

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác. Tài liệu này bao gồm nhiều tài liệu nhỏ có cùng chủ đề bên trong nó. Phần nội dung bạn cần có thể nằm ở giữa hoặc ở cuối tài liệu này, hãy sử dụng chức năng Search để tìm chúng.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

BÀI GIẢNG ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

BÀI GIẢNG

ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

I. GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1. Tên môn học: Điện Công Nghiệp

2. Mã số môn học: CK367

3. Cấu trúc môn học:

- a) Tổng số lý thuyết: 45
- b) Số lý thuyết: 30
- c) Số thực hành: 30

4. Tóm tắt nội dung chính môn học: Trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về hệ thống điện, an toàn điện và các khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp. Trên cơ sở đó có được những hiểu biết cần thiết về khả năng phân tích, lựa chọn và thiết kế các mạch điện tự động điều khiển trong dây chuyền sản xuất. Ngoài ra, môn học này cũng nhằm cung cấp cho sinh viên khả năng thiết kế chiếu sáng, tính chọn dây dẫn, các thiết bị đóng ngắt, bảo vệ cho công trình dân dụng và công nghiệp và kiến thức về lắp đặt điện công nghiệp.

5. Đối tượng sử dụng: cơ khí, công thôn, công nghệ hoá, xây dựng, kỹ thuật điện

6. Hình thức đánh giá:

- a) Kiểm tra giữa kỳ (40%) (Đánh giá thông qua kết quả thực hành và báo cáo trên lớp)
- b) Thi kết thúc học phần (60%) (Trắc nghiệm + tự luận)

Đề Cương Môn Học
ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

I. I. GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1. 1. Tên môn học: Điện Công Nghiệp – Industrial Electricity
2. 2. Mã số môn học: CK 367
3. 3. Cấu trúc môn học
 - a) a) Tổng số lý thuyết: 45
 - b) b) Số lý thuyết: 30
 - c) c) Số thực hành: 15
4. 4. Tóm tắt nội dung chính: trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về các lĩnh vực như lĩnh vực an toàn điện, contactor, overload, timer, một số mạch điều khiển động cơ....
5. 5. Đối tượng sử dụng: cơ khí, công thôn, công nghệ hoá

II. II. ĐỀ CƯƠNG MÔN HỌC

1. 1. Mô tả tóm tắt nội dung môn học
Trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về các lĩnh vực như lĩnh vực an toàn điện, contactor, overload, timer, một số mạch điều khiển động cơ....
2. 2. Chương trình chi tiết

CHƯƠNG 1: SẢN XUẤT ĐIỆN NĂNG

- 1.1 Các nhà máy điện
- 1.2 Truyền tải và phân phối điện năng
- 1.3 Mạng điện phân phối và điện áp thấp

CHƯƠNG 2: AN TOÀN ĐIỆN

- 2.1 Tác dụng sinh lý dòng điện đối với cơ thể người
- 2.2 Các nguyên nhân cơ bản gây ra tai nạn về điện
- 2.3 Các biện pháp bảo vệ an toàn
- 2.4 Các phương tiện bảo vệ cấp cứu người bị điện giật

CHƯƠNG 3: KHÍ CỤ ĐIỆN

- 3.1 Phân loại khí cụ điện
- 3.2 Các yêu cầu đối với khí cụ điện
- 3.3 Sự phát nóng của khí cụ điện
- 3.4 Sự tiếp xúc điện
- 3.5 Sự phát sinh hồ quang điện trong khí cụ điện
- 3.6 Cầu dao - cầu chì
- 3.7 Cầu dao tự động
- 3.8 Nút bấm
- 3.9 Công tắc hành trình
- 3.10 Công tắc tơ
- 3.11 Rơ le bảo vệ quá tải
- 3.12 Rơ le thời gian
- 3.13 Cảm biến nhiệt độ
- 3.14 Lắp đặt và kiểm tra khí cụ điện trong bản điện
- 3.15 Một vài hiện tượng hư hỏng thông thường và cách sửa chữa

CHƯƠNG 4: MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

- 4.1 Mạch khởi động cơ dùng khởi động từ
- 4.2 Mạch nhấp máy
- 4.3 Mở máy theo thứ tự
- 4.4 Đổi chiều quay và thắng động cơ
- 4.5 Khởi động sao - tam giác
- 4.6 Điều khiển mô hình mạch điện máy tiện
- 4.7 Điều khiển mô hình mạch điện máy phay

CHƯƠNG 5: KỸ THẬT CHIẾU SÁNG

- 5.1 Ánh sáng và phép đo
- 5.2 Phép đo và đơn vị
- 5.3 Định luật lambert
- 5.4 Dụng cụ chiếu sáng
- 5.5 Cách chọn cỡ dây phù hợp với dòng tải

5.6 Thiết kế chiếu sáng công nghiệp
PHẦN THỰC HÀNH

3. Tài liệu tham khảo
 - 1- 1- Kỹ Thuật Điện (Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh- NXB Giáo Dục)
 - 2- 2- Kỹ Thuật Điện 1 (Nguyễn Chu Hùng, Tôn Thất Cảnh Hưng- NXB Đại Học Bách khoa TP. HCM)

Đề Cương Môn Học
ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

I. I. GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1. 1. Tên môn học: Điện Công Nghiệp – Industrial Electricity
2. 2. Mã số môn học: CK 367
3. 3. Cấu trúc môn học
 - a) a) Tổng số lý thuyết: 45
 - b) b) Số lý thuyết: 30
 - c) c) Số thực hành: 15
4. 4. Tóm tắt nội dung chính: trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về các lĩnh vực như lĩnh vực an toàn điện, contactor, overload, timer, một số mạch điều khiển động cơ....
5. 5. Đối tượng sử dụng: cơ khí, công thôn, công nghệ hoá

II. II. ĐỀ CƯƠNG MÔN HỌC

1. 1. Mô tả tóm tắt nội dung môn học
Trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về các lĩnh vực như lĩnh vực an toàn điện, contactor, overload, timer, một số mạch điều khiển động cơ....
2. 2. Chương trình chi tiết

CHƯƠNG 1: SẢN XUẤT ĐIỆN NĂNG

- 1.1 Các nhà máy điện
- 1.2 Truyền tải và phân phối điện năng
- 1.3 Mạng điện phân phối và điện áp thấp

CHƯƠNG 2: AN TOÀN ĐIỆN

- 2.1 Tác dụng sinh lý dòng điện đối với cơ thể người
- 2.2 Các nguyên nhân cơ bản gây ra tai nạn về điện
- 2.3 Các biện pháp bảo vệ an toàn
- 2.4 Các phương tiện bảo vệ cấp cứu người bị điện giật

CHƯƠNG 3: KHÍ CỤ ĐIỆN

- 3.1 Phân loại khí cụ điện
- 3.2 Các yêu cầu đối với khí cụ điện
- 3.3 Sự phát nóng của khí cụ điện
- 3.4 Sự tiếp xúc điện
- 3.5 Sự phát sinh hồ quang điện trong khí cụ điện
- 3.6 Cầu dao - cầu chì
- 3.7 Cầu dao tự động
- 3.8 Nút bấm
- 3.9 Công tắc hành trình
- 3.10 Công tắc tơ
- 3.11 Rơ le bảo vệ quá tải
- 3.12 Rơ le thời gian
- 3.13 Cảm biến nhiệt độ
- 3.14 Lắp đặt và kiểm tra khí cụ điện trong bản điện
- 3.15 Một vài hiện tượng hư hỏng thông thường và cách sửa chữa

CHƯƠNG 4: MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

- 4.1 Mạch khởi động cơ dùng khởi động từ
- 4.2 Mạch nháp máy
- 4.3 Mở máy theo thứ tự
- 4.4 Đổi chiều quay và thắng động cơ
- 4.5 Khởi động sao - tam giác
- 4.6 Điều khiển mô hình mạch điện máy tiện
- 4.7 Điều khiển mô hình mạch điện máy phay

CHƯƠNG 5: KỸ THẬT CHIẾU SÁNG

- 5.1 Ánh sáng và phép đo
- 5.2 Phép đo và đơn vị
- 5.3 Định luật Lambert
- 5.4 Dụng cụ chiếu sáng
- 5.5 Cách chọn cỡ dây phù hợp với dòng tải

5.6 Thiết kế chiếu sáng công nghiệp
PHẦN THỰC HÀNH

3. Tài liệu tham khảo
 - 1- 1- Kỹ Thuật Điện (Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh- NXB Giáo Dục)
 - 2- 2- Kỹ Thuật Điện 1 (Nguyễn Chu Hùng, Tôn Thất Cảnh Hưng- NXB Đại Học Bách khoa TP. HCM)

ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

CHƯƠNG 1:

KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1.1. NGUỒN NĂNG LƯỢNG TỰ NHIÊN VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA NĂNG LƯỢNG ĐIỆN

- Nguồn năng lượng xung quanh chúng ta rất phong phú và dồi dào.
- Điện năng trong quá trình sản xuất và phân phối có ba đặc điểm chủ yếu sau đây:

- ❖ Điện năng sản xuất ra không tích trữ được.
- ❖ Quá trình về điện xảy ra rất nhanh.
- ❖ Công nghiệp điện lực có liên quan chặt chẽ đến nhiều ngành kinh tế quốc dân.

1.2. CÁC DẠNG NGUỒN ĐIỆN

1.2.1. Nhà máy nhiệt điện

- Ở nhà máy nhiệt điện, sự biến đổi năng lượng được thực hiện theo nguyên lý sau:

Nhiệt năng —————> Cơ năng —————> Điện năng

- Nhiên liệu dùng để đốt lò là than đá, than bùn, khí đốt, các loại dầu nặng, tre, v.v...

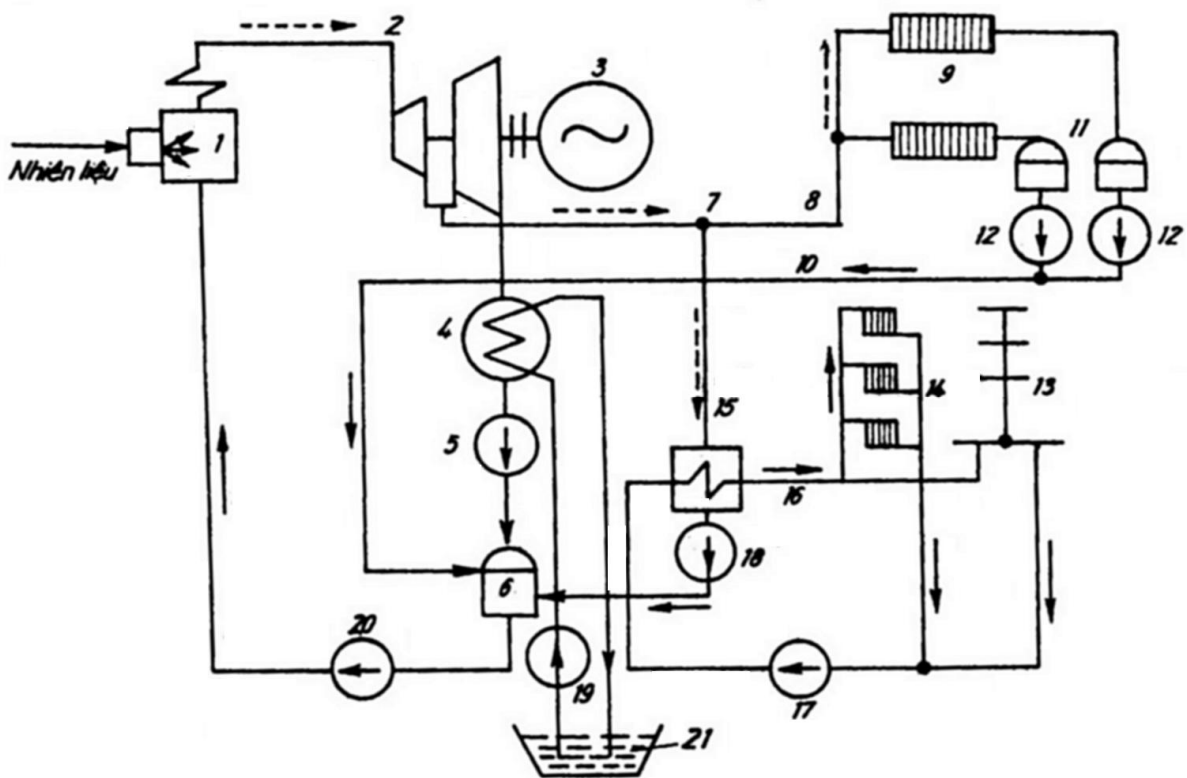
- Hơi nước có nhiệt độ và áp suất cao (khoảng 550°C , 250at/cm^2).

- Nhà máy nhiệt điện có hai loại là nhà máy nhiệt điện trích hơi và nhà máy nhiệt điện ngưng hơi.

- Nhà máy nhiệt điện có những đặc điểm sau:

- ❖ Thường xây dựng gần nguồn nhiên liệu.
- ❖ Việc khởi động và tăng phụ tải chậm.
- ❖ Khối lượng tiêu thụ nhiên liệu lớn.
- ❖ Thải khói làm ô nhiễm môi trường.
- ❖ Hiệu suất khoảng 30% đến 70%.

Nguyên lý hoạt động của nhà máy nhiệt điện trích hơi. Hình 1.1.



Hình 1.1: Quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy nhiệt điện trích hơi

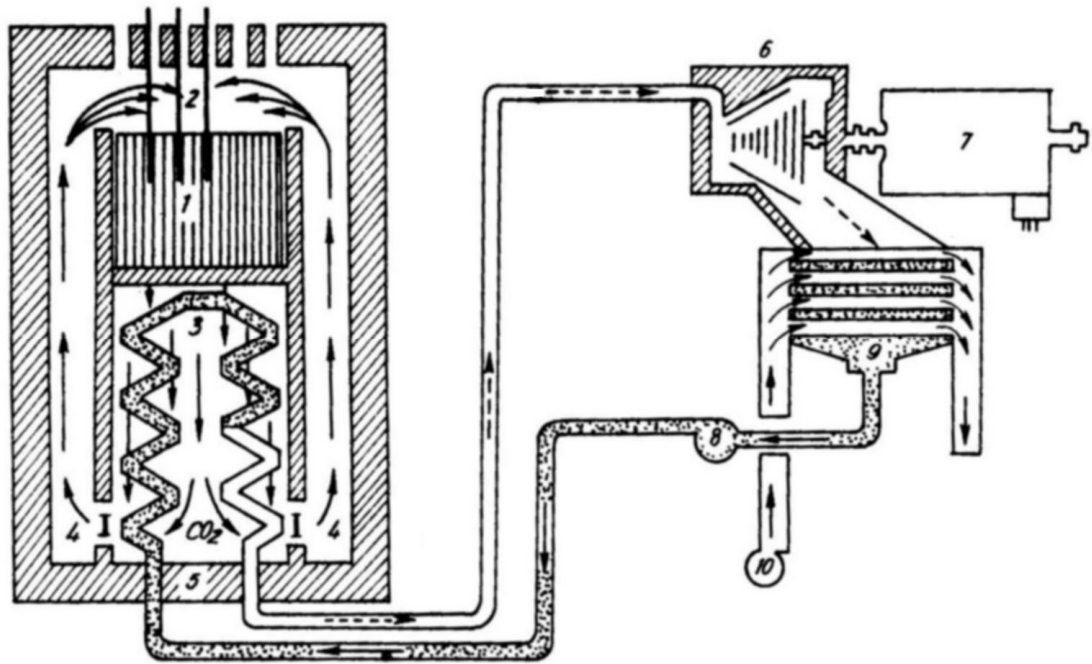
1.2.2. Nhà máy điện nguyên tử

- Dùng các lò phản ứng hạt nhân để cung cấp nhiệt cho nhà máy.
- Phân hủy 1kg U235 tạo ra nhiệt năng tương đương với đốt 2900 tấn than đá.

- Nhà máy điện nguyên tử có những đặc điểm sau:

- ❖ Khối lượng nhiên liệu nhỏ.
- ❖ Không thải khói ra ngoài khí quyển.
- ❖ Vốn đầu tư xây dựng lớn.
- ❖ Hiệu suất cao hơn nhà máy nhiệt điện.

- Nguyên lý hoạt động của nhà máy điện nguyên tử. Hình 1.2.



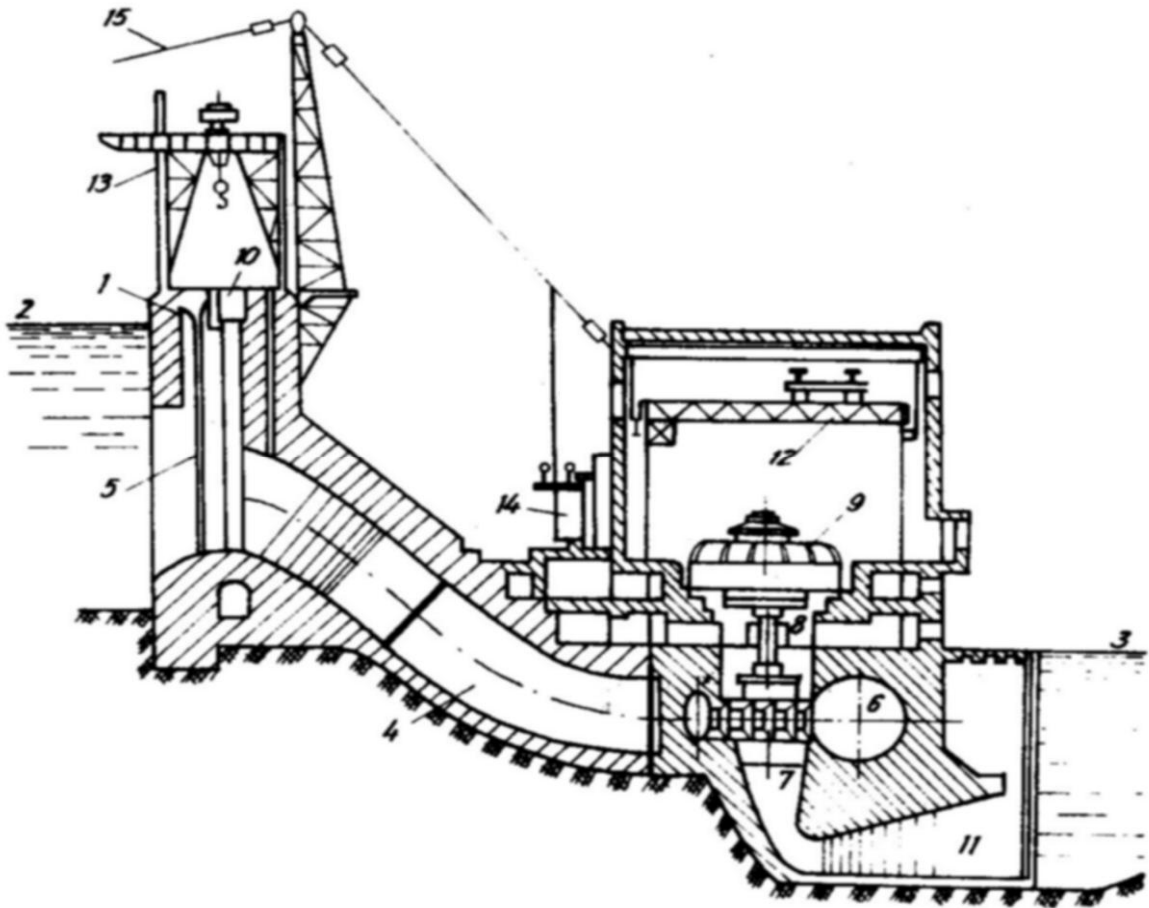
Hình 1.2: Lò phản ứng hạt nhân trong nhà máy điện nguyên tử

1.2.3. Nhà máy thủy điện

- Ở nhà máy thủy điện, thủy năng được biến thành điện năng.
- Đặc điểm của nhà máy thủy điện:
 - ❖ Không gây ô nhiễm môi trường.
 - ❖ Thiết bị tương đối đơn giản, gần như hoàn toàn tự động.
 - ❖ Số người vận hành rất ít.
 - ❖ Giá thành sản xuất 1kWh điện năng rẻ nhất.
 - ❖ Thời gian nhận tải của nhà máy thủy điện rất nhanh.

- Ngoài kiểu nhà máy thủy điện thông thường còn có nhà máy thủy điện tích năng.

- Nguyên lý hoạt động của nhà máy thủy điện. Hình 1.3.



Hình 1.3: Quá trình sản xuất điện năng của nhà máy thủy điện

- Ngoài ra còn có các nhà máy điện khác như: điện mặt trời, điện gió, địa nhiệt, từ thủy động, tua bin khí, ...

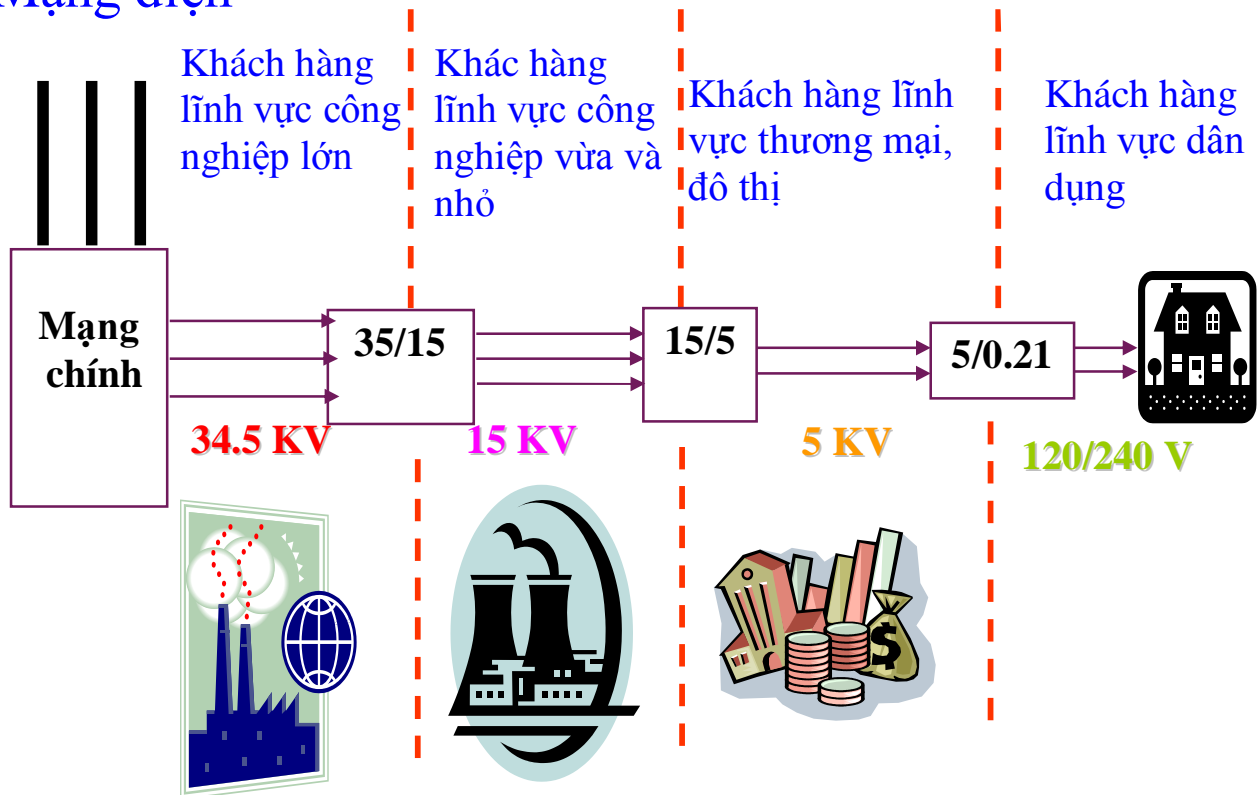
1.3. TRUYỀN TẢI VÀ PHÂN PHỐI

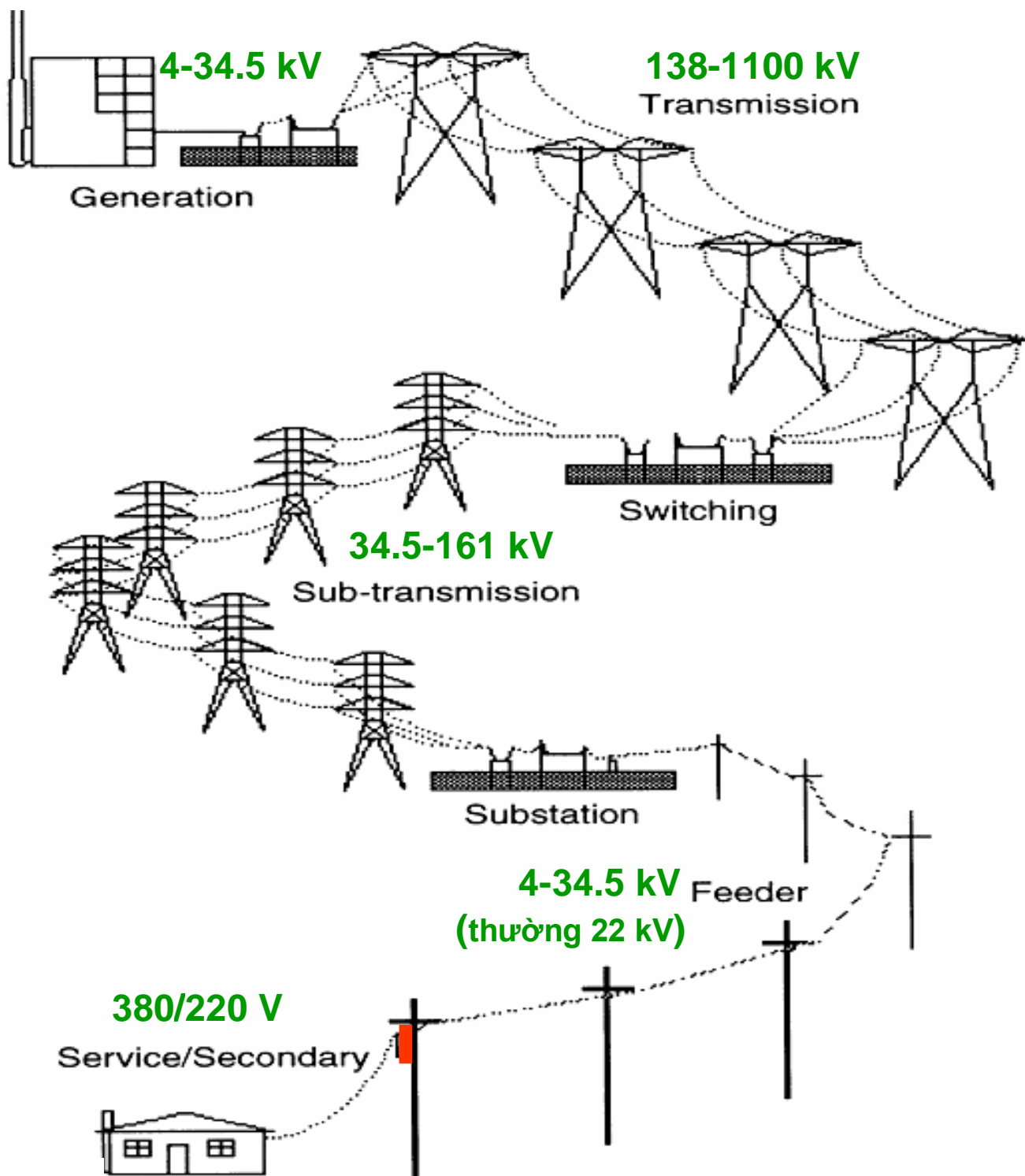
- Điện năng sau khi được sản xuất ở các nhà máy điện sẽ được truyền tải, phân phối đến các hộ tiêu thụ điện nhờ mạng lưới điện.

- Điện áp ra ở các nhà máy điện thông thường khoảng 6 đến 10,5 kV.

-
- Về mặt nguyên cứu , tính toán, hệ thống điện được phân chia thành:
 - ❖ Lưới hệ thống (110kV, 220kV, 500kV).
 - ❖ Lưới truyền tải (35kV, 110kV, 220kV).
 - ❖ Lưới phân phối trung áp (6, 10, 15, 22, 35kV).
 - ❖ Lưới phân phối hạ áp (0,4/0,22kV).

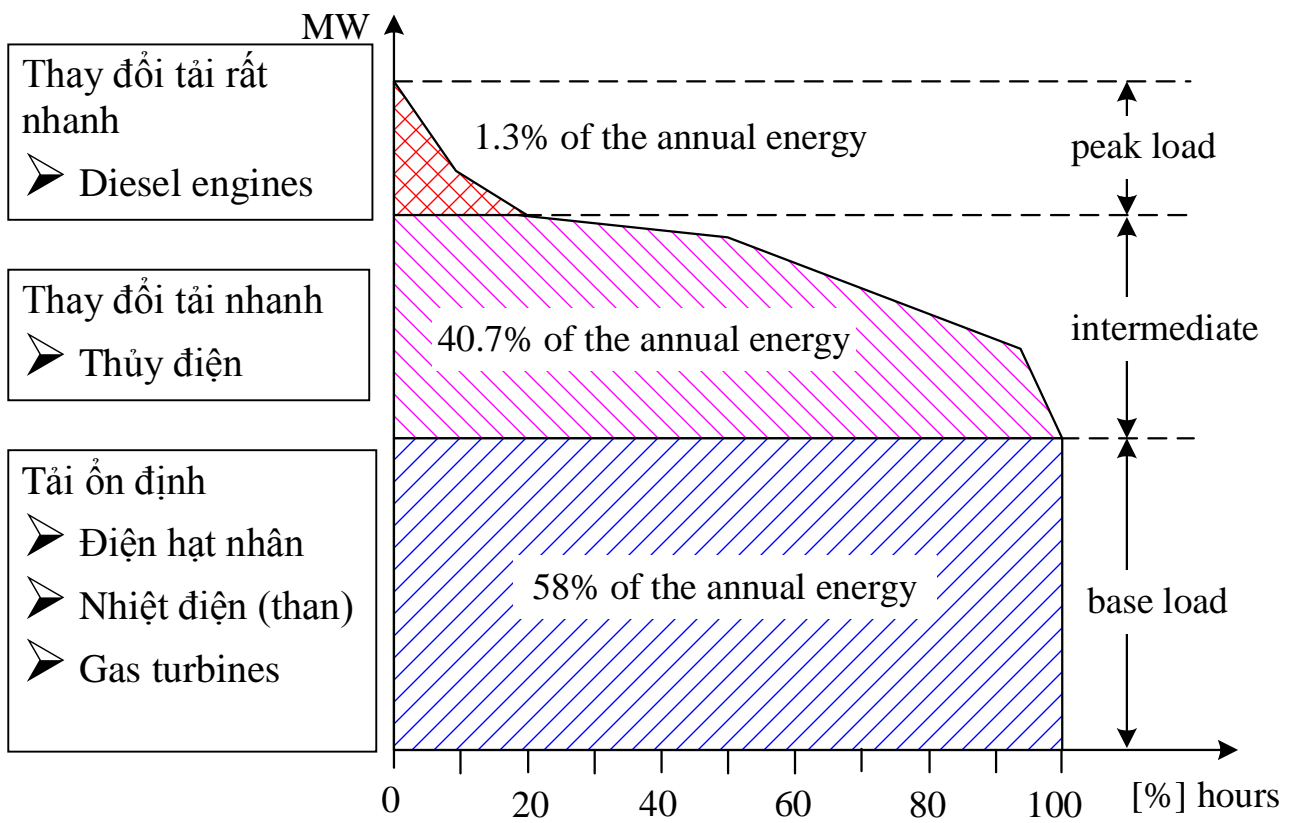
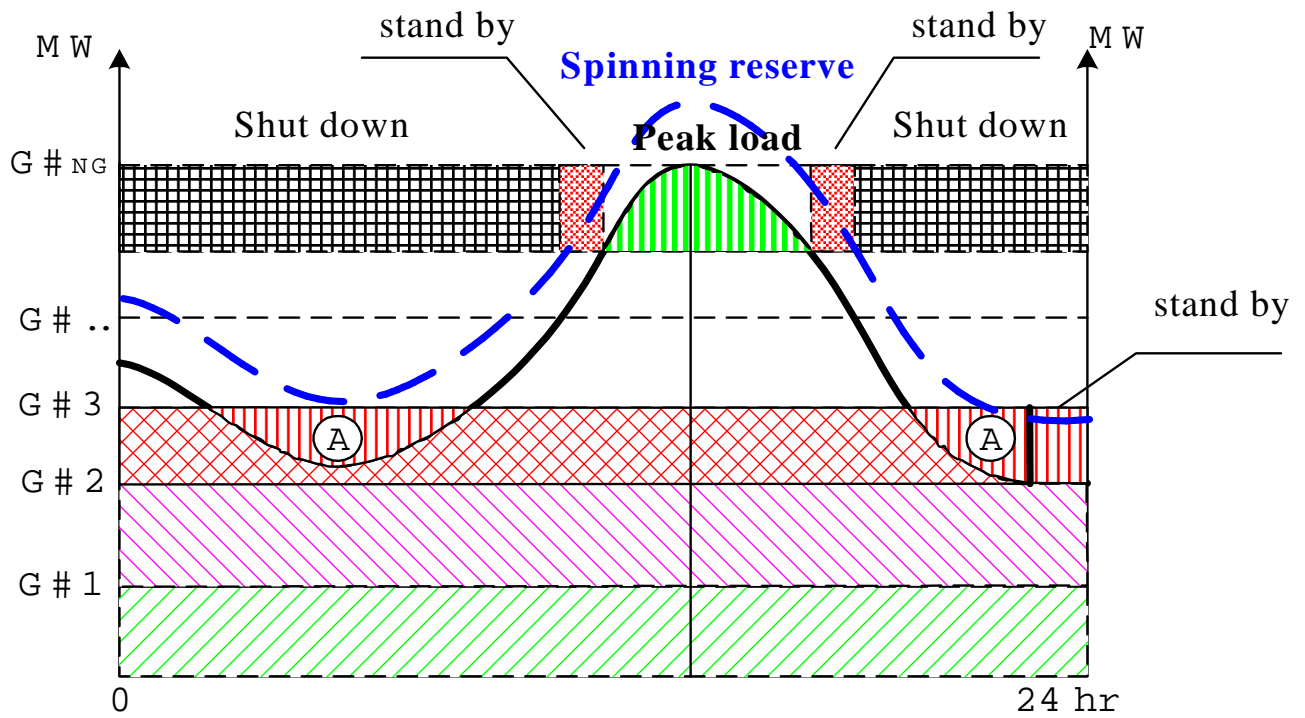
Mạng điện





1.4. HỘ TIÊU THỤ ĐIỆN

- Hộ tiêu thụ điện loại 1.
- Hộ tiêu thụ điện loại 2.
- Hộ tiêu thụ điện loại 3.



1.5. MỘT VÀI NÉT VỀ TÌNH HÌNH ĐIỆN NĂNG Ở NƯỚC TA

- Tình hình sản xuất điện năng ở nước ta hiện nay rất phát triển.
- Năm 2020 Việt Nam sẽ có nhà máy điện nguyên tử đầu tiên.
- Năm 2015 Việt Nam sẽ có nhà máy thủy điện lớn nhất Đông Nam Á (Sơn La – 2400MW).

Bảng 1. Công suất thiết kế các nhà máy điện tính tới 31/12/2004

Tên nhà máy	Công suất thiết kế (MW)	
	Năm 2003	Năm 2004
Tổng công suất phát của toàn bộ hệ thống điện Việt Nam	9896	11340
Công suất lắp đặt của các nhà máy điện thuộc EVN	8375	8822
Nhà máy thủy điện	4155	4155
Hoà Bình	1920	1920
Thác Bà	120	120
Trị An	420	420
Đa Nhim - Sông Pha	167	167
Thác Mơ	150	150
Vĩnh Sơn	66	66
Ialy	720	720
Sông Hinh	70	70
Hàm Thuận - Đa Mi	476	476
Thủy điện nhỏ	46	46

Nhà máy nhiệt điện than	1245	1245
Phả Lại 1	440	440
Phả Lại 2	600	600
Uông Bí	105	105
Ninh Bình	100	100
Nhà máy nhiệt điện dầu (FO)	198	198
Thủ Đức	165	165
Cần Thơ	33	33
Tua bin khí (khí + dầu)	2489	2939
Bà Rịa	389	389
Phú Mỹ 2-1	732	732
Phú Mỹ 1	1090	1090
Phú Mỹ 4		450
Thủ Đức	128	128
Cần Thơ	150	150
Diezen	288	285
Công suất lắp đặt của các IPP	1521	2518

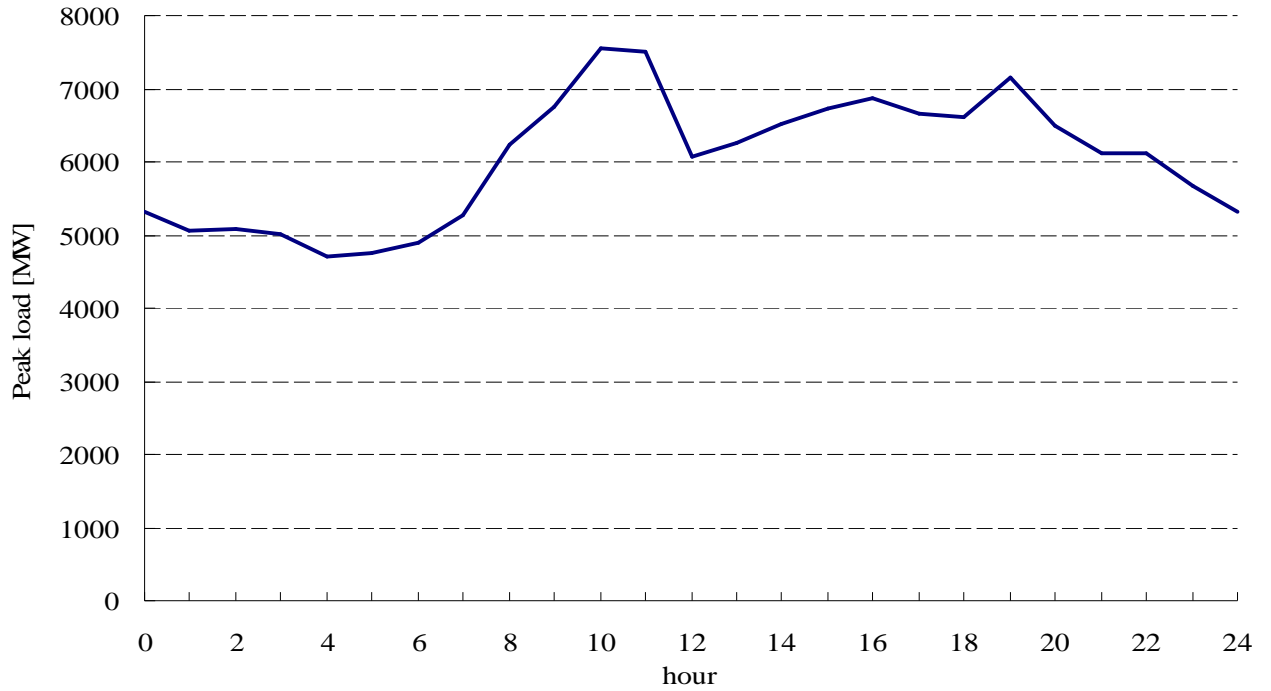
- Hiện nay, hệ thống truyền tải Việt Nam bao gồm ba cấp điện áp: 500kV, 220kV và 110kV.

- Hệ thống phân phối trung áp 35kV, 22kV và 15kV.

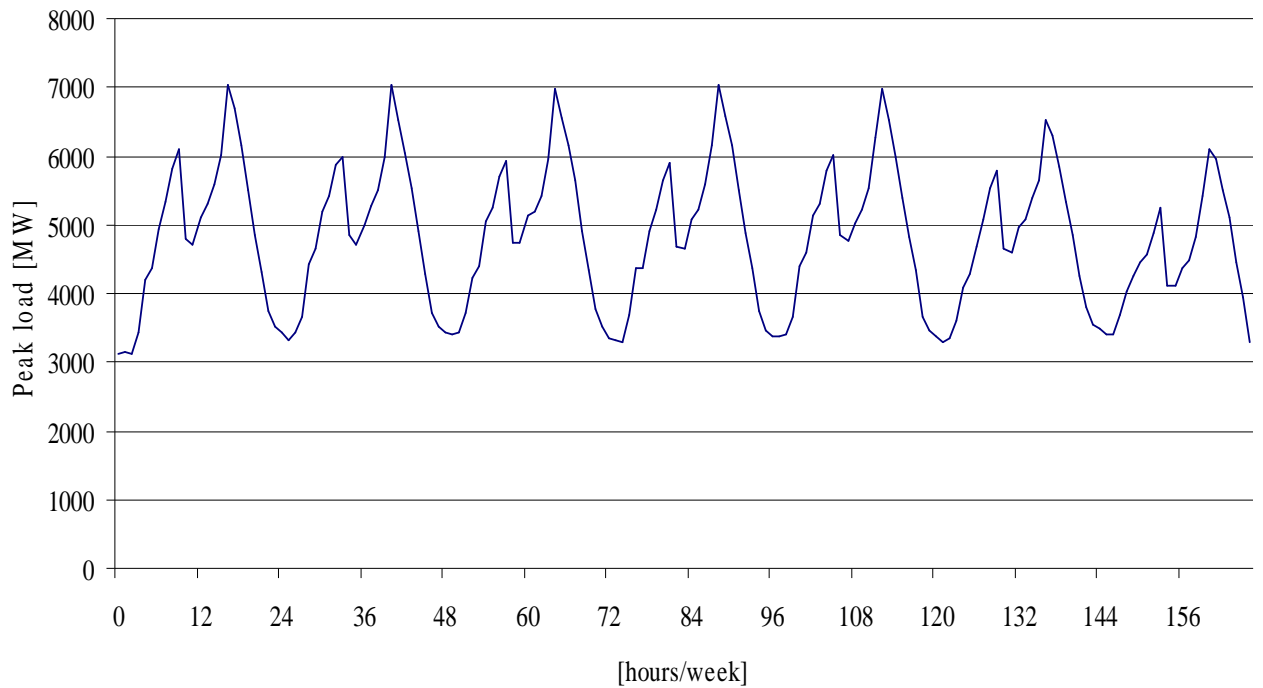
Bảng 3: Sự phát triển của hệ thống truyền tải năm 2004

TT	Khối lượng	2002	2003	2004
1	Tổng chiều dài đường dây 500 kV (km)	1.530	1.530	2.469
2	Tổng chiều dài đường dây 220 kV (km)	4.188	4.649	4.794
3	Tổng chiều dài đường dây 110 kV (km)	8.411	8.965	9.820
5	Tổng dung lượng lắp đặt TBA 500 kV (MVA)	2.250	3.150	4.050
6	Tổng dung lượng lắp đặt TBA 220 kV (MVA)	8.949	9.077	11.190
7	Tổng dung lượng lắp đặt TBA 110 kV (MVA)	10.806	11.369	14.998

- Đồ thị phụ tải ngày 1 tháng 6 năm 2004 của Việt Nam.



- Đồ thị phụ tải tuần thứ nhất tháng 6 năm 2004 của Việt Nam.



CHƯƠNG 2:
AN TOÀN ĐIỆN

2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

- Khi có dòng điện chạy qua người sẽ gây ra hiện tượng điện giật.

2.2. CÁC TÁC HẠI KHI CÓ DÒNG ĐIỆN ĐI QUA NGƯỜI

- Khi dòng điện đi qua cơ thể người sẽ gây nên những phản ứng sinh học phức tạp.

- Mức độ nguy hiểm đối với nạn nhân bị tai nạn điện phụ thuộc nhiều yếu tố như:

- ❖ Biên độ dòng điện.
- ❖ Đường đi của dòng điện.
- ❖ Thời gian tồn tại.
- ❖ Tần số dòng điện.
- ❖ Trình trạng sức khỏe.



Bảng 1: Ngưỡng giá trị I_{ng} giới hạn gây tác hại lên cơ thể người

I_{ng} (mA)	Tác hại đối với người	
	Điện AC ($f = 50 - 60$ (Hz))	Điện DC
0,6 - 1,5	Bắt đầu thấy tê	Chưa có cảm giác
2 - 3	Tê tăng mạnh	Chưa có cảm giác
5 - 7	Bắp thịt bắt đầu co	Đau như bị kim đâm
8 - 10	Tay không rời vật có điện	Nóng tăng dần
20 - 25	Tay không rời vật có điện, bắt đầu khó thở	Bắp thịt co và rung
50 - 80	Tê liệt hô hấp, tim bắt đầu đập mạnh	Tay khó rời vật có điện, bắt đầu khó thở
90 - 100	Nếu kéo dài với $t \geq 3$ s tim ngừng đập	Hô hấp tê liệt

- Các giới hạn dòng điện nguy hiểm đối với người như sau:

❖ $I_{\text{giới hạn nguy hiểm AC}} \leq 10 \text{ mA}$

❖ $I_{\text{giới hạn nguy hiểm DC}} \leq 50 \text{ mA}$

2.3. NGUYÊN NHÂN XẢY RA TAY NẠN VỀ ĐIỆN

- Do trình độ tổ chức, quản lý công tác lắp đặt, xây dựng, sửa chữa công trình điện chưa tốt.

- Do vi phạm quy trình kỹ thuật an toàn, đóng điện khi có người đang sửa chữa, tác vận hành thiết bị điện không đúng qui trình.

- Tai nạn về điện thường xảy ra ở cấp điện áp $U \leq 1000 \text{ V}$.

❖ Chạm gián tiếp.

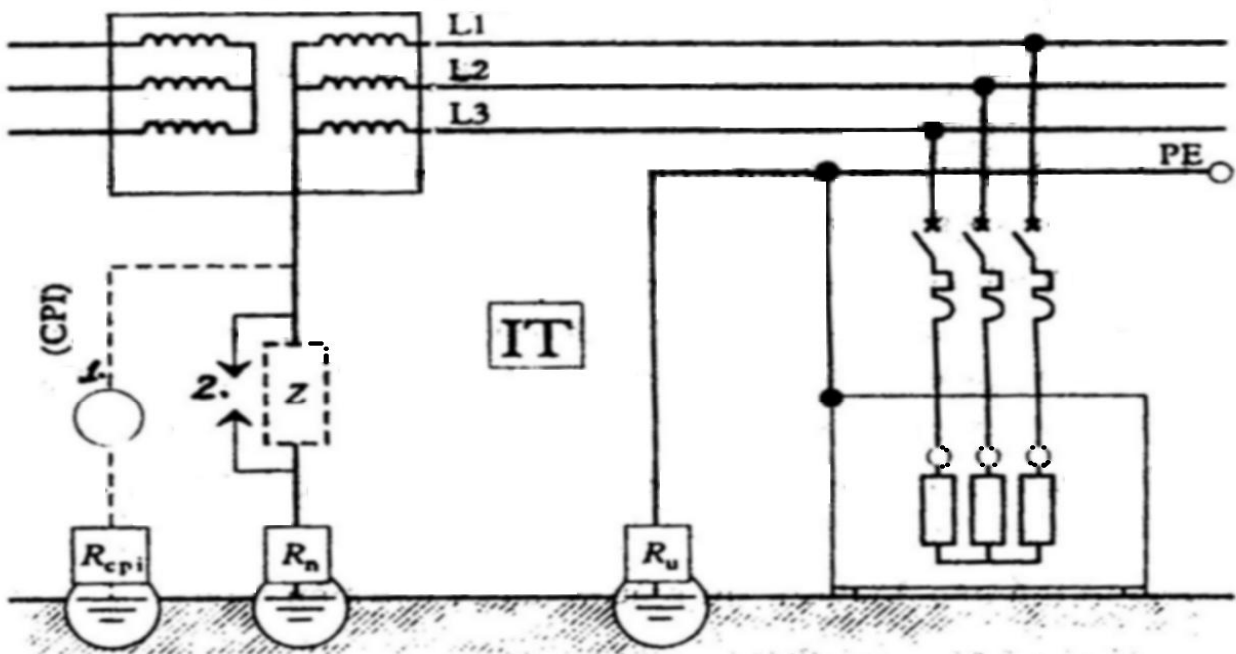
❖ Chạm trực tiếp.

- Tai nạn do sự phóng điện hồ quang.
- Tai nạn xảy ra do “điện áp bước”.

2.4. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ AN TOÀN

2.4.1. Tiếp đất bảo vệ

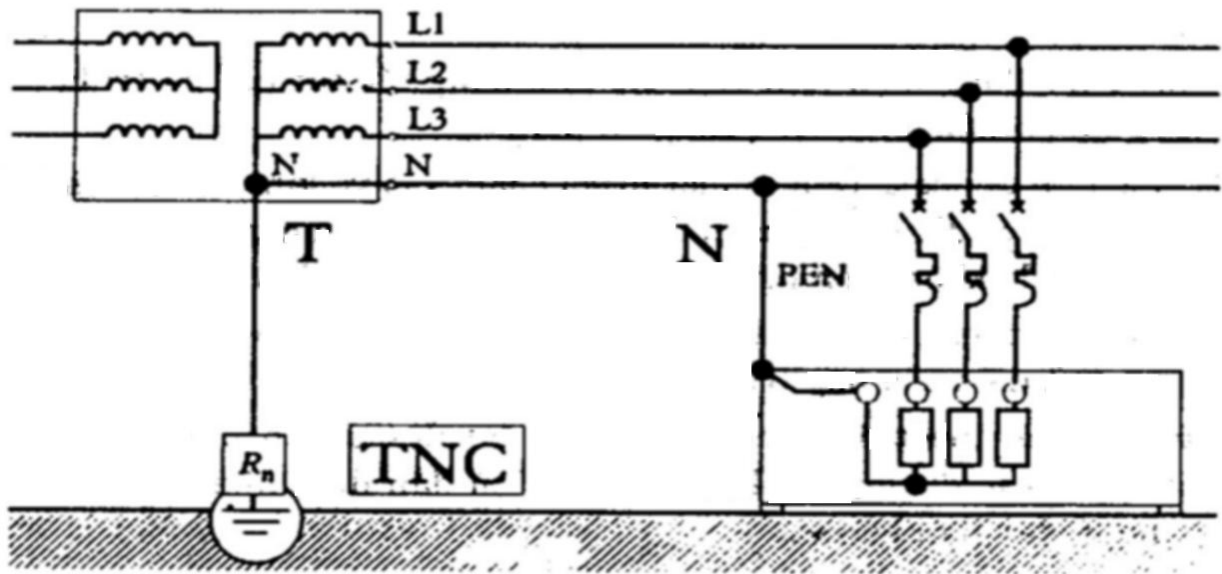
- Sơ đồ tiếp đất bảo vệ kiểu IT



1. Bộ phận kiểm tra thường xuyên cách điện
2. Thiết bị giới hạn quá điện áp (chống sét)

2.4.2. Nối dây trung tính

- Bảo vệ nối đất dây trung tính kiểu TN - C.



2.4.3. Các phương tiện bảo vệ - cấp cứu người bị tai nạn điện.

2.5. CHỐNG SÉT VÀ NỐI ĐẤT

2.5.1. Đặc tính của sét

- Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa đám mây với đất, đám mây với đám mây mang các điện tích trái dấu.

- Biên độ sét là $50 \div 100$ kA.

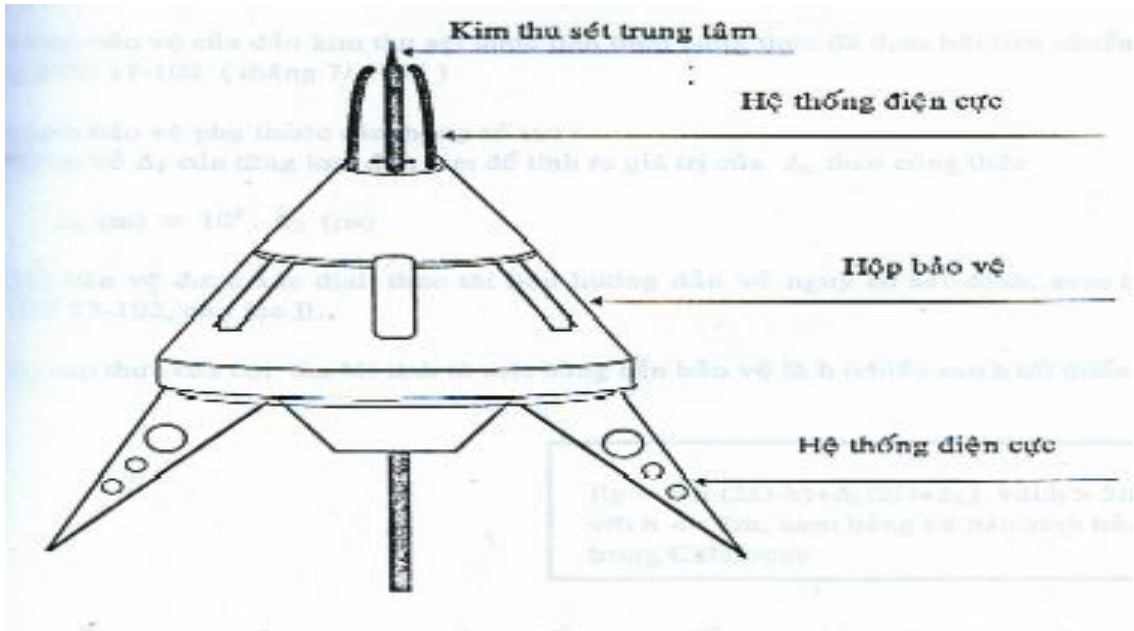
2.5.2. Bảo vệ các công trình xây dựng đối với sét đánh trực tiếp

- Bảo vệ chống sét kiểu cổ điển

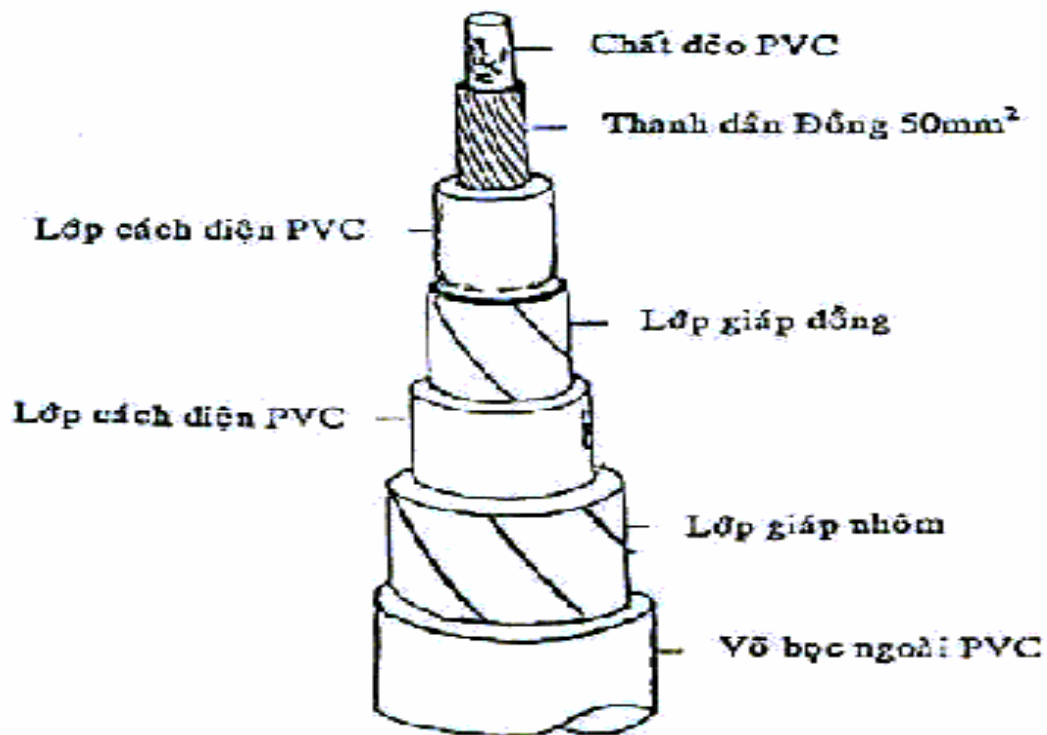
2.5.3. Chống sét cho các công trình bằng hệ thống chống sét mới

- Sử dụng đầu kim dẫn sét Prevelectron2

- Đón bắt sét đánh trên những đầu thu sét đặt trên không trung



- Truyền dẫn dòng điện sét đi xuống đất nhanh chóng, đảm bảo.



Dây dẫn dòng điện sét xuống đất

- Hiện nay các công trình chống sét đa số sử dụng dây đồng trần có tiết diện $2 \times 70 \text{ mm}^2$ để dẫn dòng sét. Dây được trong ống cách điện PVC.

- Bán kính bảo vệ R_p của đầu kim dẫn sét Prelectron2 được tính theo công thức:

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Trong đó: $D = 20\text{m}, 45\text{m}, 60\text{m}$ tùy thuộc vào cấp bảo vệ yêu cầu.

h – chiều cao thực của đầu kim

$$\Delta L(\text{m}) = 10^6 \cdot \Delta T(\mu\text{s})$$

- Để biết được giá trị độ lợi thời gian $\Delta T(\mu\text{s})$ ta tra bảng 2.2 (bài giảng)

- Để xác định được cấp bảo vệ cho công trình ta tìm hiệu bảng 1, phụ lục 4 (GT kỹ thuật an toàn).

*** Cấp bảo vệ cao nhất (I): D = 20m**

h(m) >	2	3	4	5	6	7	8	10	15	Max 20 m
S6.60	31	47	63	79	79	79	79	79	80	80
S4.50	27	41	55	68	69	69	69	69	70	70
S3.40	23	35	46	58	58	59	59	59	60	60
TS3.40	23	35	46	58	58	59	59	59	60	60
TS2.25	17	25	34	42	43	43	43	44	45	45

2.5.4. Nối đất

- Đối với nối đất chống sét trang bị nối đất phải thỏa mãn $R_d \leq 0,5 \Omega$.
- Đối với nối đất an toàn điện trở nối đất $R_d \leq 10 \Omega$.
- Ta chỉ cần xây dựng một hệ thống nối đất cho cả chống sét và an toàn.
- Có thể sử dụng hệ thống cốt thép của công trình làm trang bị nối đất.

Chương 3: **KHÍ CỤ ĐIỆN**

3.1. PHÂN LOẠI KHÍ CỤ ĐIỆN

- Khí cụ điện là những thiết bị điện dùng để đóng, cắt, điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ lưới điện, máy điện, mạch điện, ...

3.2. SỰ PHÁT SINH HỒ QUANG VÀ SỰ PHÁT NÓNG CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

- Phóng điện hồ quang chỉ xảy ra khi các dòng điện có trị số lớn ($> 0,5A$)
- Dòng điện chạy trong vật dẫn làm cho khí cụ điện nóng lên.

3.3. MỘT SỐ KHÍ CỤ ĐIỆN THÔNG DỤNG

3.3.1. Áp tô mát dòng cực đại

- Cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát dòng cực đại và điện áp thấp.



S251



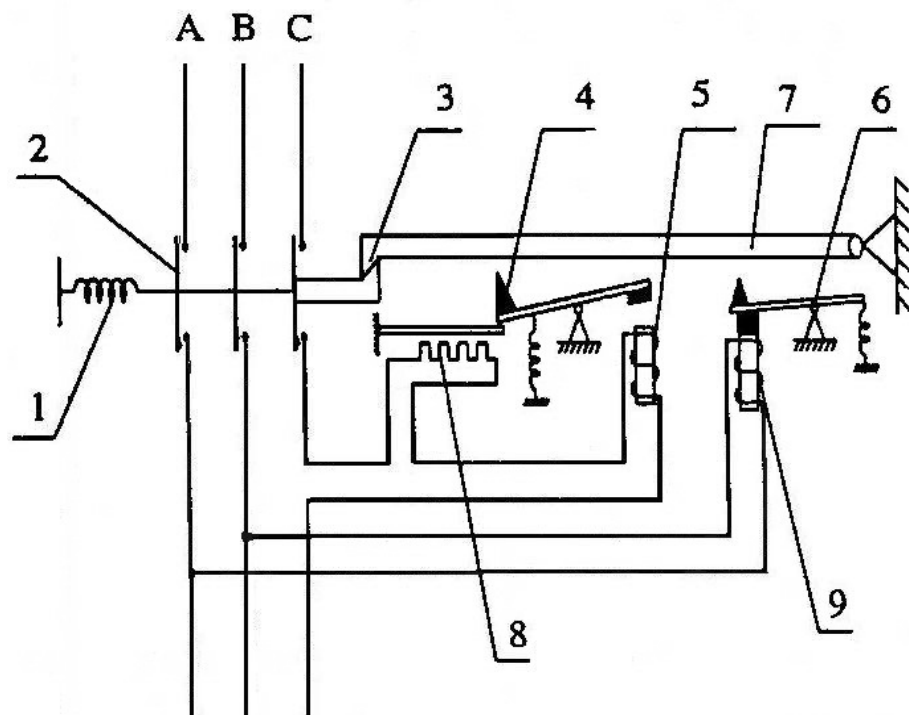
S252



S253

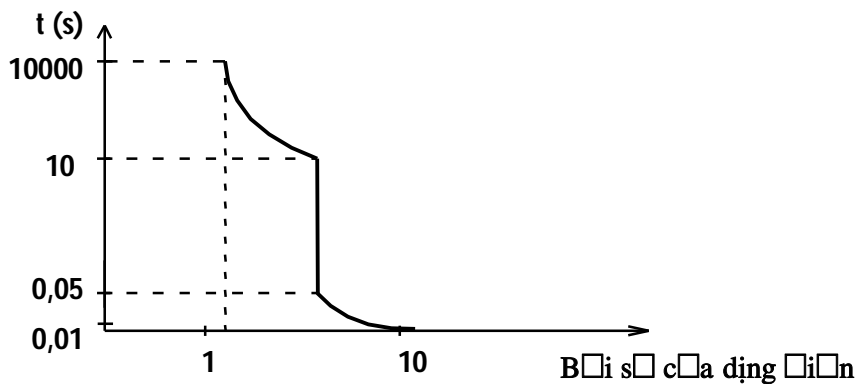


S254

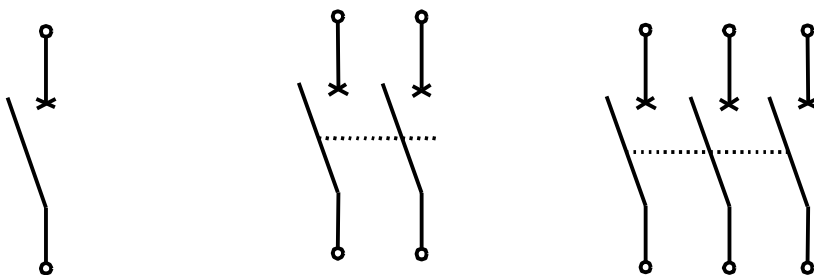


- (1) - lò xo
- (2) - các tiếp điểm
- (3) - ngàm
- (4) - đòn bẩy
- (5) - cuộn dây
- (6) - giá đỡ
- (7) - lẫy
- (8) - phần tử
đốt nóng
- (9) - cuộn dây

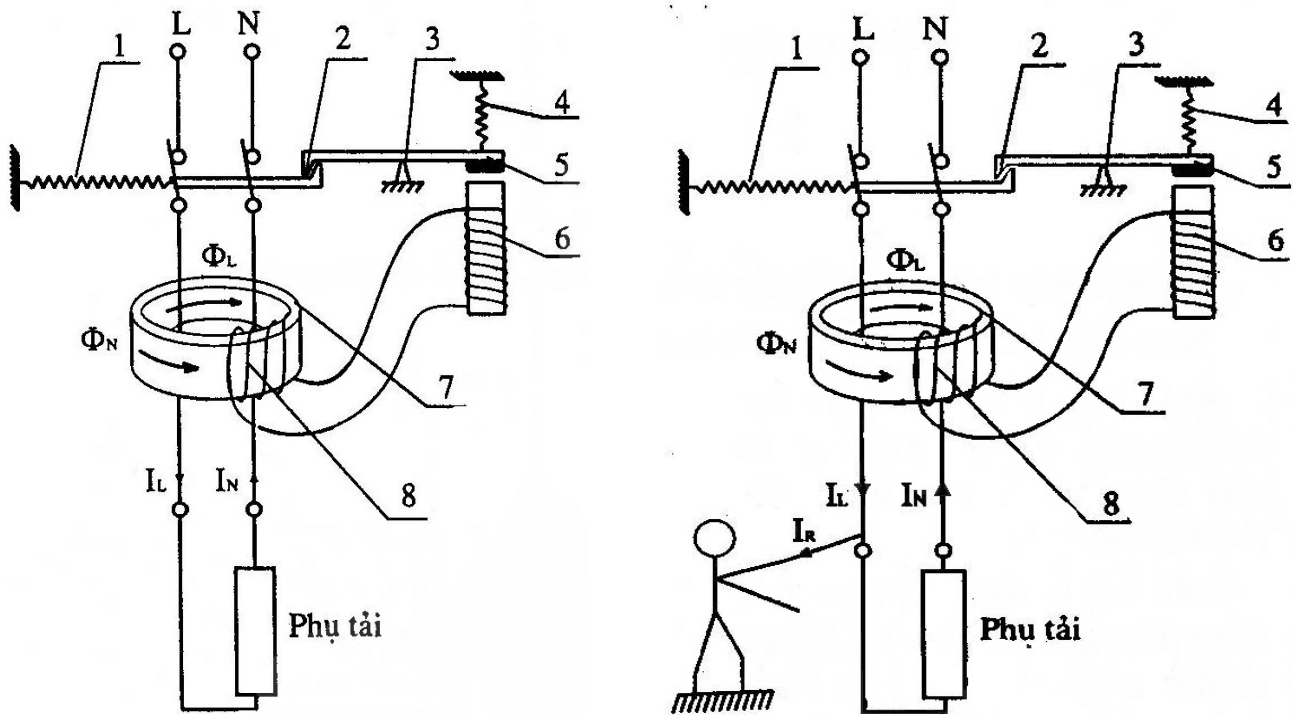
- Thông thường các CB trong công nghiệp có đặc tính thời gian - dòng điện như sau:



- Kí hiệu trên bản vẽ của aptômát

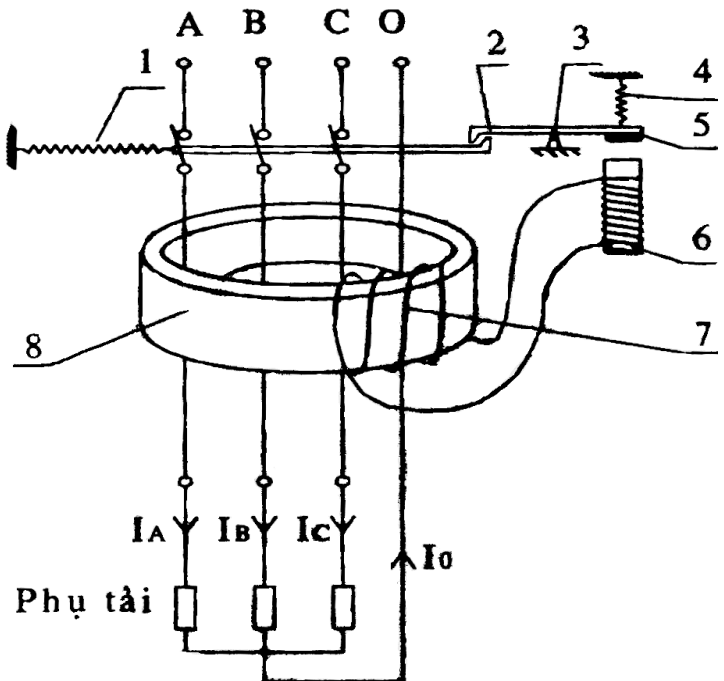


3.3.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát chống giật một pha



- (1) - lò xo (2) - ngàm (3) - lẫy (4) - lò xo
 (5) - lõi thép (6) - cuộn dây (7) - lõi thép (8) - cuộn dây thứ cấp

3.3.3. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát chống giật ba pha



- Thông số kỹ thuật và cách lựa chọn áp tô mát

$$I_{cpA} \geq I_{lv.pt}$$

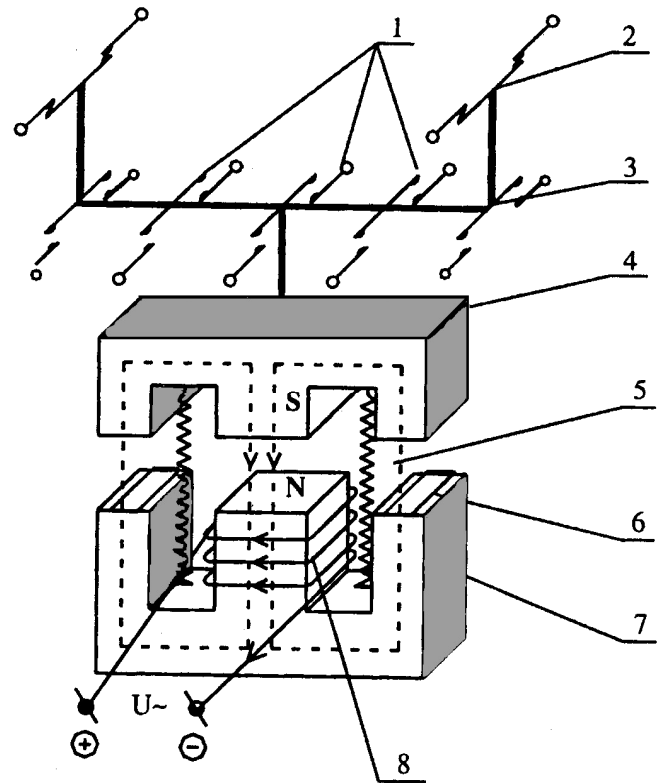
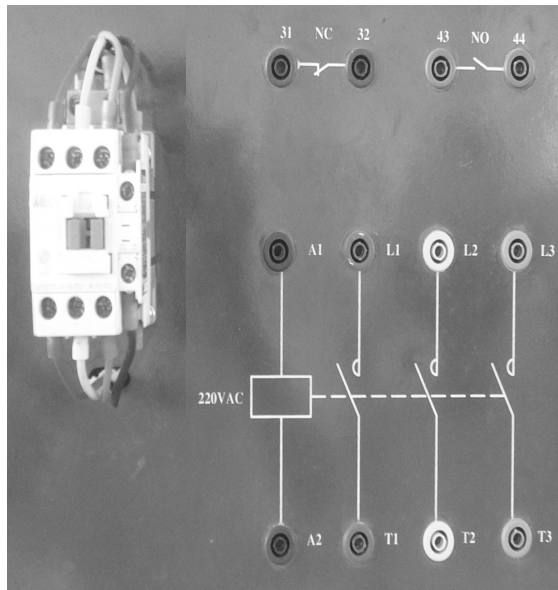
$$I_{nm} > I_{kd}$$

$$I_{qt} = (1,1 \div 1,2) \cdot I_{tt}$$

$$U_{cpA} \geq U_{lv.ld}$$

3.3.4. Công tắc tơ

- Công tắc tơ là loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt mạch điện động lực bằng tay (thông qua bộ nút ấn) hoặc tự động.



1 - tiếp điểm chính

2 - tay đòn

3 - tiếp điểm phụ

4 - lõi thép động

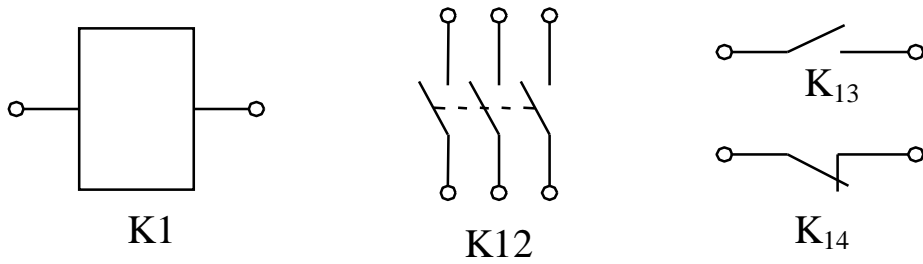
5 - lò xo

6 - vòng chổng rung

7 - lõi thép tĩnh

8 - cuộn dây

- Các kí hiệu của công tắc tơ trên bản vẽ



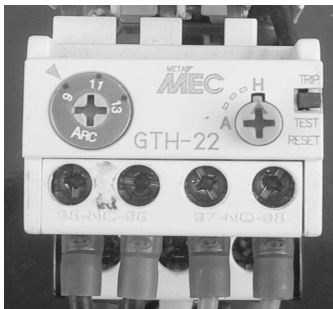
- Các thông số kỹ thuật của công tắc tơ

$$I_{đm} = (1,2 \div 1,5) \cdot I_{tt}$$

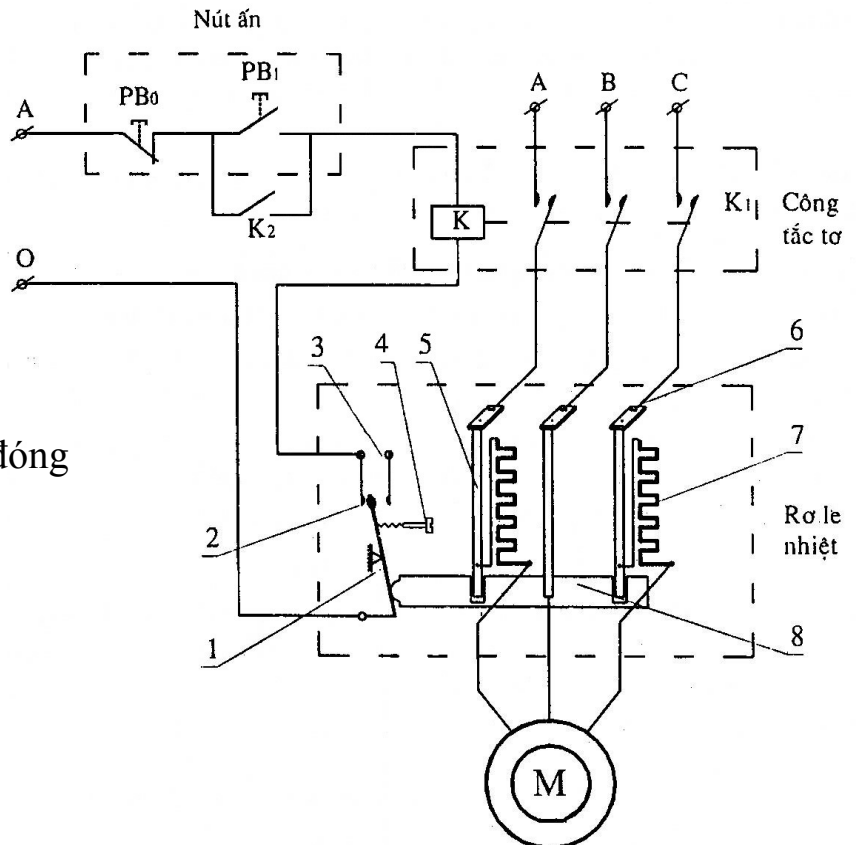
$$U_{đm} \geq U_{lv}$$

3.3.5. Role nhiệt

Role nhiệt là loại khí cụ điện tự động đóng, cắt tiếp điểm nhờ sự co giãn vì nhiệt của các thanh kim loại.

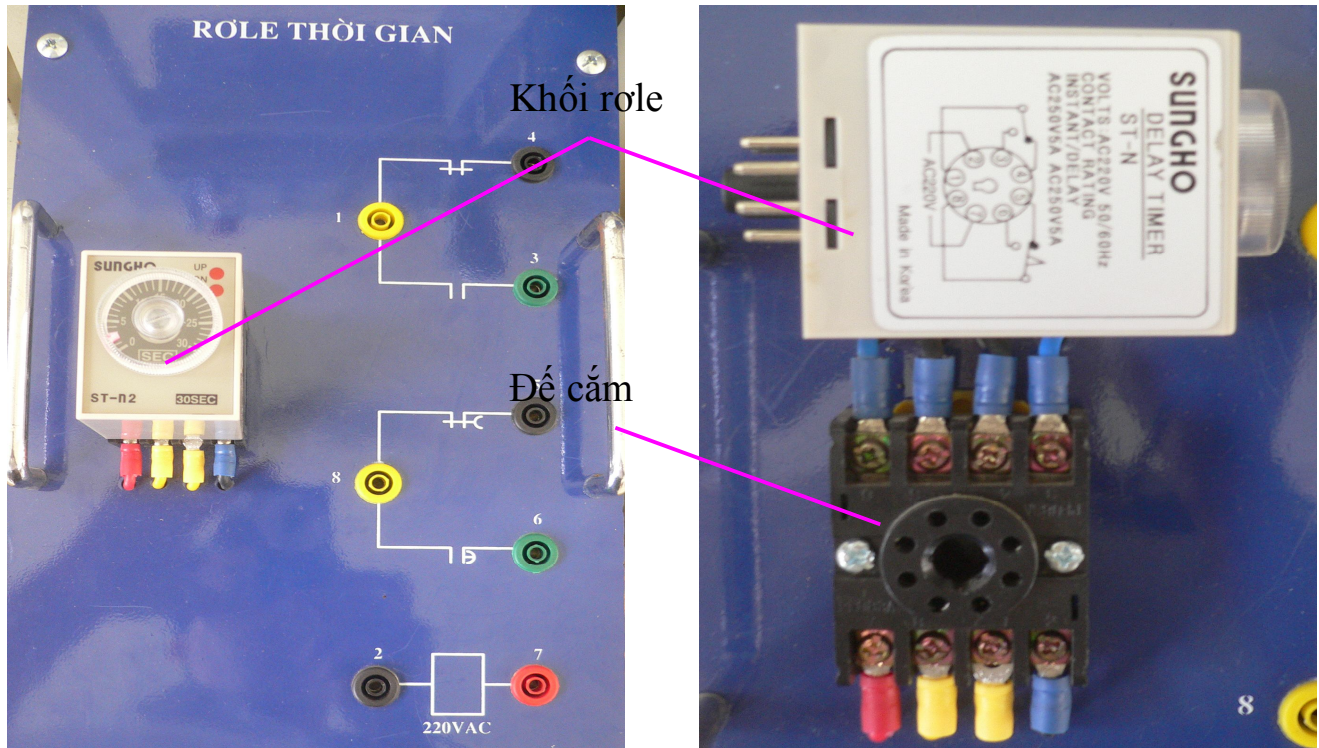


- (1) - đòn bẩy
- (2) - các tiếp điểm thường đóng
- (3) - tiếp điểm thường mở
- (4) - vít điều chỉnh
- (5) - thanh lưỡng kim
- (6) - cầu nối
- (7) - dây đốt nóng
- (8) - cần gạt

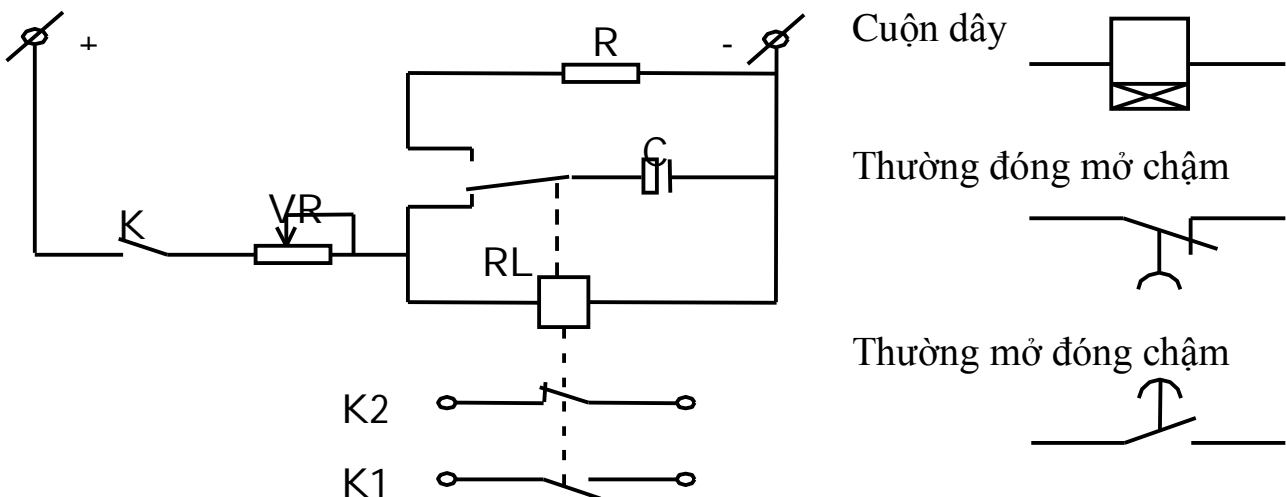


3.3.6. Role thời gian điện tử

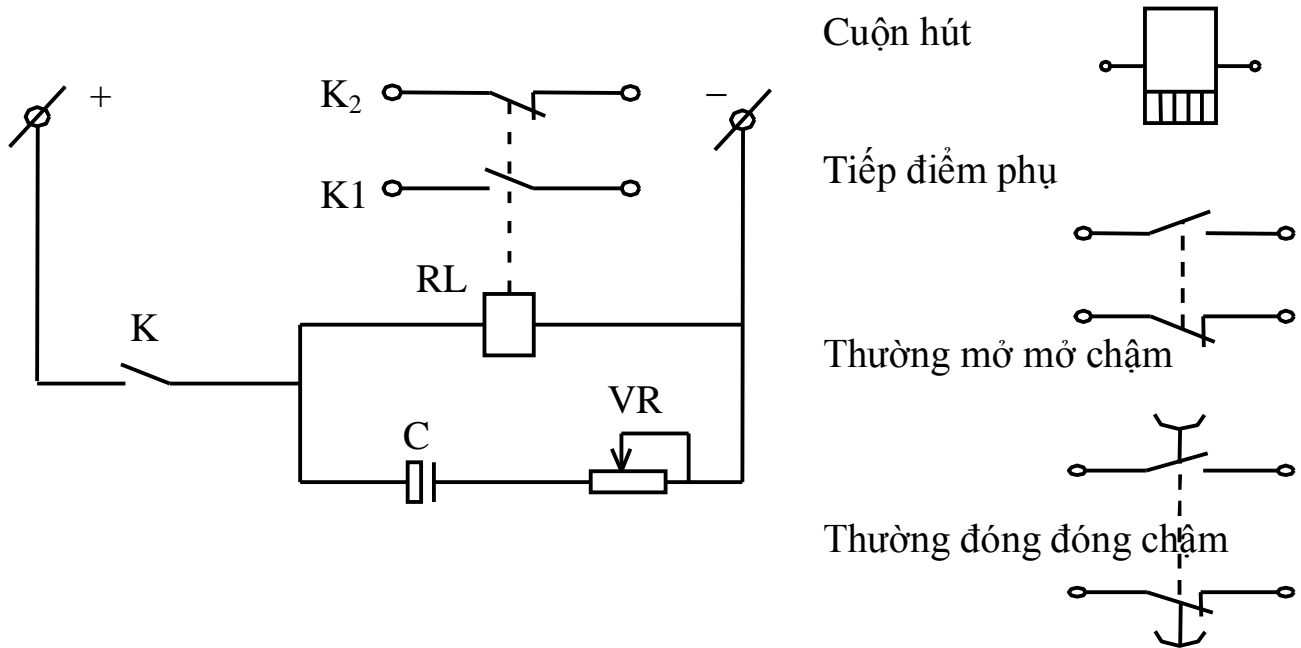
- Role thời gian được dùng nhiều trong các mạch tự động điều khiển. Nó có tác dụng làm trễ quá trình đóng, mở các tiếp điểm sau một khoảng thời gian chỉ định nào đó.



- Nguyên lý hoạt động của loại role ON DELAY



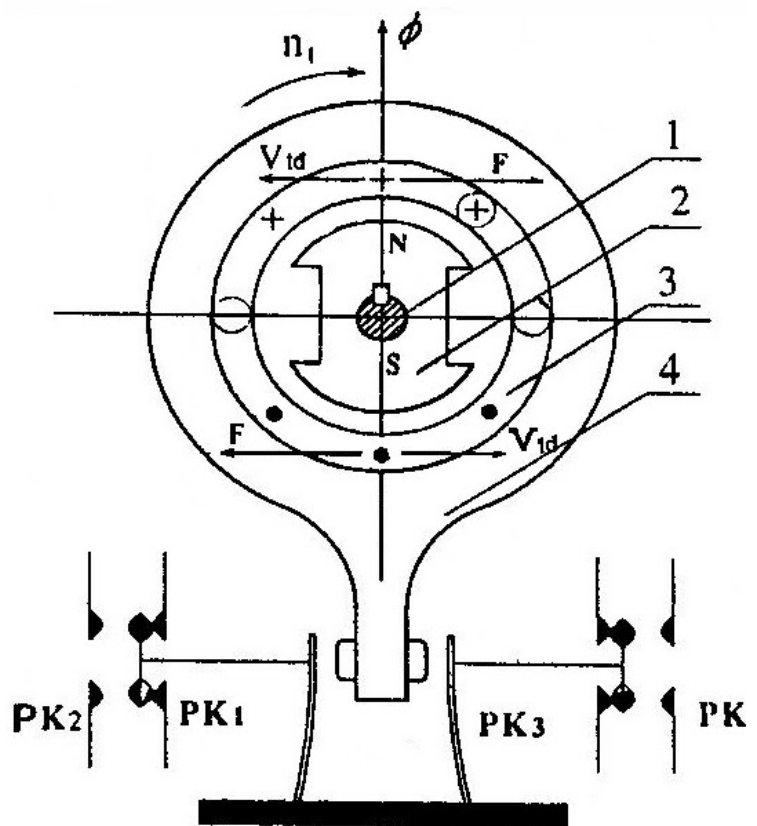
Nguyên lý hoạt động của role thời gian điện tử kiểu OFF DELAY

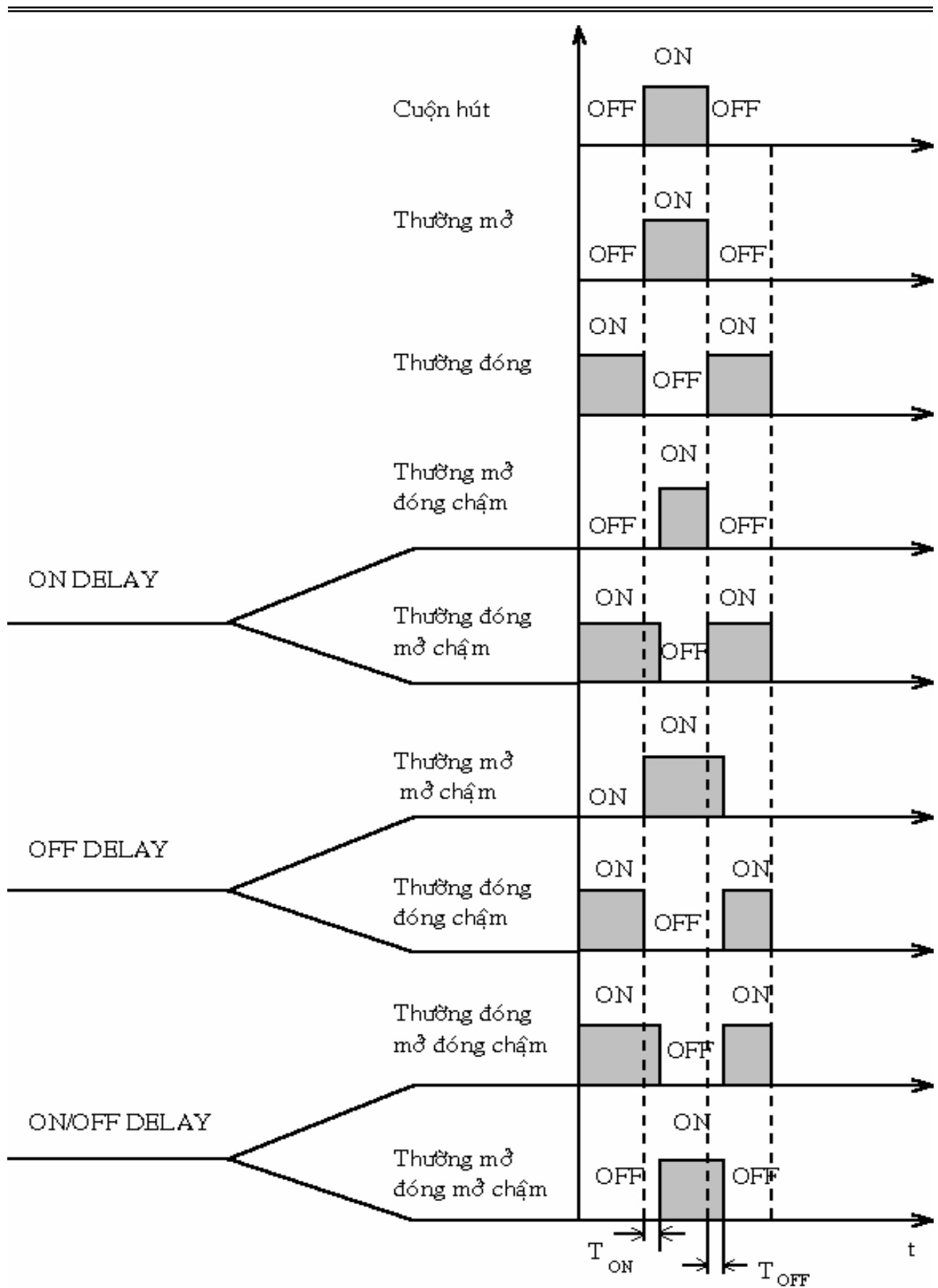


3.3.7. Role tốc độ

- Đây là loại khí cụ điện dùng để đóng, ngắt mạch điện khi tốc độ động cơ đạt đến một trị số nào đó.

- (1) - trục quay (roto)
- (2) - nam châm vĩnh cửu
- (3) - stato
- (4) - cần tác động



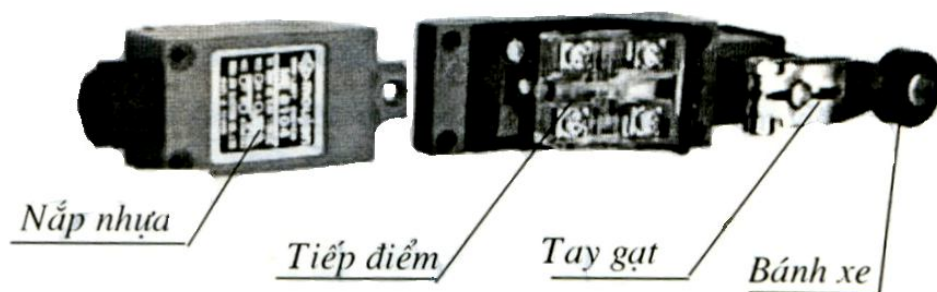


3.3.8. Công tắc chuyển mạch

- Là loại khí cụ điện đóng, ngắt nhờ ngoại lực (có thể bằng tay hoặc điều khiển qua một cơ cấu nào đó...). Bao gồm; Công tắc gạt, Công tắc hành trình, Công tắc xoay, Công tắc ấn, Công tắc ấn – xoay (nút dừng khẩn cấp), Công tắc có khoá (khóa điện), ...



Công tắc gạt



Công tắc hành trình



Công tắc xoay

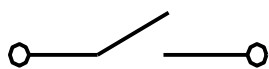


Công tắc ấn - xoay

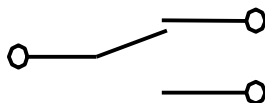


Công tắc có khoá

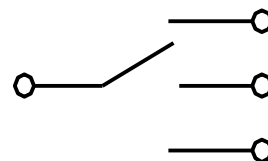
- Kí hiệu công tắc



Công tắc 1 ngã



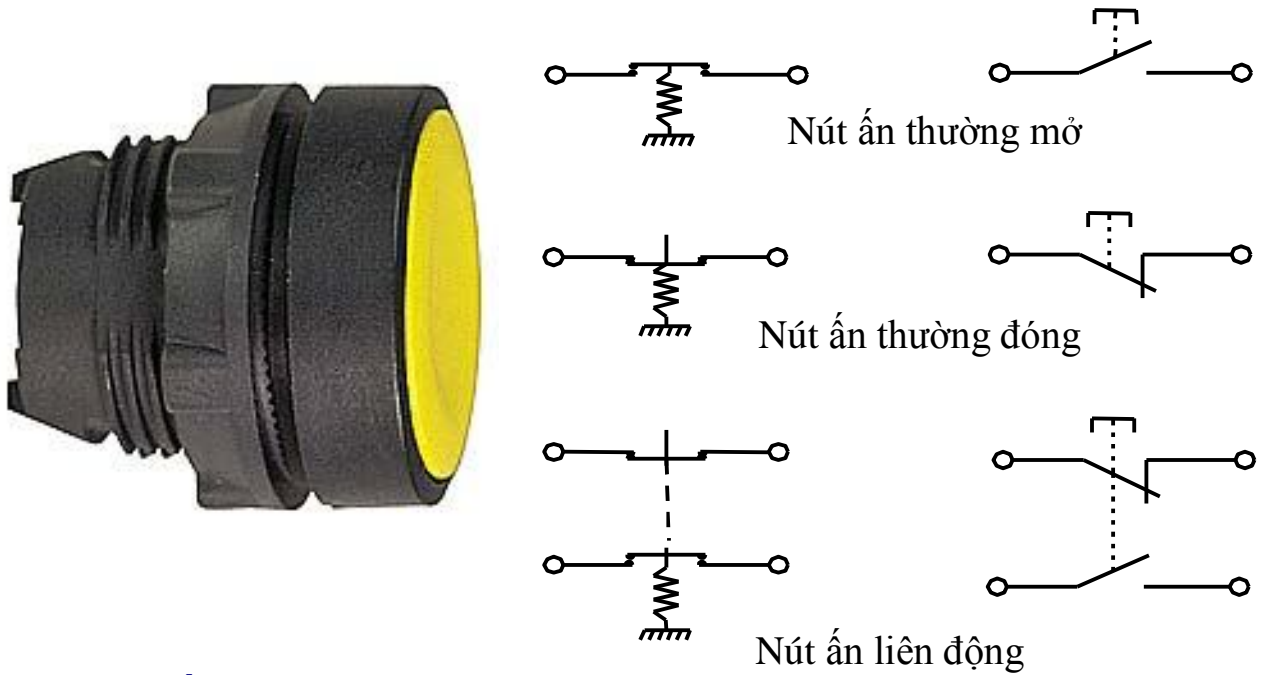
Công tắc 2 ngã



Công tắc 3 ngã

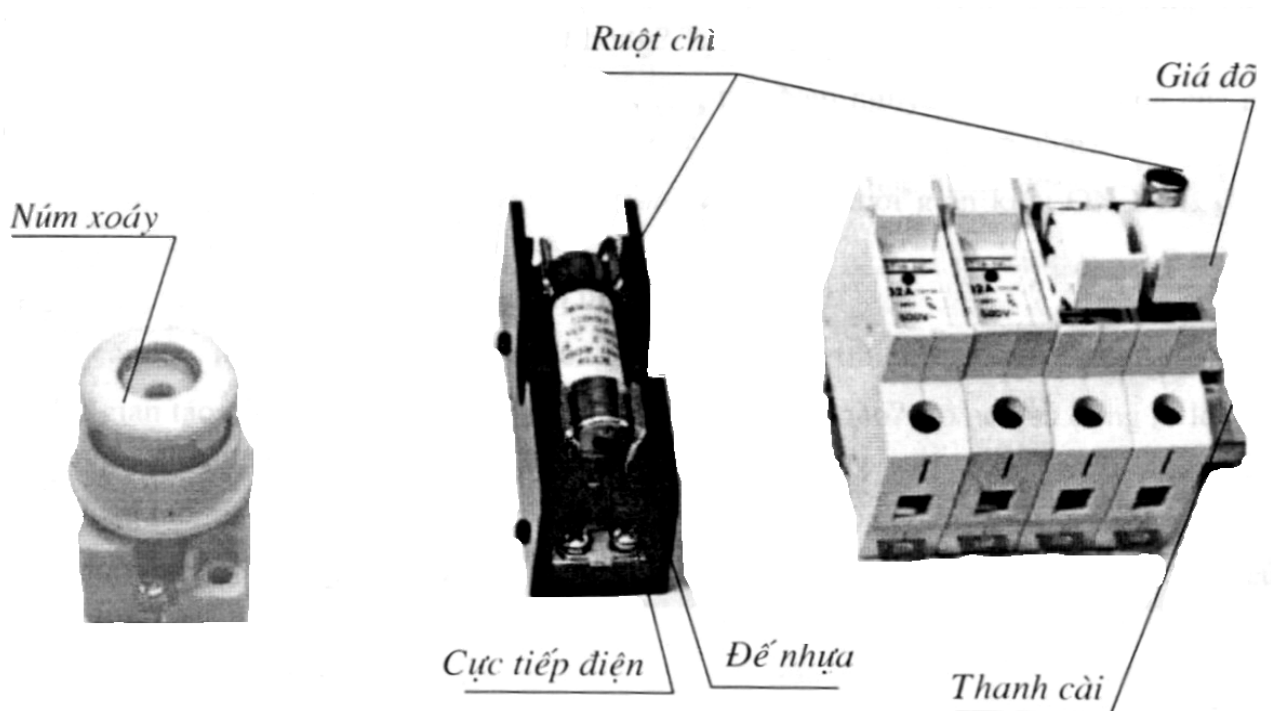
3.3.9. Nút ấn

- Là loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt các thiết bị điện bằng tay.



3.3.10. Cầu chì

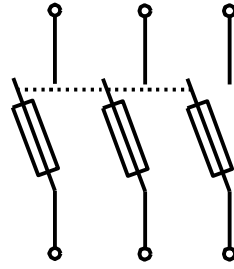
Là loại khí cụ điện dùng để bảo vệ thiết bị điện và lưới điện khi bị sự cố quá tải hoặc ngắn mạch



- Kí hiệu của cầu chì trên bản vẽ kỹ thuật



Cầu chì thông thường



Cầu chì tự rơi ba pha

3.3.11. Các loại cảm biến

- Cảm biến nhiệt độ
- Cảm biến quang

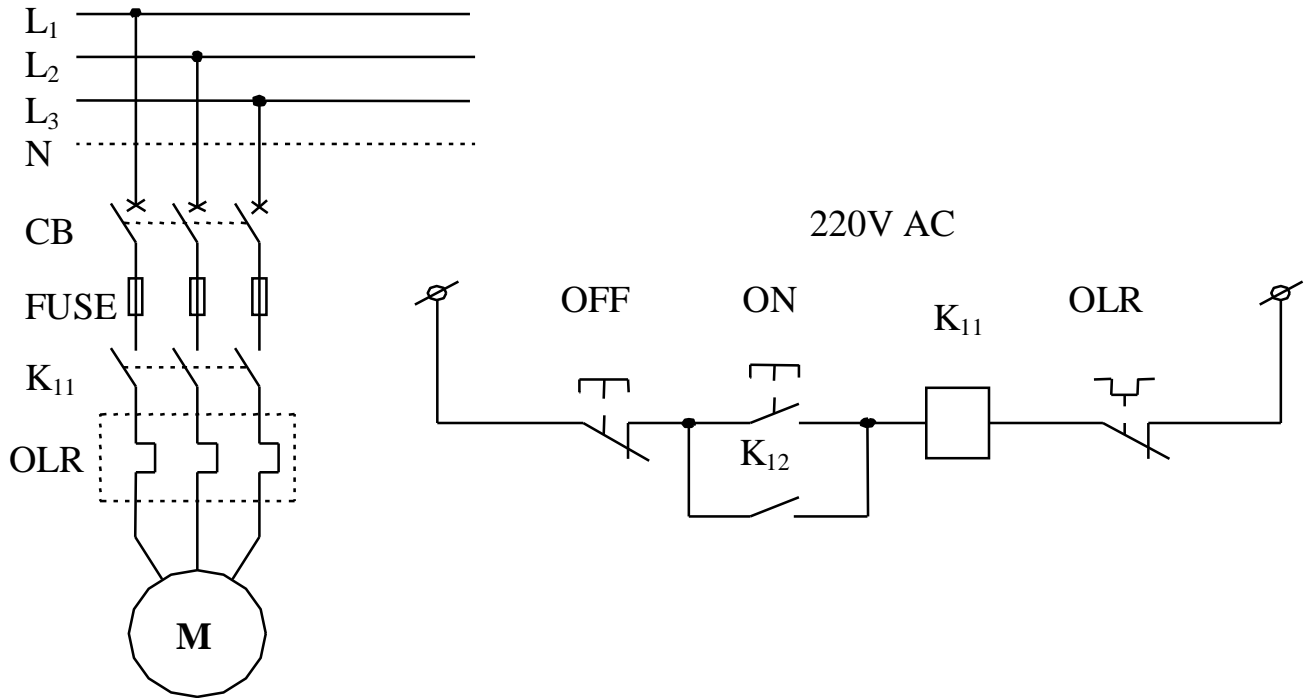
3.4. MỘT SỐ KÍ HIỆU THÔNG DỤNG TRONG ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

BẢNG 1: Bảng so sánh cách vẽ một số kí hiệu thường gặp

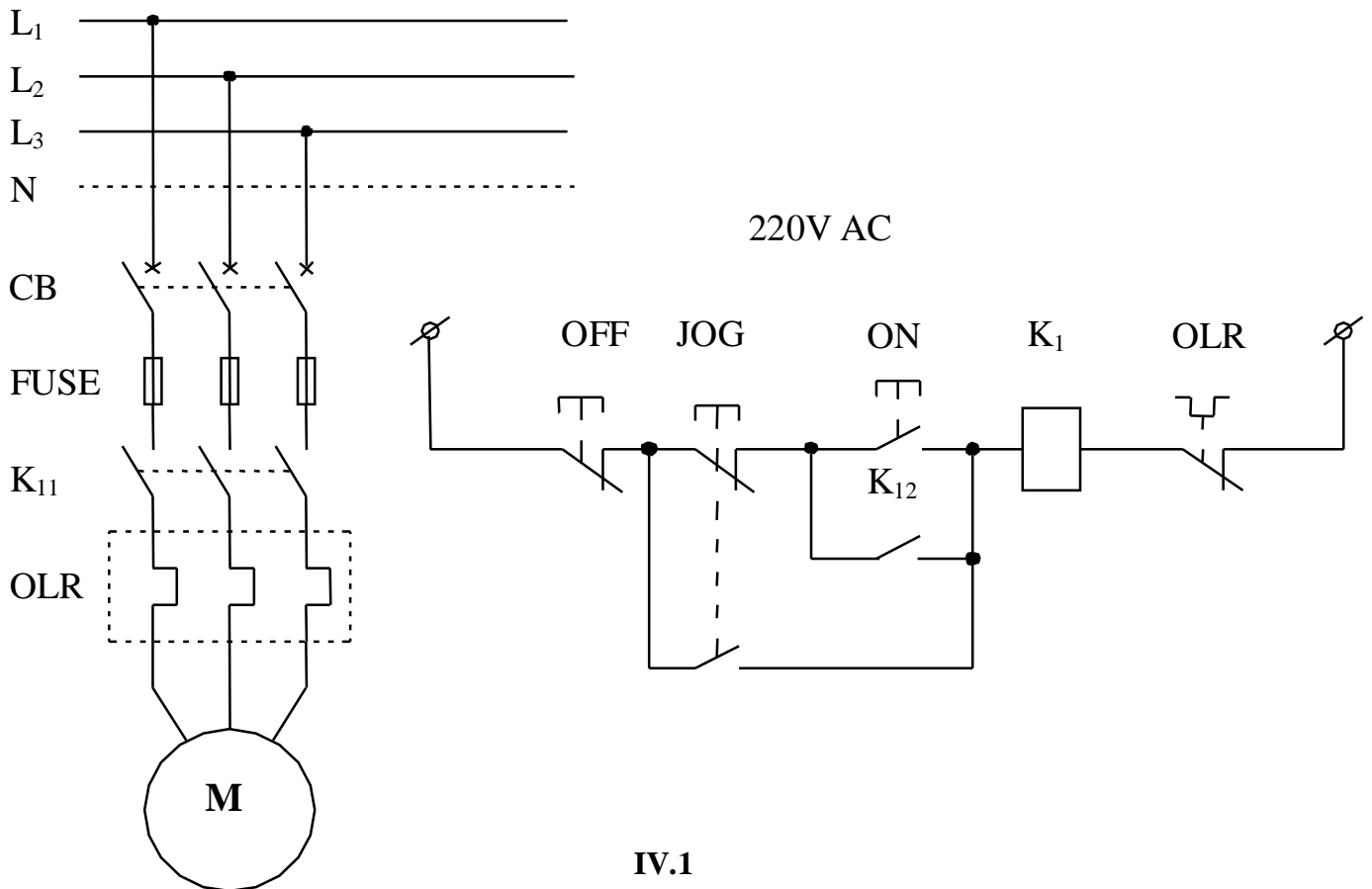
STT	Việt nam	Mỹ	Nhật	Tây Âu	Ý nghĩa
01					Tiếp điểm thường mở, đóng chậm
02					Tiếp điểm thường đóng, mở chậm
03					Tiếp điểm thường mở
04					Tiếp điểm thường đóng

Chương 4: MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

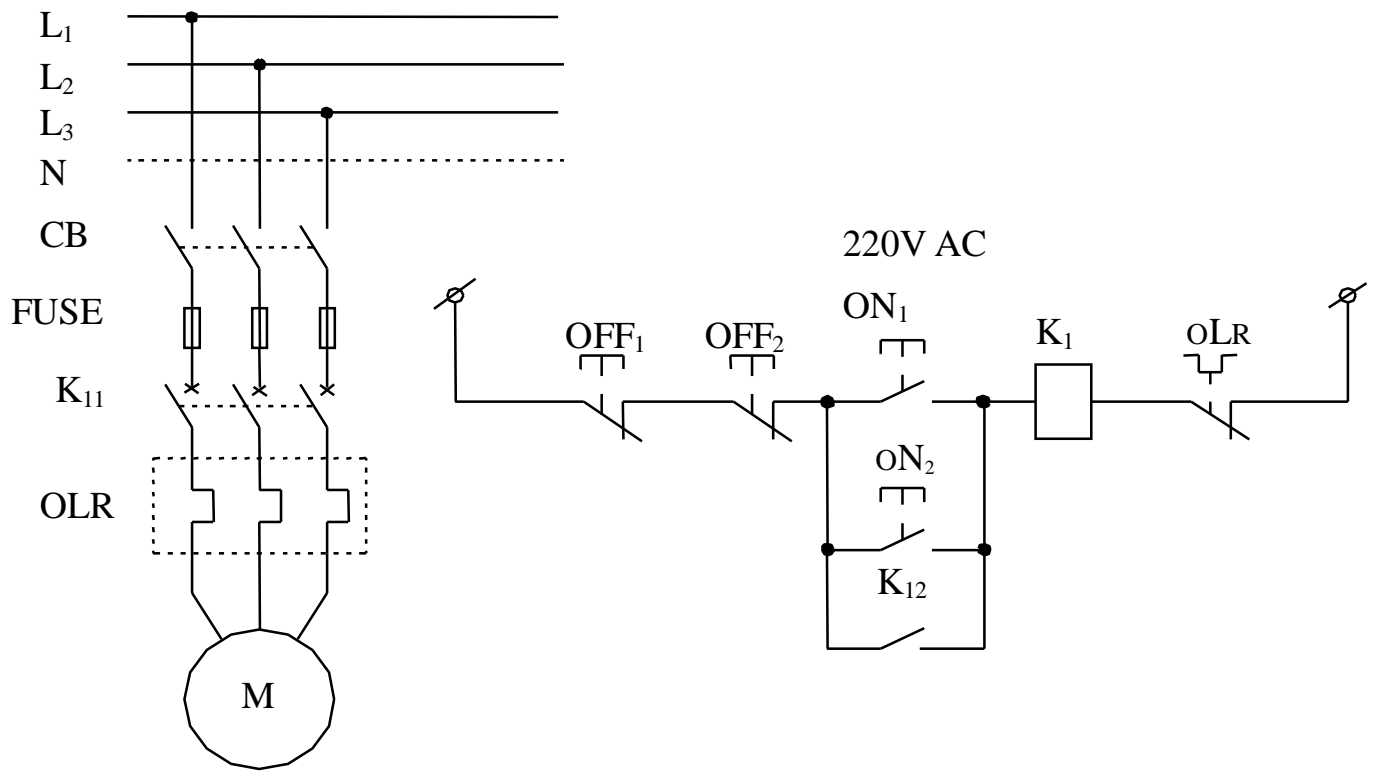
4.1. Mạch khởi động động cơ điện ba pha bằng khởi động từ đơn



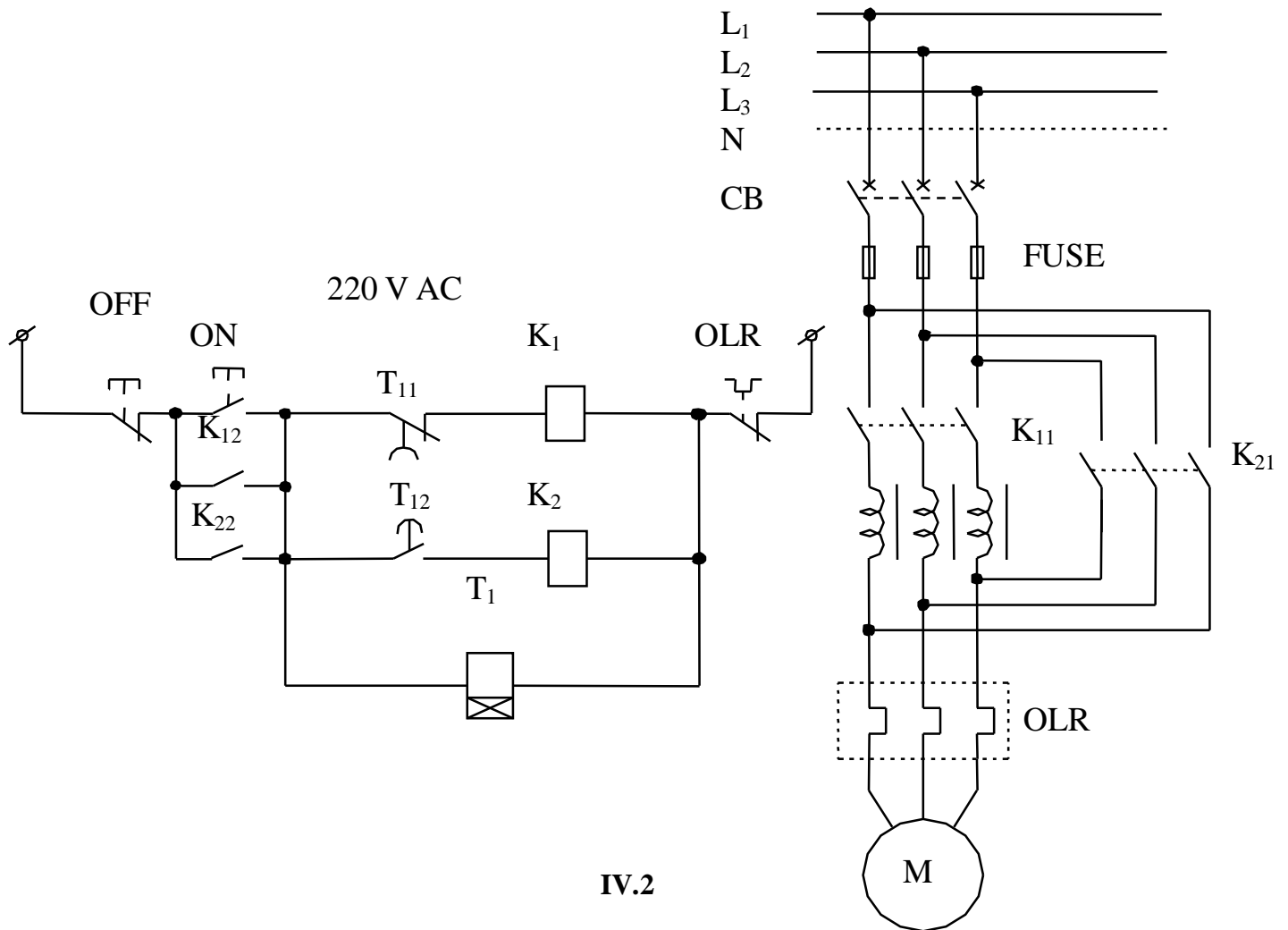
4.2. Mạch điện mở máy động cơ điện ba pha có thử nhấp



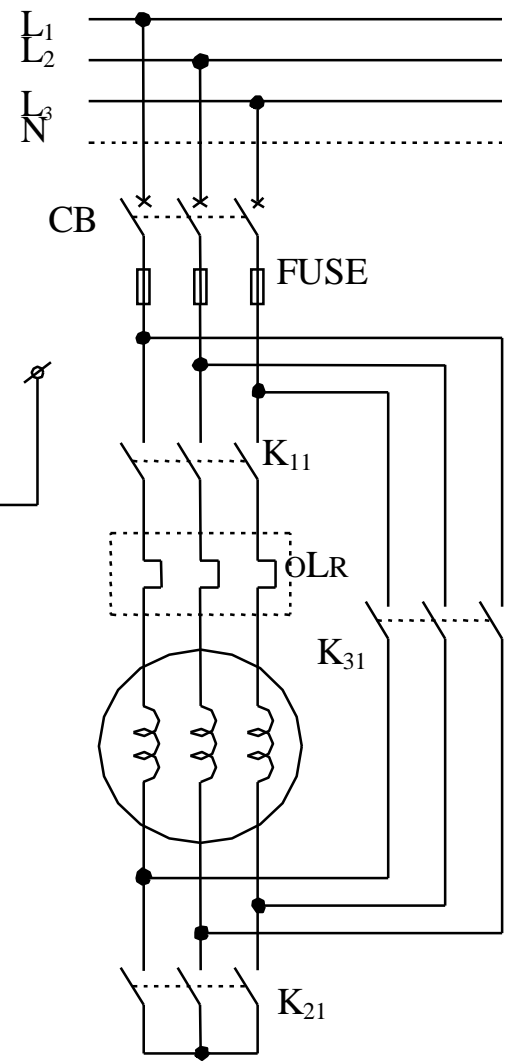
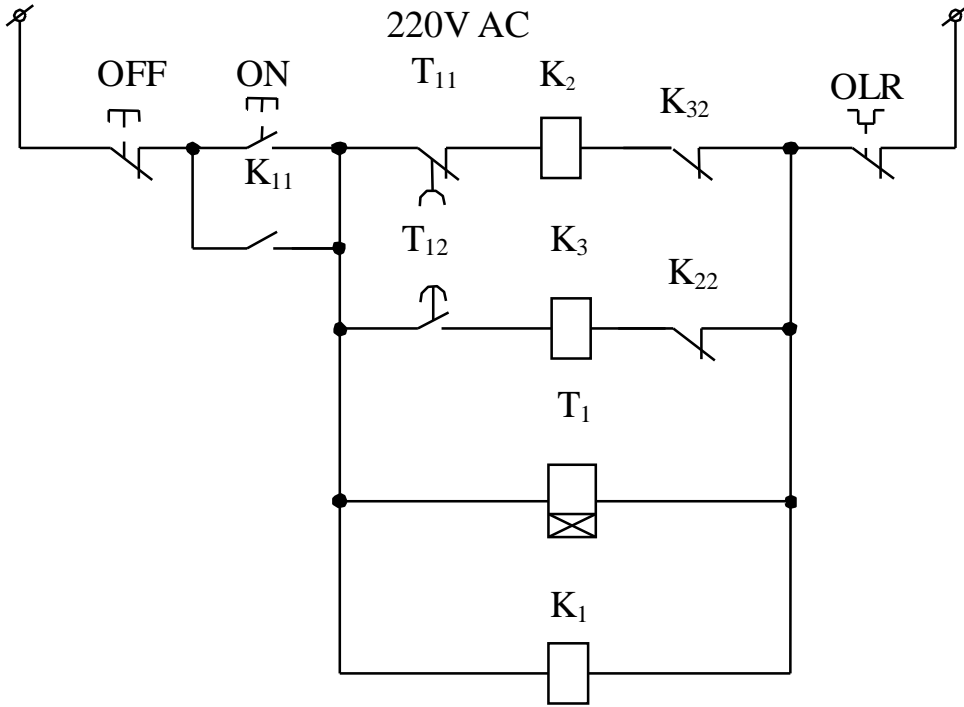
4.3. Mạch mở máy động cơ xoay chiều ba pha tại 2 vị trí



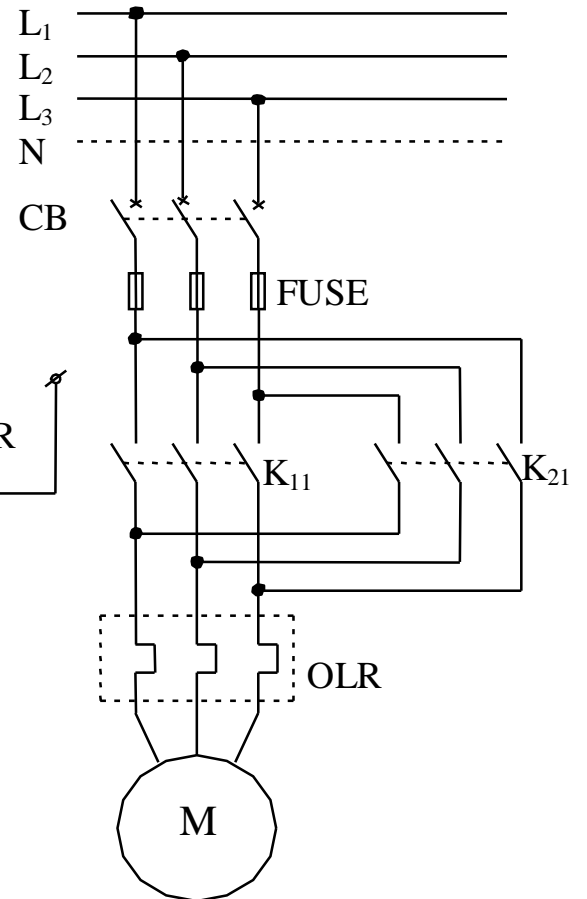
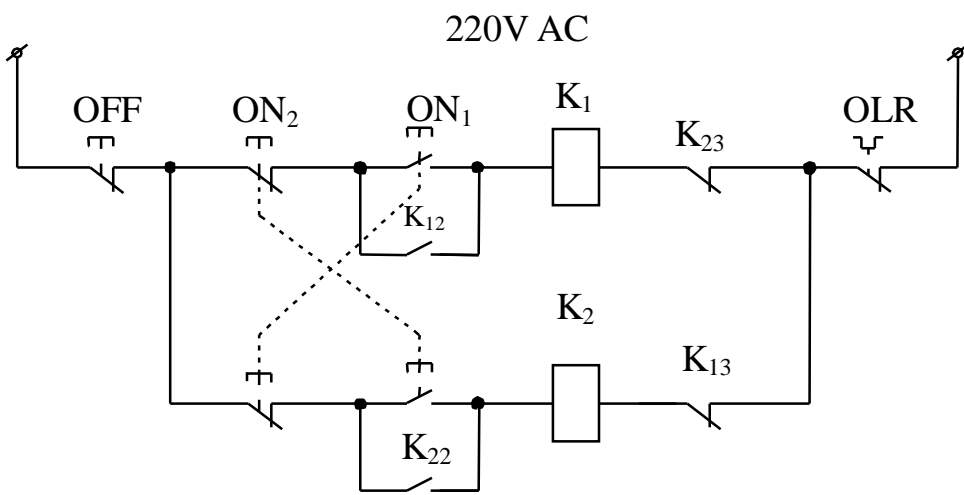
4.4. Mạch mở máy động cơ lồng sóc qua cuộn cảm kháng



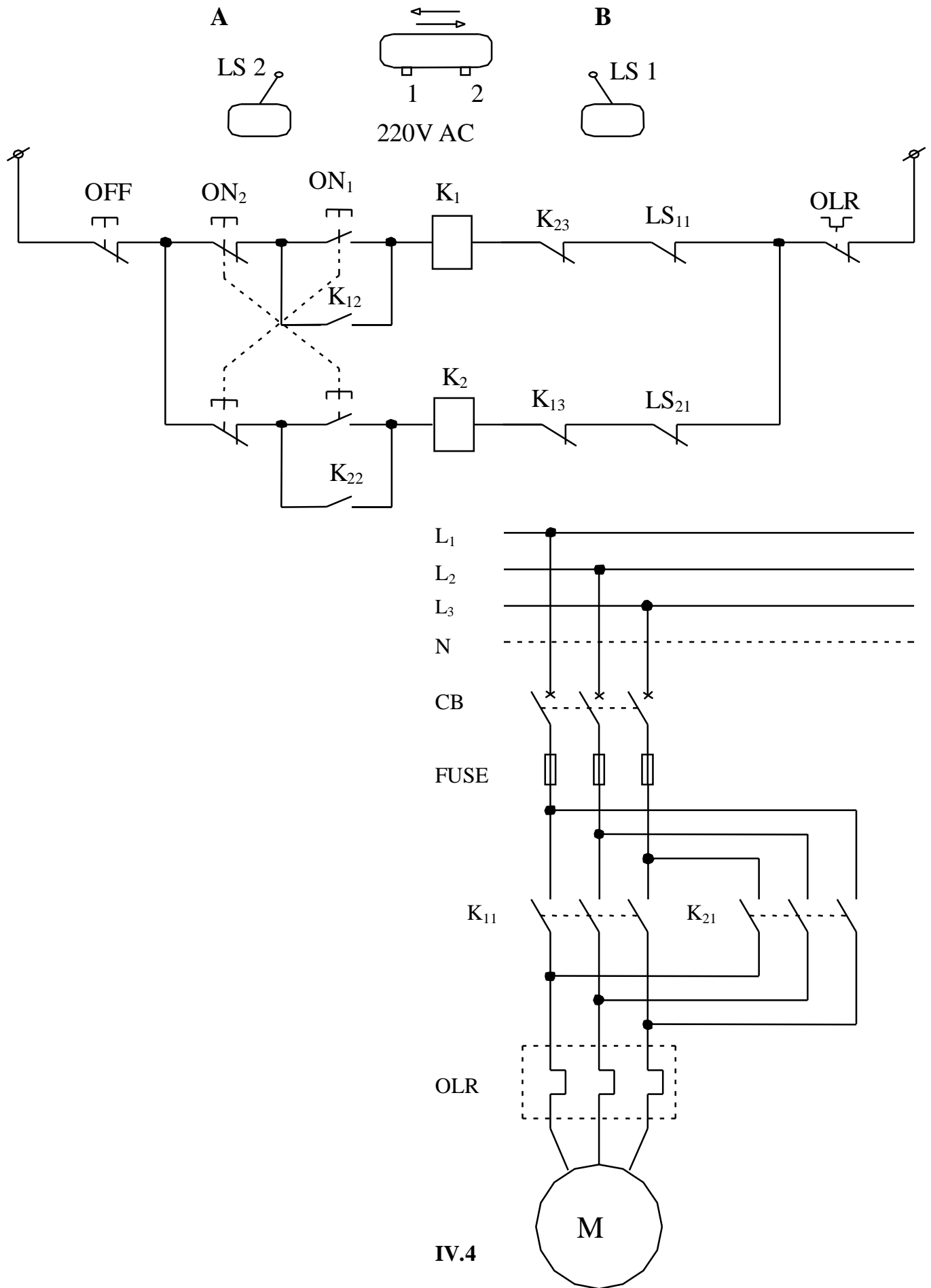
4.5. Mạch khởi động sao_tam giác



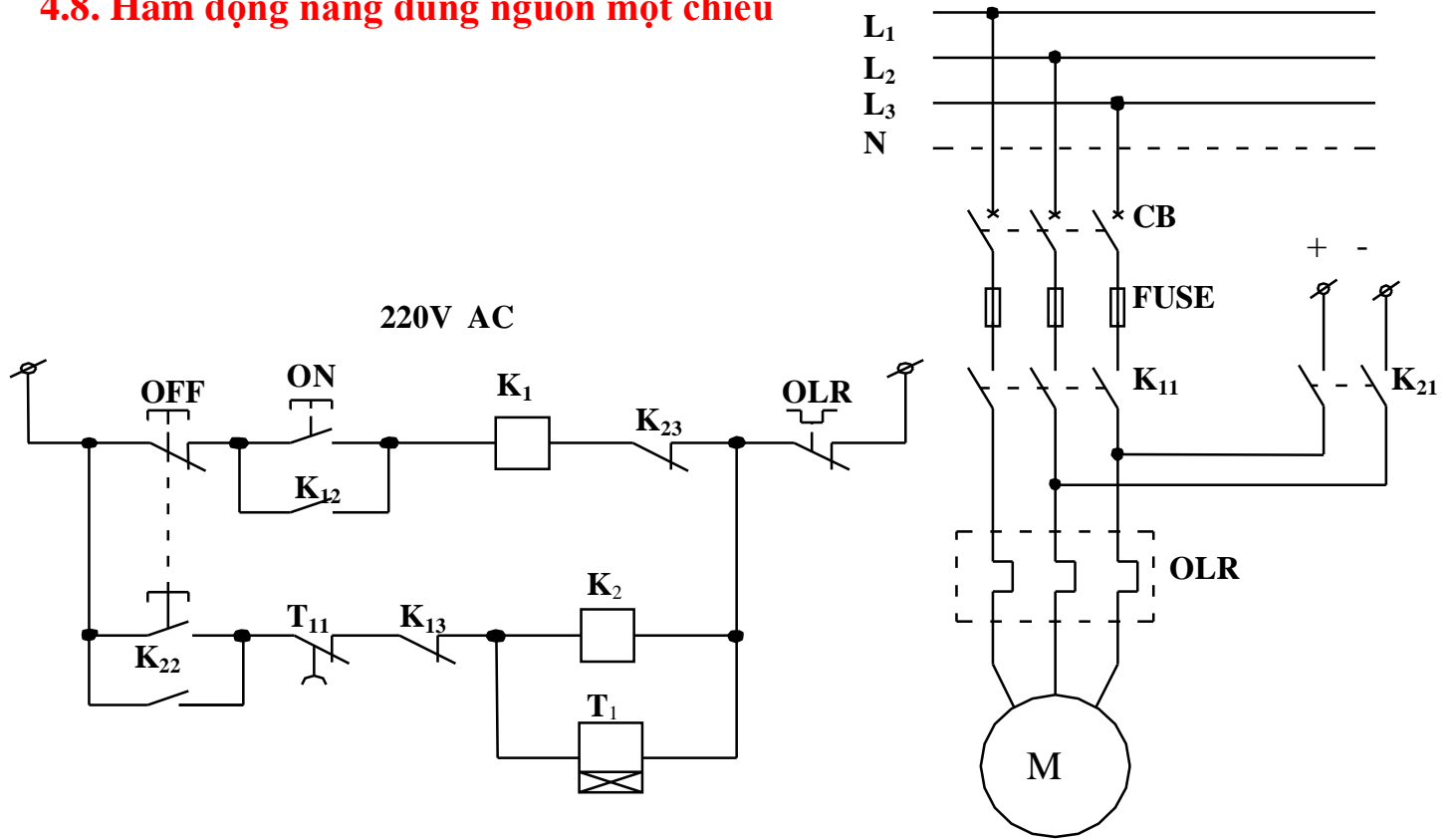
4.6. Mạch đảo chiều động cơ điện ba pha



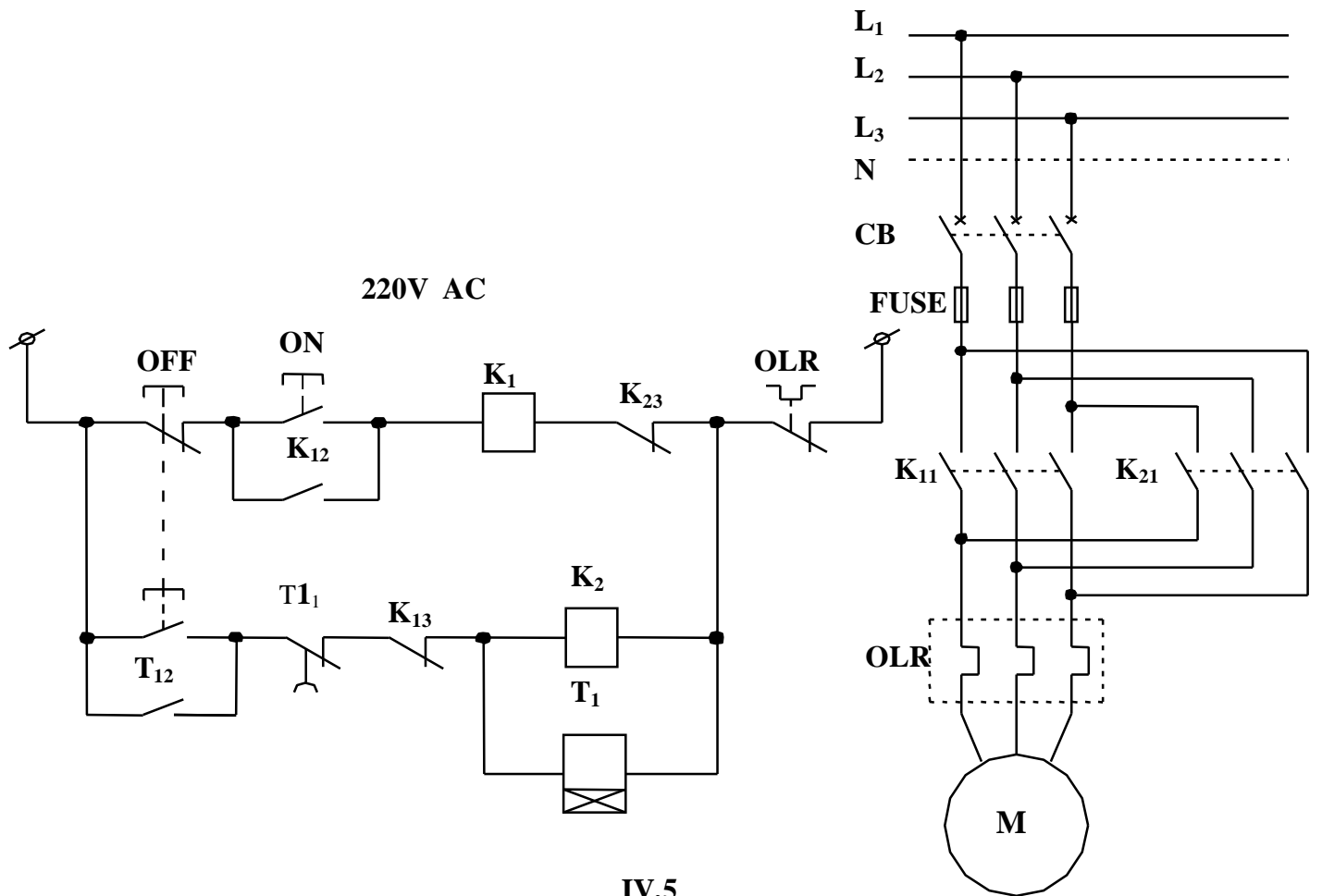
4.7. Mạch điện tự động giới hạn hành trình



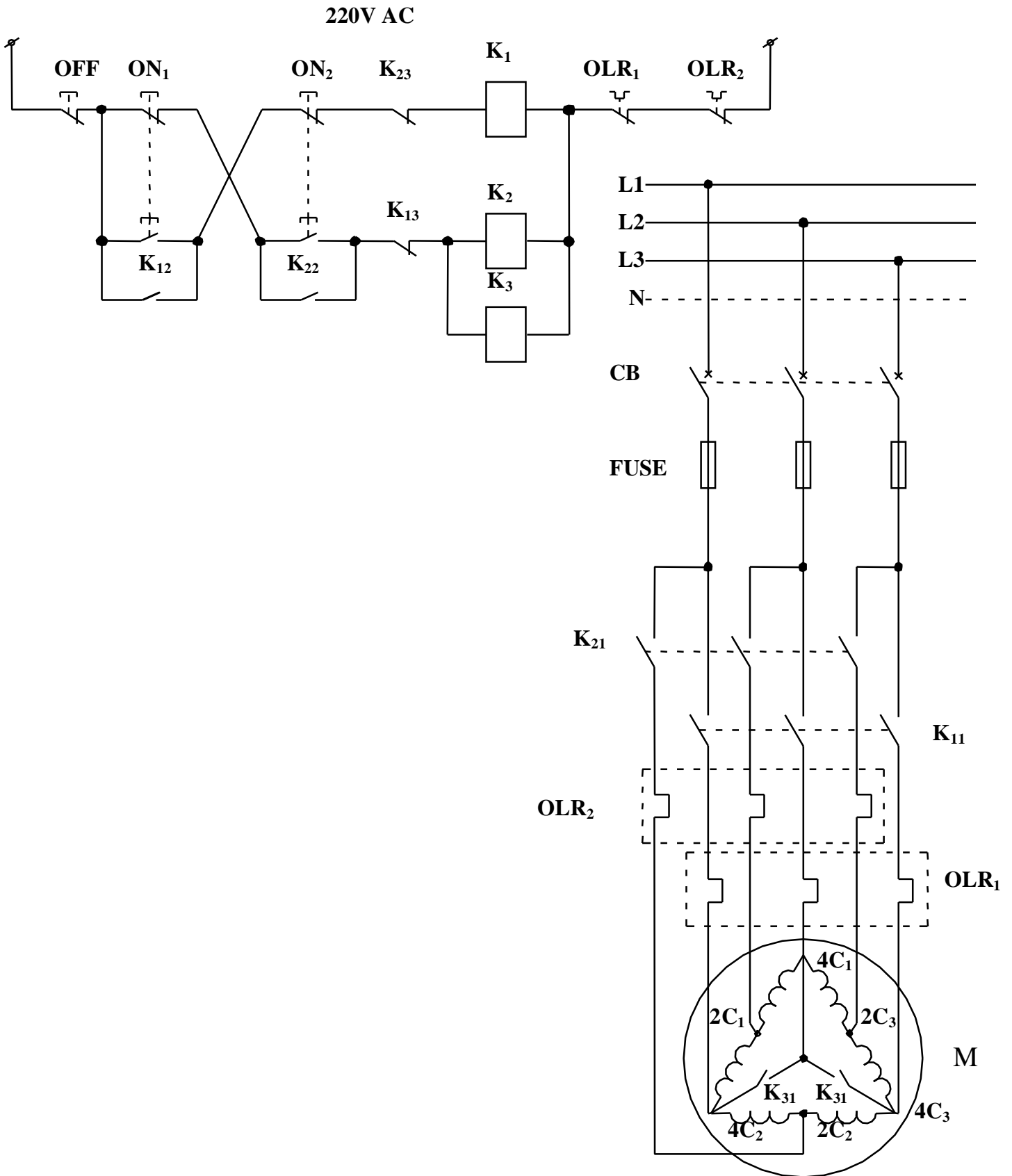
4.8. Hãm động năng dùng nguồn một chiều



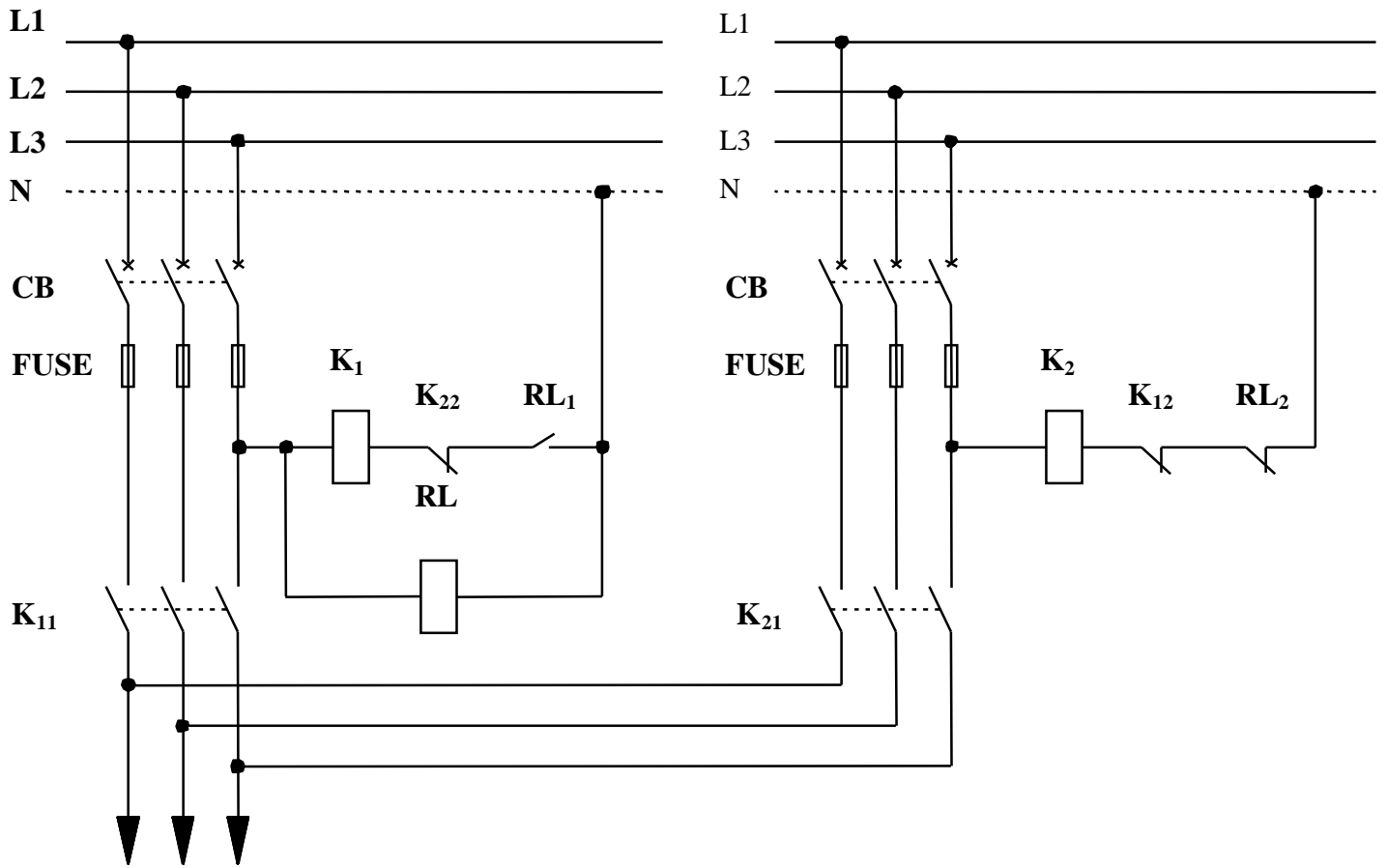
4.9. Mạch hãm ngược



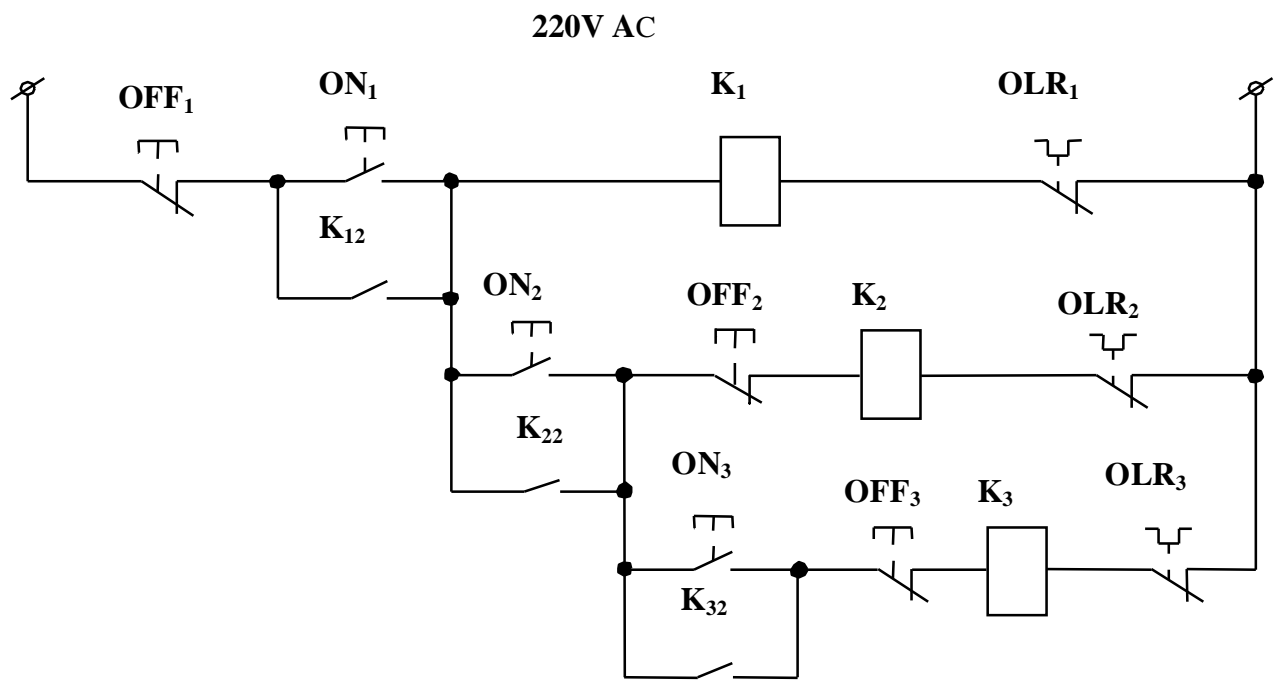
4.10. Mạch điều khiển động cơ rôto lồng sóc qua hai cấp tốc độ kiểu Δ/YY



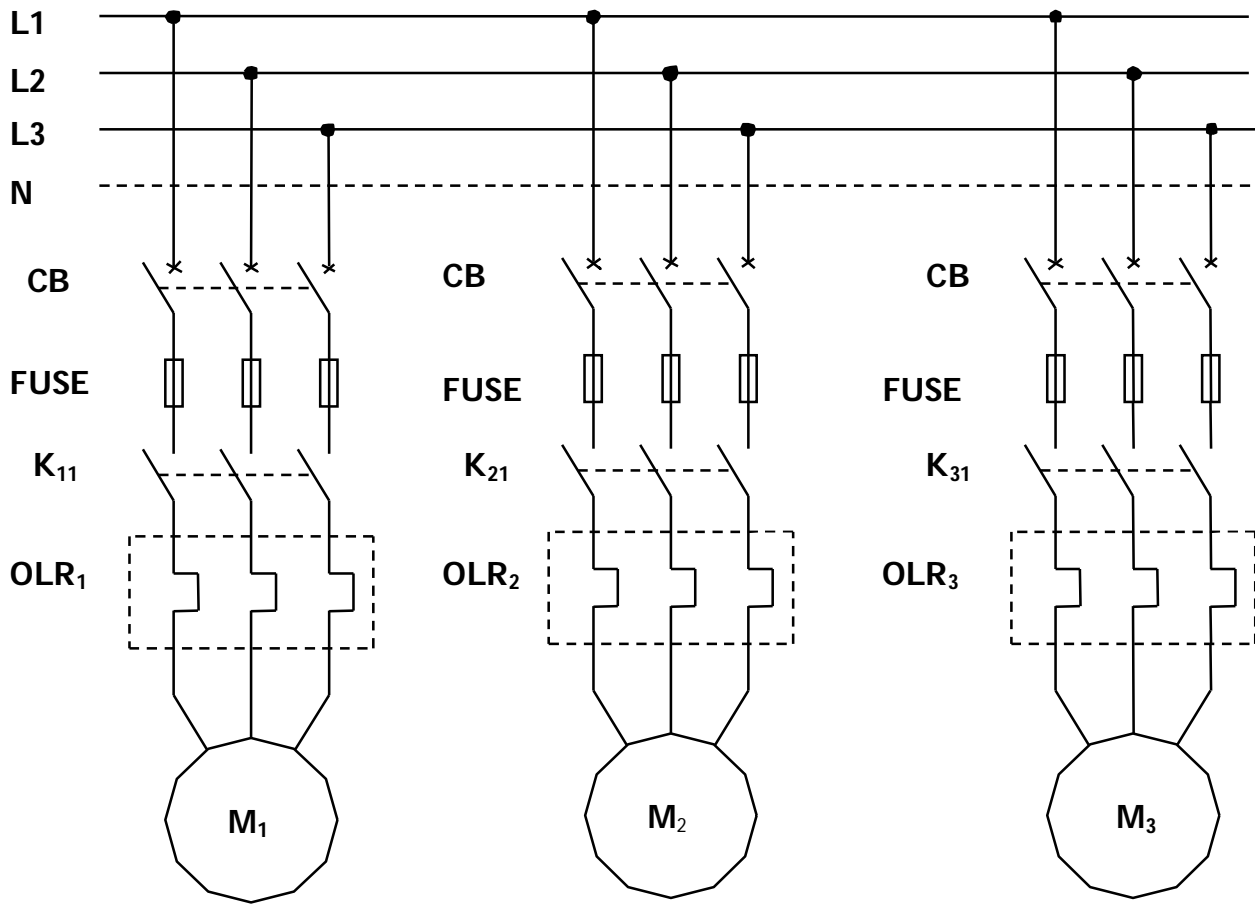
4.11. Mạch điện tự động chuyển nguồn điện cho động cơ khi nguồn chính bị sự cố mất điện



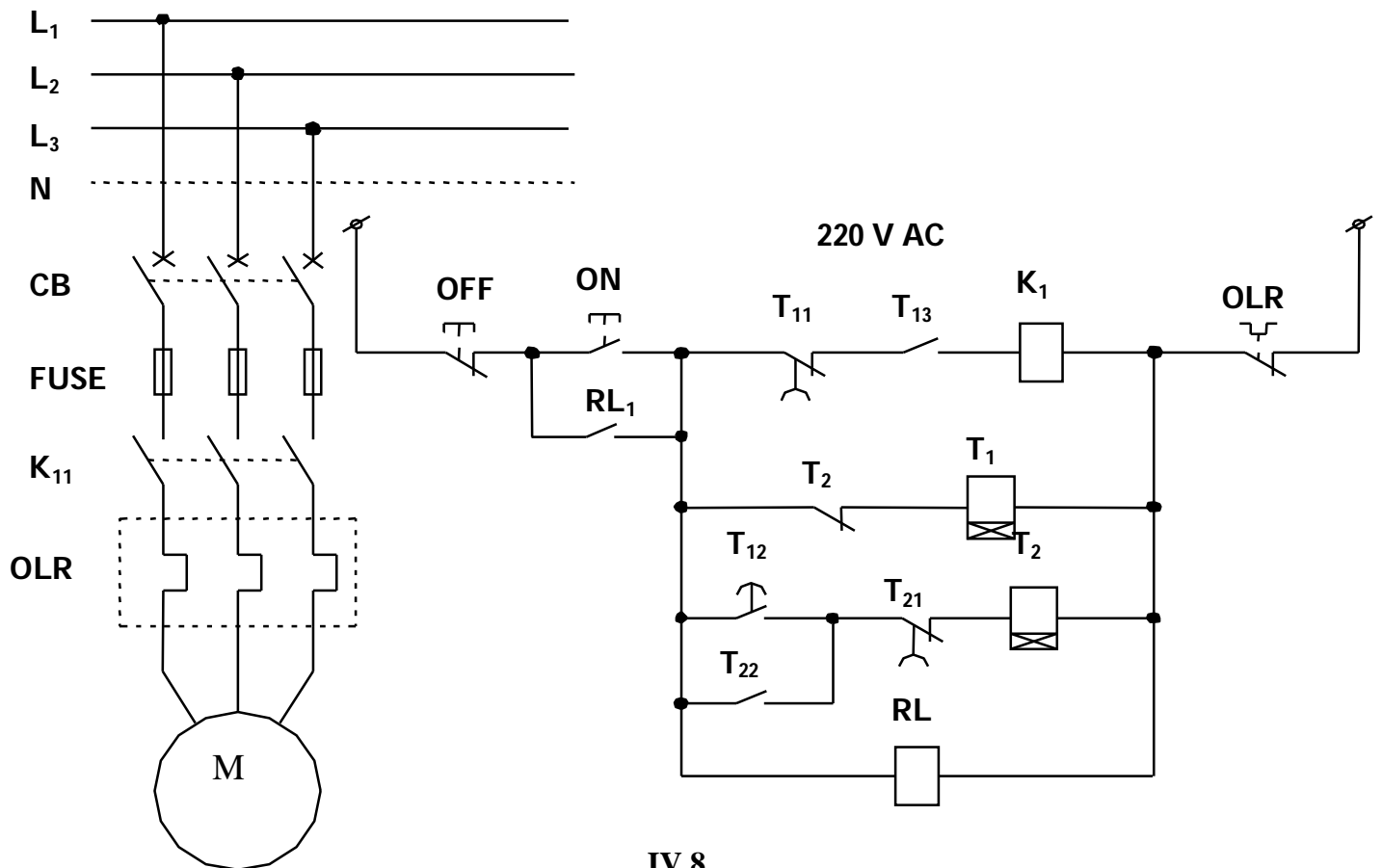
4.12. Mạch điện mở máy động cơ theo thứ tự



IV.7

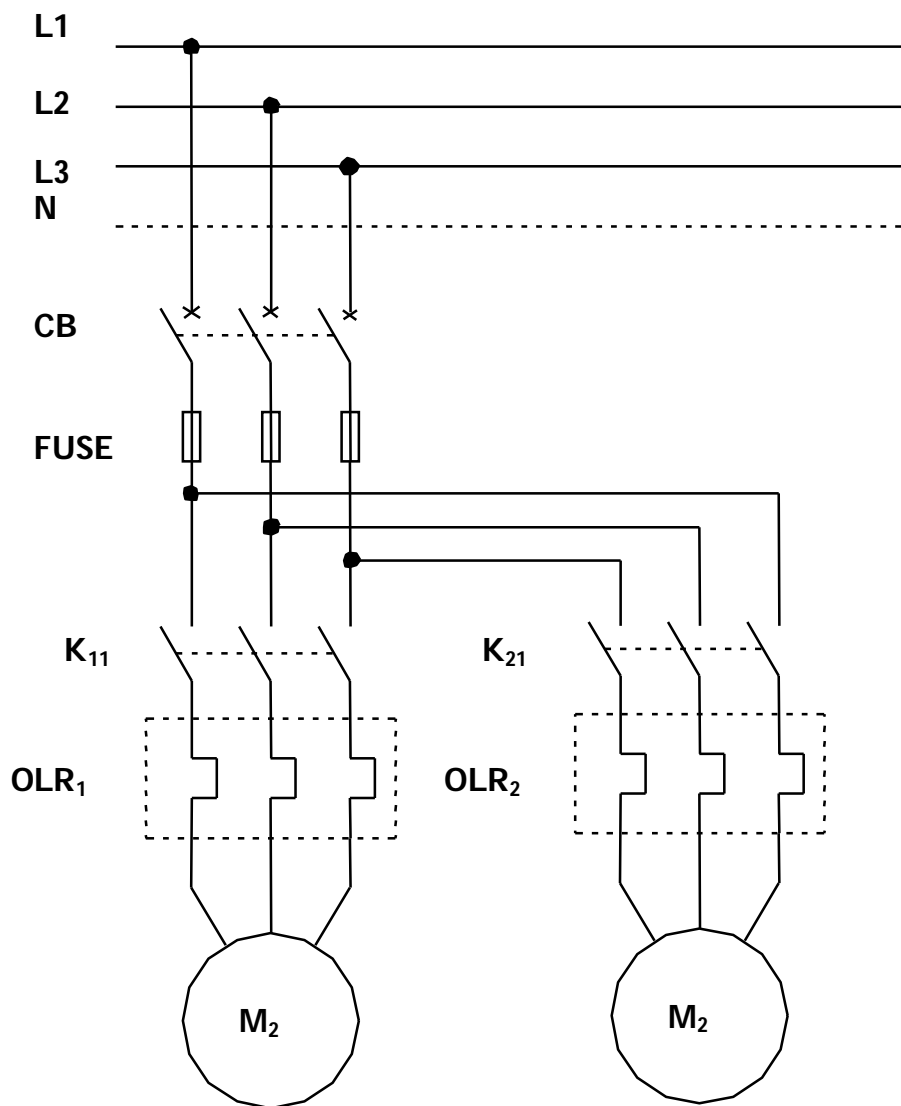
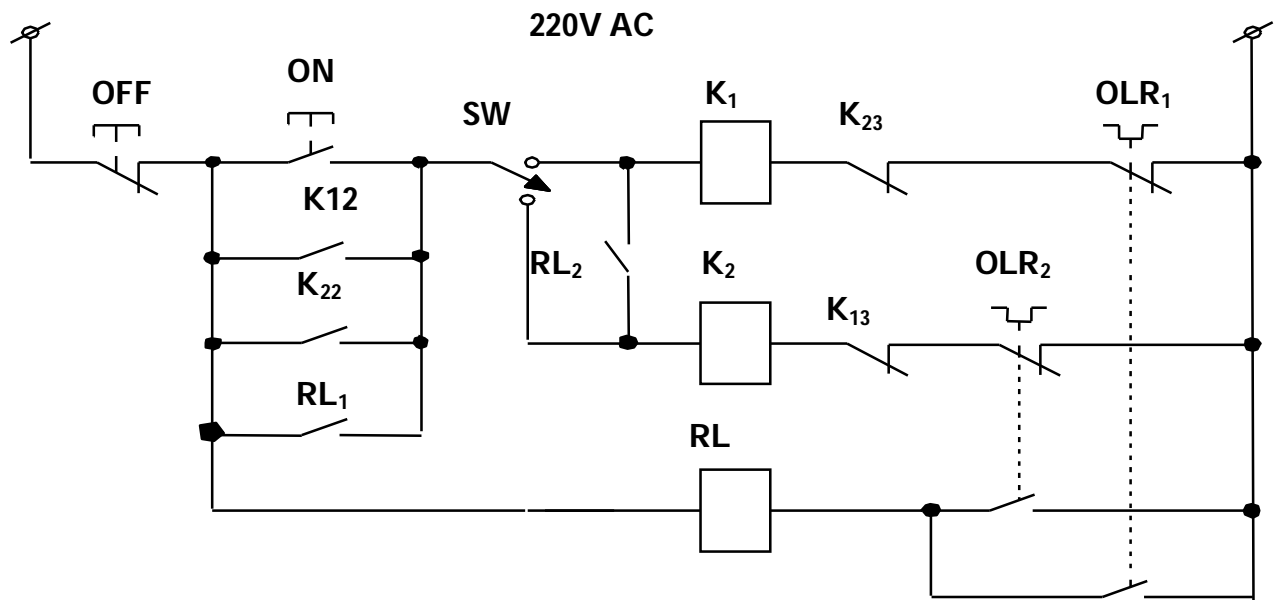


4.13. Mạch điều khiển một động cơ chạy tắt luân phiên



IV.8

4.14. Mạch tự động đóng điện cho động cơ dự phòng khi động cơ chạy chính bị sự cố



Chương 5: KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG

5.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

5.1.1. Quang thông: ϕ (Đơn vị Luymen, viết tắt Lm)

Quang thông là thông lượng bức xạ từ một nguồn sáng mà mắt người có thể cảm nhận được.

5.1.2. Cường độ sáng I (đơn vị Cadela, viết tắt Cd)

5.1.3. Độ rọi E (đơn vị Lux, viết tắt Lx)

Người ta định nghĩa độ rọi E là mật độ quang thông rơi trên bề mặt S mà nó chiếu sáng.

Bảng 5.1:

Môi trường	Độ rọi (Lux)	Môi trường	Độ rọi (Lux)
Ngoài trời, buổi trưa	100.000	Nhà ở	159 ÷ 300
Trời có mây	2.000	Phố được chiếu sáng	20 ÷ 50
Trăng tròn	0.25	Phòng làm việc	400 ÷ 600

5.1.4. Độ chói L (đơn vị Cd/m² hay nit)

Độ chói L là mật độ phân bố cường độ I trên bề mặt S theo một phương cho trước.

5.1.5. Hệ số phản xạ ρ

Hệ số phản xạ ρ của một vật thể là tỷ lệ giữa quang thông thấy được phản xạ của một vật thể này ϕ_r với quang thông tới ϕ_t

5.2. KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG

5.2.1. Chọn độ rọi

Bảng 5.3:

Đối tượng	Châu Âu	USA	Pháp	Nga	Việt nam
<u>Hành chính</u>					
- Hành chính, đánh máy, máy tính	500	500 - 1000	500	300	200 - 300
- Phòng vẽ, thiết kế	750	500 - 1000	1000	500	400
- Phòng họp, hội nghị	500	500 - 1000	750 - 1000	200	150
<u>Trường học</u>					
- Phòng học, giảng đường	300	200 - 500	300	300	200
- Phòng thí nghiệm, thư viện, phòng đọc	500	500 - 1000	500	500	200
<u>Cửa hàng</u>					
- Cửa hàng tự phục vụ	300	200 - 500	300	300	150
- Siêu thị	500	500 - 1000	500	400	200
- Phòng trưng bày	750	500 - 1000	500	300	200
- Kho	500	500 - 1000	150	75	75
<u>Nhà ở</u>					
- P Khách	100	50 - 200	200	100	75
- P đọc, may vá,	500	500 - 1000	300 - 700	200-300	200
- P ngủ	150	100 - 200	200	100	30
- Nhà tắm	100	100 - 200	150	50	30
- Trang điểm	500	200 - 500	400	200	200
- Nhà bếp chung	300	200 - 500	300	100	75
- Vùng nấu bếp	500	500 - 1000	300	100	200

5.2.2. Chọn loại đèn

Có nhiều loại đèn, tùy theo tính chất và mục đích công việc chúng ta chọn loại đèn khác nhau.

5.2.3. Chọn kiểu chiếu sáng

Tùy theo mục đích và tính năng sử dụng mà có nhiều kiểu chiếu sáng khác nhau:

- ❖ Chiếu sáng trực tiếp: Các loại đèn thường dùng là loại A đến E.
- ❖ Chiếu sáng bán trực tiếp: Các loại đèn dùng cho nó là từ F đến J.
- ❖ Chiếu sáng hỗn hợp: Các loại đèn dùng cho nó là từ K đến N.
- ❖ Chiếu sáng bán trực tiếp: Các loại đèn dùng cho nó là từ O đến S.
- ❖ Chiếu sáng gián tiếp: Các loại đèn này dùng loại đèn T

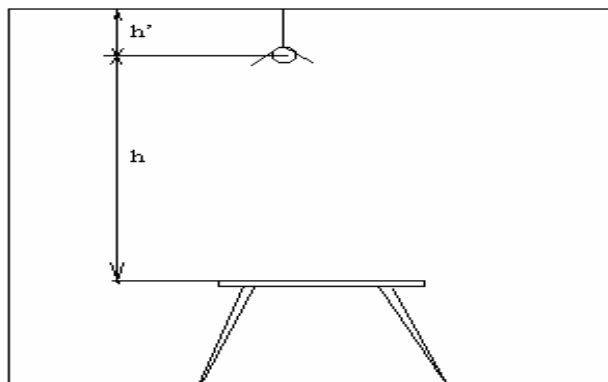
5.2.4. Chọn bộ đèn

Các loại đèn thường có trong các catalog của các nhà chế tạo.

5.2.5. Chọn chiều cao treo đèn

Nếu gọi h là chiều cao đèn đối với bề mặt làm việc và h' là chiều cao từ đèn lên trần, ta có tỷ số treo J là:

$$J = \frac{h}{h + h'} \quad \text{Với } h \geq 2h'; \text{ ta có } 1/3 \geq J \geq 0 \text{ là hợp lý nhất.}$$



5.3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG

5.3.1. Phương pháp hệ số sử dụng

$$\phi_{tt.\dot{d}} = \frac{E_{\min} \cdot K \cdot S_p \Delta E}{n_{\dot{d}} K_{\phi}}$$

Trong đó:

E_{\min} : độ rọi tối thiểu của khu vực làm việc.

K : Hệ số dự trữ, chọn theo phụ lục.

S_p : Diện tích phòng được chiếu sáng m^2

$n_{\dot{d}}$: Số lượng đèn.

K_{ϕ} : Hệ số sử dụng quang thông (%) tra theo bảng tính sẵn.

ΔE : Tỷ số giữa độ rọi trung bình và độ rọi tối thiểu E_{tb}/E_{\min} .

* Xác định các hệ số tính toán

+ Hệ số sử dụng quang thông K_{ϕ}

+ Tỷ số ΔE

+ Hệ số dự trữ K

Bảng: Các thông số của một số loại đèn huỳnh quang

Công suất (W)	Chiều dài (mm)	Đường kính (mm)	Màu sắc	Quang thông (lm)
6	212	16	Màu trắng Z	200
8	288	16	Màu trắng Z	330
20	590	38	Màu trắng Z	930
20	590	38	Màu trắng 3500	1100

20	590	38	Trắng công nghiệp	1150
20	590	38	Sáng lục	1000
40	1200	38	Trắng Z	2450
40	1200	38	Trắng 3500	2900
40	1200	38	Trắng công nghiệp	3200
40	1200	38	Sáng lục	2450
80	1500	38	Màu trắng Z	4550
65	1500	38	Màu trắng Z	3750
80	1500	38	Trắng công nghiệp	5900
65	1500	38	Trắng công nghiệp	5100

Bảng: Hệ số dự trữ K đối với một số đèn trong môi trường.

Tính chất các phòng	Hệ số dự trữ K		
	Đèn hùynh quang	Đèn nung sáng	Số lần lau bóng đèn
Các phòng có nhiều bụi	2,0	1,7	4lần/tháng
Các phòng có bụi, khói trung bình	1,8	1,5	3 lần/tháng
Phòng ít bụi, mờ hóng	1,5	1,3	2 lần/ tháng

5.3.2. Phương pháp tính toán chiếu sáng theo đơn vị công suất

- Đơn vị công suất p được tính bằng Watt/m² và có mối quan hệ:

$$p_{tc} = \frac{\sum P_d}{S_p}$$

Bảng 5.9: Đơn vị công suất tiêu chuẩn

H _{tt} (m)	E (lux) S _p (m ²)	5	10	20	30	50	75	100	150	200
		2 ÷ 3	10 ÷ 15	3.1	5.8	10	14	21	28	34
15 ÷ 25	2.5		4.7	8.5	11.3	17	24	29	43	58
25 ÷ 50	2.2		4	7	9.4	14	20	24	36	48
50 ÷ 150	1.9		3.6	6.3	8.5	12.2	17	19	29	38
150 ÷ 300	1.7		3.2	5.7	7.5	11.3	16	19	28	37
> 300	1.6		3	5.4	7	10.7	15	18	26	35
3 ÷ 4	10 ÷ 15	4.1	7	12	16	24	34	44	66	88
	20 ÷ 30	3.5	6	10.3	13.5	21	29	38	56	75
	30 ÷ 40	2.9	5.2	8.7	12.2	18	25	32	48	64
	40 ÷ 50	2.4	4.2	7	9.9	14.6	21	26	38	51
	50 ÷ 120	2	3.6	5.9	8	12.2	17.4	21	31	42
	120 ÷ 300	1.7	3.2	5.2	7	11.3	15	19	28	37
	> 300	1.6	2.7	4.7	6.6	10.3	14	17	25	34
4 ÷ 6	10 ÷ 17	4.9	8.3	14	20	31	45	58	86	115
	17 ÷ 25	3.9	6.6	11.3	15.3	25	35	46	68	91
	25 ÷ 35	3.2	5.5	9.4	13	21	30	38	56	75
	35 ÷ 50	2.8	4.7	8	11.3	18	25	31	47	62
	50 ÷ 80	2.3	3.9	6.6	9.4	14	21	26	38	51
	80 ÷ 150	1.9	3.1	5.5	8	11.7	16.4	23	34	45
	150 ÷ 400	1.6	2.6	4.7	6.6	10.3	14.6	20	30	40
	> 400	1.4	2.3	4.2	5.9	9.4	13	18	26	15

Bảng: Đơn vị công suất p_{tc} dùng cho đèn neon huỳnh quang 36 ÷ 40W với trần và tường có màu bất kỳ.

H_{tt} (m)	Đèn neon 36 ÷ 40W với màu trần và tường bất kỳ							
	$S_p(m^2)$ \ E (Lux)	75	100	150	200	300	400	500
2 ÷ 3	10 ÷ 15	8.3	11	16.6	22	33	44	55
	15 ÷ 25	7.1	9.5	14.2	19	28	38	47
	25 ÷ 50	6.2	8.3	12.4	16.6	25	33	41
	50 ÷ 150	5.4	7.2	10.8	11.4	21	29	36
	150 ÷ 300	4.9	6.2	9.8	13	19.6	26	32
	> 300	4.6	6.1	9.2	12.2	18.4	24	31
3 ÷ 4	10 ÷ 15	12.2	16.2	24.4	32	49	65	81
	15 ÷ 20	9.6	12.8	19.2	26	38	51	64
	20 ÷ 30	8.1	10.8	16.2	22	32	43	53
	30 ÷ 50	7	9.4	14	18.4	28	37	46
	50 ÷ 120	6.1	8.1	12.2	16.2	24	32	40
	120 ÷ 300	5.4	7.2	10.8	14.4	21	29	35
	> 300	4.9	6.5	9.8	13	19	26	32
4 ÷ 6	10 ÷ 17	17	23	34.4	46	68	92	114
	17 ÷ 25	13.5	18	27	36	54	72	90
	25 ÷ 35	10.8	14.5	21.6	29	43	58	72
	35 ÷ 50	8.8	11.8	17.6	24	35	47	58
	50 ÷ 80	7.5	10	15	20	30	40	50
	80 ÷ 150	6.4	8.7	12.8	17	25	34	42
	150 ÷ 400	5.7	7.6	11.4	15.2	23	30	38
	> 400	5	6.6	10	13.2	20	26	33

- Tính tổng công suất đèn cần dùng trong phòng:

$$\sum P_d = p_{tc} \cdot S_p$$

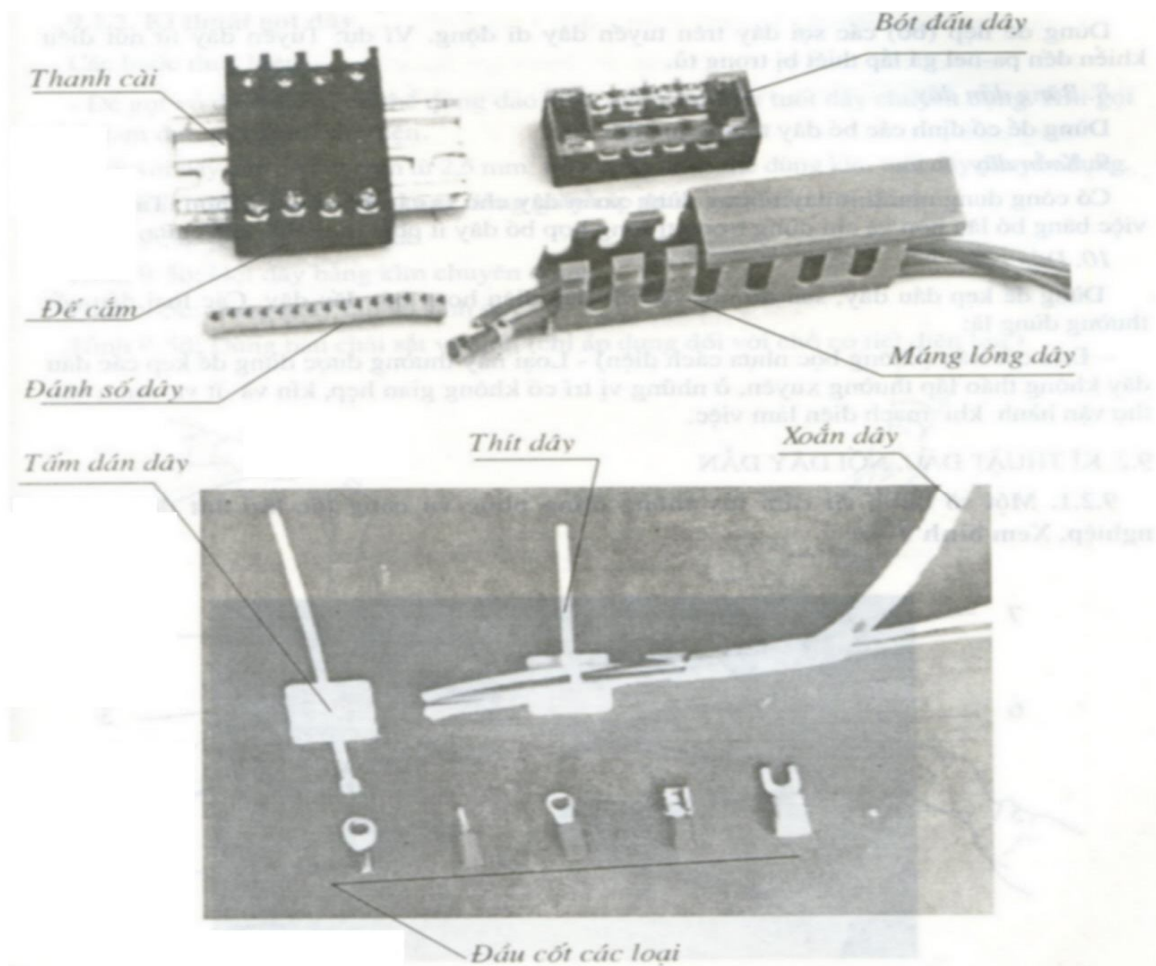
- Xác định được số lượng đèn cần thiết:

$$n_d = \frac{\sum P_d}{P_{tc d}}$$

Chương 6: KỸ THUẬT LẮP ĐẶT ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

6.1. MỘT SỐ PHỤ KIỆN LẮP ĐẶT ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

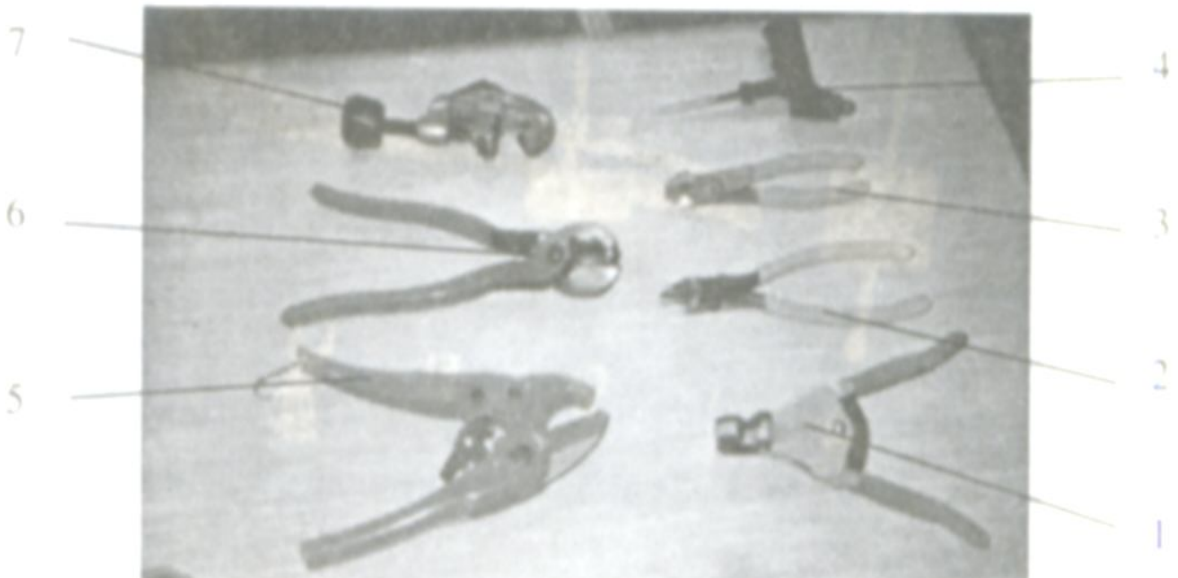
- Đế cắm rờ le
- Bót đầu dây
- Ống lồng dây PVC
- Thít dây
- Xoắn dây
- Thanh cài
- Máng lồng dây
- Đánh số đầu dây
- Băng dán dây
- Đầu cốt



6.2. KỸ THUẬT ĐẤU, NỐI DÂY DẪN

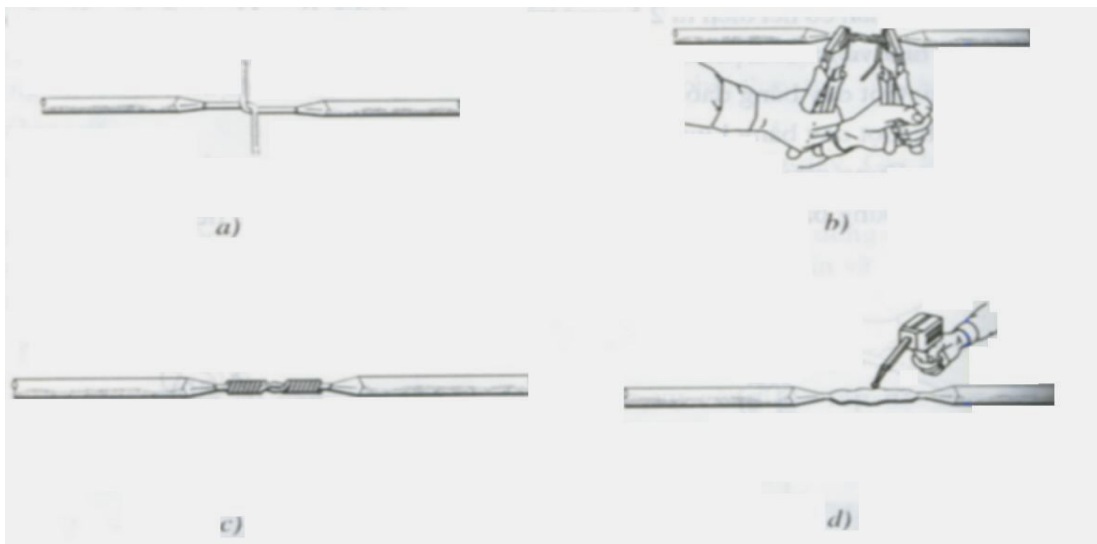
6.2.1. Một số dụng cụ cầm tay thông dụng phục vụ công tác lắp đặt điện công nghiệp.

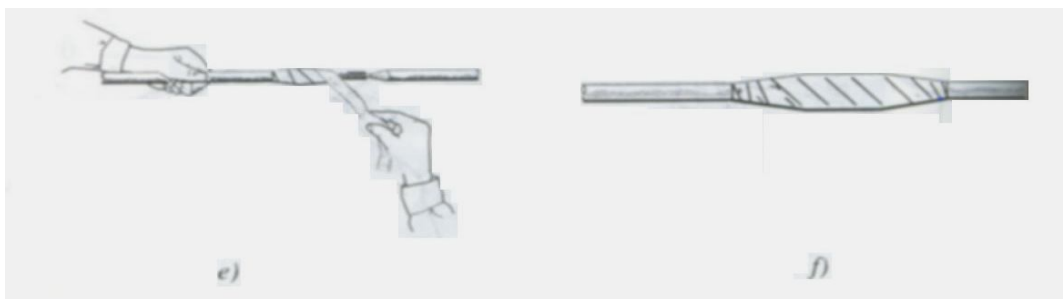
1. Kìm tuốt dây chuyên dụng
2. Kìm cắt dây
3. Kìm bấm
4. Chấm dẫu
5. Dao cắt ống nhựa chuyên dụng
6. Kìm cắt ống
7. Dụng cụ cắt ống kim loại



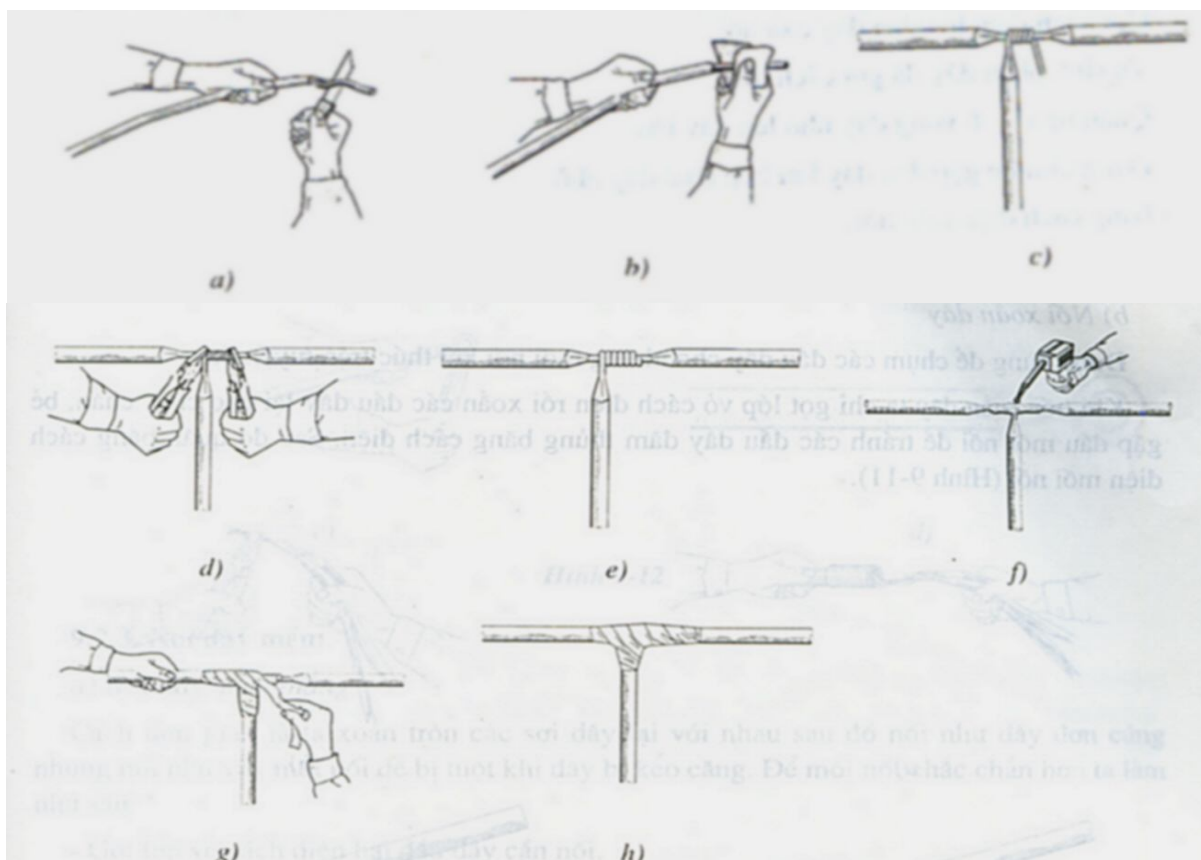
6.2.2. Kỹ thuật đấu dây đơn cứng

a) Nối thẳng ($d < 3 \text{ mm}$)



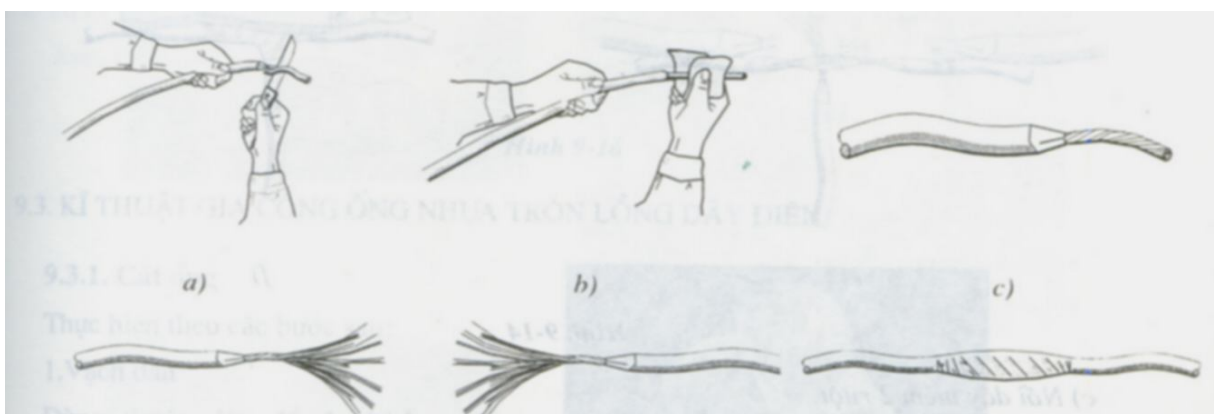


b) Nối rẽ nhánh

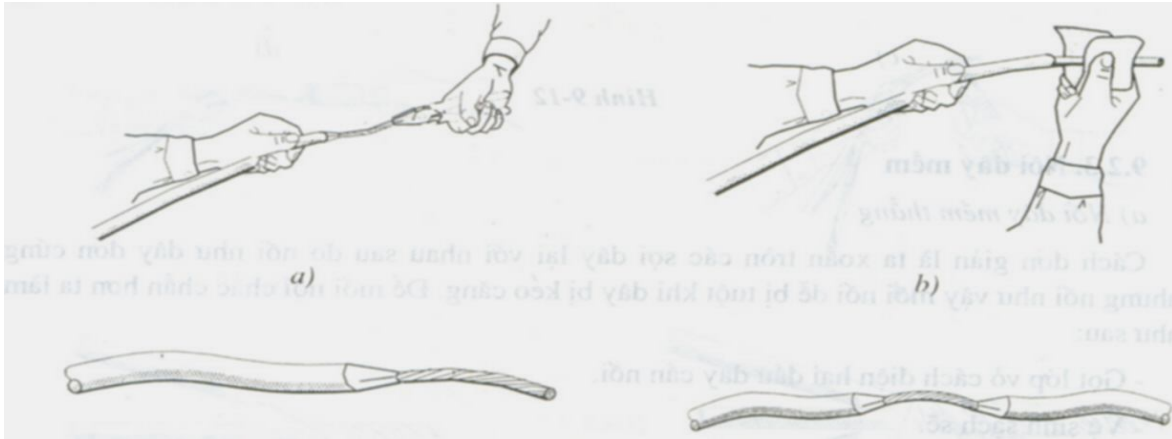


6.3.2. Kỹ thuật đấu dây mềm

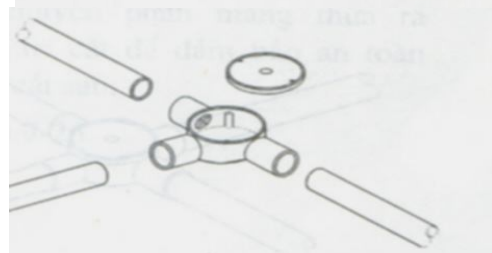
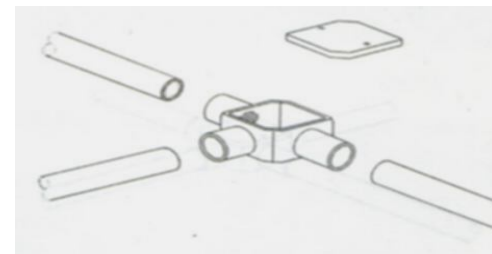
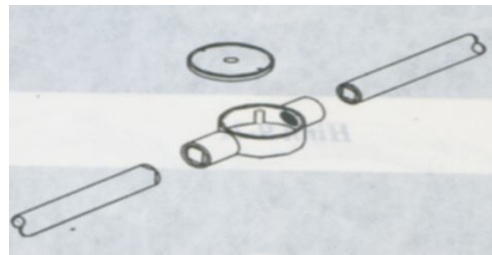
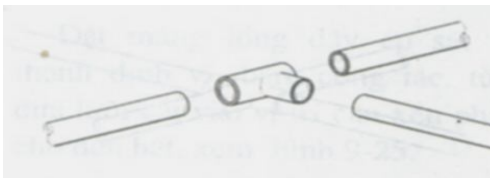
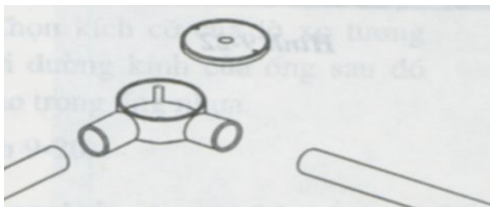
a) Nối dây mềm thẳng

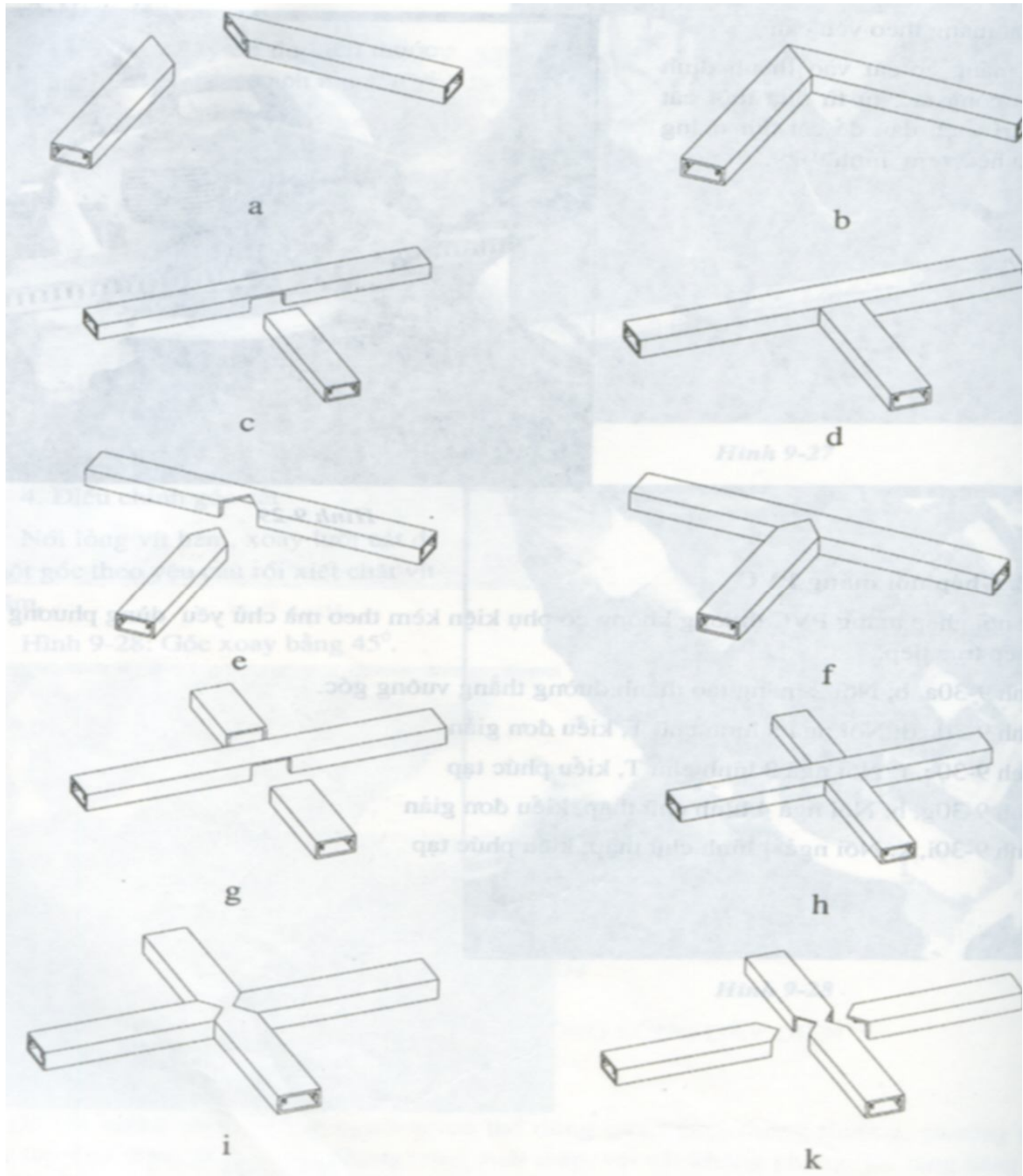


b) Nối dây mềm rẽ nhánh



6.3. GHÉP NỐI ỐNG TRÒN, VUÔNG PVC





6.4. KỸ THUẬT LẮP ĐẶT TỦ PHÂN PHỐI ĐIỆN HẠ ÁP

* Trong một tủ phân phối điện hạ áp thường được trang bị các thiết bị sau:

1. Vỏ tủ

2. Máy biến dòng

3. Áp tô mát chính

5. Đồng hồ đo dòng điện xoay chiều

7. Áp tô mát nhánh

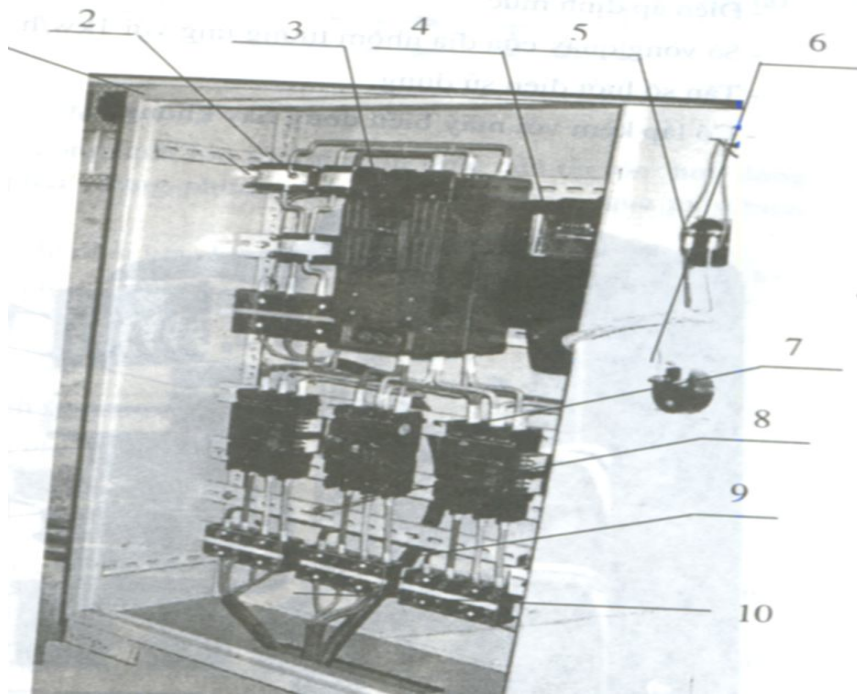
9. Bốt đầu dây

4. Công tơ đo đếm điện năng

6. Đồng hồ đo điện áp xoay chiều

8. Thanh cài

10. Cáp điện



* Các bước tiến hành chủ yếu khi lắp đặt tủ phân phối điện hạ áp.

Bước 1: Chuẩn bị thiết bị, vật liệu theo yêu cầu trên sơ đồ nguyên lý và sơ đồ bố trí thiết bị

Bước 2: Gá lắp thiết bị trên thanh cài theo sơ đồ bố trí thiết bị

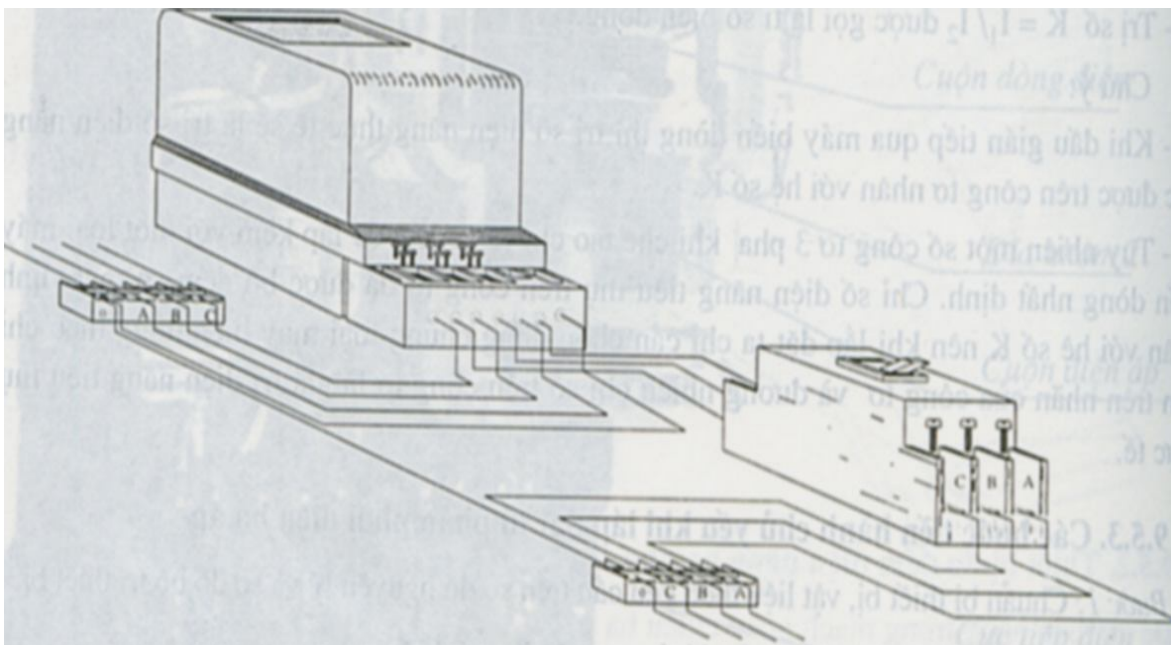
Bước 3: Lắp đặt tủ chính và thiết bị đo đếm điện năng. Nếu sử dụng công tơ 3 pha đo trực tiếp thì ta đấu theo sơ đồ hình 6.13. nếu sử dụng công tơ 3 pha đo gián tiếp thì ta đấu dây theo sơ đồ 6.14.

Bước 4: Đấu đồng hồ đo dòng điện, điện áp

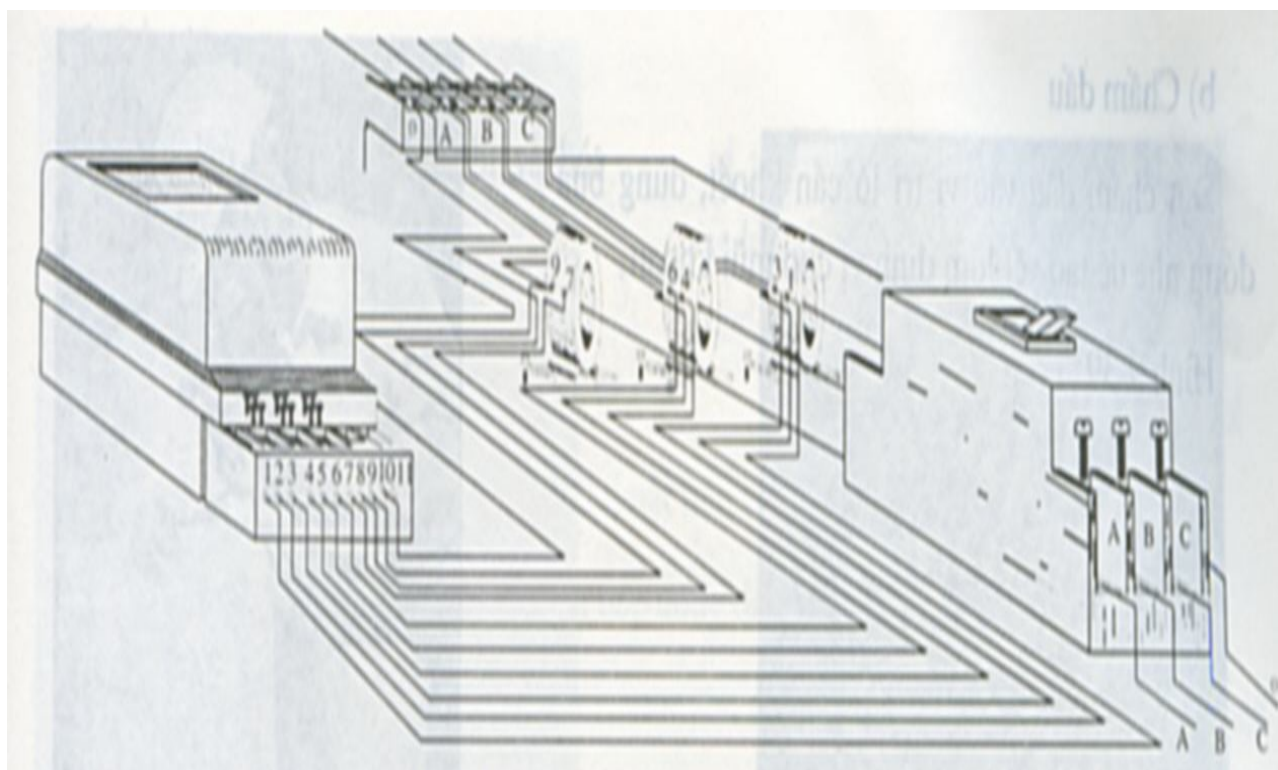
Bước 5: Đấu áp tô mát nhánh

Bước 6: Hoạt động thử.

- Sơ đồ đấu công tơ điện 3 pha không có biến dòng



- Sơ đồ đấu công tơ điện 3 pha có biến dòng.



ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

CHƯƠNG 1:

KHÁI QUÁT VỀ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1.1. NGUỒN NĂNG LƯỢNG TỰ NHIÊN VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA NĂNG LƯỢNG ĐIỆN

- Nguồn năng lượng xung quanh chúng ta rất phong phú và dồi dào.
- Điện năng trong quá trình sản xuất và phân phối có ba đặc điểm chủ yếu sau đây:

- ❖ Điện năng sản xuất ra không tích trữ được.
- ❖ Quá trình về điện xảy ra rất nhanh.
- ❖ Công nghiệp điện lực có liên quan chặt chẽ đến nhiều ngành kinh tế quốc dân.

1.2. CÁC DẠNG NGUỒN ĐIỆN

1.2.1. Nhà máy nhiệt điện

- Ở nhà máy nhiệt điện, sự biến đổi năng lượng được thực hiện theo nguyên lý sau:

Nhiệt năng —————> Cơ năng —————> Điện năng

- Nhiên liệu dùng để đốt lò là than đá, than bùn, khí đốt, các loại dầu nặng, tre, v.v...

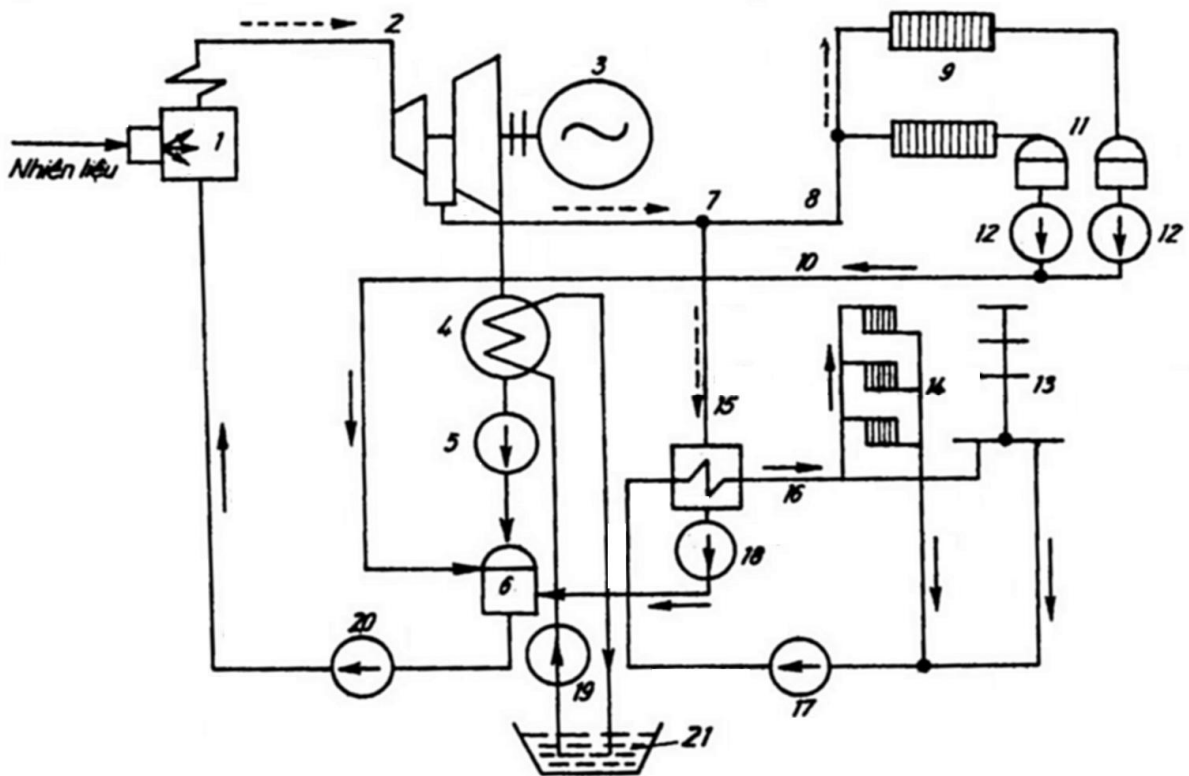
- Hơi nước có nhiệt độ và áp suất cao (khoảng 550°C , 250at/cm^2).

- Nhà máy nhiệt điện có hai loại là nhà máy nhiệt điện trích hơi và nhà máy nhiệt điện ngưng hơi.

- Nhà máy nhiệt điện có những đặc điểm sau:

- ❖ Thường xây dựng gần nguồn nhiên liệu.
- ❖ Việc khởi động và tăng phụ tải chậm.
- ❖ Khối lượng tiêu thụ nhiên liệu lớn.
- ❖ Thải khói làm ô nhiễm môi trường.
- ❖ Hiệu suất khoảng 30% đến 70%.

Nguyên lý hoạt động của nhà máy nhiệt điện trích hơi. Hình 1.1.



Hình 1.1: Quá trình sản xuất điện năng trong nhà máy nhiệt điện trích hơi

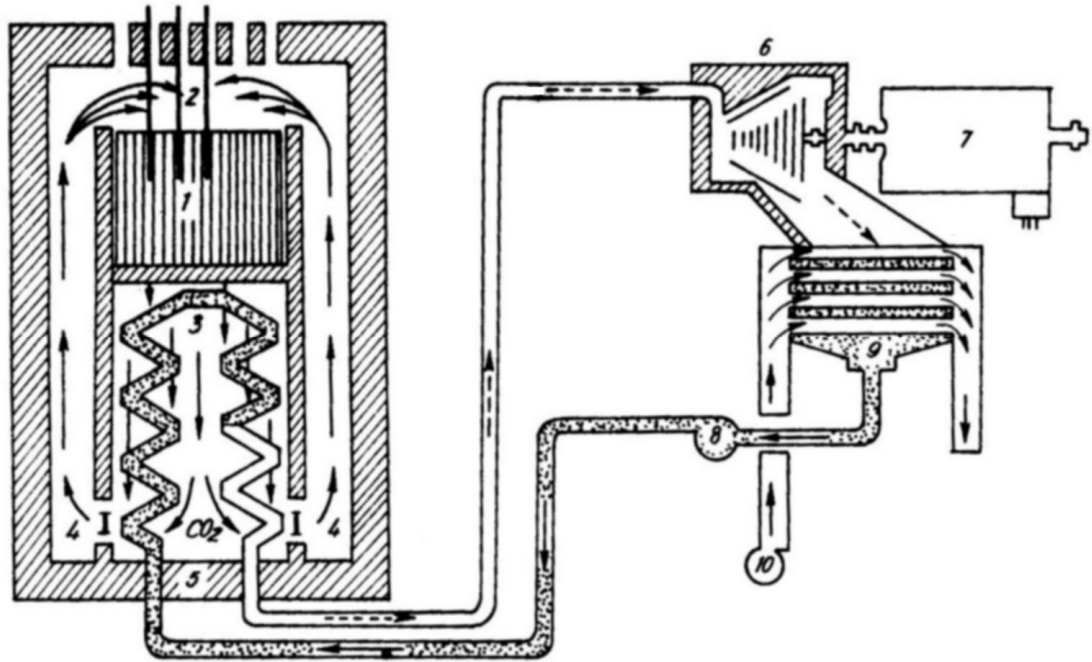
1.2.2. Nhà máy điện nguyên tử

- Dùng các lò phản ứng hạt nhân để cung cấp nhiệt cho nhà máy.
- Phân hủy 1kg U235 tạo ra nhiệt năng tương đương với đốt 2900 tấn than đá.

- Nhà máy điện nguyên tử có những đặc điểm sau:

- ❖ Khối lượng nhiên liệu nhỏ.
- ❖ Không thải khói ra ngoài khí quyển.
- ❖ Vốn đầu tư xây dựng lớn.
- ❖ Hiệu suất cao hơn nhà máy nhiệt điện.

- Nguyên lý hoạt động của nhà máy điện nguyên tử. Hình 1.2.



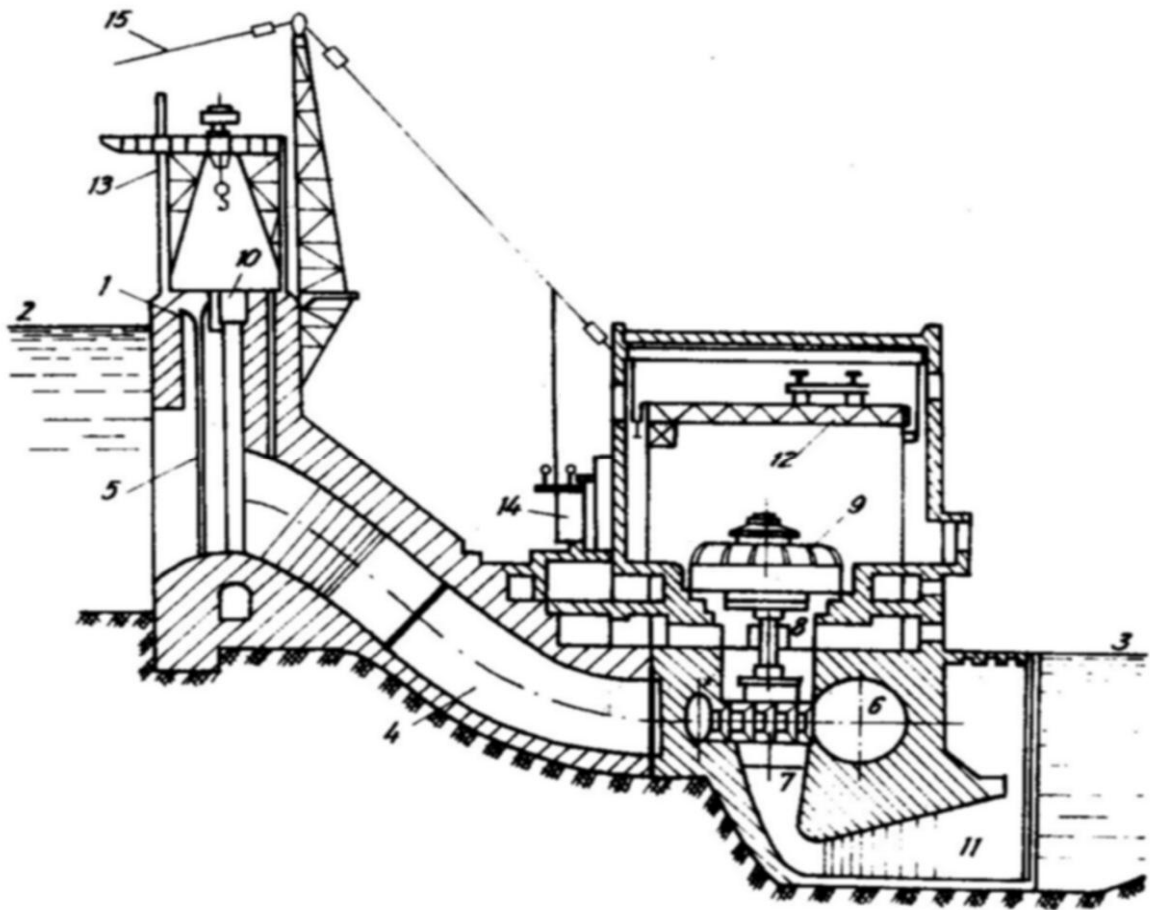
Hình 1.2: Lò phản ứng hạt nhân trong nhà máy điện nguyên tử

1.2.3. Nhà máy thủy điện

- Ở nhà máy thủy điện, thủy năng được biến thành điện năng.
- Đặc điểm của nhà máy thủy điện:
 - ❖ Không gây ô nhiễm môi trường.
 - ❖ Thiết bị tương đối đơn giản, gần như hoàn toàn tự động.
 - ❖ Số người vận hành rất ít.
 - ❖ Giá thành sản xuất 1kWh điện năng rẻ nhất.
 - ❖ Thời gian nhận tải của nhà máy thủy điện rất nhanh.

- Ngoài kiểu nhà máy thủy điện thông thường còn có nhà máy thủy điện tích năng.

- Nguyên lý hoạt động của nhà máy thủy điện. Hình 1.3.



Hình 1.3: Quá trình sản xuất điện năng của nhà máy thủy điện

- Ngoài ra còn có các nhà máy điện khác như: điện mặt trời, điện gió, địa nhiệt, từ thủy động, tua bin khí, ...

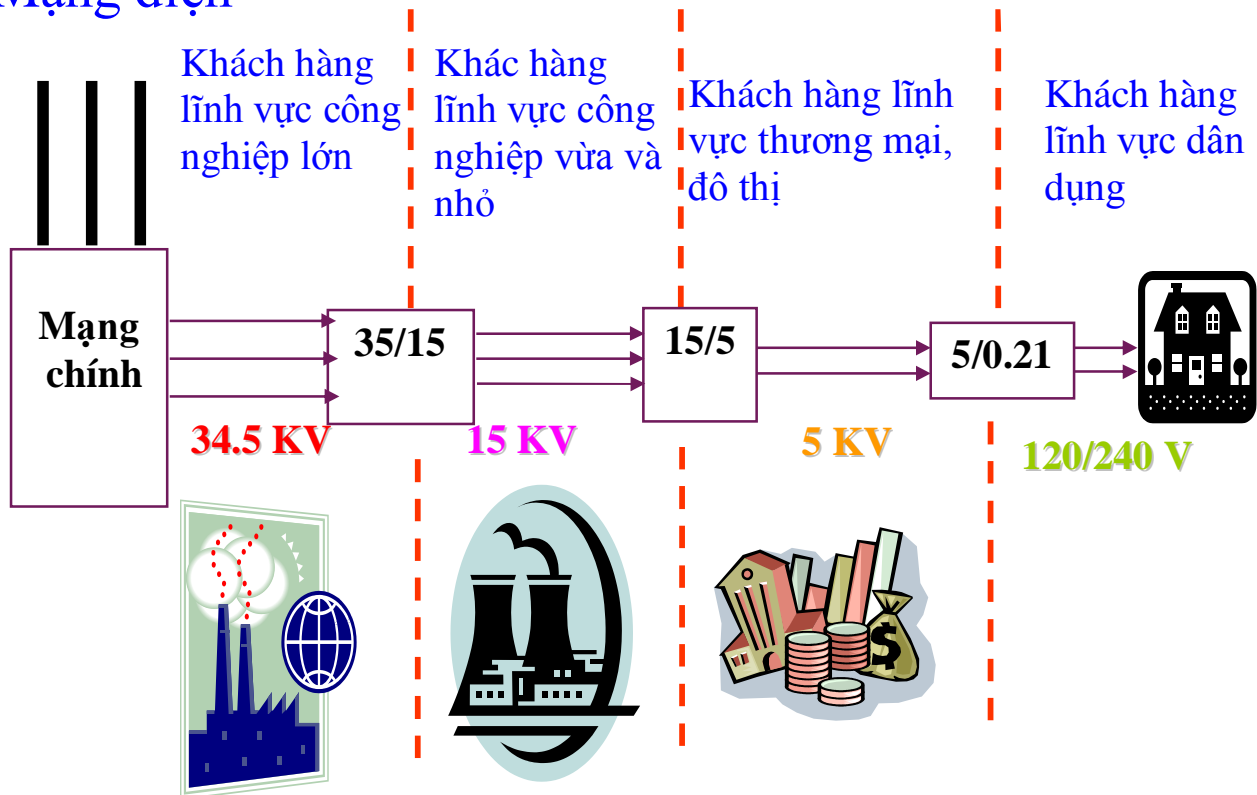
1.3. TRUYỀN TẢI VÀ PHÂN PHỐI

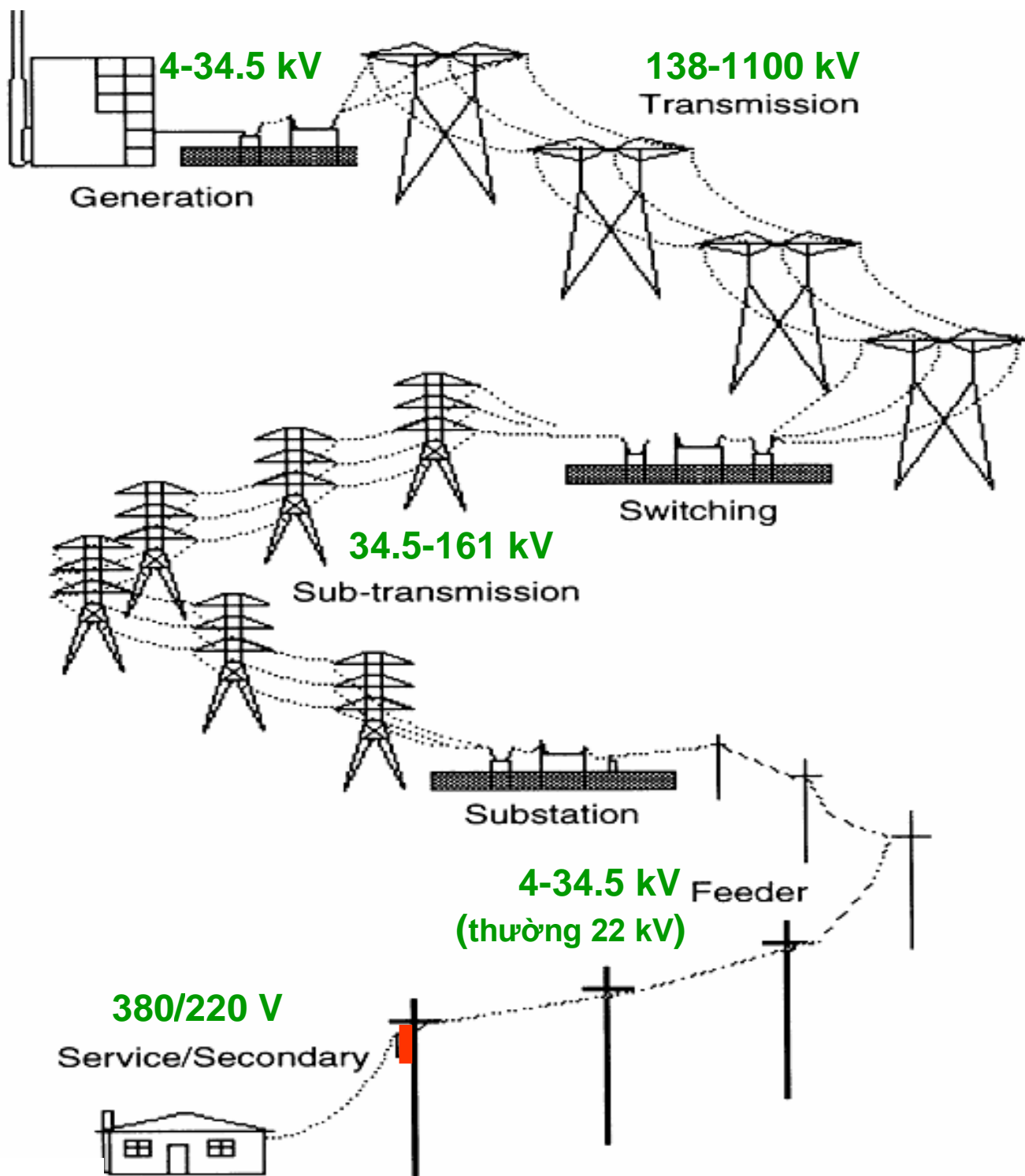
- Điện năng sau khi được sản xuất ở các nhà máy điện sẽ được truyền tải, phân phối đến các hộ tiêu thụ điện nhờ mạng lưới điện.

- Điện áp ra ở các nhà máy điện thông thường khoảng 6 đến 10,5 kV.

-
- Về mặt nguyên cứu , tính toán, hệ thống điện được phân chia thành:
 - ❖ Lưới hệ thống (110kV, 220kV, 500kV).
 - ❖ Lưới truyền tải (35kV, 110kV, 220kV).
 - ❖ Lưới phân phối trung áp (6, 10, 15, 22, 35kV).
 - ❖ Lưới phân phối hạ áp (0,4/0,22kV).

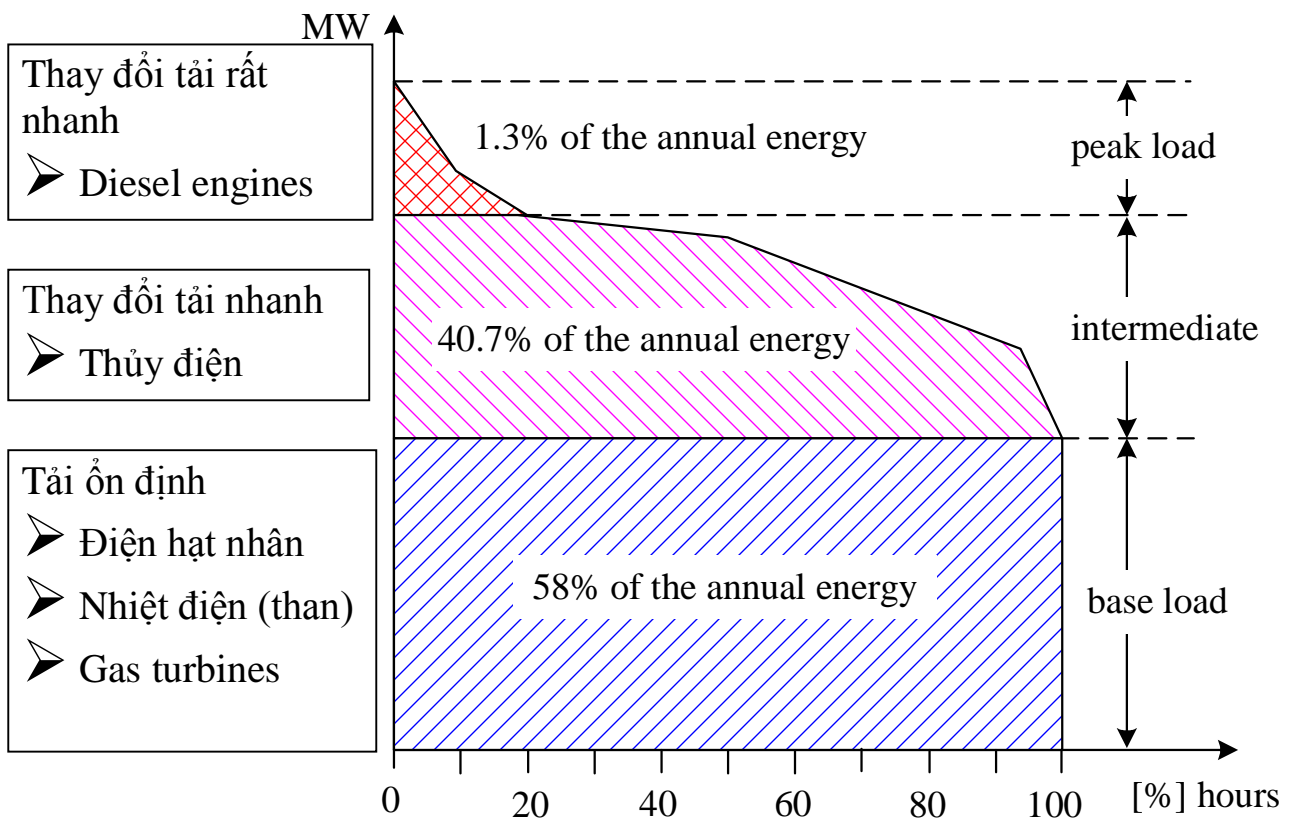
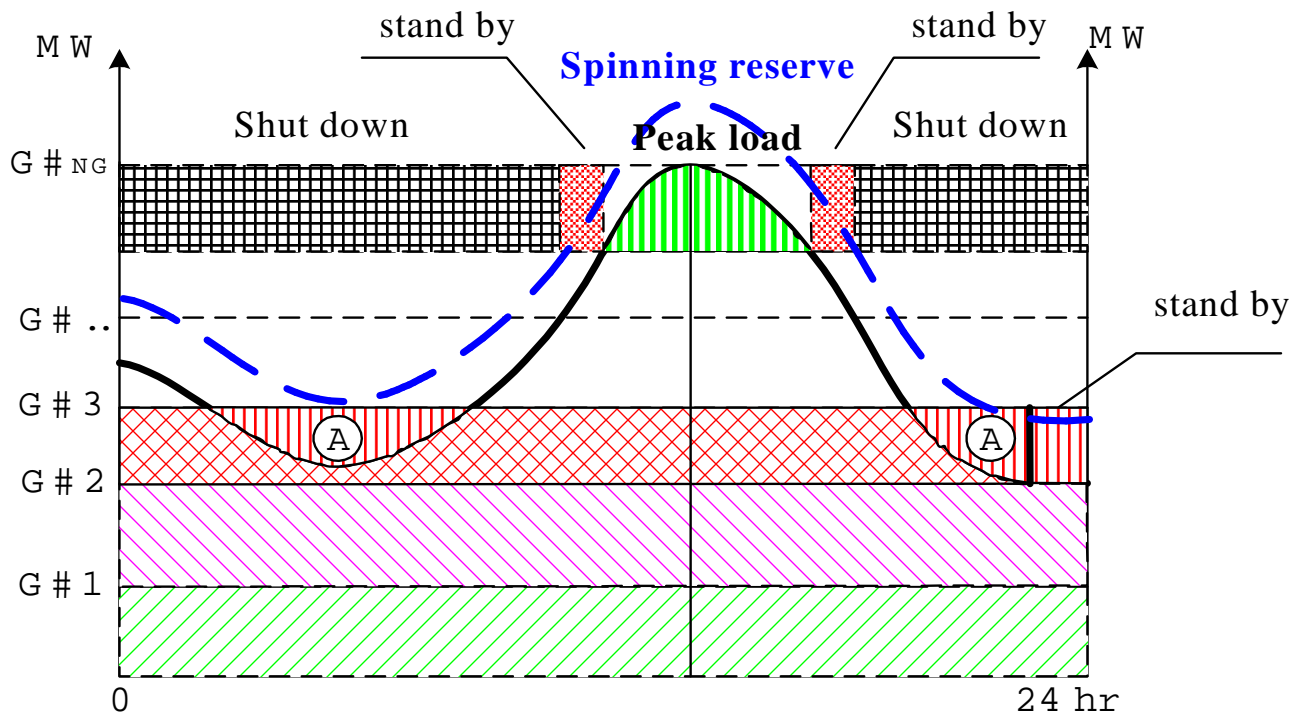
Mạng điện





1.4. HỘ TIÊU THỤ ĐIỆN

- Hộ tiêu thụ điện loại 1.
- Hộ tiêu thụ điện loại 2.
- Hộ tiêu thụ điện loại 3.



1.5. MỘT VÀI NÉT VỀ TÌNH HÌNH ĐIỆN NĂNG Ở NƯỚC TA

- Tình hình sản xuất điện năng ở nước ta hiện nay rất phát triển.
- Năm 2020 Việt Nam sẽ có nhà máy điện nguyên tử đầu tiên.
- Năm 2015 Việt Nam sẽ có nhà máy thủy điện lớn nhất Đông Nam Á (Sơn La – 2400MW).

Bảng 1. Công suất thiết kế các nhà máy điện tính tới 31/12/2004

Tên nhà máy	Công suất thiết kế (MW)	
	Năm 2003	Năm 2004
Tổng công suất phát của toàn bộ hệ thống điện Việt Nam	9896	11340
Công suất lắp đặt của các nhà máy điện thuộc EVN	8375	8822
Nhà máy thủy điện	4155	4155
Hoà Bình	1920	1920
Thác Bà	120	120
Trị An	420	420
Đa Nhim - Sông Pha	167	167
Thác Mơ	150	150
Vĩnh Sơn	66	66
Ialy	720	720
Sông Hinh	70	70
Hàm Thuận - Đa Mi	476	476
Thủy điện nhỏ	46	46

Nhà máy nhiệt điện than	1245	1245
Phả Lại 1	440	440
Phả Lại 2	600	600
Uông Bí	105	105
Ninh Bình	100	100
Nhà máy nhiệt điện dầu (FO)	198	198
Thủ Đức	165	165
Cần Thơ	33	33
Tua bin khí (khí + dầu)	2489	2939
Bà Rịa	389	389
Phú Mỹ 2-1	732	732
Phú Mỹ 1	1090	1090
Phú Mỹ 4		450
Thủ Đức	128	128
Cần Thơ	150	150
Diezen	288	285
Công suất lắp đặt của các IPP	1521	2518

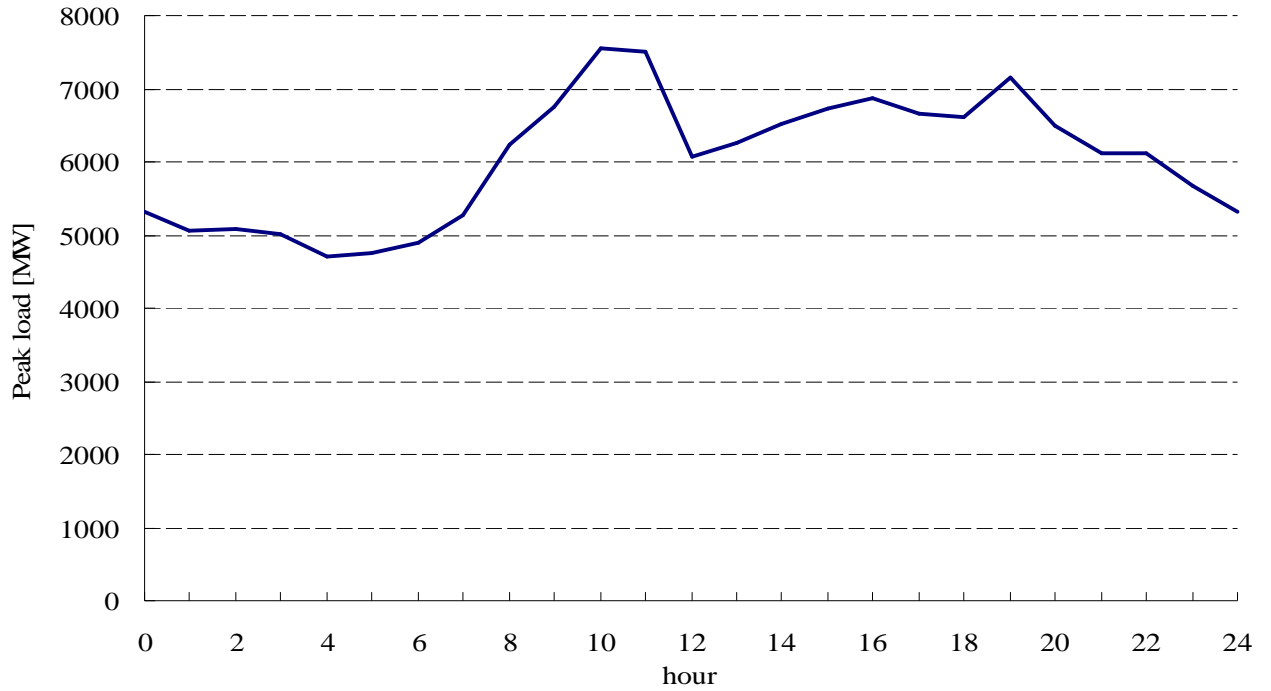
- Hiện nay, hệ thống truyền tải Việt Nam bao gồm ba cấp điện áp: 500kV, 220kV và 110kV.

- Hệ thống phân phối trung áp 35kV, 22kV và 15kV.

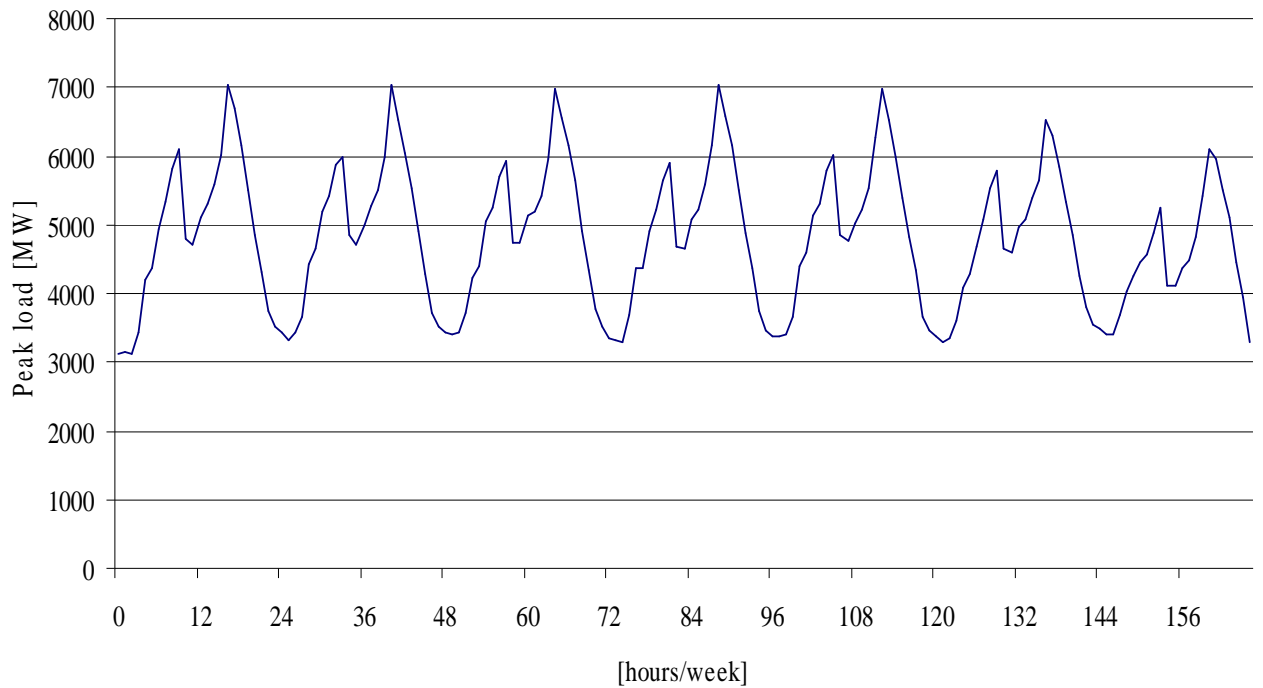
Bảng 3: Sự phát triển của hệ thống truyền tải năm 2004

TT	Khối lượng	2002	2003	2004
1	Tổng chiều dài đường dây 500 kV (km)	1.530	1.530	2.469
2	Tổng chiều dài đường dây 220 kV (km)	4.188	4.649	4.794
3	Tổng chiều dài đường dây 110 kV (km)	8.411	8.965	9.820
5	Tổng dung lượng lắp đặt TBA 500 kV (MVA)	2.250	3.150	4.050
6	Tổng dung lượng lắp đặt TBA 220 kV (MVA)	8.949	9.077	11.190
7	Tổng dung lượng lắp đặt TBA 110 kV (MVA)	10.806	11.369	14.998

- Đồ thị phụ tải ngày 1 tháng 6 năm 2004 của Việt Nam.



- Đồ thị phụ tải tuần thứ nhất tháng 6 năm 2004 của Việt Nam.



CHƯƠNG 2:
AN TOÀN ĐIỆN

2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

- Khi có dòng điện chạy qua người sẽ gây ra hiện tượng điện giật.

2.2. CÁC TÁC HẠI KHI CÓ DÒNG ĐIỆN ĐI QUA NGƯỜI

- Khi dòng điện đi qua cơ thể người sẽ gây nên những phản ứng sinh học phức tạp.

- Mức độ nguy hiểm đối với nạn nhân bị tai nạn điện phụ thuộc nhiều yếu tố như:

- ❖ Biên độ dòng điện.
- ❖ Đường đi của dòng điện.
- ❖ Thời gian tồn tại.
- ❖ Tần số dòng điện.
- ❖ Trình trạng sức khỏe.



Bảng 1: Ngưỡng giá trị I_{ng} giới hạn gây tác hại lên cơ thể người

I_{ng} (mA)	Tác hại đối với người	
	Điện AC ($f = 50 - 60$ (Hz))	Điện DC
0,6 - 1,5	Bắt đầu thấy tê	Chưa có cảm giác
2 - 3	Tê tăng mạnh	Chưa có cảm giác
5 - 7	Bắp thịt bắt đầu co	Đau như bị kim đâm
8 - 10	Tay không rời vật có điện	Nóng tăng dần
20 - 25	Tay không rời vật có điện, bắt đầu khó thở	Bắp thịt co và rung
50 - 80	Tê liệt hô hấp, tim bắt đầu đập mạnh	Tay khó rời vật có điện, bắt đầu khó thở
90 - 100	Nếu kéo dài với $t \geq 3$ s tim ngừng đập	Hô hấp tê liệt

- Các giới hạn dòng điện nguy hiểm đối với người như sau:

❖ $I_{\text{giới hạn nguy hiểm AC}} \leq 10 \text{ mA}$

❖ $I_{\text{giới hạn nguy hiểm DC}} \leq 50 \text{ mA}$

2.3. NGUYÊN NHÂN XẢY RA TAY NẠN VỀ ĐIỆN

- Do trình độ tổ chức, quản lý công tác lắp đặt, xây dựng, sửa chữa công trình điện chưa tốt.

- Do vi phạm quy trình kỹ thuật an toàn, đóng điện khi có người đang sửa chữa, tác vận hành thiết bị điện không đúng qui trình.

- Tai nạn về điện thường xảy ra ở cấp điện áp $U \leq 1000 \text{ V}$.

❖ Chạm gián tiếp.

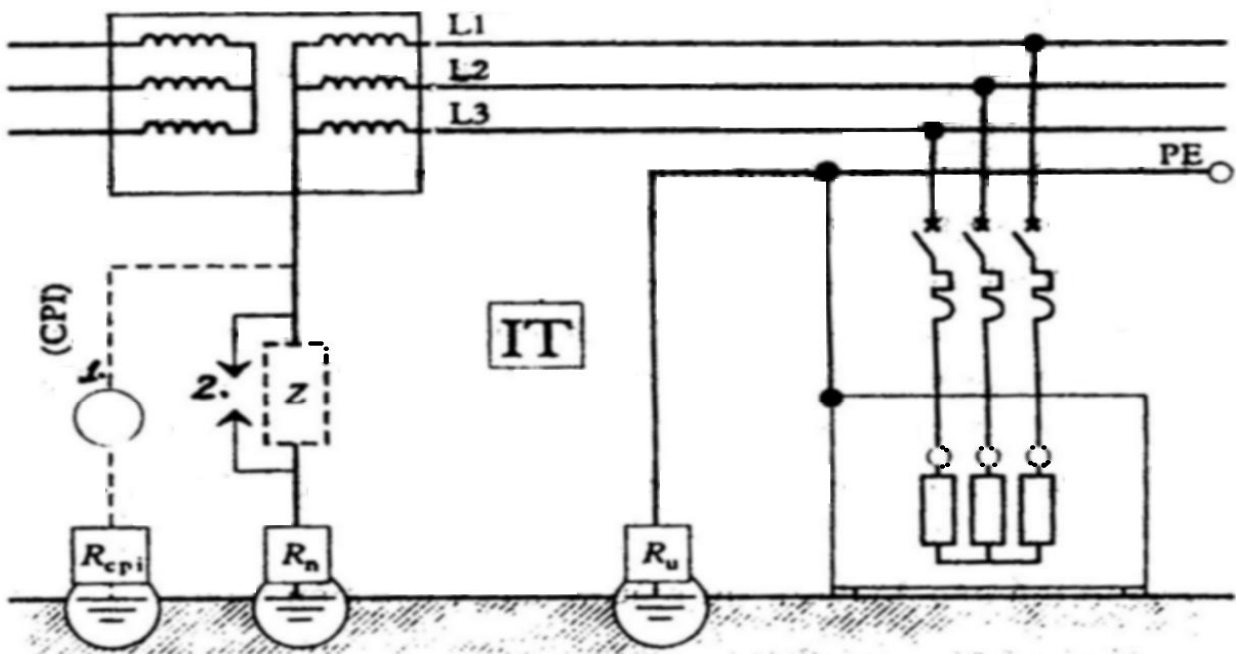
❖ Chạm trực tiếp.

- Tai nạn do sự phóng điện hồ quang.
- Tai nạn xảy ra do “điện áp bước”.

2.4. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ AN TOÀN

2.4.1. Tiếp đất bảo vệ

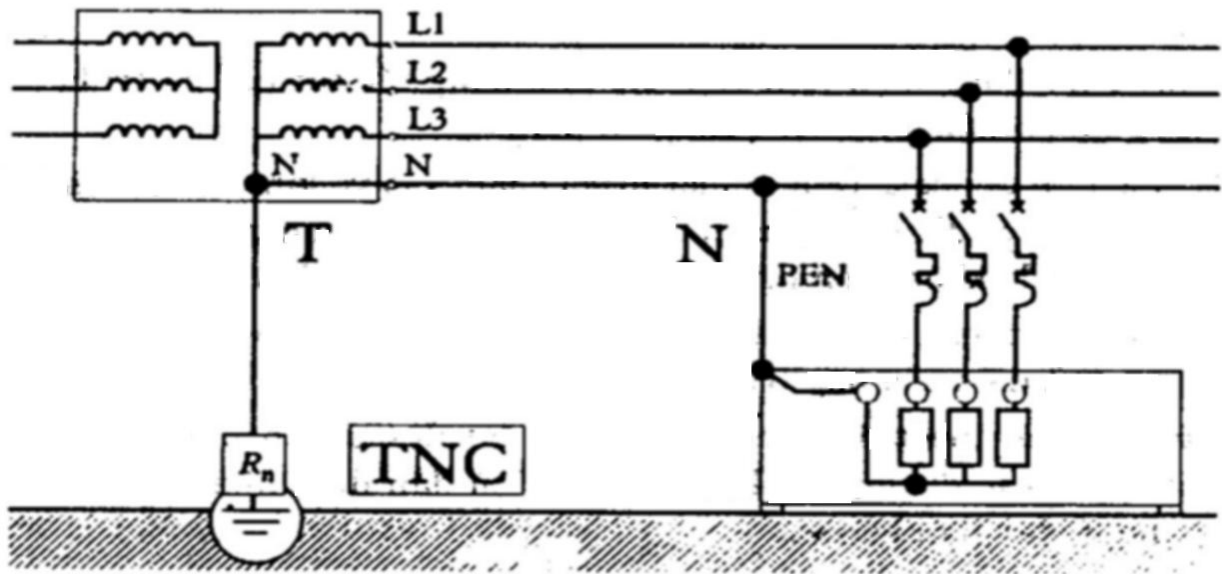
- Sơ đồ tiếp đất bảo vệ kiểu IT



1. Bộ phận kiểm tra thường xuyên cách điện
2. Thiết bị giới hạn quá điện áp (chống sét)

2.4.2. Nối dây trung tính

- Bảo vệ nối đất dây trung tính kiểu TN - C.



2.4.3. Các phương tiện bảo vệ - cấp cứu người bị tai nạn điện.

2.5. CHỐNG SÉT VÀ NỐI ĐẤT

2.5.1. Đặc tính của sét

- Sét là sự phóng điện trong khí quyển giữa đám mây với đất, đám mây với đám mây mang các điện tích trái dấu.

- Biên độ sét là $50 \div 100$ kA.

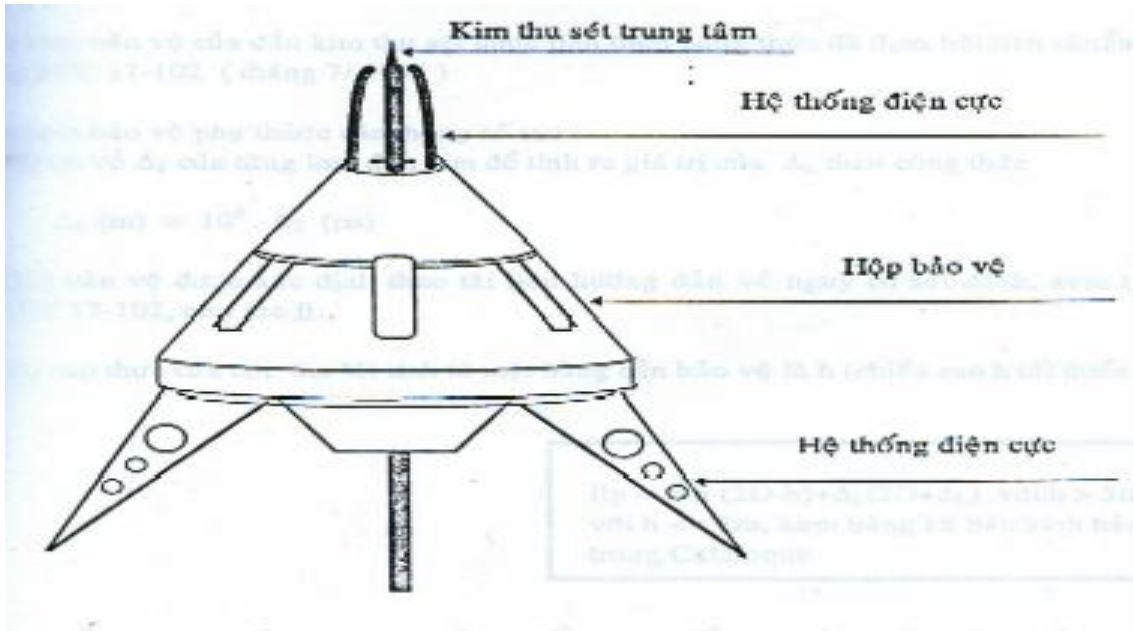
2.5.2. Bảo vệ các công trình xây dựng đối với sét đánh trực tiếp

- Bảo vệ chống sét kiểu cổ điển

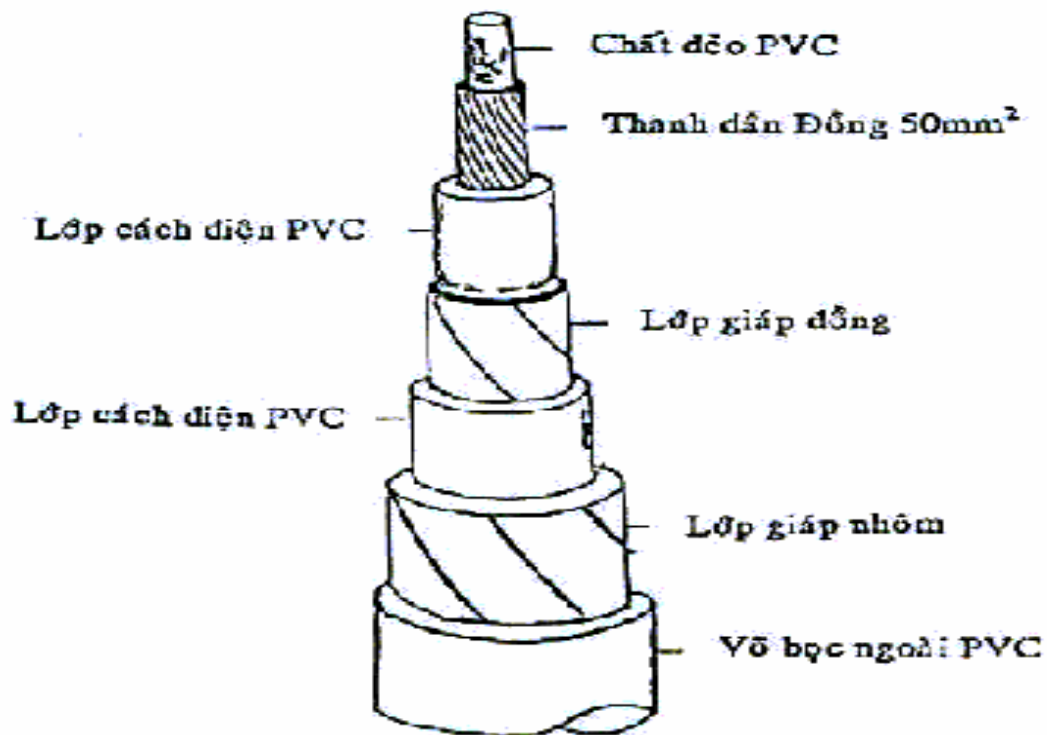
2.5.3. Chống sét cho các công trình bằng hệ thống chống sét mới

- Sử dụng đầu kim dẫn sét Prevelectron2

- Đón bắt sét đánh trên những đầu thu sét đặt trên không trung



- Truyền dẫn dòng điện sét đi xuống đất nhanh chóng, đảm bảo.



Dây dẫn dòng điện sét xuống đất

- Hiện nay các công trình chống sét đa số sử dụng dây đồng trần có tiết diện $2 \times 70 \text{ mm}^2$ để dẫn dòng sét. Dây được trong ống cách điện PVC.

- Bán kính bảo vệ R_p của đầu kim dẫn sét Prelectron2 được tính theo công thức:

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Trong đó: $D = 20\text{m}, 45\text{m}, 60\text{m}$ tùy thuộc vào cấp bảo vệ yêu cầu.

h – chiều cao thực của đầu kim

$$\Delta L(\text{m}) = 10^6 \cdot \Delta T(\mu\text{s})$$

- Để biết được giá trị độ lợi thời gian $\Delta T(\mu\text{s})$ ta tra bảng 2.2 (bài giảng)

- Để xác định được cấp bảo vệ cho công trình ta tìm hiệu bảng 1, phụ lục 4 (GT kỹ thuật an toàn).

*** Cấp bảo vệ cao nhất (I): D = 20m**

h(m) >	2	3	4	5	6	7	8	10	15	Max 20 m
S6.60	31	47	63	79	79	79	79	79	80	80
S4.50	27	41	55	68	69	69	69	69	70	70
S3.40	23	35	46	58	58	59	59	59	60	60
TS3.40	23	35	46	58	58	59	59	59	60	60
TS2.25	17	25	34	42	43	43	43	44	45	45

2.5.4. Nối đất

- Đối với nối đất chống sét trang bị nối đất phải thỏa mãn $R_d \leq 0,5 \Omega$.
- Đối với nối đất an toàn điện trở nối đất $R_d \leq 10 \Omega$.
- Ta chỉ cần xây dựng một hệ thống nối đất cho cả chống sét và an toàn.
- Có thể sử dụng hệ thống cốt thép của công trình làm trang bị nối đất.

Chương 3: **KHÍ CỤ ĐIỆN**

3.1. PHÂN LOẠI KHÍ CỤ ĐIỆN

- Khí cụ điện là những thiết bị điện dùng để đóng, cắt, điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ lưới điện, máy điện, mạch điện, ...

3.2. SỰ PHÁT SINH HỒ QUANG VÀ SỰ PHÁT NÓNG CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

- Phóng điện hồ quang chỉ xảy ra khi các dòng điện có trị số lớn ($> 0,5A$)
- Dòng điện chạy trong vật dẫn làm cho khí cụ điện nóng lên.

3.3. MỘT SỐ KHÍ CỤ ĐIỆN THÔNG DỤNG

3.3.1. Áp tô mát dòng cực đại

- Cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát dòng cực đại và điện áp thấp.



S251



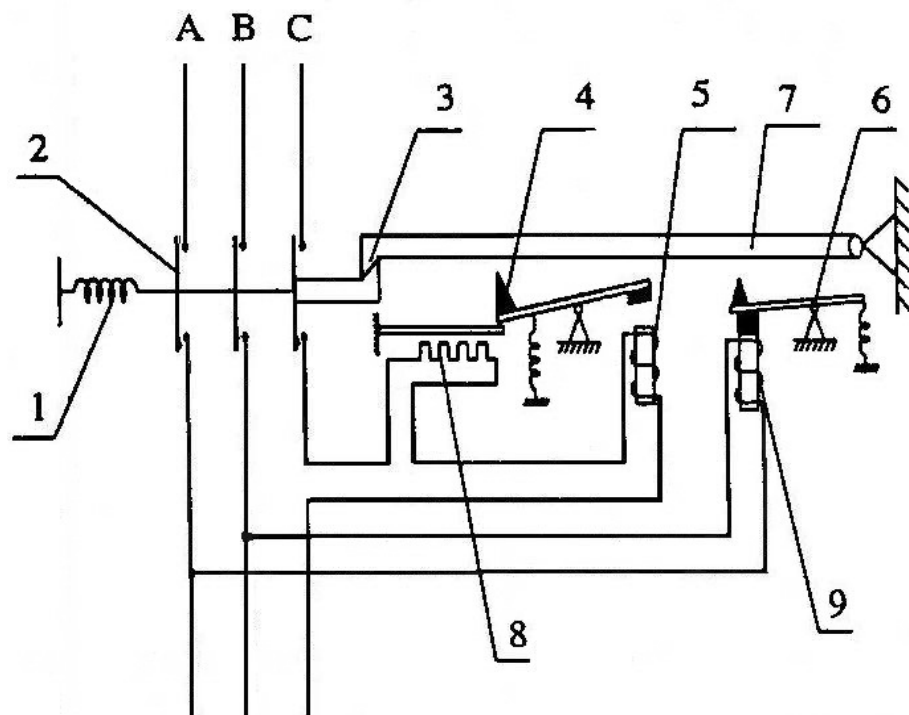
S252



S253

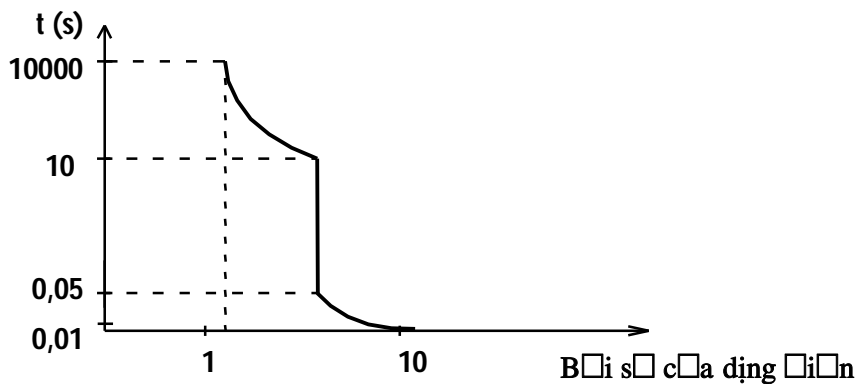


S254

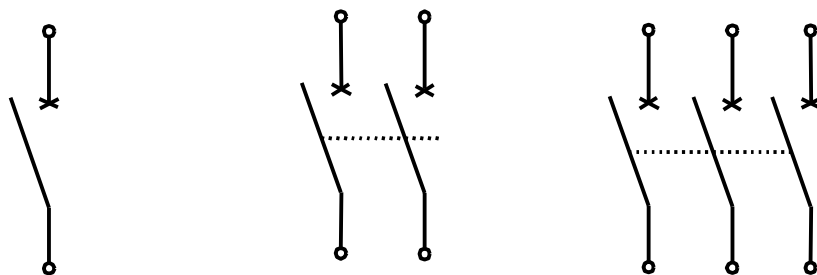


- (1) - lò xo
- (2) - các tiếp điểm
- (3) - ngàm
- (4) - đòn bẩy
- (5) - cuộn dây
- (6) - giá đỡ
- (7) - lẫy
- (8) - phân tử
đốt nóng
- (9) - cuộn dây

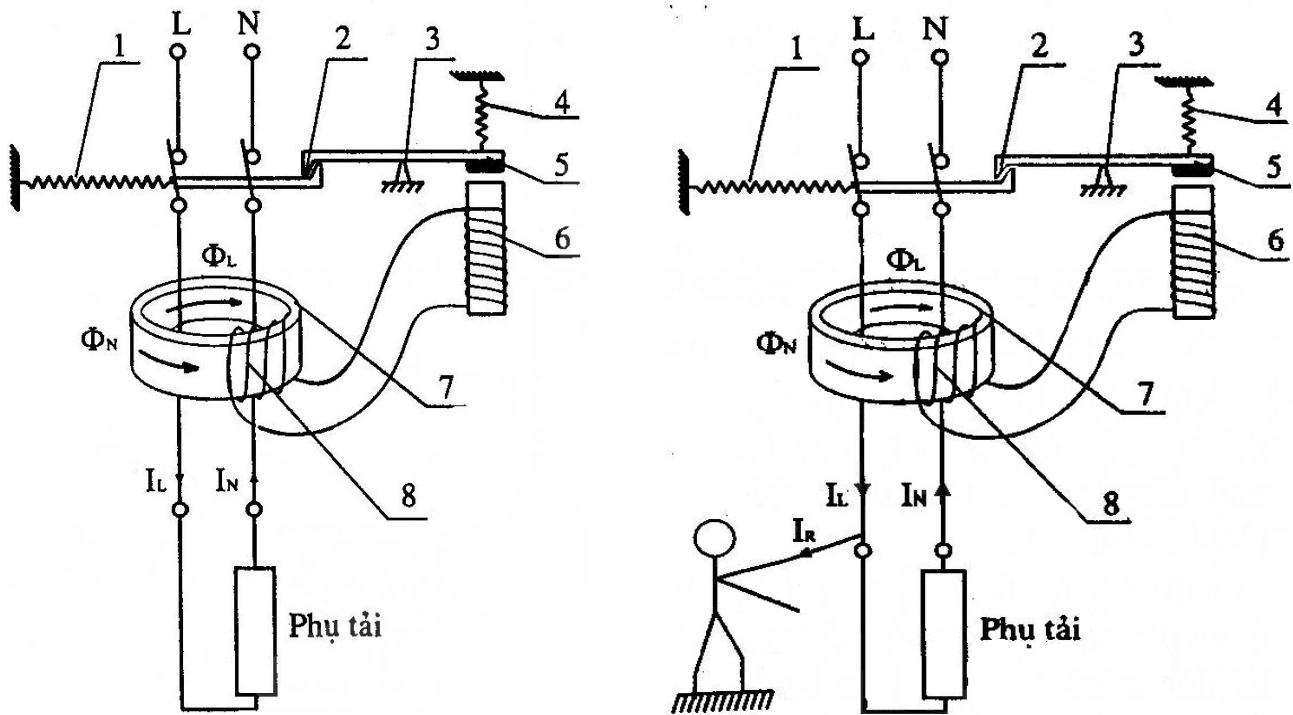
- Thông thường các CB trong công nghiệp có đặc tính thời gian - dòng điện như sau:



- Kí hiệu trên bản vẽ của aptômát

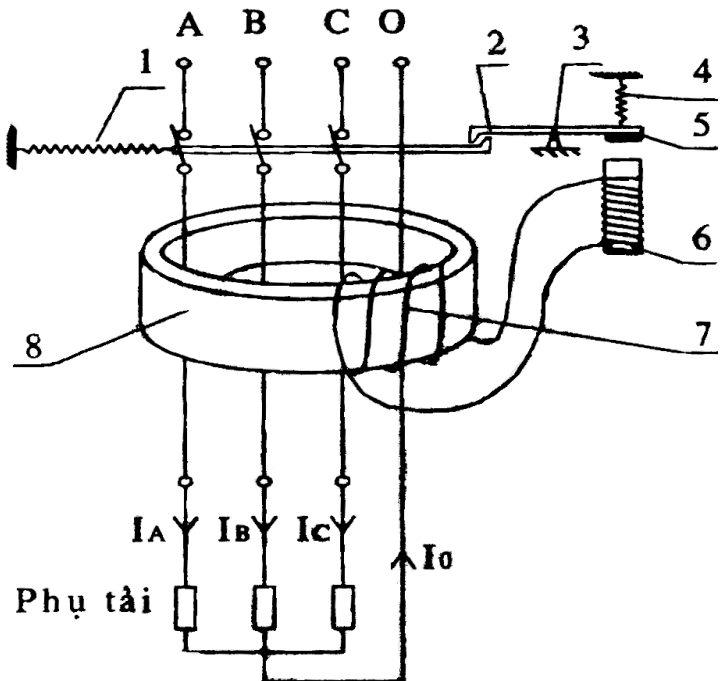


3.3.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát chống giật một pha



- (1) - lò xo (2) - ngàm (3) - lẫy (4) - lò xo
 (5) - lõi thép (6) - cuộn dây (7) - lõi thép (8) - cuộn dây thứ cấp

3.3.3. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của áp tô mát chống giật ba pha



- Thông số kỹ thuật và cách lựa chọn áp tô mát

$$I_{cpA} \geq I_{lv.pt}$$

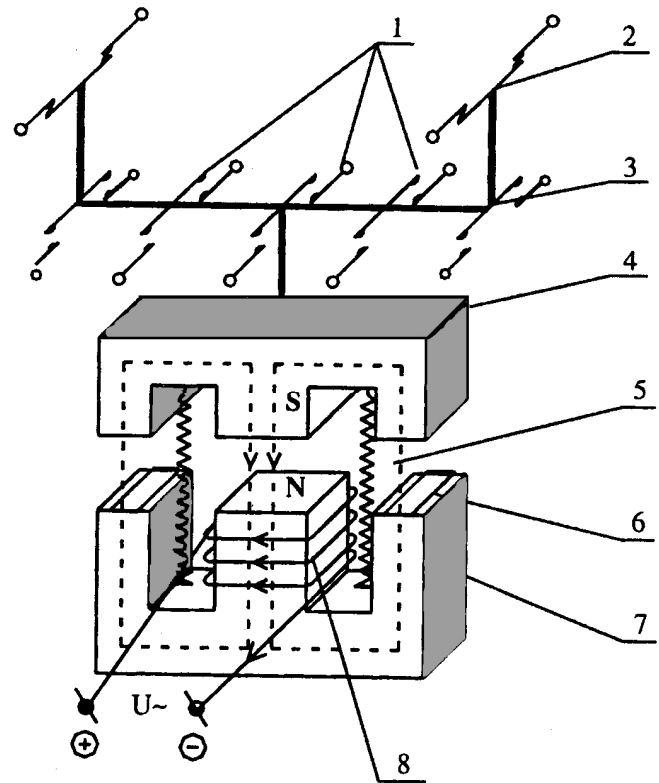
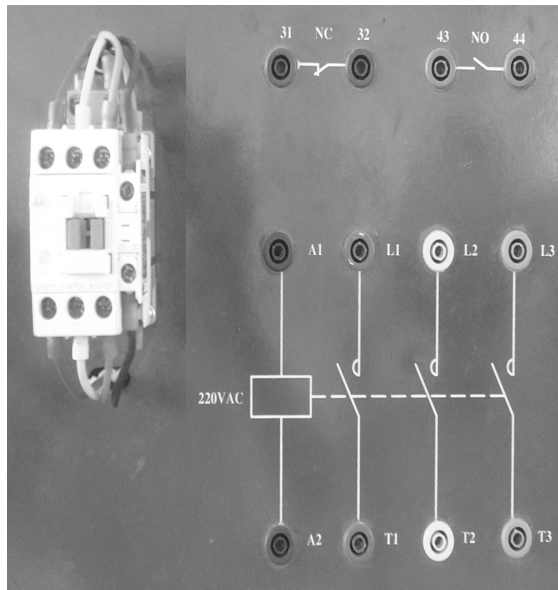
$$I_{nm} > I_{kđ}$$

$$I_{qt} = (1,1 \div 1,2) \cdot I_{tt}$$

$$U_{cpA} \geq U_{lv.ld}$$

3.3.4. Công tắc tơ

- Công tắc tơ là loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt mạch điện động lực bằng tay (thông qua bộ nút ấn) hoặc tự động.



1 - tiếp điểm chính

2 - tay đòn

3 - tiếp điểm phụ

4 - lõi thép động

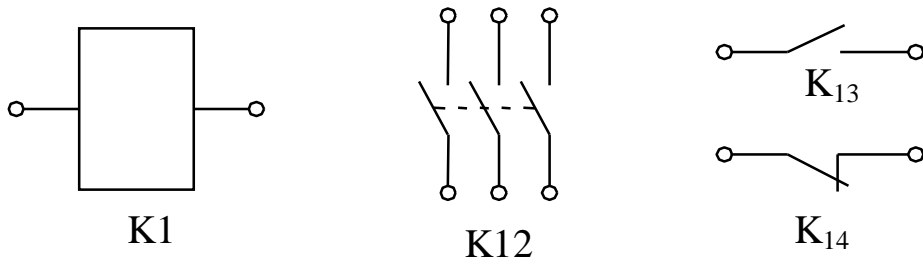
5 - lò xo

6 - vòng chống rung

7 - lõi thép tĩnh

8 - cuộn dây

- Các kí hiệu của công tắc tơ trên bản vẽ



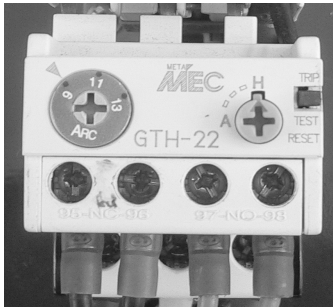
- Các thông số kỹ thuật của công tắc tơ

$$I_{đm} = (1,2 \div 1,5) \cdot I_{tt}$$

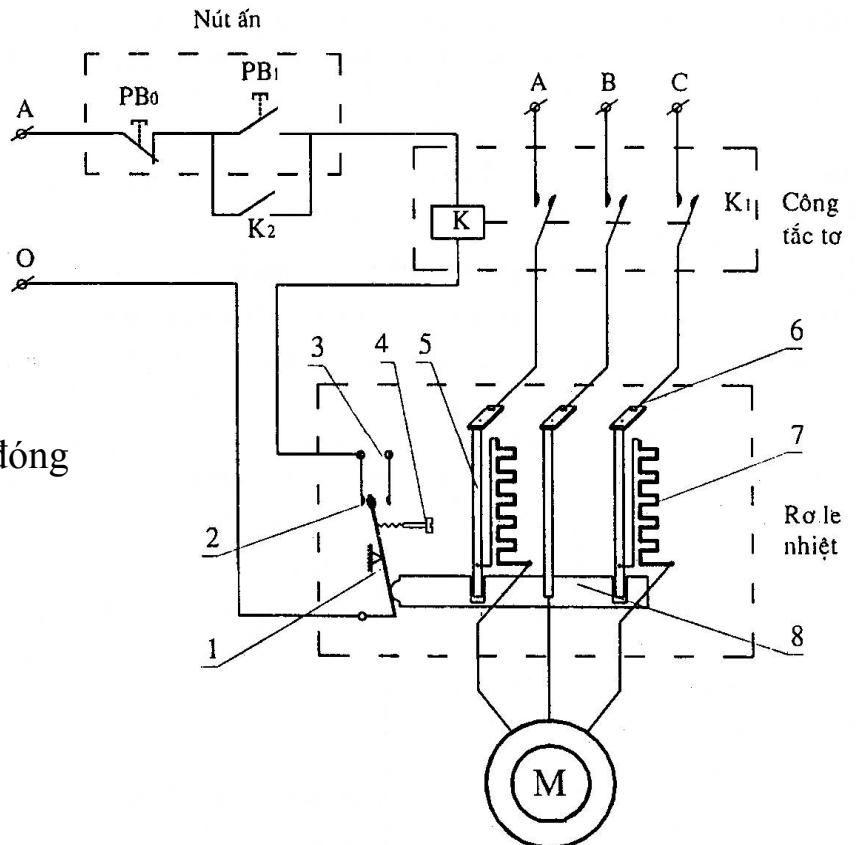
$$U_{đm} \geq U_{lv}$$

3.3.5. Role nhiệt

Role nhiệt là loại khí cụ điện tự động đóng, cắt tiếp điểm nhờ sự co giãn vì nhiệt của các thanh kim loại.

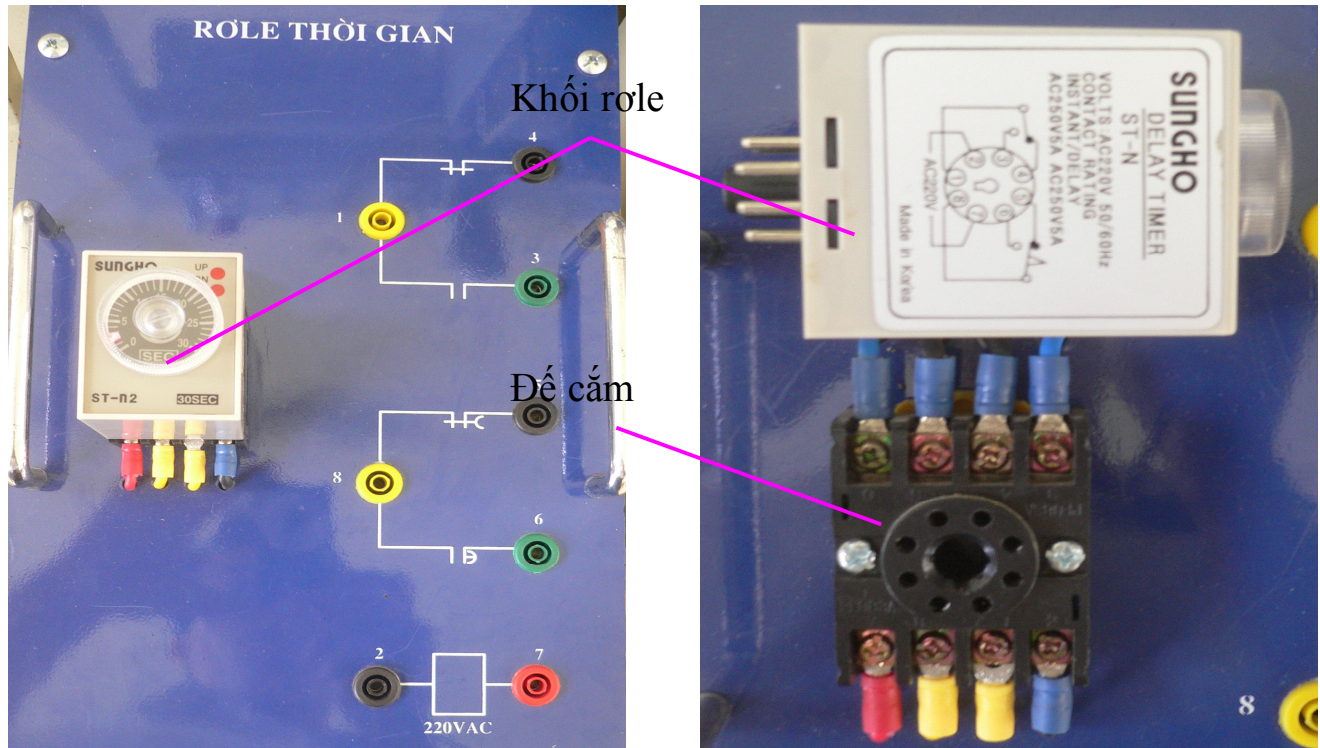


- (1) - đòn bẩy
- (2) - các tiếp điểm thường đóng
- (3) - tiếp điểm thường mở
- (4) - vít điều chỉnh
- (5) - thanh lưỡng kim
- (6) - cầu nối
- (7) - dây đốt nóng
- (8) - cần gạt

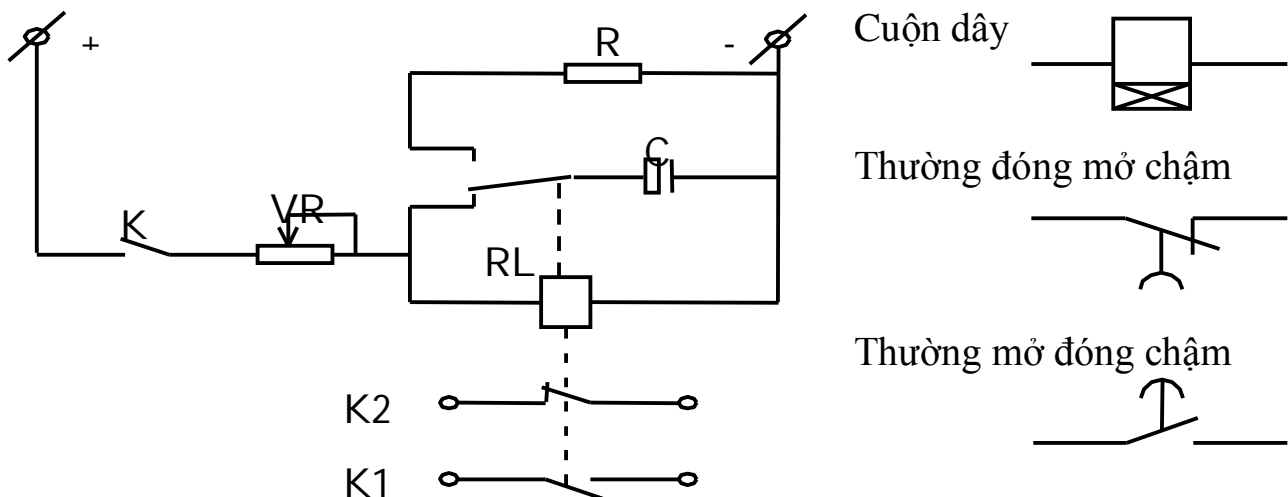


3.3.6. Role thời gian điện tử

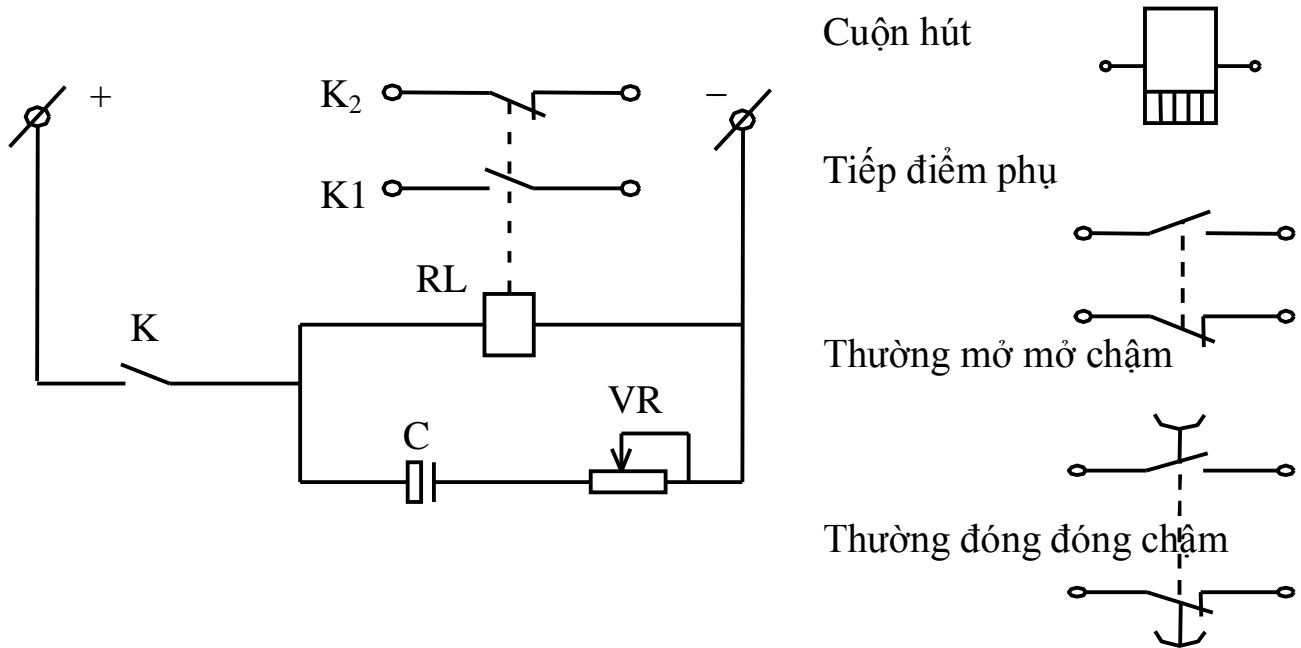
- Role thời gian được dùng nhiều trong các mạch tự động điều khiển. Nó có tác dụng làm trễ quá trình đóng, mở các tiếp điểm sau một khoảng thời gian chỉ định nào đó.



- Nguyên lý hoạt động của loại role ON DELAY



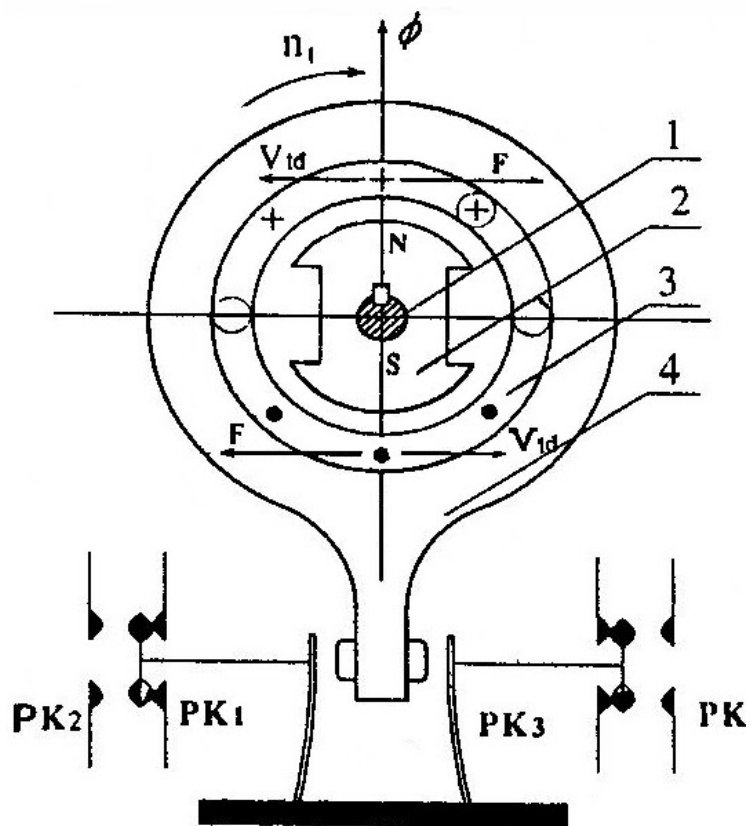
Nguyên lý hoạt động của role thời gian điện tử kiểu OFF DELAY

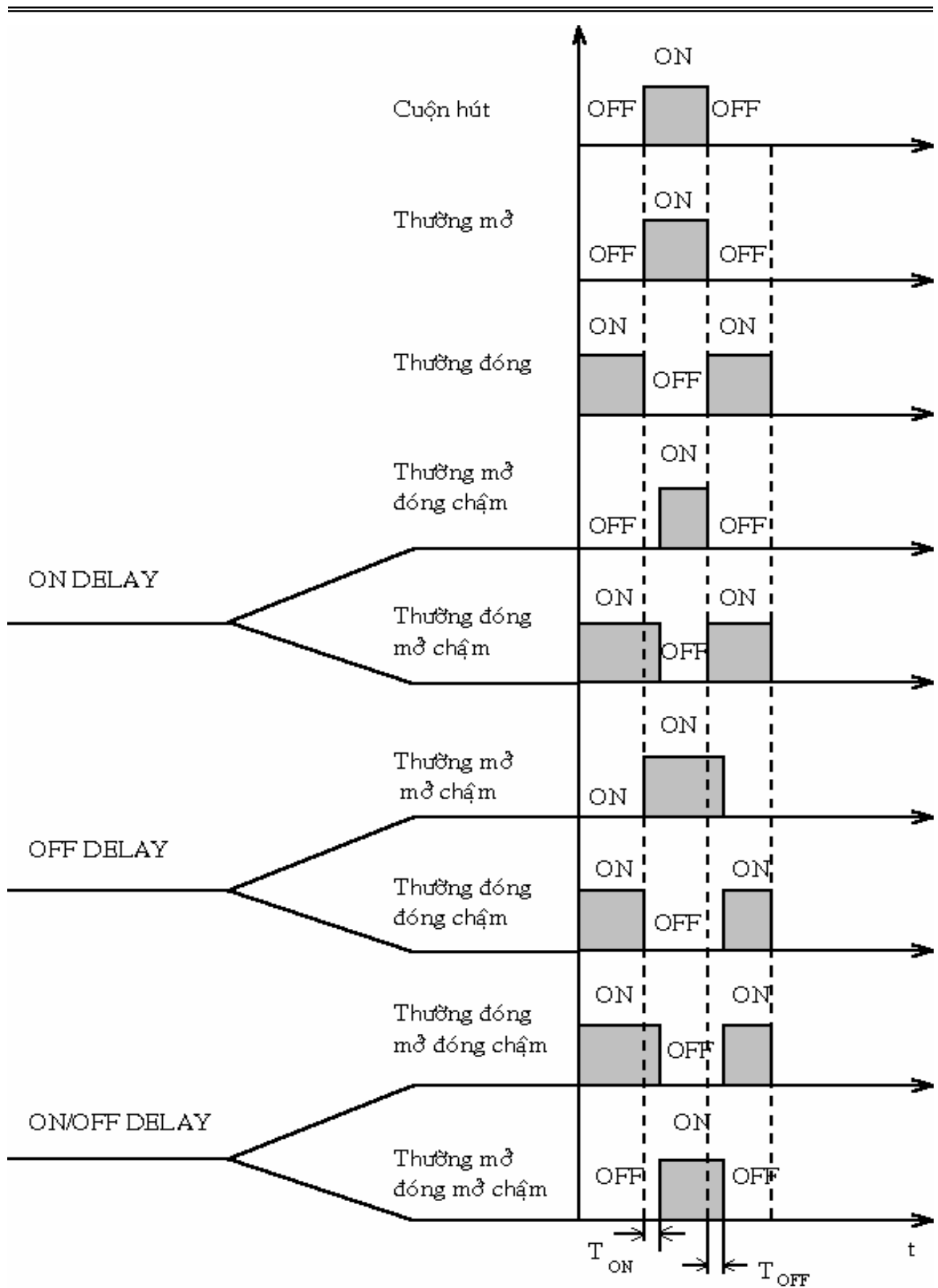


3.3.7. Role tốc độ

- Đây là loại khí cụ điện dùng để đóng, ngắt mạch điện khi tốc độ động cơ đạt đến một trị số nào đó.

- (1) - trục quay (roto)
- (2) - nam châm vĩnh cửu
- (3) - stato
- (4) - cần tác động



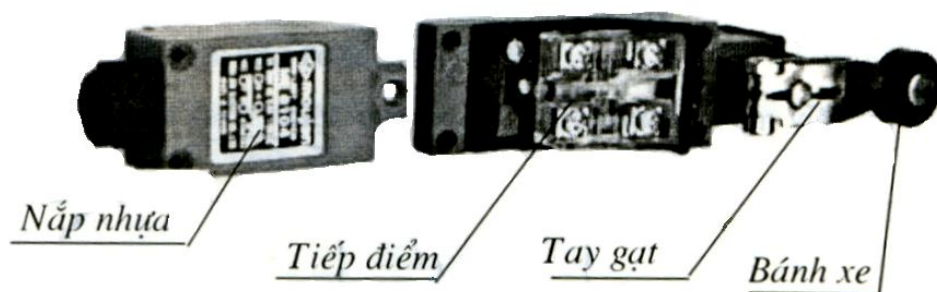


3.3.8. Công tắc chuyển mạch

- Là loại khí cụ điện đóng, ngắt nhờ ngoại lực (có thể bằng tay hoặc điều khiển qua một cơ cấu nào đó...). Bao gồm; Công tắc gạt, Công tắc hành trình, Công tắc xoay, Công tắc ấn, Công tắc ấn – xoay (nút dừng khẩn cấp), Công tắc có khoá (khóa điện), ...



Công tắc gạt



Công tắc hành trình



Công tắc xoay

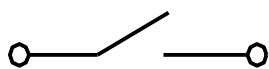


Công tắc ấn - xoay

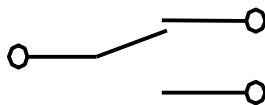


Công tắc có khoá

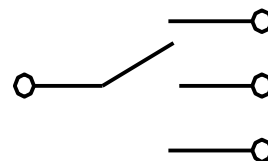
- Kí hiệu công tắc



Công tắc 1 ngã



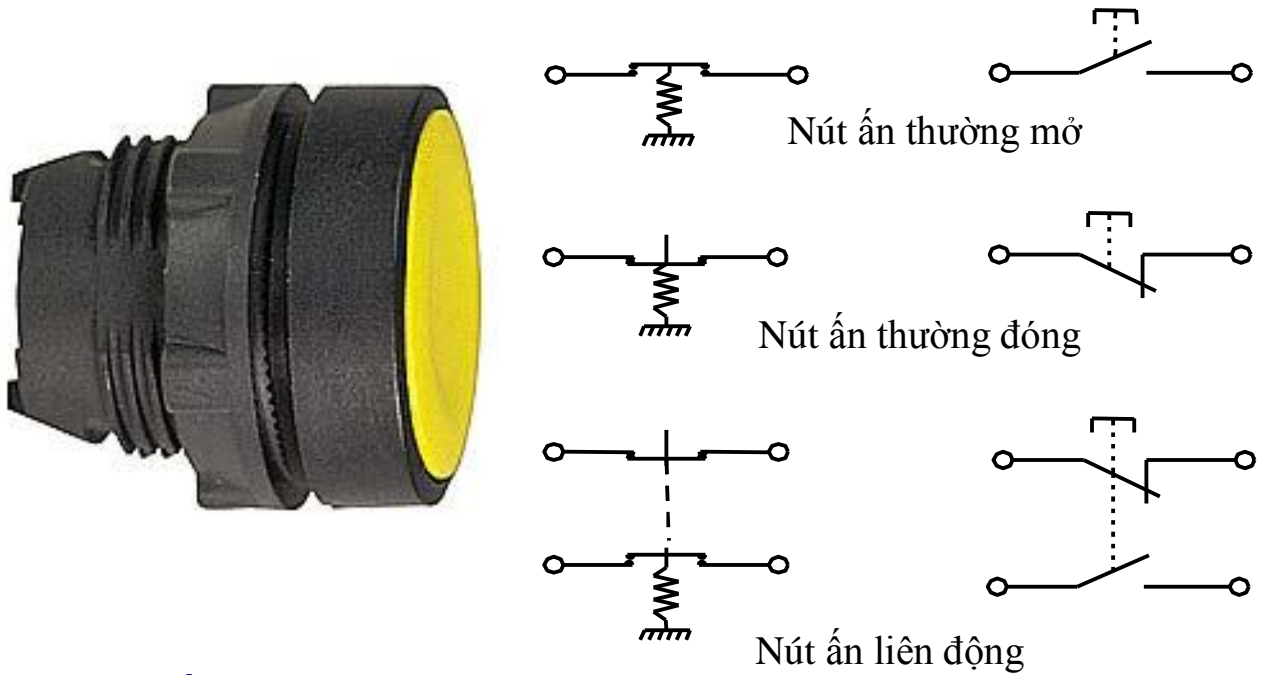
Công tắc 2 ngã



Công tắc 3 ngã

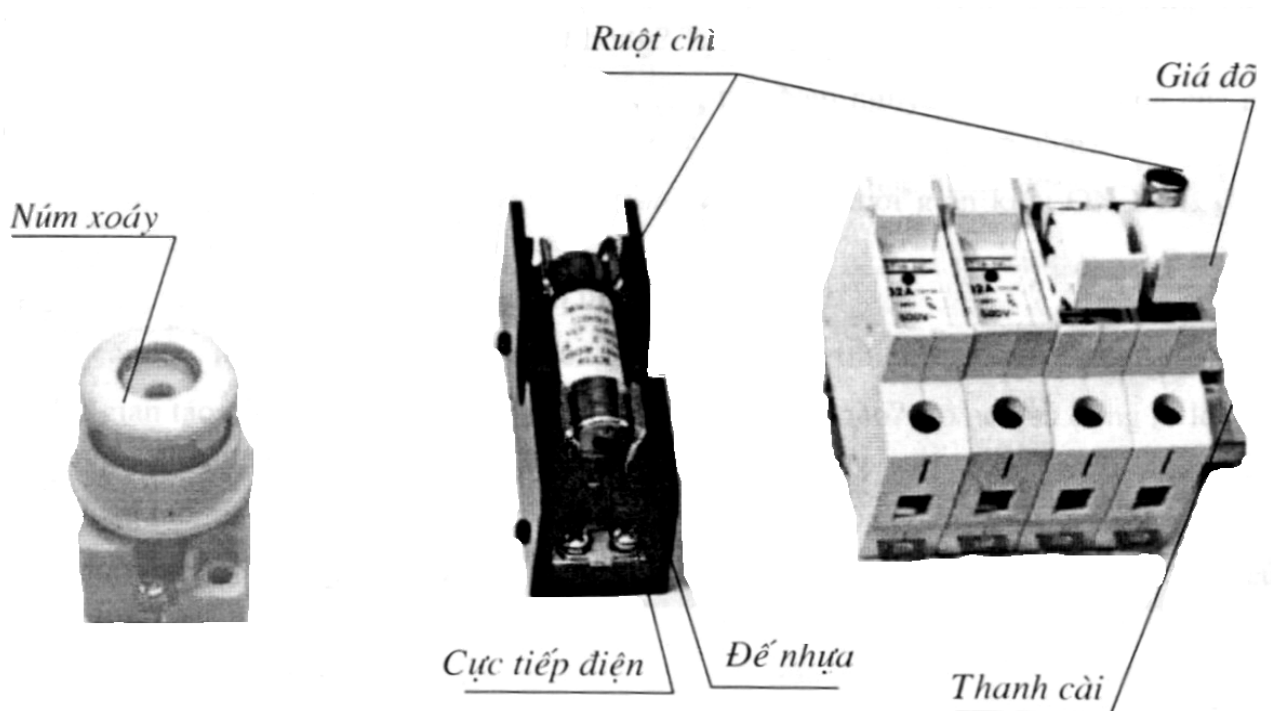
3.3.9. Nút ấn

- Là loại khí cụ điện dùng để đóng ngắt các thiết bị điện bằng tay.



3.3.10. Cầu chì

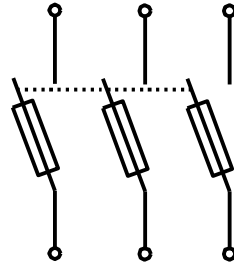
Là loại khí cụ điện dùng để bảo vệ thiết bị điện và lưới điện khi bị sự cố quá tải hoặc ngắn mạch



- Kí hiệu của cầu chì trên bản vẽ kỹ thuật



Cầu chì thông thường



Cầu chì tự rơi ba pha

3.3.11. Các loại cảm biến

- Cảm biến nhiệt độ
- Cảm biến quang

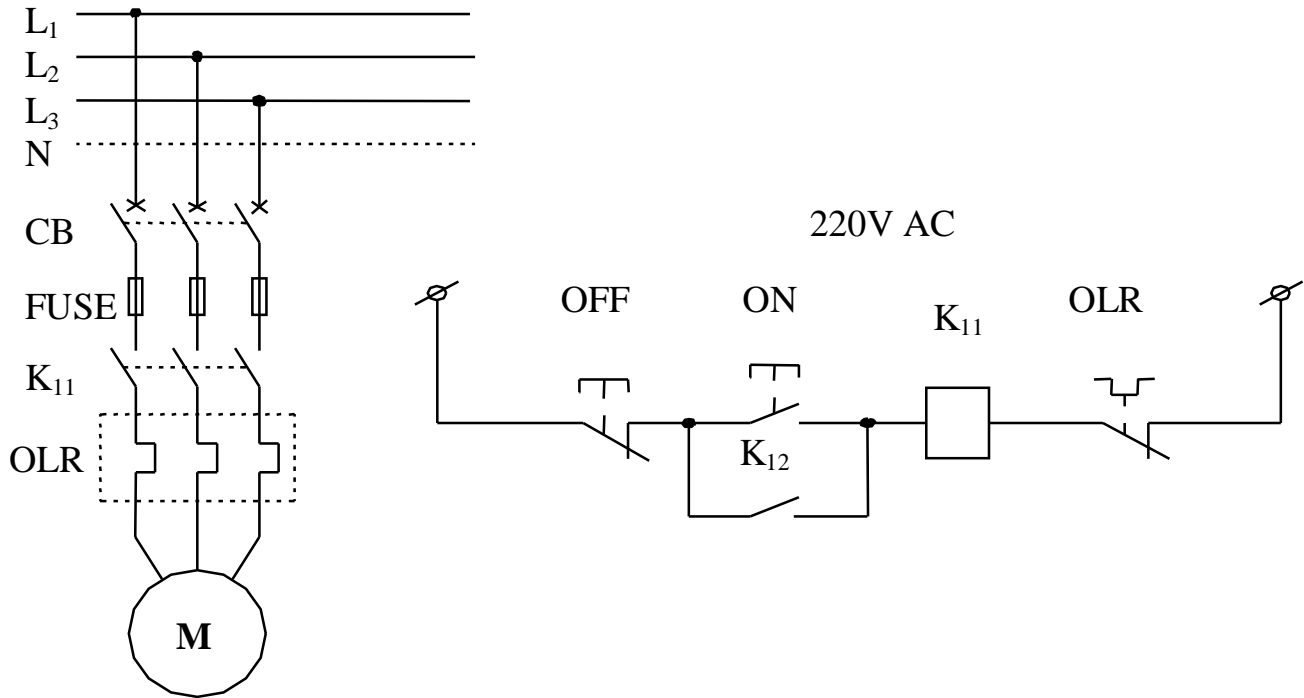
3.4. MỘT SỐ KÍ HIỆU THÔNG DỤNG TRONG ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

BẢNG 1: Bảng so sánh cách vẽ một số kí hiệu thường gặp

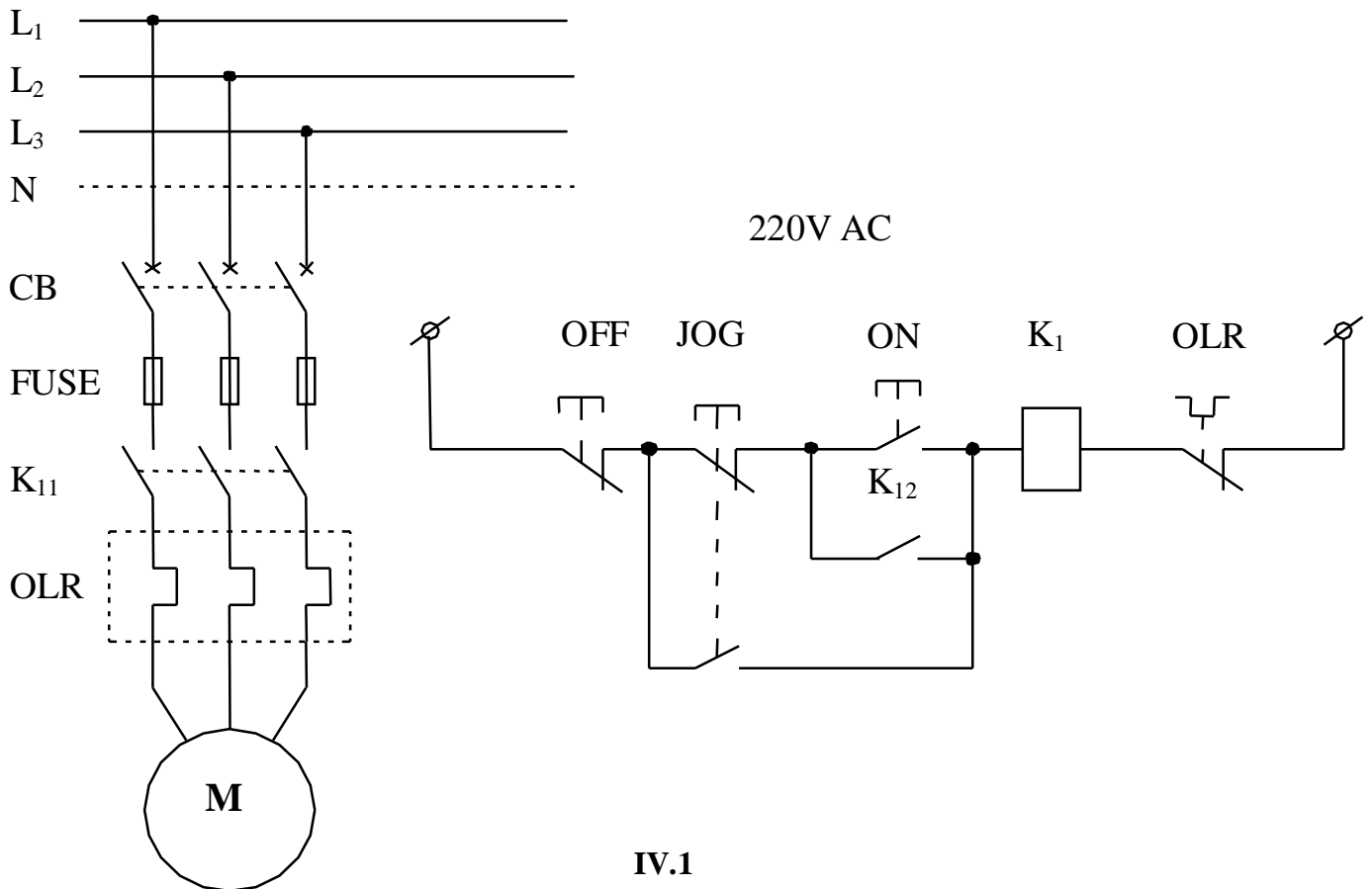
STT	Việt nam	Mỹ	Nhật	Tây Âu	Ý nghĩa
01					Tiếp điểm thường mở, đóng chậm
02					Tiếp điểm thường đóng, mở chậm
03					Tiếp điểm thường mở
04					Tiếp điểm thường đóng

Chương 4: MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

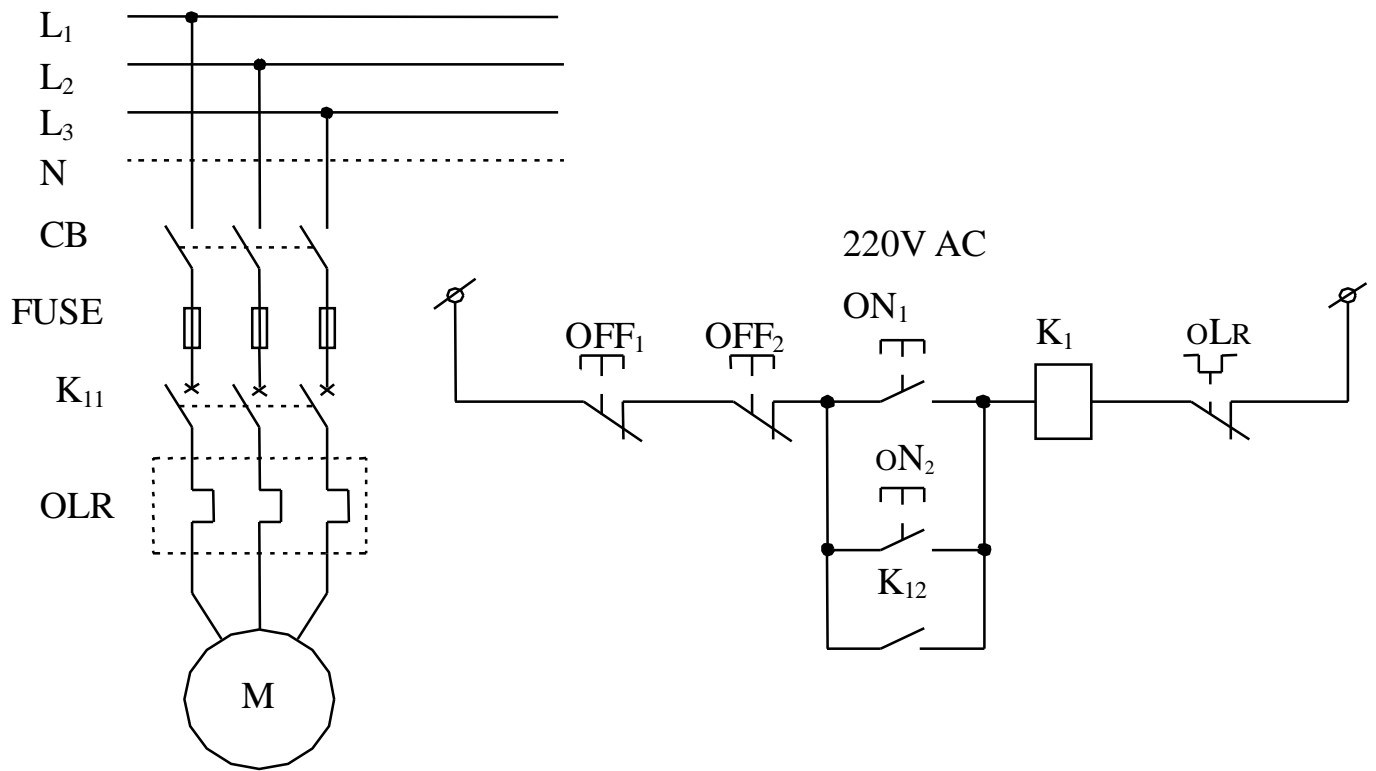
4.1. Mạch khởi động động cơ điện ba pha bằng khởi động từ đơn



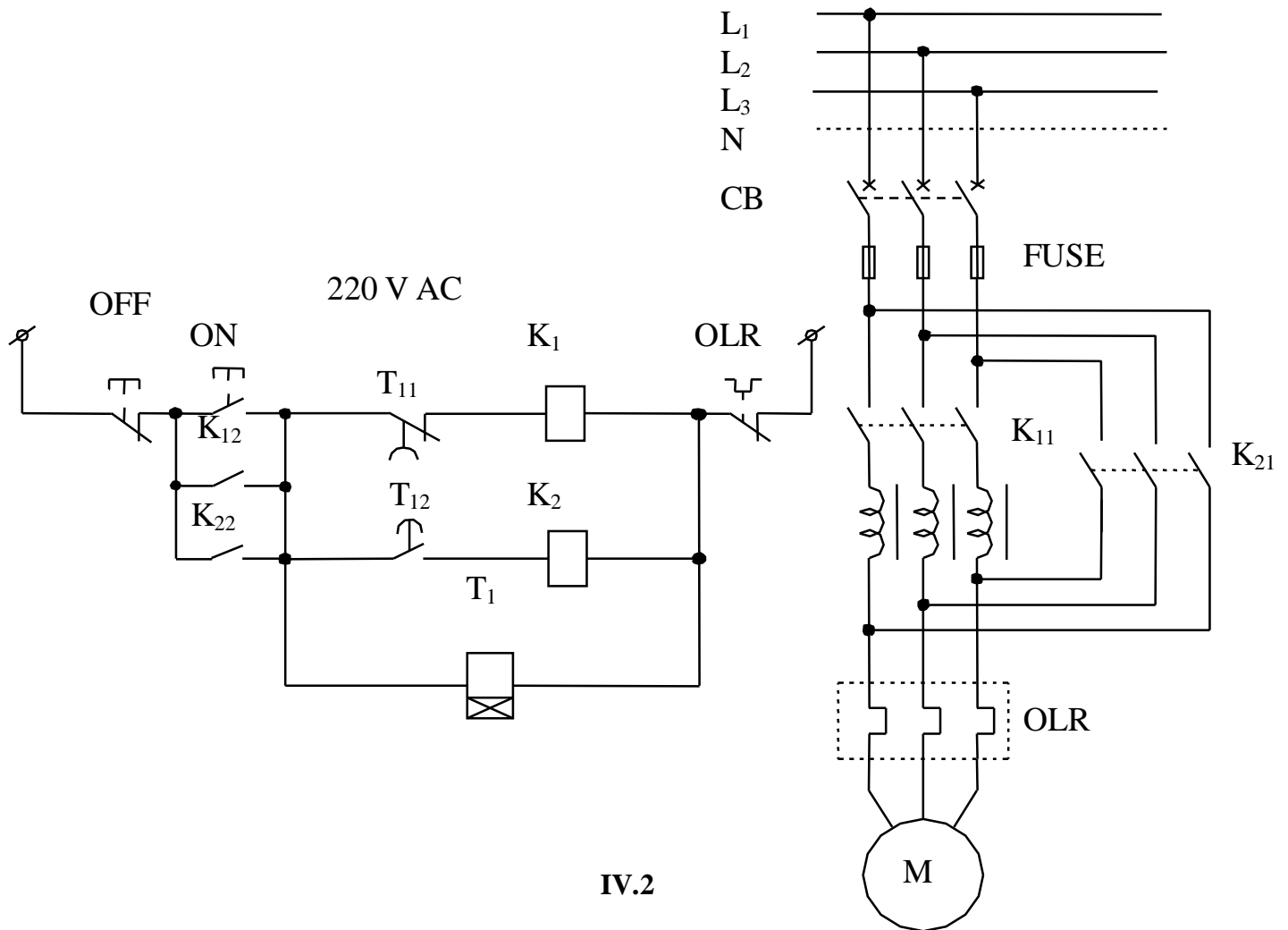
4.2. Mạch điện mở máy động cơ điện ba pha có thử nháp



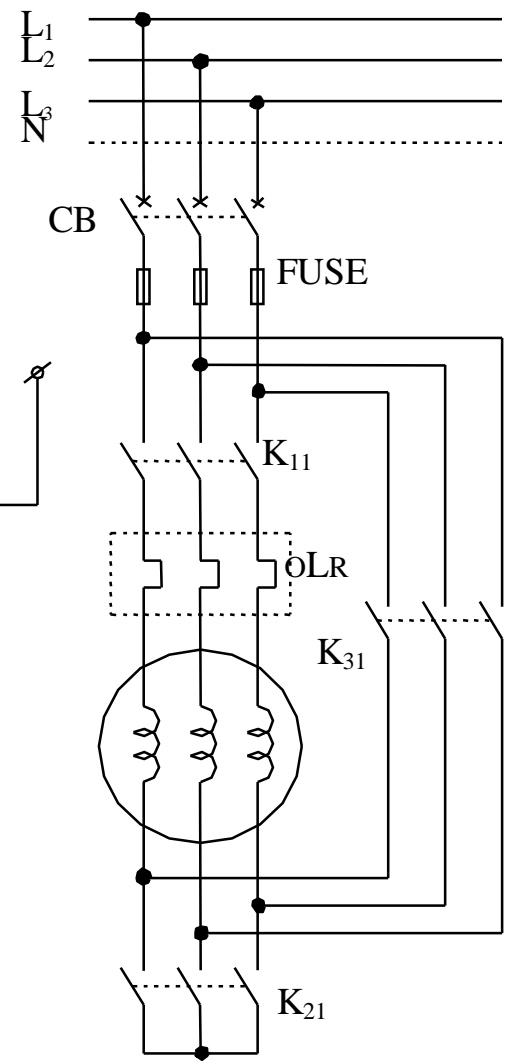
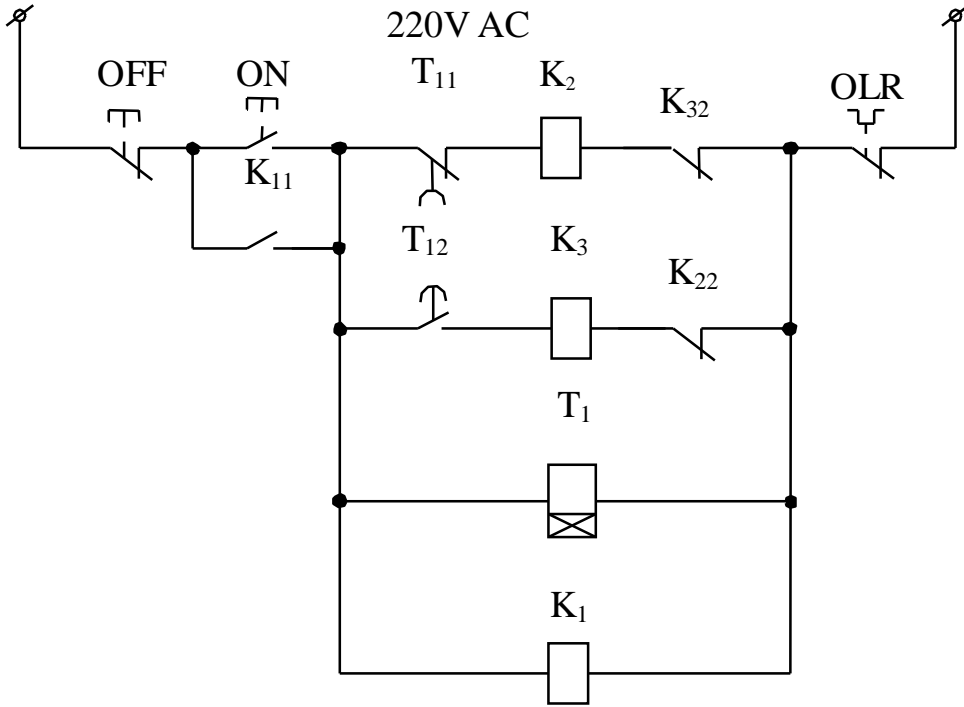
4.3. Mạch mở máy động cơ xoay chiều ba pha tại 2 vị trí



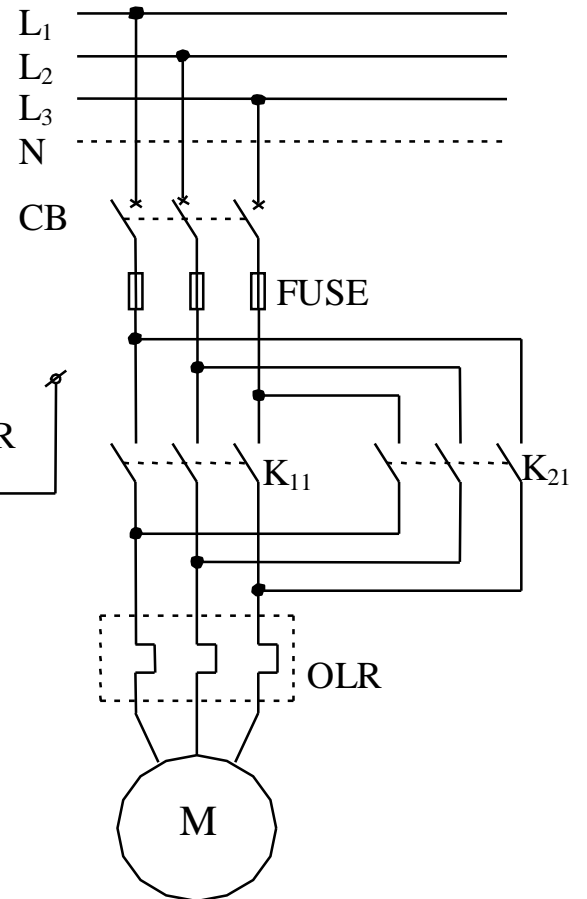
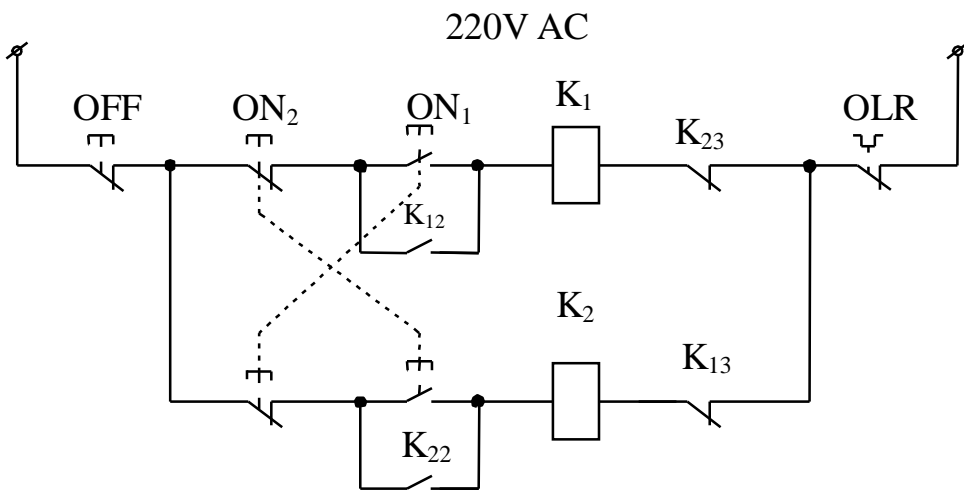
4.4. Mạch mở máy động cơ lồng sóc qua cuộn cảm kháng



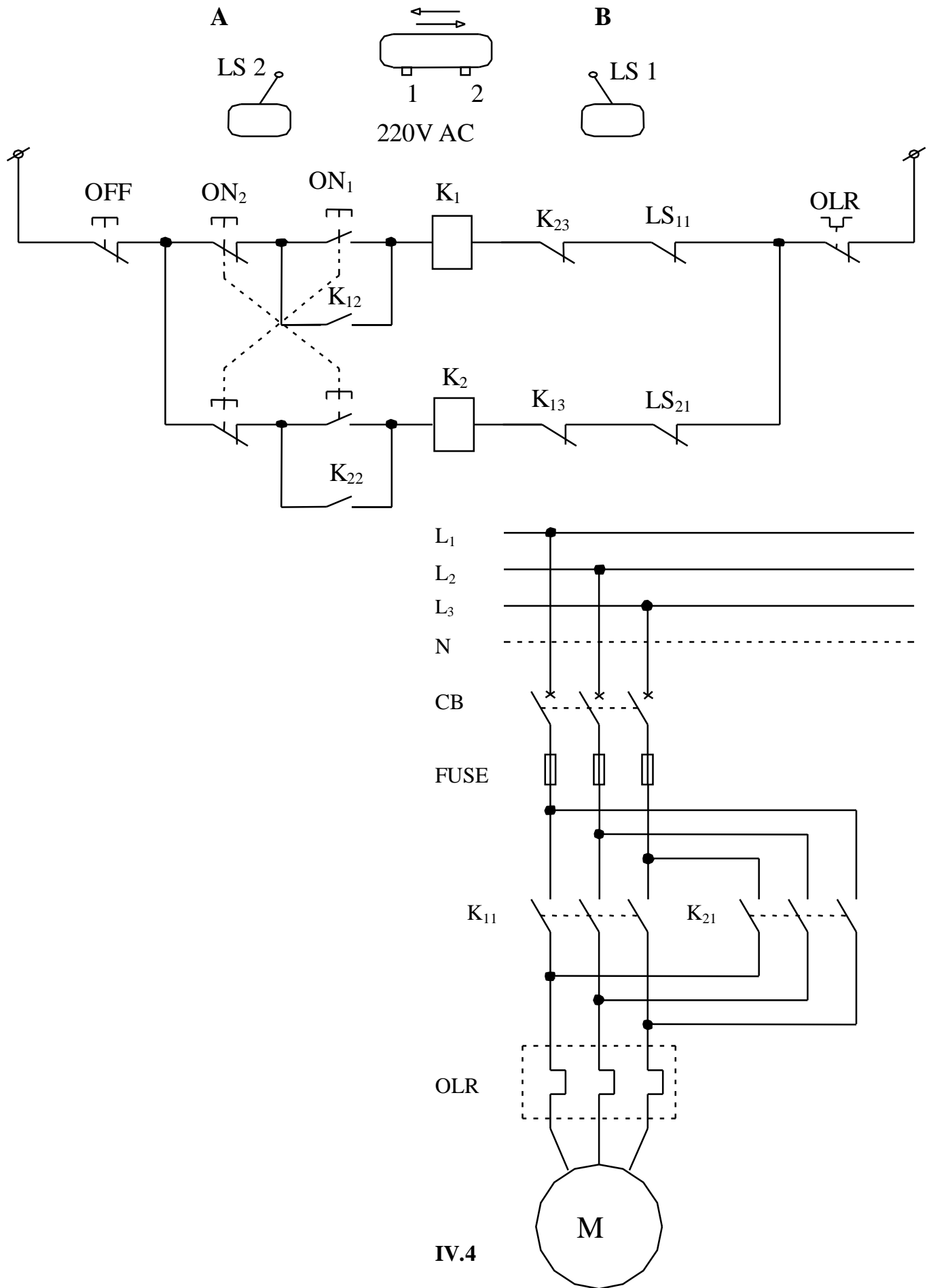
4.5. Mạch khởi động sao_tam giác



4.6. Mạch đảo chiều động cơ điện ba pha

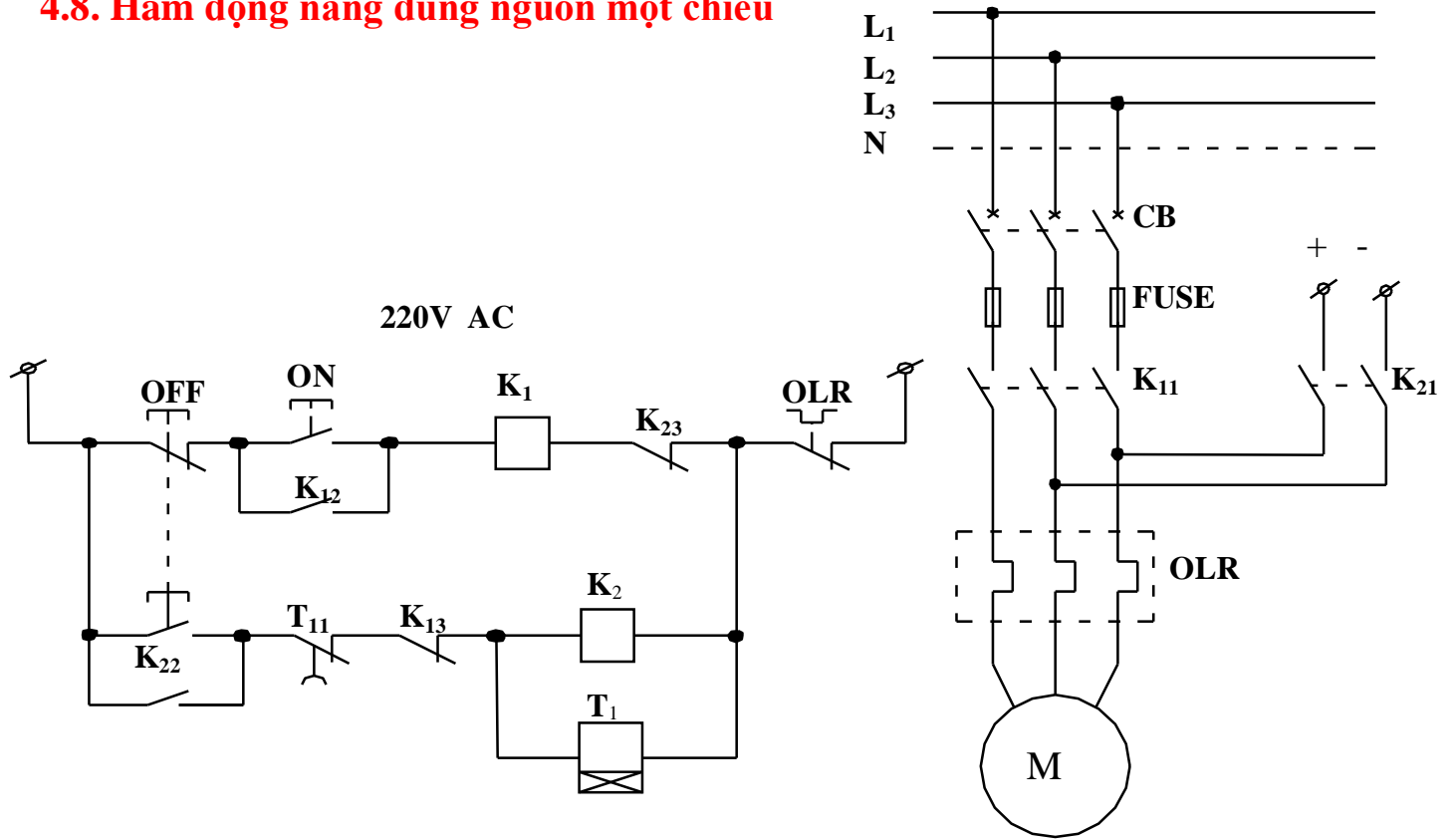


4.7. Mạch điện tự động giới hạn hành trình

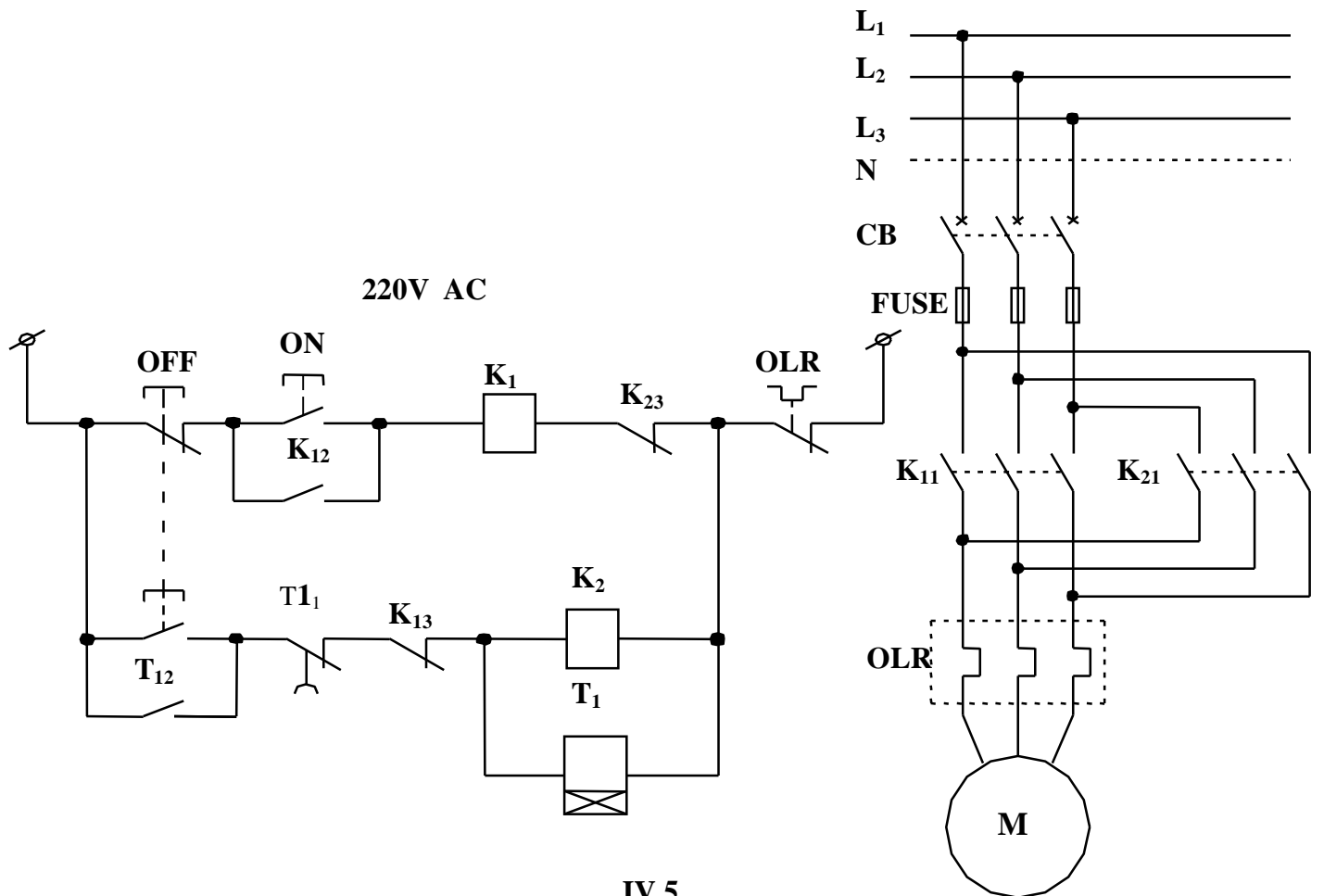


IV.4

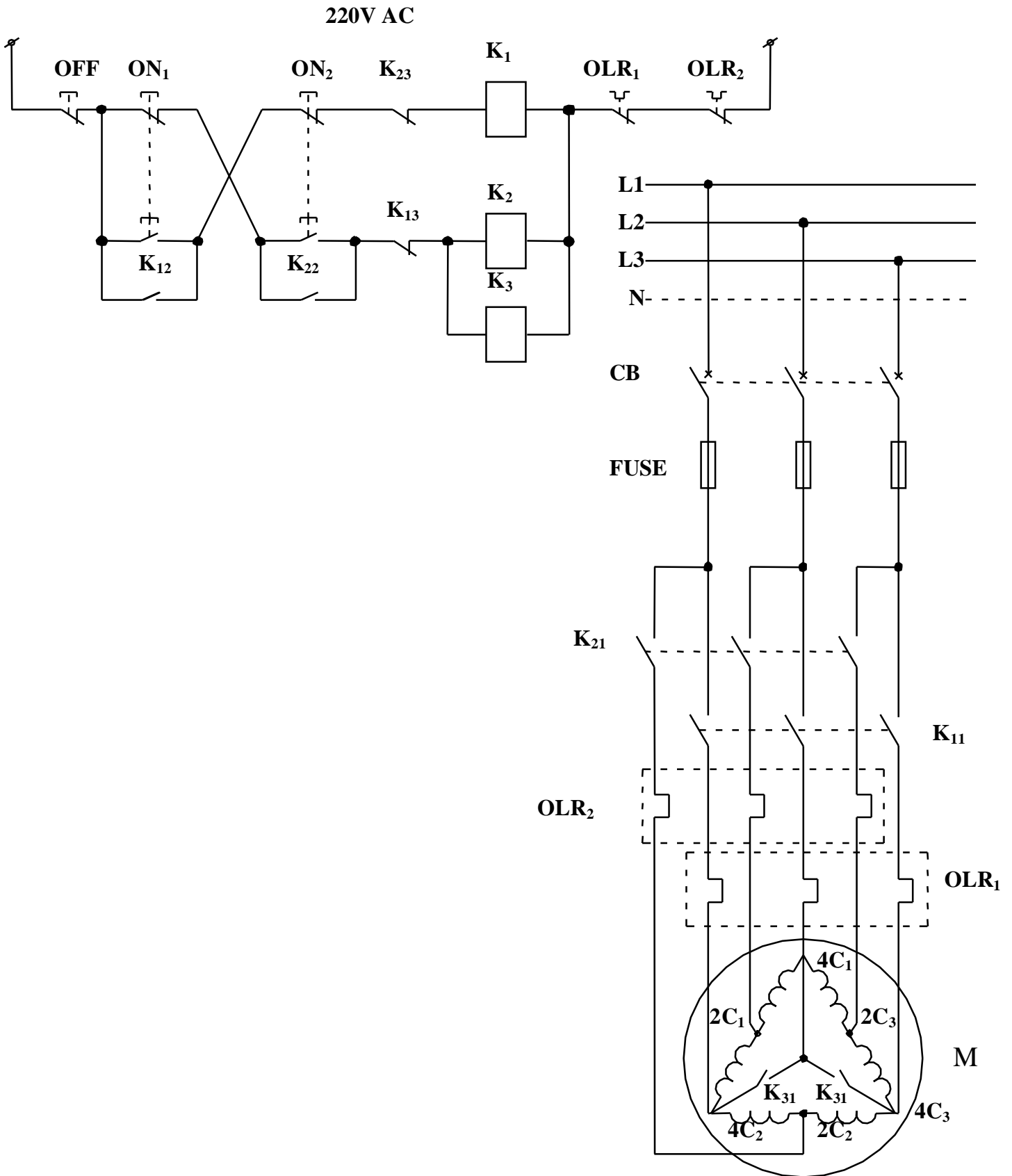
4.8. Hãm động năng dùng nguồn một chiều



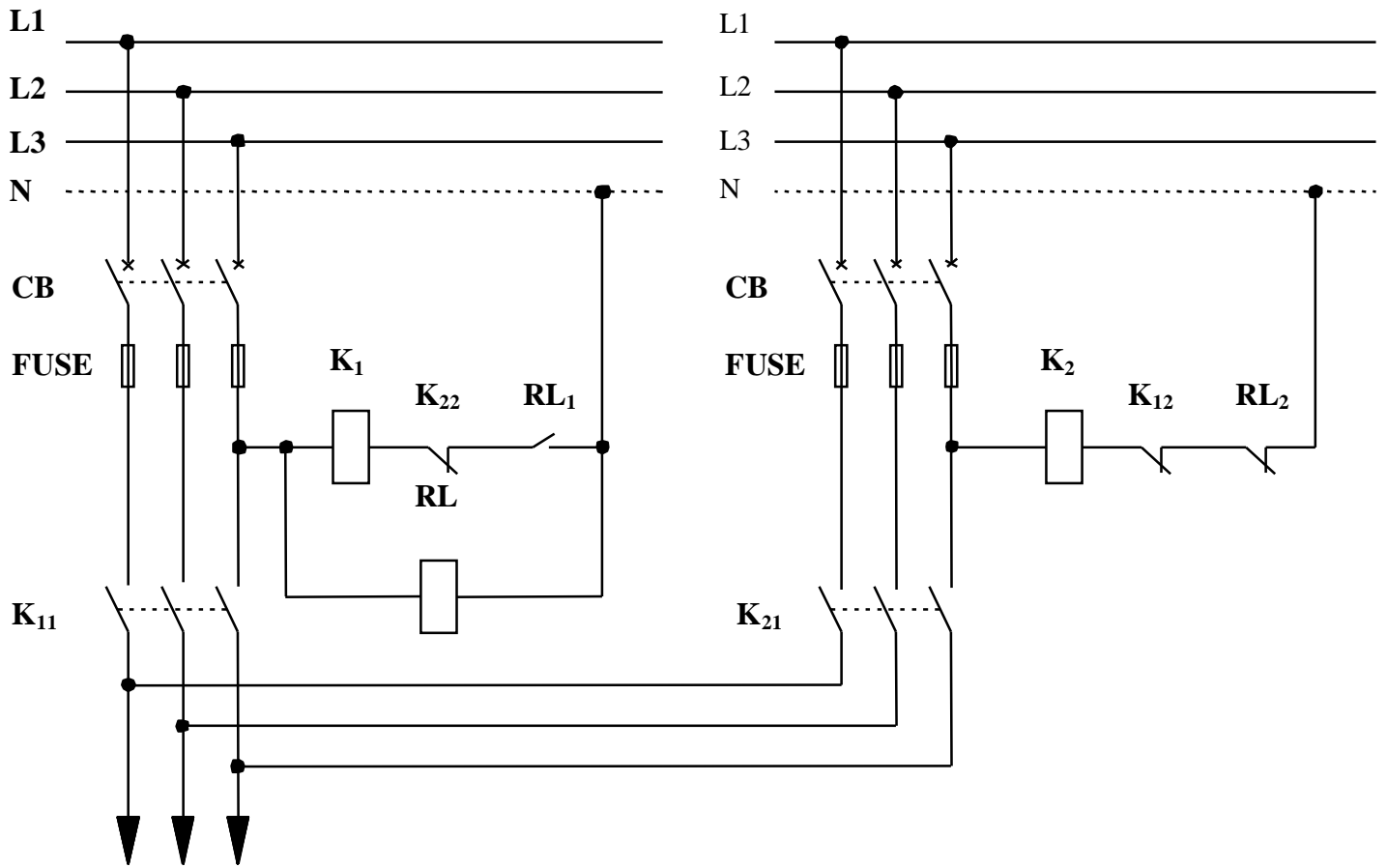
4.9. Mạch hãm ngược



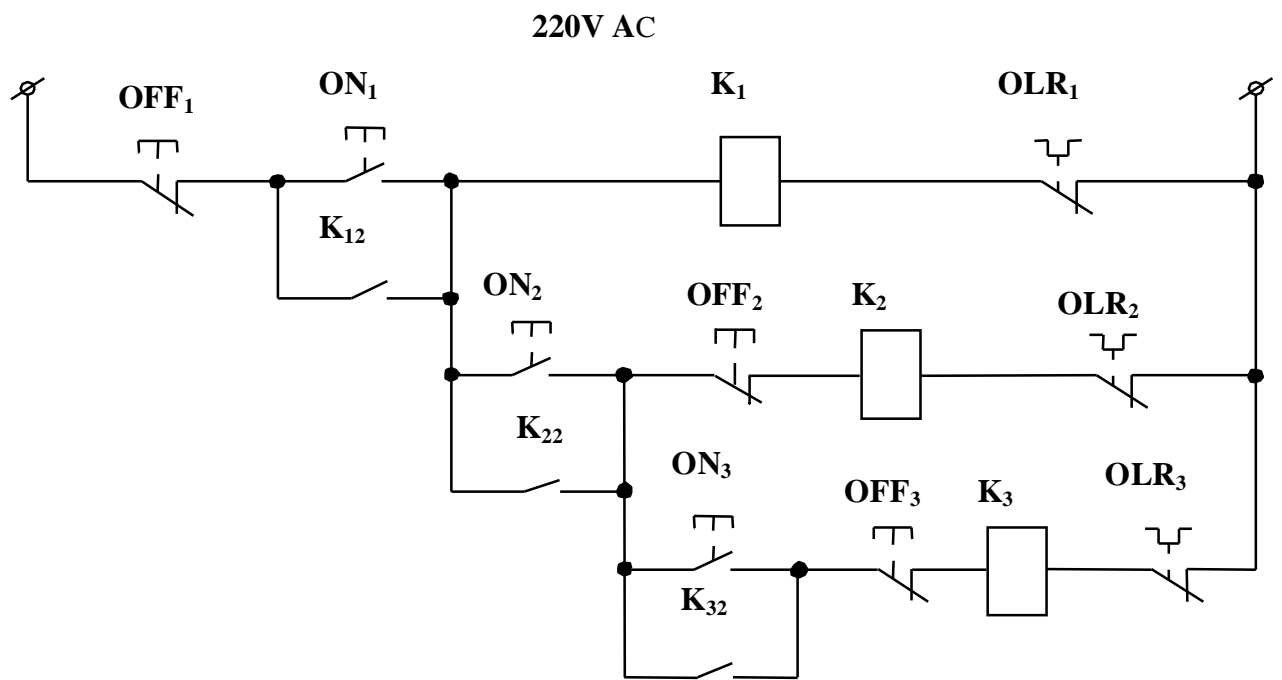
4.10. Mạch điều khiển động cơ rôto lồng sóc qua hai cấp tốc độ kiểu Δ/YY



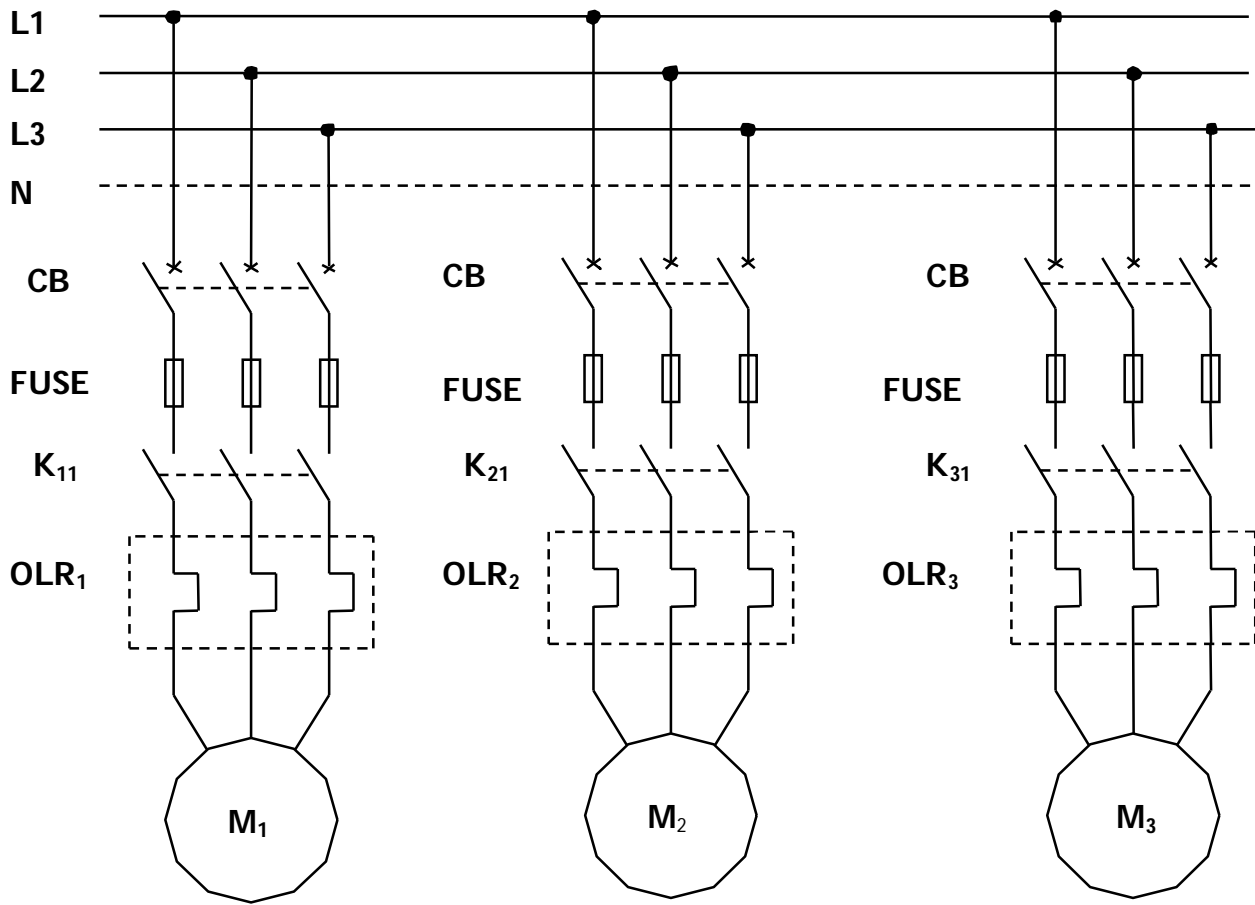
4.11. Mạch điện tự động chuyển nguồn điện cho động cơ khi nguồn chính bị sự cố mất điện



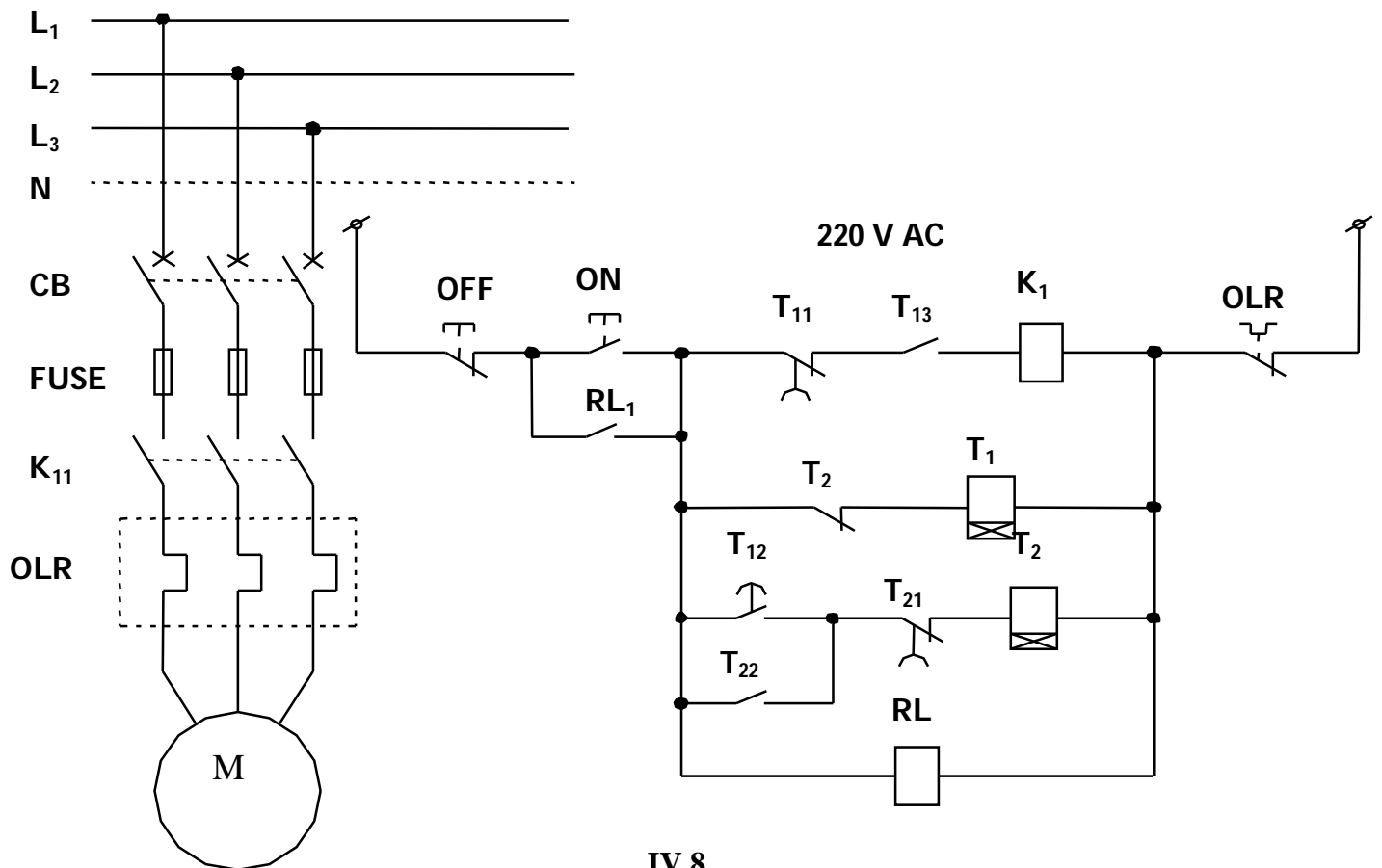
4.12. Mạch điện mở máy động cơ theo thứ tự



IV.7

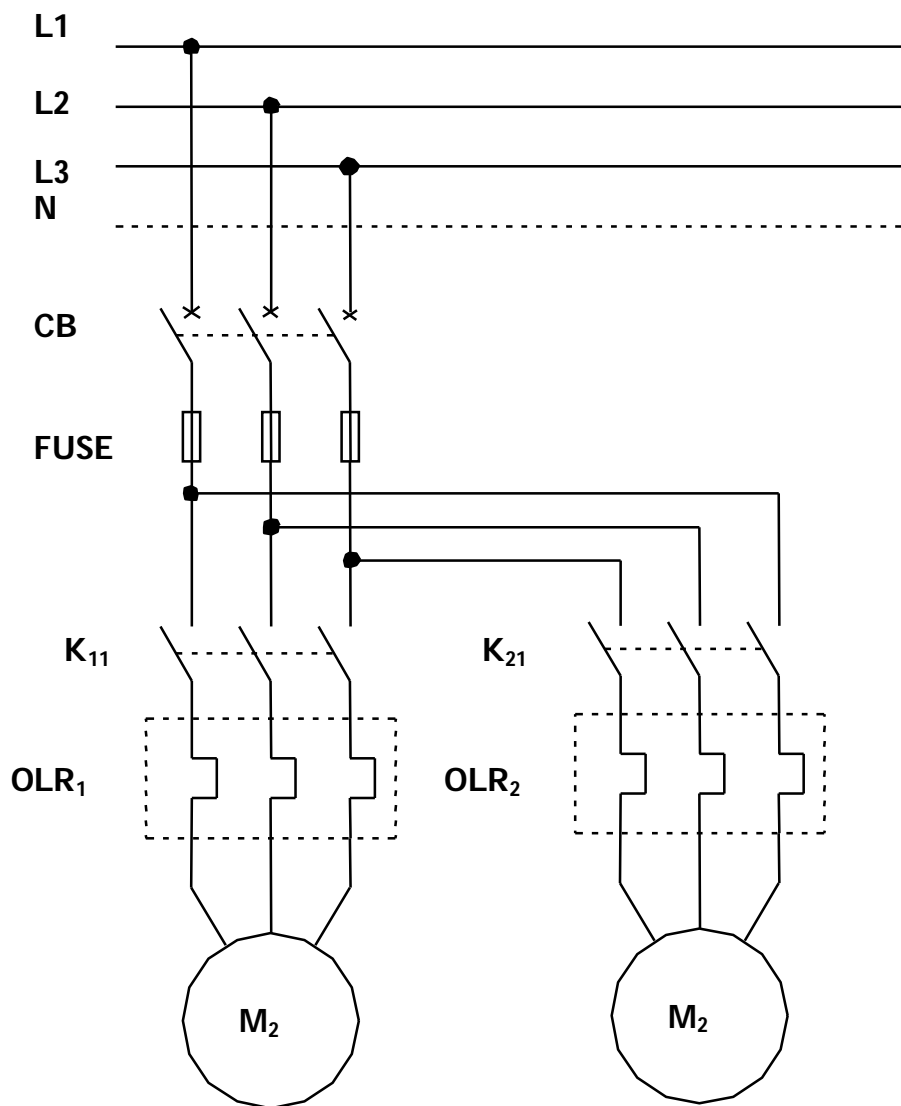
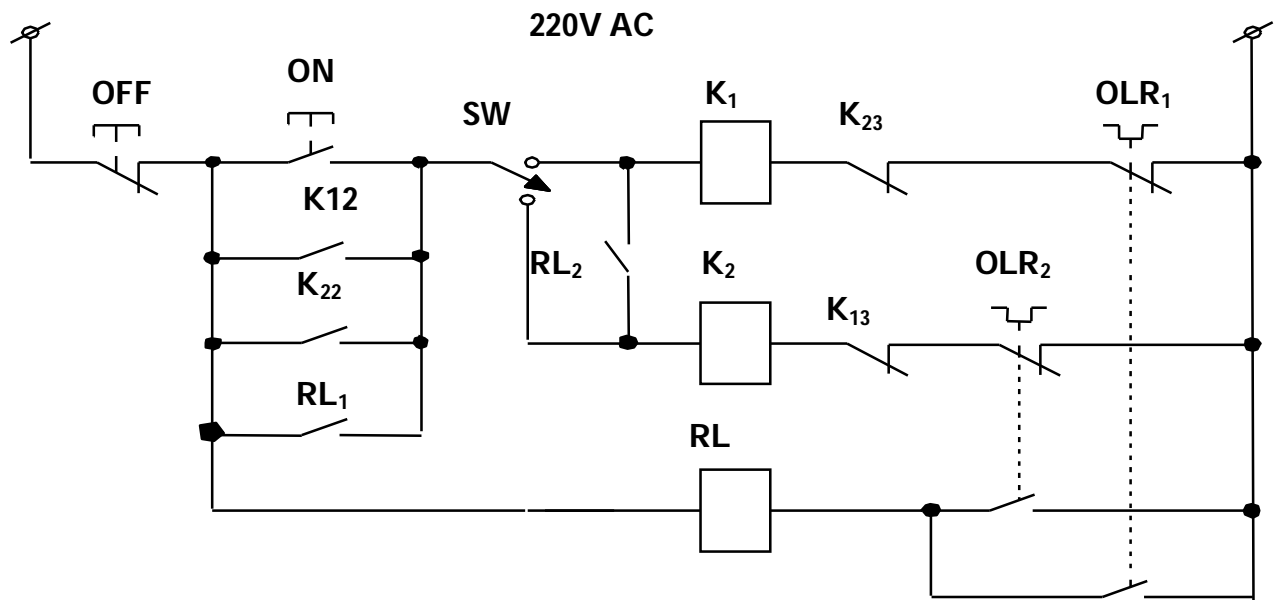


4.13. Mạch điều khiển một động cơ chạy tắt luân phiên



IV.8

4.14. Mạch tự động đóng điện cho động cơ dự phòng khi động cơ chạy chính bị sự cố



Chương 5: KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG

5.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

5.1.1. Quang thông: ϕ (Đơn vị Luymen, viết tắt Lm)

Quang thông là thông lượng bức xạ từ một nguồn sáng mà mắt người có thể cảm nhận được.

5.1.2. Cường độ sáng I (đơn vị Cadela, viết tắt Cd)

5.1.3. Độ rọi E (đơn vị Lux, viết tắt Lx)

Người ta định nghĩa độ rọi E là mật độ quang thông rơi trên bề mặt S mà nó chiếu sáng.

Bảng 5.1:

Môi trường	Độ rọi (Lux)	Môi trường	Độ rọi (Lux)
Ngoài trời, buổi trưa	100.000	Nhà ở	159 ÷ 300
Trời có mây	2.000	Phố được chiếu sáng	20 ÷ 50
Trăng tròn	0.25	Phòng làm việc	400 ÷ 600

5.1.4. Độ chói L (đơn vị Cd/m² hay nit)

Độ chói L là mật độ phân bố cường độ I trên bề mặt S theo một phương cho trước.

5.1.5. Hệ số phản xạ ρ

Hệ số phản xạ ρ của một vật thể là tỷ lệ giữa quang thông thấy được phản xạ của một vật thể này ϕ_r với quang thông tới ϕ_t

5.2. KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG

5.2.1. Chọn độ rọi

Bảng 5.3:

Đối tượng	Châu Âu	USA	Pháp	Nga	Việt nam
<u>Hành chính</u>					
- Hành chính, đánh máy, máy tính	500	500 - 1000	500	300	200 - 300
- Phòng vẽ, thiết kế	750	500 - 1000	1000	500	400
- Phòng họp, hội nghị	500	500 - 1000	750 - 1000	200	150
<u>Trường học</u>					
- Phòng học, giảng đường	300	200 - 500	300	300	200
- Phòng thí nghiệm, thư viện, phòng đọc	500	500 - 1000	500	500	200
<u>Cửa hàng</u>					
- Cửa hàng tự phục vụ	300	200 - 500	300	300	150
- Siêu thị	500	500 - 1000	500	400	200
- Phòng trưng bày	750	500 - 1000	500	300	200
- Kho	500	500 - 1000	150	75	75
<u>Nhà ở</u>					
- P Khách	100	50 - 200	200	100	75
- P đọc, may vá,	500	500 - 1000	300 - 700	200-300	200
- P ngủ	150	100 - 200	200	100	30
- Nhà tắm	100	100 - 200	150	50	30
- Trang điểm	500	200 - 500	400	200	200
- Nhà bếp chung	300	200 - 500	300	100	75
- Vùng nấu bếp	500	500 - 1000	300	100	200

5.2.2. Chọn loại đèn

Có nhiều loại đèn, tùy theo tính chất và mục đích công việc chúng ta chọn loại đèn khác nhau.

5.2.3. Chọn kiểu chiếu sáng

Tùy theo mục đích và tính năng sử dụng mà có nhiều kiểu chiếu sáng khác nhau:

- ❖ Chiếu sáng trực tiếp: Các loại đèn thường dùng là loại A đến E.
- ❖ Chiếu sáng bán trực tiếp: Các loại đèn dùng cho nó là từ F đến J.
- ❖ Chiếu sáng hỗn hợp: Các loại đèn dùng cho nó là từ K đến N.
- ❖ Chiếu sáng bán trực tiếp: Các loại đèn dùng cho nó là từ O đến S.
- ❖ Chiếu sáng gián tiếp: Các loại đèn này dùng loại đèn T

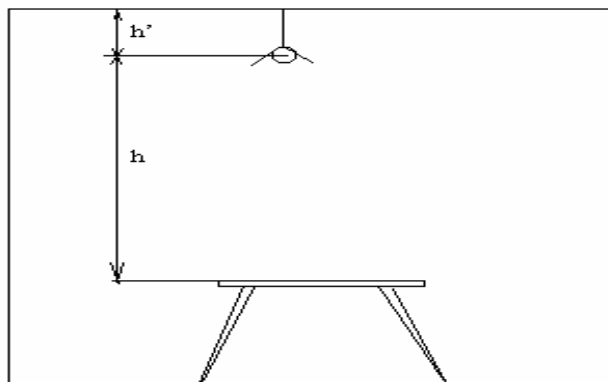
5.2.4. Chọn bộ đèn

Các loại đèn thường có trong các catalog của các nhà chế tạo.

5.2.5. Chọn chiều cao treo đèn

Nếu gọi h là chiều cao đèn đối với bề mặt làm việc và h' là chiều cao từ đèn lên trần, ta có tỷ số treo J là:

$$J = \frac{h}{h + h'} \quad \text{Với } h \geq 2h'; \text{ ta có } 1/3 \geq J \geq 0 \text{ là hợp lý nhất.}$$



5.3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG

5.3.1. Phương pháp hệ số sử dụng

$$\phi_{tt.\dot{d}} = \frac{E_{\min} \cdot K \cdot S_p \Delta E}{n_{\dot{d}} K_{\phi}}$$

Trong đó:

E_{\min} : độ rọi tối thiểu của khu vực làm việc.

K: Hệ số dự trữ, chọn theo phụ lục.

S_p : Diện tích phòng được chiếu sáng m^2

$n_{\dot{d}}$: Số lượng đèn.

K_{ϕ} : Hệ số sử dụng quang thông (%) tra theo bảng tính sẵn.

ΔE : Tỷ số giữa độ rọi trung bình và độ rọi tối thiểu E_{tb}/E_{\min} .

* Xác định các hệ số tính toán

+ Hệ số sử dụng quang thông K_{ϕ}

+ Tỷ số ΔE

+ Hệ số dự trữ K

Bảng: Các thông số của một số loại đèn huỳnh quang

Công suất (W)	Chiều dài (mm)	Đường kính (mm)	Màu sắc	Quang thông (lm)
6	212	16	Màu trắng Z	200
8	288	16	Màu trắng Z	330
20	590	38	Màu trắng Z	930
20	590	38	Màu trắng 3500	1100

20	590	38	Trắng công nghiệp	1150
20	590	38	Sáng lục	1000
40	1200	38	Trắng Z	2450
40	1200	38	Trắng 3500	2900
40	1200	38	Trắng công nghiệp	3200
40	1200	38	Sáng lục	2450
80	1500	38	Màu trắng Z	4550
65	1500	38	Màu trắng Z	3750
80	1500	38	Trắng công nghiệp	5900
65	1500	38	Trắng công nghiệp	5100

Bảng: Hệ số dự trữ K đối với một số đèn trong môi trường.

Tính chất các phòng	Hệ số dự trữ K		
	Đèn hùynh quang	Đèn nung sáng	Số lần lau bóng đèn
Các phòng có nhiều bụi	2,0	1,7	4lần/tháng
Các phòng có bụi, khói trung bình	1,8	1,5	3 lần/tháng
Phòng ít bụi, mờ hóng	1,5	1,3	2 lần/ tháng

5.3.2. Phương pháp tính toán chiếu sáng theo đơn vị công suất

- Đơn vị công suất p được tính bằng Watt/m² và có mối quan hệ:

$$p_{tc} = \frac{\sum P_d}{S_p}$$

Bảng 5.9: Đơn vị công suất tiêu chuẩn

H _{tt} (m)	E (lux) S _p (m ²)	5	10	20	30	50	75	100	150	200
		2 ÷ 3	10 ÷ 15	3.1	5.8	10	14	21	28	34
15 ÷ 25	2.5		4.7	8.5	11.3	17	24	29	43	58
25 ÷ 50	2.2		4	7	9.4	14	20	24	36	48
50 ÷ 150	1.9		3.6	6.3	8.5	12.2	17	19	29	38
150 ÷ 300	1.7		3.2	5.7	7.5	11.3	16	19	28	37
> 300	1.6		3	5.4	7	10.7	15	18	26	35
3 ÷ 4	10 ÷ 15	4.1	7	12	16	24	34	44	66	88
	20 ÷ 30	3.5	6	10.3	13.5	21	29	38	56	75
	30 ÷ 40	2.9	5.2	8.7	12.2	18	25	32	48	64
	40 ÷ 50	2.4	4.2	7	9.9	14.6	21	26	38	51
	50 ÷ 120	2	3.6	5.9	8	12.2	17.4	21	31	42
	120 ÷ 300	1.7	3.2	5.2	7	11.3	15	19	28	37
	> 300	1.6	2.7	4.7	6.6	10.3	14	17	25	34
4 ÷ 6	10 ÷ 17	4.9	8.3	14	20	31	45	58	86	115
	17 ÷ 25	3.9	6.6	11.3	15.3	25	35	46	68	91
	25 ÷ 35	3.2	5.5	9.4	13	21	30	38	56	75
	35 ÷ 50	2.8	4.7	8	11.3	18	25	31	47	62
	50 ÷ 80	2.3	3.9	6.6	9.4	14	21	26	38	51
	80 ÷ 150	1.9	3.1	5.5	8	11.7	16.4	23	34	45
	150 ÷ 400	1.6	2.6	4.7	6.6	10.3	14.6	20	30	40
	> 400	1.4	2.3	4.2	5.9	9.4	13	18	26	15

Bảng: Đơn vị công suất p_{tc} dùng cho đèn neon huỳnh quang 36 ÷ 40W với trần và tường có màu bất kỳ.

H_{tt} (m)	Đèn neon 36 ÷ 40W với màu trần và tường bất kỳ							
	E (Lux) $S_p(m^2)$	75	100	150	200	300	400	500
2 ÷ 3	10 ÷ 15	8.3	11	16.6	22	33	44	55
	15 ÷ 25	7.1	9.5	14.2	19	28	38	47
	25 ÷ 50	6.2	8.3	12.4	16.6	25	33	41
	50 ÷ 150	5.4	7.2	10.8	11.4	21	29	36
	150 ÷ 300	4.9	6.2	9.8	13	19.6	26	32
	> 300	4.6	6.1	9.2	12.2	18.4	24	31
3 ÷ 4	10 ÷ 15	12.2	16.2	24.4	32	49	65	81
	15 ÷ 20	9.6	12.8	19.2	26	38	51	64
	20 ÷ 30	8.1	10.8	16.2	22	32	43	53
	30 ÷ 50	7	9.4	14	18.4	28	37	46
	50 ÷ 120	6.1	8.1	12.2	16.2	24	32	40
	120 ÷ 300	5.4	7.2	10.8	14.4	21	29	35
	> 300	4.9	6.5	9.8	13	19	26	32
4 ÷ 6	10 ÷ 17	17	23	34.4	46	68	92	114
	17 ÷ 25	13.5	18	27	36	54	72	90
	25 ÷ 35	10.8	14.5	21.6	29	43	58	72
	35 ÷ 50	8.8	11.8	17.6	24	35	47	58
	50 ÷ 80	7.5	10	15	20	30	40	50
	80 ÷ 150	6.4	8.7	12.8	17	25	34	42
	150 ÷ 400	5.7	7.6	11.4	15.2	23	30	38
	> 400	5	6.6	10	13.2	20	26	33

- Tính tổng công suất đèn cần dùng trong phòng:

$$\sum P_d = p_{tc} \cdot S_p$$

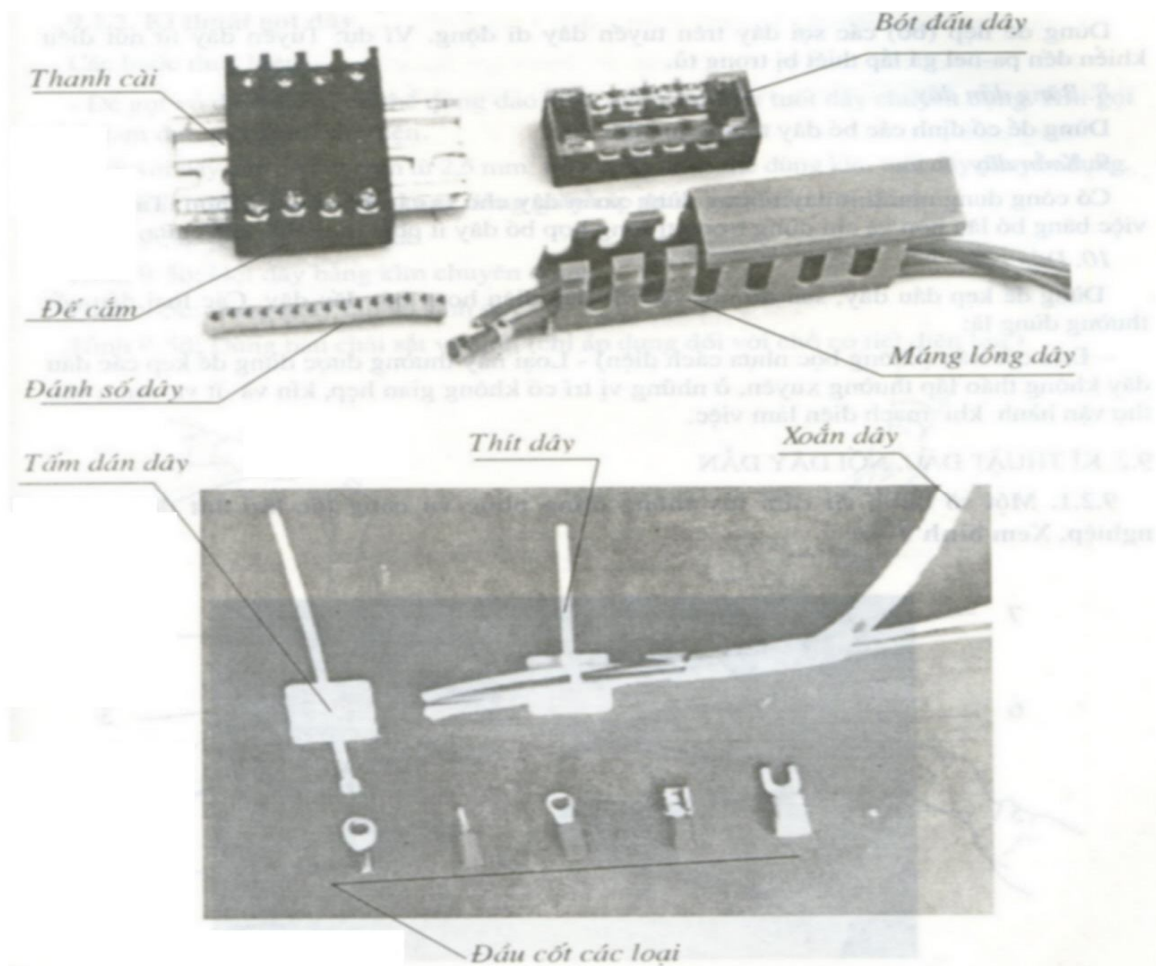
- Xác định được số lượng đèn cần thiết:

$$n_d = \frac{\sum P_d}{P_{tc d}}$$

Chương 6: KỸ THUẬT LẮP ĐẶT ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

6.1. MỘT SỐ PHỤ KIỆN LẮP ĐẶT ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

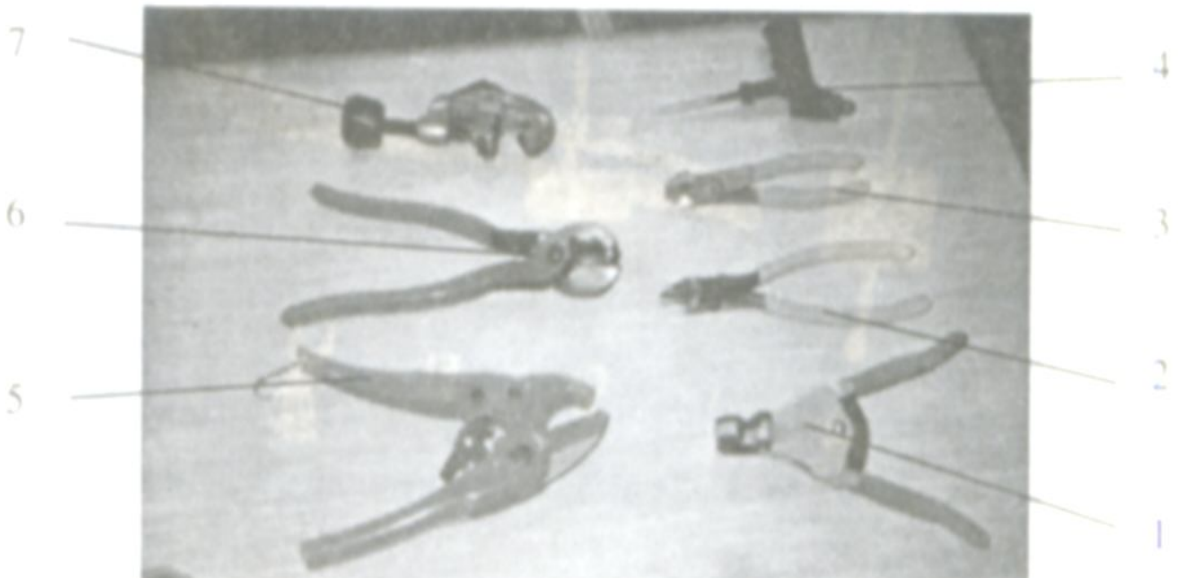
- Đế cắm rờ le
- Bót đầu dây
- Ống lồng dây PVC
- Thít dây
- Xoắn dây
- Thanh cài
- Máng lồng dây
- Đánh số đầu dây
- Băng dán dây
- Đầu cốt



6.2. KỸ THUẬT ĐẤU, NỐI DÂY DẪN

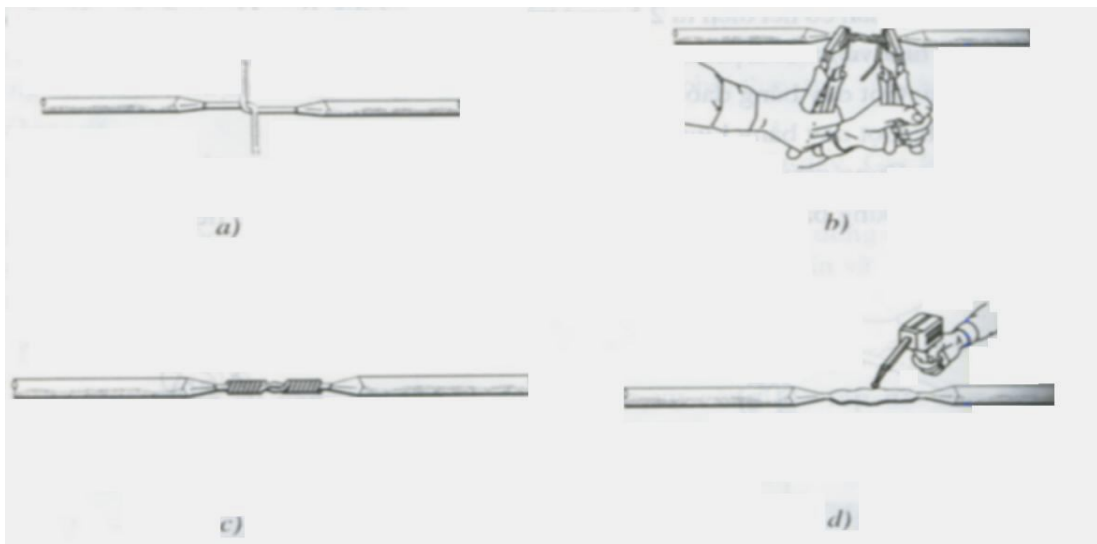
6.2.1. Một số dụng cụ cầm tay thông dụng phục vụ công tác lắp đặt điện công nghiệp.

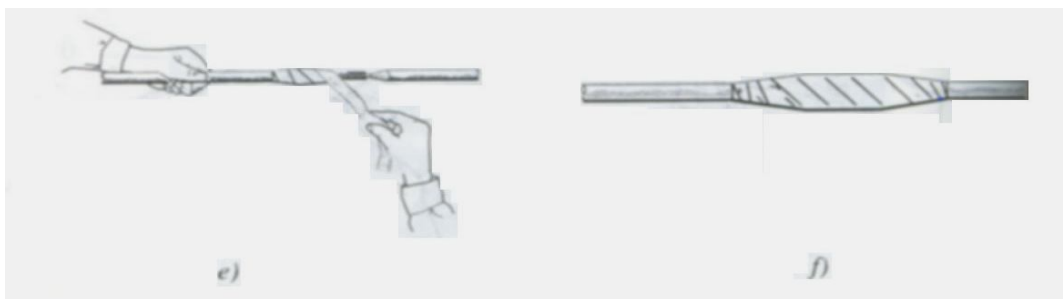
1. Kìm tuốt dây chuyên dụng
2. Kìm cắt dây
3. Kìm bấm
4. Chấm dấu
5. Dao cắt ống nhựa chuyên dụng
6. Kìm cắt ống
7. Dụng cụ cắt ống kim loại



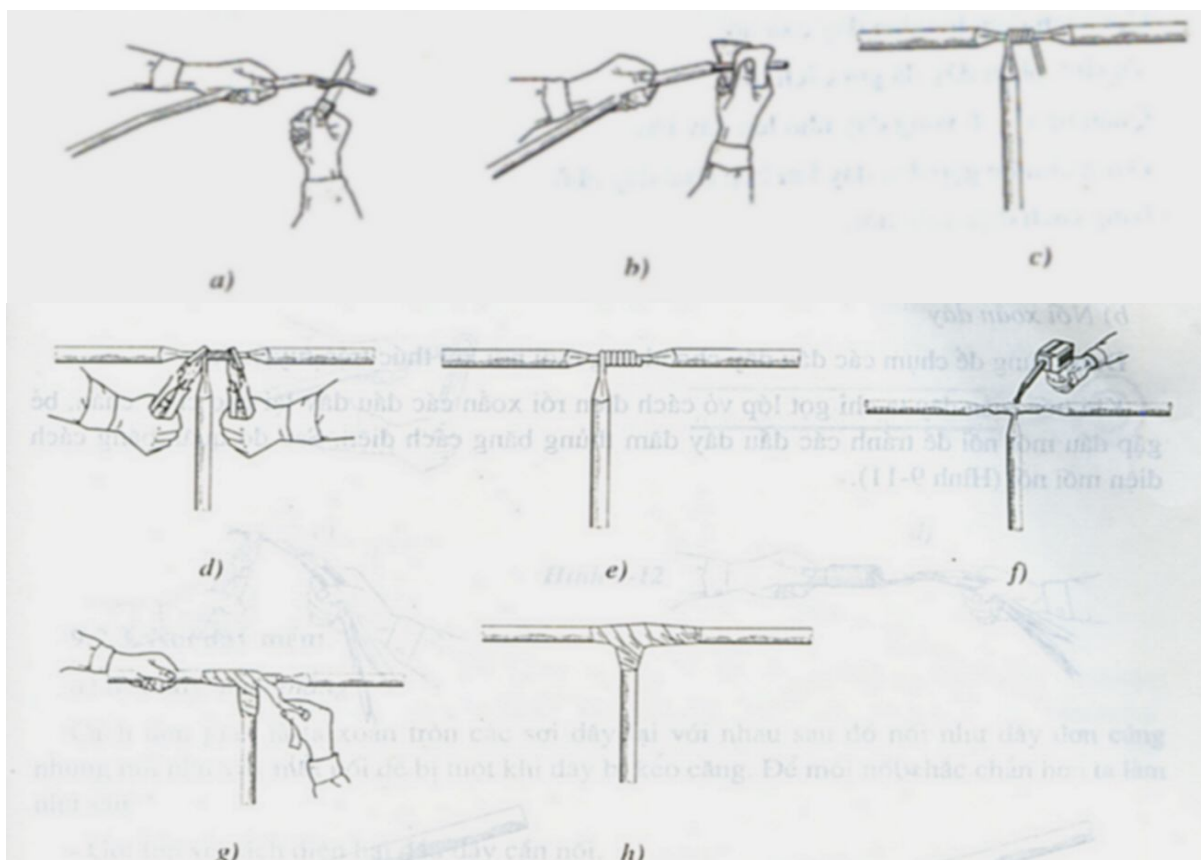
6.2.2. Kỹ thuật đấu dây đơn cứng

a) Nối thẳng ($d < 3 \text{ mm}$)



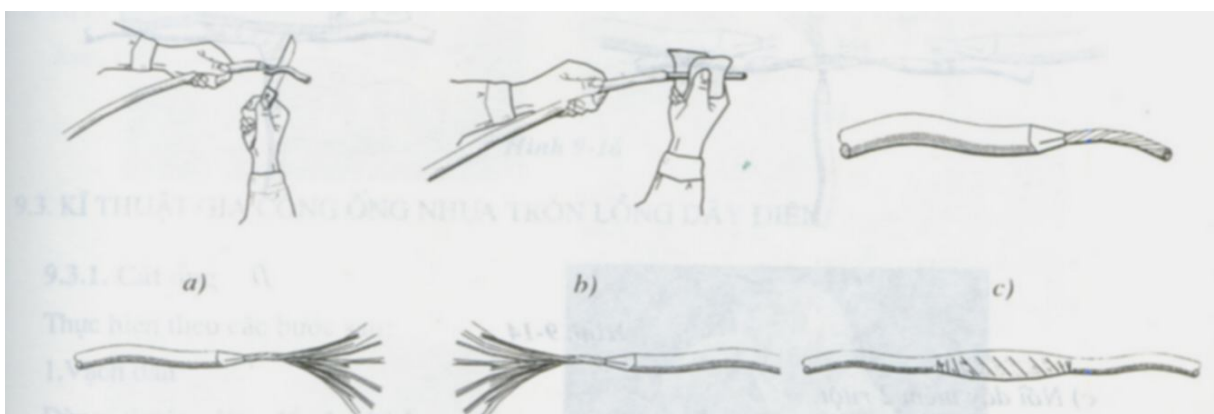


b) Nối rẽ nhánh

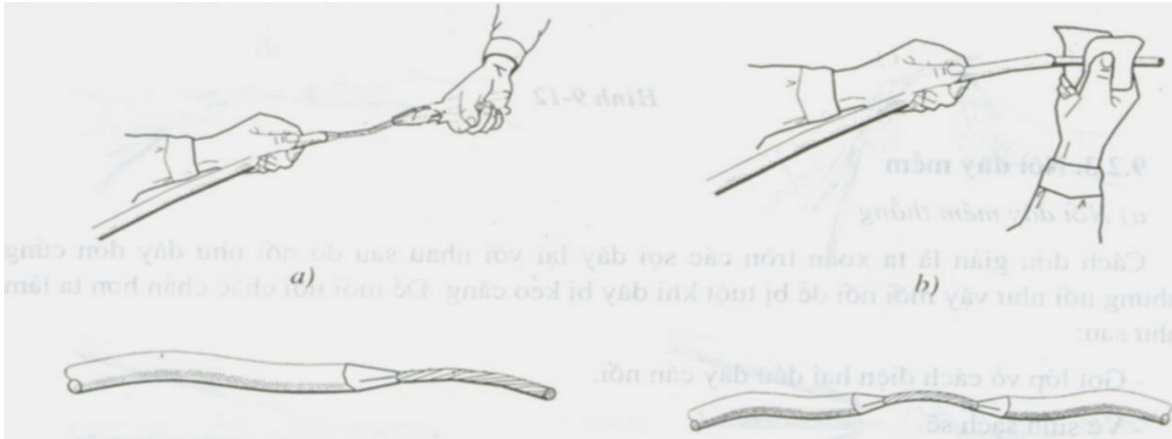


6.3.2. Kỹ thuật đấu dây mềm

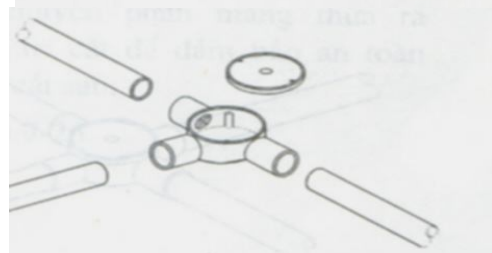
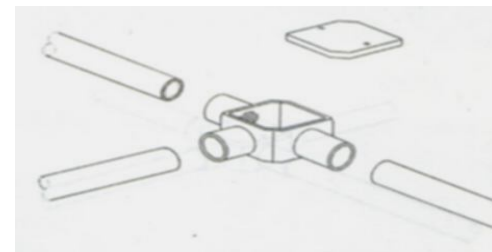
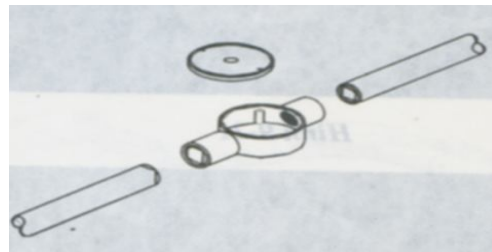
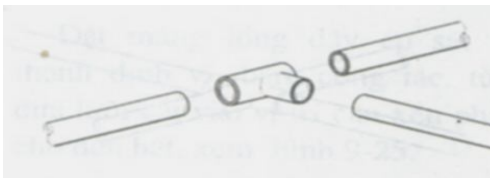
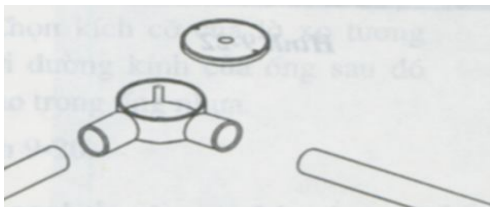
a) Nối dây mềm thẳng

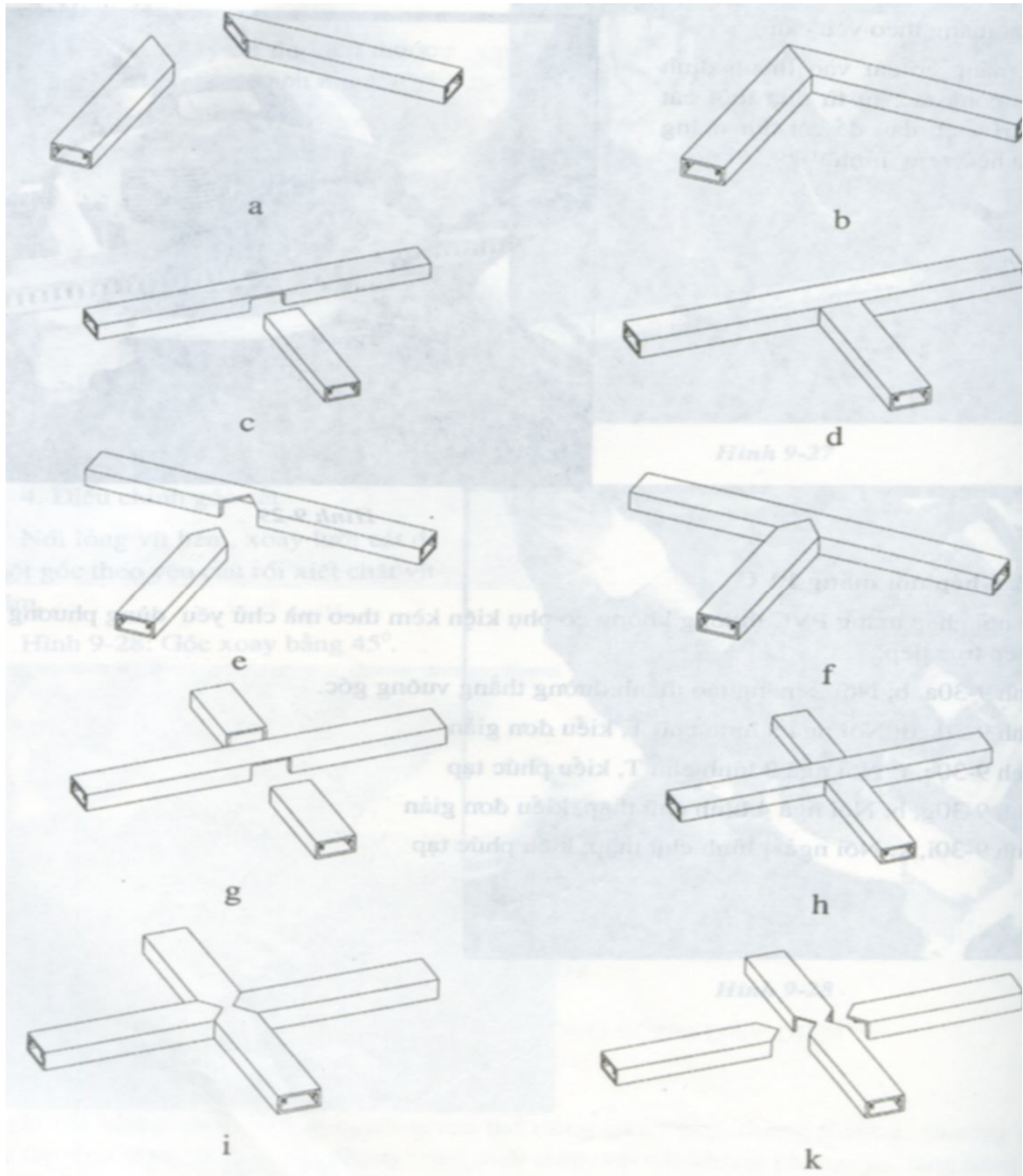


b) Nối dây mềm rẽ nhánh



6.3. GHÉP NỐI ỐNG TRÒN, VUÔNG PVC





6.4. KỸ THUẬT LẮP ĐẶT TỦ PHÂN PHỐI ĐIỆN HẠ ÁP

* Trong một tủ phân phối điện hạ áp thường được trang bị các thiết bị sau:

1. Vỏ tủ

2. Máy biến dòng

3. Áp tô mát chính

5. Đồng hồ đo dòng điện xoay chiều

7. Áp tô mát nhánh

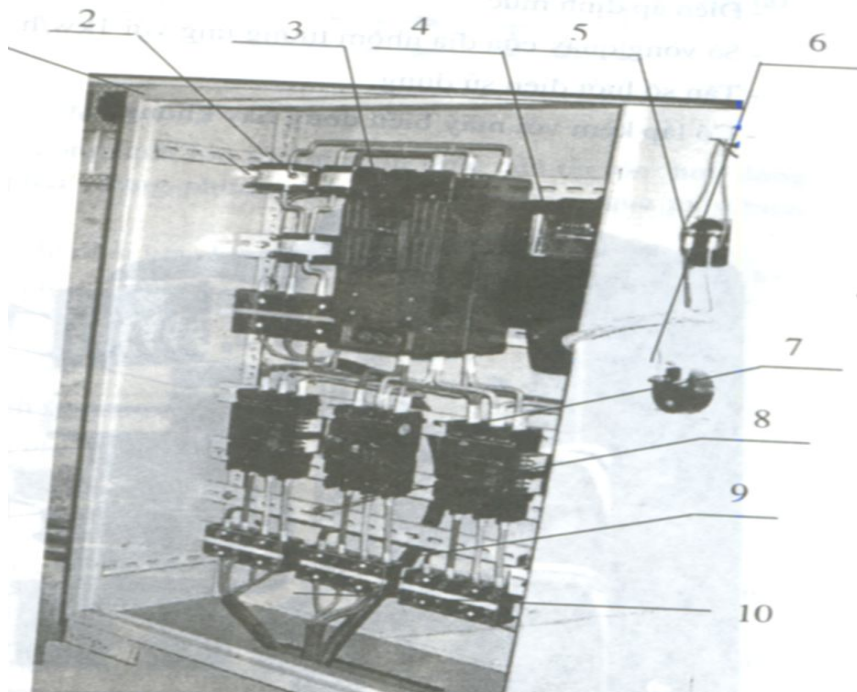
9. Bốt đầu dây

4. Công tơ đo đếm điện năng

6. Đồng hồ đo điện áp xoay chiều

8. Thanh cài

10. Cáp điện



* Các bước tiến hành chủ yếu khi lắp đặt tủ phân phối điện hạ áp.

Bước 1: Chuẩn bị thiết bị, vật liệu theo yêu cầu trên sơ đồ nguyên lý và sơ đồ bố trí thiết bị

Bước 2: Gá lắp thiết bị trên thanh cài theo sơ đồ bố trí thiết bị

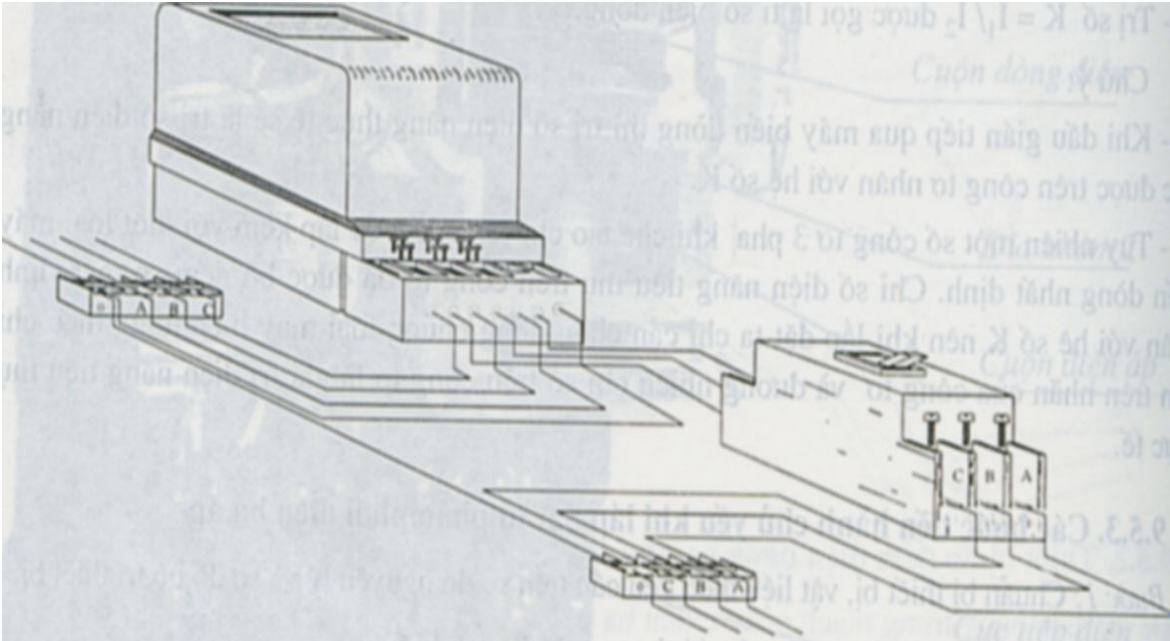
Bước 3: Lắp đặt tủ chính và thiết bị đo đếm điện năng. Nếu sử dụng công tơ 3 pha đo trực tiếp thì ta đấu theo sơ đồ hình 6.13. nếu sử dụng công tơ 3 pha đo gián tiếp thì ta đấu dây theo sơ đồ 6.14.

Bước 4: Đấu đồng hồ đo dòng điện, điện áp

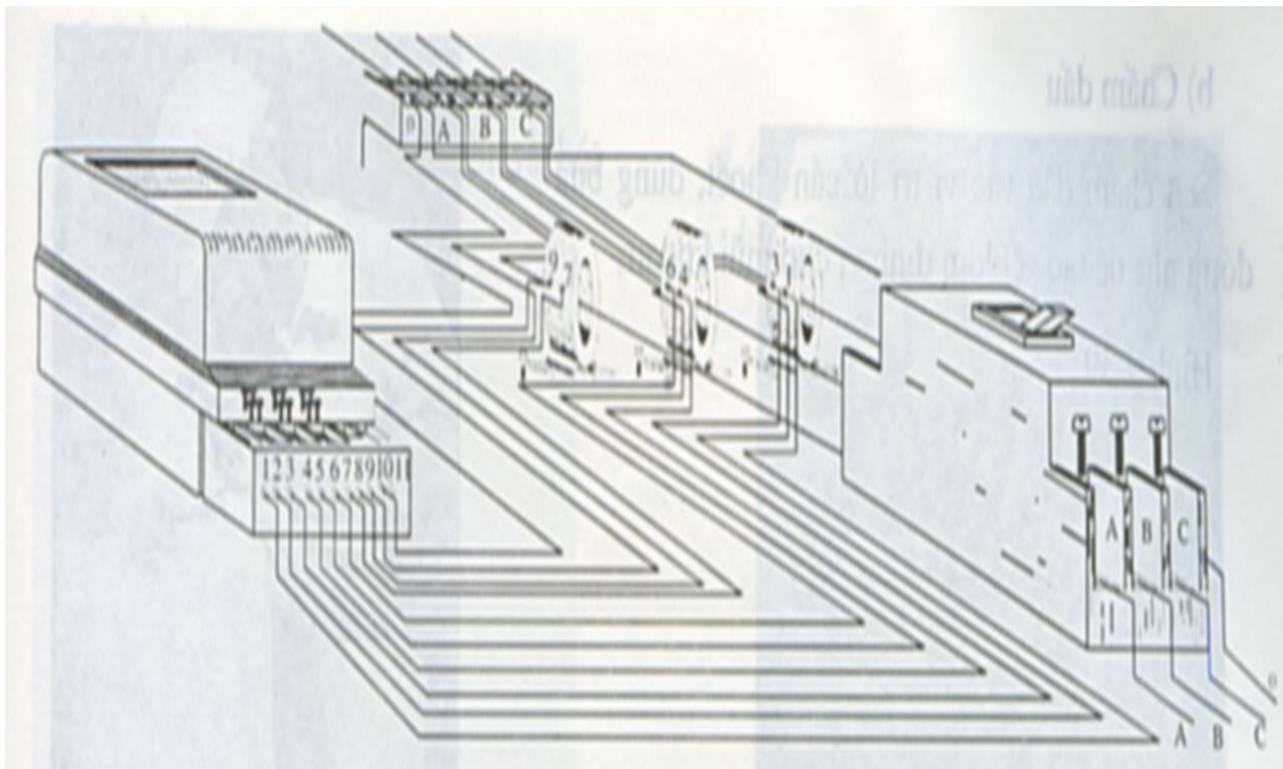
Bước 5: Đấu áp tô mát nhánh

Bước 6: Hoạt động thử.

- Sơ đồ đấu công tơ điện 3 pha không có biến dòng

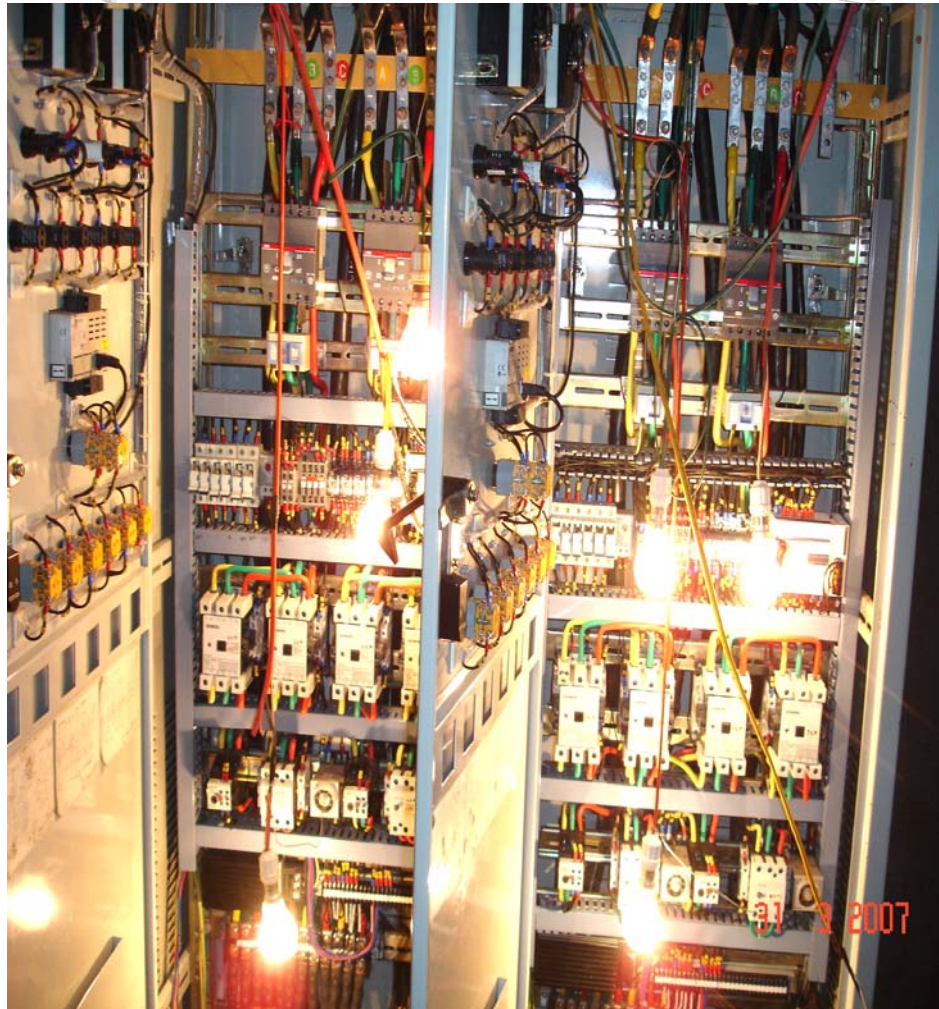


- Sơ đồ đấu công tơ điện 3 pha có biến dòng.



TS. Nguyễn Bê

ĐIỆN CÔNG NGHIỆP



ĐÀ NẴNG - 2007

MỤC LỤC

<i>Chương 1: TRANG BỊ ĐIỆN CÁC MÁY CẮT GỌT KIM LOẠI</i>	
1.1. Các yêu cầu chính và những đặc điểm đặc trưng của trang bị điện và tự động hoá các máy cắt kim loại	3
1.2. Chọn hệ truyền động và tính chọn công suất động cơ truyền động của các máy cắt gọt kim loại	7
1.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ trong các máy cắt gọt kim loại	13
1.4. Điều khiển chương trình số các máy cắt gọt kim loại	16
<i>Chương 2: TRANG BỊ ĐIỆN NHÓM MÁY TIỆN</i>	
2.1. Đặc điểm công nghệ	24
2.2. Phụ tải của cơ cấu truyền động chính và ăn dao	25
2.4. Phương pháp chọn công suất động cơ truyền động chính của máy tiện	27
2.4. Những yêu cầu và đặc điểm đối với truyền động điện và trang bị điện của máy tiện	29
2.5. Một số sơ đồ điều khiển máy tiện điển hình	33
<i>Chương 3: TRANG BỊ ĐIỆN MÁY BÀO GIƯỜNG</i>	
3.1. Đặc điểm công nghệ	45
3.2. Phụ tải và phương pháp xác định công suất động cơ truyền động chính	48
3.3. Các yêu cầu đối với hệ thống truyền động điện và trang bị điện của máy bào giường	54
3.4. Một số sơ đồ điều khiển máy bào giường điển hình	57
<i>Chương 4: TRANG BỊ ĐIỆN MÁY DOA</i>	
4.1. Đặc điểm làm việc, yêu cầu về truyền động điện và trang bị điện	73
4.2. Sơ đồ điều khiển máy doa ngang 2620	74
4.3. Sơ đồ truyền động máy doa toạ độ 2A450	79
<i>Chương 5: TRANG BỊ ĐIỆN MÁY MÀI</i>	
5.1. Đặc điểm công nghệ	83
5.2. Các đặc điểm về truyền động điện và trang bị điện máy mài	85
5.3. Sơ đồ điều khiển máy mài 3A161	85
<i>Chương 6: TRANG BỊ ĐIỆN MÁY CÁN THÉP</i>	
6.1. Khái niệm chung về công nghệ cán thép	89
6.2. Các thông số cơ bản đặc trưng cho công nghệ cán thép	93
6.3. Tính mômen truyền động trục cán	97
6.4. Trang bị điện máy cán nóng quay thuận nghịch	99

<i>Chương 7: TRANG BỊ ĐIỆN CÁC MÁY NÂNG - VẬN CHUYỂN</i>	
7.1. Khái niệm chung	105
7.2. Phân loại các máy nâng - vận chuyển	105
7.3. Đặc điểm đặc trưng cho chế độ làm việc của hệ truyền động máy nâng - vận chuyển	108
7.4. Các hệ truyền động dùng trong các máy nâng - vận chuyển	109
<i>Chương 8 TRANG BỊ ĐIỆN CẦU TRỤC</i>	
8.1. Khái niệm chung	111
8.2. Chế độ làm việc các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục	112
8.3. Tính chọn công suất động cơ truyền động các cơ cấu chính của cầu trục	114
8.4. Các thiết bị điện chuyên dùng trong cầu trục	116
8.5. Một số sơ đồ khống chế cầu trục điển hình	124
<i>Chương 9 TRANG BỊ ĐIỆN THANG MÁY</i>	
9.1. Khái niệm chung	132
9.2. Trang thiết bị của thang máy	134
9.3. Các thiết bị chuyên dùng của thang máy	136
9.4. Đặc tính và thông số của thang máy và máy nâng	138
9.5. Tính chọn công suất động cơ truyền động thang máy và máy nâng	139
9.6. Ảnh hưởng của tốc độ, gia tốc và độ giật đối với hệ truyền động thang máy	142
9.7. Dùng chính xác buồng thang	143
9.8. Các hệ truyền động dùng trong thang máy và máy nâng	146
9.9. Một số sơ đồ khống chế thang máy điển hình	147
9.10 Những thiết bị đặc biệt dùng trong các thang máy hiện đại	151
<i>Chương 10 TRANG BỊ ĐIỆN MÁY XÚC</i>	
10.1 Khái niệm chung	156
10.2 Kết cấu và cấu tạo của máy xúc	158
10.3 Các yêu cầu cơ bản đối với hệ truyền động các cơ cấu của máy xúc	160
10.4 Biểu đồ phụ tải của các cơ cấu chính của máy xúc	162
10.5 Tính chọn công suất động cơ truyền động các cơ cấu chính của máy xúc	166
10.6 Một số sơ đồ khống chế máy xúc điển hình	173
<i>Chương 11 TRANG BỊ ĐIỆN CÁC THIẾT BỊ VẬN TẢI LIÊN TỤC</i>	
11.1 Khái niệm chung	182
11.2 Cấu tạo và thông số kỹ thuật của một số thiết bị vận tải liên tục	182
11.3 Các yêu cầu chính đối với hệ chuyển động các thiết bị vận tải liên tục	187

11.4 Tính chọn công suất động cơ truyền động các thiết bị vận tải liên tục	187
11.5 Một số sơ đồ không chế điện hình	190
<i>Mục lục</i>	194
<i>Tài liệu tham khảo</i>	197

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Mạnh Tiên – Vũ Quang Hồi.
Trang bị điện - Điện tử máy gia công kim loại. NXB Giáo dục 2003
2. Vũ Quang Hồi - Nguyễn Văn Chất - Nguyễn Thị Liên Anh.
Trang bị điện - Điện tử máy công nghiệp dùng chung. NXB Giáo dục 2003
3. Nguyễn Văn Chất
Giáo trình trang bị điện NXB Giáo dục 2004
4. Nguyễn Đắc Lộc – Tăng Huy
Điều khiển số và công nghệ trên máy điều khiển số CNC. NXB KHKT – Hà Nội 2000

TS. Nguyễn Bê

Giáo trình

ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

ĐÀ NẴNG - 2007

Các ký hiệu sử dụng để giải thích hoạt động sơ đồ:

- 1- $A(x) = 1$: phần tử A ở dòng thứ x có điện (nếu là cuộn dây) hoặc đóng lại (nếu là tiếp điểm)
- 2- $A(x) = 0$: phần tử A ở dòng thứ x mất điện (nếu là cuộn dây) hoặc mở ra (nếu là tiếp điểm)
- 3- $A(x,y)$: phần tử A ở giữa hai dòng x và y hoặc hai điểm x,y.
- 4- $A(\text{đl})$: phần tử A trên mạch *động lực*

Ví dụ:

- $\text{ĐG}(\text{đl}) = 1$: tiếp điểm ĐG ở mạch *động lực* đóng (tr 33)
- $K_2(\text{đl}) = 0$: tiếp điểm K_2 ở mạch *động lực* mở (tr33).
- Ấn nút M1(22) \rightarrow LĐT(22) = 1, \rightarrow LĐT(17) = 1, + LĐT(22,23) = 1: khi ấn nút M1 ở dòng 22 thì cuộn dây role LĐT ở dòng 22 có điện làm cho tiếp điểm LĐT ở dòng 17 đóng, đồng thời tiếp điểm LĐT giữa dòng 22 và 23 đóng....(tr36)
- $R8(15-13) = 1$, + $R8(1-3) = 1$, \rightarrow $R\omega(5-9)$: tiếp điểm R8 ở giữa điểm 15 và 13 đóng lại, đồng thời tiếp điểm R8 ở giữa điểm 1 và 3 cũng đóng làm cho điện trở $R\omega(5-9)$... (tr40)

Chương 1

TRANG BỊ ĐIỆN MÁY CẮT KIM LOẠI

Máy cắt kim loại được dùng để gia công các chi tiết kim loại bằng cách cắt bớt các lớp kim loại thừa, để sau khi gia công có hình dáng gần đúng yêu cầu (gia công thô) hoặc thoả mãn hoàn toàn yêu cầu đặt hàng với độ chính xác nhất định về kích thước và độ bóng cần thiết của bề mặt gia công (gia công tinh).

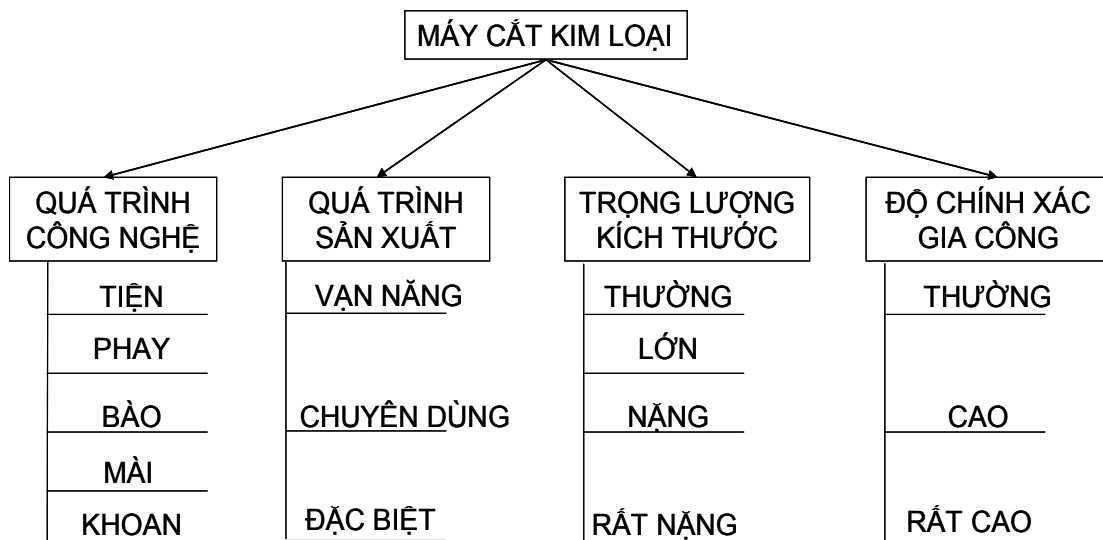
1.1. Các yêu cầu chính và những đặc điểm công nghệ đặc trưng của trang bị điện và tự động hoá các máy cắt kim loại

Máy cắt kim loại theo số lượng và chủng loại chiếm vị trí hàng đầu trong tất cả các máy công nghiệp.

1.1.1. Phân loại máy cắt kim loại

Máy cắt kim loại gồm nhiều chủng loại và rất đa dạng trong từng nhóm máy, nhưng có thể phân loại chúng dựa trên các đặc điểm sau:

Phân loại máy cắt kim loại theo như hình 1.1



Hình 1.1 Sơ đồ phân loại các máy cắt kim loại

- Tùy thuộc vào quá trình công nghệ đặc trưng bởi phương pháp gia công, dạng dao, đặc tính chuyển động v.v..., các máy cắt được chia thành các máy cơ bản: tiện, phay; bào, khoan – doa, mài và các nhóm máy khác như gia công răng, ren vít v.v...

- Theo đặc điểm của quá trình sản xuất, có thể chia thành các máy vạn năng, chuyên dùng và đặc biệt. Máy vạn năng là các máy có thể thực hiện được các phương pháp gia công khác nhau như tiện, khoan, gia công răng v.v... để gia công các chi tiết khác nhau về hình dạng và kích thước. Các máy chuyên dùng là các máy để gia công các chi tiết có cùng hình dáng

nhưng có kích thước khác nhau. Máy đặc biệt là các máy chỉ thực hiện gia công các chi tiết có cùng hình dáng và kích thước.

- Theo kích thước và trọng lượng chi tiết gia công trên máy, có thể chia máy cắt kim loại thành các máy bình thường ($<10.000\text{kG}$), các máy cỡ lớn ($<30.000\text{kG}$), các máy cỡ nặng ($<100.000\text{kG}$) và các máy rất nặng ($>100.000\text{kG}$)

- Theo độ chính xác gia công, có thể chia thành máy có độ chính xác bình thường, cao và rất cao.

1.1.2 Các chuyển động và các dạng gia công điển hình trên MCKL

Trên MCKL, có hai loại chuyển động chủ yếu: chuyển động cơ bản và chuyển động phụ

Chuyển động cơ bản là chuyển động tương đối của dao cắt so với phôi để đảm bảo quá trình cắt gọt. Chuyển động này chia ra: chuyển động chính và chuyển động ăn dao

- Chuyển động chính (chuyển động làm việc) là chuyển động thực hiện quá trình cắt gọt kim loại bằng dao cắt.

- Chuyển động ăn dao là các chuyển động xô dịch của dao hoặc phôi để tạo ra một lớp phôi mới.

Chuyển động phụ là những chuyển động không liên quan trực tiếp đến quá trình cắt gọt, chúng cần thiết khi chuẩn bị gia công, nâng cao hiệu suất và chất lượng gia công, hiệu chỉnh máy v.v... Ví dụ như di chuyển nhanh bàn hoặc phôi trong máy tiện, nới siết xà trên trụ trong máy khoan cần, nâng hạ xà trong dao trong máy bào giường, bơm dầu của hệ thống bôi trơn, bơm nước làm mát v.v...

Các chuyển động chính, ăn dao có thể là chuyển động quay hoặc chuyển động tịnh tiến của dao hoặc phôi.

Trên hình 1-2 biểu diễn các dạng gia công điển hình được thực hiện trên các MCKL.

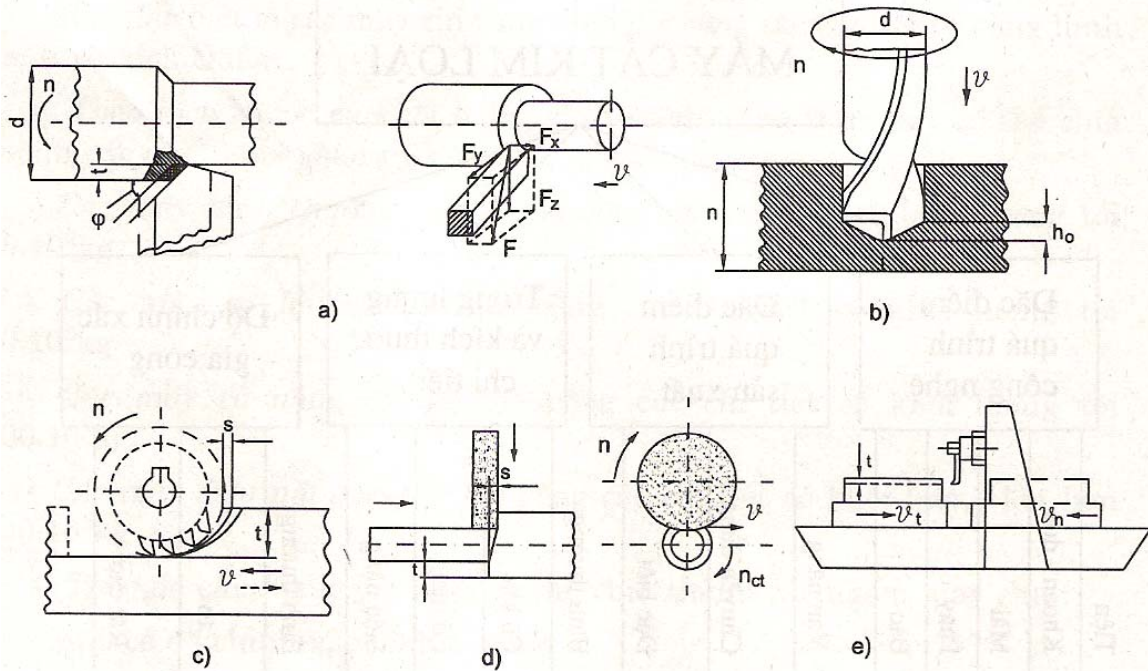
- Gia công trên máy tiện (hình 1-2a): n - tốc độ quay của chi tiết (chuyển động chính); v - vận tốc xô dịch của dao cắt vào chi tiết (chuyển động ăn dao).

- Gia công trên máy khoan (hình 1-2b): n - tốc độ quay của mũi khoan (chuyển động chính); v - chuyển động tịnh tiến của mũi khoan vào chi tiết (chuyển động ăn dao).

- Gia công trên máy phay (hình 1-2c): n - tốc độ quay của dao phay (chuyển động chính); v - chuyển động tịnh tiến của phôi (chuyển động ăn dao).

- Gia công trên máy mài tròn ngoài (hình 1.2d): n - tốc độ quay của đá mài (chuyển động chính); v - chuyển động tịnh tiến của đá mài vào chi tiết (chuyển động ăn dao).

- Gia công trên máy bào giường (hình 1-2e): v_t , v_n - chuyển động qua lại của bàn (chuyển động chính), chuyển động di chuyển của dao theo chiều ngang của bàn (chuyển động ăn dao).

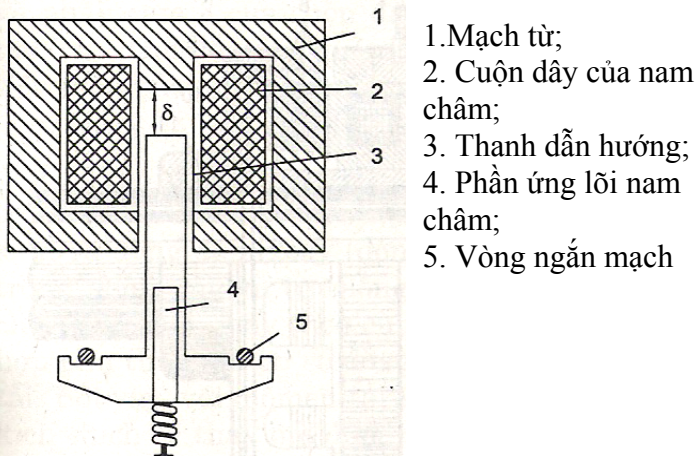


Hình 1-2 Các dạng gia công kim loại trên các máy cắt kim loại

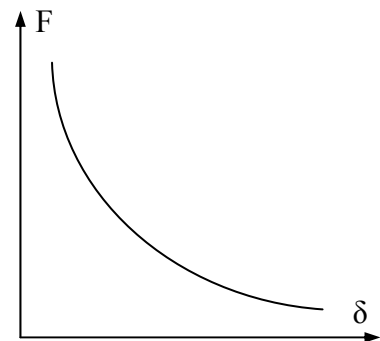
a) Tiện b) Khoan c) Phay d) Mài e) Bào

1.1.3. Các thiết bị điện chuyên dụng dùng trong các máy cắt gọt kim loại.

1. Nam châm điện: thường dùng để điều khiển các van thủy lực, van khí nén, điều khiển đóng cắt ly hợp ma sát, ly hợp điện từ và dùng để hãm động cơ điện. Nam châm điện dùng trong các máy cắt gọt kim loại là nam châm điện xoay chiều có lực hút từ 10N đến 80N với hành trình của phần ứng (lõi nam châm) từ 5 đến 15mm.



Hình 1-3 Cấu tạo nam châm điện



Hình 1-4 Đặc tính cơ của nam châm điện

Nguyên lý làm việc của nam châm điện như sau: khi cấp nguồn cho cuộn dây 2 sẽ xuất hiện từ thông khép kín theo mạch từ 1. Sự tác dụng tương hỗ giữa từ thông và dòng điện trong cuộn dây sẽ sinh ra một lực kéo hút phần ứng 4 vào sâu trong nam châm điện. Thanh dẫn hướng 3 có chức năng giảm hệ số ma sát giữa phần ứng và mạch từ, đảm bảo cho phần ứng không bị hút lệch.

Đặc tính quan trọng nhất của nam châm điện là đặc tính cơ (đặc tính lực kéo). Nó biểu diễn sự phụ thuộc giữa lực kéo sinh ra của nam châm điện và hành trình của phần ứng $F = f(\delta)$. Đặc tính đó được biểu diễn trên hình 1-4.

2. Bàn từ: dùng để cấp chi tiết gian công trên các máy mài mặt phẳng (hình 1.5).

Cấu tạo của bàn từ gồm: hộp sắt non 1 với các cực lõi 2, cuộn dây 3, bàn từ 4 có lót các tấm mỏng 5 bằng vật liệu không nhiễm từ. Khi cấp nguồn 1 chiều cho cuộn dây, bàn sẽ trở thành cam châm với nhiều cặp cực: cực bắc N và cực nam S

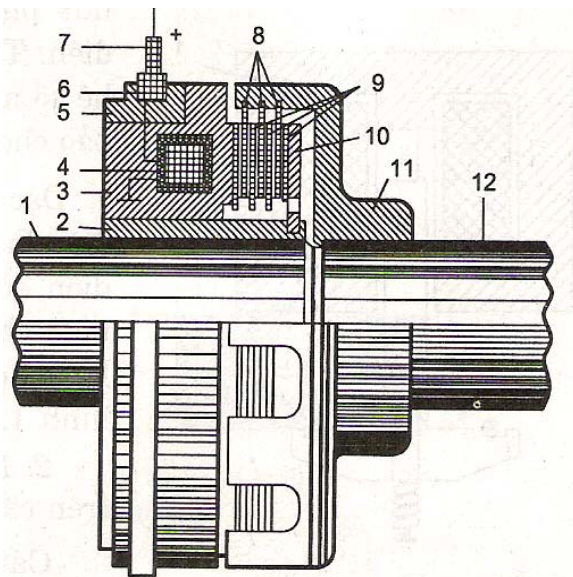
Bàn từ được cấp nguồn 1 chiều (trị số điện áp có thể là 24, 48, 110 và 220V với công suất từ 100 ÷ 3000W) từ các bộ chỉnh lưu dùng điốt bán dẫn. Sau khi gia công xong, muốn lấy chi tiết ra khỏi bàn phải khử từ dư của bàn từ, thực hiện bằng cách đảo cực tính nguồn cấp cho bàn từ.

3. Khớp ly hợp điện từ: dùng để điều chỉnh tốc độ quay, điều khiển động cơ truyền động: khởi động, đảo chiều, điều chỉnh tốc độ và hãm. Khớp ly hợp điện từ là khâu trung gian nối động cơ truyền động với máy công tác cho phép thay đổi tốc độ máy công tác khi tốc độ động cơ không đổi, thường dùng trong hệ truyền động ăn dao của các máy cắt kim loại.

Đối với hệ truyền động ăn dao của các máy cắt gọt kim loại, yêu cầu duy trì mômen không đổi trong toàn dải điều chỉnh tốc độ.

Về cấu tạo và nguyên lý hoạt động, người ta phân biệt hai loại khớp ly hợp điện từ: khớp ly hợp điện từ ma sát và khớp ly hợp điện từ trượt.

a) Khớp ly hợp điện từ ma sát, cấu tạo như trên hình 1-6 gồm: thân khớp ly hợp 3, cuộn dây 4, các đĩa ma sát 8 và 9, đĩa ép 10 và giá kẹp 11. Tất cả các phần tử kể trên được gá lắp trên bạc lót 2 làm từ vật liệu không nhiễm từ và bạc lót được lắp trên trục vào 1 (trục gắn với trục của động cơ truyền động). Nguồn cấp cho cuộn dây của ly hợp được cấp

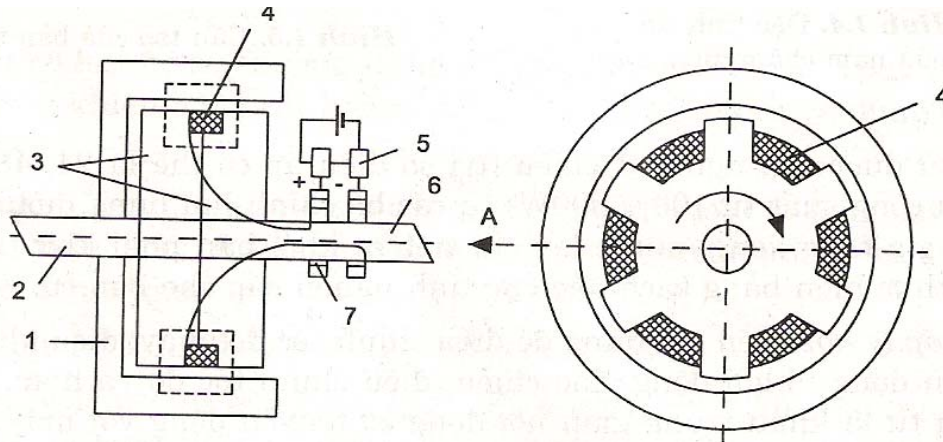


H1-6. Khớp ly hợp điện từ ma sát

như sau: cực âm của nguồn được nối với thân của ly hợp 3, cực dương của nguồn được cấp qua chổi than 7 và vành trượt tiếp điện 6, còn 5 là vành cách điện giữa cực dương của nguồn và thân ly hợp.

Nguyên lý làm việc của khớp ly hợp ma sát như sau: khi cuộn dây 4 được cấp nguồn, sẽ tạo ra một từ trường khép kín qua các đĩa ma sát. Từ trường đó tạo ra một lực hút kéo đĩa ma sát 9 về thân ly hợp 3. Các đĩa ma sát 8 và 9 ăn khớp nhau. Đĩa ma sát 9 nối với trục 1 (trục động cơ truyền động), còn đĩa ma sát 8 nối với trục 12 (trục máy công tác).

b) *Khớp ly hợp điện từ trượt.* Cấu tạo của nó được biểu diễn trên hình 1-7.



Hình 1-7 Khớp ly hợp điện từ trượt

Cấu tạo của nó gồm hai phần chính:

Phần ứng 1 được gắn với trục của động cơ truyền động 2 (trục chủ động) và phần cảm 3 của cuộn dây kích thích 4 được nối với trục của máy công tác (trục thụ động). Nguồn cấp cho cuộn dây kích thích 4 là nguồn 1 chiều tiếp điện bằng chổi than 5 và vành trượt 7 lắp trên trục 6.

Nguyên lý làm việc của khớp ly hợp điện từ trượt như sau:

Khi cho động cơ truyền động quay và cấp nguồn cho cuộn kích thích, trong phần ứng sẽ xuất hiện sức điện động cảm ứng, sức điện động đó sẽ sinh ra dòng điện xoáy (dòng Fucô). Sự tác dụng tương hỗ giữa dòng điện trong phần ứng và từ thông của phần cảm sẽ sinh ra mômen điện từ làm cho phần cảm quay theo cùng chiều với phần ứng. Hệ số trượt của khớp ly hợp phụ thuộc vào trị số dòng điện trong cuộn kích thích và mômen của phụ tải. Bởi vậy, với mômen tải không đổi, khi ta thay đổi dòng điện trong cuộn dây kích thích sẽ thay đổi được tốc độ của máy công tác.

1.2 Chọn hệ truyền động và tính chọn công suất động cơ truyền động của máy cắt gọt kim loại

1.2.1. Các hệ truyền động thường dùng trong máy cắt gọt kim loại

1. Đối với chuyển động chính của máy tiện, khoan, doa, máy phay... với tần số đóng cắt điện không lớn, phạm vi điều chỉnh tốc độ không rộng

thường dùng hệ truyền động với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc. Điều chỉnh tốc độ trong các máy đó thực hiện bằng phương pháp cơ khí dùng hộp tốc độ.

2. *Đối với một số máy khác như:* máy tiện Rovonve, máy doa ngang, máy sọc răng... yêu cầu phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng hơn, hệ truyền động trực chỉnh dùng hệ truyền động với động cơ không đồng bộ hai hoặc ba cấp tốc độ. Quá trình thay đổi tốc độ thực hiện bằng cách thay đổi sơ đồ đấu dây quấn stato của động cơ để thay đổi số đôi cực với công suất duy trì không đổi.

3. *Đối với một số máy như:* máy bào giường, máy mài tròn, máy doa toạ độ và hệ truyền động ăn dao của một số máy yêu cầu:

- Phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng.
- Đảo chiều quay liên tục.
- Tần số đóng cắt điện lớn.

Thường dùng hệ truyền động một chiều (hệ máy phát - động cơ điện một chiều F - Đ, hệ máy điện khuếch đại - động cơ điện 1 chiều MĐKĐ - Đ, hệ khuếch đại từ động cơ điện 1 chiều KĐT - Đ và bộ biến đổi tiristo - động cơ điện một chiều T-Đ) và hệ truyền động xoay chiều dùng bộ biến tần.

1.2.2 Các tham số đặc trưng cho chế độ cắt gọt trên các máy cắt gọt kim loại

Các tham số đặc trưng cho chế độ cắt phụ thuộc vào yếu tố của điều kiện gia công như: chiều sâu cắt t , lượng ăn dao s (hình 1-2), bề rộng phôi b , độ bền dao cắt T , vật liệu chi tiết, hình dáng và vật liệu dao, điều kiện làm mát... Các tham số đó được xác định theo công thức kinh nghiệm ứng với từng nhóm máy.

1. *Tốc độ cắt:* là tốc độ chuyển động dài tương đối của chi tiết so với dao cắt tại điểm tiếp xúc giữa chi tiết và dao

Tốc độ phụ thuộc vật liệu gia công, vật liệu dao, kích thước dao, dạng gia công, điều kiện làm mát v.v.... theo công thức kinh nghiệm

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}}, \quad [\text{m/ph}] \quad (1-1)$$

Trong đó

t : chiều sâu cắt, mm;

s : lượng ăn dao, là độ dịch chuyển của dao khi chi tiết quay được một vòng, mm/vg

T : độ bền của dao là thời gian làm việc của dao giữa hai lần mài dao kế tiếp, ph

C_v, x_v, y_v, m là hệ số và số mũ phụ thuộc vào vật liệu chi tiết, vật liệu dao và phương pháp gia công

2. *Lực cắt* : trong quá trình gia công, tại điểm tiếp xúc giữa chi tiết và dao có một lực tác dụng \vec{F} , lực này được phân ra 3 thành phần (hình 1-2a):

- Lực tiếp tuyến (lực cắt) \vec{F}_z là lực mà trục chính (truyền động chính) phải khắc phục.

- Lực hướng kính \vec{F}_y tạo áp lực lên bàn dao.

- Lực dọc trục \vec{F}_x mà cơ cấu ăn dao phải khắc phục.

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y + \vec{F}_z \quad [\text{N}] \quad (1-2)$$

Để tính toán lực cắt, ta dùng công thức kinh nghiệm sau:

$$F_x = 9,81 C_F \cdot t_F^x \cdot s_F^y \cdot v^n \quad [\text{N}] \quad (1-3)$$

Trong đó: C_F, t_F^x, s_F^y, n – là hệ số và số mũ phụ thuộc vào vật liệu chi tiết gia công, vật liệu làm dao và phương pháp gia công.

Các lực còn lại F_x, F_y cũng được xác định theo công thức tương tự như công thức (1-3)

Khi tính toán sơ bộ có thể lấy F_x và F_y theo các tỷ lệ như sau:

$$F_z : F_y : F_x = 1 : 0,4 : 0,25 \quad (1-4)$$

3. *Công suất cắt*: (công suất yêu cầu của cơ cấu chuyển động chính) được xác định theo công thức:

$$P_z = \frac{F_z \cdot v}{60 \cdot 1000} \quad [\text{kW}] \quad (1-5)$$

Trong đó: F_z - lực cắt, N;

v - tốc độ cắt, [m/ph].

4. *Thời gian máy* là thời gian dùng để gia công chi tiết, còn gọi là thời gian công nghệ, thời gian cơ bản hoặc thời gian hữu ích. Để tính toán thời gian máy, ta căn cứ vào các tham số đặc trưng cho chế độ cắt gọt gọi là phương pháp gia công trên máy.

Ví dụ: đối với máy tiện:

$$t_m = \frac{L}{n \cdot s} \quad [\text{ph}] \quad (1-6)$$

Trong đó: L - chiều dài của hành trình làm việc, mm;

n - tốc độ quay của chi tiết (tốc độ quay của mâm cặp), vg/ph.

s - lượng ăn dao, mm/vg;

Nếu thay vào biểu thức (1-6) giá trị của:

$$n = \frac{60 \cdot 10^3 v}{\pi d} \quad [\text{vg/ph}] \quad (1-7)$$

Trong đó: d - đường kính chi tiết gia công; mm.

Ta có:

$$t_m = \frac{\pi d L}{60 \cdot 10^3 v s} \quad [\text{s}] \quad (1-8)$$

Từ biểu thức (1-8) ta nhận thấy rằng: muốn tăng năng suất của máy (giảm thời gian công nghệ t_m) phải tăng tốc độ cắt v và lượng ăn dao s .

1.2.3. Phụ tải của động cơ truyền động các cơ cấu điển hình trong các máy cắt gọt kim loại

1. Cơ cấu truyền động chính

Trong truyền động chính các máy cắt gọt kim loại, lực cắt là hữu ích, nó phụ thuộc vào chế độ cắt (t , s , v) vật liệu chi tiết gia công và vật liệu làm dao

Đối với chuyển động chính là chuyển động quay như ở máy tiện, phay, khoan, doa và máy mài, mômen trên trục chính của máy được xác định theo công thức:

$$M_z = \frac{F_z \cdot d}{2} \quad [\text{N.m}] \quad (1-9)$$

Trong đó: F_z - lực cắt, N;

d - đường kính của chi tiết gia công [m]

Mômen hữu ích trên động cơ là:

$$M_{hi} = \frac{M_z}{i} = \frac{F_z \cdot d}{2i} \quad [\text{N.m}] \quad (1-10)$$

Đối với chuyển động chính là chuyển động tịnh tiến, ví dụ như chuyển động di chuyển bàn trong máy bào giường, chuyển động của dao trong máy sọc, máy bào ngang v.v... Mômen tịnh tiến hữu ích là:

$$M_{hi} = F_z \cdot \rho \quad [\text{N.m}] \quad (1-11)$$

Trong đó: ρ là bán kính qui đổi lực cắt về trục động cơ, được xác định bằng tỷ số giữa tốc độ di chuyển tịnh tiến và tốc độ của động cơ truyền động:

$$\rho = \frac{v}{60\omega} \quad [\text{N.m}] \quad (1-12)$$

Mômen cản tĩnh trên trục động cơ được xác định theo biểu thức sau:

$$M_c = \frac{M_{hi}}{\eta} \quad [\text{N.m}] \quad (1-13)$$

2. Cơ cấu truyền động ăn dao

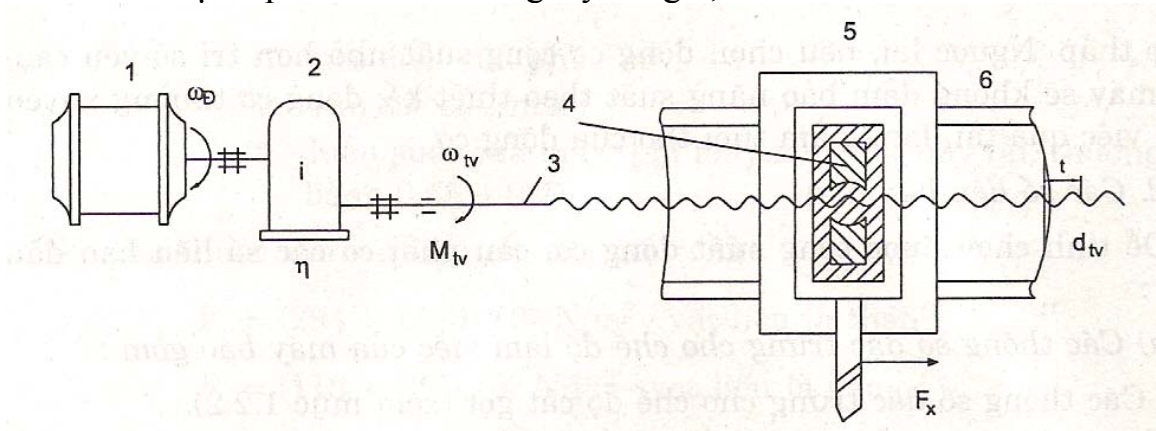
Trong hệ truyền động ăn dao, động cơ thực hiện di chuyển bàn dao, hoặc dịch chuyển chi tiết để thực hiện được quá trình cắt gọt. Hệ truyền động ăn dao được thực hiện bằng nhiều phương án khác nhau. Phương án điển hình là cơ cấu ăn dao kiểu trục vít – êcu. Sơ đồ động học của cơ cấu ăn dao đó được biểu diễn trên hình 1.8

Lực ăn dao khi bàn dao hoặc bàn cặp chi tiết khởi hành được tính theo biểu thức sau:

$$F_{ado} = (G_b + G_{ct})f_0 + \mu s \quad [\text{N}] \quad (1-14)$$

Trong đó: G_b - khối lượng của bàn, N;

G_{ct} - khối lượng của chi tiết, N;
 f_0 - hệ số ma sát khi bàn dao trượt trên gờ trượt
 $f_0 = (0,2 \div 0,3)$ khi khởi động bàn dao;
 $f_0 = (0,08 \div 0,1)$ khi cắt gọt;
 μ - áp suất dính thường lấy bằng $0,5\text{N/cm}^2$



Hình 1-8. Sơ đồ động học của cơ cấu ăn dao

1. động cơ điện; 2. hộp tốc độ; 3. trục vít vô tận; 4. Êcu; 5. Bàn dao; 6. Gờ trượt

Lực ăn dao khi cắt gọt được tính theo biểu thức:

$$F_{ad} = (G_b + G_{ct})f + \alpha s \quad [\text{N}] \quad (1-15)$$

Mômen trên trục vít vô tận được tính theo công thức sau:

- khi khởi động M_{ado}

$$M_{ado} = \frac{F_{ado} \cdot d_{tb} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho)}{2} \quad [\text{N.m}] \quad (1-16)$$

- khi cắt gọt

$$M_{ad} = \frac{F_{ad} \cdot d_{tb} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho)}{2} \quad [\text{N.m}] \quad (1-17)$$

Trong đó: α - góc nghiêng của ren vít vô tận;

$\rho = \arctg(f)$ - góc ma sát của trục vít vô tận;

d_{tb} - đường kính trung bình của trục vít vô tận, m.

1.2.4. Tính chọn công suất động cơ truyền động các cơ cấu của máy cắt kim loại

1. Những vấn đề chung

Việc chọn đúng công suất động cơ truyền động là hết sức quan trọng. Nếu chọn công suất động cơ lớn hơn trị số cần thiết thì vốn đầu tư sẽ tăng, động cơ thường xuyên làm việc non tải, làm cho hiệu suất và hệ số công suất thấp. Nếu chọn công suất động cơ nhỏ hơn trị số yêu cầu thì máy sẽ không đảm bảo năng suất cần thiết, động cơ thường phải chạy non tải, làm giảm tuổi thọ động cơ, tăng phí tổn vận hành do sửa chữa nhiều.

2. Các số liệu ban đầu

Để tính chọn được công suất động cơ, cần phải có các số liệu ban đầu sau:

a) Các thông số của chế độ làm việc của máy bao gồm:

- Các thông số đặc trưng cho chế độ cắt gọt là: tốc độ cắt, lực cắt hoặc các thông số của chế độ cắt gọt như chiều sâu cắt, lượng ăn dao, vật liệu được gia công, vật liệu dao v.v... , trọng lượng chi tiết gia công, thời gian làm việc, thời gian nghỉ

- Khối lượng của chi tiết gia công.

- Thời gian làm việc và thời gian nghỉ.

b) Kết cấu cơ khí của máy bao gồm:

- Sơ đồ động học của các cơ cấu.

- Khối lượng các bộ phận chuyển động.

3. Các bước chọn công suất động cơ

Quá trình chọn công suất động cơ có thể chia làm 2 bước sau:

a) Bước 1: chọn sơ bộ công suất động cơ truyền động theo trình tự sau:

+ Xác định công suất hoặc momen tác dụng trên trục làm việc của hộp tốc độ (P_z hoặc M_z). Nếu trong một chu kỳ, phụ tải của truyền động thay đổi thì phải xác định P_z (hoặc M_z) cho tất cả các giai đoạn cho cả chu kỳ. Mỗi loại máy có các công thức riêng để xác định. Có thể cho trước P_z hoặc M_z

+ Xác định công suất trên trục động cơ điện và thành lập đồ thị phụ tải tĩnh: muốn thành lập đồ thị phụ tải cho truyền động trong một chu kỳ, ta phải xác định công suất hoặc momen trên trục động cơ và thời gian làm việc ứng với từng giai đoạn

- Công suất trên trục động cơ xác định theo biểu thức:

$$P_c = \frac{P_z}{\eta}$$

Trong đó η là hiệu suất của cơ cấu truyền động ứng với phụ tải P_z

- Thời gian làm việc của từng giai đoạn có thể xác định tùy thuộc điều kiện làm việc của từng cơ cấu truyền động như khoảng đường di chuyển của bộ phận làm việc, tốc độ làm việc, thời gian làm việc hoặc điều khiển máy v.v... Trong đó có thời gian hữu công (thời gian làm việc thực sự) và thời gian vô công (thời gian làm việc không tải, điều khiển máy, chuyển đổi trạng thái làm việc v.v...) Thời gian hữu công được xác định theo công thức ứng với từng loại máy. Thời gian vô công được lấy theo kinh nghiệm vận hành.

+ Dựa vào đồ thị phụ tải tĩnh đã xây dựng ở phần trên, tiến hành tính toán chọn động cơ như đã nêu trong giáo trình TĐĐ

- Khi chế độ làm việc là dài hạn, phụ tải biến đổi (loại biến đổi) động cơ thường được chọn theo đại lượng trung bình hoặc đẳng trị

- Khi chế độ làm việc là ngắn hạn lặp lại, động cơ được chọn theo phụ tải làm việc và hệ số đóng điện tương đối.

- Khi chế độ làm việc là ngắn hạn, động cơ được chọn theo phụ tải làm việc và thời gian có tải trong chu kỳ.

b) *Bước 2*: kiểm nghiệm động cơ theo những điều kiện cần thiết. Tùy thuộc vào đặc điểm của cơ cấu truyền động mà động cơ đã chọn được kiểm nghiệm theo điều kiện phát nóng, quá tải và mở máy.

Để kiểm nghiệm theo điều kiện phát nóng, ta xây dựng đồ thị phụ tải toàn phần bao gồm phụ tải tĩnh và phụ tải động. Phụ tải động của động cơ phát sinh trong quá trình quá độ (QTQĐ) và được xác định từ quan hệ:

$$M_d = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}$$

Trong đó

J_{Σ} là momen quán tính của toàn bộ hệ thống truyền động qui đổi về trục động cơ điện

$d\omega/dt$ gia tốc của hệ thống.

Sau khi lập đồ thị phụ tải toàn phần $i=f_1(t)$; $M=f_2(t)$; $P=f_3(t)$ hoặc đồ thị tổn hao trong động cơ $\Delta P=f_4(t)$, theo đại lượng đẳng trị hoặc tổn hao trung bình, ta kiểm nghiệm điều kiện phát nóng. Nếu thời gian QTQĐ không đáng kể so với thời gian làm việc ổn định và động cơ đã được chọn sơ bộ theo phương pháp đẳng trị thì không cần kiểm nghiệm theo điều kiện phát nóng. Chú ý là đối với các động cơ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại, trị số ĐM% phải lấy theo đồ thị phụ tải toàn phần.

Khi kiểm nghiệm theo điều kiện quá tải, đối với động cơ không đồng bộ, cần xét tới hiện tượng sụt áp lưới điện. Thông thường cho phép sụt áp 10%, nên mômen tới hạn của động cơ trong tính toán kiểm nghiệm chỉ còn:

$$M_t = (90\%)^2 M_{tdm} = 0,81 M_{tdm}$$

M_{tdm} là mômen tới hạn theo số liệu của động cơ điện.

Ở những cơ cấu truyền động đòi hỏi mở máy có tải như cơ cấu nâng hạ xà, di chuyển bàn, động cơ cần kiểm nghiệm theo điều kiện mở máy.

Ngoài ra còn phải kiểm nghiệm động cơ theo điều kiện đặc biệt do yêu cầu điều chỉnh tốc độ và hạn chế gia tốc.

1.3. Điều chỉnh tốc độ trong các máy cắt kim loại

Để nhận được các chế độ cắt khác nhau đảm bảo các quá trình công nghệ tối ưu, cần phải điều chỉnh tốc độ truyền động chính và ăn dao. Điều chỉnh tốc độ các máy có thể thực hiện bằng ba phương pháp: cơ, điện – cơ và điện. Điều chỉnh tốc độ bằng cơ là phương pháp điều chỉnh có cấp với sự thay đổi tỉ số truyền trong hộp tốc độ. Điều đó có thể thực hiện bằng tay hoặc từ xa: bằng khớp ly hợp điện từ, thủy lực v.v... trong trường hợp này động cơ được sử dụng không đồng bộ roto lồng sóc. Điều chỉnh tốc độ bằng phương pháp điện cơ là điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tốc độ động cơ và thay

đôi tỉ số truyền của hộp tốc độ. Động cơ điện có thể là động cơ không đồng bộ nhiều tốc độ hoặc động cơ một chiều. Điều chỉnh điện là thay đổi tốc độ máy chỉ bằng thay đổi tốc độ động cơ điện. Động cơ điện một chiều cho phép điều chỉnh tốc độ đơn giản, trơn hơn so với động cơ điện xoay chiều, giảm nhẹ kết cấu cơ khí của máy.

Khi giải quyết vấn đề điều chỉnh tốc độ truyền động chính và ăn dao MCKL cần phải quan tâm đến các chỉ tiêu sau:

1. Phạm vi điều chỉnh tốc độ: tỉ số tốc độ góc lớn nhất ω_{\max} và tốc độ góc nhỏ nhất của chi tiết ω_{\min}

$$D_{\omega} = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} \quad (1-19)$$

Đối với chuyển động tịnh tiến

$$D_v = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (1-20)$$

Đối với chuyển động ăn dao là tỉ số lượng ăn dao lớn nhất và nhỏ nhất

$$D_s = \frac{s_{\max}}{s_{\min}} \quad (1-21)$$

2. Độ trơn điều chỉnh tốc độ: là tỉ số giữa hai giá trị kề nhau của tốc độ:

$$\varphi = \frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} \quad (1-22)$$

Trong đó: ω_i , ω_{i+1} là tốc độ cấp thứ i và $i+1$

Nó được xác định bằng công thức sau:

$$\varphi = z^{-1} \sqrt{\frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}}} = z^{-1} \sqrt{D} \quad (1-23)$$

Trong đó : z số cấp tốc độ của máy.

Các giá trị chuẩn của độ trơn điều chỉnh được sử dụng trong truyền động của MCKL là: $\varphi = 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2$

3. Sự phù hợp giữa đặc tính của hệ thống và đặc tính của phụ tải

Đặc tính cơ của cơ cấu sản xuất được khái quát bằng phương trình:

$$M_c = M_0 + (M_{dm} + M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^q \quad (1-24)$$

q là số mũ tùy thuộc vào loại máy $[-1, 0, 1, 2]$

Ta chỉ xét hai trường hợp $q = 0$ và $q = -1$ ứng với truyền động ăn dao và truyền động chính MCKL

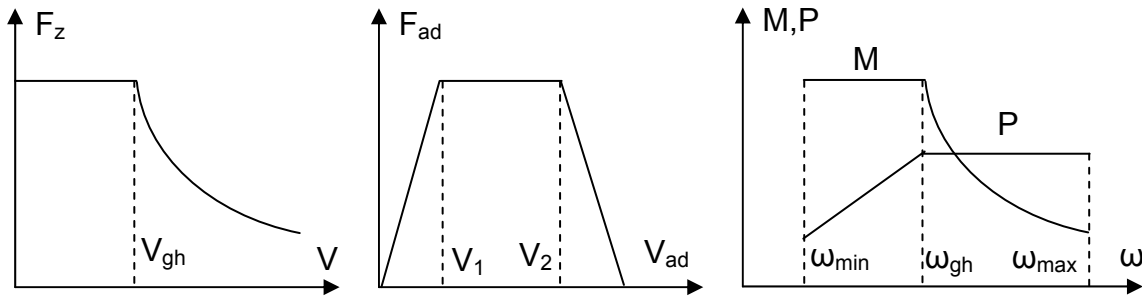
$q = 0$ ta có $M_c = M_{dm} = \text{const}$ ứng với truyền động ăn dao

$q = -1$ ta có $M_c = 1/\omega$ ($P_c = \text{const}$) ứng với truyền động chính

Trong thực tế, đặc tính cơ của máy không giữ được cố định theo qui luật trong toàn bộ phạm vi điều chỉnh tốc độ mà thay đổi theo điều kiện công nghệ hoặc điều kiện tự nhiên.

- Đối với truyền động chính MCKL, nói chung công suất không đổi khi tốc độ thay đổi, còn momen tỉ lệ ngược với tốc độ. Như vậy ở tốc độ thấp, momen có thể lớn. Do đó kích thước của các bộ phận cơ khí phải chọn lớn lên, điều đó không có lợi. Mặt khác, thực tế sản xuất cho thấy rằng các tốc độ thấp chỉ dùng cho các chế độ cắt nhẹ, nghĩa là M_z và P_z nhỏ. Vì vậy ở vùng tốc độ thấp người ta giữ momen không đổi còn công suất cắt thay đổi theo quan hệ bậc nhất với tốc độ

- Đối với truyền động ăn dao MCKL, nói chung momen không đổi khi điều chỉnh tốc độ. Tuy nhiên ở vùng tốc độ thấp, lượng ăn dao s nhỏ, lực cắt bị hạn chế bởi chiều sâu cắt tới hạn t . Trong vùng này khi tốc độ ăn dao giảm, lực ăn dao và momen ăn dao cũng giảm theo. Ở tốc độ cao, tương ứng tốc độ v_z của truyền động chính cũng phải lớn, nếu giữ F_{ad} lớn như cũ thì công suất truyền động sẽ quá lớn. Do đó cho phép giảm nhỏ lực ăn dao trong vùng này, momen truyền động ăn dao cũng giảm (h1.9)



1.9 Đồ thị đặc tính phụ tải của MCKL

1.10 Quan hệ $M(\omega)$, $P(\omega)$ của $\text{ĐM}_{\text{đl}}$ khi thay đổi U_{tr} và Φ

Một hệ thống truyền động điện có điều chỉnh gọi là tốt nếu đặc tính điều chỉnh của nó giống đặc tính cơ của máy. Khi đó động cơ được sử dụng một cách hợp lý nhất, ta có thể làm việc đầy tải ở mọi tốc độ. Nhờ đó, hệ thống đạt được các chỉ tiêu năng lượng cao. Nói cách khác, có thể lựa chọn động cơ có kích thước nhỏ nhất cho máy.

Đặc tính điều chỉnh của truyền động điện là quan hệ giữa công suất hoặc momen của động cơ với tốc độ. Ví dụ đối với động cơ điện một chiều kích từ độc lập, khi điều chỉnh điện áp phần ứng và giữ từ thông không đổi, ta có:

$$M = k\Phi I_{\text{tr}} = \text{const}, \quad P = M\omega \approx \omega$$

Khi điều chỉnh từ thông, giữ điện áp phần ứng không đổi thì:

$$M = k\Phi I_r \approx 1/\omega; \quad P = M\omega = \text{const}$$

Kết hợp cả hai phương pháp điều chỉnh ta có đồ thị như hình 1.10. Đặc tính điều chỉnh ở vùng này có dạng giống như đặc tính cơ của truyền động chính MCKL

4) Độ ổn định tốc độ: đó là khả năng giữ tốc độ khi phụ tải thay đổi. Đường đặc tính cơ càng cứng thì độ ổn định càng cao. Nói chung truyền động ăn dao yêu cầu $\Delta\omega\% \leq 5 \div 10\%$; truyền động chính yêu cầu $\Delta\omega\% \leq 5 \div 15\%$

5) Tính kinh tế: xét đến giá thành chi phí vận hành, tổn hao năng lượng trong quá trình làm việc ổn định và QTQĐ. Ngoài ra còn phải đánh giá mức độ tin cậy, thuận tiện trong vận hành, dễ kiểm vật tư thay thế.

1.4. Điều khiển chương trình số các máy cắt gọt kim loại

1.4.1. Khái niệm cơ bản về điều khiển chương trình số

1. Khái niệm và định nghĩa

Khi gia công trên các máy cắt kim loại thông thường, các bước gia công chi tiết do người thợ thực hiện bằng tay như: điều chỉnh số vòng quay, lượng ăn dao, kiểm tra vị trí của dụng cụ cắt để đạt kích thước cần gia công trên bản vẽ v.v...

Ngược lại, trên các máy cắt gọt điều khiển theo chương trình số, quá trình gia công được thực hiện một cách tự động theo chương trình đã thiết kế trước. Chương trình được thiết kế bằng nhiều phương pháp khác nhau. Ví dụ như các máy chép hình dùng để gia công các chi tiết có bề mặt không gian phức tạp (cánh tua bin, khuôn dập có cấu hình phức tạp), chương trình cho trước được thiết kế dưới dạng các vật mẫu. Quá trình gia công trên các máy chép hình thực chất là quá trình chép nguyên mẫu theo vật mẫu. Tuy nhiên, tính linh hoạt của các máy không cao. Muốn thay đổi loại chi tiết để gia công, phải thay đổi hình dáng, vị trí, số lượng và qui luật chuyển động của các bộ phận cam, vật mẫu, vị trí công tác hành trình ... Như vậy việc chỉnh máy phức tạp, chế tạo vật mẫu mất nhiều thời gian.

Để khắc phục những khuyết điểm trên của máy chép hình, trong các máy điều khiển theo chương trình số, chương trình đưa vào các thiết bị điều khiển số dùng các băng đục lỗ hoặc băng từ. Các băng đó thực hiện chức năng là một bộ mang chương trình gia công dưới dạng một chuỗi các lệnh điều khiển. Hệ thống điều khiển số có khả năng thực hiện các lệnh đó và kiểm tra chúng như một hệ thống đo, sự dịch chuyển của các bàn trượt của máy.

Như vậy, điều khiển số (Numerical Control - NC) là một hình thức đặc biệt của tự động hoá mà cụ thể là các máy cắt gọt tự động được lập trình để thực hiện một loạt các hoạt động ở một chế độ được xác định trước nhằm tạo ra

một chi tiết có kích thước, hình dáng và các thông số công nghệ có thể dự đoán trước.

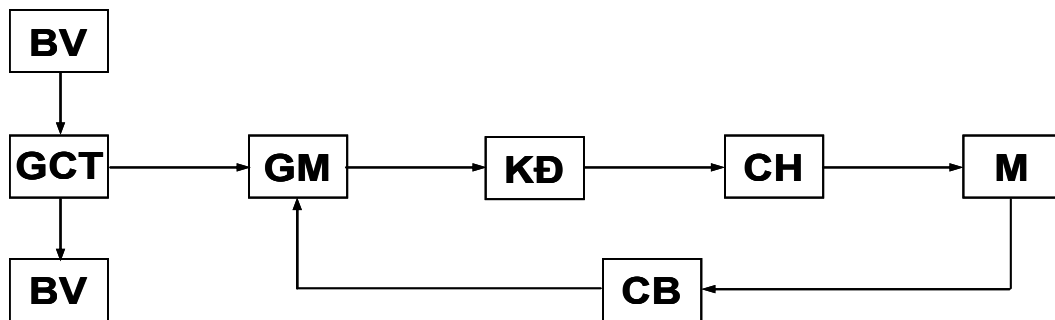
Các máy cắt gọt kim loại điều khiển theo chương trình số gọi là máy NC hoặc các máy CNC (Computer Numerical Control).

Một máy cắt gọt kim loại NC gồm hai bộ phận chính: Bộ điều khiển máy (The Machine Control Unit - MCU) và bản thân máy cắt gọt kim loại. Bộ MCU gồm hai thành phần: bộ xử lý dữ liệu (The Data Processing Unit - DPU) và bộ điều khiển lặp lại (Control Loops Unit – CLU).

DPU có chức năng xử lý dữ liệu và mã hoá, những dữ liệu này được đọc từ bộ mang chương trình và phản ánh các thông tin về: Vị trí của mỗi trục, chiều chuyển động, tỷ số tiến dao và các tín hiệu điều khiển các chức năng phụ tới CLU.

CLU có chức năng điều khiển các cơ cấu chuyển động của máy.

Sơ đồ khối của một máy cắt kim loại điều khiển số biểu diễn trên hình 1-11



Hình 1-11. Sơ đồ khối máy điều khiển chương trình số

BV - bản đồ chi tiết gia công; GCT- khối chuẩn bị và ghi chương trình; CN - các thông số công nghệ; GM - bộ giải mã; KĐ - khối khuếch đại; CH - cơ cấu chấp hành; M - máy cắt gọt kim loại; CB - bộ cảm biến các tín hiệu phản hồi.

Bộ ghi chương trình gồm hai khâu chính:

Khâu chuẩn bị chương trình và khâu ghi chương trình đã được chuẩn bị vào bộ mang chương trình. Để thiết lập được chương trình, các dữ liệu cần có là:

- Bản vẽ chi tiết gia công.

Thông số công nghệ của chi tiết gia công gồm: kích thước, vật liệu, độ chính xác gia công.

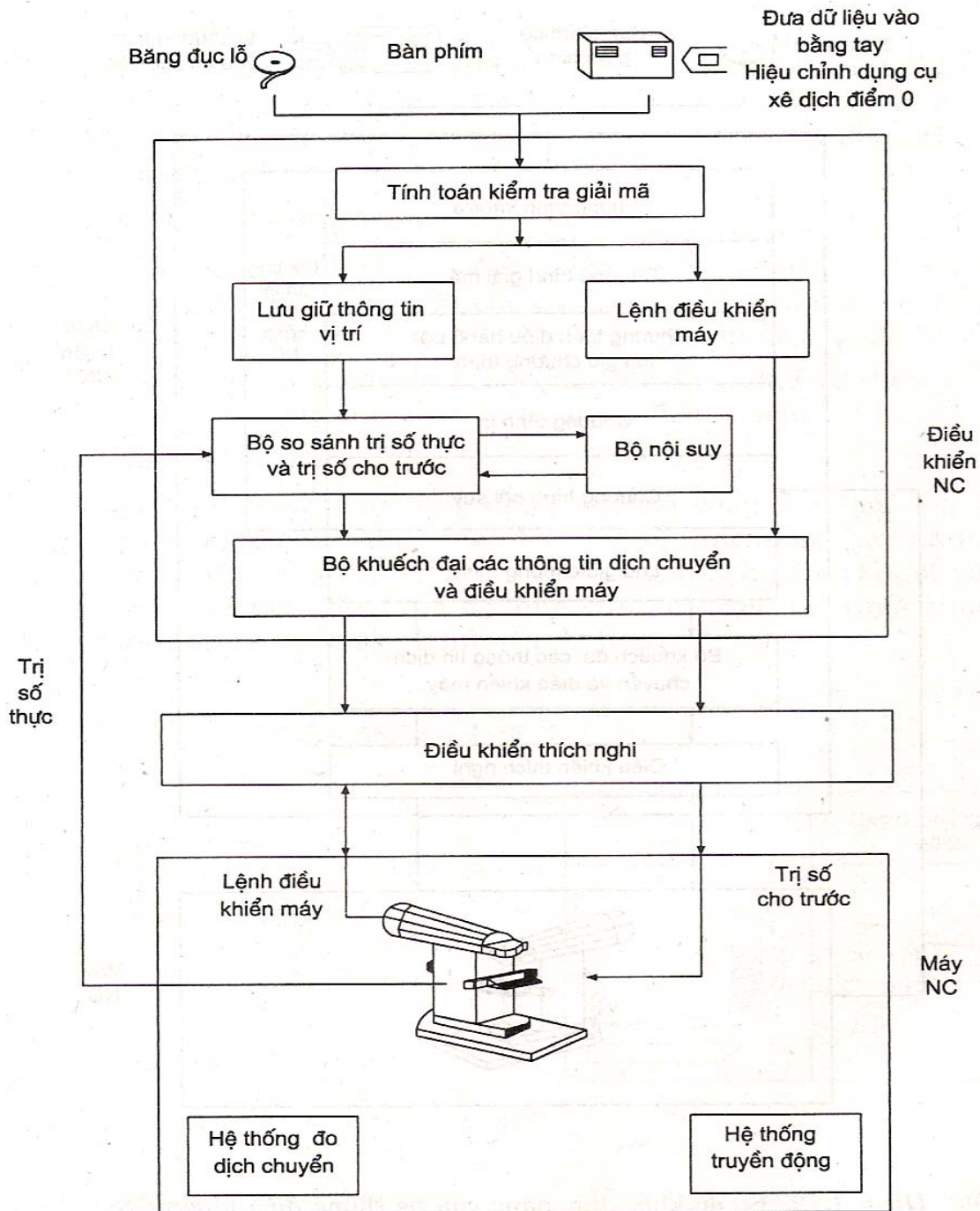
- Các loại dao cắt yêu cầu.

- Các loại đồ gá.

- Các thông số cắt gọt: chiều sâu cắt t , lượng ăn dao s , và tốc độ cắt v .

2. Hệ thống điều khiển.

Các hệ thống NC đầu tiên ra đời do sự cần thiết chế tạo các chi tiết của máy bay với số lượng không nhiều. Trong hệ thống NC, các thông số hình học của chi tiết và các lệnh điều khiển máy được đưa ra là dãy các con số.



Hình 1-12 Sơ đồ khối điều khiển chức năng của hệ thống điều khiển NC

Sơ đồ khối chức năng hệ thống điều khiển NC gồm có các bộ phận chính sau:

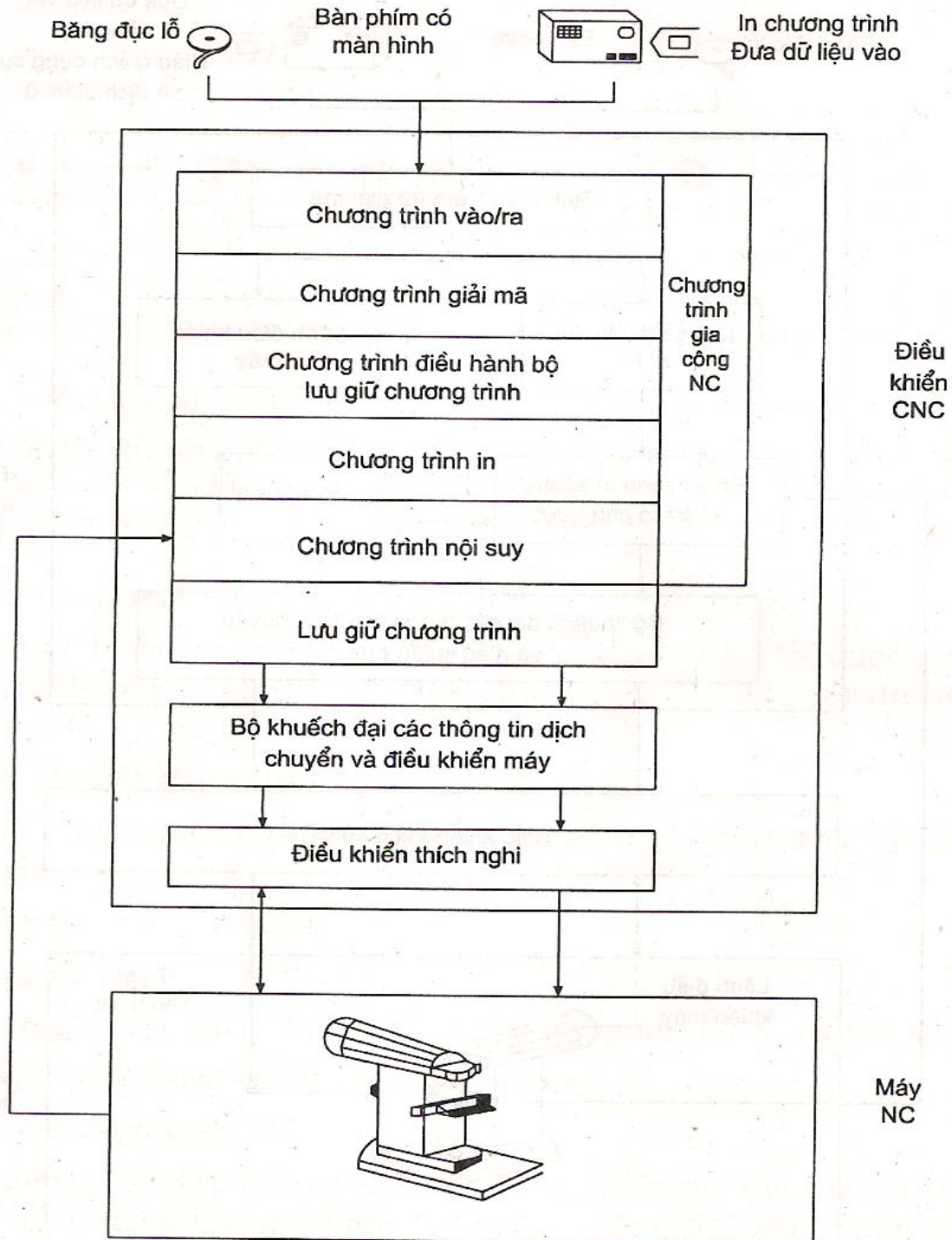
+ Nạp dữ liệu vào hệ thống gồm bàn phím và băng đục lỗ (hoặc băng từ). Toàn bộ các chỉ dẫn gia công được in vào băng đục lỗ (hoặc băng từ) dưới dạng các câu lệnh chương trình.

+ Hệ thống điều khiển thực hiện chức năng xử lý dữ liệu và đưa ra dữ liệu.

+ Bộ thích nghi là một mắt xích nối giữa máy NC vào hệ thống điều khiển

b) Hệ thống điều khiển CNC

Hệ thống điều khiển NC có nhược điểm là kém linh hoạt. Muốn thay đổi chương trình phải làm lại băng đục lỗ hoặc thay băng từ khác. Hiện nay để khắc phục nhược điểm trên, dùng hệ thống điều khiển CNC, sơ đồ khối chức năng được biểu diễn trên hình 1-13



Hình 1-13 Sơ đồ khối chức năng của hệ thống điều khiển CNC

+ Nạp dữ liệu vào hệ thống

Trong hệ thống điều khiển CNC chương trình gia công có thể đưa vào trong hệ thống điều khiển thông qua bảng điều khiển có màn hình.

+ Hệ thống điều khiển CNC

Chương trình gia công đã đưa vào bây giờ có thể gọi ra bất cứ lúc nào từ bộ nhớ chương trình. Thay đổi, sửa chữa chương trình có thể thực hiện ngay trên máy. Các câu lệnh có thể bổ sung, thay thế.

+ Bộ thích nghi.

Bộ thích nghi trong các hệ điều khiển NC thông thường là một bộ chuyển đổi liên động. Trong hệ điều khiển CNC, bộ chuyển đổi liên động này được thay thế bằng một bộ điều khiển chương trình lưu giữ, bộ điều khiển này được nối với máy tính.

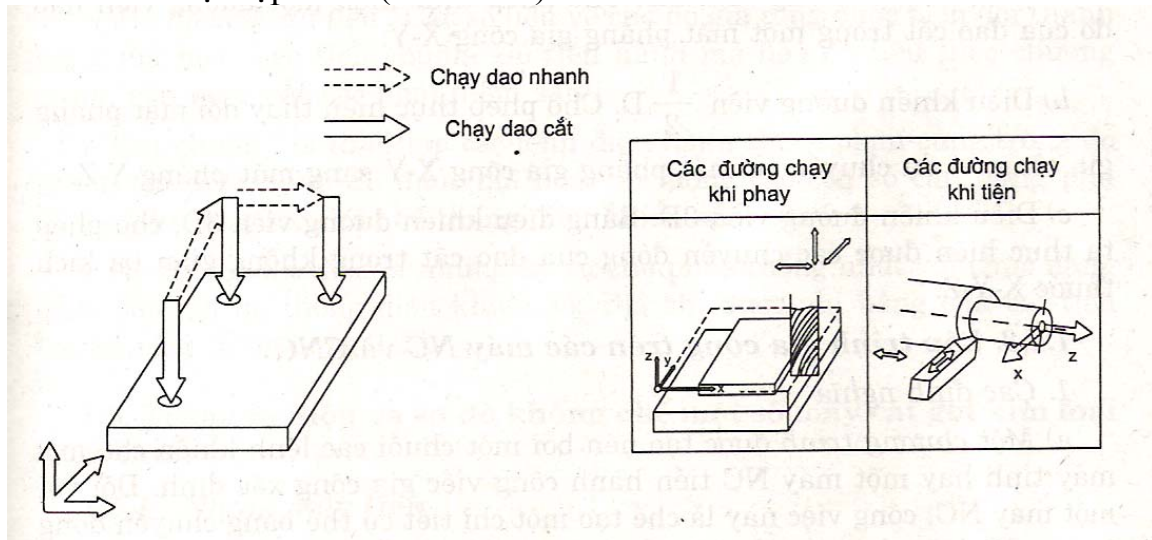
1.4.2. Các dạng điều khiển

Trên các máy cắt gọt kim loại điều khiển theo chương trình số, quãng đường đi của các dao cắt hoặc của các chi tiết đã được cho trước một cách chính xác thông qua các chỉ dẫn điều khiển trong chương trình NC.

Tùy theo dạng của các chuyển động giữa các điểm đầu và điểm cuối của quãng đường đi này, người ta chia làm ba dạng điều khiển:

1. Điều khiển theo điểm

Điều khiển theo điểm được ứng dụng khi gia công theo các tọa độ xác định đơn giản (như máy khoan – doa). Dao cắt sẽ thực hiện chạy nhanh đến các điểm đã được lập trình, trong hành trình này dao không cắt gọt vào kim loại, chỉ khi dao đến đúng tọa độ, quá trình cắt gọt mới được thực hiện theo lượng ăn dao đã được lập trình (hình 1-14)



Hình 1-14. Điều khiển theo điểm

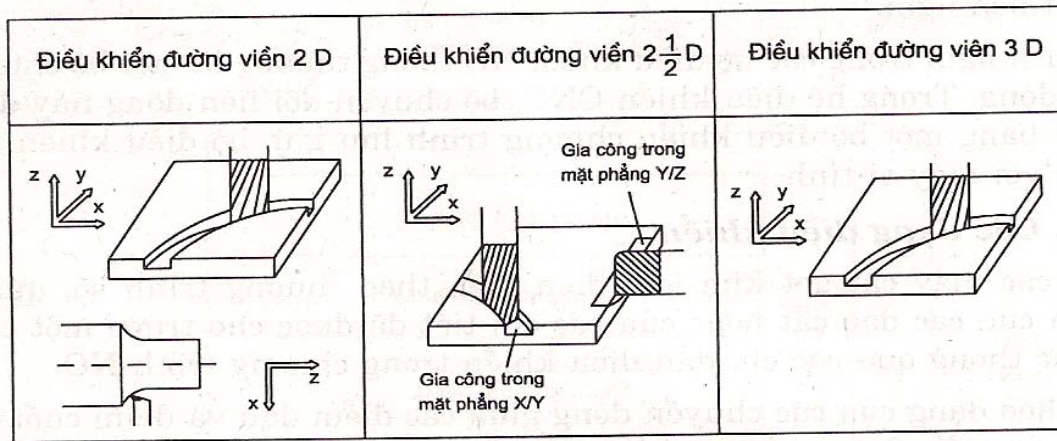
Hình 1-15. Điều khiển theo đường

2. Điều khiển theo đường

Điều khiển theo đường tạo ra các đường chạy song song với các trục của máy. Trong khi dao chạy đồng thời thực hiện cắt gọt liên tục tạo nên bề mặt gia công (hình 1-15)

3. Điều khiển theo đường viền

Bằng điều khiển theo đường viền, phương pháp điều khiển này có thể tạo ra các đường viền hoặc đường thẳng tùy ý trong mặt phẳng hoặc trong không gian. Điều đó đạt được nhờ sự chuyển động đồng thời của các bàn trượt theo hai hoặc nhiều chiều và giữa các trục chuyển động đó có quan hệ hàm số (hình 1-16)



Hình 1-16 Điều khiển theo đường viền

a) Điều khiển đường viền 2D. Cho phép thực hiện một đường viền nào đó của dao cắt trong một mặt phẳng gia công X-Y.

b) Điều khiển đường viền $1/2$ D. Cho phép thực hiện một đường viền nào đó của dao cắt trong một mặt phẳng gia công X-Y sang mặt phẳng Y-Z.

c) Điều khiển đường viền 3D. Bằng điều khiển đường viền 3D, cho phép ta thực hiện được các chuyển động của dao cắt trong không gian ba kích thước X-Y-Z

1.4.3 Lập trình gia công trên các máy NC và CNC

1. Các định nghĩa

a) Một chương trình được tạo nên bởi một chuỗi các lệnh khiến cho một máy tính hay một máy NC tiến hành công việc gia công xác định. Đối với một máy NC, công việc này là chế tạo một chi tiết cụ thể bằng chuyển động tương đối giữa dao cắt và chi tiết.

b) Quá trình thiết lập các chuỗi lệnh cho các dao cắt từ bản vẽ chi tiết gia công, cùng với sự phát triển các lệnh chương trình cụ thể và sau đó chuyển tất cả các thông tin này sang bộ phận mang dữ liệu được mã hoá đặc biệt cho một hệ thống NC và có thể đọc nó một cách tự động được gọi là *lập trình*.

2. Nội dung của chương trình NC

Nội dung của chương trình được cấu thành từ một số khối mô tả quá trình hoạt động của máy bằng các bước hoặc các câu lệnh.

Trong mỗi khối có thể bao gồm các lệnh khác nhau, có các kiểu lệnh sau:

- Các lệnh hình học điều khiển chuyển động tương đối giữa dao cắt và phôi là ABC...XYZ.

- Các lệnh công nghệ qui định tỷ số bước tiến (F), số vòng quay của trục chính (S) và các loại dao cắt (T).

- Các lệnh chuyển dịch lựa chọn dao cắt (T), các lệnh phụ khác (M) v.v...

Hệ thống địa chỉ thường là một chữ cái qui định các giá trị bằng số và sau đó lưu giữ lại. Mỗi địa chỉ được xuất hiện trong một khối.

3. Các bước lập chương trình

Quá trình lập chương trình được thực hiện theo các bước sau:

a) Chuẩn bị dữ liệu (thông tin về công nghệ)

Để lập được chương trình cần có các dữ liệu về công nghệ như: kích thước và vật liệu chi tiết gia công, độ chính xác gia công, dao cắt, đồ gót, các thông số đặc trưng cho chế tạo cắt gọt.

b) *Mô tả toán học*: Vẽ lại các bản vẽ chi tiết gia công, trên đó ghi đầy đủ các kích thước, đặc điểm công nghệ, đặc điểm điều khiển theo từng nguyên công.

c) *Mã hoá các dữ liệu*: Các số liệu về chế độ gia công được biến đổi thành dạng mã hoá theo tiêu chuẩn. Để tiến hành mã hoá dữ liệu theo chương trình, cần nắm bắt các khái niệm sau:

+ Tạo khuôn: là thiết lập các lệnh điều hành thuộc phần cứng trong đó thông tin điều hành đã được mã hoá. Số lượng các con số cần dùng phụ thuộc vào từng kiểu các hệ thống điều khiển số.

+ Hệ thống địa chỉ: là những ký tự cho phép thống nhất với chức năng đảm bảo bởi hệ thống điều khiển số. Địa chỉ được ghi bằng chữ cái tiêu chuẩn như trong bảng 1.1.

Bảng 1.1 Bảng chữ cái tiêu chuẩn ghi hệ thống địa chỉ

Ký hiệu	Ý nghĩa
A	Chuyển động xoay xung quanh trục X
B	Chuyển động xoay xung quanh trục Y
C	Chuyển động xoay xung quanh trục Z
D	Bộ nhớ hiệu chỉnh dụng cụ cắt
E	Lượng chạy dao thứ hai
F	Lượng chạy dao
G	Điều kiện chuyển động
H	Có thể sử dụng tự do
I	Thông số nội suy song song với trục X
J	Thông số nội suy song song với trục Y
K	Thông số nội suy song song với trục Z
L	Có thể sử dụng tự do
M	Chức năng phụ
N	Số thứ tự câu lệnh
O	Có thể sử dụng tự do
P	Chuyển động thứ ba song song với trục X
Q	Chuyển động thứ ba song song với trục Y
R	Chuyển động thứ ba song song với trục Z hoặc chuyển động nhanh theo trục Z
S	Số vòng quay của trục chính
T	Dụng cụ cắt
U	Chuyển động thứ hai song song với trục X
V	Chuyển động thứ hai song song với trục Y
W	Chuyển động thứ hai song song với trục Z
X	Chuyển động theo hướng của trục X
Y	Chuyển động theo hướng của trục Y
Z	Chuyển động theo hướng của trục Z

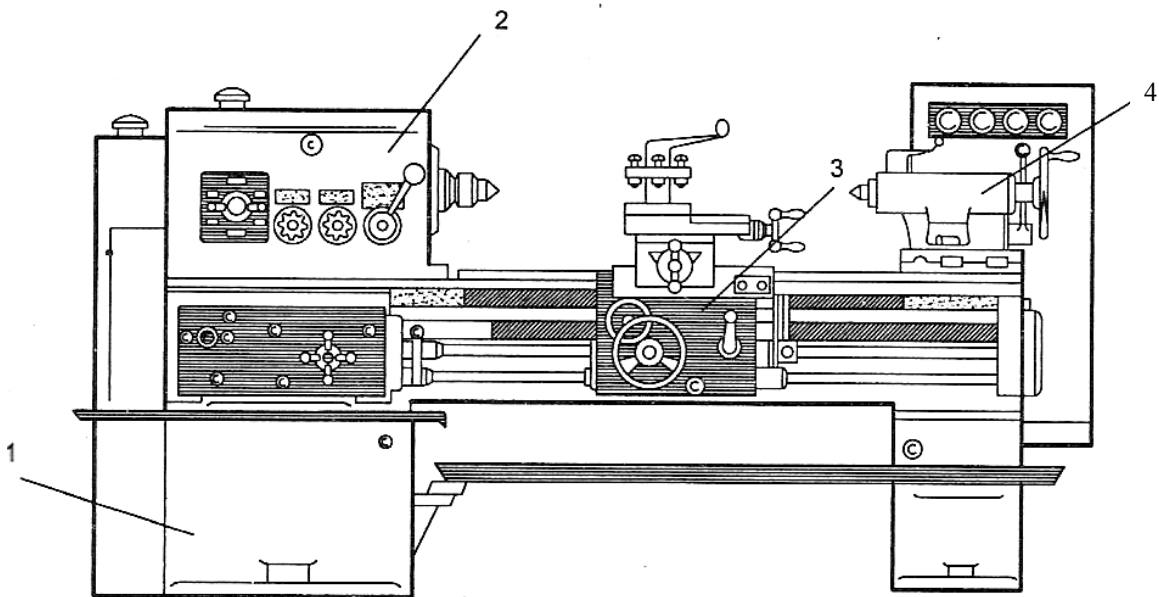


Chương 2

TRANG BỊ ĐIỆN NHÓM MÁY TIỆN

2.1 Đặc điểm công nghệ

Nhóm máy tiện rất đa dạng, gồm các máy tiện đơn giản, máy tiện vạn năng, chuyên dùng, máy tiện đứng... Trên máy tiện có thể thực hiện được nhiều công nghệ tiện khác nhau: tiện trụ ngoài, tiện trụ trong, tiện mặt đầu, tiện côn, tiện định hình. Trên máy tiện cũng có thể thực hiện doa, khoan và tiện ren bằng các dao cắt, dao doa, tarô ren... Kích thước gia công trên máy tiện có thể từ cỡ vài mili đến hàng chục mét



Hình 2.1 Dạng bên ngoài máy tiện

Dạng bên ngoài của máy tiện như hình 2.1a. Trên thân máy 1 đặt ụ trước 2, trong đó có trục chính quay chi tiết. Trên gờ trượt đặt bàn dao 3 và ụ sau 4. Bàn dao thực hiện sự di chuyển dao cắt dọc và ngang so với chi tiết. Ở ụ sau đặt mũi chống tâm dùng để giữ chặt chi tiết dài trong quá trình gia công, hoặc để giá mũi khoan, mũi doa khi khoan, doa chi tiết.

Sơ đồ gia công tiện như hình 2.1b. Ở máy tiện, chuyển động quay chi tiết với tốc độ góc ω_{ct} là chuyển động chính, chuyển động di chuyển của dao 2 là chuyển động ăn dao. Chuyển động ăn dao có thể là ăn dao dọc, nếu dao di chuyển dọc chi tiết (tiện dọc) hoặc ăn dao ngang, nếu dao di chuyển ngang (hướng kính) chi tiết. Chuyển động phụ gồm có xiết nới xà, trụ, di chuyển nhanh của dao, bơm nước, hút phôi.

2.2 Phụ tải của cơ cấu truyền động chính và ăn dao

1. Phụ tải của cơ cấu truyền động chính

Quá trình tiện trên máy tiện được thực hiện với các chế độ cắt khác nhau đặc trưng bởi các thông số: độ sâu cắt t , lượng ăn dao và tốc độ cắt v .

Tốc độ phụ thuộc vật liệu gia công, vật liệu dao, kích thước dao, dạng gia công, điều kiện làm mát v.v.... theo công thức kinh nghiệm

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}}, \quad [\text{m/ph}] \quad (2-1)$$

với t : chiều sâu cắt, mm

s : lượng ăn dao, là độ dịch chuyển của dao khi chi tiết quay được một vòng, mm/vg

T : độ bền của dao là thời gian làm việc của dao giữa hai lần mài dao kế tiếp, ph

C_v, x_v, y_v, m là hệ số và số mũ phụ thuộc vào vật liệu chi tiết, vật liệu dao và phương pháp gia công

Để đảm bảo năng suất cao nhất, sử dụng máy triệt để nhất thì trong quá trình gia công phải luôn đạt tốc độ cắt tối ưu, nó được xác định bởi các thông số: độ sâu cắt t , lượng ăn dao s và tốc độ trục chính ứng với đường kính chi tiết xác định. Khi tiện ngang chi tiết có đường kính lớn, trong quá trình gia công, đường kính chi tiết giảm dần, để duy trì tốc độ cắt (m/s) tối ưu là hằng số, thì phải tăng liên tục tốc độ góc của trục chính theo quan hệ:

$$v = 0,5 d_{ct} \cdot \omega_{ct} \quad (2-2)$$

với d_{ct} : đường kính chi tiết, m

Trong quá trình gia công, tại điểm tiếp xúc giữa dao và chi tiết xuất hiện một lực F gồm 3 thành phần và lực cắt được xác định theo công thức:

$$F_z = 9,81 C_F \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n, \quad [\text{N}] \quad (2-3)$$

Quá trình tiện xảy ra với công suất cắt (kW) là hằng số:

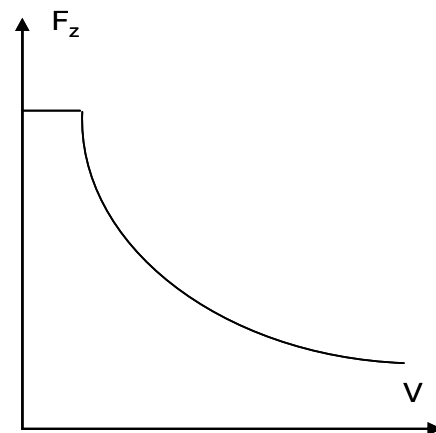
$$P_z = F_z \cdot v \cdot 10^{-3}, \quad [\text{kW}] \quad (2-4)$$

Bởi vì lực cắt lớn nhất F_{\max} sinh ra khi lượng ăn dao và độ sâu cắt lớn, tương ứng với tốc độ cắt nhỏ V_{\min} ; còn lực cắt nhỏ nhất F_{\min} , xác định bởi t, s tương ứng với tốc độ cắt V_{\max} , nghĩa là tương ứng với hệ thức:

$$F_{\max} \cdot V_{\min} = F_{\min} \cdot V_{\max} \quad (2-5)$$

Sự phụ thuộc của lực cắt vào tốc độ như h2.2

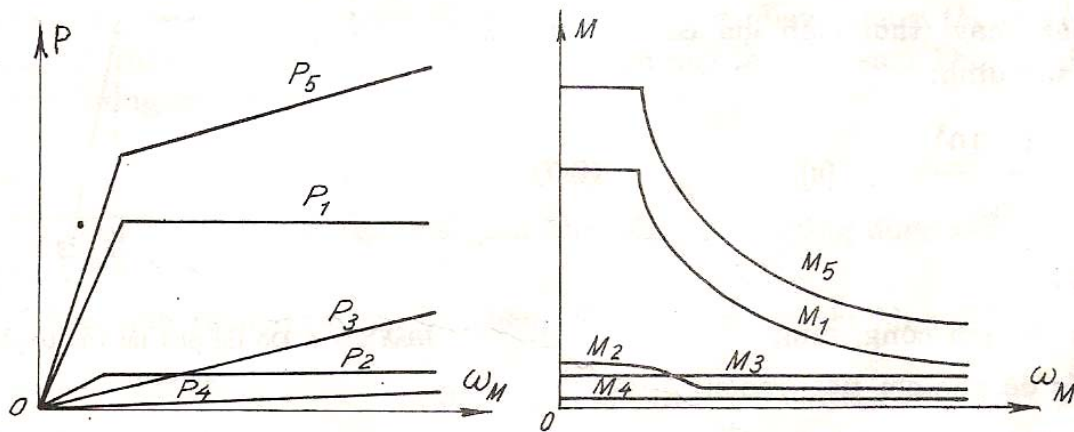
Tuy nhiên như đã phân tích, dạng đồ thị phụ tải thực tế của truyền động chính máy tiện có dạng hai vùng $F_z = \text{const}$ và $P_z = \text{const}$ (h 1.4)



Hình 2-2 Đồ thị phụ tải của truyền động chính máy tiện

2. Phụ tải của truyền động chính máy tiện đứng

Truyền động chính máy tiện đứng có dạng đặc thù riêng, khác so với máy tiện bình thường về cấu trúc và kích thước. Trên máy tiện đứng, chi tiết gia công có đường kính lớn và được đặt trên mâm cặp nằm ngang, hay nói cách khác trục mâm cặp là theo phương thẳng đứng. Do trọng lượng mâm cặp, trọng lượng chi tiết lớn nên lực ma sát ở gờ trượt và hộp tốc độ khá lớn. Vì vậy phụ tải trên trục động cơ truyền động chính máy tiện đứng là tổng của các thành phần lực cắt, lực ma sát ở gờ trượt, lực ma sát ở hộp tốc độ.



Hình 2.3 Đồ thị phụ tải của truyền động chính máy tiện đứng

Trên hình 2.3a, là đồ thị biểu diễn các thành phần công suất của truyền động chính và sự phụ thuộc của chúng vào tốc độ mâm cặp: P_1 – công suất khắc phục lực cắt; P_2 – công suất khắc phục lực ma sát ở gờ trượt; P_3 và P_4 – công suất khắc phục lực ma sát trong hộp tốc độ tương ứng do lực cắt và sự quay của mâm cặp; P_5 – tổng công suất của truyền động chính. Trên hình 2-3b, là các thành phần mômen tương ứng với tốc độ của mâm cặp.

Thành phần lực ma sát phụ thuộc vào tốc độ ảnh hưởng lớn đến quá trình quá độ của truyền động chính. Do khối lượng của mâm cặp và chi tiết lớn và sự khác nhau của hệ số ma sát lúc đứng yên và chuyển động nên mômen cản tĩnh khi khởi động của truyền động có thể đạt tới $60 \div 80\%$ momen định mức. Vì momen quán tính tổng qui đổi về trục động cơ có thể đạt tới $8 \div 9$ lần momen quán tính của động cơ nên quá trình khởi động của hệ thống diễn ra chậm với momen cản tĩnh lớn. Theo mức độ gia tốc của động cơ, momen cản tĩnh sẽ giảm nhanh và khi tốc độ tăng thì nó ít thay đổi.

3. Phụ tải của truyền động ăn dao

Lực ăn dao của truyền động ăn dao được xác định theo công thức:

$$F_{ad} = kF_x + F_{ms} + F_d, \quad [N]$$

Công suất ăn dao của máy tiện được xác định bằng công thức:

$$P_{ad} = F_{ad} \cdot v_{ad} \cdot 10^{-3} \quad , \quad [\text{kW}]$$

Công suất ăn dao thường nhỏ hơn công suất cắt 100 lần vì tốc độ ăn dao được xác định bởi lượng ăn dao và tốc độ góc chi tiết:

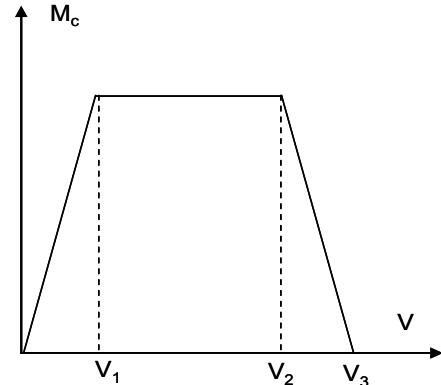
$$v_{ad} = s' \cdot \omega_{ct} \cdot 10^{-3} \quad , \quad [\text{m/s}] \quad (2-6)$$

nhỏ hơn tốc độ cắt nhiều lần.

ở đây
$$s' = \frac{s}{2\pi} \quad , \quad [\text{mm/rad}]$$

Lực và mômen phụ tải của truyền động ăn dao không phụ thuộc vào tốc độ của nó, vì phụ tải của truyền động ăn dao chỉ được xác định bởi khối lượng bộ phận di chuyển của máy và lực ma sát ở gờ trượt và ở hộp tốc độ.

Trên đồ thị phụ tải của truyền động ăn dao hình 2.4, ở dải tốc độ rộng $v_1 < v < v_2$ momen phụ tải là hằng số, ở vùng tốc độ $v < v_1$ và $v > v_2$ momen phụ tải sẽ thay đổi tuyến tính theo tốc độ



Hình 2.4 Đồ thị phụ tải của truyền động ăn dao

3) Thời gian máy

Thời gian máy (thời gian gia công) của máy tiện được xác định:

$$t_M = \frac{l \cdot 10^3}{v_{ad}} \quad , \quad [\text{s}] \quad (2-7)$$

Trong đó: l là chiều dài gia công, mm

ω_{ct} là tốc độ góc chi tiết, rad/s

s lượng ăn dao, mm/vg

Kết hợp (2-6) và (2-7) ta có công thức tính thời gian máy:

$$t_{NM} = \frac{l}{\omega_{ct} \cdot s'} \quad , \quad [\text{s}] \quad (2-8)$$

Như vậy để giảm thời gian gia công, ta phải tăng tốc độ cắt và lượng ăn dao và năng suất sẽ tăng.

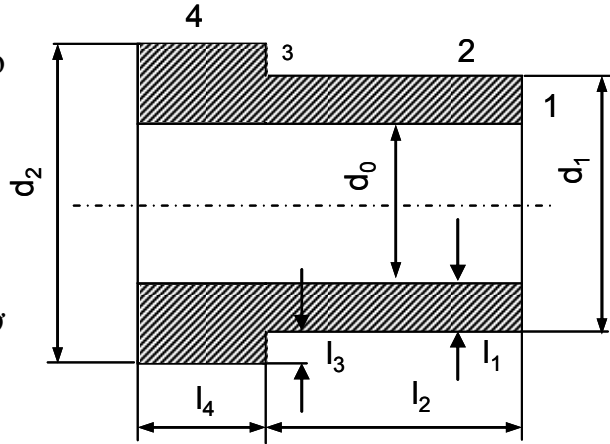
2.3 Phương pháp chọn công suất động cơ truyền động chính của máy tiện

Truyền động chính máy tiện thường làm việc ở chế độ dài hạn. Tuy nhiên, khi gia công các chi tiết ngắn, ở các máy trung bình và nhỏ, do quá trình thay đổi nguyên công và chi tiết chiếm thời gian quá lớn nên truyền động chính phải tiến hành tính toán ở một chế độ nặng nề nhất.

Giả thiết trên máy tiện thực hiện gia công chi tiết như ở hình 2-5. Các nguyên công khi gia công gồm 4 giai đoạn: 1 và 3 - tiện cắt hoặc tiện ngang; 2 và 4 - tiện trụ (tiện dọc). Phụ tải của động cơ trong từng nguyên công phụ thuộc vào các thông số chế độ cắt, vật liệu chi tiết dao v.v...

Quá trình tính toán như sau:

a) Từ các yếu tố chế độ cắt gọt, theo các công thức (2-1), (2-3), (2-4) và (2-8) xác định tốc độ cắt, lực cắt, công suất cắt và thời gian gia công ứng với từng nguyên công. Nếu tốc độ cắt tính được không phù hợp tốc độ của máy (theo số liệu kỹ thuật cơ khí) thì chọn lấy trị số có sẵn trong máy gần giống với tốc độ cắt tính toán.



Hình 2-5 Chi tiết được gia công trên máy tiện

Dùng trị số này tính lại P_z , t_m , theo (2-4) và (2-8). Trị số V , P_z , t_m này được dùng chính thức trong toàn bộ bài toán.

b) Chọn nguyên công nặng nề nhất và giả thiết ở nguyên công ấy máy làm việc ở chế độ định mức. Từ đó xác định hiệu suất của máy ứng với phụ tải của từng nguyên công theo công thức:

$$\eta = \frac{M_{hi}}{M_{hi} + M_{ms}} = \frac{1}{1 + \frac{a}{t} + b}$$

a, b - hệ số tổn hao không biến đổi và biến đổi.

Công suất trên trục động cơ ứng với từng nguyên công : $P_{Di} = \frac{P_{zi}}{\eta_i}$

Giả thiết trong thời gian gá lắp, tháo gỡ chi tiết, chuyển đổi từ nguyên công này sang nguyên công khác, động cơ quay không tải (mà không cắt điện động cơ) thì công suất trên trục động cơ lúc này là công suất không tải của máy, tức là bằng lượng mất mát không đổi: $P_o = a \cdot P_{cdm}$ (2-9)

Ứng với công suất này là thời gian phụ của máy, chúng được xác định theo tiêu chuẩn vận hành của máy Σt_0

c) Động cơ có thể chọn theo công suất trung bình hoặc công suất đẳng trị:

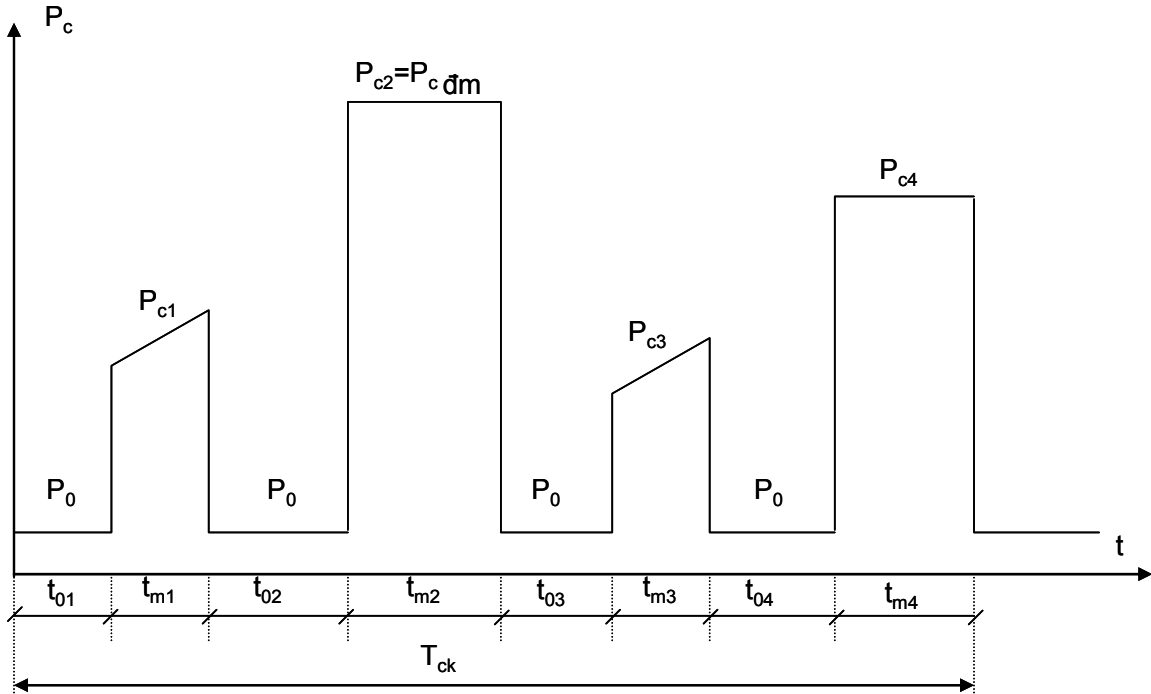
$$P_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^4 P_{ci} + \sum_{j=1}^n P_{0j}}{\sum_{i=1}^4 t_{mi} + \sum_{j=1}^n t_{0j}}$$

hoặc

$$P_{dt} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 P_{ci}^2 \cdot t_{mi} + \sum_{j=1}^n P_{0j}^2 \cdot t_{0j}}{\sum_{i=1}^4 t_{mi} + \sum_{j=1}^n t_{0j}}}$$

trong đó:

P_{ci}, t_i – công suất trên trục động cơ, thời gian máy của nguyên công thứ i
 P_{0j}, t_{0j} – công suất không tải trên trục động cơ, thời gian làm việc không tải của máy, $P_{0j} = P_0$
 n - số khoảng thời gian làm việc không tải



Hình 2-6 Đồ thị phụ tải của động cơ

Chọn động cơ có công suất định mức lớn hơn $20 \div 30\%$ công suất trung bình hay đẳng trị:

$$P_{đm} \approx (1,2 \div 1,3) P_{tb} \text{ hoặc } P_{đm} = (1,2 \div 1,3) P_{dt} \quad (2-12)$$

d) Động cơ truyền động chính máy tiện cần phải được kiểm nghiệm theo điều kiện phát nóng và quá tải

2.4 Những yêu cầu và đặc điểm đối với truyền động điện và trang bị điện của máy tiện

1. Những yêu cầu và đặc điểm chung

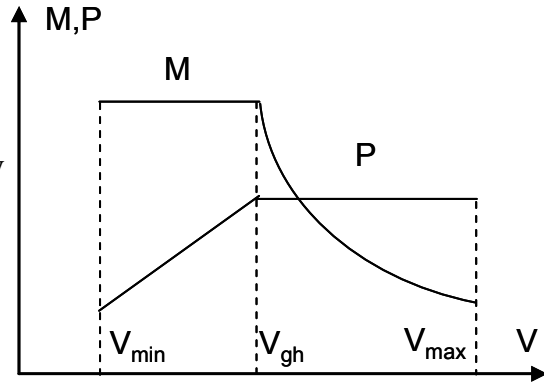
a. *Truyền động chính*: Truyền động chính cần phải được đảo chiều quay để đảm bảo quay chi tiết cả hai chiều, ví dụ khi ren trái hoặc ren phải. Phạm vi điều chỉnh tốc độ trục chính $D < (40 \div 125)/1$ với độ trơn điều chỉnh $\varphi = 1,06$ và $1,21$ và công suất là hằng số ($P_c = \text{const}$).

Ở chế độ xác lập, hệ thống truyền động điện cần đảm bảo độ cứng đặc tính cơ trong phạm vi điều chỉnh tốc độ với sai số tĩnh nhỏ hơn 10% khi phụ tải thay đổi từ không đến định mức. Quá trình khởi động, hãm yêu cầu phải trơn, tránh va đập trong bộ truyền lực. Đối với máy tiện cỡ nặng và máy tiện đứng dùng gia công chi tiết có đường kính lớn, để đảm bảo tốc độ cắt tối ưu

và không đổi ($v = \text{const}$) khi đường kính chi tiết thay đổi, thì phạm vi điều chỉnh tốc độ được xác định bởi phạm vi thay đổi tốc độ dài và phạm vi thay đổi đường kính:

$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = \frac{v_{\max}}{D_{ct \min}} \cdot \frac{D_{ct \max}}{v_{\min}} = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} \cdot \frac{D_{d \max}}{D_{d \min}} \quad (2-13)$$

Ở những máy tiện cỡ nhỏ và trung bình, hệ thống truyền động điện chính thường là động cơ không đồng bộ roto lồng sóc và hộp tốc độ có vài cấp tốc độ. Ở các máy tiện cỡ nặng, máy tiện đứng, hệ thống truyền động chính điều chỉnh 2 vùng, sử dụng bộ biến đổi động cơ điện một chiều (BBĐ – Đ) và hộp tốc độ: khi $v < v_{gh}$ đảm bảo $M = \text{const}$; khi $v > v_{gh}$ thì $P = \text{const}$. Bộ Biến đổi có thể là máy phát một chiều hoặc bộ chỉnh lưu dùng Thyristor.



2-7 Biểu đồ momen và công suất động cơ trong truyền động chính

b. Truyền động ăn dao: Truyền động ăn dao cần phải đảo chiều quay để đảm bảo ăn dao hai chiều. Đảo chiều bàn dao có thể thực hiện bằng đảo chiều động cơ điện hoặc dùng khớp ly hợp điện từ. Phạm vi điều chỉnh tốc độ của truyền động điện hoặc dùng khớp ly hợp điện từ. Phạm vi điều chỉnh tốc độ của truyền động ăn dao thường là $D = (50 \div 300)/1$ với độ trơn điều chỉnh $\varphi = 1,06$ và $1,21$ và momen không đổi ($M = \text{const}$).

Ở chế độ làm việc xác lập, độ sai lệch tĩnh yêu cầu nhỏ hơn 5% khi phụ tải thay đổi từ không đến định mức. Động cơ cần khởi động và hãm êm. Tốc độ di chuyển bàn dao của máy tiện cỡ nặng và máy tiện đứng cần liên hệ với tốc độ quay chi tiết để đảm bảo nguyên lượng ăn dao.

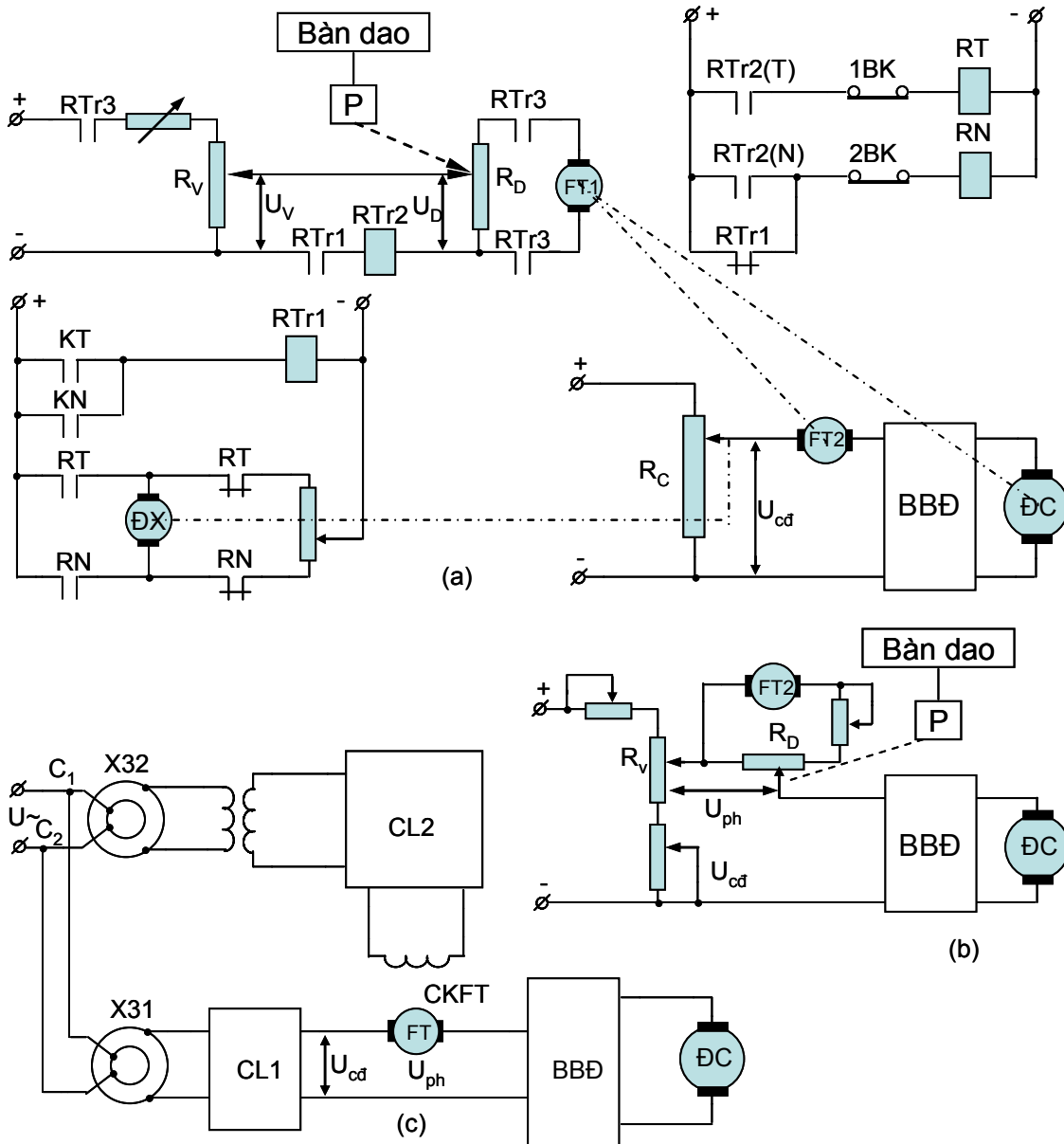
Ở máy tiện cỡ nhỏ thường truyền động ăn dao được thực hiện từ động cơ truyền động chính, còn ở những máy tiện nặng thì truyền động ăn dao được thực hiện từ một động cơ riêng là động cơ một chiều cấp điện từ khuếch đại máy điện hoặc bộ chỉnh lưu có điều khiển.

c. Truyền động phụ: Truyền động phụ của máy tiện không yêu cầu điều chỉnh tốc độ và không yêu cầu gì đặc biệt nên thường sử dụng động cơ không đồng bộ roto lồng sóc kết hợp với hộp tốc độ.

2. Các sơ đồ điều khiển điển hình ở máy tiện đứng và máy tiện cỡ nặng

Các máy tiện đứng và máy tiện cỡ nặng có một trong các chế độ làm việc cơ bản là tiện mặt đầu. Để đạt được năng suất lớn nhất ứng với các thông số của chế độ cắt tối ưu, yêu cầu phải duy trì tốc độ cắt không đổi. Để đạt được điều đó, khi đường kính D của chi tiết giảm dần, cần phải điều chỉnh tốc độ

góc của chi tiết ω_{ct} theo luật hyperbol: $\omega_{ct}.D = \text{const}$. Sau đây ta xét một số sơ đồ điều khiển điển hình.



Hình 2-8 Các sơ đồ điều khiển duy trì tốc độ cắt là hằng số ($v = \text{const}$)

Đattric đường kính chi tiết gia công khi tiện mặt đầu là biến trở D_D . Con trượt của nó liên hệ với bàn dao qua bộ điều tốc P. Phạm vi di chuyển lớn nhất của con trượt sẽ tương ứng với đường kính lớn nhất của chi tiết gia công trên mặt máy. Điện áp đặt lên biến trở R_D được lấy từ máy phát tốc FT1 tỉ lệ với tốc độ góc của chi tiết, vì vậy $U_D \sim \omega_{ct}.D$. Điện áp đặt lên biến trở R_V là điện áp ổn định. Điện áp lấy ở con trượt của R_V sẽ tỉ lệ với tốc độ cắt.

Hiệu điện áp ở các đầu con trượt của biến trở R_V và R_D là U_V-U_D được đặt vào role 3 vị trí RTr2. Rơ le này sẽ điều khiển động cơ ĐX đặt tốc độ quay của động cơ chính ĐC.

Khi khởi động, biến trở R_c ở vị trí tương ứng với tốc độ góc mâm cặp nhỏ nhất, còn $U_D = 0$. Sau khi khởi động, động cơ chính (role KT hoặc KN tác động), do tiếp điểm RTr2(T) kín nên role RT tác động, động cơ ĐX quay theo chiều thuận ứng với sự tăng tốc của động cơ chính và điện áp máy phát tốc FT1. Khi điện áp $U_D=U_V$, role RTr2 mất điện nên RT ngắt nên động cơ ĐX dừng được hãm động năng.

Tốc độ của động cơ chính sẽ tương ứng với tốc độ cắt đặt trước và vị trí bàn dao khi bắt đầu gia công.

Khi gia công, bàn dao di chuyển tới tâm, con trượt của biến trở di chuyển về hướng giảm U_D , do đó role RTr2, RT lại tác động; động cơ ĐX lại quay theo chiều tăng tốc độ động cơ trục chính, như vậy duy trì được điện áp $U_D \sim \omega_{ct} \cdot D$ là hằng số. Khi tốc độ góc động cơ chính đạt giá trị lớn nhất, công tắc hành trình 1BK tác động, động cơ ĐX dừng quay.

Khi dừng mâm cặp, role RTr2 tác động tương ứng với tiếp điểm RTr2(N) đóng và động cơ ĐX quay theo chiều giảm tốc độ động cơ chính, con trượt biến trở R_c được di chuyển về vị trí ban đầu, công tắc hành trình 2BK sẽ bị tác động dừng động cơ ĐX.

Tốc độ cắt được duy trì không đổi với độ chính xác phụ thuộc độ chính xác chế tạo bộ phận liên hệ giữa bàn dao và biến trở R_D , mức độ tuyến tính của đặc tính biến trở R_D và phát tốc, độ nhạy điểm không của role cực tính RTr2, và độ ổn định của các thông số của sơ đồ khi nhiệt độ và điện áp lưới thay đổi.

Trên hình 2-8b là sơ đồ điều khiển tốc độ quay của động cơ ĐC theo hàm của đường kính chi tiết gia công theo nguyên lý $U_{cd} \approx U_{ph} \approx \omega D$. Điện áp chủ đạo U_{cd} tỉ lệ với tốc độ cắt được đặt bằng biến trở R_V . Điện áp phản hồi $U_{ph} \approx \omega D$. Nếu hệ thống điều chỉnh có bộ điều chỉnh PI thì luôn luôn có:

$$U_{cd} = U_{ph} \approx \omega D \text{ nghĩa là } V_z = \omega D$$

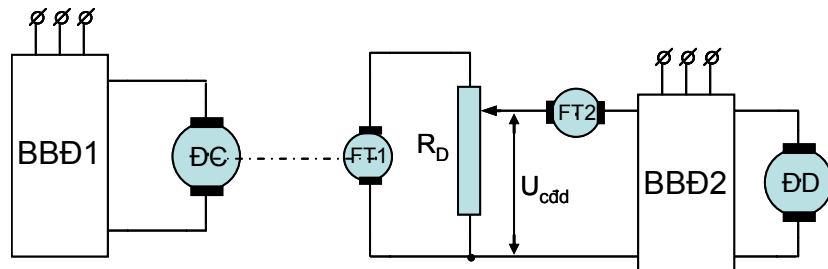
Trên hình 2-8c là sơ đồ điều khiển duy trì tốc độ cắt là hằng số thực hiện bằng các đătttric đường kính và tốc độ kiểu không tiếp điểm. Điện áp phát ra của đătttric X31 tỉ lệ với tốc độ dài V_z . Điện áp phản hồi lấy từ máy phát tốc FT, cuộn dây kích từ phát tốc được cấp từ đătttric X32 qua cầu chỉnh lưu CL2 tỉ lệ với đường kính của chi tiết $U_{CL2} = K_1 D$; như vậy điện áp phát tốc $U_{FT} = K_2 \omega D$.

Sơ đồ điều khiển đảm bảo $U_{cd} = U_{ph} = K_2 \omega D$ và điều khiển $\omega \cdot D = \text{const}$

Độ chính xác duy trì tốc độ cắt phụ thuộc vào những yếu tố: Đặc tính phi tuyến của đătttric X32 và phát tốc, đường cong từ trễ của phát tốc.

Để thực hiện phép nhân các tín hiệu tỉ lệ với ω và D , có thể dùng bộ nhân bằng điện tử thay cho máy phát tốc. Ưu điểm của nó là điều chỉnh trơn, độ tin cậy cao. Nhược điểm là khó chỉnh định mạch sao cho quá trình quá độ tối ưu trong toàn bộ điều chỉnh.

Một yêu cầu đặc biệt đối với máy tiện cỡ nặng và máy tiện đứng là duy trì lượng ăn dao không đổi. Điều đó có thể thực hiện bằng sơ đồ 2-9. Điện áp chủ đạo của hệ thống truyền động ăn dao được lấy từ máy phát tốc FT1 nối cứng với trục động cơ truyền động chính ĐC. Khi đó $U_{cđd} = K_1 \omega_D = K_2 \omega_C$ và $\omega_D / \omega_C = \text{const}$. Chiết áp R_D sẽ đặt lượng ăn dao



Hình 2-9 Sơ đồ duy trì lượng ăn dao là hằng số

2.5 Một số sơ đồ điều khiển máy tiện điển hình

1. Sơ đồ điều khiển truyền động chính máy tiện nặng 1A660

Máy tiện nặng 1A660 được dùng để gia công chi tiết bằng gang hoặc thép có trọng lượng 250N, đường kính chi tiết lớn nhất có thể gia công trên máy là 1,25m. Động cơ truyền động chính có công suất 55kW. Tốc độ trục chính được điều chỉnh trong phạm vi 125/1 với công suất không đổi, trong đó phạm vi điều chỉnh tốc độ động cơ là 5/1 nhờ thay đổi từ thông động cơ. Tốc độ trục chính ứng với 3 cấp của hộp tốc độ có giá trị như sau:

cấp 1: $n_{tc} = 1,6 \div 8$ vòng / phút

cấp 2: $n_{tc} = 8 \div 40$ vòng/ phút

cấp 3: $n_{tc} = 40 \div 200$ vòng/ phút

Truyền động ăn dao được thực hiện từ động cơ truyền động chính. Lượng ăn dao được điều chỉnh trong phạm vi 0,064 ÷ 26,08 mm/vg

Truyền động chính được thực hiện từ hệ thống F-Đ. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi dòng điện kích từ của động cơ, còn sức điện động của máy phát giữ không đổi.

a/ *Mạch động lực* Động cơ Đ quay truyền động chính được cấp điện từ máy phát F. Động cơ sơ cấp quay máy phát F không thể hiện trên sơ đồ. Kích từ của động cơ Đ là cuộn CKĐ(2). Kích từ của máy phát là cuộn CKF(9). Để động cơ Đ làm việc được cần $\text{ĐG}(\text{đl}) = 1$, nối điện áp máy phát với động cơ đồng thời $K_2(\text{đl}) = 0$, để giải phóng mạch hãm động năng. Cuộn kích từ

CKĐ(2) được cấp đủ điện để đảm bảo từ thông Φ_D và cuộn kích từ máy phát CKF(9) có điện để tạo từ thông Φ_F làm cho máy phát F tạo ra điện áp U_F .

Role RC(đl) bảo vệ quá dòng có tiếp điểm là RC(27). Khi dòng điện qua động cơ lớn hơn giá trị cho phép, $RC(\text{đl}) = 1, \rightarrow RC(9) = 0, \rightarrow$ cắt điện mạch điều khiển (dòng 27)

Role RH(đl) và RCB(đl) có giá trị tác động khác nhau. Giá trị tác động của RCB bằng giá trị định mức của điện áp máy phát; còn giá trị tác động của RH bằng 10% giá trị định mức của điện áp máy phát.

RG1 và RD1 là hai cuộn dòng của rơle RG và RD. Hai cuộn áp tương ứng là RG2(9) và RD2(8). Hai cuộn dòng và áp nối ngược cực tính nhau. Bình thường khi cuộn áp có điện sẽ làm cho tiếp điểm của rơle tương ứng đóng lại. Nếu dòng điện trong động cơ lớn hơn giá trị cho phép thì cuộn dòng sẽ tạo ra lực đẩy lớn hơn lực hút của cuộn áp làm cho tiếp điểm của nó mở ra. Cụ thể khi:

$$RG(9) = 1, \rightarrow RG(8) = 1; \text{ nếu } I_D > I_{cf1} \rightarrow F_{\text{đẩy } RG1} > F_{\text{hút } RG2} \rightarrow RG(8) = 0;$$

$$RD(8) = 1, \rightarrow RD(4) = 1, \text{ nếu } I_D > I_{cf2} \rightarrow F_{\text{đẩy } RD} > F_{\text{hút } RD2} \rightarrow RD(4) = 0,$$

b/ Mạch kích từ động cơ

Cuộn CKĐ(2) là cuộn kích từ của động cơ Đ được cấp từ nguồn một chiều cùng nguồn với cuộn CKF(9) và là nguồn cấp cho mạch khống chế. Biến trở ĐKT(2) nối tiếp với cuộn CKĐ để thay đổi dòng điện chạy qua nó, làm thay đổi từ thông Φ_D để thay đổi tốc độ động cơ trên tốc độ cơ bản. Khi RKT(2) và Rđ(2) bị nối tắt thì dòng CKĐ bằng định mức.

Role dòng RT(2) có giá trị tác động bằng dòng định mức của CKĐ.

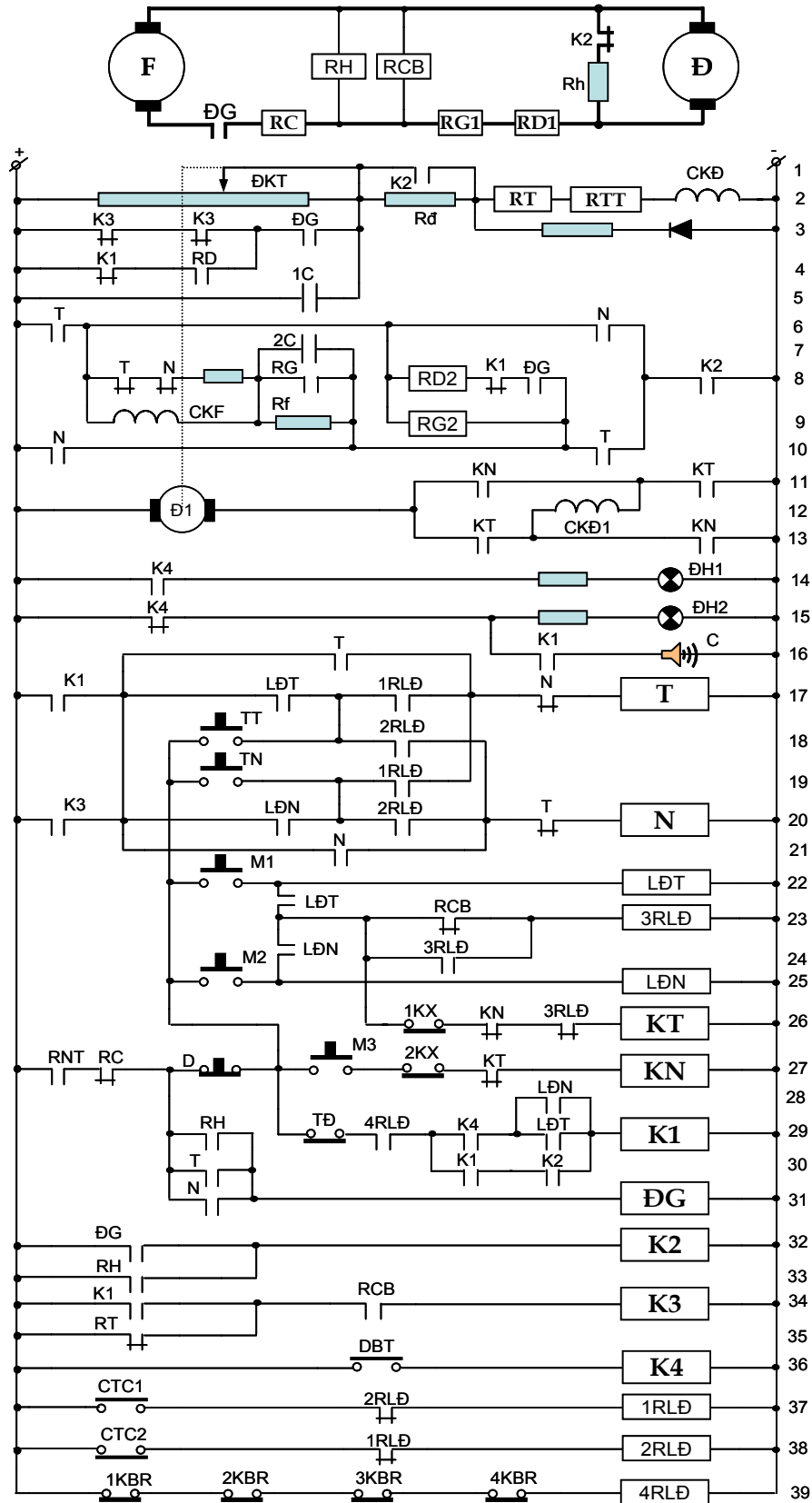
Role dòng RTT(2) là role bảo vệ thiếu từ thông Φ_D . Giá trị tác động của nó nhỏ thua dòng CKĐ nhỏ nhất để tạo ra tốc độ lớn nhất của động cơ.

c/Mạch kích từ máy phát

Cuộn CKF(9) là cuộn kích từ máy phát được cấp điện bởi cầu tiếp điểm T,N(6) và N,T(10). Khi T(6) = 1, và T(10) = 1, tương ứng với chiều quay thuận của động cơ. Khi N(6) = 1, và N(10) = 1, tương ứng với chiều quay ngược của động cơ. Điện trở Rf nối tiếp với cuộn CKF(9) nhằm giảm dòng qua nó, kết quả điện áp của máy phát giảm nhằm làm giảm dòng trong động cơ.

d/Các điều kiện làm việc của máy

1. Phải đủ dòng kích từ cho động cơ $\rightarrow RTT(1) = 1,$
2. Phải đủ dòng bôi trơn $\rightarrow DBT(36) = 1, \rightarrow K4(36) = 1, \rightarrow K4(29) = 1,$
3. Các bánh răng đã ăn khớp: $1KBR(39) = 1, 2KBR(39) = 1,$
 $3KBR(39) = 1, 4KBR(39) = 1, \rightarrow 4RLĐ(39) = 1, \rightarrow 4RLĐ(29) = 1,$
4. Trị số tốc độ đã được chọn $\rightarrow TĐ(29) = 1,$



Hình 2-10. Sơ đồ truyền động chính máy tiện hệ F-Đ (1660)

5. Chiều quay đã được chọn: chọn động cơ quay thuận \rightarrow CTC1(37) = 1, 1RLĐ(37) = 1, \rightarrow 1RLĐ(17) = 1 và 1RLĐ(19) = 1; chọn quay ngược \rightarrow CTC2(38) = 1, 2RLĐ(38) = 1, 2RLĐ(18) = 1 và 2RLĐ(20) = 1,

e/ Khởi động (khởi động thuận)

Các điều kiện làm việc đã đủ. Chiều quay đã được chọn.

Ấn nút M1(22) \rightarrow LĐT(22) = 1, \rightarrow LĐT(17) = 1, + LĐT(22,23) = 1, + LĐT(29) = 1, \rightarrow K1(29) = 1, K1(30) = 1, + K1(34) = 1, + K1(17) = 1, \rightarrow T(17) = 1, \rightarrow T(16) = 1, + T(20) = 0, + T((30) = 1, \rightarrow ĐG(31) = 1, \rightarrow ĐG(32) = 1, \rightarrow K2(32) = 1, \rightarrow K2(30) = 1, nối với K1(30) tạo ra mạch duy trì cho K1(29). Kết quả khi ấn nút M1, các phần tử sau đây có điện: K1, T, ĐG và K2.

Trên mạch động lực, ĐG(đl) = 1, nối F với Đ; K2(đl) = 1, giải phóng mạch hãm động năng.

K2(1) = 1, \rightarrow Rđ(2) bị nối tắt; ĐG(3) = 1, \rightarrow ĐKT(2) bị nối tắt; \rightarrow I_{CKĐ} = đm \rightarrow $\Phi_{Đ}$ = đm.

K2(8) = 1, + T(6) = 1, + T(10) = 1, \rightarrow RG2(9) = 1, \rightarrow RG(8) = 1, \rightarrow Rf bị nối tắt nên I_{CKF} = đm \rightarrow U_F nhanh chóng tăng đến giá trị định mức.

Động cơ khởi động cưỡng bức làm cho tốc độ tăng nhanh nhưng dòng điện có thể vượt quá giá trị cho phép.

Nếu I_Đ > I_{cf1} \rightarrow F_{dRG1} > F_{hRG2} \rightarrow RG(8) = 0, Rf + CKF \rightarrow I_{CKF} \downarrow \rightarrow U_F \downarrow \rightarrow I_Đ \downarrow

Khi I_Đ < I_{cf1} \rightarrow F_{dRG1} < F_{hRG2} \rightarrow RG(8) = 1, Rf = 0, \rightarrow I_{CKF} \uparrow \rightarrow U_F \uparrow \rightarrow I_Đ \uparrow

Nếu I_Đ vẫn còn lớn hơn giá trị cho phép thì quá trình trên được lặp lại nghĩa là dòng điện trong động cơ không thể vượt qua giá trị cho phép và được gọi là hạn chế dòng theo *nguyên tắc rung*.

Mặc dầu có sự thay đổi dòng điện trong động cơ nhưng tốc độ động cơ vẫn cứ tăng do quán tính. Khi tốc độ tăng thì dòng điện trong động cơ giảm dần; đến lúc I_Đ < I_{cf1} thì quá trình rung chấm dứt.

Khi điện áp máy phát đạt giá trị định mức (ổn định) thì role RCB(đl) = 1, \rightarrow RCB(34) = 1, \rightarrow K3(34) = 1, \rightarrow K3(20) = 1, + K3(3) = 0, ĐKT + CKĐ \rightarrow I_{CKĐ} \downarrow \rightarrow $\Phi_{Đ}$ \downarrow \rightarrow $\omega_{Đ}$ \uparrow . Dịch ĐKT qua phải, động cơ tăng tốc; dịch ĐKT qua trái, động cơ giảm tốc.

Khởi động ngược bằng cách ấn M2 – (người đọc tự nghiên cứu).

f/ Hãm máy khi động cơ đang quay thuận

Các phần tử K1, T, ĐG, K2, K3, RCB, RH có điện khi động cơ đang quay thuận. Muốn dừng, ấn nút dừng D(27) \rightarrow K1(29) = 0, K1(34) = 0, nhưng K3(34) = 1, do RT(35) = 1, và K1(17) = 0, nhưng T(17) = 1, do K3(20) = 1; K1(8) = 1, \rightarrow RD2 = 1, \rightarrow RD(4) = 1, + K1(4) = 1, nên ĐKT(2) bị nối tắt \rightarrow I_{CKĐ} tăng về giá trị định mức \rightarrow động cơ hãm tái sinh giảm tốc về giá trị cơ bản. Trong quá trình hãm này, nếu I_Đ < I_{cf2} thì role RD thực hiện việc hạn chế dòng theo *nguyên tắc rung* tương tự như RG.

Khi dòng điện trong cuộn kích từ $I_{CKĐ} = đm$ thì role $RT(2) = 1, \rightarrow RT(35) = 0, \rightarrow K3(34) = 0, \rightarrow K3(20) = 0, \rightarrow T(17) = 0, \rightarrow T(6) = 0, + T(10) = 0, \rightarrow I_{CKF} = 0, \rightarrow U_F$ giảm về $U_{đr} \rightarrow$ động cơ hãm tái sinh giảm tốc.

Khi $U_F \leq U_{đr} \rightarrow RH(đl) = 0, \rightarrow RH(29) = 0, + T(30) = 0, \rightarrow ĐG(31) = 0, \rightarrow ĐG(32) = 0, + RH(33) = 0, \rightarrow K2(32) = 0$. Trên mạch động lực $ĐG(đl) = 0, K2(đl) = 1, \rightarrow$ động cơ hãm tái sinh giảm tốc về không.

Hãm máy khi động cơ đang quay ngược - (người đọc tự nghiên cứu).

g/ Thử máy

Các điều kiện làm việc đã đủ, chiều quay đã được chọn; giả sử chọn chiều quay thuận.

Ấn TT(18) hoặc TN(19) $\rightarrow T(17) = 1, \rightarrow T(30) = 1, ĐG(31) = 1, \rightarrow ĐG(32) = 1, \rightarrow K2(32) = 1$. Kết quả ta có T, ĐG, K2 có điện.

Việc khởi động diễn ra tương tự như đã mô tả như khi ấn nút M1 nhưng không có duy trì (do không có K1). Dòng $I_{CKĐ} = đm \rightarrow RT(2) = 1, \rightarrow RT(35) = 1$ nên K3 không thể có điện $\rightarrow ĐKT$ luôn luôn bị nối tắt \rightarrow động cơ chỉ tăng tốc đến tốc độ cơ bản.

Khi thả nút ấn, động cơ thực hiện việc hãm tái sinh do giảm điện áp máy phát và hãm động năng.

Thử ngược - (người đọc tự nghiên cứu).

h/ Điều khiển tốc độ từ xa

Sử dụng động cơ xec vô (servomotor) Đ1(12) để quay biến trở ĐKT(2). Muốn tăng tốc, ấn M1(22) hoặc M2(25) $\rightarrow LĐT(22) = 1, \text{ hoặc } LĐN(25) = 1, \rightarrow LĐT(22,23) = 1, \text{ hoặc } LĐN(23,24) = 1, \rightarrow KT(26) = 1, KT(11) = 1 \text{ và } KT(13) = 1, \rightarrow Đ1(12) = 1, \rightarrow$ quay ĐKT về phía phải để tăng tốc động cơ và 1KX(26) là công tắc giới hạn hành trình của ĐKT ở bên phải.

Muốn giảm tốc, ấn M3(27) $\rightarrow KN(27) = 1, \rightarrow KN(11) = 1, + KN(13) = 1, Đ1(12) = 1, \text{ quay } ĐKT(2) \text{ về phía trái làm giảm tốc động cơ và } 2KX(27) \text{ là công tắc giới hạn hành trình của } ĐKT \text{ ở bên trái.}$

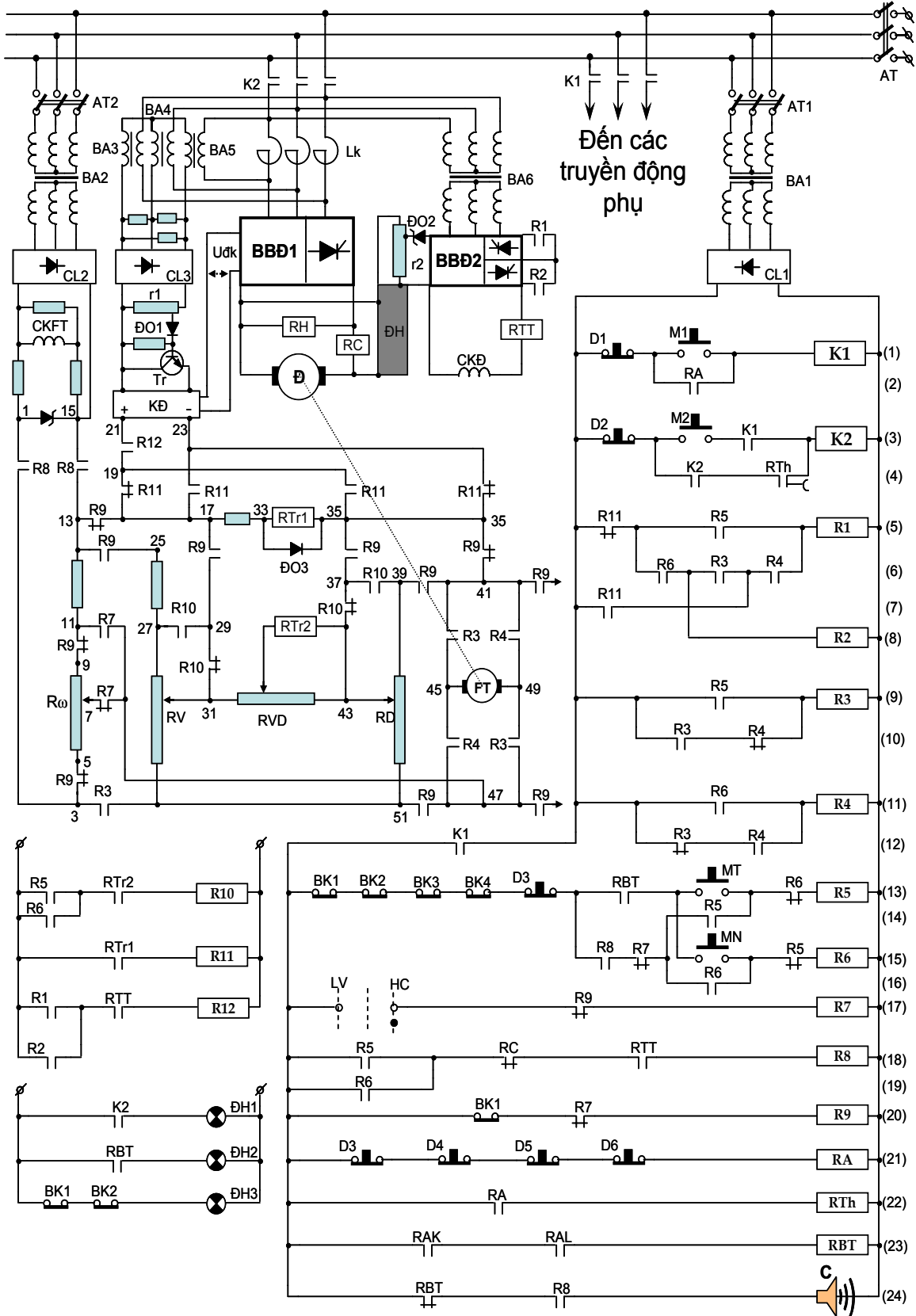
j/ Mạch tín hiệu

Đèn ĐH1(14) sáng báo hiệu đủ dầu bôi trơn.

Đèn ĐH2(15) sáng báo hiệu thiếu dầu bôi trơn

Còi C(16) kêu báo hiệu thiếu dầu bôi trơn khi đang làm việc.

2. Sơ đồ điều khiển truyền động chính máy tiện đứng 1540



Hình 2-11. Sơ đồ truyền động chính máy tiện hệ T-Đ (1540)

Động cơ Đ1 là động cơ truyền động chính có công suất 70kW; điện áp phản ứng 440V. Phạm vi điều chỉnh tốc độ bằng điều chỉnh điện áp phản ứng là $D_u = 6,7/1$ và điều chỉnh từ thông là $D_\Phi = 3/1$.

a/ Mạch động lực:

Động cơ Đ quay truyền động chính được cấp điện từ bộ biến đổi BBĐ1. BBĐ1 gồm bộ chỉnh lưu cầu 3 pha dùng Thyristor, không có máy biến áp nên phải sử dụng cuộn kháng Lk để chống tốc độ tăng dòng anốt và hệ thống phát xung điều khiển cho Thyristor. Điện áp U_{dk} được đặt vào khâu so sánh của hệ thống phát xung điều khiển. Khi U_{dk} thay đổi sẽ làm cho góc mở α thay đổi để thay đổi điện áp ra của bộ BBĐ1 nhằm thay đổi tốc độ động cơ dưới tốc độ cơ bản.

Điện áp U_{dk} là đầu ra của bộ khuếch đại một chiều KĐ; đầu vào của KĐ gồm có hai kênh:

- kênh 1: đặt vào chân 21-23 của KĐ là hiệu số của 2 giá trị điện áp: điện áp chủ đạo U_{cd} lấy trên điện trở $R\omega(5-9)$ và điện áp phản hồi âm tốc độ lấy trên máy phát tốc FT(45- 49). Do đó

$$U_{dk} = k(U_{cd} - U_{FT})$$

với k là hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại KĐ

- kênh 2: là khâu hạn chế dòng điện trong động cơ gồm 3 biến áp BA3, BA4, BA5 có cuộn sơ cấp nối song song với cuộn kháng Lk; cuộn thứ cấp nối với chỉnh lưu CL3 có điện áp đầu ra đặt lên điện trở r1, nối với điốt ĐO1 và transistor Tr. Khi dòng điện trong động cơ Đ lớn hơn giá trị cho phép thì điện áp rơi trên Lk lớn \rightarrow điện áp trên CL1 cũng như trên r1 đủ lớn để cho ĐO1 thông làm cho transistor Tr mở. Kết quả là điện áp ra của bộ khuếch đại một chiều giảm nhằm làm giảm điện áp ra của BBĐ1 để giảm dòng trong động cơ không vượt quá giá trị cho phép.

b/ Mạch kích từ

CKĐ là cuộn kích từ của động cơ Đ được cấp từ bộ biến đổi BBĐ2. BBĐ2 gồm bộ chỉnh lưu 3 pha hình tia nối song song ngược và hai hệ thống phát xung điều khiển cho hai nhóm Thyristor nối anot chung và catot chung điều khiển theo phương pháp độc lập.

Khi $R1 = 1$, nhóm chỉnh lưu phía trên (nhóm catot chung) làm việc, cuộn CKĐ có dòng tạo ra từ thông Φ ứng với chiều quay thuận của động cơ. Khi $R2 = 1$, nhóm chỉnh lưu phía dưới (nhóm anot chung) làm việc, cuộn CKĐ có dòng tạo ra từ thông Φ ứng với chiều quay ngược của động cơ.

Role RTT là role bảo vệ thiếu từ thông Φ . Khi đủ dòng qua nó, $RTT = 1$.

c/ Phối hợp điều khiển giữa điện áp phản ứng và từ thông của động cơ

Điện áp phản ứng của động cơ là 440V. Khi $U_{BBĐ} < 420V$ thì điện áp do khâu đo lường ĐH đặt lên điện trở r2 chưa đủ để ĐO2 thông; hệ thống phát

xung mở các Thyristor phải mở với góc mở α nhỏ nhất để điện áp ra của BBD2 là lớn nhất tương ứng với dòng kích từ của động cơ là lớn nhất. Khi $U_{\text{BBD}} \geq 420\text{V}$, điện áp trên r2 đủ để cho ĐO2 thông, hệ thống phát xung của BBD2 thay đổi được góc mở α (tùy giá trị đặt) làm thay đổi điện áp ra của BBD2 làm thay đổi dòng kích từ của động cơ làm tăng tốc độ động cơ trên tốc độ cơ bản.

d/ Điều kiện làm việc của máy

- Ấn M1 $\rightarrow K1(1) = 1$, \rightarrow đóng điện cho các truyền động phụ; $K1(3) = 1$, và $K1(12) = 1$, \rightarrow cấp điện cho các dòng từ (12) ÷ (24). Nếu đủ điện áp lưới $\rightarrow RA(21) = 1$, $\rightarrow RA(2) = 1$, duy trì cho cuộn K1;

- Đủ dầu bôi trơn và áp lực dầu: $RAK(23) = 1$, $RAL = 1$, $\rightarrow RBT(23) = 1$, $\rightarrow RBT(13) = 1$,

- Các bánh răng đã được ăn khớp: $BK1(13) = 1$, $BK2(13) = 1$,

- Xà ngang đã được kẹp chặt : $BK3(13) = 1$,

- Truyền động nâng hạ xà thôi làm việc: $BK4 = 1$,

e/ Khởi động

Ấn M2(3) $\rightarrow K2(3) = 1$, $\rightarrow K2(4) = 1$, và $K2(\text{đl}) = 1$, làm cho BBD1 và BBD2 có điện chuẩn bị cho mạch động lực làm việc.

Muốn khởi động thuận, ấn MT(13) $\rightarrow R5(13) \rightarrow R5(14) = 1$, + $R5(18) = 1$, + $R5(5) = 1$, $\rightarrow R1(5) = 1$, và $R5(9) = 1$, $\rightarrow R3(9) = 1$. Do R1 có điện nên hệ thống phát xung của BBD2 làm việc \rightarrow dòng CKĐ tăng lên giá trị định mức. Khi dòng CKĐ đạt đến giá trị chỉnh định (nhỏ thua dòng định mức) thì role bảo vệ thiếu từ thông RTT tác động $\rightarrow RTT(17) = 1$, $\rightarrow R12(17) = 1$, [R1(17) đã đóng] và $RTT(18) = 1$, $\rightarrow R8(18) = 1 \rightarrow R8(15)$ tạo mạch duy trì cho R5 (gồm $R8(15) + R7(15) + R5(14)$).

Kết quả khi ấn MT ta có được R5, R1, R3, R8 và R12 có điện.

$R8(15-13) = 1$, + $R8(1-3) = 1$, $\rightarrow R\omega(5-9)$ được đặt điện áp U_{cd} do nguồn CL2 cấp; $R12(19-21) = 1$, + $R3(41-45) = 1$, + $R3(45-49) = 1$, sẽ nối U_{cd} với U_{FT} qua các điểm (từ dương nguồn sang âm nguồn) sau: 15, 13, 17, 19, 21, 23, 35, 41, 45, 49, 47, 7, 5, 3, 1. Với giá trị $U_{\text{cd}} - U_{\text{FT}}$ này đặt vào bộ khuếch đại một chiều KĐ làm cho $U_{\text{dk}} \neq 0$, $\rightarrow U_{\text{BBD1}} \neq 0 \rightarrow$ động cơ khởi động.

Trong quá trình khởi động, nếu dòng điện trong động cơ lớn hơn giá trị cho phép thì khâu hạn chế dòng tham gia vào làm việc. Khi thay đổi biến trở $R\omega(5-9)$, $\rightarrow U_{\text{dk}}$ thay đổi làm thay đổi góc mở α làm thay đổi tốc độ động cơ dưới tốc độ cơ bản. Khi $U_{\text{BBD}} \geq 420\text{V}$ thì ĐO2 thông, cho phép hệ thống phát xung của BBD2 thay đổi góc mở để thay đổi dòng trong cuộn CKĐ làm thay đổi tốc độ trên tốc độ cơ bản.

Lưu ý là thế tại điểm 45 dương hơn so với điểm 49 và điểm 17 dương hơn so với điểm 35. Do đó điôt ĐO3 (33-35) thông $\rightarrow RTr1 = 0$.

Khởi động ngược, ấn MN(15) - tự nghiên cứu

f/ Hãm máy

Giả sử động cơ đang quay thuận như trình bày ở mục e/. Các phần tử đang có điện là R5, R1, R3, R8, R12.

Ấn nút dừng D3(13) \rightarrow R5(13) = 0, \rightarrow R5(5) = 0, \rightarrow R1(5) = 0, + R5(9) = 1, nhưng R3(9) = 1, + R5(18) = 0, \rightarrow R8(18) = 0, \rightarrow R8(1-3) = 0, + R8(15-13) = 0, \rightarrow U_{cd} đặt lên trên $R\omega(5-9)$ bằng 0 $\rightarrow U_{dk} \approx U_{FT}$ nghĩa là tỉ lệ với tốc độ của động cơ.

Lúc này, thế tại điểm 35 lớn hơn thế tại điểm 17 (do $U_{cd} = 0$) nên diot ĐO3 khoá, RTr1(33-35) = 1, \rightarrow RTr1(15) = 1, \rightarrow R11(15) = 1, \rightarrow R11(17-23) = 1, + R11(19-35) = 1, + R11(17-19) = 0, + R11(23-35) = 0, \rightarrow cực tính dương của FT được đặt vào điểm 21 cho phù hợp với cực tính đầu vào của bộ KĐ.

R11(5) = 0, + R11(7) = 1, \rightarrow R2(8) = 1. Trên bộ BBD2, nhóm chỉnh lưu phải trên dừng làm việc, nhóm chỉnh lưu phía dưới làm việc. Tốc độ động cơ giảm tốc để đảo chiều quay. Trong giai đoạn giảm tốc này, điện áp U_{dk} do tỉ lệ với tốc độ nên cũng giảm theo làm cho điện áp ra của bộ BBD1 càng giảm nên tốc độ giảm càng nhanh.

Quá trình giảm tốc làm cho thế tại điểm 35 càng giảm; đến lúc thế tại điểm 35 gần bằng thế tại điểm 33 thì RTr1(33-35) thôi tác động \rightarrow R11(15) = 0, \rightarrow R11(19-35) = 0, + R11(17-23) = 0, cắt điện áp đặt vào bộ KĐ(21-23) $\rightarrow U_{dk} = 0 \rightarrow U_{BBD1} = 0 \rightarrow$ động cơ dừng quay.

Nếu ấn một trong các nút D3 ÷ D6 \rightarrow RA(21) = 0, \rightarrow RA(2) = 0, \rightarrow K1(1) = 0; điều này cũng như ấn vào D1(1). Khi K1(12) = 0, \rightarrow R5(13) = 0, và R8(18) = 0, \rightarrow quá trình hãm xảy ra tương tự như ấn D3.

Nếu ấn vào D2(3) \rightarrow K2(3) = 0, K2(đl) = 0, \rightarrow các bộ biến đổi BBD1 và BBD2 mất điện, động cơ dừng tự do.

Hãm khi động cơ đang quay ngược- tự nhiên cứu

g/ Thử máy

Quay bộ không chế KC(17) về vị trí HC \rightarrow R7(17) = 1, \rightarrow R7(15) = 0, \rightarrow mất duy trì cho R5 \rightarrow chế độ thử máy.

h/ Tiện cắt hay tiện mặt đầu

Khi tiện cắt, lúc dao cắt đi dần vào tâm chi tiết thì tốc độ quay của chi tiết cần phải tăng tương ứng để đảm bảo cho lượng cắt là không đổi nhằm giữ vững năng suất của máy.

Lúc tiện cắt, chọn chế độ tiện cắt trên mặt máy để cho BK5(20) = 1, \rightarrow R9(20) = 1. Chế độ tiện cắt tương tự như chế độ tiện thường, chỉ thêm có R9 tác động, nghĩa là khi ta chọn chế độ tiện cắt quay thuận chẳng hạn thì các phần tử có điện là R5, R1, R3, R8, R12, R9. Lúc này điện áp U_{cd} đặt lên biến trở R_v do R9(3-5) = 0, + R9(9-110) = 0, R9(13-25) = 1, R9(17-29) = 1;

điện áp U_{FT} đặt lên biến trở R_D do $R9(35-41) = 0$, $R9(37-35) = 1$, $R9(39-41) = 1$, $R9(47-51) = 1$, \rightarrow điện áp đặt vào bộ khuếch đại KĐ lúc này là

$$U_{RV} - U_{RD}$$

Chân biến trở RD nối với chuyển động ăn dao theo chiều hướng tâm. Khi dao đi vào tâm chi tiết thì chân biến trở RD dịch chuyển theo hướng giảm nhỏ U_{RD} làm cho điện áp đặt vào KĐ tăng nên tốc độ động cơ sẽ tăng tương ứng.

Dao càng đi sâu vào tâm chi tiết thì thế tại điểm 43 càng giảm đến mức chênh lệch thế tại điểm 31 với 43 đủ lớn để cho RTr2 tác động \rightarrow RTr2(13) = 1, \rightarrow R10(13) = 1, \rightarrow R10(29-31) = 0, R10(37-43) = 0, R10(27-29) = 1, R10(37-39) = 1, điện áp đặt vào bộ khuếch đại đảm bảo tốc độ động cơ có giá trị không đổi không phụ thuộc vào sự dịch chuyển của chân biến trở RD trong suốt thời gian gia công còn lại.

j/ Mạch tín hiệu:

- Đèn ĐH1(20) sáng \rightarrow BBĐ1 và BBĐ2 đang có điện, sẵn sàng làm việc.
- Đèn ĐH2(21) sáng \rightarrow đủ dầu bôi trơn
- Đèn ĐH3(22) sáng \rightarrow các bánh răng đã ăn khớp
- Còi C(24) kêu lên \rightarrow thiếu dầu bôi trơn khi đang làm việc.

3. Sơ đồ điều khiển truyền động ăn dao máy tiện đứng 1540

Ở truyền động máy tiện cỡ nặng và máy tiện đứng, thường dùng hệ thống truyền động riêng cho bàn dao. Vì hệ thống này có công suất không lớn và phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng nên thường sử dụng hệ thống KĐMĐ-Đ và ngày nay là hệ thống T-Đ

Hệ thống truyền động ăn dao đảm bảo điều chỉnh tốc độ ăn dao làm việc trong phạm vi $0,059 \div 470$ m/ph. Hệ thống truyền động ăn dao là hệ thống T-Đ không đảo chiều thực hiện trong hệ thống kín có phản hồi âm tốc độ nhờ máy phát tốc FT2. Phạm vi điều chỉnh động cơ là 200/1 bằng cách thay đổi điện áp phần ứng, đảm bảo $M = \text{const}$.

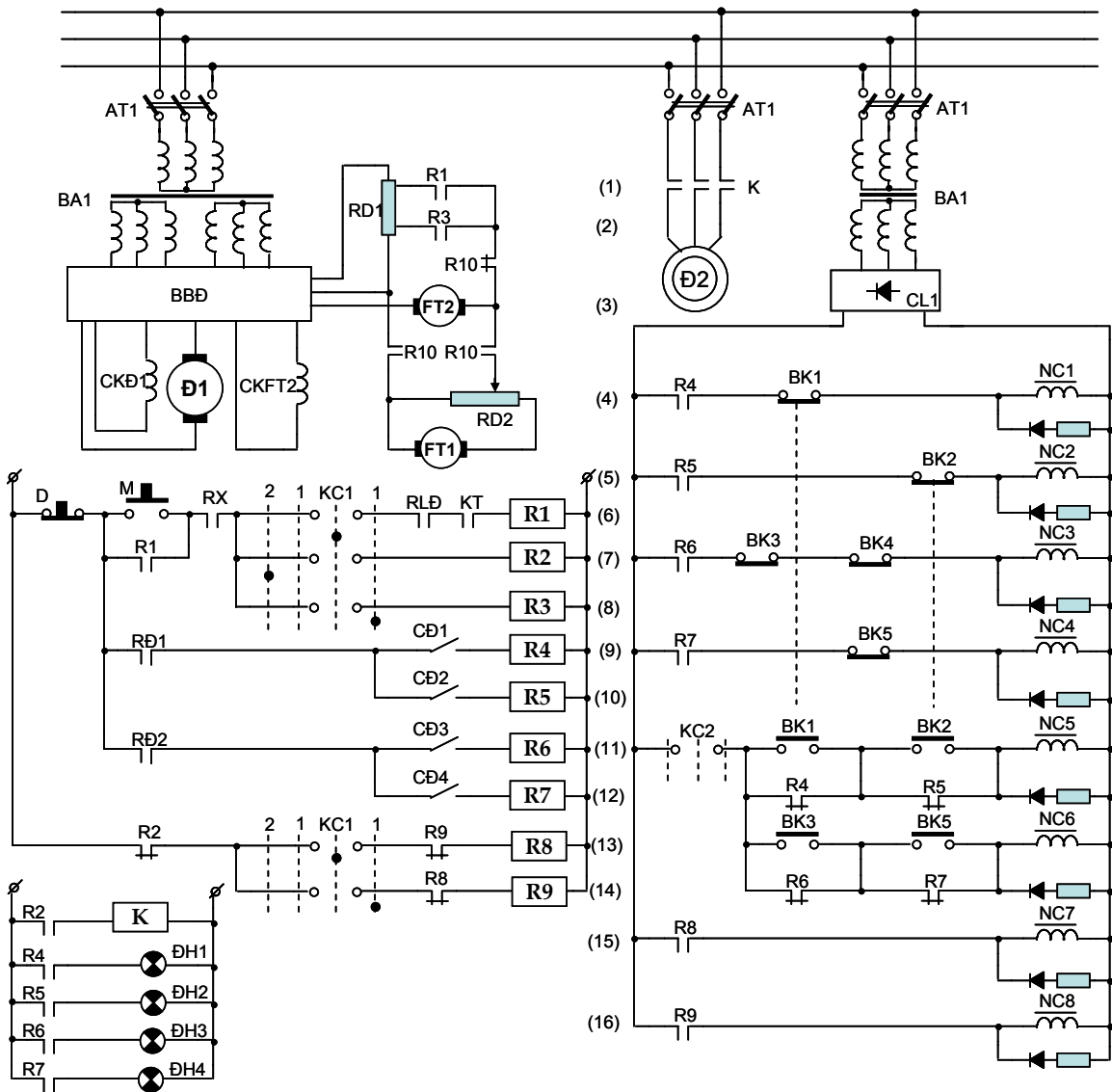
Phản ứng động cơ Đ1 được cung cấp từ bộ biến đổi dùng Thyristor không đảo chiều được cung cấp từ biến áp BA1. Cuộn kích từ của máy phát tốc FT2 được cung cấp từ bộ chỉnh lưu BBĐ. Điện áp điều khiển đặt vào bộ biến đổi là hiệu của điện áp chủ đạo và điện áp phản hồi tốc độ:

$$U_{dk} = U_{cd} - U_{ft} = V_{cd} - \gamma\omega$$

Trong đó

U_{cd} : điện áp chủ đạo lấy trên biến trở RD1 hoặc RD2

U_{ft} : điện áp máy phát tốc FT2 nối cứng với động cơ truyền động ăn dao Đ1



Hình 2-12. Sơ đồ điều khiển truyền động ăn dao máy tiện hệ T-Đ (1540)

Ở chế độ gia công tiện cắt, role R10 (không vẽ trong sơ đồ) không có điện, tiếp điểm thường kín của nó đóng nên điện áp chủ đạo lấy trên biến trở RD1. Ở chế độ mài mặt đầu, role R10 có điện, điện áp chủ đạo được lấy trên biến trở RD2 tỉ lệ với điện áp máy phát tốc FT1 và do máy phát tốc nối cứng với trục động cơ truyền động chính nên tốc độ động cơ ăn dao sẽ tỉ lệ với tốc độ động cơ truyền động chính. Như vậy tốc độ di chuyển bàn dao sẽ thay đổi nhịp nhàng với tốc độ quay chi tiết để giữ lượng ăn dao s là hằng số trong quá trình gia công.

Lựa chọn chế độ di chuyển của ụ dao hay bàn dao được thực hiện bằng các công tắc chuyển đổi CĐ1 ÷ CĐ4, các role tương ứng R4 ÷ R7 sẽ có điện

và đóng nguồn cho các nam châm điện của các khớp ly hợp điện từ NC1÷NC4

- Di chuyển lên của ụ dao: đóng CD1, rơle R4 có điện, NC1 có điện
- Di chuyển xuống của ụ dao: đóng CD2; rơle R5 có điện, NC2 có điện
- Di chuyển tới tâm của bàn dao: đóng CD3. rơle R6 có điện, NC3 có điện
- Di chuyển xa tâm của bàn dao: đóng CD4, rơle R7 có điện, NC4 có điện.

Thực hiện hãm các ụ dao và bàn dao bằng các khớp ly hợp điện từ NC5 và NC6. Khi hai khớp NC5 và NC6 có điện do các rơle tương ứng R4 đến R7 mất điện, ụ dao và bàn dao được hãm dừng. Khi cần dừng ụ dao và bàn dao mà không cần hãm cưỡng bức thì đặt KC2 ở vị trí 1(bên trái). Lúc này các khớp điện từ NC5 và NC6 không có điện.

Sơ đồ đảm bảo sự làm việc của truyền động ăn dao ở ba chế độ: ăn dao làm việc, di chuyển nhanh và chậm bằng sử dụng bộ khống chế KC1. Ở chế độ ăn dao làm việc, đặt bộ khống chế KC1 ở vị trí 0; ấn nút M, rơle R1 có điện (nếu truyền động chính làm việc thì tiếp điểm RLĐ kín), điện áp chủ đạo được lấy trên biến trở RD1 đặt vào bộ biến đổi qua tiếp điểm R1.

Dùng máy bằng cách ấn nút D. Muốn di chuyển nhanh ụ dao hoặc bàn dao, đặt KC1 ở vị trí 2 bên trái, ấn nút M, rơle R2 có điện, và tiếp đó đóng công tắc tơ K, động cơ Đ2 có điện không duy trì, bàn dao sẽ di chuyển nhanh. Để di chuyển chậm bàn dao hoặc ụ dao, đặt KC1 ở vị trí 1 bên trái, ấn nút M, rơle R3 có điện, điện áp chủ đạo được lấy trên RD1 qua tiếp điểm R3 sẽ có trị số bé tương ứng với tốc độ nhỏ.

Sơ đồ có các bảo vệ sau: Bảo vệ dòng điện cực đại và ngắn mạch nhờ aptômat AT1, AT2 và bảo vệ giới hạn chuyển động của ụ và bàn dao bằng các công tắc hành trình cuối BK1÷BK5

Sơ đồ ăn dao chỉ làm việc khi:

- Truyền động chính đã làm việc: tiếp điểm LD kín.
- Động cơ bơm dầu đã làm việc: tiếp điểm KT2 kín
- Xà máy đã được kẹp chặt: tiếp điểm RX kín
- Ụ dao đã được di chuyển khi ụ đã được nói: tiếp điểm RD1 kín
- Bàn dao chỉ di chuyển khi bàn dao đã được nói: tiếp điểm RD2 kín

Các đèn tín hiệu Đ1÷Đ4 báo hiệu chế độ di chuyển của ụ dao và bàn dao tương ứng.

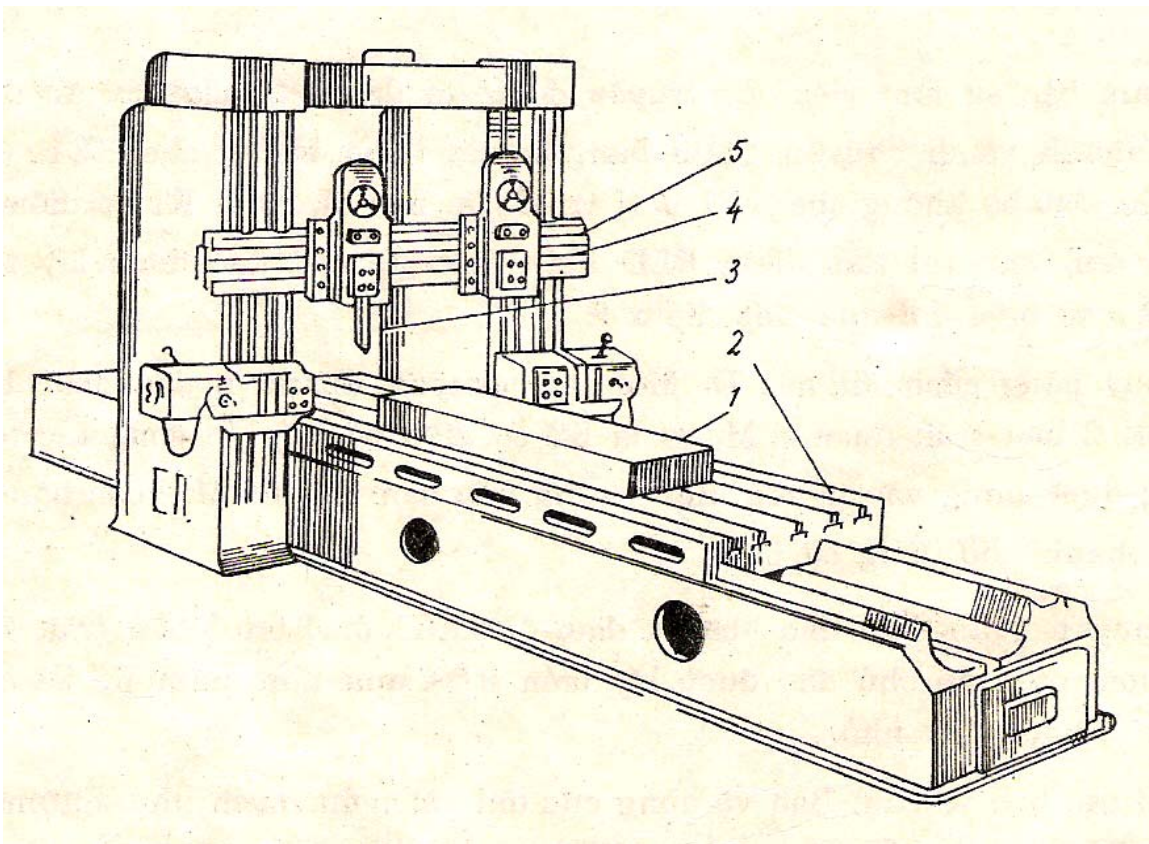
Chương 3

TRANG BỊ ĐIỆN MÁY BÀO GIƯỜNG

3.1 Đặc điểm công nghệ

Máy bào giường là máy có thể gia công các chi tiết lớn. Tùy thuộc vào chiều dài của bàn máy và lực kéo có thể phân máy bào giường thành 3 loại:

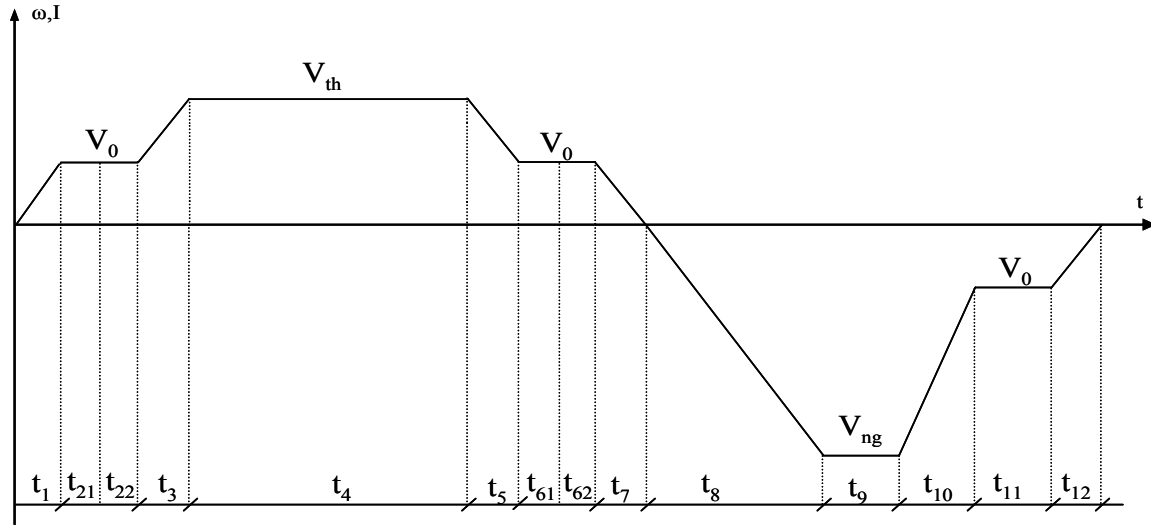
- máy cỡ nhỏ: chiều dài bàn $L_b < 3m$, lực kéo $F_k = 30 \div 50 \text{ kN}$
- máy cỡ trung bình: $L_b = 4 \div 5m$, $F_k = 50 \div 70 \text{ kN}$
- máy cỡ nặng: $L_b > 5m$, $F_k > 70 \text{ kN}$



Hình 3.1 Hình dáng bên ngoài máy bào giường

Chi tiết gia công 1 được kẹp chặt trên bàn máy 2 chuyển động tịnh tiến qua lại. Dao cắt 3 được kẹp chặt trên bàn dao đứng 4. Bàn dao 4 được đặt trên xà ngang 5 cố định khi gia công. Trong quá trình làm việc, bàn máy di chuyển qua lại theo các chu kỳ lặp đi lặp lại, mỗi chu kỳ gồm hai hành trình thuận và ngược. Ở hành trình thuận, thực hiện gia công chi tiết, nên gọi là hành trình cắt gọt. Ở hành trình ngược, bàn máy chạy về vị trí ban đầu, không cắt gọt, nên gọi là hành trình không tải. Cứ sau khi kết thúc hành trình ngược thì bàn dao lại di chuyển theo chiều ngang một khoảng gọi là lượng

ăn dao s. Chuyển động tịnh tiến qua lại của bàn máy gọi là chuyển động chính. Dịch chuyển của bàn dao sau mỗi một hành trình kép là chuyển động ăn dao. Chuyển động phụ là di chuyển nhanh của xà, bàn dao, nâng đầu dao trong hành trình không tải.



Hình 3-2. Đồ thị tốc độ trong một chu kỳ

Giả sử bàn đang ở đầu hành trình thuận và được tăng tốc đến tốc độ $V_0 = 5 \div 15\text{m/ph}$ trong khoảng thời gian t_1 . Sau khi chạy ổn định với tốc độ V_0 trong khoảng thời gian t_2 , thì dao cắt vào chi tiết (dao cắt vào chi tiết ở tốc độ thấp để tránh sứt dao hoặc chi tiết). Bàn máy tiếp tục chạy ổn định với tốc độ V_0 cho đến hết thời gian t_{22} thì tăng tốc đến tốc độ V_{th} (tốc độ cắt gọt). Trong thời gian t_4 , bàn máy chuyển động với tốc độ V_{th} và thực hiện gia công chi tiết. Gần hết hành trình thuận, bàn máy sơ bộ giảm tốc đến tốc độ V_0 , dao được đưa ra khỏi chi tiết gia công. Sau đó bàn máy đảo chiều quay sang hành trình ngược đến tốc độ V_{ng} , thực hiện hành trình không tải, đưa bàn về vị trí ban đầu. Gần hết hành trình ngược, bàn máy giảm sơ bộ tốc độ đến V_0 , đảo chiều sang hành trình thuận, thực hiện một chu kỳ khác. Bàn dao được di chuyển bắt đầu thời điểm bàn máy đảo chiều từ hành trình ngược sang hành trình thuận và kết thúc di chuyển trước khi dao cắt vào chi tiết.

Tốc độ hành trình thuận được xác định tương ứng bởi chế độ cắt; thường $v_{th} = 5 \div 120\text{m/ph}$; tốc độ gia công lớn nhất có thể đạt $v_{max} = 75 \div 120\text{m/ph}$. Để tăng năng suất máy, tốc độ hành trình ngược thường chọn lớn hơn tốc độ hành trình thuận: $v_{ng} = k \cdot v_{th}$ (thường $k = 2 \div 3$)

Năng suất của máy phụ thuộc vào số hành trình kép trong một đơn vị thời gian:

$$n = \frac{1}{T_{ck}} = \frac{1}{t_{th} + t_{ng}} \quad (3-1)$$

T_{ck} - thời gian của một chu kỳ làm việc của bàn máy [s]

t_{th} - thời gian bàn máy chuyển động ở hành trình thuận [s]

t_{ng} - thời gian bàn máy chuyển động ở hành trình ngược [s]

Giả sử gia tốc của bàn máy lúc tăng và giảm tốc độ là không đổi thì:

$$t_{th} = \frac{L_{th}}{v_{th}} + \frac{L_{g.th} + L_{h.th}}{v_{th} / 2} \quad (3-2)$$

$$t_{ng} = \frac{L_{ng}}{v_{ng}} + \frac{L_{g.ng} + L_{h.ng}}{v_{th} / 2} \quad (3-3)$$

Trong đó:

- L_{th} , L_{ng} - chiều dài hành trình của bàn máy ứng với tốc độ ổn định v_{th} , v_{ng} ở hành trình thuận, ngược.

- $L_{g.th}$, $L_{h.th}$ - chiều dài hành trình bàn trong quá trình tăng tốc (gia tốc) và quá trình giảm tốc (hãm) ở quá trình thuận.

- $L_{g.ng}$, $L_{h.ng}$ - chiều dài hành trình bàn trong quá trình tăng tốc (gia tốc) và quá trình giảm tốc (hãm) ở quá trình hãm

- v_{th} , v_{ng} - tốc độ hành trình thuận, ngược của bàn máy

Thay t_{th} và t_{ng} từ (3-3) và (3-2) vào (3-1) ta nhận được:

$$n = \frac{1}{\frac{L}{v_{th}} + \frac{1}{v_{ng}} + t_{dc}} = \frac{1}{\frac{(k+1).L}{v_{ng}} + t_{dc}} \quad (3-4)$$

Trong đó:

$L = L_{th} + L_{g.th} + L_{h.th} = L_{ng} + L_{g.ng} + L_{h.ng}$ - chiều dài hành trình máy

$k = v_{th}/v_{ng}$ - tỉ số giữa tốc độ hành trình thuận và ngược

t_{dc} thời gian đảo chiều của bàn máy.

Từ (3-4) ta thấy rằng khi đã chọn tốc độ cắt v_{th} thì năng suất của máy phụ thuộc vào hệ số k và thời gian đảo chiều t_{dc} . Khi tăng k thì năng suất của máy tăng, nhưng khi $k > 3$ thì năng suất của máy tăng không đáng kể vì lúc đó thời gian đảo chiều t_{dc} lại tăng. Nếu chiều dài bàn $L > 3m$ thì t_{dc} ít ảnh hưởng đến năng suất mà chủ yếu là k . Khi L_b bé, nhất là khi tốc độ thuận lớn $v_{th} = (75 \div 120)m/ph$ thì t_{dc} ảnh hưởng nhiều đến năng suất. Vì vậy một trong các điều kiện cần chú ý khi thiết kế truyền động chính của máy bào giường là phân đầu giảm thời gian quá trình quá độ.

Một trong các biện pháp để đạt mục đích đó là xác định tỷ số truyền tối ưu của cơ cấu truyền động từ động cơ đến trục làm việc, đảm bảo máy khởi động với gia tốc cao nhất.

Xuất phát từ phương trình chuyển động trên trục làm việc:

$$M_i - M_c = (J_D . i^2 + J_m) . \frac{d\omega_m}{dt} \quad (3-5)$$

Trong đó

M – momen động cơ lúc khởi động Nm;

M_c - momen cản trên trục làm việc, Nm;

J_D - momen quán tính của động cơ, kGm;

J_m - momen quán tính của máy, kGm;

ω_m - tốc độ góc của trục làm việc, rad/s;

i - tỉ số truyền của bộ truyền.

Ta có gia tốc của trục làm việc:

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{M.i - M_c}{J_D.i^2 + J_m} \quad (3-6)$$

Lấy đạo hàm của gia tốc, cho bằng không ta tìm được tỉ số truyền tối ưu:

$$i_{tu} = \frac{M_c}{M} + \sqrt{\left(\frac{M_c}{M}\right)^2 + \frac{J_m}{J_D}} \quad (3-7)$$

Với giả thiết M, M_c là không đổi.

Nếu coi $M_c = 0$ thì ta có $i_{tu} = \sqrt{\frac{J_m}{J_D}}$

Việc lựa chọn tỉ số truyền tối ưu là khá quan trọng. Thời gian quá trình quá độ phụ thuộc vào momen quán tính của máy. Momen quán tính của máy tăng tỉ lệ với chiều dài bàn máy.

Với:

- J_b : momen quán tính của bàn

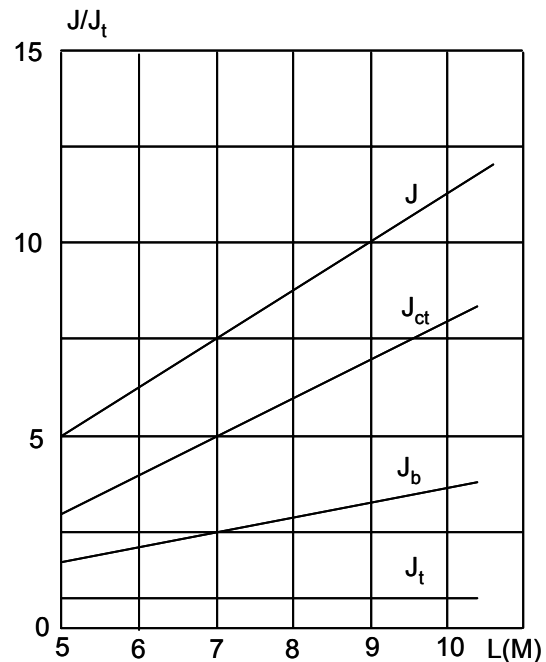
- J_{ct} : momen quán tính của chi tiết

- J_t : momen quán tính của bộ truyền lực

$$J = J_b + J_{ct} + J_t$$

Tuy nhiên thời gian quá trình quá độ không thể giảm nhỏ quá được và bị hạn chế bởi:

- lực động phát sinh trong hệ thống
- Thời gian quá trình quá độ phải đủ lớn để di chuyển đầu dao.



Hình 3-3. biểu đồ quan hệ giữa momen quán tính và chiều dài của máy

3-2 Phụ tải và phương pháp xác định công suất động cơ truyền động chính

1. Phụ tải của truyền động chính

Phụ tải của truyền động chính được xác định bởi lực kéo tổng. Nó là tổng của hai thành phần lực cắt và lực ma sát:

$$F_K = F_z + F_{ms} \quad (3-10)$$

Với F_K - lực cắt [N]

F_{ms} - thành phần lực ma sát, [N]

a/ Ở chế độ làm việc: (hành trình thuận) lực ma sát được xác định :

$$F_{ms} = \mu [F_y + g(m_{ct} + m_b)] \quad (3-11)$$

Trong đó: $\mu = 0,05 \div 0,08$ - hệ số ma sát ở gờ trượt

$F_y = 0,4F_z$ - thành phần thẳng đứng của lực cắt, [N]

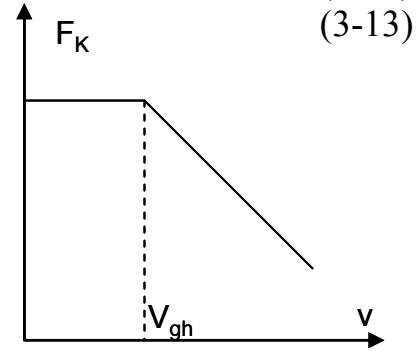
M_{ct}, m_b - khối lượng của chi tiết, của bàn, [kg]

b/ Ở chế độ không tải: do thành phần lực cắt bằng không nên lực ma sát:

$$F_{ms} = \mu g(m_{ct} + m_b) \quad (3-12)$$

Và lực kéo tổng $F_K = F_{ms} = \mu g(m_{ct} + m_b)$ (3-13)

Quá trình bào chi tiết ở máy bào giường được tiến hành với công suất gần như không đổi tức là lực cắt lớn sẽ tương ứng với tốc độ cắt nhỏ và lực cắt nhỏ sẽ tương ứng với tốc độ cắt lớn. Tuy nhiên ở những máy bào giường cỡ nặng thì đồ thị phụ tải có hai vùng như đồ thị hình 3-4, ở đó trong vùng $0 < v < v_{gh}$, lực kéo là hằng số, trong vùng $v_{gh} < v < v_{max}$, công suất kéo P_K gần như không đổi



Hình 3-4 Đồ thị phụ tải của truyền động chính máy bào giường

2. Phương pháp chọn công suất động cơ truyền động chính máy bào giường

Đặc điểm của truyền động chính máy bào giường là đảo chiều với tần số lớn, momen khởi động, hãm lớn. Quá trình quá độ chiếm tỉ lệ đáng kể trong chu kỳ làm việc. Chiều dài hành trình bàn càng giảm, ảnh hưởng của quá trình quá độ càng tăng. Vì vậy khi chọn công suất truyền động chính máy bào giường cần xét cả phụ tải tĩnh lẫn phụ tải động. Trình tự tiến hành:

a/ Số liệu ban đầu. Các chế độ cắt gọt điển hình trên máy: ứng với mỗi chế độ, có cho tốc độ cắt (tốc độ thuận) V_{th} , lực cắt F_z . Chú ý lực cắt thường có giá trị cực đại trong phạm vi tốc độ cắt $V_{th} = 6 \div 20$ m/ph. Khi tốc độ lớn hơn 20 m/ph lực cắt giảm đi, trong phạm vi này công suất cắt có trị số gần không đổi (h3-4)

- tốc độ hành trình ngược V_{ng} thường được chọn $V_{ng} = (1 \div 3)V_{th}$ [m/ph]
- trọng lượng bàn máy và chi tiết gia công $G_b + G_{ct}$ [N]
- bán kính qui đổi lực cắt về trục động cơ điện $\rho = v/\omega$ [m]
- hiệu suất định mức của cơ cấu η
- hệ số ma sát giữa bàn và gờ trượt μ
- chiều dài hành trình bàn L_b [m]
- momen quán tính của các bộ phận chuyển động
- hệ thống truyền động điện và phương pháp điều chỉnh tốc độ

b/ *Chọn sơ bộ động cơ*: Ứng với mỗi chế độ cắt gọt, xác định lực kéo tổng trên trục vít của bộ truyền, công suất đầu trục động cơ và công suất tính toán. Lực kéo tổng được xác định theo công thức:

$$F_K = F_z + (G_b + G_{ct} + F_y) \cdot \mu \quad (3-14)$$

Công suất đầu trục động cơ khi cắt chính là công suất động cơ trong hành trình thuận:

$$P_{th} = \frac{F_K \cdot v_{th}}{60 \cdot 1000 \cdot \eta} \quad [\text{kW}] \quad (3-15)$$

Nếu hệ thống truyền động điện là bộ biến đổi - động cơ điện một chiều BBD –Đ v à điều chỉnh tốc độ động cơ trong cả dải tốc độ bằng điều chỉnh điện áp phản ứng thì động cơ phải chọn theo công thức tính toán P_{tt} :

$$P_{tt} = P_{th} \frac{v_{ng}}{v_{th}} \quad [\text{kW}] \quad (3-16)$$

Có như vậy, động cơ mới có thể đảm bảo được dòng điện cực đại trong hành trình thuận với điện áp phản ứng không lớn, đồng thời tốc độ cao trong hành trình ngược (khi điện áp lớn). Trong trường hợp điều chỉnh tốc độ theo hai vùng như theo đồ thị phụ tải h.3-4 tức là trong vùng $v_{min} < v < v_{ng}$ giữ lực kéo không đổi bằng phương pháp điều chỉnh điện áp phản ứng, còn trong vùng $v_{th} < v < v_{ng}$ giữ công suất không đổi bằng phương pháp thay đổi từ thông động cơ, thì động cơ chỉ cần chọn theo công suất ở hành trình thuận P_{th} tính theo (3-15) là đủ vì trong phạm vi $v_{th} < v < v_{ng}$ điều chỉnh từ thông nên $P_D = \text{const}$

Các số liệu tính toán được ghi vào bảng 3-1

Cần chọn động cơ có công suất định mức lớn hơn hoặc bằng công suất tính toán lớn nhất trong bảng 3-1

$$P_{dm} \geq P_{tt}$$

Bảng 3-1 Số liệu ghi để chọn công suất động cơ máy bào giường

Chế độ cắt	Tốc độ (m/ph)		Lực cắt $F_z(\text{N})$	Lực dọc trục $F_y(\text{N})$	Tr.lượng chi tiết $G_{ct}(\text{N})$	Lực kéo $F_K(\text{N})$	C. suất đầu trục $P_{th}(\text{kW})$	C.suất tính toán $P_{tt}(\text{kW})$
	V_{th}	V_{ng}						
1	V_{th1}	V_{ng1}	F_{z1}	F_{y1}	G_{ct1}	F_{k1}	P_{th1}	P_{tt1}
2	V_{th2}	V_{ng2}	F_{z2}	F_{y2}	G_{ct2}	F_{k2}	P_{th2}	P_{tt2}
3	V_{th3}	V_{ng3}	F_{z3}	F_{y3}	G_{ct3}	F_{k3}	P_{th3}	P_{tt3}

c/ *Xây dựng đồ thị phụ tải toàn phần và kiểm nghiệm động cơ đã chọn*. Để kiểm nghiệm động cơ đã chọn theo điều kiện phát nóng ta phải xây dựng đồ thị phụ tải toàn phần $i = f(t)$; trong đó có xét tới cả chế độ làm việc xác lập và quá trình quá độ.

Phương pháp như sau: có thể chia đồ thị tốc độ của động cơ trong một hành trình kép (h.3-5) thành 14 khoảng từ $t_1 \div t_{14}$. Trong đó:

t_1 - bàn máy tăng tốc tới v_0 không cắt gọt kim loại tương ứng với động cơ làm việc không tải

t_{21} - động cơ làm việc với tốc độ ổn định, không tải.

t_{22} - bắt đầu gia công chi tiết, động cơ làm việc với tốc độ ổn định, có tải.

t_3 - động cơ tăng tốc độ đến ω_{th} ứng với tốc độ v_{th} của bàn máy, có tải.

t_4 - giai đoạn cắt gọt, động cơ làm việc với tốc độ ổn định ω_{th}

t_5 - động cơ giảm tốc đến ω_1 , có tải

t_{61} - động cơ làm việc ổn định với tốc độ ω_1 , có tải.

t_{62} - dao ra khỏi chi tiết, động cơ làm việc không tải với tốc độ ω_1 .

t_7, t_8 - động cơ đảo chiều từ thuận sang ngược

t_9 - động cơ làm việc không tải với tốc độ không tải ω_{ng} ứng với v_{ng} của bàn máy.

t_{10} - động cơ giảm tốc ở chiều ngược

t_{11} - động cơ làm việc ổn định với tốc độ ω_1

t_{12} - động cơ đảo chiều từ ngược sang thuận, bàn máy bắt đầu thực hiện một hành trình kép mới.

Như vậy trong một hành trình kép có các khoảng thời gian động cơ làm việc ổn định không tải là t_{21}, t_6, t_9, t_{11} và có tải t_{22}, t_4, t_{61} . Các khoảng thời gian động cơ làm việc ở quá trình quá độ $t_1, t_3, t_5, t_8, t_{10}, t_{12}$. Ta phải xác định được dòng điện trong động cơ trong tất cả các khoảng thời gian đó.

+ Xác định dòng điện trong chế độ làm việc ổn định

Để xác định dòng điện động cơ trong các khoảng thời gian làm việc ổn định, ta xác định công suất trên trục động cơ, sau đó xác định momen điện từ của động cơ trong các khoảng thời gian đó theo giản đồ sau: $P(t) \rightarrow M(t) \rightarrow I(t)$ với $P(t), M(t), I(t)$ là công suất, momen, dòng điện trong các khoảng thời gian làm việc ổn định thứ i .

- Công suất đầu trục động cơ khi không tải ở hành trình thuận:

$$P_{0th} = \Delta P_{0th} + \Delta P_p \quad (3-17)$$

với ΔP_{0th} - tổn hao không tải trong hành trình thuận;

ΔP_p - tổn hao do ma sát trên gờ trượt của bàn máy.

$$\Delta P_{0th} = a \cdot P_{thi} = 0,6 P_{th}(1-\eta) \quad (3-18)$$

$$\Delta P_p = \frac{(G_{ct} + G_b) \cdot v_{th} \cdot \mu}{60 \cdot 1000} \quad (3-19)$$

với $a = 0,6(a_{dm} + b_{dm})$; P_{thi} - công suất hữu ích

- Momen điện từ của động cơ ở hành trình thuận khi đầy tải:

$$M_{dt.th} = M_0 + M_{th} = M_0 + \frac{P_{D.th} \cdot 10^3}{\omega_{dm}}, [N] \quad (3-20)$$

với
$$\omega = \frac{v_{th}}{\rho} \quad (3-21)$$

là tốc độ động cơ ở hành trình thuận.

M_0 – momen không tải của động cơ

$$M_0 = K\Phi_{dm} \cdot I_{dm} - \frac{P_{dm} \cdot 10^3}{\omega_{dm}} \quad [\text{Nm}] \quad (3-22)$$

- Dòng điện động cơ khi đầy tải

$$I_{th} = \frac{M_{dt.th}}{K\Phi_{dm}}, \quad [\text{A}] \quad (3-23)$$

Trong đó $K\Phi_{dm}$, P_{dm} , I_{dm} là các thông số định mức của động cơ

- Công suất động cơ trong hành trình ngược khi dùng phương pháp điều chỉnh điện áp trong cả dải tốc độ được xác định:

$$P_{Dng} = P_{0th} \cdot \frac{v_{ng}}{v_{th}} \quad [\text{N}] \quad (3-24)$$

- Momen điện từ ở hành trình ngược:

$$M_{dt.ng} = M_0 + \frac{P_{Dng} \cdot 10^3}{\omega_{ng}} \quad [\text{n.m}] \quad (3-25)$$

- Dòng điện động cơ ở hành trình ngược

$$I_{ng} = \frac{M_{dt.ng}}{K\Phi_{dm}} = I_{u0.th} \quad [\text{A}] \quad (3-26)$$

+ Xác định dòng điện trong các khoảng thời gian động cơ làm việc ở quá trình quá độ: Nguyên tắc chung là viết và giải các phương trình vi phân các mạch điện cụ thể. Ngày nay công cụ máy tính cho phép ta dễ dàng giải các hệ phương trình phức tạp này. Tuy nhiên, để đơn giản cho việc phân tích, ta có thể sử dụng phương pháp gần đúng. Phương pháp đó dựa trên các giả thiết sau:

- Đồ thị tốc độ bàn máy $v(t)$ hoặc của động cơ có dạng lý tưởng hình 3-5;
 - Hệ thống truyền động điện có tự động điều chỉnh, đảm bảo có hạn chế dòng và duy trì nó ở giá trị cực đại cho phép trong quá trình quá độ. Đối với động cơ một chiều $I_{qd} = (2 \div 2,5)I_{dm}$

+ Xác định thời gian của các khoảng làm việc:

- Thời gian của quá trình quá độ có thể xác định bằng công thức gần đúng:

$$t = \frac{J}{M_{qd} - M_c} (\omega_2 - \omega_1) = \frac{J}{(I_{qd} - I_c) \cdot K \cdot \Phi_{dm}} (\omega_2 - \omega_1) \quad (3-27)$$

Trong đó:

M_{qd} , I_{qd} – Momen, dòng điện động cơ trong quá trình quá độ;

M_c , I_c – momen, dòng điện phụ tải của động cơ;

ω_2 , ω_1 - tốc độ ở cuối và đầu quá trình quá độ;

Theo (3-27) ta xác định được t_1 , t_3 , t_5 , t_7 , t_8 , t_{10} , t_{12} .

- Các khoảng thời gian t_{21} , t_{22} , t_{61} , t_{62} xác định theo kinh nghiệm vận hành.
- Thời gian làm việc ổn định ở hành trình thuận được xác định như sau:

$$t_5 = \frac{L_5}{v_{th}}, \quad [s] \quad (3-27)$$

với L_5 - chiều dài bàn máy di chuyển trong khoảng thời gian t_5 được xác định như sau:

$$L_5 = L - \sum L_i \quad (3-29)$$

Trong đó L - chiều dài hành trình bàn máy trong hành trình thuận.

$\sum L_i$ - tổng chiều dài hành trình bàn trong các giai đoạn quá trình quá độ và các đoạn bàn máy di chuyển với tốc độ v_0

Nếu coi rằng trong quá trình quá độ bàn máy di chuyển với tốc độ trung bình không đổi thì: $L_i = v_i t_i$ (3-30)

với v_i , t_i - tốc độ trung bình, đoạn thời gian thứ i

- Tương tự ta xác định được t_{11}

+ Xây dựng đồ thị phụ tải toàn phần $i=f(t)$:

Từ các số liệu dòng điện trong quá trình quá độ và xác lập ở các khoảng thời gian tương ứng, ta vẽ được đồ thị dòng điện biến thiên theo thời gian như hình 3-5

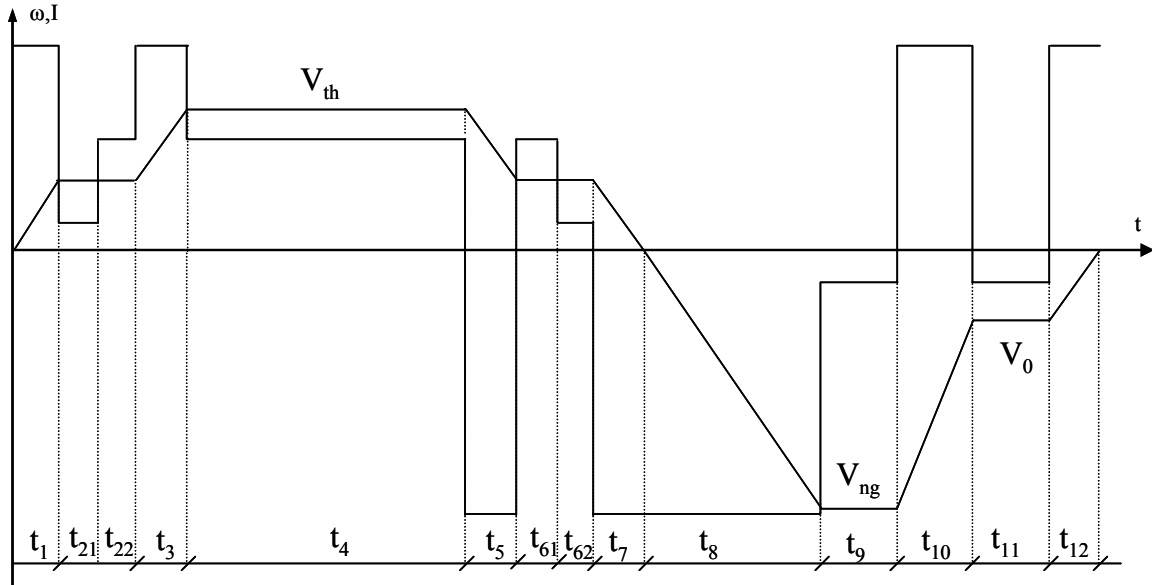
+ Kiểm nghiệm động cơ theo điều kiện phát nóng.

Sử dụng phương pháp dòng điện đẳng trị để kiểm nghiệm. Từ đồ thị hình 3-5 ta có:

$$I_{dt} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{14} I_i^2 t_i}{T'_{ck}}} \quad (3-31)$$

Trong đó: T'_{ck} - thời gian của một chu kỳ có xét đến hiện tượng tỏa nhiệt do tốc độ thấp và quá trình quá độ nếu động cơ tự thông gió. Khi động cơ thông gió độc lập thì lấy $T'_{CK} = T_{CK}$

Động cơ đã được chọn phải có dòng điện định mức $I_{dm} \geq I_{dm}$



Hình 3-5 Biểu đồ tốc độ và dòng điện của máy bào giường

3.3 Các yêu cầu đối với hệ thống truyền động điện và trang bị điện của máy bào giường

1. Truyền động chính: Phạm vi điều chỉnh tốc độ

$$D = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{v_{ng.\max}}{v_{th.\min}} \quad (3-33)$$

$v_{ng.\max}$: tốc độ lớn nhất của bàn máy ở hành trình ngược, thường $v_{ng.\max} = 75 \div 120 \text{ m/ph}$

$v_{th.\min}$: tốc độ nhỏ nhất của bàn máy trong hành trình thuận, thường $v_{th.\min} = 4 \div 6 \text{ m/ph}$

Như vậy $D = (12,5 \div 30)/1$

Thông thường, hệ thống truyền động điện sử dụng động cơ điện một chiều, được cấp nguồn từ bộ biến đổi. Theo yêu cầu của đồ thị phụ tải, điều chỉnh tốc độ được thực hiện theo hai vùng: Thay đổi điện áp phản ứng trong phạm vi $(5 \div 6)/1$ với mômen trên trục động cơ là hằng số ứng với tốc độ bàn thay đổi từ $v_{\min} = (4 \div 6) \text{ m/ph}$ đến $v_{gh} = (20 \div 25) \text{ m/ph}$, khi đó lực kéo không đổi; giảm từ thông động cơ trong phạm vi $(4 \div 5)/1$ khi thay đổi tốc độ từ v_{gh} đến $v_{\max} = (75 \div 120) \text{ m/ph}$, khi đó công suất kéo gần như không đổi. Nhưng sử dụng phương pháp điều chỉnh từ thông thì làm giảm năng suất của máy, vì thời gian quá độ tăng do hằng số thời gian mạch kích từ động cơ lớn. Vì vậy, thực tế người ta thường mở rộng phạm vi điều chỉnh điện áp, giảm phạm vi điều chỉnh từ thông, hoặc điều chỉnh từ thông trong cả dải thay đổi điện áp phản ứng. Trong trường hợp này công suất động cơ phải tăng v_{\max}/v_{gh} lần.

Ở chế độ xác lập, độ ổn định tốc độ không lớn hơn 5% khi phụ tải thay đổi từ thông đến định mức.

Quá trình quá độ khởi động, hãm yêu cầu xảy ra êm, tránh va đập trong bộ truyền động với độ tác động cực đại.

Đối với những máy bào giường cỡ nhỏ $L_b < 3m$, $F_K = 30 \div 50kN$; $D = (3 \div 4)/1$, hệ thống truyền động chính thường là động cơ không đồng bộ - khớp ly hợp điện từ; động cơ không đồng bộ rôto dây quấn hoặc động cơ điện một chiều kích từ độc lập và hộp tốc độ. Những máy cỡ trung bình $L_b = 3 \div 5$; $F_K = 50 \div 70kN$; $D = (6 \div 8)/1$, hệ thống truyền động là F - Đ (máy phát một chiều - động cơ điện một chiều). Đối với máy cỡ nặng $L_b > 5m$, $F_K > 70kN$; $D \geq (8 \div 25)/1$, hệ truyền động là hệ F - Đ có bộ khuếch đại trung gian; hệ chỉnh lưu dùng Thyristor - động cơ một chiều.

2. Truyền động ăn dao

Truyền động ăn dao làm việc có tính chất chu kỳ, trong mỗi hành trình kép làm việc một lần (từ thời điểm đảo chiều từ hành trình ngược sang hành trình thuận và kết thúc trước khi dao cắt vào chi tiết).

Phạm vi điều chỉnh lượng ăn dao là $D = (100 \div 200)/1$. Lượng ăn dao cực đại có thể đạt tới $(80 \div 100)mm/1$ hành trình kép.

Cơ cấu ăn dao yêu cầu làm việc với tần số lớn, có thể đạt tới 1000lần/ giờ.

Hệ thống di chuyển đầu dao cần phải đảm bảo theo hai chiều ở cả chế độ di chuyển làm việc và di chuyển nhanh.

Truyền động ăn dao thường được thực hiện bằng động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc và hộp tốc độ.

Truyền động ăn dao có thể thực hiện bằng nhiều hệ thống: cơ khí, điện khí, thủy lực, khí nén v.v. Thông thường sử dụng rộng rãi hệ thống điện cơ: động cơ điện và hệ truyền động trục vít - êcu hoặc bánh răng - thanh răng.

Lượng ăn dao trong một hành trình kép khi truyền động bằng trục vít - êcu được tính như sau:

$$S = \omega_{tv} \cdot t \cdot T \quad (3-34)$$

Và đối với hệ truyền động bánh răng - thanh răng

$$S = \omega_{br} \cdot z \cdot t \cdot T \quad (3-34)$$

Trong đó:

ω_{tv} , ω_{br} - tốc độ góc của trục vít, bánh răng, rad/s

z - số răng của bánh răng

t - bước răng của trục vít hoặc thanh răng, mm

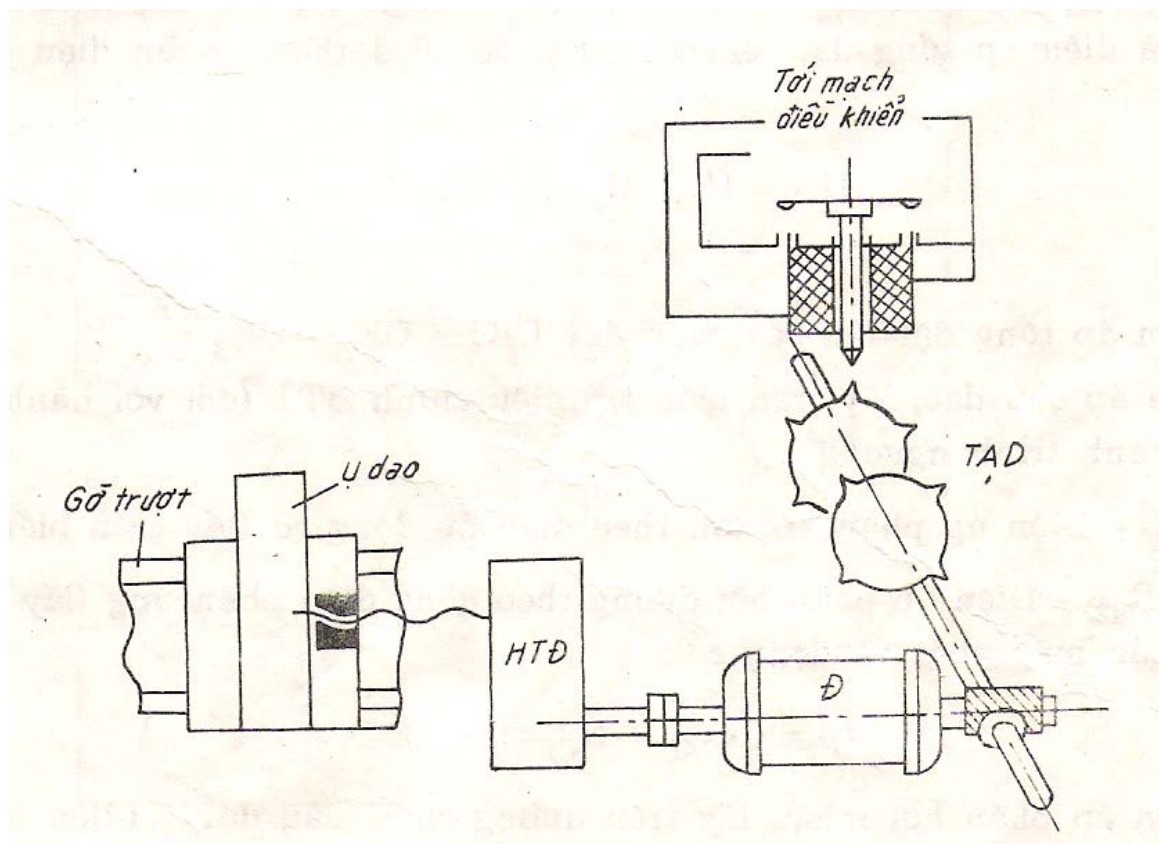
T - thời gian làm việc của trục vít hoặc thanh răng, s

Từ biểu thức trên, ta có thể điều chỉnh lượng ăn dao S bằng cách thay đổi thời gian sử dụng nguyên tắc hành trình (dùng các công tắc hành trình) hoặc nguyên tắc thời gian (dùng role thời gian). Các nguyên tắc này đơn giản nhưng năng suất máy thường bị hạn chế. Lý do là lượng ăn dao lớn, thời

gian làm việc phải dài, nghĩa là thời gian đảo chiều từ hành trình thuận sang hành trình ngược phải dài, nhiều trường hợp không cho phép.

Để thay đổi tốc độ trục làm việc, ta có thể dùng nguyên tắc tốc độ, điều chỉnh tốc độ bản thân động cơ hoặc sử dụng hộp tốc độ nhiều cấp. Nguyên tắc này phức tạp hơn nguyên tắc trên, nhưng có thể giữ được thời gian làm việc của truyền động như nhau với các lượng ăn dao khác nhau.

Một hệ thống truyền động ăn dao được sử dụng trong nhiều máy bào giường cỡ trung bình như ở hình (3-6). Bộ phận chính là hệ thống đĩa với số răng trên các đĩa khác nhau. Số đĩa sẽ là số cấp ăn dao ứng với một tốc độ của trục làm việc. Số đĩa có thể là 7 hoặc 8, khi kết hợp với một hộp tốc độ 3 cấp thì sẽ tạo ra lượng ăn dao $0,5 \div 50\text{mm}$ (7 đĩa) và đến 100mm (8 đĩa) với $\phi = 1,26$. Số răng trên đĩa sẽ xác định lượng ăn dao. Mỗi đĩa sẽ ứng với một lượng ăn dao. Phần ứng role R sẽ di chuyển tựa trên các đĩa, khi gặp răng trên đĩa thì role R nhả, tác động đến mạch điều khiển và cắt điện động cơ truyền động ăn dao DD.



Hình 3-6 Hệ thống truyền động ăn dao máy bào giường

3. Truyền động phụ

Truyền động phụ đảm bảo các di chuyển nhanh bàn dao, xà máy, nâng đầu dao trong hành trình ngược, được thực hiện bởi động cơ không đồng bộ và nam châm điện.

3.4 Một số sơ đồ điều khiển máy bào giường điển hình

1. Sơ đồ điều khiển máy bào giường theo hệ thống F-Đ có máy điện khuếch đại làm kích từ cho máy phát.

Hình 3-7 là sơ đồ nguyên lý đơn giản của hệ thống truyền động chính máy bào giường cỡ trung bình và nặng

a/ Phân tích nguyên lý làm việc của hệ thống truyền động điện

Động cơ điện Đ truyền động cho bàn máy được cấp điện từ máy phát điện một chiều F. Kích từ của máy phát F là cuộn CKF được cấp bởi máy điện khuếch đại từ trường ngang MĐKĐ. MĐKĐ có 4 cuộn kích từ; 3 cuộn CK1, CK2, CK3 nối nối tiếp nhau có chức năng là cuộn chủ đạo, phản hồi âm điện áp, phản hồi dương dòng điện phản ứng và phản hồi mềm sức điện động máy phát

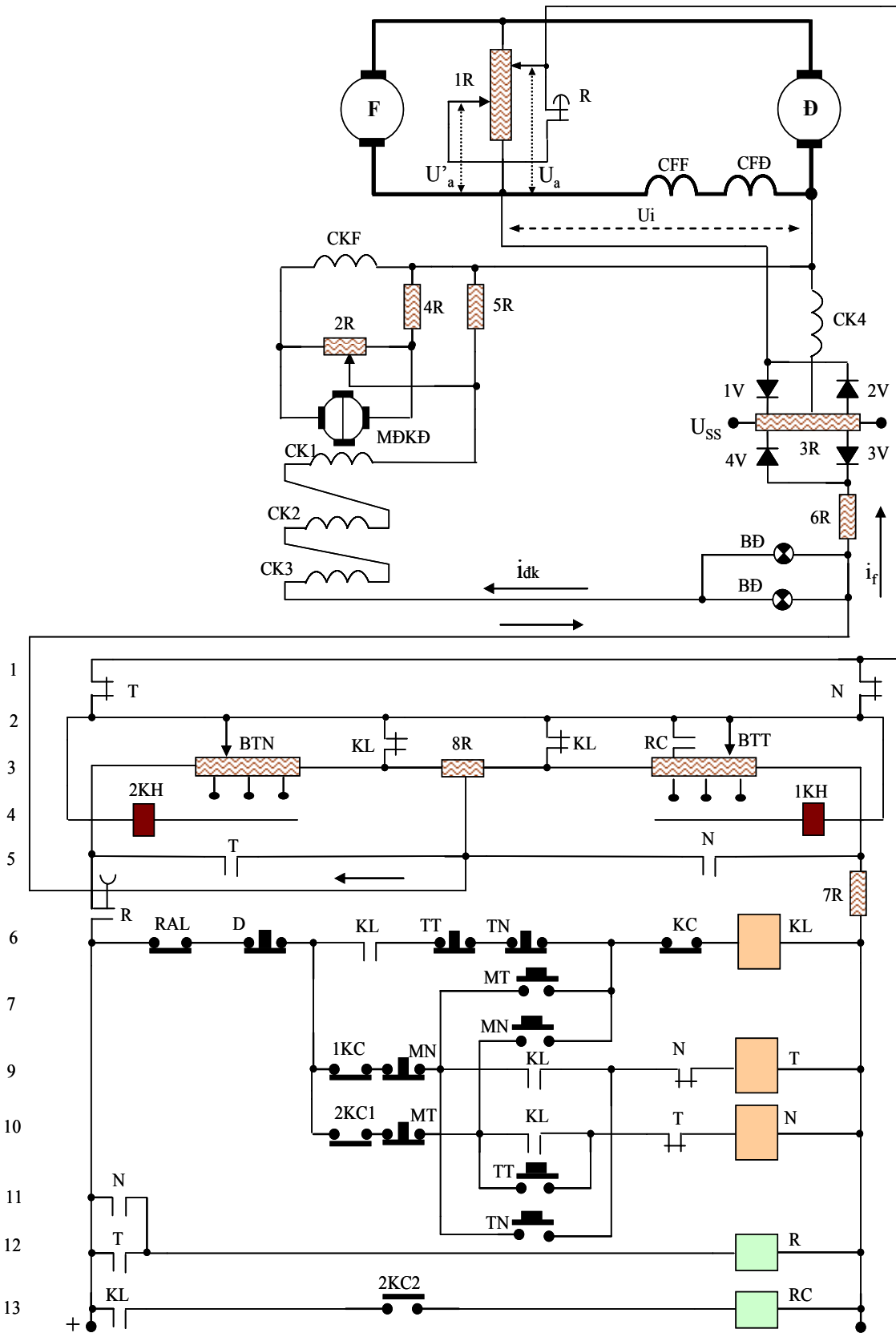
- Điện áp chủ đạo lấy trên biến trở BTT (cho hành trình thuận) hoặc trên biến trở BTN (cho hành trình ngược).

Khi $R(5-6) = 1, + T(5) = 1$, biến trở BTT được cấp điện hình thành điện áp U_{cd} tạo dòng i_{dk} chảy vào cuộn CK1, CK2, CK3 qua điện trở R1, cuộn CFF, CFĐ và điện trở R5 tương ứng với chiều quay thuận. Nếu $R(5-6) = 1, + N(5) = 1$, biến trở BTN được cấp điện tạo ra dòng i_{dk} cũng chảy qua CK1, CK2, CK3 qua điện trở R1, cuộn CFF, CFĐ và điện trở R5 theo chiều ngược lại làm cho động cơ quay ngược.

- Điện áp phản hồi âm điện áp động cơ: Do biến trở 1R được nối song song với phần ứng động cơ Đ nên khi hệ thống F-Đ làm việc, sụt áp trên 1R là U_a tỉ lệ với điện áp trên phần ứng động cơ, tạo ra dòng chảy trong CK1, CK2, CK3 tỉ lệ với điện áp phần ứng động cơ.

- Điện áp phản hồi dương dòng điện phản ứng động cơ: Khi hệ thống F-Đ làm việc, sụt áp trên 2 cuộn phụ CFF và CFĐ là U_i tỉ lệ với dòng điện phần ứng động cơ; U_i tạo ra dòng chảy qua CK1, CK2, CK3 tỉ lệ với dòng điện phần ứng

- Điện áp phản hồi mềm lấy trên cầu cân bằng bao gồm 2 nửa điện trở 2R, điện trở 4R và cuộn CKF. Một đường chéo của cầu được cấp bởi điện áp của máy điện khuếch đại MĐKĐ; đường chéo còn lại là điện trở 5R. Ta chỉnh định trên 2R sao cho khi động cơ làm việc ở chế độ tĩnh thì cầu cân bằng nghĩa là điện áp trên 5R bằng không. Khi động cơ làm việc ở chế độ động thì cầu mất cân bằng, nghĩa là điện áp trên 5R khác không và tỉ lệ với đạo hàm của sức điện động máy phát tức là phản ánh sự dao động sức điện động



Hình 3-7 Sơ đồ hệ thống truyền động máy bào giường hệ F-Đ

của máy phát. Có thể xác định được điện áp U_{od} bằng cách viết các phương trình cân bằng điện áp của “cầu động” nói trên:

$$U_{od} = \frac{R_{2R2}}{2R.K_{\beta}} \cdot L_{CKF} \cdot p \cdot E_F \quad (3-37)$$

với R_{2R2} - điện trở của nửa điện trở $2R$

L_{CKF} - điện cảm của cuộn kích từ máy phát;

K_{β} - tỉ số sức điện động định mức và dòng điện kích từ định mức của máy phát. Nếu coi mạch kích từ máy phát là không bão hoà thì:

$$K_{\beta} = \frac{E_{Fdm}}{I_{CKFdm}}$$

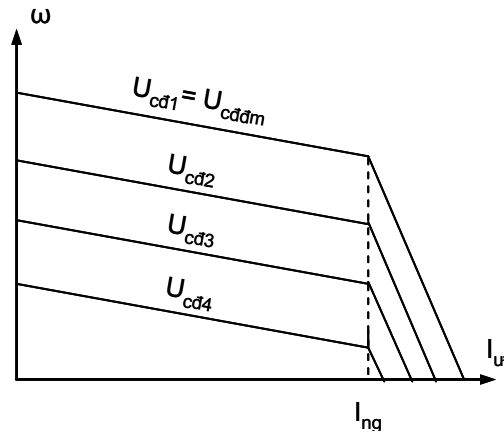
Cuộn kích từ CK4 có chức năng là cuộn phản hồi âm dòng có ngắt tạo cho động cơ đặc tính cơ dạng máy xúc, hạn chế được dòng điện trong động cơ ở quá trình tĩnh cũng như quá trình quá độ.

Đối với những máy thường xuyên làm việc quá tải như máy bào giường, máy cán, máy xúc... khi quá tải người ta không cắt điện cho động cơ (vì làm như thế năng suất của máy sẽ rất thấp) mà tạo cho nó một đường đặc tính cơ dạng máy xúc để khi quá tải thì dòng điện trong động cơ không vượt quá giá trị cho phép.

Trên hình 3-8 đặc tính cơ của động cơ có hai đoạn: khi dòng điện trong động cơ nhỏ thua I_{ng} , động cơ làm việc trên đặc tính cơ tự nhiên (đoạn cứng) và khi dòng điện trên động cơ lớn hơn giá trị I_{hq} thì động cơ làm việc trên đoạn đặc tính cơ dạng máy xúc (đoạn dốc)

Nguyên lý làm việc của khâu phản hồi âm dòng có ngắt trong sơ đồ được giải thích như sau: Khi dòng điện trong động cơ nhỏ thua giá trị ngắt thì sụt áp U_i rơi trên các cuộn phụ còn nhỏ thua giá trị U_{ss}

trên $3R$ làm cho các van 1V hoặc 2V (tùy cực tính) khoá, do đó trên cuộn CK4 không có dòng điện, sức từ động bằng không, động cơ làm việc trên đường đặc tính cơ tự nhiên. Khi dòng điện trong động cơ lớn hơn dòng điện I_{ng} , sụt áp $U_i > U_{ss}$ làm cho các van 1V hoặc 2V thông nên cuộn CK4 có dòng tạo ra sức từ động lớn tác dụng ngược chiều với sức từ động do các cuộn CK1, CK2, CK3 sinh ra làm cho điện áp máy phát giảm nhanh, tốc độ động cơ giảm nhanh khi dòng điện phần ứng tăng, tạo ra đặc tính cơ dốc.



Hình 3-8 Đặc tính cơ - điện của động cơ

Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện áp chủ đạo lấy trên biến trở BTT hoặc BTN

+ Thành lập phương trình đặc tính cơ

- khi $I_u < I_{ng}$ ta viết được phương trình mô tả hệ thống ở chế độ xác lập:

$$U_{dk} = U_{cd} - \alpha U_F + \beta I_u \cdot R_{u\Sigma} \quad (3-39)$$

$$E_F = K_F \cdot K_{MDKD} \cdot U_{dk} \quad (3-40)$$

$$E_F = K\Phi\omega_D + I_u \cdot R_{u\Sigma} \quad (3-41)$$

Trong đó K_F , K_{MDKD} - là hệ số khuếch đại điện áp máy phát, khuếch đại máy điện. Với giả thiết là mạch từ của máy phát và khuếch đại máy điện không bão hoà thì ta có:

$$K_F = \frac{E_F}{U_{CKF}}; K_{MDKD} = \frac{E_{MDKD}}{U_{dk}}$$

$R_{u\Sigma} = R_{uD} + R_{uF} + R_{CFF} + R_{CFD}$: tổng điện trở trong mạch phản ứng

Từ các phương trình (3-39), (3-40), (3-41) ta biến đổi thành phương trình đặc tính cơ - điện của động cơ:

$$\omega_D = \frac{K_D \cdot K_F \cdot K_{MDKD} \cdot U_{cd}}{1 + \alpha \cdot K_F \cdot K_{MDKD}} \cdot \frac{1 + K_F \cdot K_{MDKD} \left[\alpha \left(\beta + \frac{R}{R_{u\Sigma}} \right) - \beta \right]}{1 + \alpha \cdot K_F \cdot K_{MDKD}} \cdot K_D \cdot R_{u\Sigma} \cdot I_u \quad (3-42)$$

Trong đó $K_D = 1/K\Phi$ - hệ số của động cơ;

R_{uF} - điện trở bản thân của dây quấn phần ứng động cơ/

- khi $I_u \geq I_{ng}$, ta viết phương trình mô tả hệ thống tương tự như khi $I_u < I_{ng}$. Chỉ lưu ý là trong trường hợp này cuộn CK4 có điện áp U_4 là hiệu hai điện áp: sụt áp trên cuộn dây cực từ phụ ΔU và điện áp so sánh U_{ss} :

$$U_4 = \Delta U \cdot U_{ss} = \beta I_u R_{u\Sigma} - U_{ss} \quad (3-43)$$

Để tiện cho việc viết phương trình ta qui đổi điện áp trên cuộn CK4 (U_4) về cuộn dây CK1 - CK2 - CK3 bằng công thức sau:

$$U'_4 = K_{qd4} \cdot U_4 = \frac{W_4}{R_4} \cdot \frac{R_{13}}{W_{13}} \cdot U_4 \quad (3-44)$$

Trong đó $K_{qd4} = \frac{W_4}{R_4} \cdot \frac{R_{13}}{W_{13}}$ hệ số qui đổi điện áp trên cuộn dây CK4 về cuộn

CK1-CK2-CK3;

W_4, R_4 - số vòng dây, điện trở cuộn dây CK4;

W_{13}, R_{13} - số vòng dây, điện trở các cuộn dây nối tiếp CK1-CK2-CK3;

Khi đó ta có các phương trình sau:

$$U_{13\Sigma} = U_{13} - U'_4 = U_{cd} - \alpha U_F + \beta R_{u\Sigma} \cdot I_u - K_{qd4} \cdot U_4 \quad (4-45)$$

$$E_F = K_F \cdot K_{MDKD} \cdot U_{13\Sigma} \quad (4-46)$$

$$E_F = K\Phi\omega_D + I_u \cdot R_{u\Sigma} \quad (4-47)$$

Trong đó $U_{13\Sigma}$ - điện áp tổng trên cuộn dây CK1, CK2, CK3

Kết hợp các phương trình (3-45), (3-46), (3-47) ta nhận được phương trình đặc tính cơ - điện của động cơ trong vùng $I_u \geq I_{ng}$

$$\omega_D = \frac{K_D \cdot K_F \cdot K_{MDKD} (U_{cd} + K_{qd4} \cdot U_{ss})}{1 + \alpha \cdot K_F \cdot K_{MDKD}} \cdot \frac{1 + K_F \cdot K_{MDKD} \left[\alpha \left(\beta + \frac{R_{uD}}{R_{u\Sigma}} \right) + \beta (K_{qd4} - 1) \right] K_D \cdot R_{u\Sigma} \cdot I}{1 + \alpha \cdot K_F \cdot K_{MDKD}} \quad (3-48)$$

Kết hợp hai phương trình (3-42) và (3-48) ta có họ đặc tính cơ - điện khi thay đổi điện áp chủ đạo .

b/Phân tích nguyên lý của sơ đồ điều khiển tự động:

Trong sơ đồ này động cơ được khởi động cưỡng bức. Hệ số cưỡng bức được duy trì ở mức độ cho phép trong thời gian đủ dài. Sau khi cho lệnh khởi động, điện áp chủ đạo được đưa vào mạch kích thích của MĐKĐ (cuộn CK1, CK2, CK3), còn sức điện động của động cơ $E_D=0$, nên điện áp đặt lên các cuộn CK₁₂₃ có giá trị cực đại và động cơ được khởi động cưỡng bức ở giới hạn cho phép nhờ khâu phân mạch. Khâu phân mạch gồm hai bóng đèn có điện trở phi tuyến BĐ; 4V-3R-2V hoặc 3V-3R-1V. Khi điện áp đặt lên các cuộn CK₁₂₃ lớn hơn điện áp U_{ss} đặt lên 3R thì điện trở các bóng đèn BĐ tăng lên làm cho dòng I_{dk} chảy trong các cuộn này không tăng đồng thời các cặp van 1V-3V thông hoặc 2V -4V thông tạo đường cho dòng phân mạch chảy không qua các cuộn CK₁₂₃. Dòng điện phân mạch càng lớn khi điện áp đặt lên các cuộn CK₁₂₃ càng lớn và dòng điện I_{dk} được duy trì ở mức độ cho phép hầu như không đổi trong quá trình khởi động. Trong thời gian khởi động, khâu phản hồi âm dòng điện có ngắt cũng có tác dụng hạn chế dòng điện nhỏ hơn trị số dòng điện cho phép.

Sơ đồ có khả năng làm việc ở chế độ tự động và thử máy. Khi bàn ở đầu hành trình thuận, bàn ấn vào công tắc hành trình 2KC; ở cuối hành trình thuận (đầu hành trình ngược) bàn ấn vào 1KC. Khi bàn di chuyển ngoài phạm vi cho phép thì tiếp điểm KC(6) = 0.

Giả sử bàn ở đầu hành trình thuận; đủ áp lực trong hệ thống bôi trơn để tiếp điểm RAL(6) = 1, công tắc hành trình 2KC bị ấn \rightarrow 2KC1(10) = 0, 2KC2(13) = 1. Ấn nút \rightarrow MT(7) \rightarrow cuộn dây KL(6) = 1, \rightarrow tiếp điểm KL(6) = 1, để duy trì, + KL(9) = 1, + KL(10) = 1, + KL(13) = 1, + KL(2-3) = 0. Do KL(9) = 1, \rightarrow T(9) = 1, \rightarrow T(1-2) = 0, + T(5) = 1, + T(12) = 1, \rightarrow R(12) = 1; Do KL(13) = 1, \rightarrow RC(13) = 1.

Kết quả khi ấn MT ta có được: KL, T, R, RC có điện. Biến trở BTT(3) được cấp điện do R(5-6) = 1, và T(5) = 1, \rightarrow tạo ra điện áp U_{cd} đặt lên BTT sinh ra dòng trong các cuộn CK1, CK2, CK3 làm cho động cơ khởi động đưa bàn chạy theo hành trình thuận. Do RC(2-3) nối tắt một phần biến trở

BTT nên điện áp U_{cd} giảm nhỏ làm cho tốc độ động cơ chỉ tăng đến tốc độ V_0 để dao đi vào chi tiết. Đến cuối t3, bàn thổi ấn vào 2KC \rightarrow 2KC1(10) = 1, nhưng do T(10) = 0, nên T(10) = 0; 2KC2(13) = 0, \rightarrow RC(13) = 0, \rightarrow RC(2-3) = 0, \rightarrow điện áp U_{cd} trên BTT tăng lên \rightarrow động cơ tăng tốc lên tốc độ V_{th} thực hiện chế độ cắt gọt kim loại. Đến cuối t5, dao chuẩn bị ra khỏi chi tiết, chổi tiếp xúc của tiếp điểm hành trình 1KH được đẩy về phía trái, ngắn mạch một phần biến trở BTT làm cho điện áp U_{cd} giảm xuống, tốc độ động cơ giảm xuống V_0 để dao ra khỏi chi tiết. Đến cuối t8 lúc này dao đã ra khỏi chi tiết, bàn ấn vào công tắc hành trình 1KC(9) \rightarrow T(9) = 0, \rightarrow T(10) = 1, N(10) = 1, \rightarrow T(1-2) = 1, + T(5) = 0, +T(12) = 0, +N(1-2) = 0, + N(5) = 1, N(9) = 0, + N(11) = 1. Kết quả điện áp U_{cd} chuyển từ BTT sang BTN làm cho dòng điện trong các cuộn CK_{1,2,3} đảo chiều, động cơ thực hiện hãm để giảm tốc về không sau đó khởi động ngược đưa bàn trở về vị trí ban đầu với tốc độ là V_{ng} . Khi bàn máy chạy ngược, công tắc hành trình 1KC và sau đó là chổi tiếp xúc 1KH được trả về vị trí ban đầu để chuẩn bị cho chu kỳ làm việc kế tiếp. Gần cuối hành trình ngược (cuối t11), bàn lại ấn vào chổi tiếp xúc 2KH(4) ngắn mạch một phần biến trở BTN để cho tốc độ giảm về V_0 . Đến cuối t13, bàn ấn vào công tắc hành trình 2KC \rightarrow 2KC1(10) = 0, \rightarrow N(10) = 0, \rightarrow N(9) = 1, \rightarrow T(9) = 1, \rightarrow N(1-2) = 1, N(5) = 0, N(11) = 0, T(12) = 1, T(10) = 0, T(5) = 1, T(1-2) = 0. Kết quả điện áp U_{cd} chuyển từ BTN sang biến trở BTT, động cơ thực hiện việc giảm tốc về không sau đó khởi động lại cho một chu kỳ mới.

Hãm máy khi ấn nút dừng D(6). Các công tắc tơ KL, T hoặc N và role R mất điện. Điện áp chủ đạo trên biến trở BTT hoặc BTN mất tác dụng, các cuộn dây CK1, CK2, CK3 được nối vào điện áp máy phát (αU_F) có dấu ngược với U_{cd} trước khi hãm, dòng điện trong các cuộn CK1, CK2, CK3 đảo chiều, động cơ được hãm tái sinh. Để tránh sự đột biến về chiều và trị số trong các cuộn này, người ta duy trì một lượng điện áp nhỏ trên điện trở 8R(3) được duy trì bởi tiếp điểm mở chậm R(5-6). Sau thời gian duy trì của R, điện áp trên 8R(3) mất đồng thời một phần biến trở 1R bị ngắn mạch, điện áp phản hồi giảm đi, quá trình hãm tái sinh chuyển sang giai đoạn thứ hai cho đến lúc dừng.

Hệ thống này đảm bảo phạm vi điều chỉnh tốc độ $D = 15/1$ với độ sụt tốc không quá 6%. Nhược điểm của hệ thống này là có sự liên quan giữa mạch động lực và mạch điều khiển. Điều đó gây khó khăn cho vận hành và sửa chữa, hiệu chỉnh hệ thống.

2. Sơ đồ điều khiển máy bào giường hệ T-Đ

a/ *Mạch động lực*: Động cơ truyền động chính Đ là động cơ một chiều công suất 42kW, điện áp 440V, tốc độ định mức là 157rad/s. Động cơ được cấp điện từ bộ biến đổi BBD. Để thực hiện việc đảo chiều quay cho động cơ, BBD gồm sơ đồ chỉnh lưu 3 pha hình cầu không có máy biến áp nối theo kiểu song song ngược và hai hệ thống phát xung cấp cho hai nhóm chỉnh lưu (phía trên và phía dưới) điều khiển theo kiểu phối hợp tuyến tính $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$. Hai hệ thống phát xung được điều khiển bởi một biến trở R1(1) được cấp từ điện áp U_{cd} lấy trên các điện trở R8, R ω , R9, R10(9÷ 15) và điện áp phản hồi âm tốc độ U_{FT} . Giá trị điện áp điều khiển U_{dk} đặt lên R1:

$$U_{dk} = U_{cd} - U_{FT}$$

Khi thay đổi giá trị U_{cd} thì góc mở α của hai hệ thống phát xung thay đổi làm thay đổi tốc độ động cơ.

Khi đảo cực tính điện áp U_{cd} nhờ cầu tiếp điểm RT, RN (8 và 14) nghĩa là thay đổi cực tính của U_{dk} sẽ làm thay đổi giá trị α ($\geq 90^\circ$ hoặc $\leq 90^\circ$) làm thay đổi vai trò của hai nhóm chỉnh lưu từ chế độ làm việc chỉnh lưu sang chế độ đợi nghịch lưu nghĩa là đảo chiều quay động cơ.

Khi RT(8) = 1, + RT(14) = 1, → điện áp dương của bộ chỉnh lưu CL3 đặt cực tính (+) lên phía trên của R ω → U_{cd} tương ứng với chân I của biến trở R ω → tạo tốc độ V_{th} của bàn. Khi đó nếu RG(10) = 0, → R8 được nối tiếp với biến trở R ω làm giảm U_{cd} tạo ra tốc độ V_0 để dao đi vào chi tiết. Nếu RG(10) = 1, + RD(12) = 1, → U_{cd} chính là sụt áp trên điện trở R10.

Khi RN(8) = 1, + RN(14) = 1, → điện áp dương của bộ chỉnh lưu CL3 đặt cực tính (+) lên phía dưới của R10 → U_{cd} tương ứng với chân II của biến trở R ω → tạo tốc độ V_{ng} của bàn. Khi đó nếu RD(12) = 1, U_{cd} chính là sụt áp trên điện trở R9.

Bộ chỉnh lưu không điều khiển CL2 cấp điện cho cuộn kích từ CKĐ(8) của động cơ Đ. Khi K2(đl) = 1, CL1 và CL2 có điện → cuộn CKĐ có điện. Khi làm việc ở chế độ thuận thì dòng kích từ trong động cơ bằng định mức; khi làm việc ở chế độ ngược, dòng kích từ được giảm 20% nhờ đưa điện trở R7(8) nối tiếp với cuộn CKĐ. Việc đóng mở R7 được thực hiện bởi role RH(2). Khi động cơ làm việc ở chế độ thuận, diot Đ1(1) khoá → role RH(2) không tác động → RH(7) = 1, R7(8) bị nối tắt → $I_{CKĐ} = \text{đm}$. Khi động cơ làm việc ở chế độ ngược, diot Đ(1) thông → RH(2) = 1, → RH(7) = 0, R7(8) được nối tiếp với cuộn CKĐ → $I_{CKĐ}$ giảm xuống để tăng tốc trên tốc độ cơ bản.

Tiếp điểm K3(3-4), R6 và 4 diot Đ2 ÷ Đ5 tạo ra mạch hãm động năng tự kích từ. Khi làm việc thì K3(3-4) mở ra để giải phóng mạch hãm động năng. Khi hãm K2(đl) = 0, K3(3-4) = 1, CL2 mất điện. Nếu động cơ trước đó quay

thuận thì Đ2 và Đ5 thông ; nếu trước đó quay ngược thì Đ3 và Đ4 thông. Cả hai trường hợp đều làm cho dòng trên cuộn CKĐ có chiều từ trái sang phải cấp điện cho cuộn kích từ trong thời gian hãm động năng.

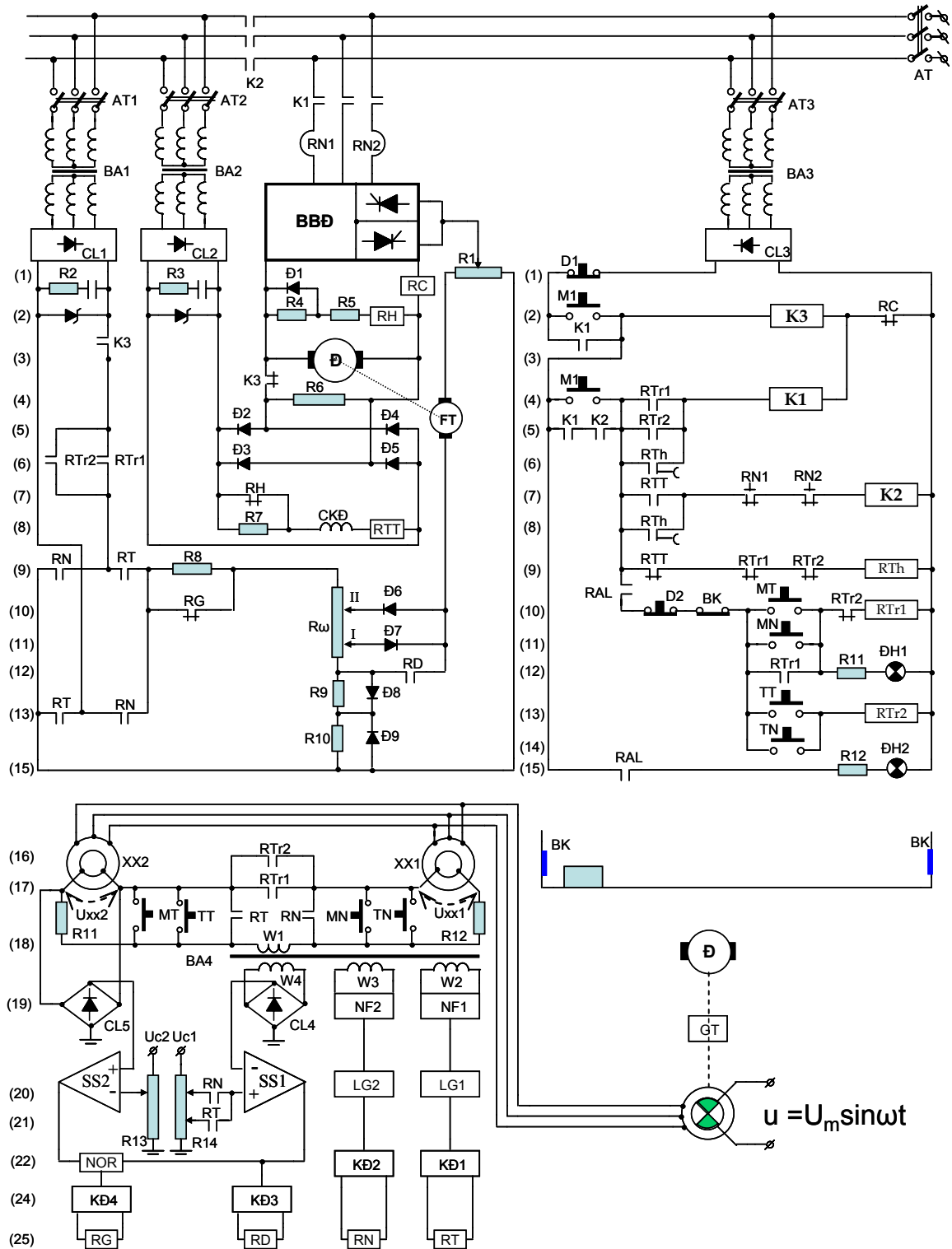
b/ Mạch không chế tự động

Đóng tất cả các attomat. Ấn M1(2) \rightarrow K3(2) = 1, đồng thời RTh(8) = 1, \rightarrow RTh(6) = 1, \rightarrow K1(4) = 1, + RTh(8) = 1, \rightarrow K2(7) = 1. Kết quả khi ấn M1 ta có K1, K2, K3 có điện.

Trên mạch động lực, K1 cấp điện cho bộ biến đổi BBD; K3(2-3) = 1, K3(3-4) = 0, giải phóng mạch hãm động năng; K2(đl) = 1, \rightarrow CL1 có điện để cấp lên cầu tiếp điểm RT/RN khi RTr1(5-7) = 1, hoặc RTr(5-7) = 1; CL2 có điện cấp điện cho cuộn CKĐ. Khi đủ dòng RTT(8) = 1, \rightarrow RTT(9) = 0, RTh(8) = 0, RTh(6) mở chậm có nguy cơ làm K1(4) mất điện \rightarrow K2(7) cũng mất điện theo nếu trong thời gian mở chậm của RTh ta không kịp cho RTr1(4) = 1, hoặc RTr2(5) = 1, thay thế cho RTh(6) cấp cho K1(4); mà RTr1 hoặc RTr2 là do ta ấn 1 trong 4 nút ấn MT(10) hoặc MN(11), hoặc TT(13) hoặc TN(14). Điều này được giải thích như sau:

Khi ấn M1, K1, K2, K3 có điện, đóng điện cho mạch động lực sẵn sàng làm việc. Trong thời gian định sẵn (do RTh quyết định), nếu ta không ra lệnh cho bàn làm việc thì mạch chuẩn bị sẽ bị mất điện; muốn làm việc lại ta phải ấn lại từ M1.

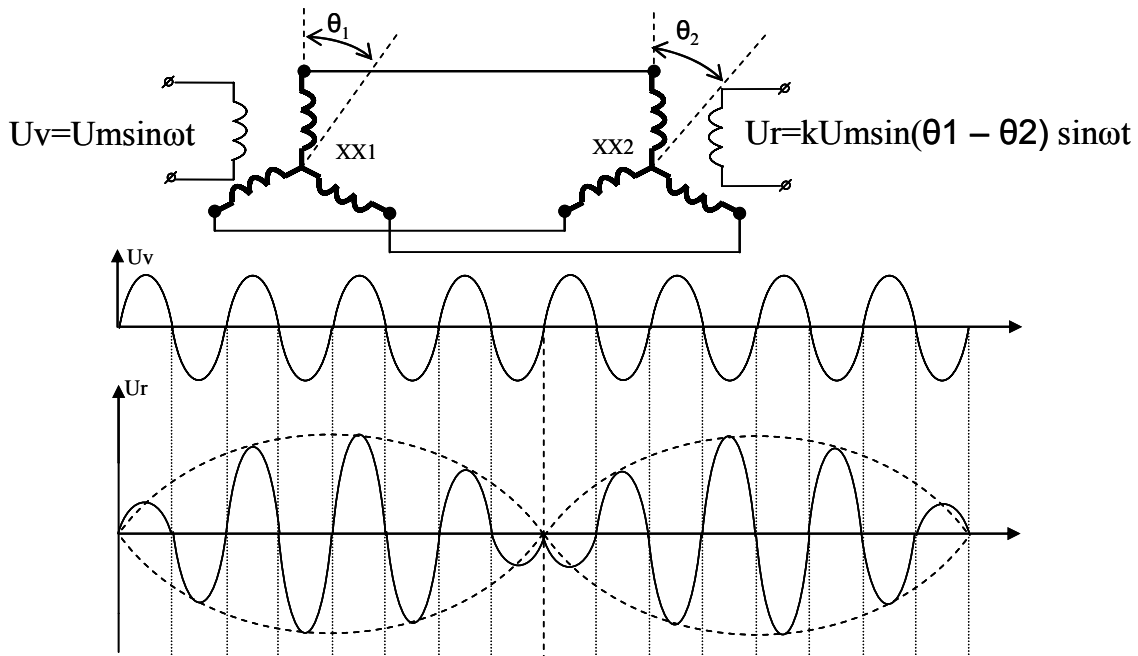
Ra lệnh cho bàn làm việc bằng cách ấn vào MT(10) hoặc MN(11) \rightarrow RTr(10) = 1 (có duy trì) . Ấn TT(13) hoặc TN(14) \rightarrow RTr2(14) = 1. Ngoài việc thay thế cho RTh(6) thì RTr1(5-7) hoặc RTr2(5-7) đóng cấp điện CL1 lên cầu tiếp điểm RT/RN để cho mạch chuẩn bị làm việc



Hình 3-11. Sơ đồ điều khiển máy bảo giường hệ T-Đ

c/ Xenxin làm việc ở chế độ biến áp

Xenxin một pha là máy điện cảm ứng nhỏ, có cuộn dây một pha kích thích và cuộn dây đồng bộ hoá ba pha. Xenxin chia thành loại tiếp xúc và không tiếp xúc. Xenxin tiếp xúc có cấu trúc giống với máy điện đồng bộ kích thích điện từ. Lõi thép stato và roto ghép từ các lá thép kỹ thuật điện. Cuộn kích thích (cuộn sơ cấp) một pha đặt trên stato (hoặc roto) và cuộn đồng bộ hoá 3 pha (cuộn thứ cấp) đặt trên roto (hoặc stato)



Hình 3-10 Sơ đồ nối xenxin theo kiểu máy biến áp và dạng sóng vào ra

Hai xenxin XX1 và XX2 được nối như hình 3-10 trong đó XX1 được gọi là xenxin phát và XX2 được gọi là xenxin thu. Điện áp đặt vào cuộn kích từ của XX1 là: $u_v = U_m \sin \omega t$ thì trên cuộn kích từ của XX2 ta nhận được điện áp:

$$u_r = kU_m \sin(\theta_1 - \theta_2) \sin \omega t$$

trong đó θ_1 và θ_2 là góc lệch roto của xenxin XX1 và XX2

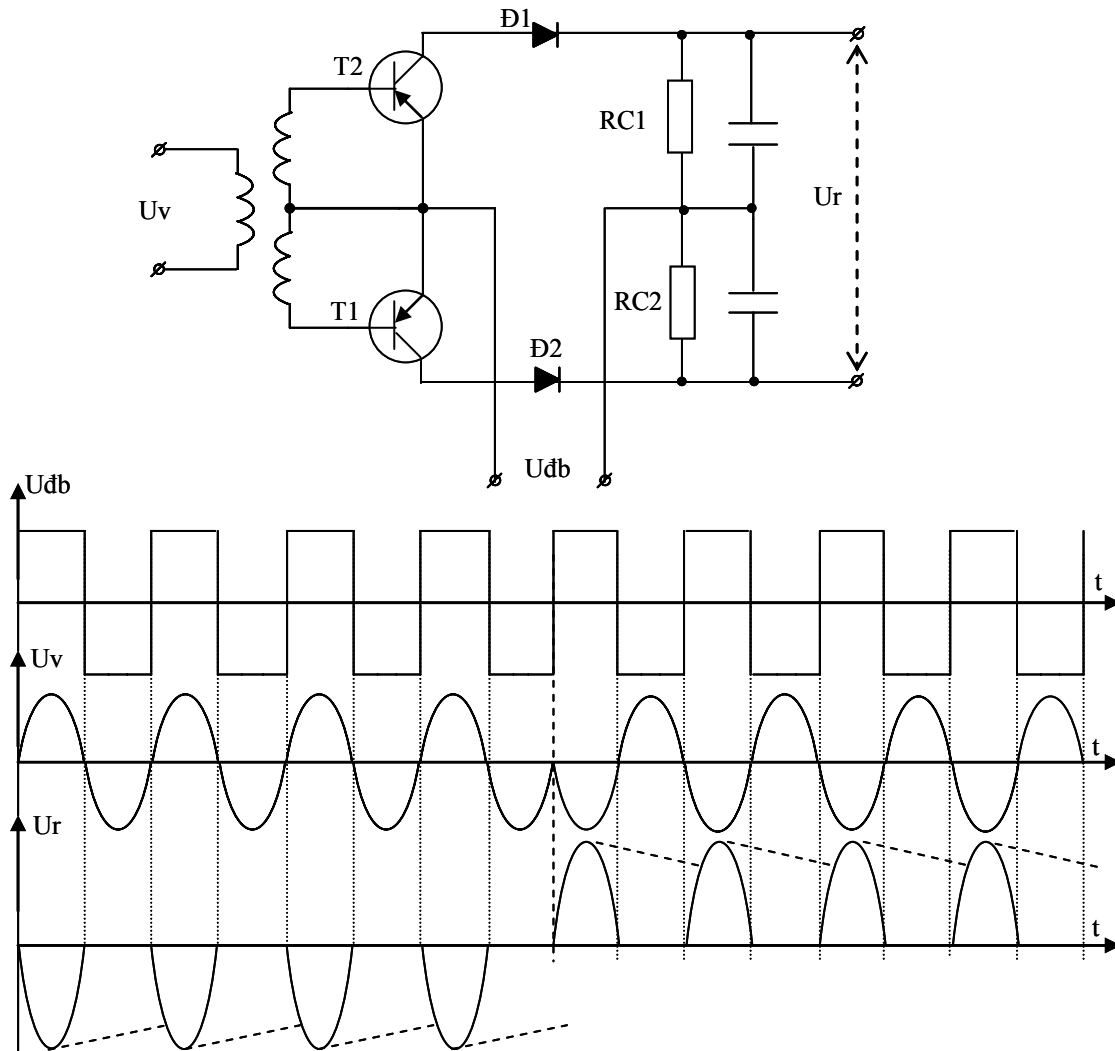
Nhận xét:

- Điện áp ra cùng tần số với điện áp vào
- Biên độ của điện áp ra phụ thuộc vào góc lệch θ_1 và θ_2
- + Nếu $\theta_1 = \theta_2 \rightarrow u_r = 0$; ta gọi XX1 và XX2 đồng bộ với nhau
- + Nếu $\theta_1 - \theta_2 < 180^\circ \rightarrow u_r$ cùng pha với u_v
- + Nếu $\theta_1 - \theta_2 > 180^\circ \rightarrow u_r$ ngược pha với u_v

Trên hình 3-10, các đồ thị được vẽ với giả thiết cứ 4 chu kỳ thì $\theta_1 - \theta_2 > 180^\circ$.

d/ Chỉnh lưu nhạy pha

Biến điện áp xoay chiều thành một chiều có cực tính thay đổi tùy thuộc pha của điện áp vào với điện áp đồng bộ



Hình 3-11 Sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu nhạy pha và các dạng sóng vào/ra

Sơ đồ gồm 1 biến áp với thứ cấp có 2 cuộn dây nối với 2 transistor T1 và T2; 2 diot Đ1 và Đ2; hai tụ lọc và 2 điện trở tải Rc1 và Rc2.

- Xét ở 4 chu kỳ đầu: điện áp đầu vào cùng pha với điện áp đồng bộ
 - + trong khoảng từ $0 \div \pi \rightarrow$ T1 thông $\rightarrow U_r$ có cực tính (+) ở dưới
 - + trong khoảng từ $\pi \div 2\pi \rightarrow$ T1 và T2 khoá

Các chu kỳ sau được lặp lại và nhờ tụ lọc san phẳng điện áp U_r

- Xét ở 4 chu kỳ sau: điện áp đầu vào ngược pha với điện áp đồng bộ
 - + trong khoảng từ $0 \div \pi \rightarrow$ T2 thông $\rightarrow U_r$ có cực tính (+) ở trên
 - + trong khoảng từ $\pi \div 2\pi \rightarrow$ T1 và T2 khoá

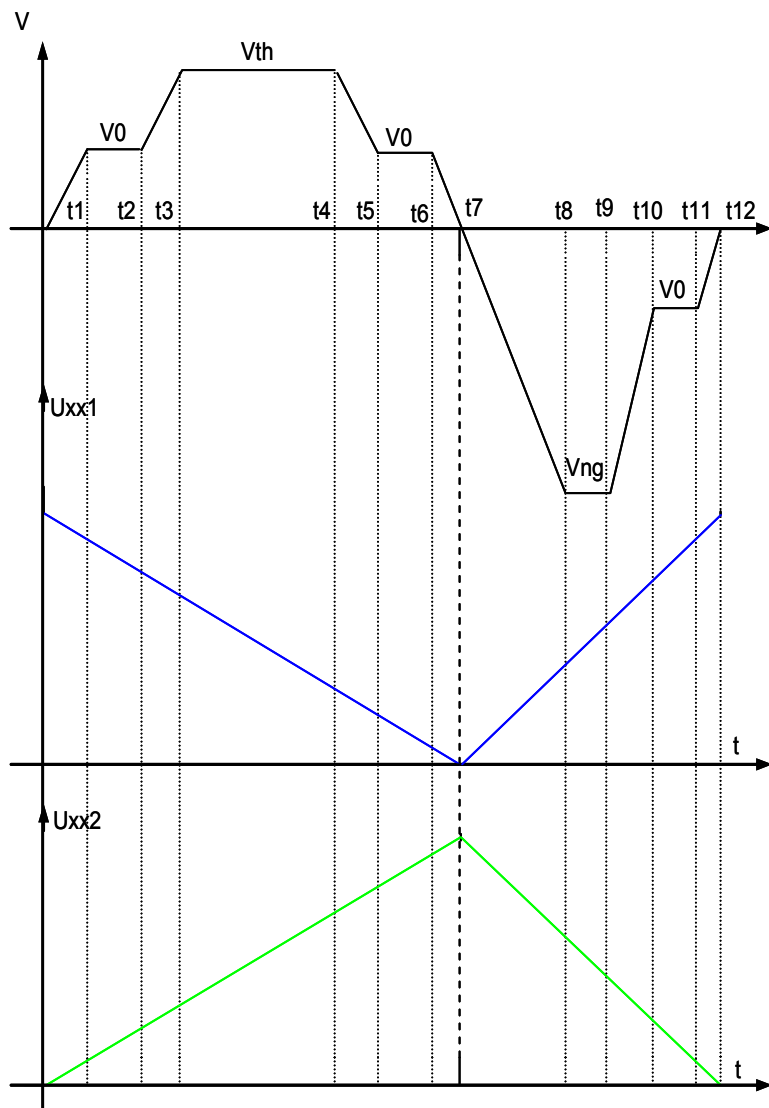
Các chu kỳ sau được lặp lại và nhờ tụ lọc san phẳng điện áp U_r

Ta có được điện áp một chiều thay đổi được cực tính khi u_v đảo pha.

e/ Sơ đồ đặt hành trình bàn tự động điều khiển từ xa

Sơ đồ gồm 3 xenxin XD, XX1 và XX2 làm việc ở chế độ biến áp; bộ chỉnh lưu nhảy pha NF1, NF2 và các phần tử role không tiếp điểm LG1, LG2; các bộ khuếch đại một chiều KĐ1 ÷ KĐ4 cấp điện cho các role RT, RN, RG, RD; các khâu so sánh dùng khuếch đại thuật toán SS1 và SS2; mạch NOR. Độ dài hành trình được đặt bởi góc quay tương đối của roto xenxin thuận (XX1) và xenxin thu ngược (XX2) so với roto xenxin SĐ liên hệ cơ khí với cơ cấu dịch chuyển bàn.

Động cơ Đ ngoài việc truyền động cho bàn di chuyển qua lại còn nối với hộp giảm tốc để quay roto của XD. Điều này có nghĩa là góc lệch roto của XD thay đổi từ θ_{\min} ÷ θ_{\max} tương ứng với việc di chuyển của bàn từ đầu hành trình thuận đến cuối hành trình thuận. Khi bàn ở đầu hành trình thuận, ta chỉnh định để cho XD đồng bộ với XX2 và XD lệch với XX1 một góc lớn nhất, thường chọn $\theta_D = \theta_2 = 0$; còn θ_D lệch với θ_1 một góc lớn nhất, điện áp của xenxin tương ứng: $U_{xx1} = \max$, $U_{xx2} = 0$. Khi bàn di chuyển từ đầu hành trình thuận về cuối hành trình thuận thì $\theta_D = \theta_1$; còn θ_D lệch với θ_2 một góc lớn nhất, tương ứng: $U_{xx1} = 0$, $U_{xx2} = \max$ như hình (3-12)



Hình 3-12. Biểu đồ tốc độ của bàn máy và điện áp của các xenxin XX1 và XX2

Với cách chỉnh định như đã mô tả, việc định độ dài hành trình bàn được đặt bởi góc quay của xenxin XX1 khi bàn ở đầu hành trình thuận. Chẳng hạn khi bàn ở đầu hành trình thuận, quay θ_1 một góc 90° điều này có nghĩa là θ_D sẽ di chuyển trong khoảng từ $0 \div 90^\circ$. (lúc này ta có $\theta_1=90^\circ$; $\theta_2 = \theta_D = 0$). Xét giá trị điện áp của XX1 và XX2 khi $\theta_D = 45^\circ$

$$u_{XX1} = kU_m \sin(45^\circ - 90^\circ) \sin \omega t$$

$$u_{XX2} = kU_m \sin(45^\circ - 0) \sin \omega t$$

Ta thấy rằng u_{XX1} và u_{XX2} luôn luôn ngược pha nhau.

+ Khâu đảo chiều

Khi lệnh cho bàn làm việc, $RTr1(17) = 1$, hoặc $RTr2(16) = 1$, \rightarrow nối u_{XX1} với u_{XX2} để cấp cho cuộn dây sơ cấp W1 của biến áp BA4. Do u_{XX1} lớn nhất, còn $u_{XX2} = 0$ nên W1 có tín hiệu theo u_{XX1} . Qua 2 cuộn dây thứ cấp W2 và W3 cấp cho 2 hai bộ chỉnh lưu nhạy pha NF1 và NF2 để điện áp ra của NF1 có cực tính (+), còn của NF2 có cực tính (-) [do điện áp đồng bộ của NF1 và NF2 ngược pha nhau]. Với điện áp dương của NF1 làm cho $LG1 = 1$, \rightarrow $KĐ1 = 1$, \rightarrow $RT = 1$; còn $LG2 = 0$, \rightarrow $KĐ2 = 0$, $RT = 0$.

$RT(17-18) = 1$, \rightarrow nối tắt u_{XX2} để cho cuộn W1 có tín hiệu theo u_{XX1} gần như trong suốt hành trình thuận; đồng thời $RT(8) = 1$, + $RT(14) = 1$, \rightarrow đặt điện áp U_{cd} lên biến trở $R\omega$ có cực tính (+) phía trên tương ứng với việc di chuyển bàn theo hành trình thuận.

Tại thời điểm t_6 , giá trị $u_{XX1} \approx 0 \rightarrow LG1 = 0$, \rightarrow $KĐ1 = 0$, \rightarrow $RT = 0$, \rightarrow $RT(17-18) = 0$, \rightarrow cuộn W1 lúc này có tín hiệu theo u_{XX2} . Do u_{XX1} ngược pha với u_{XX2} nên lúc này $NF1 = 0$, $NF2 = 1$, \rightarrow $LG2 = 1$, $KĐ2 = 1$, $RN = 1$, \rightarrow $RN(17-18) = 1$, \rightarrow nối tắt u_{XX1} để cho cuộn W1 có tín hiệu theo u_{XX2} gần như trong suốt hành trình ngược; đồng thời $RN(8) = 1$, + $RN(14) = 1$, \rightarrow đặt điện áp U_{cd} lên biến trở $R\omega$ có cực tính (+) phía dưới tương ứng với việc di chuyển bàn theo hành trình ngược.

Tại thời điểm t_{11} , giá trị $u_{XX2} \approx 0 \rightarrow LG2 = 0$, \rightarrow $KĐ2 = 0$, \rightarrow $RN = 0$, \rightarrow $RN(17-18) = 0$, \rightarrow cuộn W1 lúc này có tín hiệu theo u_{XX1} . Do u_{XX1} ngược pha với u_{XX2} nên lúc này $NF1 = 1$, $NF2 = 0$, \rightarrow $LG1 = 1$, $KĐ1 = 1$, $RT = 1$.

$RT(17-18) = 1$, \rightarrow nối tắt u_{XX2} để cho cuộn W1 có tín hiệu theo u_{XX1} gần như trong suốt hành trình thuận; đồng thời $RT(8) = 1$, + $RT(14) = 1$, \rightarrow đặt điện áp U_{cd} lên biến trở $R\omega$ có cực tính (+) phía trên tương ứng với việc di chuyển bàn theo hành trình thuận cho chu kỳ kế tiếp.

+ Khâu tạo tốc độ:

Điện áp trên cuộn W4 có giống như điện áp đặt trên cuộn W1 nghĩa là ở hành trình thuận giống như điện áp của u_{XX1} và ở hành trình ngược giống như điện áp trên u_{XX2} . Do đó biến thiên điện áp U_{cl4} như hình (3-13)

Điện áp U_{cl4} được so sánh với điện áp bên ngoài U_{c1} ở hành trình thuận và U'_{c1} ở hành trình ngược.

Khi $t < t_4 \rightarrow U_{ss1} = 0$
 $\rightarrow KĐ = 0$; khi $t \geq t_4 \rightarrow U_{ss1} = 1$, $\rightarrow KĐ = 1$, $\rightarrow RD = 1$.

Khi $t < t_9 \rightarrow U_{ss1} = 0$
 $\rightarrow KĐ = 0$; khi $t \geq t_9 \rightarrow U_{ss1} = 1$, $\rightarrow KĐ = 1$, $\rightarrow RD = 1$.

RD tác động sẽ tạo tốc độ V_0 trong khoảng từ $t_4 - t_6$ ở hành trình thuận và V_0 trong khoảng từ $t_9 - t_{11}$ ở hành trình ngược.

Điện áp U_{cl5} có dáng biến thiên tương tự như điện áp của U_{ss2} . Điện áp này được so sánh với điện áp bên ngoài U_{c2}

Khi $t < t_2 \rightarrow U_{ss2} = 0$, đồng thời $U_{ss1} = 0 \rightarrow$ điện áp ra của khâu NOR = 1 $\rightarrow KĐ4 = 1$, $RG = 1$, \rightarrow tạo tốc độ V_0 trong khoảng từ $t_1 - t_2$

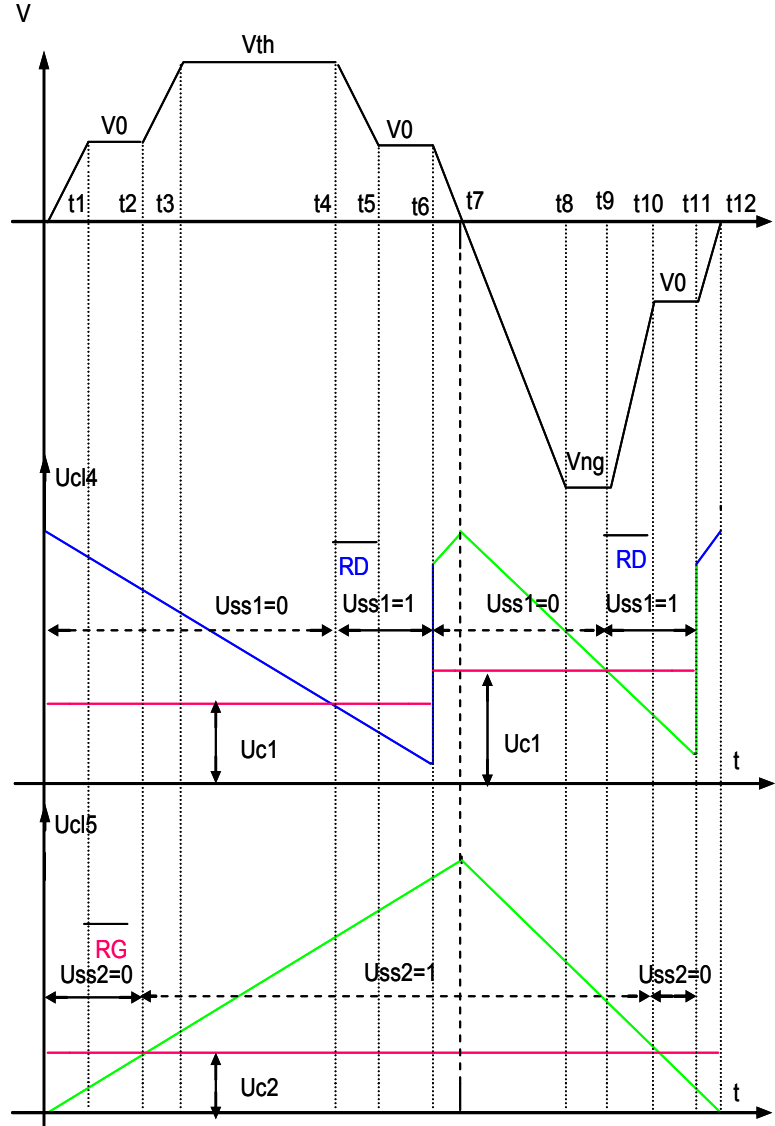
Ở các thời điểm khác,

do $U_{ss2} = 1$ hoặc $U_{ss1} = 1$ nên đầu ra của NOR ở mức không, $KĐ4 = 0$, role RG không tác động.

f/ Hoạt động của toàn mạch

Đóng tất cả các attomat. Phải đủ đầu áp lực để $RAL(9-10) = 1$, và $RAL(15) = 1$. Ấn M1(2) $\rightarrow K3(2) = 1$, đồng thời $RTh(8) = 1$, $\rightarrow RTh(6) = 1$, $\rightarrow K1(4) = 1$, + $RTh(8) = 1$, $\rightarrow K2(7) = 1$. Kết quả khi ấn M1 ta có K1, K2, K3 có điện.

Trên mạch động lực, K1 cấp điện cho bộ biến đổi BĐ; $K3(2-3) = 1$, $K3(3-4) = 0$, giải phóng mạch hãm động năng; $K2(đl) = 1$, $\rightarrow CL1$ có điện để cấp lên cầu tiếp điểm RT/RN khi $RTr1(5-7) = 1$, hoặc $RTr(5-7) = 1$; $CL2$



Hình 3-14 Biểu đồ tốc độ của bàn máy và điện áp u_{cl4} và u_{cl5}

có điện cấp điện cho cuộn CKĐ. Khi đủ dòng $RTT(8) = 1$, $\rightarrow RTT(9) = 0$, $RTh(8) = 0$, $RTh(6)$ mở chậm có nguy cơ làm $K1(4)$ và $K2(7)$ mất điện.

Giả sử bàn đang ở đầu hành thuận, ra lệnh cho bàn làm việc bằng cách ấn vào $MT(10) \rightarrow RTr(10) = 1$ (có duy trì). Ngoài việc thay thế cho $RTh(6)$ thì $RTr1(5-7)$ đóng cấp điện CL1 lên cầu tiếp điểm RT/RN để cho mạch chuẩn bị làm việc.

$RTr1(17) = 1$, nối u_{xx1} với u_{xx2} ; do $u_{xx1} = \max$, $u_{xx2} = 0$ nên cuộn W1 có tín hiệu theo $u_{xx1} \rightarrow$ trên cuộn W2 và W3 có cùng tín hiệu đặt lên 2 chỉnh lưu nhạy pha để $NF1(+)$, $NF2(-) \rightarrow LG1 = 1$, $\rightarrow KĐ1 = 1$, $RT = 1$, $\rightarrow RT(17-18) \rightarrow$ nối tắt u_{xx2} để cho W1 có tín hiệu theo u_{xx1} gần như trong suốt hành trình thuận, đồng thời $RT(8) = 1$, $+ RT(14) = 1$, U_{cd} tương ứng với vị trí I trên $R\omega \rightarrow$ động cơ khởi động đưa bàn chạy theo hành trình thuận.

Lúc này $U_{ss1} = 0$ và $U_{ss2} = 0 \rightarrow U_{NOR} = 1 \rightarrow KĐ4 = 1$, $\rightarrow RG = 1$, $\rightarrow RG(10) = 0$, giảm U_{cd} nên tốc độ bàn chỉ tăng đến giá trị V_0 để dao đi vào chi tiết. Tại thời điểm $t2$, $U_{ss2} = 1$ nên $U_{NOR} = 1 \rightarrow KĐ4 = 0$, $\rightarrow RG = 0$, $\rightarrow RG(10) = 1$, \rightarrow điện trở R8 bị nối tắt $\rightarrow U_{cd}$ tăng lên tương ứng với tốc độ V_{th} thực hiện hành trình cắt kim loại.

Tại thời điểm $t4$, dao chuẩn bị ra khỏi chi tiết, lúc này $U_{ss1} = 1$, $\rightarrow KĐ3 = 1$, $\rightarrow RD = 1$, $\rightarrow RD(12) = 1$, $U_{cd} = U_{R10} \rightarrow$ động cơ thực hiện hãm tái sinh giảm tốc về V_0 .

Tại thời điểm $t6$, $u_{xx1} \approx 0$, $\rightarrow LG1 = 0$, $\rightarrow KĐ1 = 0$, $\rightarrow RT = 0$, $\rightarrow RT(17-18) = 0$, \rightarrow cuộn W1 có tín hiệu theo u_{xx2} do lúc này giá trị u_{xx2} là lớn nhất. Do u_{xx1} và u_{xx2} là ngược pha nhau nên lúc này $NF1(-)$, $NF2(+)$, $\rightarrow LG2 = 1$, $\rightarrow KĐ2 = 1$, $\rightarrow RN = 1$, $\rightarrow RN(17-18) = 1$, \rightarrow nối tắt u_{xx1} để cho W1 có tín hiệu theo u_{xx2} gần như trong suốt hành trình ngược; đồng thời $RN(8) = 1$, $+ RN(14) = 1$, \rightarrow điện áp U_{cd} tương ứng với vị trí II trên $R\omega$; \rightarrow động cơ thực hiện hãm tái sinh giảm tốc về không, sau đó khởi động ngược đưa bàn trở về vị trí ban đầu với tốc độ là V_{ng} .

Tại thời điểm $t9$, bàn đã chạy về gần vị trí xuất phát, lúc này $U_{ss1} = 1$, $\rightarrow KĐ3 = 1$, $RD = 1$, $\rightarrow RD(12) = 1$, $\rightarrow U_{cd} = U_{R9} \rightarrow$ động cơ thực hiện việc hãm tái sinh giảm tốc về V_0 .

Tại thời điểm $t11$, $u_{xx2} \approx 0 \rightarrow LG2 = 0$, $\rightarrow KĐ2 = 0$, $\rightarrow RN = 0$, $\rightarrow RN(17-18) = 0$, \rightarrow W1 lại có tín hiệu theo u_{xx1} do giá trị này lớn nhất $\rightarrow NF1(+)$, $NF2(-)$, $\rightarrow LG1 = 1$, $KĐ1 = 1$, $RT = 1$, $\rightarrow RT(17-18) = 1$, \rightarrow nối tắt u_{xx2} để cho cuộn W1 có tín hiệu theo u_{xx1} gần như trong suốt hành trình thuận, đồng thời $RT(8) = 1$, $+ RT(14) = 1$, \rightarrow cực tính (+) đặt phía trên $R\omega \rightarrow$ động cơ thực hiện việc giảm tốc về không và khởi động lại cho chu kỳ mới.

Dùng động cơ bằng cách ấn vào D1, \rightarrow các công tắc tơ K1, K2, K3 đều mất điện, động cơ thực hiện hãm động năng tự kích từ. Khi ấn nút dừng D2,

→ RTr1 hoặc RTr2 mất điện → điện áp chủ đạo bằng không, động cơ hãm tái sinh giảm tốc về không nhờ bộ biến đổi đảo chiều.

Trong sơ đồ, việc bảo vệ ngắn mạch và quá tải cho động cơ nhờ attomat AB1 và role nhiệt RN1, RN2. Mạch đặt tốc độ và kích từ động cơ được bảo vệ bằng AB2, AB3. Bảo vệ mất từ thông nhờ role kiểm tra thiếu từ thông RTT. Bảo vệ mất điện áp nhờ bản thân cuộn dây K1, K2. Bảo vệ mất dầu nhờ role áp lực dầu RAL. Đèn ĐH1 báo hiệu máy làm việc ở chế độ tự động. ĐH2 báo hiệu đủ dầu bôi trơn.

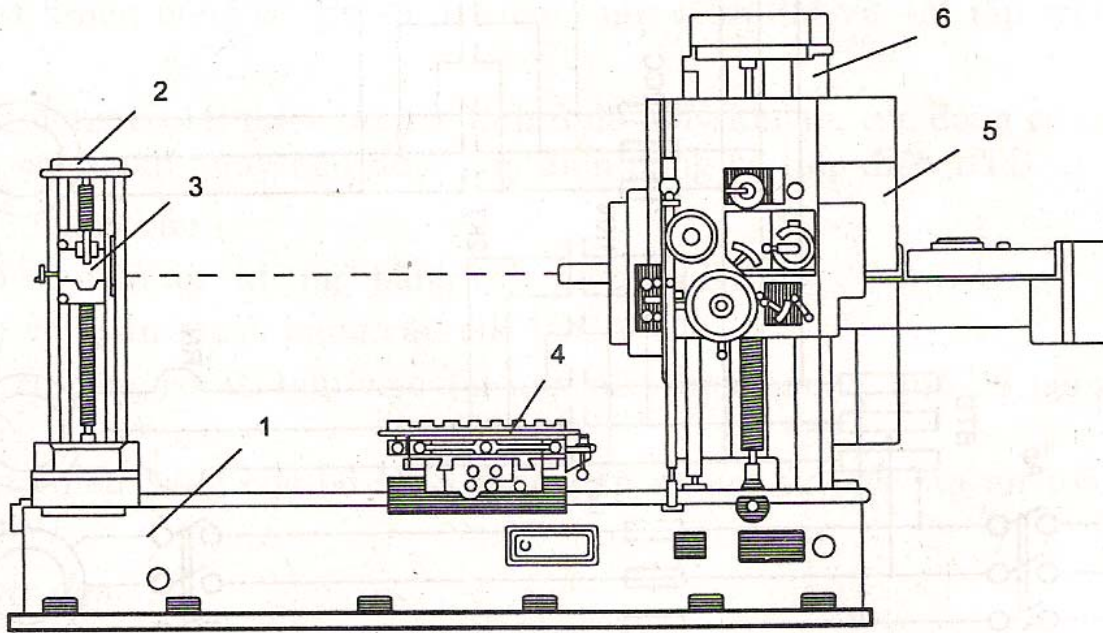
Chương 4

TRANG BỊ ĐIỆN MÁY DOA**4-1 Đặc điểm làm việc, yêu cầu về truyền động điện và trang bị điện**

1. Đặc điểm công nghệ

Máy doa dùng để gia công chi tiết với các nguyên công: khoét lỗ, khoan lỗ. Có thể dùng để phay. Thực hiện các nguyên công gia công trên máy doa sẽ đạt được độ chính xác và độ bóng cao.

Máy doa được chia thành hai loại chính: máy doa đứng và máy doa ngang. Máy doa ngang dùng để gia công các chi tiết cỡ trung bình và nặng.



Hình 4-1 Hình dáng bên ngoài máy doa ngang

Trên bệ máy 1 đặt trụ trước 6, trên đó có trục chính 5. Trụ sau 2 có đặt giá 3 để giữ trục dao trong quá trình gia công. Bàn quay 4 gá chi tiết có thể dịch chuyển ngang hoặc dọc bệ máy. Trục chính có thể dịch chuyển theo chiều thẳng đứng cùng trục chính. Bản thân trục chính có thể dịch chuyển theo phương nằm ngang.

Chuyển động chính là chuyển động quay của dao doa (trục chính). Chuyển động ăn dao có thể là chuyển động ngang, dọc của bàn máy mang chi tiết hay di chuyển dọc của trục chính mang đầu dao. Chuyển động phụ là chuyển động thẳng đứng của ụ dao v.v...

2. Yêu cầu đối với truyền động điện và trang bị điện máy doa.

a) *Truyền động chính*: Yêu cầu cần phải đảm bảo đảo chiều quay, phạm vi điều chỉnh tốc độ $D = 130/1$ với công suất không đổi, độ trơn điều chỉnh $\varphi = 1,26$. Hệ thống truyền động chính cần phải hãm dừng nhanh.

Hiện nay hệ truyền động chính máy doa thường được sử dụng động cơ không đồng bộ roto lồng sóc và hộp tốc độ (động cơ có một hay nhiều cấp tốc độ). Ở những máy doa cỡ nặng có thể sử dụng động cơ điện một chiều, điều chỉnh trơn trong phạm vi rộng. Nhờ vậy có thể đơn giản kết cấu, mặt khác có thể hạn chế được mômen ở vùng tốc độ thấp bằng phương pháp điều chỉnh tốc độ hai vùng.

b/ *Truyền động ăn dao*: Phạm vi điều chỉnh tốc độ của truyền động ăn dao là $D = 1500/1$. Lượng ăn dao được điều chỉnh trong phạm vi $2 \div 600\text{mm/ph}$; khi di chuyển nhanh, có thể đạt đến $2,5 \div 3\text{mm/ph}$. Lượng ăn dao (mm/ph) ở những máy cỡ yêu cầu được giữ không đổi khi tốc độ trục chính thay đổi.

Đặc tính cơ cần có độ cứng cao, với độ ổn định tốc độ $<10\%$. Hệ thống truyền động ăn dao phải đảm bảo độ tác động nhanh cao, dừng máy chính xác, đảm bảo sự liên động với truyền động chính khi làm việc tự động.

Ở những máy doa cỡ trung bình và nặng, hệ thống truyền động ăn dao sử dụng hệ thống khuếch đại máy điện - động cơ điện một chiều hoặc hệ thống T-Đ.

4.2 Sơ đồ điều khiển máy doa ngang 2620

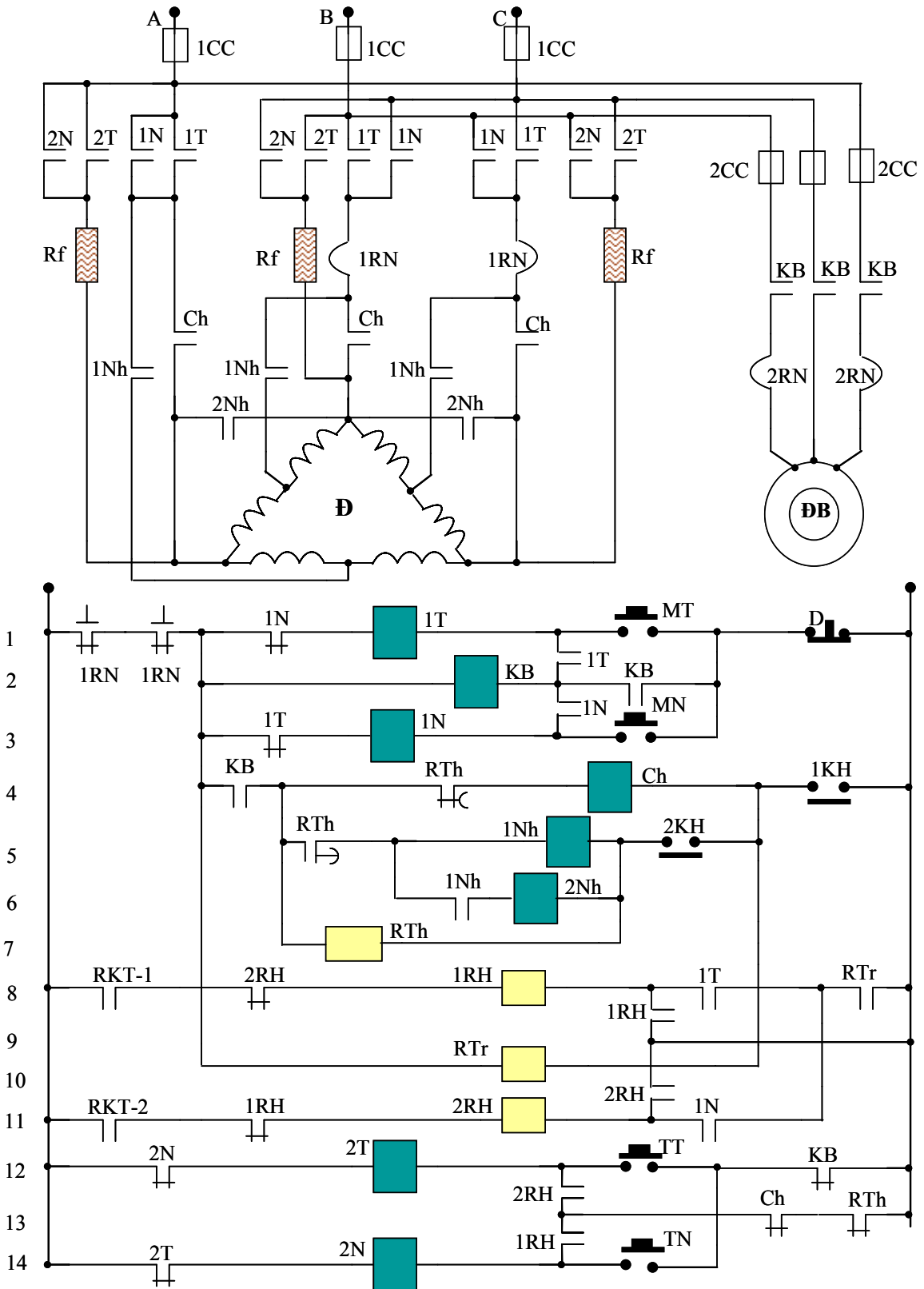
1. Thông số kỹ thuật

Máy doa 2620 là máy có kích thước cỡ trung bình.

- Đường kính trục chính : 90mm
- Công suất động cơ truyền động chính: 10kW
- Tốc độ quay trục chính điều chỉnh trong phạm vi: $(12,5 \div 1600)\text{vg/ph}$
- Công suất động cơ ăn dao: 2,1kW.
- Tốc độ động cơ ăn dao có thể điều chỉnh trong phạm vi $(2,1 \div 1500)\text{vg/ph}$
- Tốc độ lớn nhất: 3000vg/ph

2. Sơ đồ truyền động chính máy doa ngang

Sơ đồ gồm 2 động cơ không đồng bộ: ĐB là động cơ bơm dầu bôi trơn được đóng cắt nhờ công tắc tơ KB. Động cơ truyền động chính Đ là động cơ không đồng bộ roto lồng sóc hai cấp tốc độ: 1460vg/ph khi dây quấn stato đầu tam giác Δ và 2890vg/ph khi đầu sao kép (YY). Việc chuyển đổi tốc độ từ thấp lên cao tương ứng với chuyển đổi tốc độ từ đầu Δ sang YY và ngược lại được thực hiện bởi tay gạt cơ khí 2KH(5). Nếu 2KH(5) = 0, dây quấn động cơ được đấu tương ứng với tốc độ thấp. Khi 2KH(5) = 1, dây quấn động cơ được đấu YY tương ứng với tốc độ cao. Tiếp điểm 1KH(4) liên quan đến thiết bị chuyển đổi tốc độ trục chính. Nó ở trạng thái hở trong thời gian chuyển đổi tốc độ và chỉ kín khi đã chuyển đổi xong. Động cơ được đảo chiều nhờ các công tắc tơ 1T, 1N, 2T, 2N.



Hình 4-3 Sơ đồ điều khiển truyền động chính máy doa 2620

a/ *Khởi động*: Giả sử $1KH(4) = 1$, $2KH(5) = 1$. Muốn khởi động thuận ấn $MT(1) \rightarrow 1T(1) = 1$, $\rightarrow 1T(3) = 0$, $1T(8) = 1$, $1T(1-2) = 1$, $\rightarrow KB(2) = 1$, \rightarrow tđ $KB(2) = 1$, nối với $1T(1-2)$ tạo mạch duy trì. $KB(4) = 1$, $\rightarrow Ch(4) = 1$, đồng thời $RTh(7) = 1$. Sau một thời gian chỉnh định, $RTh(4) = 0$, $\rightarrow Ch(4) = 0$; $RTh(5) = 1$, $\rightarrow 1Nh(5) = 1$, $\rightarrow 1Nh(6) = 1$, $\rightarrow 2Nh(6) = 1$.

Kết quả khi ấn MT ta được: KB, 1T, Ch có điện; sau đó KB, 1T, 1Nh, 2Nh có điện. $KB(\text{đl}) = 1$, động cơ ĐB quay bơm dầu bôi trơn. $1T(\text{đl}) = 1$, và $Ch(\text{đl}) = 1$, \rightarrow động cơ Đ được nối Δ khởi động với tốc độ thấp; sau một thời gian duy trì, $1T(\text{đl}) = 1$, $1Nh(\text{đl}) = 1$, $2Nh(\text{đl}) = 1$, động cơ Đ được nối YY chạy với tốc độ cao. Nếu $2KH(5) = 0$, \rightarrow chỉ có $1T(1)$ và $Ch(4)$ có điện \rightarrow động cơ chỉ chạy ở tốc độ thấp.

Khởi động ngược ấn MN.

b/ *Hãm máy*

Để chuẩn bị mạch hãm và kiểm tra tốc độ động cơ, sơ đồ sử dụng role kiểm tra tốc độ RKT nối trực với động cơ Đ (không thể hiện trên sơ đồ). RKT làm việc theo nguyên tắc ly tâm: khi tốc độ lớn hơn giá trị chỉnh định (thường khoảng 10%) tốc độ định mức, nếu động cơ đang quay thuận thì tiếp điểm RKT-1(8) đóng; nếu đang quay ngược thì tiếp điểm RKT-2(11) đóng.

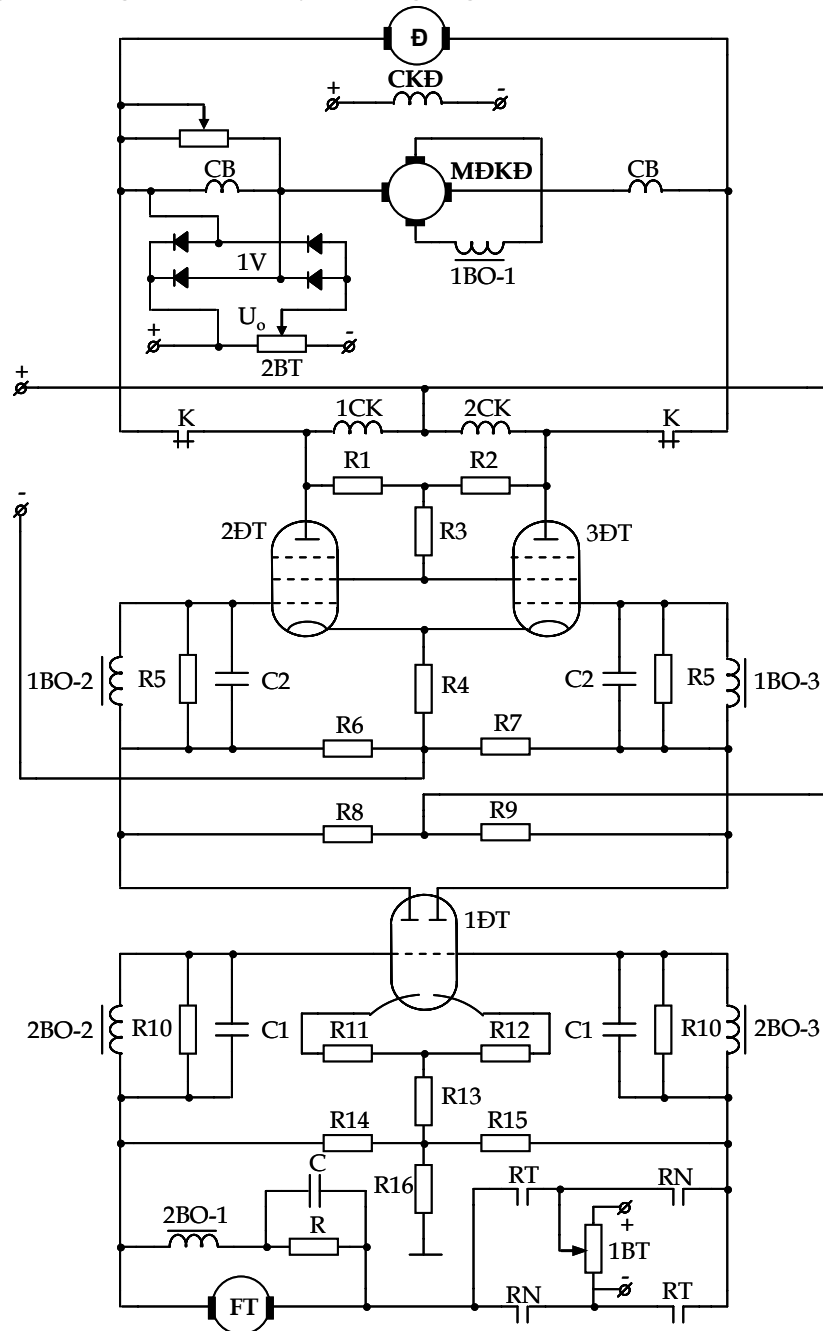
Giả sử động cơ đang quay thuận. $RKT-1(8) = 1$, $\rightarrow 1RH(8) = 1$, $\rightarrow 1RH(8-9) = 1$, và $1RH(13-14) = 1$.

Nếu đang quay chậm thì KB, 1T, Ch có điện; nếu quay nhanh thì KB, 1T, 1Nh, 2Nh, RTh có điện. $\rightarrow Ch(13) = 0$, hoặc $RTh(13) = 0$. Muốn dừng, ấn $D(1) \rightarrow 1T$, KB, Ch hoặc $1T$, KB, 1Nh, 2Nh, RTh mất điện $\rightarrow Ch(13) = 1$, hoặc $RTh(13) = 1$, $\rightarrow 2N(14) = 1$. Trên mạch động lực, 1T, KB, Ch, 1Nh, 2Nh mở ra, 2N đóng lại \rightarrow động cơ Đ được đảo hai trong 3 pha làm cho động cơ hãm ngược \rightarrow tốc độ giảm đến dưới 10% định mức thì RKT-1(8) mở $\rightarrow 1RH(8) = 0$, $\rightarrow 1RH(13-14) = 0$, $\rightarrow 2N(14) = 0$, \rightarrow động cơ Đ được cắt ra khỏi lưới, động cơ dừng tự do.

c/ *Thử máy*

Muốn điều chỉnh hoặc thử máy, ấn TT (12) hoặc TN(14) $\rightarrow 2T(12) = 1$, hoặc $2N(14) = 1$, \rightarrow động cơ được nối Δ với điện trở phụ Rf làm cho động cơ chỉ chạy với tốc độ thấp.

3. Sơ đồ truyền động ăn dao máy doa ngang 2620



Hình 4.3. Sơ đồ hệ thống truyền động ăn dao máy doa 2620

Hệ thống truyền động ăn dao thực hiện theo hệ MĐKĐ có bộ khuếch đại điện tử trung gian, thực hiện theo hệ kín phản hồi âm tốc độ. Tốc độ ăn dao được điều chỉnh trong phạm vi $(2,2 \div 1760)$ mm/ph. Di chuyển nhanh đầu dao với tốc độ 3780mm/ph chỉ bằng phương pháp điện khí. Tốc độ ăn dao được thay đổi bằng cách chuyển đổi sức điện động của khuếch đại máy điện

khi từ thông động cơ là định mức, còn di chuyển nhanh đầu dao được thực hiện bằng cách giảm nhỏ từ thông động cơ khi sức điện động của MĐKĐ là định mức.

Kích từ của MĐKĐ là hai cuộn 1CK và 2CK được cung cấp từ bộ khuếch đại điện tử hai tầng. Tầng 1 là khuếch đại điện áp (đèn kếp 1ĐT) và tầng hai là tầng khuếch đại công suất (đèn 2ĐT và 3ĐT).

Tín hiệu đặt vào tầng 1 là:

$$U_{v1} = U_{cd} - \gamma \cdot \omega - U_{m2} \quad (4-1)$$

Trong đó: U_{cd} - điện áp chủ đạo lấy trên biến trở 1BT;

$\gamma \omega$ - điện áp phản hồi âm tốc độ động cơ, lấy trên FT

U_{m2} - điện áp phản hồi mềm, tỷ lệ với gia tốc và đạo hàm gia tốc, lấy ở đầu ra của cuộn thứ cấp 2BO-2 và 2BO-3 của biến áp 2BO, cuộn sơ cấp của 2BO (2BO-1) nối tiếp với mạch R, C. Do đó, dòng điện sơ cấp của biến áp vi phân 2BO-1 gồm hai thành phần tỷ lệ với tốc độ và tỷ lệ với gia tốc của động cơ. Như vậy điện áp thứ cấp biến áp 2BO sẽ tỉ lệ với gia tốc và đạo hàm của gia tốc động cơ.

Điện áp đặt vào tầng khuếch đại 2 là U_{v2} được xác định bằng biểu thức:

$$U_{v2} = U_{r1} - U_{m1} \quad (4-2)$$

Trong đó: U_{r1} - điện áp đầu ra tầng 1, là điện áp rơi trên điện trở R8, R9.

U_{m1} - điện áp phản hồi mềm tỷ lệ với đạo hàm dòng điện mạch ngang, được lấy trên hai cuộn thứ cấp 1BO-2 và 1BO-3; cuộn sơ cấp 1BO-1 mắc nối tiếp trong mạch ngang của MĐKĐ.

Nguyên lý làm việc: khi điện áp chủ đạo bằng không, do sơ đồ bộ khuếch đại nối theo sơ đồ cân bằng nên dòng điện anôt hai nửa đèn 1ĐT là như nhau ($I_{aP} = I_{aT}$), điện áp rơi trên R8 và R9 bằng nhau, như vậy điện áp ra tầng 1 bằng không.

$$U_{r1} = (I_{aP} - I_{aT}) \cdot R_8 = 0$$

Và tương tự dòng điện anôt hai đèn 2ĐT và 3ĐT bằng nhau ($I_{a2} = I_{a3}$), hai cuộn dây 1CK và 2CK có điện trở và số vòng như nhau, sức từ động của chúng tác dụng ngược chiều nhau nên sức từ động tổng của KĐMĐ bằng không.

$$F_{\Sigma} = F_{1CK} - F_{2CK} = (I_{a2} - I_{a3}) \cdot W = 0$$

Khi $RT = 1$, $\rightarrow U_{cd} > 0$, do sự phân cực của điện áp chủ đạo nên nửa đèn phải thông yếu hơn nửa đèn bên trái của 1ĐT, điện áp trên R8 lớn hơn điện áp trên R9, điện áp ra của tầng 1 có cực tính làm cho đèn 3ĐT thông mạnh hơn 2ĐT tức là $I_{a3} > I_{a2}$ hay $I_{2CK} > I_{1CK}$ và sức từ động F_{Σ} có dấu tương ứng với chiều quay thuận của động cơ. Tốc độ động cơ lớn hay bé tùy thuộc vào điện áp chủ đạo.

Khâu phản hồi âm dòng điện có ngắt: lợi dụng tính chất của MĐKĐ là khi có dòng điện phản ứng, điện áp ra của nó sẽ giảm do tác dụng của phản ứng

phản ứng. Mạch phản hồi âm dòng điện có ngắt gồm có cuộn bù, cầu chỉnh lưu 1V và biến trở 2BT. Khi dòng điện phản ứng còn nhỏ và nhỏ hơn dòng điện ngắt ($I_r < I_{ng}$), sụt áp trên cuộn bù nhỏ hơn điện áp trên biến trở 2BT(U_0); cầu chỉnh lưu 1V không thông, và dòng điện cuộn bù hoàn toàn tương ứng với dòng điện phản ứng, MĐKĐ được bù đủ. Với giả thiết $I_b = I_r$ thì sức từ động của cuộn bù sẽ là:

$$F_b = I_b \cdot W_b = I_r \cdot W_b \quad (4-3)$$

Khi $I_r > I_{ng}$ thì ta có $U_b > U_0$; các van 1V thông, xuất hiện dòng điện phân mạch I_{1V} và dòng điện cuộn bù sẽ giảm đi một lượng:

$$I_b = I_r - I_{1V} \quad (4-4)$$

Mức độ bù giảm đi và kết quả điện áp ra của MĐKĐ giảm nhanh khi dòng điện phản ứng tăng làm cho dòng điện phản ứng được hạn chế.

Trong trường hợp này, sức từ động của MĐKĐ là:

$$F_{\Sigma} = F_{12} + F_b - F_d = F_{12} + (I_r - I_{1V}) \cdot W_b - I_r \cdot W_b = F_{12} - I_{1V} \cdot W_b \quad (4-5)$$

Trong đó : F_{12} - stđ của hai cuộn 1CK và 2CK

$$F_b = I_b \cdot W_b - \text{sức từ động của cuộn bù}$$

$$F_d = I_r \cdot W_b - \text{sức từ động dọc trục được bù đủ khi } I_r < I_{ng}.$$

Từ công thức (4-5) ta thấy: khi $I_r > I_{ng}$ thì sức từ động của MĐKĐ bị giảm đi một lượng ($I_{1V} \cdot W_b$). Như vậy có thể coi sức từ động tổng của MĐKĐ được sinh ra bởi hai cuộn 1CK- 2CK là F_{12} và cuộn bù W_b với sức từ động ($I_{1V} \cdot W_b$) ngược chiều sức từ động F_{12}

4.3 Sơ đồ truyền động máy đo toạ độ 2A450

1/ Thông số kỹ thuật

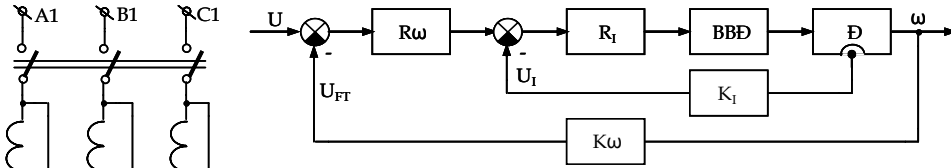
Máy đo toạ độ 2A450 dùng để gia công nhiều lỗ có toạ độ khác nhau trên 1 chi tiết gia công tiện. Máy đo này cho phép nhận được độ chính xác gia công cao. Trên máy có thể thực hiện được các phép đo kích thước lấy dấu và kiểm tra kích thước giữa các tâm của lỗ.

Hình 4-5 trình bày nguyên lý mạch lực của máy. Động cơ truyền động chính có $P_{dm} = 8kW$; $U_{dm} = 220V$; $n_{dm} = 1440vg/ph$. Phạm vi điều chỉnh tốc độ $D = 10:1$.

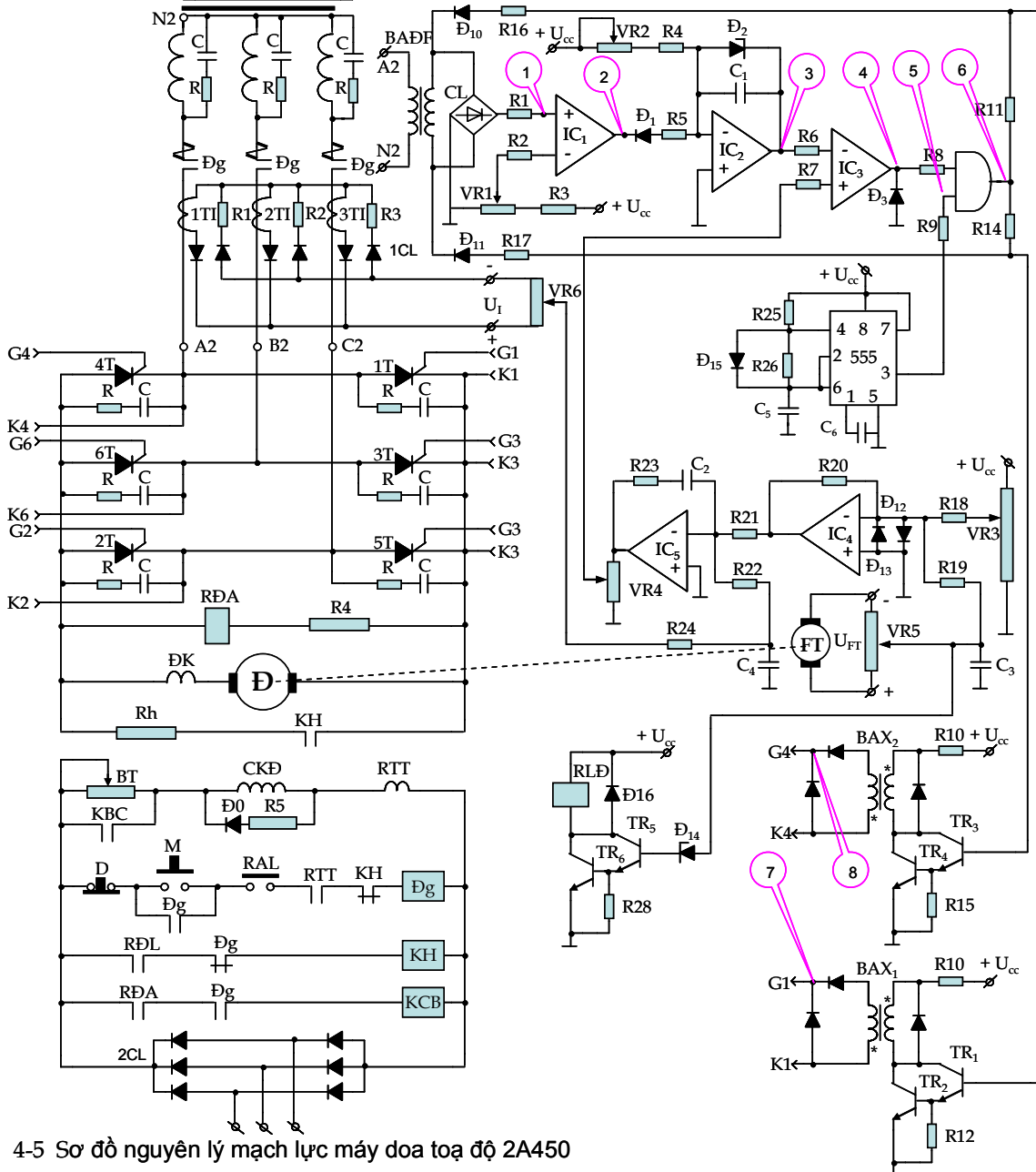
Biến áp động lực BA dùng để phối hợp điện áp giữa điện áp lưới điện và động cơ Đ, nhằm hạn chế tốc độ tăng trưởng dòng điện (di/dt) để bảo vệ Thyristor. Bộ chỉnh lưu cầu 3 pha dùng Thyristor cấp điện cho động cơ Đ. Chỉnh lưu cầu 3 pha dùng Điốt cấp điện cho cuộn kích từ CKĐ của động cơ và mạch điều khiển công nghệ của máy. Sơ đồ khối chức năng như hình 4-4

Để nâng cao chất lượng tĩnh và chất lượng động của hệ thống, hệ thống truyền động chính là hệ điều khiển kín có hai mạch vòng phản hồi:

- Phản hồi âm dòng điện: tín hiệu tỉ lệ với dòng điện phần ứng của động cơ lấy từ biến dòng 1TI ÷ 3TI và cầu chỉnh lưu 1CL ($U_I = K_I I_U$).
- Phản hồi âm tốc độ: tín hiệu tỷ lệ với tốc độ của động cơ lấy từ máy phát tốc FT ($U_{FT} = k_{\omega} \cdot \omega$).
- Bộ điều chỉnh dòng điện R_I là khâu tỉ lệ - tích phân
- Bộ điều chỉnh tốc độ R_{ω} là khâu tỷ lệ

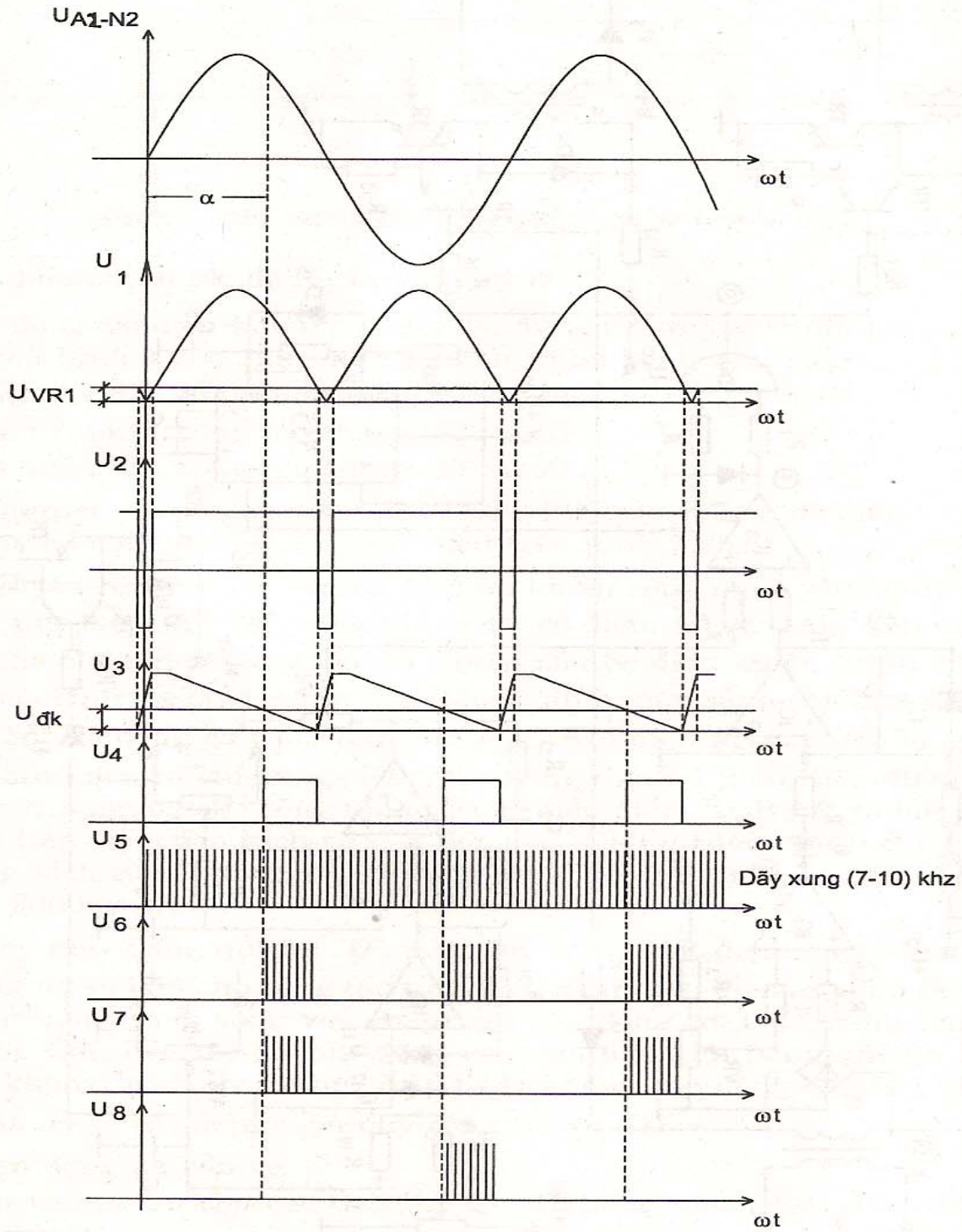


H. 4-4 Sơ đồ khối chức năng của hệ truyền động



4-5 Sơ đồ nguyên lý mạch lực máy đổi tần 2A450

Sơ đồ điều khiển bộ biến đổi Thyristor có 3 kênh cho các pha A kích mở các Thyristor là 1T và 4T; pha B cho 3T và 6T; pha C cho 5T và 2T. Đồ thị đo tại các điểm của sơ đồ điều khiển một kênh như hình 4-6



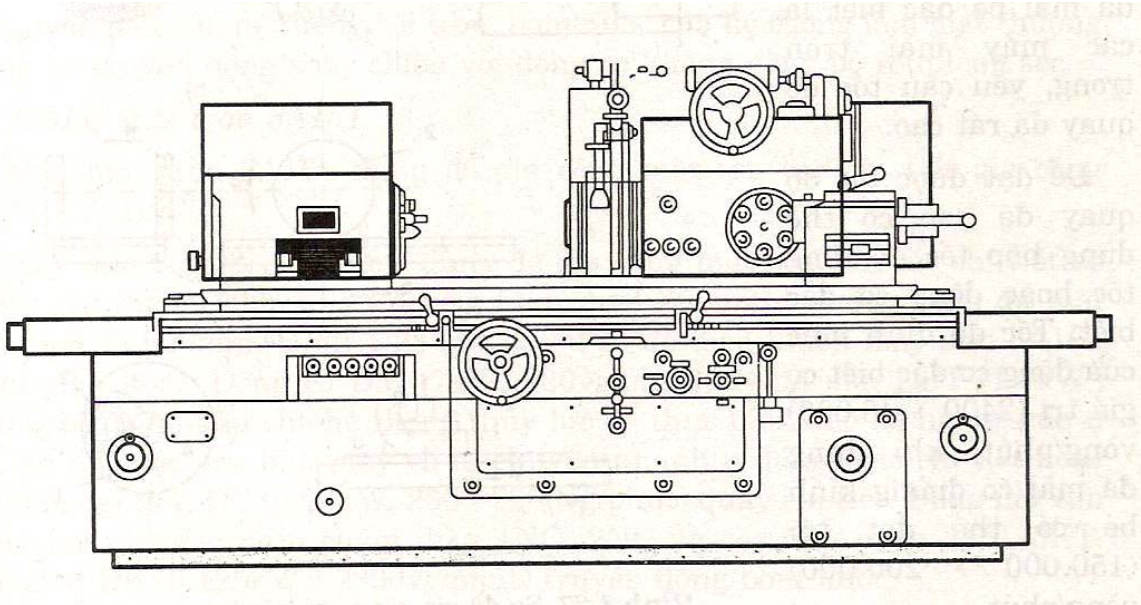
Hình 4-6 Đồ thị điện áp tại các điểm đo

Nguyên lý làm việc của sơ đồ điều khiển công nghệ như sau: ấn M \rightarrow Đg = 1, \rightarrow đóng điện cho các bộ biến đổi và nguồn điều khiển. Điều chỉnh tốc độ động cơ dưới tốc độ dưới tốc độ cơ bản bằng chiết áp VR3. Tốc độ động cơ tăng dần đến ω_{dm} . Khi điện áp đặt lên động cơ đạt trị số định mức, role điện áp RĐA tác động \rightarrow tiếp điểm RĐA = 1, \rightarrow KCB = 1, \rightarrow tiếp điểm KCB mở ra để biến trở BT đầu nối tiếp với cuộn kích từ CKĐ làm giảm từ thông, tăng tốc đến trị số cực đại đến 3000vg/ph.

Dừng máy bằng cách ấn nút D, công tắc tơ Đg có điện, tiếp điểm thường đóng của nó sẽ làm cho công tắc tơ KH có điện, tiếp điểm của nó sẽ đấu Rh song song với phản ứng của động cơ. Quá trình hãm động năng bắt đầu. Khi tốc độ động cơ giảm dần gần bằng không, điốt ổn áp Đ14 không bị đánh thủng, role RLD không tác động để tiếp điểm của nó sẽ cắt điện cuộn dây công tắc tơ KH.

- Bảo vệ quá áp cho các tiristo 1T ÷ 6T bằng mạch R-C đấu song song với các tiristo.
- Bảo vệ mất từ thông bằng role dòng điện RTT.
- Hệ thống chỉ làm việc khi quạt gió làm mát cho các tiristo đã làm việc (RAL đã kín).

Chương 5

TRANG BỊ ĐIỆN MÁY MÀI**5-1. Đặc điểm công nghệ**

Hình 5-1 Hình dáng chung của máy mài

Máy mài có hai loại chính: Máy mài tròn và máy mài phẳng. Ngoài ra còn có các máy khác như: máy mài vô tâm, máy mài rãnh, máy mài cắt, máy mài răng v.v... Thường trên máy mài có ụ chi tiết hoặc bàn, trên đó kẹp chi tiết và ụ đá mài, trên đó có trục chính với đá mài. Cả hai ụ đều đặt trên bộ máy. Sơ đồ biểu diễn công nghệ mài được giới thiệu ở hình 5-2.

Máy mài tròn có hai loại: máy mài tròn ngoài (h 5-2a), máy mài tròn trong (h 5-2b). Trên máy mài tròn chuyển động chính là chuyển động quay của đá mài; chuyển động ăn dao là di chuyển tịnh tiến của ụ đá dọc trục (ăn dao dọc trục) hoặc di chuyển tịnh tiến theo hướng ngang trục (ăn dao ngang) hoặc chuyển động quay của chi tiết (ăn dao vòng). Chuyển động phụ là di chuyển nhanh ụ đá hoặc chi tiết v.v...

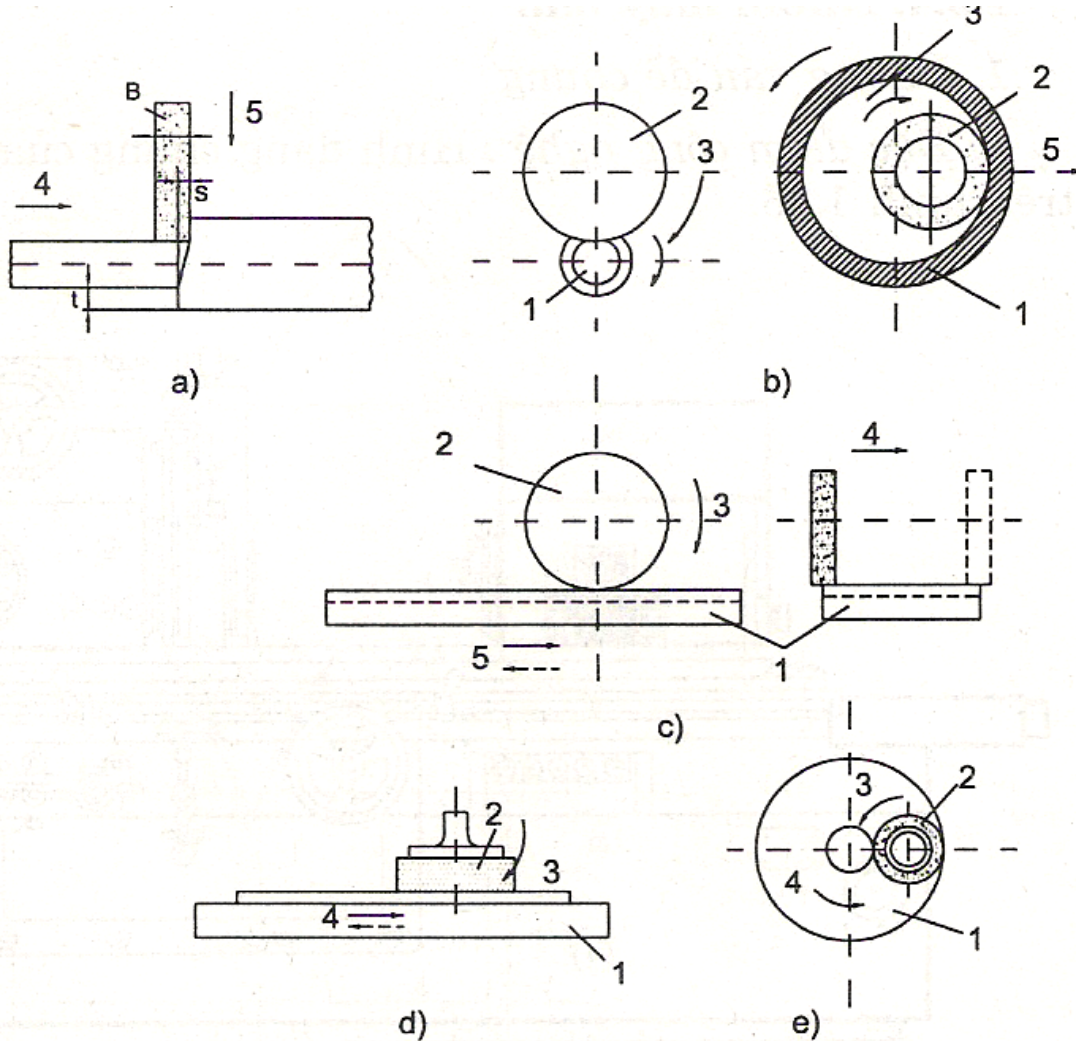
Máy mài phẳng có hai loại: mài bằng biên đá (hình 5-2c) và mặt đầu (h 5-2d). Chi tiết được kẹp trên bàn máy tròn hoặc chữ nhật. Ở máy mài bằng biên đá, đá mài quay tròn và chuyển động tịnh tiến ngang so với chi tiết, bàn máy mang chi tiết chuyển động tịnh tiến qua lại. Chuyển động quay của đá là chuyển động chính, chuyển động ăn dao là di chuyển của đá (ăn dao ngang) hoặc chuyển động của chi tiết (ăn dao dọc). Ở máy mài bằng mặt đầu đá, bàn có thể là tròn hoặc chữ nhật, chuyển động quay của đá là chuyển động chính, chuyển động ăn dao là di chuyển ngang của đá - ăn dao ngang hoặc chuyển động tịnh tiến qua lại của bàn mang chi tiết - ăn dao dọc.

Một tham số quan trọng của chế độ mài là tốc độ cắt (m/s):

$$V = 0,5d \cdot \omega_d \cdot 10^{-3}$$

với d - đường kính đá mài, [mm]; ω_d - tốc độ quay của đá mài, [rad/s]

Thường $v = 30 \div 50$ m/s



Hình 5.2. Sơ đồ gia công chi tiết trên máy mài

- a) Máy mài tròn ngoài
 - b) Máy mài tròn trong
 - c) Máy mài mặt phẳng bằng biên đá
 - d) Máy mài mặt phẳng bằng mặt đầu (bàn chữ nhật)
 - e) Máy mài mặt phẳng bằng mặt đầu (bàn tròn)
1. Chi tiết gia công
 2. Đá mài
 3. Chuyển động chính
 4. Chuyển động ăn dao dọc
 5. Chuyển động ăn dao ngang.

5-2 Các đặc điểm về truyền động điện và trang bị điện của máy mài

1. Truyền động chính: Thông thường máy không yêu cầu điều chỉnh tốc độ, nên sử dụng động cơ không đồng bộ roto lồng sóc. Ở các máy mài cỡ nặng, để duy trì tốc độ cắt là không đổi khi mòn đá hay kích thước chi tiết gia công thay đổi, thường sử dụng truyền động động cơ có phạm vi điều chỉnh tốc độ là $D = (2 \div 4):1$ với công suất không đổi.

Ở máy mài trung bình và nhỏ $v = 50 \div 80$ m/s nên đá mài có đường kính lớn thì tốc độ quay đá khoảng 1000vg/ph. Ở những máy có đường kính nhỏ, tốc độ đá rất cao. Động cơ truyền động là các động cơ đặc biệt, đá mài gắn trên trục động cơ, động cơ có tốc độ (24000 ÷ 48000) vg/ph, hoặc có thể lên tới (150000 ÷ 200000) vg/ph. Nguồn của động cơ là các bộ biến tần, có thể là các máy phát tần số cao (BBT quay) hoặc là các bộ biến tần tĩnh bằng Thyristor.

Mô men cản tĩnh trên trục động cơ thường là 15 ÷ 20% momen định mức. Mô men quán tính của đá và cơ cấu truyền lực lại lớn: 500 ÷ 600% momen quán tính của động cơ, do đó cần hãm cưỡng bức động cơ quay đá. Không yêu cầu đảo chiều quay đá.

2. Truyền động ăn dao

a/ *Máy mài tròn* : Ở máy cỡ nhỏ, truyền động quay chi tiết dùng động cơ không đồng bộ nhiều cấp tốc độ (điều chỉnh số đôi cực) với $D = (2 \div 4):1$. Ở các máy lớn thì dùng hệ thống biến đổi - động cơ một chiều (BBĐ-ĐM), hệ KĐT – ĐM có $D = 10/1$ với điều chỉnh điện áp phản ứng.

Truyền động ăn dao dọc của bàn máy tròn cỡ lớn thực hiện theo hệ BBĐ-ĐM với $D = (20 \div 25)/1$.

Truyền động ăn dao ngang sử dụng thuỷ lực.

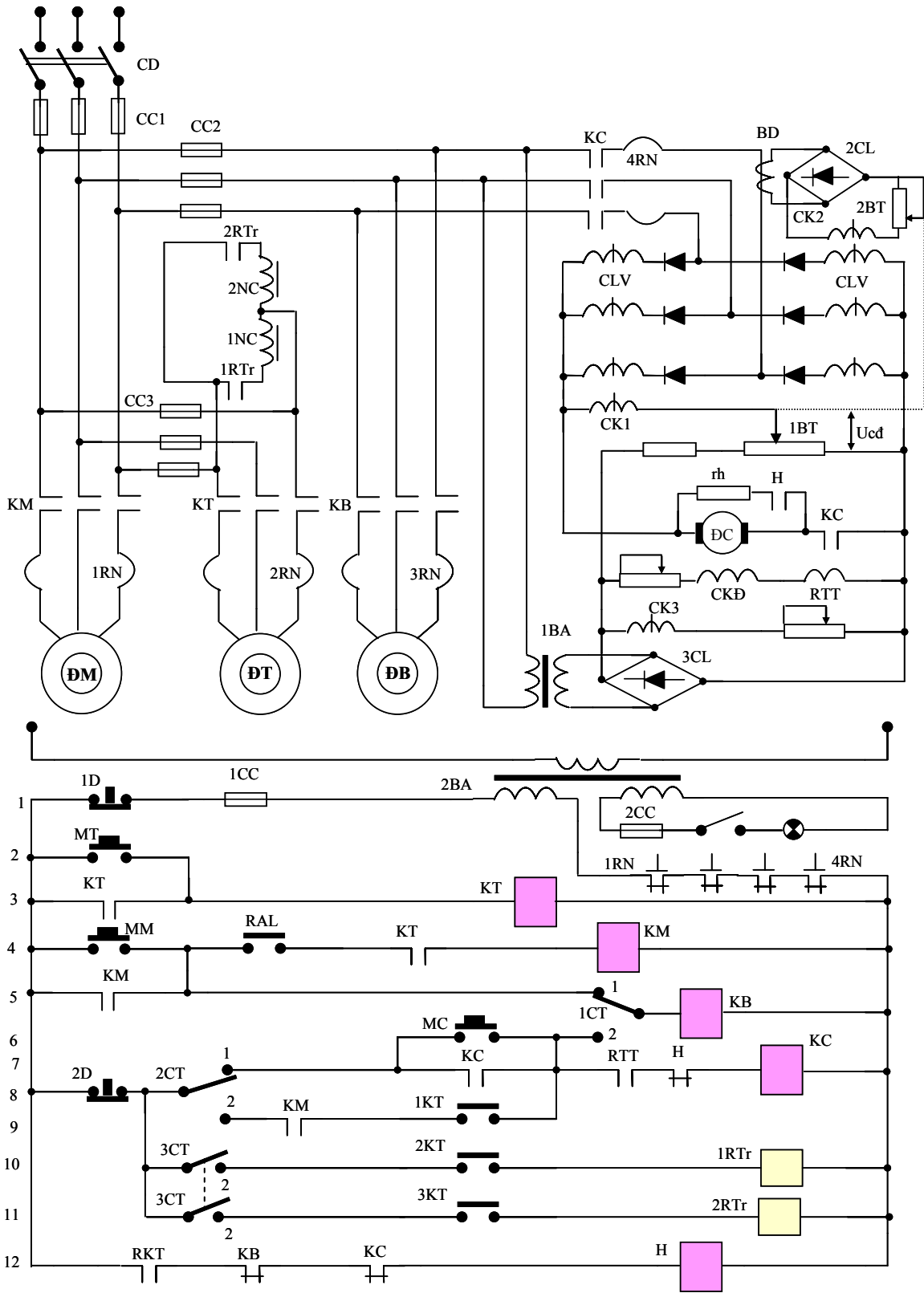
b/ *Máy mài phẳng*: Truyền động ăn dao của u đá thực hiện lặp lại nhiều chu kỳ, sử dụng thuỷ lực. Truyền động ăn dao tịnh tiến qua lại của bàn dùng hệ truyền động một chiều với phạm vi điều chỉnh tốc độ $D = (8 \div 10):1$

3. Truyền động phụ trong máy mài và truyền động ăn di chuyển nhanh đầu mài, bơm dầu của hệ thống bôi trơn, bơm nước làm mát thường dùng hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ roto lồng sóc.

5-3 Sơ đồ điều khiển máy mài 3A161

Máy mài tròn 3A161 được dùng để gia công mặt trụ của các chi tiết có chiều dài dưới 1000mm và đường kính dưới 280mm; đường kính đá mài lớn nhất là 600mm. Sơ đồ điều khiển máy mài 3A161 (đơn giản hoá) được trình bày trên hình 5-3.

Động cơ ĐM (7 kW, 930vg/ph) quay đá mài.



Hình 5-3. Sơ đồ điều khiển máy mài 3A161

Động cơ ĐT (1,7 kW, 930 vg/ph) bơm dầu cho hệ thống thuỷ lực để thực hiện dao ăn ngang của ụ đá, ăn dao dọc của bàn máy và di chuyển nhanh ụ đá ăn vào chi tiết hoặc ra khỏi chi tiết.

Động cơ ĐC (0,76 kW, 250 ÷ 2500 vg/ph) quay chi tiết mài.

Động cơ ĐB (0,125 kW, 2800 vg/ph) truyền động bơm nước.

Đóng mở van thuỷ lực nhờ các nam châm điện 1NC, 2NC và các tiếp điểm 2KT và 3KT.

Động cơ quay chi tiết được cung cấp điện từ khuếch đại từ KĐT. KĐT nối theo sơ đồ ba pha kết hợp với các điốt chỉnh lưu, có 6 cuộn làm việc và 3 cuộn dây điều khiển CK1, CK2 và CK3. Cuộn CK3 được nối với điện áp chỉnh lưu 3CL tạo ra sức từ hoá chuyển dịch. Cuộn CK1 vừa là cuộn chủ đạo vừa là cuộn phản hồi âm điện áp phản ứng. Điện áp chủ đạo U_{cd} lấy trên biến trở 1BT, còn điện áp phản hồi U_{ph} âm áp lấy trên phản ứng động cơ. Điện áp đặt vào cuộn dây CK1 là:

$$U_{CK1} = U_{cd} - U_{ph} = U_{cd} - kU_r \quad (5-1)$$

Cuộn CK2 là cuộn phản hồi dương dòng điện phản ứng động cơ. Nó được nối vào điện áp thứ cấp của biến dòng BD qua bộ chỉnh lưu 2CL. Vì dòng điện sơ cấp biến dòng tỉ lệ với dòng điện phản ứng động cơ ($I_1 = 0,815I_r$) nên dòng điện trong cuộn CK2 cũng tỉ lệ với dòng điện phản ứng. Sức từ hoá phản hồi được điều chỉnh nhờ biến trở 2BT.

Tốc độ động cơ được điều chỉnh bằng cách thay đổi điện áp chủ đạo U_{cd} (nhờ biến trở 1BT). Để làm cứng đặc tính cơ ở vùng tốc độ thấp, khi giảm U_{cd} cần phải tăng hệ số phản hồi dương dòng điện. Vì vậy, người ta đã đặt sẵn khâu liên hệ cơ khí giữa con trượt 2BT và 1BT.

Để thành lập đặc tính tĩnh của động cơ ta dựa vào các phương trình sau:

Điện áp tổng trên cuộn CK1 là $U_{CK1\Sigma}$:

$$U_{CK1\Sigma} = U_{cd} - U_r + K_{qd}.U_{CK2} = U_{cd} - U_r + K_{qd}.K_i.I_r \quad (5-2)$$

Trong đó: $U_{CK2} = K_{qd2}.K_i.I_r$ là điện áp trên cuộn CK2 qui đổi về CK1.

Sức điện động của khuếch đại từ (với giả thiết điểm làm việc của nó nằm ở đoạn tuyến tính)

$$E_{KĐT} = K_{KĐT}.U_{CK1\Sigma} \quad (5-3)$$

Trong đó: $K_{KĐT}$ - hệ số khuếch đại điện áp của KĐT

Phương trình cân bằng điện áp trong mạch phản ứng là:

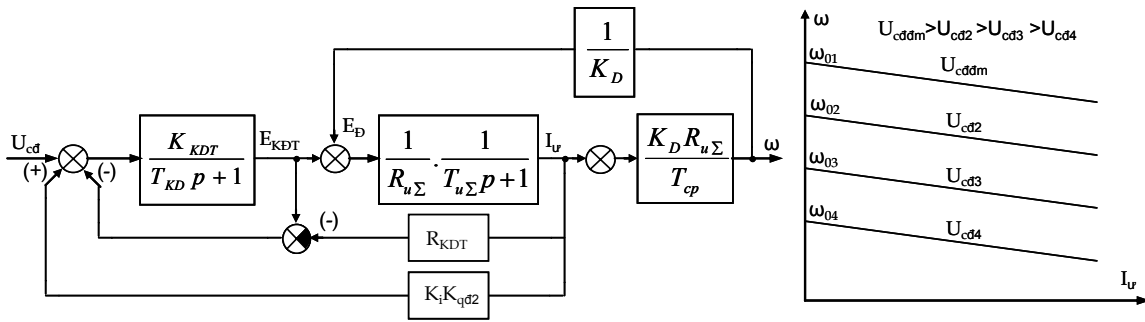
$$E_{KĐT} = K.\Phi.\omega + I_r.R_{u\Sigma} \quad (5-4)$$

Từ các phương trình (5-2), (5-3), (5-4) và một số biến đổi ta nhận được phương trình đặc tính tĩnh của hệ như sau:

$$\omega = \frac{K_D.K_{KĐT}.U_{cd}}{(1 + K_{KĐT})} - \frac{[R_{u\Sigma} + K_{KĐT} + (R_{uD} + K_i.K_{qd2})]I_r.K_D}{(1 + K_{KĐT})} \quad (5-5)$$

Đặc tính tĩnh của hệ thống được vẽ trên hình 5.4

Sơ đồ cấu trúc của hệ thống được trình bày trên hình 5.5



H. 5-5 Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển máy mài 3A161 H.5-4 Đặc tính tĩnh của động cơ

Nguyên lý làm việc của sơ đồ điều khiển tự động như sau:

Sơ đồ cho phép điều khiển máy ở chế độ thử máy và chế độ làm việc tự động. Ở chế độ thử máy các công tắc 1CT, 2CT, 3CT được đóng sang vị trí 1. Mở máy động cơ ĐT nhờ ấn nút MT, sau đó có thể khởi động đồng thời ĐM và ĐB bằng nút ấn MN. Động cơ ĐC được khởi động bằng nút ấn MC.

Ở chế độ tự động, quá trình hoạt động của máy gồm 3 giai đoạn theo thứ tự sau:

1) Đưa nhanh ụ đá vào chi tiết gia công nhờ truyền động thuỷ lực, đóng các động cơ ĐC và ĐB.

2) Mài thô, rồi tự động chuyển sang mài tinh nhờ tác động của công tắc tơ.

3) Tự động đưa nhanh ụ đá ra khỏi chi tiết và cắt điện các động cơ ĐC, ĐB

Trước hết đóng các công tắc tơ 1CT, 2CT, 3CT sang vị trí 2. Kéo tay gạt điều khiển (được bố trí trên máy) về vị trí di chuyển nhanh ụ đá vào chi tiết (nhờ hệ thống thuỷ lực). Khi ụ đá đi đến vị trí cần thiết, công tắc hành trình 1KT tác động, đóng mạch cho các cuộn dây công tắc tơ KC và KB, các động cơ ĐC và ĐB được khởi động. Đồng thời truyền động thuỷ lực của các máy được khởi động. Quá trình gia công bắt đầu. Khi kết thúc giai đoạn mài thô, công tắc hành trình 2KT tác động, đóng mạch cuộn dây role 1RTr. Tiếp điểm của nó đóng điện cho cuộn dây nam châm 1NC, để chuyển đổi van thuỷ lực, làm giảm tốc độ ăn dao của ụ đá. Như vậy giai đoạn mài tinh bắt đầu. Khi kích thước chi tiết đã đạt yêu cầu, công tắc hành trình 3KT tác động, đóng mạch cuộn dây role 2RTr. Tiếp điểm role này đóng điện cho cuộn dây nam châm 2NC để chuyển đổi van thuỷ lực, đưa nhanh ụ đá về vị trí ban đầu. Sau đó, công tắc 1KT phục hồi cắt điện công tắc tơ KC và KB; động cơ ĐC được cắt điện và được hãm động năng nhờ công tắc tơ H. Khi tốc độ động cơ đủ nhỏ, tiếp điểm role tốc độ RKT mở ra, cắt điện cuộn dây công tắc tơ H. Tiếp điểm của H cắt điện trở hãm ra khỏi phản ứng động cơ.

Chương 6

TRANG BỊ ĐIỆN MÁY CÁN THÉP

6-1 Khái niệm chung về công nghệ cán thép

1. Biến dạng của kim loại

Kim loại được gia công bằng áp lực rất phổ biến. Phương pháp gia công bằng áp lực bao gồm nhiều dạng: cán, ép, dập, đột, cắt, kéo, chuốt v.v... Dưới tác dụng của áp lực ngoài (ngoại lực), kim loại sẽ bị biến dạng hoặc bị đứt gãy.

Làm biến dạng kim loại để nhận được các sản phẩm theo yêu cầu nào đó khi gia công bằng áp lực là nội dung của lý thuyết biến dạng dẻo, lý thuyết gia công kim loại bằng áp lực. Ta chỉ xét những vấn đề chung để hiểu những yêu cầu công nghệ đòi hỏi sự đáp ứng của trang bị điện cho các máy gia công bằng áp lực.

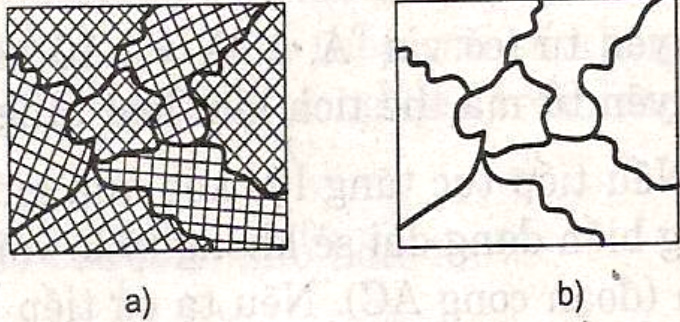
Dùng kính hiển vi để quan sát một mặt kim loại đã mài nhẵn để thấy cấu trúc của nó như hình 6-1. Qua hình vẽ này ta thấy các hạt tinh thể kim loại tiếp xúc với nhau theo đường thẳng gãy khúc trên mặt mài.

Bằng nhiều thực nghiệm người ta đã nhận biết được: Kim loại bị phá hủy không phải theo lớp phân cách giữa các hạt mà sự phá hủy lại chính ở các hạt (theo mặt trượt tinh thể).

Sự thay đổi kích thước và hình dáng ban đầu của vật thể kim loại khi bị ngoại lực tác dụng gọi là biến dạng kim loại. Biến dạng của kim loại được chia thành hai loại là: biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo.

- Biến dạng đàn hồi là biến dạng của vật thể mà sau khi ngoại lực thôi tác dụng vào vật thì vật sẽ trở lại hình dáng và kích thước ban đầu, nghĩa là vật chỉ biến dạng khi nó đang chịu tác dụng của ngoại lực.

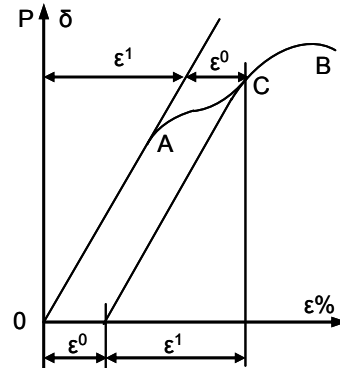
- Biến dạng dẻo là biến dạng của vật mà sau khi bỏ ngoại lực tác dụng vào nó, nó có hình dáng và kích thước mới so với hình dáng và kích thước ban đầu.



H.6-1 Cấu trúc mặt cắt kim loại đã mài nhẵn

a) Sơ đồ các hạt tinh thể kim loại

b) Ranh giới giữa các hạt nhìn qua kính hiển vi



H 6.2 Quan hệ giữa lực kéo và biến dạng dài của mẫu thép

Trục tung biểu thị lực kéo hay ứng suất kéo. Trục hoành biểu thị chiều dài thanh thép mẫu hay độ dẫn tương đối. Đầu tiên, độ dài mẫu thép tăng tỷ lệ thuận với lực kéo (đoạn OA). Ở đoạn này, nếu thôi tác dụng lực, mẫu sẽ lấy lại hình dạng và kích thước cũ, đó là giai đoạn biến dạng đàn hồi.

Trong mạng tinh thể, các nguyên tử kim loại chiếm vị trí tương ứng với thế năng cực tiểu. Khi biến dạng đàn hồi, các nguyên tử xô dịch khỏi vị trí cân bằng ổn định. Sự xô dịch này rất nhỏ, không quá khoảng cách giữa các nguyên tử (cỡ vài 10^{-10} m, $1 \text{ \AA} = 1.10^{-10} \text{ m}$). Do sự tăng khoảng cách giữa các nguyên tử mà thể tích kim loại tăng lên, mật độ kim loại giảm đi.

Nếu tiếp tục tăng lực kéo quá giới hạn đàn hồi (tương ứng điểm A), độ tăng biến dạng dài sẽ không tỷ lệ với lực kéo, mà nó sẽ tăng nhanh hơn (đoạn cong AC). Nếu cứ tiếp tục tăng lực kéo nữa, sẽ dẫn đến mẫu bị phá huỷ (đứt, tương ứng với điểm B). Khi lực kéo tăng chưa đến mức phá huỷ mẫu (điểm C), mà lực kéo bắt đầu giảm thì mẫu không lấy lại được hình dạng và kích thước cũ, mà nó còn giữ lại một độ dẫn nào đó (đoạn ϵ_0), người ta gọi đó là độ biến dạng dẻo của vật.

Như thế, biến dạng đàn hồi luôn xảy ra trước mọi biến dạng dẻo. Biến dạng dẻo của kim loại phụ thuộc vào thành phần cấu tạo kim loại, nhiệt độ và phương pháp gia công bằng áp lực.

Các phương pháp gia công bằng áp lực như cán, kéo, ép, dập, rèn ... dựa vào biến dạng dẻo của kim loại để thay đổi hình dạng, kích thước của kim loại.

Ngoại lực tác dụng vào kim loại phải vượt quá giới hạn bắt đầu gây biến dạng (theo hướng lực cản nhỏ nhất), nhưng không gây ra phá huỷ kim loại, tức là phá vỡ mối liên kết giữa các hạt; từ đó cũng làm thay đổi tính chất cơ lý của kim loại.

Thực nghiệm kéo mẫu chứng tỏ rằng biến dạng của kim loại xảy ra là do kim loại trượt theo các mặt phẳng xác định gọi là mặt phẳng trượt. Khi các mặt phẳng này trượt, bề mặt mẫu sẽ có các vết gọi là các đường trượt. Mặt phẳng trượt thường trùng với mặt phẳng tác dụng của ngoại lực một góc khoảng 45° . Biến dạng dẻo chỉ có thể bắt đầu khi tạo ra trong kim loại một trạng thái ứng suất xác định. Khi đó ứng suất trượt (tiếp tuyến) tác dụng theo mặt phẳng trượt đạt độ lớn xác định tùy thuộc tính chất của kim loại và thẳng được nội trở trên mặt phẳng trượt hay theo đường phân cách giữa các hạt trong kim loại.

Khi gia công bằng áp lực, có thể coi ngoại lực là tổ hợp các lực kéo và nén. Để khảo sát một số dạng biến dạng chính, ta quy ước ứng suất nén là dương, ứng suất kéo là âm.

2. Khái niệm chung về công nghệ cán thép

Cán là một phương pháp gia công bằng áp lực để làm thay đổi hình dạng và kích thước của vật thể kim loại dựa vào tính chất biến dạng dẻo của nó.

Yêu cầu quan trọng trong quá trình cán là ứng suất nội của biến dạng dẻo không được quá lớn, đảm bảo kim loại vẫn giữ được độ bền cao. Do ứng suất nội biến dạng dẻo giảm khi nhiệt độ kim loại tăng, cho nên trên thực tế phương pháp cán nóng thường được sử dụng nhiều nhất để giảm lực cán và năng lượng tiêu hao trong quá trình cán.

Trong một số trường hợp do yêu cầu công nghệ phải dùng phương pháp cán nguội, ví dụ như cán thép tấm mỏng có bề dày tấm cán nhỏ hơn 1mm. Vì nếu cán thép tấm mỏng mà dùng phương pháp cán nóng sẽ sinh ra lớp vẩy thép khá dày so với thành phẩm nên bề dày mặt tấm thép cán sẽ không đồng đều về chiều dày. Căn cứ vào nhiệt độ của phôi trong quá trình cán, người ta chia ra hai phương pháp cán:

- Phương pháp cán nguội: khi nhiệt độ của phôi nhỏ hơn 400°C .
- Phương pháp cán nóng: khi nhiệt độ của phôi lớn hơn 600°

a) Cấu tạo của máy cán

Máy cán thực hiện nguyên công chính làm biến dạng dẻo kim loại để có hình dạng và kích thước theo yêu cầu mong muốn. Phôi kim loại được nén ép, kẹp và kéo qua hai trục cán quay ngược chiều nhau.

Một máy cán thường có các bộ phận chính sau (hình 6-3):

+ Hộp cán: gồm hai trục cán 9 (h.6-3a) hoặc nhiều trục cán 10, 11... (h.6-3d), gối trục đặt trên thân máy 12 (h.6-3a và 6-3d). Trục cán trên thường được gọi là trục cán động có thể dịch chuyển theo phương thẳng đứng và được định vị bằng thiết bị kẹp trục, còn trục cán dưới là trục cán cố định.

+ Cơ cấu và thiết bị truyền lực: có thể khác nhau tùy theo chức năng và cấu tạo của từng loại máy cán.

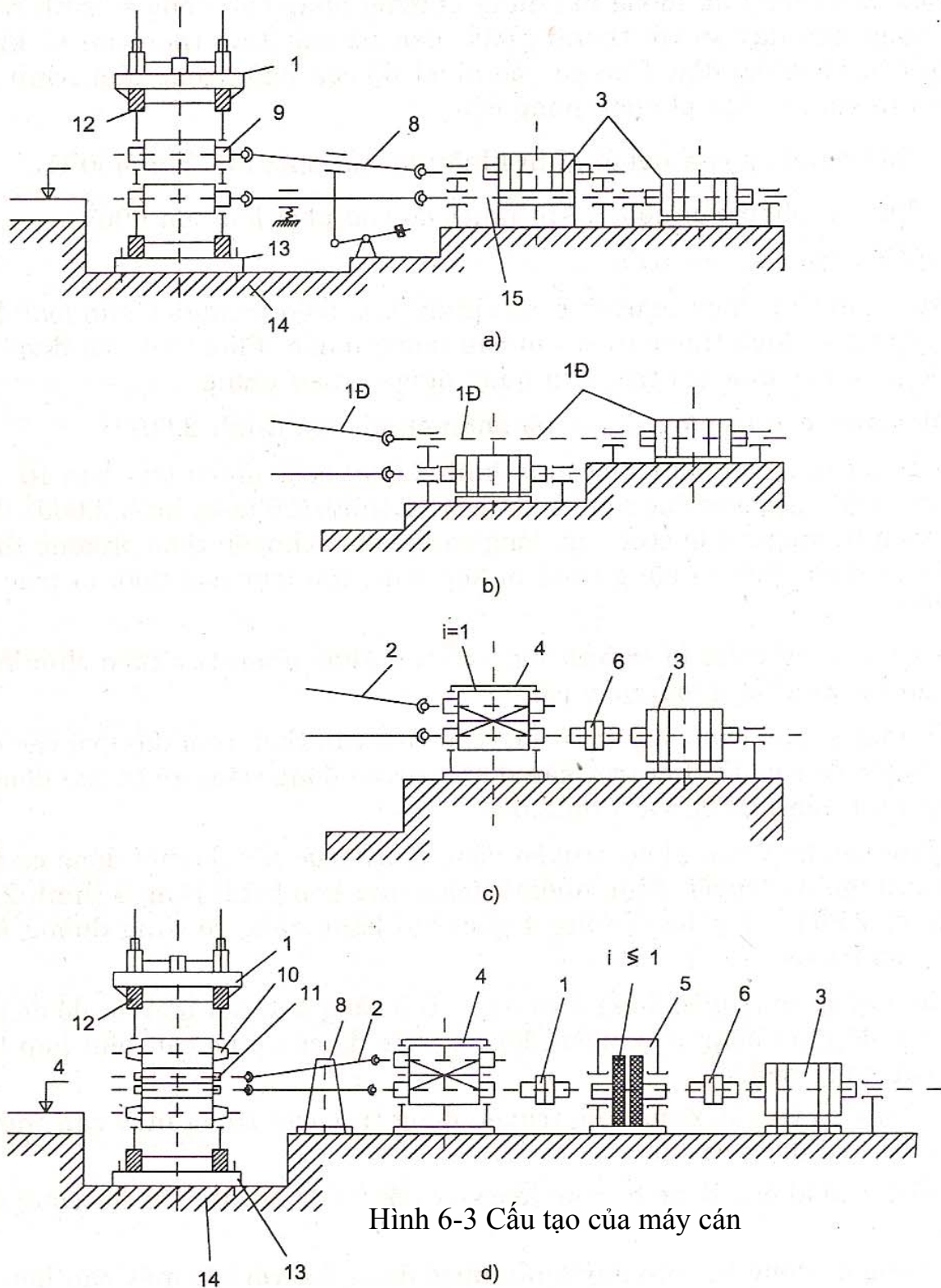
Ở những máy cán công suất lớn (cán thô, cán thép tấm dày) và các máy cán có tốc độ cao, thì hai trục cán được truyền động riêng rẽ từ hai động cơ riêng rẽ 3 (h. 6-3a và 6-3b). Ở những máy cán khác, truyền động quay trục cán do một động cơ 9 đảm nhận gọi là truyền động nhóm thông qua hộp bánh răng có cùng đường kính với tỷ số truyền $i = 1$.

Giữa động cơ truyền động 3 và hộp bánh răng 4 có đặt hộp tốc độ để phối hợp tốc độ giữa động cơ truyền động và tốc độ của trục cán phù hợp theo yêu cầu công nghệ.

+ Động cơ truyền động: để truyền động trục cán thường dùng các loại sau:

- Động cơ không đồng bộ roto lồng sóc cho máy cán liên tục công suất nhỏ.
- Động cơ không đồng bộ roto dây quấn được dùng cho máy cán liên tục công suất lớn

- Động cơ điện một chiều được dùng cho các máy cán đảo chiều (máy cán quay thuận nghịch)



Hình 6-3 Cấu tạo của máy cán

b) Phân loại máy cán

Máy cán rất đa dạng và nhiều chủng loại. Phân loại máy cán có thể dựa trên các đặc điểm sau đây:

- + Theo tên gọi của sản phẩm sau khi cán:
 - Máy cán thô, có đường kính trục cán $\Phi = (800 \div 1300)\text{mm}$.
 - Máy cán tấm có đường kính trục cán $\Phi = (1100 \div 1150)\text{mm}$.
 - Máy cán thép hình (đường ray, thép góc thép chữ U, thép chữ I) có đường kính phôi cán $\Phi = (750 \div 900)\text{mm}$.
 - Máy cán dây có đường kính trục cán $\Phi = (250 \div 350)\text{mm}$.
- + Theo nhiệt độ cán có hai loại:
 - Máy cán nguội khi nhiệt độ của phôi cán có $t^0 < 400^0\text{C}$.
 - Máy cán nóng khi nhiệt độ của phôi cán có $t^0 > 600^0\text{C}$.
- + Theo công nghệ cán có hai loại:
 - Máy cán liên tục không đảo chiều.
 - Máy cán đảo chiều thuận nghịch

6-2 Các thông số cơ bản đặc trưng cho công nghệ cán thép

Công nghệ cán thép được mô tả trên hình 6-4:

Khi cho phôi kim loại vào hộp cán, phôi bị kẹp và ép chặt giữa hai trục cán quay ngược chiều nhau, kết quả bề dày của phôi giảm xuống, chiều dài của phôi tăng lên và chiều rộng tăng lên chút ít.

Nếu coi hai trục cán của máy giống hệt nhau, quay ngược chiều nhau cùng tốc độ và phôi cán có cơ tính đồng đều nhau, kí hiệu các đại lượng của phôi là:

H - bề dày phôi; B - bề rộng của phôi;
L - chiều dài của phôi; F - tiết diện của phôi

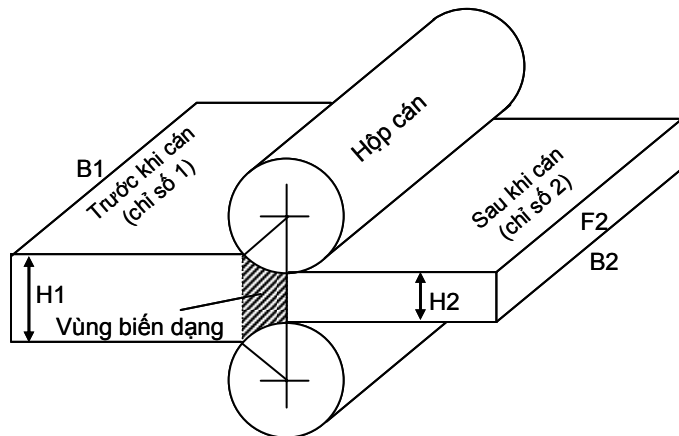
Với chỉ số 1 của các thông số của phôi trước khi cán và chỉ số 2 của các thông số của phôi sau khi cán ta có: $L_2 > L_1$; $H_2 < H_1$; $F_2 < F_1$

1. Các thông số cơ bản

a) Hệ số kéo dài

$$\lambda = \frac{L_2}{L_1} > 1 \quad (6-1)$$

Sau n lần cán, ta có hệ số kéo dài là:



H 6-4. Công nghệ cán thép

$$\lambda = \prod_{i=1}^n \lambda_i \quad (6-2)$$

Nếu coi thể tích của phôi là không đổi $V_1 = V_2$ thì:

$$\lambda = \frac{L2}{L1} = \frac{\frac{V_2}{F_2}}{\frac{V_1}{F_1}} = \frac{F_1}{F_2} \quad (6-3)$$

Nếu coi độ nở rộng không đáng kể $B_1 = B_2$ thì:

$$\lambda = \frac{L2}{L1} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{H_1 \cdot B_1}{H_2 \cdot B_2} = \frac{H_1}{H_2} \quad (6-4)$$

b) Góc ngoạm α (hình 6-5) tương ứng với cung ngoạm AB

2) Điều kiện để trục cán ngoạm được phôi

Trục cán ngoạm được phôi và cán ép được là nhờ ma sát tiếp xúc xuất hiện trên cung ngoạm AB khi trục cán quay. Ngoài lực T kéo phôi vào còn có lực P đẩy ra của phôi. Nếu lực của phôi đẩy ra lớn hơn lực kéo vào thì trục cán không ngoạm được phôi.

Biểu đồ lực tác dụng lên phôi cán biểu diễn trên hình 6-5.

Phân tích hai lực trên ta thấy rằng: để trục cán ngoạm được phôi thì:

$$T_x > P_x \quad \text{hay} \quad T \cdot \cos\alpha > P \cdot \sin\alpha$$

$$T > P \cdot \tan\alpha \quad (6-5)$$

a) Độ nén ép tuyệt đối

$$\Delta h = H_1 - H_2 \quad (6-6)$$

Từ hình 6-5 ta có:

$$H_1 = H_2 + 2BC$$

$$\Delta h = 2 \overline{BC} = 2(OB - OC) = 2R(1 - \cos\alpha)$$

$$\Delta h = D(1 - \cos\alpha) \quad (6-7)$$

Trong đó D - đường kính trục cán;

R - bán kính trục cán.

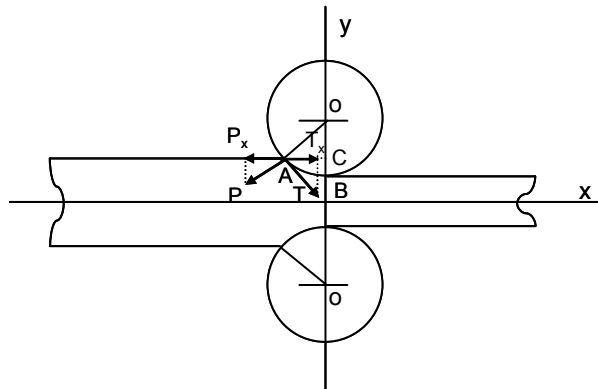
b) Độ nở rộng theo chiều ngang

$$\Delta b = B_2 - B_1$$

Theo công thức kinh nghiệm, có thể tính theo biểu thức sau:

$$\Delta b = a \cdot \Delta h$$

với: hệ số a có xét đến ảnh hưởng nhiệt độ của phôi cán $a = (0,25 \div 0,35)$



H 6-5. Biểu đồ lực tác dụng lên trục cán

c) *Vùng chậm sau và vùng vượt trước*

Khi cán thép, trong vùng biến dạng (phần gạch chéo trên hình 6-4) sẽ có hai vùng:

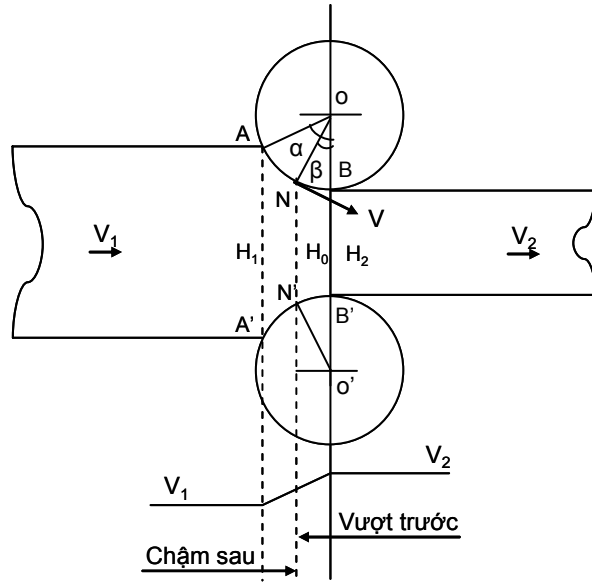
- vùng chậm sau là vùng khi tốc độ của phôi V_1 nhỏ hơn tốc độ dài của trục cán $V_1 < V$.
- vùng vượt trước là khi tốc độ ra của phôi V_2 lớn hơn tốc độ dài của phôi $V_2 > V$.

Độ vượt trước được đặc trưng bởi tỷ số:

$$s\% = \frac{V_2 - V}{V} [\%] \quad (6-8)$$

với V - tốc độ dài trục cán;

V_2 - tốc độ ra của phôi khỏi trục cán



H 6-6. Hiện tượng chậm sau và vượt trước

Trên thực tế, khi cán tấm dày $s\% = (3 \div 5)$, còn khi cán tấm mỏng $s\% = (11 \div 15)$

Như vậy ta có $V_1 < V < V_2$.

Trong vùng biến dạng, tốc độ của phôi sẽ tăng từ V_1 đến V_2 nên sẽ có một tiết diện nào đó tốc độ của phôi bằng tốc độ dài của trục cán (tiết diện $N-N'$ trên hình 6-6). Tiết diện này được gọi là tiết diện tới hạn (có tên gọi khác là tiết diện trung bình). Góc tâm β tương ứng với cung chắn NB được gọi là góc tới hạn.

Góc tới hạn có thể tính theo biểu thức sau:

$$\beta = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\delta_{ms}} \right) < \frac{\alpha}{2} \quad (6-8)$$

Trong đó: δ_{ms} là góc ma sát.

d) *Áp lực đặt lên trục cán trong quá trình cán thép*

Khi cán, trục cán đặt lên phôi một lực để thắng nội trở biến dạng của phôi. Ngoài ra, phản lực của phôi cũng gây ra một lực đặt lên trục cán.

Nếu gọi P_{tb} là áp suất ép trung bình và F_{tx} là diện tích tiếp xúc giữa trục cán và phôi thì phản lực toàn phần đặt lên một trục cán bằng:

$$P = P_{tb} \cdot F_{tx} \quad (6-9)$$

Trong đó: P_{tb} - áp suất ép trung bình, N/mm^2 ;

F_{tx} - diện tích tiếp xúc, mm^2 .

Trị số áp suất ép trung bình phụ thuộc vào nhiều yếu tố sau đây:

- Thành phần hoá học của phôi

- Nhiệt độ của phôi.
- Độ dày của phôi (B_1), độ nén ép (Δh) và một số yếu tố phụ khác.

$$F_{tx} = B_{tb} \cdot l = \left(\frac{B_1 + B_2}{2} \right) \cdot l \quad [\text{mm}^2] \quad (6-10)$$

Trong đó l - là dây cung AB chắn góc ngoạm α .

Tính gần đúng:

$$l = \overline{AB} = D \sin \frac{\alpha}{2} \quad [\text{mm}] \quad (6-11)$$

Trong đó: $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$

Đã biết $\Delta h = (1 - \cos \alpha)D$; nên

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{\Delta h}{2D}} \quad (6-12)$$

Từ đó suy ra:

$$l = D \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{2D}} = \sqrt{R \cdot \Delta h} \quad [\text{mm}] \quad (6-13)$$

Vì $R = D/2$: bán kính trục cán.

Thay vào biểu thức trên ta có áp lực đặt lên một trục cán khi cán bằng:

$$P = P_{tb} \cdot B_{tb} \sqrt{R \cdot \Delta h} \quad [\text{N}] \quad (6-14)$$

Trị số áp suất ép trung bình được tính theo công thức Xêlicóp:

$$P_{tb} = 1,15k_c \cdot \frac{2H_2}{\Delta h \cdot (\delta - 1)} \cdot A \cdot A^{\delta - 1} \quad (6-15)$$

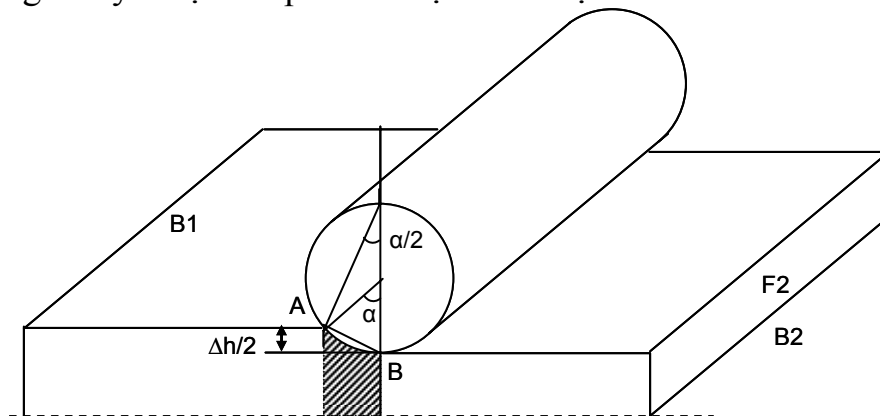
Trong đó: k_c - điểm giới hạn nóng chảy của phôi;

δ - góc ma sát trượt;

$$A = \frac{H_0}{H_1};$$

H_0 - bề dày của phôi ở tiết diện giới hạn.

Các thông số kỹ thuật của phôi và trục cán được biểu diễn trên hình 6-7.



H 6-7. Thông số của phôi và trục cán

6-3 Tính mômen truyền động trục cán

1. Phương pháp Xêlicóp

Phương pháp này dựa theo áp suất ép trung bình để tính mômen truyền động trục cán, bao gồm các thành phần mômen sau:

- M_{hi} : mômen hữu ích cần thiết để làm biến dạng phôi và khắc phục lực ma sát giữa phôi kim loại và trục cán trong vùng biến dạng ứng với cung ngoạm

- Mômen không tải M_0 .

- Mômen động M_{dg} để khắc phục lực quán tính, tạo gia tốc.

Mômen động xuất hiện khi thực hiện đảo chiều quay và điều chỉnh tốc độ.

Vậy mômen cán bằng : $M = M_{hi} + M_{ms} + M_0 + M_{dg}$ (6-16)

- Mômen hữu ích được tính dựa vào áp lực trên trục cán.

Nếu coi biến dạng phôi như nhau ở hai phía của trục cán ($\alpha_1 = \alpha_2$) như hình 6-8, từ đó ta có:

Lực tác dụng: $P_1 = P_2 = P$ (6-17)

Cánh tay đòn đặt lực: $a_1 = a_2 = a$, lúc đó mômen tác dụng lên trục cán 1 là:

$$M_1 = P \cdot a = P \Psi \cdot l \quad (6-18)$$

Trong đó:

$\Psi = \frac{a}{l}$ tỷ số cánh tay đòn đặt lực trên chiều dài của cung ngoạm

$\Psi = 0,5$ đối với phương pháp cán nóng

$\Psi = (0,35 \div 0,45)$ đối với phương pháp cán nguội.

Từ các biểu thức đã dẫn, ta có:

$$M_1 = P_{tb} \cdot B_{tb} \cdot \Psi \cdot R \cdot \Delta h \quad (6-19)$$

Mômen truyền động cho cả hai trục cán:

$$M_{hi} = 2P_{tb} \cdot B_{tb} \cdot \Psi \cdot R \cdot \Delta h \quad (6-20)$$

Mômen ma sát được tính theo biểu thức:

$$M_{ms} = \frac{Pd\mu}{i} + \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \frac{M_{hi} + Pd\mu}{i} \quad (6-21)$$

Trong đó: P - áp suất nén đặt lên trục cán [N/mm^2];

d - đường kính của trục cán;

i - tỷ số truyền

μ - hệ số ma sát lăn;

η - hiệu suất của cơ cấu truyền lực.

- Mômen không tải:

$$M_0 = (3 \div 5)\% M_{dm} \quad (6-21)$$

- Mômen động:

$$M_{dg} = \frac{J \cdot d\omega}{dt} \quad (6-22)$$

Trong đó: J - mômen quán tính của hệ truyền động [kgm^2]

2. Phương pháp suất tiêu hao năng lượng (STHNL)

Phương pháp này thực chất là phương pháp tính mômen truyền động trực cán theo suất tiêu hao năng lượng trên một đơn vị khối lượng của sản phẩm.

Phương pháp STHNL được tính dựa trên đường cong STHNL được xây dựng từ thực nghiệm.

Đường cong này biểu thị độ tiêu hao năng lượng trên một đơn vị khối lượng sản phẩm sau độ kéo dài phôi (λ) hoặc theo chiều dày (H) của phôi sau mỗi một lần cán.

Đường cong STHNL được biểu diễn trên hình 6-9.

Đường cong STHNL biểu diễn quan hệ $W=f(\lambda)$ suất tiêu hao năng lượng theo độ kéo dài sau mỗi lần cán được sử dụng để tính mômen truyền động trực cán đối với các máy cán quay thuận nghịch, còn đường cong STHNL biểu diễn quan hệ giữa STHNL theo độ dày của phôi được ứng dụng đối với các máy cán nguội liên tục.

Độ chính xác tính toán mômen truyền động trực cán của phương pháp này càng cao nếu các điều kiện cán được tính toán càng sát với điều kiện xây dựng đường cong STHNL.

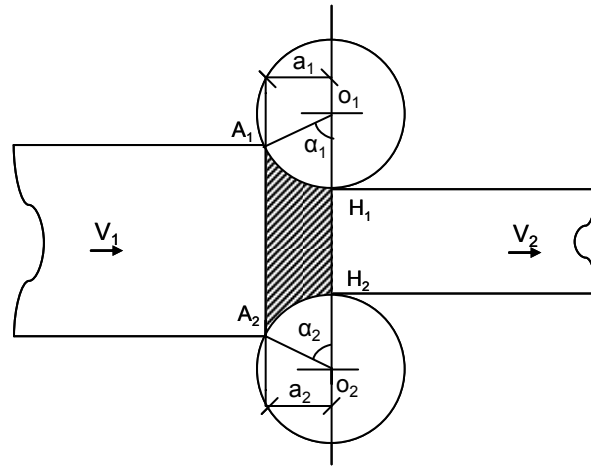
Mômen cán cho lần cán đang tính toán sẽ bằng:

$$M_{dt} = 1,4 \cdot \Delta W \cdot F \cdot 10^7 \quad [\text{N.m}] \quad (6-23)$$

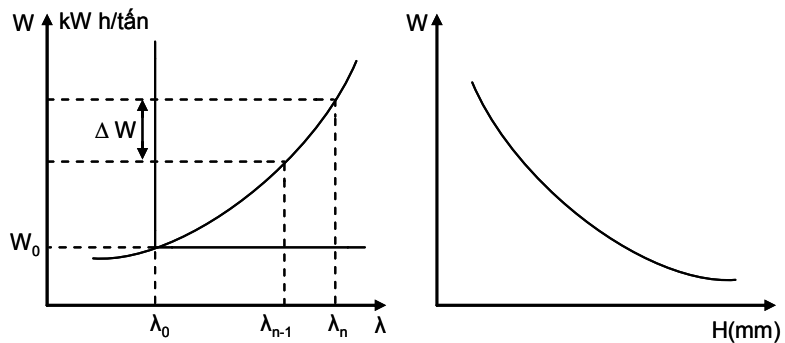
Trong đó: F - tiết diện của phôi ở lần cán đang tính, mm^2 ;

D - đường kính trục cán, mm ;

ΔW - hiệu số suất tiêu hao năng lượng của lần cán đang tính và lần cán trước đó.



H 6-8. Sơ đồ tính toán mômen cán



Hình 6-9 Đường cong STHNL

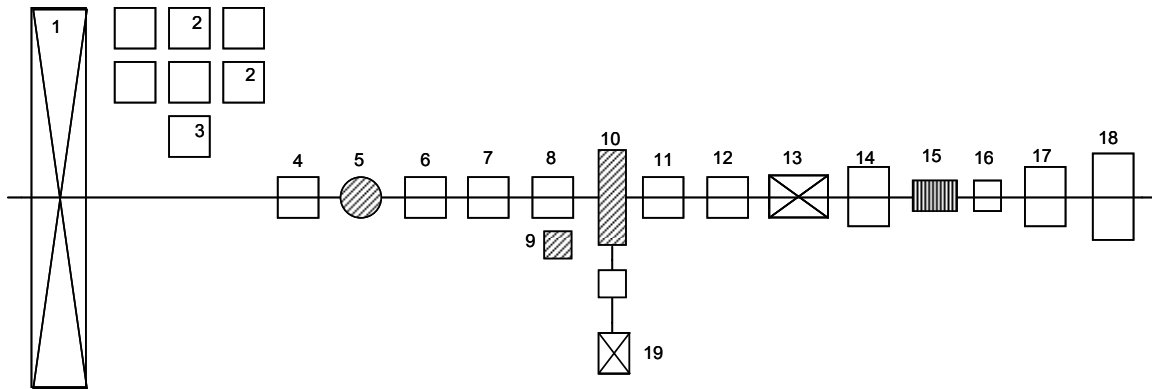
6-4 Trang bị điện máy cán nóng thuận nghịch (CNTN)

1. Đặc điểm công nghệ

Máy cán nóng quay thuận nghịch (máy cán nóng đảo chiều) thường dùng để cán thô.

Trong tổ hợp máy cán nóng thuận nghịch, ngoài các hộp cán còn có các thiết bị phụ như: băng lăn, dao cắt, xe chở phôi, máy lật phôi v.v...

Trên hình 6-10 giới thiệu băng chuyền máy cán nóng thô 1150.



Hình 6-10 Dây chuyền máy cán nóng thô 1150

Phôi thép từ phân xưởng thép được vận chuyển đến là nung 2 bằng cầu trục 1, số lò nung có thể lên tới 20 lò và mỗi lò nung có thể chứa được 4 ÷ 8 thỏi thép có khối lượng (5 ÷ 25) tấn/thời. Sau đó các thỏi thép được đưa lên các xe chở phôi 3 và chở đến băng lăn tiếp nhận 4. Bàn cân 5 để cân khối lượng thỏi thép. Bàn quay 6 dùng để quay thỏi thép cho đúng hướng (trong trường hợp cần thiết có thể quay 1 góc tối đa 180°). Băng lăn 7 và 8 để đưa thỏi thép đến hộp cán 10. Sau mỗi lần cán, thỏi thép được vận chuyển trở lại các băng lăn trước hộp cán. Ở đây trong trường hợp cần thiết, thỏi thép có thể lật đi một góc 90° nhờ máy lật 9.

Khi kết thúc lần cán cuối cùng, phôi cán thành phẩm được đưa qua băng lăn 11, 12 và đến máy đánh vẩy làm sạch 13 và sau đó đưa tới máy cắt phân đoạn 14 theo kích thước quy định. Sau đó chuyển tới băng xích 15, băng lăn 16 và máy đẩy lên bàn xếp 17 chắt vào kho chứa 18.

Động cơ 19 dùng để truyền động hộp cán 10.

Các máy cán nóng quay thuận nghịch có nhiều kiểu, nhiều loại, kết cấu tùy từng loại cũng khác nhau nhưng chế độ làm việc của hệ truyền động trục cán như nhau.

Động cơ truyền động trục cán làm việc ở chế độ rất nặng nề: đặc trưng bởi tần số đóng cắt điện lớn (có máy đạt 1500 lần/ giờ) và luôn làm việc ở trạng thái quá tải, lúc ngoạm phôi, mômen của động cơ truyền động có thể đạt tới $(2,5 \div 3)M_{dm}$. Từ những đặc điểm trên, ta có thể đưa ra những yêu cầu chính đối với thiết bị truyền động trục cán của máy cán thép như sau:

- Phạm vi điều chỉnh tốc độ yêu cầu $D = 10:1$.

- Phải làm việc với độ tin cậy cao trong điều kiện nặng nề (tần số đóng cắt lớn, thường xuyên quá tải)

2. Hệ truyền động hộp cán trong máy CNQTN

Trong máy cán nóng quay thuận nghịch thường sử dụng hai phương pháp truyền động.

- Truyền động nhóm: là dùng một động cơ truyền động quay hai trục cán nhờ hộp bánh răng. Ưu điểm của phương pháp này là sơ đồ điều khiển đơn giản, nhưng sơ đồ động học phức tạp, kích thước của hai trục cán yêu cầu phải như nhau.

- Truyền động riêng rẽ: phương pháp này có ưu điểm là: sơ đồ động học đơn giản, kích thước của hai trục cán không yêu cầu giống nhau, nhưng sơ đồ nguyên lý điện phức tạp, cần đến hai động cơ, mỗi động cơ truyền động một trục riêng biệt.

a) Hệ thống truyền động điện (truyền động nhóm) hộp cán trong máy cán nóng quay thuận nghịch (CNQTN)

Dải điều chỉnh tốc độ động cơ truyền động yêu cầu $D = 10:1$ và được thực hiện điều chỉnh hai vùng:

- Vùng dưới tốc độ cơ bản ($n < n_{dm}$)

Thực hiện bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phần ứng của động cơ.

- Vùng trên tốc độ cơ bản ($n > n_{dm}$)

Thực hiện bằng cách giảm từ thông kích từ của động cơ.

Quá trình điều chỉnh tốc độ ở hai vùng tiến hành không đồng thời và không phụ thuộc lẫn nhau. Sơ đồ nguyên lý điện trên hình 6-11 và sơ đồ điều khiển trên hình 5-12.

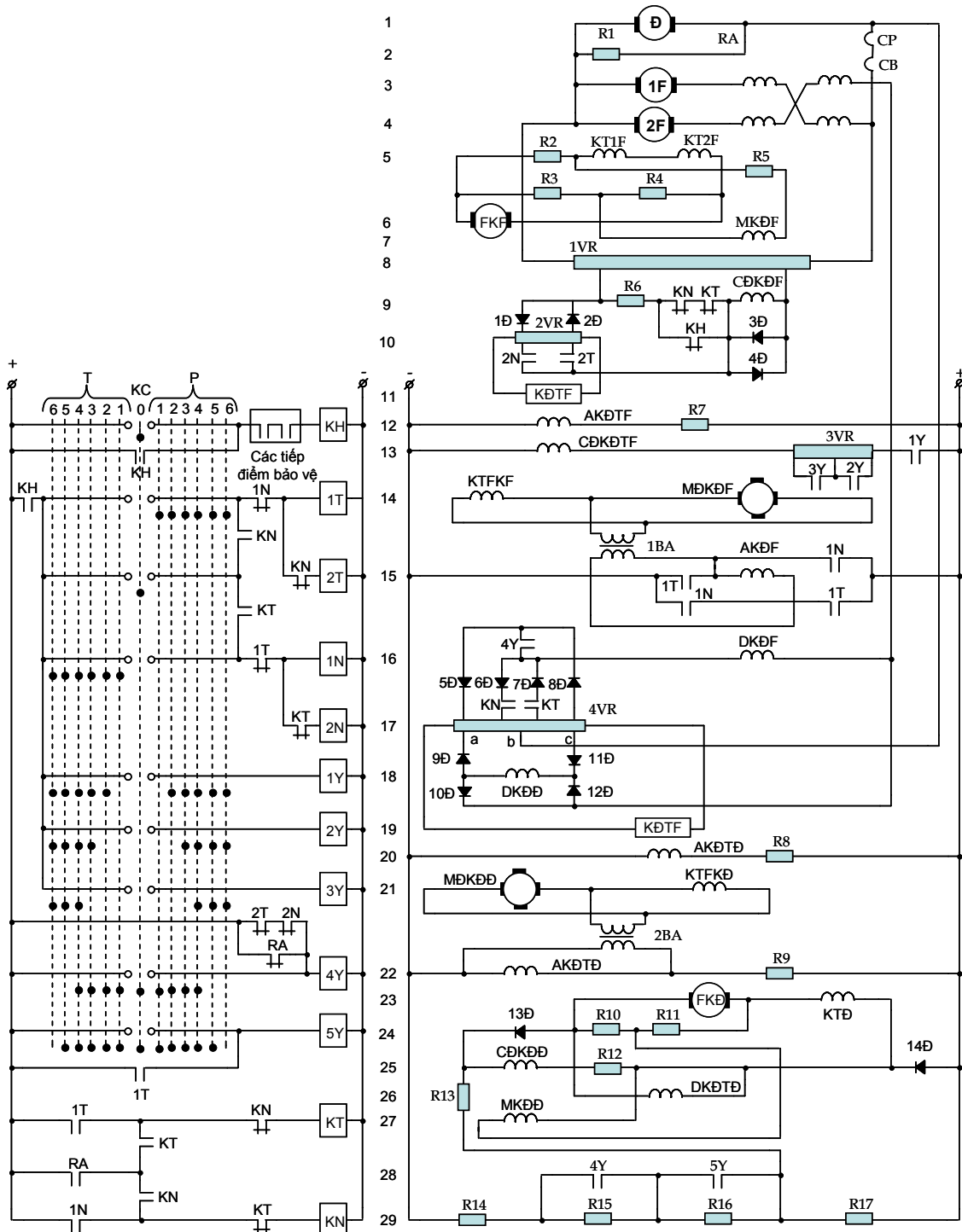
* Cấu trúc của sơ đồ:

Động cơ truyền động trục cán Đ(1) được cấp nguồn từ hai máy phát 1F(3) và 2F(4) nối song song nhau. Cuộn kích từ của hai máy phát KT1F(5) và KT2F(5) được cấp nguồn từ máy kích từ FKF(6). Cuộn kích từ của máy phát KTFKF(14) được cấp nguồn từ máy điện khuếch đại từ ngang MĐKĐF(14).

Máy điện khuếch đại MĐKĐF có các cuộn kích từ sau:

- AKĐF(15) cuộn điện áp thực hiện chức năng đảo chiều quay của động cơ bằng hai công tắc tơ 1N(15) và 1T(15).
- CĐKĐF(9) là cuộn chủ đạo đồng thời là cuộn phản hồi âm điện áp có ngắt. Nguyên lý làm việc của khâu này như:

Khi điện áp máy phát 1F và 2F còn nhỏ hơn điện áp so sánh (U_{ss} lấy trên biến trở 2R(10), một trong hai điôt 1CL hoặc 2CL khoá nên dòng trong cuộn CĐKĐF bằng không. Khi điện áp của máy phát 1F và 2F tăng bằng giá trị so sánh thì 1CL hoặc 2CL thông, dòng điện trong cuộn CĐKĐF khác không, có sẽ làm điện áp của máy phát 1F và 2F không bị tăng nhanh một cách cưỡng bức.



H. 6-11 Sơ đồ truyền động nhóm máy CNQTN

Điện áp trên biến trở $2R$ được cấp từ nguồn khuếch đại từ KĐT(11).

Khuếch đại từ KĐT có hai cuộn không chế:

- AKĐT(12): là cuộn điện áp (cuộn dịch chuyển) để chọn điểm làm việc ban đầu của KĐT.

- CDKĐT(13): là cuộn chủ đạo dùng để thay đổi thay đổi trị số điện áp ra của KĐT, chính là thay đổi trị số điện áp so sánh lấy trên biến trở $2R$ bằng các công tắc tơ gia tốc $1Y, 2Y, 3Y$.

+ DKĐT(16): là cuộn phản hồi âm dòng có ngắt, nhằm hạn chế dòng điện của động cơ, bảo vệ động cơ truyền động trong trường hợp bị quá tải. Nguyên lý làm việc của khâu hạn chế dòng như sau:

Khi dòng điện phản ứng trong động cơ truyền động còn nhỏ hơn trị số dòng ngắt $I_r < I_{ng}$ [trị số $I_{ng} = (2,25 \div 2,5)I_{dm}$], điện áp $U_i < U_{ss}$ với $U_i = I_r(Z_{cp} + Z_{CB})$, còn $U_{ss} = U_{ab}$ hoặc U_{bc} lấy trên biến trở $4R(17)$. Khi đó điôt 5Đ, 6Đ hoặc 7Đ, 8Đ khoá, dòng trong cuộn DKĐT bằng không. Ngược lại, khi $I_r \geq I_{ng}$, $U_i \geq U_{ss}$, khi đó 2 trong 4 điôt trên sẽ thông, dòng điện trong cuộn DKĐT khác không, do tính chất khử từ của cuộn DKĐT, điện áp phát ra của 1F và 2F giảm nhanh về không tạo ra đường đặc tính cơ dạng máy xúc bảo vệ cho động cơ không bị cháy khi quá tải. Điện áp trên biến trở $4R(17)$ được cấp nguồn từ khuếch đại KĐTĐ(19). Khuếch đại từ KĐTĐ có hai cuộn không chế:

- Cuộn AKĐTĐ(20) là cuộn điện áp (cuộn chuyển dịch) dùng để chọn điểm làm việc của KĐT.

- Cuộn DKĐTĐ(26) là cuộn phản hồi âm dòng điện kích từ của động cơ truyền động

+ MKĐT(27): là cuộn phản hồi mềm điện áp của máy phát kích từ FKF(7). Nguyên lý làm việc của khâu phản hồi mềm điện áp như sau: Cuộn MKĐT được nối vào đường chéo của cầu vi phân qua điện trở hạn chế R_5 . Cầu vi phân được cấu thành từ 4 vai cầu gồm các điện trở R_2, R_3, R_4 và hai cuộn kích từ KT1F và KT2F. Khi điện áp phát ra của FKF ổn định ($U_{FKF} = \text{const}$), cầu cân bằng [$R_2.R_4 = R_3.(Z_{KT1F} + Z_{KT2F})$]. Dòng trong cuộn MKĐT bằng không, ngược lại khi điện áp phát ra của máy phát FKF có xu thế tăng hay giảm, do hai cuộn kích từ có tính cảm, cầu mất cân bằng, dòng trong cuộn MKĐT khác không (chiều của nó sẽ ngược hoặc cùng chiều với dòng trong cuộn AKĐT). Kết quả điện áp phát ra của FKF sẽ ổn định.

Sức từ động tổng của MĐKĐT bằng:

$$F_{\Sigma} = F_{AKĐT} - F_{CDKĐT} - F_{DKĐT} \pm F_{MKĐT}$$

Như vậy điều chỉnh tốc độ động cơ truyền động trực cán Đ bằng cách thay đổi trị số điện áp đặt vào phản ứng của động cơ (vùng $n < n_{dm}$) thực hiện bằng cách thay đổi điện áp phát ra của MĐKĐT thông qua các cuộn kích thích của nó.

Cuộn kích từ của động cơ truyền động KTĐ(23) được kích nguồn từ máy phát kích từ FKĐ(23). Cuộn kích từ cầu máy phát kích từ KTFKĐ(21) được cấp từ máy điện khuếch đại từ trường ngang MĐKĐĐ(21). Máy điện khuếch đại có các cuộn kích thích sau:

+ AKĐĐ(22) là cuộn điện áp.

+ CĐKĐĐ(25) là cuộn chủ đạo dùng để điều chỉnh tốc độ, dòng trong cuộn CĐKĐĐ cùng chiều với dòng trong cuộn AKĐĐ, nên khi công tắc tơ gia tốc 4Y và 5Y(28) mất điện, làm cho điện áp rơi trên R17 (nối song song với CĐKĐĐ) giảm xuống, kết quả điện áp ra của MĐKĐĐ giảm xuống, dòng kích từ trong cuộn KTĐ giảm và tốc độ động cơ tăng lên.

+ DKĐĐ(18) là cuộn phản hồi âm dòng có ngắt. Khi $I_r < I_{ng}$, $U_i < U_{ss}$, điôt 9Đ, 12Đ (hoặc 10Đ, 11Đ) khoá, dòng trong cuộn DKĐĐ khác không, nó làm cho điện áp ra của MĐKĐĐ tăng lên, dòng kích từ của động cơ tăng lên, tốc độ động cơ giảm nhanh xuống về không bảo vệ cho động cơ không bị cháy trong trường hợp quá tải.

+ MKĐĐ là cuộn phản hồi mềm điện áp máy phát kích từ FKĐ(27).

Cuộn dây MKĐĐ được nối vào đường chéo của cầu vi phân cấu thành từ 4 vai cầu gồm: R10, R11, R12 và cuộn kích từ của động cơ KTĐ(23). Khi điện áp ra của máy phát FKĐ ổn định ($U_{FKĐ} = \text{const}$). Cầu cân bằng (R10. $Z_{KTĐ} = R11.R12$), dòng trong cuộn MKĐĐ bằng không. Trong trường hợp điện áp phát ra của FKĐ có xu hướng thay đổi, cầu mất cân bằng (do cuộn KTĐ có tính điện cảm) dòng trong cuộn MKĐĐ khác không, chiều dòng trong cuộn MKĐĐ sẽ cùng chiều hoặc ngược chiều với dòng trong cuộn AKĐĐ làm cho điện áp phát ra của FKĐ sẽ ổn định.

Sức từ động tổng của MĐKĐĐ bằng:

$$F_{\Sigma} = F_{AKĐĐ} + F_{CĐKĐĐ} + F_{DKĐĐ} \pm F_{MKĐĐ}$$

Như vậy, điều chỉnh tốc độ động cơ truyền động ở vùng $2(n > n_{dm})$ thực hiện bằng cách giảm từ thông kích từ của động cơ thông qua điều khiển dòng kích từ của máy điện khuếch đại từ trường ngang MĐKĐĐ.

* Nguyên lý làm việc của sơ đồ khống chế

Khống chế động cơ truyền động Đ được thực hiện bằng bộ khống chế chỉ huy KC. Mạch chỉ hoạt động được khi các tiếp điểm bảo vệ đã được đóng kín. Khi KC ở vị trí “0”, công tắc KH(12) = 1 \rightarrow KH(13) = 1 [duy trì] \rightarrow KH(14) = 1 (cấp nguồn cho các dòng 14 ÷ 21).

+ Khởi động động cơ từ tốc độ bằng không đến tốc độ định mức (n_{dm}).

Quay bộ khống chế chỉ huy lần lượt từ “0” đến vị trí “4” sang bên phải tương ứng với chiều quay thuận, công tắc tơ 1T(14) = 1 và 2T(15) = 1 \rightarrow dòng trong cuộn dây AKĐĐ có chiều để động cơ chạy theo chiều thuận. Các công tắc tơ gia tốc 1Y(18), 2Y(19), 3Y(21) lần lượt có điện, làm tăng dòng trong cuộn CĐKĐĐ, dẫn đến tăng điện áp ra của KĐTF (tăng điện áp so

sánh U_{ss} trên biến trở 2VR). Kết quả điện áp đặt lên phần ứng động cơ tăng từ không lên đến định mức U_{udm} . Trong quá trình này, từ thông kích từ của động cơ giữ không đổi.

+ Tăng tốc độ từ n_{dm} đến tốc độ trên cơ bản. Khi quay bộ không chế chỉ huy sang vị trí “5” và vị trí “6”, các công tắc tơ 4Y và 5Y lần lượt mất điện, làm giảm điện áp đặt lên cuộn dây CĐKĐĐ, kết quả từ thông kích từ của động cơ giảm ($\Phi < \Phi_{dm}$) tốc độ của động cơ sẽ tăng lên.

+ Hãm động cơ từ tốc độ n_{dm} về 0.

Khi quay bộ không chế chỉ huy từ vị trí “4” về vị trí “0”, các công tắc tơ 1T(14), 2T(15), 1Y(18), 2Y(19) và 3Y(21) mất điện. Riêng công tắc tơ KT(27) chưa mất điện (vì role điện áp RA còn tác động). Lúc này công tắc tơ 1N(16) và 2N(17) có điện [qua tiếp điểm KC(15)], dòng trong cuộn điện áp AKĐF(15) đảo chiều, động cơ thực hiện hãm ngược. Khi tốc độ động cơ giảm xuống (ứng với điện áp $U_{ur} = (10 \div 15)\%U_{dm}$, role điện áp RA thôi tác động, công tắc tơ 1N và 2N mất điện, quá trình hãm ngược kết thúc.

+ Hãm động cơ từ tốc độ $n > n_{dm}$ về “0”

Khi chuyển tay qua bộ không chế chỉ huy từ vị trí “0” về vị trí “0”, lần lượt các công tắc tơ 4Y và 5Y có điện. Điện áp trên cuộn CĐKĐĐ tăng dần lên dẫn đến khi dòng kích từ của động cơ tăng dần lên đến chỉ số định mức, tốc độ của động cơ giảm xuống đến trị số n_{dm} , quá trình giảm tốc từ n_{dm} về “0” xảy ra tương tự như đã trình bày.

Chương 7

TRANG BỊ ĐIỆN CÁC MÁY NÂNG - VẬN CHUYỂN

7.1 Khái niệm chung

Sự phát triển kinh tế của mỗi nước phụ thuộc rất nhiều vào mức độ cơ giới hoá và tự động hoá các quá trình sản xuất. Trong quá trình sản xuất, các máy nâng - vận chuyển đóng một vai trò quan trọng, đảm nhiệm vận chuyển một khối lượng lớn hàng hoá, vật liệu, nguyên liệu, thành phẩm và bán thành phẩm trong các lĩnh vực khác nhau của nền kinh tế quốc dân. Các máy nâng - vận chuyển là cầu nối giữa các hạng mục công trình sản xuất riêng biệt, giữa các máy công tác trong một dây chuyền sản xuất v.v...

Tính chất và số lượng hàng hoá cần vận chuyển tùy thuộc vào đặc thù của quá trình sản xuất. Ví dụ trong một xí nghiệp luyện kim có lò cao năng suất 1000 tấn gang/ngày đêm, cần phải vận chuyển lên lò cao với độ cao tới 36m khoảng 2000 tấn quặng, 700 tấn phụ gia và 1200 tấn than cốc bằng các loại xe kíp di chuyển theo mặt phẳng nghiêng.

Trong ngành khai thác mỏ, trên các công trình thuỷ lợi, trên các công trình xây dựng nhà máy thuỷ điện, xây dựng công nghiệp, xây dựng dân dụng v.v.. phần lớn các công việc nặng nề như bốc, xúc, đào, khai thác quặng và đất đá đều do các máy nâng - vận chuyển thực hiện.

Việc sử dụng các máy nâng - vận chuyển trong các hạng mục công trình lớn đã làm giảm đáng kể thời gian thi công, giảm bớt đáng kể số lượng công nhân khoảng 10 lần. Ví dụ nếu dùng một cần cẩu tháp trên các công trường xây dựng công nghiệp hoặc xây dựng dân dụng có thể thay thế cho 500 công nhân, còn nếu dùng một máy xúc cỡ lớn để đào hào hoặc kênh mương khi xây dựng các công trình thuỷ lợi hoặc trong công việc cải tạo địa hình có thể thay thế cho 10.000 công nhân.

Trong các nhà máy chế tạo cơ khí, máy nâng - vận chuyển chủ yếu dùng để vận chuyển phôi, thành phẩm và bán thành phẩm từ máy này đến máy khác, từ phân xưởng này đến phân xưởng khác hoặc vận chuyển vào kho lưu giữ.

Hiện nay, máy nâng, các loại thang máy được lắp đặt trong các xí nghiệp công nghiệp, trong các nhà ở cao tầng, trong các toà thị chính, siêu thị, trong các nhà ga của tàu điện ngầm để vận chuyển hàng hoá và hành khách.

Trong nông nghiệp, các máy nâng - vận chuyển trong công nghiệp cũng như trong nông nghiệp như một phương tiện để cơ giới hóa và tự động hoá các quá trình sản xuất là một yếu tố quan trọng nhằm làm tăng năng suất và chất lượng sản phẩm cũng như giảm nhẹ sức lao động của con người.

7-2 Phân loại các máy nâng - vận chuyển

Các máy nâng vận chuyển có kết cấu hình dáng, kích thước rất đa dạng tùy thuộc vào tính chất đặc điểm của hàng hoá cần vận chuyển, kích thước, số

lượng và phương vận chuyển của hàng hoá. Vì vậy việc phân loại các máy nâng - vận chuyển có thể dựa trên các đặc điểm chính để phân thành các nhóm máy sau: (hình 7-1)

a) Theo phương vận chuyển hàng hoá

- Theo phương thẳng đứng (thang máy, máy nâng).
- Theo phương nằm ngang (băng tải, băng chuyền).
- Theo mặt phẳng nghiêng (xe kíp, thang chuyền, băng tải).
- Theo các phương kết hợp (cầu trục, cầu trục cảng, cầu trục chân dê)

b) Theo phương pháp di chuyển của các cơ cấu

- Lắp đặt cố định (thang máy, thang chuyền, băng tải).
- Di chuyển theo đường thẳng (cầu trục cảng, cầu trục chân dê, công trục, cần cầu tháp v.v..)

- Quay tròn với một góc tới hạn (cần cầu tháp, máy xúc v.v...)

c) Theo cơ cấu bốc hàng hoá

- Cơ cấu bốc hàng là thùng, cabin, gầu treo...
- Dùng móc, xích treo, băng.
- Cơ cấu bốc hàng bằng nam châm điện (cần cầu từ).

d) Theo chế độ làm việc

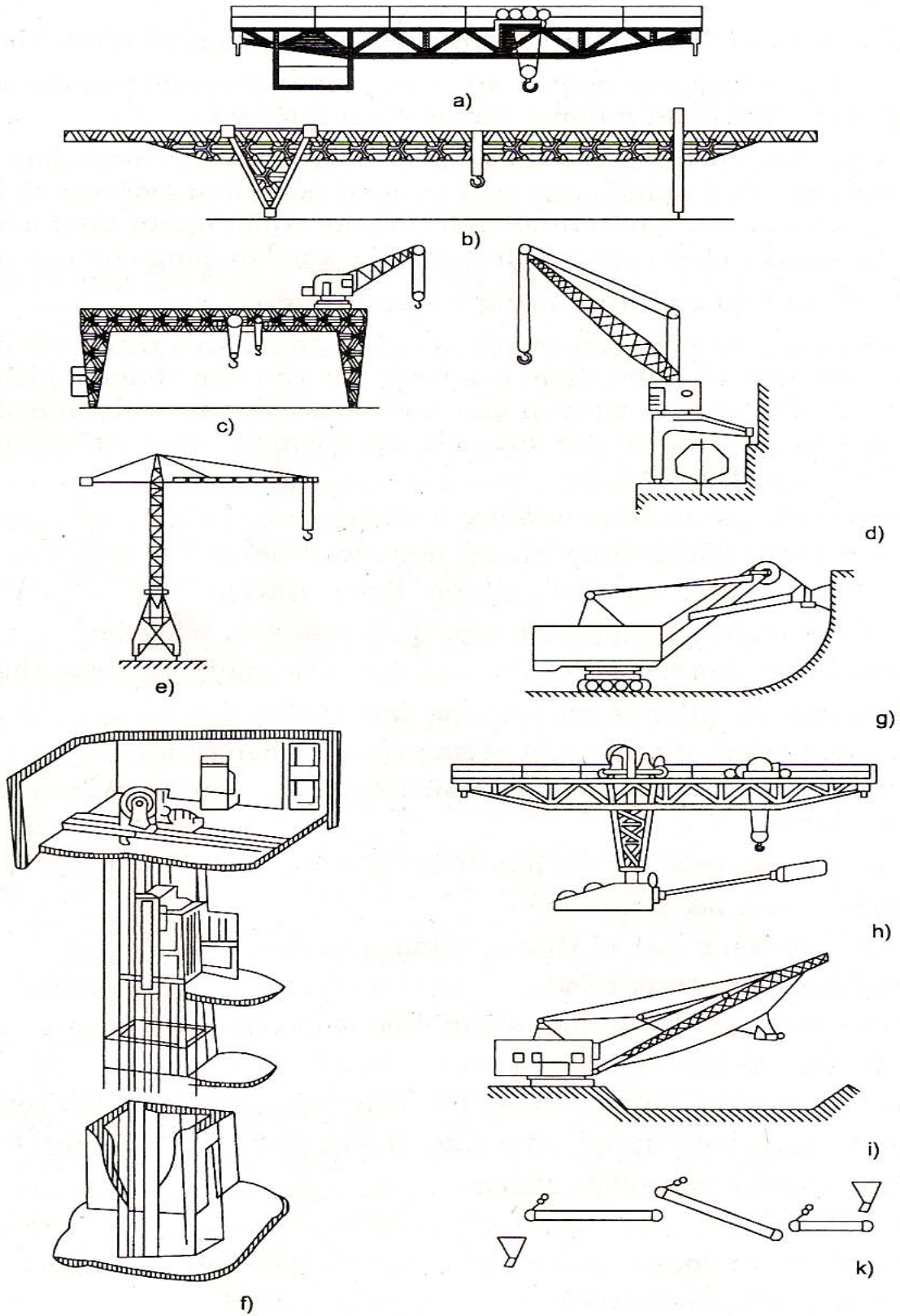
- Chế độ làm việc dài hạn (băng tải, băng chuyền, thang chuyền).
- Chế độ ngắn hạn lặp lại (máy xúc, thang máy, cầu trục, cần trục).

e) Theo phương pháp điều khiển

- Điều khiển bằng tay.
- Điều khiển tự động.
- Hệ thống điều khiển hở.
- Hệ thống điều khiển kín.
- Điều khiển tại chỗ.
- Điều khiển có khoảng cách.
- Điều khiển từ xa.

Trong các máy nâng - vận chuyển, đơn giản nhất là những máy vận chuyển hàng theo một phương (thang máy – máy nâng theo phương thẳng đứng, băng truyền và băng tải – theo phương nằm ngang, thang chuyền và đường goòng treo theo mặt phẳng nghiêng) chỉ có một cơ cấu truyền động di chuyển là cơ cấu nâng hoặc cơ cấu di chuyển. Còn những máy nâng vận chuyển phức tạp hơn đó là máy xúc, cần cầu, cầu trục, máy xúc có hai hoặc ba cơ cấu di chuyển, di chuyển theo từng phương riêng biệt hoặc cùng một lúc thực hiện các phương kết hợp.

Chế độ làm việc của các máy nâng - vận chuyển ảnh hưởng rất lớn trong việc tính chọn công suất động cơ truyền động, thiết kế, tính chọn hệ truyền động cũng như sơ đồ điều khiển toàn máy.



Hình 7-1. Một số máy nâng vận chuyển điển hình

a) Cầu trục; b) Công trục chuyên tải; c) Cầu trục chân dê; d) Cần cầu cảng; e) Cần cầu tháp
 f) Thang máy; g) Máy xúc gầu thuận; h) Cầu trục luyện thép; i) máy xúc gầu treo; k) Băng tải

Điều khiển bằng tay chỉ dùng đối với những máy nâng - vận chuyển đơn giản, không yêu cầu điều chỉnh trơn tốc độ động cơ truyền động, tần số đóng - cắt điện không lớn và thường sử dụng đối với những máy có công suất truyền động bé.

Điều khiển tự động được sử dụng rộng rãi trong các máy nâng - vận chuyển dùng hệ truyền động phức tạp (hệ MĐKĐ-Đ, hệ KĐT-Đ, hệ T-Đ v.v...)

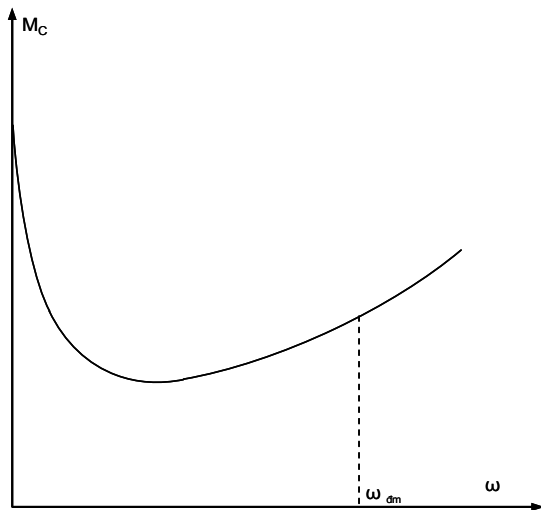
Việc phân loại các máy nâng - vận chuyển như trình bày trên đây không phản ánh toàn bộ chức năng liên quan đến quá trình sản xuất mà các máy thực hiện, nhưng cũng giúp chúng ta có một khái niệm tổng quan về các phương pháp và dạng vận chuyển hàng hoá thông dụng nhất.

7-3. Đặc điểm đặc trưng cho chế độ làm việc của hệ truyền động máy nâng- vận chuyển

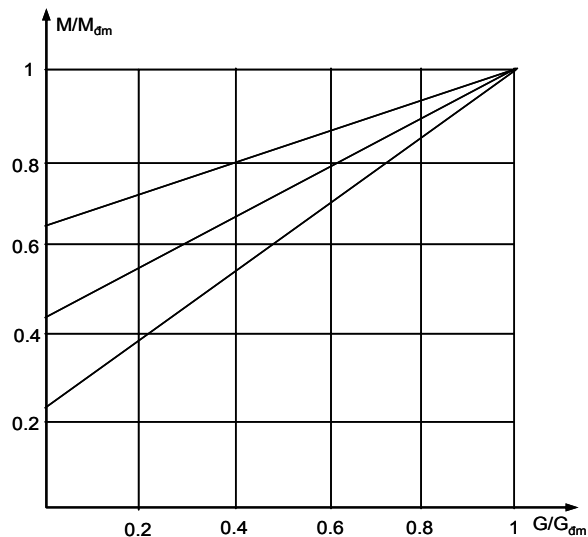
1. Các máy nâng - vận chuyển thường được lắp đặt trong nhà hoặc ngoài trời. Môi trường làm việc của các máy nâng - vận chuyển rất khắc nghiệt, đặc biệt là ngoài hải cảng, các nhà máy hoá chất, các xí nghiệp luyện kim... nơi mà nhiệt độ thay đổi lớn, nhiều bụi, độ ẩm cao và có nhiều chất khí dễ gây cháy, nổ.

2. Chế độ làm việc của các máy nâng - vận chuyển rất nặng nề: tần số đóng - cắt điện lớn (có khi tới 600 lần/giờ), mở máy, đảo chiều quay, hãm máy liên tục.

Đối với băng chuyền và băng tải có rất nhiều ổ đỡ nên khi nhiệt độ môi trường giảm xuống, yêu cầu mômen mở máy phải lớn hơn ở nhiệt độ bình thường. Đối với hệ truyền động băng tải và băng chuyền phải đảm bảo khởi động động cơ truyền động khi đầy tải, đặc biệt là mùa đông, khi nhiệt độ môi trường giảm, làm tăng mômen ma sát trong các ổ đỡ, mômen cản tĩnh đáng kể (M_c).



H.7-2 .Quan hệ $M_c=f(\omega)$ của băng tải khi khởi động



H.7-3 .Momen cầu trục phụ thuộc vào tải trọng

Trên hình 7-2 biểu diễn mối quan hệ phụ thuộc giữa mômen cản tĩnh và tốc độ của động cơ: $M_c = f(\omega)$. Trên đồ thị ta thấy rằng khi $\omega = 0$, momen cản tĩnh M_c lớn hơn (2 ÷ 2,5) lần M_C ứng với tốc độ định mức.

Một số máy nâng - vận chuyển khác như: thang chuyển, máy xúc nhiều gầu, một số máy nâng có sơ đồ động học phức tạp đều có đặc điểm khởi động như băng chuyền.

3. Phụ tải của các máy nâng - vận chuyển thay đổi trong phạm vi rất rộng như cơ cấu nâng hạ của máy xúc và cầu trục, thang máy v.v...

Trên hình 7-3 biểu diễn sự thay đổi của mômen động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục phụ thuộc vào tải trọng. Khi không có tải trọng (chế độ không tải) mômen tải của động cơ không vượt quá $(15 \div 20)\%M_{dm}$ - đối với động cơ nâng của cầu trục có cơ cấu bốc hàng dùng ròng rọc, $50\%M_{dm}$ - đối với động cơ của cơ cấu bốc hàng là gầu ngoạm, $(35 \div 50)\%M_{dm}$ - đối với cơ cấu di chuyển xe con và $(50 \div 55)\%M_{dm}$ - đối với cơ cấu di chuyển xe cầu.

4. Trong một số máy nâng - vận chuyển, yêu cầu quá trình tăng tốc và giảm tốc xảy ra êm với trị số gia tốc giới hạn cho phép. Nếu trị số gia tốc vượt quá giới hạn cho phép đối với cơ cấu nâng - hạ của cầu trục sẽ gây ra đứt cáp, hỏng bánh răng trong hộp tốc độ, còn đối với thang máy và thang chuyển sẽ gây ra cảm giác khó chịu cho hành khách, ảnh hưởng đến độ dừng chính xác của buồng thang. Bởi vậy, mômen động cơ truyền động khi mở máy và khi hãm dừng phải được hạn chế phù hợp với yêu cầu kỹ thuật an toàn.

7-4 Các hệ truyền động dùng trong các máy nâng vận chuyển

Hiện nay, hệ truyền động điện trong các máy nâng - vận chuyển được sử dụng phổ biến hệ truyền động điện với động cơ điện một chiều và động cơ điện xoay chiều. Xu hướng chính khi thiết kế và chế tạo hệ truyền động điện cho các máy nâng - vận chuyển là chọn hệ truyền động điện với động cơ xoay chiều vì có hiệu quả kinh tế cao, đạt yêu cầu về đặc tính khởi động cũng như đặc tính điều chỉnh.

Để đáp ứng các yêu cầu về an toàn, độ tin cậy khi làm việc dài hạn của hệ truyền động các máy nâng - vận chuyển, nâng cao tuổi thọ các khí cụ điều khiển, trong mạch điều khiển các máy nâng - vận chuyển nên dùng các phần tử không tiếp điểm thay thế cho các phần tử tiếp điểm (như rơle hoặc công tắc tơ). Mạch điều khiển được xây dựng từ các phần tử không tiếp điểm như: phần tử điện - từ, phần tử bán dẫn (điot, transisto) hoặc các loại IC logic.

Những năm gần đây, do sự phát triển nhanh của kỹ thuật bán dẫn và kỹ thuật biến đổi điện năng công suất lớn, các hệ truyền động điện cho các máy nâng - vận chuyển đã dùng càng ngày càng nhiều các bộ biến đổi Thyristor thay thế cho các hệ truyền động dùng bộ biến đổi quay (máy điện khuếch đại và khuếch đại từ). Bộ biến đổi dùng Thyristor có nhiều ưu điểm hơn hẳn so

với các bộ biến đổi kể trên: quán tính nhỏ, độ tác động nhanh, độ nhạy cao hơn, kích thước và khối lượng bé hơn, các chỉ tiêu về kinh tế kỹ thuật cao hơn.

Trong cần trục và cầu trục thường dùng hai hệ truyền động. Đối với các loại cầu trục và cần trục có công suất động cơ không lớn thường dùng hệ truyền động một chiều với bộ biến đổi dùng Thyristor (bộ chỉnh lưu có điều khiển) cho phép điều chỉnh tốc độ bằng phẳng với dải điều chỉnh $D=30:1$.

Còn đối với cầu trục và cần trục có công suất động cơ truyền động trung bình và lớn thường dùng hệ truyền động xoay chiều. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ thực hiện bằng hai phương pháp: thay đổi điện áp đặt vào dây quấn stato động cơ bằng bộ điều áp xoay chiều ba pha (ĐAXC) dùng tiristo và xung điện trở roto dùng Thyristor để thay đổi điện trở phụ trong mạch roto.

Đối với thang máy và máy nâng, dùng hệ truyền động T-Đ thay thế cho hệ F-Đ cho phép hạn chế được gia tốc và độ giật trong một giới hạn xác định nhờ thiết lập được luật thay đổi tốc độ tối ưu nhất trong quá trình quá độ.

Trong các hệ truyền động máy xúc công suất lớn, các cuộn dây kích từ của máy phải được cấp nguồn từ các bộ biến đổi dùng tiristo (bộ chỉnh lưu có điều khiển) thay thế cho máy điện khuếch đại và khuếch đại từ. Còn trong máy công suất nhỏ và trung bình bộ biến đổi tiristo thay thế cho máy phát một chiều.

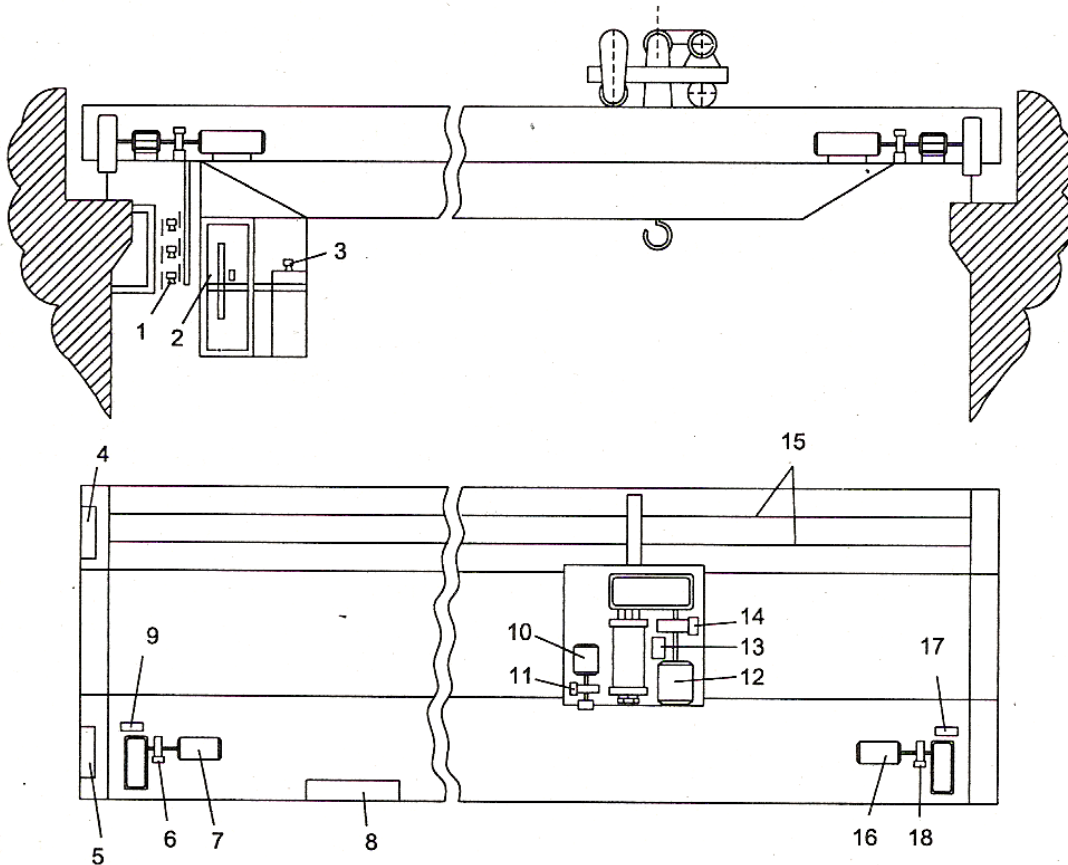
Chương 8

TRANG BỊ ĐIỆN CẦU TRỤC

8-1 Khái niệm chung

Cầu trục điện có kết cấu đa dạng được sử dụng rộng rãi trong tất cả các lĩnh vực khác nhau. Trong các xí nghiệp luyện kim, trong các xí nghiệp công nghiệp thường lắp đặt các loại cầu trục để vận chuyển nguyên vật liệu, thành phẩm và bán thành phẩm. Trong các xí nghiệp tuyển than, tuyển quặng, trên các bãi chứa than của các nhà máy nhiệt điện thường lắp đặt cầu trục xếp dỡ (cầu trục vận chuyển). Trên các công trường xây dựng dân dụng và công nghiệp thường lắp đặt các loại cổng trục và cần cầu tháp v.v...

Ngoài các loại cầu trục lắp đặt cố định trên còn sử dụng cần cầu di động như: cần cầu ô tô, cần cầu bánh xích, cần cầu nổi v.v... Ta chỉ nghiên cứu cần cầu đặc trưng nhất đó là cần trục, có cấu tạo như hình 8-1.



H.8-1. Cấu tạo và trang bị điện của cầu trục

Cầu trục gồm có gầu cầu di chuyển trên đường ray lắp đặt dọc theo chiều dài của nhà xưởng, cơ cấu nâng hạ hàng lắp trên xe con di chuyển dọc theo dầm cầu (theo chiều ngang của nhà xưởng) cơ cấu bốc hàng của cầu trục có

thể dùng móc (đối với những cầu trục công suất lớn có hai móc hàng, cơ cấu móc hàng chính có tải trọng lớn và cơ cấu móc phụ có tải trọng bé) hoặc dùng gầu ngoạm.

Trong mỗi cầu trục có ba hệ truyền động chính: di chuyển xe cầu, di chuyển xe con (xe trục) và nâng - hạ hàng.

Trên cầu trục được trang bị 4 động cơ truyền động: hai động cơ di chuyển xe cầu 7 và 16, động cơ nâng hạ hàng 12 và động cơ di chuyển xe con 10. Phanh hãm điện từ 6, 11, 14, 18 lắp hợp bộ với động cơ truyền động. Điều khiển các động cơ truyền động bằng các bộ không chế 3 trong cabin điều khiển. Hộp điện trở 8 dùng để khởi động và điều chỉnh tốc độ các động cơ được lắp đặt trên dầm cầu. Bảng bảo vệ 2 để bảo vệ quá tải, bảo vệ điện áp thấp, bảo vệ điện áp không được lắp đặt trong cabin điều khiển. Để hạn chế hành trình di chuyển của các cơ cấu dùng các công tắc hành trình 4 và 5 cho cơ cấu di chuyển xe cầu; 9 và 17 cho cơ cấu di chuyển xe con và 13 cho cơ cấu nâng - hạ hàng.

Cung cấp điện cho cầu trục bằng hệ thống tiếp điện chính 1 gồm hai bộ phận: bộ cấp điện là ba thanh thép góc lắp trên các giá đỡ bằng sứ cách điện lắp dọc theo nhà xưởng và bộ phận tiếp điện lắp trên cầu trục. Để cấp điện cho thiết bị điện lắp trên cơ cấu xe con dùng bộ tiếp điện phụ 15 lắp dọc theo chiều dọc của dầm cầu.

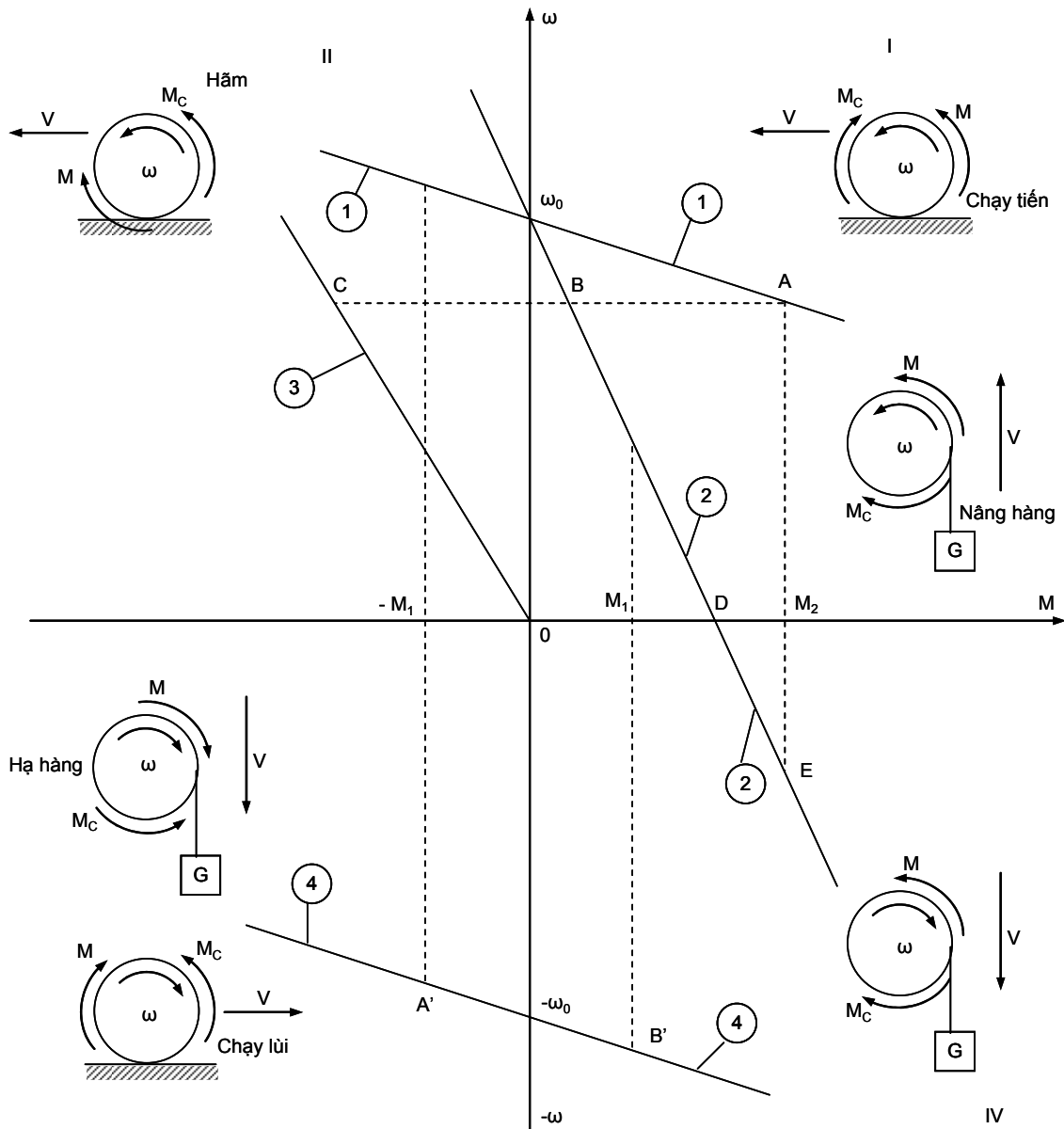
8-2. Chế độ làm việc các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục

Động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục làm việc trong điều kiện rất nặng nề, môi trường làm việc khắc nghiệt nơi có nhiệt độ cao, nhiều bụi, độ ẩm cao và nhiều loại khí, hơi, chất gây cháy, nổ. Chế độ làm việc của các động cơ là chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại với tần số đóng cắt lớn, mở máy, hãm dừng liên tục. Do những đặc điểm đặc thù trên, ngành công nghiệp chế tạo máy sản xuất loại động cơ chuyên dùng cho cầu trục. Các loại động cơ đó là: động cơ không đồng bộ ba pha roto lồng sóc, roto dây quấn, động cơ điện một chiều kích từ song song hoặc nối tiếp.

Những đặc điểm khác biệt của động cơ cầu trục so với các loại động cơ dùng chung là:

- Độ chịu nhiệt của các lớp cách điện cao (F và H)
- Mômen quán tính bé để giảm thiểu tổn hao năng lượng trong chế độ quá độ
- Từ thông lớn để nâng cao khả năng quá tải của động cơ.
- Có khả năng chịu quá tải cao ($M_{\max}/M_{\text{đm}} = 2,15 \div 5$ đối với động cơ không đồng bộ và $2,3 \div 3,5$ đối với động cơ điện một chiều)
- Hệ số tiếp điện tương đối TĐ% là 15%, 25%, 40% và 60%.

Chế độ làm việc của các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục được biểu diễn trên hình 8-2.



H 8-2. Chế độ làm việc của các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục

Ở góc phần tư thứ nhất I, máy điện làm việc ở chế độ động cơ (đường đặc tính 1).

$$M = M_C + M_{dm} \quad (3.1)$$

với M – mômen do động cơ sinh ra.

M_C - mômen cản do tải trọng gây ra;

M_{ms} - momen cản do ma sát gây ra.

Đối với động cơ nâng - hạ làm việc với chế độ nâng hàng, còn đối với động cơ di chuyển làm việc ở chế độ chạy tiến.

Ở góc phần tư thứ hai II, máy điện làm việc ở chế độ máy phát. Đối với cơ cấu di chuyển đường 1 thực hiện hãm tái sinh khi có ngoại lực tác động cùng

chiều với chiều chuyển động của cơ cấu, còn đối với cơ cấu nâng - hạ thực hiện hãm động năng (đường 3) khi hãm dừng.

Ở góc phần tư thứ ba III, máy điện làm việc ở chế độ động cơ. Đối với cơ cấu di chuyển tương ứng với chạy lùi. Còn đối với cơ cấu nâng - hạ khi $M_C < M_m$ (khi không tải chỉ có khối lượng của móc, $G = 0$), trong trường hợp này $M = M_{ms} - M_C$ được gọi là chế độ hạ động lực (đường 4)

Ở góc phần tư thứ tư IV, máy điện làm việc ở chế độ máy phát. Đối với cơ cấu nâng - hạ hàng, khi $M_C > M_{ms}$ trong trường hợp này $M = M_C - M_{ms}$, trong trường hợp này hàng sẽ được hạ do tải trọng của nó, còn động cơ đóng điện ở chế độ nâng để hãm tốc độ hạ hàng. Lúc này động cơ làm việc ở chế độ hãm ngược đường 2.

Khi thực hiện hạ động lực, động cơ làm việc ở chế độ máy phát (hãm tái sinh) với tốc độ hạ lớn hơn tốc độ đồng bộ, đường 4.

8-3. Tính chọn công suất động cơ truyền động các cơ cấu chính cầu trục

1. Cơ cấu di chuyển xe cầu và xe con

Đối với cơ cấu di chuyển, lực cản tĩnh phụ thuộc vào khối lượng hàng (G) và khối lượng của cơ cấu. Trạng thái đường đi của cơ cấu di chuyển trên nó, cấu tạo và chế độ bôi trơn cho cơ cấu (cổ trục, khớp nối, bản lề v.v...). Đối với cầu trục lắp đặt ngoài trời còn chịu tác động phụ của gió. Hình 8-3 biểu diễn sơ đồ lực tác dụng lên cơ cấu di chuyển trên đường ray.

Trong trường hợp này, lực cản chuyển động được tính theo biểu thức sau:

$$F = \frac{(G + G_0 + G_x)g}{R_b} (\beta r_{ct} + f) k_{ms} \quad [\text{N}] \quad (8.2)$$

Trong đó: G - khối lượng hàng hoá, kg;

G_0 - khối lượng của cơ cấu bốc hàng, kg;

G_x - khối lượng của xe, kg; u

g - gia tốc trọng trường, m/s^2

R_b - bán kính bánh xe, m;

β - hệ số ma sát trượt ($8 \cdot 10^{-4} \div 15 \cdot 10^{-4}$)

r_{ct} - bán kính cổ trục bánh xe, m;

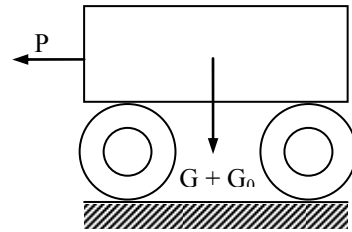
f - hệ số ma sát lăn ($5 \cdot 10^{-4}$);

k_{ms} - hệ số có tính đến ma sát giữa mép bánh xe và đường ray

$k_{ms} = 1,2 \div 1,5$

Momen của động cơ sinh ra để thắng lực cản chuyển động đó bằng:

$$M = \frac{F \cdot R_b}{i \cdot \eta} \quad [\text{N.m}] \quad (8.3)$$



H 8-3 Sơ đồ lực của cơ cấu di chuyển

Trong đó: F – tính theo biểu thức (3.2)
 i - tỷ số truyền từ động cơ đến bánh xe;
 η - hiệu suất của cơ cấu.

Công suất của động cơ khi di chuyển có tải trong chế độ xác lập bằng:

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (8.4)$$

Trong đó: v - tốc độ di chuyển, m/s.

Công suất của động cơ khi di chuyển không tải bằng:

$$P_0 = \frac{F_0 \cdot v}{\eta} \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (8.5)$$

Trong đó: F_0 được tính theo công thức (8-2) khi cho $G = 0$.

2. Cơ cấu nâng - hạ hàng

Động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ hàng đóng vai trò quan trọng trong các máy nâng - vận chuyển nói chung và trong cầu trục nói riêng. Trên hình 8-4 mô tả sơ đồ động học của cơ cấu nâng - hạ hàng với cơ cấu bốc hàng dùng ròng rọc.

Lực đặt lên cáp nâng được tính theo biểu thức sau:

$$F = \frac{(G + G_0)g}{m - \eta_t} \quad [\text{N}] \quad (8-6)$$

Trong đó: m - bội số của ròng rọc (trong trường hợp này $m = 2$).

Khi nâng không tải ($G = 0$), lực đặt lên cáp nâng bằng:

$$F = \frac{G_0 \cdot g}{m \cdot \eta_t} \quad [\text{N}] \quad (8-7)$$

Momen đặt lên tang nâng tương ứng cho hai trường hợp bằng:

$$M_t = \frac{F \cdot R_t}{\eta_t}; \quad M_{t0} = \frac{F_0 \cdot R_t}{\eta_t} \quad (8-8)$$

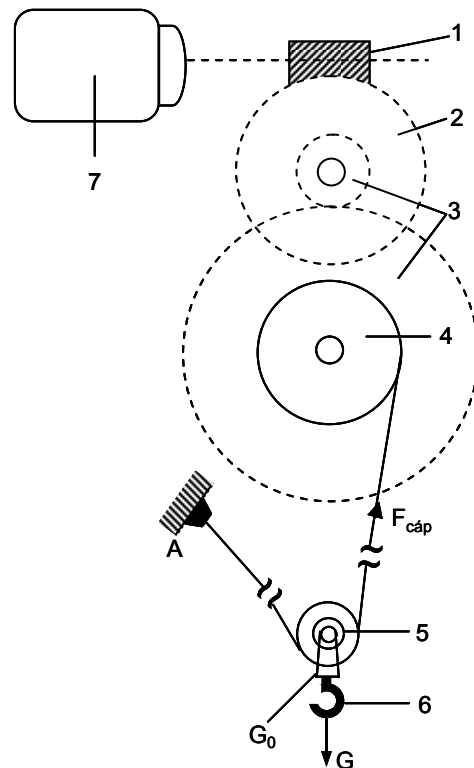
Trong đó: η_t - hiệu suất của tang nâng

Momen đặt lên trục động cơ bằng:

$$M = \frac{M_t}{i \cdot \eta} \quad (8-9)$$

Trong đó: i, η - tỷ số truyền và hiệu suất của cơ cấu truyền lực

$$\eta = \eta_{bv} \cdot \eta_{br} \quad (8-10)$$



H.8-4. Sơ đồ động học của cơ cấu nâng - hạ bốc hàng bằng ròng rọc

1. Trục vít; 2. Bánh vít; 3. Truyền động bánh răng; 4. Tang máy; 5. Cơ cấu móc hàng; 6. Móc; 7. Động cơ truyền động

Trong đó: η_{bv} - hiệu suất bánh vít - trục vít;

η_{br} - hiệu suất của cặp bánh răng;

Công suất của động cơ truyền động phụ thuộc vào tốc độ nâng:

$$P = \frac{F.v.m}{\eta_c} \cdot 10^{-3} \quad (8-11)$$

Trong đó: v - tốc độ nâng hàng, m/s;

η_c - hiệu suất của toàn bộ cơ cấu truyền lực.

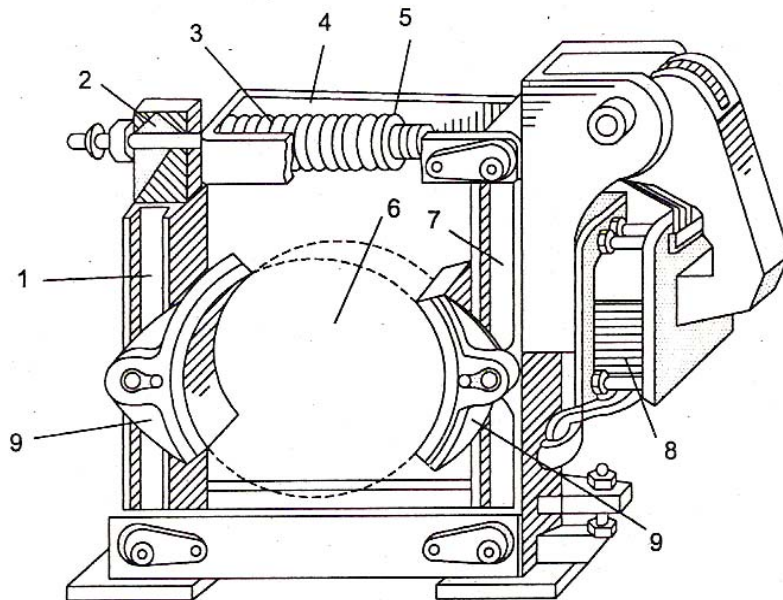
$$\eta = \eta_{bv} \cdot \eta_{br} \cdot \eta_t \quad (8-12)$$

8-4 Các thiết bị điện chuyên dùng trong cầu trục

1. Phanh hãm điện từ

Là bộ phận không thể thiếu trong các cơ cấu chính của cầu trục, dùng để dừng nhanh các cơ cấu, giữ hàng được nâng trên độ cao một cách chắc chắn.

Phanh hãm điện từ dùng trong cầu trục theo cấu tạo thường có ba loại: phanh guốc, phanh đai, phanh đĩa. Nguyên lý hoạt động của các loại phanh nói trên về cơ bản là giống nhau. Khi động cơ truyền cơ cấu đóng vào lưới điện, thì đồng thời cuộn dây nam châm phanh hãm cũng có điện. Lực hút của nam châm thắng lực cản lò xo, má phanh sẽ giải phóng khỏi trục động cơ để động cơ làm việc. Khi mất điện, cuộn dây của nam châm của phanh hãm cũng mất điện, lực căng của lò xo sẽ ép chặt má phanh vào trục động cơ để hãm.

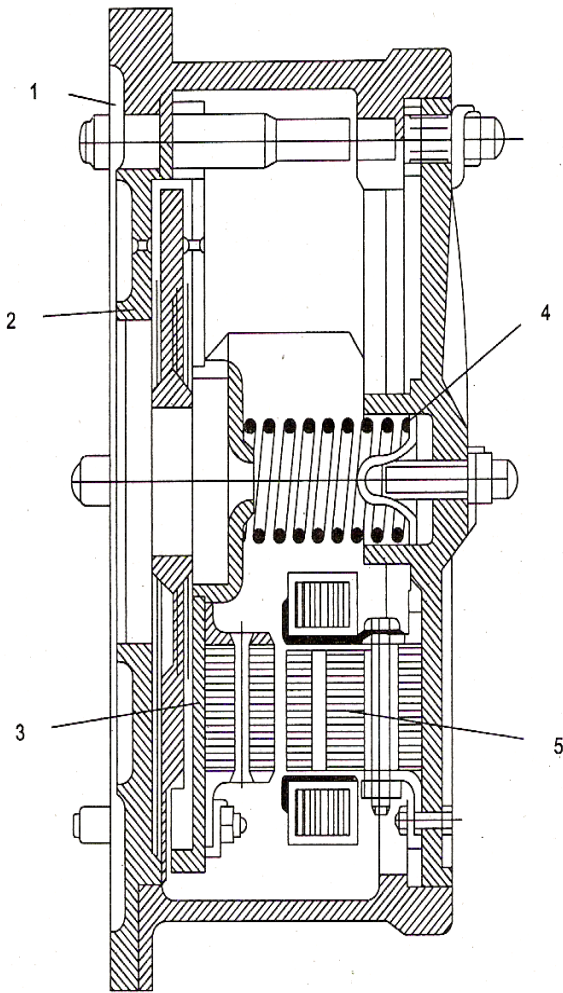


H. 8-5 Cấu tạo của một phanh guốc một pha

1,7. Cánh tay đòn của cơ cấu phanh; 2. Lõi của lò xo; 3. Lò xo;

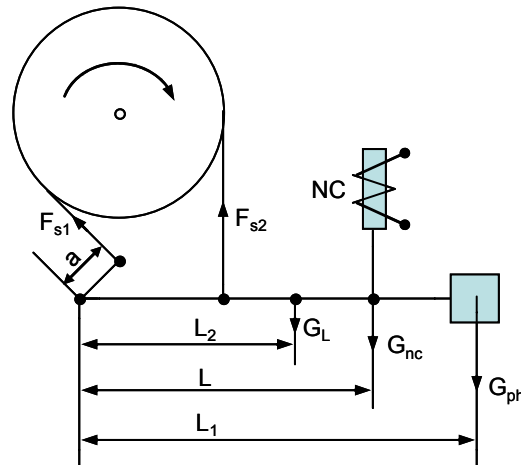
4. Giá định hướng; 5. Vòng đệm chặn; 6. Bánh đai phanh; 8.

Cuộn dây của nam châm điện; 9. Guốc phanh và má phanh



H. 8-6 Cấu tạo của phanh đĩa

Cấu tạo của phanh đĩa (h.8-6) gồm các phần chính sau: đĩa phanh quay 2 được nối với trục của cơ cấu, lò xo ép 4, nam châm điện 5. Phần ứng của nam châm được bắt chặt với đĩa 3. Số lượng nam châm điện và gujông cùng hướng 1 có ba cái, phân bố đều theo đường tròn của cơ cấu phanh với góc lệch nhau 120° . Đĩa phanh 3 có thể di chuyển tự do dọc theo gujông 1. Khi cấp điện cho cuộn nam châm, lực điện từ sẽ kéo phần ứng cùng đĩa phanh 3, giải phóng trục của cơ cấu.



H.8-7 Sơ đồ động học của phanh đai

Hình 8-7 giới thiệu sơ đồ động học của phanh đai. Nguyên lý làm việc như sau: Khi cuộn dây nam châm NC có điện, lực hút của nam châm sẽ nâng cánh tay đòn L theo chiều đi lên làm cho đai phanh không ép chặt vào trục động cơ. Khi mất điện, do khối lượng phần ứng của nam châm G_{nc} và đối trọng phụ G_{ph} , sẽ hạ cánh tay đòn L theo chiều đi xuống và đai phanh sẽ ghi chặt trục động cơ.

2. Bộ khống chế

Bộ khống chế dùng để điều khiển các động cơ truyền động gồm các cơ cấu: khởi động, dừng máy, điều chỉnh tốc độ, hãm và đảo chiều quay.

Về nguyên lý có hai loại bộ khống chế:

- Bộ khống chế động lực khi có các tiếp điểm của nó đóng - cắt trực tiếp các phần tử trong mạch động lực của hệ truyền động. Nó thường dùng để khống chế các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục có công suất nhỏ với chế độ làm việc nhẹ hoặc trung bình.

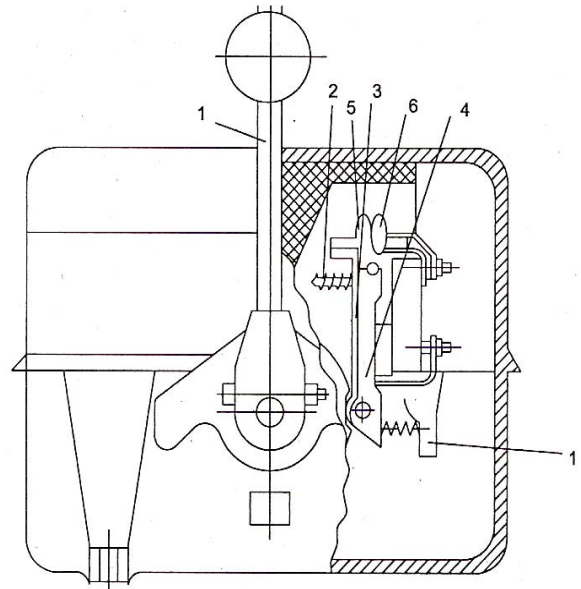
- Bộ khống chế từ gồm bộ khống chế chỉ huy và hệ thống role và công tắc tơ. Các tiếp điểm của bộ khống chế chỉ huy đóng - cắt các phần tử trong mạch động lực của hệ truyền động một cách gián tiếp thông qua hệ thống tiếp điểm của các phần tử trung gian (như role và công tắc tơ). Bộ khống chế từ thường dùng để điều khiển các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục có công suất trung bình và lớn làm việc trong chế độ nặng nề và rất nặng nề với tần số đóng - cắt điện lớn (hơn 600 lần/giờ).

Về cấu tạo bộ khống chế có 2 loại:

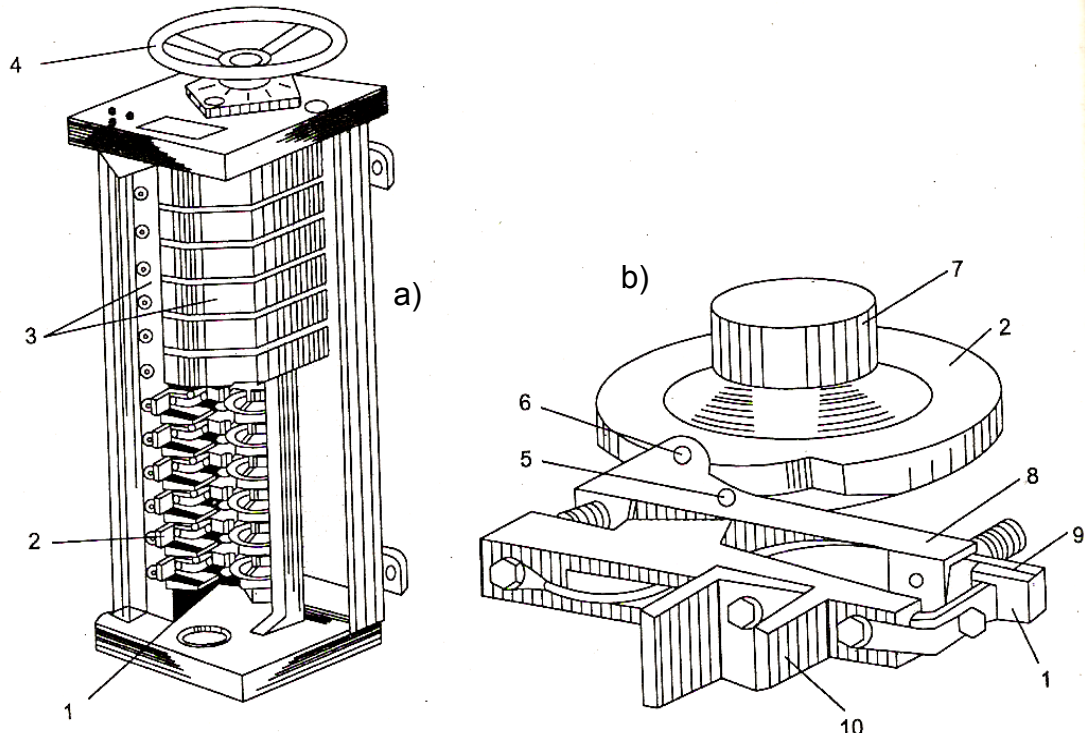
a) Bộ khống chế kiểu tay gạt

Nguyên lý hoạt động (hình 8-8): khi đẩy tay gạt 1 sang trái hoặc sang phải, sẽ quay trục gắn chặt với tay gạt, trên trục đó có gá lắp hàng chục đĩa cam 2. Trên đầu mút của tay đòn 4 có gắn tiếp điểm động 5. Khi con lăn 3 nằm ở phần lõm của đĩa cam thì tiếp điểm động 5 và tiếp điểm tĩnh 6 kín, còn khi con lăn nằm ở phần lồi của đĩa cam, lò xo 7 sẽ ép vào cánh tay đòn 4 làm cho hai tiếp điểm đó hở ra.

b) Bộ khống chế kiểu vô lăng



H 8-8. Cấu tạo bộ khống chế kiểu tay gạt



H 8-9. Cấu tạo bộ khống chế kiểu vô lăng

a) Hình dạng tổng thể ; b) Cấu tạo của một đơn nguyên

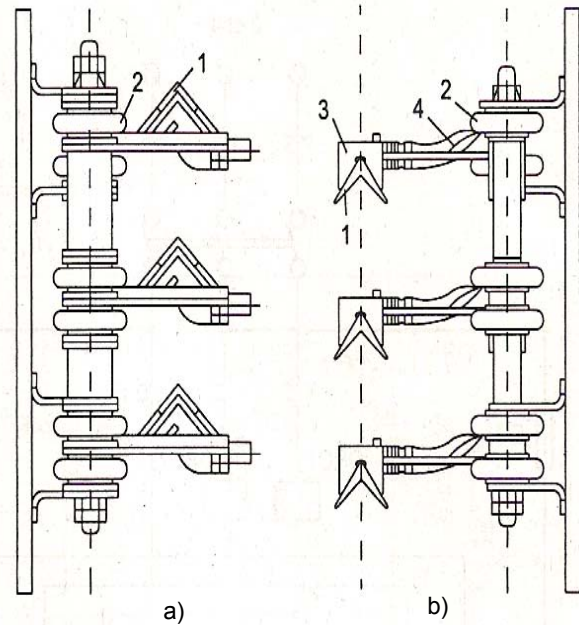
Cấu tạo của nó gồm nhiều đơn nguyên (h. 8-9b) lắp trên trục gắn với vô lăng quay có vỏ bảo vệ bằng xi măng amiăng 3. Cấu tạo của một đơn nguyên gồm tiếp điểm tĩnh 1 gắn trên giá đỡ 10 là chất cách điện. Tiếp điểm động 9 gắn trên tay đòn 8, có thể quay xung quanh trục 5. Đầu cuối của tay đòn 8 có con lăn 6 và bánh cam 2 lắp trên trục 7. Khi quay vô lăng 4, bánh cam 2 sẽ ép vào con lăn 6 (phần lồi của bánh cam 2) làm cho tay đòn 8 quay đi và tiếp điểm 9 và 1 sẽ hở và ngược lại ở phần lõm của cam 2, tiếp điểm 9 và 1 kín.

3. Bộ tiếp điện

Để cấp điện cho các động cơ truyền động các cơ cấu cầu trục, các thiết bị điều khiển lắp đặt trên cầu trục di chuyển, người ta dùng một hệ thống tiếp điện đặc biệt gọi là đường trôn-lây (trolley). Có hai hệ thống tiếp điện:

- Hệ thống tiếp điện cứng thường dùng cho các loại cầu trục tải trọng lớn, cung đường di chuyển dài.

- Hệ thống tiếp điện bằng dây cáp mềm dùng cho cầu trục tải trọng nhỏ, cung đường di chuyển không dài và thường gặp trong trường hợp cung cấp điện cho palăng điện.



H 8-10. Kết cấu hệ thống tiếp điện cứng
a) đường tiếp điện; b) bộ lấy điện

Ba đường thép góc 1 [loại (50x50x5) đến (70x70x10)mm] được gá trên giá đỡ đường tiếp điện và cách điện bằng sứ đỡ 2.

Bộ lấy điện gồm thép góc 1 gá lên đầu nối cáp bằng gang 3. Bằng 3 đường cáp mềm 4 sẽ cấp điện đến động cơ và thiết bị điều khiển.

4. Bảng bảo vệ

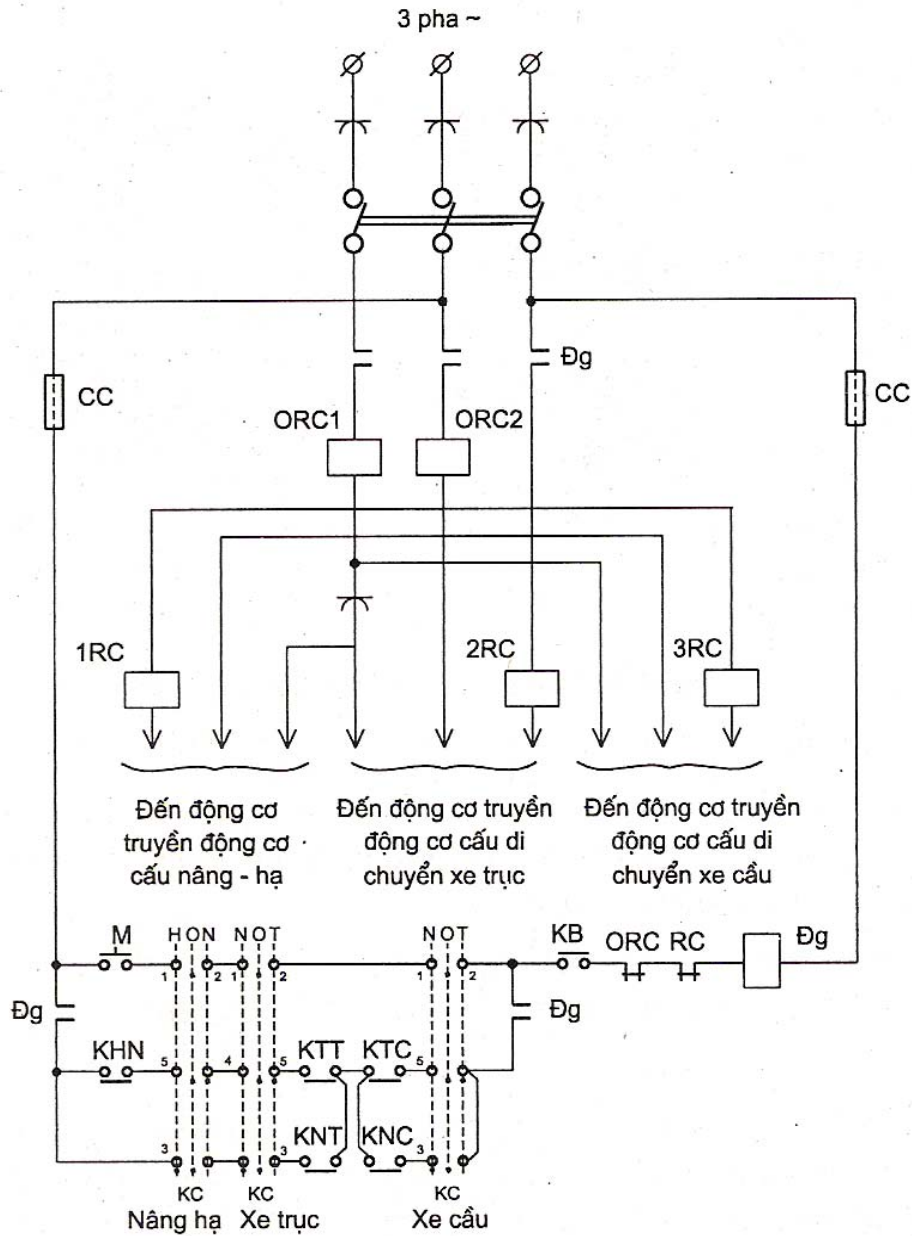
Khi điều khiển các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục dùng bộ khống chế, để bảo vệ các động cơ đó người ta dùng bảng bảo vệ lắp trong cabin của người điều khiển. Trên bảng bảo vệ lắp các thiết bị để bảo vệ cho động cơ với các chức năng bảo vệ sau:

- Bảo vệ ngắn mạch và quá tải ($I > 2,25 I_{dm}$).
- Bảo vệ điện áp thấp khi điện áp lưới thấp hơn $0,85U_{dm}$.

- Bảo vệ điện áp “không” nghĩa là không cho phép động cơ tự mở máy khi có điện áp trở lại sau thời gian mất điện (chỉ được phép mở máy khi các bộ khống chế ở vị trí “0”).
- Cắt điện cấp cho cầu trục khi có người làm việc trên dầm cầu, bằng công tắc hành trình liên động với cửa cabin điều khiển.

Có hai loại bảng bảo vệ:

a) Bảng bảo vệ xoay chiều



H. 8.11 Bảng bảo vệ xoay chiều

Các khí cụ điện trên bảng bảo vệ bao gồm: Cầu dao CD, công tắc tơ đường dây Đg, role dòng điện cực đại ORC1, ORC2, 1RC, 2RC và 3RC; nút bấm khởi động M, cầu chì CC, công tắc hành trình KHN, KTT, KTC, KNC và KB. Nguyên lý làm việc của bảng bảo vệ như sau:

Cuộn dây công tắc tơ đường dây chỉ có điện khi ấn nút khởi động M, vị trí của ba bộ không chế nằm ở vị trí “0”, cửa buồng cabin đóng kín (KB kín), tiếp điểm ORC và RC kín (một trong ba động cơ truyền động không bị quá tải). Hai tiếp điểm của công tắc tơ đường dây Đg đóng nguồn cho mạch điều khiển của bộ không chế.

Bảo vệ điện áp thấp chính bằng cuộn dây công tắc tơ đường dây Đg, khi điện áp lưới thấp hơn $0,85U_{dm}$, công tắc tơ Đg không tác động.

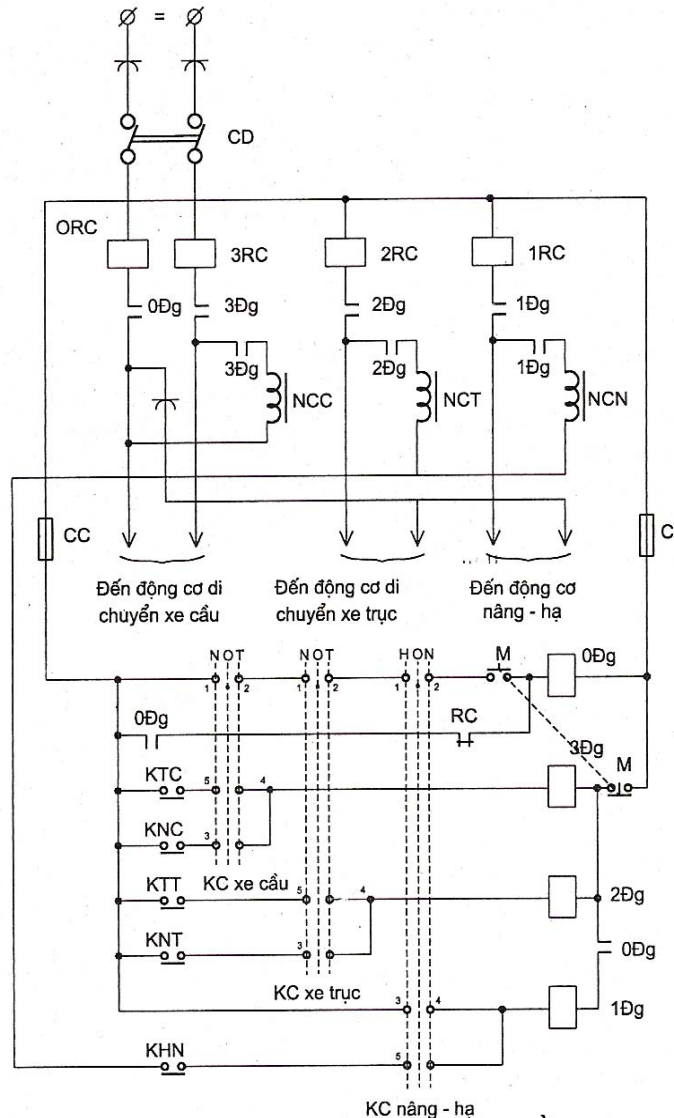
Hạn chế hành trình nâng của cơ cấu nâng - hạ bằng công tắc hành trình KHN, hạn chế hành trình tiến và lùi của cơ cấu di chuyển xe con bằng công tắc hành trình KTC và KTT, còn đối với cơ cấu di chuyển xe cầu bằng công tắc hành trình KNC và KNT.

b) Bảng bảo vệ một chiều

Cấp nguồn cho động cơ và bộ không chế bằng công tắc tơ đường dây 0Đg, 1Đg, 2Đg và 3Đg.

Công tắc tơ đường dây 0Đg ở trạng thái có điện trong mỗi thời gian cầu trục làm việc. Còn công tắc tơ 1Đg, 2Đg, 3Đg chỉ có điện khi ba bộ không chế KC đóng sang phải hoặc sang trái, nút ấn thường kín M mắc trong mạch các cuộn dây 1Đg, 2Đg, 3Đg để tránh không cho phép các công tắc tơ đó tác động khi ấn nút M.

Các cuộn dây nam châm của các cơ cấu phanh hãm điện từ NCN, NCT và NCC được nối song song với phần ứng của động cơ truyền động tương ứng qua các tiếp điểm 1Đg, 2Đg, 3Đg.



H 8-12 Bảng bảo vệ một chiều

5. Hộp điện trở

Hộp điện trở dùng trong cầu trục để hạn chế dòng điện mở máy, hạn chế dòng khi hãm dừng và điều chỉnh tốc độ với các động cơ điện một chiều và động cơ không đồng bộ roto dây quấn.

Khi tính chọn điện trở cần chú ý đến hai yếu tố sau:

- Trị số điện trở được chọn phải đảm bảo cho hệ truyền động tạo ra họ đặc tính cơ để hạn chế được dòng khi khởi động trong giới hạn cho phép, đảm bảo dải điều chỉnh tốc độ yêu cầu.

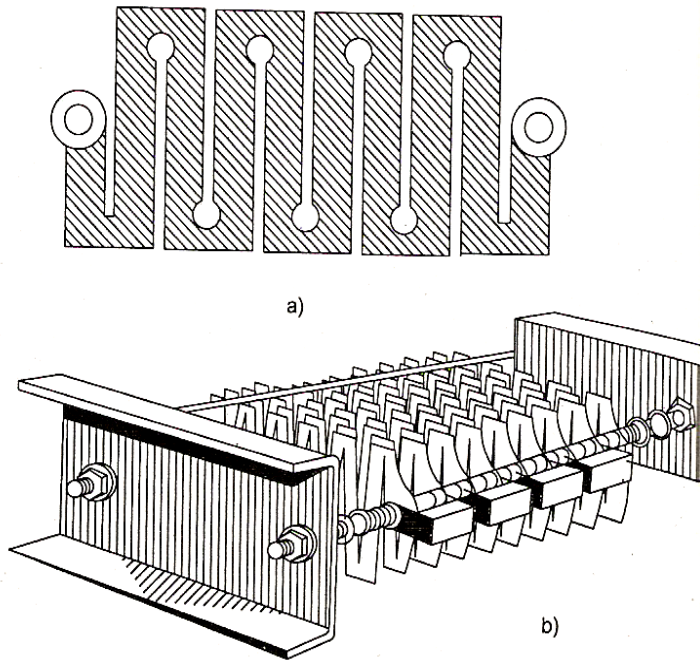
- Độ phát nhiệt của hộp điện trở trong giới hạn cho phép.

* Điện trở thường dùng trong cầu trục có 2 loại:

- Điện trở làm từ gang đúc (h.8-13a) dùng cho động cơ có dòng điện từ 10 đến hàng trăm ampe. Các phần tử điện trở từ gang đúc sẽ lắp thành hộp điện trở cho phép làm việc ở chế độ dài hạn có trị số dòng làm việc từ $(215 \div 240)A$ với trị số của hộp điện trở tương ứng là $(0,1 \div 0,7)\Omega$

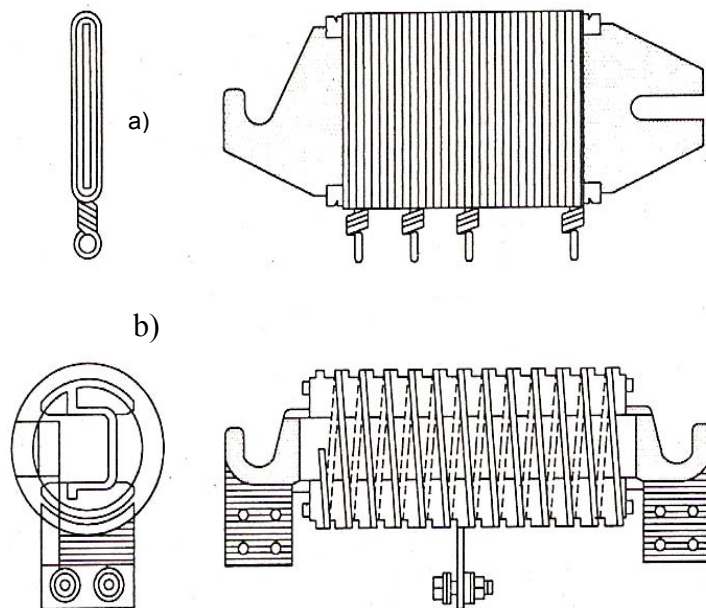
Đối với động cơ công suất nhỏ dùng dây điện trở tiết diện tròn hoặc chữ nhật.

Điện trở dây được chế tạo từ kim loại hoặc hợp kim có điện trở suất cao như: hợp kim constantan, hợp kim reostan và hợp kim fegral. Dây điện trở được quấn trên tấm kim loại có sứ cách điện



H.8-13 Điện trở gang

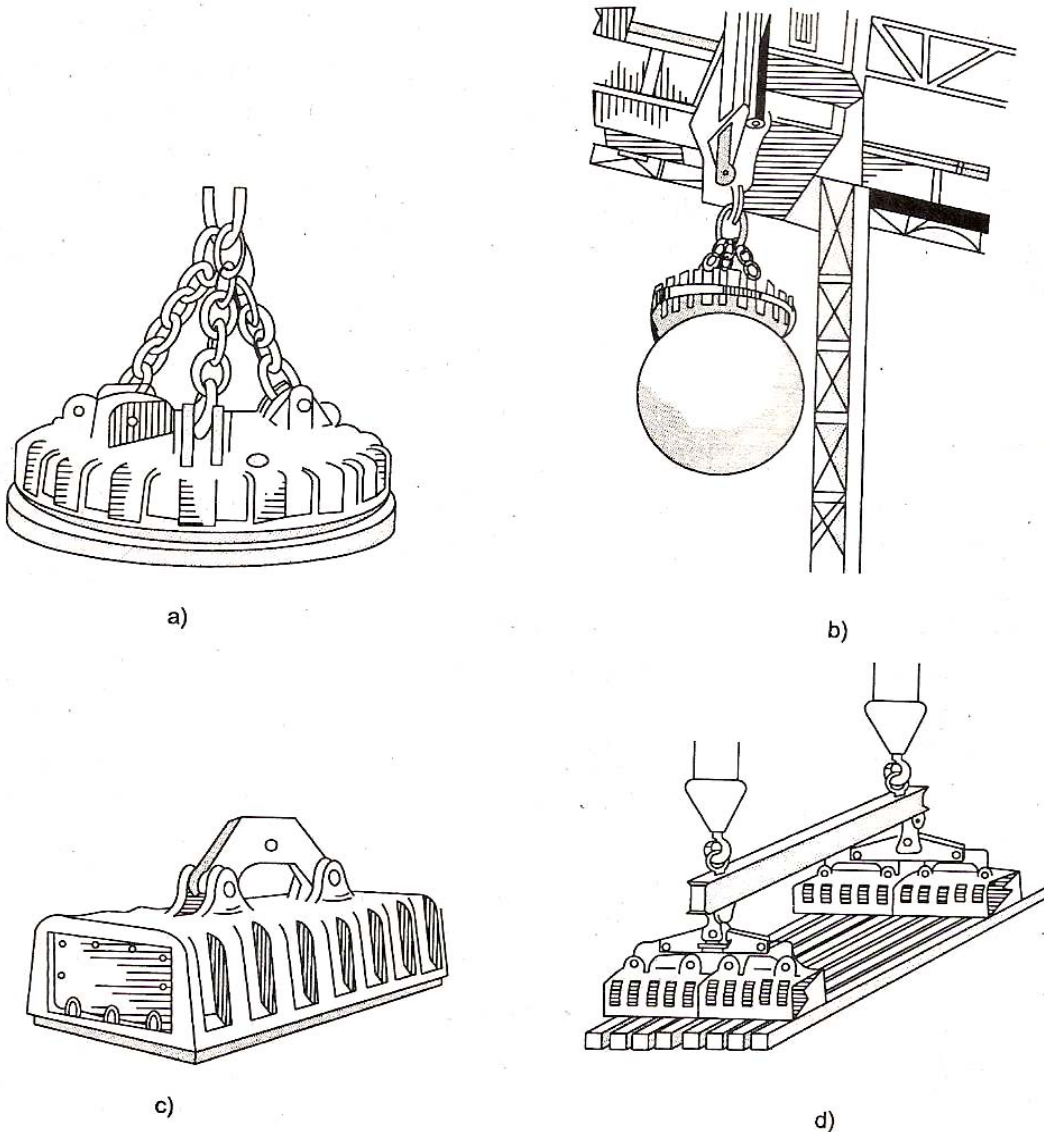
a) Phần tử điện trở gang đúc b) hộp điện trở



H.8-14 Điện trở dây

a) Tiết diện tròn; b) tiết diện chữ nhật

5. Bàn từ bốc hàng



Hình 8-15. Các loại bàn từ bốc hàng
 a) Bàn từ hình tròn; b) Bàn từ hình tròn mặt cầu lõm;
 c) Bàn từ chữ nhật; d) Bàn từ dạng xà (xà nam châm)

Cầu trục từ thường được dùng trong các xí nghiệp luyện kim dùng để vận chuyển các nguyên vật liệu nhiễm từ như sắt thép v.v... Nó khác với các loại cầu trục khác là có cơ cấu lấy tải (bóc tải) thay cho móc, gầu ngoạm là một bàn từ (nam châm điện). Hình dạng và kích thước của bàn từ gồm có bốn loại điển hình như hình 8-14.

Bàn từ dạng tròn dùng để vận chuyển các chi tiết bằng gang, sắt, thép có kích thước nhỏ, hình dạng khác nhau (sắt thép vụn, phôi, đỉnh v.v...)

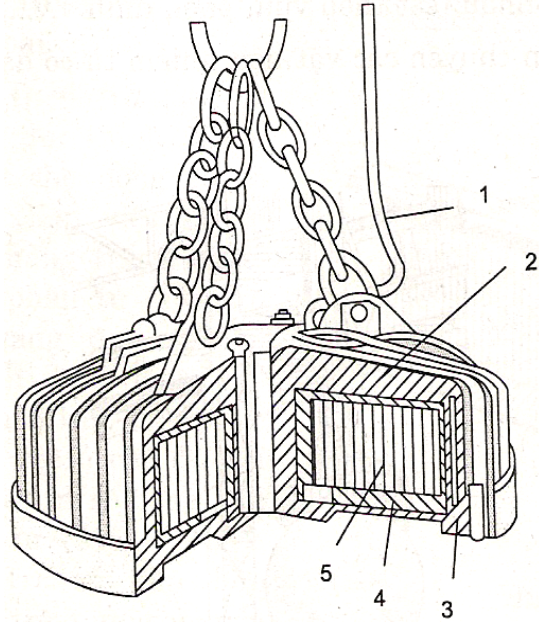
Bàn từ mặt cầu lõm dùng để vận chuyển các vật liệu nhiễm từ có dạng hình cầu lớn

Bàn từ hình chữ nhật dùng để vận chuyển các vật liệu nhiễm từ có kích thước dài như thép tấm, đường ray, ống thép dài.

Bàn từ dạng xà dùng để vận chuyển các vật liệu nhiễm từ có khối lượng và kích thước lớn.

Cấu tạo của các bàn từ về nguyên lý như nhau. Trên hình 8-16 biểu diễn cấu tạo của bàn từ hình tròn.

Cuộn dây nam châm điện 5 được lắp đặt trong vỏ thép 2 và khe hở của cuộn dây và vỏ thép được đổ đầy hợp chất cách điện. Phía dưới cuộn dây có tấm đệm bảo vệ 4, đầu nối cực 3 được định vị vào vỏ của bàn từ bằng bulông. Cấp điện cho cuộn dây của nam châm điện bằng đường cáp mềm 1. Cuộn dây của nam châm điện của bàn từ làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại với hệ số tiếp điện $TĐ\% = 50\%$.



H. 8-16 Cấu tạo của bàn từ hình tròn

Lực nâng của bàn từ phụ thuộc vào tính chất của vật liệu của hàng cần vận chuyển, vào nhiệt độ của cuộn dây của nam châm điện và nhiệt độ của sắt thép cần vận chuyển. Thực tế vận hành cho thấy khi nhiệt độ của sắt thép hoặc gang bằng hoặc lớn hơn 720°C , lực nâng giảm xuống bằng không vì khi đó các vật liệu nhiễm từ mất từ tính.

Bàn từ có điện cảm và từ dư rất lớn cho nên khi thiết kế mạch điều khiển cầu trục từ cần chú ý đến bảo vệ quá áp cho cuộn dây nam châm điện khi cắt điện và khử từ dư khi dỡ hàng.

8-5 Một số sơ đồ khống chế cầu trục điện hình

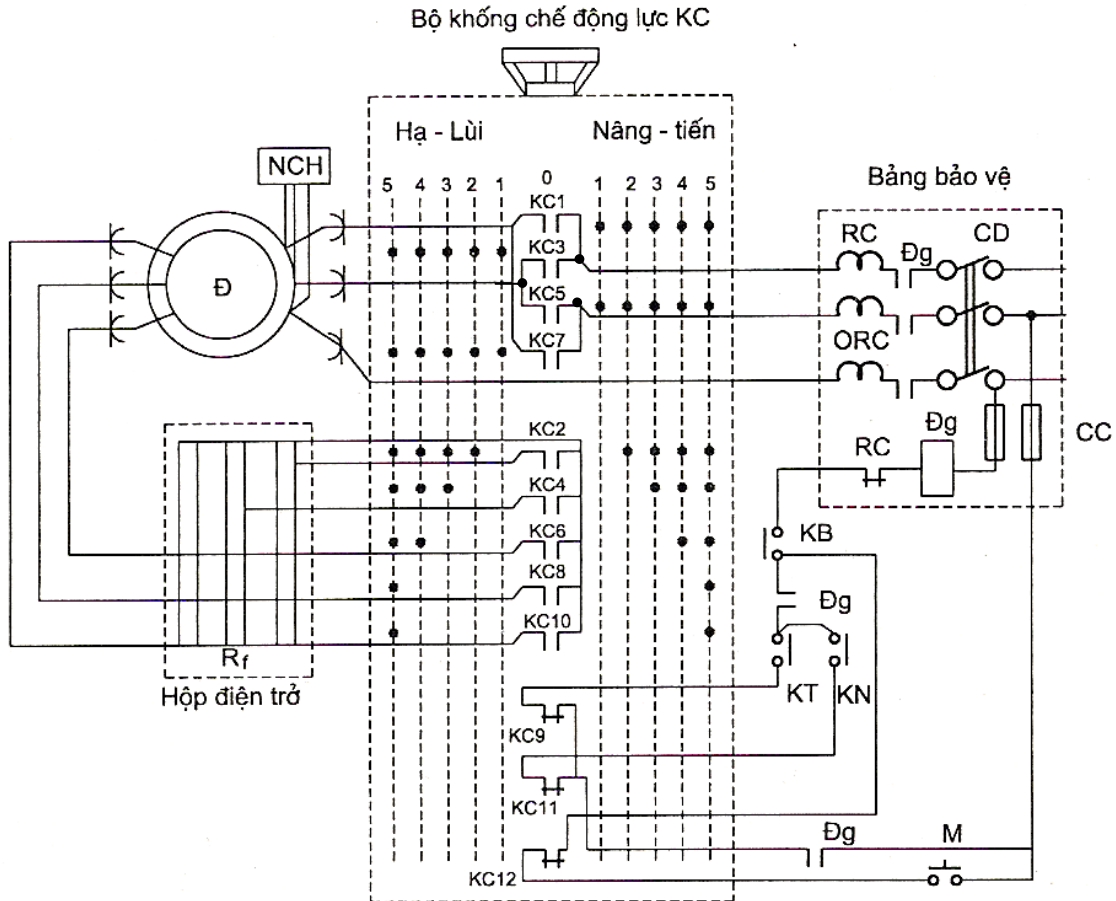
1. Điều khiển các cơ cấu của cầu trục bằng bộ khống chế động lực

Các bộ khống chế động lực dùng để điều khiển các động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục có công suất nhỏ và trung bình với chế độ làm việc nhẹ nhàng. Bộ khống chế động lực có cấu tạo đơn giản, dễ dàng trong công nghệ chế tạo, giá thành không cao, điều khiển các cơ cấu của cầu trục một cách linh hoạt, dứt khoát.

Trên hình 8-17a biểu diễn sơ đồ điều khiển động cơ không đồng bộ rôto dây quấn bằng bộ khống chế động lực H-51, hình 8-17b là họ đặc tính cơ của động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ (hoặc cơ cấu di chuyển).

Bộ khống chế động lực H-51 là loại đối xứng có 5 vị trí bên phải ($1 \div 5$) tương ứng với chế độ làm việc nâng hàng (cơ cấu nâng - hạ) và chạy tiến (cơ

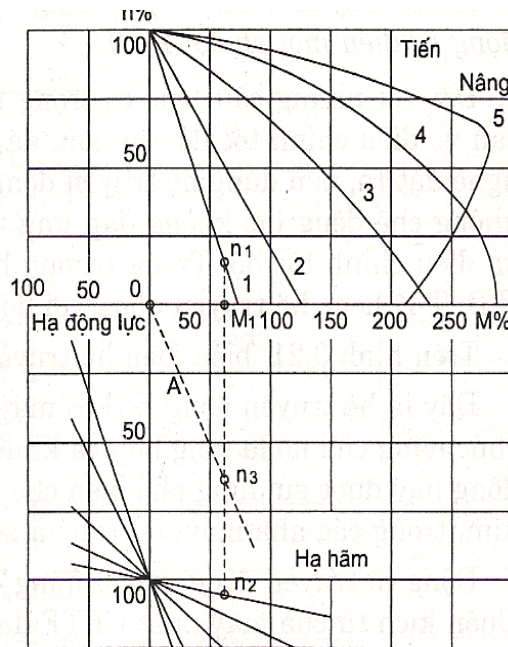
cầu di chuyển), còn 5 vị trí bên trái (1 ÷ 5) tương ứng với chế độ hạ hàng (cơ cấu nâng - hạ) và chạy lùi (cơ cấu di chuyển)



H. 8- 17. Sơ đồ điều khiển động cơ KĐB rôto dây quấn bằng bộ khống chế H-51

Bộ khống chế động lực H-51 có 12 tiếp điểm: 4 tiếp điểm đầu (KC1, KC3, KC5, KC7) dùng để đảo chiều quay động cơ bằng cách thay đổi thứ tự hai trong 3 pha điện áp nguồn cấp cho dây quấn stato động cơ, 5 tiếp điểm: KC2, KC4, KC6, KC8, KC10 dùng để điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi trị số điện trở phụ R_f trong mạch roto của động cơ. Còn ba tiếp điểm KC9, KC11, KC12 dùng cho mạch bảo vệ.

Khi mở máy và điều chỉnh tốc độ, người vận hành quay từ từ vô lăng của bộ khống chế động lực từ vị trí 1 sang



H. 8- 18. Họ đặc tính của động

vị trí 5 để tránh hiện tượng dòng điện và mômen quay của động cơ tăng một cách nhảy vọt quá giới hạn cho phép. Họ đặc tính cơ của động cơ tương ứng với các vị trí của bộ không chế biểu diễn ở hình 8-18.

Đường đặc tính 1 ứng với trị số momen của động cơ rất bé (M_1 khi tốc độ động cơ bằng 0) dùng để khắc phục khe hở giữa các bánh răng trong cơ cấu truyền lực (hộp tốc độ) kéo căng sơ bộ cáp khi khởi động (tránh cho cáp không bị đứt).

Khi khởi động hoặc trong trường hợp cần dừng chính xác (với momen M_1) ta có tốc độ thấp là n_1 .

Để hạ hàng ở tốc độ thấp khi không tải với bộ không chế động lực thường không thực hiện được. Tốc độ thấp nhất chỉ có thể thực hiện ở chế độ hạ hãm (máy điện làm việc ở chế độ máy phát).

Nếu bộ không chế động lực dùng loại không đối xứng, nếu đặt bộ không chế ở vị trí 1 (hạ hàng) động cơ làm việc như động cơ một pha và ta nhận được đường đặc tính A (đường nét đứt) khi đó ta nhận được tốc độ hạ thấp hơn n_3 (với phụ tải bằng M_1).

2. Hệ truyền động cơ cấu nâng- hạ của cầu trục dùng hệ máy phát - động cơ điện một chiều (F-D)

Đối với những cầu trục có trọng tải lớn, chế độ làm việc nặng nề, yêu cầu về điều chỉnh tốc độ cao hơn, đáp ứng các yêu cầu ngặt nghèo do công nghệ đặt ra, nếu dùng hệ truyền động với động cơ KĐB điều khiển bằng bộ không chế động lực không đáp ứng thỏa mãn các yêu cầu về truyền động và điều chỉnh tốc độ. Trong trường hợp này, thường dùng hệ truyền động F-D, T-D hoặc hệ truyền động với động cơ KĐB cấp nguồn từ bộ biến tần.

Hình 8- 19 biểu diễn hệ truyền động cơ cấu nâng hạ dùng hệ F-D.

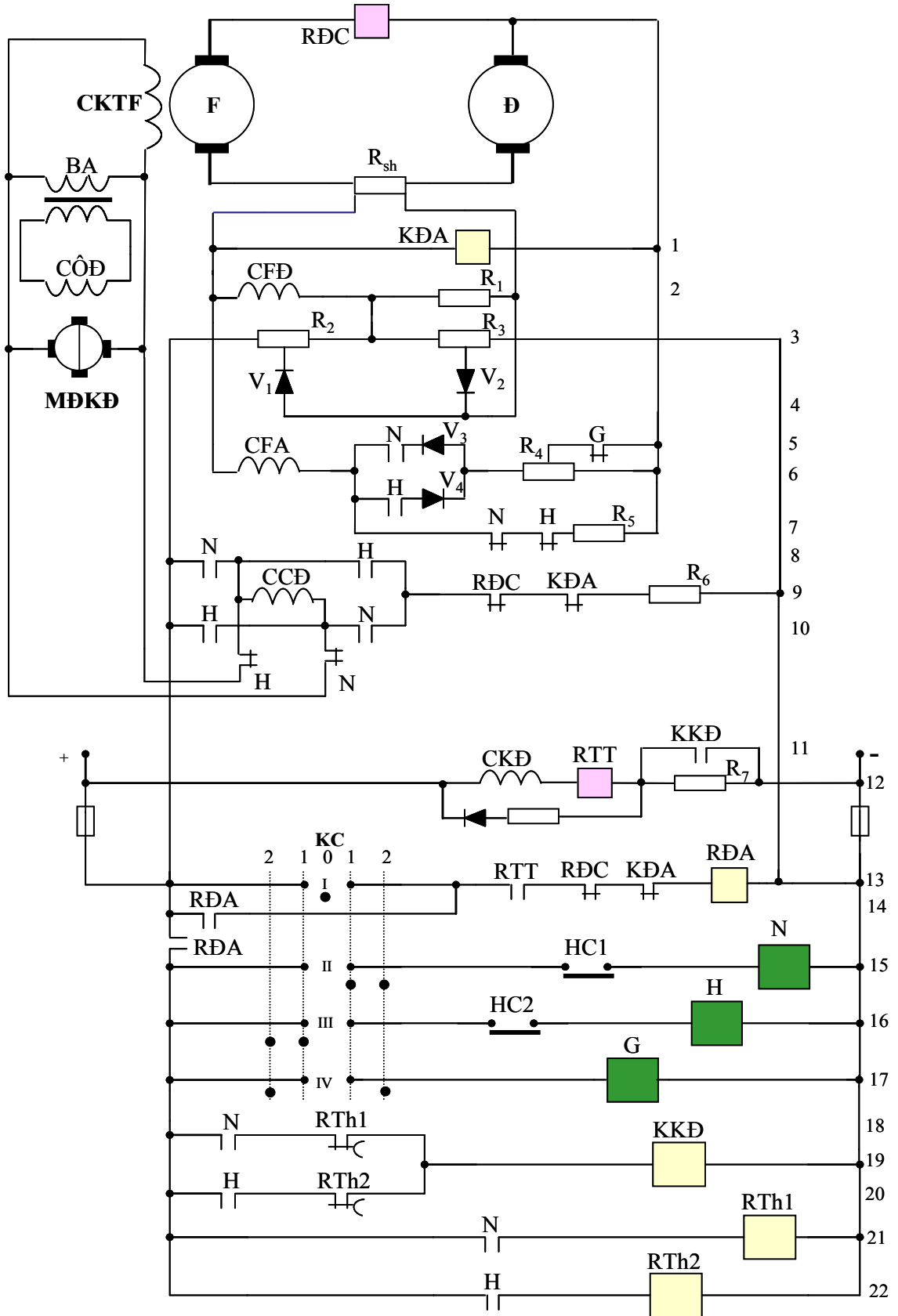
Đây là hệ truyền động F-D có máy điện khuếch đại trung gian (MĐKĐ), chức năng của nó là tổng hợp và khuếch đại tín hiệu điều khiển. Hệ truyền động này được sử dụng phổ biến cho các cầu trục trong các xí nghiệp luyện kim, trong các nhà máy lắp ráp và sửa chữa.

Động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ Đ được cấp từ nguồn máy phát F. Kịch từ cho máy phát F là cuộn CKTF được cấp từ máy điện khuếch đại từ trường ngang MĐKĐ. MMĐKĐ có 4 cuộn kích từ:

- Cuộn chủ đạo CCD(9) được cấp từ nguồn bên ngoài qua cầu tiếp điểm N,H (8) và N,H(10) nhằm đảo chiều dòng chủ đạo nghĩa là quyết định chiều quay (nâng hoặc hạ) cho động cơ, với điện trở hạn chế R6

- Cuộn phản hồi âm điện áp CFA(6) đấu song song với phần ứng của động cơ, gồm 2 chức năng:

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi sức từ động sinh ra trong cuộn CFA bằng biến trở R4(6) trong trường hợp làm việc ở tốc độ thấp, tiếp điểm công tắc tơ gia tốc G(5) kín, sức từ động sinh ra trong cuộn CFA rất lớn làm



H. 8-19 Sơ đồ hệ thống truyền động cơ cấu hạ hạ hệ F- Đ

giảm sức điện động tổng của máy điện khuếch đại, kết quả điện áp ra của máy phát F giảm dần đến tốc độ của động cơ giảm.

- Khi dừng máy, cuộn CFA (6) được nối vào phần ứng của động cơ qua hai tiếp điểm thường kín N, H(7) và điện trở hạn chế R5(7). Do chiều của cuộn CFA ngược chiều với dòng trong cuộn CCD, giúp dừng nhanh động cơ truyền động.

- Cuộn phản hồi âm dòng có ngắt CFD(2) hạn chế dòng khi mở máy hoặc đảo chiều. Khi động cơ chưa bị quá tải $I_{ur} < I_{ng}$, dòng ngắt $I_{ng} = (2,25 \div 2,5) I_{dm}$, điện áp rơi trên điện trở shun nhỏ hơn điện áp so sánh $U_{Rsh} < U_{ss}$

Trong đó: $U_{Rsh} = I_{ur} \cdot R_{sh}$ (tỷ lệ với dòng điện phần ứng);

U_{ss} đặt trên R2 hoặc R3

Khi đó các van 1V hoặc 2V khoá, dòng đi qua cuộn dây CFĐ(2) rất bé (qua R1). Ngược lại, khi dòng điện trong động cơ lớn hơn giá trị I_{ng} làm cho các van 1V hoặc 2V thông (tùy theo cực tính của dòng điện) sinh ra dòng trong CFA khá lớn làm giảm sức từ động của máy điện khuếch đại và hạn chế được momen của động cơ.

Để nâng cao chất lượng của hệ truyền động có cuộn ổn định CÔĐ. Thực chất là cuộn phản hồi mềm điện áp của máy điện khuếch đại. Cuộn dây sơ cấp của biến áp vi phân BA được nối với đầu ra của MĐKĐ, cuộn thứ cấp được nối với cuộn dây CÔĐ. Nguyên lý hoạt động của nó như sau: Khi điện áp phát ra của MĐKĐ ổn định, dòng trong cuộn CÔĐ bằng không; nếu điện áp phát ra của máy điện khuếch đại thay đổi, trong cuộn thứ cấp của biến áp sẽ xuất hiện một sức điện động cảm ứng, làm cho dòng trong cuộn CÔĐ khác 0, chiều của dòng trong cuộn CÔĐ cùng chiều với dòng trong cuộn CCD nếu điện áp phát ra giảm hoặc ngược chiều với cuộn CCD nếu điện áp phát ra tăng, tác dụng của dòng chảy trong cuộn CÔĐ sẽ làm cho điện áp phát ra của MĐKĐ sẽ ổn định.

Điều khiển hệ truyền động bằng bộ không chế chỉ huy kiểu cam KC, có hai vị trí nâng và hạ hàng. Đầu tiên bộ không chế KC được đặt vào giữa, nếu đủ điện áp cấp thì RĐA(13) tác động đóng RĐA(14) để duy trì và RĐA(14,15) đóng cấp điện cho các dòng 15 → 22.

Quay bộ không chế KC sang phải, N(15) có điện, hàng được nâng lên với tốc độ thấp nếu ở vị trí 1, ở tốc độ cao nếu ở vị trí 2 lúc này có thêm G(17) có điện làm tiếp điểm G(5) mở ra để giảm phản hồi âm áp.

Tương tự muốn hạ hàng, quay bộ không chế KC sang trái, H(16) có điện, nếu hạ chậm thì KC ở vị trí 1, hạ nhanh ở vị trí 2.

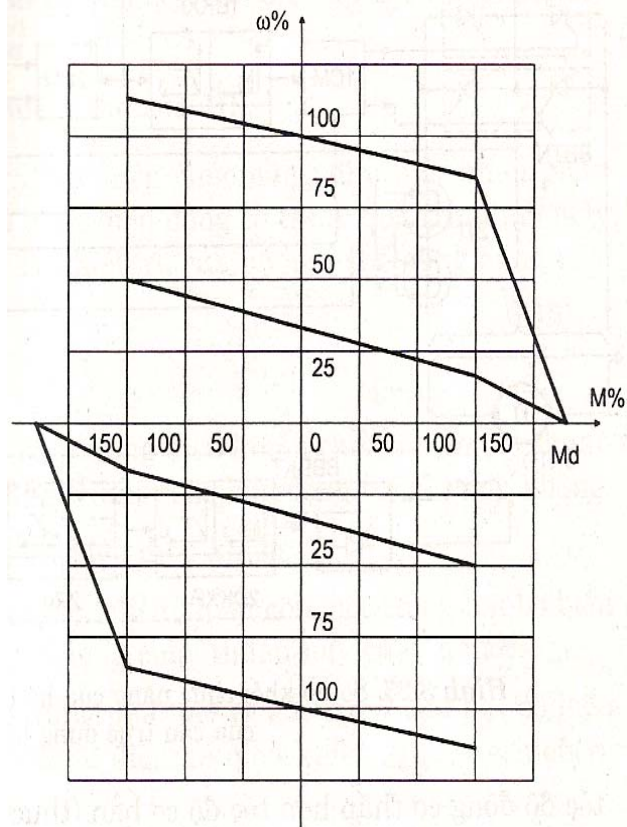
Khi khởi động, cần phải tăng mômen (để dễ đưa hàng ra khỏi vị trí ban đầu), ta tăng dòng kích từ của động cơ bằng cách nối tắt điện trở R7(12) nối tiếp với cuộn CKĐ và duy trì thời gian bằng các rơ le thời gian RTh1 hoặc RTh2 tùy chế độ nâng hoặc hạ.

Trong sơ đồ điều khiển có các khâu bảo vệ sau:

- Bảo vệ quá dòng bằng role dòng điện cực đại RDC
- Bảo vệ quá điện áp bằng role điện áp cao KĐA
- Bảo vệ quá điện áp “không” bằng role điện áp RĐA
- Bảo vệ mất từ thông bằng role dòng điện RTT

Họ đặc tính cơ của hệ truyền động được biểu diễn trên hình 8-20.

Trong đó đường đặc tính 2 ứng với vị trí 2 của bộ không chế KC và đường đặc tính 1 tương ứng với vị trí 1 của bộ không chế KC.



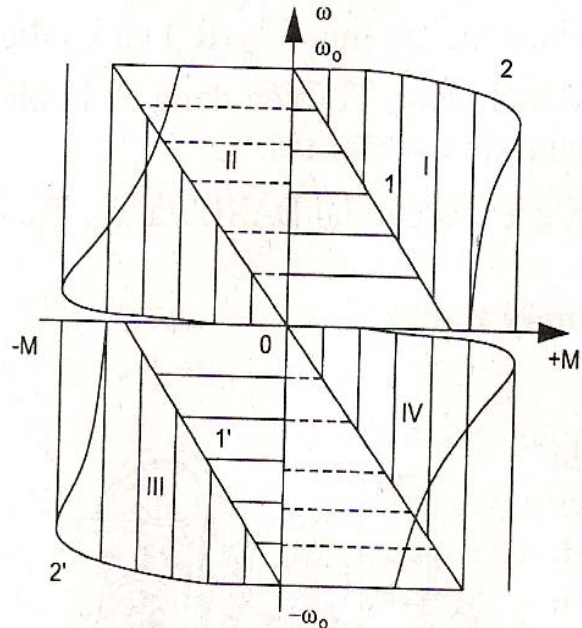
Hình 8-20. Đặc tính cơ của hệ truyền động hệ F-Đ

3. Hệ truyền động các cơ cấu cầu trục dùng bộ điều áp xoay chiều (ĐAXC) và xung điện trở roto

+ Chế độ làm việc của động cơ ở góc phần tư thứ nhất I và góc phần tư thứ III (tương ứng với chế độ nâng hàng và hạ động lực), khi điều chỉnh tốc độ trong vùng giữa đường đặc tính cơ với điện trở phụ $R_{fmax} = R_0$ (đường 1 và đường 1') với trục tung (trong trường hợp này hai tiristo T_c và T_p đều khoá) được thực hiện bằng cách thay đổi trị số điện áp xoay chiều:

- Các cặp tiristo T1-T2, T6-T7 và T11-T12 mở, ứng với chiều quay thuận (nâng hàng)

- Các cặp tiristo T4-T5, T6-T7 và T8-T9 mở, ứng với chiều quay ngược (hạ hàng)



Hình 8-21 Đặc tính cơ của hệ truyền động ĐAXC và xung điện trở roto

$$R_f = \frac{t_k R_0}{t_m + t_k} = \frac{t_k}{T_{CK}} \cdot R_0 \quad (8-18)$$

Trong đó: T_{CK} – chu kỳ làm việc của tiristo T_C . T_{CK} thường được chọn trong giới hạn $T_{CK} = (2 \div 2,5) \cdot 10^{-3}$ s.

Vùng điều chỉnh tốc độ bằng phương pháp xung điện trở là vùng giữa đường đặc tính cơ tự nhiên 1-2, 1'-2' (ứng với vùng gạch theo chiều dọc trên hình 8-21)

- Tiristo T_p , tụ điện C , điôt D và cuộn cảm L là mạch khoá tiristo T_C .
- + Trong mạch điều khiển của hệ truyền động gồm có các khâu:
 - R_ω là bộ điều chỉnh tốc độ tổng hợp tín hiệu điện áp chủ đạo U_{cd} và tín hiệu phản hồi âm tốc độ U_{FT} (điện áp lấy từ máy phát tốc FT tỷ lệ với tốc độ của động cơ).
 - R_I là bộ điều chỉnh dòng điện tổng hợp các tín hiệu U_ω (R_ω) và U_I điện áp tỷ lệ với dòng roto của động cơ lấy từ biến dòng TI (biến dòng TI là biến áp một chiều làm việc theo nguyên lý của khuếch đại từ).
 - 1KĐK và 2KĐK là khối điều khiển góc mở của bộ ĐAXC và T_C , T_P .

Chương 9

TRANG BỊ ĐIỆN THANG MÁY VÀ MÁY NÂNG

9-1 Khái niệm chung

Thang máy và máy nâng là thiết bị vận tải dùng để vận chuyển hàng hoá và người theo phương thẳng đứng. Hình 9-1 là hình dáng tổng thể của thang máy chở khách.

Thang máy được lắp đặt trong các nhà ở cao tầng, trong các khách sạn, siêu thị, công sở, bệnh viện v.v..., còn máy nâng thường lắp đặt trong các giếng khai thác mỏ hầm lò, trong các nhà máy sàng tuyển quặng.

Phụ tải của thang máy thay đổi trong một phạm vi rất rộng, nó phụ thuộc vào lượng hành khách đi lại trong một ngày đêm và hướng vận chuyển hành khách. Ví dụ như thang máy lắp đặt trong nhà hành chính; buổi sáng đầu giờ làm việc, hành khách đi nhiều nhất theo chiều nâng, còn buổi chiều, cuối giờ làm việc sẽ là lượng hành khách nhiều nhất đi theo chiều xuống. Bởi vậy khi thiết kế thang máy, phải tính cho phụ tải “xung” cực đại.

Lưu lượng khách đi thang máy trong thời điểm cao nhất được tính trong thời gian 5 phút, được tính theo biểu thức sau:

$$Q_5 = \frac{A(N - a)i}{N \cdot 100} \quad (9-1)$$

Trong đó

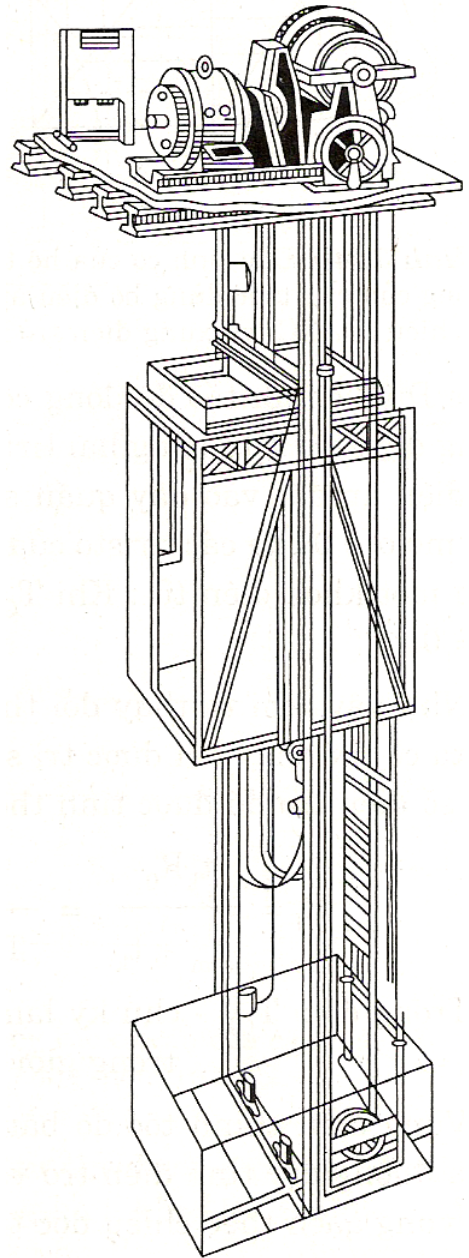
A - tổng số người làm việc trong ngôi nhà

N - số tầng của ngôi nhà

a - số tầng mà người làm việc không sử dụng thang máy (thường lấy a=2)

i/100 - chỉ số cường độ vận chuyển hành, đặc trưng cho số lượng khách khi đi lên hoặc xuống trong thời gian 5’.

Đại lượng Q_5 phụ thuộc vào tính chất của ngôi nhà mà thang máy phục vụ; đối với nhà chung cư $Q_5\% = (4 \div 6)\%$; khách sạn $Q_5\% = (7 \div 10)\%$; công sở $Q_5\% = (12 \div 20)\%$; của giảng đường các trường đại học $Q_5\% = (20 \div 35)\%$.



H 9-1 Dáng tổng thể của thang máy

Năng suất của thang máy chính là số lượng hành khách mà thang máy vận chuyển theo một hướng trên một đơn vị thời gian và được tính theo biểu thức:

$$P = \frac{3600E}{\frac{\gamma H}{V} + \sum t_n} \quad (9-2)$$

Trong đó: P- năng suất của thang máy tính cho 1 giờ;

E- trọng tải định mức của thang máy (số lượng người đi được một lần vận chuyển của thang máy)

γ - hệ số lắp đầy phụ tải của thang máy;

H- chiều cao nâng (hạ), m;

v- vận tốc di chuyển của buồng thang, m/s;

Σt_n - tổng thời gian khi thang máy dừng ở mỗi tầng (thời gian đóng, mở cửa buồng thang, cửa tầng, thời gian ra, vào của hành khách) và thời gian tăng, giảm tốc của buồng thang;

$$\Sigma t_n = (t_1 + t_2 + t_3)(m_d + 1) + t_4 + t_5 + t_6 \quad (9-3)$$

Trong đó: t_1 - thời gian tăng tốc;

t_2 - thời gian giảm tốc;

t_3 - thời gian mở, đóng cửa;

t_4 - thời gian đi vào của một hành khách;

t_5 - thời gian đi ra của một hành khách;

t_6 - thời gian khi buồng thang chờ khách đến chậ;

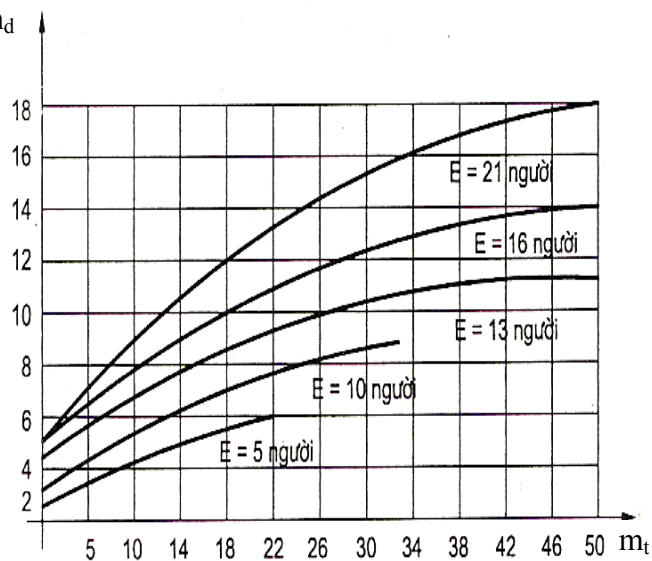
m_d - số lần dừng của buồng thang (tính theo xác suất)

Số lần dừng m_d (tính theo xác suất có thể xác định dựa trên đồ thị hình 9-2) và m_t là số tầng buồng thang đi chuyển.

Theo biểu thức (9-3) ta thấy năng suất của thang máy tỷ lệ thuận với trọng tải của buồng thang E và tỷ lệ nghịch với Σt_n , đặc biệt là đối với thang máy có tải trọng lớn.

Còn hệ số lắp đầy γ phụ thuộc chủ yếu vào cường độ vận chuyển hành khách thường lấy bằng:

$$\gamma = (0,6 \div 0,8).$$



H.9-2 Đồ thị xác định số lần dừng

9-2 Trang thiết bị của thang máy

Mặc dầu thang máy và máy nâng có kết cấu đa dạng nhưng trang thiết bị chính của thang máy hoặc máy nâng gồm có: buồng thang, tời nâng, cáp treo buồng thang, đối trọng, động cơ truyền động, phanh hãm điện từ và các thiết bị điều khiển.

Tất cả các thiết bị của thang máy được bố trí trong giếng buồng thang (khoảng không gian từ trần của tầng cao nhất đến mức sâu của tầng 1), trong buồng máy (trên trần của tầng cao nhất) và hố buồng thang (dưới mức sàn tầng). Bố trí các thiết bị của một thang máy được biểu diễn trên hình 9-3

Các thiết bị thang máy gồm: 1. động cơ điện; 2. Puli; 3. Cáp treo; 4. Bộ phận hạn chế tốc độ; 5. Buồng thang; 6. Thanh dẫn hướng; 7. Hệ thống đối trọng; 8. Trụ cố định; 9. Puli dẫn hướng; 10. Cáp liên động; 11. Cáp cấp điện; 12. Động cơ đóng, mở cửa buồng thang.

a) Thiết bị lắp trong buồng máy

+ Cơ cấu nâng

Trong buồng máy lắp hệ thống tời nâng - hạ buồng thang 1 (cơ cấu nâng) tạo ra lực kéo chuyển động buồng thang và đối trọng.

Cơ cấu nâng gồm có các bộ phận: bộ phận kéo cáp (puli hoặc tang quấn cáp), hộp giảm tốc, phanh hãm điện từ và động cơ truyền động. Tất cả các bộ phận trên được lắp trên tấm đế bằng thép. Trong thang máy thường dùng hai cơ cấu nâng: (hình 9-4)

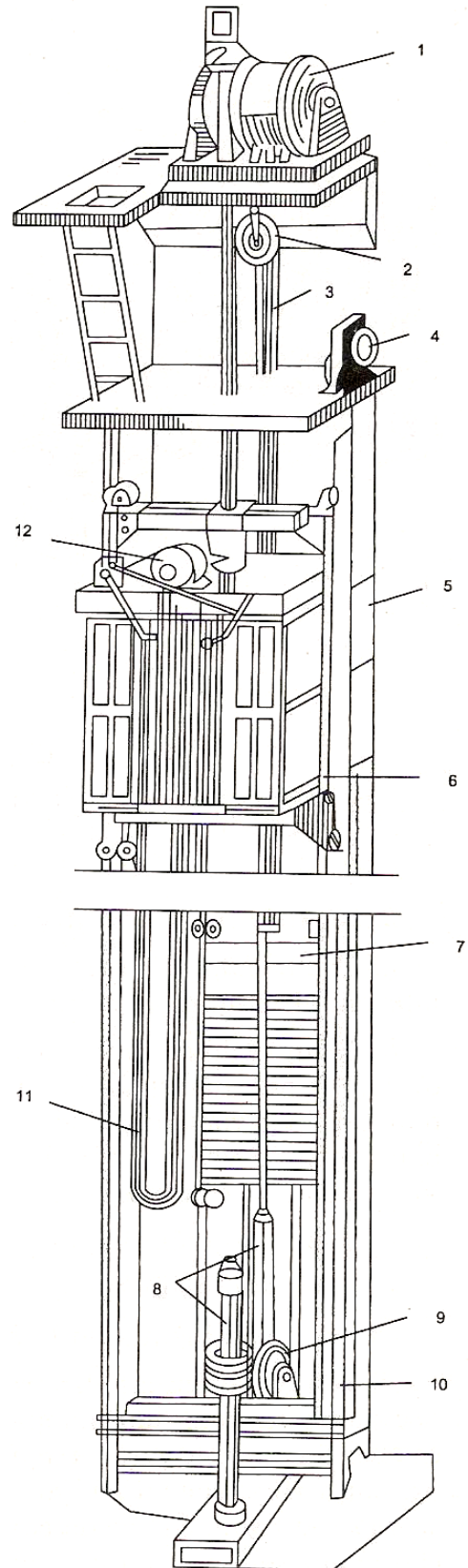
- Cơ cấu nâng có hộp tốc độ (H.9-4a)

- Cơ cấu nâng không có hộp tốc độ (H.9-4b)

Cơ cấu nâng không có hộp tốc độ thường được sử dụng trong các thang máy tốc độ cao.

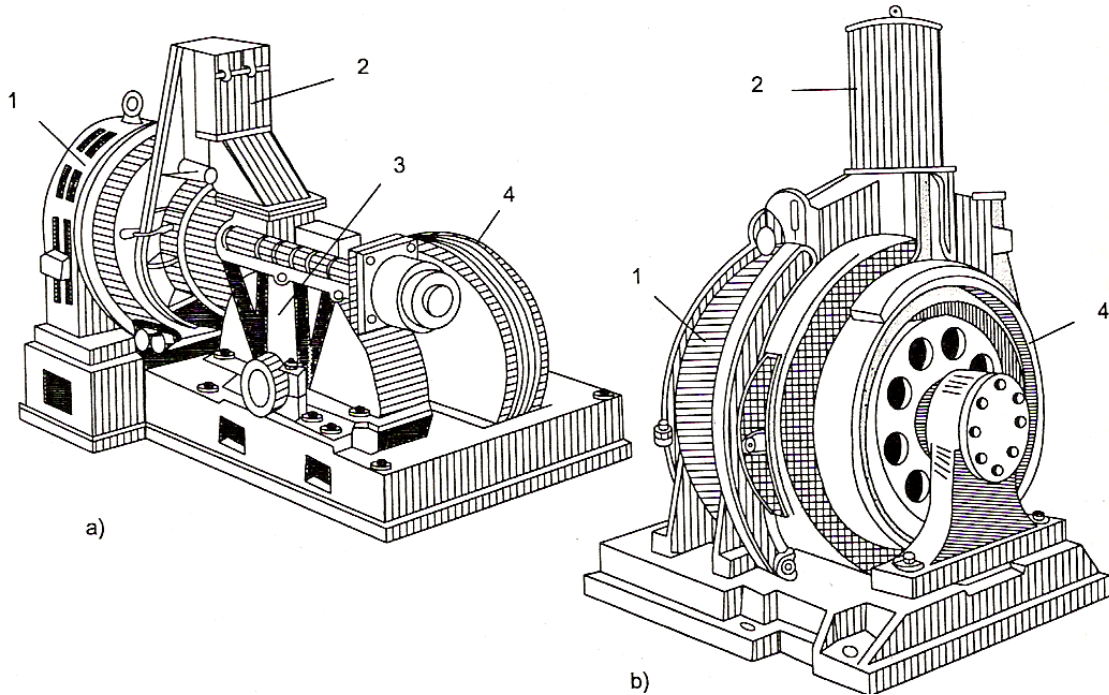
+ Tủ điện: trong tủ điện lắp ráp cầu dao tổng, cầu chì các loại, công tắc tơ và rơle trung gian.

+ Puli dẫn hướng



H 9-3. Bố trí các thiết bị của thang máy

+ Bộ phận hạn chế tốc độ 4 làm việc phối hợp với phanh bảo hiểm bằng cáp liên động 10 để hạn chế tốc độ di chuyển của buồng thang.



H. 9-4 Cơ cấu nâng.

a) Cơ cấu nâng có hộp tốc độ; b) Cơ cấu nâng không có hộp tốc độ

1. Động cơ truyền động; 2. Phanh hãm điện từ; 3. Hộp tốc độ; 4. Bộ phận kéo cáp

b) Thiết bị lắp trong giếng thang máy

+ Buồng thang: trong quá trình làm việc, buồng thang 5 (h.9-3) di chuyển trong giếng thang máy dọc theo các thanh dẫn hướng 6. Trên nóc buồng thang có lắp đặt thanh bảo hiểm, động cơ truyền động đóng - mở cửa buồng thang 12. Trong buồng thang lắp đặt hệ thống nút bấm điều khiển, hệ thống đèn báo, đèn chiếu sáng buồng thang, công tắc liên động với sàn của buồng thang và điện thoại liên lạc với bên ngoài trong trường hợp thang mất điện. Cung cấp điện cho buồng thang bằng dây cáp mềm 11.

+ Hệ thống cáp treo 3 (h.9-3) là hệ thống cáp hai nhánh một đầu nối với buồng thang và đầu còn lại nối với đối trọng 7 cùng với puli dẫn hướng 9.

+ Trong giếng của thang máy còn lắp đặt các bộ cảm biến vị trí dùng để chuyển đổi tốc độ động cơ, dừng buồng thang ở mỗi tầng và hạn chế hành trình nâng - hạ của thang máy.

c) Thiết bị lắp đặt trong hố giếng thang máy

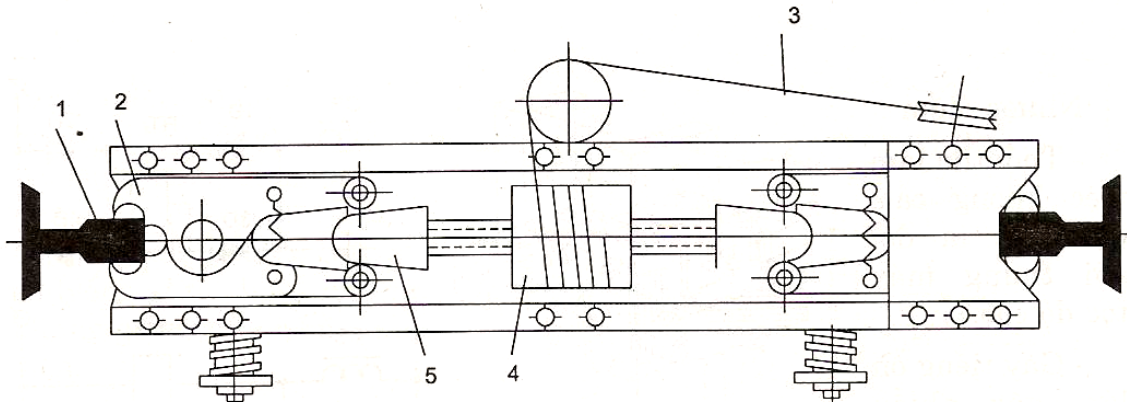
Trong hố giếng thang máy lắp đặt hệ thống giảm xóc là hệ thống giảm xóc và giảm xóc thủy lực tránh sự va đập của buồng thang và đối trọng xuống sàn của giếng thang máy trong trường hợp công tác hành trình hạn chế hành trình xuống bị sự cố (không hoạt động).

9-3 Các thiết bị chuyên dùng trong thang máy

a) *Phanh hãm điện từ*: Về kết cấu, cấu tạo, nguyên lý hoạt động giống như phanh hãm điện từ dùng trong các cơ cấu của cầu trục.

b) *Phanh bảo hiểm (phanh dù)*: có nhiệm vụ là hạn chế tốc độ di chuyển của buồng thang vượt quá giới hạn cho phép và giữ chặt buồng thang tại chỗ bằng cách ép vào hai thanh dẫn hướng trong trường hợp bị đứt cáp treo. Về kết cấu và cấu tạo, phanh bảo hiểm có ba loại:

- Phanh bảo hiểm kiểu nêm dùng để hãm khẩn cấp.
- Phanh bảo hiểm kiểu kim (h. 9-5) dùng để hãm êm.
- Phanh bảo hiểm kiểu lệch tâm dùng để hãm khẩn cấp.



H. 9-5 Phanh bảo hiểm kiểu kim

1. Thanh dẫn hướng; 2. Gọng kim; 3. Dây cáp liên động cơ với bộ hạn chế tốc độ;
4. Tang- bánh vít; 5. Nêm

Phanh bảo hiểm lắp đặt trên nóc của buồng thang, hai gọng kim 2 trượt dọc theo hai thanh dẫn hướng 1. Nằm giữa hai cánh tay đầu của gọng kim có nêm 5 gắn chặt với hệ truyền lực trục vít và tang - bánh vít 4. Hệ truyền lực bánh vít - trục vít có hai dạng ren: bên phải là ren phải, còn phần bên trái là ren trái. Khi tốc độ của buồng thang thấp hơn trị số giới hạn tối đa cho phép, nêm 5 ở hai đầu của trục vít ở vị trí xa nhất so với tang - bánh vít 4, làm cho hai gọng kim 2 trượt bình thường dọc theo thanh dẫn hướng 1. Trong trường hợp tốc độ của buồng thang vượt quá giới hạn cho phép, tang - bánh vít 4 sẽ quay theo chiều để kéo dài hai đầu nêm 5 về phía mình, làm cho hai gọng kim 2 ép chặt vào thanh dẫn hướng, kết quả sẽ hạn chế được tốc độ di chuyển của buồng thang và trong trường hợp bị đứt cáp treo, sẽ giữ chặt buồng thang vào hai thanh dẫn hướng.

c) *Cảm biến vị trí*

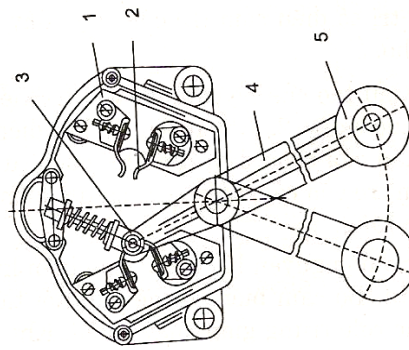
Trong máy nâng và thang máy, các bộ cảm biến vị trí dùng để:

- Phát lệnh dừng buồng thang ở mỗi tầng
- Chuyển đổi tốc độ động cơ truyền động từ tốc độ cao sang tốc độ thấp khi buồng thang đến gần tầng cần dừng, để nâng cao độ dừng chính xác.

- Xác định vị trí của buồng thang

Hiện nay, trong sơ đồ khống chế thang máy và máy nâng thường dùng 3 loại cảm biến vị trí :

+ Cảm biến vị trí kiểu cơ khí (công tắc chuyển đổi tầng) (hình 9-6): là loại công tắc ba vị trí. Khi buồng thang di chuyển đi lên, do tác dụng của vấu gạt (lắp ở mỗi tầng) sẽ gạt tay gạt lên làm cho cặp tiếp điểm 2 phía trên kín; khi buồng thang di chuyển theo chiều đi xuống, vấu gạt tay gạt đi xuống, cặp tiếp điểm 2 phía dưới kín; khi buồng thang ở gần vị trí mỗi tầng (phía trên hoặc dưới mỗi sàn tầng) thì tay gạt nằm vào giữa, cả hai tiếp điểm đều hở.



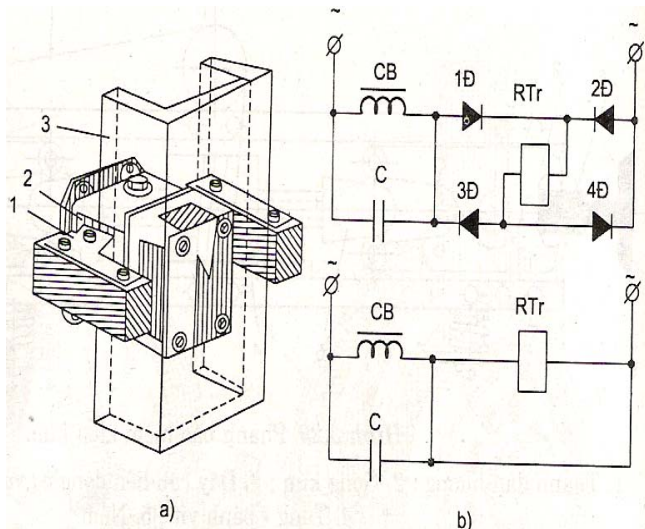
H.9-6 Cảm biến kiểu cơ khí
1. Tấm cách điện; 2. Tiếp điểm tĩnh; 3. Tiếp điểm động; 4. Tay gạt; 5. Vòng đệm cao su

Loại cảm biến này có ưu điểm là kết cấu đơn giản, thực hiện đủ 3 chức năng của bộ cảm biến vị trí, nhưng nhược điểm là tuổi thọ không cao, đặc biệt là đối với thang máy tốc độ cao, gây tiếng ồn và nhiễu cho các thiết bị vô tuyến.

+ Cảm ứng vị trí kiểu cảm ứng

Đối với những thang máy tốc độ cao, nếu dùng bộ cảm biến kiểu cơ khí, làm giảm độ tin cậy trong quá trình làm việc. Bởi vậy trong các sơ đồ khống chế thang máy tốc độ cao thường dùng bộ cảm biến không tiếp điểm: kiểu cảm ứng, kiểu điện dung và kiểu điện quang.

Nguyên lý làm việc của cảm biến kiểu cảm ứng vị trí dựa trên sự thay đổi trị số điện cảm L của cuộn dây có mạch từ khi mạch từ kín và mạch từ hở.



H. 9-7 Cảm ứng vị trí kiểu cảm ứng
a) cấu tạo cảm biến; b) sơ đồ nguyên lý
1. Mạch từ; 2. Cuộn dây; 3. Tấm sắt chữ U

Cấu tạo của bộ cảm biến vị trí kiểu cảm ứng (h.9-7a) gồm mạch từ 1, cuộn dây 2. Khi mạch từ hở, điện cảm của bộ cảm biến bằng điện trở thuần của cuộn dây, còn khi mạch từ bị che kín bằng thanh thép chữ U điện trở của cảm biến sẽ tăng đột biến do thành phần điện cảm L của cuộn dây tăng.

Sơ đồ nguyên lý của bộ cảm biến kiểu cảm ứng được mô tả trên hình 9-7b. Bộ cảm biến có thể đấu nối tiếp với role trung gian RTr một chiều hoặc role trung gian xoay chiều. Khi mạch từ hở, do điện trở của cảm biến rất nhỏ nên

role trung gian RTr tác động; còn khi mạch từ kín, do điện trở của cảm biến rất lớn, RTr không tác động. Để nâng cao độ tin cậy làm việc của role trung gian, tụ C được đấu song song với cuộn dây của cảm biến. Trị số điện dung C được chọn sao cho khi thanh sắt 3 che kín mạch từ của bộ cảm biến sẽ tạo được chế độ cộng hưởng dòng. Thông thường bộ cảm biến CB được lắp ở thành giếng của thang máy, thanh sắt động được lắp ở buồng thang.

+ Cảm biến vị trí kiểu quang điện

Bộ cảm biến vị trí dùng hai phần tử quang điện, như cấu tạo trên hình 9-8 gồm khung gá chữ U thường làm bằng vật liệu không kim loại. Trên khung cách điện gá lắp hai phần tử quang điện đối diện nhau: một phần tử phát quang (điôt phát quang ĐF) và một phần tử thu quang (transisto quang). Để nâng cao độ tin cậy của bộ cảm biến không bị ảnh hưởng bởi độ sáng của môi trường thường dùng phần tử phát quang và thu quang hồng ngoại. Thanh gạt 3 di chuyển giữa khe hở của khung gá các phần tử quang điện.

Sơ đồ nguyên lý của bộ cảm biến kiểu quang điện (h.9-8b). Khi buồng thang chưa đến đúng tầng, ánh sáng chưa bị che khuất, transisto TT thông, transisto T1 khoá và T2 thông, role trung gian RTr tác động; còn khi buồng thang đến đúng tầng, ánh sáng bị che khuất, TT khoá, T1 thông, T2 khoá, role trung gian RTr không tác động.

9-4 Đặc tính và thông số của thang máy và máy nâng

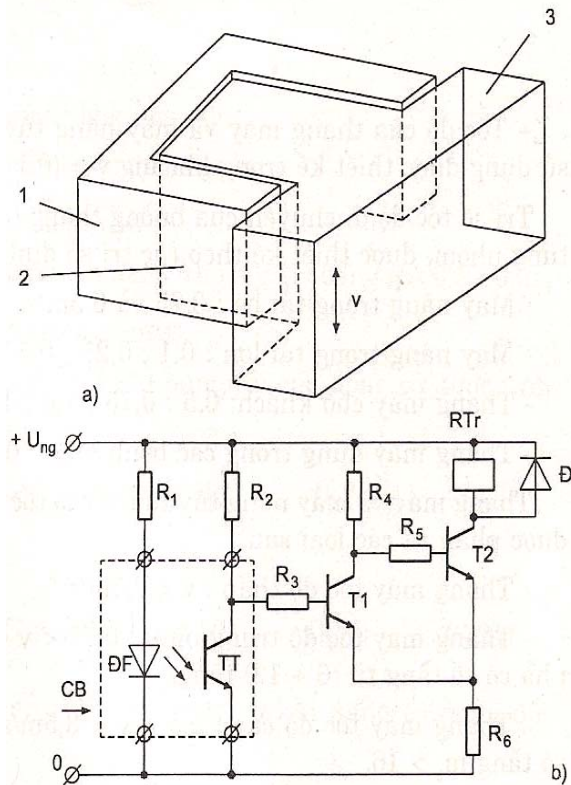
Tuỳ thuộc vào tính chất, chức năng của thang máy và máy nâng, có thể phân thành các nhóm chính sau:

1. Thang máy chở khách kèm theo hành lý hoặc chuyên chở các vật gia dụng trong các nhà cao tầng, công sở, siêu thị và trong các trường học.

2. Thang máy dùng trong bệnh viện, dùng chuyên chở bệnh nhân trên băng ca có nhân viên y tế đi kèm.

3. Máy nâng trọng tải bé (dưới 160kg) dùng trong thư viện, trong các nhà hàng ăn uống để vận chuyển sách, hoặc thực phẩm.

4. Máy nâng trọng tải lớn dùng trong công nghiệp để chuyên chở thiết bị, máy móc, vật liệu, quặng, v.v...



H.9-8 Cảm biến vị trí kiểu quang điện

+ Trọng tải của thang máy và máy nâng được thiết kế theo các trị số định mức sau:

- Máy nâng trọng tải bé: 100 và 160kg.
- Máy nâng trọng tải lớn: 500; 750; 1000; 2000; 3000 và 5000kg.
- Thang máy chở khách: 350; 500 và 1000kg
- Thang máy dùng trong các bệnh viện: 500kg

+ Tốc độ của thang máy và máy nâng tùy thuộc vào vị trí và mục đích sử dụng được thiết kế trong khoảng $v = (0,1 \div 5)m/s$.

Trị số tốc độ di chuyển của buồng thang (của thang máy) phụ thuộc vào từng nhóm, được thiết kế theo các trị số định mức sau:

- Máy nâng trọng tải bé: 0,25 và 0,5m/s.
- Máy nâng trọng tải lớn: 0,1; 0,25; 0,5; 1,0 và 1,5m/s.
- Thang máy chở khách: 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 3,5 và 5m/s.
- Thang máy dùng trong các bệnh viện: 0,5m/s.

Thang máy và máy nâng tùy thuộc vào tốc độ di chuyển của buồng thang được phân ra các loại sau:

- Thang máy tốc độ thấp: $v \leq 0,5m/s$.
- Thang máy tốc độ trung bình: $0,75 < v < 1,5m/s$ thường dùng cho các nhà có số tầng từ (6 ÷ 12) tầng.
- Thang máy tốc độ cao: $2,5 < v < 3,5m/s$ thường dùng cho các nhà có số tầng $m_t > 16$.
- Thang máy có tốc độ rất cao (siêu cao) $v = 5m/s$ thường dùng cho các toà tháp cao tầng.

9-5 Tính chọn công suất động cơ truyền động thang máy và máy nâng

Để xác định được công suất động cơ truyền động di chuyển buồng thang cần phải có các điều kiện và thông số sau:

- Sơ đồ động học của cơ cấu nâng của thang máy.
- Trị số tốc độ và gia tốc giới hạn cho phép.
- Trọng tải của thang máy.
- Khối lượng của buồng thang và đối trọng (nếu có)
- Chế độ làm việc của thang máy.

Tính chọn công suất động cơ thực hiện theo các bước sau:

- Chọn sơ bộ công suất động cơ dựa trên công suất cản tĩnh.
- Xây dựng biểu đồ phụ tải toàn phần có tính đến phụ tải trong chế độ quá độ.

- Kiểm tra công suất động cơ đã chọn theo điều kiện phát nhiệt (theo phương pháp dòng điện đẳng trị hoặc mômen đẳng trị).

Công suất cản tĩnh của động cơ khi nâng tải không dùng đối trọng được tính theo biểu thức:

$$P_C = \frac{(G + G_{bt}) \cdot v \cdot g}{\eta} \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (9-4)$$

Trong đó: G - khối lượng của hàng hoá, kg;
 G_{bt} - khối lượng của buồng thang, kg;
 v - tốc độ nâng hàng, m/s;
 η - hiệu suất của cơ cấu nâng, thường lấy bằng $0,5 \div 0,8$
 g - gia tốc trọng trường, m/s^2 .

Khi có đối trọng, công suất cần tính khi nâng tải của động cơ được tính theo biểu thức:

$$P_{cn} = \left[(G + G_{bt}) \frac{1}{\eta} - G_{dt} \cdot \eta \right] \cdot v \cdot k \cdot g \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (9-5)$$

Và khi hạ tải:

$$P_{ch} = \left[(G + G_{bt}) \eta + G_{dt} \cdot \frac{1}{\eta} \right] \cdot v \cdot k \cdot g \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (9-6)$$

Trong đó:

P_{cn} : công suất cần tính của động cơ khi nâng có dùng đối trọng, kW

P_{ch} : công suất cần tính của động cơ khi hạ có dùng đối trọng, kW.

k : hệ số có tính đến ma sát trong các thanh dẫn hướng của buồng thang và đối trọng; thường chọn $1,15 \div 1,3$.

G_{dt} : khối lượng của đối trọng, kg.

Khi tính chọn khối lượng đối trọng G_{dt} , làm sao cho khối lượng của nó cân bằng được với khối lượng của buồng thang G_{bt} và một phần khối lượng của hàng hoá G . Khối lượng của đối trọng được tính theo biểu thức sau:

$$G_{dt} = G_{bt} + \alpha G \quad [\text{kg}] \quad (9-7)$$

Trong đó α là hệ số cân bằng, trị số của nó thường lấy bằng $\alpha = 0,3 \div 0,6$.

Phần lớn các thang máy chở khách chỉ vận hành đầy tải trong những giờ cao điểm, còn lại luôn làm việc non tải nên α thường lấy từ $0,35 \div 0,4$

Đối với thang máy chở hàng, khi nâng thường làm việc đầy đủ, còn khi hạ thường không tải ($G = 0$) nên chọn $\alpha = 0,5$.

Dựa vào các biểu thức (9-4) và (9-5) có thể xây dựng biểu đồ phụ tải (đơn giản hoá) của động cơ truyền động và chọn sơ bộ công suất động cơ trong các sổ tay tra cứu.

Để xây dựng biểu đồ phụ tải toàn phần (biểu đồ phụ tải chính xác) cần phải tính đến thời gian tăng tốc, thời gian hãm của hệ truyền động, thời gian đóng, mở cửa buồng thang và cửa tầng, số lần dừng của buồng thang, thời gian ra, vào buồng thang của hành khách trong thời gian cao điểm. Thời gian ra vào của hành khách thường lấy bằng 1s cho một hành khách. Số lần dừng của buồng thang (tính theo xác suất) m_d được tính chọn dựa trên các đường cong trên hình 9-2.

Mặc khác, khi tiến hành xây dựng biểu đồ phụ tải toàn phần cũng cần phải tính đến một số yếu tố khác phụ thuộc vào chế độ vận hành và điều kiện khai thác thang máy như: thời gian chờ khách, thời gian thang máy làm việc với tốc độ thấp khi đến gần tầng cần dừng v.v...

Khi tính chọn chính xác công suất động cơ truyền động thang máy cần phải phân biệt hai chế độ của tải trọng: tải trọng đồng đều (hầu như không đổi) và tải trọng biến đổi.

Phương pháp tính chọn công suất động cơ với chế độ tải trọng đồng đều thực hiện theo các bước sau:

1) Tính lực kéo của cáp đặt lên vành bánh ngoài của puli kéo cáp trong cơ cấu nâng, khi buồng thang chất đầy tải đứng ở tầng 1 và các lần dừng theo dự kiến.

$$F = (G + G_{bt} - G_{dt} - k_1 \Delta G_1)g \quad [N] \quad (9-8)$$

Trong đó:

k_1 - số lần dừng theo dự kiến của buồng thang

ΔG_1 - độ thay đổi của tải trọng sau mỗi lần dừng, kg

Thường lấy $\Delta G_1 = \frac{G}{k_d}$; trong đó k_d là số lần dừng buồng thang theo dự

kiến được xác định trên các đường cong trên h.9-2.

2) Tính momen theo lực kéo

$$M = \frac{F.R}{i\eta} \quad [N.m] \quad \text{với } F > 0$$

$$M = \frac{F.R}{i} \eta \quad [N.m] \quad \text{với } F < 0 \quad (9-9)$$

Trong đó:

R - bán kính của puli kéo cáp, m;

i - tỷ số truyền của cơ cấu nâng;

η - hiệu suất của cơ cấu nâng.

3) Tính tổng thời gian hành trình nâng và hạ của buồng thang bao gồm: thời gian buồng thang di chuyển với tốc độ ổn định, thời gian tăng tốc, thời gian hãm và thời gian phụ khác (thời gian đóng, mở cửa, thời gian ra, vào buồng thang của hành khách)

4) Dựa trên kết quả của các bước tính toán trên, tính momen đẳng trị và tính chọn công suất của động cơ đảm bảo thỏa mãn điều kiện $M \geq M_{dt}$.

5) Xây dựng biểu đồ phụ tải toàn phần của hệ truyền động có tính đến quá trình quá độ, tiến hành kiểm nghiệm động cơ theo dòng điện đẳng trị.

Đối với chế độ phụ tải không đồng đều, các bước tính chọn công suất động cơ truyền động tiến hành theo các bước nêu trên. Nhưng để tính lực kéo đặt lên puli kéo cáp phải có biểu đồ thay đổi của tải trọng theo từng tầng một khi buồng thang di chuyển lên và xuống.

9-6. Ảnh hưởng của tốc độ, gia tốc và độ giật đối với hệ truyền động thang máy

Một trong những yêu cầu cơ bản đối với hệ truyền động thang máy là phải đảm bảo cho buồng thang di chuyển êm. Buồng thang di chuyển êm hay không phụ thuộc chủ yếu vào trị số gia tốc của buồng thang khi mở máy và hãm dừng. Những tham số chính đặc trưng cho chế độ làm việc của thang máy là: tốc độ di chuyển buồng thang v [m/s], gia tốc a [m/s²] và độ giật ρ [m/s³].

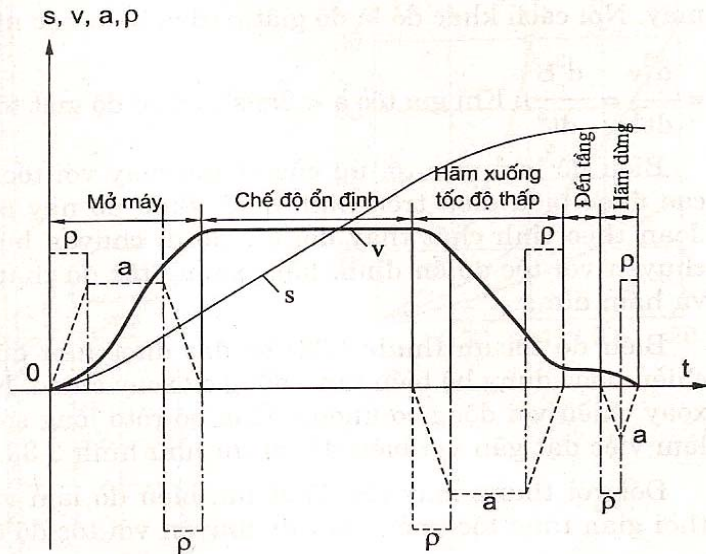
Trên hình 9-9 biểu diễn các đường cong: quãng đường đi của thang máy s , tốc độ v , gia tốc a và độ giật theo hàm thời gian t .

Từ biểu thức (9-2) ta rút ra nhận xét: trị số tốc độ di chuyển buồng thang quyết định năng suất của thang máy, trị số tốc độ di chuyển đặc biệt có ý nghĩa quan trọng đối với thang máy trong các nhà cao tầng. Những thang máy tốc độ cao ($v = 3,5\text{m/s}$) phù hợp với chiều cao nâng lớn, số lần dừng ít. Trong trường hợp này thời gian khi tăng tốc và giảm tốc rất nhỏ so với thời gian di chuyển của buồng thang với tốc độ cao, trị số tốc độ trung bình của thang máy gần đạt bằng tốc độ định mức của thang máy.

Mặt khác, trị số tốc độ di chuyển của buồng thang tỉ lệ thuận với giá thành của thang máy. Nếu tăng tốc độ của thang máy từ $v = 0,75\text{m/s} \rightarrow 3,5\text{m/s}$, giá thành của thang máy tăng lên (4 ÷ 5) lần. Bởi vậy tùy thuộc vào độ cao của nhà mà thang máy phục vụ để chọn trị số di chuyển của thang máy phù hợp với tốc độ tối ưu, đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật.

Trị số tốc độ di chuyển trung bình của thang máy có thể tăng bằng cách giảm thời gian tăng tốc và giảm tốc của hệ truyền động thang máy, có nghĩa là tăng gia tốc. Nhưng khi buồng thang di chuyển với gia tốc quá lớn sẽ gây ra cảm giác khó chịu cho hành khách (chóng mặt, cảm giác sợ hãi và nghẹt thở v.v...) Bởi vậy, trị số gia tốc được chọn tối ưu là $a \leq 2\text{m/s}^2$.

Một đại lượng khác quyết định sự di chuyển êm của buồng thang là tốc độ tăng của gia tốc khi mở máy và tốc độ giảm của gia tốc khi hãm. Nói cách khác đó là độ giật ρ (đạo hàm bậc nhất của gia tốc $\rho = \frac{da}{dt} = \frac{d^2v}{dt^2} = \frac{d^3s}{dt^3}$). Khi gia tốc $a < 2\text{m/s}^2$, trị số độ giật tốc độ tối ưu là $\rho < 20\text{m/s}^3$.



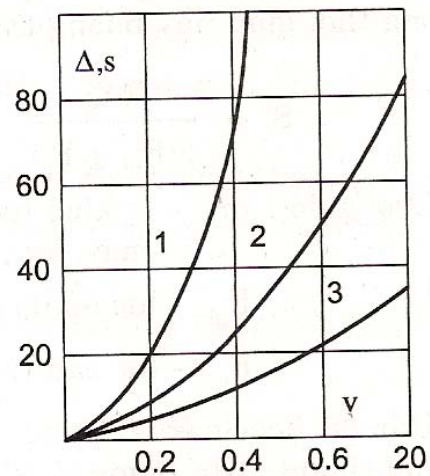
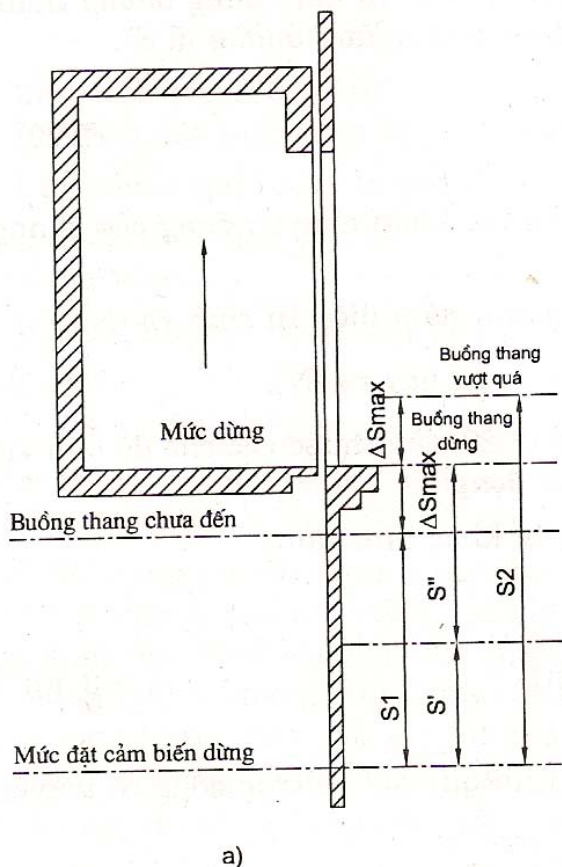
H.9-9. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của quãng đường s , tốc độ v , gia tốc a và độ giật ρ theo thời gian

Biểu đồ làm việc tối ưu của thang máy với tốc độ trung bình và tốc độ cao được biểu diễn trên hình 9-9. Biểu đồ này có thể phân thành 5 giai đoạn theo tính chất thay đổi tốc độ di chuyển buồng thang: tăng tốc, di chuyển với tốc độ ổn định, hãm xuống tốc độ thấp, buồng thang đến tầng và hãm dừng.

Biểu đồ tối ưu sẽ đạt được nếu dùng hệ truyền động một chiều hoặc dùng hệ biến tần - động cơ xoay chiều. Nếu dùng hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ roto lồng sóc hai cấp tốc độ, biểu đồ làm việc đạt gần với biểu đồ tối ưu như hình 9-9.

Đối với thang máy tốc độ chậm, biểu đồ làm việc chỉ có giai đoạn: thời gian tăng tốc (mở máy), di chuyển với tốc độ ổn định và hãm dừng.

9-7 Dừng chính xác buồng thang



H. 9-10. a) sơ đồ chính xác khi dừng buồng thang;

b) sự phụ thuộc của độ dừng chính xác Δs của buồng thang vào trị số tốc độ và gia tốc.

Đường 1 - $a_{\max} = 1 \text{ m/s}^2$; đường 2 - $a = 2 \text{ m/s}^2$;
đường 3 - $a_{\max} = 3 \text{ m/s}^2$

Buồng thang của thang máy cần phải dừng chính xác so với mặt bằng của sàn tầng cần đến khi hãm dừng.

Nếu buồng thang dừng không chính xác sẽ gây ra các hiện tượng bất lợi sau:

- Đối với thang máy chở khách, làm cho khách ra vào buồng thang khó khăn hơn, tăng thời gian ra, vào dẫn đến giảm năng suất của thang máy.

- Đối với thang máy chở hàng gây khó khăn trong việc bốc xếp và dỡ hàng hoá. Trong một số trường hợp không thực hiện được việc bốc xếp, dỡ hàng hoá.

Để khắc phục hậu quả đó, có thể ấn nhập các nút bấm đến tầng (ĐT) lắp trong buồng thang để đạt độ chính xác dừng buồng thang theo yêu cầu, nhưng nó sẽ dẫn đến các vấn đề không lợi sau:

- Hỏng các thiết bị điều khiển.
- Gây tổn thất năng lượng trong hệ truyền động, nếu dung động cơ không đồng bộ roto lồng sóc truyền động thang máy sẽ dẫn đến gây ra sự phát nóng của động cơ quá giới hạn cho phép.
- Gây hỏng hóc các thiết bị cơ khí của thang máy.
- Tăng thời gian từ lúc phanh hãm tác động cho đến khi buồng thang dừng hẳn.

Độ dừng chính xác của buồng thang được đánh giá bằng đại lượng ΔS .

Trên hình 9-10, ΔS là nửa hiệu số của hai quãng đường của buồng thang trượt đi được từ khi phanh hãm điện từ tác động đến khi buồng thang dừng hẳn khi có tải và không có tải theo cùng một hướng di chuyển của buồng thang. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ dừng chính xác của buồng thang gồm: mômen do cơ cấu phanh hãm điện từ sinh ra, mômen quán tính của buồng thang và tải trọng, trị số tốc độ di chuyển buồng thang khi bắt đầu hãm dừng và một số yếu tố phụ khác.

Quá trình hãm dừng buồng thang xảy ra như sau: khi buồng thang đi gần đến sàn tầng cần dừng, sẽ tác động vào cảm biến vị trí ra lệnh dừng buồng thang. Các thiết bị chấp hành trong sơ đồ điều khiển thang máy có thời gian tác động là Δt , trong quãng thời gian đó, buồng thang di chuyển một đoạn đường S' cho đến khi phanh hãm điện từ tác động là:

$$S' = v_0 \cdot \Delta t \quad [m] \quad (9-10)$$

Trong đó: v_0 là trị số tốc độ di chuyển của buồng thang khi bắt đầu hãm;

Sau khi phanh hãm điện từ tác động là quá trình hãm dừng buồng thang. Trong thời gian này buồng thang đi được một quãng đường là S'' .

$$S'' = \frac{mv_0^2}{2(F_{ph} \pm F_C)} \quad [m] \quad (9-11)$$

Trong đó:

m - là khối lượng tất cả các khâu chuyển động của thang máy, kg;

F_{ph} - lực ép do cơ cấu phanh hãm điện từ sinh ra, N;

F_C - lực cản tĩnh do tải trọng gây ra, N

Dấu (+) hoặc dấu (-) trong biểu thức (9-11) tùy thuộc vào chế độ làm việc buồng thang: khi hãm (+), khi chuyển động (-).

Biểu thức (9-11) có thể viết dưới dạng khác như sau:

$$S'' = \frac{J\omega_0^2 \frac{D}{2}}{2i(M_{ph} \pm M_C)} \quad [m] \quad (9-12)$$

Trong đó:

J - mômen quán tính quy đổi về trục động cơ truyền động, kgm^2 ;

M_{ph} , M_C - mômen do cơ cấu phanh hãm điện từ sinh ra và momen cản tĩnh do tải trọng gây ra, N.m;

ω_0 - tốc độ góc của động cơ khi bắt đầu hãm dừng, rad/s;

D - đường kính của puli kéo cáp, m;

i - tỷ số truyền.

Quãng đường bùong thang đi được từ khi cảm biến vị trí ra lệnh dừng đến khi bùong thang dừng tại sàn tầng bằng:

$$S = S' + S'' = v_0 \Delta t + \frac{J\omega_0^2 \frac{D}{2}}{2i(M_{ph} \pm M_C)} \quad [m] \quad (9-13)$$

Bộ cảm biến vị trí được đặt cách sàn tầng ở một khoảng cách nào đó để hiệu số của hai quãng đường của bùong thang đi được khi đầy tải và khi không tải chia đôi thành hai thành phần bằng nhau so với mức của sàn tầng. Sai số lớn nhất (độ dừng không chính xác lớn nhất) được tính theo biểu thức:

$$\Delta S_{\max} = \frac{S_2 - S_1}{2} \quad [m] \quad (9-14)$$

Trong đó: S_1 - quãng đường trượt nhỏ nhất của bùong thang;

S_2 - quãng đường trượt lớn nhất của bùong thang.

Phân tích biểu thức (9-13) ta có kết luận: các thông số ảnh hưởng đến độ chính xác khi dừng bùong thang gồm:

- J: mômen quán tính của các phần chuyển động của bùong thang.
- Δt : quán tính điện từ của các phần tử chấp hành trong sơ đồ điều khiển của thang máy.
- M_{ph} , M_C : mômen do cơ cấu phanh hãm điện từ sinh ra và tải trọng của thang máy.

Đối với một thang máy, ba thông số trên có thể coi như không đổi.

Một thông số quan trọng nhất ảnh hưởng đến độ chính xác dừng bùong thang là đại lượng v_0 (tốc độ di chuyển của bùong thang khi bắt đầu hãm dừng). Để nâng cao độ chính xác dừng của bùong thang đối với thang máy tốc độ cao thực hiện bằng cách: khi bùong thang đi đến gần sàn tầng cần dừng, giảm tốc độ di chuyển của bùong thang khi bộ cảm biến vị trí cho lệnh dừng bùong thang. Để đánh giá độ chính xác dừng bùong thang ΔS phụ thuộc vào tốc độ v_0 và gia tốc của bùong thang, có thể khảo sát theo các

đường cong trên hình 9-10. Đối với thang máy, độ không chính xác khi dừng buồng thang cho phép là $\Delta S_{\max} \leq \pm 20\text{mm}$

9-8 Các hệ truyền động dùng trong thang máy và máy nâng

Khi thiết kế, tính chọn hệ truyền động cho thang máy và máy nâng phải dựa trên các yêu cầu chính sau:

- Độ dừng chính xác của buồng thang.
 - Tốc độ di chuyển của buồng thang.
 - Trị số gia tốc lớn nhất cho phép.
 - Phạm vi điều chỉnh tốc độ yêu cầu.
- + Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ (roto lồng sóc hoặc roto dây quấn) được sử dụng để truyền động các loại thang máy và máy nâng có tốc độ thấp và trung bình.
- Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ roto lồng sóc thường dùng trong thang máy tốc độ thấp và máy nâng có trọng tải nhỏ.
 - Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ roto dây quấn thường dùng cho các loại máy nâng trọng tải lớn, cho phép nâng cao chất lượng của hệ thống truyền động khi tăng tốc và giảm tốc, nâng cao độ chính xác khi dừng.
 - Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ roto lồng sóc hai cấp tốc độ (có hai bộ dây quấn stato độc lập nối theo sơ đồ hình sao) thường dùng trong các thang máy tốc độ trung bình. Số đôi cực của dây quấn stato động cơ thường chọn là: $2p = 6 \rightarrow 2p = 24$ hoặc $2p = 4 \rightarrow 2p = 20$ tương đương với tốc độ đồng bộ của động cơ bằng: $n_0 = 1000/250$ vòng/phút hoặc $1500/300$ vòng/phút.
 - Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ roto lồng sóc được cấp nguồn từ bộ biến tần thường dùng trong các thang máy tốc độ cao (khi $v > 1,5\text{m/s}$), cho phép hạn chế được gia tốc và độ giật trong giới hạn cho phép và đạt độ chính xác khi dừng rất cao ($\Delta S \leq \pm 5\text{mm}$)
 - Hệ truyền động xoay chiều với động cơ đồng bộ thường được dùng trong các máy nâng tải trọng lớn (công suất động cơ truyền động lớn $P > 300\text{kW}$) trong ngành khai thác mỏ.
- + Hệ truyền động một chiều thường dùng cho các thang máy tốc độ cao ($v \geq 1,5\text{m/s}$). Thường dùng hai hệ truyền động sau:
- hệ F-Đ có khuếch đại trung gian làm nguồn cấp cho cuộn kích từ của máy phát (khuếch đại trung gian có thể là máy điện khuếch đại hoặc khuếch đại từ)
 - hệ T-Đ, máy phát một chiều được thay thế bằng bộ chỉnh lưu dùng thyristor.

Khi chọn động cơ truyền động thang máy và máy nâng phải dựa trên sơ đồ động học của cơ cấu nâng. Đối với thang máy và máy nâng khi dùng cơ cấu

có hộp tốc độ, thường dùng loại động cơ xoay chiều kiểu A2, AO2; động cơ không đồng bộ có hệ số trượt cao kiểu AC, AOC; động cơ 2 cấp tốc độ và động cơ roto dây quấn kiểu AK.

Đối với thang máy tốc độ cao ($v > 1,5\text{m/s}$), khi dùng cơ cấu nâng không có hộp giảm tốc thường chọn loại động cơ tốc độ chậm. Các nhà máy chế tạo điện cơ đã chế tạo loại động cơ chuyên dụng cho thang máy với cấp công suất $P = (28 \div 40)\text{kW}$ và tốc độ quay định mức $n = 83$ vòng/phút.

9-9 Một số sơ đồ không chế thang máy điển hình

a) Sơ đồ không chế thang máy tốc độ trung bình dùng hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc hai cấp tốc độ (h. 9-11)

Hệ truyền động điện dùng cho thang máy tốc độ trung bình thường là hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ hai cấp tốc độ. Hệ này đảm bảo dừng chính xác cao, thực hiện bằng cách chuyển tốc độ của động cơ xuống tốc độ thấp ($v_0 = 0,25\text{m/s}$) trước khi buồng thang sắp đến sàn tầng.

Hệ này thường dùng cho các thang máy chở khách trong các nhà cao tầng (7 ÷ 10 tầng) với tốc độ di chuyển của buồng thang dưới 1m/s.

Sơ đồ nguyên lý trên hình 9-11. Cấp nguồn cung cấp cho hệ thống bằng cầu dao CD và áp tô mát Ap. Cuộn dây stato của động cơ được nối vào nguồn cấp qua các tiếp điểm của công tắc tơ nâng N hoặc công tắc tơ hạ H và các công tắc tơ chuyển đổi tốc độ cao C và thấp T.

Nguồn cấp cho mạch điều khiển lấy từ hai pha. Các cửa tầng được trang bị các khoá liên động với các hãm cuối 1CT ÷ 5CT. Then cài ngang cửa liên động với các hãm cuối 1PK ÷ 5PK. Việc đóng mở cửa tầng sẽ tác động lên khoá và then cài cửa tầng làm cho nam châm NC1 tác động. Khi cắt nguồn nam châm NC1 lúc buồng thang đến sàn tầng làm quay then cài, then cài tác động lên một trong các hãm cuối PK và mở khoá cửa tầng.

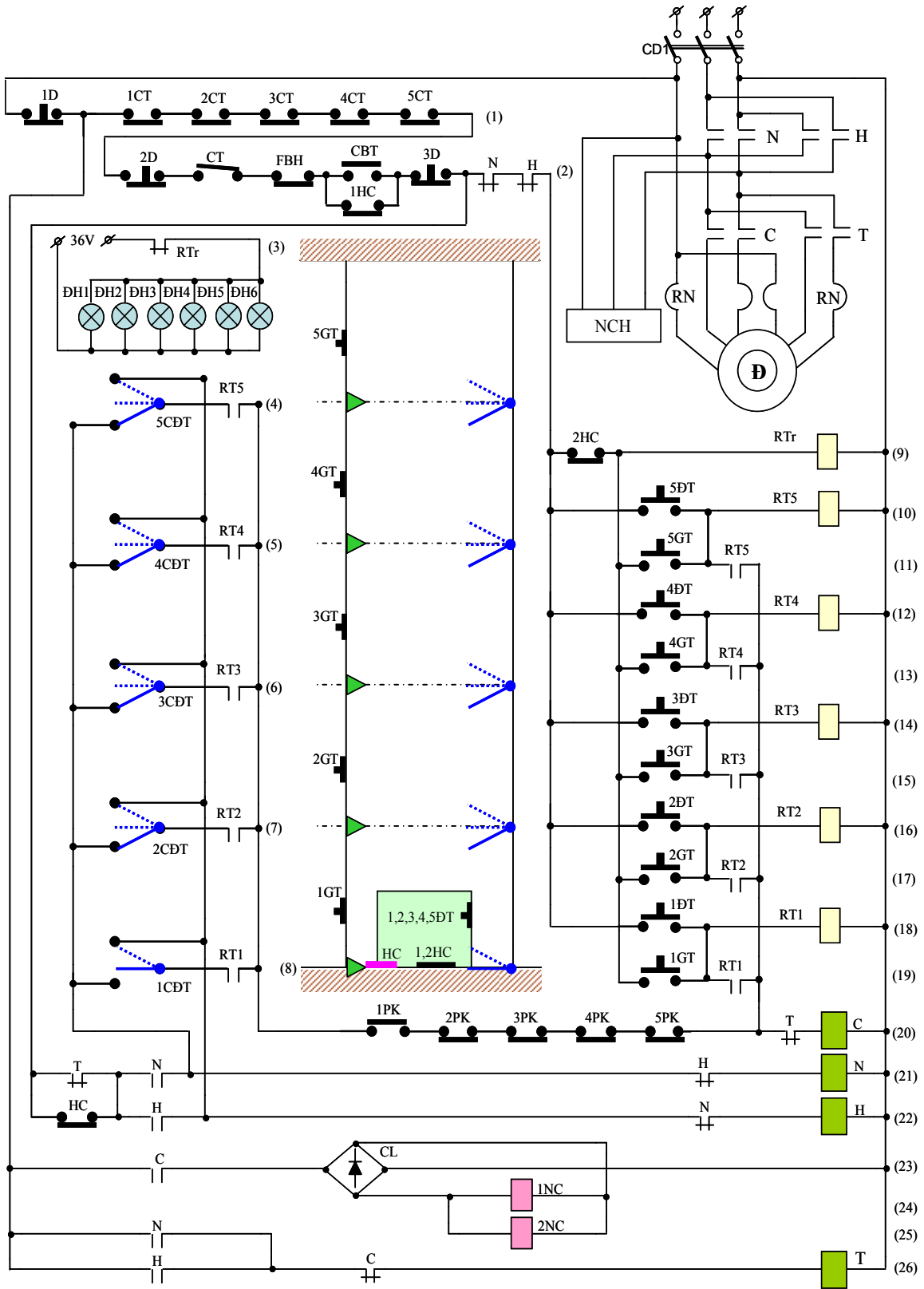
Hãm cuối HC(22) đặt trong buồng thang, tác động lên tiếp điểm HC hoặc bằng nam châm dừng theo tầng NC2 hoặc bằng cần đóng - mở cửa tầng.

Công tắc chuyển đổi tầng 1CĐT ÷ 5CĐT có ba vị trí là cảm biến dừng buồng thang và xác định vị trí thực của buồng thang so với các tầng.

Điều khiển hoạt động của thang máy được thực hiện từ hai vị trí: tại cửa tầng bằng bấm nút gọi tầng 1GT ÷ GT và trong buồng thang bằng các nút bấm đến tầng 1ĐT ÷ 5ĐT.

Khởi động cho thang máy làm việc chỉ khi: 1D kín, 1CĐT ÷ 5CĐT kín (các cửa tầng đã đóng), 2D, CT kín, FBH (liên động với phanh bảo hiểm) kín, cửa buồng thang đóng, CBT kín và 3D kín.

Hãm cuối 1HC và 2HC liên động với sàn buồng thang. Nếu trong buồng thang có người, tiếp điểm của chúng mở ra. 1HC đấu song song với CBT cho nên dù 1HC hở nhưng mạch vẫn nối liền qua CBT, còn 2HC mở ra loại trừ khả năng điều khiển thang máy bằng nút ấn gọi tầng GT.



H. 9-12 Sơ đồ nguyên lý điện của thang máy 5 tầng

Trong sơ đồ có 5 đèn báo ĐH1 ÷ ĐH5 lắp ở trên mỗi cửa tầng và 1 đèn chiếu sáng buồng thang ĐH6. Khi có người trong buồng thang, tiếp điểm 2HC mở ra, cuộn dây role trung gian mất điện, tiếp điểm thường kín RTr(3) đóng làm cho đèn ĐH1 ÷ ĐH6 sáng lên báo cho biết thang đang bận và chiếu sáng cho buồng thang.

Sơ đồ nguyên lý trên hình 9-12 của toà nhà 5 tầng và cho trường hợp buồng thang đang ở tầng 1. Giả sử lúc này có một khách cũng ở tầng 1 (cùng với buồng thang) muốn đến tầng 5. Khách đi vào buồng thang, đóng cửa tầng và cửa buồng thang (không mô tả việc đóng mở cửa). Do trọng lượng của hành khách, hai tiếp điểm thường kín 1HC và 2HC(9) mở ra \rightarrow RTr(9) = 0, \rightarrow RTr(3) = 1, các đèn ĐH1 ÷ ĐH6 sáng lên báo hiệu buồng thang đang có người, buồng thang được soi sáng bởi ĐH6; các nút gọi tầng 1GT ÷ 5GT mất tác dụng (không có điệ do 2HC(9) = 0. Muốn lên tầng 5 khách ấn vào 5ĐT đặt trong buồng thang \rightarrow 5ĐT (10) = 1, \rightarrow RT5(10) = 1, \rightarrow RT5(4) = 1, và RT5(11) = 1, \rightarrow C(20) = 1, \rightarrow C(26) = 1, và C(23) = 1, \rightarrow 2NC(25) = 1, kéo HC(22) tránh không cho gạt vào các vấu đặt ở các sàn tầng; 1NC(24) = 1, \rightarrow đóng 1PK(20) \rightarrow N(21) = 1, \rightarrow N(25) = 1, N(21) = 1, \rightarrow tạo mạch duy trì cho cuộn dây N(21), C(20) và RTr(10) nhờ các tiếp điểm T(21) nối song song với HC(22) nối tiếp với N(21); N(2) = 0, làm mất điện toàn bộ các nút gọi. Động cơ được đóng điện nhờ các công tắc tơ N và C làm cho buồng thang được nâng lên với tốc độ cao; cuộn dây nam châm NCH có điện giải phóng trục động cơ làm cho buồng thang di chuyển.

Buồng thang di chuyển nhanh qua các tầng 1 đến tầng 4 gạt các công tắc chuyển đổi tầng 1CĐT ÷ 4CĐT về phía trên và khi buồng thang đến gần sàn tầng 5 về phía dưới, 5CĐT bị gạt vào giữa làm cho RT5(10) = 0, C(20) = 0, \rightarrow C(26) = 1, \rightarrow T(26) = 1, \rightarrow T(21) = 0, mạch duy trì lúc này là HC(22) nối tiếp với N(21); chỉnh lưu CL = 0, \rightarrow 2NC(25) = 0, giải phóng HC(22) về vị trí chuẩn bị ấn vào vấu ở sàn tầng 5. Mạch động lực lúc này được đóng bởi N và T nên buồng thang được nâng với tốc độ thấp. Khi buồng thang đến ngang sàn tầng 5, HC(22) bị ấn bởi vấu đặt ở sàn tầng 5 làm N(22) = 0, \rightarrow T(26) = 0, \rightarrow động cơ mất điện nam châm hãm kẹp chặt trục động cơ để buồng thang dừng ở tầng 5.

Khách bước ra khỏi buồng thang. Lúc này giả sử có một khách khác ở tầng 3, khách phải ấn vào 3GT đặt ở bên cạnh cửa tầng 3. Quá trình làm việc tương tự như đã mô tả, chỉ khác lúc này động cơ có điện do H đóng nên buồng thang hạ nhanh sau đó hạ chậm để buồng thang dừng ở tầng 3.

Hiện nay, các công tắc chuyển đổi tầng kiểu cơ khí được thay bằng bộ cảm biến kiểu không tiếp điểm, cho phép nâng cao độ tin cậy làm việc của thang máy. Ngoài ra, việc đóng mở cửa tầng và cửa buồng thang được thực hiện hoàn toàn tự động bằng hệ truyền động riêng biệt.

Sức từ động sinh ra trong cuộn CFGD ngược chiều với sức từ động sinh ra trong cuộn CCD, bởi vậy có khả năng hạn chế được gia tốc và độ giật trong quá trình quá độ.

+ CÔĐ - cuộn ổn định là cuộn phản hồi mềem điện áp MĐKĐ, thực hiện chức năng ổn định điện áp phát ra của MĐKĐ>

Sức từ động tổng của MĐKĐ bằng:

$$F_{\Sigma MĐKĐ} = F_{CCĐ} - F_{CFA} - F_{CFGD} \pm F_{CÔĐ} \quad (9-17)$$

9-10 Những thiết bị đặt biệt dùng trong các thang máy hiện đại

a) Bộ tìm - chọn tầng

Trong các thang máy tốc độ thấp và tốc độ trung bình, bộ cảm biến vị trí dùng loại cảm biến kiểu cơ khí (công tắc chuyển đổi tầng ba vị trí). Ngoài chức năng cảm biến vị trí để chuyển đổi tốc độ và dừng lại mỗi tầng còn có thể nhớ được vị trí buồng thang.

Trong sơ đồ không chế thang máy hiện đại thường dùng bộ cảm biến vị trí không tiếp điểm. Bản thân bộ cảm biến vị trí không tiếp điểm không nhớ được vị trí của buồng thang. Bởi vậy để chấp hành các lệnh điều khiển buồng thang phải có bộ tìm - chọn tầng.

Chức năng của bộ tìm - chọn tầng trong sơ đồ không chế thang máy hiện đại gồm:

- Chọn hướng di chuyển của buồng thang.
- Xử lý các lệnh gọi tầng và lệnh đến tầng.
- Chuyển đổi tốc độ động cơ truyền động khi chuẩn bị dừng ở mỗi tầng.
- Báo vị trí buồng thang và một số tín hiệu báo hiệu khác.
- Nâng cao độ dừng chính xác của buồng thang.

Bộ tìm chọn tầng kiểu role được giới thiệu trên hình 9-14.

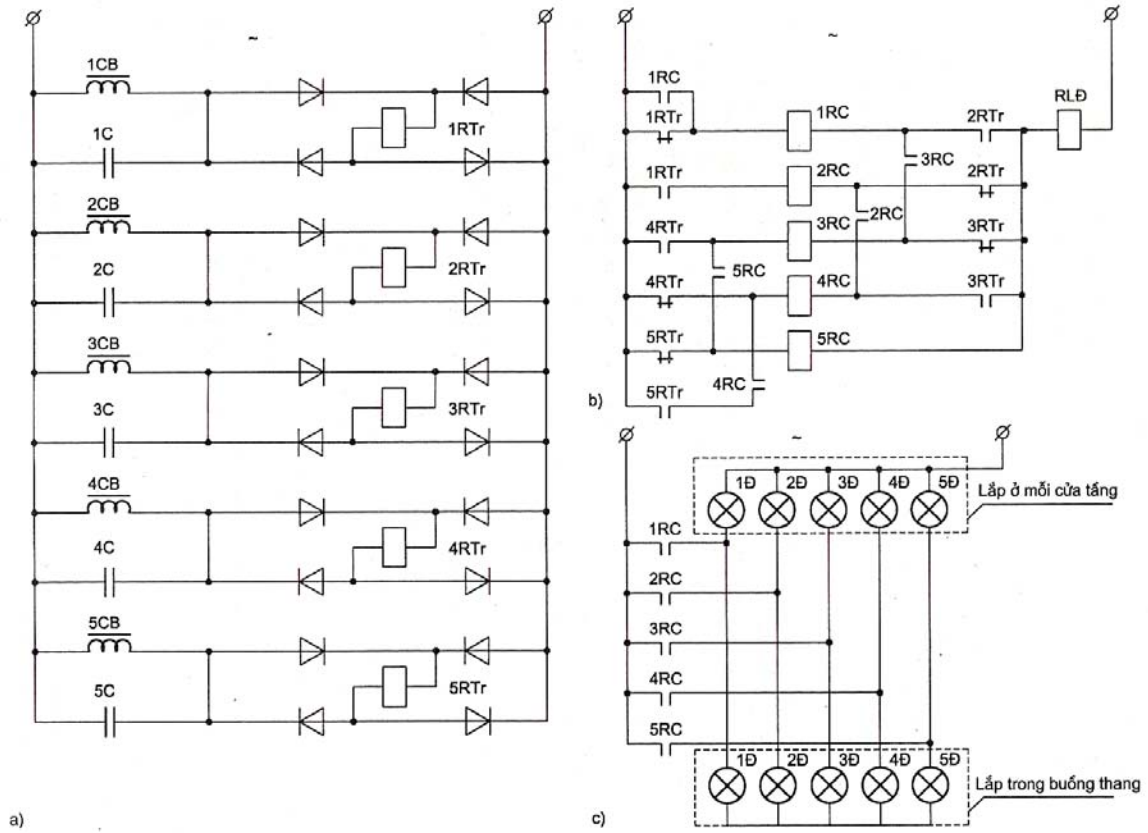
+ 1CB ÷ 5CB, các bộ cảm biến vị trí kiểu cảm ứng.

+ 1RTr ÷ 5RTr, role trung gian.

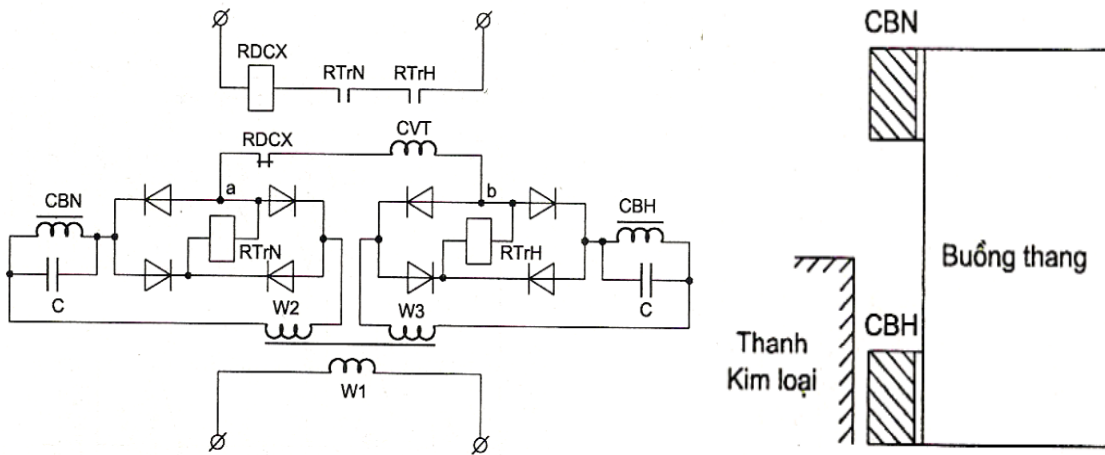
Số lượng cảm biến vị trí CB và role trung gian bằng số tầng của ngôi nhà mà thang máy phục vụ.

Nguyên lý làm việc của sơ đồ: Giả sử buồng thang đang ở tầng 1, cuộn dây role chọn tầng 1RC được cấp nguồn qua tiếp điểm 1RTr và 2RTr (đóng khi buồng thang chưa đến tầng 2). Khi buồng thang rời khỏi tầng 1, role trung gian 1RTr tác động dẫn đến 1RC mất điện. Khi buồng thang đến đúng tầng 2, role chọn tầng 2RC có điện. Cứ như vậy, khi buồng thang di chuyển theo chiều nâng, các role chọn tầng có điện theo thứ tự 1RC, 2RC, 3RC v.v... Role chọn tầng của tầng trước đó sẽ mất điện khi buồng thang đi tới tầng liền kề. Khi buồng thang di chuyển theo chiều đi xuống, thứ tự có điện của các role chọn tầng RC sẽ theo chiều ngược lại.

Hệ thống đèn báo sẽ báo vị trí của buồng thang được lắp đặt ở hai nơi: trong buồng thang và trên mỗi tầng. (hình 9-14c)



Hình 9-14. Sơ đồ nguyên lý bộ tìm - chọn tầng
 a) Bộ cảm biến vị trí; b) Sơ đồ không chế c) Hệ thống đèn báo



Hình 9-15 Sơ đồ nguyên lý bộ dừng chính xác
 a) Sơ đồ nguyên lý; b) sơ đồ bố trí cảm biến

b) Bộ dừng chính xác

- Cuộn không chế CVT là cuộn kiểm tra vị trí của buồng thang có thể là cuộn không chế của MĐKĐ trong sơ đồ hình.9-13

Bộ dừng chính xác có hai cảm biến dừng chính xác: CBN - di chuyển của buồng thang đi lên và CBH - di chuyển buồng thang theo chiều xuống. Hai cảm biến CBN và CBH lắp ở buồng thang, còn thanh gạt lắp trong giếng buồng thang ngang với các sàn tầng. Khi vị trí buồng thang ở giữa hai tầng, hai role trung gian RTrN và RTrH có điện, role dừng chính xác có điện, tiếp điểm của nó sẽ cắt điện cấp cho cuộn không chế CVT.

Khi buồng thang di chuyển gần đến sàn tầng nào đó với tốc độ thấp, thanh kim loại ở thành giếng sẽ làm kín mạch từ của 1 trong 2 cảm biến dừng chính xác (CBN hoặc CBH) tùy thuộc vào chiều chuyển động của buồng thang, làm cho tiếp điểm của một trong 2 role trung gian RTrN hoặc RTrH sẽ cắt điện cuộn dây role dừng chính xác RDCX, kết quả tiếp điểm của RDCX sẽ đóng cuộn dây CVT vào nguồn. Điện áp đặt lên cuộn không chế CVT bằng:

$$U_{CVT} = U_{ab}$$

Trong đó: $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$

Khi đó $\varphi_a \neq \varphi_b$, trong cuộn dây CVT xuất hiện dòng, chiều của dòng điện đó được chọn sao cho buồng thang di chuyển theo hướng cũ. Khi buồng thang di chuyển đến đúng sàn tầng $\varphi_a = \varphi_b$ làm cho điện áp ra của MĐKĐ (h9-13) bằng không, động cơ dừng quay, buồng thang dừng lại. Nếu do quán tính lớn, buồng thang di chuyển qua mức dừng của buồng thang, $\varphi_a \neq \varphi_b$, sẽ xuất hiện dòng điện trong cuộn không chế CVT theo chiều ngược lại, điện áp phát ra của MĐKĐ có cực tính để buồng thang di chuyển ngược lại với tốc độ thấp cho đến khi buồng thang dừng đúng ở vị trí dừng tầng.

c) Bộ điều khiển logic khả trình (PLC)

Ngày nay sơ đồ điều khiển thang máy dùng các phần tử tiếp điểm (role, công tắc tơ) được thay thế bằng các phần tử không tiếp điểm dùng bộ điều khiển khả lập trình (PLC).

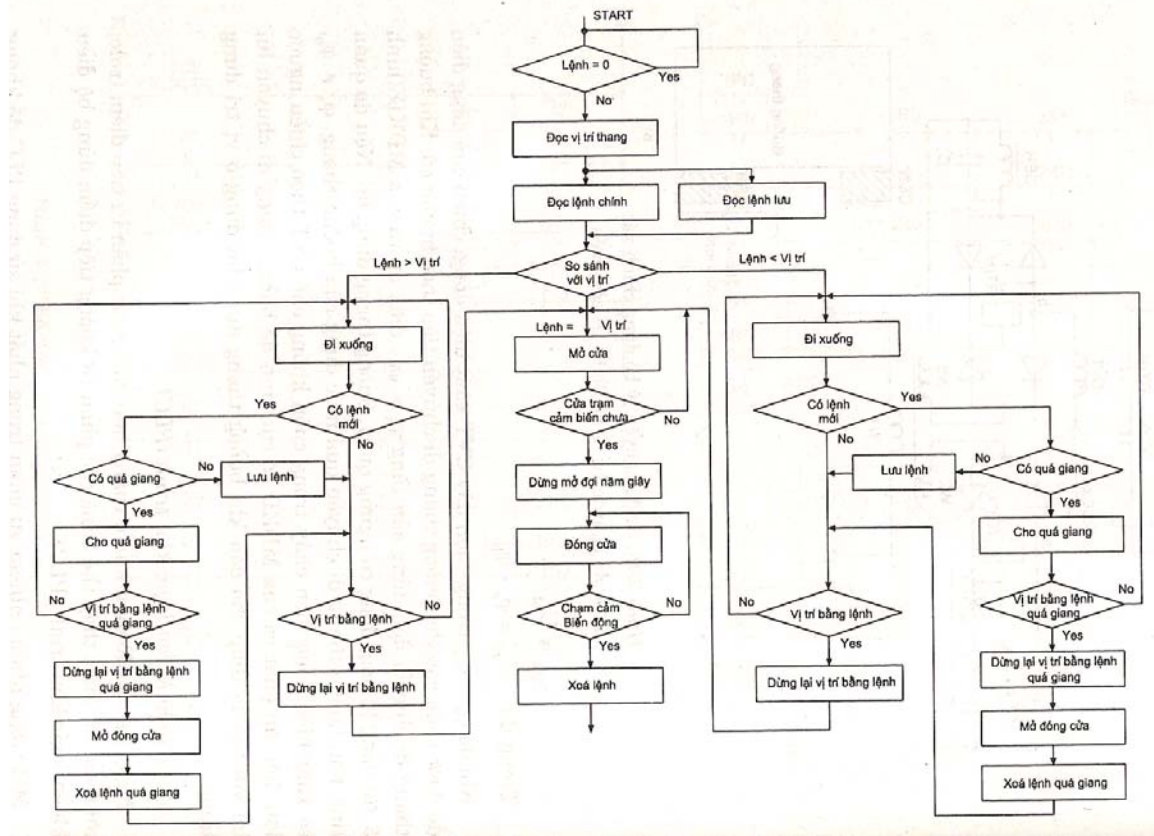
Một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất khi sử dụng PLC để không chế thang máy là lập lưu đồ điều khiển thang máy (hình 9-16).

+ Thuyết minh sơ đồ:

- Start - bắt đầu quá trình chuẩn bị khởi động, đọc vị trí của buồng thang, tức là buồng thang đang đứng ở một tầng nào đó được hiển thị trên mỗi tầng để khách có thể nhận biết buồng thang đang đi lên, hay đi xuống hoặc đang đứng tại một tầng nào đó.

Vị trí 1 tương ứng với buồng thang đang ở tầng 1

Vị trí 2 tương ứng với buồng thang đang ở tầng 2.



Hình 9-16 Lưu đồ điều khiển thang máy

Vị trí n tương ứng với buồng thang đang ở tầng n .

- Đọc lệnh:

* Lệnh chính đó là các lệnh mà khách gọi buồng thang đi lên hoặc đi xuống.

* Lệnh lưu: lưu tất cả các lệnh nằm ngoài không cho phép quá giang so với lệnh chính, đồng thời lưu tất cả các lệnh không cùng hành trình chính, sau khi thực hiện xong các lệnh chính, thang máy sẽ quay lại thực hiện các lệnh lưu.

* Bộ so sánh lệnh thực hiện so sánh lệnh đọc vị trí buồng thang hiện tại so với lệnh đọc vào, có khác với vị trí buồng thang để thực hiện ra lệnh cho buồng thang đi lên, hoặc đi xuống hoặc cho phép quá giang. Nếu không, sẽ lưu lệnh và thực hiện lệnh chính.

* Lệnh dừng buồng thang được dừng lệnh gọi hoặc dừng khi buồng thang đến đúng vị trí tầng cần đến. Đồng thời lệnh dừng được đọc vào khi các điều kiện an toàn không được thực hiện như: các cửa tầng chưa đóng, cửa buồng thang chưa đóng, tốc độ quá giới hạn cho phép hoặc đứt cáp v.v...

+ Nguyên lý hoạt động của sơ đồ:

Khi ấn nút Star, chương trình điều khiển thang máy tự động khởi động. Khi thang máy đã ở trạng thái sẵn sàng phục vụ thì chương trình tiến hành

quét đầu vào xem có lệnh gọi hay không. Lúc này đèn báo sáng hiển thị vị trí, trạng thái buồng thang đang chuyển động lên hay xuống hoặc đang đứng ở một vị trí nào đó. Tín hiệu của chương trình làm việc nếu có người ấn nút gọi tầng (GT). Bộ so sánh đưa chương trình vào làm việc. Nếu vị trí buồng thang trùng với lệnh gọi thì buồng thang không di chuyển và tiếp tục chờ lệnh điều khiển di chuyển buồng thang bằng nút bấm đến tầng (ĐT). Trong trường hợp, nếu có lệnh gọi tầng đưa vào chương trình, có sự thay đổi vị trí của buồng thang, lúc này bộ so sánh lệnh sẽ đưa ra tín hiệu di chuyển buồng thang đi lên hoặc đi xuống.

Giả sử buồng thang đang ở tầng 1, khách trong buồng thang muốn lên tầng 4, khách ấn vào 4ĐT, buồng thang sẽ khởi động di chuyển theo hướng đi lên. Trong quá trình buồng thang di chuyển, nếu có lệnh gọi tầng đi lên thì chương trình thực hiện lệnh cho khách quá giang; nếu gọi đi xuống chương trình thực hiện lệnh lưu.

Chương 10

TRANG BỊ ĐIỆN MÁY XÚC

10-1 Khái niệm chung và phân loại

Máy xúc được sử dụng rộng rãi trong ngành khai thác mỏ lộ thiên, trên công trường xây dựng công nghiệp và dân dụng, trên các công trình thuỷ lợi, xây dựng cầu đường và nhiều hạng mục công trình khác nhau, ở những nơi mà yêu cầu bốc xúc đất đá với khối lượng lớn.

Máy xúc có nhiều loại, nhưng có thể phân loại theo các chỉ tiêu sau:

1. Phân loại theo tính năng sử dụng

a) Máy xúc dùng trong ngành xây dựng chạy bằng bánh xích, bánh lốp có thể tích gàu xúc từ $0,25 \div 2\text{m}^3$.

b) Máy xúc dùng trong ngành khai thác mỏ lộ thiên có thể tích gàu xúc từ $4 \div 8\text{m}^3$.

c) Máy xúc dùng để bốc xúc đất đá có thể tích gàu xúc từ $4 \div 35\text{m}^3$.

d) Máy xúc bước gàu ngoạm có thể tích gàu xúc từ $4 \div 80\text{m}^3$.

2. Phân loại theo cơ cấu bốc xúc

a) Máy xúc có cơ cấu bốc xúc là gàu thuận, gàu xúc di chuyển vào đất đá theo hướng từ máy xúc đi ra phía trước dưới tác dụng của hai lực kết hợp: cơ cấu nâng - hạ gàu và cơ cấu tay gàu (h.10-1a).

b) Máy xúc có cơ cấu bốc xúc là gàu ngược, gàu di chuyển vào đất đá theo hướng từ ngoài vào trong dưới tác dụng của hai lực kết hợp: cơ cấu nâng hạ gàu và cơ cấu đẩy tay gàu (h.10-1b).

c) Máy xúc có cơ cấu bốc xúc kiểu gàu cào. Gàu cào di chuyển theo mặt phẳng ngang từ ngoài vào trong trên cần gàu dẫn hướng (h.10-1c).

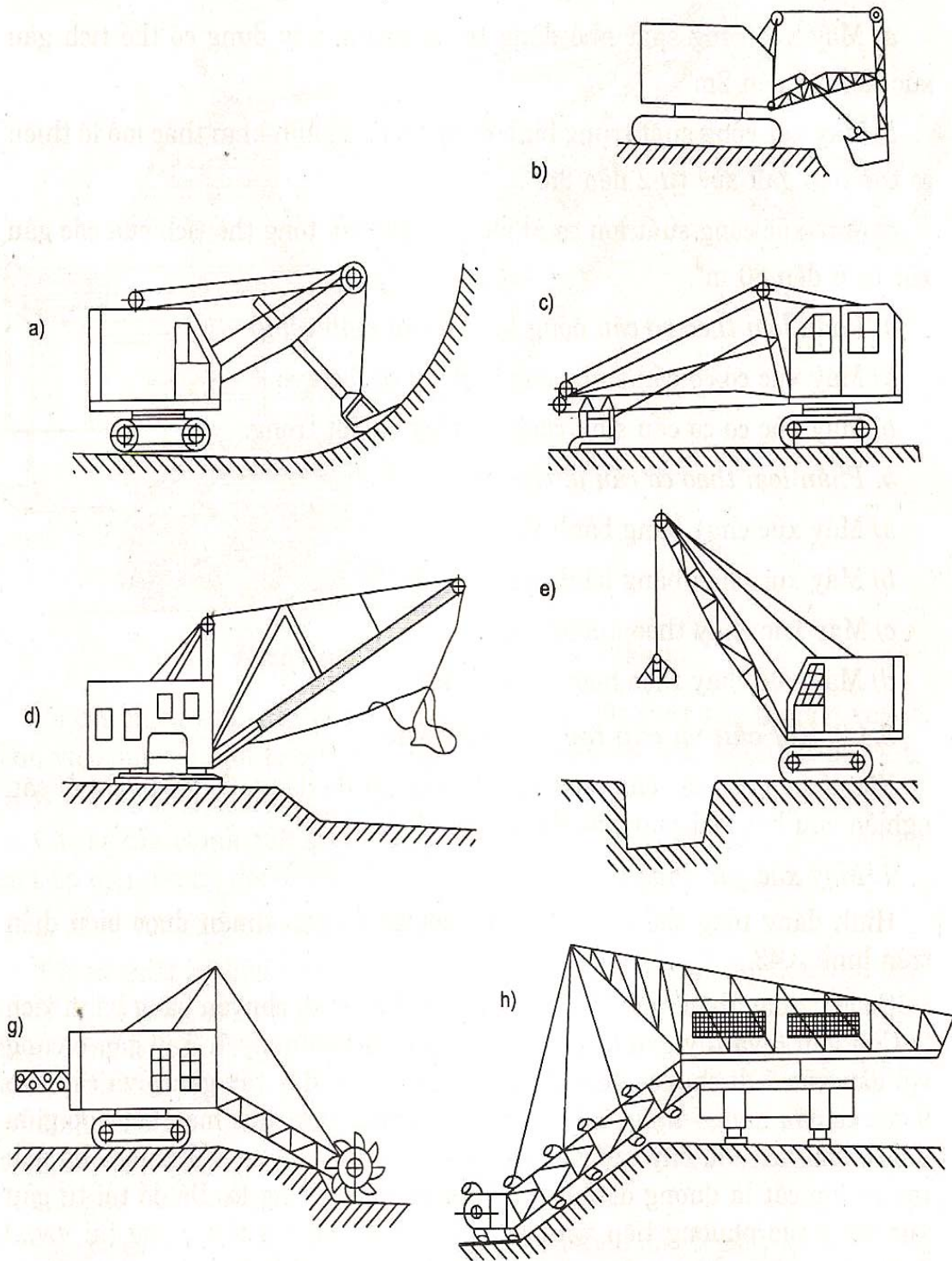
d) Máy xúc có cơ cấu bốc xúc là gàu treo trên dây, gàu di chuyển theo hướng từ ngoài vào trong máy xúc dưới tác dụng của hai lực kết hợp: cơ cấu kéo cáp và cơ cấu nâng cáp (h.10-1d).

e) Máy xúc có cơ cấu bốc xúc kiểu gàu ngoạm, quá trình bốc xúc đất đá được thực hiện bằng cách kéo khép kín dần hai nửa thành gàu dưới tác dụng của cơ cấu kéo cáp và cơ cấu nâng cáp (h.10-1e). Cơ cấu bốc xúc kiểu gàu ngoạm có thể thay thế bằng cơ cấu móc gọi là máy xúc - cần cẩu.

g) Máy xúc rôto, có cơ cấu bốc xúc gàu quay. Gàu quay gồm một bánh xe, có nhiều gàu xúc nhỏ gá lắp trên bánh xe theo chu vi của bánh xe (h.10-1g).

h) Máy xúc nhiều gàu xúc, gồm nhiều gàu nhỏ nối tiếp theo băng xích di chuyển liên tục (giống như băng chuyền) (h.10-1h).

Trong các loại máy xúc kể trên, máy xúc gàu thuận (h.10-1a) có mức đứng thấp hơn so với mức gương lò (mức đất đá cần bốc xúc). Máy xúc gàu cào có mức đứng của máy xúc ngang với mức của gương lò, còn tất cả các máy xúc còn lại có mức đứng của máy xúc cao hơn mức của gương lò.



Hình 10-1 .Các loại máy xúc

a) máy xúc gàu thuận; b) máy xúc gàu ngược; c) máy xúc gàu cào;
 d) máy xúc gàu treo; e) máy xúc roto; h) máy xúc nhiều gàu xúc

3. Phân loại theo thể tích gàu xúc (hoặc theo công suất)

a) Máy xúc công suất nhỏ dùng trong ngành xây dựng có thể tích gàu xúc từ $0,25 \div 2\text{m}^3$.

b) Máy xúc công suất trung bình dùng trong ngành khai thác mỏ lộ thiên có thể tích gàu xúc từ $2 \div 8\text{m}^3$.

c) Máy xúc công suất lớn có nhiều gàu xúc với tổng thể tích của các gàu xúc từ $6 \div 80\text{m}^3$.

3) Phân loại theo cơ cấu động lực (cơ cấu sinh công)

a) Máy xúc có cơ cấu sinh công là động cơ điện.

b) Máy xúc có cơ cấu sinh công là động cơ đốt trong.

4. Phân loại theo cơ cấu di chuyển

a) Máy xúc chạy bằng bánh xích.

b) Máy xúc chạy bằng bánh lốp.

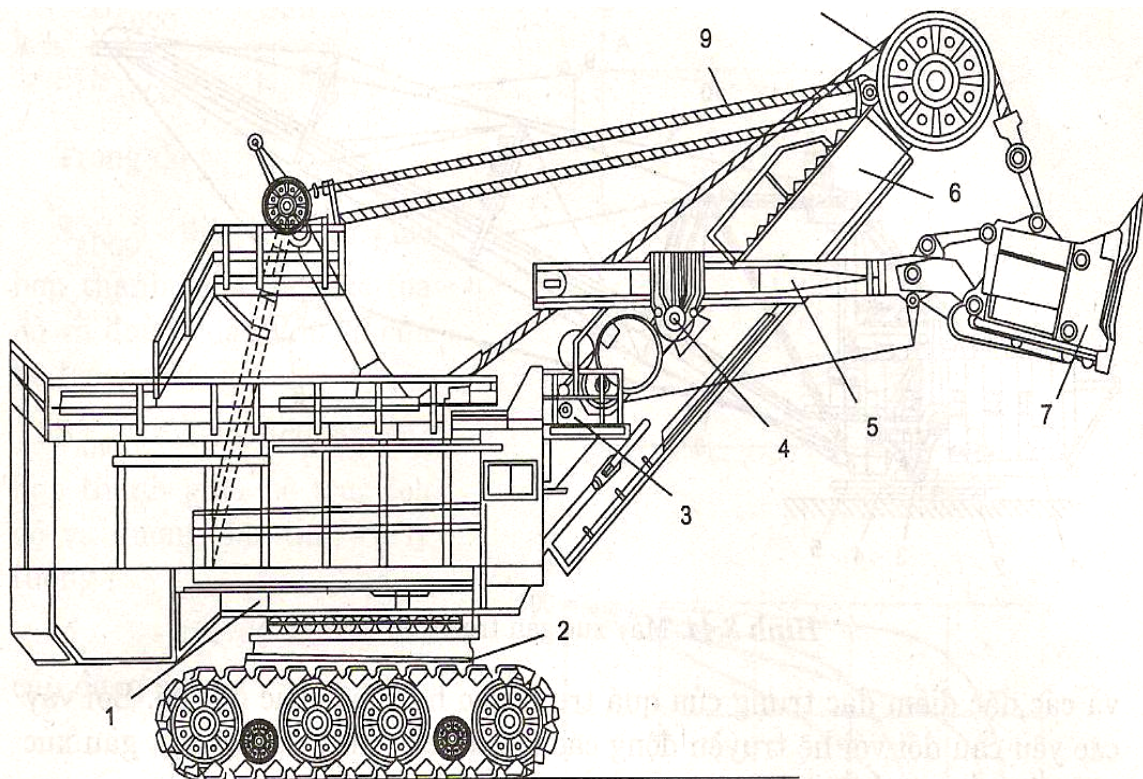
c) Máy xúc chạy theo đường ray.

d) Máy xúc chạy theo bước (h.10-1h).

10-2 Kết cấu và cấu tạo của máy xúc

Kết cấu và cấu tạo của các loại máy xúc rất đa dạng. Ta chỉ nghiên cứu hai loại máy xúc đặc trưng là máy xúc gàu thuận và máy xúc gàu treo trên dây.

1. Máy xúc gàu thuận



Hình 10-2 Máy xúc một gàu – gàu thuận

Cơ cấu quay (bàn quay) 1 được lắp trên cơ cấu di chuyển bằng bánh xích 2. Cần gàu 6 và tay gàu 5 cùng được lắp trên bàn quay 1. Tay gàu 5 cùng với gàu xúc 7 di chuyển theo gương lò do cơ cấu đẩy tay gàu 4 và cáp kéo 9 của cơ cấu nâng - hạ gàu. Quá trình bốc xúc được thực hiện kết hợp giữa hai cơ cấu: cơ cấu đẩy tay gàu tạo ra bề dày lớp cát, cơ cấu nâng - hạ gàu tạo ra lớp cát là đường di chuyển của gàu theo gương lò. Để đổ tải từ gàu xúc sang các phương tiện khác được thực hiện nhờ cơ cấu mở đáy gàu 3 lắp trên thành thùng xe của máy xúc.

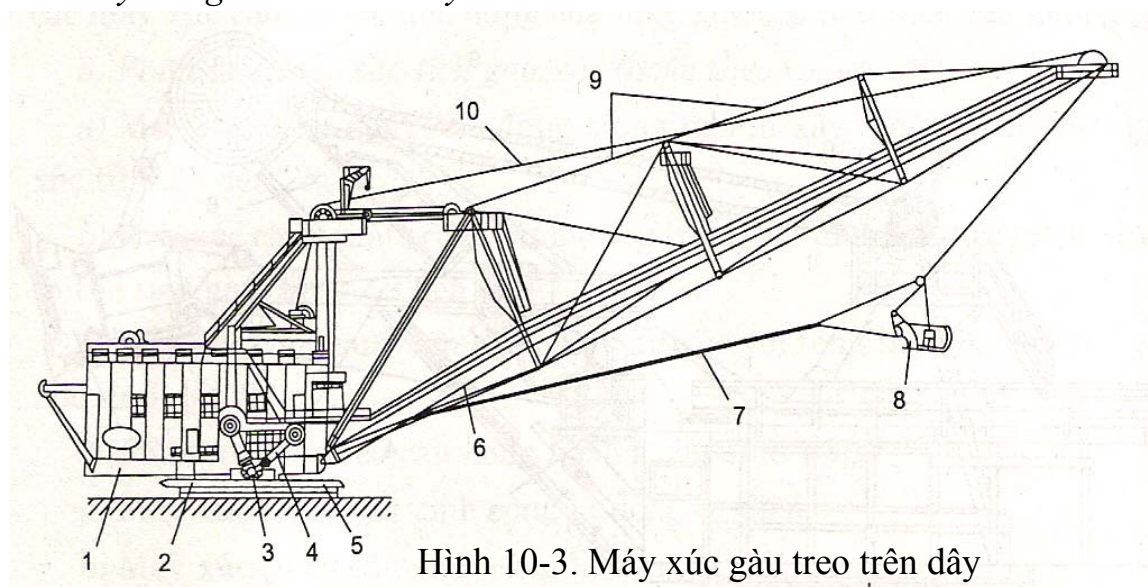
Máy xúc có ba chuyển động cơ bản: nâng - hạ gàu, ra - vào tay gàu và quay, ngoài ra còn có một số chuyển động phụ khác như: nâng cần gàu, di chuyển máy xúc, đóng - mở đáy gàu v.v...

Chu trình làm việc của máy xúc bao gồm các công đoạn sau: đào, nâng gàu đồng thời quay gàu về vị trí đổ tải, quay gàu về vị trí đào và hạ gàu xuống gương lò. Thời gian của một chu trình làm việc khoảng từ 20 ÷ 60s.

Cơ cấu nâng hạ gàu và cơ cấu tay gàu của máy xúc thường xuyên làm việc quá tải (gọi là quá tải làm việc) do gàu bốc xúc phải đất đá cứng hoặc lớp cát quá sâu.

Các cơ cấu chính của máy xúc làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại với hệ số tiếp điểm tương đối $TĐ\% = (25 \div 75)\%$

2. Máy xúc gàu treo trên dây.



Tất cả thiết bị điện và thiết bị cơ khí của máy xúc được lắp đặt trên bàn quay 1. Có thể quay với góc quay tới hạn trên bệ 2. Di chuyển máy xúc thực hiện bằng cơ cấu tạo bước tiến 3 và hai kích thủy lực 4. Máy xúc di chuyển được nhờ tám trượt 5 lắp ở hai bên thành của bàn quay 1. Cần gàu 6 lắp cố định trên bàn quay bằng hệ thống thanh giằng 9. Gàu xúc 8 được treo trên

dây cáp nâng 10. Quá trình bốc xúc đất đá được thực hiện nhờ cáp kéo 7, kéo gàu theo hướng từ ngoài vào trong máy xúc.

Các cơ cấu của máy xúc làm việc trong điều kiện môi trường khắc nghiệt với chế độ làm việc nặng nề, chao lắc mạnh, nhiều bụi, nhiệt độ môi trường thay đổi trong phạm vi rộng. Một số yếu tố khác cũng gây ảnh hưởng đến chế độ làm việc của các cơ cấu của máy xúc như: độ nghiêng, độ chênh dọc trục của máy xúc, gia tốc lớn khi mở máy và hãm v.v... Do chế độ làm việc của máy xúc nặng nề như vậy, nên các thiết bị của máy xúc phải được chế tạo chắc chắn, độ bền cơ học cao và độ tin cậy làm việc cao.

10-3. Các yêu cầu cơ bản đối với hệ truyền động các cơ cấu của máy xúc

Chế độ làm việc của một máy xúc phụ thuộc vào cấu tạo, kết cấu của nó và các đặc điểm đặc trưng của quá trình đào hoặc bốc xúc đất đá. Bởi vậy, các yêu cầu đối với hệ truyền động các cơ cấu của máy xúc có một gàu xúc và máy xúc có nhiều gàu xúc có nhiều điểm khác biệt nhau.

1. Đối với máy xúc có một gàu xúc

Đối với máy xúc có một gàu xúc, các yêu cầu chính đối với hệ truyền động các cơ cấu bao gồm:

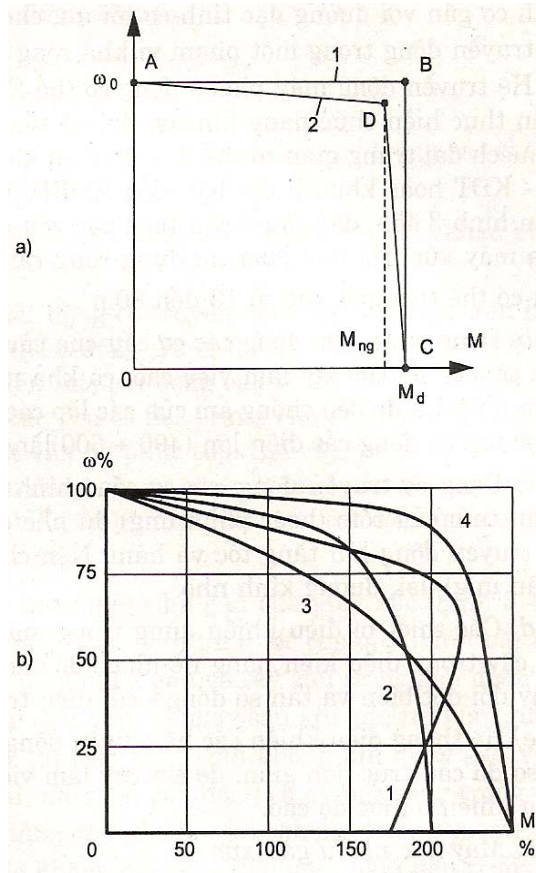
a) Đặc tính cơ của hệ truyền động điện truyền động các cơ cấu chính của máy xúc (cơ cấu nâng - hạ gàu, cơ cấu quay và cơ cấu đẩy tay gàu) phải đảm bảo hai yêu cầu chính sau:

- Trong phạm vi tải thay đổi từ 0 đến dòng nhỏ hơn dòng điện ngắt ($I_{ng} = 2,25 \div 2,5I_{dm}$), độ sụt tốc độ không đáng kể để đảm bảo năng suất của máy xúc.

- Khi động cơ bị quá tải ($I \geq I_{ng}$), tốc độ của động cơ truyền động phải giảm nhanh về không để không gây hỏng hóc đối với động cơ.

Để đáp ứng hai yêu cầu trên, hệ truyền động phải tạo ra đường đặc tính cơ đặc trưng gọi là đặc tính “máy xúc” (đường 1 hình 10-4a).

Trong thực tế không sử dụng đường đặc tính cơ lý tưởng như đường 1 vì người vận hành máy xúc không cảm nhận được nhận được thời điểm quá tải



Hình 10- 4 Đặc tính cơ của các hệ truyền động cơ cấu máy xúc
a) Dùng để xác định hệ số lắp dây
b) Đặc tính cơ của một số hệ truyền động tiêu biểu

của động cơ để giảm tốc độ hạn chế momen của động cơ nhỏ hơn trị số lớn nhất cho phép dẫn đến làm cho động cơ dễ bị cháy, mà thường dùng đặc tính mềm hơn (đường 2 hình 10-4a)

Năng suất của máy xúc được đánh giá bằng diện tích của tứ giác hợp thành giữa hệ trục tọa độ và đường đặc tính cơ của hệ truyền động (hình 10-4a) S_{ADCO} . Để đánh giá năng suất của máy xúc, ta có hệ số lấp đầy k . Hệ số lấp đầy k được tính theo biểu thức sau:

$$k = \frac{S_{ADCO}}{S_{ABCO}} = \frac{S.m}{\omega_0 M_d}$$

với: S_{ADCO} - diện tích tứ giác hợp thành giữa hệ trục tọa độ và đường đặc tính cơ của hệ truyền động;

S_{ABCO} - diện tích tứ giác hợp thành giữa hệ trục tọa độ và đường đặc tính cơ lý tưởng;

ω_0 - tốc độ không tải của động cơ.

m - hệ số tỷ lệ.

Hệ số lấp đầy của các hệ truyền động hiện đại có thể đạt đến $k = 0,8 \div 0,9$.

Trên hình 10-4b biểu diễn các đường đặc tính cơ của một số hệ truyền động các cơ cấu của máy xúc. Họ đặc tính cơ của các hệ đó cho phép đánh giá và tính chọn hệ truyền động một cách hợp lý đối với từng loại máy xúc cụ thể. Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ ba pha (đường 1) được sử dụng rộng rãi cho các loại máy xúc công suất bé với thể tích gàu xúc dưới $1m^3$. Đặc biệt là khi dùng động cơ truyền động là động cơ không đồng bộ có hệ số trượt lớn cho phép hạn chế dòng của động cơ trong giới hạn cho phép.

Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ rôto dây quấn nếu có đấu thêm một điện trở phụ trong mạch roto của động cơ $R_f = (0,1 \div 0,15)R$ (R là điện trở của dây quấn roto của động cơ) và có cuộn kháng bảo hoà trong mạch stato của động cơ (đường 2 hình 10-4b) ta sẽ nhận được đường đặc tính cơ tối ưu đối với các cơ cấu của máy xúc công suất nhỏ.

Hệ truyền động máy phát một chiều có ba cuộn kích từ - động cơ điện một chiều (đường 3 hình 10-4b) thường dùng đối với các loại máy xúc công suất trung bình với thể tích gàu xúc từ 2 đến $5m^3$. Hệ này có đường đặc tính cơ gần với đường đặc tính cơ tối ưu, cho phép điều chỉnh tốc độ động cơ truyền động trong một phạm vi khá rộng.

Hệ truyền động máy phát - động cơ (F-Đ) có khâu khuếch đại trung gian thực hiện chức năng khuếch đại và tổng hợp các tín hiệu điều khiển (khuếch đại trung gian có thể là máy điện khuếch đại - MĐKĐ, khuếch đại từ - KĐT, hoặc khuếch đại bán dẫn KĐBD) sẽ tạo ra đường đặc tính cơ 4 (trên hình 10-4b), đáp ứng hoàn toàn yêu cầu về truyền động các cơ cấu của máy xúc.

Hệ này được sử dụng rộng rãi trong các máy xúc công suất lớn có thể tích gàu xúc từ $10 \div 80\text{m}^3$.

b) Động cơ truyền động các cơ cấu của cầu trục phải có độ chắc chắn về kết cấu và độ tin cậy làm việc cao, có khả năng chịu quá tải lớn. Độ bền nhiệt và độ bền chống ẩm của các lớp cách điện trong động cơ cao, chịu được tần số đóng cắt điện lớn ($400 \div 600$) lần /h.

c) Động cơ truyền động các cơ cấu chính của máy xúc phải có momen quán tính của roto (hoặc phần ứng) đủ nhỏ để giảm thời gian quá độ của hệ truyền động khi tăng tốc và hãm. Nên chọn loại động cơ có roto (hoặc phần ứng) dài, đường kính nhỏ.

d) Các thiết bị điều khiển dùng trong máy xúc phải đảm bảo làm việc tin cậy trong điều kiện nặng nề nhất (độ rung động, chao lắc lớn, phụ tải thay đổi đột biến và tần số đóng - cắt điện trở lớn).

e) Hệ thống điều khiển các hệ truyền động các cơ cấu của máy xúc phải có sơ đồ cấu trúc đơn giản, độ tin cậy làm việc cao, tự động hoá quá trình điều khiển ở mức độ cao.

2. Máy xúc nhiều gàu xúc

Hệ truyền động dùng trong máy xúc nhiều gàu xúc phải đáp ứng các yêu cầu chính sau:

a) Hệ truyền động phải đảm bảo quá trình mở máy xảy ra êm, hạn chế gia tốc và mômen trong giới hạn cho phép để không ảnh hưởng đến kết cấu cơ khí của những gàu xúc con gá lắp trên băng xích.

b) Động cơ truyền động phải có momen mở máy lớn để khắc phục momen quán tính lớn của băng xích có gá các gàu xúc con, lực ma sát trong thanh dẫn hướng và trong các ổ đỡ.

c) Hệ thống điều khiển truyền động điện phải đảm bảo quá trình mở máy xảy ra êm và phạm vi điều chỉnh tốc độ động cơ khá rộng ($D= 10:1$).

d) Hệ truyền động phải tạo ra đường đặc tính cơ với độ cứng phù hợp để có thể giảm tốc độ quay của các gàu xúc khi phụ tải thay đổi, và bảo vệ quá tải cho băng xích có gá các gàu xúc con một cách chắc chắn.

10-4. Biểu đồ phụ tải của các cơ cấu chính của máy xúc

1. Biểu đồ phụ tải của máy xúc một gàu thuận

Muốn xây dựng được biểu đồ phụ tải chính xác của các hệ truyền động chính của máy xúc cần có các thông số sau:

- Thông số kỹ thuật của động cơ truyền động.
- Các tham số của mạch điều khiển.
- Mômen quán tính của cơ cấu quy đổi về trục động cơ trong các chế độ làm việc khác nhau của hệ truyền động.
- Mômen cản tĩnh của các cơ cấu trong các chế độ làm việc khác nhau của hệ truyền động.

Để tính chọn sơ bộ công suất động cơ truyền động chỉ cần dựa trên biểu đồ phụ tải tối giản của hệ truyền động trong đó chỉ tính đến mômen cản tĩnh của cơ cấu, không tính đến mômen động của cơ cấu trong chế độ quá độ. Việc tính toán chính xác các yếu tố đặc trưng cho chế độ làm việc của các cơ cấu của máy xúc là một vấn đề phức tạp. Bởi vậy, để tiến hành tính chọn công suất động cơ truyền động các cơ cấu của máy xúc có thể sử dụng biểu đồ phụ tải gần giống với biểu đồ phụ tải thực của các cơ cấu chính của máy xúc biểu diễn trên hình 10-5.

Chu trình làm việc của cơ cấu nâng - hạ gầu của máy xúc (h.10-5a) bao gồm giai đoạn chính sau:

- **t1**: thời gian tăng tốc cho quá trình bắt đầu đào bốc đất đá
- **t2**: thời gian nâng tay gầu trong giai đoạn bốc xúc đất đá
- **t3**: thời gian dừng gầu sau lúc bốc xúc xong
- **t4**: thời gian giữ tay gầu cân bằng khi quay gầu về vị trí đổ tải
- **t5**: thời gian đổ tải, momen cầu động cơ giảm trong trình đổ tải
- **t6**: thời gian tăng tốc khi hạ gầu không xuống gương lò
- **t7**: thời gian hạ gầu với tốc độ không đổi
- **t8**: thời gian hãm gầu trước khi hạ gầu xuống gương lò

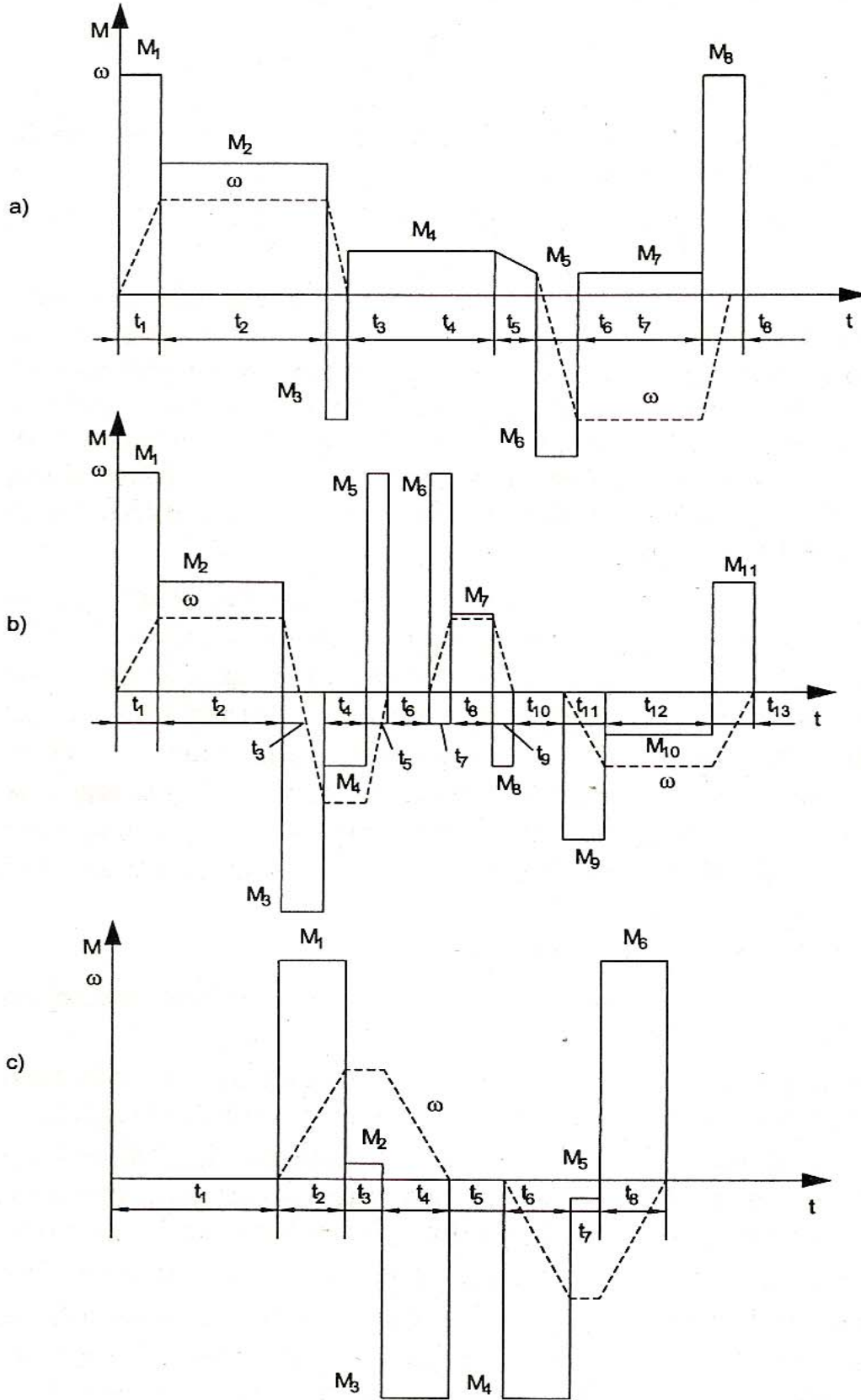
Từ biểu đồ phụ tải, ta rút ra kết luận sau:

- Động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gầu làm việc dài hạn với hệ số tiếp điện tương đối $TĐ\% = 100\%$.

- Trị số của mômen động cơ truyền động xác định bằng mômen cản tĩnh của phụ tải, mômen cản tĩnh của cơ cấu nâng - hạ có tính thế năng.

Biểu đồ phụ tải của động cơ truyền động cơ cấu đẩy tay gầu được biểu diễn trên hình 10-5b. Chu kỳ làm việc của cơ cấu đẩy tay gầu gồm các giai đoạn sau:

- **t1**: thời gian tăng tốc đưa tay gầu vào đất kết hợp với cơ cấu nâng
- **t2**: thời gian gầu đi lên để xúc đất đá
- **t3**: thời gian đảo chiều để lùi tay gầu
- **t4**: thời gian tay gầu di chuyển với tốc độ không đổi theo hướng đi lên
- **t5**: thời gian hãm tay gầu
- **t6**: thời gian nghỉ khi máy quay tay gầu về vị trí đổ tải
- **t7**: thời gian tăng tốc để đẩy tay gầu ra k.cách xa nhất để đổ tải
- **t8**: thời gian tăng tốc để đẩy tay gầu di chuyển với tốc độ không đổi
- **t9**: thời gian hãm khi di chuyển tay gầu
- **t10**: thời gian nghỉ khi đổ tải
- **t11**: thời gian tăng tốc để kéo tay gầu vào
- **t12**: thời gian kéo tay gầu vào với tốc độ không đổi
- **t13**: thời gian hãm tay gầu trước khi hạ tay gầu xuống đất



H.10-5. Biểu đồ phụ tải của các cơ cấu chính của máy xúc một gàu - gàu thuận

Biểu đồ phụ tải của động cơ truyền động cơ cấu truyền động cơ cấu quay biểu diễn trên hình 10-5c

- t_1 : thời gian nghỉ khi gàu di chuyển vào đất đá
- t_2 : thời gian tăng tốc khi gàu đầy tải
- t_3 : thời gian quay tay gàu đầy tải với tốc độ không đổi
- t_4 : thời gian hãm
- t_5 : thời gian nghỉ khi đổ tải
- t_6 : thời gian tăng tốc để quay gàu không về vị trí bốc xúc
- t_7 : thời gian quay gàu không với tốc độ không đổi
- t_8 : thời gian hãm của cơ cấu quay

Trong một số trường hợp, để đơn giản trong việc tính toán, biểu đồ phụ tải không tính đến chế độ động của hệ truyền động. Ví dụ như đối với cơ cấu đẩy tay gàu có thể giả thiết rằng: $M_1 = M_2$; $M_3 = M_4$; $M_4 = M_5$; $M_6 = M_7$; $M_8 = M_9$ và $M_{10} = M_{11}$. Cũng tương tự như vậy có thể xây dựng biểu đồ phụ tải tối giản cho động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu.

2. Biểu đồ phụ tải của máy xúc gàu treo dây. (hình 10-6)

Biểu đồ phụ tải của cơ cấu kéo cáp gồm các giai đoạn sau (h.10-6a):

t_1 - thời gian tăng tốc của động cơ truyền động để đưa gàu xúc xuống gương lò.

t_2 - thời gian bốc xúc.

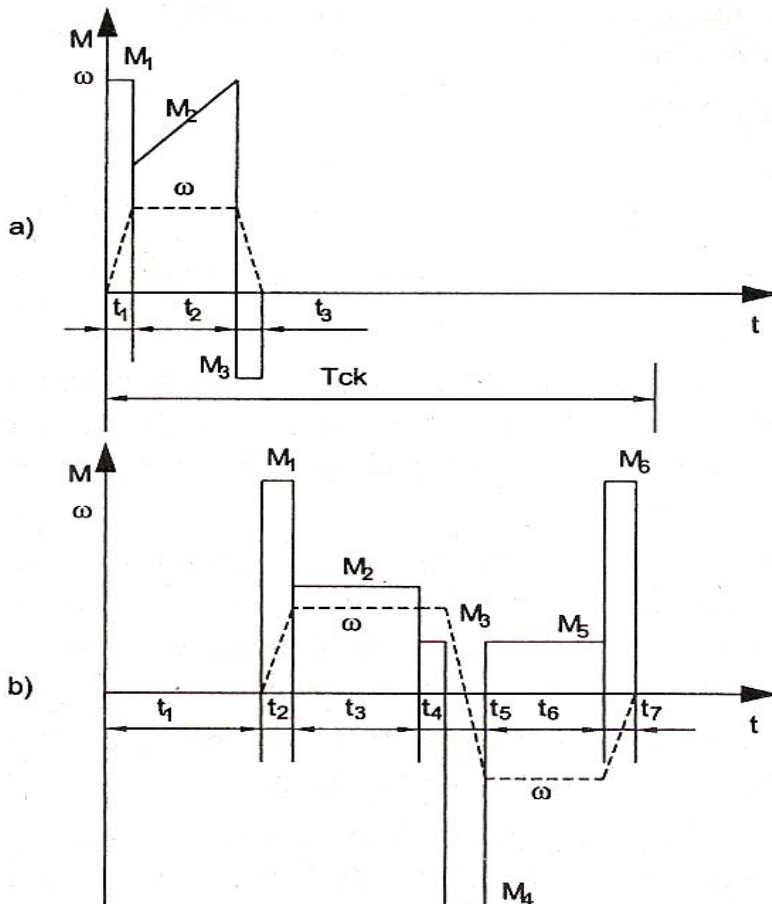
t_3 - thời gian kết thúc quá trình bốc - xúc.

Biểu đồ phụ tải của động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu (h.10-6b)

t_1 - thời gian nghỉ, trong khi cơ cấu kéo gàu đi thực hiện quá trình bốc xúc;

t_2 - thời gian tăng tốc của cơ cấu nâng gàu khi gàu xúc bắt đầu rời khỏi gương lò;

t_3 - thời gian nâng gàu với tốc độ không đổi,



H.10-6. Biểu đồ phụ tải của các cơ cấu chính của máy xúc gàu treo trên dây

a) Cơ cấu kéo; b) Cơ cấu nâng - hạ

đồng thời quay gàu về vị trí đổ tải;

t_4 - thời gian đổ tải;

t_5 - thời gian hãm của cơ cấu đồng thời động cơ truyền động cơ cấu đảo chiều để hạ gàu xuống gương lò;

t_6 - thời gian hạ gàu xuống gương lò với tốc độ không đổi, đồng thời quay gàu theo hướng ngược lại.

t_7 - thời gian hãm của cơ cấu để đưa gàu vào gương lò.

Biểu đồ phụ tải của cơ cấu quay của máy xúc gàu treo trên dây tương tự như của máy xúc một gàu - gàu thuận.

10-5. Tính chọn công suất động cơ truyền động các cơ cấu chính của máy xúc.

Để tính chọn được công suất động cơ truyền động các cơ cấu của máy xúc cần phải có các dữ kiện ban đầu sau đây:

- Sơ đồ động học của cơ cấu.
- Chế độ làm việc của máy xúc.
- Tốc độ di chuyển của cơ cấu.
- Thời gian của một chu trình làm việc của cơ cấu.
- Loại đất đá hoặc quặng và một số dữ kiện khác v.v...

Tất cả các thông số trên có thể nhận được từ kích thước kết cấu của máy xúc với năng suất (thể tích gàu xúc) xác định. Chế độ động của cơ cấu trong quá trình làm việc như tăng tốc, hãm, thay đổi tốc độ ảnh hưởng rất đáng kể đến năng suất của máy xúc.

Mômen quán tính của cơ cấu truyền lực trung gian có thể tính toán được dựa trên sơ đồ động học của cơ cấu, còn mômen quán tính của động cơ chỉ tính được sau khi đã chọn sơ bộ công suất động cơ. Bởi vậy để tính chọn chính xác công suất động cơ, phải tiến hành theo các bước sau:

- Xây dựng biểu đồ phụ tải tối giản dựa trên các công thức (sẽ trình bày sau) và xác định công suất cần tính của động cơ.
- Tiến hành tính chọn sơ bộ công suất động cơ truyền động (trong sổ tay tra cứu) và xây dựng đường đặc tính cơ tự nhiên của động cơ truyền động.
- Xây dựng biểu đồ phụ tải chính xác của động cơ truyền động cơ cấu cho một chu trình làm việc có tính đến chế độ động của hệ truyền động.
- Kiểm tra động cơ đã chọn theo điều kiện phát nóng bằng phương pháp dòng điện hoặc mômen đẳng trị.
- Kiểm tra động cơ theo khả năng quá tải.

Công suất của động cơ đã chọn phải qui đổi hệ số tiếp điện (TĐ%) phù hợp với hệ số tiếp điện quy chuẩn.

1. Động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu của máy xúc gàu thuận

Để xây dựng biểu đồ phụ tải cơ cấu - hạ gàu (hình 10-7) cần phải tính mômen động cơ sinh ra khi thực hiện bốc xúc, nâng gàu đầy tải, đổ tải, hạ

gàu v.v... Mômen của động cơ khi thực hiện bốc xúc đất đá được tính theo biểu thức sau:

$$M_2 = \frac{(G_g + G + 0,5G_{tg} + G_c)R_t \cdot g}{i\eta} \quad [\text{N.m}] \quad (10-1)$$

Trong đó: G_g - khối lượng của gàu, kg;
 G - khối lượng đất đá trong gàu, kg;
 G_{tg} - khối lượng của tay gàu, kg;
 R_t - bán kính của tay nâng, m;
 i - tỷ số truyền từ động cơ đến cơ cấu bốc xúc;
 η - hiệu suất của cơ cấu truyền lực;
 g - gia tốc trọng trường, m/s^2 ;
 G_c - khối lượng tương ứng với sự tác động của lực cắt F_c , kg.

$$G_c = \frac{F_c}{g} \quad [\text{kg}] \quad (10-2)$$

Khối lượng đất đá trong gàu tính theo biểu thức:

$$G = V_1 \gamma \quad [\text{kg}] \quad (10-3)$$

Trong đó V_1 - thể tích đất đá chiếm chỗ trong gàu, m^3
 γ - khối lượng riêng của đất đá, kg/m^3

$$V_1 = S.h.b \quad [\text{m}^3] \quad (10-4)$$

Trong đó S - tiết diện cắt ngang của một lớp cắt, m^2 ;
 h - chiều dài của một đường cắt, m;
 b - hệ số tới, xấp của đất đá (0,6 ÷ 0,8).

Lực cắt được tính theo biểu thức sau:

$$F_c = f \frac{V_1.b}{h} \cdot 10^{-4} \quad [\text{N}] \quad (10-5)$$

Trong đó: f - suất lực cản cắt của đất đá, N/cm^2

Trị số của f phụ thuộc vào tính chất của đất đá, quặng và cơ cấu bốc xúc của từng loại máy xúc.

Tốc độ nâng của gàu được chọn theo kinh nghiệm và phụ thuộc vào năng suất của máy xúc. Đối với máy xúc có thể tích gàu xúc dưới 2m^3 , $v_g = (0,4 \div 0,5)\text{m/s}$; thể tích gàu xúc $(2 \div 3)\text{m}^3$, $v_g = (0,5 \div 0,9)\text{m/s}$ và thể tích gàu xúc từ $(3 \div 6)\text{m}^3$, $v_g = (0,9 \div 1,6)\text{m/s}$.

Mômen của động cơ khi gàu rời khỏi gương lò hoặc khi giữ gàu đầy tải trên không được tính theo biểu thức:

$$M_4 = \frac{(G_g + G + 0,5G_{tg}).R_t \cdot g}{i\eta} \quad [\text{N.m}] \quad (10-6)$$

Mômen động cơ khi hạ gàu không tải bằng:

$$M_7 = \frac{(G_g + 0,5G_{tg}).R_t \cdot \eta \cdot g}{i} \quad [\text{N.m}] \quad (10-7)$$

Tất cả các trị số mômen động cơ khi xây dựng biểu đồ phụ tải tối giản có thể lấy bằng: tăng tốc khi đào $M_1 = 1,5M_2$; hãm sau khi gàu rời khỏi gương lò $M_3 = 0,8M_2$; tăng tốc khi hạ gàu $M_6 = M_2$; hãm trước khi bắt đầu quá trình đào, bốc xúc $M_8 = 1,5M_2$. Dựa vào biểu đồ phụ tải của hệ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu, có thể xác định được mômen đẳng trị của động cơ:

$$M_{dt} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t^2 + M_3^2 t_3 + M_4^2 t_4 + M_5^2 t_5 + M_6^2 t^2 + M_7^2 t_7 + M_8^2 t^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8}} \text{ [N.m]} \quad (10-8)$$

Để tính được thời gian quá độ (t_1 , t_3 , t_6 và t_8), trước hết phải tính thời gian làm việc của động cơ ở chế độ xác lập. Thời gian đào, bốc xúc t_2 phụ thuộc vào độ dài của đường cắt h (chiều cao của gương lò) và tốc độ nâng của gàu v_g . Thời gian giữ gàu trên không khi quay về hai hướng t_4 và t_7 phụ thuộc vào tốc độ quay của cơ cấu quay của máy xúc. Thời gian đổ tải t_5 phụ thuộc vào thể tích của gàu xúc.

Thời gian tổng của một chu trình làm việc của cơ cấu nâng - hạ gàu có thể được tính bằng:

$$t_{ck} = \Sigma t = (1,15 \div 1,2)(t_2 + t_4 + t_5 + t_7) \quad [s] \quad (10-9)$$

Công suất của động cơ được chọn dựa trên hai đại lượng: mômen đẳng trị M_{dt} và tốc độ nâng gàu v_g .

2. Động cơ truyền động cơ cấu đẩy tay gàu của máy xúc một gàu - gàu thuận.

Công suất động cơ truyền động cơ cấu đẩy tay gàu của máy xúc gàu thuận được xác định bởi các trị số ngoại lực tác dụng lên tay gàu của máy xúc. Các lực đó thay đổi phụ thuộc vào vị trí của tay gàu so với cần gàu của máy xúc, phụ thuộc vào chế độ làm việc của cơ cấu đẩy tay gàu để tạo ra chuyển động tịnh tiến hoặc giữ tay gàu tại chỗ. Để tay gàu di chuyển tịnh tiến được ra phía trước, cơ cấu đẩy tay gàu phải tạo ra lực đẩy song song với trục tay gàu theo hướng từ đầu tay gàu ra đến gàu xúc. Trong đó thành phần lực đẩy hữu ích tạo ra để khắc phục thành phần pháp tuyến của lực cản khi cắt đất đá và thành phần lực F_n (hình 10-7) gàu có hướng song song với trục của tay gàu.

Các vị trí tính toán của tay gàu: b, c, d và e, các bản vẽ véc tơ lực tác dụng lên tay gàu.

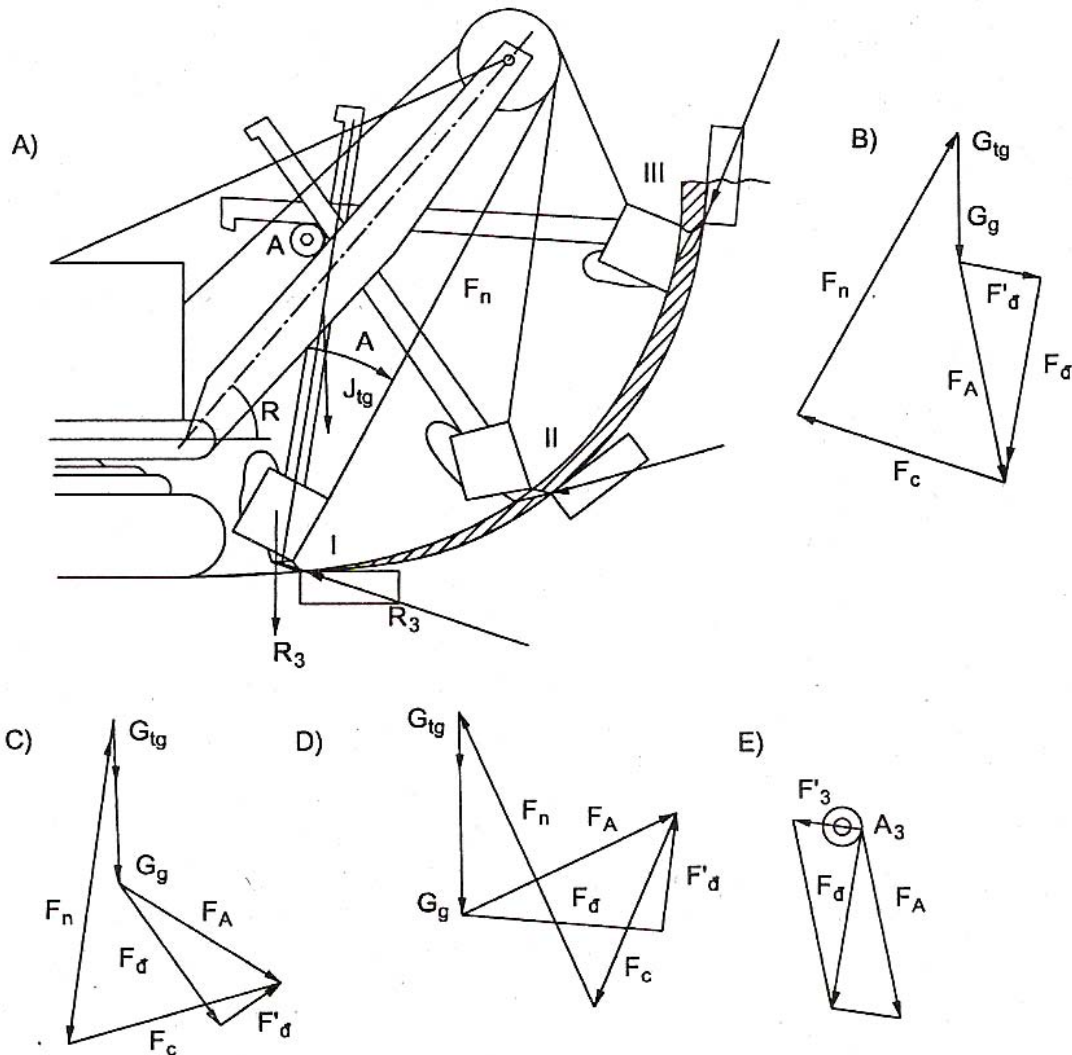
Thành phần lực chủ đạo để đẩy tay gàu là lực nâng F_n , lực nâng F_n tỷ lệ nghịch với góc α được hợp thành giữa hai trục: trục của tay gàu và trục của dây cáp kéo của cơ cấu nâng. Giá trị của lực nâng F_n lớn hơn nhiều lần so với lực cản cắt của đất đá F_c . Khi giữ tay gàu trên không, cơ cấu đẩy tay gàu chịu một lực đẩy F_d do khối lượng của tay gàu, gàu với đất đá trong gàu và lực nâng tác dụng lên tay gàu.

Để tính chọn được công suất động cơ truyền động cơ cấu đẩy tay gàu, cần phải tính toán thành phần pháp tuyến và tiếp tuyến của lực đẩy tay gàu tại

điểm A (hình 10-7a). Để thực hiện được điều đó phải tiến hành tổng hợp các thành phần lực tác dụng lên tay gàu tại các vị trí khác nhau của tay gàu (hình 10-7b,c và d), các thành phần lực tác dụng bao gồm: lực cắt F_c , lực nâng $F_n = G_n/g$, G_{tg} và G_g . Từ đó có thể xác định được trị số và hướng tác dụng của lực F_a tại điểm A. Thành phần lực cản cắt của đất đá có thể tính được theo biểu thức sau:

$$F_c = \frac{1}{r} (G_n r_1 + G_{tg} r_2 + G_g r_3) \cdot g \quad [N] \quad (10-10)$$

Trong đó: r_1, r_2, r_3 - cánh tay đòn của các lực tương ứng: lực cắt, lực nâng, khối lượng tay gàu và khối lượng gàu xúc so với trục của cần gàu.



Hình 10-7 Biểu đồ lực dùng để tính chọn công suất động cơ truyền động cơ cấu dây tay gàu của máy xúc gàu thuận.

Sau khi tiến hành phân tích lực F_A thành hai thành phần: lực F'_d vuông góc với trục của tay gàu và lực F_d song song với trục của tay gàu (hình 10-7E) ứng với vị trí I của tay gàu (hình 10-7A). Lúc đó góc nghiêng của cầu gàu có trị số lớn nhất với $\gamma = 60^\circ$.

Để tính toán sự thay đổi thay đổi của mômen phụ thuộc vào góc nâng của tay gàu (α) cần phải xây dựng biểu đồ lực tác dụng lên tay gàu ứng với (8 ÷ 10) vị trí của tay gàu. Sau đó xác định được trị số mômen trung bình M_2 (hình 10-7B). Thời gian t_2 được tính bằng thời gian đào - bốc xúc (hình 10-7A).

Trị số mômen của động cơ cầu khi thu tay gàu vào cho một lần bốc xúc mới và vươn tay gàu ra xa nhất để đổ tải cũng được tiến hành theo các bước như trên.

Tốc độ di chuyển của cơ cấu đẩy tay gàu được chọn từ điều kiện khi đẩy tay gàu ra xa nhất trong quá trình đào - bốc xúc.

$$v_d = \frac{I_{tg \max}}{t_d} \quad [\text{m/s}] \quad (10-11)$$

Trong đó: $I_{tg \max}$ - hành trình di chuyển xa nhất của tay gàu, m;
 t_d - thời gian đào - bốc xúc ($t_d = t_2$).

Tốc độ lùi tay gàu để thực hiện một chu trình bốc xúc mới thường lấy bằng (1,5 ÷ 2) v_d . Tốc độ trung bình của cơ cấu đẩy tay gàu thường được chọn bằng:

$$v_{đtb} = (0,45 \div 0,72)v_g \quad [\text{m/s}] \quad [10-12]$$

Các trị số của mômen còn lại được tính theo kinh nghiệm: $M_4 = 0,8M_2$; $M_7 = 0,6M_2$; $M_{10} = 0,4M_2$; $M_1 = M_5 = M_6 = 1,5M_2$; $M_3 = 1,2M_2$; $M_8 = 0,9M_2$ và $M_{11} = M_2$.

Các bước tính toán tiếp theo được thực hiện theo 4 bước như tính chọn công suất động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu.

3. Động cơ truyền động cơ cấu quay của máy xúc một gàu - gàu thuận.

Công suất động cơ truyền động cơ cấu quay của máy xúc một gàu - gàu thuận được tính toán dựa trên:

- Trị số mômen quán tính của các phần quay của máy xúc J.
- Mômen cản tĩnh M_c .
- Tốc độ quay cực đại ω_{\max}
- Trị số góc quay β

Theo kinh nghiệm vận hành và thiết kế hệ truyền động cơ cấu quay của máy xúc rút ra kết luận rằng trị số mômen cản tĩnh và mômen động của động cơ truyền động cơ cấu quay liên quan với nhau với một tỷ lệ nhất định. Bởi vậy, chỉ cần tiến hành tính toán trị số mômen cản tĩnh M_c , sau đó mômen động của động cơ (M_{dg}) có thể tính chọn theo trị số của M_c . Mômen cản tĩnh

của động cơ truyền động M_c và tốc độ quay cực đại ω_{\max} được tính toán theo các bước sau:

a) Chọn thời gian của một chu trình làm việc của máy xúc t_{ck} theo các đường cong trên hình 10-8

Khi máy xúc bốc đất đá rời không kết dính, thời gian của một chu trình làm việc của máy xúc tăng lên: (5 ÷ 10)% đối với máy xúc gàu thuận và gàu treo trên dây, 10% đối với máy xúc gàu ngược, 15% đối với máy xúc gàu ngoạm. Khi máy xúc bốc xúc đất đá mềm, thời gian của một chu trình giảm đi hai lần.

b) Xác định thời gian đào - bốc xúc (t_d). Khi tính thời gian đào, giả thiết rằng tốc độ trung bình khi nâng gàu bằng tốc độ trung bình của động cơ khi làm việc với phụ tải định mức.

$$t_d = \frac{H}{v_g} \quad [s] \quad (10-13)$$

Trong đó:

H - chiều dài quỹ đạo khi đào đất đá (một cách gần đúng là chiều cao của gương lò), m;

v_g - tốc độ di chuyển của gàu, m/s.

Chiều dài quỹ đạo khi đào có thể tính được dựa trên các kích thước cơ bản của máy xúc. Tốc độ di chuyển của gàu phụ thuộc vào tính chất của đất đá có thể tính chọn từ 0,5 ÷ 3,5m/s.

c) Tính thời gian đổ tải (t_{dt}). Thời gian đổ tải phụ thuộc vào các yếu tố sau:

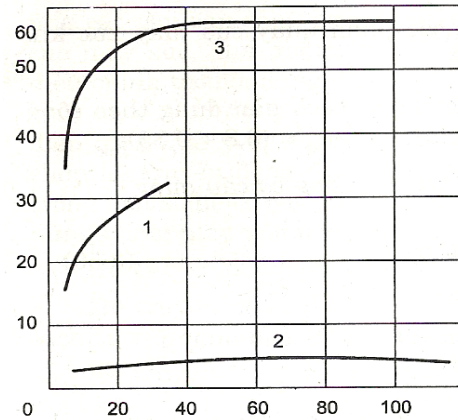
- Đặc điểm, công nghệ khi đổ tải vào phương tiện vận chuyển (ô tô, toa tàu hoặc bãi thải).

- Loại đất đá.

- Chiều cao và tầm vươn xa của gàu khi đổ tải.

Thời gian đổ tải bao gồm: thời gian quay gàu về đúng vị trí đổ tải, thời gian khởi động cơ cấu đổ tải (cơ cấu đóng mở đáy gàu) và thời gian đổ tải.

Thời gian khởi động của hệ truyền động cơ cấu đổ tải thường được chọn trong phạm vi (0,4 ÷ 3)s. Thời gian đổ tải trong phạm vi (0,25 ÷ 2)s khi đổ tải ra bãi tha ma, (0,5 ÷ 6)s khi đổ tải vào các phương tiện vận tải khác như tàu hoả hoặc ô tô.



Hình 10-8 Sự phụ thuộc của thời gian chu trình làm việc của máy xúc vào thể tích gàu xúc. 1. Máy xúc xây dựng; 2. Máy xúc bốc đất đá; 3. Máy xúc gàu treo trên dây

d) Tính thời gian quay gàu (t_q)

$$t_q = \frac{t_{ck} - t_d - t_{dt}}{1 + \sqrt[3]{\frac{J_0}{J}}} \quad [s] \quad (10-14)$$

Trong đó

J_0 - mômen quán tính của các phần quay của máy xúc khi quay gàu không, kgm^2 ;

J - mômen quán tính của các phần quay của máy xúc khi quay gàu đầy tải, kgm^2 .

Trị số của mômen quán tính có thể tính một cách gần đúng theo công thức thực nghiệm. Thời gian quay có thể lấy bằng $t_q = (0,8 \div 0,85)t_{ck}$.

e) Tính công suất cực đại của động cơ truyền động cơ cấu quay.

$$P_{\max} = \frac{J(1,37 + \eta^2)\beta^2}{0,736at_q^3\eta} \quad [\text{kW}] \quad (10-15)$$

Trong đó: η - hiệu suất cơ cấu truyền lực của cơ cấu quay;

β - góc quay của máy

xúc, rad;

a - hệ số tính đến dạng của đường đặc tính cơ của hệ truyền động.

Khi tính toán có thể lấy $\eta = (0,85 \div 0,9)$, góc quay $\beta = (90 \div 110)^\circ$ đối với máy xúc gàu thuận, $\beta = (120 \div 150)^\circ$ đối với máy xúc gàu treo trên dây.

Hệ số a được tính chọn theo dạng đặc tính cơ trên hình 10-9

Đường I, $a = 26,5$; đường II, $a = 41,5$; đường III, $a = 40,7$ và đường IV, $a = 65,5$.

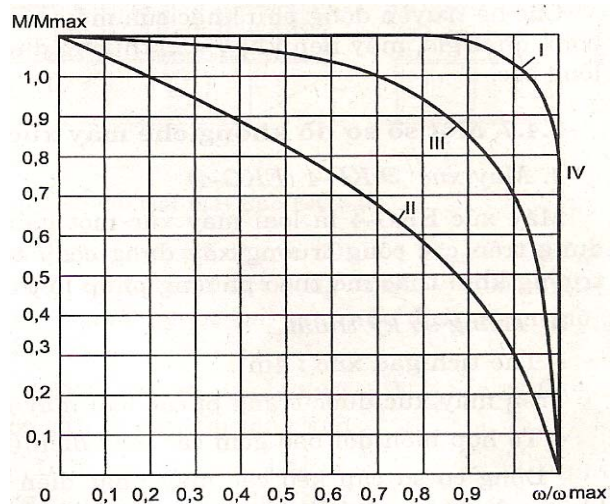
f) Tốc độ quay cực đại

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{0,736cP_{\max}\eta}{J(1,37 + \eta^2)}} \quad [\text{rad}] \quad (10-16)$$

Trong đó: c - hệ số có tính đến dạng đặc tính cơ của hệ truyền động.

Đường I, $c = 87,5$; đường II, $c = 167$; đường III, $c = 137$ và đường IV, $c = 220,5$.

Theo kết quả P_{\max} , ω_{\max} để tính chọn công suất động cơ truyền động cơ cấu quay trong các sổ tay tra cứu.



Hình 10-9 Dạng đặc tính cơ của hệ truyền động máy xúc để xác định các hệ số a và c

10-6. Các hệ truyền động thường dùng trong máy xúc

Hệ truyền động cơ cấu của máy xúc phải đáp ứng các yêu cầu công nghệ của máy xúc, như phạm vi điều chỉnh tốc độ, dạng đặc tính cơ, chế độ động của cơ cấu, đảm bảo làm việc với độ tin cậy cao trong điều kiện làm việc khắc nghiệt và chế độ làm việc nặng nề. Bởi vậy việc chọn hệ truyền động để truyền động các cơ cấu của máy xúc chỉ giới hạn trong một số hệ truyền động chất lượng cao. Các hệ truyền động thông dụng dùng trong máy xúc bao gồm:

- Hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ rôto dây quấn.
- Hệ truyền động F-Đ có khuếch đại trung gian là nguồn cấp cho cuộn kích từ của máy phát một chiều.
- Hệ truyền động với động cơ điện một chiều, được cấp nguồn từ bộ biến đổi tĩnh (bộ chỉnh lưu có điều khiển dùng Thyristor hệ T-Đ).

Trong các máy xúc năng suất thấp (dưới $150\text{m}^3/\text{h}$), thường dùng hệ truyền động nhóm. Động cơ truyền lực có thể là động cơ đốt trong (động cơ diesel) hoặc động cơ không đồng bộ. Để truyền động các cơ cấu chính của máy xúc được thực hiện từ trục chính thông qua các cơ cấu truyền lực như trục cam, khớp ly hợp ma sát v.v...

Trong các máy xúc năng suất trung bình (dưới $400\text{m}^3/\text{h}$) thường dùng hệ truyền động riêng rẽ: hệ máy phát điện một chiều có ba cuộn kích từ - động cơ điện một chiều.

Trong các máy xúc năng suất lớn (dưới $1500\text{m}^3/\text{h}$), thường dùng trong hệ F-Đ có khuếch đại trung gian làm nguồn cấp cho cuộn kích từ của máy phát như: máy điện khuếch đại, khuếch đại từ, hoặc khuếch đại bán dẫn. Hệ điều khiển truyền động là hệ kín với nhiều mạch vòng phản hồi về dòng điện, điện áp và tốc độ để nâng cao chất lượng tĩnh và chất lượng động của hệ truyền động.

Các hệ truyền động phụ khác của máy xúc (như đóng - mở đáy gàu, máy bơm, quạt gió, máy nén khí v.v..) thường dùng động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc.

10-7 Một số sơ đồ không chế máy xúc điển hình

1. Máy xúc ЭКТ -4 (EKG-4)

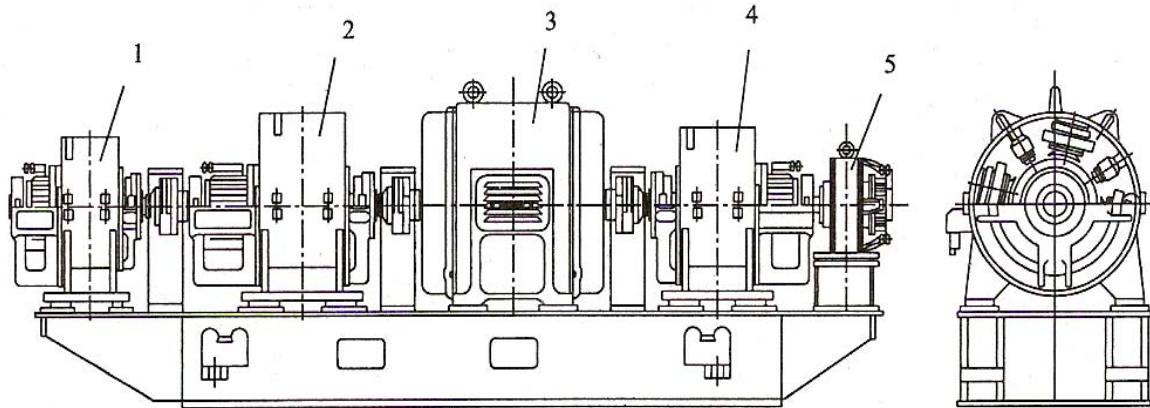
Máy xúc EKG - 4 là loại máy xúc một gàu - gàu thuận thường được sử dụng trên công trường xây dựng, công trình thủy điện, trên các công trường khai thác mỏ theo phương pháp lộ thiên.

a) Thông số kỹ thuật

+ Thể tích gàu xúc: 4m^3 .

Trên máy xúc được trang bị các loại máy điện sau:

+ Tổ hợp biến đổi bao gồm các máy điện như hình 10-10.



Hình 10-10 Tổ hợp biến đổi của máy xúc EKG-4

- Động cơ sơ cấp kéo các máy phát điện một chiều dùng loại động cơ không đồng bộ lồng sóc cao áp 3 pha với điện áp định mức 6kV, $P_{dm} = 259kW$.

- Máy phát điện một chiều 2 làm nguồn cấp cho động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu với $U_{dm} = 451V$; $P_{dm} = 192kW$.

- Máy phát điện một chiều 4 làm nguồn cấp cho động cơ truyền động cơ cấu quay với $U_{dm} = 395V$; $P_{dm} = 54kW$.

- Máy phát điện một chiều 1 làm nguồn cấp cho các động cơ truyền động cơ cấu đẩy tay gàu và cơ cấu di chuyển với $U_{dm} = 395V$; $P_{dm} = 54kW$.

- Máy phát điện một chiều 5, làm nguồn cấp cho các cuộn kích từ của tất cả các máy phát và động cơ một chiều truyền động các cơ cấu chính của máy xúc và động cơ đóng - mở đáy gàu với $U_{dm} = 115V$; $P_{dm} = 12kW$.

+ Các động cơ truyền động của cơ cấu chính

- Động cơ điện một chiều kích từ độc lập ĐN (h.10-10) với $P_{dm} = 175kW$; $U_{dm} = 460V$; $n_{dm} = 755vg/ph$, truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu.

- Động cơ điện một chiều kích từ độc lập ĐĐ với $P_{dm} = 40kW$; $U_{dm} = 360V$; $n_{dm} = 1110vg/ph$, truyền động cơ cấu đẩy tay gàu.

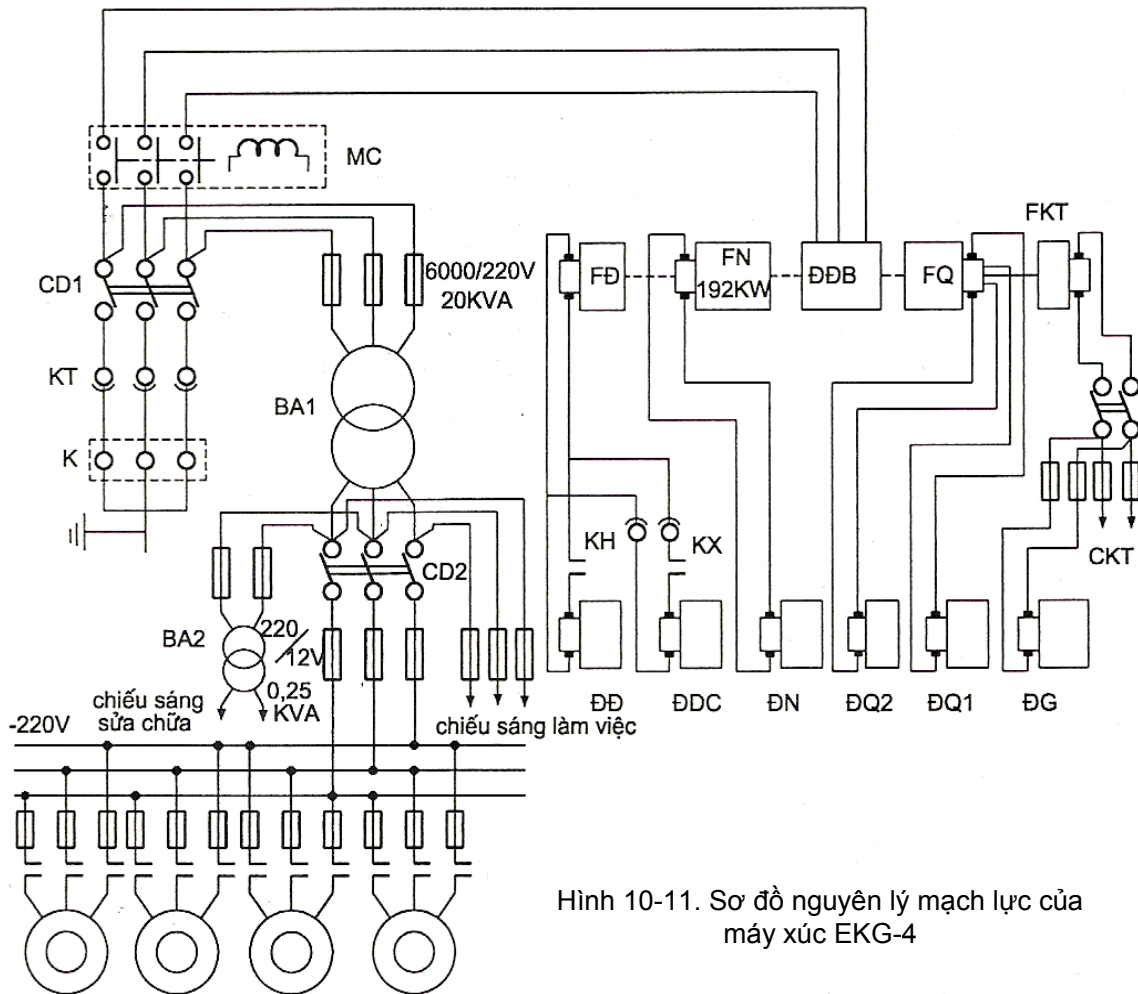
- Hai động cơ điện một chiều ĐQ1, ĐQ2 với $P_{dm} = 50kW$; $U_{dm} = 306V$; $n_{dm} = 910vg/ph$, truyền động cơ cấu quay bàn (một động cơ quay theo chiều thuận, động cơ còn lại quay theo chiều ngược) với mục đích giảm mômen quán tính của hệ truyền động.

- Động cơ điện một chiều ĐĐC, với $P_{dm} = 40kW$; $U_{dm} = 360V$; $n_{dm} = 1110vg/ph$, truyền động cơ cấu di chuyển máy xúc.

- Động cơ điện một chiều ĐG, với $P_{dm} = 1,1kW$; $U_{dm} = 11V$; $n_{dm} = 1450vg/ph$, truyền động cơ cấu đóng mở gàu.

b) Sơ đồ cung cấp điện cho máy xúc EKG-4

Sơ đồ cung cấp điện từ lưới điện quốc gia đến máy xúc được thể hiện trên hình 10-11.

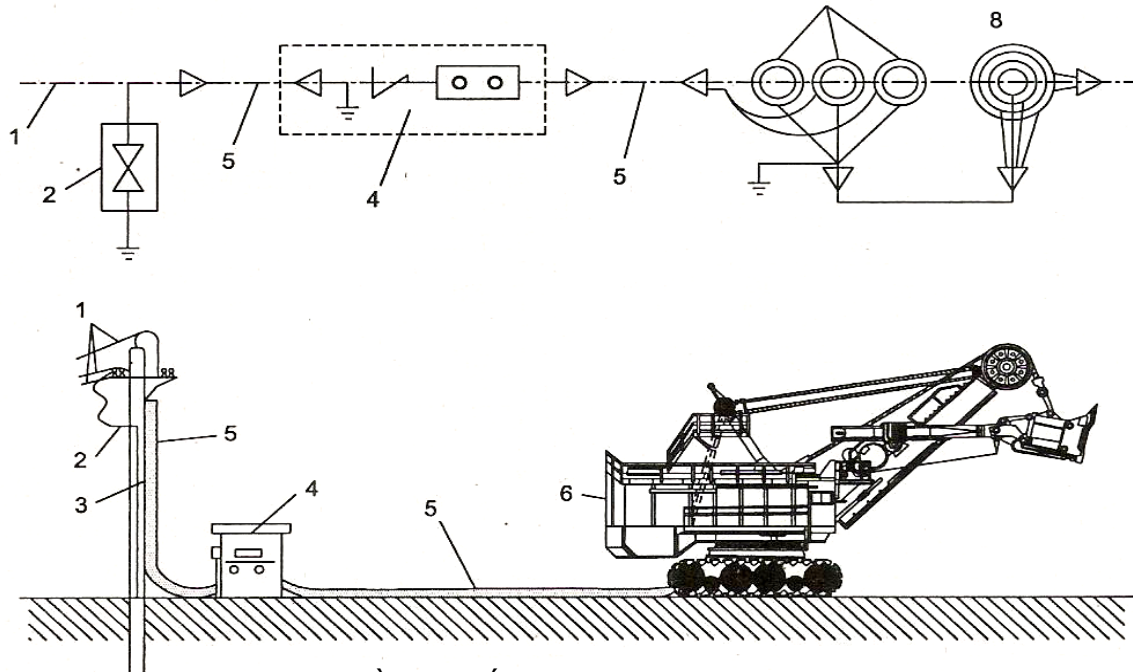


Hình 10-11. Sơ đồ nguyên lý mạch lực của máy xúc EKG-4

Bơm nước, bơm dầu, quạt ...

phối 4 cấp điện đến máy xúc bằng đường cáp mềm 5 đến máy xúc - đến hộp nối đầu vào trên 3 giá đỡ sứ cao áp 7 và bộ tiếp điện 8 lắp trên bộ của máy xúc. Nguồn từ bộ tiếp điện cấp vào tủ phân phối đặt trong máy xúc. Trong tủ phân phối gồm các thiết bị cao áp như: cầu dao cách ly CD1 (hình 10-11), máy cắt dầu MC, biến áp tự dòng BA1 với $S = 20\text{kVA}$, $U_1/U_2 = 6\text{kV}/0,22\text{kV}$ và một số thiết bị hạ áp khác.

Biến áp tự dòng BA1 (hình 10-11) dùng làm nguồn cấp cho các thiết bị điều khiển hạ áp, nguồn chiếu sáng làm việc và các động cơ truyền động phụ là động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc (truyền động bơm nước, bơm dầu, quạt làm mát, v.v..)



Hình 10-12. Sơ đồ cung cấp điện cho máy xúc ЭКГ-4 (EKG-4)

1. Dây điện cao thế; 2. Van chống sét; 3. cột điện; 4. tủ phân phối; 5. đường cáp mềm 3 pha cao áp; 6. máy xúc; 7. sứ đỡ cao áp đầu vào; 8. bộ tiếp điện

Biến áp an toàn BA2 với $S = 0,25 \text{ kVA}$, $U_1/U_2 = 220\text{V}/12\text{V}$ làm nguồn chiếu sáng khi sửa chữa máy xúc.

c) Hệ truyền động các cơ cấu chính của máy xúc EKG-4

Tất cả các cơ cấu chính của máy xúc EKG-4: cơ cấu nâng - hạ gầu, cơ cấu đẩy tay gầu, cơ cấu quay và cơ cấu di chuyển được truyền động bằng hệ truyền động một chiều: máy phát ba cuộn kích từ - động cơ điện một chiều.

Mạch điều khiển hệ truyền động của các cơ cấu về cơ bản là như nhau. Sơ đồ nguyên lý mạch lực và mạch điều khiển hệ truyền động cơ cấu nâng - hạ gầu được giới thiệu trên hình 10-13.

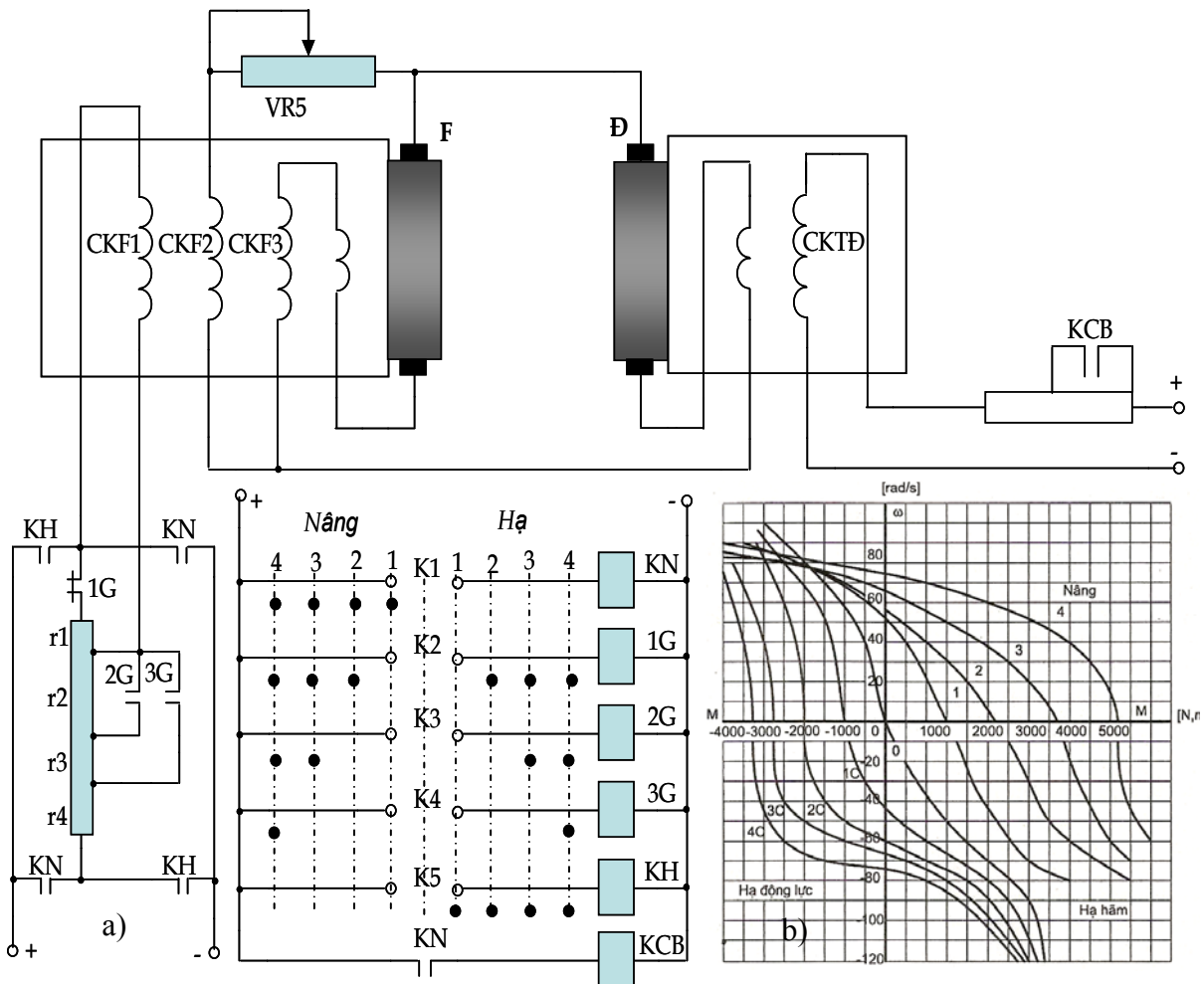
Điều khiển động cơ truyền động cơ cấu nâng - hạ gầu thực hiện bằng bộ khống chế từ KC có 5 vị trí về phía nâng và 5 vị trí về phía hạ gầu. Đảo chiều quay và điều chỉnh tốc độ động cơ truyền động thực hiện bằng cách thay đổi chiều và trị số dòng điện chạy trong cuộn dây kích từ độc lập CKF1. Cuộn kích từ song song CKF2 đấu song song với phần ứng của động cơ và máy phát qua biến trở hạn chế r_s . Cuộn kích từ nối tiếp CKF3 đấu nối tiếp với phần ứng của động cơ và máy phát.

Cuộn kích từ độc lập của máy phát CKF1 được cấp từ máy phát kích từ FKT (hình 10-11). Sức từ động sinh ra trong cuộn CKF1 và CKF2 cùng chiều nhau, còn sức từ động sinh ra trong cuộn CKF3 ngược chiều với sức từ động sinh ra trong hai cuộn dây. Sức từ động tổng của máy phát bằng:

$$F_{\Sigma} = F_{CKF1} + F_{CKF2} - F_{CKF3} \quad (10-17)$$

Do tính chất khử từ của cuộn kích từ CKF3, khi phụ tải của động cơ truyền động nằm trong dải $0 < I_u < I_{ng}$ (dòng điện ngắt $I_{ng} = 2,25 \div 2,5I_{dm}$) tính chất khử từ của cuộn kích từ nối tiếp không lớn lắm, độ sụt tốc độ không lớn đảm bảo năng suất của máy xúc đúng như khi thiết kế. Trong trường hợp động cơ truyền động bị quá tải ($I \geq I_{ng}$) tác dụng khử từ của cuộn CKF3 rất lớn làm cho điện áp phát ra của máy phải giảm nhanh về không, kết quả tốc độ động cơ giảm nhanh về không. Tác dụng của cuộn kích từ nối tiếp CKF3 là hạn chế trị số mômen dừng trong giới hạn cho phép $M_d = (1,5 \div 2)M_{dm}$, tạo ra đường đặc tính cơ gãy gục khi quá tải.

Đảo chiều quay động cơ truyền động bằng các công tắc tơ KN và KH, còn điều chỉnh tốc độ bằng các công tắc tơ gia tốc 1G ÷ 3G.



Hình 10-13. Hệ truyền động cơ cấu nâng hạ gàu máy xúc EKG -4.
 a) Sơ đồ nguyên lý điện b) Họ đặc tính cơ

Khi chuyển tay gạt của bộ không chế từ KC từ vị trí 1 đến vị trí 5 sang bên trái hoặc sang bên phải sẽ nhận được họ đặc tính cơ của hệ truyền động 1,2,3 và 4 (hình 10-13b) hoặc 1c, 2c, 3c và 4c.

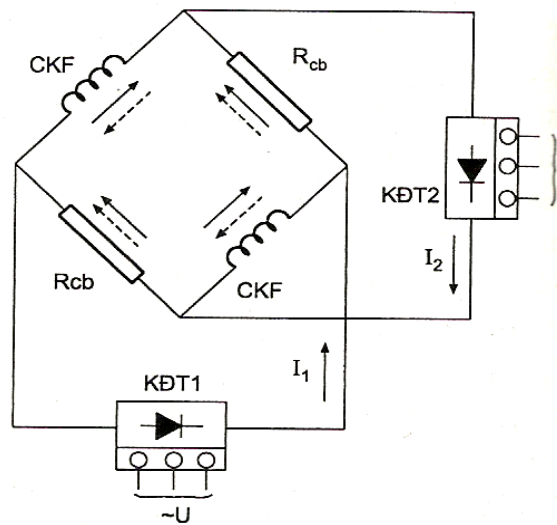
Ở vị trí “1” bên trái của bộ không chế từ KC, công tắc tơ KN tác động, dòng điện trong cuộn kích từ CKF1 nhỏ nhất (cuộn dây CKF1 được đấu nối tiếp với các điện trở r_1 , r_2 , r_3 và r_4), mômen của động cơ khi khởi động khi khởi hành bằng $0,5M_{dm}$, tốc độ động cơ thấp nhất (đường đặc tính 1 hình 10-13b) dùng để kéo căng sơ bộ cáp kéo của cơ cấu nâng - hạ gàu, khắc phục khe hở trong các khâu truyền lực và đưa gàu xúc ăn từ từ vào đất đá, bắt đầu quá trình đào - bóc xúc. Nếu chuyển dần bộ không chế từ “1” sang vị trí “2”, “3”, “4” và “5”, tốc độ động cơ truyền động tăng dần ứng với các đường đặc tính 2,3 và 4. Khi quay bộ không chế về vị trí “0”, các công tắc tơ gia tốc 1G, 2G và 3G lần lượt mất điện, động cơ chuyển sang làm việc ở chế độ hãm tái sinh (đường “0” trên hình 10-13b)

Hạ gàu bằng cách quay bộ không chế KC sang vị trí bên phải, công tắc tơ KH có điện, đóng điện cuộn kích từ CKF1 vào điện áp có cực tính ngược lại, động cơ đảo chiều quay và làm việc trên các đường đặc tính cơ 1c ÷ 4c. Tại các vị trí này, công tắc tơ cưỡng bức kích từ KCB mất điện, cuộn CKTD được nối tiếp với điện trở phụ làm giảm từ thông Φ nhằm tăng tốc hạ gàu tăng năng suất của máy.

Trong chế độ quá độ, trị số mômen và tốc độ của động cơ phụ thuộc rất lớn với hai đại lượng: quán tính điện từ của các cuộn kích từ của máy phát và quán tính cơ của hệ truyền động. Do cuộn kích từ nối tiếp CKF3 có hằng số thời gian rất lớn nên trị số mômen cực đại được hạn chế tới trị số $M_{max}=1,3M_{dm}$.

2. Máy xúc EKG-4,6

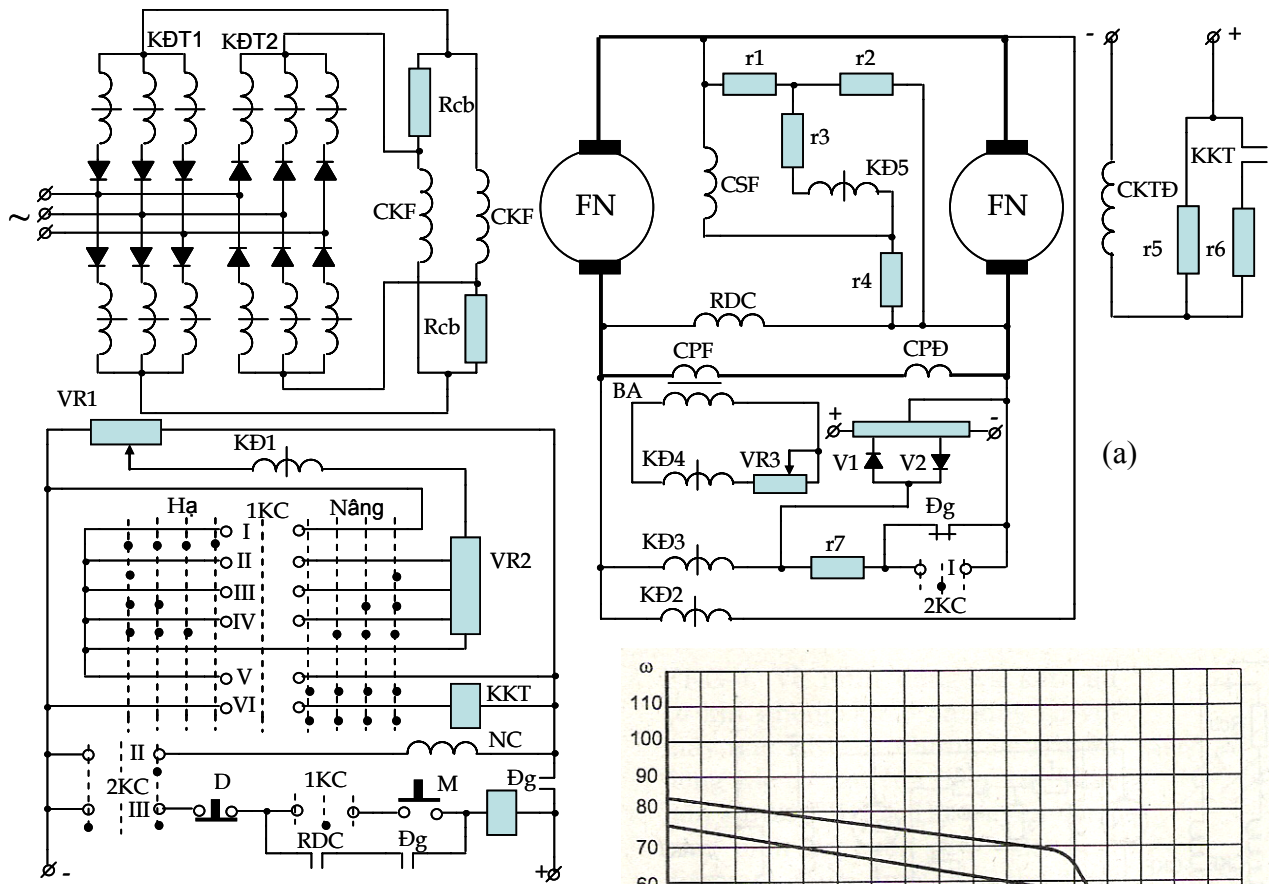
Máy xúc EKG-4,6 là máy xúc có năng suất trung bình với thể tích gàu xúc bằng $4,6 m^3$. Máy xúc EKG-4,6 được cải tiến dựa trên cơ sở của máy xúc EKG-4. Về hình dáng và kết cấu cơ khí không khác xa mấy so với máy xúc EKG-4, nhưng hệ truyền động các cơ cấu của máy xúc khác hẳn so với EKG-4. Hệ truyền động máy phát có ba cuộn dây - động cơ điện một chiều được thay thế bằng hệ F-Đ có khuếch đại từ (KĐT) trung gian.



Hình 10-14 Sơ đồ đấu của cuộn kích từ độc lập của máy phát

Khuếch đại từ trung gian là nguồn cấp cho cuộn kích từ độc lập của máy phát CKF (hình 10-14) có chức năng tổng hợp và khuếch đại các tín hiệu điều khiển.

Cuộn kích từ độc lập của máy phát FN được chế tạo thành hai nửa cuộn dây CKF và hai điện trở cân bằng R_{cb} nối theo sơ đồ cầu. Hai khuếch đại từ (được cấp nguồn độc lập) nối vào hai đường chéo của cầu đó là KĐT1 và KĐT2. Khi dòng điều khiển của KĐT1 và KĐT2 bằng không, $I_1 = I_2$, sức từ động sinh ra trong cuộn kích từ CKF bằng 0 và điện áp ra của máy phát FN bằng không. Khi dòng điều khiển của KĐT1 và KĐT2 khác không, $I_1 \neq I_2$, điện áp ra của máy phát FN khác không, cực tính điện áp của máy phát FN phụ thuộc vào trị số của hai thành phần dòng I_1 và I_2 chảy trong hai cuộn kích từ độc lập CKF.



Hình 10-15. Hệ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu máy xúc EKG-4.
 a) Sơ đồ nguyên lý điện
 b) Họ đặc tính cơ

(b)

Sơ đồ nguyên lý của hệ truyền động cơ cấu nâng - hạ gàu của máy xúc EKG-4,6 được giới thiệu trên hình 10-15a.

Khuếch đại từ kép KĐT1, KĐT2 có các cuộn dây không chế sau:

a) Cuộn chủ đạo KĐ1: Thực hiện chức năng đảo chiều quay và hãm động cơ ĐN thực hiện bằng cách thay đổi chiều và trị số dòng điện chảy trong cuộn không chế KĐ1 bằng bộ không chế từ 1KC.

Cuộn không chế KĐ1 được đấu vào phần ứng của máy phát kích từ FKT qua hai biến trở VR1 và VR2. Trị số và chiều của dòng điện trong cuộn KĐ1 thay đổi nhờ bộ không chế từ 1KC mà không cần đến các loại công tắc tơ. Bộ không chế từ có 4 vị trí về phía nâng và 4 vị trí về phía hạ gàu. Tiếp điểm I, V của 1KC dùng để đảo chiều quay động cơ (thay đổi chiều dòng điện trong cuộn KĐ1). Tiếp điểm II, III và IV của 1KC dùng để điều chỉnh tốc độ động cơ (thay đổi trị số điện trở VR2 đấu nối tiếp với cuộn không chế KĐ1). Còn tiếp điểm VI của 1KC dùng để giảm từ thông kích từ của động để tăng tốc động cơ khi hạ gàu không. Khi 1KC ở các vị trí (1 ÷ 4) ở chế độ hạ gàu, công tắc tơ KKT mất điện, r_6 được loại khỏi mạch kích từ của động cơ CKTD. Đặc tính cơ của hệ truyền động cơ cấu nâng ở các vị trí 1 ÷ 4 của bộ không chế từ 1KC (ở chế độ nâng gàu) được thể hiện trên hình 10-15a.

b) Cuộn phản hồi âm điện áp máy phát - KĐ2 thực hiện chức năng sau:

- Nâng cao độ tác động nhanh của hệ truyền động và nâng cao độ ổn định của hệ truyền động.

- Thực hiện hãm động cơ khi bộ không chế 1KC chuyển về vị trí "0".

Sức từ động sinh ra trong cuộn KĐ2 ngược chiều với sức từ động sinh ra trong cuộn chủ đạo KĐ1.

c) Cuộn phản hồi âm dòng có ngắt KĐ3 thực hiện chức năng hạn chế trị số dòng điện và mômen khi động cơ truyền động bị quá tải. Sức từ động sinh ra trong cuộn KĐ3 ngược chiều với sức từ động sinh ra trong cuộn KĐ1. Khi dòng điện của động cơ $I_{ur} < I_{ng}$.

$$\Delta U_1 < U_{ss} \quad (10-18)$$

Trong đó: ΔU_1 - điện áp rơi trên hai cuộn dây của cực từ phụ của động cơ và máy phát

U_{ss} - điện áp so sánh $U_{ss} = U_{ab}$ (hoặc U_{bc}) lấy trên VR4.

Khi đó dòng chảy trong cuộn KĐ3 bằng không. Ngược lại, khi $I_{ur} \geq I_{ng}$; $\Delta U_1 \geq U_{ss}$, dòng chảy trong các cuộn KĐ3 khác không, tác dụng khử từ của cuộn KĐ3 rất lớn làm cho sức từ động tổng củ máy phát giảm nhanh về 0, kết quả tốc độ của động cơ giảm nhanh về 0, hạn chế được trị số mômen của động cơ truyền động.

d) Cuộn phản hồi âm mềm dòng điện phản ứng của động cơ KĐ4 thực hiện chức năng đảm bảo hệ truyền động làm việc ổn định trong chế độ quá độ. Cuộn KĐ4 được đấu vào thứ cấp của biến áp vi phân BA qua điện trở hạn

chế VR3, cuộn sơ cấp là cuộn dây cực từ phụ của máy phát CPF. Khi dòng điện của động cơ ổn định, dòng trong cuộn KĐ4 bằng không. Khi dòng của động cơ tăng hoặc giảm, dòng trong cuộn KĐ4 khác không, chiều của dòng trong cuộn KĐ4 ngược hoặc cùng chiều với dòng trong cuộn KĐ1, kết quả tác dụng trong cuộn KĐ4 sẽ làm cho dòng động cơ ổn định

e) Cuộn phản hồi âm điện áp máy phát KĐ5 thực hiện chức năng ổn định điện áp phát ra của máy phát FN để nâng cao chất lượng của hệ truyền động. Cuộn KĐ5 được nối vào đường chéo của cầu vi phân cấu thành từ 4 vai cầu: điện trở r_1, r_2, r_4 và cuộn kích từ song song của máy phát CSF.

Khi điện áp phát ra của máy phát FN ổn định, cầu cân bằng, dòng trong cuộn KĐ5 bằng không. Ngược lại, khi điện áp phát ra của máy phát có xu hướng tăng hoặc giảm, do cuộn CSF có tính điện cảm dẫn đến cầu mất cân bằng, dòng trong cuộn KĐ5 bằng không, chiều dòng trong cuộn KĐ5 khác hoặc cùng chiều với dòng trong cuộn chủ đạo KĐ1, kết quả điện áp phát ra của máy phát FN sẽ ổn định, nâng cao chất lượng động của hệ truyền động trong chế độ quá tải.

f) Cuộn kích từ song song của máy phát CSF thực hiện chức năng sau:

- Hạn chế phản ứng phân ứng của động cơ truyền động
- Giảm công suất kích từ của cuộn kích từ độc lập của máy phát CKF tức là giảm được công suất của khuếch đại từ KĐT và công suất của cầu chỉnh lưu.

Sức từ động tổng của khuếch đại từ KĐT bằng:

$$F_{\Sigma KĐT} = F_{KĐ1} - F_{KĐ2} - F_{KĐ3} \pm F_{KĐ4} \pm F_{KĐ5} \quad (10-19)$$

Trong biểu thức 10-19, thành phần $F_{KĐ3} = 0$ khi $I_{tr} < I_{ng}$, dấu (-) tương ứng với trường hợp dòng điện phản ứng và điện áp phát ra của máy phát tăng, dấu (+) tương ứng với trường hợp máy ngược lại.

Chương 11

TRANG BỊ ĐIỆN CÁC THIẾT BỊ VẬN TẢI LIÊN TỤC

11-1. Khái niệm chung

Các thiết bị vận tải liên tục dùng để vận chuyển các vật liệu thể hạt, thể cục kích thước nhỏ, các chi tiết ở dạng thành phẩm và bán thành phẩm, hoặc vận chuyển hành khách theo một cung đường nhất định không có trạm dừng giữa đường để trả hàng và nhận hàng. Thiết bị vận tải liên tục bao gồm: băng chuyền, băng tải các loại, băng gàu, đường cáp treo và thang chuyền. Những thiết bị vận tải liên tục kể trên có năng suất rất cao so với các phương tiện vận tải khác, đặc biệt là ở những vùng núi non có địa hình phức tạp.

Nhìn chung, về nguyên lý hoạt động của các thiết bị vận tải liên tục tương tự nhau, chúng chỉ khác nhau ở các điểm sau: công năng, kết cấu cơ khí, cơ cấu chở hàng hoá, cơ cấu tạo lực kéo v.v...

1. *Băng tải*: Thường dùng để vận chuyển vật liệu thể bột mịn, thể hạt hoặc kích thước nhỏ theo phương nằm ngang hoặc theo phương mặt phẳng nghiêng với góc nghiêng nhỏ hơn 30^0 , với các cơ cấu kéo (băng chở vật liệu) đa dạng như băng vải, băng cao su, băng bằng thép tấm v.v...

2. *Băng chuyền*: Thường dùng để vận chuyển các vật liệu thành phẩm và bán thành phẩm, thường được lắp đặt trong các phân xưởng, các nhà xưởng, xí nghiệp sản xuất theo dây chuyền. Với cơ cấu chuyền là móc treo, giá treo và thùng hàng.

3. *Băng gàu*: là thiết bị dùng để vận chuyển các vật liệu thể bột mịn bằng các gàu con nối liên tiếp nhau thành một vòng kín được lắp đặt theo phương thẳng đứng hoặc góc nghiêng lớn hơn 60^0 .

4. *Đường cáp treo*: thường dùng hai loại: một đường cáp hoặc hai đường cáp dùng để chở khách và vận chuyển hàng hoá trong các thùng treo trên cáp.

5. *Thang chuyền*: Dùng để vận chuyển hành khách với bề rộng của các bậc thang từ $(0,5 \div 1,2)$ m, tốc độ di chuyển $v = (0,4 \div 1)$ m/s.

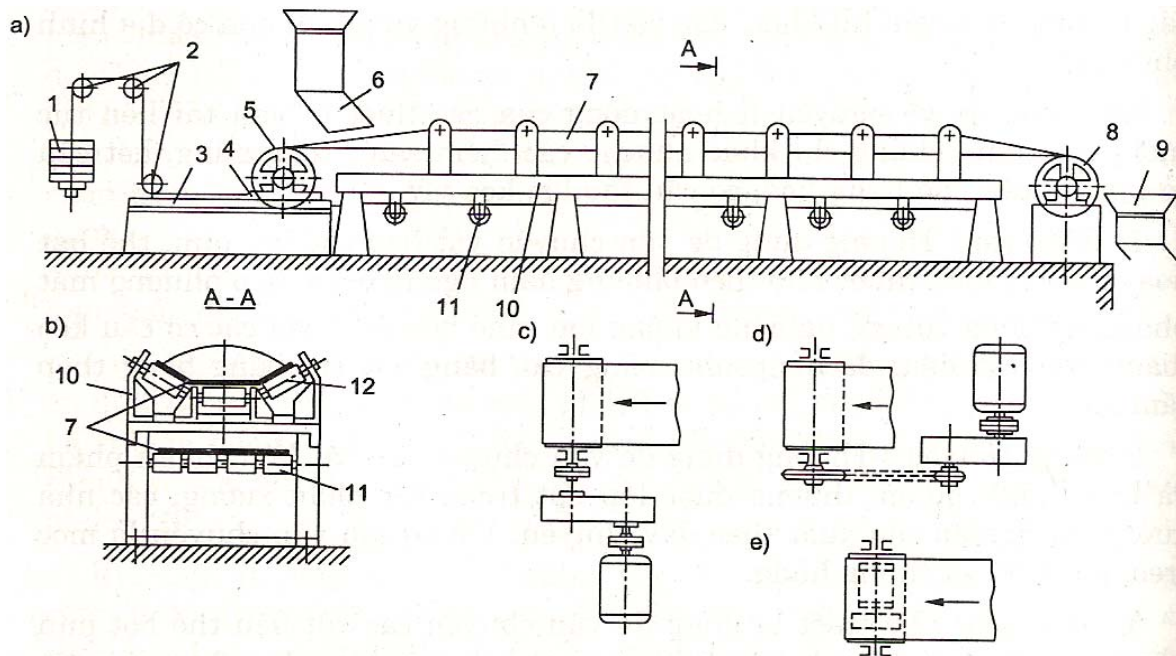
11-2. Cấu tạo và thông số kỹ thuật của một số thiết bị vận tải liên tục

1. Băng tải

Băng tải là thiết bị vận tải hoạt động liên tục dùng để vận chuyển vật liệu theo mặt phẳng nằm ngang hoặc theo mặt phẳng nghiêng với góc nghiêng dưới 30^0 . Kết cấu của băng tải lắp cố định được biểu diễn trên hình 11-1.

Kết cấu của băng tải gồm có giá đỡ 10 với các con lăn đỡ trên 12 và hệ thống con lăn đỡ phía dưới 11, băng tải chở vật liệu 7 di chuyển trên các hệ thống con lăn đó bằng hai tang truyền động: tang chủ động 8 và tang thụ động 5. Tang chủ động 8 được lắp trên một giá đỡ cố định và kết nối cơ khí với động cơ truyền động qua một cơ cấu truyền lực dùng dây curoa hoặc

một hộp tốc độ (hình 11-1c). Cơ cấu tạo sức căng ban đầu cho băng tải gồm đối trọng 1, hệ thống định vị và dẫn hướng 2, 3 và 4. Vật liệu cần vận chuyển từ phễu 6 đổ xuống băng tải và đổ tải vào phễu nhận hàng 9.



Hình 11-1 Băng tải cố định
a,b) kết cấu của băng tải; c,d,e) Các dạng của cơ cấu truyền lực

Băng tải được chế tạo từ bố vải có độ bền cao, ngoài bọc cao su với khổ rộng (900 ÷ 1200)mm. Khi vận chuyển vật liệu có nhiệt độ cao (tới 300⁰C) thường dùng băng tải bằng thép có độ dày (0,8 ÷ 1,2)mm với khổ rộng (350 ÷ 800)mm.

Cơ cấu truyền lực trong hệ truyền động băng tải thường dùng ba loại:

- Đối với băng tải cố định thường dùng hộp tốc độ và hộp tốc độ kết hợp với xích tải (hình 11-1c,d).
- Đối với băng tải lắp không cố định (có thể di dời) dùng tang quay lắp trực tiếp với trục động cơ (hình 11-1e) với kết cấu của hệ truyền động gọn hơn.
- Đối với một số băng tải di động cũng có thể dùng cơ cấu truyền lực dùng puli – đai truyền nối động cơ truyền động với tang chủ động.

Năng suất của băng tải được tính theo biểu thức sau:

$$Q = \delta \cdot v \quad [\text{kg/s}] \quad (11-2)$$

$$Q = \frac{3600\delta \cdot v}{1000} = 3,6\delta \cdot v \quad [\text{tấn/h}] \quad (11-3)$$

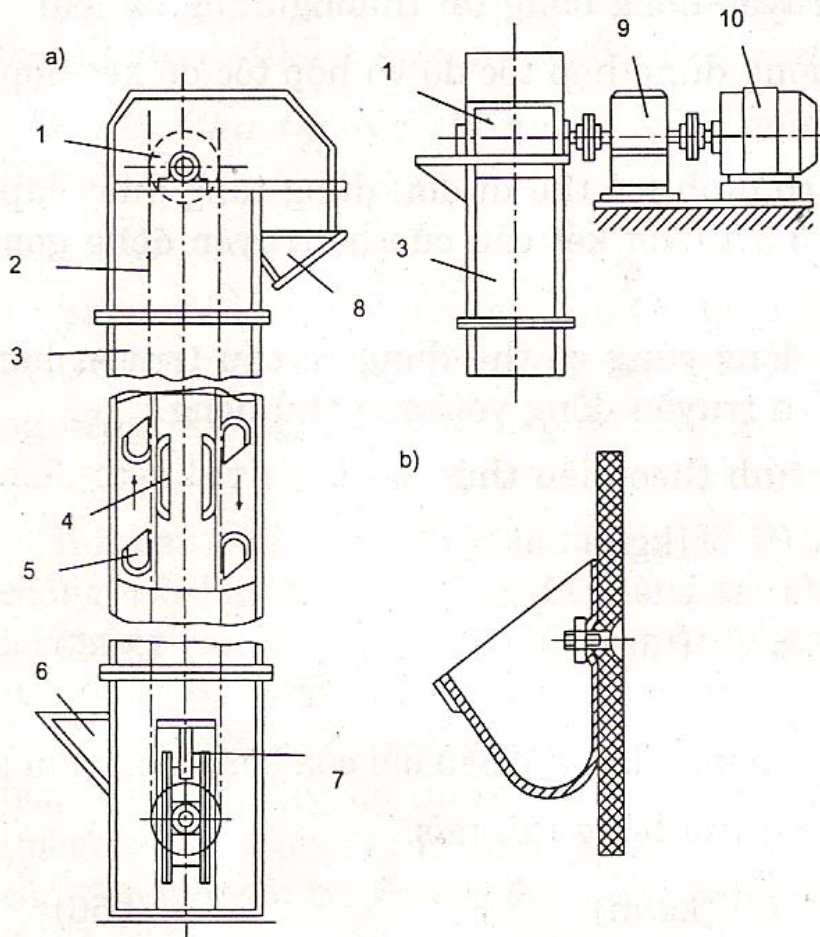
Trong đó: δ - khối lượng tải trên một đơn vị chiều dài của băng tải, kg/m;
 v - tốc độ di chuyển của băng tải, m/s.

$$\delta = S \cdot \gamma \cdot 10^3 \quad [\text{kg/m}] \quad (11-4)$$

trong đó: γ - khối lượng riêng của vật liệu, tấn/m³;
 S - tiết diện cắt ngang của vật liệu trên băng, m².

2. Băng gàu

Băng gàu dùng để vận chuyển vật liệu dạng thể hạt nhỏ theo phương thẳng đứng hoặc theo mặt phẳng nghiêng lớn hơn 60⁰. Kết cấu của băng gàu được giới thiệu trên hình 11-2.



Hình 11-2 Băng gàu

a) Cấu tạo băng gàu b) Hệ thống truyền động của băng gàu

Cấu tạo băng gàu gồm: cơ cấu kéo tạo thành một mạch vòng khép kín 2, trên nó có gá lắp tất cả các gàu xúc 5, vắt qua bánh hoa cóc hoặc tang quay 1. Phần chuyển động của băng gàu được che kín bằng hộp che bên ngoài 3 và thành bên trong của hộp đây có cơ cấu dẫn hướng 4. Đối với băng gàu tốc độ cao với tốc độ di chuyển $v = (0,8 \div 3,5)$ m/s, năng suất tới 80m³ và chiều cao nâng tới 40m, băng gàu các gàu xúc thường dùng băng cao su có bố vải bên trong. Đối với băng gàu năng suất cao tới 400m³/h, tốc độ di chuyển chậm dưới 1,5m/s thường dùng băng có độ cứng cao hơn để gá các gàu xúc. Tang chủ động (hoặc bánh xe hoa cóc) 1 được nối với động cơ truyền động 10 qua

hộp tốc độ 9 (hình 11-2b). Hệ thống truyền động của băng gàu lắp ở vị trí trên cùng của băng gàu, trong một số trường hợp có dùng phanh hãm điện từ để hãm động cơ khi dừng.

Cơ cấu tạo sức căng cho băng kéo 7 thường lắp ở tang thụ động phía dưới của băng gàu. Vật liệu cần vận chuyển được đổ vào các gàu từ ống nhận 6 và đổ tải ở ống 8.

Năng suất của băng gàu được tính theo biểu thức sau:

$$Q = \frac{i \cdot \Psi \cdot \gamma}{l_g} v \cdot 3600 \quad [m^3] \quad (11-5)$$

Trong đó: i - thể tích của mỗi gàu xúc, m^3 ;
 h - hệ số lấp đầy của gàu, có trị số từ 0,4 đến 0,8 tùy thuộc vào loại vật liệu cần vận chuyển;

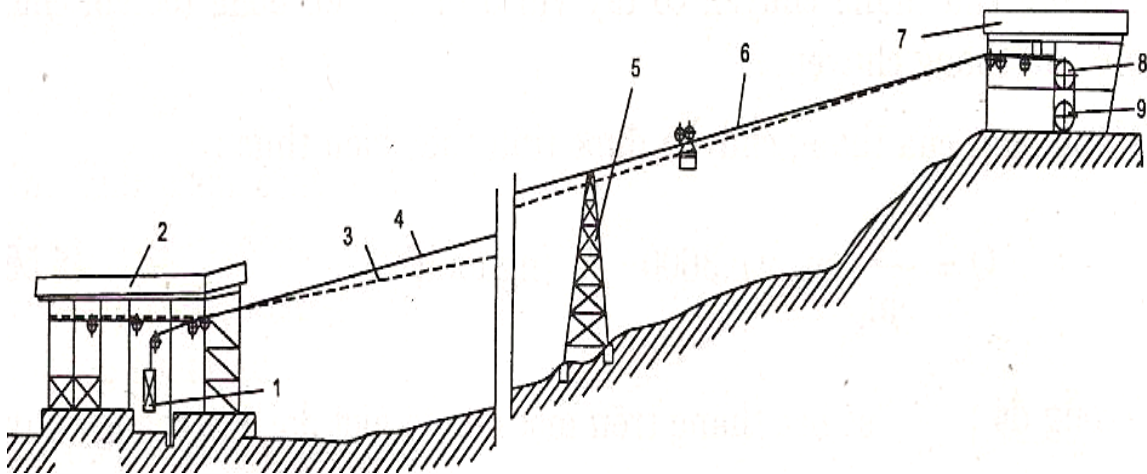
γ - khối lượng thể tích của vật liệu, $tấn/m^3$;

l_g - cự ly gián cách giữa các gàu, m ;

v - tốc độ di chuyển, m/s .

3. Đường cáp treo

Đường cáp treo thường được chế tạo theo hai kiểu: đường cáp treo có một đường cáp và đường cáp treo có hai đường cáp kéo nối thành một đường vòng kép kín (hình 11-3)



Hình 11-3. Đường cáp treo có hai đường cáp kéo

Trong đó một đường là vận chuyển hàng trên các toa, còn đường thứ hai là đường hồi về của các toa hàng (có hàng hoặc không có hàng). Các bộ phận chính của đường cáp treo gồm có: ga nhận hàng 7 và ga trả hàng 2, giữa hai ga đó là hai đường cáp nối lại với nhau: đường cáp mang 4 và đường cáp kéo 3. Để tạo ra lực căng của cáp, tại nhà ga trả hàng 2 có lắp đặt cơ cấu kéo căng cáp 1. Ở khoảng giữa hai nhà ga có các giá đỡ cáp mang trung gian 5. Cáp kéo 3 được thiết kế thành một mạch kín liên kết với cơ cấu truyền động

8. Động cơ truyền động cáp kéo 9 được lắp đặt tại nhà ga nhận hàng. Các toa hàng 6 di chuyển theo đường cáp mang 4.

Năng suất của đường cáp treo đạt tới 400 tấn/h, độ dài cung đường giữa hai nhà ga có thể đạt tới hàng trăm km.

Năng suất của đường cáp được tính theo biểu thức:

$$Q = \frac{3600 \cdot G}{t} \quad [\text{tấn/h}] \quad (11-6)$$

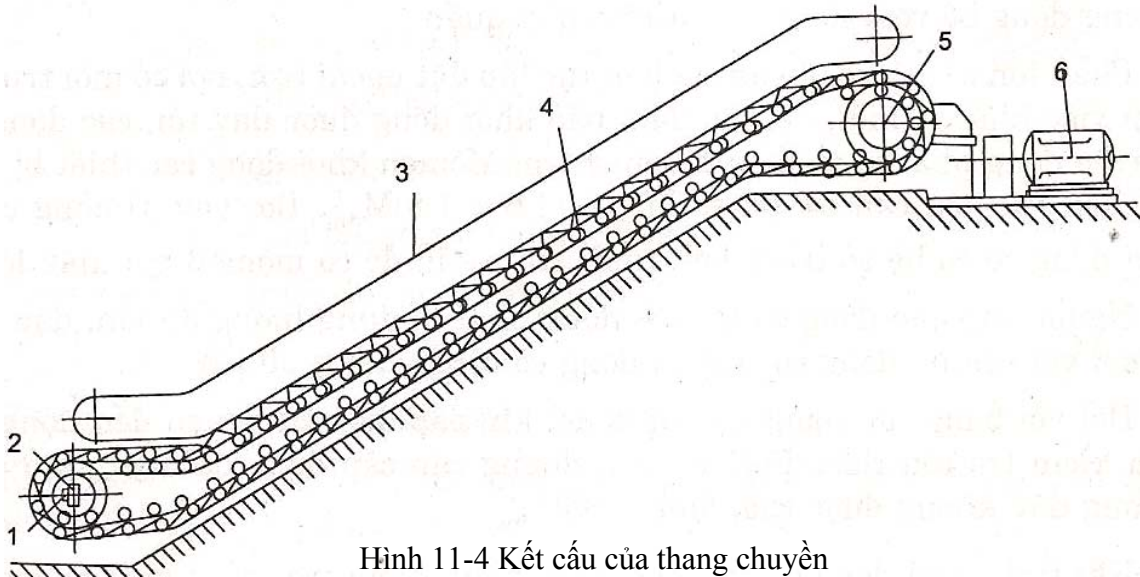
Trong đó: t - thời gian gián cách hai toa hàng, s;

G - trọng tải hữu ích của một toa hàng, tấn.

4. Thang chuyển

Thang chuyển là một loại cầu thang với các bậc chuyển động dùng để vận chuyển hành khách trong các nhà ga của tàu điện ngầm, các toà thị chính, các siêu thị, với tốc độ di chuyển từ 0,4 đến 1m/s.

Kết cấu của một thang chuyển được giới thiệu trên hình 11-4



Hình 11-4 Kết cấu của thang chuyển

Động cơ truyền động 6, lắp ở phần trên của thang chuyển truyền lực cho trục chủ động 5 qua cơ cấu truyền lực - hộp tốc độ. Trục chủ động 5 có hai bánh xe hoa cúc và dải băng vòng có các bậc thang 4 khấp kín với bánh hoa cúc 2 lắp ở phần dưới của thang chuyển. Ở trục thụ động 2 có lắp cơ cấu tạo lực căng cho dải băng vòng. Để đảm bảo an toàn cho hành khách, hai bên thành của thang chuyển có tay vịn 3 di chuyển đồng tốc với các bậc thang của thang chuyển.

Năng suất của thang chuyển được tính theo biểu thức:

$$Q = \frac{1}{m_b} m_k \cdot v \cdot \rho \cdot 3600 \quad [\text{người/h}] \quad (11-7)$$

Trong đó: $\frac{1}{m}$ - số bậc thang trên một đơn vị mét dài của thang chuyển;

- m_k - số lượng khách trên một bậc thang;
- ρ - hệ số lấp đầy khách của thang chuyên;
- v - tốc độ di chuyển của thang chuyên, m/s.

Hệ số lấp đầy ρ có thể tính theo công thức kinh nghiệm:

$$\rho = 1,2 - 0,6v = 0,6(2-v)$$

11-3. Các yêu cầu chính đối với hệ chuyển động các thiết bị vận tải liên tục

Chế độ làm việc của các thiết bị vận tải liên tục là chế độ dài hạn với phụ tải hầu như không đổi. Theo yêu cầu công nghệ của hầu hết các thiết bị vận tải liên tục không yêu cầu điều chỉnh tốc độ. Trong một số trường hợp, cần tăng nhịp độ làm việc trong các phân xưởng sản xuất theo dây chuyền, các băng chuyền phục vụ trong dây chuyền sản xuất yêu cầu phạm vi điều chỉnh tốc độ là $D = 2:1$. Động cơ truyền động và các thiết bị điều khiển hệ truyền động phải chọn làm việc ở chế độ dài hạn. Hệ truyền động các thiết bị vận tải liên tục là hệ truyền động xoay chiều với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc và rôto dây quấn.

Phần lớn các thiết bị vận tải liên tục lắp đặt ngoài trời, nơi có môi trường làm việc khắc nghiệt, nên để đảm bảo khởi động được đầy tải, các động cơ truyền động phải có mômen mở máy lớn. Mômen khởi động các thiết bị vận tải liên tục yêu cầu tới trị số $M_{kd} = (1,6 \div 1,8)M_{dm}$. Bởi vậy thường chọn loại động cơ có hệ số trượt lớn, rãnh stato sâu để có mômen mở máy lớn.

Nguồn cấp cho động cơ truyền động phải có dung lượng đủ lớn, đặc biệt là đối với những động cơ truyền động có công suất lớn hơn 30kW.

Đối với băng tải, băng gàu di động, khi cấp điện từ nguồn đến động cơ, cần kiểm tra tổn thất điện áp trên đường cáp cấp điện, để điện áp ở cuối đường dây không được thấp hơn $0,85U_{dm}$.

Khi tính chọn động cơ cần phải tiến hành kiểm tra trị số gia tốc của hệ truyền động khi tăng tốc và khi hãm dừng.

Đối với hệ truyền động đường cáp treo và thang chuyên, quá trình mở máy và hãm dừng phải xảy ra êm, trị số gia tốc không được vượt quá $0,7m/s^2$.

11-4. Tính chọn công suất động cơ truyền động các thiết bị vận tải liên tục

1. *Băng tải*: khi tính chọn công suất động cơ truyền động băng tải cần tính đến các thành phần công suất sau:

- a) Công suất để dịch chuyển vật liệu P_1 .
- b) Công suất để khắc phục tổn hao do ma sát trong các ổ đỡ của các con lăn, ma sát khi băng di chuyển P_2 .
- c) Công suất cần để nâng vật liệu P_3 (nếu băng tải di chuyển theo mặt phẳng nghiêng).

Gọi: δ_b - khối lượng mét băng tải, kg/m;
 δ - khối lượng vật liệu trên 1m băng tải, kg/m.

Lực cần thiết để dịch chuyển vật liệu bằng:

$$F_1 = L\delta\cos\beta k_1 \cdot g = L'\delta k_1 g \text{ [N]} \quad (11-8)$$

Trong đó:

L - chiều dài của băng tải, m;

k_1 - hệ số có tính đến lực cản khi dịch chuyển vật liệu, thường lấy $k_1 = 0,05$.

β - góc nghiêng của băng tải;

g - gia tốc trọng trường, m/s^2 .

Công suất cần thiết để dịch chuyển vật liệu:

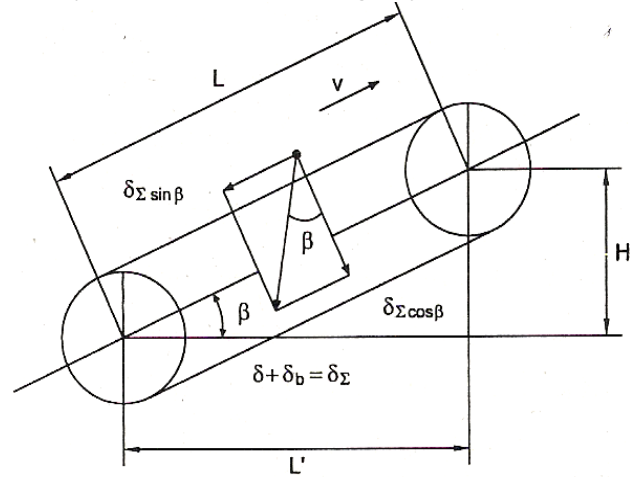
$$P_1 = F_1 \cdot v = L'\delta k_1 v \cdot g \quad (11-9)$$

Trong đó: v là tốc độ di chuyển của băng tải, m/s.

Khối lượng của vật liệu trên một mét dài của băng tải có thể tính theo năng suất của băng tải:

$$\delta = \frac{Q}{3,6} v$$

Khi đó công suất cần để dịch chuyển vật liệu bằng:



Hình 11-5 Sơ đồ tính toán để xác định công suất truyền động băng tải

$$P_1 = \frac{QL \cdot 0,05 \cdot v \cdot g}{3,6v} = 0,0139QL'g \quad (11-10)$$

Lực cản trong các ổ đỡ các con lăn và lực cản do ma sát khi băng chuyển động trên các con lăn được tính theo biểu thức:

$$F_2 = L2\delta_b \cos\beta k_2 g = 2L'\delta_b \cdot k_2 \cdot g \quad (11-11)$$

Trong đó: k_2 - hệ số có tính đến lực cản khi không tải.

Công suất cần thiết để khắc phục tổn hao công suất do lực cản ma sát bằng:

$$P_2 = F_2 \cdot v = 2L'\delta_b \cdot k_2 \cdot g \quad (11-12)$$

Lực cần thiết để nâng vật liệu được tính bằng:

$$F_3 = \pm L\delta \sin\beta g = \pm \delta \cdot H \cdot g \quad (11-13)$$

Trong đó: H - là chiều cao nâng của băng tải, m.

Dấu (+) trong biểu thức tương ứng khi băng tải vận chuyển vật liệu đi lên; dấu (-) khi vận chuyển vật liệu đi xuống.

Công suất cần để nâng vật liệu bằng:

$$P_3 = \pm F_3 \cdot v = \pm \delta \cdot H \cdot g \pm \frac{QHvg}{3,6v} = \pm 0,278QHg \quad (11-14)$$

Công suất cần tính của băng tải bằng:

$$P_c = k(P_1 + P_2 + P_3) = kg(0,0139QL' + 2L'\delta_b k_2 \pm 0,278QH) \quad (11-15)$$

Trong đó: k - hệ số có tính đến tổn thất phụ do lực ma sát trong các con lăn dẫn hướng $k = (1 \div 1,25)$.

Công suất của động cơ truyền động băng tải được tính theo biểu thức:

$$P_{dc} = k \cdot \frac{P_c}{\eta} \quad (11-16)$$

Trong đó: k - hệ số dự trữ ($k = 1,2 \div 1,25$);
 η - hiệu suất của hệ truyền động.

2. Băng gàu

Công suất động cơ truyền động băng gàu được tính dựa trên lực cản và lực căng của các nhánh băng kéo các gàu xúc (hình 11-6)

Lực kéo của nhánh kéo lên của băng là tổng lực kéo tại các điểm 1,2,3 và lực cản trên tang thụ động và lực cản khi di chuyển các gàu xúc.

$$F_{kl} = k_1 F_1 + k_2 \delta g + (\delta + \delta_0) H \cdot g \quad [N] \quad (11-17)$$

Trong đó:

F_1 - lực kéo tại điểm 1 thường lấy bằng (1000 ÷ 2000)N

k_1 - hệ số có tính đến lực ma sát trên tang quay, $k_1 = 1,05 \div 1,07$

δ - khối lượng vật liệu trên một mét dài của băng, kg;

k_2 - hệ số có tính đến lực cản vận chuyển 1 kg vật liệu, $k_2 = (4 \div 5) \text{kgm/kg}$;

δ_0 - khối lượng 1 mét băng.

Lực kéo của nhánh kéo xuống của băng (tại điểm 4) được tính bằng:

$$F_{kx} = F_1 + \delta_0 H g \quad [N] \quad (11-17)$$

Tổng lực kéo đặt lên tang chủ động của băng gàu bằng:

$$F = \frac{(F_{kl} - F_{kx})}{0,95} \quad [N] \quad (11-18)$$

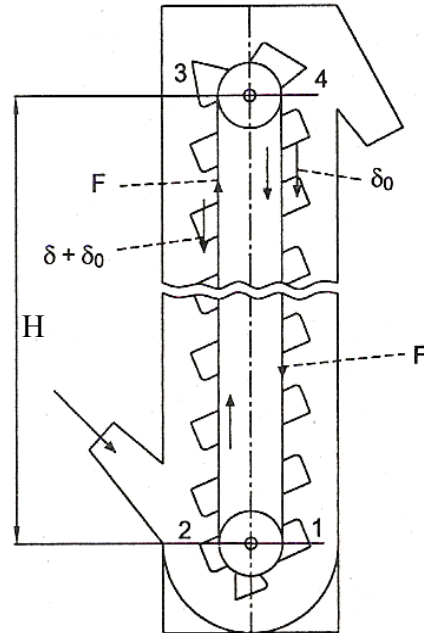
Công suất cản tĩnh của băng gàu bằng:

$$P_c = F \cdot v$$

Công suất động cơ truyền động băng gàu bằng:

$$P_{\delta z} = k \cdot \frac{P_c}{\eta} \quad (11-19)$$

Trong đó: k - hệ số dự trữ, $k = (1,2 \div 1,25)$



Hình 11-6. Sơ đồ tính toán để xác định công suất động cơ truyền động băng gàu

11-5. Một số sơ đồ không chế điện hình

1. Sơ đồ khống chế hệ thống băng tải

Điều khiển băng tải và băng gàu có cùng một nguyên lý chung khi thiết kế sơ đồ điều khiển, các mạch liên động và tín hiệu hoá.

Khi một băng tải hoặc băng gàu làm việc độc lập, không liên quan với các thiết bị khác, điều khiển hệ truyền động bằng hệ thống nút bấm và công tắc tơ lắp trong tủ điện của băng tải.

Khi có nhiều tuyến vận tải vật liệu, trong đó có nhiều máy công tác, sự liên hệ giữa các máy công tác đó là hệ thống băng tải. Khi thiết kế hệ thống điều khiển hệ thống băng tải trên phải tuân thủ các nguyên tắc sau:

- Thứ tự khởi động các động cơ truyền động băng tải ngược chiều với dòng vận chuyển vật liệu.

- Dừng băng tải bất kỳ nào đó chỉ được phép khi băng tải trước nó đã dừng.

Sơ đồ điều khiển hệ thống băng tải được trình bày trên hình 11-7.

Hệ thống băng tải có ba tuyến vận chuyển vật liệu:

+ Tuyến 1: băng tải BT1 → thùng phân phối TP1 → băng tải BT2 → băng tải BT3 và đổ vào thùng chứa T1.

+ Tuyến 2: băng tải BT1 → thùng phân phối TP1 → băng tải BT4 → thùng phân phối TP2 → băng tải BT6 và đổ vào thùng chứa T2.

+ Tuyến 3: băng tải BT1 → thùng phân phối TP1 → băng tải BT4 → thùng phân phối TP2 → băng tải BT5 và đổ vào thùng chứa T3.

Chọn tuyến vận chuyển vật liệu bằng ba bộ chuyển mạch CM1, CM2, CM3.

Hệ thống đèn báo bao gồm:

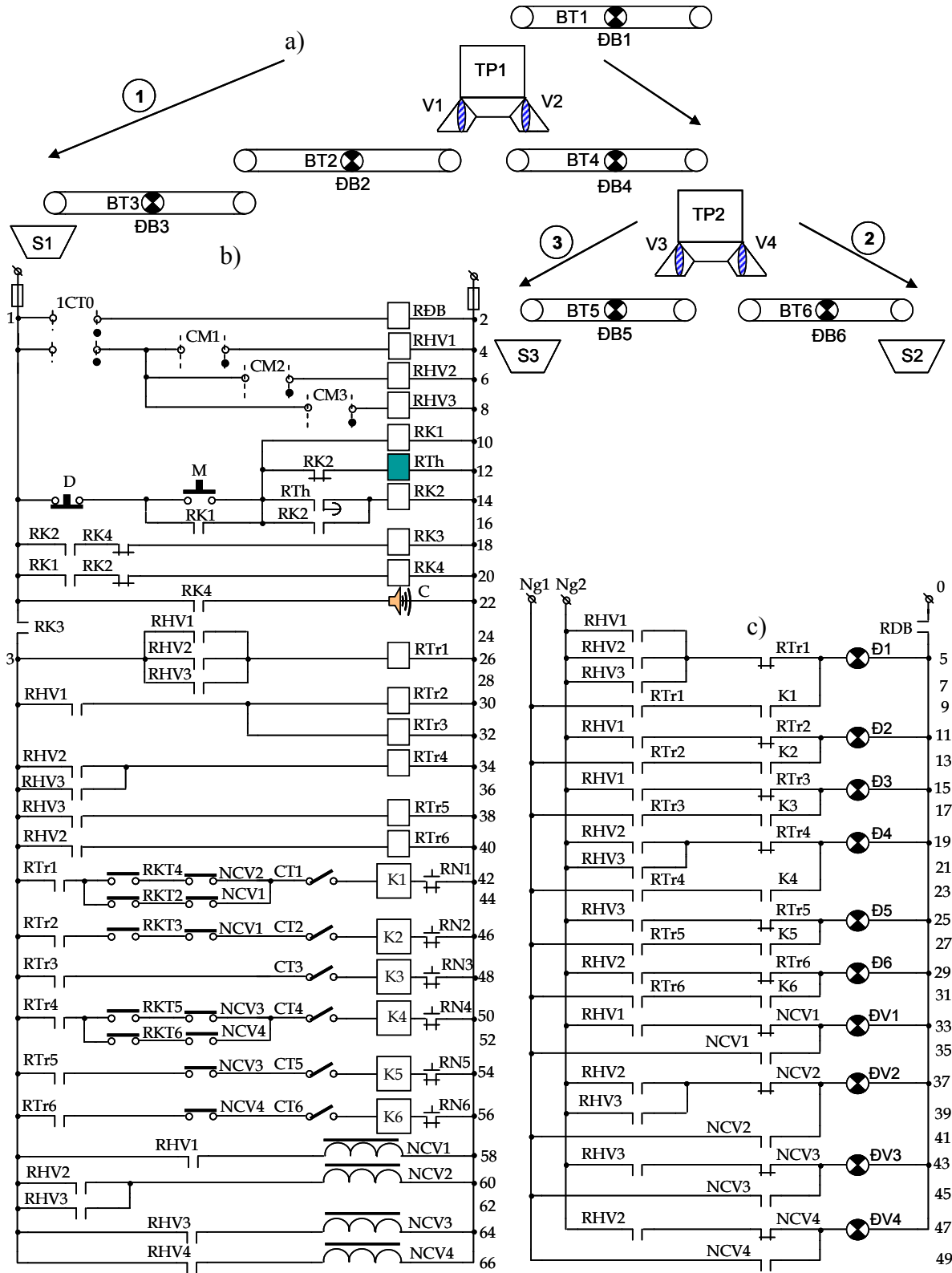
+ ĐB1 ÷ ĐB6 hiển thị trạng thái làm việc của sáu băng tải tương ứng.

+ Đèn báo ĐV1 ÷ ĐV4 hiển thị trạng thái làm việc của các van, của hai thùng phân phối TP1 và TP2. Khi vận chuyển vật liệu theo tuyến 1, đèn báo ĐV1 sáng, còn khi vận chuyển vật liệu theo tuyến 2, đèn báo ĐV2, ĐV4 sáng, còn khi vận chuyển theo tuyến 3, đèn báo ĐV2 và ĐV3 sáng. Hệ thống đèn báo có hai chế độ hiển thị:

- Để kiểm tra tuyến vận chuyển đã chọn, các đèn báo được đấu vào nguồn Ng1 (hình 11-7c), đèn báo sáng nhấp nháy, còn khi các băng tải đã khởi động xong, các đèn báo được đấu vào nguồn Ng2 (hình 11-7c), các đèn báo sáng ổn định.

+ Xét nguyên lý làm việc của hệ thống băng tải khi cần vận chuyển vật liệu theo tuyến 3.

- Đóng công tắc chuyển mạch CTO (hình 11-7b), role trung gian RDB(2) = 1, cấp nguồn cho hệ thống đèn chiếu sáng (hình 11-7c).



Hình 11-8 Sơ đồ điều khiển hệ thống băng tải

a) Sơ đồ công nghệ b) sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển c) Hệ thống đèn báo

- Quay chuyển mạch CM3 sang bên phải, role hướng vận chuyển RHV3(8) =1. Tiếp điểm của nó sẽ đóng để chuẩn bị cấp nguồn cho các role trung gian và các cuộn nam châm sau:

- * RHV3(26) =1, cấp nguồn cho các role RTr1.
- * RHV3(36) =1, chuẩn bị cấp nguồn cho role RTr4.
- * RHV3(38) =1, chuẩn bị cấp nguồn cho role RTr5.
- * RHV3(62) =1, chuẩn bị cấp nguồn cho cuộn dây nam châm NCV2.
- * RHV3(64) =1, chuẩn bị cấp nguồn cho cuộn dây nam châm NCV3.
- * RHV3 cấp cho các đèn báo ĐB1(7), ĐB2(39), ĐB3(43), ĐB4(17), ĐB5(25) vào nguồn Ng2. Các đèn báo sẽ sáng nhấp nháy cho phép chúng ta kiểm tra tính đúng đắn của tuyến đường vận chuyển vật liệu đã chọn.

Để khởi động các động cơ truyền băng tải, ấn nút mở máy M, \rightarrow RK1(10) =1, \rightarrow RK1(16) =1 [duy trì], RK1(20) =1 \rightarrow RK4(20) =1 \rightarrow RK4(22) =1 \rightarrow chuông điện Ch(22) kêu báo hiệu hệ thống băng tải chuẩn bị làm việc.

Sau thời gian chỉnh định (5 ÷ 10)s, tiếp điểm thường mở đóng chậm RTh(14) =1, \rightarrow RK2(14) =1 \rightarrow RK2(16) = 1, RK2(12) = 0 \rightarrow cắt nguồn cấp cho RTh(12), \rightarrow RK2(20) = 0 \rightarrow RK4(20) =0 \rightarrow cắt nguồn chuông Ch(22); RK2(18) = 1 \rightarrow RK3(18) = 1 \rightarrow RK3(1-3) đóng nguồn cho dòng 26 ÷ 70.

Khi RK3(1-3) =1 \rightarrow K5(54) = 1 \rightarrow BT5 khởi động. Khi tốc độ đạt được tốc độ định mức, RKT5(50) = 1 \rightarrow K4(52) =1 \rightarrow BT4 khởi động. Khi tốc độ băng tải 4 đạt tốc độ định mức, RKT(42) = 1 \rightarrow K1(42) =1 \rightarrow BT1 khởi động, quá trình khởi động các động cơ truyền động băng tải kết thúc. Khi muốn dừng hệ thống băng tải, ấn nút dừng máy “D”.

Khi các băng tải khởi động xong, các tiếp điểm của các công tắc tơ K1 ÷ K6 (hình 11-8c) đóng lần lượt các đèn báo ĐB1 ÷ ĐB6 vào nguồn cấp Ng1, đèn báo sáng ổn định báo hiệu quá trình khởi động các băng tải kết thúc.

Công tắc CT1 ÷ CT6 dùng để cắt điện từng băng tải trong trường hợp cần sửa chữa.

2. Sơ đồ không chế đường cáp treo

Khi thiết kế và chọn sơ đồ điều khiển hệ truyền động đường cáp treo chủ yếu dựa vào chế độ làm việc của nó. Chế độ làm việc của động cơ truyền động đường cáp treo thay đổi phụ thuộc vào độ nghiêng (độ dốc) của tuyến đường và phụ tải của các toa hàng.

Trong trường hợp chuyển động đi lên, hệ truyền động làm việc ở chế độ động cơ, còn khi chuyển động đi xuống động cơ làm việc ở chế độ máy phát, thực hiện hãm tái sinh có trả năng lượng về lưới.

Sơ đồ không chế hệ truyền động đường cáp treo được giới thiệu trên hình 11-9.

Lời nãi ®Çu

Trong sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước cần phải tiến hành điện khí hoá, cơ khí hoá và tự động hoá. Mạng điện nông nghiệp gắn liền với quá trình điện khí hoá nông thôn - là một mắt xích của công cuộc điện khí hoá toàn quốc, đáp ứng yêu cầu của phát triển sản xuất đem lại ánh sáng tinh thần cho nhân dân, rút ngắn khoảng cách giữa nông thôn và thành phố.

Để góp phần đáp ứng yêu cầu phát triển mạng lưới điện ở nông thôn, chúng tôi biên soạn cuốn " Mạng điện nông nghiệp". Nội dung cuốn sách dựa theo chương trình đã được Bộ Giáo dục và Đào tạo phê duyệt. Nó được dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên ngành Điện khí hoá nông nghiệp. Đồng thời có thể làm tài liệu tham khảo cho cán bộ kỹ thuật và kỹ sư chuyên ngành.

Cuốn sách gồm 10 chương; trình bày khá đầy đủ và tỉ mỉ lý thuyết tính toán phân điện của mạng điện, những vấn đề có liên quan đến mạng điện ở chế độ xác lập; đặc biệt đi sâu tính toán mạng điện địa phương, cấp điện áp từ 35 kV trở xuống. Để đảm bảo độ bền cơ học của đường dây, cuốn sách trình bày tính toán phân cơ khí dây dẫn, cột và móng. Đồng thời tóm tắt quá trình thiết kế mạng điện. Ở cuối mỗi chương đều có các ví dụ mẫu minh hoạ cho lý thuyết để đọc giả tiện so sánh, vận dụng. Các số liệu tra cứu cho trong phần phụ lục.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn tập thể Bộ môn Cung cấp và Sử dụng điện, Khoa Cơ - Điện, Trường ĐHNH Hà Nội đã cho nhiều ý kiến đóng góp bổ ích.

Trong quá trình biên soạn chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi mong được tiếp thu những ý kiến đóng góp của độc giả và xin chân thành cảm ơn.

Địa chỉ liên hệ:
Bộ môn Cung cấp và Sử dụng Điện
Khoa Cơ - Điện, Trường ĐHNH Hà Nội

Tác giả

CHƯƠNG 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠNG ĐIỆN

§ 1-1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA MẠNG ĐIỆN

Những năm 60 của thế kỷ XIX, máy phát điện ra đời người ta đã tìm cách đưa dòng điện từ nguồn sản xuất đến nơi tiêu thụ. Tuy nhiên thành tựu mới nhất lúc bấy giờ chỉ là đưa dòng điện một chiều điện áp 100 V đi xa vài trăm mét. Những năm 70 hình thành một số đường dây điện áp thấp. Những năm 80 của thế kỷ XIX, mạng điện mới thực sự trở thành một ngành khoa học kỹ thuật được lý luận soi sáng. Năm 1880, nhà khoa học Nga Latrinốp nghiên cứu về vấn đề truyền tải điện năng đi xa đã chỉ ra rằng: Với khoảng cách càng xa, công suất truyền càng lớn thì có lợi nhất là nâng cao cấp điện áp truyền. Các nước Pháp, Anh, Nga, Mỹ đều tích cực nghiên cứu nâng cao điện áp để vận chuyển điện năng đi xa hơn.

Năm 1882 ở Pháp có đường dây dòng điện một chiều điện áp 1,5 kV. Năm 1891 cùng với việc chế tạo máy phát điện, máy biến áp, động cơ dị bộ, điện áp đã được nâng lên 15 kV. Cuối thế kỷ XIX ở Pháp đã xây dựng đường dây 35 kV. Đầu thế kỷ XX mạng điện phát triển hết sức mạnh mẽ, công suất, điện áp và chiều dài đường dây tăng lên không ngừng.

Từ năm 1908 - 1910 xuất hiện đường dây 110 kV. Những năm 20 của thế kỷ XX điện áp nâng lên 220 kV. Trong những năm 50 đã khánh thành đường dây 500 kV. Hiện nay đường dây truyền tải dòng điện xoay chiều điện áp 750 kV và cao hơn, dòng điện một chiều điện áp 1500 kV đã được xây dựng và thử nghiệm ở nhiều nơi trên thế giới.

Ở nước ta dưới thời Pháp thuộc, đầu thế kỷ thứ XX xây dựng được một vài nhà máy điện như Yên Phụ - Hà Nội, Thượng Lý - Hải Phòng, Thủ Đức - Sài Gòn. Những năm 20 điện áp truyền tải lớn nhất là 35 kV.

Từ năm 1965 miền Bắc nước ta đã xây dựng đường dây 110 kV. Sau khi đất nước thống nhất ta đã xây dựng và mở rộng hàng loạt nhà máy điện như Thác Bà công suất 108 MW, Hoà Bình 1920 MW, Yaly 700 MW, thuỷ điện Trị An 400 MW, nhiệt điện Uông Bí 300 MW, nhiệt điện Phả Lại I 400 MW, Phả lại II 600 MW, nhiệt điện chạy khí Phú Mỹ I 900 MW, Phú Mỹ 2.1 và 2.2 gần 600 MW, ... Và đang dự kiến xây dựng hàng loạt các nhà máy thuỷ điện, nhiệt điện chạy than, chạy khí và nghiên cứu sử dụng các nguồn năng lượng mới để phát điện như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng thuỷ triều, năng lượng địa nhiệt, nhà máy điện nguyên tử... Từ năm 1978 nước ta tiến hành xây dựng đường dây 220 kV chuyên tải điện từ Uông Bí về Hà Nội và các tỉnh miền Trung. Tuy nhiên hệ thống điện đó vẫn chưa đáp ứng được nhu cầu sử dụng điện cho cả nước; đòi hỏi phải có đường dây điện áp cao hơn chuyên tải điện vào các tỉnh phía nam. Trong các năm 1992 - 1993 ta tiến hành xây dựng đường dây siêu cao áp 500 kV. Năm 1994 đường dây 500 kV từ Hoà Bình vào Phú Lâm (thành phố Hồ Chí Minh) dài 1487 km đã đưa vào vận hành.

Cùng với việc tăng công suất, chiều dài đường dây cao áp thì mạng điện hạ áp cũng phát triển rộng khắp ở các tỉnh đồng bằng, nông thôn. Đến nay một số tỉnh 100% số xã đã có điện như Hà Nội, Hải Phòng (trừ hải đảo), thành phố Hồ Chí Minh, Thái Bình, Hải Dương, Hưng Yên, Bắc Ninh, Nam Định, Hà Nam, Tiền Giang... Các tỉnh miền Nam do nguồn năng lượng thiếu nên điện khí hoá nông thôn và mạng điện nông nghiệp phát triển chậm hơn nhất là các tỉnh vùng cao, vùng sâu, vùng xa. Tới nay cả nước có trên 60%^(*) số xã đã có điện.

Điện năng tiêu thụ tính theo đầu người trong một năm ở mức gần 300 kWh. Trong một vài năm tới cả nước phấn đấu sẽ có 80% số xã có điện và sản lượng điện bình quân đầu người là 400 kWh.

§ 1-2. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠNG ĐIỆN

1. Những khái niệm cơ bản

Hệ thống dây dẫn, dây cáp, cột xà sứ, thiết bị nối... dùng để truyền tải điện năng gọi là *đường dây tải điện*.

Đường dây có điện áp $U_{dm} \leq 1$ kV gọi là đường dây điện áp thấp, đường dây có điện áp định mức lớn hơn 1 kV gọi là đường dây điện áp cao.

Mạng điện là tập hợp các đường dây trên không, dây cáp, các trạm biến áp và trạm đóng cắt điện ở các cấp điện áp khác nhau.

Hệ thống điện là tập hợp bao gồm các nguồn điện và các phụ tải điện nối liền với nhau bởi các trạm biến áp, trạm cắt, trạm biến đổi dòng điện và đường dây tải điện ở các cấp điện áp định mức khác nhau. Nói cách khác, hệ thống điện bao gồm nguồn điện, mạng điện và phụ tải. Hệ thống điện là 1 bộ phận của hệ thống năng lượng, nó làm nhiệm vụ sản xuất, truyền tải và sử dụng điện năng.

Mỗi thiết bị cấu thành hệ thống điện được gọi là phần tử của hệ thống. Có những phần tử trực tiếp làm nhiệm vụ sản xuất, biến đổi, chuyên tải và tiêu thụ điện như máy phát, đường dây, máy biến đổi dòng điện và điện áp... Có những phần tử làm nhiệm vụ điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ quá trình sản xuất và phân phối điện năng như tự động điều chỉnh kích từ, bảo vệ rơ le, máy cắt điện....

Mỗi phần tử của hệ thống được đặc trưng bởi các thông số, các thông số này xác định bởi các tính chất vật lý, sơ đồ nối các phần tử và các điều kiện giản ước tính toán khác. Nói chung thông số của các phần tử có giá trị phụ thuộc vào quá trình công tác của hệ thống song trong nhiều trường hợp có thể xem các thông số đó là bất biến. Các thông số của các phần tử trong hệ thống điện được gọi là thông số hệ thống điện như: tổng trở, tổng dẫn, hệ số biến áp ...

Tập hợp các quá trình tồn tại trong hệ thống điện và xác định trạng thái làm việc của nó trong một thời điểm hoặc một khoảng thời gian nào đó gọi là chế độ của hệ thống điện. Nó được đặc trưng bởi các chỉ tiêu định lượng về trạng thái làm việc của nó. Các chỉ tiêu đó là công suất, điện áp, dòng điện, góc lệch pha giữa dòng và áp, hao tổn công suất.... Các chỉ tiêu này được gọi là thông số chế độ, nó chỉ xuất hiện khi hệ thống điện làm việc và biến đổi không ngừng theo thời gian, tuân theo quy luật ngẫu nhiên và có mối liên hệ qua lại với các thông số phần tử.

Hệ thống điện có 2 chế độ làm việc là chế độ xác lập và chế độ quá độ.

Chế độ xác lập là chế độ có các thông số chế độ không đổi theo thời gian, nó có chế độ xác lập bình thường và chế độ xác lập sau sự cố. Chế độ xác lập bình thường là chế độ làm việc thường xuyên của hệ thống nên yêu cầu phải đảm bảo độ tin cậy, chất lượng điện và các chỉ tiêu kinh tế. Đối với chế độ xác lập sau sự cố thì các yêu cầu trên được giảm đi nhưng không được kéo dài. *Chế độ quá độ* có các thông số biến đổi mạnh theo thời gian như ngắn mạch, dao động công suất của máy phát... nên không có lợi, phải nhanh chóng đưa về chế độ xác lập.

2. Phân loại mạng điện và thụ điện

Căn cứ vào nhiệm vụ, cấp điện áp, dòng điện người ta phân mạng điện thành các loại như sau:

+ Theo loại dòng điện có

Mạng dòng điện một chiều,

Mạng điện xoay chiều một pha tần số từ 50 - 60 Hz,

Mạng điện xoay chiều 3 pha tần số từ 50 - 60 Hz.

+ Theo điện áp

Mạng cao áp có $U_{dm} > 1$ kV

Mạng hạ áp có $U_{dm} \leq 1$ kV.

Hiện nay, trên thế giới người ta phân loại theo cấp điện áp như sau:

Đường dây hạ áp (LV - Low voltage) $U_{dm} < 1$ kV

Đường dây trung áp (MV - Medium voltage) $1 \text{ kV} \leq U_{dm} < 66$ kV

Đường dây cao áp (HV - High voltage) $66 \text{ kV} \leq U_{dm} \leq 220$ kV

Đường dây siêu cao áp (EHV -Extra high voltage) $330 \text{ kV} \leq U_{dm} \leq 750$ kV

Đường dây cực cao áp (UHV -Ultra high voltage) $U_{dm} \geq 800$ kV

+ Theo số dây dẫn có mạng một chiều và một pha 2 dây dẫn, mạng xoay chiều 3 pha 3 dây, mạng xoay chiều 3 pha 4 dây và 5 dây.

+ Theo hình dáng có mạng điện hở và mạng điện kín.

Mạng hở là mạng có nguồn cung cấp từ một phía,

Mạng kín là mạng mà mỗi phụ tải có khả năng nhận năng lượng từ hai phía.

+ Theo cấu trúc có mạng điện bên trong và mạng điện bên ngoài, nó được xây dựng trong nhà và ngoài nhà. Mạng bên ngoài được xây dựng bằng dây trần và dây bọc gọi là đường dây trên không (ĐDK) và thực hiện bằng cáp gọi là mạng cáp.

+ Theo nhiệm vụ người ta phân ra làm 2 loại:

Đường dây cung cấp (truyền tải) có điện áp định mức $U_{dm} \geq 220$ kV dùng để truyền tải công suất lớn với khoảng cách hàng trăm km cho một khu vực rộng lớn.

Đường dây phân phối có điện áp định mức $U_{dm} \leq 110$ kV dùng để phân phối điện tới các địa phương với khoảng cách vài chục km và trong một phạm vi nhỏ hơn.

+ Phân loại theo vùng cung cấp:

Mạng khu vực là mạng cung cấp điện năng cho một khu vực rộng lớn, điện áp thường từ 110 - 220 kV trở lên và các đường dây có chiều dài lớn.

Mạng địa phương truyền tải năng lượng đến các hộ tiêu thụ trong phạm vi nhỏ hơn, thường có điện áp từ 110 kV trở xuống, chiều dài đường dây ngắn.

+ Điện áp định mức của mạng điện (ký hiệu là U_{dm}).

Mỗi mạng điện đặc trưng bởi một điện áp đã được tiêu chuẩn hoá, nó đảm bảo cho thiết bị làm việc bình thường và kinh tế nhất gọi là điện áp định mức. Điện áp định mức có ghi trên lý lịch và trên nhãn của máy điện và các thiết bị điện. Trong các thiết bị điện 3 pha, U_{dm} là điện áp dây. Điện áp định mức của mạng điện và của thụ điện phải bằng nhau. Do

phụ tải luôn luôn thay đổi theo quy luật ngẫu nhiên, có hao tổn điện áp trong mạng điện nên điện áp trên các điểm của mạng điện thường xuyên khác U_{dm} . Người ta phải điều chỉnh điện áp của đầu ra thanh cái máy phát điện và các nấc điều chỉnh của máy biến áp thường cao hơn điện áp định mức để bù vào phần hao tổn trên đường dây, sao cho độ lệch điện áp của thụ điện tại mọi điểm không vượt quá giới hạn cho phép.

Điện áp định mức của mạng điện và thiết bị điện được tiêu chuẩn hoá gồm các giá trị như:

U_{dm} : 0,22 kV; 0,38 kV; 6 kV; 10 kV; 15 kV; 22 kV; 35 kV; 110 kV; 150 kV; 220 kV; 330 kV; 400 kV; 500 kV ...

Cấp điện áp tiêu chuẩn hoá cho phép giảm bớt một số cỡ máy và thiết bị điện, giảm bớt chi phí xây dựng mạng điện.

Hệ tiêu thụ điện là các thiết bị sử dụng điện riêng lẻ hoặc là tập hợp tất cả các thiết bị đó. *Phụ tải điện* là đại lượng đặc trưng cho công suất tiêu thụ của các hệ tiêu thụ điện. Dựa vào yêu cầu cung cấp điện và tính chất quan trọng của hệ tiêu thụ người ta chia thụ điện thành 3 loại:

- *Thụ điện loại I* là những phụ tải quan trọng; ngừng cung cấp điện sẽ gây tai nạn nguy hiểm cho con người; làm tổn thất lớn đến nền kinh tế quốc dân làm hư hỏng hàng loạt sản phẩm, thiết bị; làm rối loạn quá trình sản xuất phức tạp (ví dụ như thông gió hầm lò, cấp điện cho phòng mổ, các lò luyện thép, nhà khách ngoại giao...).

Thụ điện loại I phải được cung cấp điện liên tục bằng 2 đường dây độc lập. Việc cung cấp điện chỉ được gián đoạn trong thời gian đóng điện dự phòng bằng thiết bị tự động.

- *Thụ điện loại II* là phụ tải khi ngừng cung cấp điện sẽ làm sản xuất bị đình trệ; hàng loạt sản phẩm bị phế bỏ; vi phạm hoạt động bình thường của nhân dân thành phố (ví dụ như các nhà máy công cụ, dây chuyền SX tự động, công trình thuỷ nông lớn, hệ thống điện thành phố thị xã,...) Thụ điện loại II được phép gián đoạn trong thời gian cần thiết để đóng điện bằng tay chuyển sang nguồn dự phòng.

- *Thụ điện loại III* bao gồm tất cả các thụ điện còn lại. Thụ điện loại III cho phép ngừng cung cấp điện trong thời gian sửa chữa, khắc phục những hư hỏng xảy ra nhưng phải khẩn trương, nhanh chóng.

§ 1-3. NHỮNG ĐIỂM ĐẶC BIỆT VỀ PHÂN PHỐI ĐIỆN TRONG NÔNG NGHIỆP

1. Những yêu cầu chung của mạng điện

Để đảm bảo cung cấp một lượng điện năng có chất lượng điện tốt và liên tục, yêu cầu đặt ra đối với mạng điện là:

- Đảm bảo độ bền cơ học của đường dây để mạng điện làm việc vững chắc và an toàn.
- Cung cấp điện thường xuyên liên tục, nhất là các thụ điện loại I.
- Giới hạn vị trí hư hỏng để sửa chữa bằng các thiết bị bảo vệ có tính chất chọn lọc.
- Cung cấp một điện năng có chất lượng tốt. Độ lệch điện áp tại thụ điện nằm trong giới hạn cho phép.
- Bảo đảm điều kiện kinh tế: vốn đầu tư cơ bản và chi phí vận hành là ít nhất.
- Có khả năng phát triển trong tương lai mà không cần cải tạo lại mạng điện.

Để thoả mãn những yêu cầu trên, khi thiết kế, thi công mạng điện cần lưu ý như sau:

Tính toán mạng điện theo các chỉ tiêu kinh tế, chọn điện áp, vật liệu, tiết diện dây dẫn phù hợp; lựa chọn sơ đồ nối dây tối ưu. Tính tiết diện dây theo hao tổn điện áp cho phép hoặc theo điều kiện kinh tế, kiểm tra độ lệch tại thụ điện nằm trong giới hạn cho phép. Kiểm tra dây dẫn theo điều kiện đốt nóng. Tính toán cơ khí đường dây bảo đảm độ bền cơ học của dây dẫn, cột và móng. Ngoài ra còn chú ý tới các biện pháp điều chỉnh điện áp.

2. Những điểm đặc biệt về phân phối điện năng trong nông nghiệp

Mạng điện nông nghiệp phục vụ cho các thụ điện nông nghiệp, có đặc điểm riêng so với mạng điện thành phố. Điểm nổi bật là, đường dây kéo dài, phân tán, công suất truyền tải tương đối nhỏ, phần lớn thụ điện làm việc có tính chất thời vụ, đồ thị tải không bằng phẳng và cực đại vào một số giờ cao điểm, chênh lệch giữa phụ tải cực đại và cực tiểu lớn nên thời gian máy biến áp làm việc non tải kéo dài. Kết quả là giá thành của mạng điện nông nghiệp tính theo công suất truyền tải rất cao. Qua tính toán người ta thấy rằng, giá thành mạng điện kể cả các trạm biến áp chiếm tới 2/3 tổng giá thành những thiết bị điện trong đó chi phí về vật liệu và dây dẫn chiếm tới 95% giá thành mạng điện. Vì vậy, khi thiết kế mạng điện phải giảm tới mức thấp nhất chi phí vật liệu và kim loại làm dây dẫn.

Các thụ điện trong nông nghiệp phần lớn là thụ điện loại II và loại III nên yêu cầu cung cấp điện không chặt chẽ như thụ điện loại I. nhiều trường hợp không cần phải dùng đường dây cấp điện dự phòng.

Để giảm giá thành mạng điện nông nghiệp người ta có thể sử dụng nhiều biện pháp khác nhau như nâng cao cấp điện áp định mức sử dụng từ mạng 220/127 V lên 380/220 V đưa sâu điện áp cao vào trung tâm phụ tải và nâng cao cấp điện áp vận hành từ 6 - 10 kV lên 22 kV hay 35 kV, đưa điện áp một pha trên lưới cao áp để cung cấp cho các thụ điện nhỏ nằm phân tán, rải rác Sử dụng hợp lý kim loại làm dây dẫn bằng cách thay vật liệu nhôm và thép nhôm cho đồng, nâng cao hao tổn điện áp cho phép để giảm tiết diện dây dẫn bằng cách lựa chọn và điều chỉnh các đầu phân áp hợp lý.

Ngoài ra để đạt hiệu quả kinh tế giảm giá thành truyền tải và phân phối điện năng còn sử dụng các loại kết cấu cột điện hợp lý, sử dụng đất làm dây dẫn bằng cách chọn hệ thống điện hai pha một đất, một pha một đất, rút ngắn thời gian thi công bằng cơ giới ...

§ 1-4. KẾT CẤU DÂY DẪN

1. Dây dẫn của đường dây trên không

Đường dây trên không thường dùng kim loại không bọc cách điện (dây trần), ngày nay tại các thành phố, thị trấn sử dụng dây bọc và dây vện xoắn để đảm bảo an toàn và chống hao tổn kinh doanh. Dây bọc ít sử dụng vì nó dễ bị phá huỷ bởi điều kiện thời tiết và môi trường, làm tăng tải trọng đường dây, tăng giá thành dây dẫn và giảm khả năng tỏa nhiệt ra môi trường. Dây dẫn cho đường dây bao gồm loại một sợi hay nhiều sợi. Dây dẫn một sợi thường có tiết diện không lớn lắm ($F \leq 10 \text{ mm}^2$). Dây dẫn nhiều sợi chế tạo với tiết diện lớn $F \geq 16 \text{ mm}^2$ trở lên.

Về cấu tạo, dây dẫn đường dây bao gồm

Dây dẫn một sợi làm bằng một kim loại,

Dây dẫn nhiều sợi làm bằng một kim loại,

Dây dẫn nhiều sợi làm bằng 2 kim loại,

Dây dẫn lưỡng kim,

Dây dẫn rỗng.

Dây dẫn nhiều sợi được chế tạo bao gồm một sợi ở chính giữa, xung quanh quấn nhiều sợi xoắn với nhau theo nhiều lớp. Thường lớp ngoài nhiều hơn lớp trong 6 sợi và mỗi lớp xoắn lại theo chiều ngược nhau để dây dẫn không tự xoắn và có dạng tròn.

Tùy theo vật liệu và cách chế tạo dây mà nó có những mã hiệu khác nhau. Mã hiệu dây dẫn gồm chữ cái chỉ vật liệu làm dây dẫn và con số chỉ tiết diện (mm^2) hoặc đường kính (mm). Ví dụ: A - dây nhôm; AC - thép nhôm; M - đồng; C - thép, ACO - dây thép nhôm có lõi thép giảm nhẹ; ACY - dây thép nhôm có lõi thép tăng cường...

Tiết diện dây dẫn được tiêu chuẩn hoá gồm các giá trị như sau:

1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 90; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 600; 700 (mm^2).

Những số ghi trong mã hiệu dây dẫn rất gần với tổng tiết diện thực của tất cả các sợi dây riêng rẽ. Trong tính toán ta lấy đường kính ngoài và đường kính tính toán của dây dẫn như trong phụ lục.

- *Dây đồng (M)*: là một trong những vật liệu dẫn điện tốt nhất. Dây đồng trần được chế tạo như sau: bằng nhiệt luyện, người ta có sợi đồng đường kính từ 5 - 10 mm, đưa vào kéo ở trạng thái nguội đến khi đường kính đạt 2,5 - 4 mm ta được dây đồng cứng dùng làm dây dẫn của ĐDK, ký hiệu MT. Dây đồng cứng có điện trở suất ở nhiệt độ 20°C là $\rho = 18,2 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$ và sức cản đứt tức thời là $F_{cd} = 382 \text{ N/mm}^2$. Dây đồng cứng đem đốt nóng và làm lạnh từ từ (ủ) ta được đồng mềm, ký hiệu MM thường dùng làm lõi cáp. Dây đồng mềm có $\rho = 17,5 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$ và $F_{cd} = 196 \text{ N/mm}^2$.

Dây dẫn bằng đồng chịu đựng tốt ảnh hưởng của khí quyển và đa số các phản ứng hoá học xảy ra trong không khí. Khi làm việc, trên bề mặt của dây dẫn tạo một lớp oxit dày bảo vệ cho các lớp bên trong không bị phá huỷ tiếp vì vậy nó không cần sử dụng các biện pháp chống ăn mòn. Về độ bền cơ, nó chỉ thua kém dây thép và các hợp kim đồng. Tuy nhiên do dây đồng đắt nên nó bị hạn chế sử dụng, thường dùng khi có những khoảng vượt lớn và điều kiện môi trường có hàm lượng muối hay hoá chất mà các vật liệu khác không sử dụng được.

- *Dây nhôm (A)*: Đường dây trên không thường sử dụng nhôm kéo cứng không bọc cách điện. Điện trở suất của dây nhôm là $\rho = 29,5 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$ và sức cản đứt tức thời $F_{cd} = 147 - 157 \text{ N/mm}^2$. Dây nhôm dẫn điện kém đồng khoảng 1,6 lần. Tuy nhiên nó nhẹ, giá thành hạ nên được sử dụng rộng rãi làm dây dẫn ĐDK. Dưới tác động của khí quyển, nhôm bị oxy hoá tạo thành lớp vỏ bảo vệ giống như dây đồng, lớp này có thể bị phá huỷ bởi một số chất hoá học. Vì độ bền cơ học kém nên được chế tạo thành nhiều sợi tiết diện từ 16 mm^2 trở lên và đường dây nhôm khi lắp đặt sẽ có độ võng lớn nên chỉ sử dụng ở khoảng vượt ngắn ($l < 150 \text{ m}$), và điện áp thấp ($U < 35 \text{ kV}$).

Để tăng độ bền cơ học, dây nhôm có pha thêm mangan và Silic ($\leq 1,2\%$) gọi là dây Andre (AA); Nó có $F_{cd} = 243 - 294 \text{ N/mm}^2$.

- *Dây thép nhôm (AC)* để tăng độ bền cơ học cho dây dẫn và thực hiện được những khoảng vượt lớn người ta chế tạo dây dẫn làm bằng hai kim loại (dây phức hợp) (Thông dụng nhất là dây thép nhôm được làm từ nhôm và thép. Nó là dây nhiều sợi, lớp trong cùng là một hoặc một số sợi thép tráng kẽm có độ bền cơ học cao, bên ngoài là các lớp nhôm để dẫn điện. Nó có độ bền cơ học cao hơn dây nhôm, dùng cho các khoảng vượt lớn và điện áp cao (Điện áp từ 35 kV trở lên). Dây thép nhôm được chế tạo ở 3 loại

- *Dây AC* có tỷ số tiết diện giữa nhôm và thép là 5,5 - 6, tiết diện từ 10 - 400 mm².

- *Dây ACO* là thép nhôm có lõi thép giảm nhẹ, có tỷ số tiết diện giữa nhôm và thép là 7,5 - 8, tiết diện chế tạo từ 150 - 700 mm².

- *Dây ACY* là thép nhôm có lõi thép tăng cường, có tỷ số tiết diện giữa nhôm và thép là 4,5 và có tiết diện từ 120 - 400 mm². Dây dẫn được dùng trong các khoảng vượt rất lớn cần tăng cường khả năng chịu lực của dây, chiều dài khoảng vượt có khi tới hàng ngàn mét.

- *Dây thép*: gồm loại một sợi (ký hiệu là PICO) và nhiều sợi (PIC), con số kèm theo chỉ đường kính dây thép. Dây nhiều sợi có ký hiệu PIMC là dây thép có đồng, con số kèm theo chỉ tiết diện (mm²). Vì dây thép dẫn điện kém, sử dụng không hợp lý nên nó dần được thay thế bằng dây A và AC.

- *Dây dẫn rỗng*: để tăng đường kính của dây tránh hiện tượng vầng quang điện, giảm tổn thất điện năng nhưng không tăng chi phí vật liệu làm dây dẫn người ta chế tạo dây dẫn rỗng. Nó có 2 loại: một loại gồm các sợi dây bằng đồng vện xoắn từng lớp theo chiều ngược nhau và rỗng ở giữa; loại khác gồm các thanh đồng ghép lại với nhau theo chiều xoắn. Loại này vì chế tạo phức tạp, đấu nối khó khăn và đắt nên hiện nay không dùng làm dây dẫn của đường dây, số ít dùng làm thanh cái trong trạm biến áp từ 330 kV trở lên.

2. Dây cáp điện lực

Những cấu trúc của dây dẫn được cách điện riêng biệt và được bảo vệ bằng lớp vỏ bọc ngoài gọi là dây cáp. Dây cáp có thể đặt trực tiếp trong đất, nước và không khí. Cấu trúc của cáp phụ thuộc vào cấp điện áp, loại dòng điện và phương thức lắp đặt trong đó ảnh hưởng lớn nhất là điện áp.

Theo điện áp người ta chia cáp thành các loại như sau: cáp từ 10 kV trở xuống (có từ 1 - 4 lõi); cáp 3 lõi điện áp 20 và 35 kV; cáp 2 lõi điện áp 110 và 220 kV.

- *Cáp điện lực điện áp $U \leq 10$ kV*:

Lõi cáp sử dụng vật liệu bằng những sợi đồng hay nhôm được ủ sơ bộ. Mỗi lõi có lớp vỏ bọc cách điện riêng gọi là cách điện pha. Vật liệu làm cách điện pha thường bằng giấy tẩm hoá chất đặc biệt hay một số lớp cao su, kết cấu tùy thuộc vào điện áp định mức của cáp. Các pha được vện xoắn với nhau và chèn bằng các nêm giấy ngâm tẩm để tạo cho vỏ cáp có dạng tròn đều. Tiếp theo, tính từ trong ra ngoài vỏ cáp gồm các lớp sau:

- Đai cách điện bằng giấy tẩm các thành phần đặc biệt hay các lớp cao su.

- Vỏ bằng chì hay nhôm bảo vệ cho đai.

- Lớp giấy cáp và sợi tẩm dùng để bảo vệ cho vỏ chì hay nhôm không bị phá huỷ bởi axit và kiềm.

- Cuốn bằng những giải thép (băng thép) phẳng hay tròn.

- Bọc bằng sợi gai tẩm dùng để chống gỉ cho giải thép.

- Vỏ bảo vệ bằng chì, nhôm hay nhựa tổng hợp.

Vỏ chì chế tạo bằng cách kéo sợi còn vỏ nhôm là hàn lạnh, chúng rất kín nên có thể đặt trực tiếp trong các môi trường đất, nước và không khí. Cáp vỏ chì có độ dẻo lớn nhưng đắt và ảnh hưởng tới môi trường nên ít được dùng, đa số là vỏ nhôm. Vỏ nhôm có ưu điểm là nhẹ, sức bền cao hơn nên ít bị rạn nứt khi đất bị lún sụt.

Đối với mạng điện hạ áp, cáp đều có cách điện và chất bảo vệ bằng nhựa tổng hợp, Polyclovinin, hay polyetylen (ví dụ ABB; АПІВ). Tiết diện dây cáp thường từ 2,5 - 185 mm²; cáp có thể có từ 1 đến 4 lõi. Ký hiệu cáp có các chữ chỉ vật liệu, chỉ cách điện và vỏ bọc. Ví dụ: cáp Liên Xô cũ: chữ đầu tiên là A chỉ lõi nhôm; không có chữ A là lõi đồng; vỏ ký hiệu C là chì; A là nhôm; B là polyclovinin; П là polyetylen ; P là cao su.

Vỏ bảo vệ ngoài có chữ b là thép; chữ Г là không bọc bảo vệ.

- *Cáp điện lực 20 và 35 kV:*

Khi số lõi bằng nhau thì cấu trúc của cáp 20 kV và 35 kV giống như với cáp 10 kV nhưng cách điện được tăng cường hơn, nó có 3 lõi tiết diện lên đến 240 mm². Thường thường cáp 20 kV và 35 kV được chế tạo với lớp vỏ bảo vệ riêng cho từng lõi, việc chế tạo như vậy sẽ tạo ra một điện trường hướng tâm có cường độ phân bố đều trên bề mặt lõi và trong các lớp cách điện đồng thời chống ngắn mạch giữa các pha. Các pha được đặt trong cùng vỏ bọc ngoài.

Muốn nối cáp người ta hàn ruột, bọc cách điện đặt trong hộp hay vỏ bảo vệ rồi đổ bitum hay êpôxi.

- *Cáp điện lực 110 và 220 kV:*

Được chế tạo khác với cáp có điện áp từ 35 kV trở xuống, nó gồm 2 loại: cáp nạp dầu và nạp khí.

Cáp dây dầu: Lõi cáp là ống kim loại rỗng chứa đầy dầu có áp suất từ 2 đến 4 at. Để duy trì áp suất dầu trong một giới hạn khi có tải thay đổi người ta dùng các thùng điều hoà áp suất. Ngoài lớp cách điện bằng giấy tẩm dầu, lõi cáp còn có các lớp bảo vệ như: băng cuốn tráng kẽm hoặc chì, băng đồng được phủ lớp chống rỉ, ngoài cùng là lớp vỏ bọc thép có bảo vệ chống rỉ.

Cáp dây khí: mỗi cáp đều được cách điện bằng giấy và vỏ bảo vệ riêng biệt đặt trong các ống thép chứa đầy khí trơ, áp suất từ 10 -15 at. Mặt trong của ống thép có lót cách điện bằng giấy tẩm dầu. Chúng có bộ phận đặc biệt để duy trì áp suất khí khi tải thay đổi bằng các nồi hơi ở hai đầu đường dây. Các loại cáp này lớp bảo vệ lõi cũng được tăng cường hơn,

3. Dây dẫn có bọc cách điện

Những mạng điện được xây dựng trong nhà, trong các công xưởng, nhà máy xí nghiệp ... gọi là mạng điện bên trong, thường dùng dây dẫn có bọc cách điện, cáp hay thanh dẫn với các phương pháp lắp đặt khác nhau. Dây bọc có lõi bằng đồng hay nhôm, cách điện cao su, polyclovinin hay polyetylen. Đối với dây dẫn loại nhiều lõi thì mỗi lõi được cách điện riêng biệt và trong cùng một vỏ bọc ngoài.

Ký hiệu dây bọc có các chữ chỉ cách điện và con số chỉ tiết diện dây dẫn. Ở Việt Nam gọi chung là dây bọc nhựa hoặc cao su (Ví dụ PVC). Còn ở Liên Xô cũ nhập về các loại như :

PIP là dây đồng cách điện cao su 1 lõi đặt trong ống sợi dệt tẩm dầu.

APIP là dây nhôm cách điện như trên.

AP là dây đồng 1 lõi cách điện cao su.

PIB là dây đồng 1 lõi cách điện polyclovinin.....

Dây bọc có 2 cách đặt là đặt kín và đặt hở.

- Đặt hở dùng cho điện áp $U \leq 220$ V. Dây dẫn đi trên tường hoặc trần bằng cách đặt trong ống ghen nhựa, thuỷ tinh, móc sắt... và bắt chặt vào trần hoặc tường bằng vít hoặc bắt bằng puli sứ. Đối với những nơi ẩm ướt, có hoá chất, dễ xảy ra hoả hoạn thì dây bọc phải dùng loại có vỏ bảo vệ bằng chì hay thép như PPIΓ hay CPTΓ.

- Đặt kín dùng ở nơi khô ráo điện áp ≤ 500 V. Khi đặt dây kín tiết diện dây phải lớn hơn hoặc bằng $1,5 \text{ mm}^2$ đối với dây đồng và lớn hơn hoặc bằng $2,5 \text{ mm}^2$ với dây nhôm. Dây đặt kín có thể lồng trong ống nhựa tổng hợp, ống cao su, thuỷ tinh hay kim loại rồi trát kín bằng vữa. Khi đặt theo nền gỗ giữa ống và nền phải được lót bằng cách điện như amiăng ... Mỗi ống có thể đặt từ 1 đến 4 dây nhưng không dây quá $2/3$ diện tích ống.

TÍNH TOÁN DÂY DẪN VÀ CÁP THEO ĐỐT NÓNG

§ 2-1. ĐIỆN TRỞ CỦA DÂY DẪN VÀ CÁP

1. Điện trở tác dụng

Khi có dòng điện một chiều đi qua dây dẫn, dòng điện sẽ phân bố đều đặn trên toàn bộ bề mặt tiết diện của dây. Điện trở Ôm mức trên 1 km chiều dài dây dẫn ở nhiệt độ tiêu chuẩn ($\theta_0 = 20^0 \text{ C}$) xác định theo công thức:

$$R_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-1$$

)

ρ - là điện trở suất ($\Omega\text{mm}^2/\text{km}$).

F - là tiết diện dây dẫn (mm^2).

γ - là điện dẫn xuất ($\text{m}/\Omega\text{mm}^2$).

Điện trở của dây dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ khác tiêu chuẩn thì điện trở xác định theo công thức:

$$R_t = R_0 [1 + \alpha (\theta - 20)] \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-2$$

)

α - là hệ số nhiệt điện trở, với đồng và nhôm $\alpha = 0,004 (\frac{1}{0\text{C}})$.

Đối với đường dây trên không thì nhiệt độ cực đại cho phép là $\theta = 70^{\circ}\text{C}$ do đó điện trở dây dẫn tăng lên là:

$$R_k = 1 + 0,004 (70 - 20) = 1,2 \text{ lần hoặc } 20\%.$$

Dây dẫn đạt đến nhiệt độ cực đại 70°C có thể xảy ra nhưng khoảng thời gian rất ngắn trong năm. Thực tế người ta thường tính với nhiệt độ thường gặp nhất là $35 - 45^{\circ}\text{C}$, ở nhiệt độ này ta có:

Đối với đồng $\rho_M = 18,8 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$; Đối với nhôm $\rho_A = 31,5 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$.

Đối với đồng $\gamma_M = 53 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$; Đối với nhôm $\gamma = 31,7 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$.

Đối với cáp đồng và nhôm, trong khi làm việc nhiệt độ thường từ $40 - 50^{\circ}\text{C}$ do đó điện trở suất và điện dẫn suất của cáp có thể lấy như với đường dây trên không.

Điện trở của dây dẫn với dòng điện một chiều gọi là điện trở Ôm mic, khác với điện trở dòng điện xoay chiều gọi là điện trở tác dụng. Điện trở tác dụng lớn hơn điện trở Ôm mic vì có hiệu ứng ngoài và hiệu ứng gần. Hiệu ứng mặt ngoài do từ trường xoay chiều trong dây dẫn gây ra sự phân bố không đều của dòng điện trên bề mặt dây. Hiệu ứng gần là ảnh hưởng của từ trường giữa các dây dẫn đặt gần nhau sinh ra. Các hiệu ứng này phụ thuộc vào tần số của dòng xoay chiều, ở tần số $f = 50 \text{ Hz}$ và dây dẫn làm bằng kim loại màu thì sự chênh nhau không đáng kể (khoảng 1%) nên trong tính toán ta lấy điện trở tác dụng bằng điện trở Ôm mic.

Để tiện tính toán điện trở tác dụng được cho trong phụ lục, nó sai khác so với tính toán theo công thức trên từ 6 -10 % do dây dẫn bị vặn xoắn nên chiều dài thực lớn hơn chiều dài đo từ 2 -3 % và tiết diện của dây vặn xoắn lớn hơn tổng tiết diện của các sợi dây nhỏ cấu tạo nên nó.

2.Điện trở cảm kháng (X)

È mạng điện xoay chiều, xung quanh dây dẫn có từ trường biến thiên tạo ra độ tự cảm L, đồng thời dây dẫn đặt gần nhau sinh ra hồ cảm M. Do đó ta phải xét đến điện trở cảm kháng X của đường dây.

Khi dây dẫn bố trí trên 3 đỉnh của tam giác đều, khoảng cách là D mm thì cảm kháng trên một pha của một km đường dây 3 pha có giá trị là:

$$X_0 = \omega (4,6 \lg \frac{D}{r} + 0,5\mu). 10^{-4} \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-3)$$

)

$\omega = 2\pi f$ - là tần số góc.

D - là khoảng cách giữa các dây dẫn (mm).

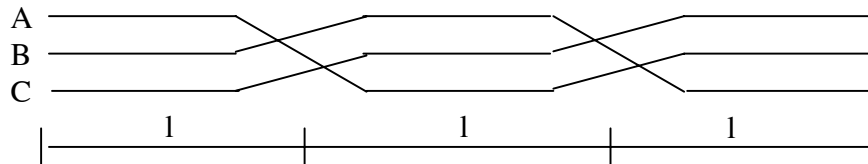
r - là bán kính dây dẫn (mm).

μ - là hệ số từ thẩm của vật liệu dây dẫn (H/m).

È tần số 50 Hz dây dẫn dùng kim loại màu, $\mu = 1$ ta có:

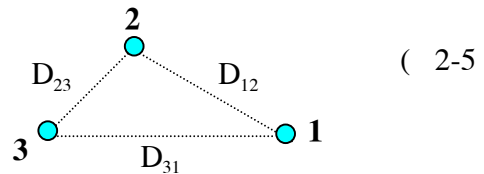
$$X_0 = 0,144 \lg \frac{D}{r} + 0,016 \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-4)$$

Khi dây dẫn bố trí không đối xứng: cảm kháng của các dây là như nhau còn hồ cảm thì không giống nhau nên mặc dù phụ tải các pha như nhau nhưng điện áp rơi trên các pha là khác nhau (Z pha khác nhau). Người ta khắc phục bằng cách hoán vị dây dẫn các pha, sau mỗi khoảng dây l lại hoán vị một lần, sau 3 lần hoán vị dây thì cảm kháng của các pha là như nhau. Với đường dây 110 kV - 220 kV thì thường l = 30 km tiến hành hoán vị dây pha.



Khi dây dẫn bố trí bất kỳ, có hoán vị dây với khoảng cách giữa các pha là D_{12} , D_{23} , D_{31} thì cảm kháng vẫn tính như (2-4) nhưng thay D bằng D_{TB} là khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn 3 pha:

$$D_{TB} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}$$



Nếu dây dẫn 3 pha đặt cách nhau trên cùng một mặt phẳng, dây nọ cách dây kia là D thì:

$$D_{TB} = \sqrt[3]{2D^3} = 1,26D$$

Trường hợp đường dây có hai tuyến đi trên một cột thì ảnh hưởng của tuyến thứ nhất đến tuyến thứ hai là không lớn (từ 4 - 6%) do đó khi tính toán có thể bỏ qua.

Cảm kháng X_0 được tính sẵn và cho trong phụ lục. Trong bảng ta thấy khi tiết diện dây và khoảng cách giữa các dây dẫn thay đổi đều thì trị số của X_0 thay đổi rất ít (trong khoảng 0,3 - 0,45 Ω /km). Vì vậy khi cần thiết, gần đúng ta có thể lấy một giá trị trung bình của X_0 để tính toán.

Để giảm X_0 tức là giảm hao tổn công suất và điện áp, ta phải tăng r hoặc giảm D_{TB} . Vì D_{TB} phụ thuộc vào điện áp nên chỉ giảm ở mức độ nhất định, quá sẽ gây ra ngắn mạch giữa các pha. Hiệu quả nhất là tăng r của dây dẫn, nhưng nếu tăng tiết diện dây sẽ gây lãng phí vật liệu mà điện kháng giảm đi không nhiều, người ta tìm cách phân nhỏ dây dẫn của các pha. kinh nghiệm cho thấy:

Phân làm 2 dây phân nhỏ thì điện kháng X_0 giảm đi 19%;

Phân làm 3 dây phân nhỏ thì điện kháng X_0 giảm đi 28%;

Phân làm 4 dây phân nhỏ thì điện kháng X_0 giảm đi 32,5%;

Ta thấy phân làm 3 dây là có lợi nhất, nếu tăng lên nữa thì cấu trúc đường dây phức tạp lên nhiều trong khi điện kháng lại giảm đi ít. Trong thực tế, đường dây điện áp 220 - 330 kV phân làm 2 hoặc 3 dây, 500 kV phân làm 3 hoặc 4 dây, 750 kV phân thành 5 dây và 1150 kV phân thành 8 dây.

Điện kháng của đường dây sau khi phân nhỏ mỗi pha thành n dây, bán kính thực của mỗi sợi dây phân nhỏ là r, khoảng cách giữa các dây pha phân nhỏ là a_1, a_2, \dots, a_n (thường từ 300 - 600 mm) thì X_0 xác định theo biểu thức:

$$X_0 = 0,1441g \frac{D_{TB}}{r_{dt}} + \frac{0,016}{n} \left(\frac{\Omega}{km} \right) \quad (2-7)$$

$$r_{dt} = \sqrt[n]{r \cdot a_{TB}^{n-1}}; \quad a_{TB} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n} \quad (2-8)$$

r_{dt} - là bán kính đẳng trị của dây dẫn;

a_{TB} là trị số trung bình giữa các dây dẫn phân nhỏ của một pha,

a_1, a_2, \dots, a_n - là khoảng cách giữa các pha phân nhỏ.

Thông thường phân nhỏ dây dẫn chỉ được áp dụng đối với các đường dây có điện áp từ 220 kV trở lên. Điện kháng của dây cáp nhỏ hơn đáng kể so với ĐDK, khi tính cho mạng cáp thường tra các thông số r_0 và x_0 theo các số liệu đã cho sẵn của nhà máy.

3. Tổng trở của dây thép

Dây thép có μ lớn và biến thiên theo dòng điện nên tổng trở của nó cũng biến thiên theo dòng điện. Điện kháng của dây thép gồm 2 thành phần là cảm kháng trong X_0'' và cảm kháng ngoài X_0' :

$$X_0 = X_0'' + X_0' = 0,1441g \frac{D}{r} + 0,016\mu \left(\frac{\Omega}{km} \right) \quad (2-9)$$

)

$$X_0' = 0,016 \mu; \quad X_0'' = 0,1441g \frac{D}{r} \quad (2-10)$$

Vì tổng trở của dây thép khó tính theo biểu thức giải tích nên nó được xác định bằng phương pháp thực nghiệm và cho trong phụ lục. Muốn tra bảng tìm X_0'' ta phải biết tiết diện và dòng điện chạy qua dây dẫn.

§ 2-2. SỰ PHÁT NÓNG CỦA DÂY TRÊN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA DÒNG ĐIỆN

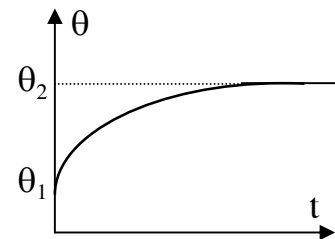
Khi có dòng điện chạy qua, dây dẫn sẽ bị đốt nóng theo hiệu ứng Joule. Nhiệt lượng phát ra có hai tác dụng: làm tăng nhiệt độ bản thân dây dẫn và tản ra môi trường xung quanh.

Gọi Q là nhiệt lượng phát ra khi có dòng điện đi qua dây

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Trong đó Q_1 là nhiệt lượng dùng để đốt nóng dây dẫn, Q_2 là nhiệt lượng toả ra môi trường xung quanh.

Q_2 truyền từ dây dẫn ra môi trường nhiều hay ít tùy thuộc vào chênh lệch nhiệt độ giữa dây dẫn và môi trường quyết định. Giả thiết sau một khoảng thời gian t nhiệt độ của dây dẫn tăng từ nhiệt độ môi trường θ_1 lên θ_2 . Lúc đầu khi mới đóng điện thì nhiệt lượng chủ yếu làm tăng nhiệt độ dây dẫn, còn nhiệt lượng toả ra môi trường rất nhỏ ($Q \approx Q_1$). Giai đoạn tiếp theo, dây dẫn đạt tới một nhiệt độ ổn định. Khi đó có sự cân bằng nhiệt: tất cả nhiệt lượng sinh ra đều



truyền vào môi trường xung quanh còn nhiệt độ của dây dẫn là ổn định và không đổi ($Q \approx Q_2$), trong khi dòng điện và điều kiện làm mát của môi trường không đổi. Dòng điện qua dây dẫn càng lớn thì nhiệt lượng phát ra càng nhiều và độ tăng nhiệt của dây dẫn $\tau = \theta_2 - \theta_1$ càng lớn. Nhưng đối với mỗi loại dây dẫn chỉ chịu đựng được một nhiệt độ nhất định. Nhiệt độ lớn quá sẽ làm dây dẫn bị hỏng do đó mỗi một dây dẫn chỉ cho phép một dòng điện nhất định đi qua. Dòng điện lớn nhất cho phép qua dây dẫn mà nó không bị nóng quá nhiệt độ quy định gọi là dòng điện lâu dài cho phép (I_{cp}). Muốn tăng dòng điện lâu dài cho phép thì phải giảm θ_1 hoặc cải thiện điều kiện làm mát để tăng θ_2 .

Đối với dây trần, khi có dòng điện chạy qua thì chúng sẽ bị phát nóng. Nếu tất cả nhiệt lượng sinh ra dùng để đốt nóng thì nhiệt độ dây dẫn tăng lên không ngừng nhưng vì có sự tản nhiệt ra môi trường xung quanh nên sau một thời gian nào đó có sự cân bằng nhiệt: toàn bộ nhiệt lượng sinh ra trong dây dẫn bằng nhiệt lượng toả ra môi trường. Dây trần phát nóng mạnh nhất là ở chỗ các mối nối vì tại đó thường ép hai đầu dây lại với nhau bằng các mặt tiếp xúc hoặc vặn xoắn nên dẫn điện không được tốt và điện trở tiếp xúc lớn. Dòng đi qua càng lớn thì điện trở tiếp xúc càng tăng, phát nóng tại đó càng nhiều và sinh ra lớp oxy hoá phủ trên bề mặt dẫn đến phát nóng ngày càng mạnh. Vì vậy đối với dây trần, người ta quy định nhiệt độ cho phép là đảm bảo cho các mối nối dây không bị phá huỷ và bằng 70°C . Ông với điều kiện nhiệt độ môi trường, người ta xác định được dòng điện cho phép đi qua dây dẫn để thoả mãn được điều kiện trên, dòng điện đó gọi là dòng điện cho phép đối với dây trần (I_{cp}). Nhiệt độ môi trường θ_1 được lấy với điều kiện trung bình của tháng nóng nhất trong năm (ví dụ ở Việt Nam là 35°C , Liên Xô cũ là 25°C).

Dây dẫn đặt trong không khí toả nhiệt ra môi trường theo 3 cách là bức xạ đối lưu và truyền nhiệt. Hệ số truyền nhiệt của không khí rất thấp nên nhiệt lượng truyền vào môi trường bằng sự truyền dẫn nhiệt là không lớn. Mặt khác để đảm bảo độ bền cho dây người ta khống chế dòng đi qua dây không làm cho dây dẫn bị nóng quá nhiệt độ cho phép là $\theta_{cp} = 70^{\circ}\text{C}$ nên vai trò của bức xạ là nhỏ (tỷ lệ với lũy thừa bậc bốn của nhiệt độ tuyệt đối). Vai trò làm mát dây dẫn chính là đối lưu tức là mang nhiệt bằng dòng chảy của không khí.

Nhiệt lượng của dây dẫn toả ra môi trường xung quang trong một giây là:

$$P = C.S.(\theta_2 - \theta_1) \quad (W) \quad (2-11)$$

Trong đó:

C - là hệ số truyền nhiệt, bằng nhiệt lượng tản ra trong một giây từ một cm^2 diện tích bề mặt dây dẫn khi hiệu số nhiệt độ dây dẫn và của môi trường là 1°C . ($W/\text{cm}^2\text{độ}$);

S - là diện tích bề mặt tản nhiệt $S = \pi.d.l$ (cm^2);

θ_1, θ_2 - là nhiệt độ của dây dẫn và môi trường ($^{\circ}\text{C}$);

$\tau = \theta_2 - \theta_1$ gọi là độ tăng nhiệt của dây dẫn.

Nhiệt lượng phát ra từ dây dẫn trong một giây khi có dòng điện I chạy qua là:

$$P = I^2 R_{\theta_2} \quad (W) \quad (2-12)$$

R_{θ_2} - là điện trở của dây dẫn ở nhiệt độ θ_2 .

Khi có sự cân bằng nhiệt, toàn bộ nhiệt lượng do dòng điện sinh ra cân bằng với nhiệt lượng toả ra môi trường, phương trình cân bằng nhiệt có dạng:

$$C.S.(\theta_2 - \theta_1) = I^2 R_{\theta_2} \quad (2-13)$$

$$\text{Rút ra: } I = \sqrt{\frac{CS(\theta_2 - \theta_1)}{R_{\theta_2}}} \quad (2-14)$$

Thay $S = \pi \cdot d \cdot l$; $R_{\theta_2} = \frac{1}{\gamma} \frac{l}{F}$; $d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ và gộp các hệ số thành hệ số chung K ta có:

$$I = K \sqrt[4]{F^3} \sqrt{\gamma(\theta_2 - \theta_1)} \quad (2-15)$$

Từ biểu thức (2-15) ta có thể tìm được dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn ứng với một tiết diện nhất định. Vì tính toán trực tiếp công thức trên khá phức tạp nên người ta tính sẵn và cho trong phụ lục.

Dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn I_{CP} cho trong bảng phụ lục ứng với các tiết diện khác nhau, được thành lập theo điều kiện tiêu chuẩn như sau: nhiệt độ cho phép của dây dẫn $\theta_2 = 70^\circ\text{C}$; nhiệt độ không khí môi trường là $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$.

Một số chú ý:

+ Ta thấy rằng dòng điện tỷ lệ với $\sqrt{\tau} = \sqrt{\theta_2 - \theta_1}$, nếu τ thay đổi thì dòng điện cũng thay đổi theo hệ thức:

$$\frac{I_{cp1}}{I_{cp2}} = \frac{\sqrt{\tau_1}}{\sqrt{\tau_2}} \text{ Suy ra: } I_{cp2} = I_{cp1} \sqrt{\frac{\tau_2}{\tau_1}} \quad (2-16)$$

Vậy, nếu nhiệt độ môi trường θ_1' khác với nhiệt độ tiêu chuẩn là 25°C thì dòng điện cho phép của dây dẫn trong điều kiện thực tế phải hiệu chỉnh theo hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ K_θ :

$$K_\theta = \sqrt{\frac{70 - \theta_1'}{70 - 25}} \quad (2-17)$$

Để tiện tính toán, K_θ được tính sẵn cho trong phụ lục.

Khi đó dòng điện cho phép tính toán có giá trị là:

$$I_{CP} = K_\theta \cdot I_{CP} \quad (2-18)$$

+ Vì S tỷ lệ thuận với đường kính của dây dẫn nên khi d thay đổi thì dòng điện cho phép cũng thay đổi theo hệ thức:

$$\frac{I_{cp1}}{I_{cp2}} = \sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \text{ suy ra: } I_{cp2} = I_{cp1} \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \quad (2-19)$$

Mặt khác, tiết diện tăng tỷ lệ thuận với bình phương của d nên khi d tăng thì F tăng nhanh hơn S. Biểu thức cho ta xác định được dòng điện cho phép của một dây dẫn có đường kính thay đổi, cùng vật liệu dẫn điện và có cùng tiết diện dẫn điện khi biết dòng điện cho phép của dây dẫn kia (dùng tính I_{CP} của dây ACO và ACY khi biết của dây AC)

+ Từ (2-15) cho ta thấy dòng điện tỷ lệ với $\sqrt{\gamma}$, nếu hai dây dẫn có cùng tiết diện, thì ứng với γ_1 ta có dòng điện cho phép I_{cp1} ; dây thứ hai có γ_2 thì dòng điện cho phép là:

$$I_{cp2} = I_{cp1} \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1}} = I_{cp1} \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} \quad (2-20)$$

Xác định dòng điện cho phép của dây dẫn chỉ dùng để kiểm tra dây dẫn trong mạng kín khi bị sự cố mà không dùng để tính chọn tiết diện dây dẫn, Dây trần chỉ tính chọn tiết diện theo điều kiện hao tổn điện áp cho phép hoặc theo điều kiện mật độ dòng điện kinh tế. Căn cứ vào tiết diện đã chọn, tra bảng phụ lục ta xác định giá trị I_{cp} ứng với tiết diện ở điều kiện tiêu chuẩn và phải thỏa mãn điều kiện sau để nhiệt độ không vượt quá 70°C :

$$I_u \leq I_{cp} \quad (2-21)$$

I_{cp} - là dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn ứng với nhiệt độ chuẩn cho trong phụ lục.

§ 2-3. SỰ PHÁT NÓNG CỦA DÂY BỌC VÀ CÁP

1. Sự phát nóng của dây có bọc cách điện

Nhiệt độ cho phép của dây bọc và cáp xác định bằng lớp cách điện bọc xung quanh dây dẫn như vải, cao su, polyclovinin Khi dùng lâu dài, các chất cách điện được đảm bảo khi nhiệt độ của dây bọc không vượt quá 65°C . Đối với những chất cách điện khác như thủy tinh, amiăng thì nhiệt độ cho phép có thể lên đến $100 - 120^{\circ}\text{C}$. Nếu nhiệt độ tăng quá 65°C làm cao su trở lên giòn và nứt, polyclovinin bị mềm và sức bền giảm xuống.

Điều kiện tản nhiệt của dây bọc có khác so với dây trần do có lớp cách điện, nhiệt lượng do dòng điện sinh ra truyền ra môi trường bên ngoài phải thắng được nhiệt trở của lớp cách điện. Trị số này phụ thuộc vào tính chất của lớp cách điện và độ dày của nó. Sự tản nhiệt từ bề mặt của dây bọc ra môi trường bên ngoài cũng giống như dây trần. Phương trình cân bằng nhiệt giống biểu thức (2 - 13) nhưng thay đổi hệ số truyền nhiệt C.

Dòng điện lâu dài cho phép của dây bọc cũng được tính sẵn cho trong phụ lục ở điều kiện tiêu chuẩn là: nhiệt độ cho phép của dây bọc là $\theta_2 = 65^{\circ}\text{C}$; nhiệt độ môi trường là $\theta_1 = 25^{\circ}\text{C}$.

Khi nhiệt độ của môi trường đặt dây bọc khác 25°C thì dòng điện cho phép phải kể đến hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ K_{θ} , được cho trong phụ lục. Khi đó dòng điện cho phép của dây dẫn ứng với nhiệt độ thực tế được xác định theo công thức:

$$I_{cp} = K_{\theta} \cdot [I]_{cp}$$

Phương pháp đặt dây bọc trong ống cũng có ảnh hưởng đến điều kiện tỏa nhiệt và tăng nhiệt độ của môi trường đặt dây, tức là ảnh hưởng đến dòng điện cho phép của nó. Do điều kiện làm mát xấu đi nên dòng điện cho phép của dây bọc cũng giảm đi. Qua thực nghiệm thấy rằng:

Đặt 2 dây dẫn trong một ống thì phụ tải giảm đi 17% .

Đặt 3 dây dẫn trong một ống thì phụ tải giảm đi 25%.

Đặt 4 dây dẫn trong một ống thì phụ tải giảm đi 33%.

Nếu trong ống đặt dây dẫn 2 hay 3 lõi bọc cách điện trong vỏ bọc chung thì điều kiện làm mát còn kém hơn nữa, dòng điện cho phép còn giảm thêm 10% với dây 2 lõi và 15% đối với dây 3 lõi.

2. Sự phát nóng của dây cáp

Thông thường, dây cáp thường dùng giấy tẩm dầu để cách điện, khi nhiệt độ cao quá giới hạn cho phép thì chất cách điện của cáp có thể bị phá hoại do bị dòn, nứt gây phóng điện các pha hoặc với đất. Mặt khác, dòng điện qua dây cáp làm nó phát nóng và dẫn nở. Hệ số dẫn nở của các chất cách điện và vỏ bọc khác nhau nên chúng giãn nở khác nhau. Nếu dòng điện tăng quá cao, nhiệt độ quá lớn thì khi dòng điện giảm, chất cách điện và vỏ bọc co lại khác nhau nhiều và tạo ra các khoảng trống. Từ trường phân bố không đều, trong lớp vỏ cáp có thể sinh ra phóng điện gây sự cố. Vì vậy các loại cáp ở cấp điện áp khác nhau có lớp vỏ bọc khác nhau, nhiệt độ cho phép khác nhau và dòng điện cho phép khác nhau.

Cáp được đặt trong các môi trường khác nhau nên điều kiện làm mát của nó cũng khác nhau. Sau đây ta xét sự làm việc của cáp đặt trong các môi trường đất, nước và không khí.

a) Cáp đặt trong đất

Khi đặt cáp trong đất, thường chôn ở độ sâu 0,7 - 1 m nên nhiệt độ của đất nói chung là ổn định, mát hơn trong không khí. Nhiệt truyền từ lõi cáp qua lớp vỏ vào đất bằng con đường truyền dẫn nhiệt. Định luật truyền nhiệt giống như định luật «m và phương trình cân bằng nhiệt có dạng:

$$nI^2R = \frac{\theta - \theta_0}{R_{cd} + R_{vc} + R_d} \quad (2-22)$$

trong đó: n - là số lõi cáp;

θ, θ_0 - là nhiệt độ của lõi cáp và nhiệt độ tiêu chuẩn của đất;

R_{cd}, R_{vc}, R_d - là nhiệt trở của lớp cách điện, vỏ cáp và của đất.

Thay điện trở R trên đơn vị chiều dài, gộp các giá trị R_{cd}, R_{vc}, R_d thành hệ số C_k và biến đổi ta nhận được:

$$I = C_k \sqrt{\frac{\gamma F(\theta - \theta_0)}{n}} \quad (2-23)$$

Từ quan hệ giữa I và F ta xác định được dòng điện lâu dài cho phép của cáp. Dòng điện lâu dài cho phép của cáp được tính sẵn cho trong phụ lục ứng với các điều kiện tiêu chuẩn như sau: nhiệt độ của đất là nhiệt độ trung bình cực đại hàng năm của đất ở tháng nóng nhất, lấy bằng $\theta_0 = 15^\circ\text{C}$; cáp đặt trong đất ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 0,7 mét.

Nhiệt độ cho phép của lõi cáp phụ thuộc vào điện áp như sau:

Điện áp: (kV)	≤ 1	3	6	10	20	35
Nhiệt độ cho phép (°C)	80	80	65	60	50	50

Khi nhiệt độ nơi đặt cáp khác nhiệt độ tiêu chuẩn trong bảng phụ lục thì đưa vào hệ số điều chỉnh nhiệt độ K_θ :

$$K_\theta = \sqrt{\frac{\theta - \theta_0}{\theta - 15}} \quad (2-24)$$

Nếu có nhiều cáp đặt chung trong một hầm cáp thì điều kiện làm mát sẽ bị xấu đi, nó phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cáp và số lượng cáp. Dòng điện lâu dài cho phép của mỗi cáp sẽ bị giảm xuống và trong tính toán cần đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh số cáp đặt song song K_n . (K_n được cho trong phụ lục).

Trường hợp cần phải hiệu chỉnh cả về nhiệt độ và số cáp thì dòng điện cho phép tương ứng của cáp xác định theo biểu thức:

$$I_{cp} = K_{\theta} \cdot K_n \cdot [I]_{cp} \quad (2-25)$$

Khi biết dòng điện phụ tải (I_{pt}) muốn tìm tiết diện dây cáp, ta xác định dòng điện cho phép tính toán của dây cáp khi đã kể đến sự sai khác nhiệt độ của môi trường đặt cáp và số lượng cáp đặt song song là:

$$I_{cp} = \frac{I_{pt}}{K_{\theta} \cdot K_n} \quad (2-26)$$

Từ dòng điện cho phép tính toán, chọn giá trị dòng điện gần nhất cho trong bảng phụ lục ứng với từng loại cáp đảm bảo điều kiện: $I_{cp} \leq [I]_{cp}$.

Nếu cáp không mang đầy tải thì cho phép nó quá tải trong thời gian nhất định. Ví dụ cáp mang 80% phụ tải thì cho phép quá tải 30% trong thời gian 5 ngày đêm.

b) Cáp đặt trong không khí

Cáp đặt trong không khí thì nhiệt lượng truyền ra môi trường xung quanh bằng đối lưu và dẫn nhiệt. Vì vậy phương trình cân bằng nhiệt giống như dây trần.

Phụ tải lâu dài cho phép của cáp đặt trong không khí cho trong phụ lục ứng với các điều kiện tiêu chuẩn: nhiệt độ môi trường là $\theta_0 = 25^{\circ}\text{C}$ và nhiệt độ cho phép của cáp như trên.

Khi nhiệt độ khác 25°C cần phải đưa vào hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ K_{θ} cho trong phụ lục.

Đối với cáp đặt trong rãnh và tường không cần đưa vào hệ số hiệu chỉnh số cáp K_n .

c) Phụ tải lâu dài cho phép của cáp đặt trong nước

Cáp đặt trong nước, điều kiện làm mát tốt hơn so với đặt trong đất và không khí do nước dẫn nhiệt tốt hơn. Toả nhiệt từ cáp ra môi trường nhờ sự truyền nhiệt bằng đối lưu do sự chuyển dời của các lớp nước nóng. Vì vậy cáp đặt trong nước cho phép phụ tải lớn hơn khoảng 30% so với cáp đặt trong đất. Dựa vào phương trình cân bằng nhiệt, người ta cũng rút ra dòng điện lâu dài cho phép của cáp và tính sẵn cho trong phụ lục, ứng với nhiệt độ chuẩn môi trường là: $\theta = 15^{\circ}\text{C}$.

Khi nhiệt độ môi trường khác 15°C thì cần phải đưa vào hệ số hiệu chỉnh K_{θ} .

Cáp đặt trong nước cũng không cần hệ số hiệu chỉnh số cáp K_n .

§ 2-4. BẢO VỆ DÂY DẪN VÀ CÁP BẰNG CẦU CHẢY TRONG MẠNG HẠ ÁP

Nếu vì một lý do nào đó dòng điện tăng lên đột ngột hay quá tải mà không cắt mạch điện thì chất cách điện sẽ bị hư hỏng hoặc cháy dây dẫn. Để đảm bảo an toàn cho mạng điện, ngăn ngừa sự cố, người ta dùng thiết bị tự động cắt mạng điện khỏi nguồn điện. Thiết bị bảo vệ phổ biến và đơn giản nhất là cầu chảy.

1. Đặc tính của dây chảy

Bộ phận chủ yếu nhất của cầu chảy là dây chảy. Nó được chế tạo bằng kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp như: chì, nhôm, đồng, kẽm. Ở điều kiện làm việc bình thường dây chảy như 1 đoạn dây dẫn. Khi sự cố, dòng điện tăng lên đột ngột và nhiệt độ tăng lên vượt quá giá trị nóng chảy thì dây chảy tự động đứt, tách mạng điện khỏi nguồn, bảo vệ an toàn cho thiết bị và đường dây.

Thân của cầu chảy có dạng hình ống tròn, hình bản phiến hay hình hộp chữ nhật. Trong cầu chảy có thể chứa đầy môi trường không cháy như cát, thạch anh.

Dây chảy chia làm 2 loại:

Loại không có quán tính (dung lượng nhiệt lớn), chế tạo bằng kim loại có điện trở suất nhỏ như đồng, bạc, chì và hợp kim của nó.

Loại có quán tính lớn (dung lượng nhiệt nhỏ) chế tạo bằng kim loại có điện trở suất lớn như nhôm, kẽm và hợp kim của nó.

Dòng điện định mức của dây chảy (ký hiệu là I_{dc}) là dòng điện mà dây chảy có thể làm việc lâu dài không bị chảy và không nóng quá nhiệt độ quy định từ 60 - 70°C. Dòng điện dây chảy được chế tạo với các thang tiêu chuẩn như sau:

6; 10; 15; 20; 25; 35; 60; 80; 100; 125; 160; 200; 225; 260; 300; 350; 430; 500; 600; 700; 850 và 1000A.

Dây chảy được thử nghiệm bằng 2 thông số sau đây:

Dòng điện thử nghiệm nhỏ nhất (I_{min}) là dòng điện có thể chạy qua dây chảy trong thời gian từ 1 - 2 giờ mà dây chảy không bị chảy. $I_{min} = (1,3 - 1,5) I_{dc}$.

Dòng điện thử nghiệm lớn nhất (I_{max}) là dòng điện qua dây chảy làm cho nó chảy ngay.

$$I_{max} = (1,6 - 2,1) I_{dc}$$

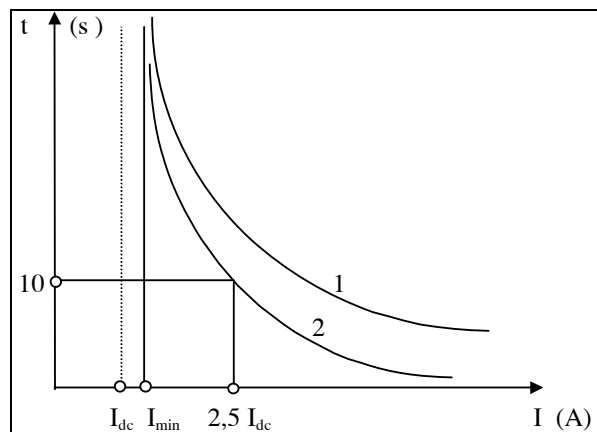
Dòng điện qua dây chảy càng lớn hơn I_{dc} thì thời gian chảy càng nhanh. Sự phụ thuộc giữa thời gian chảy và dòng điện qua dây chảy gọi là đặc tính dây chảy có dạng như hình 2-1.

Hình 2-1.

Đặc tính của dây chảy

1- dây chảy có quán tính;

2- dây chảy không có quán tính.



Thực tế đặc tính dây chảy có sự tản mạn rất lớn. Ví dụ dây chảy có $I_{dc} = 60$ A sẽ chảy trong thời gian từ 0,006 - 0,1 s khi dòng điện chạy qua là 1000 A. Sự tản mạn của đặc tính

dây chấy phải được đề cập đến khi tiến hành chọn dây chấy trên các đường dây chính và nhánh rẽ để đảm bảo tác động chọn lọc.

2. Lựa chọn dây chấy

Yêu cầu khi chọn dây chấy là:

- ề điều kiện làm việc bình thường phải đảm bảo dẫn điện liên tục và an toàn.
- Lúc sự cố phải lập tức cắt điện và chỉ cắt mạch nơi có sự cố.
- Bảo đảm tính chọn lọc: khi sự cố, đường dây nhánh phía sau phải được cắt trước đường dây chính.

a) Đối với phụ tải không có dòng điện nhảy vọt như mạng điện thấp sáng, sinh hoạt ... thì dây chấy được chọn theo dòng điện làm việc của mạng điện:

$$I_{dc} \geq I_{lv} \cdot \quad (2-27)$$

I_{lv} - là dòng điện làm việc của mạng điện.

Trường hợp phụ tải là động cơ điện một chiều, động cơ rôto dây quấn có điện trở mở máy thì dòng điện khởi động không vượt quá $(1,5 - 2) I_H$, dòng điện này không nguy hiểm đối với dây chấy cho nên dây chấy có thể chọn theo dòng điện làm việc như (2-27). Nếu động cơ khởi động mang tải thì dòng điện dây chấy cần phải chọn tăng lên một ít, lúc đó chọn $I_{dc} \geq 1,25 I_{lv}$.

b) Đối với phụ tải có dòng điện nhảy vọt như động cơ rô to lồng sóc. Dòng điện lúc mở máy có thể tăng lên từ 5 - 7 lần dòng điện định mức. Ta phải chọn dây chấy, sao cho chúng không bị chấy trong thời gian khởi động (khoảng 10 s). Điều kiện chọn dây chấy là:

$$I_{dc} = \frac{I_{mm}}{\alpha} \quad (2-28)$$

trong đó:

I_{mm} - là dòng điện mở máy của động cơ;

α - là hệ số phụ thuộc vào điều kiện khởi động;

$\alpha = 1,6$ - khi khởi động nặng nề (đầy tải) hoặc tự khởi động;

$\alpha = 2$ - khi khởi động ngắn hạn;

$\alpha = 2,5$ - khi khởi động nhẹ (không tải hay tải nhỏ).

c) Đối với cầu chấy bảo vệ đường dây chính, trên đó có các động cơ điện và một số thụ điện khác

Dây chấy chọn giá trị lớn nhất của một trong 2 điều kiện sau:

$$I_{dc} = K_{dt} \sum_1^n I_{lv} \quad (2-29)$$

$$I_{dc} = \frac{I_{mmMax}}{\alpha} + K_{dt} \sum_1^{n-1} I_{lv} \quad (2-30)$$

K_{dt} - là hệ số đồng thời;

$\sum_1^n I_{lv}$ - là tổng các dòng điện làm việc;

I_{minMax} - là dòng điện khởi động lớn nhất của một động cơ;

$\sum_1^{n-1} I_{lv}$ - là tổng các dòng điện làm việc trừ dòng điện khởi động lớn nhất.

Nếu số động cơ của một đường dây chính lớn hơn 10 thì có thể không cần xét điều kiện thứ hai.

Để bảo vệ đường dây chính có tính chọn lọc thì dây chảy ở đường dây chính phải lớn hơn dây chảy ở đường dây nhánh phía sau nó từ một đến 2 cấp.

Đối với cầu dao thì chọn lớn hơn dây chảy một cấp.

3. Chọn dây dẫn và cáp phối hợp với dây chảy

Để chọn dây dẫn và cáp ta phải bố trí cầu dao, cầu chảy, xác định dòng điện dây chảy, dòng điện làm việc của mạng điện. Sau đó xác định dòng điện lâu dài cho phép theo điều kiện đốt nóng có kể đến hệ số hiệu chỉnh K_θ , K_n .

Dòng điện cho phép tính toán xác định theo 3 trường hợp là: mạng điện có bảo vệ quá tải và ngắn mạch; mạng điện có bảo vệ ngắn mạch và mạng điện cho đường dây chính.

a) Mạng điện có bảo vệ quá tải và ngắn mạch

Các mạng điện thấp sáng, sinh hoạt, nhà ở công cộng, tư nhân, các cửa hàng, ... mà phụ tải có thể tăng thêm; dây dẫn và cáp cần phải bảo vệ quá tải và ngắn mạch thì dòng điện cho phép tính theo công thức.

$$I_{cp} \geq 1,25 I_{dc} \quad (2-31)$$

Khi đó dòng điện thử nghiệm nhỏ nhất của dây chảy là:

$$I_{\text{min}} = 1,3 I_{dc} = 1,3 \cdot 0,8 I_{cp} = 1,04 I_{cp}$$

Dây chảy trong trường hợp này sẽ bảo vệ được dây dẫn khỏi quá tải và ngắn mạch.

b) Mạng điện có bảo vệ ngắn mạch

Ở mạng điện thấp sáng xí nghiệp nhà máy ... mà các phụ tải đã được tính toán kỹ, không có khả năng tăng thêm nữa thì cầu chảy dùng để bảo vệ ngắn mạch. Lúc này dòng điện cho phép của dây dẫn chọn theo dòng điện dây chảy:

$$I_{cp} \geq I_{dc} \quad (2-32)$$

Đối với các động cơ điện, mạng điện không có khả năng quá tải tiết diện dây dẫn được chọn theo dòng điện làm việc.

$$I_{cp} \geq I_{lv} \quad (2-33)$$

Đồng thời phải thỏa mãn điều kiện:

$$3I_{cp} \leq I_{dc}; \quad I_{cp} \geq \frac{1}{3} I_{dc} \quad (2-34)$$

Sở dĩ như vậy là vì dòng điện mở máy lớn nhất $I_{mm} \leq 7,5 I_H$ suy ra $I_{dc} = 3I_H$.

Nếu không thoả mãn điều kiện (2-34) thì phải tăng tiết diện dây dẫn.

c) Đối với đường dây chính có nhiều phụ tải

Dòng điện cho phép của dây dẫn chọn theo tổng các dòng điện làm việc có kể đến hệ số làm việc đồng thời:

$$I_{cp} = K_{dt} \sum I_{lv} \quad (2-35)$$

Sau khi tính toán dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn, dòng điện dây chảy cần kiểm tra theo điều kiện (2-34). Nếu không thoả mãn điều kiện (2-34) thì phải tăng tiết diện dây dẫn.

Dòng điện làm việc của động cơ điện được tính như sau:

$$I_{lv} = \frac{K_{pt} \cdot P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad (2-36)$$

trong đó:

K_{pt} - là hệ số phụ tải;

η - là hiệu suất của động cơ;

Khi P: kW, U: V thì I tính bằng A.

Dòng điện làm việc của mạng điện chiếu sáng 3 pha là:

$$I_{lv} = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3}U} \quad (A) \quad (2-37)$$

§ 2-5. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN MẠNG ĐIỆN THEO ĐỐT NÓNG

Ví dụ 1

Từ trạm biến áp đến trạm phân phối 10 kV dùng 3 cáp lõi đồng tiết diện 50 mm² đặt trong đất, khoảng cách giữa các cáp là 200 mm cáp có cách điện bằng giấy tẩm nhựa, có nhiệt độ cho phép là: $\theta = 60^{\circ}C$; nhiệt độ của môi trường là $20^{\circ}C$. Phụ tải của máy biến áp là 5500 kW, $\cos \varphi = 0,85$. Tìm nhiệt độ phát nóng của cáp

Giải.

Tra bảng phụ lục với nhiệt độ $\theta_{cp} = 60^{\circ}C$, nhiệt độ của môi trường là $\theta = 20^{\circ}C$ có $K_{\theta} = 0,94$.

Với số cáp $n = 2$; $D = 200$ mm ta có hệ số hiệu chỉnh $K_n = 0,87$.

Cáp lõi đồng đặt trong đất tiết diện $F = 50$ mm² có $[I]_{cp} = 180$ (A)

Dòng điện phụ tải của mỗi cáp là:

$$I = \frac{P}{n\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{5500}{3\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,85} = 124,67(A)$$

Dòng điện cho phép ứng với điều kiện thực tế là:

$$I_{cp} = K_{\theta} \cdot K_n \cdot [I]_{cp} = 0,94 \cdot 0,87 \cdot 180 = 147 \text{ (A)}.$$

Nhiệt độ của cáp xác định theo công thức:

$$\frac{I}{I_{cp}} = \sqrt{\frac{\theta - 20}{60 - 15}} \rightarrow \theta = \left(\frac{I}{I_{cp}}\right)^2 (60 - 15) + 20$$

$$\theta = \left(\frac{124,67}{147}\right)^2 (60 - 15) + 20 = (32,3 + 20) = 52,3 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Nhiệt độ của cáp bảo đảm điều kiện: $\theta < \theta_{cp}$

Ví dụ 2

Để truyền tải từ trạm biến áp 35/6 kV tới một cụm động cơ điện và phụ tải, tổng công suất $P_t = 3000 \text{ kW}$, $\cos\varphi = 0,8$, người ta dùng 2 cáp lõi đồng đặt trong hầm cách nhau 100 mm. Nhiệt độ cực đại của đất là 20°C . Tìm tiết diện của dây dẫn.

Giải.

Tra bảng phụ lục ứng với điều kiện đã cho ta tìm được $K_{\theta} = 0,95$; $K_n = 0,9$.

Dòng điện phụ tải của mỗi cáp là:

$$I_t = \frac{P}{n\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{3000}{2\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,8} = 180 \text{ (A)}$$

Dòng điện này tương ứng với dòng điện cho trong bảng phụ lục có kể đến hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ K_{θ} và hiệu chỉnh số cáp K_n .

Dòng điện cho phép tính toán của phụ tải là:

$$I_{cp} = \frac{I_t}{K_{\theta} K_n} = \frac{180}{0,95 \cdot 0,9} = 210,2 \text{ (A)}$$

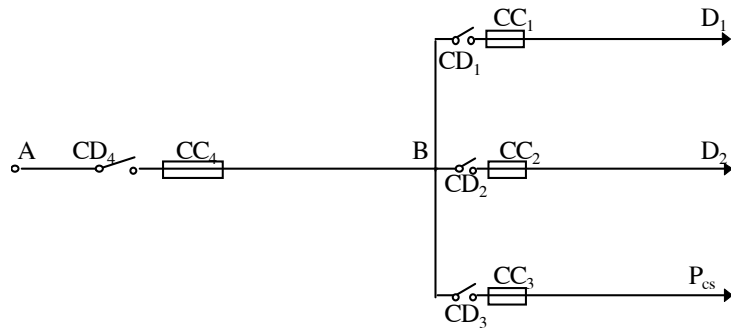
Dựa vào I_{cp} tra bảng chọn cáp 3 lõi tiết diện bằng đồng, cách điện bằng giấy tẩm, vỏ chì tiết diện là $F = 70 \text{ mm}^2$ có $[I]_{cp} = 245 \text{ (A)} > I_{cp} = 210,2 \text{ (A)}$

Ví dụ 3

Tính chọn dây dẫn, dây chảy và cầu dao cho mạng điện như hình (2-2). Điện áp của mạng điện là 380 V. Công suất điện chiếu sáng là $P_{cs} = 7 \text{ kW}$ với hệ số đồng thời $K_{dt} = 0,85$. Dây dẫn và cáp dùng lõi đồng bọc cách điện cao su và Polyclovinin. Các động cơ có số liệu như sau:

Số	Công suất (kW)	Kiểu rôto	cosφ	η	k _{mm}	K _{pt}	α
1	14	Pha	0,85	0,86	1,5	0,95	1,6
2	20	Lồng sóc	0,88	0,89	5,5	0,95	2,5

Hình 2-2.
Mạng điện tính toán



Giải

1. Xác định dòng điện làm việc.

$$I_{lv1} = \frac{K_{pt} \cdot P_{H1} \cdot 10^3}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{0,95 \cdot 14 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,86} = 27,6(A)$$

$$I_{lv2} = \frac{K_{pt} \cdot P_{H2} \cdot 10^3}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{0,95 \cdot 20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,89} = 36,8(A)$$

$$I_{lv3} = \frac{K_{dt} \cdot P}{\sqrt{3}U} = \frac{0,85 \cdot 7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 9,05(A).$$

2. Chọn cầu chảy và cầu dao.

$$I_{dc1} = I_{lv1}; \text{ Căn cứ vào thang dây chảy ta chọn } I_{dc1} = 35 (A).$$

Chọn cầu dao lớn hơn cầu chảy một cấp: $I_{cd} = 60 (A)$

$$I_{dc2} = \frac{K_{mm} \cdot I_{lv}}{\alpha} = \frac{5,5 \cdot 36,8}{2,5} = 80,96 (A).$$

Chọn dây chảy: $I_{dc2} = 100 (A)$; Cầu dao $I_{cd2} = 125 (A)$

$$I_{dc3} = I_{lv3}; \text{ Căn cứ vào thang dây chảy chọn } I_{dc3} = 10 (A); I_{cd3} = 15 (A).$$

Đối với đường dây chính đoạn AB, chọn dây chảy theo 2 điều kiện sau:

$$I_{dc} = \sum I_{lv} = 27,6 + 36,8 + 9,05 = 75,25(A).$$

Theo thang dây chảy chọn I_{dc} đoạn AB là $I_{cd4} = 80 (A)$.

$$I_{dc} = \frac{K_{mm} \cdot I_{lv1}}{\alpha} + \sum_{i=1}^{n-1} I_{lv} = \frac{5,5 \cdot 36,8}{2,5} + (27,6 + 9,05) = 117,6(A)$$

Theo thang dây chảy chọn $I_{dc4} = 125 (A)$

So sánh 2 điều kiện trên ta chọn dây chảy lớn hơn, $I_{dc4} = 125 (A)$; Chọn cầu dao $I_{cd4} = 160 (A)$.

3. Chọn tiết diện dây dẫn:

$$I_{cp1} = I_{lv1} = 27,6 (A).$$

Tra bảng phụ lục chọn dây dẫn đồng 3 lõi: $3 \times 4 \text{mm}^2$ có $[I]_{cp} = 35 (A)$.

Kiểm tra điều kiện $I_{dc1} < 3[I]_{cp} = 105$ (A), bảo đảm.

$$I_{cp2} = I_{lv2} = 36,8 \text{ (A)}.$$

Tra bảng phụ lục chọn dây dẫn đồng 3 lõi $3 \times 6 \text{ mm}^2$ có $[I]_{cp} = 42$ (A).

Kiểm tra điều kiện: $I_{dc2} < 3[I]_{cp}$ bảo đảm .

$$I_{cp3} = 1,25I_{dc3} = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ (A)}.$$

Tra bảng phụ lục chọn dây đồng 4 lõi tiết diện $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ có $[I]_{cp} = 16$ (A).

Đối với đường dây chính đoạn AB, chọn dây dẫn theo tổng các dòng điện làm việc: $\sum I_{lv} = 75,25$ A.

Tra bảng phụ lục 9, chọn dây đồng 4 lõi tiết diện $4 \times 25 \text{ mm}^2$, có $[I]_{cp} = 90$ A.

CHƯƠNG 3

TỒN THẤT CÔNG SUẤT VÀ ĐIỆN NĂNG TRONG MẠNG ĐIỆN

§ 3-1. TỒN THẤT CÔNG SUẤT TRÊN ĐƯỜNG DÂY

1. Ý nghĩa của việc xác định tổn thất công suất

Để Truyền tải điện năng đến các hộ tiêu thụ người ta dùng dây dẫn và các máy biến áp. Khi có dòng điện chạy qua, do chúng có điện trở và điện kháng nên gây ra tổn thất công suất tác dụng ΔP và công suất phản kháng ΔQ . Ở đây ta tiến hành xét mạng điện ở chế độ xác lập là chế độ các thông số không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể. Từ đó làm cơ sở cho việc thiết kế, quản lý và vận hành lưới điện một cách hợp lý nhất.

Năng lượng tổn thất do dòng điện truyền tải (ΔA) biến thành nhiệt năng làm nóng dây dẫn và máy biến áp, cuối cùng toả ra môi trường xung quanh. Trong mạng điện có chiều dài ngắn, công suất bé thì tổn thất công suất và năng lượng không nhiều; nhưng trong những mạng điện truyền tải công suất lớn và đi xa thì tổn thất công suất rất lớn (chiếm từ 10 -15 % công suất truyền tải).

Lượng điện bị tổn thất trong quá trình truyền tải do nhà máy điện cung cấp. Như vậy công suất nguồn phát phải tăng lên để bù vào phần công suất bị tổn thất, lượng nhiên liệu cũng tăng làm cho giá thành điện tăng cao. Mặt khác tổn thất công suất phản kháng tuy không ảnh hưởng đến chi phí nhiên liệu nhưng phải dùng thêm các thiết bị như tụ điện, máy bù đồng bộ cũng làm vốn đầu tư của mạng tăng lên. Như vậy việc nghiên cứu tổn thất công suất và năng lượng có ý nghĩa rất quan trọng. Trên cơ sở đó đề ra các biện pháp làm giảm tổn thất và hạ giá thành điện năng.

2. Tổn thất công suất trên đường dây có một phụ tải

Trong mạng điện địa phương, khi tính hao tổn công suất, trong mức độ chính xác cho phép, tổn thất công suất được tính theo điện áp định mức của mạng. Tổn thất công suất tác dụng trên đường dây dòng điện xoay chiều 3 pha được xác định theo công thức:

$$\Delta P = 3I^2R = 3(I_a^2 + I_p^2) R \quad (3-1)$$

trong đó:

I - là dòng điện toàn phần truyền tải trên đường dây;

$$I_a - \text{là thành phần dòng điện tác dụng; } I_a = I \cos\varphi \quad (3-2)$$

$$I_p - \text{là thành phần dòng điện phản kháng; } I_p = I \sin\varphi \quad (3-3)$$

R - là điện trở của dây dẫn.

Thay dòng điện bằng công suất 3 pha ($S = \sqrt{3}U.I$) ta có:

$$\Delta P = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3}U} \right)^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \quad (3-4)$$

Tổn thất công suất phản kháng có giá trị là:

$$\Delta Q = 3I^2 X = 3(I_a^2 + I_p^2) X \quad (3-5)$$

hay
$$\Delta Q = \frac{S^2}{U^2} X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X \quad (3-6)$$

U - là điện áp điểm nút, mạng điện địa phương lấy bằng điện áp định mức U_{dm} .

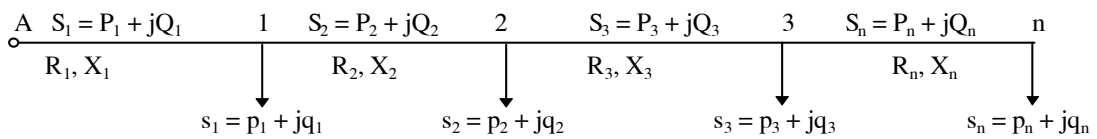
Nếu P là kW; Q là kVAr; U là V; R, X là Ω thì ΔP là W và ΔQ là VAr.

Khi yêu cầu tính toán chi tiết hơn thì các đại lượng công suất, điện áp phải lấy cùng một điểm trên đường dây.

3. Tổn thất công suất trên đường dây có nhiều phụ tải

Nếu đường dây có nhiều phụ tải thì tổn thất công suất của cả đường dây bằng tổn thất công suất của các đoạn cộng lại.

Giả sử đường dây có n phụ tải (hình 3-1)



Hình 3-1. Đường dây có nhiều phụ tải

Ký hiệu trên sơ đồ:

s_1, s_2, \dots, s_n - là công suất phụ tải tại các điểm 1, 2, ... n;

S_1, S_2, \dots, S_n - là công suất truyền tải trên các đoạn 1, 2 ... n;

R_1, R_2, \dots, R_n ; X_1, X_2, \dots, X_n - là điện trở tác dụng và phản kháng trên các đoạn 1, 2, ... n.

Công suất truyền tải trên đường dây khi không kể đến hao tổn công suất là:

$$S_1 = P_1 + jQ_1 = s_1 + s_2 + \dots + s_n$$

$$S_2 = P_2 + jQ_2 = s_2 + s_3 + \dots + s_n$$

.....

$$S_n = P_n + jQ_n = s_n$$

Hao tổn công suất trên các đoạn là:

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_{dm}^2} R_1; \Delta Q_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_{dm}^2} X_1$$

$$\Delta P_2 = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} R_2; \Delta Q_2 = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_{dm}^2} X_2$$

$$\Delta P_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{dm}^2} R_n; \Delta Q_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{dm}^2} X_n$$

Hao tổn công suất tổng cộng là:

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta P_{\Sigma} + j\Delta Q_{\Sigma} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n = \sum_{i=1}^n \Delta S_i \quad (3-7)$$

$$\Delta S_{\Sigma} = (\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n) + j(\Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \dots + \Delta Q_n) \quad (3-8)$$

$$\Delta S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} R_i + j \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} X_i \quad (3-9)$$

Nếu đường dây nhiều phụ tải có tiết diện không đổi thì hao tổn công suất tính theo biểu thức:

$$\Delta S_{\Sigma} = R \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} + jX \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{dm}^2} \quad (3-10)$$

R, X - là điện trở tác dụng và phản kháng của cả đường dây.

4. Tổn thất công suất trên đường dây dòng điện một pha và dòng điện một chiều

Hao tổn công suất trong trường hợp này được tính tương tự như trên nhưng thay 3 pha bằng một pha 2 dây.

+ Với mạch điện xoay chiều một pha thì:

$$\Delta P = 2I^2R = 2\left(\frac{S}{U_{dm}}\right)^2 R = 2\frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} R \quad (3-11)$$

$$\Delta Q = 2I^2X = 2\left(\frac{S}{U_{dm}}\right)^2 X = 2\frac{P^2 + Q^2}{U_{dm}^2} X \quad (3-12)$$

ở đây: U_{dm} - là điện áp pha định mức.

+ Đối với mạng điện một chiều hao tổn công suất là:

$$\Delta P = 2I^2R = 2\left(\frac{P}{U_{dm}}\right)^2 R = 2\frac{P^2}{U_{dm}^2} R \quad (3-13)$$

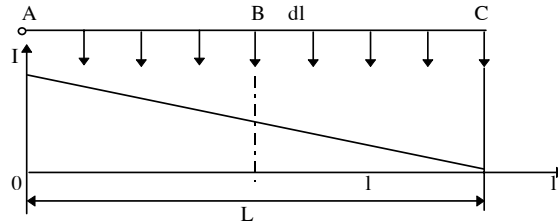
5. Tổn thất công suất trên đường dây có phụ tải phân bố đều

Những mạng điện có phụ tải phân bố đều như mạng điện thành phố hoặc khu dân cư mà cứ mỗi quãng ngắn có một phụ tải gần bằng nhau đầu vào ta có thể coi như mạng có phụ tải phân bố đều (hình 3-2). Một cách gần đúng ta có thể coi dòng điện biến thiên dọc theo chiều dài đường dây. Lấy một vi phân chiều dài dây là dl tại điểm B. Tương ứng tại đó có dòng điện là:

$$I_B = \frac{I.l}{L}$$

L, l - là chiều dài cả đường dây và chiều kể từ điểm xét B đến cuối đường dây

Hình 3-2.
Đường dây có phụ tải phân bố đều



Tổn thất công suất ΔP trên một đoạn vi phân chiều dài dl có điện trở là dr :

$$d\Delta P = 3I_B^2 \cdot dr = 3I_B^2 \cdot r_0 \cdot dl$$

$$d\Delta P = 3\left(\frac{I.l}{L}\right)^2 \cdot r_0 \cdot dl \tag{3-14}$$

r_0 - là điện trở của một đơn vị chiều dài đường dây. $dr = r_0 dl$

Lấy tích phân (3-14) ta được toàn bộ hao tổn công suất trên đường dây từ A đến C:

$$\Delta P = \int_0^L 3\left(\frac{I.l}{L}\right)^2 r_0 dl = 3 \frac{I^2 r_0}{L^2} \int_0^L l^2 dl = 3 \frac{I^2 r_0}{L^2} \frac{L^3}{3}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot r_0 \cdot L = I^2 R \tag{3-15}$$

So sánh ta thấy hao tổn công suất trên đường dây phân bố đều bằng 1/3 hao tổn công suất khi phụ tải tập trung ở cuối đường dây.

§ 3-2. TỔN THẤT CÔNG SUẤT TRONG MÁY BIẾN ÁP

Tổn thất công suất trong máy biến áp gồm 2 thành phần là tổn thất trong lõi thép và trong cuộn dây của máy biến áp.

1. Tổn thất công suất trong cuộn dây của máy biến áp

Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây của máy biến áp, sinh ra hao tổn công suất gọi là hao tổn đồng (ΔS_{cu}). Hao tổn đồng gồm 2 thành phần là hao tổn công suất tác dụng (ΔP_{cu}) và hao tổn công suất phản kháng (ΔQ_{cu}). Các thành phần hao tổn này phụ thuộc vào dòng điện tải nên giá trị của nó cũng thay đổi theo dòng điện phụ tải.

Ta xét ở chế độ tải định mức, tổn thất công suất tác dụng trong cuộn dây máy biến áp lấy bằng tổn thất công suất khi thí nghiệm ngắn mạch:

$$\Delta P_{Cudm} = \Delta P_K = 3I_{dm}^2 R_B \tag{3-16}$$

Tổn thất công suất phản kháng khi tải định mức lấy bằng tổn thất tản từ:

$$\Delta Q_{\text{Cudm}} = \frac{u_p \% S_{dm}}{100} \quad (3-17)$$

trong đó: $u_p \%$ - là điện áp phản kháng ngắn mạch % trong cuộn dây máy biến áp;

R_B - là điện trở tác dụng trong cuộn dây 1 pha của máy biến áp.

Đối với máy biến áp công suất lớn, điện trở R_B rất nhỏ so với điện kháng X_B nên ΔQ_{Cu} ở tải định mức có thể xác định theo điện áp ngắn mạch ($u_K \%$).

$$\Delta Q_{\text{Cudm}} = \frac{u_K \% S_{dm}}{100} = 3I_{dm}^2 X_B \quad (3-18)$$

Khi máy biến áp làm việc với tải khác định mức thì tổn thất công suất tác dụng và phản kháng tính theo biểu thức:

$$\Delta P_{\text{Cu}} = 3I^2 R_B; \quad \Delta Q_{\text{Cu}} = 3I^2 X_B \quad (3-19)$$

trong đó :

I - là dòng điện phụ tải;

R_B, X_B - là điện trở tác dụng và phản kháng trong cuộn dây của máy biến áp.

Từ (3-16) và (3-19) suy ra :

$$\Delta P_{\text{Cu}} = \Delta P_{\text{Cudm}} \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 = \Delta P_K \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 = \left(\frac{S}{U_{dm}} \right)^2 R_B \quad (3-20)$$

Từ (4-17) và (4-19) suy ra:

$$\Delta Q_{\text{Cu}} = \Delta Q_{\text{Cudm}} \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 = \frac{u_K \% S^2}{100 S_{dm}} = \left(\frac{S}{U_{dm}} \right)^2 X_B \quad (3-21)$$

Hao tổn công suất trong máy biến áp là:

$$\Delta S_{\text{Cu}} = \Delta P_{\text{Cu}} + j\Delta Q_{\text{Cu}} = \left(\frac{S}{U_{dm}} \right)^2 R_B + j \left(\frac{S}{U_{dm}} \right)^2 X_B \quad (3-22)$$

U_{dm} - là điện áp định mức của cuộn sơ cấp máy biến áp.

2. Tổn thất công suất trong lõi thép của máy biến áp

Tổn thất công suất trong lõi thép của máy biến áp gồm 2 thành phần là thành phần hao tổn công suất tác dụng (ΔP_{Fe}) và hao tổn công suất phản kháng (ΔQ_{Fe}). Các giá trị này không phụ thuộc vào dòng phụ tải mà phụ thuộc vào cấu tạo và vật liệu của máy biến áp, được xác định theo thông số kỹ thuật của máy biến áp:

$$\Delta S_{\text{Fe}} = \Delta P_{\text{Fe}} + j\Delta Q_{\text{Fe}} \quad (3-23)$$

Hao tổn công suất tác dụng trong lõi thép máy biến áp do dòng điện xoáy và từ trễ gây ra, xác định theo biểu thức:

$$\Delta P_{\text{Fe}} = \Delta P_0 \quad (3-24)$$

Hao tổn công suất phản kháng trong lõi thép máy biến áp do tổn hao từ sinh ra tính theo công thức:

$$\Delta Q_{Fe} = \frac{I_0 \% S_{dm}}{100} \quad (3-25)$$

Các giá trị ΔP_K , ΔP_0 , $u_K \%$, I_0 được cho trong lý lịch của máy biến áp theo S_{dm} .

Hao tổn công suất tổng cộng trong máy biến áp là:

$$\begin{aligned} \Delta S_B &= \Delta P_B + j\Delta Q_B \\ \Delta S_B &= (\Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu}) + j(\Delta Q_{Fe} + \Delta Q_{Cu}) \\ \Delta S_B &= [\Delta P_0 + \Delta P_K \left(\frac{S}{S_{dm}}\right)^2] + j \left[\frac{I_0 \% S_{dm}}{100} + \frac{u_K \% \cdot S^2}{100 \cdot S_{dm}} \right] \end{aligned} \quad (3-26)$$

§ 3-3. TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG TRÊN ĐƯỜNG DÂY

Phần năng lượng điện bị mất đi trong quá trình truyền tải gọi là tổn thất điện năng.

Nếu trong khoảng thời gian t phụ tải của mạng điện không thay đổi thì tổn thất điện năng là:

$$\Delta A = \Delta P \cdot t.$$

Thực tế phụ tải của đường dây luôn luôn biến thiên theo thời gian, nó biến đổi theo sự thay đổi của phụ tải và là một đại lượng ngẫu nhiên nên tính toán theo biểu thức trên sẽ không chính xác. Khi tính toán, dòng điện hay công suất phụ tải biến thiên theo thời gian và dạng đồ thị rất phức tạp. Người ta có thể sử dụng dạng đường cong của phụ tải hoặc phải biểu diễn gần đúng đường cong $i(t)$; và $s(t)$ dưới dạng bậc thang hoá để tính toán tổn thất năng lượng với điện áp lấy bằng định mức.

Từ biểu thức: $d\Delta A = 3i^2 r \cdot dt$ ta có:

$$\Delta A = \int_0^t 3r \cdot I^2(t) \cdot dt = r \int_0^t \frac{S^2(t)}{U^2(t)} dt = r \int_0^t \frac{P^2(t) + Q^2(t)}{U^2(t)} dt$$

$$\text{hay} \quad \Delta A = \frac{r}{U_{dm}^2} \sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta t_i = 3r \sum_{i=1}^n I_i^2 \Delta t_i \quad (3-27)$$

Tuy nhiên, trong tính toán thường không biết đồ thị $I(t)$, $S(t)$. Để tính hao tổn năng lượng ta phải dùng phương pháp gần đúng dựa theo một số khái niệm quy ước như thời gian sử dụng phụ tải cực đại (T_{max}), thời gian hao tổn công suất cực đại (τ) và dòng điện trung bình bình phương (I_{tbbp}).

1. Thời gian sử dụng công suất cực đại

Giả sử một phụ tải biến thiên trong một năm ($t = 8760$ h) có đồ thị phụ tải như trên hình vẽ 3-3.

Xét một đơn vị thời gian khá bé là dt , dòng điện có giá trị là i coi như không đổi, năng lượng truyền tải trong khoảng thời gian dt là:

$$- dA = P dt = \sqrt{3} U \cdot i \cdot \cos \varphi dt.$$

Năng lượng truyền tải trên đường dây trong suốt thời gian t là:

$$A = \int_0^t \sqrt{3} U \cdot i \cdot \cos \varphi dt$$

Nếu coi hệ số công suất là không đổi và điện áp của mạng không đổi và lấy bằng điện áp định mức $U = U_{dm}$

$$A = \sqrt{3} U \cdot \cos \varphi \int_0^t i \cdot dt = \sqrt{3} U_{dm} \cdot \cos \varphi \int_0^t i \cdot dt$$

Đường cong $\int_0^t i dt = S$ - chính là diện tích giới hạn bởi đường cong biểu diễn $i(t)$ và các trục tọa độ.

Vẽ một hình chữ nhật có chiều cao bằng phụ tải cực đại I_{max} (điểm A) và diện tích bằng diện tích giới hạn bởi đường biểu diễn $i(t)$ và các trục tọa độ thì đáy hình chữ nhật này gọi là thời sử dụng phụ tải cực đại, ký hiệu là T_{max} . Ta có :

$$A = \sqrt{3} U \cdot \cos \varphi \int_0^t i \cdot dt = \sqrt{3} U_{dm} I_{max} \cos \varphi T_{max} = P_{max} \cdot T_{max} \quad (3-28)$$

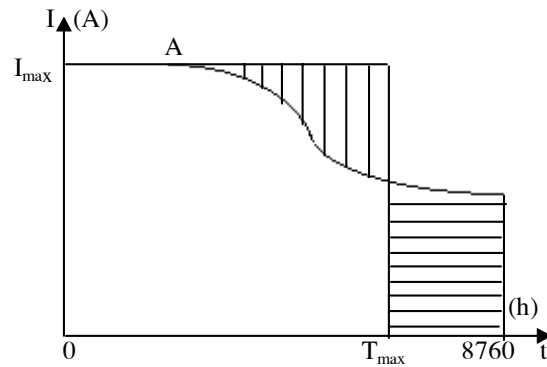
Từ đó tìm được thời gian sử dụng phụ tải cực đại:

$$T_{max} = \frac{A}{P_{max}} = \frac{A}{\sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi \cdot I_{max}} = \frac{\int_0^t i \cdot dt}{I_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^n i_i \Delta t_i}{I_{max}} \quad (3-29)$$

Vậy, Thời gian sử dụng công suất cực đại là thời gian cần thiết để toàn bộ năng lượng cả năm truyền tải trên đường dây với dòng điện không đổi bằng dòng điện cực đại.

2. Thời gian hao tổn công suất cực đại

Ta vẽ một đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa bình phương dòng điện phụ tải với biến thiên theo thời gian như hình 3-4.



Hình 3-3. Đồ thị phụ tải hàng năm

Xét một đơn vị thời gian khá bé dt , dòng điện i coi như không đổi, hao tổn năng lượng trong khoảng thời gian dt là:

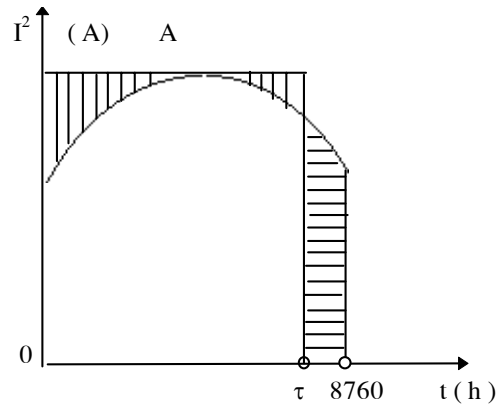
$$d\Delta A = 3.r.i^2 dt$$

Hao tổn năng lượng trong khoảng thời gian t là

$$\Delta A = \int_0^t 3.r.i^2(t).dt .$$

Diện tích giới hạn bởi đường cong biểu diễn $i^2(t)$ với hệ trục tọa độ là:

$$S = \int_0^t .i^2(t).dt = I_{\max}^2 \tau$$



Hình 3-4. Đồ thị của bình phương dòng điện phụ tải với thời gian

Ta vẽ một hình chữ nhật có chiều cao bằng bình phương dòng điện cực đại và diện tích bằng S thì đáy hình chữ nhật gọi là thời gian hao tổn công suất cực đại, ký hiệu là τ .

$$\Delta A = 3.r \int_0^t .i^2(t).dt = 3.r. I_{\max}^2 \tau \quad (3-30)$$

$$\tau = \frac{\Delta A}{\Delta P_{\max}} = \frac{\Delta A}{3.r I_{\max}^2} = \frac{\int_0^t .i^2 .dt}{I_{\max}^2} = \frac{\sum_{i=1}^n i_i^2 \Delta t_i}{I_{\max}^2} \quad (3-31)$$

Thời gian hao tổn công suất cực đại τ là thời gian cần thiết để dòng điện phụ tải cực đại truyền tải trên đường dây gây ra hao tổn năng lượng bằng hao tổn năng lượng thực tế trong cả năm.

Từ (3-31) cho thấy, nếu biết đồ thị phụ tải hoặc I_{\max} và tổng trở đường dây thì chỉ cần xác định τ là ta tìm được ΔA .

Giữa τ và T_{\max} có mối quan hệ với nhau tùy thuộc vào hệ số $\cos\phi$. Để vẽ đường cong biểu diễn mối quan hệ $\tau = f(T_{\max})$ ta làm như sau:

Thu thập các đồ thị phụ tải của các hộ dùng điện khác nhau và phân loại chúng thành từng nhóm với $\cos\phi$ khác nhau, vẽ thành các đường cong. Dựa vào đường cong này ứng với mỗi giá trị của T_{\max} ta có một giá trị của τ . Căn cứ vào đó vẽ được đường cong $\tau = f(T_{\max})$ như trên hình 3-5.

Từ đồ thị hình 3-5, khi biết T_{\max} và $\cos\phi$ ta có thể tìm được τ và ngược lại. Mỗi nhóm thụ điện có một giá trị T_{\max} đặc trưng, ví dụ mạng điện chiếu sáng trong nhà, $T_{\max} = 1500 - 2000$ h. Nhà máy làm việc 1 ca, $T_{\max} = 2000 - 3000$ h, 2 ca $T_{\max} = 3000 - 5000$ h, 3 ca, $T_{\max} =$

5000 - 7000 h. Khi không biết đồ thị phụ tải, nếu biết T_{max} thì τ có thể được xác định bằng công thức thực nghiệm của KeZevit:

$$\tau = (0,124 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \quad (3-32)$$

Đối với các đường dây điện áp cao nhất là từ 330 kV trở lên, ngoài tổn thất điện năng do phát nóng dây dẫn còn có tổn thất điện năng do vầng quang điện gây ra. Như vậy đối với đường dây siêu cao áp hao tổn điện năng có giá trị là:

$$\Delta A = \Delta P_{max} \tau + \Delta P_{vq} \cdot T.$$

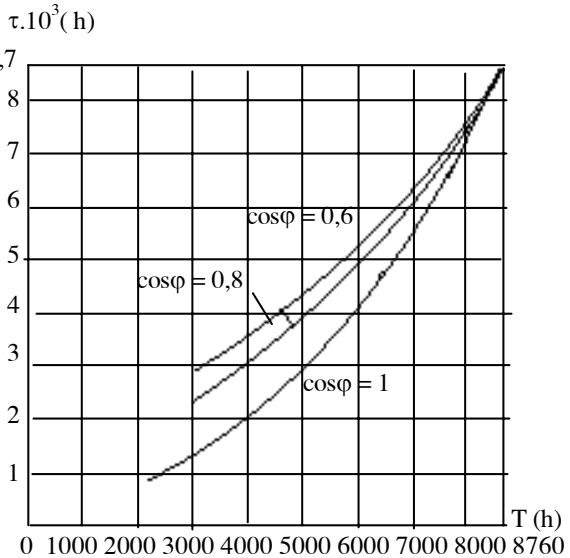
ΔP_{vq} - là tổn thất do vầng quang điện gây ra. Trong các bảng tra, người ta cho các giá trị cực đại và cực tiểu của hao tổn vầng quang để tính giá trị trung bình hao tổn ΔP_{vqtb} .

T - là thời gian xuất hiện vầng quang điện. Khi tính theo ΔP_{vqtb} thì thời gian tính hao tổn là một năm ($t = 8760$ h).

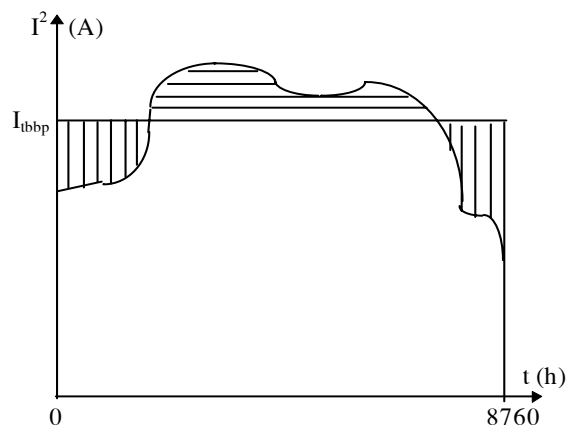
3. Dòng điện trung bình bình phương

Trên đồ thị biểu diễn bình phương dòng điện phụ tải với thời gian (hình 3-6), ta dựng một hình chữ nhật có đáy là 8760 h và có diện tích bằng diện tích giới hạn bởi đường cong $i^2(t)$ và các trục toạ độ thì chiều cao của hình chữ nhật gọi là dòng điện trung bình bình phương, ký hiệu là I_{tbbp} .

Hình 3-6.
Dòng điện trung bình bình phương



Hình 3-5.
Đường cong biểu diễn quan hệ $\tau = f(T_{max})$



Theo đồ thị ta có:

$$\Delta A = 3r \int_0^{8760} i^2 dt = 3r \cdot I_{\text{ibbp}}^2 \cdot 8760 \quad (3-33)$$

$$I_{\text{ibbp}} = \sqrt{\frac{\int_0^{8760} i^2 dt}{8760}} = \sqrt{\frac{I_{\text{max}}^2 \tau}{8760}} = I_{\text{max}} \sqrt{\frac{\tau}{8760}} \quad (3-34)$$

Nếu thời gian truyền tải trong khoảng thời gian t thì:

$$I_{\text{ibbp}} = \sqrt{\frac{\int_0^t i^2 dt}{t}} \quad (3-35)$$

Nếu đồ thị phụ tải cho bằng công suất thì tổn thất điện năng xác định theo biểu thức

$$\Delta A = \left[\left(\frac{S_1}{U_{dm}} \right)^2 t_1 + \left(\frac{S_2}{U_{dm}} \right)^2 t_2 + \dots + \left(\frac{S_n}{U_{dm}} \right)^2 t_n \right] \cdot r = \frac{S_{\text{ibbp}}^2}{U_{dm}^2} r \cdot t \quad (3-36)$$

trong đó:

S_1, S_2, S_n - là công suất truyền tải ứng với thời gian t_1, t_2, \dots, t_n ,

S_{ibbp} - là công suất trung bình bình phương.

r - điện trở đường dây.

4. Tổn thất điện năng trên đường dây có nhiều phụ tải

+ Khi các phụ tải có hệ số $\cos\varphi$ giống nhau thì tổn thất điện năng trong đường dây có nhiều phụ tải là:

$$\Delta A = \frac{\tau}{U_{dm}^2} (S_1^2 r_1 + S_2^2 r_2 + \dots + S_n^2 r_n) = \frac{\tau}{U_{dm}^2} \sum_{i=1}^n S_i^2 r_i \quad (3-37)$$

trong đó:

S_1, S_2, \dots, S_n - là công suất truyền tải trên các đoạn;

r_1, r_2, \dots, r_n - là điện trở của các đoạn.

+ Khi $\cos\varphi$ và T_{max} trên các đoạn đường dây khác nhau thì tổn thất năng lượng lấy bằng tổng tổn thất năng lượng của các đoạn:

$$\Delta A = \left(\frac{S_1}{U_{dm}} \right)^2 r_1 \tau_1 + \left(\frac{S_2}{U_{dm}} \right)^2 r_2 \tau_2 + \dots + \left(\frac{S_n}{U_{dm}} \right)^2 r_n \tau_n \quad (3-38)$$

Nếu $\cos\varphi$ và T_{max} của các phụ tải khác nhau không nhiều (≤ 500 h) ta dùng trị số $\cos\varphi_{\text{bq}}$ và T_{maxbq} để tính. Từ T_{maxbq} và $\cos\varphi_{\text{bq}}$ ta xác định giá trị của τ_{bq} và thay vào biểu thức (3-37) để tính hao tổn năng lượng. Trường hợp các giá trị khác nhau nhiều (≥ 500 h), ta phải tính giá trị bình quân trên từng đoạn và thay vào biểu thức (3-38) để tính hao tổn năng lượng.

$$\cos\varphi_{bq} = \frac{s_1 \cos\varphi_1 + s_2 \cos\varphi_2 + \dots + s_n \cos\varphi_n}{s_1 + s_2 + \dots + s_n} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cos\varphi_i}{\sum_{i=1}^n s_i}$$

$$\text{Và } T_{\max bq} = \frac{p_{1\max} T_{1\max} + p_{2\max} T_{2\max} + \dots + p_{n\max} T_{n\max}}{p_{1\max} + p_{2\max} + \dots + p_{n\max}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i\max} T_{i\max}}{\sum_{i=1}^n p_{i\max}}$$

Trong đó:

s_i - công suất phụ tải thứ i

$\cos\varphi_i$ - hệ số công suất của phụ tải thứ i

$p_{i\max}$ - công suất tác dụng của phụ tải thứ i

$T_{i\max}$ - thời gian sử dụng công suất cực đại của phụ tải thứ i

§ 3-4. Tổn thất điện năng trong máy biến áp và trạm biến áp

Tổn thất trong máy biến áp gồm 2 thành phần: một thành phần phụ thuộc vào phụ tải và một thành phần không phụ thuộc vào phụ tải. Vì vậy tổn thất năng lượng trong máy biến áp cũng có 2 thành phần: thành phần không phụ thuộc vào phụ tải, xác định theo thời gian làm việc của máy biến áp, thành phần phụ thuộc tải xác định theo thời gian tổn thất công suất cực đại τ . Sau đây ta xét tổn thất năng lượng trong trạm biến áp có một máy và trong trạm có nhiều máy làm việc song song.

1. Tổn thất điện năng trong trạm biến áp có một máy biến áp

+ *Nếu không biết đồ thị phụ tải*: Khi biết công suất tiêu thụ và τ thì ta có thể tính được năng lượng tổn thất theo biểu thức:

$$\Delta A_B = \Delta A_{Fc} + \Delta A_{cu}$$

$$\Delta A_B = \Delta P_{Fc} \cdot t + \Delta P_{cu} \cdot \tau = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_k \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 \tau \quad (3-39)$$

trong đó:

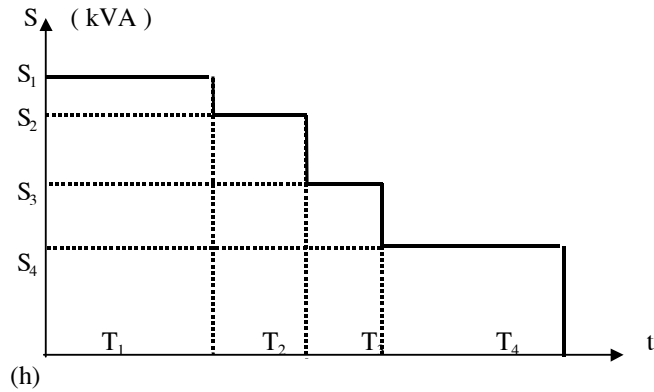
t, τ - là thời gian vận hành và thời gian hao tổn công suất cực đại của máy biến áp;

S, S_{dm} - là công suất phụ tải cực đại và công suất định mức của máy biến áp.

+ *Trường hợp biết phụ tải của máy biến áp*:

Giả sử biết S_{dm} và đồ thị phụ tải hàng năm của máy biến áp (hình 3-7).

Hình 3-7.
Đồ thị phụ tải hàng năm



trong đó:

S_1, S_2, \dots, S_4 - là phụ tải của máy biến áp;

T_1, T_2, \dots, T_4 - là thời gian xảy ra tương ứng với phụ tải S_1, S_2, \dots, S_4 .

Tổn thất điện năng trong máy biến áp với $t = 8760h$ là:

$$\Delta A_B = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_k \left(\frac{S_1}{S_d} \right)^2 T_1 + \Delta P_k \left(\frac{S_2}{S_{dm}} \right)^2 T_2 + \dots + \Delta P_k \left(\frac{S_4}{S_{dm}} \right)^2 T_4 \quad (3-40)$$

trong đó:

ΔP_k - là tổn thất ngắn mạch trong máy biến áp;

$T_1 = t_1; T_2 = t_2 - t_1; T_3 = t_3 - t_2; T_4 = 8760 - t_3$.

2. Tổn thất năng lượng trong trạm biến áp có nhiều máy biến áp làm việc song song.

+ Các máy biến áp có các thông số giống nhau:

Các máy biến áp làm việc song song nhiều hay ít là do phụ tải tăng hay giảm và tùy thuộc vào chế độ vận hành của trạm.

Giả sử trạm biến áp có đồ thị phụ tải hàng năm như hình 3-7. Trong thời gian T_1 phụ tải của trạm biến áp là S_1 và dùng n_1 máy làm việc song song. Thời gian T_2 phụ tải là S_2 có n_2 máy làm việc song song...

Tổn thất điện năng của trạm biến áp khi điện áp bằng điện áp định mức là:

$$\Delta A_T = n_1 \Delta P_0 T_1 + n_2 \Delta P_0 T_2 + \dots + n_n \Delta P_0 T_n + n_1 \Delta P_k \left(\frac{S_1}{n_1 S_{dm}} \right)^2 T_1 + n_2 \Delta P_k \left(\frac{S_2}{n_2 S_{dm}} \right)^2 T_2 + \dots + n_2 \Delta P_k \left(\frac{S_n}{n_n S_{dm}} \right)^2 T_n$$

$$\Delta A_T = \Delta P_0 (n_1 T_1 + n_2 T_2 + \dots + n_n T_n) + \Delta P_k \left[\frac{T_1}{n_1} \left(\frac{S_1}{S_{dm}} \right)^2 + \frac{T_2}{n_2} \left(\frac{S_2}{S_{dm}} \right)^2 + \dots + \frac{T_n}{n_n} \left(\frac{S_n}{S_{dm}} \right)^2 \right] \quad (3-41)$$

Tổng quát:

$$\Delta A_T = \Delta P_0 \sum_{i=1}^n n_i T_i + \Delta P_k \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{n_i} \left(\frac{S_i}{S_{dm}} \right)^2 \quad (3-42)$$

Nếu có n máy biến áp làm việc song song vận hành suốt cả năm, S_{max} là công suất cực đại của phụ tải trạm thì:

$$\Delta A = n \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \Delta P_k \left(\frac{S_{max}}{S_{dm}} \right)^2 \tau \quad (3-43)$$

+ Đối với các máy biến áp ghép song song có dung lượng khác nhau (điều kiện phải đảm bảo là các máy có $u_k\%$ như nhau) thì phụ tải phân bố giữa chúng tỷ lệ với công suất định mức của mỗi máy:

$$S_1 = S \cdot \frac{S_{dm1}}{\sum S_{dmi}}, \dots, S_n = S \cdot \frac{S_{dmn}}{\sum S_{dmi}}$$

Trong đó: $S_1 \dots S_n$ là phụ tải các máy biến áp nhận được,

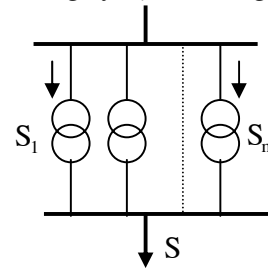
S_{dm1}, \dots, S_{dmn} là công suất định mức của các máy biến áp.

Sau khi xác định được công suất phụ tải đi qua từng máy biến áp,

ta tính được hao tổn công suất và điện năng của từng máy biến áp. Hao tổn công suất của trạm bằng tổng các hao tổn của các máy cộng lại

$$\Delta S_{\Sigma max} = \sum (\Delta P_{0i} + \Delta P_{cu max i}) + j(\Delta Q_{0i} + \Delta Q_{cu max i})$$

Hao tổn điện năng của trạm được tính theo thời gian làm việc của các máy biến áp và phụ tải tương ứng đi qua các máy biến áp. Nếu thời gian làm việc song song của các máy biến áp trong suốt cả năm thì tính theo công suất cực đại đi qua từng máy và τ của đồ thị phụ tải.



§ 3-5. ẢNH HƯỞNG CỦA TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG ĐẾN GIÁ THÀNH TRUYỀN TẢI

Tổn thất điện năng có ảnh hưởng đến giá thành truyền tải. Để nâng cao tính kinh tế trong vận hành mạng điện, trước hết ta đề ra một số biện pháp giảm tổn thất điện năng.

1. Các biện pháp làm giảm tổn thất điện năng trong mạng điện

+ Nâng cao hệ số công suất của phụ tải:

Sử dụng các thiết bị điện một cách hợp lý, không để chúng làm việc non tải là cách tốt nhất để nâng cao hệ số $\cos\phi$. Đối với các động cơ không đồng bộ người ta có sử dụng các biện pháp sau:

- Chọn công suất động cơ phù hợp với công suất của máy công tác.
- Chuyển đổi dây quấn động cơ từ đấu Δ sang đấu Y (động cơ rôto dây quấn) khi động cơ mang tải dưới 40%.
- Hạn chế động cơ làm việc không tải.
- Thay động cơ không đồng bộ bằng động cơ đồng bộ.
- + *Giảm công suất phản kháng truyền tải trong mạng điện.*

Khi đặt tụ điện hay máy bù đồng bộ tại hộ dùng điện phát ra công suất phản kháng là Q_B thì công suất phản kháng cần thiết để truyền tải trên đường dây sẽ giảm xuống bằng $(Q - Q_B)$. Do đó tổn thất công suất giảm đi:

$$\Delta P = \frac{P^2 + (Q - Q_B)^2}{U^2} R; \quad \Delta Q = \frac{P^2 + (Q - Q_B)^2}{U^2} X \quad (3-44)$$

+ *Nâng cao điện áp vận hành của hệ thống điện:*

Nếu điện áp của mạng điện nâng cao hơn $a\%$ thì tổn thất công suất sẽ giảm đi một lượng là:

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} R - \frac{S^2}{\left[U + \frac{a}{100}\right]^2} R = \frac{S^2}{U^2} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^2} \right] R \quad (3-45)$$

Nâng cao điện áp của mạng điện có thể thực hiện bằng cách nâng cao cấp điện áp định mức của mạng điện, điều chỉnh đầu phân áp của máy biến áp hay nâng cao điện áp của máy phát điện và dùng các biện pháp bù.

+ *Thay đổi số lượng máy biến áp vận hành song song.*

Tùy mức độ phụ tải thay đổi mà số lượng máy biến áp làm việc song song cũng thay đổi.

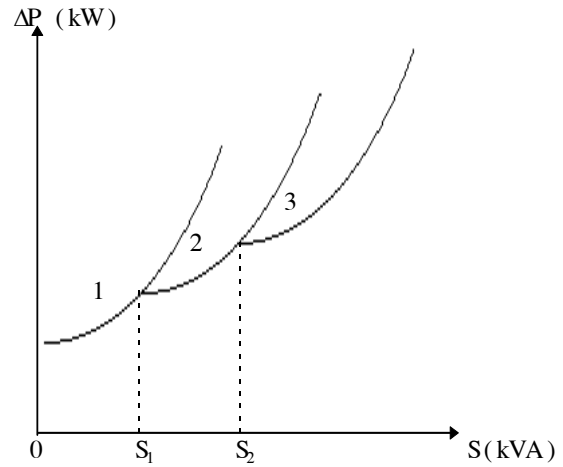
Ta biết rằng tổn thất công suất tác dụng trong máy biến áp là:

$$\Delta P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{cu} = \Delta P_0 + \frac{S^2}{U^2} R_B \quad (3-46)$$

Hình 3-8

Quan hệ giữa công suất S và tổn thất công suất tác dụng trong máy biến áp

- 1- một máy làm việc;
 - 2 - hai máy làm việc song song;
 - 3. ba máy làm việc song song.
- S_1, S_2 - là công suất giới hạn.



Dựa vào biểu thức (3-46), người ta lập đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa ΔP và S. Sau đó

vẽ quan hệ $\Delta P = f(S)$ khi có 1, 2, 3 ... máy làm việc song song như trên hình 3-8.

Căn cứ vào phụ tải của máy biến áp ta chọn được số lượng máy biến áp làm việc song song phù hợp để có ΔP_{\min} . Theo giải tích người ta cũng tìm được công suất giới hạn để chuyển từ n máy làm việc song song về n - 1 máy vận hành song song:

$$S = \sqrt{\frac{\Delta P_{Fen} \left(\sum_{i=1}^n S_{dmi}\right)^2 \left(\sum_{i=1}^{n-1} S_{dmi}\right)^2}{\left[\left(\sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{Ki}\right) \left(\sum_{i=1}^n S_{dmi}\right)^2\right] - \left[\left(\sum_{i=1}^n \Delta P_{Ki}\right) \left(\sum_{i=1}^{n-1} S_{dmi}\right)^2\right]}} \quad (3-47)$$

Nếu trạm biến áp có n máy dung lượng giống nhau bằng S_{dm} thì công suất giới hạn của n máy là:

$$S = S_{dm} \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_{Fe}}{\Delta P_K}} \quad (3-48)$$

Công suất giới hạn của một máy là:

$$S_1 = \frac{S}{n} = S_{dm} \sqrt{\frac{(n-1) \Delta P_{Fe}}{n \Delta P_K}} \quad (3-49)$$

2. Ảnh hưởng của tổn thất điện năng đến giá thành truyền tải

Giá thành truyền tải điện năng gồm có vốn đầu tư cơ bản K và chi phí vận hành hàng năm Y.

+ Vốn đầu tư cơ bản K: vốn đầu tư cơ bản gồm 2 phần, một phần để mua sắm các thiết bị và tài sản (K_1) và phần đầu tư xây dựng, lắp đặt thiết bị (K_x).

$$K = K_1 + K_x.$$

Đối với mạng điện thì tùy thuộc vào kiểu nhà máy điện. Với nhà máy nhiệt điện giá trị $K_1 = 60\%$, nhà máy thủy điện $K_1 = 28 - 30\%$, với đường dây thì $K_1 = 85 - 90\%$.

+ Chi phí vận hành hàng năm Y : chi phí vận hành gồm có khấu hao, hao mòn thiết bị, chi phí phục vụ sửa chữa định kỳ và chi phí tổn thất điện năng hàng năm.

- Khấu hao hao mòn thiết bị dùng để thay thế thiết bị hư hỏng và lạc hậu, ký hiệu là $B_a\%$, nó được tính theo % so với vốn đầu tư cơ bản:

$$B_a\% = \frac{K - C}{T} \cdot \frac{100}{K} \quad (3-50)$$

trong đó:

T - là thời gian thu hồi vốn đầu tư của công trình;

C - giá thành đào thải của công trình sau T năm.

- Chi phí sửa chữa định kỳ và phục vụ ($B_p\%$) để trả công cho cán bộ quản lý, vận hành, mua sắm các thiết bị thí nghiệm và sửa chữa công trình, nó được tính theo % so với vốn đầu tư cơ bản.

+ Chi phí tổn thất điện năng hàng năm xác định theo công thức:

$$c \cdot \Delta A = c \cdot \Delta P_{\max} \tau \quad (3-51)$$

c - là giá thành tổn thất điện năng (đồng /kWh).

Chi phí vận hành hàng năm của mạng điện có giá trị là:

$$Y = (B_a\% + B_p\%) K + c \cdot \Delta A.$$

$$Y = a_{vh} K + c \cdot \Delta A \quad (3-52)$$

ở đây a_{vh} - là hệ số vận hành, nó là hệ số khấu hao hao mòn, sửa chữa định kỳ phục vụ mạng điện, tính theo % so với vốn đầu tư cơ bản.

Với cột bê tông $a_{vh} = 4\%$; cột gỗ $a_{vh} = 12\%$; trạm biến áp $a_{vh} = 14\%$.

Giá thành truyền tải điện năng là:

$$\beta = \frac{Y}{A} = \frac{Y}{P_{\max} \cdot T_{\max}} \quad (3-53)$$

A - là điện năng tiêu thụ hàng năm.

Muốn giá thành truyền tải điện năng β min thì ngoài việc a_{vh} nhỏ còn phải có ΔA nhỏ.

3. Tính toán, so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của mạng điện

Trong thực tế xác định được một phương án tối ưu thoả mãn cả hai điều kiện có vốn đầu tư ít và chi phí vận hành nhỏ là không thực hiện được. Để chọn phương án tối ưu, thường người ta phải so sánh về kinh tế và kỹ thuật. Mục đích của nó là xác định hiệu quả của các phương án đã đáp ứng yêu cầu kỹ thuật sau khi tiến hành so sánh về kinh tế.

Khi so sánh các phương án ta thường gặp các tình huống như sau:

Hai phương án có: $K_1 < K_2$; $Y_1 < Y_2$, thì phương án 1 kinh tế hơn phương án 2.

Trường hợp $K_1 = K_2$ nhưng $Y_1 > Y_2$ thì phương án 2 kinh tế hơn.

Nếu 2 phương án có: $K_1 < K_2$ nhưng $Y_1 > Y_2$ người ta không thể so sánh trực tiếp các phương án mà phải đánh giá theo thời gian thu hồi vốn đầu tư phụ tiêu chuẩn xác định theo công thức:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{Y_1 - Y_2} \quad (3-54)$$

Sau đó tiến hành so sánh T với thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn T_{tc} .

Nếu $T = T_{tc}$ thì 2 phương án đầu tư có giá trị như nhau.

$T < T_{tc}$, phương án 2 là phương án kinh tế hơn.

$T > T_{tc}$, phương án 1 kinh tế hơn.

Thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn phụ thuộc vào điều kiện kinh tế của mỗi nước. Ví dụ ở Liên Xô (cũ) $T_{tc} = 8$ năm, ở Việt Nam T_{tc} chưa được khảo sát kỹ càng, nhưng trong tính toán người ta thường lấy thấp hơn (6 - 8 năm).

Từ (3-54) ta có:

$$\frac{K_2 - K_1}{Y_1 - Y_2} = T_{tc} \text{ hay } Y_1 T_{tc} + K_2 = Y_2 T_{tc} + K_2.$$

$$Y_1 + \frac{K_1}{T_{tc}} = Y_2 + \frac{K_2}{T_{tc}}$$

Đặt $z = Y + \frac{K}{T_{tc}}$ là chi phí tính toán hàng năm.

$$z = a_{tc} \cdot K + Y \quad (3-55)$$

trong đó: $a_{tc} = \frac{K}{T_{tc}}$ - là hệ số thu hồi vốn đầu tư phụ tiêu chuẩn.

Phương án kinh tế hơn là phương án có z min:

$$z = a_{tc} K + Y \rightarrow \text{Min.} \quad (3-56)$$

Khi so sánh phương án, nếu z chênh lệch nhau không quá 5% thì coi tương đương về mặt kinh tế. Nếu các phương án có độ tin cậy cung cấp điện khác nhau thì cần tính toán thiệt hại cho nền kinh tế do việc ngừng cung cấp điện gây ra.

§3-6. CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN VÀ CÁP THEO CHỈ TIÊU KINH TẾ

1. Mật độ dòng điện kinh tế

Đối với đường dây truyền tải ở mạng điện khu vực, do công suất lớn, điện áp cao, đường dây dài nên chi phí vận hành khá lớn. Mặt khác các thiết bị điều chỉnh điện áp khá tốt nên ít phải chú ý đến tổn thất điện áp. Vì vậy tiết diện dây dẫn và cáp được chọn theo điều kiện kinh tế. Tức là chọn F dây dẫn và cáp sao cho chi phí tính toán là nhỏ nhất. Hàm chi phí tính toán có giá trị là:

$$z = (a_{vh} + a_{tc})K + c\Delta A.$$

$$z = (a_{vh} + a_{tc})K + c3I_{\max}^2 \tau \frac{\rho l}{F} \quad (3-57)$$

Vốn đầu tư cơ bản cho đường dây phụ thuộc vào tiết diện, có thể xác định theo công thức:

$$K = K_0 + n(a + bF) \quad (3-58)$$

trong đó:

K_0 - là giá thành 1 km đường dây phần không phụ thuộc vào tiết diện (đồng/km);

n - là số mạch đường dây đi song song;

a - hệ số phụ thuộc vào điện áp đường dây (đồng/km);

b - là hệ số phản ảnh sự phụ thuộc của giá thành đường dây vào tiết diện dây dẫn (đồng/km.mm²).

Thay giá trị của K vào z ta có:

$$z = (a_{vh} + a_{tc}) [K_0 + n(a + bF)] + 3I_{\max}^2 \tau \cdot c \cdot \frac{\rho l}{F}.$$

(3-59)

Tiết diện tối ưu của dây dẫn, ký hiệu là F_{kt} được xác định khi đạo hàm $z = 0$

$$\frac{\partial z}{\partial F_{kt}} = (a_{vh} + a_{tc})nbl - 3I_{\max}^2 \tau c \rho \frac{l}{F_{kt}^2} = 0$$

$$\text{hay } F_{kt} = I_{\max} \sqrt{\frac{3\rho\tau c}{(a_{vh} + a_{tc})nb}} \quad (3-60)$$

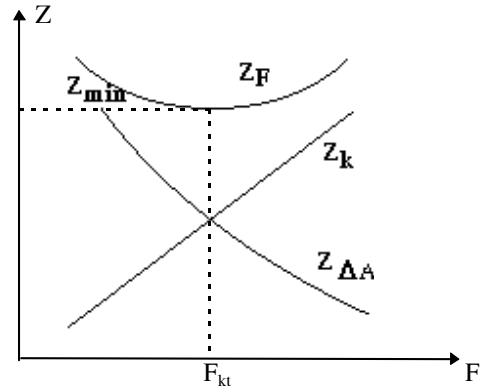
Tiết diện dây dẫn chọn theo (3-60) gọi là tiết diện ứng với hàm chi phí z cực tiểu. Theo (3-59) ta thấy hàm chi phí z của đường dây có 2 phần: một phần liên quan đến giá thành dây dẫn, ký hiệu là z_K và một phần liên quan đến tổn thất điện năng ký hiệu là $z_{\Delta A}$

$$z_{(F)} = z_K + z_{\Delta A} \quad (3-61)$$

Đường cong biểu diễn hàm chi phí $z_{(F)}$ có dạng như hình 3-9.

Hình 3-9.

Sự phụ thuộc giữa giá thành đường dây vào tiết diện dây dẫn



Ta thấy đồ thị có điểm thấp nhất ứng với z_{min} có một giá trị F . Tiết diện ứng với z_{min} gọi là tiết diện kinh tế (F_{kt}). Mật độ dòng điện ứng với F_{kt} gọi là mật độ dòng điện kinh tế, ký hiệu là J_{kt} :

$$J_{kt} = \frac{I_{max}}{F_{kt}} = \sqrt{\frac{(a_{vh} + a_{tc})nb}{3\rho\tau c}} \quad (3-62)$$

Tuỳ thuộc vào thời gian sử dụng công suất cực đại, vật liệu làm dây dẫn, các hệ số, số mạch nhánh, khu vực và lãnh thổ... ta xác định được J_{kt} theo biểu thức trên. Trong bảng 1 cho giá trị J_{kt} của Liên Xô cũ ứng với T_{max} và các vật liệu khác nhau làm dây dẫn.

Bảng 1. Mật độ dòng điện kinh tế J_{kt}

Loại dây dẫn	Thời gian sử dụng phụ tải cực đại T_{max} (h)		
	1000 - 3000	3000 - 5000	5000 - 8760
Dây đồng trần	2,5	2,1	1,8
Dây nhôm và thép nhôm trần.	1,3	1,1	1,0
Dây cáp bọc giấy tẩm và dây dẫn bọc cao su:			
- Lõi đồng.	3,0	2,5	2,0
- Lõi nhôm.	1,6	1,4	1,2
Dây cáp bọc cao su lõi đồng.	3,5	3,1	2,7

2. Phương pháp chung tính toán tiết diện dây dẫn theo J_{kt}

+ Khi tiết diện dây dẫn thay đổi: sử dụng khi các phụ tải cách xa nhau, mỗi đoạn đường dây ta chọn một tiết diện.

- Xác định dòng điện truyền tải trên các đoạn đường dây:

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}U} = \frac{P_1}{\sqrt{3}U \cos \varphi_1}; I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3}U} = \frac{P_2}{\sqrt{3}U \cos \varphi_2}; \dots; I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U \cos \varphi_n}$$

trong đó:

P_1, P_2, \dots, P_n - là công suất truyền tải trên các đoạn;

U - là điện áp lấy bằng điện áp U_{dm} ;

$\cos \varphi_1, \cos \varphi_2, \dots, \cos \varphi_n$ - là hệ số công suất trên các đoạn.

- Căn cứ vào loại dây dẫn và T_{max} chọn J_{kt} .

- Tính tiết diện dây dẫn:

$$F_1 = \frac{I_1}{J_{kt}}; F_2 = \frac{I_2}{J_{kt}}; \dots; F_n = \frac{I_n}{J_{kt}}$$

- Lựa chọn tiết diện quy chuẩn.

- Xác định tổn thất điện áp thực tế và so sánh với giá trị cho phép (đối với các mạng có điện áp định mức $U_{dm} < 35$ kV). Đối với mạng có nhiều phụ tải, thời gian T_{max} và $\cos \varphi$ khác nhau thì ta phải sử dụng T_{maxbq} và $\cos \varphi_{tb}$ tính cho từng đoạn.

+ Trường hợp tiết diện không đổi trên suốt chiều dài đường dây

- Xác định dòng điện đẳng trị I_{dt} .

Đường dây truyền tải dòng điện đẳng trị quy ước sẽ tương đương về mặt tổn thất công suất với đường dây truyền tải dòng điện thực, ta có:

$$3I_{dt}^2 \frac{\rho l}{F} = \frac{3\rho}{F} (I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n).$$

$$\text{suy ra } I_{dt} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 l_i}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}} = \frac{1}{\sqrt{3}U_{dm}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 l_i}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}} \quad (3-63)$$

trong đó:

I_1, I_2, \dots, I_n - là dòng điện truyền tải trên đoạn 1, 2, ... n ;

l_1, l_2, \dots, l_n - là chiều dài các đoạn 1, 2, ...n.

- Tính giá trị trung bình của thời gian sử dụng phụ tải cực đại: trong trường hợp các phụ tải có T_{max} khác nhau, ta tính thời gian sử dụng công suất cực đại theo giá trị bình quân cho các đoạn đường dây

$$T_{\max bq} = \frac{T_1 p_1 + T_2 p_2 + \dots + T_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (3-64)$$

ở đây:

T_1, T_2, \dots, T_n - là thời gian sử dụng công suất cực đại của phụ tải 1, 2, ... n;

p_1, p_2, \dots, p_n - là công suất tác dụng cực đại của phụ tải 1, 2, ... n.

- Căn cứ vào loại dây dẫn và $T_{\max bq}$ chọn J_{kt}

- Tính tiết diện dây dẫn:

$$F = \frac{I_{dt}}{J_{kt}} \quad (3-65)$$

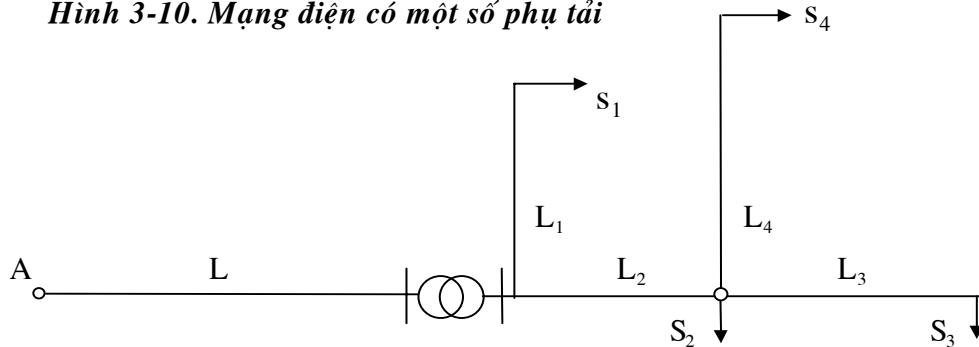
Đối với các mạng điện có $U_{dm} < 35$ kV, sau khi chọn xong tiết diện dây dẫn, ta xác định tổn thất điện áp thực tế và so sánh với giá trị cho phép.

§3-7. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN TỔN THẤT NĂNG LƯỢNG

Ví dụ 1

Một mạng điện gồm đường dây cao áp, điện áp 10 kV dài $L = 5$ km cung cấp cho máy biến áp có công suất định mức $S_H = 180$ 10/0,4 kV (hình 3-10) phía hạ áp có các đoạn $l_1 = 0,1$ km dùng dây dẫn A-50, phụ tải là $s_1 = 40 + j30$ kVA, đoạn $l_2 = 0,1$ km dùng 2 dây A-50 phụ tải $s_2 = 66 + j49,5$ kVA; Đoạn $l_3 = 0,5$ km, dùng dây A-35, phụ tải $s_3 = 14 + j10,5$ kVA, đoạn thứ tư $l_4 = 0,5$ km dùng dây A-50 phụ tải $s_4 = 10 + j7,5$ kVA. Biết năng lượng truyền tải hàng năm là 455000 kWh. Tìm tiền chi phí tổn thất năng lượng trong một năm, cho giá tiền điện $c = 600$ đ/kWh.

Hình 3-10. Mạng điện có một số phụ tải



Giải .

1. Tính các thông số của mạng điện:

Tổn thất năng lượng trong mạng điện gồm 3 thành phần: trên đường dây cao áp, trong máy biến áp và trên đường dây hạ áp.

Công suất tiêu thụ cực đại của máy biến áp là:

$$S = P + jQ = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 40 + j30 + 66 + j49,5 + 14 + j10,5 + 10 + j7,5 \\ = 130 + j 97,5 = 162,5 \angle 0,8 \text{ kVA.}$$

Công suất truyền tải trên đoạn l_2 là:

$$S_2 = P_2 + jQ_2 = s_2 + s_3 + s_4 = 66 + j49,5 + 14 + j10,5 + 10 + j7,5 = 90 + j 67,5.$$

Thời gian sử dụng tải cực đại là:

$$T_{\max} = \frac{A}{P_{\max}} = \frac{455000}{130} = 3500(h)$$

Tra đường cong $\tau = f(T_{\max})$ với $\cos\varphi = 0,8$ ta được $\tau = 2300$ (h).

Tra bảng phụ lục tìm điện trở dây dẫn và tính điện trở của đường dây:

$$R = r_0 \cdot L = 0,65 \cdot 5 = 3,25 (\Omega).$$

$$R_1 = r_{01} \cdot l_1 = 0,64 \cdot 0,1 = 0,064 (\Omega).$$

$$R_2 = r_{02} \cdot l_2 = 0,5 \cdot 0,64 \cdot 0,1 = 0,032 (\Omega). \text{ (tính cho 2 đường dây đi song song)}$$

$$R_3 = r_{03} \cdot l_3 = 0,92 \cdot 0,5 = 0,46 (\Omega).$$

$$R_4 = r_{04} \cdot l_4 = 0,64 \cdot 0,5 = 0,32 (\Omega).$$

2. Tính tổn thất năng lượng trên đường dây hạ áp:

$$\Delta A_{dh} = \frac{\tau}{U_{dm}^2 \cdot \cos^2 \varphi} \sum p_i^2 R_i$$

$$\Delta A_{dh} = \frac{2300 \cdot 10^{-3}}{0,38^2 \cdot 0,8^2} (40^2 \cdot 0,064 + 90^2 \cdot 0,032 + 14^2 \cdot 0,32 + 10^2 \cdot 0,46) = 11755 \text{ (kWh).}$$

3. Tổn thất năng lượng trong máy biến áp:

Tra bảng phụ lục đối với máy biến áp 180 10/0,4 kV có $\Delta P_0 = 1 \text{ kW}$, $\Delta P_K = 4 \text{ kW}$.

$$\Delta A_B = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_K \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 \cdot \tau = 1.8760 + 4 \left(\frac{162,5}{180} \right)^2 \cdot 2300 = 16250 \text{ (kWh)}$$

4. Hao tổn năng lượng trên đường dây cao áp.

Dòng điện truyền tải là:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{162,5}{\sqrt{3}.10} = 9,4(A)$$

$$\Delta A_{dc} = 3RI^2\tau = 3.3.25.9,4^2.2300.10^{-3} = 1981 (kWh).$$

Tổng thất năng lượng tổng cộng là:

$$\Delta A = \Delta A_{dc} + \Delta A_B + \Delta A_{dh} = 11750 + 16250 + 1981 = 29986 (kWh).$$

$$\Delta A \% = \frac{\Delta A}{A} . 100 = \frac{29986}{455000} . 100 = 6,59\% .$$

5. Giá tiền chi phí cho tổn thất năng lượng trong một năm là:

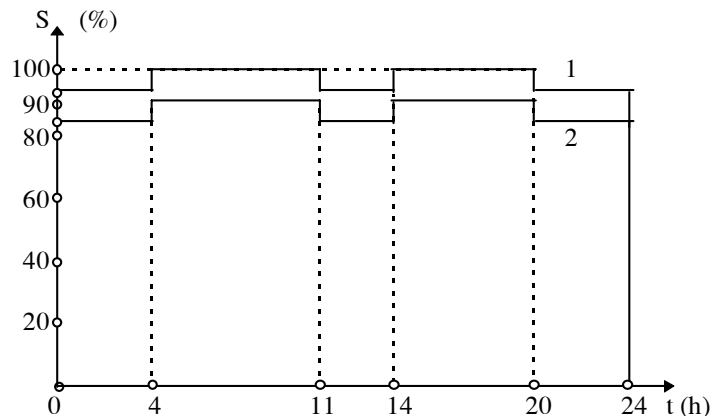
$$Y = c\Delta A = 600.29986 = 17.991 \cdot 10^3 (\text{đồng}).$$

Ví dụ 2

Xác định tổn thất công suất, tổn thất điện năng trong một năm của trạm biến áp 10/0,4 kV gồm 2 máy biến áp làm việc song song, công suất mỗi máy là $S_H = 560$ kVA. Đồ thị phụ tải hàng ngày của máy biến áp cho trên hình 3-11. Phụ tải cực đại của trạm biến áp là $S_{max} = 1000$ kVA, $\cos\varphi = 0,8$. Hai máy biến áp vận hành trong một năm có 182 ngày mùa hè, 183 ngày mùa đông.

Hình 3-11.
Đồ thị phụ tải hàng ngày của máy biến áp

1 - mùa đông;
2 - mùa hè.



Giải.

1. Xác định tổn thất công suất trong máy biến áp.

Tra loại máy biến áp $S_H = 560$ kVA ta có $\Delta P_0 = 2,5$ kW, $\Delta P_K = 9,4$ kW, $u_k \% = 5,5\%$; $i_0 \% = 6\%$.

$$\Delta P = n\Delta P_0 + \frac{1}{n} \Delta P_K \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 = 2.2,5 + 0,5.9,4. \left(\frac{1000}{560} \right)^2 = 19,98(kW).$$

$$\Delta Q = \frac{n.I_0 \% . S_{dm}}{100} + \frac{u_k \% . S^2}{n.100.S_{dm}} = \frac{2.6.560}{100} + \frac{5,5.1000^2}{2.100.560} = 67,3 + 49 = 116,3(kVAr).$$

$$\Delta S_B = 19,98 + j116,3 \text{ (kVA)}.$$

2. Xác định thời gian sử dụng phụ tải cực đại:

Dựa vào đồ thị phụ tải hàng ngày ta xác định được thời gian sử dụng phụ tải cực đại như sau:

- Mùa đông: công suất 100% có $T_{d1} = 183 (7 + 6) = 2379 \text{ (h)}$.

Công suất 95% có $T_{d2} = 183 (4 + 3 + 4) = 2013 \text{ (h)}$.

- Mùa hè: công suất 90% có: $T_{h1} = 182 (6 + 7) = 2366 \text{ (h)}$.

Công suất 85% có: $T_{h2} = 182 (4 + 3 + 4) = 2002 \text{ (h)}$.

$$T_{\max} = \frac{\sum S_i \cdot \Delta t_i}{S_{\max}} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \%}{S_{\max} \%} T_{di} + \sum_{i=1}^n \frac{S_i \%}{S_{\max} \%} T_{hi}$$

$$= \frac{100 \cdot 2379 + 95 \cdot 2013}{100} + \frac{90 \cdot 2366 + 85 \cdot 2002}{100} = 8120 \text{ (h)}$$

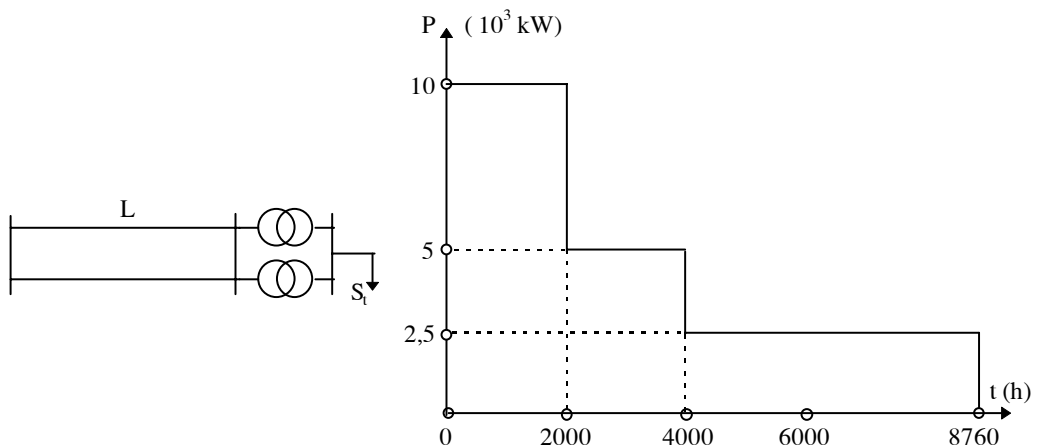
Tra đường cong $\tau = f(T_{\max})$, ứng với $\cos\varphi = 0,8$ ta được $\tau = 7500 \text{ h}$.

3. Xác định tổn thất năng lượng trong máy biến áp:

$$\Delta A = n \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_K}{n} \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 \tau = 2,2 \cdot 5,8760 + \frac{9,4}{2} \left(\frac{1000}{560} \right)^2 \cdot 7500 = 156204 \text{ (kWh)}$$

Ví dụ 3

Mạng điện gồm 2 tuyến dây điện áp 35 kV cung cấp cho 2 máy biến áp có đồ thị phụ tải như hình 3-12. Chiều dài đường dây là: $L = 15 \text{ km}$, dùng dây dẫn AC-150 ($d = 17 \text{ mm}$; $r_0 = 0,21 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,415 \Omega/\text{km}$). Công suất định mức của một máy biến áp là: $S_{dm} = 7500 \text{ kVA}$, $\cos\varphi = 0,9$ có $\Delta P_0 = 24 \text{ kW}$, $\Delta P_K = 75 \text{ kW}$, $u_k \% = 7,5\%$, $i_0 \% = 3,5\%$. Xác định tổn thất công suất trong mạng điện khi phụ tải cực đại, tổn thất điện năng khi phụ tải cực đại và tổn thất điện năng hàng năm của mạng trong các chế độ vận hành khác nhau.



Hình 3-12. Sơ đồ mạng điện và đồ thị phụ tải để tính tổn thất điện năng

Giải.

1. Xác định tổn thất công suất trong trạm biến áp khi tải cực đại: (lúc đó 2 máy làm việc song song).

$$\Delta P_B = n\Delta P_0 + \frac{1}{n} \Delta P_K \left(\frac{P}{\cos \varphi \cdot S_{dm}} \right)^2 = 2.24 + \frac{75}{2} \left(\frac{10}{0,9 \cdot 7,5} \right)^2 = 48 + 82 = 130(kW)$$

$$\Delta Q_B = \frac{n i_0 \% S_{dm}}{100} + \frac{1}{n} \frac{u_k \% \left(\frac{P}{\cos \varphi} \right)^2}{100 S_{dm}} = \frac{2,35 \cdot 7500}{100} + \frac{7,5}{2} \frac{\left(\frac{10}{0,9} \right)^2 \cdot 10^3}{1007,5 \cdot 10^3} = 525 + 617 = 1142(kVAr).$$

$$\Delta S_B = \Delta P_B + j\Delta Q_B = 130 + j1142 \text{ (kVA)}$$

2. Tổn thất công suất trên đường dây khi phụ tải cực đại:

$$\Delta P_d = 0,5 r_0 L \cdot \frac{\left(\frac{P}{\cos \varphi} \right)^2}{U_{dm}^2} = 0,5 \frac{0,21 \cdot 15 \cdot \left(\frac{10}{0,9} \right)^2}{35^2} 10^3 = 158,7(kW).$$

$$\Delta Q_d = 0,5 x_0 L \cdot \frac{\left(\frac{P}{\cos \varphi} \right)^2}{U_{dm}^2} = 0,5 \frac{0,415 \cdot 15 \cdot \left(\frac{10}{0,9} \right)^2}{35^2} 10^3 = 313,6(kVAr).$$

$$\Delta S_d = \Delta P_d + j\Delta Q_d = 158,7 + j313,6 \text{ (kVA)}.$$

3. Tổn thất công suất tổng cộng của đường dây và máy biến áp khi phụ tải cực đại là:

$$\Delta S = \Delta P + j\Delta Q = \Delta S_B + \Delta S_d = 288,7 + j1455,6 \text{ (kVA)}.$$

4. Xác định tổn thất năng lượng trên đường dây:

$$\tau = \frac{\sum P_i^2 \Delta t_i}{P_{max}^2} = \frac{10^2 \cdot 2000 + 5^2 \cdot 2000 + 2,5^2 \cdot 4760}{10^2} = 2797,5 \text{ (h)}.$$

$$\Delta A_d = \Delta P_d \cdot \tau = 158,7 \cdot 2797,5 = 443963 \text{ (kWh)}.$$

5. Xác định tổn thất năng lượng trong máy biến áp:

+ Khi hai máy vận hành song song trong suốt 1 năm, hao tổn năng lượng trong trạm biến áp là:

$$\Delta A_T = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_K}{n} \left(\frac{S_{max}}{S_{dm}} \right)^2 \tau = 2.24 \cdot 8760 + \frac{75}{2} \left(\frac{10 \cdot 1000}{0,9 \cdot 7500} \right)^2 2797,5 = 650.726,9 \text{ (kWh)}$$

$$\text{Tổng hao tổn: } \Delta A_{1\Sigma} = \Delta A_d + \Delta A_T = 443963 + 650.726,9 = 1.094.689,9 \text{ (kWh)}$$

+ Khi chế độ vận hành thay đổi, nếu tải nhỏ cắt bớt một máy: căn cứ vào đồ thị phụ tải ta thấy khi phụ tải của trạm từ 5000 kW trở xuống thì cắt 1 máy.

Tổn thất năng lượng trong trạm biến áp tính dựa theo các khoảng thời gian của đồ thị tải và trị số công suất và số máy vận hành song song tương ứng

$$\Delta A_T = \Delta P_0 \sum n_i \Delta t_i + \Delta P_K \sum \frac{\Delta t_i}{n_i} \left(\frac{S_i}{S_{dm}} \right)^2 = 24(2.2000 + 1.2000 + 1.4760) + 75 \left(\frac{2000}{2} \left(\frac{10.000}{0,9.7500} \right)^2 + \frac{2000}{1} \left(\frac{5000}{0,9.7500} \right)^2 + \frac{4760}{1} \left(\frac{2500}{0,9.7500} \right)^2 \right) = 554.123,25 \text{ kWh}$$

$$\text{Tổng hao tổn: } \Delta A_{2\Sigma} = \Delta A_d + \Delta A_T = 443963 + 554.123,25 = 998.086,25 \text{ (kWh)}$$

Năng lượng truyền tải hàng năm là:

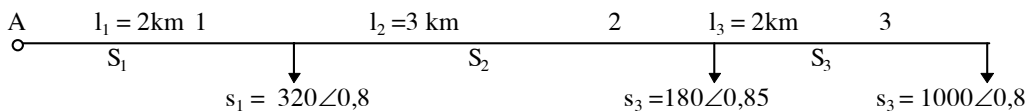
$$A = P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2 + P_3 \Delta t_3 = (10.2000 + 5.2000 + 2,5.4760) 10^3 = 41900.10^3 \text{ (kWh).}$$

$$\Delta A_{1\Sigma} \% = \frac{\Delta A_{1\Sigma}}{A} 100 = \frac{1.094.689,9}{41900.10^3} \cdot 100 = 2,6126\%$$

$$\Delta A_{2\Sigma} \% = \frac{\Delta A_{2\Sigma}}{A} 100 = \frac{998.086,25}{41900.10^3} \cdot 100 = 2,382\%$$

Ví dụ 4

Một đường dây 35 kV cung cấp cho ba phụ tải có công suất và chiều dài đường dây ghi trên sơ đồ 3-13. Hãy tìm tiết diện dây dẫn cho 2 trường hợp: tiết diện thay đổi và không đổi theo điều kiện kinh tế. Biết dây dẫn làm bằng thép nhôm và thời gian sử dụng phụ tải cực đại của các phụ tải $T_{max} = 4500 \text{ h}$



Hình 3-13. Mạng điện có một số phụ tải

Giải.

1. Tính công suất truyền tải trên các đoạn:

Từ công thức $s = s \cdot \cos\varphi + j s \cdot \sin\varphi$ ta đổi công suất các phụ tải dưới dạng:

$$s_1 = s_1 \cdot \cos\varphi + j s_1 \cdot \sin\varphi = 320 \cdot 0,8 + j 320 \cdot 0,6 = 256 + j 192 \text{ (kVA)}$$

$$s_2 = 180 \cdot 0,85 + j 180 \cdot 0,53 = 153 + j 95 \text{ (kVA)}$$

$$s_3 = 1000 \cdot 0,8 + j 1000 \cdot 0,6 = 800 + j 600 \text{ (kVA)}$$

Công suất truyền tải trên các đoạn là:

$$S_3 = s_3 = 800 + j 600 \text{ (kVA)}$$

$$S_2 = s_2 + s_3 = 153 + j 95 + 800 + j 600 = 956 + j 695 = 1179 \angle 0,8 \text{ (kVA)}$$

$$S_1 = s_1 + s_2 + s_3 = 256 + j 192 + 953 + j 695 = 1209 + j 887 = 1499 \angle 0,8 \text{ (kVA)}$$

2. Tính dòng điện và tiết diện trên các đoạn:

$$I_3 = \frac{S_3}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1000}{\sqrt{3}.35} = 16,49(A)$$

$$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1179}{\sqrt{3}.35} = 19,4(A)$$

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{1499}{\sqrt{3}.35} = 24,7(A)$$

Từ dây dẫn AC và $T_{max} = 4500$ h, tra bảng ta được: $J_{kt} = 1,1 \text{ A/mm}^2$.

Tiết diện dây dẫn:

$$F_1 = \frac{I_1}{J_{kt}} = \frac{24,7}{1,1} = 22,4 \text{ (mm}^2\text{)}. \text{ Quy chuẩn chọn dây dẫn AC25.}$$

$$F_2 = \frac{I_2}{J_{kt}} = \frac{19,4}{1,1} = 17,6 \text{ (mm}^2\text{)}. \text{ Quy chuẩn chọn dây dẫn AC25.}$$

$$F_3 = \frac{I_3}{J_{kt}} = \frac{16,49}{1,1} = 15 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Để đảm bảo độ bền cơ học đối với đường dây 35kV ta phải chọn dây AC25.

3. Tính dòng điện tương đương và tiết diện dây dẫn:

$$I_{td} = \sqrt{\frac{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + I_3^2 l_3}{l_1 + l_2 + l_3}} = \sqrt{\frac{24,7^2 \cdot 2 + 19,4^2 \cdot 3 + 16,49^2 \cdot 2}{2 + 3 + 2}} = 20,3 \text{ (A)}$$

$$F = \frac{I_{td}}{J_{kt}} = \frac{20,3}{1,1} = 18,48 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Để đảm bảo độ bền cơ học đối với đường dây 35kV, ta chọn AC25.

CHƯƠNG 4

TÍNH MẠNG ĐIỆN HỎ

§ 4-1. ĐỘ RƠI ĐIỆN ÁP VÀ TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRÊN MẠNG ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA ĐỐI XỨNG

1. Khái niệm chung

Mạng điện hở là mạng điện chỉ được cung cấp năng lượng từ một phía. Mạng điện hở có thể là đường dây chính phân nhánh hoặc là mạng có đường dây chính hướng tâm.

Nhiệm vụ tính toán mạng điện hở là xác định các thông số chế độ của mạng, chủ yếu là dòng điện và điện áp ở các nút. Chương này đi sâu nghiên cứu tính toán mạng điện địa phương điện áp từ 35kV trở xuống.

Mạng điện là một đối tượng khá phức tạp, đặc biệt với những hệ thống bao gồm nhiều phân tử, nhiều cấp điện áp. Vì vậy khó có thể áp dụng trực tiếp các định luật Kirchoff để giải tích nó. Trong tính toán, thường người ta dùng phương pháp lập hoặc phương pháp dò. Nội dung chủ yếu là chuyển dần lời giải sơ bộ nào đó tới lời giải chính xác, hay còn gọi là phương pháp dần đúng liên tiếp. Trong mạng điện có những thông số tuy chưa biết chính xác giá trị nhưng miền dao động của nó hẹp (ví dụ điện trở phản kháng dao động trong khoảng từ $x_0 = 0,35 - 0,45 \Omega/\text{km}$) thì chỉ qua phép lập đầu tiên là ta đã tìm được lời giải với độ chính xác cho phép. Phương pháp này được áp dụng tính toán cho mạng điện địa phương.

Trong mạng điện địa phương khi tính toán ở chế độ hở, người ta giả thiết bỏ qua thông số điện dẫn trên sơ đồ thay thế và điện áp tại mọi điểm lấy bằng điện áp định mức. Đồng thời khi tính chế độ, bỏ qua tổn thất công suất trong mạng điện. Với giả thiết đó vẫn đảm bảo độ chính xác cho phép và kết quả tính toán chỉ cần bước lập đầu tiên.

Trên đường dây truyền tải điện có bốn thông số đặc trưng là: R, X, G, B và sơ đồ thay thế có dạng hình II. Ờ mạng điện địa phương các giá trị G, B rất nhỏ ta có thể bỏ qua mà không ảnh hưởng nhiều tới độ chính xác của kết quả. Do đó trên sơ đồ thay thế chỉ còn lại R và X. Điện trở R và điện kháng X phân bố dọc chiều dài đường dây; Để đơn giản cho tính toán, ta coi chúng là các tham số tập trung mắc nối tiếp nhau.

Khi có dòng điện chạy qua R và X sẽ gây ra độ rơi điện áp trên nó.

Độ rơi điện áp là hiệu giữa véc tơ điện áp điểm đầu và véc tơ điện áp điểm cuối của đường dây.

Hao tổn điện áp là hiệu đại số giữa điện áp điểm đầu và cuối đường dây.

2. Tổn thất điện áp trên đường dây có một phụ tải

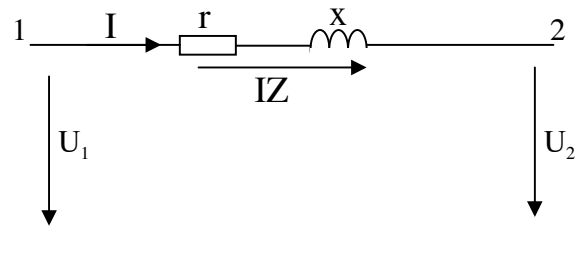
Ta xét sơ đồ một pha của đường dây ba pha đối xứng như hình 4.1

trong đó:

r, x - là điện trở tác dụng và phản kháng của đường dây;

U_1, U_2 - là điện áp đầu và cuối đường dây.

Hình 4.1
Sơ đồ một pha của
đường dây ba pha



Phương trình cân bằng điện áp xét cho mạch vòng là:

$$U_1 - U_2 = Ir + Ix; \quad U_1 = U_2 + Ir + Ix \quad (4-1)$$

Ir - là véc tơ điện áp rơi trên điện trở tác dụng.

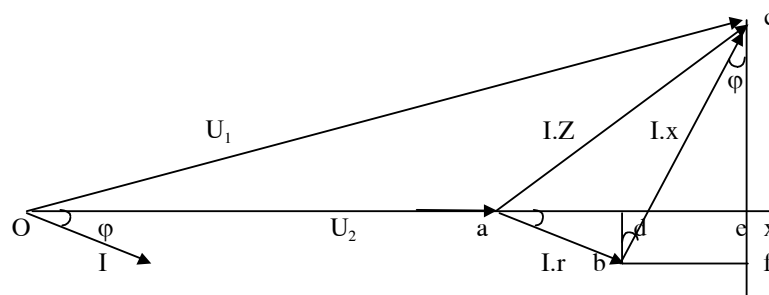
Ix - là véc tơ điện áp rơi trên điện trở phản kháng.

Ta vẽ đồ thị véc tơ cho phương trình 4.1. Từ trục nằm ngang Ox , đặt véc tơ điện áp U_2 . Véc tơ dòng điện I lệch pha so với U_2 một góc φ (hình 4.2). Điện áp rơi trên điện trở tác dụng biểu diễn bằng véc tơ $\vec{ab} = I\vec{r}$ có phương trùng với I . Điện áp rơi trên điện trở phản kháng là véc tơ $\vec{bc} = I\vec{x}$ có phương vuông góc với I . Gọi Z là tổng trở của đường dây, điện áp rơi trên tổng trở Z biểu diễn bằng véc tơ $\vec{ac} = \vec{ab} + \vec{bc}$.

Tổng của ba véc tơ đó là véc tơ điện áp đầu đường dây $\vec{oa} + \vec{ab} + \vec{bc} = \vec{oc}$.

Phân tích véc tơ \vec{ac} thành hai thành phần \vec{ae} và \vec{ec} (là véc tơ điện áp rơi dọc trục và ngang trục).

- Thành phần điện áp rơi dọc trục có phương trùng với U_2 , ký hiệu là ΔU .



Hình 4.2. Đồ thị véc tơ

$$ae = ad + de = ad + bf = ab.\cos\varphi + bc.\sin\varphi.$$

hay $\Delta U = I_r \cdot \cos\varphi + I_x \cdot \sin\varphi$.

- Thành phần điện áp rơi ngang trục có phương vuông góc với U_2 ký hiệu là δU :

$$ec = cf - ef = cf - bd = bc \cdot \cos\varphi - ab \cdot \sin\varphi.$$

hay $\delta U = I_x \cdot \cos\varphi - I_r \cdot \sin\varphi$.

Khi viết biểu thức cho đường dây ba pha (có $U_{day} = \sqrt{3} U_{pha}$) ta được:

$$\Delta U = \sqrt{3}(I_r \cdot \cos\varphi + I_x \cdot \sin\varphi) \tag{4 - 2}$$

$$\delta U = \sqrt{3}(I_x \cdot \cos\varphi - I_r \cdot \sin\varphi) \tag{4 - 3}$$

Ký hiệu:

$$I_a = I \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} \text{ là thành phần tác dụng của dòng điện.} \tag{4 - 4}$$

$$I_p = I \sin\varphi = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U} \text{ là thành phần phản kháng của dòng điện.} \tag{4 - 5}$$

Biểu thức (4.2); (4.3) có dạng:

$$\Delta U = \sqrt{3}(I_a r + I_p x) = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U} \tag{4 - 6}$$

$$\delta U = \sqrt{3}(I_p x - I_a r) = \frac{P \cdot x - Q \cdot r}{U} \tag{4 - 7}$$

Nếu biết điện áp cuối đường dây U_2 và các thành phần ΔU , δU ta có thể xác định được giá trị của điện áp đầu đường dây U_1 .

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + \delta U^2} \tag{4 - 8}$$

Vì $U_2 + \Delta U \gg \delta U$ nên ta có thể khai triển chúng theo nhị thức Niu-tơn:

Nếu $a \gg b$ thì $\sqrt{a^2 + b^2} = a + \frac{b^2}{2a}$, biểu thức (4 - 8) có dạng:

$$U_1 = (U_2 + \Delta U) + \frac{\delta U^2}{2(U_2 + \Delta U)}.$$

rút ra:
$$U_1 - U_2 = \Delta U + \frac{\delta U^2}{2(U_2 + \Delta U)} \tag{4 - 9}$$

Ta nhận thấy, $U_1 - U_2$ là hiệu đại số của điện áp điểm đầu và điểm cuối chính là hao tổn điện áp của đường dây. Hao tổn điện áp gồm điện áp rơi dọc trục cộng với thành phần $\frac{\delta U^2}{2(U_2 + \Delta U)}$. Trong thực tế với đường dây $U \leq 110$ kV, thành phần δU rất nhỏ thường bỏ qua. Khi đó tổn thất điện áp lấy bằng thành phần điện áp rơi dọc trục:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \sqrt{3}(I_a r + I_p x) = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U} \tag{4 - 10}$$

Nếu đường dây có chiều dài l (km), điện trở và điện kháng trên 1km là r_0 và x_0 thì tổn thất điện áp có dạng:

$$\Delta U = \sqrt{3}Il(r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) \quad (4 - 11)$$

Trong đó: P, Q- là công suất tác dụng và phản kháng truyền tải, trong mạng điện địa phương ta lấy điện áp U bằng định mức. Trong mạng điện áp cao, U điện áp các điểm nút và công suất truyền tải được lấy tương ứng (P,Q đầu đường dây thì lấy $U = U_1$ và P,Q ở cuối đường dây tương ứng với điện áp U_2);

r, x - là điện trở tác dụng và phản kháng của cả đoạn đường dây.

Ta có thể biểu diễn điện áp rơi dưới dạng phức:

$$\sqrt{3}iZ = \sqrt{3}(I \cos\varphi - jI \sin\varphi)(R + jX) \quad (4 - 12)$$

$$\sqrt{3}iZ = \sqrt{3}(IR \cos\varphi + IX \sin\varphi) + j\sqrt{3}(IX \cos\varphi - IR \sin\varphi) \quad (4 - 13)$$

$$\sqrt{3}iZ = \Delta U + j\delta U \quad (4 - 14)$$

Trường hợp biết điện áp U_1 , ta có thể tìm được điện áp U_2

$$U_2 = U_1 - \Delta U + \frac{\delta U^2}{2(U_1 - \Delta U)} \quad (4 - 15)$$

Chú ý với mạng điện địa phương có điện áp $U \leq 35kV$, bỏ qua ΔS và ΔU thì công suất tính toán lấy bằng công suất truyền tải còn điện áp lấy bằng U_{dm} .

Để tiện cho tính toán người ta phân ΔU làm hai thành phần: tác dụng và phản kháng.

- Thành phần tổn thất điện áp tác dụng là:

$$\Delta U_a = \sqrt{3}Ir \cos\varphi = \sqrt{3}I_a r = \frac{Pr}{U_{dm}} = \frac{Sr \cos\varphi}{U_{dm}} \quad (4 - 16)$$

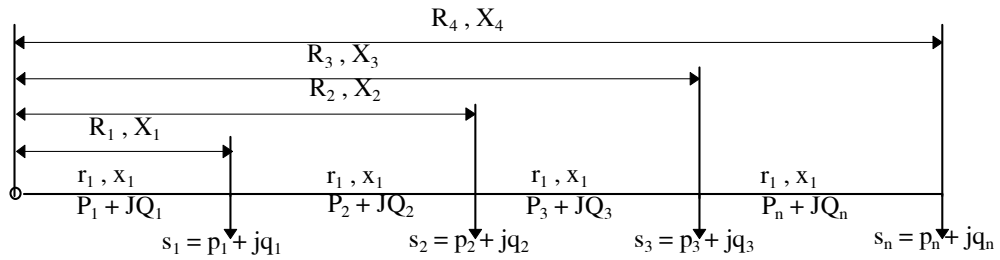
- Thành phần tổn thất điện áp phản kháng là:

$$\Delta U_p = \sqrt{3}Ix \sin\varphi = \sqrt{3}I_p x = \frac{Qx}{U_{dm}} = \frac{Sx \sin\varphi}{U_{dm}} \quad (4 - 17)$$

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_p \quad (4 - 18)$$

3. Tổn thất điện áp trên đường dây có nhiều phụ tải

Hình 4-3. Đường dây có nhiều phụ tải



Khi tính hao tổn điện áp trên đường dây chính hướng tâm có nhiều phụ tải, nhiều đoạn đường dây thì hao tổn điện áp bằng hiệu đại số điện áp đầu đường dây U_0 và điện áp cuối đường dây U_n ($U_0 - U_n$). Về thực chất, đối với đường dây chính có nhiều phụ tải (hình 4.3), tổn thất điện áp toàn bộ đường dây chính bằng tổng tổn thất điện áp của các đoạn.

Ký hiệu các đại lượng như trên hình vẽ. Tổng tổn thất điện áp trên đường dây là:

$$\Delta U = \frac{1}{U_{dm}} \left(\sum_{i=1}^n P_i r_i + \sum_{i=1}^n Q_i x_i \right) \tag{4 - 19}$$

$$\Delta U = \frac{1}{U_{dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_i R_i + \sum_{i=1}^n q_i X_i \right) \tag{4 - 20}$$

Trong đó:

$P_1, P_2, \dots, P_n; q_1, q_2, \dots, q_n$ - là công suất tác dụng và phản kháng của các phụ tải 1, 2, ..., n;

$P_1, P_2, \dots, P_n; Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ - là công suất tác dụng và phản kháng truyền tải trên các đoạn thứ 1, 2, ..., n;

$r_1, r_2, \dots, r_n; x_1, x_2, \dots, x_n$ - là điện trở tác dụng và phản kháng của đoạn đường dây thứ 1, 2, ..., n;

R_1, R_2, \dots, R_n - là tổng điện trở tác dụng từ nguồn cung cấp đến phụ tải thứ 1, 2, ..., n;

X_1, X_2, \dots, X_n - là tổng điện trở phản kháng kể từ nguồn cung cấp đến phụ tải thứ 1, 2, ..., n.

Nếu phụ tải cho bằng dòng điện thì ta có:

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_{i=1}^n I_{ai} r_i + \sqrt{3} \sum_{i=1}^n I_{pi} x_i \tag{4 - 21}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_{i=1}^n i_{ai} R_i + \sqrt{3} \sum_{i=1}^n i_{pi} X_i \tag{4 - 22}$$

Trong đó:

I_{ai}, I_{pi} - là dòng điện tác dụng và phản kháng trên đoạn đường dây thứ i;

i_{ai}, i_{pi} - là dòng điện tác dụng và phản kháng của phụ tải thứ i.

§ 4-2. TỔN THẤT ĐIỆN ÁP TRÊN ĐƯỜNG DÂY PHÂN NHÁNH VÀ ĐƯỜNG DÂY CÓ PHỤ TẢI PHÂN BỐ ĐỀU

1. Tổn thất điện áp trên đường phân nhánh

Giả sử một đường dây chính phân nhánh có dạng như hình 4-4.

Theo định nghĩa, tổn thất điện áp là hiệu đại số của điện áp điểm đầu và điểm cuối đường dây. Khi xét cho mạng hở phân nhánh thường gặp trong thực tế, các lộ xuất tuyến từ thanh cái trạm cung cấp cho một khu vực sẽ có nhiều nhánh, nhiều nút và nhiều điểm cuối tuyến dây. Giá trị hao tổn điện áp đến các điểm này rất khác nhau, trị số hao tổn từ nguồn đến điểm cuối nào có giá trị lớn nhất sẽ là hao tổn điện áp của mạng phân nhánh. Xét sơ đồ hình 4-4, ta phải tính hao tổn đến 2 điểm cuối c và d, so sánh để xác định được hao tổn điện áp của mạng phân nhánh vì tổn thất điện áp lớn nhất trên đường dây có thể là ΔU_{Ac} hoặc ΔU_{Ad} . Muốn tính tổn thất điện áp từ nguồn A đến điểm c hoặc d ta phải tính tổn thất điện áp trên từng đoạn rồi cộng lại theo từng tuyến:

$$\Delta U_{Ac} = \Delta U_{Ab} + \Delta U_{bc} \quad (4-23)$$

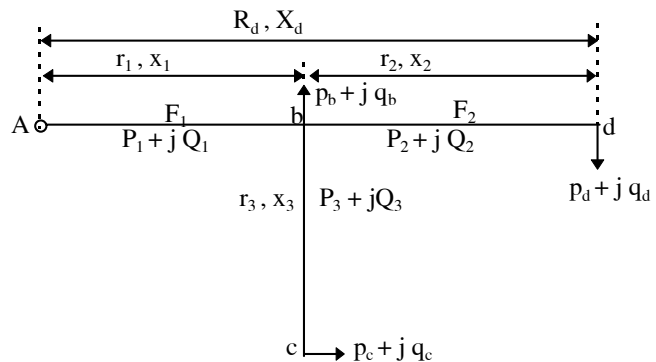
$$\Delta U_{Ad} = \Delta U_{Ab} + \Delta U_{bd} \quad (4-24)$$

Tổn thất điện áp từ nguồn A tới điểm c là:

$$\Delta U_{Ac} = \frac{P_1 r_1 + Q_1 x_1}{U_{dm}} + \frac{P_3 r_3 + Q_3 x_3}{U_{dm}}$$

$$\Delta U_{Ac} = \frac{1}{U_{dm}} (p_b + p_d) R_b + (q_b + q_d) X_b + p_c R_c + q_c X_c.$$

Hình 4-4.
Đường dây chính
phân nhánh



trong đó:

P_1, Q_1 - là công suất truyền tải trên đoạn Ab;

P_3, Q_3 - là công suất truyền tải trên đoạn bc.

$$P_1 = p_b + P_c + P_d; \quad Q_1 = q_b + q_c + q_d;$$

$$R_c = r_1 + r_3; \quad X_c = x_1 + x_3.$$

Tổn thất điện áp từ nguồn A đến điểm d là :

$$\Delta U_{Ad} = \frac{P_1 r_1 + Q_1 x_1}{U_{dm}} + \frac{P_2 r_2 + Q_2 x_2}{U_{dm}}$$

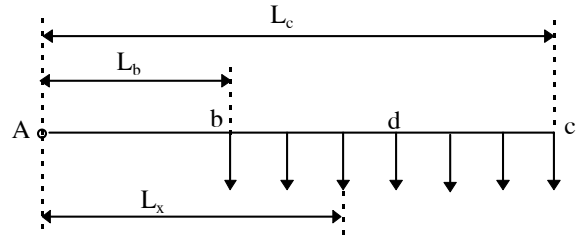
$$\Delta U_{Ad} = \frac{1}{U_{dm}} (p_b + p_c) R_b + (q_b + q_c) X_b + p_d R_d + q_d X_d.$$

trong đó: $R_d = r_1 + r_2$; $X_d = x_1 + x_2$.

2. Tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải phân bố đều

Xét một đường dây có phụ tải phân bố đều từ b đến c (hình 4-5). Giả thiết các phụ tải có $\cos\varphi = 1$. Giả thiết này cũng gần với thực tế nếu đường dây cung cấp cho các phụ tải chiếu sáng, sinh hoạt.

Hình 4-5.
Đường dây có phụ tải phân bố đều



Gọi p_0 là mật độ công suất trên một đơn vị chiều dài, r_0 là điện trở tác dụng trên một đơn vị chiều dài đường dây thì công suất trên một vi phân chiều dài dL là: $dp = p_0 \cdot dL$.

Công suất này đặt cách nguồn A một khoảng là L_x sẽ gây ra một tổn thất điện áp trên đường dây là:

$$d\Delta U = \frac{r_0 dp L_x}{U_{dm}} = \frac{r_0 p_0 dL L_x}{U_{dm}}. \quad (4 - 25)$$

Tổn thất điện áp từ nguồn A đến điểm c của mạng điện là:

$$\Delta U_{AC} = \int_{L_b}^{L_c} d\Delta U = \int_{L_b}^{L_c} \frac{r_0 p_0 dL L_x}{U_{dm}} = \frac{r_0 p_0}{U_{dm}} \int_{L_b}^{L_c} L_x dl = \frac{r_0 p_0}{U_{dm}} \frac{L_c^2 - L_b^2}{2} = \frac{r_0 p_0}{U_{dm}} \frac{L_c + L_b}{2} (L_c - L_b)$$

Ta thấy $(L_c - L_b)p_0 = P$ - là tổng phụ tải của đường dây;

$\frac{L_c + L_b}{2} = L_d$ - là chiều dài từ nguồn A đến trung điểm đoạn bc, vậy:

$$\Delta U = \frac{r_0 P L_d}{U_{dm}} = \frac{P R_d}{U_{dm}} \quad (4 - 26)$$

Trường hợp phụ tải phân bố đều suốt chiều dài đường dây từ A đến c thì tổn thất điện áp vẫn tính theo công thức trên nhưng thay cận dấu tích phân từ 0 đến c.

$$\Delta U = \int_0^{L_c} \frac{r_0 p_0 dL L_x}{U_{dm}} = \frac{r_0 p_0 L_c}{U_{dm}} \frac{L_c}{2} = \frac{r_0 P}{U_{dm}} \frac{L_c}{2} \quad (4-27)$$

Nhận xét: với phụ tải phân bố đều ta có thể thay thế bằng một phụ tải tập trung đặt ở điểm giữa của đoạn đường dây có phụ tải phân bố đều đó. Phụ tải tập trung này có giá trị bằng tổng phụ tải phân bố đều của đường dây.

3. Một số trường hợp đặc biệt trong tính toán tổn thất điện áp

+ Đường dây đồng nhất là đường dây có tỷ số $\frac{x_{0i}}{r_{0i}} = const$ trên mọi đoạn. Nếu đường dây có tiết diện không đổi thì khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn không đổi suốt chiều dài tuyến dây, khi đó r_0 và x_0 cũng không đổi. Ta có:

$$\Delta U = \frac{\sum_1^n P_i r_0 l_i + \sum_1^n Q_i x_0 l_i}{U_{dm}} = \frac{r_0 \sum_1^n P_i l_i + x_0 \sum_1^n Q_i l_i}{U_{dm}} \quad (4-28)$$

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum_1^n p_i L_i + x_0 \sum_1^n q_i L_i}{U_{dm}} \quad (4-29)$$

trong đó:

l_i - là chiều dài đoạn đường dây.

L_i - là khoảng cách từ điểm cung cấp điện đến phụ tải thứ i .

+ Nếu đường dây có hệ số công suất giống nhau, thay $Q = Ptg\varphi$ vào (4-28) ta có:

$$\Delta U = \frac{(r_0 + x_0 tg\varphi) \sum_1^n P_i l_i}{U_{dm}} = \frac{(r_0 + x_0 tg\varphi) \sum_1^n p_i L_i}{U_{dm}} \quad (4-30)$$

Đặc biệt khi $\cos\varphi = 1$ thì $\sin\varphi = 0$; $Q = 0$, tổn thất điện áp có dạng:

$$\Delta U = \frac{\sum_1^n P_i r_i}{U_{dm}} = \frac{\sum_1^n p_i R_i}{U_{dm}} \quad (4-31)$$

§ 4-3. CHỌN TIẾT DIỆN DÂY DẪN CỦA ĐƯỜNG DÂY THEO TỔN THẤT ĐIỆN ÁP CHO PHÉP

Đối với mạng điện khu vực, công suất truyền tải lớn, tiết diện dây dẫn được lựa chọn theo điều kiện tổn thất vàng quang nên thường lớn, trên mạng có nhiều thiết bị điều chỉnh điện áp như thiết bị bù, thiết bị điều chỉnh điện áp nên việc lựa chọn dây dẫn thường căn cứ vào điều kiện hàm chi phí tính toán Z là nhỏ nhất. Trong mạng điện địa phương, các thiết bị sử dụng điện mắc trực tiếp vào mạng điện hạ áp nên yêu cầu chất lượng điện của thụ điện phải cao hơn. Mặt khác do phụ tải nhiều mà thường các phụ tải đều không đặt thiết bị điều chỉnh điện áp nên tổn thất điện áp trên cực thụ điện có thể vượt quá giá trị cho phép. Vì vậy để đảm bảo chất lượng điện, người ta phải chọn tiết diện dây dẫn theo tổn thất điện áp cho phép.

Khi tính tiết diện theo điều kiện hao tổn điện áp cho phép, ta có thể tính tiết diện không đổi trên toàn bộ chiều dài hoặc tiết diện thay đổi trên từng đoạn để tiết kiệm kim loại màu làm dây dẫn, sau đây ta sẽ xem xét các phương pháp tính chọn tiết diện dây dẫn.

1. Xác định tiết diện dây dẫn khi tiết diện không đổi trên suốt chiều dài đường dây

Lựa chọn chọn tiết diện dây dẫn thay đổi hay không đổi là do phụ tải phân bố xa hay gần (thường phụ tải gần nhau thì chọn tiết diện không đổi vì tránh cắt dây quá nhiều để đấu nối sẽ không đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện, phụ tải xa nhau thì tiết diện nên chọn thay đổi để giảm chi phí kim loại màu). Nhưng dù phương án nào cũng phải đảm bảo điều kiện kỹ thuật là hao tổn điện áp thực tế nhỏ hơn hay bằng hao tổn điện áp cho phép, tức là đảm bảo độ lệch điện áp trên cực thụ điện \geq không vượt quá giá trị cho phép. Sau đây ta xét trường hợp lựa chọn tiết diện không đổi trên suốt chiều dài đường dây.

Giả sử một mạng điện đã biết công suất truyền tải, điện áp và chiều dài đường dây. tổn thất điện áp có thể xác định theo công thức:

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum_1^n P_i l_i + x_0 \sum_1^n Q_i l_i}{U_{dm}} = \Delta U_a + \Delta U_p$$

Để giảm hao tổn điện áp trên đường dây, ta có thể thay đổi tiết diện dây dẫn để thay đổi trị số điện trở đường dây. Nếu biết hao tổn điện áp cho phép, do r_0 và x_0 đều phụ thuộc vào tiết diện nên để xác định tiết diện theo tổn thất điện áp cho phép khi phương trình có hai ẩn số là khó khăn (phương trình siêu việt). Với dây dẫn bằng kim loại màu điện kháng x_0 thay đổi trong giới hạn nhỏ ($x_0 = 0,3 - 0,46 \Omega/\text{km}$) do đó ta phải giải bài toán bằng phương pháp lặp. Trong bước lặp đầu tiên ta sơ bộ chọn giá trị của x_0 như sau: với đường dây hạ áp lấy $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$; đường dây điện áp $U_{dm} = 10 \div 20 \text{ kV}$ chọn $x_0 = 0,38 \Omega/\text{km}$; đường dây $U_{dm} \geq 35 \text{ kV}$ chọn $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$. Từ đó xác định được tổn thất điện áp phản kháng:

$$\Delta U_p = \frac{x_0 \sum_1^n Q_i l_i}{U_{dm}} = \frac{x_0 \sum_1^n q_i L_i}{U_{dm}} = \sqrt{3} x_0 \sum I_i \cdot \sin \varphi_i l_i$$

Tổn thất điện áp cho phép ΔU_{cp} của toàn bộ đường dây từ đầu nguồn đến phụ tải xa nhất khi tính tiết diện dây dẫn đã xác định được (cách tính trong chương 6). Khi đó tính được tổn thất điện áp tác dụng cho phép:

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p \tag{4-32}$$

Từ biểu thức:

$$\Delta U_{acp} = \frac{r_0 \sum_1^n P_i l_i}{U_{dm}} = \frac{\sum_1^n P_i l_i}{\gamma F U_{dm}}$$

suy ra:

$$F_{tt} = \frac{\sum_1^n P_i L_i}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} = \frac{\sum_1^n p_i L_i}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} \quad (4-33)$$

Dựa vào tiết diện vừa tính được, tra bảng để chọn tiết diện tiêu chuẩn gần nhất theo điều kiện: $F_{tc} \geq F_{tt}$

Do giá trị x_0 ban đầu lấy sơ bộ nên mặc dù tiết diện tiêu chuẩn tìm được lấy lớn hơn tiết diện tính toán thì vẫn phải kiểm tra lại điều kiện hao tổn điện áp cho phép, đây chính là bước lặp tiếp theo. Căn cứ vào tiết diện vừa chọn, tìm được r_0 và x_0 . Ta tính được tổn thất điện áp thực tế ΔU_{tt} và so sánh với giá trị cho phép ΔU_{cp} , nếu:

$\Delta U_{tt} \leq \Delta U_{cp}$ thì tiết diện tìm được là lời giải của bài toán.

$\Delta U_{tt} > \Delta U_{cp}$ thì phải tăng tiết diện lên một cấp và kiểm tra lại cho đến khi thoả mãn.

2. Xác định tiết diện dây dẫn (tiết diện thay đổi trên các đoạn) theo hao tổn điện áp cho phép và tổn thất điện năng nhỏ nhất

Tiêu chuẩn cơ bản nhất để chọn tiết diện dây dẫn là tổn thất điện áp không vượt quá giá trị cho phép. Để thực hiện điều kiện này có thể chọn phương án thay đổi lượng tổn thất điện áp thực tế trên từng đoạn bằng cách thay đổi tiết diện dây các đoạn miễn là tổng hao tổn trên toàn đường dây nhỏ hơn hao tổn cho phép. Vấn đề là tìm được phương án nào thoả mãn yêu cầu kỹ thuật đồng thời kinh tế nhất, tức là phương án có hàm chi phí tính toán Z nhỏ nhất.

Hàm chi phí tính toán: $Z(F) = Z_K(F) + Z_{\Delta A}(F)$

$Z_K(F)$ Thành phần chi phí phụ thuộc vào vốn đầu tư xây dựng đường dây;

$Z_{\Delta A}(F)$ Thành phần chi phí phụ thuộc vào tổn thất điện năng.

Ta thấy rằng, không thể thoả mãn đồng thời cả hai điều kiện Z_K và $Z_{\Delta A}$ đều cực tiểu vì những mạng điện có vốn đầu tư lớn thì hao tổn điện năng thường nhỏ và ngược lại. Nhận xét thấy những mạng điện có T_{max} lớn thì thành phần tổn thất điện năng chiếm tỷ trọng lớn trong hàm chi phí tính toán Z . Vì vậy nếu tiết diện tối ưu của mạng điện được chọn theo mục tiêu tổn thất điện năng nhỏ nhất sẽ làm cho hàm chi phí Z có giá trị cực tiểu.

Xét mạng điện có hai phụ tải, gọi dòng truyền tải trên các đoạn là I_1 và I_2 tương ứng chiều dài các đoạn là l_1 và l_2 và tiết diện F_1 và F_2 , thể tích dây dẫn 1 pha là V_1, V_2 ta có

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 3(I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2) = 3 \left(I_1^2 \frac{\rho \cdot l_1}{F_1} + I_2^2 \frac{\rho \cdot l_2}{F_2} \right)$$

Thế tích dây dẫn một pha trên toàn tuyến $V = V_1 + V_2$ với $V_1 = F_1 I_1$; $V_2 = F_2 I_2$ thay các giá trị F vào biểu thức trên ta có

$$\Delta P_{\Sigma} = 3 \left(I_1^2 \frac{\rho l_1^2}{V_1} + I_2^2 \frac{\rho l_2^2}{V_2} \right) = 3 \left(I_1^2 \frac{\rho l_1^2}{V_1} + I_2^2 \frac{\rho l_2^2}{V - V_1} \right) \text{ Lấy đạo hàm theo } V_1$$

$$\frac{\partial \Delta P_{\Sigma}}{\partial V_1} = 3 \left(I_1^2 \frac{\rho l_1^2}{V_1^2} - I_2^2 \frac{\rho l_2^2}{(V - V_1)^2} \right) = 3 \left(I_1^2 \frac{\rho l_1^2}{V_1^2} - I_2^2 \frac{\rho l_2^2}{V_2^2} \right) = 0$$

thay lại $V = F I$ vào biểu thức trên ta có:

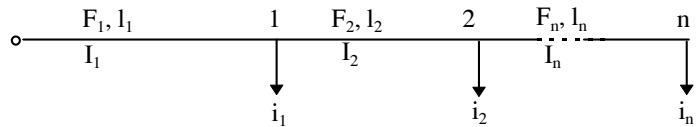
$$I_1^2 \frac{\rho l_1^2}{(F_1 I_1)^2} = I_2^2 \frac{\rho l_2^2}{(F_2 I_2)^2} \text{ hay } \frac{I_1^2}{F_1^2} = \frac{I_2^2}{F_2^2} \rightarrow J_1 = J_2; \text{ Tổng quát ta có } J = \text{const.}$$

Như vậy tổn thất công suất và điện năng trên đường dây là nhỏ nhất khi mật độ dòng điện J không đổi trên các đoạn. Phương pháp chọn tiết diện theo tổn thất điện áp cho phép với tổn thất điện năng nhỏ nhất gọi là phương pháp chọn tiết diện theo hao tổn điện áp cho phép và mật độ dòng điện không đổi ($J = \text{const}$). Sau đây ta tính chọn tiết diện dây dẫn cho hai trường hợp là mạng điện không phân nhánh và mạng điện phân nhánh.

a. Đường dây không phân nhánh

Xét một mạng điện không phân nhánh như hình 4-6. Trong đó tổn thất điện áp cho phép toàn mạng là ΔU_{cp} .

Hình 4-6.
Đường dây
không phân nhánh



Xác định được công suất truyền tải (P_1, P_2, \dots, P_n) hay dòng điện truyền tải (I_1, I_2, \dots, I_n), cho một giá trị trung bình của x_0 , ta xác định được thành phần tổn thất điện áp phản

kháng
$$\Delta U_p = x_0 \sqrt{3} \sum_1^n I_i l_i \sin \varphi_i = x_0 \sqrt{3} \sum_1^n I_{p_i} l_i = \frac{x_0 \sum_1^n Q_i l_i}{U_{dm}}$$

Từ đó có: $\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p$.

trong đó: $\Delta U_{acp} = \Delta U_{al} + \Delta U_{all} + \dots + \Delta U_{an}$.

hay:

$$\Delta U_{acp} = \sum_{i=1}^n \sqrt{3} I_i \cdot r_{0i} l_i \cos \varphi_i = \frac{\sqrt{3} I_1 l_1 \cos \varphi_1}{\gamma F_1} + \frac{\sqrt{3} I_2 l_2 \cos \varphi_2}{\gamma F_2} + \dots + \frac{\sqrt{3} I_n l_n \cos \varphi_n}{\gamma F_n}$$

Với $J = I/F$, nếu các đoạn đường dây được chọn với mật độ dòng điện không đổi:

$$\Delta U_{acp} = \frac{\sqrt{3}J}{\gamma} (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + \dots + l_n \cos \varphi_n)$$

$$\text{rút ra: } J = \frac{\gamma \Delta U_{acp}}{\sqrt{3}(l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + \dots + l_n \cos \varphi_n)} = \frac{\gamma \Delta U_{acp}}{\sqrt{3} \sum_1^n l_i \cos \varphi_i} \quad (4.34)$$

$\cos \varphi_i$ - là hệ số công suất trên đoạn đường dây thứ i .

Với J tính được, ta xác định được tiết diện dây dẫn trên các đoạn:

$$F_1 = \frac{I_1}{J}; F_2 = \frac{I_2}{J}; \dots; F_n = \frac{I_n}{J}.$$

Tra bảng phụ lục để lựa chọn F quy chuẩn và kiểm tra lại tổn thất điện áp thực tế có vượt quá giá trị cho phép hay không.

b. Đường dây phân nhánh

Giả sử một mạng điện phân nhánh, từ nguồn A đến điểm chung B rồi phân nhánh đến các điểm c, d, \dots, n . Biết tổn thất điện áp cho phép từ của mạng là ΔU_{cp} (mạng phân nhánh thì hao tổn điện áp cho phép được tính từ đầu nguồn đến các điểm cuối đường dây).

Xác định dòng điện truyền tải trên tất cả các đoạn, cho x_0 một giá trị trung bình, ta tính được tổn thất điện áp phản kháng trên các tuyến đường dây. Ta xác định được hao tổn điện áp phản kháng trên đoạn từ đầu nguồn đến điểm cuối nào đó có giá trị lớn nhất.

Giả sử tuyến thứ i tổn thất điện áp phản kháng là lớn nhất ta có:

$$\Delta U_{pi} = \sqrt{3} \sum_1^n I_i \sin \varphi_i l_i \dots (i = c; d \dots n)$$

trong đó: I_{ci}, I_{di}, I_i - là dòng điện truyền tải trên đoạn thứ i của tuyến c, d, i ;
 l_{ci}, l_{di}, l_i - là chiều dài đoạn đường dây thứ i tương ứng với các tuyến c, d, i .

từ đó tính được $\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{pi}$

Mật độ dòng điện được tính cho đoạn phân nhánh nào có giá trị $\sum l_i \cos \varphi_i$ là lớn

nhất:

$$J = \frac{\gamma \Delta U_{acp}}{\sqrt{3} \sum_1^n l_i \cos \varphi_i}.$$

Tiết diện dây dẫn các đoạn được tính theo biểu thức: $F_i = \frac{I_i}{J}$.

Chú ý: Mật độ dòng điện J tìm được cần phải so sánh với mật độ dòng điện kinh tế.

Nếu $J > J_{kt}$ thì tiết diện được chọn theo J_{kt} vừa bảo đảm điều kiện kinh tế vừa bảo đảm tổn thất điện áp cho phép.

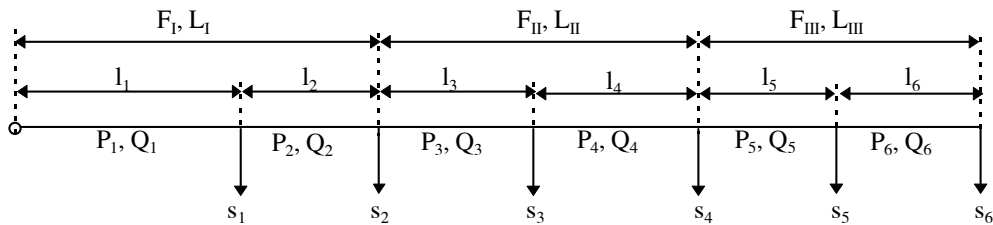
Nếu $J < J_{kt}$ thì dùng J để xác định tiết diện dây dẫn và phải xác định tổn thất điện áp thực tế, so sánh với giá trị cho phép sao cho $\Delta U_{tt} \leq \Delta U_{cp}$.

§ 4-4. XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN DÂY DẪN THEO CHI PHÍ KIM LOẠI CỰC TIỂU

Đối với mạng điện có thời gian sử dụng công suất cực đại nhỏ như mạng cung cấp cho các phụ tải nông nghiệp và chiếu sáng... thì thành phần Z_K chiếm tỷ trọng lớn trong hàm chi phí tính toán Z . Khi đó nếu tiết diện dây dẫn được chọn sao cho vốn đầu tư cơ bản nhỏ nhất thì hàm chi phí tính toán sẽ cực tiểu. Ta gọi là mạng điện có tiết diện tối ưu theo chi phí kim loại cực tiểu. Dây dẫn được tính toán theo hai trường hợp là mạng điện không phân nhánh và phân nhánh.

1. Đường dây không phân nhánh

Giả sử một mạng điện không phân nhánh có dạng như hình 4- 7. Tổn thất điện áp cho phép từ đầu đến cuối đường dây là ΔU_{cp} .



Hình 4-7. Đường dây không phân nhánh

Đối với đường dây có nhiều phụ tải mà chúng phân bố tương đối gần nhau ta có thể chia đường dây thành một số đoạn chính như L_I, L_{II}, L_{III} và dự kiến chọn tiết diện dây dẫn tương ứng là F_I, F_{II}, F_{III} như trên hình vẽ.

trong đó: $L_I = l_1 + l_2$; $L_{II} = l_3 + l_4$; $L_{III} = l_4 + l_5$.

Cho x_0 một giá trị trung bình, xác định công suất truyền tải trên các đoạn ta tính được:

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_i l_i$$

Tổn thất điện áp tác dụng: $\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p$.

ΔU_{acp} - là tổng tổn thất điện áp cho phép tác dụng trên cả 3 đoạn I, II, III;

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{aI} + \Delta U_{aII} + \Delta U_{aIII}.$$

Để tìm F_I, F_{II}, F_{III} ta phải tìm được $\Delta U_{aI}, \Delta U_{aII}, \Delta U_{aIII}$, nghĩa là phân chia ΔU_{acp} trên các đoạn một cách hợp lý ở đây ta phân chia ΔU_{acp} theo chi phí kim loại cực tiểu.

Giả sử đã biết $\Delta U_{aI}, \Delta U_{aII}, \Delta U_{aIII}$, ta tìm được tiết diện trên các đoạn đường dây.

$$F_I = \frac{(\sum Pl)_I}{\gamma U_{dm} \Delta U_{aI}}; F_{II} = \frac{(\sum Pl)_{II}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{aII}}; F_{III} = \frac{(\sum Pl)_{III}}{\gamma U_{dm} (\Delta U_{acp} - \Delta U_{aI} - \Delta U_{aII})}; \quad (4-35)$$

trong đó:

$(\sum Pl)_i$ - là tổng mô men công suất trên các đoạn dự kiến lựa chọn tiết diện.

$$(\sum Pl)_I = P_1 l_1 + P_2 l_2; (\sum Pl)_{II} = P_3 l_3 + P_4 l_4; (\sum Pl)_{III} = P_5 l_5 + P_6 l_6;$$

Thể tích kim loại làm dây dẫn cho cả đường dây là:

$$V = 3(F_I L_I + F_{II} L_{II} + F_{III} L_{III}).$$

$$V = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[\frac{(\sum Pl)_I L_I}{\Delta U_{aI}} + \frac{(\sum Pl)_{II} L_{II}}{\Delta U_{aII}} + \frac{(\sum Pl)_{III} L_{III}}{\Delta U_{acp} - \Delta U_{aI} - \Delta U_{aII}} \right] \quad (4-36)$$

Điều kiện để chi phí kim loại cực tiểu là các đạo hàm riêng của V theo ΔU_{aI} và theo ΔU_{aII} bằng không.

$$\frac{\partial \mathcal{N}}{\partial \Delta U_{aI}} = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[-\frac{(\sum Pl)_I L_I}{\Delta U_{aI}^2} + \frac{(\sum Pl)_{III} L_{III}}{(\Delta U_{acp} - \Delta U_{aI} - \Delta U_{aII})^2} \right] = 0 \quad (4-37)$$

$$\frac{\partial \mathcal{N}}{\partial \Delta U_{aII}} = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[-\frac{(\sum Pl)_{II} L_{II}}{\Delta U_{aII}^2} + \frac{(\sum Pl)_{III} L_{III}}{(\Delta U_{acp} - \Delta U_{aI} - \Delta U_{aII})^2} \right] = 0 \quad (4-38)$$

Từ (4-37) và (4-38) rút ra:

$$\frac{(\sum Pl)_I L_I}{\Delta U_{aI}^2} = \frac{(\sum Pl)_{II} L_{II}}{\Delta U_{aII}^2} = \frac{(\sum Pl)_{III} L_{III}}{\Delta U_{aIII}^2} \quad (4-39)$$

Để tìm ΔU_{aI} , ΔU_{aII} , ΔU_{aIII} ta phải giải hệ phương trình 3 ẩn số:

$$\begin{cases} \Delta U_{aI} + \Delta U_{aII} + \Delta U_{aIII} = \Delta U_{acp} \\ \Delta U_{aI} : \Delta U_{aII} : \Delta U_{aIII} = \sqrt{(\sum Pl)_I L_I} : \sqrt{(\sum Pl)_{II} L_{II}} : \sqrt{(\sum Pl)_{III} L_{III}} \end{cases} \quad (4-40)$$

Từ ΔU_{aI} , ΔU_{aII} , ΔU_{aIII} tính được tiết diện dây dẫn theo công thức (4-35).

Tiết diện dây dẫn sau khi đã tiêu chuẩn hoá cần được kiểm tra theo tổn thất điện áp thực tế sao cho nằm trong giới hạn cho phép.

- Xét trường hợp đặc biệt khi $L_I = l_1$; $L_{II} = l_2$; $L_{III} = l_3$ tức là mỗi đoạn đường dây đến phụ tải ta chọn một tiết diện, ứng với khi các phụ tải nằm cách xa nhau (không có các phụ tải s_1, s_3, s_5 trên sơ đồ hình 4-7).

Gọi P_1, P_2, P_3 là công suất truyền tải trên các đoạn tương ứng với tiết diện F_1, F_2, F_3 khi đó $(\sum Pl)_I = P_1 l_1$; $(\sum Pl)_{II} = P_2 l_2$; $(\sum Pl)_{III} = P_3 l_3$;

$$\text{Từ (4-39) rút ra: } \frac{P_1 l_1^2}{\Delta U_{aI}^2} = \frac{P_2 l_2^2}{\Delta U_{aII}^2} = \frac{P_3 l_3^2}{\Delta U_{aIII}^2} \quad (4-41)$$

thay $\Delta U_{ai}^2 = \left(\frac{Pl_i}{\gamma F_i U_{dm}} \right)^2$ vào (4-41) và rút gọn ta được:

$$\frac{F_1^2}{P_1} = \frac{F_2^2}{P_2} = \frac{F_3^2}{P_3} = const \quad (4-42)$$

$$\text{suy ra: } F_1 = F_3 \sqrt{\frac{P_1}{P_3}}; \quad F_2 = F_3 \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} \quad (4-43)$$

$$\text{Mặt khác: } \Delta U_{acp} = \frac{P_1 l_1}{\gamma F_1 U_{dm}} + \frac{P_2 l_2}{\gamma F_2 U_{dm}} + \frac{P_3 l_3}{\gamma F_3 U_{dm}} \quad (4-44)$$

Thay giá trị của F_1 và F_2 từ (4-43) vào (4-44) rút ra:

$$F_3 = \frac{\sqrt{P_3}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) \quad (4-45)$$

Tương tự cho F_2 và F_1 :

$$F_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) \quad (4-46)$$

$$F_1 = \frac{\sqrt{P_1}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}) \quad (4-47)$$

Tổng quát:

$$F_i = \frac{\sqrt{P_i}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} \sum_1^n l_i \sqrt{P_i} \quad (4-48)$$

Dựa vào tiết diện dây dẫn tính được, tra bảng lựa chọn tiết diện tiêu chuẩn, thường cách chọn như sau:

- Đoạn dây đầu nguồn có dòng truyền tải lớn nên chọn tiết diện dây dẫn gần nhất và lớn hơn tiết diện tính toán.

- Đoạn đường dây cuối nguồn, chọn tiết diện dây dẫn gần nhất và nhỏ hơn tiết diện tính toán.

Cuối cùng kiểm tra lại theo điều kiện hao tổn điện áp thực tế nhỏ hơn hao tổn điện áp cho phép.

2. Xác định tiết diện dây dẫn đối với đường dây phân nhánh (hình 4-8)

Sơ bộ chọn một giá trị trung bình của x_0 , ta xác định thành phần tổn thất điện áp phản kháng trên các tuyến ABC và ABD. Chọn giá trị lớn nhất để xác định thành phần tổn thất điện áp tác dụng cho phép:

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p$$

Gọi tổn thất điện áp tác dụng cho phép trên các đoạn I, II, III là ΔU_{al} , ΔU_{all} , ΔU_{alll} thì:

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{al} + \Delta U_{all}$$

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{al} + \Delta U_{alll}$$

$$\text{suy ra } \Delta U_{all} = \Delta U_{alll}$$

Tiết diện dây dẫn nếu tính theo tổn thất điện áp cho phép của các đoạn là:

$$F_I = \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2}{\gamma U_{dm} \Delta U_{al}} = \frac{(\sum Pl)_I}{\gamma U_{dm} \Delta U_{al}}; F_{II} = \frac{P_3 l_3 + P_4 l_4}{\gamma U_{dm} \Delta U_{all}} = \frac{(\sum Pl)_{II}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{all}}; \quad (4-49a)$$

$$\text{và } F_{III} = \frac{P_5 l_5 + P_6 l_6}{\gamma U_{dm} \Delta U_{alll}} = \frac{(\sum Pl)_{III}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{alll}} \quad (4-49b)$$

Thể tích kim loại làm dây dẫn cho cả đường dây là:

$$V = 3(F_I L_I + F_{II} L_{II} + F_{III} L_{III}).$$

Thay (4-49) vào biểu thức tính thể tích kim loại làm dây dẫn ta được:

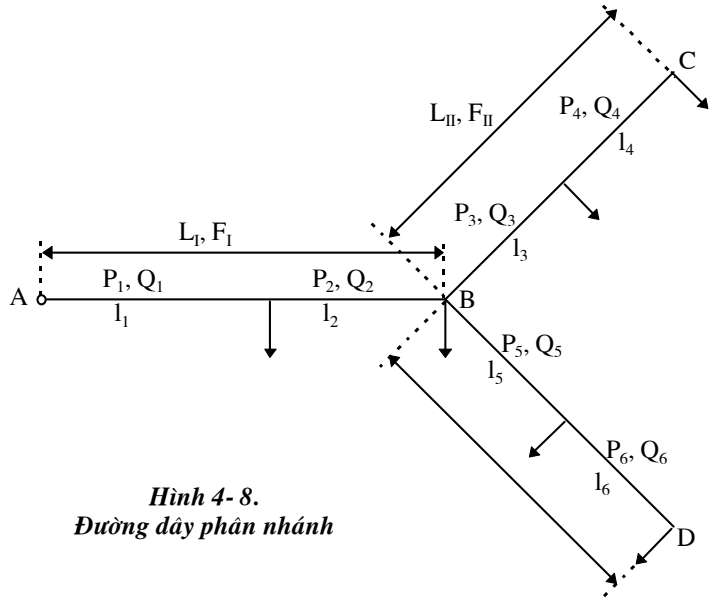
$$V = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[\frac{(\sum Pl)_I L_I}{\Delta U_{al}} + \frac{(\sum Pl)_{II} L_{II}}{\Delta U_{all}} + \frac{(\sum Pl)_{III} L_{III}}{\Delta U_{alll}} \right]$$

$$V = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[\frac{(\sum Pl)_I L_I}{\Delta U_{al}} + \frac{(\sum Pl)_{II} L_{II} + (\sum Pl)_{III} L_{III}}{\Delta U_{acp} - \Delta U_{al}} \right]$$

Lượng kim loại là cực tiểu khi đạo hàm riêng của V theo ΔU_{al} bằng không.

$$\frac{\partial V}{\partial \Delta U_{al}} = \frac{3}{\gamma U_{dm}} \left[-\frac{(\sum Pl)_I L_I}{\Delta U_{al}^2} + \frac{(\sum Pl)_{II} L_{II} + (\sum Pl)_{III} L_{III}}{(\Delta U_{acp} - \Delta U_{al})^2} \right] = 0 \quad (4-50)$$

Giải phương trình (4-50) ta được:



Hình 4-8.
Đường dây phân nhánh

$$\Delta U_{al} = \frac{\Delta U_{acp}}{1 + \sqrt{\frac{(\sum Pl)_{II} L_{II} + (\sum Pl)_{III} L_{III}}{(\sum Pl)_I L_I}}} \quad (4-51)$$

Sau khi tìm được ΔU_{al} lắp vào công thức (4-49) ta tìm được F_1 . Căn cứ vào F_1 tiêu chuẩn tra được r_{01} và x_{01} từ đó tính được tổn thất điện áp thực tế trên đoạn 1 (đoạn AB). Sau đó xác định tổn thất điện áp tác dụng cho phép còn lại của đoạn II (BC) và đoạn III(BD).

$$\Delta U_{II} = \Delta U_{III} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{III}$$

Biết ΔU_{II} và ΔU_{III} ta sơ bộ chọn một giá trị x_0 để tính tổn thất điện áp phản kháng trên các đoạn còn lại ΔU_{pII} và ΔU_{pIII} , xác định ΔU_{aII} và ΔU_{aIII} để tính được tiết diện dây dẫn của đoạn II và đoạn III.

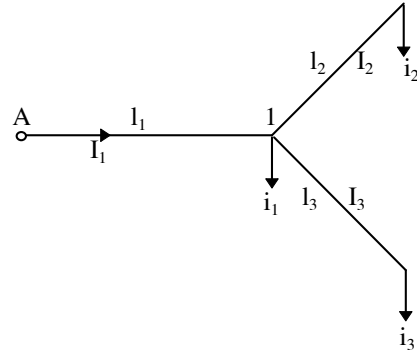
Nếu tiết diện đoạn dây AB nằm giữa hai tiết diện tiêu chuẩn, để có chi phí kim loại cực tiểu ta xác định 2 phương án: chọn tiết diện gần và nhỏ hơn tiết diện tính toán cho đoạn AB, ta có tương ứng tiết diện các đoạn BD và BC (phương án 1); chọn tiếp tiết diện gần và lớn hơn tiết diện tính toán cho đoạn AB, ta lại có tương ứng hai tiết diện cho BD và BC (phương án 2); so sánh chọn phương án nào có tổng thể tích kim loại màu là nhỏ nhất làm tiết diện cho đường dây. Chú ý trong cả hai trường hợp thì hao tổn điện áp từ nguồn đến hai điểm D và C đều phải nhỏ hơn tiết diện cho phép. Trường hợp khi tiết diện tính toán nằm gần sát tiết diện tiêu chuẩn thì chỉ cần tính một lần là đủ. Lưu ý khi chọn đoạn đầu đường dây có tiết diện nhỏ hơn tiết diện tính toán thì các đoạn sau phải chọn lớn hơn tiết diện tính toán mới đảm bảo hao tổn thực tế nhỏ hơn hao tổn cho phép.

§ 4-5. XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN DÂY DẪN CỦA MẠNG ĐIỆN PHÂN NHÁNH THEO PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN TRỞ GIẢ TƯỢNG

Mạng điện có đường dây chính phân nhánh là trường hợp phổ biến đối với mạng điện nông nghiệp, những trạm phát điện độc lập như trạm thủy điện hay trạm biến áp cũng chỉ cung cấp cho các thụ điện nằm về một phía (mạng hở). Ngoài cách tính toán theo điều kiện kinh tế như trên, người ta còn dùng phương pháp điện trở giả tưởng. Phương pháp điện trở giả tưởng là phương pháp lập tính theo tổn thất điện áp cho phép; nó rất thuận lợi đối với đường dây phân nhánh, nhất là mạng điện phân nhánh phức tạp.

1. Mạng điện phân nhánh đơn giản

Giả sử nguồn A cung cấp cho các phụ tải i_1, i_2, i_3 (hình 4-9)



Hình 4-9.
Mạng điện phân nhánh đơn giản

Dòng điện truyền tải trên các đoạn là:

$$I_3 = i_3; I_2 = i_2; I_1 = I_2 + I_3.$$

Nếu toàn mạng có mật độ dòng điện j không đổi thì:

$$F_2 = \frac{I_2}{j}; F_3 = \frac{I_3}{j}; F_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{I_2 + I_3}{j} = F_2 + F_3$$

Tổn thất điện áp trên đoạn đường dây thứ nhất là:

$$\Delta U = \sqrt{3} I l (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \sqrt{3} I l Z_{0gt} \quad (4-52)$$

Z_{0gt} - là điện trở giả tưởng của một km đường dây phụ thuộc vào điều kiện phụ tải (phụ thuộc vào hệ số $\cos \varphi$ truyền tải).

$$Z_{0gt} = (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \quad (4-53)$$

Từ (4-52) ta rút ra:

$$Z_{0gt} = \frac{\Delta U}{\sqrt{3} I} = \frac{\Delta U \cdot U_{dm}}{S \cdot I} \quad (4-54)$$

Muốn tìm Z_{0gt} ta phải tính được ΔU , ta có:

$$\Delta U = \sqrt{3} (I_a r + I_p x) = \sqrt{3} I_a r \left(1 + \frac{I_p}{I_a} \frac{x}{r}\right) = \sqrt{3} I_a r K_z \quad (4-55)$$

Đối với mạng điện địa phương tỷ số $\frac{x}{r}$ thay đổi trong phạm vi rất nhỏ nên ta có thể coi

$$K_z = 1 + \frac{I_p \cdot x}{I_a \cdot r} = 1 + \text{tg } \varphi \cdot \text{tg } \alpha = \text{const}$$

Với $\text{tg } \varphi = \frac{I_p}{I_a}$ và $\text{tg } \alpha = \frac{x}{r}$, tổn thất điện áp và tiết diện dây dẫn trên từng đoạn:

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} I_{a1} \cdot \rho \cdot \frac{l_1}{F_1} K_z \rightarrow F_1 = \frac{\rho \sqrt{3} I_{a1} l_1 K_z}{\Delta U_1} \quad (4-56a)$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3}I_{a2} \cdot \rho \cdot \frac{l_2}{F_2} K_z \rightarrow F_2 = \frac{\rho \sqrt{3} I_{a2} l_2 K_z}{\Delta U_2} \quad (4-56b)$$

$$\Delta U_3 = \sqrt{3}I_{a3} \cdot \rho \cdot \frac{l_3}{F_3} K_z \rightarrow F_3 = \frac{\rho \sqrt{3} I_{a3} l_3 K_z}{\Delta U_3} \quad (4-56c)$$

Thay giá trị của $F_1 = F_2 + F_3$ vào (4-56) ta được:

$$\frac{\rho \sqrt{3} I_{a1} l_1 K_z}{\Delta U_1} = \frac{\rho \sqrt{3} I_{a2} l_2 K_z}{\Delta U_2} + \frac{\rho \sqrt{3} I_{a3} l_3 K_z}{\Delta U_3}$$

Đơn giản và chú ý rằng $\Delta U_2 = \Delta U_3$ sẽ được:

$$\begin{aligned} \frac{I_{a1} l_1}{\Delta U_1} &= \frac{I_{a2} l_2}{\Delta U_2} + \frac{I_{a3} l_3}{\Delta U_3} = \frac{I_{a2} l_2 + I_{a3} l_3}{\Delta U_2} && \text{Cộng hai vế với 1 ta có} \\ \frac{\Delta U_1 + \Delta U_2}{\Delta U_1} &= \frac{I_{a1} l_1 + I_{a2} l_2 + I_{a3} l_3}{I_{a1} l_1} = \frac{\Delta U_{\max}}{\Delta U_1} \\ \Delta U_1 &= \Delta U_{\max} \frac{I_{a1} l_1}{I_{a1} l_1 + I_{a2} l_2 + I_{a3} l_3} = \Delta U_{\max} \frac{I_{a1} l_1}{\sum_{i=1}^n I_{ai} l_i} \end{aligned} \quad (4-57)$$

Khi tiết diện dây dẫn tính toán theo tổn thất điện áp cho phép ta lấy $\Delta U_{\max} = \Delta U_{cp}$ và lưu ý rằng $I_a = \frac{P}{\sqrt{3} U_{dm}}$. Từ (4-57) ta xác định được tổn thất điện áp cho phép của đoạn đầu tiên xác định theo công thức:

$$\Delta U_{cp1} = \Delta U_{cp} \frac{I_{a1} l_1}{\sum_{i=1}^n I_{ai} l_i} = \Delta U_{cp} \frac{P_1 l_1}{P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3} = \Delta U_{cp} \frac{P_1 l_1}{\sum_{i=1}^n P_i l_i} \quad (4-58)$$

trong đó:

P_1, l_1 - là công suất truyền tải và chiều dài đường dây của đoạn thứ nhất;

P_2, l_2 - là công suất truyền tải và chiều dài đường dây của đoạn thứ 2;

P_3, l_3 - là công suất truyền tải và chiều dài đường dây của đoạn thứ 3.

Thay (4-58) vào (4-54) ta tính được Z_{0gt1} của đoạn thứ nhất:

$$Z_{0gt1} = \frac{\Delta U_{cp1}}{\sqrt{3} I_1 l_1} = \frac{\Delta U_{cp1} \cdot U_{dm}}{S_1 \cdot I_1} \quad (4-59)$$

Muốn tìm tiết diện dây dẫn ta tính tổng trở của một số tiết diện quy chuẩn (Z_{0qc} được tính với hệ số $\cos\varphi$ truyền tải) rồi so sánh với điện trở giả tưởng để chọn dây dẫn với điều kiện $Z_{0gt} \geq Z_{0qc}$. Ví dụ xác định Z_{0qc} ứng với dây AC 70 và AC 95 ta có:

$$Z_{070} = r_{070} \cos\varphi + x_{070} \sin\varphi; \quad Z_{095} = r_{095} \cos\varphi + x_{095} \sin\varphi$$

Sau khi tìm được tiết diện dây dẫn của đoạn thứ nhất ta tìm tổn thất điện áp thực tế của đoạn thứ nhất:

$$\Delta U_{tt1} = \Delta U_{cp1} \frac{Z_{0qc}}{Z_{0gt}} \quad (4-60)$$

Xác định tổn thất điện áp cho phép còn lại của đoạn thứ 2:

$$\Delta U_{cl} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{tt1}$$

Tìm điện trở giả tưởng của đoạn thứ 2, 3:

$$Z_{0gt2} = \frac{\Delta U_{cl}}{\sqrt{3} \cdot I_2 \cdot l_2} = \frac{\Delta U_{cl}}{S_2 \cdot l_2} U_{dm}; \quad Z_{0gt3} = \frac{\Delta U_{cl}}{\sqrt{3} I_3 l_3} = \frac{\Delta U_{cl}}{S_3 l_3} U_{dm};$$

Tiếp tục so sánh Z_{0gt} với Z_{0qc} của một số tiết diện dây dẫn, chọn tiết diện gần nhất và kiểm tra tổn thất điện áp thực tế.

2. Trường hợp mạng điện phân nhánh phức tạp

Nếu mạng điện có nhiều nhánh, mỗi nhánh có nhiều phụ tải (hình 4-10) ta phân đường dây thành một số đoạn chính rồi tìm tiết diện của các đoạn đó.

Trên hình vẽ chiều dài các đoạn chính là:

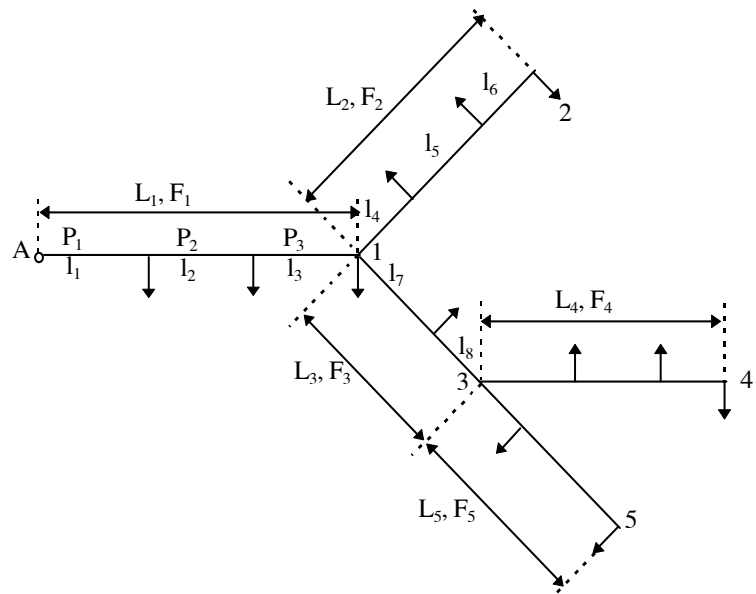
$$L_1 = l_1 + l_2 + l_3$$

$$L_2 = l_4 + l_5 + l_6$$

$$L_3 = l_7 + l_8$$

.....

Hình 4-10.
Mạng điện phân nhánh phức tạp



Tìm công suất truyền tải và mô men công suất trên các đoạn nhỏ và mô men công suất trên các đoạn chính:

Ví dụ:

$$M_1 = P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 = \left(\sum_{i=1}^n P_i l_i \right)_1$$

$$M_2 = P_4 I_4 + P_5 I_5 + P_6 I_6 = \left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_2$$

$$M_3 = P_7 I_7 + P_8 I_8 = \left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_3$$

.

Áp dụng công thức tính ở trên, ta tính cho đoạn cuối cùng và chuyển dần về đoạn đầu nguồn, ta sẽ xác định được tổn thất điện áp cho phép của đoạn thứ nhất:

$$\Delta U_{cp1} = \Delta U_{cp} \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_1}{\left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_1 + \left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_2 + \left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_3 + \left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_4 + \left(\sum_{i=1}^n P_i I_i \right)_5}$$

$$\Delta U_{cp1} = \Delta U_{cp} \cdot \frac{M_1}{\sum_{j=1}^k M_j} \text{ với } j = 1, 2, 3, \dots, k, \text{ là số lượng các đoạn của đường dây phân nhánh.}$$

Điện trở giả tưởng của đoạn thứ nhất:

$$Z_{0gt1} = \frac{\Delta U_{cp1}}{\sqrt{3}(I.I)_1} = \Delta U_{cp} \frac{U_{dm}}{\left(\sum_{i=1}^n S_i I_i \right)_1}$$

So sánh Z_{0gt1} với tổng trở của một số tiết diện quy chuẩn, chọn F_1 sao cho đảm bảo điều kiện $Z_{0gt1} \geq Z_{0qc}$, tính toán ta có hao tổn điện áp thực ΔU_{tt} với tiết diện vừa tìm được trên

đoạn I.
$$\Delta U_{tt} = \Delta U_{cp1} \frac{Z_{0qc1}}{Z_{0gt1}}$$

Theo sơ đồ trên, hao tổn điện áp trên các đoạn còn lại tính từ điểm phân nhánh 1:

$$\Delta U_{cpCL} = \Delta U_{cp1-2} = \Delta U_{cp1-4} = \Delta U_{cp1-5} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{tt1}$$

$$\Delta U_{cp1-3} = \Delta U_{cpCL} \cdot \frac{M_3}{M_3 + M_4 + M_5} = \Delta U_{cp1-4} \cdot \frac{M_3}{M_3 + M_4 + M_5}$$

Tương tự ta tính được tiết diện F của đoạn 1-3, ΔU_{tt1-3} và tìm được hao tổn điện áp trên các đoạn khác còn lại.

Phương pháp tính được áp dụng trong trường hợp những mạng điện có hệ số công suất của các phụ tải gần tương đương nhau (khi đó có thể coi $\cos\varphi$ truyền tải các đoạn là bằng nhau) hoặc phụ tải có $\cos\varphi$ cao (đảm bảo tỷ số $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} \approx \operatorname{const}$) và các đoạn đường dây gần như đồng nhất ($\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{const}$).

§ 4-6. TÍNH TOÁN MẠNG ĐIỆN HỖ KHÔNG ĐỐI XỨNG

CÓ PHỤ TẢI NỐI TAM GIÁC

1. Phương pháp chung tính toán mạng điện không đối xứng

Trong mạng điện xoay chiều 3 pha, phụ tải giữa các pha có thể không đều nhau. Đối với mạng điện hạ áp cung cấp cho các thụ điện thấp sáng, sinh hoạt thường dùng một dây pha và một trung tính, các động cơ điện thì đấu vào điện áp pha hoặc điện áp dây. Về nguyên tắc chúng được bố trí đều giữa các pha nhưng không phải dễ dàng thực hiện được. Ngay cả khi có phân bố phụ tải các pha đều nhau thì trong quá trình vận hành, phụ tải luôn biến đổi theo quy luật ngẫu nhiên nên cũng tạo ra sự mất đối xứng. Vì vậy trong mạng luôn có sự không đối xứng của dòng phụ tải. Trong mạng điện không đối xứng sẽ có dòng điện trong dây trung tính và tổn thất điện áp giữa các pha sẽ không đều nhau. Ta phải tính toán tổn thất điện áp trên từng pha để kiểm tra đánh giá chất lượng điện, chọn tiết diện dây dẫn và tìm cách phân bố lại phụ tải cho đều hơn. Việc tính toán hao tổn điện áp và năng lượng trong mạng ba pha không đối xứng phức tạp hơn nhiều so với mạng đối xứng vì ngoài hao tổn do dòng truyền tải trên từng pha thì ta phải tính đến ảnh hưởng của các tác dụng tương hỗ lên pha đó

Để đơn giản trong tính toán, ta cho rằng đường dây 3 pha có điện trở các pha bằng nhau. Nếu có dây trung tính thì điện trở có thể bằng hoặc khác dây pha. Điều này phù hợp với thực tế vì các pha thường chọn cùng một tiết diện. Khi phụ tải không đối xứng, dòng điện các pha không đều nhau gây ra tổn thất điện áp khác nhau. Để giải bài toán ta dùng phương pháp phân tích các thành phần dòng điện không đối xứng thành các thành phần đối xứng dạng chính tắc là: thuận, nghịch và không (phương pháp của Fortescue). Ta cho các thành phần đối xứng thứ tự thuận, nghịch, không tác động lên mạng điện, tìm các đáp ứng đối với từng thành phần đó và xếp chồng lại ta có đáp ứng của dòng điện không đối xứng.

Giả sử dòng điện truyền tải trên các pha không đều nhau, ta phân tích chúng thành các thành phần đối xứng thứ tự thuận, nghịch, không:

$$I_A = I_t + I_{ng} + I_0$$

$$I_B = a^2 I_t + a I_{ng} + I_0$$

$$I_C = a I_t + a^2 I_{ng} + I_0$$

Các thành phần dòng thứ tự thuận, nghịch, không gây ra tổn thất điện áp trên các pha có giá trị là:

$$\Delta U_t = I_t \cdot Z; \quad \Delta U_{ng} = I_{ng} \cdot Z; \quad \Delta U_0 = I_0 \cdot Z_0$$

I_t, I_{ng}, I_0 - là thành phần dòng điện thứ tự thuận nghịch và không;

Z, Z_0 - là tổng trở pha và tổng trở thứ tự không.

Tổn thất điện áp pha A là xếp chồng của các hao tổn thành phần:

$$\Delta U_{0A} = \Delta U_t + \Delta U_{ng} + \Delta U_0 = (I_t + I_{ng}) Z + I_0 Z_0$$

$$\Delta U_{0A} = (I_1 + I_{ng} + I_0) Z + I_0 (Z_0 - Z) = I_A Z + I_0 (Z_0 - Z) \quad (4-61a)$$

Tương tự tính cho tổn thất điện áp pha B và C:

$$\Delta U_{0B} = I_B Z + I_0 (Z_0 - Z) \quad (4-61b)$$

$$\Delta U_{0C} = I_C Z + I_0 (Z_0 - Z) \quad (4-61c)$$

Tổn thất điện áp dây là hiệu véc tơ của tổn thất điện áp các pha tương ứng:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{0A} - \Delta U_{0B} = (I_A - I_B) Z \quad (4-62a)$$

$$\Delta U_{BC} = \Delta U_{0B} - \Delta U_{0C} = (I_B - I_C) Z \quad (4-62b)$$

$$\Delta U_{CA} = \Delta U_{0C} - \Delta U_{0A} = (I_C - I_A) Z \quad (4-62c)$$

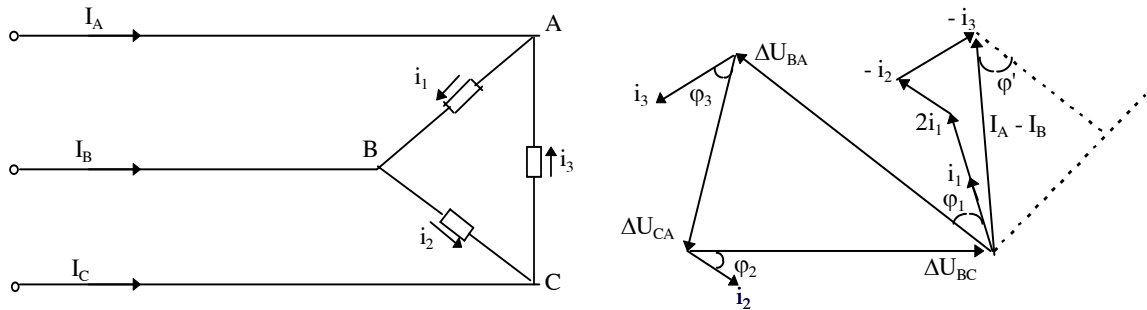
Sử dụng các công thức trên, ta có thể xác định được hao tổn điện áp trong mạng ba pha bất kỳ có phụ tải không đối xứng.

2. Mạng điện không đối xứng có phụ tải nối tam giác

Giả sử các phụ tải một pha nối theo hình tam giác như hình 4-11. Trong sơ đồ không có dây trung tính nên dòng thứ tự không ($I_0 = 0$) và tổn thất điện áp giữa các pha có dạng như biểu thức (4-62).

Ta xét độ rơi điện áp giữa các pha AB:

$$\Delta \dot{U}_{AB} = (\dot{I}_A - \dot{I}_B) \cdot \dot{Z}$$



Hình 4-11. Mạng điện không đối xứng nối tam giác và đồ thị véc tơ

Viết định luật Kirchof cho các nút A và B:

$$\begin{aligned} I_A &= i_1 - i_3; \quad I_B = i_2 - i_1 \\ I_A - I_B &= (i_1 - i_3) - (i_2 - i_1) = 2i_1 - i_2 - i_3 \end{aligned} \quad (4-63)$$

Vẽ đồ thị véc tơ dòng điện và điện áp, thể hiện trên hình vẽ.

Tổng trở thứ tự thuận và nghịch có thể biểu diễn trên hình 4-11.

$$\dot{Z} = r + j x \quad (4-64)$$

Hao tổn điện áp chính là trị đại số của độ rơi điện áp, là tích vô hướng của hai véc tơ $(\dot{I}_A - \dot{I}_B)$ và \dot{Z} , ta có

$$\Delta U_{AB} = (I_A - I_B) r \cos\varphi' + (I_A - I_B) x \sin\varphi' \quad (4-65)$$

φ' - là góc lệch pha giữa $\Delta \dot{U}_{AB}$ và $(\dot{I}_A - \dot{I}_B)$

Từ (4-65) ta thấy hao tổn điện áp ΔU_{AB} tỷ lệ với hình chiếu của véc tơ $(I_A - I_B)$ lên phương của $\Delta \dot{U}_{AB}$ và hình chiếu của $(I_A - I_B)$ lên phương vuông góc với nó, thay vì chiếu véc tơ $(\dot{I}_A - \dot{I}_B)$ ta lần lượt chiếu các véc tơ $2i_1, -i_2, -i_3$ lên phương của $\Delta \dot{U}_{AB}$ và phương vuông góc với nó.

$$\Delta U_{AB} = [2i_1 \cos\varphi_1 - i_2 \cos(\varphi_2 + 120^\circ) - i_3 \cos(\varphi_3 + 240^\circ)].r \\ + [2i_1 \sin\varphi_1 - i_2 \sin(\varphi_2 + 120^\circ) - i_3 \sin(\varphi_3 + 240^\circ)].x$$

Thực hiện các biến đổi:

$$\sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a; \quad \cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

Sau khi thay thế các giá trị của góc 120° và 240° , biến đổi ta có:

$$\Delta U_{AB} = [2i_1 \cos\varphi_1 + 0,5i_2 \cos\varphi_2 + \frac{\sqrt{3}}{2} i_2 \sin\varphi_2 + 0,5i_3 \cos\varphi_3 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_3 \sin\varphi_3].r \\ + [2i_1 \sin\varphi_1 + 0,5i_2 \sin\varphi_2 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_2 \cos\varphi_2 + 0,5i_3 \sin\varphi_3 + \frac{\sqrt{3}}{2} i_3 \cos\varphi_3].x \quad (4-66)$$

Đây là công thức tính tổn thất điện áp trong mạng không đối xứng có phụ tải đấu tam giác, nó khá phức tạp. Thực tế dòng điện phụ tải các pha chênh lệch nhau không nhiều và hệ số $\cos\varphi$ cũng gần như nhau; ta coi $i_2 = i_3$; $\cos\varphi_2 = \cos\varphi_3$. Khi đó

$$\frac{\sqrt{3}}{2} i_2 \sin\varphi_2 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_3 \sin\varphi_3 = 0$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} i_3 \cos\varphi_3 - \frac{\sqrt{3}}{2} i_2 \cos\varphi_2 = 0$$

Biểu thức (4-66) rút gọn, phân ra tổn thất điện áp tác dụng và phản kháng có dạng:

$$\Delta U_{aAB} = [2i_{a1} + 0,5(i_{a2} + i_{a3})] r \quad (4-67)$$

$$\Delta U_{pAB} = [2i_{p1} + 0,5(i_{p2} + i_{p3})] x \quad (4-68)$$

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{aAB} + \Delta U_{pAB} \quad (4-69)$$

Tương tự như trên, tính được tổn thất điện áp giữa các pha còn lại:

$$\Delta U_{BC} = [2i_{a2} + 0,5(i_{a1} + i_{a3})] r + [2i_{p2} + 0,5(i_{p1} + i_{p3})] x \quad (4-70)$$

$$\Delta U_{CA} = [2i_{a3} + 0,5(i_{a1} + i_{a2})] r + [2i_{p3} + 0,5(i_{p1} + i_{p2})] x \quad (4-71)$$

Khi phụ tải giữa các pha phân bố đều thì công thức trở về dạng quen thuộc:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{BC} = \Delta U_{CA} = 3(Ir \cos\varphi + ix \sin\varphi) = \sqrt{3} (I r \cos\varphi + I x \sin\varphi)$$

Trong thực tế, với mạng điện có phụ tải không đối xứng thì việc phân bố phụ tải đồng đều giữa các pha để cho hao tổn điện áp đồng đều nhau, không vượt quá hao tổn điện áp cho phép là rất cần thiết.

Giả thiết có 2 đường dây hoàn toàn giống nhau, có phụ tải như nhau là P, có cùng hệ số công suất $\cos\varphi$. Một mạng phân bố đối xứng, một phân bố không đối xứng ta thấy:

$$P_1 = \sqrt{3} UI \cos\varphi \quad P_2 = U_{I_1} \cos\varphi + U_{I_2} \cos\varphi + U_{I_3} \cos\varphi \quad \text{với } P_1 = P_2 \text{ nên:}$$

$$\sqrt{3} UI \cos\varphi = U \cos\varphi (i_1 + i_2 + i_3) \quad \text{hay} \quad \sqrt{3} I = (i_1 + i_2 + i_3)$$

Với mạng đối xứng, tổng tổn thất điện áp cả 3 pha là:

$$\sum \Delta U = 3\Delta U = 3\sqrt{3} (I r \cos\varphi + I x \sin\varphi)$$

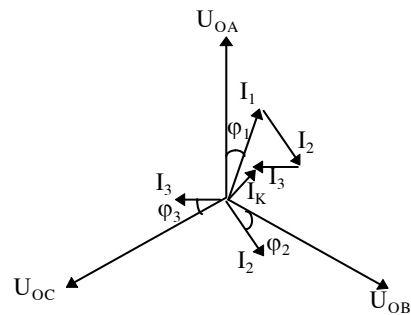
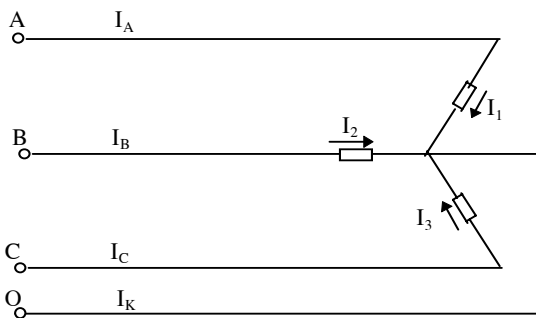
Với mạng không đối xứng tổng tổn thất điện áp cả 3 pha là:

$$\begin{aligned} \sum \Delta U &= \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} \\ &= [2i_1 + 0,5(i_2 + i_3) + 2i_2 + 0,5(i_1 + i_3) + 2i_3 + (i_1 + i_2)] (r \cos\varphi + x \sin\varphi) \\ &= 3(i_1 + i_2 + i_3) (r \cos\varphi + x \sin\varphi) = 3\sqrt{3} (I r \cos\varphi + I x \sin\varphi) \end{aligned}$$

Như vậy với đường dây 3 pha đồng nhất cùng truyền tải một công suất và có $\cos\varphi$ như nhau thì tổng tổn thất điện áp giữa các pha không phụ thuộc vào sự phân bố phụ tải giữa các pha.

§ 4-7. MẠNG ĐIỆN KHÔNG ĐỐI XỨNG CÓ PHỤ TẢI NỐI SAO

1. Tính toán tổn thất điện áp



Xét một mạng điện có phụ tải không đối xứng đấu sao như hình 4-12.

Các dây pha có điện trở như nhau và bằng Z, dây trung tính có tổng trở là Z_K . Ở mạng điện đấu sao, dòng điện dây bằng dòng điện pha:

Hình 4 -12. Mạng điện không đối xứng nối sao và đồ thị véc tơ

$$I_A = I_1; \quad I_B = I_2; \quad I_C = I_3.$$

Tổn thất điện áp trong pha A xác định theo công thức:

$$\Delta U_{0A} = I_A \cdot Z + I_0 (Z_0 - Z).$$

Trị số của hao tổn điện áp pha là tích vô hướng của các véc tơ tương ứng

$$\Delta U_{0A} = I_1 (r \cos \varphi_1 + x \sin \varphi_1) + I_0 [(r_0 - r) \cos \varphi_{0A} + (x_0 - x) \sin \varphi_{0A}] \quad (4-72)$$

trong đó:

φ_{0A} - là góc lệch pha giữa điện áp U_{0A} và dòng điện thứ tự không I_0 .

Dòng điện trong dây trung tính là I_K bằng tổng các dòng điện pha:

$$I_K = I_A + I_B + I_C = 3I_0.$$

$$\text{Vậy } I_0 = \frac{1}{3} (I_1 + I_2 + I_3) = \frac{1}{3} I_K \quad (4-73)$$

Ta vẽ đồ thị véc tơ dòng và áp như trên hình 4-12.

Từ biểu thức (4-72) ta thấy, giá trị của hao tổn điện áp ΔU_{0A} tỷ lệ với hình chiếu của I_1 và I_0 lên phương của ΔU_{0A} và phương vuông góc với nó. Hình chiếu của véc tơ I_0 được thay thế bằng tổng hình chiếu của các véc tơ dòng điện thành phần. Biểu thức ΔU_{0A} có dạng:

$$\begin{aligned} \Delta U_{0A} = & I_1 (r \cos \varphi_1 + x \sin \varphi_1) + \frac{1}{3} [I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos(\varphi_2 + 120^\circ) + I_3 \cos(\varphi_3 + 240^\circ)] (r_0 - r) \\ & + \frac{1}{3} [I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin(\varphi_2 + 120^\circ) + I_3 \sin(\varphi_3 + 240^\circ)] (x_0 - x). \end{aligned} \quad (4-74)$$

Thực hiện các biến đổi lượng giác ta có

$$\begin{aligned} \Delta U_{0A} = & I_1 (r \cos \varphi_1 + x \sin \varphi_1) + \frac{1}{3} (I_1 \cos \varphi_1 - 0,5 I_2 \cos \varphi_2 - \frac{\sqrt{3}}{2} I_2 \sin \varphi_2 - 0,5 I_3 \cos \varphi_3 + \\ & \frac{\sqrt{3}}{2} I_3 \sin \varphi_3) (r_0 - r) + \frac{1}{3} (I_1 \sin \varphi_1 - 0,5 I_2 \sin \varphi_2 + \frac{\sqrt{3}}{2} I_2 \cos \varphi_2 - 0,5 I_3 \sin \varphi_3 - \frac{\sqrt{3}}{2} I_3 \cos \varphi_3) (x_0 - x) \end{aligned}$$

Biểu thức (4-74) là biểu thức tổng quát, việc tính toán rất phức tạp. Để đơn giản trong trường hợp dòng điện tải các pha chênh lệch nhau không nhiều, ta coi $I_2 = I_3$; $\cos \varphi_2 = \cos \varphi_3$. Biểu thức xác định tổn thất điện áp (4-74) rút gọn rồi phân ra thành phần tác dụng và phản kháng được viết dưới dạng:

$$\begin{aligned} \Delta U_{a0A} = & I_1 r \cos \varphi_1 + \frac{1}{3} [I_1 \cos \varphi_1 - 0,5 (I_2 \cos \varphi_2 + I_3 \cos \varphi_3)] (r_0 - r) \\ \Delta U_{a0A} = & I_{a1} r + \frac{1}{3} [I_{a1} - 0,5 (I_{a2} + I_{a3})] (r_0 - r) \end{aligned} \quad (4-75)$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{p0A} = & I_1 x \sin \varphi_1 + \frac{1}{3} [I_1 \sin \varphi_1 - 0,5 (I_2 \sin \varphi_2 + I_3 \sin \varphi_3)] (x_0 - x) \\ \Delta U_{p0A} = & I_{p1} x + \frac{1}{3} [I_{p1} - 0,5 (I_{p2} + I_{p3})] (x_0 - x) \end{aligned} \quad (4-76)$$

$$\Delta U_{0A} = \Delta U_{a0A} + \Delta U_{p0A}.$$

Điện trở thứ tự không xác định theo sơ đồ mạng điện. Với mạng điện 3 pha 4 dây, dòng điện trong dây trung tính bằng 3 lần dòng điện trong các dây pha nên tổng trở thứ tự không là: $Z_0 = Z + 3Z_K$. Tương ứng có điện trở tác dụng và phản kháng thứ tự không:

$$r_0 = r + 3r_K; \quad x_0 = x + 3x_K \quad (4-77)$$

trong đó:

r và r_K - là điện trở dây pha và dây trung tính;

x và x_K - là điện kháng dây pha và dây trung tính;

r_0 và x_0 - là thành phần điện trở và điện kháng thứ tự không.

Thay (4-77) vào (4-75) và (4-76) ta được:

$$\Delta U_{a0A} = I_{a1} r + [I_{a1} - 0,5(I_{a2} + I_{a3})] r_K \quad (4-78)$$

$$\Delta U_{p0A} = I_{p1} x + [I_{p1} - 0,5(I_{p2} + I_{p3})] x_K \quad (4-79)$$

Tương tự như vậy, ta có thể tính được tổn thất điện áp của pha B và C:

$$\Delta U_{a0B} = I_{a2} r + [I_{a2} - 0,5(I_{a3} + I_{a1})] r_K \quad (4-80)$$

$$\Delta U_{p0B} = I_{p2} x + [I_{p2} - 0,5(I_{p3} + I_{p1})] x_K \quad (4-81)$$

$$\Delta U_{a0C} = I_{a3} r + [I_{a3} - 0,5(I_{a2} + I_{a1})] r_K \quad (4-82)$$

$$\Delta U_{p0C} = I_{p3} x + [I_{p3} - 0,5(I_{p2} + I_{p1})] x_K \quad (4-83)$$

Khi phụ tải phân bố đều thì tổn thất điện áp có dạng:

$$\Delta U_{0A} = \Delta U_{0B} = \Delta U_{0C} = I r \cos \varphi + I x \sin \varphi.$$

Như vậy, các mạng điện 3 pha có phụ tải không đối xứng ta có thể xác định được tổn thất điện áp khi biết dòng điện (hay công suất) phụ tải và tổng trở của mạng điện. Sau đây là tóm tắt các bước tính toán mạng điện không đối xứng có phụ tải đấu sao hay tam giác. Từ đó có thể hiệu chỉnh hay phân bố lại phụ tải để tổn thất điện áp lớn nhất nằm trong giới hạn quy định.

- Tiến hành phân phối phụ tải giữa các pha theo khả năng đồng đều nhất (có thể bố trí trên sơ đồ nhiều sợi)

- Tìm công suất truyền tải và tổng trở trên tất cả các đoạn của mạng.

- Xác định tiết diện dây dẫn. Khi tính toán cho rằng phụ tải giữa các pha là đều nhau và tính như mạng điện 3 pha đối xứng.

- Tìm tổn thất điện áp pha hay dây theo các công thức đã biết.

Nếu hao tổn điện áp các pha chênh lệch nhau quá nhiều thì phải phân bố lại phụ tải và tính toán lại.

2. Hao tổn điện áp trong một số trường hợp đặc biệt của phụ tải đấu sao

+ Mạng 3 pha bốn dây

Trong mạng điện 3 pha 4 dây cung cấp cho các phụ tải chiếu sáng, sinh hoạt, có $\cos\varphi \approx 1$ hoặc những mạng cáp ($r \gg x$) ta không cần xét đến thành phần điện áp rơi trên điện trở phản kháng ($\Delta U_p = I_p x \approx 0$) thì tổn thất điện áp pha có dạng:

$$\Delta U_{0A} = I_1 r + [I_1 - 0,5(I_2 + I_3)] r_K \quad (4-84)$$

$$\Delta U_{0B} = I_2 r + [I_2 - 0,5(I_1 + I_3)] r_K \quad (4-85)$$

$$\Delta U_{0C} = I_3 r + [I_3 - 0,5(I_1 + I_2)] r_K \quad (4-86)$$

$$\text{Khi } I_1 = I_2 = I_3 \text{ thì } \Delta U_{0A} = \Delta U_{0B} = \Delta U_{0C} = I r$$

- Nếu đường dây có một số phụ tải thì tổn thất điện áp trên các pha bằng tổng các tổn thất điện áp trên các đoạn riêng rẽ:

$$\Delta U_{0A} = \sum I_1 r + \sum [I_1 - 0,5(I_2 + I_3)] r_K \quad (4-87)$$

$$\Delta U_{0B} = \sum I_2 r + \sum [I_2 - 0,5(I_3 + I_1)] r_K \quad (4-88)$$

$$\Delta U_{0C} = \sum I_3 r + \sum [I_3 - 0,5(I_1 + I_2)] r_K \quad (4-89)$$

trong đó:

I_1, I_2, I_3 - là dòng điện trong pha A, B, C của đoạn đường dây thứ i ;

r, r_K - là điện trở tác dụng của dây pha và dây trung tính của đoạn thứ i .

- Nếu dây dẫn bằng kim loại màu, thay thế điện trở bằng biểu thức phụ thuộc vào tiết diện ($r = \frac{1}{\gamma} \frac{l}{F}$; $r_K = \frac{1}{\gamma} \frac{l_k}{F_K}$) vào các công thức trên, biểu thức tổn thất điện áp sẽ là:

$$\Delta U_{0A} = \frac{\sum I_1 l}{\gamma F} + \frac{\sum [I_1 - 0,5(I_2 + I_3)] l_K}{\gamma F_K} \quad (4-90)$$

$$\Delta U_{0B} = \frac{\sum I_2 l}{\gamma F} + \frac{\sum [I_2 - 0,5(I_2 + I_3)] l_K}{\gamma F_K} \quad (4-91)$$

$$\Delta U_{0C} = \frac{\sum I_3 l}{\gamma F} + \frac{\sum [I_3 - 0,5(I_2 + I_3)] l_K}{\gamma F_K} \quad (4-92)$$

ở đây: l, l_K - là chiều dài các đoạn dây pha và dây trung tính.

- Khi phụ tải cho bằng công suất, tính với điện áp pha định mức ($U_{\phi dm}$), tổn thất điện áp có dạng:

$$\Delta U_{0A} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i} + \sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i} \right) \quad (4-93)$$

$$\Delta U_{0B} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i} + \sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i} \right) \quad (4-94)$$

$$\Delta U_{0C} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i} + \sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i} \right) \quad (4-95)$$

trong đó:

L_{1i}, L_{2i}, L_{3i} - là khoảng cách từ nguồn đến phụ tải thứ i của pha 1, 2 và 3.

+ *M'ng @i'ôn 2 pha mét trung t'ính l'Ûy t'õ m'ng 3 pha 4 d'©y*

Giả sử dòng điện 2 pha là $I_1; I_2$, còn $I_3 = 0$, tổn thất điện áp trong các nhánh xác định theo biểu thức:

$$\Delta U_{0A} = I_1 r + (I_1 - 0,5 I_2) r_K \quad (4-96)$$

$$\Delta U_{0B} = I_2 r + (I_2 - 0,5 I_1) r_K \quad (4-97)$$

- Khi phụ tải cho bằng công suất thì:

$$\Delta U_{0A} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i} \quad (4-98)$$

$$\Delta U_{0B} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i} \quad (4-99)$$

- Khi phụ tải các pha đều nhau, tiết diện dây pha bằng dây trung tính ta có:

$$\Delta U = I r + (I - 0,5 I) r = 1,5 I r \quad (4-100)$$

+ *M'ng @i'ôn mét pha, mét trung t'ính*

Giả sử chỉ có một pha A ($I_2 = I_3 = 0$) tổn thất điện áp pha A là:

$$\Delta U_{0A} = I_1 r + I_1 r_K \quad (4-101)$$

Tiết diện dây pha thường lấy bằng dây trung tính khi đó tổn thất điện áp là:

$$\Delta U_{0A} = I_1 r + I_1 r = 2I_1 r \quad (4-102)$$

- Khi đường dây có một số phụ tải làm bằng kim loại màu:

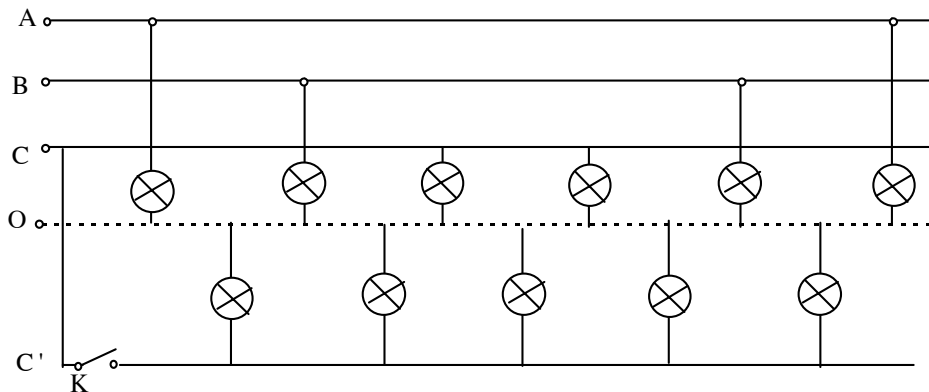
$$\Delta U_{0A} = 2 \sum_{i=1}^n I_{li} r_i = \frac{2 \sum_{i=1}^n I_{li} l_i}{\gamma F} \quad (4-103)$$

- Tổn thất điện áp biểu thị theo% so với điện áp định mức là:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{dm}} 100 \quad (4-104)$$

+ Mạng 3 pha 5 dây

Trong thành phố, thị trấn và các đường trục vùng nông thôn người ta mắc các đèn chiếu sáng bảo vệ ngoài trời vào ban đêm, ban ngày cắt đi để tiết kiệm điện. Đường dây chiếu sáng ngoài trời hay bảo vệ được lấy từ 1 trong các pha A, B, hoặc C, còn dây trung tính dùng chung với mạng 3 pha 4 dây tạo thành mạng 3 pha 5 dây như trên hình 4-13



Hình 4-13. Mạng điện 3 pha 5 dây

Các pha thấp sáng bảo vệ được đặt qua thiết bị đóng cắt K để đóng cắt điện mà không ảnh hưởng đến các phụ tải còn lại.

Khi xác định tổn thất điện áp cho mạng điện ta phải tính riêng cho thấp sáng trong nhà và ngoài trời. Mômen phụ tải của dây trung tính cũng phải kể đến phụ tải trong nhà và ngoài trời. Bố trí phụ tải giữa các pha đều nhau (pha C bao gồm cả chiếu sáng đường phố). Lựa chọn tiết diện của pha C cho phụ tải trong nhà nên chọn bằng các pha khác để tiện lắp dựng. Tiết diện dây dẫn các pha không có phụ tải chiếu sáng bảo vệ ngoài trời, xác định bình thường. Còn tiết diện dây có chiếu sáng bảo vệ chọn giống như đường dây 3 pha phụ tải đối xứng, có phụ tải bằng phụ tải chiếu sáng bảo vệ. Qua các biểu thức tính tổn thất điện

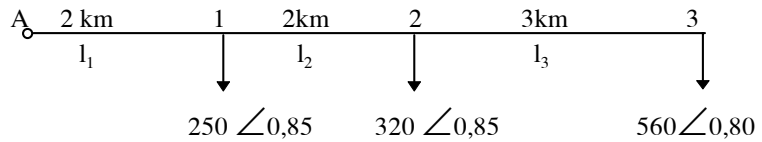
áp ta thấy, muốn tổn thất điện áp các pha bằng nhau thì phải có sự cân bằng mômen phụ tải các pha. Để phân bố mô men phụ tải tương đối đồng đều thì khi đấu tải vào mạng điện, trình tự nối là pha A, B, C sau đó pha C, B, A như hình 4-13 (theo sơ đồ hình chữ U).

§ 4-8. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN MẠNG ĐIỆN HỎ

Ví dụ 1

Một đường dây trên không dùng dây dẫn AC có điện áp định mức $U_{dm} = 20 \text{ kV}$ ($D = 1,75 \text{ m}$), cung cấp cho các phụ tải tính bằng kVA và hệ số $\cos\varphi$, cho trên sơ đồ hình 4-14. Tổn thất điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 3 \%$. Xác định tiết diện theo điều kiện chi phí kim loại cực tiểu.

Hình 4-14.
Mạng điện
không phân nhánh



Giải.

1. Tìm công suất truyền tải trên các đoạn:

$$S_3 = s_3 = s \cdot \cos\varphi + js \cdot \sin\varphi = 560 \cdot 0,8 + j560 \cdot 0,6 = 448 + j336 \text{ (kVA)}.$$

$$S_2 = s_2 + s_3 = 320 \cdot 0,85 + j320 \cdot 0,53 + 448 + j336 = 720 + j505 \text{ (kVA)}.$$

$$S_1 = s_1 + s_2 + s_3 = 250 \cdot 0,85 + j250 \cdot 0,53 + 720 + j505 = 932,5 + j636,5 = 1129 \angle 0,83 \text{ (kVA)}.$$

2. Xác định tổn thất điện áp cho phép:

$$[\Delta U]_{cp} = \frac{\Delta U_{cp} \% \cdot U_{dm} \cdot 10^3}{100} = \frac{3 \cdot 20 \cdot 10^3}{100} = 600 \text{ (V)}.$$

Sơ bộ chọn $x_0 = 0,38 \ \Omega/\text{km}$, tính được tổn thất điện áp phản kháng:

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{dm}} \sum Q_i l_i = \frac{0,38}{20} (636,5 \cdot 2 + 505 \cdot 2 + 336 \cdot 3) = 62,5 \text{ (V)}$$

Tổn thất điện áp cho tác dụng cho phép là:

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p = 600 - 62,5 = 537,5 \text{ (V)}.$$

3. Tìm tiết diện dây dẫn trên các đoạn:

$$F_3 = \frac{\sqrt{P_3} \cdot 10^3}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}} (l_1 \sqrt{P_1} + l_2 \sqrt{P_2} + l_3 \sqrt{P_3}),$$

$$F_3 = \frac{448 \cdot 10^3}{317.20.537,5} (2 \cdot \sqrt{932,5} + 2 \cdot \sqrt{720,2} + 3 \cdot \sqrt{448}) = 11,0 (mm^2)$$

Để đảm bảo độ bền cơ học ta chọn dây dẫn AC-25.

$$F_2 = F_3 \sqrt{\frac{P_2}{P_3}} = 11 \cdot \sqrt{\frac{720}{448}} = 14,0 (mm^2).$$

Để đảm bảo độ bền cơ học ta chọn dây dẫn AC-25.

$$F_1 = F_3 \sqrt{\frac{P_1}{P_3}} = 11 \cdot \sqrt{\frac{932,5}{448}} = 15,8 (mm^2).$$

Để đảm bảo độ bền cơ học ta chọn dây dẫn AC-25.

4. Xác định tổn thất điện áp thực tế:

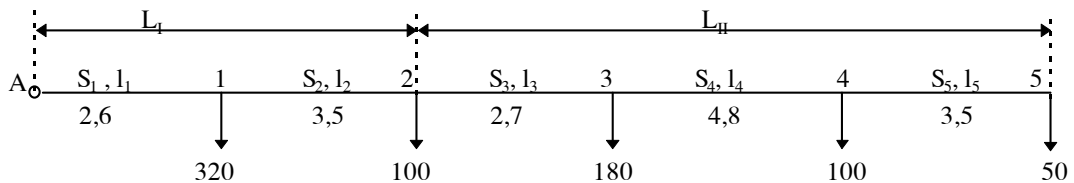
Với dây dẫn AC-25 tra bảng ta có $r_0 = 1,38 \Omega/km$; $x_0 = 0,4 \Omega/km$.

$$\begin{aligned} \Delta U_{tt} &= \frac{r_0 \sum P_i l_i + x_0 \sum Q_i l_i}{U_{dm}} \\ &= \frac{1,38(932,5 \cdot 2 + 720,2 + 448,3) + 0,4(636,5 \cdot 2 + 505,2 + 336,3)}{20} = 320 + 65,8 = 385,8 \text{ V} \end{aligned}$$

Ta có $\Delta U_{tt} = 385,8 < \Delta U_{cp} = 600 \text{ (V)}$.

Ví dụ 2

Một đường dây điện áp 10 kV ($D = 1000 \text{ mm}$), chiều dài các đoạn cho bằng km, phụ tải là kVA có $\cos \varphi = 0,85$ ghi trên sơ đồ hình 4-15. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 3\%$. Tìm tiết diện dây dẫn bằng thép nhôm trên các phần L_I, L_{II} .



Hình 4-15. Tìm tiết diện dây dẫn theo chi phí kim loại cực tiểu

Giải.

1. Tính công suất truyền tải và mô men công suất trên các đoạn.

$$S_5 = s_5 = 50 \text{ (kVA)}; \quad S_4 = s_4 + s_5 = 100 + 50 = 150 \text{ (kVA)};$$

$$S_3 = s_3 + S_4 = 180 + 150 = 330 \text{ (kVA)}.$$

$$S_2 = s_2 + S_3 = 100 + 330 = 430 \text{ (kVA)}; S_1 = s_1 + S_2 = 320 + 430 = 750 \text{ (kVA)}.$$

Mômen công suất trên các đoạn L_I và L_{II} là:

$$(\sum S l)_I = S_1 l_1 + S_2 l_2 = 750 \cdot 2,6 + 430 \cdot 3,5 = 3455 \text{ (kVAkm)}$$

$$(\sum S l)_{II} = S_3 l_3 + S_4 l_4 + S_5 l_5 = 330 \cdot 2,7 + 150 \cdot 4,8 + 50 \cdot 3,5 = 1786 \text{ (kVAkm)}.$$

$$\sum S l = (\sum S l)_I + (\sum S l)_{II} = 3455 + 1786 = 5241 \text{ (kVAkm)}.$$

2. Xác định tổn thất điện áp cho phép trên các đoạn L_I và L_{II} .

Sơ bộ chọn giá trị trung bình $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$. Tổn thất điện áp phản kháng là:

$$\Delta U_p = \frac{x_0 \cdot \sin \varphi}{U_{dm}} [(\sum S l)_I + \sum S l]_{II} = \frac{0,35 \cdot 0,53}{10} \cdot 5241 = 97 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p = 300 - 97 = 203 \text{ (V)}.$$

trong đó $\Delta U_{cp} = 3\% = 300 \text{ (V)}$.

Để phân chia tổn thất điện áp cho phép giữa đoạn L_I và L_{II} ta giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} \Delta U_{acpI} + \Delta U_{acpII} = \Delta U_{acp} = 203 \text{ (V)} \\ \frac{\Delta U_{acpI}}{\Delta U_{acpII}} = \frac{\sqrt{(\sum S l)_I \cdot L_I}}{\sqrt{(\sum S l)_{II} \cdot L_{II}}} = \frac{\sqrt{3455 \cdot 6,1}}{\sqrt{1786 \cdot 11}} = \frac{145,1}{140,1} = 1,035 \end{cases}$$

Giải ra: $\Delta U_{acpI} = 103,3 \text{ V}$; $\Delta U_{acpII} = 99,7 \text{ V}$.

3. Xác định tiết diện dây dẫn trên đoạn L_I và L_{II} :

$$F_I = \frac{\cos \varphi (\sum S l)_I}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acpI}} = \frac{0,85 \cdot 3455 \cdot 10^3}{31,7 \cdot 10 \cdot 103,3} = 89,6 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Chọn tiết diện quy chuẩn AC-95.

$$F_{II} = \frac{\cos \varphi (\sum S l)_{II}}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acpII}} = \frac{0,85 \cdot 1786 \cdot 10^3}{31,7 \cdot 10 \cdot 99,7} = 48 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Chọn tiết diện quy chuẩn AC-50.

4. Xác định tổn thất điện áp thực tế:

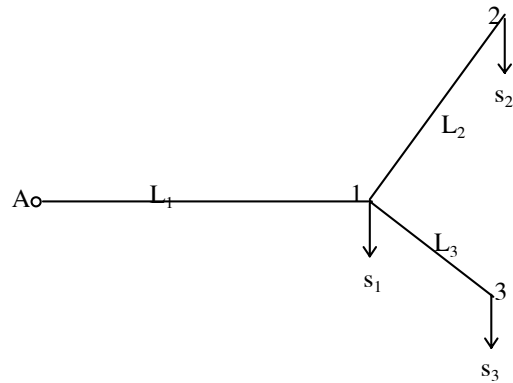
$$\Delta U_{tt} = \frac{r_{01} \cos \varphi (\sum SI)_I + x_{01} \sin \varphi (\sum SI)_I}{U_{dm}} + \frac{r_{02} \cos \varphi (\sum SI)_{II} + x_{02} \sin \varphi (\sum SI)_{II}}{U_{dm}}$$

$$= 97,5 + 95,7 = 193,2(V)$$

Ta có $\Delta U_{tt} < \Delta U_{cp}$.

Ví dụ 3

Một mạng điện phân nhánh gồm có đoạn chung $L_1 = 10$ km và 2 đoạn sau $L_2 = 5$ km, $L_3 = 3$ km (hình 4-16). Phụ tải $s_1 = 144 + j108$ (kVA); $s_2 = 448 + j336$ (kVA); $s_3 = 256 + j192$ (kVA). Điện áp của mạng là 10 kV có $D_{tb} = 1000$ mm. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5\%$ (500 V). Cho biết dây dẫn bằng thép nhôm AC. Xác định tiết diện dây dẫn theo phương pháp điện trở giả tưởng.



Hình 4-16.

Tính mạng điện phân nhánh

Giải.

1. Xác định công suất truyền tải và mômen công suất trên các đoạn.

$$S_2 = s_2 = 144 + j108 \text{ (kVA);}$$

$$S_3 = s_3 = 256 + j192 \text{ (kVA) ;}$$

$$S_1 = s_1 + s_2 + s_3 = 144 + 448 + 256 + j(108 + 336 + 192) = 848 + j636 \text{ (kVA).}$$

Mômen công suất của các đoạn là:

$$M_1 = P_1 L_1 = 848.10 = 8480 \text{ (kWkm).}$$

$$M_2 = P_2 L_2 = 144.5 = 720 \text{ (kWkm).}$$

$$M_3 = P_3 L_3 = 256.3 = 768 \text{ (kWkm).}$$

$$M_{\Sigma} = M_1 + M_2 + M_3 = 8480 + 720 + 768 = 9968 \text{ (kWkm).}$$

2. Tính tổn thất điện áp cho phép và điện trở giả tưởng.

$$\Delta U_{cp1} = \Delta U_{cp} \frac{M_1}{M_{\Sigma}} = 500 \frac{8480}{9968} = 425,3(V)$$

$$Z_{gt1} = \Delta U_{cp1} \frac{U_{dm}}{M_1} = 425,3 \frac{10}{8480} = 0,5(\Omega / km)$$

Tìm điện trở giả tưởng của một số tiết diện quy chuẩn:

$$AC-50 : Z_{050} = \frac{\gamma}{F} \cos \varphi + x_0 \sin \varphi = \frac{31,7}{50} \cdot 0,8 + 0,35 \cdot 0,6 = 0,72(\Omega / km)$$

$$AC-70 : Z_{070} = \frac{\gamma}{F} \cos \varphi + x_0 \sin \varphi = \frac{31,7}{70} \cdot 0,8 + 0,34 \cdot 0,6 = 0,56(\Omega / km)$$

$$AC-95 : Z_{095} = \frac{\gamma}{F} \cos \varphi + x_0 \sin \varphi = \frac{31,7}{95} \cdot 0,8 + 0,33 \cdot 0,6 = 0,46(\Omega / km) .$$

So sánh điện trở giả tưởng với điện trở quy chuẩn ta chọn giá trị gần nhất là: tiết diện AC-95; với điều kiện $Z_{gt} > Z_{095}$.

Tổn thất điện áp của đoạn thứ nhất:

$$\Delta U_{tt1} = \Delta U_{cp1} \frac{Z_{095}}{Z_{gt1}} = 425,3 \cdot \frac{0,46}{0,5} = 391(V).$$

$$\Delta U_{cl} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{tt1} = 500 - 391 = 109 (V).$$

3. Tìm điện trở giả tưởng và tiết diện dây dẫn của 2 đoạn sau:

$$Z_{gt2} = \Delta U_{cl1} \frac{U_{dm}}{M_2} = 109 \frac{10}{720} = 1,51(\Omega / km)$$

$$Z_{gt3} = \Delta U_{cl1} \frac{U_{dm}}{M_3} = 109 \frac{10}{768} = 1,42(\Omega / km) .$$

Tìm điện trở giả tưởng của một số tiết diện quy chuẩn:

$$AC-25 : Z_{025} = \frac{31,7}{25} \cdot 0,8 + 0,37 \cdot 0,6 = 1,34(\Omega / km) ;$$

$$AC-35 : Z_{035} = \frac{31,7}{35} \cdot 0,8 + 0,36 \cdot 0,6 = 0,89(\Omega / km)$$

So sánh điện trở giả tưởng với điện trở giả tưởng quy chuẩn ta chọn dây dẫn AC-25 có $Z_{gt} < Z_{025}$.

4. Tính tổn thất điện áp thực tế:

$$\Delta U_{tt2} = \Delta U_{cl} \frac{Z_{025}}{Z_{gt2}} = 109 \frac{1,34}{1,51} = 96(V);$$

$$\Delta U_{ttA2} = \Delta U_{A1} + \Delta U_{12} = 391 + 96 = 487 (V) < \Delta U_{cp};$$

$$\Delta U_{tt3} = \Delta U_{cl} \frac{Z_{025}}{Z_{gt3}} = 109 \frac{1,34}{1,42} = 102,8(V);$$

$$\Delta U_{ttA3} = \Delta U_{A1} + \Delta U_{13} = 391 + 102,8 = 493,8 (V) < \Delta U_{cp}.$$

Ví dụ 4

Cho mạng điện hỗn hợp 3 pha - 1 pha như trên hình 4-17. Tính hao tổn điện áp trong mạng điện 3 pha. Phụ tải là các máy biến áp 1 pha mắc theo hình tam giác như trên hình vẽ. Công suất và hệ số công suất của các phụ tải ghi trên sơ đồ.

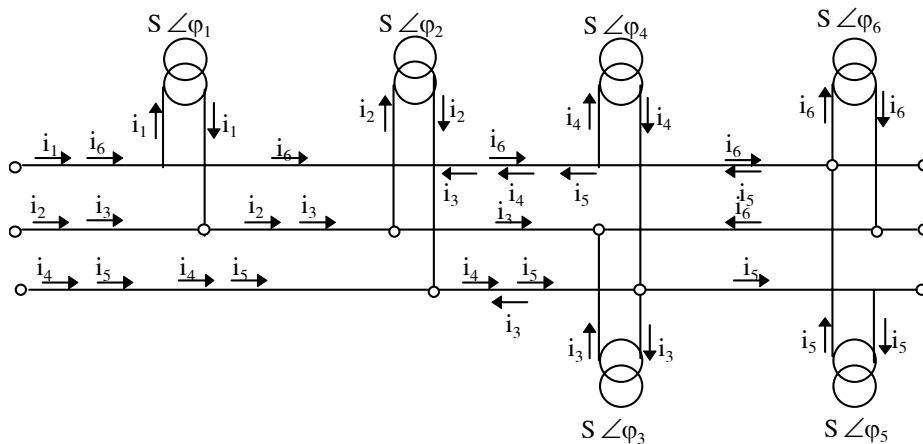
Giải.

Phân tích chiều của các dòng điện phụ tải, theo nguyên tắc dòng điện đi từ pha A qua tải về pha B, đi từ pha B qua tải về pha C, từ pha C qua tải về pha A, rồi ghi giá trị của nó theo chiều mũi tên trên sơ đồ. Tổn thất điện áp của đường dây bằng tổng tổn thất điện áp của các đoạn cộng lại:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{aAB} + \Delta U_{pAB} = \Delta U_{ABI} + \Delta U_{ABII} + \Delta U_{ABIII} + \Delta U_{ABIV}.$$

trong đó: $\Delta U_{ABI}, \dots, \Delta U_{ABIV}$ - là hao tổn điện áp của đoạn I, II, ... IV.

Hình 4-17. Phụ tải không đối xứng nối tam giác



Tổn thất điện áp trên điện trở tác dụng là:

$$\Delta U_{aAB} = [2(i_{a1} + i_{a6}) + 0,5(i_{a2} + i_{a3} + i_{a4} + i_{a5})]r_I + [(2i_{a6} + 0,5(i_{a2} + i_{a3} + i_{a4} + i_{a5}))r_{II} + [2i_{a6} + 0,5(i_{a3} + i_{a4} + i_{a5})]r_{III} + [2i_{a6} + 0,5i_{a5}]r_{IV}.$$

Tổn thất điện áp trên điện trở phản kháng là:

$$\Delta U_{pAB} = [2(i_{p1} + i_{p6}) + 0,5(i_{p2} + i_{p3} + i_{p4} + i_{p5})]x_I + [(2i_{p6} + 0,5(i_{p2} + i_{p3} + i_{p4} + i_{p5}))x_{II} + [2i_{p6} + 0,5(i_{p3} + i_{p4} + i_{p5})]x_{III} + [2i_{p6} + 0,5i_{p5}]x_{IV}.$$

Tổn thất điện áp trên các pha BC:

$$\Delta U_{BC} = \Delta U_{aBC} + \Delta U_{pBC}$$

$$\Delta U_{aBC} = [2(i_{a2} + i_{a3}) + 0,5(i_{a1} + i_{a4} + i_{a5} + i_{a6})]r_I + [2(i_{a2} + i_{a3}) + 0,5(i_{a4} + i_{a5} + i_{a6})]r_{II} + [2i_{a3} + 0,5(i_{a3} + i_{a4} + i_{a5})]r_{III} + 0,5(i_{a5} + i_{a6})r_{IV}.$$

$$\Delta U_{pBC} = [2(i_{p2} + i_{p3}) + 0,5(i_{p1} + i_{p4} + i_{p5} + i_{p6})]x_I + [2(i_{p2} + i_{p3}) + 0,5(i_{p4} + i_{p5} + i_{p6})]x_{II} + [2i_{p3} + 0,5(i_{p3} + i_{p4} + i_{p5})]r_{III} + 0,5(i_{p5} + i_{p6})x_{IV}.$$

Tổn thất điện áp trên các pha CA:

$$\Delta U_{CA} = \Delta U_{aCA} + \Delta U_{pCA}.$$

$$\Delta U_{aCA} = [2(i_{a4} + i_{a5}) + 0,5(i_{a1} + i_{a2} + i_{a3} + i_{a6})]r_I + [2(i_{a4} + i_{a5}) + 0,5(i_{a2} + i_{a3} + i_{a6})]r_{II} + [2(i_{a4} + i_{a5}) + 0,5(i_{a3} + i_{a6})]r_{III} + (2i_{a5} + 0,5i_{a6})r_{IV}.$$

$$\Delta U_{pCA} = [2(i_{p4} + i_{p5}) + 0,5(i_{p1} + i_{p2} + i_{p3} + i_{p6})]x_I + [2(i_{p4} + i_{p5}) + 0,5(i_{p2} + i_{p3} + i_{p6})]x_{II} + [2(i_{p4} + i_{p5}) + 0,5(i_{p3} + i_{p6})]x_{III} + (2i_{p5} + 0,5i_{p6})x_{IV}.$$

ở đây:

$r_I, r_{II}, r_{III}, r_{IV}$ - là điện trở tác dụng trên đoạn I, II, III và IV;

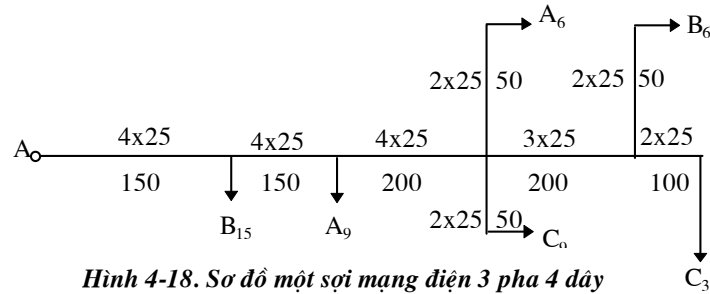
$x_I, x_{II}, x_{III}, x_{IV}$ - là điện trở phản kháng trên đoạn I, II, III và IV.

Ví dụ 5

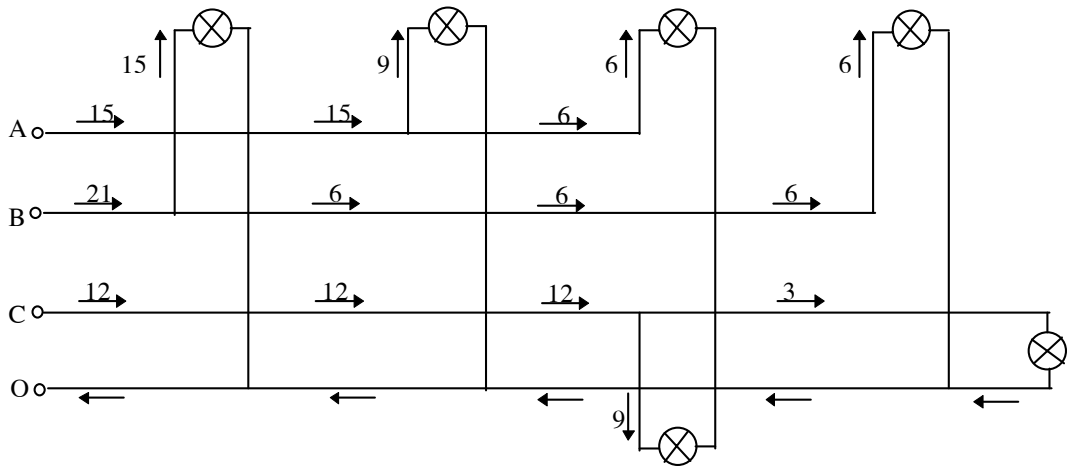
Tìm tổn thất điện áp lớn nhất trên đường dây 3 pha bằng thép nhôm. Phụ tải một pha có $\cos\varphi = 1$, dòng điện cho bằng A tiết diện là mm^2 , chiều dài đường dây cho bằng mét ghi trên sơ đồ hình 4-18. Các chữ cái chỉ pha mà phụ tải mắc vào.

Giải.

Ta vẽ sơ đồ nhiều sợi của mạng điện và ghi giá trị dòng điện truyền tải trên từng đoạn như hình 4-19. Dòng điện đi từ A, B hoặc C qua tải rồi về không.



Hình 4-18. Sơ đồ một sợi mạng điện 3 pha 4 dây



Hình 4-19. Sơ đồ nhiều sợi nối phụ tải pha trong mạng điện 3 pha 4 dây

Tổn thất điện áp giữa các pha là:

$$\Delta U_{OA} = \frac{\sum I_1 l}{\gamma F} + \frac{\sum [(I_1 - 0,5(I_2 + I_3))] l_k}{\gamma F_K} = \frac{15 \cdot 150 + 15 \cdot 150 + 6 \cdot 200 + 6 \cdot 50}{31,7.25} + \frac{15 - 0,5(21 + 12) \cdot 150 + 15 - 0,5(6 + 12) \cdot 150 + 6 - 0,5(6 + 12) \cdot 200 + 6 \cdot 50}{31,7.25} = 8,0 \text{ (V) hay } 3,63 \%$$

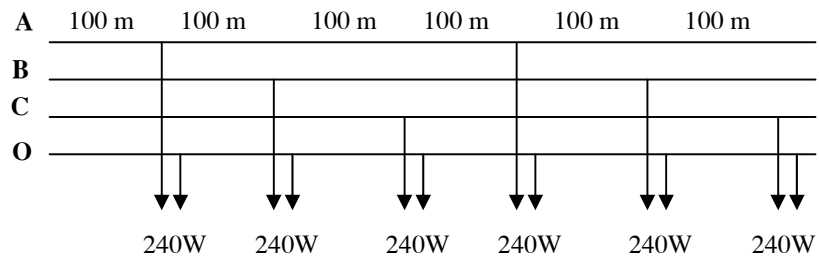
$$\Delta U_{OB} = \frac{\sum I_1 l}{\gamma F} + \frac{\sum [I_1 - 0,5(I_2 + I_3)] l_k}{\gamma F_K} = \frac{21 \cdot 150 + 6 \cdot 150 + 6 \cdot 200 + 6 \cdot 200 + 6 \cdot 50}{31,7.25} + \frac{21 - 0,5(15 + 12) \cdot 150 + 6 - 0,5(15 + 12) \cdot 150 + 6 - 0,5(6 + 12) \cdot 200 + (6 - 0,5 \cdot 3) \cdot 200 + 6 \cdot 50}{31,7.25} = 9,2 \text{ (V) hay } 4,1 \%$$

$$\Delta U_{0C} = \frac{\sum I_1 l}{\gamma F} + \frac{\sum [I_1 - 0,5(I_2 + I_3)] l_K}{\gamma F_K} = \frac{12.150 + 12.150 + 12.200 + 9.50 + 3.200 + 3.100}{31,7.25} + \frac{12 - 0,5(21 + 15).150 + 12 - 0,5(6 + 15)150 + 12 - 0,5(6 + 6)200}{31,7.25} + \frac{(9 - 0,5.6).50 + (3 - 0,5.6)200 + 3.100}{31,7.25} = 11 \text{ (V) hay } 4,5\%.$$

Như vậy tổn thất điện áp lớn nhất tại pha C là $\Delta U_{0C} = 4,5\%$.

Ví dụ 6

Xác định tổn thất điện áp trong các pha của mạng chiếu sáng đường phố như hình 4-20. Các dụng cụ thấp sáng có công suất là 240W, $\cos\phi = 1$ đầu cách đều nhau 100 m. Đường dây sử dụng dây đồng, các dây pha có tiết diện là 10 mm^2 và dây trung tính có tiết diện 6 mm^2 . Điện áp định mức của mạng là 220/127V.



Giải.

Sử dụng biểu thức tính hao tổn điện áp trong mạng hình sao theo tiết diện và điện áp pha:

$$\Delta U_{0A} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i} + \sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i} \right)$$

$$\Delta U_{0B} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i} + \sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i} \right)$$

$$\Delta U_{0C} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i}}{\gamma U_{\phi dm}} \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{F_K} \right) - \frac{1}{2\gamma F_K U_{\phi dm}} \left(\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i} + \sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i} \right)$$

Tính mô men phụ tải của các pha:

$$\sum_{i=1}^n p_{1i} L_{1i} = 240.100 + 240.400 = 120.000 \text{ Wm}$$

$$\sum_{i=1}^n p_{2i} L_{2i} = 240.200 + 240.500 = 168.000 \text{ Wm}$$

$$\sum_{i=1}^n p_{3i} L_{3i} = 240.300 + 240.600 = 216.000 \text{ Wm}$$

Thay số ta có

$$\Delta U_{0A} = \frac{120.000}{53.127} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) - \frac{1}{2.53.6.127} (168.000 + 216.000) = 0,89 \text{ V}$$

$$\Delta U_{0B} = \frac{168.000}{53.127} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) - \frac{1}{2.53.6.127} (120.000 + 216.000) = 2,8 \text{ V}$$

$$\Delta U_{0C} = \frac{216.000}{53.127} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6} \right) - \frac{1}{2.53.6.127} (120.000 + 168.000) = 5 \text{ V}$$

Vậy Hao tổn điện áp của pha C là lớn nhất, đó chính là hao tổn điện áp của mạng:

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{0C} = 5 \text{ V} \quad \text{và} \quad \Delta U_{\max} \% = 3,94 \%$$

CHƯƠNG 5 MẠNG ĐIỆN KÍN

§ 5-1. PHÂN BỐ CÔNG SUẤT TRONG MẠNG ĐIỆN KÍN

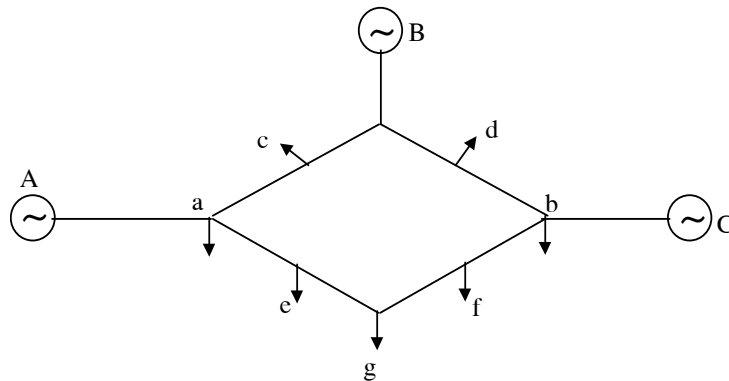
1. Khái niệm chung về mạng điện kín

Trong mạng điện hở các thụ điện được cung cấp điện năng từ một phía. Do đó khi đoạn đầu đường dây bị sự cố thì các thụ điện phía sau bị cắt điện. Để khắc phục nhược điểm này người ta dùng đường dây mà trong đó mỗi phụ tải được cung cấp ít nhất từ 2 phía, đó là mạng điện kín. Mạng điện kín là mạng điện mà các phụ tải được nhận điện từ 2 hay nhiều nguồn cung cấp.

Mạng điện kín đơn giản nhất gồm 2 đường dây làm việc song song cung cấp cho một phụ tải. Cả 2 đường dây có thể đi trên 2 hàng cột riêng hoặc trên cùng một cột. Mạng điện kín nhưng nhận điện từ một nguồn cung cấp gọi là mạng điện kín hình vòng.

Tại các điểm có số đường dây lớn hơn hay bằng 3 ($n \geq 3$) gọi là điểm nút của mạng điện. Mạng điện kín có các điểm nút gọi là mạng điện kín phức tạp (hình 5-1)

Hình 5-1.
Mạng điện kín phức tạp
A, B, C - là nguồn cung cấp;
a, b - là các điểm nút;
c, d, e, f, g... - là các phụ tải.



Việc tính toán mạng điện kín tương đối phức tạp vì công suất truyền tải trên các đoạn đường dây phụ thuộc vào điện trở, điện kháng của các đoạn đường dây và trị số của phụ tải tại các điểm nút. Do đó người ta phải có phương pháp riêng để tính toán mạng kín, trước tiên phải xác định được các trị số dòng cung cấp đi ra từ các nguồn.

Ưu điểm chính của mạng điện kín là:

- Bảo đảm cung cấp điện thường xuyên liên tục cho các phụ tải. Các thụ điện loại I thường được cung cấp bằng mạng điện kín. Mỗi hộ tiêu thụ có thể nhận điện từ 2 hay nhiều nguồn cung cấp.

- Chi phí vận hành tương đối thấp: tổn thất công suất thấp hơn mạng điện hở, tổn thất điện áp cũng nhỏ.

- Tính linh hoạt cao: mạng điện kín thích ứng tốt và kịp thời với các trạng thái làm việc khác nhau của mạng điện. Khi phụ tải thay đổi đột ngột thì điện áp đặt vào các phụ tải ít biến đổi hơn.

Nhược điểm của mạng điện kín:

- Vận hành mạng điện phức tạp, yêu cầu chặt chẽ hơn.
- Bảo vệ rơ le khi sự cố phức tạp hơn. Thường dùng bảo vệ có hướng hoặc bảo vệ khoảng cách.

- Khi sự cố đứt một nhánh đầu nguồn thì mạng điện kín trở thành mạng điện hở. Tổn thất công suất và điện áp đều có thể vượt qua giá trị cho phép.

Dưới đây trình bày phương pháp tính toán phân bố công suất trong mạng điện kín.

2. Sự phân bố công suất trong mạng điện kín

Sự phân bố công suất truyền tải trong mạng điện kín không những phụ thuộc vào tiết diện, chiều dài của các đoạn mà còn phụ thuộc vào độ lớn và vị trí của các phụ tải trong mạng điện. Do đó để tính toán mạng điện kín người ta phải dùng phương pháp gần đúng liên tiếp. Phương pháp này cho kết quả đủ chính xác với yêu cầu thực tế. Muốn tìm sự phân bố công suất trong mạng điện kín trước hết giả thiết điện áp ở mọi điểm lấy bằng U_{dm} và bỏ qua tổn thất công suất trên các đoạn đường dây. Sau khi biết được công suất truyền tải trên các đoạn thì chuyển sang bước tiếp theo là tính chính xác hơn công suất và điện áp tại các nút của mạng điện.

Để đơn giản sơ đồ tính toán người ta đưa vào khái niệm phụ tải tính toán và công suất tính toán của nhà máy điện.

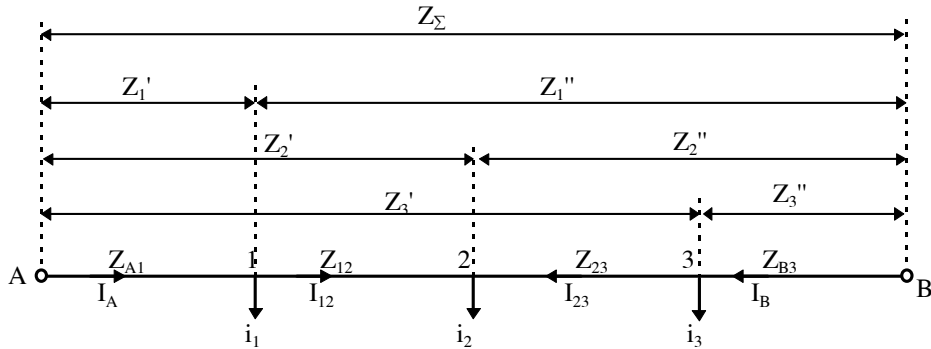
Phụ tải tính toán là những đại lượng quy ước bao gồm phụ tải thực, tổn thất công suất trong máy biến áp và công suất phản kháng do các nửa đường dây đóng vào trạm điện sinh ra.

Công suất tính toán của nhà máy điện là công suất thực tế mà nguồn phát có thể cung cấp cho mạng điện. Nó bằng công suất phát ra của máy phát, trừ đi công suất tự dùng, tổn hao công suất trong máy tăng áp cộng với công suất phản kháng do các nửa đường dây đấu vào trạm tăng áp sinh ra.

Khi đó sơ đồ thay thế của mạng điện kín rất đơn giản. Trong sơ đồ tính toán chỉ cần quan tâm đến điện trở r và điện kháng x của từng đoạn đường dây.

Sau đây sẽ tìm phân bố công suất trên mạng điện kín đơn giản nhất có 2 đầu cung cấp điện là A và B với điện áp 2 nguồn khác nhau (hình 5-2).

Giả sử chiều quy ước của các dòng điện như hình vẽ. Ta nhận thấy phụ tải i_2 nhận năng lượng từ 2 phía. Viết biểu thức điện áp rơi cho phụ tải này đối với cả 2 nguồn A và B:



Hình 5-2. Mạng điện kín hai nguồn cung cấp

I_A, I_{12}, I_{23}, I_B - là các dòng điện truyền tải;
 i_1, i_2, i_3 - là các dòng điện phụ tải;
 Z_1, Z_2, Z_3 - là tổng trở từ phụ tải 1, 2, 3 đến nguồn A;
 Z_1', Z_2', Z_3' - là tổng trở từ phụ tải 1, 2, 3 đến nguồn B;
 Z_Σ - là tổng trở của đường dây.

Phương trình cân bằng điện áp là:

$$U_A - U_2 = \sqrt{3}(I_A Z_{A1} + I_{12} Z_{12}) \quad (5-1)$$

$$U_B - U_2 = \sqrt{3}(I_B Z_{B3} + I_{23} Z_{23}) \quad (5-2)$$

Giả thiết $U_A > U_B$, lấy hiệu số của (5-1) và (5-2) ta được:

$$U_A - U_B = \sqrt{3}(I_A Z_{A1} + I_{12} Z_{12} - I_B Z_{B3} - I_{23} Z_{23}) \quad (5-3)$$

Theo định luật Kirchoff 1, với mạng điện cho trên hình (5-2) ta có:

$$\begin{aligned} I_{12} &= I_A - i_1; \quad I_B = i_3 - I_{23}; \quad I_{23} = I_A - i_1 - i_2; \\ I_B &= i_1 + i_2 + i_3 - I_A; \quad i_{23} = i_1 - I_{12} = i_2 + i_1 - I_A. \end{aligned} \quad (5-4)$$

Thay (5-4) vào (5-3) được:

$$\begin{aligned} U_A - U_B &= \sqrt{3}(I_A Z_{A1} + I_A Z_{12} - i_1 Z_{12} - i_1 Z_{B3} - i_2 Z_{3B} - i_3 Z_{B3} + I_A Z_{B3} - I_2 Z_{B3} - i_1 Z_{B3} - I_A Z_{B3}) \\ &= \sqrt{3}[I_A (Z_{A1} + Z_{12} + Z_{23} + Z_{B3}) - i_1 (Z_{12} + Z_{23} + Z_{B3}) - i_2 (Z_{23} + Z_{B3}) - i_3 Z_{B3}]. \end{aligned}$$

Đặt $Z_\Sigma = Z_{A1} + Z_{12} + Z_{23} + Z_{B3}$; $Z_1'' = Z_{12} + Z_{23} + Z_{B3}$; $Z_2'' = Z_{23} + Z_{B3}$; $Z_3'' = Z_{B3}$; Rút ra:

$$I_A = \frac{i_1 Z_1'' + i_2 Z_2'' + i_3 Z_3''}{Z_\Sigma} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3} Z_\Sigma} \quad (5-5)$$

Trường hợp tổng quát, nếu mạng điện kín hai nguồn cung cấp có n phụ tải: i_1, i_2, \dots, i_n , thì:

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^n i_i Z_i''}{Z_\Sigma} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_\Sigma} \quad (5-6)$$

Tương tự như vậy, ta có thể xác định được dòng điện đi từ nguồn B:

$$I_B = \frac{\sum_{i=1}^n i_i Z_i'}{Z_\Sigma} + \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_\Sigma} \quad (5-7)$$

Từ (5-6) và (5-7) ta thấy rằng dòng điện đi từ nguồn A hoặc nguồn B có hai thành phần:

- Thành phần dòng điện phụ tải là chủ yếu, (I_A, I_B), phụ thuộc vào các phụ tải và tổng trở của mạng:

$$I_{Apt} = \frac{\sum_{i=1}^n i_i Z_i''}{Z_\Sigma}; \quad I_{Bpt} = \frac{\sum_{i=1}^n i_i Z_i'}{Z_\Sigma} \quad (5-8)$$

- Thành phần dòng điện cân bằng (I_{AB} hoặc I_{BA}) phụ thuộc vào sự chênh lệch điện áp giữa 2 nguồn cung cấp và tổng trở của mạng điện mà không phụ thuộc vào phụ tải:

$$I_{AB} = \frac{U_A - U_B}{\sqrt{3}Z_\Sigma} = -I_{BA}; \quad \text{Công suất } S_{AB} = \sqrt{3}UI_{AB} \quad (5-9)$$

Ta cũng có thể tìm được dòng điện I_B và các dòng điện truyền tải còn lại khi biết I_A :

$$I_B = I_A - \sum i_i \quad (5-10)$$

Khi phụ tải cho bằng công suất s_1, s_2, \dots, s_n , nhân cả hai vế của (5-6) với $\sqrt{3}U_{dm}$ thì công suất truyền tải là:

$$S_A = \frac{\sum_{i=1}^n s_i Z_i''}{Z_\Sigma} + \frac{(U_A - U_B)U_{dm}}{\sqrt{3}Z_\Sigma} \quad (5-11)$$

Nếu điện áp hai nguồn bằng nhau về trị số và trùng pha ($\dot{U}_A = \dot{U}_B$) thì $I_{AB} = 0$, ta có:

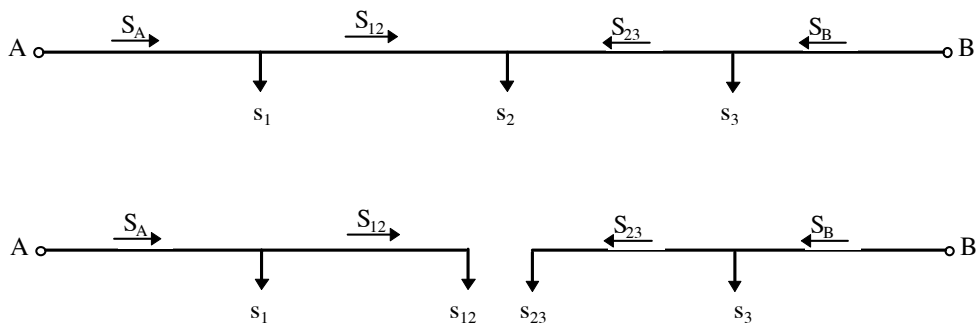
$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^n i_i Z_i''}{Z_\Sigma}; \quad S_A = \frac{\sum_{i=1}^n s_i Z_i''}{Z_\Sigma} \quad (5-12)$$

Nhận xét: trong mạng điện kín hai nguồn cung cấp, công suất (hay dòng điện) đi ra từ một nguồn tỷ lệ với tổng các tích công suất phụ tải với tổng trở phụ tải tương ứng đến nguồn kia.

Chiều của công suất (hay dòng điện) là đúng với giả thiết nếu tính được các giá trị công suất (hay dòng điện) là dương. Nếu giá trị công suất (hay dòng điện) có dấu âm thì chiều ngược lại với chiều giả thiết ban đầu.

Sau khi xác định được chiều và trị số của công suất, ta thấy có một điểm mà tại đó phụ tải nhận công suất từ hai phía gọi là điểm phân công suất (hay điểm phân dòng điện). Vì phụ tải gồm có công suất tác dụng và phản kháng nên điểm phân công suất có thể là duy nhất một điểm, cũng có thể riêng rẽ hai điểm. Nếu có hai điểm phân công suất, điểm phân công suất tác dụng (ký hiệu là \blacktriangledown) và điểm phân công suất phản kháng (ký hiệu là ∇). Trường hợp chỉ có một điểm phân công suất thì trên sơ đồ chỉ có một ký hiệu duy nhất tại điểm phân công suất chung đó, người ta có ký hiệu giống như điểm phân công suất tác dụng (ký hiệu là \blacktriangledown).

Căn cứ vào dòng điện, công suất và điện áp các nguồn, người ta tiến hành xác định các thông số chế độ của mạng kín. để thuận tiện cho việc tính toán, khi biết điểm phân công suất hay dòng điện, ta có thể tách mạng điện kín thành hai mạng điện hở tại điểm phân công suất (hình 5-3)



Hình 5-3. Tách mạng điện kín thành 2 mạng điện hở tại điểm phân công suất

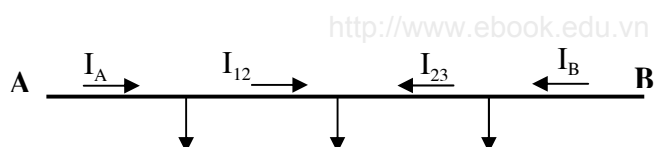
Công suất ở phụ tải cuối cùng của mạng vừa tách ra lấy bằng công suất truyền tải trên các đoạn đường dây đó. Ví dụ: $s_{12} = S_{12}$, $s_{23} = S_{23}$. Đồng thời tổng công suất phụ tải tại điểm cuối của hai mạng hở phải bằng công suất phụ tải tại điểm phân công suất của mạng điện kín, ví dụ: $s_{12} + s_{23} = s_2$.

Trường hợp mạng điện kín có hai điểm phân công suất, ta có thể tách mạng kín tại điểm phân công suất tác dụng.

Trong mạng điện có điện áp cao ($U_{dm} \geq 220$ kV) khi tính toán, người ta phải tính với điện áp các điểm nút và công suất truyền tải có kể đến hao tổn công suất trên các đoạn đường dây.

Sau khi tách mạng điện kín thành 2 mạng điện hở, quá trình tính toán mỗi mạng được tiến hành giống như mạng điện hở.

Trường hợp mạng điện kín có điện áp 2 nguồn khác nhau, người ta có thể xác định sự phân bố dòng hay công suất bằng cách xếp chồng hai chế độ: dòng điện phụ tải và dòng điện cân



bằng trên từng đoạn. Chú ý là, dòng điện cân bằng có chiều đi từ nguồn có điện áp cao sang nguồn có điện áp thấp hơn.

Xét mạng điện như hình vẽ (hình 5-3b)

Chế độ 1: Khi điện áp $U_A = U_B$ và đường dây có phụ tải bằng phụ tải thực của mạng.

Chế độ 2: Khi điện áp $U_A \neq U_B$ không có phụ tải, chỉ có dòng cân bằng đi qua từ nguồn có điện áp cao đến nguồn điện áp thấp hơn, dòng này không phụ thuộc vào tải của đường dây.

Sau khi tìm được các dòng điện truyền tải trong hai chế độ, theo chiều của dòng điện ta tiến hành xếp chồng dòng điện trên từng đoạn để tìm được sự phân bố dòng điện trong mạng thực ban đầu.

Ví dụ: theo chiều dòng điện như trên hình (5-2) thì:

$$I_A = I_{Apt} + I_{AB}; I_{12} = I_{12pt} + I_{AB}; I_{23} = I_{23pt} - I_{AB}; I_B = I_{Bpt} - I_{AB}.$$

§ 5-2. CÁC TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT CỦA MẠNG ĐIỆN KÍN

Ta xét các trường hợp đặc biệt của mạng điện kín hai nguồn cung cấp có điện áp bằng nhau. Nếu điện áp hai nguồn khác nhau thì sự phân bố công suất (hay dòng điện) được xếp chồng thêm công suất cân bằng.

1. Đường dây chỉ có phụ tải tác dụng

Khi thành phần phụ tải phản kháng bằng không ($i_p = 0$) còn thành phần phụ tải tác dụng $i_a = i$ thì phân bố dòng điện là:

$$I_A = I_{aA} + jI_{pA} = \frac{\sum i_i (r_i'' + jx_i'')}{r_\Sigma + jx_\Sigma} = \frac{(r_\Sigma - jx_\Sigma) \sum i_i (r_i'' + jx_i'')}{r_\Sigma^2 + x_\Sigma^2} \quad (5-13)$$

trong đó:

r'' , x'' - là điện trở tác dụng và phản kháng từ phụ tải thứ i đến nguồn B;

r_Σ , x_Σ - là tổng điện trở tác dụng và phản kháng của cả đường dây .

Ta thấy rằng, mặc dù đường dây chỉ có phụ tải tác dụng nhưng dòng điện truyền tải trên các đoạn vẫn có hai thành phần tác dụng và phản kháng vì sự có mặt của điện trở cảm kháng trên đường dây.

Trường hợp này được áp dụng cho các mạng truyền tải hoặc mạng kín điện áp thấp khi phụ tải có hệ số công suất cao ($\cos\varphi \approx 1$).

2. Mạng điện kín chỉ kể đến điện trở tác dụng ($x = 0$)

Những mạng điện có tiết diện nhỏ, điện áp thấp hoặc mạng cáp có điện áp dưới 10 kV, khi đó $r \gg x$, thì coi $x = 0$, ta có:

$$I_A = I_{aA} + jI_{pA} = \frac{\sum (i_{ai} + j i_{pi}) r_i''}{r_\Sigma} = \frac{\sum i_{ai} r_i''}{r_\Sigma} + \frac{j \sum i_{pi} r_i''}{r_\Sigma} \quad (5-14)$$

Khi phụ tải cho bằng công suất:

$$S_A = P_A + jQ_A = \frac{\sum p_i r_i''}{r_\Sigma} + \frac{j \sum q_i r_i''}{r_\Sigma} \quad (5-15)$$

Sự phân bố công suất tác dụng và phản kháng không phụ thuộc vào nhau mà chỉ phụ thuộc vào tổng trở của mạng điện và có thể tính theo 2 phần riêng rẽ. Trước tiên xác định sự phân bố công suất tác dụng sau đó xác định tiếp công suất phản kháng.

3. Mạng điện đồng nhất

Mạng điện đồng nhất là mạng điện có tỷ số giữa điện trở phản kháng và điện trở tác dụng trên các đoạn giống nhau ($x_0 / r_0 = \text{const}$), ta có:

$$I_A = \frac{\sum i_i Z_i''}{Z_\Sigma} = \frac{\sum i_i (r_i'' + jx_i'')}{r_\Sigma + jx_\Sigma} = \frac{\sum i_i (1 + \frac{x_i''}{r_i''}) r_i''}{(1 + \frac{x_\Sigma}{r_\Sigma}) r_\Sigma}$$

$$I_A = \frac{\sum i_{ai} r_i''}{r_\Sigma} + j \frac{\sum i_{pi} r_i''}{r_\Sigma} \quad (5-16)$$

Viết dưới dạng công suất:

$$S_A = P_A + jQ_A = \frac{\sum (p_i + j q_i) r_i''}{r_\Sigma} = \frac{\sum p_i r_i''}{r_\Sigma} + \frac{j \sum q_i r_i''}{r_\Sigma} \quad (5-17)$$

Đối với mạng điện đồng nhất sự phân bố công suất tác dụng và phản kháng không phụ thuộc vào nhau và chỉ phụ thuộc vào tổng trở của mạng điện.

Chú ý là mạng điện đồng nhất không nhất thiết phải có tiết diện như nhau ở các đoạn. Nếu tiết diện khác nhau nhưng bố trí sao cho $(r_0 / x_0) = \text{const}$ thì vẫn có mạng điện đồng nhất. Ngược lại một mạng điện có tiết diện dây dẫn như nhau trên các đoạn chưa thể coi là mạng điện đồng nhất vì còn phụ thuộc vào điện trở phản kháng.

Nếu mạng điện đồng nhất mà tất cả các đoạn cùng tiết diện ($r_0 = \text{const}$) thì phân bố công suất chỉ phụ thuộc vào chiều dài đường dây:

$$I_A = \frac{\sum i_i (r_0 + jx_0) l_i''}{(r_0 + jx_0) l_\Sigma} = \frac{\sum i_{ai} l_i''}{l_\Sigma} + j \frac{\sum i_{pi} l_i''}{l_\Sigma} \quad (5-18)$$

Khi phụ tải cho bằng công suất:

$$S_A = P_A + jQ_A = \frac{\sum p_i l_i''}{l_\Sigma} + j \frac{\sum q_i l_i''}{l_\Sigma} \quad (5-19)$$

trong đó:

l_i'' - là chiều dài từ phụ tải thứ i đến nguồn B;

l_Σ - là chiều dài toàn bộ đường dây;

i_{ai}, i_{pi} - là thành phần dòng điện tác dụng và phản kháng trên đoạn thứ i ;

r_0, x_0 - là điện trở tác dụng và phản kháng trên 1 km đường dây;

p_i, q_i - là thành phần công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải thứ i .

Khi toàn bộ phụ tải của đường dây đồng nhất có cùng hệ số công suất thì ta chỉ cần xác định sự phân bố công suất tác dụng hoặc công suất toàn phần là đủ. Vì biết $\cos\varphi$ và công suất toàn phần ta có thể suy ra công suất tác dụng và phản kháng. Với những mạng điện có tiết diện không đều trong một phạm vi nhất định ta cũng có thể biến thành mạng điện đồng nhất bằng phương pháp nhân tạo.

§ 5-3. TỔN THẤT ĐIỆN ÁP VÀ TIẾT DIỆN DÂY DẪN TRONG MẠNG ĐIỆN KÍN

1. Tổn thất điện áp trong mạng điện kín

Đối với mạng điện kín tổn thất điện áp cần được xác định cả khi vận hành bình thường và khi sự cố.

Tổn thất điện áp trên một đoạn nào đó của mạng điện kín được xác định theo công thức:

$$\Delta U = \frac{Pr + Qx}{U_{dm}}$$

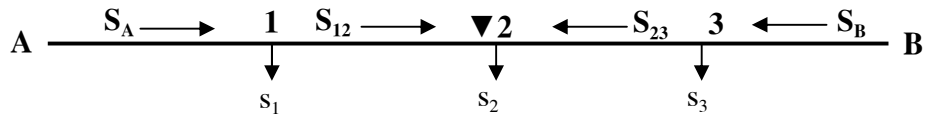
Khi tính toán gần đúng, bỏ qua tổn thất công suất trên đường dây thì điện áp có thể lấy bằng U_{dm} . Nếu cần phải tính toán chính xác hoặc khi tính cho mạng truyền tải thì công suất được tính tương ứng với điện áp ở các điểm nút.

Giả sử có một mạng điện kín cung cấp cho các phụ tải như hình 5-4. Điểm 2 là điểm phân công suất, tại đó có điện áp thấp nhất, hao tổn điện áp trong mạng chính là tổng hao tổn từ nguồn đến điểm có điện áp thấp nhất.

Nếu $U_A = U_B$ thì tổn thất điện áp lớn nhất có giá trị là:

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{A2} = \Delta U_{B2}$$

$$\Delta U_{\max} = \frac{P_A r_{A1} + Q_A x_{A1} + P_{12} r_{12} + Q_{12} x_{12}}{U_{dm}} = \frac{P_B r_{B3} + Q_B x_{B3} + P_{32} r_{32} + Q_{32} x_{32}}{U_{dm}}$$

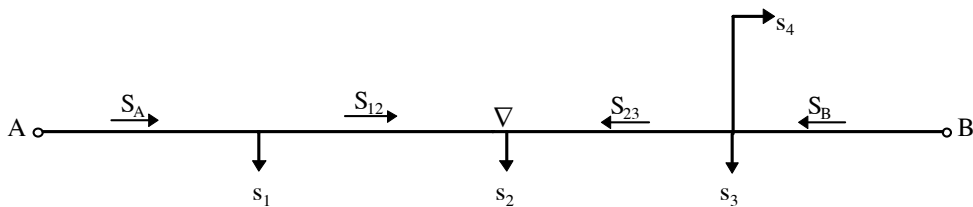


Hình 5-4. Mạng điện kín để tính tổn thất điện áp

Nếu $U_A \neq U_B$ thì tổn thất điện áp từ A đến điểm 2 và từ B đến điểm 2 sẽ không bằng nhau. Hiệu số giữa 2 giá trị đó đúng bằng sự chênh lệch điện áp giữa 2 nguồn A và B.

Trường hợp điểm phân công suất tác dụng khác phản kháng thì phải tính cả 2 thành phần tổn thất điện áp đến 2 điểm đó rồi so sánh với nhau mới có thể xác định được điểm nào có điện áp thấp nhất.

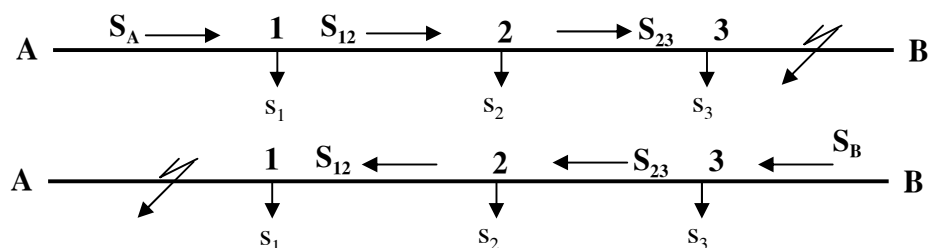
Nếu mạng điện kín có đường dây phân nhánh như hình 5-5, ta chưa thể kết luận được ngay điểm phân công suất (điểm 2) là điểm có điện áp thấp nhất mà phải tính toán được tổn thất điện áp từ nguồn A tới điểm 2 và từ nguồn B đến điểm 4 rồi so sánh 2 giá trị đó tìm ra ΔU_{\max} .



Hình 5-5. Mạng điện kín có đường dây phân nhánh

Trong mạng điện kín ngoài việc tính ΔU_{\max} lúc vận hành bình thường còn phải tính hao tổn điện áp khi sự cố $\Delta U_{\max SC}$. Sự cố thường xét là ngắn mạch hoặc đứt dây, khi đó các thiết bị bảo vệ sẽ cắt đoạn dây sự cố ra khỏi lưới, mạng điện kín trở thành mạng hở và phụ tải chỉ còn một nguồn cung cấp. Khi tính toán, người ta gây sự cố cho các đoạn đường dây cung cấp từ một nguồn (ví dụ đoạn B-3 trên hình 5-4), toàn bộ các phụ tải của mạng được cấp từ nguồn còn lại (nguồn A), khi đó hao tổn điện áp của mạng là ΔU_{A3} . Để tính hao tổn điện áp khi sự cố, ta phải gây sự cố cho mạng trong cả hai trường hợp: khi mất nguồn A và mất nguồn B, tìm hao tổn ΔU_{A3} và ΔU_{B1} sau đó so sánh chọn giá trị lớn nhất và lấy đó là hao tổn điện áp $\Delta U_{\max SC}$.

$$\Delta U_{\max SC} = \max (\Delta U_{A3}, \Delta U_{B1})$$



Khi sự cố, cần kiểm tra cho các đoạn đầu đường dây mạng hở (A-1 và B-3 là đoạn có dòng truyền tải lớn nhất) xem dòng truyền tải có vượt quá dòng cho phép theo điều kiện đối nóng hay không.

2. Xác định tiết diện dây dẫn trong mạng điện kín

Việc lựa chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện kín không thể tính trực tiếp giống như mạng hở. Ta gặp khó khăn do khi chưa biết tiết diện dây dẫn, chưa biết tổng trở thì chưa tìm được phân bố công suất; ngược lại khi chưa rõ phân bố công suất thì cũng không thể tính được tiết diện dây dẫn. Vì vậy, muốn tìm tiết diện dây dẫn ta phải dùng phương pháp gần đúng để xác định phân bố công suất, sau đó mới tính tiết diện. Khi chọn tiết diện dây dẫn ta tính cho điều kiện làm việc bình thường của mạng, sau đó kiểm tra trong trường hợp sự cố nghiêm trọng nhất.

Tiết diện dây dẫn có thể chọn theo phương pháp mật độ dòng điện kinh tế đối với mạng điện khu vực và chọn theo tổn thất điện áp cho phép hoặc theo đốt nóng đối với mạng điện địa phương tùy thuộc vào đặc điểm của mạng.

a. Đối với mạng điện khu vực

Sự phân bố công suất trong mạng điện khu vực hoàn toàn có thể dựa vào chiều dài đường dây để tính toán. Nguyên nhân là vì trong mạng điện khu vực công suất truyền tải rất lớn, tiết diện dây dẫn lớn do đó điện trở thường nhỏ. Điện kháng của đường dây cũng thay đổi không nhiều và hệ số cosφ cao nên ta có thể coi là mạng điện đồng nhất cùng tiết diện.

Phân bố công suất trong mạng điện phụ thuộc vào chiều dài, có dạng (5-19):

$$S_A = P_A + jQ_A = \frac{\sum p_i l_i''}{l_\Sigma} + j \frac{\sum q_i l_i''}{l_\Sigma}$$

Từ S_A có thể tìm được công suất truyền tải trên tất cả các đoạn còn lại.

Tiết diện dây dẫn của mạng được tính theo mật độ dòng điện kinh tế (theo tiết diện không đổi hoặc thay đổi). Sau khi chọn xong dây dẫn, kiểm tra dòng điện sự cố trên các đoạn (thường chỉ cần kiểm tra đoạn đầu nguồn) xem có đảm bảo điều kiện phát nóng cho phép hay không :

$$I_{sc} \leq [I]_{cp} \quad (5-20)$$

trong đó:

I_{sc} - là dòng điện khi sự cố nặng nề nhất trên đoạn đầu đường dây;

I_{cp} - là dòng điện lâu dài cho phép của dây dẫn theo điều kiện đốt nóng.

Nếu điều kiện (5-20) không thỏa mãn thì phải tăng tiết diện dây dẫn.

b. Đối với mạng điện địa phương

Trong mạng địa phương, tiết diện dây dẫn được chọn tùy thuộc vào đặc điểm và phân bố phụ tải trên đường dây, ta xét cho cả hai trường hợp là chọn tiết diện dây dẫn không đổi và thay đổi trên chiều dài đường dây:

+ Khi đường dây có phụ tải phân bố đều, gần nhau

Trường hợp này nên chọn phương án tiết diện không đổi trên suốt chiều dài đường dây. Khi đó coi mạng điện là đồng nhất, tiết diện không đổi vì điện kháng x_0 trên đường dây khác nhau không nhiều, sự phân bố công suất chỉ phụ thuộc vào chiều dài đường dây. Sau khi tìm được công suất truyền tải trên tất cả các đoạn ta xác định được điểm phân công suất. Tách mạng điện kín thành 2 mạng điện hở. Trình tự tiến hành tính toán như sau:

- Cho x_0 một giá trị trung bình, tính tổn thất điện áp phản kháng ΔU_p từ nguồn đến điểm phân công suất.

- Xác định tổn thất điện áp tác dụng cho phép: $\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p$.

- Tìm tiết diện dây dẫn:
$$F = \frac{\Sigma Pl}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}}$$

- Chọn tiết diện quy chuẩn, tra bảng tìm r_0 và x_0 , tính hao tổn điện áp thực tế, so sánh với hao tổn điện áp cho phép đáp ứng điều kiện $\Delta U_{tt} \leq \Delta U_{cp}$. Trường hợp không thỏa mãn thì nâng cấp tiết diện lên một cấp và tính lại.

Vì tiết diện dây dẫn không đổi nên tiết diện tính từ phía nguồn A cũng giống như tính tiết diện từ phía nguồn B, ta chọn chung một tiết diện duy nhất.

Kiểm tra tiết diện dây dẫn khi sự cố mất một nguồn cung cấp:

- Giả thiết sự cố đứt dây gần một trong hai nguồn (lần lượt tính cho mất một trong hai nguồn), mạng kín trở thành mạng hở, tính toán với trường hợp sự cố nặng nề nhất.

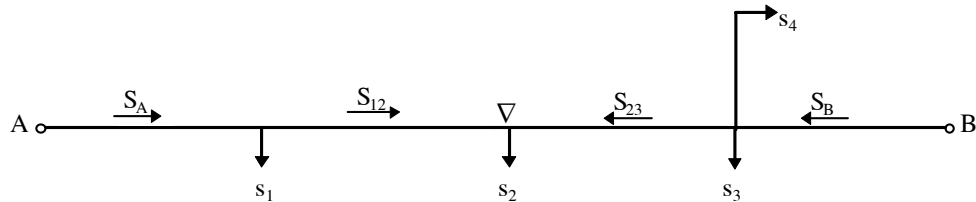
- Tính lại công suất truyền tải trên đường dây mạng hở 1 nguồn cung cấp.

- Xác định tổn thất điện áp thực tế của mạng hở (ΔU_{sc}) khi có 1 nguồn cung cấp.

- So sánh tổn thất điện áp thực tế và tổn thất điện áp cho phép khi sự cố ΔU_{cpSC} .

Thông thường khi sự cố người ta cho phép tăng tổn thất điện áp cho phép lên 5-8 % so với lúc bình thường nghĩa là: $\Delta U_{SC} \leq \Delta U_{cpSC} = \Delta U_{cp} + (5 - 8) \%$.

Nếu mạng điện kín có nhánh rẽ như hình 5-5, thì cách lựa chọn tiết diện như sau:



- Coi phụ tải của nhánh dây 4 tập trung tại điểm rẽ 3.
- Tiết diện dây dẫn của đường dây chính tính như phương pháp nêu trên.
- Tìm hao tổn điện áp thực tế đến điểm rẽ 3 theo tiết diện tiêu chuẩn đã chọn.
- Căn cứ vào hao tổn điện áp cho phép, tìm hao tổn điện áp cho phép còn lại của nhánh rẽ:

$$\Delta U_{cp3-4} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{B3}$$

- Tiết diện dây dẫn của nhánh rẽ chọn theo hao tổn điện áp cho phép còn lại ΔU_{cp3-4} .
- Kiểm tra mạng điện theo điều kiện đốt nóng và theo hao tổn điện áp cho phép khi sự cố.

$$I_{SC} \leq [I]_{cp}; \quad \Delta U_{SC} \leq [\Delta U]_{cpSC}.$$

- Khi một trong 2 điều kiện trên không đảm bảo thì phải tăng tiết diện dây dẫn.

+ Trường hợp đường dây dài và các phụ tải phân bố xa nhau

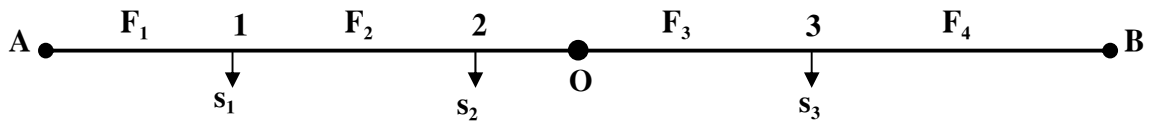
Khi đó mỗi đoạn đường dây nên chọn tiết diện dây dẫn khác nhau để đáp ứng yêu cầu kinh tế, sự phân bố công suất xác định không phụ thuộc vào chiều dài đường dây mà nó phụ thuộc vào tổng trở của dây dẫn. Bài toán trở nên phức tạp do dây dẫn lại là yếu tố cần tìm, để tính được người ta sử dụng phương pháp gần đúng trên cơ sở các giả thiết.

Xét một đoạn đường dây cung cấp cho một phụ tải, tiết diện dây và thể tích kim loại được xác định:

$$F = \frac{Pl}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}}; \quad V = 3Fl = \frac{3Pl^2}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp}}.$$

Ta thấy thể tích kim loại làm dây dẫn tỷ lệ với bình phương chiều dài đường dây. Muốn cho khối lượng kim loại làm dây dẫn ít nhất thì khoảng cách cấp điện từ nguồn đến phụ tải phải là gần nhất.

Xét một mạng điện có sơ đồ như hình vẽ, O là điểm giữa của đường dây.



Muốn cho khoảng cách dẫn điện từ nguồn đến phụ tải là ngắn nhất, nghĩa là lượng kim loại màu chi phí cho đường dây là ít nhất thì:

- Phụ tải 1 và 2 phải do nguồn A cung cấp,
- Phụ tải 3 phải do nguồn B cung cấp.

Trên cơ sở đó, mạng điện kín được chia thành hai mạng hở là A-1-2 và B-3. Tiết diện dây dẫn mỗi phần được chọn theo phương pháp tính của mạng điện hở địa phương. Tùy theo tính chất phụ tải mà có thể chọn dây dẫn theo một trong hai phương pháp. Ví dụ, với mạng điện có thời gian sử dụng thấp $T_{max} = 2000 - 4000$ h, thì chọn tiết diện dây dẫn các đoạn khác nhau theo hao tổn điện áp cho phép và chi phí kim loại cực tiểu. Mạng có thời gian sử dụng cao $T_{max} = 4500 - 6000$ h, thì chọn theo điều kiện hao tổn điện áp và tổn thất điện năng nhỏ nhất (phương pháp $j = const$).

Đoạn ở giữa (đoạn 2-3) bị cắt, thực tế khi vận hành sẽ có dòng điện tương đối nhỏ đi qua. Để chọn tiết diện cho đoạn này, ta so sánh tiết diện của hai đoạn F_2 và F_4 , chọn tiết diện F_3 theo một trong hai tiết diện ứng với đoạn có tiết diện bé hơn.

Sau cùng thử lại xem ở điều kiện làm việc bình thường và sự cố nghiêm trọng nhất dây dẫn có đảm bảo hay không.

§ 5- 4. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI MẠNG ĐIỆN KÍN

Trong quá trình tính toán mạng điện kín, ta sẽ gặp mạng điện kín phức tạp có nhiều điểm nút hoặc nhiều nguồn cung cấp. Việc xác định sự phân bố công suất gặp nhiều khó khăn, người ta phải tìm cách biến đổi mạng điện kín phức tạp trở thành đơn giản. Dưới đây sẽ trình bày một số phương pháp biến đổi mạng điện kín phức tạp về mạng điện kín đơn giản hai nguồn cung cấp. Từ đó dễ dàng tìm được sự phân bố công suất trên các đoạn mạng. Bước tiếp theo, hoàn nguyên trở lại sơ đồ ban đầu để tìm công suất trong mạng điện thực tế đã cho.

1. Phương pháp biến đổi mạng điện đồng quy

Xét mạng điện đồng quy tại điểm B như hình 5-6a. Ta cần biến đổi mạng điện này thành một nhánh đẳng trị duy nhất như hình 5-6b.

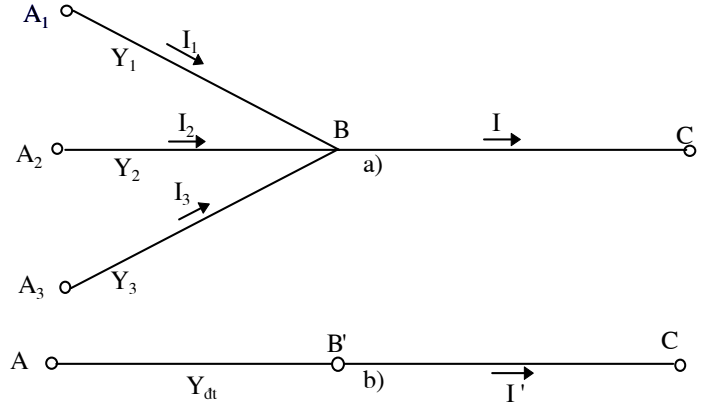
Sau khi thay thế các nhánh đồng quy: A_1, A_2, A_3 thành nhánh đẳng trị, các điều kiện sau đây được bảo toàn:

- Điện áp tại điểm đồng quy không thay đổi $U_B = U_B'$.

- Dòng điện trong mạch chính không thay đổi $I = I'$.

Hình 5-6.
Đẳng trị mạng điện đồng quy

a - là mạng điện đồng quy;
 b - là mạng điện đẳng trị;
 A_1, A_2, A_3 - là nguồn cung cấp;
 A - là nguồn đẳng trị.



Theo điều kiện trên ta có:

$$I_{dt} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (5-21)$$

$$Y_{dt} = Y_1 + Y_2 + Y_3 \quad (5-22)$$

Các dòng điện I_1, I_2, I_3 có thể xác định theo biểu thức:

$$I_1 = (U_{A1} - U_B)Y_1; \quad I_2 = (U_{A2} - U_B)Y_2; \quad I_3 = (U_{A3} - U_B)Y_3; \quad (5-23)$$

$$I_{dt} = (U_{dt} - U_{B'})Y_{dt} = (U_{dt} - U_B)Y_{dt} \quad (5-24)$$

trong đó:

U_{A1}, U_{A2}, U_{A3} - là điện áp pha của các nguồn A_1, A_2, A_3 ;

$U_B, U_{B'}$ - là điện áp tại điểm B và B';

U_{dt} - là điện áp pha của nguồn đẳng trị;

$Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2, Z_3$ - là điện dẫn và điện trở của nhánh A_1, A_2, A_3 ;

Y_{dt}, Z_{dt} - là điện dẫn và điện trở của nhánh đẳng trị.

Thay (5-23), (5-24) vào (5-21) ta được:

$$(U_{dt} - U_B)Y_{dt} = (U_{A1} - U_B)Y_1 + (U_{A2} - U_B)Y_2 + (U_{A3} - U_B)Y_3. \quad (5-25)$$

$$U_{dt} = \frac{U_{A1}Y_1 + U_{A2}Y_2 + U_{A3}Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \quad (5-26)$$

Tổng quát khi có n nhánh:

$$U_{dt} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{Ai}Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i} \quad (5-27)$$

Như vậy khi biến đổi mạng đồng quy thành nhánh đẳng trị, ta cần xác định điện áp của nguồn đẳng trị (U_{dt}) và điện dẫn nhánh đẳng trị (Y_{dt}).

Bài toán ngược lại, khi cần hoàn nguyên sơ đồ để xác định các thông số của mạng thực từ sơ đồ đẳng trị, với các thông số đã biết U_{dt} , I_{dt} và Z_{dt} cần đi xác định thông số cho nhánh đồng quy (thường là các dòng I_1, I_2, I_3) ta viết phương trình cho các nút B và B' rồi cân bằng nhau.

Từ (5-23) ta có:

$$U_B = U_{A1} - I_1 Z_1; \quad U_B = U_{A2} - I_2 Z_2; \quad U_B = U_{A3} - I_3 Z_3 \quad (5-28)$$

$$U_{B'} = U_{dt} - I_{dt} Z_{dt} \quad (5-29)$$

Vì $U_B = U_{B'}$, nên cân bằng lần lượt (5-28) với (5-29) giải ra:

$$I_1 = I_{dt} \frac{Z_{dt}}{Z_1} + \frac{U_{A1} - U_{dt}}{Z_1}; \quad I_2 = I_{dt} \frac{Z_{dt}}{Z_2} + \frac{U_{A2} - U_{dt}}{Z_2}; \quad I_3 = I_{dt} \frac{Z_{dt}}{Z_3} + \frac{U_{A3} - U_{dt}}{Z_3} \quad (5-30)$$

Viết dưới dạng tổng quát:

$$I_i = I_{dt} \frac{Z_{dt}}{Z_i} + \frac{U_{Ai} - U_{dt}}{Z_i} \quad (5-31)$$

Khi phụ tải cho bằng công suất:

$$S_i = S_{dt} \frac{Z_{dt}}{Z_i} + \frac{3U_{dm}(U_{Ai} - U_{dt})}{Z_i} \quad (5-32)$$

Nếu điện áp các nguồn A_1, A_2, \dots, A_i bằng nhau về trị số và trùng pha thì: $U_{Ai} = U_{id}$ ta có:

$$S_i = S_{dt} \frac{Z_{dt}}{Z_i} \quad (5-33)$$

2. Phương pháp dịch chuyển phụ tải

Phương pháp biến đổi mạng điện đồng quy chỉ áp dụng được khi ở giữa các đoạn mạng không có phụ tải. Khi có phụ tải ở giữa thì ta phải dùng phương pháp dịch chuyển phụ tải. Nghĩa là đem phụ tải ở giữa dịch chuyển về hai đầu của đoạn mạng điện đó. Đây là phương pháp bổ trợ thường dùng phục vụ cho các phép biến đổi mạng khác như biến đổi mạng đồng quy, biến đổi sao - tam giác .v.v..

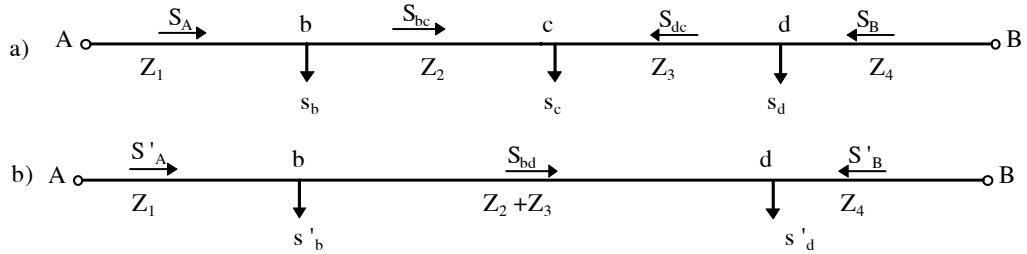
Giả sử có một mạng điện kín như trên hình 5 -7a.

Sơ đồ có các phụ tải s_b, s_c, s_d , tổng trở các đoạn là Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 . Do nhu cầu tính toán ta cần dịch chuyển phụ tải c về 2 điểm b, d. Sau khi dịch chuyển như vậy, phụ tải s_c không còn nữa. Trong sơ đồ mới (hình 5-7b), các phụ tải s_b, s_d được bổ sung thêm và thay thế bằng s_c' và s_d' . Khi dịch chuyển phụ tải các yếu tố sau đây được bảo toàn:

- Công suất (hay dòng điện) trên các đoạn Ab và Bd trước và sau khi dịch chuyển là không đổi:

$$S_A = S_{A'}; \quad S_B = S_{B'}$$

- Tổn thất điện áp trên đoạn bd là không đổi.



Hình 5-7. Dịch chuyển phụ tải
a- mạng điện khi chưa dịch chuyển phụ tải;
b- mạng điện khi đã dịch chuyển phụ tải.

Giả thiết mạng điện đang xét có điện áp 2 đầu bằng nhau và chiều dòng điện quy ước như trên hình vẽ.

Khi chưa dịch chuyển phụ tải thì phân bố công suất là:

$$S_B = \frac{s_b Z_1 + s_c (Z_1 + Z_2) + s_d (Z_1 + Z_2 + Z_3)}{Z_\Sigma} \quad (5-34)$$

Sau khi dịch chuyển phân bố công suất là:

$$S_B' = \frac{s_b' Z_1 + s_d' (Z_1 + Z_2 + Z_3)}{Z_\Sigma} \quad (5-35)$$

Vì $S_B = S_B'$ cân bằng (5-34) , (5-35) ta được:

$$s_b Z_1 + s_c (Z_1 + Z_2) + s_d (Z_1 + Z_2 + Z_3) = s_b' Z_1 + s_d' (Z_1 + Z_2 + Z_3) \quad (5-36)$$

Mặt khác công suất bảo toàn nên:

$$S_A + S_B = S_A' + S_B'; \quad s_b + s_c + s_d = s_b' + s_d' \quad (5-37)$$

Cân bằng giữa (5-36) và (5-37) giải ra:

$$s_b' = s_b + s_c \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} = s_b + s_{bn}; \quad s_d' = s_d + s_c \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} = s_d + s_{dn} \quad (5-38)$$

trong đó: s_{bn} , s_{dn} - là phụ tải của điểm c dịch chuyển về điểm b và d

$$s_{bn} = s_c \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3}; \quad s_{dn} = s_c \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}; \quad (5-39)$$

$$s_{bn} + s_{dn} = s_c \quad (5-40)$$

Nhận xét: theo (5-38) và (5-39) ta thấy, phụ tải nhận dịch chuyển có 2 thành phần: thành phần của phụ tải cũ và thành phần của phụ tải mới dịch chuyển về gọi là phân lượng phụ tải

chuyển dịch. Phụ tải chuyển dịch được tính toán giống như sự phân bố công suất trong mạng điện kín khi ta coi 2 điểm nhận phụ tải chuyển dịch là 2 đầu cung cấp.

Vì sự dịch chuyển của phụ tải không ảnh hưởng đến trị số công suất cân bằng, do đó nó đúng trong cả trường hợp điện áp 2 nguồn khác nhau.

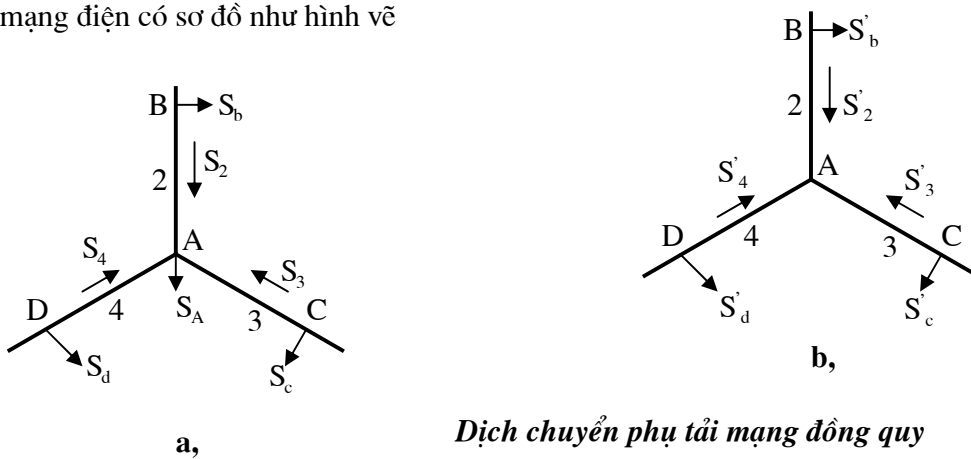
Khi biết S_{bd}' ; s_{bn} và s_{dn} (hình 5-7b) ta có thể hoàn nguyên lại phụ tải theo sơ đồ ban đầu (hình 5-7a):

$$S_{bc} = S_{bd}' + S_{bn}; \quad S_{dc} = s_{dn} - S_{bd}' \quad (5-41)$$

Nếu S_{bc} hoặc S_{dc} tính ra có dấu âm thì chiều của nó ngược lại với chiều chọn ban đầu.

Dịch chuyển phụ tải trên nhánh đồng quy

Xét mạng điện có sơ đồ như hình vẽ



Dịch chuyển phụ tải mạng đồng quy

a- Mạng điện thực

b- Mạng điện sau khi chuyển dịch phụ tải

Ta cần dịch chuyển phụ tải của điểm A về các điểm B, C, D sao cho:

- Điện áp rơi giữa các điểm B, C, D không đổi.
- Dòng điện và công suất ở các phần khác của mạng là không đổi.

Ta đi xác định các phân lượng phụ tải dịch chuyển từ A về các điểm B, C, D, xác định các giá trị công suất truyền tải của mạng sau khi biến đổi là S'_2 , S'_3 , S'_4 .

Xét mạng ban đầu khi chưa biến đổi ta có:

$$U_B - U_C = I_2 Z_2 - I_3 Z_3; \quad U_B - U_D = I_2 Z_2 - I_4 Z_4; \quad U_C - U_D = I_3 Z_3 - I_4 Z_4;$$

Nhân hai vế của biểu thức với 3 U_{dm} ta có

$$3U_{dm} (U_B - U_C) = S_2 Z_2 - S_3 Z_3; \quad 3U_{dm} (U_B - U_D) = S_2 Z_2 - S_4 Z_4; \quad 3U_{dm} (U_C - U_D) = S_3 Z_3 - S_4 Z_4;$$

Trong sơ đồ mạng điện đã biến đổi, hiệu điện áp giữa các đỉnh của hình sao là không đổi, ta có:

$$3U_{dm}(U_B - U_C) = S'_2 Z_2 - S'_3 Z_3; \quad 3U_{dm}(U_B - U_D) = S'_2 Z_2 - S'_4 Z_4; \quad 3U_{dm}(U_C - U_D) = S'_3 Z_3 - S'_4 Z_4;$$

Từ hai biểu thức trên ta có:

$$S_2 Z_2 - S_3 Z_3 = S'_2 Z_2 - S'_3 Z_3; \quad S_2 Z_2 - S_4 Z_4 = S'_2 Z_2 - S'_4 Z_4; \quad S_3 Z_3 - S_4 Z_4 = S'_3 Z_3 - S'_4 Z_4;$$

$$(S_2 - S'_2) Z_2 = (S_3 - S'_3) Z_3; \quad (S_2 - S'_2) Z_2 = (S_4 - S'_4) Z_4; \quad (S_3 - S'_3) Z_3 = (S_4 - S'_4) Z_4;$$

Từ hình vẽ ta thấy: $S_2 - S'_2 = S_{Bn}; \quad S_3 - S'_3 = S_{Cn}; \quad S_4 - S'_4 = S_{Dn}$

Với S_{Bn}, S_{Cn}, S_{Dn} là các phân lượng phụ tải dịch chuyển về các điểm B, C, D

$$S_A = S_{Bn} + S_{Cn} + S_{Dn}$$

$$S'_B = S_B + S_{Bn}; \quad S'_C = S_C + S_{Cn}; \quad S'_D = S_D + S_{Dn};$$

Thay vào ta có:

$$S_{Bn} Z_2 = S_{Cn} Z_3; \quad S_{Bn} Z_2 = S_{Dn} Z_4; \quad S_{Cn} Z_3 = S_{Dn} Z_4;$$

Giải ra ta có

$$S_{Cn} = S_{Bn} \frac{Z_2}{Z_3} = S_{Bn} \frac{Y_3}{Y_2}; \quad S_{Dn} = S_{Bn} \frac{Z_2}{Z_4} = S_{Bn} \frac{Y_4}{Y_2};$$

Vậy: $S_A = S_{Bn} + S_{Cn} + S_{Dn} = S_{Bn} + S_{Bn} \frac{Y_3}{Y_2} + S_{Bn} \frac{Y_4}{Y_2} = S_{Bn} \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4}{Y_2} = S_{Bn} \frac{Y_\Sigma}{Y_2}$

Hay: $S_{Bn} = S_A \frac{Y_2}{Y_\Sigma}; \quad S_{Cn} = S_A \frac{Y_3}{Y_\Sigma}; \quad S_{Dn} = S_A \frac{Y_4}{Y_\Sigma}.$

3. Phương pháp tiết diện và chiều dài quy đổi

Trên một đoạn mạng điện nào đó mà khi tính toán chỉ quan tâm đến điện trở tác dụng và sự phân bố công suất trong mạng với điều kiện hao tổn điện áp đến từng điểm riêng biệt của nó không thay đổi. Ta có thể thay dây dẫn có tiết diện F_1 , chiều dài l_1 và điện trở R_1 bằng dây dẫn có F_2, l_2 và R_2 nhưng đảm bảo $R_2 = R_1$. Khi đó:

$$\frac{l_1}{\gamma F_1} = \frac{l_2}{\gamma F_2} \quad \text{hay} \quad l_2 = l_1 \cdot \frac{F_2}{F_1} \quad (5-42)$$

trong đó:

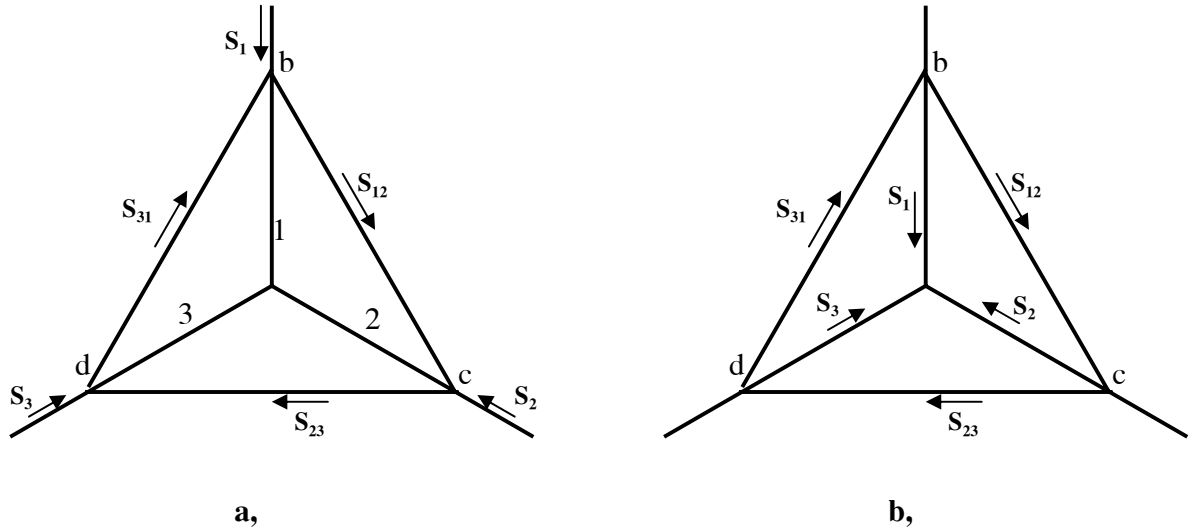
F_1, l_1 - là tiết diện và chiều dài thực của dây dẫn;

F_2, l_2 - là tiết diện và chiều dài quy đổi.

Việc quy đổi chỉ đúng khi dây dẫn làm bằng kim loại màu và cùng một loại vật liệu.

4. Phương pháp biến đổi sao - tam giác và ngược lại

Để biến đổi mạng điện kín ta có thể dùng phương pháp biến đổi sao - tam giác và ngược lại. Gọi các nhánh sao mang chỉ số 1, 2, 3, nhánh tam giác mang chỉ số 12, 23 và 31; các đỉnh của tam giác ký hiệu là 1, 2, 3 như hình 5-8.



Hình 5-8. Biến đổi sao - tam giác và ngược lại

a- biến đổi tam giác sang sao;

b- biến đổi sao sang tam giác.

Sử dụng các phép biến đổi đã trình bày trong Cơ sở Lý thuyết mạch, ta có

Biến đổi từ tam giác sang hình sao ($\Delta \rightarrow Y$)

Tổng trở và công suất chuyển từ tam giác sang sao (hình 5-8a) có giá trị là:

$$Z_1 = \frac{Z_{12}Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad Z_2 = \frac{Z_{12}Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad Z_3 = \frac{Z_{23}Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad (5-43)$$

$$S_1 = S_{12} - S_{31}; \quad S_2 = S_{23} - S_{12}; \quad S_3 = S_{31} - S_{23} \quad (5-44)$$

Biến đổi từ hình sao sang tam giác ($Y \rightarrow \Delta$)

Tổng trở chuyển từ hình sao sang tam giác (hình 5-8b) có giá trị là:

$$Z_{12} = \frac{Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1}{Z_3}; \quad Z_{23} = \frac{Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1}{Z_1};$$

$$Z_{31} = \frac{Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1}{Z_2} \quad (5-45)$$

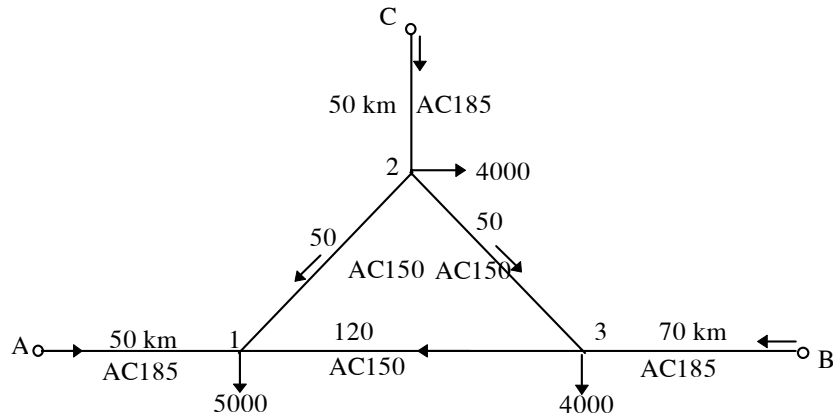
Công suất chạy trên các đoạn là:

$$S_{12} = \frac{S_1Z_1 - S_2Z_2}{Z_{12}}; \quad S_{23} = \frac{S_2Z_2 - S_3Z_3}{Z_{23}}; \quad S_{31} = \frac{S_3Z_3 - S_1Z_1}{Z_{31}}; \quad (5-46)$$

§ 5-5. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN MẠNG ĐIỆN KÍN

Ví dụ 1

Xác định hao tổn điện áp cực đại trên mạng điện 3 nguồn cung cấp (hình 5-10a). Trên hình vẽ phụ tải cho bằng kVA có cùng hệ số $\cos\phi = 0,9$, chiều dài đường dây tính bằng km. Mác và tiết diện dây dẫn ghi trên sơ đồ. Điện áp các nguồn cung cấp trùng pha bằng nhau và bằng 35kV.



Hình 5-10a. Mạng điện kín 3 nguồn cung cấp

Giải.

Trình tự giải bài toán qua các bước sau đây:

- Dùng phương pháp tiết diện và chiều dài quy đổi để đưa về mạng điện đồng nhất cùng một tiết diện dây dẫn và có thể phân bố phụ tải theo chiều dài đường dây.
- Biến đổi từ tam giác sang sao để đưa về các nhánh đồng quy.
- Đẳng trị các nhánh đồng quy, đưa về mạng điện kín 2 nguồn cung cấp.
- Tìm phân bố công suất.
- Hoàn nguyên mạng điện để tìm phân bố công suất trên sơ đồ ban đầu.
- Tìm điểm phân công suất và hao tổn điện áp cực đại.

1- Tiết diện và chiều dài quy đổi

Quy đổi toàn mạng điện về cùng một tiết diện dây dẫn là 150 mm^2 .

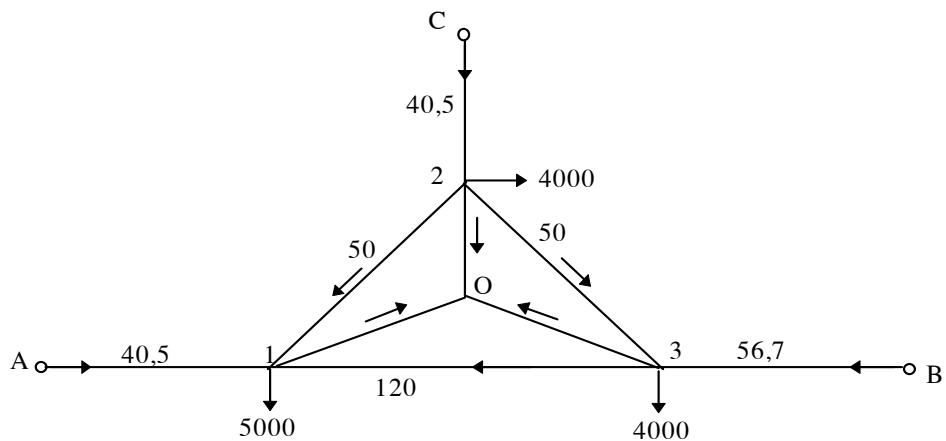
Vì $\gamma_1 = \gamma_2$ nên: $l_1 = l_2 \frac{F_1}{F_2}$.

Ký hiệu tiết diện và chiều dài quy đổi có dấu phẩy (')

$$l'_{A1} = l_{A1} \frac{F'_{A1}}{F_{A1}} = 50 \frac{150}{185} = 40,5(km)$$

$$l'_{C2} = l_{C2} \frac{F'_{C2}}{F_{C2}} = 50 \frac{150}{185} = 40,5(km)$$

$$l'_{B3} = l_{B3} \frac{F'_{B3}}{F_{B3}} = 70 \cdot \frac{150}{185} = 56,7(km)$$



Hình 5-10b. Mạng điện quy đổi về cùng tiết diện

Mạng điện quy đổi về cùng một tiết diện cho trên hình 5-10 b.

2. Biến đổi từ tam giác sang sao

Vì mạng điện có cùng tiết diện dây dẫn cùng hệ số công suất nên có thể thay thế biến đổi điện trở tương đương thành biến đổi tương đương chiều dài từ tam giác: 123 sang sao: 01, 02, 03.

$$l_{01} = \frac{l_{12}l_{13}}{l_{12} + l_{23} + l_{31}} = \frac{50 \cdot 120}{50 + 50 + 120} = 27,3 \text{ (km)}$$

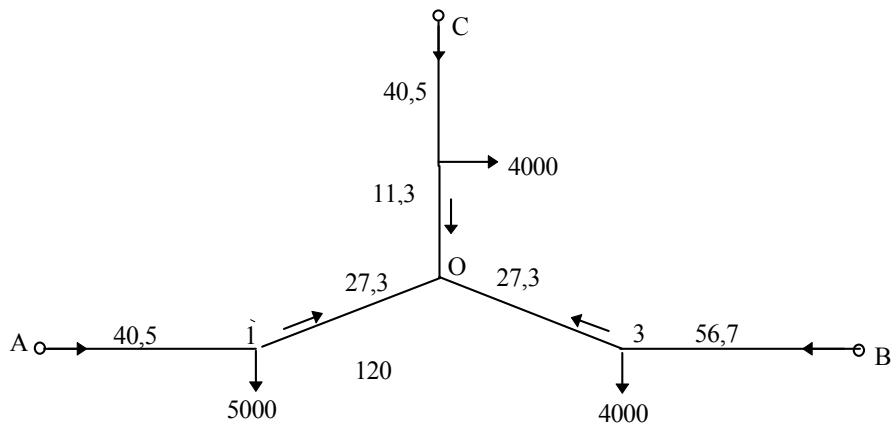
$$l_{02} = \frac{l_{12}l_{23}}{l_{12} + l_{23} + l_{31}} = \frac{50 \cdot 50}{50 + 50 + 120} = 11,36 \text{ (km)}$$

$$l_{03} = \frac{l_{31}l_{23}}{l_{12} + l_{23} + l_{31}} = \frac{120 \cdot 50}{50 + 50 + 120} = 27,3 \text{ (km)}$$

Sơ đồ tương đương vẽ trên hình 5-10c.

3. Dịch chuyển phụ tải

Để có thể biến đổi đồng quy 2 nhánh 0A và 0C ta dịch chuyển phụ tải s_1 về A và 0, phụ tải s_2 về C và 0.



Hình 5-10c. Dịch chuyển phụ tải

$$s_{An} = s_1 \frac{l_{O1}}{l_{A0}} = 5000 \frac{27,3}{40,5 + 27,3} = 2013 \text{ (kVA)}$$

$$s_{On} = s_1 \frac{l_{A1}}{l_{A0}} = 5000 \frac{40,5}{40,5 + 27,3} = 2987 \text{ (kVA)}$$

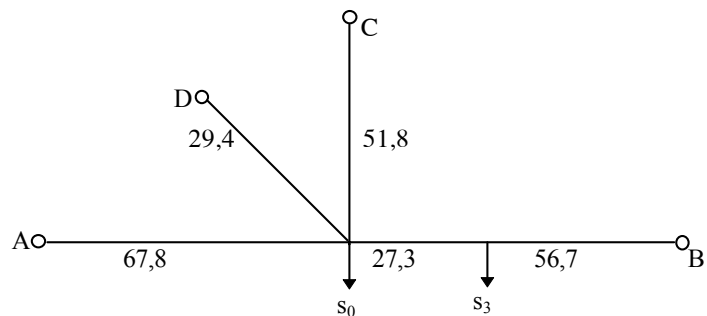
$$s_{Cn} = s_2 \frac{l_{O2}}{l_{C0}} = 4000 \frac{11,3}{40,5 + 11,3} = 873 \text{ (kVA)}$$

$$s'_{On} = s_2 \frac{l_{C2}}{l_{C0}} = 4000 \frac{40,5}{40,5 + 11,3} = 3127 \text{ (kVA)}$$

$$s_0 = s_{0n} + s'_{0n} = 2987 + 3127 = 6114 \text{ (kVA)}.$$

Mạng điện tương đương sau khi dịch chuyển phụ tải có dạng như hình 5-10d.

Hình 5-10d.
Mạng điện tương đương
sau khi dịch chuyển phụ tải



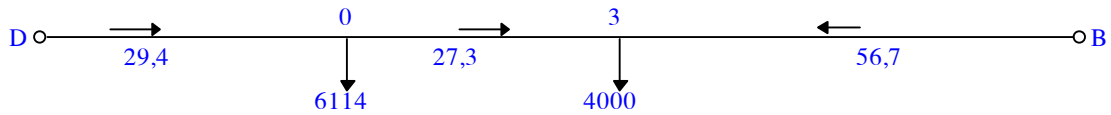
4. Biến đổi 2 nhánh đồng quy A0 và C0 về nhánh tương đương D0

$$l_{D0} = \frac{l_{A0} \cdot l_{C0}}{l_{A0} + l_{C0}} = \frac{67,8 \cdot 51,8}{67,8 + 51,8} = 29,4 \text{ (km)}$$

Cuối cùng nối thẳng ra ta có mạng điện kín 2 nguồn cung cấp như trên hình 5-10e.

5- Tìm sự phân bố công suất trong mạng điện hai nguồn cung cấp (hình 5-10e)

Giả sử chiều công suất như trên hình vẽ.



Hình 5-10 e. Mạng điện 2 nguồn cung cấp

$$S_{D0} = \frac{s_0(l_{03} + l_{B3}) + s_3 l_{B3}}{l_{D0} + l_{03} + l_{B3}} = \frac{6114(27,3 + 56,7) + 4000 \cdot 56,7}{29,4 + 27,3 + 56,7} = 6534 \text{ (kVA)}$$

$$S_{03} = S_{D0} - s_0 = 6534 - 6114 = 420 \text{ (kVA)}$$

$$S_{B3} = s_3 - S_{03} = 4000 - 420 = 3580 \text{ (kVA)}$$

6. Hoàn nguyên mạng điện.

- Công suất truyền tải trên nhánh đồng quy: (hình 5-10d)

$$S_{A0} = S_{D0} \frac{l_{D0}}{l_{A0}} = 6534 \frac{29,4}{67,8} = 2832 \text{ (kVA)}$$

$$S_{C0} = S_{D0} \frac{l_{D0}}{l_{C0}} = 6534 \frac{29,4}{51,8} = 3702 \text{ (kVA)}$$

- Công suất truyền tải trên nhánh hình sao (hình 5-10c).

$$S_{A1} = S_{A0} + s_{An} = 2832 + 2013 = 4845 \text{ (kVA)}$$

$$S_{01} = S_{A0} - s_{0n} = 2832 - 2987 = -155 \text{ (kVA)}$$

Công suất trên đoạn 01 mang dấu âm chứng tỏ của nó ngược chiều với công suất trên đoạn A0.

$$S_{C2} = S_{C0} + s_{Cn} = 3702 + 873 = 4575 \text{ (kVA)}$$

$$S_{02} = S_{C0} - s'_{0n} = 3702 - 3127 = 575 \text{ (kVA)}$$

- Công suất truyền tải trên nhánh tam giác (Hình 5-10a).

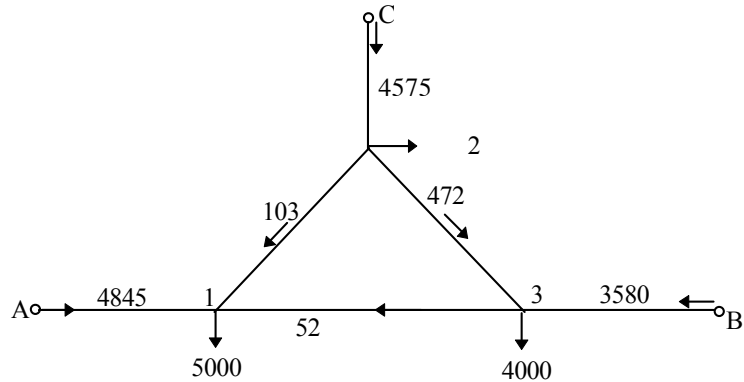
$$S_{12} = \frac{S_{01} l_{01} + S_{02} l_{02}}{l_{12}} = \frac{-155 \cdot 27,3 + 575 \cdot 11,3}{50} = 103 \text{ (kVA)}$$

$$S_{23} = \frac{S_{02} l_{02} + S_{03} l_{03}}{l_{23}} = \frac{575 \cdot 11,3 + 420 \cdot 27,3}{50} = 472 \text{ (kVA)}$$

$$S_{31} = \frac{S_{01}l_{01} + S_{03}l_{03}}{l_{31}} = \frac{-155.27,3 + 420.27,3}{120} = 52 \text{ (kVA)}$$

Công suất không đổi dấu chứng tỏ chiều phù hợp với chiều giả thiết ban đầu. Vậy điểm 1 là điểm phân công suất. Hao tổn điện áp cực đại trên đoạn A1. Mạng điện có sự phân bố công suất như trên hình 5-10f.

Hình 5-10f. Phân bố công suất trên mạng điện kín



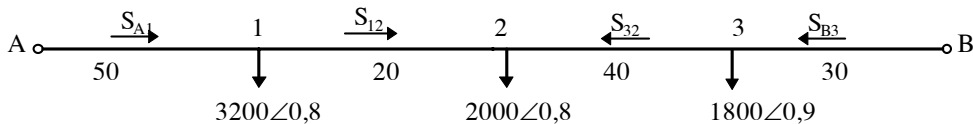
7. Xác định tổn thất công suất cực đại

Với dây dẫn AC185 , ta có: $r_0 = 0,17 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,36 \Omega/\text{km}$.

$$\begin{aligned} \Delta U_{\max} = \Delta U_{A1} &= \frac{P_{A1}r_0l_{A1} + Q_{A1}x_0l_{A1}}{U_{dm}} = \frac{S_{A1} \cos \varphi r_0l_{A1} + S_{A1} \sin \varphi x_0l_{A1}}{U_{dm}} \\ &= \frac{4845.0,9.0,17.50 + 4845.0,44.0,36.50}{35} = 2150 \text{ (V) Hay } 6,1\%. \end{aligned}$$

Ví dụ 2

Xác định tiết diện dây dẫn đường dây trên không 2 nguồn cung cấp bằng thép nhôm. Tiết diện không đổi trên suốt chiều dài đường dây. Điện áp 2 nguồn cung cấp là 35kV (D = 3m), hao tổn điện áp cho phép là 5%, phụ tải cho bằng kVA, chiều dài km, hệ số công suất ghi trên sơ đồ hình 5-11a.



Hình 5-11a. Mạng điện 2 nguồn cung cấp

Giải.

1. Đổi các phụ tải ra dạng phức và tìm công suất truyền tải trên các đoạn

$$s_1 = s_1 \cos \varphi + j s_1 \sin \varphi = 3200 \cdot 0,8 + j 3200 \cdot 0,6 = 2560 + j 1920 \text{ (kVA)}$$

$$s_2 = s_2 \cos \varphi + j s_2 \sin \varphi = 2000 \cdot 0,8 + j 2000 \cdot 0,6 = 1600 + j 1200 \text{ (kVA)}$$

$$s_3 = s_3 \cos \varphi + j s_3 \sin \varphi = 1800 \cdot 0,9 + j 1800 \cdot 0,44 = 1620 + j 748,8 \text{ (kVA)}$$

Giả sử chiều công suất như trên hình vẽ:

$$S_{A1} = \frac{s_1 l_{1B} + s_2 l_{2B} + s_3 l_{3B}}{l_{AB}} = \frac{(2560 + j 1920)90 + (1600 + j 1200)70 + (1620 + j 748,8)30}{140}$$

$$= 2792,8 + j 1994,7 \text{ (kVA)}$$

$$S_{12} = S_{A1} - s_1 = 2792,8 + j 1994,7 - (2560 + j 1920) = 232,8 + j 74,7 \text{ (kVA)}$$

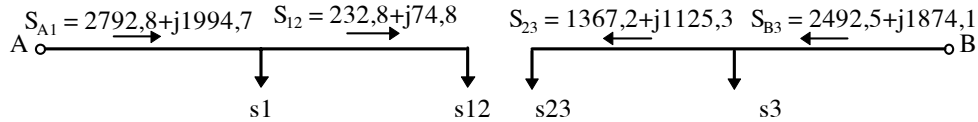
$$S_{32} = s_2 - S_{12} = 1600 + j 1200 - (232,8 + j 74,7) = 1367,2 + j 1125,3 \text{ (kVA)}$$

$$S_{B2} = s_{23} + s_3 = 1367,2 + j 1125,3 + 1620 + j 748,8 = 2492,5 + j 1874,1 \text{ (kVA)}$$

Công suất mang dấu dương và không đổi chiều. Vậy điểm 2 là điểm phân công suất.

2. Tách mạng điện kín thành 2 mạng hở tại điểm A và tìm tiết diện dây dẫn (xem hình 5-11b)

Sơ bộ chọn giá trị $x_0 = 0,38 \text{ } \Omega/\text{km}$.



Hình 5-11b. Tách mạng điện kín tại điểm phân công suất

Xác định tổn thất điện áp phản kháng:

$$\Delta U_{pA2} = \frac{x_0 \Sigma Ql}{U_{dm}} = \frac{0,38(1994,7 \cdot 50 + 74,8 \cdot 20)}{35} = 1099 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_{aA2} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{pA2} = \frac{5}{100} 35 \cdot 10^3 - 1099 = 1750 - 1099 = 651 \text{ (V)}$$

$$F = \frac{\Sigma Pl}{\gamma U_{dm} \Delta U_{aA2}} = \frac{2792,8 \cdot 50 + 232,8 \cdot 20}{31,7 \cdot 35 \cdot 651} 10^3 = 199,7 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Quy chuẩn chọn dây dẫn AC240 có $r_0 = 0,13 \text{ } \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,38 \text{ (}\Omega/\text{km)}$.

Kết quả tính toán cho mạng điện hở B2 giống như tính toán theo mạng điện hở A2.

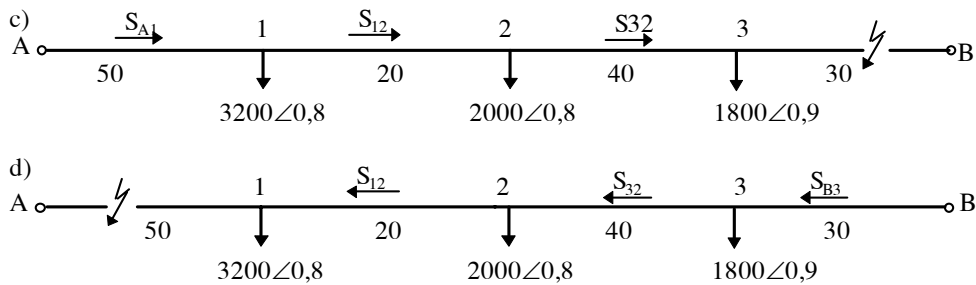
3. Tìm tổn thất điện áp thực tế

$$\Delta U_{uA2} = \frac{r_0 \sum Pl + x_0 \sum Ql}{U_{dm}}$$

$$= \frac{0,13(1992,8.50 + 232,8.20) + 0,38(1994,7.50 + 74,8.20)}{35} = 1672 \text{ (V) hay } 4,7\%.$$

Tổn thất điện áp trong chế độ sự cố.

Giả sử đứt dây trên đoạn B3 như hình 5-11c



Hình 5-11. Mạng điện trong chế độ sự cố

c)- sự cố đứt dây trên đoạn B3;

d)- sự cố đứt dây trên đoạn A2.

Phân bố công suất trên các đoạn là:

$$S_{A1} = s_1 + s_2 + s_3 = 2560 + j1920 + 1600 + j1200 + 1620 + j748,8 = 5780 + j3868,8 \text{ (kVA)}.$$

$$S_{12} = s_2 + s_3 = 1600 + j1200 + 1620 + j748,8 = 3220 + j1948,8 \text{ (kVA)}.$$

$$S_{23} = s_3 = 1620 + j748,8 \text{ (kVA)}$$

$$\Delta U_{A3} = \frac{r_0 (\sum Pl)_{A3} + x_0 (\sum Ql)_{A3}}{U_{dm}}$$

$$= \frac{0,13(5780.50 + 3220.20 + 1620.40) + 0,38(3868,8.50 + 1948,8.20 + 748,8.40)}{35}$$

$$= 1553 \text{ (V) hay } 12,26 \text{ \%}.$$

Trường hợp sự cố đứt dây trên đoạn A1 (hình 5-11d). Tính phân bố công suất và tổn thất điện áp tương tự như trên ta có:

$$\Delta U_{B1} = \frac{r_0 (\sum Pl)_{B1} + x_0 (\sum Ql)_{B1}}{U_{dm}} = 8,5\%.$$

Ta nhận thấy sự cố đứt dây trên đoạn B3 là nặng nề hơn. Ta có $\Delta U_{\max SC} = 12,26\%$

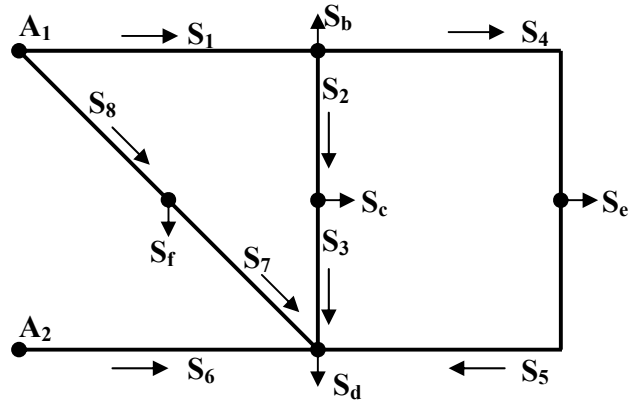
Ví dụ 3

Một mạng điện được cung cấp điện từ hai nguồn A và B bằng nhau về trị số và góc pha như trên hình vẽ, hãy xác định sự phân bố công suất trên mạng.

Giải

Giả sử chiều công suất trên các đoạn như hình a, trong quá trình tính nếu thấy giá trị của công suất âm thì ta chỉ việc đổi chiều đã quy ước ban đầu.

Để tính toán, ta tiến hành biến đổi sơ đồ mạng kín phức tạp trở về mạng kín đơn giản hai nguồn cung cấp. Sau khi xác định được luồng công suất trong mạng đơn giản, hoàn nguyên trở lại sơ đồ ban đầu để xác định sự phân bố công suất trong mạng thực.



Hình a

Bước 1: Biến đổi sơ đồ

Dịch chuyển phụ tải các điểm c, e, f về các điểm nút b và d

Phân lượng phụ tải dịch chuyển của S_e qua các điểm b và d là S'_{bn} và S'_{dn}

$$S'_{bn} = S_e \frac{Z_5}{Z_4 + Z_5}; \quad S'_{dn} = S_e \frac{Z_4}{Z_4 + Z_5}; \quad \text{với} \quad S_e = S'_{bn} + S'_{dn}$$

Phân lượng phụ tải dịch chuyển của S_c qua các điểm b và d là S''_{bn} và S''_{dn}

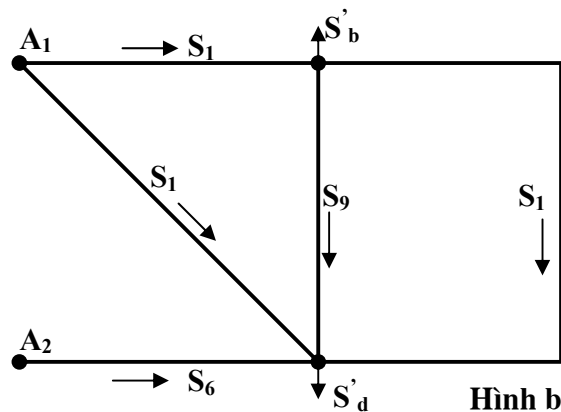
$$S''_{bn} = S_c \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3}; \quad S''_{dn} = S_c \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}; \quad \text{với} \quad S_c = S''_{bn} + S''_{dn}$$

Phân lượng phụ tải dịch chuyển của S_f qua các điểm A_1 và d là S_{A1n} và S'''_{dn}

$$S_{A1n} = S_f \frac{Z_7}{Z_7 + Z_8}; \quad S'''_{dn} = S_f \frac{Z_8}{Z_7 + Z_8}; \quad \text{với} \quad S_f = S_{A1n} + S'''_{dn}$$

Khi tính các phân lượng phụ tải, ta cần kiểm tra lại trị số của chúng để tránh sai sót, điều đó hết sức cần thiết đối với các mạng điện kín phức tạp.

Sau khi dịch chuyển phụ tải, ta có sơ đồ mới như hình b. Phụ tải mới nhận được tại b và d là S'_b và S'_d . Phân lượng phụ tải dịch chuyển về nguồn không cần lưu ý vì nó không ảnh hưởng đến



Hình b

sự phân bố công suất trong mạng mới.

$$S'_b = S_b + S'_{bn} + S''_{bn};$$

$$S'_d = S_d + S'_{dn} + S''_{dn} + S'''_{dn}$$

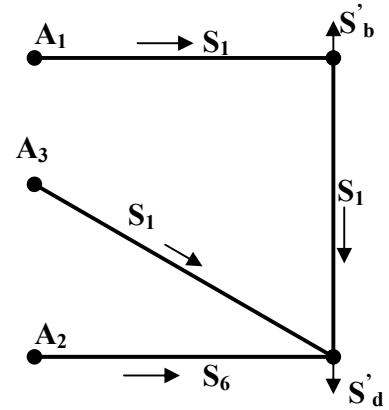
Sau khi dịch chuyển phụ tải, ta ghép các nhánh song song 9 và 10, tách nguồn A_1 thành hai nguồn A_1 và A_3 ta có sơ đồ như hình c.

Tổng trở của nhánh song song 9, 10

$$Z_{12} = \frac{Z_9 \cdot Z_{10}}{Z_9 + Z_{10}}$$

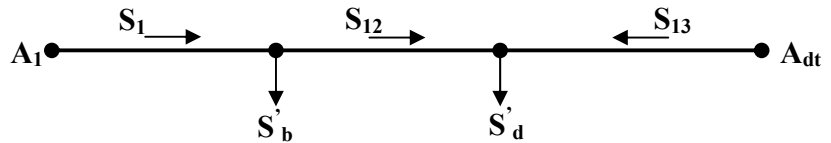
Ghép hai nguồn A_2 và A_3 thành nguồn đẳng trị (A_{dt}) theo phương pháp biến đổi mạng đồng quy, tổng trở của nhánh đẳng trị (nhánh 13) được tính

$$Z_{13} = \frac{Z_6 \cdot Z_{11}}{Z_6 + Z_{11}}$$



Hình c

Ta trở về mạng điện kín đơn giản hai nguồn cung cấp có sơ đồ như hình d.



Hình d

Tính phân bố công suất cho mạng kín đơn giản

$$S_1 = \frac{S'_b(Z_{12} + Z_{13}) + S'_d Z_{13}}{Z_1 + Z_{12} + Z_{13}};$$

$$S_{13} = \frac{S'_d(Z_1 + Z_{12}) + S'_b Z_1}{Z_1 + Z_{12} + Z_{13}};$$

Thử lại

$$S_1 + S_{13} = S'_b + S'_d;$$

$$S_{12} = S_1 - S'_b;$$

$$S_{12} + S_{13} = S'_d$$

Đoạn 1 không biến đổi nên S_1 tìm được chính là công suất truyền tải trên đoạn 1 của mạng thực trong sơ đồ ban đầu.

Bước 2: Hoàn nguyên sơ đồ

Hoàn nguyên sơ đồ được thực hiện từ mạng kín đơn giản, quay ngược lại theo các bước đã biến đổi để trở về sơ đồ ban đầu.

Từ sơ đồ hình d, trở lại sơ đồ hình c, hoàn nguyên mạng đồng quy

$$S_{11} = S_{13} \frac{Z_{13}}{Z_{11}}; \quad S_6 = S_{13} \frac{Z_{13}}{Z_6};$$

Kiểm tra lại $S_{11} + S_6 = S_{13}$ và $S_{11} + S_6 + S_{12} = S'_d$

S_6 ứng với công suất truyền tải trên đoạn 6 của mạng thực. Trở lại sơ đồ hình b, ta tìm công suất trên các đoạn song song 9 và 10

$$S_9 = S_{12} \frac{Z_{12}}{Z_9}; \quad S_{10} = S_{12} \frac{Z_{12}}{Z_{10}};$$

Kiểm tra lại $S_9 + S_{10} = S_{12}$ và $S_{11} + S_6 + S_9 + S_{10} = S'_d$

Trở lại sơ đồ hình a, tính công suất truyền tải trên các đoạn còn lại của mạng thực ban đầu.

$$\begin{aligned} S_7 &= S_{11} - S'''_{dn}; & S_8 &= S_{11} + S_{A1n} \\ S_5 &= S_{10} - S''_{dn}; & S_4 &= S_{10} + S'_{bn} \\ S_2 &= S_9 + S'_{bn}; & S_3 &= S_9 - S'_{dn} \end{aligned}$$

Kiểm tra:

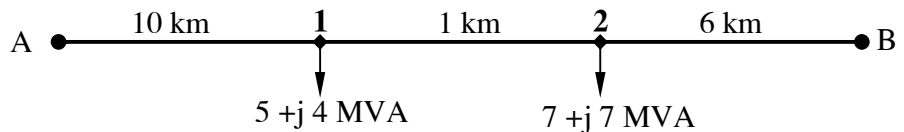
$$S_6 + S_7 + S_3 + S_5 = S_d; \quad S_1 = S_b + S_2 + S_4$$

Trong tính toán, nếu mạng đã cho có tiết diện các đoạn bằng nhau, đồng nhất thì ta vẫn tính theo các biểu thức trên nhưng thay tổng trở Z bằng chiều dài của đường dây.

Ví dụ 4

Một mạng điện kín có điện áp định mức $U_{dm} = 35$ kV cung cấp cho hai phụ tải có công suất như trên sơ đồ hình vẽ a. Hao tổn điện áp cho phép của mạng trong chế độ làm việc bình thường $\Delta U_{cp} = 4\%$ và hao tổn điện áp cho phép trong chế độ sự cố $\Delta U_{cpSC} = 12\%$. Toàn bộ đường dây dùng một tiết diện, sử dụng dây dẫn bằng thép nhôm có khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn là $D_{tb} = 3,5$ m. điện áp hai nguồn bằng nhau về trị số và góc pha và bằng 35 kV. Tính tiết diện dây dẫn của đường dây.

Giải



Hình a

1- Xác định sự phân bố công suất trong mạng với $U_A = U_B$

Do mạng có tiết diện không đổi, có $D_{tb} = 3,5$ m nên sự phân bố công suất của mạng phụ thuộc vào chiều dài, sự phân bố công suất tác dụng và phản kháng được tính riêng rẽ.

$$S_{A1} = P_{A1} + j Q_{A1} = \frac{\sum s_i Z_i''}{Z_\Sigma} = \frac{\sum s_i l_i''}{l_\Sigma} = \frac{\sum p_i l_i''}{l_\Sigma} + j \frac{\sum q_i l_i''}{l_\Sigma}$$

$$S_{A1} = \left(\frac{p_1 l_{1B} + p_2 l_{2B}}{l_\Sigma} \right) + j \left(\frac{q_1 l_{1B} + q_2 l_{2B}}{l_\Sigma} \right)$$

$$S_{A1} = \left(\frac{5 \cdot 7 + 7 \cdot 6}{17} \right) + j \left(\frac{4 \cdot 7 + 7 \cdot 6}{17} \right) = 4,53 + j 4,12 \text{ MVA}$$

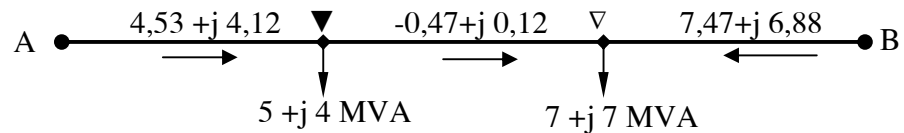
Có thể dùng biểu thức để tính tiếp công suất phát ra từ nguồn B (S_{B2})

$$S_{B2} = \frac{\sum s_i l_i'}{l_\Sigma} = \left(\frac{5 \cdot 10 + 7 \cdot 11}{17} \right) + j \left(\frac{4 \cdot 10 + 7 \cdot 11}{17} \right) = 7,47 + j 6,88 \text{ MVA}$$

Công suất trên đoạn giữa: $S_{12} = S_{A1} - s_1 = (4,53 + j 4,12) - (5 + j 4) = -0,47 + j 0,12 \text{ MVA}$.

Ta thấy, tại điểm 1 công suất tác dụng đổi dấu, đó chính là điểm phân công suất tác dụng. Điểm 2 sẽ là điểm phân công suất phản kháng.

Ấo đồ mạng điện thể hiện điểm phân công suất cho trên hình b.



Hình b

Do có hai điểm phân công suất nên

ta chưa biết điểm nào có điện áp thấp nhất trên mạng.

Để xác định tiết diện dây dẫn, ta có thể tách mạng kín ở điểm

1 hoặc điểm 2, thường người ta tách mạng ở điểm phân công suất tác dụng (điểm 1).

Chọn sơ bộ giá trị $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$

$$\Delta U_{cp} = 4\% = \frac{4 \cdot 35000}{100} = 1.400 \text{ V} = 1,4 \text{ kV}$$

$$\Delta U_p = \frac{x_0 \cdot Q_{A1} \cdot l_{A1}}{U_{dm}} = \frac{0,4 \cdot 4,12 \cdot 10}{35} = 0,47 \text{ kV}$$

$$\Delta U_{acp} = \Delta U_{cp} - \Delta U_p = 1,4 \text{ kV} - 0,47 \text{ kV} = 0,93 \text{ kV}$$

Tiết diện dây dẫn được xác định theo biểu thức

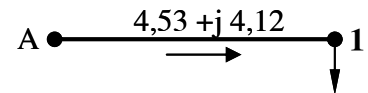
$$F = \frac{P_{A1} l_{A1}}{\gamma \cdot U_{dm} \cdot \Delta U_{acp}} = \frac{4,53 \cdot 10 \cdot 10^3}{31,7 \cdot 0,93 \cdot 35} = 43,9 \text{ mm}^2$$

Ta chọn tiết diện dây dẫn quy chuẩn AC 50 cho toàn bộ đường dây.

Với dây AC50, tra bảng có $r_0 = 0,65 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,428 \Omega/\text{km}$

Tính và kiểm tra hao tổn điện áp trong chế độ làm việc bình thường

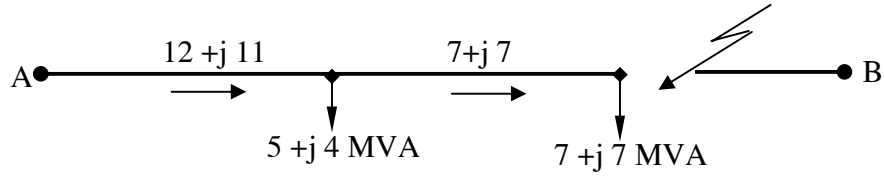
$$\Delta U_{tt} = \frac{\sum PR + \sum QX}{U_{dm}} = \frac{(4,53 \cdot 0,65 + 4,12 \cdot 0,428) \cdot 10}{35} = 1,345 \text{ kV} < \Delta U_{cp} = 1,4 \text{ kV}$$



Hình c

Xác định hao tổn điện áp trong chế độ sự cố

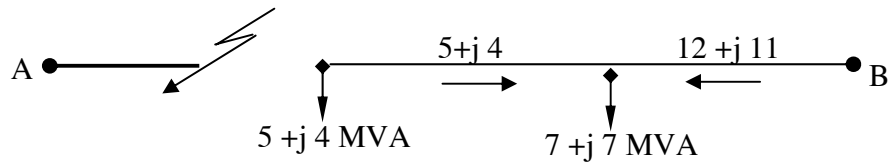
Khi sự cố mất nguồn B thể hiện trong sơ đồ hình c



Hình c

Hao tổn điện áp trong chế độ sự cố khi mất nguồn B

$$\Delta U_{A-2} = \frac{\sum PR + \sum QX}{U_{dm}} = \frac{(12 \cdot 10 + 7 \cdot 1)0,65 + (11 \cdot 10 + 7 \cdot 1)0,428}{35} = 3,789 \text{ kV}$$



Hình d

Hao tổn điện áp trong chế độ sự cố khi mất nguồn A

$$\Delta U_{A-2} = \frac{\sum PR + \sum QX}{U_{dm}} = \frac{(12 \cdot 6 + 5 \cdot 1) \cdot 0,65 + (11 \cdot 6 + 4 \cdot 1) \cdot 0,428}{35} = 2,286 \text{ kV}$$

Vậy hao tổn điện áp trong chế độ sự cố

$$\Delta U_{\max SC} = 3,789 \text{ kV} < \Delta U_{\text{cp} SC} = 12\% = \frac{12 \cdot 35}{100} = 4,2 \text{ kV}.$$

CHƯƠNG 6

ĐỘ LỆCH ĐIỆN ÁP VÀ TỔN THẤT ĐIỆN ÁP CHO PHÉP

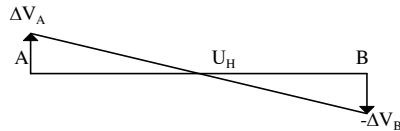
Chương này trình bày các phương pháp xác định tổn thất điện áp cho phép (ΔU_{cp}) dựa vào độ lệch điện áp cho phép và thành phần thiết bị trong hệ thống điện, giúp việc tính toán tiết diện dây dẫn hợp lý, đảm bảo chất lượng điện và kinh tế nhất.

§ 6-1. ĐỘ LỆCH ĐIỆN ÁP VÀ ẢNH HƯỞNG TỚI SỰ LÀM VIỆC CỦA THU ĐIỆN

Phụ tải điện luôn luôn thay đổi theo thời gian. Vì vậy tổn thất điện áp trên đường dây và điện áp tại thụ điện cũng thay đổi theo. Sự thay đổi có tính chất thường xuyên liên tục của điện áp tại một điểm so với điện áp định mức gọi là độ lệch điện áp (ký hiệu là ΔV). Độ lệch điện áp là hiệu đại số của điện áp tại điểm đã cho trong chế độ đã cho so với điện áp định mức của mạng. Độ lệch điện áp có thể tính bằng Vôn hay biểu thị theo % so với điện áp định mức.

$$\Delta V = U - U_{dm}$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{U_{dm}} 100 = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} 100$$



Hình 6-1. Độ lệch điện áp trên đường dây

Xét một đoạn đường dây AB như hình 6-1

Độ lệch điện áp tại đầu đường dây (điểm A) và cuối (điểm B) của đường dây phụ tải phân bố đều và tiết diện không đổi (hình 6-1) có giá trị là:

$$\Delta V_A = U_A - U_{dm} \tag{6-1}$$

$$\Delta V_B = U_B - U_{dm} \tag{6-2}$$

U_A, U_B - Là điện áp tại điểm A và điểm B (V);

U_{dm} - là điện áp định mức của mạng điện (V).

$$\Delta V_A - \Delta V_B = (U_A - U_{dm}) - (U_B - U_{dm}) = U_A - U_B = \Delta U_{AB} \tag{6-3}$$

Như vậy, tổn thất điện áp chính bằng hiệu số giữa độ lệch điện áp của điểm đầu và cuối đường dây.

Thực tế vận hành cho thấy, phụ tải cực đại (S_{max}) chỉ xảy ra trong một số giờ không lớn lắm hàng năm còn phụ tải cực tiểu (S_{min}) chiếm số giờ khá lớn nhưng ít khi giảm quá 25% phụ tải cực đại ($S_{min} \geq 25\% S_{max}$). Tuy nhiên trong thiết kế và quy hoạch, nếu có điều kiện cần xác định chính xác các giá trị S_{max} và S_{min} căn cứ vào đồ thị phụ tải thu thập được, có như vậy việc tính toán hao tổn điện áp cho phép mới chính xác. Trong tính toán mạng điện, khi không có đồ thị tải, người ta thường căn cứ vào 2 trường hợp là 100% S_{max} và 25% S_{max} . Theo " quy phạm trang bị điện " để cho thiết bị làm việc bình thường thì điện áp trên các cực thụ điện được quy định như sau:

Mạng cung cấp cho các động cơ điện trong XNCN

$$-5\% \leq \Delta V \leq + 10\%$$

Mạng chiếu sáng cho các XNCN và chiếu sáng công cộng

$$-2,5\% \leq \Delta V \leq + 5\%$$

Mạng cung cấp cho các thiết bị điện ở thành phố, xí nghiệp

$$-5\% \leq \Delta V \leq +5\%$$

Mạng điện cung cấp cho các XN nông nghiệp và nông thôn

$$-7,5\% \leq \Delta V \leq +7,5\%$$

Như vậy, đối với mạng điện nông nghiệp thì độ lệch điện áp không tăng quá +7,5% khi S_{\min} và không giảm quá -7,5% khi S_{\max} so với U_{dm} .

Khi tải cực đại tổn thất điện áp lớn nhất đối với những thụ điện ở cuối đường dây, nghĩa là độ lệch điện áp ở thụ điện xa nhất (điểm B) là thấp nhất, theo quy phạm thì:

$$\Delta V_{CP}^{100} \geq -7,5\% U_{dm} \quad (6-4)$$

Khi tải cực tiểu (25% S_{\max}) điện áp ở các thụ điện gần nhất (như điểm A gần thanh cái trạm) có thể vượt quá U_{dm} , theo quy phạm thì:

$$\Delta V_{CP}^{25} \leq +7,5\% U_{dm} \quad (6-5)$$

ΔV_{CP}^{100} và ΔV_{CP}^{25} - là độ lệch điện áp cho phép khi tải max và min.

Độ lệch điện áp có ảnh hưởng rất lớn đến sự làm việc của thụ điện. Nhạy cảm nhất là đèn chiếu sáng. Đối với đèn sợi đốt khi tăng giảm $\pm 1\% U_{dm}$ thì thay đổi công suất là $\pm 1,5\%$, quang thông $\pm 3,4\%$, cường độ sáng $\pm 1,8\%$ và thời gian sử dụng là $\pm 1,3\%$. Khi điện áp tăng quá $5\% U_{dm}$ thì thời gian sử dụng của đèn giảm đến 3 lần còn khi U giảm $5\% U_{dm}$ thì quang thông giảm 17,5%. Đèn huỳnh quang chịu ảnh hưởng của ΔV ít hơn so với đèn sợi đốt. Trung bình U_{dm} thay đổi $\pm 1\%$ thì quang thông thay đổi $\pm 1\%$ và cường độ sáng thay đổi $\pm 0,5\%$. Khi U giảm còn $93,9\% U_{dm}$ thì việc mỗi đèn đã gặp khó khăn. Những dụng cụ đốt nóng như lò sưởi, bếp điện... có công suất tỷ lệ với bình phương của thay đổi điện áp nhưng ít ảnh hưởng đến sinh hoạt. Đặc biệt, mô men quay động cơ tỷ lệ thuận với bình phương U cho lên nếu U giảm quá động cơ có thể không khởi động được. Vì vậy mạng điện phải được tính toán sao cho ΔV ở các cực thụ điện nằm trong giới hạn cho phép.

§ 6-2. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TỚI ĐỘ LỆCH ĐIỆN ÁP

Khi có sự thay đổi điện áp ở các thiết bị điện như máy phát điện, máy biến áp tăng hạ áp, đường dây thì độ lệch điện áp ở thụ điện (ΔV_{td}) cũng thay đổi theo.

1. Ảnh hưởng của máy phát điện

Phần lớn máy phát điện của các trạm phát điện đều có cơ cấu tự động điều chỉnh điện áp. Điện áp trên cực của máy phát điện thường được giữ không đổi và cao hơn điện áp định mức (U_{dm}) của mạng là 5% cả khi tải max và tải min.

Độ lệch điện áp của máy phát điện có giá trị là:

$$\Delta V_{mp}^{100} = \Delta V_{mp}^{25} = +5\% \quad (6-6)$$

2. Thanh cái của trạm biến áp cung cấp

Phần lớn thụ điện nông nghiệp được cung cấp từ trạm biến áp trung gian 35/10 kV, 110/35/10(6) kV hoặc các trạm trung gian mới xây dựng với cấp điện áp 110/22 kV, 220/110/22 kV. Các máy biến áp này thường được chế tạo với dải điều chỉnh rất rộng, kèm theo các máy biến áp công suất lớn có bộ phận điều áp dưới tải, trên thanh cái thứ cấp của trạm biến áp có điều chỉnh điện áp khi phụ tải thay đổi.

Đối với máy biến áp có bộ chuyển đổi đầu phân áp cố định, thường được sản xuất ngoài một đầu chính còn có 4 đầu phân áp phụ, đầu chính có điện áp bằng định mức của cuộn sơ cấp, khi dùng các đầu phụ thì hệ số biến áp sẽ thay đổi khác hệ số biến áp định mức là + 5%, + 2,5%, -2,5%, - 5%. Điện áp định mức của cuộn thứ cấp sẽ cao hơn điện áp định mức của mạng là 5% với máy có $U_k\% < 7,5\%$ và bằng 10% với máy có $U_k\% \geq 7,5\%$. Với loại máy biến áp này, người ta không điều chỉnh điện áp liên tục theo các chế độ của phụ tải trong ngày mà thường điều chỉnh một lần theo mùa để điều áp.

Đối với máy biến áp điều áp dưới tải, tại thanh cái thứ cấp 6, 10, 15,22 kV

- Chế độ điều chỉnh cao:

$$\text{Tải cực đại} \quad \Delta V_{tc}^{100} = 5\% \quad (6-7)$$

$$\text{Tải cực tiểu} \quad \Delta V_{tc}^{25} = 0\% \quad (6-8)$$

Khi sự cố duy trì điện áp: $0 \leq \Delta V_{TC} \leq 5\%$

- Chế độ điều chỉnh thấp $+2,5\% \leq \Delta V_{TC} \leq 7,5\%$

$$\text{Tải cực đại} \quad \Delta V_{tc}^{100} \geq + 2,5\%$$

$$\text{Tải cực tiểu} \quad \Delta V_{tc}^{25} \leq + 7,5\%$$

$$\text{Khi sự cố:} \quad \Delta V_{TC} \geq -2,5\%$$

Ở các trạm biến áp khu vực dải điều chỉnh nấc của các máy biến áp thường rất rộng, có thể từ - 17,5% đến + 17,5%, sự thay đổi độ lệch giữa các nấc cũng tùy thuộc nhà sản xuất, có thể từ 1,5%, 1,78%, 2,5% ... ưu điểm của máy điều áp dưới tải là không cần cắt điện trong quá trình điều chỉnh điện áp và duy trì điện áp ở phía phụ tải một điện áp gần bằng điện áp định mức trong tất cả các trường hợp: sự cố, tải cực đại, cực tiểu... và việc điều chỉnh các đầu phân áp có thể bằng tay, tự động điều khiển hay điều khiển từ xa. Khi xác định hao tổn điện áp trong mạng, cần căn cứ vào chế độ vận hành cụ thể của trạm.

3. Dây dẫn của đường dây trên không

Tổn thất điện áp tính toán theo chế độ tải cực đại đã tính ở chương trước. Vì hao tổn điện áp gần như tỷ lệ với phụ tải nên khi tải cực tiểu, tổn thất điện áp được lấy bằng 25% hao tổn điện áp khi tải cực đại:

$$\Delta U_{dd}^{25} = 0,25 \Delta U_{dd}^{100} \quad (6-10)$$

4. Ảnh hưởng của máy biến áp tiêu thụ

Khi có phụ tải là I_1 , tổn thất điện áp trong máy biến áp là:

$$\Delta U_{BA} = \sqrt{3} I_1 (R_B \cos\varphi + X_B \sin\varphi) \quad (6-11)$$

$$\text{Với} \quad R_B = \frac{u_a \% U_{dm}^2}{100 S_{dm}}; \quad (6-12)$$

$$X_B = \frac{u_p \% U_{dm}^2}{100 S_{dm}} \quad (6-13)$$

Các thành phần điện áp ngắn mạch tác dụng và phản kháng có giá trị là:

$$u_a \% = \frac{\sqrt{3} I_{dm} R_B}{U_{dm}} = \Delta P_K \frac{100}{S_{dm}} = \Delta P_K \% \quad (6-14)$$

$$u_p \% = \sqrt{(u_k \%)^2 - (u_a \%)^2} \quad (6-15)$$

Các thành phần ΔP_K (kW), $u_k\%$ cho trong lý lịch máy theo công suất định mức của máy biến áp S_{dm} , thay vào ta có

$$\Delta U_{BA} = \sqrt{3} I_t \left(\frac{u_a \% U_{dm}^2}{100 S_{dm}} \cos \varphi + \frac{u_p \% U_{dm}^2}{100 S_{dm}} \sin \varphi \right) \quad (6-16)$$

$$\Delta U_{BA} = U_{dm} \frac{S_t}{100 S_{sm}} (u_a \% \cos \varphi + u_p \% \sin \varphi) \quad (V) \quad (6-17)$$

$$\Delta U \%_{BA} = \frac{\Delta U_{BA}}{U} 100 \quad \Delta U \%_{BA} = \frac{S_t}{S_{dm}} (u_a \% \cos \varphi + u_p \% \sin \varphi) \% \quad (6-18)$$

Khi không có số liệu chính xác của máy biến áp thì hao tổn trong máy biến áp thường lấy bằng 4%.

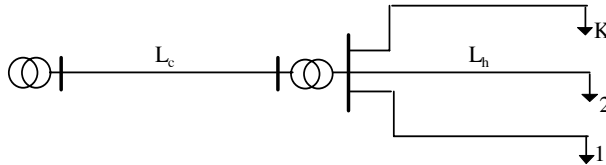
Trong máy biến áp tiêu thụ, ngoài tổn thất còn có độ gia điện áp. Khi chế tạo MBA, ngoài nấc chính 0 thường có thêm 2 đầu phân áp +5% và -5%. Khi sử dụng nấc chính (nấc 0), cuộn thứ cấp của máy biến áp được chế tạo có độ gia không đổi là 5%, nếu điều chỉnh kết hợp với các nấc thì tùy theo cách đặt nấc điều chỉnh mà độ gia là 0%, 5% hay 10% (nấc -5% thì độ gia là 10%, nấc 0 là +5% và nấc +5% là 0%).

§ 6-3. PHÂN CHIA TỔN THẤT ĐIỆN ÁP CHO PHÉP GIỮA MẠNG ĐIỆN CAO ÁP VÀ HẠ ÁP

Bằng cách chọn độ gia điện áp của các máy biến áp một cách hợp lý và lập bảng độ lệch điện áp, ta xác định được hao tổn điện áp cho phép. Trong nhiều trường hợp giá trị này là tổng của cả mạng cao và hạ áp. Việc phân chia hao tổn điện áp cho phép giữa mạng cao và hạ áp là một bài toán phức tạp và phụ thuộc nhiều yếu tố. Phần lớn các mạng điện việc phân chia chúng được tính toán một cách cụ thể. Cơ sở để phân chia là dựa vào điều kiện kinh tế.

Giả sử một đường dây cao áp chiều dài L_c cung cấp cho k tuyến dây hạ áp, chiều dài một tuyến là L_h (hình 6-6)

Hình 6-6.
Sơ đồ mạng điện
có 2 cấp điện áp



Thể tích của kim loại làm dây dẫn là:

$$V = F.L = \frac{\sqrt{3} I \cos \varphi . L^2}{\gamma \Delta U_{acp}} = \frac{\sqrt{3} I \cos \varphi . L^2 100}{\gamma U_{dm} \Delta U_{acp} \%} \quad (6-19)$$

Dùng chỉ số c - cho mạng cao áp và h - cho mạng hạ áp. Khi coi hai mạng cao và hạ áp cùng sử dụng một loại vật liệu (nhôm) và hệ số $\cos \varphi$ như nhau, tổng thể tích kim loại cho mạng cao áp và hạ áp là:

$$V = V_c + V_h = \frac{n_c \sqrt{3} I_c L_c^2 100}{\gamma (\Delta U_{acp} \% - \Delta U_{ah} \%) U_c} + k \frac{n_h \sqrt{3} I_h L_h^2 100}{\gamma \Delta U_{ah} \% U_h} \quad (6-20)$$

n_c và n_h - là số dây dẫn của mạng cao áp và hạ áp;

k - là số tuyến dây của mạng điện hạ áp;

$\Delta U_{ac}\%$ và $\Delta U_{ah}\%$ - là tổn thất điện áp cho phép tác dụng tổng cộng và hạ áp:
 $\Delta U_{ac}\% = \Delta U_{acp}\% - \Delta U_{ah}\%$;

I_c và I_h - là dòng điện cao và hạ áp.

L_c, L_h là chiều dài đường dây cao áp và chiều dài trung bình các tuyến hạ áp

Cơ sở phân chia ΔU_{acp} là chi phí kim loại cực tiểu. Lấy đạo hàm V theo $\Delta U_{ah}\%$ và cho bằng không được:

$$-n_c \frac{100\sqrt{3}I_c L_c^2}{\gamma(\Delta U_{acp}\% - \Delta U_{ah}\%)^2 U_c} + k.n_h \frac{100\sqrt{3}I_h L_h^2}{\gamma(\Delta U_{ah}\%)^2 U_h} = 0$$

$$\text{suy ra: } \frac{\Delta U_{ac}\%}{\Delta U_{ah}\%} = \frac{L_c}{L_h} \sqrt{\frac{n_c I_c U_h}{K n_h I_h U_c}} \quad (6-21)$$

$$\text{Nếu } \frac{I_c}{K I_h} = \frac{U_h}{U_c} \text{ thì } \frac{\Delta U_{ac}\%}{\Delta U_{ah}\%} = \frac{U_h L_c}{U_c L_h} \sqrt{\frac{n_c}{n_h}} \quad (6-22)$$

Để tìm ΔU_{ac} và ΔU_{ah} ta giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} \Delta U_{ac} + \Delta U_{ah} = \Delta U_{acp} \\ \frac{\Delta U_{ac}}{\Delta U_{ah}} = \frac{U_h L_c}{U_c L_h} \sqrt{\frac{n_c}{n_h}} \end{cases} \quad (6-23)$$

$$\text{hay } \begin{cases} \Delta U_{cpC} + \Delta U_{cpH} = \Delta U_{cp\Sigma} \\ \frac{\Delta U_{cpC} - \Delta U_{pc}}{\Delta U_{cpH} - \Delta U_{pH}} = \frac{U_h L_c}{U_c L_h} \sqrt{\frac{n_c}{n_h}} \end{cases} \quad \text{với } \Delta U_p = \frac{x_0 \cdot \sum QI}{U_{dm}} = x_0 \sqrt{3} \Sigma I_p.l$$

Xác định giá trị của ΔU_p đối với lưới cao và hạ áp bằng cách lấy một giá trị gần đúng của x_0 để tính. Đối với lưới hạ áp lấy $x_0 = 0,32 - 0,34 \Omega/\text{km}$, lưới 6, 10kV lấy $x_0 = 0,36 - 0,37 \Omega/\text{km}$, lưới 15 kV lấy $x_0 = 0,38 - 0,39 \Omega/\text{km}$, lưới 22 kV lấy $x_0 = 0,39 - 0,4 \Omega/\text{km}$, lưới 35 kV lấy $x_0 = 0,4 - 0,41 \Omega/\text{km}$, lưới 110 kV lấy $x_0 = 0,41 - 0,42 \Omega/\text{km}$. Trường hợp đường dây có nhiều tuyến thì tính cho tuyến có giá trị ΔU_p lớn nhất.

Để thuận tiện tính toán, gần đúng người ta coi biểu thức (6 - 23) trên được tính với chính hao tổn điện áp cho phép của mạng cao và hạ áp.

Chó ý:

1. Khi phụ tải của đường dây hạ áp phân bố đều thì đoạn cuối tiết diện dây dẫn có thể giảm đi. Tính trung bình chiều dài L_h giảm đi $\sqrt{2}$ lần ta có:

$$\frac{\Delta U_{ac}}{\Delta U_{ah}} = \frac{U_h L_c}{U_c L_h} \sqrt{\frac{2n_c}{n_h}} \quad (6-24)$$

2. Đối với đường dây phân nhánh

Sự phân chia ΔU_{acp} cần phải có các bước tính toán tỷ mỉ và rất phức tạp. Để đơn giản ta lấy chiều dài đường dây bằng chiều dài trung bình (L_{TB}) và có:

$$\frac{\Delta U_{ac}}{\Delta U_{ah}} = \frac{U_h L_{cTB}}{U_c L_{hTB}} \sqrt{\frac{n_c}{n_h}} \quad (6-25)$$

3. Đối với mạng điện trong nhà

Nếu chiều dài ngắn thì F chọn theo phương pháp đốt nóng. Nếu mạng điện khá dài thì phải phân chia ΔU_{cp} giữa đường dây ngoài trời và đường dây trong nhà một lần nữa. Bài toán trở lên rất phức tạp vì phụ tải phân tán thành một pha. Trong trường hợp phụ tải 3 pha phân bố đều đến cuối đường dây trong nhà thì ΔU_{cp} phân chia cho đường dây ngoài trời và trong nhà tỷ lệ nghịch với chiều dài mỗi đường dây.

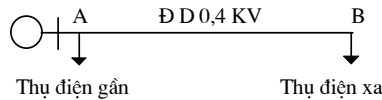
Việc xác định chính xác ΔU_{cp} theo ΔV cho phép tận dụng hết khả năng truyền đạt của "Quy trình trang bị điện". Nhờ đó mạng điện được xây dựng với chi phí kim loại ít nhất. Với tầm quan trọng như thế nhất thiết phải xác định ΔU_{cp} . Chính bằng phương pháp này mà khi tính toán mạng điện không bị hạn chế bởi các giá trị ước chừng của hệ thống có các cấp điện áp khác nhau.

§ 6-4. TỶ SỐ TỶ LỆ ĐIỆN ÁP CHO PHÉP CỦA MẠNG ĐƯỢC CẤP ĐIỆN TỪ TRẠM PHÁT ĐIỆN NHỎ

Đây là mô hình của trạm thủy điện nhỏ hoặc trạm phát công suất nhỏ cung cấp cho nhóm phụ tải công suất không lớn, một nông trường, hợp tác xã hay các hộ tiêu thụ vùng sâu, vùng xa. Nó thích hợp với điện khí hoá nông thôn ở vùng núi không có lưới điện quốc gia.

1. Tỷ số điện áp cho phép của mạng điện từ trạm phát điện nhỏ tới đường dây hạ áp

Hình 6-2.
Trạm phát điện nhỏ với mạng điện hạ áp



Hao tổn điện áp cho phép được xác định trên cơ sở độ lệch điện áp cho phép tại thụ điện và các thành phần thiết bị cấu trúc nên hệ thống điện. Giới hạn độ lệch điện áp tại thụ điện, duy trì cho thiết bị làm việc với một chất lượng điện đảm bảo được quy định trong "Quy trình trang bị điện" gọi là độ lệch điện áp cho phép. Khi thành lập bảng độ lệch điện áp cần căn cứ vào tính chất của thụ điện trong mạng (XNCN, đô thị, mạng chiếu sáng, phụ tải điện nông nghiệp ...) mà lựa chọn giá trị cho phù hợp. Trong phạm vi của giáo trình này, ta chỉ xét đối với mạng điện nông nghiệp có độ lệch điện áp cho phép được quy định trong giới hạn $-7,5\% \leq \Delta V_{TB} \leq +7,5\%$, khi tính với các mạng điện khác cần căn cứ vào độ lệch điện áp cho phép đã quy định. Hao tổn điện áp cho phép được xét với chế độ tải cực đại, tính cho điểm B là phụ tải xa nhất, ứng với tải cực đại (100% tải) có độ lệch điện áp theo quy phạm không được vượt quá $-7,5\%$. Khi tải cực tiểu, ứng với các chế độ điều chỉnh đã lựa chọn của thiết bị điện trong hệ thống, cần kiểm tra với các thụ điện gần nhất (điểm A khi 25% tải) xem độ lệch điện áp có vượt quá giá trị cho phép hay không (với mạng nông nghiệp, quy định không vượt quá $+7,5\%$). Để thuận tiện cho việc xác định hao tổn điện áp cho phép, người ta tiến hành lập bảng độ lệch điện áp. Giả sử điện áp trên thanh cái của máy biến áp được duy trì không đổi theo các chế độ tải $\Delta V_{TC}^{100} = \Delta V_{TC}^{25} = 5\%$ (giá trị này được

xác định dựa vào chế độ làm việc của máy phát điện, khi thiết kế hoặc quy hoạch cần căn cứ vào chế độ vận hành cụ thể của máy phát).

Bảng 6-1. Tổn thất điện áp cho phép và độ lệch điện áp của mạng điện (Hình 6-2).

Thành phần thiết bị điện	Phụ tải 100% (thụ điện xa nhất)	Phụ tải 25% (thụ điện gần nhất)
Máy phát điện : ΔV_{TC}	+5	+5
Đường dây 0,4 kV : $[\Delta U_{cp}]$	(+12,5)	0
Độ lệch U cho phép tại thụ điện ΔV_{TD}	- 7,5	+5 ≤ $[\Delta V_{cp}]$

a. Xác định tổn thất điện áp cho phép $[\Delta U_{cp}]$ ở phụ tải xa (điểm B) khi S_{max} :

$$\Delta V_{TC}^{100} = +5\%; \text{ độ lệch cho phép tại B: } \Delta V_{TD}^{100} = -7,5\%$$

$$[\Delta U_{cp}] = \Delta V_{TC}^{100} - \Delta V_{TD}^{100} = +5 - (-7,5) = +12,5\%$$

b. Kiểm tra độ lệch điện áp ở thụ điện gần (điểm A) khi tải cực tiểu và so sánh với giá trị độ lệch điện áp cho phép là $\Delta V_{TD}^{25} = +7,5\%$, khi đó hao tổn điện áp trên đường dây 0,4 kV tính cho điểm A bằng không.

$$\Delta V_{TC}^{25} = 5\%; \Delta U_A^{25} = 0\%$$

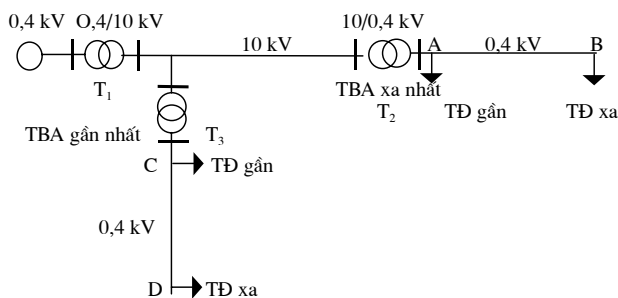
$$\Delta V_A^{25} = \Delta V_{TD}^{25} - \Delta U_A^{25} = +5 - 0 = 5\% \leq [\Delta V_A] = 7,5\%.$$

Kết quả tính toán thể hiện trong bảng 6-1:

2. Tổn thất điện áp cho phép của mạng điện từ trạm phát điện nhỏ qua máy tăng áp và mạng phân phối tới lưới điện hạ áp (hình 6-3)

+ Khi duy trì điện áp trên cực máy phát không đổi

Xét mạng điện được cung cấp từ máy phát điện, qua máy biến áp tăng áp để nâng điện áp lên 10 kV, truyền tải đi trong phạm vi 5 - 20 km cung cấp cho một số trạm biến áp tiêu thụ. Từ thanh cái của trạm tăng áp, có thể có một số tuyến đường dây trung áp, ta xét cho một tuyến đường dây để xác định hao tổn điện áp cho phép. Giả sử tuyến dây xét có sơ đồ như hình vẽ 6-3. Trên tuyến dây, có một trạm biến áp ở gần thanh cái trạm tăng áp nhất và một trạm ở xa nhất.



Hình 6-3.
Mạng điện phân phối của trạm phát điện nhỏ

Giả thiết, đoạn đường dây cao áp đến trạm xa nhất $L = 10$ km, MBA T_3 gần trạm cách thanh cái trạm tăng áp $l = 2$ km. Hai trạm đều có chiều dài trung bình đường dây hạ áp các tuyến là 0,8 km và dây trung tính có tiết diện bằng dây pha. Trong chế độ vận hành thực tế, máy phát điện luôn có độ gia điện áp tại thanh cái là không đổi: $\Delta V_{mp} = +5\%$ và máy biến áp tăng áp có độ gia điện áp không đổi trên thanh cái: $\Delta V_{TA} = 0\%$

a. Chọn độ gia hợp lý của các máy biến áp T_2

$$\Delta V_{T_2}^{100} = \Delta V_{T_2}^{25} = +5\% \text{ ở mọi chế độ tải.}$$

b. Chọn độ gia hợp lý của các máy biến áp T_3

$$\Delta V_{T_3}^{100} = \Delta V_{T_3}^{25} = 0 \text{ ở mọi chế độ tải.}$$

Độ gia điện áp của các máy biến áp tiêu thụ được chọn với giá trị lớn nhất có thể nhằm mục đích hao tổn điện áp cho phép tổng cộng trên hai tuyến dây là lớn nhất (khi đó chi phí kim loại màu cho các tuyến dây là nhỏ nhất vì chi phí kim loại màu tỷ lệ nghịch với hao tổn điện áp cho phép) và được giữ không đổi ở các chế độ tải. Xác định độ gia điện áp của các máy biến áp phải kiểm tra khi tải cực tiểu, độ lệch điện áp tại thụ điện gần nhất không vượt quá độ lệch cho phép (mạng nông nghiệp với giá trị cho phép là $+7,5\%$).

Khi không biết thông số và phụ tải của MBA, tổn thất điện áp của máy biến áp tăng áp và hạ áp lấy gần đúng:

$$\Delta U_{BA}^{100} = -4\%; \Delta U_{BA}^{25} = 0,25\Delta U_{BA}^{100} = -1\%.$$

c. Thành lập bảng độ lệch điện áp và xác định tổn thất điện áp cho phép.

Các số liệu được ghi vào bảng 6-2.

Bảng 6-2. Độ lệch điện áp và tổn thất điện áp cho phép của mạng điện (Hình 6-3)

Thành phần thiết bị điện	Mức phụ tải (%) của máy biến áp			
	MBA xa nhất T_2		MBA gần nhất T_3	
	100	25	100	25
1. Máy phát điện: ΔV_{mp}	5	5	5	5
2. Máy biến áp T_1 :				
Độ gia điện áp : ΔV_T	0	0	0	0
Tổn thất điện áp: ΔU_{BAT}	-4	-1	-4	-1
3. Tổn thất U cho phép lưới 10 kV: ΔU_{cp10}	(-2,9)	(-0,725)	(-0,58)	(-0,145)
4. Máy biến áp tiêu thụ:				
Độ gia điện áp: ΔV_H	5	5	0	0
Tổn thất điện áp: ΔU_{BAH}	-4	-1	-4	-1
5. Tổn thất U cho phép lưới 0,4 kV: $\Delta U_{cp0,4}$	(-6,6)	0	(-3,92)	0
6. Độ lệch U cho phép tại thụ điện ΔV_{TD}	-7,5	(+7,275%) < $[\Delta V]_{cp}$	-7,5	(+2,85%) < $[\Delta V]_{cp}$

d. Xác định ΔU_{cp} tăng cồng của mạng 10 và 0,4 kV (điều kiện máy biến áp xa T_2)

$$\begin{aligned} \Delta U_{cp\Sigma} &= \Delta U_{cp10} + \Delta U_{cp0,4} = \Delta V_{mp}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta U_{BAT}^{100} + \Delta V_H^{100} + \Delta U_{BAH}^{100} - \Delta V_{TD}^{100} \\ &= 5 + 0 - 4 + 5 - 4 - (-7,5) = 9,5 (\%). \end{aligned}$$

$\Delta U_{cp\Sigma}$ cần được phân phối một cách có lợi nhất giữa các cấp điện áp khác nhau. Nó phải được tính toán cụ thể, ở đây ta tạm thời phân chia $\Delta U_{cp\Sigma}$ cho mạng 10 kV và mạng 0,4 kV theo cách tính gần đúng.

Khi không biết phụ tải của trạm tiêu thụ, gần đúng ta có thể áp dụng biểu thức 6-23 để tính ΔU_{cp} các tuyến

$$\begin{cases} \Delta U_{cpC} + \Delta U_{cpH} = 9,5\% \\ \frac{\Delta U_{cpC}}{\Delta U_{cpH}} = \frac{0,4 \cdot 10}{10 \cdot 0,8} \sqrt{\frac{3}{4}} = 0,433 \end{cases}$$

Giải ra ta có $\Delta U_{cpC} = 2,9\%$, $\Delta U_{cpH} = 6,6\%$

c. Kiểm tra độ lệch điện áp tại thụ điện gần (điểm A) khi phụ tải cực tiểu: Việc lựa chọn độ gia điện áp của máy T_2 chỉ hợp lý khi kiểm tra độ lệch điện áp tại thụ điện gần cho máy T_2 (điểm A) là không vượt quá giá trị cho phép. Khi kiểm tra cho điểm A, hao tổn trên đường dây 0,4 kV lấy bằng không.

$$\Delta V_A^{25} = \Delta V_{mp} + \Delta V_T + \Delta U_{BAT} + \Delta V_{10} + \Delta V_H + \Delta U_{BAH} - \Delta V_{TD}$$

$$\Delta V_A = 5 + 0 - 1 - 0,725 + 5 - 1 - 0 = +7,275\% < [\Delta V]_{cp} = +7,5\% \rightarrow \text{đảm bảo.}$$

$$\text{Trong đó: } \Delta U_{10}^{25} = 0,25 \Delta U_{cp10}^{100} = 0,25 \cdot 2,9\% = 0,725\%.$$

Kết quả ghi như cột 2-3 ở bảng 6-2.

g. Xác định ΔU_{cp} của mạng 0,4 kV (đối với máy biến áp gần nhất T_3).

Khi đã có hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV (được tính với trạm xa nhất) là 2,9%, ta coi hao tổn điện áp cho phép trên đoạn từ thanh cái trạm tăng áp đến máy biến áp gần nhất tỷ lệ với khoảng cách giữa chúng, khi đó

$$\frac{\Delta U_{cp10xa}}{\Delta U_{cp10gan}} \approx \frac{L}{l} \quad \text{hay} \quad \frac{2,9}{\Delta U_{cp10gan}} \approx \frac{10}{2} \quad \text{và} \quad \Delta U_{cp10gan} = 0,58\%$$

$$\Delta U_{cp0,4gan} = \Delta V_{mp}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta U_{BAT}^{100} + \Delta U_{cp10gan}^{100} + \Delta V_H^{100} + \Delta U_{BAH}^{100} + \Delta V_{TD}^{100}$$

$$\Delta U_{cp0,4gan} = 5 + 0 - 4 - 0,58 + 0 - 4 - (-7,5) = 4,5(\%).$$

h. Kiểm tra ΔV tại thụ điện gần (điểm C) khi tải min

$$\Delta V_C^{25} = \Delta V_{mp} + \Delta V_T + \Delta U_{BAT} + \Delta U_{10gan} + \Delta V_H + \Delta U_{BAH} - \Delta V_{TD}$$

$$\Delta V_C^{25} = 5 + 0 - 1 - 0,145 + 0 - 1 - 0 = 2,855(\%) < [\Delta V]_{cp} = 7,5\%$$

Kết quả ghi như cột 4-5 ở bảng 6-2.

Ta thấy rằng đối với mạng điện phân phối cung cấp từ trạm phát điện nhỏ, với chế độ vận hành như trên thì ΔU_{cp} rất thấp dẫn đến tiết diện dây dẫn lớn hoặc là bán kính hoạt động của mạng điện nhỏ mới bảo đảm bảo chất lượng điện áp.

+ Khi thay đổi điện áp trên cực máy phát

Cũng với chế độ vận hành của hệ thống như trên, ta chỉ thay đổi điện áp trên cực của máy phát theo chế độ tải. Cụ thể: khi tải cực đại duy trì điện áp trên cực máy phát là +5%, khi tải cực tiểu, điện áp trên cực máy phát là 0%.

a. Chọn độ gia hợp lý của các máy biến áp T_2

Comment [DB1]:

- $\Delta V_{T_2}^{100} = \Delta V_{T_2}^{25} = +10\%$ ở mọi chế độ tải.
 b. Chọn độ gia hợp lý của các máy biến áp T_3
 $\Delta V_{T_2}^{100} = \Delta V_{T_2}^{25} = +5\%$ ở mọi chế độ tải.
 C. Thành lập bảng độ lệch điện áp

Bảng 6-3. Độ lệch điện áp và tổn thất điện áp cho phép của mạng điện (Hình 6-3)

Thành phần thiết bị điện	Mức phụ tải (%) của máy biến áp			
	MBA xa nhất T_2		MBA gần nhất T_3	
	100	25	100	25
1. Máy phát điện: ΔV_{mp}	5	0	5	0
2. Máy biến áp T_1 :				
Độ gia điện áp : ΔV_T	0	0	0	0
Tổn thất điện áp: ΔU_{BAT}	-4	-1	-4	-1
3. Tổn thất U cho phép lưới 10 kV: ΔU_{cp10}	(-4,4)	(-1,1)	(-0,88)	(-0,22)
4. Máy biến áp tiêu thụ:				
Độ gia điện áp: ΔV_H	+10	+10	+5	+5
Tổn thất điện áp: ΔU_{BAH}	-4	-1	-4	-1
5. Tổn thất U cho phép lưới 0,4 kV: $\Delta U_{cp0,4}$	(-10,1)	0	(-8,62)	0
6. Độ lệch U cho phép tại thụ điện ΔV_{TD}	-7,5	(+6,9%)	-7,5	(+2,78%)
		$< [\Delta V]_{cp}$		$< [\Delta V]_{cp}$

d. Xác định ΔU_{cp} tầng cáp của mạng 10 và 0,4 kV (ví dụ máy biến áp xa T_2)

$$\Delta U_{cp\Sigma} = \Delta U_{cp10} + \Delta U_{cp0,4} = \Delta V_{mp}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta U_{BAT}^{100} + \Delta V_H^{100} + \Delta U_{BAH}^{100} + \Delta V_B^{100}$$

$$= 5 + 0 - 4 + 10 - 4 - (-7,5) = 14,5 (\%)$$

$\Delta U_{cp\Sigma}$ cần được phân phối một cách có lợi nhất giữa các cấp U khác nhau. Nó phải được tính toán cụ thể, ở đây ta tạm thời phân chia $\Delta U_{cp\Sigma}$ cho mạng 10 kV và mạng 0,4 kV là theo cách tính gần đúng.

Khi không biết phụ tải của trạm tiêu thụ, gần đúng ta có thể áp dụng biểu thức 6-23 để tính ΔU_{cp} các tuyến

$$\begin{cases} \Delta U_{cpC} + \Delta U_{cpH} = 14,5\% \\ \frac{\Delta U_{cpC}}{\Delta U_{cpH}} = \frac{0,4 \cdot 10}{10 \cdot 0,8} \sqrt{\frac{3}{4}} = 0,433 \end{cases}$$

Giải ra ta có $\Delta U_{cpC} = 4,4\%$, $\Delta U_{cpH} = 10,1\%$

e. Kiểm tra độ lệch U tại thụ điện gần (điểm A) khi phụ tải min: Việc lựa chọn độ gia điện áp của máy T_2 chỉ hợp lý khi kiểm tra độ lệch điện áp tại thụ điện gần cho máy T_2 (điểm A) là không vượt quá giá trị cho phép. Khi kiểm tra cho điểm A, hao tổn trên đường dây 0,4 kV lấy bằng không.

$$\Delta V_A^{25} = \Delta V_{mp} + \Delta V_T + \Delta U_{BAT} + \Delta V_{10} + \Delta V_H + \Delta U_{BAH} - \Delta V_{TD}$$

$$\Delta V_A = 0 + 0 - 1 - 1,1 + 10 - 1 - 0 = +6,9\% < [\Delta V]_{cp} = +7,5\% \rightarrow \text{đảm bảo.}$$

Trong đó: $\Delta U_{10}^{25} = 0,25 \Delta U_{cp10}^{100} = 0,25 \cdot 4,4\% = 1,1\%$.

Kết quả ghi như cột 2-3 ở bảng 6-3.

g. Xác định ΔU_{cp} của mạng 0,4 kV (đối với máy biến áp gần nhất T_3).

Khi đã có hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV (được tính với trạm xa nhất) là 4,4%, ta coi hao tổn điện áp cho phép trên đoạn từ thanh cái trạm tăng áp đến máy biến áp gần nhất tỷ lệ với khoảng cách giữa chúng, khi đó

$$\frac{\Delta U_{cp10xa}}{\Delta U_{cp10gan}} \approx \frac{L}{l} \quad \text{hay} \quad \frac{4,4}{\Delta U_{cp10gan}} \approx \frac{10}{2} \quad \text{và} \quad \Delta U_{cp10gan} = 0,88\%$$

$$\Delta U_{cp0,4gan} = \Delta V_{mp}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta U_{BAT}^{100} + \Delta U_{cp10gan}^{100} + \Delta V_H^{100} + \Delta U_{BAH}^{100} + \Delta V_{TD}^{100}$$

$$\Delta U_{cp0,4gan} = 5 + 0 - 4 - 0,88 + 5 - 4 - (-7,5) = 8,62(\%)$$

h. Kiểm tra ΔV tại thụ điện gần (điểm C) khi tải min

$$\Delta V_C^{25} = \Delta V_{mp} + \Delta V_T + \Delta U_{BAT} + \Delta U_{10gan} + \Delta V_H + \Delta U_{BAH} - \Delta V_{TD}$$

$$\Delta V_C^{25} = 0 + 0 - 1 - 0,22 + 5 - 1 - 0 = 2,78(\%) < [\Delta V]_{cp} = 7,5\%$$

Kết quả ghi như cột 4-5 ở bảng 6-3. Ta thấy, khi thay đổi chế độ vận hành thì hao tổn điện áp cho phép trên các tuyến dây hạ áp tăng lên rất nhiều, điều đó có ý nghĩa kinh tế do giảm được chi phí kim loại màu làm dây dẫn.

Comment [DB2]:

§ 6.5. TỔN THẤT ĐIỆN ÁP CHO PHÉP CỦA MẠNG ĐIỆN TỪ THANH CÁI TRẠM BIẾN ÁP TRUNG GIAN HAY KHU VỰC TỚI THỤ ĐIỆN HẠ ÁP

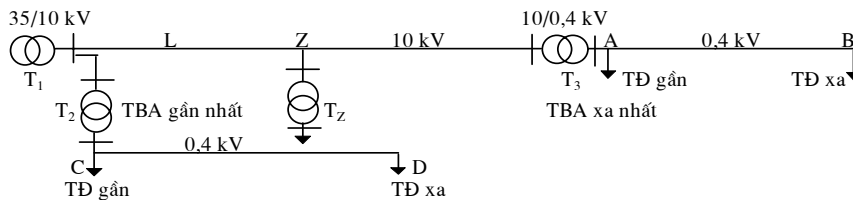
Phần lớn các thụ điện hiện nay đều được cung cấp từ thanh cái trạm biến áp trung gian, khu vực hay từ nhánh của đường dây phân phối. Các sơ đồ đưa ra ở đây là rất phổ biến và việc nghiên cứu, xác định ΔU_{cp} có ý nghĩa lớn trong thực tế.

1. Tổn thất điện áp cho phép của mạng điện cung cấp từ thanh cái trạm biến áp 35/10 kV hay từ nhánh đường dây 10 kV tới thụ điện hạ áp

+ Mạng được đấu trực tiếp từ thanh cái trạm trung gian

Căn cứ vào chế độ vận hành của trạm trung gian và trạm biến áp ở xa nhất khi tải cực đại, ta có thể xác định được hao tổn điện áp cho phép trên mạng 10 kV và trên mạng 0,4 kV của trạm xa nhất. Dựa vào hao tổn cho phép trên mạng 10 kV vừa xác định và vị trí của các máy biến áp đấu vào mạng này, ta hoàn toàn có thể xác định được hao tổn trên mạng 0,4 kV của bất kỳ trạm biến áp nào.

Xét một mạng điện được cung cấp từ thanh cái trạm biến áp 35/10 kV có sơ đồ như hình vẽ (hình 6-4). Trạm xa nhất là trạm T_3 , trạm gần nhất (đấu vào thanh cái trạm trung gian là T_2), trạm T_Z đấu vào điểm bất kỳ trên mạng.



Hình 6-4. Mạng điện của trạm biến áp trung gian

Giả sử chế độ vận hành của trạm trung gian 35/10 kV: $\Delta V_{TC}^{100} = +5\%$; $\Delta V_{TC}^{25} = 0\%$, các máy biến áp tiêu thụ chưa có thông số cụ thể lấy $\Delta U_{BA}^{100} = -4\%$, $\Delta U_{BA}^{25} = -1\%$. Đường dây cao áp có L = 12 km, trạm gần nhất tại thanh cái trung gian, trạm đầu tại điểm Z có khoảng cách tới thanh cái 10 kV là 4 km. Chiều dài trung bình các tuyến dây hạ áp là 0,8 km và dây trung tính có tiết diện bằng nửa dây pha. Mạng điện nông nghiệp nên độ lệch cho phép tại thụ điện $-7,5\% \leq \Delta V_{TD} \leq +7,5\%$ và chọn độ gia điện áp trên thanh cái của máy biến áp tiêu thụ xa nhất $\Delta V_T^{100} = \Delta V_T^{25} = +10\%$.

Ta chọn độ gia điện áp hợp lý của các máy tiêu thụ ghi vào bảng cùng với ΔU_{BA} và ΔV_{TD} rồi xác định ΔU_{cp} của mạng điện như bảng 6-4.

Đối với trạm biến áp xa nhất T₂: Tổn thất điện áp tổng cộng là:

$$\Delta U_{cp\Sigma} = \Delta U_{cp10} + \Delta U_{cp0,4} = \Delta V_{TC}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta V_B^{100} - \Delta V_{TD}^{100} =$$

$$\Delta U_{cp\Sigma} = 5 + 10 - 4 - (-7,5) = 18,5 (\%).$$

Khi không biết phụ tải của trạm tiêu thụ, gần đúng ta có thể áp dụng biểu thức 6-23 để tính ΔU_{cp} các tuyến

$$\begin{cases} \Delta U_{cpC} + \Delta U_{cpH.xa} = 18,5\% \\ \frac{\Delta U_{cpC}}{\Delta U_{cpH.xa}} = \frac{0,4.12}{10.0,8} \sqrt{\frac{3}{3,5}} = 0,555 \end{cases}$$

Giải ra ta có: $\Delta U_{cp10} = 6,6\%$, $\Delta U_{cpH.xa} = 11,9\%$.

Kiểm tra độ lệch U tại thụ điện gần của máy xa nhất (điểm A) khi tải cực tiểu, coi phụ tải nằm sát thanh cái trạm 0,4 kV nên hao tổn đường dây 0,4 kV tới điểm A bằng không:

$$\Delta V_A^{25} = \Delta V_{TC}^{25} + \Delta U_{10}^{25} + \Delta V_T^{25} + \Delta U_T^{25} + \Delta U_{0,4(A)}^{25} =$$

$$\Delta V_A^{25} = 0 - 1,65 + 10 - 1 + 0 = +7,35\% < [\Delta V]_{cp} = +7,5\%$$

Bảng 6-4. Độ lệch điện áp và ΔU_{cp} của mạng điện từ thanh cái 10 kV

Thành phần thiết bị điện	Mức phụ tải (%) của máy biến áp			
	MBA Xa nhất T ₂		MBA Gần nhất T ₃	
	100	25	100	25
1. Thanh cái 10 kV: ΔV_{TC}	+5	0	+5	0
2. Tổn thất U cho phép mạng 10 kV : ΔU_{cp10}	(-6,6)	(-1,65)	0	0
3. Máy biến áp 10/0,4 kV :				
Độ gia điện áp: ΔV_T	+10	+10	+5	+5
Tổn thất điện áp: ΔU_T	-4	-1	-4	-1
4. Tổn thất U cho phép mạng 0,4 kV: $\Delta U_{cp0,4}$	(-11,9)	0	(-13,5)	0
6. Độ lệch U cho phép tại thụ điện: ΔV_{TD}	-7,5	+7,35%	-7,5	+4%
		< $[\Delta V]_{cp}$		< $[\Delta V]_{cp}$

Đối với trạm biến áp gần nhất T_3 ; khi xác định ΔU_{cp} của mạng 0,4 kV, do trạm được đấu vào thanh cái 10 kV nên hao tổn trên đường 10 kV đối với trạm này bằng không, ta chọn độ gia của máy biến áp tiêu thụ $\Delta V_T^{100} = \Delta V_T^{25} = +5\%$

$$\Delta U_{cp0,4\ gan} = \Delta V_{TC}^{100} + \Delta U_{10\ gan}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta U_T^{100} - \Delta V_{TD}^{100} =$$

$$\Delta U_{cp0,4\ gan} = 5 + 0 + 5 - 4 - (-7,5) = 13,5 (\%)$$

Kiểm tra ΔV tại thụ điện gần (điểm C) khi tải min:

$$\Delta V_C^{25} = \Delta V_{TC}^{25} + \Delta U_{10\ gan}^{25} + \Delta V_T^{25} + \Delta U_T^{25} + \Delta U_{0,4\ (C)}^{25} =$$

$$\Delta V_C^{25} = 0 + 0 + 5 - 1 + 0 = 4 (\%) < [\Delta V]_{cp}$$

Nếu cần tính hao tổn điện áp cho phép trên mạng điện 0,4 kV của trạm được nối từ điểm Z nào đó trên đường dây 10 kV với chiều dài l cách trạm 35/10 kV thì phải tính ΔU trên đoạn đó và lập bảng.

Khi hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV (được tính với trạm xa nhất) tính được là 6,6%, ta coi hao tổn điện áp cho phép trên đoạn từ thanh cái trạm tăng áp đến máy biến áp gần nhất tỷ lệ với khoảng cách giữa chúng

$$\frac{\Delta U_{cp10\ xa}}{\Delta U_{cp10\ (Z)}} \approx \frac{L}{l} \text{ hay } \frac{6,6}{\Delta U_{cp10\ (Z)}} \approx \frac{12}{4} \text{ và } \Delta U_{cp10\ gan} = 2,2\%$$

Chọn độ gia của máy biến áp tiêu thụ $\Delta V_T^{100} = \Delta V_T^{25} = +5\%$

Bảng 6-5. Độ lệch điện áp và ΔU_{cp} của mạng điện từ thanh cái 10 kV

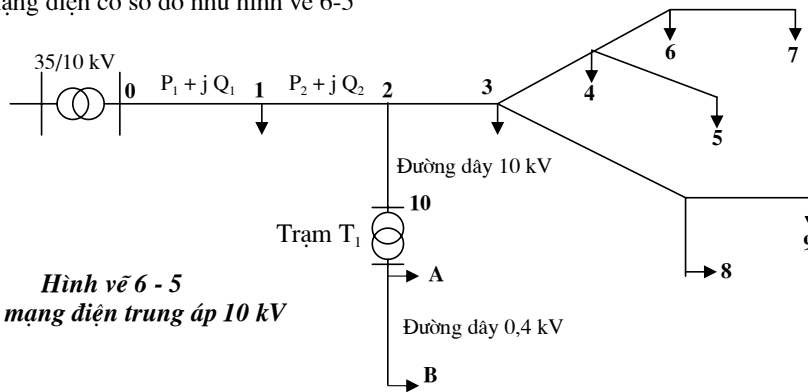
Thành phần thiết bị điện	Mức phụ tải (%) của máy biến áp			
	MBA Xa nhất T_2		MBA Gần T_Z	
	100	25	100	25
1. Thanh cái 10 kV: ΔV_{TC}	+5	0	+5	0
2. Tổn thất U cho phép mạng 10 kV : ΔU_{cp10}	(-6,6)	(-1,65)	(-2,2)	(-0,55)
3. Máy biến áp 10/0,4 kV :				
Độ gia điện áp: ΔV_T	+10	+10	+5	+5
Tổn thất điện áp: ΔU_T	-4	-1	-4	-1
4. Tổn thất U cho phép mạng 0,4 kV: $\Delta U_{cp0,4}$	(-11,9)	0	(-11,3)	0
6. Độ lệch U cho phép tại thụ điện: ΔV_{TD}	-7,5	+7,35% < $[\Delta V]_{cp}$	-7,5	+3,45% < $[\Delta V]_{cp}$

Ta có $\Delta U_{cp\ 0,4\ (Z)}^{100} = 11,3\%$.

+ Mạng được đấu trực tiếp trên đường dây trung áp

- Trong khi làm thiết kế hoặc quy hoạch, nếu cần xác định hao tổn điện áp cho phép để tính tiết diện dây dẫn cho mạng cao áp và hạ áp của một trạm biến áp thiết kế mới (trạm T_1), đấu vào một điểm nào đó trên đường dây trung áp đang vận hành (điểm 2), ta cần xác định hao tổn điện áp thực tế trên mạng trung áp trên đoạn 0 - 2 (phụ tải của mạng được tính

bằng phụ tải hiện có cộng với phụ tải của trạm thiết kế mới). Từ đó xác định được độ lệch tại điểm đấu điện (điểm 2) và tiến hành xác định hao tổn điện áp cho phép trên đoạn 2 - 10 của đường trung áp cần thiết kế và hao tổn cho phép trên đường 0,4 kV bằng cách lập bảng, Xét mạng điện có sơ đồ như hình vẽ 6-5



Hình vẽ 6 - 5
Sơ đồ mạng điện trung áp 10 kV

Giả thiết, qua khảo sát chế độ vận hành của trạm 35/10 kV ta có độ lệch điện áp trên thanh cái là $\Delta V_{TC}^{100} = +5\%$, $\Delta V_{TC}^{25} = +0\%$, công suất truyền tải trên đoạn 0 - 1 là P_1, Q_1 và trên đoạn 1 - 2 là P_2, Q_2 (có tính đến công suất của trạm mới cấy vào) tương ứng với tổng trở các đoạn là Z_1 và Z_2 . Trạm biến áp cách điểm đấu 2 km và chiều dài trung bình đường dây hạ áp là 0,7 km, lưới hạ áp có dây trung tính bằng nửa tiết diện dây pha. Ta cần xác định hao tổn điện áp trên các đoạn này trong các chế độ tải cực đại và cực tiểu, quy đổi ra % so với điện áp định mức.

Bảng 6-6. Độ lệch điện áp và ΔU_{cp} của mạng điện

Thành phần thiết bị điện	Mức phụ tải (%) của máy biến áp	
	100	25
1. Thanh cái 10 kV: ΔV_2	+2,9	-0,8
2. Tổn thất U cho phép mạng 10 kV : ΔU_{cp10}	(-1,1)	(-0,275)
3. Máy biến áp 10/0,4 kV :		
Độ gia điện áp: ΔV_T	+5	+5
Tổn thất điện áp: ΔU_T	-4	-1
4. Tổn thất U cho phép mạng 0,4 kV: $\Delta U_{cp0,4}$	(-10,3)	0
6. Độ lệch U cho phép tại thụ điện: ΔV_{TD}	-7,5	+2,925% < $[\Delta V]_{cp}$

$$\Delta U_{\Sigma \max} = \Delta U_{\max 01} + \Delta U_{\max 12} = \frac{P_{1\max} R_1 + Q_{1\max} X_1}{U_{dm}} + \frac{P_{2\max} R_2 + Q_{2\max} X_2}{U_{dm}}$$

$$\Delta U_{\Sigma \min} = \Delta U_{\min 01} + \Delta U_{\min 12} = \frac{P_{1\min} R_1 + Q_{1\min} X_1}{U_{dm}} + \frac{P_{2\min} R_2 + Q_{2\min} X_2}{U_{dm}}$$

$$\text{Tính } \Delta U\%_{\Sigma_{\max}} = \frac{\Delta U_{\Sigma_{\max}}}{U_{dm}} 100 \text{ và } \Delta U\%_{\Sigma_{\min}} = \frac{\Delta U_{\Sigma_{\min}}}{U_{dm}} 100$$

Độ lệch điện áp tại điểm 2: $\Delta V_2^{100} = \Delta V_{TC}^{100} - \Delta U\%_{\Sigma_{\max}}$ và $\Delta V_2^{25} = \Delta V_{TC}^{25} - \Delta U\%_{\Sigma_{\min}}$

Giả sử ta tính được hao tổn trên đường dây $\Delta U\%_{\Sigma_{\max}} = 2,1\%$ và $\Delta U\%_{\Sigma_{\min}} = 0,8\%$. khi đó $V_2^{100} = \Delta V_{TC}^{100} - \Delta U\%_{\Sigma_{\max}} = + 2,9\%$ và $\Delta V_2^{25} = \Delta V_{TC}^{25} - \Delta U\%_{\Sigma_{\min}} = - 0,8\%$. Thành lập bảng xác định hao tổn điện áp tổng trên các tuyến (bảng 6-6).

Khi không biết phụ tải của trạm tiêu thụ, gần đúng ta có thể áp dụng biểu thức 6-23 để tính ΔU_{cp} các tuyến

$$\begin{cases} \Delta U_{cpC} + \Delta U_{cpH.xa} = 11,4\% \\ \frac{\Delta U_{cpC}}{\Delta U_{cpH.xa}} = \frac{0,4.2}{10.0,7} \sqrt{\frac{3}{3,5}} = 0,1058 \end{cases}$$

Giải ra ta có: $\Delta U_{cp(2-10)} = 1,1\%$, $\Delta U_{cp0,4} = 10,3\%$.

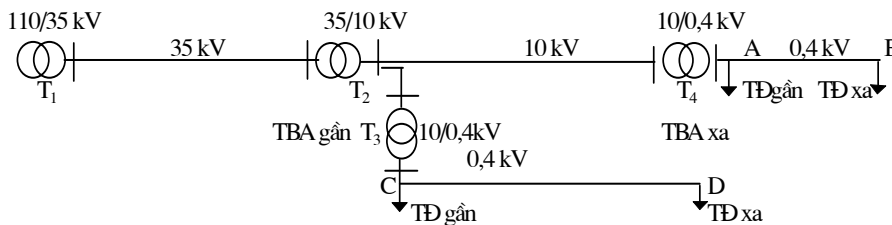
Trường hợp khi cải tạo đường dây hạ thế (tuyến 0,4 kV) mà không cần cải tạo lại đường dây trung áp, ta tiến hành tính hao tổn điện áp thực trên đường dây 10 kV với dây dẫn hiện có (đoạn 2- 10), xác định độ lệch điện áp tại điểm đầu và thay vào bảng để tính được hao tổn điện áp cho phép trên đường dây 0,4 kV.

2. Tổn thất điện áp cho phép của mạng điện cung cấp từ trạm biến áp khu vực 110/35 kV hay từ nhánh đường dây 35 kV tới thụ điện hạ áp

Đối với mạng này, ta cần xác định hao tổn điện áp cho phép trên các đoạn đường dây 35, 10, 0,4 kV. Xét trường hợp mạng điện được đấu trực tiếp từ thanh cái 110/35 kV, trạm 10 kV gần nhất được đấu ngay thanh cái trạm 35/10 kV, chiều dài đường dây 35 kV là 30 km, chiều dài đường 10 kV là 15 km và chiều dài trung bình đường hạ áp là 0,8 km. Lưới hạ áp, cần xác định hao tổn điện áp cho phép của trạm xa nhất và gần nhất.

Sơ đồ tính toán thể hiện trên hình 6-6

Để xác định được hao tổn điện áp cho phép trên các tuyến, ta cần xem xét chế độ vận hành cụ thể của các trạm biến áp. Giả sử trong chế độ vận hành, máy biến áp 110/35 có điều áp dưới tải và vận hành ở yêu cầu cao, độ lệch điện áp tại thanh cái 35 kV có thể tự động điều chỉnh và duy trì: $\Delta V_{TC35}^{100} = +5\%$; $\Delta V_{TC35}^{25} = 0$. máy biến áp 35/10 kV duy trì điện áp trên thanh cái $\Delta V_{T2}^{100} = 0\%$; $\Delta V_{T2}^{25} = 0\%$.



Hình 6-6. Mạng điện cấp từ trạm biến áp khu vực 110/35 kV

Chọn độ gia điện áp của các máy biến áp tiêu thụ một cách hợp lý (độ gia điện áp lớn nhất có thể) và lập bảng độ lệch điện áp như bảng 6-7.

Bảng 6-7 Độ lệch điện áp và tổn thất điện áp cho phép của mạng điện từ thanh cái 35 kV

Thành phần thiết bị điện	Mức phụ tải (%) của máy biến áp			
	MBA xa nhất T ₄		MBA gần nhất T ₃	
	100	25	100	25
1. Thanh cái 35 kV: ΔV_{TC35}	+5	0	+5	0
2. Tổn thất U cho phép mạng 35 kV : ΔU_{cp35}	(-2,66)	(-0,665)	(-2,66)	(-0,665)
3. Máy biến áp 35/10kV (T ₂):				
Độ gia điện áp: ΔV_{T2}	0	0	0	0
Tổn thất điện áp: ΔU_{T2}	-4	-1	-4	-1
4. Tổn thất U cho phép mạng 10 kV: ΔU_{cp10}	(-4,66)	(-1,165)	0	0
5. Máy biến áp 10/0,4 kV				
Độ gia điện áp: ΔV_T	+10	+10	+10	+10
Tổn thất điện áp: ΔU_T	-4	-1	-4	-1
6. Tổn thất U cho phép mạng 0,4 kV: $\Delta U_{cp0,4}$	(-7,18)	0	(-11,84)	0
7. Độ lệch U tại thụ điện xa và gần nhất : ΔV	-7,5	+6,17%	-7,5	7,335%
		$< [\Delta V]_{cp}$		$< [\Delta V]_{cp}$

Chọn độ gia điện áp của các máy tiêu thụ $\Delta V_T^{100} = \Delta V_T^{25} = +10\%$

Xác định $\Delta U_{\Sigma CP}$ đối với các đường dây trung áp và mạng hạ áp của máy xa nhất, ta sử dụng phương trình phân chia hao tổn điện áp:

$$\Delta U_{cp\Sigma} = \Delta U_{cp35} + \Delta U_{cp10} + \Delta U_{cp0,4 \text{ xa}} =$$

$$\Delta U_{cp\Sigma} = \Delta V_{TC35}^{100} + \Delta V_{T2}^{100} + \Delta U_{T2}^{100} + \Delta V_T^{100} + \Delta U_T^{100} - \Delta V_{TB}^{100}$$

$$\Delta U_{cp\Sigma} = +5 + 0 - 4 + 10 - 4 - (-7,5) = 14,5(\%)$$

Khi không biết phụ tải của trạm tiêu thụ, gần đúng ta có thể áp dụng biểu thức 6-23 để tính ΔU_{CP} các tuyến

$$\begin{cases} \Delta U_{cp35} + \Delta U_{cp10} + \Delta U_{cpH.xa} = 14,5\% \\ \frac{\Delta U_{cp35}}{\Delta U_{cp10}} = \frac{10.30}{35.15} \sqrt{\frac{3}{3}} = 0,57 \\ \frac{\Delta U_{cp10}}{\Delta U_{cp0,4 \text{ xa}}} = \frac{0,4.15}{10.0,8} \sqrt{\frac{3}{4}} = 0,65 \end{cases}$$

Giải ra ta có: $\Delta U_{cp35} = 2,66\%$, $\Delta U_{cp10} = 4,66\%$, $\Delta U_{cp0,4} = 7,18\%$.

Tương tự ta xác định được ΔU_{cp} của mạng 0,4 kV đối với máy biến áp gần T₄:

$$\Delta U_{cp0,4 \text{ Gan}} = 11,84\%$$

Kiểm tra độ lệch điện áp tại thụ điện gần (điểm C) đảm bảo.

§ 6-6. KIỂM TRA MẠNG ĐIỆN THEO DAO ĐỘNG ĐIỆN ÁP KHI MỞ MÁY ĐỘNG CƠ

Ta biết rằng dòng điện mở máy của động cơ dị bộ lồng sóc lớn hơn dòng điện định mức của nó từ 4 - 7,5 lần. Vì thế tổn thất điện áp khi khởi động động cơ sẽ tăng lên gấp mấy lần lúc làm việc bình thường còn điện áp tại động cơ điện sụt đi đáng kể so với chế độ định mức. Bởi vậy nếu mạng điện hạ áp có các động cơ công suất lớn làm việc thì sau khi tính toán mạng điện theo tổn thất điện áp cho phép, vẫn phải kiểm tra sự dao động điện áp khi khởi động động cơ.

Mặt khác, đa số các trường hợp động cơ điện chỉ mở máy vài lần trong một giờ và thời gian lấy đà rất ngắn (không quá 10 s). Điều đó cho phép điện áp đặt vào động cơ điện giảm đi nhiều so với lúc làm việc bình thường. Khi mở máy chỉ cần mô men khởi động đủ thắng mô men cản của nó là động cơ có thể quay được.

Theo " quy phạm trang bị điện " khi đường dây dẫn đến một động cơ, cho phép độ sụt áp ở thời điểm mở máy động cơ dị bộ lồng sóc lên tới 40% so với điện áp định mức:

$$\Delta U_{kd} \geq -40\% U_{dm} \quad (6-26)$$

Phần lớn các máy công tác (ví dụ như các loại máy bơm nước, quạt gió, máy công cụ truyền động bằng dây cua-roa hay nối cứng) mô men ban đầu không vượt quá 1/3 mô men định mức của động cơ điện. Điều đó ảnh hưởng đến các cực các động cơ khác đang làm việc. Do đó trường hợp đường dây dẫn đến nhiều động cơ, theo quy định, khi mở máy động cơ, điện áp trên cực các động cơ còn lại không được giảm quá 20% so với điện áp định mức, nghĩa là:

$$\Delta U_{kd} \geq -20\% U_{dm} \quad (6-27)$$

Đồng thời để tránh điện áp giảm quá mức, các động cơ đều không chế không mở máy cùng một lúc bằng các Rơ-le thời gian.

Phần lớn các động cơ điện được cung cấp từ các trạm biến áp hay máy phát đồng bộ qua đường dây trên không (hay cáp). Nếu động cơ được cung cấp điện từ máy biến áp qua đường dây thì tổn thất điện áp lúc mở máy 1 động cơ có tính đến điện trở của mạng điện xác định theo biểu thức:

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mba} + Z_{dd}}{Z_{mba} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 \quad (6-28)$$

trong đó:

Z_{mba} - là tổng trở của máy biến áp, có thể chọn theo bảng 6-5 hoặc tính theo biểu thức:

$$Z_{mba} = \frac{u_k \%}{100} \frac{U_{dm}}{\sqrt{3} I_{dm}} \quad (6-29)$$

ở đây:

$u_k \%$ - là điện áp ngắn mạch phần trăm của máy biến áp ;

U_{dm}, I_{dm} - là điện áp và dòng điện định mức;

Z_{dd} - là tổng trở của đường dây có thể chọn theo bảng 6-6 hoặc tính theo công thức:

$$Z_d = (r_0 + jx_0)l = Z_0 l (\Omega) \quad (6-30)$$

Z_{dc} - là tổng trở của động cơ khi mở máy:

$$Z_{dc} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}K_{mm}} \quad (6-31)$$

K_{mm} - là bội số dòng điện mở máy của động cơ, cho trong lý lịch máy.

Bảng 6-5. Tổng trở của một số máy biến áp quy về điện áp 380V.

Công suất (kVA)	20	30	50	100	180
Z_{mba} (Ω)	0,4	0,265	0,16	0,08	0,036

Bảng 6-6. Tổng trở của một số tiết diện dây dẫn đường dây trên không.

Mác dây dẫn	M10	M16	M25	A, AC16	A, AC25	A, AC35
Z_{0d} (Ω/km)	1,88	1,27	0,84	2,0	1,34	1,0

Trường hợp động cơ điện được cung cấp từ máy phát đồng bộ qua đường dây thì tổn thất điện áp tính theo biểu thức:

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mp} + Z_{dd}}{Z_{mp} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 \quad (6-32)$$

trong đó : Z_{mp} - là tổng trở của máy phát.

$$Z_{mp} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}K_{nm}} \quad (6-33)$$

K_{nm} - là bội số dòng điện ngắn mạch của máy phát điện cho trong lý lịch máy. Tổng trở của máy phát điện nhỏ được tính sẵn cho trong bảng 6-7.

Bảng 6-7. Tổng trở của máy phát điện điện áp 0,4kV.

Công suất (kVA)	15	25	35	45	60
Z_{mp} (Ω)	9,4	5,75	5,15	4,0	3,15

Ví dụ

Một động cơ điện rô to lồng sóc, công suất $P_H = 10kW$ được cung cấp từ máy biến áp dung lượng 100kVA. Đường dây trên không dùng dây dẫn AC25 dài 0,75km. Hãy kiểm tra dao động điện áp khi mở máy động cơ.

Giải:

Tra bảng phụ lục với động cơ lồng sóc DK624-10kW có: $\cos\varphi = 0,88$; $K_{mm} = 6,5$; $\eta = 0,87$, tính được:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm} \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,87} = 19,8 \text{ (A)}$$

$$Z_{dc} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}I_{dm}K_{mm}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 19,8 \cdot 6,5} = 1,7 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Tra bảng 6-7 và 6-8 ta được : $Z_{mba} = 0,08 \Omega$; $Z_0 = 1,34 \Omega/km$.

Tổng trở của đường dây là:

$$Z_d = Z_{0,1} = 1,34.0,75 = 1,0 (\Omega)$$

Độ sụt áp khi khởi động động cơ là:

$$\Delta U_{kd} \% = \frac{Z_{mba} + Z_{dd}}{Z_{mba} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 = \frac{0,08 + 1,0}{0,08 + 1,0 + 1,7} 100 = 38,8 (\%)$$

Ta có $\Delta U_{kd} = 38,8 < 40\%$, vậy động cơ có thể khởi động được.

§ 6-7. BIỆN PHÁP BÙ DUNG LƯỢNG PHẢN KHÁNG TRONG MẠNG ĐIỆN

1. Khái niệm chung

Trong hệ thống điện, người ta phải giải quyết vấn đề cân bằng công suất giữa nguồn và thụ điện. Công suất toàn phần S có 2 thành phần là công suất tác dụng P và phản kháng Q. Chúng liên quan chặt chẽ với nhau bởi hệ số công suất $\cos\varphi$:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Công suất toàn phần là công suất thiết kế của thiết bị nó đã được khống chế. Vì vậy việc tăng hay giảm P hoặc Q không thể tùy tiện được. Trong mạng điện công suất tác dụng P có liên quan đến quá trình động lực mô men quay động cơ, truyền lực đến máy công cụ, làm nóng dây dẫn và lõi thép. Tại nguồn điện công suất tác dụng liên quan trực tiếp đến tiêu hao than, nước và nhiên liệu. Công suất phản kháng liên quan chủ yếu đến suất điện động của máy phát hay dòng điện kích từ. Ở mạng điện công suất phản kháng liên quan đến quá trình từ hoá trong lõi thép, máy biến áp, động cơ điện, gây ra biến đổi từ thông, tạo ra suất điện động phía thứ cấp và gây ra tản từ trong mạng điện.

Để đáp ứng yêu cầu của thụ điện, công suất tác dụng phải được lấy từ nguồn phát là thủy điện, nhiệt điện qua các máy biến áp và đường dây đến phụ tải. Công suất phản kháng có thể lấy từ nguồn (nhà máy điện) hoặc từ thiết bị bù đặt ngay tại phụ tải. Ở đây, người ta phải giải bài toán kinh tế và kỹ thuật là: đặt thiết bị bù như thế nào là kinh tế nhất.

Bù công suất phản kháng đặt tại phụ tải có thể sử dụng tụ điện tĩnh hay máy bù đồng bộ.

Tụ điện tĩnh có ưu nhược điểm là: vận hành đơn giản, giá thành tương đối rẻ, có thể chia nhỏ thành các bộ ghép nối tiếp hoặc song song , đặt ở mạng điện cao hoặc hạ áp; tổn hao công suất tương đối nhỏ. Nhược điểm của tụ bù là công suất phản kháng phát ra tỷ lệ với bình phương điện áp ($Q_d = U^2/x_c$) cho nên nếu điện áp giảm quá và kéo dài có thể gây ra thủng sụt áp, làm mất ổn định trong mạng điện. Ngoài ra còn nhược điểm nữa là khi phụ tải nhỏ cần tiêu thụ công suất phản kháng của mạng điện thì nó không giải quyết được.

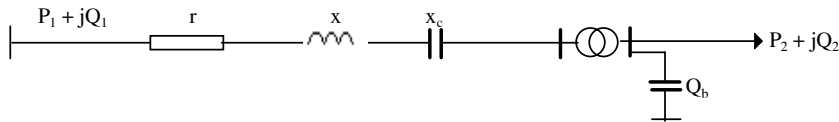
Máy bù đồng bộ là loại động cơ điện đồng bộ chạy không tải tiêu thụ công suất tác dụng từ mạng điện. Nó có thể phát ra hoặc tiêu thụ công suất phản kháng tùy theo dòng điện kích từ của nó. Ưu điểm cơ bản của máy bù đồng bộ là có thể điều chỉnh công suất phản kháng phát ra. Do đó điều chỉnh được điện áp một cách linh hoạt và có thể giữ cho điện áp ở các nút được ổn định. Nhược điểm của máy bù là vận hành phức tạp và giá thành cao.

Biện pháp bù dung lượng phản kháng trong mạng điện có thể thực hiện theo 2 hướng là bù theo điều kiện kinh tế tức là giải bài toán đặt thiết bị bù tại nguồn hay phụ tải thì có lợi. Bù theo điều chỉnh điện áp nhằm giải quyết yêu cầu về chất lượng điện.

Đối với mạng điện địa phương hoạt động trong một phạm vi không rộng lắm và gần thụ điện hạ áp, cho nên dùng máy bù là không có lợi. Vì vậy người ta thường bù theo điều kiện điều chỉnh điện áp bằng tụ điện tĩnh. Sau đây chỉ nêu 2 phương pháp: bù ngang và bù dọc bằng tụ điện.

2. Bù ngang bằng tụ điện tĩnh

Khi công suất phản kháng đi trên đường dây thay đổi thì tổn thất điện áp cũng thay đổi theo. Vì vậy có thể điều chỉnh được điện áp ở cực các phụ tải bằng các thiết bị bù phản kháng theo phương pháp bù ngang. Sơ đồ bù ngang bằng tụ điện (Q_b) theo phương pháp điều chỉnh điện áp đối với mạng điện địa phương như trên hình vẽ (hình 6-7).



Hình 6-7. Bù theo điều chỉnh điện áp

Q_b - lµ bñ ngang b»ng tñ iñn;
 x_c - lµ bñ d»c b»ng tñ iñn.

Tụ điện tĩnh phát ra công suất phản kháng nên khi đặt ở phụ tải, nó có tác dụng làm giảm công suất phản kháng đi trên đường dây. Gọi Q_b là dung lượng của tụ điện cần thiết để nâng điện áp từ U_2 đến U_{2b} là giá trị điện áp cần đạt được, còn điện áp đầu đường dây coi như không đổi.

Khi chưa đặt tụ điện ta có:

$$U_2 = U_1 - \frac{Pr + Qx}{U_{dm}} \quad (6-34)$$

trong đó:

P, Q - là công suất tác dụng và phản kháng truyền tải của đường dây;

r, x - là điện trở tác dụng và phản kháng của đường dây nơi đặt tụ điện.

Khi đặt tụ điện Q_b , điện áp được nâng từ U_2 lên đến U_{2yc} có giá trị là:

$$U_{2b} = U_1 - \frac{Pr + Qx}{U_{dm}} + \frac{Q_b x}{U_{2yc}} \quad (6-35)$$

So sánh (6-34) và (6-35) ta thấy khi có tụ bù, công suất phản kháng giảm đi một lượng là $Q - Q_b$. Tổn thất điện áp giảm đi một lượng do dòng điện dung đi ngược trên đường dây.

Lấy (6-35) trừ đi (6-34) ta được:

$$U_{2yc} - U_2 = \frac{Q_b x}{U_{2b}} \quad (6-36)$$

suy ra:
$$Q_b = \frac{U_{2yc} - U_2}{x} U_{2yc} = \frac{\Delta U_b U_{2yc}}{x} \quad (6-37)$$

Với $\Delta U_b = U_{2yc} - U_2$

Muốn chọn số lượng tụ điện, ta phải căn cứ vào số liệu của mỗi tụ điện và thông số của đường dây.

Số tụ điện mắc nối tiếp là:

$$n = \frac{U_{2yc}}{U_c} \quad (6-38)$$

U_{2yc} , U_c - là điện áp yêu cầu của mạng điện và điện áp cho phép của tụ điện.

Số tụ điện mắc song song là:

$$m = \frac{I}{I_c} \quad (6-39)$$

I , I_c - là dòng điện truyền tải của đường dây và dòng điện cho phép đi qua tụ điện.

Khi đặt tụ điện, người ta phải tính toán ở lúc phụ tải cực đại, còn khi phụ tải cực tiểu phải cắt tụ điện ra khỏi mạng điện. Vì vậy phải kết hợp giữa bù bằng tụ điện với chọn nấc của máy biến áp sao cho khi phụ tải cực tiểu điện áp đạt giá trị yêu cầu là nhờ nấc máy biến áp chọn hợp lý (vì tụ điện đã được cắt ra).

3. Bù dọc

Sơ đồ bù dọc thực hiện bằng tụ điện (X_c) cho trên hình 6-7.

Khi đặt tụ bù dọc trên đường dây, tổn thất điện áp giảm đi một lượng là:

$$\Delta U = \sqrt{3}I[r \cos \varphi + (x - x_c) \sin \varphi] \quad (6-40)$$

trong đó: x , x_c - là điện kháng của đường dây và điện kháng của bộ tụ điện bù.

Đối với mạng điện khu vực, thì công suất phản kháng thấp, hệ số công suất cao nên hiệu quả bù rất thấp.

Tổn thất điện áp phụ thuộc rất nhiều vào $\cos \varphi$, nếu $\cos \varphi$ cao thì tổn thất điện áp rất ít nên hiệu quả bù cũng không đáng kể.

Đối với mạng điện địa phương và nhất là mạng điện nông nghiệp, hệ số $\cos \varphi$ tương đối thấp nên bù dọc rất có hiệu quả.

Khi chưa đặt tụ điện bù dọc, tổn thất điện áp trên đường dây xác định theo biểu thức:

$$\Delta U\% = \frac{Pr + Qx}{U^2} 100 \quad (6-41)$$

Khi có đặt tụ bù tổn thất điện áp là:

$$\Delta U_{tb}\% = \frac{Pr + Q(x - x_b)}{U^2} 100 \quad (6-42)$$

Do đặt tụ bù dọc, tổn thất điện áp giảm đi một lượng là:

$$\Delta U_b\% = \Delta U\% - \Delta U_{tb}\% = \frac{Qx_b}{U^2} 100 \quad (6-43)$$

suy ra:
$$x_b = \frac{\Delta U_b\% U^2}{Q \cdot 100} = \frac{\Delta U_b\% U^2}{Ptg\phi \cdot 100} \quad (6-44)$$

Điện áp mỗi pha đặt lên bộ tụ điện là:

$$U_b = I \cdot x_b \quad (6-45)$$

Căn cứ vào tham số của tụ điện: dung lượng Q_c , dung kháng x_c , điện áp U_c và dòng điện cho phép đi qua tụ điện ($I_c = Q_c / U_c$), ta có thể chọn được số tụ điện mắc nối tiếp và song song:

$$n = \frac{U_b}{U_c}; \quad m = \frac{I}{I_c} \quad (6-46)$$

Khi tính m và n ta phải làm tròn cho đến số nguyên gần nhất do đó dung lượng thực của bộ tụ điện trên 3 pha sẽ là:

$$Q_b = 3 \cdot m \cdot n \cdot Q_c \quad (6-47)$$

Dung kháng bù thực tế là:

$$x_{bt} = \frac{n \cdot x_c}{m} = \frac{n \cdot U_c^2}{m \cdot Q_c} \quad (6-48)$$

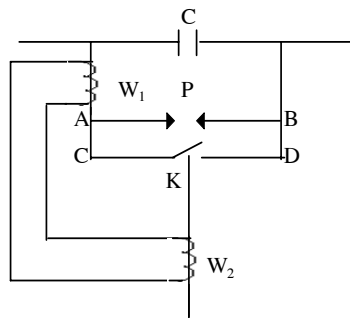
Độ giảm tổn thất điện áp thực tế có giá trị là:

$$\Delta U_{bt}\% = \frac{Ptg\phi \cdot x_{bt} \cdot 100}{U^2} \quad (6-49)$$

Vị trí tụ điện được đặt ở trạng thái đường dây làm việc bình thường và có tính đến hạn chế dòng điện khi xảy ra ngắn mạch. Nếu đường dây có 1 phụ tải thì nên đặt tụ điện ở cuối đường dây (vì khi đó nếu xảy ra ngắn mạch thì dòng điện qua tụ điện bé). Nếu đường dây có nhiều phụ tải thì nên đặt tụ điện bù ở giữa trung tâm phụ tải.

Để bảo vệ cho tụ điện khi xảy ra ngắn mạch, người ta dùng hệ thống Rơ- le máy ngắt như trên hình 6-8.

Hình 6-8.
Sơ đồ bảo vệ tụ điện bù dọc
 C - bộ tụ điện.
 P - khe hở phóng điện.
 K - máy cắt bảo vệ.
 W₁, W₂ - cuộn dây Rơ-le.



Khi xảy ra ngắn mạch dòng điện qua tụ điện C tăng lên, điện áp rơi trên tụ điện tăng quá giới hạn cho phép. Khe hở phóng điện P mắc song song với tụ C nên cũng chịu một điện áp lớn và xảy ra phóng điện. Đoạn AB được nối liền mạch. Cuộn dây điện từ (hay cuộn dây máy cắt) có điện và hút công tắc K, nối tắt mạch CD, hồ quang qua khe hở P tắt. Dòng điện sẽ đi qua K và nối tắt mạch, tụ điện được bảo vệ an toàn.

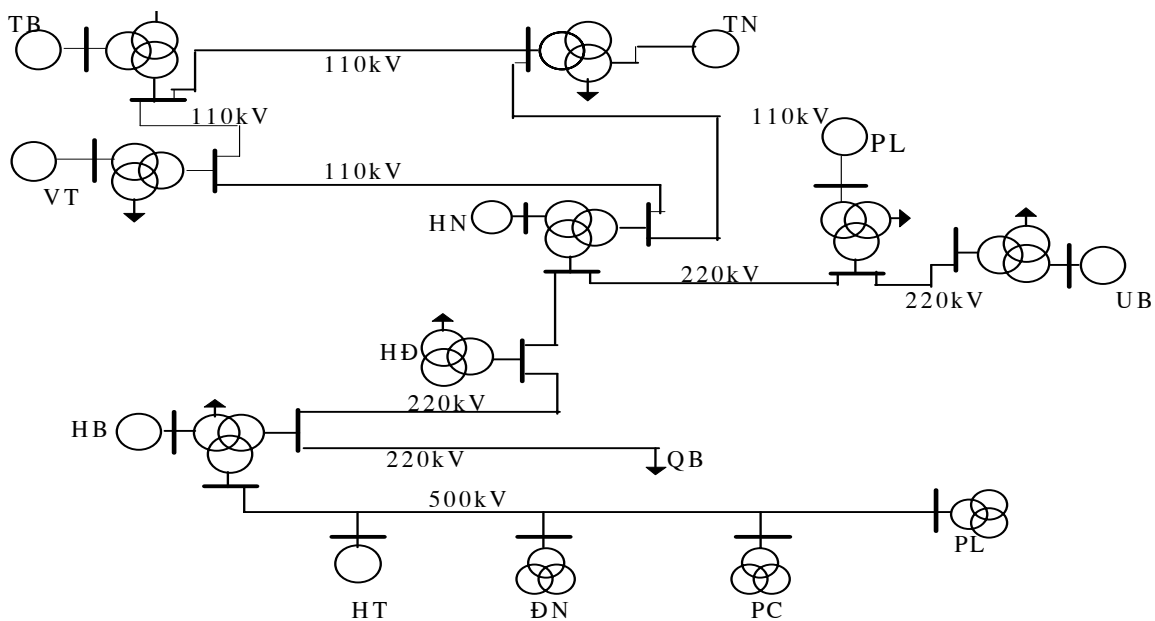
CHƯƠNG 7

TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG ĐI XA

§ 7-1. KHÁI NIỆM CHUNG

Sự phát triển của hệ thống điện nhiều khi gặp phải tình trạng là nhiên liệu để sản xuất điện năng ở xa trung tâm tiêu thụ điện. Vì vậy vấn đề đặt ra là sản xuất điện ở nơi có nhiên liệu hay là vận chuyển nhiên liệu đến trung tâm phụ tải để sản xuất điện năng. Người ta thấy rằng, với các phương tiện kỹ thuật hiện đại như hiện nay thì vận chuyển điện năng đi xa là kinh tế hơn. Do đó trong hệ thống điện xuất hiện các đường dây rất dài và điện áp rất cao. Các nhà máy điện nối liền với các đường dây dài tạo thành hệ thống tải điện đi xa. Mặt khác, do sự phát triển rộng lớn về địa dư, việc nối liền hệ thống điện ở các miền hoặc nối liền trong cả nước cũng cần các đường dây tải điện dài gọi là đường dây liên lạc. Đường dây liên lạc chuyên tải điện năng qua lại trong một miền hay giữa các miền của hệ thống điện.

Việc truyền tải điện năng có công suất lớn đi xa đòi hỏi điện áp phải rất cao: từ 110 , 220, 330, 400 đến 500 kV hoặc cao hơn. Các máy phát điện hiện nay điện áp đều không lớn hơn 75 kV. Vì vậy người ta phải dùng các máy biến áp tăng và hạ áp. Sơ đồ truyền tải điện năng đi xa của một hệ thống điện có dạng như hình 7-1.



Hình 7-1. Sơ đồ truyền tải điện năng đi xa.

Việc sử dụng U cao (≤ 330 kV) và siêu cao ($U > 330$ kV) xoay chiều đi xa gặp phải những vấn đề kỹ thuật phức tạp mà ở U thấp và đường dây ngắn không có. Gắn liền với U cao là hiện tượng vầng quang điện, gây ra tổn thất rất lớn. Khi $U \geq 80$ kV, vầng quang điện

là yếu tố chủ yếu để lựa chọn F dây dẫn và khoảng cách giữa chúng làm giảm tổn thất điện năng đến mức chấp nhận được. Do vậy F dây dẫn thường rất lớn. Nếu dùng dây dẫn đặc sẽ không kinh tế mà người ta phải phân nhỏ dây dẫn mỗi pha.

Do điện áp cao, cách điện ở các máy biến áp và đường dây phải tăng cường làm tăng chi phí. Biện pháp chính để giảm cách điện là trung tính các máy biến áp nối đất (cách điện là cách điện pha), nhưng bất lợi là hệ thống điện hay bị chạm đất 1 pha và cắt điện.

Ở chế độ không tải xảy ra hiện tượng tăng cao U cuối đường dây. Đường dây dài 1000 km điện áp có thể tăng gấp đôi. Vì vậy phải sử dụng thiết bị bù để điều chỉnh U. Mặt khác do đường dây có điện dung lớn, lúc không tải, máy phát mang tải điện dung. Dòng điện dung này từ hoá lõi thép stato, có thể gây ra hiện tượng tự kích thích.

Hạn chế cơ bản nhất của tải điện đi xa của điện áp cao xoay chiều là khó giữ ổn định cho các máy phát điện làm việc song song. Để ổn định, công suất tải trên đường dây dài không được vượt ra ngoài một giới hạn xác định theo công suất tự nhiên. Công suất giới hạn tăng lên là nhờ nâng cao điện áp.

Ngoài sử dụng điện áp xoay chiều, người ta còn dùng dòng điện một chiều điện áp cao để truyền tải điện năng đi xa. Nhưng vì thiết bị nghịch lưu phức tạp và đắt tiền nên người ta ít sử dụng. Do đó trong giáo trình này ta chỉ nghiên cứu truyền tải điện năng đi xa bằng dòng điện xoay chiều.

§ 7-2. CHỌN ĐIỆN ÁP CỦA ĐƯỜNG DÂY TẢI ĐIỆN

Yếu tố có tính chất quyết định khi lựa chọn cấp U là công suất và chiều dài đường dây tải điện. Khi tăng U_H thì khả năng tải tăng nhưng tổn thất công suất do vầng quang điện cũng tăng lên. Do đó khi tải nhỏ sử dụng U_H thấp sẽ đạt hiệu quả hơn. Việc lựa chọn cấp U_H là một bài toán phức tạp. Hiện nay người ta dùng phương pháp so sánh kinh tế kỹ thuật của các phương án với các cấp U_H khác nhau. Phương án nào có chi phí tính toán Z thấp nhất là có cấp điện áp được lựa chọn.

Để sơ bộ lựa chọn cấp điện áp một cách đơn giản ta dựa vào cách tính tổn thất công suất trên đường dây như sau:

$$\Delta P_{dd} = 3I^2R = 3I^2\rho L/F10^{-3} \text{ (kW)}. \quad (7-1)$$

$$\Delta P_{dd} = \frac{p\%}{100} P_H = \frac{p\%}{100} \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (7-2)$$

Cân bằng (7-1) và (7-2) rút ra:

$$U = \frac{\sqrt{3}\rho L}{10p\% \cos \varphi} \frac{I}{F} = \frac{\sqrt{3}\rho Lj}{10p\% \cos \varphi} \quad (7-3)$$

Với một điện áp đã chọn ta có thể tính được chiều dài kinh tế nhất của đường dây:

$$L = \frac{10p\%U \cos \varphi}{\sqrt{3}j\rho} \quad (7-4)$$

ở đây $p\%$ - là tổn thất công suất tính theo % so với công suất truyền tải.

Căn cứ vào quan hệ của P, U, L ta thành lập được các mẫu truyền dẫn điện ứng với các điều kiện có tính chất phổ biến như sau:

BẢNG 7-1. Các mẫu truyền dẫn điện.

U_{dm} (kV)	j (A/mm ²)	$p(\%)$	$\cos\varphi$	L (km)	F (mm ²)	$P \cdot 10^3$ (kW)
110	1,1	8	0,9	120	AC-185	12,5-33
220	0,75	8	0,9	380	AC-300	80-130
330	0,60	8	1,0	800	AC-300-510	330
500	0,60	8	1,0	1200	AC-480	750
500	0,60			1487	4ACRS 330	610-680
Việt Nam						

Bằng kinh nghiệm, người ta còn đưa ra một số công thức đơn giản để sơ bộ xác định cấp điện áp. Công thức của Still (Mỹ) có dạng:

$$U = 4,34 \sqrt{L + 16P}. \quad (kV) \quad (7-5)$$

P- công suất truyền tải MW, L- chiều dài truyền tải km

Công thức này khá tin cậy khi L nhỏ hơn hoặc bằng 250 km và $P \leq 60$ MW.

Khi P và L lớn hơn nên dùng công thức Zalesski (Liên Xô cũ):

$$U = \sqrt{P(100 + 15\sqrt{L})} \quad (kV) \quad (7-6)$$

P- Công suất truyền tải MW

Hoặc dùng công thức của Itra Rionop

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} \quad (kV)$$

Ngoài ra VayKert (Đức) còn đưa ra dưới dạng sau:

$$U = 3 \sqrt{S} + 0,5L \quad (kV) \quad (7-7)$$

Trong một mạng điện thường sử dụng nhiều cấp điện áp để truyền tải và phân phối điện, mỗi nước lại có những cấp điện áp khác nhau. Hiện nay cấp điện áp ở một số nước trên thế giới như sau:

Việt Nam: 6; 10; 20; 35; 110; 220; 500 (kV)

Liên Xô cũ: 3; 6; 10; 35; 110; 154; 220; 330; 500 (kV).

Mỹ: 2,4; 4,8; 12; 14,4; 23; 31,5; 46; 69; 115; 161; ... (kV).

Anh: 6; 11; 12; 33; 66; 88; 110; 161 kV

Pháp: 3,2; 5,5; 10; 15; 20; 35; 45; 90; 110; 150; 380 (kV).

Điện áp cấp này sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của cấp kia và ngược lại. Lời giải kinh tế của mạng điện về cấp điện áp là lời giải ứng với hệ cấp điện áp tối ưu. Nó phụ thuộc vào từng nước, từng vùng do điều kiện dân cư, trình độ kinh tế và phân bố vùng công nghiệp quyết định.

§ 7.3. THÔNG SỐ VÀ SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA ĐƯỜNG DÂY

1. Điện dẫn tác dụng

È mạng điện cao áp ngoài tổn thất điện năng do phát nóng dây dẫn còn có tổn thất do sự rò điện và văng quang điện gây ra.

+ Rò điện: khi các men sứ không nhẵn và mặt sứ bị bụi bẩn, ẩm ướt thì mặt sứ trở lên dẫn điện gọi là hiện tượng rò điện. Dòng điện rò sẽ thấm lậu xuống đất. Ban đêm ta thấy mặt sứ có ánh sáng xanh xanh và tiếng kêu lách tách. Tuy nhiên, ở điện áp 110 - 220 kV tổn thất công suất tác dụng do dòng điện rò và tổn thất trong chất điện môi của sứ cũng nhỏ cho nên trong tính toán thường bỏ qua.

+ Văng quang điện: khi thời tiết ẩm ướt, dưới tác dụng của cường độ điện trường (E) đủ lớn, không khí xung quanh dây dẫn bị ion hoá và trở lên dẫn điện gọi là hiện tượng văng quang điện. Ban đêm ta thấy xung quanh dây dẫn có một vầng sáng xanh. Văng quang điện gây ra tổn thất điện năng, khi U đường dây lớn hơn U tới hạn phát sinh văng quang điện (U_{th}) thì xuất hiện hiện tượng văng quang điện. Với dòng điện xoay chiều 3 pha, điện áp tới hạn tính theo công thức:

$$U_{th} = (65-70) r \lg \frac{D_{TB}}{r} \quad (7-8)$$

r - là bán kính dây dẫn (cm);

D_{TB} - là khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn (cm).

Muốn không có văng quang điện thì E không quá 17 - 19 kV/cm. Giá trị của E là:

$$E = \frac{0,354U}{nr \lg(D_{TB} / r_{dt})} \left[1 + \frac{2r \sin(180/n)}{a} (n-1) \right] \frac{kV}{cm} \quad (7-9)$$

n, r - là số dây dẫn và bán kính mỗi dây phân nhỏ một pha;

r_{dt} - là bán kính đẳng trị của dây dẫn mỗi pha, xác định theo công thức:

$$r_{dt} = R \sqrt[nr]{R} \quad (cm) \quad (7-10)$$

R - là khoảng cách tương đương giữa các dây dẫn, xác định theo công thức:

$$R = \frac{a}{2 \sin(180/n)} \quad (7-11)$$

a - là khoảng cách giữa các dây dẫn một pha phân nhỏ (cm).

Ta thấy rằng, muốn giảm E phải tăng D_{TB} và r. Vì tăng D_{TB} là không có lợi nên chủ yếu tăng r. Người ta quy định: khi $U = 110$ kV thì $d > 9,9$ mm ($F \geq 70$ mm²); $U = 150$ kV thì $d > 13,9$ mm ($F \geq 120$ mm²) và $U = 220$ kV thì $d > 21,5$ mm ($F \geq 240$ mm²).

Để giảm vầng quang điện người ta dùng dây dẫn rỗng hoặc phân nhỏ dây dẫn mỗi pha. Thông thường $U \geq 110$ kV mới có thể tính đến tổn thất do vầng quang điện (ΔP_{vq}). Tổn thất vầng quang điện phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện khí quyển. Khi thay đổi điều kiện khí quyển thì hao tổn công suất và điện năng do vầng quang điện thay đổi rất nhiều. Việc tính toán chính xác tổn thất do vầng quang điện là một vấn đề phức tạp. Khi tính mạng điện, tổn thất công suất tác dụng do vầng quang điện được phản ánh trên sơ đồ thay thế bằng điện dẫn g_0 của 1 km chiều dài đường dây.

$$G = g_0 \cdot L = \frac{\Delta P_{0vq} L}{U^2} \quad \text{với} \quad \Delta P_{0vq} = \frac{\Delta P_{0vq \max} + \Delta P_{0vq \min}}{2} \quad (7-12)$$

$\Delta P_{0vq \max}$, $\Delta P_{0vq \min}$ - là tổn thất công suất tác dụng cực đại và cực tiểu do vầng quang điện của 3 pha trên 1 km đường dây, cho trong phụ lục

2. Điện dẫn phản kháng của đường dây

Điện dẫn phản kháng (dung kháng) của đường dây do điện dung giữa các dây dẫn với nhau và dây dẫn với đất gây ra. Điện dung của dây dẫn với đất rất nhỏ nên trong tính toán thường bỏ qua.

Khi có dòng điện xoay chiều đi qua, giữa dây dẫn các pha và dây dẫn với đất xuất hiện một trường tĩnh điện. Dưới tác dụng của trường này, chất điện môi quanh dây dẫn xuất hiện dòng điện chuyển dịch (I_c nạp) có tính chất điện dung (vượt 90⁰ so với U pha). Dòng chuyển dịch (I_c) tỷ lệ với U pha (U_\varnothing) và dung dẫn đường dây:

$$I_c = U_\varnothing b_0 L = U_\varnothing B \quad (7-13)$$

b_0 - là dung dẫn trên 1 km đường dây, cho trong phụ lục (1/ Ω km).

$$b_0 = \omega c_0 = 2\pi f \frac{0,024}{\lg(D_{TB}/r)} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg(D_{TB}/r)} \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{\Omega km} \right) \quad (7-14)$$

Nếu mỗi pha phân nhỏ thành n dây thì thay r bằng r_{dt} .

Dung dẫn của đường dây trên không và cáp cho trong phụ lục.

Công suất phản kháng do đường dây sinh ra là:

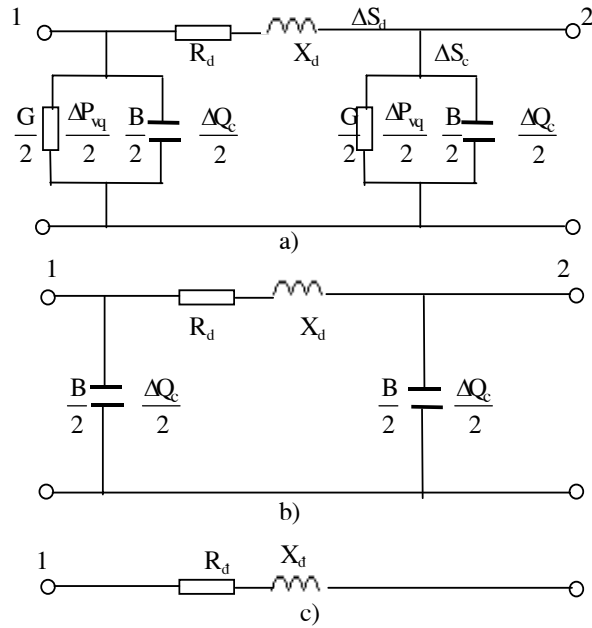
$$\Delta Q_c = 3I_c U_\varnothing = 3U_\varnothing^2 b_0 L = U^2 B \quad (7-15)$$

$$B = b_0 L \quad (1/\Omega) \quad (7-16)$$

ở đường dây trên không $U > 35$ kV và cáp $U > 20$ kV dung dẫn không thể bỏ qua.

3. Sơ đồ thay thế của đường dây

Nhìn chung mạng điện dài có điện áp cao thì có các thông số rải R, X, G, B phân bố đều dọc đường dây. Tuy nhiên với các đường dây không dài lắm ($L \leq 300$ km và cáp $L \leq 50$ km) trong giới hạn cho phép có thể dùng thông số tập trung. Riêng mạng điện siêu cao áp có chiều dài lớn thì phải tính toán theo thông số rải. Sơ đồ thay thế đường dây có dạng hình π cho trên hình 7-2a.



Hình 7-2.

Sơ đồ thay thế đường dây

- a - sơ đồ hình π đầy đủ;
- b - bỏ qua văng quang điện;
- c - bỏ qua điện dẫn.

ở đây thành phần ngang trục tập trung đặt tại 2 đầu đường dây (do phụ thuộc vào điện áp các điểm nút).

Tổng trở và tổng dẫn của đường dây là:

$$Z = R_d + jX_d = (r_0 + jx_0)L. \quad (7-17)$$

$$Y = G + jB = (g_0 + jb_0)L. \quad (7-18)$$

trong đó: R_d, X_d là điện trở tác dụng và phản kháng của đường dây.

Đối với mạng điện khu vực, $U = 110 - 220$ kV, khi đã chú ý đến tiết diện tối thiểu hạn chế văng quang điện ta có thể bỏ qua G . Sơ đồ thay thế như hình 7-2b. Với mạng điện địa phương chiều dài ngắn, công suất nhỏ ta có thể bỏ qua Y như hình 7-2c.

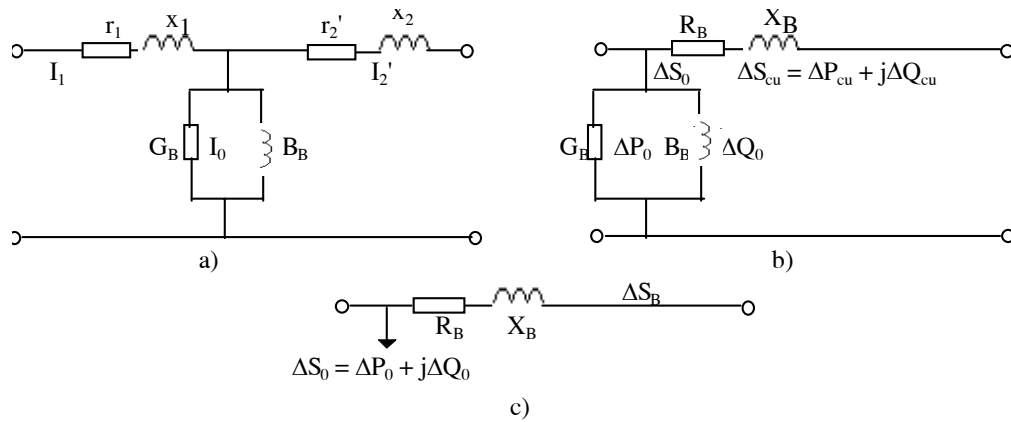
Tổn thất công suất trên đường dây là:

$$\Delta S_d = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} (R_d + jX_d) \quad (7-19)$$

§ 7-4. THÔNG SỐ VÀ SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA MÁY BIẾN ÁP

1. Sơ đồ thay thế của máy biến áp 2 dây quấn.

Sơ đồ thay thế của máy biến áp (MBA) khi đã quy đổi về bên sơ cấp có dạng như hình 7-3.



Hình 7-3. Sơ đồ thay thế của máy biến áp

a - sơ đồ thay thế đầy đủ;

b - sơ đồ thay thế bỏ qua dòng điện không tải;

c - sơ đồ tính toán.

trong đó:

r_1, x_1 - là điện trở và cảm kháng cuộn dây sơ cấp;

r_2', x_2' - là điện trở và cảm kháng cuộn thứ cấp đã quy đổi về bên sơ cấp;

G_B, B_B - là điện dẫn tác dụng và phản kháng trong lõi thép;

I_0 - là dòng điện gây từ;

$\Delta P_0, \Delta Q_0$ - là tổn thất công suất tác dụng và phản kháng trong lõi thép;

R_B, X_B - là điện trở và cảm kháng một pha máy biến áp gây ra tổn thất đồng (ΔS_{cu}).

$$R_B = r_1 + r_2'; X_B = x_1 + x_2' \quad (7-20)$$

$$Z_B = R_B + jX_B \quad (7-21)$$

2. Xác định các tham số của máy biến áp 2 dây quấn

Trong lý lịch máy biến áp, người ta cho 4 thông số:

ΔP_K - là tổn thất công suất ngắn mạch, với dòng $I_K = I_{dm}$ (kW);

ΔP_0 - là tổn thất công suất tác dụng trong lõi thép khi không tải (kW);

$u_K\%$ - là điện áp ngắn mạch (%); $u_K\% = \frac{U_k}{(U_{dm} / \sqrt{3})} 100$

$I_0\%$ - là dòng điện không tải (%). $I_0\% = \frac{I_0}{I_{dm}} 100$

Dựa vào các thông số đó người ta tính được các thông số khác: khi U_H (kV); S_H (kVA) thì

$$R_B = \frac{\Delta P_K U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \cdot 10^3 = \frac{u_a \% U_{dm}^2}{100 S_{dm}} (\Omega) \quad (7-22)$$

$$X_B = \frac{u_p \% U_{dm}}{\sqrt{3} I_{dm} 100} = \frac{u_p \% U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot 10 (\Omega) \quad (7-23)$$

Vì $R_B \gg X_B$ nên có thể lấy $X_B \approx \frac{u_k \% U_{dm}^2}{S_{dm}} \cdot 10 (\Omega)$ (7-24)

$$\Delta S_{cu} = \Delta P_{cu} + j\Delta Q_{cu} = \Delta P_K \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 + j \frac{u_p \% S^2}{100 S_{dm}} = \frac{(P^2 + Q^2)}{U} (R_B + jX_B) \quad (7-25)$$

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \left(\frac{1}{\Omega} \right) \quad (7-26)$$

$$B_B = \frac{\Delta Q_0}{U_{dm}^2} \cdot 10^{-3} \left(\frac{1}{\Omega} \right) \quad (7-27)$$

$$\Delta Q_0 = \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} \quad (\text{kVAr}) \quad (7-28)$$

Vì dòng điện I_a gây ra ΔP_0 rất nhỏ so với I_p gây ra ΔQ_0 ($\Delta P_0 \ll \Delta Q_0$) nên đôi khi lấy:

$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j\Delta Q_0 \approx \Delta Q_0 \quad (7-29)$$

Tổn thất công suất tổng cộng trong máy biến áp là:

$$\Delta S_B = \Delta S_0 + \Delta S_{cu} = \Delta P_0 + j \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} + \Delta P_K \left(\frac{S}{S_{dm}} \right)^2 + j \frac{u_k \% S^2}{100 S_{dm}} \quad (\text{kVA}) \quad (7-30)$$

§ 7-5. TÍNH TOÁN MẠNG ĐIỆN THEO SƠ ĐỒ THAY THẾ

1. Quy đổi thông số mạng điện về một cấp điện áp cơ bản

Khi mạng điện có nhiều cấp U, để thành lập sơ đồ thay thế ta phải quy đổi các tham số về cùng một cấp U cơ bản. Thường lấy cấp U cao nhất của mạng điện làm điện áp cơ bản.

Tổng trở và tổng dẫn quy đổi từ mạng hạ áp sang cao áp là:

$$R_h' = k^2 \cdot R_h; \quad X_h' = k^2 \cdot X_h \quad (7-31 \text{ a-b})$$

$$B_h' = \frac{1}{k^2} B_h; \quad G_h' = \frac{1}{k^2} G_h \quad (7-32 \text{ a-b})$$

k - là tỷ số của máy biến áp khi không tải.

Trong tính toán k thường lấy bằng tỷ số giữa U_{dm} ở bên sơ cấp và U_{dm} bên thứ cấp.

Trong trường hợp đường dây có nhiều cấp điện áp thì:

$$Z_i' = (\pi k_i)^2 \cdot Z_i \quad Y_i' = (1/\pi k_i)^2 \cdot Y_i \quad (7-33); (7-34)$$

πk_i - là tích các tỉ số biến áp của cấp điện áp thứ i quy về cấp điện áp cơ bản.

Điện áp tại nút thứ i quy đổi về cấp điện áp cơ bản có dạng:

$$U_i' = \pi k_i U_i \quad (7-35)$$

2. Tính toán gần đúng tổn thất điện áp

Điện áp tại đầu và cuối đường dây có giá trị là:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + \delta U^2}; \quad (7-36)$$

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U)^2 + \delta U^2} \quad (7-37)$$

Khai triển theo nhị thức Niuton, với độ chính xác cho phép, bỏ qua số hạng bậc cao ($U_2 \gg \Delta U$) ta có:

$$U_1 = U_2 + \Delta U + \frac{\delta U^2}{2(U_2 + \Delta U)} \quad (7-38 a)$$

$$U_2 = (U_1 - \Delta U) + \frac{\delta U^2}{2(U_1 - \Delta U)} \quad (7-38 b)$$

Khi thành phần δU tương đối nhỏ, ta có thể bỏ qua. Ví dụ đường dây 110 kV trở xuống có thể lấy:

$$U_1 = U_2 + \Delta U; \quad (7-39)$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U. \quad (7-40)$$

Đối với đường dây U cao hơn và dài hơn yêu cầu độ chính xác cao thì tính toán như trên gặp sai số lớn. Ta phải kể đến thành phần δU .

3. Tính toán mạng điện theo sơ đồ thay thế

Khi tính toán mạng truyền tải điện áp cao, ta cần thành lập sơ đồ thay thế của mạng điện bằng cách thay các phần tử trên sơ đồ bằng sơ đồ thay thế của nó, thứ tự ghép nối giống như sơ đồ thực. Mục đích là đi xác định các thông số chế độ của hệ thống như công suất và điện áp các điểm nút, tổn thất trên các đoạn đường dây...

3.1 Tính thông số chế độ của đường dây

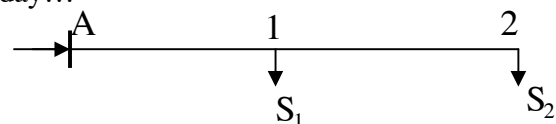
xét mạng điện có sơ đồ như hình vẽ 7-4

Cần xác định các thông số chế độ như công suất phát ra từ nguồn A và điện áp các điểm nút

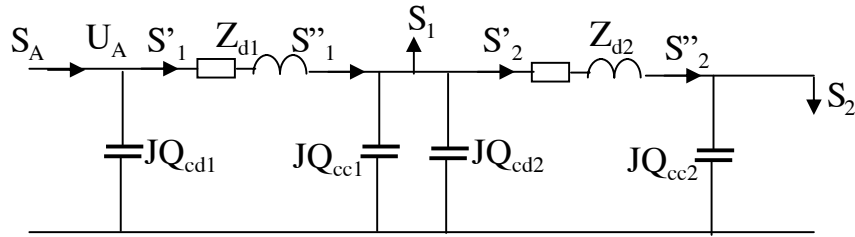
khi biết công suất của phụ tải. Để giải bài toán, ta chia thành hai trường hợp:

+ Khi biết công suất phụ tải, điện áp U_2 tại điểm 2, xác định công suất cấp từ nguồn A và điện áp tại các điểm nút

Sử dụng sơ đồ như trên, ta vẽ sơ đồ thay thế cho mạng



Hình 7-4



Tổng trở các đoạn đường dây: $Z_{d1} = R_{d1} + jX_{d1}$ $Z_{d2} = R_{d2} + jX_{d2}$

Bỏ qua tổn thất vầng quang, điện dẫn PK $JQ_{cc2} = U_2^2 \cdot \frac{B_2}{2}$ Với $B_2 = b_{02} \cdot l_2$

$$S_2'' = S_2 - JQ_{cc2} = P_2'' + j Q_2''$$

$$\Delta S_{d2} = \Delta P_{d2} + j \Delta Q_{d2} = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_2^2} (R_{d2} + j X_{d2}) \quad \text{và} \quad S_2' = S_2'' + \Delta S_{d2} = P_2' + j Q_2'$$

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \Delta \dot{U}_{d2} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d2} = \frac{P_2'' R_{d2} + Q_2'' X_{d2}}{U_2} + j \frac{P_2'' X_{d2} - Q_2'' R_{d2}}{U_2} = \Delta U_{d2} + j \delta U_{d2}$$

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U_{d2})^2 + \delta U_{d2}^2} \quad \text{và} \quad JQ_{cd2} = U_1^2 \cdot \frac{B_2}{2}; \quad JQ_{cc1} = U_1^2 \cdot \frac{B_1}{2} \quad \text{Với} \quad B_1 = b_{01} \cdot l_1$$

$$S_1'' = S_2' - JQ_{cd2} + S_1 - JQ_{cc1} = P_1'' + j Q_1''$$

$$\Delta S_{d1} = \Delta P_{d1} + j \Delta Q_{d1} = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_1^2} (R_{d1} + j X_{d1}) \quad \text{và} \quad S_1' = S_1'' + \Delta S_{d1} = P_1' + j Q_1'$$

$$\dot{U}_A = \dot{U}_1 + \Delta \dot{U}_{d1} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d1} = \frac{P_1'' R_{d1} + Q_1'' X_{d1}}{U_1} + j \frac{P_1'' X_{d1} - Q_1'' R_{d1}}{U_1} = \Delta U_{d1} + j \delta U_{d1} \quad (7 - 41)$$

$$U_A = \sqrt{(U_1 + \Delta U_{d1})^2 + \delta U_{d1}^2} \quad \text{và} \quad JQ_{cd1} = U_A^2 \cdot \frac{B_1}{2} \quad (7 - 42)$$

$$S_A = S_1' - JQ_{cd1}$$

+ Khi biết công suất phụ tải, điện áp U_A tại điểm \hat{A} , xác định công suất cấp từ nguồn A và điện áp tại các điểm nút

Để giải được bài toán, ta phải dùng phương pháp lặp theo hai giai đoạn:

Bước 1: coi điện áp các điểm nút bằng định mức, tính hao tổn công suất trên các đoạn mạng từ phía cuối đường dây về nguồn và công suất cấp từ đầu nguồn A.

Bước 2: sau khi có công suất cấp từ nguồn và truyền tải trên các đoạn đường dây, ta tiến hành tính điện áp các điểm nút theo công suất truyền tải phía đầu đường dây.

Để xác định chính xác điện áp các điểm nút và công suất truyền tải, phép lặp được thực hiện cho đến khi đạt được độ chính xác theo yêu cầu (kết quả tính cho lần lặp thứ n-1 sai khác với lần tính thứ n trong giới hạn cho phép).

Bước 1: tính công suất truyền tải và hao tổn công suất với điện áp các điểm $U = U_{dm}$

Bỏ qua tổn thất vầng quang, điện dẫn PK $JQ_{cc2} = U_{dm}^2 \cdot \frac{B_2}{2}$ Với $B_2 = b_{02} \cdot l_2$

$$S_2'' = S_2 - JQ_{cc2} = P_2'' + j Q_2''$$

$$\Delta S_{d2} = \Delta P_{d2} + j \Delta Q_{d2} = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_{dm}^2} (R_{d2} + j X_{d2}) \quad \text{và} \quad S_2' = S_2'' + \Delta S_{d2} = P_2' + j Q_2'$$

$$S_1'' = S_2' - JQ_{cd2} + S_1 - JQ_{cc1} = P_1'' + j Q_1'' \quad \text{với} \quad JQ_{cd2} = U_{dm}^2 \cdot \frac{B_2}{2}; \quad JQ_{cc1} = U_{dm}^2 \cdot \frac{B_1}{2}$$

$$\Delta S_{d1} = \Delta P_{d1} + j \Delta Q_{d1} = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_{dm}^2} (R_{d1} + j X_{d1}) \quad \text{và} \quad S_1' = S_1'' + \Delta S_{d1} = P_1' + j Q_1'$$

$$S_A = S_1' - JQ_{cd1} \quad \text{với} \quad JQ_{cd1} = U_A^2 \cdot \frac{B_1}{2}; \quad B_1 = b_{01} \cdot l_1$$

Bước 2: tính điện áp các điểm nút sau khi có công suất truyền tải

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_A - \Delta \dot{U}_{d1} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d1} = \frac{P_1' R_{d1} + Q_1' X_{d1}}{U_A} + j \frac{P_1' X_{d1} - Q_1' R_{d1}}{U_A} = \Delta U_{d1} + j \delta U_{d1} \quad (7 - 43)$$

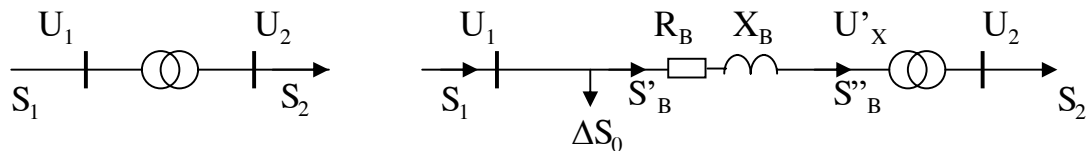
$$\text{Trị số điện áp điểm 1:} \quad U_1 = \sqrt{(U_A - \Delta U_{d1})^2 + \delta U_{d1}^2} \quad (7 - 44)$$

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 - \Delta \dot{U}_{d2} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d2} = \frac{P_2' R_{d2} + Q_2' X_{d2}}{U_1} + j \frac{P_2' X_{d2} - Q_2' R_{d2}}{U_1} = \Delta U_{d2} + j \delta U_{d2}$$

$$\text{Trị số điện áp điểm 2:} \quad U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U_{d2})^2 + \delta U_{d2}^2}$$

3.2 Tính thông số chế độ của trạm biến áp

Xét một trạm biến áp có sơ đồ như hình vẽ 7-5



Hình 7-5

Vẽ sơ đồ thay thế trạm biến áp, Trạm biến áp thay thế bao gồm:

- Tổng trở của máy biến áp Z_B được xác định từ các thông số chế tạo (tính R_B và X_B)
- Máy biến áp lý tưởng không có hao tổn, chỉ có tỷ số biến áp $k = \frac{U_{dmC}}{U_{dmH}}$, điểm X là

điểm giả tưởng nằm giữa Z_B và MBA lý tưởng với $U'_X = U_2 \cdot k$

- Hao tổn công suất trong lõi thép (hao tổn không tải) đặc trưng bằng ΔS_0

+ Trường hợp 1: Biết phụ tải của trạm biến áp là S_2 , biết điện áp tại điểm 1 là U_1

Tính công suất đầu vào trạm S_1 và điện áp tại thanh cái thứ cấp U_2

Tính tổn thất công suất công suất trong cuộn dây (hao tổn đồng):

$$S''_B = S_2 = P''_B + j Q''_B \quad \text{và} \quad \Delta S_{Cu} = \Delta P_K \left(\frac{S_2}{S_{dm}} \right)^2 + j \frac{U_k \% \cdot S_2^2}{100 \cdot S_{dm}} \quad (7 - 45)$$

$$S'_B = S''_B + \Delta S_{Cu} = P'_B + j Q'_B$$

$$S_1 = S'_B + \Delta S_0 = S'_B + \Delta P_0 + j \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} = P_1 + j Q_1 \quad (7 - 46)$$

Tính điện áp rơi trên Z_B $\Delta \dot{U}_B = \frac{P'_B R_B + Q'_B X_B}{U_1} + j \frac{P'_B X_B - Q'_B R_B}{U_1} = \Delta U_B + j \delta U_B$

$\dot{U}'_X = \dot{U}_1 - \Delta \dot{U}_B$ Trị số điện áp tại X: $U'_X = \sqrt{(U_1 - \Delta U_B)^2 + \delta U_B^2}$ và $U_2 = \frac{U'_X}{k}$.

+ Trường hợp II: Biết phụ tải của trạm biến áp là S_2 , biết điện áp tại điểm 2 là U_2

Tính công suất đầu vào trạm S_1 và điện áp tại thanh cái sơ cấp U_1

Điện áp tại điểm X: $U'_X = U_2 \cdot k$ và $S''_B = S_2 = P''_B + j Q''_B$

Tính tổn thất công suất trong cuộn dây (hao tổn đồng): $\Delta S_{Cu} = \Delta P_K \left(\frac{S_2}{S_{dm}} \right)^2 + j \frac{U_k \% \cdot S_2^2}{100 \cdot S_{dm}}$

Tính điện áp rơi trên Z_B $\Delta \dot{U}_B = \frac{P''_B R_B + Q''_B X_B}{U'_X} + j \frac{P''_B X_B - Q''_B R_B}{U'_X} = \Delta U_B + j \delta U_B$

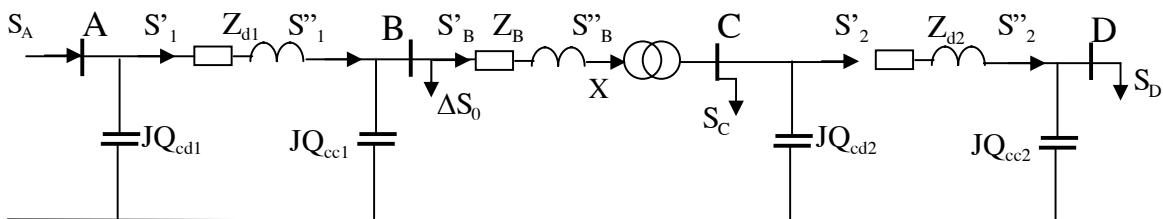
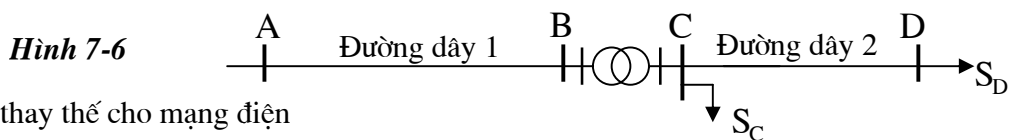
$\dot{U}_1 = \dot{U}'_X + \Delta \dot{U}_B$ Trị số điện áp tại 1: $U_1 = \sqrt{(U'_X + \Delta U_B)^2 + \delta U_B^2}$

$S'_B = S''_B + \Delta S_{Cu} = P'_B + j Q'_B$ và $S_1 = S'_B + \Delta S_0 = S'_B + \Delta P_0 + j \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} = P_1 + j Q_1$

3.3 Tính thông số chế độ trong trường hợp mạng có nhiều cấp điện áp

Phương pháp tính mạng theo sơ đồ thay thế bằng cách quy đổi tổng trở, tổng dẫn và điện áp của mạng có cấp điện áp thấp về cấp điện áp cao hơn (cấp cơ bản) ít được dùng khi giải tích mạng điện nhằm xác định các thông số chế độ của hệ thống. Phương pháp này thường được dùng khi tiến hành tính toán ngắn mạch trong hệ thống điện. Để tính toán các thông số chế độ, người ta cần xét đến sự làm việc của máy biến áp lý tưởng khi có tính đến tỷ số biến áp thực tế của MBA khi làm việc không tải.

Xét mạng điện có sơ đồ như hình vẽ 7-6



Cho điện áp tại điểm A, công suất các điểm tải S_C và S_D , tính S_A và điện áp các nút.

+ **Bước 1:** Lấy điện áp các điểm bằng định mức, tính công suất truyền tải

Tổng trở các đoạn đường dây: $Z_{d1} = R_{d1} + jX_{d1}$ $Z_{d2} = R_{d2} + jX_{d2}$

Bỏ qua tổn thất vầng quang, điện dẫn PK $JQ_{cc2} = U_{dm}^2 \cdot \frac{B_2}{2}$ Với $B_2 = b_{02} \cdot l_2$

$$JQ_{cd2} = U_{dm}^2 \cdot \frac{B_2}{2}; JQ_{cc1} = U_{dm}^2 \cdot \frac{B_1}{2}; JQ_{cd1} = U_A^2 \cdot \frac{B_1}{2} \quad \text{Với } B_1 = b_{01} \cdot l_1$$

$$S_2'' = S_D - JQ_{cc2} = P_2'' + j Q_2''$$

$$\Delta S_{d2} = \Delta P_{d2} + j \Delta Q_{d2} = \frac{P_2''^2 + Q_2''^2}{U_{dm}^2} (R_{d2} + j X_{d2}) \quad \text{và} \quad S_2' = S_2'' + \Delta S_{d2} = P_2' + j Q_2'$$

$$S_B'' = S_2' + S_C - JQ_{cd2} = P_B'' + j Q_B'' \quad \text{và} \quad \Delta S_{Cu} = \Delta P_K \left(\frac{S_B''}{S_{dm}} \right)^2 + j \frac{U_k \% \cdot S_B''^2}{100 \cdot S_{dm}}$$

$$S_B' = S_B'' + \Delta S_{Cu} = P_B' + j Q_B'$$

$$S_1'' = S_B' + \Delta S_0 - JQ_{cc1} = S_B' + \Delta P_0 + j \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} - JQ_{cc1} = P_1'' + j Q_1''$$

$$\Delta S_{d1} = \Delta P_{d1} + j \Delta Q_{d1} = \frac{P_1''^2 + Q_1''^2}{U_{dm}^2} (R_{d1} + j X_{d1}) \quad \text{và} \quad S_1' = S_1'' + \Delta S_{d1} = P_1' + j Q_1'$$

$$S_A = S_1' - JQ_{cd1}$$

+ **Bước 2:** Tính điện áp các điểm nút theo công suất truyền tải đầu đường dây

$$\dot{U}_B = \dot{U}_A - \Delta \dot{U}_{d1} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d1} = \frac{P_1' R_{d1} + Q_1' X_{d1}}{U_A} + j \frac{P_1' X_{d1} - Q_1' R_{d1}}{U_A} = \Delta U_{d1} + j \delta U_{d1}$$

Trị số điện áp điểm B: $U_B = \sqrt{(U_A - \Delta U_{d1})^2 + \delta U_{d1}^2}$

Tính điện áp rơi trên Z_B $\Delta \dot{U}_B = \frac{P_B' R_B + Q_B' X_B}{U_B} + j \frac{P_B' X_B - Q_B' R_B}{U_B} = \Delta U_B + j \delta U_B$

$$\dot{U}_X = \dot{U}_B - \Delta \dot{U}_B \quad \text{Trị số điện áp tại X: } U_X = \sqrt{(U_B - \Delta U_B)^2 + \delta U_B^2} \quad \text{và} \quad U_C = \frac{U_X}{k}$$

$$\dot{U}_D = \dot{U}_C - \Delta \dot{U}_{d2} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d2} = \frac{P_2' R_{d2} + Q_2' X_{d2}}{U_1} + j \frac{P_2' X_{d2} - Q_2' R_{d2}}{U_1} = \Delta U_{d2} + j \delta U_{d2}$$

Trị số điện áp điểm D: $U_D = \sqrt{(U_C - \Delta U_{d2})^2 + \delta U_{d2}^2}$

Để tính chính xác các thông số chế độ, sau bước lập thứ nhất, ta có điện áp các điểm nút và tiến hành thực hiện các bước lập tiếp theo với điện áp điểm cuối D và công suất phụ tải đã biết, đến khi đạt được độ chính xác theo yêu cầu thì dừng lại. Thông thường, khi yêu cầu độ chính xác tính toán không cao, người ta chỉ tiến hành lập một bước là đủ.

§ 7-6. CÔNG SUẤT TỰ NHIÊN VÀ KHẢ NĂNG TẢI CỦA ĐƯỜNG DÂY

1. Công suất tự nhiên

Truyền tải điện năng trên đường dây được tiến hành bằng sự truyền sóng điện từ. Nếu bỏ qua điện trở và điện dẫn của đường dây thì tốc độ truyền sóng có giá trị là: $v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}$.

L_0, C_0 - là điện cảm và điện dung của 1 đơn vị chiều dài đường dây.

Đối với đường dây trên không tốc độ đó gần bằng tốc độ ánh sáng. Còn dây cáp do điện dung lớn, tốc độ truyền sóng điện từ giảm xuống còn độ một nửa.

Khi tải điện trên đường dây độ dài có hạn, xảy ra hiện tượng phản xạ sóng từ cuối đường dây. Các sóng dòng điện và điện thế di chuyển với tốc độ v do sự xếp chồng của sóng thuận và sóng nghịch. Sự phản xạ của sóng sẽ không có nếu tổng trở của phụ tải (Z_{pt}) bằng tổng trở sóng của đường dây (Z_c):

$$Z_c = \sqrt{L_0/C_0} = Z_{pt} \quad (7-47)$$

Để truyền tải điện năng với tổn thất công suất và năng lượng nhỏ nhất cần phải điều chỉnh điện thế và dòng điện ở đầu đường dây sao cho chúng đồng pha ($\cos\phi = 1$). Khi đó công suất truyền tải với tổng trở bằng tổng trở sóng là:

$$P_{TN} = U^2/Z_c \quad (7-48)$$

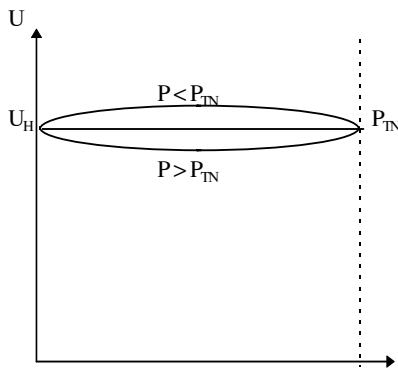
P_{TN} - gọi là công suất tự nhiên của đường dây.

Đối với đường dây trên không điện áp cao, Z_c biến thiên trên phạm vi hẹp (từ 375 - 400 Ω) khi đó ta có thể tìm được công suất tự nhiên ứng với các điện áp khác nhau. Ví dụ điện áp 500 kV $P_{TN} = 625$ MW. Khi dùng dây dẫn phân pha, P_{TN} sẽ tăng lên.

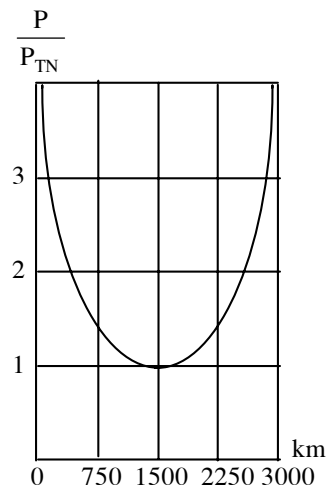
Khi truyền tải công suất tự nhiên, trên mỗi đoạn bất kỳ của đường dây, tổn thất công suất phản kháng bằng công suất phản kháng phát ra của đoạn đường dây đó. Nghĩa là dòng điện và điện thế dọc đường dây có giá trị không đổi.

Khi $P > P_{TN}$, tổn thất công suất phản kháng vượt quá công suất phản kháng phát ra bởi đường dây. Ở 2 đầu đường dây phải bổ xung Q phản kháng vào. Do đó điện thế ở 2 đầu đường dây cao hơn ở giữa.

Khi $P < P_{TN}$ tổn thất Q phản kháng bé hơn công suất phản kháng phát ra của đường dây.



Hình 7-7



Số dư công suất phản kháng chạy về 2 đầu. Do đó điện thế tăng lên và lớn nhất ở giữa đường dây.

Khả năng tải tốt nhất của đường dây ở độ dài 1/2 bước sóng (3000 km) và xấu nhất ở 1/4 bước sóng (hình 7-7)

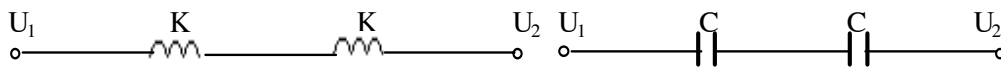
Độ nâng cao điện áp có thể đạt tới 20% ở độ dài 1/4 bước sóng (1500 km). Điện thế tăng như vậy sẽ không có lợi cho nên người ta phải dùng biện pháp bù đường dây.

2. Đường dây tải điện có bù

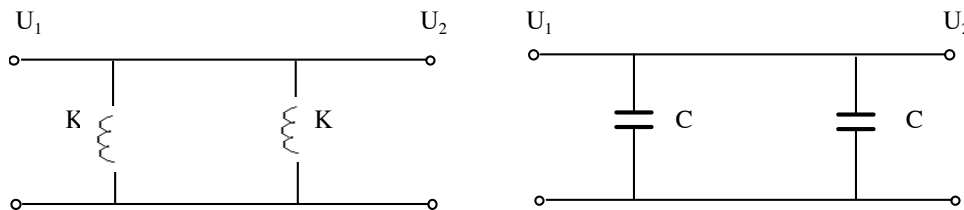
Khả năng tải của đường dây phụ thuộc vào độ dài bước sóng:

$$\lambda_s = 2\pi fL \sqrt{L_0 \cdot C_0} \quad (7-49)$$

Khi L_0, C_0 biến thiên thì λ_s cũng thay đổi. Sự biến thiên của L_0, C_0 có thể thực hiện bằng cách đấu tổng trở và tổng dẫn nhân tạo vào đường dây. Khi mắc nối tiếp những cuộn kháng điện K vào đường dây làm tăng cảm kháng và dẫn tới tăng λ_s . Còn khi mắc nối tiếp tụ điện C với đường dây làm giảm cảm kháng và do đó làm giảm λ_s (hình 7-8 a b). Hiệu chỉnh đường dây còn có thể dùng tụ điện và kháng điện mắc // (bù ngang). Mắc kháng điện K song song với đường dây làm giảm điện dung tức là làm giảm λ_s . Còn mắc tụ điện C song song làm tăng độ dài bước sóng λ_s của đường dây (hình 7-9 a b).



Hình 7-8. Bù dọc đường dây bằng kháng điện K và tụ điện C



Hình 7.9. Bù ngang đường dây bằng kháng điện K và tụ điện C

Việc lựa chọn kháng điện và tụ điện thích hợp có thể biến thiên λ_s đến gần trị số có điều kiện làm việc tốt nhất. Đó là hiệu chỉnh đường dây để nó làm việc tương ứng với độ dài nửa bước sóng. Khi đó công suất truyền tải là lớn nhất. Mặt khác phải có sơ đồ bù được tính toán hợp lý cả về kinh tế và kỹ thuật. Thường để tăng khả năng tải của đường dây U từ 110 - 220 kV, người ta dùng bù dọc bằng tụ điện. Đường dây U = 330 - 500 kV dùng bù ngang bằng kháng điện và dùng bù dọc bằng tụ điện. Vị trí đặt tụ điện được lựa chọn một cách hợp lý có tính đến hạn chế tác hại của dòng điện ngắn mạch. Không nên đặt gần trạm phát điện và các máy biến áp tăng hạ áp mà đặt ở giữa hoặc cuối đường dây.

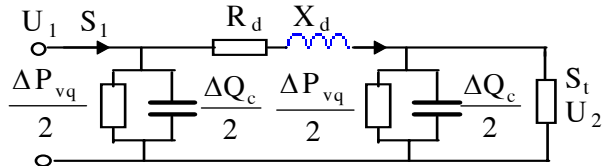
§ 7-7. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN ĐƯỜNG DÂY TẢI ĐIỆN

Ví dụ 1

Một đường dây trên không điện áp 220 kV dài 80 km, dùng dây dẫn ACO-240 cung cấp cho phụ tải có công suất $S = 72 + j54$ MVA. Xác định điện áp U_1 đầu đường dây và công suất đầu vào, biết điện áp cuối đường dây là $U_2 = 218$ kV và $D_{TB} = 8$ m.

Sơ đồ thay thế đường dây có dạng như hình 7-10.

Hình 7-10. Sơ đồ thay thế đường dây



Giải.

Tra phụ lục ứng với dây dẫn ACO-240 ta có:

$$r_0 = 0,13 \text{ (}\Omega/\text{km)}; x_0 = 0,43 \text{ (}\Omega/\text{km)}; b_0 = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ (1/}\Omega\text{km)};$$

$$\Delta P_{vq_{\max}} = 2,7 \text{ (kW/km)}; \Delta P_{vq_{\min}} = 1,2 \text{ (kW/km)}.$$

Tính được điện trở và điện kháng của đường dây:

$$R_d = r_0 L = 0,13 \cdot 80 = 10,4 \text{ (}\Omega); \quad X_d = x_0 L = 0,43 \cdot 80 = 34,4 \text{ (}\Omega)$$

$$\frac{B}{2} = \frac{b_0 L}{2} = \frac{1}{2} \cdot 2,66 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ (1/}\Omega\text{)}.$$

Dung kháng phát ra của đường dây là:

$$\frac{\Delta Q_c}{2} = U_2^2 \cdot \frac{B}{2} = 218^2 \cdot 1,06 \cdot 10^{-4} = 5,03 \text{ (MVar)}$$

Tổn thất vãng quang điện trung bình đặt ở 2 nửa đường dây là:

$$\frac{\Delta P_{vq}}{2} = 0,5 \left(\frac{\Delta P_{vq_{\max}} + \Delta P_{vq_{\min}}}{2} \right) L = 0,5 \left(\frac{2,7 + 1,2}{2} \right) 80 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ (MW)}$$

Công suất cuối đường dây:

$$S'' = S_t + \frac{1}{2} \Delta P_{vq} - j \frac{1}{2} \Delta Q_c = 72 + j 54 + 0,08 - j 5,03 = 72,08 + j 48,97 \text{ (MVA)}$$

Tổn thất điện áp dọc và ngang trục là:

$$\Delta U = \frac{P'' R_d + Q'' X_d}{U_2} = \frac{72,08 \cdot 10,4 + 48,97 \cdot 34,4}{218} = 11,16 \text{ (kV)}$$

$$\delta U = \frac{P'' X_d - Q'' R_d}{U_2} = \frac{72,08 \cdot 34,4 - 48,97 \cdot 10,4}{218} = 9,02 \text{ (kV)}$$

Trị số điện áp đầu đường dây:

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + \delta U^2} = \sqrt{(218 + 11,16)^2 + 9,02^2} = 230(kV)$$

Tổn thất công suất trên đường dây:

$$\Delta S_d = \frac{P^2 + Q^2}{U_2^2} (R_d + jX_d) = \frac{72,08^2 + 48,97^2}{218^2} (10,4 + j34,4 = 1,66 + j5,48(MVA))$$

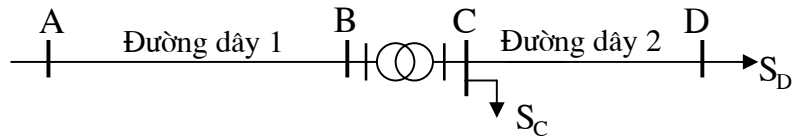
Công suất đầu vào đường dây là: $S' = S'' + \Delta S_d$

$$S_1 = S' + \Delta S_d + 0,5 \Delta P_{vq} - j 0,5 \Delta Q_c = (72,08 + j48,97) + (1,66 + j5,48) + 0,08 - j5,03$$

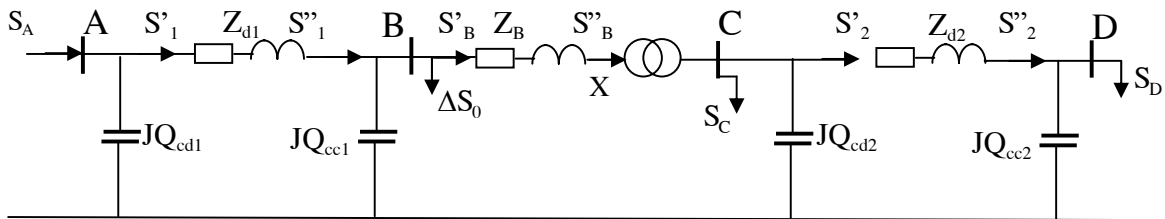
$$S_1 = 73,82 + j49,42 (MVA)$$

Ví dụ 2

Một đường dây trên không $U_{dm} = 110$ kV đoạn từ A đến B dùng dây dẫn AC-70 có điện trở $R_{d1} = 17,16\Omega$, $X_{d1} = 17,76\Omega$, $B_{d1} = 1,02 \cdot 10^{-4} 1/\Omega$. Cung cấp cho hai phụ tải qua trạm biến áp trung gian, MBA loại 16000 kVA - 115/11 kV có thông số $\Delta P_0 = 19$ kW, $\Delta P_K = 85$ kW, $U_K\% = 10,5\%$ và $I_0\% = 0,7\%$, điện áp định mức phía cao áp 115 kV và phía hạ áp 11 kV. Phụ tải của mạng là $S_D = 0,7 + j 0,5$ MVA, $S_C = 11 + j 4,8$ MVA. Đoạn từ C tới D là đường dây trên không có $U_{dm} = 10$ kV dùng dây dẫn AC- 50 có điện trở $R_{d2} = 3,02\Omega$, $X_{d2} = 1,96 \Omega$ (bỏ qua tổng dẫn đường dây). Điện áp đầu vào đường dây là $U_A = 117$ kV. Xác định công suất cấp vào mạng S_A và điện áp các điểm nút của mạng.



Hình 7-11. Sơ đồ mạng điện có 2 cấp điện áp



Hình 7-12. Sơ đồ thay thế mạng điện

Giải.

Ta vẽ sơ đồ thay thế như trên hình 7-12 và ký hiệu các điểm nút như hình vẽ.

$$\text{Tỷ số biến áp } k = \frac{U_{dmC}}{U_{dmH}} = \frac{115}{11} = 10,45$$

Tra bảng và tính tổng trở của máy biến áp:

$$R_B = \frac{\Delta P_K U_{dmC}^2 \cdot 10^3}{S_{dm}^2} = \frac{85 \cdot 115^2 \cdot 10^3}{16000^2} = 4,38(\Omega)$$

$$X_B = \frac{U_K \% \cdot U_{dmC}^2}{100 \cdot S_{dm}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 16000} = 86,7(\Omega)$$

$$S_2'' = S_D = 0,7 + j 0,5 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_{d2} = \Delta P_{d2} + j \Delta Q_{d2} = \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_{dm}^2} (R_{d2} + j X_{d2})$$

$$\Delta S_{d2} = \frac{0,7^2 + 0,5^2}{10^2} (3,02 + j 1,96) = 0,022 + j 0,014 \text{ MVA}$$

$$S_2' = S_2'' + \Delta S_{d2} = (0,7 + j 0,5) + (0,022 + j 0,014) = 0,722 + j 0,514 \text{ MVA}$$

$$S_B'' = S_2' + S_C = (0,722 + j 0,514) + 11 + j 4,8 = 11,722 + j 5,314 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_{Cu} = \Delta P_K \left(\frac{S_B''}{S_{dm}} \right)^2 + j \frac{U_K \% \cdot S_B''^2}{100 \cdot S_{dm}} = 0,085 \frac{(11,722^2 + 5,314^2)}{16^2} + j \frac{10,5 \cdot (11,722^2 + 5,314^2)}{100 \cdot 16} =$$

$$\Delta S_{Cu} = 0,055 + j 1,084 \text{ MVA}$$

$$S_B' = S_B'' + \Delta S_{Cu} = (11,722 + j 5,314) + (0,055 + j 1,084) = 11,777 + j 6,398 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j \frac{I_0 \% \cdot S_{dm}}{100} = 0,019 + j \frac{0,7 \cdot 16}{100} = 0,019 + j 0,112 \text{ MVA}$$

$$JQ_{cc1} = j U_{dm}^2 \cdot \frac{B_1}{2} = j 110^2 \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-4}}{2} = j 0,617 \text{ MVar}$$

$$S_1'' = S_B' + \Delta S_0 - JQ_{cc1} = (11,777 + j 6,398) + (0,019 + j 0,112) - j 0,617$$

$$S_1'' = 11,796 + j 5,89 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_{d1} = \Delta P_{d1} + j \Delta Q_{d1} = \frac{P_1'^2 + Q_1'^2}{U_{dm}^2} (R_{d1} + j X_{d1})$$

$$\Delta S_{d1} = \frac{11,796^2 + 5,89^2}{110^2} (17,16 + j 17,76) = 0,246 + j 0,248 \text{ MVA}$$

$$S_1' = S_1'' + \Delta S_{d1} = (11,796 + j 5,89) + (0,246 + j 0,248) = 12,042 + j 6,138 \text{ MVA}$$

$$JQ_{cd1} = j U_A^2 \cdot \frac{B_1}{2} = j 117^2 \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-4}}{2} = j 0,698 \text{ MVar}$$

$$S_A = S_1' - JQ_{cd1} = (12,042 + j 6,138) - j 0,698 = 12,042 + j 5,44 \text{ MVA}$$

+ **Bước 2:** Tính điện áp các điểm nút theo công suất truyền tải đầu đường dây

$$\dot{U}_B = \dot{U}_A - \Delta \dot{U}_{d1} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d1} = \frac{P_1' R_{d1} + Q_1' X_{d1}}{U_A} + j \frac{P_1' X_{d1} - Q_1' R_{d1}}{U_A} = \Delta U_{d1} + j \delta U_{d1}$$

$$\Delta \dot{U}_{d1} = \frac{12,042.17,16 + 6,138.17,76}{117} + j \frac{12,042.17,76 - 6,138.17,16}{117}$$

$$\Delta \dot{U}_{d1} = \Delta U_{d1} + j \delta U_{d1} = 2,597 + j 0,9276 \quad \text{kV}$$

Trị số điện áp: $U_B = \sqrt{(U_A - \Delta U_{d1})^2 + \delta U_{d1}^2} = \sqrt{(117 - 2,597)^2 + 0,9276^2} = 114,4 \text{ kV}$

$$\Delta \dot{U}_B = \frac{P_B' R_B + Q_B' X_B}{U_B} + j \frac{P_B' X_B - Q_B' R_B}{U_B} = \Delta U_B + j \delta U_B$$

$$\Delta \dot{U}_B = \frac{11,777.4,38 + 6,398.86,7}{114,4} + j \frac{11,777.86,7 - 6,398.4,38}{114,4} = 5,295 + j 32,39 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_X = \dot{U}_B - \Delta \dot{U}_B \quad U'_X = \sqrt{(U_B - \Delta U_B)^2 + \delta U_B^2}$$

$$U'_X = \sqrt{(114,4 - 5,295)^2 + 32,39^2} = 113,8 \text{ kV}$$

$$U_C = \frac{U'_X}{k} = \frac{113,8}{10,45} = 10,89 \text{ kV.}$$

$$U_D = U_C - \Delta U_{d2} \quad \text{với} \quad \Delta \dot{U}_{d2} = \frac{P_2' R_{d2} + Q_2' X_{d2}}{U_1} = \frac{0,722.3,02 + 0,514.1,96}{10,89} = 0,2927 \text{ kV}$$

Trị số điện áp điểm D: $U_D = 10,89 - 0,2927 = 10,5973 \text{ kV}$

CHƯƠNG 8

CƠ KHÍ DÂY DẪN ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

§ 8-1. PHÂN CẤP ĐƯỜNG DÂY VÀ VÙNG KHÍ HẬU

Dây dẫn, dây chống sét của đường dây luôn chịu tác dụng của mưa, gió, nhiệt độ, trọng lượng và sức căng của dây. Vì vậy, ngoài việc tính toán về điện ta còn phải kiểm tra độ bền cơ học của nó dưới tác động của nội lực và ngoại lực. Tính toán độ bền cơ học các phần tử của đường dây gọi là tính toán cơ khí đường dây trên không. Đây là một yếu tố cơ bản để đảm bảo việc cung cấp điện thường xuyên, liên tục và an toàn cho con người. Nó rất cần cho công tác thiết kế, thi công và sử dụng mạng điện.

Điều kiện tính toán đường dây trên không phụ thuộc vào cấp đường dây, vào vùng khí hậu và các tình trạng làm việc của nó. Theo điện áp đường dây và loại hộ tiêu thụ điện người ta chia đường dây trên không thành 3 cấp như trong bảng 8-1.

Bảng 8-1. PHÂN CẤP ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

Cấp đường dây	Điện áp định mức (kV)	Loại hộ tiêu thụ điện
I	>35	Bất cứ loại nào
	35	Loại I và loại II
II	35	Loại III
	≥ 1 - 20	Bất cứ loại nào
III	<1	Bất cứ loại nào

Để đảm bảo độ bền cơ học, khi tính toán đường dây trên không phải dự trữ một hệ số an toàn nhất định (thường $n = 2 - 2,5$).

$$[\sigma]_{cp} = \frac{\sigma_{gh}}{n}$$

Nơi không dân cư: Dây nhiều sợi $n = 2$; dây một sợi $n = 2,5$.

Nơi có dân cư và các khoảng vượt quan trọng: Thép nhôm $n = 2$; dây nhôm tiết diện $> 120 \text{ mm}^2$ thì $n = 2$ (dây nhôm tiết diện $\leq 120 \text{ mm}^2$ thì $n = 2,5$); Dây đồng tiết diện $> 70 \text{ mm}^2$ thì $n = 2$ (dây nhôm tiết diện $\leq 70 \text{ mm}^2$ thì $n = 2,5$)

Đồng thời căn cứ vào điện áp, vật liệu làm dây dẫn và tính chất vùng dân cư người ta quy định tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn và dây chống sét như trong bảng 8-2.

Vùng đông dân cư là các thành phố, thị trấn, các xí nghiệp, nhà máy, bến tàu thuyền, bến cảng, nhà ga, công viên, trường học, chợ, bãi tắm..., làng xóm trong hiện tại và tương lai quy hoạch 5 năm tới đã dự kiến.

Vùng không dân cư là vùng không có nhà cửa, mặc dù vẫn có người và các phương tiện máy móc cơ giới nông lâm nghiệp qua lại. Các vườn cây, khu vực có nhà cửa thưa thớt nằm rải rác.

khoảng vượt quan trọng là nơi các đường dây giao chéo, song song nhau, vượt đường sắt, đường quốc lộ, đường dây thông tin, vượt sông hồ....

Bảng 8-2. TIẾT DIỆN NHỎ NHẤT CHO PHÉP CỦA DÂY DẪN VÀ DÂY CHỐNG SÉT

Điện áp (kV)	Vùng dân cư	Mã hiệu và tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn
< 1	Không dân cư	A16, AC10, П10С.
	Có dân cư	A25, AC 25
≥ 1 - 35	Không dân cư	A 25, AC 16
	Có dân cư	A35, AC25, ПС25, П10С25.
110	Bất kỳ	AC70
150	Bất kỳ	AC120
220	Bất kỳ	AC240

Khi tính toán và lựa chọn kết cấu đường dây trên không, phải căn cứ vào vùng khí hậu mà đường dây đi qua. Điều kiện khí hậu được quan sát, theo dõi một cách kỹ lưỡng trong một thời gian dài và ở tình trạng bất lợi nhất (đối với đường dây có $U \leq 35$ kV trong vòng 5 năm, đường dây 110 - 220 kV trong vòng 10 năm, đường dây ≥ 330 kV thời gian từ 15 năm trở lên). Điều kiện khí hậu bất lợi cần thu thập là tốc độ gió cực đại v_{max} , nhiệt độ cực tiểu θ_{min} , nhiệt độ không khí cực đại θ_{max} .

Căn cứ vào nhiệt độ và tốc độ gió khác nhau ứng với điều kiện khí hậu thường xuyên xảy ra, nước ta tạm thời phân làm 4 vùng khí hậu như đã cho trong bảng 8-3.

Bảng 8-3. PHÂN VÙNG KHÍ HẬU

Điều kiện tính toán	Vùng khí hậu			
	I	II	III	IV
- Lúc nhiệt độ không khí thấp nhất:				
Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$ (θ_{min}).	5	5	5	5
Tốc độ gió tương ứng (m/s).	0	0	0	0
- Lúc nhiệt độ không khí cao nhất:				
Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$ (θ_{max}).	40	40	40	40
Tốc độ gió tương ứng (m/s).	0	0	0	0
- Lúc gió lớn nhất:				
Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$ (θ_{TB}).	25	25	25	25
Tốc độ gió tương ứng (m/s).	40	35	30	25

Chú ý:

Tốc độ gió cho ở bảng 8-3 áp dụng đối với đường dây có chiều cao từ 30 m trở xuống.

Nếu chiều cao từ 30 - < 50 m thì tốc độ gió tăng lên 1,15 lần.

Nếu chiều cao từ 50 - < 70 m thì tốc độ gió tăng lên 1,25 lần.

Nếu chiều cao từ 70 - 100 m thì tốc độ gió tăng lên 1,4 lần.

Nếu đường dây đi qua khu vực thành phố, khu dân cư có chiều cao nhà cửa, công trình công cộng vượt quá 1/3 chiều cao cột điện thì cho phép giảm tốc độ gió trong bảng đi 16%. Khi tính toán cho khu vực có điều kiện khí hậu qua điều tra khác với các thông số cho trong bảng thì lấy số liệu thực tế thu thập tại địa phương để tính toán.

Trong khi chờ nhà nước có văn bản chính thức về phân vùng khí hậu, ta áp dụng quy định tạm thời, sơ bộ phân vùng khí hậu như sau:

- Vùng I: là vùng ven biển đồng bằng bắc bộ, các hải đảo ...
- Vùng II: là vùng cách bờ biển Bắc Bộ từ 40 - 80 km, vùng ven biển miền trung và miền nam.
- Vùng III: là vùng trung du tây nguyên và cách bờ biển trên 80 km.
- Vùng IV: là vùng núi cao, vùng xa ...

§ 8.2. TẢI TRỌNG CƠ GIỚI TÁC DỤNG LÊN DÂY DẪN

1. Trọng lượng bản thân dây dẫn

Dây dẫn và dây chống sét chịu tác dụng thường xuyên của tải trọng bên ngoài là gió và sự biến đổi của nhiệt độ, làm cho sức căng và độ võng của nó luôn luôn thay đổi. Để biểu diễn tải trọng của dây dẫn trong tính toán ta dùng khái niệm tỷ tải (tải trọng riêng). Tỷ tải là phụ tải cơ giới tác dụng lên chiều dài 1 mét dây dẫn có tiết diện là 1 mm². Đơn vị tỷ tải là N/m.mm².

Đối với dây dẫn một sợi, tỷ tải do trọng lượng bản thân có giá trị là:

$$g_1 = \frac{9,81.G.10^{-3}}{F} \left(\frac{N}{m.mm^2} \right) \quad (8-1)$$

trong đó: G - là khối lượng 1 km cho trong bảng tra cứu (Kg/km);

F - là tiết diện thực của dây dẫn (mm²);

Nếu cho biết trọng lượng riêng của dây dẫn δ thì:

$$g_1 = \delta.10^{-3} \left(\frac{N}{m.mm^2} \right)$$

Đối với dây dẫn nhiều sợi, tỷ tải tăng thêm do chiều dài thực của mỗi sợi dây khác với chiều dài đo được từ 2 - 3% (thường lấy bằng 1,025):

$$g_1 = (1,02 - 1,03) \frac{G}{F} 10^{-3} \left(\frac{N}{m.mm^2} \right) \quad (8-2)$$

Dây phức hợp làm bằng hai vật liệu, ví dụ dây thép nhôm (AC) thì tỷ tải là:

$$g_1 = (1,02 - 1,03) \cdot \frac{\delta_A F_A + \delta_{Fe} F_{Fe}}{F_A + F_{Fe}} 10^{-3} \left(\frac{N}{m.mm^2} \right) \quad (8-3)$$

δ_A, δ_{Fe} - là trọng lượng riêng của nhôm và thép (N/dm³);

F_A, F_{Fe} - là tiết diện phân nhôm và phân thép (mm²);

$F = F_A + F_{Fe}$ - là tiết diện của dây phức hợp AC (mm²).

2. Tải trọng do áp lực gió lên dây

Áp lực gió lên dây dẫn và dây chống sét tính toán theo biểu thức:

$$P = \alpha_k C_x Q F_C \sin \varphi \quad (8-4)$$

trong đó:

α_k - là hệ số phân bố không đều của gió trong khoảng cột, lấy giá trị như trong bảng 8-4;

C_x - là hệ số khí động học của không khí phụ thuộc vào bề mặt cản gió và đường kính dây;

Với đường kính dây dẫn $d < 20$ mm, $C_x = 1,1$;

Đường kính dây dẫn $d \geq 20 \text{ mm}$, $C_x = 1,2$.

Q - là áp lực gió lên dây, xác định theo động năng của gió;

$$Q = v^2/16 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (8-5)$$

F_C - là bề mặt cản gió (m^2);

φ - là góc giữa hướng gió và tuyến dây (trong tính toán lấy giá trị cực đại $\sin\varphi = 1$).

Bảng 8-4. HỆ SỐ PHÂN BỐ KHÔNG ĐỀU CỦA GIÓ

Tốc độ gió (m/s)	20	25	30	≥ 35
α_K	1	0,85	0,75	0,7

Áp lực của gió lên 1 mét chiều dài dây dẫn là:

$$P = k \frac{9,81 \cdot \alpha_K \cdot C_x \cdot d \cdot v^2}{16} 10^{-3} \text{ (N/m)} \quad (8-6)$$

Trong đó k là hệ số tính tới chiều dài khoảng vượt

Chiều dài khoảng vượt l (m)	≤ 50	100	150	≥ 250
k	1,2	1,1	1,05	1

Tỷ tải của gió là:

$$g_2 = \frac{P}{F} = k \frac{9,81 \cdot \alpha_K \cdot C_x \cdot d \cdot v^2}{16 \cdot F} 10^{-3} \text{ (N/m.mm}^2\text{)} \quad (8-7)$$

Tỷ tải tổng hợp của dây dẫn là:

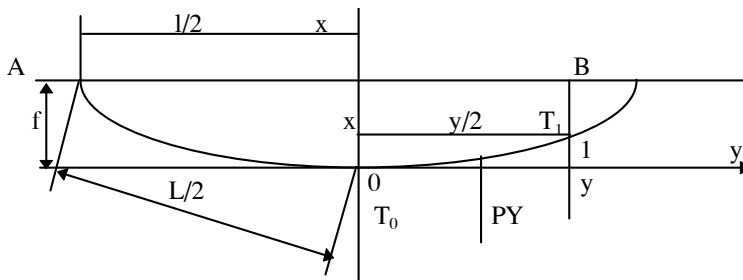
$$\vec{g}_3 = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$$

$$g_3 = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \left(\frac{N}{m.mm^2} \right) \quad (8-8)$$

Tỷ tải của dây dẫn có thể được tính sẵn cho trong các bảng phụ lục.

§ 8-3. SỨC CĂNG VÀ ĐỘ VÔNG CỦA DÂY

Khi một sợi dây mềm được buộc chặt ở 2 đầu thì phương trình của chúng có dạng dây xích như đã xét trong toán học. Sau đây ta xét phương trình của dây dẫn và cáp được cột chặt ở 2 đầu. Giả sử một dây dẫn được giữ chặt ở 2 điểm A và B có cùng một độ cao (hình 8-1)



Hình 8-1.
Đường cong độ
vông của dây dẫn

Ta xét điều kiện cân bằng của dây dẫn trên đoạn 0 - 1 nào đó kể từ gốc tọa độ là điểm thấp nhất 0.

Gọi L - là chiều dài thực của dây dẫn (đoạn cong AOB).

l - là khoảng vọt của dây dẫn (đoạn AB)

f - là độ võng của dây.

Giả sử trọng lượng và áp lực gió phân bố đều trên chiều dài đường dây.

p (N/m) - là tải trọng trên 1 mét chiều dài dây dẫn.

Điểm cuối của đoạn dây xét (điểm 1) có tọa độ là: (x, y). Tại điểm 1 và điểm 0 sức căng dây là T_1 và T. Trọng tâm tải trọng là p.y đặt cách trục x một đoạn là y/2.

Khi dây cân bằng, phương trình mômen đối với điểm 1 có dạng:

$$T.x - p.y.y/2 = 0$$

suy ra: $T.x = p.y.y/2$ (8-9)

Chia cả 2 vế của (8-9) cho tiết diện F của dây dẫn ta được:

$$\frac{T}{F}x = \frac{p.y}{F} \cdot \frac{y}{2} = \frac{p}{F} \frac{y^2}{2}$$
 (8-10)

ký hiệu:

$$\sigma = \frac{T}{F}$$
 (8-11)

$$g = \frac{p}{F}$$
 (8-12)

σ - gọi là ứng suất vật liệu làm dây dẫn (N/mm²);

g - gọi là tỷ tải của dây dẫn (N/m.mm²).

Phương trình mô men có dạng:

$$\sigma.x = g \cdot \frac{y^2}{2} \text{ hay } y^2 = \frac{2\sigma}{g}x$$
 (8-13)

suy ra: $x = \frac{g}{2\sigma}y^2$ (8-14)

Đây là phương trình Parapon mà không phải dây xích vì dây dẫn được cố định chặt ở 2 đầu.

Trục tọa độ ký hiệu như hình 8-1 trùng với các điều kiện sau:

$$x = f; \quad y = \frac{l}{2}; \quad y^2 = \frac{l^2}{4}$$
 (8-15)

Thay (8-12) và (8-11) ta được

$$g = \frac{8\sigma f}{l^2} \rightarrow f = \frac{gl^2}{8\sigma}$$
 (8-16)

$$\sigma = \frac{T}{F} = \frac{gl^2}{8f}$$
 (8-17)

Theo giải tích ta tìm được độ dài cung Parapôn từ gốc tọa độ 0 đến điểm 1 có tọa độ x, y là:

$$S_{01} = y \left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{x}{y} \right)^2 \right] \quad (8-18)$$

Khi $x = f$; $y = l/2$ thay giá trị $x^2 = \left[\frac{gl^2}{8\sigma} \right]^2$; $y^2 = \frac{l^2}{4}$ vào (8-18) độ dài S_{01} có giá trị là $\frac{L}{2}$ khi đó:

$$\frac{L}{2} = \frac{l}{2} \left[1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{4g^2 l^4}{24\sigma^2} \right] \quad (8-19)$$

Thay thế và rút gọn ta được :

$$L = l \left[1 + \frac{g^2 \cdot l^2}{24\sigma^2} \right] \quad (8-20)$$

Phương trình (8-20) gọi là phương trình đường đàn hồi của dây dẫn.

Thay (8-17) vào (8-20) ta tìm được:

$$L = l \left(1 + \frac{8f^2}{3l} \right) \quad (8-21)$$

Công thức (8-17) và (8-21) là những dạng cơ bản để tính ứng suất, độ võng và chiều dài dây dẫn.

§ 8-4. ỨNG SUẤT VÀ ĐỘ VỒNG CỦA DÂY TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU KHÁC NHAU

Khi nhiệt độ và tải trọng của dây dẫn thay đổi thì ứng suất và độ võng của nó cũng thay đổi nghĩa là trạng thái của dây dẫn thay đổi theo điều kiện khí hậu khác nhau.

Giả sử ở trạng thái thứ I dây dẫn có nhiệt độ: θ_1 ; tỷ tải g_1 ; ứng suất vật liệu σ_1 và chiều dài dây là L_1 .

Ở trạng thái thứ II, dây dẫn có nhiệt độ là: θ_{II} ($\theta_{II} > \theta_1$); tỷ tải g_{II} ; ứng suất vật liệu σ_{II} và chiều dài dây là L_{II} .

Vì nhiệt độ tăng lên, ở trạng thái tự do chiều dài dây dẫn bị giãn nở và tăng đến giá trị L' :

$$L' = L_1 [1 + \alpha(\theta_{II} - \theta_1)] \quad (8-22)$$

trong đó: α - là hệ số giãn dài nhiệt độ của dây ($1/^\circ\text{C}$).

Do chiều dài tăng lên, nên độ võng của dây cũng tăng từ f_1 đến f_{II} :

$$f_{II} = \frac{g_{II} l^2}{8\sigma_{II}} \text{ hay } \sigma_{II} = \frac{g_{II} l^2}{8f_{II}} \quad (8-23)$$

Mặt khác dưới tác dụng của lực đàn hồi thì ứng suất bị giảm đi và dây dẫn bị ngắn đi một đoạn, chiều dài của dây dẫn lúc này có giá trị là:

$$L_{II} = L' [1 - \beta(\sigma_1 - \sigma_{II})] = L' [1 + \beta(\sigma_{II} - \sigma_1)] \quad (8-24)$$

$\beta = 1/E$ là hệ số giãn dài đàn hồi (mm^2/N);

E - là mô đun đàn hồi của dây dẫn (N/mm^2).

Thay giá trị L' từ (8-22) vào (8-24) và biến đổi ta được:

$$\begin{aligned} L_{II} &= L_1 [1 + \alpha(\theta_{II} - \theta_1)] \cdot [1 + \beta(\sigma_{II} - \sigma_1)] \\ L_{II} &= L_1 [1 + \alpha(\theta_{II} - \theta_1) + \beta(\sigma_{II} - \sigma_1) + \alpha\beta(\theta_{II} - \theta_1)(\sigma_{II} - \sigma_1)] \end{aligned} \quad (8-25)$$

Vì α, β là những vô cùng bé bậc cao cho nên tích số $\alpha\beta$ có thể bỏ qua. Khi đó ta có:

$$L_{II} = L_I [1 + \alpha(\theta_{II} - \theta_I) - \beta(\sigma_I - \sigma_{II})] \quad (8-26)$$

Với
$$L_{II} = 1 \left[1 + \frac{g_{II}^2 J^2}{24\sigma_{II}^2} \right]; \quad L_I = 1 \left[1 + \frac{g_I^2 J^2}{24\sigma_I^2} \right]$$

thay giá trị L_{II} và L_I từ trên vào (8-26):

$$1 \left[1 + \frac{g_{II}^2 J^2}{24\sigma_{II}^2} \right] = 1 \left[1 + \frac{g_I^2 J^2}{24\sigma_I^2} \right] \cdot [1 + \alpha(\theta_{II} - \theta_I) + \beta(\sigma_{II} - \sigma_I)]$$

$$1 \left[1 + \frac{g_{II}^2 J^2}{24\sigma_{II}^2} \right] = 1 \left[1 + \frac{g_I^2 J^2}{24\sigma_I^2} \right] + l [\alpha(\theta_{II} - \theta_I) + \beta(\sigma_{II} - \sigma_I)] \quad \text{vì } l \cong L_{II} \text{ nên}$$

Thay vào và biến đổi, rút gọn ta được
$$\frac{g_{II}^2 J^2}{24\sigma_{II}^2} = \frac{g_I^2 J^2}{24\sigma_I^2} + (\sigma_{II} - \sigma_I) + \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{II} - \theta_I)$$

hay viết dưới dạng:

$$\sigma_{II} - \frac{g_{II}^2 J^2}{24\beta\sigma_{II}^2} = \sigma_I - \frac{g_I^2 J^2}{24\beta\sigma_I^2} - \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{II} - \theta_I) \quad (8-27)$$

Phương trình (8-27) là công thức cơ bản để tính toán dây dẫn gọi là phương trình trạng thái của dây dẫn. Khi biết trạng thái thứ I có ứng suất σ_I ta có thể xác định được σ_{II} ứng với trạng thái thứ II và ngược lại. Từ ứng suất và tải trọng riêng tính được độ võng của dây:

$$f_{II} = \frac{g_{II} J^2}{8\sigma_{II}} \quad (8-28)$$

Công thức (8-28) có dạng bậc 3 đối với σ_{II} . Để dễ dàng giải theo phương pháp dò hay bằng phương pháp gần đúng, ta đưa về dạng:

$$\sigma_{II} - \frac{B}{\sigma_{II}^2} = A \quad (A \text{ và } B \text{ là các hệ số}) \quad (8-29)$$

§ 8-5. ỨNG SUẤT CỰC ĐẠI VÀ KHOẢNG VƯỢT GIỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

Ứng suất của dây dẫn đạt giá trị lớn nhất khi tải trọng lớn nhất (tốc độ gió cực đại) hoặc khi nhiệt độ thấp nhất (θ_{\min}). Vì tải trọng lớn nhất thường không đồng thời xuất hiện với nhiệt độ thấp nhất nên cần phải xét xem với điều kiện nào thì dây dẫn có ứng suất lớn nhất. Muốn vậy ta dựa vào phương trình trạng thái:

$$\sigma_{II} - \frac{g_{II}^2 J^2}{24\beta\sigma_{II}^2} = \sigma_I - \frac{g_I^2 J^2}{24\beta\sigma_I^2} - \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{II} - \theta_I) \quad (8-27)$$

Chia 2 vế phương trình (8-27) cho l^2 và lấy giới hạn khi $l \rightarrow \infty$ ta được:

$$\frac{g_{II}^2}{24\beta\sigma_{II}^2} = \frac{g_I^2}{24\beta\sigma_I^2} \quad \text{hay} \quad \frac{g_{II}^2}{g_I^2} = \frac{\sigma_{II}^2}{\sigma_I^2} \quad (8-30)$$

Phương trình (8-30) cho thấy, khi khoảng vượt rất lớn thì ứng suất của dây dẫn chỉ phụ thuộc vào tải trọng cơ giới mà không phụ thuộc vào nhiệt độ. Nghĩa là khi khoảng vượt rất lớn thì ứng suất cực đại (σ_{\max}) xuất hiện ở trong dây dẫn khi tốc độ gió đạt giá trị cực đại (V_{\max}).

Với khoảng vượt bé, cho $l \rightarrow 0$ phương trình trạng thái (8-27) còn lại:

$$\sigma_{II} = \sigma_I - \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{II} - \theta_I) \quad (8-31)$$

Phương trình (8-31) cho thấy, với khoảng vượt nhỏ thì ứng suất dây dẫn chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và đạt giá trị lớn nhất khi nhiệt độ cực tiểu (θ_{\min}).

Khoảng vượt mà khi đó ứng suất lớn nhất xuất hiện đồng thời trong cả 2 điều kiện V_{\max} và θ_{\min} gọi là khoảng vượt tối hạn (ký hiệu l_{th}).

Để tìm l_{th} ta cho σ_I và σ_{II} cùng đạt giá trị σ_{\max} và lấy bằng ứng suất cho phép của vật liệu: $\sigma_{\max} = [\sigma]_{cp}$.

Gọi trạng thái I ứng với $\theta_I = \theta_{\min}$; $g_I = g_1$ ($V = 0$).

Trạng thái II ứng với V_{\max} và $g_{II} = g_3$; $\theta_{II} = \theta_{TB}$.

Thay số liệu như trên vào (8-27), phương trình trạng thái có dạng:

$$[\sigma]_{cp} - \frac{g_3^2 \cdot l_{th}^2}{24\beta[\sigma]_{cp}^2} = [\sigma]_{cp} - \frac{g_1^2 \cdot l_{th}^2}{24\beta[\sigma]_{cp}^2} - \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{TB} - \theta_{\min}) \quad (8-32)$$

$$\frac{g_3^2 \cdot l_{th}^2}{24\beta[\sigma]_{cp}^2} = \frac{g_1^2 \cdot l_{th}^2}{24\beta[\sigma]_{cp}^2} + \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{TB} - \theta_{\min}) \quad \text{hay} \quad \frac{(g_3^2 - g_1^2) \cdot l_{th}^2}{24[\sigma]_{cp}^2} = \alpha(\theta_{TB} - \theta_{\min})$$

Giải ra:

$$l_{th} = [\sigma]_{cp} \sqrt{\frac{24\alpha(\theta_{TB} - \theta_{\min})}{g_3^2 - g_1^2}} \quad (8-33)$$

Ở điều kiện chuẩn VN, $\theta_{\min} = 5^{\circ}\text{C}$; $\theta_{TB} = 25^{\circ}\text{C}$, khoảng vượt tối hạn là:

$$l_{th} = [\sigma]_{cp} \sqrt{\frac{24\alpha(25-5)}{g_3^2 - g_1^2}} = \frac{22[\sigma]_{cp}}{g_2} \sqrt{\alpha} \quad (8-34)$$

Xác định khoảng vượt tối hạn l_{th} và so sánh nó với khoảng vượt thực tế (l) ta có thể biết được ứng suất cực đại xảy ra khi nào. Như vậy về cơ bản phương trình trạng thái có 2 dạng sau:

Khi $l > l_{th}$; σ_{\max} xuất hiện khi V_{\max} thì phương trình trạng thái có dạng:

$$\sigma_{II} - \frac{g_{II}^2 \cdot l^2}{24\beta\sigma_{II}^2} = [\sigma]_{cp} - \frac{g_3^2 \cdot l^2}{24\beta[\sigma]_{cp}^2} - \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{\max} - \theta_{TB}) \quad (8-35)$$

Khi $l < l_{th}$; σ_{\max} xuất hiện khi θ_{\min} ta có:

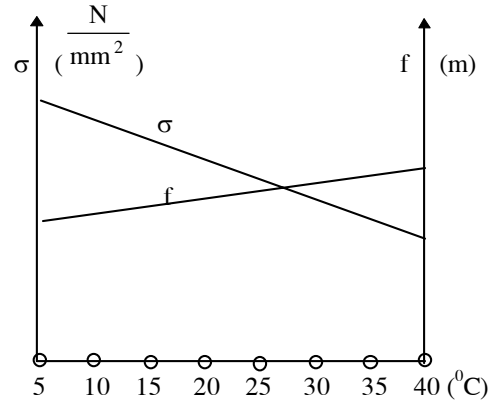
$$\sigma_{II} - \frac{g_{II}^2 \cdot l^2}{24\beta\sigma_{II}^2} = [\sigma]_{cp} - \frac{g_1^2 \cdot l^2}{24\beta[\sigma]_{cp}^2} - \frac{\alpha}{\beta}(\theta_{\max} - \theta_{\min}) \quad (8-36)$$

Cho θ biến thiên từ $5 - 40^{\circ}\text{C}$ sẽ tìm được ứng suất và độ võng tương ứng. Độ võng lớn nhất (f_{\max}) ở nhiệt độ $\theta = 40^{\circ}\text{C}$ và không có gió. Khi $l = l_{th}$ thì có thể dùng một trong hai phương trình để tính toán.

Căn cứ vào sự phụ thuộc giữa ứng suất và độ võng của dây vào nhiệt độ ta vẽ được đường cong gọi là đường cong lắp dựng. Để giảm bớt khối lượng tính toán, cho nhiệt độ thay đổi mỗi lần 5°C. Đường cong lắp dựng có dạng như hình 8-2

Hình 8-2. Đường cong lắp dựng cho phép của dây dẫn $[\sigma]_{cp}$ là giá trị lớn nhất được chọn trong khi tính toán. Nó là tỷ số giữa sức cản đứt tức thời F_{cd} và hệ số an toàn n của dây dẫn:

$$[\sigma]_{cp} = \frac{F_{cd}}{n} = \frac{\sigma_{gh}}{n}$$



F_{cd} và n có thể tra cứu trong bảng phụ lục. Tuy nhiên để thuận tiện và đơn giản trong tính toán ta lấy như sau:

Đối với dây thép nhôm (AC): $[\sigma]_{cp} = 78,5 \text{ N/mm}^2$

Với dây nhôm tiết diện $F \leq 35 \text{ mm}^2$: $[\sigma]_{cp} = 62,8 \text{ N/mm}^2$.

Với dây nhôm tiết diện $F \geq 50 - 120$: $[\sigma]_{cp} = 58,8 \text{ N/mm}^2$.

Với dây nhôm tiết diện $F \geq 120$: $[\sigma]_{cp} = 73,5 \text{ N/mm}^2$.

Với dây đồng nhiều sợi: $[\sigma]_{cp} = 191 \text{ N/mm}^2$.

8-6. TÍNH TOÁN DÂY PHỨC HỢP

1. Ứng suất và độ võng của dây phức hợp

Dây phức hợp chế tạo từ 2 vật liệu khác nhau như dây nhôm lõi thép, đồng lõi thép... ở đây ta chỉ đi sâu nghiên cứu dây thép nhôm (AC) là loại thông dụng nhất. Khi bị kéo bởi lực căng T_0 thì ứng suất trong phần nhôm và phần thép khác nhau ($\sigma_{CA} < \sigma_{CFc}$) do mô đun đàn hồi của hai vật liệu là khác nhau, việc tính toán dây phức hợp là khó khăn và phức tạp. Để thuận tiện trong tính toán, người ta coi dây AC chỉ có một ứng suất duy nhất, gọi là ứng suất giả tưởng (σ_{gt}), nó là ứng suất duy nhất, tượng trưng cho sự làm việc thống nhất của 2 vật liệu chế tạo dây.

Nếu dây AC chịu 1 lực căng là T_0 thì ta có:

$$\sigma_{gt} = \frac{T_0}{F_A + F_{Fe}} = \frac{T_0}{F_{AC}} = \frac{T_A + T_{Fe}}{F_A + F_{Fe}} \quad (8-37)$$

trong đó T_A, T_{Fe} - là lực tác dụng lên phần nhôm và phần thép trong dây AC.

Từ (8-37) ta rút ra:

$$T_0 = \sigma_{gt}(F_A + F_{Fe}) = \sigma_{CA}F_A + \sigma_{CFc}F_{Fe} \quad (8-38)$$

$\sigma_{CA}, \sigma_{CFc}$ - là ứng suất cơ của phần nhôm và phần thép.

Khi dây AC chịu lực căng T_0 theo định nghĩa ta có $E = \frac{\sigma}{\Delta l}$

$$\text{nên } \Delta l = \frac{\sigma_{CA}}{E_A} = \frac{\sigma_{CFe}}{E_{Fe}} = \frac{\sigma_{gt}}{E_{AC}} \quad (8-39)$$

E_{AC} - là mô đun đàn hồi của dây thép nhôm (N/mm²).

$$\text{Từ (8-39) rút ra: } \sigma_{gt} = \sigma_{CA} \frac{E_{AC}}{E_A} = \sigma_{CFe} \frac{E_{AC}}{E_{Fe}} \quad (8-40)$$

$$\sigma_{CA} = \sigma_{gt} \frac{E_A}{E_{AC}}; \sigma_{CFe} = \sigma_{gt} \frac{E_{Fe}}{E_{AC}} \quad (8-41)$$

Thay giá trị (8-41) vào (8-38) ta được:

$$E_{AC} (F_A + F_{Fe}) = E_A F_A + E_{Fe} F_{Fe}.$$

$$\text{hay } E_{AC} = \frac{E_A F_A + E_{Fe} F_{Fe}}{F_A + F_{Fe}} = \frac{E_A F_A + E_{Fe} F_{Fe}}{F_{Fe} (1 + \frac{F_A}{F_{Fe}})}.$$

Đặt $\lambda = F_A/F_{Fe}$ ta có:

$$E_{AC} = \frac{\lambda E_A + E_{Fe}}{1 + \lambda} \quad (8-42)$$

Thay (8-42) vào (8-40) được:

$$\sigma_{gt} = \sigma_{CA} \frac{E_{Fe} + \lambda E_A}{E_A (1 + \lambda)}; \sigma_{gt} = \sigma_{CFe} \frac{E_{Fe} + \lambda E_A}{E_{Fe} (1 + \lambda)} \quad (8-43 \text{ a-b})$$

$$\text{Độ võng của dây phức hợp là: } f = \frac{gl^2}{8\sigma_{gt}}.$$

2. ứng suất và độ võng của dây phức hợp trong điều kiện khí hậu khác nhau

Phương trình trạng thái của dây phức hợp có dạng:

$$\sigma_{gtII} - \frac{g_{II}^2 l^2}{24\beta_{AC} \sigma_{gtII}^2} = \sigma_{gtI} - \frac{g_I^2 l^2}{24\beta_{AC} \sigma_{gtI}^2} - \frac{\alpha_{AC}}{\beta_{AC}} (\theta_{II} - \theta_I) \quad (8-44)$$

$$\text{trong đó: } \beta_{AC} = \frac{1}{E_{AC}} = \frac{1 + \lambda}{E_{Fe} + \lambda E_A} \quad (8-45)$$

Để tìm α_{AC} ta hãy xét một đoạn dây AC. Chiều dài ban đầu ứng với nhiệt độ chế tạo dây θ_0 . Khi nhiệt độ tăng lên, nếu được tự do giãn nở thì phần nhôm dài hơn phần thép. Nhưng vì chúng được bện chặt với nhau nên giãn nở bằng nhau chiếm một chiều dài trung bình. Lúc này thép bị kéo, nhôm bị nén. Nếu nhiệt độ thấp hơn θ_0 (nhiệt độ chế tạo dây, LX thường lấy bằng 15⁰C) thì ngược lại: thép bị nén, nhôm bị kéo. Trong một trạng thái nhất định, dây luôn ở thế cân bằng, hai lực cân bằng lẫn nhau. Sức căng xuất hiện trong phần nhôm và phần thép do nhiệt độ gây ra ở nhiệt độ khảo sát θ (quy ước lực kéo có dấu +, nén dấu -) là:

$$T_A = - (\alpha_A - \alpha_{AC})(\theta_0 - \theta) E_A F_A \quad (8-46)$$

$$T_{Fe} = (\alpha_{Fe} - \alpha_{AC})(\theta_0 - \theta) E_{Fe} F_{Fe} \quad (8-47)$$

Cân bằng (8-46) và (8-47) rút ra:

$$\alpha_{AC} = \frac{\alpha_{Fe} E_{Fe} + \lambda \alpha_A E_A}{E_{Fe} + \lambda E_A} \quad (8-48)$$

3. Khoảng vượt tới hạn của dây phức hợp

ứng suất trong dây phức hợp do 2 thành phần là ứng suất cơ (tải trọng cơ giới) và ứng suất nhiệt (chênh lệch nhiệt độ) gây ra. Tổng của 2 ứng suất không vượt quá ứng suất cho phép của dây:

$$\sigma_C + \sigma_{nh} \leq [\sigma]_{cp}$$

Khi chia 2 vế của (8-46) và (8-47) cho F_A và F_{Fe} ta được ứng suất nhiệt của nhôm và thép (khi đó không cần chú ý đến chiều của lực):

$$\sigma_{nhA} = T_A/F_A = (\alpha_A - \alpha_{AC}) (\theta_0 - \theta) E_A \quad (8-49)$$

$$\sigma_{nhFe} = T_{Fe}/F_{Fe} = (\alpha_{Fe} - \alpha_{AC}) (\theta_0 - \theta) E_{Fe} \quad (8-50)$$

Khi $l = l_{th}$ thì xuất hiện ứng suất cực đại. Lấy ứng suất toàn phần (σ_{max}) bằng ứng suất cho phép của vật liệu, ta có:

$$\sigma_{CA} = [\sigma_A]_{cp} - \sigma_{nhA} \quad (8-51)$$

$$\sigma_{CFc} = [\sigma_{Fe}]_{cp} - \sigma_{nhFe} \quad (8-52)$$

Thay giá trị của (8-49) vào (8-51) và (8-50) vào (8-52) được ứng suất cho phép do tải trọng cơ giới tác động:

$$\sigma_{CA} = [\sigma_A]_{cp} - (\alpha_A - \alpha_{AC}) (\theta_0 - \theta) E_A \quad (8-53)$$

$$\sigma_{CFc} = [\sigma_{Fe}]_{cp} - (\alpha_{Fe} - \alpha_{AC}) (\theta_0 - \theta) E_{Fe} \quad (8-54)$$

$[\sigma_A]_{cp}$ và $[\sigma_{Fe}]_{cp}$ - là ứng suất cho phép của nhôm và thép (N/mm²).

Thay (8-53) và (8-54) vào (8-40) ta được:

$$\sigma_{gt} = \sigma_{CA} \frac{1}{\beta_{AC} E_A} = \sigma_{CFc} \frac{1}{\beta_{AC} E_{Fe}} \quad (8-55)$$

Khi bị tác động cơ giới, phần nhôm sẽ bị phá huỷ trước phần thép. Vì vậy ta dùng ứng suất cho phép của nhôm là $[\sigma_A]_{cp}$ để tính toán. ứng suất giả tưởng cho phép khi tải trọng cơ giới tác động của dây phức hợp. Xét trạng thái I khi nhiệt độ θ_{min} ký hiệu là σ_{gtI} và tải trọng g_1 , trạng thái II khi V_{max} ký hiệu là σ_{gtII} và nhiệt độ θ_{TB} , tải trọng g_3 có giá trị lần lượt là:

$$\sigma_{gtI} = \{ [\sigma_A]_{cp} - (\alpha_A - \alpha_{AC})(\theta_0 - \theta_{min}) E_A \} \frac{E_{AC}}{E_A} \quad (8-56)$$

$$\sigma_{gtII} = \{ [\sigma_A]_{cp} - (\alpha_A - \alpha_{AC})(\theta_0 - \theta_{TB}) E_A \} \frac{E_{AC}}{E_A} \quad (8-57)$$

Thay σ_{gtI} và σ_{gtII} vào phương trình trạng thái ứng với $l = l_{th}$ ta rút ra khoảng vượt tới hạn của đường dây là:

$$l_{th} = \sqrt{\frac{\sigma_{gtII} - \sigma_{gtI} + \frac{\alpha_{AC}}{\beta_{AC}} (\theta_{TB} - \theta_{min})}{\frac{g_{II}^2}{24 \beta_{AC} \sigma_{gtII}^2} - \frac{g_I^2}{24 \beta_{AC} \sigma_{gtI}^2}}} \quad (8-58)$$

Vì khi chịu tác dụng của lực cơ giới nhôm bị phá huỷ trước thép, cho nên ta lấy độ bền theo nhôm. Thay (8-56) và (8-57) vào phương trình (8-58) thì khoảng vượt tới hạn có dạng:

$$l_{th} = \frac{24\alpha_A(\theta_{TB} - \theta_{min})}{\sqrt{\left(\frac{g_{II}}{\sigma_{gII}}\right)^2 - \left(\frac{g_I}{\sigma_{gI}}\right)^2}} \quad (8-59)$$

8.7. SỨC CÁCH ĐIỆN VÀ THIẾT BỊ PHỤ CỦA ĐƯỜNG DÂY

1. Sức cách điện

Sức cách điện có nhiệm vụ cách điện cho dây dẫn với các phần tử khác của đường dây và giữ cố định dây dẫn với đường dây. Sức cách điện chế tạo bằng vật liệu là sứ và thủy tinh. Ngày nay công nghiệp hiện đại đang tìm cách chế tạo sứ bằng các vật liệu đặc biệt để tăng cường khả năng cách điện và giảm bớt trọng lượng, kích thước của sứ.

Tuỳ theo điện áp mà người ta sử dụng và phân loại sứ như sứ có điện áp dưới 1 kV (sứ hạ áp), sứ có điện áp từ 1 - 35 kV và sứ từ 35 kV trở lên. Ngoài ra tuỳ theo cách đặt mà sứ chia thành sứ đứng và sứ treo.

a. Sứ cách điện đứng

Sứ đứng dùng cho điện áp từ 35 kV trở xuống, nó được chia làm 2 loại: Sứ có điện áp dưới 1 kV và sứ có điện áp từ 1 - 35 kV.

+ Sứ đường dây hạ áp, điện áp dưới 1000 V.

- Sứ do Việt Nam sản xuất có nhãn hiệu H104, H103, H102, H101, A20, A30 ...

- Sứ nhập từ Liên Xô (cũ) tương ứng có : TΦ4, TΦ3, TΦ2, TΦ1.

Loại sứ nhỏ nhất là H104 và TΦ4 dùng cho dây dẫn có tiết diện từ 10 - 16 mm².

Sứ H103 và TΦ3 dùng cho dây dẫn tiết diện từ 25 - 35 mm².

Sứ H102 và TΦ2 dùng cho dây dẫn tiết diện từ 50 - 70 mm².

Còn sứ H101 và TΦ1 dùng cho dây dẫn tiết diện từ 95 mm² trở lên.

Các loại sứ trên và sứ A20 dùng cho cột trung gian.

Đối với sứ A30 và sứ A K Liên Xô (cũ) dùng cho các cột đầu, cuối, néo và góc rẽ.

+ Sứ dùng cho đường dây điện áp từ 1-35 kV.

Sứ do Việt Nam sản xuất có các chữ và con số kèm theo chỉ điện áp ký hiệu là VHD6, VHD10, VHD35. Sứ do Liên Xô cũ sản xuất: Đối với cột trung gian dùng loại UIC, các cột đầu, cuối, hãm dùng loại III^A

b. Sứ cách điện treo

Sứ treo dùng cho điện áp từ 35 kV trở lên. Sứ treo gồm có các bát sứ gắn với nhau bằng vữa đặc biệt, trên là chụp bằng kim loại có lỗ đặt chốt nối với bát sứ trên cùng. Các sứ treo nối tiếp nhau thành chuỗi sứ. Nếu chuỗi sứ chỉ giữ chặt dây dẫn thì gọi là chuỗi sứ treo, Nếu chuỗi sứ căng dọc theo dây dẫn gọi là sứ kéo. Sứ kéo dùng cho các cột đầu, cuối, hãm hay cột vượt.

Ngày nay người ta thay dần các chuỗi sứ do Liên Xô (cũ) sản xuất bằng các loại sứ thủy tinh của Italia và các nước tư bản, ví dụ đường dây 10 kV đến 35 kV dùng một bát sứ, đường dây 110 kV dùng 3 bát sứ, ... đường dây 500 kV hiện nay chỉ dùng 16 bát sứ.

Số bát sứ dùng trong một chuỗi sứ phụ thuộc vào điện áp của đường dây cho trong bảng sau.

Bảng 8.5. SỐ BÁT SỨ CÁCH ĐIỆN TRONG CHUỖI SỨ DO LIÊN XÔ (CŨ) SẢN XUẤT

Đặc điểm chuỗi sứ	Số bát sứ và thông số theo điện áp kV		
	35	110	220
Số sứ	3	7	13
Chiều dài (m)	0,9	1,5	2,7
Trọng lượng (kG)	25	50	95

Theo " quy trình trang bị điện" đối với đường dây điện áp từ 35 - 110 kV số bát sứ của chuỗi sứ kéo nhiều hơn sứ treo một chiếc. Ngoài ra những nơi dễ xảy ra nguy hiểm như khu vực, lò hơi ..., người ta còn dùng còn loại sứ tăng cường hay loại sứ treo nhiều tầng.

Để tăng cường sự cách điện hay giảm sự phóng điện của dây dẫn đối với sứ, người ta thường chế tạo thành 2 hay nhiều tầng (có các áo sứ khác nhau) gọi là bát sứ. Các tầng được gắn với nhau bằng vữa chịu lực cao; Như vậy khi chế tạo sẽ đơn giản hơn, đảm bảo chất lượng và tính kỹ thuật. Các loại sứ đứng điện áp cao thường gia công các bước ren chính xác dùng để bắt ty sứ. Sự giãn nở về nhiệt của sứ nhỏ hơn nhiều so với thép làm ty sứ, vì vậy để tránh giãn nở làm vỡ sứ, người ta phải quấn quanh của ty sứ một lớp vải hoặc giấy gai. Nhờ tính đàn hồi này, ứng lực tác dụng lên sứ giảm đi.

Thông số cơ bản của sứ đứng gồm có: U_H , tải trọng phá hoại, kích thước (đường kính, chiều cao sứ) Ngoài ra có thể cho thêm đường kính cân ren bắt ty sứ, dòng ổn định nhiệt. Khi chọn sứ người ta chọn theo U_H và kiểm tra theo tải trọng phá hoại lớn nhất tác dụng lên đầu sứ. Thông thường chọn sứ đứng điện áp định mức thì lực cho phép trên đầu sứ, tải trọng phá hoại lớn nhất và dòng ổn định nhiệt cũng bảo đảm.

Dây dẫn được cố định vào sứ bằng cách dùng dây buộc hay ghíp nối nếu là cột trung gian thì dây dẫn buộc vào khe sứ hay đỉnh sứ bằng các sợi dây kim loại mềm cùng vật liệu với dây dẫn. Nếu là cột đầu, cuối thì dùng sứ kép (sứ đứng) bắt trên xà kép, và dùng sứ kéo (sứ treo) đối với cột vượt. ở các vị trí cột vượt nếu dùng sứ đứng thì dùng loại sứ kép bắt chặt dây dẫn theo hình cánh cung hay hình quả trám, nếu sứ treo thì dây dẫn được nối với nhau bằng dây lèo.

2. Các loại xà

Xà thường được chế tạo bằng thép góc chữ L. Đôi khi ở đường dây cao áp người ta còn dùng xà bằng bê tông cốt thép. Đường dây cao áp (6-10-35 kV) dùng các loại xà có dạng hình tam giác cụt hoặc hình chữ nhật (thanh xà)

+ Xà cao áp: xà cao áp thường có các ký hiệu như sau:

X_1 là xà đơn 3 sứ đứng dùng để đỡ dây dẫn trên cột trung gian.

X_{2A} là xà kép 6 sứ dùng để cố định dây dẫn ở các vị trí đầu cuối, néo.

X_{2B} là xà kép 4 sứ dùng để rẽ nhánh, chuyển hướng dây hay ở các vị trí cột góc.

X_3 là xà đơn 6 sứ dùng để đỡ dây dẫn trên các cột vượt.

Các loại xà có ký hiệu từ X_4 trở đi dùng cho các vị trí cột xuất tuyến và đỡ dây đến, xà đỡ dây xuống, xà đỡ cầu dao ... ở các trạm biến áp hay phân đoạn.

+ Xà hạ thế

Xà hạ thế chủ yếu dùng cho đường dây 3 pha 4 dây. Theo chức năng và công dụng người ta chia ra các loại xà như xà đơn, xà kép, xà có 4 lỗ hay 2 lỗ, xà bắt cột đơn hay cột kép ...

Tùy theo từng địa phương xà hạ thế có thể có các ký hiệu như sau:

X_p4S là xà đơn 4 sứ .

X_k4S là xà kép 4 sứ ...

Để biểu thị đầy đủ chức năng và công dụng của các loại xà nhằm tiêu chuẩn hoá khi chế tạo người ta còn dùng các ký hiệu như: 413HKD; 421KKD; 413KDK ... trong đó:

Con số thứ nhất chỉ số lỗ bắt sứ.

Con số thứ hai chỉ số tầng bắt xà.

Con số thứ 3 chỉ loại xà đơn hay xà kép: số 1 là xà đơn; số 3 là xà kép.

Chữ cái thứ nhất chỉ kiểu cột mắt vuông, mắt chéo hay ly tâm.

Chữ cái thứ hai chỉ cột đơn (D) hay cột kép (K)

Chữ cái thứ ba chỉ xà bắt mặt đơn (D) hay mặt kép (K)

Tùy theo loại xà đơn hay xà kép mà xà được bắt chặt vào cột bằng 2 bu lông với thanh ốp xà hoặc 4 bu lông. Đối với xà cao áp còn dùng ốp chân sứ . Sứ được bắt vào xà bằng các ty sứ. Đối với đường dây hạ áp, ty sứ chỉ có ren ở phần chân còn đầu được cắm vào sứ bằng xi măng mác cao. Ty sứ ở đường dây điện áp cao cả 2 đầu đều có ren để vạy vào sứ và bắt vào xà.

3. Néo cột

ở những vị trí quan trọng như cột đầu, cột cuối, cột góc ... cần phải có néo để phòng gãy cột khi thi công đường dây và khi làm việc bình thường.

Néo cột gồm các chi tiết như sau: côlyê và bu lông bắt vào cột, dây néo, mỏ giữ néo, tăng đơ và giằng néo. Cần chú ý là, khi thi công đường dây phải bắt néo trước khi kéo dây.

4. Các thiết bị khác

+ Các loại kẹp nối dây và giữ dây dẫn: gồm có các loại ghíp để nối dây dùng sứ đứng như ghíp 2 bu lông, ghíp 3 bu lông, ghíp xử lý dùng để nối 2 dây dẫn bằng 2 kim loại khác nhau như đồng nhôm ... Các loại kẹp dùng cho sứ treo như kẹp chắc, kẹp trượt, kẹp dao động ... Đối với cấp điện áp cao người ta nối bằng phễu cáp.

+ Các loại khác: đường dây trên không còn dùng các loại thiết bị khác như: cơ cấu phân đoạn, tạ chống rung, kháng điện ... Ngoài ra còn bố trí các cọc tiếp địa tại các cột đầu cuối, rẽ nhánh chỗ đông người qua lại đối với đường dây hạ áp. Còn đường dây cao áp thì cứ một đến 2 cột cần dùng một cọc tiếp địa.

5. Một số quy định khi thiết kế đường dây

Khoảng cách tối thiểu giữa các pha và các bộ phận cột

TT	Điều kiện tính toán	Khoảng cách cách điện nhỏ nhất cho phép (cm)					
		≤ 10kV	22 kV	35 kV	110 kV	220 kV	500 kV
I	Quá điện áp khí quyển (sứ đứng)	15/20	25/45	35/50			
	Quá điện áp khí quyển (sứ treo)	20/20	35/45	40/50	110/135	180/250	320/400
II	Quá điện áp nội bộ	10/22	15/35	30/44	80/100	160/200	300/420

Chú ý: - tử số là khoảng cách tối thiểu giữa dây dẫn và các bộ phận cột.
 - mẫu số là khoảng cách điện tối thiểu giữa pha - pha.

Khoảng cách giữa các đường dây đi chung một cột (m)

Điện áp định mức		< 1 kV	≤ 22 kV	35 kV	110 kV	220 kV
< 1 kV		1,2	2			
≤ 22kV	Sứ đứng		2	3	3,5	5
	Sứ treo		2	3	4	6
35 kV	Sứ đứng			2,5	3,5	5
	Sứ treo			3	4	6
110 kV					4	
220 kV						6

Khoảng cách an toàn đến các vật thể ở gần (m)

TT	Điện áp (kV)	Đến 22	35	110	220	500
1	Đến mặt đất thưa dân			6	7	10
	Đến mặt đất đông dân			7	8	14
	Nơi khó qua lại					8
2	Đến ngọn cây	2	2	3	4	6
3	Đến nhà, công trình	2	3	4	6	10
4	Đến mặt nước cao nhất không có thuyền	2,5	3	4		5
	Đến mặt nước cao nhất có thuyền	5,5	6	7		8
5	Đến đỉnh cột buồm		1,5	2	3	4

Khoảng cách giao chéo và đi gần (m)

TT	Điện áp (kV)	10	22	35	110	220	500
1	K/c giữa 2 đường dây giao nhau	2	2,5	3	4	4,5	5,5-8
2	K/c giữa 2 đường dây đi gần nhau		4,5	4	5	7	
3	K/c đến anten phát thanh sóng trung, dài				150	200	200
4	K/c từ đường dây đến đường sắt	3	3		6	8	12
5	K/c giữa đường dây với đường điện yếu	2			3	4	5

Khoảng cách từ dây dẫn đến mặt đất (m)

TT	Khoảng cách từ dây dẫn đến mặt đất	< 1	1-20	35-110	150	220
1	Qua khu vực không dân cư	5	6	6	6,5	7
2	Qua khu vực dân cư, khu CN	6	7	7	7,5	8
3	Vượt đường sắt	7,5	7,5	7,5	8	8.5
4	Vượt đường ô tô chở hàng	6	7	7	7,5	8

8-8. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN CƠ KHÍ DÂY DẪN

Ví dụ 1

Một đường dây điện áp 10 kV dùng dây dẫn A-70 đi qua vùng khí hậu II ($V = 35\text{m/s}$). Chiều dài khoảng vượt là 80 m. Tìm sức căng và độ võng cực đại của dây dẫn.

Giải.

a. Tra bảng và tính các tải trọng riêng:

$$g_1 = 1,025 \frac{9,81 \cdot m_G}{F} 10^{-3} = 1,025 \frac{9,81 \cdot 191 \cdot 10^{-3}}{70} = 27,4 \cdot 10^{-3} \text{ (N / m.mm}^2\text{)}$$

$$g_2 = \frac{9,81 \alpha_K C_x d v^2 10^{-3}}{16F} = \frac{9,81 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 7,35^2 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 70} = 96,4 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{N}}{\text{m.mm}^2} \right)$$

$$g_3 = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} = \sqrt{27,4^2 + 96,4^2} \cdot 10^{-3} = 100,2 \cdot 10^{-3} \text{ (N/m.mm}^2\text{)}$$

b. Tìm khoảng vượt tới hạn và xác định trạng thái ứng suất cực đại:

$$l_{th} = \frac{22[\sigma_A]_{cp}}{g_2} \sqrt{\alpha} = \frac{22 \cdot 58,8}{100,2 \cdot 10^{-3}} \sqrt{23 \cdot 10^{-6}} = 61,9 \text{ (m)}$$

Vì $l = 80 \text{ m} > l_{th}$, nên σ_{max} khi v_{max} và nhiệt độ trung bình $\theta_{TB} = 25^\circ\text{C}$; độ võng cực đại khi nhiệt độ cực đại $\theta_{max} = 40^\circ\text{C}$.

c. Giải phương trình trạng thái, tìm σ và f .

Thay các giá trị vào phương trình trạng thái ta có:

$$\sigma_{II} - \frac{g_1^2 \cdot l^2}{24 \beta \sigma_{II}^2} = [\sigma_A]_{cp} - \frac{g_3^2 \cdot l^2}{24 \beta [\sigma_A]_{cp}^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_{max} - \theta_{TB})$$

$$\sigma_{II} - \frac{27,4^2 \cdot 10^{-6} \cdot 80^2}{24 \cdot 16,2 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{II}^2} = 58,8 - \frac{100,2^2 \cdot 10^{-6} \cdot 80^2}{24 \cdot 16,2 \cdot 10^{-6} \cdot 58,8^2} - \frac{23 \cdot 10^{-6}}{16,2 \cdot 10^{-6}} (40 - 25)$$

$$\sigma_{II} - \frac{12358}{\sigma_2^2} = 58,8 - 47,8 - 21,3 = -10,3.$$

Giải ra: $\sigma_{II} = 20,15 \text{ (N/mm}^2\text{)}$.

$$T = \sigma_{II} F = 20,15 \cdot 70 = 1410 \text{ (N)}$$

$$f_{\max} = \frac{g_1 l^2}{8\sigma_{II}} = \frac{27,4 \cdot 10^{-3} \cdot 80^2}{8 \cdot 20,15} = 1,08 \text{ (m)}$$

Ví dụ 2

Một đường dây cao áp dùng dây dẫn AC-120 đi qua vùng khí hậu I (v = 40 m/s). Chiều dài khoảng vượt là l = 65 m. Tìm sức căng và độ võng cực đại của dây.

Giải.

a. Tra bảng và xác định các tải trọng riêng.

$$g_1 = 1,025 \frac{9,81 \cdot m_G}{F} 10^{-3} = 1,025 \frac{9,81 \cdot 492 \cdot 10^{-3}}{120} = 41,2 \cdot 10^{-3} \text{ (N / m.mm}^2\text{)}.$$

$$g_2 = \frac{9,81 \alpha_K C_x d v^2 10^{-3}}{16F} = \frac{9,81 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 15,2 \cdot 40^2 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 120} = 167 \cdot 10^{-3} \text{ (} \frac{N}{m.mm^2}\text{)}$$

$$g_3 = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} = \sqrt{41,2^2 + 167^2} \cdot 10^{-3} = 172 \cdot 10^{-3} \text{ (N/m.mm}^2\text{)}$$

b. Xác định ứng suất nhiệt và cơ khi nhiệt độ cực tiểu và nhiệt độ trung bình:

$$\alpha_{AC} = \frac{\alpha_{Fe} E_{Fe} + \lambda \alpha_A E_A}{E_{Fe} + \lambda E_A} = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 196 \cdot 10^3 + 5,23 \cdot 23 \cdot 10^{-6} \cdot 61,6 \cdot 10^3}{196 \cdot 10^3 + 5,23 \cdot 61,6 \cdot 10^3} = 18,8 \cdot 10^{-6} \text{ (1/}^{\circ}\text{C)}$$

trong đó:

$$\lambda = F_A / F_{Fe} = 15 / 22 = 5,23.$$

$$\beta_{AC} = \frac{1 + \lambda}{E_{Fe} + \lambda E_A} = \frac{1 + 5,23}{196 \cdot 10^3 + 5,23 \cdot 61,6 \cdot 10^3} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ (mm}^2 / N\text{)}$$

ứng suất nhiệt của nhôm ở nhiệt độ cực tiểu là:

$$\sigma_{nhA} = (\alpha_A - \alpha_{AC}) (\theta_0 - \theta_{\min}) E_A = (23 - 18,8) \cdot 10^{-6} (15 - 5) \cdot 61,6 \cdot 10^3 = 2,58 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

ứng suất nhiệt của nhôm ở nhiệt độ trung bình là:

$$\sigma_{nhA} = (\alpha_A - \alpha_{AC}) (\theta_0 - \theta_{\min}) E_A = (23 - 18,8) \cdot 10^{-6} (15 - 25) \cdot 61,6 \cdot 10^3 = -2,58 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

ứng với θ_{\min} có: $\sigma_{CAI} = [\sigma_{AC}]_{cp} - \sigma_{nhA} = 78,5 - 2,58 = 75,92 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$

ứng với θ_{TB} có: $\sigma_{CAII} = [\sigma_{AC}]_{cp} - \sigma_{nhA} = 78,5 + 2,58 = 81,08 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$

c. Tìm ứng suất giả tưởng, khoảng vượt tới hạn và xác định trạng thái ứng suất:

$$\sigma_{gtI} = \sigma_{CAI} \frac{1}{\beta_{AC} E_A} = 75,92 \frac{1}{12 \cdot 10^{-6} \cdot 61,6 \cdot 10^3} = 102,5 \text{ (} \frac{N}{mm^2}\text{)}$$

$$\sigma_{gtII} = \sigma_{CAII} \frac{1}{\beta_{AC} E_A} = 81,08 \frac{1}{12 \cdot 10^{-6} \cdot 61,6 \cdot 10^3} = 109,5 \text{ (} \frac{N}{mm^2}\text{)}$$

$$l_{th} = \sqrt{\frac{24 \alpha_A (\theta_{TB} - \theta_{\min})}{(\frac{g_3}{\sigma_{gtII}})^2 - (\frac{g_1}{\sigma_{gtI}})^2}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 23 \cdot 10^{-6} (25 - 5)}{(\frac{172}{109,5})^2 \cdot 10^{-6} - (\frac{41,2}{102,5})^2}} = 69,5 \text{ (m)}$$

Khoảng vượt thực tế $l = 65 \text{ m} < l_{th}$; σ_{\max} khi θ_{\min} ứng suất cực đại ứng với σ_{gtI} .

d. Giải phương trình trạng thái tìm σ và f .

$$\sigma_{II} - \frac{g_1^2 l^2}{24\beta_{AC}\sigma_{II}^2} = \sigma_{gtI} - \frac{g_3^2 l^2}{24\beta_{AC}\sigma_{gtI}^2} - \frac{\alpha_{AC}}{\beta_{AC}}(\theta_{\max} - \theta_{\min})$$
$$\sigma_{II} - \frac{41,2 \cdot 10^{-6} \cdot 65^2}{24 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{II}^2} = 102,5 - \frac{41,2 \cdot 10^{-6} \cdot 65^2}{24 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 102,5^2} - \frac{18,8 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^{-6}} \quad (40-5)$$
$$\sigma_{II} - \frac{24901,6}{\sigma_{II}^2} = 102,5 - 2,37 - 54,8 = 45,3$$

Giải ra $\sigma_{II} = 53,9$ (N/mm²); $T = \sigma \cdot F = 53,9 \cdot 120 = 6468$ (N).

Độ võng lớn nhất:

$$f_{\max} = \frac{g_1 l^2}{8\sigma_{II}} = \frac{41,2 \cdot 10^{-3} \cdot 65^2}{8 \cdot 53,9} = 0,4(m).$$

CHƯƠNG 9

TÍNH TOÁN CỘT VÀ MÓNG CỘT ĐIỆN

§ 9-1. PHÂN LOẠI CỘT ĐIỆN VÀ ĐIỀU KIỆN TÍNH TOÁN CỘT

1. Các loại cột điện

Cột là bộ phận quan trọng dùng để giữ và đỡ dây dẫn của đường dây tải điện trên không. Cột chiếm một tỷ lệ khá lớn trong tổng số vốn đầu tư xây dựng đường dây., việc tính toán hợp lý sẽ đem lại hiệu quả kinh tế lớn.

Theo nhiệm vụ và tính chất phân bố tải trọng, người ta phân cột điện thành các loại như sau:

- *Cột trung gian:*

Cột trung gian dùng để đỡ dây dẫn trên đoạn đường thẳng. Ở điều kiện làm việc bình thường, cột chịu tác dụng của các tải trọng thẳng đứng là: trọng lượng dây dẫn và phụ kiện, chịu áp lực của gió và tải trọng xây lắp. Cột trung gian không chịu tác dụng của lực căng dây. Khi dây bị đứt, nó chịu ảnh hưởng của mô men xoắn và uốn đối với cột khi dùng sứ treo.

- *Cột móc hay cột néo:*

Cột móc có tác dụng giới hạn khoảng chịu ảnh hưởng hư hỏng trên đường dây và giới hạn khoảng căng dây khi lắp dựng. Chỉ những đường dây quá dài hoặc dùng kẹp trượt mới dùng cột móc. Khi dây dẫn bị đứt tại một khoảng nào đó, dây dẫn sẽ bị trượt về hai phía giữa hai cột móc. Cột móc được lựa chọn làm điểm tựa để kéo dây nên nó chịu lực kéo về một phía, khi thiết kế cần cứng vững hơn và tính chọn với hệ số an toàn cao hơn. Trên cột móc dùng xà kép và sứ kéo. Theo " quy phạm trang bị điện " khoảng cách cột móc như sau:

Tiết diện dây dẫn $F < 120 \text{ mm}^2$, chiều dài khoảng cách cột móc $L_M \leq 5 \text{ km}$.

Tiết diện dây dẫn $F \geq 120 \text{ mm}^2$, chiều dài khoảng cách cột móc $L_M \leq 10 \text{ km}$.

- *Cột góc:*

Cột góc là cột có 2 hướng tuyến dây hợp với nhau 1 góc $\beta \neq 180^\circ$. Khi góc giữa 2 tuyến $\beta \geq 175^\circ$ thì cột góc được tính như cột trung gian. Cột góc chịu tác dụng của hợp lực $P = 2T \sin \alpha/2$ (α là góc bù của β) là tổng hình học của sức căng dây về 2 phía. Khi dựng cột góc, chú ý để mặt khoẽ của cột (mặt đặc) nằm theo phương phân giác giữa 2 tuyến dây, khi đó xà trùng với phương của hợp lực P . Do cột góc chịu lực lớn nên thường người ta dùng xà kép, cột khoẽ, cột đôi, cột có néo hoặc kết hợp các biện pháp. Dây néo được đặt trùng phương và ngược chiều với lực P .

- *Cột vượt:*

Cột vượt có chiều cao cao hơn các cột khác dùng để đỡ dây dẫn vượt lên trên các chướng ngại vật ở bên dưới. Cột vượt thường dùng xà kép, nếu dùng sứ đứng thì số sứ phải tăng gấp 2 so với cột trung gian và dây dẫn được bắt theo hình cánh cung hoặc hình quả trám.

- *Cột hãm đầu hay cuối đường dây:*

Cột hãm đầu hay cuối là các cột ở đầu và cuối đường dây. Chúng chịu tác dụng của lực căng dây về một phía và là điểm tựa để kéo dây. Dây dẫn bắt trên cột hãm bằng chuỗi sứ kéo hoặc 2 sứ

đứng đặt trên xà kép giống cột góc. Các cột hãm, cột góc dùng cột bê tông cốt thép thường là cột đôi có néo.

Theo loại vật liệu làm cột, người ta phân thành

Cột gỗ: rẻ tiền, dễ kiếm nhưng thời gian sử dụng ngắn do bị phá huỷ bởi môi trường, gỗ dùng làm cột thường được ngâm tẩm để chống mối mọt.

Cột bê tông cốt thép: bền và rẻ hơn so với cột thép nhưng kết cấu nặng nề, khó khăn trong vận chuyển và xây lắp, chuyên chở. Người ta không chế tạo các loại cột có chiều cao lớn hơn 30 m. Cột này được sử dụng rộng rãi cho các đường dây có điện áp ≤ 35 kV. Trong phạm vi giáo trình này ta chỉ đi sâu nghiên cứu cột bê tông cốt thép.

Cột thép: có độ bền cao, dễ vận chuyển và lắp dựng, chịu được tải trọng lớn và có thể thi công với các chiều cao rất lớn, khoảng vượt rộng. Nhược điểm là giá thành đắt và phải bảo dưỡng khi vận hành nên được dùng chủ yếu cho các đường dây từ 110 kV trở lên.

Theo ghép nối người ta chia ra

- Cột nối ở giữa: dùng cho cột gỗ, cột bê tông (đoạn nối từ 6 - 8 m)
- Cột nối ở móng: dùng cho cột gỗ
- Cột có chụp tăng cường: dùng cho cột bê tông cốt thép.

2. Các điều kiện tính toán cột

Theo loại cột và chế độ làm việc của nó, người ta chia ra các điều kiện tính toán của các cột như sau:

+ Cột trung gian:

- Chịu tác dụng của tốc độ gió lớn nhất, thổi vuông góc với các tuyến dây; ở chế độ bình thường gây ra mô men lật lớn nhất.

- Đứt dây dẫn 1 pha gây ra mô men uốn và mô men xoắn lớn nhất với sứ treo.

- Đứt dây chống sét gây ra mô men uốn lớn nhất.

+ Cột néo:

- Ở chế độ bình thường cột néo nằm ở vị trí trung gian hay néo góc thì tính toán như cột tương ứng. ở chế độ sự cố được tính theo trường hợp đứt 2 dây pha hoặc đứt một dây chống sét.

+ Cột góc:

- Thường được tính toán theo mô men uốn lớn nhất do tổng hợp lực của sức căng dây về 2 phía.

3. Chiều cao cột điện

Chiều cao cột điện phụ thuộc vào các yếu tố như điện áp, đặc điểm vùng dân cư, chiều dài khoảng vượt, điều kiện khí hậu đất đai... Điện áp có ảnh hưởng lớn nhất đến chiều cao của cột và các kết cấu khác. Điện áp càng cao thì khoảng cách D giữa dây dẫn các pha càng lớn, cột phải cao và rộng.

$U < 1\text{kV}$ thì $D = 0,4 - 0,6$ m

$U = 6 - 10\text{kV}$ thì $D = 1 - 2$ m

$U \leq 35\text{kV}$ thì $D = 2,5 - 3,5 \text{ m}$ $U \leq 110\text{kV}$ thì $D = 4 - 5 \text{ m}$

Nguyên liệu làm cột cũng ảnh hưởng rất lớn, tùy thuộc vật liệu làm cột mà người ta chọn chiều cao cột cho phù hợp. Cột gỗ thường dùng cho đường dây điện áp đến 10 kV và $H \leq 12 \text{ m}$, cột bê tông cốt thép thường dùng cho đường dây điện áp đến 110 kV và $H \leq 30 \text{ m}$, cột thép dùng cho các khoảng vượt lớn và các đường dây có điện áp 110 kV trở lên, chiều cao tùy ý.

Chiều dài khoảng vượt càng lớn thì độ võng của dây cũng lớn nên phải dùng cột cao hơn, nếu khoảng vượt nhỏ thì tăng số lượng cột và phụ kiện. Việc tính toán khoảng vượt kinh tế (Z_{\min}) là rất cần thiết khi tính toán thiết kế đường dây.

Ngoài ra chiều cao cột còn phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, địa hình khu vực đường dây đi qua, chiều dài chuỗi sứ, khoảng cách từ vị trí bắt xà đến đỉnh cột, độ chôn sâu của móng, số tầng dây và cấp điện áp đi chung trên một cột, các điểm giao chéo với các đường dây khác...

Khi dùng sứ treo chiều cao cột điện là:

$$H = H_d + [H]_{cp} + f + \lambda_s + H_x \quad (9-1)$$

Khi dùng sứ đứng thì chiều cao cột điện là:

$$H = H_d + [H]_{cp} + f + H_x - H_s \quad (9-2)$$

trong đó:

H_d - là chiều sâu chôn cột (m);

$[H]_{cp}$ - là khoảng cách cho phép từ điểm thấp nhất của dây dẫn đến đất (m);

$[H]_{cp}$ được cho trong bảng (9-1);

f - là độ võng cực đại của dây (m);

H_x - là chiều cao từ chỗ bắt xà đến đỉnh cột (m);

λ_s - là chiều dài chuỗi sứ (m);

H_s - là chiều cao của sứ (m).

Gọi H_K là chiều cao từ mặt đất đến đỉnh cột thì:

$$H = H_d + H_K \quad (9-3)$$

Trong tính toán thường phải kể đến chiều cao dự phòng từ 0,2 - 0,4 m. Nếu đường dây đi chung cột với các đường dây khác thì phải kể đến số tầng xà, khoảng cách tối thiểu theo chiều thẳng đứng giữa các đường dây theo quy phạm. Để đảm bảo an toàn, vị trí xà trên cùng được bắt cách đỉnh cột tối thiểu là 10 cm.

Nếu đường dây điện áp cao có dây chống sét thì chiều cao cột được cộng thêm chiều cao tối thiểu giữa dây dẫn trên cùng và dây chống sét, phụ thuộc vào chiều dài khoảng vượt và được cho theo bảng sau:

Chiều dài khoảng vượt (m)	150	200	300	400	500
K/cách giữa dây dẫn và dây chống sét (m)	3,2	4	5,5	7	8,5

Thông thường trong thi công, người ta thường sử dụng các cột bê tông cốt thép sau

U = 0,4 kV dùng cột BT mặt vuông (H) hoặc mặt cheo (K) cao 6,5; 7,5; 8,5; 10 m

U = 6 - 35 kV dùng cột BT li tâm LT có chiều cao 10; 12; 14; 16; 18; 20 m

Khi chiều cao cột bê tông H > 12m thì thường ghép nối cột bằng mặt bích hay măng sông.

§ 9-2. TẢI TRỌNG CƠ GIỚI TÁC DỤNG LÊN CỘT

1. Các loại tải trọng cơ giới

Tải trọng cơ giới tác dụng lên cột phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nhiệt độ, tốc độ gió, chiều cao cột... và việc tính toán chính xác là hết sức khó khăn. Các tải trọng gồm có tải trọng nằm ngang là gió lên cột, gió lên dây và sức căng dây; tải trọng thẳng đứng gồm có trọng lượng cột, dây dẫn, xà, sứ và tải trọng xây lắp. Theo quy định người ta chia ra tải trọng làm 3 loại:

- Tải trọng lâu dài: gồm trọng lượng cột, xà, sứ, dây dẫn, lực căng dây ở nhiệt độ trung bình
- Tải trọng ngắn hạn: gồm áp lực gió lên dây, gió lên cột, tải trọng xây lắp.
- tải trọng đặc biệt: xuất hiện khi đứt dây.

Áp lực gió lên cột có diện tích S xác định theo công thức:

$$P_{gc} = \frac{981}{16} \alpha_K \cdot C_x \cdot V^2 \cdot S \cdot 10^{-3} = 0,613 \alpha_K \cdot C_x \cdot V^2 \cdot S \cdot 10^{-3} \quad (N) \quad (9-4)$$

α_K - là hệ số không đều của gió cho trong bảng (8-4);

C_x - là hệ số khí động học của gió;

Với cột phẳng: $C_x = 1,5$; cột tròn $D \geq 15$ cm: $C_x = 0,7$; cột thép $C_x = 1,8 - 3$

Diện tích của cột xác định như sau:

$$S = 0,5(b_1 + b_2)H_K \quad (m^2) \quad (9-5)$$

trong đó: b_1, b_2 - là chiều rộng (hay đường kính) đỉnh cột và chân cột (m).

Tải trọng gió lên dây trong một khoảng vượt là:

$$P_{gd} = 0,613 \cdot \alpha_K \cdot C_x \cdot k V^2 \cdot d \cdot l \cdot \sin\varphi \cdot 10^{-3} \quad (N) \quad (9-6)$$

d - là đường kính dây dẫn.

φ - là góc giữa hướng gió và tuyến dây (thường lấy $\varphi = 90^0$).

Lực căng của dây dẫn và dây chống sét tính theo biểu thức:

$$T = \sigma \cdot F \quad (N) \quad (9-7)$$

Tải trọng xây lắp, bao gồm trọng lượng người và thiết bị khi thi công, nó phụ thuộc vào từng loại đường dây, trong tính toán thường lấy thêm bằng 10%.

2. Mômen tính toán tác dụng lên cột tại các mặt cắt nguy hiểm

Tiết diện nguy hiểm của cột khi chịu lực uốn là ở mặt cắt sát đất và tiết diện nguy hiểm khi chịu xoắn là tại vị trí bất xà. Ta tiến hành tính toán các mô men của ngoại lực đối với các vị trí này.

Mô men uốn của cột

- Mômen uốn do áp lực của gió tác dụng lên 1 dây dẫn trong khoảng vượt đối với mặt cắt sát đất là:

$$M_{gd} = P_{gd} \cdot h = 0,613 \cdot \alpha_K \cdot C_x \cdot k \cdot V^2 \cdot d \cdot l \cdot h \cdot 10^{-3} \quad (\text{Nm}) \quad (9-8)$$

h - là chiều cao treo dây (từ mặt đất đến chỗ buộc sứ).

Khi đường dây có 3 dây: $M_{gd\Sigma} = P_{gd} \cdot (h_1 + h_2 + h_3)$

- Mômen uốn do áp lực gió lên cột:

$$M_{gc} = P_{gc} \cdot h_t = 0,613 \cdot \alpha_K \cdot C_x \cdot V^2 \cdot S \cdot h_t \cdot 10^{-3} \quad (\text{Nm}) \quad (9-9)$$

h_t - là chiều cao trọng tâm điểm đặt áp lực gió lên cột với mặt đất được xác định theo công thức:

$$h_t = \frac{H_K}{3} \frac{2b_1 + b_2}{b_1 + b_2} \quad (9-10)$$

- Mômen uốn do sức căng của dây:

$$M_{cd} = T \cdot h \quad (\text{Nm}) \quad (9-11)$$

Nếu có 3 dây dẫn: $M_{cd\Sigma} = T \cdot (h_1 + h_2 + h_3)$

Trường hợp có dây chống sét thì phải kể đến mô men do áp lực gió tác động lên dây chống sét $M_{gcs} = P_{gcs} \cdot h_{cs}$ và mô men do sức căng của dây chống sét $M_{cdcs} = T_{cs} \cdot h_{cs}$

Mômen uốn do tải trọng xây lắp lấy bằng 10% của mô men tổng cộng tác dụng lên cột.

Đối với cột trung gian:

Mô men uốn tổng cộng đối với cột trung gian

$$M_{u\Sigma} = (M_{gd\Sigma} + M_{gc}) \cdot n_1 \quad (9-12)$$

Mômen uốn tính toán có kể thêm 10% mô men xây lắp là:

$$M_{utt} = 1,1 \cdot n_1 \cdot (M_{gd\Sigma} + M_{gc}) \quad (\text{Nm}) \quad (9-13)$$

trong đó : n_1 - là hệ số dự trữ, lấy $n_1 = 1,2$.

Đối với cột góc:

Nếu $I < I_{th}$ thì σ_{max} khi θ_{min} , ta cần tính M_{utt} ứng với hai trường hợp:

- Khi θ_{min} thì $v = 0$; σ_{max} mô men uốn cực đại do sức căng dây còn M_{gd} , M_{gc} bằng không.

$$M_{utt} = 1,1 \cdot n_2 \cdot M_{cd\Sigma} \quad (9-14a)$$

- Khi có bão v_{max} , tải trọng lên cột gồm gió lên dây, lên cột và sức căng dây ở θ_{TB}

$$M_{utt} = 1,1 \left(n_1 \cdot (M_{gd\Sigma} + M_{gc}) + n_2 \cdot M_{cdTB\Sigma} \right) \quad (9-14b)$$

$M_{cdTB\Sigma}$ được xác định nhờ giải phương trình trạng thái tìm σ ở nhiệt độ 25^0 C

$$\text{Nếu } I > I_{th} \text{ thì } \sigma_{max} \text{ khi } \theta_{TB} \text{ và } M_{utt} = 1,1 (n_1 \cdot (M_{gd\Sigma} + M_{gc}) + n_2 \cdot M_{cd\Sigma}) \quad (9-14c)$$

Khi tính cho cột góc cần tính đến góc lệch giữa hướng gió và tuyến dây ($\sin\varphi$), $n_2 = 1,3$.

n_1 và n_2 là các hệ số dự trữ (quá tải) trong chế độ bình thường và sự cố.

Đối với cột đầu và cuối tuyến:

Nếu $I < I_{th}$ thì σ_{max} khi θ_{min} , ta cần tính M_{utt} ứng với hai trường hợp:

- Khi θ_{min} thì $v = 0$; σ_{max} mô men uốn cực đại do sức căng dây còn M_{gd} , M_{gc} bằng không.

$$M_{utt} = 1,1 n_2 \cdot M_{cd\Sigma} \quad (9-15a)$$

- Khi có bão v_{max} , tải trọng lên cột gồm gió lên cột và sức căng dây ở θ_{TB}

$$M_{utt} = 1,1 (n_1 M_{gc} + n_2 \cdot M_{cdTB\Sigma}) \quad (9-15b)$$

$M_{cdTB\Sigma}$ được xác định nhờ giải phương trình trạng thái tìm σ ở nhiệt độ 25^0 C, bỏ qua M_{gd} vì trường hợp nguy hiểm nhất đối với cột là gió thổi dọc tuyến dây $M_{gd} = 0$.

$$\text{Nếu } I > I_{th} \text{ thì } \sigma_{max} \text{ khi } \theta_{TB} \text{ và } M_{utt} = 1,1 (n_1 \cdot M_{gc} + n_2 \cdot M_{cd\Sigma}) \quad (9-15c)$$

Điều kiện để cột không bị uốn là:

$$M_{utt} \leq M_{uc} \quad (9-16)$$

M_{cu} - là mômen chống uốn của cột.

Mô men xoắn của cột

Ta chỉ cần kiểm tra mô men xoắn đối với cột của đường dây trung áp vì lưới hạ áp có 4 dây dẫn (1 tầng dây) hoặc 8 dây dẫn (2 tầng dây) nên khi bị đứt một dây dẫn ngoài cùng không gây nên mô men xoắn lớn cho cột.

- Mômen xoắn tác dụng lên cột khi đứt một dây dẫn

$$M_{xc} = T_{sc} \cdot \frac{X}{2} \quad (Nm) \quad (9-17)$$

trong đó: X - là chiều dài hữu hiệu của xà (m);

T_{sc} - là lực căng dây khi có sự cố đứt dây về một phía.

Điều kiện bền chống xoắn:

$$M_{xlt} = n_2 M_{xc} \leq M_{cx} \quad (9-18)$$

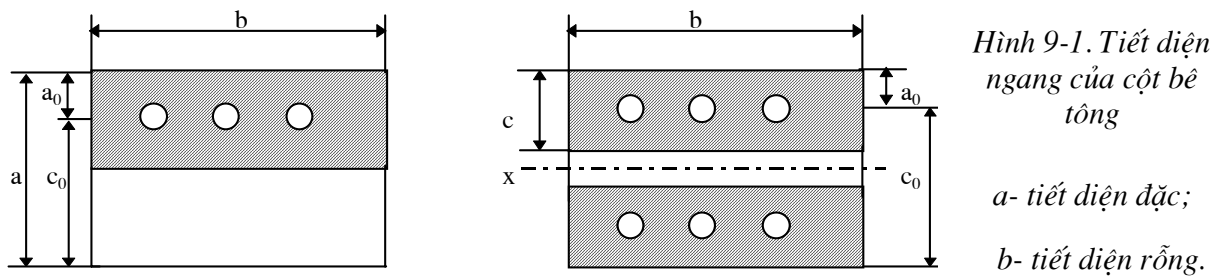
trong đó: M_{xlt} - là mômen xoắn tính toán;

M_{cx} - là mômen chống xoắn của cột. $n_2 = 1,3$.

§ 9-3. MÔ MEN CHỐNG UỐN CỦA CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP

Cột bê tông cốt thép thường gặp ở nước ta chủ yếu dùng loại cột mặt vuông, mặt chéo hay cột ly tâm. Sau đây giới thiệu các công thức tính toán, kiểm tra mômen chống uốn và chống xoắn của cột.

1. Mômen chống uốn của cột mặt vuông



Cột chế tạo sẵn cần tính toán kiểm tra cho tiết diện nguy hiểm nhất là mặt cắt sát đất, chỗ bắt xà hoặc từ mặt đặc chuyển sang mặt rỗng, ký hiệu kích thước tại mặt cắt của cột vuông như hình 9-1.

- Đối với cột tiết diện đặc mômen chống uốn của cột là:

$$M_{cu} = m_b [m_t R_{Ka} F_a (c_0 - a_0) - b x R_{ub} \left(\frac{x}{2} - a_0 \right)] \quad (\text{Nm}) \quad (9-19)$$

trong đó:

m_b - là hệ số điều kiện chế tạo của bê tông;

$m_b = 1,1$ đối với bê tông đúc tại nhà máy; $M_b = 1$ đối với bê tông đúc tại chỗ;

m_t - là hệ số điều kiện chế tạo của thép;

$m_t = 0,8$ đối với thép nhà máy sản xuất; $m_t = 0,7$ đối với các loại thép khác;

F_a - là diện tích cốt thép trên một mặt cột (cm^2);

a_0, c_0 - là khoảng cách từ mặt ngoài của cột đến lõi thép;

b - là chiều dài tiết diện ngang (cm);

x - là vị trí của trục trung hoà.

Để bê tông phủ đủ độ dày lên thép và tạo ứng suất lớn người ta lấy $x = 0,55 c_0$.

R_{Ka}, R_{ub} - là sức bền tính toán khi kéo của thép và khi uốn của bê tông cho trong bảng 9-2 và 9-3.

Bảng 9-2. Sức bền tĩnh to_n của thép (N/ cm²)

Trạng thái ứng suất	Loại thép và ứng suất (N/cm ²)		
	CT ₃	CT ₅	25Γ2C
Kéo R _{Ka}	20600	23500	33400
Nén R _{na}	20600	23500	33400
Cắt R _{ca}	16500	16500	26700

Bảng 9-3. Sức bền tĩnh to_n của bê tông (N/cm²)

Trạng thái ứng suất	Mức bê tông N/cm ² , (kG/cm ²)						
	981,(100)	1470,(150)	1960,(200)	2940,(300)	3920,(400)	4900,(500)	5900,(600)
Uốn R _{ub}	540	785	981	1420	2060	2450	2750
Kéo R _{Kb}	44	57	70,5	103	122	137	147
Nén R _{nb}	431	638	785	1280	1670	1960	2260

+ Đối với cột tiết diện rộng, mômen chống uốn của cột là:

$$M_{cu} = m_b m_t R_{Ka} F_a (c_0 - a_0) \tag{9-20}$$

Khi cần thiết kể cột mới, dựa vào (9-19) và (9-20) ta tính ra F_a, chọn đường kính quy chuẩn, tìm tiết diện và kiểm tra lại. Chẳng hạn từ (9-20) có:

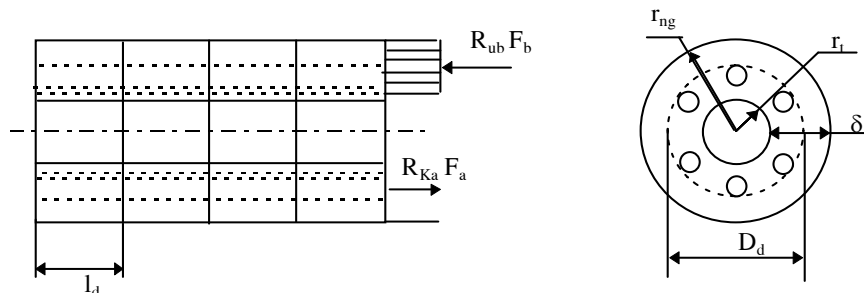
$$F_a = \frac{M_{utt}}{m_b m_t R_{Ka} (c_0 - a_0)} \tag{9-21}$$

Từ F_a dựa vào tiết diện và đường kính quy chuẩn ta tìm được số thanh thép dọc và đường kính của nó.

2. Mô men chống uốn của cột ly tâm

Sơ đồ mặt cắt và tải trọng của cột ly tâm cho trên hình 9-2.

Hình 9-2.
Mặt cắt cột ly tâm



Khi thép dọc không có ứng suất trước thì mômen chống uốn của cột là:

$$M_{cu} = \frac{m_b}{\pi} (R_{ub} F_b + 2m_t R_{Ka} F_a) r_c \sin \frac{\pi m_t R_{Ka} F_a}{R_{ub} F_b + 2m_t R_{Ka} F_a} \quad (9-22)$$

Đối với thép có ứng suất trước mômen chống uốn là:

$$M_{cu} = \frac{m_b}{\pi} [R_{ub} F_b + m_t F_a (R'_{Ka} + \sigma'_n)] r_c \sin \frac{\pi m_t R'_{Ka} F_a}{R_{ub} F_b + F_a (R'_{Ka} + \sigma'_n)} \quad (9-23)$$

trong đó:

R_{Ka}' - sức bền tính toán của thép có ứng suất trước;

F_a - là diện tích cốt thép trên một mặt cột;

F_b - là diện tích phần bê tông của cột;

σ'_n - là ứng suất trước khi nén của thép;

r_c - là bán kính trung bình của tiết diện cột.

$$r_c = 0,5 (r_t + r_{ng}) \quad (9-24)$$

r_t, r_{ng} - là bán kính trong và ngoài của cột ly tâm.

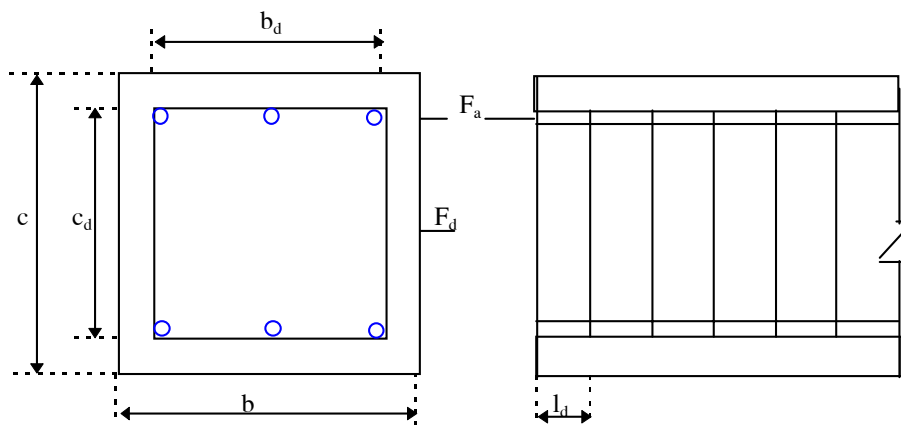
§ 9-4. MÔMEN CHỐNG XOÁN CỦA CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP

Khi có sự cố đứt dây xuất hiện mômen xoắn do tải trọng ngoài gây ra, tác dụng lên cột. Để đảm bảo an toàn, mômen chống xoắn do thép dọc và thép đai của cột sinh ra phải không nhỏ hơn mômen xoắn tính toán của tải trọng cơ giới.

1. Mômen chống xoắn của cột mặt vuông và mặt chéo

Các kích thước của cột cho trên hình 9-3.

Các thanh thép dọc liên kết với nhau bằng các đai. Khi đó, mômen chống xoắn của thép dọc cột bê tông cốt thép là:



Hình 9-3. Cốt thép của cột mặt vuông

$$M_{cx} = \frac{2m_b m_t R_{Ka} F_{a\Sigma} F_d}{v_d} \quad (9-25)$$

Mômen chống xoắn của thép đai là:

$$M_{cx} = \frac{2m_b m_t R_{Ka} S_d F_d}{l_d} \quad (9-26)$$

trong đó:

F_d - là diện tích ngang một sợi thép đai (cm^2);

v_d - là chu vi thép đai bao quanh thép dọc.

$$v_d = 2(b_d + c_d).$$

S_d - là diện tích thép đai bao quanh thép dọc.

$$S_d = b_d c_d.$$

b_d, c_d - là khoảng cách giữa các thép dọc cho trên hình 9-3.

$F_{a\Sigma}$ - là tổng diện tích các thép dọc.

$$F_{a\Sigma} = n \cdot \pi d^2 / 4 \quad (\text{cm}^2) \quad (9-27)$$

n - là số thanh thép dọc;

d - là đường kính của thanh thép dọc;

l_d - là khoảng cách giữa các đai (cm).

Cả thép dọc và thép đai phải thoả mãn độ bền theo điều kiện:

$$M_{xlt} \leq M_{cx}.$$

2. Mômen chống xoắn của cột li tâm

Mômen chống xoắn do thép dọc sinh ra là:

$$M_{cx} = 2m_b m_t R_{Ka} F_{a\Sigma} \frac{F_d}{v_d} \quad (9-28)$$

ở đây: v_d - là chu vi thép đai xác định theo công thức:

$$v_d = \pi D_d$$

D_d - là đường kính vòng đai cho trên hình 9-2.

Mô men chống xoắn của thép đai là:

$$M_{cx} = 2 m_b m_t R_{Ka} S_d \frac{F_d}{l_d} \quad (9-29)$$

S_d - là diện tích vòng đai quanh thép dọc xác định theo công thức:

$$S_d = \pi D_d^2 / 4.$$

2. Các lưu ý khi tính toán độ bền cột

Khi tính toán cột, nếu cột không đảm bảo điều kiện bền thì

- Sử dụng loại cột khác có độ bền cao hơn
- Sử dụng cột đôi, néo cột hoặc kết hợp các biện pháp cho các vị trí chịu lực và mô men lớn.
- Khi sử dụng néo ta tính lực tác động lên đầu cột

$$P_{TT} = \frac{M''}{h}, \text{ lực dây néo phải chịu kéo } T_{TT} = P_{TT} - P_{CP}$$

Trong đó P_{CP} là lực cho phép trên đầu cột

$$\text{Lực tác động theo phương néo } T_N = \frac{T_{TT}}{\cos \alpha},$$

α là góc néo so với mặt đất.

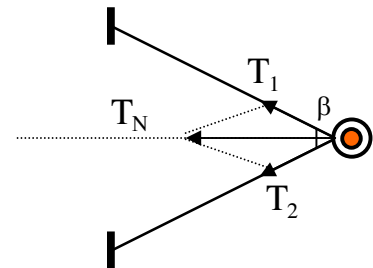
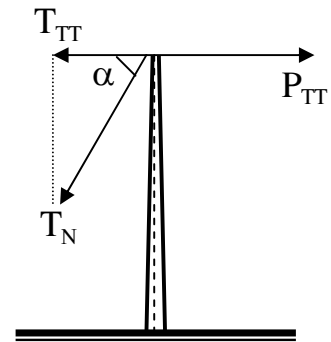
Nếu dùng 2 dây néo hợp với nhau một góc β thì

Lực tác động lên mỗi dây néo

$$T_1 = T_2 = T = \frac{T_n}{2 \cdot \cos \frac{\beta}{2}}$$

Từ lực kéo T_1 và T_2 tính chọn tiết diện dây néo và kiểm tra móng néo.

Dây néo thường dùng thép CT₃, số liệu sức bền kéo được tra trong bảng



§ 9-5. TÍNH MÓNG CỘT CHỐNG LÚN

Tính toán móng cột là nghiên cứu các biện pháp giữ chặt cột vào đất sao cho cột làm việc ổn định và an toàn trong quá trình vận hành đường dây.

Phần cột chôn sâu vào đất không phụ thuộc vào dạng kết cấu gọi chung là móng, phần đất nhận áp lực từ móng gọi là nền. Nền sử dụng đất ở trạng thái tự nhiên gọi là nền tự nhiên, nền đã gia cố bằng các biện pháp nào đó gọi là nền nhân tạo.

Khoảng cách từ đáy móng đến bề mặt đất gọi là độ chôn sâu của móng, trị số này thường được xác định theo tính toán. Tính nền móng cột phải căn cứ vào các điều kiện địa chất, khí hậu thủy văn của khu vực mà đường dây đi qua. Điều đó làm cho khó tính toán chính xác khi đường dây dài, đi qua nhiều vùng có điều kiện địa chất khác nhau.

Khi tính toán móng cần lấy hệ số an toàn quy định cho từng loại cột ứng với chế độ làm việc khác nhau.

Móng chống lún là móng chịu tác dụng của tải trọng thẳng đứng (cột trung gian) hoặc vừa tải trọng thẳng đứng vừa nằm ngang (cột góc, cột cuối, ...).

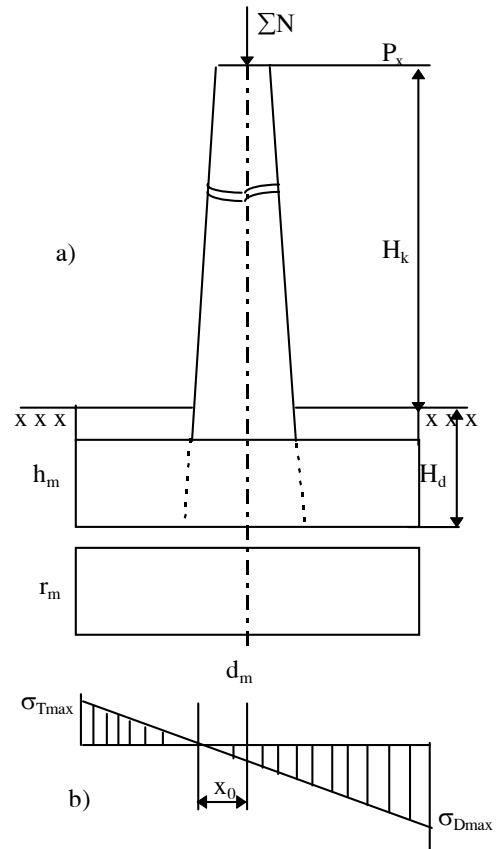
Ở đây ta chỉ tính toán chống lún cho móng cột bê tông không cấp, có tăng thêm chiều sâu để giảm nhẹ móng. Vì móng có cấp phức tạp nên trong thực tế ít dùng.

Hình 9-4. Sơ đồ tính toán móng chống lún
 a- sơ đồ tải trọng;
 b- sơ đồ tính toán.

Độ bền vững của móng xác định bởi sức bền của đất dưới đáy móng, trên mặt móng và xung quanh móng. Sơ đồ tải trọng và sức kháng của nền cho trên hình 9-4.

Ký hiệu trên sơ đồ:

- ΣN - là tổng tải trọng thẳng đứng ;
- P_x - là tải trọng nằm ngang;
- H_k - là chiều cao của cột (phần trên mặt đất) ;
- H_d - là chiều sâu chôn cột;
- d_m, r_m, h_m - là chiều dài, rộng, cao của móng;
- x - là vị trí trục trung hoà;
- σ_{dmax} - là ứng lực cực đại phía dưới móng;
- σ_{imax} - là ứng lực cực đại phía trên đáy móng.



Bỏ qua sự liên kết của đất xung quanh móng. Tải trọng trực tiếp của móng là ΣN và P_x . ứng lực cực đại phía dưới của móng là:

$$\sigma_{dmax} = \left(\frac{d_m}{2} + x_0\right) \frac{\sum N(z_0 + x_0)}{\frac{r_m}{3} \left[\left(\frac{d_m}{2} + x_0\right)^3 + K_l \left(\frac{d_m}{2} - x_0\right)^3\right]} \quad (9-30)$$

Ứng lực cực đại phía trên của móng là:

$$\sigma_{imax} = K_l \left(\frac{d_m}{2} - x_0\right) \frac{\sum N(z_0 + x_0)}{\frac{r_m}{3} \left[\left(\frac{d_m}{2} + x_0\right)^3 + K_l \left(\frac{d_m}{2} - x_0\right)^3\right]} \quad (9-31)$$

trong đó:

K_l - là tỷ số được liên kết phía trên và phía dưới của đất để móng: $K_l = c_2/c_1$, với c_1, c_2 - là lực liên kết phía dưới và phía trên của đất.

Để đơn giản tính toán và trong giới hạn cho phép, coi $c_1 = c_2$; $K_l = 1$, khi đó ta có:

$$x_0 = \frac{1}{12} \frac{d_m^2}{z} \quad (9-32)$$

$$\sigma_{dmax} = \frac{\sum N}{d_m r_m} \left(1 + 6 \frac{z}{d_m}\right) \quad (9-33)$$

z - tương đương với đòn bẩy của tải trọng, có giá trị là:

$$z = \frac{M_{utt}}{\sum N} = \frac{\sum P_x H_K}{\sum N} \quad (m) \quad (9-34)$$

Trong thực tế, tải trọng dài hạn P_x chỉ có tại các cột đầu, cuối, hãm hay cột góc. Nó được cân bằng bởi sức căng của dây neo, khi đó $z = 0$. Đồng thời tổng hợp lực của sức căng dây T và dây neo T_N là G_N có phương là tải trọng thẳng đứng (xem hình 9-8) và có giá trị là:

$$G_N = 0,5.T.T_N.\sin \beta$$

β - là góc giữa dây neo và mặt phẳng nằm ngang.

Tổng tải trọng thẳng đứng là:

$$\sum N = G_c + G_m + G_N.$$

G_c, G_m - là trọng lượng của cột và móng.

Øng suất cực đại của móng là:

$$\sigma_{dmax} = \frac{\sum N}{d_m r_m} \quad (kN/m^2). \quad (9-35)$$

Điều kiện ổn định của móng chống lún là:

$$\sigma_{dmax} < \gamma_d H_d \quad (9-36)$$

$$\sigma_{tmax} < A_{TC} \quad (9-37)$$

trong đó:

γ_d - là trọng lượng riêng của đất (kN/m^3);

A_{TC} - là sức bền tiêu chuẩn của đất hay áp lực cho phép của đất cho trong phụ lục (kN/m^2).

§ 9-6. TÍNH TOÁN MÓNG CỘT CHỐNG LẬT

1. Cột chôn sâu không móng

Móng chống lật là móng chống lại mômen lật do lực ngang của tải trọng ngoài gây ra. Cột chôn sâu không móng là dùng các loại đất pha theo tỷ lệ nhất định rồi đầm kỹ theo một quy trình nghiêm ngặt xung quanh chân cột tạo thành móng.

Điều kiện ổn định của cột chôn sâu không móng là:

$$\frac{1}{\alpha\mu} m_k b_c H_d^2 \geq n_m P_g \quad (9-38)$$

α - là tỷ lệ giữa chiều cao cột (H_k) và chiều sâu chôn cột (H_d);

μ - là hệ số phụ thuộc vào α ;

$\frac{1}{\alpha\mu}$ được cho trong phụ lục;

m_k - là thông số phụ thuộc vào trọng lượng riêng và góc lở của đất, cho trong phụ lục hoặc được tính toán như sau:

$$m_k = \gamma_d \operatorname{tg}^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) (\frac{kN}{m^3}) \quad (9-39)$$

trong đó:

φ - là góc ma sát trong của đất;

b_c - là bề rộng tính toán của cột;

Với cột vuông, mặt khoét là b thì: $b_c = K_d b$;

Cột tròn, đường kính trung bình phân chân cột là d_{TB} thì: $b_c = K_d d_{TB}$;

K_d - là hệ số cản của đất cho trong phụ lục;

n_m - là hệ số an toàn của móng;

Cột trung gian: $n_m = 1,5$; cột góc, neo: $n_m = 2$; cột vượt: $n_m = 2,5$;

P_g - là tổng các lực ngang hay tổng áp lực của gió lên cột và lên dầm. (kN).

2. Móng cột chôn sâu có ngáng (hình 9-5)

Để tăng mômen chống lật cho cột người ta dùng thanh ngáng bắt vào chân cột. Chiều sâu đặt ngáng từ 1/2 đến 1/3 chiều sâu chôn cột.

Khi có tải trọng ngang là P_g , để bảo đảm an toàn thì chiều dài thanh ngáng là:

$$l_{ng} = \frac{E(1 - 2\theta_s^2) + n_m P_g}{m_k h_{ng} r_{ng} (1 + \operatorname{tg} \varphi)} + d_0 \quad (9-40)$$

trong đó:

E - là sức kháng của đất có giá trị là:

$$E = 0,5 m_k b_c H_d. \quad (9-41)$$

θ_s - là hệ số tính tới độ chôn sâu của ngáng tính theo biểu thức:

$$\theta_s^2 (1,33 \theta_s - \frac{2h_{ng}}{H_d}) = 0,667 - \frac{h_{ng}}{H_d} - \frac{n_m P_g}{EH_d} (h_{ng} + H_K) \quad (9-42)$$

Hình 9-5.

Móng cột chôn sâu có đặt thanh ngang

Ký hiệu trên hình vẽ:

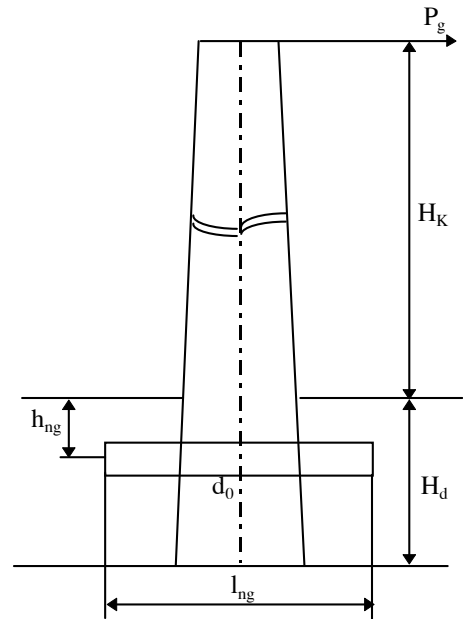
l_{ng}, r_{ng} - là bề dài và bề rộng của ngang;

h_{ng} - là độ chôn sâu của ngang;

d_0 - là đường kính hay bề rộng của cột chỗ đặt thanh ngang;

P_g - là lực ngang tác dụng lên cột và dầm;

H_k, H_d - là chiều cao phần cột trên mặt đất và dưới mặt đất.



3. Móng bê tông không cấp (hình 9-6)

Để chống lún cho cột người ta dùng móng bê tông không cấp. Ký hiệu các kích thước và tải trọng như trên hình 9-6.

Điều kiện móng không bị lật là:

$$\frac{1}{F_1} (F_2 \cdot E_k + F_3 \cdot G) \geq n_m \cdot P_g \quad (9-43)$$

F_1 - là hệ số ảnh hưởng của chiều sâu chôn cột và loại đất:

$$F_1 = 1,5 \left[\frac{H_k}{H_d} + \left(\frac{H_k}{H_d} + 1 \right) \text{tg} \varphi^2 \right] + 0,5 \quad (9-44)$$

F_2, F_3 - là hệ số phản kháng của móng xác định theo công thức:

$$F_2 = (1 + \text{tg}^2 \varphi) \left(1 + 1,5 \frac{d_m}{h_m} \text{tg} \varphi \right) \quad (9-45)$$

$$F_3 = \left[\left(1 + \text{tg}^2 \varphi \right) \frac{d_m}{h_m} + \text{tg} \varphi \right] \quad (9-46)$$

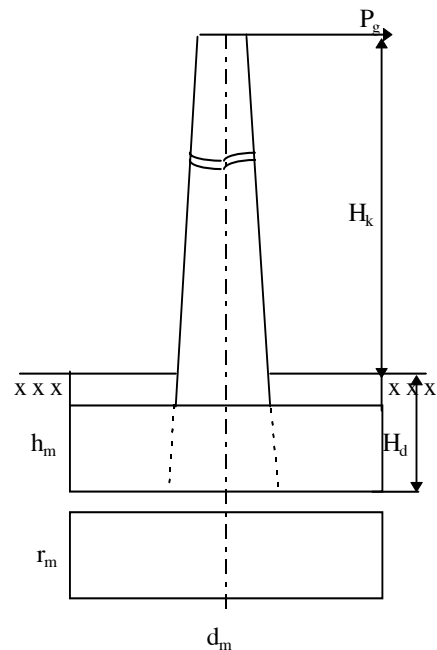
E_k - là sức kháng của đất có giá trị là:

$$E_k = \frac{r_m H_d K_c}{\theta (\theta + \text{tg} \varphi)} [0,5 \gamma_d H_d + C (1 + \theta^2)] \quad (9-47)$$

trong đó:

K_c - là hệ số cản phụ thuộc vào loại đất và kích thước cột cho trong phụ lục;

C - là lực dính kết của đất có trong phụ lục;



Hình 9-6. Móng bê tông không cấp

θ - là hệ số liên kết cho trong phụ lục;

G - là tổng trọng lượng của cột và bê tông

$$G = G_c + G_m = G_c + \gamma_b d_m r_m h_m. \quad (9-48)$$

n_m - là hệ số an toàn của móng;

P_g - là tổng tải trọng của gió lên cột và lên dầm.

§ 9-7. TÍNH TOÁN MÓNG NÉO

Móng néo hay móng chống nhỏ dùng để căng dây néo ở các cột đầu, cuối, góc hay cột tháp. Móng néo là móng chống lại lực nhỏ có phương từ dưới lên theo chiều dây néo. Tính toán móng néo là dùng các biện pháp giữ chặt móng trong đất để nó không bị bật lên. Phương của dây néo làm thành với mặt phẳng nằm ngang một góc β gọi là góc nhỏ.

1. Khi góc nhỏ $\beta < 75^\circ$

Sơ đồ tính toán của móng néo dưới tác dụng của lực nhỏ T_N cho trên hình 9-7.

Ký hiệu:

h_n - là chiều cao;

b_n - là chiều rộng;

ψ_0 - là góc giữa móng néo và khối đất bị bật lên.

Độ bền vững của móng xác định bởi trọng lượng khối bê tông, lực liên kết giữa móng và đất, sức bền thụ động của đất.

Móng làm việc ổn định khi trọng lượng móng, áp lực của móng với đất thắng được lực nhỏ do sức căng của dây néo:

$$0,5 \gamma_b h_n^2 b_n \lambda > n_m T_N \quad (9-49)$$

trong đó:

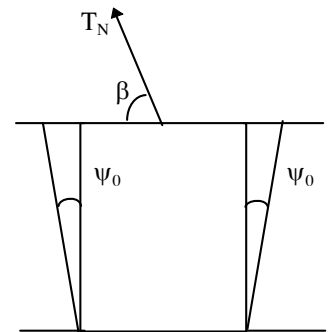
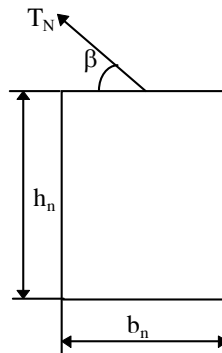
λ - là sức bền thụ động của đất:

$$\lambda = \lambda_g (1 - \xi^2 \eta^2) + \frac{2}{3} \frac{h_n}{b_n} \Omega (1 - \xi^2 \psi) \quad (9-50)$$

λ_g - là hệ số góc có giá trị là:

$$\lambda_g = \frac{\cos^2(\varphi + \beta)}{\cos \beta (\cos \beta - \sin \varphi)^2} \quad (9-51)$$

ξ - là hệ số phụ thuộc vào β và kích thước móng néo cho trong phụ lục ứng với $\tau = 1,25 \frac{b_n}{h_n}$



Hình 9-7. Móng néo

a- góc nhỏ $\beta < 75^\circ$

b- góc nhỏ $75^\circ < \beta < 90^\circ$

η, Ω, Ψ - là hệ số phụ thuộc vào β và φ cho trong phụ lục.

2. Khi góc nhỏ $75^\circ < \beta < 90^\circ$

Móng làm việc ổn định khi trọng lượng móng với khối đất bị bịt lên và lực liên kết giữa móng với đất thẳng được lực nhỏ T_N :

$$\gamma_b V_b + \gamma_d V_d + C_0 S_{xq} \geq n_m T_N \tag{9-52}$$

ở đây:

V_b - là thể tích bê tông: $V_b = a_n b_n h_n$;

V_d - là thể tích của đất :

$$V_d = (a_n + b_n \frac{4}{3} h_n \text{tg} \psi_0) h_n^2 \text{tg} \varphi \tag{9-53}$$

S_{xq} - là diện tích tiếp xúc giữa móng và đất.

$$S_{xq} = 2(a_n + b_n) h_n \tag{9-54}$$

C_0 - là lực liên kết của đất cho trong bảng 9-4.

ψ_0 - là góc ảnh hưởng của lực nhỏ, cho trong bảng sau:

Bảng 9-4. Giá trị của γ_d, ψ_0 và C_0 đối với các loại đất

Loại đất	Các thông số ứng với trọng lượng của đất γ_d (kN/m ³)					
	15,2			16,7		
	γ_d	$\text{tg} \psi_0$	C_0	γ_d	$\text{tg} \psi_0$	C_0
Cát	15,2	0,54	0,5C	16,7	0,84	0,8C
Sét	15,2	0,44	0,4C	16,7	0,64	0,6C

§ 9-8. MỘT SỐ VÍ DỤ TÍNH TOÁN CỘT VÀ MÓNG

Ví dụ 1

Một đường dây 35 kV dùng dây dẫn AC-70 đi qua vùng có tốc độ gió $V = 30$ m/s, chiều dài khoảng vượt $l = 160$ m. Chiều cao treo dây lần lượt là: 9,4; 8 và 8 m. Tiết diện nguy hiểm tại mặt cắt sát đất và đỉnh cột là: $a_2 \times b_2 = 40 \times 30$ cm; $a_1 \times b_1 = 15 \times 15$ cm. Hãy kiểm tra sức bền chống uốn của cột trung gian biết rằng cột có kích thước: $C_0 = 36,5$ cm; $a_0 = 3,5$ cm. Diện tích cốt thép ở một mặt cột là $3 \times 2,54$ cm².

Giải.

1. Tính áp lực của gió tác dụng lên dây dẫn và cột:

$$P_{gd} = P_{gd} = \frac{9,81}{16} \alpha_K \cdot C_x \cdot V^2 \cdot d \cdot l \cdot \sin \varphi \cdot 10^{-3} = \frac{9,81}{16} \cdot 0,75 \cdot 1,2 \cdot 30^2 \cdot 11,4 \cdot 160 \cdot 10^{-3} = 905,8 \text{ (N)}$$

$$P_{gc} = \frac{9,81}{16} \alpha_K C_x V^2 S = \frac{9,81}{16} 0,75 \cdot 1,5 \cdot 30^2 \cdot 2,11 = 1309,8 \text{ (N)}.$$

trong đó: diện tích của mặt cột là: $S = 0,5(b_1 + b_2) H_K = 0,5(0,3 + 0,15) 9,4 = 2,11 \text{ (m}^2 \text{)}$.

2. Xác định mômen tính toán của ngoại lực:

$$M_{gd} = P_{gd}h_1 + p_{gd}h_2 + P_{gd}h_3 = 905,8 (9,4 + 8 + 8) = 23007,8 \text{ (Nm)}.$$

$$M_{gc} = P_{gd}h_t = 1309,8 \cdot 4,17 = 5461,8 \text{ Nm}$$

trong đó: $h_t = \frac{2b_1 + b_2}{b_1 + b_2} \frac{H_K}{3} = \frac{2 \cdot 0,15 + 0,3}{0,5 + 0,3} \frac{9,4}{3} = 4,17 \text{ (m)}$.

$$M_{utt} = 1,1 n_d m_u = 1,1 \cdot n_d (M_{gd} + M_{gc}) = 1,1 \cdot 1,2 (23007,8 + 5461,8) = 37579,3 \text{ (Nm)}.$$

3. Xác định mômen chống uốn của cột:

$$M_u = m_b m_t R_{Ka} F_a (C_0 - a_0) = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 20600 \cdot 3 \cdot 2,54 (36,5 - 3,5) 10^{-2} = 45584,6 \text{ (Nm)}.$$

trong đó: R_{Ka} - tra trong bảng 9-2.

4. So sánh và kết luận.

Ta thấy $M_{utt} = 37579,3 < M_{cu} = 45584,6$. Vậy cột đảm bảo yêu cầu.

Ví dụ 2

Một móng cột góc có kích thước $d_m \times r_m \times h_m = 1,4 \times 1,2 \times 1$ mét, chôn sâu 1,6 m. Vùng đất có trọng lượng riêng là $\gamma_d = 18,6 \text{ kN/m}^3$; $c_1 = c_2$. Trọng lượng và phụ kiện là $G_c = 8 \text{ kN}$. Lực ngang do sức căng dây có giá trị là $T = 2,42 \text{ kN}$ cân bằng với dây neo. Góc dây neo là $\beta = 45^\circ$.

Hãy kiểm tra khả năng chống lún của móng.

Giải:

Sơ đồ tải trọng và tính toán móng cột cho trên hình 9-8

1. Tìm tổng tải trọng thẳng đứng.

Vì sức căng của dây neo T_N cân bằng với sức căng T của dây nên tổng hợp lực của T_N và T là G_N tác dụng lên móng theo phương thẳng đứng và có giá trị là:

$$G_N = 0,5 T \cdot T_N \cdot \sin \beta$$

$$= 0,5 \cdot 2,42 \cdot 2,42 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 2,05 \text{ (kN)}.$$

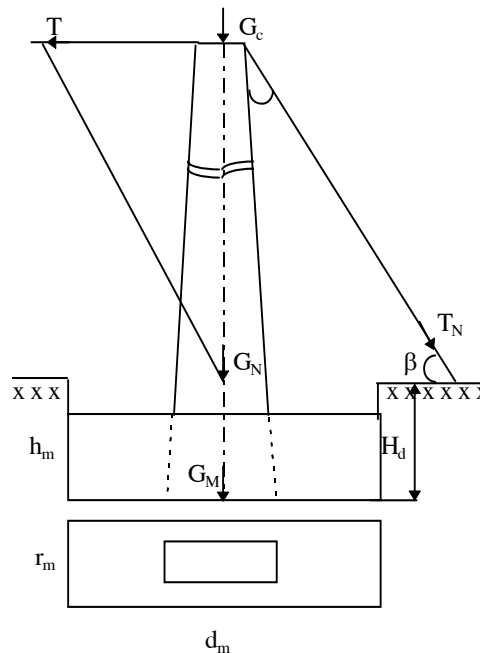
$$G_m = \gamma_b \cdot d_m \cdot r_m \cdot h_m$$

$$= 23,5 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 39,48 \text{ (kN)}$$

$$\sum N = G_n + G_m + G_c$$

$$= 2,05 + 39,48 + 8 = 49,53 \text{ (kN)}$$

2. Tìm ứng suất cực đại:



$$\begin{aligned}\sigma_{dmax} &= \sigma_{max} = (\sum N)/(d_m \cdot r_m) \\ &= 49,53/(1,4 \cdot 1,2) = 29,48 \text{ (kN).}\end{aligned}$$

3. Tìm áp lực chống lún.

$$\gamma_d \cdot H_d = 18,6 \cdot 1,6 = 29,7 \text{ (kN).}$$

4. So sánh và kết luận:

$\sigma_{max} = 29,48 < \gamma_d H_d = 29,7$. Vậy móng cột bảo đảm yêu cầu

Ví dụ 3

Kiểm tra khả năng chống lật của móng cột bê tông không cấp, kích thước là: $d_m \times r_m \times h_m = 1,2 \times 1,2 \times 1,4$ m. Chiều sâu chôn cột là $H_d = 1,4$ m. Vùng đất có góc lở tự nhiên: $\varphi = 35^\circ$; $C = 7,85$ kN/cm². Biết $H_k = 9,4$ m, tải trọng của cột và phụ kiện là $G_c = 8$ kN, mômen lật tính toán là: $M = 37579$ Nm. Lực ngang do gió tác dụng lên cột và dây là $P_g = 4027$ N. Cho $\gamma_b = 23,5$; $\gamma_d = 18,6$ (kN/m³).

Giải.

Điều kiện móng không bị lật là:

$$\frac{1}{F_1} (F_2 E_k + F_3 G) \geq n_m \cdot P_g.$$

1. Tính các hệ số F_1, F_2, F_3 :

- **Tên môn học:** Điện công nghiệp (CK367)
- **STC:** 3 (30 tiết lý thuyết + 30 tiết thực hành) – tín chỉ thực hành điều kiện.
- **Nội dung môn học:** cung cấp cho sinh viên những kiến thức về hệ thống điện, về an toàn điện trong dân dụng và công nghiệp, những kiến thức về khí cụ điện hạ áp, tìm hiểu các mạch điện công nghiệp, kiến thức về chiếu sáng và kỹ thuật tính toán và lắp đặt điện, ...
- **Hình thức đánh giá:**
 - + Kiểm tra giữa kỳ (40%)
 - + Thi kết thúc học phần (60%)

➤ Phương pháp dạy và học

❖ Giảng viên

- ✿ Khái quát kiến thức môn học
- ✿ Đặt vấn đề, bài tập và gợi hướng giải quyết
- ✿ Giải đáp thắc mắc của sinh viên
- ✿ Tổng kết lại kiến thức
- ✿ Đánh giá

❖ Sinh viên

- ✿ Dự lớp
- ✿ Chuẩn bị trước kiến thức
- ✿ Giải quyết các vấn đề và bài tập
- ✿ Báo cáo, đặt câu hỏi theo các vấn đề và bài tập
- ✿ Thực tập trên thiết bị



➤ Kiến thức cần nắm được khi sinh viên học hết học phần

- ✿ Hiểu khái quát về hệ thống cung cấp điện (sản xuất điện, truyền tải, phân phối điện, hộ tiêu thụ)
- ✿ Có kiến thức về an toàn điện trong dân dụng và công nghiệp, sinh viên có khả năng thiết kế một mạng điện an toàn cho hộ gia đình, công ty, xí nghiệp, ...
- ✿ Có khả năng sử dụng và vận hành các khí cụ điện hạ áp (CB, rơ le, khởi động từ, công tắc hành trình, cảm biến, ...)
- ✿ Có khả năng đọc, hiểu và thiết kế được các mạch điện công nghiệp (điều khiển trong dây chuyền sản xuất)
- ✿ Có khả năng thiết kế chiếu sáng, tính chọn dây dẫn, các thiết bị đóng ngắt, bảo vệ cho công trình dân dụng và công nghiệp
- ✿ Có kiến thức về lắp đặt điện công nghiệp như kỹ thuật nối dây, đi dây, đấu dây công tơ điện, ...



Khái quát

HỆ THỐNG ĐIỆN

(POWER SYSTEM)

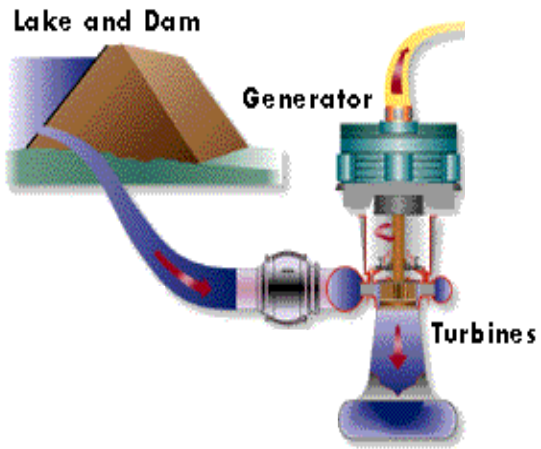
Nội dung chương

1. Tóm tắt hệ thống điện
2. Chức năng của hệ thống điện
3. Nhà máy điện
4. Các dạng năng lượng thông thường
5. Hệ thống truyền tải điện năng
6. Hệ thống phân phối điện
7. Tài liệu tham khảo

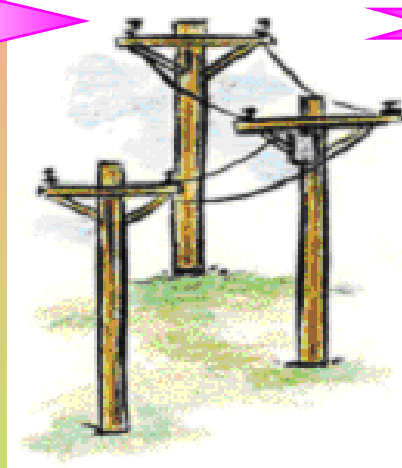
*Tại sao phải
tìm hiểu hệ
thống cung
cấp điện?*

*Những vấn đề
cần nắm?*

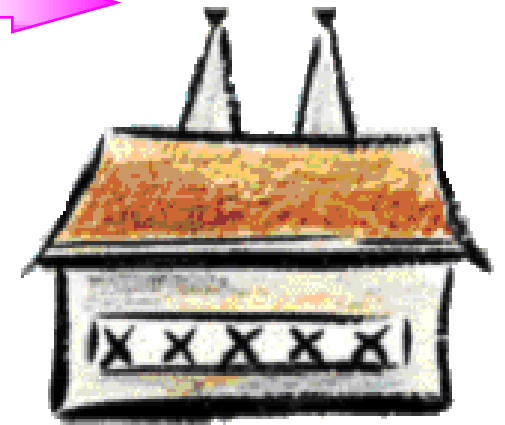
Tóm tắt hệ thống điện



Generator

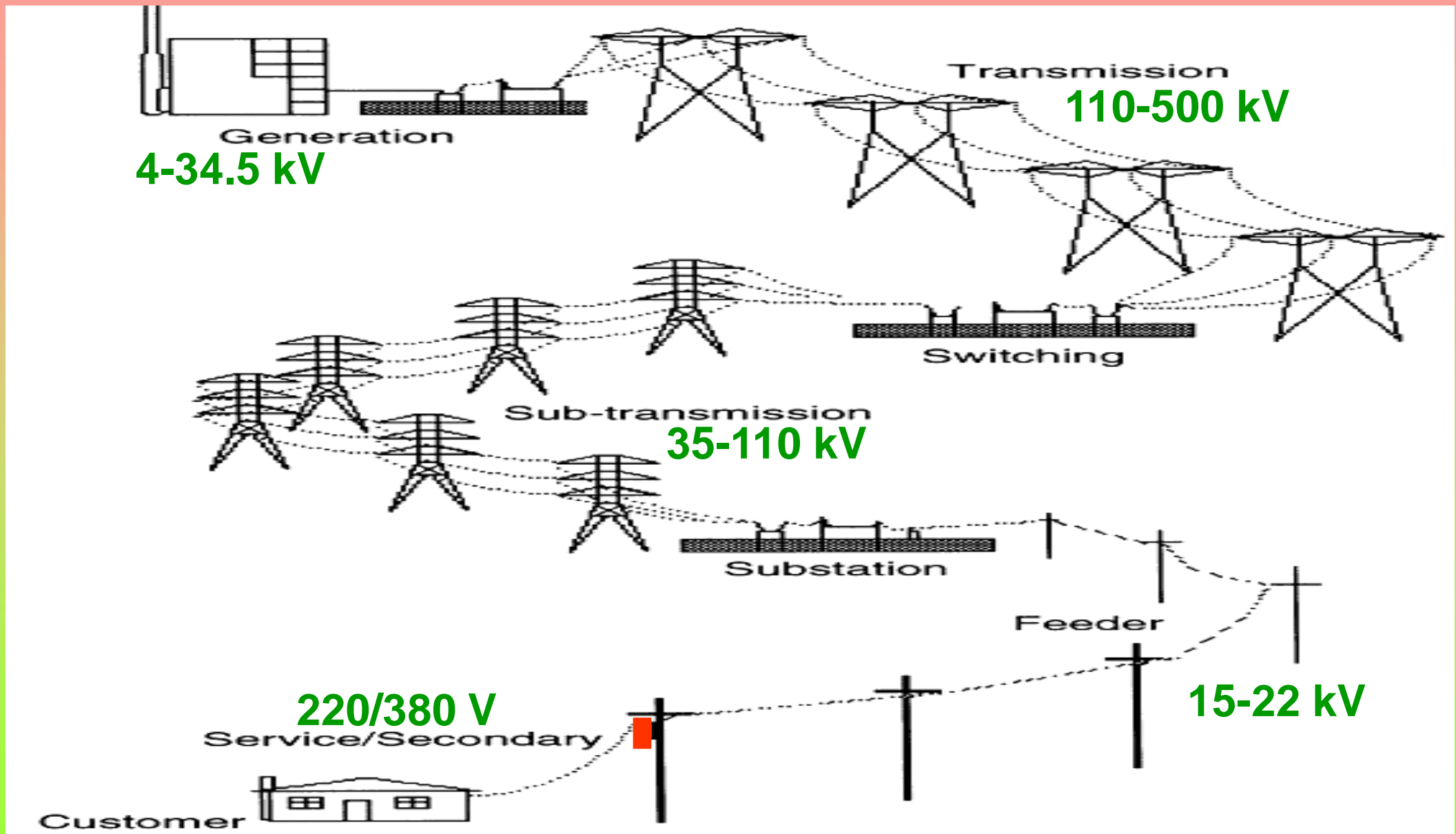


Transmission

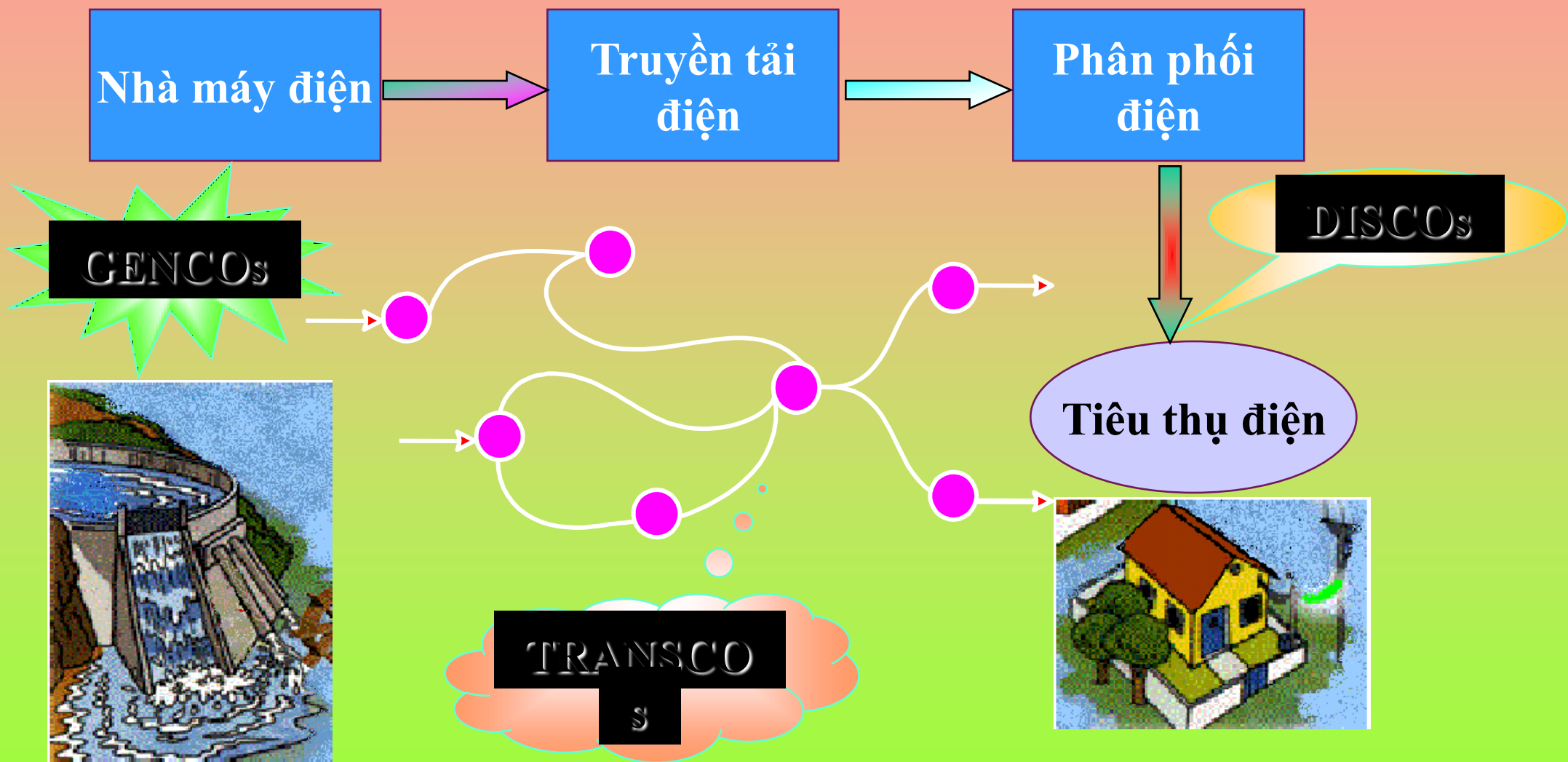


Load demand

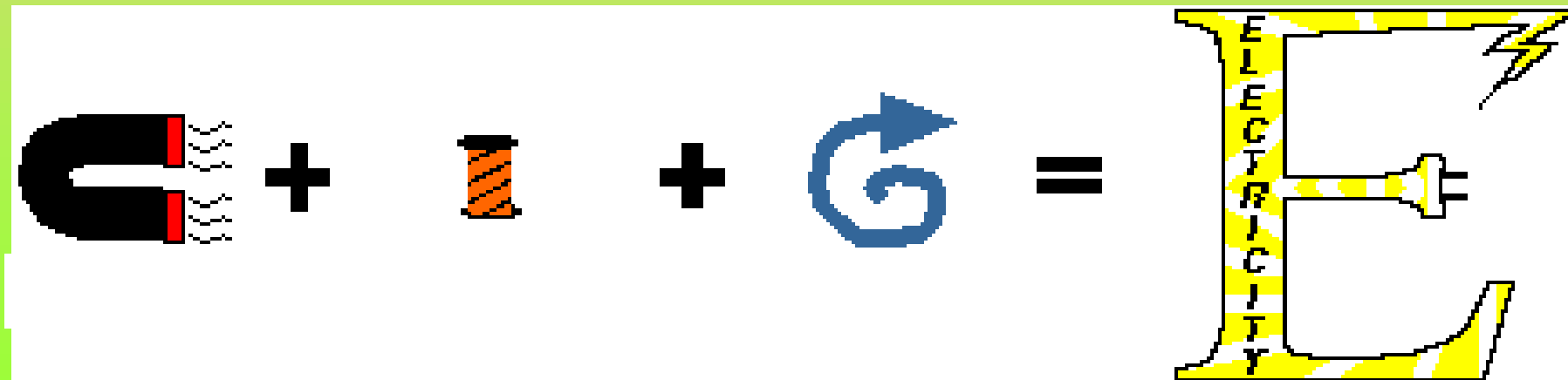
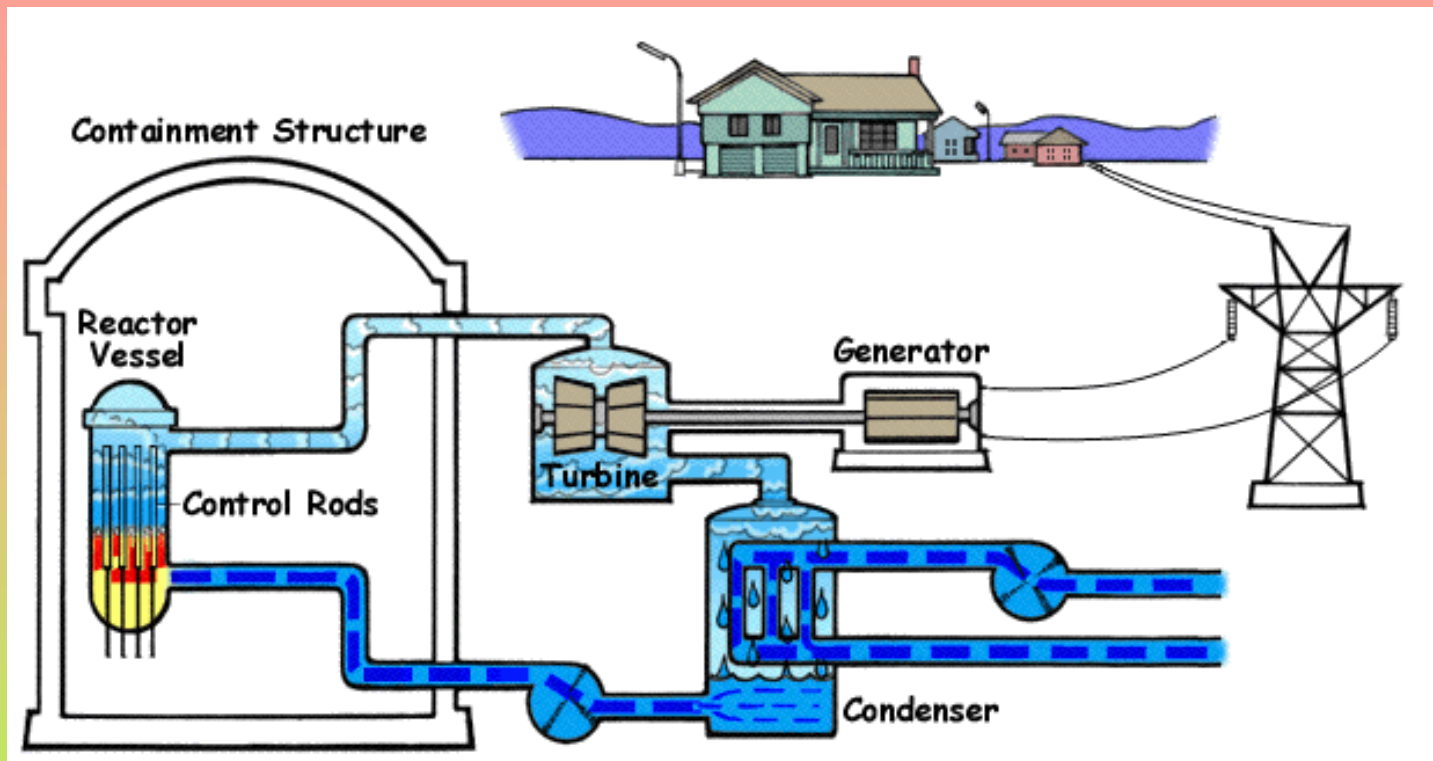
Tóm tắt hệ thống điện



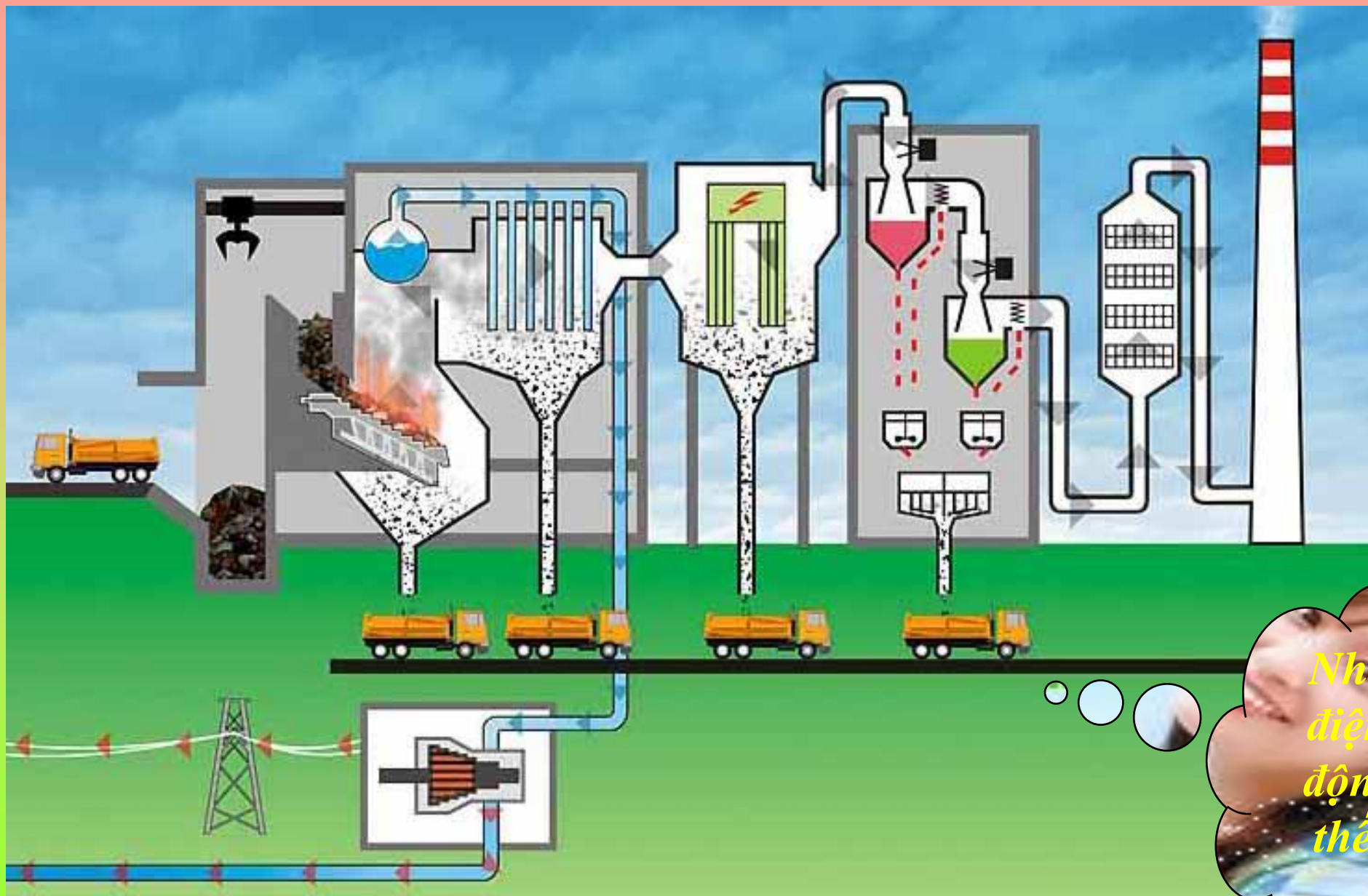
Chức năng hệ thống điện



Nhà máy điện (Power plant or Power generation)



Nhà máy điện (Power plant or Power generation)



*Nhà máy
điện hoạt
động như
thế nào?*

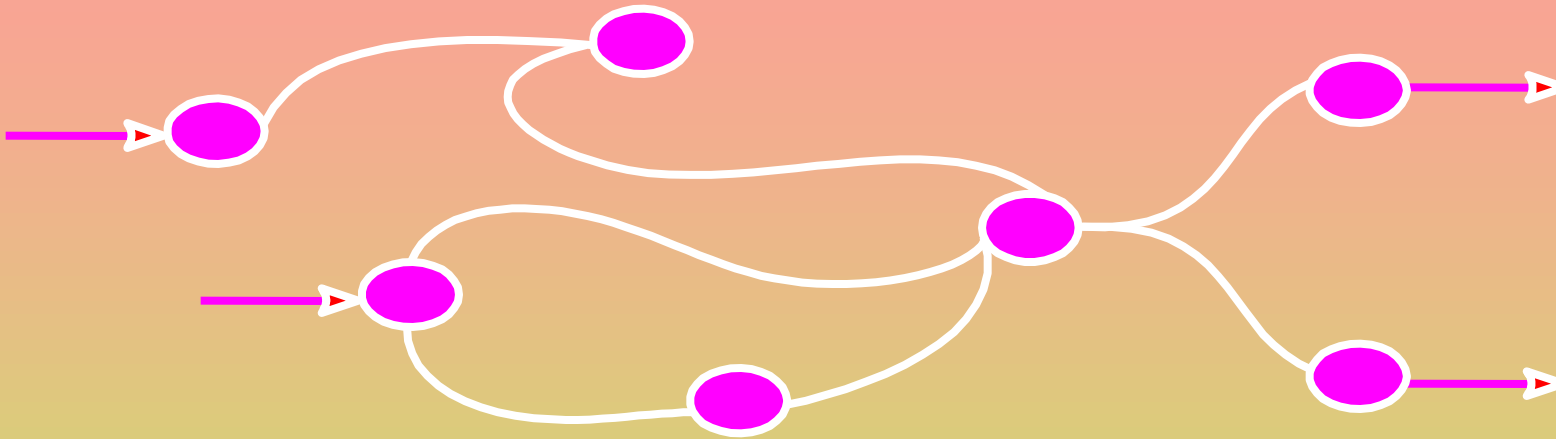
Các dạng năng lượng thông thường

- Hydrocarbones (oil, coal, natural gas, etc.)
- Sức nước (hydro-power plant)
- Hạt nhân (Nuclear)
- Gió (Wind)
- Mặt trời (Solar)
- Thủy triều (Tidal)
- Địa nhiệt (Geothermal)



*Tính ưu và
nhược điểm
của các dạng
năng lượng
trên?*

Hệ thống truyền tải điện năng (Transmission System)



- Mạng điện nối từ nhà máy điện đến hộ tiêu thụ
- Đảm bảo cung cấp điện với độ ổn định cao
- Đảm bảo cung cấp điện với độ tin cậy cao

Hệ thống phân phối điện năng (Power Distribution)

Mạng điện



Tài liệu tham khảo



- <http://www.evn.com.vn/>
- Cung cấp điện - Nguyễn Xuân Phú, ... - NXB KH&KT
- Mạng cung cấp và phân phối điện - Bùi Ngọc Thư - NXB KH&KT
- Nhà máy điện và trạm biến áp - Trịnh Hùng Thám - NXB KH&KT

Thank For Your Attention !

Điện công nghiệp

- **Tên môn học:** Điện công nghiệp (CK367)
- **STC:** 3 (30 tiết lý thuyết + 30 tiết thực hành) – tín chỉ thực hành điều kiện.
- **Nội dung môn học:** cung cấp cho sinh viên những kiến thức về thống điện, về an toàn điện trong dân dụng và công nghiệp, những kiến thức về khí cụ điện hạ áp, tìm hiểu các mạch điện công nghiệp kiến thức về chiếu sáng và kỹ thuật tính toán và lắp đặt điện, ...
- **Hình thức đánh giá:**
 - + Kiểm tra giữa kỳ (40%)
 - + Thi kết thúc học phần (60%)

Điện công nghiệp

➤ Phương pháp dạy và học

❖ Giảng viên

- 🌸 Khái quát kiến thức môn học
- 🌸 Đặt vấn đề, bài tập và gợi hướng giải quyết
- 🌸 Giải đáp thắc mắc của sinh viên
- 🌸 Tổng kết lại kiến thức
- 🌸 Đánh giá

❖ Sinh viên

- 🌸 Dự lớp
- 🌸 Chuẩn bị trước kiến thức
- 🌸 Giải quyết các vấn đề và bài tập
- 🌸 Báo cáo, đặt câu hỏi theo các vấn đề và bài tập
- 🌸 Thực tập trên thiết bị



Điện công nghiệp

➤ Kiến thức cần nắm được khi sinh viên học hết học phần

✿ Hiểu khái quát về hệ thống cung cấp điện (sản xuất điện, truyền tải, phân phối điện, hộ tiêu thụ)

✿ Có kiến thức về an toàn điện trong dân dụng và công nghiệp
sinh viên có khả năng thiết kế một mạng điện an toàn cho hộ gia đình, công ty, xí nghiệp, ...

✿ Có khả năng sử dụng và vận hành các khí cụ điện hạ áp (Cờ le, khởi động từ, công tắc hành trình, cảm biến, ...)

✿ Có khả năng đọc, hiểu và thiết kế được các mạch điện công nghiệp (điều khiển trong dây chuyền sản xuất)

✿ Có khả năng thiết kế chiếu sáng, tính chọn dây dẫn, các thiết bị đóng ngắt, bảo vệ cho công trình dân dụng và công nghiệp

✿ Có kiến thức về lắp đặt điện công nghiệp như kỹ thuật nối dây, đi dây, đấu dây công tơ điện, ...

Điện công nghiệp



Khái quát

HỆ THỐNG ĐIỆN

(POWER SYSTEM)

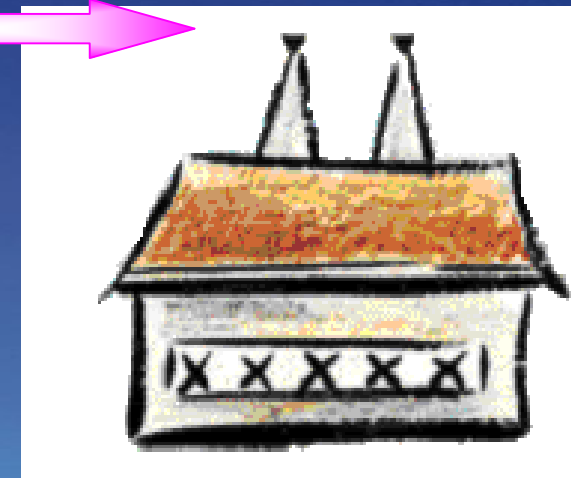
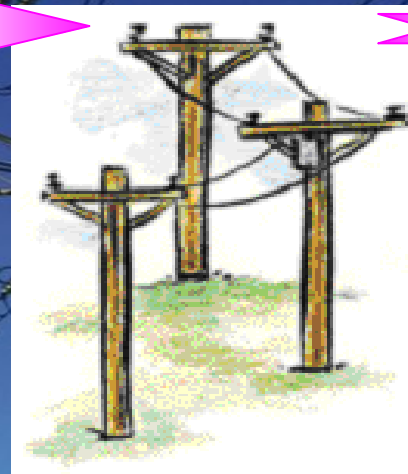
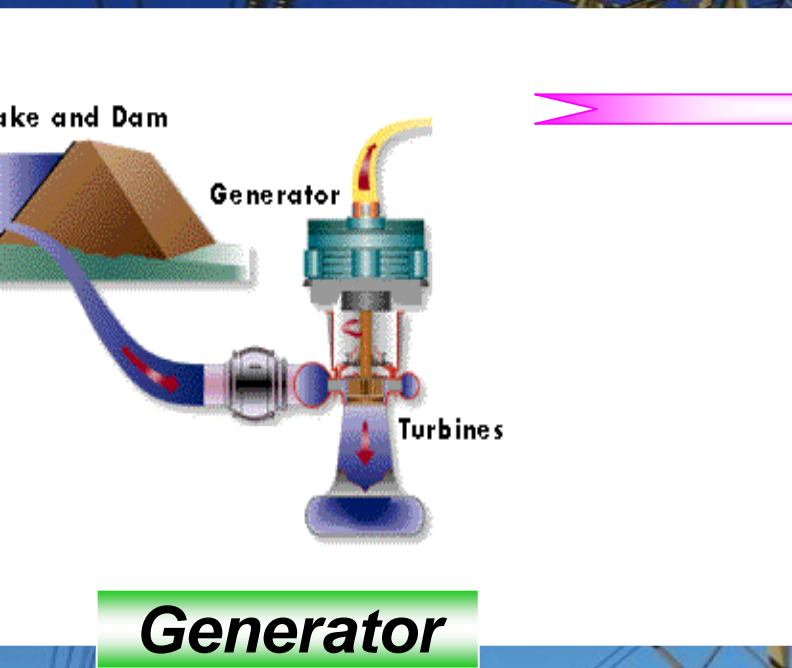
Nội dung chương

- 1. Tóm tắt hệ thống điện**
- 2. Chức năng của hệ thống điện**
- 3. Nhà máy điện**
- 4. Các dạng năng lượng thông thường**
- 5. Hệ thống truyền tải điện năng**
- 6. Hệ thống phân phối điện**
- 7. Tài liệu tham khảo**

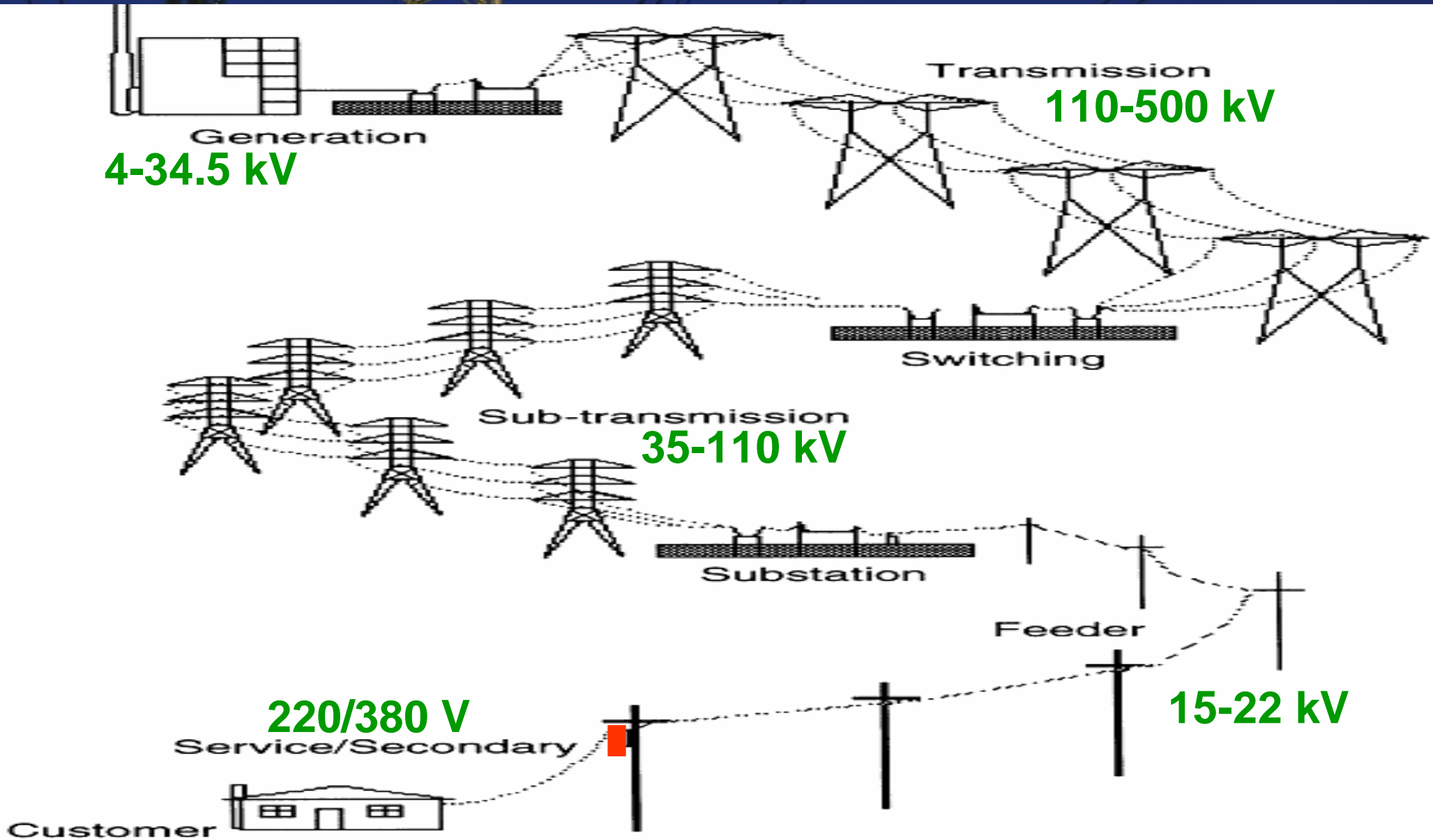
Tại sao phải tìm hiểu hệ thống cung cấp điện?

Những vấn đề cần nắm?

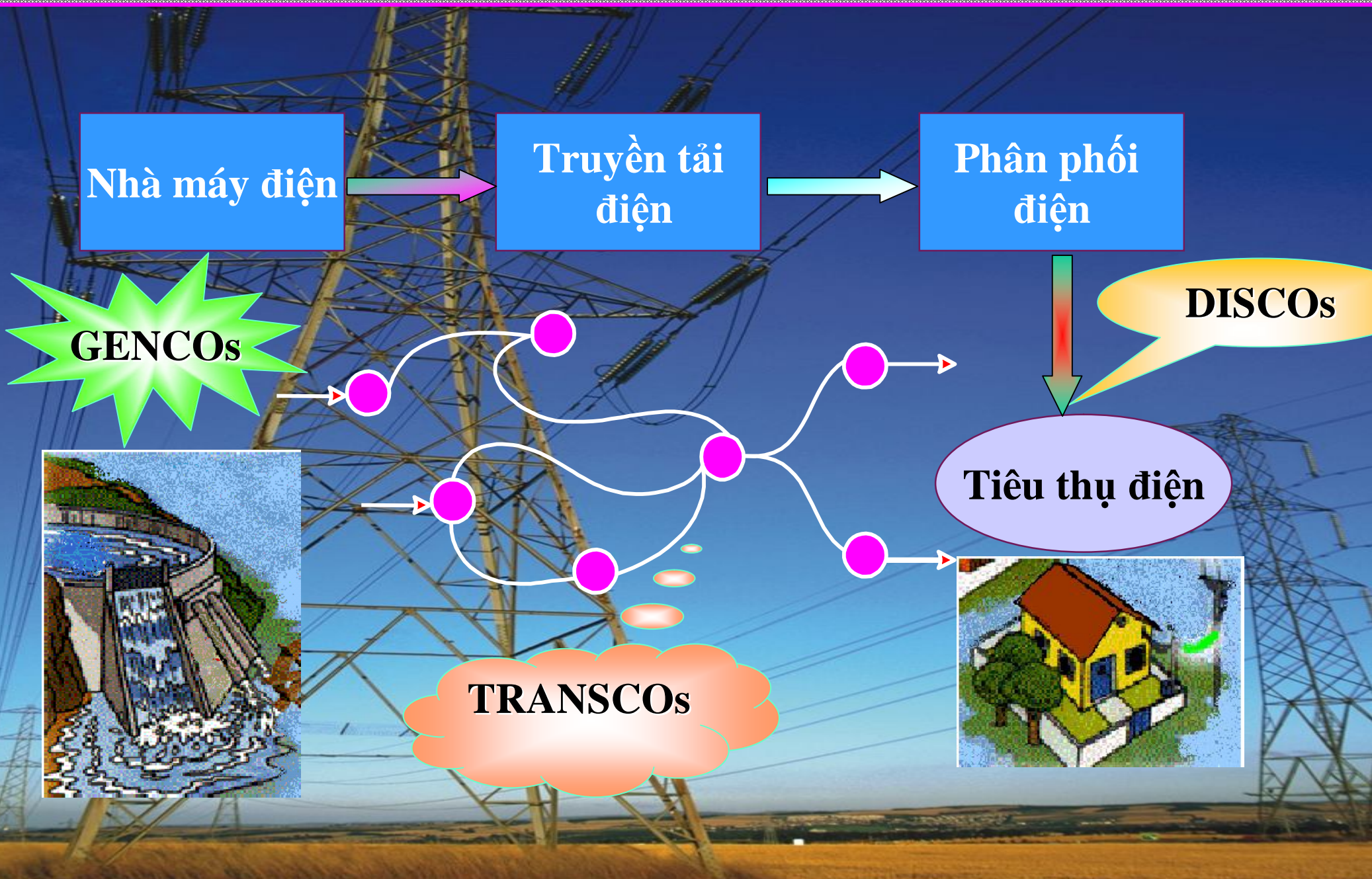
Tóm tắt hệ thống điện



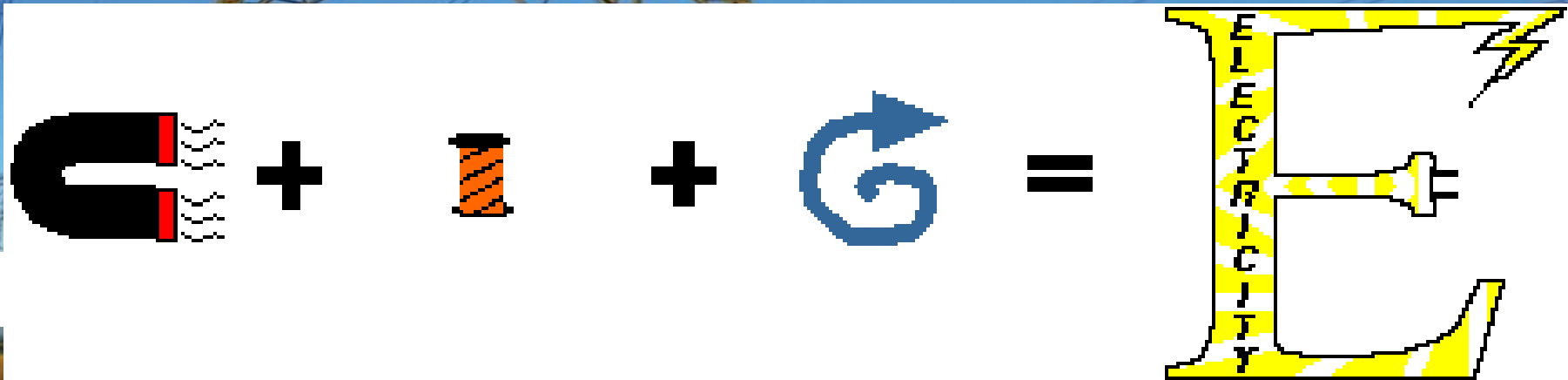
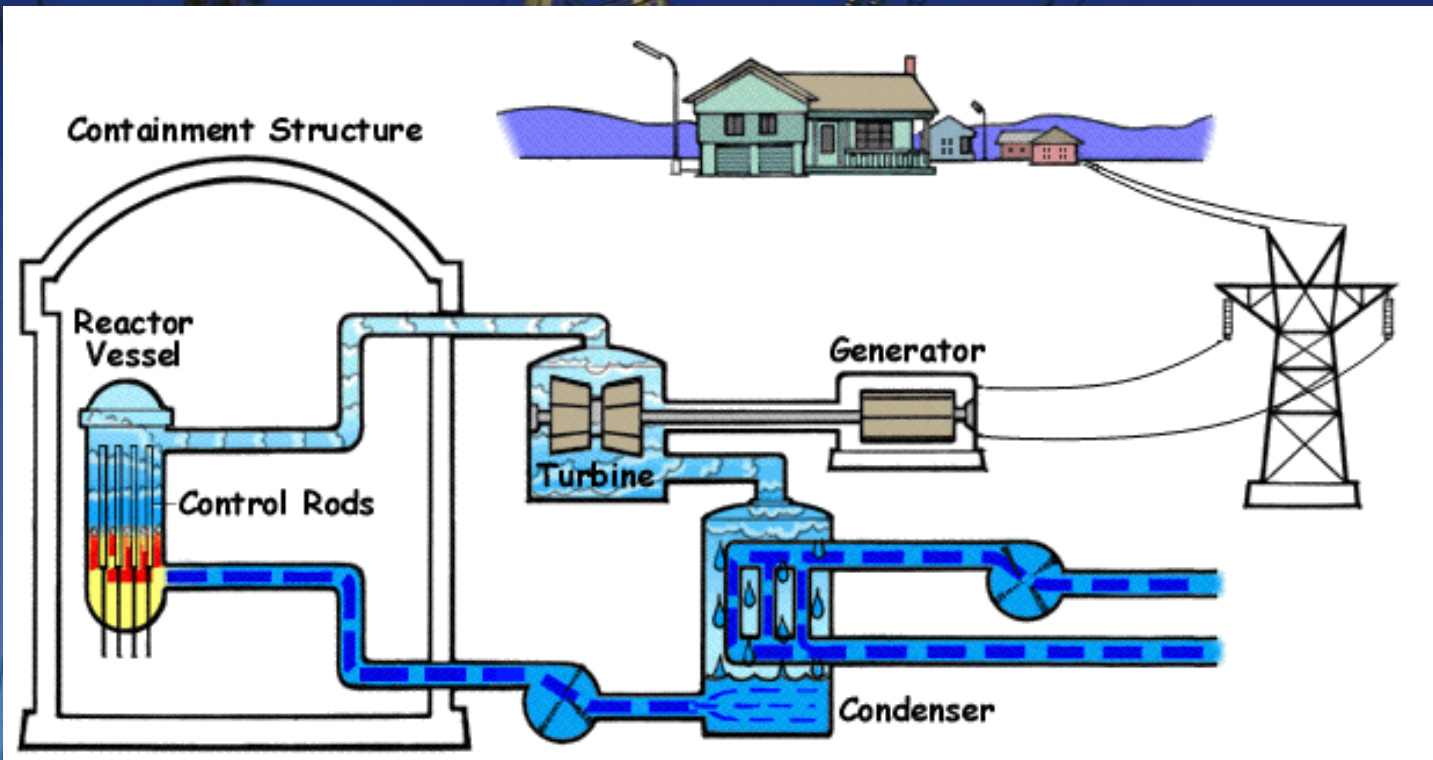
Tóm tắt hệ thống điện



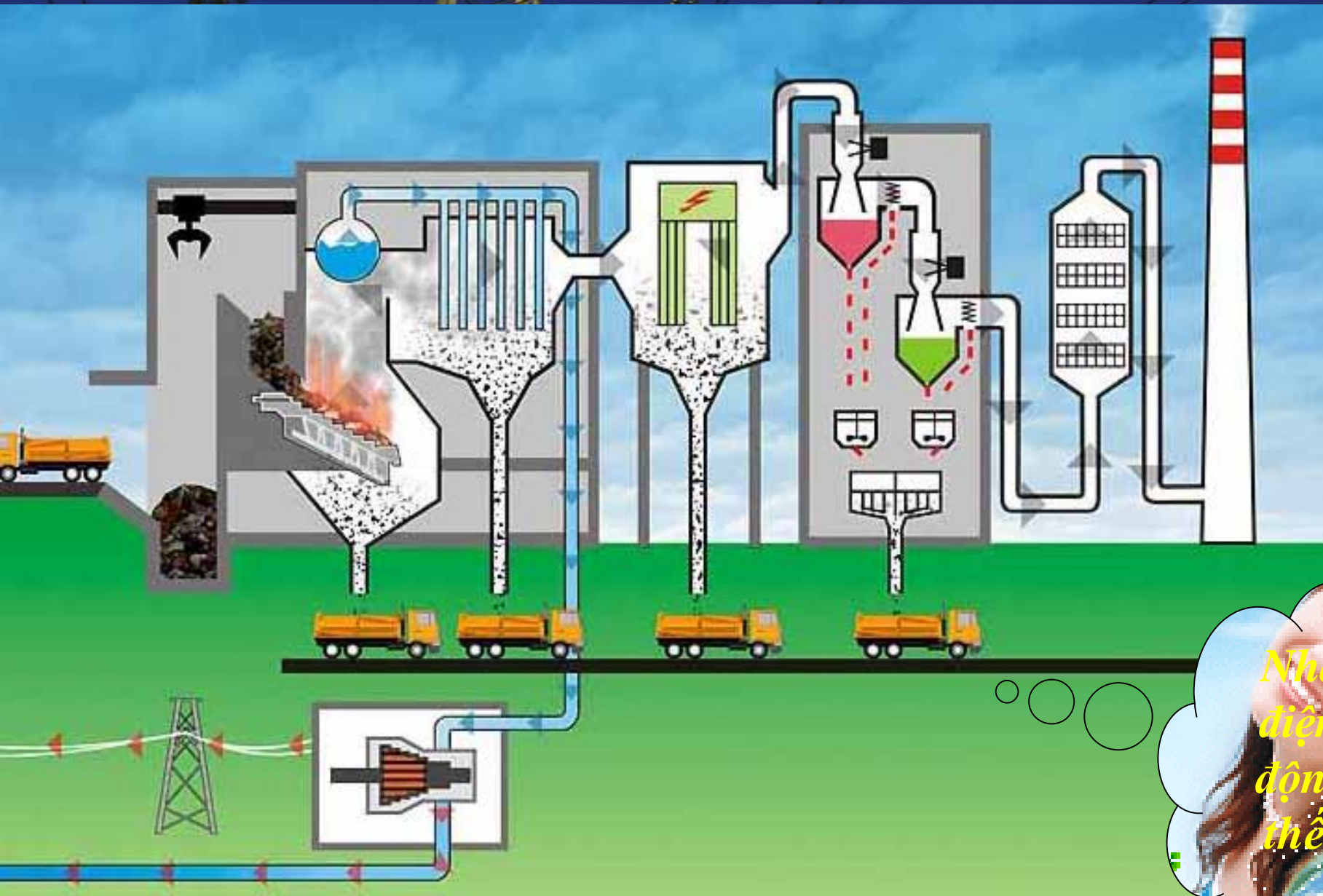
Chức năng hệ thống điện



Nhà máy điện (Power plant or Power generation)



Nhà máy điện (Power plant or Power generation)



Nhà máy
điện hoạt
động như
thế nào?

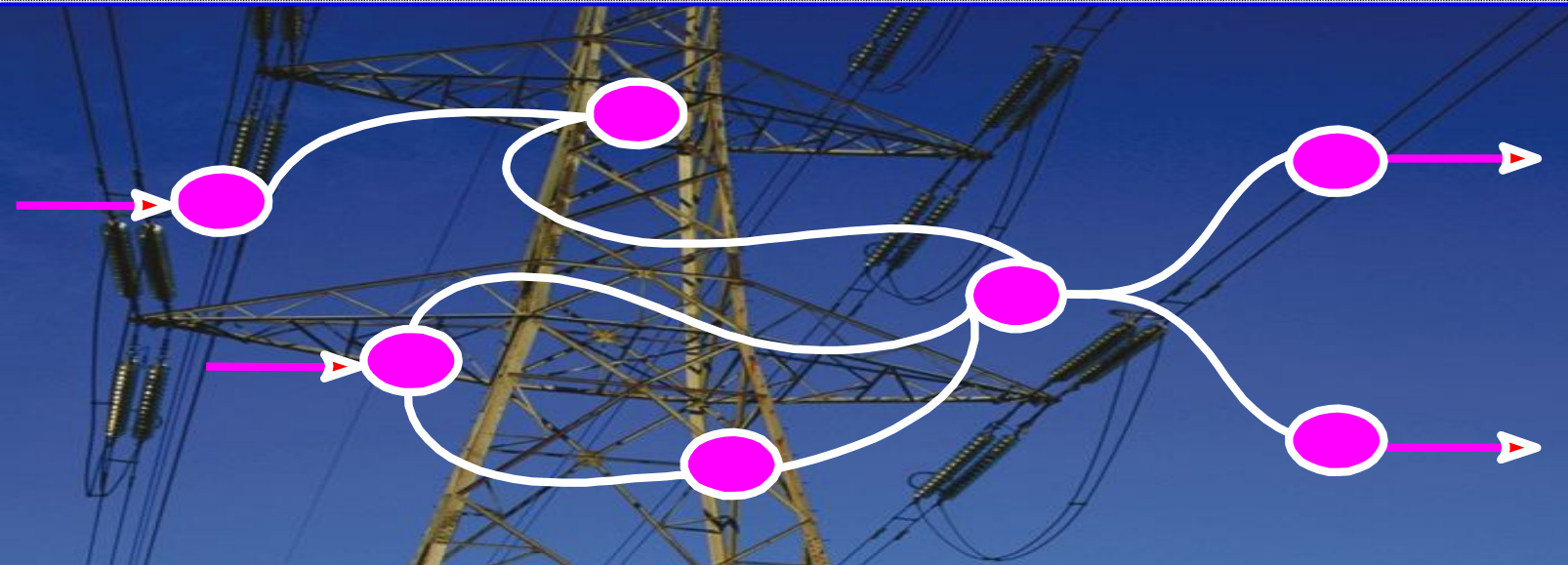
Các dạng năng lượng thông thường

- Hydrocarbones (oil, coal, natural gas, etc.)
- Sức nước (hydro-power plant)
- Hạt nhân (Nuclear)
- Gió (Wind)
- Mặt trời (Solar)
- Thủy triều (Tidal)
- Địa nhiệt (Geothermal)



Tính ưu và
nhược điểm
của các dạng
năng lượng
trên?

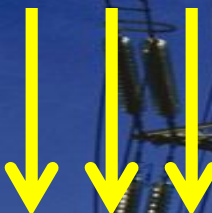
Hệ thống truyền tải điện năng (Transmission System)



- Mạng điện nối từ nhà máy điện đến hộ tiêu thụ
- Đảm bảo cung cấp điện với độ ổn định cao
- Đảm bảo cung cấp điện với độ tin cậy cao

Hệ thống phân phối điện năng (Power Distribution)

Mạng điện



Mạng chính

Khách hàng
lĩnh vực công
nghiệp lớn

Khách hàng
lĩnh vực công
nghiệp vừa và
nhỏ

Khách hàng lĩnh
vực dịch vụ và
thương mại

Khách hàng
lĩnh dân dụng

35/15

15/5

5/0.21

34.5 KV

15 KV

5 KV

220/380 V



Tài liệu tham khảo



<http://www.evn.com.vn/>

Cung cấp điện - Nguyễn Xuân Phú, ... - NXB KH&KT

Mạng cung cấp và phân phối điện - Bùi Ngọc Thư - NXB KH&KT

Nhà máy điện và trạm biến áp - Trịnh Hùng Thám - NXB KH&KT

Thank For Your Attention !

Điện công nghiệp

AN TOÀN ĐIỆN

trong dân dụng và công nghiệp

Nội dung chương

1. Khái niệm chung
2. Các tác hại khi có dòng điện đi qua người
3. Nguyên nhân xảy ra tai nạn điện
4. Các biện pháp bảo vệ an toàn
5. Tài liệu tham khảo

Tại sao
phải tìm
hiểu An
toàn điện

Những vấn đề
cần nắm

Khái niệm chung về hiện tượng điện giật

► Khi có dòng điện đi qua cơ thể người thì sẽ gây ra hiện tượng điện giật (electric shock).

Hiện tượng điện giật nó sẽ gây nên những hậu quả sinh học làm ảnh hưởng tới các chức năng thần kinh, tuần hoàn, hô hấp hoặc gây bỏng cho người bị tai nạn.

Khi dòng điện này đủ lớn ($\geq 10 \text{ mA}$) và nếu không được cắt điện kịp thời, người có thể nguy hiểm đến tính mạng.



Các tác hại khi có dòng điện đi qua người

Khi dòng điện đi qua cơ thể người sẽ gây nên những phản ứng sinh học phức tạp.

Mức độ nguy hiểm đối với nạn nhân bị tai nạn điện phụ thuộc nhiều yếu tố như:

- ❖ Biên độ dòng điện.
- ❖ Đường đi của dòng điện.
- ❖ Thời gian tồn tại.
- ❖ Tần số dòng điện.
- ❖ Trình trạng sức khỏe.



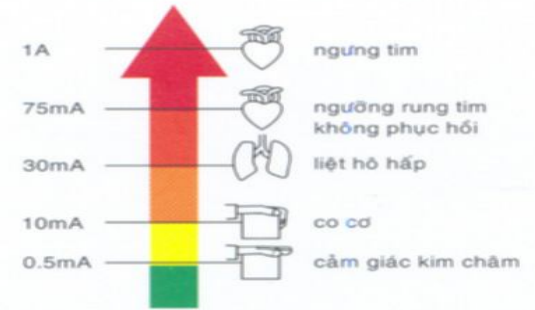
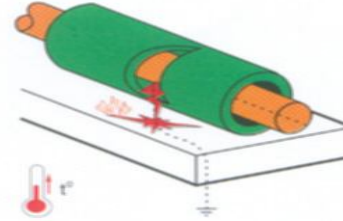
Các tác hại khi có dòng điện đi qua người

CẦU DAO CHỐNG DÒNG RÒ SERI VJR

Các nguy cơ rò điện

Sự rò điện trên mạng điện hay trên thiết bị sử dụng sẽ dẫn đến những thiệt hại không lường trước được nếu mạng điện hay thiết bị không được bảo vệ.

Tuỳ vào cường độ dòng điện rò rỉ mà nguy cơ có thể từ nhẹ cho đến nghiêm trọng như minh họa trên sơ đồ hình bên.



Nguy cơ điện giật

Ngay cả dòng điện vài mA cũng có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến các chức năng cơ thể bạn như hệ hô hấp, hệ tuần hoàn.

30mA được xem là dòng điện tối thiểu đã gây tổn thương nghiêm trọng cho cơ thể bạn

Nguy cơ hoả hoạn

Một dây điện không được cách điện cẩn thận cũng đủ để gây ra hoả hoạn: dòng điện truyền qua chỗ rò rỉ làm nóng quá mức đường dây gây nguy cơ hoả hoạn.

Cầu dao chống rò hoạt động như thế nào ?

Sự cố dòng rò đất xảy ra khi vỏ máy bị chạm điện (Đối với hệ thống điện có dây nối đất) hoặc người chạm điện trực tiếp. Khi dòng rò lớn hơn ngưỡng chọn, bộ ngắt tự động sẽ cắt mạch điện

Thông số kỹ thuật

- Dòng định mức: 16-25-40-63A
- Điện áp định mức: 230/415V
- Dòng rò: 30-100mA
- Số cực: 2-4
- Bề rộng 1 cực: 17.5cm
- Tiêu chuẩn: GB16916-22

Bộ ngắt tự động chống dòng rò đất là gì?

Bộ ngắt tự động chống dòng rò đất (RCCB) có chức năng cách ly, đóng cắt mạch điện, bảo vệ mạng điện và người sử dụng khỏi các nguy cơ do dòng rò đất gây ra.

Bộ ngắt tự động có một bộ phận ngắt theo nguyên lý điện cơ không cần nguồn điện phụ khi dòng rò đất giữa dây pha và đất lớn hơn hoặc bằng với ngưỡng chọn 10,30,100mA.



DÂY SẢN PHẨM SERI VJR

Các tác hại khi có dòng điện đi qua người

Ngưỡng giá trị I_{ng} giới hạn gây tác hại lên cơ thể người

I_{ng} (mA)	Tác hại đối với người	
	Điện AC ($f = 50 - 60$ (Hz))	Điện DC
0,6 - 1,5	Bắt đầu thấy tê	Chưa có cảm giác
2 - 3	Tê tăng mạnh	Chưa có cảm giác
5 - 7	Bắt thịt bắt đầu co	Đau như bị kim đâm
8 - 10	Tay không rời vật có điện	Nóng tăng dần
20 - 25	Tay không rời vật có điện, bắt đầu khó thở	Bắt thịt co và rung
50 - 80	Tê liệt hô hấp, tim bắt đầu đập mạnh	Tay khó rời vật có điện, bắt đầu khó thở
90 - 100	Nếu kéo dài với $t \geq 3$ s tim ngừng đập	Hô hấp tê liệt

Các tác hại khi có dòng điện đi qua người

* Các giới hạn dòng điện nguy hiểm đối với người như sau:

 **I** giới hạn nguy hiểm **AC** $\leq 10 \text{ mA}$

 **I** giới hạn nguy hiểm **DC** $\leq 50 \text{ mA}$

* Các giới hạn điện áp nguy hiểm đối với người như sau:

 **U** giới hạn nguy hiểm **AC** $\leq 24 \text{ V}$ (ẩm ướt)

$\leq 50 \text{ V}$ (khô ráo)

 **U** giới hạn nguy hiểm **DC** $\leq 50 \text{ V}$ (ẩm ướt)

$\leq 80 \text{ V}$ (khô ráo)



Các nguyên nhân xảy ra tai nạn điện

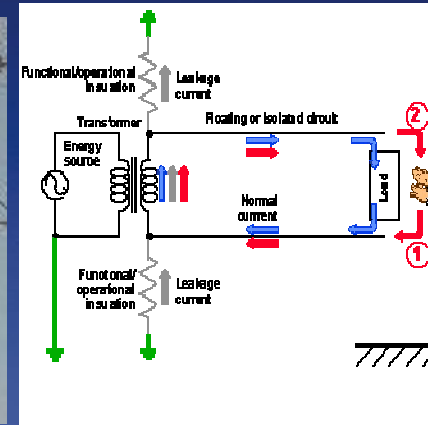
💣 Do trình độ tổ chức, quản lý công tác lắp đặt, xây dựng, sửa chữa công trình điện chưa tốt.

💣 Do vi phạm quy trình kỹ thuật an toàn, đóng điện khi có người đang sửa chữa, tác vận hành thiết bị điện không đúng qui trình.

💣 Tai nạn do chạm gián tiếp, chạm trực tiếp ở cấp điện áp $U \leq 1 \text{ kV}$.

💣 Tai nạn do sự phóng điện hồ quang.

💣 Tai nạn xảy ra do “điện áp bước”.

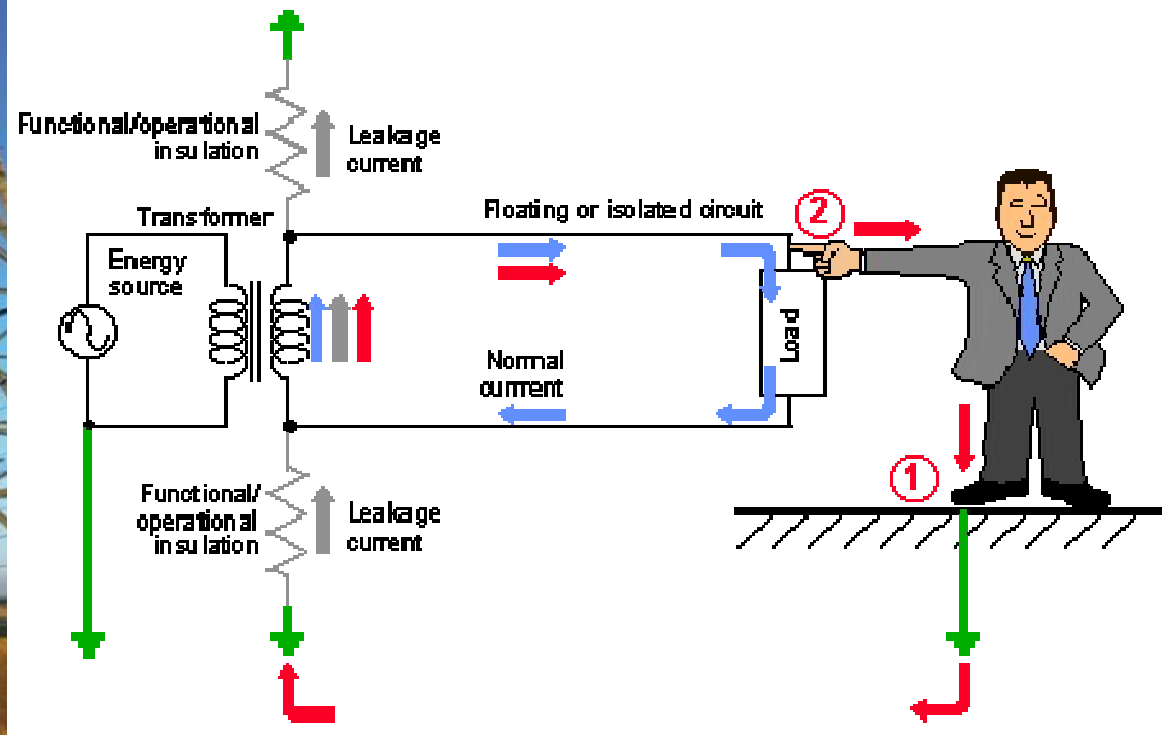


Các biện pháp bảo vệ an toàn điện

 Sử dụng các thiết bị bảo vệ khi tiếp xúc, sửa chữa điện

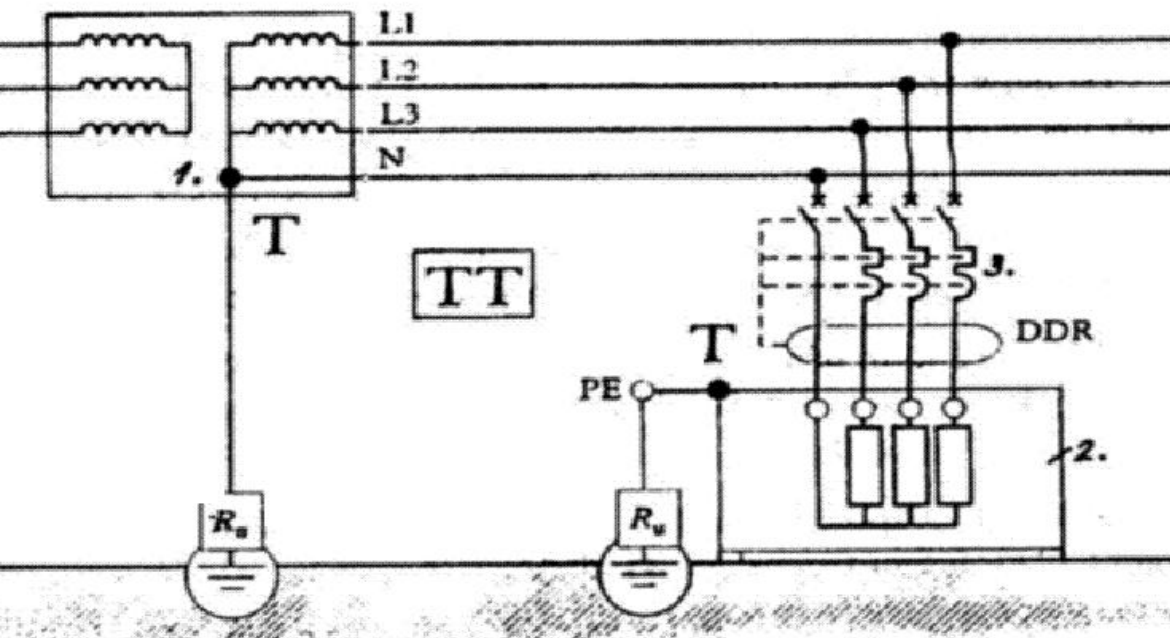


 Dùng các biện pháp tiếp đất bảo vệ kết hợp với các thiết bị như cầu dao chống giật



Các biện pháp bảo vệ an toàn điện

🔥*Sơ đồ bảo vệ an toàn điện kiểu TT

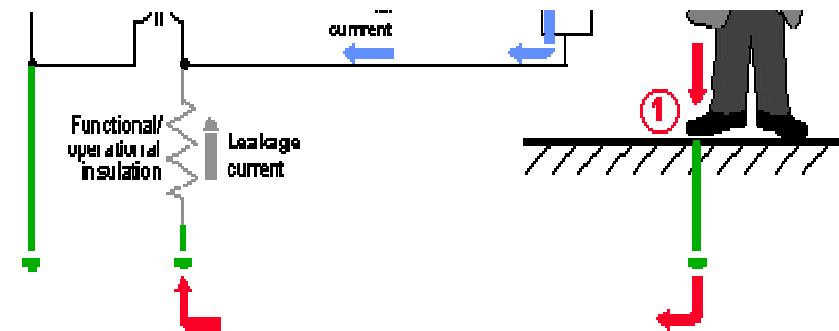


Hình 12.8. Giới thiệu chế độ TT
1. Máy biến áp hạ áp 6 + 22 KV/0,4 KV;
2. Thiết bị tiêu thụ điện
3. Áptomát có bảo vệ so lệch DDR

Trung tính MBA nối đất

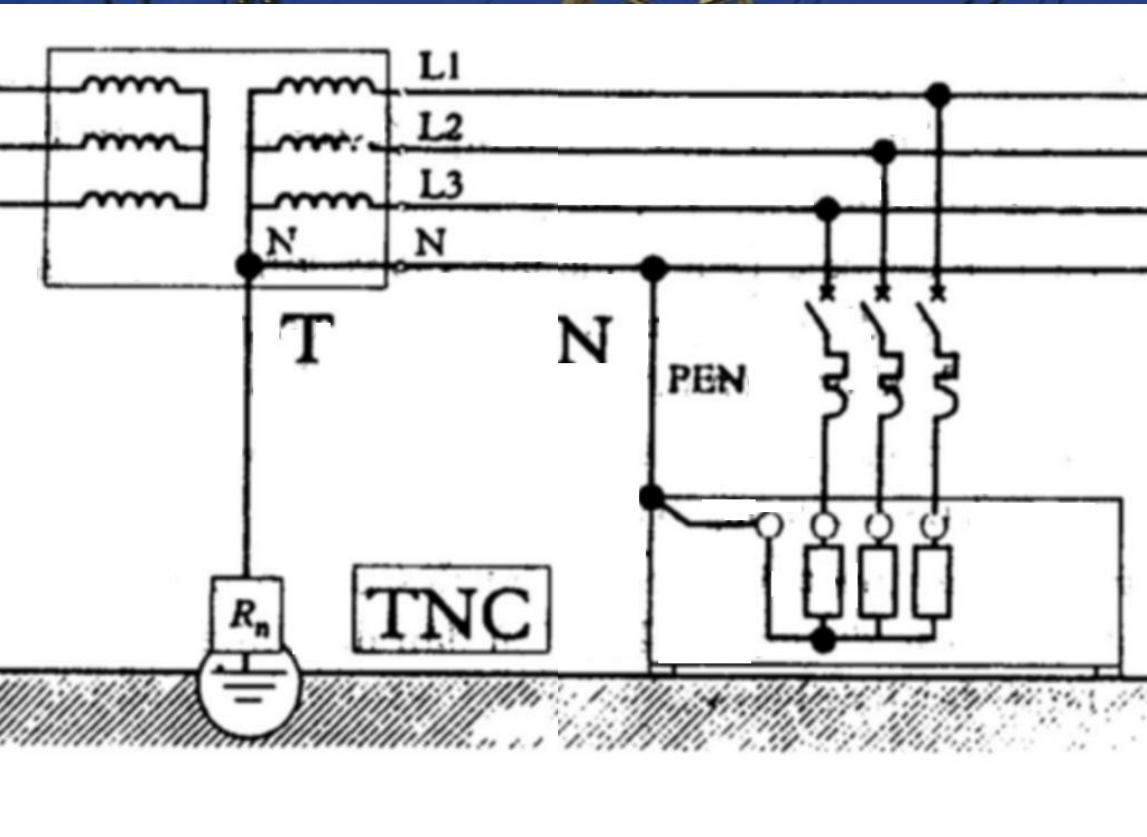
Võ thiết bị nối đất

Dùng aptômát có bảo vệ so lệch

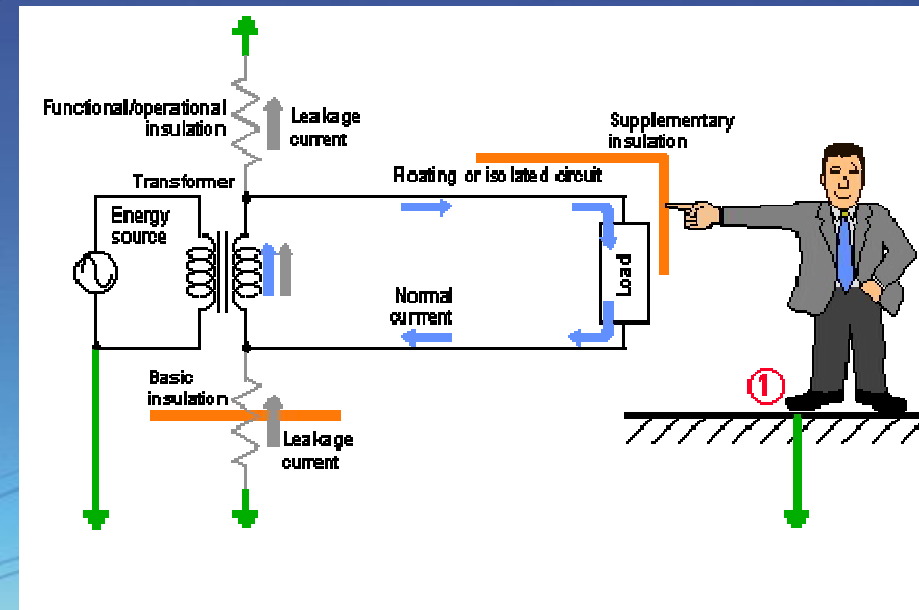


Các biện pháp bảo vệ an toàn điện

💡 Sơ đồ bảo vệ an toàn điện kiểu TN-C



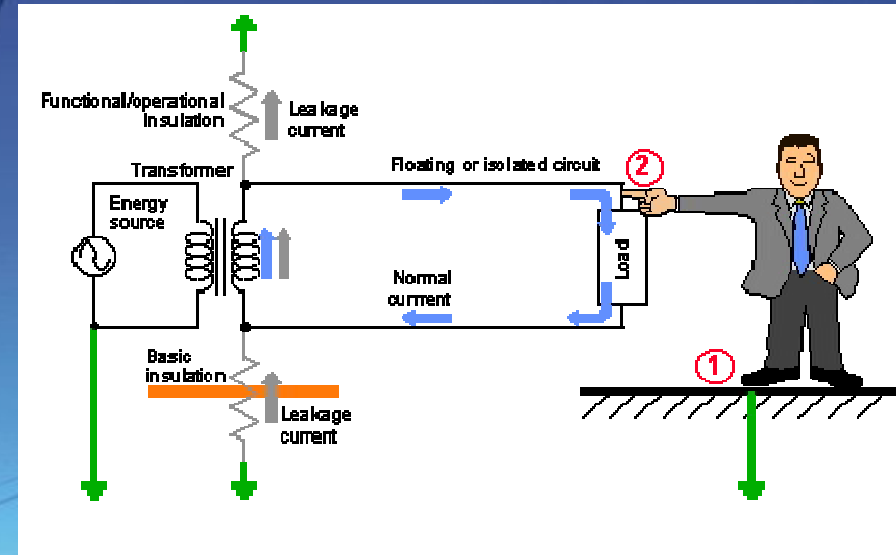
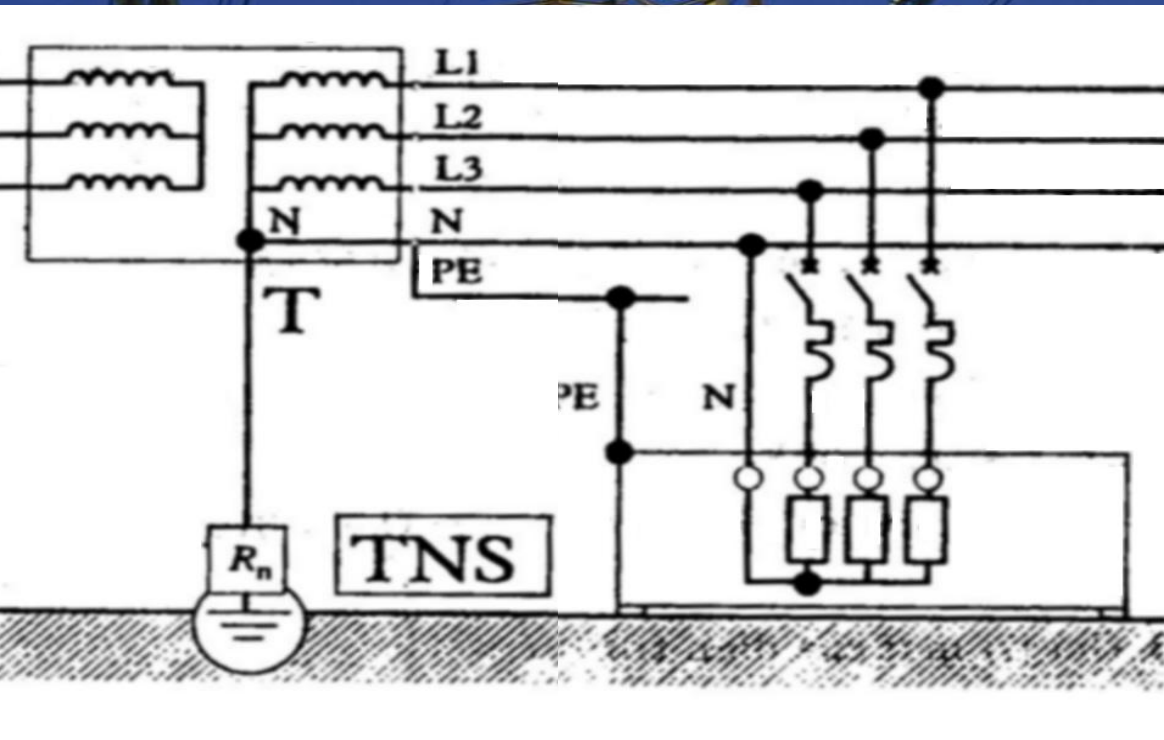
Trung tính MBA nối đất
Vỡ thiết bị nối trung tính
Trung tính tải nối võ



Các biện pháp bảo vệ an toàn điện

💡 Sơ đồ bảo vệ an toàn điện kiểu TN-S

Trung tính MBA nối đất
Vỡ thiết bị nối TT nguồn
Trung tính tải nối TT nguồn



Các biện pháp bảo vệ an toàn điện

⚡ Sơ cứu người khi bị tai nạn điện

First make safe

Do not touch the casualty until you are certain that there is no contact by anything of the circuit, ensuring the plug is switched the safe way. If this is not possible:

- Use a dry, non-conductive, well-insulated object to push the person away from the source of electricity.
- Use a wooden pole, leaning against a wall, to push the person away.
- Use a dry, non-conductive, well-insulated object to push the person away from the source of electricity.

A Airway

Open the airway:

- Place the casualty on the recovery position.
- Check the casualty's breathing.
- Check the casualty's pulse.

B Breathing

Check the casualty's breathing:

- Look for chest movement.
- Listen for breath sounds.
- Feel for breath on the cheek.

C Circulation

Check the casualty's pulse:

- Check for a pulse at the carotid artery.
- Check for a pulse at the radial artery.
- Check for a pulse at the femoral artery.

Cách ly nguồn điện

Dùng các biện pháp sơ cứu

Đưa đến trạm y tế gần nhất



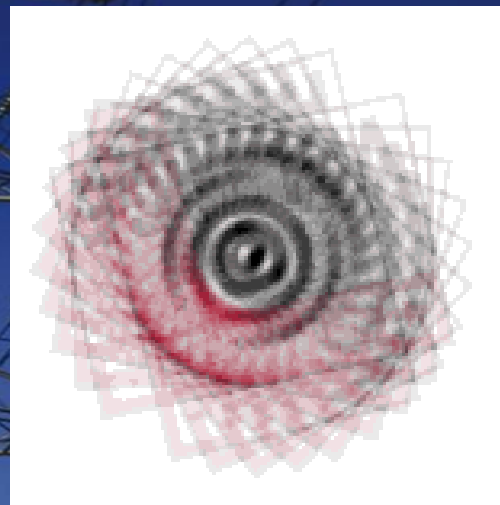
Các biện pháp bảo vệ an toàn *điện*

SƠ ĐỒ MỘT MẠNG ĐIỆN AN TOÀN



* Tiết diện dây dẫn và cường độ dòng điện phụ thuộc vào công suất của thiết bị

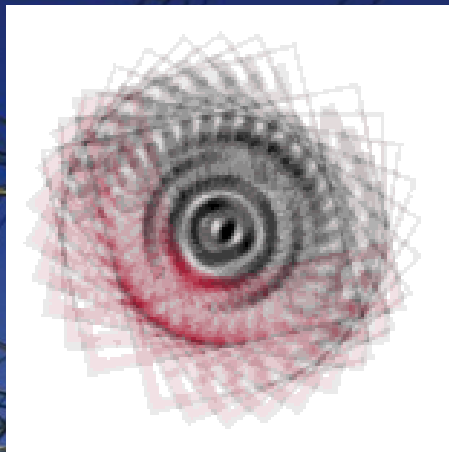
Tài liệu tham khảo



- <http://www.electrical shock. com.vn>
- <http://www.electrical safe. com.vn>
- An toàn điện điện - NXB KH&KT

Thank For Your Attention !

Điện công nghiệp – khí cụ điện hạ áp



KHÍ CỤ ĐIỆN HẠ ÁP
dùng trong dân dụng và công nghiệp

Nội dung chương - khí cụ điện hạ áp

1. Phân loại khí cụ điện
2. Tìm hiểu sự phát sinh hồ quang và sự phát nóng trong khí cụ điện
3. Tìm hiểu một số khí cụ điện hạ áp thông dụng
 - ❖ Tìm hiểu cấu tạo
 - ❖ Tìm hiểu nguyên lý hoạt động
 - ❖ Các đặc tính quan trọng
 - ❖ Công dụng của khí cụ điện
4. Tài liệu tham khảo



Phân loại khí cụ điện hạ áp

- ❖ Khí cụ điện dùng để đóng, cắt lưới điện như cầu dao, công tắc (switch), aptômat, máy cắt dòng tự động (circuit breaker), RCCB, ...
- ❖ Khí cụ điện dùng để mở máy, điều chỉnh tốc độ, điều chỉnh điện áp và dòng điện như rơle (relay, relays), công tắc tơ, khởi động từ, điện trở, biến trở,
- ❖ Khí cụ điện dùng để duy trì thông số điện hoặc các thông số khác ở giá trị không đổi như ổn áp, ổn dòng, ổn tần số, ổn tốc, ổn nhiệt,



Phát sinh hồ quang và sự phát nóng trong khí cụ điện

❖ Phóng điện hồ quang chỉ xảy ra khi các dòng điện có trị số lớn ($> 0,5A$)



❖ Dòng điện chạy trong vật dẫn làm cho khí cụ điện nóng lên.

Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Cầu dao

- 📖 Tìm hiểu cấu tạo
- 📖 Tìm hiểu nguyên lý hoạt động
- 📖 Các đặc tính quan trọng

❖ Áptômát (cầu dao tự động, CB)

- 📖 Tìm hiểu cấu tạo
- 📖 Tìm hiểu nguyên lý hoạt động
- 📖 Các đặc tính quan trọng

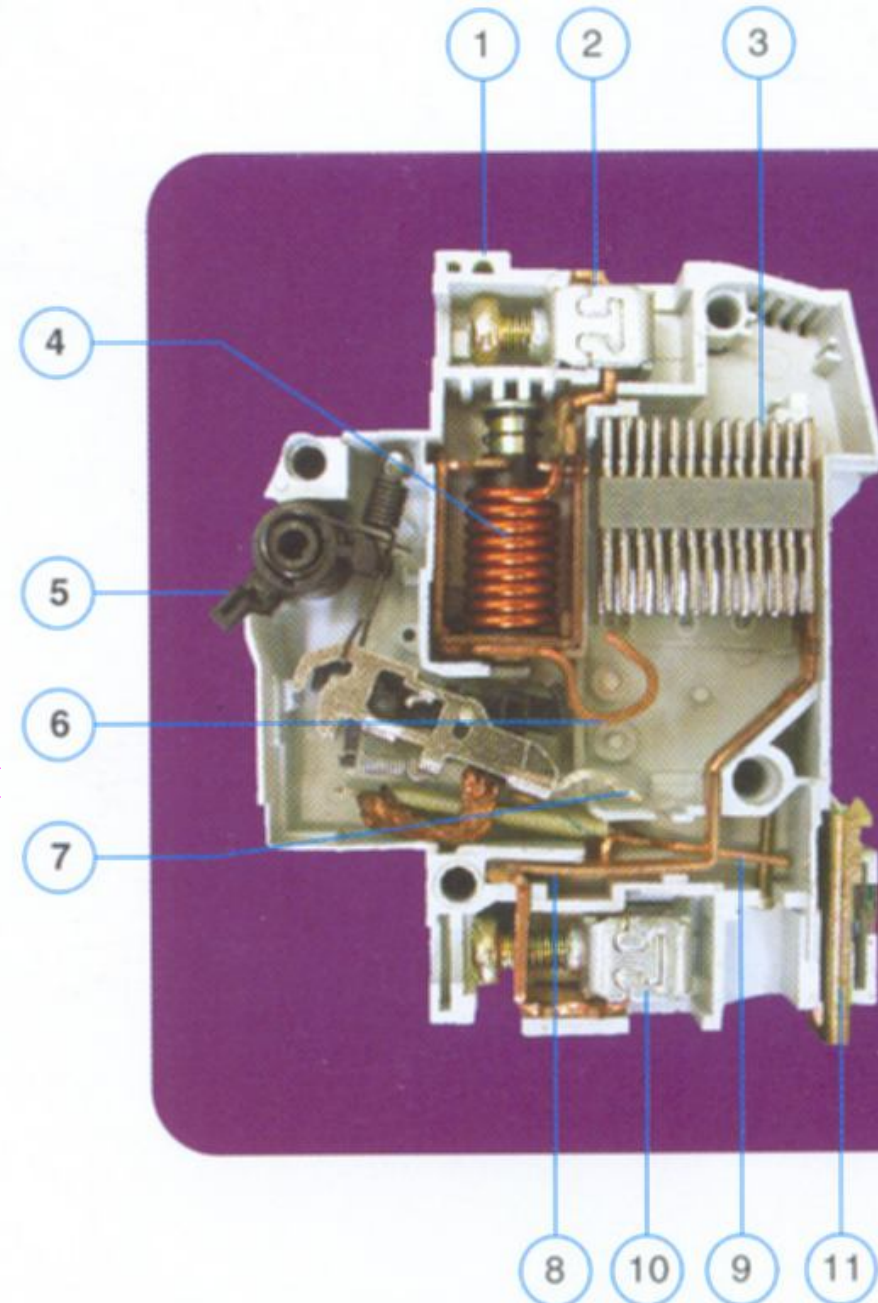


Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Cấu tạo của aptômat

KẾT CẤU

1. Vỏ cầu dao:
2. Ngõ vào dây điện (phần trên)
3. Buồng dập hồ quang
4. Cuộn dây nam châm điện
5. Cần gạt
6. Tiếp điểm cố định
7. Tiếp điểm di động
8. Thanh dẫn hồ quang
9. Thanh lưỡng kim
10. Ngõ vào dây điện (phần dưới)
11. Kẹp thanh ray (dùng để gài cầu dao lên thanh ray)



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Nguyên lý hoạt động

Cơ cấu ngắt từ

Cuộn từ với lõi tác động bảo đảm ngắt mạch ngay lập tức khi có dòng ngắn mạch xảy ra. Theo tiêu chuẩn IEC 898, dựa trên dòng ngắt tức thì của MCB, đặc tính ngắt của MCB được phân ra làm 3 loại khác nhau: B,C,D

	Dòng thử	Dòng ngắt	Ứng dụng
B	3 In	$t \geq 0.1s$	Chỉ dùng cho tải mang tính thuần trở như: Lò điện, máy nước nóng, bếp điện...
	5 In	$t \leq 0.1s$	
C	5 In	$t \geq 0.1s$	Những tải thường dùng như: Đèn, ổ cắm nguồn, động cơ điện loại nhỏ.
	10 In	$t \leq 0.1s$	
D	10 In	$t \geq 0.1s$	Kiểm soát và bảo vệ các mạch điện có dòng điện khởi động lớn (động cơ điện loại lớn)
	20 In	$t \leq 0.1s$	

Cơ cấu ngắt nhiệt

Cơ cấu ngắt được tác động bởi thanh lưỡng kim nhiệt sẽ ngắt mạch khi xảy ra trường hợp quá tải. Tiêu chuẩn đưa ra dãy thời gian ngắt của MCB tương ứng với giá trị tiêu biểu của dòng quá tải.

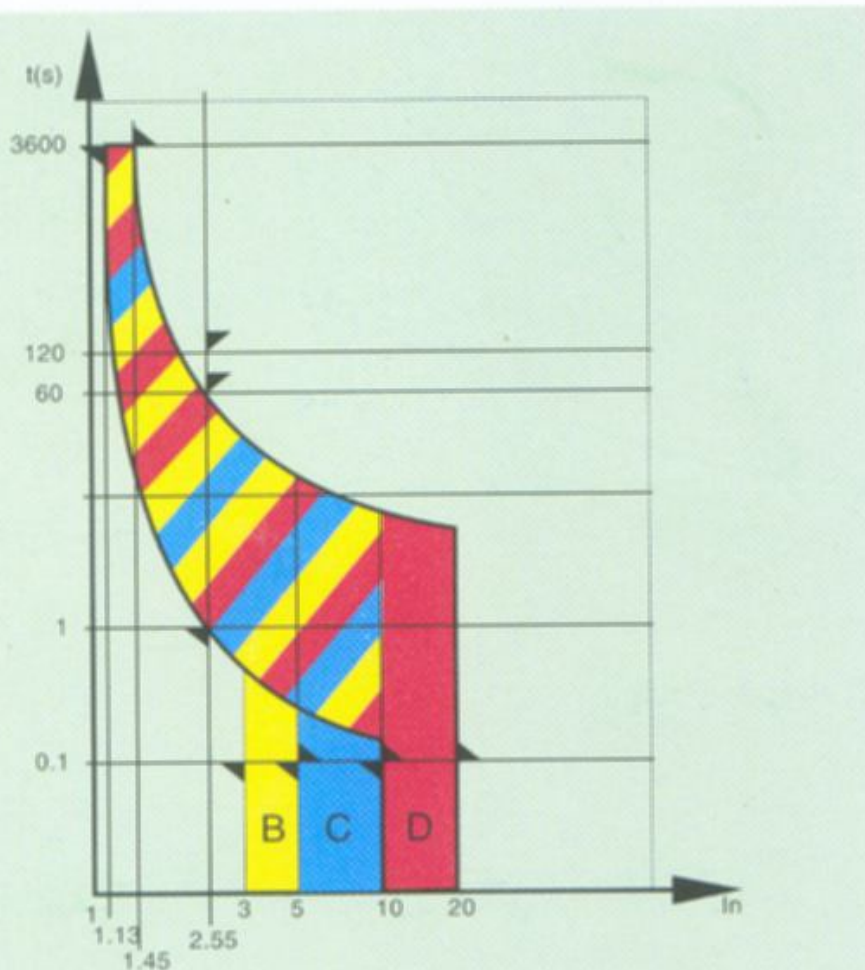
Nhiệt độ môi trường đối chiếu là 30°C

Dòng kiểm tra	Thời gian ngắt
1.13 In	$t \geq 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t \geq 2h$ ($I_n > 63A$)
1.45 In	$t < 1h$ ($I_n \leq 63A$) $t < 2h$ ($I_n > 63A$)
2.55 In	$1s < t < 60s$ ($I_n \leq 32A$) $1s < t < 120s$ ($I_n > 32A$)

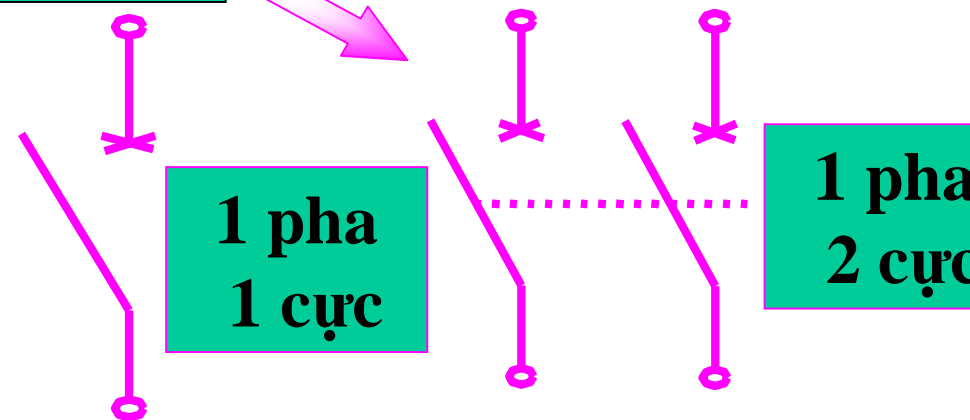
Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Đặc tính thời gian và kí hiệu tiếp điểm trên bản vẽ

Đường cong đặc tính ngắt của MCB

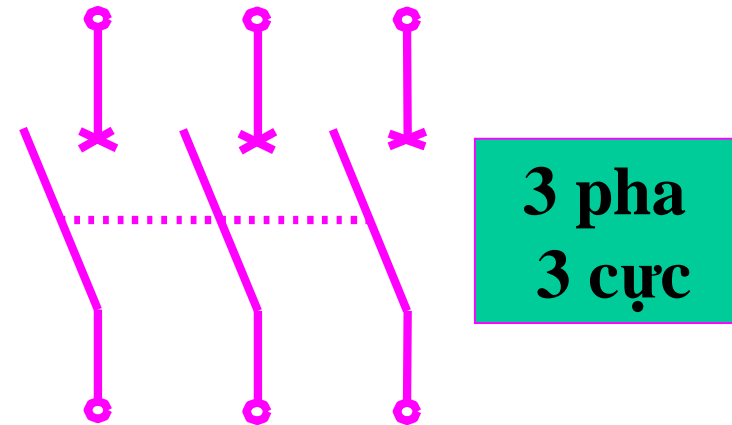


Kí hiệu



1 pha
1 cực

1 pha
2 cực



3 pha
3 cực

Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Áptomát chống giật



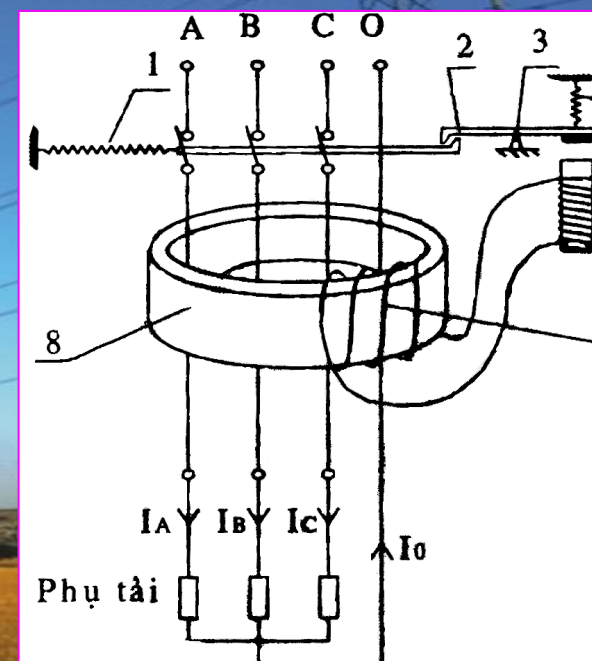
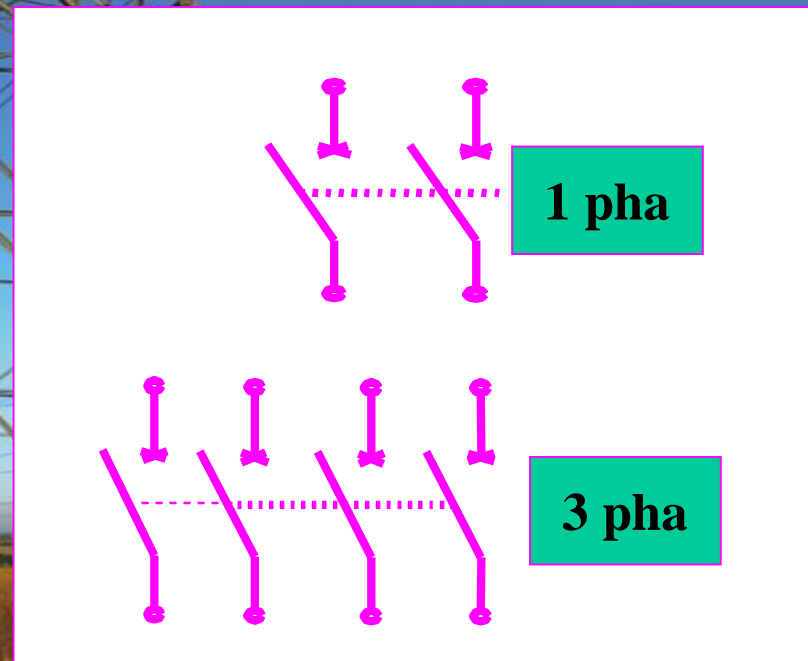
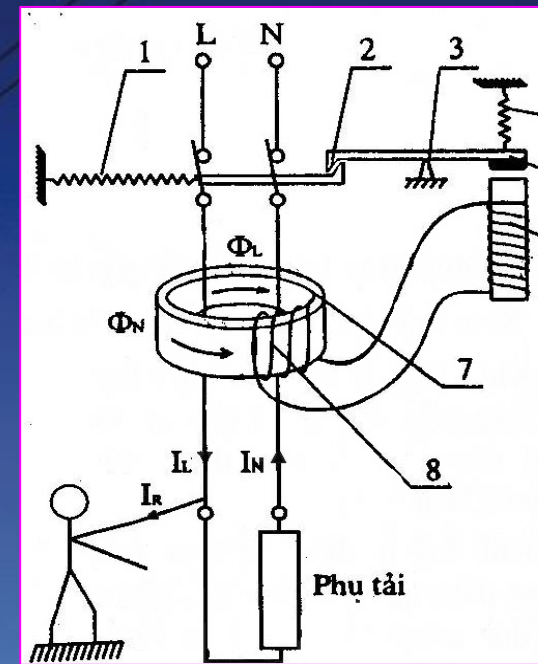
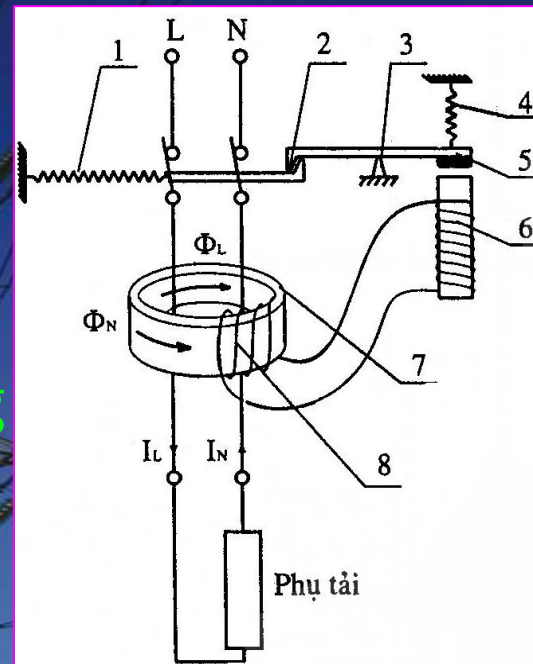
Tìm hiểu cấu tạo



Tìm hiểu nguyên lý hoạt động



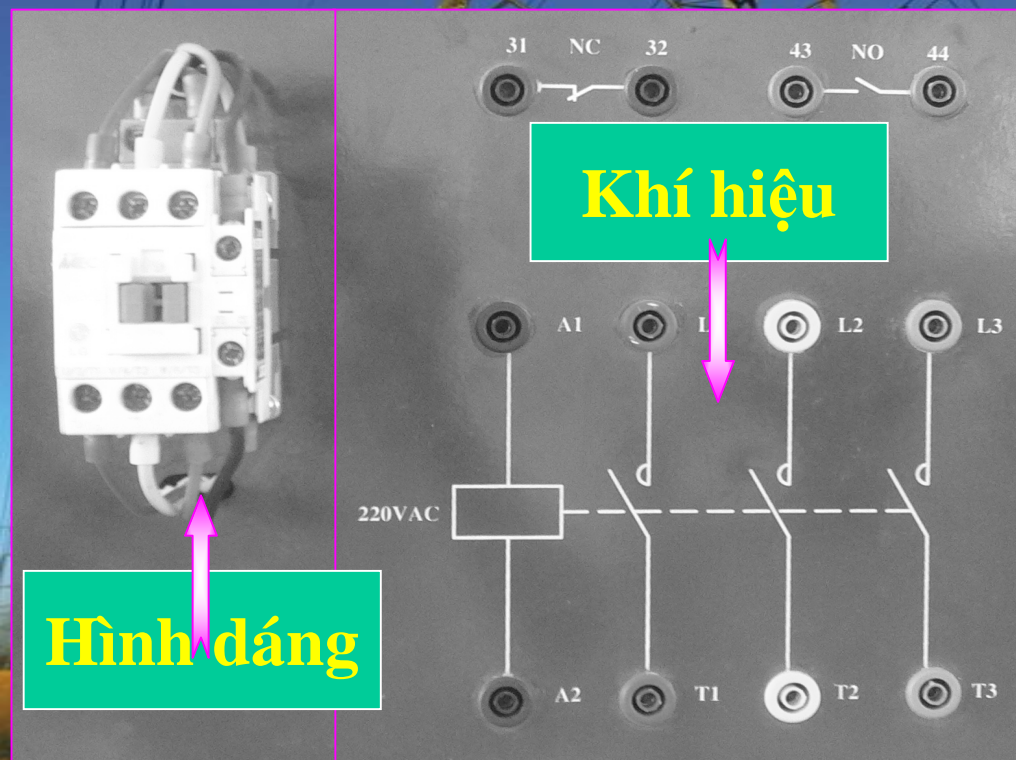
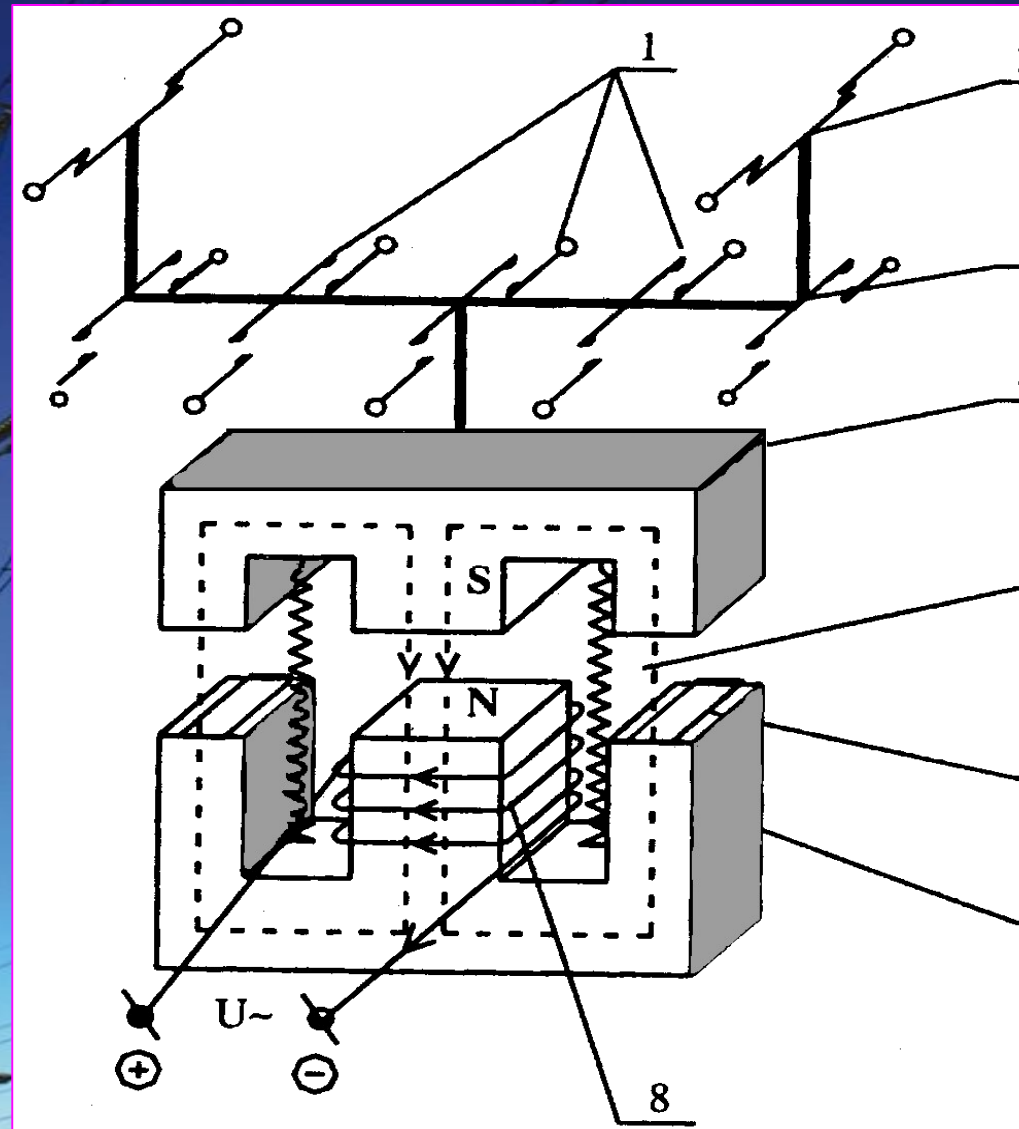
Các đặc tính quan trọng



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Công tắc tơ

- 📖 Tìm hiểu cấu tạo
- 📖 Tìm hiểu nguyên lý hoạt động
- 📖 Các đặc tính quan trọng



Thiết bị điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Rơ le nhiệt



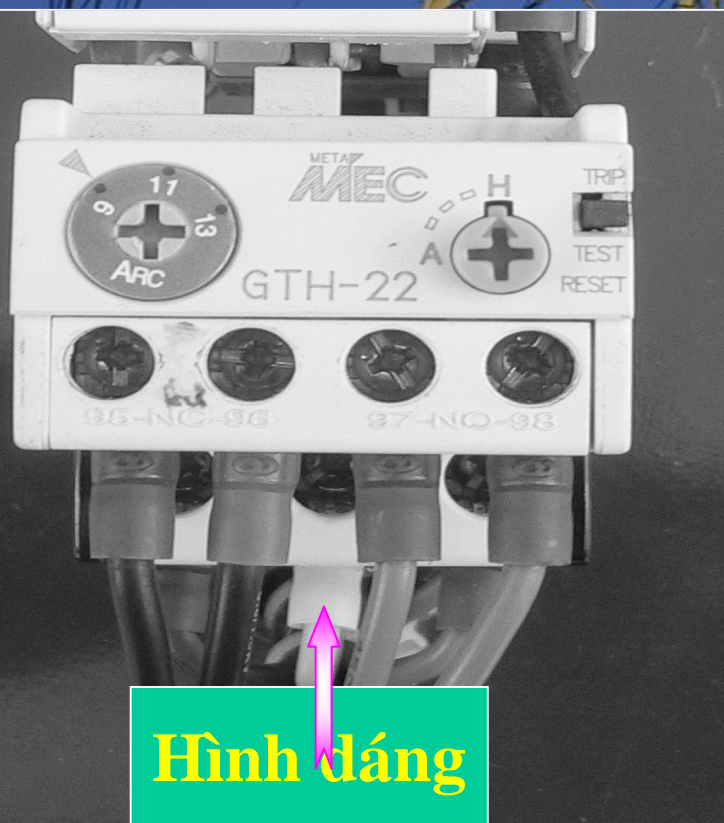
Tìm hiểu cấu tạo



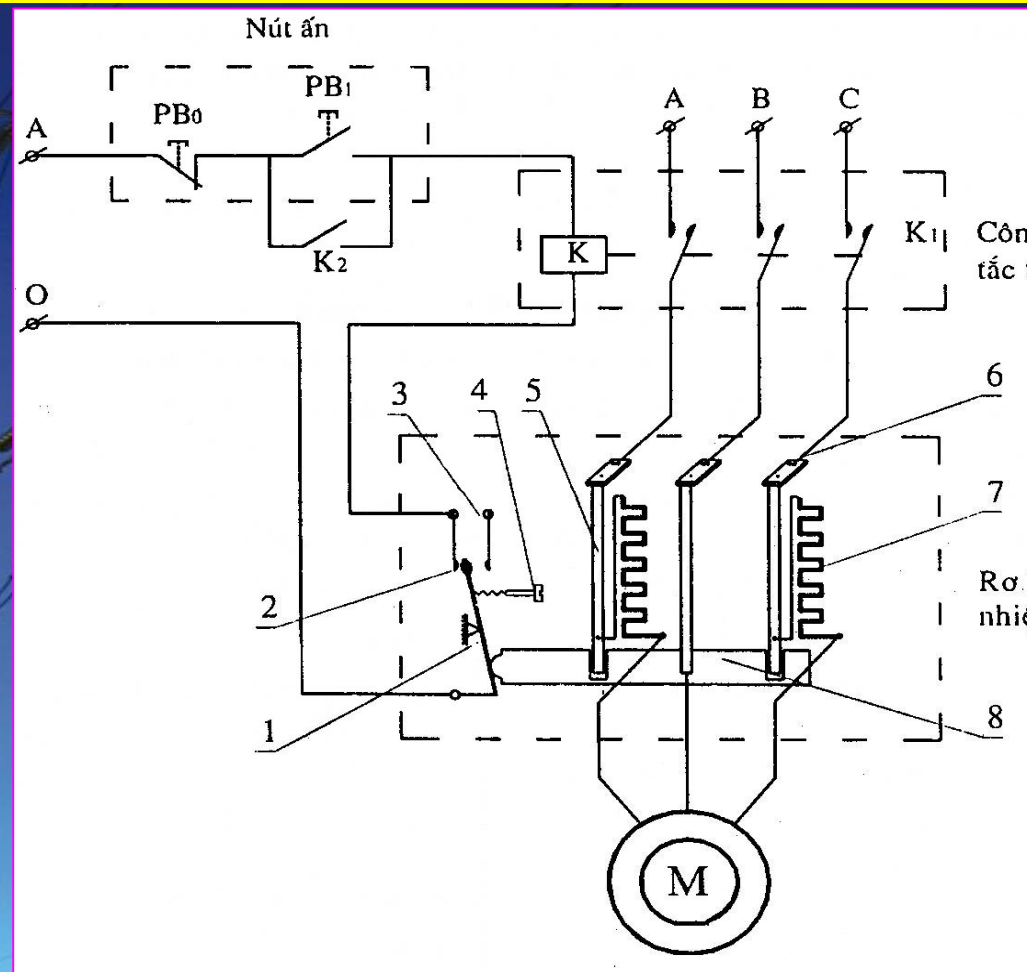
Tìm hiểu nguyên lý hoạt động



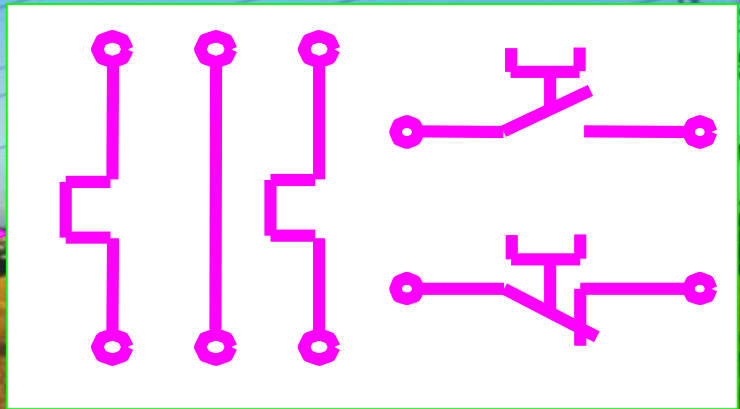
Các đặc tính quan trọng



Hình dáng



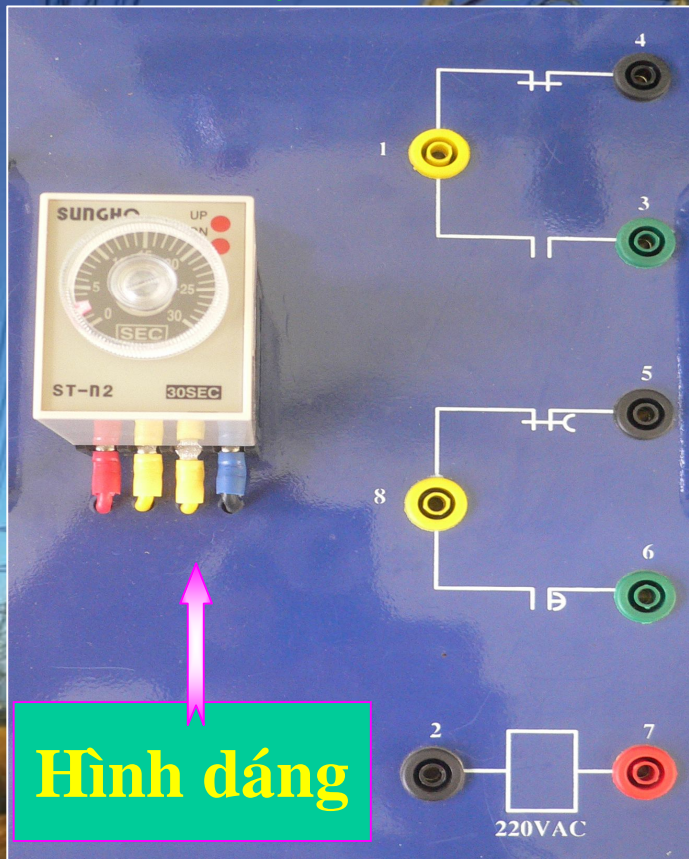
Khí hiệu



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

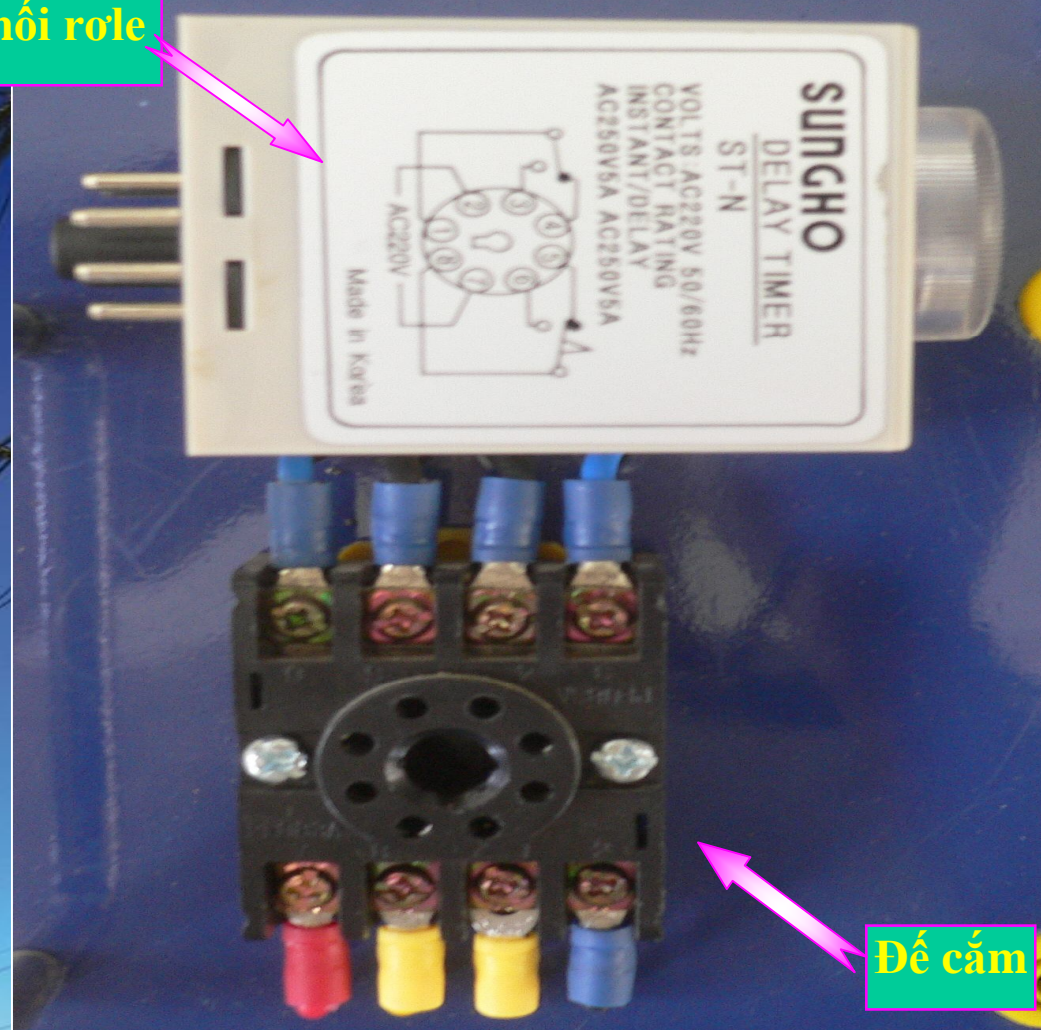
❖ Rơ le thời gian điện tử

- 📖 Tìm hiểu cấu tạo
- 📖 Tìm hiểu nguyên lý hoạt động
- 📖 Các đặc tính quan trọng



Hình dáng

Khôi role

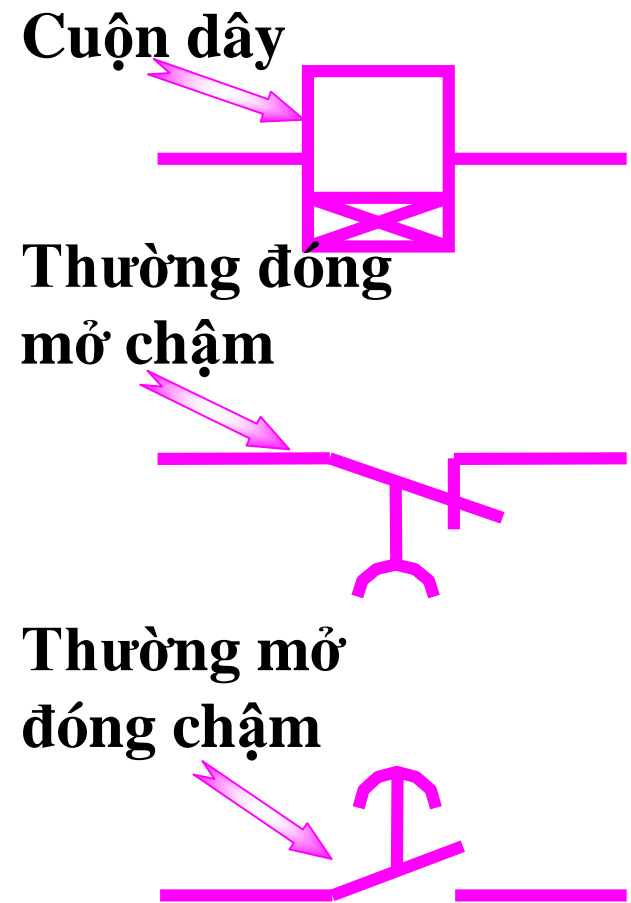
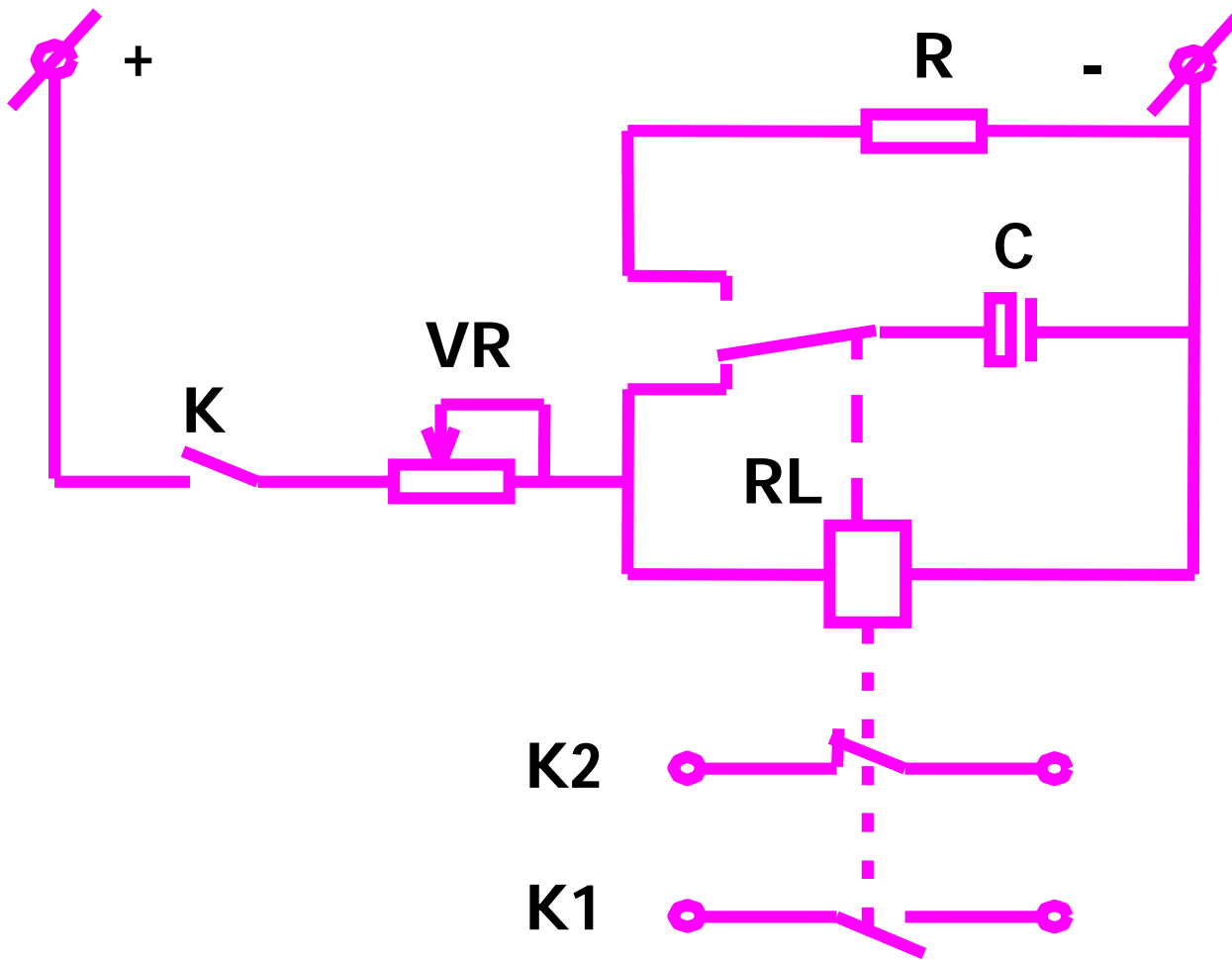


Để cảm

Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

📖 Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của rơ le thời gian điện tử ONDELAY

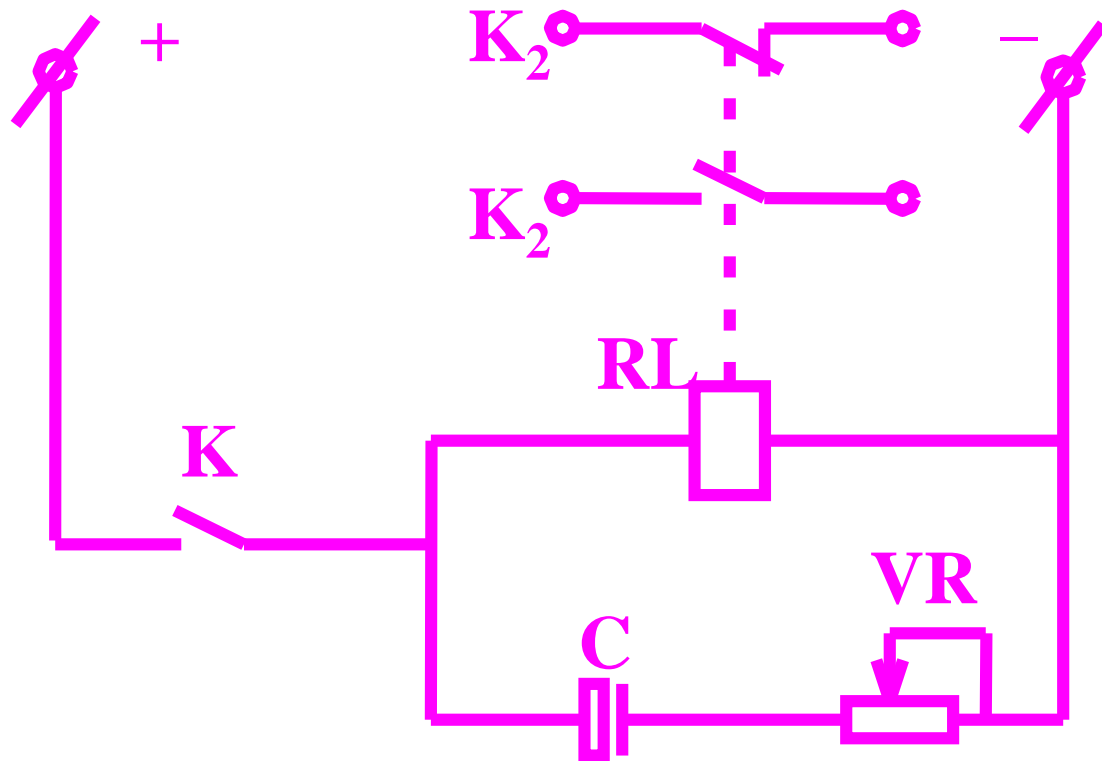
📖 Khí hiệu hệ thống tiếp điểm trên bản vẽ



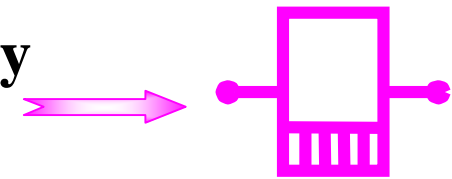
Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

📖 Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của rơ le thời gian điện tử OFFDELAY

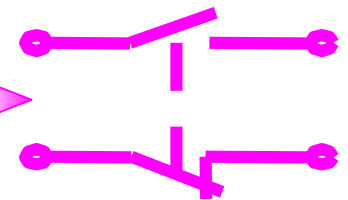
📖 Khí hiệu hệ thống tiếp điểm trên bản vẽ



Cuộn dây



Tiếp
điểm phụ



Thường mở
mở chậm



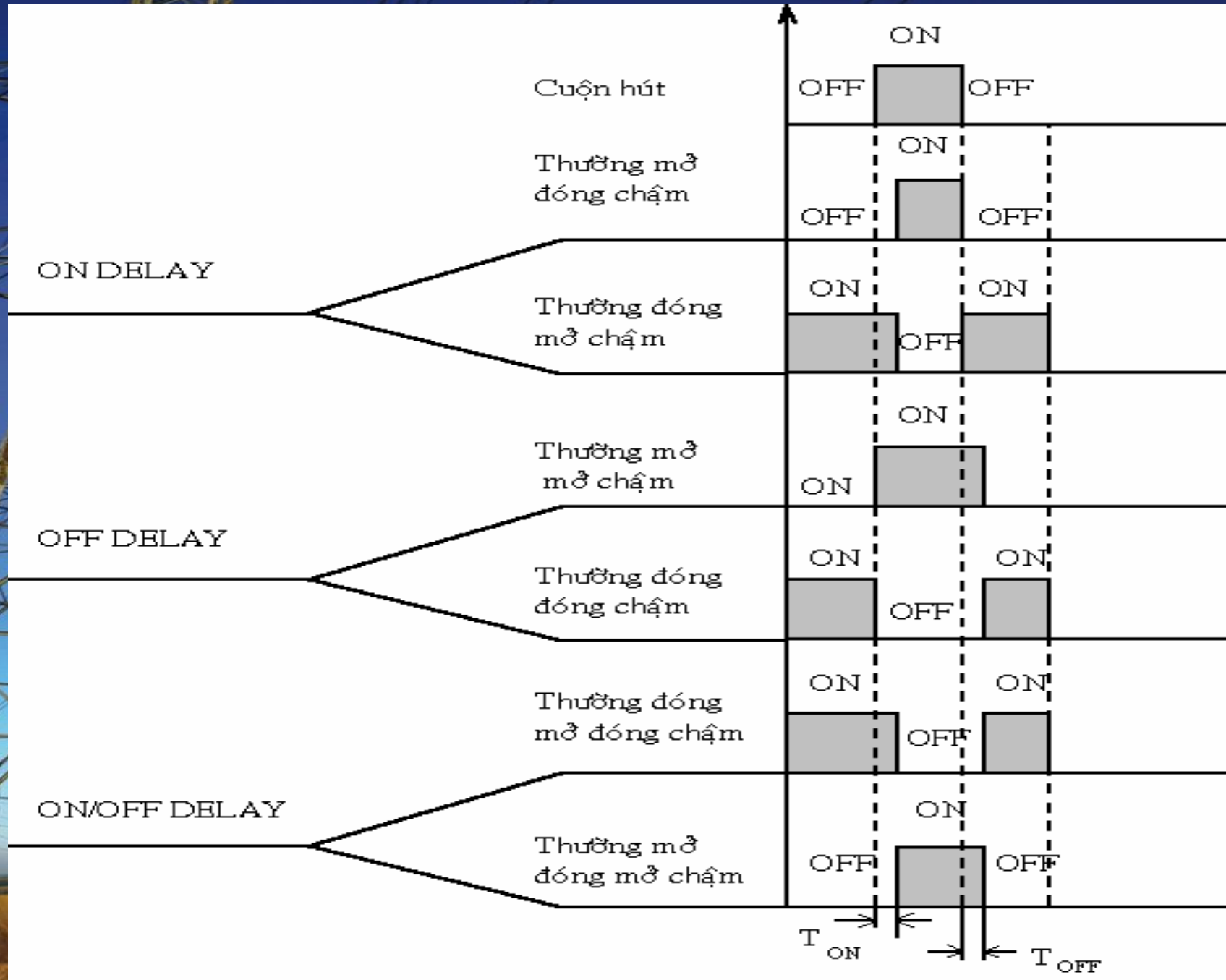
Thường đóng
đóng chậm



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp



**Đặc tính
thời gian
của rơle
thời gian
điện tử**



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Rờ le tốc độ



Tìm hiểu cấu tạo



Tìm hiểu nguyên lý hoạt động



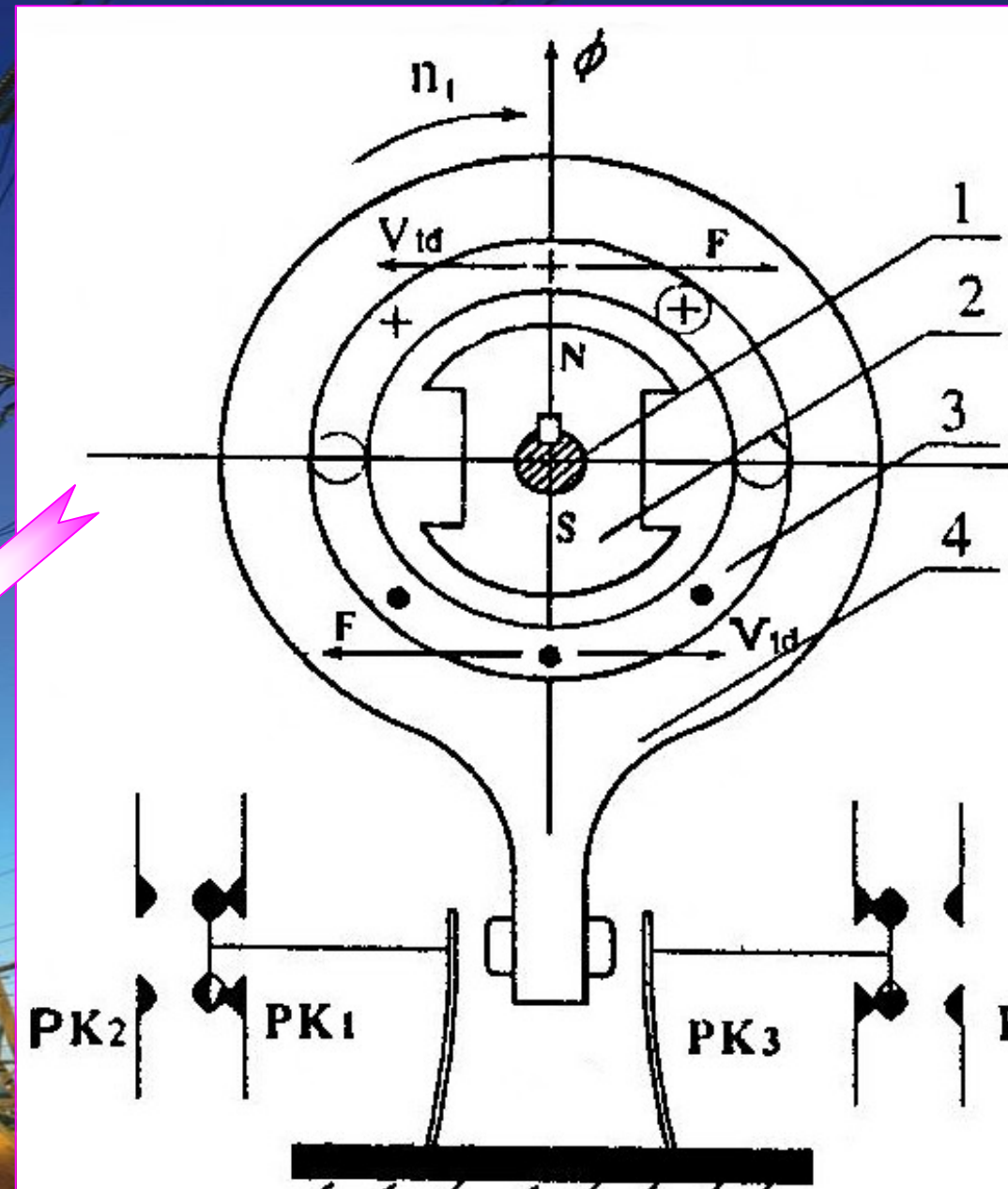
Các đặc tính quan trọng

(1) - trục quay (roto)

(2) - nam châm vĩnh cửu

(3) - stato

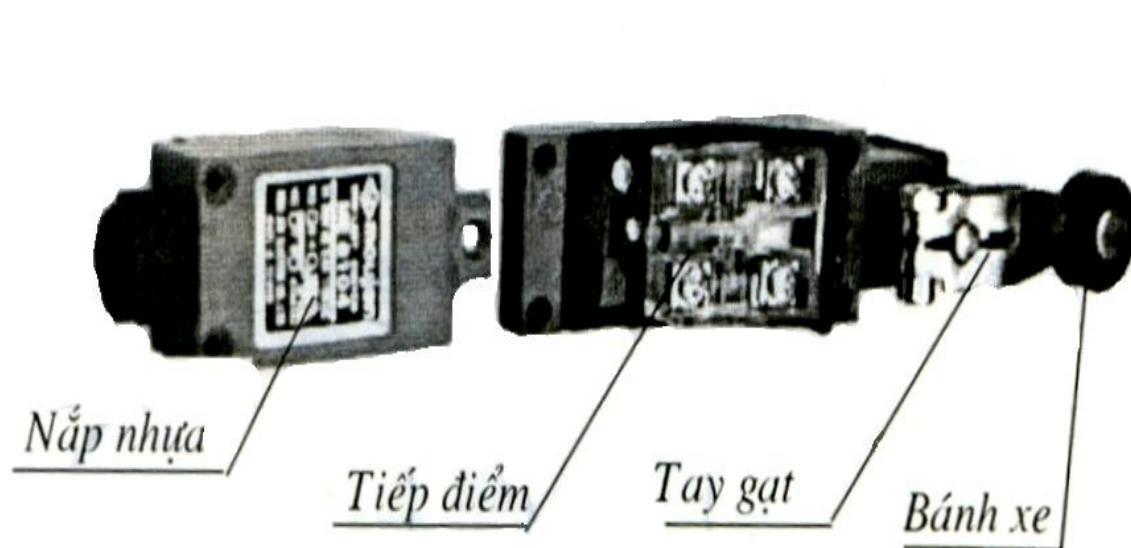
(4) - cần tác động



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Công tắc chuyển mạch

📖 Là loại khí cụ điện đóng, ngắt nhờ ngoại lực (có thể bằng tay hoặc điều khiển qua một cơ cấu nào đó...). Bao gồm; Công tắc gạt, Công tắc hành trình, Công tắc xoay, Công tắc ấn, Công tắc ấn – xoay (nút dừng khẩn cấp), Công tắc tắc có khoá (khóa điện), ...



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Nút ấn



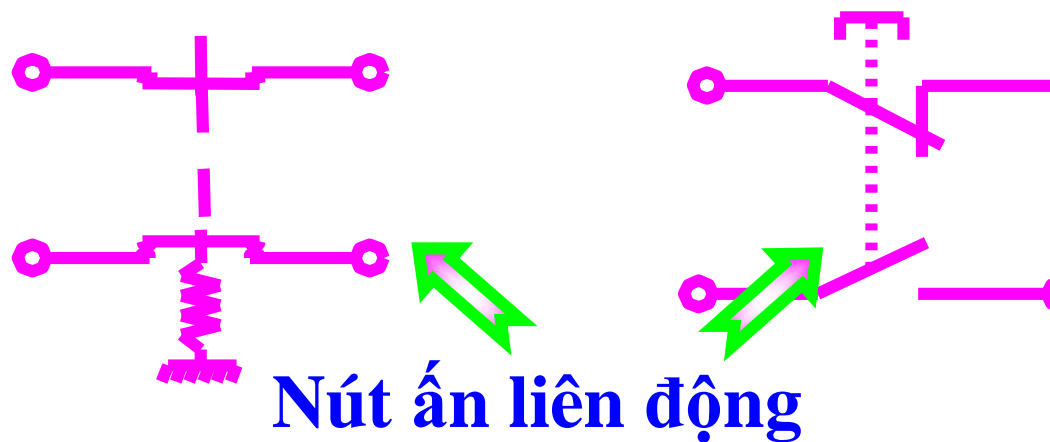
Tìm hiểu cấu tạo



Tìm hiểu nguyên lý hoạt động



Các đặc tính quan trọng



Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

❖ Cầu chì



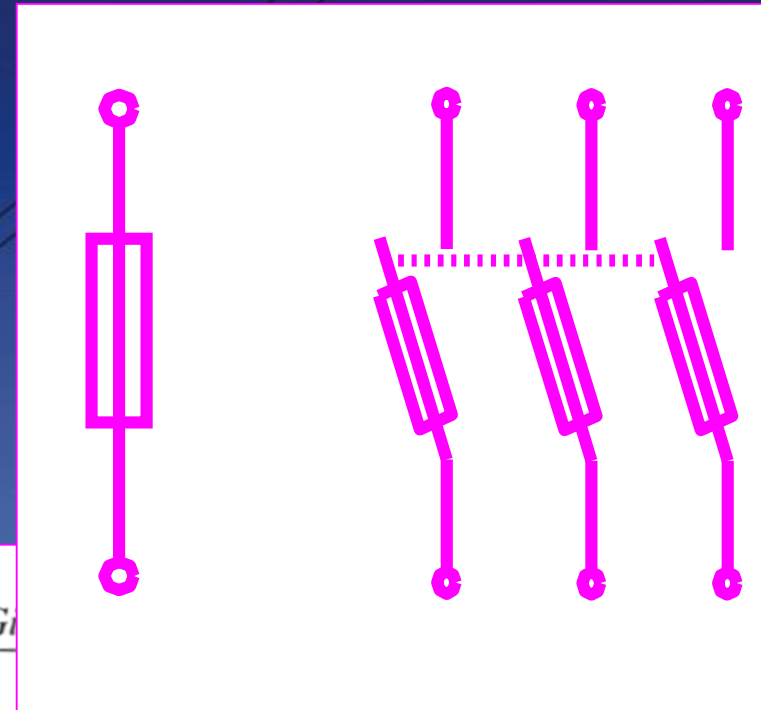
Tìm hiểu cấu tạo



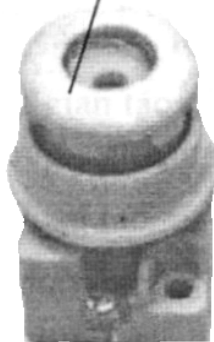
Tìm hiểu nguyên lý hoạt động



Các đặc tính quan trọng



Núm xoay

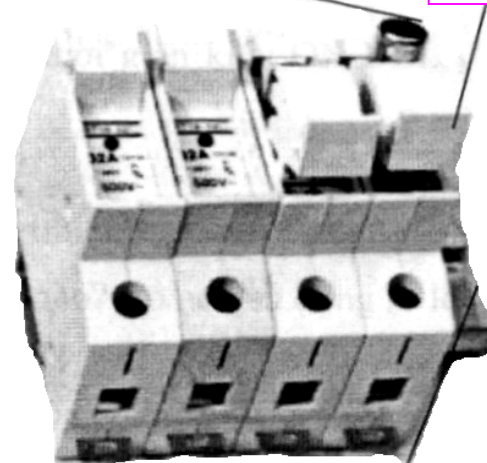


Ruột chì



Cực tiếp điện

Đế nhựa



Thanh cài

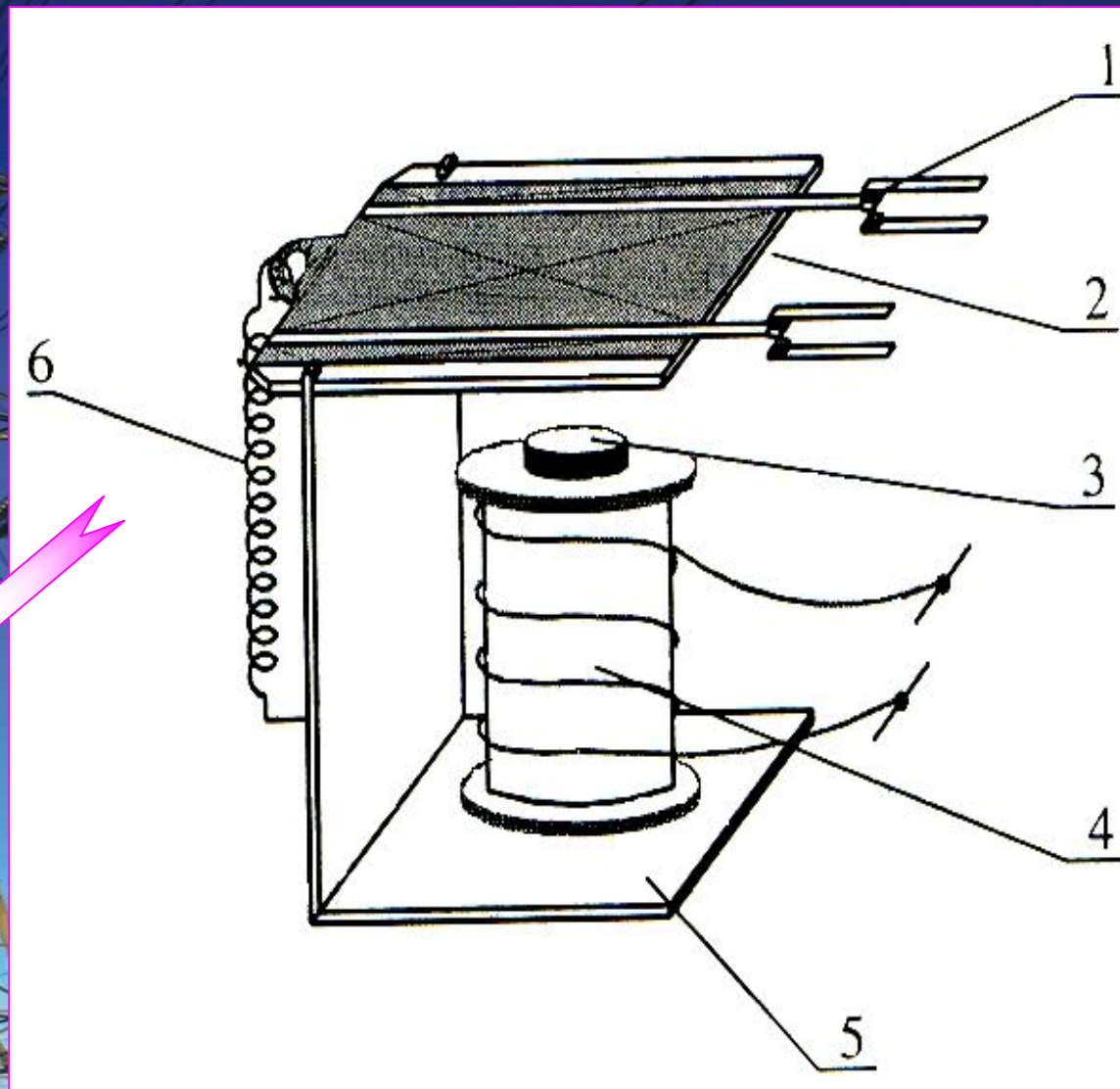


Khí cụ điện hạ áp dùng trong dân dụng và công nghiệp

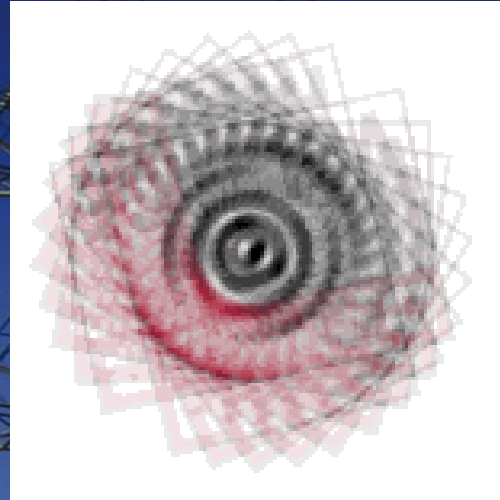
❖ Công tắc hành trình

❖ Rơ le trung gian (rơ le điện từ)

1. Tiếp điểm
2. Lá thép động
3. Lõi thép tĩnh
4. Cuộn hút
5. Đế gắn
6. Lò xo



Tài liệu tham khảo



- <http://www.e-automation.com.vn>
- <http://www.cadivi-vn.com>
- Khí cụ điện hạ áp - Nguyễn Xuân Phú, ... - NXB KH&KT

Thank For Your Attention !

Điện công nghiệp – mạch điện công nghiệp



*Tại sao phải
hiểu mạch
điện công
nghiệp ?*

TÌM HIỂU MẠCH ĐIỆN dùng trong công nghiệp

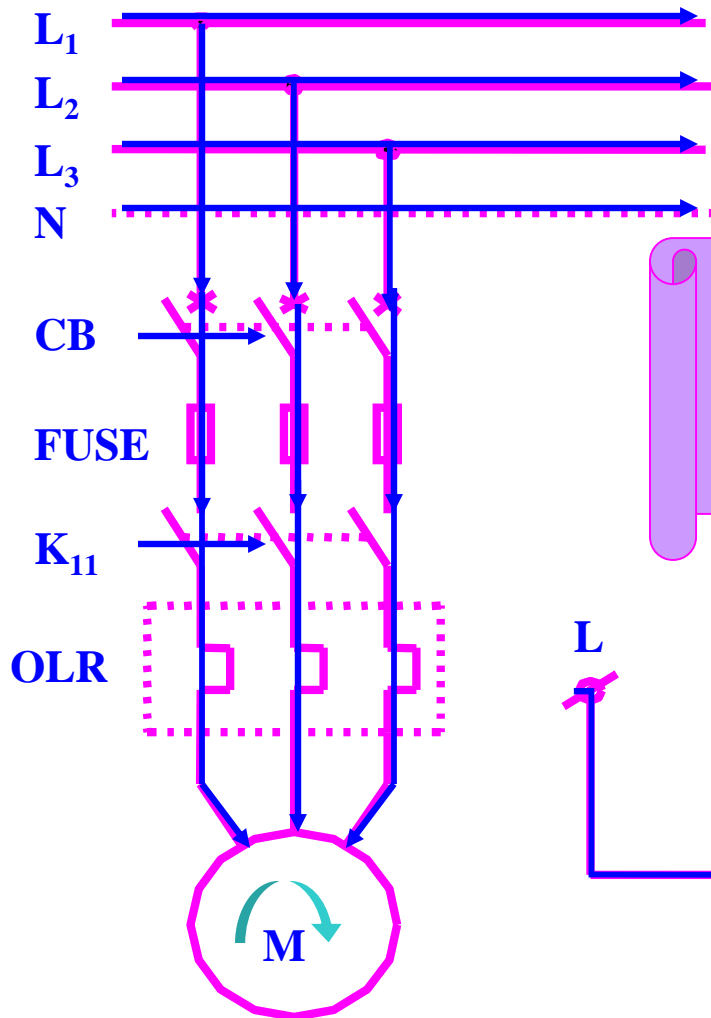
Nội dung chương - mạch điện công nghiệp

1. Các mạch điện dùng để khởi động cơ điện
2. Các mạch điện dùng để đảo chiều động cơ điện
3. Các mạch điện dùng để hãm động cơ điện
4. Các mạch điện dùng để điều khiển động cơ điện
5. Các mạch điện thông dụng khác
6. Tài liệu tham khảo

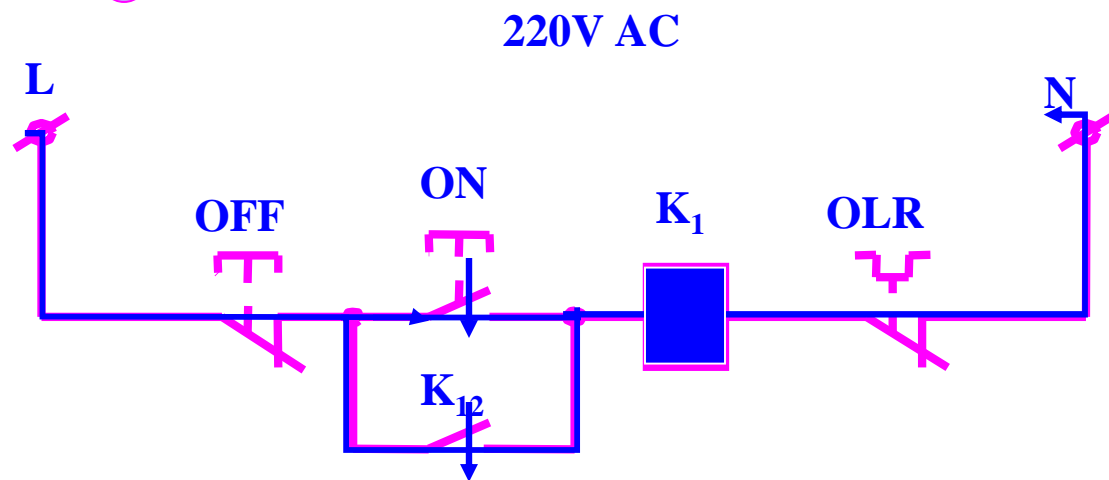


Các mạch điện dùng để khởi động cơ điện

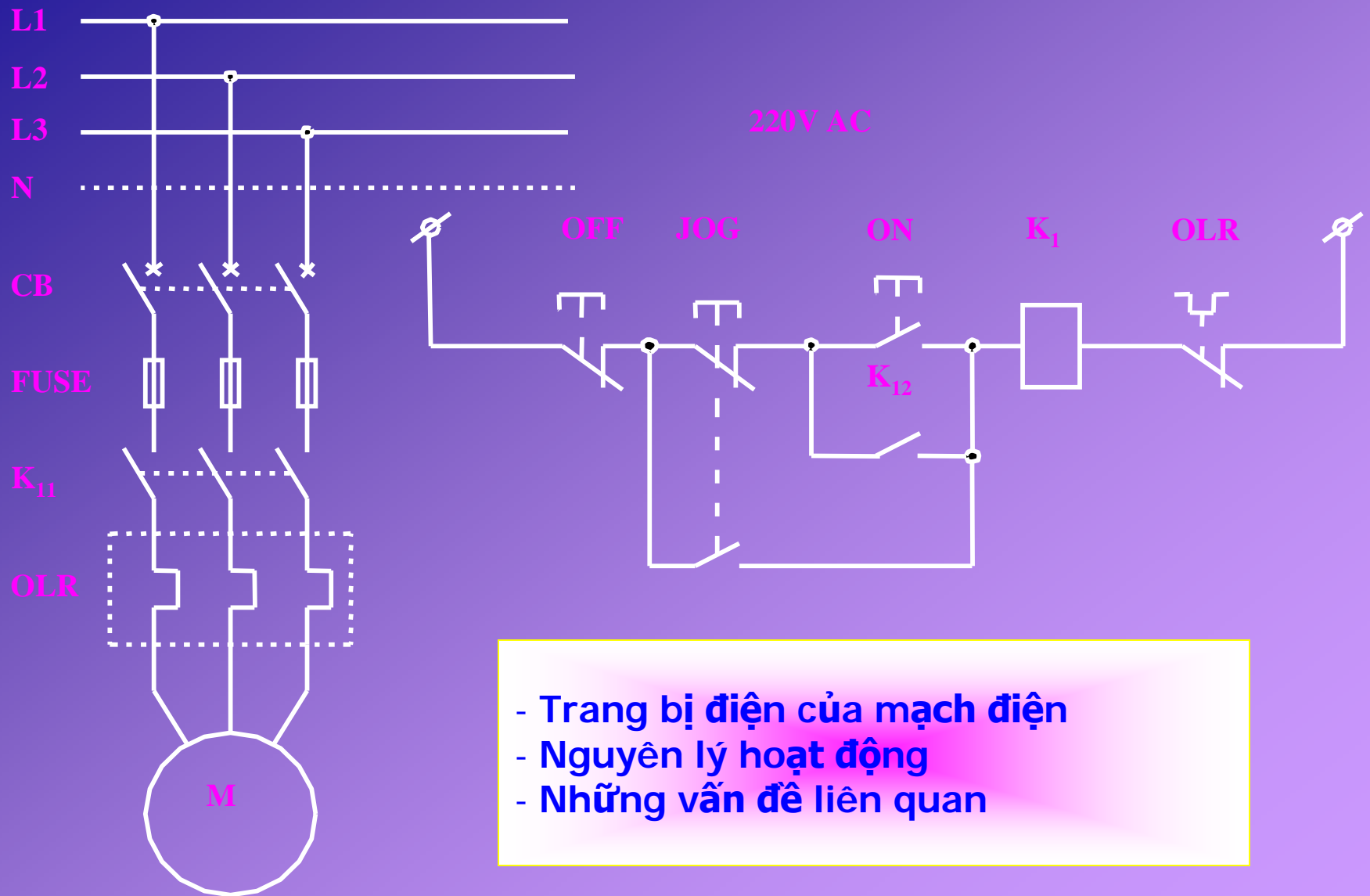
➤ Mạch khởi động đ/c KĐB 3 pha dùng khởi động từ đơn



- Ý nghĩa, công dụng của mạch điện ?
- Các khí cụ điện dùng trong mạch ?
- Nguyên lý hoạt động ?
- Các sự cố xảy ra ?

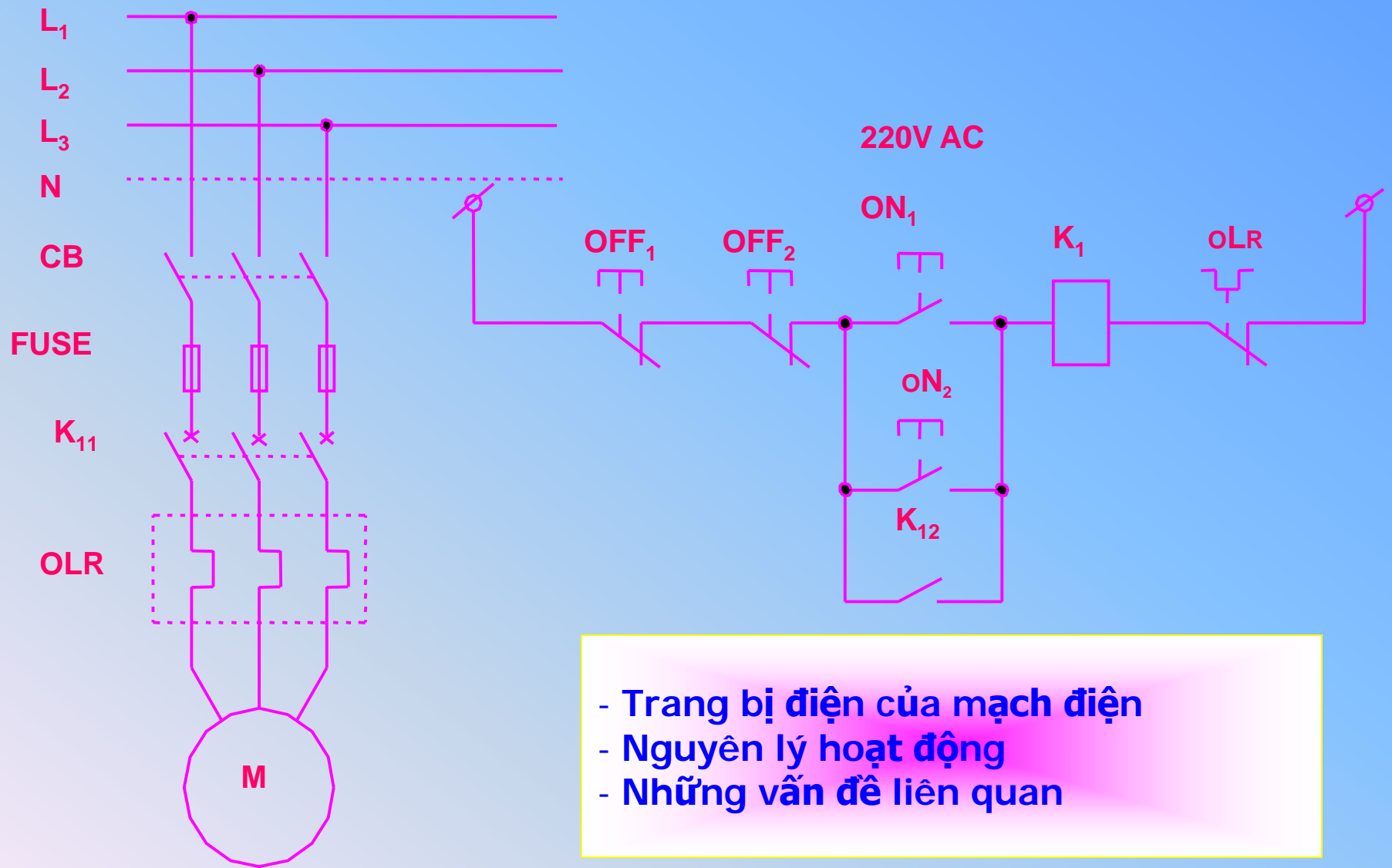


2. Mạch điện mở máy động cơ điện ba pha có thử nháp



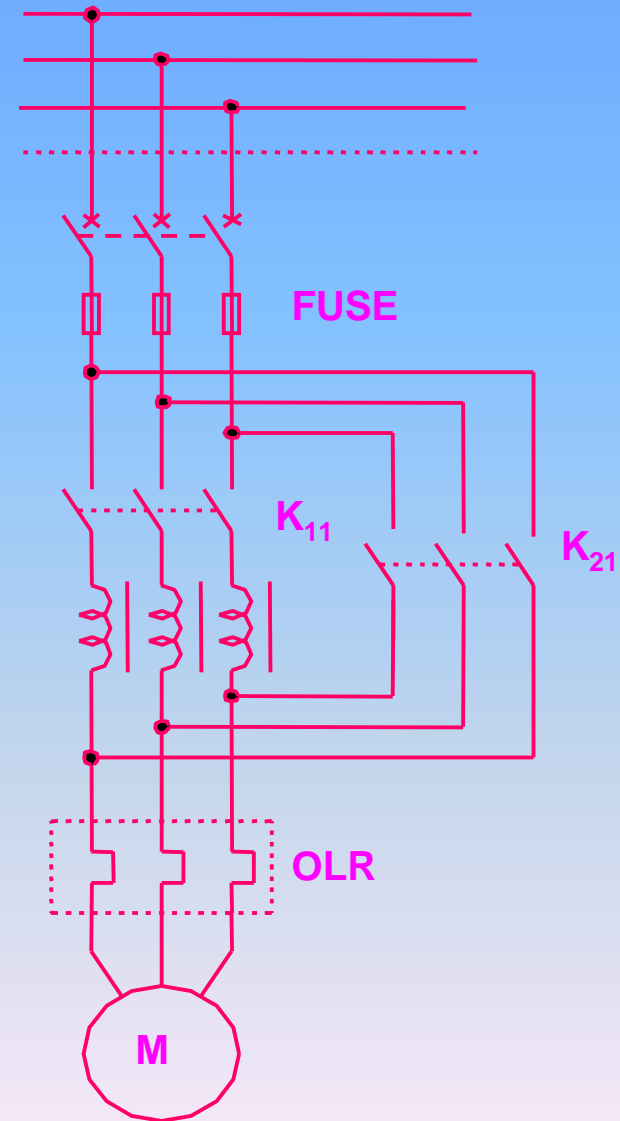
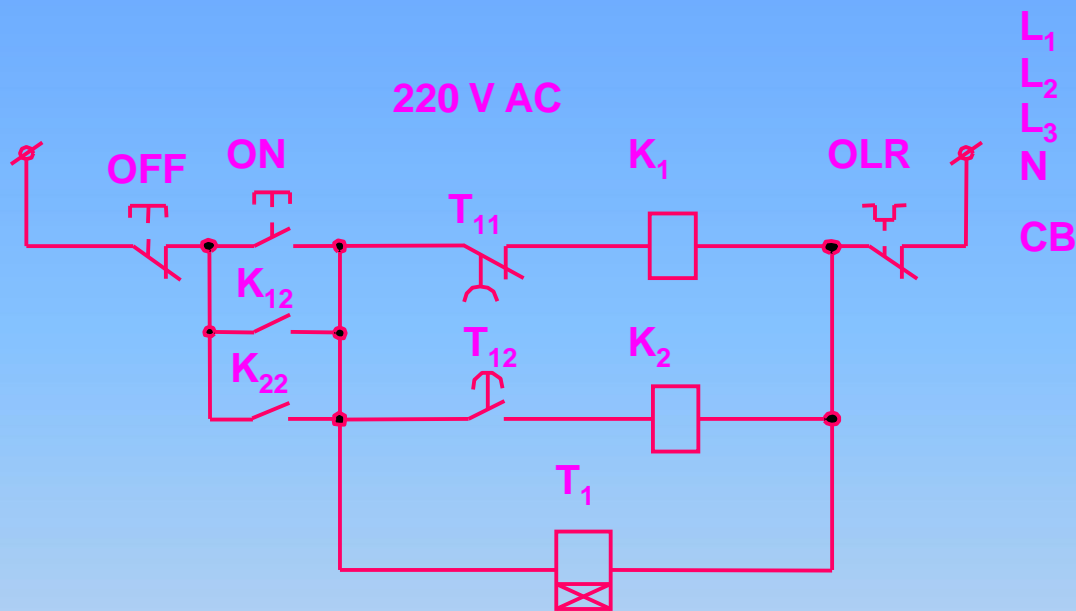
- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

3. Mạch điện mở máy động cơ điện hai vị trí



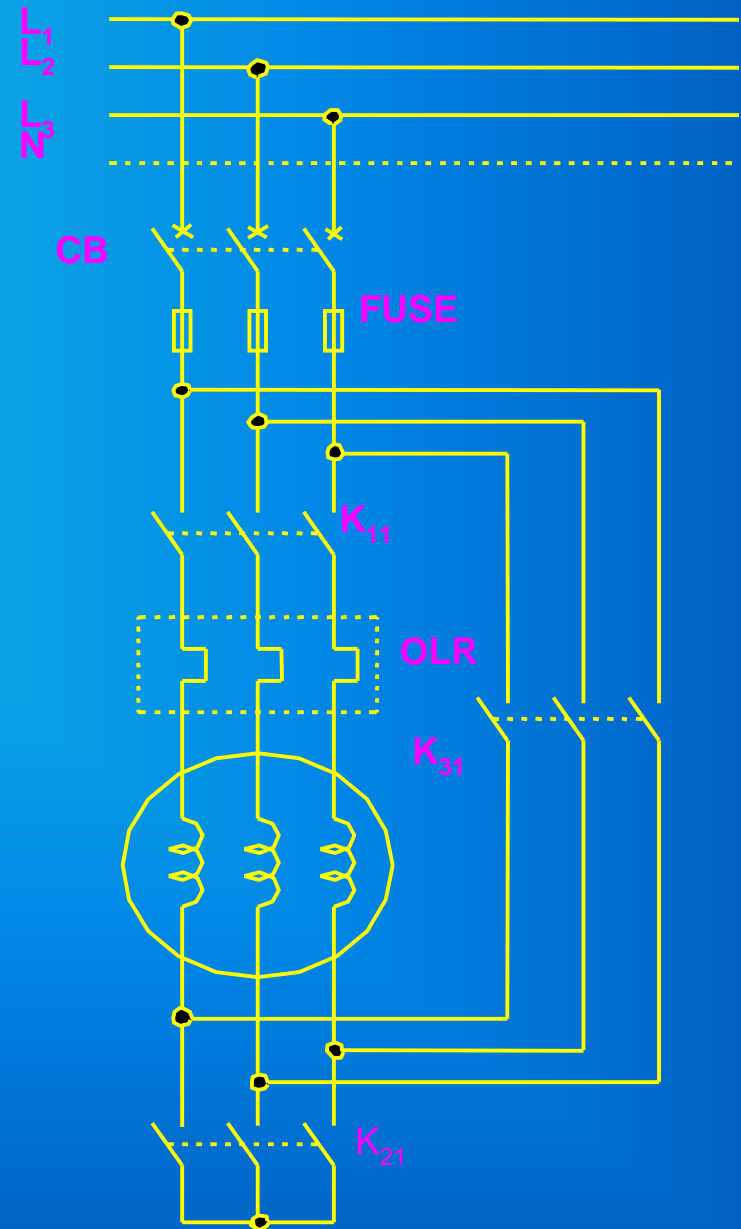
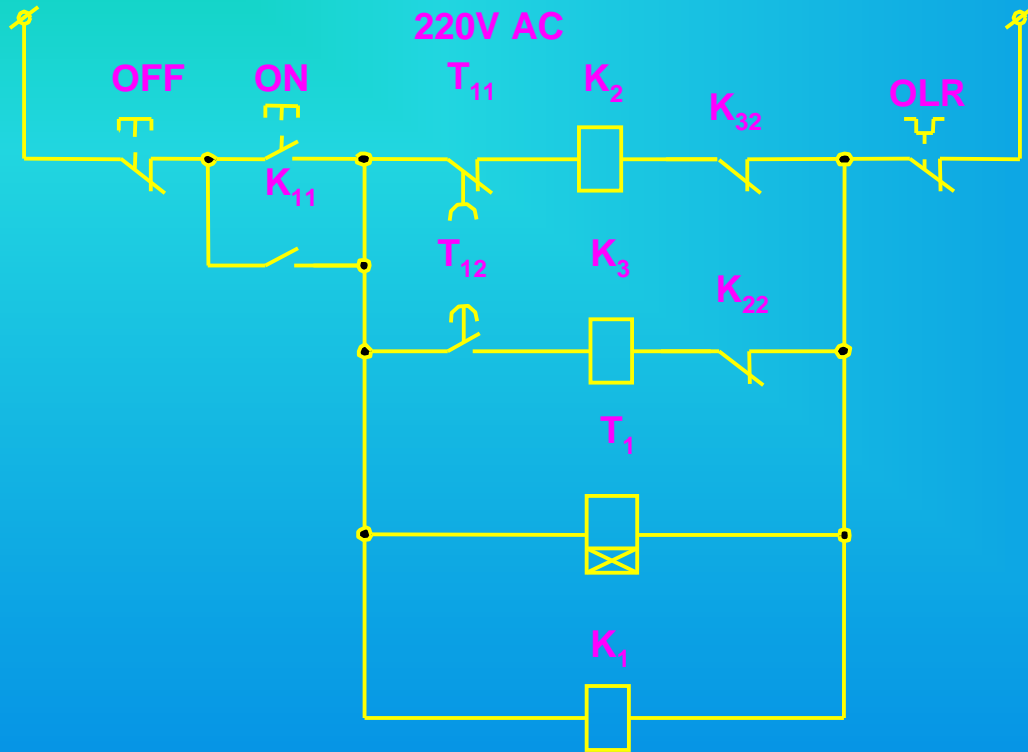
- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

4. Mạch mở máy động cơ lồng sóc qua cuộn kháng



- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

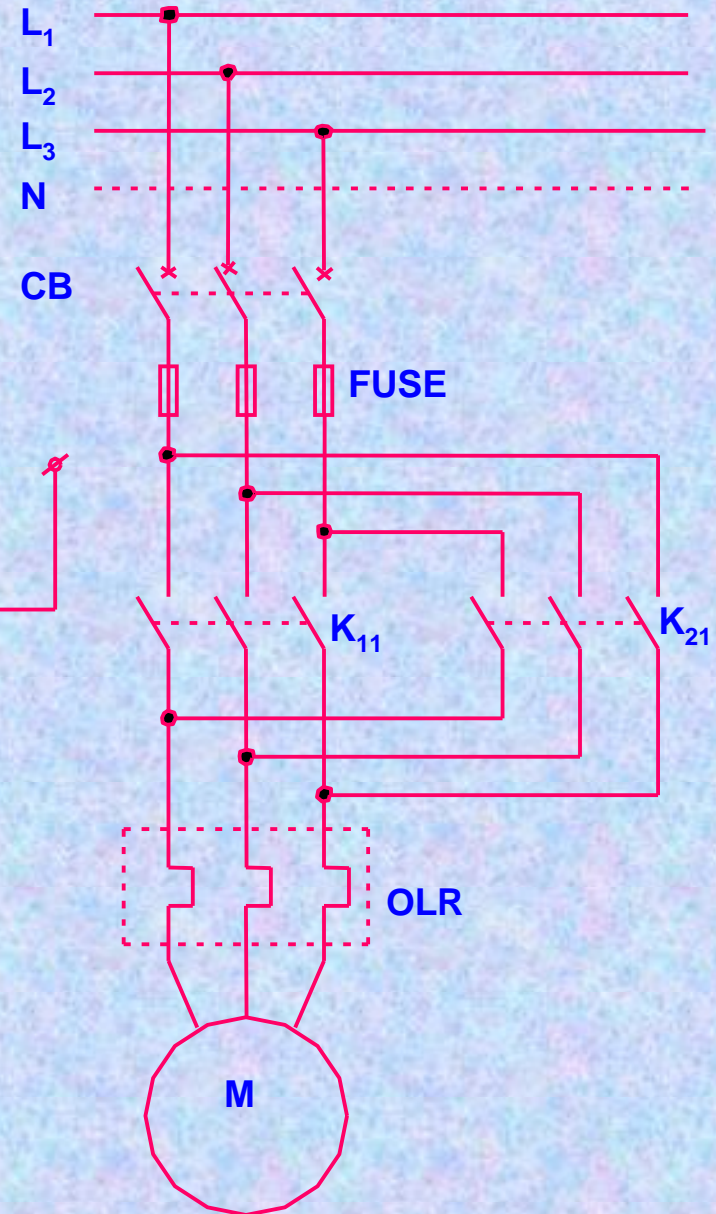
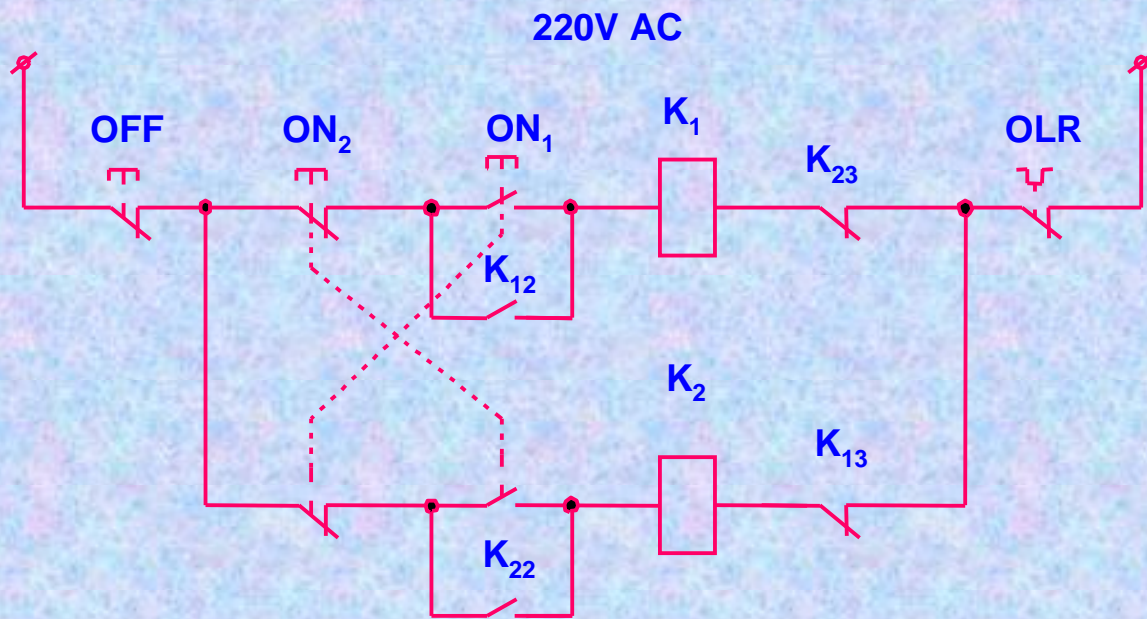
5. Mạch khởi động sao – tam giác



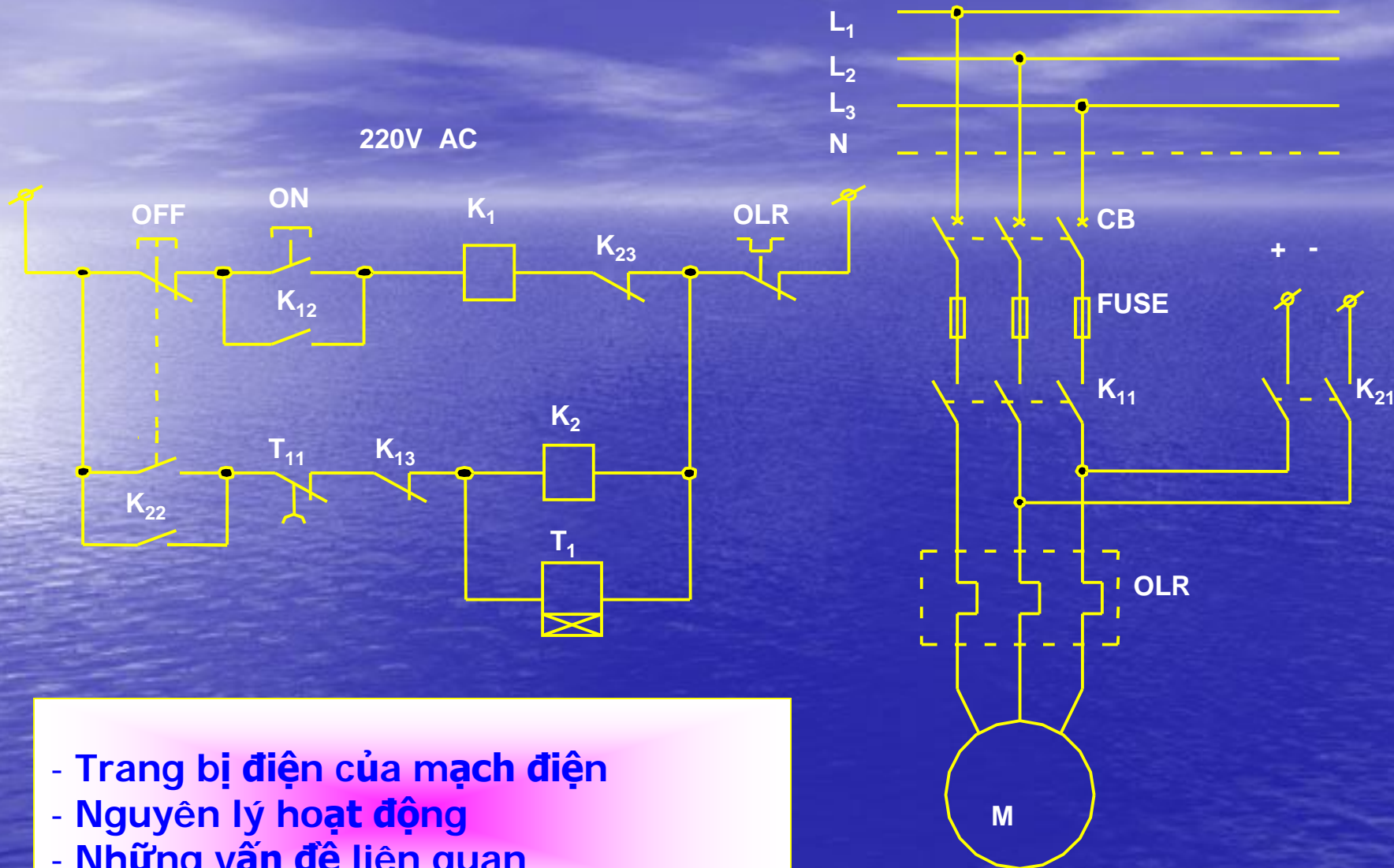
- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

6. Mạch đảo chiều động cơ điện ba pha

- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

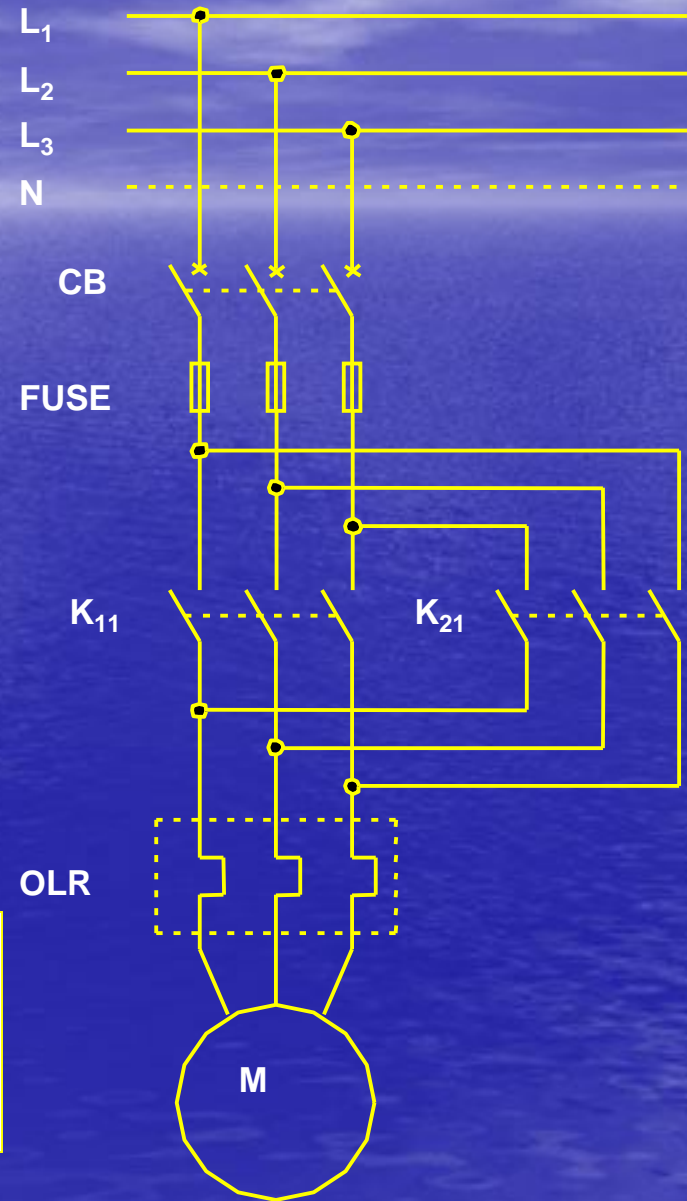
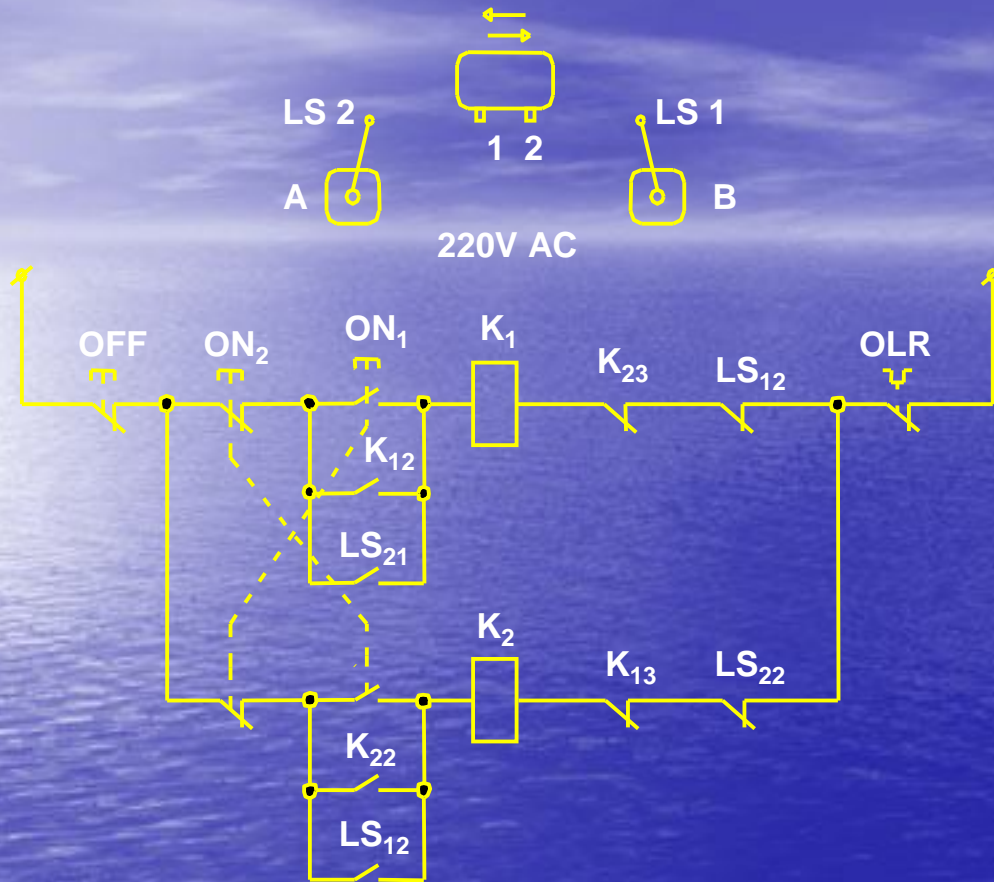


8. Hãm động năng dùng nguồn một chiều



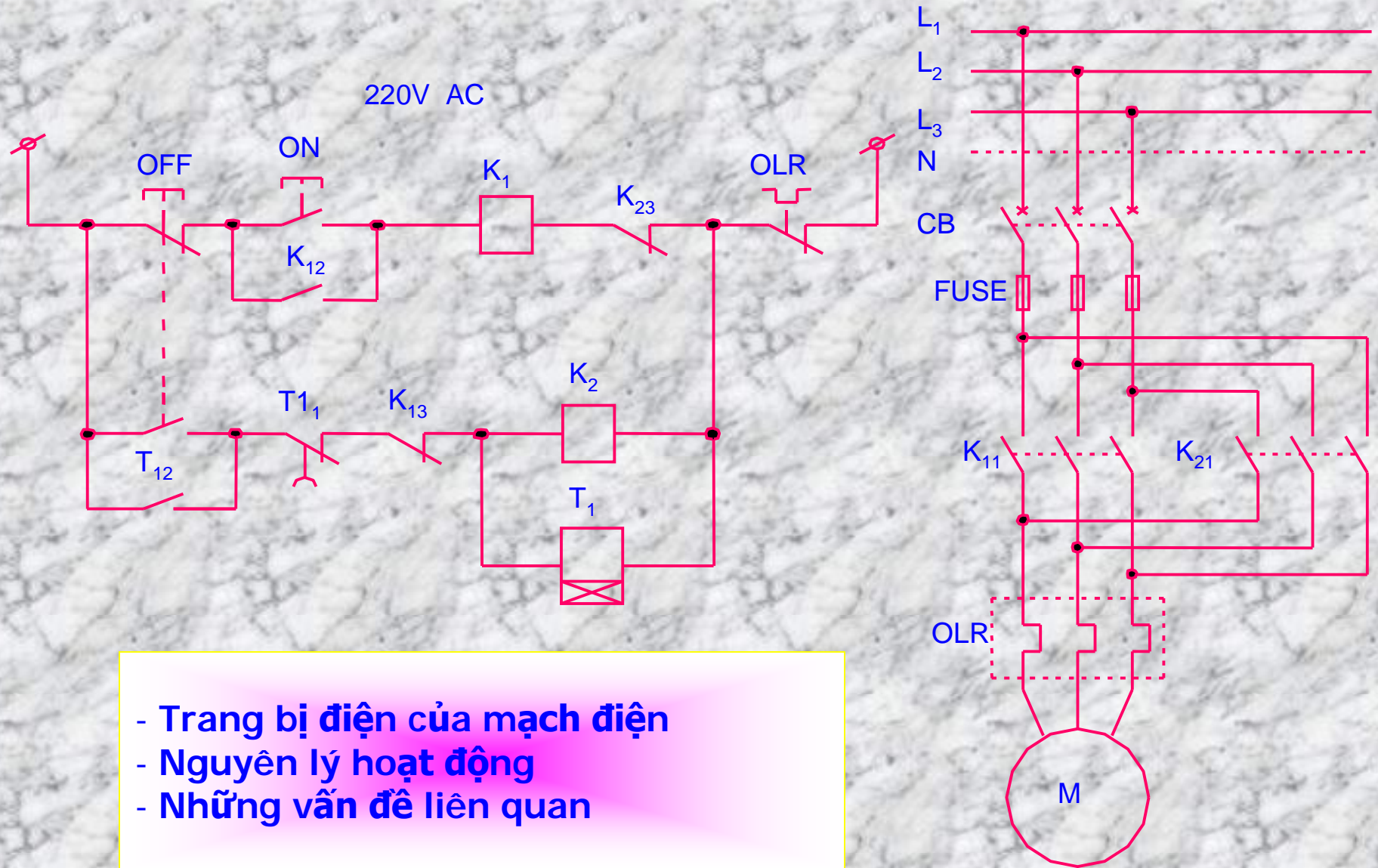
- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

7. Mạch điện tự động giới hạn hành trình



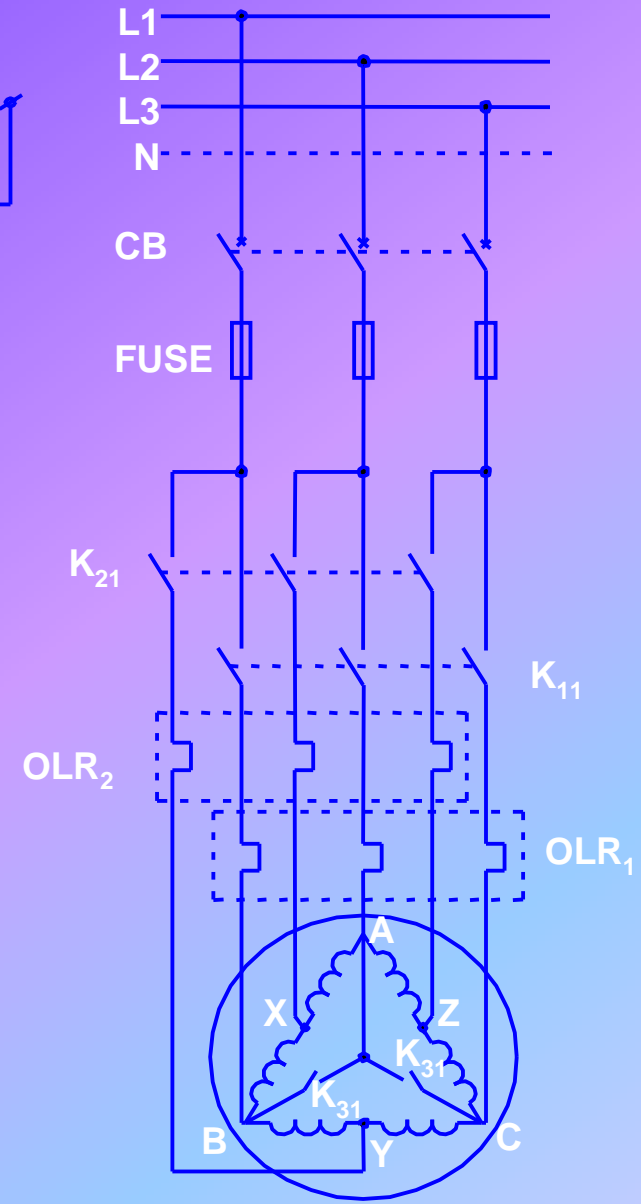
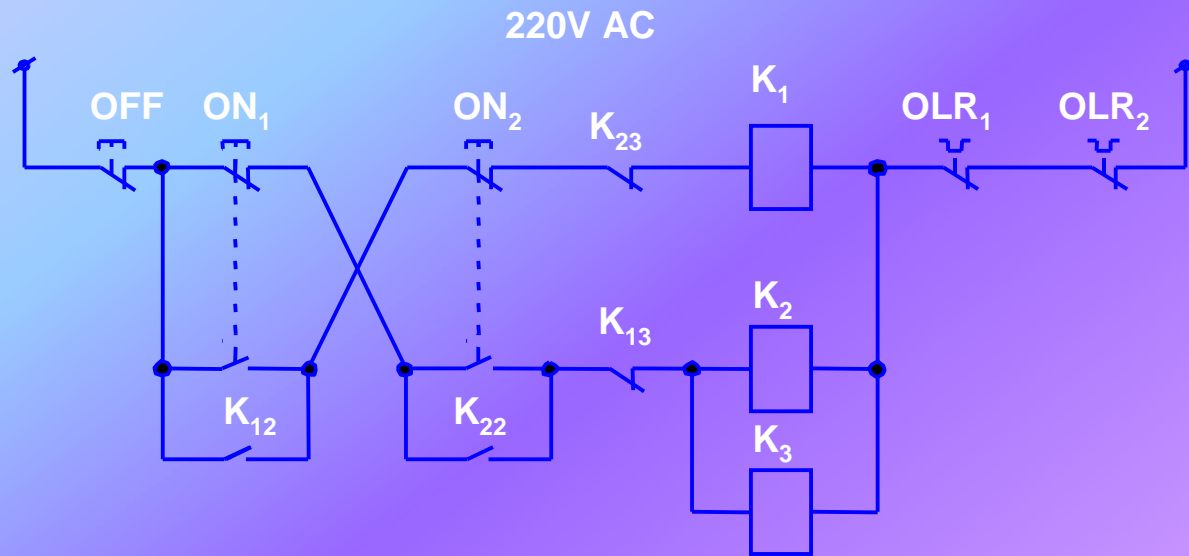
- Trang bị **điện** của mạch **điện**
- Nguyên lý hoạt **động**
- Những vấn đề liên quan

9. Mạch hãm ngược



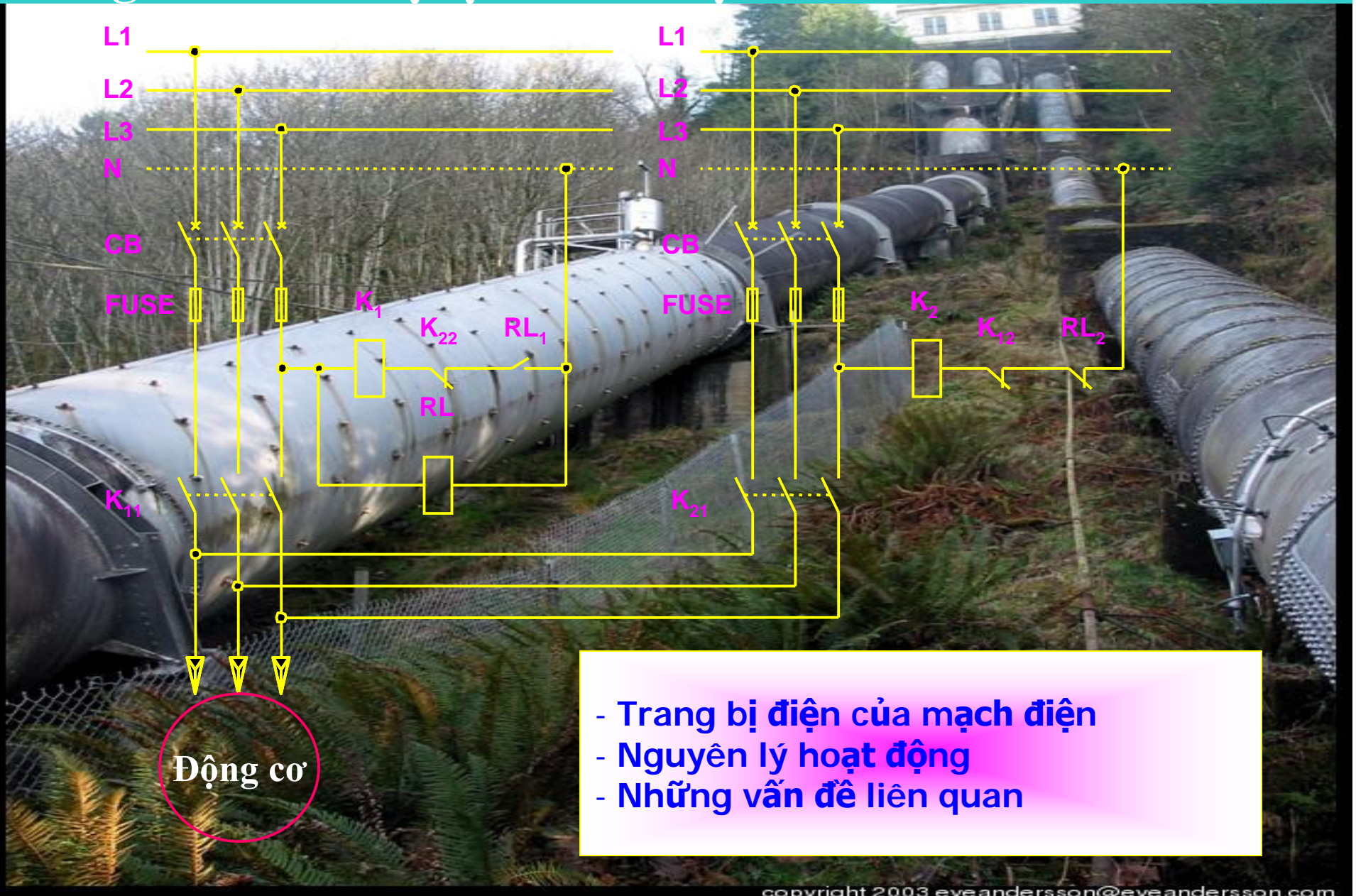
- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

10. Mạch điều khiển đ/cơ hai cấp tốc độ kiểu Δ/YY



- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

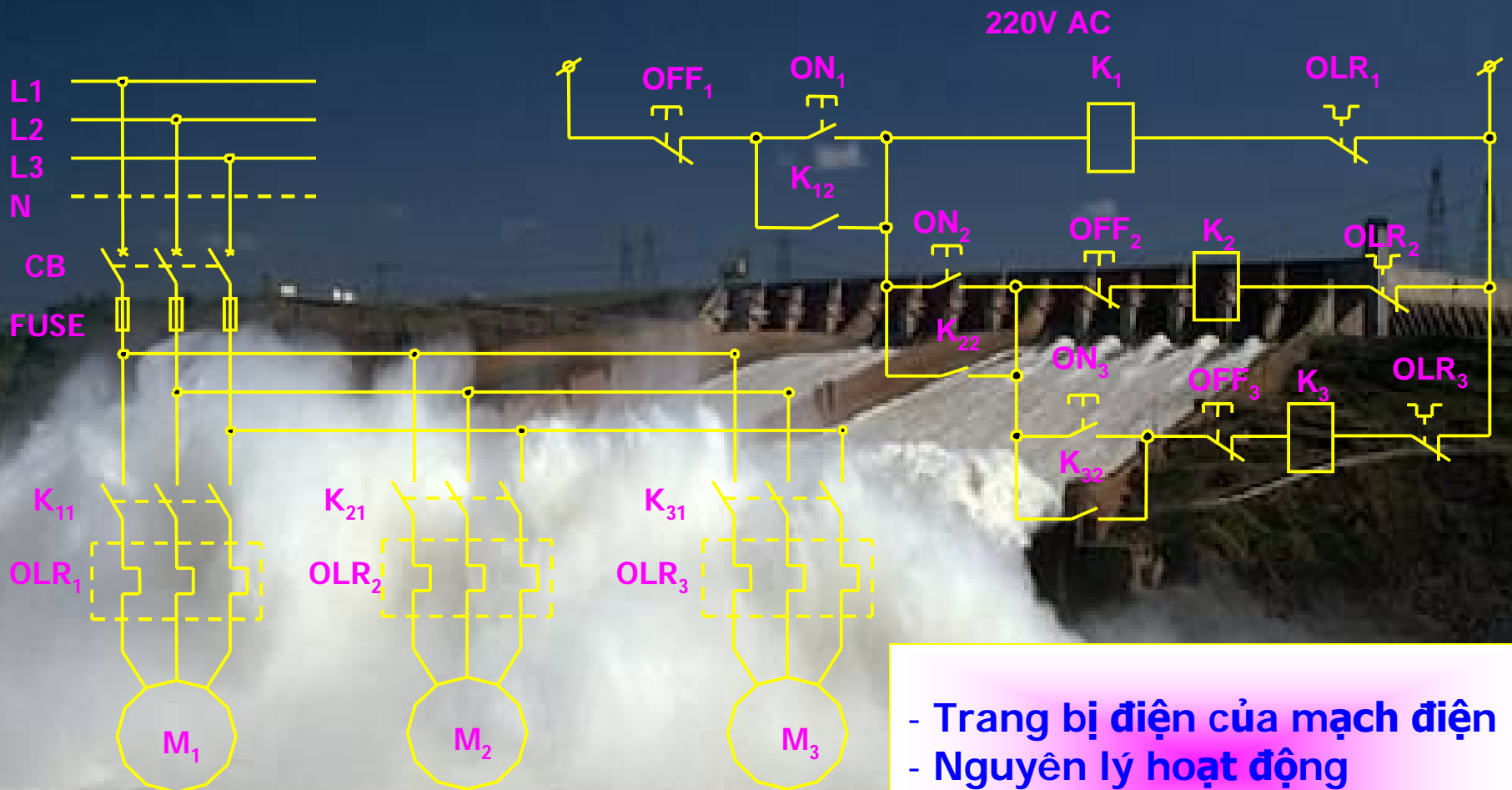
11. Mạch điện tự động chuyển nguồn điện cho đ/cơ khi nguồn chính bị sự cố mất điện



Động cơ

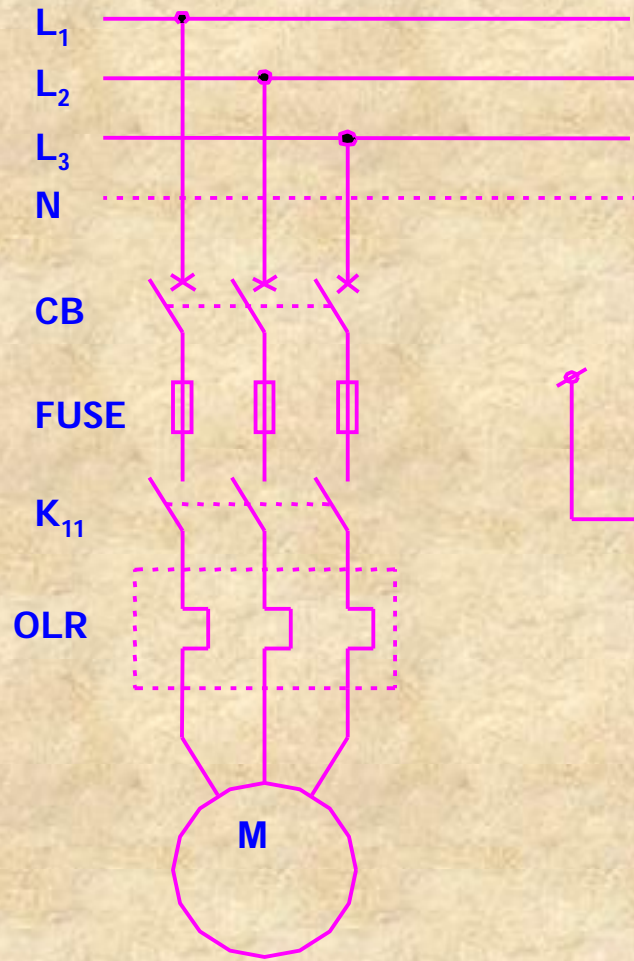
- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

12. Mạch điện mở máy động cơ theo thứ tự

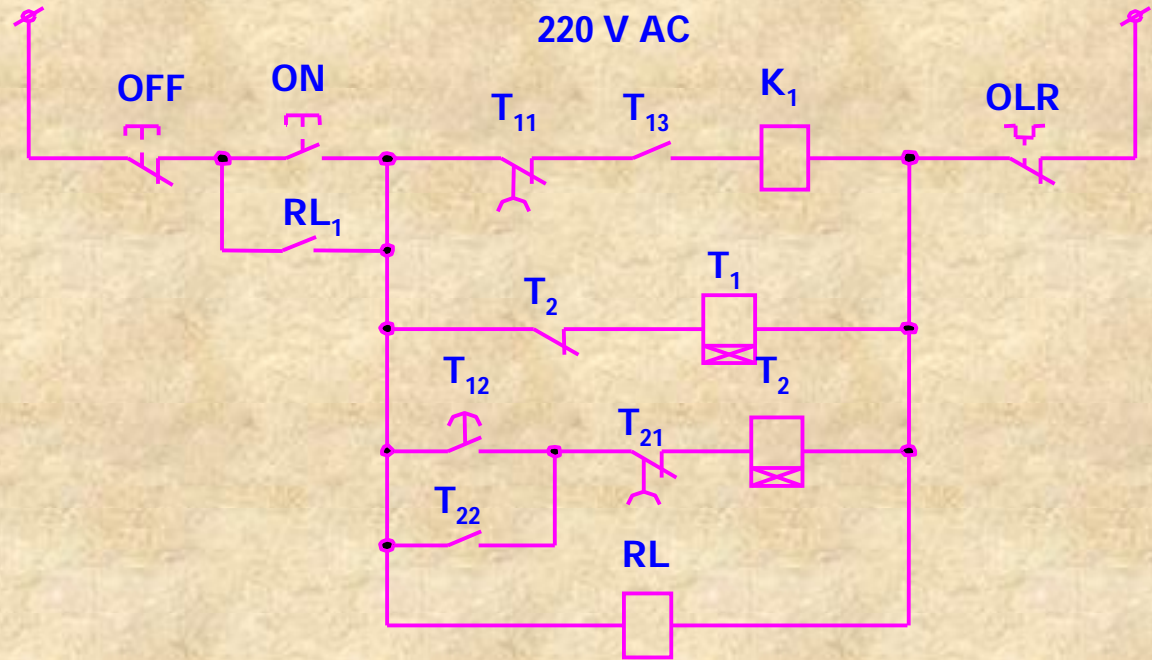


- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan

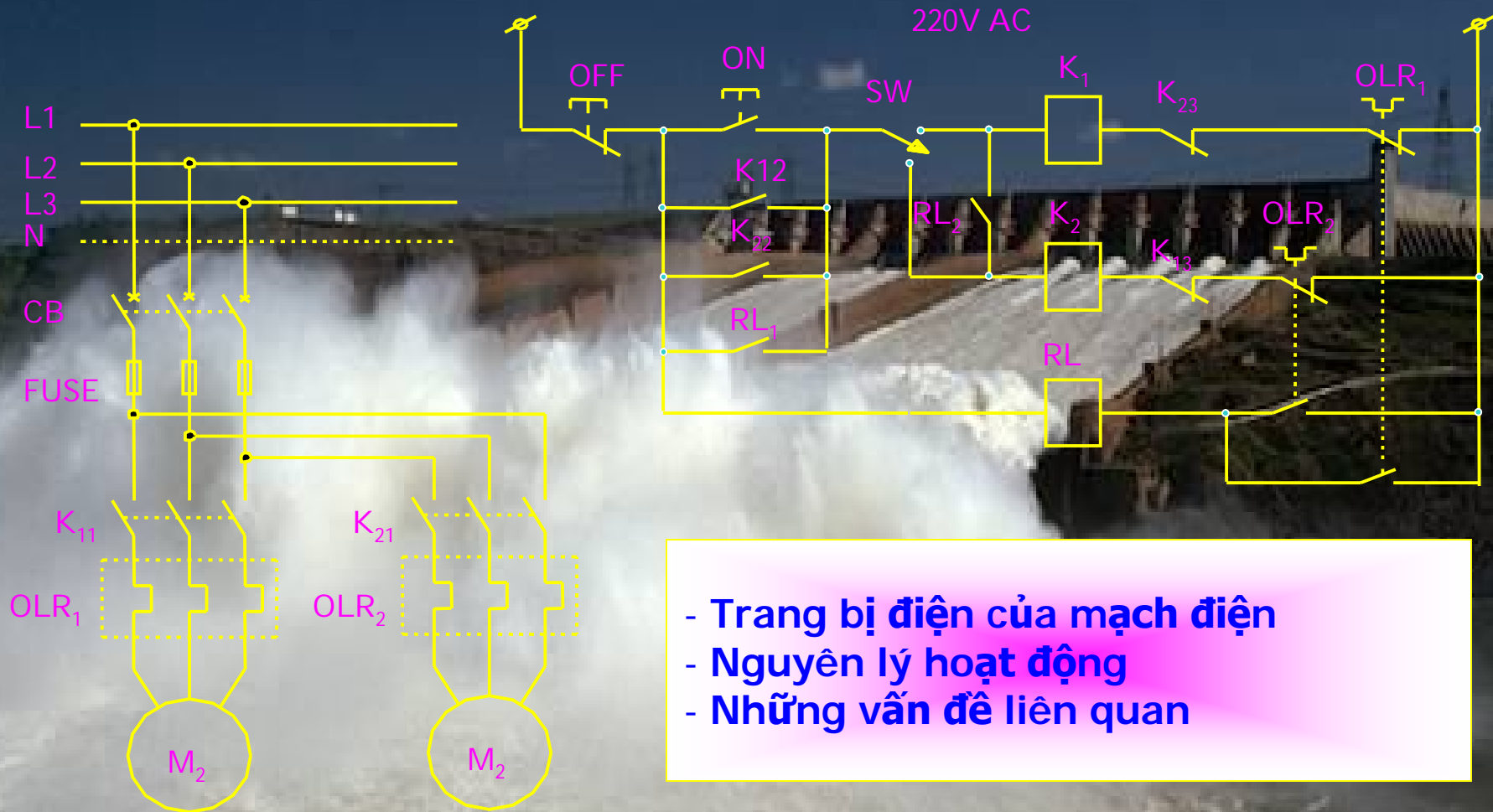
13. Mạch điều khiển một động cơ chạy tắt luân phiên



- Trang bị điện của mạch điện
- Nguyên lý hoạt động
- Những vấn đề liên quan



14. Mạch tự động đóng điện cho động cơ dự phòng khi động cơ chạy chính bị sự cố





Tài liệu tham khảo:

- 1. Điện công nghiệp
– Bộ xây dựng**
- 2. Bài giảng Điện
công nghiệp**