, thermictor ...), cảm biến dòng điện, cảm biến điện áp, cảm biến mức lỏng, cảm biến bức xạ nhiệt, cảm biến khối lượng, cảm biến gia tốc, cảm biến vận tốc, cảm biến từ trường, các cảm biến độ ẩm, cảm biến độ pH, cảm biến nồng độ,...v.v

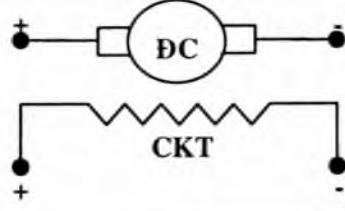
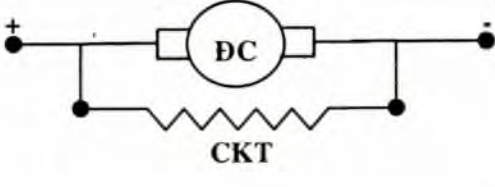



Ngoài các thiết bị trên, hiện nay còn dùng các thiết bị điều khiển tự động thông minh để điều khiển- đo lường các thông số - bảo vệ sự cố của hệ thống lạnh được chế tạo sẵn như:

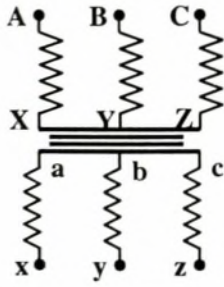
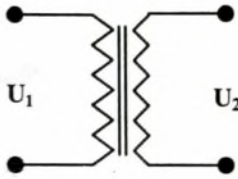

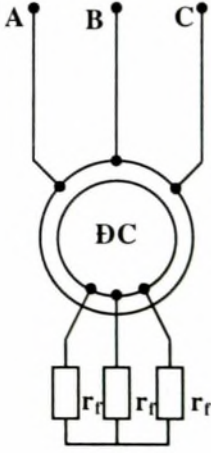
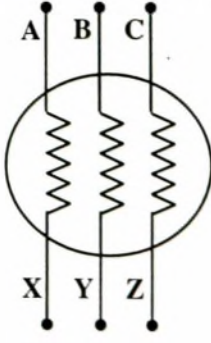
- Các vi mạch được chế tạo sẵn như: vi xử lý (Micro-processor), vi điều khiển (Micro-controller), vi mạch biến đổi A/D (analog/digital), vi mạch biến đổi D/A (digital/analog),...v.v
- Các môđun điều khiển bằng phương pháp lập trình, đó chính là các PLC (do các hãng Simen, Trane, Misumitshi, Toshiba, LG, Sony ... chế tạo sẵn ).
- Các card giao tiếp với máy tính với các cổng nối tiếp, song song, chẳng hạn như : cổng nối tiếp RS-232 : COM1, COM2, COM3, COM4 của máy tính ..., cổng máy in, cổng USB.
- Các Môđun vi xử lý có các chương trình nạp sẵn (tùy theo yêu cầu của người sử dụng và mục đích yêu cầu công nghệ) ...


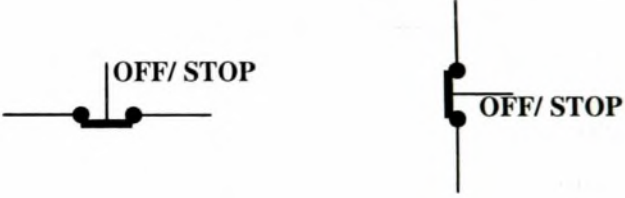

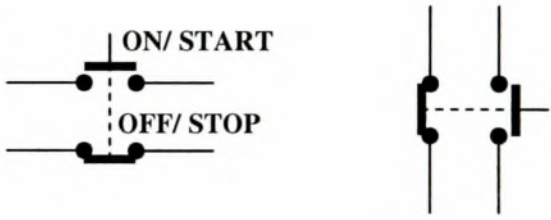
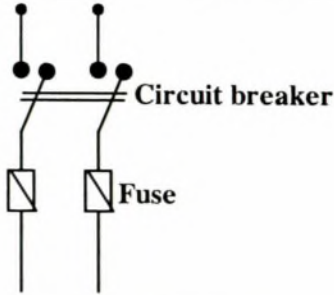

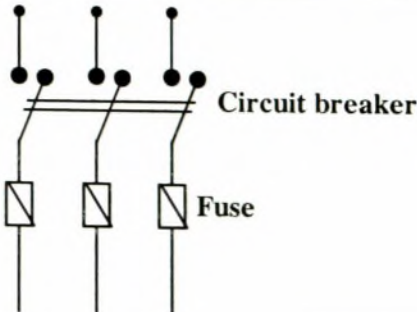
Do tính đa dạng và nhiều chủng loại của các thiết bị điều khiển. Do đó, không thể nghiên cứu cụ thể chi tiết từng loại được, mà ở chương này chỉ nghiên cứu một số các thiết bị điều khiển có tính chất tổng quát mà thôi. Các thiết bị này chúng được phổ biến có bán rộng rãi trên thị trường.

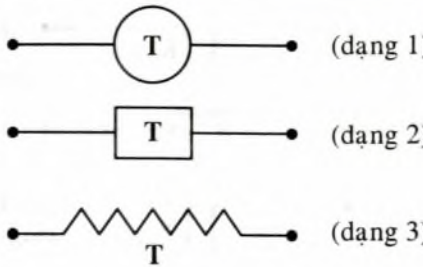
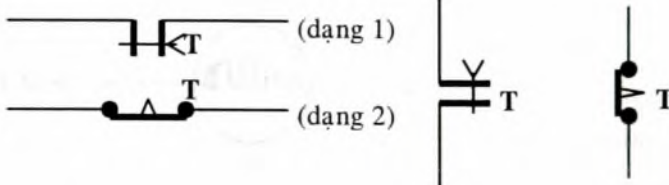
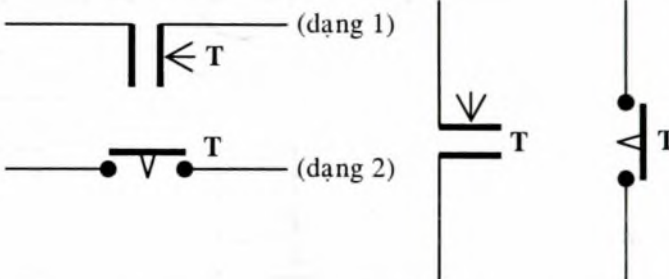
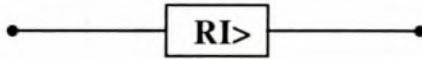
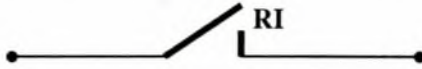




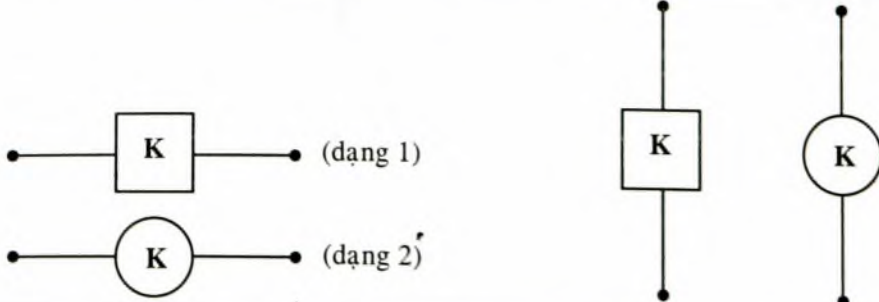
## II. MỘT SỐ KÝ HIỆU CƠ BẢN TRÊN SƠ ĐỒ MẠCH ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN – MẠCH ĐIỆN ĐỘNG LỰC

Tên gọi	Ký hiệu trong mạch điện
Động cơ một chiều kích từ nối tiếp (motor DC)	
Động cơ một chiều kích từ song song (motor DC)	
Aptomat 3 phase	




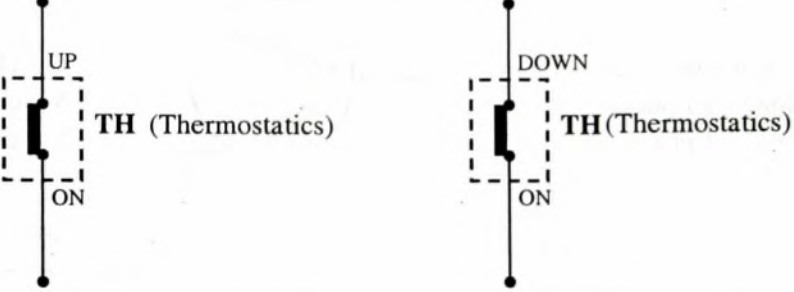
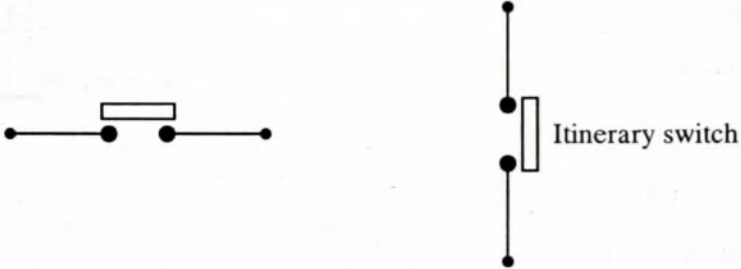
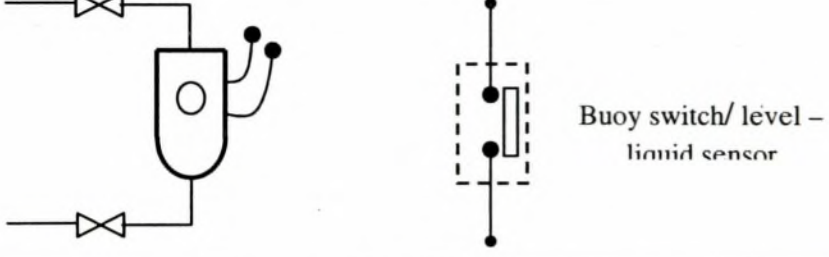
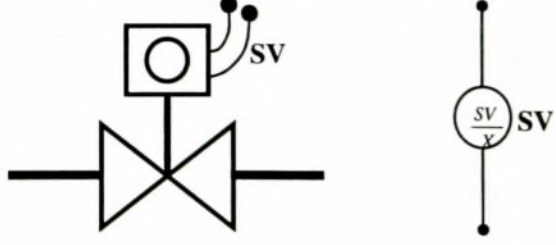
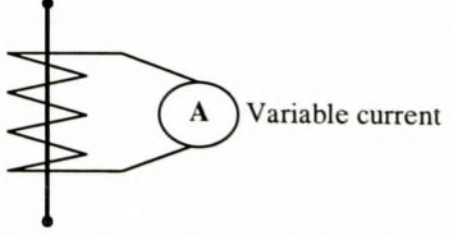
<p>Máy biến áp ba phase (Transformer 3 phase)</p>	
<p>Máy biến áp một phase (Transformer 1 phase)</p>	
<p>Động cơ không đồng bộ 3 phase rôto lồng sóc</p>	
<p>Động cơ không đồng bộ 3 phase rôto dây quấn</p>	
<p>Động cơ không đồng bộ 3 phase cho cả hai loại (lồng sóc, dây quấn) (motor AC - 3 phase)</p>	

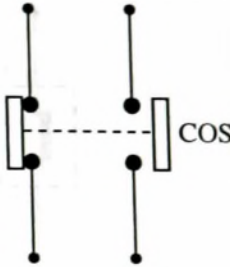
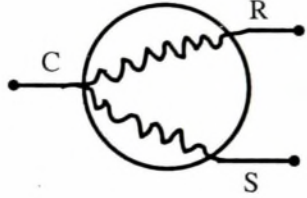
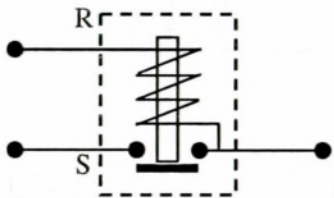
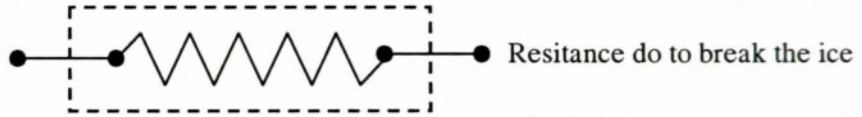
<p>Aptomat 1 phase</p>	
<p>Nút ấn thường đóng (off switch)</p>	
<p>Nút ấn thường mở (on switch)</p>	
<p>Nút ấn kép (vừa có tiếp điểm thường đóng, vừa có tiếp điểm thường mở)</p>	
<p>Cầu dao 1 phase có cầu chì (interruptor/ knife - swich)</p>	
<p>Cầu chì (Fuse)</p>	
<p>Cầu dao 3 phase có cầu chì (Circuit - breaker)</p>	

<p>Cuộn dây relay thời gian (Timer)</p>	 <p>(dạng 1)</p> <p>(dạng 2)</p> <p>(dạng 3)</p>
<p>Tiếp điểm relay thời gian thường đóng mở chậm</p>	 <p>(dạng 1)</p> <p>(dạng 2)</p> <p>T</p> <p>T</p>
<p>Tiếp điểm relay thời gian thường mở đóng chậm</p>	 <p>(dạng 1)</p> <p>(dạng 2)</p> <p>T</p> <p>T</p>
<p>Cuộn dây relay dòng cực đại (Current relay)</p>	
<p>Tiếp điểm thường mở của relay dòng</p>	
<p>Tiếp điểm thường đóng của relay dòng</p>	
<p>Cuộn dây relay điện áp (Voltage relay)</p>	
<p>Tiếp điểm thường mở của relay điện áp</p>	
<p>Tiếp điểm thường đóng của relay điện áp</p>	
<p>Công tắc tơ/ relay trung gian (Contactor/ intermediate relay)</p>	 <p>(dạng 1)</p> <p>(dạng 2)</p>



<p>Tiếp điểm thường đóng và thường mở của công tắc tơ/ relay trung gian</p>	
<p>Phần tử đốt nóng/ relay nhiệt/ bảo vệ quá tải (Over current relay/ thermic relay/ overload)</p>	
<p>Relay hiệu áp lực dầu (Oil pressure relay)</p>	
<p>Relay áp lực cao (High pressure relay)</p>	
<p>Relay áp lực thấp (Low pressure relay)</p>	

<p>Relay áp lực nước (Water pressure relay)</p>	 <p>(Water pressure – bảo vệ áp lực nước)</p>
<p>Relay nhiệt độ (Thermostatics)</p>	
<p>Công tắc hành trình (itinerary switch)</p>	
<p>Công tắc phao / cảm biến mức lỏng (buoy switch/ level – liquid sensor)</p>	
<p>Van điện từ (solenoid valve)</p>	
<p>Phần tử biến dòng (variable current)</p>	

<p>Phần tử chuyển mạch</p>	
<p>Động cơ điện xoay chiều không đồng bộ 1 phase (motor AC - 1 phase)</p>	 <p>C – chân chung (Common) S – chân đề/ khởi động (Start) R – chân chạy/ làm việc (Run)</p>
<p>Rơle dòng khởi động (operation current relay)</p>	
<p>Điện trở xả đá (resistance do ice melted/ resistance do to break the ice)</p>	



## CHƯƠNG 2

# CÁC THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG – ĐIỀU KHIỂN TRONG QUÁ TRÌNH TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

## I. CẦU CHÌ

### 1. Công dụng

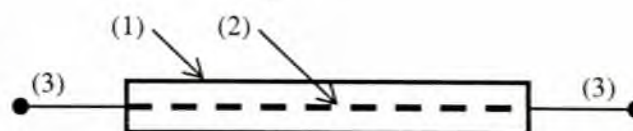
Cầu chì là một loại khí cụ dùng để bảo vệ thiết bị và lưới điện khỏi dòng điện ngắn mạch. Nó thường được bảo vệ đường dây dẫn, máy biến áp, động cơ điện, thiết bị điện, mạch điện điều khiển, mạch điện thấp sáng, ...

Cầu chì có các tính chất và yêu cầu như sau:

- Đặc tính Ampere – giây của cầu chì phải thấp hơn đặc tính của đối tượng cần bảo vệ.
- Khi có ngắn mạch, cầu chì cần phải làm việc có lựa chọn theo thứ tự.
- Cầu chì cần có đặc tính làm việc ổn định.
- Công suất của thiết bị càng tăng, cầu chì càng có khả năng cắt cao hơn.
- Việc thay thế dây chảy cầu chì bị cháy phải dễ dàng và tốn ít thời gian.

### 2. Cấu tạo

- 1- Vỏ cầu chì được làm bằng thủy tinh hoặc bằng sứ.
- 2- Dây chì (hoặc kim loại dẫn điện khác).
- 3- Khớp nối vào mạch điện bảo vệ.



Hình 2.1: Cấu tạo cầu chì

#### a) Phần tử nóng chảy

Phần tử nóng chảy là phần cốt lõi của cầu chì. Nó nhạy cảm với giá trị hiệu dụng của dòng điện. Các đặc tính về điện phụ thuộc vào phần tử nóng chảy này. Nó được cấu tạo bằng những vật liệu có điện trở suất nhỏ (chì, nhôm, kẽm, bạc, đồng, hợp kim thích hợp, ...). Nó được thể hiện dưới dạng dây hay dải băng dẹt có tiết diện giảm để tạo nên vùng nóng chảy ưu tiên.

Khi lựa chọn kim loại làm dây chảy cần chú ý những điều kiện sau:

- Điểm nóng chảy phải thấp.
- Khối lượng vật liệu cần thiết phải ít, quán tính nhiệt phải nhỏ.
- Nhiệt độ ion hóa của hơi kim loại cần phải cao để dễ dập tắt hồ quang.

Song, trên thực tế không có vật liệu nào thỏa mãn được tất cả các điều kiện theo quan điểm kỹ thuật và kinh tế.

### b) Thân làm vỏ cầu chì

Thân làm vỏ cầu chì thường bằng thủy tinh, bằng sứ hay bằng các vật liệu tương đương khác, nhưng chúng phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Sức bền cơ khí tốt.
- Dẫn nhiệt tốt.
- Khả năng chịu đựng được xung nhiệt.

Bên trong thân cầu chì thường sử dụng chất liệu cơ bản của silic dạng hạt, vai trò của chất liệu này là hấp thụ năng lượng của hồ quang và đảm bảo sẽ ngăn cách điện sau khi cắt.

Ngoài ra, các chi tiết nối với nhau phải đảm bảo cố định chắc chắn dây chảy trên khí cụ điện để thực hiện chức năng cắt mạch điện, đảm bảo trạng thái tiếp xúc điện tốt, nhằm tránh đốt nóng cục bộ làm cầu chì tác động sai lệch.

### 3. Nguyên tắc làm việc

Cầu chì dùng để bảo vệ lưới điện và các thiết bị truyền động điện trong hệ thống lạnh hay trong một hệ thống dây chuyền công nghệ nào đó, trong trường hợp hệ thống chạy ở chế độ quá tải dòng điện tăng nhanh, hoặc lưới điện bị mất pha, dòng điện bị ngắn mạch...v.v.

Khi dòng điện bị ngắn mạch, dòng điện tăng lên rất lớn và tức thời, do vậy nhiệt lượng sinh ra rất lớn ( vì nó tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện ), nhiệt lượng này đủ làm cầu chì chảy ra cắt mạch điện, ngừng quá trình truyền động điện cho hệ thống. Như vậy nó bảo vệ được máy móc và thiết bị trong hệ thống và cả lưới điện cung cấp.

Ưu điểm của cầu chì là đơn giản dễ sử dụng khả năng cắt điện lớn khi gặp sự cố nguy hiểm. Nhưng khi sử dụng cầu chì cần phải có những yêu cầu sau đây:

- Cầu chì làm việc phải có sự tính toán và lựa chọn đúng theo tiêu chuẩn kỹ thuật (Nếu muốn bảo vệ hệ thống và lưới điện một cách tuyệt đối).
- Việc thay thế dây chì bị đứt phải tính toán lại từ đầu, điều kiện phải đảm bảo bảo vệ tốt và rất nhạy.
  - Đối với dây đồng (Cu):  $I_{dc} = (1.6 \div 2)I_{dm}$
  - Đối với dây chì (Pb):  $I_{dc} = (1.25 \div 1.45)I_{dm}$
  - Đối với dây Pb+Sn:  $I_{dc} = 1.15I_{dm}$

Trong đó:  $I_{dc}$  dòng qua động cơ hoặc tải, A.

$I_{dm}$  dòng điện mức, A.

Việc tính toán tiết diện dây chảy được trình bày tương đối kỹ, nói chung là bài toán tương đối đơn giản dễ dàng, ít tốn thời gian.

Điều kiện để dây chảy cho cầu chì bảo vệ ngắn mạch là:

$$I_{dc} \geq I_{tt} \quad (2-1)$$

Trong đó:  $I_{dc}$  dòng điện dây chảy, A.

$I_{tt}$  dòng điện tính toán, A.



### a) Đối với dòng điện định mức

Khi có dòng điện định mức chạy qua, năng lượng nhiệt sinh ra trên cầu chì sẽ tỏa ra môi trường và không gây nên sự nóng chảy. Sự cân bằng nhiệt sẽ được thiết lập ở một giá trị nào đó mà không gây nên sự già hóa hay phá hỏng bất cứ phần tử nào của cầu chì.

### b) Đối với dòng ngắn mạch

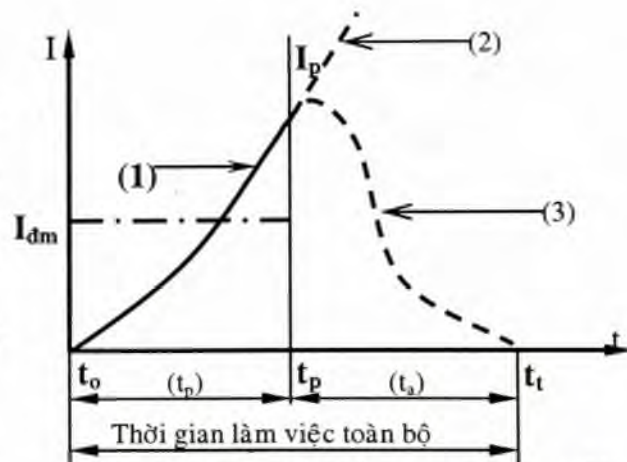
Khi xuất hiện ngắn mạch, sự cân bằng nhiệt sẽ bị phá vỡ, phần tử nóng chảy sẽ sinh rất nhiều nhiệt lượng mà tổ hợp của cầu chì không thể giải thoát hết nhiệt lượng này, do đó, dây bị nóng chảy. Người ta chia thành hai giai đoạn: (hình 2.2)

- Giai đoạn tiền hồ quang ( $t_p$ ): Nó sẽ đi từ thời điểm  $t_o$  là lúc bắt đầu của dòng điện sự cố cho đến thời gian  $t_p$  là thời điểm đã xảy ra sự nóng chảy và xuất hiện hồ quang điện. Khoảng thời gian của giai đoạn tiền hồ quang phụ thuộc vào giá trị của dòng điện sự cố và khả năng tiếp nhận của phần tử nóng chảy.
- Giai đoạn hồ quang ( $t_a$ ): Nó sẽ đi từ thời điểm  $t_p$  cho đến thời điểm  $t_t$  – là thời điểm dập tắt hoàn toàn hồ quang. Trong khoảng thời gian của quá trình này, năng lượng được phát sinh ra bởi hồ quang sẽ nấu chảy vật chất làm đầy xung quanh nhằm dập tắt hồ quang. Do đó, điện áp được thiết lập trở lại ở các cực của cầu chì và mạch điện được cắt hoàn toàn.

#### Ghi chú:

- $t_o$  là thời điểm bắt đầu của sự cố ngắn mạch.
- $t_p$  là thời điểm kết thúc của tiền hồ quang.
- $t_t$  là thời điểm kết thúc của giai đoạn hồ quang.
- $I_p$  là dòng điện ngắn mạch giả định.

- (1) Dòng điện tiền hồ quang.
- (2) Dòng ngắn mạch giả định.
- (3) Dòng điện trong giai đoạn xuất hiện hồ quang.



Hình 2.2: Đường biểu diễn quá trình dòng điện sự cố liên quan với thời gian dập tắt hồ quang trong cầu chì

## 4. Tính toán chọn tiết diện dây chảy của cầu chì

### 4.1. Cầu chì bảo vệ cho mạch điện phụ tải chiếu sáng

Dòng điện tính toán cho phụ tải chiếu sáng được xác định theo công thức sau:

$$I_{tt} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n I_{dm} \quad (2-2)$$

Trong đó:  $I_{dm}$  dòng định mức, A.

$k_c$  hệ số cầu phụ thuộc vào diện tích chiếu sáng và số lượng bóng đèn.

- $k_c = 1$  : chiếu sáng ngoài trời, chiếu sáng trong phòng và diện tích  $< 100m^2$



- $k_c = 0,8 \div 0,9$  : diện tích phòng  $> 100m^2$ .
- $k_c = 0,7 \div 0,75$  : chiếu sáng cho một khu nhà xưởng từ  $10 \div 15$  phòng

#### 4.2. Cầu chì bảo vệ cho động cơ

Dòng điện tính toán cho động cơ được xác định theo công thức sau:

$$I_{tt} = \frac{I_{mm}}{k} \quad (2-3)$$

Trong đó:  $I_{mm}$  : dòng mở máy của động cơ, A.

$k$  : hệ số phụ thuộc vào thời gian mở máy.

- Khi thời gian mở máy ngắn, mở máy tải nhẹ thì  $k = 2,5$
- Khi thời gian mở máy lâu, tải nặng thì  $k = 1,6$

#### 4.3. Cầu chì bảo vệ cho một nhóm động cơ

Dòng điện tính toán cho một nhóm động cơ được xác định theo công thức sau:

$$I_{tt} = \frac{1}{k} (k_c \cdot \sum_{i=1}^n I_{dmi} + I_{mm}) \quad (2-4)$$

Trong đó:  $I_{mm}$  : dòng mở máy lớn nhất của các động cơ trong nhóm, A.

$I_{dmi}$  : dòng điện định mức của động cơ thứ  $i$ , A.

$k$  : hệ số phụ thuộc vào thời gian mở máy.

$k_c$  : hệ số cầu tra ở bảng 2.1.

- Khi thời gian mở máy ngắn, mở máy tải nhẹ thì  $k = 2,5$
- Khi thời gian mở máy trung bình thì  $k = 2$
- Khi thời gian mở máy lâu, tải nặng thì  $k = 1,6$

**Bảng 2.1. Hệ số cầu phụ thuộc vào số động cơ**

Số động cơ	2	3	4	5	6	8	10	20	40
$k_c$	1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	0,24

Sau khi tính dòng tính toán tra bảng 2.2 để chọn dây chảy.

**Bảng 2.2. Sự phụ thuộc giữa tiết diện dây chảy và dòng điện qua cầu chì**

Vật liệu làm dây chảy			Dòng điện định mức của dây chảy, $I_{dc}$ (A)		
			Chì	Đồng	Nhôm
Đường kính dây chảy					
0,15	1,5	13	-	4	0,5
0,18	1,6	15	-	6	1
0,20	1,7	17	0,5	8	2
0,25	1,8	20	-	10	4
0,30	1,9	22	1	12	6

0,40	2,0	24	1,5	14	10
0,50	2,1	25	2,0	16	14
0,60	2,2	26	2,5	21	16
0,70	2,3	30	3,5	28	18
0,80			4,5	38	20
0,90			5,5	40	25
1,0			7,0	48	32
1,1			8,0		
1,2			9,0		
1,3			10		
1,4			12		

**Chú ý:** cầu chì bảo vệ mạch phía sau phải có cỡ dây chảy cầu chì bảo vệ phía trước ít nhất từ 1÷2 cấp. Các cấp dây chảy sản xuất theo qui định : 6, 10, 16, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300A.

#### 4.4. Tính toán chọn tiết diện dây chảy của cầu chì

Khi dòng qua cầu chì  $I_{tt} = I_{dc} = I_{th}$  dòng tới hạn của cầu chì, có nghĩa khi dòng qua cầu chì đạt tới giá trị này thì cầu chì bắt đầu nóng chảy, ngắt mạch để bảo vệ phụ tải. Lúc đó phương trình cân bằng nhiệt được viết như sau:

$$R \cdot I_{th}^2 = k_T \cdot F_{xq} \cdot (t_{nc} - t_0) \quad (2-5)$$

Trong đó:  $k_T$  : hệ số truyền nhiệt của dây chảy với môi trường xung quanh,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

$F_{xq} = \pi \cdot d \cdot L$  : diện tích xung quanh của dây chảy,  $m^2$ .

$d$  : đường kính của dây chảy,  $m$

$L$  : chiều dài của dây chảy,  $m$ .

$t_{nc}$  : nhiệt độ nóng chảy của vật liệu dây chảy,  $^\circ C$ .

$t_0$  : nhiệt độ môi trường xung quanh,  $^\circ C$ .

$R = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_{nc}) \cdot \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot d^2}$  : điện trở của dây chảy,  $\Omega$ .

$\rho_0$  : điện trở suất của dây chảy ở  $0^\circ C$ ,  $\Omega mm^2/m$ .

$\alpha$  : hệ số dẫn nở của dây chảy,  $1/^\circ C$ .

Như vậy, phương trình (2-5) có thể viết lại dưới dạng sau:

$$d^3 = \frac{4 \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_{nc}) \cdot I_{th}^2}{\pi^2 \cdot k_T \cdot (t_{nc} - t_0)} \quad (2-6)$$

Suy ra: 
$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_{nc}) \cdot I_{th}^2}{\pi^2 \cdot k_T \cdot (t_{nc} - t_0)}} \quad (2-7)$$

Khi biết được dòng tính toán sẽ chọn được dòng tới hạn, áp dụng phương trình (2-7) sẽ xác định được tiết diện dây chảy của cầu chì. Sau đó chọn tiết diện dây chảy theo tiêu chuẩn được sản xuất có bán trên thị trường, hoặc có thể tự chế tạo lấy.



**Bảng 2.3. Các thông số vật lý của vật liệu làm dây chảy**

Vật liệu	Điện trở suất ở 0°C, $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	Nhiệt độ, °C		Hệ số dẫn nở, $\alpha, 1/^\circ\text{C}$
		$t_{cp}$ (cho phép)	$t_{nc}$ (nóng chảy)	
Đồng	0,0153	250	1083	$0,95 \cdot 10^{-4}$
Bạc	0,0147	-	961	$1,02 \cdot 10^{-4}$
Kẽm	0,06	200	419	$0,76 \cdot 10^{-4}$
Thiếc	0,21	150	327	$0,67 \cdot 10^{-4}$
Chì				

Đối với tất cả các mạch điện của hệ thống truyền động – điều khiển tự động, ngoài các thiết bị bảo vệ cho hệ thống, cần phải sử dụng cầu chì bởi vì cầu chì nó bảo vệ luôn mạch điện điều khiển một cách an toàn, chi phí để lắp cầu chì không đáng kể so với hệ thống, lắp đặt tương đối dễ dàng không đòi hỏi phải có kỹ thuật cao.

Hiện nay do công nghệ bán dẫn phát triển mạnh, một số nước tiên tiến đã ứng dụng công nghệ bán dẫn để chế tạo cầu chì. Nguyên tắc hoạt động của chúng như sau: khi dòng điện qua mạch tăng nhanh và lớn chất bán dẫn ngăn không cho dòng đi qua, mạch điện ngừng hoạt động. Khi dòng điện giảm chất bán dẫn sẽ cho dòng đi qua.

## 5. Một số loại cầu chì

Theo cấu tạo, ta có các loại như: cầu chì loại hở, cầu chì loại vặn, cầu chì hộp, cầu chì loại kín trong ống không có cát thạch anh, cầu chì loại kín trong ống có cát thạch anh, ...

Theo đặc tính làm việc, cầu chì được phân làm hai loại: **loại g** và **loại a**.

### a) Cầu chì loại g

Cầu chì này có khả năng cắt quá tải và ngắn mạch. Loại này có thể duy trì ở dòng định mức và ngắt khi vượt dòng định mức.

- Với cường độ của dòng điện ngắn mạch, cầu chì sẽ tác động cắt tức thời.
- Với dòng điện quá tải, thời gian cắt sẽ tỉ lệ nghịch với giá trị dòng quá tải.

### b) Cầu chì loại a

Đây là loại cầu chì chỉ dùng để bảo vệ ngắn mạch. Loại này cho phép cầu chì chịu đựng được với các dòng quá tải thoáng qua mà không bị nóng chảy. Và như vậy, sự bảo vệ đối với việc quá tải không bình thường (quá tải sự cố) cũng không được đảm bảo.

Các đối tượng bảo vệ được ký hiệu bằng các chữ cái: L cho đường dây và M cho các khí cụ. Để bảo vệ máy nén nên sử dụng loại cầu chì ký hiệu "gL" chống cả ngắn mạch và quá tải. Một cầu chì dùng cho máy lạnh cần đạt được các yêu cầu sau:

- Chịu được sự đốt nóng dây dẫn trong một khoảng thời gian nhất định.
- Cắt ngắt thật nhanh trường hợp ngắn mạch.
- Không cản trở động cơ khởi động nhiều lần với dòng khởi động cao.

Trong kỹ thuật lạnh, không nên thiết kế một cầu chì chung cho nhiều máy nén mà nên bố trí mỗi máy nén một cầu chì.



## 6. Thông số kỹ thuật.

Dưới đây là thông số kỹ thuật của một số loại cầu chì:

**Bảng 2.4. Thông số kỹ thuật của cầu chì điện áp thấp kiểu ống (LB Nga).**

Dòng điện định mức của cầu chì (A)	Dòng điện định mức của dây chảy (A)	Dòng điện giới hạn cắt ứng với các điện áp xoay chiều khác nhau (A)		
		220V	380V	500V
15	6, 10, 15	1200	800	700
60	15, 20, 25, 35, 45, 60	5500	4500	3500
100	60, 80, 100	11000	11000	10000
200	100, 125, 160, 200	11000	11000	10000
350	200, 225, 260, 300, 350	11000	13000	11000
600	350, 430, 500, 600	15000	23000	20000
1000	600, 700, 850, 1000	15000	20000	20000

**Bảng 2.5. Thông số kỹ thuật của cầu chì có vỏ bọc hình trụ loại không kim hỏa.**

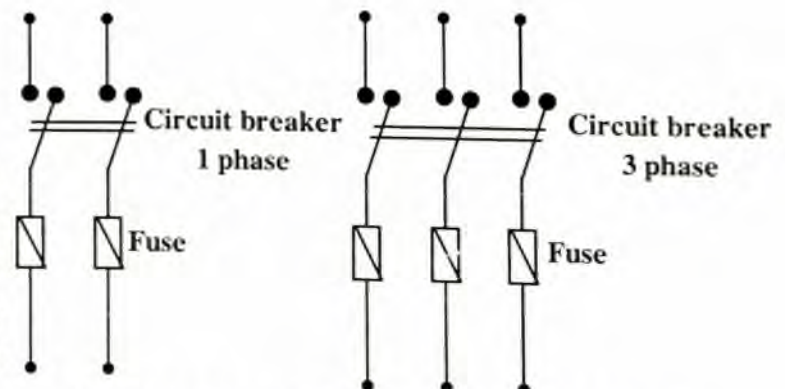
Cỡ kích thước	Điện áp định mức (V)	Cỡ (A)	Loại gL		Loại aM	
			Mã	Qui chiếu	Mã	Qui chiếu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
8x32	380	2	gL 8 2	A 94277	aM 8 2	N 94289
		4	gL 8 4	B 94278	aM 8 4	P 94290
		6	gL 8 6	C 94279	aM 8 6	Q 94291
		8	gL 8 8	D 94280	aM 8 8	R 94292
		10	gL 8 10	E 94281	aM 8 10	S 94293
		12	gL 8 12	F 94282	-	-
		16	gL 8 16	G 94283	-	-
		20	gL 8 20	H 94284	-	-
10x38	500	0.5	- - -		aM 10 0.5	W 94250
		1	- - -	J 81980	aM 10 1	X 94251
		2	- - -	D 94234	aM 10 2	Y 94252
		4	- - -	E 94235	aM 10 4	A 94254
		6	gL 10 6	F 94236	aM 10 6	C 94256
		8	gL 10 8	G 94237	aM 10 8	E 94258
		10	gL 10 10	H 94238	aM 10 10	G 94260
		12	gL 10 12	J 94239	aM 10 12	J 94262
		16	gL 10 16	K 94240	aM 10 16	N 94266
		20	gL 10 20	L 94241	aM 10 20	S 94270
	400	25	gL 10 25	M 94242	aM 10 25	Y 94275
		32	gL 10 32	B 94232	aM 10 32	Z 94276
14x51	660	0.25	- - -		aM 14 0.25	Y 93447
		0.50	- - -		aM 14 0.5	R 93441

		1	gL 14 1	B 94439	aM 14 1	Z 93448
		2	gL 14 2	D 94441	aM 14 2	S 93442
		4	gL 14 4	S 94799	aM 14 4	A 93449
		6	gL 14 6	E 94442	aM 14 6	B 93450
		8	gL 14 8	F 94443	aM 14 8	T 93443
		10	gL 14 10	G 94444	aM 14 10	V 93444
		12	gL 14 12	I 94446	aM 14 12	W 93445
		16	gL 14 16	K 94447	aM 14 16	P 93439
		20	gL 14 20	L 94448	aM 14 20	X 93446
		25	gL 14 25	M 94449	aM 14 25	N 93438
	500	32	gL 14 32	P 93393	aM 14 32	T 94432
		40	gL 14 40	Q 93394	aM 14 40	C 94440
	400	50	gL 14 50	R 93395	aM 14 50	N 94450
22x58	660	0.25	- - -		aM 22 0.25	B 94738
		0.50	- - -		aM 22 0.5	C 94739
		1	gL 22 1	P 94727	aM 22 1	Z 94736
		2	gL 22 2	P 94728	aM 22 2	X 94734
		4	gL 22 4	J 94768	aM 22 4	S 93764
		6	gL 22 6	K 94769	aM 22 6	T 93765
		8	gL 22 8	L 94770	aM 22 8	Y 94735
		10	gL 22 10	M 94771	aM 22 10	V 93766
		12	gL 22 12	N 94772	aM 22 12	W 93767
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
22x58	660	16	gL 22 16	P 94773	aM 22 16	A 94737
		20	gL 22 20	Q 94774	aM 22 20	X 93768
		25	gL 22 25	R 94775	aM 22 25	Y 93769
		32	gL 22 32	S 94776	aM 22 32	Z 93770
		40	gL 22 40	T 94777	aM 22 40	A 93771
		50	gL 22 50	V 94778	aM 22 50	B 93772
		63	gL 22 63	Y 94781	aM 22 63	C 94785
		80	gL 22 80	A 94783	aM 22 80	E 94787
		500	100	gL 22 100	H 94767	aM 22 100
400	125	gL 22 125	I 94584	aM 22 125	B 94784	

## II. CẦU DAO

### 1. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc

Cầu dao là một loại thiết bị khí cụ điện dùng để đóng ngắt-mạch điện xoay chiều có điện áp nguồn 220V, 380V và một chiều có điện áp nguồn 180V, đối với mạch có công suất lớn và rất lớn thì cầu dao chỉ đóng-ngắt trong trường hợp không tải.



Hình 2.3: Cấu tạo cầu dao hay CB (Circuit breaker)



Để đóng-ngắt điện một cách dứt khoát và an toàn hơn thì CB (Circuit Breaker) là một trong những loại khí cụ điện sử dụng trong trường hợp này là tốt nhất, vì CB có vai trò, mục đích sử dụng hoàn toàn giống như cầu dao, nhưng ngoài việc đóng ngắt mạch điện thì CB còn có chức năng bảo vệ quá tải trong trường hợp xảy ra sự cố như: ngắn mạch, sụt áp, mất pha trong lúc khởi động động cơ ... v.v.

Hiện nay CB được chế tạo, ngoài hai chức năng trên còn có thêm một chức năng nữa đó là chức năng chống giật, nó đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người sử dụng, đối với các CB loại này thì tính năng kỹ thuật của nó rất tốt, tốt hơn so với cầu dao rất nhiều.

Ưu điểm cầu dao đơn giản dễ sử dụng, chi phí tốn kém không đáng kể (giá thành rẻ), lắp đặt đơn giản, vận hành rất dễ dàng, khi có sự cố chỉ cần dùng tay hoặc dùng móc cách điện kéo xuống lập tức nguồn điện bị ngắt này.



Hình 2.4: CB 3 phase và 1 phase

## 2. Tính toán chọn CB cho phù hợp với tải

Trong ngành kỹ thuật lạnh, thường dùng CB đóng – ngắt nguồn điện trong quá trình truyền động điện cho máy nén lạnh, bơm, quạt và cánh khuấy,...v.v. Để CB có tính năng bảo vệ quá dòng cho hệ thống lạnh khi xảy ra hiện tượng mất pha, quá tải, ... nói chung là một sự cố bất thường thì cần phải chọn CB đúng kỹ thuật và phù hợp với công suất làm việc của hệ thống lạnh.

### • Chọn CB cho động cơ máy nén lạnh

Khi chọn CB cho động cơ máy nén lạnh thì phải chọn:

$$I_{dCB} = (1,2 \div 1,5) \cdot I_{kđđc} / \text{điện áp tương ứng với điện áp động cơ hoạt động.}$$

Trong đó:  $I_{kđđc}$  : dòng khởi động của động cơ, đối với một số động cơ có công suất lớn thì dòng khởi động lớn hơn dòng làm việc rất nhiều.

$I_{dCB}$  : dòng tác động của CB, tại giá trị này CB sẽ nhảy và ngắt nguồn cấp vào động cơ.

### • Chọn CB tổng cho nhiều động cơ máy nén lạnh

Khi chọn tổng CB cho nhiều động cơ máy nén lạnh thì phải chọn:

$$I_{dCB\text{tổng}} = (1,2 \div 1,5) \cdot \Sigma I_{kđđc} / \text{điện áp tương ứng với điện áp động cơ hoạt động.}$$

Trong đó:  $I_{dCB\text{tổng}}$ : dòng tác động của CB tổng.

$\Sigma I_{kđđc}$ : dòng điện tổng khi các động cơ khởi động cùng một lúc.

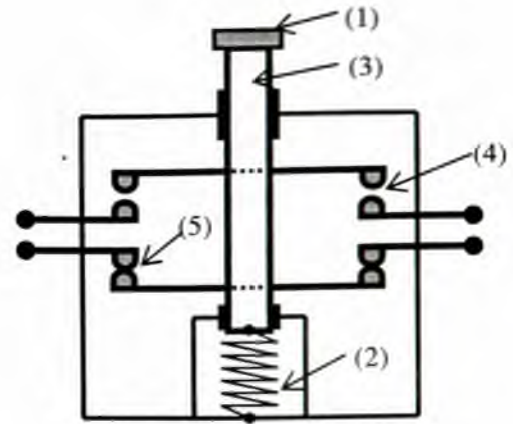
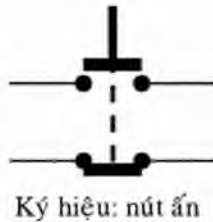
Đối với cầu dao cũng chọn tương tự như CB, nếu chọn không đúng sẽ làm cháy cầu dao.



### III. NÚT ẤN KÉP

#### 1. Cấu tạo

- 1- Nút ấn (dùng tay ấn).
- 2- Lò xo của nút ấn.
- 3- Thanh mang tiếp điểm thường đóng và thường mở.
- 4- Tiếp điểm thường mở.
- 5- Tiếp điểm thường đóng.



Hình 2.5: Cấu tạo nút ấn kép

#### 2. Nguyên lý hoạt động

Nút ấn có rất nhiều chủng loại khác nhau và rất đa dạng nhưng mục đích sử dụng hoàn toàn giống nhau. Ở đây chỉ giới thiệu một loại nút ấn kép mà thôi xem hình 2.5, còn các loại khác hoàn toàn tương tự.

Nút ấn gọi là nút điều khiển, đây là loại thiết bị khí cụ điện dùng để đóng ngắt điện từ xa, đảo chiều quay động cơ điện bằng cách đóng ngắt mạch cuộn dây hút của công tắc tơ (khởi động từ) hoặc các relay trung gian. Khi ta dùng tay ấn nút số (1) đi xuống thì tiếp điểm thường đóng mở ra, tiếp điểm thường mở đóng lại, khi thả tay ra do lực lò xo số (2) nó phục hồi các tiếp điểm trở lại trạng thái ban đầu, nhưng mạch điện vẫn hoạt động bình thường nhờ các tiếp điểm duy trì của công tắc tơ hay relay trung gian. Hiện nay các mạch điện điều khiển, mạch điện động lực có tiếp điểm sử dụng nút ấn loại này rất phổ biến.



Hình 2.6: Nút ấn kép thực tế

### IV. ÁPTÔMÁT

#### 1. Công dụng

Aptomat là một khí cụ điện dùng để tự động cắt mạch điện, bảo vệ quá tải ngắn mạch, sụt áp, ... Đôi khi trong kỹ thuật cũng sử dụng aptomat để đóng cắt không thường xuyên các mạch điện làm việc ở chế độ bình thường.

**Một aptomat cần thỏa mãn các yêu cầu sau:**

- Chế độ làm việc định mức của aptomat phải là chế độ làm việc dài hạn, nghĩa là trị số dòng điện định mức chạy qua aptomat lâu bao nhiêu cũng được.
- Aptomat phải ngắt được trị số dòng điện ngắn mạch lớn, có thể đến vài chục kiloAmpere (kA). Sau khi ngắt dòng điện ngắn mạch, aptomat phải đảm bảo vẫn làm việc tốt ở trị số dòng điện định mức ( $I_{dm}$ ).

- Để nâng tính ổn định nhiệt và điện động của các thiết bị điện, hạn chế sự phá hoại do dòng điện ngắn mạch gây ra, aptomat phải có thời gian cắt bé.

Như vậy khi lắp đặt aptomat cần phải tính toán phụ tải sau đó chọn aptomat tiêu chuẩn phù hợp với tải để lắp đặt, nếu không aptomat sẽ không bảo vệ được hệ thống như hệ thống lạnh, một dây chuyền công nghệ nào đó...v.v

## 2. Phân loại

Trong thực tế hiện nay aptomat thường chỉ có ba loại đó là:

- Loại bảo vệ dòng (quá tải, ngắn mạch...).
- Loại bảo vệ điện áp (mạng lưới có điện áp không ổn định hay sụt áp ...).
- Loại thứ ba là kết hợp của hai loại trên.

## 3. Cấu tạo

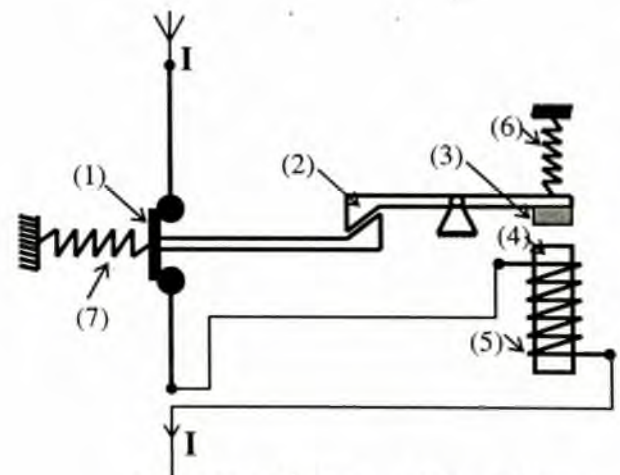
Kết cấu các aptomat rất đa dạng và được chia theo các chức năng bảo vệ: aptomat dòng điện cực đại, aptomat dòng điện cực tiểu, aptomat điện áp thấp, .... Sau đây là nguyên tắc cấu tạo của một số aptomat vừa nêu.

Nguyên tắc cấu tạo của aptomat dòng cực đại được trình bày trên hình 2.7. Aptomat dòng cực tiểu có nguyên tắc cấu tạo như hình 2.8. Còn nguyên tắc cấu tạo của aptomat điện áp thấp hình 2.9.

### 3.1. Aptomat bảo vệ quá dòng cực đại

#### 3.1.1 Cấu tạo cụm bảo vệ quá dòng

- 1- Nút ấn làm việc (Reset).
- 2- Ngàm giữ tiếp điểm làm việc.
- 3- Phần ứng.
- 4- Lò thép.
- 5- Cuộn dây dòng điện.
- 6- Lò xo mang cơ cấu tiếp điểm.
- 7- Lò xo mang cơ cấu tiếp điểm và nút ấn.



Hình 2.7: Cấu tạo cụm bảo vệ dòng

#### 3.1.2. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc cụm bảo vệ quá tải và ngắn mạch xem hình 2.7.

Khi dòng điện từ phụ tải chạy qua cụm bảo vệ quá dòng thì lực điện từ sinh ra ở cuộn dây được xác định theo công thức:

$$F = I_{dm} \cdot W < F_{lò xo (6)} \quad (2-8)$$

Trong đó:  $W$  là số vòng của cuộn dây (5).

$I_{dm}$  dòng điện định mức.

$F$  lực điện từ sinh ra ở cuộn dây (5).

$F_{lò xo (6)}$  lực đàn hồi của lò xo (6).



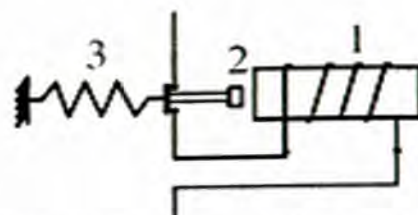
Khi gặp sự cố ngắn mạch hay quá tải thì  $I_{dm}$  tăng lên làm cho lực điện từ  $F$  sinh ra trên cuộn dây số (5) tăng lên và lớn hơn lực đàn hồi lò xo số (6)  $F \geq F_{lò xo (6)}$ , do đó lõi thép số (4) sẽ hút phần ứng số (3) xuống, dẫn đến ngàm số (2) hở ra, lò xo số (7) mang cơ cấu tiếp điểm số (1) kéo tiếp điểm số (1) mở ra, cuối cùng mạch điện sẽ bị ngắt, ngừng toàn bộ quá trình hoạt động của hệ thống.

### 3.2. Aptomat bảo vệ dòng cực tiểu

#### Cấu tạo và nguyên tắc làm việc

Bình thường dòng điện làm việc lớn hơn dòng cắt nên cuộn điện từ (1) đủ lực hút để hút nắp từ động (2) kéo đưa tiếp điểm động tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh và mạch được đóng kín.

Khi dòng giảm thấp hơn dòng cắt thì cuộn (1) không đủ từ lực giữ kín mạch nữa nên bị lò xo (3) kéo nắp từ động (2) ra và tiếp điểm bị mở, dòng điện bị cắt.

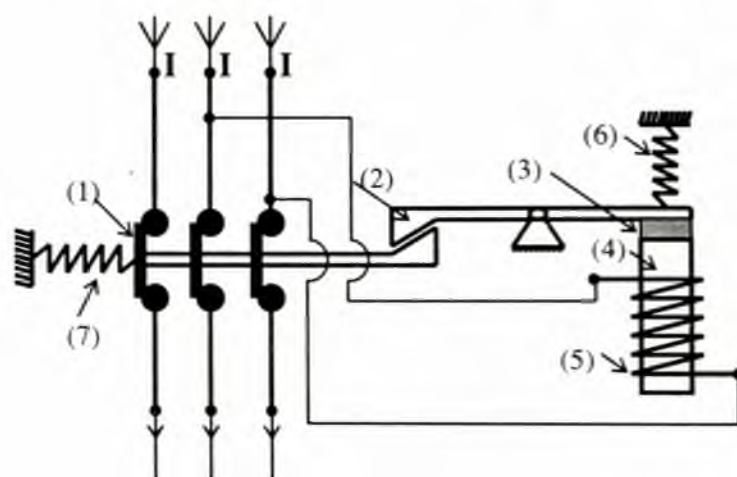


Hình 2.8: Cụm bảo vệ dòng cực tiểu  
1- cuộn điện từ; 2- nắp từ động;  
3- lò xo

### 3.3. Aptomat bảo vệ sụt áp

#### 3.3.1. Cấu tạo cụm bảo vệ điện áp

- 1- Nút ấn làm việc (Reset).
- 2- Ngàm giữ tiếp điểm làm việc.
- 3- Phần ứng.
- 4- Lõi thép.
- 5- Cuộn dây dòng điện.
- 6- Lò xo mang cơ cấu tiếp điểm.
- 7- Lò xo mang cơ cấu tiếp điểm và nút ấn.



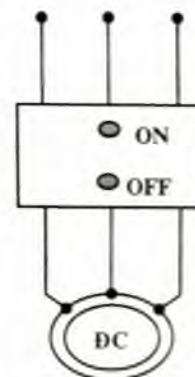
(Tài) Hình 2.9: Cấu tạo cụm bảo vệ điện áp

#### 3.3.2. Nguyên lý làm việc cụm bảo vệ sụt áp

Nguyên lý làm việc cụm bảo vệ sụt áp xem hình 2.9.

Khi ở chế độ  $U = U_{dm}$  lực điện từ sinh ra trên cuộn dây số (5) vừa đủ hút lò xo (6) xuống.

Khi điện áp lưới điện  $U_{nguồn}$  đủ định mức thì lực điện từ  $F$  sinh ra trên cuộn dây số (6) đủ để cho lõi thép (4) hút phần ứng số (3) xuống, giữ cho ngàm số (2) ở vị trí đúng và các tiếp điểm (1) đều đóng, khi điện áp lưới giảm ( $U_{nguồn}$  giảm) nó sẽ kéo theo lực điện từ sinh ra trên cuộn dây giảm ( $F$  giảm), lò xo số (6) sẽ kéo ngàm số (2) bật ra, lò xo số (7) sẽ tác động làm cho ba tiếp điểm số (1) sẽ bị mở ra ngắt mạch điện để bảo vệ hệ thống. Chú ý nút ấn số (1) có vai trò như nút Reset.



Hình 2.10. Vị trí nối Aptomat

## 4. Chọn aptomat

Điều kiện để chọn Aptomat là:  $I_{Aptomat} \geq (1,25 \div 1,50).I_{dm}$ , vì vậy tính toán chọn lắp đặt trong thực tế phải dựa vào bất đẳng thức trên. Chủ yếu dựa vào:



- Dòng điện tính toán đi trong mạch.
- Dòng điện quá tải.
- Tính thao tác có chọn lọc.

Ngoài ra, lựa chọn aptomat còn phải căn cứ vào đặc tính làm việc của phụ tải, aptomat không được phép cắt khi có quá tải ngắn hạn thường xảy ra trong điều kiện làm việc bình thường như dòng điện khởi động, dòng điện đỉnh trong phụ tải công nghệ.

Yêu cầu chung là dòng điện định mức của móc bảo vệ  $I_{\text{apptomat}}$  không được bé hơn dòng điện tính toán  $I_{tt}$  của mạch:  $I_{\text{apptomat}} \geq I_{tt}$ .

## 5. Thông số kỹ thuật của Aptomat

Bảng 2.6. Thông số kỹ thuật của aptomat do LB Nga chế tạo.

Kiểu	Ký hiệu theo kết cấu	Dòng định mức $I_{dm}(A)$	Điện áp $U_{dm}$ (V)		Số cực	Dạng móc bảo vệ dòng điện cực đại	Dòng điện định mức của móc bảo vệ	Dòng điện tác động tức thời (A)
			(1)	(2)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)	(7)	(8)
A3160	A3161 A3162 A3163	60	110 220 220	220 380 380	1 2 3	Phần tử nhiệt	15, 20, 25 30, 40, 50 60	-
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)	(7)	(8)
A3110	A3113/1 A3114/1	100	220	500	2 3	Tổng hợp	15 20 25 30 40 50 60 80 100	150 200 250 300 400 500 600 800 1000
A3110	A3113/5 A3114/5	100	220	500	2 3	Điện tử	15 20 25 40 60 100	150 200 250 300, 400 500, 600 1000
A3120	A3123 A3124	100	220	500	2 3	Tổng hợp Điện tử	15, 20, 25, 30 40, 50, 60, 80 100 30 100 -	430 600 800 430 840 600, 800

A3130	A3133 A3134	200	220	500	2 3	Tổng hợp	120 150 200	840 1050 1400
						Điện từ	200	840 1050 1400
A3140	A3143 A3144	600	220	500	2 3	Tổng hợp	300 400 500 600	2100 2800 3500 4200
						Điện từ	600	1750 2100 2800 3500 4200

Bảng 2.7 – Thông số kỹ thuật aptomat OPTIMAL của Pháp.

Dòng điện định mức nhiệt	Có từ 0.4; 0.63; 1; 1.6; 2.5; 4; 6; 8; 10; 13; 18; 25A
Điện áp cách điện định mức	GK2: CF 750V theo IEC
Tần số sử dụng định mức	50 – 60 Hz
Tuổi thọ cơ khí	20000 lần thao tác đóng cắt
Tần số thao tác tối đa	40 lần thao tác đóng cắt trong 1 giờ
Khả năng cắt: loại đơn và loại kết hợp với relay nhiệt	Tùy loại có từ 6 kA hiệu dụng đến 100kA hiệu dụng

## V. CÔNG TẮC TƠ (Contactor)

### 1. Công dụng

Contactor là một thiết bị khí cụ điện dùng để đóng ngắt từ xa tự động hoặc bằng các nút ấn, truyền động điện cho các mạch điện động lực có phụ tải đến  $I=600A$ ,  $U=500V$ .

Các yêu cầu cơ bản của contactor là:

- **Điện áp định mức  $U_{dm}$**  có các cấp 110V, 220V, 440V một chiều và 127V, 220V, 380V, 500V xoay chiều. Cuộn hút có thể làm việc bình thường ở điện áp trong giới hạn  $85 \div 105\%$  điện áp định mức của cuộn dây.
- **Dòng điện định mức  $I_{dm}$**  có các cấp 10, 20, 25, 40, 60, 75, 100, 150, 250, 300, 600A. Nếu contactor được đặt trong tủ điện thì dòng điện định mức phải lấy thấp hơn 10% vì làm mát kém. Trong chế độ làm việc dài hạn, dòng điện cho phép qua contactor phải thấp hơn nữa so với dòng điện định mức.



Hình 2.11: Công tắc tơ thực tế



- **Khả năng cắt và khả năng đóng** là dòng điện cho phép đi qua tiếp điểm chính khi cắt hoặc đóng mạch. Với contactor xoay chiều, khả năng đóng từ  $(4 \div 7)I_{dm}$  và khả năng cắt đạt bội số đến 10 lần dòng điện định mức với phụ tải điện cảm.
- **Tuổi thọ của contactor** được tính bằng số lần đóng mở, nó có liên quan đến độ bền cơ khí hay độ bền điện. Độ bền cơ khí là số lần đóng cắt không tải contactor, còn độ bền điện là số lần đóng cắt các tiếp điểm có tải định mức.
- **Tần số thao tác** là số lần đóng cắt contactor trong một giờ. Nó bị hạn chế bởi sự phát nóng của các tiếp điểm do hồ quang. Tần số thao tác có các cấp: 30, 100, 120, 150, 300, 600, 1200, 1500 lần/h.
- **Tính ổn định lực điện động** là dòng điện lớn nhất cho phép đi qua mà lực điện động sinh ra không làm tách rời tiếp điểm, thường lấy bằng 10 lần dòng điện định mức.
- **Tính ổn định nhiệt** là các tiếp điểm không bị nóng chảy khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua trong một khoảng thời gian cho phép.

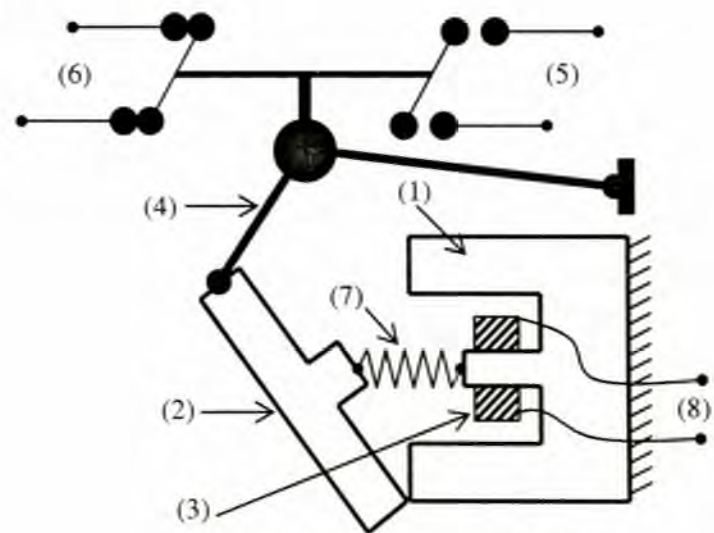
## 2. Phân loại contactor

Contactor gồm hai loại: contactor – AC và contactor – DC.

## 3. Contactor – AC

### 3.1. Cấu tạo

- 1- Mạch từ
- 2- Lõi thép (nắp)
- 3- Cuộn dây
- 4- Cơ cấu mang tiếp điểm
- 5- Tiếp điểm thường mở
- 6- Tiếp điểm thường đóng
- 7- Lò xo
- 8- Nguồn cấp điện cho cuộn dây



Hình 2.12: Cấu tạo contactor

### 3.2. Nguyên lý làm việc

Contactor được cấu tạo theo nguyên tắc điện từ xem hình 2.12.

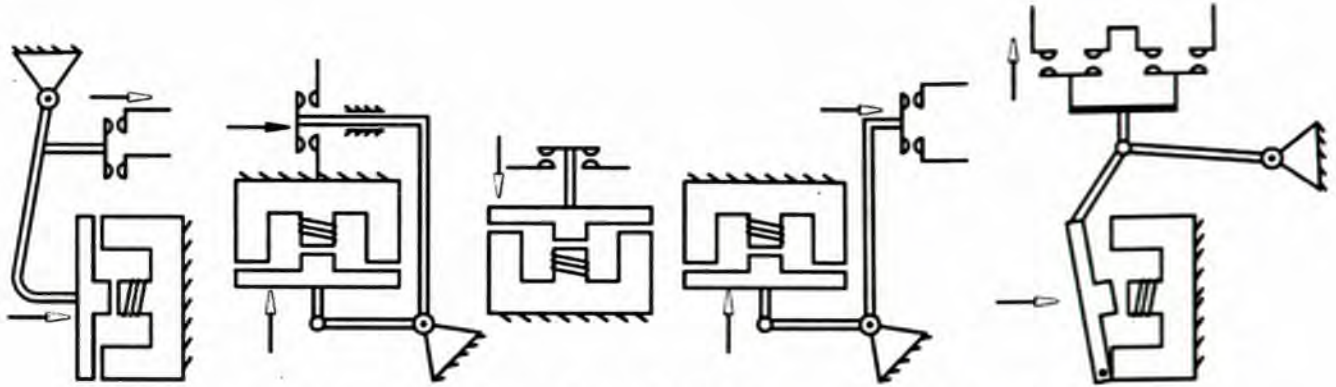
**Mạch từ:** gồm hình chữ E được ghép bằng nhiều lá thép kỹ thuật điện và một lõi thép di chuyển được gọi là nắp, phần nắp này được gắn cơ cấu tiếp điểm do đó khi chuyển động sẽ mang theo hệ thống cơ cấu tiếp điểm trên hình 2.12 mạch từ chính (1), còn phần nắp (2)

**Cuộn dây:** trên hình 2.12 nó chính là số 3 là cuộn dây có điện trở thuần  $R$  nhỏ hơn rất nhiều so với điện kháng ( $R \ll X_l$ ) do đó dòng điện  $I$  đi qua cuộn dây sẽ phụ thuộc rất nhiều vào khe hở không khí giữa mạch từ và nắp, vì vậy không nên cho điện áp vào cuộn dây khi nắp vào vị trí hở.

**Nguyên lý làm việc :** khi đưa điện áp vào cuộn dây (3), cuộn dây (3) sinh ra một từ trường biến thiên, biến thiên qua mạch từ (1) làm cho mạch từ (1) trở thành nam châm điện, nam châm

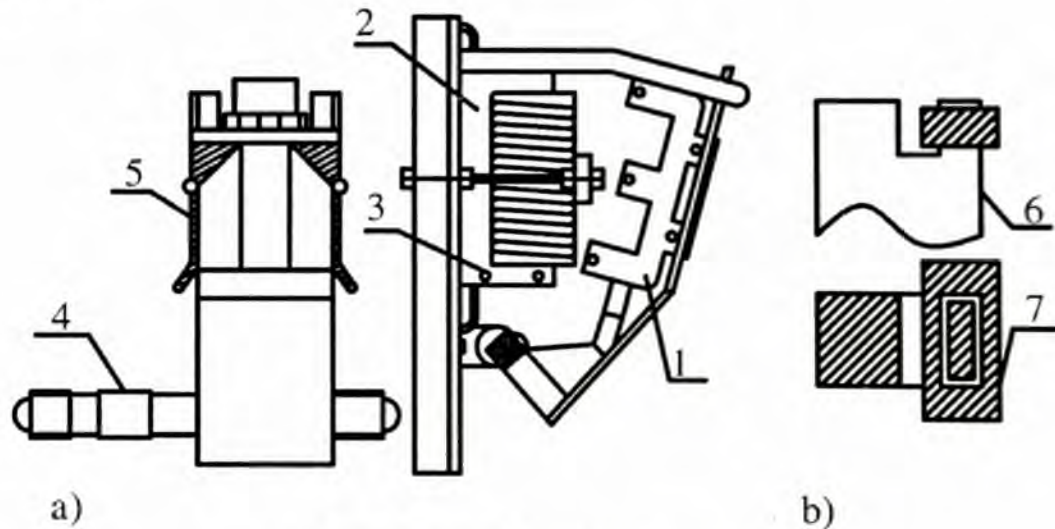


điện này sinh ra một lực hút và sẽ hút nắp (2) đi về phía mạch từ (1), khi nắp (2) chuyển động làm thanh dẫn (4) đi lên mang theo cơ cấu tiếp điểm, do đó nó làm cho tiếp điểm thường mở ra, tiếp điểm thường mở đóng lại, thực hiện quá trình truyền động điện cho hệ thống.



Hình 2.13: Một vài kiểu cơ cấu truyền động đóng - ngắt các tiếp điểm

Khi ngắt nguồn thì điện áp đặt vào cuộn dây (3) bị mất, không có từ trường sinh ra ở cuộn dây, dẫn đến mạch từ (1) không trở thành nam châm điện lúc này lực hút của mạch từ (1) bị mất, dưới tác dụng của lực lò xo (7) nó sẽ đẩy nắp (2) đi ra xa mạch từ, làm cho thanh dẫn (4) chuyển động đi xuống kéo theo cơ cấu tiếp điểm trở lại trạng thái ban đầu, ngừng quá trình làm việc của hệ thống.



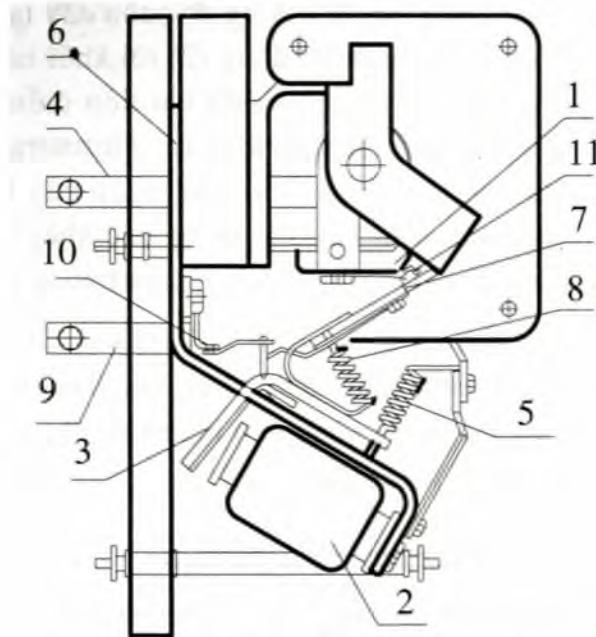
Hình 2.14: Một kiểu contactor xoay chiều  
a) Kết cấu; b) Vòng ngắn mạch ở đầu cực lõi từ tĩnh  
1 - nắp từ động; 2 - lõi từ tĩnh; 3,7 - vòng ngắn mạch;  
4 - trục quay; 5 - cuộn hút điện từ; 6 - cực từ tĩnh

#### 4. Contactor - DC

Xem hình 2.15:

Contactor một chiều có mạch từ làm bằng sắt từ mềm và lõi thép ít bị nóng so với contactor xoay chiều. Lõi thép (6) có gá cuộn điện từ (2). Khi được cấp điện, cuộn (2) hút lá thép động (3), nén lò xo (5) và tì tiếp điểm động (7) vào tiếp điểm tĩnh (1), mạch điện được nối thông theo đường: cọc đấu dây (9) - dây dẫn mềm nhiều sợi (10) - tiếp điểm động (7) - tiếp điểm tĩnh (1) - cọc đấu dây (4). Lò xo (8) có tác dụng tăng cường lực ép giữa tiếp điểm động và tĩnh.





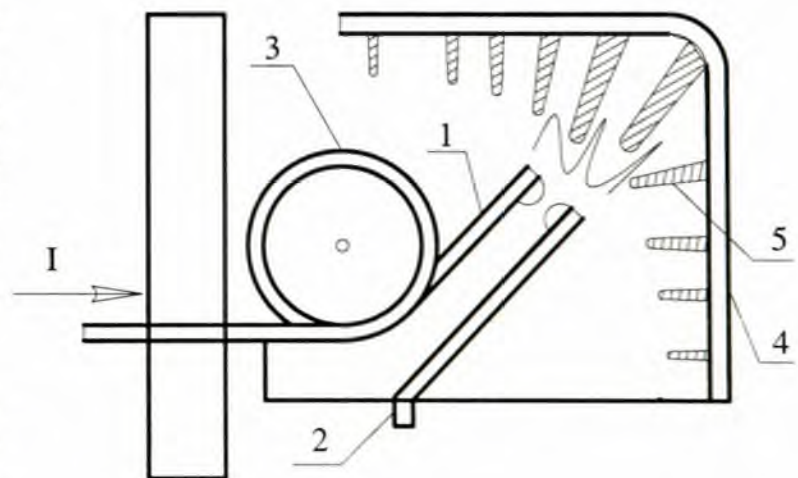
**Hình 2.15:** Kết cấu của một contactor một chiều

- 1 - tiếp điểm tĩnh; 2 - cuộn điện từ;
- 3 - lá thép động; 4 - cọc đấu dây;
- 5 - lò xo; 6 - lõi thép; 7 - tiếp điểm động;
- 8 - lò xo; 9 - cọc đấu dây;
- 10 - dây dẫn mềm; 11 - hồ quang

Contactor có dòng lớn cần phải dập hồ quang khi đóng cắt, nhất là khi cắt. Hồ quang (11) phát sinh giữa hai tiếp điểm sẽ làm dòng điện không bị cắt ngay và khi cháy lâu sẽ làm hỏng các tiếp điểm. Yêu cầu là phải làm tắt nhanh hồ quang, hạn chế phạm vi cháy của hồ quang.

Hồ quang một chiều và xoay chiều có khác nhau nhưng các bộ phận dập hồ quang ở contactor thường dùng các biện pháp sau đây:

- **Kéo dài hồ quang bằng cơ khí:**  
Khi hồ quang bị kéo dài thì đường kính thân hồ quang giảm, điện trở hồ quang tăng, dòng hồ quang suy giảm nhanh, dễ tắt.
- **Tăng tốc chuyển động của tiếp điểm động:** Biện pháp này có tác dụng kéo dài hồ quang làm hồ quang tắt mau.
- **Dùng cuộn dây thổi từ và buồng dập hồ quang:** Cuộn dây thổi từ là cuộn dây đồng có vài vòng dây có lõi thép hở hoặc không có lõi thép. Cuộn này mắc nối tiếp với tiếp điểm và

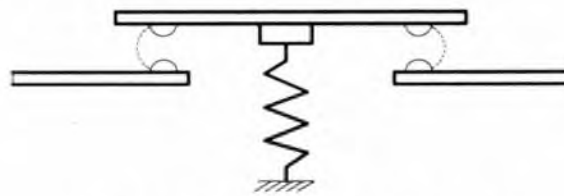


**Hình 2.16:** Dập hồ quang của cuộn dây thổi từ

- 1 - tiếp điểm tĩnh; 2 - tiếp điểm động; 3 - cuộn dây thổi từ;
- 4 - buồng dập hồ quang; 5 - vách ngăn

đặt ở gần tiếp điểm có hồ quang sao cho từ trường do cuộn dây tạo ra vuông góc với dòng điện hồ quang. Trên hình 2.16, khi tiếp điểm động (2) rời khỏi tiếp điểm tĩnh (1) thì dòng cảm ứng lúc cắt mạch phóng qua không gian giữa hai tiếp điểm và gây hồ quang điện. Dòng điện qua cuộn thối từ sẽ tạo từ trường hướng ra. Từ trường này tác dụng vào dòng điện hồ quang một từ lực đẩy hồ quang vào các khe ngăn của buồng dập hồ quang. Do vậy, hồ quang dễ dàng bị dập tắt vì bị kéo dài trong các khe, bị phân chia thành nhiều đoạn ngắn, và bị mất nhiệt do tiếp xúc với vách ngăn của buồng dập hồ quang.

- **Tiếp điểm bắc cầu:** Với tiếp điểm kiểu này hình 2.17 thì khi cắt mạch sẽ có hai hồ quang xuất hiện và hồ quang như được phân chia thành hai, kéo dài gấp đôi. Ngoài ra, hai dòng điện hồ quang là song song ngược chiều nhau nên lực tương tác giữa chúng là lực đẩy, kéo hồ quang về hai phía. Nhờ vậy hồ quang dễ bị dập tắt.



Hình 2.17: Tiếp điểm kiểu bắc cầu

## 5. Tính toán lại cuộn dây contactor

- **Một số ký hiệu trong quá trình tính toán**
  - $d$  : đường kính dây không kể lớp cách điện.
  - $F$  : sức từ động của cuộn dây =  $IW$
  - $R$  : điện trở của cuộn dây.
  - $l_{tb}$  : chiều dài trung bình một vòng dây.
  - $Q$  : diện tích cửa sổ mạch từ.
  - $S$  : tiết diện dây không kể lớp cách điện.
- **Điều kiện**
  1. Sức từ động trước và sau khi quấn lại không đổi  $I_1.W_1 = I_2.W_2 = F$
  2. Tổn hao nhiệt không đổi  $R_1.I_1^2 = R_2.I_2^2$
  3. Hệ số lấp đầy cửa sổ không đổi  $\frac{W_1 S_1}{Q_1} = \frac{W_2 S_2}{Q_2}$ .
  4. Cuộn dây có hình dạng không đổi.
- **Tính đổi cuộn dây từ điện áp  $U_1$  sang điện áp  $U_2$**

Ta có : 
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1.I_1}{R_2.I_2} \quad (2-9)$$

Trong đó: 
$$R_1 = \rho \frac{W_1.l_{tb}}{S_1}; R_2 = \rho \frac{W_2.l_{tb}}{S_2}$$



Như vậy: 
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{W_2 \cdot S_1}{W_1 \cdot S_2} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_2 \cdot W_2 \cdot S_1}{I_1 \cdot W_1 \cdot S_2} \quad (2-10)$$

Từ điều kiện 1, nên (2-10) có thể viết: 
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \quad (2-11)$$

Đường kính dây cần đổi lại để sử dụng điện áp  $U_2$  được xác định theo công thức sau:

$$d_2 = d_1 \cdot \sqrt{\frac{U_1}{U_2}} \quad (2-12)$$

• **Tính số vòng dây  $W_2$**

Từ điều kiện 1: 
$$\frac{U_1}{R_1} \cdot W_1 = \frac{U_2}{R_2} \cdot W_2 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{U_2 \cdot W_2}{U_1 \cdot W_1} \quad (2-13)$$

Từ điều kiện 2: 
$$\frac{U_1^2}{R_1} = \frac{U_2^2}{R_2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{U_2^2}{U_1^2} \quad (2-14)$$

Từ (2-13) và (2-14) sẽ tính được: 
$$W_2 = W_1 \cdot \frac{U_2}{U_1} \quad (2-15)$$

• **Tính đổi cuộn dây từ dòng điện  $I_1$  sang dòng điện  $I_2$**

Từ điều kiện 1: 
$$W_2 = W_1 \cdot \frac{I_1}{I_2} \quad (2-16)$$

Từ điều kiện 3: 
$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \quad (2-17)$$

Đường kính dây cần đổi lại để sử dụng dòng điện  $I_2$  được xác định theo công thức sau:

$$d_2 = d_1 \cdot \sqrt{\frac{W_1}{W_2}} = d_1 \cdot \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} \quad (2-18)$$

**6. Thông số kỹ thuật**

**Bảng 2.8. Đặc tính kỹ thuật của contactor một chiều và xoay chiều.**

Cung cấp điện ở mạch điều khiển dòng xoay chiều							Xoay chiều hay một chiều				
Đặc tính kỹ thuật	Đơn vị	LC1 D12 A65	LC1 D25 A65	LC1 D40	LC1 D50	LC1 D63	LC1 FF4	LC1 FH4	LC1 FK4	LC1 FL4	LC1 FX4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Số lượng cực	-	3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	23,4	23,4	3,4
Dòng điện sử dụng ở $t_{xq} < 55^{\circ}\text{C}$	A	12	25	40	50	63	115	265	500	630	780
Dòng điện cực đại ở $t_{xq} < 40^{\circ}\text{C}$	A	25	40	60	80	80	200	350	500	700	1000
Điện áp định mức	V	660	660	660	660	660	1000	1000	1000	1000	1000
Nhiệt độ mtrường	$^{\circ}\text{C}$	Từ -50 ÷ 70									
Độ cao sử dụng	M	3000									

Độ nghiêng tối đa	Độ	±30									
Dòng điện nhiệt cực đại	A	25	40	60	80	80	200	350	700	1000	1600
Khả năng đóng	A	250	450	800	900	1000	1250	2450	5000	3600	8000
Khả năng cắt ở											
400 V	A	250	450	800	900	1000	1250	2450	5000	6300	7100
500 V	A	175	400	800	900	1000	1050	2200	4500	5400	6100
660 V	A	85	180	400	500	640	800	1750	3500	5000	5000
1000 V	A	-	-	-	-	-	400	800	2500	3200	3200
Dòng điện cho phép trong 1s											
5s	A	225	400	720	810	900	1100	2200	4200	5050	6250
10s	A	130	220	430	500	600	1100	2200	4200	5050	6250
30s	A	100	200	320	400	510	1100	2200	4200	5050	6250
1 phút	A	70	120	200	210	230	640	1230	3200	4400	5000
3 phút	A	56	100	170	190	200	520	950	2400	3400	4600
10 phút	A	35	60	110	125	125	400	620	1500	2200	3000
	A	30	50	80	90	90	320	480	1200	1600	2200
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tổng trở trung bình mỗi cực	mΩ	2,5	2	1,5	1,5	1	0,45	0,32	0,18	0,12	0,10
Công suất tiêu hao trên mỗi cực	W	1,56	3,2	5,4	5,6	6,4	18	39	88	120	250
Thời gian làm việc trung bình	đóng (ms)	12÷22	15÷24	20÷26	20÷26	20÷26	20÷35	20÷35	40÷75	40÷80	40÷80
	cắt (ms)	4÷12	5÷19	8÷12	8÷12	8÷12	5÷15	8÷15	100÷170	100÷200	130÷200
Tuổi thọ cơ khí		20	16	16	16	16	10	10	10	5	5
Tiêu thụ trung bình khi tác động:	VA	70	110	200	200	550	1200	1075	1100	1650	2100
	VA	8	11	20	20	45	95	15	18	22	50

### Chú ý:

- Một contactor AC thông thường có 3 tiếp điểm thường mở của mạch động lực dùng để điều khiển động cơ điện, hai tiếp điểm thường đóng và hai tiếp điểm thường mở của mạch điều khiển.

- Hiện nay trên thị trường có rất nhiều loại contactor của nhiều hãng khác nhau, đặc biệt đã xuất hiện loại công tắc tơ điện tử đa năng, rất tiện cho việc sử dụng trong kỹ thuật điều khiển quá trình thiết bị công nghệ.

- Relay trung gian có cấu tạo tương tự như contactor, nhưng relay trung gian có rất nhiều tiếp điểm thường đóng và thường mở, các tiếp điểm chỉ chịu dòng nhỏ và mục đích của nó là cung cấp nhiều tiếp điểm cho mạch điều khiển.



Hình 2.18: Relay trung gian 14 chân và 8 chân



## VI. RELAY NHIỆT

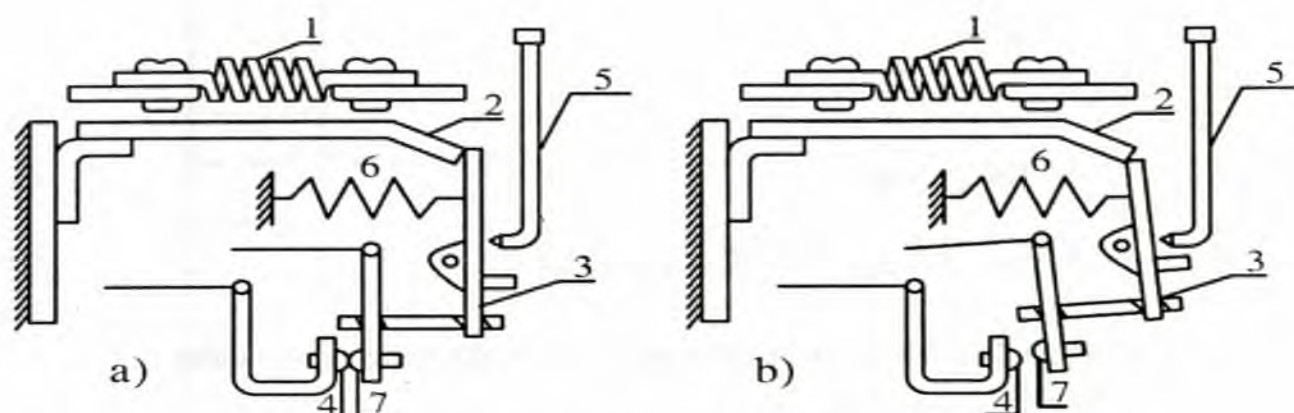
### 1. Công dụng

Relay nhiệt là một loại khí cụ để bảo vệ động cơ và mạch điện khỏi quá tải, thường dùng kèm với khởi động từ, contactor. Nó được dùng ở điện áp xoay chiều đến 500V, điện áp một chiều đến 440V.

Thông thường dùng relay nhiệt để bảo vệ quá tải, người ta phải đặt kèm với cầu chì để bảo vệ ngắn mạch.

### 2. Nguyên tắc cấu tạo

Nguyên lý cấu tạo của một loại relay nhiệt được trình bày như hình 2.19.



Hình 2.19: Nguyên lý cấu tạo của relay nhiệt

a) Trạng thái đóng; b) Trạng thái cắt

1 - phần tử đốt nóng; 2 - băng kép (thanh lưỡng kim); 3 - đòn xoay;

4 - tiếp điểm tĩnh; 5 - nút reset; 6 - lò xo; 7 - tiếp điểm động

### 3. Nguyên tắc hoạt động

Khi dòng điện phụ tải chạy qua, phần tử đốt nóng (1) sẽ nóng lên và tỏa nhiệt ra xung quanh. Băng kép (2) bị hơi nóng sẽ cong lên trên. Nếu trong phạm vi nhiệt độ cho phép ứng với dòng phụ tải nào đó thì đòn xoay (3) vẫn tì đầu trên vào băng kép (2) và mạch làm việc bình thường. Nếu phụ tải bị quá tải, sau một thời gian bị hơi nóng cao hơn, băng kép (2) sẽ cong lên nữa và rời khỏi đầu trên của đòn xoay (3). Lò xo (6) sẽ kéo đòn xoay (3) quay ngược chiều kim đồng hồ. Đầu dưới đòn xoay (3) sẽ quay sang phải và kéo theo thanh kéo cách điện (7). Tiếp điểm thường đóng 4 mở ra, cắt mạch điều khiển và từ đó mạch động lực bị cắt (hình 2.19b).

Khi relay đã cắt sự cố quá tải, không còn dòng điện qua phần tử đốt nóng (1) nên băng kép (2) nguội dần và cong xuống nhưng chỉ tì lên đầu trên của đòn xoay (3) (hình 2.19b), vì vậy tiếp điểm (4) không tự đóng lại được. Muốn relay trở lại trạng thái ban đầu để tiếp tục nhiệm vụ bảo vệ quá tải, phải ấn nút phục hồi (5) để đẩy đòn xoay (3) thuận chiều kim đồng hồ. Đầu tự do của băng kép sẽ tụt xuống, chèn giữa đòn xoay (3) ở vị trí đóng tiếp điểm (4) (hình 2.19a).

Relay nhiệt có quán tính nhiệt lớn vì khi dòng tải qua phần tử đốt nóng tăng lên thì cần phải có một thời gian để nhiệt truyền tới băng kép, làm băng kép cong lên. Vì thế mà relay



nhiệt không có tác dụng cắt mạch tức thời khi dòng điện tăng lên mạnh nghĩa là không bảo vệ được sự cố ngắn mạch.

Dòng điện quá tải càng lớn thì thời gian tác động của relay nhiệt càng ngắn.

Trong sử dụng thực tế, dòng định mức của relay nhiệt được chọn bằng dòng điện định mức của động cơ điện cần được bảo vệ quá tải, sau đó chỉnh giá trị của dòng điện tác động bằng:  $I_{td} = (1,2 \div 1,3)I_{dm}$ . Vì relay nhiệt tác động là nhờ băng kép bị nung nóng cong lên nên tác động của relay nhiệt bị ảnh hưởng của môi trường xung quanh. Khi nhiệt độ môi trường xung quanh tăng, relay nhiệt sẽ tác động sớm hơn nghĩa là dòng điện tác động bị giảm. Khi đó cần phải hiệu chỉnh lại  $I_{td}$  lớn hơn.

Theo định luật Junlen – Xơ ta có.

$$Q = R I^2 \mathcal{T} \quad (2-19)$$

Mặt khác:  $R_o = \rho \cdot \frac{L_o}{S}$

$$L = L_o (1 + \alpha_1 t)$$

$$R = \rho \frac{L}{S} = \rho \cdot \frac{R_o (1 + \alpha_1 t)}{S} = R_o (1 + \alpha_1 t) \quad (2-20)$$

Với :  $R, R_o$ : là điện trở của phần tử tại thời điểm bị đốt nóng và thời điểm  $0^\circ\text{C}$ .

$I$ : cường độ dòng điện khi xảy ra sự cố ( ngắn mạch, quá tải...)

$\mathcal{T}$ : Thời gian đốt nóng (thời gian nhạy cảm tác dụng)

$L, L_o$ : độ dài của thanh lưỡng kim sau khi đốt nóng và trước khi đốt nóng

$\alpha_1$ : hệ số giãn nở của thanh lưỡng kim

$T$ : nhiệt độ sinh ra trong quá trình đốt nóng

Vậy khi dòng điện  $I$  tăng kéo theo nhiệt lượng tỏa ra tăng, làm cho nhiệt độ tăng dẫn đến  $R$  điện trở tăng, cuối cùng làm cho nhiệt sinh ra  $Q$  càng lúc càng tăng, tăng lên rất nhanh làm cho chiều dài thanh lưỡng kim (2) giãn nở rất nhanh, nhưng giãn nở không đồng đều vì hai thanh của thanh lưỡng kim (2) có hệ số giãn nở không giống nhau, cuối cùng làm cho thanh lưỡng kim (2) bị cong kéo theo cơ cấu đòn xoay (3) chuyển động đi ngược kim đồng hồ làm cho tiếp điểm 4-7 mở ra ngắt mạch điện làm ngừng máy nén và động cơ.

$$\text{Từ (2-19) và (2-20)} \Rightarrow Q = R_o (1 + \alpha_1 t) I^2 \mathcal{T}$$

$$\Rightarrow dQ = \frac{\partial Q}{\partial I} dI + \frac{\partial Q}{\partial t} dt = 2I R_o (1 + \alpha_1 t) \mathcal{T} dI + R_o \alpha_1 I^2 \mathcal{T} dt > 0$$

Như vậy  $Q$  là một hàm đồng biến với dòng điện và nhiệt độ. Có nghĩa là khi dòng điện  $I$  tăng thì nhiệt lượng  $Q$  tăng, khi nhiệt độ tăng thì nhiệt lượng  $Q$  cũng tăng, cho nên quá trình đốt nóng thanh lưỡng kim xảy ra rất nhanh cuối cùng làm cho thanh lưỡng kim bị cong rất nhanh để dừng động cơ kịp thời, bảo vệ cho động cơ.



#### 4. Thông số kỹ thuật

Bảng 2.9. Đặc tính kỹ thuật của relay nhiệt kiểu PT của LB Nga.

Kiểu	Ký hiệu kết cấu	Số tiếp điểm		Phần tử đốt nóng	Thời gian tác động	Trọng lượng (kg)
		Thường đóng	Thường hở			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
PT (relay nhiệt hai cực, có nút ấn phục hồi, làm việc ở điện xoay chiều đến 500V)	PT-1 (hở)		1	- Số phần tử có thể thay đổi là 67. Mức độ điều chỉnh là 10% đối với số từ 1 đến 19 và 5% đối với số từ 20 đến 67. - Dòng điện định mức của phần tử N <sup>o</sup> 1 là 0,4A và dòng điện của N <sup>o</sup> 67 là 24,2A.	20 phút ở 1,2 I <sub>dm</sub>	0,24
	PT-1 (có vỏ)		1	- Số phần tử có thể thay đổi là 71. - Dòng điện định mức của phần tử N <sup>o</sup> 1 là 0,33A, của N <sup>o</sup> 54 là 24,2A		0,92
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
PT (relay nhiệt hai cực, có nút ấn phục hồi, làm việc ở điện xoay chiều đến 500V)	PT-2 (hở)		1	- Số phần tử có thể thay đổi là 22. Mức độ điều chỉnh là 5% từ N <sup>o</sup> 68 đến N <sup>o</sup> 89. - Dòng điện định mức của N <sup>o</sup> 68 là 25,7A đến N <sup>o</sup> 89 là 75,6A.		0,94
	PT-3 (hở)		1	- Số phần tử có thể thay thế là 18. Mức độ điều chỉnh là 5% từ PT-3 N <sup>o</sup> 90 đến N <sup>o</sup> 108. - Dòng điện định mức của N <sup>o</sup> 90 là 80A, của N <sup>o</sup> 108 là 196A.		1,44

Bảng 2.10. Relay nhiệt ba cực của Pháp dùng cho một chiều và xoay chiều

Kiểu	Công suất định mức của động cơ điện 3 pha (kW)					Vùng điều chỉnh của relay (A)	Trọng lượng (kg)	Loại relay sử dụng		
	220V	380V	415V	440V	600V					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
Để lắp riêng biệt	-	33	40	40	59	63 ÷ 80	0,45	LR1-D8036 3A65 LR1-F101		
	22	37	45	45	63					
	-	40	51	51	75	75 ÷ 100	0,74			
	25	51	55	59	90					
Relay LR1-D (A65) Cực được bảo vệ chống lại sự va chạm và vít tháo lỏng Relay LR1-F	-	55	-	-	100	95 ÷ 125	0,74	LR1-F125		
	30	59	59	63	110					
	33	63	63	75	129					
	45	80	80	90	140	100 ÷ 160	2,6		LR1-F160	
	51	-	90	100	147					
	55	90	100	110	160	125 ÷ 200	2,75			LR1-F200
	59	100	110	129	180					
	63	110	129	140	200					
75	129	132	147	220						



	80	150	160	160	257	200÷315	3,97	LR1-F315
	90	160	180	180	280			
	110	185	200	220	335	250÷400	3,98	LR1-F400
	129	200	220	250	355			
	140	250	257	280	445	315÷500	4,27	LR1-F500
	147	257	280	295	450			
	180	315	355	375	500	400÷630	4,52	LR1-F630
	185	335	375	400	-			
	220	400	425	450	-	500÷800	5,21	LR1-F800
	220	400	425	450	-			
	295	500	500	500	-	630÷1000	5,37	LR1-F1000

## 5. Cách sử dụng Relay nhiệt

Phần tử đốt nóng được đặt trên điện áp dây ( $U_d = 380V$ ) hoặc điện áp pha ( $U_p = 220V$ ), tùy theo từng loại khác nhau mà có thể lắp đặt chúng một cách hợp lý. Relay nhiệt có thể bảo vệ cho động cơ xoay chiều một pha hoặc ba pha hoặc một cực của động cơ một chiều, tiếp điểm thường đóng của relay nhiệt đặt nối tiếp với cuộn dây công tắc tơ cung cấp điện cho động cơ.



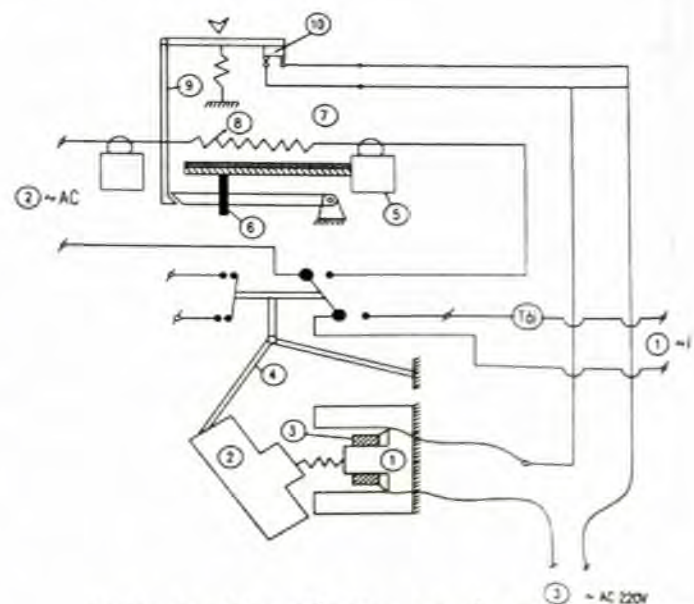
Hình 2.20: a) Relay nhiệt; b) Thermic (cũng là relay nhiệt)

Muốn bảo vệ cho phụ tải (động cơ, thiết bị điện dân dụng, ...) cần phải cài đặt dòng tác động của relay nhiệt độ cách chính xác. Thông thường  $I_{td} = (1,2 \div 1,3) \cdot I_{dm}$  là vừa.

## VII. KHỞI ĐỘNG TỪ

### 1. Công dụng

Khởi động từ là một thiết bị khí cụ gồm có: một công tắc tơ một relay nhiệt, hai nút ấn (một là thường mở, một là thường đóng) khởi động từ thường được dùng để mở máy trực tiếp cho động cơ và có bảo vệ sự cố ngắn mạch, quá tải cho động cơ, bảo vệ động cơ trong trường hợp động cơ đang hoạt động vì một sự cố nào đó (chẳng hạn như mất pha, quá tải,...) dòng qua động cơ tăng vọt bởi phần tử relay nhiệt.



Hình 2.21: Cách đấu dây công tắc tơ và relay nhiệt



Khởi động từ cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Tiếp điểm có độ bền chịu mài mòn cao.
- Khả năng đóng cắt cao.
- Thao tác đóng cắt dứt khoát.
- Tiêu thụ công suất ít.
- Bảo vệ tin cậy động cơ khỏi bị quá tải lâu dài.
- Thỏa mãn điều kiện khởi động của động cơ với dòng khởi động lớn hơn nhiều so với dòng định mức.

## 2. Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động

Có thể xem hình 2.21. Khi sử dụng khởi động từ để vận hành hệ thống (hệ thống lạnh hay một dây chuyền công nghệ nào đó...) thì ta phải tính toán chọn khởi động từ phù hợp với công suất của động cơ hoặc phù hợp với dòng định mức và dòng điện giới hạn cho phép của động cơ, để làm cho relay nhiệt của khởi động từ có tác dụng bảo vệ động cơ, bảo vệ hệ thống truyền động điện.

Trong thực tế khi lắp đặt mạch điện điều khiển động cơ (mạch động lực) người ta thường dùng công tắc tơ mắc nối tiếp với relay nhiệt, phần tử đốt nóng của relay nhiệt được mắc trên các pha, còn tiếp điểm thường đóng của relay nhiệt được mắc nối tiếp vào nguồn cấp cho cuộn dây công tắc tơ, lúc này hai thiết bị khí cụ relay nhiệt và công tắc tơ sẽ tạo ra một loại khí cụ điện khởi động từ, trong các hệ thống truyền động điện cách thức này được dùng phổ biến và rộng rãi bởi vì nó rất đơn giản, dễ lắp ráp, dễ sửa chữa, chi phí lắp đặt tương đối thấp, nhưng độ an toàn, độ tin cậy cho người vận hành tương đối cao, như vậy nó đảm bảo được các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật.

Hình 2.21 sơ đồ đấu dây của công tắc tơ với relay nhiệt, (1) là nguồn ba pha cấp cho tải, (2) là điện áp dây của nguồn điện ba pha, (3) nguồn điện áp pha của một trong ba pha của lưới điện.

Hiện nay, ở ngoài thị trường khởi động từ có bán rất nhiều với nhiều chủng loại phong phú và đa dạng, giá thành hạ rất nhiều so với trước đây, trong các nhà máy truyền tải và cung cấp điện năng trong các hệ thống mạch điều khiển, khởi động từ là một loại thiết bị khí cụ điện được sử dụng rất nhiều chịu được dòng lớn bảo vệ mạng lưới điện tương đối tốt.

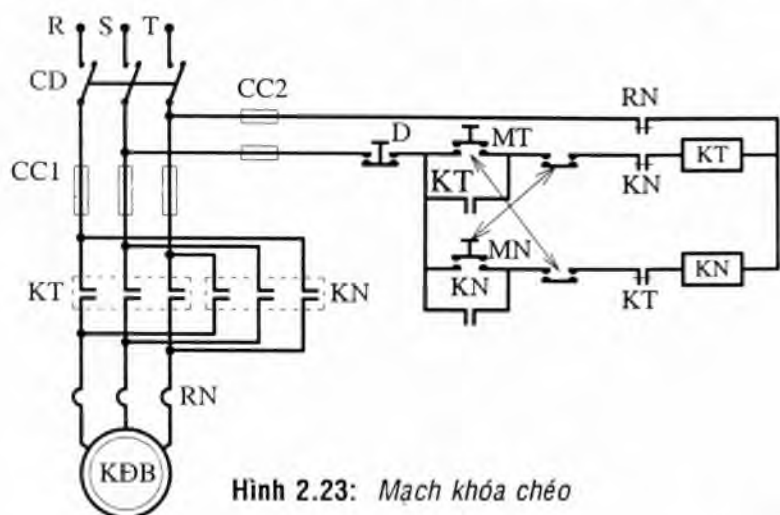
Khởi động từ đơn gồm một contactor kết hợp với hai relay nhiệt dùng để bảo vệ động cơ xoay chiều ba pha quay một chiều.



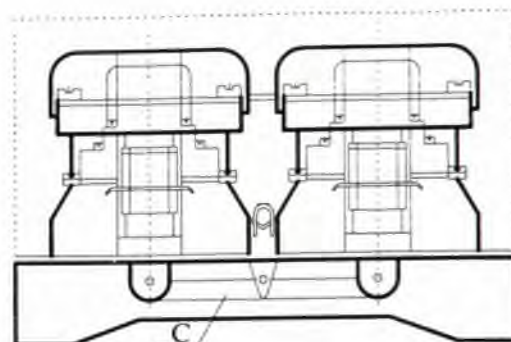
Hình 2.22: Công tắc tơ và relay nhiệt ghép với nhau (có thể xem như một khởi động từ)



Khởi động từ kép gồm hai contactor kết hợp với hai relay nhiệt dùng để điều khiển động cơ điện xoay chiều ba pha quay hai chiều. Hai contactor dùng để đảo chiều quay động cơ không được hút đồng thời vì sẽ gây chập mạch giữa các pha. Để tránh sự cố hai contactor cùng hút, người ta dùng mạch khóa chéo về điện hoặc về cơ (hình 2.23).



Hình 2.23: Mạch khóa chéo



Hình 2.24: Hai contactor có cần khóa chéo cơ khí

Khóa chéo về điện là tiếp điểm thường đóng KT gửi vào mạch cuộn KN và ngược lại. Còn khóa chéo về cơ là nhờ nút ấn liên động (đường có mũi tên). Khi ấn nút thường mở MT để đóng mạch cuộn KT thì đồng thời nút ấn liên động của nó ở mạch cuộn KN mở ra để không cho cuộn KN có điện. Tương tự như vậy, nút thường đóng liên động với nút thường mở MN được gửi vào mạch cuộn KT.

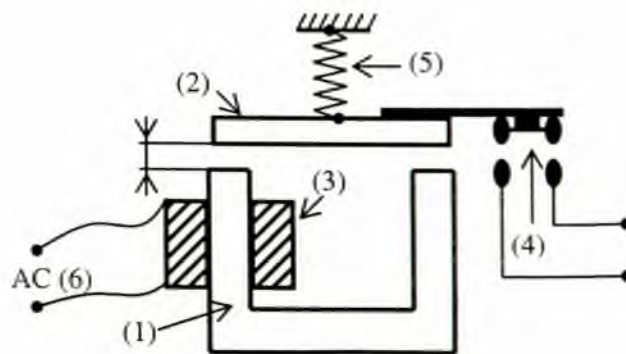
Ngoài ra, hai contactor trong khởi động từ kép có thể còn có cần cơ khí C kiểu đòn bẩy (hình 2.24) để đảm bảo contactor này hút thì contactor kia không thể hút được.

## VIII. CÁC LOẠI RELAY ĐIỆN TỬ

### 1. Relay điện tử loại 1

#### 1.1. Nguyên tắc cấu tạo

- 1- Mạch từ cố định.
- 2- Lõi thép (nắp).
- 3- Cuộn dây.
- 4- Tiếp điểm.
- 5- Lò xo kéo.
- 6- Nguồn cấp điện cho cuộn dây.



Hình 2.25: Cấu tạo relay điện tử

Do quá nhiều chủng loại khác nhau, đa dạng và phong phú, do vậy ở đây chỉ đưa ra sơ đồ cấu tạo chung của relay điện tử xem hình 2.25.

#### 1.2. Nguyên lý làm việc

Relay điện tử là một loại khí cụ điện được sử dụng để đóng – ngắt các tiếp điểm trong mạch điều khiển - điều khiển hệ thống theo yêu cầu và mục đích sử dụng, như vậy nó đóng vai



trò tương đối quan trọng trong quá trình điều khiển hệ thống, đặc biệt là quá trình khởi động của động cơ xoay chiều 1 phase.

Khi đặt điện áp vào cuộn dây (3) thì trên cuộn dây (3) sẽ sinh ra một lực điện từ có giá trị.

$$F_{dt} = K \left( \frac{i}{\delta} \right)^2 = K \frac{i^2}{\delta^2} \quad (2-21)$$

Trong đó: K là hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào số vòng dây của cuộn dây (3) phụ thuộc vào cấu tạo của relay điện từ.

Ở chế độ định mức  $I = I_{dm}$  thì lực sinh ra lúc đó có giá trị.

$$F_{dt} = K \frac{I_{dm}^2}{\delta^2} < F_{lò xo} \quad (\text{chế độ không tải}) \quad (2-22)$$

Ở chế độ có tải dòng điện I tăng có nghĩa là  $I = I_{td}$  ( $I_{td}$  - dòng điện tác dụng) lúc đó lực điện từ sinh ra.

$$F_{td} = K \frac{I_{td}^2}{\delta^2} > F_{lò xo} \quad (2-23)$$

Do đó lò xo bị kéo xuống.

**Nguyên lý làm việc của relay điện từ:** khi đặt điện áp vào cuộn dây (3) thì cuộn dây (3) sẽ sinh ra một lực  $F = K \frac{i^2}{\delta^2} < F_{lò xo}$  (lực kháng của lò xo), chính vì vậy nắp (2) được giữ cố định không bị kéo xuống, chỉ khi nào dòng điện tăng lên  $I = I_{td}$  thì lúc này cuộn dây (3) sẽ sinh ra một lực lớn hơn lực kháng của lò xo (5)  $F = K \frac{i_{td}^2}{\delta^2} > F_{lò xo}$ , do đó lò xo (5) bị kéo về phía dưới, nắp (2) bị hút về mạch từ (1) vị trí cố định làm đóng các tiếp điểm (4).

Khi khoảng hở  $\delta$  càng giảm nếu lực F sinh ra càng mạnh, khi I giảm xuống bằng giá trị I nhỏ thì nắp (2) trở về vị trí ban đầu, các tiếp điểm (4) được mở ra.

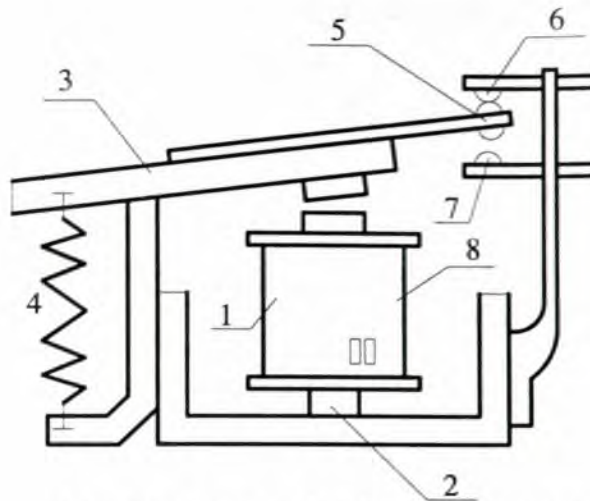
Loại relay này được cải tiến và bán rộng rãi trên thị trường với nhiều chủng loại khác nhau rất đa dạng phong phú, giá thành thấp, đơn giản, dễ sử dụng trong việc tự động điều khiển.

## 2. Relay điện từ loại 2

Relay điện từ là relay đơn giản nhất và được sử dụng rộng rãi nhất. Relay làm việc trên nguyên lý điện từ và về kết cấu, nó tương tự như contactor nhưng chỉ dùng đóng cắt mạch điều khiển, không trực tiếp dùng mạch động lực.

Nguyên lý cấu tạo một relay điện từ một chiều kiểu bản lề như hình 2.26.

Cuộn dây (1) quấn quanh lõi sắt (2) và hai đầu dây nối ra hai chấu cắm (8). Nắp từ động (3) được lò xo (4) để tiếp điểm động (5) từ lên tiếp điểm tĩnh (6), còn tiếp điểm tĩnh (7) bị hở. Khi cuộn điện từ được cấp điện, nó sẽ hút nắp từ động kéo đưa tiếp điểm động (5) tiếp xúc với tiếp điểm (7), và tiếp điểm tĩnh (6) bị hở ra.



Hình 2.26: Nguyên tắc cấu tạo relay điện từ kiểu bản lề

1 - cuộn dây; 2 - lõi sắt; 3 - nắp từ động;  
4 - lò xo; 5 - tiếp điểm động;  
6,7 - tiếp điểm tĩnh; 8 - chốt cấm

Hình 2.27 là nguyên lý cấu tạo của một relay dạng piston với tiếp điểm động kiểu bắc cầu và cuộn hút làm việc với dòng điện xoay chiều.

Qua cách làm việc của relay điện từ, ta thấy mỗi relay có ba phần chính:

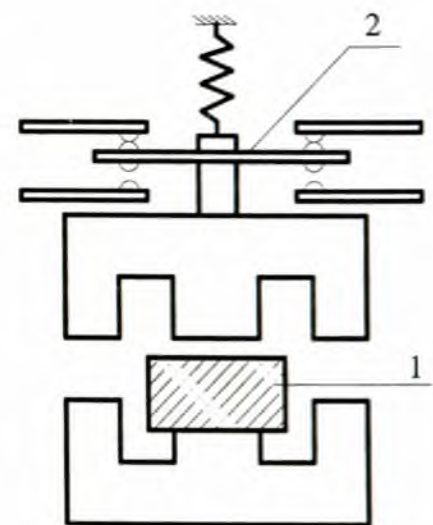
- **Cơ cấu thu:** là cuộn hút điện từ. Nó tiếp nhận tín hiệu vào và khi đạt một giá trị nào đó thì relay tác động.
- **Cơ cấu trung gian:** chính là mạch từ. Nó giúp tạo ra lực hút khi cuộn điện từ có điện và so sánh lực này với lực đặt trước bởi lò xo phản hồi. Kết quả tác động được truyền tới cơ cấu chấp hành.
- **Cơ cấu chấp hành:** là hệ thống các tiếp điểm. Chúng tác động sẽ truyền tín hiệu cho mạch điều khiển.

Thời gian tác động  $t_{td}$  của relay là thời gian tính từ lúc cuộn hút được cấp điện cho đến khi tiếp điểm thường mở đóng lại hoàn toàn hoặc tiếp điểm thường đóng mở ra hoàn toàn. Thời gian tác động của relay còn gọi là thời gian trễ. Tùy theo thời gian này mà relay được chia ra:

- Relay không quán tính:  $t_{td} < 1ms$
- Relay tác động nhanh:  $t_{td} \approx (1 \div 100) ms$
- Relay thời gian:  $t_{td} > 100 ms$

### 3. Relay trung gian

Nhiệm vụ của relay trung gian là khuếch đại các tín hiệu điều khiển, liên kết giữa các phần tử điều khiển khác nhau.



Hình 2.27: Nguyên tắc cấu tạo relay điện từ dạng piston  
1 - cuộn hút; 2 - tiếp điểm động kiểu bắc cầu



Relay trung gian thường là relay điện từ. Số lượng tiếp điểm của relay trung gian thường nhiều hơn các loại relay khác. Relay trung gian có độ phân cách về điện tốt giữa mạch cuộn hút và mạch tiếp điểm.

## IX. RELAY KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU 1 PHASE

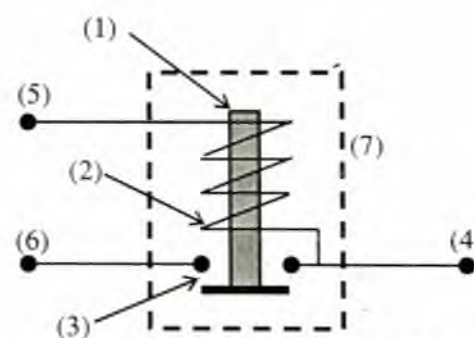
Các động cơ 1 phase bao giờ cũng có tiếp điểm K đóng mạch. Khi khởi động và ngắt mạch cuộn dây để (Start) khi tốc độ rôto đạt khoảng (75%-80%) tốc độ định mức. Relay khởi động chính là tiếp điểm K hoạt động tự động nhờ 1 tín hiệu nào đó khi động cơ khởi động. Tín hiệu đó có thể là dòng điện, điện áp và nhiệt, dựa vào các tín hiệu đó có thể phân relay khởi động thành 4 loại như sau.

- Relay dòng.
- Relay bán dẫn.
- Relay điện áp.
- Relay dây nóng.

### 1. Relay dòng khởi động

#### 1.1. Nguyên tắc cấu tạo

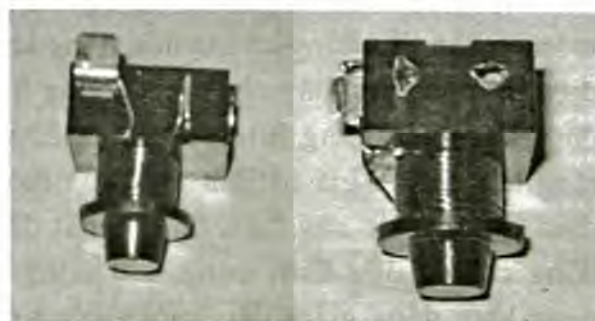
- 1- Lõi thép nhiễm từ tính.
- 2- Cuộn dây.
- 3- Tiếp điểm thường mở của relay (tiếp điểm K).
- 4- Nối với nguồn điện.
- 5- Nối với cuộn chạy (R) của động cơ một phase.
- 6- Nối với cuộn để (S) của động cơ một phase.
- 7- Vỡ của relay.



Hình 2.28: Cấu tạo relay dòng

#### 1.2. Nguyên lý làm việc

Khi cấp nguồn vào chân (4) và chân chung (C) của động cơ xoay chiều không động bộ một phase, lúc này do mômen cản của động cơ quá lớn dẫn đến dòng khởi động  $I_{kd}$  qua cuộn dây (2) và cuộn chạy tăng vọt rất lớn (tùy theo công suất của động cơ), lớn hơn dòng định mức  $I_{dm}$  qua động cơ rất nhiều lần. Do đó, lực từ trường sinh ra trên cuộn dây (2) rất lớn, lực này đủ hút lõi thép (1) đi lên làm cho tiếp điểm (3) đóng lại cấp nguồn cho cuộn để làm việc, lúc đó động cơ điện làm việc, khi động cơ hoạt động làm cho dòng  $I_{kd}$  giảm cho đến khi tốc độ rôto động cơ tăng khoảng 75% tốc độ định mức thì dòng  $I_{kd}$  giảm rất nhanh kéo theo lực từ trường trên cuộn dây (2) giảm mạnh, lực này không đủ sức thắng lực trọng trường trái đất để giữ lõi thép (1) lại, kết quả lõi thép (1) rơi xuống mở tiếp (3) ra đồng thời quá trình khởi động của động cơ kết thúc.



Hình 2.29: Relay dòng khởi động ¼ HP



Relay khởi động thông thường chỉ dùng cho các loại động cơ 1 phase có công suất từ 1/8 HP đến 3/4 HP, lốc của tất cả các loại tủ lạnh thường dùng relay khởi động rất phổ biến.

A- Bất đầu tiếp điện cho động cơ.

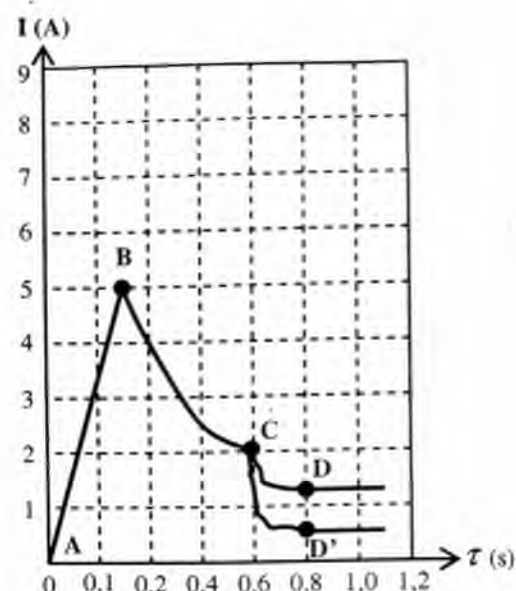
B- Rôto động cơ bắt đầu quay.

C- Là điểm ngắt tiếp điểm (3) ở hình 2.27

$I_D$ - Là dòng làm việc của động cơ.

$I_{D'}$  - Là dòng không tải của động cơ.

Hình 2.30 là đường đặc tính của dòng khởi động của động cơ điện chạy cho block máy tủ lạnh có công suất 1/4 HP, có thể thấy rằng dòng khởi động cao nhất trong lúc khởi động nó dao động trong khoảng từ (4,5÷5)A, thời gian tăng dòng này rất nhanh dao động trong khoảng (0,1 ÷ 0,2)s, do vậy nó ít ảnh hưởng động cơ điện.

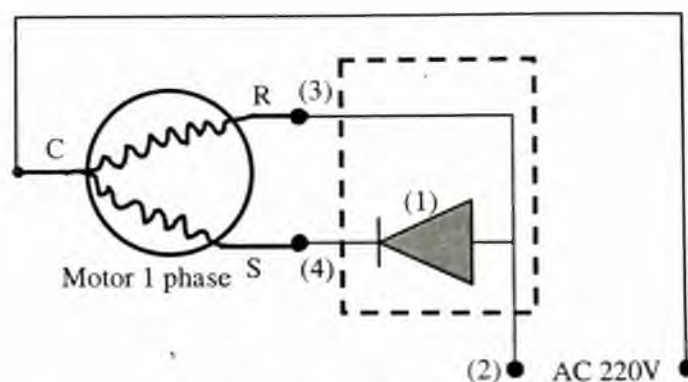


Hình 2.30: Đặc tính của dòng khởi động chạy cho lốc tủ lạnh có công suất 1/4 HP

## 2. Relay bán dẫn khởi động

### 2.1. Nguyên tắc cấu tạo

- 1- Diode bán dẫn.
- 2- Chân cấp nguồn AC
- 3- Chân nối với cuộn chạy (R) của động cơ.
- 4- Chân nối với cuộn đề (S) của động cơ.



Hình 2.31: Cấu tạo relay bán dẫn

### 2.2. Nguyên lý làm việc

Sơ đồ đấu dây giữa động cơ điện xoay chiều không đồng bộ 1 phase với relay bán dẫn khởi động như hình 2.31, khi cấp nguồn AC – 220V vào chân chung (C) của động cơ với (2), do mômen cản của động cơ lớn nên dòng khởi động  $I_{kd}$  qua động cơ (qua cuộn chạy (R)) rất lớn, do điện trở của cuộn dây chạy (R) không thay đổi nên điện áp (chỉ có giá trị tức thời) đặt vào hai đầu (C) và (2) tăng lên tức thời  $> 220V$ , vì điện áp tăng lên đạt tới giá trị làm việc của diod (1) làm cho diod (1) dẫn, lúc này cuộn dây đề bắt đầu làm việc và động cơ bắt đầu khởi động, khi động cơ khởi động dòng khởi động giảm dần xuống dòng điện định mức kéo theo điện áp đặt vào (C) và (2) giảm xuống 220V ổn định, với giá trị điện áp này nhỏ hơn giá trị để cho diod (1) làm việc dẫn đến diod không dẫn và ngắt cuộn đề (S), quá trình khởi động kết thúc.



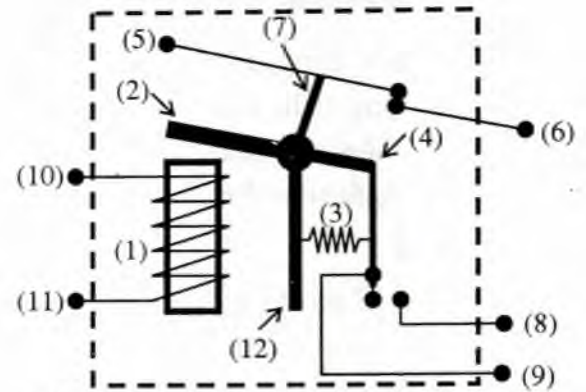
Hình 2.32: Relay bán dẫn khởi động



### 3. Relay điện áp khởi động (Potential relay)

#### 3.1. Nguyên tắc cấu tạo

- 1- Cuộn dây.
- 2- Tấm sắt.
- 3- Lò xo.
- 4- Đối trọng.
- 5-6: Tiếp điểm thường đóng.
- 7- Thanh mang tiếp điểm.
- 8-9: Tiếp điểm thường mở.
- 10-11: Nguồn cấp cho relay điện áp.
- 12- Giá đỡ cố định.



Hình 2.32: Cấu tạo relay điện áp khởi động

Relay điện áp ngày càng được sử dụng rất nhiều phổ biến rộng rãi trong các máy điều hòa nhiệt độ và ngay trong cả tủ lạnh như một số tủ lạnh SANYO, SHARP, NEC.

$I_B$  – Dòng ngắn mạch của cuộn làm việc.

$I_B$  – Dòng ngắn mạch của cuộn R và S.

$I_C$  – Dòng của R+S khi n gần bằng 75%  $n_{dm}$ .

$I$  – Dòng làm việc.

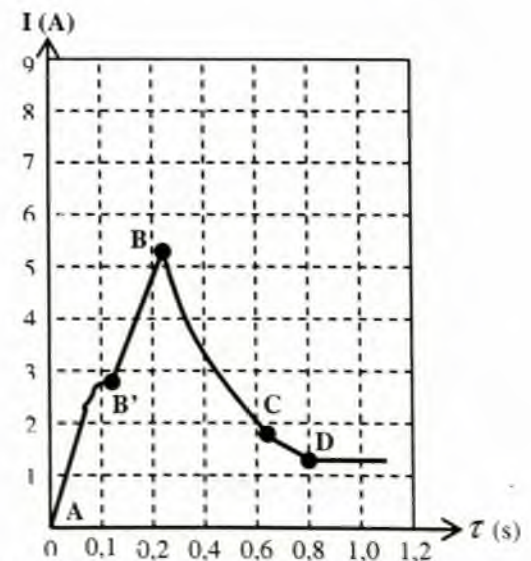
$n$  – Tốc độ động cơ.

$n_{dm}$  – Tốc độ định mức.

Relay điện áp bề ngoài cũng gần giống như relay dòng điện nhưng nó hoạt động dựa trên điện áp tăng khi tốc độ rôto gần đạt đến giá trị định mức. Ta có thể phân biệt dễ dàng relay dòng điện và relay điện áp qua đường kính dây quấn của cuộn dây điện từ. Dây của cuộn dây relay dòng điện to nhưng với dây của cuộn dây relay điện áp rất nhỏ.

Tiếp điểm K khởi động của relay điện áp thường đóng và chỉ mở khi tốc độ rôto chạy đạt (75÷100)% tốc độ định mức, nên đây cũng là ưu điểm lớn nhất của relay điện áp so với relay dòng điện, vì tiếp điểm ở trạng thái đóng khi tiếp điện nên không gây hồ quang ở các tiếp điểm.

Cuộn dây điện từ relay được nối qua cuộn khởi động và vì cuộn dây rất mảnh nên dòng điện qua cuộn dây rất nhỏ, không gây ảnh hưởng hư hại đến động cơ. Cấu tạo của relay điện áp xem hình 2.32.



Hình 2.33: Đặc tính của dòng khởi động chạy cho lốc tủ lạnh có công suất ¼ HP dùng relay điện áp



### 3.2. Nguyên lý hoạt động của relay điện áp

Khi cấp điện cho động cơ, tức thời cả hai cuộn dây cùng có điện vì tiếp điểm của relay điện áp thường đóng.

Lúc khởi động do điện thế qua cuộn dây relay nhỏ vì dòng ngắn mạch, relay điện áp không tác động. Khi tốc độ rôto đạt khoảng 75% tốc độ định mức. Dòng qua cuộn dây khởi động giảm, điện thế của cuộn dây relay tăng và lực điện từ của relay điện áp đủ mạnh để hút tấm sắt (2), ngắt tiếp điểm khởi động (5), (6) và giữ nguyên trạng thái ngắt suốt thời gian động cơ hoạt động.

Hình 2.33 mô tả nguyên tắc làm việc của relay điện áp, khi điện áp nhỏ thì đối trọng (4) và lò xo (3) kéo cơ cấu mang thanh (7) đi xuống, tiếp điểm thường đóng vẫn đóng lại, thông thường nguồn cấp cho relay thời gian (10), (11) thường là nguồn xoay chiều 220V. Khi đủ điện áp, lực điện từ của cuộn dây (1) sinh ra lớn hơn lực do lò xo (3) và đối trọng (4) tạo ra, vì vậy nó hút tấm sắt (2) đi xuống mở tiếp điểm (5), (6) ngắt cuộn dây khởi động ( $R_S$ ) động cơ một pha, đưa động cơ vào trạng thái hoạt động.

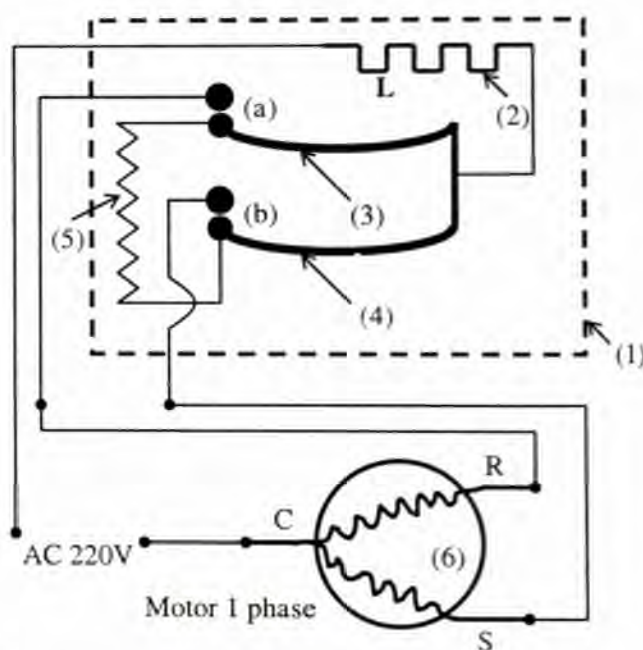
## 4. Relay dây nóng khởi động

### 4.1. Nguyên tắc cấu tạo

(a),(b) – Hai tiếp điểm thường đóng.

- 1- Relay dây nóng.
- 2- Dây đốt nóng L.
- 3- Thanh lưỡng kim thứ nhất.
- 4- Thanh lưỡng kim thứ hai.
- 5- Dây nối giữa hai thanh lưỡng kim.
- 6- Động cơ một pha ( $R_S$  cuộn khởi động,  $R_R$ : cuộn làm việc)

Relay dây nóng hay được sử dụng ở các tủ lạnh do các hãng sản xuất của Mỹ chế tạo.



Hình 2.34: Cấu tạo relay dây nóng

Cấu tạo của relay dây nóng rất đơn giản gắn một dây điện trở phát nhiệt mắc nối tiếp với hai thanh lưỡng kim mang hai tiếp điểm, một cho cuộn khởi động, một để bảo vệ động cơ. Hai thanh lưỡng kim được nối với nhau bằng một dây nối có độ giãn nở nhiệt rất tốt. Duy trì khoảng cách giữa hai thanh lưỡng kim như hình 2.34. Sơ đồ cấu tạo của relay dây nóng, nó mô tả được nguyên lý làm việc của relay dây nóng như sau: (a), (b): hai tiếp điểm thường đóng.

### 4.2. Nguyên lý làm việc của relay dây nóng

Khi tiếp điện cho hệ thống có dòng điện đi qua ngay cả hai cuộn dây (cuộn khởi động, cuộn làm việc) vì hai tiếp điểm ở hai đầu thanh lưỡng kim (a) và (b) thường xuyên đóng khi động cơ không làm việc. Do dòng điện ngắn mạch lớn và khi động cơ đã khởi động, dây đốt L (2) tỏa đủ nhiệt để thanh lưỡng kim (4) ngắt tiếp điểm khởi động. Sau đó do dòng giảm, nhiệt lượng sinh ra không đủ ngắt tiếp điểm của cuộn làm việc, động cơ làm việc bình thường, tiếp



điểm (b) không đóng mạch lại được là vì dây điện trở vẫn sinh nhiệt đủ để sợi dây nối (5) có độ giãn nở phù hợp giữ tiếp điểm ở trạng thái mở.

Nếu động cơ bị quá tải dòng qua lớn làm cho nhiệt sinh ra nhiều đủ để ngắt hai tiếp điểm (a) và (b) ngừng hoạt động bảo vệ cho động cơ. Sau một thời gian relay nguội dần và hai tiếp điểm lại đồng thời đóng lại để khởi động động cơ.

Tuy relay dây nóng có ưu điểm là đơn giản và không phụ thuộc vào tư thế lắp đặt, nhưng do tính chất hoạt động của relay khi mất điện đột ngột và có điện lại đột ngột, mạch của cuộn khởi động không đóng được vì thanh lưỡng kim (2) chưa đủ thời gian để nguội và trở lại vị trí đóng mạch. Để bảo vệ động cơ lại phải lắp thêm một relay bảo vệ khác rất cồng kềnh và bất tiện, ngoài ra relay dây nóng có các cặp tiếp điểm (a) và (b) đóng mở không dứt khoát, dễ làm hư hỏng đó chính là các nhược điểm của relay dây nóng, hiện nay loại relay này ít được sử dụng.

## X. THERMISTOR BẢO VỆ ĐỘNG CƠ

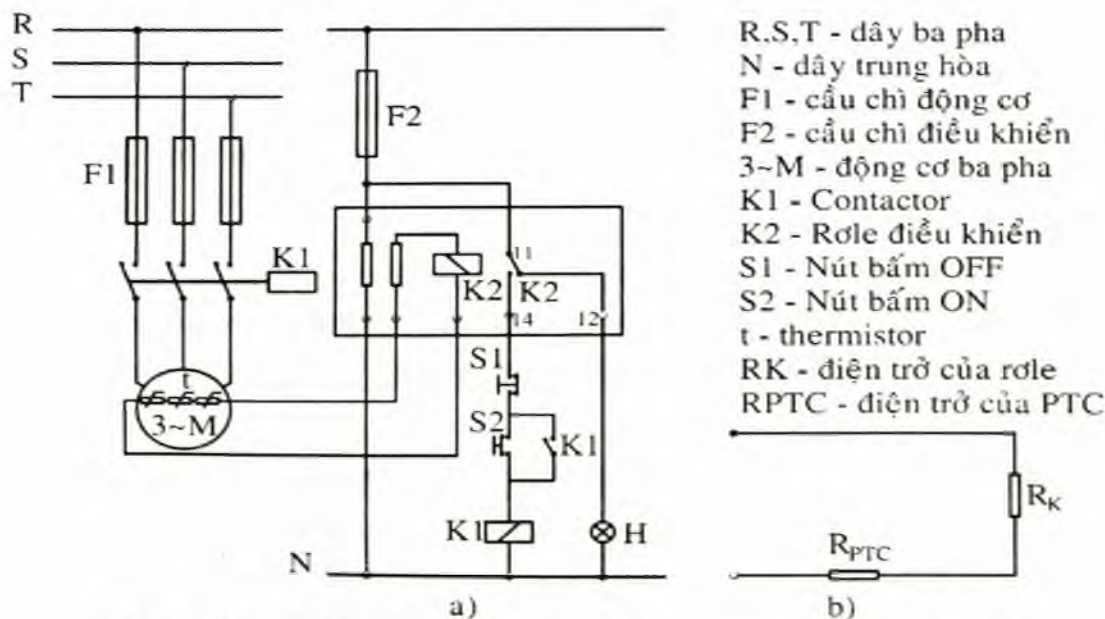
Thermistor là một loại cảm biến nhiệt độ dạng nhiệt trở. Nó ứng dụng sự thay đổi giá trị điện trở khi nhiệt độ thay đổi.

Thermistor có hai loại:

- NTC (*Negative Temperature Coefficient*) – giá trị điện trở giảm khi nhiệt độ tăng.
- PTC (*Positive Temperature Coefficient*) – giá trị điện trở tăng khi nhiệt độ tăng.

Thermistor được dùng phổ biến để bảo vệ, không những cho động cơ mà còn cho các chi tiết của động cơ (hoặc máy nén) chống lại sự quá nhiệt.

Thermistor bảo vệ động cơ gồm bộ phận điều khiển và phần tử cảm biến nhiệt độ. Phần tử cảm biến nhiệt độ được bố trí ở những nơi cần bảo vệ sự quá nhiệt. Hình 2.35a giới thiệu sơ đồ mạch bảo vệ động cơ bằng thermistor. Để dễ hiểu nguyên tắc bảo vệ của thermistor ta có thể biểu diễn mạch trên bằng mạch đơn giản xem hình 2.35b.



Hình 2.35: Sơ đồ mạch bảo vệ động cơ bằng thermistor và mạch đơn giản  
 a) Sơ đồ mạch bảo vệ động cơ; b) mạch đơn giản.



Để giải thích sự hoạt động của relay bảo vệ kiểu thermistor, có thể sử dụng nguyên tắc mạch điện trở mắc nối tiếp. Ở nhiệt độ làm việc bình thường của động cơ, các đầu cảm PTC có điện trở rất nhỏ và điện thế chủ yếu nằm trên cuộn dây  $U \approx U_K$ , từ lực sinh ra của cuộn dây đủ lớn để kéo lõi thép đóng tiếp điểm 11 – 14 của relay, đóng mạch cho động cơ làm việc bình thường. Nếu nhiệt độ cuộn dây động cơ tăng quá mức cho phép thì điện trở PTC tăng rất nhanh, khi đó điện áp rơi trên PTC lớn và  $U_K$  nhỏ. Và như vậy là lực từ sinh ra không đủ để giữ lõi thép làm cho relay cắt mạch động cơ.

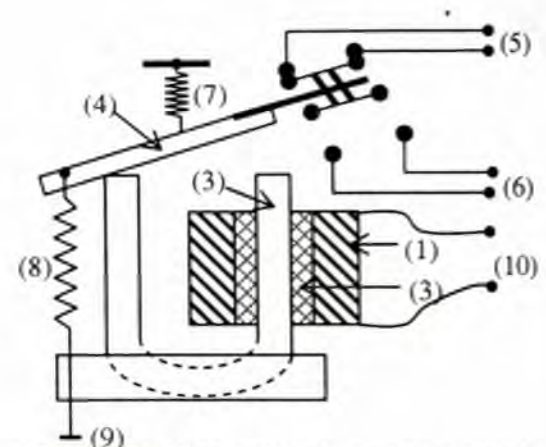
## XI. RELAY THỜI GIAN

Relay thời gian là relay tạo trễ đầu ra, nghĩa là khi có tín hiệu điều khiển ở đầu vào thì sau một thời gian nào đó đầu ra mới có tác động. Thời gian trễ có thể từ vài phần giây đến vài giờ hoặc lâu hơn nữa. Sau đây là một số loại relay thời gian.

### 1. Relay thời gian cảm ứng

#### 1.1. Nguyên tắc cấu tạo

- 1- Cuộn dây.
- 2- Mạch từ.
- 3- Ống lót bằng đồng.
- 4- Lõi thép (nắp).
- 5- Tiếp điểm thường đóng đóng chậm.
- 6- Tiếp điểm thường mở mở chậm.
- 7- Lò xo.
- 8- Lò xo chỉnh thời gian.
- 9- Vít chỉnh thời gian.
- 10- Nguồn cấp điện cho cuộn dây.



Hình 2.36: Cấu tạo relay thời gian cảm ứng

Về mặt cấu tạo đối với loại relay này có rất nhiều chủng loại khác nhau nhưng nó có cùng chung một nguyên lý, vì vậy ở đây đưa ra loại có cấu tạo chung nhất. Xem hình 2.36.

#### 1.2. Nguyên lý làm việc

Relay thời gian cảm ứng là một loại thiết bị khí cụ điện được sử dụng trong việc thiết kế mạch điều khiển hệ thống, mà trong hệ thống đó các máy móc thiết bị không làm việc đồng thời cùng một lúc nó lệch nhau về thời gian. Hoặc trên cùng một thiết bị hoạt ở hai chế độ không cùng một lúc nó lệch nhau về thời gian.

Chẳng hạn, động cơ không đồng bộ ba pha được vận hành bằng cách chuyển đổi sao (Y) sang tam giác ( $\Delta$ ). Bắt đầu khởi động, động cơ chạy ở chế độ sao (Y), khi tốc độ động cơ đạt tới tốc độ định mức sau một thời gian nó hoạt động thì chuyển sang chạy ở chế độ tam giác ( $\Delta$ ), mục đích khởi động như vậy là để tăng tuổi thọ của máy, tăng được mômen khởi động, giảm được dòng khởi động. Như vậy khoảng thời gian chuyển đổi giữa hai chế độ làm việc cần phải dùng relay thời gian.



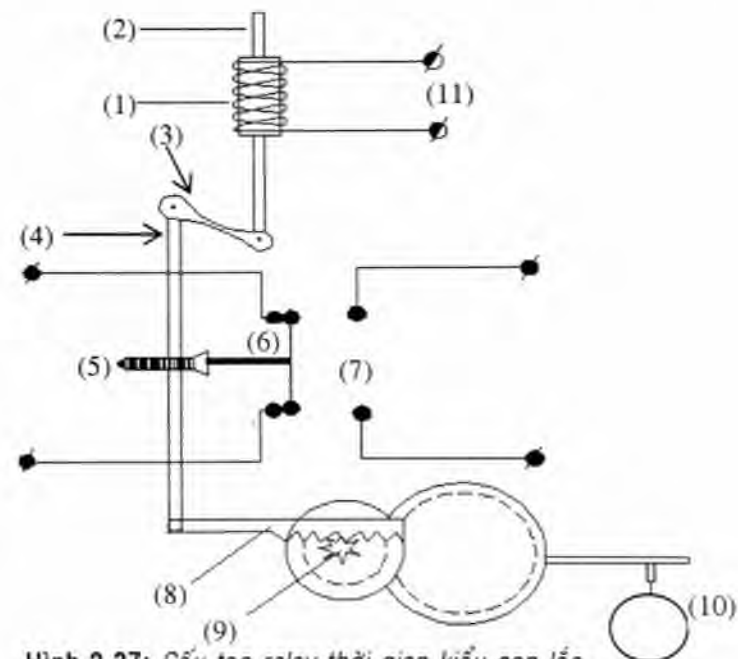
Nguyên lý hoạt động của relay thời gian cảm ứng: Khi ta đặt vào nguồn (10) một điện áp xoay chiều AC cấp nguồn cho cuộn dây (1), cuộn dây (1) sẽ sinh ra một từ trường biến thiên nó sẽ biến thiên qua ống lót bằng đồng (3) và mạch từ (2), như vậy mạch từ (2) sẽ sinh ra một lực điện từ, ban đầu nhỏ có giá trị nhỏ chưa đủ sức để hút nắp (4) xuống. Trong lúc đó trong ống lót bằng đồng sinh ra một sức điện động cảm ứng và xuất hiện dòng điện cảm ứng, dòng điện cảm ứng này sinh ra một từ trường cảm ứng biến thiên qua mạch (2), từ trường này cùng chiều với từ trường trong mạch (2), theo thời gian thì từ trường cảm ứng càng lúc càng tăng dẫn đến từ trường biến thiên qua mạch từ (2) tổng hợp càng lúc càng tăng, đến một thời điểm nào đó mạch từ (2) sinh ra một lực từ lớn  $F > F_{lò xo (7)}$  dưới tác dụng của lực  $F$  này nó hút nắp (4) đi xuống đồng thời mang theo thanh tiếp điểm đi xuống làm cho tiếp điểm thường đóng (5) mở ra, tiếp điểm thường mở (6) đóng lại, như vậy nó điều được các cơ cấu chấp hành của hệ thống nút vít chỉnh (9) nó điều chỉnh được lò xo (8) và (7) lớn hơn hay nhỏ như thế nó điều chỉnh được thời gian đóng mở của tiếp điểm.

Hiện nay, relay thời gian loại này ít được dùng vì nó có độ sai số tương đối lớn, cấu tạo thiết bị lớn và cồng kềnh không phù hợp cho quá trình tự động điều khiển. Loại relay thời gian này có từ rất sớm và có rất nhiều nhược điểm, do đó chúng được thay thế bằng các loại relay thời gian khác có độ chính xác cao hơn.

## 2. Relay thời gian kiểu con lắc

### 2.1. Nguyên tắc cấu tạo

- 1- Cuộn dây.
- 2- Lõi thép.
- 3- Cơ cấu quay.
- 4- Thanh đẩy.
- 5- Vít chỉnh (thời gian).
- 6- Tiếp điểm thường đóng.
- 7- Tiếp điểm thường mở.
- 8- Thanh răng.
- 9- Bánh răng ăn khớp.
- 10- Con lắc.
- 11- Nguồn cấp cho cuộn dây.



Hình 2.37: Cấu tạo relay thời gian kiểu con lắc

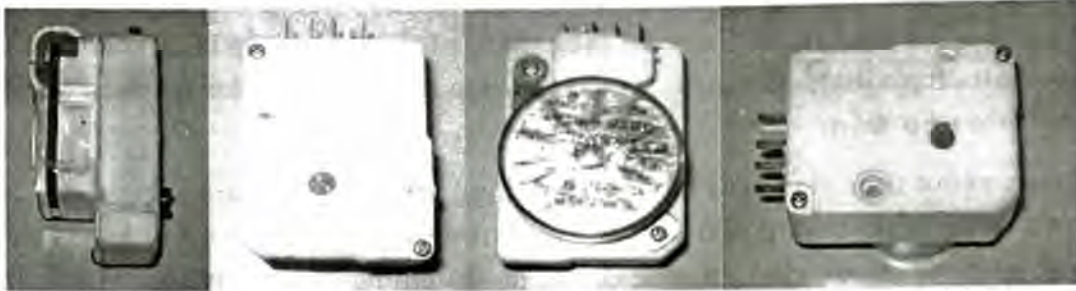
Loại relay thời gian này cũng có rất nhiều chủng loại, phong phú và đa dạng nhưng vẫn dựa trên nguyên tắc chung, vì vậy ở đây chỉ đưa ra sơ đồ cấu tạo chung. Xem hình 2.37.

### 2.2. Nguyên lý làm việc

Relay thời gian kiểu con lắc hình 2.37 là một loại thiết bị khí cụ điện được sử dụng rất nhiều trong các hệ thống lạnh, đặc biệt nó được ứng dụng trong việc xả đá cho dàn lạnh, bởi vì chu kỳ đóng ngắt tiếp điểm của loại relay thời gian này rất rộng từ 1h đến 24h. Tùy theo việc điều chỉnh chu kỳ đóng ngắt tiếp điểm của người sử dụng, thông thường khi ứng dụng xả đá tạo ra chu kỳ đóng ngắt tiếp điểm là  $T = 6h$ , vì trong khoảng thời gian này buồng lạnh đã đạt được nhiệt độ theo yêu cầu. Sau khi lấy sản phẩm ra nó thực hiện quá trình xả đá, relay thời gian sẽ



ngắt tiếp điểm thường đóng ngừng hoạt động của máy nén, đóng tiếp điểm thường mở lại, tiếp điểm này được mắc nối tiếp với điện trở xả đá (nếu hệ thống lạnh xả đá bằng nhiệt trở) hoặc mắc nối tiếp với van điện từ (nếu hệ thống lạnh xả đá bằng gas nóng trường hợp này máy nén vẫn hoạt động). Như vậy nó cấp điện cho các thiết bị xả đá thực hiện quá trình xả đá cho dàn lạnh trước khi thực hiện một chu trình làm lạnh mới. Đối với tủ lạnh việc xả đá bằng nhiệt trở và dùng relay thời gian kiểu con lắc là thông dụng bên cạnh đó cần phải dùng thêm cảm biến nhiệt độ âm (thường gọi là sò lạnh ; (-)Temperature sensor) được mắc nối tiếp với điện trở xả đá. Bên cạnh việc xả đá nó còn có tác dụng làm cho máy nén của hệ thống lạnh có thời gian nghỉ ngơi làm việc theo chu kỳ, tăng tuổi thọ của máy nén.



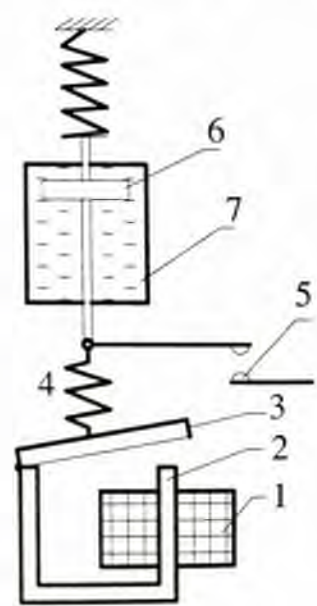
Hình 2.38: Relay thời gian kiểu con lắc

Nguyên lý làm việc của relay thời gian kiểu con lắc. Khi đặt một điện áp vào nguồn (11) trong cuộn dây (1) dòng điện I sẽ đi qua làm cho lõi thép (2) bị hút, cơ cấu (3) làm cho thanh đồng số (4) tiến từ phải sang trái, dẫn đến thanh răng (8) trượt trên hệ thống bánh răng (9) làm cho hệ thống bánh răng (9) quay, kéo theo con lắc (10) dao động, khi thanh răng (8) tiến được một mức thì con lắc tiến được một chu kỳ, sau một thời gian nhất định vít số (5) tác động vào tiếp điểm, làm tiếp điểm thường đóng mở ra, tiếp điểm thường mở đóng lại. Như vậy nó điều khiển được quá trình chậm trễ thời gian hoạt động của máy móc thiết bị trong hệ thống.

Loại relay thời gian này được nhiều hãng trên thế giới sản xuất như các hãng: Danfort, Parasonic, LG, ToShiBa, Carrier, DaiKin,..., giá thành hạ, đơn giản dễ chế tạo, lắp đặt tương đối dễ dàng, được sử dụng rộng rãi trong ngành kỹ thuật lạnh, trong ngành kỹ thuật sấy và một số ngành khác.

**3. Relay thời gian kiểu thủy khí (hình 2.39)**

Cuộn hút (1) quấn trên lõi từ (2) được cấp điện sẽ hút nắp từ động (3). Lò xo (4) bị kéo căng nhưng tiếp điểm (5) không đóng ngay vì piston (6) chuyển động chậm trong xilanh dầu nhờn. Do đó, tiếp điểm bị đóng chậm. Khi cuộn hút bị cắt điện, quá trình nhả cũng diễn ra chậm với giải thích tương tự như trên. Relay này dùng cả cho cuộn hút một chiều và xoay chiều.



- 1 - cuộn hút
- 2 - lõi từ
- 3 - nắp từ động
- 4 - lò xo
- 5 - tiếp điểm
- 6 - piston
- 7 - chất lưu

Hình 2.39: Nguyên tắc cấu tạo relay thời gian kiểu thủy khí

Hiện nay do công nghệ bán dẫn phát triển mạnh mẽ, do vậy chế tạo relay thời gian có chu kỳ đóng ngắt tiếp điểm chính xác hơn bằng các vi mạch điện tử.

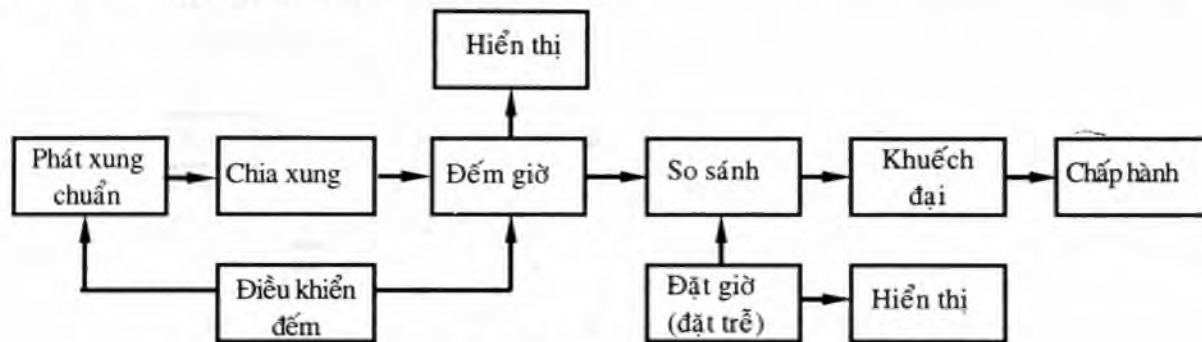


#### 4. Relay thời gian bán dẫn

Hiện nay việc làm trễ thời gian tác động phần lớn là nhờ các mạch bán dẫn vì có các ưu điểm nổi trội như: bền, gọn, tiêu tốn năng lượng ít, tác động nhanh, tin cậy, dải thời gian tác động lớn (từ vài phần giây đến hàng trăm giờ hoặc hơn).

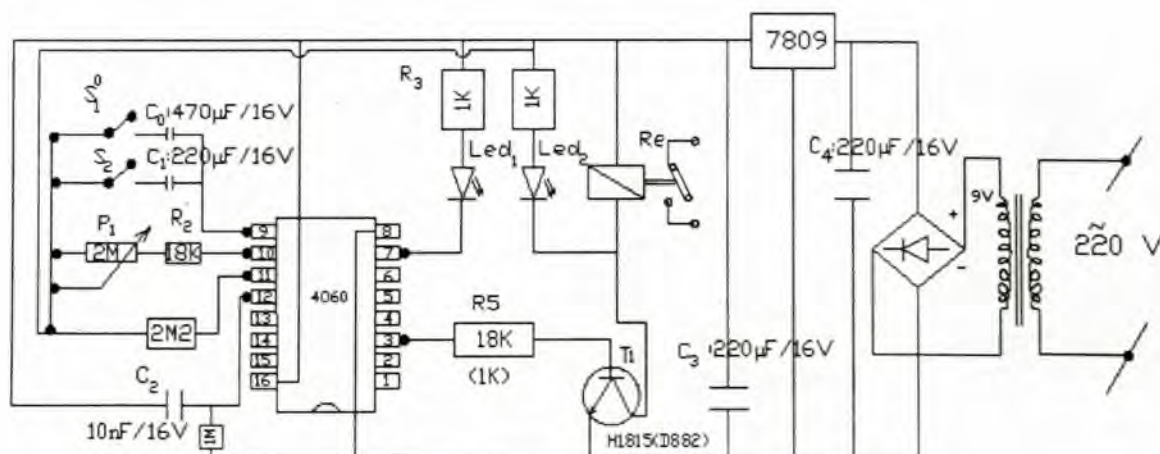
Mạch làm trễ thời gian bán dẫn rất đa dạng nhưng về nguyên lý có thể phân ra:

- *Mạch trễ nhờ sự phóng hoặc nạp của tụ điện (mạch RC):* thời gian trễ điều chỉnh qua R. Trị số R, C càng lớn thì thời gian trễ càng lớn. Mạch này cho thời gian trễ không quá vài giờ.
- *Mạch trễ nhờ các bộ đếm:* Đây là mạch trễ logic theo nguyên tắc đồng hồ. Thời gian trễ được xác định bởi số đếm và tần số xung đếm. Thời gian trễ tăng lên khi số đếm tăng lên và tần số xung đến giảm. Mạch này có thời gian trễ rất lớn. Sơ đồ khối chức năng của một bộ trễ đếm giờ được biểu diễn trên hình 2.40. Bộ đếm giờ thực chất là đồng hồ và thời gian này được so sánh với tín hiệu đặt giờ. Nếu hai tín hiệu đếm và đặt bằng nhau thì đầu ra bộ so sánh sẽ có tín hiệu và sau khi qua khâu khuếch đại sẽ tác động vào bộ chấp hành để đóng hoặc mở các tiếp điểm.



Hình 2.40: Sơ đồ khối chức năng của một bộ trễ

#### 5. Một số mạch relay thời gian bán dẫn



Hình 2.41: Sơ đồ mạch lý thuyết relay thời gian (1 phút đến 120 phút)

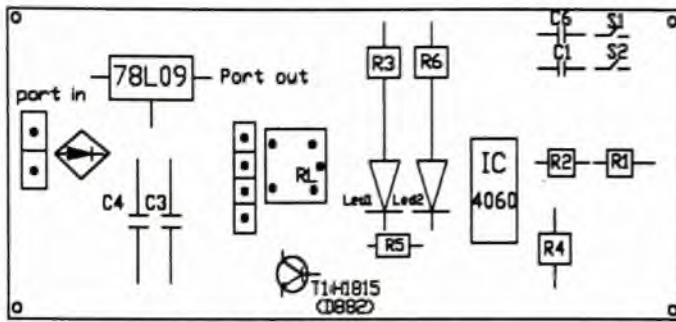
##### 5.1. Sơ đồ mạch của relay thời gian điện tử

**Chú ý:** 1/ Khi S<sub>1</sub> đóng thì T = 1' đến 120'

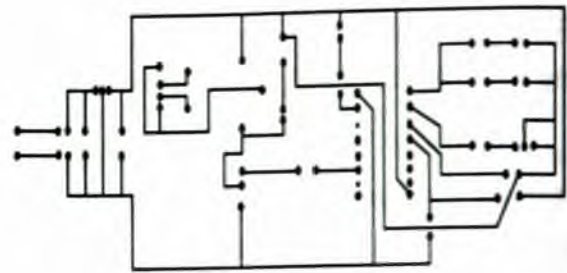
2/ Khi S<sub>2</sub> đóng thì T = 1' đến 60'

Tùy theo sự điều chỉnh của biến trở P<sub>1</sub>

## 5.2. Sơ đồ mạch in, sơ đồ mạch linh kiện



Hình 2.42: Sơ đồ linh kiện của relay thời gian

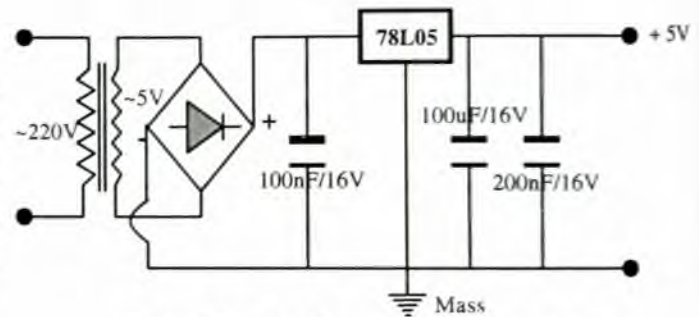


Hình 2.43: Sơ đồ mạch in của relay thời gian

Mạch relay thời gian đã giới thiệu ở trên là những mạch hoàn toàn thực tế đã lắp và chạy thử nghiệm tương đối tốt, vì vậy chúng ta chỉ cần mua linh kiện theo đúng các thông số trên hình vẽ sơ đồ mạch điện là chúng ta có thể lắp ráp được relay thời gian như mong muốn.

Hiện nay, mạch điện rơ le thời gian điện tử được thiết kế theo nhiều sơ đồ khác nhau rất đa dạng và phong phú, bởi vì do công nghệ bán dẫn rất phát triển rất mạnh mẽ, sản xuất rất nhiều vi mạch với các chủng loại thích hợp, do đó mà việc thiết kế sơ đồ tùy theo ý thích mỗi nhà sản xuất.

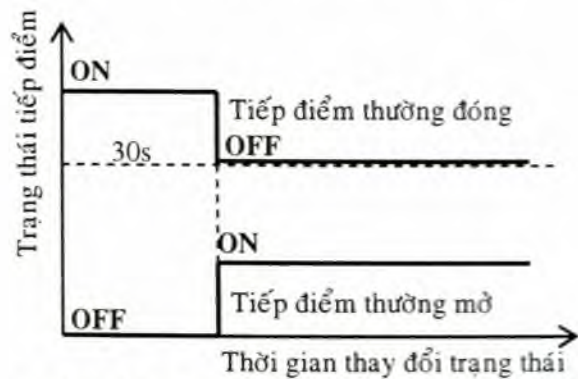
Chú ý rằng để có nguồn cấp vào cho các vi mạch luôn có điện áp ổn định, thì cần có một bộ nguồn ổn áp, bộ nguồn này được thiết kế nhờ vào các vi mạch ổn áp như: 78LXY, 79LXY ..., trong đó 78L, 79L là đời sản xuất còn chữ số XY là giá trị điện áp ổn áp của nguồn ra.



Hình 2.44: Sơ đồ mạch điện ổn áp 5V

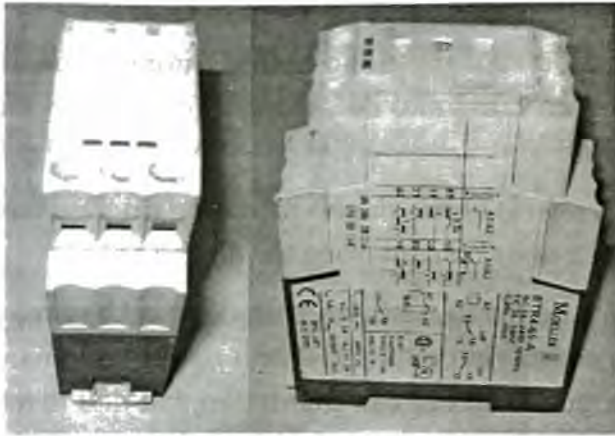


Hình 2.45: Relay thời gian điện tử

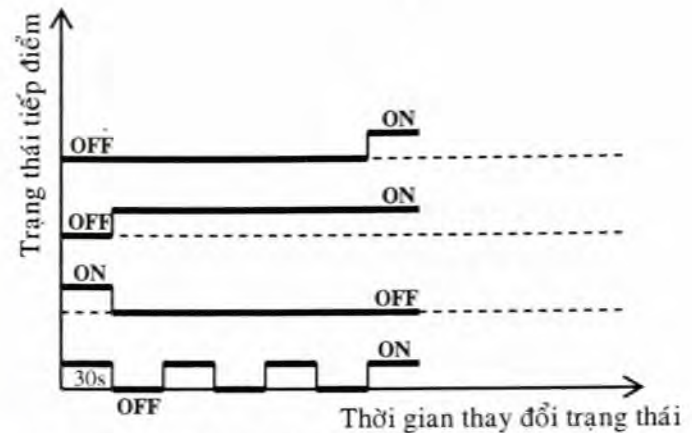


Hình 2.46: Đặc tính làm việc của relay thời gian





Hình 2.47: Relay thời gian nhiều chế độ



Hình 2.48: Đặc tính làm việc của relay thời gian

Ví dụ : 78L05 : điện áp ổn định ở đầu ra là 5V

78L24 : điện áp ổn định ở đầu ra là 24V

Cần để ý điện áp đầu vào của vi mạch ở ổn áp phải có giá trị lớn hơn điện áp ở đầu ra một chút, nhưng không được quá lớn, nếu quá lớn sẽ làm hư vi mạch ổn áp bởi vì dòng qua vi mạch ổn áp  $< 1,5A$ .

Để tiện cho việc thiết kế bộ nguồn ổn áp, ở đây chỉ giới thiệu một sơ đồ ổn áp là 5V.

Sau đây là một số chủng loại relay thời gian và đường đặc tính làm việc của chúng, tất cả các loại relay thời gian này đều thiết kế dựa trên một nguyên lý chung là làm chậm thời gian để khoá điện tử (transistor/ diod bán dẫn) cho thông mạch cấp nguồn cho relay trung gian DC-6V, DC-9V, DC-12V hoặc DC-24V.

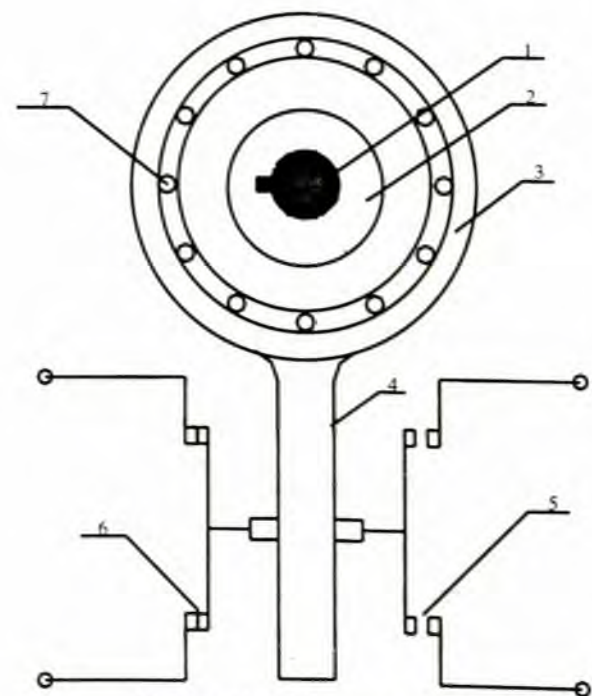
## XII. RELAY TỐC ĐỘ

### 1. Relay không chế tốc độ

#### 1.1. Nguyên tắc cấu tạo

Xem hình 2.49 loại relay này có rất nhiều chủng loại khác nhau, phong phú và đa dạng, sau đây chỉ đưa ra cấu tạo điển hình nhất của loại relay này.

- 1- Trục nối với động cơ cần khống chế.
- 2- Nam châm vĩnh cửu.
- 3- Vòng trục bên trong có đặt dây quấn.
- 4- Cán mang tiếp điểm động.
- 5- Tiếp điểm thường mở.
- 6- Tiếp điểm thường đóng.
- 7- Thanh dẫn có dây quấn.



Hình 2.49: Cấu tạo relay tốc độ



## 1.2. Nguyên lý hoạt động

Relay tốc độ là một loại thiết bị khí cụ điện, được sử dụng trong những trường hợp cần khống chế tốc độ của động cơ hay một số thiết bị truyền động nào đó... trong một giới hạn tốc độ cho phép.

Trong công nghiệp loại relay tốc độ này được sử dụng rất nhiều và phổ biến rộng rãi. Đặc biệt trong các dây chuyền công nghệ cần khống chế tốc độ của động cơ nằm trong tốc độ cho phép.

Nguyên lý hoạt động của loại relay này : Gồm trục (1) liên hệ với trục động cơ hay máy cần khống chế tốc độ, trục số một gắn liền với nam châm vĩnh cửu (2), ở bên ngoài vòng nam châm vĩnh cửu (2) có vòng trục (3). Mặt trong vòng trục (3) có đặt các thanh dẫn, hai đầu thanh dẫn nối với hai mặt tạo thành một cái lồng sóc, khi động cơ quay kéo theo nam châm vĩnh cửu (2) quay, từ trường nam châm cắt các thanh dẫn, làm cho các thanh dẫn bị cảm ứng sinh ra sức điện động cảm ứng, như vậy trong các thanh dẫn sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng, dòng điện này sẽ sinh ra một từ trường, từ trường do dòng điện cảm ứng sinh ra sẽ tác dụng ngược lại với từ trường do nam châm sinh ra. Như vậy sẽ xuất hiện một lực điện từ  $F_{dt}$  tác động lên vòng trục (3) làm cho vòng trục (3) quay kéo theo cần (4) quay làm cho tiếp điểm thường đóng (6) mở ra, tiếp điểm thường mở (5) đóng lại.

Lực điện từ  $F_{dt}$  được sinh ra có đủ lớn để tác động lên vòng trục (3) có quay được hay không? Nó còn phụ thuộc vào từ trường của nam châm vĩnh cửu biến thiên qua các thanh dẫn nhanh hay chậm, như vậy nó hoàn toàn phụ thuộc vào tốc độ của trục động cơ hay trục của máy cần khống chế tốc độ.

Khi tốc độ của trục động cơ hay máy cần khống chế  $n$  (vòng/phút) tăng dần, do đó từ trường của nam châm vĩnh cửu sẽ biến thiên qua các thanh dẫn sẽ tăng dần, làm cho sức điện động và dòng điện xuất hiện trong thanh dẫn tăng lên, dòng điện cảm ứng này sẽ sinh ra từ trường lớn hơn. Như vậy sẽ sinh ra một lực điện từ  $F_{dt}$  tăng dần, ở một thời điểm có giá trị tốc độ cần khống chế lực điện từ  $F_{dt}$  sinh ra có giá trị lớn đủ để tác động lên trục (3) làm cho vòng trục (3) quay.

Hiện nay có nhiều môđun (modul) được chế tạo sẵn dùng để điều chỉnh tốc độ động cơ (một chiều, không đồng bộ ba pha xoay chiều, đồng bộ ba pha xoay chiều ....) một cách chính xác và hiệu quả bằng công nghệ bán dẫn và kỹ thuật số (digital), các môđun này cũng dễ lắp đặt và sử dụng, đặc biệt nó vừa điều chỉnh vừa khống chế được giá trị tốc độ của động cơ như mong muốn. Về mặt cấu tạo của các môđun này cũng rất phức tạp, tương đối khó về mặt thiết kế, do vậy giá thành của mỗi môđun tương đối cao, dẫn đến chi phí lắp đặt tương đối lớn, khi vận hành cần phải có trình độ kỹ thuật nhất định trang bị cho người vận hành, trong công nghiệp hiện nay người ta sử dụng các môđun này rất nhiều trong các dây chuyền công nghệ hiện đại, ngoài ra có thể điều chỉnh và khống chế tốc độ động cơ bằng các môđun giao tiếp với máy tính, hoạt động theo chương trình được lập trình sẵn.

## 2. Relay kiểm tra tốc độ

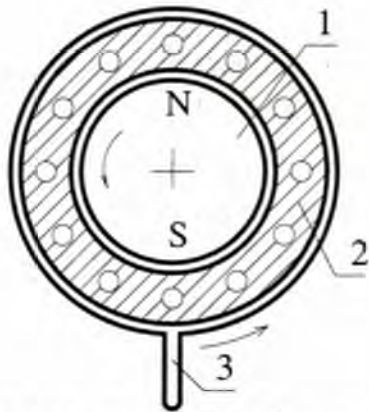
Relay kiểm tra tốc độ dùng để thay đổi chế độ làm việc của hệ tiếp điểm ở mức một tốc độ nào đó. Đại lượng vào là tốc độ quay của động cơ điện, đại lượng ra là việc trí của tiếp điểm. Khi tốc độ quay đạt một giá trị cho trước nào đó, relay sẽ tác động đóng cắt tiếp điểm của nó trong mạch điều khiển hoặc bảo vệ.

Sau đây là hai kiểu relay kiểm tra tốc độ thường dùng:

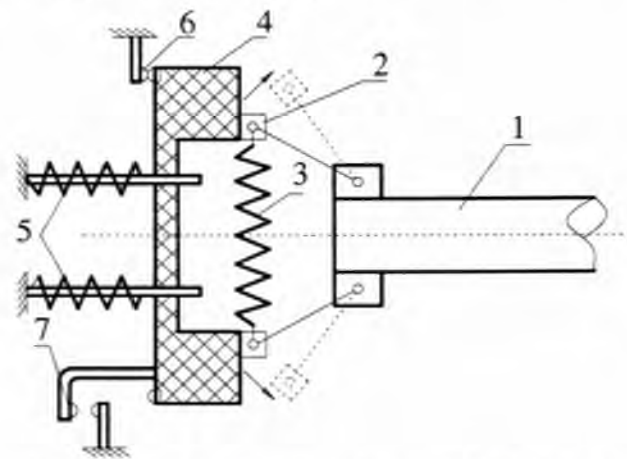


### 2.1. Relay kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng (hình 2.50)

Khi nam châm (1) quay cùng với trục quay của động cơ sẽ tạo ra từ trường quay quét qua các thanh dẫn của lồng sóc (2). Sức điện động cảm ứng xuất hiện trong các thanh dẫn lồng sóc nối ngắn mạch tạo ra dòng điện. Từ trường quay của nam châm lại tác động vào dòng cảm ứng này một từ lực và tạo ra moment có xu hướng làm quay lồng sóc theo chiều quay của từ trường. Nam châm quay nhanh thì dòng cảm ứng mạnh, moment tác dụng sẽ lớn. Tới một tốc độ nào đó, moment tác dụng đủ lớn thắng moment ghìm giữ lồng sóc thì lồng sóc sẽ quay và cần (3) gắn với lồng sóc sẽ quay để đóng (hoặc mở) các tiếp điểm của relay.



Hình 2.50: Nguyên tắc cấu tạo relay kiểm tra tốc độ kiểu cảm ứng  
1 - nam châm; 2 - thanh dẫn; 3 - cần



Hình 2.51: Cấu tạo relay kiểm tra tốc độ kiểu li tâm  
1 - trục quay; 2 - quả văng; 3,5 - lò xo; 6 - tiếp điểm thường đóng; 7 - tiếp điểm thường mở

### 2.2. Relay kiểm tra tốc độ kiểu li tâm (hình 2.51)

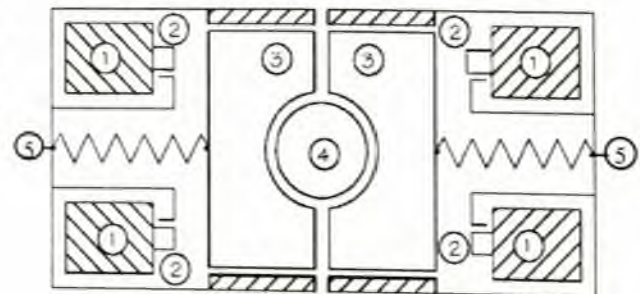
Trục (1) quay cùng với động cơ và khi quay sẽ kéo hai quả văng (2) cùng quay. Khi trục dừng yên lò xo (3) kéo hai quả văng tì vào đĩa cách điện (4), ép lò xo (5) để đóng tiếp điểm thường đóng (6) và mở tiếp điểm thường mở (7). Nếu tốc độ động cơ lớn đến một giá trị nào đó được chỉnh định trước, lực li tâm sẽ thắng lực kéo của lò xo (3) làm hai quả văng (2) văng xa trục (1) và không tì vào đĩa (4) nữa. Lò xo (5) đẩy đĩa (4) sang phải, làm tiếp điểm (6) mở ra, tiếp điểm (7) đóng lại.

## XIII. PHANH Hãm ĐIỆN TỬ

### 1. Nguyên tắc cấu tạo

Loại phanh hãm điện tử này có rất nhiều chủng loại khác nhau, đa dạng và phong phú nhưng dựa trên một nguyên tắc chung là điện tử, ở đây chỉ đưa ra một cấu tạo chung nhất xem hình 2.52.

- 1- Cuộn dây điện tử.
- 2- Lò thép.
- 3- Thanh dịch chuyển được.
- 4- Trục động cơ.
- 5- Lò xo.



Hình 2.52: Cấu tạo phanh hãm điện tử

## 2. Nguyên lý hoạt động

Phanh hãm điện từ là một khí cụ điện dùng để phanh hãm trục động cơ hoặc các trục của bộ phận truyền động nào đó. Chẳng hạn như phanh hãm các cầu trục, cần cẩu, các bộ phận thắng của xe ...v.v. Trong thực tế phanh hãm điện từ được sử dụng rất nhiều và thông dụng trong các lĩnh vực truyền động khác nhau, bởi vì nó đều giản dễ chế tạo, sử dụng tương đối có hiệu quả, chi phí thấp, về mặt cấu tạo gồm có: bốn cuộn dây (1), bốn lõi thép (2), hai thanh (3), mỗi thanh được khoét nửa vòng tròn có bán kính lớn hơn bán kính trục (4) một chút, sao cho khi ghép hai thanh (3) lại thì vòng tròn đó áp sát với trục (4) và hai lò xo (5) được nối giữa thanh ngoài với thanh (3).

### *Nguyên lý hoạt động:*

Khi cho điện vào cuộn dây (1), cuộn dây (1) sẽ sinh ra từ trường biến thiên qua lõi thép (2) làm cho lõi thép (2) trở thành nam châm điện, lõi thép (2) sẽ hút thanh (3) về phía cuộn dây (1) nối rỗng trục động cơ làm cho trục động cơ hoạt động bình thường không chịu ảnh hưởng do ma sát do thanh (3) gây ra khi áp sát trục động cơ (hay một bộ phận truyền động nào đó..)

Khi mất điện ở cuộn dây (1), dẫn đến từ trường do cuộn dây (1) sinh ra cũng bị mất, do đó lõi thép (2) không còn tính nam châm điện nữa và không còn hút thanh (3), lò xo (5) sẽ đẩy thanh (3) áp sát trục động cơ (4), dưới tác dụng của lực ma sát do hai thanh (3) gây ra.

Khi áp sát trục động cơ (4), làm cho trục động cơ (4) quay chậm lại cho đến khi dừng hẳn. Ở đây cần chú ý khi có điện ở cuộn dây (1), lõi thép sẽ trở thành nam châm điện sinh ra một điện từ  $F$ , lực này phải lớn hơn lực kháng của lò xo  $S$  ( $F > S$  lò xo) thì phanh điện từ mới hoạt động được.

Hiện nay ngoài phanh hãm điện từ ra, để hãm trục động cơ người ta dùng cách khống chế tốc độ quay của trục động cơ, bằng các phương pháp điều chỉnh điện áp, từ thông, tần số, ... của nguồn điện đặt vào động cơ, mà các phương đó đã được giới thiệu các chương trước, ngoài ra còn dùng phương pháp tự hãm tốc độ trục động cơ, bằng cách lợi dụng tính chất phụ tải của động cơ. Trên thị trường hiện nay có bán nhiều loại modul điều chỉnh tốc độ động cơ do nhiều hãng, nhiều nước trên thế chế tạo, việc điều chỉnh tốc độ động cơ của các modul này rất hiệu quả và chính xác nhưng chi phí giá thành của mỗi modul rất đắt, lắp đặt tương đối dễ dàng.



# CHƯƠNG 3

## CÁC THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG – ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG VÀ BẢO VỆ ÁP LỰC CỦA CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT – LẠNH

### I. THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ TÍN HIỆU ÁP LỰC

#### 1. Áp lực (áp suất)

Áp lực là một đại lượng vật lý và chính là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích theo phương pháp tuyến của mặt phẳng của diện tích đó.

$$P = \frac{F}{S}, \text{ N/m}^2 \quad (3-1)$$

Theo thuyết động học phân tử thì áp suất là một đại lượng thống kê trung bình tỉ lệ với động năng trung bình khi chuyển động theo phương tịnh tiến của các phân tử.

$$P = \alpha \cdot n \cdot \frac{m \cdot \overline{v^2}}{3} \quad (3-2)$$

Áp lực được chia làm hai loại như sau: ở trạng thái bình thường thông với khí trời thì có áp lực  $P_{kq} = 1 \text{ kg/cm}^2$  ( $1 \text{ kg/cm}^2 = 760 \text{ mmHg} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar}$ ).

Nếu ở trạng thái có áp suất  $P$  lớn hơn áp suất khí quyển thì hiệu giữa chúng gọi là áp suất dư.

$$P_d = P - P_{kq} \quad (3-3)$$

Nếu ở trạng thái có áp suất  $P$  nhỏ hơn áp suất khí quyển thì hiệu giữa chúng gọi là áp suất chân không.

$$P_{ck} = P_{kq} - P \quad (3-4)$$

#### 2. Các thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ tín hiệu áp lực

Các thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ áp lực trong hệ thống lạnh là một loại khí cụ điện tham gia vào quá trình tự động hóa hệ thống lạnh và cũng như một số các quá trình nhiệt khác, để cho hệ thống làm việc an toàn và tránh được những sự cố nguy hiểm cho các thiết bị áp lực, các thiết bị đó gồm có các thiết bị sau đây:

- Thiết bị điều khiển và bảo vệ áp lực gas (môi chất lạnh) như: áp lực cao: ký hiệu HP (High Pressure:  $P_k$  – thông thường là áp suất ngưng tụ của thiết bị ngưng tụ trong hệ thống lạnh), áp lực thấp: ký hiệu LP (Low Pressure:  $P_0$  – thông thường là áp suất bay hơi của thiết bị bay hơi trong hệ thống lạnh).
- Thiết bị điều khiển và bảo vệ áp lực dầu: ký hiệu OP (Oil Pressure – thông thường là áp lực dầu bôi trơn cho máy nén).
- Thiết bị điều khiển và bảo vệ áp lực nước: ký hiệu WP (Water Pressure – thông thường là áp suất nước làm mát cho thiết bị ngưng tụ của hệ thống lạnh).



Hiện nay, thực tế có hai loại thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ áp lực đó là: thiết bị có tiếp điểm và thiết bị không tiếp điểm.

**Thiết bị có tiếp điểm:** là các loại relay áp suất được phổ biến rất nhiều trong hệ thống tự động điều khiển của hệ thống lạnh. Đối với thống lạnh có công suất từ trung bình cho đến lớn và rất lớn thì các relay áp lực gas: cao áp (HP: áp suất ngưng tụ) và thấp áp (LP: áp suất bay hơi), relay hiệu áp lực dầu (OP), relay áp lực nước (WP) hầu hết được sử dụng trong quá trình tự động điều khiển.

**Thiết bị không tiếp điểm:** là các loại cảm biến áp suất (Sensor Pressure), thông thường thiết bị này kết hợp với các vi mạch điện tử, vi xử lý, vi điều khiển tạo thành một hệ thống tự động đo lường và điều khiển thông minh như: đo lường điều khiển hệ thống lạnh bằng PLC, bằng chương trình được lập trình sẵn trên máy tính.

Sau đây sẽ giới thiệu một số thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ áp lực.

## II. THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ ÁP LỰC GAS (môi chất lạnh)

### 1. Thiết bị có tiếp điểm

Thiết bị điều khiển và bảo vệ áp lực gas chính là các relay áp suất, đây là loại thiết bị chuyển đổi các tín hiệu áp suất và hiệu áp suất thành tín hiệu đóng cắt của tiếp điểm điện (ON/OFF) để điều khiển và bảo vệ áp lực gas. Tùy thuộc vào số lượng các phần tử cảm biến nhận tín hiệu có thể phân relay áp lực gas ra thành các loại sau:

- Relay áp lực đơn: relay áp lực cao và relay áp lực thấp riêng lẻ chỉ có một đường tín hiệu.
- Relay áp lực kép: relay áp lực cao và relay áp lực thấp chung một khối có hai đường tín hiệu, một bên là áp lực cao, một bên là áp lực thấp.

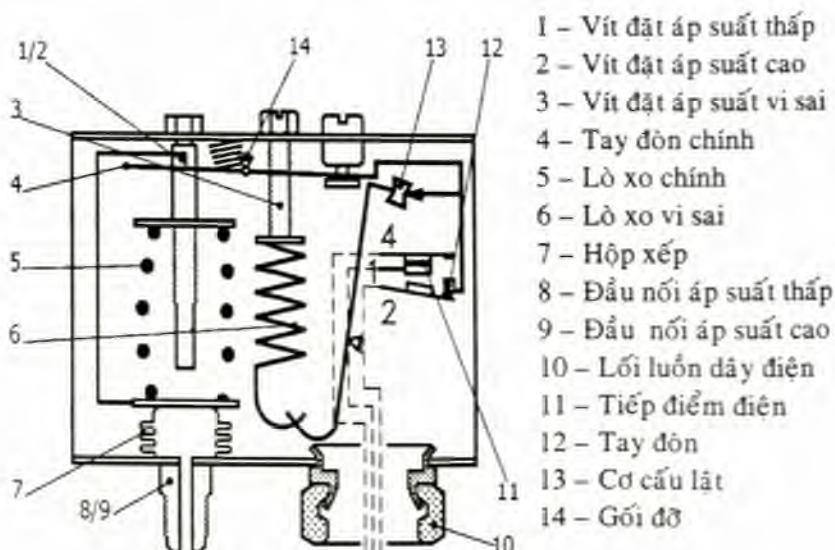
#### 1.1. Relay áp suất đơn

Relay áp suất đơn nhận và khống chế một tín hiệu áp suất. Nó chủ yếu dùng để bảo vệ máy nén khỏi áp suất quá cao phía nén (relay áp suất cao) hoặc áp suất quá thấp phía hút (relay áp suất thấp).

##### 1.1.1. Relay áp suất thấp

###### a) Nguyên tắc cấu tạo

Relay áp suất thấp là loại relay hoạt động ở áp suất bay hơi và ngắt mạch điện của máy nén khi áp suất giảm xuống quá mức cho phép để bảo vệ máy nén hoặc để điều khiển năng suất lạnh. Hình 3.1 giới thiệu nguyên lý cấu tạo của một relay áp suất thấp.



Hình 3.1: Nguyên tắc cấu tạo relay áp suất đơn



### b) Nguyên lý hoạt động

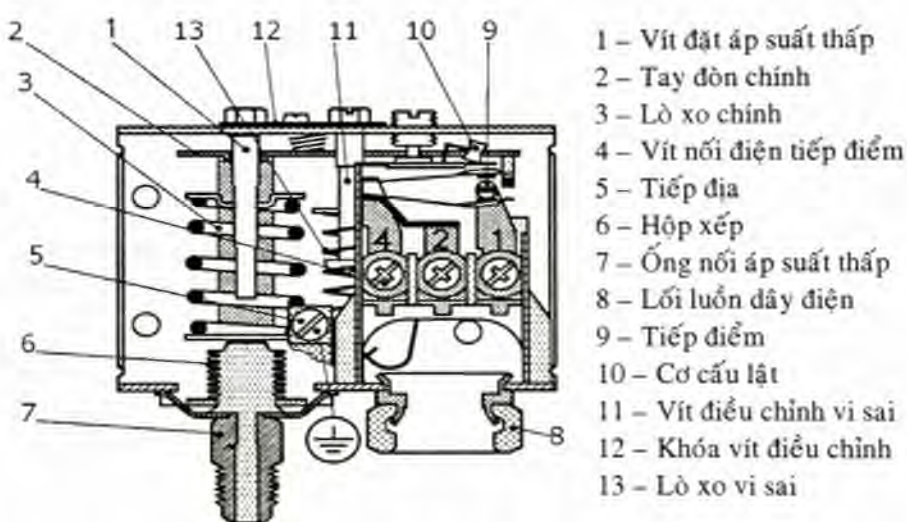
Vít (1) và (3) là hai vít điều chỉnh áp suất cắt và đóng của relay. Tay đòn chính (4) mang cơ cấu lật (13) và tiếp điểm (11) được dẫn tới đáy của hộp xếp (7). Tay đòn nối cơ cấu lật (13) tới lò xo phụ chỉ có thể quay quanh một chốt cố định ở khoang giữa tay đòn. Vì thế tiếp điểm chỉ có hai vị trí cân bằng. Hộp xếp chỉ có thể dịch chuyển khi áp suất vượt qua giá trị ON và OFF. Vị trí của cơ cấu lật tác động lên cơ cấu này với 2 lực, lực thứ nhất là lực từ hộp xếp trừ đi lực của lò xo chính, và lực thứ hai là lực kéo của lò xo vi sai. Trên hình 3.1, tiếp điểm đang ở vị trí ON (1-4). Khi áp suất trong hộp xếp từ từ giảm xuống thì hầu như không có chi tiết nào trong relay chuyển động. Chỉ khi nào áp suất trong hộp xếp giảm xuống dưới mức đã điều chỉnh (giá trị chính trừ giá trị vi sai), tay đòn (4) bị kéo xuống đủ mức làm cho cơ cấu lật (13) đột ngột thay đổi vị trí, tiếp điểm 1 đột ngột rời 4 bật xuống 2 (OFF). Và khi áp suất trong hộp xếp tăng lên, vượt qua giá trị điều chỉnh của lò xo chính (giá trị chính) nhờ cơ cấu lật, tay đòn (4) lại đột ngột thay đổi vị trí tiếp điểm 1 rời 2 sang 4 (ON).

Thời gian đóng mạch của relay (thời gian tiếp điểm động gặp tiếp điểm tĩnh đến lúc kết thúc quá trình đóng mạch) thường nhỏ hơn một phần vạn giây. Hệ thống các tiếp điểm cần phải làm việc với tốc độ cao để tránh tạo ra các tia lửa điện hoặc hồ quang xuất hiện khi mở tiếp điểm. Hồ quang phát ra sẽ làm cháy hoặc làm nóng chảy và dính tiếp điểm, làm giảm tuổi thọ của relay. Hồ quang là nguyên nhân cơ bản làm hỏng hệ thống tiếp điểm của relay. Hình 3.2 giới thiệu cấu tạo của một relay áp suất thấp của Danfoss.

Hình 3.3 là relay áp lực thấp của hãng Chunhui của Trung Quốc chế tạo, đối với loại relay này cũng rất tiện lợi cho việc sử dụng. Hiện nay, trên thế giới có rất nhiều hãng đã chế tạo loại relay áp lực này như: hãng Carrier, DaiKin, MisuMitShi, MyCom, Nissin, ...v.v đa số là đạt chất lượng tốt.

### c) Cách cài đặt cho relay áp lực thấp

Trên relay áp lực thấp luôn có hai thang: thang cài đặt áp suất làm việc của thiết bị bay hơi cho hệ thống lạnh (low pressure range) nhờ vít (1/2), thang còn lại cài đặt áp suất vi sai (differential low pressure range) nhờ vít (3).



Hình 3.2: Cấu tạo của một relay áp suất thấp của Danfoss



Hình 3.3: Relay áp lực thấp của hãng Chunhui

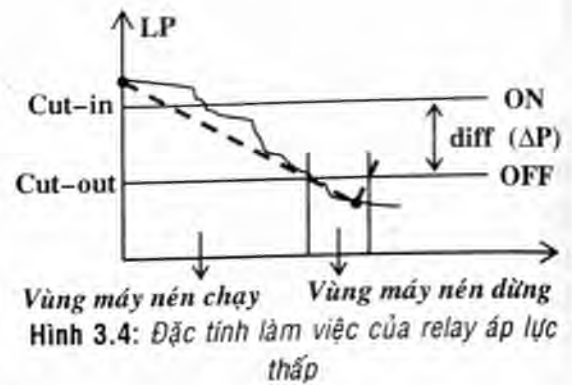


Gọi:

LP[cut-in] : là áp lực cài đặt để bảo vệ hệ thống lạnh của relay áp lực thấp ở thang low pressure.

$\Delta P = LP[\text{cut-in}] - LP[\text{cut-out}]$  : là giá trị áp suất vi sai được cài đặt ở thang differential low pressure.

$LP = P_0$  : là áp lực thấp (áp suất bay hơi) thực tế ở hộp xếp hay ở thiết bị bay hơi.



Hình 3.4: Đặc tính làm việc của relay áp lực thấp

Trong quá trình hệ thống lạnh làm việc thì  $P_0$  luôn thay đổi do nhiệt độ buồng lạnh luôn thay đổi theo suốt thời gian làm lạnh – làm đông sản phẩm, hoặc có thể do một sự cố bất thường nào đó xảy ra làm cho áp suất bay hơi thấp hơn so với bình thường, hình 3.4 đặc tính làm việc của relay áp lực thấp.

- Khi  $LP \geq LP[\text{cut-in}] - \Delta P = LP[\text{cut-out}] \rightarrow$  máy nén chạy, hệ thống lạnh hoạt động.
- Khi  $LP < LP[\text{cut-in}] - \Delta P = LP[\text{cut-out}] \rightarrow$  máy nén dừng, hệ thống lạnh không hoạt động và tự động hoạt động trở lại khi LP tăng lên,  $LP = LP[\text{cut-out}] + \Delta P = LP[\text{cut-in}]$ .

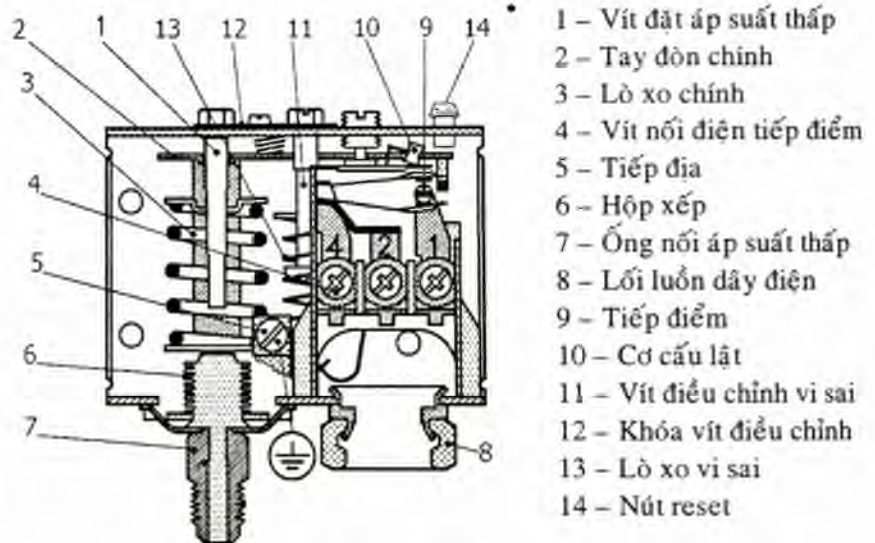
### 1.1.2. Relay áp suất cao

#### a) Nguyên tắc cấu tạo

Xem hình 3.5, cấu tạo relay áp lực cao của hãng Danfoss.

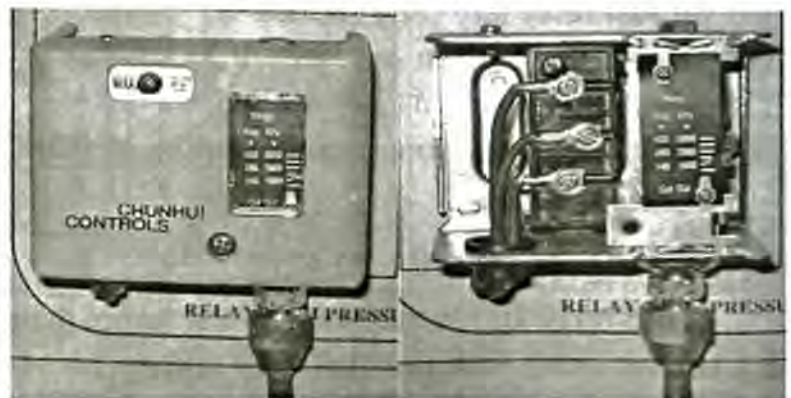
#### b) Nguyên tắc làm việc

Relay áp suất cao là relay hoạt động ở áp suất ngưng tụ của môi chất lạnh và ngắt mạch điện khi áp suất vượt mức cho phép để bảo vệ máy nén. Về nguyên tắc cấu tạo thì relay áp suất cao cũng tương tự như relay áp suất thấp (hình 3.1) nhưng các tiếp điểm được bố trí ngược lại. Tuy nhiên do tính chất an toàn (áp suất cao) nên khi relay áp suất cao tác động ngắt thì không tự đóng mạch lại được (dù áp suất giảm xuống dưới giá trị đặt trừ giá trị vi sai) mà cần phải tác động reset để đưa relay trở lại trạng thái ban đầu. Mức độ an toàn còn được phân biệt bởi vị trí của nút reset: reset ngoài vỏ relay và reset trong vỏ relay. Hình 3.5 giới thiệu một loại relay áp suất cao của Danfoss. Hiện nay, một số hãng đã chế tạo loại relay áp lực cao tự reset sau khi đã khắc phục sự cố, khả năng làm việc của loại này tương đối ổn định.



Hình 3.5: Cấu tạo một relay áp suất cao của Danfoss

Hình 3.6 là relay áp lực cao của hãng Chunhui Trung Quốc chế tạo, chất



Hình 3.6: Relay áp lực cao của hãng Chunhui



lượng tương đối ổn định, khả năng đóng mở tiếp điểm ở tốc độ nhanh, tránh phát hồ quang.

c) Cách cài đặt cho relay áp lực cao

Trên relay áp lực cao luôn có hai thang: thang cài đặt áp suất làm việc của thiết bị ngưng tụ cho hệ thống lạnh (high pressure range) nhờ vít (1/2), thang còn lại cài đặt áp suất vi sai (differential high pressure range) nhờ vít (3).

Gọi:

HP[cut-in] : là áp lực cài đặt để bảo vệ hệ thống lạnh của relay áp lực cao ở thang high pressure.

$\Delta P = HP[\text{cut-out}] - HP[\text{cut-in}]$  : là giá trị áp suất vi sai được cài đặt ở thang differential high pressure.

$HP = P_k$  : là áp lực cao (áp suất ngưng tụ) thực tế ở hộp xếp hay ở thiết bị ngưng tụ.

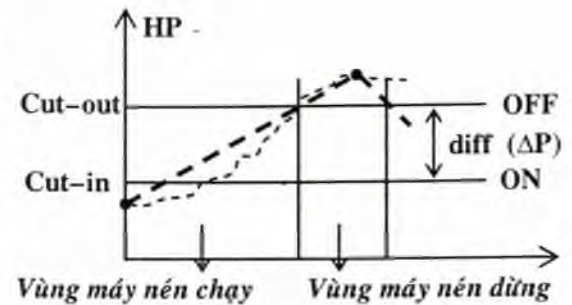
Trong quá trình hệ thống lạnh làm việc thì  $P_k$  luôn ổn định bởi vì nhiệt độ môi trường làm mát ổn định, nếu có thay đổi thì sự thay đổi đó không đáng kể, còn nếu không thì hệ thống lạnh làm việc không ổn định. Nhưng vì một sự cố bất thường nào đó xảy ra làm cho áp suất ngưng tụ tăng nhanh hơn so với bình thường, hình 3.7 đặc tính làm việc của relay áp lực cao.

- Khi  $HP \leq HP[\text{cut-in}] + \Delta P = HP[\text{cut-out}] \rightarrow$  máy nén chạy, hệ thống lạnh hoạt động.
- Khi  $HP > HP[\text{cut-in}] + \Delta P = HP[\text{cut-out}] \rightarrow$  máy nén dừng, hệ thống lạnh không hoạt động và tự động hoạt động trở lại khi HP giảm,  $HP = HP[\text{cut-out}] - \Delta P = HP[\text{cut-in}]$ .

1.1.3 Thống số kỹ thuật relay áp suất đơn

Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật của một số relay áp suất đơn của Danfoss.

Áp suất	Kiểu (* - tiếp điểm mạ vàng)	Áp suất thấp LP		Áp suất cao HP		Reset	
		Phạm vi điều chỉnh (bar)	Vi sai $\Delta p$ (bar)	Phạm vi điều chỉnh (bar)	Vi sai $\Delta p$ (bar)	LP	HP
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Môi chất freon							
Thấp	KP1	-0,2÷7,5	0,7÷4,0			Tự động	
Thấp	KP1*	-0,2÷7,5	0,7÷4,0			Tự động	
Thấp	KP1	-0,9÷7,0	0,7			Bằng tay	
Thấp	KP2	-0,2÷5,0	0,4÷1,5			Tự động	
Cao	KP5			8÷28	1,8÷6		Tự động
Cao	KP5*			8÷28	1,8÷6		Tự động
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cao	KP5			8÷28	3		Bằng tay
Cao	KP7W			8÷28	4÷10		Tự động
Cao	KP7W*			8÷28	4÷10		Tự động



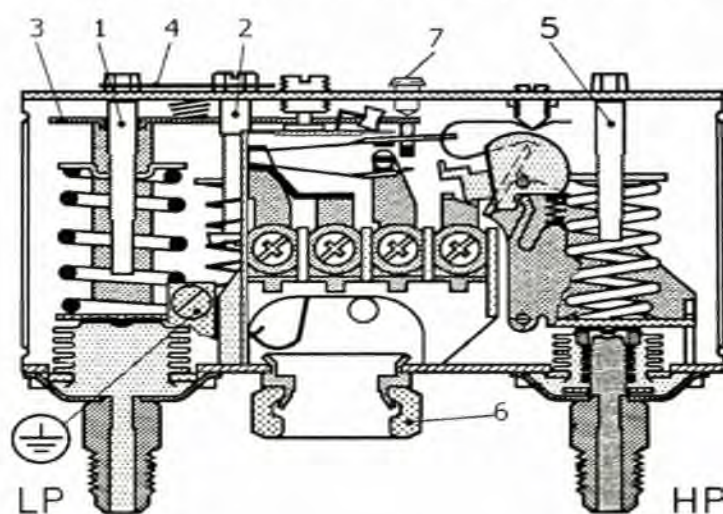
Hình 3.7: Đặc tính làm việc của relay áp lực cao.



Cao	KP7B			8÷28	4		Bằng tay
Cao	KP7B*			8÷28	4		Bằng tay
Cao	KP7S			8÷28	4		Bằng tay
Cao	KP7S*			8÷28	4		Bằng tay
Môi chất freon và amoniac							
Thấp	KP1A	-0,2÷7,5	0,7÷4,0			Tự động	
Thấp	KP1A*	-0,2÷7,5	0,7÷4,0			Tự động	
Thấp	KP1A	-0,9÷7,0	0,7			Bằng tay	
Thấp	KP2A	-0,2÷5,0	0,4÷1,5			Tự động	
Cao	KP5A			8÷28	1,8÷6		Tự động
Cao	KP5A*			8÷28	1,8÷6		Tự động
Cao	KP5A			8÷28	3		Bằng tay

## 1.2. Relay áp suất kép

### 1.2.1. Nguyên tắc cấu tạo và nguyên lý làm việc



- 1 - Vít đặt áp thấp
- 2 - Vít vi sai áp thấp
- 3 - Tay đòn chính phía hạ áp
- 4 - Khóa vít điều chỉnh
- 5 - Vít đặt áp cao
- 6 - Lối luồn dây điện
- 7 - Nút reset

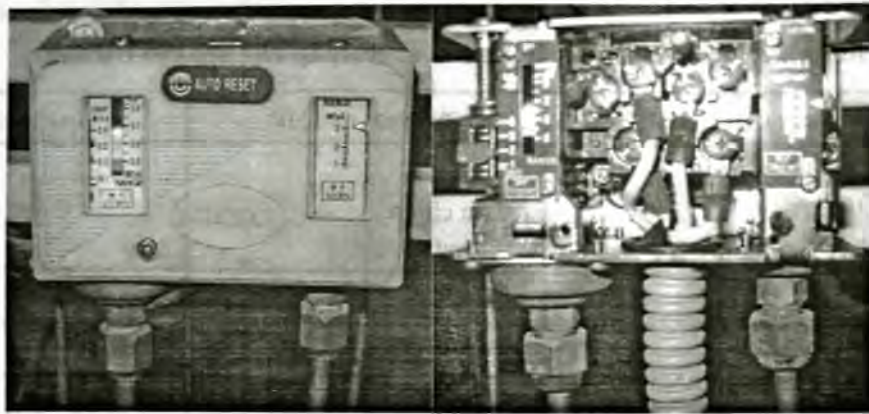
Hình 3.8: Cấu tạo relay áp suất kép của Danfoss

Nếu relay áp suất đơn chỉ nhận một tín hiệu áp suất thì relay áp suất kép nhận hai tín hiệu áp suất, khống chế đồng thời hai áp suất nhưng chỉ tác động lên một tiếp điểm chung. Như vậy, relay áp suất kép gồm relay áp suất cao và relay áp suất thấp được tổ hợp chung lại trong một vỏ thực hiện chức năng của hai relay, ngắt điện cho máy nén khí áp suất cao vượt quá mức cho phép và khi áp suất thấp hạ xuống dưới mức cho phép. Hình 3.8 giới thiệu cấu tạo của một relay áp suất kép của Danfoss.

Về nguyên tắc làm việc đóng ngắt tiếp điểm cũng giống như loại relay áp suất đơn nhưng với loại kép thì khi relay ngắt tiếp điểm bởi tác động của áp suất cao thì dù áp suất thấp là bao nhiêu mạch cũng không đóng lại, có nghĩa là tác động của phía cao áp không phụ thuộc vào phía hạ áp. Điều này giúp đảm bảo an toàn cho phía áp cao.

Khi lắp đặt các loại relay áp suất cần lưu ý ống nối từ ống hút hoặc ống đẩy vào relay nên ở vị trí phía trên ống để ngăn dầu lọt vào hộp xếp, vì nếu để dầu lọt vào hộp xếp lâu ngày có thể hộp xếp bị bó không hoạt động được một cách hoàn hảo và cũng không đảm bảo cho các tiếp điểm làm việc bình thường.





Hình 3.9: Relay áp lực kép của hãng Fujikoki

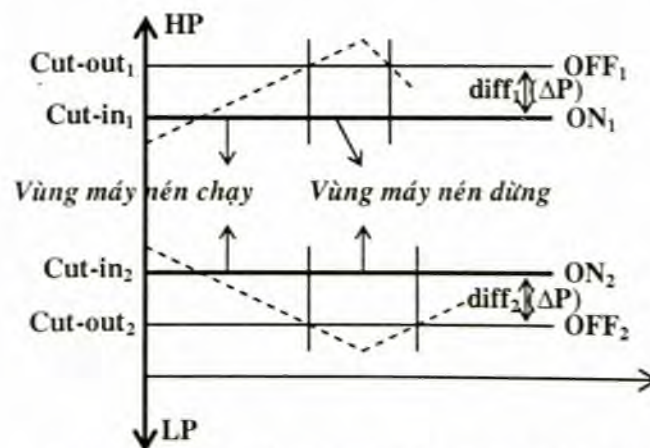
Hình 3.9 là loại relay áp lực kép do hãng Fujikoki của Nhật Bản chế tạo, loại này có chất lượng rất cao, quá trình đóng ngắt rất nhanh, reset tự động, có bộ phận dập hồ quang tránh gây hư tiếp điểm, hơn nữa sự tác động của áp suất làm thay đổi trạng thái tiếp điểm sai số nhỏ so với áp suất cài đặt, vì vậy loại này tương đối chính xác.

Hiện nay, trên thế giới cũng có rất nhiều hãng đã chế tạo loại relay áp lực này như: hãng Carrier, DaiKin, MitsuMiShi, MyCom, Nissin, ...v.v đa số là đạt chất lượng tốt. Vì vậy, khi thiết kế lắp đặt hệ thống tự động điều khiển hệ thống lạnh sẽ có nhiều sự lựa chọn theo mong muốn của người sử dụng.

#### Đặc tính làm việc của relay áp lực kép

Cách cài đặt relay áp lực kép hoàn toàn tương tự như relay áp lực đơn (relay áp lực thấp và relay áp lực cao). Tuy nhiên ở relay áp lực kép có 4 thang: trong đó một thang cài đặt áp lực thấp làm việc của thiết bị bay hơi, một thang đi kèm theo nó là vi sai áp lực thấp (áp suất bay hơi  $P_0$ , hay LP), một thang cài đặt áp lực cao làm việc của thiết bị ngưng tụ, một thang đi kèm theo nó là vi sai áp lực cao (áp suất ngưng tụ  $P_k$ , hay HP)

Hình 3.10 là đặc tính làm việc của relay áp lực kép, nằm giữa vùng giới hạn cut – in<sub>1</sub>(ON<sub>1</sub>) và cut – in<sub>2</sub>(ON<sub>2</sub>) là vùng hệ thống lạnh làm việc ổn định. Khi gặp sự cố áp lực cao thì nó dịch lên phía trên, còn khi gặp sự cố áp lực thấp sẽ dịch chuyển xuống dưới. Lúc đó hệ thống lạnh dừng hoạt động.



Hình 3.10: Đặc tính làm việc của relay áp lực kép.

### 1.2.3. Thông số kỹ thuật relay áp lực kép

**Bảng 3.2. Thông số kỹ thuật của một số relay áp suất kép của Danfoss.**

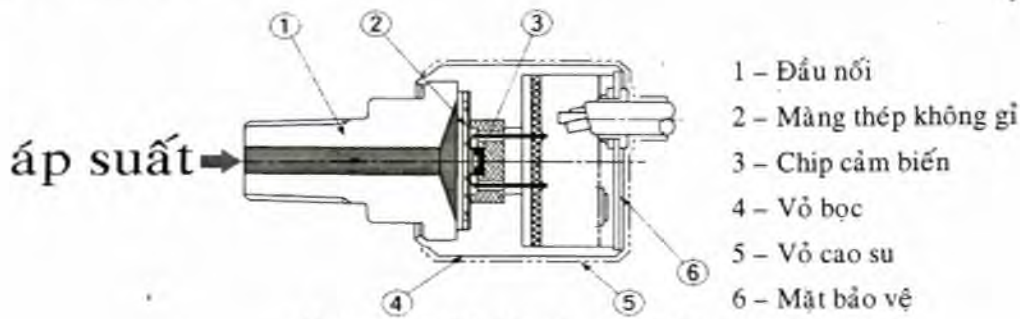
Kiểu relay	Áp suất thấp LP		Áp suất cao HP		Reset	
	Phạm vi điều chỉnh (bar)	Vi sai $\Delta p$ (bar)	Phạm vi điều chỉnh (bar)	Vi sai $\Delta p$ (bar)	Áp suất thấp	Áp suất cao
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Môi chất freon						
KP15	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Tự động
KP15*	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Tự động
KP15	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Bằng tay
KP15*	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Bằng tay
KP15	-0,9 ÷ 7,0	0,7	8 ÷ 28	4	Bằng tay	Bằng tay
KP15*	-0,9 ÷ 7,0	0,7	8 ÷ 28	4	TĐ/BT	TĐ/BT
KP15	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Tự động
KP15*	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Bằng tay
KP15	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	TĐ/BT	TĐ/BT
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
KP15	-0,9 ÷ 7,0	0,7	8 ÷ 28	4	TĐ/BT	TĐ/BT
KP7BS	-	-	8 ÷ 28	4	-	Bằng tay
KP17W**	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	-	Tự động
KP17W	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	-	Tự động
KP17B	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	-	Bằng tay
Môi chất freon và amoniac						
KP15A	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Tự động
KP15A	-0,2 ÷ 7,5	0,7 ÷ 4,0	8 ÷ 28	4	Tự động	Bằng tay
KP15A	-0,9 ÷ 7,0	0,7	8 ÷ 28	4	Bằng tay	Bằng tay
KP15A	-0,9 ÷ 7,0	0,7	8 ÷ 28	4	TĐ/BT	TĐ/BT
KP7AS	-	-	8 ÷ 28	4	Bằng tay	Bằng tay
KP7ABS	-	-	8 ÷ 28	4	Bằng tay	Bằng tay
<b>Ghi chú:</b>						
*) – Các tiếp điểm được mạ vàng.						
**) – Có đèn báo ngắt của relay áp suất thấp và áp suất cao.						

## 2. Thiết bị không tiếp điểm

Thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ áp lực không tiếp điểm chính một modul tự động đo lường và điều khiển, bảo vệ tín hiệu áp lực cho hệ thống lạnh hoặc một hệ nào đó, trong đó có các cảm biến áp suất (Pressure Sensor) và các vi mạch điện tử ghép với nhau tạo thành. Nhiệm vụ của các cảm biến áp suất là lấy tín hiệu áp lực và chuyển đổi tín hiệu này thành tín hiệu điện áp (hoặc dòng điện) để đưa về các vi mạch điện tử phục vụ cho việc đo lường, điều khiển và bảo vệ áp lực cho hệ thống lạnh nói riêng và các hệ thống khác nói chung.



### 2.1. Cấu tạo cảm biến áp suất



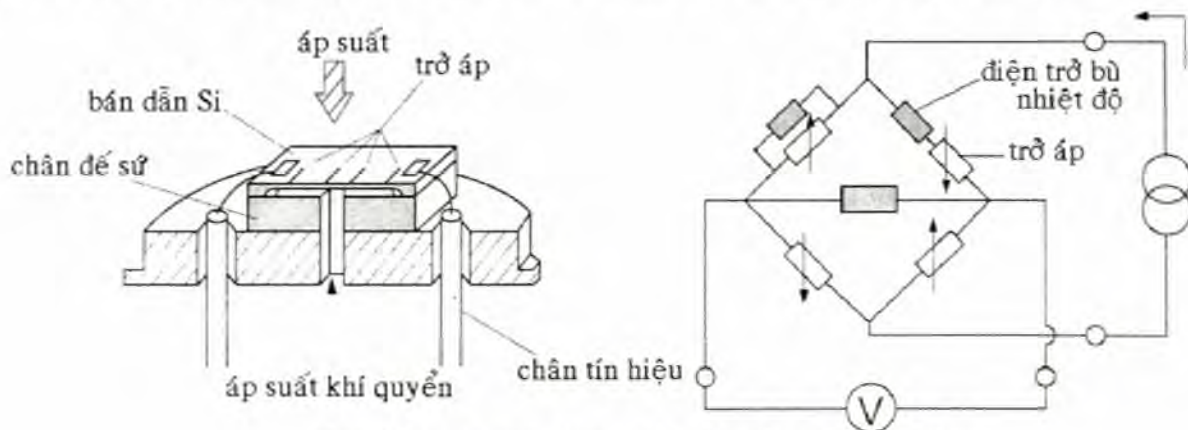
Hình 3.11: Cấu tạo của cảm biến áp suất

Cảm biến áp suất sử dụng thuộc tính điện trở thay đổi khi ứng suất thay đổi của chất bán dẫn và có cấu tạo như hình 3.11.

Nó có một “chip” cảm biến (3) bằng bán dẫn Si có kích thước khoảng 4x3x1.7 mm. “Chip” có màng cái mà sẽ bị biến dạng khi có tín hiệu áp suất đặt vào.

### 2.2. Nguyên lý làm việc

Khi có áp suất tác động lên màng thép, trở áp trên bề mặt bán dẫn Si sẽ bị thay đổi thông qua quá trình khuếch tán nhiệt và cảm nhận sức căng. Bốn trở áp được mắc thành mạch cầu, khi áp suất thay đổi thì tín hiệu điện áp tương ứng với áp suất đó thay đổi và được đưa ra ngoài qua chân tín hiệu. Để tăng độ chính xác cho tín hiệu ra, người ta mắc thêm các điện trở bù nhiệt độ, hình 3.12 trình bày mặt cắt ngang và mạch điện minh họa cho nguyên lý làm việc.



Hình 3.12: Nguyên lý làm việc của cảm biến áp suất

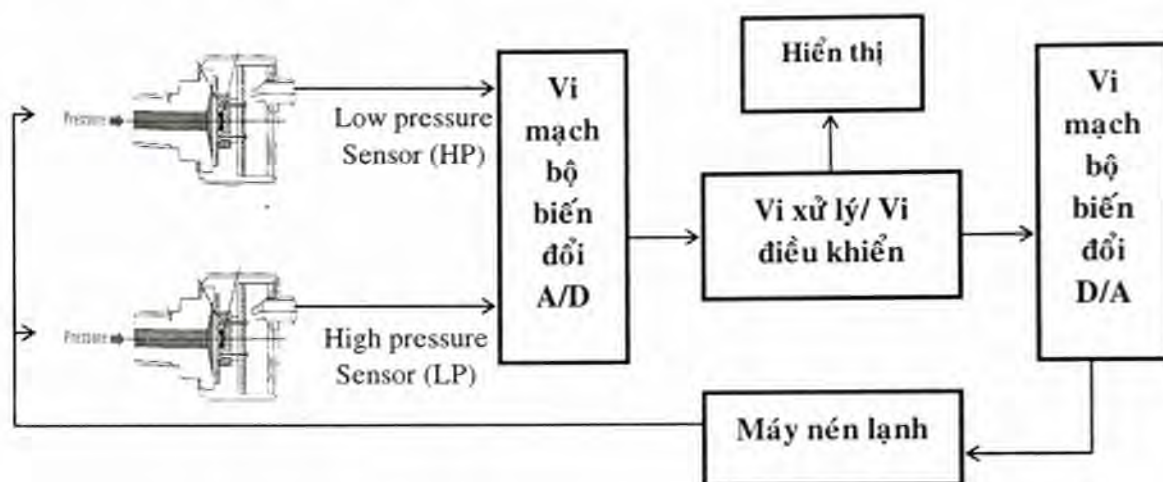
Thang đo của cảm biến áp suất rất đa dạng. Nếu dùng để đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu áp lực dư thì nên chọn thang đo (1÷100) kg/cm<sup>2</sup>, còn nếu dùng để đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu áp lực chân không thì nên chọn thang đo (0÷1) kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.3. Sơ đồ khối của modul đo lường điều khiển và bảo vệ tín hiệu áp lực

Nguyên lý hoạt động của modul nay như sau: khi hệ thống lạnh hoạt động, máy nén hoạt động, các tín hiệu áp lực cao (HP – high pressure) và áp lực thấp (LP – low pressure) sẽ được các cảm biến áp suất (high pressure sensor, low pressure sensor) cảm nhận và chuyển đổi tín hiệu áp suất thành tín hiệu analog (điện áp), tín hiệu analog này sẽ được đưa đến vi mạch số để mã hoá (IC mã hoá: bộ biến đổi A/D) chuyển đổi tín hiệu từ analog sang digital (tín hiệu ở dạng số) trước khi đưa tới vi xử lý (Micro-Processor)/ vi điều khiển (Micro-Controller), bởi vì chỉ có



tín hiệu digital vi xử lý/ vi điều khiển mới hiểu. Tại vi xử lý/ vi điều khiển tín hiệu được xử lý theo chương trình đã được lập trình và cài đặt sẵn ở bên trong nó, sau khi xử lý xong nó sẽ hiển thị đo lường các thông số áp lực cao và áp lực thấp, mặt khác nó xuất ra tín hiệu digital và truyền tới vi mạch số giải mã (IC giải mã: bộ biến đổi D/A) để chuyển đổi tín hiệu ra từ digital sang analog, cuối cùng tín hiệu này được khuếch đại trước tác động tới máy nén điều chỉnh lại áp lực cao và áp lực thấp về vùng tối ưu theo như mong muốn.



Hình 3.13: Sơ đồ khối tự động đo lường, điều khiển và bảo vệ áp suất LP, HP của hệ thống lạnh

Khi thiết kế thành lập mạch điều khiển cần phải chọn cảm biến áp suất cho phù hợp với từng loại áp lực. Thông thường nếu đo lường và điều khiển áp lực thấp ở thiết bị bay hơi của thống lạnh thì cần phải chọn loại cảm biến áp suất có thang đo từ  $(0 \div 20)$  Kg/cm<sup>2</sup> là phù hợp, còn nếu đo lường và điều khiển áp lực cao ở thiết bị ngưng tụ của thống lạnh thì cần phải chọn loại cảm biến áp suất có thang đo từ  $(0 \div 35)$  Kg/cm<sup>2</sup> là phù hợp.

Cảm biến áp suất, hiện này được nhiều hãng trên thế giới sản xuất như: Trane, Century, Gabrielli, Roc Test, ...v.v.

### III. THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ ÁP LỰC DẦU (dầu bôi trơn)

#### 1. Thiết bị có tiếp điểm

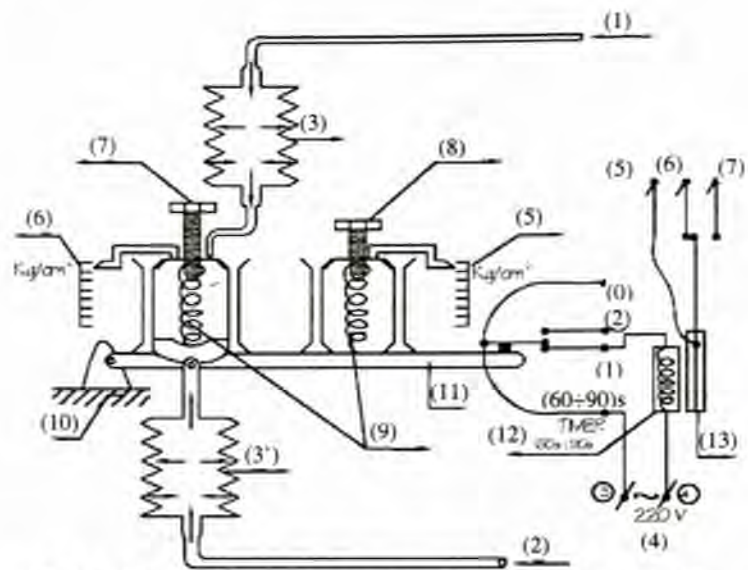
Relay hiệu áp lực dầu là một loại thiết bị khí cụ điện được sử dụng bảo vệ suất dầu cho máy nén trong hệ thống lạnh hoặc trong một số lĩnh vực khác, bởi vì quá trình bôi trơn cho các chi tiết truyền động trong máy nén hết sức là quan trọng, bởi vì một phần nó giảm tối thiểu năng lượng ma sát và một phần tải nhiệt ra ngoài môi trường làm mát cho giữa bề mặt tiếp xúc của các chi tiết truyền động. Nếu không sẽ làm cho máy nén hư hỏng ngay, do đó trong quá trình máy nén đang làm việc vì một nguyên nhân nào đó mà mất áp lực dầu (do bơm dầu bị hư hỏng, hệ thống bơm dầu bị sự cố tắt nghẽn đường đi, ...v.v) relay hiệu áp lực dầu (relay oil pressure) có nhiệm vụ phải ngắt máy nén ngay lập tức để tránh cho máy nén gặp nguy hiểm.

#### 1.1. Nguyên tắc cấu tạo tổng quát của relay hiệu áp lực dầu (OP – Oil pressure relay)

Nguyên tắc cấu tạo chung của relay hiệu áp lực dầu có thể xem hình 3.14.



- 1- Đường tín hiệu cacte máy nén (LP – Low pressure).
- 2- Đường dẫn tín hiệu áp lực dầu (OP – Oil pressure).
- 3- Hộp xếp (Bellow), 3'- hộp xếp.
- 4- Nguồn điện xoay chiều AC 220V.
- 5- Thang điều chỉnh khoảng vi sai hiệu áp suất.
- 6- Thang điều chỉnh hiệu áp suất.
- 7- Vít vặn điều chỉnh hiệu áp suất.
- 8- Vít vặn điều chỉnh khoảng vi sai hiệu áp suất.
- 9- Lò xo.
- 10-Gối đỡ của thanh cơ cấu.
- 11-Thanh cơ cấu mang tiếp điểm.
- 12-Cuộn dây đốt nóng trong một khoảng thời gian.
- 13-Thanh lưỡng kim.



Hình 3.14: Sơ đồ nguyên lý cấu tạo relay hiệu áp lực dầu.

- (56) (01): Tiếp điểm thường đóng.
- (57) (02): Tiếp điểm thường mở.
- (34): nguồn của cuộn đốt nóng.

## 1.2. Nguyên lý làm việc tổng quát

Xem hình 3.14, thấy đường (1) là đường lấy tín hiệu áp suất thấp (LP) đây cũng chính là áp suất cacte nơi chứa dầu bôi trơn cần bơm lên bôi trơn cho máy nén, đường (2) lấy tín hiệu áp lực dầu sau bơm dầu chính là áp lực dầu (OP). Vì áp suất cacte luôn thay đổi, do vậy để biết bơm dầu có làm việc hay chưa thì phải lấy tín hiệu:  $OP - LP = P_{bơm}$  (áp lực của bơm), khi bơm không làm việc thì  $P_{bơm} = 0$ , lúc đó  $OP - LP = 0$  nên  $OP = LP$ .

Khi máy nén hoạt động bằng cách cấp nguồn qua tiếp điểm 56, đồng thời cấp nguồn vào cuộn dây đốt nóng (12) qua điểm 34. Như vậy tín hiệu LP qua đường (1) vào hộp xếp (3), tín hiệu OP qua đường (2) vào hộp xếp (3'), đến đây thấy rằng thanh mang cơ cấu tiếp điểm (11) chịu tác động bởi các lực: phía dưới chịu tác động bởi lực do OP tạo ra ( $F_{OP}$ ), phía trên chịu tác động bởi các lực lò xo (9) ( $F_{lò xo}$ ) và LP ( $F_{LP}$ ) tạo ra, các lực này có tác dụng làm thay đổi trạng thái của tiếp điểm được hay không? Thì sau khi máy nén hoạt động được (30 ÷ 45)s mới có câu trả lời, bởi vì sau khoảng thời gian này máy nén và bơm dầu mới tạo ra được áp lực dầu. Nếu như máy nén và bơm dầu tạo ra được áp lực dầu, khi đó  $F_{OP} \geq F_{lò xo} + F_{LP}$ , vì thế nó làm cho thanh (11) chuyển động đi lên phía trên, làm tiếp điểm thường đóng 01 mở ra ngắt nguồn cấp cho cuộn dây đốt nóng (12), để tránh đốt nóng thanh lưỡng kim khỏi bị cong làm tiếp điểm thường đóng 56 mở ra ngừng máy nén.

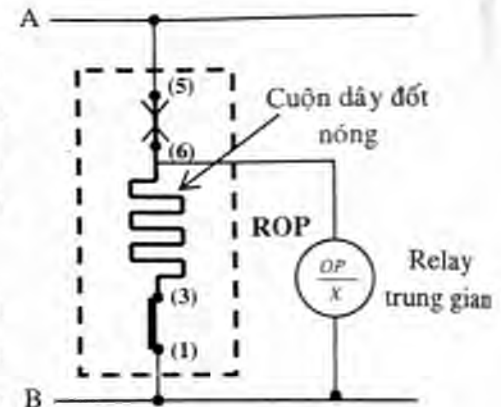
Nhưng vì một lý do nào đó máy nén vẫn hoạt động sau thời gian nhiều hơn 45s mà bơm dầu vẫn chưa tạo được áp lực dầu, hoặc máy nén đang hoạt động mà mất áp lực dầu (do bơm dầu bị hư hỏng, ...v.v) thì thanh (11) phục hồi lại trạng thái ban đầu làm cho tiếp điểm 01 đóng lại cấp nguồn cho cuộn dây đốt nóng (12), sau một khoảng thời gian từ (60÷90)s thì thanh lưỡng kim (13) bị đốt nóng cong làm cho tiếp điểm 56 mở ra dừng máy nén hoạt động, đồng thời tiếp điểm 57 đóng lại đưa tín hiệu về mạch báo sự cố. Vít (7) và thang đo (6) dùng để cài đặt hiệu áp lực dầu, vít 8 và thang đo (5) dùng để điều chỉnh khoảng vi sai của hiệu áp lực dầu. Khi cài



đạt giá trị nếu áp lực dầu không đạt, có nghĩa điều này  $F_{OP} \geq F_{l\text{b}x\text{o}} + F_{LP}$  không xảy ra máy nén sẽ dừng hoạt động.

Chú ý ở đây là cuộn dây đốt nóng đóng vai trò timer, thời gian đốt nóng làm cong thanh lưỡng kim sẽ lớn hơn thời gian kể từ khi máy nén hoạt động cho đến khi tạo được áp lực dầu, thông thường thời gian máy nén hoạt động cho đến khi tạo được áp lực dầu từ (30÷45)s, trong khi đó thời gian đốt nóng làm cong thanh lưỡng kim từ (60÷90)s.

Hình 3.15 Sơ đồ mạch điện của relay bảo vệ áp lực dầu cho máy nén lạnh, nguyên lý hoạt động của nó như sau: khi cấp nguồn AC 220V vào hai điểm A và B, cuộn dây đốt nóng relay hiệu áp lực dầu có điện, đồng thời relay trung gian cũng có điện, khi relay trung gian có điện nó cấp nguồn cho công tắc tơ để đưa máy nén vào trạng thái hoạt động.



Hình 3.15: Sơ đồ mạch điện của relay bảo vệ áp lực dầu cho máy nén.

Khi máy nén hoạt động chưa có áp lực dầu, tiếp điểm 56 và 31 ở trạng thái đóng, sau khoảng thời gian khoảng (30÷45)s thì cuộn dây đốt nóng của relay hiệu áp lực dầu bị đốt nóng nhưng chưa đủ độ nóng làm cong thanh lưỡng kim để mở tiếp điểm 56, đồng thời sau khoảng thời gian này máy nén đã tạo ra được hiệu áp lực  $\Delta p = OP - LP$  phải đủ để làm thay đổi vị trí thanh mang tiếp điểm mở tiếp điểm 31, ngắt nguồn cấp cho cuộn dây đốt nóng và đảm bảo cho tiếp điểm 56 luôn ở trạng thái đóng, máy nén hoạt động bình thường, nếu như sau khoảng này mà máy nén vẫn chưa tạo được và đủ hiệu áp lực  $\Delta p = OP - LP$  thì sau khoảng thời gian (60÷90)s kể từ khi máy nén hoạt động cuộn dây đốt nóng đủ thời gian để đốt nóng làm cong thanh lưỡng kim mở tiếp điểm 56, relay trung gian mất điện dẫn đến máy nén dừng hoạt động ngay, bảo vệ máy nén tránh hư hỏng vì không có hoặc không đủ áp lực dầu bôi trơn.

Nếu như trong khi máy nén đang hoạt động, vì một lý do nào đó mất áp lực dầu hoặc áp lực dầu giảm dẫn đến hiệu áp  $\Delta p$  không đủ sức giữ tiếp điểm 31 ở trạng thái mở, kết quả thanh mang tiếp điểm phục hồi lại trạng thái ban đầu làm cho tiếp điểm 31 đóng lại, cuộn dây đốt nóng có điện đốt nóng thanh lưỡng kim và sau khoảng thời gian (60÷90)s tiếp điểm 56 mở ra ngắt nguồn relay trung gian, máy nén ngừng hoạt động.

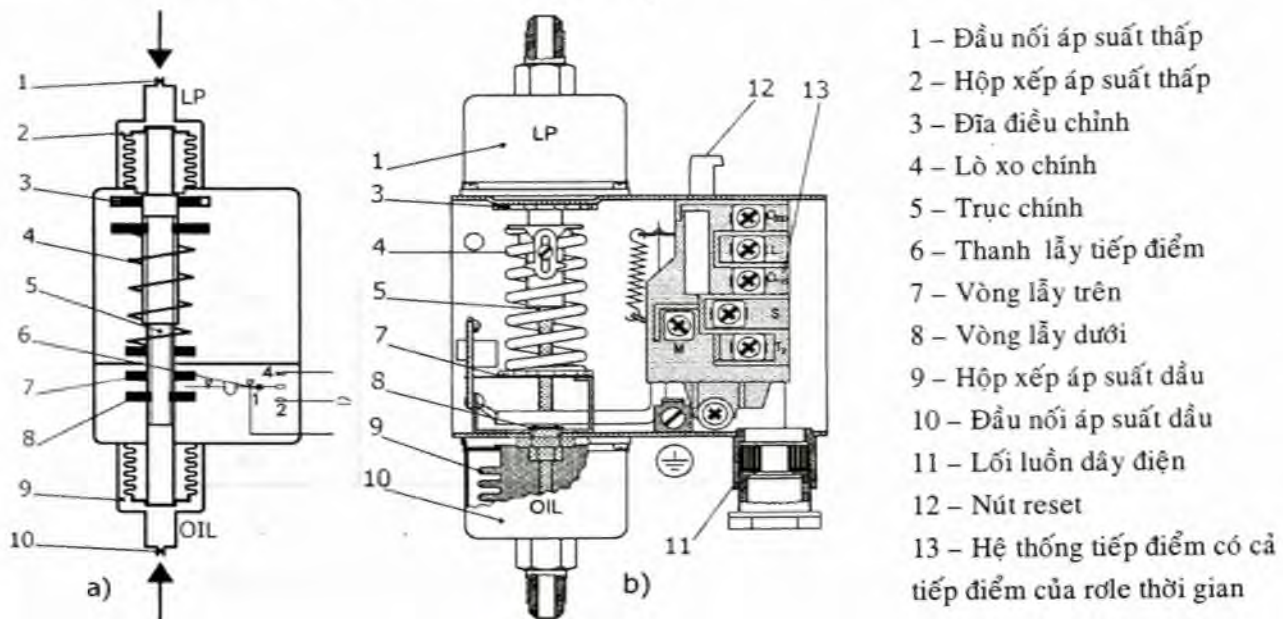
### 1.3. Relay hiệu áp dầu của Danfoss

Relay hiệu áp dầu sử dụng trong kỹ thuật lạnh chủ yếu để bảo vệ sự bôi trơn của máy nén. Do áp suất trong khoang cacte máy nén luôn thay đổi do đó một áp suất dầu không đổi nào đó không thể bảo đảm an toàn cho sự bôi trơn máy nén. Chính vì vậy, hiệu áp dầu (áp suất dầu trừ áp suất cacte) mới là đại lượng đánh giá đúng chế độ bôi trơn của máy nén. Hiệu áp dầu cần thiết do nhà chế tạo máy nén qui định (thường  $\Delta p \geq 0,7 \text{ bar}$ ). Khi hiệu áp dầu thấp hơn mức qui định relay hiệu áp dầu ngắt mạch để bảo vệ máy nén. Tuy nhiên, khi khởi động máy nén hiệu áp dầu bằng 0 nên lúc này có một relay thời gian nối tắt qua relay hiệu áp dầu, khoảng 45 – 120 giây, hiệu áp dầu được xác lập, relay thời gian ngắt mạch. Hình 3.16 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của một relay hiệu áp dầu.

Hộp xếp áp suất thấp (2) lấy tính hiệu áp suất trong cacte, hộp xếp áp suất dầu (9) lấy tín hiệu áp suất dầu đẩy của bơm dầu. Nếu hiệu hai áp suất này giảm thì trực chính (15) sẽ dịch

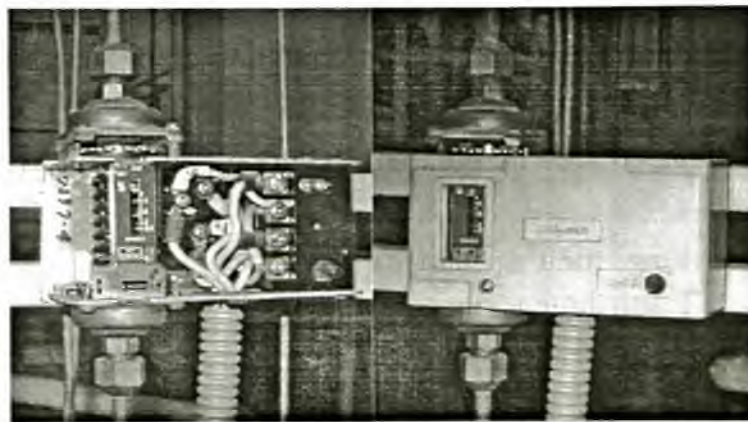


chuyển xuống và khi giảm đến thấp hơn giá trị chỉnh trước thì thanh lẫy tiếp điểm (6) bị kéo xuống nhờ vòng lẫy trên (7) ngắt tiếp điểm (1-2), đóng tiếp điểm (1-4). Ngược lại khi hiệu hai áp suất tăng lên thì trục chính (15) dịch chuyển lên, khi đạt giá trị áp suất đặt, thanh lẫy tiếp điểm (6) bị đẩy lên nhờ vòng lẫy dưới (8), đóng mạch (1-2) và ngắt mạch (1-4).



Hình 3.16: Một loại relay hiệu áp dầu của Danfoss  
a) Nguyên tắc cấu tạo; b) Cấu tạo relay hiệu áp dầu

Hình 3.17 giới thiệu cấu tạo thực tế relay hiệu áp lực dầu do hãng SAGInoMIYA Nhật Bản chế tạo, khả năng hoạt rất ổn định, chất lượng rất tốt bởi vì nó có nhiều ưu điểm.



Hình 3.17: Cấu tạo relay hiệu áp lực dầu SAGInoMIYA

#### 1.4. Thông số kỹ thuật của relay hiệu áp lực dầu

Bảng 3.3. Thông số kỹ thuật của một số relay hiệu áp suất của Danfoss.

Kiểu	Môi chất lạnh	Hiệu áp suất $\Delta p$ (bar)	Vị sai đóng ngắt max $\Delta p$ (bar)	Phạm vi hoạt động phía LP (bar)	Thời gian trễ ngắt (s)	Tải tiếp điểm
MP54	Freon	0,65	0,2	-1 ÷ 12	0*	B
		0,65	0,2	-1 ÷ 12	45	A
		0,90	0,2	-1 ÷ 12	60	A

		0,65	0,2	-1 ÷ 12	90	A
		0,65	0,2	-1 ÷ 12	120	A
		2,1	0,2	-1 ÷ 12	120	A
MP55	Freon	0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	45	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	60	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	60	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	90	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	120	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	0*	B
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	0*	C
MP55A	Freon và amoniac	0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	45	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	60	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	60	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	90	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	120	A
		0,3 ÷ 4,5	0,2	-1 ÷ 12	0*	B

**Ghi chú (bảng 3.3)**

\*) – Relay hiệu áp không ghép relay thời gian, có thể kết hợp với relay thời gian ngoài.

A – Điện áp trên relay thời gian AC 15: 2A, 250V; DC 13: 0,2A, 250V

B – Kiểu không có relay thời gian AC 15: 0,1A, 250V; DC 13: 12W, 125V

C – Kiểu không có relay thời gian AC 1: 10A, 150V; AC3: 4A, 250V; DC13: 12W, 125V

**1.5. Các đường đặc tính làm việc của relay hiệu áp lực dầu**

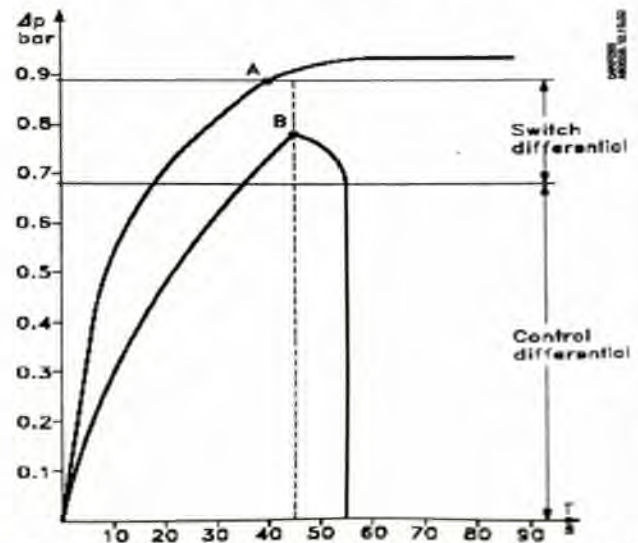
**1.5.1. Đặc tính làm việc của relay hiệu áp lực dầu khi máy nén khởi động**

Giả sử thời gian để thanh lưỡng kim bị đốt để mở tiếp điểm 56 của ROP (relay hiệu áp lực dầu) là 45s, giá trị cài đặt  $\Delta p = 0.68$  bar, vi sai hiệu áp suất = 0.2 bar.

Khi khởi động do chưa có hiệu áp dầu nên ROP đóng tiếp điểm 31, cuộn dây đốt nóng có điện đốt thanh lưỡng kim.

Điểm A: khi khởi động, hiệu áp dầu đã được thiết lập trước khi thanh lưỡng kim ngắt mạch (nhỏ hơn 45s). Hiệu áp đó bằng hiệu áp dầu + vi sai hiệu áp suất = 0.88 bar. Ở điểm A tiếp điểm 31 của ROP mở, nghĩa là hiệu áp dầu đã được thiết lập cho máy nén hoạt động.

Điểm B: khi khởi động hiệu áp dầu không đạt giá trị yêu cầu (chưa đạt 0.88bar) mà thời gian để thanh lưỡng kim bị đốt làm hở mạch đã hết (lớn hơn 45s), nên thanh lưỡng kim cong mở tiếp điểm 56 ngắt nguồn relay trung gian. Ở điểm B, relay trung gian mở tiếp điểm làm ngắt mạch vận hành máy nén.



**Hình 3.18:** Đặc tính làm việc của Relay hiệu áp suất dầu khi máy nén khởi động.

Hình 3.18 là đường đặc tính làm việc của relay hiệu áp lực dầu khi máy nén khởi động.



### 1.5.2. Đặc tính làm việc của Relay hiệu áp lực dầu khi máy nén đã hoạt động

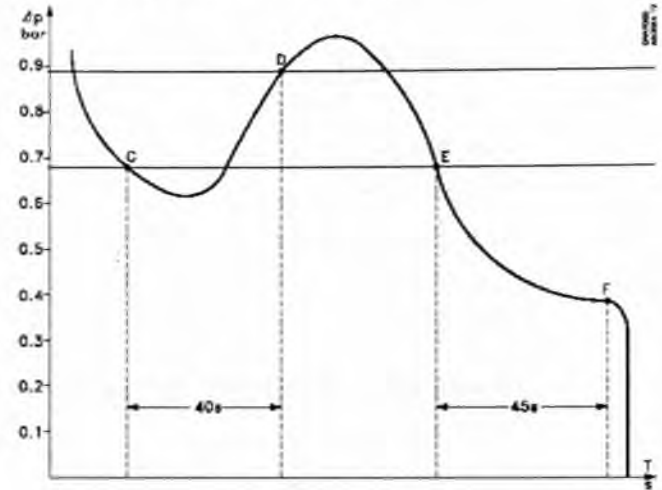
Điểm C: hiệu áp dầu tụt xuống dưới giá trị đặt, tiếp điểm 31 của ROP đóng và cuộn dây đốt nóng được cấp nguồn đốt thanh lưỡng kim.

Điểm D: hiệu áp dầu đạt giá trị đặt + vì sai hiệu áp suất trước khi thanh lưỡng kim hở mạch, tiếp điểm 31 của ROP mở ra vì hiệu áp dầu đã trở lại giá trị bình thường.

Điểm E: hiệu áp dầu tụt xuống dưới giá trị đặt, tiếp điểm 31 của ROP đóng và cuộn dây đốt nóng được cấp nguồn đốt thanh lưỡng kim.

Điểm F: thời gian để thanh lưỡng kim bị đốt đã hết mà hiệu áp suất dầu vẫn dưới giá trị đặt nên thanh lưỡng kim cong và mở tiếp điểm 56 của ROP ngắt nguồn nuôi của relay trung gian. Ở điểm F, relay trung gian mở tiếp điểm làm ngắt mạch vận hành máy nén.

Hình 3.19 là đường đặc tính làm việc của relay hiệu áp lực dầu khi máy nén đã hoạt động.



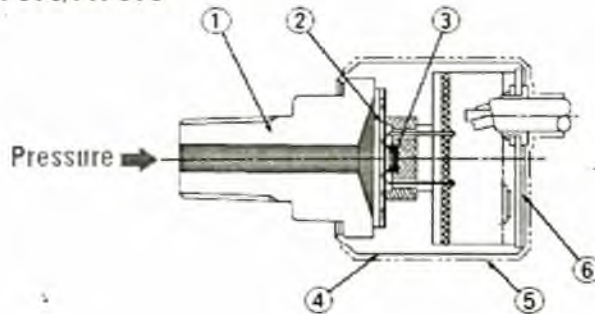
Hình 3.19: Đặc tính làm việc của relay hiệu áp suất dầu khi máy nén đã hoạt động.

## 2. Thiết bị không tiếp điểm

Thiết bị này, đo lường – điều khiển và bảo vệ áp lực dầu thông qua tín hiệu OP, tín hiệu LP bằng các cảm biến áp lực – các vi mạch điện tử.

### 2.1. Cấu tạo cảm biến áp suất

INTERNAL STRUCTURE  
PA-870/PA-878



Hình 3.20: Cấu tạo cảm biến áp lực, chủng loại PA-870/ PA-878

1-dấu gắn; 2 - tấm thép không gỉ; 3-cảm biến; 4 -màng; 5-vỏ kim loại; 6-vỏ nhựa.

Cấu tạo cảm biến áp lực dầu (OP: Oil Pressure) và áp lực thấp (LP: Low Pressure) hoàn toàn giống nhau, bởi vì các loại cảm biến này đều lấy tín hiệu áp lực làm thay đổi trở áp sau đó xuất ra tín hiệu điện tương ứng với áp lực mà cảm biến nhận được. Hình 3.20 cấu tạo cảm biến áp lực.

### 2.2. Nguyên lý làm việc

Để đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu áp lực thì gắn đầu cảm biến vào ống cần đo áp suất. Sau đó cấp nguồn DC cho cảm biến loại PA-870/ PA-878, điện áp nguồn của loại này phải

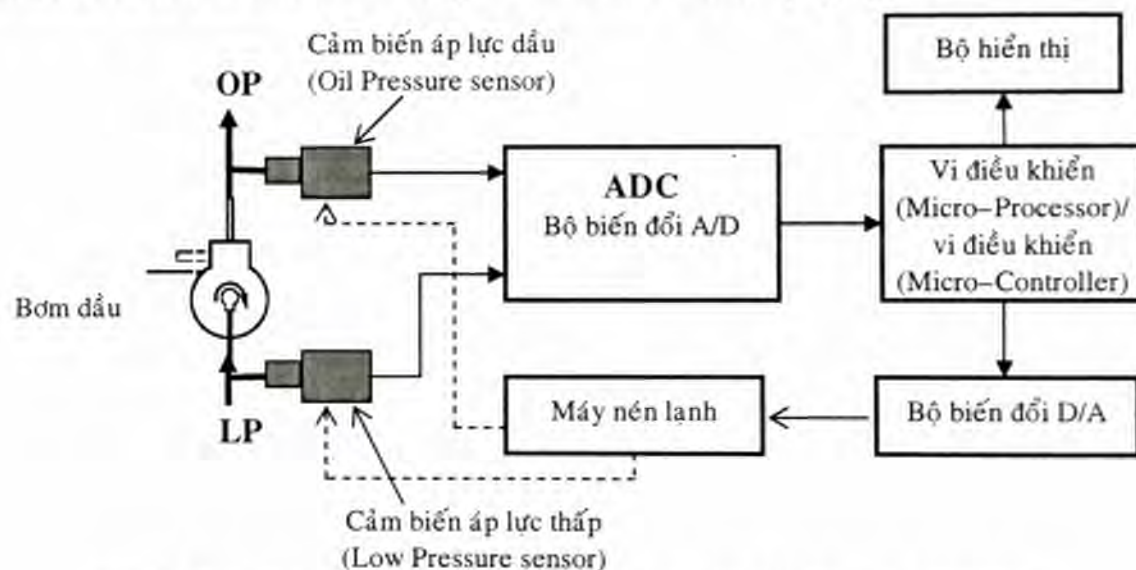


nhận được là analog có giá trị từ 1V đến 5V tương ứng với giá trị áp suất thấp nhất đến cao nhất trong khoảng đo của cảm biến. Dựa vào tín hiệu analog (điện áp) nhận được sẽ biết được áp suất cần đo lường và điều khiển.

Loại cảm biến áp lực PA-870/ PA-878 này có thang đo áp lực từ (0÷10) KG/cm<sup>2</sup>, vì vậy nó thường đo áp suất thấp của hệ thống lạnh. Đối áp suất cao thì cảm biến phải có thang đo từ (0÷35) KG/cm<sup>2</sup>.

Ở đây cần chú ý rằng, nếu khi mua các loại cảm biến áp suất mà không có database (có nghĩa cơ sở dữ liệu: ứng với giá trị áp lực nào đó sẽ có giá trị analog tương ứng) thì cần phải đi tìm database, bằng cách phải có đồng hồ đo giá trị thực tế của áp lực, đồng thời cùng một lúc đo giá trị điện áp đưa về ứng với giá trị áp lực đó. Đo tại nhiều giá trị áp lực khác nhau làm như thế sẽ vẽ được đường tín hiệu analog đưa về điều khiển, nếu tín hiệu đưa về ở dạng tuyến tính là rất tuyệt vời, còn nếu như nó là dạng phi tuyến tính thì cần phải thiết kế mạch phụ để chuyển tín hiệu từ dạng phi tuyến tính thành dạng tuyến tính sau đó mới lập trình điều khiển.

### 2.3. Sơ đồ khối của modul đo lường – điều khiển và bảo vệ áp lực dầu



Hình 3.21: Sơ đồ nguyên lý tự động đo lường, điều khiển và bảo vệ áp lực dầu.

Nguyên lý làm việc của modul đo lường, điều khiển và bảo vệ áp lực dầu như sau (hình 3.21): ở modul này cần phải dùng đến hai cảm biến áp lực, một để cảm biến áp lực dầu (OP) được gắn ngay trên đầu ra của bơm dầu, một để cảm biến áp lực cacte (áp lực thấp) của máy nén (LP) được gắn ở cacte máy nén (đầu hút của bơm dầu), tín hiệu analog của hai cảm biến OP, LP được đưa về ADC (bộ biến đổi A/D), tại đây hai tín hiệu OP, LP ở dạng analog được chuyển đổi thành dạng digital trước khi đưa về vi xử lý/ vi điều khiển, tại vi xử lý/ vi điều khiển các tín hiệu này xử lý, tính toán theo chương trình đã được lập trình và cài đặt sẵn ở bên trong nó. Tín hiệu sau khi xử lý, tính toán xong sẽ đo lường được OP, LP và  $\Delta p = OP - LP$  rồi hiển thị trên màn hình, riêng giá trị  $\Delta p$  đã được tính toán sẽ so sánh với giá trị chuẩn đã được cài đặt trước. Giá trị  $\Delta p$  tính toán < giá trị  $\Delta p$  cài đặt áp lực dầu làm việc của máy nén thì vi xử lý xuất ra tín hiệu digital, tín hiệu này được chuyển đổi sang dạng analog nhờ bộ biến đổi D/A trước khi đưa tín hiệu tới điều khiển máy nén, nếu thời gian điều khiển áp lực dầu của máy nén đã hết nhưng không thể điều chỉnh được  $\Delta p$  áp lực dầu cảm nhận và tính toán được  $\geq \Delta p$  cài đặt thì vi xử lý/ vi điều khiển xuất ra tín hiệu dừng hoạt động của máy nén, tránh cho máy nén gặp sự cố.



## IV. THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ TÍN HIỆU ÁP LỰC NƯỚC

Đối với những hệ thống lạnh có thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước hoặc làm mát hỗn hợp (vừa nước vừa không khí). Chính vì vậy, việc tự động điều khiển và bảo vệ áp lực nước hết sức là quan trọng, bởi vì nếu bơm nước hoạt động không có hoặc thiếu áp lực nước thì phốt bơm (bạc lọt) bị cháy dẫn đến bơm hoạt động không được. Mặt khác khi thiếu nước làm mát hoặc không có nước làm mát thì quá trình giải nhiệt không được dẫn đến áp lực cao quá cao, máy nén làm việc trong tình trạng nguy hiểm, bởi vì tỷ số nén tăng và dòng qua động cơ máy nén tăng nhanh. Do vậy bảo vệ áp lực nước là một trong những vấn đề quan trọng khi hệ thống lạnh có thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước hoặc làm mát hỗn hợp (vừa nước, vừa không khí).

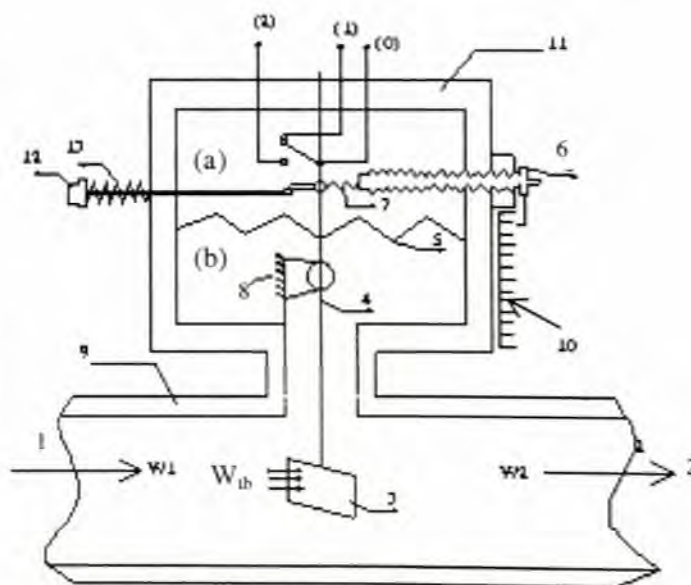
Đối với thiết bị tự động đo lường, điều khiển và bảo vệ áp lực nước hiện này có rất nhiều loại thiết bị có tiếp điểm và thiết bị không có tiếp điểm.

### 1. Thiết bị có tiếp điểm

Thiết bị điều khiển và bảo vệ áp lực nước chính là các relay áp lực nước, đây là loại thiết bị chuyển đổi các tín hiệu áp lực nước thành tín hiệu đóng cắt của tiếp điểm điện (ON/OFF) để điều khiển và bảo vệ áp lực nước cho thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước hoặc làm mát bằng nước và không khí, ngoài ra nó còn bảo vệ áp lực nước làm mát cho máy nén có áo nước giải nhiệt, đồng thời nó bảo vệ cho bơm nước tránh hoạt động trong trường hợp thiếu nước hoặc không có nước.

#### 1.1. Cấu tạo relay áp lực nước (hình 3.22)

- 1- Cửa nước vào đặt trên đường ống.
- 2- Cửa nước ra đặt trên đường ống.
- 3- Tấm cảm biến áp lực nước thông qua tốc độ.
- 4- Ty gắn chặt vào tấm cảm biến.
- 5- Màng cao su đàn hồi chịu áp lực và ngăn không cho nước qua lại giữa khoang (a) và (b).
- 6- Vít điều chỉnh hay cài đặt áp lực nước.
- 7- Lò xo gắn giữa vít 6 và ty 4.
- 8- Gối đỡ cố định giữ ty luôn theo phương thẳng đứng.
- 9- Thành ống của relay áp lực nước nối với ống dẫn nước.
- 10- Thang cài đặt áp lực nước trước khi làm việc.
- 11- Vỏ bảo vệ relay áp lực nước làm bằng sứ.
- 12- Nút phục hồi (reset).
- 13- Lò xo phục hồi.      (01): Tiếp điểm thường đóng;      (02): Tiếp điểm thường mở.



Hình 3.22: Cấu tạo relay áp lực nước



## 1.2. Nguyên lý làm việc

Relay áp lực nước dùng để bảo vệ áp lực nước cho quá trình làm mát các loại dàn ngưng như dàn ngưng tụ ống chùm, dàn ngưng tụ hỗn hợp (không khí và nước) của hệ thống lạnh. Nếu áp lực nước bị mất hoặc không đủ thì sự cố sẽ báo ở mạch điện điều khiển và ngưng hoạt động hệ thống lạnh.

Nguyên lý làm việc của relay áp lực nước dựa trên nguyên lý áp lực do áp lực động học của dòng nước đi trong ống sinh ra, tác dụng vào tấm cảm biến áp lực thông qua tốc độ của dòng nước đi trong ống.

Theo định luật Bernoulli: áp suất của dòng nước đi trong ống được viết dưới dạng phương trình sau:

$$P_p = P_b + \rho g z + \frac{1}{2} \rho \cdot W_{tb}^2 = P_b + \frac{1}{2} \rho \cdot W_{tb}^2 \quad (3-5)$$

Trong đó:  $P_b$  : áp suất do bơm tạo ra.  $P_b = \text{const}$

$W_{tb}$  : vận tốc trung bình nước đi trong ống.

$z = 0$  (ta xem ống dẫn nước nằm ngang)

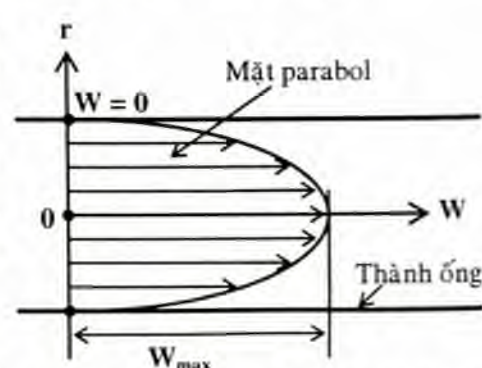
$P_p$  : áp suất động học toàn phần tác dụng lên tấm cảm biến.

Ban đầu vít điều chỉnh 6 điều chỉnh cài đặt áp lực nước tác động vào tấm cảm biến 3 ở trên thang 10, lò xo 7 sẽ cho một lực kháng  $P_{lx}$  tương ứng với việc điều chỉnh đó. Khi bơm nước chưa hoạt động (hoặc làm việc mà sinh ra áp lực nước không đủ), ty 4 vẫn ở vị trí ban đầu, tiếp điểm thường đóng vẫn đóng. Khi bơm nước hoạt động tạo ra áp lực  $P_p$  đủ lớn, lớn hơn lực kháng do lò xo 7 sinh ra ( $P_p > P_{lx}$ ), lực này sẽ tác dụng lên tấm cảm biến 3 làm cho ty 4 dịch chuyển theo nguyên lý cánh tay đòn với điểm tựa là gối đỡ số 8, kết quả tiếp điểm thường đóng 01 mở ra, tiếp điểm thường mở 02 đóng lại, đưa tín hiệu về điều khiển máy nén hoạt động. Nút 12 và lò xo 13 dùng để phục hồi một cách tự động về lại trạng thái ban đầu, màng cao su số 5 ngăn không cho nước đi lên phía trên. Các đường ống dẫn nước làm mát cho dàn ngưng của hệ thống lạnh thường là ống nhựa. Vỏ bảo vệ relay 11 thường làm bằng sứ để cách điện tốt nhất. khi lắp relay áp lực nước cần phải lắp đúng chiều, còn lắp sai thì không có tác dụng.

Khi chế tạo relay áp lực nước cần phải chú ý rằng tâm của tấm cảm biến áp lực 3 được đặt trùng với tâm ống là tốt nhất, bởi vì vận tốc của dòng nước đi trong ống tại tâm ống là lớn nhất, do đó khi tốc độ dòng nước tại mọi điểm trên toàn bộ diện tích tấm cảm biến 3 nói lên được giá trị trung bình áp lực động học của nước tác dụng lên tấm cảm biến tương đối chính xác.

Hình 3.23 đồ thị biểu diễn tốc độ dòng chảy của nước đi trong ống.

Theo phương trình Newton nếu dòng chảy ở chế độ chảy tầng thì tốc độ dòng chảy được viết.



Hình 3.23: Đồ thị biểu diễn tốc độ dòng chảy của nước đi trong ống



$$W(r) = -\frac{\tau_w}{2 \cdot \mu \cdot r_w} [r^2 - r_w^2] \quad (3-6)$$

Với:  $\tau_w$  : ứng suất tiếp tuyến  
 $\mu$  : độ nhớt của nước  
 $r_w$  : bán kính của ống dẫn nước  
 $r$  : khoảng cách từ tâm ống đến một điểm nào đó ở trong ống.

Như vậy:  $W_{\max} = \frac{\tau_w \times r_w^2}{2\mu \times r_w}$  , khi  $r = 0$  (3-7)

$$W_{tb} = \frac{1}{\pi \times r_w^2} \int_0^F W(r) \cdot dF \quad , \quad dF = 2 \pi r dr \quad (3-8)$$

$$\Rightarrow W_{tb} = \frac{\tau_w \times r_w^2}{4\mu \cdot r_w} \quad , \quad W_{tb} = 0.5 W_{\max} \quad (3-9)$$

Trong một số trường hợp: nếu dòng chảy chảy ở chế độ khác như chảy rối, chảy quá độ thì vận tốc trung bình của dòng chảy được tính theo công thức sau.

$$W_{tb} = \psi \cdot W_{\max} \quad (3-10)$$

Với  $\psi$ : hệ số điều chỉnh tốc độ.  $\psi = 0.3 \div 0.5$

Áp lực động học sinh ra tác dụng lên tấm cảm biến là:

$$P_p = P_b + \rho g z + \frac{1}{2} \rho \cdot W_{tb}^2 = P_b + \frac{1}{2} \rho \cdot W_{tb}^2 \quad (z = 0) \quad (3-11)$$

## 2. Thiết bị không tiếp điểm

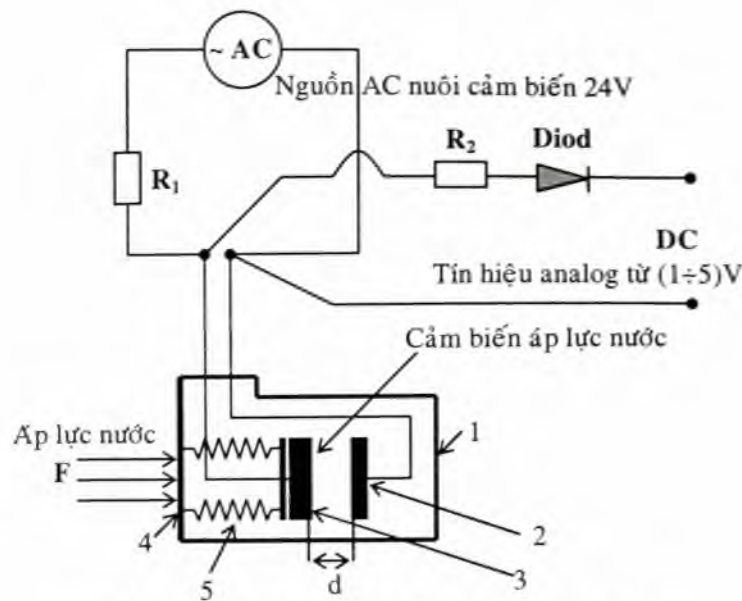
Cảm biến áp lực nước nó có cấu tạo khác so với cảm biến áp lực dầu và áp lực gas, phần cảm biến của nó là một bản cực của tụ điện, khi áp lực nước thay đổi nó làm khoảng cách giữa hai bản của điện thay đổi dẫn đến điện dung của tụ thay đổi, hiệu điện thế sinh ra trên hai bản cực của tụ sẽ thay đổi. Sự thay đổi điện áp sinh ra ở hai đầu bản cực của điện sẽ cho biết giá trị áp lực nước tương tác.

### 2.1. Cấu tạo cảm biến áp lực nước

- 1- Vỏ cảm biến làm bằng inox.
- 2- Bản cực cố định của tụ điện.
- 3- Bản cực cảm biến áp lực nước có thể dịch chuyển được nhờ lực tương tác vào lò xo sẽ đẩy tới.
- 4- Bề mặt chịu tương tác của áp lực nước, được làm bằng hợp chất polyme chịu tương tác đàn hồi và không bị ăn mòn.
- 5- Lò xo cảm biến.

~ AC là nguồn nuôi cho cảm biến 24V.

DC là tín hiệu analog cảm biến nhận được có điện áp (1÷5)V, tùy theo giá trị của áp lực nước.



Hình 3.24: Sơ đồ cấu tạo cảm biến áp lực nước

## 2.2. Nguyên lý làm việc

Dưới tác dụng áp lực nước vào bề mặt chịu tương tác đàn hồi 4, lò xo cảm biến 5 sinh ra lực đàn hồi đẩy tấm bản cực 3 đi vào, làm cho khoảng cách giữa hai bản cực  $d$  của tụ điện thay đổi, điện dung của tụ điện thay đổi dẫn đến điện trở của điện dung thay đổi, mặt khác dòng điện của nguồn nuôi không thay đổi. Vì vậy, làm cho điện áp ra thay đổi. Điện áp ra chính là tín hiệu analog đưa về đo lường và điều khiển. Tín hiệu analog này đưa tới bộ biến đổi A/D sau đó đưa tới vi xử lý/ vi điều khiển. Tại đây vi xử lý/ vi điều khiển các tín hiệu này xử lý, tính toán theo chương trình đã được lập trình và cài đặt sẵn ở bên trong nó, xuất ra tín hiệu đo lường và điều khiển.

Vỏ cảm biến được làm bằng inox để tránh sự ăn mòn điện hoá, mỗi cảm biến đều có thang chịu áp lực giới hạn, nếu quá trình đo lường và tự động điều khiển sử dụng không đúng, có nghĩa bất cảm biến chịu áp lực lớn hơn thì áp lực có thể đáng thủng cảm biến làm cho cảm biến bị hư hỏng.

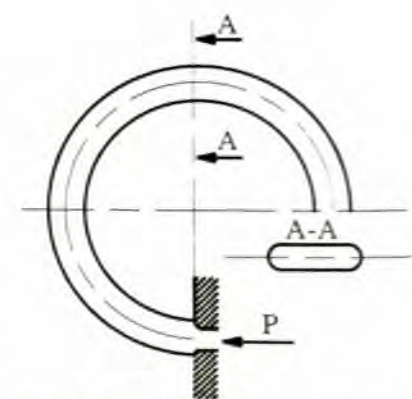
## V. CÁC SỐ CẢM BIẾN ĐO ÁP SUẤT

### 1. Cảm biến đo áp suất loại cơ học

Nguyên lý tác dụng của các cảm biến đo áp suất bằng biến dạng dựa trên cơ sở biến dạng đàn hồi của các phần tử cảm biến hay sự tạo ra ứng lực trong chúng. Có ba loại cảm biến chính: lò xo ống, ống syphon, màng mỏng.

#### a) Lò xo ống

- **Cấu tạo:** lò xo là một ống kim loại được uốn cong, một đầu giữ cố định còn một đầu để tự do. Lò xo ống chủ yếu dùng để biến đổi áp suất của đối tượng đo được đưa vào trong ống thành sự dịch chuyển của đầu đo. Phổ biến nhất là lò xo ống có một vòng, đó là một cung tròn, có tiết diện



Hình 3.25: Cảm biến áp suất dạng lò xo ống



ngang hình trái xoan (hình 3.6). Để chế tạo lò xo áp suất cao hơn  $5MPa$  ta dùng kim loại là đồng thau, đồng đỏ. Lò xo với áp suất thấp hơn  $5MPa$  thì sử dụng hợp kim nhẹ, thép hợp kim. Đặc biệt, với áp suất lớn hơn  $1000MPa$ , người ta sử dụng thép gió.

**Nguyên lý hoạt động:** dưới tác dụng của áp suất cao trong ống, lò xo sẽ dãn ra, còn dưới tác dụng của áp suất thấp nó sẽ co lại.

### b) Syphon

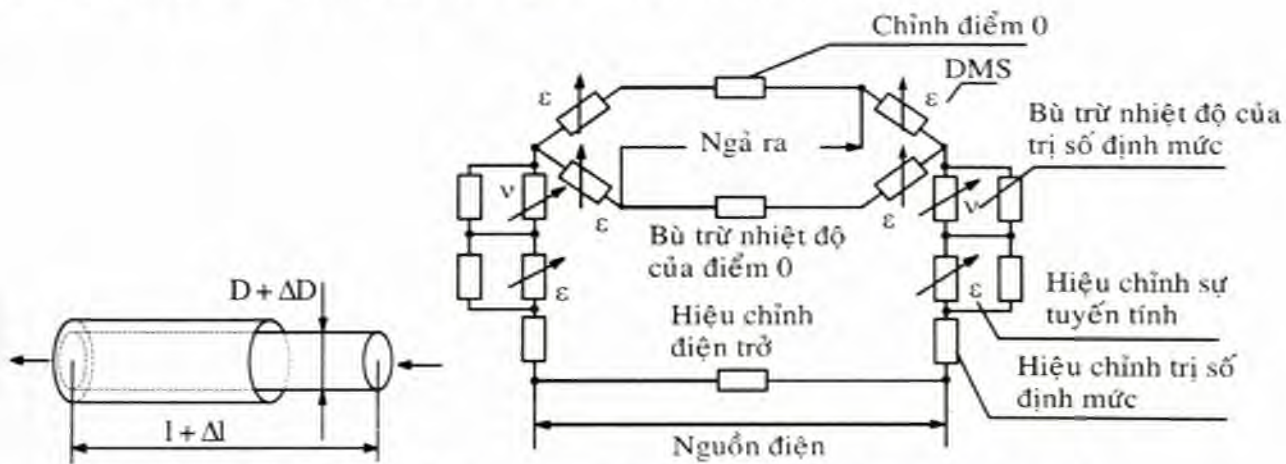
Syphon là các hình trụ xếp nếp đặt theo chiều ngang có khả năng thay đổi đáng kể dưới tác dụng của áp suất hay lực. Tỷ số tác dụng của lực đặt lên trên nó với biến dạng là không đổi, được gọi là độ cứng của syphon. Để tăng độ cứng, người ta thường đặt thêm lò xo trong ống. Syphon được chế tạo với những kim loại khác nhau như thép cacbon, thép không gỉ, hợp kim nhôm với đường kính  $(80 \div 1000)mm$ , bề dày  $(0,1 \div 0,3)mm$ .

### c) Màng

Màng có màng đàn hồi và màng dẻo. Màng đàn hồi có dạng phẳng tròn hay uốn nếp, có khả năng chịu uốn dưới tác dụng của áp suất. Màng uốn nếp có độ võng lớn hơn màng phẳng vì chúng có đặc tính phi tuyến nhỏ. Các màng loại này được chế tạo bằng các loại thép khác nhau.

Màng dẻo dùng để đo áp suất nhỏ hay hiệu số áp suất. Chúng là các mặt bích phẳng hay đĩa uốn nếp, được chế tạo từ các vải cao su, teflon.

## 2. Cảm biến áp suất với màng sọc co giãn kim loại (Strain gauge)



Hình 3.26: Dây dẫn bị biến dạng

Hình 3.27: Mạch điện màng sọc co giãn

Màng sọc co giãn là loại cảm biến rất quan trọng dùng để đo áp suất, lực ... Lợi điểm của màng sọc co giãn là có trị số đo chính xác, kích thước bé. Để có độ chính xác cao, mạch điện cần nhiều điện trở bù trừ và sửa sai (hình 3.27).

**Nguyên tắc hoạt động:** khi một sợi dây điện được kéo căng ra, nó trở nên dài hơn và ốm hơn thì điện trở của nó gia tăng, khi nó bị nén co lại, nó trở nên ngắn và mập hơn nên điện trở của nó giảm đi (hình 3.26). Nếu ta giữ nó trong ranh giới đàn hồi, sau đó khi co giãn nó vẫn giữ nguyên kích thước và trị số điện trở như trước. Khi gắn chặt dây điện này trên một phần tử đàn hồi (ví dụ dán dính...), chiều dài của dây điện thay đổi theo chiều dài, sự biến dạng của phần tử đàn hồi. Sự thay đổi điện trở của dây điện tương ứng với lực, áp suất làm biến dạng phần tử mà ta cần khảo sát.



Độ nhạy K của màng sọc co giãn là tỉ lệ giữa sự thay đổi tương đối của điện trở và độ giãn nở:

$$K = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} = 1 + 2\mu + \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta l / l} \quad (3-12)$$

Trong đó:  $\Delta R/R$ : sai số tương đối của điện trở R.

$\Delta l/l$ : sai số tương đối của chiều dài điện trở.

$\Delta \rho/\rho$ : sai số tương đối của điện trở suất.

$\mu$ : hệ số Poisson.

Vật liệu để làm màng sọc co giãn có thể là kim loại hay vật liệu bán dẫn – thường là silic. Dưới áp lực của áp suất, màng sọc co giãn bị biến dạng. Sự thay đổi điện trở của nó gồm hai thành phần hình học và tính chất vật liệu của nó. Sự thay đổi thành phần sau là do điện trở suất  $\rho$  của nó bị thay đổi. Cảm biến áp suất với màng sọc co giãn bằng kim loại phần lớn dựa vào sự thay đổi của kích thước hình học. Trong khi đó cảm biến áp suất với màng sọc co giãn bán dẫn dựa vào sự thay đổi của chính vật liệu của nó, ở đây là điện trở suất đến 98%. Phần lớn còn lại đóng góp vào sự thay đổi điện trở là do sự biến dạng của kích thước hình học. Cảm biến áp suất với màng sọc co giãn kim loại được chia làm ba loại tùy theo phương pháp chế tạo.

- Màng sọc co giãn lá kim loại.
- Màng sọc co giãn màng mỏng.
- Màng sọc co giãn màng dây.

#### a) Màng sọc co giãn lá kim loại

Cấu trúc thông thường cho ta  $K \approx 2$  với vật liệu kim loại. Màng sọc co giãn loại thông thường là những đường dây dẫn điện bằng kim loại rất mịn nằm trên một nền bằng chất dẻo. Người ta thực hiện bằng phương pháp in lụa hay quang khắc. Vì sự thay đổi chiều dài trong thực tế rất bé, cho nên đường dẫn điện này được chế tạo thành đường uốn khúc để có chiều dài khá lớn nằm trong một diện tích bé, từ đó ta có sự thay đổi điện trở đáng kể. Trong hình 3.28 trình bày màng sọc co giãn.

Đường dẫn điện phình ra ở các điểm uốn để làm giảm sai số đo với sự giãn nở ngang. Thường người ta chế tạo nhiều màng sọc co giãn trên cùng một nền để đo được cùng một lúc sự co giãn nhiều hướng khác nhau. Điện trở định mức từ vài chục đến vài trăm Ohm. Điện trở của màng sọc bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Để giải quyết vấn đề này, người ta nối hai hay bốn màng sọc này thành một nửa hay một cầu điện trở, nhưng chỉ một hoặc hai trong số đó chịu sự tác động của lực.

#### Đặc trưng kỹ thuật:

- Áp suất làm việc:  $(10 \div 5 \cdot 10^3)$  bar.
- Dải nhiệt độ hoạt động:  $(-40 \div +120)^\circ\text{C}$ .
- Sai số:  $\pm (0.1 \div 0.3)\%$ .



Hình 3.28: Màng sọc co giãn trong công nghiệp



### **b) Màng sọc co giãn loại màng mỏng**

Ngày nay các màng sọc co giãn với kỹ thuật màng mỏng được chế tạo bằng phương pháp bốc hơi chân không hay công nghệ phun bụi (sputtering). Qua hai phương pháp này cấu điện trở có độ nhạy cao và ít bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ.

Màng sọc co giãn được thực hiện với công nghệ màng mỏng đạt được các tính chất ưu việt như:

- Sự ổn định lâu dài với thời gian rất tốt.
- Độ chính xác cao.
- Điểm zero và toàn thang đo ổn định đối với nhiệt độ.
- Chịu đựng tốt đối với sự rung.
- Thích hợp cho sự đo áp suất tĩnh và động.
- Tiêu hao ít năng lượng.

#### **Một số ứng dụng đặc biệt của màng sọc co giãn**

- Dùng trong việc thử nghiệm các động cơ.
- Kiểm soát áp suất bên trong buồng máy bay Airbus A300.
- Kiểm soát sức nén liên tục trong động cơ phản lực.

#### **Đặc trưng kỹ thuật**

- Áp suất làm việc:  $(2 \cdot 10^{-1} \div 3 \cdot 10^3)$  bar.
- Dải nhiệt độ hoạt động:  $(-40 \div +500)$  °C.
- Độ chính xác:  $\pm(0.1 \div 0.5)\%$ .

### **c) Cảm biến áp suất loại màng mỏng sọc co giãn với kỹ thuật màng dày trên nền gốm**

Cảm biến loại này không được dùng rộng rãi so với loại kỹ thuật màng mỏng. Màng sọc co giãn được chế tạo trên một nền gốm ( $Al_2O_3$ ) với kỹ thuật in lụa. Lợi điểm của kỹ thuật màng dày là có thể chế tạo cảm biến áp suất và mạch khuếch đại với kỹ thuật mạch lai (Hybrid Technology).

#### **Đặc trưng kỹ thuật**

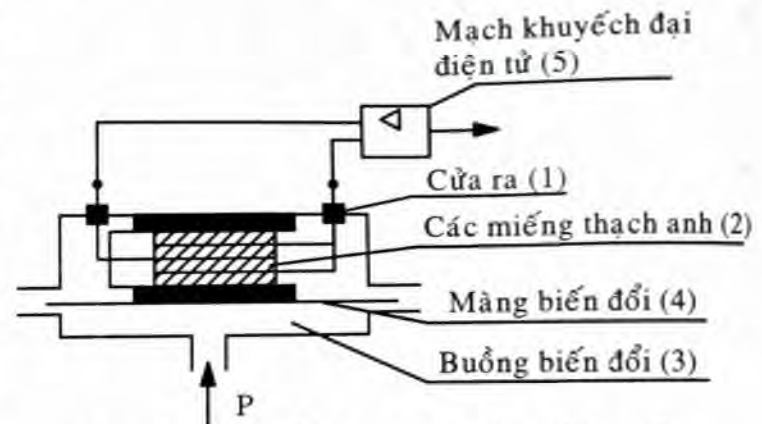
- Áp suất làm việc:  $(1 \div 2 \cdot 10^2)$  bar.
- Dải nhiệt độ hoạt động:  $(-50 \div +150)$  °C.
- Sai số:  $\pm(0.3 \div 0.5)\%$ .

## **3. Cảm biến áp suất áp điện thạch anh**

Nguyên lý làm việc của bộ biến đổi này dựa trên cơ sở biến đổi áp suất đo thành ứng suất nhờ có sự biến dạng của các phần tử nhạy cảm. Nguyên lý tác dụng của cảm biến áp điện dựa trên hiệu ứng áp điện trên thạch anh (hoặc có thể là titan, turmalin, bari...). Bản chất của hiệu ứng áp điện là nếu có một lát cắt thạch anh theo trục x, chịu nén một lực N, thì trên mặt cạnh của nó sẽ xuất hiện các điện tích với các giá trị khác nhau. Giá trị điện tích Q phụ thuộc vào lực

nén  $N$  theo quan hệ:  $Q = k.N$ , trong đó:  $k$  là hệ số phụ thuộc vào kích thước của lát cắt và bản chất của tinh thể (với thạch anh,  $k = 2,1 \cdot 10^{-12} C/N$ ).

Sơ đồ bộ biến đổi áp suất bằng tinh thể áp điện hình 3.29. Áp suất đo được biến đổi thành ứng suất nhờ màng biến đổi (4), tạo thành một lực nén lên miếng thạch anh (2), đường kính 5mm, dày 1mm. Điện tích  $Q$  xuất hiện ở cửa ra được đưa đến bộ khuếch đại điện tử (5) có tổng trở vào rất lớn, cỡ  $10^{13} \Omega$ . Quan hệ giữa áp suất  $P$  và điện tích  $Q$  là:  $Q = k.F.P$ , trong đó:  $F$  là diện tích hữu ích của màng.



Hình 3.29: Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi áp suất bằng tinh thể áp điện

Để giảm quán tính của bộ biến đổi, người ta giảm thể tích buồng (3). Vì tần số

dao động riêng của hệ thống màng – lát cắt thạch anh vào khoảng hàng chục kHz, nên bộ biến đổi đo dạng này có đặc tính động học cao. Do đó, chúng được sử dụng rộng rãi để đo và kiểm tra áp suất hệ thống có quá trình dòng chảy nhanh. Độ nhạy của bộ biến đổi có thể nâng cao bằng cách mắc song song một số tinh thể thạch anh và tăng diện tích hữu ích của màng. Không dùng bộ đo này để đo áp suất tĩnh.

#### Đặc trưng kỹ thuật

- Giới hạn trên của bộ đo này khoảng  $(2,5 \div 100) MPa$ .
- Cấp chính xác 1.5; 2.

#### 4. Cảm biến áp suất kiểu điện dung

Trong cảm biến áp suất kiểu điện dung (hình 3.30), màng đàn hồi làm bằng gốm với 90%  $Al_2O_3$ . Trên hình 3.30, màng (1) nhận áp suất đo là một bản cực động của biến đổi điện dung. Bản cực tĩnh (2) được cách điện với vỏ bằng thạch anh. Sự phụ thuộc của điện dung  $C$  vào độ dịch chuyển  $\delta$  của màng có dạng:

$$C = \frac{\epsilon.S}{\delta + \delta_0}, F \quad (3-13)$$

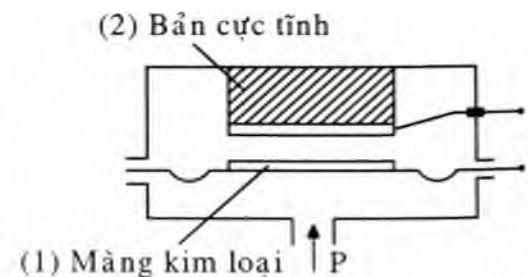
Trong đó:  $\epsilon$ : hằng số điện môi của chất cách điện điền đầy khe hở giữa các bản cực.

$\delta_0$ : khoảng cách giữa các bản cực khi áp suất bằng 0.

$S$ : diện tích bản cực.

Để biến đổi điện dung  $C$  thành tín hiệu đo lường, người ta dùng cầu xoay chiều hay mạch vòng cộng hưởng L – C. Bộ cảm biến áp suất kiểu điện dung có thể đo áp suất đến 120MPa, dải nhiệt độ hoạt động:  $(-20 \div 80)^\circ C$ .

Ngoài ra, còn có cảm biến áp suất Silic kiểu điện dung với nguyên lý hoạt động tương tự.



Hình 3.30: Cảm biến áp suất kiểu điện dung



### Đặc trưng kỹ thuật

- Áp suất làm việc:  $(0,1 \div 70) \text{ bar}$ .
- Dải nhiệt độ hoạt động:  $(-40 \div 150)^\circ \text{ C}$ .
- Sai số:  $\pm(0,1 \div 0,3)\%$ .

### 5. Cảm biến áp suất kiểu cảm ứng

Trên hình 3.31 chỉ ra sơ đồ của bộ cảm biến đo kiểu cảm ứng. Màng (1) là phần thép động của nam châm điện (2) có quấn cuộn dây (3). Dưới tác dụng của áp suất đo, màng (1) được dịch chuyển làm thay đổi điện cảm của phần tử biến đổi cảm ứng. Nếu bỏ qua điện trở tác dụng của cuộn dây, từ thông và tổn hao trong lõi thép thì độ tự cảm  $L$  của phần tử biến đổi được xác định:

$$L = W^2 \frac{\mu_0 S}{\delta} \quad (3-14)$$

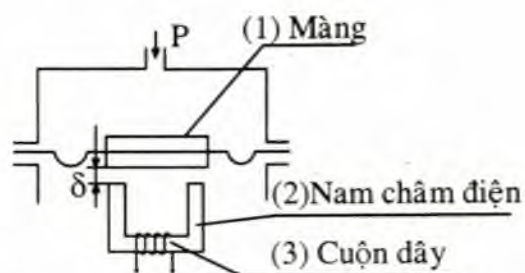
- Trong đó:
- $W$  – là số vòng dây của cuộn dây.
  - $\delta$  – là chiều dài khe hở không khí.
  - $S$  – là tiết diện ngang khe hở không khí.
  - $\mu_0$  – là độ từ thẩm của không khí.

Khi đo độ tự cảm  $L$  thường được thực hiện bằng cầu đo xoay chiều hay mạch cộng hưởng  $L - C$ . Khi áp suất từ  $(0,5 \div 1) \text{ MPa}$ , bề dày của màng khoảng  $(0,1 \div 0,3) \text{ mm}$ . Còn khi áp suất là  $(20 \div 30) \text{ MPa}$  thì bề dày màng bằng  $1,3 \text{ mm}$ .

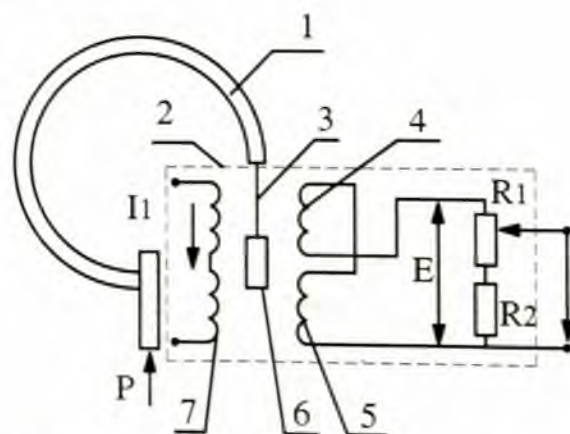
### 6. Cảm biến áp suất cho tín hiệu điện bằng biến áp vi sai

Bộ biến đổi áp suất kiểu biến áp vi sai hình 3.32 gồm: cảm biến biến dạng (1) và phần tử biến đổi (2). Phần tử biến đổi là khung cách điện, trên đó có quấn cuộn dây sơ cấp (7). Cuộn sơ cấp gồm hai cuộn dây (4) và (5) đấu ngược chiều nhau. Trong rãnh của cuộn dây, người ta đặt lõi thép động (6) nối với lò xo (1) và đầu kéo căng (3). Cửa ra của cuộn thứ cấp được đấu với điện trở  $R_1$ . Tín hiệu ở cửa ra của bộ biến đổi được hình thành như sau: khi có dòng điện  $I_1$  chạy qua cuộn sơ cấp sẽ tạo ra một từ thông trong hai nửa của cuộn thứ cấp, làm xuất hiện các sức điện động cảm ứng  $e_1, e_2$ . Độ lớn của chúng phụ thuộc vào hệ cảm giữa cuộn sơ cấp  $M_1, M_2$ . Phương trình của điện áp ra của bộ biến đổi:

$$U_{ra} = \frac{2\pi \cdot f \cdot I_1 \cdot M_{\max} \cdot \delta}{\delta_{\max}} \quad (3-15)$$



Hình 3.31: Sơ đồ cảm biến kiểu cảm ứng



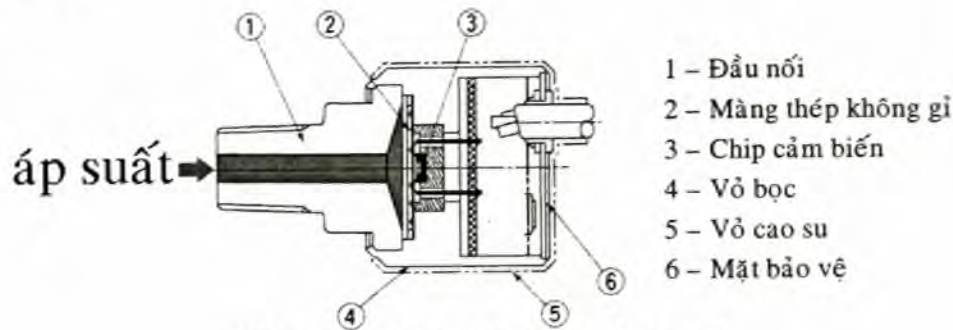
Hình 3.32: Cấu tạo bộ biến đổi áp suất kiểu biến áp vi sai



Biến đổi áp suất đo thành tín hiệu  $U_{ra}$  được thực hiện bằng cách biến đổi áp suất thành sự biến dạng của phần tử cảm ứng gắn với lõi sắt (6) và sau đó biến đổi sự dịch chuyển của lõi thép thành tín hiệu điện.

## 7. Cảm biến áp suất điện tử

### a) Cấu tạo

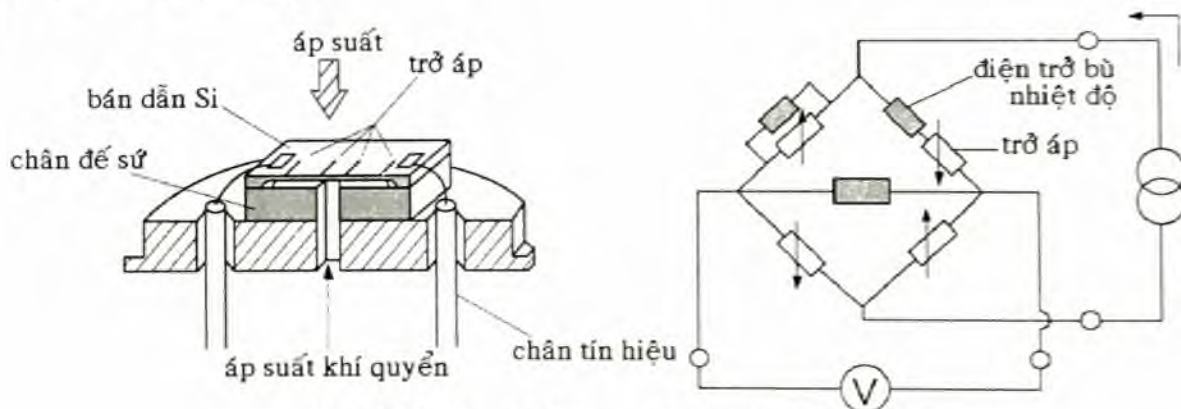


Hình 3.33: Cấu tạo của cảm biến áp suất

Cảm biến áp suất sử dụng thuộc tính điện trở thay đổi khi ứng suất thay đổi của chất bán dẫn và có cấu tạo như hình 3.33.

Cảm biến áp suất có một “chip” cảm biến (3) bằng bán dẫn Si có kích thước khoảng  $4 \times 3 \times 1.7 \text{ mm}$ . Màng cảm biến của “chip” sẽ bị biến dạng khi có tín hiệu áp suất đặt vào.

### b) Nguyên lý làm việc



Hình 3.34: Nguyên lý làm việc của cảm biến áp suất

Khi có áp suất tác động lên màng thép, trở áp trên bề mặt bán dẫn Si sẽ bị thay đổi thông qua quá trình khuếch tán nhiệt và cảm nhận sức căng. Bốn trở áp được mắc thành mạch cầu, khi áp suất thay đổi thì tín hiệu điện áp tương ứng với áp suất đó thay đổi và được đưa ra ngoài qua chân tín hiệu. Để tăng độ chính xác cho tín hiệu ra, cần phải mắc thêm các điện trở bù nhiệt độ. Hình 3.34 trình bày mặt cắt ngang và mạch điện minh họa cho nguyên lý làm việc.

## 8. Các phương pháp chuyển đổi khác

### a) Phương pháp quang điện

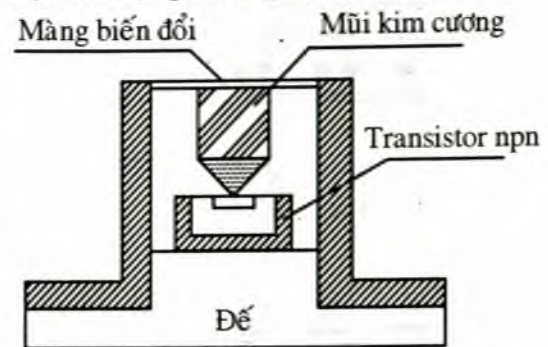
Trong các cảm biến đo áp suất, người ta có thể biến đổi sự dịch chuyển hoặc biến dạng của vật trung gian thành sự thay đổi cường độ ánh sáng bằng phương pháp tán xạ hay phương pháp chặn dẫn các tia sáng phát ra từ một nguồn sáng. Trong phương pháp thứ nhất, ánh sáng bị tán xạ



khi nó phản xạ từ bề mặt của vật trung gian chịu tác động của biến dạng hoặc một chiếc gương được gắn cơ học với vật trung gian. Trong phương pháp thứ hai, người ta sử dụng một cánh cửa động có liên hệ cơ học với một màng hay một ống syphon chịu tác động của áp suất cần đo.

**b) Phương pháp transistor áp điện**

Trong các transistor áp điện loại npn, khi dùng một mũi nhọn tác dụng lực F lên emitter, độ dẫn của vùng chuyển tiếp emitter – base có thể bị thay đổi. Ứng dụng trong mạch khuếch đại sử dụng một trong những transistor loại này, tín hiệu đầu ra tỉ lệ với lực tác dụng. Cảm biến dùng transistor áp điện có thể đo áp suất khoảng 1,5bar.



Hình 3.35: Cảm biến đo áp suất dùng transistor áp điện

**c) Diode đường hầm**

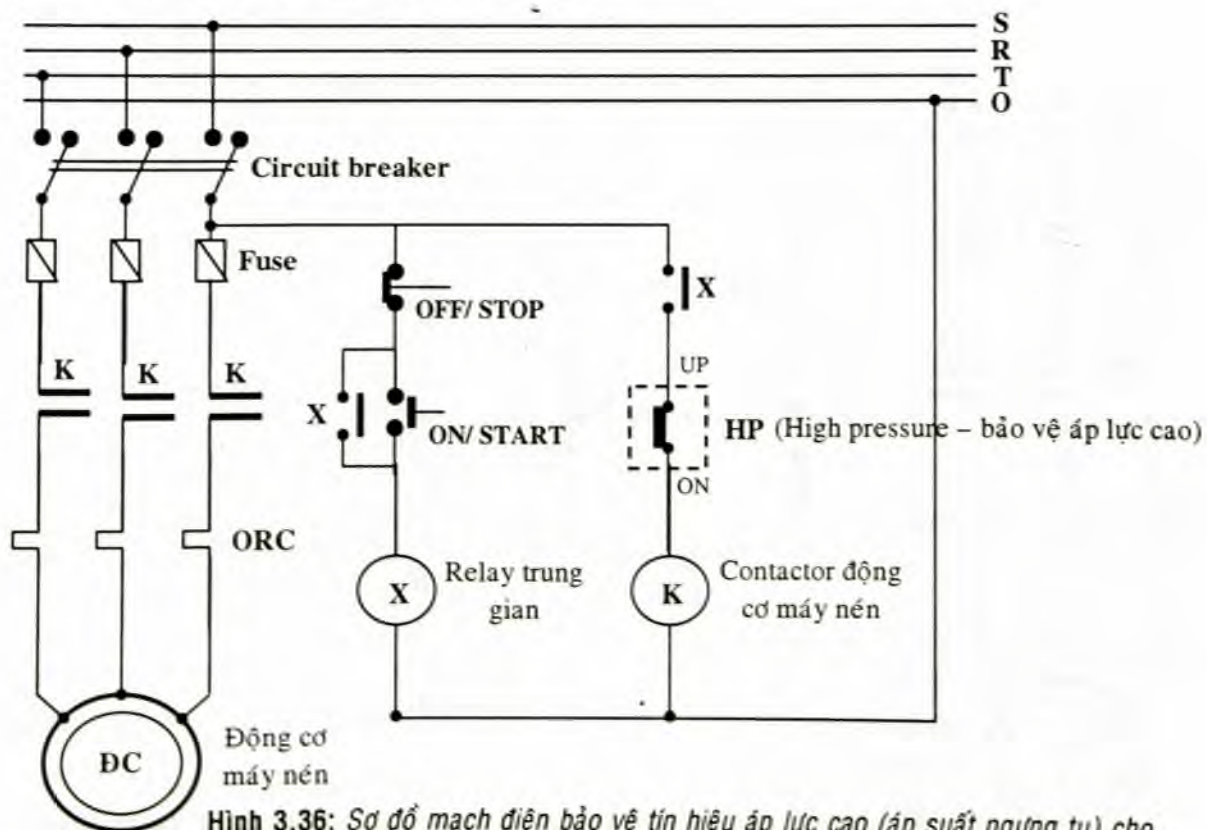
Phần điện trở âm của đường biểu diễn một diode đường hầm bị ảnh hưởng rất mạnh với áp suất. Với một điện thế không đổi dòng điện thay đổi mạnh dưới tác dụng của áp suất.

**d) Quang trở nhạy với áp suất**

Các loại điện trở quang, đặc biệt loại đơn tinh thể CdS được pha tạp sao cho làm việc với khoảng phổ hẹp, dưới một bức xạ, khi bị áp suất tác dụng.

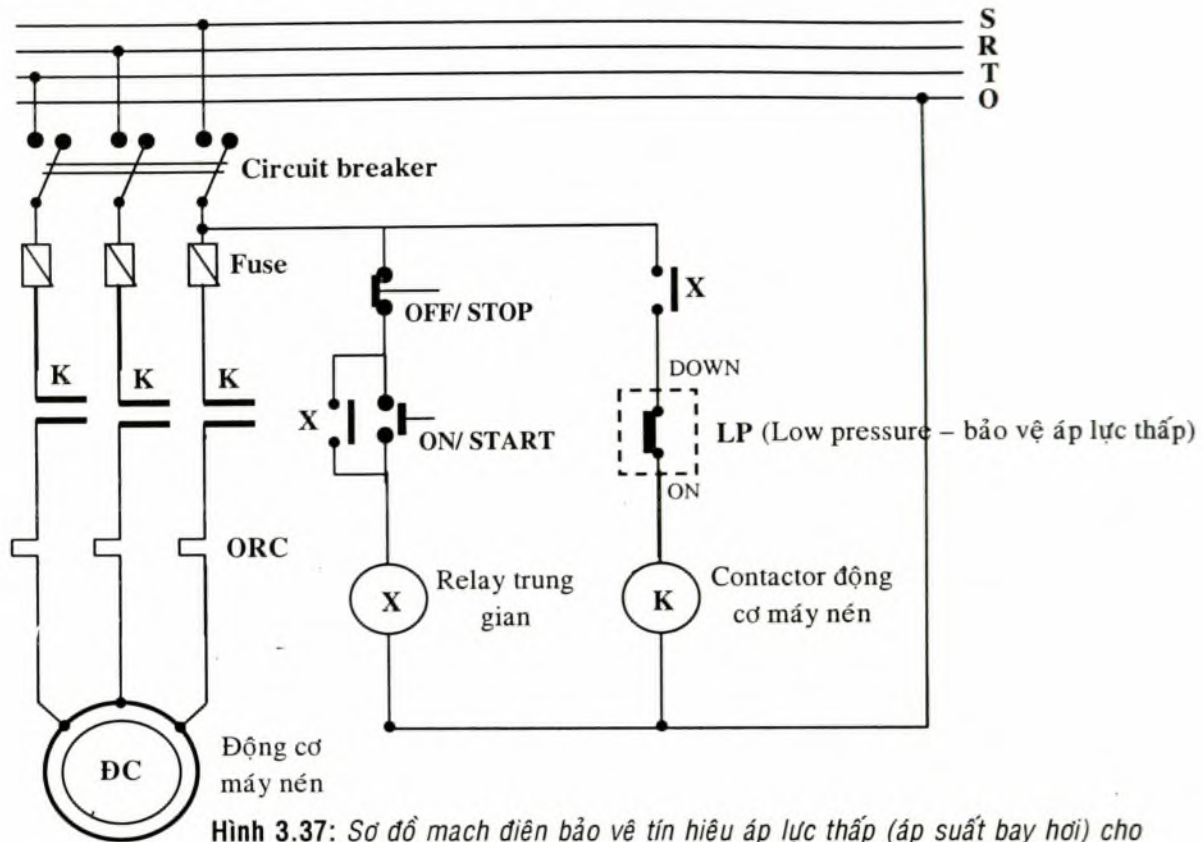
**VI. CÁC MẠCH ĐIỆN CƠ BẢN BẢO VỆ TÍN HIỆU ÁP LỰC**

**1. Mạch điện bảo vệ áp lực cao (áp suất ngưng tụ)**

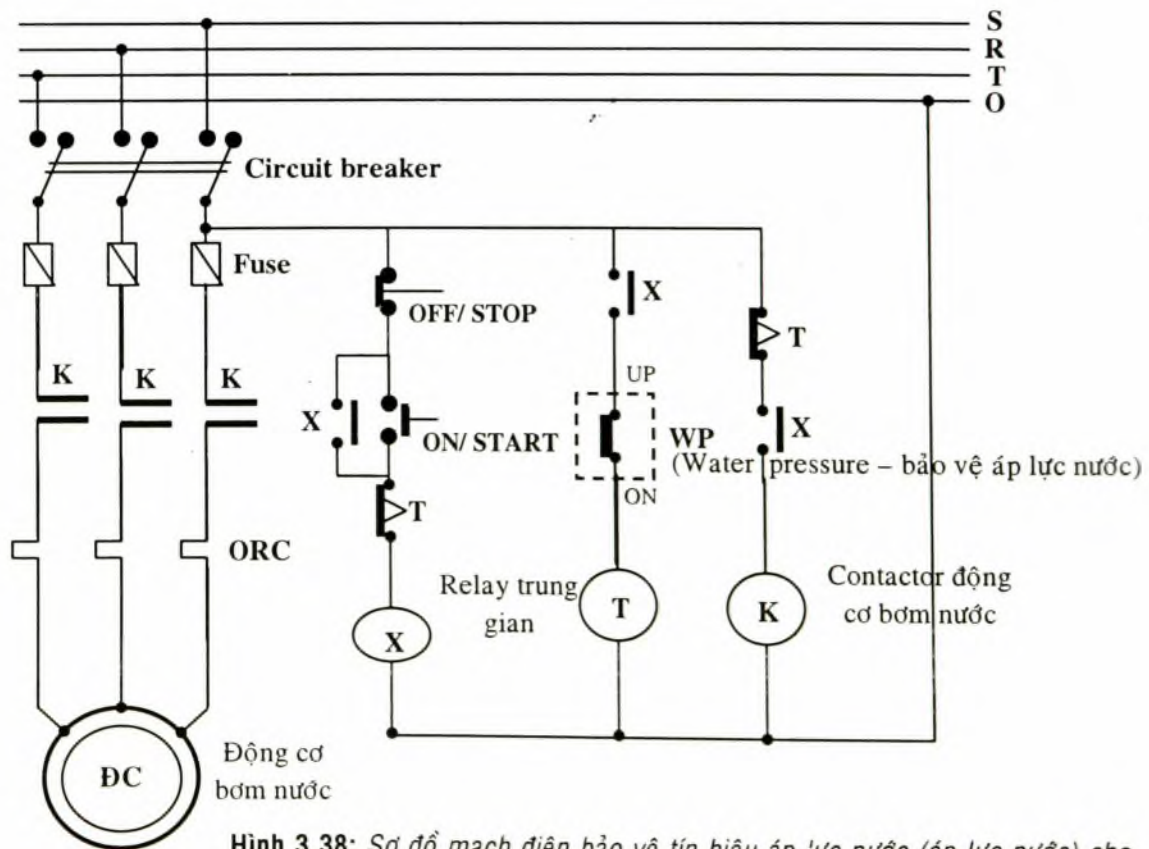


Hình 3.36: Sơ đồ mạch điện bảo vệ tín hiệu áp lực cao (áp suất ngưng tụ) cho máy nén

## 2. Mạch điện bảo vệ áp lực thấp (áp suất bay hơi)

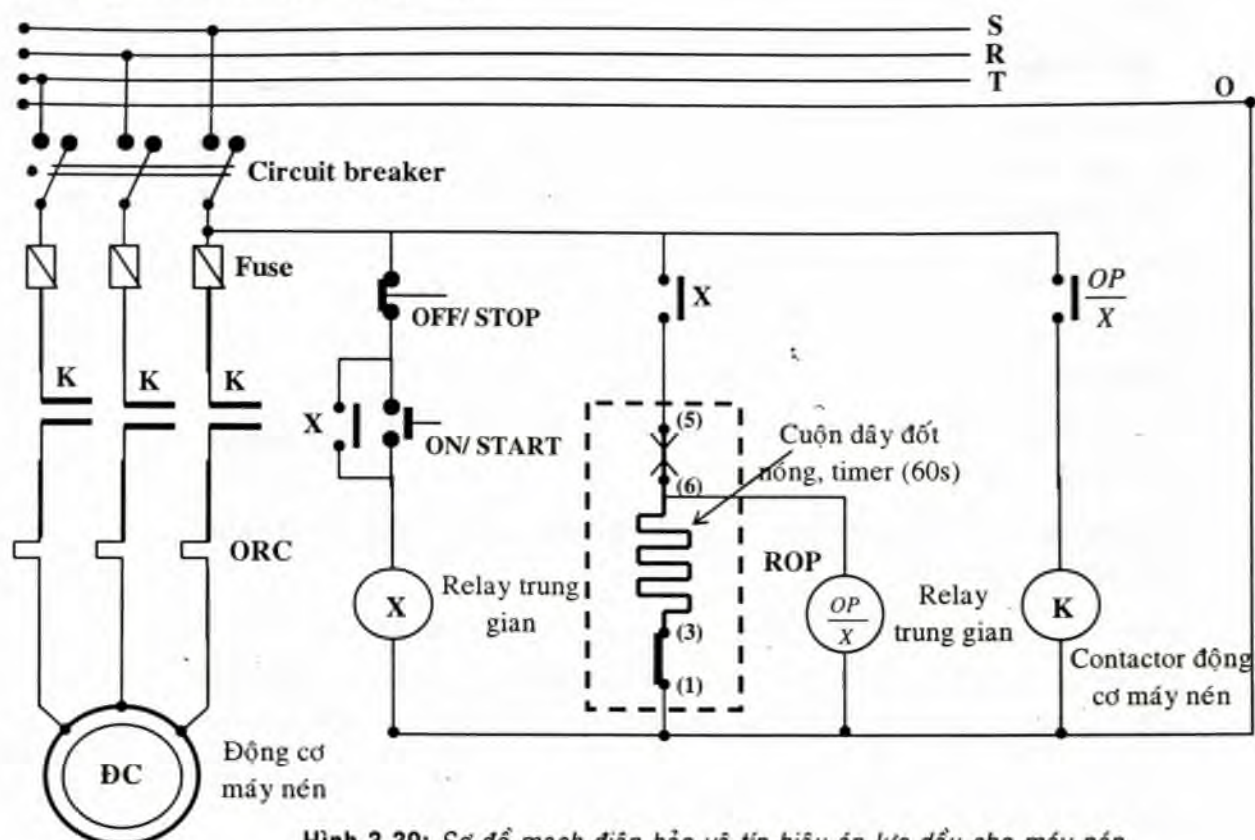


## 3. Mạch điện bảo vệ áp lực nước





#### 4. Mạch điện bảo vệ hiệu áp lực dầu



Hình 3.39: Sơ đồ mạch điện bảo vệ tín hiệu áp lực dầu cho máy nén

### VII. CÁC THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH ÁP LỰC CÓ ĐẶC TÍNH LIÊN TỤC

#### 1. Các thiết bị tự động điều chỉnh có đặc tính liên tục

##### 1.1. Các khái niệm cơ bản

Trong kỹ thuật lạnh người ta sử dụng hai loại dụng cụ tự động điều chỉnh áp suất chính: loại tiết lưu áp suất dùng để điều chỉnh năng suất lạnh của máy lạnh và van điều chỉnh nước giải nhiệt cho bình ngưng để duy trì áp suất không đổi cho bình ngưng tụ.

Thiết bị tiết lưu áp suất dùng để khống chế áp suất bay hơi hoặc hơi hút về máy nén. Sự khống chế áp suất bay hơi được thực hiện bằng việc thay đổi trở lực thủy khí của van.

Thiết bị tiết lưu ( hay còn gọi là điều biến – modulating) áp suất được chia làm 2 nhóm theo kiểu tác động trực tiếp và gián tiếp.

Các thiết bị tiết lưu áp suất trực tiếp sử dụng cho các thiết bị không lớn lắm, đường kính danh nghĩa của van không vượt quá 20 ÷ 25mm.

Theo chức năng làm việc, người ta có thể chia ra các dụng cụ dùng để điều chỉnh áp suất bay hơi, dụng cụ điều chỉnh áp suất ngưng tụ, dụng cụ điều chỉnh năng suất lạnh, dụng cụ dùng để điều chỉnh áp suất cacte máy nén...

Thiết bị điều chỉnh nước giải nhiệt khống chế áp suất ngưng tụ không đổi trong bình ngưng nhờ thay đổi lưu lượng nước giải nhiệt đi vào bình, gọi tắt là van điều chỉnh nước giải nhiệt hoặc van điều chỉnh nước bình ngưng. Van điều chỉnh nước giải nhiệt được bố trí trên



đường cấp nước cho bình ngưng, tín hiệu điều chỉnh van là áp suất đầu đẩy máy nén hoặc áp suất ngưng tụ.

### 1.2. Thiết bị điều chỉnh áp suất bay hơi

Hình dạng bên ngoài của van điều chỉnh áp suất bay hơi kiểu KVP của Danfoss dùng cho môi chất lạnh freon như sau.

Kết cấu của van điều chỉnh áp suất KVP Danfoss, xem hình 3.40.

Van điều chỉnh áp suất bay hơi được lắp trên đường ống hút phía sau dàn bay hơi để thực hiện các nhiệm vụ sau:

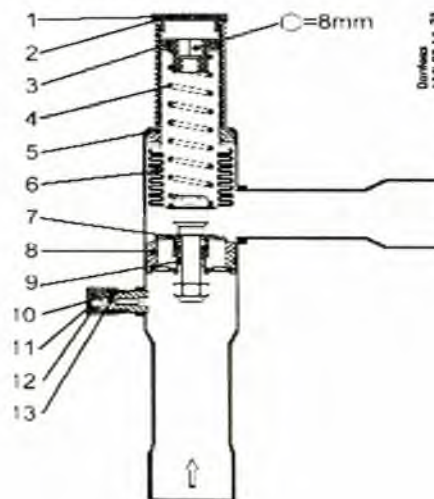
- Khống chế áp suất bay hơi không đổi và qua đó khống chế nhiệt độ không đổi ở phía trên bề mặt dàn bay hơi.
- Đảm bảo áp suất hút không xuống quá thấp ( ví dụ như bảo vệ việc chống đóng băng). Van sẽ đóng lại khi áp suất bay hơi giảm xuống dưới mức qui định ( giá trị cài đặt) và lại tiếp tục mở van cho hơi đi vào máy nén khi áp suất vượt quá mức qui định.
- Van KVP còn dùng để cho thấy sự khác biệt về áp suất bay hơi trong 2 hoặc nhiều dàn bay hơi trong một hệ thống có cùng một máy nén.

#### Thông số kỹ thuật của van

- Dùng cho các môi chất CFC, HCFC, HFC.
- Dãy áp suất điều chỉnh: 0 → 5,5 Bar.
- Áp suất làm việc lớn nhất là 14 bar.
- Áp suất dùng để thử lớn nhất:
  - KVP 12 → 22:  $p' = 28$  bar.
  - KVP 28 → 35:  $p' = 25,6$  bar.
- Nhiệt độ môi chất lớn nhất: 100°C
- Nhiệt độ môi chất thấp nhất: -40°C
- Dải áp suất làm việc lớn nhất ( maximum P band):
  - KVP 12→22: 1,7 bar.
  - KVP 28→35: 2,8 bar.
- Lưu lượng nước (tính trên đơn vị 1 m<sup>3</sup>/h ) với tổn thất áp suất của van là 1 bar với dải P-band như sau:
  - KVP 12→22: 2,5 m<sup>3</sup>/h
  - KVP 28→35: 8 m<sup>3</sup>/h



Hình 3.40: Van điều chỉnh áp suất bay hơi kiểu KVP của Danfoss



Hình 3.41: Kết cấu của van điều chỉnh áp suất bay hơi kiểu KVP của Danfoss

- 1-Nắp bảo vệ; 2-Đệm kín; 3-Vít điều chỉnh; 4- lò xo chính; 5- thân van; 6- hộp xếp cân bằng; 7- đĩa van; 8- đế van; 9- cơ cấu đệm trực; 10- đầu nối áp kế; 11- nắp; 12- đệm kín; 13- kim chèn kín.



**Nguyên tắc làm việc:** độ mở của van được quyết định bởi áp suất bay hơi của môi chất đi vào van theo tỉ lệ, áp suất bay hơi càng lớn thì van sẽ mở càng to, áp suất bay hơi càng nhỏ, van mở càng nhỏ và sẽ đóng khi áp suất bay hơi giảm xuống dưới mức qui định.

Lực đóng van là lực lò xo nén tác động từ trên xuống. Lực đóng van có thể điều chỉnh bằng vít điều chỉnh số 3. Lực mở van là áp suất bay hơi tác động lên diện tích của đĩa van từ dưới lên. Khi lực lò xo nén lớn hơn hoặc cân bằng với lực mở thì van sẽ đóng. Khi lực mở thắng lực lò xo nén thì van sẽ mở.

Năng suất lạnh của van là thông số kỹ thuật để ta chọn van phụ thuộc vào loại môi chất lạnh, nhiệt độ bay hơi, nhiệt độ ngưng tụ, đặc tính làm việc của van và hiệu áp qua van.

**Bảng 3.4. Giới thiệu năng suất lạnh của van KVP Dan foss**

Type	Pressure drop in regulator $\Delta p$ bar	Evaporating temperature $t_e$ °C							
		- 30	- 25	- 20	- 15	- 10	- 5	0	5
<b>R 22</b>									
KVP 12 KVP 15 KVP 22	0,1	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8
	0,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3
	0,3	3,0	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,9	6,5
	0,4	3,3	3,8	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,4
	0,5	3,4	4,1	4,7	5,3	6,0	6,7	7,4	8,2
	0,6	3,6	4,2	5,0	5,7	6,4	7,2	8,0	8,8
KVP 28 KVP 35	0,1	4,0	4,5	5,0	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2
	0,2	5,4	6,2	6,9	7,7	8,6	9,5	10,4	11,4
	0,3	6,3	7,3	8,2	9,3	10,3	11,5	12,6	13,9
	0,4	7,0	8,1	9,2	10,4	11,7	13,0	14,4	15,8
	0,5	7,4	8,7	10,0	11,4	12,8	14,3	15,9	17,5
	0,6	7,6	9,1	10,6	12,2	13,8	15,4	17,1	18,9

Bảng 3.4 năng suất lạnh của van kiểu KVP với sự dịch chuyển (offset) 0,6 bar của môi chất lạnh R22.

Năng suất lạnh của van phải phù hợp với năng suất lạnh của dàn bay hơi và phụ thuộc vào nhiệt độ của môi chất lạnh lỏng ở trước van tiết lưu, độ giáng áp đi qua van  $\Delta p$  và hệ số hiệu chỉnh offset là 0,6 bar. Nhiệt độ lỏng trước van tiết lưu ở đây là 25°C.

Năng suất lạnh của van được tính cho hơi bão hòa khô trước van điều chỉnh. Khi thiết kế, năng suất lạnh dàn bay hơi cần được nhân với hệ số hiệu chỉnh từ nhiệt độ lỏng trước van tiết lưu  $t_l$  và offset trong van.

**Bảng 3.5. Hệ số hiệu chỉnh ( $t_l$ )**

$t_l$ , °C	15	20	25	30	35	40
R22	0,93	0,96	1,0	1,04	1,09	1,15

**Bảng 3.6. Hệ số hiệu chỉnh offset  $\Delta p$  (bar)**

Offset (bar)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
KVP	2,5	1,4	1,0	0,77	0,67	0,59

**Ví dụ:** áp suất của dàn bay hơi sử dụng môi chất R22 cần duy trì 5,8 bar tương đương nhiệt độ bay hơi 5°C và áp suất hút là 5,2 bar. Để tránh đóng băng trên dàn bay hơi, van điều



chỉnh áp suất cần phải đóng mở ở 5,1 bar. Năng suất lạnh của dàn bay hơi là  $Q_0 = 4,5 \text{ kW}$ , nhiệt độ bay hơi  $t_0 = 5^\circ\text{C}$ , nhiệt độ lỏng trước van tiết lưu  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ . Chọn van thích hợp?

### Giải

Ta có hệ số hiệu chỉnh  $t_1 = 1,04$  tại  $30^\circ\text{C}$ .

Offset:  $5,8 - 5,1 = 0,7 \text{ bar}$

Hệ số hiệu chỉnh offset:  $(1,04 + 0,7)/2 = 0,89$

Năng suất lạnh hiệu chỉnh:  $Q_0 = 4,5 * 0,89 * 1,04 = 4,17 \text{ kW}$

Hiệu áp tại 2 phía của van:  $\Delta p = 5,8 - 5,2 = 0,6 \text{ bar}$

Với R22 ta có  $\Delta p = 0,6 \text{ bar}$ ,  $Q_0 = 4,17 \text{ kW}$ ,  $t_0 = 5^\circ\text{C}$  ta chọn được KVP12,15 và 22 với năng suất lạnh max = 8,8 kW. Khi ta chọn van điều chỉnh ta cần chọn đường kính danh nghĩa 12,15 hoặc 22 cho phù hợp với đường kính ống hút về máy nén và đường kính ống ra của dàn bay hơi.

Ý nghĩa của P-band và offset:

**Dải tỉ lệ hay P-band** là áp suất cần thiết để di chuyển đĩa van từ vị trí đóng đến vị trí mở hoàn toàn.

**Ví dụ:** một van điều chỉnh áp suất được cài đặt để mở ở áp suất 4 bar và dải P-band của van là 1,7. Van sẽ có năng suất lạnh lớn nhất khi áp suất đầu vào đạt giá trị 5,7 bar.

**Hệ số hiệu chỉnh offset** là độ chênh lệch áp suất giữa áp suất làm việc cần thiết và áp suất làm việc thấp nhất cho phép.

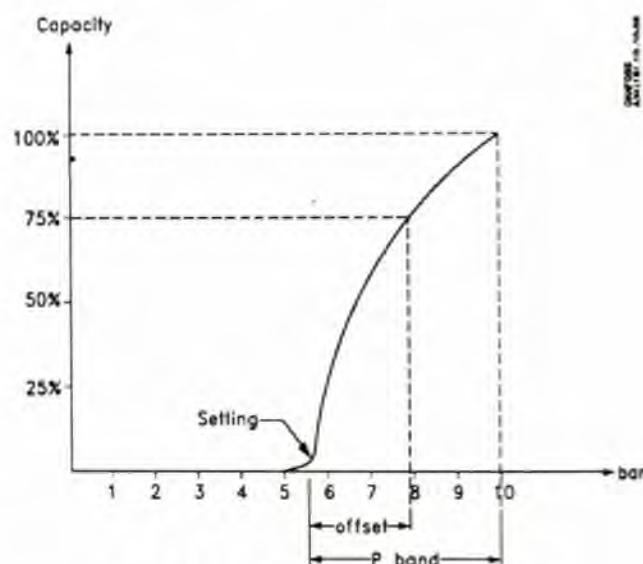
Hệ số hiệu chỉnh offset luôn là một phần của P-band.

Để giảm hiệu áp hay độ giáng áp đi qua van đến mức thấp nhất, người ta sử dụng van tác dụng gián tiếp kiểu PKV và PKVS, lấy tín hiệu áp suất ngưng tụ để đóng mở van chính, ngoài ra còn có một đường thông khí từ bên áp suất cao sang bên áp suất thấp để đóng mở van phụ. Khi sử dụng van PKV kết hợp với van điện từ bố trí trên đường thông hơi người ta kí hiệu là PKVS. Hiệu áp suất qua van có thể giảm xuống đến 0,02 bar.

Van PKV/PKVS được dùng cho các hệ thống lạnh có nhiệt độ âm sâu với tổn thất áp suất qua van là thấp nhất.

**Ứng dụng:** ứng dụng đơn giản của van điều chỉnh áp suất bay hơi kí hiệu là KVP thể hiện trên hình 3.43

Trong nhiều trường hợp, ta dùng van điều chỉnh áp suất bay hơi để duy trì áp suất bay hơi không tụt xuống dưới mức qui định, ví dụ để ngăn ngừa tuyết bám trên dàn, để đảm bảo chất tải lạnh không đóng băng trong đường ống bình bay hơi, để duy trì độ ẩm cao trong buồng lạnh...



Hình 3.42: Đồ thị P-band và offset



Xét ứng dụng trên ta thấy phía sau dàn bay hơi nhiệt độ cao  $t_0 = +6^\circ\text{C}$  được lắp một van điều chỉnh áp suất để tránh đưa nhiệt độ dàn xuống ngang với dàn bay hơi ở nhiệt độ thấp  $t_0 = -4^\circ\text{C}$ , vì áp suất hút về máy nén nên ở đây đều là  $p_h$  tương ứng với nhiệt độ  $-4^\circ\text{C}$ , nhiệt độ bay hơi của dàn lạnh nhất.

Tuy nhiên ta cần lưu ý nhất thiết phải lắp một van một chiều trên đường ống hút cho dàn có nhiệt độ lạnh sâu hơn để tránh tích lỏng trong dàn lạnh hơn khi máy nén dừng làm việc. Ngoài ra ta nên bố trí một van điện từ ngay sau bình chứa để khoá lỏng ngay khi máy nén dừng.

Kinh nghiệm là nếu nhiệt độ của 2 dàn lạnh cách nhau  $10^\circ\text{C}$  trở lên, ta phải lắp thêm một van một chiều cho dàn lạnh lớn hơn. Trước đây người ta hay dùng van điều chỉnh áp suất cho hệ thống lạnh với một máy nén có nhiều dàn bay hơi khác nhiệt độ nhưng ngày nay người ta sử dụng van điều chỉnh áp suất bay hơi cho cả các hệ thống lạnh chỉ có một dàn bay hơi để tránh hiện tượng áp suất bay hơi dao động quá mạnh khi tải nhiệt dàn bay hơi thay đổi mạnh.

Do áp suất dàn bay hơi phụ thuộc vào nhiệt độ bay hơi nên ta có thể khống chế áp suất bay hơi qua việc khống chế nhiệt độ bay hơi.

### 1.3. Thiết bị điều chỉnh áp suất ngưng tụ

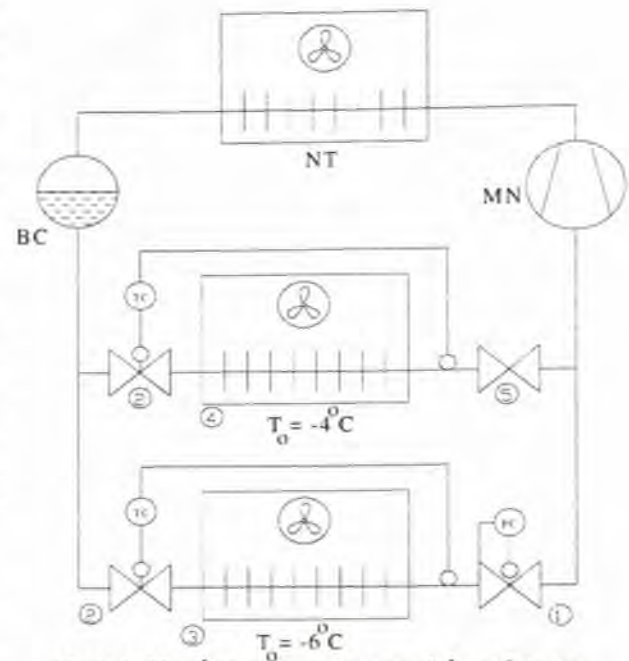
#### 1.3.1. Thiết bị điều chỉnh áp suất ngưng tụ dàn ngưng giải nhiệt gió

Áp suất ngưng tụ và áp suất bình chứa là đại lượng quan trọng để xác định năng suất lạnh của van tiết lưu và đảm bảo lưu lượng môi chất lạnh cần thiết cấp cho dàn bay hơi.

Để đảm bảo áp suất ngưng tụ và áp suất bình chứa không tụt xuống dưới mức cho phép trong điều kiện thời tiết mùa đông, người ta sử dụng van điều chỉnh áp suất ngưng tụ.

Xem hình 3.44, 3.45 giới thiệu van điều chỉnh áp suất ngưng tụ KVR sử dụng cho dàn ngưng giải nhiệt gió.

Cấu tạo van điều chỉnh áp suất ngưng tụ KVR và điều chỉnh áp suất bình chứa NRD sử dụng cho các dàn ngưng tụ giải nhiệt gió.



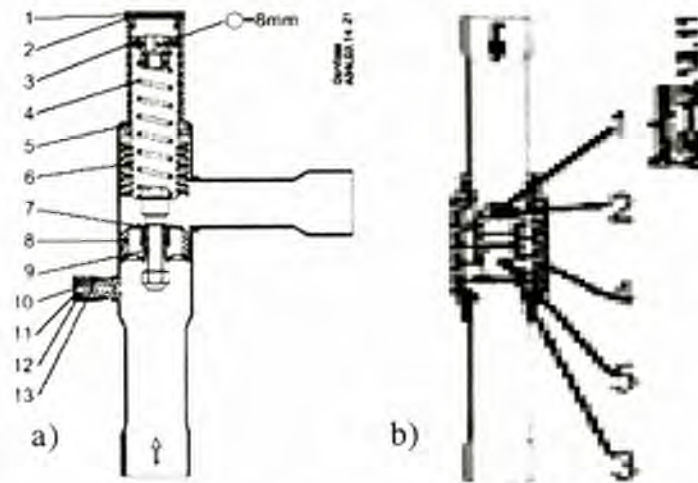
Hình 3.43: Ứng dụng của van điều chỉnh áp suất bay hơi

MN- máy nén; NT- dàn ngưng; BC- Bình chứa; 1-Van điều chỉnh áp suất bay hơi kiểu KVP; 2- van tiết lưu nhiệt; 3- dàn bay hơi  $t_0 = 6^\circ\text{C}$ ; 4- dàn bay hơi  $t_0 = -4^\circ\text{C}$ ; 5- van một chiều.



Hình 3.44: Van điều chỉnh áp suất ngưng tụ kiểu KVR, KVR.





**Hình 3.45:** Van điều chỉnh áp suất ngưng tụ KVR và áp suất bình chứa NRD.

- a) Van KVR: 1- nắp bịt; 2- đệm kín; 3- vít cài đặt áp suất; 4- lò xo chính; 5- thân van; 6- hộp xếp cân bằng; 7- tấm van; 8- đế van; 9- cơ cấu đệm hiệu quả; 10- đầu nối áp kế; 11- mũ; 12- đệm kín; 13- kim lót.  
 b) Van NRD: 1- piston; 2- tấm van; 3- dẫn hướng piston; 4- thân van; 5- lò xo.

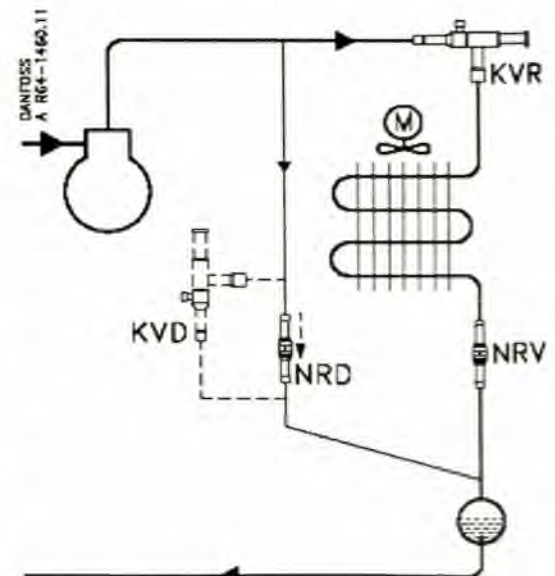
**Nguyên lý làm việc:** van KPR mở khi áp suất đầu vào tăng, nghĩa là khi áp suất dàn ngưng tụ đạt đến giá trị định trước. Van KPR hoạt động phụ thuộc vào áp suất đi vào van. Sự thay đổi áp suất đầu ra của van không phụ thuộc vào sự làm việc của van bởi vì van KPR có một hộp xếp cân bằng số (6). Diện tích hiệu dụng của hộp xếp tương ứng với diện tích hiệu dụng của tấm van. Ngoài ra vẫn còn trang bị 1 cơ cấu đệm hiệu quả (9) chống lại các xung đột thường xảy ra trong hệ thống lạnh. Cơ cấu đệm đảm bảo tuổi thọ lâu bền cho van mà không làm giảm độ chính xác khi điều chỉnh.

Van điều chỉnh áp suất bình chứa sẽ mở khi hiệu áp trong van đạt 1,4 bar và van mở hoàn toàn khi hiệu áp đạt 3 bar.

Xem hình 3.46 giới thiệu vị trí lắp đặt của KVR và NRD vào hệ thống lạnh dàn ngưng giải nhiệt bằng không khí (gió).

Ở điều kiện vận hành mùa đông, nhu cầu lạnh giảm hay năng suất lạnh yêu cầu giảm đi, hiệu nhiệt độ tăng  $\Delta t_k = t_k - t_{kk}$  do đó diện tích trao đổi nhiệt của dàn ngưng yêu cầu giảm đi đáng kể. Van KVR có nhiệm vụ làm ứ lỏng trong dàn ngưng, vô hiệu hóa một phần của dàn, làm cho áp suất ngưng tụ tăng lên.

Giả sử hệ số truyền nhiệt là giống nhau, áp suất và nhiệt độ ngưng tụ yêu cầu là như nhau thì diện tích trao đổi nhiệt dàn ngưng mùa đông chỉ bằng khoảng 17% so với mùa hè. Vì vậy, muốn đạt được áp suất như vậy, van KVR phải cho ngập lỏng khoảng 83% diện tích dàn. Khi áp suất bình chứa tụt xuống dưới mức cho phép, van KVR mở để cho hơi nóng từ máy nén trực tiếp đi vào bình chứa để tăng đáp ứng yêu cầu.



**Hình 3.46:** Vị trí lắp đặt của KVR và NRD trong hệ thống lạnh, điều chỉnh áp suất ngưng tụ bằng ứ lỏng, vô hiệu hoá một phần dàn ngưng.



- **Các thông số kỹ thuật:**

Môi chất sử dụng là HFC, CFC, HCFC.

Dải điều chỉnh là 5 ÷ 17,5 bar.

Áp suất làm việc lớn nhất là 28 bar.(cho cả 2 loại KVR và NRD).

Áp suất kiểm tra lớn nhất:

KVR là 31 bar.

NRD là 36 bar.

Nhiệt độ của môi chất lớn nhất là 130 °C.

Nhiệt độ môi chất thấp nhất là -40°C.

Dải P-band: KVR18→22: 6,2 bar.

KVR 28→35: 5 bar.

Hệ số chênh lệch áp suất để mở van NRD:

Áp suất bắt đầu mở là 1,4 bar.

Áp suất mở hoàn toàn là 3 bar.

Bảng 3.7 giới thiệu đặc tính kỹ thuật một số van KVR phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng tụ  $t_k$ , hiệu áp đi qua van  $\Delta p$  và độ dịch chuyển offset. Offset 1,5 bar (tính cho lỏng) có nghĩa là lúc đó van KVR lắp sau dàn ngưng, Offset 1,5 bar (tính cho hơi) có nghĩa là lúc đó van KVR lắp trước dàn ngưng.

**Bảng 3.7. Đặc tính kỹ thuật một số van KVR**

Kiểu	Nhiệt độ ngưng tụ $t_k$ , °C	Offset 1,5 bar ( Tính cho lỏng)					Offset 1,5 ( tính cho hơi)				
		Hiệu áp $\Delta p$ , bar					Hiệu áp $\Delta p$ , bar				
		0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
KVR12	30	19,8	28,1	39,7	56,2	79,4	35,6	50,4	71,3	100,9	142,9
KVR15	40	17,8	25,2	35,6	50,4	71,3	32	45,3	64	90,6	128,3
KVR22	50	15,7	22,2	31,4	44,4	62,9	28,2	39,9	56,4	79,9	113,1
KVR26	30	50,7	71,7	101,4	143,4	202,9	91,2	129	182,5	258,2	365,5
KVR35	40	45,9	63,4	91	128,7	182,1	81,9	115,8	163,9	231,8	328,2

Năng suất lạnh tính theo nhiệt độ quá lạnh 0 °C và nhiệt độ bay hơi -10°C, nhiệt độ quá nhiệt hơi hút 0°C. Nếu nhiệt độ bay hơi thay đổi ta phải nhân với hệ số hiệu chỉnh cho ở bảng 3.8 sau đây.

**Bảng 3.8. Hệ số hiệu chỉnh**

$t_0$ , °C	-40	-3	-20	-10	0	10
R22	0,91	0,94	0,97	1,0	1,03	1,05



Khi ta lựa chọn một van KVR thích hợp, để đạt được giá trị năng suất lạnh yêu cầu thực tế, ta dùng hệ số hiệu chỉnh, đây là điều kiện bắt buộc khi những điều kiện trên hệ thống khác với những điều kiện cho trên bảng. Việc lựa chọn phụ thuộc vào tổn thất áp suất cho phép đi qua van.

### 1.3.2. Van điều chỉnh nước giải nhiệt cho bình ngưng

Van điều chỉnh nước giải nhiệt nước cho bình ngưng loại WVFM, WVFS, WVS nhằm duy trì áp suất ngưng tụ không đổi trong thiết bị ngưng tụ trong suốt quá trình hoạt động, điều chỉnh lưu lượng nước giải nhiệt trong hệ thống bình ngưng giải nhiệt nước. Khi hệ thống ngưng hoạt động, lưu lượng nước làm mát sẽ bị chặn đứng lại một cách tự động.



Hình 3.47: Van điều chỉnh nước giải nhiệt thiết bị ngưng tụ

Hình 3.47 giới thiệu hình dáng bên ngoài của van điều chỉnh nước:

Bảng 3.9. Thông số kỹ thuật một số chủng loại van

Chủng loại	Phía bình ngưng				Phía lỏng			Giá trị Kv
	Môi chất	Áp suất điều khiển (bar)	Áp suất làm việc lớn nhất (bar)	Áp suất kiểm tra lớn nhất (bar)	Môi chất	Áp suất làm việc lớn nhất (bar)	Áp suất kiểm tra lớn nhất (bar)	
WVFM 10	CFC; HCFC, HFC	3,5 -->10	15	16,5	Nước mặn	10	10	2,4
WVFM16		3,5 -->10	15	16,5		10	10	2,4
WVFX10		3,5-->16	26,4	29		16	24	1,4
WVFX15		4 -->23	26,4	29		16	24	1,9
WVFX20		3,5-->16	26,4	29		16	24	3,4
WVFX25		3,5-->16	26,4	29		16	24	5,5
WVFX32		4 -->17	24,1	26,5		10	10	11
WVFX40		4 -->17	24,1	26,5		10	10	11
WVS32	CFC	2,2-->19	26,4	29	Nước mặn	10	16	12,5
WVS40	HCFC	2,2 --> 19	26,4	29		10	16	21
WVS50	HFC	2,2 -->19	26,4	29		10	16	32
WVS65	R717 (NH3)	2,2 -->19	26,4	29		10	16	45
WVS80		2,2 -->19	26,4	29		10	16	80
WVS100		2,2 -->19	26,4	29		10	16	125

Giá trị Kv là lưu lượng nước tính trên đơn vị m<sup>3</sup>/h tại tổn thất áp suất đi qua van là 1 bar.

Van WVFM10→16 và WVFX10→40 là van tác động trực tiếp, WVS32→100 là van tác động gián tiếp.



Dải nhiệt độ làm việc của môi chất:

WVFM: -25 → 90°C

WVFX10→25: -25 → 130°C

WVFX32→40: -25 → 90°C

WVS: -25 → 90°C

Độ chênh lệch áp suất mở:

WVFM10 → 16, WVFX10→25: lớn nhất là 10 bar.

WVFX32→ 40: lớn nhất là 10 bar.

WVS32→40: nhỏ nhất là 0,5 bar; lớn nhất là 4 bar.

WVS50→100: nhỏ nhất là 0,3 bar; lớn nhất là 4 bar.

Hình 3.48 sau đây giới thiệu van điều chỉnh nước giải nhiệt thiết bị ngưng tụ kiểu WVFX10÷25 của Danfoss.

Tấm van (8) được làm bằng đồng và được dán đè lên một lớp cao su đặc biệt thành một tấm đệm kín ép lên đế van. Van được làm kín với bên ngoài bằng màng (7). Phía trên và phía dưới của thân van được lắp các ống dẫn hướng làm kín bằng các vòng đệm hình chữ O để đảm bảo các chi tiết ở bên trong di chuyển một cách hoàn hảo. Các vòng đệm hình chữ O được lắp với màng để đảm bảo độ kín cao ở bên ngoài, tránh sự rò rỉ.

Đế van được làm bằng thép không gỉ và được dập khuôn cùng với thân van. Vỏ lò xo được (2) được làm bằng nhôm và có rãnh dẫn hướng cho vòng đỡ lò xo và nhô ra thành dạng kim chỉ cho việc điều chỉnh áp suất ngưng tụ. Một thang đo chia vạch từ 1 ÷ 15 được đóng rivê lên thân vỏ lò xo chỉ thị độ chỉnh van.

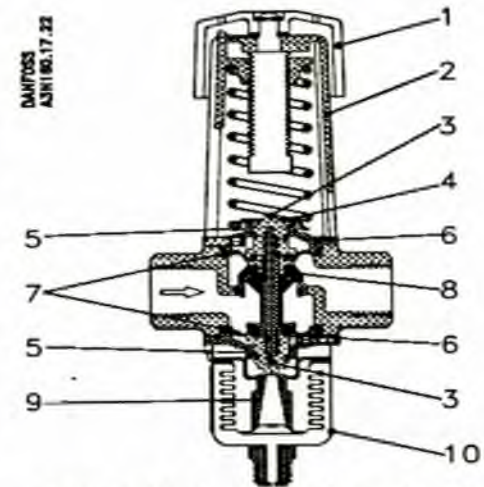
Áp suất ngưng tụ được dẫn vào hộp xếp 10 nhờ đầu nối mũ loe. Mỗi sự thay đổi nhỏ của áp suất cũng tác động đến hộp xếp và qua đó lưu lượng nước làm mát phù hợp được hiệu chỉnh. Các van có đường kính đến 40 mm được chế tạo theo kiểu tác động trực tiếp.

#### 1.4. Thiết bị điều chỉnh năng suất lạnh

##### 1.4.1. Thiết bị bypass hơi nóng KVC và CPCE

Có thể điều chỉnh năng suất lạnh bằng cách xả hơi nóng qua đường phụ bypass trở lại đường hút. Ta đặt trên đường bypass ở giữa áp suất thấp và áp suất cao của hệ thống lạnh.

Xem hình 3.49, 3.50 hình dạng bên ngoài và cấu tạo của van KVC.



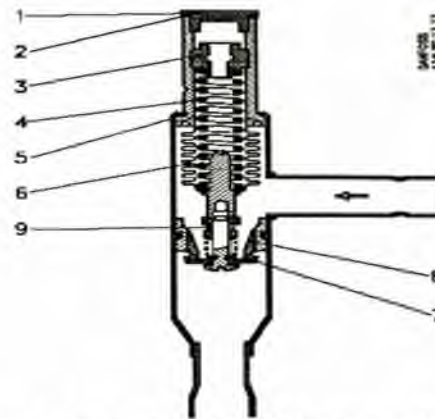
Hình 3.48: Van điều chỉnh nước giải nhiệt thiết bị ngưng tụ kiểu WVFX10÷25 của Danfoss

1- tay vặn; 2- vỏ lò xo; 3- dẫn hướng ty van; 4- vòng đỡ lò xo; 5- vòng chữ O; 6- ống lót dẫn hướng; 7- màng đàn hồi; 8- tấm van; 9- đệm chống xung; 10- hộp xếp đáy.





Hình 3.49: Hình dạng bên ngoài của van KVC



Hình 3.50: Van điều chỉnh năng suất lạnh bypass hơi nóng về đường hút kiểu KVC của Danfoss

- 1- nắp bảo vệ;
- 2- đệm kín;
- 3- vít đặt và điều chỉnh van;
- 4- lò xo chính;
- 5- thân van;
- 6- hộp xếp cân bằng;
- 7- tấm van;
- 8- đế van;
- 9- cơ cấu đệm chống xung.

Van tự động mở khi áp suất đường ra giảm. Áp suất đường ra của van tương ứng với áp suất hút hay áp suất bay hơi, nghĩa là khi áp suất bay hơi giảm xuống dưới mức qui định tương ứng với sự giảm năng suất lạnh yêu cầu, van sẽ mở ra để xả hơi nóng trực tiếp về phía hút. Áp suất bay hơi mở càng nhỏ, cửa van mở càng lớn và ngược lại khi áp suất hút tăng (do tải nhiệt dàn bay hơi tăng) van sẽ tự động đóng lại. Áp suất bay hơi được điều chỉnh nhờ vít số 3.

Áp suất đầu vào hay áp suất ngưng tụ không ảnh hưởng đến độ mở của van KVC vì van được trang bị hộp xếp cân bằng (6). Hộp xếp cân bằng có diện tích bề mặt hiệu dụng tương đương với diện tích bề mặt của đế van.

Van được trang bị một cơ cấu đệm chống xung hiệu quả để chống lại các xung động thường xảy ra trong máy lạnh. Cơ cấu đệm chống xung đảm bảo van hoạt động lâu bền, tin cậy và độ chính xác điều chỉnh không bị suy giảm.

Các van KVC12,15 và 22 có phạm vi điều chỉnh hiệu áp từ 0,2 đến 6 bar, nhiệt độ làm việc tối đa của hơi nóng là 106°C, áp suất làm việc tối đa là 28 bar, áp suất thử là 31 bar.

Các van kiểu CPCE là các loại van tác động gián tiếp nhờ tín hiệu áp suất, chức năng tương tự như van KVC.

#### 1.4.2. Van bypass hơi nóng với van chủ PMC và pilot CVC

Các van PMC và CVC được dùng để điều chỉnh năng suất lạnh bằng bypass hơi nóng cho hệ thống lạnh freon và amoniac. PMC là van chủ được sử dụng cùng với các van pilot khác nhau và dùng cho tất cả các loại cấp lỏng:

- Dàn bay hơi trực tiếp.
- Hệ thống cấp lỏng bằng bơm tuần hoàn.
- Cấp lỏng tự nhiên.

Hình 3.51 là hình dạng bên ngoài và cấu tạo của van chủ PMC1 và van PMC3 kết hợp với van pilot CVC.



Hình 3.51: Hình dạng bên ngoài của van chủ PMC1 và PMC3



Cấu tạo của van chủ PMC1 và PMC3, van pilot CVC và EVM được giới thiệu trên các hình 3.52, 3.53 sau đây.

Nhiệm vụ của van điều chỉnh năng suất lạnh là tương hợp năng suất cố định của máy nén với tải lạnh thay đổi của hệ thống. Ta có thể lắp van chủ PMC với van pilot CVC trên đường nối tắt giữa đầu đẩy và đầu hút của máy nén để đạt được mục đích trên.

Nếu tải lạnh trên dàn bay hơi giảm, sẽ có một tải lạnh “nhân tạo” là hơi nóng tiết lưu trở lại qua bypass quay lại dàn bay hơi bù cho sự thiếu hụt tải lạnh của dàn lạnh.

Van chủ điều biến dòng chảy tương ứng với tín hiệu của van pilot. Độ mở của van chủ được xác định bởi hiệu áp suất giữa áp suất  $p_2$  tác động lên đầu piston phụ và áp suất  $p_3$  tác động phía dưới piston phụ.

Nếu hiệu áp suất bằng 0, van chủ sẽ đóng hoàn toàn.

Nếu hiệu áp là 0,3 bar trở lên, van chủ mở hoàn toàn.

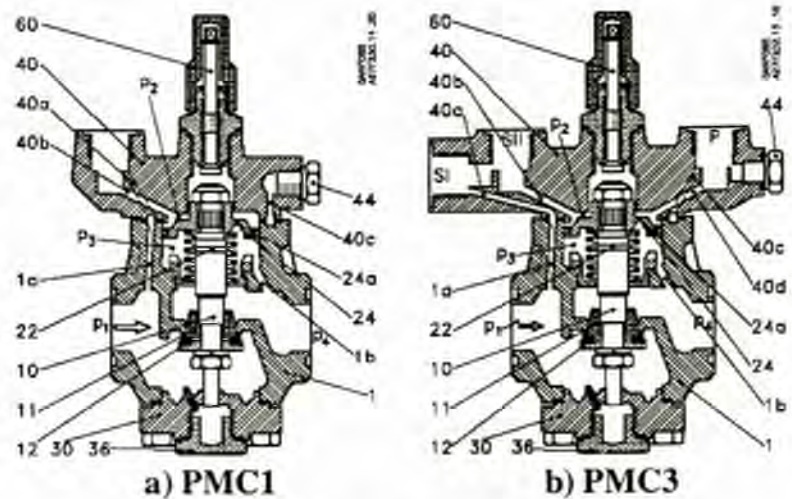
Nếu hiệu áp ( $p_2 - p_3$ ) giữa 0,07 bar và 0,2 bar, độ mở van chủ sẽ tỉ lệ tương ứng.

Do kênh 1b ở thân van, áp suất  $p_3$  bằng áp suất  $p_4$  ở cửa ra của van. Độ mở của van chủ được điều chỉnh bằng áp suất  $p_2$  bằng hoặc lớn hơn áp suất  $p_4$ .

Áp suất  $p_2$  tối đa có thể tác động lên piston phụ là  $p_{2max} = p_1$ , đó là áp suất vào van chính. Áp suất  $p_1$  có thể được dẫn vào phía trên piston phụ qua các kênh (1a, 40a, 40b, 40c, 40d), qua thân van (1), nắp trên (40) qua các van pilot.

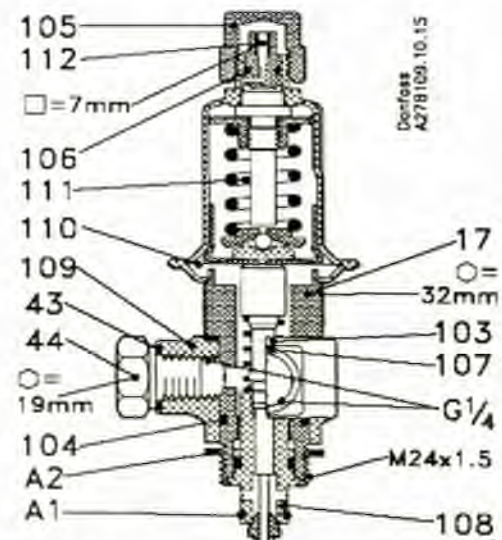
Độ mở của van pilot quyết định độ lớn của  $p_2$  và độ lớn của  $p_2$  quyết định độ mở của van chủ, điều đó có nghĩa là lỗ cân bằng (24a) trong piston phụ (24) đảm bảo áp suất  $p_2$  cân bằng tương ứng với độ mở của van pilot.

Khi lắp van CVC lên nắp van chủ thì van chủ PMC1 mở khi  $p_s$  ở đầu nối tín hiệu (107) nằm ở dưới điểm đặt.



Hình 3.52: Cấu tạo van chủ PMC1 và PMC3

1-thân van; 1a,1b- các kênh trong thân van; 10-trục điều chỉnh; 11- tấm van hình côn dùng để tiết lưu;12- đế van; 22- vòng khóa; 24-piston phụ(piston trợ động);24a-lỗ cân bằng ở piston phụ; 30- nắp đáy; 36- nút bit; 40- nắp trên; 40a,b,c,d- các kênh trên nắp trên; 44- nút khóa để lắp áp kế; 60- vít để mở van bằng tay.



Hình 3.53: Cấu tạo của van pilot CVC

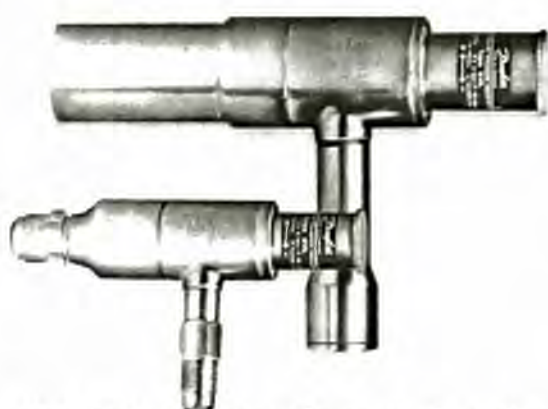
43- đệm kín; 44- nút khóa lắp áp kế; 81- đệm kín; 82- vòng đệm hình chữ O; 103-đầu nối; 104,106- vòng đệm chữ O; 105- mũ bảo vệ; 107- đầu nối tín hiệu; 108- lỗ van phụ; 109- đầu nối; 110- màng đàn hồi; 111- lò xo; 112- vít đặt, vít hiệu chỉnh.



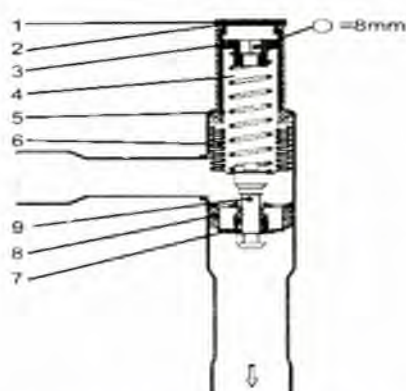
Van chủ PMC3 có 3 đầu nối ren cho 3 van pilot, trong đó 2 cái được mắc nối tiếp và một cái được mắc song song ( nối tiếp là SI và SII; song song là P). Nếu chỉ 1 van pilot cũng đủ cho chức năng điều khiển yêu cầu thì 2 đầu nối ren còn lại phải dùng nút khóa tương ứng kèm theo để khoá lại.

### 1.5. Thiết bị dùng để điều chỉnh áp suất hút hay áp suất cacte

Thiết bị điều chỉnh áp suất hút loại KVL được lắp đặt ngay phía trên đường hút của máy nén. Thiết bị này dùng để bảo vệ máy nén chống sự quá tải trong suốt quá trình khởi động sau khoảng thời gian dài hệ thống không sử dụng hoặc sau quá trình phá băng (áp suất cao trong dàn bay hơi). Hình 3.54 là hình dáng bên ngoài của van KVL, hình 3.55 là Cấu tạo của van điều chỉnh áp suất hút.



Hình 3.54: Hình dáng bên ngoài của thiết bị điều chỉnh áp suất hút KVL



- 1- mũ bảo vệ;
- 2- đệm kín;
- 3- vít hiệu chỉnh, vít cài đặt;
- 4- lò xo chính;
- 5- thân van;
- 6- hộp xếp cân bằng;
- 7- tấm van;
- 8- đế van;
- 9- cơ cấu chống xung.

Hình 3.55: Van điều chỉnh áp suất hút KVL của Danfoss

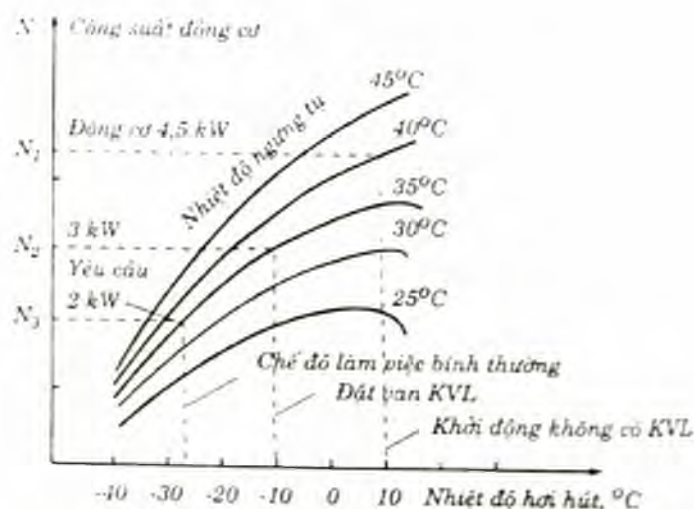
Van KVL mở ra khi áp suất phía đầu ra của van giảm xuống dưới giá trị cài đặt, nghĩa là áp suất hút hay áp suất cacte giảm xuống dưới giá trị đặt không phụ thuộc vào áp suất đầu vào dao động ra sao vì van được trang bị một hộp xếp cân bằng ở phía môi chất vào. Diện tích bề mặt hiệu dụng của hộp xếp tương đương với diện tích bề mặt hiệu dụng của tấm van.

Cơ cấu chống xung làm giảm xung động thường xảy ra trong hệ thống lạnh đảm bảo các chi tiết làm việc tin cậy, tuổi thọ cao và độ chính xác cao.

Mục đích của việc khống chế áp suất hút là đảm bảo tránh quá tải cho động cơ máy nén trong trường hợp phụ tải dàn lạnh tăng đột ngột và kéo dài, áp suất và nhiệt độ ngưng tụ tăng cao, đặc biệt khi xả lạnh cho các hệ thống lạnh sau các thời gian dài dừng máy, cũng như sau chu kỳ xả băng.

Trong những máy lạnh nhiệt độ thấp, van điều chỉnh áp suất hút không những có thể giảm tối đa công suất động cơ lắp đặt mà còn giảm kích cỡ của dàn ngưng tụ.

Đồ thị hình 3.56 giới thiệu sự phụ thuộc của công suất động cơ yêu cầu vào nhiệt độ hút và nhiệt độ ngưng tụ.



Hình 3.56: Đồ thị sự phụ thuộc của công suất động cơ vào nhiệt độ hút và nhiệt độ ngưng tụ



**Ví dụ:** một máy lạnh có chế độ làm việc bình thường ở nhiệt độ sôi là  $-26^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ ngưng tụ là  $35^{\circ}\text{C}$ . Khi làm việc ổn định ở chế độ này, động cơ lắp đặt cho máy nén chỉ cần 2kW là đủ; nhưng vì khi xả lạnh, khi khởi động lại và khi phá băng, do tải lạnh của dàn lớn, nhiệt độ ngưng tụ bị tăng lên, nhiệt độ bay hơi cũng như nhiệt độ hơi hút về máy nén tăng, động cơ chọn cho máy nén phải tăng đến 4,5 kW để có thể đảm bảo quá tải trong các điều kiện trên.

Nếu sử dụng van khống chế áp suất hơi hút KVL và khống chế nhiệt độ nhiệt độ hơi hút ở  $-10^{\circ}\text{C}$  thì công suất của động cơ cần lắp có thể giảm xuống 3Kw. Để ấn định máy lạnh chỉ làm việc cao nhất ở chế độ này, ta có thể tiến hành chọn dàn bay hơi và dàn ngưng cho phù hợp.

Bảng 3.10 sau giới thiệu năng suất lạnh của van phụ thuộc vào nhiệt độ hơi hút  $t_h$ , độ giáng áp (hiệu áp) ở van là  $\Delta p$  và áp suất hút tối đa  $p_h$  đối với môi chất lạnh R22 được trích từ catalog của Danfoss.

**Bảng 3.10. Năng suất lạnh của van phụ thuộc vào nhiệt độ hơi hút  $t_h$ , độ giáng áp (hiệu áp) ở van là  $\Delta p$  và áp suất hút tối đa  $p_h$  đối với môi chất lạnh R22**

Kiểu	Độ giáng áp $\Delta p$ (bar)	Áp suất hút max (bar)	Năng suất lạnh $Q_0$ phụ thuộc vào nhiệt độ hút sau van, $t_0$ ( $^{\circ}\text{C}$ )														
			-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10					
KVL12 KVL15 KVL22	0,1	1	1,9	1,2													
		2	3	3,3	3,1	2,1	0,2										
		3	3	3,3	3,7	4,1	4,0	2,5									
		4	3	3,3	3,7	4,1	4,6	5	3,9	0,1							
		5	3	3,3	3,7	4,1	4,6	5	5,5	5,2	1						
		6	3	3,3	3,7	4,1	4,6	5	5,5	6	6,2	1,3					
	0,2	1	2,6	1,7													
		2	4,2	4,7	4,4	3,0	0,2										
		3	4,2	4,7	5,3	5,9	5,6	3,1									
		4	4,2	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	5,5	0,1							
		5	4,2	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	7,8	7,3							
		6	4,2	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	7,8	8,5	8,7						
	0,3	1	3,2	2													
		2	5,2	5,8	5,4	3,7	0,3	3,8									
		3	5,2	5,8	6,5	7,2	6,9	8,8									
		4	5,2	5,8	6,5	7,2	8	8,8	6,7	0,2							
		5	5,2	5,8	6,5	7,2	8	8,8	9,6	9	1,7						
		6	5,2	5,8	6,5	7,2	8	8,8	9,6	10,5	10,7	2,3					
KVL28 KVL35	0,1	1	4,1	2,6													
		2	7,4	7,9	7	4,6	0,4										
		3	7,4	8,3	9,3	10,3	8,9	4,7									
		4	7,4	8,3	9,3	10,3	11,4	12,3	8,5	0,2							

		5	7,4	8,3	9,3	10,3	11,4	12,6	13,8	11,6	2,2	
		6	7,4	8,3	9,3	10,3	11,4	12,6	13,8	15,1	13,9	2,8
	0,2	1	5,8	3,6								
		2	10,6	11,2	9,8	6,5	0,5					
		3	10,6	11,8	13,2	14,7	12,5	6,6				
		4	10,6	11,8	13,2	14,7	12,5	17,5	12	0,3		
		5	10,6	11,8	13,2	14,7	12,5	17,5	19,6	16,4	3,1	
		6	10,6	11,8	13,2	14,7	12,5	17,5	19,6	21,4	19,6	4
	0,3	1	7	4,4								
		2	13	13,8	12,1	8	0,6					
		3	13	14,6	16,3	18	15,4	8,1				
		4	13	14,6	16,3	18	19,9	21,5	14,7	0,3		
		5	13	14,6	16,3	18	19,9	21,5	24,1	20	3,7	
		6	13	14,6	16,3	18	19,9	21,5	24,1	26,3	24,1	4,9

Van điều chỉnh áp suất hút không sử dụng cho các máy gia lạnh hoặc kết đông vì ở đây phải sử dụng hết công suất máy ở nhiệt độ cao để gia lạnh hoặc kết đông sản phẩm trong một thời gian tối thiểu để đảm bảo chất lượng sản phẩm.

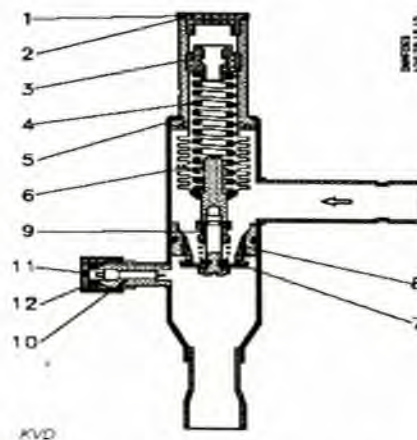
### 1.6. Thiết bị điều chỉnh áp suất bình chứa

Trong nhiều trường hợp vận hành máy lạnh, áp suất bình chứa đóng vai trò quan trọng trong việc cấp đầu đủ lỏng cho các dàn bay hơi khi chế độ làm việc thay đổi, đặc biệt ở chế độ làm việc mùa đông, nhiệt độ nước làm mát hoặc không khí làm mát (giải nhiệt) có nhiệt độ thấp làm cho áp suất ngưng tụ giảm, áp suất của bình chứa sẽ giảm theo. Để duy trì áp suất của bình chứa, người ta thường đưa hơi nóng từ máy nén trực tiếp đi vào bình chứa.

Hình 3.57, 3.58 sau giới thiệu van điều chỉnh áp suất bình chứa kiểu KVD của Danfoss.



Hình 3.57: Hình dạng bên ngoài của van KVD



Hình 3.58: Cấu tạo van điều chỉnh áp suất bình chứa KVD

Van điều chỉnh áp suất bình chứa KVD mở khi áp suất trong bình chứa (lối ra của van) giảm xuống dưới mức qui định hay dưới giá trị đặt trên van. KVD chỉ mở theo áp suất ở cửa ra mà không phụ thuộc vào áp suất dao động ở cửa vào vì van được trang bị hộp xếp cân bằng.



**Các thông số kỹ thuật của van:**

- Môi chất sử dụng là CFC, HCFC, HFC.
- Dải áp suất điều chỉnh: 3 → 20 bar.
- Áp suất làm việc lớn nhất là 28 bar.
- Áp suất thử lớn nhất là 31 bar.
- Nhiệt độ môi chất thấp nhất là -45°C
- Nhiệt độ môi chất cao nhất là 130°C.

Cách lắp đặt tương tự như van NRD.

## CHƯƠNG 4

# CÁC THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG – TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ NHIỆT ĐỘ CỦA CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT – LẠNH

## I. THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ TÍN HIỆU NHIỆT ĐỘ

### 1. Nhiệt độ

Nhiệt độ là đại lượng dùng biểu diễn mức năng lượng của vật chất, hay biểu diễn mức nóng hay lạnh của vật chất. Theo thuyết động học phân tử thì nhiệt độ là đại lượng vật lý đặc trưng cho năng lượng động năng trung bình của các phân tử hay nguyên tử khi chúng chuyển động theo phương tịnh tiến trong quỹ đạo dao động của chúng.

Nhiệt độ có thể phân chia thành các khoảng như sau.

- Từ  $100^{\circ}\text{C} < t < 10000^{\circ}\text{C}$  nhiệt độ rất nóng
  - Từ  $40^{\circ}\text{C} < t \leq 100^{\circ}\text{C}$  nhiệt độ nóng.
  - Từ  $20^{\circ}\text{C} < t \leq 40^{\circ}\text{C}$  nhiệt độ bình thường.
  - Từ  $t_{db} < t \leq 20^{\circ}\text{C}$  nhiệt độ lạnh thường (dương thấp).
  - Từ  $-100^{\circ}\text{C} < t \leq t_{db}$  nhiệt độ lạnh đông (nhiệt độ lạnh thấp).
  - Từ  $-200^{\circ}\text{C} < t \leq -100^{\circ}\text{C}$  nhiệt độ lạnh thâm (nhiệt độ lạnh rất thấp).
  - Từ  $-272,99995^{\circ}\text{C} < t \leq -200^{\circ}\text{C}$  nhiệt độ lạnh tuyệt đối (lạnh cryo).
- $t_{db}$  nhiệt độ đóng băng.

Thang đo nhiệt độ: hiện nay trên thế giới dùng các thang đo nhiệt độ sau đây.

- Thang đo nhiệt độ thông dụng trong các ngành kỹ thuật là độ Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )
- Thang đo nhiệt độ Kenvin (K):  $T[\text{K}] = t[^{\circ}\text{C}] + 273,15$
- Thang đo nhiệt độ Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ):  $T[^{\circ}\text{F}] = \frac{9}{5} \cdot t[^{\circ}\text{C}] + 32$
- Thang đo nhiệt độ Rankine ( $^{\circ}\text{R}$ ):  $T[^{\circ}\text{R}] = \frac{4}{5} \cdot t[^{\circ}\text{C}] = \frac{4}{9} (T[^{\circ}\text{F}] - 32)$

### 2. Thiết bị tự động điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ

Hệ thống máy và thiết bị lạnh luôn hoạt động với một mục đích duy nhất, đó là làm giảm nhiệt độ của môi trường cần làm lạnh, làm đông hoặc cần điều hoà không khí, ...v.v xuống đến một giá trị nhất định theo yêu cầu của công nghệ hoặc yêu cầu người sử dụng, để đảm bảo hiệu quả cho sản xuất công nghiệp và tiện nghi cho con người trong sinh hoạt lao động sản xuất.

Chẳng hạn như, trong công nghiệp sản xuất bia, hệ thống lạnh đóng vai trò rất quan trọng trong việc ổn định nhiệt độ để nuôi cấy men và lên men bia và phục vụ cho các yêu cầu của



công đoạn khác trong dây chuyền sản xuất. Trong công nghiệp chế biến thủy hải sản, công nghệ chế biến lạnh đông thì nhiệt độ cần làm lạnh đông dao động trong khoảng  $(-45 \div -30)^{\circ}\text{C}$  và nhiệt độ này phụ thuộc rất nhiều về loại sản phẩm, đối với bảo quản sản phẩm lạnh đông thì yêu cầu nhiệt độ từ  $(-22 \div -18)^{\circ}\text{C}$ , còn bảo quản lạnh thì yêu cầu nhiệt độ từ  $(-5 \div 10)^{\circ}\text{C}$  và nhiệt độ này cũng phụ thuộc rất nhiều về loại sản phẩm. Nói chung nhiệt độ lạnh được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: công nghiệp thực phẩm, công nghiệp dầu khí (phân tách, phân riêng), công nghệ sinh học, công nghệ enzyme, y học, thương mại, công nghệ nhựa, công nghệ luyện kim ...v.v.

Ngoài hệ thống máy và thiết bị lạnh ra, hệ thống thiết bị sấy, thiết bị nung, rang và thiết bị thanh trùng luôn làm việc ở nhiệt độ dương, khoảng nhiệt độ làm việc của các thiết bị này rất rộng từ nhiệt độ môi trường  $(35 \div 40)^{\circ}\text{C}$  đến hàng ngàn  $^{\circ}\text{C}$ , vấn đề đặt ra ở đây là việc khống chế bảo vệ tín hiệu nhiệt độ hoặc duy trì nhiệt độ theo yêu cầu một cách ổn định là hết sức cần thiết và tùy theo yêu cầu của công nghệ. Chẳng hạn khi thanh trùng sản phẩm đồ hộp cần phải duy trì nhiệt độ  $120^{\circ}\text{C}$  trong khoảng thời gian  $(15 \div 20)$  phút, nếu nhiệt thấp thì sản phẩm không đảm bảo tiêu chuẩn vi sinh, còn nhiệt độ lớn hơn  $120^{\circ}\text{C}$  thì nó làm chất lượng sản phẩm giảm.

Như vậy, việc đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ rất quan trọng. Nó không những đảm bảo cho hệ thống máy móc thiết bị hoạt động an toàn, chính xác, tiết kiệm năng lượng và hiệu quả mà còn được kết hợp với các tín hiệu khác trong hệ thống tự động hóa nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động ở chế độ tối ưu.

Thiết bị đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ, hiện nay rất nhiều chủng loại đa dạng và phong phú, các thiết bị này được nhiều hãng trên thế giới chế tạo và sản xuất, chẳng hạn như: Danfoss, Trane, Carrier, Daikin, Mycom, Mitshumitshi, ...v.v. Tuy nhiên chủng loại như vậy nhưng chúng chỉ có thể phân thành hai loại cơ bản sau, đó là thiết bị đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ có tiếp điểm và không có tiếp điểm.

## II. THIẾT BỊ CÓ TIẾP ĐIỂM

Đối với loại thiết bị này có hai loại chính, đó là relay nhiệt độ bằng cơ (Thermostatics) và relay nhiệt độ điện tử (bộ điều nhiệt).

- Relay nhiệt độ bằng cơ (Thermostatics) chuyển tín hiệu nhiệt độ thành cơ năng làm thay đổi vị trí cơ cấu mang tiếp điểm, làm thay đổi trạng thái của tiếp điểm (1/0) để đóng/ ngắt (ON/OFF) mạch điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ.
- Relay nhiệt độ điện tử chuyển tín hiệu nhiệt độ thành tín hiệu điện áp, dưới tác động tín hiệu áp kết hợp với các vi mạch điện tử nó làm thay đổi trạng thái tiếp điểm relay trung gian DC – 9V, 12V, hoặc 24V,...v.v để đóng/ ngắt (ON/OFF) mạch điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ.

Tóm lại: relay nhiệt độ là thiết bị biến đổi các tín hiệu nhiệt độ hoặc hiệu nhiệt độ thành các tác động đóng ngắt của tiếp điểm (ON/OFF) mạch điện điều khiển. Cũng giống như relay áp suất, relay nhiệt độ được trang bị các bộ biến đổi nhiệt độ. Nhờ các bộ biến đổi này mà sự thay đổi nhiệt độ do các phần tử cảm nhiệt thu nhận được biến đổi thành các tín hiệu tương ứng như sự dịch chuyển cơ khí, tín hiệu điện để tác động đóng ngắt tiếp điểm. Các bộ biến đổi nhiệt độ này



thường là dạng áp kế, dạng lưỡng kim hoặc điện trở. Tương ứng với dạng biến đổi tín hiệu nhiệt độ, ta cũng có các loại relay nhiệt độ khác nhau:

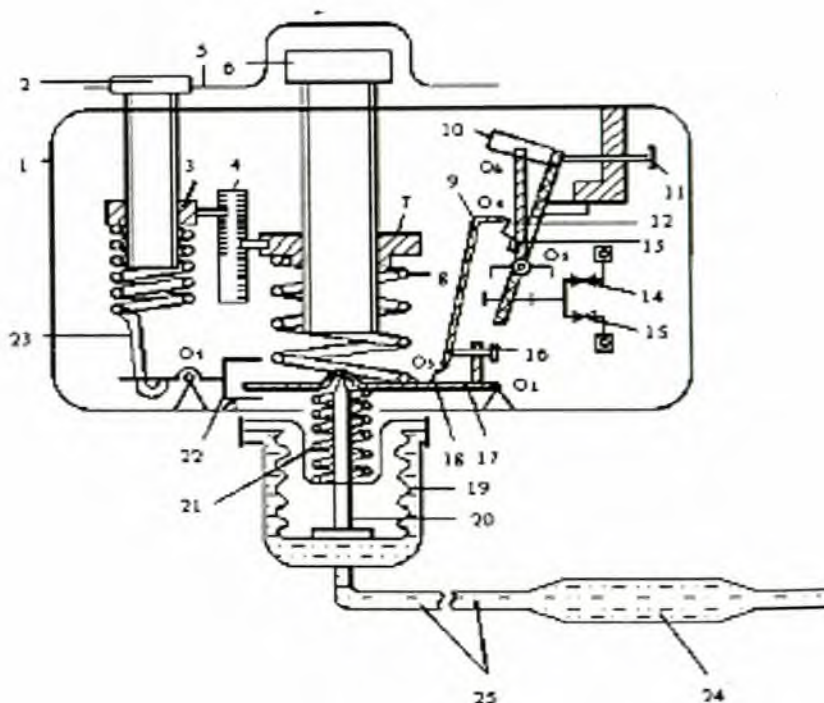
- Thermostatics
- Relay nhiệt độ kiểu hộp xếp
- Relay hiệu nhiệt độ.
- Realy nhiệt độ kép.
- Relay nhiệt kiểu dẫn nở nhiệt
- Relay nhiệt độ điện trở.
- Relay nhiệt độ điện tử .

## 1. Relay nhiệt độ

### 1.1. Relay nhiệt độ (Thermostatics)

#### a) Nguyên tắc cấu tạo

1. Vỏ hộp.
2. Vít điều chỉnh vi phân.
- 3,7. Các êcru lắp kim.
4. Thang nhiệt độ.
5. Thanh hãm.
6. Vít điều chỉnh dải nhiệt độ.
8. Lò xo chính.
- 9,13,17. Các tay đòn.
10. Lá công tắc.
- 11,16. Các vít hiệu chỉnh.
12. Lò xo đảo chiều.
- 14,15. Công tắc điện.
18. Lò xo lá.
19. Xi phông.
20. Thanh chuyển.
21. Lò xo xi phông.
22. Đòn gánh.
23. Lò xo vi phân (tinh chỉnh).
24. Ba lông nhiệt.
25. Ống mao dẫn.



Hình 4.1: Cấu tạo relay nhiệt (Thermostatics)

Nguyên tắc cấu tạo có thể xem hình 4.1

#### b) Nguyên lý làm việc

Relay nhiệt được cấu tạo từ ba lông nhiệt, ống nối mao dẫn, xi phông và vỏ xi phông. Ở ba lông nhiệt thông thường nạp gas : R12, R13, R22, R502. Ba lông nhiệt được đặt vào vị trí kiểm soát nhiệt độ của phòng lạnh. Áp suất gas sẽ tương ứng với nhiệt độ môi trường, ở nhiệt độ bình thường áp lực gas tác động lên xi phông cộng với lực lò xo xi phông 21 sẽ được cân



bằng bởi lực lò xo chính 8 và lò xo vi phân 23 giữ cho tay đòn 17 cân bằng động ở trạng thái nhiệt độ tính toán.

Khi nhiệt độ của môi trường kiểm soát tăng lên, áp lực gas đè lên xi phông tăng lên, xi phông bị nén lại, thanh chuyển đi chuyển lên trên, chống lại lực ép của lò xo chính. Đầu tự do của phần nằm ngang thuộc tay đòn 17 chuyển động theo chiều kim đồng hồ quanh trục  $O_1$ . Khi chuyển động đến điểm tựa trên của đòn gánh 22 thì tay đòn 17 chịu thêm lực kéo của lò xo vi phân 23. Nếu nhiệt độ tăng thêm một lượng bằng mức chỉ của thang vi phân thì tay đòn 17 thắng cả lực lò xo vi phân. Tay đòn 9 cùng lò xo lá 18 chuyển động làm quay tay đòn đảo mạch 13 (tay đòn đảo mạch 13 tác động lên lá công tắc làm cho nhóm công tắc 14, 15 đóng mở). Khi trục hình học lò xo đảo mạch 12 cắt qua trục hình học tay đòn 13 thì công tắc lá làm việc tức thì và các tiếp điểm 14, 15 được đóng dứt khoát. Lò xo đảo mạch 12 có đầu trên nối vào tay đòn 9 bằng khớp cầu, đầu dưới nối vào một khe của tay đòn đảo mạch 13. Tay đòn đảo mạch nhờ lực kéo của lò xo đảo mạch nên luôn luôn tựa vào đầu chuyển động của lá công tắc.



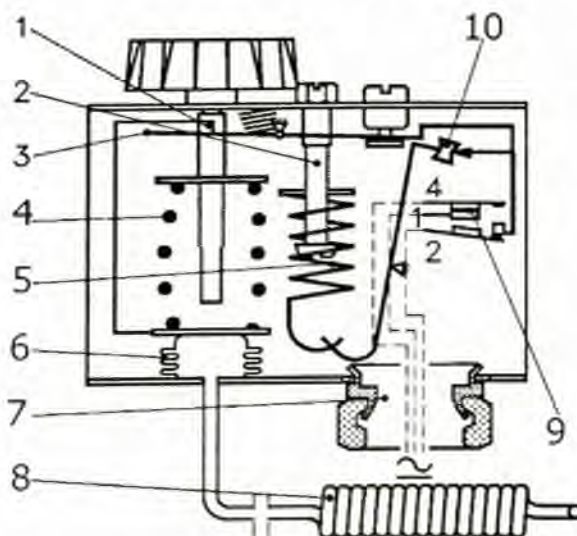
Hình 4.2: Relay nhiệt độ (Thermostatics)

Khi nhiệt độ của môi trường kiểm soát giảm, áp lực gas tác động lên xi phông giảm, dưới tác động của lò xo 8 và 23 thanh chuyển đi xuống, xi phông dẫn ra. Tay đòn 17 chuyển động ngược chiều kim đồng hồ, đòn gánh theo chiều kim đồng hồ. Khi đòn gánh đi đến điểm tựa thì lò xo vi phân hết tác động đến tay đòn 17. Khi trục lò xo đảo mạch và trục tay đòn đảo mạch cắt nhau thì các tiếp điểm 14, 15 cắt nhau dứt khoát. Lò xo chính và lò xo vi phân có êcru và vít điều chỉnh để điều chỉnh áp suất (nhiệt độ môi trường kiểm soát). Nhiệt độ chỉ bởi kim lò xo chính là nhiệt độ cắt mạch điện. Giá số nhiệt độ chỉ bởi kim lò xo vi phân chỉ nhiệt độ đóng công tắc điện. Lò xo chính làm việc ở chế độ nén, lò xo vi phân làm việc ở chế độ kéo.

Phạm vi nhiệt độ mà thermostatics có thể cảm nhận được từ  $-60^{\circ}\text{C}$  đến  $+45^{\circ}\text{C}$ .

### 1.2. Relay nhiệt độ kiểu hộp xếp

Relay nhiệt độ kiểu hộp xếp là sự kết hợp của relay áp suất đơn với một bộ biến đổi tín hiệu kiểu nhiệt áp. Hình 4.3 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của relay nhiệt độ kiểu hộp xếp.

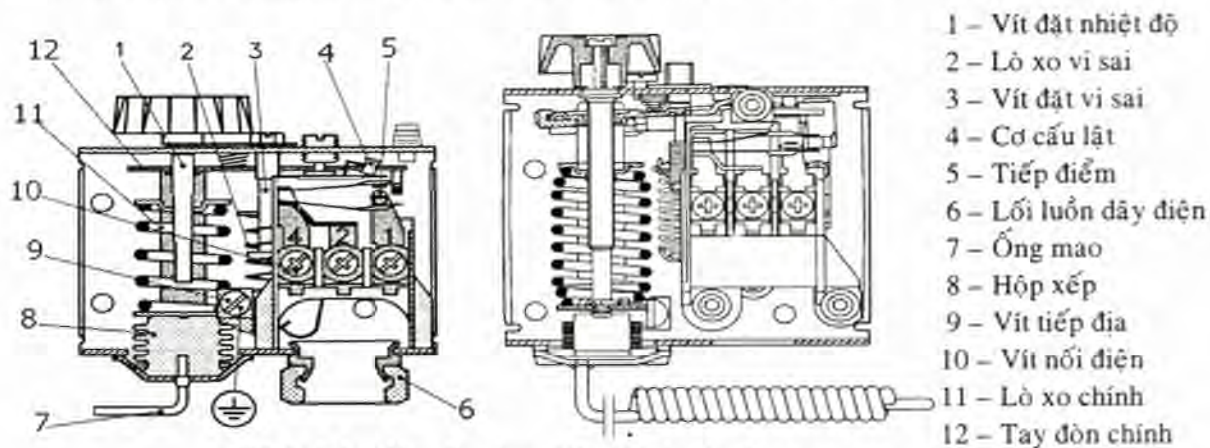


- 1 – Vít đặt nhiệt độ chính
- 2 – Vít đặt nhiệt độ vi sai
- 3 – Tay đòn chính
- 4 – Lò xo chính
- 5 – Lò xo vi sai
- 6 – Hộp xếp bộ biến đổi nhiệt áp
- 7 – Ổ cắm dây điện
- 8 – Bầu cảm nhiệt
- 9 – Tiếp điểm
- 10 – Cơ cấu lật

Hình 4.3. Nguyên tắc cấu tạo relay nhiệt độ kiểu hộp xếp



Giả sử, relay này cắt máy nén khi đủ độ lạnh trong phòng. Khi nhiệt độ trong phòng giảm, nhiệt độ do bầu cảm nhiệt (8) cảm nhận được giảm (trong bầu cảm nhiệt là lồng, hơi của môi chất lạnh hoặc một chất hấp thụ) và tín hiệu áp suất đưa về hộp xếp (6) giảm, lúc này các chi tiết trong relay hầu như không chuyển động. Khi nhiệt độ phòng giảm thấp hơn nhiệt độ đặt (giá trị đặt trừ giá trị vi sai), lò xo chính đẩy hộp xếp xuống, tay đòn chính (3) bị kéo xuống đủ sức làm cơ cấu lật (10) đột ngột thay đổi vị trí, tiếp điểm 1 đột ngột rời tiếp điểm 4 (ON), xuống tiếp xúc với tiếp điểm 2 (OFF), máy nén dừng. Khi nhiệt độ phòng tăng lên đến giá trị đặt (giá trị đặt chính), áp suất chuyển về hộp xếp (6) đủ lớn thắng lực lò xo chính, hộp xếp dẫn ra, đẩy tay đòn chính (3) lên qua cơ cấu lật chuyển mạch dứt khoát. Hình 4.4a giới thiệu cấu tạo relay nhiệt độ kiểu KP và hình 4.4b giới thiệu cấu tạo relay nhiệt độ kiểu KPU của Danfoss.



Hình 4.4: Một số relay nhiệt độ của Danfoss  
 a) Cấu tạo relay nhiệt độ kiểu KP; b) Cấu tạo relay nhiệt độ kiểu KPU

Phạm vi nhiệt độ mà KP và KPU có thể cảm nhận được từ  $-60^{\circ}\text{C}$  đến  $+80^{\circ}\text{C}$ , vượt qua vùng nhiệt độ này nó có sai số về độ trễ chuyển đổi trạng thái tiếp điểm rất lớn.

### 1.3. Relay hiệu nhiệt độ kiểu hộp xếp

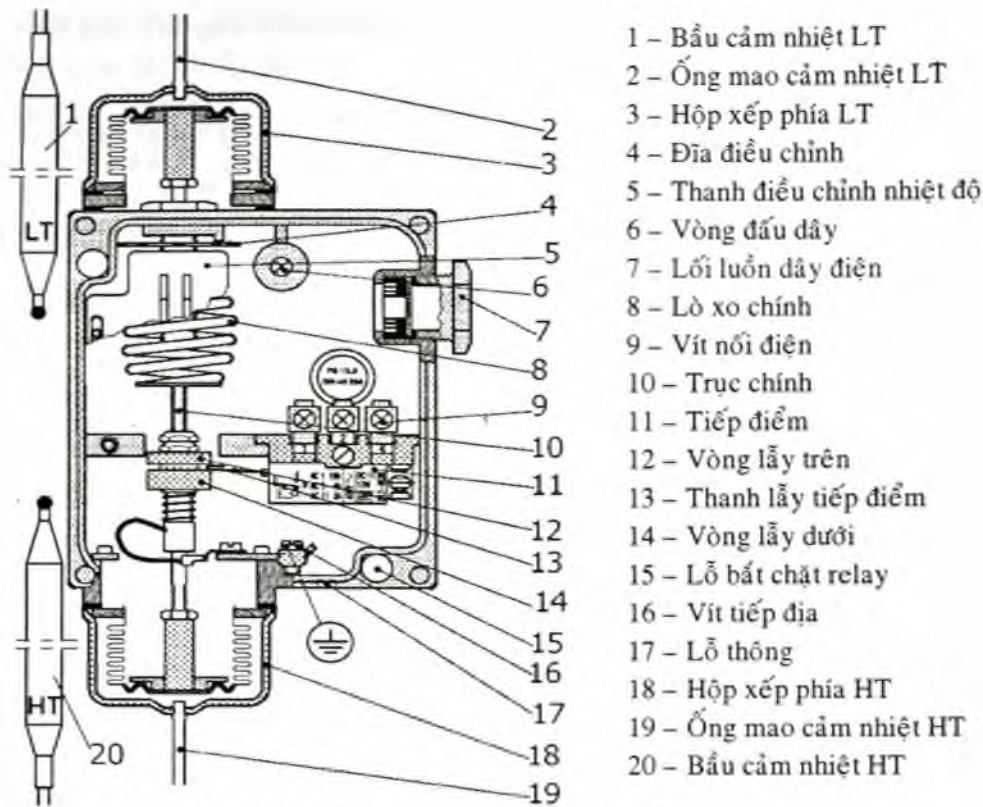
#### a) Cấu tạo và nguyên tắc làm việc

Relay hiệu nhiệt độ kiểu hộp xếp gồm hai hộp xếp: một bầu cảm nhiệt đặt ở môi trường có nhiệt độ thấp LT (Low Temperature), một bầu cảm nhiệt đặt ở môi trường có nhiệt độ cao HT (High Temperature). Về nguyên tắc, relay hiệu nhiệt độ cũng giống như relay hiệu áp suất dầu. Hình 4.5 giới thiệu cấu tạo của một relay hiệu nhiệt độ của Danfoss.

Ứng dụng relay hiệu nhiệt độ trong việc điều khiển tự động hóa hệ thống lạnh: là để khống chế độ chênh lệch nhiệt độ của môi chất lạnh trước khi vào thiết bị bay hơi và ra khỏi thiết bị bay hơi, nhằm điều khiển trạng thái môi chất lạnh trước khi máy nén hút về hay nói một cách khác là điều chỉnh độ quá nhiệt của hơi môi chất lạnh ra khỏi thiết bị bay hơi. Phân tích một cách sâu xa hơn là có thể điều chỉnh được công tiêu tốn của máy nén từ đó nâng cao được năng suất lạnh của hệ thống lạnh. Mặt khác khi điều chỉnh được trạng thái hút về của hơi môi chất nằm trên đường  $x = 1$  (bão hòa khô) hoặc vùng hơi quá nhiệt nó làm cho hệ thống lạnh làm việc an toàn hơn, tránh gây va đập thủy lực cho máy nén và nhất là hệ thống lạnh sử dụng máy nén lạnh là máy nén piston.

RT 270 (relay temperature 270) cũng được sử dụng cho các quy trình công nghệ, hệ thống thông gió, hệ thống lạnh và điều hòa không khí, hệ thống sưởi ấm không khí mà ở đó cần duy trì hiệu nhiệt độ giữa hai môi trường vào và ra nằm trong khoảng  $(0 \div 15)^{\circ}\text{C}$ .

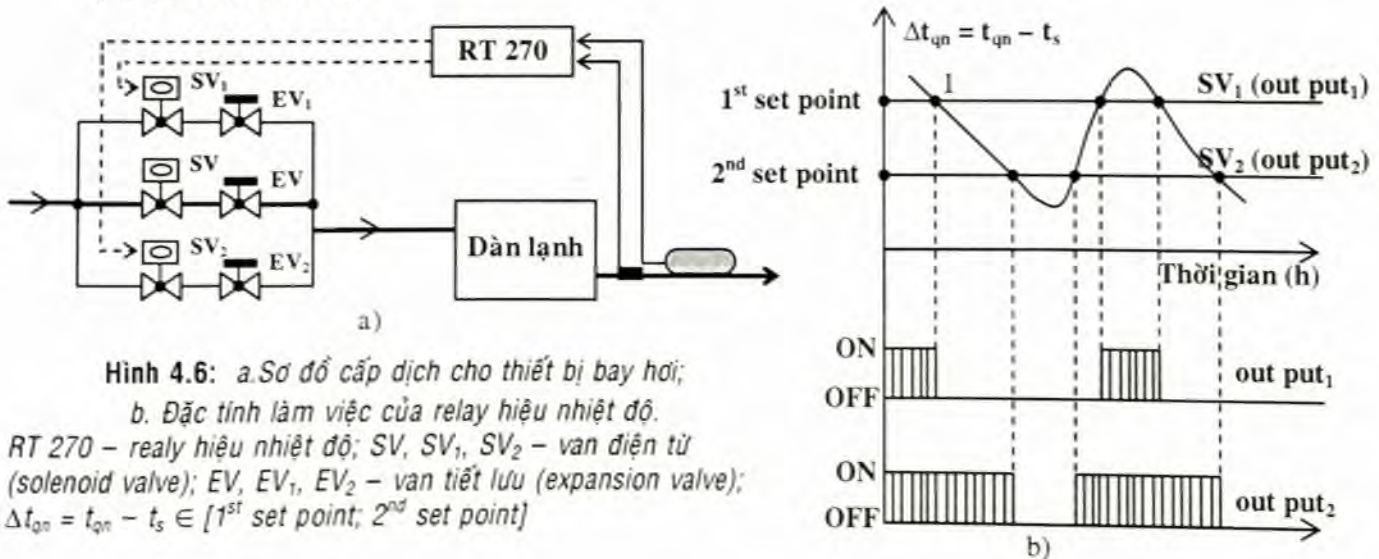




Hình 4.5: Cấu tạo relay hiệu nhiệt độ của Danfoss

b) Cách lắp đặt: LT được lắp đặt ở môi trường có nhiệt độ thấp và HT được lắp đặt ở môi trường có nhiệt độ cao. Ngoài ra, do ống mao nối với các bầu cảm biến nhiệt ((1) nối với (2), (19) nối với (20)) không có chiều dài lớn, nên khoảng cách của hai môi trường cần điều chỉnh độ chênh lệch nhiệt độ không cho phép cách nhau quá lớn. Nếu khoảng cách này quá lớn thì loại relay hiệu nhiệt độ này không thể lắp đặt được và cần phải dùng thiết bị điều chỉnh và tự động điều khiển độ chênh lệch nhiệt độ bằng digital.

c) Đặc tính làm việc



Hình 4.6: a. Sơ đồ cấp dịch cho thiết bị bay hơi;

b. Đặc tính làm việc của relay hiệu nhiệt độ.

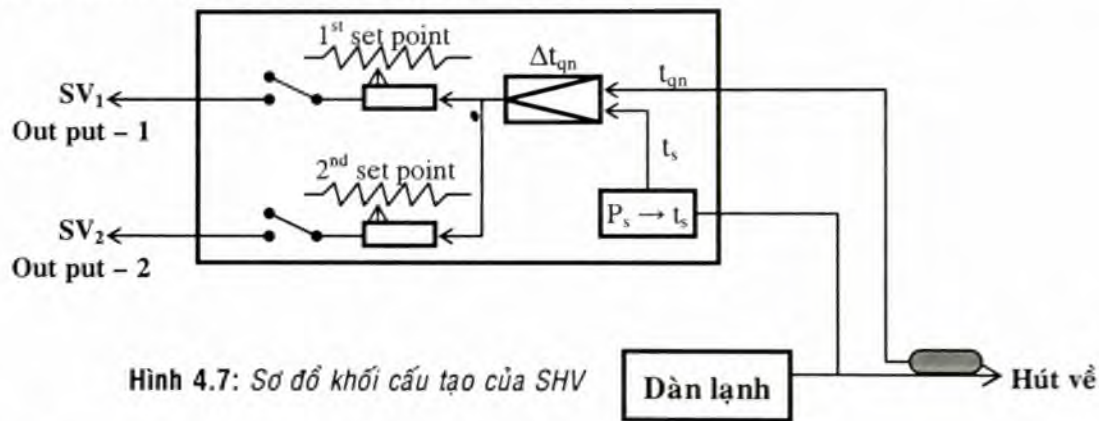
RT 270 - relay hiệu nhiệt độ; SV, SV<sub>1</sub>, SV<sub>2</sub> - van điện từ (solenoid valve); EV, EV<sub>1</sub>, EV<sub>2</sub> - van tiết lưu (expansion valve);  $\Delta t_{qn} = t_{qn} - t_s \in [1^{st} \text{ set point}; 2^{nd} \text{ set point}]$

Giả sử cần khống chế độ quá nhiệt  $\Delta t_{qn} = t_{qn} - t_s = 10^{\circ}\text{C} = 1^{st} \text{ set point}[-35^{\circ}\text{C}] - 2^{nd} \text{ set point}[-45^{\circ}\text{C}] = 10^{\circ}\text{C}$  của thiết bị bay hơi trong một hệ thống lạnh chạy cho tủ cấp đông nào đó. Khi đó:

- Nếu  $\Delta t_{qn} = t_{qn} - t_s > 10^{\circ}\text{C}$  thì  $SV_1, SV_2$  mở và cấp dịch cho van tiết lưu  $EV_1, EV_2$  để làm lạnh, làm lạnh đông.
- Nếu  $0^{\circ}\text{C} < \Delta t_{qn} = t_{qn} - t_s \leq 10^{\circ}\text{C}$  thì  $SV_1$  đóng lại ngừng cấp dịch cho van tiết lưu  $EV_1, SV_2$  mở và cấp dịch cho van tiết lưu  $EV_2$  để làm lạnh, làm lạnh đông.
- Nếu  $\Delta t_{qn} = t_{qn} - t_s = 0^{\circ}\text{C}$  thì  $SV_1, SV_2$  đóng lại ngừng cấp dịch cho van tiết lưu  $EV_1$ .

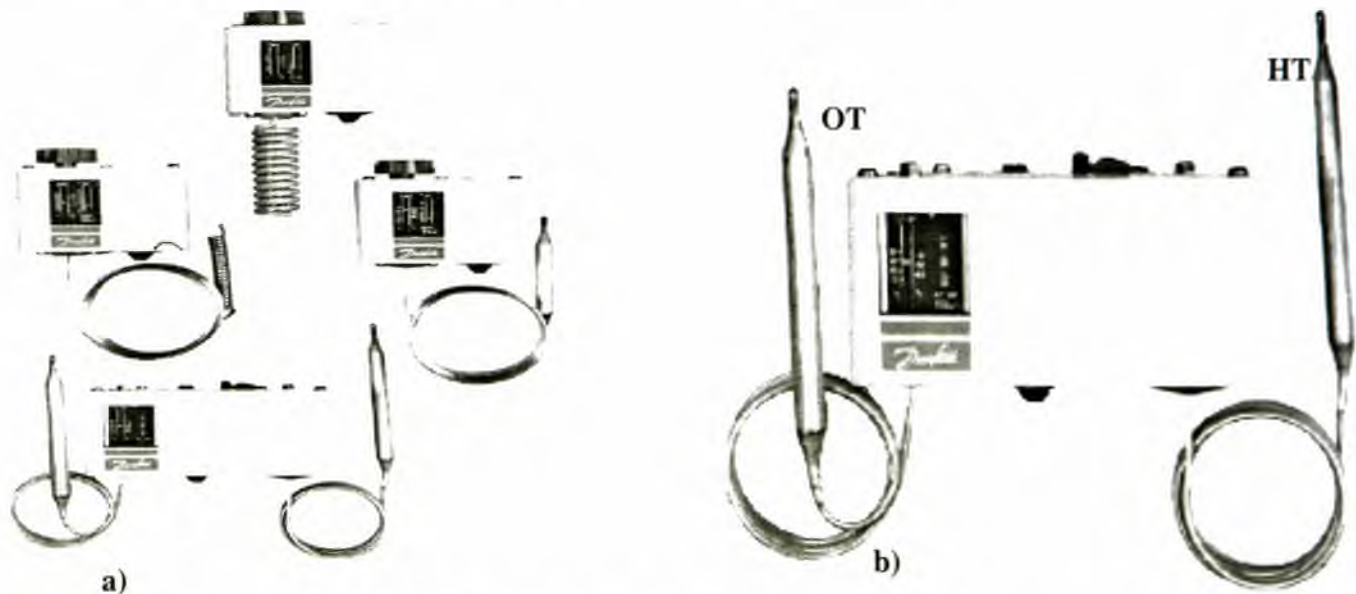
Hiện nay, việc điều chỉnh hệ thống cấp dịch cho tủ cấp đông để làm lạnh đông sản phẩm có rất nhiều thiết bị khác nhau, ngoài relay hiệu nhiệt độ trên còn có thiết bị SHV (Super heat converter) và một số các thiết bị điện tử khác.

Sơ đồ cấp dịch cho tủ cấp đông hoàn toàn giống như hình 4.6a chỉ cần thay thế RT 270 bằng bộ SHV. Đặc tính làm việc của thiết bị này hoàn toàn giống hình 4.6b nhưng quá trình điều chỉnh độ quá nhiệt chính xác hơn, bởi vì chúng được làm bằng các vi mạch điện tử, lập trình một cách chính xác (gọi là relay hiệu nhiệt độ điện tử).



Hình 4.7: Sơ đồ khối cấu tạo của SHV

#### 1.4. Relay nhiệt độ kép kiểu hộp xếp



Hình 4.8: a) Một số relay nhiệt độ; b) Relay nhiệt độ kép kiểu hộp xếp

Relay nhiệt độ kép kiểu hộp xếp KP98 của Danfoss về mặt nguyên lý cấu tạo giống như relay áp lực kép, mục đích của loại relay này dùng để bảo vệ nhiệt độ quá cao và quá thấp cho hệ thống máy nén và dầu bôi trơn. Nếu nhiệt độ dầu đẩy máy nén quá cao thì rất nguy hiểm có



thể làm cháy dầu bôi trơn, nếu nhiệt độ dầu bôi trơn quá thấp làm cho độ nhớt của dầu tăng có thể bị đông đặc, nếu nhiệt độ dầu bôi trơn quá cao thì dễ bị biến tính (do xảy ra các phản ứng trùng hợp, racking, ... làm thay đổi tính chất dầu bôi trơn). Như vậy rất nguy hiểm khi máy nén hoạt động, loại relay nhiệt độ kép này có hai bầu cảm biến nhiệt, một bầu dùng để cảm biến nhiệt độ của dầu OT (Oil Temperature), bầu còn lại dùng để cảm biến nhiệt độ dầu đẩy máy nén HT (High Temperature).

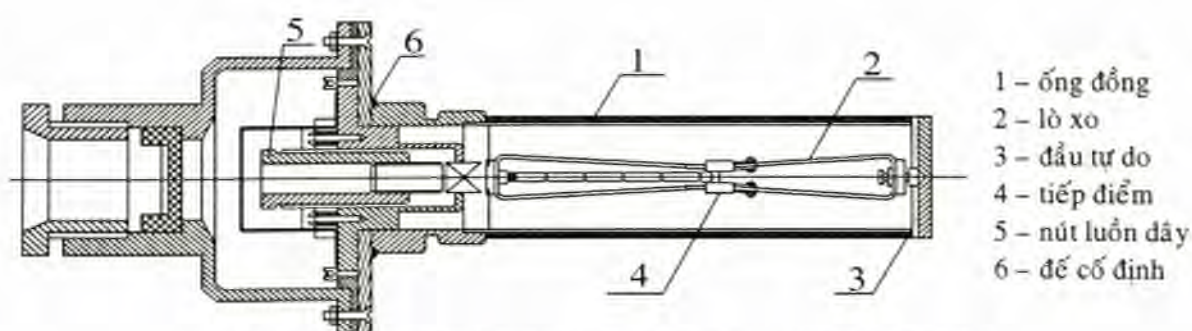
Trong quá trình làm việc nếu nhiệt độ dầu máy nén quá cao, bầu cảm biến TH cảm nhận được nhiệt độ này, khí trong bầu cảm biến giãn nở làm áp suất trong bầu TH tăng, relay nhiệt độ kép tác động làm dừng máy nén không cho máy nén làm việc, nếu nhiệt độ dầu quá cao, bầu cảm biến OT cảm nhận được nhiệt độ này, làm dừng máy nén sau đó đưa gas lạnh về làm mát cho dầu bôi trơn, còn trong trường hợp nếu dầu bôi trơn có nhiệt độ quá thấp khi máy dừng (do nhiệt độ môi trường ở những vùng khí hậu lạnh quá thấp), bầu cảm biến OT cảm nhận được nhiệt độ này, cấp nguồn cho điện trở sưởi ấm dầu bôi trơn trước khi máy nén hoạt động trở lại. Hình 4.8b là relay nhiệt độ kép kiểu hộp xếp của Danfoss.

Ở Việt Nam do khí hậu là miền nhiệt đới, nhiệt độ môi trường bình quân các ngày trong năm dao động trong khoảng  $(26 \div 30)^{\circ}\text{C}$ , ở nhiệt độ này dầu bôi trơn có đặc tính tốt cho nên không cần sưởi ấm, vì thế loại relay này không thích hợp cho việc dùng tự động điều khiển máy nén lạnh, việc khống chế và bảo vệ nhiệt độ dầu đẩy của máy nén lạnh và nhiệt độ của dầu (hai loại nhiệt độ này liên quan nhau) chỉ dùng relay nhiệt độ đơn, khi HT quá cao thì nó tác động đến van điện từ đưa gas lạnh về làm mát cho máy nén và dầu bôi trơn là hợp lý nhất.

Đối với relay nhiệt độ của Danfoss được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật lạnh, đặc biệt trong khoảng nhiệt độ từ  $-60^{\circ}\text{C}$  đến  $60^{\circ}\text{C}$ , cài đặt khi điều khiển tự động như sau:

### 1.5. Relay nhiệt độ kiểu dẫn nở nhiệt

#### a) Relay nhiệt độ kiểu dẫn nở nhiệt hai phần tử



Hình 4.9: Cấu tạo relay nhiệt độ kiểu dẫn nở nhiệt hai phần tử

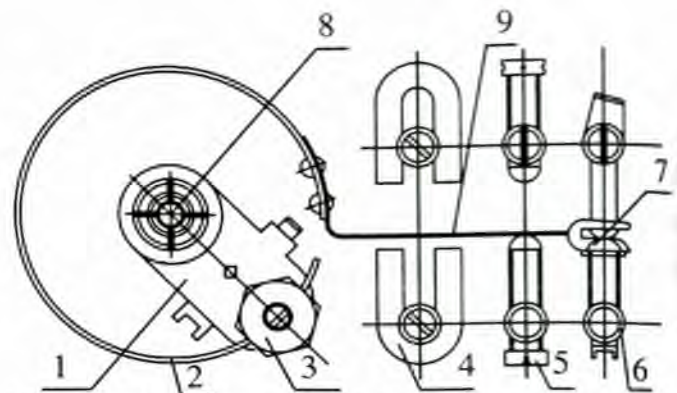
Cấu tạo của loại relay nhiệt độ kiểu dẫn nở nhiệt hai phần tử được trình bày trên hình 4.8. Ống hợp kim đồng (1) là phần tử cảm biến của relay. Bên trong ống có gắn hai lò xo bằng hợp kim. Phần trái của ống và lò xo được lắp vào một đế cố định (6). Đầu tự do của ống được giữ bởi vòng treo (3). Khi ống hợp kim đồng tăng nhiệt độ, ống sẽ dẫn nở dài ra. Đầu tự do (3) sẽ kéo lò xo (2) giãn ra, ngắt tiếp điểm (4). Dây dẫn từ các tiếp điểm ra ngoài được luồn qua nút (5). Relay loại này có thể điều chỉnh để làm việc trong khoảng  $25 \div 200^{\circ}\text{C}$ .

#### b) Relay nhiệt độ kiểu dẫn nở nhiệt thanh lưỡng kim

Hình 4.10 trình bày nguyên tắc cấu tạo của relay nhiệt độ dẫn nở bằng thanh lưỡng kim.



Nó gồm một phần tử cảm biến là thanh lưỡng kim (2), thanh lưỡng kim được kẹp vào kẹp (3) của tay quay (1). Khi tay quay (1) quay quanh trục (8) theo hướng ngược chiều kim đồng hồ, lực căng của thanh lưỡng kim tăng và như vậy độ chỉnh của relay thay đổi. Các nam châm vĩnh cửu (4) tác động lên đòn bẩy (9) làm cho relay ngắt được tức thời và bảo vệ tiếp điểm không bị nung nóng. Khi quay vít (5), vị sai của relay được thay đổi. Tiếp điểm bao gồm phần di động (7) và phần cố định (6). Dịch chuyển phần tử cố định để điều chỉnh áp lực tiếp điểm.

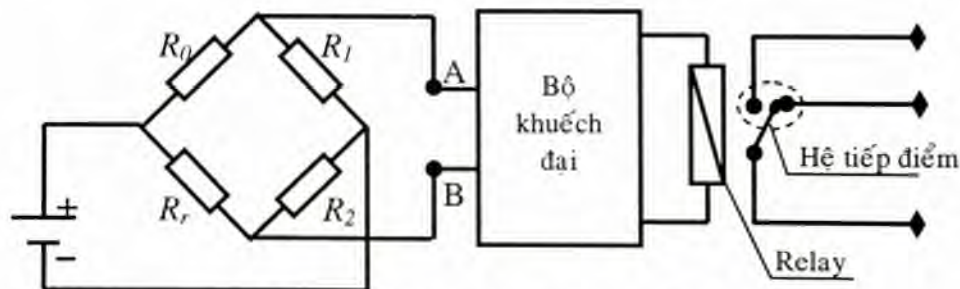


**Hình 4.10:** Cấu tạo relay nhiệt độ kiểu dẫn nở nhiệt thanh lưỡng kim  
 1 – tay quay; 2 – thanh lưỡng kim; 3 – kẹp; 4 – nam châm; 5 – vít vi sai; 6 – tiếp điểm tĩnh; 7 – tiếp điểm động; 8 – trục quay; 9 – đòn bẩy

## 2. Relay nhiệt độ điện tử

### 2.1. Relay nhiệt độ điện trở

Relay nhiệt độ điện trở được mô tả về mặt nguyên lý như hình 4.11. Nó gồm một bộ biến đổi nhiệt độ, bộ khuếch đại và thiết bị ra. Mạch so sánh thường sử dụng mạch cầu. Biến trở  $R_t$  để điều chỉnh nhiệt độ. Điện trở  $R_0$  là cảm biến có trị số điện trở thay đổi theo nhiệt độ (thermistor). Khi nhiệt độ cảm biến bằng nhiệt độ chỉnh định, cầu cân bằng, điện áp  $V_{AB} = 0$ , relay ngắt tiếp điểm. Khi nhiệt độ của cảm biến lệch khỏi giá trị chỉnh định, cầu mất cân bằng thì  $V_{AB} \neq 0$ , qua bộ khuếch đại điều khiển relay tác động đóng tiếp điểm.



**Hình 4.11:** Nguyên lý của relay nhiệt độ điện trở

### 2.2. Relay nhiệt độ điện tử

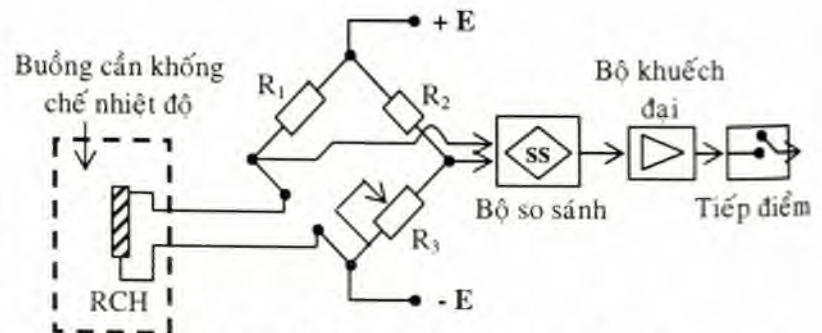
#### 2.2.1. Cấu tạo

RCH – là cặp nhiệt điện.

$R_1, R_2$  – là điện trở dây quấn.

$R_3$  – biến trở làm thay đổi tín hiệu khuếch đại để tác động lên relay điện tử.

Nguyên tắc cấu tạo có thể xem hình 4.12.



**Hình 4.12:** Sơ đồ nguyên lý của relay nhiệt độ điện tử

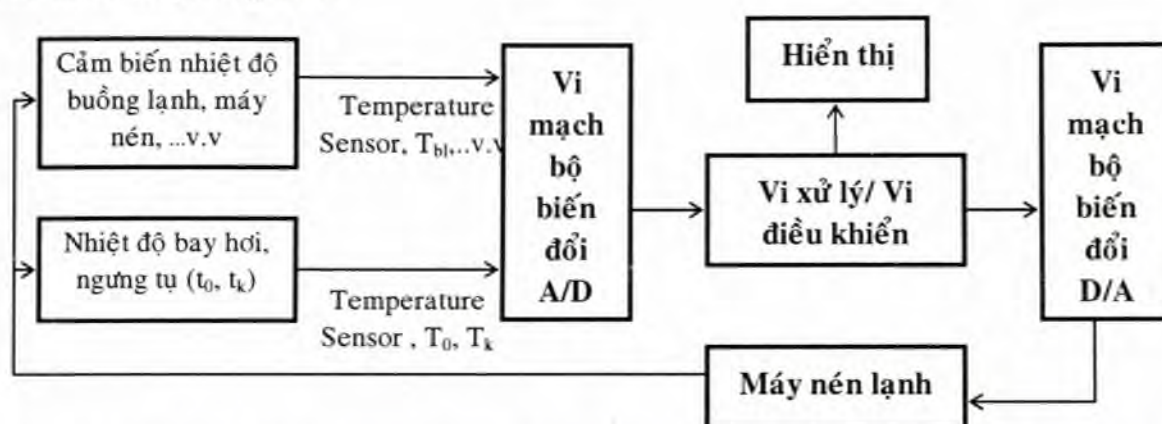


### 2.2.2. Nguyên lý làm việc

Khi nhiệt độ buồng cần khống chế thay đổi thì cặp nhiệt điện RCH cảm biến nhiệt độ, chuyển đổi tín hiệu nhiệt thành tín hiệu điện áp đưa tới bộ so sánh, tại đây nó sẽ so sánh với giá trị cài đặt trước nếu thỏa mãn nó sẽ đưa tới bộ khuếch đại, để khuếch đại làm cho tín hiệu có cường độ lớn hơn đủ để làm thay đổi trạng thái điều khiển bằng cách tác động lên relay điện tử đóng ngắt tiếp điểm. Hiện nay trên thị trường có bán rất nhiều chủng loại relay nhiệt độ điện tử như: Eliwell, Xiwell, ...v.v.

## III. THIẾT BỊ KHÔNG TIẾP ĐIỂM

### 1. Cảm biến nhiệt tiếp xúc



Hình 4.13: Sơ đồ khối tự động đo lường, điều khiển và bảo vệ tín hiệu nhiệt độ của hệ thống lạnh

Cấu tạo chung gồm các bộ phận sau: (hình 4.13)

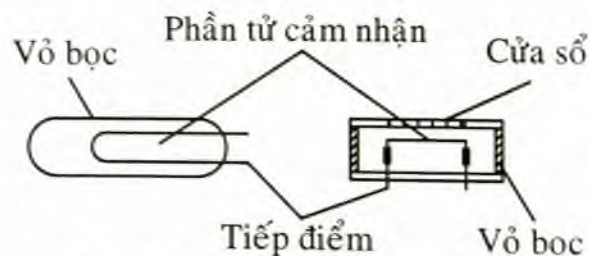
- **Phần tử cảm nhận:** bằng vật liệu có đặc tính thay đổi theo nhiệt độ, có tỉ nhiệt thấp, nhiệt dẫn suất cao, nhạy với nhiệt độ.
- **Tiếp điểm:** dẫn từ phần tử cảm nhận đến mạch điện tử cảm nhận bên ngoài. Các tiếp điểm phải có nhiệt dẫn suất rất nhỏ.
- **Vỏ bảo vệ:** phân cách cảm biến với môi trường. Vỏ bảo vệ phải có nhiệt trở thấp và cách điện tốt, chịu ẩm và các yếu tố ăn mòn.

#### a) Cảm biến nhiệt platin và nickel

Platin là vật liệu cho nhiệt điện trở dùng rộng rãi trong công nghiệp, chế tạo ở dạng tinh khiết cao, cho phép tăng độ chính xác các đặc tính điện của nó. Ngoài ra, platin còn trơ về mặt hoá học và ổn định tinh thể. Theo tiêu chuẩn, dải đo nhiệt điện trở của platin từ  $-200 \div 850^{\circ}C$ .

Cho dải đo từ  $-200^{\circ}C \div 0^{\circ}C$ , ta có đa thức cấp ba tính điện trở:

$$R(t) = R_0 [1 + At + Br^2 + C(t-100^{\circ}C)r^3]$$



Hình 4.14: Cấu tạo chung của cảm biến nhiệt tiếp xúc

Cho dải đo từ  $0^{\circ}\text{C} \div 850^{\circ}\text{C}$ , ta có đa thức cấp hai tính điện trở:

$$R(t) = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

Trong đó:  $A = 3,90802 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

$$B = -5,802 \cdot 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$$

$$C = -4,2735 \cdot 10^{-12} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-3}$$

$R_0$  – là trị số điện trở định mức ở  $0^{\circ}\text{C}$ .

Nickel có độ nhạy nhiệt độ cao hơn nhiều so với platin, rẻ tiền. Điện trở của nickel ở  $100^{\circ}\text{C}$  lớn gấp 1,617 lần so với ở  $0^{\circ}\text{C}$ , trong khi đó với platin thì độ chênh này chỉ bằng 1,385. Tuy vậy, nickel có hoạt tính hóa học cao, dễ bị oxi hoá khi nhiệt độ tăng do vậy dải nhiệt độ hoạt động bị hạn chế dưới  $(-60 \div 250)^{\circ}\text{C}$ . Trị số đặc trưng ở  $0^{\circ}\text{C}$  là  $100\Omega$ .

Ta có đa thức tính điện trở:

$$R(t) = R_0 (1 + At + Bt^2 + Ct^4 + Dt^6)$$

Trong đó:  $A = 0,5485 \cdot 10^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

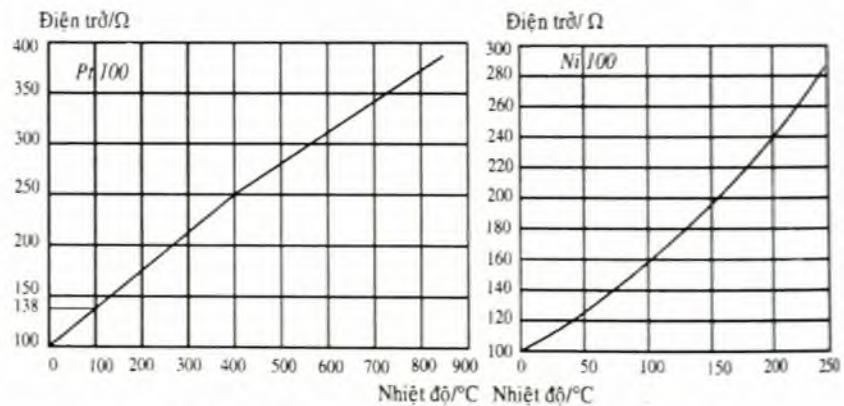
$$B = 0,665 \cdot 10^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$$

$$C = 2,805 \cdot 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-4}$$

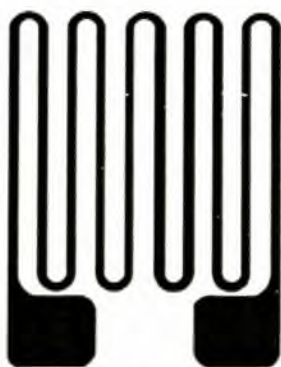
$$D = 2,111 \cdot 10^{-17} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-6}$$

Cảm biến Ni 100 thường dùng trong công nghiệp điều hoà nhiệt độ phòng. Đặc tuyến của Pt 100 và Ni 100 như hình 4.15.

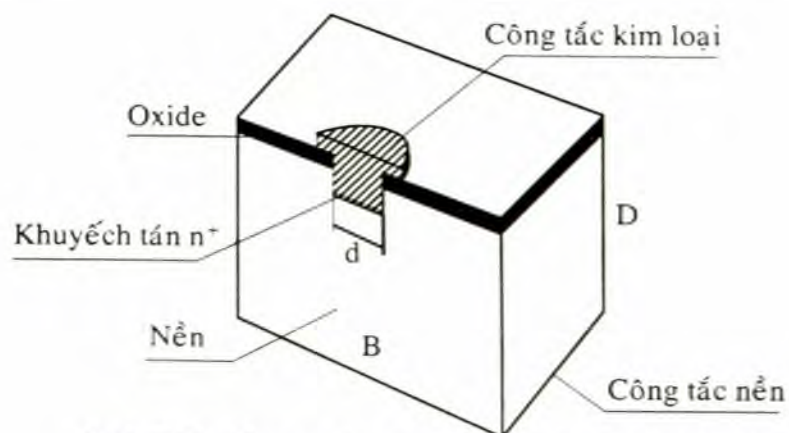
Ngoài ra, để đo nhiệt độ vật rắn ta sử dụng nhiệt điện trở bề mặt có cấu trúc như hình 4.16. Người ta sử dụng màng mỏng kim loại có chiều dày vài  $\mu\text{m}$  và có kích thước khoảng  $1 \text{ cm}^2$ . Khi sử dụng, nhiệt điện trở được dán trên bề mặt cần đo nhiệt độ.



Hình 4.15: Đặc tuyến của Pt 100 và Ni 100



Hình 4.16: Nhiệt điện trở bề mặt



Hình 4.17: Cấu tạo công tắc kim loại cảm biến nhiệt độ



### b) Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic

Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic được dùng rất phổ biến hiện nay trong công nghiệp ở những nơi cần đo và hiệu chỉnh nhiệt độ từ  $(-50 \div 300)^{\circ}C$ . Silic tinh khiết hay đơn tinh thể silic có hệ số điện trở âm. Tuy nhiên, khi được kích tạp loại n ở một dải nhiệt độ nào đó, hệ số nhiệt điện trở của nó trở thành dương do điện tích mang chuyển sang nhiệt độ thấp hơn. Ở các nhiệt độ cao hơn, số điện tích tự do tăng lên do điện tích tự phát và đặc tính của silic chiếm đa số do vậy dưới  $200^{\circ}C$  điện trở suất của silic có hệ số nhiệt dương nhưng trên  $200^{\circ}C$  hệ số nhiệt trở là âm. Có thể tính điện trở của cảm biến silic theo nhiệt độ theo bằng công thức gần đúng:  $R_T = R_0 [1 + A(T - T_0) + B(T - T_0)^2]$

Trong đó:  $R_0$  – là điện trở ở điểm chuẩn  $^{\circ}C$  ( $\Omega$ ).

$T_0$  – là nhiệt độ ở điểm chuẩn  $^{\circ}C$  (K).

$$A = 0,7874 \text{ K}^{-1}$$

$$B = 1,874 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-2}$$

Ngoài ra, điện trở R này được xác định với phương trình:  $R = \frac{\rho}{\pi \cdot d}$ , trong đó:

$R$  – là điện trở của cảm biến nhiệt, [ $\Omega$ ].

$\rho$  – là điện trở suất của vật liệu silic, [ $\Omega m$ ].

$d$  – là đường kính của kim đo (công tắc kim loại), [ $m$ ].

Tất cả các loại cảm biến nhiệt silic không được tác động một lực lên cảm biến vì có thể làm hỏng cảm biến. Hầu hết các loại cảm biến bị giới hạn ở nhiệt độ  $150^{\circ}C$  vì vỏ bọc, chân nối vào chip không ổn định với nhiệt độ cao và sau đó quá  $150^{\circ}C$  sự dẫn điện của tải thuần (Intrinsic Conductivity) bắt đầu hoạt động.

### c) Cảm biến cặp nhiệt ngẫu

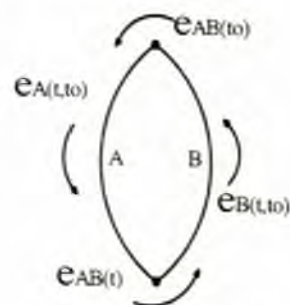
**Cấu tạo:** gồm hai loại dây dẫn khác loại A và B nối nhau bởi mối hàn, hai mối hàn này có nhiệt độ khác nhau  $t$  và  $t_0$  (nhiệt độ chuẩn  $^{\circ}C$ ). Ta thường dùng kim loại platin làm kim loại chuẩn do có độ bền hoá học cao, nhiệt độ nóng chảy cao, dễ điều chế (hình 4.18).

**Nguyên lý hoạt động:** dựa vào hiện tượng khuếch tán điện tử tự do. Khi trong mạch khép kín mà tại hai mối hàn có nhiệt độ khác nhau, hoạt tính của điện tử tự do ở đầu đốt nóng sẽ tăng lên, vì vậy có dòng điện tử khuếch tán từ đầu nóng đến đầu lạnh làm cho đầu nóng thiếu điện tử tự do nên mang điện tích dương, còn đầu lạnh mang điện tích âm. Giữa hai đầu xuất hiện sức điện động. Chiều của dòng điện phụ thuộc vào nhiệt độ tương ứng của mối hàn, nghĩa là nếu nhiệt độ  $t > t_0$  thì dòng điện chạy theo chiều ngược lại.

Khi hai mối hàn có cùng nhiệt độ thì sức nhiệt điện động tổng:

$$E_{AB} = e_{AB}(t_0) + e_{BA}(t_0) = 0$$

Khi  $t \neq t_0$  thì:  $E_{AB} = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) \Leftrightarrow E_{AB} = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$



Hình 4.18: Sơ đồ cặp nhiệt ngẫu

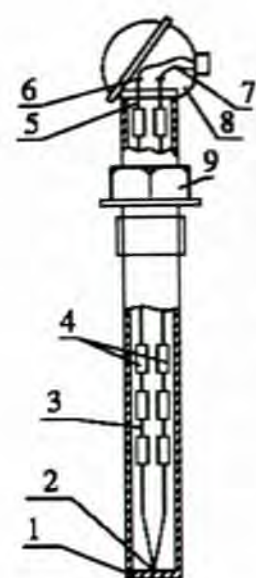


Đây là phương trình cơ bản của cặp nhiệt ngẫu, nghĩa là sức nhiệt động phụ thuộc vào hiệu số nhiệt độ của mạch. Nếu  $t_0 = const$  thì  $e_{AB}(t_0) = C$  ( $C$  là hằng số).

$$\Rightarrow E_{AB} = e_{AB}(t_0) - C$$

Như vậy, bằng cách đo sức điện động mà ta có thể tìm được nhiệt độ  $t$ .

Trên hình 4.19, người ta đặt điện cực (3) trong vỏ bảo vệ (1) có chuỗi cách điện (4). Mối hàn (2) tiếp xúc với đáy vỏ bảo vệ hay có thể cách ly bằng dầu sứ. Dây dẫn nối dài (7) được nối với điện cực ở đầu nối (8), vít (6) trên phích cắm (5). Vỏ bảo vệ được giữ chắc chắn và đưa vào đối tượng cần đo, giữ chặt bằng mức (9). Để bảo đảm tiếp xúc chắc chắn, mối hàn (2) được hàn hơi. Vỏ bảo vệ có dạng hình trụ hay hình côn bằng vật liệu không thấm khí (thạch anh hay gốm) có đường kính  $(15 \div 25)mm$ , có chiều dài tùy thuộc vào yêu cầu từ  $(100 \div 3000)mm$ .



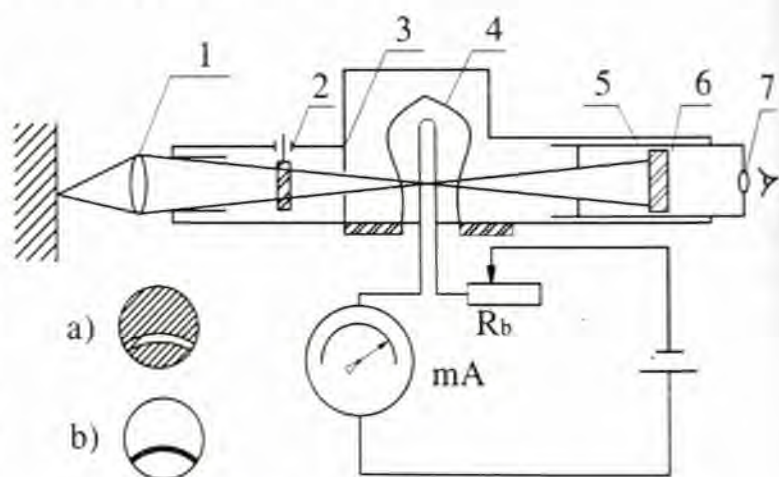
Hình 4.19: Nhiệt điện kế chuẩn

## 2. Cảm biến nhiệt độ không tiếp xúc (cảm biến quang đo nhiệt độ)

### a) Hỏa kế quang học

Hỏa kế quang học được sử dụng rộng rãi trong phòng thí nghiệm, có dải đo nhiệt độ từ  $(800 \div 6000)^{\circ}C$ .

Hỏa kế quang học hoạt động dựa trên cơ sở so sánh độ chói quang phổ của vật đo với độ chói chuẩn bằng mắt thường để xác định sự trùng của độ chói đo với độ chói chuẩn (sự bức xạ của vật đen tuyệt đối). Phổ biến nhất là hỏa kế quang học dây tóc hình 4.20.



Hình 4.20: Sơ đồ hỏa kế quang học

Để đo nhiệt độ của vật, người ta hướng vật kính (1) của dụng cụ đo tới vật cần đo sao cho có thể quan sát từ thị kính (7) sợi tóc của đèn (4). So sánh độ chói của vật đo với dây tóc đèn thường thực hiện khi bước sóng bằng  $0,65\mu m$ . Để thực hiện được điều đó, ta đặt trước thị kính một thiết bị lọc ánh sáng đỏ (6). Việc chọn bộ lọc ánh sáng đỏ tạo cho mắt người cảm nhận qua bộ lọc này chỉ một phần quang phổ đi qua gần với tia đơn sắc. Ngoài ra, việc sử dụng bộ lọc này cho phép giảm giới hạn dưới của hỏa kế. Thanh ngăn giới hạn góc vào và ra của hỏa kế. Ta có thể quan sát hình ảnh của sợi tóc bóng đèn trên phông của vật đo: a) *phông tối - dây tóc sáng*, b) *phông chiếu sáng - dây tóc tối*. Ta phải chỉnh sao cho vật sáng hơn đèn. Nhờ có biến trở  $R_b$  mà ta có thể thay đổi cường độ đo dòng điện đi qua đèn cho đến khi độ sáng của dây tóc bằng độ sáng của vật đo. Khi đó, kim chỉ của mA với sự chia độ theo ánh sáng phụ thuộc vào nhiệt độ sẽ cho biết nhiệt độ tương ứng của vật cần đo.







Đây là diode Zener cảm biến nhiệt độ có giới hạn từ  $(-40 \div 1000)^{\circ}C$ . Đặc tính của nó được mô tả theo công thức:  $U = 10.T = 10(273,15 + t) (mV)$ , trong đó:

$T$  – là giá trị nhiệt độ Kelvin.

$t$  – là giá trị nhiệt độ Cenciuss.

Dòng điện đi qua trong mạch cho phép khoảng từ  $(0,4 \div 5)mV$ . Trong mạch đo nhiệt độ nên chọn  $I \geq 1 mA$ , vì khi nhỏ hơn  $1 mA$  có thể làm giảm độ chính xác.  $R_1$  là điện trở giới hạn dòng qua cảm biến được tính cho điều kiện chuẩn nhiệt độ  $t = 20^{\circ}C$ .

$$R_1 = \frac{E - 0,2}{I} 10^3 (\Omega), \text{ với } E - \text{ là điện áp cấp cho cảm biến, [V]}$$

Để đảm bảo tuyến tính của chuyển đổi đo, đòi hỏi  $I_t \ll I$ . Độ lệch tuyến tính của LM 335 có thể đạt  $\pm 1^{\circ}C$ .

Khi nhiệt độ  $t = 0^{\circ}C$  thì tín hiệu ra đưa về mạch điều khiển  $U = 2,73 V$ .

Để đảm bảo độ chính xác cao nhất trong giới hạn đo cần thiết và khi nhiệt độ  $t = 0^{\circ}C$  thì  $U = 0V$ , ta sử dụng mạch như hình 4.22 b.

Sơ đồ này có khả năng hiệu chỉnh hai điểm giới hạn đo ( $R_d$  hiệu chỉnh đầu,  $R_c$  hiệu chỉnh cuối thang đo). Trước hết, đặt  $R_c$  ở vị trí trung gian nào đó và hiệu chỉnh  $R_d$  sao cho điện áp ra của nó là  $U = -2,73V$ . Đặt cảm biến đo vào vùng có nhiệt độ điểm đầu thang đo và hiệu chỉnh  $R_d$  giảm nửa sai số, sau đó đặt cảm biến đo vào vùng có nhiệt độ cực đại của thang đo và hiệu chỉnh  $R_c$  giảm nửa sai số phía trên. Chuyển cảm biến nhiệt độ về vị trí có nhiệt độ thấp và thực hiện lại phép hiệu chỉnh như trên. Quá trình hiệu chỉnh lặp đi lặp lại nhiều lần như vậy cho đến khi đạt được kết quả như mong muốn. Trong mạch này đòi hỏi  $R_d \ll R_1$ .

#### b) IC cảm biến nhiệt LM35 (LM34)

Vi mạch cảm biến đo nhiệt độ LM35 sử dụng để đo nhiệt độ thay đổi trong khoảng  $(50 \div 300)^{\circ}F$  ( $45,6^{\circ}C \div 148,9^{\circ}C$ ). Tín hiệu ra của LM35 tỉ lệ với nhiệt độ thang Fahrenheit và hoàn toàn tuyến tính với độ nhạy  $\varepsilon = 10mV/1^{\circ}F$ . LM35 không đòi hỏi thiết bị hiệu chỉnh bên ngoài.

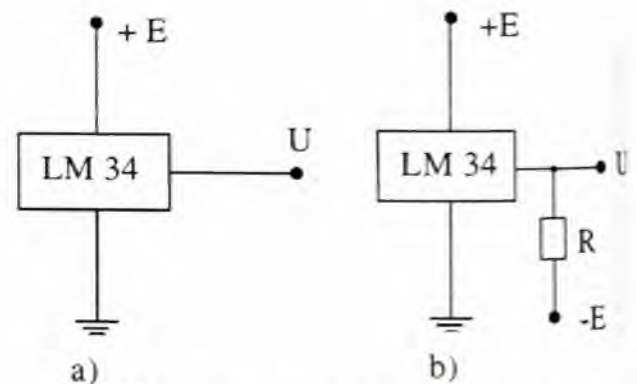
#### Các thông số kỹ thuật

Dòng tiêu thụ của LM35 chỉ khoảng  $70\mu A$ .

- Sai số đo nhiệt độ:  $\pm 0,5^{\circ}F$  đối với thang đo từ  $(-50 \div 300)^{\circ}F$ , sai số đo nhiệt độ phòng là:  $\pm 0,5^{\circ}F$
- Nguồn cấp +E có thể thay đổi trong khoảng  $(5V \div 20)V$ . Hình 4.23a sử dụng khi đo nhiệt độ dương Fahrenheit, còn hình 4.23b sử dụng khi đo cả nhiệt độ âm theo Fahrenheit.

- Điện trở R được cho theo phương trình:  $R = \frac{-E}{50\mu A} (M\Omega)$

- Tín hiệu ra thay đổi theo hàm:  $U = 10.p (mV)$ , với p là nhiệt độ tính theo Fahrenheit.



Hình 4.23: Mạch nối LM35 cảm biến nhiệt độ



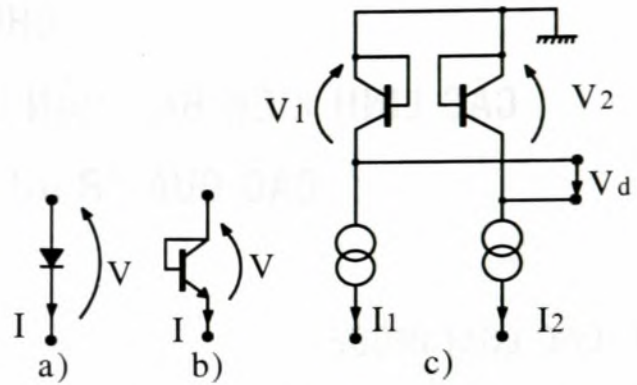
**c) Đo nhiệt độ bằng diode và transistor**

Linh kiện điện tử nhạy cảm với nhiệt độ, do đó, có thể sử dụng một số linh kiện bán dẫn như diode hoặc transistor nối theo kiểu diode (nối B và C) phân cực thuận có dòng điện không đổi. Khi đó, điện áp giữa hai cực là hàm của nhiệt độ. Dải nhiệt độ làm việc bị hạn chế trong khoảng  $(-50 \div 150)^{\circ}C$ .

Độ nhạy nhiệt của diode hoặc transistor mắc theo kiểu diode được xác định theo biểu

thức: 
$$S = \frac{dV}{dT} \approx 2.5mV / ^{\circ}C$$

Để tăng độ tuyến tính và khả năng thay thế, người ta thường mắc theo sơ đồ (hình 4.22c) dùng một cặp transistor mắc đối với nhau với hai dòng  $I_1$  và  $I_2$  không đổi chạy qua và đo điện áp B – E. Bằng cách này, ta có thể loại được dòng điện ngược. Trong trường hợp này, độ nhạy nhiệt được tính theo công thức: 
$$S = \frac{d(V_1 - V_2)}{dT}$$



Hình 4.24: Đo nhiệt độ bằng linh kiện bán dẫn

## CHƯƠNG 5

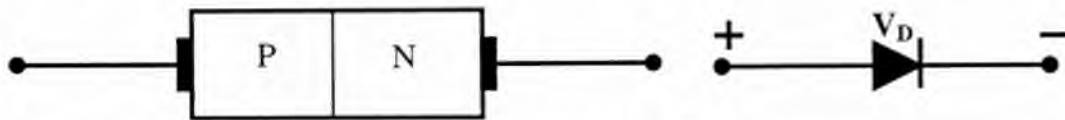
# CÁC LINH KIỆN BÁN DẪN ỨNG DỤNG TRONG ĐIỀU KHIỂN

## CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT – ĐIỆN LẠNH

### I. CÁC LOẠI DIODE

#### 1. Cấu tạo

Diode là linh kiện bán dẫn gồm hai tiếp giáp P – N ghép lại với nhau. Đầu P là cực dương A (anode), đầu N là cực âm K (cathode). Cấu trúc và ký hiệu của diode được trình bày như hình 5.1.



Hình 5.1: Cấu trúc và ký hiệu của diode

#### 2. Nguyên lý làm việc và đường đặc tính

##### a) Khi diode không có điện áp ngoài

Hạt mang điện đa số của lớp P là lỗ trống, hạt mang điện đa số của lớp N là điện tử tự do. Khi ghép hai lớp này lại với nhau thì sẽ có dòng khuếch tán của các hạt đa số qua mặt ghép (lỗ trống từ P sang N và điện tử tự do từ N sang P). Do đó, nó tạo nên dòng điện khuếch tán  $I_{kt}$  từ P đến N.

Sự tồn tại của  $I_{kt}$  làm vùng N mất điện tử tự do, còn vùng P nhận được điện tử tự do. Do đó, phía vùng N có điện tích khối dương còn phía vùng P có điện tích khối âm. Như vậy, giữa hai phía của mặt ghép hình thành một hiệu điện thế tiếp xúc  $U_{tx}$  có chiều từ N đến P. Hiệu điện thế tiếp xúc  $U_{tx}$  này cản trở sự khuếch tán của các hạt đa số và làm giảm  $I_{kt}$ . Ngược lại,  $U_{tx}$  tạo ra sự chuyển dịch của các hạt mang điện thiểu số (lỗ trống từ N sang P và điện tử tự do từ P sang N) qua mặt ghép. Điều này tạo ra dòng điện ngược đi từ N đến P. Do đó, dòng điện qua mặt ghép là:  $I = I_{kt} - I_{ng}$ .

Khi  $I_{kt} > I_{ng}$ , hiệu điện thế tiếp xúc  $U_{tx}$  tăng lên, sự tăng của  $U_{tx}$  làm giảm  $I_{kt}$  và tăng  $I_{ng}$ . Khi  $U_{tx}$  tăng đến một giá trị nào đó thì tất cả các hạt mang điện thiểu số đều chuyển dịch qua mặt ghép. Lúc đó  $I_{ng}$  đạt đến giá trị bão hòa  $I_s$  và không tăng lên nữa. Nếu  $U_{tx}$  tiếp tục tăng lên thì  $I_{kt}$  tiếp tục giảm xuống cho đến lúc đạt được trạng thái cân bằng động  $I_{kt} = I_{ng} = I_s$ . Lúc này thì dòng điện qua mặt ghép  $I = 0$  và  $U_{tx}$  đạt được trị số xác định (khoảng 0,3V đối với diode Ge và khoảng 0,7V đối với diode Si).  $U_{tx}$  còn được gọi là hàng rào điện thế.

##### b) Khi diode được đặt một điện áp ngoài $U_{AK} > 0$

Trong trường hợp này  $U_{AK}$  ngược chiều với  $U_{tx}$ , do đó, hàng rào điện thế giảm xuống và không còn nữa. Điều này làm dòng điện khuếch tán  $I_{kt}$  tăng lên còn dòng điện ngược vẫn giữ giá trị  $I_s$ . Dòng điện qua mặt ghép tăng theo  $U_{AK}$  theo công thức:



$$I = I_{kt} - I_{ng} = I_s \left( e^{\frac{11522}{T} U_{AK}} - 1 \right) \quad (5-1)$$

Trong đó:

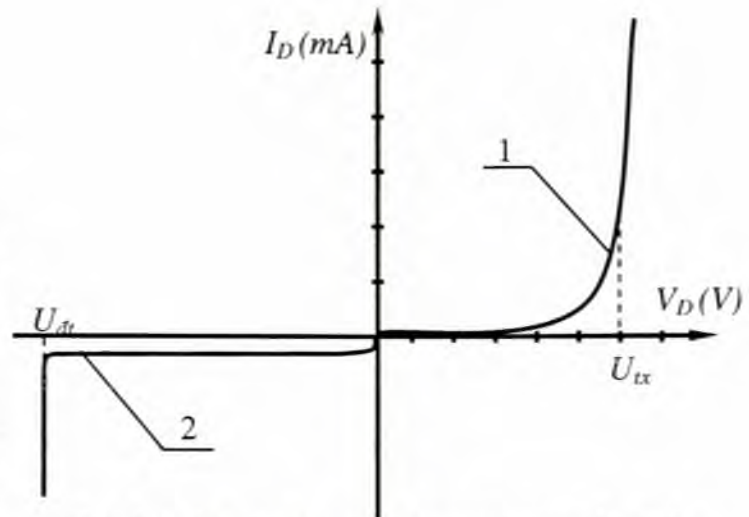
$I_s$  – dòng điện ngược bão hòa.

$T$  – nhiệt độ tuyệt đối của diode.

$U_{AK}$  – điện áp ngoài đặt vào diode.

Sự tăng của  $I$  theo  $U_{AK}$  được biểu diễn bằng đoạn cong (1) trên đặc tuyến Volt – Ampere của diode trình bày trên hình 5.2.

$I$  và  $U_{AK}$  trong trường hợp này được gọi là dòng điện và điện áp thuận và diode trong trường hợp này gọi là diode được phân cực thuận hay diode mở.



Hình 5.2: Đường đặc tuyến Volt - Ampere của diode

### c) Khi diode được đặt một điện áp ngoài $U_{AK} < 0$

Trong trường hợp này  $U_{AK}$  cùng chiều với  $U_{tx}$ . Do đó hàng rào điện thế tăng lên. Hàng rào này đẩy các hạt mang điện đa số ra xa mặt tiếp xúc. Điều này tạo ra một lớp nghèo hạt mang điện ở mặt ghép. Lớp này hầu như là một lớp cách điện đối với các hạt mang điện đa số và cản trở hoàn toàn dòng điện khuếch tán. Ngược lại, hàng rào điện thế  $U_{AK} + U_{tx}$  lại gia tốc cho các hạt mang điện thiểu số qua mặt ghép. Tuy nhiên, nếu  $U_{KA}$  nhỏ hơn điện áp đánh thủng  $U_{dt}$  của diode thì dòng điện ngược do các hạt mang điện thiểu số tạo ra rất bé. Điều này tương ứng với đoạn cong (2) của đặc tuyến Volt – Ampere trên hình 5.2. Diode ở trạng thái này gọi là diode được phân cực ngược hoặc diode khóa. Khi điện áp ngược  $U_{KA} > U_{dt}$  thì các hạt mang điện thiểu số được gia tốc đến mức có thể phá vỡ mối liên kết nguyên tử trong lớp ghép và tạo ra các điện tử tự do mới. Các điện tử mới này lại tham gia bắn phá mặt ghép. Do đó, số điện tử tự do tăng lên một cách dây chuyền. Điều này làm dòng điện ngược tăng lên một cách nhảy vọt. Tình trạng này của diode được gọi là diode bị đánh thủng.

## 3. Các tham số của diode

### a) Điện trở DC

Điện trở DC của diode ( $R_{DC}$ ) tại điểm hoạt động có thể tìm thấy một cách đơn giản bằng cách tìm các mức điện áp  $V_D$  và dòng điện  $I_D$  tương ứng với điện áp nguồn cung cấp và áp dụng phương trình sau:

$$R_{DC} = \frac{V_D}{I_D} \quad (5-2)$$

### b) Điện trở AC

Điện trở AC của diode ( $R_{AC}$ ) xác định theo công thức sau:

$$R_{AC} = \frac{\eta V_T}{I_D + I_s} \quad (5-3)$$

Trong đó:

$\eta$  - là hằng số phụ thuộc vào vật liệu  $1 \leq \eta \leq 2$ .

$V_T = \frac{kT_k}{q}$  - là hiệu điện thế nhiệt.

Với  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} (J/K)$  - là hằng số Boltzman.

$T_k = T_c + 273,15 (K)$  - nhiệt độ tuyệt đối Kelvin.

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} (C)$  - điện tích hạt cơ bản.

$I_D$  - là dòng điện của diode khi phân cực thuận.

$I_S$  - là dòng điện rò bão hòa.

### c) Điện dung

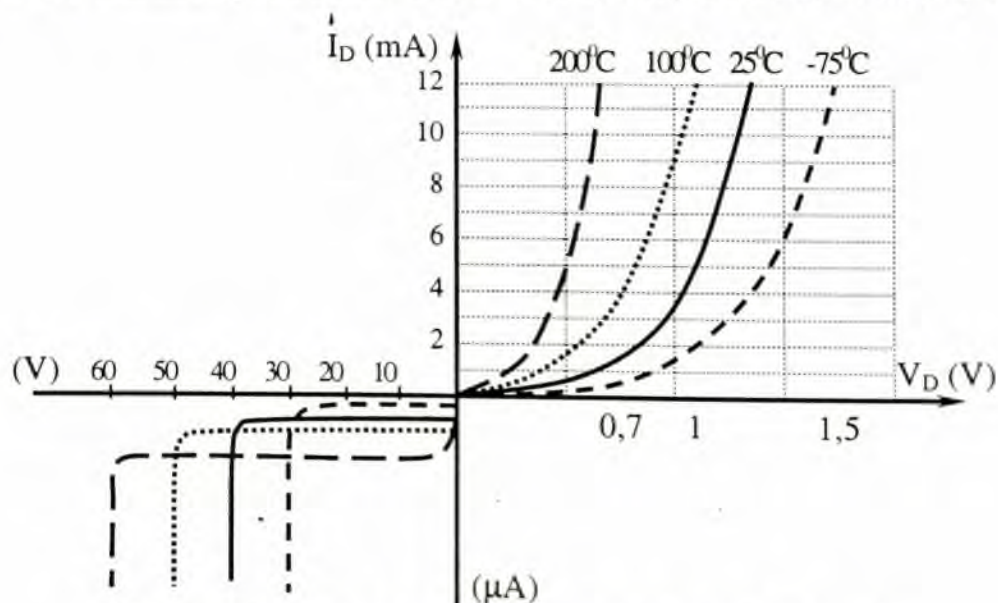
Các linh kiện điện tử rất nhạy với tần số cao. Hầu hết các ảnh hưởng của điện dung nối tiếp bị bỏ qua khi làm việc ở tần số thấp vì  $X_C = 1/2\pi fC$  có giá trị lớn (tương đương như hở mạch). Tuy nhiên, không thể nào bỏ qua khi làm việc ở tần số cao vì giá trị  $X_C$  giảm nhỏ sẽ ngắn mạch các tín hiệu có tần số cao. Trong diode bán dẫn P - N, điện dung cần xem xét gồm hai thành phần:  $C = C_T + C_D$ , trong đó  $C_T$  là điện dung chuyển tiếp (transistion) và  $C_D$  là điện dung khuếch tán (diffusion).

### d) Thời gian khôi phục ngược

Thời gian khôi phục ngược  $t_{rr}$  là tổng của hai thông số thời gian lưu trữ và thời gian chuyển tiếp:  $t_{rr} = t_s + t_t$ . Trong đó thời gian lưu trữ  $t_s$  là thời gian để các hạt tải thiểu số trở về trạng thái hạt tải đa số của chúng ở chất bán dẫn đối diện, thời gian chuyển tiếp  $t_t$  là thời gian để dòng điện giảm về giá trị 0 ứng với trạng thái ngưng dẫn.

### e) Ảnh hưởng của nhiệt độ

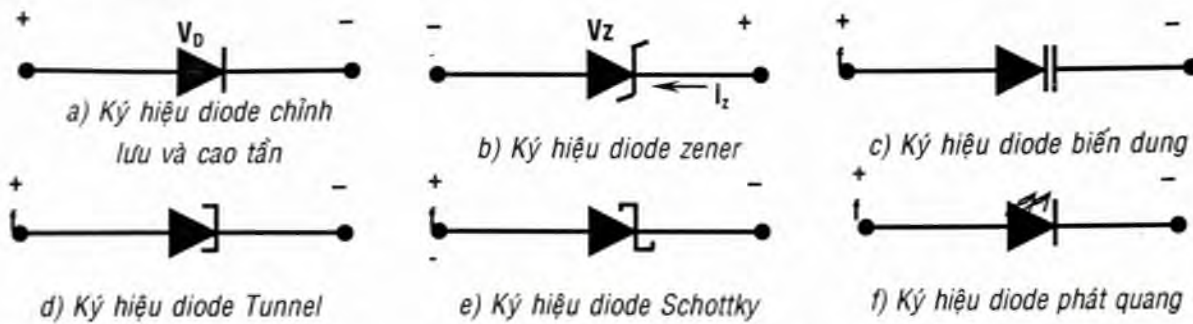
Nhiệt độ có thể làm ảnh hưởng đáng kể đến đặc tính của diode bán dẫn. Qua thí nghiệm, người ta tìm được mối liên hệ như sau: Dòng điện bão hòa ngược  $I_S$  sẽ tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng lên  $10^\circ C$ . Sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến đặc tính của diode được trình bày trên hình 5.3.



Hình 5.3: Các đặc tính khác nhau của diode khi nhiệt độ thay đổi



#### 4. Các loại diode



Hình 5.4: Ký hiệu của các loại diode

##### a) Diode chỉnh lưu

Cấu tạo là một chuyển tiếp P – N tiếp xúc mặt nên diode chỉnh lưu có khả năng chịu được dòng tải lớn và được ứng dụng trong các mạch chỉnh lưu. Diode chỉnh lưu được ký hiệu như hình 5.4a.

##### b) Diode cao tần

Cấu tạo là một chuyển tiếp P – N tiếp xúc điểm nên diode cao tần có điện dung tiếp xúc bé, hoạt động được ở tần số cao và được ứng dụng trong các mạch tách sóng cao tần. Diode cao tần được ký hiệu như hình 5.4a.

##### c) Diode zener

Cấu tạo là một chuyển tiếp P – N nhưng được chế tạo bằng vật liệu chịu nhiệt và tỏa nhiệt tốt, do đó nó chịu được dòng điện ngược lớn. Zener hoạt động chủ yếu ở vùng phân cực ngược và được ứng dụng trong các mạch ổn áp, tạo điện áp chuẩn. Ký hiệu của diode zener được biểu diễn trên hình 5.4b.

##### d) Diode biến dung

Cấu tạo là một chuyển tiếp P – N được chế tạo có điện dung thay đổi theo điện áp ngược đặt vào. Ứng dụng trong các mạch tự điều chỉnh tần số cộng hưởng .... Ký hiệu diode biến dung trình bày trên hình 5.4c.

##### e) Diode Tunnel

Cấu trúc cũng là một chuyển tiếp P – N nhưng có nồng độ tạp chất rất cao và được ứng dụng trong các mạch siêu cao tần. Diode Tunnel có ký hiệu như hình 5.4d.

##### f) Diode Schottky

Diode Schottky có cấu tạo là tiếp xúc Schottky – là tiếp xúc gồm một khối kim loại (như platin) và một khối chất bán dẫn N được ghép lại với nhau. Ứng dụng trong các mạch yêu cầu tốc độ chuyển mạch nhanh. Ký hiệu của diode Schottky được biểu diễn trên hình 5.4e.

##### g) Diode phát quang (LED)

Diode phát quang là một diode phát ra ánh sáng khi nó được kích. Khi bất cứ mối nối P – N nào được phân cực thuận thì nó sẽ có sự tái tổ hợp của lỗ trống và điện tử nằm trong cấu trúc và gắn mối nối. Sự tái hợp này đòi hỏi một năng lượng được chiếm hữu bởi các điện tử tự do

phát ra sẽ chuyển sang một trạng thái khác. Trong tất cả các mối nối bán dẫn P – N, năng lượng này sẽ tạo ra nhiệt và một vài dạng hạt ánh sáng (photons). Hình 5.4f biểu diễn ký hiệu của diode phát quang.

## II. CÁC LOẠI TRANSISTOR

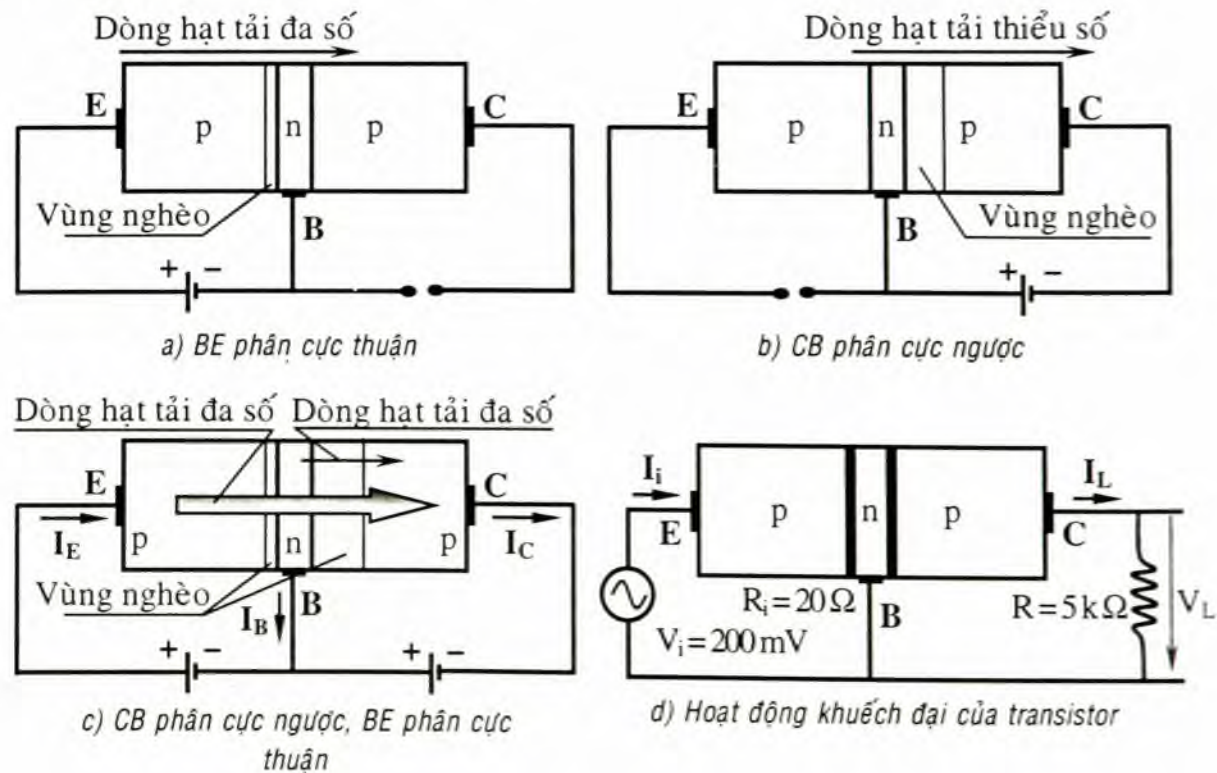
### 1. Transistor lưỡng cực tính BJT (Bipolar Junction Transistor)

#### a) Cấu tạo

Transistor là một linh kiện bán dẫn ba lớp gồm hai lớp N và một lớp P – được gọi là transistor NPN hoặc hai lớp P và một lớp N – được gọi là transistor PNP. Cấu trúc của nó được trình bày trên hình 5.5. Lớp bán dẫn giữa có bề dày nhỏ hơn nhiều hai lớp bán dẫn hai bên khoảng 150 lần.

Transistor có ba cực: cực E (Emitter) là cực phát, C (Collector) là cực thu và B (Base) là cực nền.

#### b) Nguyên tắc làm việc



Hình 5.6: Minh họa nguyên tắc hoạt động của transistor loại PNP

Do có hai loại transistor nên để giải thích hoạt động cơ bản của transistor ta dùng một loại transistor PNP còn NPN thì tương tự.



Trên hình 5.6a, transistor không có điện áp mối nối phân cực CB và mối nối BE cấp nguồn phân cực thuận. Trường hợp này, nó hoạt động như một chuyển tiếp PN, vùng nghèo của mặt tiếp giáp BE giảm và chỉ có sự di chuyển của các hạt tải đa số từ lớp P của cực E sang lớp N của cực B.

Trên hình 5.6b, mối nối BE không phân cực còn mối nối CB phân cực ngược. Khi đó nó hoạt động giống như diode phân cực ngược, vùng nghèo của mặt tiếp giáp CB dày lên, dòng của các hạt tải đa số bằng 0 và chỉ còn dòng của các hạt tải thiểu số.

Trên hình 5.6c là trường hợp mối nối BE phân cực thuận còn mối nối CB phân cực ngược. Do mối nối BE phân cực thuận nên một số lượng rất lớn các hạt tải đa số của chất bán dẫn P sẽ khuếch tán sang chất bán dẫn N qua mặt tiếp giáp PN, do chất bán dẫn N ở giữa rất mỏng nên có một số lượng rất ít các hạt tải được tái hợp tạo nên dòng  $I_B$  có giá trị rất nhỏ (vài  $\mu A$ ) một số lượng rất lớn các hạt tải còn lại trở thành hạt tải thiểu số của lớp N (cực B). Trong khi đó mối nối CB phân cực ngược nên các hạt tải này tiếp tục di chuyển qua mặt tiếp giáp sang vùng chất bán dẫn P về cực C tạo nên dòng  $I_C$ . Theo định luật Kirchoff, ta có:  $I_E = I_C + I_B$ . Trong đó dòng  $I_C$  được xem là tổng của hai dòng: một là của các hạt tải đa số  $I_{Cmajority}$  (từ lớp P của cực E), và một là của hạt tải thiểu số  $I_{Cminority}$ , như vậy:  $I_C = I_{Cmajority} + I_{Cminority}$ .

Thông thường,  $I_C$  có giá trị lớn còn  $I_{CO}$  thì có giá trị rất nhỏ,  $I_{CO}$  giống như dòng  $I_s$  của diode khi phân cực ngược và rất nhạy với nhiệt độ nên cần phải khảo sát cẩn thận khi ứng dụng trong các ứng dụng có tầm nhiệt độ rộng.

#### ➤ Hệ số truyền đạt dòng điện $\alpha$

Với tín hiệu DC, dòng  $I_C$  và  $I_E$  phụ thuộc vào các hạt tải đa số có mối liên hệ với nhau bởi hệ số  $\alpha$  và xác định bởi phương trình:  $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ , trong đó  $I_E$  và  $I_C$  là dòng điện tại điểm làm việc.

Với các linh kiện thực tế thì  $\alpha = 0,9 \div 0,998$ . Còn với tín hiệu AC thì hệ số  $\alpha$  được xác định bởi

phương trình: 
$$\alpha_{AC} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \quad (5-4)$$

#### ➤ Hệ số khuếch đại dòng điện $\beta$

Với tín hiệu DC, dòng điện  $I_C$  và  $I_B$  có mối quan hệ với nhau bởi hệ số  $\beta$  và xác định bởi phương trình:  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ , trong đó  $I_B$  và  $I_C$  là dòng điện tại điểm làm việc. Với các linh kiện thực

tế thì  $\beta = 50 \div 400$ . Còn với tín hiệu AC thì hệ số  $\beta$  xác định theo phương trình sau:

$$\beta_{AC} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} = \text{constant}} \quad (5-5)$$

#### ➤ Hoạt động khuếch đại của transistor

Mối quan hệ giữa dòng  $I_C$  và  $I_E$  đã được thiết lập ở trên, hoạt động khuếch đại của transistor có thể trình bày bằng mạch điện trên hình 5.6d, các thông số được chọn như trên hình. Bài toán đặt ra là khảo sát tín hiệu điện áp ngõ ra  $V_L$  và hệ số khuếch đại điện áp.

Dòng điện vào được xác định như sau: 
$$I_i = \frac{V_i}{R_i} = \frac{200 \text{ mV}}{20 \Omega} = 10 \text{ (mA)}$$



Giả sử  $\alpha_{AC} = 1$  ( $I_E \approx I_C$ ), khi đó:  $I_L = I_i = 10 \text{ mA}$ .

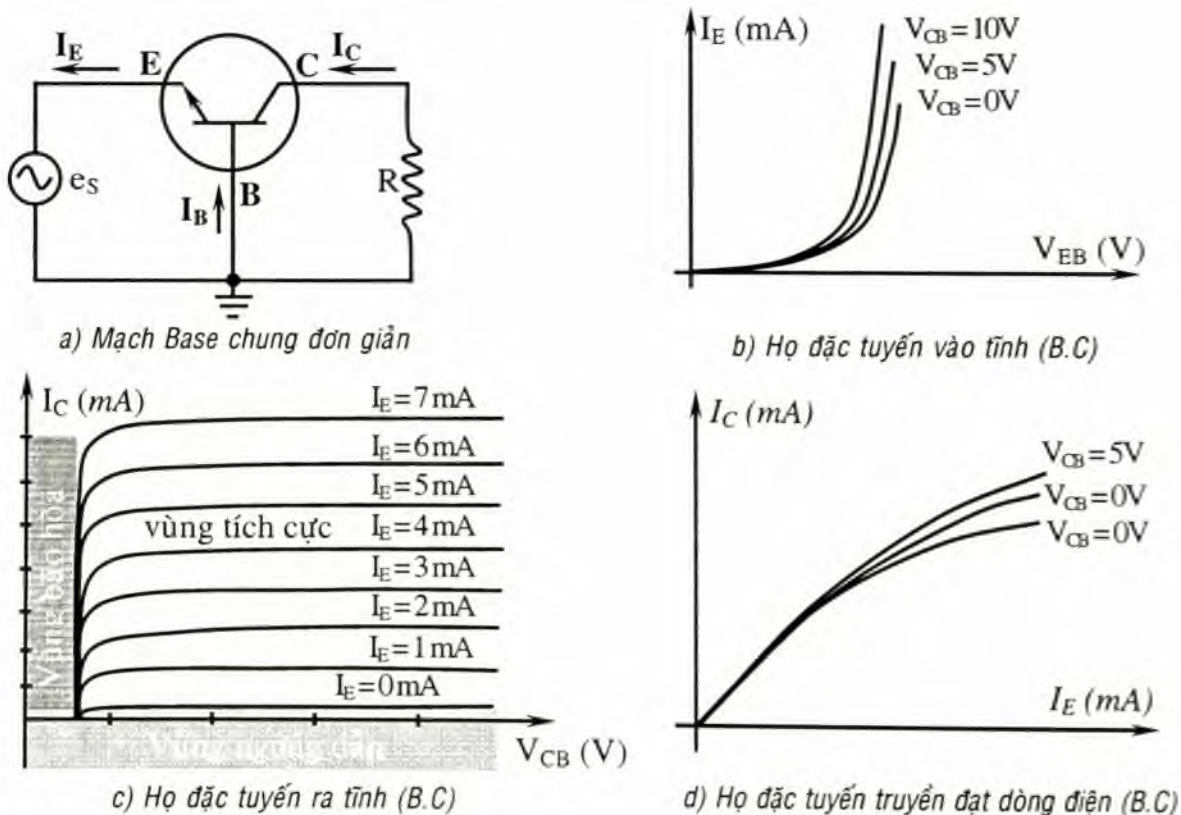
Như vậy điện áp ngõ ra được xác định:  $V_L = I_L \cdot R = 10 \text{ (mA)} \cdot 5 \text{ (k}\Omega) = 50 \text{ V}$  và hệ số khuếch đại điện áp  $A_v = \frac{V_L}{V_i} = \frac{50 \text{ V}}{200 \text{ mV}} = 250$

### c) Đặc tuyến Volt – Ampere

Đồ thị diễn tả các mối tương quan giữa dòng điện và điện áp trên BJT được gọi là đặc tuyến Volt – Ampere (hay đặc tuyến tĩnh). Người ta thường phân biệt thành bốn loại đặc tuyến: đặc tuyến vào (quan hệ giữa dòng điện và điện áp ngõ vào), đặc tuyến ra (quan hệ giữa dòng điện và điện áp ở ngõ ra), đặc tuyến truyền đạt dòng điện (nêu sự phụ thuộc của dòng điện ra theo dòng điện vào) và đặc tuyến hồi tiếp điện áp (nêu sự biến đổi của điện áp giữa hai ngõ vào khi điện áp ở ngõ ra thay đổi). Dưới đây chỉ giới thiệu ba loại đặc tuyến thường dùng nhất cho các kiểu mạch cơ bản. Trong phần này trình bày cho loại NPN.

### ❖ Mạch Base chung (B.C)

Mạch Base chung được mắc đơn giản như hình 5.7a.



Hình 5.7: Mạch Base chung

### ⚡ Đặc tuyến vào

Hình 5.7b biểu diễn mối quan hệ  $I_E = f(V_{EB})$  tại giá trị  $V_{CB} = \text{constant}$  (hằng số) là đặc tuyến vào của transistor mắc kiểu B.C. Dạng đặc tuyến này tương tự như đặc tuyến thuận của diode bởi vì giữa cực E và cực B của transistor có mặt tiếp giáp PN phân cực thuận. Các đặc tuyến vào nằm rất sát nhau thể hiện điện áp ngõ ra  $V_{CB}$  ảnh hưởng rất ít đến dòng điện ở ngõ vào.



↓ **Đặc tuyến ra**

Đặc tuyến ngõ ra biểu diễn mối quan hệ  $I_C = f(V_{CB})$  tại  $I_E = \text{hằng số}$  trên hình 5.7c. Đặc tuyến gần như song song với trục hoành, cắt trục tung ở các tung độ khác nhau. Điều này chứng tỏ ngay cả khi  $V_{CB}$  bằng 0, dòng  $I_C$  vẫn có một giá trị khác 0 nào đó và việc tăng  $V_{CB}$  ảnh hưởng rất ít đến  $I_C$ .

Đường thấp nhất trên hình 5.7c ứng với  $I_E = 0$  chỉ cách trục hoành một khoảng rất hẹp. Và giá trị ứng với tung độ của nó chính là giá trị dòng điện ngược Collector.

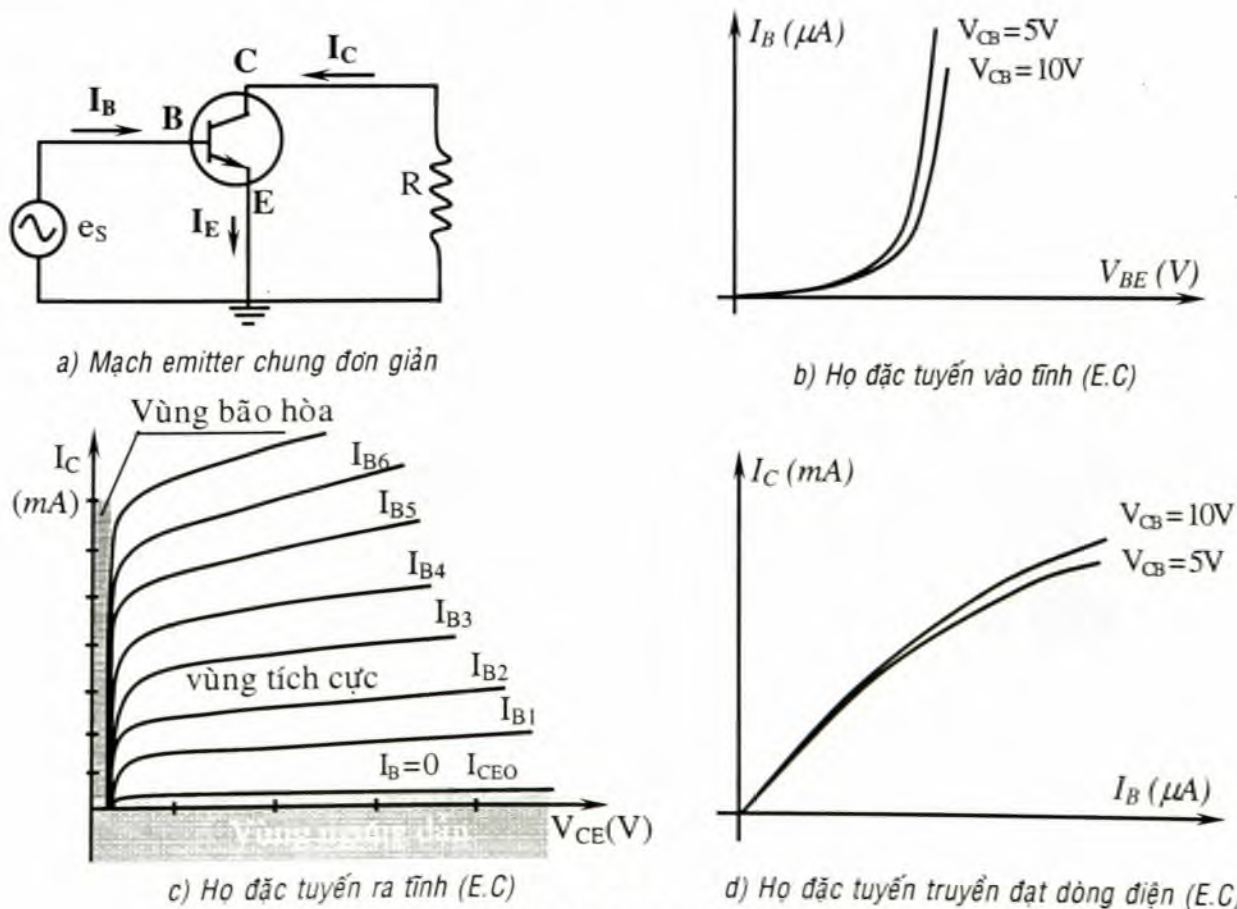
Đặc tuyến chia thành ba vùng: vùng tích cực – là vùng mà mối nối BE phân cực thuận còn CB phân cực ngược (vùng này ứng với trạng thái khuếch đại thông thường của transistor), vùng ngưng dẫn – là vùng mà cả hai mối nối CB và BE đều phân cực ngược và vùng bão hòa – là vùng cả hai mối nối đều phân cực thuận.

↓ **Đặc tuyến truyền đạt dòng điện**

Đặc tuyến này biểu diễn mối quan hệ  $I_C = f(I_E)$  tại giá trị  $V_{CB} = \text{constant}$ , nó có dạng gần tuyến tính (hình 5.7d) khi dòng điện  $I_E$  còn khá nhỏ, nhưng khi  $I_E$  tăng dần lên thì đặc tuyến dần dần lệch khỏi quy luật tuyến tính.

❖ **Mạch Emitter chung (E.C)**

Mạch Emitter chung được mắc đơn giản như hình 5.8a



Hình 5.8: Mạch Emitter chung

↓ **Đặc tuyến vào**

Đặc tuyến vào thể hiện mối quan hệ  $I_B = f(V_{BE})$  tại những giá trị  $V_{CB} = C$  ( $C$  là một hằng số). Thực chất, đây vẫn là nhánh thuận của đặc tuyến diode. Hình 5.8b biểu diễn họ đặc tuyến này.

↓ **Đặc tuyến ra**

Đối với mạch cực E chung, đặc tuyến ra biểu diễn mối quan hệ giữa dòng điện ra  $I_C$  và điện áp ra  $V_{CE}$  trong một dãy dòng điện ngõ vào  $I_B$  khác nhau (hình 5.8c). Đường thấp nhất (ứng với  $I_B = 0$ ) phản ánh giá trị dòng điện ngược Collector của mạch E.C ( $I_{CEO}$ ). Phạm vi phía dưới đặc tuyến này là vùng ngưng dẫn. Phía trên đặc tuyến (ứng với  $I_B \neq 0$ ) cũng là vùng bão hòa và vùng tích cực.

↓ **Đặc tuyến truyền đạt dòng điện**

Đặc tuyến truyền đạt dòng điện biểu diễn quan hệ  $I_C = f(I_B)$  tại giá trị  $V_{CE} = \text{constant}$  (hình 7.8d). Độ dốc của đặc tuyến chính là hệ số khuếch đại dòng điện  $\beta$ . Trong phạm vi dòng điện lớn, giá trị  $\beta$  giảm, cho nên đặc tuyến không còn tuyến tính nữa.

❖ **Mạch Collector chung (C.C)**

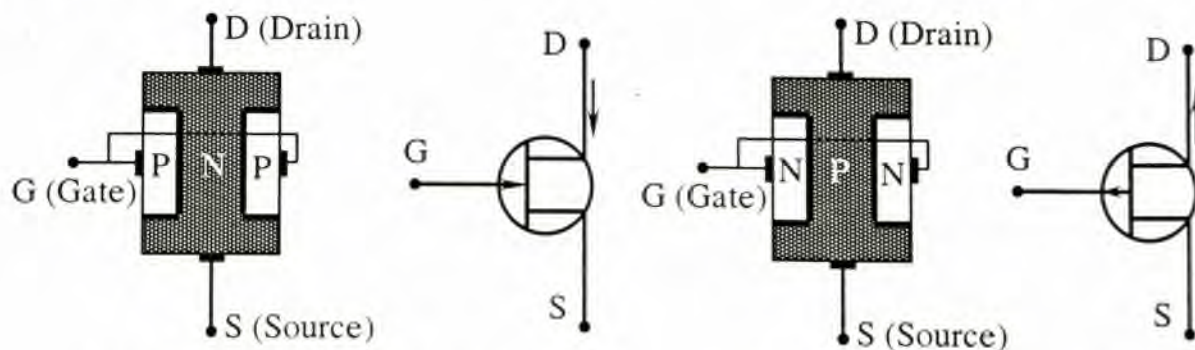
Họ đặc tuyến vào có tính chất lý thuyết của mạch cực C chung là mối quan hệ  $I_B = f(V_{BC})$  tại những giá trị  $V_{CE} = \text{hằng số}$ , nhưng trên thực tế ít dùng. Đặc tuyến ra biểu diễn mối quan hệ  $I_B = f(V_{EC})|_{I_B=\text{const}}$  và đặc tuyến truyền đạt dòng điện thể hiện mối quan hệ  $I_E = f(I_B)|_{V_{EC}=\text{const}}$  thì gần giống đặc tuyến tương ứng của mạch cực E chung (E.C), bởi vì  $I_E = I_C$ .

**2. Transistor trường FET (Field Effect Transistor)**

a) **Transistor trường dùng chuyển tiếp P - N (JFET)**

➤ **Cấu tạo**

JFET là linh kiện bán dẫn ba cực có cấu trúc và ký hiệu của JFET kênh N và JFET kênh P như hình 5.9. Ba cực gồm có: cực máng D (Drain), cực nguồn S (Source), cực cửa hay cực điều khiển G (Gate).



a) Cấu trúc và ký hiệu JFET kênh N

b) Cấu trúc và ký hiệu JFET kênh P

Hình 5.9: Cấu trúc và ký hiệu JFET

➤ **Nguyên tắc hoạt động**

Do có hai loại JFET nên để giải thích hoạt động cơ bản của transistor ta dùng JFET kênh N. Nối JFET với các nguồn điện áp phân cực  $E_G$ ,  $E_D$  như hình 5.10a. Nguồn  $E_D$  thông qua điện

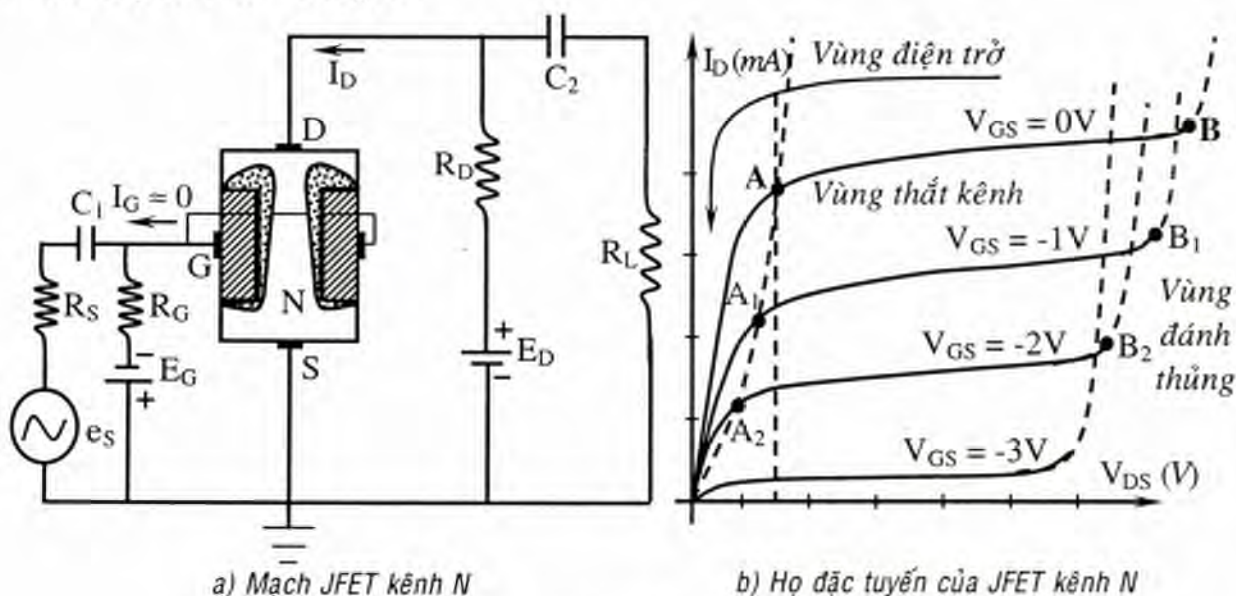


trở  $R_D$  đặt điện áp  $V_{DS}$  giữa cực D và S, gây ra dòng chuyển động qua kênh dẫn của điện tử (hạt đa số của thỏi bán dẫn N), tạo nên dòng điện máng  $I_D$ . Mặt khác, nguồn  $E_G$  tạo điện áp giữa cực G và S làm cho chuyển tiếp P – N bị phân cực ngược, nghĩa là làm cho bề dày của vùng nghèo tăng lên và do đó thu hẹp tiết diện của kênh dẫn.

Nếu giữ  $E_D$  không đổi, tăng dần giá trị  $E_G$ , tình trạng phân cực ngược của chuyển tiếp P – N sẽ càng tăng: vùng nghèo càng mở rộng, kênh dẫn càng thu hẹp. Do đó điện trở kênh dẫn càng tăng và dòng máng  $I_D$  càng giảm. Còn dòng giữa cực G và cực S chỉ là dòng ngược của chuyển tiếp P – N, rất nhỏ – không đáng kể ( $I_G \approx 0$ ).

Nếu bây giờ ngoài điện áp phân cực  $E_G$  có thêm tín hiệu xoay chiều  $e_s$  đặt vào giữa cực G và cực S thì rõ ràng là tùy vào trị số và dấu của  $e_s$  mà tình trạng phân cực ngược của chuyển tiếp P – N sẽ thay đổi. Từ đó, điện trở kênh dẫn bị biến đổi và dòng máng cũng bị biến đổi theo. Nếu  $e_s$  tăng giảm theo quy luật hình sin thì  $I_D$  sẽ tăng giảm theo hình sin. Dòng này gây ra trên  $R_D$  một điện áp biến thiên cùng dạng với  $e_s$  nhưng biên độ lớn hơn, nghĩa là JFET đã khuếch đại tín hiệu.

### ➤ Đặc tuyến Volt – Ampere



Hình 5.10: Mạch và đặc tuyến JFET

### ↓ Đặc tuyến ra

Đặc tuyến ra biểu diễn mối quan hệ  $I_D = f(V_{DS})|_{V_{GS}=\text{const}}$  được thể hiện như hình 5.10b. Đặc tuyến ra gồm ba vùng: vùng điện trở, vùng bão hòa hay vùng thắt kênh và vùng đánh thủng.

- **Vùng điện trở:** với hàm ý là kênh dẫn thể hiện như một điện trở, khi giá trị điện áp  $V_{DS} = V_P$  (điểm A), vùng nghèo mở rộng tới mức chiếm hết tiết diện của kênh tại vùng gần cực D, nghĩa là kênh dẫn bị thắt lại ở phía cực D (hình 5.10a). Người ta gọi  $V_P$  là điện áp thắt, điểm A là điểm bắt đầu thắt kênh hay điểm bắt đầu bão hòa. Vùng đặc tuyến nằm bên trái điểm A (hình 5.10b) chính là vùng điện trở.
- **Vùng bão hòa hay vùng thắt kênh:** nếu tiếp tục tăng  $V_{DS}$  lớn hơn  $V_P$ , đặc tuyến chuyển sang đoạn thứ hai (gần như nằm ngang – đoạn AB hình 5.10b). Lúc này, vùng nghèo tiếp tục mở rộng, miền kênh bị thắt trải dài về phía cực S làm cho điện trở kênh dẫn càng tăng



(hình 5.10b). Vì vậy, tuy  $V_{DS}$  tăng nhưng dòng  $I_D$  hầu như không thay đổi. Vùng đặc tuyến này gọi là vùng thắt kênh (vùng bão hòa).

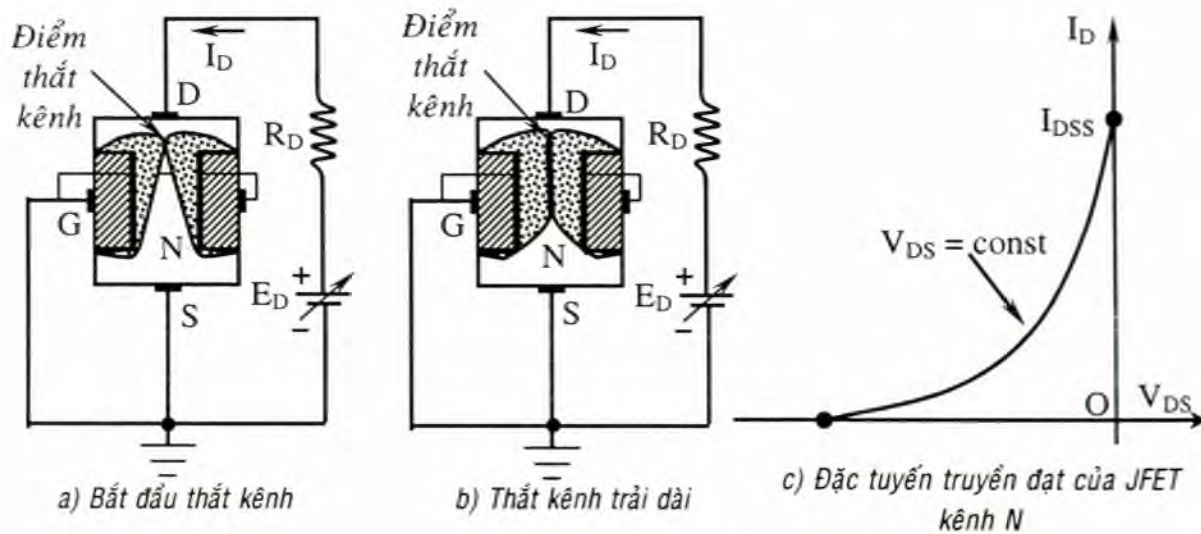
- **Vùng đánh thủng:** khi  $V_{DS}$  quá lớn sẽ gây ra hiện tượng đánh thủng chuyển tiếp P – N. Trên hình 5.10b, vùng này nằm bên phải điểm B.

Khi thay đổi các giá trị  $V_{GS}$  ta được họ đặc tuyến ra.

↓ **Đặc tuyến truyền đạt**

Đặc tuyến truyền đạt biểu diễn mối quan hệ  $I_D = f(V_{GS})|_{V_{DS}=const}$  được trình bày trên hình

5.11c. Dạng đặc tuyến này phản ánh quá trình điện trường điều khiển dòng điện  $I_D$ : trị số tuyệt đối của  $V_{GS}$  càng tăng, vùng nghèo càng mở rộng, điện trở kênh dẫn càng tăng và do đó dòng  $I_D$  càng giảm. Khi  $V_{GS}$  đạt tới giá trị điện áp thắt  $V_P$  thì dòng  $I_D$  giảm xuống bằng không.



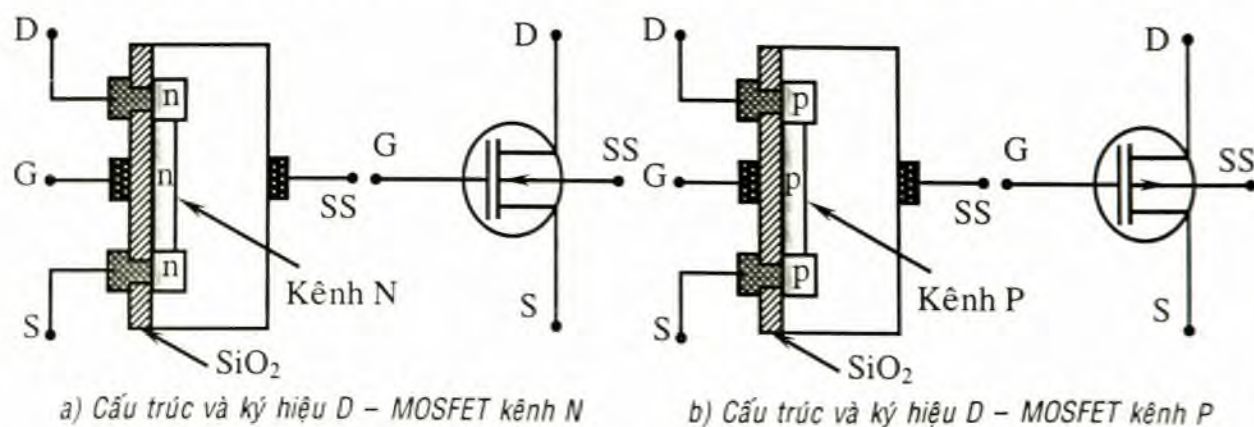
Hình 5.11: Minh họa quá trình thắt kênh và đặc tuyến truyền đạt JFET kênh N

### b) Transistor có cực cửa cách ly (MOSFET – Metal Oxide Semiconductor FET)

#### ❖ MOSFET kênh có sẵn (Depletion – MOSFET)

##### ➤ Cấu trúc

Cấu trúc và ký hiệu của D – MOSFET kênh N và kênh P được trình bày trên hình 5.12.



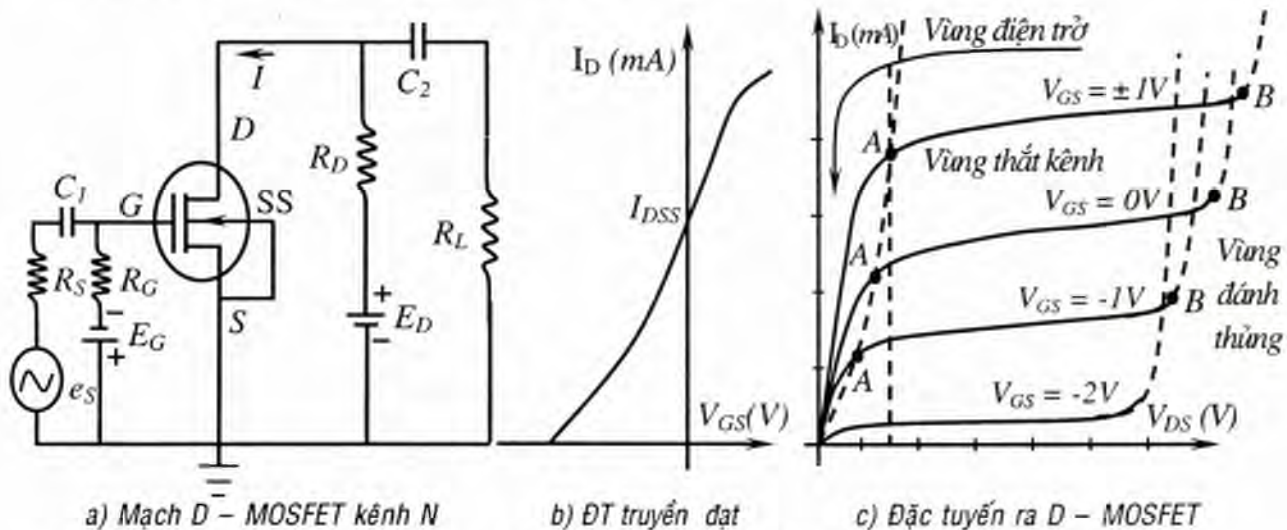
Hình 5.12: Cấu trúc và ký hiệu D – MOSFET



Chất bán dẫn nền loại P hay N được nối ra ngoài bằng một cực tính có tên là SS (Substrate), cực D và S được nối kết đến chất bán dẫn loại N hay P. Cực G được nối đến bề mặt tiếp xúc kim loại nhưng được ngăn cách với chất bán dẫn kênh P hay N bằng một lớp SiO<sub>2</sub>. Dioxide Silicon (SiO<sub>2</sub>) là một vật liệu đặc biệt cách điện được xem như chất điện môi.

➤ Nguyên tắc hoạt động và đặc tuyến.

Hãy xét hoạt động của D – MOSFET kênh N trong mạch điện hình 5.13a.



Hình 5.13: Mạch và đặc tuyến D – MOSFET

Ban đầu, dưới tác dụng của điện áp  $V_{DS}$  (do nguồn  $E_D$  tạo ra), qua kênh dẫn và cực D có dòng điện  $I_D$  tạo bởi hạt dẫn đa số của kênh. Nếu có thêm điện áp  $V_{GS}$  (do  $E_G$  tạo nên) có cực tính như hình vẽ thì cũng giống như quá trình xảy ra ở một tụ điện, các điện tích âm sẽ tích tụ trên cực G, các điện tích dương sẽ tích tụ ở cực đối diện, tức là trong kênh dẫn (lớp SiO<sub>2</sub> đóng vai trò điện môi của tụ). Các điện tích dương này sẽ tái hợp với điện tử, làm giảm nồng độ hạt dẫn vốn có trong kênh, khiến điện trở của kênh tăng và dòng  $I_D$  giảm. Càng tăng trị số  $V_{GS}$  dòng  $I_D$  càng giảm. Chế độ làm việc như thế gọi là chế độ làm nghèo hạt dẫn (gọi tắt là chế độ nghèo). Nếu đổi cực tính nguồn  $E_G$  ( $V_{GS}$  trở thành điện áp dương) thì quá trình diễn ra ngược lại. Càng tăng trị số  $V_{GS}$  nồng độ hạt dẫn trong kênh càng tăng thêm, điện trở kênh càng giảm và dòng  $I_D$  càng tăng. Chế độ làm việc như vậy gọi là chế độ giàu.

Như vậy, ngay khi  $V_{GS} = 0$ , D – MOSFET đã có dòng  $I_D \neq 0$ . Tùy cực tính của  $V_{GS}$  mà D – MOSFET làm việc ở chế độ giàu hay chế độ nghèo, dùng giá trị của  $V_{GS}$  để điều khiển dòng  $I_D$  tăng hay giảm. Trên cơ sở đó, nếu có tín hiệu xoay chiều  $e_s$  đưa đến ngõ vào thì hiển nhiên dòng  $I_D$  sẽ biến đổi theo  $e_s$  và trên tải ở ngõ ra sẽ nhận được tín hiệu đã khuếch đại.

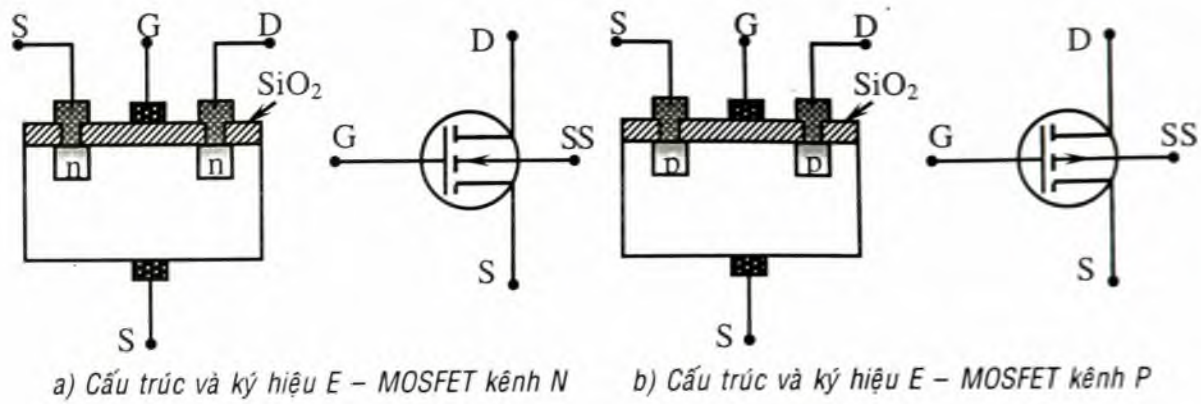
Đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ra của D – MOSFET kênh N hoàn toàn phản ánh nguyên lý trên (hình 5.13b,c). Mỗi đặc tuyến ra vẫn bao gồm ba vùng: vùng điện trở, vùng bão hòa và vùng đánh thủng (hình 5.13c).

❖ MOSFET kênh cảm ứng (Enhancement – MOSFET)

➤ Cấu trúc

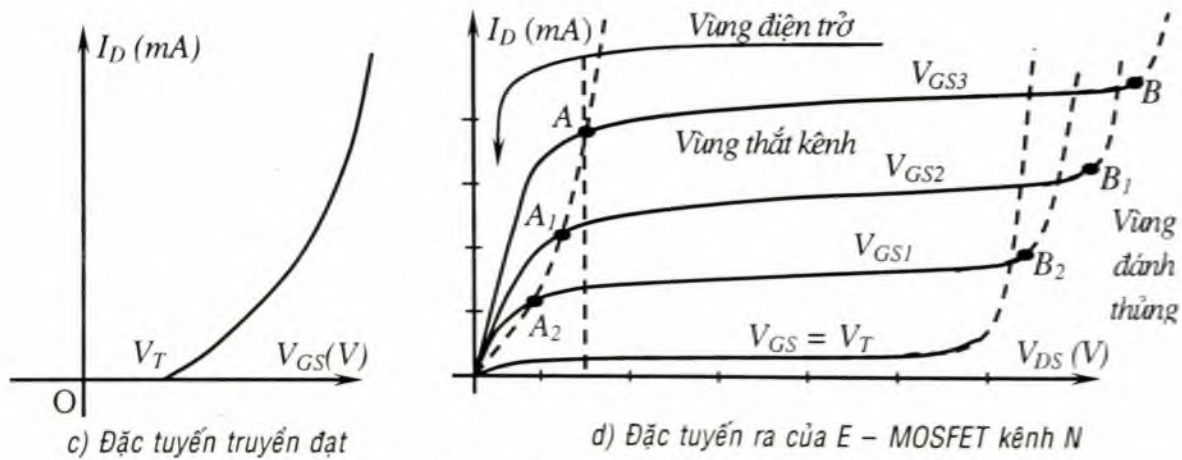
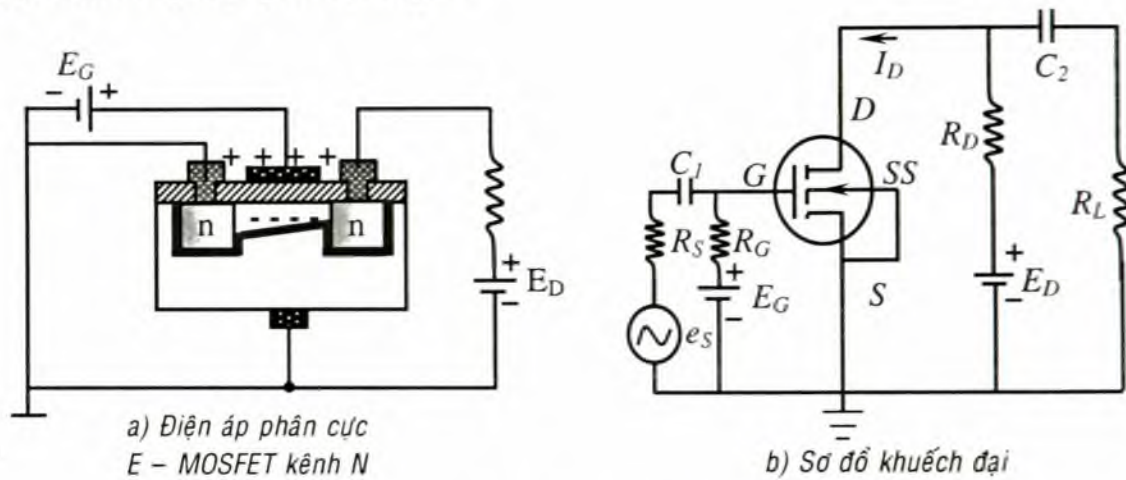
Cấu trúc và ký hiệu của E – MOSFET kênh N và kênh P như hình 5.14, nó giống như D – MOSFET nhưng không có kênh dẫn nối hai cực D và S.





Hình 5.14: Cấu trúc và ký hiệu E – MOSFET

➤ Nguyên tắc hoạt động và đặc tuyến



Hình 5.15: Mô tả nguyên tắc hoạt động và các đặc tuyến

Khi có điện áp  $V_{DS}$  đặt vào, trong mạch chỉ có một dòng điện rất nhỏ chạy qua, điện trở tương đương giữa S và D coi như vô cùng lớn. Khi có thêm điện áp dương  $V_{GS}$ , điện tích dương sẽ tích tụ trên cực G, còn điện tích âm sẽ tích tụ ở vùng đối diện, phía bên kia của màng  $SiO_2$  (hình 5.15a).

Tuy vậy, khi  $V_{GS}$  còn nhỏ, lượng điện tích cảm ứng này không lớn, chúng bị lỗ trống của điện P tái hợp mất. Chỉ khi điện áp  $V_{GS}$  vượt quá một điện áp ngưỡng  $V_T$  nào đó, lượng điện tích âm cảm ứng nói trên mới trở nên đáng kể. Chúng tạo thành một lớp bán dẫn N ở trên bề



mặt phiến Si loại P (do đó còn gọi là lớp đảo), đóng vai trò như một kênh dẫn nối liền hai cực D và cực S. Do xuất hiện kênh dẫn, điện trở tương đương giữa S và D giảm xuống và do đó dòng  $I_D$  tăng lên. Trị số  $V_{GS}$  càng tăng, nồng độ điện tích âm trong kênh dẫn càng nhiều, dòng  $I_D$  sẽ càng lớn. Chế độ làm việc của  $V_{GS} > V_T$  như vậy gọi là chế độ làm giàu điện tích (gọi tắt là chế độ giàu).

Sơ đồ khuếch đại của E – MOSFET kênh N giới thiệu trên hình 5.15b. Ta thấy rõ, điện áp tín hiệu xoay chiều  $e_s$  (xếp chồng lên điện áp một chiều  $V_{GS}$  do nguồn  $E_G$  tạo ra) điều khiển nồng độ điện tích âm cảm ứng trong kênh dẫn và do đó điều khiển dòng  $I_D$  tăng giảm. Và như vậy trên tải sẽ có điện áp khuếch đại của  $e_s$ .

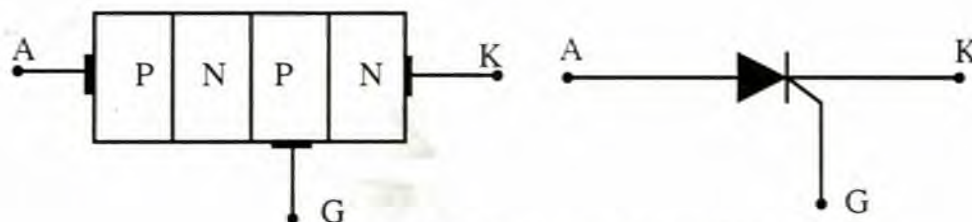
Đặc tuyến truyền đạt và đặc tuyến ra của E – MOSFET kênh N được biểu diễn trên hình 5.15c,d. Trên đặc tuyến, ta cũng thấy chỉ khi  $V_{GS} > V_T$  mới có dòng  $I_D$  và E – MOSFET chỉ làm việc ở chế độ giàu.

### III. CÁC LOẠI SCR (Silicon Controlled Rectifier)

#### 1. Cấu trúc

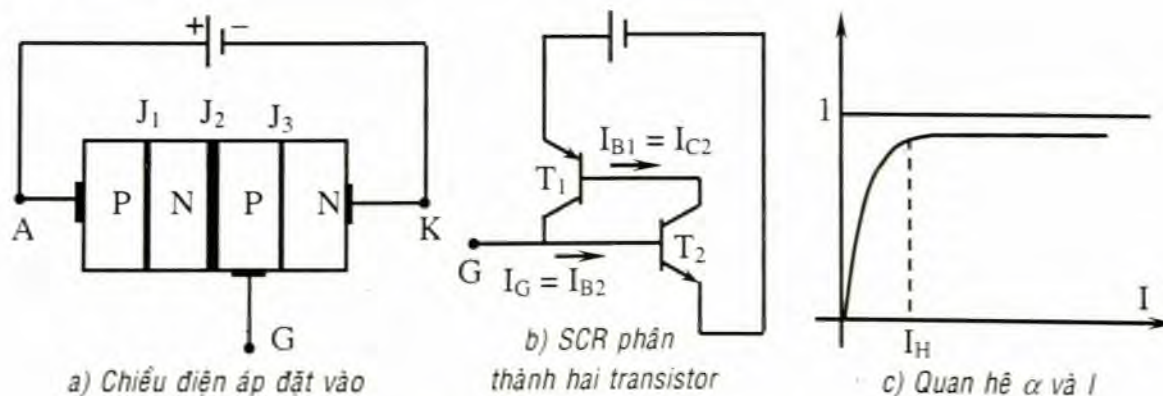
SCR là một linh kiện bán dẫn gồm bốn lớp P – N – P – N ghép nối tiếp với nhau, và nó có 3 cực anode (A), cathode (K), và cực cửa hay cực điều khiển G (Gate).

Cấu trúc và ký hiệu của SCR như hình 5.16.



Hình 5.16: Cấu trúc và ký hiệu của SCR

#### 2. Nguyên lý hoạt động



Hình 5.17: Mô tả nguyên lý hoạt động

Ta có thể xem cấu trúc SCR như một cặp transistor  $T_1$  và  $T_2$  có cấu trúc kiểu PNP và kiểu NPN (hình 5.17b). Trong đó, cực B (base) của transistor  $T_1$  nối với cực C (collector) của transistor  $T_2$  còn cực C của  $T_1$  nối với cực B của  $T_2$ . Coi  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$  là hệ số truyền điện tích của  $T_1$  và  $T_2$ .



Khi đặt điện áp U lên anode và cathode của SCR, các mặt tiếp giáp  $J_1, J_3$  phân cực thuận còn mặt tiếp giáp  $J_2$  phân cực ngược (hình 5.17a).  $J_2$  là mặt tiếp giáp của  $T_1$  và  $T_2$ . Dòng điện chạy qua  $J_2$  là  $I_2 = \alpha_1 I_{C1} + \alpha_2 I_{C2} + I_0$ , trong đó  $I_0$  là dòng điện rò qua mặt tiếp giáp  $J_2$ ,  $(\alpha_1 I_{C1} + \alpha_2 I_{C2})$  là tổng các dòng collector. Nhưng  $T_1$  và  $T_2$  ghép lại thành một tổng thể, nên ta có:

$$I_{C1} = I_{C2} = I_2 = I = \alpha_1 I_{C1} + \alpha_2 I_{C2} + I_0 = (\alpha_1 + \alpha_2)I + I_0 \Rightarrow I = \frac{I_0}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Vì  $J_2$  phân cực ngược nên dòng chảy qua nó bị hạn chế,  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$  đều có giá trị nhỏ nên  $I \approx I_0$ . Tức là SCR đang ở trạng thái khóa.

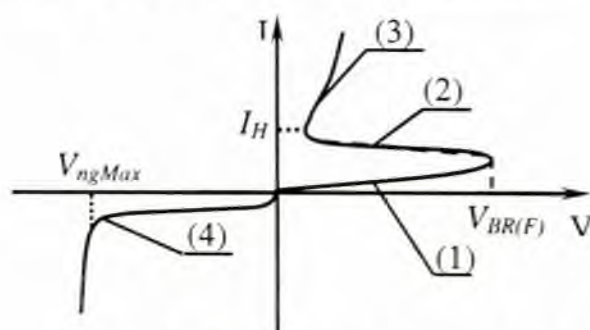
Qua biểu thức trên ta thấy dòng điện qua SCR phụ thuộc vào hệ số truyền điện tích ( $\alpha_1, \alpha_2$ ). Sự phụ thuộc này biểu diễn trên hình 5.17c.

Dòng  $I_G$  qua cực khiển G vào cực B của  $T_2$  (hình 5.17b), khiến  $T_2$  mở làm tăng dòng  $I_{C2}$  tức là tăng dòng cực B của  $T_1$ . Hiện tượng này gọi là hồi tiếp dương về dòng, nó tạo điều kiện cho dòng chạy qua SCR tăng nhanh chóng.

Khi dòng vào cực B của  $T_1$  tăng làm cho  $\alpha_1$  tăng theo và dòng vào cực B của  $T_2$  tăng thì cũng làm  $\alpha_2$  tăng, tức là  $(\alpha_1 + \alpha_2) \rightarrow 1$ , cả hai transistor chuyển sang trạng thái mở, lúc này điện trở giữa A và K rất nhỏ. Như vậy, muốn SCR dẫn hay tắt, ta điều khiển dòng vào cực G. Tác động dẫn – tắt được trình bày ở mục 4.3.5.

### 3. Đặc tuyến Volt – Ampere

Đặc tuyến Volt – Ampere của SCR có dạng như hình 5.18.



Hình 5.18: Đặc tuyến Volt – Ampere của SCR

Đoạn (1) ứng với trạng thái khóa của SCR. Trong đoạn này  $(\alpha_1 + \alpha_2) \ll 1$ , nên dòng qua SCR chỉ xấp xỉ dòng rò  $I \approx I_0$ , việc tăng điện áp ít ảnh hưởng đến giá trị dòng. Khi tăng điện áp đến giá trị  $V_{BR(F)}$  (điện áp chuyển trạng thái), bắt đầu quá trình tăng nhanh của dòng điện vượt qua dòng duy trì  $I_H$ , SCR chuyển sang trạng thái mở.

Đoạn (2) của đường đặc tuyến ứng với giai đoạn phân cực thuận của mặt tiếp giáp  $J_2$  (các transistor  $T_1, T_2$  bão hòa). Trong đoạn này lượng tăng dòng điện sẽ tương ứng với lượng giảm điện áp.

Đoạn (3) ứng với trạng thái mở của SCR. Trong đoạn này, ta thấy một giá trị điện áp nhỏ có thể tạo ra dòng điện lớn. Lúc này dòng điện thuận chỉ còn bị hạn chế bởi điện trở ngoài. Điện áp rơi trên SCR được giữ ở trạng thái mở cho tới khi dòng điện thuận nhỏ hơn dòng duy trì.

Đoạn (4) ứng với trạng thái của SCR khi tăng đặt một điện áp ngược lên nó. Lúc này  $J_2$  phân cực thuận còn  $J_1, J_3$  phân cực ngược. Đoạn đặc tuyến này có dạng của nhánh ngược của



đặc tuyến diode thông thường. Dòng điện ngược rất nhỏ và khi tăng điện áp ngược đến  $V_{ngMax}$  (điện áp đánh thủng) thì SCR (thyristor) bị hỏng.

#### 4. Các thông số chủ yếu của SCR

- *Điện áp thuận cực đại ( $V_{thMax}$ ):* là điện áp lớn nhất có thể đặt lên SCR theo chiều thuận mà SCR vẫn ở trạng thái khóa.
- *Điện áp ngược cực đại ( $V_{ngMax}$ ):* là điện áp lớn nhất có thể đặt lên SCR theo chiều ngược mà SCR vẫn không hỏng.
- *Điện áp định mức ( $V_{dm}$ ):* là điện áp cho phép đặt lâu dài lên SCR theo chiều thuận và ngược mà SCR không hỏng.
- *Điện áp chuyển trạng thái ( $V_{BR(F)}$ ):* là giá trị điện áp mà ở đó không cần kích dòng vào cực G, SCR cũng chuyển sang trạng thái mở.
- *Dòng điện định mức ( $I_{dm}$ ):* là dòng điện có giá trị trung bình lớn nhất được phép chạy qua SCR.
- *Điện áp và dòng điện điều khiển ( $U_G, I_G$ ):* là giá trị điện áp và dòng điện nhỏ nhất đảm bảo SCR mở.
- *Tốc độ tăng điện áp thuận cho phép ( $dV/dt$ ):* là giá trị lớn nhất của tốc độ tăng dòng trong quá trình mở SCR.

#### 5. Tác động dẫn, tắt SCR

##### a) Tác động dẫn

- Kích một xung dòng  $I_G$  bé tương ứng với  $I_{B2}$  (của transistor  $T_2$ ) làm  $\alpha_2$  tăng dẫn đến  $I_{C2} = I_{B1}$  tăng làm  $\alpha_1$  tăng. Kết quả là  $(\alpha_1 + \alpha_2) \rightarrow 1$  và  $I$  tăng (tức SCR dẫn).
- Tăng điện áp thuận  $V_{AK}$  đến giá trị  $V_{ch}$ , dòng rò tại tiếp giáp  $J_2$  tăng nhanh làm  $(\alpha_1 + \alpha_2) \rightarrow 1$  và SCR dẫn.
- Tác động ánh sáng bên ngoài làm dòng rò tăng (loại SCR quang) thì cũng làm cho SCR dẫn.
- Nhiệt độ tăng làm dòng rò tăng (vì dòng rò tăng theo nhiệt độ – lưu ý đến dải nhiệt độ làm việc của linh kiện).
- Tốc độ biến thiên điện áp giữa A – K của SCR ( $dV/dt$ ) tăng đến mức nào đó, cũng làm dòng rò tăng và SCR dẫn.

##### b) Tác động tắt

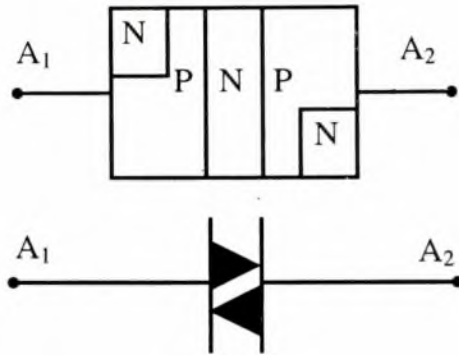
- Ngắt nguồn cấp điện  $V_{AK}$  ra khỏi SCR (cách này thường không được sử dụng vì phải tổn hao năng lượng ngắt, dễ tạo xung áp ngược biên độ cao làm hỏng SCR).
- Giảm dòng qua SCR xuống dưới giá trị dòng duy trì  $I_H$ .
- Đảo cực tính điện áp cho A – K (tắt SCR bằng cách phân cực ngược giống như diode). Phương pháp này được sử dụng trong các mạch chỉnh lưu có điều khiển, SCR được cấp nguồn AC.

## IV. CÁC LOẠI DIAC, TRIAC

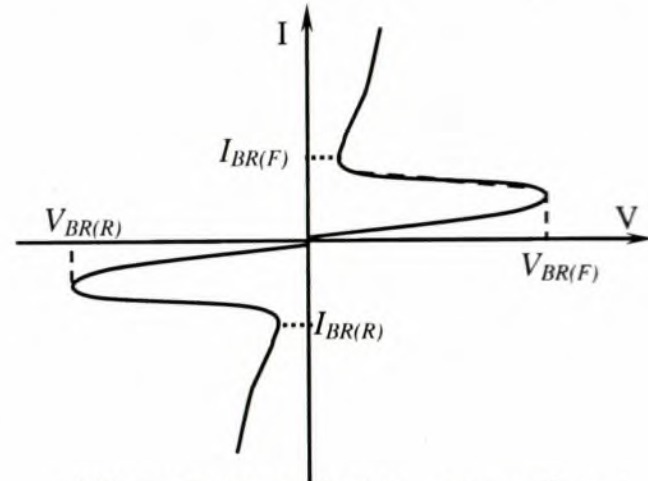
### 1. Diac

#### a) Cấu trúc

Diac là linh kiện bán dẫn gồm bốn lớp P – N – P – N, có hai cực  $A_1$  và  $A_2$  (do nó làm việc theo cả hai chiều nên không phân biệt Anode và Cathode). Cấu trúc và ký hiệu của diac như hình 5.19.



Hình 5.19: Cấu trúc và ký hiệu diac



Hình 5.20: Đặc tuyến Volt – Ampere của diac

#### b) Nguyên lý hoạt động và đặc tuyến

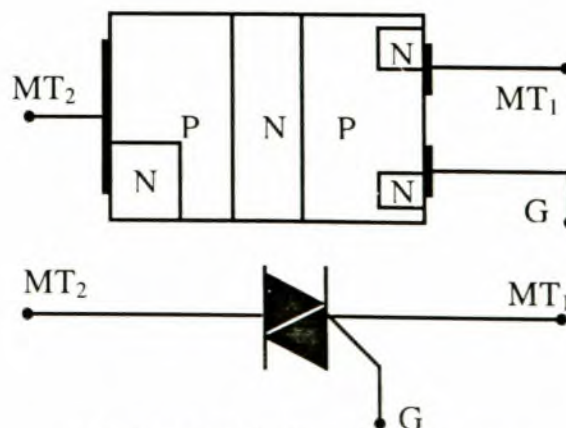
Đặc tuyến Volt – Ampere của diac có dạng như hình 5.20.

- Khi điện áp có trị số tuyệt đối nhỏ hơn trị số tuyệt đối  $V_{BR}$  (nằm giữa  $V_{BR(R)}$  và  $V_{BR(F)}$ ) thì diac tắt và ngược lại thì diac dẫn. Diac dẫn điện theo hai chiều.
- Hầu hết ứng dụng của diac là điều khiển triac.

### 2. Triac

#### a) Cấu trúc

Cấu trúc và ký hiệu của triac được trình bày trên hình 5.21. Triac có ba chân: hai chân công suất  $MT_1$ ,  $MT_2$  (do triac làm việc theo cả hai chiều nên không phân biệt Anode và Cathode) và cực G. Triac có cấu trúc tương đương hai SCR mắc song song ngược chiều.



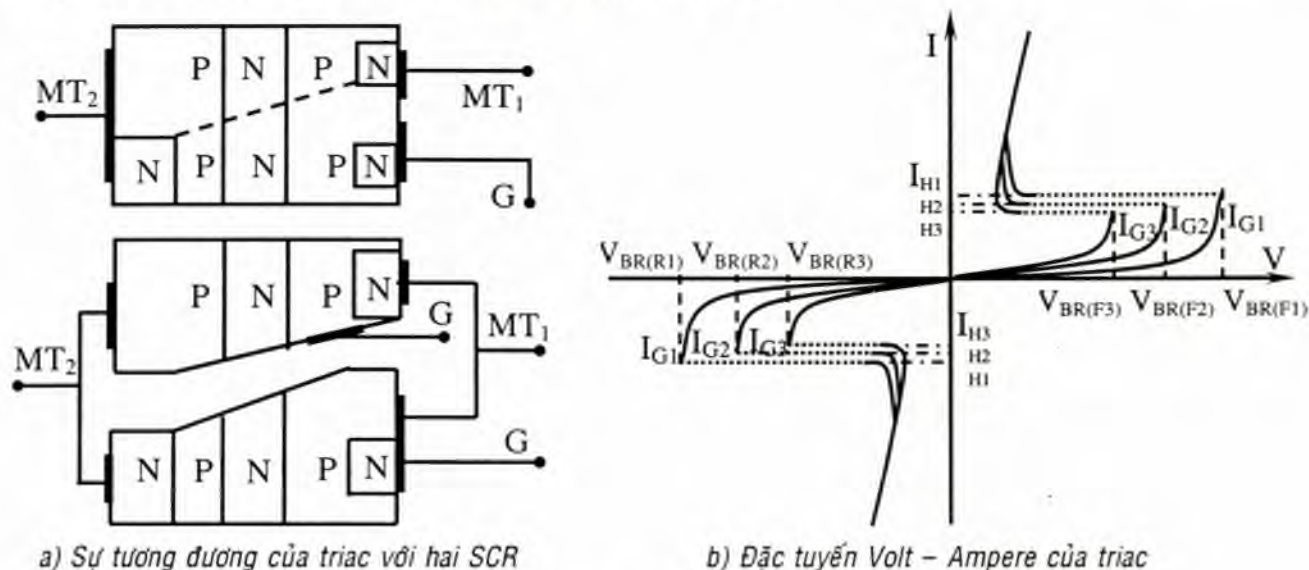
Hình 5.21: Cấu trúc và ký hiệu triac



### b) Nguyên lý hoạt động và đặc tuyến

Do có cấu trúc tương đương với hai SCR mắc song song nên hoạt động cũng tương đương. Khi điện áp trên chân  $MT_2$  lớn hơn  $MT_1$  và có một xung dương kích vào cực G thì SCR bên trái dẫn, và ngược lại khi đặt một điện áp  $MT_2$  thấp hơn  $MT_1$  và kích một xung âm vào cực G thì SCR bên phải dẫn (hình 5.22a).

Triac có đặc tuyến Volt – Ampere đối xứng. Hình 5.22b biểu thị dạng của đặc tuyến Volt – Ampere với các giá trị khác nhau của dòng điều khiển.

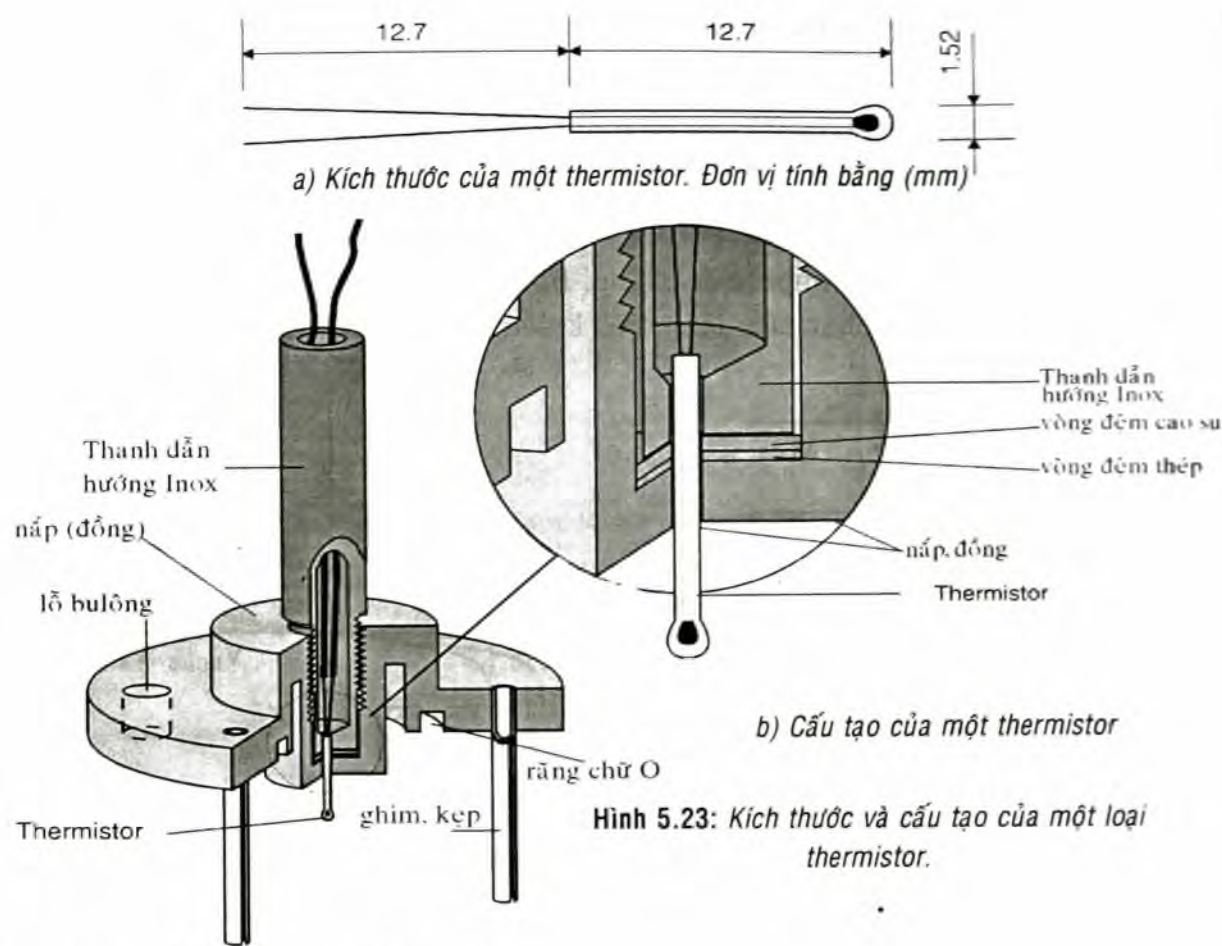


Hình 5.22: Mô tả nguyên lý làm việc và đặc tuyến của Triac

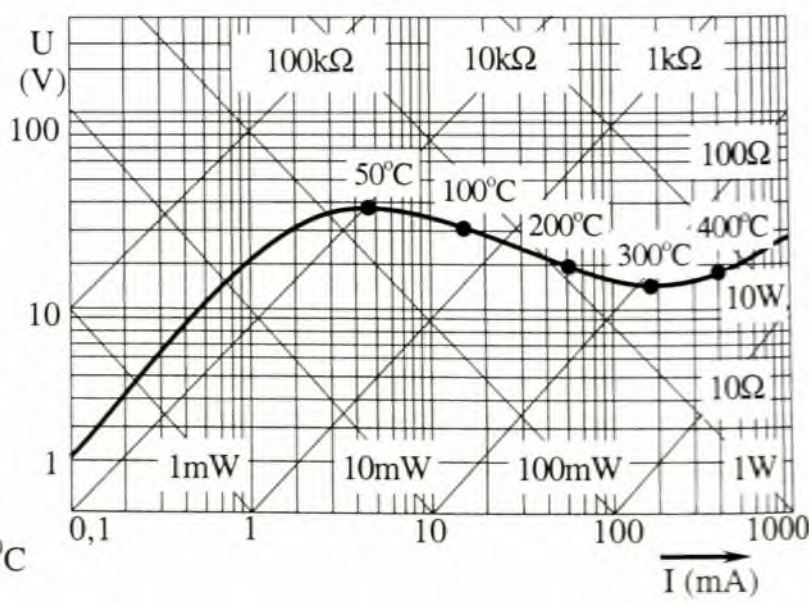
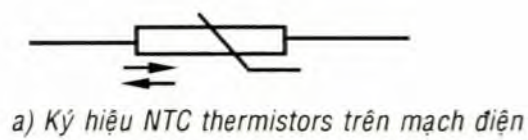
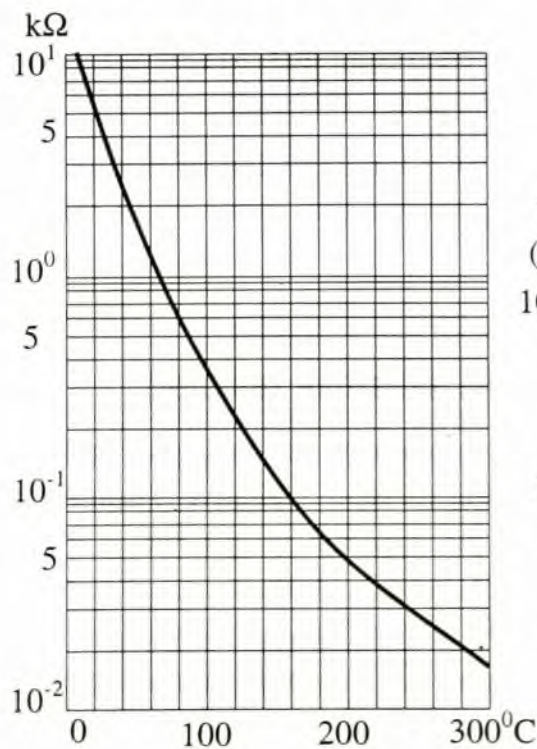
- **Mở triac:** Triac mở khi hiệu điện thế giữa hai chân công suất ( $MT_1 - MT_2$ ) dương với dòng điều khiển  $I_G$  dương hay âm, hoặc hiệu điện thế giữa hai chân công suất ( $MT_1 - MT_2$ ) âm với dòng điều khiển dương hay âm. Như vậy, có tất cả bốn khả năng mở của triac.
- **Khoá triac:** Khóa một triac cũng giống như khóa một SCR khi dòng dẫn giảm xuống thấp hơn giá trị dòng điện duy trì. Và tương tự, các thông số của triac cũng giống như SCR (phía nhánh thuận).

## V. CÁC LOẠI ĐIỆN TRỞ NHIỆT (thermistor – thermal sensitive resistor)

Thermistor làm việc dựa trên sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ và được phân thành hai loại: nhiệt điện trở âm – khi nhiệt độ tăng thì điện trở giảm (NTC – *Negative Temperature Coefficient*), nhiệt điện trở dương – khi nhiệt độ tăng thì điện trở tăng (PTC – *Positive Temperature Coefficient*). Thermistor là một hỗn hợp đa tinh thể của nhiều oxide gốm đã được nung chảy ở nhiệt độ cao ( $1000 \div 1400^\circ C$ ). Sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ của PTC thermistors và NTC thermistors phụ thuộc vào vật liệu tạo nên hỗn hợp, tỉ lệ của hỗn hợp cũng như quá trình và nhiệt độ nung nóng. Cấu tạo và kích thước của một loại nhiệt điện trở được giới thiệu ở hình 5.23.



**1. Nhiệt điện trở âm (NTC thermistor)**



Hình 5.24: Ký hiệu và các đường đặc tuyến của NTC thermistors



Đối với kim loại thì điện trở của nó tăng khoảng 0,4% khi nhiệt độ tăng lên 1 độ còn đối với nhiệt điện trở âm (NTC thermistors) thì điện trở của nó giảm từ (3 ÷ 5,5)% khi nhiệt độ tăng lên 1 độ. Như vậy, sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ của NTC thermistors gấp (7 ÷ 14) lần so với kim loại. Đặc điểm này được hình thành trong quá trình nung nóng cấu trúc. Ký hiệu của NTC thermistors trên mạch điện như hình 5.24a.

Hình 5.24b biểu diễn sự thay đổi điện trở của NTC thermistors theo nhiệt độ. Trên hình, ta thấy ở 20°C – NTC thermistors có điện trở là  $R = 5,5 \text{ k}\Omega$ , khi nhiệt độ tăng đến 100°C thì điện trở chỉ còn  $R = 400\Omega$ .

Đặc tuyến Volt – Ampere của NTC thermistors vẽ theo thang log – log có dạng như hình 5.24c. Đặc tuyến này gọi là đặc tuyến tính của NTC thermistors. Nó được xác định tại những nhiệt độ môi trường khác nhau, điện áp NTC thermistors sẽ không xác định được trước khi đạt đến trạng thái cân bằng nhiệt. Đặc tuyến Volt – Ampere được chia làm ba vùng khác nhau:

- Khi công suất điện cung cấp nhỏ (thấp 10mW) thì đường đặc tuyến gần như tuyến tính. Trong vùng này thì điện trở của NTC thermistors được xác định bởi nhiệt độ môi trường. NTC thermistors được dùng như một cảm biến nhiệt độ trong dây này. Điểm cuối của vùng này khoảng 10mW.
- Khi dòng điện tăng hơn nữa thì nhiệt độ NTC thermistors tăng cao hơn nhiệt độ môi trường xung quanh. Khi đó điện trở của NTC thermistors giảm xuống đáng kể, tại một giá trị dòng điện nào đó thì điện thế đạt cực đại.
- Nếu tiếp tục tăng dòng điện thì điện áp giảm xuống. Trong vùng này điện trở NTC thermistors phụ thuộc hầu như hoàn toàn vào công suất điện cung cấp và chỉ chịu ảnh hưởng rất ít bởi nhiệt độ môi trường xung quanh.

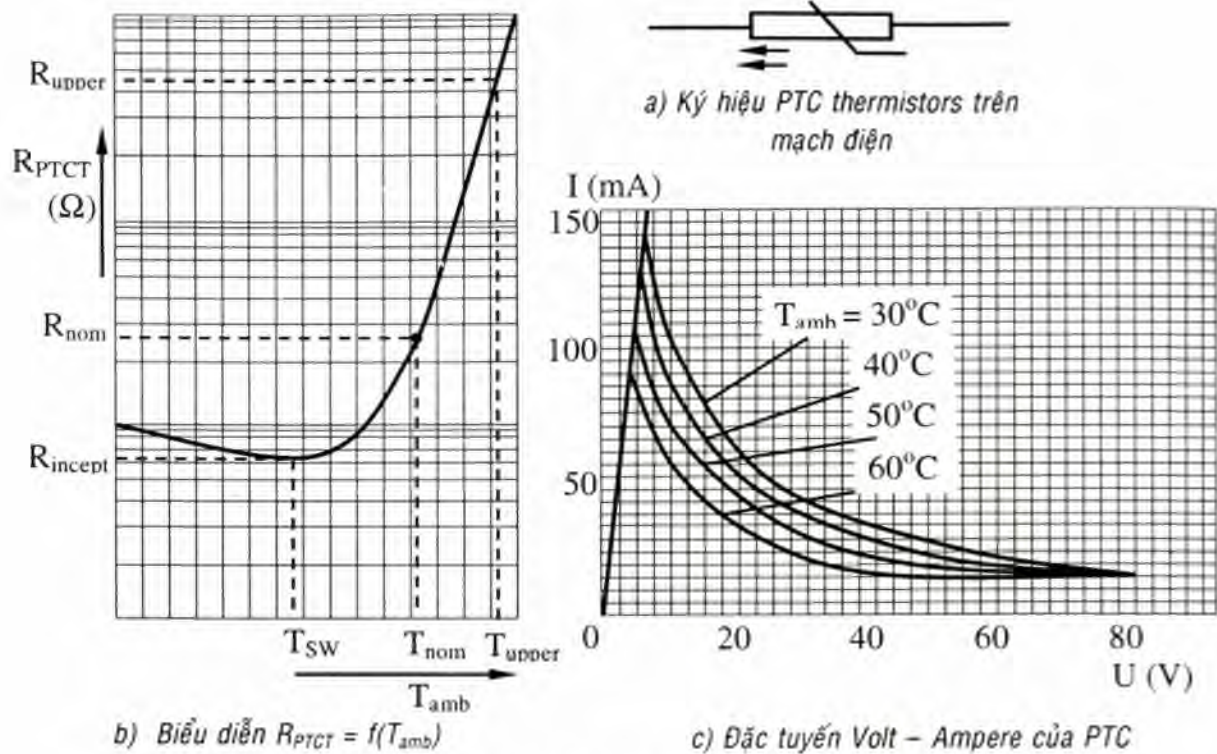
#### Các thông số của NTC thermistors:

- $R_{20}$  (hoặc  $R_{25}$ ): là điện trở nguội hay điện trở danh định. Nó cho biết điện trở của NTC thermistors tại  $T_{abm} = 20^\circ\text{C}$  (hoặc  $T_{abm} = 25^\circ\text{C}$ ).
- $T_{abmMin}$   $T_{abmMax}$ : là nhiệt độ giới hạn dưới và trên. Nó cho biết NTC thermistors làm việc ổn định trong khoảng nhiệt độ này. Khoảng này rộng lớn hay nhỏ tùy vào thiết kế và ứng dụng.
- $P_{max}$ : là công suất cực đại cho phép. Nó phụ thuộc vào nhiệt độ của NTC thermistors.
- $G_{th}$ : là hệ số dẫn nhiệt (mW/K). Đại lượng này trái ngược với điện trở nhiệt.

## 2. Nhiệt điện trở dương (PTC thermistor)

Vật liệu chế tạo nhiệt điện trở dương (PTC thermistors) là hỗn hợp Bariumcarbonate và oxide kim loại, được nén và nung nóng ở nhiệt độ cao (1000÷1400°C). PTC thermistors có hệ số nhiệt độ dương ( $\alpha_R$ ) trong một khoảng nhiệt độ nhất định. Tùy từng loại mà điện trở thay đổi từ (6÷60)% khi nhiệt độ thay đổi 1 độ, cao hơn nhiều so với NTC thermistors. Hình 5.25a là ký hiệu của PTC trên mạch điện.





Hình 5.25: Ký hiệu và các đường đặc tuyến của PTC thermistors

Sự phụ thuộc điện trở vào nhiệt độ  $R_{PTCT} = f(T_{amb})$  biểu diễn trên hình 5.25b. Nó được chia làm ba dãy:

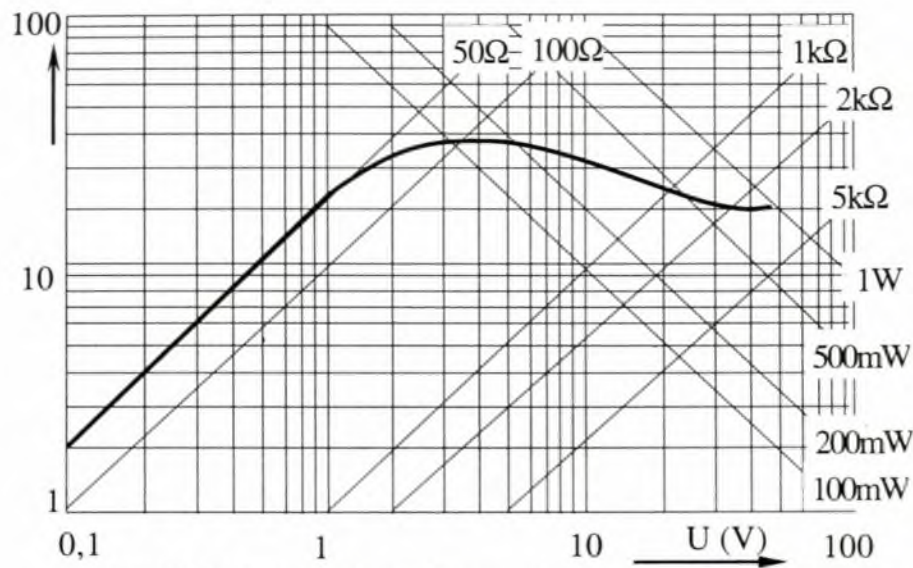
- Ở nhiệt độ thấp, mỗi PTC thermistors có một dãy đầu tiên ứng với hệ số nhiệt độ âm nhỏ. Trong dãy này tính chất của nó giống như NTC thermistors. Sau khi nhiệt độ tăng lên đến  $T_{SW}$  (Switch Temperature) – nhiệt độ bắt đầu chuyển từ hệ số nhiệt độ âm sang hệ số nhiệt độ dương. Giá trị điện trở của PTC thermistors tại  $T_{SW}$  gọi là điện trở khởi đầu  $R_{incept}$  (inception resistance) – đây là điện trở thấp nhất của PTC thermistors.
- Nhiệt độ tiếp tục tăng thì hệ số nhiệt độ dương tăng nhanh. Khi đạt đến nhiệt độ danh định (nominal temperature), điện trở PTC thermistors tăng đột ngột (tăng hàng trăm lần). Dãy tăng nhiệt độ của điện trở là dãy làm việc của PTC thermistors. Và điện trở tại nhiệt độ danh định gọi là điện trở danh định  $R_{nom}$  (nominal resistance).
- Khi vượt qua nhiệt độ danh định, điện trở tăng mạnh là do ảnh hưởng chung của tính chất bán dẫn và sắt điện trong oxide kim loại. Dãy làm việc của PTC thermistors bị giới hạn bởi nhiệt độ giới hạn trên  $T_{upper}$  tương ứng là điện trở giới hạn trên  $R_{upper}$ . Khi đạt đến nhiệt độ giới hạn trên thì sự tăng điện trở giảm xuống.

Hình 5.25c biểu diễn đường đặc tuyến Volt – Ampere của PTC thermistors ứng với một vài nhiệt độ môi trường khác nhau trong thang tuyến tính. Có thể thấy rõ đặc tính giới hạn dòng của PTC thermistors trên hình.

- Trong dãy điện áp thấp (nhỏ hơn 3V) đặc tuyến là tuyến tính và thỏa định luật Ohm. Với dãy này, giống như NTC thermistors, PTC thermistors được dùng như một cảm biến nhiệt.
- Khi điện áp tăng lên, PTC thermistors bắt đầu nóng lên, điện trở tăng mạnh vì thế mà dòng điện giảm xuống. Trong dãy này, PTC thermistors làm việc như một thiết bị giới hạn dòng và bảo vệ quá tải.



Đặc tuyến tính Volt – Ampere riêng cho từng loại khác nhau tùy vào nhà sản xuất nhưng được cho bởi thang log – log chứ không phải thang tuyến tính (hình 5.26). Nếu đảo ngược trục tung và trục hoành thì đặc tuyến của PTC thermistors có dạng tương tự như đặc tuyến của NTC thermistors.



Hình 5.26: Đặc tuyến Volt – Ampere của PTC thermistors (log – log)

**Các thông số của PTC thermistors:**

- $T_{nom}$ : là nhiệt độ danh định hay nhiệt độ tham khảo. Dãy làm việc của PTC thermistors bắt đầu từ điểm này.
- $\alpha_R$ : là hệ số nhiệt độ của PTC thermistors.
- $T_{upper}$ : là nhiệt độ giới hạn hay nhiệt độ dãy trên. Nó cho biết điểm cuối dốc tăng điện trở.
- $R_{25}$ : là điện trở nguội tại nhiệt độ môi trường  $T_{amb} = 25^{\circ}C$ .
- $R_{80}$  (hoặc  $R_{125}$ ): với những giá trị điện trở này, nhà sản xuất muốn cho biết tại nhiệt độ giới hạn trên PTC thermistors sẽ có điện trở là bao nhiêu. Ví dụ:  $R_{125} = 2000\Omega$ , tức là tại nhiệt độ giới hạn trên  $T_{upper} = 125^{\circ}C$  PTC thermistors có điện trở  $R = 2000\Omega$ .
- $G_{th}$ : là hệ số dẫn nhiệt (mW/K). Đại lượng này trái ngược với điện trở nhiệt  $R_{th}$ .





**PHẦN II**  
**CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN**  
**VÀ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG**  
**TRONG CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ**  
**CÔNG NGHỆ NHIỆT – ĐIỆN LẠNH**





# CHƯƠNG 6

## CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN TRONG CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ NHIỆT – ĐIỆN LẠNH

### I. DÂY DẪN, VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN, CÁC TIẾP ĐIỂM ĐIỆN, HỒ QUANG ĐIỆN

#### 1. Dây dẫn

##### 1.1. Các loại dây dẫn thông dụng

Các loại dây dẫn thông dụng gồm có: dây đơn, dây đôi, dây cáp ...

Dây dẫn thường dùng để nối các điểm khác nhau trong mạch điều khiển hoặc động lực. Ngoài ra, nó còn dùng để làm ra các linh kiện điện tử như điện trở dây quấn, cuộn dây, biến áp...

Đặc tính của dây dẫn phụ thuộc vào điện trở suất ( $\rho$ ), tiết diện ngang  $S$  và chiều dài ( $l$ ). Công thức tính điện trở dây dẫn:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \Omega. \quad (6-1)$$

Trong đó:  $R$  : điện trở của dây dẫn,  $\Omega$ .

$S$  : tiết diện dây dẫn,  $m^2$ .

$l$  : chiều dài dây dẫn,  $m$ .

$\rho$  : điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn,  $\Omega \cdot mm^2/m$ .

Màu của dây dẫn thường giúp ta nhận biết được các chức năng khác nhau của chúng. Hiệp hội các nhà sản xuất đã tiêu chuẩn hóa các màu của lớp bọc cách điện: màu xanh da trời đối với dây trung tính, màu xanh lá cây hoặc vàng đối với các dây dẫn bảo vệ ...

##### 1.2. Tính toán và chọn dây dẫn

Việc chọn tiết diện dây dẫn của đường dây tải điện cần chú ý các vấn đề sau: độ sụt áp trên đường dây, sự phát nhiệt cho phép, sự tổn hao điện trên đường dây, độ bền cơ học của dây dẫn ...

Để tính toán chọn tiết diện dây dẫn thì có hai cách như sau: một là chọn theo điều kiện phát nóng, hai là chọn theo điều kiện tổn thất điện áp.

##### 1.2.1. Chọn theo điều kiện phát nóng

Tính toán chọn theo điều kiện phát nóng chỉ áp dụng cho trường hợp khi chiều dài đường dây từ máy biến áp đến thiết bị nhỏ hơn 1 Km. Chọn làm sao nhiệt độ dây dẫn nằm trong phạm vi cho phép hay cường độ dòng điện đi qua dây dẫn lâu dài mà không làm hư lớp cách điện ở bên ngoài.

Điều kiện chọn:  $I_{tt} \leq I_{dd}$  (6-2)

Trong đó:  $I_{dd}$  : dòng cho phép lâu dài của dây dẫn, A.

$I_{tt}$  : dòng tính toán, A.

Việc chọn cỡ dây nhất thiết phải biết cường độ dòng điện qua tải. Nếu các thông số của dòng điện không có ghi trên nhãn của thiết bị thì cần phải thực hiện tính toán dòng tính toán theo các công thức như sau:

$$\text{Dòng điện của các thiết bị cung cấp nhiệt: } I = \frac{P}{U}, A \quad (6-3)$$

$$\text{Dòng điện của động cơ một pha: } I = \frac{P}{U\eta \cos \varphi}, A \quad (6-4)$$

$$\text{Dòng điện của động cơ ba pha: } I = \frac{P}{\sqrt{3}U\eta \cos \varphi}, A \quad (6-5)$$

Trong đó:  $P$  – là công suất thiết bị,  $W$ .  
 $U$  – là điện áp định mức,  $V$ .  
 $\eta$  – là hiệu suất thiết bị.  
 $\cos \varphi$  – là hệ số công suất.

Khi chọn cỡ dây nên chọn dòng điện cho phép của dây lớn hơn dòng tải theo yêu cầu tính toán. Khi tính toán sử dụng tải thực tế so với công suất thiết kế trang thiết bị, ta có thể tính  $P = k.P_{tt}$ , trong đó  $k = 0,7 \div 0,9$  là hệ số sử dụng.

Nếu phụ tải có nhiều thiết bị điện thì có thể tính toán dòng để chọn tiết diện dây như sau:

**a) Tính dòng điện tính toán phụ tải chiếu sáng**

- Phụ tải chiếu sáng một phase

$$I_{tt} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n I_{dm} \quad (6-6)$$

Hay 
$$I_{tt} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n \frac{P_{dm}}{U_{dm}} \quad (6-7)$$

Trong đó:  $I_{dm}, P_{dm}, U_{dm}$  : dòng, công suất, điện áp định mức của phụ tải.  
 $k_c$  : hệ số chảy, chọn như dây chảy.

- Phụ tải chiếu sáng ba phase

$$I_{tt} = k_c \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} \quad (6-8)$$

Trong đó:  $U_{dm}$  : điện áp định mức dây của lưới.  
 $k_c$  : hệ số chảy, chọn như dây chảy.

**b) Tính dòng điện tính toán phụ tải là động cơ 1 chiều**

- Một động cơ

$$I_{tt} = \beta \cdot I_{dm} = \beta \cdot \frac{P_{dm}}{\eta \cdot U_{dm}} \quad (6-9)$$



Trong đó:  $\beta = \frac{I_{lv}}{I_{dm}}$  : hệ số tải,  $\eta$ : hiệu suất động.

- Nhiều động cơ

$$I_{tt} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n \beta \cdot I_{dm} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n \beta \cdot \frac{P_{dm}}{\eta \cdot U_{dm}} \quad (6-10)$$

Trong đó:  $k_c$  : hệ số chảy, chọn như dây chảy.

**c) Tính dòng điện tính toán phụ tải là động cơ xoay chiều ba phase**

- Một động cơ

$$I_{tt} = \beta \cdot I_{dm} = \beta \cdot \frac{P_{dm}}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} \quad (6-11)$$

Trong đó:  $\beta = \frac{I_{lv}}{I_{dm}}$  : hệ số tải,  $\eta$ : hiệu suất động.

- Nhiều động cơ

$$I_{tt} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n \beta \cdot I_{dm} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n \beta \cdot \frac{P_{dm}}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi} \quad (6-12)$$

Trong đó:  $k_c$  : hệ số chảy, chọn như dây chảy.

**Bảng 6.1. Chọn cỡ dây (chịu tải liên tục, nhiệt độ môi trường  $T < 30^{\circ}\text{C}$ , cách điện chịu nhiệt đến  $60^{\circ}\text{C}$ )**

Loại dây	Tiết diện (mm <sup>2</sup> )	Đường kính dây (mm)	Cường độ dòng điện cho phép (A)			
			Dây đi ngoài trời	Dây đi trong ống		
				3 sợi	4 sợi	5 sợi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Dây đơn cứng	0.79	1.0	16	11	10	9
	1.13	1.2	19	13	12	11
	2.01	1.6	27	19	17	15
	3.14	2.0	35	24	22	20
	5.31	2.6	48	34	30	27
	8.04	3.2	62	43	39	35
	Dây cáp	0.8	7/0.4	17	12	11
1.25		7/0.45	19	13	12	11
2		7/0.6	27	19	17	15
3.5		7/0.8	37	26	23	21
5.5		7/1.0	49	34	31	27
8		7/1.2	61	43	38	34
14		7/1.6	88	62	55	49

	22	7/2.0	115	80.5	75	64.5
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	38	7/2.6	162	113.5	100	91
	60	19/2.0	217	152	130	121.5
	100	19/2.6	298	209	190	167
	150	37/2.3	395	276.5	249	221
	200	37/2.6	469	328	295.5	263
	250	61/2.3	556	389	350	311
	325	61/2.6	650	455	409.5	364
	400	61/2.9	745	521.5	469	417
	500	61/3.2	842	589.5	530.5	471.5

### 1.2.2. Chọn theo điều kiện tổn thất điện áp

Đối với trường hợp tải lớn, đường dây điện dài, thì tính toán chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng không còn phù hợp nữa, mà phải tính toán chọn theo điều kiện tổn thất điện áp, sau đó kiểm tra lại theo điều kiện phát nóng, tính toán sao cho độ sụt áp trên đường dây không vượt quá độ sụt áp cho phép và cân nhắc đến tổn hao, phát nhiệt trên đường dây dẫn điện:

Độ sụt áp cho phép:  $\Delta U = 2 \div 3 \%$  khi cung cấp cho mạng chiếu sáng

$\Delta U = 4 \div 6 \%$  khi cung cấp cho tải động cơ

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta u}{U_{\text{âm}}}.100\% \quad (6-13)$$

Trong đó:  $\Delta u$  – là độ sụt áp trên đường dây. Nếu sụt áp vượt quá mức độ cho phép thì sẽ gây tổn hao và hiệu suất kém cho mạch tiêu thụ.

Tổn hao trên đường dây:  $P_d = u_d \cdot I_d$  (6-14)

Trong đó:  $P_d$  – là tổn hao trên đường dây.

$u_d$  – là sụt áp trên đường dây.

$I_d$  – là dòng tải trên đường dây.

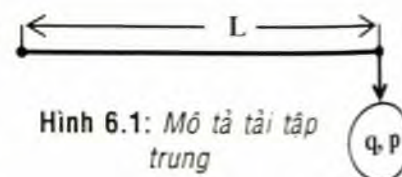
Khi phụ tải 3 phase rất phức tạp, trong trường hợp này có thể qui về hai bài toán và tính toán như sau:

#### a) Tính tổn thất điện áp của mạng ba phase có tải tập trung

Giả sử phụ tải có  $q$  là công suất phản kháng,  $p$  là công suất tác dụng của phân xưởng.

Tổn thất điện áp phân mạch trên phân xưởng, xác định theo công thức sau:

$$\Delta U = \frac{p.R + q.X}{U_{\text{âm}}} = \Delta U' + \Delta U'', \% \quad (6-15)$$



Hình 6.1: Mô tả tải tập trung



Trong đó:  $\Delta U' = \frac{p.R}{U_{dm}}$  : tổn thất điện áp do công suất tác dụng.

$\Delta U'' = \frac{q.X}{U_{dm}}$  : tổn thất điện áp do công suất phản kháng.

$R = r_0.L$  : điện trở của dây dẫn,  $\Omega$ .

$r_0$  : điện trở của 1 Km chiều dài dây dẫn,  $\Omega/\text{Km}$ .

$L$  : chiều dài dây dẫn, Km.

$X = x_0.L$  : điện trở kháng,  $\Omega$ .

$x_0$  : điện trở kháng của 1 Km dây dẫn.

$x_0 = (0,38 \div 0,4) \Omega/\text{Km}$  đường dây trên không.

$x_0 = 0,1 \Omega/\text{Km}$  cáp (có thể bỏ qua).

#### Các bước tính toán:

- Trước tiên chọn  $x_0$ .

- Tính  $\Delta U'' = \frac{q.X}{U_{dm}} = \frac{x_0.L.q}{U_{dm}}$  (6-16)

- Tính  $\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U''$  (6-17)

Trong đó:  $\Delta U_{cp}$  tổn thất điện áp cho phép mà vẫn đảm bảo chất lượng điện.

- Tính  $\Delta U' = \frac{p.R}{U_{dm}} = \frac{r_0.L.p}{U_{dm}}$  (6-18)

- Tính  $r_0 = \rho \cdot \frac{l}{S} = \rho \cdot \frac{1}{S} = \frac{1}{\gamma.S}$  (6-19)

Trong đó:  $\gamma$  điện dẫn suất,  $\text{m}/(\Omega.\text{mm}^2)$ .

- Tính tiết diện dây dẫn:  $S = \frac{L.p}{\gamma.U_{dm}.\Delta U'}$ ,  $\text{mm}^2$  (6-20)

Trong đó:  $\gamma$  điện dẫn suất,  $\text{m}/(\Omega.\text{mm}^2)$ .  $\gamma_{\text{Cu}} = 53 \text{m}/(\Omega.\text{mm}^2)$ ,  $\gamma_{\text{Al}} = 31,7 \text{m}/(\Omega.\text{mm}^2)$ .

$p$  : công suất tác dụng, KW.

$L$  : chiều dài dây dẫn, m.

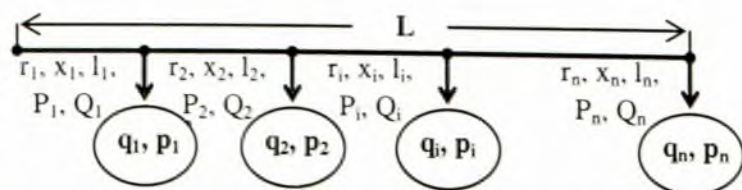
$U_{dm}$  : điện áp định mức, KV.

$\Delta U'$  : tổn thất điện áp do công suất tác dụng, V.

Có S sẽ tìm được đường kính dây dẫn, tra bảng tìm được  $x_0, r_0$ . tính lại  $\Delta U$ , nếu  $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$  thì dây dẫn xác định được thỏa mãn.

#### b) Tính tổn thất điện áp của mạng ba phase có nhiều tải

Trường hợp đường dây có nhiều tải đoạn rẽ vào phân xưởng. Giả sử tải thứ 1 có công suất  $p_1, q_1, \dots$  tải thứ  $i$  có công suất  $p_i, q_i$  và tải thứ  $n$  có công suất  $p_n, q_n$ .



Hình 6.2: Mô tả mạng ba phase có nhiều tải.

Trong đó:

Công suất tác dụng được tính:

$$P_1 = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i$$

$$P_2 = p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=2}^n p_i$$

.....

$$P_n = p_n.$$

Công suất phản kháng được tính:

$$Q_1 = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i$$

$$Q_2 = q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=2}^n q_i ; \text{ tương tự như thế sẽ có}$$

$$Q_n = q_n.$$

Tổng thất điện áp được xác định theo công thức:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i \cdot r_i + q_i \cdot x_i)}{U_{dm}} = \Delta U' + \Delta U'' \quad (6-21)$$

**Các bước tính toán:**

- Trước tiên chọn sơ bộ  $x_0$ .

$$\text{▪ Tính } \Delta U'' = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot x_i}{U_{dm}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_0 \cdot l_i \cdot q_i}{U_{dm}} \quad (6-22)$$

$$\text{▪ Tính } \Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' \quad (6-23)$$

Trong đó:  $\Delta U_{cp}$  tổng thất điện áp cho phép mà vẫn đảm bảo chất lượng điện.

$$\text{▪ Tính } \Delta U' = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot r_i}{U_{dm}} = \frac{\sum_{i=1}^n r_0 \cdot l_i \cdot p_i}{U_{dm}} \quad (6-24)$$

$$\text{▪ Tính } r_0 = \rho \cdot \frac{l}{S} = \rho \cdot \frac{1}{\gamma \cdot S} \quad (6-25)$$

Trong đó:  $\gamma$  điện dẫn suất,  $m/(\Omega \cdot mm^2)$ .

$$\text{▪ Tính tiết diện dây dẫn: } S_i = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot p_i}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U'}, \text{ mm}^2 \quad (6-26)$$



Trường hợp nếu chọn dây thay đổi theo tải thì tính toán như sau.

Trong trường hợp này, cần phải tính toán xác định mật độ dòng điện, sau đó xác định tiết diện dây cho từng đoạn phụ tải.

- Đối với mạng lưới điện xoay chiều ba phase

$$j = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{\sqrt{3} \cdot \sum l_i \cdot \cos \varphi_i}, \text{ A/mm}^2 \quad (6-27)$$

Trong đó:  $\cos \varphi_i$  hệ số công suất của tải thứ i.

- Đối với mạng lưới điện một chiều hay xoay chiều một phase

$$j = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{2 \cdot \sum l_i}, \text{ A/mm}^2 \quad (6-28)$$

Tiết diện dây cho từng đoạn được xác định theo công thức.

$$S_i = \frac{I_i}{j}, \text{ mm}^2 \quad (6-29)$$

Căn cứ theo tiết diện đã tính được tra bảng sẽ tìm được đường kính dây,  $r_0$ ,  $x_0$  chính xác, sau đó tính lại  $\Delta U$ , nếu  $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$  thì tiết diện dây tìm được đạt yêu cầu.

#### Chú ý:

- Nếu tra bảng thấy  $x_0 < x_0$  đã chọn thì có thể chọn lại tiết diện nhỏ hơn, sau đó kiểm tra lại  $\Delta U$ , điều kiện thỏa mãn  $\Delta U \leq \Delta U_{cp}$ .
- Các trường hợp có thể bỏ qua  $x_0$ :
  - + Đối với đường dây tải có  $\cos \varphi = 1$ , nên  $Q = 0$  và  $\Delta U' = \Delta U_{cp}$ .
  - + Đối với dây cáp: có tiết diện  $< 50\text{mm}^2$  làm bằng đồng,  $< 70\text{mm}^2$  làm bằng nhôm.
  - + Đường dây trên không: có tiết diện  $< 60\text{mm}^2$  làm bằng đồng,  $< 16\text{mm}^2$  làm bằng nhôm.
- Đối với đường dây có tải phân bố đều thì có thể thay toàn bộ tải đó bằng một tải duy nhất, có điểm đặt tập trung tại điểm giữa của đoạn tải đó.

**Ví dụ 6.1:** Một mạng lưới điện có phụ tải phân bố như hình 6.3, có công suất tác dụng  $p_0$  KW/Km, công suất phản kháng  $q_0$  KVA/Km

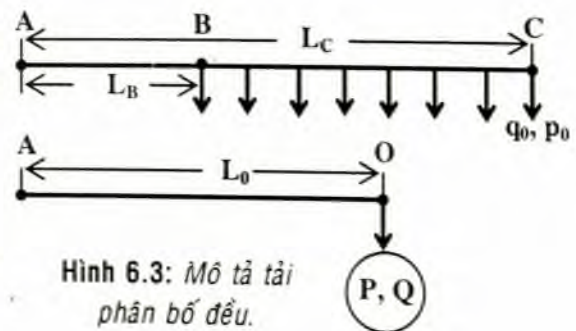
#### Giải

Đối với bài toán này, vì tải phân bố đều từ điểm B đến điểm C, cho nên có thể thay chúng bằng một tải tập trung tại điểm O và cách A một khoảng:

$$L_0 = (L_B + L_C)/2, \text{ Km.}$$

Lúc đó, công suất tại tải tập trung ở điểm O được xác định như sau:

$$Q = q_0 \cdot (L_C - L_B), \text{ KVA}$$



Hình 6.3: Mô tả tải phân bố đều.

$$P = p_0 \cdot (L_C - L_B), \text{ KW}$$

Sau đó giải nó một cách bình thường (như ở trường hợp a).

**Ví dụ 6.2:** Đường dây một chiều cung cấp cho hai tải như hình 6.4,  $U = 110\text{V}$ ,  $\Delta U_{cp} = 3\text{V}$ . Xác định dây dẫn bằng đồng theo phương pháp mật độ dòng điện  $j = \text{const}$

**Giải**

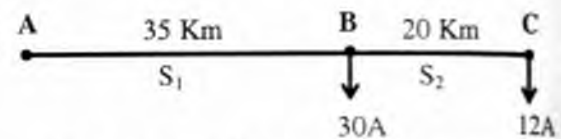
Mật độ dòng điện trên đường dây được xác định như sau:

$$j = \frac{\gamma \cdot \Delta U'}{2 \cdot \sum l_i} = \frac{53.3}{2 \cdot (35 + 20)} = 1,45 \text{ A/mm}^2.$$

Tiết diện dây đoạn AB được xác định.

$$S_1 = \frac{I_1 + I_2}{j} = \frac{30 + 12}{1,45} = 28,9 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{chọn theo tiêu chuẩn } S_1 = 35\text{mm}^2, d_1 = 7,5\text{mm}.$$

$$S_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{12}{1,45} = 8,28 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{chọn theo tiêu chuẩn } S_2 = 10\text{mm}^2, d_2 = 3,5\text{mm}.$$



Hình 6.4: Mô tả đường dây có nhiều tải.

## 2. Vật liệu cách điện

Chức năng của lớp cách điện là để định hướng sự chuyển dịch của dòng điện. Để có được điều này, bản thân lớp cách điện phải có điện trở rất lớn. Đối với điều kiện làm việc bình thường, lớp cách điện được sắp xếp xung quanh phần dẫn suốt chiều dài của nó. Đối với các dây dẫn trên cao thì phải có lớp cách điện (cụ thể là vật liệu cách điện bằng sứ) tại những điểm treo của dây, phần còn lại của dây được cách điện bởi không khí xung quanh chúng. Vật liệu cách điện thường được sử dụng là:

- Polyvinyl Clorua (PVC).
- Vật liệu đàn hồi, thuật ngữ dùng chung cho: cao su lưu hóa (v.i.r), etylen propylen (e.p), cao su Silicon (s.r).
- Giấy ngâm tẩm.
- Chất cách điện khoáng chất.
- Các loại khác dùng cho những yêu cầu đặc biệt.

**a) Polyvinyl Clorua:** Loại vật liệu này về cơ bản như là loại vật liệu thay thế cho cao su. Các đặc tính giá trị của chúng thông thường là giống với cao su, mặc dù chúng có xu hướng mềm hóa dưới tác động của nhiệt độ trung bình và sẽ bị rạn nứt tại nhiệt độ thấp. Nó là vật liệu trơ đối với các phản ứng hóa học. Các cáp có lớp cách điện PVC có thể được dùng tại nơi mà tổng nhiệt độ xung quanh và nhiệt độ tăng lên khi dòng quá tải không vượt quá  $65^{\circ}\text{C}$ . Các loại cáp này được sản xuất theo loại 600/1000V cho việc lắp đặt và loại 1900/3300V để dùng cho bộ phận cung ứng điện. Cáp bọc PVC được làm theo nhiều cách: bọc ngoài hợp kim chì, bọc ngoài cao su, bọc ngoài bằng PVC hoặc buộc viền, bện và gộp lại với nhau để đặt trong một ống dẫn.

**b) Cao su lưu hóa:** Loại vật liệu này thường được thay thế bằng PVC. Đây là sự điều chế của cao su nguyên chất với một lượng lưu huỳnh. Loại này trơ với nước, độ đàn hồi, suất điện trở cao, có thể duy trì đặc tính trong một thời gian dài dưới ánh sáng và sức nóng liên tục, có sức



căng cơ học trung bình và giá trị này tùy thuộc vào độ lưu hóa của cao su lưu hóa. Cao su được bọc vào phần lõi dẫn hoặc được đùn ép vào phần lõi dẫn hai hoặc nhiều lớp trong suốt quá trình sản xuất. Sau đó chúng được lưu hóa. Việc chế tạo cáp bọc cao su lưu hóa cũng tương tự như việc chế tạo cáp bọc PVC.

**c) Cao su butyl và cao su Propylen – etylen:** Các loại vật liệu này phù hợp với việc sử dụng làm lớp cách điện cho phần dẫn tại nơi nhiệt độ sinh ra không lớn hơn  $80^{\circ}\text{C}$ .

**d) Cao su Silicon:** Cáp được bọc lớp cách điện loại này có thể được sử dụng tại nơi nhiệt độ của lớp dẫn không vượt quá  $145^{\circ}\text{C}$ . Cáp bọc cao su silicon và cao su etylen được gia áp lực mạnh, bện các sợi thủy tinh ghép lại với nhau, hoặc với các chất chịu nóng, chịu dầu và chất làm chậm tác dụng của lửa. Tất cả các loại bọc lớp đàn hồi được sản xuất theo loại 600/1000V.

**e) Giấy được ngâm tẩm:** Các loại cáp bọc giấy được sản xuất với độ điện áp từ 600/1000V tới 1900/3300V, chủ yếu để lắp đặt dưới đất. Lớp cách điện giấy được bọc quanh phần lõi dẫn theo cách các băng giấy được quấn xoắn ốc với một độ dày thích hợp. Sau khi được làm khô chân không, lớp cách điện được ngâm tẩm dưới áp suất lớn với các khoáng chất dầu hoặc các lớp cách điện khác được gắn kèm hoàn toàn trong một vỏ bọc liên tục bằng nhôm hoặc chì. Các đầu của cáp được đóng kín và rót đầy dầu đặc biệt hoặc gắn kèm với hộp lắp ghép kín.

**f) Cách điện bằng khoáng chất:** Chất dẫn đồng và nhôm với lớp cách điện bằng khoáng chất dạng bột ép gắn kèm trong vỏ bọc của đồng và nhôm có thể được dùng tùy theo việc sử dụng cuối cùng với nhiệt độ xung quanh lên tới  $150^{\circ}\text{C}$  và với dây cáp thì nhiệt độ còn lớn hơn nữa.

### 3. Các tiếp điểm điện

Tiếp điểm điện là chỗ nối tiếp giáp giữa hai vật dẫn điện, cho phép chạy dòng điện từ vật dẫn này sang vật dẫn khác.

Bề mặt vật dẫn ở chỗ tiếp xúc được gọi là bề mặt tiếp xúc. Các chi tiết thực hiện tiếp xúc điện được gọi là tiếp điểm. Để đảm bảo cho tiếp điểm làm việc tốt phải tạo ra được lực ép chặt chúng lại với nhau, lực này được gọi là lực ép tiếp điểm.

Các vật liệu tiếp điểm phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Phải có độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao.
- Bền vững đối với sự ăn mòn trong không khí và trong các môi trường khác.
- Bền vững đối với sự oxi hóa bề mặt vật liệu tiếp điểm.
- Có độ cứng vừa phải để giảm giá trị lực ép tiếp điểm và mài mòn cơ khí do phải đóng ngắt thường xuyên.
- Có độ bền chống hồ quang cao (nhiệt độ nóng chảy cao).
- Có giá trị dòng điện và điện áp duy trì hồ quang cao.
- Dễ gia công, giá thành thấp.

Sau đây là ưu và nhược điểm của một vài vật liệu thường được sử dụng:

#### a) Đồng

- **Ưu điểm:** Có độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao, tương đối cứng, cho phép tác động đóng ngắt thường xuyên có giá trị dòng điện  $I_0$  và điện áp  $U_0$  duy trì hồ quang tương đối lớn, công nghệ đơn giản, giá thành thấp.



- **Nhược điểm:** Có nhiệt độ nóng chảy thấp, khi làm việc ngoài trời thường hình thành lớp phủ oxit hóa bền vững, có điện trở suất cao, cần phải tạo ra lực ép tiếp điểm tương đối lớn. Để bảo vệ chỗ đồng khối oxide hóa bề mặt, tiếp điểm được phủ một lớp bạc bằng phương pháp điện phân, có bề dày khoảng  $20\div 30\ \mu\text{m}$ . Đồng thường được sử dụng làm các thanh dẹt và tròn, tiếp điểm trong các khí cụ điện cao áp, aptomat... Do độ bền hồ quang kém, đồng không được sử dụng trong các khí cụ đóng ngắt các dòng điện mạnh và có tần số đóng ngắt cao.

#### b) Bạc

- **Ưu điểm:** Có độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao, lớp oxit hóa bề mặt từ bạc có độ bền cơ khí kém và nhanh chóng bị phá hủy khi tiếp điểm bị phát nóng. Tiếp điểm bạc bền vững, yêu cầu lực ép tiếp điểm nhỏ. Một đặc điểm cơ bản nữa của bạc là có điện trở tiếp xúc  $R_{tx}$  nhỏ.

- **Nhược điểm:** Có độ bền hồ quang thấp, độ cứng thấp vì vậy bạc đã bị hạn chế ứng dụng vào trong các tiếp điểm đóng ngắt dòng điện lớn và có tần số thao tác cao.

Bạc được ứng dụng trong các relay và contactor có dòng điện đến 20A. Đối với các dòng điện lớn đến 10kA, bạc được ứng dụng làm vật liệu tiếp điểm chính, hoạt động trong điều kiện không có hồ quang.

#### c) Nhôm

- **Ưu điểm:** Vật liệu này có độ dẫn điện và dẫn nhiệt tương đối lớn, nhờ trọng lượng riêng nhẹ, nó cũng được ứng dụng nhiều trong các thiết bị điện kỹ thuật, nhất là những nơi cần giảm trọng lượng.

- **Nhược điểm:** Ở ngoài trời và trong các môi trường tích cực, dễ hình thành lớp oxit hóa bền vững và có điện trở suất lớn. Có độ bền hồ quang kém (nhiệt độ nóng chảy nhỏ hơn so với đồng và bạc nhiều). Có độ bền cơ rất thấp. Khi tiếp xúc với đồng thường xảy ra hiệu ứng ăn mòn điện hóa mạnh. Vì vậy, khi tiếp xúc với đồng, nhôm thường được phủ một lớp đồng điện phân mỏng hoặc cả hai vật liệu này đều phải phủ một lớp bạc.

Nhôm và các hợp kim của nó được ứng dụng chủ yếu làm các thanh dẫn và các chi tiết kết cấu trong thiết bị điện.

#### d) Wolfram

- **Ưu điểm:** Có độ bền hồ quang, chống ăn mòn cao. Độ cứng cao của Wolfram cho phép ứng dụng nó vào trong các thiết bị có tần số thao tác cao.

- **Nhược điểm:** Wolfram có điện trở suất lớn, độ dẫn điện thấp, hình thành lớp oxit hóa và sulfid hóa bề mặt bền vững. Vì có độ bền cơ lớn và lớp oxit hóa nên các tiếp điểm làm từ Wolfram cần phải có lực ép tiếp điểm lớn.

Ngoài ra, trong các relay dòng điện bé, cần có lực ép tiếp điểm tương đối lớn thường sử dụng các loại vật liệu có độ bền chống ăn mòn cao như: vàng, platin, paladi, và các hợp kim của chúng.

#### e) Các hợp kim

Qua các vật liệu nguyên chất trên cho thấy rằng không một vật liệu nào đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của vật liệu làm tiếp điểm.



Các tính chất cơ bản của vật liệu tiếp điểm như tính dẫn điện cao và tính chịu hồ quang cao trong bạc, Wolfram, đồng không thể có được trong cùng một vật liệu. Do vậy, muốn có các tính chất vượt trội trên cần phải kết hợp qua phương pháp luyện kim bột (kim loại gốm). Các tính chất như chịu đựng hồ quang có trong vật liệu kim loại gốm là do các thành phần Wolfram, giá trị điện trở tiếp xúc nhỏ là do bạc hoặc đồng. Thông thường kim loại gốm có chứa 50% Wolfram được ứng dụng trong các thiết bị đóng ngắt phụ tải nặng hoặc ngắt các dòng điện ngắn mạch. Mặc dù có giá thành cao nhưng bù lại chi phí này sẽ nhanh chóng được bù đắp khi chúng vận hành vì tuổi thọ, độ tin cậy cao.

#### 4. Các kết cấu tiếp xúc điện

##### a) Tiếp xúc cố định

Là nơi mối nối tiếp xúc để nối các chi tiết dẫn điện trong các hệ thống và thiết bị kỹ thuật điện. Ví dụ như nối các thanh dẫn, nối cable, các đầu nối điện từ thiết bị ra mạch điện. Trong quá trình vận hành, cả hai tiếp điểm được nối với nhau bằng bu – lông hay mối hàn. Khi nối bằng bu – lông, các thanh dẫn bằng đồng trước hết phải được làm sạch bề mặt hoặc xi mạ chì, thiếc. Sau đó phải phủ bằng vernie chống ẩm. Nhưng đối với nhôm, do thường bị ăn mòn, nên người ta chuyển sang phương pháp hàn.

##### b) Tiếp xúc đóng – ngắt

Trong quá trình hoạt động, các tiếp điểm phần lớn phải ngắt dòng điện với dòng điện lớn hơn rất nhiều so với dòng phát sinh hồ quang điện. Sự phát sinh hồ quang chính là lý do làm cho chúng mau mòn. Để có thể dập tắt hồ quang hiệu quả, khoảng cách giữa các tiếp điểm tĩnh và động phải được xác định một cách chính xác. Do khoảng cách giữa các tiếp điểm càng lớn thì hồ quang càng dễ dập tắt nhưng khoảng cách này có liên quan đến kết cấu và công suất của hệ thống truyền động của thiết bị. Vì vậy, ta phải tính toán thiết kế một cách tối ưu.

##### c) Tiếp xúc trượt

Là dạng tiếp xúc mà ở đó vật dẫn điện này có thể di chuyển trên bề mặt tiếp xúc với vật dẫn kia. Ví dụ, chổi than trượt trên vành góp của máy điện, cần tiếp điện của các tàu điện,... Tất cả các loại tiếp xúc trượt đều được tạo ra bởi ba dạng tiếp xúc chính: tiếp xúc điểm, đường, mặt.

- **Tiếp xúc điểm:** là khi hai vật dẫn điện tiếp xúc với nhau chỉ ở một điểm trên bề mặt tiếp xúc. Ở trường hợp này, hình dạng tiếp xúc thường là: cầu – cầu, cầu – mặt phẳng, đỉnh nón – mặt phẳng.
- **Tiếp xúc đường:** hai vật dẫn tiếp xúc với nhau trên một đường thẳng hay trên một bề mặt rất hẹp (tiếp xúc trên hai điểm). Ví dụ tiếp xúc nửa trụ – nửa trụ, nửa trụ – mặt phẳng...
- **Tiếp xúc mặt:** hai vật dẫn tiếp xúc với nhau trên bề mặt (ít nhất ba điểm tiếp xúc trên bề mặt tiếp xúc). Ví dụ giữa tiếp xúc mặt phẳng – mặt phẳng.

#### 5. Hồ quang điện

a) **Định nghĩa:** Hồ quang điện là sự phóng điện mạnh và duy trì trong chất khí hay hơi, có mật độ dòng điện lớn (khoảng  $10^4 \div 10^5 A/cm^2$ ) và điện áp rơi trên cathode từ  $10 \div 20V$ .

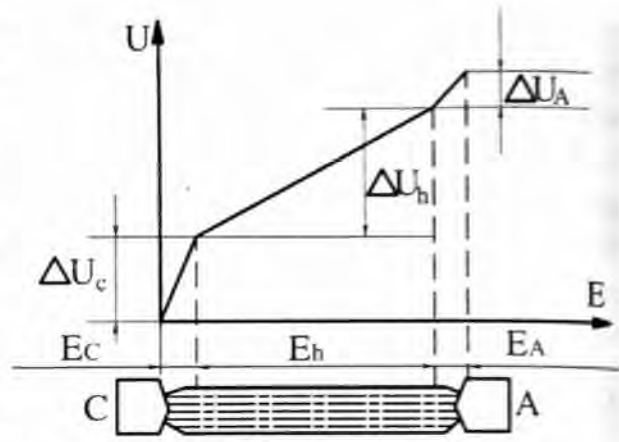


Một trong những đặc trưng của hồ quang là sự phân bố điện áp hồ quang và cường độ điện trường  $E$  trên dọc hồ quang (hình 6.5).

**b) Quá trình phát sinh hồ quang**

Đối với tiếp điểm có dòng điện bé, ban đầu, khoảng cách giữa chúng rất nhỏ trong khi điện áp đặt có một trị số nhất định vì vậy khoảng không gian này sinh ra điện trường có cường độ rất lớn (đạt đến  $3.10^7 \text{ V/cm}^2$ ) có thể gây bật điện tử từ cathode, gọi là phát xạ tự động điện tử.

Đối với tiếp điểm có dòng điện lớn, quá trình phát sinh hồ quang phức tạp hơn. Lúc đầu mở tiếp điểm, lực ép giữa chúng bị giảm nên số tiếp điểm tiếp xúc để dòng điện đi qua sẽ giảm. Từ đó, mật độ dòng điện sẽ tăng đáng kể có khi lên đến hàng chục ngàn  $\text{A/cm}^2$ . Do vậy, các tiếp điểm sẽ phát nóng đến mức làm cho các tiếp điểm nóng chảy. Khi các tiếp điểm này rời xa nhau thì giọt kim loại cũng bị kéo căng trở thành một cầu chất lỏng nối liền hai tiếp điểm này. Lúc đó, cầu chất lỏng bay hơi và trong không gian xuất hiện hồ quang điện. Vì quá trình phát nóng của cầu thực hiện rất nhanh nên sự bốc hơi mang tính chất nổ.



Hình 6.5: Sự phân điện áp hồ quang và cường độ điện trường  $E$  trên dọc hồ quang

**c) Dập hồ quang điện:** là quá trình khử ion song song với quá trình ion hóa. Khử ion bao gồm:

Hiện tượng tái hợp của hạt mang điện âm và dương tạo thành những hạt trung hòa. Ở khu vực hồ quang điện, điện tử có tốc độ rất lớn so với ion dương nên điện tử không trực tiếp tái hợp với ion dương mà đến gặp các hạt trung hòa rồi sau đó mới tái hợp với ion dương. Tốc độ tái hợp tỉ lệ nghịch với bình phương đường kính hồ quang.

Hiện tượng khuếch tán của các hạt mang điện từ nơi mật độ cao đến nơi mật độ thấp, từ chỗ nóng đến chỗ nguội. Tốc độ khuếch tán theo mật độ tỉ lệ nghịch với đường kính hồ quang và khi giảm bớt nhiệt độ của hồ quang thì cũng tăng cường quá trình khử ion.

## II. ĐỊNH LUẬT OHM, ĐỊNH LUẬT KIRCHOFF

### 1. Định luật Ohm

**a) Phát biểu định luật**

Cường độ dòng điện  $I$  trong một mạch tỉ lệ thuận với hiệu điện thế  $U$  và tỉ lệ nghịch với điện trở  $R$  của mạch đó.

Công thức: 
$$I = \frac{U}{R}, \text{ A} \tag{6-30}$$

**b) Đối với dòng xoay chiều**

Nếu ở đầu vật dẫn có một hiệu điện thế  $U$  thì có dòng điện  $I$  chạy qua vật dẫn. Cường độ dòng điện  $I$  trong vật dẫn phụ thuộc vào hiệu điện thế  $U$  ở hai đầu của nó và tổng trở  $Z$  của mạch.



Công thức:  $I = \frac{U}{Z}$ , A (6-31)

**c) Đối với dòng một chiều**

Cho mạch điện có nguồn điện (pin, acquy, ...) và điện trở  $R$ . Định luật Ohm cho toàn mạch nêu lên mối quan hệ giữa sức điện động  $U$ , cường độ dòng điện  $I$  và điện trở toàn phần  $(R + r)$

Công thức:  $I = \frac{U}{R+r}$ , A (6-32)

Với:  $r$  – là điện trở trong của nguồn một chiều.

**2. Định luật Kirchoff**

**a) Định luật Kirchoff về dòng điện (ĐKD)**

**Phát biểu:** tổng đại số các dòng điện đến một nút bằng không.

$\sum i$  đến nút = 0 (6-33)

Trên hình 6.6, chiều các mũi tên là chiều giả thiết;  $i_1, i_2, i_3, i_4$  có thể là dương hoặc âm. Theo ĐKD:

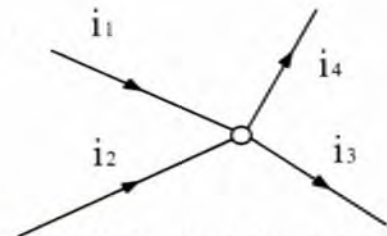
$i_1 + i_2 + (-i_3) + (-i_4) = 0$

Nếu  $(-i_1) + (-i_2) + i_3 + i_4 = 0$ , ta có cách phát biểu thứ hai của ĐKD:

$\sum i$  rời nút = 0

Nếu viết:  $i_1 + i_2 = i_3 + i_4 = 0$ , ta có:

$\sum i$  đến nút =  $\sum i$  rời nút (6-34)



Hình 6.6: Minh họa định luật Kirchoff về dòng điện

**b) Định luật Kirchoff về điện áp (ĐKA)**

**Phát biểu:** tổng đại số các điện áp dọc theo một vòng kín bằng không.

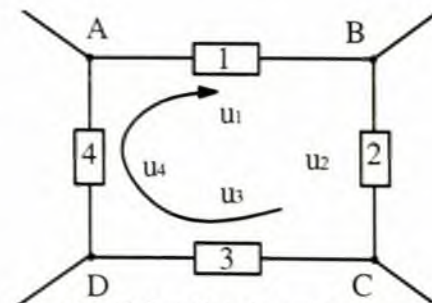
$\sum u$  dọc theo vòng = 0, trong đó tất cả điện áp có chiều giả thiết dọc theo vòng.

Trên hình 6.7, chiều các mũi tên là chiều giả thiết tùy ý. Chọn  $u_1, u_2, u_3, u_4$  có thể âm.

Nếu chọn chiều chạy là ABCDA (theo chiều kim đồng hồ) thì theo ĐKA:  $u_1 + u_2 + (-u_3) + (-u_4) = 0$  (6-35)

Nếu chọn chiều chạy là ADCBA (ngược chiều kim đồng hồ):  $(-u_1) + (-u_2) + u_3 + u_4 = 0$  (6-36)

Nếu viết:  $u_1 + u_2 = u_3 + u_4 = 0$ , ta có cách phát biểu thứ hai của ĐKA:  $\sum u$  cùng chiều =  $\sum u$  ngược chiều

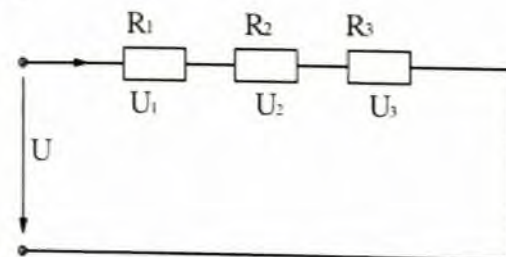


Hình 6.7: Minh họa định luật Kirchoff về điện áp

**2.1. Mạch điện trở mắc nối tiếp**

Hình 6.8 biểu diễn ba điện trở mắc nối tiếp, có quan hệ dòng điện, điện áp như sau:

- Dòng điện bằng nhau:  $I_1 = I_2 = I_3 = I$

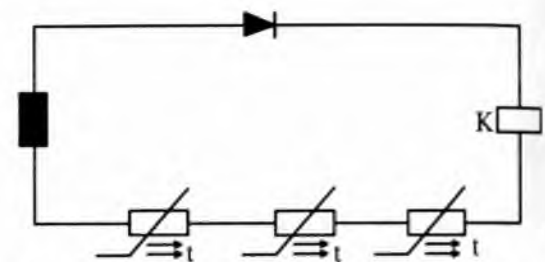


Hình 6.8: Mạch điện trở mắc nối tiếp

- Điện áp toàn mạch bằng tổng điện áp thành phần:  $U = U_1 + U_2 + U_3$
- Điện trở tương đương toàn mạch bằng tổng các điện trở thành phần:  $R_{td} = R_1 + R_2 + R_3$
- Tổng quát với mạch điện trở mắc nối tiếp có  $n$  điện trở:
- Cường độ dòng điện:  $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$
- Hiệu điện thế:  $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$
- Điện trở tương đương:  $R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

Ứng dụng của mạch nối tiếp để bảo vệ quá tải động cơ rất hiệu quả. Quá tải nhiệt (nhiệt độ trong cuộn dây tăng cao) có thể do các nguyên nhân: mất pha, làm mát động cơ kém, nhiệt độ môi trường quá cao, đóng ngắt động cơ liên tục.

Mạch gồm ba điện trở nhiệt mắc nối tiếp với relay K và nối tiếp với nguồn điện một chiều (hình 6.9). Ở nhiệt độ làm việc bình thường, các nhiệt điện trở có điện trở thấp hơn nhiều so với điện trở của cuộn dây relay vì vậy điện thế chủ yếu ở trên cuộn dây. Nếu nhiệt độ động cơ tăng cao quá mức cho phép thì điện trở của nhiệt điện trở tăng rất nhanh, cao hơn rất nhiều so với điện trở cuộn dây. Lực điện từ sẽ không đủ lớn để giữ lõi thép đóng tiếp điểm trong relay, dẫn đến ngắt mạch động cơ.



Hình 6.9: Mạch bảo vệ động cơ thermistor

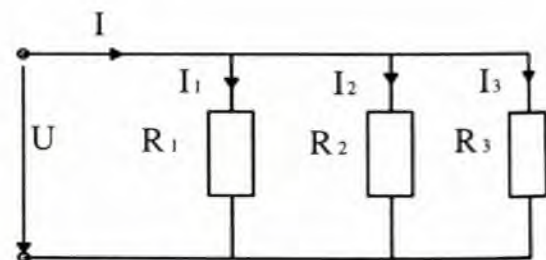
## 2.2. Mạch điện trở song song

Hình 6.10 biểu diễn ba điện trở mắc song song, có quan hệ dòng điện, điện áp, điện trở như sau:

- Điện áp:  $U = U_1 = U_2$
- Cường độ dòng điện:  $I = I_1 + I_2$
- Nghịch đảo điện trở tương đương toàn mạch bằng tổng nghịch đảo các điện trở thành phần:

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

- Tổng quát với mạch điện trở mắc song song có  $n$  điện trở:
- Điện thế:  $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$
- Cường độ dòng điện:  $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$
- Điện trở tương đương:  $\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$



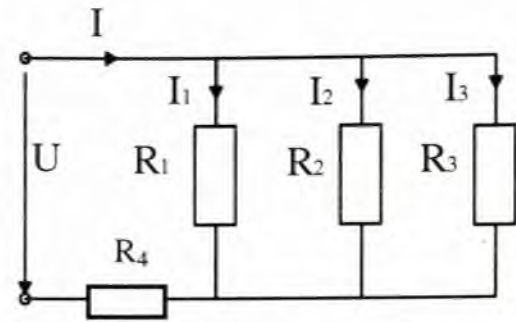
Hình 6.10: Mạch điện trở mắc song song

Ứng dụng mạch song song trong hệ thống lạnh với các động cơ của máy nén lạnh, quạt dàn ngưng, quạt dàn bay hơi...



### 2.3. Mạch hỗn hợp

Mạch hỗn hợp gồm các điện trở mắc song song và nối tiếp. Khi tính toán cần kết hợp các công thức phù hợp của cả hai mạch. Chủ yếu là áp dụng *Định luật Kirchoff 1 & 2*.



Hình 6.11: Mạch điện trở hỗn hợp

## III. TỪ TRƯỜNG, ĐIỆN CẢM, CUỘN DÂY

### 1. Từ trường

Từ trường sinh ra do hạt mang điện chuyển động. Từ trường được đặc trưng bởi vector cảm ứng từ  $\vec{B}$  và đường cảm ứng từ.

Trên đường dây thẳng: đường sức từ qua một điểm bất kỳ là một đường tròn, tâm nằm trên sợi dây, có bán kính bằng khoảng cách từ điểm đó kẻ vuông góc với sợi dây. Chiều của đường sức từ tuân theo quy tắc đinh ốc một: đặt đinh ốc dọc theo sợi dây, xoay đinh ốc sao cho nó tiến theo chiều dòng điện, chiều quay của đinh ốc là chiều đường cảm ứng từ.

Trong ống dây thì từ trường là từ trường đều, ngoài ống dây là từ trường cong, tuân theo quy tắc ra bắc vào nam giống như nam châm.

### 2. Điện cảm cuộn dây

Trong một đoạn dây thẳng khi có dòng điện chạy qua sẽ sinh ra một trị số điện cảm nào đó vì từ trường hình thành quanh vật dẫn mang điện. Cuộn dây (coil, inductor) dùng để chỉ dây dẫn được cuộn lại thành vòng, việc cuộn dây lại thành vòng sẽ làm tập trung từ trường, mỗi vòng dây góp phần tạo từ trường tổng cộng rất lớn vì thế kỹ thuật này nó ứng dụng vào thực tế rất lớn. Như vậy, điện cảm sẽ giảm khi kéo thẳng cuộn dây ra.

Dây dẫn thẳng thường dùng để nối các điểm khác nhau trong mạch và như vậy làm giảm tự cảm trong nó. Vì điện cảm của mỗi dây dẫn tăng khi đường kính dây dẫn giảm, nên ta có thể dùng dây dẫn có đường kính lớn để nối mạch có điện cảm yếu.

### 3. Cuộn dây (inductor)

Cuộn dây về cơ bản là dây dẫn được cuộn lại trên một lõi không khí hay một lõi sắt từ. Mục đích sử dụng: máy biến áp, cuộn dây đánh lửa, cuộn dây anten, sửa dạng sóng...

Ta có độ sụt áp trên cuộn dây (điện áp tự cảm):

$$\Delta U = L \frac{dI}{dt} \quad (6-38)$$

Trong đó:  $I$  – dòng điện chạy qua cuộn dây, [A].

$t$  – thời gian, [s].

$L$  – giá trị điện cảm của cuộn dây, [H] (Henry).

Cuộn dây có nhiều dạng khác nhau như: hình ống, hình đĩa, hình khối chữ nhật...

Điện trở của cuộn cảm trong mạch điện xoay chiều được xác định theo công thức sau:

$$Z_L = \omega.L, \Omega \quad (6-39)$$

Trong đó:  $\omega = 2. \pi .f$  là vận tốc góc của cường độ dòng điện, rad/s.

$f$  : tần số của cường độ dòng điện, Hz.

Năng lượng điện trường của cuộn dây được xác định theo công thức:

$$W_L = L. \frac{i^2}{2}, J \quad (6-40)$$

Trong đó:  $i$ : cường độ dòng điện, A

#### Các loại cuộn dây tiêu biểu:

- Cuộn dây lõi không khí (air – core inductor): có dạng hình ống, giá trị  $L$  từ vài chục  $nH$  đến  $mH$ . Cuộn dây này thường được tẩm sáp hay dầu để chống ẩm và cải thiện sức chịu cơ học.
- Cuộn dây lõi sắt miếng (laminated – iron inductor): có hình dạng rất phong phú, các miếng sắt được cách điện bằng cách phủ lên bề mặt một lớp rất mỏng oxide sắt, thép Si hay varnis.
- Cuộn dây lõi sắt bụi (Powdered iron core inductor): có dạng hình trụ hay xuyên (toroid), giá trị điện cảm  $L$  từ vài  $H$  đến vài trăm  $H$ .

## IV. NAM CHÂM ĐIỆN, BIẾN ÁP

### 1. Nam châm điện

#### 1.1. Định nghĩa

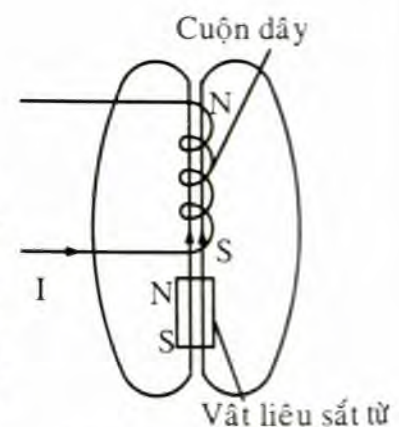
Là thiết bị dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng. Được dùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: tự động hóa, relay, contactor...

#### 1.2. Phân loại

- Loại hút chập hay hút quay: nắp quay quanh một trục.
- Loại hút thẳng: nắp hút thẳng về phía lõi.
- Loại không có nắp: gồm một cuộn dây và lõi sắt từ.

#### 1.3. Nguyên lý hoạt động

Khi cho dòng điện vào cuộn dây sẽ sinh ra từ trường, vật liệu sắt từ đặt trong từ trường sẽ bị từ hóa và có cực tính. Từ trường xuyên qua vật liệu sắt từ theo đường khép kín. Theo quy định, chỗ từ thông đi ra ở vật liệu sắt từ gọi là cực bắc (N), chỗ từ thông đi vào gọi là cực nam (S). Trên hình 6.12 thấy rằng, cực tính của vật liệu sắt từ khác dấu với cực tính của cuộn dây nên vật liệu sắt từ sẽ bị cuộn dây hút bởi lực hút điện từ  $F$ :



Hình 6.12: Nguyên lý làm việc nam châm điện



$$F = \delta \frac{BS}{2\mu_0}, \text{ N} \quad (6-41)$$

Trong đó:  $B$  – cường độ từ cảm trong sắt từ, Tesla.  
 $\delta$  – khoảng cách giữa cuộn dây và lõi sắt từ, m.  
 $\mu_0$  – hệ số từ dẫn (độ từ thẩm) của không khí.  
 $S$  – tiết diện mạch từ, m<sup>2</sup>.

Từ thông qua tiết diện nam châm:

$$\phi = B.S, \text{ Wb} \quad (8642)$$

## 2. Biến áp

### 2.1. Định nghĩa

Máy biến áp là một thiết bị tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, dùng để biến đổi hệ thống điện xoay chiều ( $U_1, I_1, f$ ) thành ( $U_2, I_2, f$ ). Đầu vào của máy biến áp nối với nguồn điện gọi là sơ cấp (chỉ số 1). Đầu ra nối với tải gọi là thứ cấp (chỉ số 2).

Các lượng định mức của máy biến áp do nhà máy qui định sao cho máy làm việc lâu dài, gồm các điện áp định mức, dòng điện định mức và công suất định mức.

- Điện áp định mức sơ cấp  $U_{1dm}$  là điện áp đã qui định cho dây quấn sơ cấp. Điện áp dây quấn thứ cấp  $U_{2dm}$  là điện áp hai đầu dây quấn thứ cấp (hở mạch) khi điện áp sơ cấp là định mức. Với máy ba pha, điện áp định mức là điện áp dây.
- Dòng điện định mức sơ cấp  $I_{1dm}$  và thứ cấp  $I_{2dm}$  là dòng điện đã qui định cho mỗi dây quấn, ứng với công suất định mức. Với máy ba pha, dòng điện định mức là dòng điện dây.
- Công suất định mức  $S_{1dm}$  của máy là công suất biểu kiến thứ cấp ở chế độ định mức. Ta có:
  - Máy một pha:  $S_{dm} = U_{2dm} I_{2dm} = U_{1dm} I_{1dm}$
  - Máy ba pha:  $S_{dm} = \sqrt{3} U_{2dm} I_{2dm} = \sqrt{3} U_{1dm} I_{1dm}$

### 2.2. Công dụng

Máy biến áp dùng để tăng điện áp từ máy phát điện lên đường dây tải điện đi xa và giảm điện áp ở cuối đường dây để cung cấp cho tải. Ngoài ra, chúng còn được dùng trong lò nung, hàn điện, đo lường hoặc làm nguồn điện cho các thiết bị điện tử.

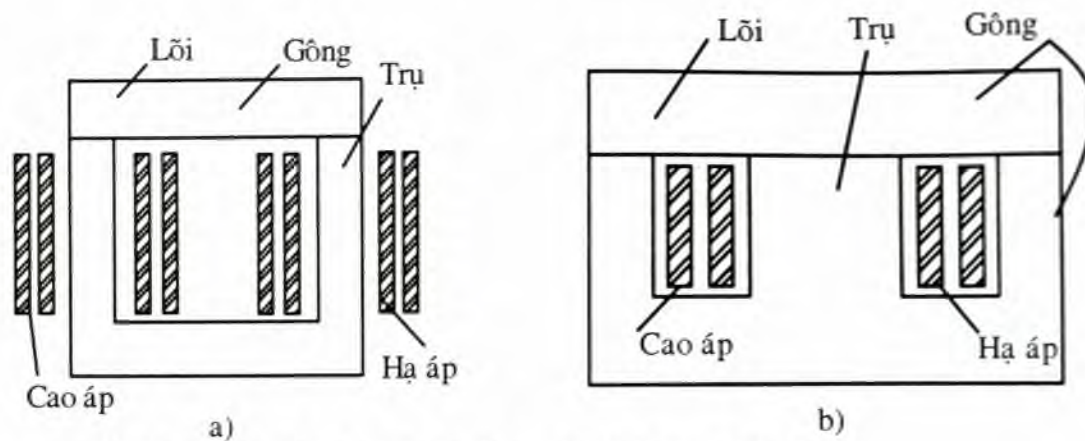
### 2.3. Cấu tạo

- **Lõi thép:** dùng để dẫn từ trường, thường bằng thép lá, gồm hai phần: trụ để đặt dây quấn và gông để khép kín mạch từ giữa các trụ.

Lõi thép có hai dạng chính: loại trụ và loại bọc

Loại trụ (hình 6.13a) gồm hai cuộn dây nằm trên hai trụ của lõi thép chữ nhật. Loại này có khuyết điểm là từ tản giữa hai quấn quá lớn nên máy bị sụt áp nhiều.

Loại bọc (hình 6.13b) gồm hai cuộn dây đồng tâm, cuộn hạ áp nằm trong (sát lõi thép), cuộn cao áp nằm ngoài để dễ cách điện.



Hình 6.13: Mạch từ của máy biến áp: (a) Loại trụ; (b) Loại bọc

Lõi làm bằng thép Silic (97% sắt và 3% silic). Silic làm giảm tổn hao từ trễ; nhưng làm thép giòn, khó dập. Mặt lá thép được phủ một lớp cách điện mỏng để cách điện các lá thép với nhau.

Trong loại trụ, lá thép được ghép từ các lá thép chữ U và chữ I; còn trong loại bọc, lá chữ E và chữ I.

- **Cuộn dây:** dây quấn máy biến áp thường bằng đồng hoặc bằng nhôm, tiết diện tròn hay chữ nhật; bên ngoài dây dẫn có bọc cách điện. Dây quấn gồm nhiều vòng dây và lồng vào trụ lõi thép. Giữa các vòng dây, giữa các dây quấn và giữa dây quấn và lõi thép đều có cách điện.

Dây quấn có dạng vuông, chữ nhật hoặc tròn. Dạng vuông hoặc chữ nhật chỉ phù hợp với máy nhỏ vì lý do sau: khi bị ngắn mạch, lực điện từ tỷ lệ với bình phương dòng ngắn mạch và làm cuộn dây vuông hoặc chữ nhật phình ra; còn dạng tròn khó biến dạng hơn.

Máy biến áp công suất nhỏ được làm mát bằng không khí. Máy lớn được đặt trong một thùng dầu, vỏ thùng có cánh tản nhiệt. Ngoài ra còn có sứ để nối các đầu dây ra ngoài, bộ phận điều chỉnh điện áp, relay bảo vệ...

#### 2.4. Nguyên lý làm việc

Cuộn sơ cấp có  $N_1$  vòng được cấp điện từ nguồn áp xoay chiều  $u_1$ ; cuộn thứ cấp có  $N_2$  vòng phát điện cho tải  $Z_L$ . Dòng sơ cấp  $i_1$  thứ cấp  $i_2$  tổng hợp lại để tạo ra từ thông trong lõi thép.

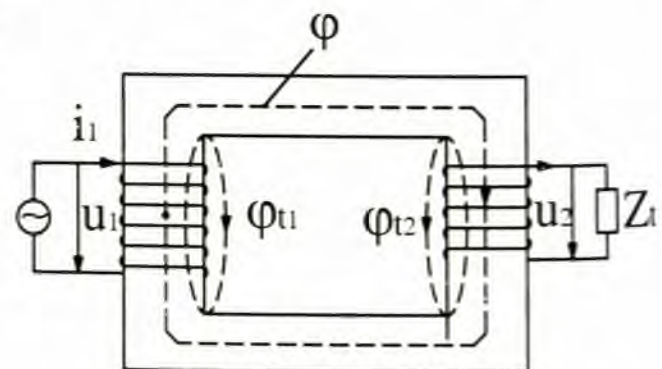
Gọi  $\phi$  là từ thông xoay chiều móc vòng (xuyên qua) đồng thời cả hai dây quấn; còn gọi là từ thông chính, hay từ thông chung; ta có:

$$\phi(t) = \phi_m \sin \omega t \quad (6-43)$$

Theo định luật cảm ứng điện từ, các sức điện động cảm ứng sinh ra trong cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp là:

$$\text{Tỷ số biến áp: } k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (6-44)$$

Nếu bỏ qua sụt áp gây ra do điện trở và từ tản dây quấn thì:



Hình 6.14: Sơ đồ nguyên lý của máy biến áp một pha hai dây quấn



$$E_1 \approx U_1, E_2 \approx U_2 \text{ và } \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = k \quad (6-45)$$

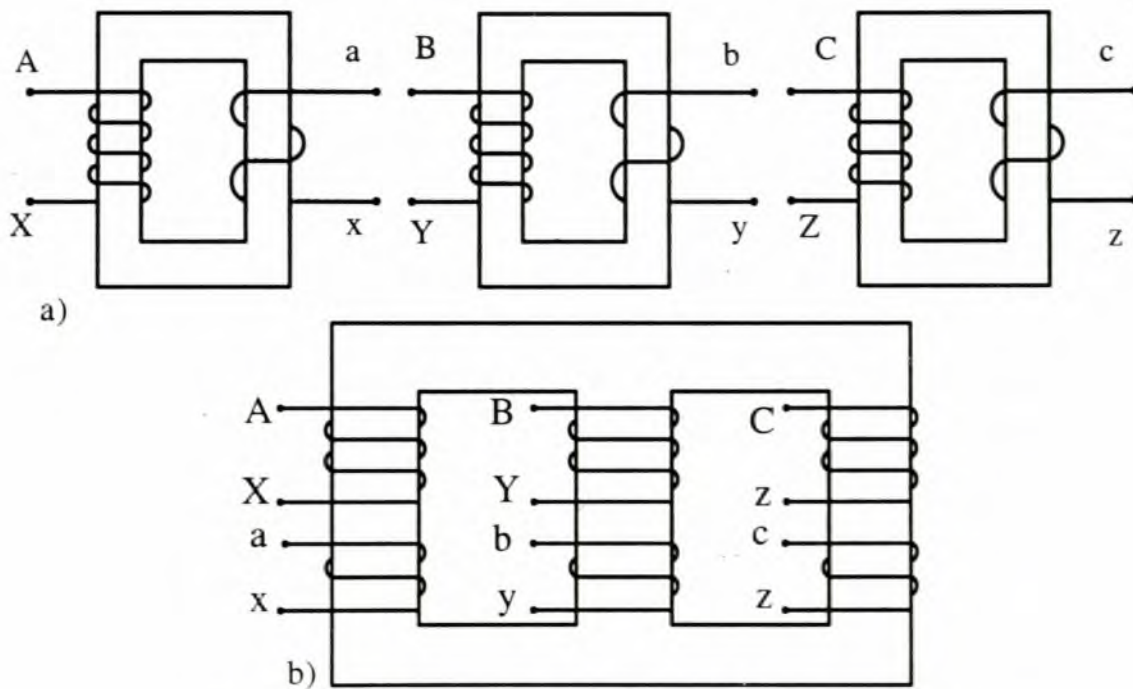
Nếu bỏ qua hao tổn trong máy biến áp thì  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ . Vậy:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = k \quad (6-46)$

Nếu  $N_2 > N_1$  thì  $U_2 > U_1, I_2 < I_1$ : máy tăng áp.

Nếu  $N_2 < N_1$  thì  $U_2 < U_1, I_2 > I_1$ : máy giảm áp.

### 2.5. Máy biến áp ba pha

Để biến đổi điện áp của một nguồn áp ba pha, ta có thể dùng hai cách: Tổ máy biến áp ba pha gồm ba máy một pha (hình 6.15a), máy biến áp ba pha với lõi thép ba trụ (hình 6.15b).



Hình 6.15: a) Tổ máy biến áp 3 pha; b) Máy biến áp ba pha ba trụ

Dây quấn sơ cấp của ba pha được ký hiệu lần lượt là AX, BY, CZ.

Dây quấn thứ cấp của ba pha được ký hiệu lần lượt là ax, by, cz.

Nếu sơ cấp đấu sao và thứ cấp đấu sao; ta ký hiệu Y – Y.

Ta có bốn cách đấu cơ bản: Y – Y, Y – Δ, Δ – Δ và Δ – Y.

Gọi số vòng dây một pha sơ cấp và thứ cấp lần lượt là  $N_1$  và  $N_2$ . Tỷ số điện áp pha và tỷ

số điện áp dây là:  $k_p = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{N_1}{N_2}$  và  $k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} \quad (6-47)$

Tỷ số điện áp dây không chỉ phụ thuộc vào  $k_p$  mà còn phụ thuộc cách đấu sao hay tam giác. Với các cách đấu: Y – Y, Y – Δ, Δ – Δ và Δ – Y, ta lần lượt có:  $k_d = k_p; k_p \sqrt{3}; k_p$  và  $k_p \sqrt{3}$ .

## V. ĐIỆN DUNG VÀ TỤ ĐIỆN

### 1. Điện dung

Điện dung  $C$  là dung lượng điện mà tụ có thể tích được, là tỉ số giữa điện tích  $Q$  và điện áp đặt vào hai bản cực  $U$ .

Điện dung  $C$  (Capacity) được tính theo biểu thức:

$$C = \frac{Q}{U}, [F]. \quad (6-48)$$

Trong đó:  $Q$  – điện tích,  $[C]$  và  $U$  – điện thế,  $[V]$ .

Trong kỹ thuật, điện dung của tụ điện thường nhỏ hơn  $1F$  nhiều lần. Do đó, thường sử dụng đơn vị  $\mu F$  ( $1\mu F = 10^{-6} F$ ).

Điện dung của tụ điện còn được xác định qua kích thước hình học của tụ:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (6-49)$$

Trong đó:  $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} [As/Vm]$  – là hằng số trường điện.

$\epsilon_r$  – là hằng số điện môi.

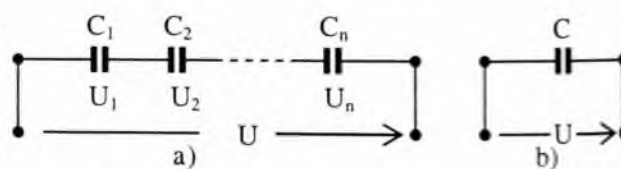
$S$  – tiết diện bề mặt tấm kim loại,  $[m^2]$ .

$D$  – khoảng cách giữa hai tấm kim loại,  $[m]$ .

#### 1.1. Mạch tụ điện mắc nối tiếp

Mạch tụ điện mắc nối tiếp này được ứng dụng rất nhiều trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật điện, trong ngành kỹ thuật lạnh nó cũng được ứng dụng rất nhiều.

Nếu như khi cần một tụ điện có điện dung nhỏ để giải quyết một vấn đề nào đó, nhưng trên thị trường và nhà sản xuất chỉ sản xuất các loại tụ điện có điện dung lớn. Trong những trường hợp như vậy, thì cần phải tính toán và mắc mạch tụ điện nối tiếp sao cho chính xác, phù hợp với yêu cầu.



Hình 6.16: a) Sơ đồ mạch mắc tụ nối tiếp; b) Sơ đồ mạch tương đương.

Các công thức tính toán mạch tụ điện nối tiếp quy về mạch tương đương như sau:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (6-50)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (6-51)$$

#### 1.2. Mạch tụ điện mắc song song

Cũng như mạch tụ điện mắc nối tiếp, mạch tụ điện mắc song song này được ứng dụng rất nhiều trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật điện, trong ngành kỹ thuật lạnh nó cũng được ứng dụng rất nhiều.



Nếu như khi cần một tụ điện có điện dung lớn để giải quyết một vấn đề nào đó, nhưng trên thị và nhà sản xuất chỉ sản xuất các loại tụ điện có điện dung nhỏ. Trong những trường hợp như vậy, thì cần phải tính toán và mắc mạch tụ điện song song sao cho chính xác, phù hợp với yêu cầu.

Các công thức tính toán mạch tụ điện nối tiếp quy về mạch tương đương như sau:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (6-52)$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (6-53)$$

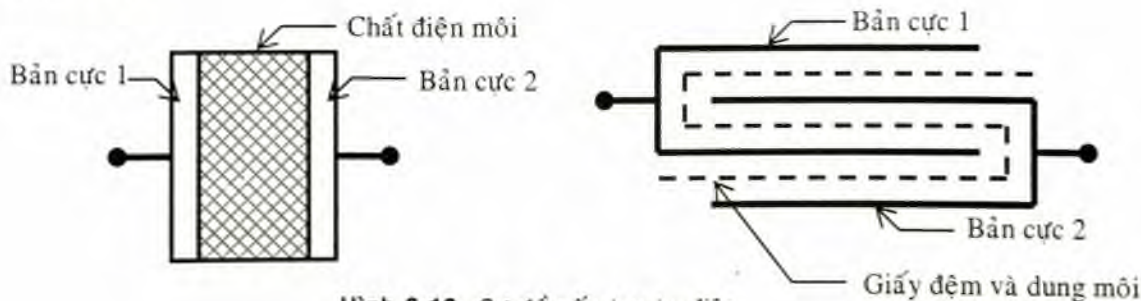
**Chú ý:** trong kỹ thuật khi lắp đặt các tụ điện cần phải biết chính xác điện áp giới hạn của tụ, còn nếu không thì khi đặt một điện áp lớn hơn lên tụ điện, điện áp đó làm phá hỏng tụ điện.

## 2. Tụ điện

Tụ điện cũng là một thiết bị điện được sử dụng rất nhiều trong việc điều khiển, vận hành các động cơ điện làm việc sao cho đạt hiệu quả cao.

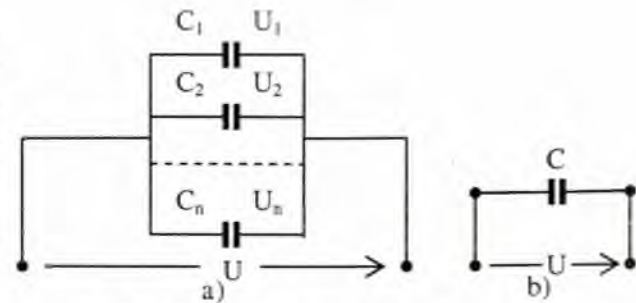
Trong mạch điện một chiều, tụ điện làm nhiệm vụ tích điện. Còn trong mạch xoay chiều, nhiệm vụ chủ yếu của tụ là làm lệch pha dòng điện xoay chiều. Chính vì đặc điểm này nên ta mắc tụ nối tiếp với cuộn khởi động của động cơ một pha để tạo từ trường lệch pha, tăng moment khởi động (tụ khởi động) hoặc để tăng hiệu suất làm việc của động cơ (tụ ngâm). Đối với mạch xoay chiều khi có cuộn kháng, muốn tăng công suất của toàn mạch thì cần phải nâng cao hệ số  $\cos\varphi$  (hệ số công suất), muốn vậy ta phải mắc thêm tụ nối tiếp với cuộn cảm sao cho:  $X_L - X_C = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \rightarrow 0$ . Do đó, khi mắc thêm tụ ta phải chọn tụ sao cho thích hợp.

### 2.1. Cấu tạo

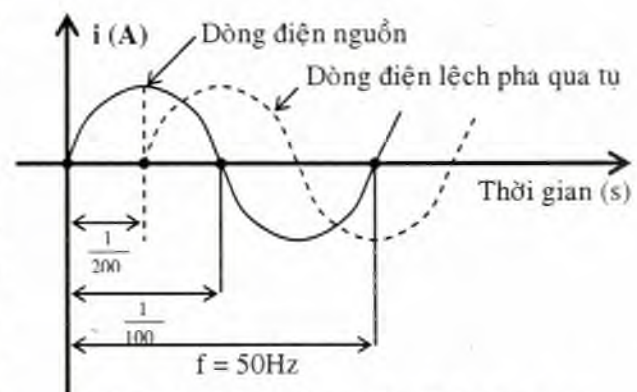


Hình 6.19: Sơ đồ cấu tạo tụ điện

Về cơ bản, tụ điện gồm hai vật dẫn (bản cực) và phân cách nhau bởi chất cách điện, được gọi là chất điện môi (dielectric). Chất điện môi có thể là không khí, giấy (tấm), màng hữu cơ, mica, thủy tinh hay gốm để tích trữ điện lớn trong thể tích nhỏ.



Hình 6.17: a) Sơ đồ mạch mắc tụ song song; b) Sơ đồ mạch tương đương.



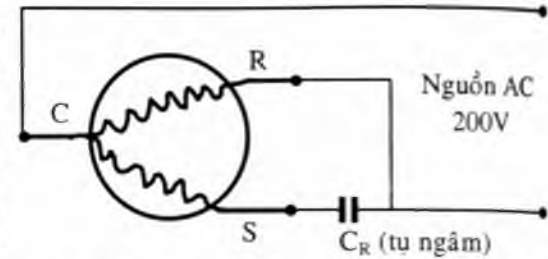
Hình 6.18: Đồ thị dòng điện lệch pha qua tụ



Các loại tụ tiêu biểu phân loại theo chất điện môi: tụ mica, tụ giấy, tụ màng, tụ gốm, tụ dán bề mặt, tụ hóa... Và tùy thuộc vào chức năng mà phân biệt tụ ngâm (tụ làm việc) và tụ khởi động (tụ tích).

## 2.2. Tụ ngâm

Thường là các tụ dầu, nghĩa là dầu được sử dụng làm chất điện phân. Giữa hai bản cực có tấm giấy lót được cuộn lại với nhau rồi ngâm vào dầu trong một vỏ nhôm hình trụ. Tụ ngâm dùng cho máy điều hòa không khí thường là tụ ngâm kép: một có điện dung lớn từ  $(15 \div 45 \mu F)$  cho block máy nén, một có điện dung nhỏ từ  $(3 \div 15 \mu F)$  cho động cơ quạt. Có nhiều tiếp điểm để dễ dàng cắm giắc khi đấu điện cho máy.



Hình 6.20: Sơ đồ mắc tụ ngâm đối với động cơ một phase

Hình 6.20 cách mắc tụ ngâm cho các động cơ một phase, được ứng dụng trong các hệ thống lạnh có công suất nhỏ như: tủ lạnh, máy điều hòa nhiệt độ, tủ kem, ...

Tính toán lắp đặt tụ ngâm phù hợp với công suất của động cơ một phase. Để tiện cho việc tính toán, có thể áp dụng công thức gần đúng như sau.

$$C = 1340,14 \cdot \frac{I}{U} = 1340,14 \cdot \frac{P}{U^2 \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \quad (6-54)$$

Trong đó:

I : cường độ dòng điện làm việc của động cơ, A

U : điện áp làm việc của động cơ (điện áp định mức), V.

P : công suất động cơ (công suất ghi trên nhãn hiệu), W.

C : điện dung của tụ điện,  $\mu F$ .

$\cos \varphi$  : hệ số công suất động cơ,  $\cos \varphi = 0,75 \div 0,89$

$\eta$  : hiệu suất động cơ,  $\eta = 0,85 \div 0,98$

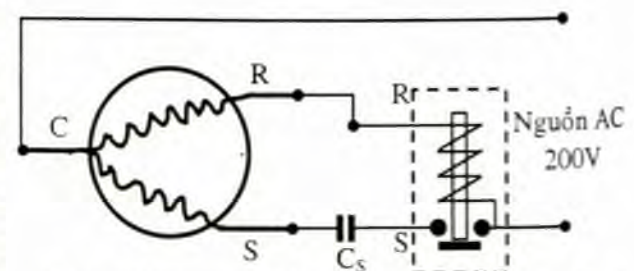
**Ví dụ 6.3.** Xác định tụ ngâm để lắp đặt cho một máy điều hòa nhiệt độ có công suất 1,5Hp. Điện áp sử dụng AC/220V

$$C = 1340,14 \cdot \frac{1,5 \cdot 745,7}{220^2 \cdot 0,95 \cdot 0,89} = 36,63 \mu F$$

chọn tụ  $C = 40 \mu F$

## 2.3. Tụ khởi động

Thường là tụ hóa vì tụ có điện dung lớn nhưng thời gian làm việc rất ngắn, khoảng một giây từ khi động cơ được cấp điện cho đến khi động cơ đạt 75% tốc độ định mức. Vì vậy, tụ khởi động nhỏ hơn nhiều so với tụ làm việc, tuy điện dung có thể lớn hơn từ 3 ÷ 4 lần. Tụ chỉ có nhiệm vụ phóng điện ngay sau khi ngắt mạch. Thường có vỏ hình trụ bằng nhôm, điện dung từ  $40 \mu F$  trở lên.



Hình 6.21: Sơ đồ mắc tụ khởi động đối với động cơ một phase;  $C_S$  : tụ khởi động.



Hình 6.21 cách mắc tụ khởi động cho các động cơ một phase, được ứng dụng trong việc khởi động các máy nén lạnh có công suất vừa và nhỏ như: tủ lạnh, máy điều hòa nhiệt độ, tủ kem, ...

Tính toán lắp đặt tụ khởi động phù hợp với công suất của động cơ một phase. Để tiện cho việc tính toán, có thể áp dụng công thức gần đúng như sau.

$$C = 159300 \cdot \frac{I}{f \cdot U} \quad (6-55)$$

Trong đó: C : điện dung của tụ khởi động,  $\mu F$  .

I : dòng điện qua cuộn dây khởi động, A.

f : tần số dòng điện, Hz.

U : điện áp làm việc của động cơ, V.

Như vậy, khi U = 220 V, f = 50 Hz thì công thức (6-55) viết lại

$$C = 159300 \cdot \frac{I}{220 \cdot 50} = 14,5I \quad (6-56)$$

**Ví dụ 6.4.** Xác định tụ khởi động để lắp đặt cho một máy nén lạnh điều hòa nhiệt độ có các thông số như sau: P = 1,5Hp, điện áp sử dụng AC/U = 220V/f = 50 Hz

Dòng điện làm việc của động cơ máy nén lạnh:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{1,5 \cdot 745,7}{220 \cdot 0,89} = 5,7 \text{ A}$$

$$C = 14,5 \cdot 5,7 = 82,63 \mu F \text{ chọn tụ } C = 90 \div 100 \mu F$$

## 2.4. Chức năng

Nạp hay xả điện: áp dụng cho các mạch làm bằng phẳng dạng sóng trong các nguồn cấp điện, các mạch lưu trữ điện, các mạch định thời...

Ngăn dòng DC: áp dụng vào các mạch lọc để trích ra hay khử đi các tần số đặc biệt.

Trong tủ lạnh và đặc biệt là máy điều hòa nhiệt độ dùng điện một pha xoay chiều để tăng moment khởi động cho động cơ và tăng hiệu suất làm việc của block máy nén thì có thể sử dụng tụ đề (tụ kích hoặc tụ khởi động) và tụ ngâm (tụ làm việc). Ngoài ra, tụ điện còn được sử dụng ở các bộ điều khiển hệ thống lạnh.

Khảo sát quá trình tích điện và phóng điện của tụ điện:

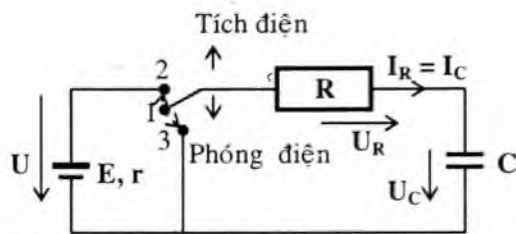
Quá trình tích điện: khi khóa K ở vị trí 1 chuyển dịch đến vị trí 2, lúc đó hai đầu tụ điện C được đặt dưới một hiệu điện thế  $U_C$  và quá trình tích điện được bắt đầu xảy ra.

Hiệu điện thế  $U_C$  được xác định theo phương trình sau:

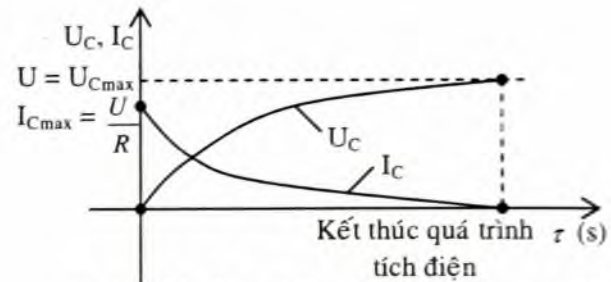
$$U_C = U \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_0}\right)\right) \quad (6-57)$$

$$I_C = \frac{U}{R} \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_0}\right) \quad (6-58)$$

Trong đó:  $U_C, I_C$  : hiệu điện thế và cường độ dòng điện của tụ điện tại thời điểm  $\tau$  (s).  
 $U$  : hiệu điện thế của nguồn, V  
 $R, C$  : điện trở và tụ điện,  $\Omega$  ; F.  
 $\tau$  : thời gian tích điện, s.  
 $\tau_0 = R.C$  : hằng số thời gian, s.



Hình 6.22: Mạch thí nghiệm tính chất tích và phóng điện của tụ điện



Hình 6.23: Biến thiên điện thế  $U_C$ , cường độ  $I_C$  của tụ điện theo thời gian tích điện.

Hình 6.22 là mô tả sơ đồ thí nghiệm, hình 6.23 là đồ thị biểu diễn độ biến thiên  $U_C, I_C$  theo thời gian tích điện. Khi  $\tau = 0$  thì  $I_C = I_{Cmax}$ ;  $U_C = 0$  còn khi  $\tau$  rất lớn thời gian tích điện lâu thì  $I_C \rightarrow 0$ ;  $U_C \rightarrow U$ .

Quá trình tích điện: khi khóa K ở vị trí 1 chuyển dịch đến vị trí 3, lúc đó hai đầu tụ điện C được đặt dưới một hiệu điện thế  $U_C = U$  và quá trình phóng điện được bắt đầu xảy ra.

Hiệu điện thế  $U_C$  trong trường hợp này được xác định theo phương trình sau:

$$U_C = U \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_0}\right) \quad (6-59)$$

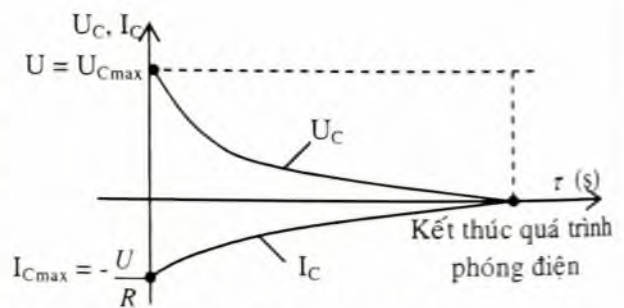
$$I_C = -\frac{U}{R} \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_0}\right) \quad (6-60)$$

Hình 6.24 đồ thị biểu diễn độ biến thiên  $U_C, I_C$  theo thời gian tích điện. Khi  $\tau = 0$  thì  $I_C = -I_{Cmax}$ ;  $U_C = U_{Cmax}$  còn khi  $\tau$  rất lớn thời gian phóng điện lâu thì  $I_C \rightarrow 0$ ;  $U_C \rightarrow 0$ .

Điện trở của tụ điện trong mạch điện xoay chiều được xác định theo công thức sau:

$$Z_C = \frac{1}{\omega.C}, \Omega \quad (6-61)$$

Trong đó:  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  : vận tốc góc của cường độ dòng điện, rad/s.  
 $f$  : tần số của cường độ dòng điện, Hz.  
 $C$  : điện dung của tụ điện, F



Hình 6.24: Biến thiên điện thế  $U_C$ , cường độ  $I_C$  của tụ điện theo thời gian phóng điện.



Năng lượng điện trường của tụ điện được xác định theo công thức:

$$W_C = C \cdot \frac{u_C^2}{2}, J \quad (6-62)$$

Trong đó:  $u_C$ : hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện, V

## VI. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

### 1. Mạch điện xoay chiều một phase

❖ Nếu mạch điện xoay chiều có ba phần tử R, L, C mắc nối tiếp nhau và đặt dưới một hiệu điện thế có dạng được viết  $u = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$  V, xem hình 6.25 & 6.26 thì để tính toán cho mạch này có thể áp dụng các công thức sau đây:

- Công thức tính tổng trở toàn đoạn mạch

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} \quad (6-63)$$

Trong đó:  $R = \frac{U_R}{I}$ : điện trở trên đoạn có R.

$Z_L = \frac{U_L}{I}$ : điện trở trên đoạn có L.

$Z_C = \frac{U_C}{I}$ : điện trở trên đoạn có C.

- Công thức tính hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch

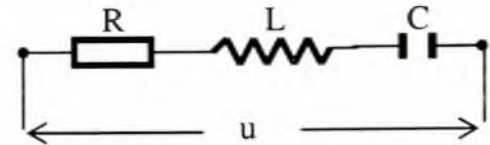
$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}, V \quad (6-64)$$

- Công thức tính độ lệch pha giữa điện áp và cường độ dòng điện

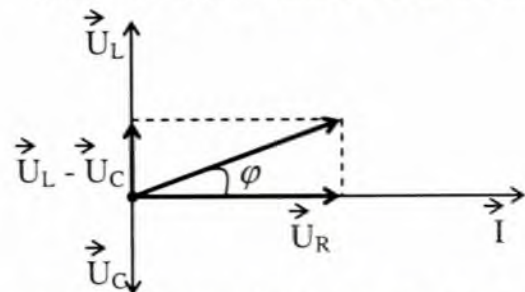
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} \text{ hoặc } \cos \varphi = \frac{R}{Z} \quad (6-65)$$

**Xét một số trường hợp:**

- Nếu  $\operatorname{tg} \varphi > 0$ , có nghĩa  $Z_L > Z_C$  mạch có tính cảm kháng, điện áp nhanh pha hơn dòng điện một góc là  $\varphi$ .
- Nếu  $\operatorname{tg} \varphi = 0$ , có nghĩa  $Z_L = Z_C$  mạch có tính thuần trở, điện áp cùng pha với dòng điện, và hiện tượng cộng hưởng xảy ra, dòng điện qua mạch có giá trị lớn nhất.
- Nếu  $\operatorname{tg} \varphi < 0$ , có nghĩa  $Z_L < Z_C$  mạch có tính dung kháng, điện áp chậm pha hơn dòng điện một góc là  $\varphi$ .
- Nếu  $Z_L = Z_C = 0$ , mạch thuần trở, lúc đó điện áp cùng pha với dòng điện,  $\varphi = 0$ .



Hình 6.25: Mạch điện xoay chiều R, L, C



Hình 6.26: Giản đồ lệch pha giữa U và I

- Nếu  $Z_C = R = 0$ , mạch thuần cảm, điện áp nhanh pha hơn dòng điện một góc  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ .
- Nếu  $Z_L = R = 0$ , mạch thuần dung, điện áp chậm pha hơn dòng điện một góc  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ .

- Công thức tính công suất

- Công suất tác dụng

$$P = U.I. \cos \varphi \quad (6-66)$$

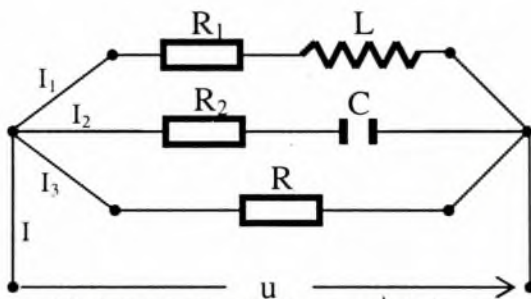
- Công suất phản kháng

$$Q = U.I. \sin \varphi \quad (6-67)$$

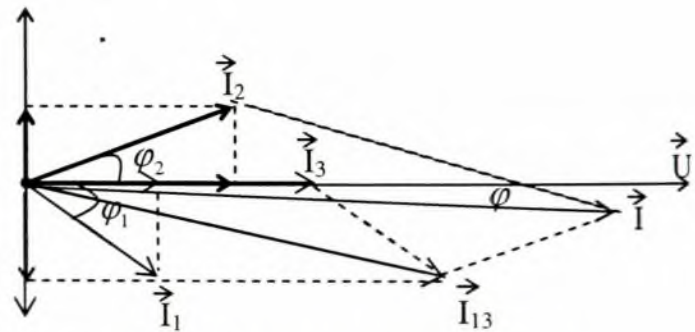
- Công suất biểu kiến

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (6-68)$$

❖ Nếu mạch điện xoay chiều có ba phần tử R, ( $R_1; L$ ), ( $R_2; C$ ) mắc song song nhau và đặt dưới một hiệu điện thế có dạng được viết  $u = U. \sqrt{2} \sin(\omega.t + \varphi)$  V, xem hình 6.27 & 6.28 thì để tính toán cho mạch này có thể áp dụng các công thức sau đây:



Hình 6.27: Mạch điện xoay chiều  $R_1, L, R_2, C, R$  mắc song song



Hình 6.28: Giản đồ lệch pha giữa U và I

- Công thức tính tổng trở đoạn mạch mà  $I_1, I_2, I_3$  đi qua

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + Z_L^2} \quad (6-69)$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + Z_C^2} \quad (6-70)$$

$$Z_3 = R \quad (6-71)$$

- Công thức tính dòng điện  $I_1, I_2, I_3$  và I

$$I_1 = \frac{U}{Z_1}; \quad I_2 = \frac{U}{Z_2}; \quad I_3 = \frac{U}{Z_3} \quad (6-72)$$

$$I^2 = I_3^2 + I_{13}^2 + 2.I_3.I_{13}.\cos(\varphi + \varphi_2), A \quad (6-73)$$

Trong đó:  $I_{13}^2 = I_1^2 + I_3^2 + 2.I_1.I_3.\cos \varphi_1$

$$\text{tg } \varphi_1 = \frac{Z_L}{R_1} : \text{độ lệch pha giữa } I_1 \text{ và } U$$



$$\operatorname{tg} \varphi_2 = -\frac{Z_C}{R_2} : \text{độ lệch pha giữa } I_2 \text{ và } U$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{-I_1 \cdot \sin \varphi_1 + I_2 \cdot \sin \varphi_2}{I_1 \cdot \cos \varphi_1 + I_2 \cdot \cos \varphi_2 + I_3} : \text{độ lệch pha giữa } I \text{ và } U$$

## 2. Mạch điện xoay chiều ba phase

### 2.1. Một số khái niệm chung

Ngày nay, trong công nghiệp dùng rất rộng rãi điện năng dòng điện hình sin ba pha. Vì động cơ điện ba pha có cấu tạo đơn giản và đặc tính tốt hơn động cơ một pha. Việc truyền tải điện năng bằng mạch điện ba pha tiết kiệm được dây dẫn hơn nhiều việc truyền tải điện năng bằng dòng điện một pha.

Mạch điện ba pha bao gồm nguồn điện ba pha, đường dây truyền tải và các phụ tải ba pha.

Để tạo ra nguồn điện ba pha, thì phải dùng máy phát điện đồng bộ ba pha. Cấu tạo của máy phát điện đồng bộ gồm:

- **Phần tĩnh:** gọi là stato, gồm có các rãnh, trong các rãnh đặt ba dây quấn AX, BY, CZ có cùng số vòng dây và lệch nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$  trong không gian. Mỗi dây quấn được gọi là một pha. Dây quấn AX gọi là pha A, dây quấn BY gọi là pha B, dây quấn CZ gọi là pha C.
- **Phần động:** gọi là rôto, là nam châm điện N – S, xem hình 6.29

Nguyên tắc làm việc như sau: khi quay rôto, từ trường sẽ lần lượt quét qua các cuộn dây quấn của stato và cảm ứng vào trong cuộn dây stato các sức điện động hình sin cùng biên độ, cùng tần số và lệch nhau một góc  $\frac{2\pi}{3}$ .

Nếu chọn  $\varphi_A = 0$  là pha đầu của sức điện động  $e_A$  của cuộn dây quấn AX. Thì  $\varphi_B = -\frac{2\pi}{3}$  là pha đầu của sức điện động  $e_B$  của cuộn dây quấn BY và  $\varphi_C = \frac{2\pi}{3}$  là pha đầu của sức điện động  $e_C$  của cuộn dây quấn CZ. Lúc đó, biểu thức tức thời của sức điện động ba pha được viết:

$$\bullet \text{ Ở pha A: } e_A = E\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_A) = E\sqrt{2} \sin \omega t = E_0 \cdot e^{j0} \quad (6-74)$$

$$\bullet \text{ Ở pha B: } e_B = E\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_B) = E\sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) = E_0 \cdot e^{j(-\frac{2\pi}{3})} \quad (6-75)$$

$$\bullet \text{ Ở pha C: } e_C = E\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_C) = E\sqrt{2} \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) = E_0 \cdot e^{j(\frac{2\pi}{3})} \quad (6-76)$$

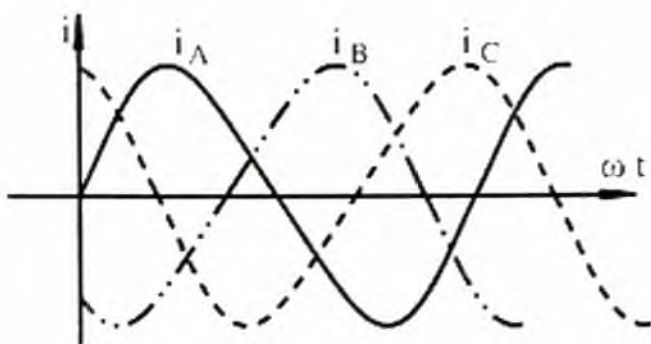
*Chú ý: nhắc lại một số kiến thức về số phức.*

- Một véc tơ  $\vec{a} = (a, b)$  thì mô đun của véc tơ đó được xác định:  $|\vec{a}| = \sqrt{a^2 + b^2}$

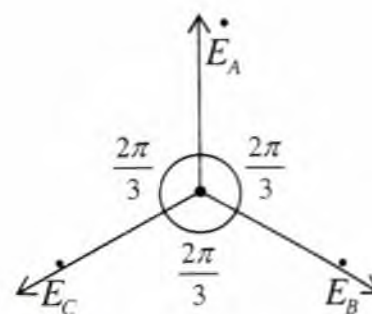


Hình 6.29: Sơ đồ nguyên tắc cấu tạo máy phát điện ba pha

- Véc tơ viết dưới dạng số phức:  $z = a + jb = |z| \cdot (\cos x + j \sin x)$ ,  $j = (0,1)$ ,  $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$
- Công thức Euler:  $e^{jx} = \cos x + j \sin x$



Hình 6.30a: Trị số tức thời sức điện động ba phase



Hình 6.30b: Véc tơ của sức điện động ba phase

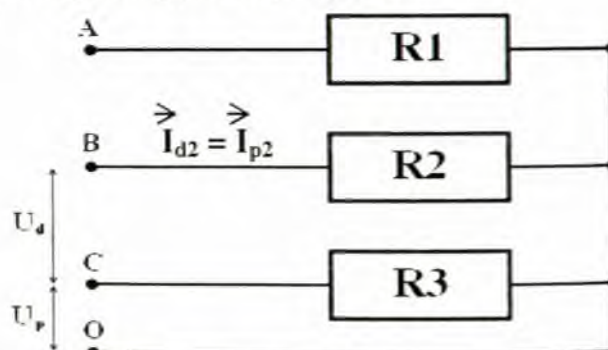
- Công thức Moivre:  $(\cos x + j \sin x)^n = (e^{jx})^n = e^{j \cdot nx} = \cos(nx) + j \sin(nx)$ .

## 2.2. Cách nối sao

Mạch điện 3 phase có phụ tải nối sao được trình bày như hình 8.29 sau đây. Trong đó dây từ điểm O không đi qua phụ tải R1, R2, R3 gọi là dây trung tính, còn dây A, B, C đi qua phụ tải R1, R2, R3 gọi là dây phase.

- Điện áp giữa các đầu dây phase A, B, C với dây trung tính gọi là điện áp phase.
  - Phase 1:  $U_{OA} = U_{p1}$
  - Phase 2:  $U_{OB} = U_{p2}$
  - Phase 3:  $U_{OC} = U_{p3}$
- Điện áp giữa các đầu dây phase A, B, C gọi là điện áp dây. Như vậy sẽ có:  $U_{AB} = U_{d1}$ ;  $U_{AC} = U_{d2}$ ;  $U_{BC} = U_{d3}$ .

Thực tế khi sử dụng mạch điện 3 phase trong công nghiệp cũng như trong dân dụng thì thường xét hai trường hợp sau:



Hình 6.31: Mạch điện 3 phase nối sao

- **Trường hợp 1:** khi các phụ tải có công suất không bằng nhau, có nghĩa  $R1 \neq R2 \neq R3$  lúc đó  $U_{p1} \neq U_{p2} \neq U_{p3}$ ;  $U_{d1} \neq U_{d2} \neq U_{d3}$ ;  $I_A \neq I_B \neq I_C$  và  $I_O \neq 0$ , trường hợp này gọi là mạch 3 phase không đối xứng sẽ làm cho hệ số công suất  $\cos \varphi$  giảm, độ lệch phase giữa các điện áp phase và dòng điện không cân bằng, có nghĩa  $\cos \varphi_A \neq \cos \varphi_B \neq \cos \varphi_C$  dẫn đến xuất hiện dòng điện qua dây trung tính rất nguy hiểm. chính vì vậy khi cung cấp điện cần phải tính toán phụ tải giữa các phase sao cho cân bằng để tăng năng suất sử dụng điện, không gây nguy hiểm cho việc sử dụng.
- **Trường hợp 2:** khi các phụ tải có công suất bằng nhau, có nghĩa  $R1 = R2 = R3$  lúc đó  $U_{p1} = U_{p2} = U_{p3} = U_p$ ;  $U_{d1} = U_{d2} = U_{d3} = U_d$ ;  $I_A = I_B = I_C$  và  $I_O = 0$ , trường hợp này gọi là mạch 3 phase đối xứng và trong thực tế mạch 3 phase loại này thường dùng rất phổ biến.



- Đối với mạch 3 phase đối xứng thì dòng điện qua dây cũng chính là dòng điện qua phase, đồng thời điện áp dây bằng  $\sqrt{3}$  điện áp phase. Như vậy:

$$I_A = I_B = I_C = I_d = I_p = \frac{U_p}{Z} \quad (6-77)$$

$$U_d = \sqrt{3} \cdot U_p \quad (6-78)$$

Nếu điện áp phase  $U_p = 220V$  thì điện áp dây  $U_d = \sqrt{3} \cdot U_p = \sqrt{3} \cdot 220V = 380V$

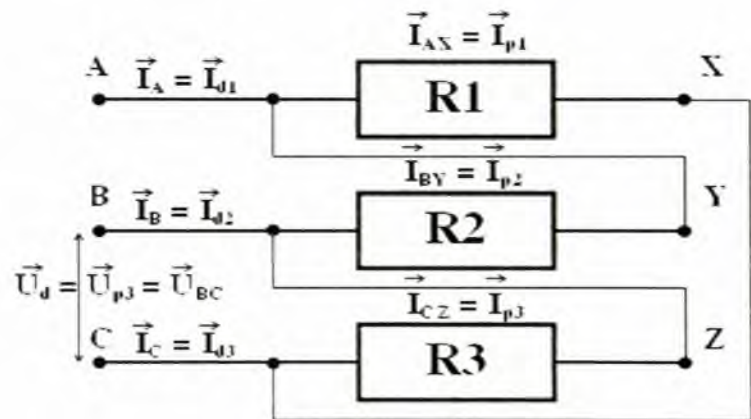
- Nếu mỗi phụ tải có điện trở thuần là  $r$  [ $\Omega$ ] và điện trở cảm kháng  $X_L$  [ $\Omega$ ] thì tổng trở và độ lệch phase giữa điện áp và cường độ dòng điện trên mỗi cuộn (mỗi phase) được xác định theo công thức:

$$Z = Z_A = Z_B = Z_C = \sqrt{r^2 + X_L^2} \quad (6-79)$$

$$\cos\varphi = \cos\varphi_A = \cos\varphi_B = \cos\varphi_C = \frac{r}{Z} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + X_L^2}} \quad (6-80)$$

### 2.3. Cách nối tam giác

Mạch điện 3 phase có phụ tải nối tam giác ( $\Delta$ ) được trình bày như ở hình 6.32, đầu của phụ tải này nối với cuối của phụ tải kia, có nghĩa A nối với Y, B nối với Z và C nối với X, nếu như sắp xếp chúng lại sẽ tạo thành một hình tam giác, vì vậy gọi là mạch điện 3 phase nối tam giác.



Hình 6.32: Mạch điện 3 phase nối tam giác ( $\Delta$ )

Cũng tương tự như mạch điện 3 phase có phụ tải nối sao thì mạch điện 3 phase có phụ tải nối tam giác cũng có hai trường hợp.

- **Trường hợp 1:** khi các phụ tải có công suất không bằng nhau, có nghĩa  $R1 \neq R2 \neq R3$  lúc đó  $U_{p1} \neq U_{p2} \neq U_{p3}$ ;  $U_{d1} \neq U_{d2} \neq U_{d3}$ ;  $I_A \neq I_B \neq I_C$ , trường hợp này gọi là mạch 3 phase không đối xứng. Trường hợp này trong thực tế không được áp dụng, vì hiệu suất sử dụng năng lượng không hiệu quả.
- **Trường hợp 2:** khi các phụ tải có công suất bằng nhau, có nghĩa  $R1 = R2 = R3$  lúc đó  $U_{p1} = U_{p2} = U_{p3} = U_p$ ;  $U_{d1} = U_{d2} = U_{d3} = U_d$ ;  $I_A = I_B = I_C = I_d$ ,  $I_{AX} = I_{BY} = I_{CX} = I_p$ , trường hợp này gọi là mạch 3 phase đối xứng và trong thực tế mạch 3 phase loại này thường dùng rất phổ biến.
- Đối với mạch 3 phase đối xứng thì điện áp dây cũng chính là điện áp phase, đồng thời cường độ dòng điện qua dây bằng  $\sqrt{3}$  cường độ dòng điện qua phase. Như vậy:

$$U_{p1} = U_{p2} = U_{p3} = U_p = U_{d1} = U_{d2} = U_{d3} = U_d \quad (6-81)$$

$$I_d = I_A = I_B = I_C = \sqrt{3} \cdot I_p = \sqrt{3} \cdot I_{AX} = \sqrt{3} \cdot I_{BY} = \sqrt{3} \cdot I_{CX} \quad (6-82)$$

$$I_p = \frac{U_p}{Z} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad (6-83)$$

- Nếu mỗi phụ tải có điện trở thuần là  $r$  [ $\Omega$ ] và điện trở cảm kháng  $X_L$  [ $\Omega$ ] thì tổng trở và độ lệch phase giữa điện áp và cường độ dòng điện trên mỗi cuộn (mỗi phase) được xác định theo công thức:

$$Z = Z_{AX} = Z_{BY} = Z_{CZ} = \sqrt{r^2 + X_L^2} \quad (6-84)$$

$$\cos\varphi = \cos\varphi_{AX} = \cos\varphi_{BY} = \cos\varphi_{CZ} = \frac{r}{Z} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + X_L^2}} \quad (6-85)$$

#### 2.4. Công suất mạch điện ba pha

Công suất của mạch điện 3 phase là tổng công suất của các phase, trong kỹ thuật công suất của mạch điện 3 phase gồm có các loại công suất sau đây.

##### 2.4.1. Công suất tức thời

Công suất tức thời của các phase được xác định theo công thức sau: •

- Phase A hay gọi là phase 1:  $p_A = u_A \cdot i_A$  [W]

- Phase B hay gọi là phase 2:  $p_B = u_B \cdot i_B$  [W]

- Phase C hay gọi là phase 3:  $p_C = u_C \cdot i_C$  [W]

Công suất tức thời của hệ thống mạch điện 3 phase được tính:

$$p = p_A + p_B + p_C \quad [W] \quad (6-86)$$

##### 2.4.2. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng của các phase được xác định theo công thức sau:

- Phase A hay gọi là phase 1:  $P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A$  [W]

- Phase B hay gọi là phase 2:  $P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B$  [W]

- Phase C hay gọi là phase 3:  $P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C$  [W]

Công suất tác dụng của hệ thống mạch điện 3 phase được tính:

$$P = P_A + P_B + P_C = U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C \quad [W] \quad (6-87)$$

Trong ngành kỹ thuật lạnh các động cơ 3 phase khi tính công suất tiêu thụ điện năng thường tính theo công suất tác dụng, còn các loại công suất khác không cần quan tâm.

##### 2.4.3. Công suất phản kháng

Công suất phản kháng của các phase được xác định theo công thức sau:

- Phase A hay gọi là phase 1:  $Q_A = U_A \cdot I_A \cdot \sin\varphi_A$  [W]

- Phase B hay gọi là phase 2:  $Q_B = U_B \cdot I_B \cdot \sin\varphi_B$  [W]

- Phase C hay gọi là phase 3:  $Q_C = U_C \cdot I_C \cdot \sin\varphi_C$  [W]



Công suất tác dụng của hệ thống mạch điện 3 phase được tính:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_A \cdot I_A \cdot \sin\varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \sin\varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \sin\varphi_C \quad [\text{W}] \quad (6-88)$$

#### 2.4.4. Công suất biểu kiến

Công suất biểu kiến của các phase được xác định theo công thức sau:

-- Phase A hay gọi là phase 1:  $S_A = U_A \cdot I_A \quad [\text{W}]$

-- Phase B hay gọi là phase 2:  $S_B = U_B \cdot I_B \quad [\text{W}]$

-- Phase C hay gọi là phase 3:  $S_C = U_C \cdot I_C \quad [\text{W}]$

Công suất biểu kiến của hệ thống mạch điện 3 phase được tính:

$$S = S_A + S_B + S_C = U_A \cdot I_A + U_B \cdot I_B + U_C \cdot I_C \quad [\text{W}] \quad (6-89)$$

#### 2.4.5. Điện năng tác dụng của mạch điện 3 phase

Điện năng tác dụng của mạch điện 3 phase được xác định theo công thức sau:

$$W = P \cdot \tau = (U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C) \cdot \tau \quad [\text{J}] \quad (6-90)$$

Trong đó:  $\tau$  [s] thời gian tiêu thụ điện năng

#### 2.4.6. Công suất mạch ba phase đối xứng

Trong mạch 3 phase đối xứng do các phụ tải có công suất bằng nhau, thì hiệu điện thế hiệu dụng, cường độ dòng điện hiệu dụng và góc lệch phase giữa các phase là như nhau. Vì vậy:

$$U_A = U_B = U_C = U_p$$

$$I_A = I_B = I_C = I_p$$

$$\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$$

Do đó, công suất của các phase được xác định:

$$P_A = P_B = P_C = P_p = U_p \cdot I_p \cdot \cos\varphi \quad [\text{W}] \quad (6-91)$$

$$Q_A = Q_B = Q_C = Q_p = U_p \cdot I_p \cdot \sin\varphi \quad [\text{W}] \quad (6-92)$$

$$S_A = S_B = S_C = S_p = U_p \cdot I_p \quad [\text{W}] \quad (6-93)$$

- Công suất 3 phase được xác định theo công thức:

$$P = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \cos\varphi \quad [\text{W}] \quad (6-94)$$

$$Q = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \sin\varphi \quad [\text{W}] \quad (6-95)$$

$$S = U_p \cdot I_p \quad [\text{W}] \quad (6-96)$$

- Nếu mạch điện 3 phase nối sao (Y) thì:

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}; I_p = I_d; \text{ do đó: } P = 3 \cdot \frac{U_d}{\sqrt{3}} \cdot I_d \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \cos\varphi \quad (6-97)$$

- Nếu mạch điện 3 phase nối tam giác ( $\Delta$ ) thì:

$$I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}; U_p = U_d; \text{ do đó: } P = 3 \cdot \frac{I_d}{\sqrt{3}} \cdot U_d \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \cos\varphi \quad (6-98)$$

## VII. CÔNG, CÔNG SUẤT, TỔN THẤT CÔNG SUẤT, HIỆU SUẤT ĐỘNG CƠ ĐIỆN

### 1. Công

Công tiêu tốn  $W$  của một dòng điện  $I$  đi qua điện trở có hiệu điện thế hai đầu là  $U$  trong thời gian  $\tau$  được tính theo hai biểu thức:

$$W = U.I.\tau, \quad [Ws \text{ hoặc } kWh].$$

### 2. Công suất

Công suất  $P$  của phụ tải là tích điện thế  $U$  và cường độ dòng điện  $I$ :  $P = U.I, [W]$

$$\text{Từ định luật Ohm: } I = \frac{U}{R} \Rightarrow P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

**Ví dụ 1:** Một bộ phá băng bằng điện trở mỗi ngày làm việc 4 lần, mỗi lần 20 phút, điện thế 220V và dòng điện qua điện trở là 1,5A. Hỏi:

- Công suất của bộ phá băng là bao nhiêu?
- Công làm việc mỗi ngày là bao nhiêu?

**Giải:**

$$P = U.I = 220V.1,5A = 330 (W)$$

$$W = U.I.\tau = 220 \times 1,5 \frac{4 \times 20}{60} = 440Wh = 0,44kWh$$

**Ví dụ 2:** Một điện trở phá băng có công suất  $P = 1kW$  ở điện thế  $U = 220V$ . Khi điện thế sụt còn 210V, công suất bị sụt xuống còn bao nhiêu?

**Giải:**

$$\text{Theo phương trình có: } P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{(220V)^2}{1000VA} = 48,4\Omega.$$

$$\text{Công suất khi sụt điện thế: } P = \frac{U^2}{R} = \frac{(210V)^2}{48,4\Omega} = 911W$$

Như vậy, khi hiệu điện thế sụt xuống 210V công suất giảm:  $(1000 - 911) = 89 (W)$ .

### 3. Tổn thất công suất

Trạm lạnh không phải bao giờ cũng được đặt ngay cạnh trạm cung cấp điện. Dây dẫn bao giờ cũng có điện trở, đường dây càng dài, điện trở càng lớn, tổn thất điện thế trên đường dây càng lớn và tổn thất công suất của máy lạnh cũng càng lớn. Tổn thất công suất  $P_{tt}$  có thể xác định theo biểu thức sau nếu điện trở dây dẫn mắc nối tiếp với hộ tiêu thụ (máy lạnh):  $P_{tt} = \rho.l \frac{I^2}{S}$

**Ví dụ:** Một điện trở phá băng công suất 1500W/220V được nối dây dài 300m bằng đồng tiết diện 2,5mm<sup>2</sup>. Hỏi:

- Công suất điện trở đạt được thực tế là bao nhiêu?



- Điện thế sụt là bao nhiêu?
- Muốn duy trì tổn thất là 4% thì tiết diện dây dẫn phải là bao nhiêu?

**Giải:**

- Điện trở của bộ phá băng:  $R_t = \frac{U^2}{P} = \frac{(220V)^2}{1500W} = 32,27 \Omega$

Điện trở của đường dây dẫn:  $R_d = \rho \frac{l}{S} = 0,0179 \cdot 10^{-6} \frac{2.300}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 4,29 \Omega$

Công suất thực tế đạt được:  $P = 1500W \left( \frac{32,27 \Omega}{4,29 \Omega + 32,27 \Omega} \right) = 1324W$

- Độ sụt áp là:  $U_u = 220V \left( \frac{4,29 \Omega}{4,29 \Omega + 32,27 \Omega} \right) = 25,8V$

Như vậy, điện thế sụt khoảng 11,7% trên đường dây dẫn.

- Tổn thất 4% của 220V là 8,8V

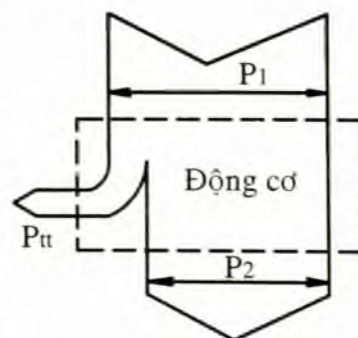
Độ sụt áp tính theo công thức:  $U_u = 220V \left( \frac{R_d}{R_d + 32,27 \Omega} \right)$

Giải phương trình trên ta được:  $R_d = 1,345 \Omega$

Tiết diện:  $S = \rho \frac{l}{R_d} = 0,0179 \cdot 10^{-6} \frac{2.300}{1,345} = 8 \cdot 10^{-6} m^2 = 8 mm^2$

#### 4. Hiệu suất động cơ

Khi cấp điện cho động cơ hoạt động, sẽ có thể tính được công suất cấp vào cho động cơ là  $P_1$ . Động cơ biến điện năng thành cơ năng ở trục quay  $P_2$  và truyền cơ năng đó cho máy nén. Sự biến đổi điện năng thành cơ năng ở động cơ là lý tưởng nếu  $P_1 = P_2$  (trong thực tế  $P_2$  luôn nhỏ hơn  $P_1$ ). Một phần điện năng đã tổn thất ở động cơ dưới dạng nhiệt sinh ra trong các cuộn dây do điện trở của chính các cuộn dây và sự không hoàn thiện của động cơ. Tỷ số  $P_2/P_1$  được gọi là hiệu suất động cơ. Trên mác động cơ luôn ghi  $P_2$ . Hình 6.31 là biểu đồ biểu diễn tổn thất công suất ở động cơ, trong đó  $P_1$  là công suất điện cấp cho động cơ,  $P_2$  là công suất cơ thu được ở động cơ,  $P_u = P_1 - P_2$  là công suất tổn thất ở dạng nhiệt.



Hình 6.33: Tổn thất công suất ở động cơ

Vậy, hiệu suất động cơ là tỷ số giữa công thu được và công cung cấp cho động cơ:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

**Ví dụ:** Một động cơ có ghi trên mác là 1,5kW. Khi đó trên bảng đấu điện tính được 1,9kW. Hỏi:

- Hiệu suất động cơ là bao nhiêu?
- Công suất tổn thất là bao nhiêu?

**Giải:**

- Hiệu suất động cơ:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{1,5kW}{1,9kW} \times 100\% = 79,9\%$

- Công suất tổn thất:  $P_{tt} = P_1 - P_2 = 1,9 - 1,5 = 0,4 (kW)$

## VIII. CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN (VOLT KẾ DC VÀ AC, AMPERE KẾ, VOM KIM VÀ SỐ)

### 1. Sai số cơ bản khi đo điện

Sai số cho phép: là sai số lớn nhất (max) đối với bất kì vạch chia nào của dụng cụ để cho nó giữ nguyên cấp chính xác.

Sai số cơ bản: là sai số lớn nhất (max) cho phép để đồng hồ làm việc bình thường. Trong tính toán ta chỉ quan tâm đến sai số cơ bản của đồng hồ.

Khi đọc giá trị trên đồng hồ đo thì ta chia ra làm hai loại sai số:

- Sai số hệ thống: Là những sai số mà trị số của chúng không thay đổi hoặc thay đổi theo một quy luật nhất định.
- Sai số ngẫu nhiên: là sai số có trị số thay đổi không có quy luật trong quá trình đo.

Hiệu số giữa các trị số đo và trị số thực tế của đại lượng gọi là sai số tuyệt đối của máy đo. Cấp chính xác của thiết bị đo là tỉ số giữa sai số tuyệt đối cho phép với trị số lớn nhất của thang đo.

Trong đo lường bao giờ cũng có sai số do cấp chính xác của đồng hồ, do sự tiêu hao điện trong máy đo, do môi trường khác với tiêu chuẩn, do điện trường và từ trường ảnh hưởng, do cách đọc của người quan sát... Khi ta sử dụng thiết bị đo, ta nên chọn thang đo gần với số đo lớn nhất thì kết quả đo càng đúng. Ví dụ một Volt kế 450V với cấp chính xác 1,5 thì sai số tuyệt đối cho phép khi đo:  $\frac{450 \cdot 1,5}{100} = 6,75V$

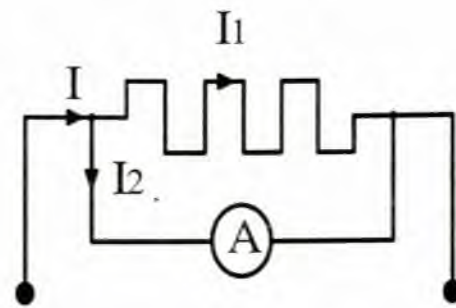
### 2. Ampere kế

Ampere kế là một loại dụng cụ điện dùng để đo cường độ dòng điện. Muốn đo cường độ dòng điện nhỏ người ta thường dùng đồng hồ Ampere kế ở thang đo mili - Ampere hoặc micro - Ampere, còn những dòng điện lớn hơn thì ta dùng thang đo Ampere hoặc kilo - Ampere. Ampere kế phải mắc nối tiếp với mạch điện muốn đo. Khi đo dòng điện một chiều tốt nhất là dùng kiểu từ điện vì nó nhạy và chính xác. Khi đo dòng điện xoay chiều, có thể sử dụng tất cả các kiểu đồng hồ (kim hoặc số); riêng kiểu từ điện thì phải có thêm diode chỉnh lưu. Hình 6.34, diễn tả hai loại ampere kế kiểu kim và số.





Hình 6.34: Ampere kim và Ampere số



Hình 6.35: Mạch ampere kế có điện trở "sun"

Khi đo cường độ dòng điện, ta mắc đồng hồ nối tiếp với dòng điện nên toàn bộ dòng điện chạy trong mạch sẽ qua máy đo; bởi vậy muốn cho việc đo được chính xác nhất thì công suất tiêu hao trong máy đo phải hết sức nhỏ nghĩa là điện trở của Ampere kế phải thật nhỏ để khỏi làm ảnh hưởng đến hoạt động của mạch điện.

Muốn dùng Ampere kế thang đo nhỏ để đo dòng điện lớn: dùng đồng hồ kiểu từ điện (đo dòng điện một chiều) thì mắc song song với Ampere kế một điện trở "sun" ( $R_s$ ) xem hình 6.35. Với cách đấu như vậy phần lớn dòng điện chạy trong mạch sẽ chạy qua "sun" ( $I_1$ ), chỉ có một phần nhỏ của dòng điện muốn đo chạy qua cuộn dây của máy đo ( $I_2$ ), nhưng trên thang chia độ vẫn ghi theo trị số thực tế của dòng điện muốn đo. Vì khi đó, điện trở của "sun" nhỏ hơn điện trở của Ampere kế nhiều. Ta có thể hiểu rằng có  $n$  phần dòng điện chảy trong mạch thì chỉ có một phần qua máy đo, và còn lại  $(n - 1)$  phần sẽ qua "sun". Do đó, điện trở của "sun" phải nhỏ hơn điện trở của Ampere kế  $(n - 1)$  lần.

### 3. Volt kế

Muốn đo điện áp ta dùng Volt kế với các thang đo: mili - Volt, Volt hoặc kilo - Volt tùy theo phạm vi điện áp, xem hình 6.36.



Hình 6.36: Volt kế kim và volt kế số

Đo điện áp giữa hai điểm nào đó trên mạch điện, ta nối đồng hồ song song với mạch điện đó. Khi đo điện áp một chiều tốt nhất là dùng Volt kế kiểu từ điện vì đặc điểm của nó là có độ nhạy và có độ chính xác cao (thực tế volt kế là một mili - Ampere kế có mắc thêm một điện trở lớn nhưng trên mặt chia độ thì chia theo trị số Volt).

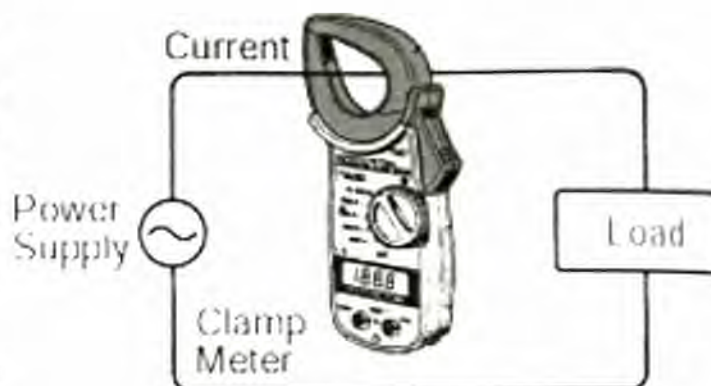
Khi đo điện áp xoay chiều, có thể sử dụng tất cả các kiểu đồng hồ kim hoặc số. Nếu dùng kiểu từ điện thì phải có thêm diode chỉnh lưu. Vì Volt kế mắc song song với mạch điện nên điện trở của nó phải rất lớn so với điện trở của mạch để khỏi ảnh hưởng đến sự hoạt động của mạch.



Đo điện áp dùng Volt kế có điện trở càng lớn thì sai số càng nhỏ, dòng điện càng nhỏ và công suất tiêu hao trong Volt kế cũng sẽ càng nhỏ.

#### 4. Ampere kìm

Đây là dụng cụ dùng để đo tức thời được dòng điện xoay chiều qua một dây dẫn bất kỳ nào mà không cần cắt dây, nối dây. Cấu tạo của ampere kìm gồm các thiết bị chính: mỏ kẹp, núm vặn chỉnh thang đo, lỗ cắm Ohm – Com – Volt, nút hiệu chỉnh thang kim đo, khoá... (hình 6.37).



Hình 6.37: Ampere kìm

Muốn đo dòng điện ta bóp mạnh vào mỏ kẹp cách điện để tách lõi từ (gồm hai nửa luôn khép kín mạch bằng lò xo) luồn cho dây cáp dẫn điện cần đo nằm trong phạm vi mạch từ (dây chính là cuộn sơ cấp chỉ có một vòng dây). Cuộn thứ quán nhiều vòng dây xung quanh lõi từ (bằng thép lá Silic ghép): hai đầu dây được nối trực tiếp vào một điện kế từ điện có diode chỉnh lưu lắp ngay ở thân ampere kìm.

Ngoài ra Ampere kìm còn có nhiều chức năng như: đo điện áp xoay chiều, đo điện trở,... bằng cách vặn nút điều chỉnh để hiệu chỉnh thang đo cho phù hợp. Với mức chính xác khoảng  $\pm 3\%$  và được bảo vệ bằng cầu chì  $0,5A$ .

Các thông số kỹ thuật:

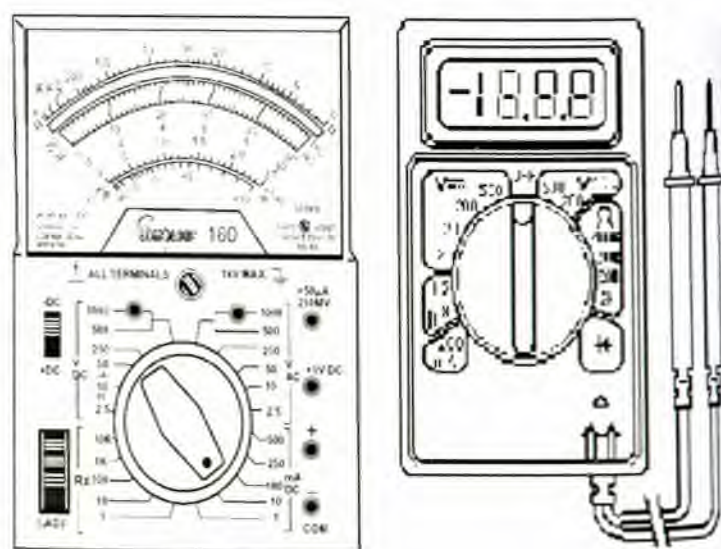
- Mức sai số cho phép của các thang đo khoảng  $3\%$ .
- Nhiệt độ hoạt động:  $(18\div 28)0C$ .
- Cầu chì bảo vệ:  $0,5A$ .

#### 5. Đồng hồ điện vạn năng

Vạn năng kế còn gọi là VOM (Volt – Ohm – Meter) có thể đo được nhiều đại lượng điện khác nhau: điện áp, dòng điện, điện trở, điện dung, công suất âm tần ... Cấu tạo gồm: núm chọn thang đo, vít chỉnh zero, các lỗ cắm như: Com, Volt, Ohm,... (hình 6.38). Sau đây là cách đo một số đại lượng:

##### a) Đo điện trở

Trước khi đo phải kiểm tra xem kim đồng hồ đã nằm ở đúng vạch vô cùng ( $\infty$ ) phía trái chưa? Kiểm tra các pin bằng cách vặn công tắc về vị trí Ohm. Chập hai que đo lại để điều chỉnh núm chỉnh pin cho kim về số 0 (vọt lên về bên phải). Để mức đo  $xI$  thì khi chập que đo chỉnh kim phải thao tác nhanh cho đỡ tốn pin.



Hình 6.38: VOM kim và số



Nếu đã vặn nút này hết mức mà kim vẫn không trở về số 0 là pin đã yếu, phải thay pin mới để không làm thay đổi kết quả đo và hỏng các linh kiện trong đồng hồ. Những đồng hồ để lâu chưa dùng nên tháo pin ra, bảo quản nơi khô ráo, mát mẻ.

Đo điện trở trong mạch điện thì phải cắt điện khỏi mạch lưới, nếu có tụ thì phải phóng hết điện để đảm bảo an toàn.

Nếu chưa biết trị số của điện trở cần đo thì vặn công tắc ở mức  $\times 1k\Omega$ , kim sẽ vọt lên cao nhất sau đó xoay công tắc giảm dần tới mức độ đọc được trị số rõ ràng của điện trở. Khi đo mức  $\times 1000\Omega$  không được cầm tay vào phần kim loại của que đo sẽ gây ra sai số.

#### **b) Đo điện áp và đo dòng điện**

Đo điện một chiều thì vặn công tắc về phía *VDC* hoặc *mA* (ghi số màu đen); đo điện xoay chiều phải vặn công tắc về *VAC* (màu đỏ).

Phải biết giá trị tương đối của đại lượng cần đo để chọn mức đo cho phù hợp. Giả sử muốn đo 220V phải vặn công tắc về mức 250V. Nếu chưa biết được điện áp hoặc dòng điện bao nhiêu thì phải đặt công tắc ở vị trí cao nhất sau đó mới chuyển về mức đo thích hợp sao cho kim chỉ của đồng hồ có góc quay khoảng 80% mặt số để đảm bảo đúng giá trị.

Khi vặn công tắc phải rút que đo ra khỏi mạch điện để khỏi hỏng đồng hồ.

Khi đọc kết quả phải nhìn số chỉ của kim thẳng góc với mặt thang đo; nhìn lệch, nghiêng sẽ sai số nhiều.

Đo dòng điện phải đặc biệt chú ý nối dây: đầu nối tiếp với dụng cụ, thiết bị cần đo cho đúng nếu sơ ý sai dây dễ hỏng đồng hồ. Đo điện một chiều phải nối dây dương (+) ở đồng hồ (dây đỏ) vào đúng dây dương (+) của nguồn điện hoặc dây dương (+) của pin, của acquy.

Khi đo xong, cần vặn công tắc chuyển mạch về vị trí có trị số điện áp cao nhất (hoặc về số 0) để phòng lẫn sử dụng sau không nhầm lẫn khỏi cháy hỏng đồng hồ.

#### **c) Đo transistor**

Xác định cực gốc B: vặn công tắc về thang đo điện trở đến mức  $\times 1k$ ; đặt một đầu que đo vào một trong ba chân của transistor, còn que đo kia đặt lần lượt vào hai chân còn lại; nếu tìm được hai chân nào đó mà kim đồng hồ chỉ trị số bằng nhau (cùng nhỏ hoặc cùng lớn) thì chân mà que đo cố định trong khi đó chính là cực gốc B. Nếu đã đảo dây nhiều lần mà vẫn không tìm ra được hai chân có giá trị bằng nhau là transistor đã bị hỏng.

Xác định transistor thuận (pnp) hay transistor ngược (npn): dùng que đo dương của đồng hồ (âm pin) đặt vào cực B (vừa tìm được) mà kim đồng hồ vọt lên thì đây là transistor pnp. Nếu đặt que dương vào cực B (vừa tìm được) mà kim đồng hồ nằm im, số đo lớn thì đây là transistor npn.

Xác định cực phát E và cực góp C: sau khi đã tìm được chân B; nếu cặp transistor có dấu chấm (.) ở vỏ gắn chân thì đây là cực C; chân còn lại sẽ là cực E (chỉ dùng đối với transistor ký hiệu Nhật).

#### **d) Đo dB**

Cũng giống như đo điện áp xoay chiều nhưng đọc trị số trên thang đo dB.

**e) Đo nhiệt độ**

Khi đo nhiệt độ ta cần có đầu dò nhiệt độ. Đầu tiên ta sẽ lựa thang đo  $\Omega \times 100$  (Temp). Sau đó cắm que đo màu đen của đầu dò nhiệt độ vào lỗ cắm (-), que đo màu đỏ của đầu dò nhiệt độ vào lỗ cắm (+) của đồng hồ. Đưa đầu dò nhiệt độ chạm vào vật cần đo và đọc trị số khi nhiệt độ đã ổn định. Lưu ý: không nên đo nhiệt độ trên  $200^{\circ}C$  ( $392^{\circ}F$ ) vì với mức nhiệt độ này sẽ làm hỏng VOM.

Các thông số kỹ thuật:

- Mức sai số cho phép của các thang đo dưới 3%.
- Nhiệt độ hoạt động:  $(0 \div 40)^{\circ}C$ .
- Cầu chì bảo vệ: 0,5A.



## CHƯƠNG 7

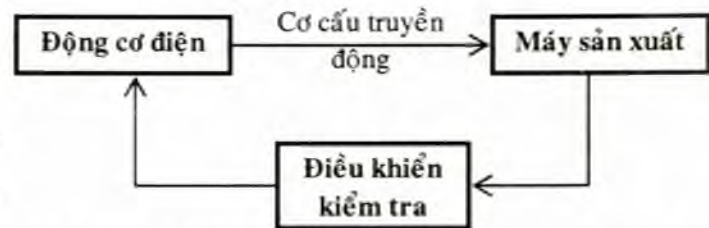
# CƠ SỞ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG TRONG CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ NHIỆT – ĐIỆN LẠNH

## I. MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ PHÂN LOẠI HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG

### 1. Một số khái niệm cơ bản

Truyền động điện tự động là việc thực hiện khởi động máy, đảo chiều quay, điều chỉnh tốc độ động cơ, phân hãm và duy trì chế độ làm việc của hệ thống theo yêu cầu công nghệ đặt ra bằng các thiết bị điện, các thiết bị điều khiển hay hệ thống tự động điều khiển.

Truyền động điện tự động làm cho hệ thống máy móc thiết bị, dây chuyền công nghệ làm việc an toàn, làm tăng năng suất lao động và làm giảm nhẹ sức lao động.



Hình 7.1: Thành phần cơ bản của một hệ thống truyền động điện

Hệ thống truyền động điện bao gồm: xem hình 7.1.

Yêu cầu cơ bản của một hệ thống truyền động điện:

- Hệ thống càng đơn giản, gọn nhẹ, các khí cụ điện ít nhất.
- Độ tin cậy và an toàn khởi động máy móc cao, sơ đồ lắp ráp hợp lý có đặt bảo vệ đầy đủ.
- Thao tác vận hành dễ dàng thuận tiện.

### 2. Phân loại hệ thống truyền động điện

Hệ thống truyền động điện có thể phân ra thành ba loại như sau.

• **Truyền động điện nhóm:** một động cơ truyền lực lên trục chính chạy dài xuống phân xưởng đến các máy sản xuất trích lực xuống.

Nhược điểm: kết cấu phân xưởng rườm rà, hiệu suất truyền cơ khí thấp, sử dụng hệ thống điện không hợp lý.

• **Truyền động điện đơn:** một động cơ kéo một máy sản xuất. Đối với loại này thì việc truyền động điện tự động rất đơn giản, dễ khống chế và thay đổi chế độ làm việc. Nếu chọn công suất hợp lý thì hiệu suất sử dụng điện năng rất cao.

• **Truyền động điện kép:** một máy sản xuất được kéo gồm nhiều động cơ, tùy theo yêu cầu cụ thể.

### 3. Nguyên tắc đọc và phân tích mạch điều khiển

Trên sơ đồ mạch điện, tất cả các thiết bị đều được thể hiện ở trạng thái không chịu kích thích về cơ, điện và nhiệt do bên ngoài tác động vào. Chẳng hạn như: contactor, relay, ...v.v



được thể hiện ở trạng thái không có dòng điện chạy qua cuộn dây, relay nhiệt thể hiện ở trạng thái thanh lưỡng kim không bị cong, nút ấn thể hiện ở trạng thái không có lực tác dụng lên nó. Mọi quan hệ về điện của hệ thống truyền động được thể hiện trên sơ đồ nguyên lý, nó thể hiện đầy đủ các phần tử của hệ thống mà không xét đến vị trí tương quan thực tế của chúng, chỉ xét đến vị trí thực hiện chức năng. Trên sơ đồ nguyên lý có hai loại mạch điện.

- **Mạch động lực:** bao gồm mạch stato, roto của động cơ điện xoay chiều, mạch phản ứng của động cơ điện một chiều, mạch đầu ra của bộ biến đổi nguồn, ...v.v

- **Mạch điều khiển:** bao gồm cuộn dây của contactor, relay, các vi mạch điều khiển, các board điều khiển, nút ấn điều khiển, mạch tín hiệu bảo vệ, ...v.v. và cầu chì bảo vệ mạch động lực và mạch điều khiển có trị số khác nhau.

#### 4. Đặc tính cơ của động cơ điện và máy sản xuất

##### 4.1. Đặc tính cơ của động cơ điện

Đặc tính cơ của động cơ điện là quan hệ giữa tốc động cơ ( $n$  [vòng/phút]) và moment của động cơ ( $M_d$  [N.m]), có nghĩa quan hệ đó có thể biểu diễn ở dạng phương trình sau:  $M_d = f(n)$ .

Nếu động cơ làm việc ở chế độ: điện áp định mức ( $U_{dm}$ ), tần số định mức ( $f_{dm}$ ), từ thông định mức ( $\phi_{dm}$ ) và không nối thêm điện trở, điện kháng vào động cơ. Thì đường đặc tính cơ đó gọi là đường đặc tính cơ tự nhiên  $M_{dm} = f(n_{dm})$ , đường đặc tính cơ nhân tạo nếu động cơ làm việc ở chế độ khi thay đổi một trong các yếu tố trên.

Độ cứng đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta n} \quad (7-1)$$

Khi  $\beta$  lớn, thì có đặc tính cơ cứng.

Khi  $\beta$  nhỏ, thì có đặc tính cơ mềm.

Khi  $\beta \rightarrow \infty$ , thì có đặc tính cơ cứng tuyệt đối.

##### 4.2. Đặc tính cơ của máy sản xuất

Đặc tính cơ của máy sản xuất rất đa dạng. Tuy vậy phần lớn nó được biểu diễn dưới dạng tổng quát:

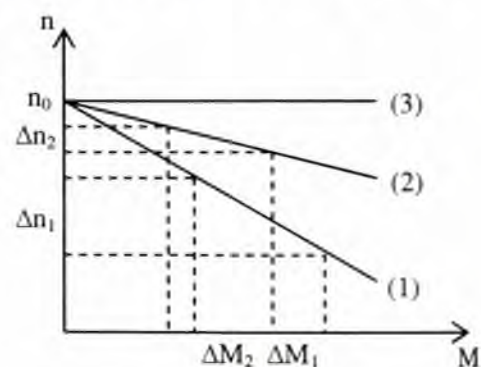
$$M_c = M_{c0} + (M_{dm} - M_{c0}) \cdot \left(\frac{n}{n_{dm}}\right)^\alpha \quad (7-2)$$

Trong đó:

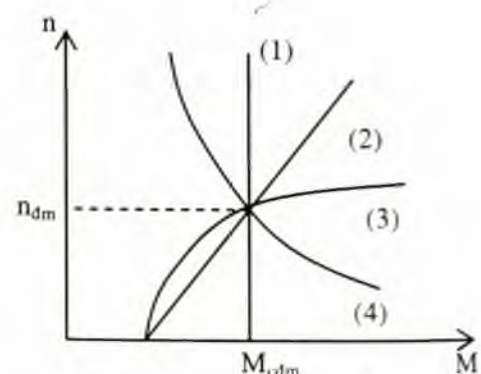
$M_{c0}$  – moment ứng với tốc độ  $n = 0$ .

$M_{dm}$  – moment ứng với tốc độ  $n = n_{dm}$ .

$M_c$  – moment ứng với tốc độ  $n$ .



Hình 7.2: Độ cứng đặc tính cơ  
(1): đặc tính cơ mềm; (2): đặc tính cơ cứng; (3): đặc tính cơ cứng tuyệt đối.



Hình 7.3: Độ cứng đặc tính cơ của một số máy sản xuất.  
(1):  $\alpha = 0$ ; (2):  $\alpha = 1$ ; (3):  $\alpha = 2$ ; (4)  $\alpha = -1$



## 5. Moment trong truyền động điện

• **Quy ước:** chiều quay roto ngược chiều kim đồng hồ gọi là chiều thuận mang dấu dương (+) và ngược lại mang dấu âm (-), chiều quay moment cùng chiều kim đồng hồ là chiều thuận mang dấu dương (+) và ngược lại mang dấu âm (-).

• **Moment động:** là moment do động cơ sinh ra làm động cơ quay, ký hiệu:  $M_d$  [N.m]

• **Moment cản:** ký hiệu  $M_c$  [N.m], moment cản có hai loại đó là moment cản kháng và moment cản thế năng.

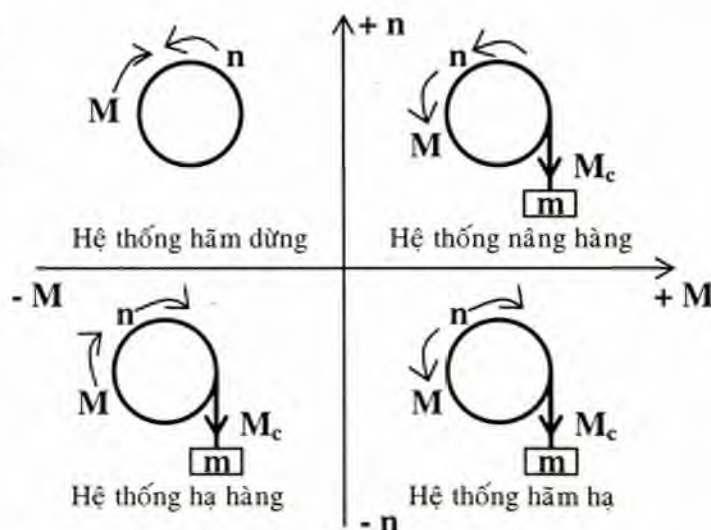
- **Moment cản kháng:** có chiều ngược với chiều chuyển động, khi động cơ đổi chiều thì moment cản cũng đổi chiều, nó luôn luôn chống lại chuyển động của động cơ. Chẳng hạn như: moment ma sát, moment cản của máy cắt gọt kim loại.

- **Moment cản thế năng:** có chiều tác dụng không thay đổi, có thể chống lại và cũng có thể hỗ trợ cho sự chuyển động của động cơ. Chẳng hạn như: moment cản của cơ cấu nâng hạ hàng.

## 6. Biểu diễn các chế độ làm việc của động cơ trong hệ trục (M, n)

Các chế độ làm việc của động cơ thông thường xảy ra một trong các trường hợp sau đây.

- Khi  $n > 0$  và  $M > 0$  : hệ thống nâng hàng.
- Khi  $n > 0$  và  $M < 0$  : hệ thống hãm dừng.
- Khi  $n < 0$  và  $M < 0$  : hệ thống hạ hàng.
- Khi  $n < 0$  và  $M > 0$  : hệ thống hãm hạ.



Hình 7.4: Đồ thị biểu diễn các chế độ làm việc của động cơ trong hệ trục (M, n)

## II. ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Động cơ điện (Electric motor) là một thiết bị tiêu tốn năng lượng điện để chuyển điện năng thành cơ năng, với mục đích phục vụ cho một quá trình công nghệ nào đó theo yêu cầu đã định trước. Trong công nghiệp, động cơ điện được sử dụng trong rất nhiều lĩnh vực khoa học kỹ thuật khác nhau.

*Phân loại động cơ điện:* có phân làm các loại như sau:

- Động cơ điện một chiều (motor direct current).
- Động cơ điện xoay chiều một phase (motor alternating current 1 phase)
- Động cơ điện xoay chiều hai phase (motor alternating current 2 phase)
- Động cơ điện xoay chiều ba phase (motor alternating current 3 phase)
- Động cơ bước (motor stepper), ...v.v

Tùy theo mục đích, yêu cầu, điều kiện thích hợp mà có thể sử dụng loại động cơ nào cho hợp lý và có khả năng tiết kiệm năng lượng một cách hiệu quả nhất.

### III. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

Truyền động điện tự động động cơ điện một chiều là việc thực hiện khởi động máy, đảo chiều quay, điều chỉnh tốc độ động cơ, phân hãm và duy trì chế độ làm việc của hệ thống theo yêu cầu công nghệ đặt ra bằng các thiết bị điện, các thiết bị điều khiển hay hệ thống tự động điều khiển.

#### 1. Khởi động động cơ điện một chiều

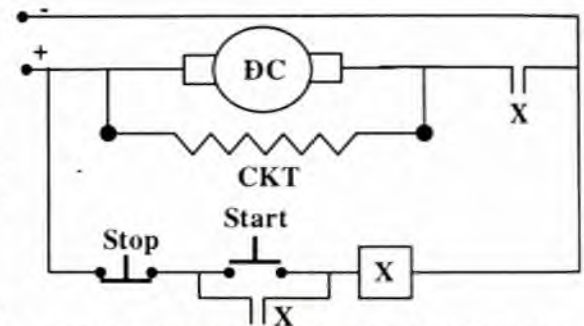
Việc khởi động động cơ điện một chiều trực tiếp hay gián tiếp nó phụ thuộc vào công suất động cơ và công suất của máy biến áp.

- Nếu công suất động cơ điện một chiều nhỏ hơn hoặc bằng 1/10 công suất của máy biến áp thì mở máy trực tiếp.
- Nếu công suất động cơ điện một chiều lớn 1/10 công suất của máy biến áp thì mở máy gián tiếp.

##### 1.1. Khởi động trực tiếp

Khi ấn Start cuộn dây X có điện làm cho các tiếp điểm thường mở của X đóng lại. Như vậy, hai tiếp điểm X này thực hiện hai nhiệm vụ chính đó là: nó duy trì nguồn điện cho cuộn dây X, thứ hai nó cấp nguồn cho động cơ điện hoạt động và đưa động cơ điện một chiều làm việc một cách trực tiếp.

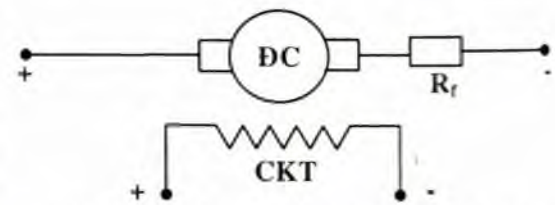
Đối với động cơ một chiều có kích từ nối tiếp và kích từ độc lập cũng có cách khởi động như trên. Xem hình 7.5.



Hình 7.5: Mạch điện khởi động trực tiếp động cơ điện một chiều

##### 1.2. Khởi động gián tiếp

Do công suất động cơ điện một chiều lớn 1/10 công suất của máy biến áp, cho nên lúc khởi động dòng khởi động rất lớn gây tác hại cho động cơ điện, để giảm dòng khởi động thì cần phải đưa thêm điện trở phụ vào phần ứng và sau khi tốc độ roto của động cơ bằng (75÷80)% tốc độ định mức lúc đó loại bỏ điện trở phụ, cách khởi động như vậy gọi là mở máy gián tiếp.



Hình 7.6: Sơ đồ gắn thêm điện trở phụ

$$I_{kd} = \frac{U}{R_u + R_f} \quad (7-3)$$

- Trong đó:
- $R_f$  : điện trở phụ.
  - $R_u$  : điện trở phần ứng.
  - $U$  : điện áp khởi động động cơ.
  - $I_{kd}$  : dòng khởi động.

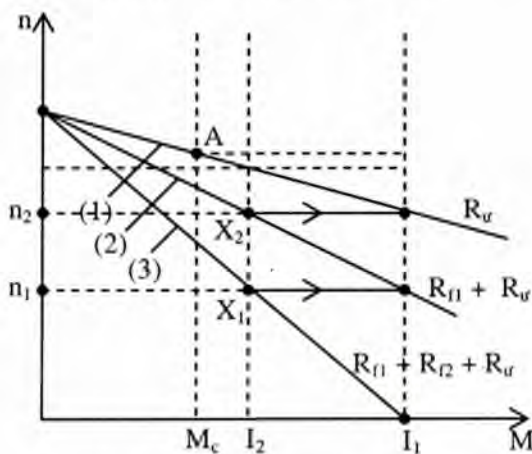


Nếu không gắn điện trở phụ thì dòng khởi động  $I_{kd} = \frac{U}{R_u}$  rất lớn, khi gắn thêm điện trở phụ thì theo (7-3) dòng khởi động giảm đi nhiều.

Việc loại bỏ điện trở phụ thông thường sử dụng ba nguyên tắc cơ bản như sau: nguyên tắc thời gian, nguyên tắc tốc độ và nguyên tắc dòng điện. Hình 7.6.

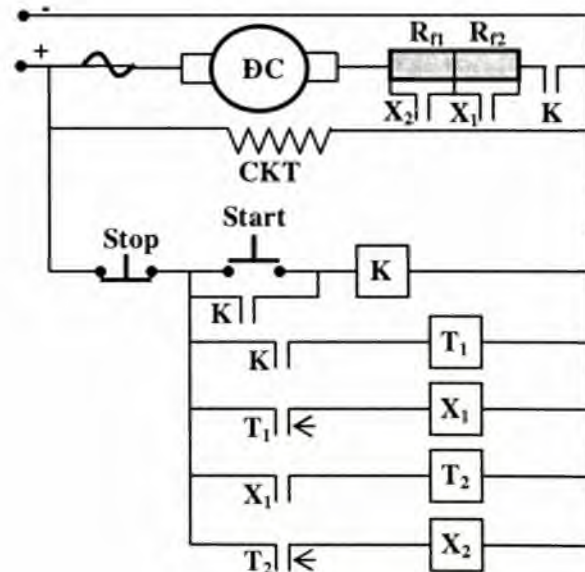
### 1.2.1. Nguyên tắc thời gian

Khi khởi động ấn nút Start cuộn dây contactor K có điện, nó đóng tiếp điểm duy trì và cấp nguồn cho Timer  $T_1$ , động cơ hoạt động. Dòng khởi động lúc đó là  $I_{kd} = \frac{U}{R_u + R_{f1} + R_{f2}}$ , khi  $n = 0$  thì  $I_{kd} = I_1$ , sau một thời gian  $\tau_1$  tốc độ động cơ tăng  $n = n_1$ , dòng điện qua động cơ giảm từ  $I_1$  xuống  $I_2$ , lúc đó  $T_1$  tác động làm tiếp điểm thường mở đóng chậm đóng lại, cuộn dây  $X_1$  có điện nó tác động ngắt bỏ  $R_{f2}$  và cấp nguồn cho Timer  $T_2$ , đồng thời đặc tính làm việc của động cơ dịch chuyển từ đường (3) sang đường (2) và dòng qua động cơ lại tăng từ  $I_2$  lên  $I_1$ . Sau một thời gian  $\tau_2$  tốc độ động cơ tăng  $n = n_2$ , dòng điện qua động cơ giảm từ  $I_1$  xuống  $I_2$ , lúc đó  $T_2$  tác động làm tiếp điểm thường mở đóng chậm đóng lại, cuộn dây  $X_2$  có điện nó tác động ngắt bỏ  $R_{f1}$ , đồng thời đặc tính làm việc của động cơ dịch chuyển từ đường (2) sang đường (1), đường đặc tính làm việc tự nhiên của động cơ. Sau đó nó duy trì trạng thái làm việc ổn định của động cơ tại điểm A. Xem hình 7.7 và 7.8.



Hình 7.7: Đường đặc tính  $(M,n)$  khởi động gián tiếp của động cơ một chiều.

- (1) - Đặc tính khởi động tự nhiên  $R_u$
- (2) - Đặc tính nhân tạo  $R_{f1} + R_u$
- (3) - Đặc tính nhân tạo  $R_{f1} + R_{f2} + R_u$



Hình 7.8: Mạch điện khởi động gián tiếp động cơ điện một chiều theo nguyên tắc thời gian.

### 1.2.2. Nguyên tắc tốc độ

Điện áp đặt trên hai cuộn dây  $X_1$  và  $X_2$  của relay điện áp được viết như sau.

$$U_{X1} = C.e.n_1 + I_u.(R_{f1} + R_u) \quad (7-4)$$

$$U_{X2} = C.e.n_2 + I_u.R_u \quad (7-5)$$

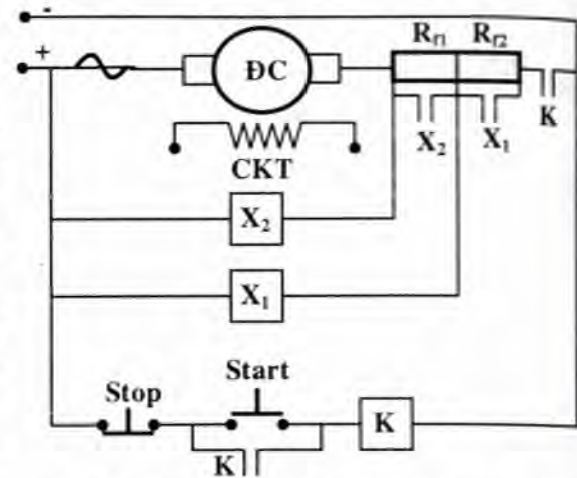
Với:  $n_1, n_2$  - tốc độ động cơ.

$C$  - hệ số chế tạo của động cơ.

$e$  - sức điện động cảm ứng phản ứng của động cơ.



Nguyên lý làm việc: khi khởi động ấn Start cuộn K có điện, nó tác động làm các tiếp điểm thường mở của K đóng lại và thực hiện hai nhiệm vụ. Đó là, duy trì nguồn điện, đồng thời cấp nguồn cho động cơ hoạt động. Khi đó, động cơ khởi động với sự tham gia của hai điện trở phụ  $R_{f1}$  và  $R_{f2}$ . theo thời gian tốc độ động cơ tăng từ  $n = 0$  lên  $n = n_1$ , tại đây điện áp đặt lên cuộn  $X_1$  là  $U_{X1} = C.e.n_1 + I_u.(R_{f1} + R_u)$  vừa đủ để làm cuộn  $X_1$  tác động và loại bỏ  $R_{f2}$ . trong khi đó điện áp đặt lên cuộn  $X_2$  vẫn chưa đủ để làm cuộn  $X_2$  tác động. Nhưng khi tốc độ động cơ tăng từ  $n = n_1$  lên  $n = n_2$ , tại đây điện áp đặt lên cuộn  $X_2$  là  $U_{X2} = C.e.n_2 + I_u.R_u$  vừa đủ để làm cuộn  $X_2$  tác động và loại bỏ  $R_{f1}$ , đồng thời đưa động cơ về làm việc ổn định với đường đặc tính tự nhiên của chúng, hình 7.9.

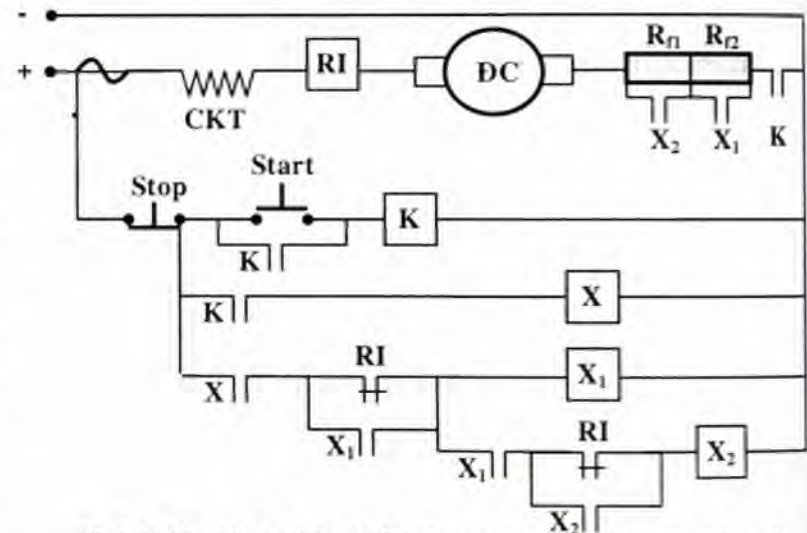


Hình 7.9: Mạch điện khởi động gián tiếp động cơ điện một chiều theo nguyên tắc tốc độ.

### 1.2.3. Nguyên tắc dòng điện

Phần tử RI là relay dòng điện, dòng tác động làm thay đổi trạng thái tiếp điểm của nó là  $I_1$  ( $I_{dRI} = I_1$ ), dòng nhả là  $I_2$ .

Khi khởi động ấn Start, cuộn K có điện, các tiếp điểm thường mở của K lúc này đóng lại, động cơ khởi động với toàn bộ điện trở phụ, dòng qua động cơ tăng lên  $I_1$  lúc đó RI tác động mở các tiếp điểm thường đóng. Khi tốc độ động cơ tăng từ  $n = 0$  lên  $n = n_1$  thì dòng qua động cơ giảm từ  $I_1$  xuống  $I_2$ , lúc đó tiếp điểm RI thường đóng đóng lại và lập tức cuộn  $X_1$  có điện, các tiếp điểm thường mở của  $X_1$  đóng lại, loại bỏ  $R_{f2}$  khi đó dòng qua động cơ lại tăng lên  $I_1$  làm cho RI tác động, nhưng  $X_1$  không mất điện bởi vì nó được duy trì, còn  $X_2$  vẫn chưa có điện. Khi tốc độ động cơ tăng từ  $n_1$  lên  $n_2$  thì dòng điện qua động cơ giảm từ  $I_1$  xuống  $I_2$ , lúc đó tiếp điểm RI thường đóng đóng lại và lập tức cuộn  $X_2$  có điện, các tiếp điểm thường mở của  $X_2$  đóng lại, loại bỏ  $R_{f1}$  đồng thời đưa động cơ về làm việc ổn định với đường đặc tính tự nhiên của chúng. Xem hình 7.10.



Hình 7.10: Mạch điện khởi động gián tiếp động cơ điện một chiều theo nguyên tắc dòng điện.

Sức điện động cảm ứng được xác định theo phương trình sau:

$$E = n.K_e.\Phi_{KT} = U - I_u.R_u \quad (7-6)$$

### 1.2.4. Tính toán điện trở phụ

Khi khởi động trực tiếp dòng điện ngắn mạch rất lớn, lớn hơn rất nhiều so với dòng điện mức và được xác định theo công thức.



$$I_{nm} = \frac{U}{R_u} = (20 \div 25).I_{dm} \quad (7-7)$$

Khi khởi động gián tiếp có đưa điện trở phụ vào mạch phần ứng thì dòng ngắn mạch được xác định theo công thức sau.

$$I_{nm} = \frac{U}{R_u + R_{f1} + R_{f2}} \leq (2 \div 2,5).I_{dm} \quad (7-8)$$

Từ phương trình (7-7) và (7-8) sẽ xác định được  $R_f = R_{f1} + R_{f2}$ .

Ở hình 7.6. Đường đặc tính (M,n) khởi động gián tiếp của động cơ một chiều, để xác định  $I_1$  và  $I_2$  thì có thể chọn như sau.

$$I_1 \leq (2 \div 2,5).I_{dm} \quad (7-10)$$

$$I_2 \geq (1,1 \div 1,3).I_{dm} \quad (7-11)$$

Khi tốc độ tăng lên dòng điện phần ứng giảm dần và được xác định theo biểu thức.

$$I = \frac{U - K.\phi.n}{R_u + R_{f1} + R_{f2}} = \frac{U - K.\phi.n}{R_u + R_f} \quad (7-12)$$

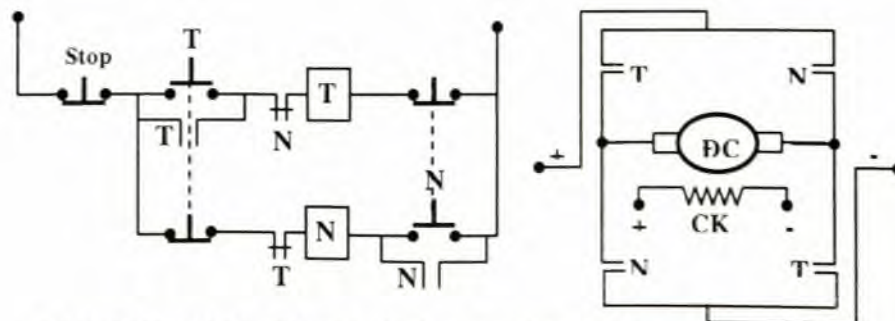
Trong đó :  $n$  – tốc độ động cơ [vòng/phút] hoặc [rad/s]

## 2. Đổi chiều quay động cơ

Khi đổi chiều quay của động cơ một chiều thường thì thay đổi một trong hai đại lượng sau đây:

- Thay đổi chiều cực tính của cuộn kích từ.
- Thay đổi chiều cực tính của động cơ.
- Khi thay đổi chiều cuộn kích từ thì mắc phải một số nhược điểm sau: đó là đổi chiều lâu (kéo dài thời gian), khi thay đổi từ (-) sang (+) thì  $\Phi_{KT} = 0$  nên  $n \rightarrow \infty$ , tốc độ quá lớn nên dễ hư hỏng. Chính vì vậy, thông thường thì thay đổi chiều cực tính của động cơ.

Muốn động cơ quay theo chiều thuận thì ấn T, lúc đó cuộn dây T có điện lập tức đóng các tiếp điểm thường mở, mở các tiếp điểm thường đóng lại, đồng thời ngắt cuộn N. Còn muốn cho động cơ quay theo chiều nghịch thì ấn N, lúc đó cuộn dây N có điện lập tức đóng các tiếp điểm thường mở, mở các tiếp điểm thường đóng lại, đồng thời ngắt cuộn T, xem hình 7.11.



Hình 7.11: Mạch điện đảo chiều quay động cơ điện một chiều bằng cách đổi chiều cực tính phần ứng.

### 3. Hãm động cơ

Hãm động cơ có nghĩa là làm cho động cơ chuyển động với tốc độ chậm lại (hay giảm dần). Trạng thái hãm động cơ là trạng thái động cơ sinh ra moment điện từ ngược với chiều quay của roto. Động cơ làm việc ở trạng thái hãm trong những trường hợp sau:

- Giảm tốc độ động cơ hay ngừng hệ thống.
- Giữ cho hệ thống làm việc ổn định khi phụ tải mang tính chất thế năng.
- Kiểm cho hệ thống đứng yên khi nó chịu tác động một lực có xu hướng chuyển động.

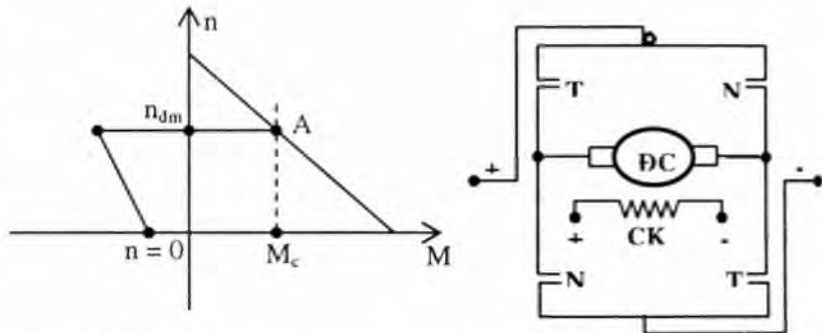
Với các trạng thái hãm của động cơ như trên thì có các phương pháp hãm động cơ như sau:

#### 3.1. Hãm ngược

Để hãm ngược động cơ điện một chiều thì có hai cách thực hiện đó là: thay đổi cực tính của phần hoặc có thể đưa thêm điện trở phụ vào phần ứng.

##### 3.1.1. Đổi cực tính phần ứng

Động cơ làm việc với tốc độ định mức khi đó đổi cực tính phần ứng, xem hình 7.12, moment điện từ  $M_{dt}$  đổi chiều ngược với chiều quay động cơ. Như vậy, động cơ quay theo chiều ngược lại. Khi  $n = 0$  thì ngắt dòng qua động cơ.

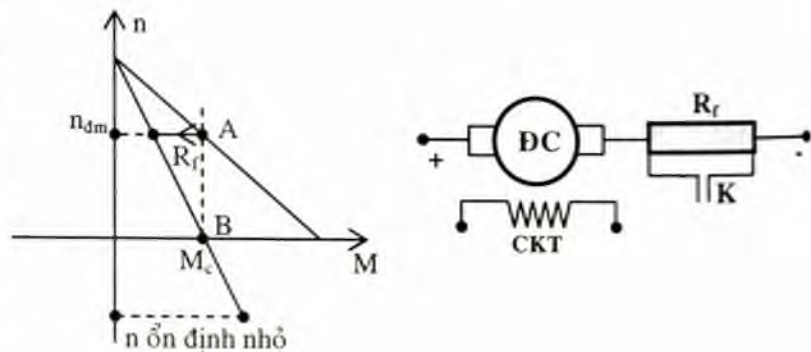


Hình 7.12: Hãm ngược động cơ điện một chiều bằng cách đổi chiều cực tính phần ứng.

Đổi chiều cực tính phần ứng phương pháp này dùng để hãm ngừng động cơ.

##### 3.1.2. Đưa thêm điện trở phụ vào phần ứng

Hãm ngược bằng cách đưa thêm điện trở phụ vào phần ứng. Phương pháp này dùng trong cơ cấu nâng hạ hạng trong trường hợp tải trọng nặng, khi động cơ làm việc ta đưa một điện trở phụ  $R_f$  vào phần ứng thì tốc độ động cơ giảm nhanh, moment điện từ  $M_{dt}$  nhỏ hơn moment cản  $M_c$ , nên động cơ làm việc ở trạng thái hãm dừng. Tại B có  $n = 0$ , do tác dụng của  $M_c$  động cơ quay ngược và làm việc ổn định với tốc độ nhỏ, phương pháp này tổn hao nhiều năng lượng điện trên  $R_f$ , xem hình 7.13.

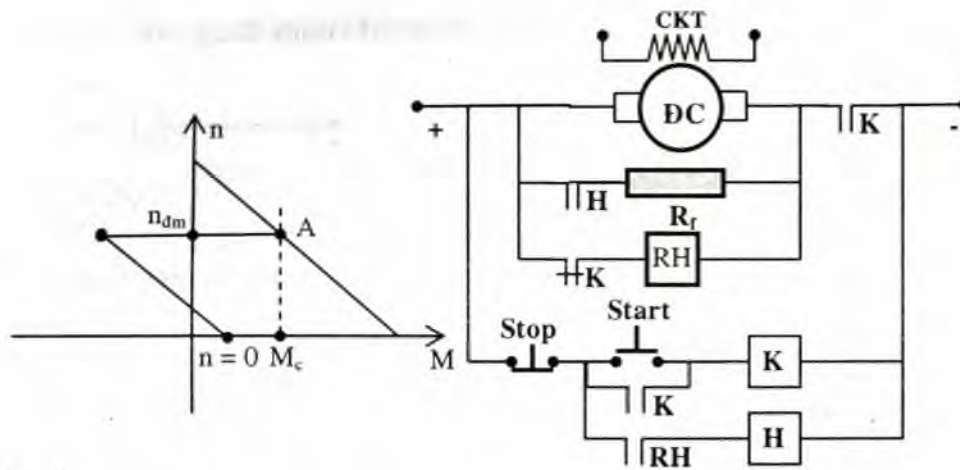


Hình 7.13: Hãm ngược động cơ điện một chiều bằng cách đưa thêm điện trở phụ vào phần ứng.

#### 3.2. Hãm động năng

Để hãm động năng động cơ điện một chiều thì có thể thực hiện như sau: cắt điện phần ứng sau đó nối tắt hai đầu phần ứng với điện trở phụ, đồng thời vẫn duy trì nguồn điện cho cuộn kích từ cho động cơ. Xem hình 7.14.





**Hình 7.14:** Hãm động năng động cơ điện một chiều bằng cách điện phản ứng nối tắt với điện trở phụ.

*Nguyên lý làm việc:* động cơ đang làm việc ở chế độ  $n = n_{dm}$ , để thực hiện việc hãm động năng thì ấn nút Stop lập tức cuộn dây contactor K mất điện, các tiếp điểm thường mở của K mở ra ngắt nguồn cho động cơ, đồng thời các tiếp điểm thường đóng đóng lại và nối relay hãm RH với động cơ điện, động cơ đang quay với tốc độ định mức  $n_{dm}$  và kích từ vẫn còn. Cho nên, động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ máy phát, điện áp phát ra ban đầu lớn làm cho RH làm việc, tiếp điểm thường mở của RH đóng lại và cuộn dây contactor H có điện đóng tiếp điểm thường mở của nó lại để nối tắt điện trở phụ  $R_f$  với mạch phản ứng, điện áp phát ra  $U_p$  tiêu tán nhanh trên  $R_f$  và tốc độ động cơ giảm, khi tốc độ động cơ nhỏ,  $U_p$  nhỏ làm cho RH ngừng làm việc, tiếp điểm RH mở cuộn dây H mất điện, tiếp điểm H phục hồi trạng thái tự nhiên,  $R_f$  loại ra khỏi mạch phản ứng của động cơ. Quá trình hãm động năng kết thúc.

#### 4. Điều chỉnh tốc độ động cơ

##### 4.1. Khái niệm chung

Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều có nhiều ưu việt hơn so với loại động cơ khác, không những nó có khả năng điều chỉnh tốc độ dễ dàng mà cấu trúc mạch động lực, mạch điều khiển đơn giản hơn, đồng thời lại đạt chất lượng điều chỉnh cao trong dải điều chỉnh tốc độ rộng.

Điều chỉnh tốc độ động cơ có nghĩa làm cho động cơ làm việc trên các đường đặc tính cơ – điện khác nhau, hoặc giữ cho động cơ ổn định khi moment cần thay đổi..

Các chỉ tiêu tốc độ:

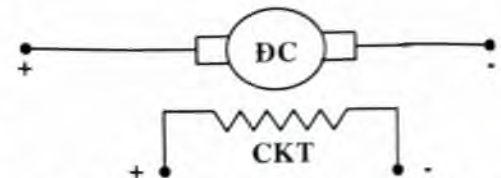
- Phạm vi điều chỉnh: 
$$D = \frac{n_{max}}{n_{min}} \quad (7-13)$$

- Tốc độ động cơ có phù hợp với tốc độ của máy sản xuất hay không?
- Tính ổn định của động cơ có thay đổi hay không ( độ cứng của đặc tính cơ có thay đổi hay không?).
- Hướng điều chỉnh :  $n_{dm \min} \leq n \leq n_{dm \max}$  .
- Phương pháp có dễ dàng điều chỉnh hay không? Có kinh tế hay không?.

Phương trình tốc độ động cơ điện một chiều được viết dưới dạng sau.

$$n = \frac{U - I_u \cdot R_u}{K_e \cdot \Phi_{KT}} \quad (7-14)$$

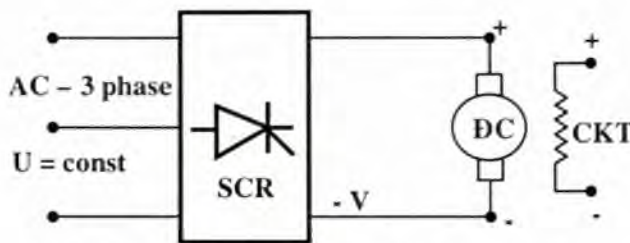
Từ phương trình (7-14) để thay đổi tốc độ động cơ thì có thể thay đổi điện áp phần ứng  $U$ , điện trở phần ứng  $R_u$ , dòng điện phần ứng  $I_u$ , hoặc có thể thay đổi từ thông của cuộn kích từ  $\Phi_{KT}$ .



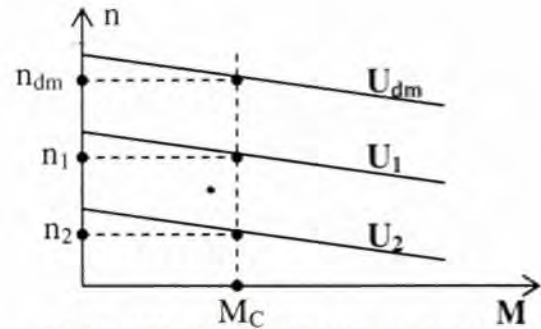
Hình 7.15: Mạch điện động cơ điện một chiều.

#### 4.2. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng

Dùng bộ nguồn một chiều chỉnh lưu từ dòng điện xoay chiều ba pha, xem hình 7.16a và 7.16b.



Hình 7.16a: Mạch điện thay đổi tốc độ động cơ điện một chiều bằng cách thay đổi điện áp phần ứng



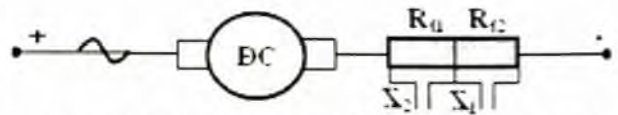
Hình 7.16b: Đường đặc tính cơ khi điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng.

- Phương pháp này cho phạm vi điều chỉnh lớn nếu nguồn thay đổi liên tục.
- Độ cứng của đặc tính cơ không thay đổi ổn định.
- Tốc độ động cơ nhỏ hơn tốc độ định mức ( $n < n_{dm}$ ), điều chỉnh tốc độ trơn được.
- Dễ dàng thực hiện nhưng không kinh tế.

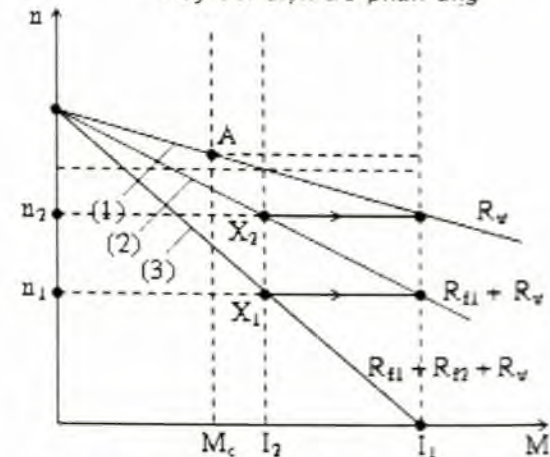
#### 4.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện trở phần ứng

Khi sử dụng phương pháp này chỉ mắc thêm vào mạch điện phần ứng các điện trở phụ, xem hình 7.17a và 7.17b.

- Phương pháp này không ổn định, độ cứng đặc tính cơ giảm.
- Tốc độ động cơ nhỏ hơn tốc độ định mức ( $n < n_{dm}$ ).
- Điều chỉnh tốc độ động cơ nhảy cấp.
- Tồn hao năng lượng trên điện trở phụ nên không có kinh tế.
- Đơn giản dễ dàng thực hiện.



Hình 7.17a: Mạch điện động cơ điện một chiều thay đổi điện trở phần ứng



Hình 7.17b: Đặc tính cơ ( $M, n$ ) của động cơ điện một chiều thay đổi điện trở phần ứng  
 (1) Đặc tính khởi động tự nhiên  $R_u$   
 (2) Đặc tính nhân tạo  $R_{u1} + R_u$   
 (3) Đặc tính nhân tạo  $R_{u1} + R_{u2} + R_u$

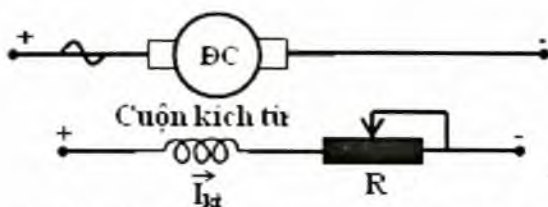


#### 4.4. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi từ thông kích từ (song song, độc lập hay hỗn hợp)

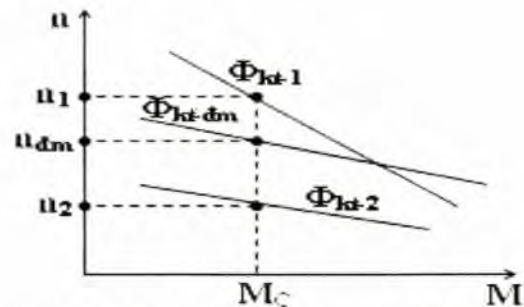
Khi sử dụng phương pháp này cần phải có giới hạn từ thông kích từ nhỏ nhất ( $\Phi_{kt\ min}$ ) tương ứng tốc độ động cơ không lớn hơn 3 lần tốc độ định mức của động cơ, nếu không sẽ làm cho rotor động cơ hư hỏng.

Hình 7.18a và 7.18b là sơ đồ mạch điện và đặc tính cơ của động cơ lúc làm việc trong trường hợp này.

- Phương pháp này có thể điều chỉnh tốc độ động cơ lớn hơn tốc độ định mức.
- Điều chỉnh dễ dàng ít tổn kém.
- Độ cứng đặc tính cơ giảm, có thể chỉnh trơn được.



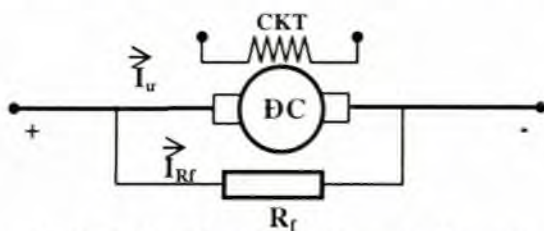
Hình 7.18a: Mạch điện động cơ điện một chiều thay đổi từ thông cuộn kích từ



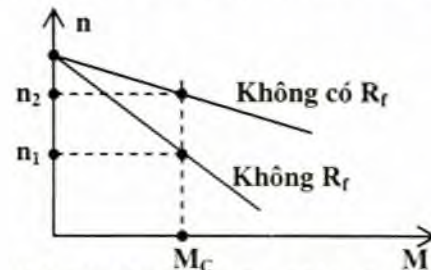
Hình 7.18b: Đặc tính cơ khi từ thông kích từ thay đổi

#### 4.4. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách rẽ mạch phần ứng

Phương pháp này thực hiện dễ dàng, chỉ cần nối song song với mạch động cơ một điện trở phụ, làm như vậy tốc độ động cơ giảm, giảm nhanh khi giá trị điện trở  $R_f$  lớn, xem hình 7.19a và 7.19b.



Hình 7.19a: Mạch điện động cơ điện một chiều có rẽ mạch phần ứng



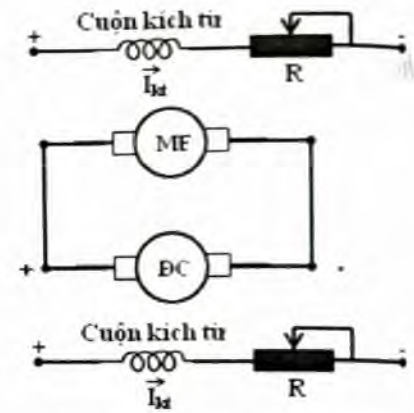
Hình 7.19b: Đặc tính cơ khi có rẽ mạch phần ứng

- Phương pháp này dễ lắp đặt và vận hành, bảo dưỡng.
- Phương pháp điều chỉnh này không kinh tế, vì năng lượng tiêu thụ trên điện trở phụ rất lãng phí.
- Tốc độ điều chỉnh bị nhảy cấp.
- Độ cứng của động cơ giảm mạnh.

#### 4.5. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng hệ thống F - D

Phương pháp này dùng hệ thống máy phát điện một chiều cùng cấp điện phần ứng cho động cơ, đồng thời thay đổi từ thông qua cuộn kích từ, xem hình 7.20 sẽ thấy rõ sơ đồ hệ thống F - D.

- Đây là phương pháp dễ thực hiện, vận hành và bảo dưỡng.
- Điều chỉnh tốc động cơ có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn tốc độ định mức tùy ý.
- Độ cứng của đặc tính cơ không có độ dốc lớn.
- Tuy nhiên hệ thống này tiêu tốn rất nhiều vốn đầu tư.



Hình 7.20: Hệ thống máy phát - động cơ điện

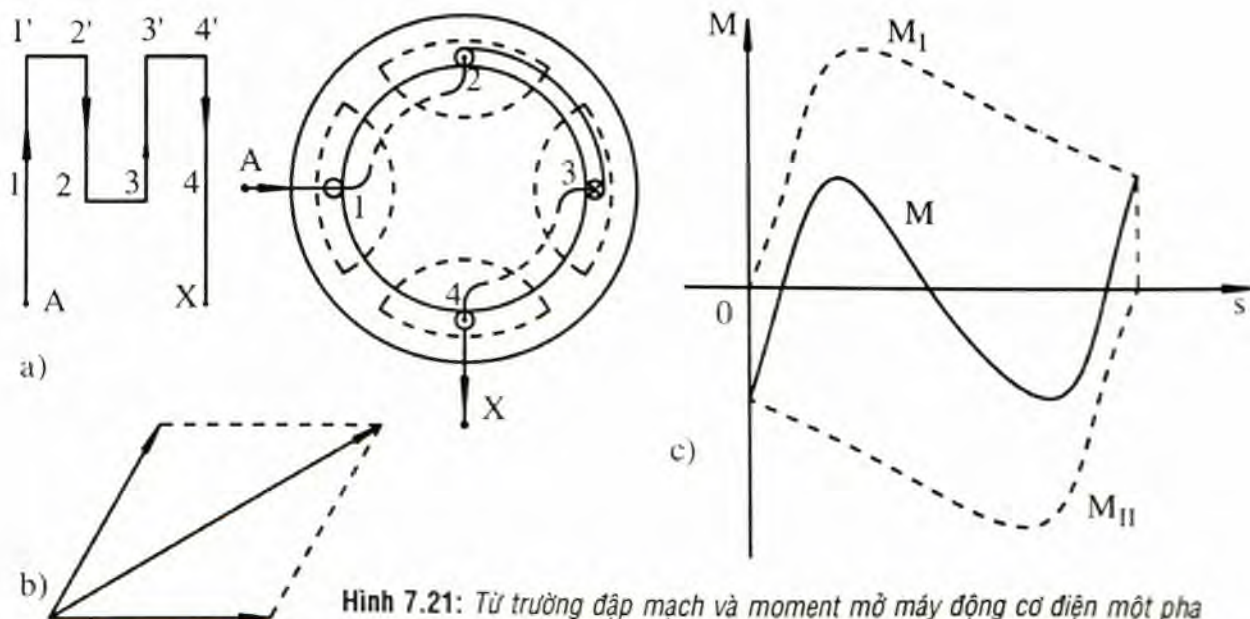
## IV. TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐIỆN XOAY CHIỀU MỘT PHASE

### 1. Động cơ điện một pha và từ trường đập mạch

Về cấu tạo, stato động cơ một pha chỉ có dây quấn một pha, rotor thường là lồng sóc. Dây quấn stato được nối với lưới điện xoay chiều một pha.

Dòng điện xoay chiều chạy vào dây quấn stato không tạo ra từ trường quay. Do sự biến thiên của dòng điện, chiều và trị số của từ trường thay đổi, nhưng phương của từ trường cố định trong không gian. Từ trường này gọi là từ trường đập mạch.

Gọi  $p$  là số đôi cực, ta có thể cấu tạo dây quấn để tạo ra từ trường một, hai hoặc  $p$  đôi cực. Để đơn giản ta xét dây quấn một pha đặt trong bốn rãnh của stato. Dòng điện trong dây quấn là dòng một pha  $i = I_{max} \sin \omega t$ . Trên hình 7.21a, chiều dòng điện trong thanh (1) đi đến (1') được ký hiệu là  $\otimes$  ở rãnh (1), trong thanh (2) đi từ (2') đến (2) được ký hiệu là  $\ominus$  ở rãnh (2). Cũng ký hiệu  $\otimes$  tương tự đối với các thanh còn lại. Dựa vào chiều dòng điện, vẽ được từ trường theo quy tắc nút chai. Dây quấn ở hình 7.21a tạo nên từ trường hai đôi cực ( $p = 2$ ).



Hình 7.21: Từ trường đập mạch và moment mở máy động cơ điện một pha



Vì không phải là từ trường quay, nên khi ta cho điện vào dây quấn stato, động cơ không tự quay được. Để cho động cơ điện làm việc được, trước hết ta phải quay rotor của động cơ điện theo một chiều nào đó, rotor sẽ tiếp tục quay theo chiều ấy và động cơ làm việc.

Để giải thích rõ hiện tượng xảy ra trong động cơ điện một pha, ta phân tích từ trường đập mạch thành hai từ trường quay xem hình 7.20b, quay ngược chiều nhau cùng tần số quay  $n_1$ , và biên độ bằng một nửa biên độ của từ trường đập mạch.

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ và } B_{maxI} = B_{maxII} = \frac{B_{max}}{2} \quad (7-15)$$

Trong đó từ trường quay  $\vec{B}_I$  có chiều quay trùng với chiều quay của rotor, được gọi là từ trường quay thuận, còn từ trường  $\vec{B}_{II}$  có chiều quay ngược chiều quay rotor gọi là từ trường quay ngược. Trên hình 7.20b,  $\vec{B}$  là từ trường đập mạch, còn  $\vec{B}_I$  và  $\vec{B}_{II}$  quay với tốc độ  $n_1$  và ta có:  $\vec{B} = \vec{B}_I + \vec{B}_{II}$

Gọi  $n$  là tốc độ rotor, hệ số trượt đối với trường quay thuận là:  $s_I = \frac{n_1 - n}{n_1} = s \quad (7-16)$

Hệ số trượt  $s_{II}$  của từ trường quay ngược:  $s_{II} = \frac{n_1 + n}{n_1} = \frac{n_1 + (1 - s_I)n_1}{n_1} = 2 - s \quad (7-17)$

Hình 7.21c vẽ moment quay  $M_I$  do từ trường thuận sinh ra có trị số dương và  $M_{II}$  do từ trường ngược gây ra có trị số âm. Moment quay của động cơ là tổng đại số moment  $M_I$  và  $M_{II}$ :

$$M = M_I - M_{II} \quad (7-18)$$

Từ đường đặc tính moment, chúng ta thấy rằng, lúc mở máy thì  $s = s_I = s_{II} = 1$ ,  $M_I = M_{II}$  và moment mở máy  $M_{mở} = 0$ , động cơ điện không thể tự quay được. Nhưng nếu ta tác động làm cho động cơ quay, hệ số trượt  $s < 1$ , lúc đó động cơ có moment  $M$  sẽ tiếp tục quay. Vì thế ta phải có biện pháp mở máy, nghĩa là phải tạo cho động cơ một pha moment mở máy.

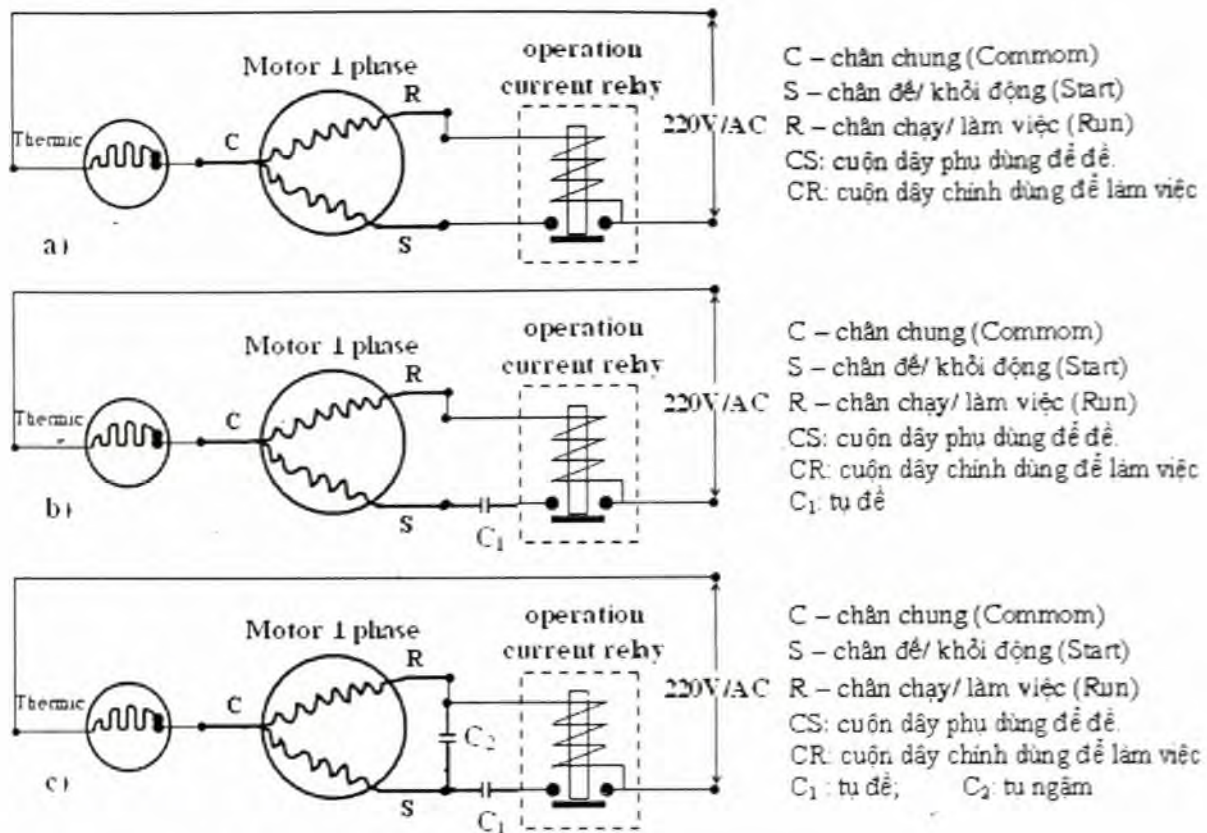
## 2. Dùng dây quấn phụ mở máy

Ở loại động cơ này, ngoài dây quấn chính, còn có dây quấn phụ. Dây quấn phụ có thể thiết kế để làm việc khi mở máy. Dây quấn phụ đặt trong một số rãnh stato sao cho sinh ra một từ thông lệch với từ thông chính một góc  $90^\circ$  trong không gian, và dòng điện trong dây quấn phụ lệch pha với dòng điện trong dây quấn chính một góc  $90^\circ$ . Dòng điện ở dây quấn phụ và dây quấn chính sinh ra từ trường quay để tạo ra moment mở máy.

Để dòng điện trong dây quấn phụ lệch pha với dòng điện trong dây quấn chính một góc  $90^\circ$ , thì thường nối tiếp với dây quấn phụ một tụ điện C. Loại động cơ có tụ điện có đặc tính mở máy tốt.

Để xác định đầu C, S và R giúp cho việc mở máy thành công và an toàn thì cần phải chú ý: điện trở cuộn dây phụ  $R_S$  gọi là  $R_S$  lớn hơn điện trở cuộn dây làm việc (cuộn dây chính) gọi là  $R_R$ , vì vậy dòng qua cuộn dây phụ  $I_S$  nhỏ hơn cuộn dây chính  $I_R$ . Như vậy, hai đầu S và R có điện trở lớn nhất  $Z = R_S + R_R$ , đầu còn lại là C, khi biết được C dùng đồng hồ VOM đo điện trở giữa đầu C và hai đầu còn lại, đầu nào có điện trở lớn hơn là đầu S, nhỏ hơn là R.

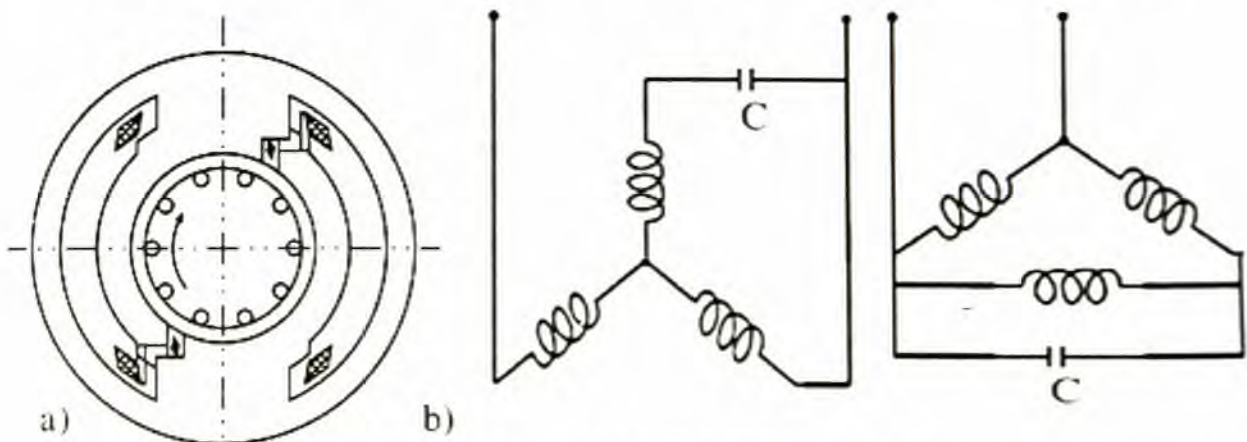




**Hình 7.22:** a) Mở máy trực tiếp bằng relay dòng  
 b) Mở máy trực tiếp bằng relay dòng có mắc thêm tụ để C<sub>1</sub>  
 c) Mở máy trực tiếp bằng relay dòng có mắc cả tụ để C<sub>1</sub>, tụ ngâm C<sub>2</sub>

### 3. Động cơ điện một pha có vòng ngắn mạch ở cực từ

Cấu tạo của loại động cơ này như hình 7.23a. Cho một vòng đồng ngắn mạch vào cực từ chẻ. Vòng ngắn mạch được coi như dây quấn phụ, trong đó có dòng điện cảm ứng. Tổng hợp hai từ trường của dây quấn chính và phụ sinh ra từ trường quay để tạo ra moment mở máy. Loại này thường gặp nhất ở các quạt bàn.



**Hình 7.23:** a) Động cơ điện một pha có vòng ngắn mạch  
 b) Đấu nối động cơ điện ba pha vào lưới điện một pha

Động cơ điện một pha có khuyết điểm là hệ số công suất ( $\cos\phi$ ) thấp, hiệu suất thấp vì tổn hao ở rotor lớn, moment nhỏ nên làm việc kém ổn định, khả năng quá tải kém. Nhưng nó có



ưu điểm là cấu tạo gọn, sử dụng lưới điện một pha, nên được sử dụng nhiều trong các hệ tự động và dân dụng.

Ngoài ra trong thực tế, khi không có nguồn điện ba pha, động cơ điện ba pha có thể nối dây quấn stato như hình 7.23b để nối vào lưới điện một pha. Nếu chọn trị số điện dung thích hợp, có thể đạt công suất đến  $70 \div 80\%$  công suất định mức.

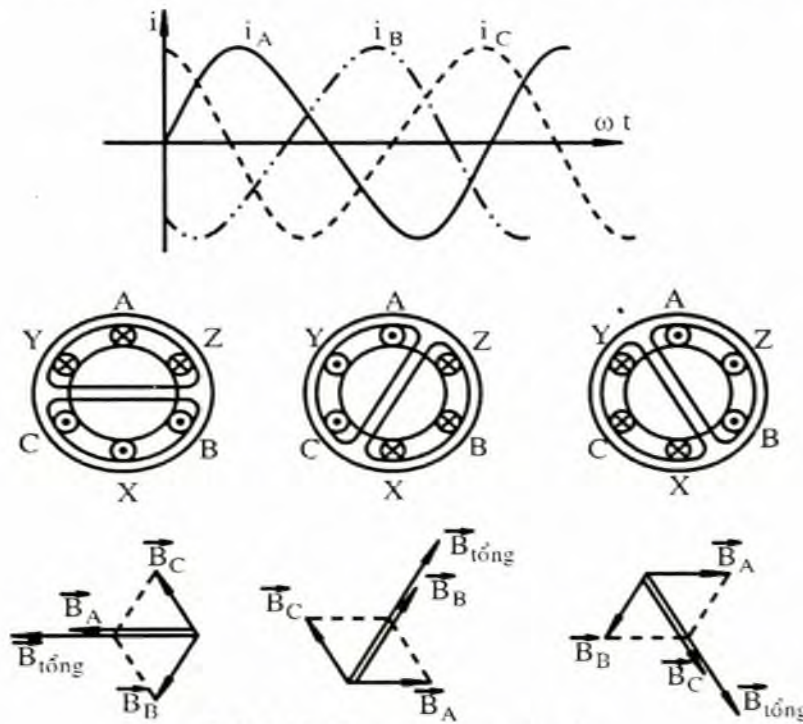
## V. ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

### 1. Động cơ điện không đồng bộ (KĐB) ba pha

#### a) Từ trường quay ba pha

Dòng điện xoay chiều ba pha có ưu điểm lớn là tạo ra từ trường quay trong các máy điện.

Hình 7.24 vẽ mặt cắt ngang của máy điện ba pha đơn giản trong đó dây quấn ba pha đối xứng ở stato AX, BY, CZ đặt lệch nhau trong không gian một góc  $120^\circ$  điện.



Hình 7.24: Từ trường quay ba pha

Giả thiết trong dây quấn có dòng điện ba pha đối xứng chạy qua:

$$i_A = I_{\max} \cdot \sin \omega t; \quad i_B = I_{\max} \cdot \sin(\omega t - 120^\circ); \quad i_C = I_{\max} \cdot \sin(\omega t - 240^\circ)$$

Khi xét tại thời điểm pha  $\omega t = 90^\circ$ , trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha A là pha có dòng điện cực đại.

Khi xét tại thời điểm pha  $\omega t = 90^\circ + 120^\circ$ , trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha B là pha có dòng điện cực đại.

Khi xét tại thời điểm pha  $\omega t = 90^\circ + 240^\circ$ , trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha C là pha có dòng điện cực đại.

Như vậy, từ trường tổng của dòng điện ba pha là từ trường quay.



Tốc độ của từ trường quay phụ thuộc vào tần số dòng điện stato  $f$  và số đôi cực  $p$

$$n_j = \frac{60f}{p} \quad (7-19)$$

Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện. Muốn đổi chiều quay của từ trường, chỉ cần thay đổi thứ tự hai pha với nhau.

### b) Động cơ điện KĐB ba pha

Về cấu tạo, động cơ điện xoay chiều ba pha có hai phần chính:

- **Phần cảm (stato):** gồm ba cuộn dây đặc lệch nhau  $120^\circ$  trong không gian và được cấp điện xoay chiều ba pha để tạo ra từ trường quay. Các cuộn dây phần cảm có thể nối theo hình sao ( $\Delta$ ) hay tam giác ( $\Delta$ ) tùy theo điện áp của mỗi cuộn dây pha và điện áp của lưới điện.

- **Phần ứng (rotor):** cũng gồm ba cuộn dây và tùy theo kết cấu cuộn dây phần ứng mà động cơ điện xoay chiều ba pha được chia làm hai loại:

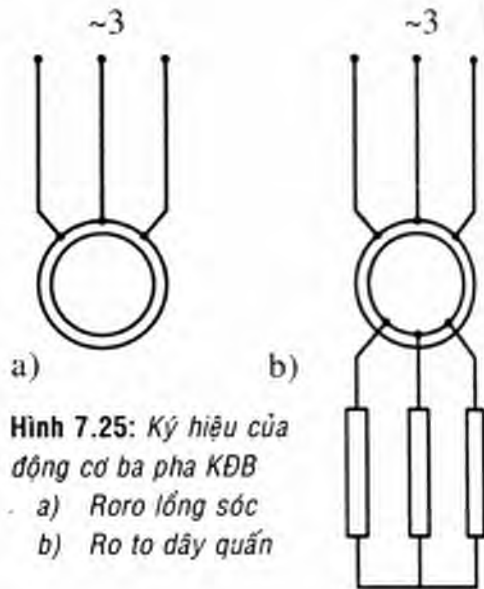
- Khi ba cuộn dây phần ứng kết hợp thành lồng trụ với thanh dẫn bằng nhôm thì rotor gọi là rotor lồng sóc.
- Khi ba cuộn dây phần ứng bằng dây đồng được nối ( $\Delta$ ) và ba đầu dây được đưa ra qua hệ vòng trượt – chổi than để nối với điện trở mạch ngoài thì rotor được gọi là rotor dây quấn.

Khi từ trường quay của phần cảm quét qua các dây dẫn phần ứng thì trong các cuộn dây (hay thanh dẫn) phần ứng xuất hiện suất điện động cảm ứng. Nếu mạch phần ứng nối kín thì có dòng điện cảm ứng sinh ra. Từ trường quay lại tác dụng vào chính dòng cảm ứng này một lực từ có chiều được xác định theo quy tắc bàn tay trái và tạo ra moment làm quay rotor theo chiều quay của từ trường.

Tốc độ quay của rotor luôn nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường. Nếu rotor quay với tốc độ bằng với tốc độ quay của từ trường thì từ trường sẽ không quét qua các dây dẫn phần ứng nữa nên suất điện động cảm ứng và dòng điện cảm ứng không còn, moment quay cũng không còn. Do moment cản, rotor sẽ quay chậm lại sau từ trường và các dây dẫn phần ứng lại bị từ trường quét qua, dòng điện cảm ứng lại xuất hiện và do đó lại có moment quay làm rotor tiếp tục quay theo từ trường nhưng với tốc độ nhỏ hơn tốc độ từ trường. Động cơ làm việc trên nguyên lý này gọi là động cơ không đồng bộ (KĐB).

Nếu tốc độ từ trường quay là  $\omega_b$  thì tốc độ quay của rotor  $\omega$  luôn nhỏ hơn. Sai lệch tương đối giữa hai tốc độ này gọi là độ trượt  $s$ :  $s = \frac{\omega_b - \omega}{\omega_b}$ , tốc độ  $\omega_b$  là tốc độ lớn nhất mà rotor có thể đạt được nếu không có lực cản nào. Tốc độ này gọi là tốc độ không tải lý tưởng hay tốc độ đồng bộ.

Các động cơ điện xoay chiều không đồng bộ với cấu tạo đơn giản, giá thành thấp, vận hành tin cậy nên được sử dụng rộng rãi. Ký hiệu của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ như hình 7.25.



Hình 7.25: Ký hiệu của động cơ ba pha KĐB  
a) Rotor lồng sóc  
b) Rotor dây quấn



## 2. Đặc tính cơ của động cơ điện xoay chiều ba pha không đồng bộ

### a) Phương trình đặc tính cơ

Quan hệ của moment quay và tốc độ của động cơ không đồng bộ như sau:

$$M = \frac{3U_{1ph}^2 R'_2}{s\omega_o \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s} \right) + X_{nm}^2 \right]} \quad [Nm] \quad (7-20)$$

Trong đó:  $U_{1ph}$  – điện áp pha đặt vào cuộn dây phần cảm, [V].

$R'_2$  – điện trở một pha cuộn dây phần ứng quy đổi về stato, [ $\Omega$ ].

$R_1$  – điện trở một pha cuộn dây phần cảm, [ $\Omega$ ].

$X_{nm} = X_1 + X'_2$  – điện trở ngắn mạch, [ $\Omega$ ].

$X_1$  – điện kháng một pha cuộn dây phần cảm, [ $\Omega$ ].

$X_2$  – điện kháng một pha cuộn dây phần ứng quy đổi về stato, [ $\Omega$ ].

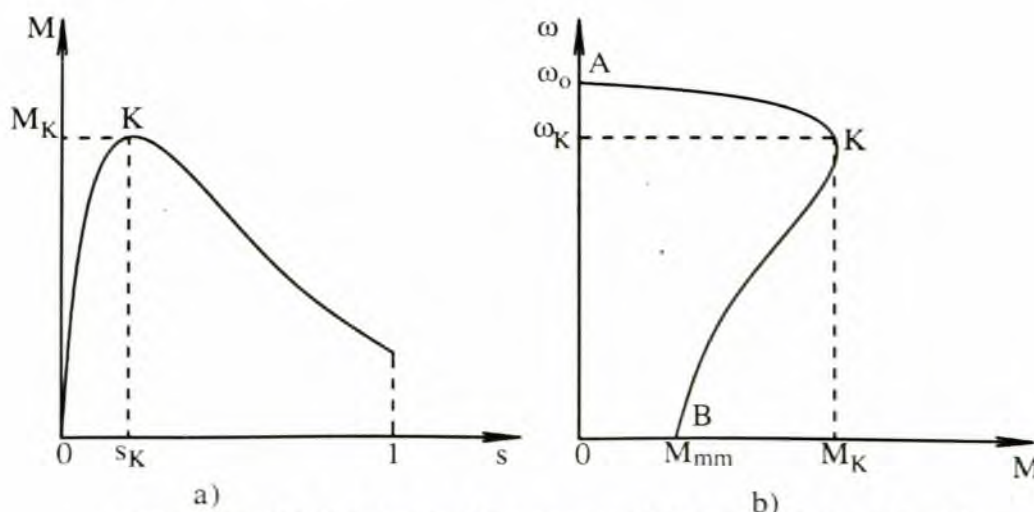
### b) Đường đặc tính cơ

Với những giá trị khác nhau của  $s$  ( $0 \leq s \leq 1$ ), phương trình đặc tính cơ cho những giá trị tương ứng của  $M$ . Đường biểu diễn  $M = f(s)$  trên hệ trục tọa độ  $sOM$  như hình 7.25a là đường đặc tính cơ của động cơ xoay chiều ba pha không đồng bộ.

Có thể biểu diễn đường đặc tính cơ  $M = f(s)$  dưới dạng  $s = F(M)$  hay  $\omega = F(M)$  như hình 7.26b. Đường đặc tính cơ có điểm cực trị K gọi là điểm tới hạn với các giá trị:

$$s_K = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}}, \quad M_K = \pm \frac{3U_{1ph}^2}{2\omega_o \left( R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2} \right)} \quad (7-21)$$

Vì ta đang xét trong phạm vi  $0 \leq s \leq 1$  (chế độ động cơ) nên giá trị  $s_K$  và  $M_K$  của đặc tính cơ trên hình 7.26 chỉ ứng với dấu (+).



Hình 7.26: Đặc tính cơ của động cơ xoay chiều ba pha không đồng bộ

a) – Quan hệ  $M = f(s)$ ; b) – Quan hệ  $\omega = F(M)$

Đặc tính cơ của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ là một đường cong phức tạp có hai đoạn AK và KB, phân giới bởi điểm tới hạn K. Đoạn AK gần thẳng, trên đoạn này moment động cơ tăng thì tốc độ giảm và ngược lại. Do vậy, động cơ làm việc trên đoạn này sẽ ổn định.

Giả sử, động cơ đang làm việc tại điểm P xem hình 7.27 với moment cản  $M_p$  và tốc độ là  $\omega_p$ . Vì lý do nào đó, tải giảm từ  $M_p$  xuống  $M_Q$  thì động cơ sẽ tăng tốc theo đặc tính cơ từ P đến Q. Quá trình tăng tốc xảy ra cùng với quá trình giảm moment. Tới điểm Q thì  $M_D = M_Q$  và động cơ sẽ làm việc ổn định với tốc độ  $\omega_Q$  lớn hơn trước.

Trường hợp ngược lại khi tải tăng từ  $M_p$  lên  $M_S$  thì bằng cách lý giải tương tự, động cơ sẽ chuyển điểm làm việc từ P tới S. Tại đây, động cơ có moment lớn hơn nhưng tốc độ nhỏ hơn.

Đoạn BK cong với độ dốc dương, trên đoạn này động cơ làm việc không ổn định. Giả sử, với tải  $M_R$ , động cơ làm việc tại điểm R trên đoạn BK của đặc tính cơ. Khi tải biến động về phía tăng thì động cơ giảm tốc theo đặc tính về phía B. Nhưng động cơ càng giảm tốc thì moment càng giảm và tốc độ lại tiếp tục giảm. Kết quả động cơ không thể tạo lại sự cân bằng về moment với tải và dừng lại ( $\omega = 0$ ) tại điểm B.

Ngược lại, nếu tải biến động về phía giảm thì động cơ tăng tốc theo đặc tính về phía K, nhưng khi đó moment động cơ lại tăng, càng lớn hơn moment tải và tốc độ động cơ tiếp tục tăng theo đặc tính và khi vượt qua điểm giới hạn K lên đoạn KA thì sự tăng tốc sẽ kéo theo sự giảm moment. Khi moment động cơ giảm bằng moment tải mới  $M_S < M_R$  thì động cơ sẽ làm việc ổn định tại điểm S. Kết quả cho thấy, động cơ không bao giờ làm việc ổn định trên đoạn BK của đặc tính cơ.

Trên đường đặc tính cơ tự nhiên xem hình 7.26, điểm B ứng với tốc độ  $\omega = 0$  ( $s = 1$ ) và moment mở máy  $M_{mm} = \frac{3U_{1ph}^2 R'_2}{\omega_o [(R + R'_2)^2 + X_{rm}^2]}$ , điểm A ứng với moment cân bằng 0 ( $M_C = 0$ ) và tốc độ đồng bộ  $\omega_o = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}$

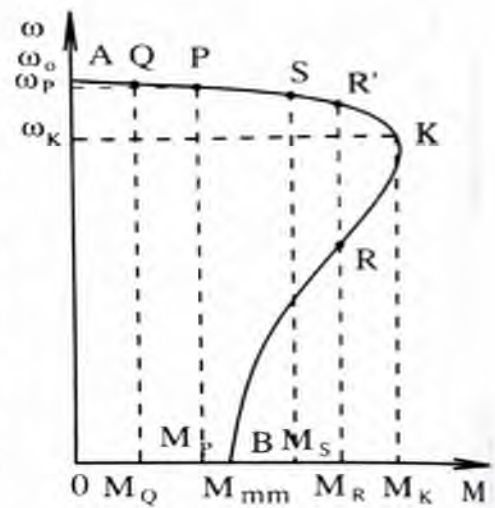
### 3. Ảnh hưởng của các thông số điện đến đặc tính cơ

Khi các thông số điện trong phương trình đặc tính cơ thay đổi thì các đại lượng sau bị biến đổi.

- Tốc độ đồng bộ:  $\omega_o = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}$  (7-22)

- Độ trượt tới hạn:  $s_K = \frac{R'_2}{\sqrt{R_l^2 + X_{rm}^2}}$  (7-23)

- Moment tới hạn:  $M_K = \frac{3U_{1ph}^2}{2\omega_o (R_l + \sqrt{R_l^2 + X_{rm}^2})}$  (7-24)

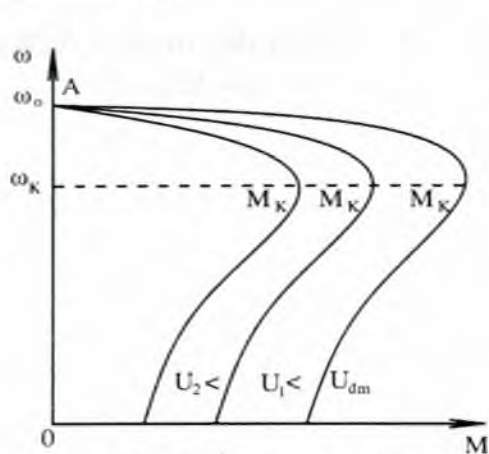


Hình 7.27: Sự làm việc ổn định trên đoạn AK và không ổn định trên đoạn KB của động cơ KDB

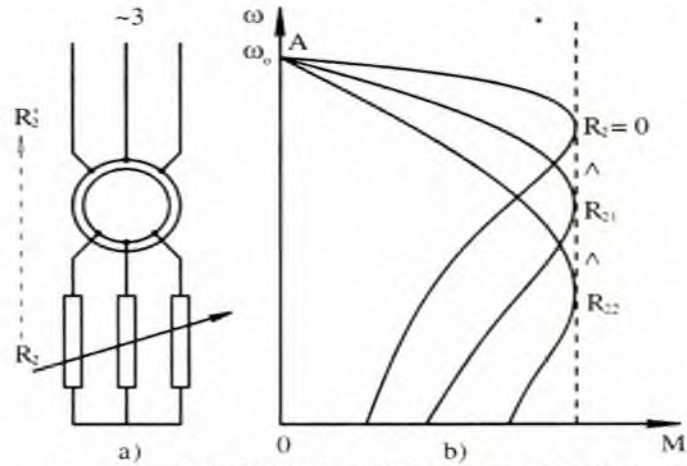


**a) Ảnh hưởng của điện áp lưới  $U_{1ph}$**

Điện áp  $U_{1ph}$  đặt vào phần cảm (stato) động cơ không đồng bộ chỉ có thể thay đổi về phía giảm ( $U_{1ph} \leq U_{1phdm}$ ). Khi  $U_{1ph}$  giảm thì moment tới hạn giảm nhanh theo bình phương của  $U_{1ph}$  còn tốc độ đồng bộ và độ trượt tới hạn không thay đổi. Các đặc tính cơ khi giảm điện áp nguồn  $U_{1ph}$  như hình 7.28.



Hình 7.28: Đặc tính cơ của động cơ KĐB khi giảm điện áp nguồn cấp



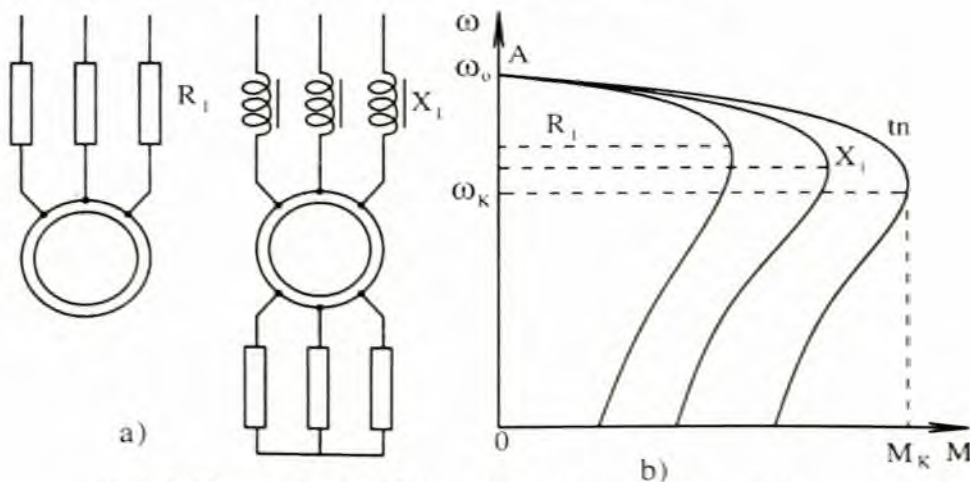
Hình 7.29: Đặc tính cơ tương ứng với sự thay đổi điện trở rotor

**b) Ảnh hưởng của điện trở mạch rotor  $R_2$**

Động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc (hay rotor ngắn mạch) không thể thay đổi được điện trở mạch rotor. Việc thay đổi điện trở mạch rotor chỉ sử dụng đối với động cơ không đồng bộ rotor dây quấn vì mạch rotor có thể nối với điện trở ngoài qua hệ vòng trượt – chổi than xem hình 7.29a.

Dễ thấy khi điện trở rotor  $R_2$  chỉ có thể thay đổi về phía tăng. Do đó điện trở quy đổi  $R_2$  cũng chỉ thay đổi về phía tăng. Khi  $R_2$  tăng thì độ trượt tới hạn tăng, còn tốc độ đồng bộ và moment tới hạn giữ nguyên. Xem hình 7.29b.

**c) Ảnh hưởng của điện trở  $R_1$ , điện kháng  $X_1$  của mạch stato**



Hình 7.30: a) Sơ đồ nối thêm  $R_1$  hoặc  $X_1$  vào mạch stato  
b) Đặc tính cơ tương ứng

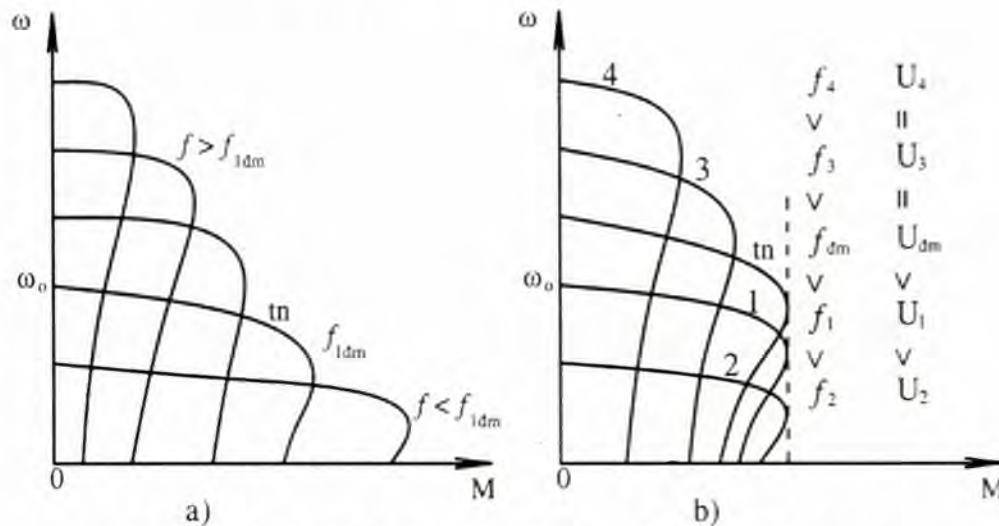
Trường hợp này chỉ thay đổi được về phía tăng  $R_1$  hoặc  $X_1$  nhờ chèn thêm  $R_1$  hoặc  $X_1$  vào mạch stato. khi đó  $\omega_0$  không đổi, còn  $s_k$  và  $M_k$  đều giảm, xem hình 7.30.

#### d) Ảnh hưởng của số đôi cực $p$

Khi số đôi cực thay đổi thì tốc độ đồng bộ  $\omega_b$  thay đổi. Thông thường loại động cơ không đồng bộ có số đôi cực thay đổi được chế tạo với cuộn cảm stato có nhiều bố trí dây và nhiều đầu dây ra để thay đổi cách đấu dây. Tùy theo khả năng để nối mà động cơ không đồng bộ được gọi là động cơ có 2, 3, 4 ... cấp tốc độ.

Do đổi nối ở cuộn cảm stato nên các thông số  $R_1, X_1$  cũng bị thay đổi và ngay điện áp pha và ngay điện áp pha đặt vào cuộn dây cũng thay đổi. Vì vậy  $s_K$  và  $M_K$  có thể khác đi.

#### e) Ảnh hưởng của tần số nguồn $f_1$



Hình 7.31: Sự ảnh hưởng của tần số nguồn  $f_1$  đến đặc tính cơ

Khi thay đổi  $f_1$  thì  $\omega_b$  thay đổi nhưng cả  $X_1, X_2$  cũng thay đổi (vì  $X = 2\pi fL$ ) do đó kéo theo cả  $s_K$  và  $M_K$  thay đổi. Hình 7.31a biểu thị đặc tính cơ khi thay đổi tần số nguồn. Khi  $f_1$  giảm thì  $s_K$  và  $M_K$  đều tăng nhưng  $M_K$  tăng mạnh hơn.

Khi  $f_1$  giảm xuống dưới  $f_{dm}$  thì tổng trở các cuộn dây giảm nên nếu giữ nguyên điện áp cấp  $U_{dm}$  thì dòng điện động cơ sẽ tăng, đốt nóng động cơ quá mức. Do vậy, khi  $f_1$  giảm xuống dưới giá trị định mức thì cần phải giảm đồng thời điện áp cấp cho động cơ sao cho:  $\frac{U_{1ph}}{f_1} = const$

Như vậy, moment tới hạn  $M_K$  sẽ giữ không đổi ở vùng  $f_1 < f_{1dm}$  (hình 7.31b). Ở vùng  $f_1 > f_{1dm}$  thì không thể tăng điện áp nguồn cấp mà giữ  $U_1 = U_{1dm}$  nên ở vùng này  $M_K$  sẽ giảm tỉ lệ nghịch với bình phương tần số.

### 4. Điều khiển động cơ điện xoay chiều ba pha không đồng bộ

#### a) Mở máy

Khi đóng điện trực tiếp vào stato không đồng bộ để mở máy thì thoát đầu do rotor chưa quay, hệ số trượt lớn ( $s = 1$ ) nên sức điện động cảm ứng và dòng điện cảm ứng lớn:  $I_{mm} = (5 \div 8) I_{dm}$ . Dòng điện này có giá trị đặc biệt lớn ở các động cơ công suất trung bình và lớn, gây ra nhiệt đốt nóng động cơ và gây xung lực có hại cho động. Tuy dòng điện lớn nhưng moment mở máy lại nhỏ:  $M_{mm} = (0,5 \div 1,5) M_{dm}$ .

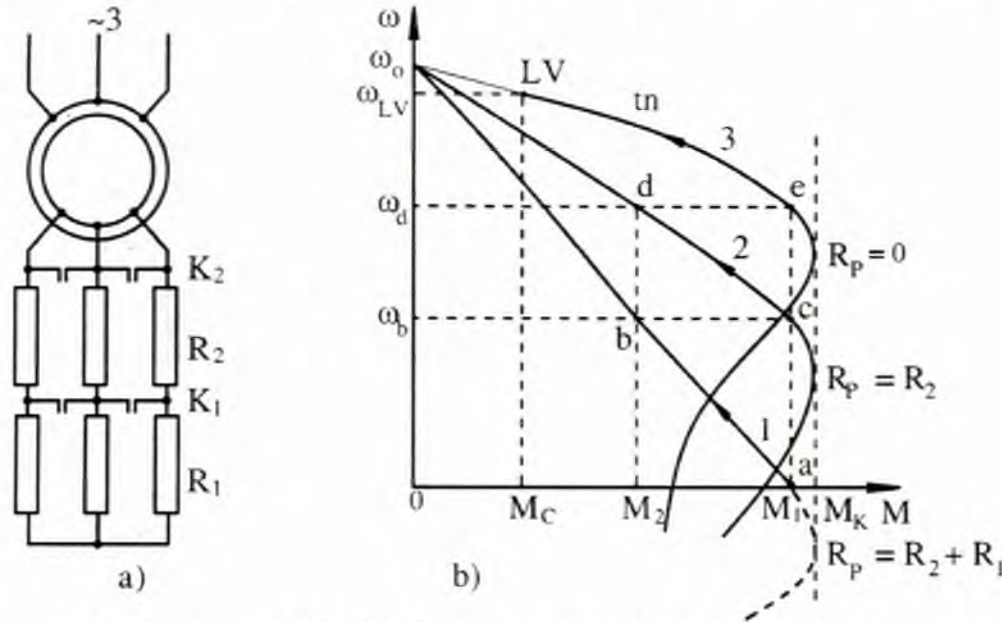


Do vậy, cần phải có biện pháp mở máy để hạn chế dòng điện lúc mở máy và đảm bảo một moment mở máy cần thiết.

Đối với động cơ công suất nhỏ thì có thể mở máy trực tiếp. Những trường hợp không mở máy trực tiếp thì có thể thực hiện một trong các phương pháp mở máy gián tiếp sau:

❖ **Mở máy bằng điện trở đối xứng ở mạch rotor**

Phương pháp này chỉ dùng được cho động cơ không đồng bộ rotor dây quấn.



**Hình 7.32:** a) Sơ đồ mở máy động cơ KĐB qua 2 cấp điện trở  
b) Các đặc tính cơ khi mở máy

Hình 7.32 trình bày sơ đồ nguyên lý nối dây động cơ không đồng bộ rotor dây quấn để mở máy qua hai cấp điện trở phụ  $R_1, R_2$  ở cả ba pha rotor. Đây là sơ đồ mở máy với các điện trở mở máy đối xứng ở mạch rotor.

Lúc bắt đầu đóng điện vào stato, các contactor  $K_1, K_2$  đều mở. Mỗi pha cuộn dây rotor được nối với cả hai điện trở ( $R_1 + R_2$ ) nên đặc tính cơ là đường (1). Động cơ bắt đầu mở máy với moment  $M_{mm} = M_1$  và bắt đầu tăng tốc theo đặc tính (1) từ điểm (a). Tới điểm (b), tốc độ động cơ đạt  $\omega_b$  và moment giảm còn  $M_2$  thì tiếp điểm  $K_1$  đóng lại. Các điện trở phụ  $R_1$  nối tắt, không tham gia vào mạch điện rotor. Động cơ chuyển điểm làm việc từ b trên đặc tính (1) sang điểm (c) trên đặc tính (2) ( $\omega_b = \omega_c$ ) tương ứng với điện trở pha rotor là  $R_2$ . Moment động cơ tăng từ  $M_2$  lên  $M_1$  và động cơ tiếp tục tăng tốc từ điểm c đến điểm d trên đặc tính (2). Tới điểm (d) moment động cơ lại giảm xuống còn  $M_2$ . Lúc này đóng các tiếp điểm  $K_2$ , loại điện trở phụ  $R_2$  ra khỏi mạch rotor. Động cơ lại chuyển điểm làm việc từ d (trên đặc tính cơ 2) sang điểm (e) trên đặc tính cơ tự nhiên (tn) với cùng tốc độ  $\omega_d = \omega_e$ . Moment động cơ lại tăng lên  $M_1$  và tiếp tục tăng tốc từ  $\omega_e$  lên  $\omega_{LV}$  tại điểm làm việc LV. Ở đó thì  $M_D = M_C$  và động cơ quay đều với  $\omega_{LV}$ .

Để các điểm chuyển đổi b, d ứng với cùng moment  $M_2$  và các điểm (a), (c), (e) ứng với cùng moment  $M_1$  thì các điện trở phụ  $R_1, R_2$  phải được tính chọn theo phương pháp riêng. Thông thường moment chuyển đổi được chọn trong giới hạn:

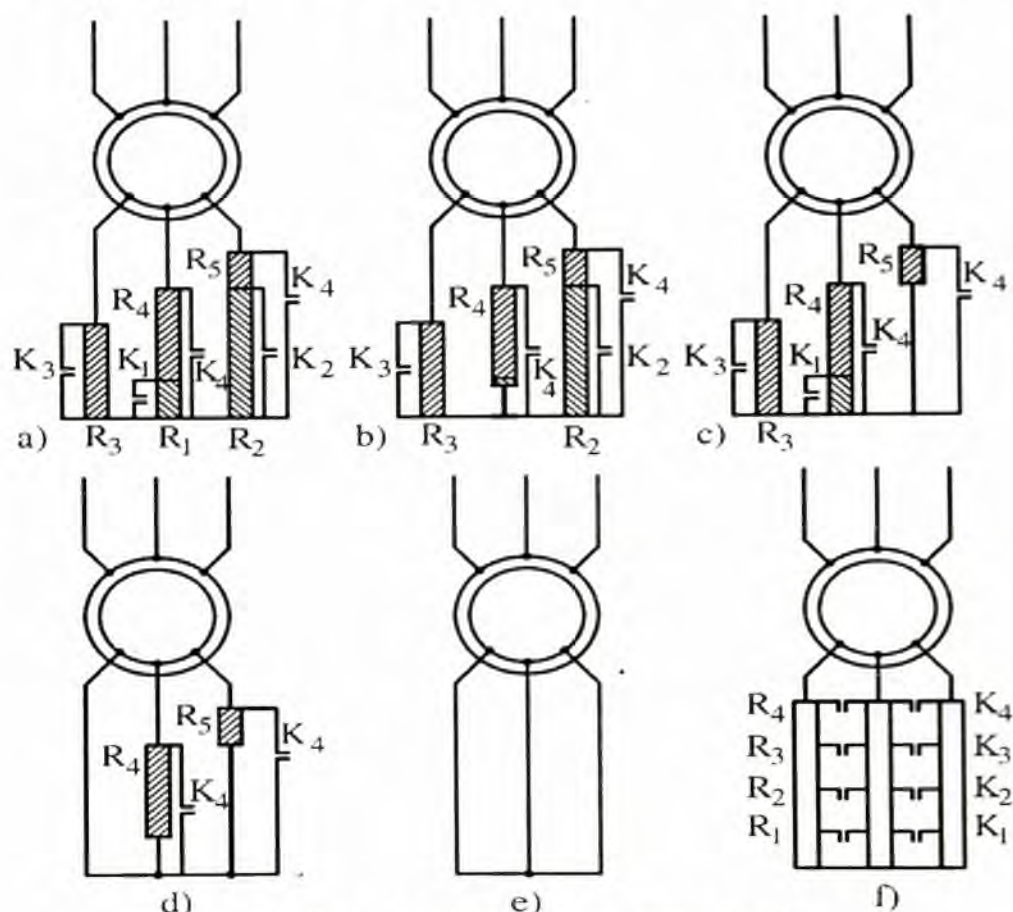
$$M_1 = (2 \div 2,5) M_{dm}, M_2 = (1,1 \div 1,3) M_{dm} \tag{7-25}$$



❖ **Mở máy bằng điện trở không đối xứng ở mạch rotor**

Phương pháp này không đòi hỏi các điện trở mở máy ở các pha rotor giống nhau và khi cắt giảm điện trở cũng không cần đều nhau.

Hình 7.33 biểu thị một động cơ rotor dây quấn được mở máy qua bốn cấp điện trở với các điện trở mở máy  $R_1, R_2, R_3, R_4$  và  $R_5$  bố trí không đối xứng ở mạch rotor.



Hình 7.33: Sơ đồ mở máy với 4 cấp điện trở không đối xứng ở mạch rotor

Lúc mới đóng điện, toàn bộ các điện trở được đưa vào mạch rotor, các tiếp điểm đều mở xem hình 7.33a. Trong quá trình tăng tốc của động cơ, các điện trở lần lượt được tách ra khỏi mạch rotor nhờ tác động của các contactor theo thứ tự  $K_1, K_2, K_3$  và  $K_4$  xem hình 7.33b, c, d và e. Hai điện trở  $R_4$  và  $R_5$  được tách ra khỏi mạch rotor cùng một lúc nên thuộc cùng một cấp điện trở.

Trường hợp này mà dùng phương pháp điện trở đối xứng bình thường thì phải cần đến 12 điện trở như hình 7.33f. Phương pháp mở máy bằng điện trở không đối xứng ở mạch rotor thường dùng với các bộ khống chế lực để kết hợp với việc tạo ra các tốc độ khác nhau khi vận hành cũng như để đưa động cơ về tốc độ thấp trước khi dừng nhằm đảm bảo dừng chính xác.

❖ **Mở máy bằng điện trở hoặc điện kháng nối tiếp mạch stato**

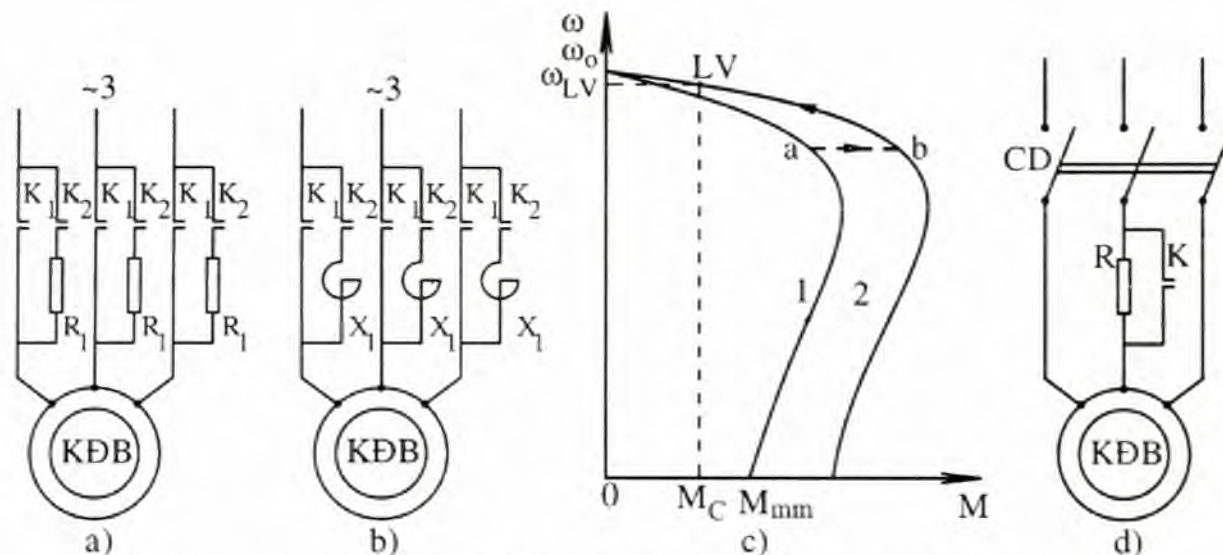
Phương pháp này có thể áp dụng cho cả hai loại rotor lồng sóc và dây quấn. Do có điện trở hoặc điện kháng nên tổng trở mạch stato tăng và dòng điện mở máy của động cơ giảm đi, nằm trong giá trị cho phép. Tất nhiên moment mở máy cũng giảm.



Lúc mở máy các tiếp điểm  $K_2$  đóng,  $K_1$  mở để điện trở xem hình 7.34a hoặc điện kháng xem hình 7.34b tham gia vào mạch stato nhằm hạn chế dòng điện mở máy. Khi tốc độ động cơ đã tăng đến một mức nào đó (tùy theo hệ truyền động) thì các tiếp điểm  $K_1$  đóng,  $K_2$  mở để loại điện trở hoặc điện kháng ra khỏi mạch stato. Động cơ chuyển điểm làm việc từ điểm a trên đặc tính (1) sang điểm b trên đặc tính (2) và tăng tốc đến tốc độ làm việc. Quá trình mở máy kết thúc.

Sơ đồ hình 7.34a, b là mở máy với một cấp điện trở hoặc điện kháng ở mạch stato. Có thể mở máy với nhiều cấp điện trở hoặc điện kháng khi công suất động cơ lớn. Phương pháp này thường dùng cho động cơ cao áp.

Hình 7.34d trình bày trường hợp mở máy đơn giản theo phương pháp điện trở không đối xứng ở mạch stato.



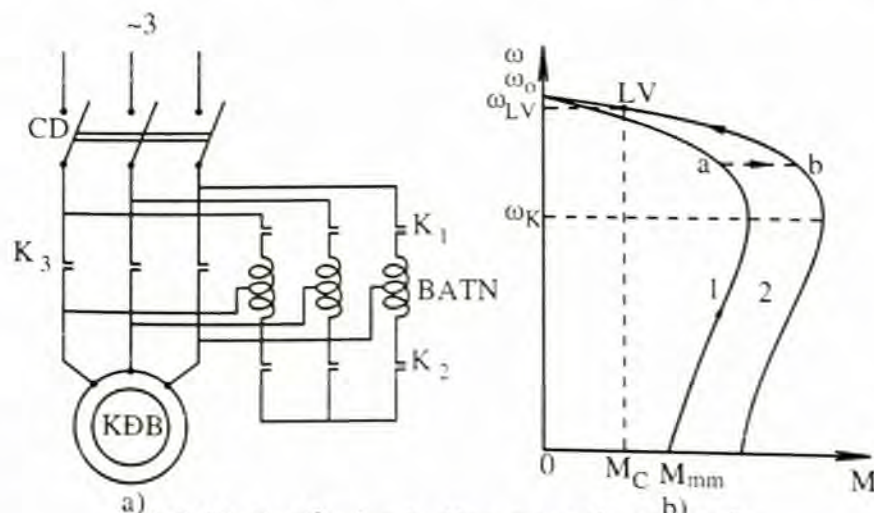
Hình 7.34: Sơ đồ mở máy bằng điện trở hoặc điện kháng nối tiếp mạch stato

Lúc đầu mới đóng điện thì tiếp điểm K mở để động cơ mở máy qua điện trở R ở một pha. Sau đó động cơ đóng để động cơ làm việc bình thường. Đây là trường hợp cần giảm moment mở máy cho động cơ công suất nhỏ và trung bình mà không cần hạn chế dòng điện mở máy. Phương pháp này đơn giản, rẻ mà vẫn đáp ứng được yêu cầu cần thiết.

Nếu có yêu cầu hạn chế dòng điện mở máy thì dùng phương pháp mở máy qua điện trở, điện kháng đối xứng.

#### ❖ Mở máy dùng biến áp tự ngẫu

Phương pháp này được sử dụng để đặt một điện áp thấp cho động cơ lúc mở máy nhằm giảm điện áp, do đó giảm dòng điện lúc mở máy nhưng cũng kéo theo giảm moment mở máy xem hình 7.35. Lúc mở máy, các tiếp điểm  $K_1, K_2$  đóng,  $K_3$  mở.



Hình 7.35: Sơ đồ mở máy dùng máy biến áp tự ngẫu



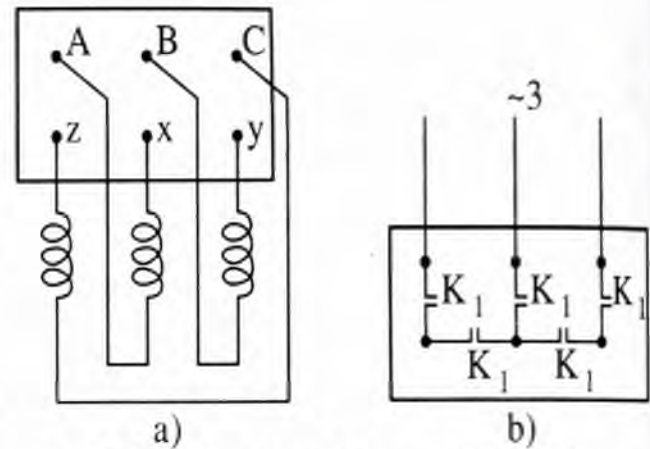
Khi tốc độ động cơ đạt tới tốc độ định mức như mong muốn thì các tiếp điểm  $K_1$ ,  $K_2$  mở sau đó các tiếp điểm  $K_3$  đóng, thì quá trình mở máy kết thúc.

Phương pháp mở máy này chỉ sử dụng cho các động cơ mà moment cản của chúng nhỏ, nếu moment cản quá lớn thì rất có hại cho động cơ, vì xảy ra hiện tượng quá tải (Overload).

#### ❖ Mở máy đổi nối sao (∧) – tam giác (Δ)

Với động cơ không đồng bộ làm việc bình thường ở sơ đồ mắc tam giác (Δ) các cuộn dây stator thì khi mở máy thì khi mở máy có thể mắc theo sơ đồ hình sao (∧). Thực chất của phương pháp là giảm điện áp đặt vào các cuộn dây stator khi đổi nối vì  $U_{ph} = U_d$  khi mắc Δ còn khi mắc ∧ thì điện áp giảm đi  $\sqrt{3}$  lần:  $U_{ph} = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$ .

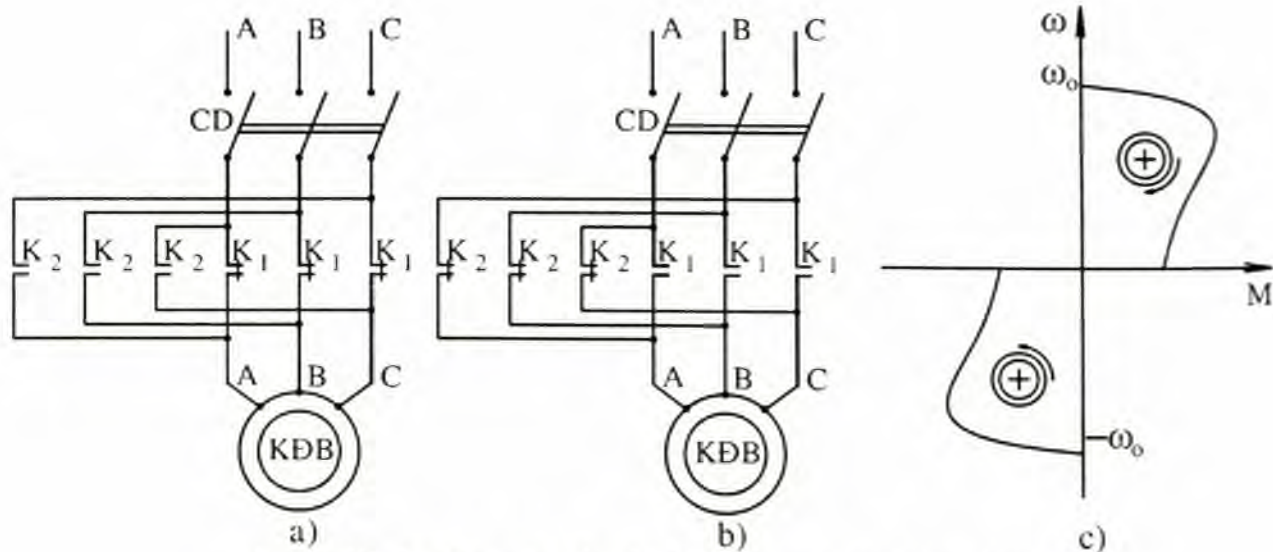
Hộp nối dây của động cơ không đồng bộ như hình 7.36 và khi mở máy thì các tiếp điểm  $K_1$  đóng,  $K_2$  mở. Sau đó,  $K_1$  mở,  $K_2$  đóng và quá trình mở máy kết thúc.



Hình 7.36: Hộp nối dây động cơ KĐB khi mở máy bằng đổi nối sao – tam giác

#### b) Đảo chiều quay động cơ không đồng bộ

Đảo chiều quay của động cơ điện xoay chiều ba pha không đồng bộ, phải đảo chiều quay của từ trường quay do stator tạo ra. Muốn vậy chỉ cần đảo chỗ hai pha bất kỳ trong 3 pha của nguồn cấp cho stator. Hình 7.37a, b cho sơ đồ nguyên tắc đảo chiều quay động cơ không đồng bộ nhờ đảo chỗ hai pha A và C qua các tiếp điểm contactor  $K_1$  và  $K_2$ . Đặc tính cơ khi đảo chiều quay như hình 7.37c.



Hình 7.37: Sơ đồ nguyên tắc đảo chiều quay và đặc tính cơ tương ứng

Ban đầu  $K_1$  đóng,  $K_2$  mở động cơ KĐB quay theo chiều thuận, khi muốn cho động cơ quay theo chiều ngược thì lúc đó điều khiển sao cho  $K_1$  mở,  $K_2$  đóng. Như vậy, phase A và C đổi chỗ cho nhau còn phase B giữ nguyên. Một điều chú ý ở đây là khi thiết kế mạch điều khiển phải tính toán làm sao để  $K_1$  và  $K_2$  không được phép làm việc đồng thời cùng một lúc rất nguy hiểm.

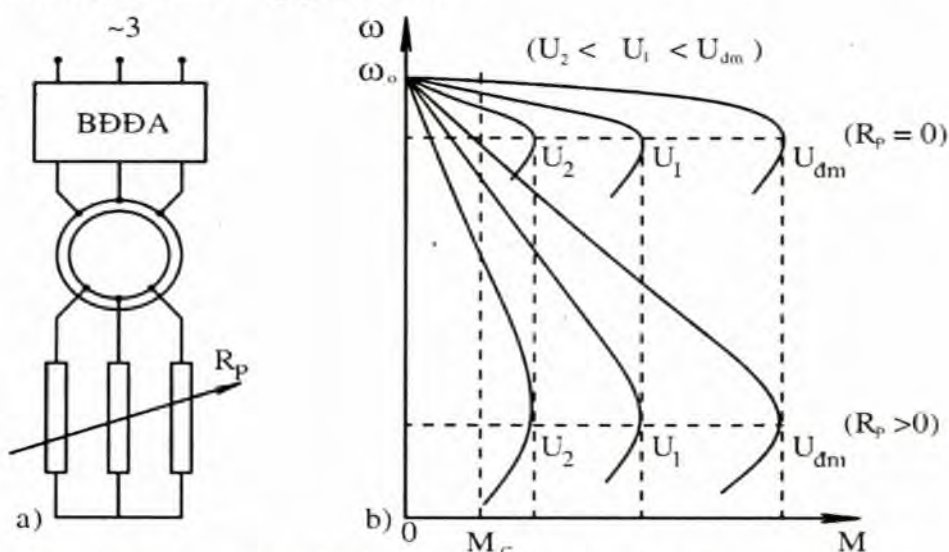


### c) Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ

#### ❖ Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp nguồn cấp vào stato

Ở một tần số nhất định, moment cực đại của động cơ không đồng bộ tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào phần cảm (stato). Để thay đổi điện áp cấp cho phần cảm phải dùng bộ biến đổi điện áp xoay chiều.

Bộ biến đổi điện áp có thể là một máy biến áp tự ngẫu, một máy biến áp nhiều đầu ra hay một bộ biến đổi điện áp bán dẫn dùng Thyristor (SCR). Hình 7.38 trình bày sơ đồ nối dây và các đặc tính cơ khi thay đổi điện áp phần cảm.



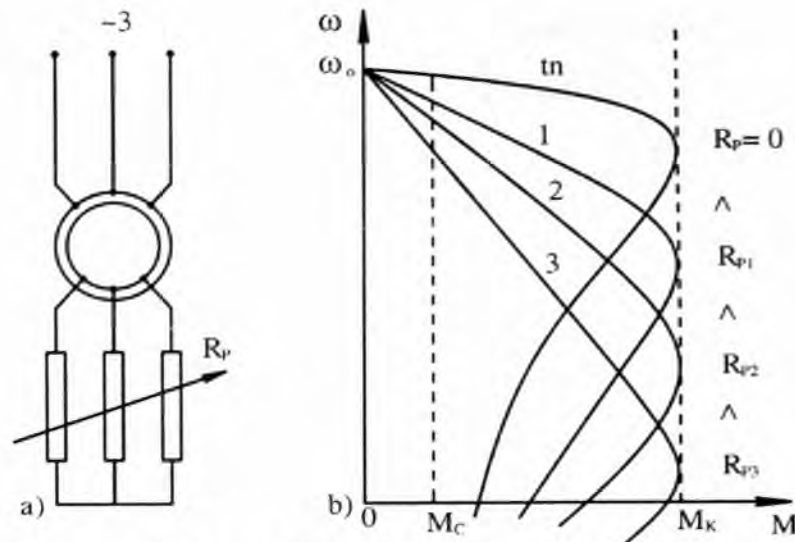
Hình 7.38: a) Sơ đồ điều chỉnh điện áp động cơ KĐB  
b) Các đặc tính cơ tương ứng khi thay đổi điện áp

#### Nhận xét:

- Phương pháp này chỉ thay đổi về phía giảm áp nên chỉ thay đổi tốc độ về phía giảm.
- Khi điện áp giảm, moment tới hạn (\$M\_K\$) của động cơ giảm mạnh trong khi tốc độ không tải (hay tốc độ đồng bộ) giữ nguyên nên khi điều chỉnh về tốc độ nhỏ thì độ ổn định tốc độ kém hơn.
- Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ thường có độ trượt tới hạn nhỏ hơn nên phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần cảm thường kết hợp với việc tăng điện trở phụ ở phần ứng để tăng độ trượt tới hạn, do đó tăng được dải điều chỉnh lớn hơn. Tất nhiên là chỉ áp dụng cho động cơ không đồng bộ rotor dây quấn.

#### ❖ Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ ở mạch rotor

Phương pháp này chỉ áp dụng cho động cơ không đồng bộ rotor dây quấn và được áp dụng rất rộng rãi do tính chất đơn giản của phương pháp. Sơ đồ nguyên lý và các đặc tính cơ khi điều chỉnh tốc độ như hình 7.39.



Hình 7.39: Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ ở mạch phần ứng

**Nhận xét:**

- Phương pháp này chỉ cho điều chỉnh tốc độ về phía giảm.
- Càng giảm, tốc độ động cơ càng kém ổn định trước sự thay đổi của moment tải.
- Dải điều chỉnh phụ thuộc trị số moment tải. Moment tải càng nhỏ thì dải điều chỉnh càng hẹp.
- Khi điều chỉnh sâu (tốc độ nhỏ) thì độ trượt động cơ tăng và tổn hao năng lượng càng lớn.
- Phương pháp này có thể điều chỉnh trơn nhờ biến trở nhưng do dòng phần ứng lớn nên thường chỉ được điều chỉnh theo cấp độ.

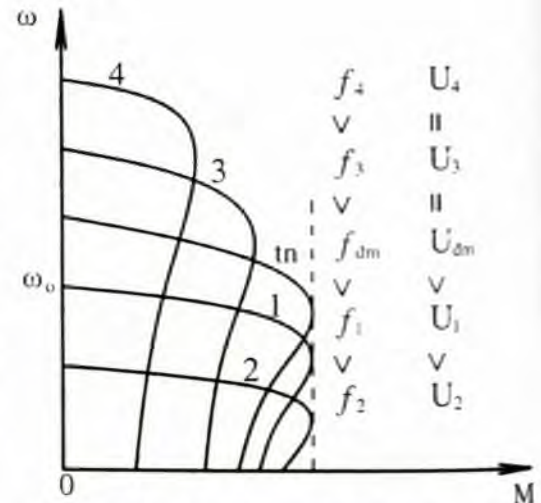
**❖ Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số của nguồn cấp**

Thay đổi tần số của nguồn điện cấp cho động cơ là thay đổi tốc độ không tải lý tưởng và cả moment tối hạn. Tần số càng cao thì tốc độ động cơ càng lớn.

Việc điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách thay đổi tần số thường kéo theo điều chỉnh điện áp hay dòng điện hoặc từ thông của mạch điện stato.

Đặc tính cơ khi thay đổi tần số nguồn cùng với việc giữ luật điều chỉnh tần số – điện áp sao cho  $\frac{U}{f} \sim const$  (phần  $f < f_{dm}$ ) được biểu diễn trên hình 7.40.

Khi  $f > f_{dm}$  thì do không thể tăng  $U > U_{dm}$  nên các đường đặc tính cơ bị giảm giá trị moment tối hạn.



Hình 7.40: Đặc tính cơ khi thay đổi tần số kết hợp thay đổi điện áp

**❖ Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực của động cơ**

Đây là cách điều chỉnh tốc độ có cấp. Đặc tính cơ thay đổi vì tốc độ đồng bộ (tốc độ không tải) thay đổi theo số đôi cực ( $\omega_o = \frac{2\pi \cdot f}{p}$  hay  $n_o = \frac{60f}{p}$ ). Do số đôi cực p chỉ có thể là số



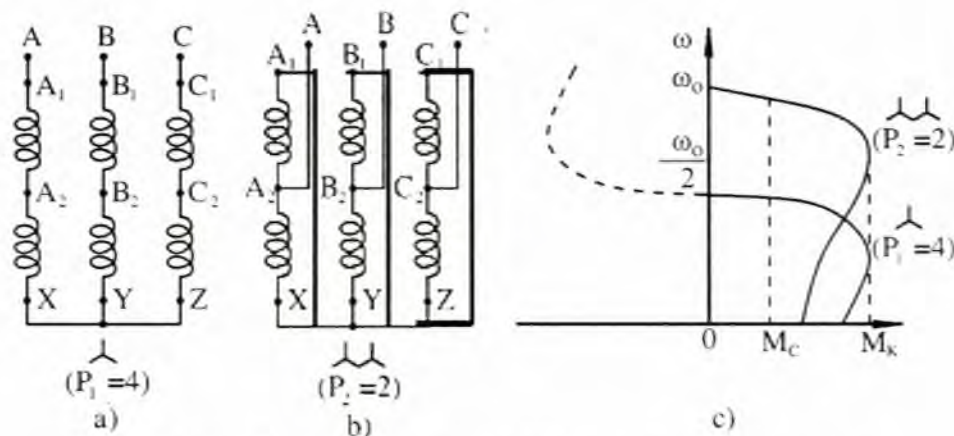
nguyên ( $p = 1, 2, 3, \dots$ ) nên đối với động cơ không đồng bộ làm việc ở lưới điện xoay chiều tần số 50 Hz chỉ có thể có những tốc độ đồng bộ sau:

$$n_o = \frac{60 \times 50}{p} = 3000; 1500; 1000; 750; 600 \dots \left( \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right) \quad (7-26)$$

ứng với ( $p = 1$ ); ( $p = 2$ ); ( $p = 3$ ); ( $p = 4$ ); ( $p = 5$ )

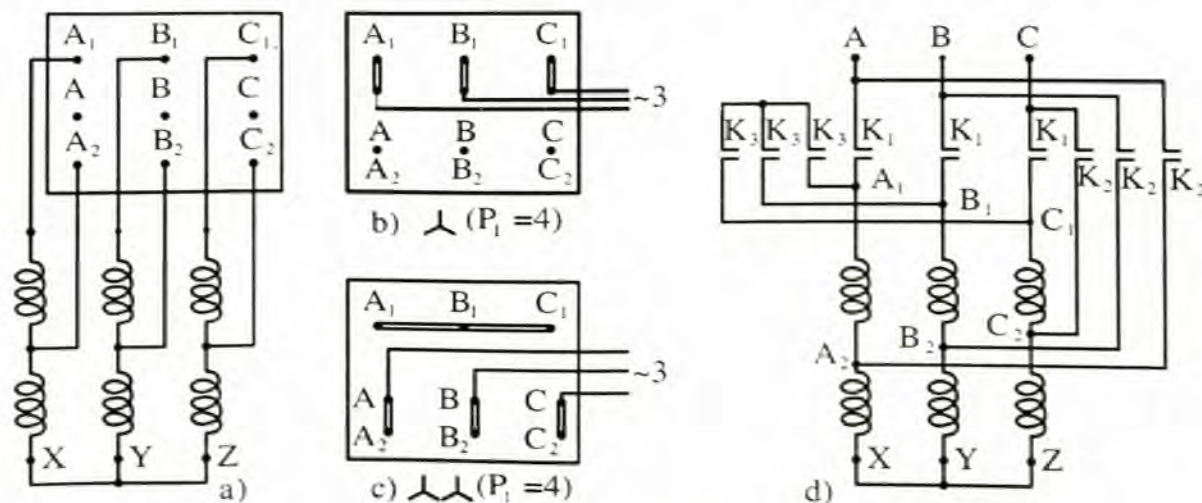
Động cơ không đồng bộ thường được chế tạo với số đôi cực  $p$  cố định. Số đôi cực  $p$  là do cách quấn các cuộn dây stato quyết định. Động cơ không đồng bộ thay đổi được số đôi cực là động cơ được chế tạo đặc biệt để cuộn dây stato có thể thay đổi được cách nối tương ứng với số đôi cực khác nhau. Các đầu dây để đổi nối được đưa ra hộp đấu dây ở vỏ động cơ.

Số đôi cực của cuộn dây rotor cũng phải tương ứng với số đôi cực của cuộn dây stato. Điều này khó thực hiện đối với động cơ rotor dây quấn. Đối với động cơ rotor lồng sóc thì nó còn có khả năng tự thay đổi số đôi cực tương ứng với stato. Vì vậy, phương pháp này được sử dụng chủ yếu cho động cơ rotor lồng sóc.



Hình 7.41: Đổi nối đôi cực theo tỉ lệ 2 : 1 và đặc tính cơ tương ứng

Hình 7.41 là sơ đồ nguyên lý chuyển đổi cuộn dây stato có số đôi cực  $p_1 = 4$ , xem hình 7.10a sang số đôi cực  $p_2 = 2$ , xem hình 7.41b hoặc ngược lại. Tỷ lệ chuyển đổi là 2:1 với cách đổi nối là sao/sao kép (A/A/A). Khi đổi số đôi cực, moment tới hạn được giữ nguyên, xem hình 7.41c.



Hình 7.42: Cách đổi nối sao - sao kép ở hộp đấu dây và sơ đồ đổi nối



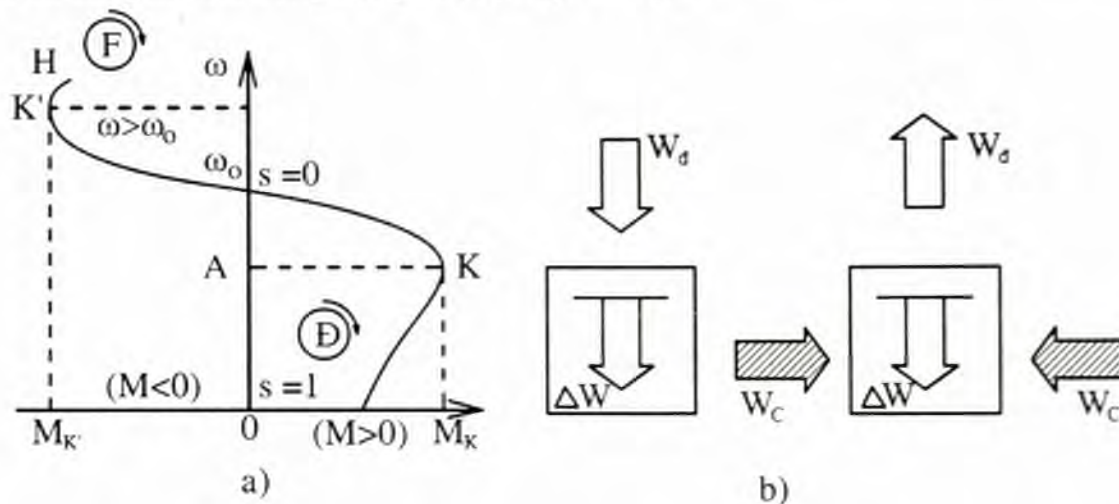
Các đầu dây stato được đưa ra hộp đấu dây xem hình 7.42a. Khi cần nối cố định theo hình sao (Y) để có số đôi cực  $p_1 = 4$  các thanh nối được nối xem hình 7.42b. Tốc độ đồng bộ của động cơ sẽ là  $n_{01} = 750$  (vòng/phút). Khi cần nối cố định theo hình Y-Y để có số đôi cực  $p_2 = 2$ , các thanh nối được nối xem hình 7.42c. Tốc độ đồng bộ tương ứng của động cơ là  $n_{02} = 1500$  (vòng/phút).

Trường hợp cần chuyển đổi Y ↔ Y-Y thì các đầu dây phải được nối qua các tiếp điểm contactor như hình 7.42d. Nối Y thì  $K_1$  đóng còn  $K_2$  và  $K_3$  mở. Nối Y-Y thì  $K_1$  mở còn  $K_2, K_3$  đóng.

#### d) Hãm điện động cơ không đồng bộ

##### ❖ Hãm tái sinh

Khi tốc độ động cơ vượt quá tốc độ đồng bộ  $\omega_b$  thì nó làm việc ở chế độ hãm tái sinh. Lúc này động cơ trở thành máy phát điện trả điện năng về lưới điện và tạo ra moment hãm ngược chiều với chiều mà động cơ đang quay. Vì tốc độ lúc hãm lớn  $\omega > \omega_b$  nên hãm tái sinh không dùng để hãm dừng mà chỉ dùng trong trường hợp hãm ghìm.



Hình 7.43: Đặc tính hãm tái sinh và đường truyền năng lượng

Do lúc hãm tái sinh  $\omega > \omega_b$  nên đoạn đặc tính hãm tái sinh AK'H xem hình 7.43a nằm ở góc phần tư thứ hai ứng với độ trượt  $s < 0$ . Đường truyền năng lượng khi hãm tái sinh động cơ không đồng bộ xem hình 7.43b.

##### ❖ Hãm ngược

###### ➤ Hãm ngược nhờ thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng

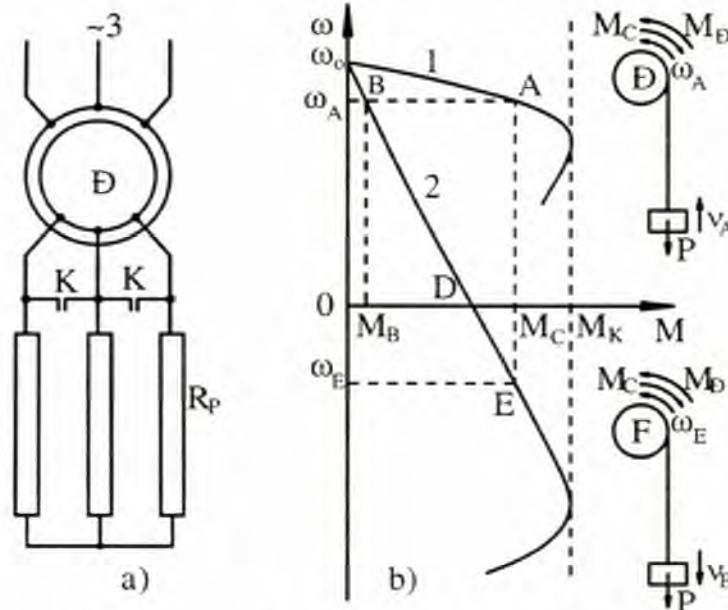
Phương pháp này chỉ áp dụng cho động cơ điện rotor dây quấn truyền động các cơ cấu nâng - hạ. Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ (1) ở góc phần tư thứ I để nâng tải với tốc độ  $\omega_A$  xem hình 7.44. Lúc này các tiếp điểm K đóng. Để dừng vật và hạ xuống, động cơ được nối thêm điện trở phụ  $R_p$  vào mạch phản ứng nhờ mở các tiếp điểm K (contactor K thôi tác động). Đặc tính cơ tương ứng là đặc tính (2) rất dốc.

Động cơ chuyển điểm làm việc từ A trên đường (1) sang B trên đường (2) với cùng tốc độ  $\omega_A$ . Bây giờ moment động cơ  $M_D = M_B < M_C$  nên động cơ giảm tốc độ. Vật dẫn được nâng lên với tốc độ nhỏ dần. Điểm làm việc của động cơ dịch từ B xuống D theo đặc tính (2). Tới D thì  $\omega = 0$  và vật dừng lại. Do tải trọng gây moment  $M_C > M_D$  nên vật bắt đầu tụt xuống. Chiều quay  $\omega$  đảo lại ( $\omega < 0$ ). Động cơ vẫn sinh moment dương nhưng vì  $M_D < M_C$  nên vật vẫn tiếp tục tụt



xuống và lúc này động cơ làm việc ở trạng thái hãm ngược. Đặc tính hãm ngược nằm ở góc phần tư thứ IV. Điểm làm việc của động cơ khi hãm chuyển dịch theo đặc tính hãm từ D đến E. Tại E thì  $M_D = M_E = M_C$  và động cơ quay đều, hãm ghìm vật để hạ vật xuống đều với tốc độ  $\omega_E$ .

Ở chế độ này, moment động cơ sinh ra là moment cản chuyển động xuống của vật còn moment tải trọng là moment gây ra chuyển động xuống. Động cơ làm việc ở chế độ máy phát điện.



Hình 7.44: Đặc tính hãm ngược khi thêm điện trở phụ vào mạch phần ứng

### ➤ Hãm ngược nhờ đảo chiều quay

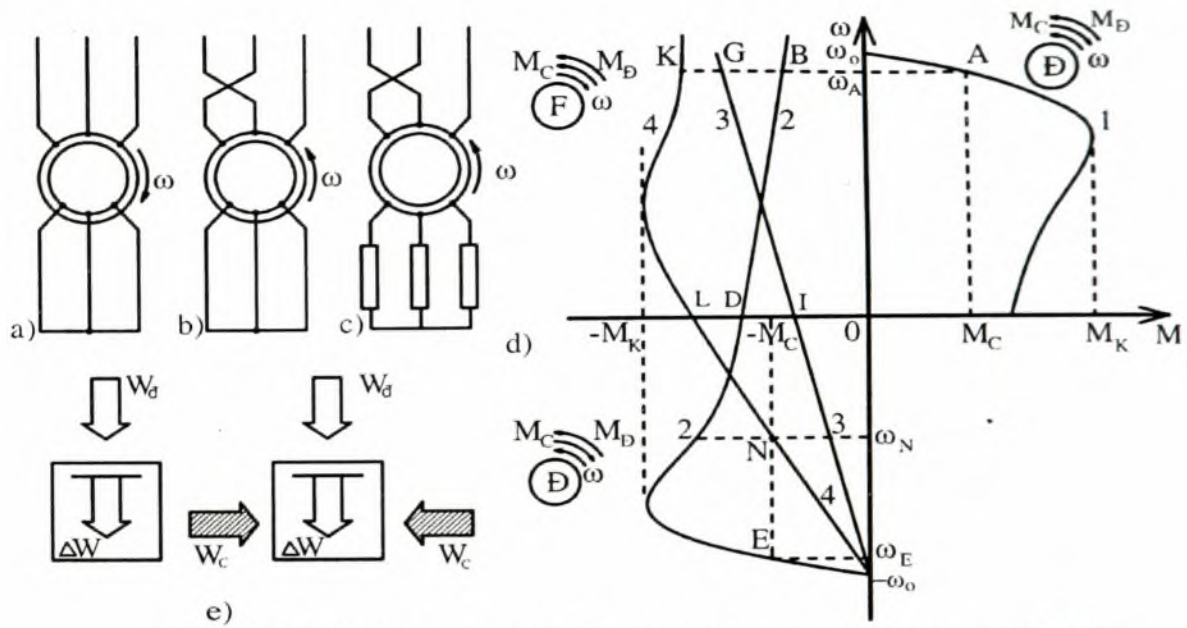
Giả sử động cơ không đồng bộ (KĐB) rotor dây quấn đang đóng điện quay thuận (hình 7.45a) làm việc với tải có moment phản kháng tại điểm A trên đặc tính cơ tự nhiên (1) (hình 7.45d). Để hãm máy, động cơ được đảo chiều quay nhờ đảo vị trí hai trong ba pha (hình 7.45b) cấp điện cho stato.

Động cơ chuyển điểm làm việc từ A trên đặc tính cơ (1) sang B trên đặc tính cơ (2) với cùng tốc độ  $\omega_A$  (do quán tính cơ). Quá trình hãm nối ngược bắt đầu. Khi tốc độ động cơ giảm theo đặc tính (2) đến điểm D thì  $\omega = 0$ . Lúc này, nếu cắt điện thì động cơ sẽ dừng. Đoạn hãm ngược ( $M_D < 0$ ,  $\omega_D > 0$ ) là BD. Nếu không cắt điện khi  $\omega = 0$  thì như hình 7.45d, động cơ có moment  $M_D > M_C$  nên bắt đầu tăng tốc, mở máy quay ngược lại theo đặc tính cơ (2) và làm việc ổn định tại điểm E với tốc độ  $\omega_E$  theo chiều ngược lại.

Khi động cơ hãm nối ngược theo đặc tính cơ (2), điểm B ứng với moment âm trị số nhỏ nên tác dụng hãm không hiệu quả. Thực tế, phải tăng cường moment hãm ban đầu ( $M_h \sim 2,5 M_{dm}$ ) nhờ vào đảo chiều quay của từ trường stato, vừa đưa thêm điện trở vào mạch rotor để động cơ hãm ngược theo đặc tính (4) (đoạn KL) với moment hãm ban đầu  $M_K$  đủ lớn. Tới điểm L thì  $\omega = 0$ . Lúc này nếu cắt điện thì động cơ sẽ dừng. Nếu không cắt điện thì động cơ sẽ tăng tốc theo chiều ngược lại tới điểm N. Nếu lúc này lại cắt điện trở phụ thì động cơ sẽ chuyển điểm làm việc sang đặc tính cơ (2) và tăng tốc tiếp đến điểm E.

Trường hợp điện trở phụ  $R_p$  (hình 7.44c) quá lớn, động cơ có đặc tính (3) khi hãm nối ngược thì quá trình hãm kết thúc tại điểm I. Động cơ không thể tăng tốc chạy ngược vì độ lớn

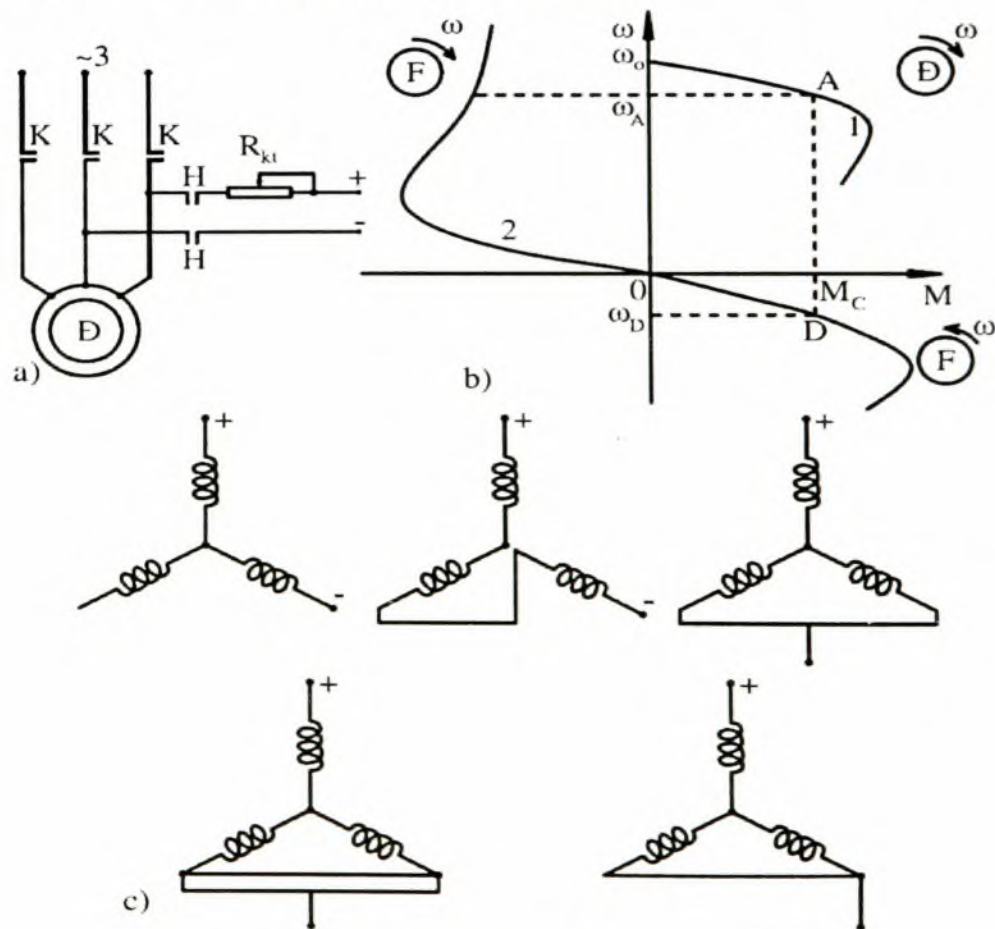
(giá trị tuyệt đối)  $M_l < M_C$ . Đường truyền năng lượng khi hãm ngược động cơ không đồng bộ như hình 7.44e.



Hình 7.45: Sơ đồ đấu dây, đặc tính hãm ngược và đường truyền năng lượng khi hãm ngược động cơ nhờ hãm chiều quay

### ❖ Hãm động năng

➤ Hãm động năng kích từ độc lập hay kích từ ngoài



Hình 7.46: Hãm động năng kích từ độc lập



Để hãm động năng kích từ độc lập một động cơ không đồng bộ đang làm việc ở chế độ động cơ, ta phải cắt stato ra khỏi lưới điện xoay chiều (mở các tiếp điểm K) rồi cấp vào stato dòng điện một chiều để kích từ (đóng các tiếp điểm H). Thay đổi dòng kích từ nhờ  $R_{kt}$  (hình 7.46a)

Vì cuộn stato là ba pha nên khi cấp kích từ một chiều phải tiến hành đổi nối và có thể thực hiện theo một trong các sơ đồ hình 7.46c.

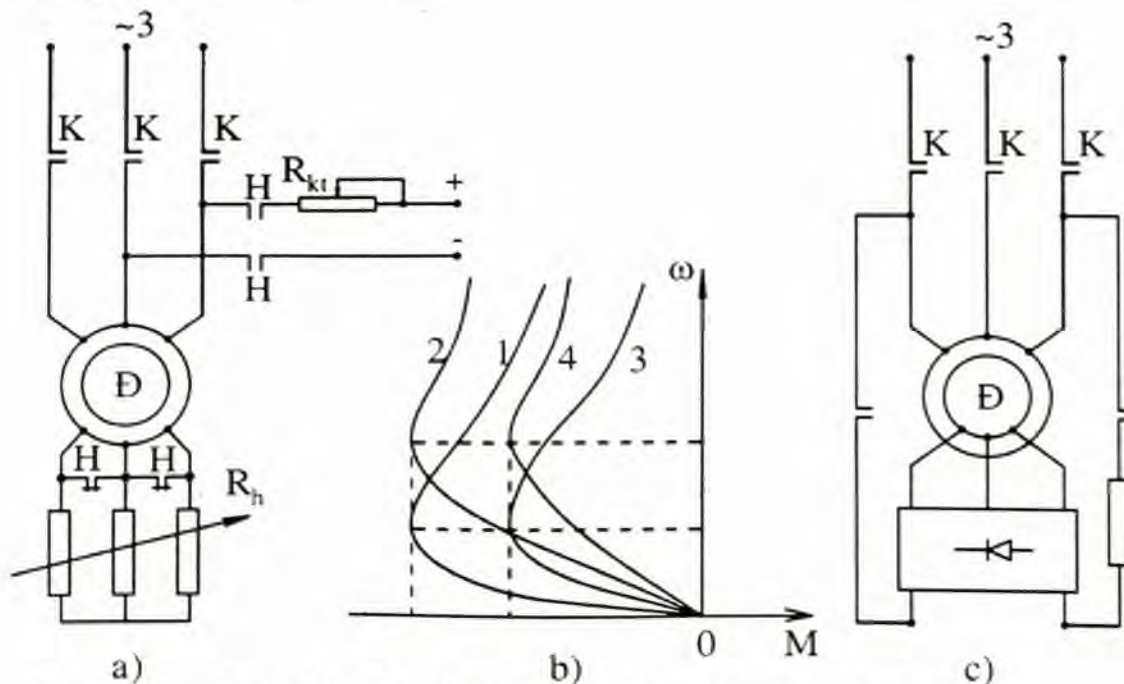
Do động năng tích lũy, rotor tiếp tục quay trong từ trường một chiều vừa được tạo ra. Trong các cuộn dây phần ứng xuất hiện một dòng điện cảm ứng. Lực từ trường tác dụng vào dòng điện cảm ứng sẽ tạo ra moment hãm và rotor quay chậm dần. Động cơ làm việc ở chế độ máy phát điện. Động năng của hệ qua động cơ sẽ biến đổi thành điện năng tiêu thụ trên điện trở ở mạch rotor.

Giả sử, trước khi hãm, động cơ làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ (1) (hình 7.46b) thì khi hãm động năng, động cơ chuyển sang làm việc tại điểm B trên đặc tính (2) ở góc phần tư thứ II.

Tốc độ động cơ giảm dần theo đặc tính hãm về 0 theo đoạn BO. Tại điểm O, động cơ sẽ dừng nếu tải là phản kháng. Nếu tải có tính chất thế năng thì động cơ sẽ bị kéo quay ngược, ổn định tại điểm D (góc phần tư thứ IV).

Điện trở mạch rotor và dòng kích từ cấp cho stato lúc hãm động năng có ảnh hưởng tới dạng đặc tính cơ khi hãm. Thay đổi điện trở hãm ở mạch rotor theo sơ đồ hình 7.47a. Đặc tính (1) và (2) ứng với cùng một dòng kích từ ( $I_{kt1} = I_{kt2}$ ) nhưng điện trở hãm trong mạch rotor khác nhau ( $R_{h1} < R_{h2}$ ) (hình 7.47b). Đường đặc tính hãm (3) và (4) có dòng kích từ nhỏ hơn đặc tính hãm (1) và (2) ( $I_{kt3} = I_{kt4} < I_{kt1} = I_{kt2}$ ) và ứng với điện trở hãm khác nhau trong mạch rotor ( $R_{h3} < R_{h4}$ ). Các đặc tính hãm (1) và (3) ứng với các dòng kích từ khác nhau ( $I_{kt1} > I_{kt3}$ ) nhưng cùng một giá trị điện trở hãm ( $R_{h1} = R_{h3}$ ).

➤ Hãm động năng tự kích từ



Hình 7.47: a) Sơ đồ đấu dây động cơ KĐB khi hãm động năng kích từ độc lập  
 b) Các đặc tính cơ khi hãm động năng kích từ độc lập  
 c) Sơ đồ mạch hãm động năng tự kích từ



Trong hãm động năng kích từ độc lập (hay kích từ ngoài), từ trường lúc hãm được tạo ra nhờ nguồn một chiều bên ngoài và có giá trị không đổi. Trong cách hãm động năng tự kích từ, từ trường lúc hãm được tạo ra do chính dòng điện cảm ứng của phần ứng. Dòng cảm ứng xoay chiều sẽ được chỉnh lưu rồi cấp lại kích từ qua điện trở hạn chế xem hình 7.46c. Từ trường hãm sẽ yếu dần khi tốc độ động cơ giảm (vì suất điện động cảm ứng giảm).

❖ **Hãm động cơ KĐB bằng tụ điện**

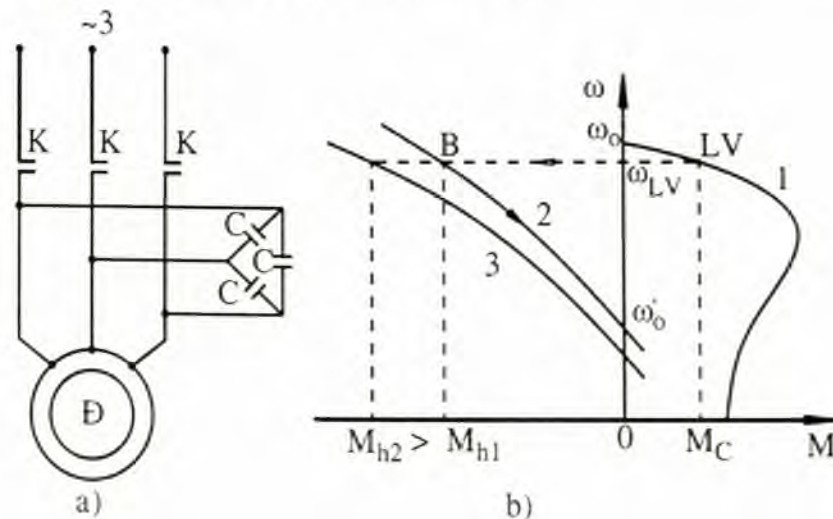
Trong kỹ thuật phương pháp hãm bằng tụ điện cũng được sử dụng phổ biến đối với các động cơ không đồng bộ công suất nhỏ nhằm: dừng nhanh, rút ngắn hành trình hãm, nâng cao độ chính xác khi dừng. Phương pháp này cho kết quả tốt hơn các phương pháp đã nêu ở trên.

Hãm động năng là nhờ cấp dòng một chiều vào stato động cơ khi đã cắt động cơ ra khỏi lưới điện. Dòng một chiều có thể cấp từ một nguồn bên ngoài (hãm kích từ độc lập) hoặc được cấp từ chính dòng điện khi hãm (hãm tự kích từ). Phương pháp này tạo ra moment hãm ban đầu không lớn ở vùng tốc độ cao xem hình 7.48.

Hãm nối ngược nhờ đảo vị trí hai trong ba pha và lúc sắp dừng thì cắt động cơ ra khỏi lưới điện sẽ khó đảm bảo dừng chính xác do tác động của relay kiểm tra tốc độ. Phương pháp này không dùng khi động cơ phải đóng – cắt nhiều lần vì gây ra đốt nóng mạnh trong cuộn dây động cơ.

Hãm cơ học ở tốc độ cao sẽ gây ra mài mòn mạnh ở chỗ phanh và cũng không cho tốc độ dừng chính xác theo yêu cầu.

Hình 7.49a trình bày sơ đồ nguyên lý nối động cơ để hãm bằng tụ điện. Các tụ điện nối tam giác ( $\Delta$ ) được mắc song song với động cơ và chúng được nạp điện đầy khi động cơ làm việc tại điểm làm việc LV trên đặc tính cơ (1) xem hình 7.49b.



Hình 7.49: Hãm động cơ KĐB bằng tụ điện

Khi cắt động cơ ra khỏi lưới điện thì các tụ điện sẽ phóng điện và tạo ra từ trường quay với tốc độ không tải lý tưởng  $\omega_0$  thấp hơn nhiều so với tốc độ không tải lý tưởng  $\omega_0$  của đặc tính



đặc tính cơ (1). Do tốc độ  $\omega_{LV}$  lớn hơn nhiều  $\omega_o$  nên động cơ chuyển sang hãm tái sinh tại điểm B trên đặc tính cơ (2). Tốc độ động cơ giảm nhanh theo đường đặc tính (2) xuống tốc độ  $\omega_o$ . Trị số điện dung của tụ điện càng lớn thì moment hãm ban đầu càng lớn và tốc độ không tải lý tưởng  $\omega_o$  càng nhỏ (đường đặc tính 3), nghĩa là quá trình hãm kéo xuống đến tốc độ thấp hơn, hãm hiệu quả hơn.

Giá trị của điện dung cần chọn sao cho dòng điện hãm ban đầu không vượt quá dòng điện mở máy. Với sơ đồ hình 7.49a thì :

$$C = 3185k \frac{I_{th}}{U_{dm}}, [\mu F] \quad (7-27)$$

Trong đó:  $I_{th}$  – dòng từ hóa một pha của động cơ [A]

$U_{dm}$  - điện áp dây định mức [V]

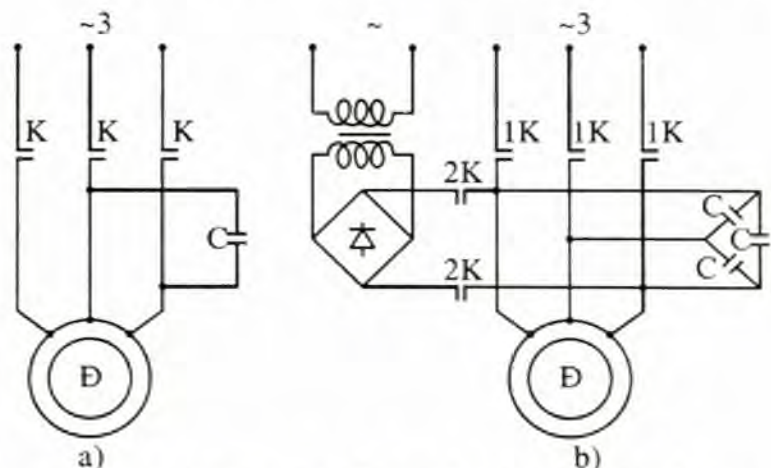
$k$  – hệ số quyết định moment hãm hay dòng điện hãm ban đầu ( $k = 4 \div 6$ ).

Quá trình hãm bằng tụ điện sẽ kết thúc khi tốc độ giảm còn (30 ÷ 40)% giá trị tốc độ định mức và lúc này động cơ đã bị tiêu hao tới ¾ cơ năng dự trữ được khi làm việc. Để dừng hoàn toàn động cơ có thể dùng phanh.

Có thể hãm bằng tụ theo sơ đồ một pha đơn giản như hình 7.50a.

Trường hợp này muốn hiệu lực hãm như sơ đồ ba pha ở hình 7.49a thì phải chọn điện dung của tụ gấp 2,1 lần.

Để khắc phục thiếu sót cơ bản của phương pháp hãm bằng tụ điện là không hãm đến lúc động cơ dừng hoàn toàn, ta có thể sử dụng cách kết hợp hãm bằng tụ điện với hãm động năng như sơ đồ hình 7.50b. Khi kết thúc hãm bằng tụ điện thì đóng contactor 2K để cấp điện một chiều cho hãm động năng.



Hình 7.50: a) Nguyên lý nối dây hãm động cơ KĐB bằng tụ theo sơ đồ một pha

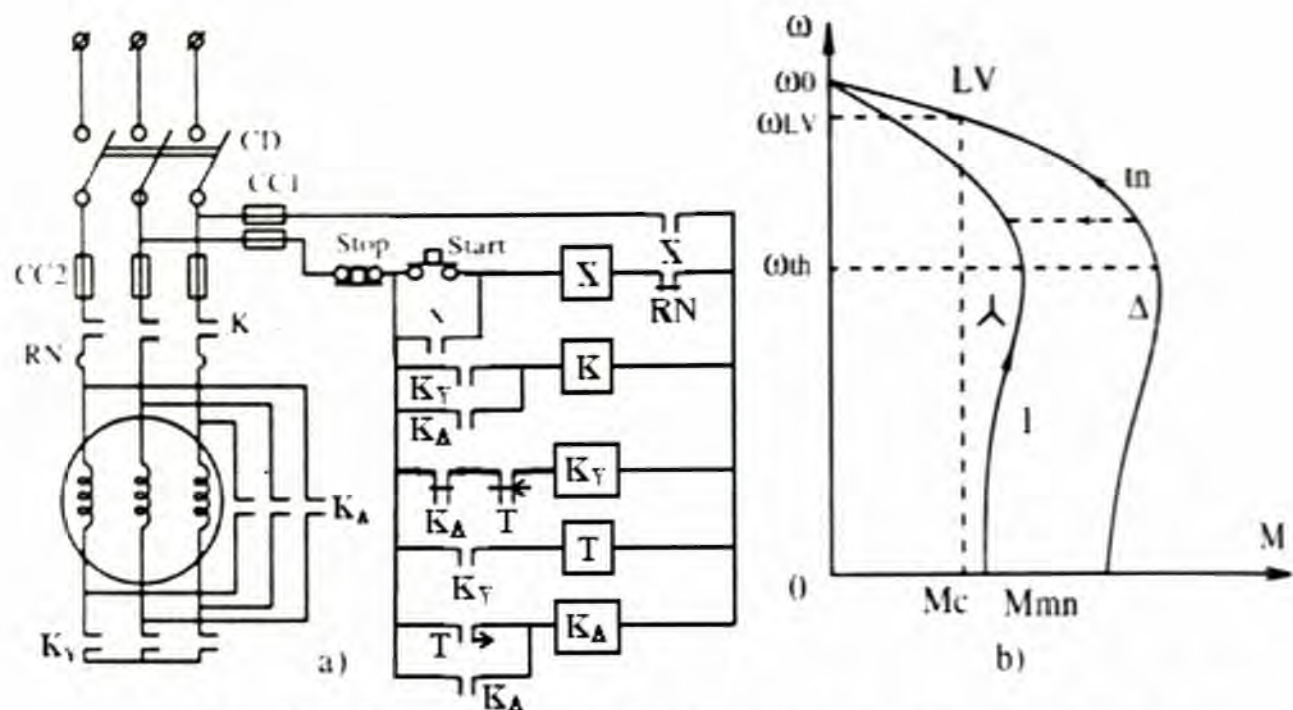
b) Hãm tụ điện kết hợp với hãm động năng

## 5. Một số mạch điện điều khiển động cơ điện ba pha

### 5.1. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc quay 1 chiều, khởi động $\lambda - \Delta$

Sơ đồ mạch điện này được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống tự động điều khiển máy lạnh cũng như trong các quá trình và thiết bị công nghệ hóa học và chỉ sử dụng cho các động cơ làm việc bình thường ở cách nối  $\Delta$ , xem hình 7.51a sơ đồ mạch điện tự động điều khiển động cơ KĐB, 7.10b đường đặc tính cơ.





Hình 7.51: Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB mở máy đổi nối sao – tam giác và đặc tính cơ

Sau khi đóng cầu dao CD, ấn nút "Start", relay trung gian X có điện sẽ đóng tiếp điểm thường mở của X duy trì nguồn điện cho hệ thống làm việc, lúc này contactor  $K_{\Delta}$  chưa có điện trong khi đó  $K_Y$  có điện sẽ đóng các tiếp điểm thường mở của  $K_Y$  và động cơ KĐB 3 phase đang mắc sao ( $\Lambda$ ) đồng thời contactor K và relay thời gian T có điện sẽ cấp nguồn 3 phase cho động cơ mở máy ở chế độ  $\Lambda$  và relay thời gian sẽ đếm thời gian. Động cơ mở máy với điện áp pha giảm  $\sqrt{3}$  lần so với định mức và tăng tốc theo đặc tính cơ (1). Sau thời gian chỉnh định đủ để động cơ tăng tốc vượt qua tốc độ tới hạn của đặc tính (1) thì relay thời gian T tác động nó sẽ ngắt  $K_Y$ , ngắt K đồng thời  $K_{\Delta}$  có điện sẽ đóng tiếp điểm  $K_{\Delta}$ , động cơ lúc này lại đấu tam giác ( $\Delta$ ) đồng thời ngắt relay thời gian T và cấp nguồn lại contactor K trở lại làm việc, cấp nguồn cho cuộn dây stato chuyển sang nối tam giác ( $\Delta$ ) để làm việc ở điện áp định mức. Động cơ chuyển điểm làm việc từ đặc tính (1) sang đặc tính tự nhiên và tiếp tục tăng tốc tới điểm làm việc LV. Quá trình mở máy kết thúc.

Khi dừng, ấn nút "Stop" để cắt điện cuộn X, các tiếp điểm X ở mạch điều khiển mở ra, động cơ bị cắt điện và dừng tự do.

Động cơ được bảo vệ quá tải bằng động cơ của relay nhiệt RN. Khi quá tải vượt mức cho phép, relay nhiệt tác động và mở tiếp điểm thường đóng RN để cắt điện cuộn hút X. Sau khi xử lý sự cố, phải ấn lại nút phục hồi thì mới mở máy lại cho động cơ được.

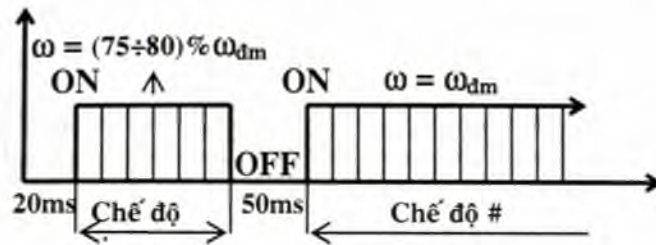
Mạch lực và mạch điều khiển được bảo vệ ngắn mạch bằng các cầu chì.

Sơ đồ còn có tác dụng bảo vệ điện áp thấp và bảo vệ điện áp không. Khi điện áp tụt còn  $(60 \div 85)\% U_{dm}$  hay mất điện ngẫu nhiên thì cuộn hút K nhả và sơ đồ quay về trạng thái ban đầu. Sau đó, dù điện lưới được phục hồi thì động cơ cũng không tự chạy lại. Muốn chạy lại động cơ phải ấn nút "Start". Trong mạch này các khi cụ điện có điện áp làm việc là 380V.

**Chú ý:** có rất nhiều cách để thiết kế mạch điều khiển tự động động cơ KĐB 3 phase, rotor lồng sóc mở máy ở chế độ  $\Lambda$  làm việc ở chế độ  $\Delta$ , tuy nhiên để an toàn cho động cơ làm việc

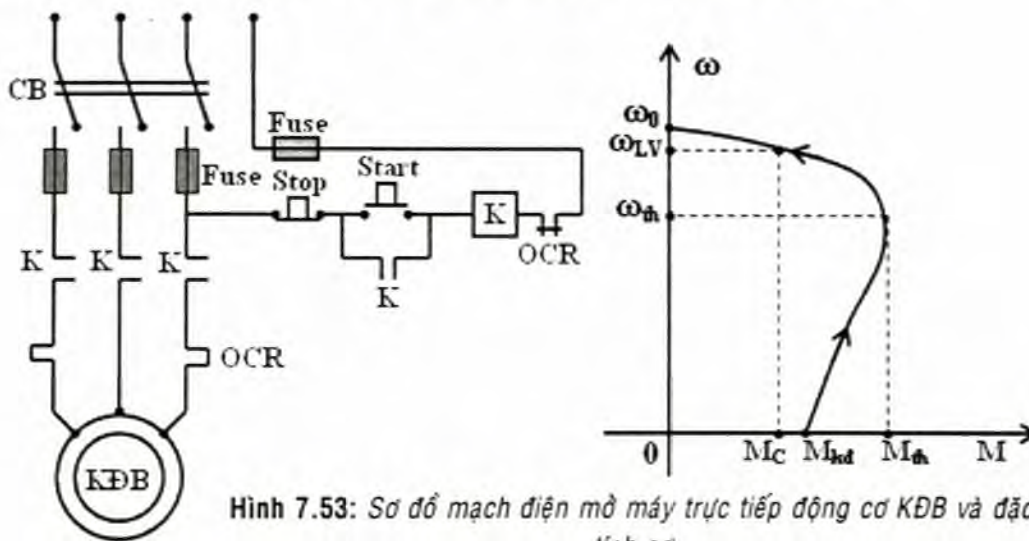


không bị quá tải tức thời thì khi chuyển đổi giữa chế độ  $\lambda$  sang  $\Delta$  cần phải cô lập nguồn trong khoảng 50ms sau đó cấp nguồn trở lại cho động cơ làm việc ở chế độ  $\Delta$ , làm như vậy rất an toàn đồng thời tốc độ động cơ chưa giảm do lực quán tính thì sẽ cấp nguồn trở lại. Xem hình 7.52 biểu diễn quá trình làm việc cấp nguồn cho động cơ làm việc ở chế độ  $\lambda$  và  $\Delta$ .



Hình 7.52: Quá trình cấp nguồn cho động cơ

### 5.2. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc, mở máy trực tiếp



Hình 7.53: Sơ đồ mạch điện mở máy trực tiếp động cơ KĐB và đặc tính cơ

Đối với loại sơ đồ tự động điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc, mở máy trực tiếp chỉ dùng cho những trường hợp có phụ tải trung bình và nhỏ, công suất động cơ trung bình và nhỏ và kỹ thuật công nghệ không đòi hỏi gì về tốc độ động cơ, động cơ chỉ chạy đúng một cấp tốc độ. Trong trường hợp phụ tải lớn dẫn đến moment cản lớn nếu dùng sơ đồ này thì dòng khởi động rất lớn làm động cơ quá tải (overload) rất nguy hiểm. Vì vậy, trong kỹ thuật tùy theo từng trường hợp mà cho sơ đồ tự động điều khiển động cơ cho phù hợp. Trong mạch này các khi cụ điện có điện áp làm việc là 220V.

Phương pháp mở máy trực tiếp thì động cơ có thể mắc làm việc ở chế độ  $\lambda$  và  $\Delta$  tùy thuộc vào thông số kỹ thuật và đặc tính của động cơ.

### 5.3. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc, mở máy trực tiếp và đảo chiều quay

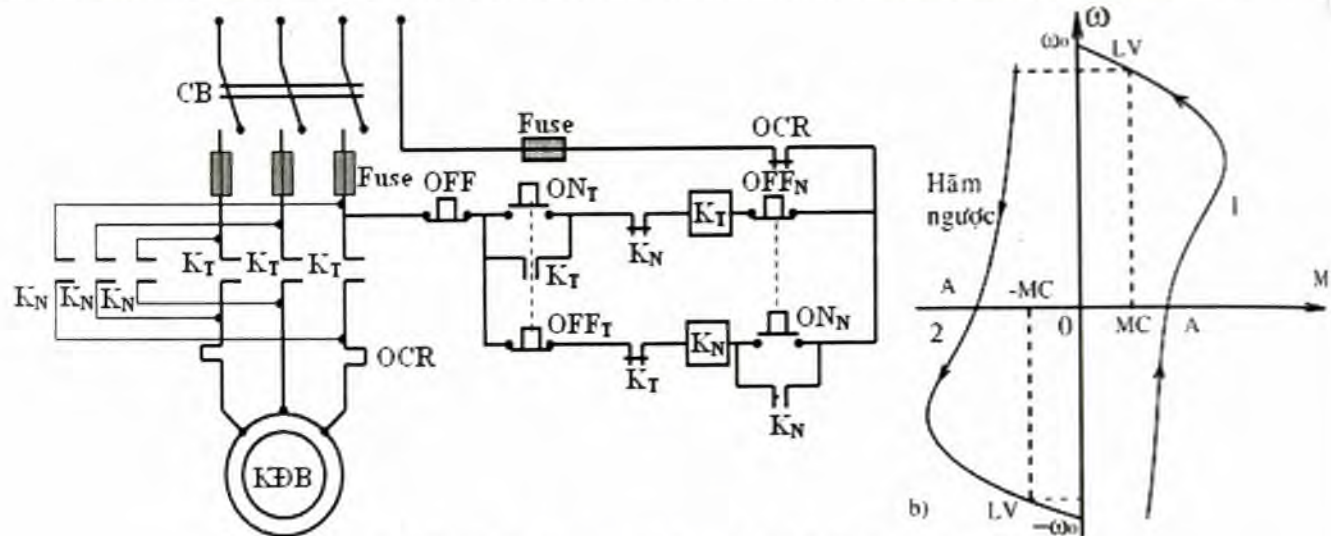
Khi ấn nút  $ON_T$ , contactor  $K_T$  có điện sẽ tác động và nối mạch lực cấp điện cho động cơ quay thuận. Động cơ mở máy quay thuận theo đặc tính cơ (1) từ điểm A tới điểm làm việc LV.

Khi ấn nút D, động cơ dừng tự do.

Khi ấn nút  $ON_N$ , contactor  $K_N$  tác động, nối mạch lực có đảo chỗ hai pha để động cơ quay ngược và mở máy quay ngược theo đặc tính cơ (2) từ A' tới LV'.



Trường hợp động cơ đang quay thuận mà ấn nút  $ON_N$ , động cơ sẽ chuyển từ đặc tính cơ (1) sang đặc tính cơ (2) và hãm ngược theo đặc tính cơ (2) ở góc phần tư thứ II, xem hình 7.54b. Khi tốc độ về 0 (điểm A') thì động cơ tăng tốc mở máy chạy ngược đến điểm làm việc LV'.

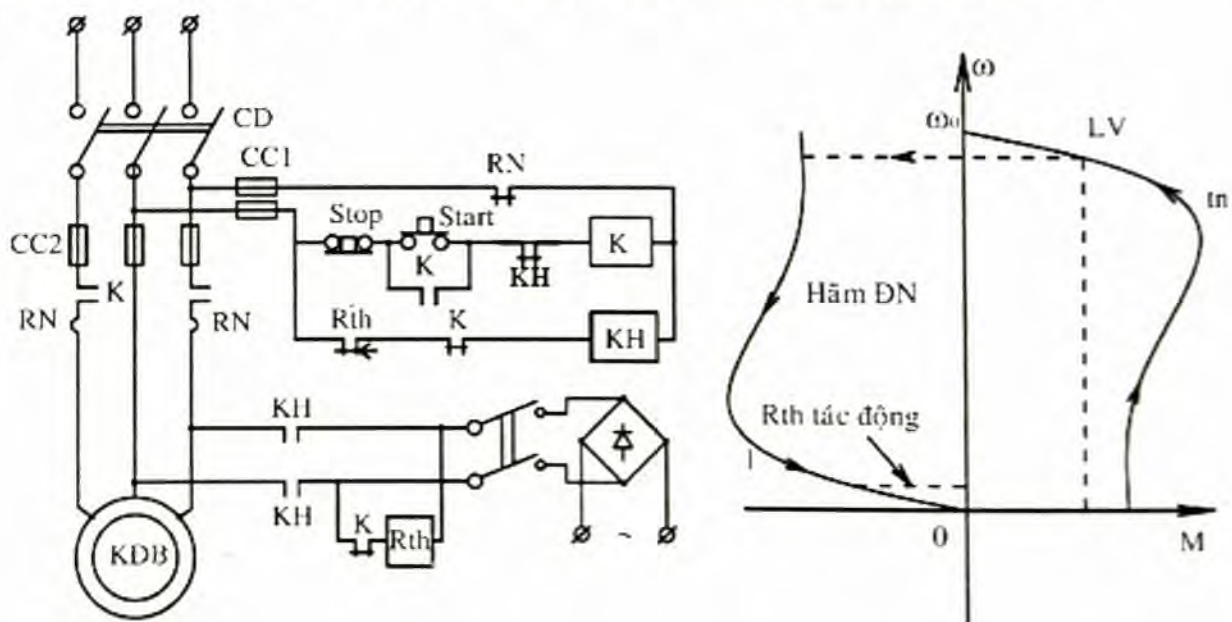


Hình 7.54: Điều khiển động cơ không đồng bộ 3 phase đảo chiều

Để tránh ngắn mạch khi cả hai contactor  $K_T$  và  $K_N$  cùng có điện, mạch điều khiển cuộn  $K_T$  và  $K_N$  được khóa chéo. Trong mạch này các khi cụ điện có điện áp làm việc là 220V.

#### 5.4. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc quay 1 chiều, mở máy trực tiếp, hãm động năng

Khi ấn nút "Start", contactor K đóng lại, nối động cơ vào lưới để mở máy. Đồng thời các tiếp điểm K thường đóng mở ra, ngắt mạch 1 chiều cho relay thời gian  $R_{th}$  để chuẩn bị cho quá trình hãm động năng. Tiếp điểm  $R_{th}$  thường đóng vẫn chưa tác động nhưng contactor KH không có điện vì tiếp điểm thường đóng K đã mở ra. Động cơ mở máy theo đặc tính tự nhiên, xem hình 7.55.



Hình 7.55: Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển động cơ KĐB có hãm động năng

Khi ấn nút "Stop", contactor K nhả vì mất điện, động cơ được cắt khỏi lưới điện. Tiếp điểm K đóng lại, cấp điện cho cuộn hãm KH, và tiếp điểm K ở mạch  $R_{th}$  đóng lại cấp nguồn cho một

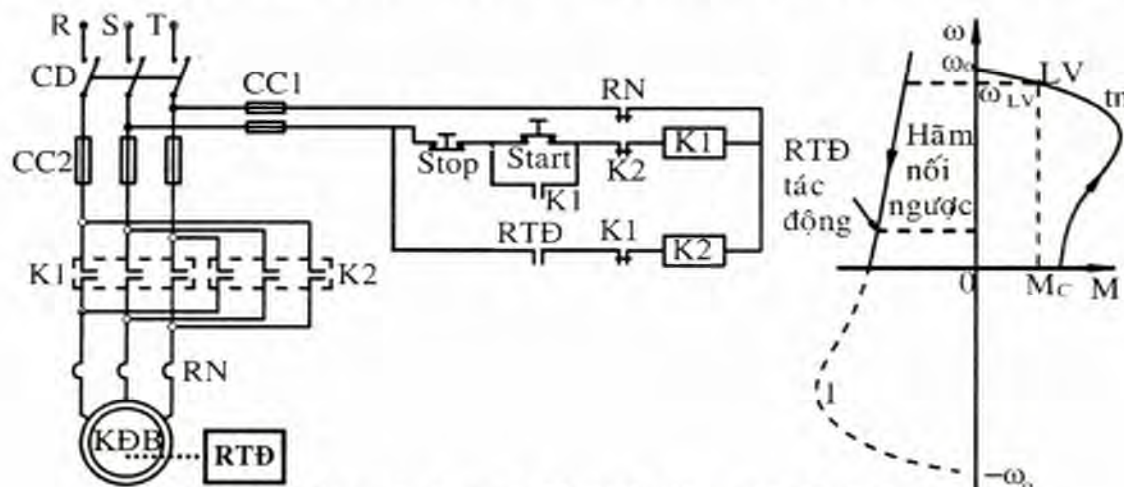


chiều cho relay thời gian làm việc. Các tiếp điểm KH đóng lại, cấp điện một chiều cho stato để hãm động năng động cơ. Động cơ làm việc trên đặc tính hãm (1). Sau thời gian duy trì của relay thời gian  $R_{th}$  đã được chỉnh định đủ để tốc độ động cơ giảm về gần 0 thì tiếp điểm  $R_{th}$  mở ra. Cuộn KH mất điện, cắt điện một chiều cấp cho stato. Quá trình hãm động năng kết thúc.

Khi hãm, vì contactor KH làm việc, tiếp điểm KH ở cuộn hút K mở ra nên lúc này không thể bấm nút mở máy được. Trong mạch này các khi cụ điện có điện áp làm việc là 380V.

### 5.5. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc mở máy trực tiếp, hãm nối ngược

Sơ đồ có sử dụng một relay kiểm tra tốc độ RTĐ liên kết cơ với trục động cơ, xem hình 7.56.



Hình 7.56. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển động cơ KĐB có hãm nối ngược

Khi ấn nút "Start", contactor K1 có điện sẽ tác động nối mạch lực cho động cơ chạy và cắt mạch cuộn dây K2. Động cơ tăng tốc theo đặc tính cơ tự nhiên (tn). Khi động cơ có tốc độ trên 15%  $\omega_{dm}$  thì tiếp điểm relay RTĐ đóng lại nhưng cuộn dây K2 cũng không thể có điện vì tiếp điểm K1 thường đóng đã mở ra.

Muốn dừng động cơ, ấn nút "Stop", contactor K1 mất điện sẽ cắt mạch điện stato, đồng thời đóng mạch cho cuộn hút K2. Contactor K2 tác động sẽ đóng mạch lực đảo chỗ 2 pha của động cơ. Động cơ tiến hành hãm nối ngược và chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ (2) ở góc phần tư thứ II, tốc độ giảm nhanh. Khi tốc độ động cơ giảm còn (10 ÷ 15)%  $\omega_{dm}$  thì relay kiểm tra tốc độ RTĐ nhả tiếp điểm RTĐ, cắt mạch contactor K2. Quá trình hãm ngược kết thúc.

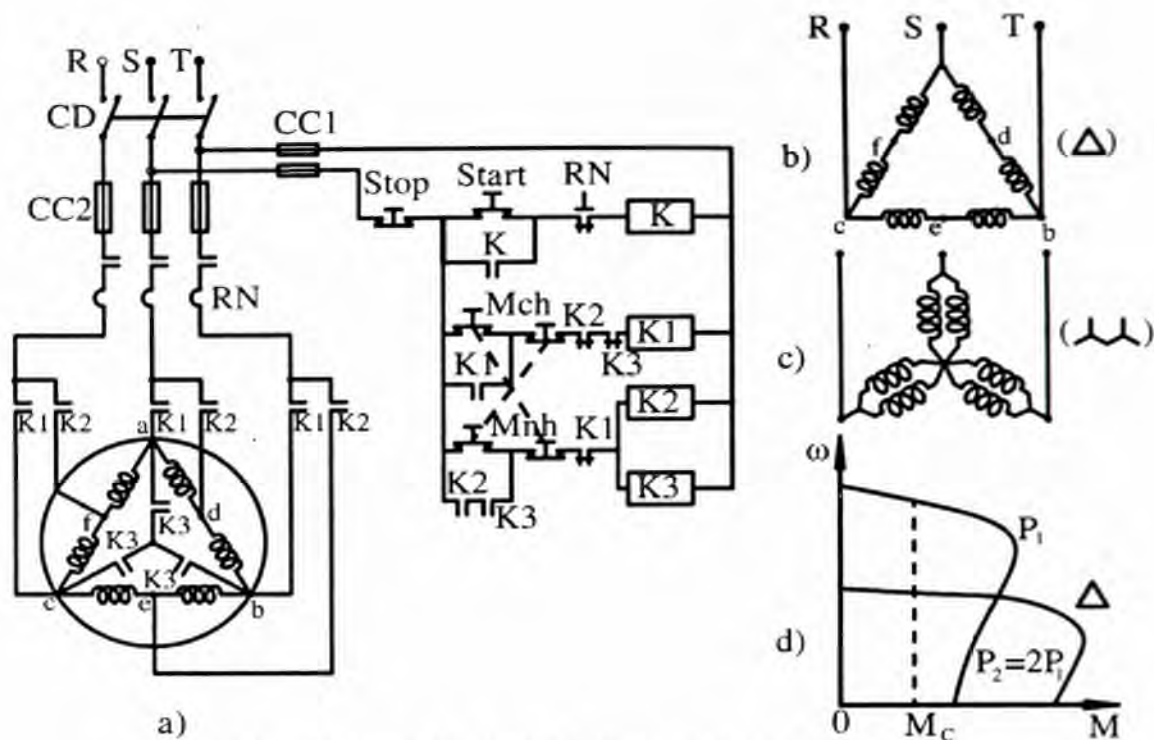
Trong mạch này các khi cụ điện có điện áp làm việc là 380V chứ không phải là 220V.

### 5.6. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc hai cấp tốc độ

Tốc độ đồng bộ của động cơ không đồng bộ tỷ lệ nghịch với số cặp cực  $p$  ( $\omega = \frac{2\pi f}{p}$ ) của

cuộn dây stato. Trong công nghiệp có sản xuất những động cơ thay đổi được số cặp cực nhờ đổi nối cuộn dây stato. Cuộn dây stato được cấu tạo nhiều cuộn dây đặt trong các rãnh, cứ ba cuộn theo thứ tự đặt lệch nhau một góc  $120^\circ$ . Vì vậy, khi thay đổi cách mắc các đầu cuộn dây thì sẽ thay đổi được số đôi cực từ. Giả sử động cơ KĐB ba phase có 6 cuộn dây và có tất cả tổng cộng 12 đầu dây ra để mắc. Trong trường hợp này động cơ có thể mắc  $\Delta$ ,  $\Delta$  hoặc có thể mắc  $\Delta\Delta$ , trong thực tế khi tự động điều khiển để thay đổi tốc độ phục vụ cho quá trình công nghệ nào đó, thì có thể điều khiển động cơ:





Hình 7.57: Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB hai cấp tốc độ

Từ chế độ sao  $\Delta$  sang chế độ  $\Delta$  (trường hợp này giống như điều khiển động cơ KĐB ba phase ở mục 5.1, hình 7.51 ở trên).

- Từ chế độ tam giác  $\Delta$  sang chế độ sao kép  $\Delta\Delta$  (xem hình 7.57, 7.58 và 7.59)
- Từ chế độ sao  $\Delta$  sang chế độ sao kép  $\Delta\Delta$  (xem hình 7.60)

Khi ấn nút "Start", contactor K tác động và đóng mạch lưới điện chuẩn bị cấp điện cho stato động cơ. Nút ấn Mch và Mnh là nút ấn kép dùng để khóa chéo lẫn nhau để cho hai chế độ chạy với tốc độ chậm và nhanh không đồng thời cùng một lúc.

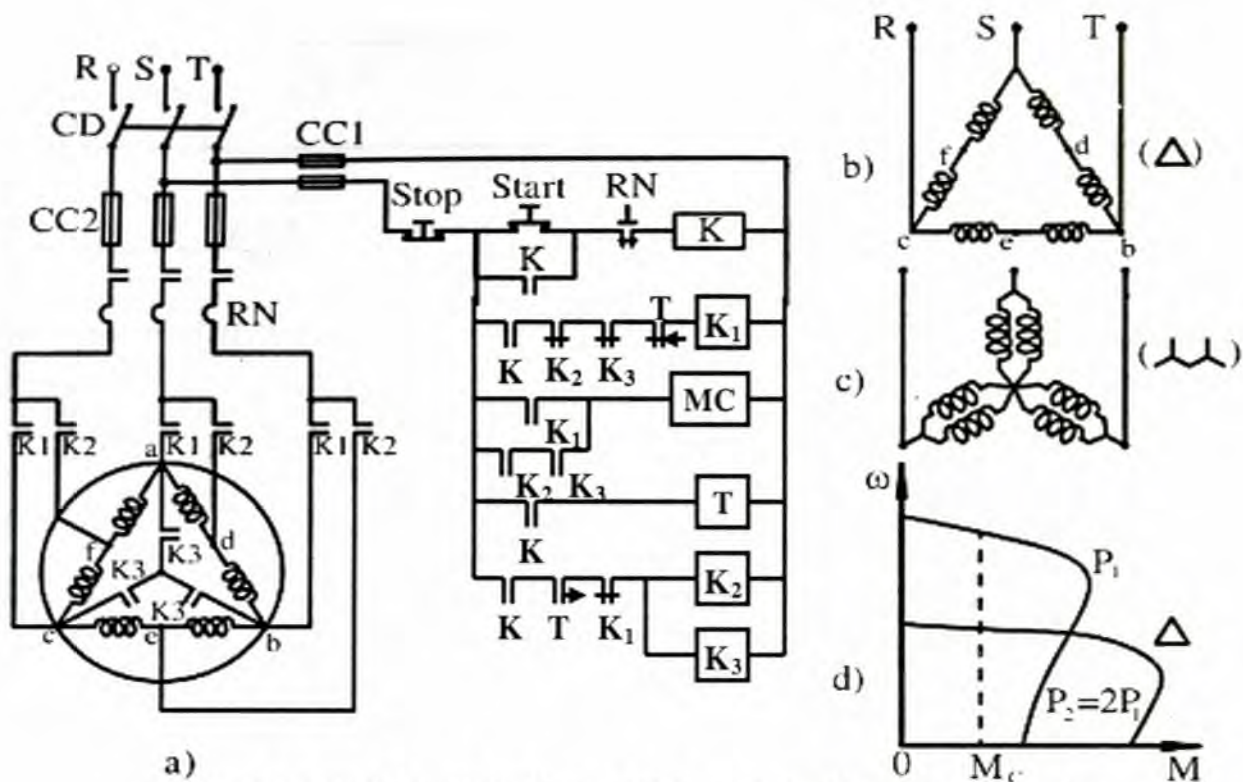
Khi cần chạy chậm, ấn nút Mch, contactor K1 tác động sẽ nối các cuộn stato của động cơ vào lưới theo sơ đồ tam giác ( $\Delta$ ) tương ứng với số cặp cực lớn, xem hình 7.57b.

Khi cần chạy nhanh, ấn nút Mnh, các contactor K2 và K3 tác động sẽ nối các cuộn stato vào lưới theo sơ đồ sao kép ( $\Delta\Delta$ ) tương ứng với số cặp cực giảm 2 lần, xem hình 7.57c.

Đặc tính cơ khi chạy chậm (nối  $\Delta$ ) và khi chạy nhanh (nối  $\Delta\Delta$ ) như hình 7.57d. Các cuộn hút contactor K1 và K2, K3 được khóa chéo cả về điện và về cơ.

Hình 7.58 là sơ đồ mạch điện tự động điều khiển động cơ KĐB 3 phase hai cấp tốc độ chuyển đổi từ  $\Delta$  qua sao kép  $\Delta\Delta$  bằng relay thời gian. Khi ấn nút Start contactor K có điện đóng các tiếp điểm thường mở của K lại, lúc đó contactor K<sub>1</sub> và relay thời gian T có điện nó sẽ đóng các tiếp điểm thường mở K<sub>1</sub> lại, động cơ mắc  $\Delta$  đồng thời contactor MC có điện cấp nguồn cho động cơ hoạt động ở chế độ  $\Delta$ , sau một thời gian quy định relay thời gian T tác động, ngắt điện contactor K<sub>1</sub>, MC, cấp nguồn cho contactor K<sub>2</sub> và K<sub>3</sub> lúc này động cơ mắc ở chế độ  $\Delta\Delta$ , sau đó contactor MC được cấp nguồn trở lại, để đóng mạch động lực cho động cơ hoạt động.



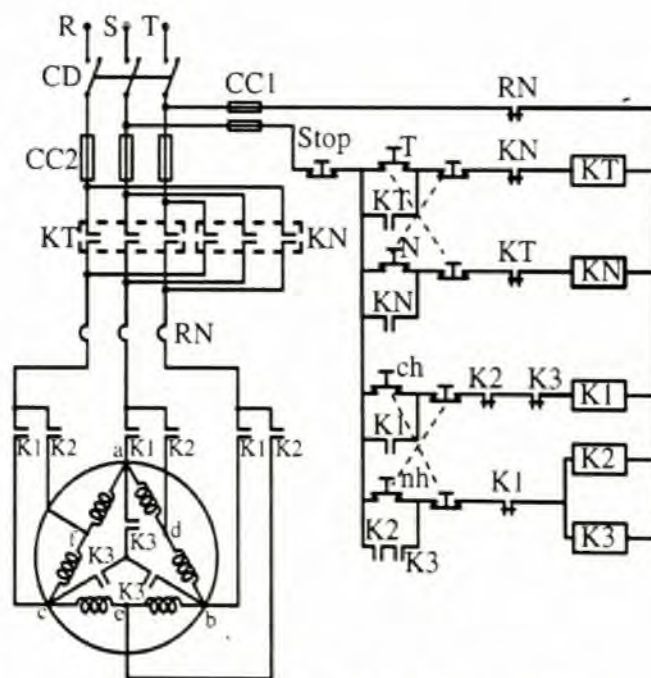


Hình 7.58: Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB hai cấp tốc độ bằng relay thời gian

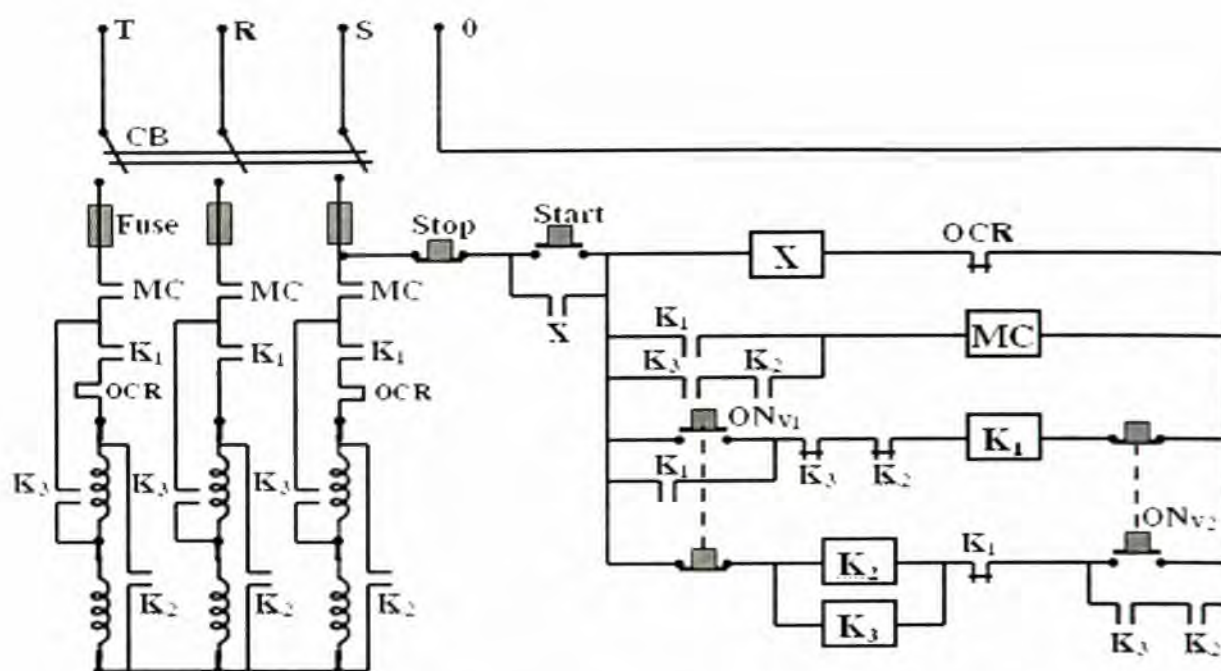
Đặc tính cơ của động cơ 3 phase KĐB trong trường hợp này không thay đổi.

Khi cần hai tốc độ động cơ quay hai chiều, phải thay đổi sơ đồ như hình 7.59. Mạch điều khiển có thêm các nút ấn T (điều khiển quay thuận), N (điều khiển quay ngược). Nguyên tắc làm việc khi đảo chiều quay là dựa trên nguyên tắc thay đổi chiều từ trường quay của động cơ, chính vì vậy chỉ hoán đổi một trong hai phase thì từ trường quay sẽ đổi chiều, đồng thời động cơ đổi chiều.

Nút ấn T và N được khóa chéo lẫn nhau, nút ấn ch và nh cũng được khóa chéo lẫn nhau, bởi vì hai chế độ này không thể đồng thời làm việc cùng một lúc. Nếu làm việc cùng một lúc xảy ra hiện tượng quá tải cho động cơ (Overload) động cơ sẽ bị cháy.



Hình 7.59: Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB hai cấp tốc độ quay hai chiều



Hình 7.60: Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB 3 phase, hai cấp tốc độ từ chế độ sao (∧) sang chế độ sao kép (∧∧)

Hình 7.60 là sơ đồ mạch điện tự động điều khiển động cơ KĐB ba phase hai cấp tốc độ chuyển đổi từ chế độ sao ∧ sang chế độ sao kép ∧∧, nguyên tắc điều khiển hoàn toàn giống như chuyển đổi từ chế độ tam giác Δ sang chế độ sao kép ∧∧.

Khi ấn nút start relay trung gian X có điện nó đóng tiếp điểm thường mở của X lại để duy trì nguồn điện cho mạch điện hoạt động.

Khi ấn  $ON_{V1}$  thì contactor  $K_1$  có điện, đóng các tiếp điểm thường mở và mở các tiếp điểm thường đóng còn  $K_2, K_3$  không có điện, các cuộn dây của động cơ KĐB nối sao ∧, đồng thời contactor MC có điện cấp nguồn tự động cho động cơ làm việc ở chế độ sao và có vận tốc  $V_1$ .

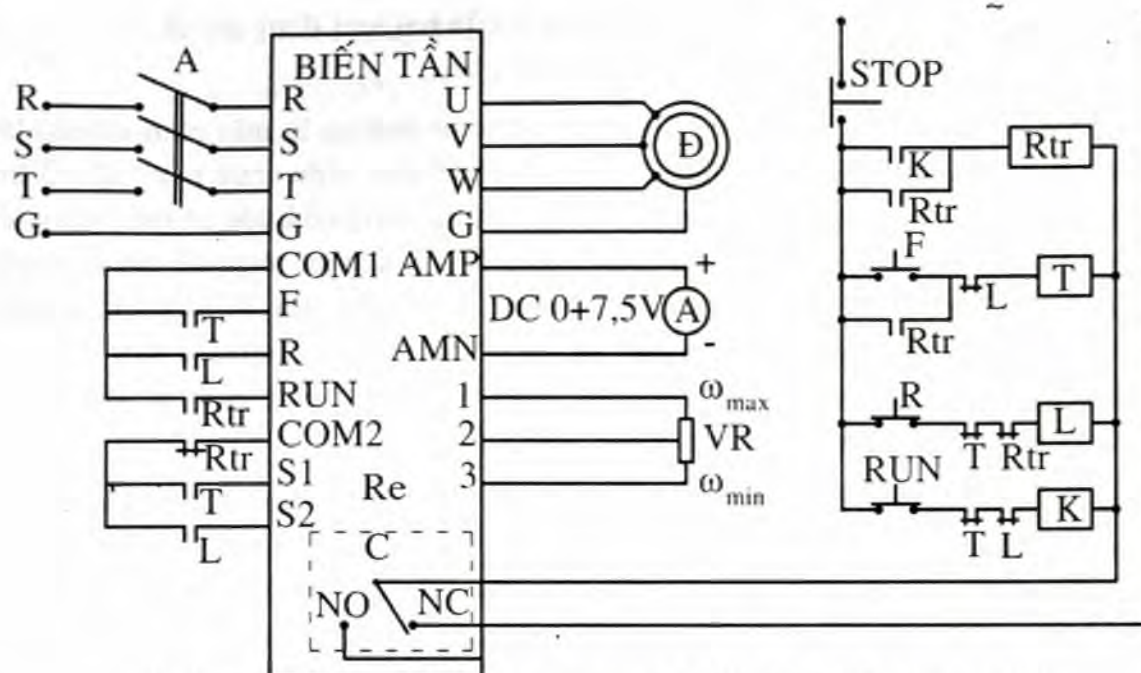
Còn nếu muốn cho động cơ chạy ở vận tốc nhanh hơn là  $V_2$  thì chỉ cần ấn nút  $ON_{V2}$ , lúc đó contactor  $K_1$  mất điện còn  $K_2, K_3$  lại có điện, đóng các tiếp điểm thường mở và mở các tiếp điểm thường đóng, các cuộn dây của động cơ KĐB chuyển qua chế độ nối sao kép ∧∧, đồng thời contactor MC có điện cấp nguồn tự động cho động cơ làm việc ở chế độ sao và có vận tốc  $V_2$ .

**Chú ý:** nếu giữa hai chế độ sao ∧ và sao kép ∧∧ chuyển đổi với nhau được quy định bằng thời gian thì không cần thiết kế mạch điều khiển bằng hai nút ấn  $ON_{V1}$  và  $ON_{V2}$  mà dùng relay thời gian để chuyển đổi chế độ làm việc như mạch điều khiển động cơ KĐB 3 phase chuyển đổi ∧ sang Δ như ở mục 5.1, hình 7.51 ở trên

### 5.7. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rotor lồng sóc dùng biến tần

Biến tần được nhiều hãng sản xuất với nhiều mức độ phức tạp khác nhau và luôn có thể lập trình cài đặt các thông số theo yêu cầu truyền động. Hình 7.61 là một sơ đồ tối giản dùng biến tần điều khiển một động cơ không đồng bộ.





Hình 7.61: Sơ đồ nguyên lý tối giản dùng biến tần điều khiển động cơ KĐB

Yêu cầu của động cơ trong sơ đồ là phải nhấp thuận (tiến), với tốc độ nhanh, nhấp ngược (lùi) với tốc độ thấp. Khi chạy liên tục chỉ chạy thuận và tốc độ phải điều chỉnh được. Mọi yêu cầu về chiều và tốc độ truyền động trên đều được cài đặt theo tần số ở biến tần.

Đầu vào F để động cơ quay tiến, đầu vào R để quay lùi, đầu vào RUN để chạy liên tục, đầu vào S1 ứng với tần số đã cài đặt để chạy ở tốc độ cao, đầu vào S2 ứng với tần số đã cài đặt để chạy ở tốc độ thấp. Biến trở VR dùng để thay đổi tốc độ khi chạy liên tục. Ampere kế chỉ thị dòng.

Khi nhấn nút F, cuộn T có điện, đóng mạch đầu vào F để động cơ quay tiến, các tiếp điểm thường đóng hở, cắt các cuộn L, K và R<sub>tr</sub>. Khi đang chạy ở chế độ quay tiến dù có nhấn R hay RUN đều không tác dụng vì tiếp điểm T vẫn mở, không thể cấp điện cho cuộn L và K được. Muốn dừng phải ấn nút "Stop".

Khi ấn nút R, cuộn L có điện, đóng mạch đầu vào R để động cơ quay lùi. Tương tự các cuộn K, T bị mất điện do khóa chéo tiếp điểm thường đóng L trên mạch cuộn hút T và K.

Khi ấn nút R, cuộn K có điện, tiếp điểm K đóng cuộn R<sub>tr</sub> có điện đóng mạch đầu vào RUN để động cơ làm việc liên tục. Tiếp điểm R<sub>tr</sub> đóng mạch cuộn hút T, cắt mạch cuộn hút L. Động cơ chỉ làm việc ở chế độ tiến và có thể điều chỉnh được tốc độ qua biến trở VR.

Khi biến tần có sự cố như quá tải, ngắn mạch,... thì relay bảo vệ Re tác động, cắt mạch điều khiển.

## VI. ĐỘNG CƠ BƯỚC

### 1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

#### a) Cấu tạo

Động cơ bước thực chất là một động cơ đồng bộ dùng để biến đổi các tín hiệu điều khiển dưới dạng các xung điện rời rạc kế tiếp nhau thành các chuyển động góc quay hoặc các chuyển động của rotor và có khả năng cố định rotor vào những vị trí cần thiết.



Về cấu tạo, động cơ bước có thể coi là tổng hợp của hai loại động cơ: động cơ một chiều không tiếp xúc và động cơ đồng bộ giảm tốc công suất nhỏ.

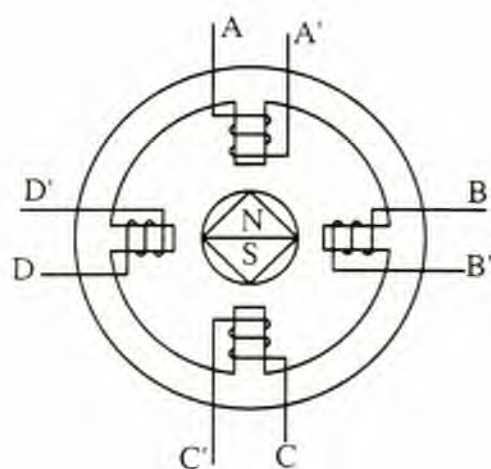
Trong khi động cơ một chiều không tiếp xúc có rotor thường là một nam châm vĩnh cửu (số đôi cực  $2p = 2$ ) và cần có một cảm biến vị trí rotor (để thực hiện chức năng tạo ra tín hiệu điều khiển nhằm xác định thời điểm và thứ tự đổi chiều) thì động cơ bước có rotor dạng cực lõi gồm nhiều răng cách đều tạo thành các cặp nam châm N – S xen kẽ nhau để tạo ra số cặp cực lớn hơn và không cần phải có bộ cảm biến vị trí rotor. Nhờ cảm biến vị trí rotor, có thể điều khiển dòng một chiều vào các cuộn dây stato để có từ trường quay liên tục nên động cơ một chiều không tiếp xúc quay liên tục. Đối với động cơ bước, vì từ trường quay không liên tục do các xung điện, cấp vào rời rạc nên rotor quay theo các bước.

Cũng giống như động cơ đồng bộ giảm tốc công suất nhỏ, động cơ bước có các bố trí dây tạo thành các pha trên stato, đồng thời trên cả rotor và stato đều có các răng để tạo thành các cặp cực và các nam châm điện. Nhưng động cơ đồng bộ giảm tốc có các cuộn kích thích và cần phải có dòng điện kích thích để khởi động, còn động cơ bước không cần yếu tố này. Mặt khác, trên stato của động cơ đồng bộ giảm tốc, ngoài cuộn dây phụ (để kích thích) thì cuộn dây chính thường là ba pha hoặc hai pha được nuôi bằng nguồn xoay chiều tạo ra từ trường quay liên tục với vận tốc góc  $\omega$ . Vì vậy sau khi hoàn thành việc khởi động, rotor quay với tốc độ đồng bộ. Trong khi đó, stato của động cơ bước chỉ có một loại cuộn dây pha và chúng có vai trò như nhau.

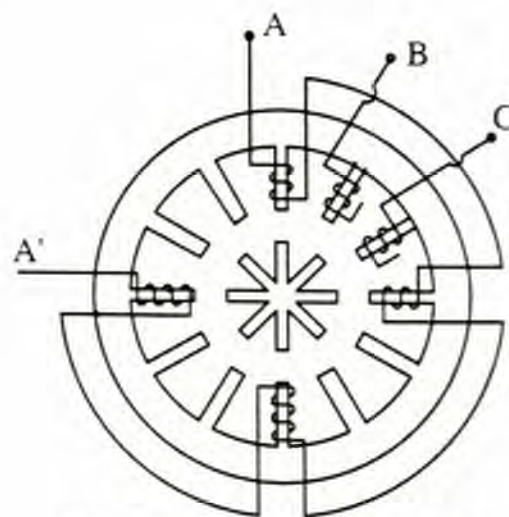
Theo một phương diện khác, có thể coi động cơ bước là linh kiện số mà ở đó các thông tin số hóa đã thiết lập sẽ được chuyển thành chuyển động quay theo từng bước. Động cơ bước sẽ thực hiện trung thành các lệnh đã số hóa mà máy tính yêu cầu.

#### ❖ Động cơ bước nam châm vĩnh cửu

Động cơ bước nam châm vĩnh cửu được cấu tạo với stato có dạng hình móng được từ hóa với cực N và S xen kẽ nhau, rotor thường không có răng, được từ hóa vĩnh cửu vuông góc với trục (ngang trục). Loại động cơ này có góc bước trong khoảng  $6^\circ \div 45^\circ$ , tốc độ chậm nhưng có moment khá lớn. Hình 7.62 là sơ đồ cấu tạo của động cơ bước nam châm vĩnh cửu với  $m = 4$  và  $2p = 2$ .



Hình 7.62: Động cơ bước nam châm vĩnh cửu



Hình 7.63: Động cơ bước có từ trở thay đổi



### ❖ Động cơ bước có từ trở thay đổi

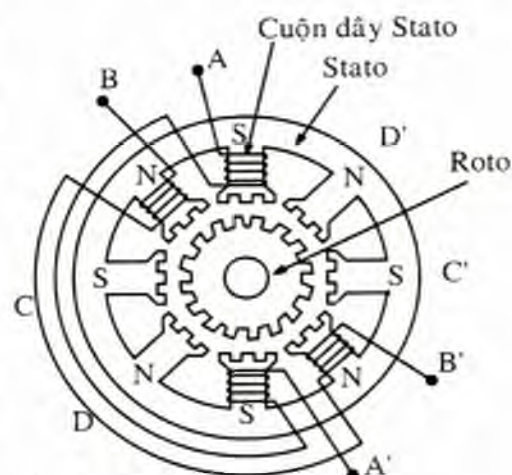
Động cơ bước có từ trở thay đổi còn gọi là động cơ phản kháng. Cả stato và rotor đều có răng. Rotor được làm bằng vật liệu dẫn từ có từ trở thay đổi theo góc quay. Mỗi răng của stato và rotor gọi là một cực. Mỗi pha trên stato được quấn thành hai cuộn nối tiếp nhau ở vị trí xuyên tâm đối trên stato, thậm chí thành bốn cuộn đôi một trục giao. Hình 7.63 là nguyên lý cấu tạo động cơ bước có từ trở thay đổi với ba pha, tám răng rotor và góc bước là  $15^\circ$ .

### ❖ Động cơ bước kiểu hỗn hợp

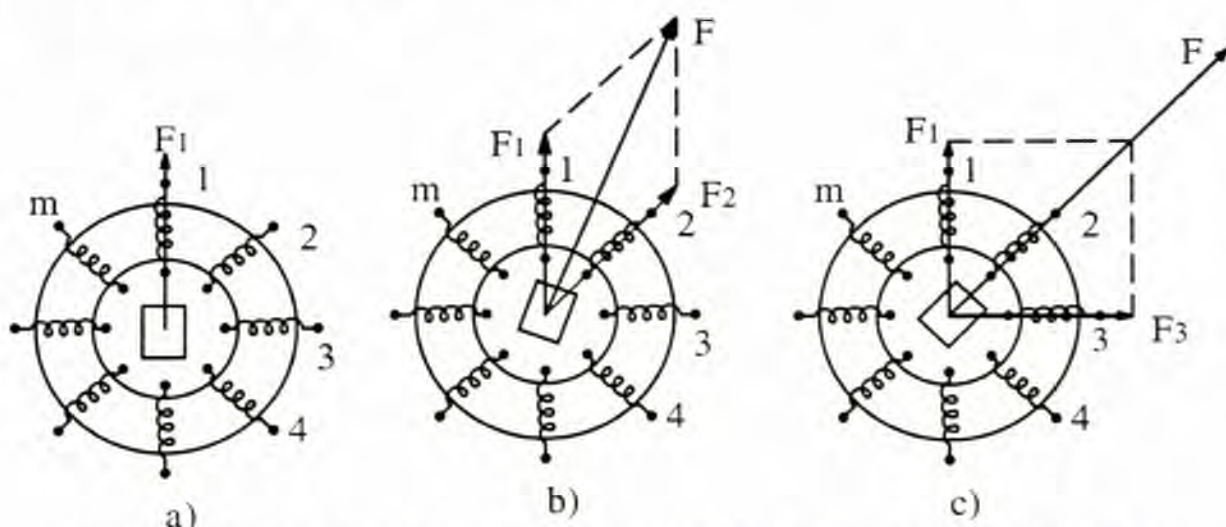
Về cấu tạo, nó kết hợp của hai loại động cơ trên. Về tính chất, nó phát huy được các ưu điểm của cả động cơ nam châm vĩnh cửu và động cơ phản kháng: moment lớn, hoạt động với tốc độ cao và có số bước lớn (góc bước trong khoảng  $0,45^\circ \div 5^\circ$ ). Hình 7.64 vẽ cấu tạo động cơ hỗn hợp có góc bước là  $1,8^\circ$ .

#### b) Nguyên lý làm việc

Khác với động cơ đồng bộ thông thường, rotor của động cơ bước không có cuộn dây khởi động mà nó được khởi động bằng phương pháp tần số – rotor của động cơ bước có thể được kích thích (rotor tích cực) hoặc không được kích thích (rotor thụ động). Hình 7.65 là sơ đồ trình bày nguyên lý làm việc động cơ bước  $m$  pha với rotor có hai cực.



Hình 7.64: Động cơ bước kiểu hỗn hợp



Hình 7.65: Nguyên lý làm việc động cơ bước  $m$  pha với rotor hai cực và các lực điện từ khi điều khiển bằng xung một cực

Xung điện áp cấp cho  $m$  cuộn dây stato có thể là xung một cực hoặc xung hai cực.

Chuyển mạch điện tử có thể cung cấp điện áp điều khiển cho các cuộn dây stato theo từng cuộn dây riêng lẻ hoặc theo từng nhóm cuộn dây. Trị số và chiều của lực điện từ tổng  $F$  của động cơ phụ thuộc vào phương pháp cung cấp điện cho các cuộn dây và do đó vị trí của rotor trong không gian cũng phụ thuộc vào phương pháp cung cấp điện cho các cuộn dây. Ví dụ, nếu các cuộn dây của động cơ trên hình 7.64 được cấp điện cho từng cuộn dây riêng lẻ theo thứ tự 1, 2, 3, ...  $m$ , bởi xung một cực, thì rotor của động cơ có  $m$  vị trí ổn định trùng với trục của các cuộn dây.



Trong thực tế để tăng cường lực điện từ tổng của stato và do đó tăng từ thông và moment đồng bộ, người ta thường cấp điện đồng thời cho hai, ba hoặc nhiều cuộn dây. Lúc đó rotor của động cơ bước sẽ có vị trí cân bằng trùng với vectơ lực điện từ tổng  $F$ . Đồng thời lực điện từ tổng  $F$  cũng có giá trị lớn hơn lực điện từ thành phần của các cuộn dây stato.

Trên hình 7.65b vẽ lực điện từ tổng  $F$  khi cung cấp điện đồng thời cho một số chẵn cuộn dây (hai cuộn dây). Lực điện từ tổng  $F$  có trị số lớn hơn và nằm ở vị trí chính giữa hai trục của hai cuộn dây. Trên hình 7.65c vẽ lực điện từ tổng  $F$  khi cung cấp điện đồng thời cho một số lẻ cuộn dây (ba cuộn dây). Lực điện từ tổng  $F$  nằm trùng với trục của một cuộn dây nhưng có trị số lớn hơn. Trong cả hai trường hợp, rotor của động cơ bước sẽ có  $m$  vị trí cân bằng. Góc xê dịch giữa hai vị trí liên tiếp của rotor bằng  $2\pi/m$ .

Nếu cấp điện theo thứ tự một số chẵn cuộn dây, rồi một số lẻ cuộn dây, có nghĩa là số lượng cuộn dây được điều khiển luôn luôn thay đổi từ chẵn sang lẻ và từ lẻ sang chẵn thì số vị trí cân bằng của rotor sẽ tăng lên gấp đôi là  $2m$ , độ lớn của một bước sẽ giảm đi một nửa và bằng  $2\pi/2m$ . Trường hợp này được gọi là điều khiển không đối xứng hay điều khiển nửa bước.

Nếu số lượng cuộn dây được điều khiển luôn luôn không đổi (một số chẵn cuộn dây hoặc một số lẻ cuộn dây) thì rotor có  $m$  vị trí cân bằng và được gọi là điều khiển đối xứng hay điều khiển cả bước.

Ngoài hai cách điều khiển trên, còn có cách điều khiển vi bước.

## 2. Điều khiển động cơ

### a) Cơ sở lý thuyết

#### ❖ Biểu thức toán học tổng quát

Hình 7.66 vẽ mối quan hệ giữa các vectơ lực điện từ và góc điều khiển. Ta có mối quan hệ các đại lượng như sau:  $\cos \beta = \frac{F_1 + F_2 \cdot \cos \alpha}{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}}$ , trong đó:

$F_1$  – là lực điện từ tác động lên rotor khi cuộn dây 1 được kích thích.

$F_2$  – là lực điện từ tác động lên rotor khi cuộn dây 2 được kích thích.

$F$  – là lực điện từ tổng

$\alpha$  – là góc bước

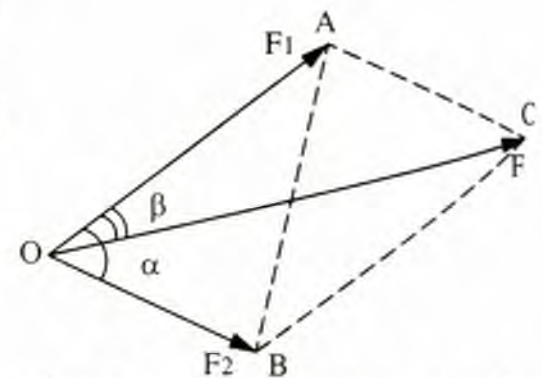
$\beta$  – là góc cần điều khiển (góc vi bước).

Từ biểu thức ta có các trường hợp điều khiển sau:

#### • Điều khiển cả bước

Đầu tiên cho  $F_2 = 0$  và  $F_1 = F$ ,  $\cos \beta = 1 \Rightarrow \beta = 0$ , rotor ở vị trí trục cuộn dây 1.

Sau đó cho  $F_1 = 0$  và  $F_2 = F$ ,  $\cos \beta = \cos \alpha \Rightarrow \beta = \alpha$ , rotor ở vị trí trục cuộn dây 2.



Hình 7.66: Giản đồ nguyên lý các lực điện từ và góc điều khiển



- **Điều khiển nửa bước**

Đầu tiên cho  $F_2 = 0$  và  $F_1 = F$ , rotor ở vị trí trục cuộn dây 1.

$$\text{Tiếp theo cho } F_1 = F_2 = F \Rightarrow \cos \beta = \frac{1 + \cos \alpha}{\sqrt{2(1 + \cos \alpha)}} = \frac{2 \cos^2(\alpha/2)}{\sqrt{4 \cos^2(\alpha/2)}} = \cos(\alpha/2)$$

Suy ra:  $\cos \beta = \cos(\alpha/2) \Rightarrow \beta = \alpha/2$ , rotor ở vị trí chính giữa góc  $\alpha$

Sau đó cho  $F_1 = 0$ ,  $F_2 = F$ , rotor ở vị trí trục cuộn dây thứ 2.

Trong trường hợp này rotor chuyển động từng bước  $\theta = \alpha/2$  ( $\beta = 0, \alpha/2, \alpha$ ).

- **Điều khiển vi bước**

Nếu ta điều khiển sao cho  $F_1$  giảm dần theo từng bước từ  $F$  đến  $0$  và lực  $F_2$  tăng dần từng bước từ  $0$  đến  $F$  thì rotor sẽ quay từng bước từ vị trí OA đến OB (hình 7.65). Có hai phương pháp để điều khiển vi bước tùy theo dòng điện cấp cho các cuộn dây pha.

- ❖ **Các đặc trưng của tín hiệu điện điều khiển động cơ bước.**

Đối với động cơ bước, tín hiệu điện điều khiển là các xung rời rạc kế tiếp nhau. Việc điều khiển động cơ bước phụ thuộc vào các tham số sau đây của xung điều khiển:

- Dòng điện I, kể cả cực tính (và liên hệ mật thiết với nó là mức điện áp).
- Độ rộng xung (liên quan đến khả năng dịch bước).
- Tần số xung (liên quan đến tốc độ quay).
- Cách thức cấp xung, bao gồm thứ tự và số lượng cuộn dây pha được cấp điện (liên quan đến chiều quay và moment tải).

Tùy thuộc vào việc cấp xung điện, động cơ bước có bốn trạng thái sau đây:

- **Trạng thái không hoạt động:** khi không có cuộn dây nào được cấp điện. Đối với động cơ phản kháng thì rotor sẽ quay trớn, còn đối với động cơ nam châm vĩnh cửu và động cơ kiểu hỗn hợp thì rotor có xu hướng ở các vị trí mà đường khép từ thông giữa các cực của rotor và stato là nhỏ nhất.
- **Trạng thái giữ:** khi một số cuộn dây pha được cấp điện một chiều, rotor mang tải sẽ được giữ chặt ở vị trí góc bước nhất định do lực điện từ tổng F sinh ra moment giữ.
- **Trạng thái dịch chuyển bước:** rotor sẽ dịch từ vị trí bước đang được giữ sang vị trí bước tiếp theo khi các cuộn dây pha được cấp dòng phù hợp.
- **Trạng thái quay quá giới hạn:** trong chế độ không tải, nếu xung điều khiển có tần số quá cao, động cơ sẽ quay vượt tốc. Ở trạng thái này động cơ không thể đảo chiều, không thể dừng đúng vị trí, nhưng vẫn có thể tăng và giảm tốc từ từ. Muốn dừng và đảo chiều động cơ phải giảm xuống dưới tốc độ giới hạn để hoạt động trong chế độ bước.

Như vậy, động cơ bước được coi là làm việc khi ở hai trạng thái giữ và dịch chuyển bước.

- b) **Mạch điều khiển công suất động cơ bước**

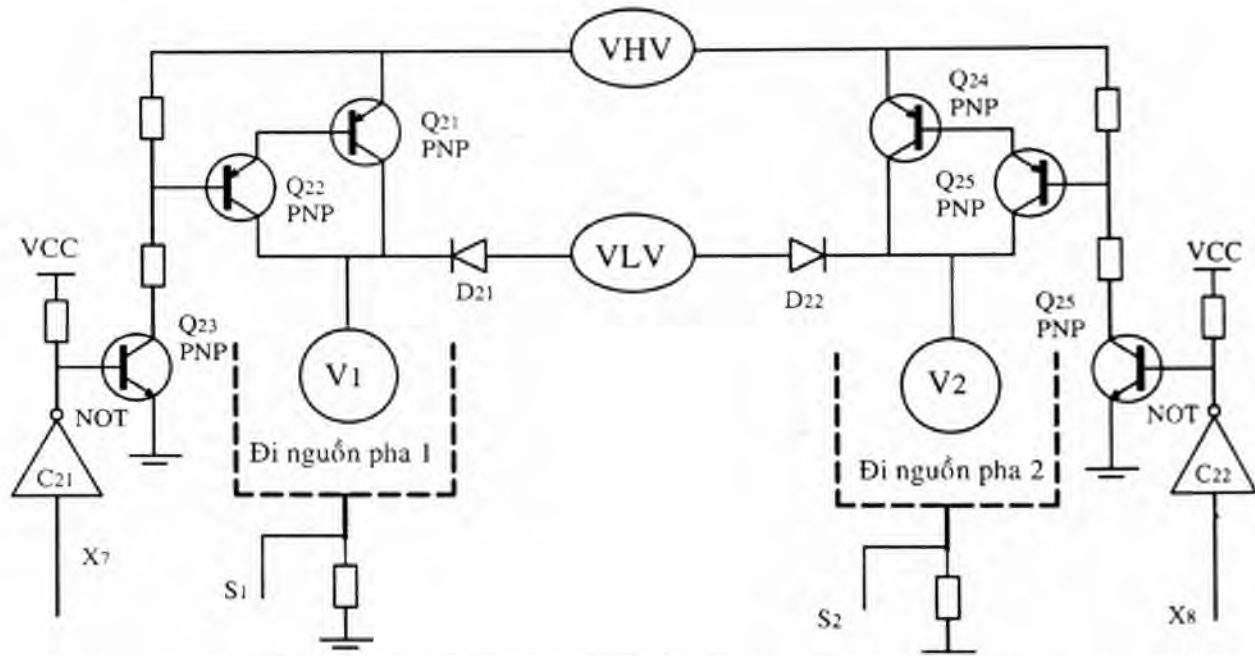
Về mặt điều khiển, động cơ bước có thể phân thành hai loại: động cơ bước với 2 cuộn dây pha và động cơ bước với nhiều cuộn dây pha.



Để điều khiển động cơ bước có nhiều kiểu: điều khiển bằng nguồn dòng, điều khiển bằng điện áp hai mức, điều khiển kiểu L/R và độ rộng xung.

Trong phần này giới thiệu mạch điều khiển công suất động cơ bước hai cuộn dây pha theo kiểu điện áp hai mức.

Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển công suất động cơ 2 pha theo kiểu điện áp hai mức như hình 7.67. Nguồn cao VHV được cấp cho pha 1 (V1) qua cặp Q21 – Q22 và cho pha 2 (V2) qua cặp Q24 – Q25. Tín hiệu điều khiển nguồn cao cho 2 pha theo thứ tự là X7, X8 thông qua vi mạch C21, C22 và bóng bán dẫn chuyển mức – khuếch đại dòng Q23, Q26. Nguồn thấp VLV được tự động cấp vào (khi ở trạng thái giữ) và tự động ngắt ra (khi ở trạng thái dịch bước) qua hai diode D21 và D22.



Hình 7.67: Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển công suất động cơ hai pha theo kiểu điện áp hai mức

Khi dịch bước, X7 (hoặc X8) được đưa xuống mức thấp, nguồn cao cấp vào V1 (hoặc V2) và nguồn VLV được ngắt ra bởi D21 – D22, dòng điện trong các cuộn dây pha sẽ tăng dần, khi dòng điện đạt đến giá trị đặt trước thì điện áp S1 (hoặc S2) qua bộ so sánh tác động vào bộ tạo xung điều khiển. Set X7 hoặc X8 lên 1 làm cho nguồn cao VHV ngắt ra và các diode D21, D22 tự động đóng nguồn thấp VLV vào mạch để động cơ làm việc ở chế độ giữ.

Trong trường hợp này, X5 (nối với X6 – tín hiệu INH) chỉ làm nhiệm vụ Turn – off hoặc cho chạy (và có thể sử dụng làm tín hiệu cho dừng khẩn cấp).

### c) Mạch tạo xung bằng bộ vi xử lý điều khiển động cơ bước.

Thuận lợi và có cấu hình gọn nhẹ nhất cho nhiệm vụ này là sử dụng Microcontroller 89C51. Sơ đồ nguyên lý mạch như trên hình 7.68. Các đầu ra – vào được định nghĩa như sau:

- ✓ **Đầu ra điều khiển các cuộn dây pha:** 10 đầu ra từ X1 ÷ X10 sử dụng cổng P2 và 2 bit cổng P1 của chip. Điều khiển động cơ 2 pha và 4 pha: 4 tín hiệu, ví dụ X1 ÷ X4. Điều khiển động cơ 5 pha ở chế độ cả bước: 5 tín hiệu, chẳng hạn X1 ÷ X5. Điều khiển động cơ 5 pha ở chế độ nửa bước: 10 tín hiệu, X1 ÷ X10.



### ✓ Đầu ra điều khiển dòng áp

Tín hiệu INH (P<sub>1.2</sub>): tắt công suất (Turn – off).

Tín hiệu Y<sub>1</sub> và Y<sub>2</sub> P<sub>1.3</sub> và P<sub>2.4</sub>: điều khiển nguồn cao VHV khi dịch bước, sử dụng trong trường hợp điều khiển điện áp hai mức.

Tín hiệu chopper Z (P<sub>1.5</sub>) để điều khiển công suất theo độ rộng xung.

### ✓ Đầu vào hồi tiếp

F<sub>1</sub> và F<sub>2</sub> (P<sub>1.6</sub> và P<sub>1.7</sub>) để chuyển trạng thái dịch bước sang trạng thái giữ (F<sub>1</sub> và F<sub>2</sub> lên 1 khi các cuộn dây pha đạt dòng điện đã hạn trước).

### ✓ Đầu vào dừng hoặc đảo chiều khẩn cấp

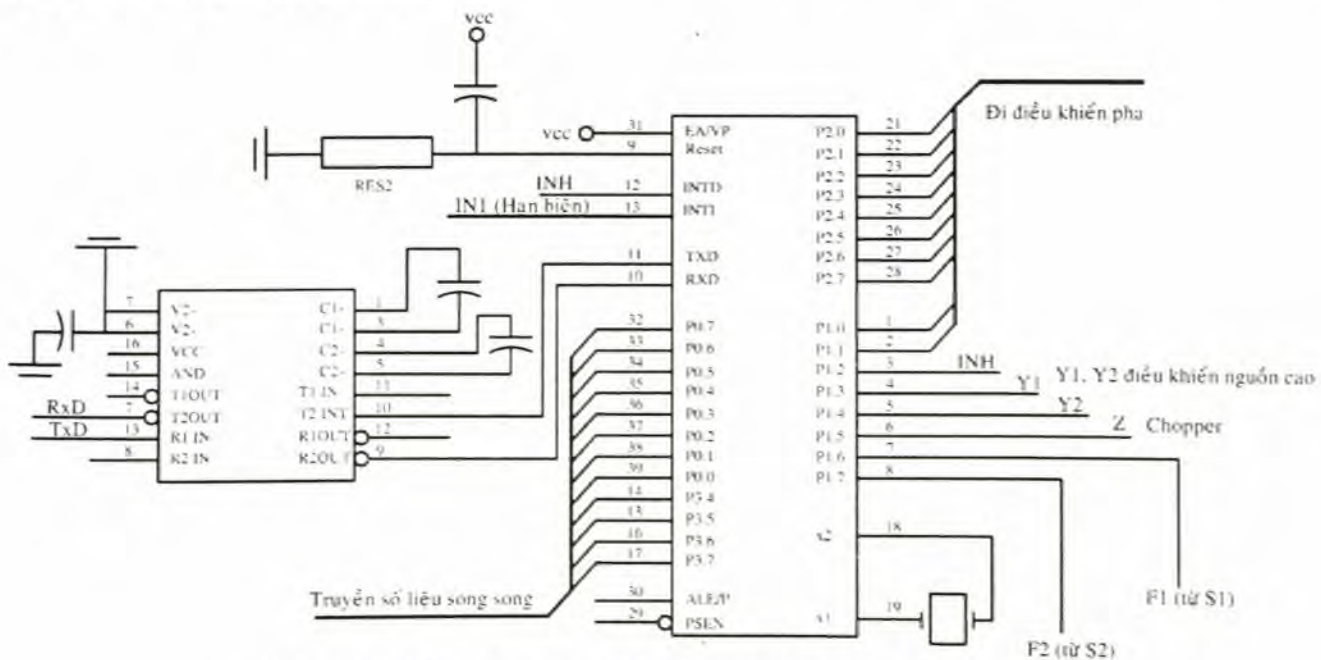
Tín hiệu INH (INT0) là tín hiệu ngắt có mức ưu tiên cao nhất, khi active thì chip Turn – off phần công suất. Tín hiệu IN1 (INT1) ngắt ưu tiên số hai: có thể dùng cho tín hiệu hạn biên hoặc yêu cầu điều khiển bằng tay, tạm dừng việc điều khiển tự động.

### ✓ Đầu vào tín hiệu truyền thông nối tiếp

Tín hiệu RxD và TxD được chuyển mức theo tiêu chuẩn truyền nối tiếp qua vi mạch MAX 232, phục vụ cho việc điều khiển tự động từ trung tâm.

### ✓ Đầu vào điều khiển song song

Toàn bộ cổng P<sub>0</sub> và 4 bit cổng P<sub>3</sub> dành cho truyền số liệu song song liên hệ với trung tâm điều khiển. Tuy nhiên, một số bit trong nhóm này ví dụ 4 bit cổng P<sub>3</sub> vẫn có thể được dùng làm đầu vào cho các cơ cấu điều khiển bằng tay tác động trực tiếp vào động cơ bước mà không phải thông qua trung tâm điều khiển.



Hình 7.68: Mạch tạo xung bằng bộ vi xử lý điều khiển động cơ bước

Một đặc điểm nổi bật của 89C51 là với cách sử dụng như ở hình 7.68 thì bất kỳ bit nào của ba cổng P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> (tổng cộng 24 bit) có thể được định nghĩa làm đầu vào và đầu ra. Do đó vẫn cấu tạo như vậy, chỉ cần thay đổi chương trình phần mềm nạp vào là ta có một cách điều khiển mới.

So với hai phương án trước, sử dụng Microcontroller để tạo xung điều khiển có các ưu điểm sau:

- Cùng một cấu hình có thể sử dụng cho điều khiển các loại động cơ khác nhau ở các chế độ khác nhau.
- Sử dụng được cho chế độ điều khiển vi bước khi đi kèm với nguồn dòng có điều khiển.
- Với hai đường truyền số liệu song song và nối tiếp, trung tâm điều khiển có thể cấp ra các dữ liệu: số bước cần dịch chuyển, tốc độ quay chiều quay v.v... các số liệu này được lưu trữ trong bộ nhớ của 89C51. Do đó, nó có thể “tự do” được một phần việc điều khiển cục bộ.
- Vẫn một cấu hình như trên, có đầy đủ đầu ra để điều khiển hai động cơ cùng một lúc. Do đó có thể đồng bộ chuyển động quay của hai trục.
- Trong trường hợp điều khiển có hồi tiếp về vị trí, có thể ghép một cách dễ dàng bộ đọc vị trí thực của đối tượng điều khiển để tạo thành modul điều khiển vị trí khép kín, có thể đưa đối tượng điều khiển đến vị trí bất kỳ cho trước bởi trung tâm điều khiển.