



SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ SẢN XUẤT VÀ PHÂN PHỐI ĐIỆN NĂNG

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

Các chương môn HTCCĐ

- Chương 1: Khái niệm chung về sản xuất và phân phối điện năng
- Chương 2: Phụ tải điện
- Chương 3: Các sơ đồ cung cấp điện
- Chương 4: Tính toán kinh tế - kỹ thuật trong cung cấp điện
- Chương 5: Tính toán về điện trong cung cấp điện
- Chương 6: Tính toán ngắn mạch trong cung cấp điện
- Chương 7: Lựa chọn các thiết bị điện trong cung cấp điện
- Chương 8: Nâng cao chất lượng điện năng của hệ thống cung cấp điện
- Chương 9: Bảo vệ trong hệ thống cung cấp điện
- Chương 10: Phân tích an toàn điện trong cung cấp điện
- Chương 11: Chiếu sáng công nghiệp



Sách tham khảo

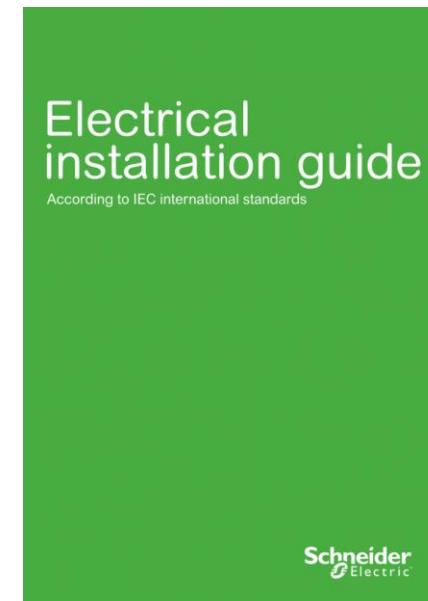
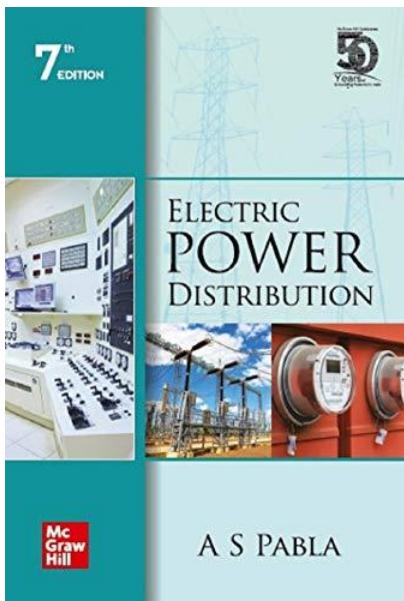
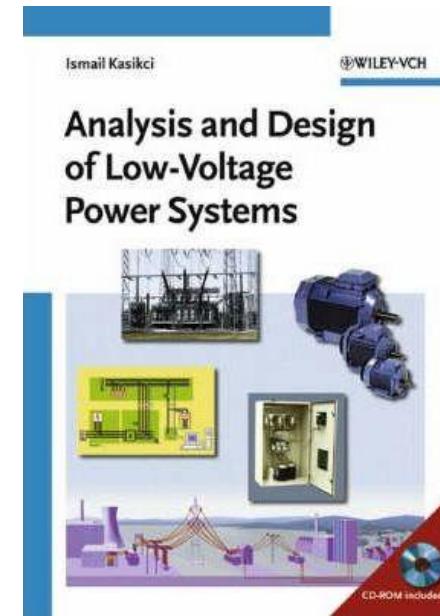
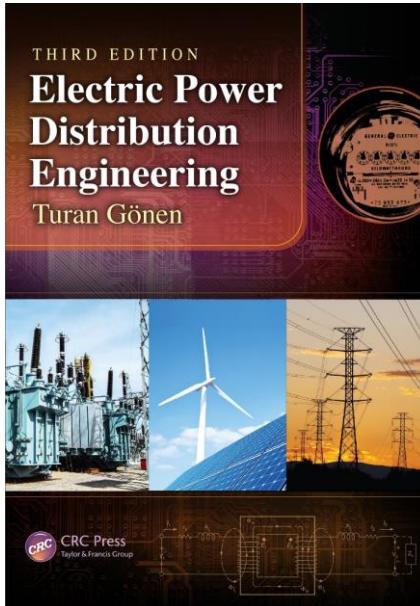
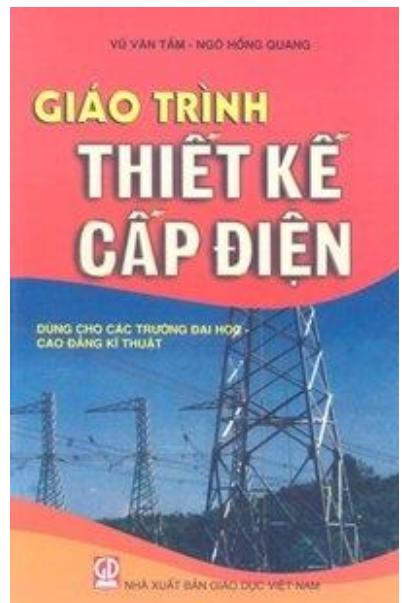
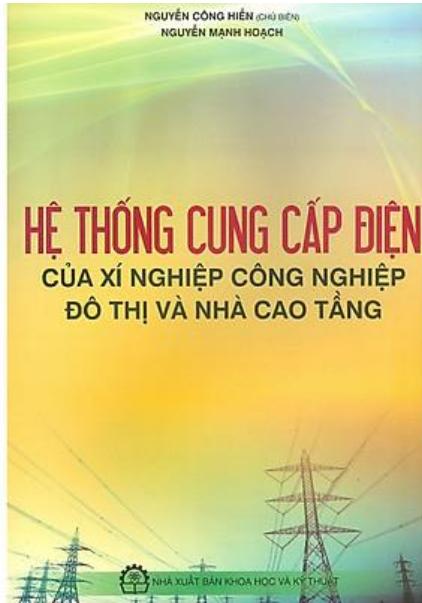


TABLE OF CONTENT

§ 1.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN

- 1.1.1. Sơ đồ tổng quát và các khái niệm chung
- 1.1.2. Công nghệ sản xuất điện năng trong các nhà máy điện
 - 1.1.2.1. Nhà máy nhiệt điện
 - 1.1.2.2. Nhà máy thủy điện
 - 1.1.2.3. Nhà máy điện nguyên tử (NMĐNT)
 - 1.1.2.4. Một số loại nhà máy điện khác

§ 1.2. KHÁI NIỆM VỀ CÁC HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

- 1.2.1. Hệ thống cung cấp điện và lưới phân phối điện
- 1.2.2. Điện áp của lưới điện
- 1.2.3. Phân loại lưới điện
- 1.2.4. Kết cấu lưới điện
- 1.2.5. Phân loại hệ thống cung cấp điện
- 1.2.6. Các ký hiệu thông dụng trong thiết kế hệ thống điện



1. Sơ đồ tổng quát hệ thống điện

□ Sản xuất điện năng

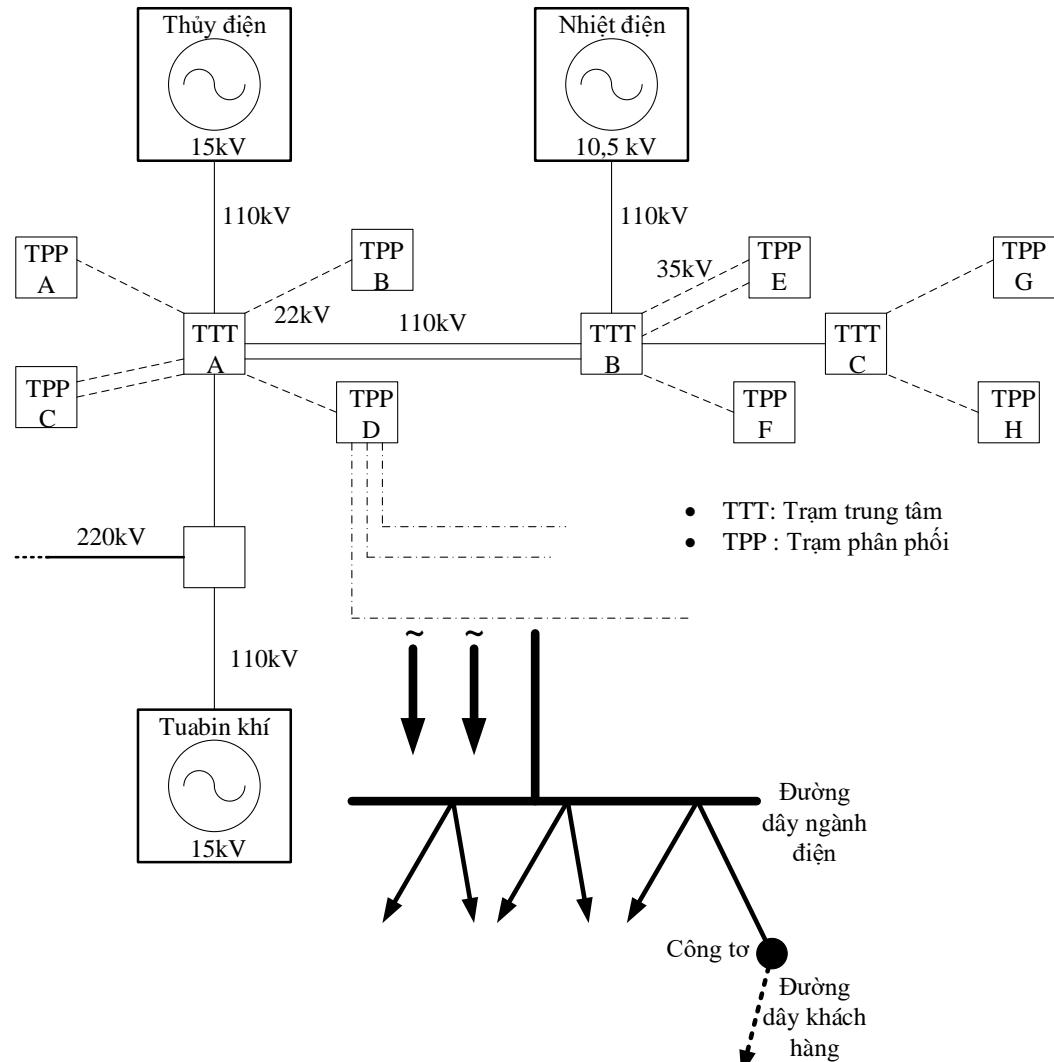
- Nhiều công nghệ
- Tại các nhà máy điện

□ Truyền tải, phân phối điện năng

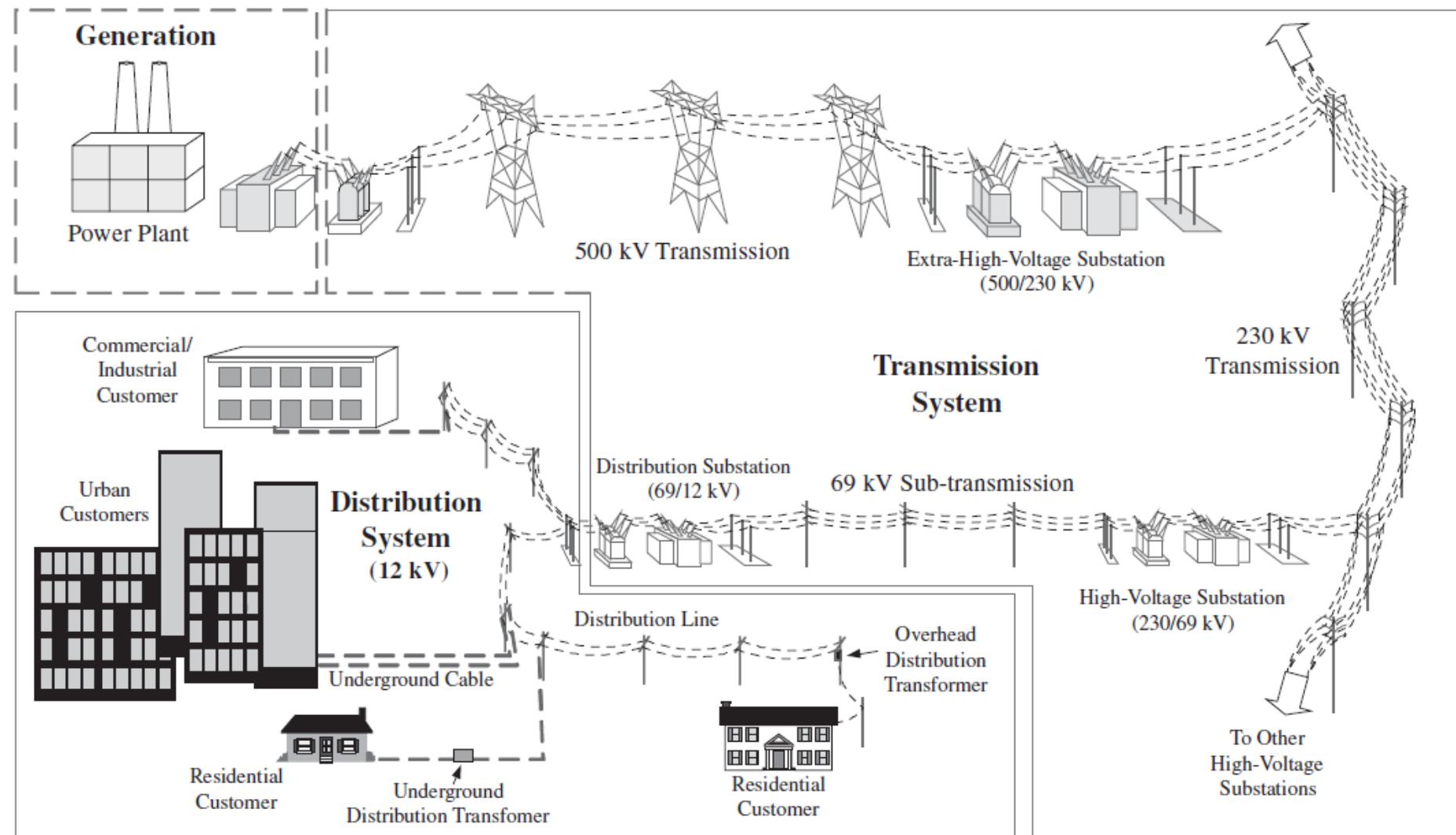
- Hệ thống truyền tải điện
- Hệ thống phân phối điện

□ Tiêu thụ điện năng

- Nhiều hình thức tiêu thụ
- Quy mô khác nhau

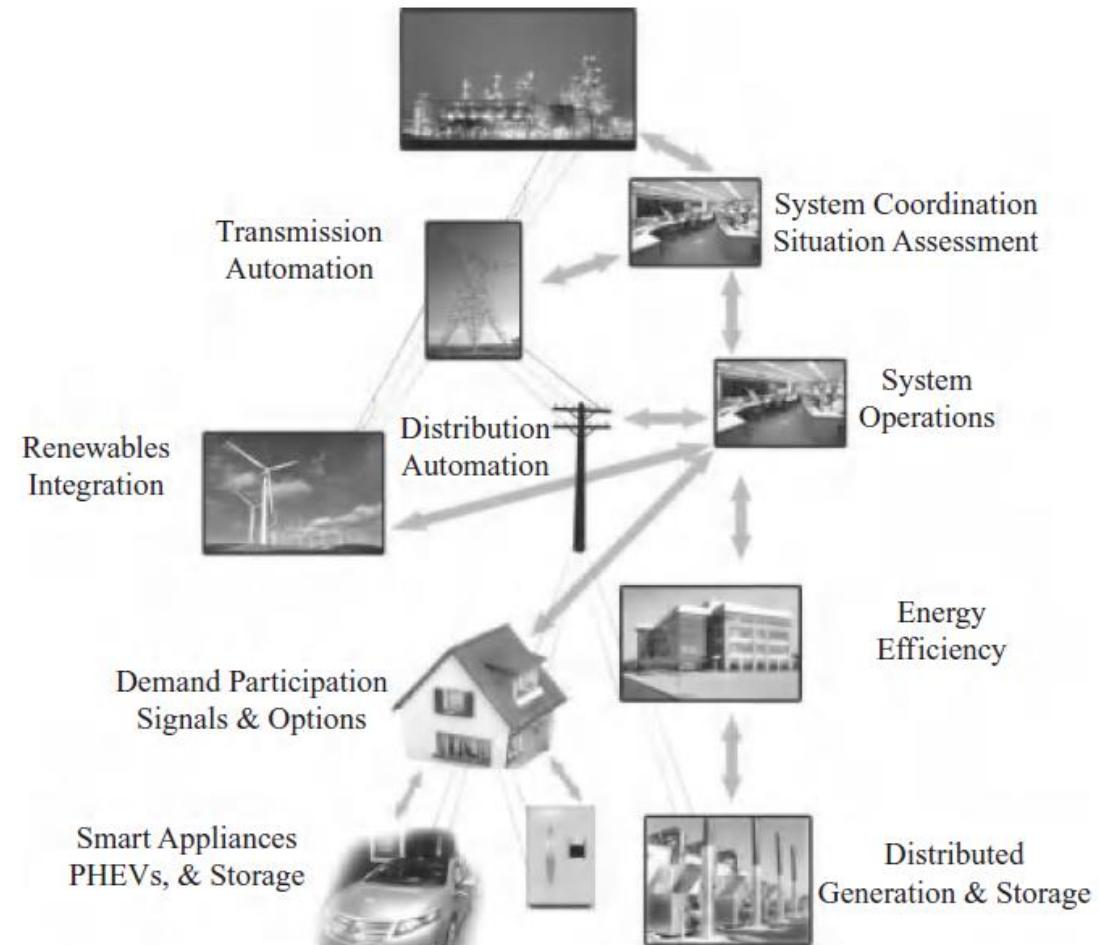


1. Sơ đồ tổng quát hệ thống điện truyền thống



1. Lưới điện hiện đại – Lưới điện thông minh

Đặc điểm	Lưới truyền thống	Lưới thông minh
Giao tiếp, truyền thông	Gần như không có hoặc chỉ xảy ra theo một chiều, thường không hoạt động thời gian thực	Hai chiều, thời gian thực
Tương tác với khách hàng	Bị giới hạn	Không bị giới hạn
Công tơ đo đếm	Cơ điện	Điện tử (cho phép định giá theo thời gian thực và bù trừ điện năng)
Vận hành và Bảo dưỡng	Thủ công	Quản lý từ xa, có công tác dự báo, bảo trì dựa trên thời gian
Cơ chế phát điện	Tập trung	Cả tập trung và phân tán
Điều khiển trào lưu công suất	Giới hạn	Đầy đủ, tự động
Độ tin cậy	Dễ gặp sự cố và mất điện xếp tầng	Bảo vệ tự động, chủ động, ngăn chặn sự cố trước khi bắt đầu
Phục hồi sau khi gặp sự cố	Thủ công	Tự phục hồi
Tòpô của mạng lưới phân phối	Mạng hình tia, thường là một chiều dòng năng lượng	Theo hệ thống với nhiều đường dẫn điện



2. Các khái niệm cơ bản

□ Hệ thống điện

- ❖ Thiết bị điện (nhà máy, trạm biến áp, đường dây)
- ❖ Thiết bị khác (điều khiển, bảo vệ, đo lường)

→ Làm nhiệm vụ sản xuất, truyền tải và phân phối

□ Nguồn điện

- ❖ Biến đổi năng lượng sơ cấp (nhiệt, thủy, hạt nhân) thành điện

□ Lưới điện

- ❖ Tập hợp liên kết (trạm biến áp, trạm phân phối, đường dây)
- ❖ Nhiệm vụ: kết nối, truyền tải điện năng từ nguồn đến phụ tải

□ Phụ tải

- ❖ Tiêu thụ điện năng, biến điện thành các dạng năng lượng khác

2. Đặc điểm công nghệ của hệ thống điện

Điện năng có ưu điểm

- ❖ Dễ chuyển thành các năng lượng khác (nhiệt, cơ, hóa...)
- ❖ Dễ truyền tải, dễ phân phối

Điện năng không tích trữ được

- ❖ Trừ dùng pin hay ắc qui đối với phụ tải công suất nhỏ
- ❖ Mọi lúc phải đảm bảo sự cân bằng điện năng phát ra - tiêu thụ

Điện năng được tạo ra từ các nguồn năng lượng khác

- ❖ Thủy năng, nhiệt năng từ việc đốt cháy nhiên liệu
- ❖ Quang năng, phong năng...

Sản xuất điện năng là quá trình điện tử xảy ra rất nhanh

- ❖ Sóng điện tử truyền với tốc độ ánh sáng
- ❖ Quá trình lan truyền của sóng sét, các sự cố ngắn mạch

2. Đặc điểm công nghệ của hệ thống điện

→ Để đảm bảo quá trình sản xuất, cung cấp điện an toàn:

- ✓ Sử dụng nhiều biện pháp đồng bộ như các thiết bị tự động trong điều khiển, đo lường, vận hành và bảo vệ hệ thống điện

□ Chế độ của hệ thống điện là các quá trình động

❖ Liên tục thay đổi theo thời gian

- ✓ Các thông số vận hành
- ✓ Nhu cầu phụ tải

□ Quan hệ chặt chẽ với tất cả các ngành của nền kinh tế

❖ Chế độ, chất lượng và độ tin cậy của hệ thống điện ảnh hưởng trực tiếp đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của ngành

2. Yêu cầu cơ bản của hệ thống điện

□Yêu cầu chính

- Đáp ứng tối đa nhu cầu phụ tải cực đại ở bất cứ thời điểm nào
- Đảm bảo cung cấp điện tin cậy và an toàn
- Đảm bảo chất lượng điện năng theo yêu cầu
- Tính kinh tế cao

□Yêu cầu phụ

- Tính phát triển
- Tính khả thi
- Tính linh hoạt khi vận hành

□Yêu cầu thực tế

- Trong quá trình thiết kế và vận hành hệ thống điện, do tính kinh tế thường mâu thuẫn với kỹ thuật → cần cân nhắc đến yêu cầu thực tế của nguồn, lưới và phụ tải để phối hợp hài hòa đem lại hiệu quả tốt nhất.

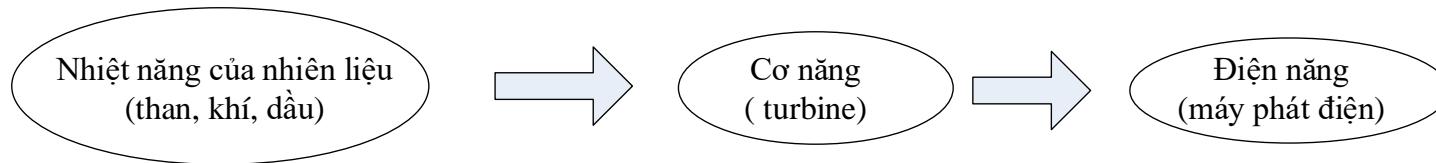


3. Công nghệ sản xuất điện năng (Nhiệt điện)



3. Công nghệ sản xuất điện năng (Nhiệt điện)

Quá trình biến đổi năng lượng



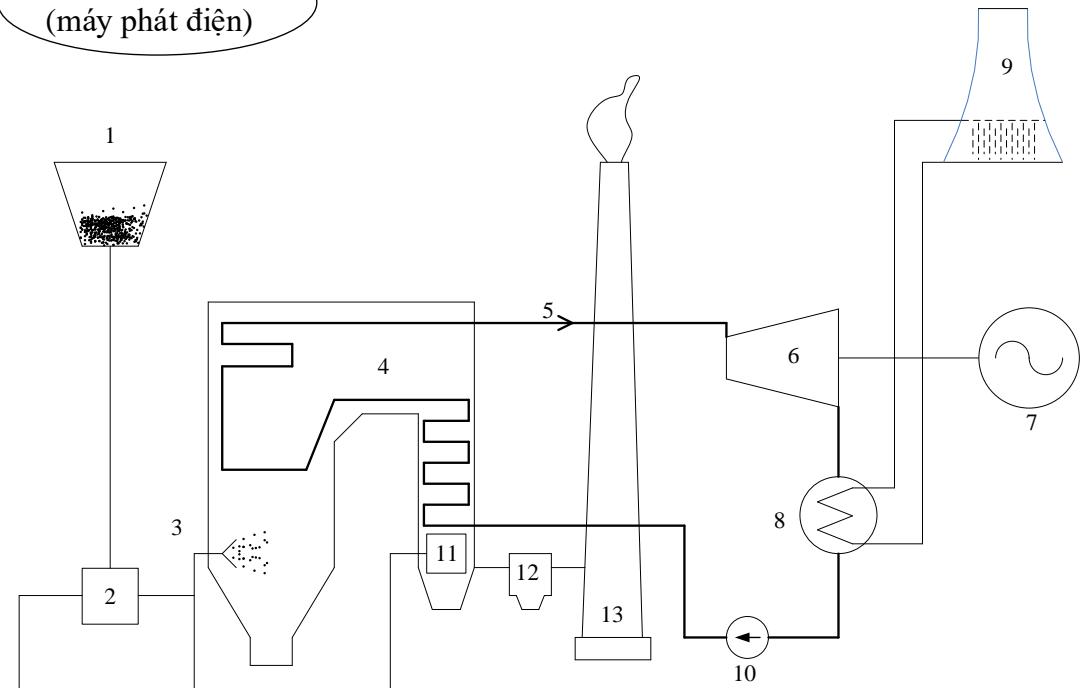
Chu trình nhà máy NĐ ngưng hơi

Trong lò

- Nhiệt độ: $(540-650)^\circ\text{C}$
- Áp suất: $(130-240) \text{ kg/cm}^2$

Sau turbine

- Nhiệt độ: 40°C
- Áp suất: $(0,03-0,04)\text{kg/cm}^2$



1. Cấp nhiên liệu (than)
2. Máy nghiền
3. Vòi phun than vào buồng đốt
4. Lò

5. Ống dẫn hơi
6. Turbine
7. Máy phát điện
8. Bình ngưng hơi

9. Tháp nước làm mát
10. Bơm nước cấp
11. Quạt tản nhiệt
12. Thiết bị lọc bụi
13. Ống khói

3. Phân loại nhà máy nhiệt điện

❑ Theo nhiên liệu được sử dụng:

- Nhà máy nhiệt điện chạy than: *nhiên liệu là than*
- Nhà máy nhiệt điện chạy khí: *nhiên liệu là khí gas*
- Nhà máy nhiệt điện diesel: *nhiên liệu là dầu*

❑ Theo phụ tải

- Nhà máy nhiệt điện ngưng hơi: *toàn bộ hơi sản xuất điện*
- Nhà máy nhiệt điện rút hơi: *một phần hơi nóng được trích ra từ turbine dẫn đi các phụ tải nhiệt gần nhà máy nhiệt điện*

3. Đặc điểm chính của nhà máy nhiệt điện

Ưu điểm

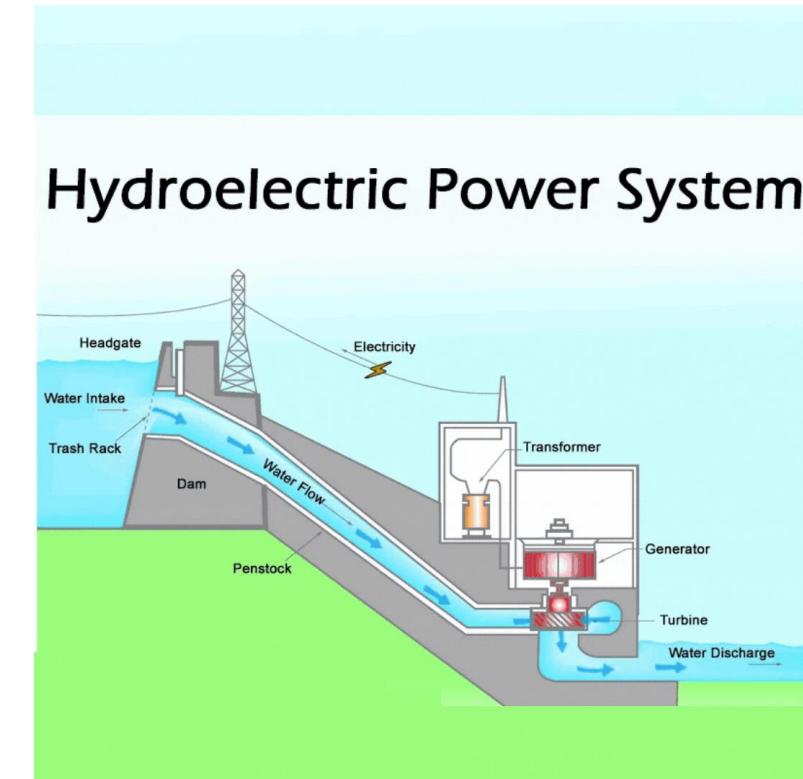
- Vốn đầu tư xây dựng thấp, thời gian xây dựng và đưa vào vận hành ngắn
- Hiệu quả thu hồi vốn nhanh

Nhược điểm

- Hiệu suất thấp ($\eta = 30\div40\%$ ngưng hơi, $\eta = 60\div70\%$ rút hơi)
- Tụt dùng 3%÷15%
- Vận hành kém linh hoạt, khởi động và tăng công suất chậm
- Độ tin cậy không cao do có nhiều khâu sản xuất điện năng
- Khối lượng nhiên liệu lớn, vận chuyển nhiên liệu tốn kém, phải có hệ thống lưu trữ, cung cấp nhiên liệu
- Cần nhiều nhân công lao động
- Gây ô nhiễm môi trường
- Giá thành điện năng cao

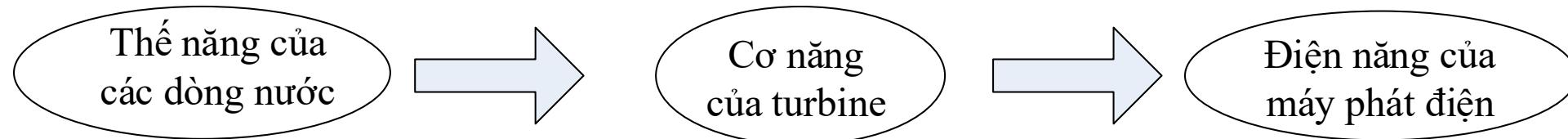


3. Công nghệ sản xuất điện năng (Thủy điện)



3. Công nghệ sản xuất điện năng (Thủy điện)

Quá trình biến đổi năng lượng



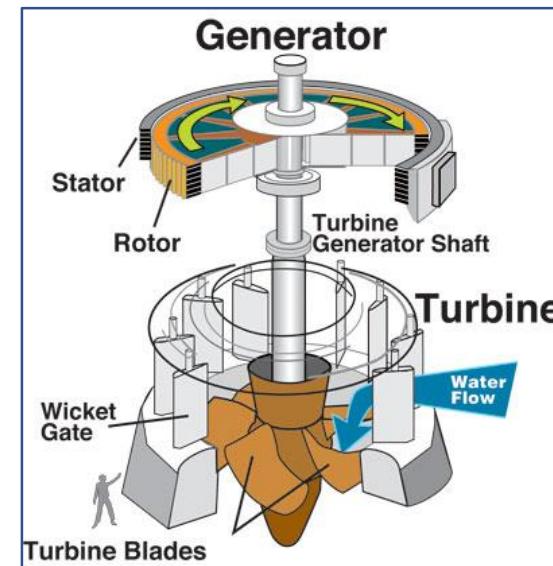
Công suất phát của nhà máy thủy điện được tính theo công thức sau

$$P = 9,81 \cdot H \cdot Q \cdot \eta \text{ (kW)}$$

- H: Độ cao của cột nước hiệu dụng [m]
- Q: Lưu lượng nước [m^3/s]
- η : Hiệu suất của nhà máy thủy điện

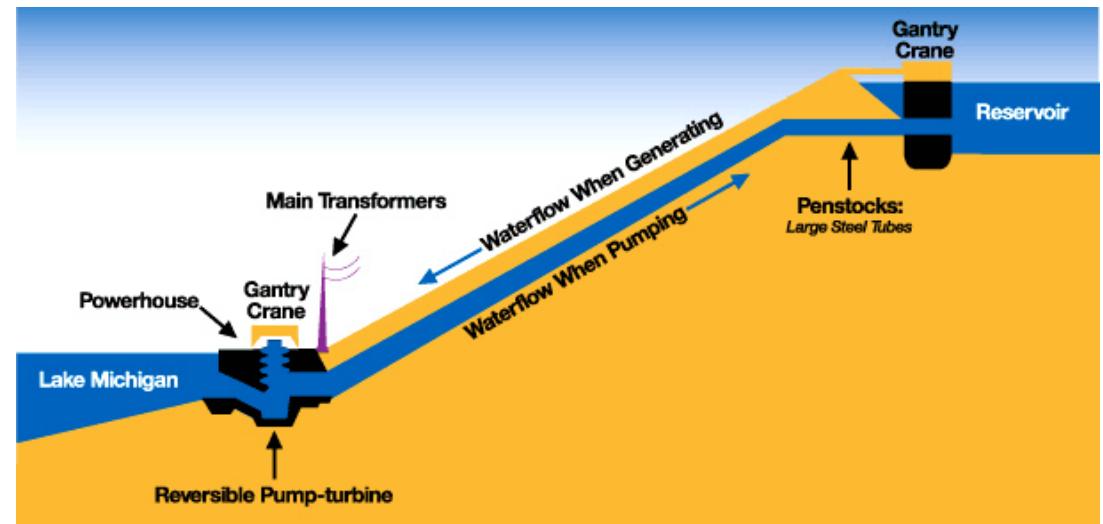
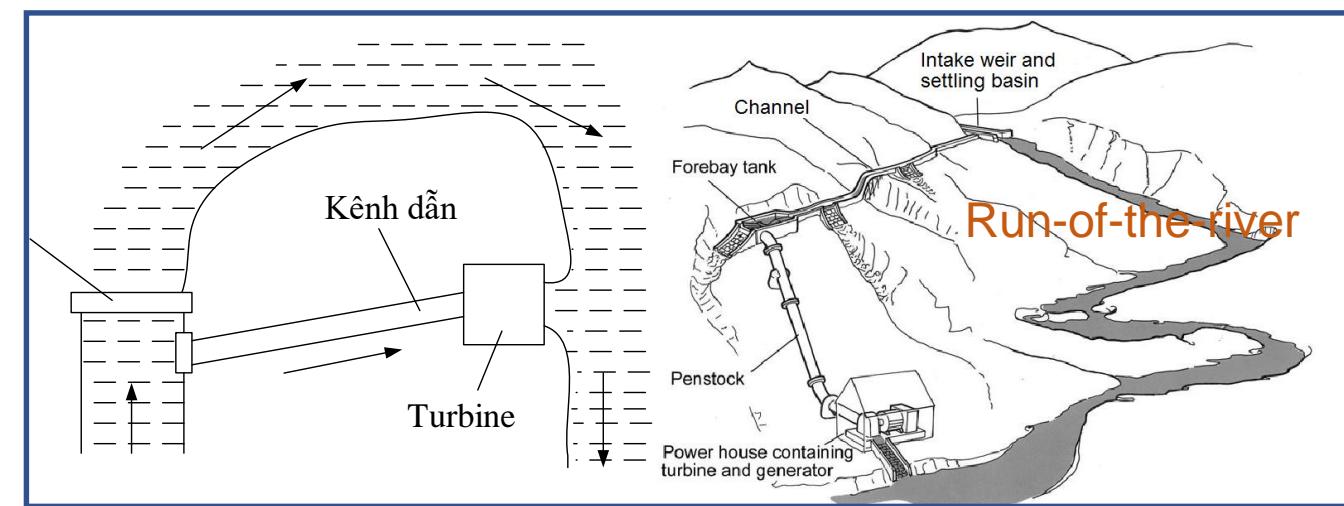
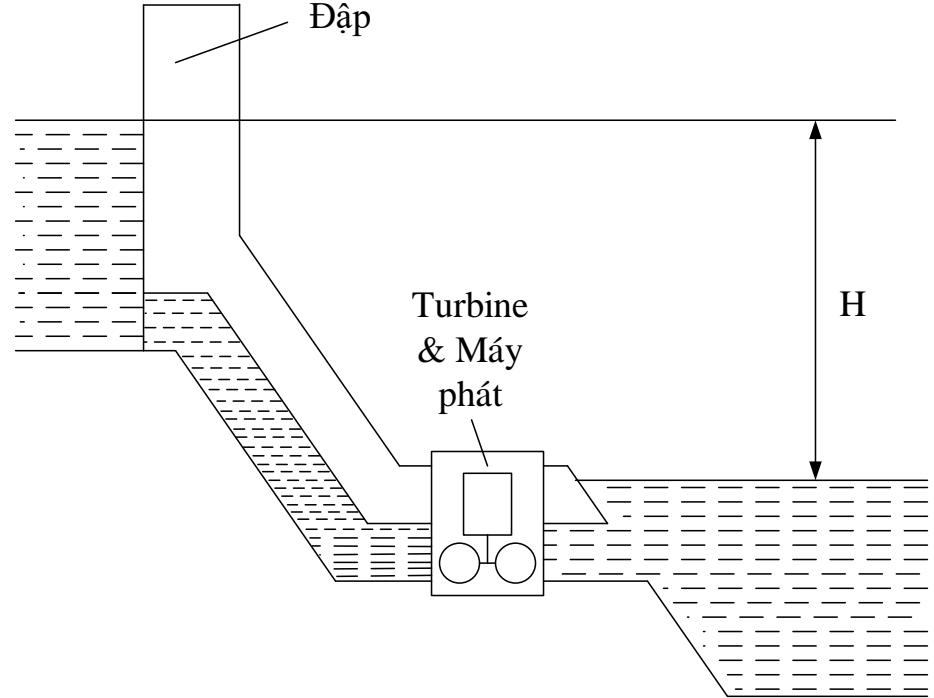
Ví dụ: Nhà máy thủy điện Hòa Bình

$$P=9,81 \cdot 109\text{m. } 1800 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0.95 = 1924\text{kW} = 240 \times 8 \text{ tủ máy}$$



3. Phân loại nhà máy thủy điện

1. **Kiểu đập:** dùng đập, nước qua turbine theo dòng
2. **Kiểu ống dẫn:** dùng đập, dẫn nước qua turbine đưa vào đường ống dẫn đi tắt
3. **Tích năng:** phát vào giờ cao điểm và bơm vào thấp điểm



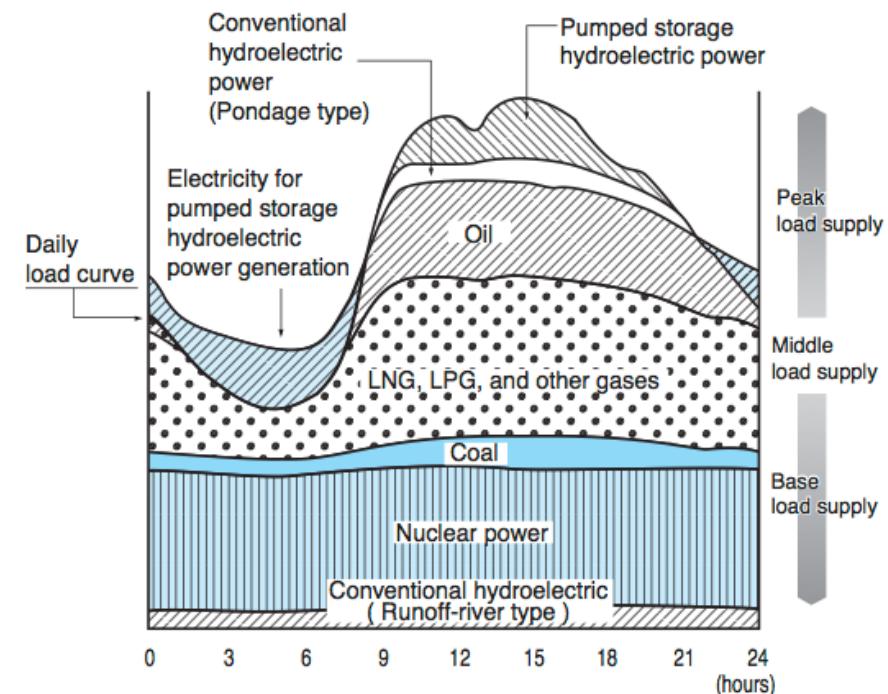
Đặc điểm chính của nhà máy thủy điện

Ưu điểm:

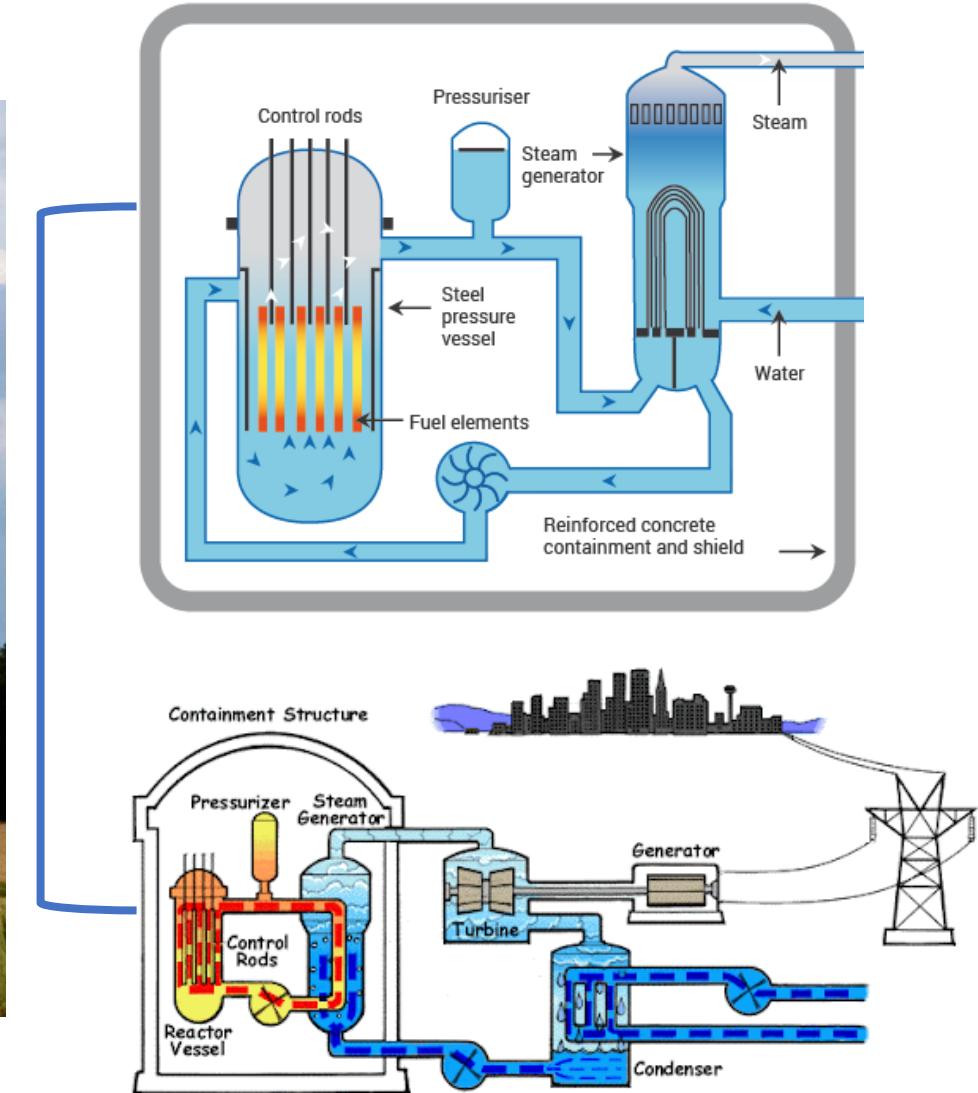
- Hiệu suất cao (85÷90%)
- Điện tự dùng ít (0,5÷2%)
- Linh hoạt, khởi động nhanh
- Độ tin cậy cao
- Giá điện rẻ (10-20% nhiệt điện)
- Dễ tự động hóa, ít nhân lực
- Đa mục tiêu (trị thủy, tưới tiêu, nuôi thủy sản, giao thông, du lịch...)
- Không gây ô nhiễm?!

Nhược điểm:

- Vốn lớn (13÷17% cho thiết bị, 83÷87% cho công trình đập và hồ chứa).
- Xây dựng lâu (10÷20 năm).
- Thay đổi môi trường sống (di dân, diện tích ngập nước, biến đổi môi trường sinh thái).
- Chịu ảnh hưởng bởi thời tiết (lượng nước, cần có hệ thống dự báo thủy văn tốt)



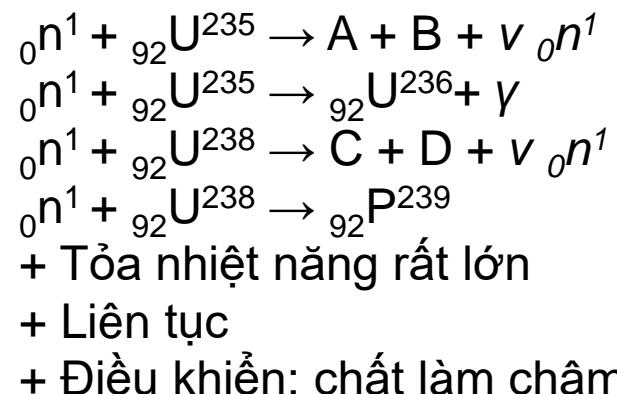
3. Công nghệ sản xuất (Điện hạt nhân)



3. Công nghệ sản xuất điện (Điện hạt nhân)

Nguyên tắc biến đổi năng lượng

- ❖ Nhiệt lượng sinh ra do phân hủy hạt nhân nguyên tử $_{92}U^{235}$
- ❖ 1g $_{92}U^{235}$ tạo nhiệt lượng 2 tấn dầu và 3 tấn than đá
- ❖ Uran thiên nhiên có 99,6% đồng vị $_{92}U^{238}$ + 0,7% đồng vị $_{92}U^{235}$
- ❖ $_{92}U^{235}$ bị phân rã cả notron nhanh ($năng lượng > 1 \text{ MeV}$) lẫn notron chậm ($năng lượng < 1 \text{ MeV}$) ; $_{92}U^{238}$ chỉ notron nhanh
- ❖ Phá vỡ hạt nhân nguyên tử uran thành hai mảnh phân hạch (hạt nhân nhẹ hơn) đồng thời phát ra notron nhanh và tỏa nhiệt

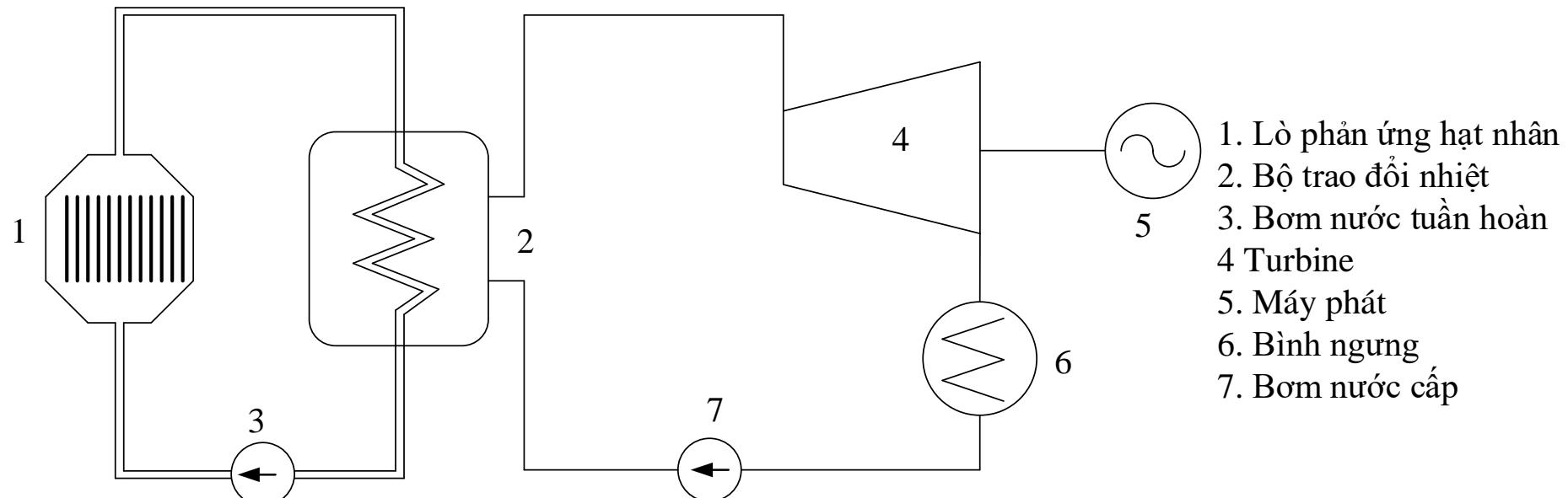


${}_0n^1$: Hạt notron có khối lượng bằng 1 đơn vị H, và trung hòa về điện.
A, B, C và D là các mảnh phân hạch (các hạt nhân nhẹ hơn uran).
 ν : Số notron phát ra sau khi phân hạch
 γ : Bức xạ γ .

3. Công nghệ sản xuất điện (Điện hạt nhân)

Nguyên lý quá trình sản xuất

- ❖ Lò hơi của NMNĐ là lò phản ứng hạt nhân (khác than)
- ❖ Dùng 2 đến 3 vòng chu trình nhiệt để tránh nguy hiểm của phóng xạ đối với người và thiết bị



- ❖ Nước vừa làm chất tải nhiệt, vừa làm chất làm chậm

3. Phân loại nhà máy điện nguyên tử

Tùy theo công nghệ của lò phản ứng có các loại nhà máy

- ❖ NMĐNT dùng *lò khí* trong đó khí làm môi chất tải nhiệt, chất làm chậm là than chì
- ❖ NMĐNT dùng *lò nước nặng* trong đó khí làm môi chất tải nhiệt và chất làm chậm là nước nặng (D_2O). D: Đơ-tơ-ri: Đồng vị của hydro.
- ❖ NMĐNT dùng *lò nước nhẹ* trong đó khí làm môi chất tải nhiệt và chất làm chậm là nước nhẹ (H_2O).

3. Đặc điểm nhà máy điện nguyên tử

❖ ***Khả năng làm việc độc lập***

- ✓ Không phụ thuộc hòm chứa, than cốc, lượng nhiên liệu nhỏ.

❖ ***Vận hành linh hoạt:***

- ✓ Khởi động nhanh, ĐTPT tự do, toàn bộ điện năng sản xuất ra sẽ được phát lên hệ thống điện.

❖ ***Hiệu suất cao hơn NMND***

❖ ***Không ô nhiễm môi trường do khói thải.***

- ✓ Tuy nhiên, nguy hiểm cho người vận hành và dân cư xung quanh khu vực nhà máy nếu rò rỉ phóng xạ (Fukushima 3/2011)

❖ ***Xử lý nhiên liệu đã sử dụng cần nhiều công nghệ hỗ trợ***

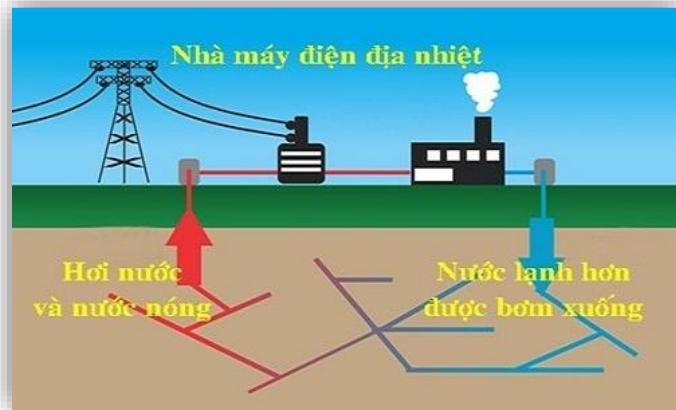
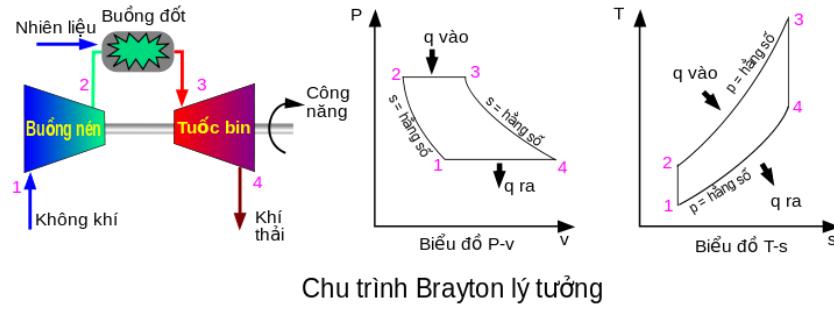
❖ ***Vốn đầu tư lớn***

- ✓ Do yêu cầu công nghệ cao để đảm bảo an toàn
- ✓ Để tăng độ an toàn → Tăng số chu trình trao đổi nhiệt
→ Hiệu suất giảm + vốn đầu tư tăng



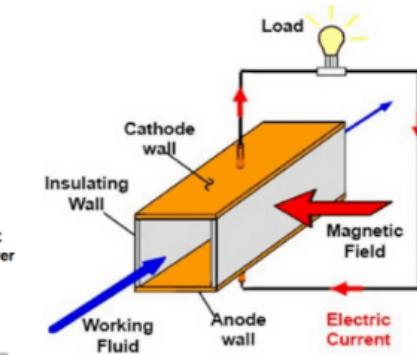
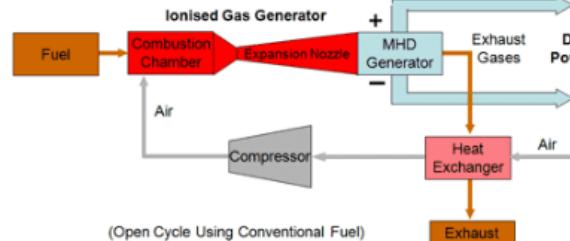
3. Một số nhà máy điện khác

- ❑ Nhà máy điện tuabin khí
- ❑ Nhà máy điện từ thủy động
(Magnetohydrodynamic generator)
- ❑ Nhà máy điện địa nhiệt
- ❑ Nhà máy nhiệt điện năng lượng mặt trời (CSP)
- ❑ Nhà máy điện dùng sức gió
- ❑ Nhà máy điện thủy triều

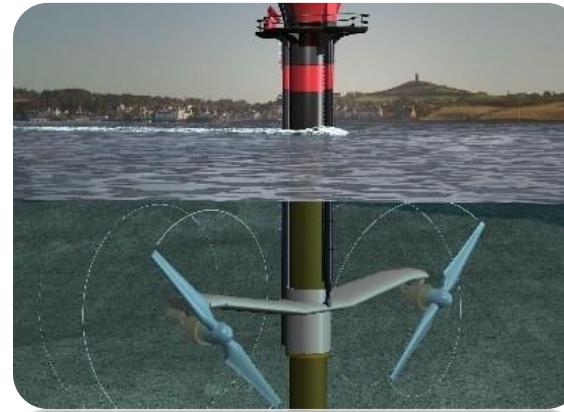
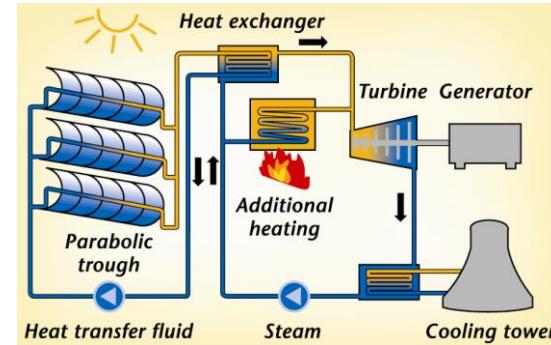


What is MHD Generation?

Magnetohydrodynamic (MHD) Electricity Generation



E4U Electrical 4 U



3. Một số nhà máy điện khác (Điện gió)

- ❖ Năng lượng cánh quạt trích xuất từ gió:

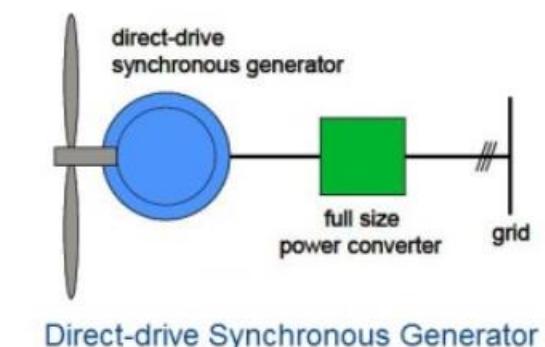
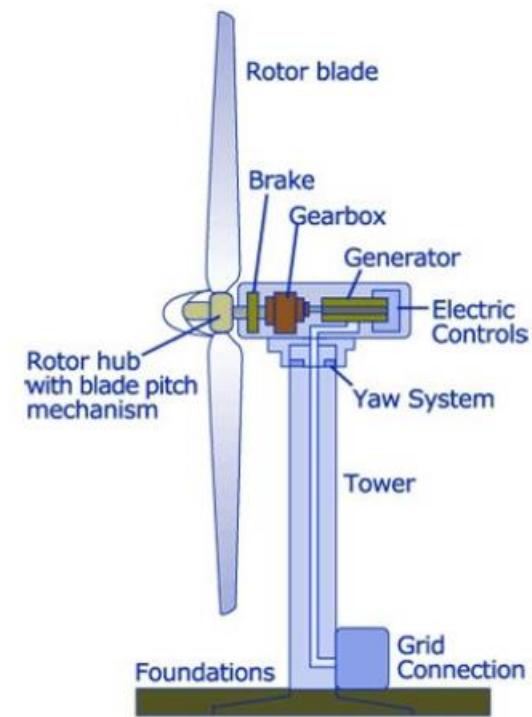
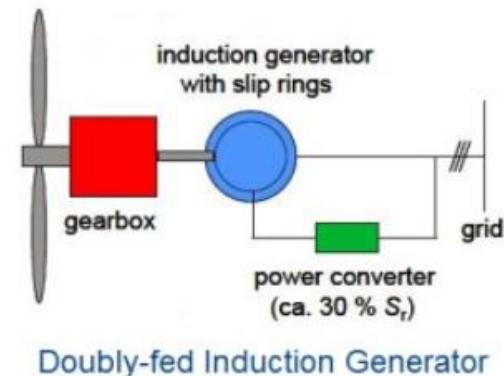
$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p$$

ρ : Air density, kg/m^3
 A : Area swept by the rotor blades, m^2
 V : Velocity of the air, m/s
 C_p : power coefficient

- ❖ Phân loại:

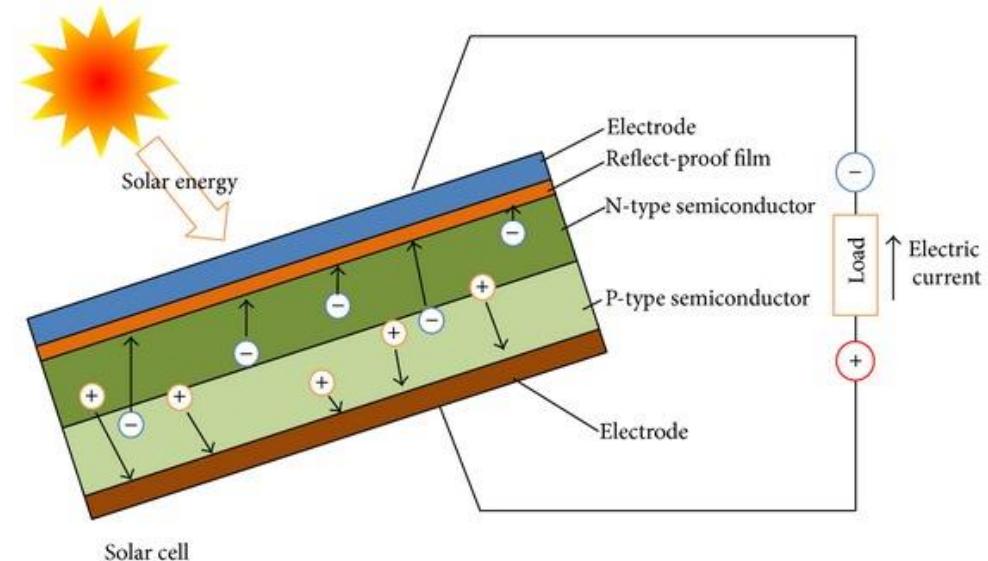
- DFIG
- DDSG

- ❖ Năng lượng tái tạo, không gây ô nhiễm
- ❖ Chi phí đầu tư lớn (~2 USD/W)
- ❖ Tốc độ gió rất bất định
- ❖ Gặp một số vấn đề về kết nối lưới



3. Một số nhà máy điện khác (Điện mặt trời)

- ❖ Năng lượng tái tạo
- ❖ Thời gian lắp đặt ngắn
- ❖ Kiến trúc tinh, dễ dàng bảo dưỡng
- ❖ Công suất phát lệ thuộc vào thời tiết
- ❖ Vốn đầu tư khá cao ở quy mô nhỏ (2-3USD/W) nhưng giảm dần đối với các hệ thống lớn



4. Hệ thống cung cấp điện và lưới điện phân phối

- ❑ HTCCĐ (tính thiết kế): HTĐ cung cấp điện cho phụ tải điện
- ❑ Phụ tải (*tính tương đối*): động cơ điện, hoặc cả thành phố
- ❑ HTĐ: gồm nguồn điện và lưới điện nối nguồn tới phụ tải
- ❑ HTCCĐ: HTĐ lớn hoặc chỉ là một lưới điện nhất định để cung cấp cho một phụ tải nhất định
- ❑ Nguồn điện:
 - Nhà máy điện nếu HTCCĐ cấp cho phụ tải lớn như miền Bắc
 - Trạm khu vực 220/110kV cấp điện là một vài tỉnh
 - Trạm trung gian 110/35kV cấp cho một khu công nghiệp
 - Tủ phân phối hạ áp cấp điện là một ngôi biệt thự nhỏ
- ❑ HTCCĐ gắn với phụ tải nên thường dùng thuật ngữ HTCCĐ cho lưới phân phối điện vì phần lưới này gắn với phụ tải



5. Điện áp định mức của lưới điện

□Điện áp định mức:

- Điện áp chuẩn mực để thiết kế lưới điện, chọn các thiết bị phân phối điện và thiết bị dùng điện
- Là thông số thiết kế, vừa dùng làm tên gọi đối với các lưới điện và các thiết bị điện

□Các cấp điện áp định mức theo tiêu chuẩn IEC-38:

- Hạ áp: 380/220V
- Trung áp: 3, 6, 10, 15, **22**, 33, **35** kV
- Cao áp: **66, 110, 220** kV
- Siêu cao áp: 330, 400, **500**, 750 kV

□Có nhiều cấp điện áp?

- Ứng với công suất phụ tải và độ dài truyền tải → tối ưu kinh tế
- Điện áp cao giảm tổn thất nhưng phí vận hành cao
- Chọn điện áp tối ưu là bài toán kinh tế kỹ thuật quan trọng

5. Chọn điện áp lưới điện

☐ Tiện cho kỹ sư thiết kế, thường lập sẵn các bảng tra, các đường cong hoặc các công thức kinh nghiệm

❖ Still (US) với đường dây $L \leq 250$ km, công suất $P \leq 60$ MW

$$U_{đm} = 4,34\sqrt{L + 16.P}, \text{kV ; L(km), P(MW)}$$

❖ Zalesski (Liên Xô cũ) khi công suất và khoảng cách lớn

$$U_{đm} = \sqrt{P(100 + 15\sqrt{L})}, \text{kV; L(km), P(MW)}$$

❖ Tác giả....(Liên Xô cũ)

$$U_{đm} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}}, \text{kV}$$

L: Chiều dài (km)

P: Công suất hữu công truyền tải (MW)

S: Công suất biểu kiến truyền tải (MVA)

❖ Vaykert (Đức) với chiều dài L và S lớn

$$U_{đm} = 3.\sqrt{S} + 0,5.L, \text{kV ; L(km), S(MVA)}$$

5. Chọn điện áp lưới điện

Giá trị gần đúng về công suất truyền tải và khoảng cách truyền tải của các mạng có cấp điện áp khác nhau

Cấp điện áp của mạng	Loại đường dây	Công suất truyền tải	Khoảng cách (km)
0.22	Trên không Cáp	< 50	< 0.15
		< 100	< 0.2
0.38	Trên không Cáp	< 100	< 0.25
		< 175	< 0.35
6	Trên không Cáp	< 2000	5 ~ 10
		< 3000	< 8
10	Trên không Cáp	< 3000	8 ~ 15
		< 5000	< 10
35	Trên không	2000 ~ 10000	20 ~ 50
110	Trên không	10000 ~ 50000	50 ~ 150
220	Trên không	100000 ~ 150000	200 ~ 300

5. Điện áp vận hành của lưới điện

Định nghĩa

- Điện áp thực tế: ở từng thời điểm, tại từng vị trí trên lưới điện

Đặc điểm

- Là một thông số động, phụ thuộc vào nhiều yếu tố:
 - Dòng điện tải,
 - Khoảng cách truyền tải
 - Kết cấu của lưới điện

Yêu cầu

- Giữ cho điện áp vận hành trung bình bằng điện áp định mức
- Độ lệch điện áp lớn nhất nằm trong giới hạn cho phép
- Đảm bảo vận hành ổn định và an toàn cho các thiết bị



5. Hệ thống điện có điện áp vận hành cao

Ưu điểm

- ❖ ***Điện áp rời*** —Cùng lượng công suất truyền tải: điện áp cao → tổn thất điện áp thấp hơn.
- ❖ ***Dung lượng***—Cùng dòng điện cho phép định mức: điện áp cao → công suất truyền tải nhiều
- ❖ ***Tổn thất*** —Cùng dòng công suất: điện áp cao → giảm tổn thất công suất trên đường dây
- ❖ ***Phạm vi***—Do độ sụt áp nhỏ, dung lượng lớn, lưới điện áp cao → lưới trải rộng hơn.
- ❖ ***Ít trạm biến áp***—Do phạm vi rộng, trạm biến áp được giảm đi.

Nhược điểm

- ❖ ***Độ tin cậy***—Lưới rộng hơn, tải nhiều lên → độ tin cậy thấp hơn
- ❖ ***Sự an toàn cho đội thi công vận hành***—Không thích phải làm việc với lưới điện áp cao.
- ❖ ***Giá thiết bị điện***—Các thiết bị điện (MBA, dây cáp, cách điện) vận hành ở điện áp cao giá thành cao.

6. Phân loại lưới điện

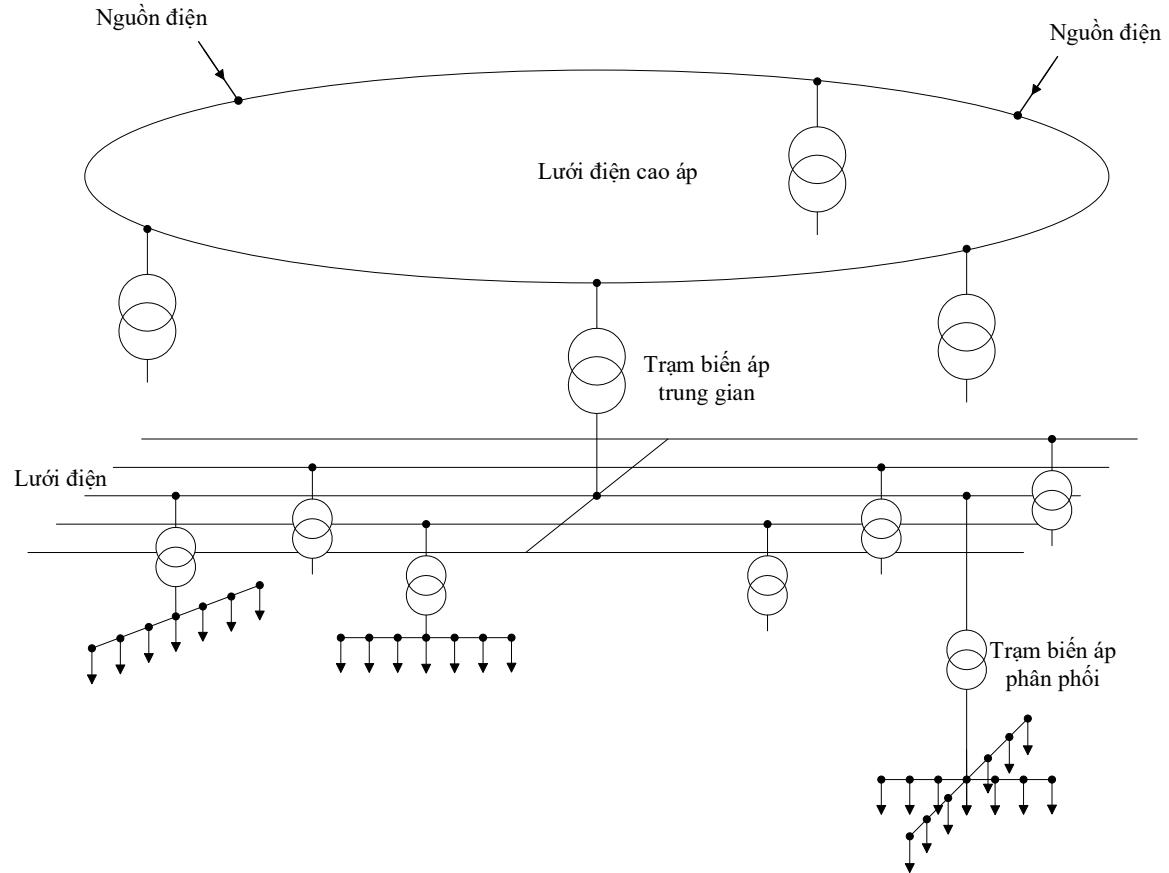
Tiêu chí	Các loại lưới điện	Đặc điểm
Theo dòng điện	Lưới điện xoay chiều	1893
	Lưới điện một chiều	Liên kết các mạng điện lớn
	Lưới hạ áp	$U_{đm} \leq 1kV$
Theo điện áp	Lưới trung áp	$1kV < U_{đm} \leq 35kV$
	Lưới cao áp	$35kV < U_{đm} \leq 220kV$
	Lưới siêu cao áp	$220kV < U_{đm}$
Theo lãnh thổ	Lưới điện khu vực	Cung cấp điện cho một khu vực (miền)
	Lưới điện địa phương	Cung cấp điện cho một địa phương (tỉnh, thành)
Theo tính chất hộ tiêu thụ	Lưới điện công nghiệp	Cung cấp điện cho các phụ tải công nghiệp
	Lưới điện nông nghiệp	Cung cấp điện cho các phụ tải nông nghiệp
	Lưới điện đô thị	Cung cấp điện cho các phụ tải đô thị
	Lưới hệ thống điện	Liên kết các hệ thống điện, các nhà máy điện, truyền tải điện. Điện áp thường rất lớn (ví dụ đường dây 500kV).
Theo chức năng	Lưới truyền tải điện	Điện áp từ cấp 35kV đến 220 kV
	Lưới phân phối điện	Điện áp từ cấp 35 kV trở xuống. Lưới phân phối điện được chia thành lưới trung áp (điện áp từ 1kV đến 35kV) và lưới điện hạ áp (dưới 1 kV)

7. Phân loại hệ thống cung cấp điện

Theo phân loại phụ tải

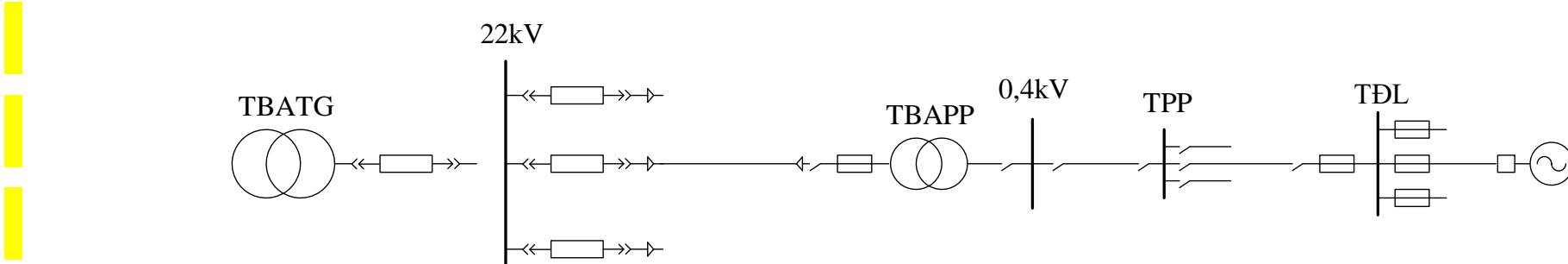
❖ HTCCĐ đô thị

- ✓ Phân bố đều
- ✓ Mật độ lớn (từ 5÷chục VA/m²).
- ✓ Không bằng phẳng
- ✓ Sơ đồ lưới điện dạng “ô bàn cờ”.
- ✓ Mạng cao áp dạng mạch vòng lớn.
- ✓ Trung áp chạy dọc
- ✓ Lưới điện hạ áp bao quanh các ô bàn cờ



7. Phân loại hệ thống cung cấp điện

Theo phân loại phụ tải



HTCCĐ công nghiệp

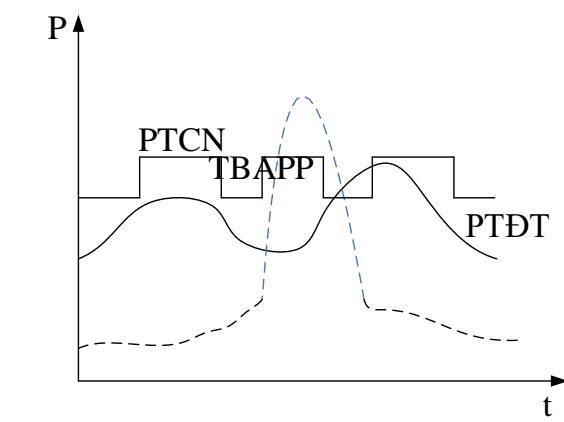
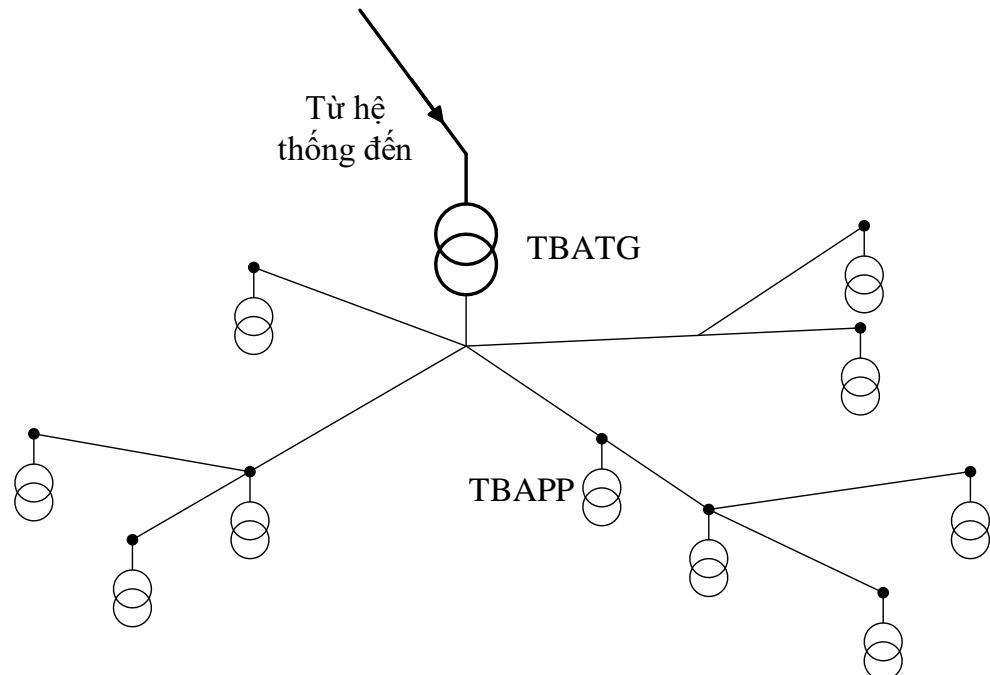
- ❖ Phụ tải tập trung với mật độ cao, phụ tải động lực chiếm tỷ lệ lớn so với phụ tải chiếu sáng và sinh hoạt.
- ❖ Đồ thị phụ tải tương đối bằng phẳng và có dáng điệu ít thay đổi, phản ánh đặc điểm làm việc theo ca, công nghệ sử dụng điện
- ❖ Sơ đồ cung cấp điện có dạng hình tia, khoảng cách đường dây ngắn, các trạm phân phối tập trung.

7. Phân loại hệ thống cung cấp điện

Theo phân loại phụ tải

HTCCĐ nông nghiệp

- ❖ Phản ánh đặc điểm tưới tiêu.
- ❖ Phụ tải có vị trí phân tán, một độ phụ tải thấp (dưới 1VA/m^2) .
- ❖ Đồ thị phụ tải thay đổi rất chênh lệch.
- ❖ Sơ đồ cung cấp điện cho nông nghiệp có dạng hình tia, chiều dài đường dây lớn, các trạm biến áp phân phối phân bố rải rác.



8. Một số ký hiệu thông dụng trong HTCCĐ

Thứ tự	Tên các phần tử trên sơ đồ	Ký hiệu
1	Hệ thống điện	
2	Máy phát điện	
3	Trạm biến áp (TBA)	
4	Trạm phân phối, trạm đóng cắt (TPP)	
5	Máy biến áp (MBA)	
6	Máy cắt điện (MC)	
7	Máy biến điện áp (BU hoặc VT)	
8	Máy biến dòng điện (BI hoặc CT)	
9	Dao cách ly (DCL)	
10	Cầu chì (CC) và cầu chì tự roi (CCTD)	
11	Chống sét van (CSV)	
12	Tụ bù công suất phản kháng	
13	Áp tôt mát	
14	Thanh cáp, cáp, nối đất	
15	Khởi động từ, động cơ, bóng đèn	

Bài tập tự luyện

Câu 1: Hãy nêu sự giống nhau và khác nhau của các loại lưới điện?

Câu 2: Tại sao phải có các loại dây dẫn và cáp điện khác nhau

Câu 3: Tại sao phải dùng cột có chiều cao khác nhau? Vì sao cột bê tông chỉ chế tạo đến chiều dài 12m? Đường dây 220kV và 500kV chỉ dùng cột sắt tại sao?

Câu 4: Hãy nêu cấu trúc của một lưới điện thường gặp





CHƯƠNG 2. PHỤ TẢI ĐIỆN

TS. Nguyễn Đức Tuyên
tuyen.nguyenduc@hust.edu.vn

NỘI DUNG

2.1. ĐẶT VĂN ĐỀ

2.2. KHÁI NIỆM CHUNG

2.2.1. Phụ tải điện

2.2.2. Tác dụng nhiệt của dòng điện lên dây dẫn

2.2.3. Phân loại phụ tải điện

2.3. CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA PHỤ TẢI ĐIỆN

2.3.1. Đồ thị phụ tải điện

2.3.2. Các đặc trưng công suất

2.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

2.4.1. Xác định phụ tải tính toán theo công suất đặt ($P_{đặt}$) và hệ số nhu cầu (K_{nc})

2.4.2. Xác định phụ tải tính toán theo công suất trung bình (P_{tb}) và hệ số hình dáng (K_{hd})

2.4.3. Xác định phụ tải tính toán theo công suất trung bình (P_{tb}) và độ lệch của phụ tải khỏi giá trị trung bình (σT)

NỘI DUNG

2.4.4. Xác định phụ tải tính toán theo công suất trung bình (Ptb) và hệ số cực đại (Kmax) hay còn gọi là Phương pháp số thiết bị hiệu quả hoặc phương pháp sắp xếp biểu đồ Ca-ia-lốp G.M.

2.4.5. Xác định phụ tải tính toán theo hệ số đồng thời

2.4.6. Xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao điện năng

2.4.7. Xác định phụ tải tính toán theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích

2.5. BIỂU ĐỒ PHỤ TẢI

2.5.1. Xác định tâm phụ tải

2.5.2. Biểu đồ phụ tải

2.5.3. Các thành phần phụ tải

2.6. DỰ BÁO PHỤ TẢI

2.6.1. Phân loại dự báo nhu cầu điện

2.6.2. Các phương pháp dự báo nhu cầu điện



1. ĐẶT VÂN ĐỀ

❑ HTCCĐ cần đáp ứng tối đa nhu cầu phụ tải mọi thời điểm

- ❖ Khi thiết kế: Chọn thiết bị điện, thiết bị đóng cắt, bảo vệ, bù...
- ❖ Khi vận hành: quá tải (mất an toàn) và non tải (ú đọng vốn)

❑ Xác định phụ tải

- ❖ Phải xác định trong giai đoạn thiết kế (dự báo ngắn hạn)
- ❖ Đồ thị phụ tải (biểu diễn thay đổi công suất theo thời gian) là hợp lý nhất nhưng chỉ có được sau khi vận hành

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

□ Phương pháp xác định phụ tải điện

❖ Phương pháp kỹ sư

➤ Dựa vào kinh nghiệm thiết kế, vận hành phụ tải điện đưa ra các hệ số đặc trưng

➤ Nhanh nhưng khó đánh giá độ tin cậy

❖ Phụ tải tính toán (lý thuyết xác suất, thống kê)

➤ Xét được ảnh hưởng của nhiều yếu tố

➤ Chính xác nhưng phức tạp



1. ĐẶT VÂN ĐỀ

Phụ tải điện có tính dự báo

- ❖ Cần đúng cho hiện tại, sau khi vận hành
- ❖ Xác định phụ tải khi thiết kế là dự báo ngắn hạn nhu cầu điện
- ❖ Dự báo dài hạn phức tạp hơn

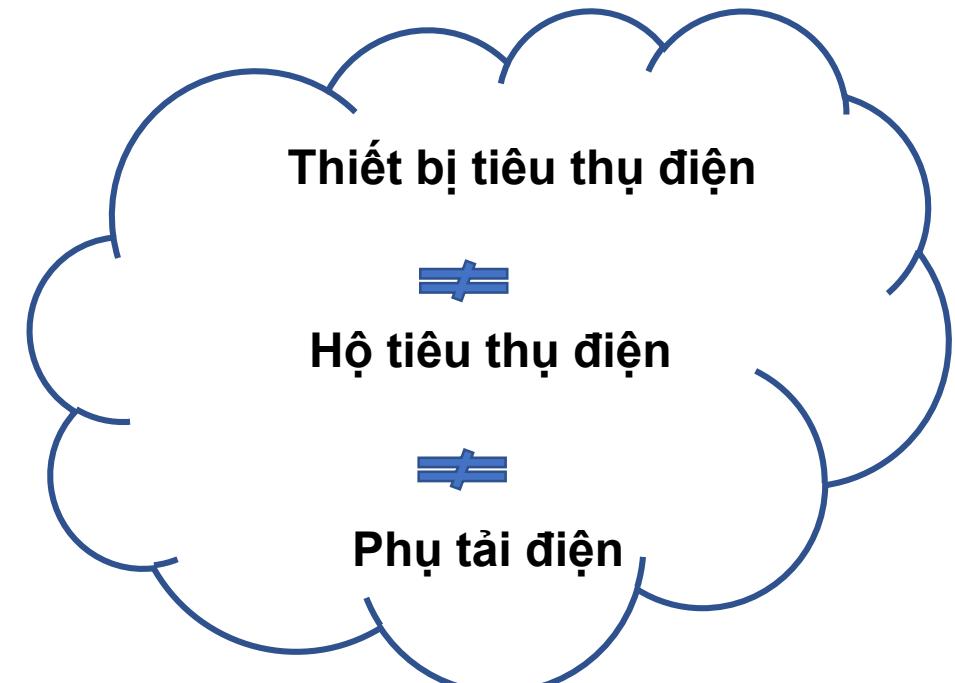
HTCCĐ công nghiệp, nông nghiệp, đô thị ...

- ❖ Các điều kiện sản xuất thay đổi theo thời gian (không xác định trong được giai đoạn thiết kế)
 - Quy trình công nghệ
 - Nâng cao hiệu suất sử dụng của thiết bị
 - Không cần độ chính xác quá cao

Sai số phụ tải điện cho phép $\pm 10\%$ khi thiết kế

2. PHỤ TẢI ĐIỆN

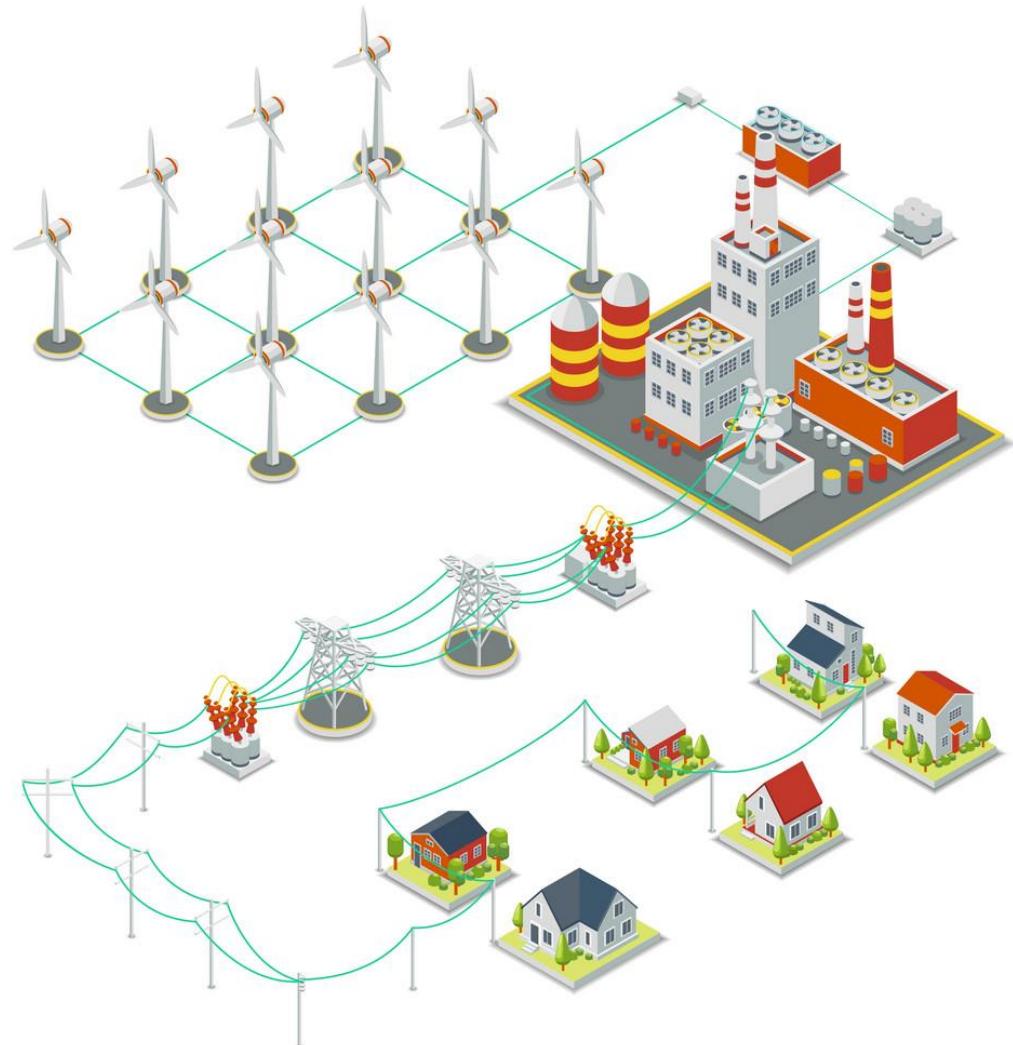
- **Thiết bị tiêu thụ điện:** thiết bị máy móc biến đổi điện năng thành dạng năng lượng khác phục vụ sản xuất và sinh hoạt
- **Hộ tiêu thụ điện:** tập hợp các thiết bị tiêu thụ điện
- **Phụ tải điện:**
 - ❖ Đại lượng đặc trưng cho công suất tiêu thụ của các thiết bị điện hoặc các hộ tiêu thụ điện.
 - ❖ Được biểu diễn thông qua các đại lượng: dòng điện, công suất tác dụng hoặc công suất phản kháng



2. PHỤ TẢI ĐIỆN

Phụ tải điện có tính tương đối

- ❖ Động cơ điện có thể là phụ tải điện của lưới điện phân xưởng
- ❖ Phụ tải điện của cả phân xưởng cũng được xem như một phụ tải trong lưới điện trung áp của một xí nghiệp



3. TÁC DỤNG NHIỆT CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN DÂY DẪN

❑ **Tác dụng nhiệt:** yếu tố cơ bản xác định phụ tải tính toán

❑ **Xét trường hợp đơn giản**

❖ Dây dẫn

➤ Trần, đồng nhất

➤ Tiết diện ngang không đổi

➤ Cùng vật liệu

➤ Chiều dài vô hạn

❖ Không có truyền nhiệt dọc dây, chỉ truyền giữa dây và môi trường

→ Nhiệt độ mọi điểm trong dây như nhau



3. TÁC DỤNG NHIỆT CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN DÂY DẪN

Phương trình cân bằng nhiệt

$$Q_I = Q_{đn} + Q_{tn}$$

- $Q_I = I^2 \cdot R \cdot dt$: Nhiệt lượng do dòng điện hiệu dụng I (A) chạy trong dây dẫn điện trở $R(\Omega)$ trong thời gian dt (s)
- $Q_{đn} = c \cdot G \cdot d\vartheta$: Nhiệt lượng đốt nóng (đn) dây dẫn khối lượng G (kg), nhiệt dung riêng c ($J/kg \cdot ^\circ C$) và làm tăng nhiệt độ vật dẫn $d\vartheta (^{\circ}C)$
- $Q_{tn} = q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta - \vartheta_0) \cdot dt$: Nhiệt lượng tỏa ra môi trường từ diện tích bề mặt (bm) tỏa nhiệt (tn) S_{bm} (m^2) của dây dẫn chênh lệch với môi trường $(\vartheta - \vartheta_0)^{\circ}C$ với năng suất tỏa nhiệt q ($W/m^2 \cdot ^\circ C$, với $W = J/s$) trong thời gian dt (s).

3. TÁC DỤNG NHIỆT CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN DÂY DẪN

□ Phương trình cân bằng nhiệt

$$I^2 \cdot R \cdot dt = c \cdot G \cdot d\vartheta + q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta - \vartheta_0) \cdot dt$$

$$\rightarrow dt = \frac{c \cdot G}{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta - \vartheta_0)} d\vartheta$$

$$\rightarrow \int_0^t dt = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta} \frac{c \cdot G}{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta - \vartheta_0)} d\vartheta$$

$$\rightarrow t = - \frac{c \cdot G}{q \cdot S_{bm}} \ln \frac{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta - \vartheta_0)}{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_0)}$$

- $T_0 = \frac{c \cdot G}{q \cdot S_{bm}}$: hằng số phát nóng của dây dẫn

- $\theta_1 = \vartheta_1 - \vartheta_0$: độ tăng nhiệt độ ban đầu

- $\theta = \vartheta - \vartheta_0$: độ tăng nhiệt độ tại thời điểm t

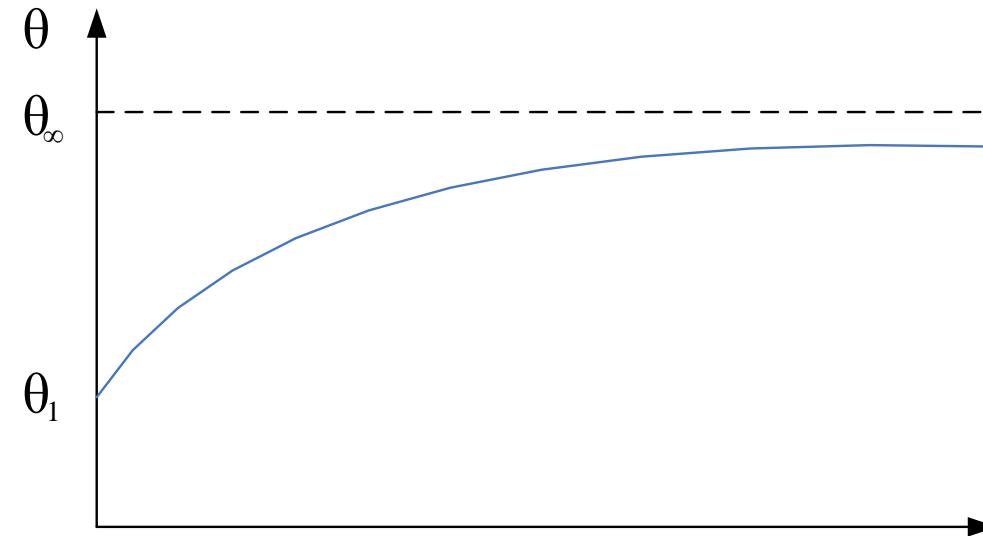
$$\rightarrow t = -T_0 \ln \frac{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot \theta}{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot \theta_1} \rightarrow \frac{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot \theta}{R \cdot I^2 - q \cdot S_{bm} \cdot \theta_1} = e^{-\frac{t}{T_0}}$$

3. TÁC DỤNG NHIỆT CỦA DÒNG ĐIỆN LÊN DÂY DẪN

$$\rightarrow \theta = \frac{R.I^2}{q.S_{bm}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right) + \theta_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_0}}$$

$$\rightarrow \theta_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} \left[\frac{R.I^2}{q.S_{bm}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right) + \theta_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_0}} \right] = \frac{R.I^2}{q.S_{bm}}$$

$$\rightarrow \theta = \theta_\infty \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right) + \theta_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_0}} = \theta_\infty - (\theta_\infty - \theta_1) e^{-\frac{t}{T_0}}$$



Đường cong phát nóng khi có dòng điện chạy qua

4. PHÂN LOẠI PHỤ TẢI ĐIỆN

Phân loại theo dòng điện

- ❖ Phụ tải điện xoay chiều một pha (U_d hoặc U_f)
- ❖ Phụ tải điện xoay chiều ba pha
- ❖ Phụ tải điện một chiều

Chú ý: Khi tính toán thiết kế lưới điện xoay chiều ba pha phải quy đổi phụ tải một pha thành phụ tải điện ba pha

Phân loại theo điện áp

- Phụ tải hạ áp
- Phụ tải trung áp
- Phụ tải điện áp cao
- ❖ Phụ tải nhận điện ở cấp điện áp nào thì gọi theo điện áp đó
- ❖ Có loại PT dùng điện tại một cấp điện áp như đèn chiếu sáng, có loại vận hành ở nhiều cấp điện áp như động cơ

4. PHÂN LOẠI PHỤ TẢI ĐIỆN

Phân loại theo yêu cầu cung cấp điện

Hộ tiêu thụ loại I:

- ❖ Ngừng cấp gây tổn thất kinh tế lớn, hư hỏng thiết bị, rối loạn quy trình công nghệ, tổn thất tính mạng, an ninh quốc gia.
- ❖ Thường khu luyện kim, hóa chất, y tế, máy tính chủ trung tâm điều khiển quân sự, cơ quan trung ương
- ❖ Đòi hỏi độ tin cậy cung cấp điện cao:
 - Cần 2 nguồn độc lập
 - Cần bộ lưu điện độc lập



Đài kiểm soát không lưu

4. PHÂN LOẠI PHỤ TÙI ĐIỆN

Hộ tiêu thụ loại II:

- ❖ Ngừng cấp điện chỉ dẫn đến thiệt hại kinh tế (hư sản phẩm, ngừng trệ sản xuất, phí công lao động...)
- ❖ Thường là các phân xưởng cơ khí, công nghiệp nhẹ
- ❖ Cho phép mất điện
- ❖ Được cấp từ nguồn điện chính (có hoặc không có dự phòng)
- ❖ Có dự phòng hay không phải dựa vào so sánh kinh tế giữa thiệt hại do mất điện và chi phí làm nguồn dự phòng



Nhà máy CN nhẹ

4. PHÂN LOẠI PHỤ TẢI ĐIỆN

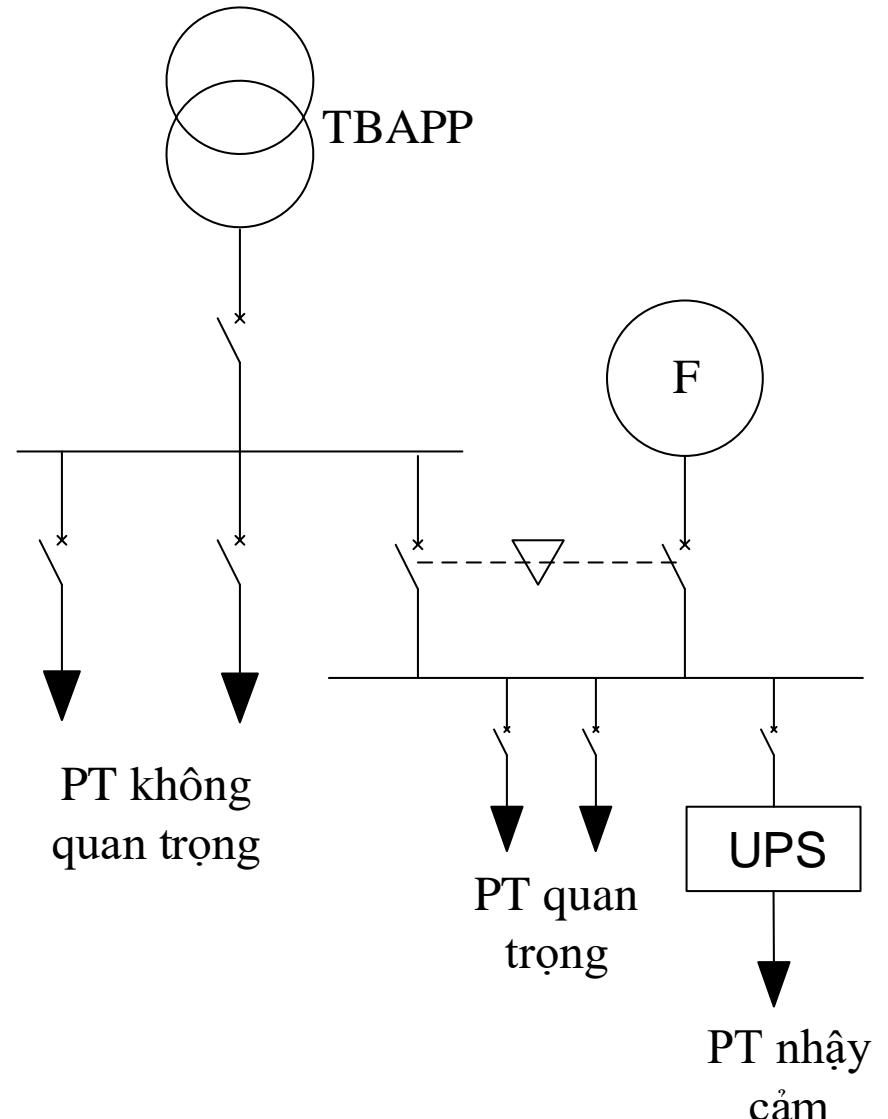
Hộ tiêu thụ loại III:

- ❖ Các hộ còn lại ngoài hộ loại I và II
- ❖ Thường là các khu nhà ở, trường học, lưới cho nông nghiệp



4. PHÂN LOẠI PHỤ TẢI ĐIỆN

- Phân loại phụ tải I, II, III có ý nghĩa tương đối**
 - ❖ Phụ tải loại I có thể gồm nhiều phụ tải loại II và III
 - ❖ Khi sự cố, có thể cắt phụ tải loại II nằm trong phụ tải loại I
 - ❖ Phụ tải loại I là so với các loại phụ tải khác ở cùng lưới điện (ví dụ cùng cấp điện áp)



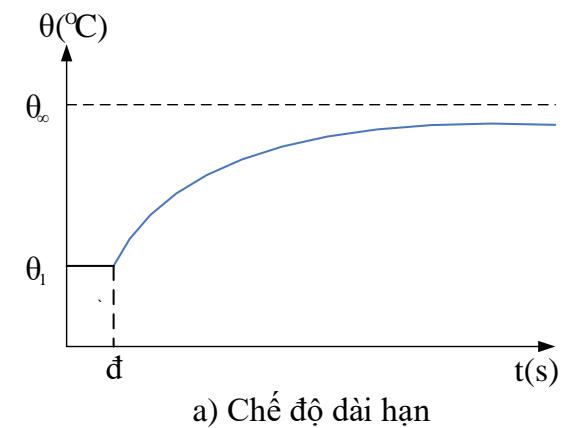
4. PHÂN LOẠI PHỤ TẢI ĐIỆN

□ Phân loại phụ tải theo chế độ làm việc

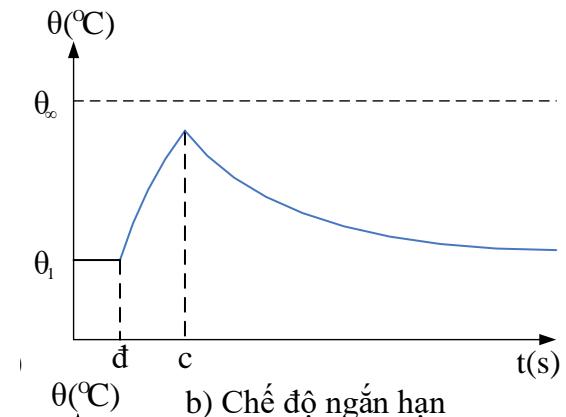
- ❖ Dài hạn: thời gian làm việc dài ($>3T_0$) để đạt θ_∞ và nghỉ dài để về nhiệt độ ban đầu. Ví dụ: máy bơm, nén khí, quạt gió.
- ❖ Ngắn hạn: thời gian làm việc chưa đủ dài để đạt θ_∞ và nghỉ chưa đủ dài để về nhiệt độ ban đầu. Ví dụ: Lúc sửa chữa
- ❖ Ngắn hạn lặp lại: làm việc ngắn hạn xen kẽ và nghỉ có chu kỳ. Ví dụ: máy hàn, máy nâng. Hệ số đóng điện:

$$K_d = \frac{t_d}{t_{CK}} \cdot 100\% [\%]$$

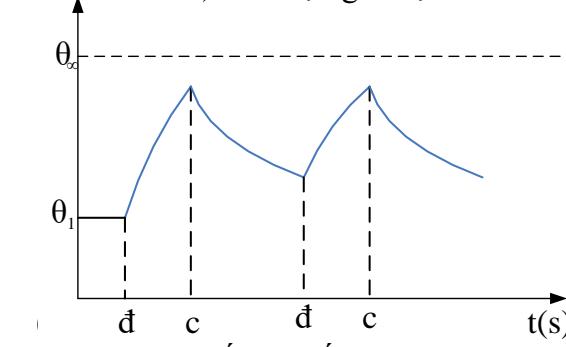
(t_d : Thời gian đóng điện, t_{CK} : Chu kỳ đóng cắt điện)



a) Chế độ dài hạn



b) Chế độ ngắn hạn



c) Chế độ ngắn hạn lặp lại

5. ĐỒ THỊ PHỤ TẢI ĐIỆN (ĐTPT)

Định nghĩa đồ thị phụ tải điện

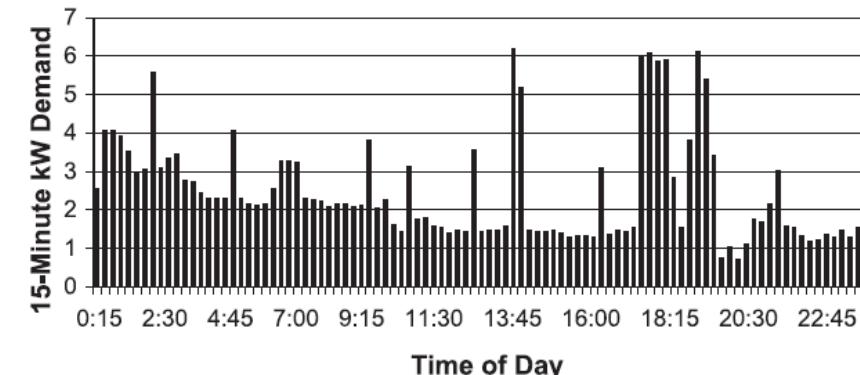
- ❖ Đường cong biến diễn sự thay đổi phụ tải theo thời gian
- ❖ Phụ thuộc vào quá trình công nghệ, chế độ vận hành...

Phân loại đồ thị phụ tải

- ❖ Theo thông số đặc trưng: $P(t)$, $Q(t)$, $I(t)$
- ❖ Theo thời gian: một ca làm việc, ngày, tháng, năm

ĐTPT kéo dài

- ❖ Trong phân tích tiêu thụ điện năng



24 hour (daily) 15 minute kW demand curve

$P(kW)$

$P(kW)$

$t(h)$

$t(h)$

a) Đồ thị phụ tải dạng
thông thường

a) Đồ thị phụ tải dạng
kéo dài

5. ĐỒ THỊ PHỤ TẢI ĐIỆN

Cách xác định ĐTPT

❖ *Phương pháp đồng hồ tự ghi:* Cho số liệu chính xác

- Thực hiện: đồng hồ tự ghi, công tơ điện tử, đồng hồ vạn năng
- Giá trị đo (P,Q,I): được đo ở chu kỳ ngắn đến hàng giờ và ghi ngay ra đầu ghi hoặc lưu trong bộ nhớ thiết bị

➤ Dữ liệu: lưu trữ và gửi về trung tâm điều khiển

❖ *Phương pháp đo và ghi:* Đo và ghi thủ công trong khoảng thời gian nhất định

➤ Thực hiện: nhân viên vận hành

➤ Dữ liệu: ổn định → chu kỳ ghi dài, thay đổi nhiều → chu kỳ ngắn



5. ĐỒ THỊ PHỤ TẢI ĐIỆN

□ Cách xác định ĐTPT (tiếp)

❖ *Phương pháp tổng hợp*

➤ Phương pháp cộng đồ thị có xét trọng số

➤ Kém chính xác, chỉ dùng tính toán sơ bộ

❖ *Phương pháp so sánh đối chiếu*

➤ Lấy số liệu ĐTPT một phụ tải tương tự để làm số liệu ĐTPT

➤ Độ chính xác không cao, chỉ dùng cho quy hoạch, thiết kế khi phương pháp đo chưa thực hiện được

❖ *Phương pháp giải tích xác suất*

$$P(t) = P_0 + P_{CK} + P_{SS}$$

➤ P_0 : Thành phần không đổi của công suất

➤ P_{CK} : Thành phần thay đổi theo chu kỳ của công suất

➤ P_{SS} : Thành phần sai số của công suất

Trong thời gian dài, $P_{ss} \sim 0 \rightarrow P(t) = P_0 + P_{CK} \rightarrow$ Khai triển Fourier



6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

□ Công suất danh định (công suất định mức: $P_{đm}$, $Q_{đm}$, $S_{đm}$)

- ❖ Là công suất ghi trên nhãn hay spec thiết bị
- ❖ Làm việc lâu ở công suất này, thiết bị đảm bảo chỉ tiêu Kinh tế-Kỹ thuật

➤ Với Động cơ, công suất danh định trên trực động cơ với $U_{đm}$

➤ Quy đổi chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại về dài hạn

$$P'_{đm} = P_{đm} \cdot \sqrt{K_{đ}} \quad (K_{đ} \text{ tính ở slide 18})$$

➤ Quy đổi về csđm 3 pha quy ước nếu làm việc ở mạng 3 pha

✓ ≥3 phụ tải một pha nối vào 3 pha: $P_{đmqur} = 3 \cdot \sum P_{đmpha-max}$

✓ 1 phụ tải nối vào điện áp dây: $P_{đmqur} = \sqrt{3} \cdot P_{đmdây}$

✓ 3 phụ tải nối vào điện áp dây: $P_{đmqur} = \sqrt{3} \cdot P_{đmdây-max}$

✓ Hỗn hợp phụ tải nối vào cả dây và pha (slide tiếp theo)



6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

➤ Hỗn hợp phụ tải nối vào cả dây và pha:

Tính quy đổi về từng pha một riêng biệt, ví dụ:

- Về pha A: $P_{đm A} = P_{đm AB} \cdot p_{(AB)A} + P_{đm AC} \cdot p_{(AC)A} + P_{đm AN}$
- ✓ $P_{đm AB}, P_{đm AC}, P_{đm AN}$: Tổng công suất định mức của phụ tải nối vào các điện áp dây (AB, AC) và điện áp pha A với trung tính
- ✓ $p_{(AB)A}, p_{(AC)A}$: Hệ số qui đổi công suất từ điện áp dây sang điện áp pha ở bảng slide sau
- Về pha B, C tương tự
- Cuối cùng $\rightarrow P_{đmqu} = 3 \cdot P_{đmmax-pha}$ (qu: quy ước)

6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

- ❖ Công suất đm một nhóm: $P_{đm-nhóm} = \sum_{i=1}^n P_{đmi}$

Phụ tải pha	Hệ số công suất phụ tải							
	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1
$p_{(AB)A}, p_{(BC)B}, p_{(CA)C}$	1,17	1	0,89	0,84	0,8	0,72	0,64	0,5
$p_{(AB)B}, p_{(BC)C}, p_{(AC)A}$	-0,17	0	0,11	0,16	0,2	0,28	0,36	0,5
$q_{(AB)A}, q_{(BC)B}, q_{(CA)C}$	0,86	0,58	0,38	0,3	0,22	0,09	-0,05	-0,29
$q_{(AB)B}, q_{(BC)C}, q_{(AC)A}$	1,44	1,16	0,96	0,88	0,8	0,67	0,53	0,29

- ❖ Quy đổi công suất phản kháng tương tự

6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

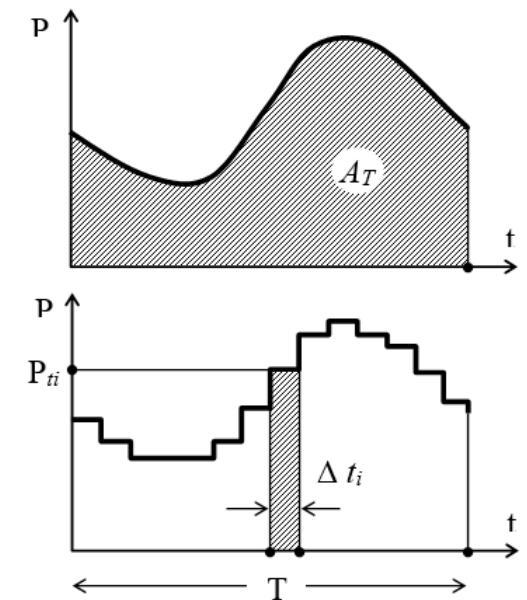
Công suất đặt ($P_{đặt}$)

- ❖ Là công suất điện đầu vào của thiết bị dùng điện ứng với điện áp đặt vào thiết bị bằng điện áp định mức. Trong thiết kế, có thể coi $P_{đặt} = P_{đm}$.

Công suất trung bình (P_{tb}):

$$P_{tb} = \frac{1}{t} \int_0^t P(t) \cdot dt = \frac{A_t}{t} \text{ hoặc } P_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{tbi} \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}$$

- ✓ A_t : Điện năng tiêu thụ trong thời gian t của phụ tải
- ✓ P_{tbi} : Công suất trung bình trong khoảng thời gian Δt_i
- ❖ Với nhóm phụ tải: $P_{tb-nhóm} = \sum_{i=1}^n P_{tbi}$; $Q_{tb-nhóm} = \sum_{i=1}^n Q_{tbi}$
- Công suất trung bình cho biết mức độ sử dụng thiết bị.



6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

□ Công suất trung bình bình phương (P_{tbbp})

$$P_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t P^2(t) dt} \text{ hoặc}$$

$$P_{tbbp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_{tbi}^2 \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}}$$

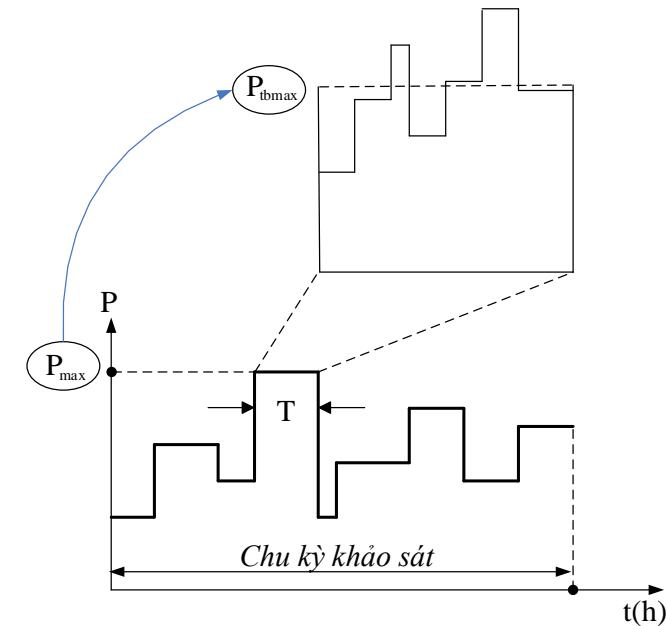
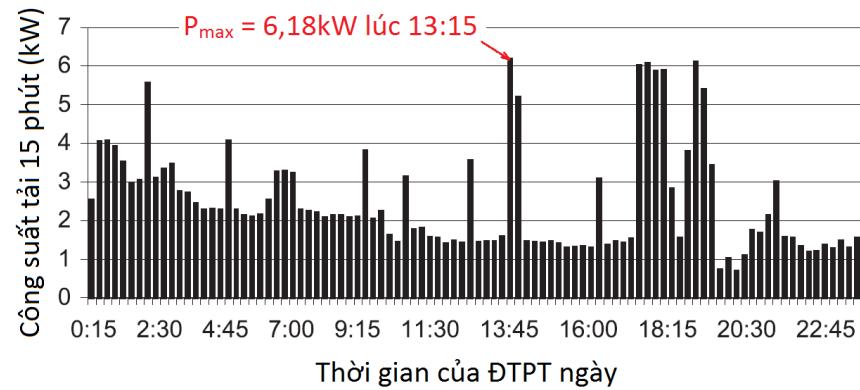
- Là giá trị trung bình nhân
- P_{tbbp} đảm bảo điều kiện tương đương về tổn thất công suất và điện năng

□ Công suất cực đại

- ❖ *Phụ tải cực đại* (P_{max}): công suất trung bình lớn nhất xuất hiện trong thời gian T tương đối ngắn T (đủ lớn để thiết bị đạt nhiệt độ xác lập $T=3T_0$)
- T_0 phụ thuộc vào vật liệu từ 5min ÷ 1h, đa số dây dẫn điện có $T_0 = 10$ phút $\rightarrow P_{max}$ ($3T_0$) là “công suất cực đại nửa giờ”.

6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

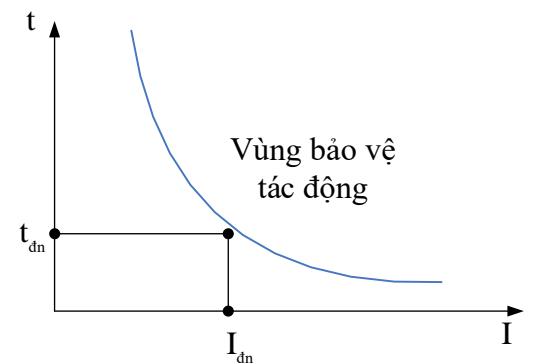
- Phụ tải cực đại để tính tổn thất công suất lớn nhất, chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng dài hạn



Công suất trung bình lớn nhất

❖ Phụ tải đỉnh nhọn (P_{dn})

- Công suất max trong vài s
➤ Với động cơ, công suất khởi động động cơ
➤ P_{dn} để lựa chọn, kiểm tra điều kiện tác động của thiết bị bảo vệ (relay, fuse, khởi động từ...)
➤ Đặc tính bảo vệ nằm trên điểm làm việc của P_{dn}



Đặc tính bảo vệ và điểm làm việc đỉnh nhọn

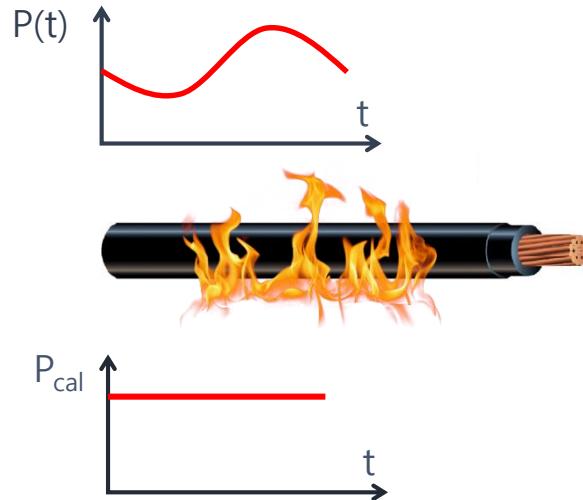
6. CÁC ĐẶC TRƯNG CÔNG SUẤT

□ Công suất tính toán (P_{tt})

- ❖ Phụ tải tính toán là *phụ tải giả thiết lâu dài, không đổi* trong quá trình làm việc, gây hiệu quả phát nhiệt (hoặc mức độ phá hủy cách điện) đối với các vật dẫn điện của hệ thống cấp điện bằng với công suất thực tế gây ra trong suốt thời gian làm việc.
- ❖ Phụ tải tính toán xem như giá trị đằng trĩ của phụ tải thực tế với điều kiện đảm bảo đặc trưng vật lý như mức độ phát nhiệt hoặc hiệu quả phá hủy cách điện là không thay đổi.
- ❖ P_{max} ($3T_0$) thường được dùng để xác định phụ tải tính toán →**Phụ tải tính toán~phụ tải max nửa giờ trong ca mang tải max**

□ Bảy đặc trưng của phụ tải điện có quan hệ: (P_{dn} không có liên quan hệ số công suất)

$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$



7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$

□ Ý nghĩa hệ số phụ tải

- ❖ Biểu diễn mối quan hệ giữa các đặc trưng công suất
- ❖ Tổng hợp trong sổ tay dựa trên kinh nghiệm thiết kế vận hành
- ❖ Tính được đặc trưng công suất khi biết hệ số phụ tải và các đặc trưng công suất khác

□ Hệ số nhu cầu (K_{nc})

- ❖ Tỷ số giữa P_{tt} và $P_{đặt}$ (hoặc $P_{đm}$) của phụ tải
- ❖ Đặt ra đối với các phụ tải lớn: nhóm thiết bị, các phân xưởng, nhà máy, các khu thương mại

➤ 1 phụ tải: $K_{nc} = \frac{P_{tt}}{P_{đặt}}$ hoặc $K_{nc} = \frac{P_{tt}}{P_{đm}}$ ($P_{tt} \leq P_{đm} \rightarrow K_{nc} \leq 1$)

➤ 1 nhóm phụ tải: $K_{nc-nhóm} = \frac{P_{tt-nhóm}}{\sum_{i=1}^n P_{đmi}}$ ($P_{đmi}$: csđm phụ tải thứ i)

7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

Hệ số nhu cầu của một số phụ tải điển hình

Loại phụ tải	Hệ số nhu cầu
Khu dân cư	0,6
Kinh doanh thương mại	0,7
Căn hộ	0,7
Khách sạn	0,75
Trung tâm thương mại	0,7
Nhà hàng	0,7
Văn phòng	0,7
Trường học	0,8
Đèn đường	0,9
Bãi đậu xe trong nhà	0,8
Bãi đậu xe ngoài trời	0,9
Công viên	0,8
Bệnh viện	0,8
Nhà máy	0,9

7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$

Hệ số sử dụng (K_{sd})

- ❖ Tỷ số giữa P_{tb} và $P_{đm}$ của phụ tải trong một khoảng thời gian khảo sát.
- ❖ Hệ số sử dụng thường được đặt ra đối với từng thiết bị dùng điện hoặc nhóm thiết bị.

➤ 1 thiết bị:
$$K_{sd} = \frac{P_{tb}}{P_{đm}} \quad (P_{tb} \leq P_{đm} \rightarrow K_{sd} \leq 1)$$

➤ 1 nhóm thiết bị:
$$K_{sd-nhóm} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{tbi}}{\sum_{i=1}^n P_{đmi}}$$

Hệ số đóng điện (K_d)

- ❖ Tỷ số giữa thời gian phụ tải đóng điện và thời gian khảo sát.
- ❖ Đặt ra cho từng thiết bị riêng biệt hoặc từng nhóm thiết bị làm việc đồng thời.

7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

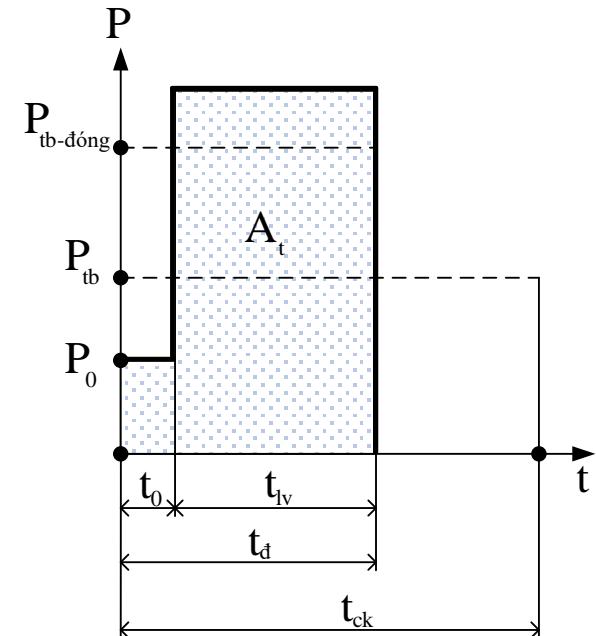
$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$

$$K_{đ} = \frac{t_{đ}}{t_{ck}} = \frac{t_0 + t_{lv}}{t_{ck}} \leq 1 \text{ (xem hình bên)}$$

- ✓ $t_{đ}$: Thời gian đóng điện vào thiết bị
- ✓ t_{ck} : Chu kỳ thời gian khảo sát, ví dụ 1 ca làm việc
- ✓ t_0 : Thời gian thiết bị vận hành không tải
- ✓ t_{lv} : Thời gian thiết bị vận hành có tải

□ Hệ số tải (K_t)

- ❖ Tỷ số giữa công suất trung bình trong thời gian đóng điện $P_{tb-đóng}$ và $P_{đm}$
- ❖ Biểu thị mức độ mang tải của phụ tải khi làm việc và thường đặt ra đối với từng thiết bị



$$K_t = \frac{P_{tb-đóng}}{P_{đm}}$$

7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$

❑ Mọi quan hệ K_t từ K_{sd} và $K_{đ}$

$$K_t = \frac{P_{tb-\text{đóng}}}{P_{đm}} = \frac{1}{P_{đm}} \cdot \frac{A_t}{t_{đ}} = \frac{P_{tb}}{P_{đm}} \frac{t_{ck}}{t_{đ}} = \frac{K_{sd}}{K_{đ}}$$

- ✓ $P_{tb-\text{đóng}} = \frac{A_t}{t_{đ}}$ và $A_t = P_{tb} \cdot t_{ck}$
- ✓ $P_{tb-\text{đóng}}$: Công suất trung bình trong thời gian đóng
- ✓ A_t : Điện năng tiêu thụ của phụ tải trong t_{ck} (chính là điện năng tiêu thụ trong thời gian $t_{đ}$)

7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$

□ Hệ số cực đại (K_{max})

- ❖ Tỷ số giữa P_{max} và P_{tb} . Nếu P_{max} là *cực đại* *nửa giờ* thì công suất cực đại bằng P_{tt} .

$$K_{max} = \frac{P_{max}}{P_{tb}} \approx \frac{P_{tt}}{P_{tb}} \quad (P_{tb} \leq P_{tt} \rightarrow K_{max} \geq 1)$$

- ❖ K_{max} thường tính ứng với ca làm việc có phụ tải lớn nhất.
- ❖ K_{max} phụ thuộc nhiều yếu tố liên quan đến chế độ làm việc của thiết bị điện: số thiết bị hiệu quả (n_{hq}), hệ số sử dụng K_{sd} ...
- ❖ K_{max} xác định trong sổ tay $K_{max} = f(n_{hq}, K_{sd})$ hoặc tính gần đúng $K_{max} = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1-K_{sd}}{n_{hq}K_{sd}+2}}$
 - ✓ K_{sd} : hệ số sử dụng của nhóm phụ tải
 - ✓ n_{hq} : số thiết bị hiệu quả

7. CÁC HỆ SỐ PHỤ TẢI

$$P_{tb} \leq P_{tbbp} \leq P_{tt} \leq P_{max} \leq P_{đm} \leq P_{đặt}$$

□ **Hệ số điện kín ($K_{đk}$):** $K_{đk} = \frac{P_{tb}}{P_{max}}$ ($K_{đk} = \frac{1}{K_{max}}$)

- ❖ $K_{đk}$ càng gần bằng 1 thì đồ thị phụ tải càng bằng phẳng
- ❖ $K_{đk}$ đặc trưng cho sự không đồng đều của ĐTPT theo thời gian

□ **Hệ số hình dáng (K_{hd}):** $K_{hd} = \frac{P_{tbbp}}{P_{tb}}$

□ **Hệ số đồng thời ($K_{đt}$):** $K_{đt} = \frac{P_{tt-nhóm}}{\sum_{i=1}^n P_{tti}}$

- ❖ Đặc trưng cho mức độ sử dụng điện đồng thời của các phụ tải
- ❖ Biểu thị quan hệ giữa các cá thể và đám đông
- ❖ Đặt ra với tất cả các nút, nút càng gần nguồn càng nhiều phụ tải nên $K_{đt}$ càng giảm
- ❖ Trong thiết kế cung cấp điện, giả thiết $K_{đt} = 0,8 \div 0,9$



8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□ **Xác định phụ tải tính toán (PTTT) theo $P_{đặt}$ và hệ số nhu cầu (K_{nc})**

- ❖ 1 phụ tải: $P_{tt} = K_{nc} P_{đặt} = K_{nc} P_{đm}$
- ❖ Nhóm phụ tải: $P_{tt} = K_{nc} \cdot \sum_{i=1}^n P_{đmi}$ hoặc $P_{tt} = \sum_{i=1}^n K_{nci} \cdot P_{đmi}$
 - ✓ K_{nc} của nhóm phụ tải đặc trưng, K_{nci} của phụ tải thứ i được **tra trong sổ tay**
- ❖ Nếu $P_{tt} = P_{tb-đóng} \rightarrow K_{nc} \approx K_t \rightarrow K_{nc} \approx K_t = \frac{K_{sd}}{K_{đ}} = (1,1 \div 1,2) \cdot K_{sd}$
 - ✓ Xác định K_{nc} dựa vào K_{sd} cũng được **tra trong sổ tay**
- ❖ Tra $\cos\varphi_i$ ($\cos\varphi_{nhóm} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{đmi} \cdot \cos\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{đmi}}$) để tìm Q_{tt}, S_{tt}, I_{tt}

$$Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan\varphi; S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2}; I_{tt} = \frac{S_{tt}}{\sqrt{3}U_{đm}}$$

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

- ❖ Ví dụ: Xác định P_{tt} của phân xưởng đúc có $P_{đặt} = 1800 \text{ kW}$.

Giải

- ✓ Tra trong sổ tay, $K_{nc} = 0,7$; $\cos\varphi = 0,8$.
- ✓ $P_{tt} = 0,7 \cdot 1800 = 1260 \text{ kW}$.
- ✓ $Q_{tt} = P_{tt} \cdot \tan\varphi = P_{tt} \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi} / \cos\varphi = 1260 \cdot 0,75 = 945 \text{ kVAr}$
- ✓ $S_{tt} = \sqrt{1260^2 + 945^2} = 1575 \text{ kVA}$

- ❖ Phạm vi áp dụng:

- Ưu điểm là đơn giản.
- K_{nc} trong sổ tay với từng nhóm thiết bị có cùng chế độ làm việc sẽ có giá trị không đổi. Thực tế, K_{nc} phụ thuộc nhiều yếu tố (số thiết bị trong nhóm, chế độ làm việc của các thiết bị...)
- Đây chỉ là phương pháp gần đúng cho thiết kế sơ bộ khi rất thiếu thông tin về phụ tải.

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

Xác định PTTT theo P_{tb} và hệ số hình dáng (K_{hd})

❖ Giả thiết $P_{tt} \approx P_{ttbp} \rightarrow P_{tt} \approx P_{ttbp} = K_{hd} \cdot P_{tb}$

✓ K_{hd} : Hệ số hình dáng được xác định từ ĐTPT.

✓ $P_{tb} = \frac{A_t}{t}$: Công suất trung bình

❖ Phạm vi ứng dụng:

➤ $P_{tt} \approx P_{ttbp}$ chỉ khi ĐTPT tương đối bằng bằng ($K_{hd} = 1,1 \div 1,2$)

➤ Phải biết dạng của ĐTPT mà thực tế rất khó biết khi thiết kế

➤ Chỉ được ứng dụng trong thiết kế sơ bộ, *khi xác định phụ tải tính toán tại các thanh cái của nhóm phụ tải lớn có ĐTPT tương đối bằng phẳng* (như phân xưởng hoặc hạ áp của trạm biến áp phân xưởng) thanh cái của trạm biến áp trung gian và có thể lấy gần đúng $K_{hd} = 1,1 \div 1,2$.

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

☐ Xác định PTTT theo P_{tb} và σ_T

$$P_{tt} = P_{tbT} + \beta \cdot \sigma_T$$

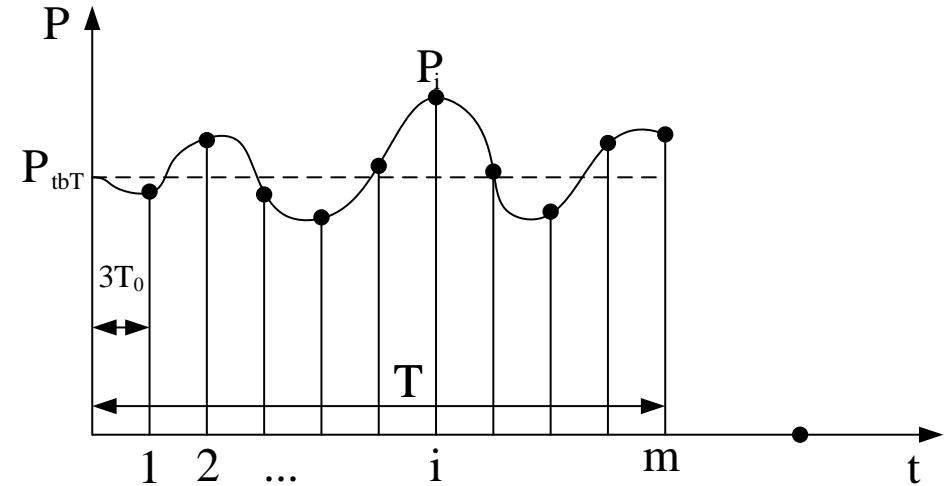
- ✓ P_{tbT} : Công suất trung bình trong thời gian T
- ✓ σ_T : Độ lệch của phụ tải khỏi giá trị trung bình trong T

$$\sigma_T = \frac{1}{m} \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_i - P_{tbT})^2}$$

- ✓ β : Hệ số tán xạ tương ứng σ_T .

- ❖ Xác suất P_{tt} vượt $(P_{tbT} + 2,5 \cdot \sigma_T)$ là 0,005: $P(t) \approx P_{tbT} + 2,5 \cdot \sigma_T$
- ❖ Với nhóm thiết bị cùng công suất và chế độ làm việc:

$$P_{tt-nhóm} = P_{tbT-nhóm} + 2,5 \cdot \sigma_{T-nhóm} = \left(K_{sd} + \frac{2,5 \cdot \sigma_{T_0}}{\sqrt{n}} \right) P_{đm-nhóm}$$



8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

☐ Xác định PTTT theo P_{tb} và hệ số cực đại (K_{max}) hay còn gọi là Phương pháp số thiết bị hiệu quả hoặc phương pháp sắp xếp biểu đồ Ca-ia-lốp G.M.

$$P_{tt} = K_{max} \cdot P_{tb} = K_{max} \cdot K_{sd} \cdot P_{dm}$$

❖ K_{sd} : Hệ số sử dụng, tra trong sổ tay ứng với phụ tải hay nhóm phụ tải đặc trưng

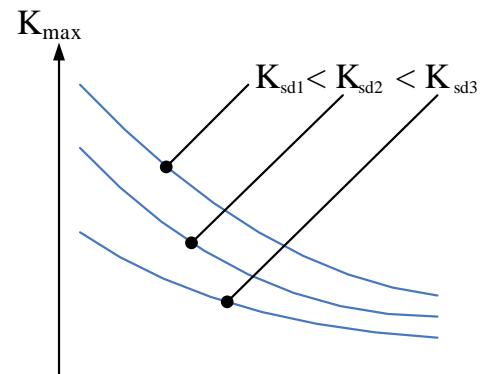
❖ K_{max} : Hệ số cực đại công suất tác dụng: $K_{max}=f(K_{sd}, n_{hq})$

❖ n_{hq} : Số thiết bị hiệu quả của nhóm thiết bị

➤ là số thiết bị có cùng công suất

➤ cùng chế độ làm việc

➤ gây ra hiệu quả phát nhiệt (hoặc mức độ phá hủy cách điện) đối với dây dẫn đúng bằng số thiết bị thực tế có công suất và chế độ làm việc khác nhau gây ra trong quá trình làm việc



Quan hệ $K_{max} = f(K_{sd}, n_{hq})$

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

$$n \begin{cases} \neq P_{\text{đm}} \\ \neq K_{sd} \\ \neq t \end{cases} \Leftrightarrow n_{hq} \begin{cases} = P_{\text{đm}} \\ = K_{sd} \\ = t \end{cases}$$

❖ Xác định n_{hq} : $n_{hq} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{đmi}})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{đmi}}^2}$ (chính xác với $n \leq 5$)

❖ Nếu $n \geq 5$, dùng phương pháp đơn giản hóa để tính:

➤ Trường hợp 1: Nếu $m = \frac{P_{\text{đmMax}}}{P_{\text{đmMin}}} \leq 3$ và $K_{sd} \geq 0,4$ thì $n_{hq} = n$

Ví dụ: Nhóm thiết bị (10tb×20kW, 10tb×15kW, 5tb× 10kW, 10 tb×8kW). $K_{sd} = 0,53 \rightarrow$ Vì $m = 20/8 = 2,5 < 3$

và $K_{sd} > 0,4$ nên $h_{hq} = n = 10+10+5+10 = 35$ (tb)

(Khi xác định n_{hq} bỏ qua các thiết bị có tổng công suất của nó nhỏ hơn 5% tổng công suất của nhóm thiết bị, ví dụ như trên thêm 5tb×2kW)

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

➤ Trường hợp 2: Nếu $m > 3$ và $K_{sd} \geq 0,2$ $\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n_{hq} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{dm_i}}{P_{dmMax}} \\ n_{hq} \leq n \\ P_{dmMax} = \text{Max} \{ P_{dm_i}, i = \overline{1, n} \} \end{array} \right.$

Ví dụ: Ví dụ trên với $K_{sd} = 0,35$ và thêm 20 thiết bị 2kW nữa.

Giải: $P_{dm-nhóm} = 10 \cdot 20 + 10 \cdot 15 + 5 \cdot 10 + 10 \cdot 8 + 20 \cdot 2 = 520 \text{ kW}$, $n = 10 + 10 + 5 + 10 + 20 = 55$ thiết bị

✓ Không nhóm nào công suất <5% tổng công suất $\rightarrow n = 55$

✓ Kiểm tra điều kiện: $K_{sd} = 0,35 > 0,2$; $m = \frac{20}{2} = 10 > 3$

$$n_{hq} = \frac{2(10 \cdot 20 + 10 \cdot 15 + 5 \cdot 10 + 10 \cdot 8 + 20 \cdot 2)}{20} = 52 < n = 55$$

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

- Trường hợp 3: ngoài ra, trình tự xác định n_{hq}
- ✓ Bước 1: Tính n_1 (số thiết bị có công suất lớn \geq một nửa công suất của thiết bị có công suất lớn nhất trong nhóm)

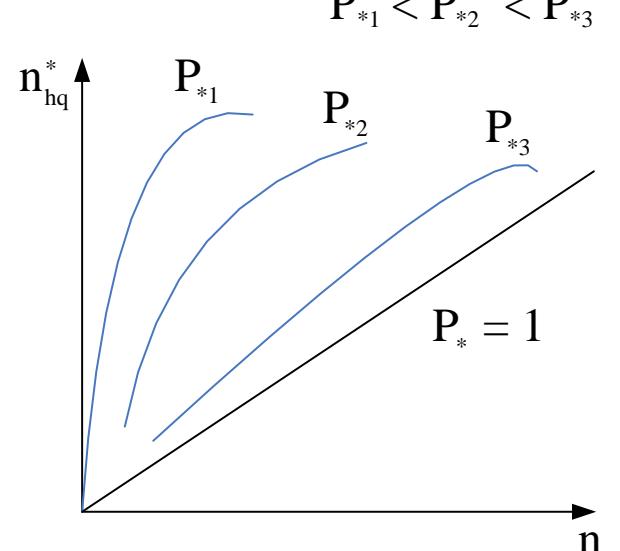
✓ Bước 2: Tính $n_* = \frac{n_1}{n}; P_* = \frac{P_1}{P} (P = \sum_{i=1}^n P_{đmi}; P_1 = \sum_{i=1}^{n_1} P_{đmi})$

✓ Bước 3: Tìm n_{hq}^* từ $n_{hq}^* = f(n_*, P_*)$ trong sổ tay tra

Hoặc gần đúng: $n_{hq}^* = \frac{0,95}{\frac{P_*^2}{n_*} + \frac{(1-P_*)^2}{(1-n_*)}}$

✓ Bước 4: Tính $n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n$

Chú ý: Nếu P^* nhỏ và n^* nhỏ mà không có trong bảng tra n_{hq}^* thì cho phép lấy $n_{hq}^* = 1$.



8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

Ví dụ: Ví dụ trên, nhưng cho $K_{sd} = 0,16 \rightarrow$ xác định n_{hq} ?

Giải:

$$n = 55; n_1 = 25 \rightarrow n^* = 0,45$$

$$P = 520\text{kW}; P_1 = 400 \text{ kW} \rightarrow P^* = 0,77$$

Tra từ bảng quan hệ $n_{hq}^* = f(n_*, P_*)$: $n_{hq}^* = f(0,45; 0,77) = 0,67$

→ $n_{hq} = 0,67 \cdot 55 \approx 36$ (thiết bị)

❖ Các trường hợp khác:

➤ Các trường hợp trên chỉ sử dụng được khi $4 \leq n_{hq} \leq 300$. Với các giá trị n_{hq} khác không tra K_{max}

theo đường cong $K_{max} = f(n_{hq}, K_{sd})$ được. Lúc đó, tính gần đúng:

✓ Nếu $n_{hq} \leq 4$ và $n \leq 3$: $P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{đmi}; Q_{tt} = \sum_{i=1}^n Q_{đmi} = \sum_{i=1}^n P_{đmi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

- ✓ Nếu $n_{hq} \leq 4$ và $n > 3$:

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{\text{đm}i} \cdot K_{ti}$$

K_{ti} : hệ số của phụ tải thứ i . Tính gần đúng K_t

- Thiết bị làm việc ở chế độ dài hạn thì $K_t = 0,9$
- Thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại thì $K_t = 0,75$

- ✓ Nếu $n_{hq} > 300$ và $K_{sd} < 0,5$ thì xác định K_{max} theo $n_{hq} = 300$.

- ✓ Nếu $n_{hq} > 300$ và $K_{sd} \geq 0,5$ thì $P_{tt} = 1,05 \cdot K_{sd} \cdot P_{\text{đm}}$

- ✓ Nếu nhóm phụ tải làm việc lâu dài với ĐTPT bằng phẳng (bơm, máy nén khí...) : $K_{max} = 1$ và coi $P_{tt} = P_{tb} = K_{sd} \cdot P_{\text{đm}}$

➤ Phạm vi ứng dụng: Phương pháp này cho phép xét đến độ lớn và chế độ làm việc của các thiết bị trong nhóm phụ tải nên kết quả tính toán khá chính xác

➔ Sử dụng phổ biến để xác định phụ tải tính toán của các xí nghiệp công nghiệp.

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

Xác định phụ tải tính toán theo hệ số đồng thời

- ❖ Do tính chất ngẫu nhiên của nhu cầu sử dụng điện nên tại một thời điểm nhất định, không phải tất cả các thiết bị dùng điện đều được đóng điện.
- ❖ Vì vậy khi xác định phụ tải tính toán tại các nút có nhiều phụ tải nối vào thì phải xét đến tính chất đồng thời đóng điện của các phụ tải thông qua hệ số đồng thời:

$$P_{tt-nhóm} = K_{đt} \cdot \sum_{i=1}^n P_{ti}$$

- ❖ Phạm vi ứng dụng: Phương pháp này dùng để xác định phụ tải tính toán tại các nút nhiều phụ tải như TBA các phân xưởng có công suất lớn, trạm biến áp trung gian cấp cho các nhà máy, các khu công nghiệp v.v...

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

Xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao điện năng

$$P_{ttT} = \frac{M_T \cdot w_0}{T}$$

✓ M_T : số đơn vị sản phẩm được sản xuất trong thời gian T ; w_0 : suất tiêu hao điện năng kWh/đơn vị sản phẩm tra sổ tay ; T : Thời gian khảo sát (1 ca, 1 năm...)

- ❖ Xét cả năm: $P_{ttT} = \frac{M_T \cdot w_0}{T_{max}}$ (T_{max} : thời gian sử dụng P_{max} (giờ).
- ❖ **Ví dụ:** Tính P_{tt} của một nhóm máy nén khí có sản lượng 300.10^6 m³, biết suất tiêu thụ $100\text{kWh}/10^3\text{m}^3$, $T_{max} = 7000$ giờ.

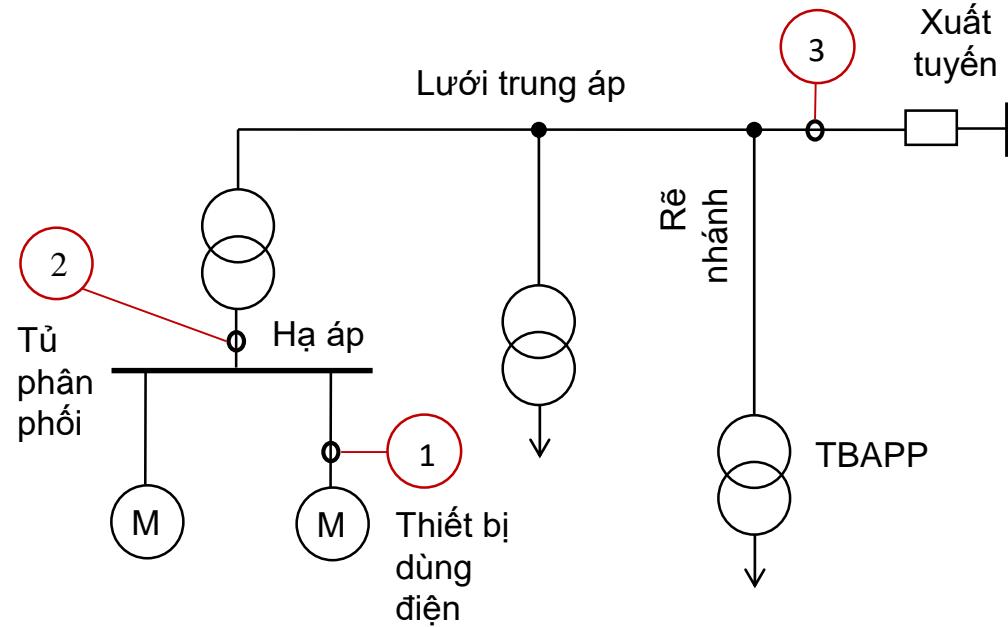
➤ *Giải:* $P_{tt} = \frac{300.10^6 \cdot 100}{7000.10^3} = 4286 \text{ kW}$

- ❖ *Phạm vi áp dụng:* Đơn giản kém chính xác, chỉ sơ bộ xác định P_{tt} hộ có ĐTPT ít thay đổi (quạt gió, bơm, lò điện trở) → $P_{tt} \approx P_{tb}$.

8. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PTTT

Tổng kết một số phương pháp xác định

- ❖ Tại vị trí 1, sử dụng phương pháp xác định phụ tải tính toán theo hệ số nhu cầu hoặc hệ số sử dụng lớn nhất.
- ❖ Tại vị trí 2, sử dụng phương pháp xác định phụ tải tính toán theo công suất trung bình và hệ số cực đại hoặc phương pháp dùng hệ số nhu cầu của một nhóm phụ tải.
- ❖ Tại vị trí 3, sử dụng phương pháp dùng hệ số đồng thời.



9. BIỂU ĐỒ PHỤ TẢI

Biểu diễn thích hợp phụ tải → khi thiết kế hình dung một cách rõ ràng sự phân bố phụ tải trên mặt bằng → có cơ sở vạch các phương áp cung cấp điện cho toàn công trình, chọn vị trí đặt các trạm biến áp, vạch các tuyến đường dây

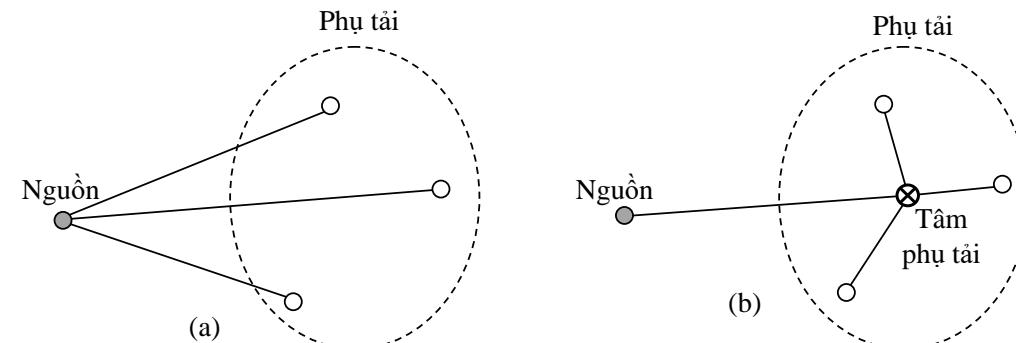
□ Xác định tâm phụ tải

❖ Quan điểm triết học: $x_0(y_0, z_0) = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot x_i(y_i, z_i)}{\sum_{i=1}^n S_i}$

- ✓ x_i, y_i, z_i là các tọa độ của phụ tải thứ i có công suất S_i
- ✓ Phụ tải z khi phụ tải là các nhà cao tầng

❖ Tính đến thời gian làm việc: $x_0(y_0, z_0) = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot T_i \cdot x_i(y_i, z_i)}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot T_i}$

- ✓ T_i là thời gian làm việc của phụ tải thứ i.



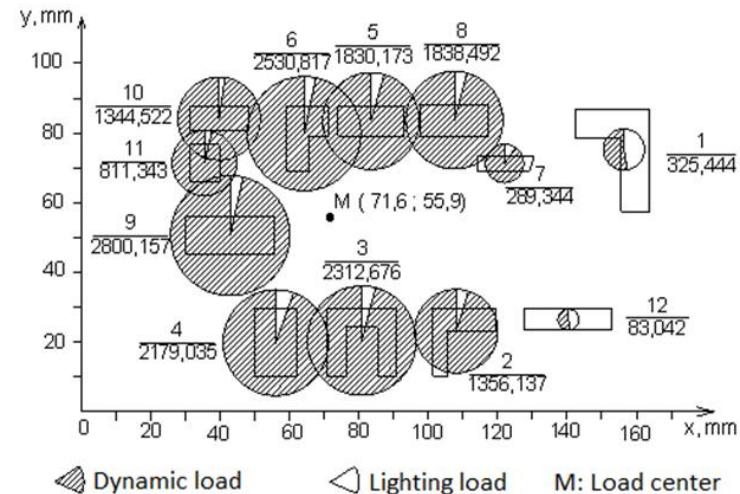
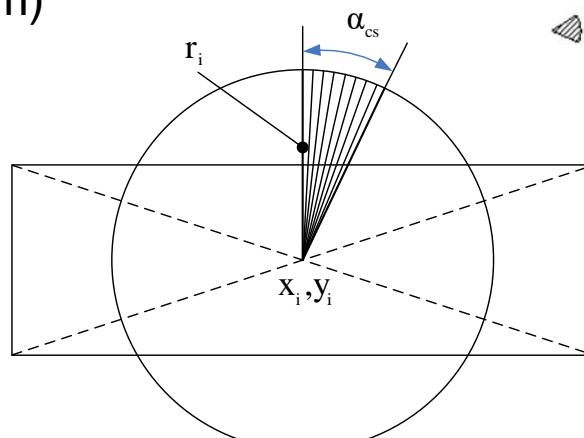
9. BIỂU ĐỒ PHỤ TẢI

□ Biểu đồ phụ tải

- ❖ Vòng tròn có tâm trùng với tâm phụ tải, có diện tích tỷ lệ với công suất phụ tải theo một tỷ lệ xích tùy chọn.

$$S_i = m \cdot \pi \cdot r_i^2 \rightarrow r_i = \sqrt{\frac{S_i}{m\pi}}$$

- m: Tỷ lệ xích (kVA/cm^2)
- r_i : Bán kính vòng tròn phụ tải thứ i (cm)



9. BIỂU ĐỒ PHỤ TẢI

Các thành phần phụ tải

❖ Một phụ tải lớn có thể phân chia thành nhiều thành phần:

- Công nghiệp: phụ tải phân xưởng=động lực+chiếu sáng.
- Nông thôn: phụ tải tươi tiêu + phụ tải sinh hoạt.
- Đô thị: công nghiệp+thương mại+d/vụ+sinh hoạt+giao thông.

❖ Các *thành phần phụ tải* có thể được biểu diễn trên vòng tròn biểu đồ của phụ tải thông qua các góc:

$$\alpha_i = \frac{360.P_i}{P}$$

- ✓ P_i : Công suất tiêu thụ của thành phần phụ tải thứ i
- ✓ P: Tổng công suất tiêu thụ của phụ tải

DỰ BÁO PHỤ TÀI

□ Phân loại dự báo nhu cầu điện

❖ Dự báo ngắn hạn

- Từ 1 đến 2 năm và được dùng trong thiết kế.
- Yêu cầu độ chính xác cao, cho phép sai số 5÷10%

❖ Dự báo tầm vừa

- Từ 5÷10 năm, dùng chủ yếu cho công tác quy hoạch
- Sai số cho phép từ 10÷20%.

❖ Dự báo tầm xa

- Từ 10÷20 năm, thường chỉ mang tính chiến lược, chỉ nêu nên phương hướng phát triển chủ yếu.

DỰ BÁO PHỤ TẢI

❑ Các phương pháp dự báo nhu cầu điện

❖ Phương pháp hệ số vượt trước: $K = \frac{\alpha_{ncdn}}{\alpha_{nkt}}$

✓ α_{ncdn} : Tỷ lệ tăng trưởng nhu cầu điện [%] trong quá khứ

✓ α_{nkt} : Tỷ lệ tăng trưởng của nền kinh tế [%] trong quá khứ

➤ Biết K và biết dự báo tỷ lệ tăng trưởng của nền kinh tế trong tương lai → Xác định được mức độ tăng nhu cầu điện trong tương lai tương ứng → Nhu cầu điện năng tại năm dự báo.

➤ Độ chính xác thấp

❖ Phương pháp trực tiếp

➤ Tương tự p/pháp xác định phụ tải theo suất tiêu hao điện năng khi dự báo tổng sản lượng của một ngành kinh tế và suất tiêu hao điện năng trên một đơn vị sản phẩm. Thích hợp với dự báo ngắn hạn, nền kinh tế ổn định

DỰ BÁO PHỤ TÀI

❑ Các phương pháp dự báo nhu cầu điện

❖ Phương pháp tương quan

- Từ số liệu trong quá khứ, lập quan hệ giữa tổng nhu cầu điện năng với các chỉ số của nền kinh tế quốc dân như tổng sản lượng của một ngành.
- Từ đó, nếu có dự báo của tổng sản lượng ngành đó thì sẽ suy ra nhu cầu điện năng cho năm dự báo.

Năm	1	2	...	Hiện tại	...	Tương lai
Nhu cầu điện năng (kWh)	A_1	A_2	...	A_{HT}	...	A_{TLi}
Chỉ số (ngành)	N_1	N_2	...	N_{HT}	...	N_{TLi}

❖ Phương pháp so sánh đối chiếu

- So sánh đối chiếu với sự phát triển nhu cầu điện năng của các nước có hoàn cảnh tương tự.
- Đơn giản và thích hợp cho dự báo ngắn hạn.

DỰ BÁO PHỤ TẢI

❑ Các phương pháp dự báo nhu cầu điện

❖ Phương pháp ngoại suy theo thời gian:

➤ Nghiên cứu diễn biến nhu cầu điện năng trong quá khứ tương đối ổn định → tìm quy luật nó để dự báo nhu cầu điện năng cho tương lai.

✓ Ngoại suy tuyến tính: $S(t) = S_{tt0} \cdot (1 + \alpha \cdot t)$

$S(t)$: Công suất tính toán sau t năm dự báo

S_{tt0} : Công suất tính toán ở thời điểm gốc ban đầu

α : Tỷ lệ phát triển hàng năm của phụ tải cực đại (tính toán)

✓ Ngoại suy theo dạng hàm mũ

$$S(t) = S_{tt0} \cdot e^{\alpha \cdot t} \text{ hoặc } S(t) = S_{tt0} \cdot (1 + \alpha)^t$$

➤ Kết quả khá chính xác, có thể dùng cho dự báo tầm trung và dài hạn nếu tương lai không có sự thay đổi đột biến về phụ tải.

DỰ BÁO PHỤ TÀI



Phương pháp dự báo nhu cầu điện



- Các biến số quan trọng sẵn có:
 - Dự báo GDP theo ngành và theo vùng miền;
 - Dân số, tỷ lệ đô thị hóa;
 - Dự báo nhu cầu điện các tỉnh, thành phố.
- Phương pháp dự báo kết hợp:
 - Phương pháp **trên-xuống (top-down)**:
 - **Phân tích hồi quy** tiêu thụ điện theo các biến số chính, GDP, dân số, tỷ lệ đô thị hóa, giá điện...
 - Phân tích chuỗi số liệu theo thời gian (time-series)
 - Phương pháp **dưới-lên (bottom-up)**:
 - Tổng hợp **nhu cầu điện tỉnh và các phụ tải quan trọng**.
 - Sử dụng **mô hình TIMES** đánh giá nhu cầu điện từng phân ngành trong nhu cầu năng lượng.



$LN(\text{Tổng điện thương phẩm}) = 1.4783(B) + 1.0156 * LN(\text{GDP đầu người}) - 0.22457 * LN(\text{Giá điện TB}) + 0.56577 * LN(\text{Tỷ trọng GDP CN}) + 2.552 * LN(\text{Tỷ trọng dân đô thị})$

15

DỰ BÁO PHỤ TÀI



Kết quả dự báo Kịch bản cơ sở



- Điện thương phẩm 478 tỷ kWh vào năm 2030 và 861 tỷ kWh vào năm 2045;
- Điện sản xuất 537 tỷ kWh vào năm 2030 và 959 tỷ kWh vào năm 2045;
- Điện thương phẩm sẽ duy trì mức tăng 8,3% giai đoạn 2021-2030 sau đó giảm xuống mức 3,5%/năm giai đoạn 2031-2045.
- Hệ số đòn hồi điện đối với GDP 5-năm giảm xuống mức 1,13 lần vào năm 2030 và sau đó giảm mạnh đến mức 0,58 lần vào năm 2045.

	Đơn vị	2020	2025	2030	2040	2045
Tổng sản phẩm trong nước giá 2010	Tỷ đồng	3.921.735	5.444.877	7.424.248	12.838.292	16.565.515
Công nghiệp - Xây dựng %		41.0%	42.8%	43.9%	45.2%	45.6%
Nông nghiệp - Lâm nghiệp - Thủy sản %		15.1%	13.0%	11.4%	9.4%	8.7%
Thương mại - Dịch vụ %		43.9%	44.3%	44.7%	45.4%	45.7%
Dân số	Triệu người	96.7	101.8	107.1	118.2	124
Tỷ lệ đô thị hóa	%	36.8	40.0	43.1	49.4	52.6
Điện thương phẩm toàn quốc	GWh	215.200	337.544	478.138	742.602	861.326
Tổn thất	%	6.6	6.3	6.0	6.0	6.0
Tự dùng	%	5.4	5.1	4.9	4.5	4.2
Điện sản xuất	GWh	244.101	381.143	536.560	829.274	959.436
Pmax	MW	39.426	59.778	84.203	130.055	150.544
Tiêu thụ điện đầu người	kWh/người	2309	3316	4465	6284	6949
Tăng trưởng GDP 5-năm	%/năm	4.9%	6.8%	6.4%	5.4%	5.2%
Tăng trưởng điện thương phẩm 5-năm	%/năm	5,8%	9,4%	7,2%	3,9%	3,0%
Hệ số đòn hồi điện đối với GDP 5-năm		1.20	1.38	1.13	0.72	0.58

16

DỰ BÁO PHỤ TẢI



SO SÁNH KẾT QUẢ DỰ BÁO VỚI QHĐ VII HC



Dự báo tăng trưởng GDP hàng năm KB trung bình

Giai đoạn	KB Cơ sở QHĐ 7 HC				Dự báo cập nhật QHĐ8			
	Toàn quốc	Miền Bắc	Miền Trung	Miền Nam	Toàn quốc	Miền Bắc	Miền Trung	Miền Nam
2016- 2020	7.0	6.3	6.5	7.4	5.8	8.56	5.26	4.85
2021- 2025	7.0	6.4	6.6	7.5	9.4	7.15	6.74	6.45
2026- 2030	7.0	6.4	6.6	7.5	6.4	6.75	6.35	6.06
2031- 2035	7.0	6.4	6.6	7.5	5.9	6.23	5.83	5.54
2036- 2040					5.4	5.72	5.33	5.03
2041- 2045					5.2	5.57	5.18	4.88
2046- 2050					5.0	5.32	4.95	4.64

SO SÁNH DỰ BÁO PHỤ TẢI (GWH)

■ Điện sản xuất QHĐ 7 GWh ■ Điện sản xuất QHĐ 8 GWh



Dự báo QHĐ VIII thấp hơn so với QHĐ VII điều chỉnh: Asx năm 2030 thấp hơn 35 TWh

- Pmax QHĐ VIII các năm 2020, 2025, 2030, 2040, 2045 lần lượt là: 39GW, 60GW, 84 GW, 130MW, 151MW
- Tăng trưởng Asx giai đoạn 2021-2030: 8,2%/năm; giai đoạn 2031-2045: 4,1%/năm

17

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH SỐ THIẾT BỊ ĐIỆN HIỆU QUẢ n_{hq}

☐ **Biết:** 8 tb×20kW, 10 tb×15kW, 16 tb×6kW, 20 tb×3kW, 5 tb×1kW, $K_{sd} = 0,25$.

☐ **Kiểm tra để loại bỏ nhóm thiết bị có công suất nhỏ**

- ❖ $P_{đm-nhóm} = 8.20 + 10.15 + 16.6 + 20.3 + 5.1 = 471 \text{ kW}$
- ❖ Tổng số thiết bị là $n = 8 + 10 + 16 + 20 = 54$ thiết bị
- ❖ Tổng công suất là $P_{đm-nhóm} = 8.20 + 10.15 + 16.6 + 20.3 = 466 \text{ kW}$

☐ **Kiểm tra tỷ số m và hệ số sử dụng**

- ❖ $K_{sd} = 0,25 > 0,2$ và $m = \frac{P_{đmMax}}{P_{đmMin}} = \frac{20}{3} > 3$.
- ❖ $n_{hq} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{đmi}}{P_{đmMax}} = \frac{2 \cdot 466}{20} = 46 < n = 54$ thiết bị

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH SỐ THIẾT BỊ ĐIỆN HIỆU QUẢ n_{hq}

□ Biết: 8tb×20kW, 10tb×15kW, 16tb×6kW, 20tb×3kW, $k_{sd}=0,16$.

□ **Xác định số thiết bị hiệu quả**

❖ $k_{sd} = 0,16 < 0,2$

→ $n_1 = 18 \text{ tb} (P_1 = 20.8 + 15.10 = 310\text{kW}, P = P_{đm-nhóm} = 466\text{kW})$

$$n_* = \frac{n_1}{n} = \frac{18}{54} = 0,33 \text{ và } P_* = \frac{P_1}{P} = \frac{310}{466} = 0,67$$

❖ Tra bảng, $n_{hq}^* = f(n_*, P_*) = f(0,33; 0,67) = 0,65$

$$n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n = 0,65 \cdot 54 = 35 \text{ tb}$$

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

- ❖ Xác định n_{hq}^* theo công thức gần đúng:

$$n_{hq}^* = \frac{0,95}{\frac{P_*^2}{n_*} + \frac{(1-P_*)^2}{(1-n_*)}} = \frac{0,95}{\frac{0,67^2}{0,33} + \frac{(1-0,67)^2}{(1-0,33)}} = 0,62 \rightarrow n_{hq} = n_{hq}^* \cdot n = 0,62 \cdot 54 = 33$$

❑ Xác định K_{max} :

- ❖ Tra sổ tay, $K_{max} = f(n_{hq}, K_{sd}) = f(35; 0,16) = 1,4$
- ❖ Hoặc xác định K_{max} từ công thức kinh nghiệm:

$$K_{max} = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1 - K_{sd}}{n_{hq} \cdot K_{sd} + 2}} = 1 + 1,3 \cdot \sqrt{\frac{1 - 0,16}{35 \cdot 0,16 + 2}} = 1,43$$

❑ Xác định phụ tải tính toán

$$P_{tt} = K_{max} \cdot P_{tb} = K_{max} \cdot K_{sd} \cdot P_{đm} = 1,43 \cdot 0,16 \cdot 466 = 104,38 \text{ kW}$$

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

- Một trạm biến áp phân phối cấp điện cho 4 nhà kho với $P_{đặt}$ lần lượt là 250 kVA, 200 kVA, 150 kVA và 400 kVA, cùng với $\cos\varphi = 0,9$, $K_{nc} = 0,9; 0,8; 0,75$ và $0,85$ ($K_{nc} = \frac{P_{tt}}{P_{đặt}}$). Hệ số không đồng thời $K_{dt} = 0,9$. Tính phụ tải tính toán mà trạm biến áp cần tải.

□ *Giải*

Phụ tải tính toán của nhóm 4 nhà kho:

$$\begin{aligned} P_{tt.nhóm} &= K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n P_{i.tt} = K_{dt} \cdot \sum_{i=1}^n K_{i.nc} P_{i.dt} \\ &= 0,9 \times (250 \times 0,9 + 200 \times 0,8 + 150 \times 0,75 + 400 \times 0,85) \\ &= 753,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$K_{dt} = \frac{P_{tt-nhóm}}{\sum_{i=1}^n P_{ti}}$$

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

Xác định phụ tải tính toán của một phân xưởng nhỏ có 3 nhóm động cơ với công suất định mức P_{dm} và hệ số nhu cầu lớn nhất K_{nc} được cho trong bảng sau:

	Số thứ tự của thiết bị	Công suất định mức (kW)	Hệ số nhu cầu lớn nhất	Hệ số đồng thời nhóm	Hệ số đồng thời của phân xưởng
Nhóm 1	1	6	0,9	0,7	0,8
	2	2	1		
	3	8	0,8		
	4	4	0,8		
Nhóm 2	5	7	1	0,7	0,8
	6	3	1		
	7	6	0,8		
	8	6	0,8		
Nhóm 3	9	5	0,8	0,6	0,6
	10	3	0,8		
	11	3	0,8		
	12	5	0,8		
	13	4	1		
	14	4	1		

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

Nhóm	$P_{i,đm}$ (kW)	$K_{i,nc}$		$P_{i,tt}$ (kW)		$K_{đt.nhóm}$	$P_{tt.nhóm}$ (kW)		$K_{đt.px}$	$P_{tt.px}$ (kW)
Nhóm 1	6	0,9	→	5,4						
	2	1	→	2						
	8	0,8	→	6,4						
	4	0,8	→	3,2						
Nhóm 2	7	1	→	7						
	3	1	→	3						
	6	0,8	→	4,8						
	6	0,8	→	4,8						
Nhóm 3	5	0,8	→	4						
	3	0,8	→	2,4						
	3	0,8	→	2,4						
	5	0,8	→	4						
	4	1	→	4						
	4	1	→	4						

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□ Thông số nhà máy cơ khí địa phương

TT	Tên phân xưởng	P _{đặt} (kW)	TT	Tên phân xưởng	P _{đặt} (kW)
1	PX kết cấu kim loại	2200	6	PX gia công gỗ	200
2	PX lắp ráp cơ khí	1500	7	PX sửa chữa cơ khí	300
3	PX đúc	800	8	Trạm bơm	150
4	PX rèn	1200	9	Phòng kiểm định	200
5	PX nén khí	500	10	Khu văn phòng	100

□ *Trả:* K_{nc}; cosφ → P_{tt} = K_{nc} . P_{đặt}; Q_{tt} = P_{tt} · tgφ = P_{tt} · $\frac{\sqrt{1-\cos\varphi^2}}{\cos\varphi}$

TT	Tên phân xưởng	P _{đặt} (kW)	K _{nc}	cosφ	P _{tt} (kW)	Q _{tt} (kVAr)
1	PX kết cấu kim loại	2200	0,6	0,7	1320	1347
2	PX lắp ráp cơ khí	1500	0,3	0,5	450	779
3	PX đúc	800	0,6	0,7	480	490
4	PX rèn	1200	0,5	0,6	600	800
5	PX nén khí	500	0,6	0,7	300	306
6	PX gia công gỗ	200	0,4	0,6	80	107
7	PX sửa chữa cơ khí	300	0,2	0,5	60	104
8	Trạm bơm	150	0,6	0,7	90	92
9	Phòng kiểm định	200	0,7	0,7	140	143
10	Khu văn phòng	100	0,7	0,8	70	53

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□ Phụ tải tính toán của toàn nhà máy

- ❖ $P_{NM} = K_{đt} (P_{tt1} + P_{tt2} + \dots + P_{tt10}) = 0,85.3590 = 3051,5\text{kW}$
- ❖ $Q_{NM} = K_{đt} (Q_{tt1} + Q_{tt2} + \dots + Q_{tt10}) = 0,85.4220 = 3586,6\text{kVar}$
- ❖ $S_{NM} = \sqrt{P_{NM}^2 + Q_{NM}^2} = \sqrt{3051,5^2 + 3586,6^2} = 4709,11\text{kVA}$

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□ Xác định PTTT của nhóm máy công cụ có số liệu sau ($k_{sd} = 0,2$). Hệ số $\cos \phi$ của nhóm tổ máy là 0,6.

TT	Máy	P _{đm} (kW)	Đặc điểm	Số lượng
1	Cầu trục	10	$k_d\% = 49\%$	1
2	Biến áp hàn	12	$U_d, k_d\% = 36\%$	1
3	Máy mài thô	10		2
4	Máy mài tinh	7		2
5	Máy tiện	5,5		3
6	Máy khoan	4,5		3
7	Quạt gió	1,7	U_f	1

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

□Quy đổi công suất của quạt gió, cầu trục, biến áp hàn về dài hạn ba pha

❖ Cầu trục: $P_{qđ} = P_{đm} \sqrt{k_{đ}\%} = 10\sqrt{0,49} = 7$ (kW)

❖ Biến áp hàn: $P_{qđ} = \sqrt{3}P_{đm} \sqrt{k_{đ}\%} = \sqrt{3}.12\sqrt{0,36} = 12,47$ (kW)

❖ Quạt gió: $P_{qđ} = 3P_{đm} = 5,1$ (kW)

Bảng sắp xếp phụ tải theo thứ tự công suất nhỏ dần

TT	Máy	P _{đm} (kW)	Số lượng
1	Biến áp hàn	12,47	1
2	Máy mài thô	10	2
3	Máy mài tinh	7	2
4	Cầu trục	7	1
5	Máy tiện	5,5	3
6	Quạt gió	5,1	1
7	Máy khoan	4,5	3

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

Tính toán n_{hq}

- ❖ Thiết bị có công suất lớn nhất là biến áp hàn 12,47 (kW), 1 nửa công suất là 6,24 (kW). Vậy có 6 thiết bị có công suất lớn hơn trị số này là biến áp hàn (1), máy mài thô (2), máy mài tinh (2) và cầu trúc (1). $n_1=6$.
- ❖ Tổng công suất của 6 máy này là: $P_{n1} = (12,47+2.10+2.7+7)=53,47$ (kW)
- ❖ Xác định n_*, P_* :

$$n_* = \frac{n1}{n} = \frac{6}{13} \approx 0,5$$

$$P_* = \frac{P_{n1}}{P_{tổng}} = \frac{53,47}{53,47 + 5,5.3 + 5,1 + 4,5.3} \approx 0,67$$

BÀI TẬP- XÁC ĐỊNH PHỤ TẢI TÍNH TOÁN

- ❑ Tra sổ tay với $n_* = 0,5, P_* = 0,67$ được $n_{hq*} = 0,85$
- ❑ Tính được $n_{hq} = n \cdot n_{hq*} = 13 \cdot 0,85 = 11,05 \approx 11$
- ❑ Tra sổ tay với $k_{sd} = 0,2$ và $n_{hq} = 11$ được $k_{max} = 1,71$
- ❑ Phụ tải tính toán của nhóm:

$$P_{tt} = k_{max} k_{sd} \sum_{i=1}^{13} P_{dmi} = 1,71 \cdot 0,2 \cdot 88,57 = 30,29 \text{ (kW)}$$

$$Q_{tt} = P_{tt} \frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{30,29}{0,6 \cdot 0,8} = 40,39 \text{ (kW)}$$

- ❑ Phụ tải tính toán của nhóm máy là: $S_{tt} = 30,29 + j40,39 \text{ (kVA)}$

Câu hỏi ôn tập

1. Phân loại phụ tải điện theo yêu cầu cung cấp điện và theo chế độ làm việc ?
2. Nêu định nghĩa và cách xác định các đặc trưng công suất của phụ tải điện ?
3. Nêu định nghĩa và cách xác định các đặc trưng hệ số của phụ tải điện ?
4. Đồ thị phụ tải là gì ?
5. Trình bày nội dung và phạm vi ứng dụng của các phương pháp xác định phụ tải tính toán sau đây
 - Xác định phụ tải tính toán theo hệ số nhu cầu và công suất đặt ?
 - Xác định phụ tải tính toán theo hệ số đồng thời ?
 - Xác định phụ tải tính toán theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích ?
6. Biểu đồ phụ tải là gì ? Cách xác định tâm phụ tải ?
7. Trình bày tóm tắt các phương pháp dự báo phụ tải ?





SEE
School of Electrical Engineering

TOORELAB
Toward 100% Renewable Energy



CHƯƠNG 3: SƠ ĐỒ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

TABLE OF CONTENT

§3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

3.1.1. Yêu cầu đối với các sơ đồ cung cấp điện

3.1.2. Các vấn đề chính khi thiết lập các sơ đồ cung cấp điện

§3.2. LỰA CHỌN NGUỒN ĐIỆN

§3.3. CÁC SƠ ĐỒ HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

3.3.1. Sơ đồ hình tia

3.3.2. Sơ đồ đường trực chính

3.3.3. Sơ đồ mạch vòng kín

3.3.4. Sơ đồ dẫn sâu

§3.4. SƠ ĐỒ PHÂN PHỐI ĐIỆN TẠI CÁC TRẠM ĐIỆN

3.4.1. Sơ đồ hệ thống một thanh góp

3.4.2. Sơ đồ một hệ thống thanh góp có phân đoạn

3.4.3. Sơ đồ hệ thống hai thanh góp



1. Yêu cầu với sơ đồ cung cấp điện

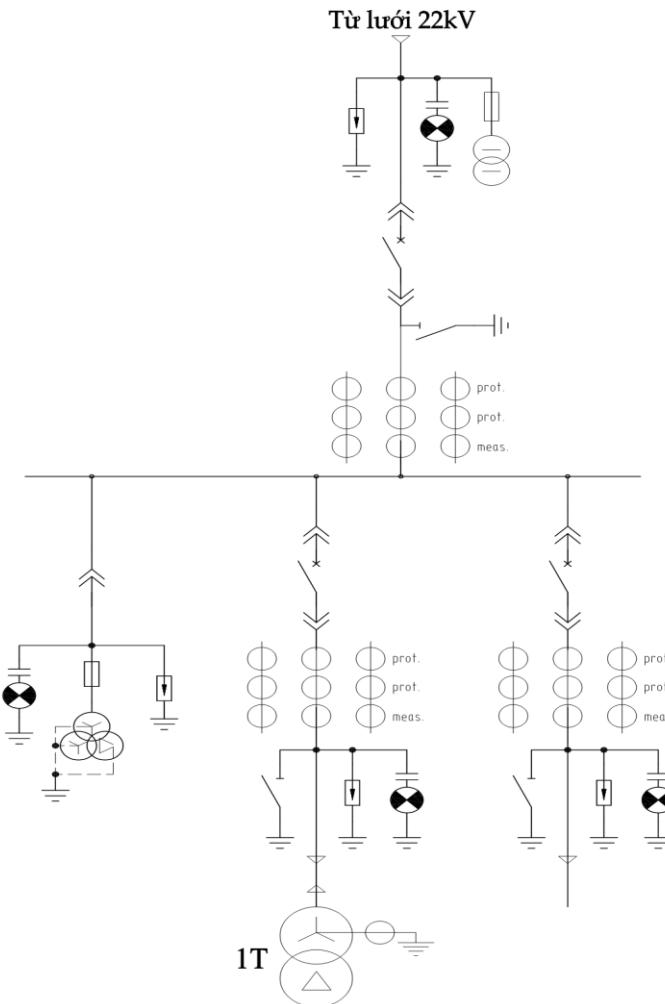
- Sau khi xác định phụ tải điện, quá trình thiết kế cung cấp điện bắt đầu bằng việc xây dựng các sơ đồ cung cấp điện.
- Để cung cấp điện từ các nguồn điện đến các phụ tải, về mặt hình học, hệ thống điện có thể được thiết kế theo rất nhiều dạng sơ đồ khác nhau.
- Việc lựa chọn sơ đồ cung cấp điện có tác động lớn đến các chỉ tiêu KT-KT của hệ thống điện khi vận hành.



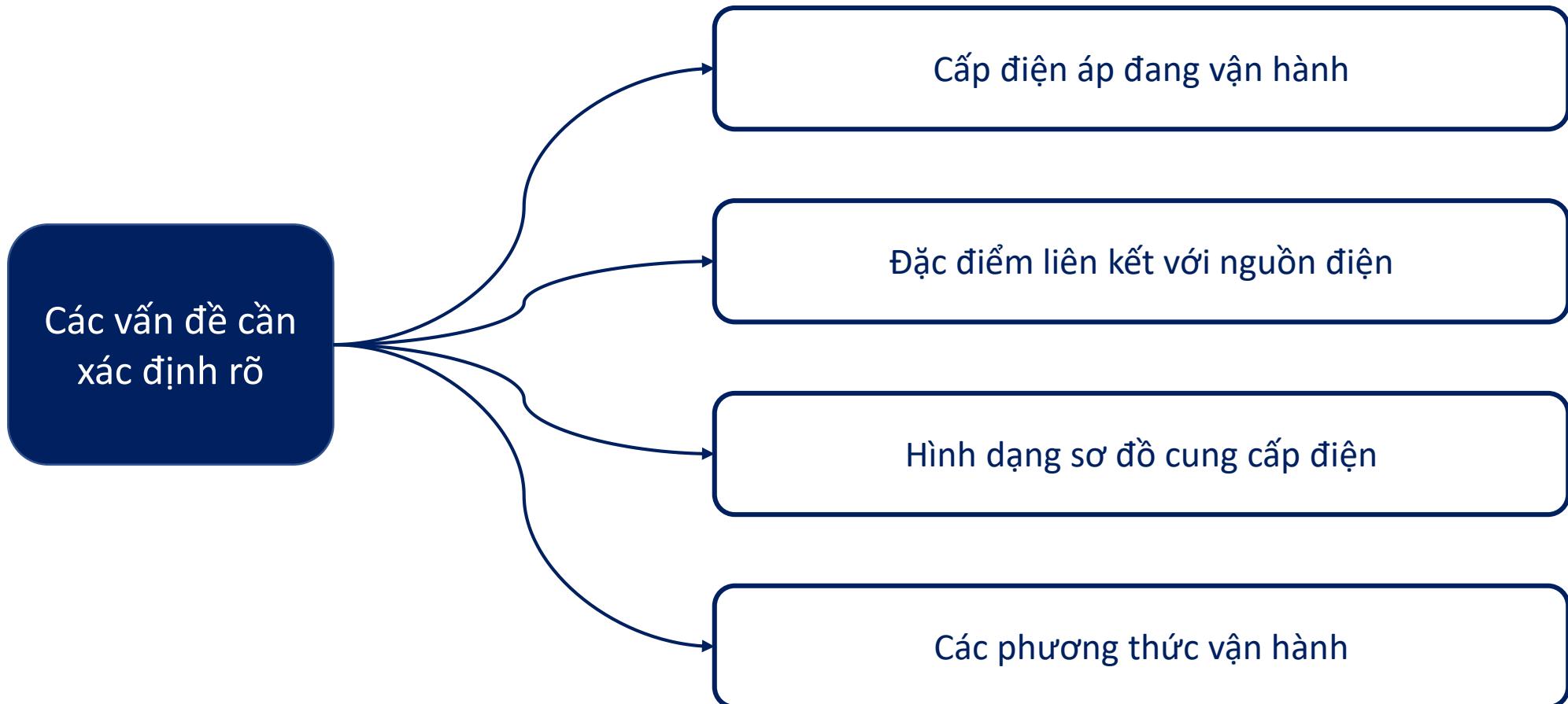
1. Yêu cầu với sơ đồ cung cấp điện

Các yêu cầu cơ bản:

- Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện
- Vận hành an toàn đối với người và thiết bị
- Linh hoạt và thuận tiện trong lắp đặt, vận hành và sửa chữa
- Dễ dàng phát triển để đáp ứng sự gia tăng của nhu cầu phụ tải
- Hợp lý về mặt kinh tế



2. Vấn đề chính khi thiết kế sơ đồ cung cấp điện



2. Vấn đề chính khi thiết kế sơ đồ cung cấp điện

- ❖ Sự đa dạng của sơ đồ (do yêu cầu cung cấp điện của phụ tải, đặc điểm và khả năng cung cấp điện của nguồn điện) có thể gây khó khăn cho thiết kế và vận hành.
- ❖ Nếu coi hệ thống điện phức tạp được tạo nên từ các dạng sơ đồ cơ bản thì chỉ cần nắm chắc được các đặc điểm và phạm vi ứng dụng của các dạng sơ đồ này.

→ Đơn giản hóa quá trình lựa chọn sơ đồ cung cấp điện.



3. Lựa chọn nguồn điện

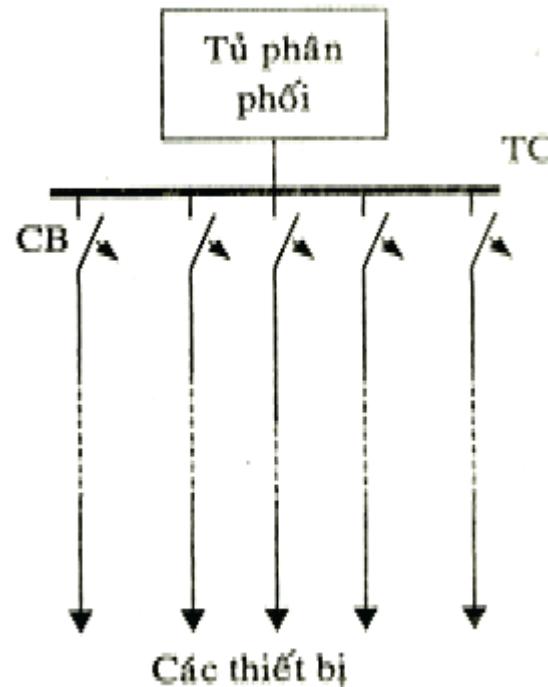
- ❖ Nguồn điện phải đủ dung lượng để đáp ứng nhu cầu phụ tải, đảm bảo cung cấp điện tin cậy và linh hoạt vận hành.
- ❖ Lựa chọn dựa trên tính toán kinh tế - kỹ thuật (xét: độ lớn, đặc điểm và yêu cầu của phụ tải, điện áp vận hành, sơ đồ lưới điện, các chế độ vận hành, khả năng tự động hóa...)



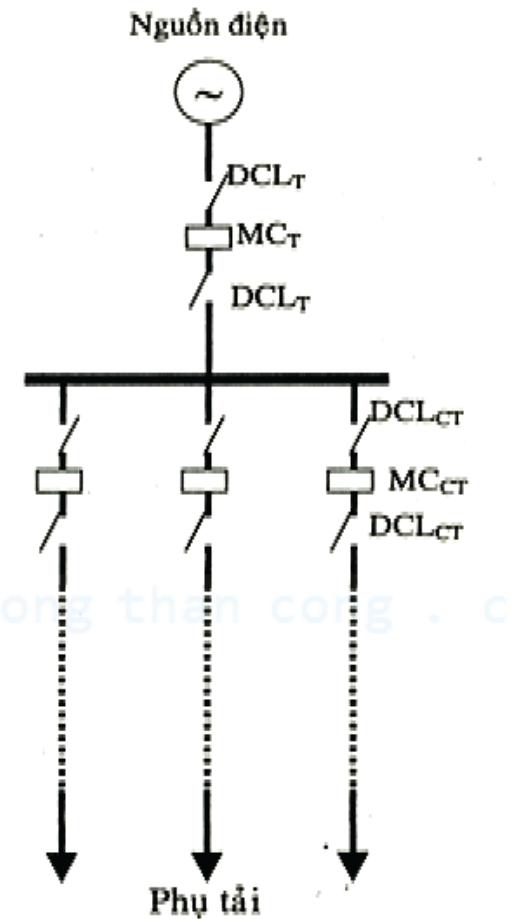
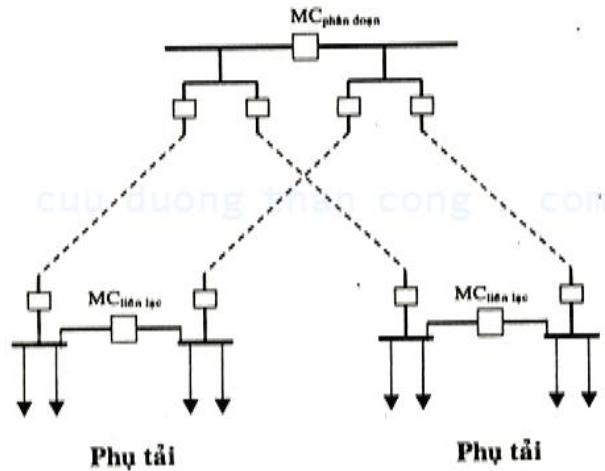
3. Lựa chọn nguồn điện

- ❖ **Các nhà máy điện** : cho vùng hay một quốc gia
- ❖ **Trạm biến áp khu vực**: Cho một khu vực lớn như thành phố, tỉnh, vùng kinh tế
 - Lấy từ cấp điện áp 110÷220kV và biến đổi xuống cấp 35kV
 - Tùy theo độ lớn phụ tải, có thể có một hay nhiều trạm biến áp
 - Để tăng độ tin cậy, mỗi trạm có ít nhất hai máy biến áp. Công suất mỗi máy biến áp 25MVA ÷125MVA.
 - **Các nhà máy điện** : cho vùng hay một quốc gia
- ❖ **Trạm biến áp trung gian:**
 - Cho khu vực công nghiệp, các nhà máy có công suất lớn, các khu đô thị hoặc thương mại.
 - Lấy điện từ cấp điện áp 110÷220kV hoặc từ mạng điện khu vực 35kV và biến đổi xuống điện áp trung gian 6÷22kV.
 - Trạm biến áp trung gian thường cũng có vị trí quan trọng trong hệ thống cung cấp điện nên mỗi trạm cũng thường có hai máy biến áp công suất 2,5÷40MVA.
- ❖ **Trạm biến áp phân phối**: Cho nhóm phụ tải tương đối nhỏ, các phân xưởng trong nhà máy điện công nghiệp, cụm dân cư, cơ quan, công sở.
 - Tùy độ lớn phụ tải và yêu cầu cung cấp điện, mỗi trạm có một đến hai máy biến áp 50kVA÷2500kVA.

4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ hình tia



Sơ đồ cung cấp điện kiểu hình tia được cung cấp bằng hai đường dây



4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ hình tia

❖ Sơ đồ hình tia

❑ *Ưu điểm:*

- Độ tin cậy cao (sự cố một Đz không ảnh hưởng đến Đz khác)
- Thiết kế, chỉnh định relay, tự động hóa đơn giản

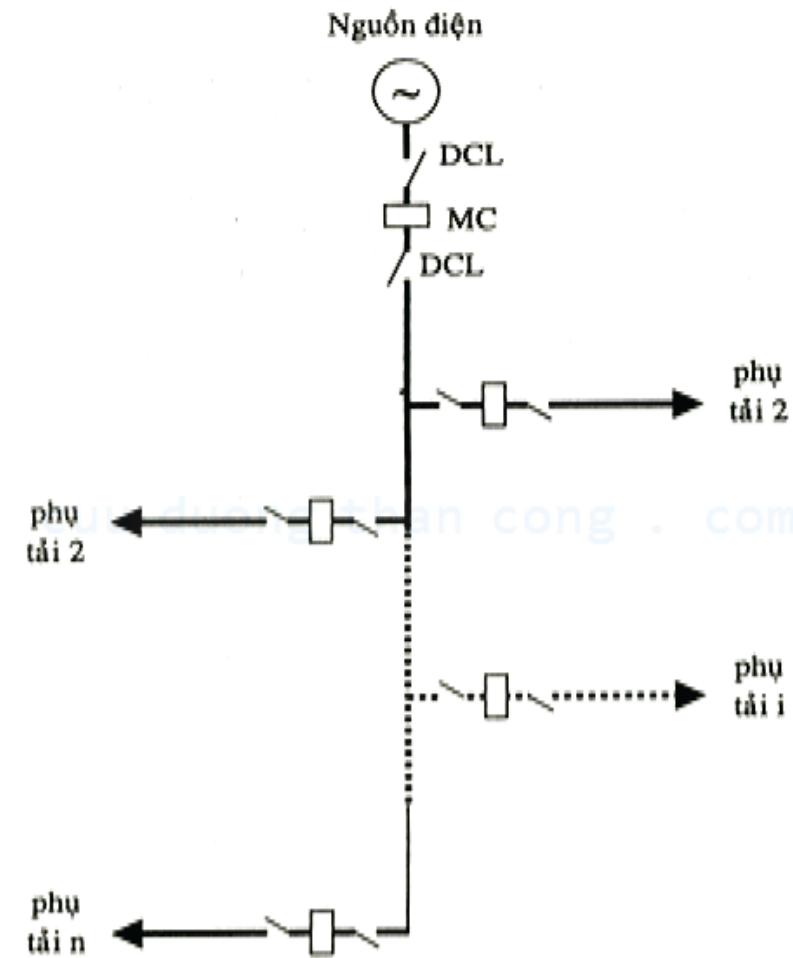
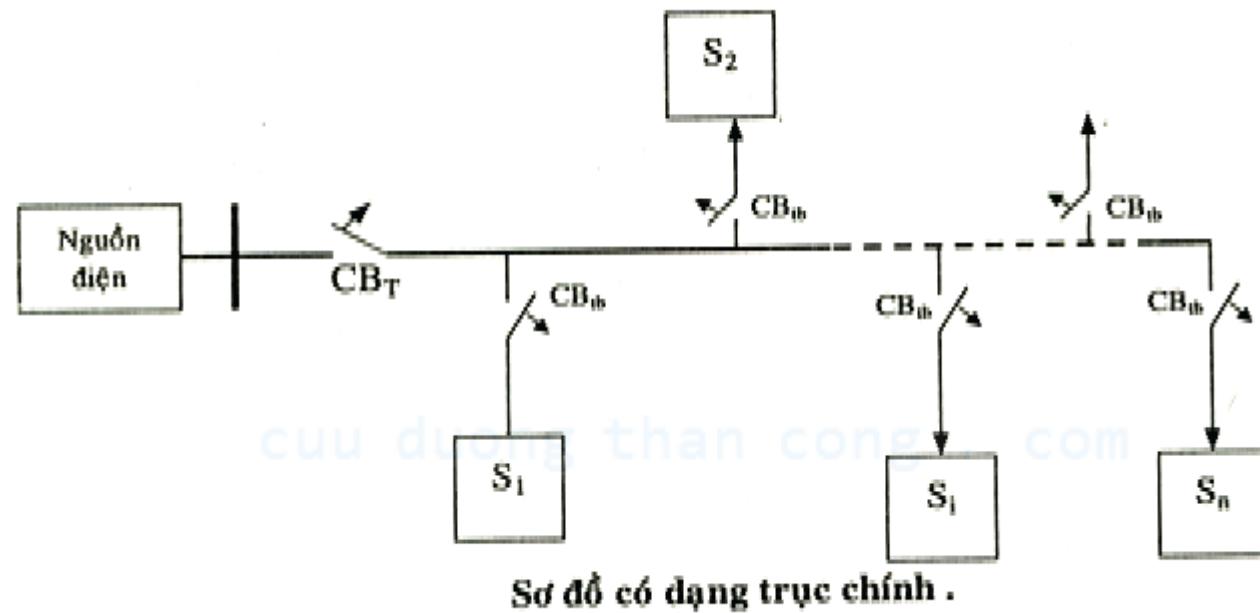
❑ *Nhược điểm:*

- Vốn đầu tư lớn (dây dài, nhiều thiết bị)

❑ *Ứng dụng:*

- Cho mạng điện áp cao, cấp cho các phụ tải lớn và quan trọng (loại 1,2) như cao áp của các xí nghiệp công nghiệp.
- Cũng phổ biến ở mạng điện hạ áp trong công nghiệp khi cấp điện cho các nhóm phụ tải công suất lớn và yêu cầu cung cấp điện cao.

4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ đường trực chính



4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ đường trực chính

❖ Sơ đồ đường trực chính

Ưu điểm:

- Vốn đầu tư giảm (giảm chiều dài Đz và số thiết bị đóng cắt).

Nhược điểm:

- Độ tin cậy cung cấp điện thấp. Khi có sự cố trên trực chính thì sẽ có nhiều phụ tải mất điện.
- Kém linh hoạt khi vận hành.
- Thiết kế rõ ràng bảo vệ phức tạp.

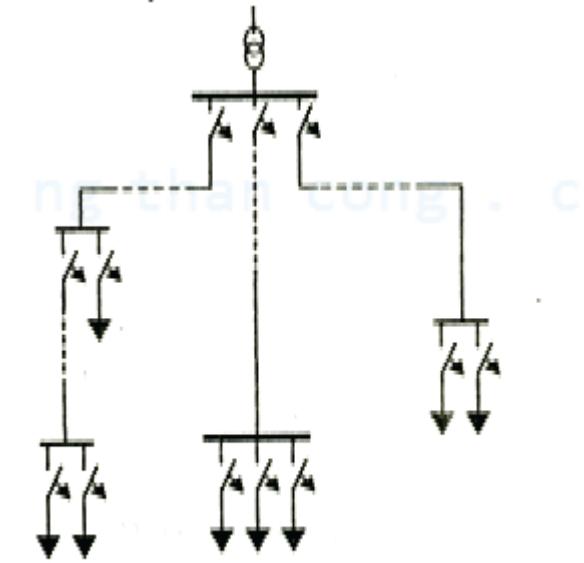
Ứng dụng:

- Dạng sơ đồ này thường được dùng để cấp điện cho các phụ tải ít quan trọng (loại 2,3).

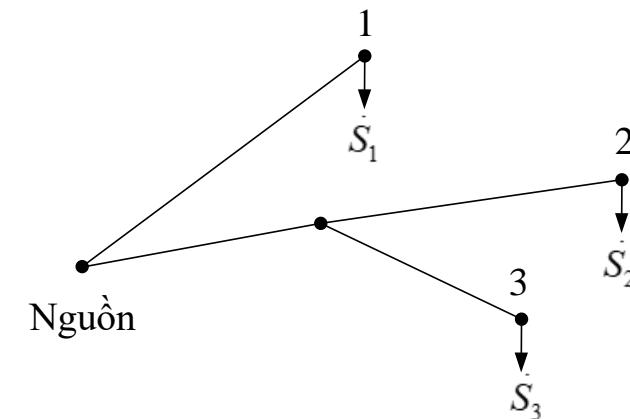
4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ hỗn hợp

❖ Sơ đồ hỗn hợp

- ❑ Kết hợp giữa sơ đồ hình tia và sơ đồ trực chính.
- ❑ Có cả ưu và nhược điểm của cả hai loại sơ đồ trên.
- ❑ Cho phép tạo nên sơ đồ cung cấp điện hợp lý cho các phụ tải trong thực tế (hợp lý giữa chi phí đầu tư và độ tin cậy cung cấp điện).
- ❑ Trong cụm phụ tải:
 - Với phụ tải quan trọng sẽ dùng sơ đồ hình tia.
 - Với phụ tải ít quan trọng hơn sẽ dùng sơ đồ trực chính.
 - Dùng sơ đồ này trong các sơ đồ cung cấp điện trong công nghiệp.



Sơ đồ có dạng tổng hợp



4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ mạch vòng kín

❖ Sơ đồ mạch vòng kín

□ Ưu điểm:

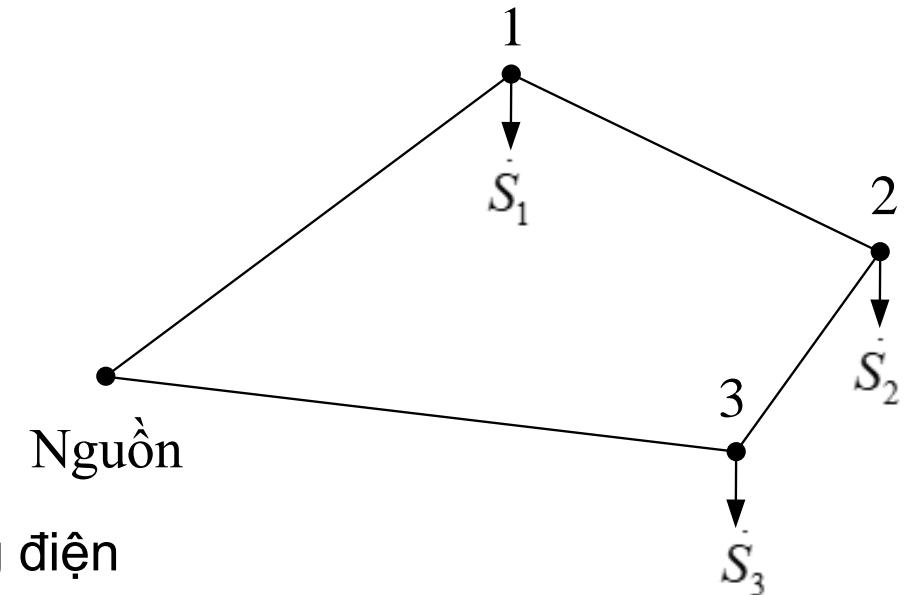
- Cấp điện từ hai phía → Nâng cao độ tin cậy
- Vốn đầu tư có thể rẻ hơn so với sơ đồ hình tia.

□ Nhược điểm:

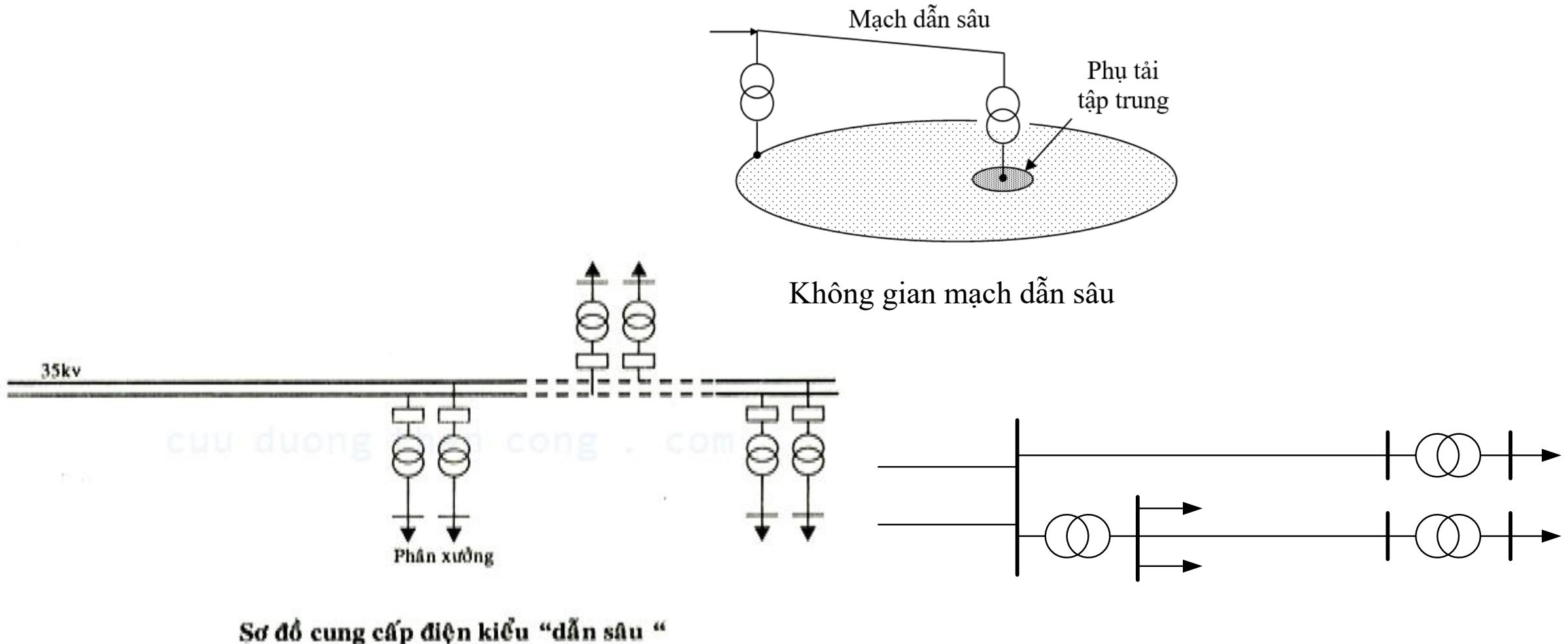
- Thiết kế và chỉnh định rõ le phức tạp
- Vận hành phức tạp
- Khi sự cố Đz gần nguồn, khó đảm bảo chất lượng điện

□ Ứng dụng:

- Cùng ở mạng cao áp để tăng cường độ tin cậy
- Khi phụ tải có mật độ cao, phân phối tương đối đều, sử dụng mạch vòng kín vận hành hở bằng cách cắt cầu dao ở một vị trí nhất định → tối ưu hóa chế độ vận hành



4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ dẫn sâu



4. Các sơ đồ hệ thống cấp điện – Sơ đồ dẫn sâu

❖ Sơ đồ dẫn sâu

Đưa thẳng các đường dây cao áp tới phụ tải. Ví dụ HTCCĐ xí nghiệp, đưa điện áp cao đến các TBAPP tại phân xưởng.

Ưu điểm:

- Giảm tổn thất công suất, điện áp.
- Giảm vốn đầu tư TBATG hoặc TPPTT.

Nhược điểm:

- Tuy giảm được vốn đầu tư TBATG hoặc TPPTT nhưng sẽ tăng vốn đầu tư của đường dây, thiết bị trung áp và TBAPP.
- Vận hành, quản lý khó khăn. Chiếm diện tích

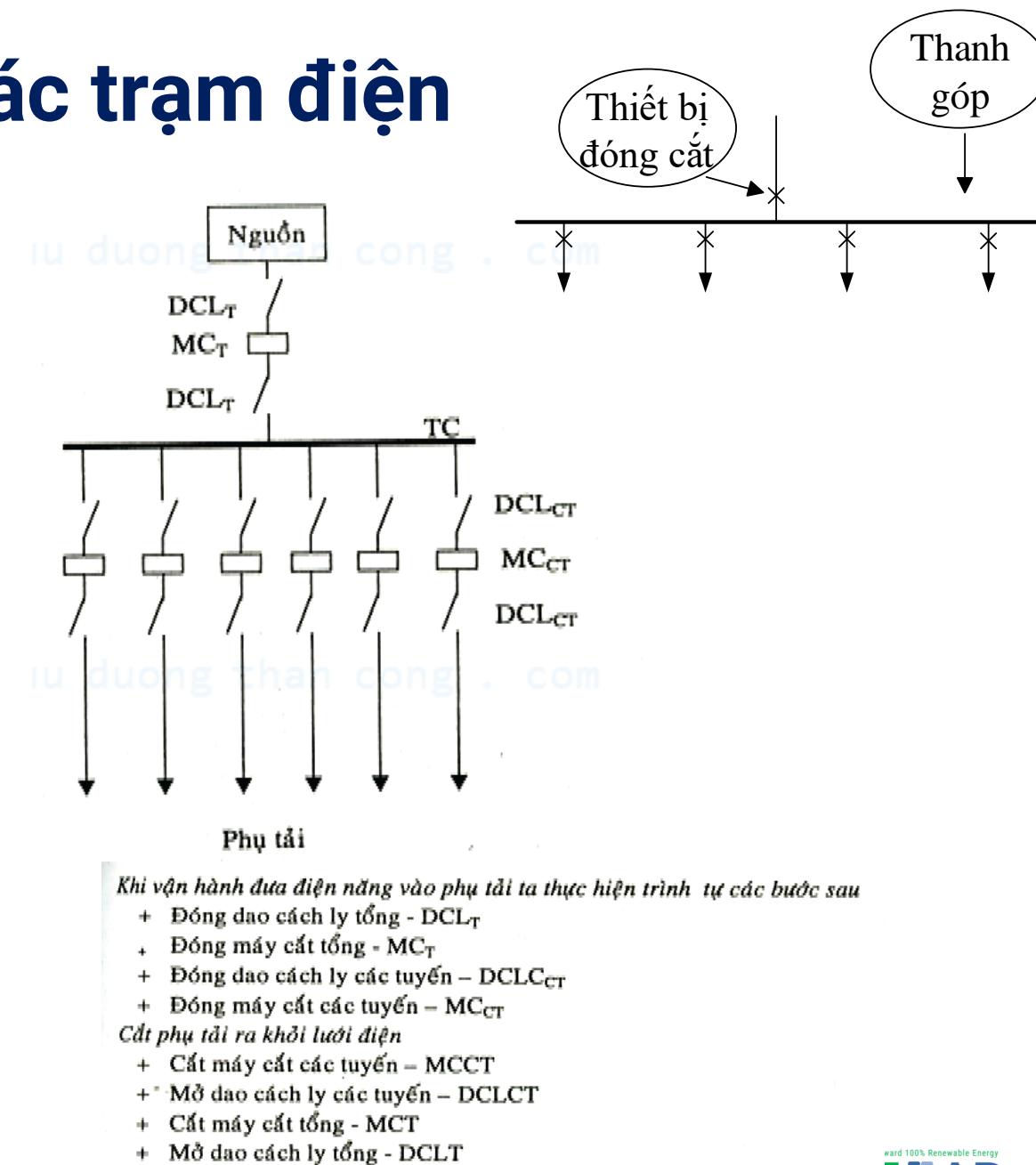
Ứng dụng:

- Phụ tải công suất lớn nằm sâu khu vực có mật độ tải thấp.

5. Sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện

Sơ đồ hệ thống một thanh góp

- ❖ Các mạch vào và ra được nối chung vào một thanh góp.
- ❖ **Ưu điểm:** Đơn giản, rẻ.
- ❖ **Nhược điểm:** Độ tin cậy không cao, hay xảy ra sự cố do nhiều mối nối, vận hành không linh hoạt.
- ❖ **Ứng dụng:**
 - Thiết kế các trạm biến áp ít quan trọng.
 - Các tủ phân phối điện hạ áp cho các phụ tải ít quan trọng.
- ❖ **Khi sự cố thì các phụ tải mất điện?**



5. Sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện

❖ Sơ đồ một hệ thống thanh góp có phân đoạn

Đặc điểm vận hành:

- Bình thường, máy cắt phân đoạn mở.
- Một nguồn mất → thiết bị phân đoạn đóng

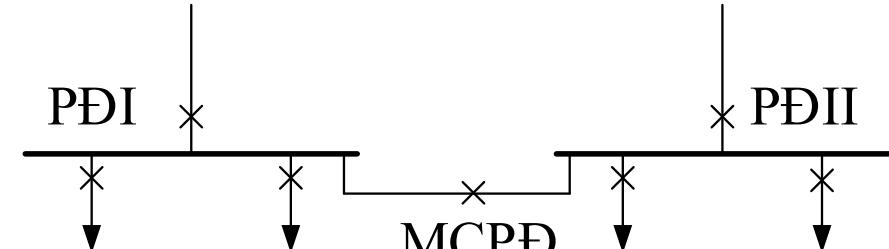
Ưu điểm: nâng cao độ tin cậy

Nhược điểm:

- Giá thành tăng do phải thêm mạch phân đoạn.
- Sửa thanh góp, phụ tải nối vào thanh góp đó vẫn mất điện.

Ứng dụng:

- Trạm nguồn, điện áp trung áp (TBATG hay TPPTT).
- Tủ phân phối hạ áp cho phụ tải quan trọng (các thiết bị đóng cắt của 2 mạch nguồn đầu vào và mạch phân đoạn được điều khiển liên động bằng chuyển nguồn tự động (ATS)).

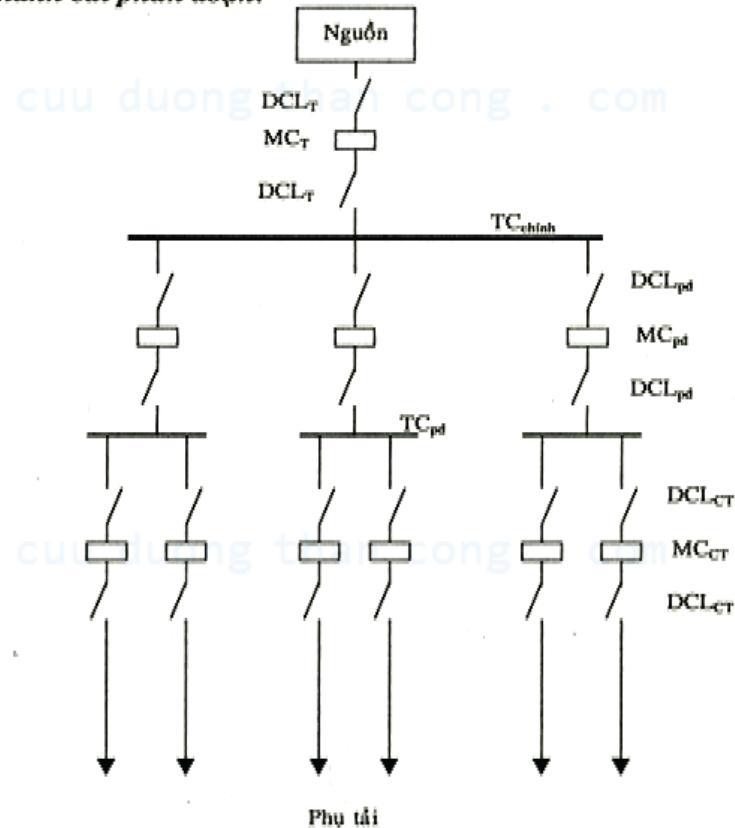


Thanh cái chính sửa thì mất điện?

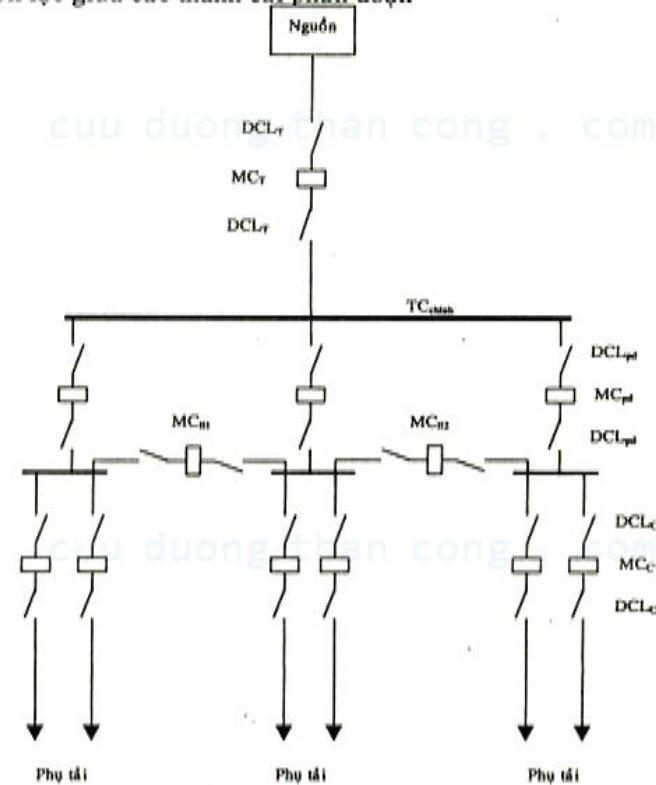
5. Sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện

❖ Sơ đồ một hệ thống thanh góp có phân đoạn

Hệ thống thanh cài phân đoạn:



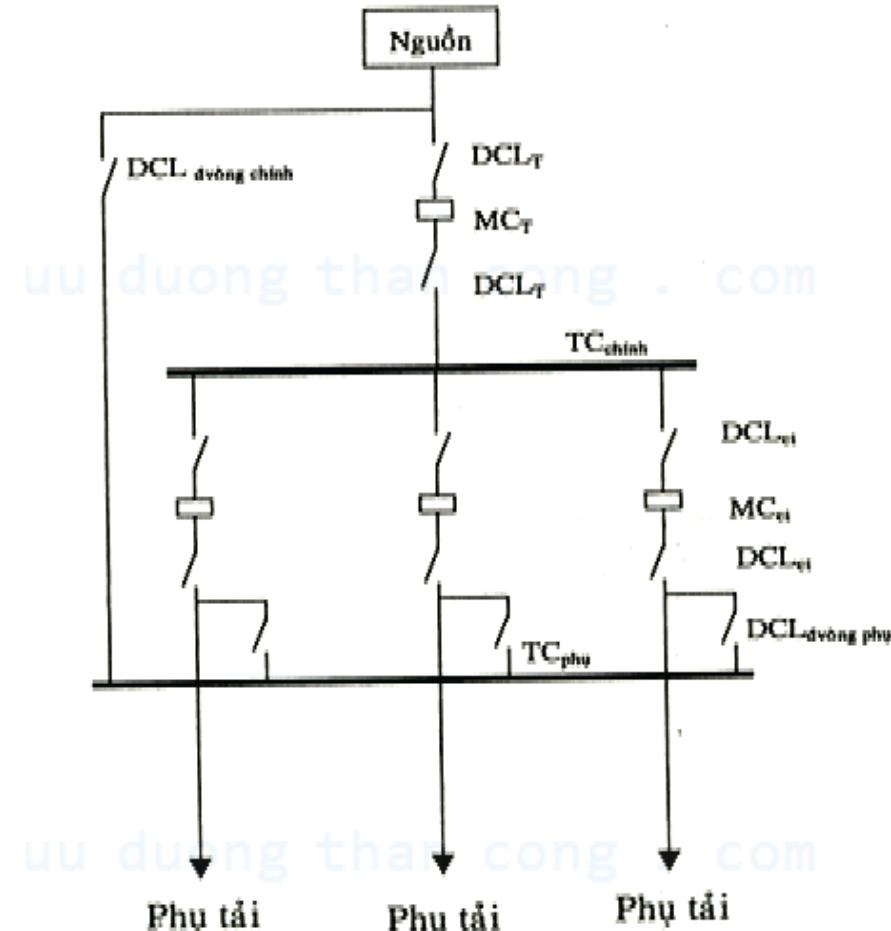
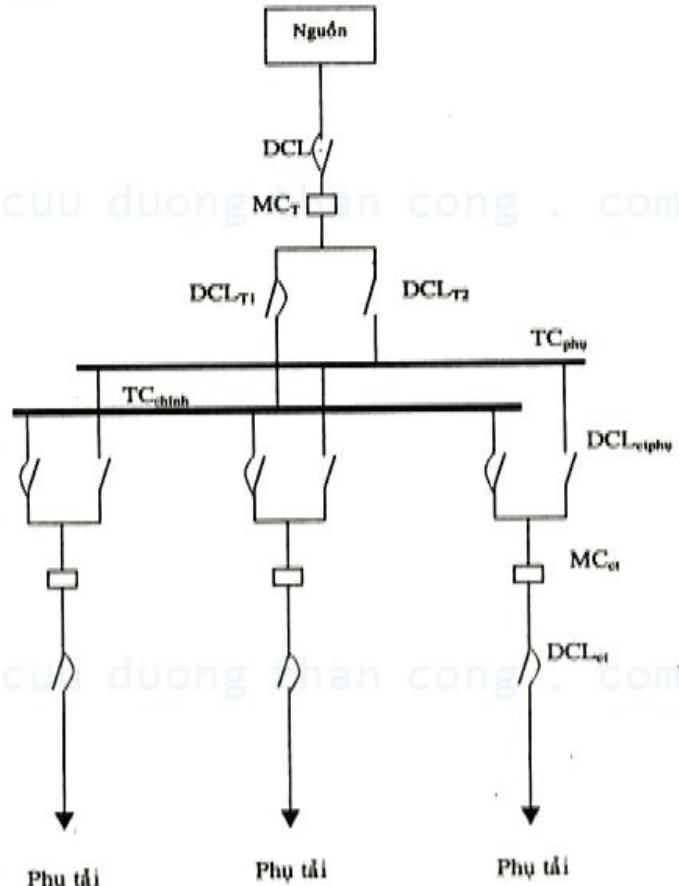
Để tăng thêm độ tin cậy cung cấp điện cho phụ tải, ta lắp đặt thêm hệ thống đóng cắt liên lạc giữa các thanh cài phân đoạn



5. Sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện

❖ Sơ đồ hệ thống 2 thanh góp

Hệ thống thanh cài kép:



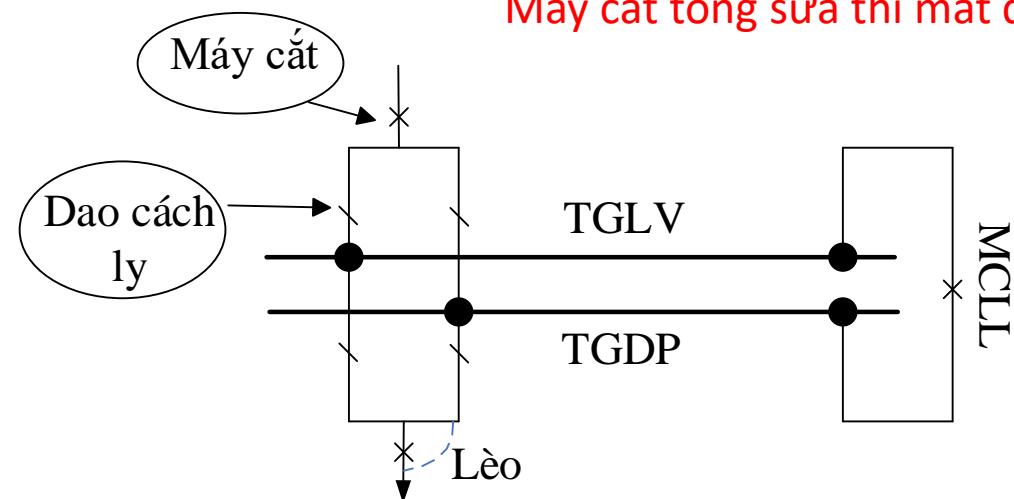
Hệ thống thanh cài đường vòng

5. Sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện

❖ Sơ đồ hệ thống 2 thanh góp

1TG làm việc + 1TG dự phòng

- ✓ Mạch vào và ra khỏi hệ thống TG sẽ nối điện với TG làm việc (DCL nối vào đóng)
- ✓ TG dự phòng không mang điện (DCL nối vào mở). Máy cắt liên lạc (MCLL) mở.
- ✓ Bảo dưỡng TG làm việc: Đóng MCLL → đóng DCL nối vào TG dự phòng → mở DCL nối với TG làm việc → cắt MCLL.



Cả hai TG cùng làm việc.

- ✓ Một nửa số mạch vào và ra được nối điện với mỗi thanh góp.
- ✓ Khi sự cố TG nào thì toàn bộ phụ tải nối vào thanh góp đó sẽ mất điện đến khi phụ tải đó được chuyển sang thanh góp không sự cố

5. Sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện

❖ Sơ đồ hệ thống 2 thanh góp

❑ **Ưu điểm:** Độ tin cậy cung cấp điện và tính linh hoạt cao.

❑ **Nhược điểm:**

- Vốn đầu tư tăng cao do có thêm một hệ thống thanh góp mới và mỗi mạch vào ra cần thêm một dao cách ly.
- Khi bảo dưỡng máy cắt hoặc sự cố máy cắt, để cung cấp điện liên tục, phải đấu tắt máy cắt bằng lèo. Khi đó, nếu sự cố trên đường dây thì cả hai thanh góp sẽ bị mất điện.
- Muốn khắc phục thì dùng hệ thống hai thanh góp có thanh góp vòng.

❑ **Ứng dụng:** thiết kế các trạm phân phối cho phụ tải quan trọng.

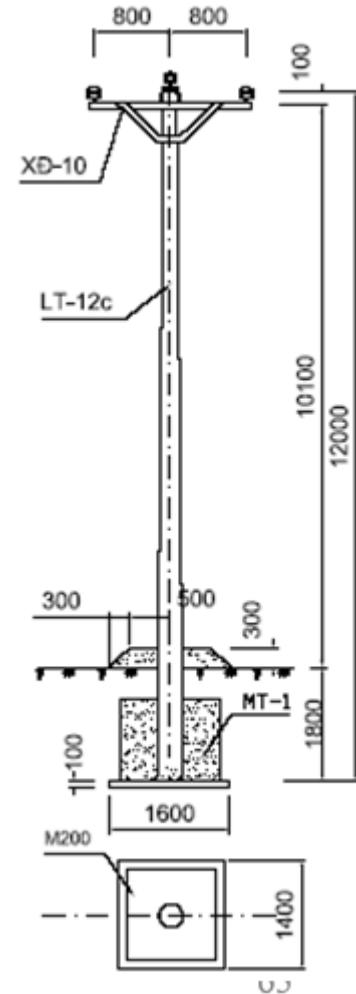
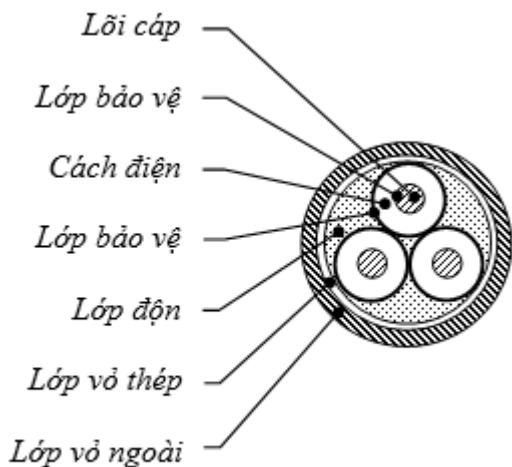


Kết cấu hệ thống cung cấp điện

□ Đường dây tải điện

- ❖ Đường dây trên không dây dẫn trần: dây dẫn đỡ/treo trên sứ cách điện đặt trên xà cột

❖ Đường dây cáp điện



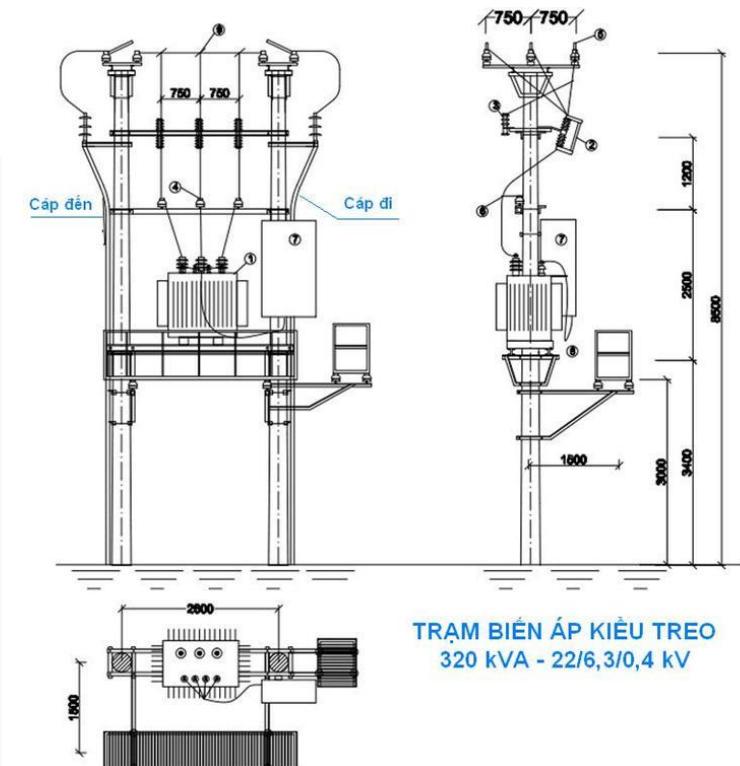
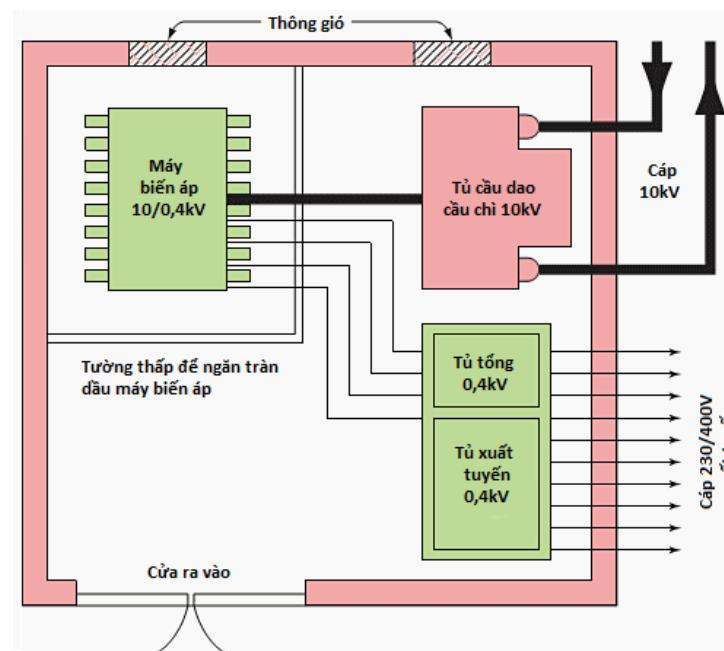
Kết cấu hệ thống cung cấp điện

□ Trạm biến áp phân phối

- ❖ Trạm treo, trạm bệt, trạm trong nhà, trạm hợp bộ (kiosk)

□ Trạm biến áp trung gian

- ❖ Trạm đặt, trạm GIS



Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày cách chọn phương án cấp nguồn cho các hệ thống cung cấp điện ?
2. Trình bày ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của các dạng sơ đồ cung cấp điện cơ bản ?
3. Trình bày các sơ đồ phân phối điện tại các trạm điện ?
4. Trình bày kết cấu chính của đường dây tải điện ?





SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 4: Phân tích kinh tế - kỹ thuật cung cấp điện

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

TABLE OF CONTENT

§4.1. KHÁI NIỆM CHUNG

4.1.1. Đặt vấn đề

4.1.2. Các thành phần chi phí cơ bản

§4.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH KINH TẾ - KỸ THUẬT TRONG CUNG CẤP ĐIỆN

4.2.1. Phương pháp dùng hàm chi phí tính toán hàng năm

4.2.2. Phương pháp dùng hàm chi phí vòng đời



1. Đặt vấn đề

❖ **Khi thiết kế phải đảm bảo các chỉ tiêu về kỹ thuật và kinh tế**

- **Chỉ tiêu kỹ thuật**: Chất lượng điện, độ tin cậy, sự thuận tiện trong vận hành, độ bền vững công trình, khối lượng sửa chữa và đại tu, mức độ tự động hóa, an toàn...
- **Chỉ tiêu kinh tế**: Vốn đầu tư và chi phí vận hành hành năm

❖ **Phân tích kinh tế-kỹ thuật phải đảm bảo**

- Dựa trên quan điểm KT-KT, chọn sơ đồ cung cấp điện hợp lý nhất
- Chọn số lượng và dung lượng máy biến áp
- Chọn cấp điện áp tối ưu cho lưới
- Chọn thiết bị điện, phần tử dẫn điện và bảo vệ theo yêu cầu KT-KT

1. Đặt vấn đề

❖ Chọn phương án

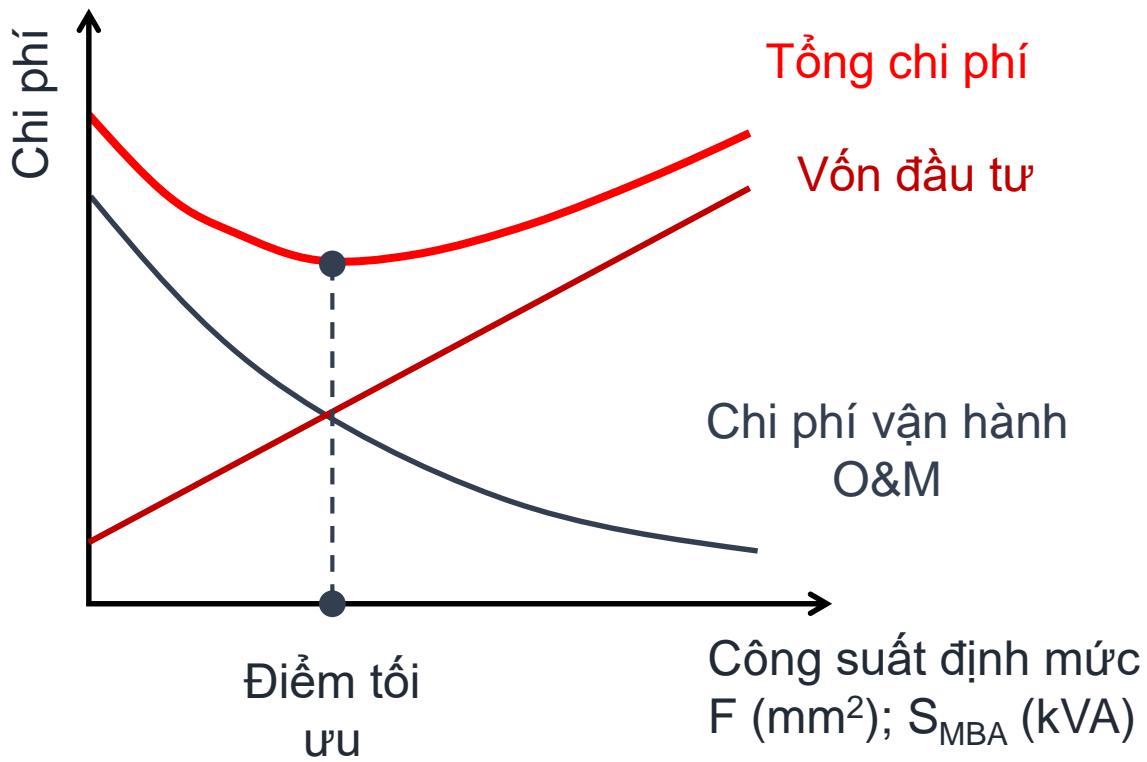
- Có nhiều biện pháp kỹ thuật để giải bài toán về cung cấp điện
 - Phải tính toán kinh tế để so sánh, tìm ra phương án tốt nhất

❖ Chú ý

- Khi tiến hành đánh giá KT-KT, chỉ xét đến các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến việc chọn phương án.
- Kết quả tính toán chỉ là căn cứ quan trọng chứ không phải là quyết định cuối cùng để lựa chọn phương án.
- *Phải xem xét thêm:* đường lối phát triển kinh tế nói chung, quy mô phát triển, tình hình cung cấp vật tư thiết bị, trình độ thi công, các yếu tố văn hóa, xã hội, địa bàn, chính trị, quốc phòng...

2. Các thành phần chi phí cơ bản

❖ Hàm chi phí tính toán



Chú ý:

- Vốn đầu tư và phí tổn vận hành thường tỷ lệ nghịch với nhau.
 - Phương án vốn lớn thì phí tổn vận hành nhỏ và ngược lại.
- ➔ Phân tích KT-KT tìm lời giải tối ưu, hài hòa hai mặt trên

2. Các thành phần chi phí cơ bản

❖ Vốn đầu tư

$$V = V_{tb} + V_{xd} (+V_{gp})$$

Trong đó:

- V_{tb} : Vốn dùng để mua thiết bị và lắp ráp các thiết bị (đường dây: cột xà sú, đào rãnh, xây cáp..., trạm biến áp, thiết bị điều khiển, bảo vệ, đóng cắt,...)
- V_{xd} : Đầu tư cho công tác xây dựng và lắp đặt công trình điện (trạm biến áp, trạm phân phối, trạm điều khiển...)
- V_{gp} : Nếu áp dụng một số giải pháp nhằm nâng cao các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật (nâng cao $\cos\varphi$, áp dụng Demand Side Management – DSM,...)

2. Các thành phần chi phí cơ bản

❖ Phí tổn vận hành

Phí tổn vận hành (Y): chi phí vận hành thiết bị / công trình điện suốt thời gian sử dụng

$$Y = C_{vh} + C_E + H$$

- ✓ **Chi phí quản lý hàng năm (C_{vh}):** chi phí cho công việc quản lý vận hành thiết bị / công trình điện bao gồm
 - Chi phí cho khấu hao (phục hồi cơ bản và đại tu)
 - Sửa chữa, trả lương cho công nhân và các khoản chi phí phụ khác (làm mát, sưởi ấm...).

$$C_{vh} = k_{vh} \cdot V$$

- k_{vh} : có thể tra cứu trong sổ tay phục vụ từng thiết bị
- Đối với thiết kế sơ bộ, $k_{vh} = 0,1$

2. Các thành phần chi phí cơ bản

❖ Chi phí tổn thất điện (C_E):

$$C_E = C_P + C_A = \Delta P \cdot \alpha_P + \Delta A \cdot \alpha_A$$

- C_P : Chi phí tổn thất công suất
 - ΔP : Tổn thất công suất trong HTCCĐ (kW)
 - α_P : Suất chi phí để cấp một đơn vị công suất (đ/kW)
 - ΔA : Tổn thất điện năng trong HTCCĐ (kWh):
 - Do dòng điện làm phát nóng
 - Do điện áp như tổn thất không tải, vầng quang
 - α_A : Giá điện năng (đ/kWh)
 - Nhiều trường hợp không xét C_P

$$C_E = C_A = \Delta A \cdot \alpha_A$$



2. Các thành phần chi phí cơ bản

❖ Tổn thất kinh tế do điện năng không đảm bảo (H) có hai loại:

- Chất lượng điện năng (CLĐN) kém gây tổn thất kinh tế (H_1)
 - Thiệt hại do H_1 khó định lượng vì tần suất lớn và phạm vi gây tác động rộng của các hiện tượng CLĐN
- Thiệt hại kinh tế do mất điện (H_2)
 - H_2 liên quan chặt chẽ với độ tin cậy (còn gọi chi phí độ tin cậy). Trong công nghiệp, H_2 có thể gây thiệt hại kinh tế:
 - Giảm năng suất hoặc tăng lượng phế phẩm
 - Hư hỏng thiết bị hoặc rối loạn quá trình công nghệ
 - Nhân công không làm việc do mất điện
 - Bồi thường tai nạn lao động

2. Các thành phần chi phí cơ bản

- Thực tế khó đánh giá chính xác H_2 .
- H_2 xác định thông qua các số liệu thống kê liên quan đến nguyên nhân gây mất điện.
- Trong thiết kế cung cấp điện cho các xí nghiệp công nghiệp, định lượng gần đúng H_2 :

$$H_2 = P_H \cdot T_H \cdot N \cdot \alpha_H$$

Trong đó

- P_H : Công suất cung cấp điện thiếu cho hộ tiêu thụ điện (kW)
- T_H : Thời gian mất điện trung bình (h)
- N : Số lần mất điện trung bình trong 1 năm (lần/năm)
- α_H : Suất thiệt hại do thiếu hụt điện năng (đ/kWh)



3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

❖ Phương pháp 1: Dùng hàm chi phí tính toán hàng năm

➤ So sánh 2 phương án thiết kế

Hai phương án thiết kế A (V_A, Y_{0A}) và B (V_B, Y_{0B})

- **Quyết định ngay** phương án tốt hơn nếu:

V_A, Y_{0A} đều nhỏ hơn V_B, Y_{0B} → phương án A.

$V_A = V_B, Y_{0A} > Y_{0B}$ hay $Y_{0A} = Y_{0B}, V_A > V_B$ → phương án B.

- **Cần tính toán:** Thông thường $V_A > V_B, Y_{0A} < Y_{0B}$

Số năm thu hồi vốn đầu tư chênh lệch: $T = \frac{\Delta V}{\Delta Y} = \frac{V_A - V_B}{Y_{0B} - Y_{0A}}$

Nếu $T \leq T_{tc}$ (5 Việt Nam, 8 Nga) → Phương án A

3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

❖ Phương pháp 1: Dùng hàm chi phí tính toán hàng năm

➤ So sánh nhiều phương án

✓ Nếu $T \leq T_{tc}$ chọn phương án A: $k_{hq} \cdot V_A + Y_{0A} < k_{hq} \cdot V_B + Y_{0B}$

- $k_{hq} = \frac{1}{T_{tc}}$: Hệ số hiệu quả thu hồi vốn đầu tư

✓ Hàm chi phí tính toán hàng năm: $Z = k_{hq} \cdot V + Y_0$

➔ Phương án hợp lý là phương án có Z nhỏ.

✓ **Tổng quát**, cần so sánh n phương án thiết kế cấp điện

- Lập hàm chi phí tính toán hàng năm cho từng phương án

$$Z = k_{hq} \cdot V + Y_0 = (k_{hq} + k_{vh}) \cdot V + C_{0E} + H_0$$

- C_{0E} : chi phí tổn thất điện hàng năm
- H_0 : tổn thất kinh tế hàng năm do điện năng không đảm bảo

➔ Phương án nào có Z nhỏ nhất sẽ là phương án tối ưu



3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

❖ Phương pháp 1: Dùng hàm chi phí tính toán hàng năm

- ✓ Mạng hình tia, bỏ qua H và chỉ xét chi phí tổn thất điện năng:

$$Z = (k_{hq} + k_{vh}) \cdot V + C_{0E} = (k_{hq} + k_{vh}) \cdot V + \Delta A \cdot \alpha_A$$

- ✓ Đối với dây dẫn, xác định *mật độ dòng điện kinh tế*

$$Z_L = (k_{hq} + k_{vh}) \cdot (a + b \cdot F) \cdot L + 3 \cdot I_L^2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{F} \cdot \tau \cdot \alpha_A$$

V: Vốn đầu tư cho đường dây: $V = (a+b \cdot F) \cdot L$

I_L : Dòng điện phụ tải lâu dài lớn nhất chạy trên dây dẫn

ρ : Điện trở suất của vật liệu làm dây dẫn

τ : Thời gian tổn thất công suất lớn nhất

- ✓ Thiết diện dây dẫn kinh tế sẽ làm cho Z_L nhỏ nhất

$$\frac{\partial Z_L}{\partial F} = (k_{hq} + k_{vh}) \cdot b \cdot L - 3 \cdot I_L^2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{F^2} \cdot \tau \cdot \alpha_A = 0 \rightarrow F_{kt} = I_L \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \rho \cdot \tau \cdot \alpha_A}{(k_{hq} + k_{vh}) \cdot b}}$$

3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

- ✓ Mật độ dòng kinh tế: $J_{kt} = \frac{I_L}{F_{kt}} = \sqrt{\frac{(k_{hq} + k_{vh}).b}{3.\rho.\tau.\alpha_A}}$

Bảng tra mật độ dòng kinh tế (Quy phạm trang bị điện – I.3.2)

Thời gian sử dụng công suất lớn nhất, h	Dây trần và thanh cáp		Cáp bọc giấy cách điện và dây dẫn bọc cao su cách điện		Cáp bọc cao su cách điện và lõi đồng
	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	
1000 – 3000	2.5	1.3	3.0	1.6	3.5
3000 – 5000	2.1	1.1	2.5	1.4	3.1
5000 – 8760	1.8	1.0	2.0	1.2	2.7

3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

- ❖ Nếu các phương án có Z khác nhau không quá 10% tức là trong giới hạn sai số cho phép thì có thể coi các phương án là tương đương về mặt kinh tế. Khi đó có thể chọn phương án có vốn đầu tư nhỏ hoặc có đặc điểm kỹ thuật nổi bật.
- ❖ Nhược điểm phương pháp hàm chi phí tính toán:
 - *Giả thiết phí tổn vận hành hàng năm là Y_0 **không đổi**.* Nhưng, thực tế Y_0 thay đổi theo thời gian.
 - Chưa xét đến yếu tố thời gian của dòng chi phí

Tức là, vốn đầu tư có thể trải ra các năm trong thời gian thực hiện dự án.

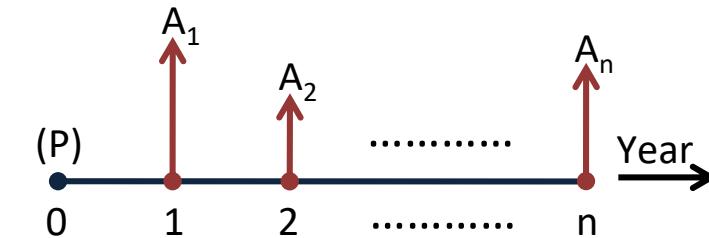


3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

❖ Phương pháp 2: Dùng hàm chi phí vòng đời

Quy đổi giá trị theo thời gian

- ✓ Giá trị quy đổi hiện tại (Net Present Value) của chi phí A



Năm xảy ra A	1	2	...	T
Giá trị hiện tại thực của A	$NPV(A)_1 = \frac{A}{1+i}$	$NPV(A)_2 = \frac{A}{(1+i)^2}$...	$NPV(A)_T = \frac{A}{(1+i)^T}$

- ✓ i : Suất chiết khấu, phản ánh mức độ lạm phát của thị trường, i thường ấy bằng lãi suất ngân hàng (i có thể thay đổi năm).
- ✓ Giá trị hiện tại thực dòng các chi phí A_1, A_2, \dots, A_T trong T năm

$$P = \frac{A_1}{1+i} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{A_T}{(1+i)^T}$$

$$\checkmark A_1 = A_2 = \dots = A_T: P = A \cdot \left(\sum_{k=1}^T \frac{1}{(1+i)^k} \right) = A \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{i \cdot (1+i)^T} = A \cdot K_{P/A}$$

3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

❖ Phương pháp 2: Dùng hàm chi phí vòng đời

□ Phương pháp chi phí vòng đời

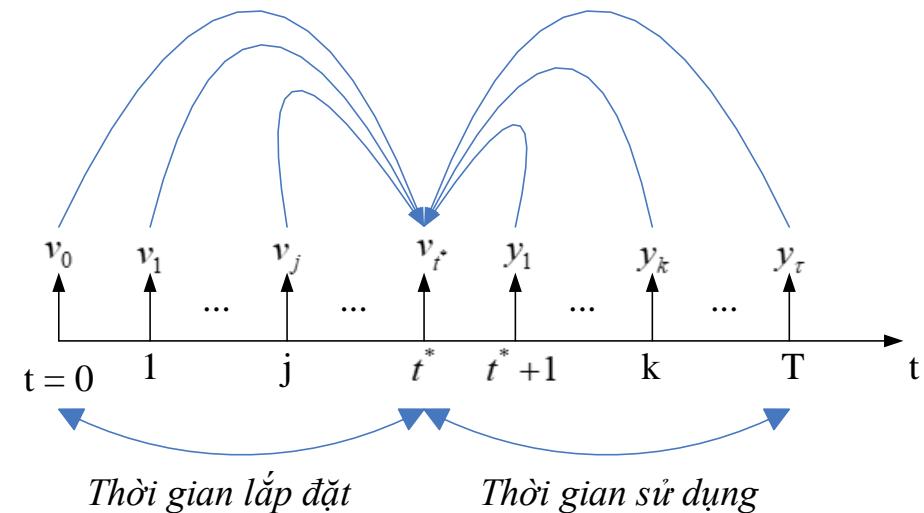
- ✓ Chi phí vòng đời của thiết bị / công trình điện: toàn bộ chi phí phát sinh trong thời gian lắp đặt và vận hành

$$C_{vđ} = V + Y$$

Trong đó:

- V : Vốn đầu tư
- Y : Phí tổn vận hành

- ✓ Nếu phân tích kinh tế - kỹ thuật dùng chi phí vòng đời làm hàm mục tiêu, phương án nào có $C_{vđ}$ nhỏ nhất thì là tối ưu nhất.



3. Phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật trong CCĐ

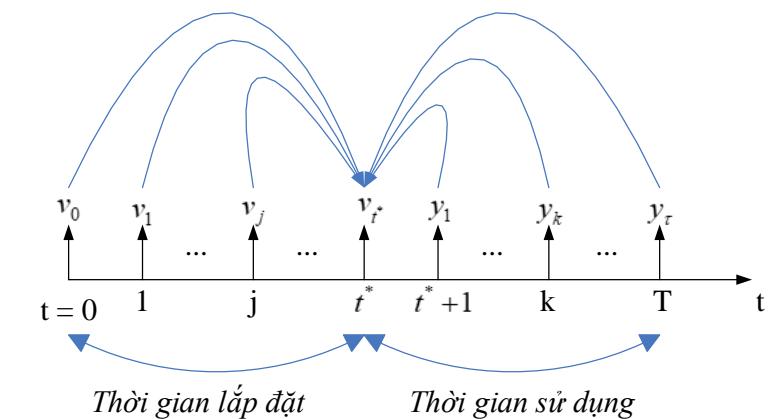
- V và Y cùng PA qui đổi về cùng một thời điểm (t^*) để so sánh:

$$V = \sum_{j=0}^{t^*} v_j \cdot (1+i)^{t^*-j}$$

- v_j: vốn đầu tư năm thứ j trong thời gian xây dựng

$$Y = \sum_{k=1}^{\tau} \frac{y_k}{(1+i)^k}$$

- y_k: phí tổn vận hành của năm thứ j trong thời gian sử dụng
- τ: thời gian sử dụng công trình điện, τ = T - t^{*}



- Một số trường hợp riêng:

- ✓ Nếu t^{*} = 1 → C_{vd} quy đổi về cuối năm hoàn thành xây dựng:

$$C_{vd} = V + \sum_{k=1}^T \frac{y_k}{(1+i)^k}$$

- ✓ Nếu phí tổn vận hành hàng năm Y₀ ít thay đổi:

$$C_{vd} = V + Y_0 \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{i \cdot (1+i)^T} = V + Y_0 \cdot K_{P/A}$$

VÍ DỤ 1

Động cơ tiêu thụ 4×10^6 kWh trong một năm. Nâng cấp động cơ này lên động cơ hiệu suất cao sẽ tiết kiệm điện 10% với vốn đầu tư cho nâng cấp là \$80,000. Giả thiết là giá 8 cents một kWh và vòng đời động cơ là 20 năm với lãi suất là 20%. Chọn phương án tốt hơn bằng cả hai phương pháp đã học

Giải

1. Hàm chi phí tính toán hàng năm

Phương án 1: $Z_1 = V_1 + Y_1 = 0 + 4 \times 10^6 \times 0.08\$ = \$320,000$

Phương án 2: Chi phí khấu hao hàng năm V_2 :

$$K_{P/A} = \frac{(1+0.2)^{20}-1}{0.2(1+0.2)^{20}} = 4.87 \Rightarrow K_{hq} = \frac{1}{4.87} \approx 0.2$$

$$V_2 = V_{dt} \times K_{hq} = 80,000 \times 0.2 = \$16,000$$

Chi phí điện hàng năm $Y_2 = 0.9 \times 320,000 = \$288,000$ (tiết kiệm 10%)

$$\Rightarrow Z_2 = V_2 + Y_2 = \$304,000 < Z_1$$

2. Hàm chi phí vòng đời

Phương án 1: $V_1 = 0; Y_1 = \$320,000 \Rightarrow C_{vd1} = Y_1 \times K_{P/A} = \$1,558,400$

Phương án 2: $V_2 = \$80,000; Y_2 = 0.9 \times 320,000 = \$288,000$

$$\Rightarrow C_{vd2} = V_2 + Y_2 \times K_{P/A} = \$1,482,560 < C_{vd1}$$

VÍ DỤ 2

Mạng cao áp cấp cho PT loại 2 có công suất $S=3000\text{kVA}$ và hệ số công suất $\cos\varphi = 0.85$. Số lần mất điện trung bình $N=0.08$ lần/năm với thời gian $T_{mđ1}=24\text{h}$. Để giảm tổn thất dùng dây dự phòng thì $T_{mđ2}=1.5\text{h}$. Tính tổn thất mất điện biết giá mất điện $a=2000\text{đ/kWh}$.

Giải:

- ✓ Không dự phòng: $C_{mđ1}=P.T_{mđ1}.N.a=3000\times 0.85\times 24\times 0.08\times 2000=9.792.000\text{đ}$
- ✓ Có dự phòng: $C_{mđ1}=P.T_{mđ1}.N.a=3000\times 0.85\times 1,5\times 0.08\times 2000=612.000\text{đ}$

→ Như vậy giảm khá nhiều tiền do xây đường dây dự phòng, nhưng mất vốn đầu tư ban đầu.

VÍ DỤ 3

So sánh hai phương án xây dựng đường dây cao áp trên không U=22kV có $k_{hq}=0.24$ và giá điện là $a=2000đ/kWh$.

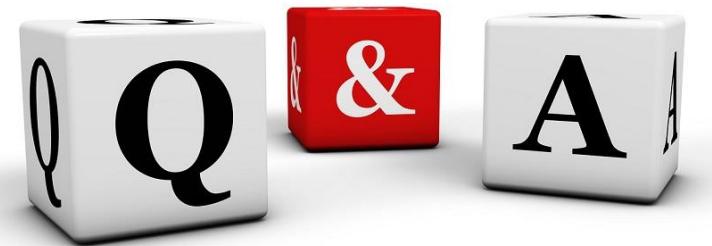
Phương án	Vốn 10 ⁶ đ	Tổn thất điện năng $\Delta A(kWh)$	Chi phí vận hành $C_{vh} (10^6đ)$	Chi phí tính toán C_{tt}
PA1	30	24000	48	$C_{tt1}=0.24\times30+48=55.2$
PA2	17,8	31000	62	$C_{tt2}=0.24\times17,8+62=66.3$

→ Chọn Phương án 1

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày các thành phần chi phí cơ bản dùng trong phân tích kinh tế - kỹ thuật trong cung cấp điện?
2. Phí tổn vận hành hàng năm là gì ? Nêu các thành phần chi phí trong phí tổn vận hành hàng năm.
3. Trình bày phương pháp phân tích kinh tế - kỹ thuật dùng hàm chi phí tính toán hàng năm để so sánh hai và nhiều phương án thiết kế cung cấp điện ? Trình bày cách xác định mật độ dòng điện kinh tế ?
4. Chi phí vòng đời là gì ? Lập hàm chi phí vòng đời.

Q&A



10/27/2021



SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 5: Tính toán về điện trong cung cấp điện

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

MỤC LỤC CHƯƠNG 5

I. Khái niệm chung

II. Sơ đồ thay thế của hệ thống cung cấp điện

- a. Sơ đồ thay thế đường dây
- b. Sơ đồ thay thế của máy biến áp 2 cuộn dây

III. Tính toán chỉ tiêu kỹ thuật

- a. Tổn thất điện áp
- b. Tổn thất công suất và điện năng

IV. Tính toán chế độ xác lập trong các lưới điện hở

- a. Thiết lập bài toán
- b. Tính toán lưới điện không xét đến tổng dẫn đường dây
- c. Tính toán lưới điện hở có xét đến dung dẫn đường dây

V. Tính toán về điện trong lưới điện có nhiều cấp điện áp



I. Khái niệm chung tính toán về điện

❑ Ý nghĩa tính toán về điện

- ✓ Đóng vai trò quan trọng trong thiết kế và vận hành HTCCĐ
- ✓ Xác định các thông số chế độ của hệ thống cung cấp điện
 - Điện áp tại các nút
 - Dòng công suất trên tất cả các nhánh của sơ đồ
- ✓ Tùy mục đích, tính toán có độ chính xác khác nhau

❑ Các bài toán được giải quyết:

- ✓ Xác định tổn thất công suất, tổn thất điện năng trong các phần tử trong lưới điện (P)
- ✓ Lựa chọn thiết diện dây dẫn và cáp (F)
- ✓ Kiểm tra tổn thất điện áp, điều chỉnh điện áp và bù công suất phản kháng trong lưới điện (Q)
- ✓ Đánh giá chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của hệ thống (Z)

II. Sơ đồ thay thế đường dây

Lập sơ đồ thay thế đường dây là việc đầu tiên của việc tính toán về điện.

❖ **Lập sơ đồ bao gồm:**

- Lựa chọn sơ đồ thay thế cho mỗi phần tử của lưới và tính toán các thông số của chúng.
- Lắp các sơ đồ thay thế của từng phần tử theo đúng trình tự chúng nối với nhau trong lưới.
- Quy đổi tất cả các thông số về cùng một cấp điện áp.

2. Sơ đồ thay thế đường dây

❑ Bốn quá trình vật lý trong dây dẫn:

- Dây dẫn bị phát nóng do hiệu ứng Joule
- Dòng điện xoay chiều gây nên từ trường tự cảm của từng dây dẫn và hổ cảm giữa các dây dẫn với nhau
- Điện áp xoay chiều gây nên điện trường giữa các dây dẫn với nhau và với đất như các bản của tụ điện. Dưới tác dụng của điện trường tĩnh, trong điện môi quanh dây dẫn xuất hiện dòng điện dịch chuyển (dòng nạp) có tính điện dung I_{c0} , vượt trước điện áp pha 90° .
- Điện áp cao áp gây ra điện trường lớn trên bề mặt dây dẫn, có thể gây ra hiện tượng ion hóa không khí quanh dây dẫn hay còn gọi là hiện tượng vầng quang điện dẫn đến tổn hao công suất tác dụng trên đường dây.

3. Tính toán các thông số đường dây

□ Điện trở dây dẫn

Dòng 1 chiều qua → mật độ dòng phân bố đều. *Điện trở tác dụng một chiều* của 1km dây dẫn ở nhiệt độ tiêu chuẩn (20°C)

$$r_0 = \frac{\rho}{F} \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

- ❖ ρ : Điện trở suất dây dẫn [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$], F: Thiết diện [mm^2]
- ❖ Nhiệt độ khác 20°C : $r_T = r_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$ [Ω/km]
- ❖ $\alpha [1/{}^{\circ}\text{C}]$: hệ số nhiệt của điện trở ($4 \cdot 10^{-4}$ đồng, nhôm, nhôm lõi thép)
 - Dòng xoay chiều qua dây dẫn → mật độ dòng không đều (hiệu ứng bề mặt và hiệu ứng gần từ dây dẫn khác) $\rightarrow r_{xc} > r_{1c}$. Tuy nhiên, ở 50Hz khác nhau không đáng kể (1%)
 - r_0 **tra sổ tay** (thường khác tính toán $6 \div 10\%$ do dây bị vặn xoắn, chiều dài thực lớn hơn chiều dài đo từ $2 \div 3\%$)
 - Điện trở dây dẫn có độ dài l: $R = r_0 \cdot l [\Omega]$

3. Tính toán các thông số đường dây

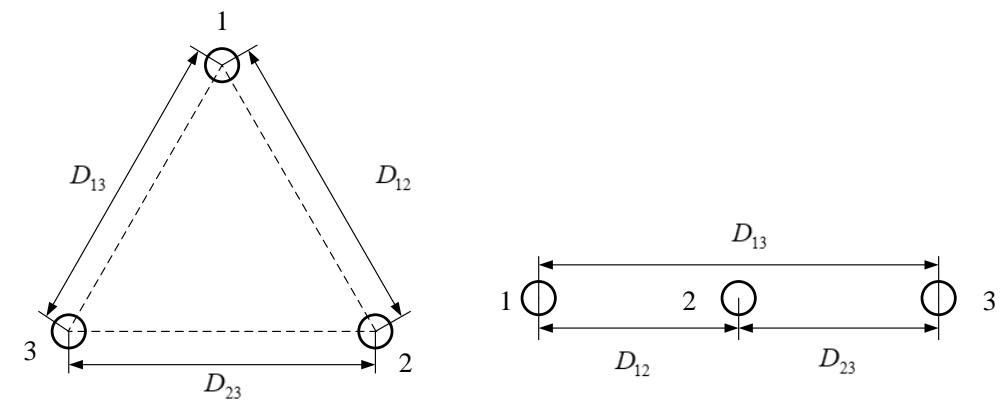
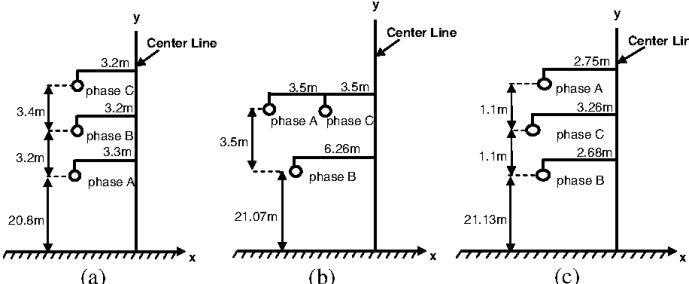
Điện kháng dây dẫn

- ✓ Do tự cảm từng pha và hổ cảm các pha dây dẫn

$$x_0 = \omega \cdot L_0 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(4,6 \lg \frac{D_{tb}}{R} + 0,5 \cdot \mu \right) \cdot 10^{-4} \left[\frac{\Omega}{km} \right]$$

- ❖ μ : Hệ số dẫn từ của vật liệu làm dây dẫn (H/m)
- ❖ R: Bán kính ngoài của dây dẫn (mm)
- ❖ $D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}}$: K/c t/bình hình học giữa các dd (mm)

- ✓ Ba pha đỉnh tam giác đều: $D_{12} = D_{13} = D_{23} = D \rightarrow D_{tb} = D$
- ✓ Ba pha đặt nằm ngang: $D_{12} = D_{13} = D \rightarrow D_{tb} = \sqrt[3]{2}D = 1,26D$



3. Tính toán các thông số đường dây

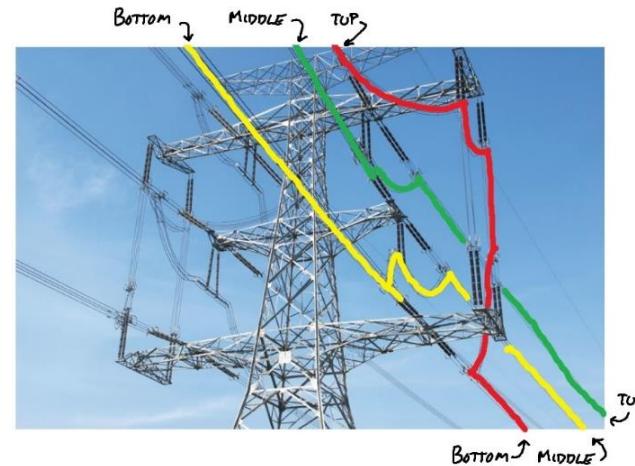
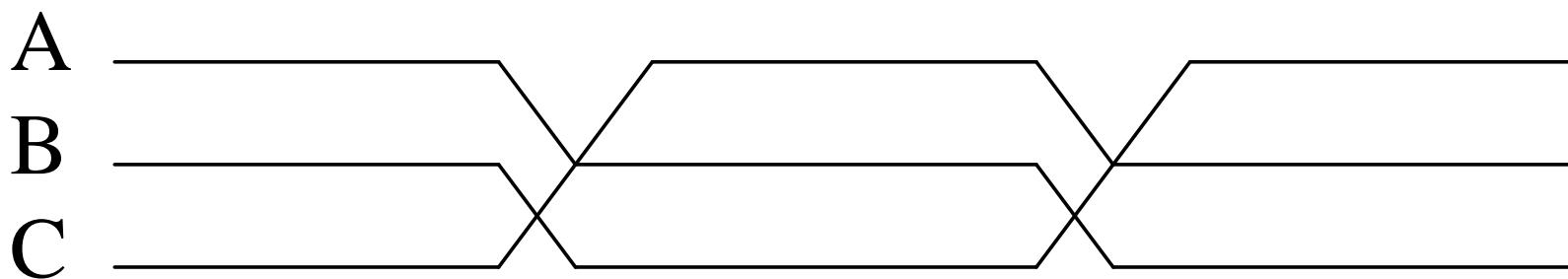
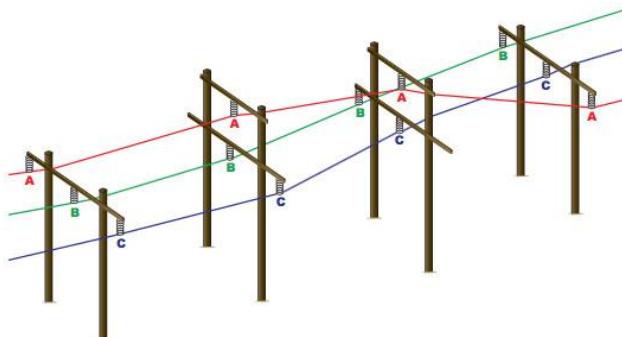
□ Điện kháng dây dẫn

✓ x_0 tra sổ tay $\rightarrow X = x_0 \cdot l$ [Ω].

- Đz trên không trung áp trở lên: sơ bộ $x_0 = 0,4 \Omega/km$
- Cáp: $x_0 = (0,08 \div 0,1) \Omega/km$

✓ Nếu dây dẫn bố trí không đối xứng \rightarrow điện kháng các pha khác nhau \rightarrow điện áp rơi các pha cũng khác nhau.

\rightarrow Hoán vị các pha (110kV, 220kV, 100 km hoán vị 3 lần)



3. Tính toán các thông số đường dây

□ Điện kháng dây dẫn

✓ Giảm $x_0 \rightarrow$ giảm D_{tb} hoặc tăng R

- Giảm D_{tb} : chỉ đến mức độ nhất định phụ thuộc cấp điện áp
- Tăng R: Lưới ≥ 110 kV, phân nhõ dân dẫn pha

$$x_0 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(4,6 \lg \frac{D_{tb}}{R_{dt}} + \frac{0,5}{n} \cdot \mu \right) \cdot 10^{-4} \left[\frac{\Omega}{km} \right]$$

- $R_{dt} = \sqrt[n]{R \cdot a_{tb}^{n-1}}$; $a_{tb} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \dots a_n}$; n: số dây dẫn trong 1 pha
- R_{dt} : bán kính đẳng trị của các dây dẫn trong 1 pha
- a_{tb} : K/c t/bình hình học giữa các dây dẫn trong 1 pha
- a_1, a_2, \dots, a_n : khoảng cách giữa các dây dẫn trong 1 pha



✓ Thực tế, lưới 220 kV phân pha đôi (**giảm 15-20%**), lưới 500kV phân pha **tứ**

$$R_{dt} = \sqrt[4]{R \cdot a^3}; a_{tb} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \dots a_n} = a$$

3. Tính toán các thông số đường dây

Dung dẫn dây dẫn

$$b_0 = \omega \cdot C_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot 0,024}{\lg \frac{D_{tb}}{R}} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{tb}}{R}} \cdot 10^{-6} [1/\Omega \cdot km]$$

- R : Bán kính ngoài của dây dẫn (mm)
- D_{tb} : Khoảng cách t/bình hình học giữa các dây dẫn (mm)

- ✓ b_0 : tra sổ tay
- ✓ b_0 nhỏ không đáng kể và có thể bỏ qua: với đường dây trên không điện áp từ trung áp trở xuống và cáp hạ áp (<35kV).
- ✓ Khi điện áp dây U đặt vào đường dây (điện áp pha U_d), dung dẫn sẽ sinh ra một lượng công suất phản kháng phát ngược vào đường dây:

$$Q_{c0} = 3I_{c0} \cdot U_p = 3 U_p \cdot b_0 \cdot U_p = b_0 \cdot U^2 [\text{Var}/\text{km}]$$

- ✓ 100km dây 110kV có $Q_c \approx 3 \text{MVAr}$ và 100km dây 220kV có $Q_c \approx 13 \text{MVAr}$

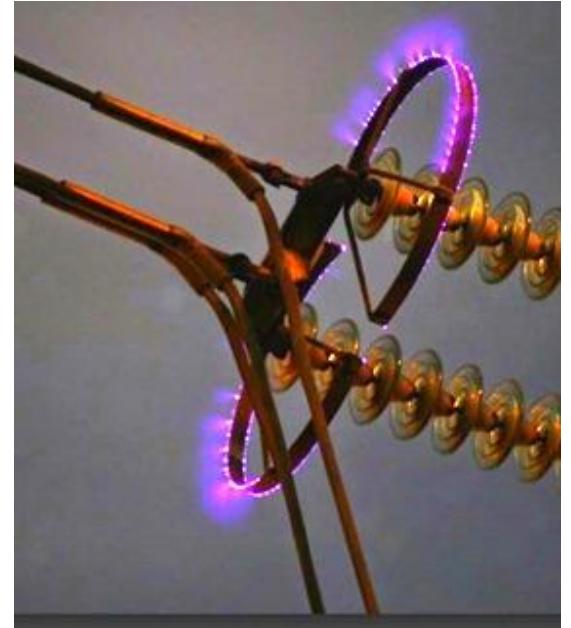
3. Tính toán các thông số đường dây

□ Điện dẫn dây dẫn

- ✓ Điện dẫn của dây dẫn do tổn thất vàng quang điện gây ra:

$$g_0 = \frac{\Delta P_o}{U_{dm}^2} [1/\Omega \cdot km]$$

- ΔP_o : Suất tổn thất vàng quang [kW/km]
- U_{dm} : Điện áp định mức của đường dây [V]

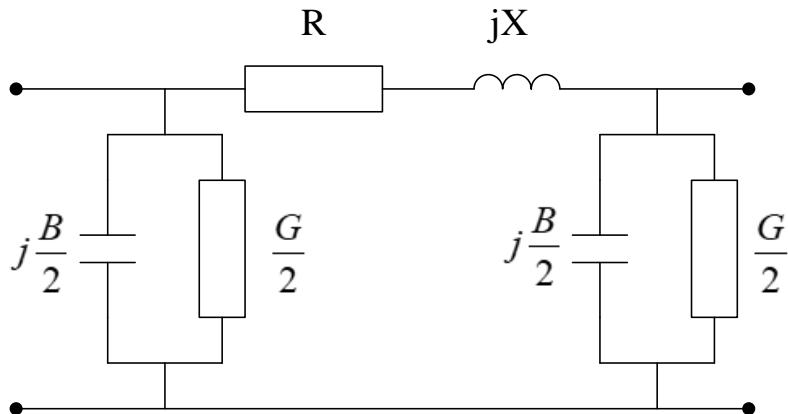


- ✓ Tổn thất vàng quang rất nhỏ, thường xảy ra ở các đường dây có điện áp lớn (trên 35kV) và trong những khu vực thời tiết xấu
- ✓ Đường dây trung áp và cáp điện có thể bỏ qua tổn thất này

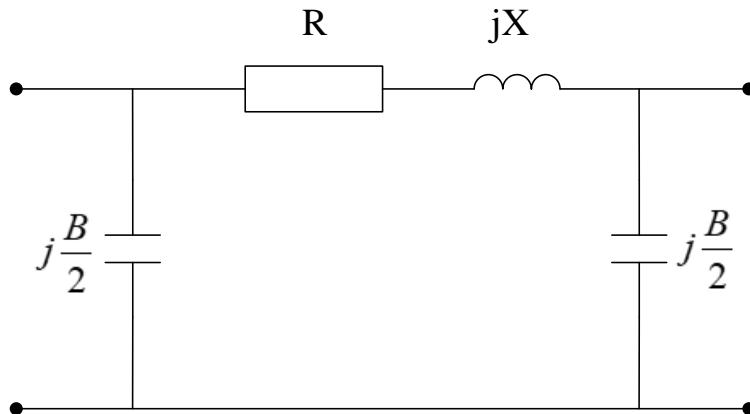
3. Tính toán các thông số đường dây

❑ Sơ đồ thay thế tập trung mạng 2 cửa hình π :

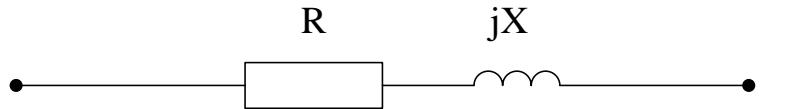
- ✓ Tổng trỏ: $Z = R+jX$ ($R = r_0 \cdot l$, $X = x_0 \cdot l$)
- ✓ Tổng dẫn: $Y = G+jB$ ($G = g_0 \cdot l$, $B = b_0 \cdot l$) chia là $Y/2$ đặt ở hai đầu.



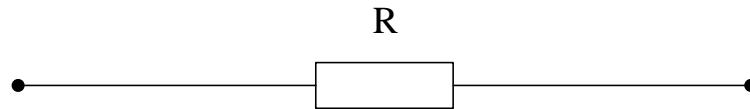
a) Đường dây trên không trên 110kV



b) Đường dây trên không 110kV, đường dây cáp trung áp



c) Đường dây trên không trung áp, đường dây cáp hạ áp



d) Đường dây tải điện 1 chiều

4. Sơ đồ thay thế máy biến áp

❑ Các thông số máy biến áp

✓ Tổn hao trong MBA

- ❖ Do phát nhiệt+ từ thông rò trên cuộn dây sơ cấp và thứ cấp
- ❖ Do dòng Eddy/Foucault và gây từ hóa lõi thép máy biến áp. Tổn thất trong lõi thép ít phụ thuộc vào tải và coi không đổi

✓ Điện trở tác dụng (R_B)

- ❖ Từ thí nghiệm ngắn mạch máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_N}{3I_{\text{đm}}^2} = \frac{\Delta P_N \cdot U_{\text{đm}}^2}{S_{\text{đm}}^2} \cdot 10^3 [\Omega]$$

- $U_{\text{đm}}$ [kV]: Điện áp định mức phía lưới điện mà điện trở máy biến áp cần qui đổi về
- $S_{\text{đm}B}$ [kVA]: Công suất định mức của máy biến áp
- ΔP_N [kW]: Tổn thất ngắn mạch của máy biến áp

4. Sơ đồ thay thế máy biến áp

❑ Các thông số máy biến áp (tiếp)

✓ *Điện kháng:* $X_B \approx Z_B = \frac{U_N}{I_{\text{đm}}} = \frac{\frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U_{\text{đm}}}{\sqrt{3}}}{\frac{S_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}}}} = \frac{U_N \% \cdot U_{\text{đm}}^2}{S_{\text{đm}B}} \cdot 10 [\Omega]$

- $U_N \%:$ Điện áp ngắn mạch % của máy biến áp

✓ *Điện dẫn tác dụng:* $G_B = \frac{\Delta P_o}{U_{\text{đm}}^2} \cdot 10^{-3} \left[\frac{1}{\Omega} \right]$

- $\Delta P_o [\text{kW}]:$ Tổn thất không tải của máy biến áp

✓ *Điện dẫn phản kháng:*
$$\begin{cases} \Delta Q_0 \approx U_{\text{đm}}^2 B_B \\ \Delta Q_0 \approx \Delta S_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow B_B \approx \frac{\Delta S_0}{U_{\text{đm}}^2} = \frac{\sqrt{3} I_o}{U_{\text{đm}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{I_o \%}{100} \cdot I_{\text{đm}}}{U_{\text{đm}}} = \frac{I_o \% \cdot S_{\text{đm}B}}{U_{\text{đm}}^2} \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{\Omega} \right]$$

- $I_o \%:$ Dòng điện không tải của máy biến áp

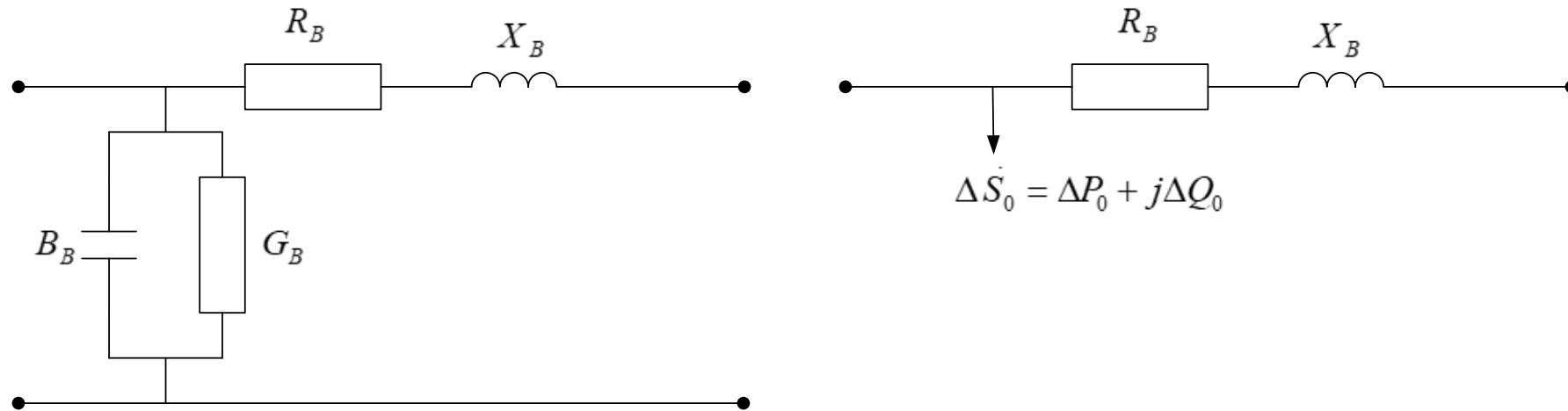
4. Sơ đồ thay thế máy biến áp

☐ Sơ đồ thay thế của máy biến áp có dạng hình Γ

- ✓ Tổng trở: $Z_B = R_B + jX_B$; Tổng dẫn: $Y_B = G_B + jB_B$
- ✓ Tổn hao không tải ít phụ thuộc công suất tải → coi không đổi

$$\Delta Q_0 = B_B \cdot U_{\text{đm}}^2 = \frac{I_o \% \cdot S_{\text{đm}B}}{100} (\text{kVar})$$

- ✓ Sơ đồ thay thế của máy biến áp 2 cuộn dây

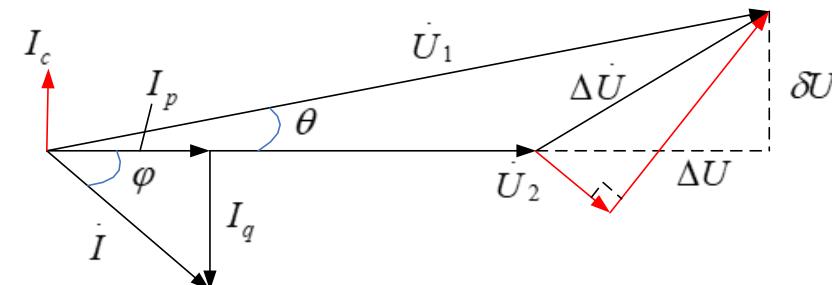
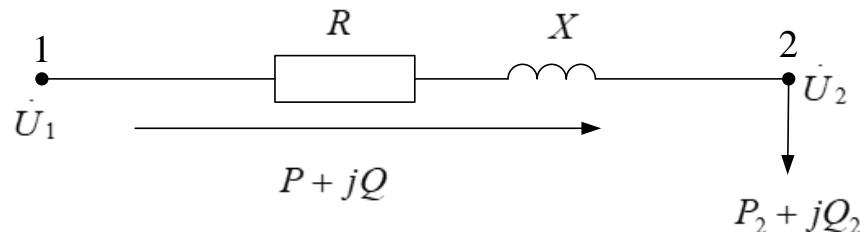


- ✓ (MBA 3 cuộn dây và tự ngẫu ít có ở lưới trung và hạ áp)

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất điện áp

- ❖ Dòng điện qua Đz gây độ rơi điện áp → ĐA đầu và cuối đường dây khác nhau:
 - Độ rơi điện áp là hiệu vectơ điện áp đầu và cuối đường dây.
 - Hao tổn điện áp là hiệu đại số {điện áp đầu và cuối Đz}
- ✓ Trong HTCCĐ, trung áp trở xuống → Chỉ gồm tổng trở:



$$\Delta \dot{U} = \sqrt{3} \cdot \dot{I} \cdot Z = \sqrt{3} \cdot (I_p - j \cdot I_q) \cdot (R + jX) = \sqrt{3} \cdot (I \cdot \cos\varphi - j \cdot I \cdot \sin\varphi) \cdot (R + jX) = \sqrt{3} \cdot [(I \cdot \cos\varphi \cdot R + I \cdot \sin\varphi \cdot X) + j(I \cdot \cos\varphi \cdot X - I \cdot \sin\varphi \cdot R)] = \frac{P_2 \cdot R + Q_2 \cdot X}{U_2} + j \frac{P_2 \cdot X - Q_2 \cdot R}{U_2} = \Delta U + j \delta U$$

$$(\text{Tính toán } |\Delta \dot{U}| = \Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{đm}}})$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

Tổn thất điện áp (tiếp)

✓ Với cùng P, ΔU lớn khi: $\cos\varphi$ thấp, mạng 1 pha, mạng 3 pha mất đối xứng → Biện pháp giảm ΔU :

- Tăng $\cos\varphi$ (thêm tụ)
- Tăng F (giảm R)
- Cân bằng pha
- Chuyển phụ tải 1pha sang ba pha
- Giảm tải cho đường dây (Giảm P, Q)
- Giảm chiều dài đường dây (giảm R)

✓ Đz có một phụ tải: $\Delta U = \frac{P.R+Q.X}{U_{đm}} [V]$

- P, Q: Công suất tác dụng và phản kháng chạy trên đường dây (kW, kVAr)
- R, X: Điện trở và điện kháng đường dây (Ω)
- $U_{đm}$: Điện áp định mức của đường dây (kV)

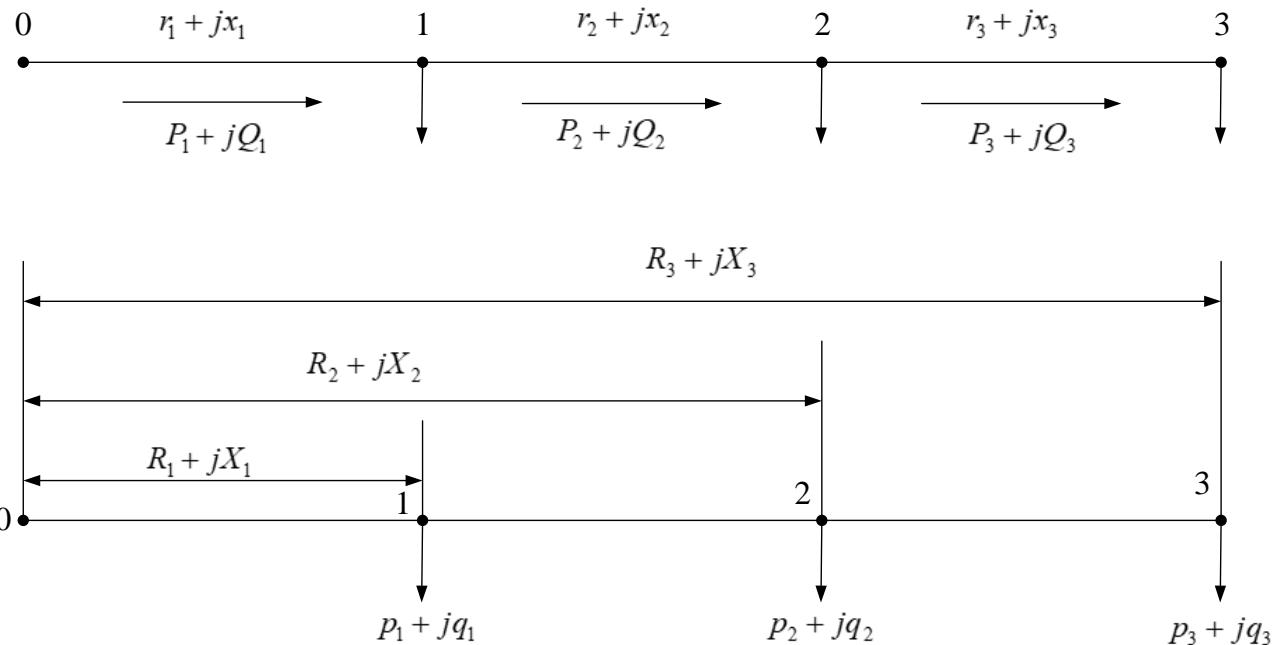
5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất điện áp (tiếp)

✓ Đường dây có nhiều phụ tải

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i)}{U_{\text{đm}}} [V]$$

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i \cdot R_i + q_i \cdot X_i)}{U_{\text{đm}}} [V]$$



- P_i, Q_i : CSTD và CSPK chạy trên đoạn đường dây thứ i (kW, kVAr)
- p_i, q_i : CSTD và CSPK đoạn đường dây thứ i (Ω)
- r_i, x_i : Điện trở và điện kháng đoạn Đz thứ i(Ω)
- R_i, X_i : Điện trở và điện kháng đoạn Đz từ nút nguồn đến nút tải thứ i(Ω)

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất điện áp (tiếp)

✓ Đường dây phụ tải đều

- Tổng thất do điện trở trên dx :

$$d\Delta U_r = \frac{P_x \cdot dR_x}{U_{đm}} = \frac{P_0 \cdot x \cdot r_0 \cdot dx}{U_{đm}}$$

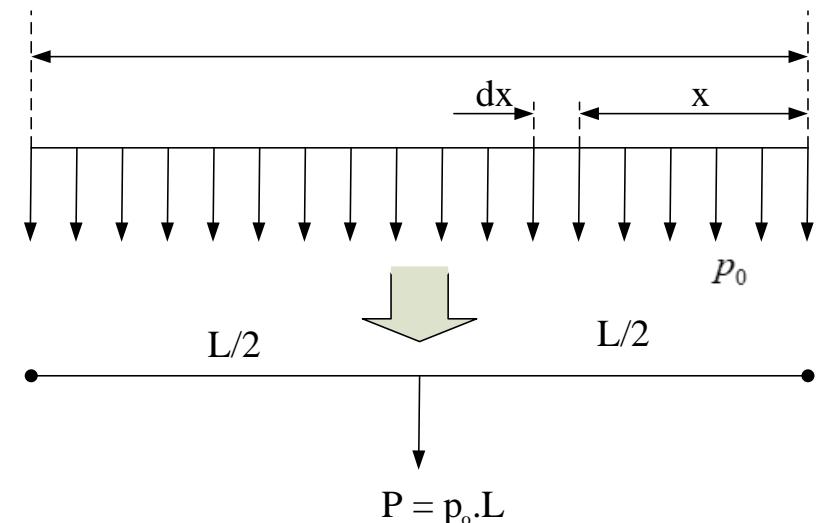
→ Tổn thất toàn tuyến:

$$\Delta U_r = \int_0^L d\Delta U_r = \int_0^L \frac{P_0 \cdot x \cdot r_0 \cdot dx}{U_{đm}} = \frac{P_0 \cdot r_0 \cdot L^2}{2 \cdot U_{đm}} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot U_{đm}}$$

- Tổn thất toàn tuyến do điện kháng:

$$\Delta U_x = \frac{Q \cdot X}{2 \cdot U_{đm}} ; \Delta U = \Delta U_r + \Delta U_x = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{2 \cdot U_{đm}}$$

- ❖ Mật độ P_0 (kW/km)
- ❖ Chiều dài đường dây L (km)
- ❖ Điện trở đơn vị là $r_0(\Omega)$



$$\Delta U_{pbđ} = \frac{1}{2} \Delta U_{tt}$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

Tổn thất điện áp (tiếp)

✓ Kiểm tra tổn thất điện áp

❖ Trong HTCCĐ Trung&Hạ áp: $\Delta U \leq \Delta U_{cp} = 5\% \cdot U_{đm}$

- Đz trực chính: $\Delta U = \sum \Delta U_i \leq \Delta U_{cp}$
- Đz nhiều nhánh: $\Delta U_{max} = Max(\Delta U_{nhánh}) \leq \Delta U_{cp}$

❖ Hậu quả sai lệch so với $U_{đm}$

- Kém hiệu quả và hiệu suất thấp: Đèn tỏa không đúng quang thông, động cơ quay không đều.
- Ngắt p/tải nhạy cảm: UPS chuyển chạy pin → nhanh hỏng
- Thấp áp: nóng động cơ ($0,9U_{đm} \rightarrow t^{\circ}\text{C tăng } 10\div15\%$)
- Quá áp: hỏng hay phá hủy cách điện, tăng tổn thất không tải MBA do dòng từ hóa lớn ở điện áp cao

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

❑ Tổn thất điện áp (tiếp)

✓ Trong máy biến áp

- ❖ Tương tự như tổn thất điện áp trên đường dây có phụ tải tập trung, tổn thất điện áp trong MBA được tính:

$$\Delta U_B \% = \frac{P \cdot R_B + Q \cdot X_B}{U_{\text{đm}}^2} \cdot \frac{100}{1000}$$

- $P(\text{kW})$, $Q (\text{kVAr})$: CSTD và CSPK máy biến áp truyền tải
- $R_B (\Omega)$, $X_B (\Omega)$: điện trở và điện kháng máy biến áp đã được quy đổi về cấp điện áp cơ sở.

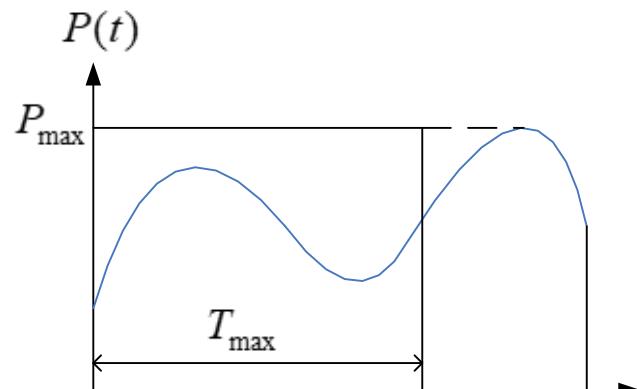
5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

Tổn thất công suất và tổn thất điện năng

- ❖ Thời gian sử dụng công suất lớn nhất T_{max}

$$A(t) = P_{max} \cdot T_{max} = \int_0^{t=8760} P(t) \cdot dt$$

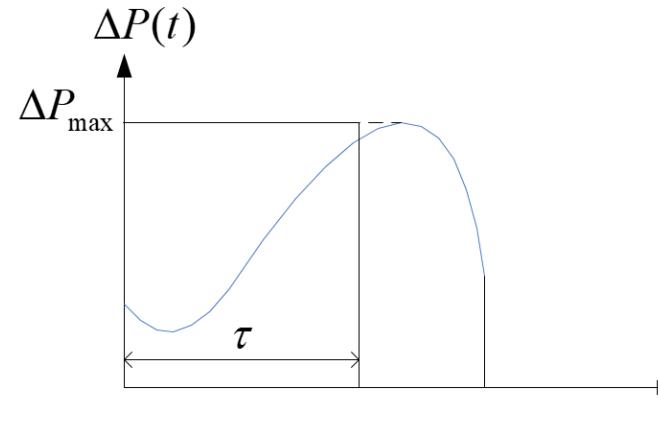
- 1 ca $T_{max} = 1500 \div 2000$ h
- 2 ca $T_{max} = 3000 \div 4500$ h
- 3 ca $T_{max} = 5000 \div 7000$ h



Tổn thất công suất và tổn thất điện năng

- ❖ Thời gian chịu tổn thất lớn nhất τ

- $\tau = f(T_{max}, \cos\varphi)$ trong sổ tay
- $\tau = (0,124 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760$ (h)
 - 1 ca $\tau = 1500 \div 2000$ h
 - 2 ca $\tau = 2500 \div 3500$ h
 - 3 ca $\tau = 4000 \div 5000$ h



5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

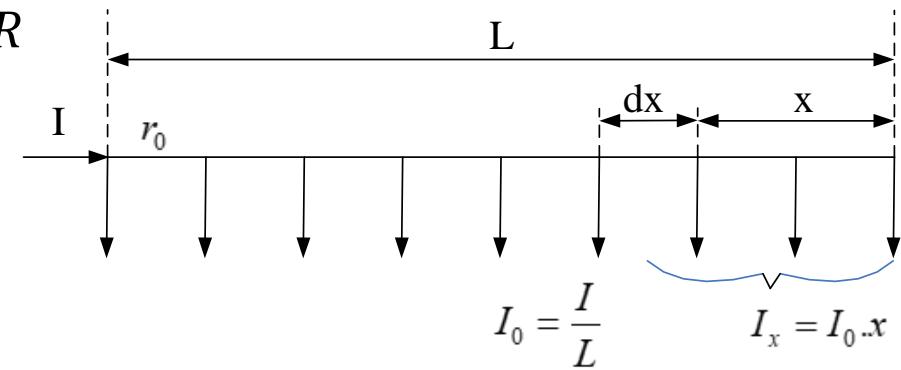
☐ Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trên đường dây

❖ Tổn thất công suất

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{đm}} \right)^2 \cdot R = \frac{S^2}{U_{đm}^2} \cdot R = \frac{P^2 + Q^2}{U_{đm}^2} \cdot R$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I^2 \cdot X = \frac{P^2 + Q^2}{U_{đm}^2} \cdot X$$

$$\rightarrow \Delta S = \Delta P + j\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_{đm}^2} (R + jX)$$



$$\Delta P_{pbđ} = \frac{1}{3} \Delta P_{tt}$$

Đz phân bố đều:

$$d(\Delta P) = 3 \cdot I_x^2 \cdot dR_x = 3 \cdot (I_0 \cdot x)^2 \cdot r_0 \cdot dx$$

$$\Delta P = \int_0^L d(\Delta P) = \int_0^L 3 \cdot (I_0 \cdot x)^2 \cdot r_0 \cdot dx = I_0^2 \cdot r_0 \cdot L^3 = I^2 \cdot R$$

❖ Tổn thất điện năng trên đường dây

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau \text{ (kWh)}$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trên đường dây

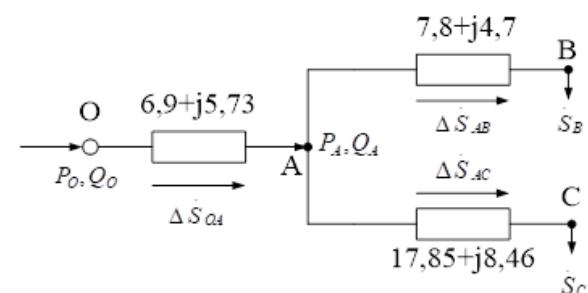
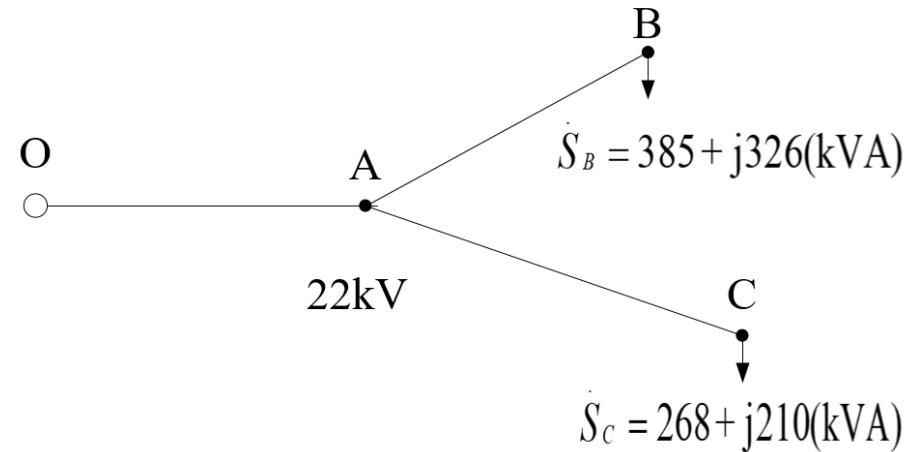
❖ **Ví dụ**

Đoạn dây	OA	AB	AC
Dây dẫn AC	70	50	35
Chiều dài (km)	15	12	21

❖ **Giải**

Đoạn dây	OA	AB	AC
r ₀ (Ω/km)	0,46	0,65	0,85
x ₀ (Ω/km)	0,382	0,392	0,403
R(Ω)	6,9	7,8	17,85
X(Ω)	5,73	4,7	8,46

- $\Delta P_{AB} = \frac{P_B^2 + Q_B^2}{U_{đm}^2} \cdot R_{AB} = \frac{385^2 + 326^2}{22^2} \cdot 7,8 = 4101 \text{ (W)}$
- $\Delta Q_{AB} = \frac{P_B^2 + Q_B^2}{U_{đm}^2} \cdot X_{AB} = \frac{385^2 + 326^2}{22^2} \cdot 4,7 = 2474 \text{ (Var)}$
- $\Delta P_{AC} = \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{đm}^2} \cdot R_{AC} = \frac{268^2 + 210^2}{22^2} \cdot 17,85 = 4275 \text{ (W)}$
- $\Delta Q_{AC} = \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{đm}^2} \cdot X_{AC} = \frac{268^2 + 210^2}{22^2} \cdot 8,46 = 2067 \text{ (Var)}$



5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

$$P_A = P_B + \Delta P_{AB} + P_C + \Delta P_{AC} = 385 + 4,101 + 268 + 4,275 = 661,4(kW)$$

$$Q_A = Q_B + \Delta Q_{AB} + Q_C + \Delta Q_{AC} = 326 + 2,474 + 210 + 2,067 = 540,5(kVAr)$$

$$\Delta P_{OA} = \frac{P_A^2 + Q_A^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot R_{OA} = \frac{661,4^2 + 540,5^2}{22^2} \cdot 6,9 = 10401(W)$$

$$\Delta Q_{OA} = \frac{P_A^2 + Q_A^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot X_{OA} = \frac{661,4^2 + 540,5^2}{22^2} \cdot 5,73 = 8637(VAr)$$

$$P_O = P_A + \Delta P_{OA} = 661,4 + 10,4 = 671,8(kW)$$

$$Q_O = Q_A + \Delta Q_{OA} = 540,5 + 8,6 = 549,1(kVAr)$$

❖ Tổn thất điện áp:

$$\Delta U_{AB} = \frac{P_B \cdot R_{AB} + Q_B \cdot X_{AB}}{U_{\text{đm}}} = \frac{385.7,8 + 326.4,7}{22} = 206(V)$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{AC} &= \frac{P_C \cdot R_{AC} + Q_C \cdot X_{AC}}{U_{\text{đm}}} = \frac{268.17,85 + 210.8,46}{22} \\ &= 298(V)\end{aligned}$$

$$\Delta U_{OA} = \frac{P_A \cdot R_{OA} + Q_A \cdot X_{OA}}{U_{\text{đm}}} = \frac{661,4.6,9 + 540,5.5,73}{22} = 348(V)$$

❖ Điện áp các nút:

$$U_A = U_{\text{đm}} - \Delta U_{OA} = 22000 - 348 = 21652(V)$$

$$U_B = U_A - \Delta U_{AB} = 21652 - 206 = 21446(V)$$

$$U_C = U_A - \Delta U_{AC} = 21652 - 298 = 21354(V)$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

$$\text{TTCS không tải: } \Delta S_0 = \Delta P_0 + j\Delta Q_0 = \Delta P_0 + j \frac{I_o \% \cdot S_{đmB}}{100}$$

$$\text{TTCS có tải: } \Delta S_t = k_t^2 \cdot \Delta P_N + jk_t^2 \cdot \Delta Q_N = k_t^2 \cdot \Delta P_N + jk_t^2 \cdot \frac{U_N \% \cdot S_{đmB}}{100}$$

- $k_t = \frac{S_t}{S_{đm}}$: Hệ số tải
- S_t : Công suất tải của máy biến áp trong thời gian t

$$\text{Tổn thất điện năng: } \Delta A_T = \Delta P_0 \cdot t + \Delta P_N \left(\frac{S_{tmax}}{S_{đmB}} \right)^2 \cdot \tau$$

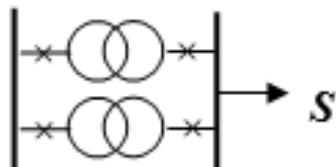
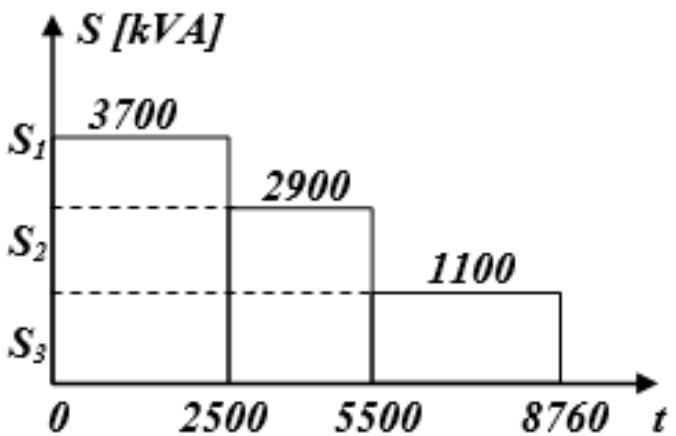
- t : thời gian vận hành thực tế của máy biến áp (h)
- τ : thời gian chịu tổn thất lớn nhất (h)
- S_{tmax} : công suất tải cực đại (kVA)

$$\text{Có } n \text{ MBA song song: } \Delta A_T = n \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{1}{n} \Delta P_N \left(\frac{S_{tmax}}{S_{đmB}} \right)^2 \cdot \tau$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

- ❖ Hãy xác định tổn thất điện năng và chi phí về tổn thất điện năng trong 1 năm của trạm biến áp theo 2 trường hợp. Các thông số kỹ thuật của máy biến áp cho bên dưới.
- ✓ Xác định tổn thất điện năng và chi phí về tổn thất điện năng trong một năm của trạm theo đồ thị phụ tải dưới. Biết rằng trạm thực hiện vận hành kinh tế.
 - ✓ Xác định tổn thất điện năng và chi phí về tổn thất điện trong một năm của trạm theo phụ tải cực đại và τ . Biết rằng phụ tải của trạm cho bằng $S_{max} = 3700 \text{ kVA}$ và $\tau = 2550 \text{ giờ/năm}$, (trạm luôn vận hành 2 máy).



$$\begin{aligned} S_{dmB} &= 2000 \text{ kVA}; & U_{dm} &= 35/10 \text{ kV} \\ \Delta P_0 &= 4,8 \text{ kW}; & I_0\% &= 1,5 \% \\ \Delta P_N &= 20 \text{ kW}; & u_N\% &= 6 \% \\ C &= 1200 \text{ đ/kWh} \end{aligned}$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

☐ Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

- Mốc thời gian $t_1 = 2500$ (giờ); $t_2 = 3000$ (giờ); $t_3 = 3260$ (giờ)
- Trạm vận hành kinh tế khi tính chuyển từ n máy sang $n+1$:

$$S_{gh} = S_{dm} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_N} \cdot n \cdot (n + 1)} = 2000 \sqrt{\frac{4,8}{20} \cdot 1 \cdot (1 + 1)} = 1385,6 \text{ (kVA)}$$

- Điều này có nghĩa là nếu phụ tải vượt mức 1385,6 kVA thì nên vận hành 2 máy biến áp và ngược lại => Số máy vận hành tại các điểm $t_1; t_2; t_3$ là: $n_1 = 2; n_2 = 2; n_3 = 1$

$$\Delta A_{tram1} = 2\Delta P_0(t_1 + t_2) + \Delta P_N \left(\frac{S_1}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_1 + \frac{1}{2} \cdot \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_2}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_2 + \Delta P_0 t_3 + \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_3}{S_{dm}} \right)^2 \cdot t_3 = \\ 252\ 945,50 \text{ (kWh/năm)}$$

- Tiền tổn thất điện năng của trạm

$$C_{\Delta A_1} = \Delta A_{tram1} \times C = 252945,50 \times 1200 = 303\ 534\ 600 \text{ (đồng/năm)}$$

5. Tính toán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật

Tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong MBA

- ❖ Trong trường hợp trạm chỉ vận hành với 2 máy cả năm:

Trạm chỉ vận hành 2 máy với $S_{max} = 3700$ (kVA) và $\tau = 2550$ (giờ)

$$\Delta A_{tram2} = 2 \cdot \Delta P_0 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \Delta P_N \cdot \left(\frac{S_{max}}{S_{đm}} \right)^2 \cdot \tau = 2 \times 4,8 \times 8760 + 0,5 \times 20 \times \left(\frac{3700}{2000} \right)^2 \times 2550 = \\ 171\,369,75 \text{ (kWh/năm)}.$$

Tiền tổn thất điện năng của trạm

$$C_{\Delta A_2} = \Delta A_{tram2} \cdot C = 171\,369,5 \times 1200 = 205\,643\,700 \text{ (đồng/năm)}$$

6. Tính toán chế độ xác lập trong lưới điện hở

❑ Thiết lập bài toán

❖ Đặc điểm lưới điện hở

- Lưới điện có một nguồn cấp
- Sơ đồ hình tia, liên thông (phân nhánh) hoặc hỗn hợp

❖ Số liệu ban đầu

- Sơ đồ lưới điện
- Các thông số của đường dây và máy biến áp
- Điện áp nguồn U_0
- Công suất các nút phụ tải

❖ Nhiệm vụ tính toán

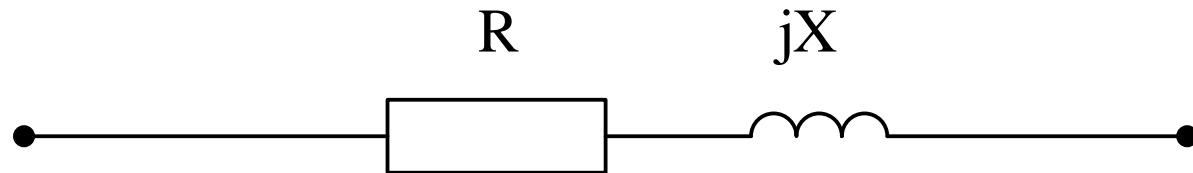
- Xác định dòng điện và công suất chạy trên các nhánh của lưới điện
- Xác định tổn thất công suất trên các nhánh của lưới điện
- Xác định tổn thất điện áp các nhánh và điện áp các nút lưới điện

6. Tính toán chế độ xác lập trong lưới điện hở

Tính toán lưới điện không xét đến tổng dẫn đường dây (lưới phân phối điện)

❖ Các giả thiết tính toán:

- ✓ Sơ đồ thay thế chỉ xét thành phần điện trở R và điện kháng jX đường dây



- ✓ **Áp dụng:** Các loại lưới điện áp dụng sơ đồ này là đường dây trên không, trung và hạ áp, cáp điện hạ áp.
- ✓ **Khi xác định phân bố** dòng công suất tác dụng và phản kháng: **không tính tổn thất công suất** trên phân tử lưới điện.
- ✓ **Khi xác định tổn thất** công suất và tổn thất điện áp, coi điện áp các nút bằng điện áp định mức của lưới điện

6. Tính toán chế độ xác lập trong lưới điện hở

☐ **Tính toán lưới điện không xét đến tổng dẫn (Dung dẫn+Điện dẫn) đường dây (lưới phân phối điện)**

❖ Trình tự tiến hành:

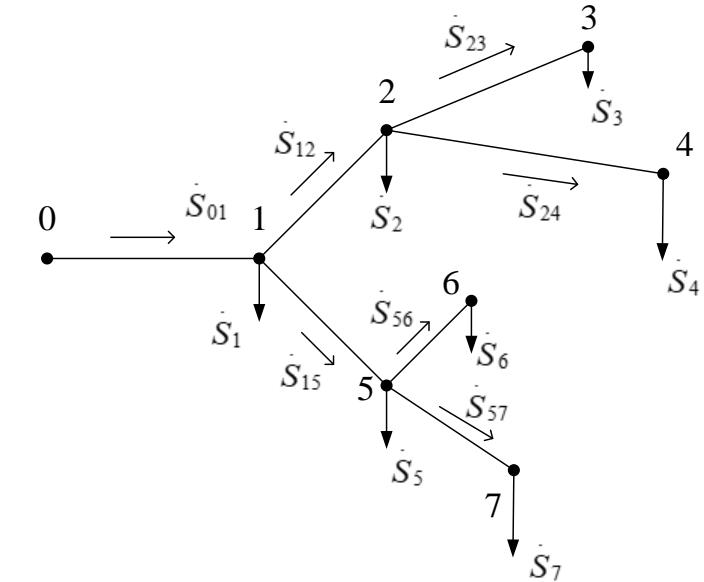
✓ Lập sơ đồ thay thế

✓ Tính phân bố dòng công suất: (Bỏ qua tổn thất)

- $\dot{S}_{23} = \dot{S}_3; \dot{S}_{24} = \dot{S}_4; \dot{S}_{12} = \dot{S}_2 + \dot{S}_{23} + \dot{S}_{24} = \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4$
- $\dot{S}_{56} = \dot{S}_6; \dot{S}_{57} = \dot{S}_7; \dot{S}_{15} = \dot{S}_5 + \dot{S}_{56} + \dot{S}_{57} = \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_7$
- $\dot{S}_{01} = \dot{S}_1 + \dot{S}_{12} + \dot{S}_{15} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_7$

❖ Tính tổn thất công suất và tổn thất điện áp (dùng $U_{\text{đm}}$):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \dot{S}_{ij} = \Delta P_{ij} + j \cdot \Delta Q_{ij} = \frac{S_{ij}^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot (R_{ij} + j \cdot X_{ij}) = \frac{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot (R_{ij} + j \cdot X_{ij}) \\ \Delta U_{ij} = \frac{P_{ij} \cdot R_{ij} + Q_{ij} \cdot X_{ij}}{U_{\text{đm}}} \end{array} \right.$$



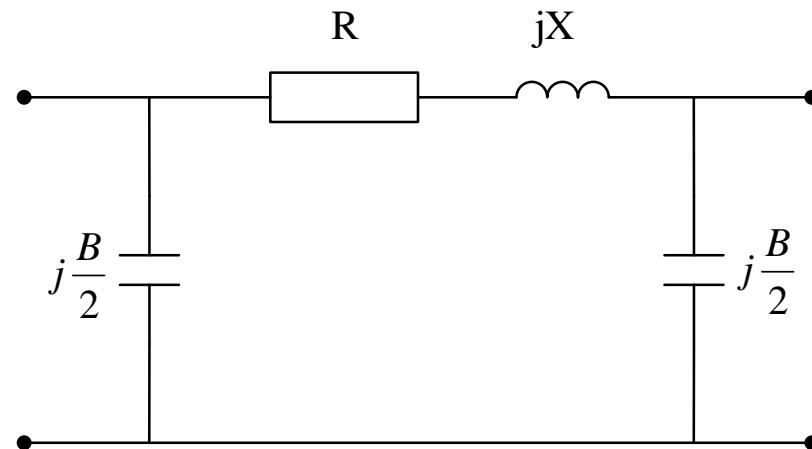
❖ Từ U_0 của nguồn → Tính điện áp các nút: $U_j = U_i - \Delta U_{ij}$

6. Tính toán chế độ xác lập trong lưới điện hở

Tính toán lưới điện hở có xét đến **dung dẫn** đường dây

❖ Giả thiết tính toán

- ✓ Sơ đồ thay thế có xét thành phần điện trở, điện kháng và **dung dẫn** đường dây



- ✓ **Áp dụng:** Các loại lưới điện áp dụng sơ đồ này là đường dây trên không 110kV và 220kV, cáp điện trung áp.
- ✓ Khi xác định phân bố dòng công suất tác dụng và phản kháng:
 - Có tính đến tổn thất công suất trên các phần tử lưới điện
 - Vẫn coi điện áp các nút bằng điện áp định mức lưới điện

6. Tính toán chế độ xác lập trong lưới điện hở

☐ **Tính toán lưới điện hở có xét đến dung dẫn đường dây**

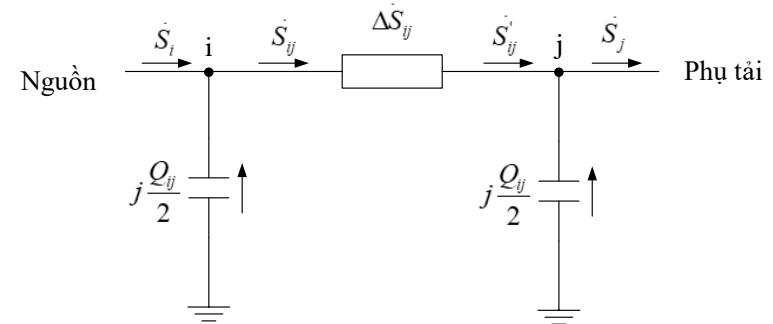
❖ Trình tự tiến hành:

1. Tính phân bố công suất trên các nhánh:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{S}'_{ij} = \dot{S}_j - j \frac{Q_{ij}}{2} \text{ với } Q_{ij} = B_{ij} \cdot U_{\text{đm}}^2 \\ \dot{S}_{ij} = \dot{S}'_{ij} + \Delta \dot{S}_{ij} \text{ với } \Delta \dot{S}_{ij} = \frac{\dot{S}'_{ij}^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot (R_{ij} + j \cdot X_{ij}) = \frac{P'_{ij}^2 + Q'_{ij}^2}{U_{\text{đm}}^2} \cdot (R_{ij} + j \cdot X_{ij}) \\ \dot{S}_i = \dot{S}_{ij} - j \frac{Q_{ij}}{2} \end{array} \right.$$

2. Xác định tổn thất điện áp và điện áp các nút:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \dot{U}_{01} = \frac{P_{01} \cdot R_{01} + Q_{01} \cdot X_{01}}{U_0} + j \frac{P_{01} \cdot X_{01} - Q_{01} \cdot R_{01}}{U_0}; \dot{U}_1 = \dot{U}_0 - \Delta \dot{U}_{01} \\ \Delta \dot{U}_{ij} = \frac{P_{ij} \cdot R_{ij} + Q_{ij} \cdot X_{ij}}{U_i} + j \frac{P_{ij} \cdot X_{ij} - Q_{ij} \cdot R_{ij}}{U_i}; \dot{U}_j = \dot{U}_i - \Delta \dot{U}_{ij} \end{array} \right. \quad (\text{Nút } i \text{ gần nguồn hơn nút } j)$$

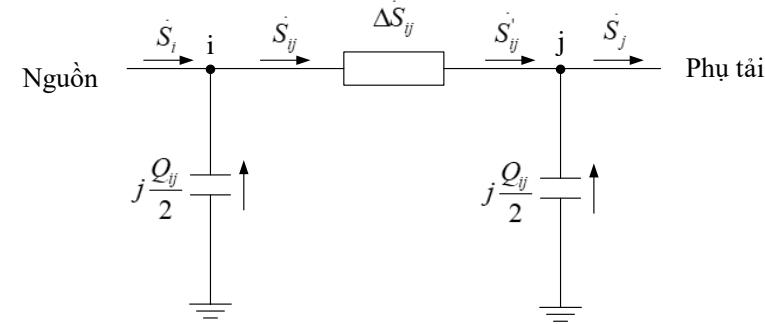


6. Tính toán chế độ xác lập trong lưới điện hở

☐ Tính toán lưới điện hở có xét đến dung dẫn đường dây

3. Nếu biết điện áp nút phụ tải → Tính chính xác (thay $U_{đm}$ bằng U_j)

$$\begin{cases} \Delta \dot{S}_{ij} = \frac{\dot{S}_{ij}^2}{U_j^2} \cdot (R_{ij} + j \cdot X_{ij}) = \frac{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}{U_j^2} \cdot (R_{ij} + j \cdot X_{ij}) \\ \Delta \dot{U}_{ij} = \frac{P_{ij} \cdot R_{ij} + Q_{ij} \cdot X_{ij}}{U_j} + j \frac{P_{ij} \cdot X_{ij} - Q_{ij} \cdot R_{ij}}{U_j}; \dot{U}_j = \dot{U}_i - \Delta \dot{U}_{ij} \end{cases}$$



7. Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

Quy đổi các thông số về cùng cấp điện áp rồi tính toán

❖ Chọn cấp điện áp cơ sở (c/s)

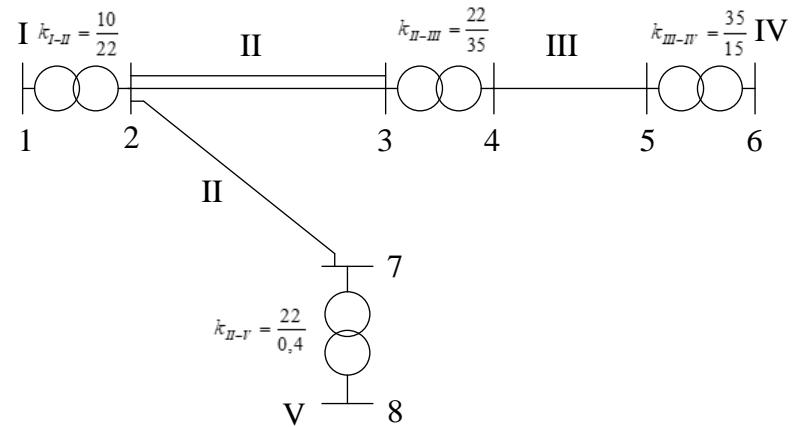
✓ Quy đổi điện áp các nút về nút c/s

$$\overset{o}{U}_i = U_i \cdot \prod k_B$$

- $\overset{o}{U}_i$: Điện áp nút i quy về điện áp c/s
- U_i : Điện áp nút i
- $\prod k_B$: Tích các tỉ số biến áp của các máy biến áp nối giữa cấp c/s và cấp của nút i

✓ Tổng trở các phần tử mạng điện quy về cấp cơ sở:

$$\overset{o}{Z}_{ij} = Z_{ij} \cdot \prod k_B^2$$



7. Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

❑ Ví dụ

Mạng điện có 3 cấp điện áp.

MBA T1 38,5/11: $S_{\text{đm}} = 6300 \text{ kVA}$, $U_N\% = 7,5\%$, $\Delta P_N = 46,5 \text{ kW}$

MBA T2 10/0.4: $S_{\text{đm}} = 1000 \text{ kVA}$, $U_N\% = 5,5\%$, $\Delta P_N = 8,6 \text{ kW}$

Điện áp thanh cái A là **38 kV**

Xác định điện áp tại thanh cái 2, 4, 5?

- Giải

B1: Chọn cấp điện áp cơ sở là 35kV

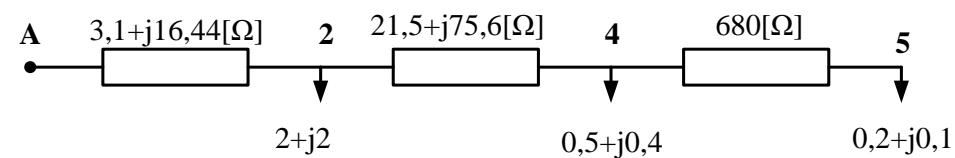
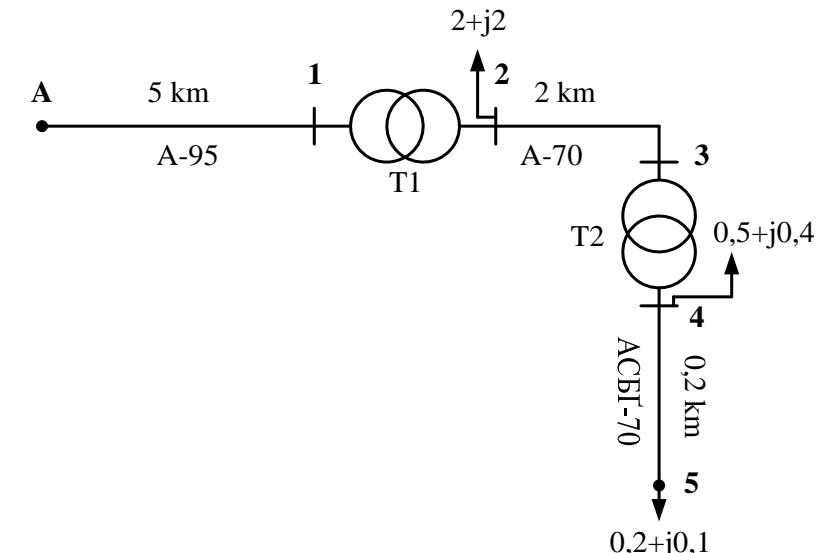
B2: Xác định thông số MBA

B3: Xác định thông số đường dây

B4: Quy đổi

B5: Xác định điện áp đã quy đổi

B6: Xác định điện áp thực: $U_i = \overset{\circ}{U}_i / \prod k_B$



7. Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

B2: Xác định thông số MBA

$$Z_{T1} = \frac{\Delta P_N \cdot U_{đm}^2}{S_{đm}^2} \cdot 10^3 + j \frac{U_{N\%} \cdot U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot 10 = \frac{46,5(35)^2}{6300^2} \cdot 10^3 + j \frac{7,5(35)^2}{6300} \cdot 10 = 1,45 + j14,5[\Omega]$$
$$Z_{T2} = \frac{8,6(10)^2}{1000^2} \cdot 10^3 + j \frac{5,5(10)^2}{1000} \cdot 10 = 0,86 + j5,5[\Omega]$$

B3: Xác định thông số đường dây

- Tra sổ tay:

A-95 có $z_0 = 0,33 + j 0,357 [\Omega/km]$

A-70 có $z_0 = 0,45 + j 0,341 [\Omega/km]$

Cáp nhôm ACБГ-70 có $z_0 \approx 0,45 + j 0 [\Omega/km]$

- Tính toán

$$z_{A1} = (0,33 + j 0,357) \cdot 5 = 1,65 + j1,94 [\Omega]$$

$$z_{23} = (0,45 + j 0,341) \cdot 2 = 0,90 + j0,68 [\Omega]$$

$$z_{45} = (0,45 + j 0) \cdot 0,2 = 0,09 [\Omega]$$

7. Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

B4: Quy đổi:

- $\overset{o}{Z}_{T2} = (0,86 + j5,5) \cdot (\frac{38,5}{11})^2 = 10,5 + j67,5 [\Omega]$
- $\overset{o}{Z}_{23} = (0,9 + j0,68) \cdot (\frac{38,5}{11})^2 = 11 + j8,3 [\Omega]$
- $\overset{o}{Z}_{45} = (0,09) \cdot (\frac{10}{0,4} \cdot \frac{38,5}{11})^2 = 680 [\Omega]$

Biến đổi sơ đồ:

- $\overset{o}{Z}_{A2} = Z_{A1} + Z_{T1} = (1,65 + j1,94) + (1,45 + j14,5) = 3,1 + j16,44 [\Omega]$
- $\overset{o}{Z}_{24} = Z_{23} + \overset{o}{Z}_{T2} = (11 + j8,3) + (10,5 + j67,5) = 21,5 + j75,6 [\Omega]$

7. Tính toán trong lưới có nhiều cấp điện áp

B5: Điện áp tại các điểm 2, 4, 5 đã qui đổi về phía 35 kV :

- $\overset{o}{U}_2 = U_A - \Delta U_{A2} = 38 - \frac{(0,2+0,5+2).3,1+(0,1+0,4+2)16,44}{35} = 36,6 [kV]$
- $\overset{o}{U}_4 = U_2 - \Delta U_{24} = 36,6 - \frac{(0,2+0,5).21,5+(0,1+0,4)75,6}{35} = 35,1 [kV]$
- $\overset{o}{U}_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 35,1 - \frac{0,2.680}{35} = 31,2 [kV]$

B6: Điện áp thực tại các điểm 2,4,5:

- $U_2 = \frac{U_2^*}{k_{T1}} = \frac{36,6}{38,5/11} = 10,3 [kV]$
- $U_4 = \frac{U_4^*}{k_{T1} \cdot k_{T2}} = \frac{35,1}{38,5/11.10/0,4} = 0,36 [kV]$
- $U_5 = \frac{U_5^*}{k_{T1} \cdot k_{T2}} = \frac{31,2}{38,5/11.10/0,4} = 0,356 [kV]$

THE END!

Q&A





SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 6: Tính toán ngắn mạch trong HTĐ

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

MỤC LỤC CHƯƠNG 6

I. Khái niệm chung

- a. Hiện tượng ngắn mạch
- b. Các trị số đặc trưng quan trọng của dòng điện ngắn mạch
- c. Các hệ đơn vị dùng trong tính toán ngắn mạch

II. Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới trung áp

- a. Tính toán ngắn mạch 3 pha đối xứng theo phương pháp đường cong tính toán
- b. Tính toán ngắn mạch 3 pha đối xứng trong lưới điện trung áp

III. Tính toán ngắn mạch 3 pha trong lưới điện hạ áp

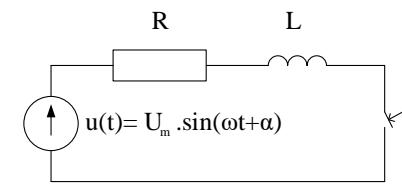
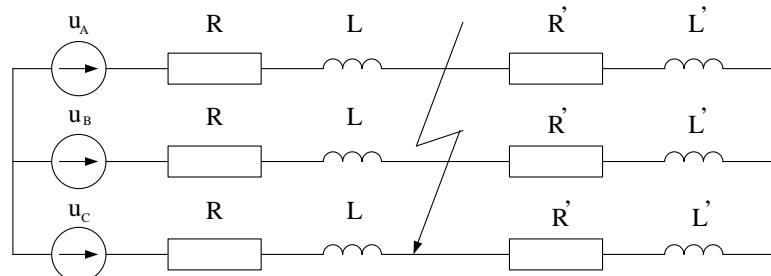
- a. Các giả thiết
- b. Sơ đồ thay thế và dòng điện ngắn mạch

1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

☐ Ngắn mạch

- Tình trạng sự cố nghiêm trọng thường xảy ra trong HTCCĐ. Thường là các pha chập nhau hoặc các pha chạm đất.
- Khi ngắn mạch, **dòng điện tăng** rất lớn, **điện áp giảm thấp** (mức độ tăng giảm tùy thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch).
- Phần tử điện được tính toán để chịu đựng được trạng thái sự cố trong giới hạn cho phép.

$$\begin{cases} u_A = U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha) \\ u_B = U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha - 120^\circ) \\ u_C = U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha + 120^\circ) \end{cases}$$



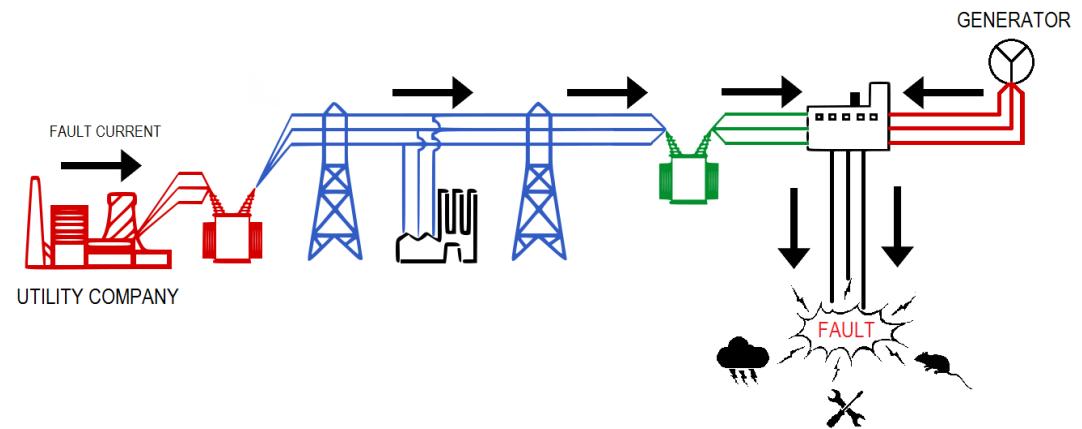
Hệ thống đối xứng
→ Xét 1 pha

❖ R và L tính từ nguồn đến điểm ngắn mạch

❖ R' và L' đặc trưng cho phần phụ tải các pha

Mạch phía phụ tải, quá độ chỉ là dòng điện nhỏ tắt dần → Ko xét

1. HIỆN TƯỢNG NGĂN MẠCH



1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

☐ Phương trình cân bằng quá độ:

$$u = Ri + L \frac{di}{dt} \rightarrow i(t) = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) + C \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$$

- ❖ $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$: Tổng trở mạch từ nguồn đến điểm NM
- ❖ $\varphi_N = \arctg \left(\frac{\omega L}{R} \right)$: Góc pha của tổng trở Z
- ❖ C - hằng số tích phân theo điều kiện ban đầu ($t = 0$)

☐ Dòng ngắn mạch gồm 2 thành phần:

✓ Thành phần chu kỳ phụ thuộc nguồn điện:

$$\begin{aligned} i_{CK}(t) &= \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) = I_{CKm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) \\ &= \sqrt{2} \cdot I_{CK} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_N) \end{aligned}$$

✓ Thành phần tự do (hay thành phần không chu kỳ)

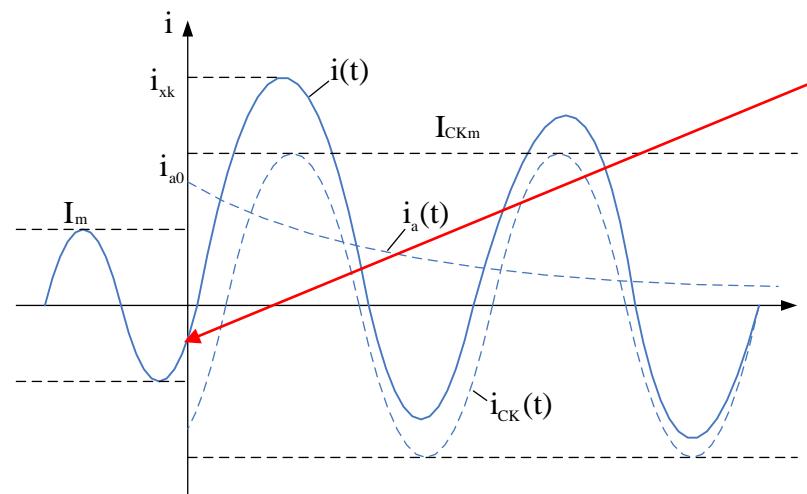
$$i_a(t) = C \cdot e^{-\frac{R}{L}t} = i_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$$

1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

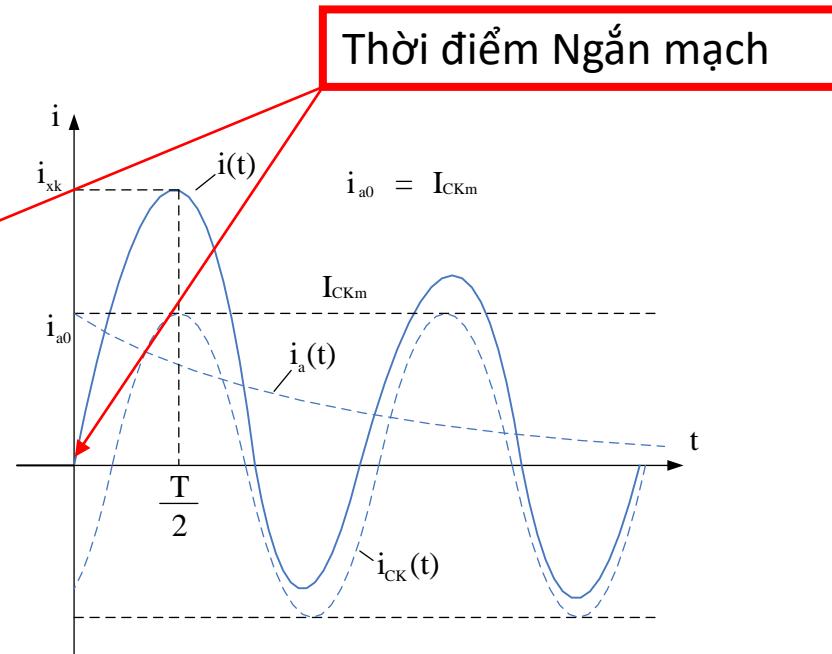
- I_{CK} : Giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch chu kỳ
 - $T_a = \frac{L}{R}$: *Hằng số thời gian tắt dần* của thành phần không chu kỳ dòng điện ngắn mạch
 - i_{a0} : Trị số ban đầu của thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch , $i_{a0} = C \cdot e^{-\frac{R}{L}t_0} = C$
- ❖ Thành phần chu kỳ hoàn toàn xác định bởi sơ đồ mạch điện.
- ❖ Thành phần tự do:
- Duy trì tới khi năng lượng tích luỹ trong L chuyển hết thành nhiệt năng và bị dập tắt bởi điện trở R.
 - Có tính ngẫu nhiên phụ thuộc nhiều yếu tố (thời điểm trước khi xảy ra sự cố, tính chất phụ tải,...)
 - Giá trị ban đầu thường không lớn (lớn nhất khi mạch có tính dung), thường thực tế giá trị lớn khi mạng điện làm việc không tải.

1. HIỆN TƯỢNG NGẮN MẠCH

- Dòng điện ngắn mạch toàn phần dao động nhưng không đối xứng qua trục hoành do có thành phần không chu kỳ tắt dần theo Hằng số thời gian T_a .
- Luôn tồn tại một giá trị dòng ngắn mạch tức thời lớn nhất gọi là dòng xung kích. Giá trị này cần được quan tâm khi kiểm tra tác dụng lực của dòng ngắn mạch lên thiết bị.



a) Trường hợp bất kỳ



b) Lưới điện vận hành không tải trước khi ngắn mạch

TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

☐ Dòng điện ngắn mạch xung kích

- ❖ i_{xk} : Trị số tức thời max của dòng điện ngắn mạch toàn phần
- ❖ i_{xk} phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tính chất phụ tải, thời điểm ngắn mạch.
- ❖ i_{xk} lớn nhất khi thành phần tự do lớn nhất **khi kết hợp 2 đk:**
 - ✓ Mạch điện không có tải ($i_{a0} = I_{CKm}$)
 - ✓ Tại thời điểm góc pha **điện áp nguồn** $\alpha \approx 0$ ($t = T/2 = 0,01s$)

- $i_{a0} = I_{CKm}; i_{xk} = i_{CK} \left(\frac{T}{2} \right) + i_{a0} \cdot e^{-\frac{T}{2}} = I_{CKm} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right)$
- $k_{xk} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \rightarrow 1 \leq k_{xk} = f(T_a) \leq 2:$
- Mạch thuần cảm $R = 0$ ($T_a = \frac{L}{R} = \infty$): $k_{xk} = 1$
- Mạch thuần trở $L = 0$ ($T_a = \frac{L}{R} = 0$): $k_{xk} = 2$

TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

☐ Trị số hiệu dụng dòng điện ngắn mạch toàn phần (I_t)

❖ Tại $t : I_t = \sqrt{I_{CK}^2 + I_{at}^2}$ ($I_{at} = i_a(t) = i_{a0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}$; $I_{CK} = \frac{I_{CKm}}{\sqrt{2}}$)

❖ Trong thiết kế, thường quan tâm đến trị hiệu dụng I_t

✓ I_{at} lớn nhất tại thời điểm ngắn mạch xung kích

$$I_{at}^{max} = i_a(0,01) = i_{xk} - i_{CK}(0,01) = (k_{xk} - 1)I_{CKm} = (k_{xk} - 1)\sqrt{2}I_{CK} \rightarrow I_t = I_{xk} =$$

$$I_{CK} \cdot \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2}$$

✓ Phạm vi biến đổi: $1 \leq k_{xk} \leq 2 \rightarrow 1 \leq \frac{I_{xk}}{I_{CK}} \leq \sqrt{3}$



TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGẮN MẠCH

☐ Công suất ngắn mạch

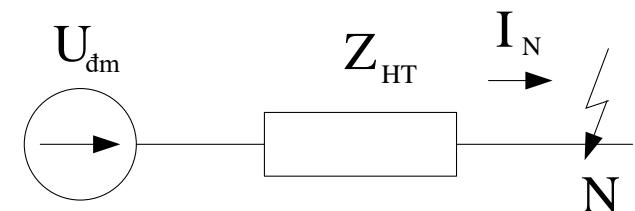
$$S_{Nt} = \sqrt{3} \cdot U_{tb} \cdot I_t$$

- $U_{tb} = 1,05U_{\text{đm}}$: Điện áp trung bình (dây) của mạng điện có dòng điện ngắn mạch trước khi xảy ra ngắn mạch
- I_t : Trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch tại thời điểm t

❖ Ý nghĩa:

- ✓ Cuối quá trình cắt của máy cắt điện áp giáng trên hồ quang xấp xỉ $U_{\text{đm}} \rightarrow$ Chế tạo máy cắt: $S_{cắt} = \sqrt{3} \cdot I_{C\text{đm}} \cdot U_{\text{đm}} \geq S_{Nt}$ (t : thời điểm cắt)
- ✓ Cho công suất ngắn mạch tại một điểm \rightarrow Xác định được tổng trở đẳng trị toàn mạng điện, từ điểm ngắn mạch về nguồn

$$S_N = \sqrt{3} \cdot U_{tb} \cdot I_N = \frac{U_{tb}^2}{Z_{HT}} \rightarrow Z_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N}$$



TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGĂN MẠCH

❑ Dòng ngắn mạch siêu quá độ (I'')

❖ Trường hợp ngắn mạch gần nguồn, điện áp nguồn có thể bị thay đổi trong quá trình ngắn mạch làm cho trị số hiệu dụng của thành phần chu kỳ của dòng điện ngắn mạch cũng bị thay đổi. Dòng điện ngắn mạch siêu quá độ là trị số hiệu dụng ban đầu của thành phần chu kỳ dòng điện ngắn mạch. Dòng điện này thường lớn hơn dòng điện ngắn mạch chu kỳ I_{CK} khi ngắn mạch xa nguồn, nên rất được quan tâm khi tính toán trị số dòng điện ngắn mạch cực đại dùng trong thiết kế cung cấp điện.

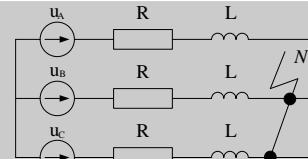
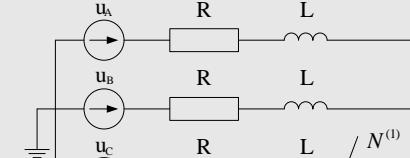
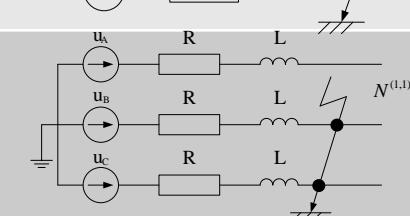
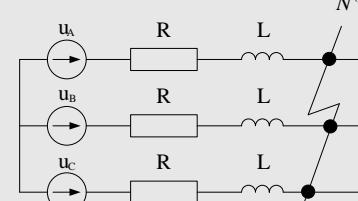
❑ Dòng điện ngắn mạch duy trì (I_∞)

❖ Là trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch toàn phần xác lập. Khi đó thành phần không chu kỳ của dòng điện ngắn mạch đã tắt nên có thể xem $I_\infty = I_{CK}$. Trị số I_∞ được tính toán từ các sơ đồ ngắn mạch sẽ dùng để kiểm tra thiết bị điện khi thiết kế.

TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGĂN MẠCH

SLG faults = 0.70
 L-L faults = 0.15
 2L-G faults = 0.10
 3φ faults = 0.05
 Total = 1.00.

Phân loại

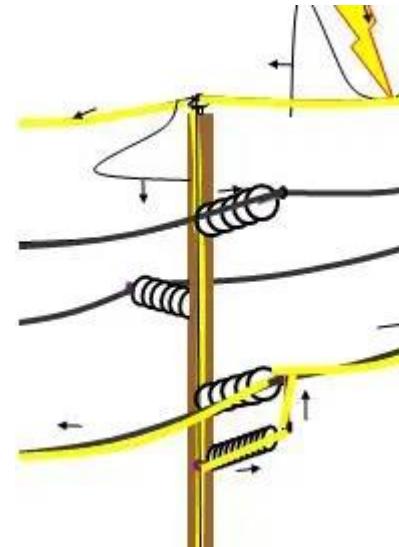
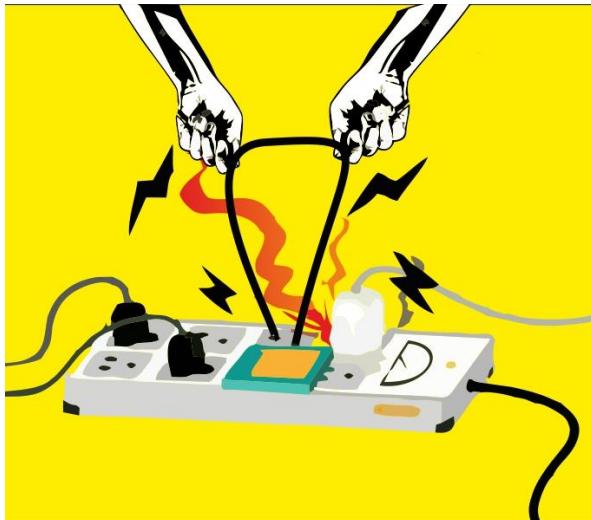
Tính chất	Dạng ngắn mạch	Sơ đồ nguyên lý	Ký hiệu	Xác suất
Không đối xứng	Ngắn mạch hai pha chạm nhau		N ⁽²⁾	10%
	Ngắn mạch một pha chạm đất		N ⁽¹⁾	65%
	Ngắn mạch hai pha chạm đất		N ^(1,1)	20%
Đối xứng	Ngắn mạch ba pha chạm nhau (giá trị I_NM lớn nhất)		N ⁽³⁾	5%

TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGĂN MẠCH

☐ Nguyên nhân sự cố ngắn mạch

Nguyên nhân chủ yếu do cách điện bị hỏng với các lý do:

- Lão hóa cách điện hoặc tác động nhiệt làm hỏng cách điện
- Tác động cơ khí người, do xúc vật, do gió bão
- Sét đánh vào hệ thống điện
- Thao tác nhầm trong vận hành hệ thống điện



TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN NGĂN MẠCH

❑ Tác động của sự cố ngắn mạch

- ❖ Tác động nhiệt: I_{NM} lớn sinh xung lượng nhiệt lớn (hồ quang) đốt nóng và làm phá hủy cách điện
- ❖ Tác động cơ học: I_{NM} lớn tạo xung lực điện động phá hủy kết cấu cơ khí
- ❖ Sụt áp hoặc mất điện giảm chất lượng điện năng và độ tin cậy
- ❖ Mất ổn định hệ thống điện, gây sự cố mất điện lan tràn
- ❖ Gây nhiều các đường dây liên lạc



❑ Mục đích của tính toán ngắn mạch

- ❖ Lựa chọn và kiểm tra thiết bị điện trong thiết kế
- ❖ Thiết kế, tính toán chỉnh định các hệ thống bảo vệ rơ le
- ❖ Phân tích ổn định hệ thống điện
- ❖ Đánh giá chất lượng điện năng



2. HỆ ĐƠN VỊ DÙNG TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

❑ **Bốn đại lượng chính tính toán ngắn mạch:** U, I, S, Z

❑ **Hệ đơn vị có tên**

❖ Các đại lượng được biểu diễn dưới dạng có tên (V, A, VA, Ω)

❑ **Hệ đơn vị tương đối định mức**

❖ Các đại lượng được biểu diễn bằng trị số tương đối định mức. Đó là tỷ số giữa đại lượng trong hệ đơn vị có tên (U, I, S, Z) với đại lượng định mức ($U_{đm}$, $I_{đm}$, $S_{đm}$, $Z_{đm}$) trong cùng đơn vị.

$$U_{*đm} = \frac{U}{U_{đm}}; I_{*đm} = \frac{I}{I_{đm}}; S_{*đm} = \frac{S}{S_{đm}}; Z_{*đm} = \frac{Z}{Z_{đm}}$$

❑ **Ví dụ:**

❖ $U_{đmF} = 10,5\text{kV}$; $S_{đmF} = 40\text{MVA}$; $x_d'' = 0,375$

$$\Rightarrow x_d''_{(\Omega)} = x_d'' \cdot Z_{đmF} = x_d'' \cdot \frac{U_{đmF}^2}{S_{đmF}} = 0,375 \cdot \frac{10,5^2}{40} = 1,034\Omega$$

2. HỆ ĐƠN VỊ DÙNG TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

□ Hệ đơn vị tương đối cơ bản

❖ Các đại lượng được biểu diễn bằng trị số tương đối cơ bản. Đó là tỷ số giữa đại lượng trong hệ đơn vị có tên (U, I, S, Z) với đại lượng định mức (U_{cb} , I_{cb} , S_{cb} , Z_{cb}) trong cùng đơn vị.

$$U_{*(cb)} = \frac{U}{U_{cb}}; I_{*(cb)} = \frac{I}{I_{cb}}; S_{*(cb)} = \frac{S}{S_{cb}}; Z_{*(cb)} = \frac{Z}{Z_{cb}}$$

❖ Trị số tương đối cơ bản được đặt ra khi tính toán trong hệ thống điện có nhiều cấp điện áp. Trong tính toán chỉ cần chọn trước hai trong các đại lượng cơ bản (U_{cb} , I_{cb} , S_{cb} , Z_{cb}), thường chọn S_{cb} và U_{cb} .

❖ Hai đại lượng cơ bản còn lại có thể được suy ra từ các quan hệ sau:

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} \text{ và } Z_{cb} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.I_{cb}}$$

2. HỆ ĐƠN VỊ DÙNG TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

S_{cb} lấy giá trị tròn ($10^2, 10^3$ MVA, hay $\sum S_{đm}$ sơ đồ)

- U_{cb} chọn bằng U_{tb} trước lúc ngắn mạch ở từng cấp điện áp. Thiết bị cùng cấp điện áp thường có giá trị định mức khác nhau (MF 11kV, MBA 10,5kV, kháng 10kV → coi đ/á định mức ở cùng cấp như nhau bằng U_{tb} : $U_{cb} = U_{tb} = 1,05 \cdot U_{đm}$

$U_{đm}$ (kV)	0,4	6	10	15	35	66	110	220	500
U_{tb} (kV)	0,525	6,3	10,5	15,75	36,75	69	115	230	525

❖ Các đại lượng được qui đổi ngược lại hệ đơn vị có tên :

$$U = U_* \cdot U_{cb}; I = I_* \cdot I_{cb} = I_* \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}}; Z = Z_* \cdot Z_{cb} = Z_* \cdot \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot I_{cb}}$$

❖ Quy đổi từ tương đối về cơ bản:

$$\frac{Z_{*(cb)}}{Z_{*đm}} = \frac{\frac{Z}{Z_{cb}}}{\frac{Z}{Z_{đm}}} = \frac{Z_{đm}}{Z_{cb}} = \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \approx \frac{S_{cb}}{S_{đm}} \rightarrow Z_{*(cb)} = Z_{*đm} \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \approx Z_{*đm} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{đm}}$$

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

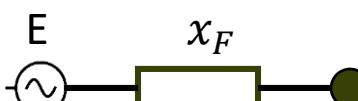
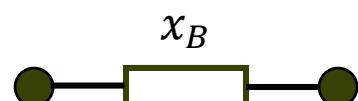
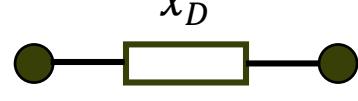
Tính toán ngắn mạch ba pha đối xứng theo phương pháp đường cong tính toán

❖ **Các giả thiết**

- ✓ *Tần số hệ thống không đổi*
- ✓ *Bỏ qua bão hòa từ*
- ✓ *Thay phụ tải bằng tổng trở hằng*
- ✓ *Bỏ qua tác dụng phụ của các thông số có giá trị bé*
- ✓ *Hệ thống sức điện động ba pha của nguồn là đối xứng*
- ✓ *Các máy phát điện đồng bộ không dao động công suất*

❖ **Thành lập sơ đồ thay thế:** Sơ đồ một sợi vẽ các nguồn điện cung cấp cho điểm ngắn mạch và các phần tử hệ thống điện nằm giữa các nguồn cung cấp và điểm ngắn mạch. Mỗi phần tử được thay thế bằng một điện kháng.

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

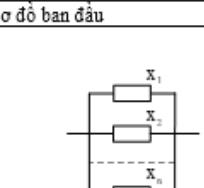
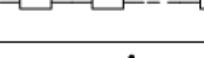
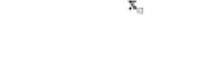
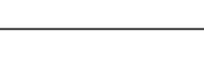
Thiết bị	Sơ đồ thay thế	Các thông số tra được	Hệ đơn vị có tên x (Ω)	Hệ đơn vị tương đối x^* _(cb)
Máy phát điện		$U_{\text{đmF}}, S_{\text{đmF}}$: Điện áp và công suất định mức x_d'' : Điện kháng siêu quá độ dọc trực	$x_d'' \cdot \frac{U_{\text{đmF}}^2}{S_{\text{đmF}}^2}$	$x_d'' \cdot \frac{U_{\text{đmF}}^2}{S_{\text{đmF}}^2} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$
Máy biến áp 2 cuộn dây		$k = \frac{U_c}{U_H}$, $S_{\text{đmB}}$: tỉ số biến áp và công suất định mức $u_N\%$: Điện áp ngắn mạch %	$\frac{(u_N\% \cdot U_{\text{đmB}}^2)}{100 \cdot S_{\text{đmB}}}$	$\frac{(u_N\% \cdot U_{\text{đmB}}^2)}{100 \cdot S_{\text{đmB}}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$
Cuộn kháng điện		$U_{\text{đmK}}, I_{\text{đmK}}$: Điện áp và dòng điện định mức $x_K\%$: Điện kháng % của kháng điện	$\frac{(x_K\% \cdot U_{\text{đmK}})}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{đmK}}}$	$\frac{(x_K\% \cdot U_{\text{đmK}})}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{đmK}}} \cdot \frac{I_{cb}}{U_{cb}}$
Dây dẫn		x_0 : Điện kháng đơn vị l : Chiều dài dây dẫn	$x_0 \cdot l$	$x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

Biến đổi sơ đồ thay thế:

✓ Đưa về dạng tối giản để tính toán dòng điện ngắn mạch. Sơ đồ này gồm một hoặc một số nhánh nối trực tiếp từ nguồn sức điện động đẳng trị E_{Σ} đến điểm ngắn mạch thông qua điện kháng đẳng trị X_{Σ}

✓ Đối với các nhánh có nguồn cung cấp cho điểm ngắn mạch, ta có thể ghép song song. (slide tiếp)

Sơ đồ ban đầu	Sơ đồ tương đương	Công thức biến đổi
		$\frac{1}{X} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{X_i}$
		$X = \sum_{i=1}^n X_i$
		$X_1 = \frac{X_{12}, X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$ $X_2 = \frac{X_{12}, X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$ $X_3 = \frac{X_{13}, X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$
		$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3}$ $X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1 \cdot X_3}{X_2}$ $X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 \cdot X_3}{X_1}$
		$X_{mn} = X_m \cdot X_n \cdot \sum_y y$ <p>y: Tổng dân điện tắt cả các nhánh hình sao</p>

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

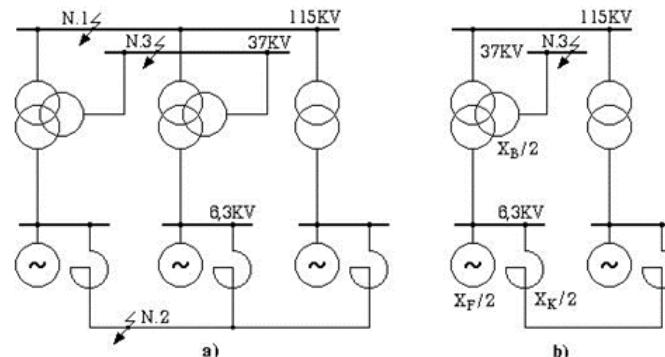
❖ Điều kiện: $\frac{S_1 \cdot x_1}{S_2 \cdot x_2} = 0,4 \div 2,5$

$$E_{\text{đt}} = \frac{E_1 \cdot x_1 + E_2 \cdot x_2}{x_1 + x_2}; x_{\text{đt}} = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2}$$

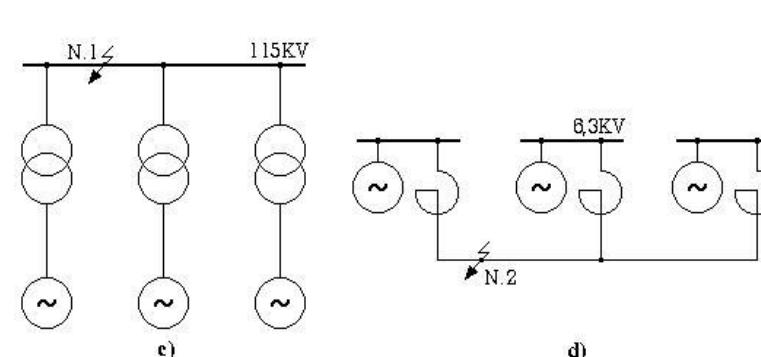
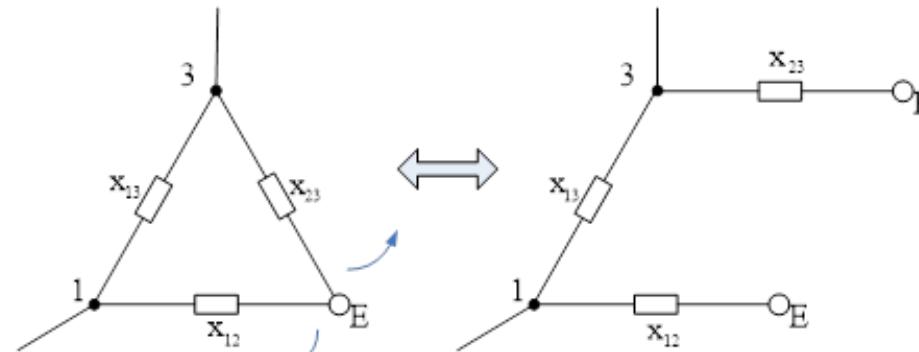
❖ n nhánh có sức điện động E_k nối chung vào điểm M qua x_k

$$E_{\text{đt}} = \frac{\sum_{k=1}^n E_k \cdot \frac{1}{x_k}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{x_k}}; x_{\text{đt}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{x_k}}$$

❖ Dùng tính chất đối xứng để ghép chung hoặc bỏ bớt các nhánh



❖ Biến đổi Y-Δ: ứng dụng tính đẳng thế
→ tách/nhập nút nguồn



3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

❑ *Tính dòng ngắn mạch*

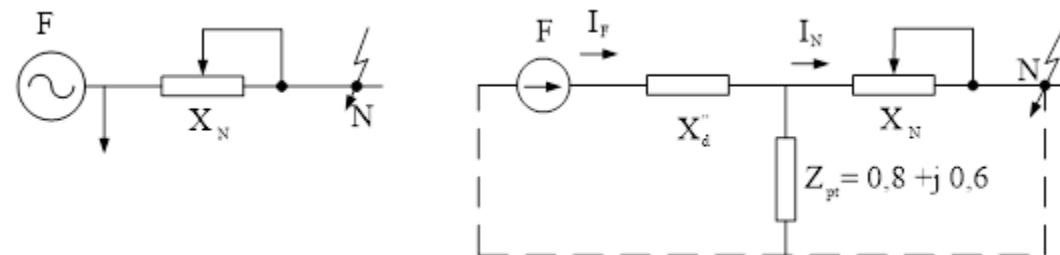
✓ Trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch chu kỳ theo đường cong tính toán

▪ Cơ sở:

- Đường cong tính toán biểu diễn quan hệ giữa độ lớn tương đối của dòng điện ngắn mạch chu kỳ I_{*ckt} và điện kháng tính toán của mạch điện đến điểm ngắn mạch tại các thời điểm khác nhau của quá trình quá độ có giá trị

$$x_{*tt} = x_d'' + x_N.$$

- Đường cong tính toán được xây dựng với giả thiết trước ngắn mạch làm việc với phụ tải định mức và không đổi trong suốt quá trình ngắn mạch, nhánh bị ngắn mạch 3 pha tại điểm N có điện kháng x_N không mang tải trước khi ngắn mạch theo giản đồ

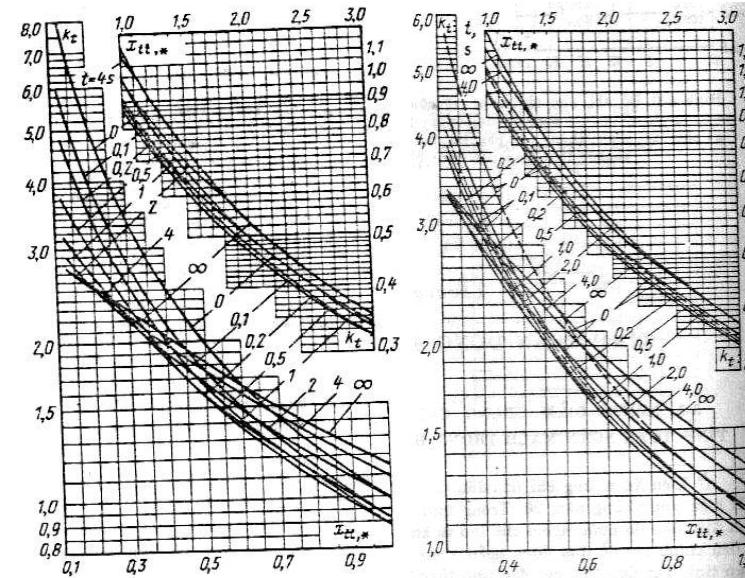


3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

- Cho x_N các giá trị khác nhau, theo các biểu thức đã biết tính được I_{*ckt} xây dựng được đường cong

$$I_{*ckt} = f(x_{*tt}, t)$$

- Các tham số đều tính trong hệ đơn vị tương đối với đại lượng cơ bản là $U_{cb} = U_{tb}$, $S_{cb} = S_{dmF}$
- ✓ Trong các tài liệu về ngăn mạch vẽ đường cong tính toán đối với các nguồn nhiệt điện (a) và thủy điện (b) có TĐK (hệ thống tự động điều chỉnh mạch kích từ mát phát).



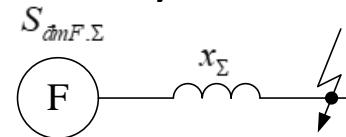
a) Nguồn nhiệt điện

b) Nguồn thuỷ điện

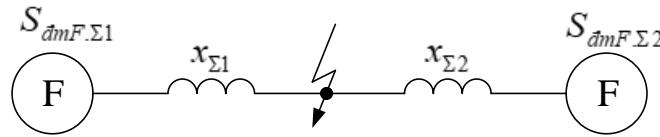
3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

Cách tính

❖ Biến đổi về sơ đồ thay thế



a) Một nhánh nguồn



b) Hai nhánh nguồn

❖ Quy đổi điện kháng tính toán: $x_{tt} = x_{\Sigma^*} \cdot \frac{S_{\text{đmF.}\Sigma}}{S_{cb}}$

$S_{\text{đmF.}\Sigma}$: Tổng CS đ/mức của nguồn cấp cho điểm ngắn mạch

- Tra đường cong tính toán theo x_{tt} và t được I_{*CKt}
- Quy đổi về hệ đơn vị có tên:

- Nhánh 1 nguồn: $I_{CKt} = I_{*CKt} \cdot I_{\text{đmF.}\Sigma} = I_{*CKt} \cdot \frac{S_{\text{đmF.}\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{tb}}$

- Nhánh 2 nguồn: $I_{CKt} = I_{*CKt1} \cdot I_{\text{đmF.}\Sigma1} + I_{*CKt2} \cdot I_{\text{đmF.}\Sigma2} = \frac{I_{*CKt1} \cdot S_{\text{đmF.}\Sigma1} + I_{*CKt2} \cdot S_{\text{đmF.}\Sigma2}}{\sqrt{3} \cdot U_{tb}}$

❖ Dòng điện xung kích: $i_{xk} = K_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CKt}$ (mạng trung áp chọn $K_{xk}=1.8$)

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI ĐIỆN TRUNG ÁP

Tính toán NM ba pha đối xứng trong lưới điện trung áp

❖ Giả thiết:

✓ Ngắn mạch xa nguồn ($S_{mba} < 2\% S_{NM-ht}$): thay thế $E = U_{tb}$; x_{HT}

$$x_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N} [\Omega] \text{ hoặc } x_{*HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}$$

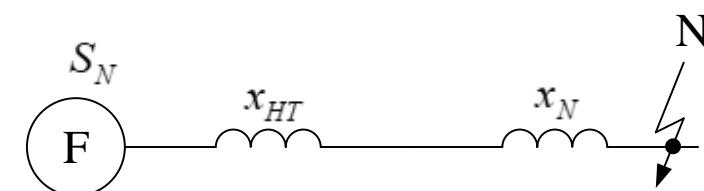
- U_{tb} : ĐA TB lưới trung áp ra khỏi trạm nguồn nối với hệ thống
- S_N : CSNM của hệ thống tại điểm chọn U_{tb} trên (coi $S_N = S_{cắt}$)

✓ Giả thiết khác tương tự mục trước

❖ Sơ đồ thay thế và trị hiệu dụng dòng ngắn mạch chu kỳ

$$\text{Hệ đv tương đối cơ bản: } I_{*N} = \frac{1}{x_{*\Sigma}} = \frac{1}{x_{*HT} + x_{*N}}$$

$$\rightarrow \text{Hệ đv có tên: } I_N = I_{*N} \cdot I_{cb} = \frac{1}{x_{*\Sigma}} \cdot \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{tb}}$$



3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

❑ Ví dụ

❖ Tính dòng NM tại A, B. Biết $S_N=250\text{MVA}$

❖ Xác định điện kháng các phần tử:

$$x_{HT} = \frac{U_{tb}^2}{S_N} = \frac{36,75^2}{250} = 5,4\Omega$$

Dây AC-95 có $x_0 = 0,4\Omega/\text{km}$

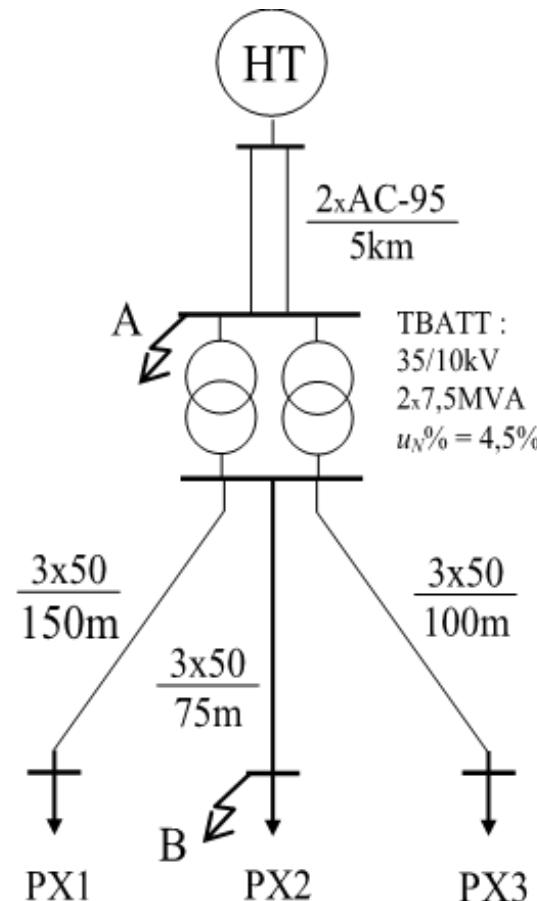
$$x_{dd} = \frac{1}{2}x_0L = 0,5 \cdot 0,45 = 1\Omega$$

$$x_B = \frac{u_N\%U_{dm}^2}{100S_{dm}} = \frac{4,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 7,5} = 7,35\Omega$$

$$x_{TAB} = \frac{1}{2}x_B = 3,67\Omega$$

Cáp đồng, 10kV, $3 \times 50\text{mm}^2$ có $x_0 = 0,12\Omega/\text{km}$

$$x_{cáp} = 0,12 \cdot 0,075 = 9 \cdot 10^{-3}\Omega$$



3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

- ❖ Quy đổi về hệ tương đối cơ bản

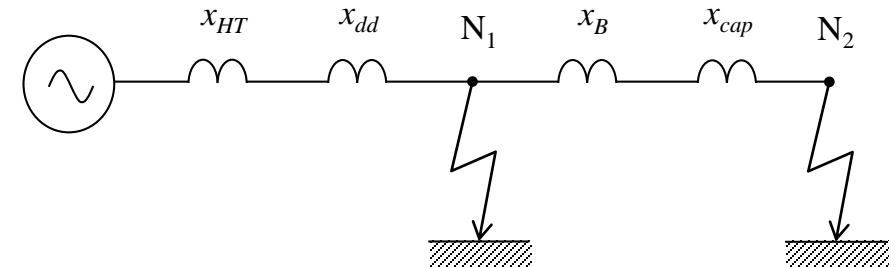
Chọn $S_{cb} = S_N = 250MVA$; $U_{cb} = U_{tb} = 1,05 \times (35; 10)kV$

$$x_{*HT} = \frac{X_{HT}}{Z_{cb}} = X_{HT} \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = 5,4 \cdot \frac{250}{36,75^2} = 1$$

$$x_{*dd} = X_{dd} \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = 1 \cdot \frac{250}{36,75^2} = 0,185$$

$$x_{*B} = X_B \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = 3,67 \cdot \frac{250}{36,75^2} = 0,67$$

$$x_{*cap} = X_{cap} \frac{U_{cb35}^2}{U_{cb10}^2} \frac{S_{cb}}{U_{cb35}^2} = X_{cap} \frac{S_{cb}}{U_{cb10}^2} = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{250}{10,5^2} = 0,02$$



3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI TRUNG ÁP

❖ Dòng điện MN tại điểm A

$$I_{*A} = \frac{U}{x_{HT} + x_{dd}} = \frac{1}{1 + 0,185} = 0,843$$

$$I_{NA} = I_{*NA} \cdot I_{cb35} = I_{*NA} \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb.35}}$$
$$= 0,843 \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 36,75} = 3,31kA$$

$$i_{xk(A)} = \sqrt{2}K_{xk}I_{NA} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,31$$
$$= 8,43kA$$

❖ Dòng điện MN tại điểm B

$$I_{*NB} = \frac{U}{x_{*HT} + x_{*dd} + x_{*B} + x_{*cap}}$$
$$= \frac{1}{1 + 0,185 + 0,67 + 0,02} = 0,533$$

$$I_{NB} = I_{*NB} \cdot I_{cb10} = I_{*NB} \cdot \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb.10}}$$
$$= 0,533 \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 7,31kA$$

$$i_{xk(B)} = \sqrt{2}K_{xk}I_{NB} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,33 = 18,66kA$$

5. TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

Các giả thiết

- ❖ Hạ áp tính từ đầu ra TBAPP
 - ❖ Tính trong hệ đơn vị có tên để đơn giản vì chỉ 1 cấp điện áp
 - ❖ Ngắn mạch xa nguồn. Coi điện áp sơ cấp TBAPP không đổi.
- ➔ Tổng trở ngắn mạch chỉ bao gồm tổng trở MBAPP và các thiết bị hạ áp tính đến điểm ngắn mạch.
- ❖ Xét cả **điện trở** và điện kháng trong tổng trở các phần tử.
 - ❖ Xét cả tổng trở của các điểm tiếp xúc trong các thiết bị đóng cắt, thanh góp...
 - ❖ Nếu có **động cơ không đồng bộ** nối trực tiếp tại điểm ngắn mạch thì phải xét thêm thành phần dòng điện của động cơ không đồng bộ trong dòng điện ngắn mạch. (cụ thể: slide sau)

4. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

❖ Dòng điện của động cơ:

$$I_{\text{Đ}} = \frac{P_{\text{đmĐ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đmĐ}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi_{\text{Đ}}}$$

- $P_{\text{đmĐ}}, U_{\text{đmĐ}}, \eta, \cos \varphi_{\text{Đ}}$: Công suất, điện áp định mức, hiệu suất và $\cos \varphi$ của động cơ.
- $i_{xk\text{Đ}}$: Dòng điện xung kích của Đ/C giai đoạn đầu tiên NM

$$i_{xk\text{Đ}} = \sqrt{2} \cdot I_{N\text{Đ}} = \sqrt{2} \cdot I_{N\text{Đ}*} \cdot I_{\text{đmĐ}} = \sqrt{2} \cdot \frac{E_{\text{Đ}*}}{x''_{\text{Đ}}} \cdot I_{\text{đmĐ}}$$

Trong đó

- $E_{\text{Đ}*}$ và $x''_{\text{Đ}}$ lần lượt là sức điện động tương đối định mức và điện kháng siêu quá độ tương đối định mức của động cơ không đồng bộ, thường lấy $E_{\text{Đ}*} = 0,9$ và $x''_{\text{Đ}} = 0,2$.

→ Vậy $i_{xk\text{Đ}} = 6,5 \cdot I_{\text{đmĐ}}$

4. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

Sơ đồ thay thế và dòng điện ngắn mạch

❖ Khi không xét ảnh hưởng của động cơ

$$I_N = \frac{U_{đm}}{\sqrt{3} \cdot Z_N} \text{ (A)}$$

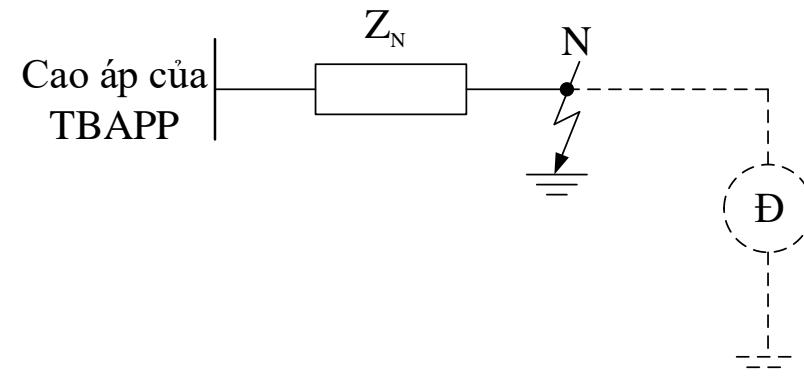
$$i_{xk} = k_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_N \text{ (A)}$$

Mạng hạ áp, có thể lấy $k_{xk} = 1,2 \div 1,3$

❖ Khi có xét ảnh hưởng của động cơ

$$I'_N = \frac{U_{đm}}{\sqrt{3} \cdot Z_N} + I_D \text{ (A)}$$

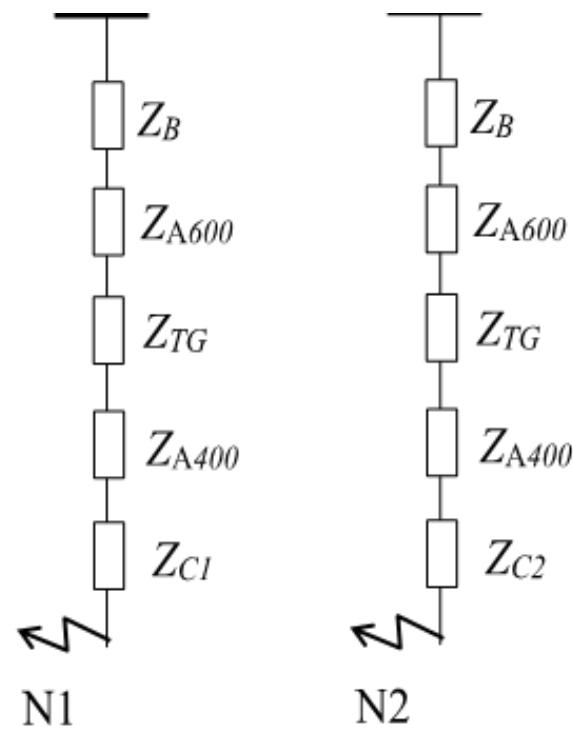
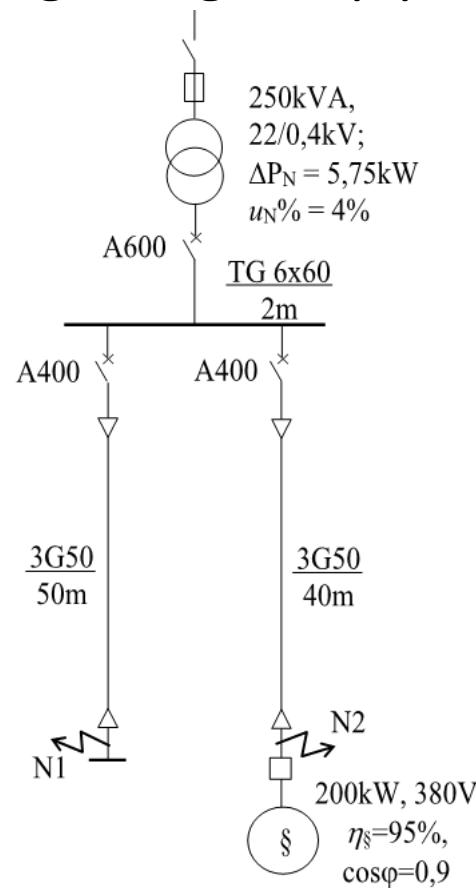
$$i'_{xk} = i_{xk} + i_{xkD} = k_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_N + 6,5 \cdot I_D \text{ (A)}$$



5. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

❑ Ví dụ

- ❖ Tính dòng điện ngắn mạch 3 pha hiệu dụng và dòng điện xung kích tại điểm N_1 và N_2 trong mạng hạ áp phân xưởng cơ khí



Sơ đồ thay thế tính đến các
điểm ngắn mạch N_1 , N_2

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

Ví dụ

❖ Giải

✓ **Tính tổng trở các phần tử**

▪ **Tổng trở MBA:**

$$R_B = \frac{\Delta P_N U_{\text{đm}}^2}{S_{\text{đm}}^2} = \frac{5,75 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2}{250^2} = 13,28 \text{m}\Omega$$

$$X_B = \frac{u_N \% U_{\text{đm}}^2}{S_{\text{đm}}} = \frac{0,04 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2}{250} = 23,1 \text{m}\Omega$$

▪ **Tổng trở của áp tô mát A400 và A600**

- Tra sổ tay, thông số cuộn dây bảo vệ quá dòng của áp tô mát

$$r_{RI400} = 0,15 \text{m}\Omega; x_{RI400} = 0,1 \text{m}\Omega$$

$$r_{RI600} = 0,12 \text{m}\Omega; x_{RI600} = 0,094 \text{m}\Omega$$

- Tra sổ tay cho áp tô mát

$$r_{A400} = 0,2 \text{m}\Omega; r_{A600} = 0,15 \text{m}\Omega$$

▪ **Tổng trở của thanh gốp 6x60mm²**

$$r_{TG} = r_{oTG} \cdot l = 0,056 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,112 \text{m}\Omega$$

$$x_{TG} = x_{oTG} \cdot l = 0,189 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,378 \text{m}\Omega$$

▪ **Tổng trở của cáp**

$$r_{C1} = r_{oC} \cdot l_1 = 0,387 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 19,35 \text{m}\Omega$$

$$r_{C2} = r_{oC} \cdot l_2 = 0,387 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 15,48 \text{m}\Omega$$

▪ **Tính toán dòng điện ngắn mạch tại điểm N1**

$$\begin{aligned} r_{\Sigma(N1)} &= r_B + r_{A600} + r_{RI600} + r_{TG} + r_{A400} \\ &\quad + r_{RI400} + r_{C1} \\ &= 13,28 + 0,15 + 0,12 + 0,112 + 0,2 + 0,15 \\ &\quad + 19,35 = 33,326 \text{m}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{\Sigma(N1)} &= x_B + x_{RI600} + x_{TG} + x_{RI400} \\ &= 23,1 + 0,094 + 0,378 + 0,1 = 23,672 \text{m}\Omega \end{aligned}$$

$$I_{N(N1)} = \frac{U_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma(N1)}^2 + x_{\Sigma(N1)}^2}}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{33,326^2 + 23,672^2}} = 5,36 \text{kA}$$

$$i_{xk(N1)} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N1)} = 1,3 \sqrt{2} \cdot 5,36 = 9,86 \text{kA}$$

3. TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH 3 PHA TRONG LƯỚI HẠ ÁP

❑ Ví dụ

❖ Giải

- ✓ Dòng điện ngắn mạch tại N2 không xét đến tác động của động cơ

$$\begin{aligned} r_{\Sigma(N2)} &= r_B + r_{A600} + r_{RI600} + r_{TG} + r_{A400} + r_{RI400} + r_{C2} \\ &= 13,28 + 0,15 + 0,12 + 0,112 + 0,2 + 0,15 \\ &\quad + 15,48 = 29,492 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{\Sigma(N2)} &= x_B + x_{RI600} + x_{TG} + x_{RI400} \\ &= 23,1 + 0,094 + 0,378 + 0,1 = 23,672 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{N(N2)} &= \frac{U_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma(N2)}^2 + x_{\Sigma(N2)}^2}} \\ &= \frac{380}{\sqrt{3} \sqrt{29,492^2 + 23,672^2}} = 5,8 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$i_{xk(N1)} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N2)} = 1,3 \sqrt{2} \cdot 5,8 = 10,66 \text{ kA}$$

- ✓ Dòng điện ngắn mạch tại N2 có xét đến tác động của động cơ

$$I_{\text{đc}} = \frac{P_D}{\sqrt{3} U_D \eta_D \cos \varphi_D} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 355,4 \text{ A}$$

- ✓ Kết luận:

- $I'_{N(N2)} = I_{N(N2)} + I_{\text{đc}}$
 $= 6,155 \text{ kA}$ (tăng 5,7%)
- $i'_{xk(N2)} = i_{xk(N2)} + I_{xkD} = k_{xk} \sqrt{2} I_{N(N2)} + k_{xkD} I_{\text{đc}} =$
 $10,66 + 6,5 \cdot 355,4 \cdot 10^{-3} = 12,968 \text{ kA}$ (tăng 17,8%)

Câu hỏi ôn tập

1. Các đặc trưng quan trọng của dòng điện ngắn mạch ? Hệ số xung kích của dòng điện ngắn mạch phụ thuộc những yếu tố nào ?
2. Nguyên nhân và các tác động của sự cố ngắn mạch trong hệ thống cung cấp điện ?
3. Nêu các đặc điểm riêng của tính toán ngắn mạch trong lưới điện trung áp và hạ áp ?
4. Thế nào gọi là ngắn mạch không đối xứng ? Trình bày cách xác định dòng điện ngắn mạch thành phần chu kỳ trong các trường hợp ngắn mạch không đối xứng ?

THE END!

Q&A





SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 7: Lựa chọn thiết bị trong cung cấp điện

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

MỤC LỤC CHƯƠNG 7

7.1. Khái niệm chung

- 7.1.1. Đặt vấn đề
- 7.1.2. Những điều kiện chung để lựa chọn thiết bị điện

7.3. Lựa chọn trạm biến áp

- 7.3.1. Chọn vị trí đặt trạm biến áp
- 7.3.2. Số lượng máy biến áp
- 7.3.3. Công suất máy biến áp
- 7.3.4. Vận hành kinh tế trạm biến áp

7.2. Lựa chọn dây dẫn

- 7.2.1. Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng
- 7.2.2. Chọn dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép
- 7.2.3. Chọn thiết diện theo điều kiện kinh tế
- 7.3.4. Phạm vi ứng dụng các phương pháp chọn thiết diện cáp và dây dẫn trong thiết kế cung cấp điện

7.4. Lựa chọn các thiết bị phân phối điện

- 7.4.1. Chọn thanh cáp và sứ đỡ
- 7.4.2. Chọn máy cắt điện
- 7.4.3. Chọn dao cắt phụ tải
- 7.4.4. Chọn dao cách ly
- 7.4.5. Chọn cầu chì
- 7.4.6. Chọn máy biến áp đo lường
- 7.4.7. Lựa chọn và kiểm tra thiết bị điện có điện áp đến 1000 V

1. Khái niệm cơ bản về lựa chọn thiết bị

❑ 3 chế độ làm việc cơ bản:

- ❖ *Làm việc lâu dài*: Làm việc tin cậy nếu được chọn theo điện áp định mức và dòng điện định mức.
- ❖ *Quá tải*: Chỉ làm việc tin cậy nếu trị số và thời gian quá tải về dòng điện và điện áp nằm trong giới hạn quy định. Khi đó, thiết bị điện vẫn làm việc bình thường vì dự trữ độ bền điện của thiết bị thường được tính đến khi chế tạo.
- ❖ *Ngắn mạch*: Sẽ đảm bảo làm việc tin cậy nếu được lựa chọn theo ổn định động và ổn định nhiệt. Để hạn chế thiệt hại, trong chế độ này cần loại trừ nhanh nhất hư hỏng ra khỏi mạng điện.

❑ Các điều kiện làm việc khác:

- ❖ Khả năng đóng cắt dòng điện (máy cắt, cầu chì)
- ❖ Hiệu chỉnh tính đến sự sai khác giữa môi trường vận hành và thiết kế (nhiệt độ độ ẩm môi trường, mức độ nhiễm bẩn, độ cao với mực nước biển, cách lắp đặt thiết bị, yêu cầu tiết kiệm diện tích).

1. Chọn thiết bị theo điều kiện làm việc lâu dài

Chọn theo điện áp định mức:

- ❖ Điều kiện làm việc bình thường, độ lệch điện áp không vượt quá 10÷15%.
- ❖ Điều kiện chọn theo điện áp định mức như sau:

$$U_{\text{đm.TBD}} \geq U_{\text{đm.m}}$$

$$U_{\text{đm.TBD}} + \Delta U_{\text{đm.TBD}} \geq U_{\text{đm.m}} + \Delta U_m$$

- ✓ $U_{\text{đm.TBD}}$, $U_{\text{đm.m}}$: Điện áp định mức của thiết bị điện và của mạng điện nơi thiết bị điện làm việc.
- ✓ $\Delta U_{\text{đm.TBD}}$: Độ lệch điện áp cho phép của thiết bị điện mà nơi sản xuất đảm bảo.
- ✓ ΔU_m : Độ lệch điện áp có thể của mạng điện so với điện áp định mức trong điều kiện vận hành lâu dài.

1. Chọn thiết bị theo điều kiện làm việc lâu dài

Chọn theo dòng điện định mức:

- I_{dm} : dòng điện lớn nhất đi qua thiết bị điện trong thời gian đủ dài ($t \geq 3T_0$, T_0 : hằng số thời gian phát nóng), ứng với nhiệt độ môi trường là định mức, để nhiệt độ của tất cả các bộ phận của thiết bị, dưới tác dụng đốt nóng của dòng điện, không vượt quá nhiệt độ cho phép lâu dài.
- Đảm bảo cho thiết bị điện không bị đốt nóng nguy hiểm trong tình trạng làm việc lâu dài định mức.
- Điều kiện chọn dòng điện định mức: $I_{dm.TBD} \geq I_{lvmax}$
 - I_{lvmax} : dòng điện làm việc lâu dài lớn nhất chạy qua thiết bị
- Hiệu chỉnh theo nhiệt độ: $I'_{dm.TBD} = I_{dm.TBD} \cdot \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta}{\theta_{cp} - \theta_0}}$
 - θ_{cp} : Nhiệt độ phát nóng cho phép của thiết bị.
 - θ_0 : Nhiệt độ vận hành định mức. Theo tài liệu Nga $\theta_0=35^\circ C$
 - θ : Nhiệt độ vận hành thực tế.

$\theta < 35^\circ C$ thì cứ giảm đi $1^\circ C$, $I_{dm.TBD}$ tăng 0,5% nhưng tất cả không vượt quá 20% $I_{dm.TBD}$

1. Chọn thiết bị theo điều kiện làm việc lâu dài

Chọn theo dòng điện định mức:

- Tính I_{lvmax} ?
 - Đối với đường dây mạch kép có một mạch bị sự cố, đường dây còn lại gánh toàn bộ phụ tải.
 - Đối với MBA, đường dây cáp, không có dự trữ làm việc với khả năng quá tải của nó.
 - Đối với thanh góp, thanh dẫn trong các trạm điện, làm việc trong chế độ vận hành xấu nhất.
 - Đối với MFĐ, vận hành ở chế độ quá tải lớn nhất cho phép là 5% ($1,05 \cdot I_{dm}$).

1. Chọn thiết bị theo dòng điện ngắn mạch

Kiểm tra ổn định động:

- ❖ **Định nghĩa:** Lực điện động là lực tác dụng tương hỗ giữa các bộ phận tải dòng điện.
- ❖ **Lực điện động phụ thuộc:** hình dáng, kích thước vật mang điện, khoảng cách giữa các vật mang điện, tính chất môi trường và trị số dòng điện đi qua
- ❖ **Vận hành bình thường:** dòng điện nhỏ → lực điện động nhỏ chưa đủ để phá hoại các kết cấu của thiết bị điện.
- ❖ **Khi ngắn mạch:** dòng điện chạy qua thiết bị điện rất lớn → Lực điện động lớn gây nên biến dạng vật dẫn, phá hủy cách điện...
- ❖ **Điều kiện kiểm tra ổn định động:** $I_{\text{ôđđ}} \geq i_{xk}$
 - $I_{\text{ôđđ}}$: Dòng điện ổn định động định mức của thiết bị điện
 - i_{xk} : Dòng điện ngắn mạch xung kích

1. Chọn thiết bị theo dòng điện ngắn mạch

Kiểm tra ổn định nhiệt:

- Thời gian ngắn mạch ngắn nhưng dòng lớn → xung lượng nhiệt lớn → thiết bị hư hỏng, giảm tuổi thọ.
- Để thiết bị không bị đốt nóng → Kiểm tra ổn định nhiệt:

$$I_{\text{ôđn}}^2 \cdot t_{\text{ôđn}} \geq B_N \Leftrightarrow I_{\text{ôđn}}^2 \cdot t_{\text{ôđn}} \geq I_\infty^2 \cdot t_{qđ} \Leftrightarrow I_{\text{ôđn}} \geq I_\infty \cdot \sqrt{\frac{t_{qđ}}{t_{\text{ôđn}}}}$$

- $I_{\text{ôđn}}$: Dòng điện ổn định nhiệt định mức đi qua thiết bị điện ứng với thời gian ổn định nhiệt định mức $t_{\text{ôđn}}$ cho trước.
- I_∞ : Dòng điện ngắn mạch xác lập trong mạch có thiết bị điện.
- $t_{qđ}$: Thời gian quy đổi nhiệt của dòng điện ngắn mạch.
- B_N : Xung lượng nhiệt đặc trưng cho lượng nhiệt tỏa ra.

1. Chọn thiết bị theo dòng điện ngắn mạch

Kiểm tra ổn định nhiệt:

$$B_N = \int_0^t i_N^2(t) dt = I_\infty^2 \cdot t_{qd}$$

❖ Thực tế việc tính B_N gặp nhiều khó khăn vì dòng điện $i_N(t)$ thay đổi phức tạp trong quá trình quá độ.

❖ Trong thiết kế, thay vì đi tính B_N thì:

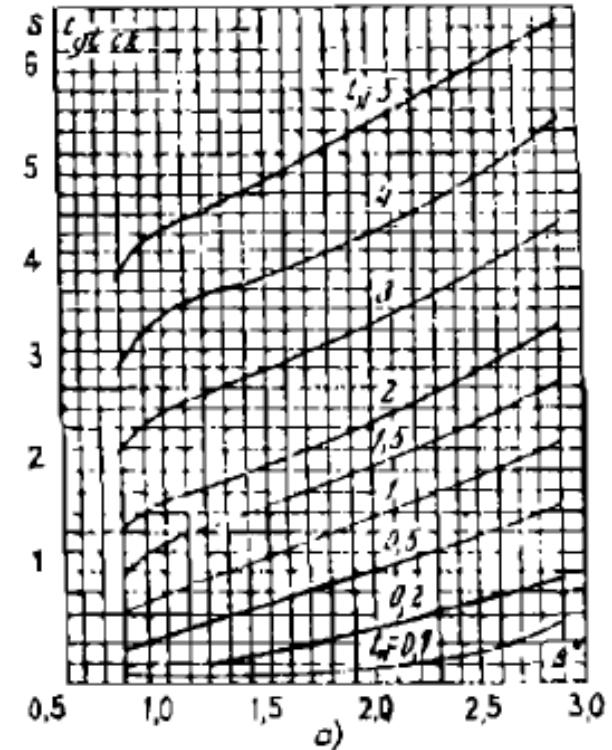
✓ Tra trị số t_{qd} theo quan hệ $t_{qd} = f(t_N, \beta'')$ cho sẵn,

- t_N là thời gian tồn tại ngắn mạch ($t_N \leq 5s$)

- $\beta'' = \frac{I''}{I_\infty}$ ($I'':$ Dòng điện siêu quá độ ban đầu).

- $t_N > 5s$ thì cần hiệu chỉnh t_{qd} như sau:

$$t_{qd}(t > 5) = t_{qd}(t = 5) + (t_N - 5)$$



2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện phát nóng

Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng dài hạn:

❖ Phát nóng dài hạn coi toàn bộ nhiệt tỏa ra môi trường

❖ Điều kiện:

$$\vartheta_{\infty} < \vartheta_{cp}: \vartheta_{\infty} - \vartheta_0 = \theta_{\infty} = \frac{R \cdot I^2}{q \cdot S_{bm}} \Rightarrow I_{cp} = \sqrt{\frac{q \cdot S_{bm} \cdot (\vartheta_{cp} - \vartheta_0)}{R}}$$

✓ Năng suất tỏa nhiệt q ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}$, với $\text{W} = \text{J}/\text{s}$)

❖ Chọn thiết diện dây dẫn: $k \cdot I_{cp} \geq I_{lvmax}$

✓ I_{cp} : Dòng điện cho phép của dây dẫn ứng với điều kiện vận hành thiết kế. Tính I_{cp} phức tạp → tra I_{cp} trong sổ tay thiết kế.

✓ $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$: Hệ số hiệu chỉnh giá trị I_{cp} ,

- k_1 : Xét sự khác nhau về nhiệt độ giữa thực tế và thiết kế.
- k_2 : Xét đến ảnh hưởng khi có nhiều dây dẫn đặt song song.
- k_3 : Xét điều kiện lắp đặt dây dẫn (trên không hay ngầm).

2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện phát nóng

Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng dài hạn:

- ✓ I_{lvmax} : Dòng làm việc lâu dài lớn nhất chạy qua dây dẫn. Với đường dây lộ kép: dòng trên 1 Đz khi cắt điện đường dây kia.
- ❖ Chú ý phối hợp thiết bị bảo vệ ở mạng <1kV, ngoài điều kiện $k \cdot I_{cp} \geq I_{lvmax}$ thì phối hợp bảo vệ:

- ✓ Cầu chì: $I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{\alpha}$
 - I_{dc} : Dòng điện định mức của dây chày
 - α : Hệ số phụ thuộc đặc điểm của mạng điện
 - Đối với mạng sinh hoạt, $\alpha = 0,8$
 - Đối với mạng động lực, $\alpha = 3$
- ✓ Áp tôt mát (Automatic): $I_{cp} \geq \frac{I_{kđn}}{1,5}$ hoặc $I_{cp} \geq \frac{I_{kđđt}}{4,5}$
 - $I_{kđn}$: Dòng điện khởi động nhiệt của áp tôt mát
 - $I_{kđđt}$: Dòng điện khởi động điện từ của áp tôt mát

2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện phát nóng

Chọn dây dẫn theo điều kiện phát nóng do dòng Ngắn Mạch:

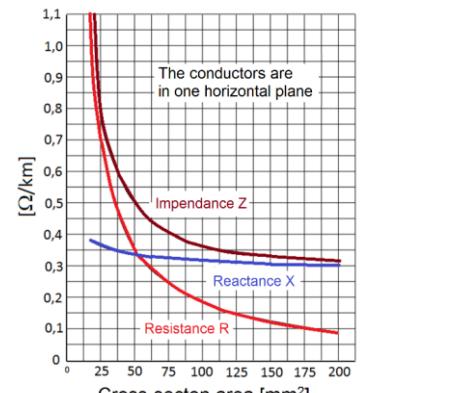
- ❖ Chỉ dùng để kiểm tra thiết diện được chọn bằng các phương pháp đặc biệt khi chọn cáp trung và cao áp.
- ❖ Điều kiện ổn định nhiệt cho thiết diện: $F \geq F_{\text{ôđn}} = \alpha \cdot I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{qd}}$
 - $F_{\text{ôđn}}$: Thiết diện đảm bảo ổn định nhiệt của cáp đối với dòng ngắn mạch
 - I_{∞} : Trị số hiệu dụng của dòng điện ngắn mạch xác lập
 - t_{qd} : Thời gian quy đổi nhiệt
 - α : Hệ số xác định bởi nhiệt độ phát nóng giới hạn cho phép của loại dây cáp

Loại cáp	Nhiệt độ cho phép (°C)	Hệ số α
Cáp đồng $U_{\text{đm}} \leq 10\text{kV}$	250	7
Cáp nhôm $U_{\text{đm}} \leq 10\text{kV}$	250	12

2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

Điều kiện: $\Delta U = \frac{P.R+Q.X}{U_{đm}} = \frac{P.R}{U_{đm}} + \frac{Q.X}{U_{đm}} = \Delta U_P + \Delta U_Q \leq \Delta U_{cp}$

- P, Q: Công suất truyền trên đường dây ở chế độ cực đại.
- $U_{đm}$: Điện áp định mức của đường dây.
- $\Delta U_P, \Delta U_Q$: thành phần tổn thất điện áp do công suất tác dụng và phản kháng
- ΔU_{cp} : Tổn thất điện áp cho phép trên đường dây. Với HTCCĐ có $U_{đm} \leq 35\text{kV}, \Delta U_{cp} = 5\% U_{đm}$
- Đối với đường dây, thành phần điện kháng X thường ít thay đổi, nên có thể lấy 1 giá trị x_0
 - Đường dây trên không, $x_0 = 0,36 \div 0,42 \Omega/\text{km}$
 - Đường cáp đến 10kV, $x_0 = 0,06 \div 0,09 \Omega/\text{km}$



2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

Điều kiện (viết lại): $\frac{P}{U_{\text{đm}}} \cdot \frac{\rho l}{F} \leq \Delta U_{cp} - \frac{Q \cdot l \cdot x_0}{U_{\text{đm}}} \Rightarrow F \geq \frac{P \cdot l \cdot \rho}{U_{\text{đm}} \cdot \Delta U_{cp} - Q \cdot l \cdot x_0}$

❖ Đối với mạng điện hạ áp, đặc biệt là cáp bọc hạ áp, x_0 rất bé, chiều dài / ngắn, do đó cho phép bỏ qua ΔU_Q . Khi đó có thể chọn thiết diện dây dẫn như sau:

$$F \geq \frac{P \cdot l \cdot \rho}{U_{\text{đm}} \cdot \Delta U_{cp}}$$

❖ Đối với đường dây trực cấp điện cho nhiều phụ tải đặt gần nhau và chiều dài tổng không lớn:

✓ Cách 1: Nếu toàn bộ đường dây chọn cùng một thiết diện:

$$F \geq \frac{\sum P_i \cdot l_i \cdot \rho}{U_{\text{đm}} \cdot \Delta U_{cp} - \sum Q_i \cdot l_i x_0}$$

- P_i, Q_i, l_i : công suất tác dụng, phản kháng và chiều dài đoạn i
- x_0 : Điện kháng đơn vị trung bình của đường dây

2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép

✓ Cách 2: chọn thiết diện theo nguyên tắc mật độ dòng điện không đổi đảm bảo kinh tế nhất (phí tổn kim loại màu ít nhất nhưng vẫn đảm bảo tổn thất điện áp): $J = \frac{I_i}{F_i}$ với mọi đoạn

$$\Delta U_P = \sum \frac{P_i \cdot l_i \cdot \rho}{U_{\text{đm}} \cdot F_i} = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \sum l_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \frac{I_i}{F_i} = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot J \cdot \sum l_i \cdot \cos \varphi_i$$
$$\Rightarrow J = \frac{\Delta U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot \sum l_i \cdot \cos \varphi_i} \Rightarrow F_i = \frac{I_i}{J}$$

Lưu ý: sau khi xác định J , cần so sánh với mật độ dòng điện kinh tế J_{kt} và lấy mật độ dòng điện thấp hơn để xác định thiết diện tiêu chuẩn và kiểm tra lại theo điều kiện tổn thất điện áp

2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện kinh tế

Chọn thiết diện theo giản đồ khoảng chia kinh tế

❖ Hàm chi phí tính toán viết cho một đường dây:

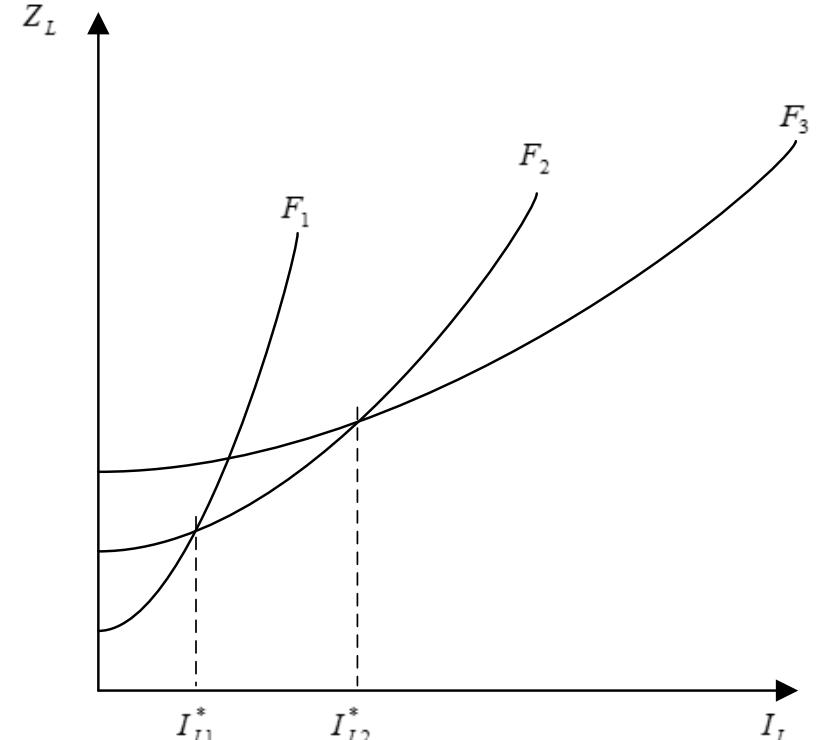
$$Z_L = (k_{hq} + k_{vh}).(a + b \cdot F) \cdot L + 3 \cdot I_L^2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{F} \cdot \tau \cdot \alpha_A = f(F) \rightarrow \min$$

❖ Dây dẫn thiết kế ở F_1, F_2, \dots, F_n khác nhau:

- ✓ Lập $Z_L(F_i, I_{L_i})$ với $i = 1 \div n$
- ✓ Lập giản đồ khoảng chia kinh tế
- ✓ Ứng với mỗi I_L , chọn được thiết diện F

có $Z_L \rightarrow \min$:

- Nếu $I_L \leq I_{L1}^*$ thì $F = F_1$
- Nếu $I_{L1}^* \leq I_L \leq I_{L2}^*$ thì $F = F_2$
- Nếu $I_L \geq I_{L2}^*$ thì $F = F_3$



2. Lựa chọn dây dẫn: theo điều kiện kinh tế

Chọn thiết diện theo mật độ dòng điện kinh tế

- Điều kiện: $F_{kt} = \frac{I_{max}}{J_{kt}}$
 - I_{max} : Dòng điện làm việc lâu dài lớn nhất chạy trên dây dẫn.
 - J_{kt} : Mật độ dòng điện kinh tế.

→ Chọn thiết diện theo chuẩn thiết kế và gần giá trị F_{kt} nhất.

- J_{kt} phụ thuộc nhiều yếu tố như kim loại thiết bị điện, giá thành thiết bị, giá tổn thất điện năng, các hệ số chuẩn hiệu quả vốn đầu tư và phí tổn vận hành... Trong thiết kế sơ bộ, có thể xác định $J_{kt}(A/mm^2)$ theo Bảng

Loại dây	T_{max} (giờ)		
	≤ 3000	$3000 \div 5000$	≥ 5000
ĐDK dây đồng trần và thanh dẫn	2,5	2,1	1,8
ĐDK dây nhôm trần, dây ACSR	1,3	1,1	1
Cáp đồng	3,5	3,1	2,7
Cáp nhôm	1,6	1,4	1,2

2. Lựa chọn dây dẫn: phạm vi ứng dụng các PP đã chọn

☐ Khuyến cáo phương pháp chọn

Lưới điện	Giản đồ khoảng chia kinh tế	J_{kt}	ΔU_{cp}	I_{cp}
Cao áp	+	*	-	-
Trung áp CN và đô thị	+	+	-	-
Trung áp nông thôn	*	*	+	-
Hạ áp CN và đô thị	*	x	-	+
Hạ áp nông thôn	x	x	+	-

“+”: Điều kiện chọn chính

“-”: Điều kiện kiểm tra

“*”: Điều kiện chọn phụ

“x”: không sử dụng

- Mạng cao áp, mạng trung áp công nghiệp và đô thị thường có các máy biến áp điều áp dưới tải. T_{max} lớn nên tổn thất lớn → Chọn theo J_{kt}
- Lưới trung áp và hạ áp nông thôn, do phụ tải phân tán, khoảng cách đường dây khá dài, có công suất đặt và T_{max} nhỏ. → Chọn theo ΔU_{cp}
- Đối với lưới hạ áp đô thị có phụ tải lớn, mật độ cao nên các đường dây nhìn chung khá ngắn → Chọn theo I_{cp}

3. Lựa chọn trạm biến áp

□ Vị trí đặt trạm biến áp:

- ❖ Vị trí gần tâm phụ tải để có tổng moment phụ tải nhỏ
- ❖ Thuận tiện cho việc vận chuyển, lắp đặt và sửa chữa.
- ❖ Dễ phòng chống cháy nổ, tránh bụi băm, ô nhiễm ăn mòn.
- ❖ Tính kinh tế (tiết kiệm chi phí đền bù đất đai).

□ Số lượng máy biến áp:

- ❖ Lựa chọn theo yêu cầu độ tin cậy cung cấp điện
 - Phụ tải loại 1: 2 máy biến áp/ trạm
 - Phụ tải loại 2: 1÷2 máy biến áp/ trạm
 - Phụ tải loại 3: 1 máy biến áp/ trạm
- ❖ Lựa chọn theo yêu cầu vị trí (địa hình, giới hạn diện tích mặt bằng, khả năng vận chuyển, đường giao thông...) → 1 hay 2

3. Lựa chọn trạm biến áp

❑ Công suất máy biến áp:

❖ Điều kiện: $N_B \cdot S_{\text{đmB}} \cdot K_{hc} \geq S_{tt}$

✓ S_{tt} : Công suất tính toán của phụ tải

✓ $N_B, S_{\text{đmB}}$: Số lượng và dung lượng máy biến áp trong trạm

✓ K_{hc} : Hệ số hiệu chỉnh do chênh lệch nhiệt độ môi trường chế tạo t_0 và sử dụng

$$t: K_{hc} = 1 - \frac{t - t_0}{100}$$

❖ $N_B > 1$: quá tải khi sự cố 1 máy: $(N_B - 1) \cdot S_{\text{đmB}} \cdot K_{hc} \cdot K_{qt} \geq S_{ttsc}$

✓ K_{qt} : Hệ số quá tải máy biến áp. K_{qt} phụ thuộc vào chế độ làm mát của máy biến áp, thời gian quá tải, chế độ vận hành của trạm biến áp trước khi quá tải.

3. Lựa chọn trạm biến áp

- Ví dụ về K_{qt} như sau:

K_{qt}	1,3	1,6	1,75	2,0	2,4	3,0
t_{qtcp} (ph)	120	30	15	7,5	3,5	1,5

- ✓ Trong thiết kế lấy $K_{qt} = 1,4$ với một số điều kiện: *Máy biến áp chỉ bị quá tải trong 5 ngày, thời gian quá tải mỗi ngày không quá 6 giờ và trước khi qua tải, hệ số tải của máy biến áp không quá 0,93.*
→ Đủ để đưa máy biến áp ngừng hoạt động trở lại vận hành bình thường và có thể đưa máy biến áp bị quá tải về trạng thái mang tải bình thường.
- ✓ S_{ttsc} : Công suất tính toán lúc sự cố. Nếu phụ tải của một trạm biến áp gồm nhiều phụ tải loại 1,2,3 thì cho phép cắt bớt một số phụ tải loại 3 ít quan trọng để giảm tải cho máy biến áp. Trong thiết kế, có thể giả thiết $\underline{S_{ttsc}} = 70\% \underline{S_{tt}}$.

3. Lựa chọn trạm biến áp

Vận hành kinh tế trạm biến áp:

- ❖ Với mỗi phụ tải đều có ĐTPT riêng.
- ❖ Nhìn chung các ĐTPT là không bằng phẳng.

➔ Do đó tùy từng thời điểm cụ thể có thể vận hành một hay nhiều máy biến áp dựa trên chế độ làm việc của phụ tải để hàm chi phí tính toán của trạm biến áp là nhỏ nhất.

$$C_{ttB} = (k_{hq} + k_{vh}) \cdot V_{0B} \cdot N_B + \left(N_B \cdot \Delta P_{0B} \cdot T + \frac{1}{N_B} \cdot k_t^2 \cdot \Delta P_{NB} \cdot \tau \right) \cdot \alpha_A = f(N_B, k_t) \rightarrow \min$$

(Tham khảo Chương 5)

4. Lựa chọn thiết bị phân phối: Thanh cáي

Thanh cáy:

- Thanh cáy (hay còn gọi là thanh góp, thanh dẫn) là thiết bị dùng để tiếp nhận và phân phối điện năng



Phân loại và lựa chọn:

- Thanh cáy mềm: dây dẫn trần, bằng đồng, nhôm hoặc dây nhôm lõi thép, thường được lắp đặt ngoài trời, trong các trạm điện, tương tự đường dây trên không → Lựa chọn như dây dẫn
- Thanh cáy cứng:

- Bằng đồng hoặc nhôm, dạng ống rỗng hoặc đặc hay dạng thanh cáy hình chữ nhật, tròn, máng, vành khuyên.
- Lắp đặt ngoài trời, trong trạm biến áp hoặc trong tủ điện.
- Được gá lắp và cách điện với các kết cấu khác nhờ sứ đỡ, do đó việc chọn thanh cáy cứng và sứ đỡ có liên quan mật thiết.



4. Lựa chọn thiết bị phân phối: Thanh cái

✓ Điều kiện chọn thanh cái cứng:

- Phát nóng dài hạn (dòng điện làm việc lớn nhất)

$$I'_{cp} = k_1 k_2 k_3 I_{cp} \geq I_{lvmax} \left\{ \begin{array}{l} I_{cp}: dòng cho phép (thanh 70^{\circ}C, ngoài 25^{\circ}C, đặt đứng) \\ k_1: hiệu chỉnh theo nhiệt độ (sổ tay) \\ k_2: hiệu chỉnh theo bố trí thanh cái (nằm ngang 0.95) \\ k_3: hiệu chỉnh khi đặt thanh cái các pha gần nhau \\ I_{lvmax}: dòng làm việc lâu dài lớn nhất \end{array} \right.$$

- Ổn định nhiệt (dòng điện ngắn mạch)

$$F \geq F_{min} = \alpha \cdot I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{qd}} [\text{mm}^2] \left\{ \begin{array}{l} I_{\infty}: dòng NM 3 pha xác lập [kA] \\ t_{qd}: thời gian quy đổi [s] \\ \alpha: hệ số xác định bởi loại dây \end{array} \right.$$

Loại thanh dẫn	Nhiệt độ cho phép (°C)	Hệ số α
Đồng	300	6
Nhôm	200	11
Thép	400	15

Note: Hệ số α ứng với phụ tải định mức, thực tế thanh cái thường làm việc non tải

→ F có bé hơn F_{min} một chút thì cũng cho phép chọn tiết diện đó mà không cần tăng lên một cấp.

4. Lựa chọn thiết bị phân phối: Thanh cái

- Ổn định động (lực điện động khi ngắn mạch → kiểm tra ứng suất)

- Lực điện động:

$$F_{max} = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{a} \cdot i_{xk}^2 [\text{kG}] \quad \left\{ \begin{array}{l} a: \text{khoảng cách giữa các pha thanh cái [cm]} \\ l: \text{khoảng cách giữa các sứ [cm]} \\ i_{xk}: \text{đòng NM 3 pha xung kích [A]} \end{array} \right.$$

- Mômen uốn: $\begin{cases} M = \frac{F_{max} \cdot l}{8} (\text{kG.cm}): TC \text{ có 2 nhịp} \\ M = \frac{F_{max} \cdot l}{10} (\text{kG.cm}): TC \text{ có } \geq 3 \text{ nhịp} \end{cases}$

Nhôm: $\sigma_{cp} = 700 \text{kG/cm}^2$
Đồng: $\sigma_{cp} = 1400 \text{kG/cm}^2$

- Ứng suất tính toán: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} [\text{kG/cm}^2] \leq \sigma_{cp}$: ứng suất cho phép của vật liệu

- Không thỏa mãn thì ta phải giảm σ_{tt} bằng cách:

- Tăng khoảng cách a giữa các pha
 - Giảm khoảng cách l giữa các sứ
 - Nếu thanh cái đang bố trí thẳng đứng thì ra **bố trí ngang**.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

- Khi phải xác định khoảng vượt lớn nhất cho phép giữa hai sứ đỡ theo σ_{cp} :

$$\sigma_{cp} = \frac{F_{max} \cdot l}{10(8) \cdot W} = \frac{f_{max} \cdot l^2}{10(8) \cdot W} \Rightarrow l_{max} = \sqrt{\frac{10(8) \cdot W \cdot \sigma_{cp}}{f_{max}}} (\text{cm})$$

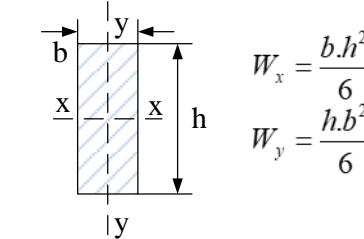
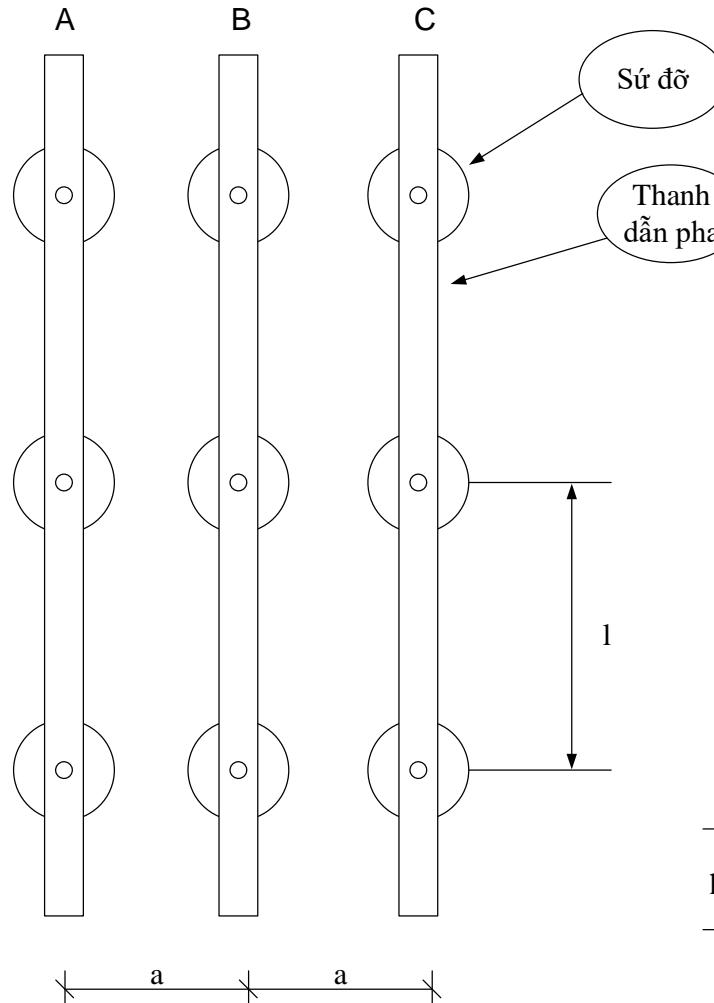
Trong đó: f_{max} là lực tác động lên 1 đơn vị (1cm) chiều dài thanh cái.

4. Lựa chọn thiết bị phân phối: Thanh cái

- Ổn định động (lực điện động khi ngắn mạch → kiểm tra ứng suất)

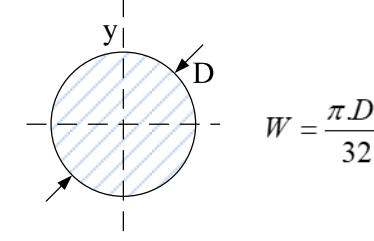
Mô men chống uốn

W

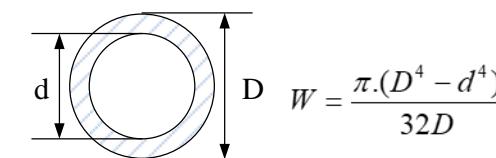


$$W_x = \frac{b.h^2}{6}$$

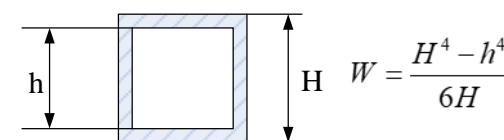
$$W_y = \frac{h.b^2}{6}$$



$$W = \frac{\pi D^2}{32}$$



$$W = \frac{\pi.(D^4 - d^4)}{32D}$$



$$W = \frac{H^4 - h^4}{6H}$$

4. Lựa chọn thiết bị phân phối: Sứ đõ

Sứ đõ:

- ❖ Vừa dùng để đỡ thanh dẫn vừa đảm bảo cách điện giữa thanh cáp với các kết cấu khác.
- ❖ Loại: sứ đõ, sứ xuyên, sứ trong nhà, ngoài trời, sứ cho đường dây, sứ cho trạm và cho các thiết bị khác (máy cắt, dao CL,..)

Điều kiện:

- ❖ Cách điện: $U_{đm.s} \geq U_{đm.m}$
 - $U_{đm.s}$: điện áp định mức của sứ (tăng 15% chế độ dài hạn)
 - $U_{đm.m}$: điện áp định mức của mạng điện (tăng khi vận hành)
- ❖ Độ bền cơ học: $F'_{tt} \leq F_{cp} = k_{dt} \cdot F_{ph}$
 - ✓ F_{cp} : Lực cho phép tác động lên **đầu sứ**
 - ✓ F_{ph} : Lực phá hỏng sứ đõ
 - ✓ k_{dt} : Hệ số dự trữ. Thường chọn $k_{dt} = 0,6$



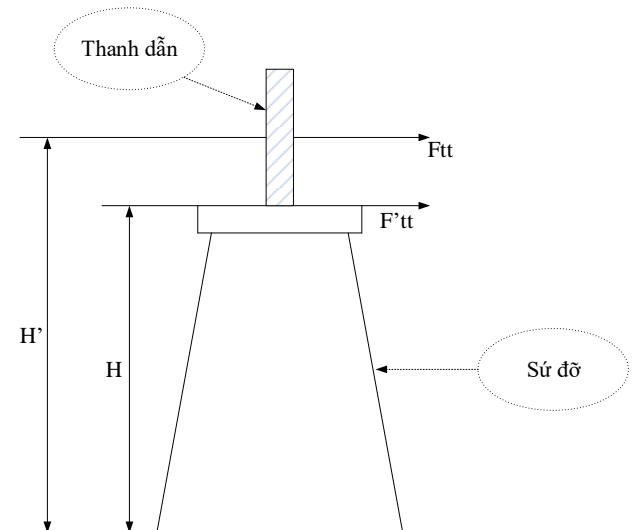
4. Lựa chọn thiết bị phân phối: Sứ đõ

✓ F'_{tt} : Lực tính toán tác động lên đầu sứ khi có ngắn mạch ba pha được tính từ lực điện động đặt lên thanh dẫn trên các khoảng vượt : $F'_{tt} = F_{tt} \cdot \frac{H'}{H}$; $F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{a} \cdot i_{xk}^2$ [kG] (slide 25)

❖ Chú ý:

✓ Đối với sứ xuyên (thanh dẫn chính là lõi của sứ) và sứ đầu ra đường dây. Do đó có thể kết hợp cả điều kiện chọn thanh dẫn với điều kiện chọn sứ như sau:

- Mức cách điện: $U_{\text{đm.S}} \geq U_{\text{đm.m}}$
- Phát nóng dài hạn: $I_{\text{đm.S}} \geq I_{lvmax}$
- Ổn định nhiệt: $F_{min} \geq \alpha \cdot I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{qd}}$
- Độ bền cơ học: $F'_{tt} \leq F_{cp} = k_{dt} \cdot F_{ph}$



4. Lựa chọn máy cắt điện

☐ *Chức năng máy cắt:*

- ❖ Máy cắt dùng để đóng/cắt mạch điện có dòng điện phụ tải và cắt dòng điện ngắn mạch
- ❖ Làm việc tin cậy, giá thành cao → sử dụng nơi quan trọng

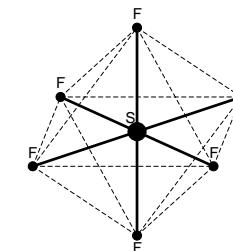
☐ *Phân loại máy cắt:*

- ❖ Theo công nghệ dập hồ quang: *máy cắt dầu*, *máy cắt không khí*, phổ biến: *máy cắt chân không*, *máy cắt dùng khí SF₆*.
- ❖ Theo điện áp: cao áp, hạ áp (áp tô mát)

☐ *Điều kiện chọn máy cắt:*

❖ *Chọn MC cao áp:*

- Điện áp: $U_{đm.MC} \geq U_{đm.m}$
- Dòng điện: $I_{đm.MC} \geq I_{lvmax}$
- Ổn định nhiệt: $I_{ôđn.MC} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{ôđn.MC}}}$



- Ổn định động: $I_{ôđđ.MC} \geq i_{xk}$
- Công suất cắt:
 $I_{cắt.đm.MC} \geq I''$ hay là $s_{cắt.đm.MC} \geq S''$

4. Lựa chọn máy cắt điện

- ❖ $U_{\text{đm.MC}}$ và $U_{\text{đm.m}}$: Điện áp định mức của máy cắt và của mạng điện
- ❖ $I_{\text{đm.MC}}, I_{\text{ôđn.MC}}, I_{\text{ôđđ.MC}}, I_{\text{cắt.đm.MC}}, S_{\text{cắt.đm.MC}}$: Lần lượt là dòng điện định mức, dòng điện ổn định động định mức, dòng điện ổn định nhiệt định mức, dòng điện cắt định mức và công suất cắt định mức của máy cắt.
- ❖ I_{lvmax} : Dòng điện phụ tải lớn nhất qua máy cắt.
- ❖ I'', S'' : Dòng điện và công suất ngắn mạch 3 pha siêu quá độ ($S'' = \sqrt{3}U_{\text{đm.m}}I''$) .
- ❖ I_∞, i_{xk} : Dòng điện ngắn mạch ba pha xác lập và dòng điện xung kích
- ❖ t_{qd} : Thời gian tác động quy đổi của dòng điện ngắn mạch. Trong tính toán lấy $t_{qd} = t_{\text{cắt.MC}}$
- ❖ $t_{\text{ôđn.MC}}$: Thời gian ổn định nhiệt định mức (do nhà chế tạo cho).

4. Lựa chọn máy cắt điện

✓ Ví dụ 7.1: Tủ máy cắt hợp bộ Fluarc 400 (F400) do hãng Schneider (Pháp) chế tạo có các thông số như sau:

- Điện áp định mức: $U_{dm} = 36 \text{ kV}$
- Điện áp làm việc lớn nhất: $U_{max} = 40,5 \text{ kV}$
- Dòng điện danh định: $I_{dm} = 1250A$
- Dòng ổn định nhiệt: $I_{odn} / t_{odn} = 25\text{kA}/3\text{s}$
- Dòng ổn định động: $I_{odd} = 63,5 \text{ kA}$

❖ Chọn máy cắt hạ áp (áp tô mát):

- $U_{dm.A} \geq U_{dm.m}$
- $I_{dm.A} \geq I_{lvmax}$
- $I_{dm.cắt.A} \geq I'' (= I_\infty \text{ đối với lưới điện hạ áp})$

4. Lựa chọn dao cắt / máy cắt phụ tải

Chức năng

- Chỉ đóng cắt các mạch điện có dòng điện phụ tải chứ không cắt dòng ngắn mạch.
- Có thể kết hợp với cầu chì thành bộ dao cắt phụ tải cầu chì (tương đương máy cắt điện trong đó cầu chì cắt các dòng điện quá tải và ngắn mạch)

Điều kiện chọn



Dao cắt phụ tải

Điện áp: $U_{\text{đm.DPT}} \geq U_{\text{đm.m}}$

Dòng điện: $I_{\text{đm.DPT}} \geq I_{lvmax}$

Ổn định nhiệt: $I_{\text{ôđn.DPT}} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{\text{ôđn.DPT}}}}$

Cầu chì

Điện áp: $U_{\text{đm.CC}} \geq U_{\text{đm.m}}$

Dòng điện: $I_{dc} \geq I_{lvmax}$

Ổn định động: $I_{\text{cắt.CC}} \geq I''$ hay là $S_{\text{cắt.CC}} \geq S''$

(I_{dc} : Dòng điện định mức dây chẩy cầu chì)

4. Lựa chọn dao cách ly

☐ Chức năng dao cách ly

- ❖ Cách ly điện giữa các phần tử trong mạch
- ❖ Tạo khoảng hở trống thay: phần có điện và không
- ❖ Không có phần dập hồ quang, chỉ cắt khi không tải



☐ **Đặc biệt:** Khi cần thiết, DCL được phép cắt dòng điện không tải của máy biến áp phân phối $< 750\text{kVA}$ và đóng cắt mạch vòng đẳng thế hay đóng cắt trung tính máy biến áp nối đất

☐ Điều kiện chọn

- Điện áp: $U_{đm.DCL} \geq U_{đm.m}$
- Dòng điện: $I_{đm.DCL} \geq I_{lvmax}$
- Ổn định nhiệt: $I_{ôđn.DCL} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{qđ}}{t_{ôđn.DCL}}}$
- Ổn định động: $I_{ôđđ.DCL} \geq i_{xk}$

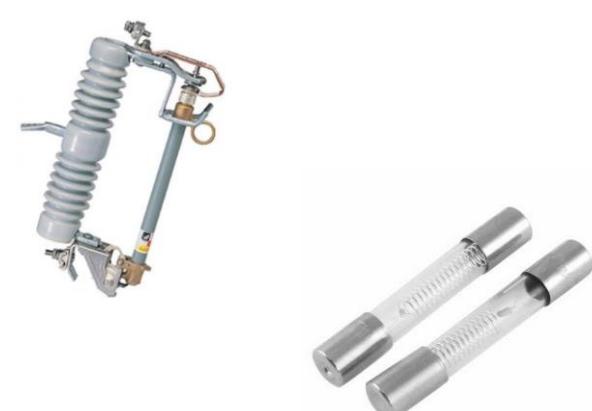
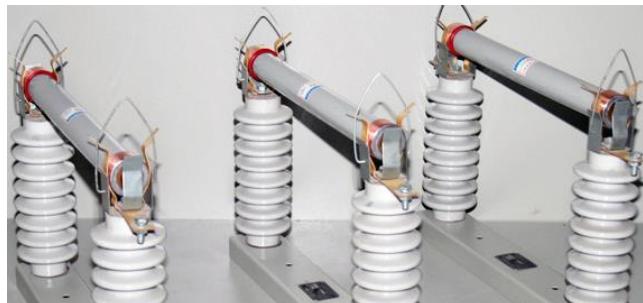
4. Lựa chọn cầu chí cao, trung áp

Chức năng cầu chì

- Cắt dòng điện quá tải và chủ yếu là ngắn mạch (vì độ nhạy kém, tác động với dòng lớn hơn định mức nhiều lần).
- Thời gian cắt phụ thuộc vào loại vật liệu làm dây chảy (chì, hợp kim chì thiếc, nhôm, đồng, bạc, kẽm...).
- Cầu chì dùng nhiều ở mạng hạ áp, trung áp có cầu chì tự rơi và cầu chì ống có phần dập hồ quang bằng cát thạch anh.

Điều kiện chọn

- Điện áp: $U_{đm.cc} \geq U_{đm.m}$
- Dòng điện: $I_{đm.cc} \geq I_{lvmax}$
- Công suất cắt: $I_{cắt.cc}'' \geq I''$ hay là $S_{cắt.cc}'' \geq S''$



4. Lựa chọn cầu chì hạ áp

❑ Đặc điểm bảo vệ của cầu chì

- ❖ Nhiều Đz nối tiếp sử dụng nhiều cầu chì: dòng điện định mức của cầu chì phía trước phải lớn hơn dòng điện định mức của cầu chì phía sau, ít nhất một cấp.
- ❖ Cầu chì bảo vệ cho Động cơ: $I_{\text{đm.cc}} \geq I_{lvmax}$

✓ Cho 1Đ (CC1)

- Bình thường:

$$I_{dc} \geq I_{lv\bar{D}} = \frac{K_t \cdot P_{\text{đm}\bar{D}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

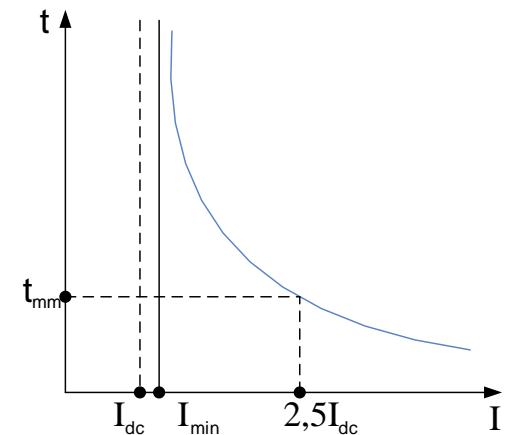
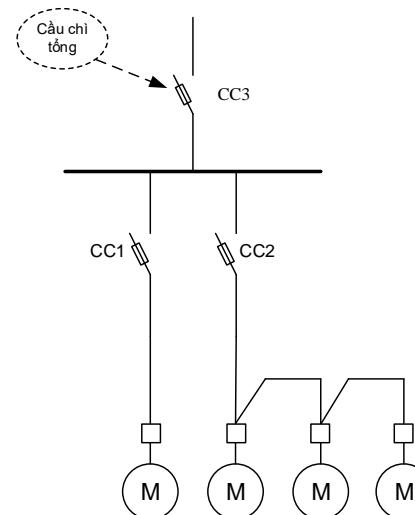
- Khởi động:

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm}}{\alpha} = \frac{K_{mm} I_{\text{đm}}}{\alpha}$$

$$(K_{mm} = 5,6,7; \alpha = 1,6 \div 2; 2,5)$$

❖ Cho >2Đ (CC2): $I_{mm} = I_{mmMax} + K_{\text{đt}} \sum_{i=1}^{n-1} K_t \cdot I_{\text{đm}\bar{D}i}$

❖ Cho 1nhóm Đ(CC3): $I_{mm} = I_{mmMax} + (I_{tt-nhóm} - k_{sd} \cdot I_{\text{đm}\bar{D}})$



4. Lựa chọn MBA đo lường: máy biến dòng BI

❑ Định nghĩa:

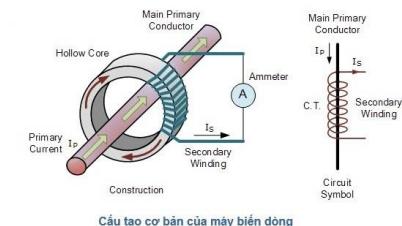
- Biến đổi dòng điện/điện áp từ cao xuống thấp ($1 \div 5A$ hoặc $1 \div 110V$ hay $110/\sqrt{3}V$) cấp cho thiết bị đo lường và bảo vệ.
- Ký hiệu: VT/CT hoặc BU/BI

❑ Đặc điểm vận hành

- Cuộn sơ cấp BI mắc nối tiếp vào mạng có số vòng bé
- Cuộn thứ cấp số vòng lớn nhưng tải bé coi như ngắn mạch
- Cuộn thứ cấp nối đất → an toàn cho người và thiết bị
- Dòng thứ cấp nhỏ → Sai số BI lớn

❑ Thông số BI:

- Tỷ số biến dòng điện: $k_{BI} = \frac{I_1 \text{đm}}{I_2 \text{đm}}$
- Sai số về độ lớn $\Delta I\% = \frac{k_{BI} \cdot I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100$ và sai số về góc \dot{I}_1 và \dot{I}_2



4. Lựa chọn MBA đo lường: máy biến dòng BI

□ Thông số BI (tiếp):

- ❖ Phụ tải của BI: là tổng trở của các thiết bị đo lường và bảo vệ nối trong mạch thứ cấp của BI

$$S = Z \cdot I_{2\text{đm}}^2$$

- ❖ Cấp chính xác BI: sai số lớn nhất về dòng điện tùy mục đích

- ✓ Khi để đo lường: trong chế độ dòng định mức
- ✓ Khi để bảo vệ: ví dụ quá dòng, điểm làm việc ứng với trị số dòng Ngắn Mạch gấp chục lần.

□ Điều kiện chọn

- Điện áp: $U_{\text{đm.BI}} \geq U_{\text{đm.m}}$
- Dòng điện sơ cấp: $1,2 \cdot I_{1\text{đm}} \geq I_{cb}$
- Ổn định nhiệt: $I_{\text{ôđn.BI}} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{\text{ôđn.DCL}}}}$
- Ổn định động: $I_{\text{ôđđ.BI}} \geq i_{xk}$

I_{cb} : dòng điện tải cưỡng bức của mạch sơ cấp

4. Lựa chọn MBA đo lường: máy biến dòng BI

☐ Các điều kiện khác

- ❖ Tỷ số biến dòng điện,
- ❖ Cấp chính xác của các cuộn dây thứ cấp
 - Đo lường, chọn cấp chính xác của cuộn thứ cấp là 0,5
 - Đối với mục đích bảo vệ: 5P10, 10P10, 5P20 hoặc cấp X

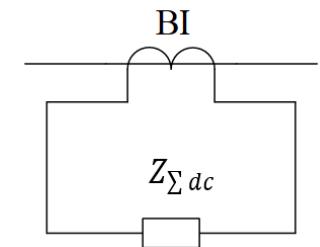
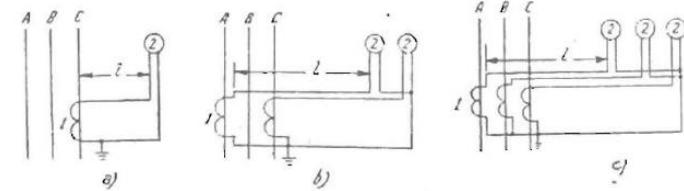
- ❖ Khả năng tải của các cuộn dây thứ cấp:

$$Z_{2\text{đm.BI}} \geq Z_2 = Z_{\Sigma dc} + Z_{dd} + Z_{tx}$$

- ❖ Thiết diện dây dẫn thứ cấp được chọn (bỏ qua Z_{tx})

$$Z_{2\text{đm.BI}} - Z_{\Sigma dc} \geq Z_{dd} \approx R_{dd} = \frac{\rho \cdot l_{tt}}{F_{dd}} \rightarrow F_{dd} \geq \frac{\rho \cdot l_{tt}}{Z_{2\text{đm.BI}} - Z_{\Sigma dc}}$$

- $Z_{2\text{đm.BI}}$: Tổng trở định mức thứ cấp của BI.
 - $Z_{\Sigma dc}$: Tổng trở của các dụng cụ đo và rơ le mắc trong mạch thứ cấp của BI
 - Z_{dd} : Tổng trở của dây dẫn
 - Z_{tx} : Tổng trở chổ tiếp xúc. (Coi như rất nhỏ có thể bỏ qua)
- ρ : Điện trở suất của dây dẫn
 - l_{tt} : Chiều dài tính toán mạch thứ cấp BI



4. Lựa chọn MBA đo lường: máy biến áp BU

☐ Nguyên tắc vận hành

- ❖ Nguyên lý như MBA lực, công suất ~100VA, 100V 100/ $\sqrt{3}$ V
- ❖ Tổng trở ngoài mạch thứ cấp lớn ~ thường xuyên không tải
- ❖ 1 pha, 3 pha, 3 pha 5 trụ
- ❖ BU được bảo vệ bằng cầu chì → không cần kiểm tra đ/k NM theo ổn định động và ổn định nhiệt)



☐ Thông số BU:

- ❖ Tỷ số biến đổi điện áp: $k_{BU} = \frac{U_{1\text{đm}}}{U_{2\text{đm}}}$

- ❖ Sai số biến dòng điện:

- ✓ Sai số về độ lớn: $\Delta U \% = \frac{k_{BU} \cdot U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100$

- ✓ Sai số về góc pha giữa \dot{U}_1 và \dot{U}_2

- ❖ Phụ tải thứ cấp:

$$S = \frac{U_{2\text{đm}}^2}{Z}$$

- ❖ Cấp chính xác: % $U_{\text{đm}}$

4. Lựa chọn MBA đo lường: máy biến áp BU

Điều kiện chọn BU:

- Đảm bảo cách điện, tỷ số biến điện áp, cấp chính xác, khả năng tải cuộn thứ cấp, sơ đồ tổ đấu dây:
 - $U_{\text{đm.BU}} \geq U_{\text{đm.m}}$
 - $S_{2\text{đm.fa}} \geq S_{2.fa}$
 - Sai số trong phạm vi cho phép
 - $S_{2.fa}$ là phụ tải pha của máy biến điện áp, phụ thuộc vào tổ đấu dây của biến điện áp. (có bảng xác định theo sơ đồ tổ đấu dây khác nhau)

Sơ đồ đấu dây của máy biến điện áp

Tổ đấu dây Y/Δ				
Phụ tải pha $S_{2.fa}$	Pha a	S_a	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{ac})$	$\frac{1}{2}S_{ab}$
	Pha b	S_b	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{bc})$	$\frac{1}{2}(S_{ab} + S_{bc})$
	Pha c	S_c	$\frac{1}{2}(S_{ac} + S_{bc})$	$\frac{1}{2}S_{bc}$
Tổ đấu dây \angle/\angle				
Phụ tải pha $S_{2.fa}$	Pha ab	$S_a + \frac{1}{2}S_b$	$S_{ab} + \frac{1}{2}S_{ac}$	S_{ab}
	Pha bc	$S_c + \frac{1}{2}S_b$	$S_{bc} + \frac{1}{2}S_{ac}$	S_{bc}

4. Lựa chọn thiết bị cấp điện áp dưới 1000V

- ❖ Các thiết bị ở cấp điện áp thấp ($U_{dm} \leq 1000$ V): cầu dao, áp tô mát, công tắc tơ, cầu chì...
- ❖ Đều chọn theo điều kiện U_{dm} và I_{dm} .
 - Thiết bị có khả năng cắt dòng ngắn mạch (áp tô mát và cầu chì...) kiểm tra thêm điều kiện công suất cắt.
- ❖ Thiết bị hạ áp đều thiết kế ở mức chịu được lực điện động và hiệu ứng nhiệt do dòng ngắn mạch gây ra khi MBA phân xưởng có $S \leq 1000$ kVA
 - ➔ Không cần kiểm tra chúng theo các điều kiện đó nữa.
 - Nếu $S \geq 1000$ kVA: thêm biện pháp hạn chế dòng ngắn mạch như đặt kháng điện.

BÀI TẬP

Hãy chọn máy cắt và dao cách ly cho mạng điện 10kV, biết công suất truyền tải trên mạng điện là $S = 2540 \text{ kVA}$, giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm đặt thiết bị là $I_k = 3,35 \text{ kA}$, thời gian ngắn mạch $t_k = 0,65\text{s}$

Bài giải

Trước hết ta xác định dòng điện làm việc của mạng

$$I_{lv} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{25400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 146,65(A)$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk} = q_{xk} \cdot I_k = 1,52 \cdot 3,35 = 5,1 (kA)$$

Căn cứ vào số liệu tính toán ta chọn máy cắt dẫu loại BM \varnothing -10 và dao cách ly PBP(3)-10/630, các số liệu tính toán kiểm tra được thể hiện trong bảng sau:

Tham số	Điều kiện	Tham số máy cắt		Tham số dao cách ly	
		Tính toán	BM \varnothing -10	Tính toán	PBP(3)-10/630
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Điện áp (kV)	$U_n > U$	10	10	10	10
Phụ tải	$I_n \geq I_{lv}$	146,65	200	146,65	630
Ổn định nhiệt	$I_{odnMC} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_k}{t_{odn}}}$ $I_{odnMC} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{0,65}{1}}$ $I_{odnMC} \geq 22,7$	3,35 $\sqrt{\frac{0,65}{1}}$ $= 22,7$	10	3,35 $\sqrt{\frac{0,65}{4}}$ $= 1,35$	15
Ổn định động	$i_{MC} \geq I_{xk}$	1,52.3,35=5,1	7.2	5,1	50
Khả năng cắt	$I_{cắt} \geq I_k$	3,35	5,5	NA	NA

Câu hỏi ôn tập

1. Căn cứ vào những chế độ làm việc cơ bản nào để tính toán lựa chọn thiết bị điện ? Các điều kiện lựa chọn thiết bị điện tương ứng với các chế độ làm việc đó là gì ?
2. Trình bày các điều kiện lựa chọn thiết điện dây dẫn ? Lựa chọn cáp trung áp và cáp hạ áp khác nhau thế nào ? Tương tự, chọn thiết điện dây dẫn cho lưới điện nông thôn và đô thị có gì khác nhau ?
3. Trình bày phương pháp lựa chọn thiết điện dây dẫn theo tổn thất điện áp cho phép đối với đường dây một và nhiều phụ tải ?
4. Trình bày cách lựa chọn thanh dẫn và sứ đỡ ?
5. Nêu chức năng và các điều kiện chọn máy cắt và áp tô mát ?
6. Trình bày cách chọn cầu chì bảo hộ áp bảo vệ cho một hoặc một nhóm động cơ điện?
7. Chức năng và điều kiện chọn biến dòng điện và biến điện áp ?



THE END!

Q&A



4. Switching device selection

4.1. Circuit breaker

- Low voltage circuit breaker:

Miniature circuit breaker (MCB):

- Ref. IEC 60898
- Typical range: 0.5A to 125A
- Final circuit protection (domestic, industry)



Molded case circuit breaker (MCCB)

- Ref. IEC 60947-2
- Typical range: 16A to 1600A (3200A)
- Incoming circuit protection (domestic, industry)



Air circuit breaker (ACB)

- Ref. IEC 60947-2
- Typical range: 630A to 6300A
- Main incoming circuit protection (mainly in industry)



4. Switching device selection

4.1. Circuit breaker

- Low voltage circuit breaker:

- Parameters:

Rated Insulation Voltage (Ui): the voltage on which the dielectric properties are based.

Rated Operating Voltage (Ue): System operating voltage

Rated Ultimate Short-Circuit Breaking Capacity (Icn or Icu):

Rated Short-time withstand Capacity (Icw): assumed constant during short-time delay

Rated Current (In): The current that the circuit-breaker will carry continuously under specified conditions and on which the time/current characteristics are based

Rated Impulse withstand voltage (Uimp) for 1.2/50 μ s impulse voltage test

Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity (Ics): in % of Icu

Compact		NS630b H	
Ui 800 V	Uimp 8 kV	Icu(kA)	Ics(kA)
220/240 ~	70	35	
380/415 ~	70	35	
440 ~	65	32	
500/525 ~	50	25	
660/690 ~	42	21	
Icw 19.2kA / 1s		cat B	
50/60Hz		IEC 60947-2 AS UNE CEI BS UTE VDE NEMA	

Example: Schneider's LV circuit breaker Compact NS range

4. Switching device selection

4.1. Circuit breaker

- Low voltage circuit breaker:

- Ratings selection:

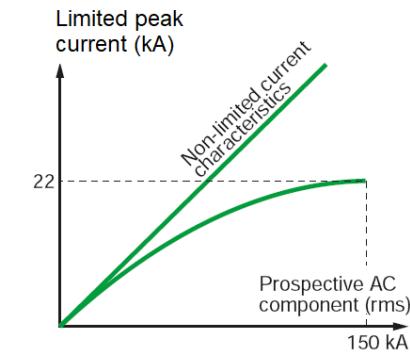
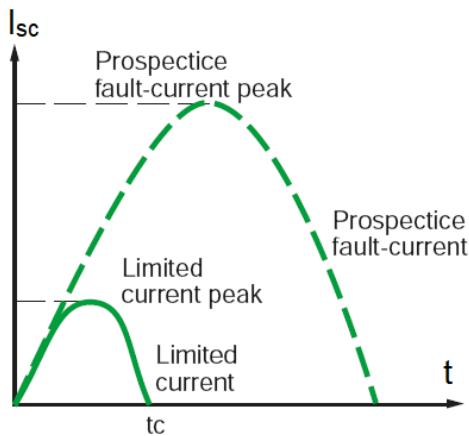
- Load current condition: $I_r \geq I_L$ I_L : Full load current, A
 I_r : Rated normal current, A
 - Rated insulation voltage (U_i): $U_i \geq U_s$ U_s : Maximum system operating voltage, V
 U_i : Rated insulation voltage, V
 - Rated short-circuit breaking current (I_{cs}):

$$I_{cs} \geq I_k'' \quad I_k'': \text{Initial symmetrical short-circuit current}$$

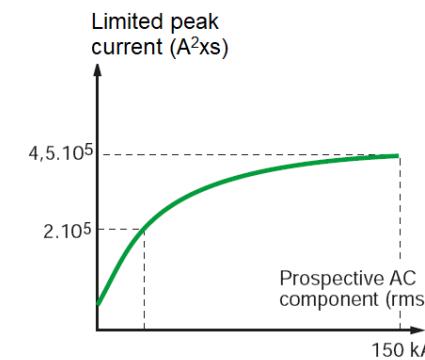
4. Switching device selection

4.1. Circuit breaker

- Low voltage circuit breaker:
 - The fault-current limitation capacity: preventing the passage of the maximum prospective fault-current, permitting only a limited amount of current to flow crossing downstream the circuit breaker \Rightarrow Reduce thermal stress, mechanical stress, electromagnetic-interference effects
 - Interrupt the short circuit energy in one half cycle or less.



The limited peak value of current against the rms value of the AC component of the prospective fault current

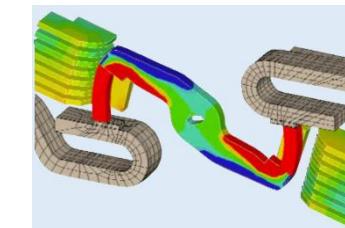
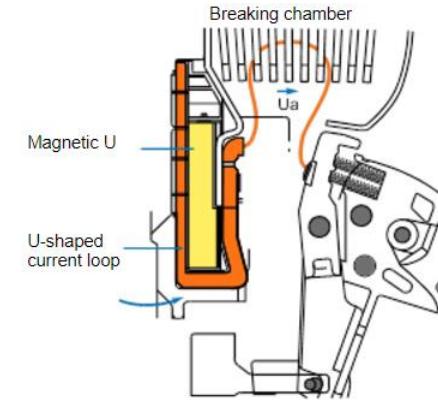
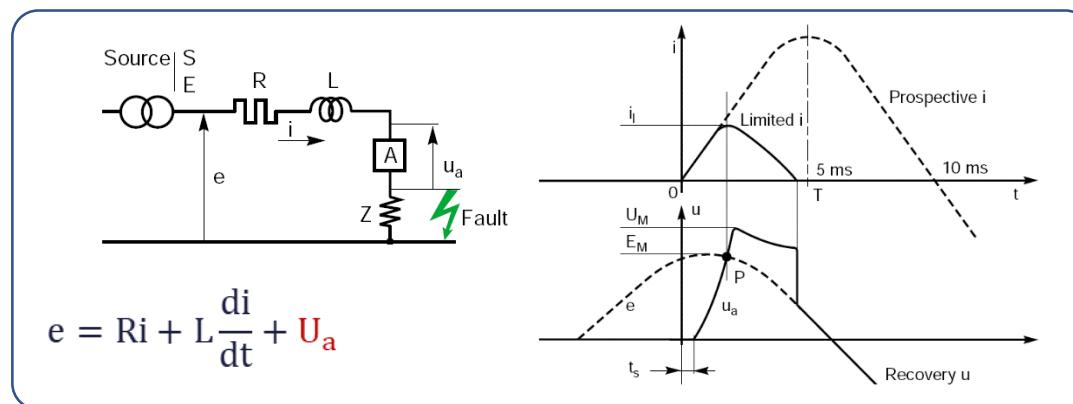


The thermal stresses (proportional I^2t) versus the rms value of the AC component of the prospective fault current

4. Switching device selection

4.1. Circuit breaker

- Low voltage circuit breaker:
 - How to limit the fault-current:



Limiting i_{sc} by
increase of U_a ⇒

- High contact acceleration: Modified the fixed contact to increase the impulsion force, use double rotating contacts.
- Arc Extinction: Elongation, splitting and cooling the arc.



SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 8: Nâng cao chất lượng điện năng trong cung cấp điện

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

MỤC LỤC CHƯƠNG 8

8.1. KHÁI NIỆM CHUNG

8.2. ĐIỀU CHỈNH ĐỘ LỆCH ĐIỆN ÁP PHỤ TẢI ĐIỆN

8.2.1. Xác định độ lệch điện áp

8.2.2. Các biện pháp điều chỉnh điện áp trong hệ thống cung cấp điện

8.3. BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT TẠI PHỤ TẢI

8.3.1. Đặt vấn đề

8.3.2. Khái niệm hệ số công suất ($\cos\phi$) của phụ tải

8.3.3. Ý nghĩa của việc bù công suất phản kháng nâng cao hệ số $\cos\phi$ của phụ tải

8.3.4. Các định nghĩa về hệ số công suất $\cos\phi$

8.3.5. Các biện pháp nâng cao hệ số $\cos\phi$ của phụ tải

8.3.6. Phân phối dung lượng bù công suất phản kháng trong mạng điện công nghiệp

8.3.7. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

8.4. KHÁI NIỆM VỀ ĐỘ TIN CẬY VÀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG

8.4.1. Độ tin cậy cung cấp điện

8.4.2. Chất lượng điện năng



1. Khái niệm chất lượng điện năng

□ Yêu cầu về chất lượng điện năng (CLĐN)

- ❖ Ngoài cấp điện đủ thì cần đảm bảo chất lượng
 - Cần cung cấp các công cụ, biện pháp đảm bảo CLĐN
- ❖ CLĐN quan hệ nhiều yếu tố → Rất khó khăn để đảm bảo
- ❖ Hai tiêu chí chính đánh giá: U, f

□ Điện áp 3 pha AC → 5 đại lượng CLĐN

- ❖ Độ lệch điện áp (tốc độ $<1\%$ trong 1s): $q_U = \frac{U - U_{đm}}{U_{đm}} 100\%$
- ❖ Độ dao động điện áp (tốc độ không $<1\%$ trong 1s): $\delta_U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{đm}} 100\%$
- ❖ Độ không sin: $K_{non-sin} = \frac{U_{\gamma\Sigma} (= \sqrt{\sum_{\gamma=2}^{\infty} U_{\gamma}^2})}{U_1} 100\%$ ($<5\%$ thì coi là sin, xét $\gamma \leq 13$)
- ❖ Độ không đối xứng: $K_2 = \frac{U_2}{U_{phađm}} 100\% = \frac{\dot{U}_A + a^2 \dot{U}_B + a \dot{U}_C}{\sqrt{3} U_{đm}} 100\%$ ($<1\%$ coi đxứng)
- ❖ Độ lệch trung tính: $K_0 = \frac{U_0}{U_{phađm}} 100\% = \frac{|\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C|}{\sqrt{3} U_{đm}} 100\%$

1. Khái niệm chất lượng điện năng

☐ Tần số → 2 đại lượng CLĐN

- Độ lệch so với định mức (lấy trong 10 phút): $q_f = \frac{f - f_{đm}}{f_{đm}} 100\%$
 - Độ dao động tần số (<0.2Hz trong 1s): $p_f = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{đm}} 100\%$
- ➔ Nhiệm vụ của A0, không phải góc nhìn của hộ tiêu thụ.

☐ Ngoài ra:

- CLĐN còn đánh giá bằng chỉ tiêu độ tin cậy cung cấp điện

☐ Nâng cao chất lượng điện năng

CLĐN ảnh hưởng trực tiếp tới số lượng, chất lượng sản phẩm

- Khi thiết kế: tìm hiểu quy trình công nghệ, đánh giá ảnh hưởng CLĐN đến sản phẩm → Đưa ra giải pháp hợp lý nâng cao CLĐN
- Khi vận hành: tuần thủ quy trình vận hành đảm bảo CLĐN

2. Độ lệch điện áp

☐ Độ lệch điện áp (tốc độ <1% $U_{đm}$ trong 1s)

$$\diamond \Delta U = U - U_{đm}; q_U = \Delta U \% = \frac{U - U_{đm}}{U_{đm}} 100\%$$

❖ Khi có nhiều nguyên nhân: $\Delta U = \sum_{i=1}^N \Delta U_i$ (nguyên nhân thứ i)

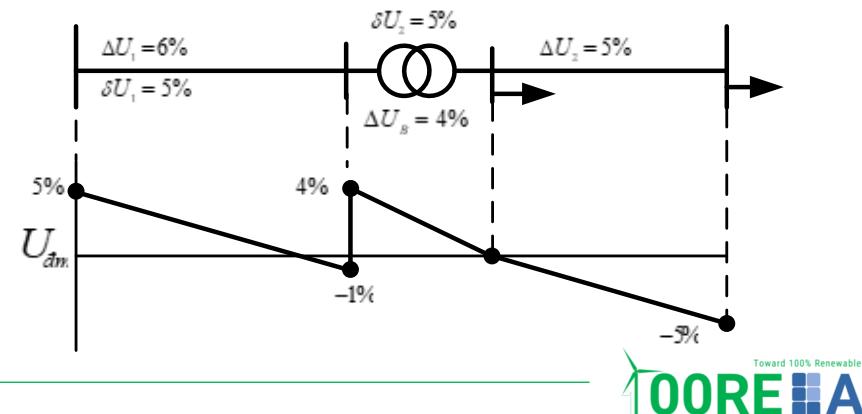
☐ Cho phép $\Delta U_{cp} \%$:

- Đối với thiết bị chiếu sáng: -2,5%÷5%
- Đối với động cơ điện: -5%÷10%
- Đối với các thiết bị khác: ±5%
- Khi động cơ khởi động hoặc lưới sự cố: -10%÷20%

☐ Xác định độ lệch điện áp

$$\Delta U \% = \sum \delta U \% - \sum \Delta U_{đd} \% - \sum \Delta U_B \%$$

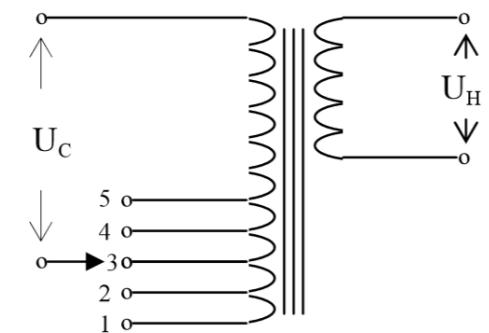
$\delta U \%$ - độ tăng điều chỉnh đầu phân áp và các biện pháp điều chỉnh điện áp khác, $\Delta U_{đd} \%$ - tổn thất điện áp trên đường dây, $\Delta U_B \%$ - tổn thất điện áp trên MBA



2. Các biện pháp điều chỉnh điện áp

1. Chọn sơ đồ hợp lý: dẫn sâu, đặt TBA tại tâm tải
2. Thay đổi tiết diện dây: tăng vốn \rightarrow áp dụng tải quan trọng
3. Điều chỉnh đồ thị phụ tải bằng phẳng: không cần vốn
4. Điều chỉnh điện áp máy phát điện: tại các nhà máy
5. Tụ điện:
 - Mắc song song (bù ngang): $\Delta U\% = \frac{PR + (Q - Q_{bù})X}{U^2}$
 - Mắc nối tiếp (bù dọc): $Z = R + j(X_L - X_C)$
6. Dùng máy bù đồng bộ: tác dụng lớn, giá thành cao
7. Máy biến áp bằng tay/tự động điều chỉnh điện áp

$$U_2 = \frac{U_1}{k}$$



$$k = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

2. Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

☐ Điều kiện:

❖ Đảm bảo phụ tải max, min điện áp hạ áp trong giới hạn cho phép

- Tỷ số MBA: $k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_{\text{phân áp}}}{U_{20}}$

- Tải min: $U_{\text{phân áp(max)}} = U'_{2(\max)} \frac{U_{20}}{U_{2(\max)}} = (U_{1(\max)} - \Delta U_{B(\min)}) \frac{U_{20}}{U_{2(\max)}}$

- Tải max: $U_{\text{phân áp(min)}} = U'_{2(\min)} \frac{U_{20}}{U_{2(\min)}} = (U_{1(\min)} - \Delta U_{B(\max)}) \frac{U_{20}}{U_{2(\min)}}$

- $U_{1(\max)}$: điện áp cao ứng với phụ tải nhỏ nhất

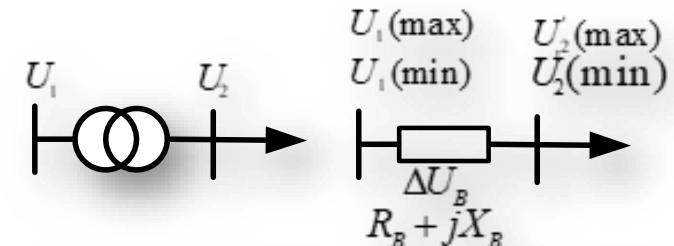
- $U_{1(\min)}$: điện áp cao ứng với phụ tải lớn nhất

❖ Giá trị cho trước:

- $U_{1(\max)}, U_{1(\min)}$ - Số liệu do hệ thống điện cung cấp;

- $U_{2(\max)} = 1.05U_{2\text{đm}}; U_{2(\min)} = 0.95U_{2\text{đm}}; U_{20} = 1.1U_{2\text{đm}}$

❖ Chọn: $U_{\text{phân áp}} = \frac{U_{\text{phân áp(max)}} + U_{\text{phân áp(min)}}}{2}$, Kiểm tra: $U_{2(\max)}, U_{2(\min)}$



Máy biến áp hạ áp và sơ đồ thay thế

2. Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

❑ **Ví dụ:** Chọn đầu phân áp cho MBA TM-1000/35

$$U_{1(max)} = 33kV, U_{1(min)} = 32kV; \frac{U_{1đm}}{U_{2đm}} = \frac{35kV}{10kV}$$

$$\Delta P_0 = 5.1kW; \Delta P_N = 15kW; U_N\% = 6,5;$$

$$\Delta U_{cp}\% \leq 5\%; S_{đm} = 1000kVA; S_{max} = 1200 + j900kVA; S_{min} = 420 + j495kVA$$

❑ **Giải**

- Tham số của MBA: $R_B = \frac{\Delta P_N U_{1đm}^2}{S_{đm}^2} 10^3 = \frac{15.35^2}{1000^2} 10^3 = 18.375\Omega$; $X_B = \frac{U_N\% U_{1đm}^2}{S_{đm}} 10 = \frac{6,5.35^2}{1000} 10 = 79,625\Omega$
- TỔN THẤT TRONG MBA: $\Delta U_{B(max)} = \frac{1200.18,375+900.79,625}{35} 10^{-3} = 2,678kV$; $\Delta U_{B(min)} = \frac{420.18,375+495.79,625}{35} 10^{-3} = 1,347kV$

2. Cách chọn đầu phân áp MBA hạ áp

❖ Tính đầu phân áp

- Phụ tải nhỏ nhất: $U_{phân\ áp(max)} = (33 - 1,347) \frac{11}{10,5} = 33,16kV$
- Phụ tải lớn nhất: $U_{phân\ áp(min)} = (32 - 2,678) \frac{11}{9,5} = 35,11kV$

❖ Đầu phân áp trung bình: $U_{phân\ áp} = \frac{33,16 + 35,11}{2} = 34,135kV$

❖ MBA TM-1000 có đầu phân áp tiêu chuẩn 33,25kV; 35kV và 36,75kV → Chọn $U_{phân\ áp} = 33,25kV$

❖ Kiểm tra điện áp thực tế phía thứ cấp

- Phụ tải min: $U_{2(max)} = (33 - 1,347) \frac{11}{33,25} = 10.47kV \rightarrow \Delta U\% = +4,7\%$
- Phụ tải max: $U_{2(min)} = (32 - 2,678) \frac{11}{32,25} = 9.7kV \rightarrow \Delta U\% = -3\%$

→ Cả hai chế độ làm việc trong giới hạn cho phép: $\Delta U\% \leq \pm 5\%$

2. Vị trí tiến hành điều chỉnh điện áp

Ở thanh cái trạm phát điện hay ở TBATG

- ❖ Thay đổi kích từ của máy phát điện (tăng điện áp nguồn)
 - Điện áp thanh cái thay đổi
 - Ảnh hưởng chung đến toàn mạng điện
 - Điện áp gần MF tăng cao phù hợp phụ tải quanh đó
- ❖ TBATG/KV cấp điện cho vùng rộng lớn (tăng Q về MBA)
 - MBA tự động điều chỉnh dưới tải OLTC
 - MBA thường + máy bù đồng bộ công suất lớn ở hạ áp

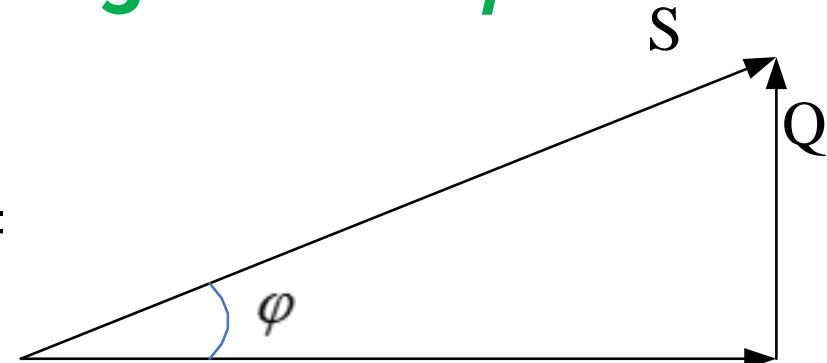
Riêng cho từng điểm trong mạng điện

- ❖ Có yêu cầu cao về chỉ số điện áp
- ❖ Đặt ngay tại phụ tải (MBA tự động điều chỉnh điện áp, tụ,...)
- ❖ Cần nhiều thiết bị điều khiển phân tán

3. Khái niệm bù công suất phản kháng nâng cao $\cos\varphi$

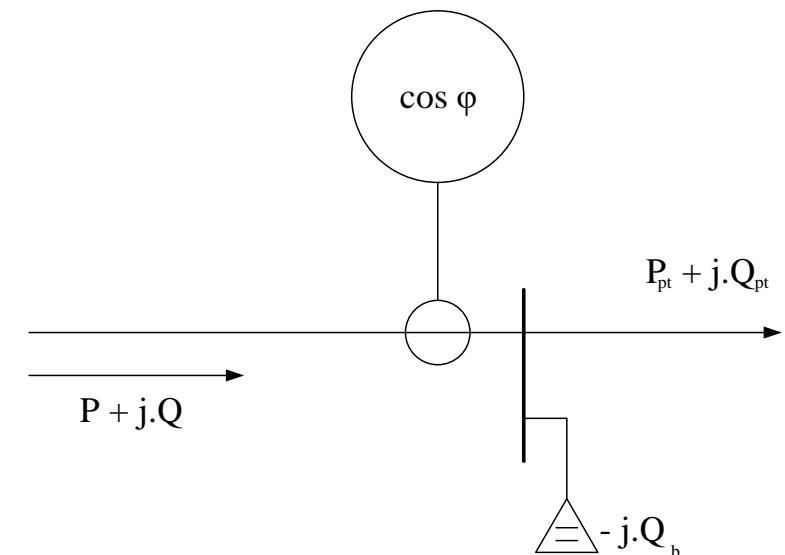
□ Hệ số công suất $\cos\varphi$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$



□ Đo hệ số $\cos\varphi$

- Dùng $\cos\varphi$ mét
- Với P_{pt} nhất định, $\cos\varphi$ nhỏ thì Q cấp lớn
- $\cos\varphi$ được DSO giám sát chặt chẽ vì kinh tế
- Quy định ví dụ $\cos\varphi > 0.85$



Đo hệ số $\cos\varphi$ phụ tải

3. Ý nghĩa bù công suất phản kháng nâng cao $\cos\varphi$

❑ Sự cần thiết của công suất phản kháng

- Không sinh công nhưng tạo từ trường quay nên luôn tồn tại
- Trong MBA, hiện tượng cảm ứng giúp năng lượng truyền tải

❑ Tỷ lệ tiêu thụ Q trong hệ thống điện

- Động cơ điện: 60÷65%
- Máy biến áp: 20÷25%
- Đường dây tải điện, điện kháng và các thiết bị khác: 5÷10%

❑ Lợi ích cấp Q tại phụ tải

- Giảm sức ép phát Q từ nguồn
- Giảm tổn thất công suất và điện năng: $\Delta P \downarrow = \frac{P^2 + Q^2 \downarrow}{U^2} \cdot R$
- Giảm tổn thất điện áp: $\Delta U \downarrow = \frac{P \cdot R + Q \downarrow \cdot X}{U}$
- Tăng khả năng truyền tải: $I_{cp} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U}$ hay là $P \uparrow = \sqrt{3U \cdot I_{cp} - Q^2} \downarrow$

3. Các định nghĩa về $\cos\varphi$

□ Hệ số công suất tức thời ($\cos\varphi_{tt}$):

- Đo bằng $\cos\varphi$ mét
- Đo từ các giá trị tức thời: $\cos\varphi_{tt} = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{3}U.I}$

□ Hệ số công suất trung bình ($\cos\varphi_{tb}$):

- Là giá trị trung bình của $\cos\varphi_{tb}$ trong một chu kỳ thời gian khảo sát (ví dụ 1 ca tải, 1 ngày đêm, 1 tháng...).
- Dùng để đánh giá mức độ sử dụng điện tiết kiệm và hợp lý.

□ Hệ số công suất tự nhiên ($\cos\varphi_{tn}$):

- Là hệ số công suất trung bình ($\cos\varphi_{tb}$) trong thời gian một năm khi chưa thực hiện đặt bù.
- Dùng làm cơ sở để nâng cao $\cos\varphi$ và xác định dung lượng bù công suất phản kháng.

3. Các biện pháp nâng cao cosφ: Không thiết bị bù

□ Thay đổi cải tiến quy trình công nghệ

- Ví dụ: đúc tiên tiến giảm độ dư phôi → Giảm nguyên công cắt gọt; gia công tốc độ cao và dùng nhiều dao → rút ngắn time

□ Thay động cơ không đồng bộ non tải bằng động cơ nhỏ

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Q_0 + (Q_{đm} - Q_0)k_{pt}^2}{P_{đm} \cdot k_{pt}}}}$$

Q_0 : CSPK động cơ lúc không tải (60-70%) $Q_{đm}$

$Q_{đm}$: CSPK định mức

$k_{pt} = \frac{P}{P_{đm}}$: hệ số phụ tải (0.45;0.75)

□ Hạn chế động cơ chạy không tải

- Hợp lý hóa thao tác để mang tải tối đa
- Đặt thiết bị ngắt điện sau một thời gian chạy không tải

□ Động cơ đồng bộ thay động cơ không đồng bộ

□ Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ

□ Thay máy biến áp làm việc non tải bằng máy biến áp nhỏ

3. Các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$: *Bù công suất Q*

□ **Đương lượng kinh tế của Q: k_{kt}**

❖ Là lượng P tiết kiệm được khi bù.

$$k_{kt} = \frac{\delta \Delta P}{Q_{bù}} = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{Q_{bù}} = \frac{QR}{U^2} \left(2 - \frac{Q_{bù}}{Q} \right) \text{ với } \Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R; \Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q - Q_{bù})^2}{U^2} \cdot R$$

❖ Thực tế $Q_{bù} \ll Q$ nên coi $\frac{Q_{bù}}{Q} \approx 0$: $k_{kt} = \frac{2QR}{U^2}$

- Q và R càng lớn thì k_{kt} càng lớn → Phụ tải phản kháng càng lớn và càng xa nguồn thì việc bù càng có hiệu quả kinh tế.

❖ Thực tế $k_{kt} = 0,02 \div 0,12 \text{ kW/kVAR}$ như cho trong bảng.

Hộ dùng điện	k_{kt}
Do máy phát điện cung cấp	0,02÷0,04
Qua một lần biến áp	0,04÷0,06
Qua hai lần biến áp	0,05÷0,07
Qua ba lần biến áp	0,08÷0,12

3. Các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$: Bù công suất Q

☐ Xác định dung lượng bù công suất phản kháng

❖ Công suất bù yêu cầu: $Q_{b\Sigma} = (\tan\varphi_{tn} - \tan\varphi_{yc}) \cdot P_t$

❖ Công suất bù tối ưu:

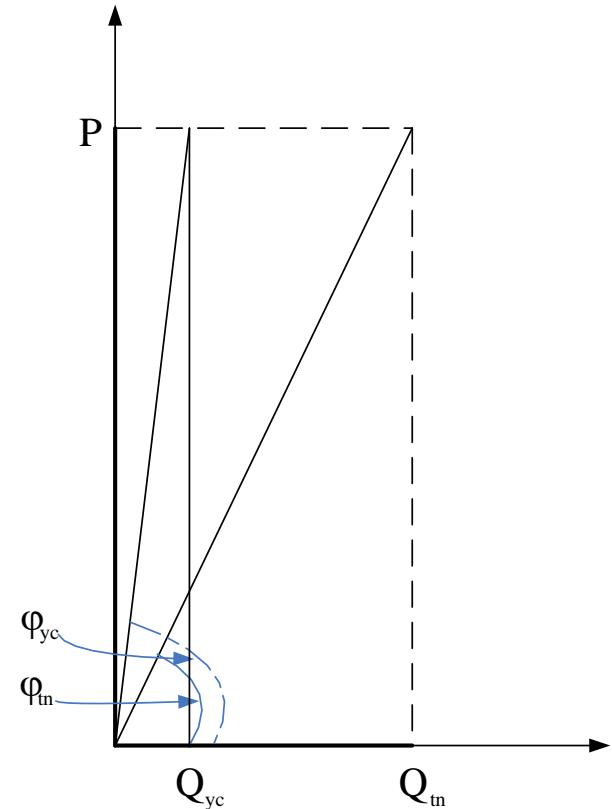
- Công suất tác dụng tiết kiệm được:

$$\begin{aligned}\Delta P_{tk} &= k_{kt} \cdot Q_{bù} - k_{bù} \cdot Q_{bù} \\ &= \frac{QR}{U^2} \left(2 - \frac{Q_{bù}}{Q} \right) \cdot Q_{bù} - k_{bù} \cdot Q_{bù} \\ &= \left(\frac{2RQ}{U^2} - k_{bù} \right) \cdot Q_{bù} - \frac{RQ_{bù}^2}{U^2}\end{aligned}$$

- $k_{bù}$: suất tổn thất P trong thiết bị bù

- Đạo hàm theo $Q_{bù}$

$$\frac{\partial \Delta P_{tk}}{\partial Q_{bù}} = \frac{2RQ}{U^2} - k_{bù} - \frac{2RQ_{bù}}{U^2} = 0 \rightarrow Q_{bù.t.u} = Q - \frac{U^2}{2R} \cdot k_{bù}$$



Bù công suất phản kháng

3. Các biện pháp nâng cao cosφ: Bù công suất Q

□ Chọn các thiết bị bù

❖ Tụ điện tĩnh

- **Ưu:** tổn thất công suất và điện năng thấp; dễ tháo lắp; dễ ghép nối điều chỉnh dung lượng bù; vốn đầu tư thấp.
- **Nhược:** nhạy cảm với dao động điện áp ($Q_c = \omega \cdot C \cdot U^2$); quá áp trên 10%, tụ có thể nổ, cháy; kết cấu kém chắc chắn; khi đóng tụ có dòng điện xung kích, khi cắt có tồn tại điện áp dư.
- **Ứng dụng:** xí nghiệp nhỏ, <35kV, $Q_{bù} < 5000\text{kVAr}$

❖ Máy bù đồng bộ: ~máy phát đồng bộ thiếu/quá kích thích

- **Ưu:** chạy 2 chế độ, điều chỉnh được điện áp đầu cực, không phụ thuộc điện áp lưới
- **Nhược:** quản lý vận hành khó do phần tử quay, lắp ráp, bảo dưỡng, sửa chữa phức tạp, vốn lớn
- **Ứng dụng:** phụ tải công suất lớn, bù tập trung

❖ Động cơ không đồng bộ roto dây cuốn được đồng bộ hóa:

- Loại bù kém nhất do tổn thất công suất lớn, khả năng quá tải kém

3. Phân phối dung lượng bù

Chọn vị trí

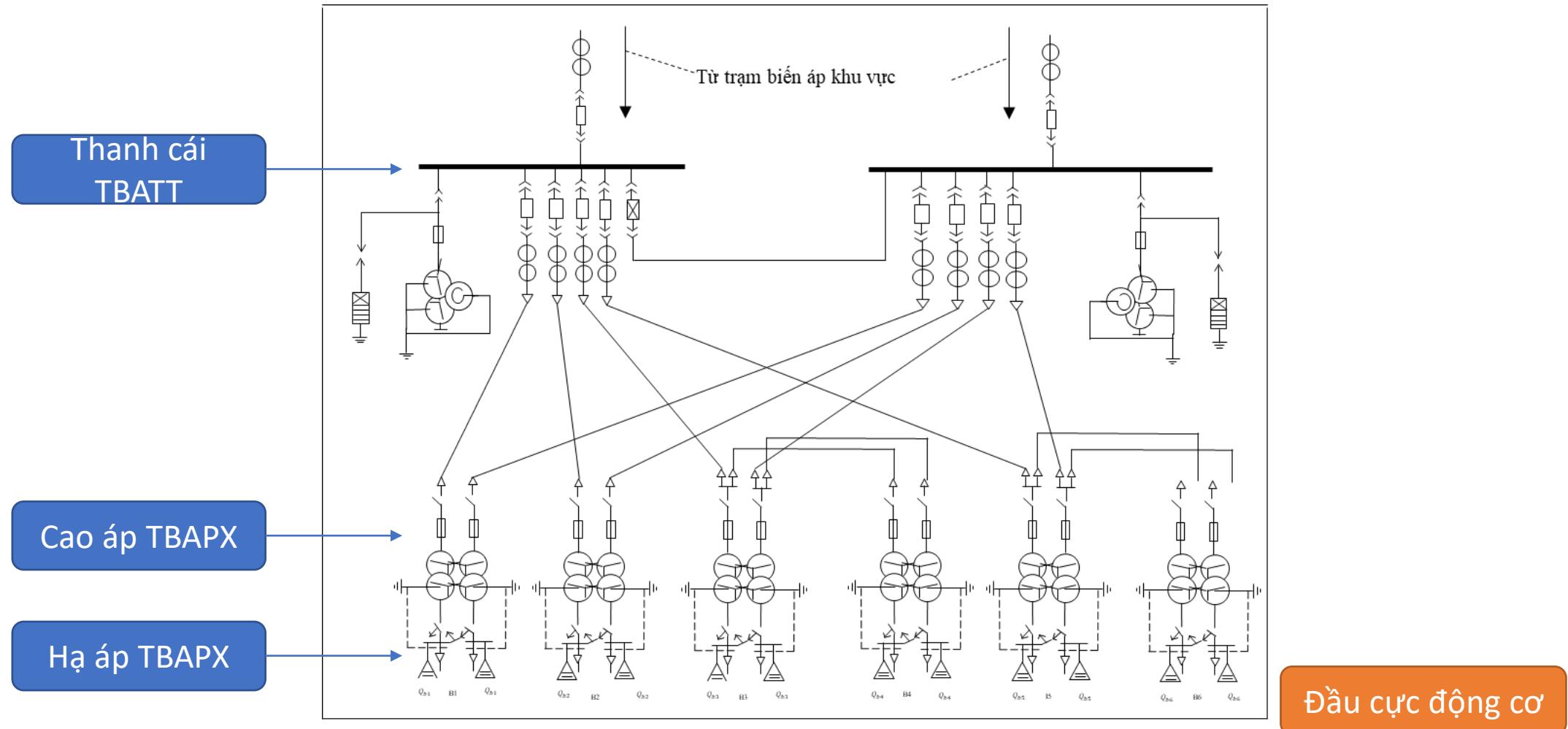
❖ Đặt tập trung

- Thường là tại phía cao áp các trạm biến áp
- **Ưu:** Dễ vận hành, tự động hóa, tận dụng tối đa dung lượng bù
- **Nhược:** Không bù Q ở mạng điện áp thấp

❖ Đặt phân tán

- **Tại từng thiết bị điện:** Giảm được nhiều tổn thất nhưng hiệu suất sử dụng không cao
- **Tại các tủ phân phối:** hiệu suất sử dụng cao, giảm được tổn thất cả mạng cao và hạ áp, nhưng phân tán nên khó quản lý
- **Tại thanh cái điện áp thấp TBAPX:** khi dung lượng bù lớn, yêu cầu tự điều chỉnh điện áp, công suất MBA giảm do giảm Q. Nhưng, không giảm tổn thất trong mạng phân xưởng

3. Phân phối dung lượng bù



Ví dụ bù cho hệ thống cung cấp điện của một nhà máy công nghiệp

3. Phân phối dung lượng bù

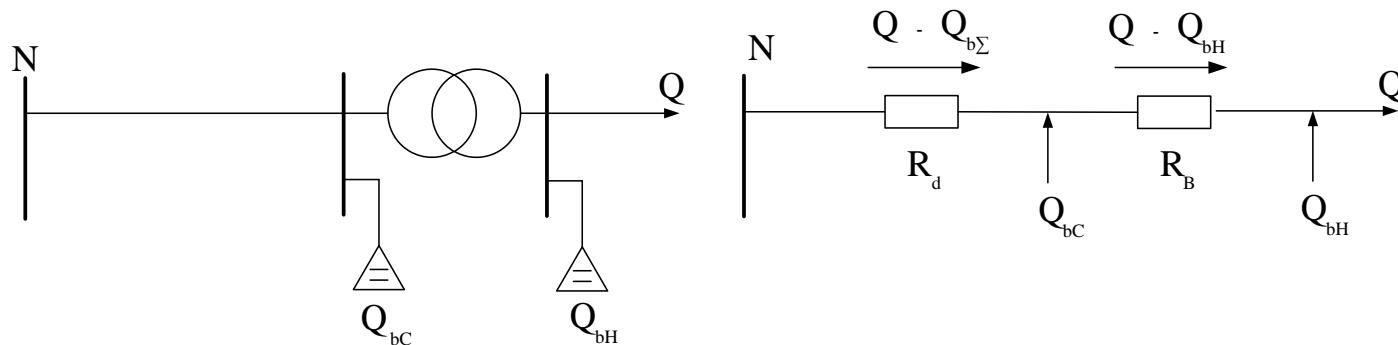
□ Thiết lập bài toán phân phối dung lượng bù trong mạng điện xí nghiệp công nghiệp

- ❖ Bài toán tối ưu hàm chi phí tính toán
- ❖ Tính dung lượng bù phía cao áp và hạ áp MBA

- Lập bài toán:

- Đặt phía cao: giảm giá do ít thiết bị điều chỉnh và bù Q_{MBA}
- Đặt phía thấp: giảm tổn thất, lựa chọn MBA nhỏ
- Xác định Q_{bC}, Q_{bH} với $Q_{bC} + Q_{bH} = Q_{b\Sigma}$

$$\begin{cases} C_{tt}(Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}) \rightarrow \min \\ Q_{b1} + Q_{b2} + \dots + Q_{bn} = Q_{b\Sigma} \end{cases}$$



Phân phối dung lượng bù phía mạng cao áp và hạ áp

3. Phân phối dung lượng bù

❖ Giải

▪ Chi phí tính toán: $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 = Z(Q_{bC}, Q_{bH})$

✓ Z_1 : Thành phần vốn đầu tư cho thiết bị bù

$$Z_1 = (k_{vh} + k_{hq})[Q_{bC}V_C + Q_{bH}V_H] = (k_{vh} + k_{hq})[Q_{b\Sigma}V_C + Q_{bH}(V_H - V_C)]$$

• V_C và V_H : Suất vốn đầu tư cho một đơn vị dung lượng bù phía cao áp và hạ áp (đ/kVAr)

✓ Z_2 là chi phí tổn thất điện năng hàng năm

$$Z_2 = Q_{b\Sigma} \cdot \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A$$

• ΔP_b : Suất tổn thất công suất tác dụng cho một đơn vị dung lượng bù (kW/kVAr) (k_{bù} slide16)

• T_b : Thời gian vận hành thiết bị bù.

• α_A : Suất chi phí tổn thất điện năng.

✓ Z_3 : chi phí tổn thất điện năng của lưới sau bù.

$$Z_3 = \left\{ \frac{(Q - Q_{bH})^2}{U^2} \cdot R_B + \frac{(Q - Q_{b\Sigma})^2}{U^2} \cdot R_d \right\} \cdot \tau_b \cdot \alpha_A$$

3. Phân phối dung lượng bù

❖ Giải

- Xác định Q_{bC} và $Q_{bH} \rightarrow \min Z(Q_{bC}, Q_{bH})$:

$$\frac{\partial C_{tt}}{\partial Q_{bH}} = 0$$
$$\Rightarrow (V_H - V_C) \cdot (k_{vh} + k_{hq}) + \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A - \frac{2 \cdot (Q - Q_{bH})}{U^2} \cdot R_B \cdot \tau_b \cdot \alpha_A = 0$$
$$\Rightarrow \begin{cases} Q_{bH} = Q - \frac{[(V_H - V_C) \cdot (k_{vh} + k_{hq}) + \Delta P_b \cdot T_b \cdot \alpha_A] \cdot U^2}{2 \cdot R_B \cdot \tau_b \cdot \alpha_A} \\ Q_{bC} = Q_{b\Sigma} - Q_{bH} \end{cases}$$

3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia:

- n nhánh cần bù tổng $Q_b \rightarrow Q_{bi}$?
- Lập hàm chi phí (**cùng cấp điện áp**)

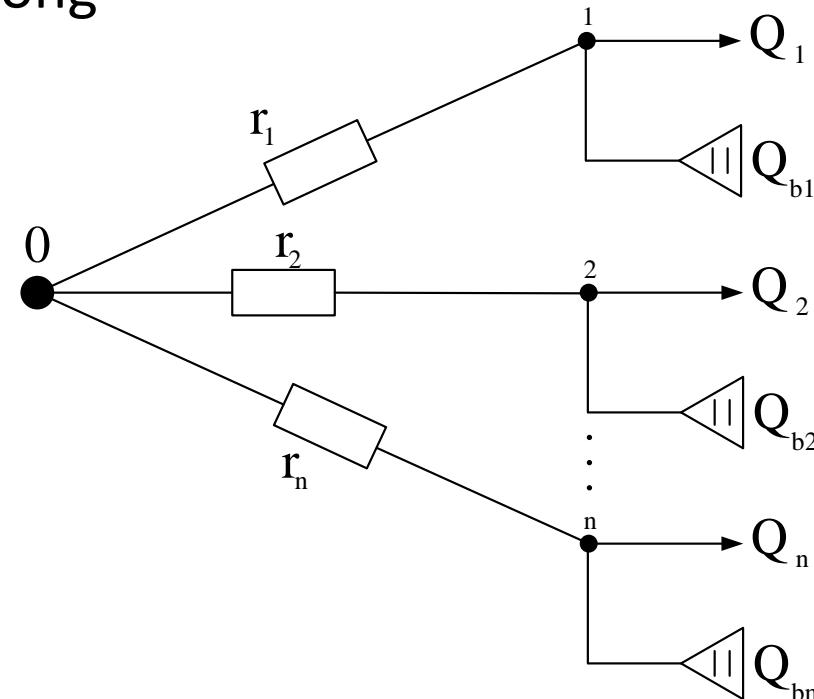
$$Z_3 = \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i - Q_{bi})^2}{U^2} \cdot r_i \cdot \tau_b \cdot \alpha_A = f(Q_{bi}, i = \overline{1, n}) \rightarrow \text{Min}$$

$$\text{Ràng buộc: } \sum_{i=1}^n Q_{bi} - Q_b = \varphi(Q_{bi}, i = \overline{1, n})$$

- Phương pháp nhân tử Lagrange: có thể chọn λ sao cho

$$F = f(Q_{bi}, i = \overline{1, n}) + \lambda \cdot \varphi(Q_{bi}, i = \overline{1, n}) \text{ có } \left. \frac{\partial F}{\partial Q_{bi}} \right|_{i=\overline{1, n}} = 0$$

Mạng hình tia



3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia (tiếp):

- Chọn $\lambda = \frac{2.L}{U^2} \tau_b \alpha_A$
- $L = (Q - Q_b) \cdot R_{tđ}$;
- $Q = \sum_{i=1}^n Q_i; Q_b = \sum_{i=1}^n Q_{bi}$
- $R_{tđ} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i} \right)^{-1}$: Điện trở tương đương toàn mạng hình tia
- Dung lượng bù tối ưu các nhánh:

$$Q_{bi} = Q_i - \frac{(Q - Q_b) \cdot R_{tđ}}{r_i} \Bigg|_{i=1,n}$$

- **Chú ý:** $Q_{bi} < 30 \text{ kVAr}$ ở mạng hạ áp hoặc $Q_{bi} < 100 \text{ kVAr}$ ở mạng trung áp → chuyển lên nhánh trước đặt cho tiện

3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng hình tia (tiếp):

▪ **Ví dụ:**

Mạng hình tia bốn nhánh. Thông số các nhánh như sau

$$r_1 = 0,1 \Omega; Q_1 = 400 \text{ kVAr}; r_2 = 0,05 \Omega; Q_2 = 400 \text{ kVAr}$$

$$r_3 = 0,06 \Omega; Q_3 = 500 \text{ kVAr}; r_4 = 0,2 \Omega; Q_4 = 200 \text{ kVAr}$$

Biết tổng dung lượng bù cho mạng là $Q_b = 1200 \text{ kVAr}$.

Xác định $Q_{b1}, Q_{b2}, Q_{b3}, Q_{b4}$?

▪ **Giải:**

$$R_{td} = r_1 // r_2 // r_3 // r_4 = 0,0194 \Omega$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1500 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q-Q_b).R_{td}}{r_1} = 400 - \frac{(1500-1200).0,0194}{0,1} = 341 \text{ kVAr}$$

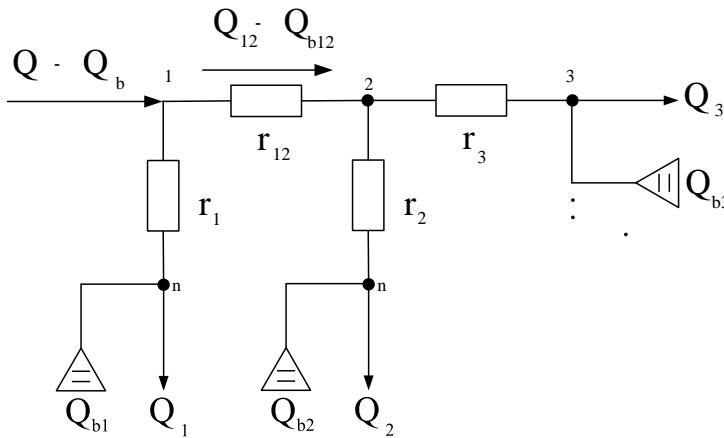
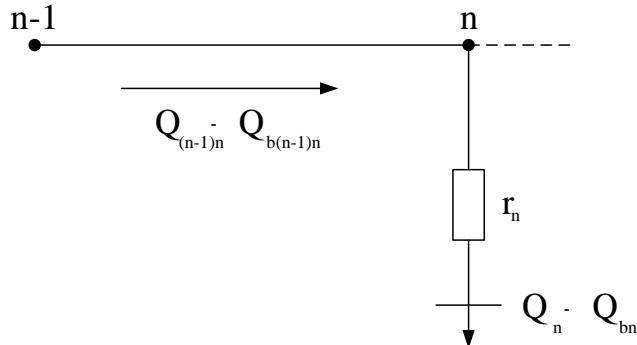
Tương tự $Q_{b2} = 284 \text{ kVAr}$; $Q_{b3} = 403 \text{ kVAr}$; $Q_{b4} = 171 \text{ kVAr}$

3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng liên thông:

- Coi như nhiều mạng hình tia nối tiếp
- Dung lượng bù tại nút n :
$$Q_{bn} = Q_n - \frac{(Q_{(n-1)n} - Q_{b(n-1)n}) \cdot R_{tdn}}{r_n}$$
 - $Q_{(n-1)n}$: CSPK từ nút $n-1$ đến nút n .
 - $Q_{b(n-1)n}$: Tổng CSPK bù cần phân phối tại nút n
 - R_{tdn} : Điện trở tương đương của giữa nút n và các nút sau



3. Phân phối dung lượng bù

❖ Phân phối dung lượng bù trong mạng điện hình tia/liên thông

✓ Mạng liên thông: (tiếp)

$$r_3 = 0,025 \Omega; Q_3 = 50 \text{ kVAr}; r_2 = 0,012 \Omega; Q_2 = 200 \text{ kVAr}$$

$$r_{12} = 0,004 \Omega; Q_{12} = Q_2 + Q_3 = 250 \text{ kVAr}; r_1 = 0,008 \Omega; Q_1 = 100 \text{ kVAr}; Q_b = 250 \text{ kVAr};$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 350 \text{ kVAr}$$

Xác định Q_{b1}, Q_{b2}, Q_{b3} ?

Giải: $R_{td2} = r_2 // r_3 = 0,008 \Omega; R_{td1} = r_1 // (R_{td2} + r_{12}) = 0,0048 \Omega$

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q - Q_b) \cdot R_{td1}}{r_1} = 100 - \frac{(350 - 250) \cdot 0,0048}{0,008} = 40 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b12} = Q_b - Q_{b1} = 250 - 40 = 210 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{(Q_{12} - Q_{b12}) \cdot R_{td2}}{r_2} = 200 - \frac{(250 - 210) \cdot 0,008}{0,012} = 173 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b3} = Q_3 - \frac{(Q_{12} - Q_{b12}) \cdot R_{td2}}{r_3} = 25 - \frac{(250 - 210) \cdot 0,008}{0,025} = 37 \text{ kVAr}$$

3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

Chọn tụ điện

- Điện áp bộ tụ bù chọn theo điện áp định mức của lưới điện.
- Có thể nối tiếp một số tụ điện để điện áp cả bộ bằng định mức
- Dung lượng của bộ tụ:

$$Q_b = \frac{U^2}{X_C} = \omega \cdot C \cdot U^2 = 2\pi f \cdot C \cdot U^2 = 314 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot U^2 \text{ (kVAr)}$$

- C : Điện dung của bộ tụ (μF)
- U : Điện áp đặt lên cực của bộ tụ (kV)
- Công suất phản kháng do tự điện sinh ra tỷ lệ với bình phương điện áp đặt lên cực

→ Cần cho tụ điện làm việc đúng điện áp định mức để tận dụng hiệu suất của nó.

3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

☐ Sơ đồ nối dây

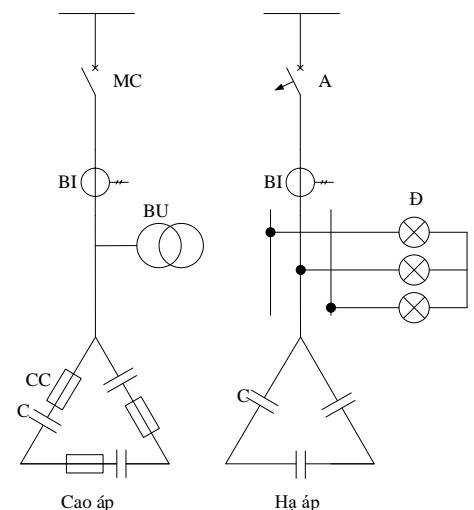
❖ Đối với lưới điện cao áp

- Chế tạo dưới dạng tụ một pha.
- Sơ đồ đấu bộ tụ điện 3 pha hình tam giác
- Mỗi pha có cầu chì bảo vệ riêng
- Bảo vệ bằng máy cắt/máy cắt phụ tải/cầu chì
- BU BI

- Cấp tín hiệu cho mạch bảo vệ/điều khiển đóng/cắt tụ bù.
- BU để phóng điện cho tụ điện khi nó được cắt ra khỏi mạng nên nó được nối dưới máy cắt và ngay đầu cực tụ điện.
- Bù cho động cơ → Cuộn Stator làm điện trở phóng điện.

❖ Đối với lưới hạ áp

- Chế tạo dưới dạng tụ 3 pha đã được đấu sẵn hình tam giác.
- Bảo vệ bằng áp tố mát /cầu dao cầu chì hoặc công tắc tơ cầu chì.
- Mạch các bóng đèn dùng làm điện trở phóng điện



Các sơ đồ bù CSPK trong lưới điện trung áp và hạ áp

3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

☐ Cấu trúc và kết nối tụ 3 pha

Connection	Delta	Wye
Capacitor terminal voltage	Phase-to-phase voltage ⇒ Increase insulation cost	phase-to-neutral voltage ⇒ reduce insulation cost
Capacitor unit's capacity (kVAr)		
Unbalanced loads	No effect	Unbalanced voltage ⇒ Q_c not the same each phase ⇒ Cause more unbalancing
Capacitor short-circuit	No overvoltage	Overload (due to overvoltage) on two phases
Applications (IEEE1036)	$U_r \leq 2400V$	$U_r > 2400V$

3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

☐ Cấu trúc và kết nối tụ 3 pha

	Grounded Wye	Ungrounded Wye
Advantage	<ul style="list-style-type: none">▪ No overvoltage at the neutral▪ Harmonics filtering▪ Reduce recovery voltage for circuit breakers	<ul style="list-style-type: none">▪ Eliminate $3n$ harmonics, zero sequence current and earth fault current.▪ Limit inrush current in substation grounding system
Disadvantage	<ul style="list-style-type: none">▪ Increased interference on telecom circuits due to harmonic circulation▪ Inrush currents and harmonics may cause misoperation/overoperation on protective devices▪ Inrush current in grounding system can damage current transformers	<ul style="list-style-type: none">▪ Overvoltage at the neutral when lightning.▪ Overvoltage on two phases when a capacitor unit is short-circuited
App.	<ul style="list-style-type: none">▪ Neutral grounded network	<ul style="list-style-type: none">▪ Ungrounded network

3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

☐ Điều chỉnh dung lượng bù

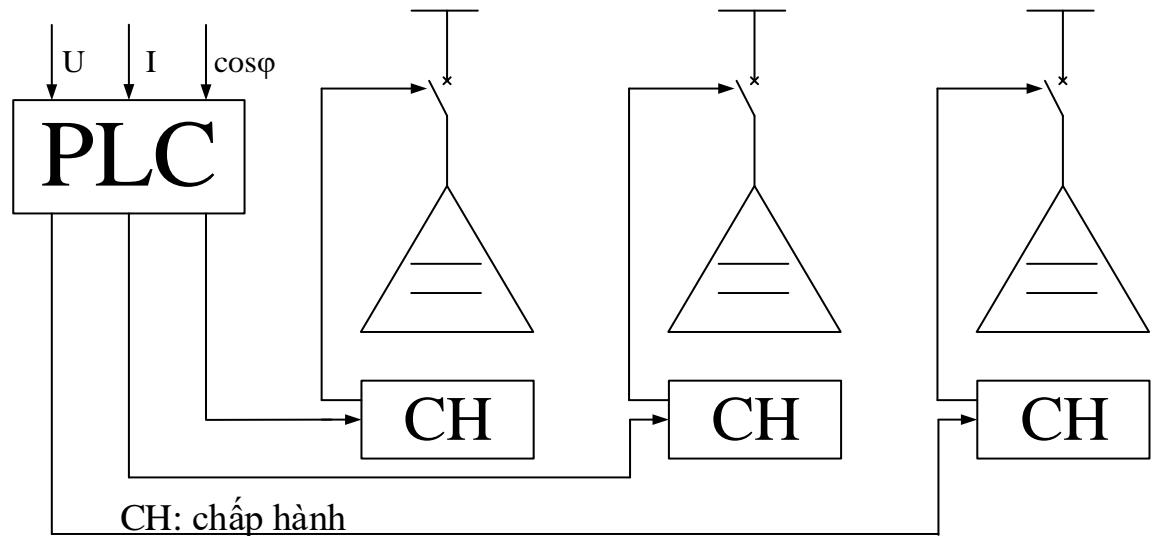
❖ Mỗi Q lại có một $Q_{bù}$ tối ưu:

- Dung lượng cố định \rightarrow điều chỉnh nhảy cấp \rightarrow có thiếu có thừa
- Dung lượng nhỏ để dễ thay đổi \rightarrow điều khiển bảo vệ khó

❖ Điều chỉnh tự động thực hiện với bù tập trung theo nguyên tắc

- Theo điện áp: đóng vào khi $< U_{đm}$ và ngược lại
- Theo thời gian: căn cứ đồ thị phụ tải ổn định
- Theo dòng điện phụ tải: dòng tăng thì đóng thêm
- Theo hướng Q: chạy từ nguồn đến tải thì đóng thêm

❖ Kết hợp các nguyên tắc trên và dùng PLC

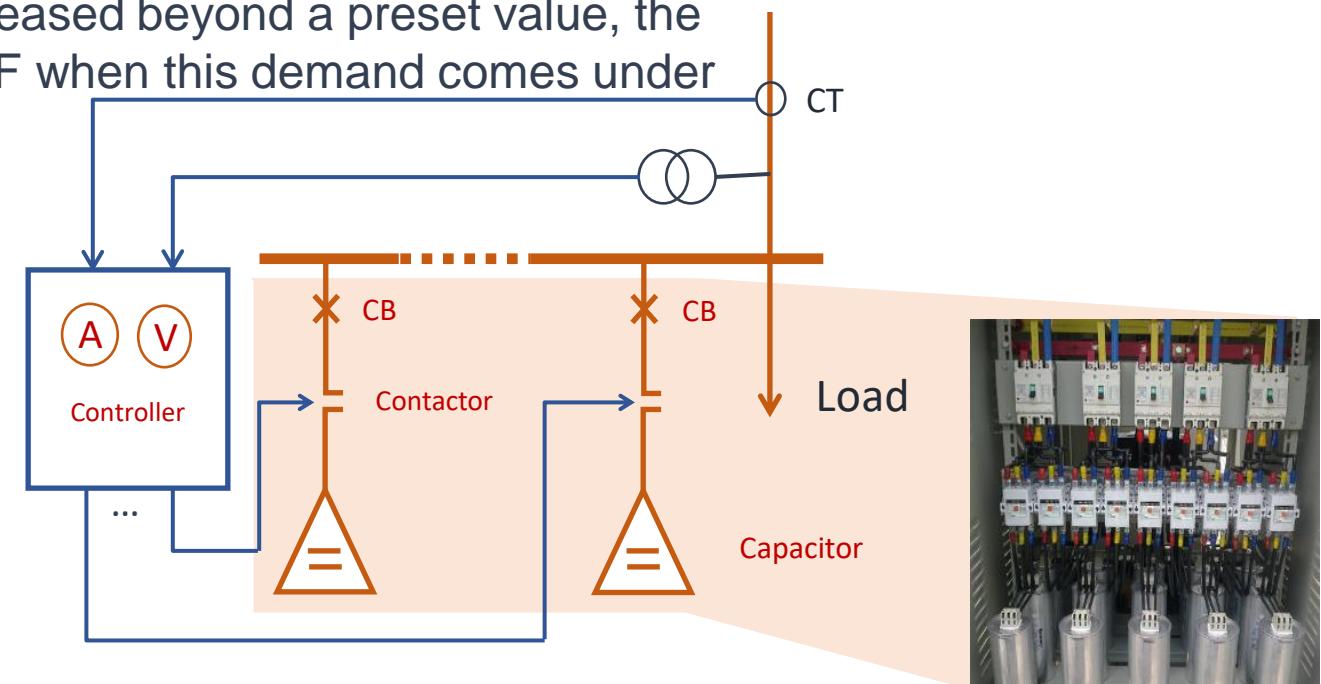


Tự động điều khiển dung lượng bù dùng PLC

3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

☐ Điều khiển tụ bù

- *On voltage profile of the system.* Capacitor may be switched on just below a certain preset voltage level of the system and switched OFF above a preset higher voltage level.
- *On the Amp of the load.*
- *On the Var load.* When Var demand is increased beyond a preset value, the bank is switched ON and it is switched OFF when this demand comes under another lower preset value.
- *On power factor.* When the PF of the system comes below a predetermined value the bank is automatically switched ON to improve the PF.
- *Using timer.* Capacitor bank can also be switched ON at the start and switched OFF at end of every shift of a factory.



3. Chọn tụ điện và điều chỉnh dung lượng bù

Vận hành tụ điện

- Đặt nơi cao ráo, ít bụi băm, không dễ cháy nổ, ăn mòn.
- Với cao áp, đặt trong phòng riêng: chống cháy nổ, ra vào thuận tiện, thông gió tốt, không dùng chiếu sáng tự nhiên,...
- Với hạ áp, đặt ngay trong nhà xưởng vì ít có khả năng cháy nổ nhưng ở nơi khô ráo thoáng mát; lắp trong tủ tụ bù cạnh tủ phân phối động lực.
- Chống cháy nổ tụ điện: quá điện áp đặt lên tụ hoặc phát nóng gây phình tụ điện do tổn thất công suất tác dụng bản thân tụ
- **Chú ý:** Để tránh ảnh hưởng dao động điện áp, một số tụ điện chế tạo với điện áp định mức cao hơn của mạng là 5% (tụ 10,5kV, 6,3kV)

4. Độ tin cậy

Khái niệm

- Độ tin cậy cung cấp điện là mức độ đảm bảo cung cấp điện liên tục cho hộ dùng điện với chất lượng định trước và thời gian định trước.
- Độ tin cậy cung cấp điện là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng điện năng.
- Cho dù các chỉ tiêu điện áp, tần số được đảm bảo mà điện năng lại không được cấp liên tục thì hệ thống cung cấp điện cũng không đem lại hiệu quả kinh tế.
- Độ tin cậy cung cấp điện được xét tới trong giai đoạn thiết kế cũng như vận hành và áp dụng nhiều biện pháp khác nhau.

4. Độ tin cậy

❑ Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

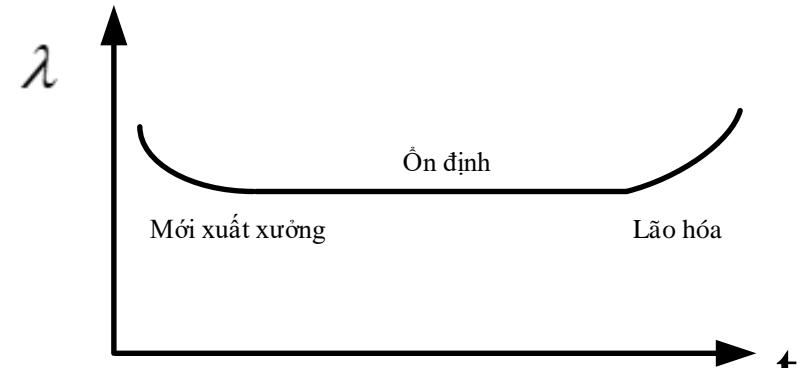
❖ Mức độ đảm bảo cung cấp điện liên tục phụ thuộc vào đặc điểm phụ tải loại I, II, III

❖ Các chỉ tiêu cơ bản để đánh giá và so sánh giữa các p/án:

- Tổn thất kinh tế do ngừng cấp điện $C_{mđ}$: phức tạp, ko đủ data
- Cường độ hỏng hóc λ ($lần/năm$)
- Thời gian phục hồi trung bình T_{ph}

❖ Các chỉ tiêu khác dựa trên λ, T_{ph} :

- Xác xuất làm việc tin cậy: $P(t) = e^{-\lambda t}$
- Thời gian làm việc trung bình: $T_{tb} = 1/\lambda$
- Hệ số sẵn sàng: $k_{ss} = \frac{T_{tb}}{T_{tb} + T_{ph}}$



Cường độ hỏng hóc theo thời gian

4. Độ tin cậy

❑ Các biện pháp nâng cao độ tin cậy cung cấp điện

❖ Trong giai đoạn Thiết kế:

- Chọn sơ đồ đơn giản nhất
- Chọn sơ đồ độc lập như hình tia
- Sử dụng bảo vệ cầu chì, dao cách ly phân đoạn,...
- Đặt mạch dự phòng (đường dây, MBA)

❖ Trong giai đoạn lắp đặt, sử dụng thiết bị điện

- Chất lượng tốt, phù hợp hoàn cảnh sử dụng

❖ Giai đoạn vận hành

- Quy trình công nghệ chặt chẽ, tránh sự cố
- Thường xuyên kiểm tra bảo quản sửa chữa
- Điều khiển tự động, tín hiệu hóa...cô lập nhanh sự cố,
- Tích lũy kinh nghiệm kiến nghị cơ quan sản xuất, lắp đặt



4. Độ tin cậy

❑ Các bước tính toán độ tin cậy cung cấp điện

❖ Phân tích độ tin cậy của phần tử:

- ✓ Vị trí trong hệ thống, hoàn cảnh làm việc, trạng thái hỏng hóc
- ✓ Tra cường độ hỏng hóc λ
- ✓ Tính xác suất làm việc tin cậy: $P(t) = e^{-\lambda t}$

❖ Phân tích độ tin cậy của HTCCĐ

- ✓ Xác định trạng thái hỏng hóc tùy mục đích: $t > t_{cp}, \Delta U > \Delta U_{cp}$
- ✓ Xác định sơ đồ logic độ tin cậy: các phần tử chính, dự phòng

❖ Tính các chỉ tiêu tin cậy của HTCCĐ

- ✓ Xác suất làm việc tin cậy của HTCCĐ: $P_{ht}(t) = e^{-\lambda_{ht}t}$
 - Nối tiếp: $P_{ht}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) = e^{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i}$
 - Song song: $P_{ht}(t) = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - e^{-\lambda_i t})$

4. Độ tin cậy

❖ Tính các chỉ tiêu tin cậy của HTCCĐ (tiếp)

✓ Tính cường độ hỏng hóc của HT: $\lambda_{ht} = -\ln P_{ht}(t = 1)$ lần/giờ

- Nối tiếp: $\lambda_{ht} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$

- Song song: $\lambda_{ht} = -\ln(1 - \prod_{i=1}^m (1 - e^{-\lambda_i}))$

✓ Tính thời gian làm việc tin cậy trung bình: $T_{tb} = \frac{1}{\lambda_{ht}}$

✓ Tính thời gian phục hồi: $T_{ph} = \frac{8760}{\lambda_{ht}} t_{ph}$; t_{ph} : t/g 1 lần phục hồi

✓ Tính thời gian vận hành cho phép: $t_{cp} = -\frac{1}{\lambda_{ht}} \ln P_{cp}$

- P_{cp} là độ tin cậy cho phép của HTCCĐ

- $t > t_{cp}$: tiến hành sửa chữa, thay thế phục hồi độ tin cậy

4. Độ tin cậy

❑ Ví dụ 1

❖ Biết cường độ hỏng hóc của cầu dao và máy cắt là $\lambda_1 = 0,4 \cdot 10^{-6}$ lần/giờ và của MBA là $\lambda_2 = 1,88 \cdot 10^{-6}$ lần/giờ

➔ Tính độ tin cậy của hệ thống sau thời gian làm việc $t=10^4$ giờ ứng với trường hợp có và không có mạch dự phòng.

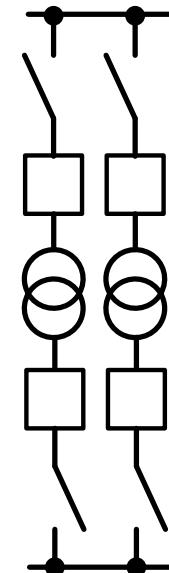
❖ Giải

✓ Không dự phòng:

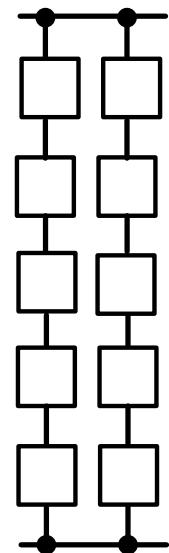
$$P_1(t) = e^{-t \sum_{i=1}^5 \lambda_i} = e^{-3,48 \cdot 10^{-6} t} = 0.965$$

✓ Có dự phòng:

$$\begin{aligned} P_2(t) &= 1 - \prod_{i=1}^2 \left(1 - e^{-t \sum_{i=1}^5 \lambda_i} \right) \\ &= 1 - (1 - e^{-3,48 \cdot 10^{-6} t})^2 = 0.998 \end{aligned}$$



a) Sơ đồ nguyên lý



4. Độ tin cậy

❑ Ví dụ 2

- Mạch điện gồm 5 phần tử nối tiếp; Độ tin cậy các phần tử hệ thống như nhau là $p=0,9$.
- Tìm số mạch dự phòng với $P_{cp}=0,7$.

• *Giải*

- Độ tin cậy của một mạch: $P_1 = p^5$
- Độ tin cậy của hệ thống có m mạch dự phòng:
 - $P_{ht} = 1 - (1 - p^5)^{m+1}$
- Điều kiện: $P_{ht} \geq P_{cp} \leftrightarrow m \geq \frac{\ln(1-P_{cp})}{\ln(1-p^5)} - 1 \leftrightarrow m \geq 0,3$
- Chọn số mạch dự phòng là 1.

4. Chất lượng điện năng

Khái niệm

❖ Quan điểm truyền thống:

- Tần số do cơ quan điều khiển hệ thống điện quốc gia điều chỉnh, có tính chất toàn hệ thống (49,5-50,5Hz)
- Điện áp trung và hạ áp được giao động $\pm 5\%$, các xí nghiệp, phân xưởng yêu cầu cao (may, hóa chất, cơ khí chính xác, điện tử...) chỉ được phép dao động $\pm 2,5\%$.

❖ Quan điểm mới: bất cứ vấn đề nào liên quan đến sai lệch điện áp, dòng điện, tần số so với tiêu chuẩn gây hậu quả

- Sụt giảm điện áp ngắn hạn (dưới 0,9pu trong 0,5 chu kỳ) và mất điện (điện áp cả 3 pha giảm 0,1pu); quá điện áp
- Sóng hài: thành phần bậc cao trong U, I (tải phi tuyến..)
- Không đối xứng



4. Chất lượng điện năng

□ Dao động điện áp

❖ Biến thiên của điện áp trong khoảng thời gian tương đối ngắn

- Tần số 2-3 lần/giờ, $\delta U = 3 - 5\% U_{đm}$
- Tần số 2-3 lần/phút, $\delta U = 1 - 1,5\% U_{đm}$
- Tần số 2-3 lần/giây, $\delta U = 0,5\% U_{đm}$

❖ Do phụ tải lớn tiêu thụ đột biến công suất tác dụng và phản kháng như các lò hồ quang, máy hàn, máy cán thép cỡ lớn...

❖ Mức độ dao động phụ thuộc vào tỷ số công suất nguồn/phụ tải biến thiên: >10 thì chỉ xảy ra cục bộ tại điểm phụ tải làm việc.

- Dao động điện áp khi động cơ làm việc có biến đổi phụ tải lớn: $\delta U\% = \frac{\Delta Q}{S_N} 100$

- Dao động điện áp khi lò hồ quang làm việc: $\delta U\% = \frac{S_B}{S_N} 100$

4. Chất lượng điện năng

□ Dao động điện áp (tiếp)

❖ Biện pháp hạn chế dao động điện áp:

- Tăng công suất nguồn gấp nhiều lần phụ tải biến đổi lớn nhất
- Cung cấp cho phụ tải biến đổi lớn bằng đường dây và MBA riêng
- Tránh tập trung các phụ tải biến đổi lớn vào một điểm
- Giảm điện kháng của đường dây cung cấp cho phụ tải lớn, bằng cách dùng đường cáp hoặc thanh dẫn.
- Dùng thiết bị điều chỉnh điện áp nhanh chống dao động U
- Đặt bù công suất phản kháng nhanh chóng cấp cho tải
- Áp dụng biện pháp giảm dao động điện áp khi thiết kế truyền động điện, nhất là khi dùng các hệ truyền động van. Biện pháp hạn chế dòng điện mở máy động cơ lồng sóc lớn.

4. Chất lượng điện năng

Độ không sin điện áp và sóng hài bậc cao

❖ Nguồn sóng hài: các bộ biến đổi van, lò hồ quang, máy hàn...

❖ Sóng điều hòa bậc cao của dòng điện và điện áp

- Gây tổn hao, phát nóng thiết bị điện
- Tăng nhanh quá trình già hóa của vật liệu cách điện
- Ảnh hưởng xấu với chế độ làm việc của các bộ biến đổi van (đổi chiều không hoàn toàn)
- Thiết bị đo lường, điều khiển tác động không chính xác

❖ Biện pháp hạn chế

- Với các bộ biến đổi van thì nên dùng sơ đồ chỉnh lưu nhiều pha (12,24,36,48).
- Lọc không tích cực, tích cực

4. Chất lượng điện năng

□ Chế độ không cân bằng

❖ Nếu trong mạng điện có các phụ tải một pha công suất lớn như máy hàn, lò điện,... thì gây nên hiện tượng phụ tải không cân bằng, kéo theo điện áp không cân bằng làm lệch điểm trung tính của mạng điện.

❖ Độ không cân bằng trong phạm vi cho phép nếu: $\frac{S_N}{S_{1fa}} \geq 50$

- S_N công suất ngắn mạch tại điểm có phụ tải 1 pha;
- S_{1fa} - công suất phụ tải 1 pha

❖ Giảm độ không cân bằng:

- Phân đều phụ tải một pha lên ba pha của lưới,
- Phân định lịch vận hành của các phụ tải một pha

➔ làm việc rải đều trong các ca sản xuất của xí nghiệp.



4. Chất lượng điện năng

☐ Ảnh hưởng chất lượng điện năng đến hộ tiêu thụ

❖ Các dụng cụ đốt nóng, các bếp điện trở: tỷ lệ U^2

$$\checkmark \text{ 1 pha: } \Delta P = I^2 R = \frac{U^2}{R}, \text{ 3 pha: } \Delta P = 3I^2 R = 3 \left(\frac{U}{\sqrt{3}R} \right)^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

❖ Đèn:

✓ Đèn huỳnh quang, tăng 10% $U_{đm}$ → tuổi thọ đèn giảm 20-25%.

✓ Đèn có khí, giảm 20% $U_{đm}$ thì bị tắt.

❖ Đài phát thanh thiết bị vô tuyến điện, thu phát, tự động hóa rất nhạy cảm với sự thay đổi điện áp.

❖ Tụ điện tĩnh: Q tỷ lệ f , U^2 : $Q_{bù} = \frac{U^2}{X_C} = U^2 \omega C = U^2 2\pi f C$

❖ Động cơ điện: tốc độ quay của từ trường động cơ xác định bởi tần số lưới → trượt giá trị định mức gây rối loạn quy trình

4. Chất lượng điện năng

☐ **Tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng điện năng (*tính theo U*)**

- ❖ Thiết bị cho phép các chỉ tiêu lệch ở mức độ nhất định
- ❖ Chi phí đầu tư tỷ lệ nghịch với độ lệch chất lượng điện năng
- ❖ Độ lệch lớn thì chi phí trong hệ thống điện ít nhưng thiệt hại nhiều cho hộ tiêu thụ.
➔ Cần có một độ lệch tối ưu (số lần và khoảng thời gian) để cho phép chi phí tổng cộng của nền kinh tế là nhỏ nhất.

- ❖ Khai triển hàm chi phí theo điện áp U :

$$\zeta = \zeta_0 + \frac{\partial \zeta}{\partial U} \delta U + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (\delta U)^2 + \dots$$

ζ và ζ_0 là chi phí tương ứng với điện áp U và điện áp tối ưu U_0 ; $\delta U = U - U_0$

- ❖ **Thiệt hại** do điện áp U không đủ chất lượng:

$$H = \zeta - \zeta_0 = \frac{\partial \zeta}{\partial U} \delta U + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (\delta U)^2 + \dots$$

4. Chất lượng điện năng

☐ **Tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng điện năng (tiếp)**

❖ Nếu chi phí ζ khi điện áp đúng bằng **điện áp tối ưu U_0** thì $\frac{\partial \zeta}{\partial U} = 0$, bỏ qua thành phần bậc cao:

$$H = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (\delta U)^2 + \dots \approx \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial U^2} (U - U_0)^2 = K(U - U_0)^2$$

➔ Thiệt hại tỷ lệ với bình phương độ lệch điện áp U so với điện áp tối ưu U_0 với giả thiết: trong thời gian xem xét điện áp U không thay đổi.

❖ Thiệt hại trong khoảng thời gian T:

$$H_T = \int_0^T K(U - U_0)^2 dt = KT \left(\frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt - 2U_0 \frac{1}{T} \int_0^T U dt + U_0^2 \right)$$

4. Chất lượng điện năng

☐ Tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng điện năng (tiếp)

- $U_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T U dt ; U_{tbbp} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt} ; U_{tbbp}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt$
- $D(U) = \frac{1}{T} \int_0^T (U - U_{tb})^2 dt = \frac{1}{T} \left(\int_0^T U^2 dt - 2U_{tb} \int_0^T U dt \right) + U_{tb}^2 = U_{tbbp}^2 - U_{tb}^2$

$$\Rightarrow H_T = KT(U_{tbbp}^2 - 2U_0U_{tb} + U_0^2) = KT[D(U) + (U_{tb} - U_0)^2]$$

Hai phần của thiệt hại do lệch điện áp và các giải pháp:

- (1) Tỷ lệ với phương sai nghĩa là độ lệch trung bình bình phương so với giá trị trung bình → đặt các thiết bị điều chỉnh đặc biệt
- (2) Bình phương của độ lệch trung bình so với giá trị điện áp tối ưu $U_0 \rightarrow$ thay đổi hệ số MBA và điều chỉnh dung lượng bù.

THE END!

Q&A





SEE
School of Electrical Engineering

Toward 100% Renewable Energy
TOORELAB



CHƯƠNG 9: BẢO VỆ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

MỤC LỤC CHƯƠNG 9

§9.1. KHÁI NIỆM CHUNG

- 9.1.1. Nhiệm vụ của thiết bị bảo vệ
- 9.1.2. Các yêu cầu cơ bản đối với thiết bị bảo vệ
- 9.1.3. Các phần tử chính trong hệ thống bảo vệ rơ le
- 9.1.4. Một số cách phân loại bảo vệ

§9.2. BẢO VỆ RƠ LE TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

- 9.2.1. Các loại rơ le bảo vệ
- 9.2.3. Bảo vệ các thiết bị trong hệ thống cung cấp điện

§9.3. CHỐNG SÉT TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

- 9.3.1. Quá điện áp khí quyển và đặc tính của sét
- 9.3.2. Bảo vệ chống sét cho đường dây tải điện
- 9.3.3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp



1. Nhiệm vụ thiết bị bảo vệ

❑ Nhanh chóng loại trừ phần tử sự cố

→ Đảm bảo làm việc an toàn

❑ Cảnh cáo cho nhân viên vận hành về các trạng thái làm việc không bình thường (quá tải, sụt áp, giảm điện trở cách điện,...) → Kịp thời xử lý

❑ Chống sét đánh trực tiếp hay gián tiếp gây nguy hiểm cho người và thiết bị

→ Phải có các biện pháp an toàn chống sét.



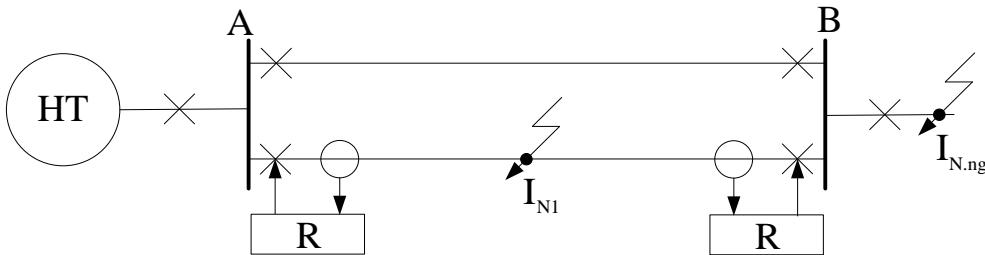
1. Yêu cầu cơ bản với thiết bị bảo vệ

☐ Tác động nhanh

- Sớm thu hẹp phạm vi sự cố, rút ngắn thời gian sự cố
- Đảm bảo ổn định nhiệt, ổn định động HTĐ

☐ Chọn lọc

- Loại đúng phần tử sự cố, tránh ảnh hưởng phần tử làm việc



- I_{Nmin} : Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất
- $I_{kđ}$: Dòng điện khởi động của bảo vệ

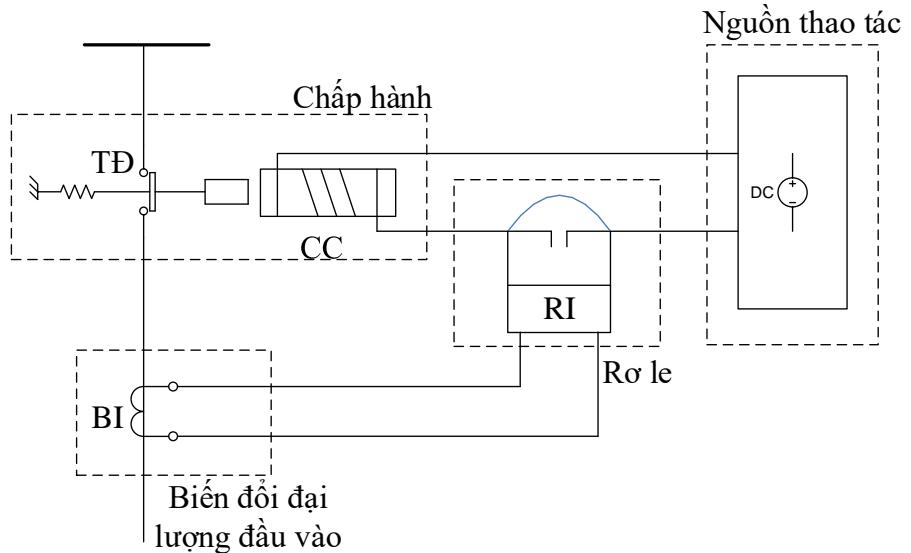
☐ Nhạy

$$k_{nh} = \frac{I_{Nmin}}{I_{kđ}} > 1; I_{ptmax} < I_{kđ} < I_{Nmin}$$

☐ Tin cậy

- Cần tác động, chính xác một khi có sự cố

1. Nhiệm vụ thiết bị bảo vệ



BI: Biến dòng điện
RI: Rơ le quá dòng điện
CC: Cuộn cắt máy cắt
TD: Tiếp điểm máy cắt

Ví dụ sơ đồ nguyên lý bảo vệ dùng rơ le tác động gián tiếp

☐ Thiết bị biến đổi đại lượng đầu vào

- Biến dòng điện, biến điện áp: cung cấp các đầu vào tương tự

☐ Rơ le (phần tử chính)

- Phân tích và đưa ra các ứng xử để điều khiển các thiết bị đóng cắt hoặc cảnh báo trạng thái.

☐ Cơ cấu chấp hành

- ❖ Kênh truyền tín hiệu, thiết bị nhận tín hiệu điều khiển từ rơ le và thao tác đóng cắt mạch điện, hiển thị cảnh báo.

☐ Nguồn thao tác

- ❖ Cung cấp năng lượng cho các thiết bị điều khiển và bảo vệ, cảnh báo tín hiệu, cơ cấu chấp hành đóng cắt mạch điện.

1. Phân loại bảo vệ

❖ Theo cách lấy tín hiệu đầu vào

- ✓ *Bảo vệ sơ cấp* (nối trực tiếp với mạch của phần tử được bảo vệ: cầu chì, role nhiệt và role điện từ trong áp tô mát)
- ✓ *Bảo vệ thứ cấp* (nối với thứ cấp của BU,BI)

❖ Theo tham số tác động: *rơ le dòng điện, rơ le điện áp, rơ le công suất, rơ le tổng trở*

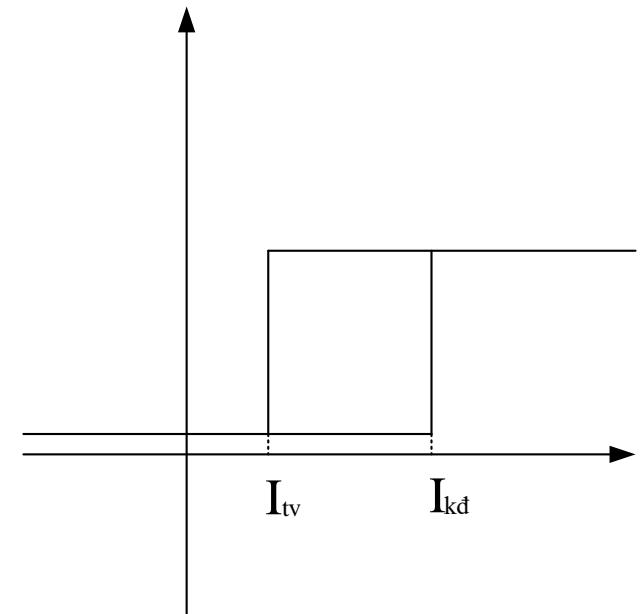
❖ Theo công nghệ chế tạo: *rơ le điện từ/tĩnh/số*

❖ Theo chức năng trong sơ đồ bảo vệ: *rơ le trung gian, thời gian, tín hiệu...*

2. Bảo vệ quá dòng điện

☐ Nguyên tắc chung

- ❖ Khi $I_R > I_{kđ}$ (quá tải, ngắn mạch)
→ bảo vệ tác động thay đổi trạng thái tiếp điểm
- ❖ Khi $I_R < I_{tv}$ → tiếp điểm trở lại trạng thái đầu
- ❖ Hệ số trở về: $K_v = \frac{I_{tv}}{I_{kđ}}$
 - Đối với rơle cơ, $K_v \neq 1$, đối với rơle tĩnh và rơle số, $K_v = 1$.



❖ Để đảm bảo được tính chọn lọc:

$$I_{kđ} \geq I_{lvmax}; I_{tv} \geq I_{sau.sc} \quad (I_{sau.sc} = K_{mm} \cdot I_{lvmax})$$

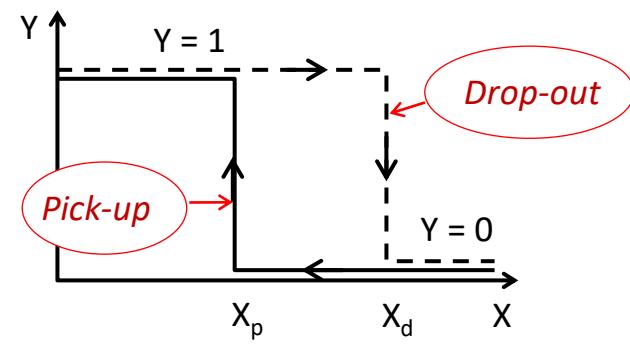
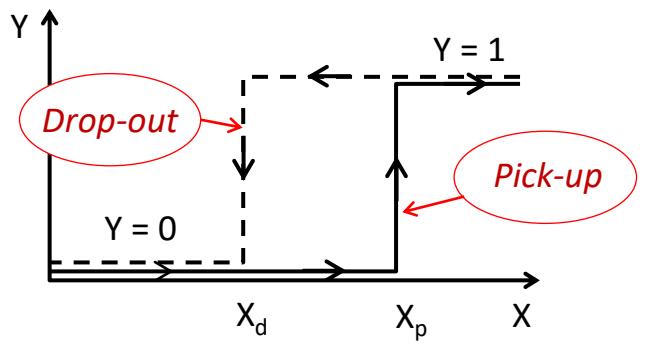
K_{mm} : Hệ số có xét đến việc mở máy của các phụ tải động cơ có dòng điện chạy qua chỗ đặt bảo vệ sau khi sự cố bị loại trừ. K_{mm} có thể lấy trong khoảng 2÷5.

2. Bảo vệ quá dòng điện

❖ Bảo vệ ngưỡng cao, ngưỡng thấp

- Over/Under – Input signal (Current, voltage, frequency)

- Drop-out ratio: $K_d = \frac{x_d}{x_p}$ Over-protection: $K_d < 1$
 Under-protection: $K_d > 1$



2. Bảo vệ quá dòng điện

☐ Nguyên tắc chung (tiếp)

❖ Điều kiện chọn:

$$I_{tv} = K_{at} \cdot K_{mm} \cdot I_{lvmax}$$

- K_{at} : Hệ số an toàn (hay hệ số dự trữ) có tính đến sai số của bảo vệ. K_{at} có thể lấy trong khoảng 1,1 (với rơle tĩnh) đến 1,2 (với rơle điện cơ).

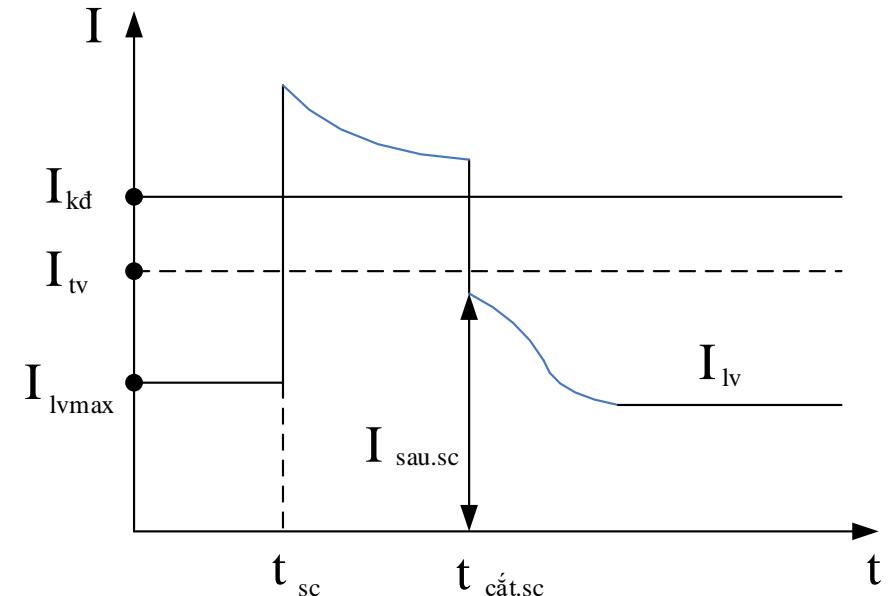
❖ Dòng khởi động phía sơ cấp

$$I_{kđ1} = \frac{I_{tv}}{K_v} = \frac{K_{at} \cdot K_{mm}}{K_v} I_{lvmax}$$

❖ Dòng khởi động quy về thứ cấp

$$I_{kđ2} = \frac{K_{sd}}{K_{BI}} \cdot I_{kđ1} = \frac{K_{sd}}{K_{BI}} \frac{K_{at} \cdot K_{mm}}{K_v} I_{lvmax}$$

- K_{sd} : Hệ số sơ đồ. $K_{sd} = \frac{I_R}{I_{BI}}$ (I_R : Dòng điện chạy qua rơ le. I_{BI} : Dòng điện cuộn thứ cấp của biến dòng điện).
- K_{BI} : Tỷ số biến dòng điện của máy biến dòng điện.



Diễn biến dòng điện sự cố

❖ Đảm bảo độ nhạy:

$$K_{nh} = \frac{I_{Nmin}}{I_{kđ1}} > 1$$

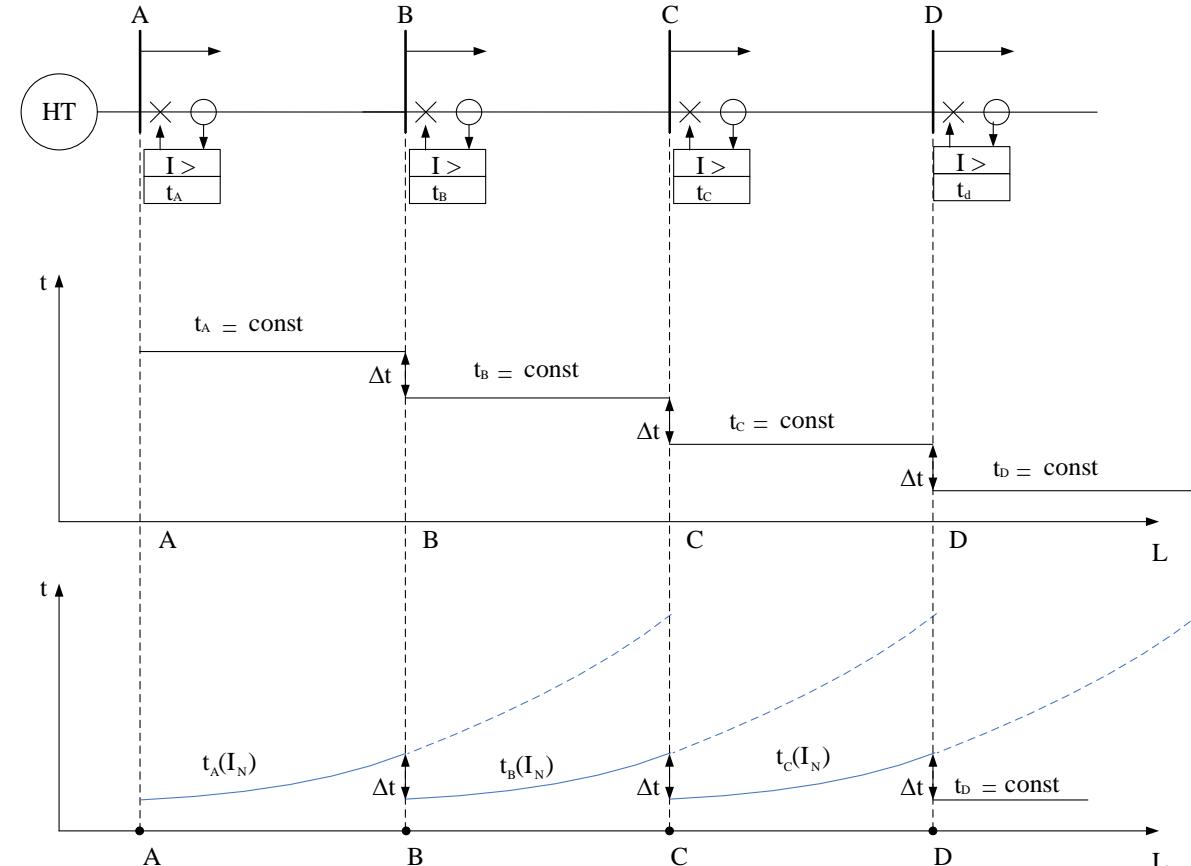
- I_{Nmin} : Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất đi qua chǔa đặt bảo vệ
- K_{nh} : Hệ số nhạy của bảo vệ

2. Bảo vệ quá dòng điện

☐ Bảo vệ quá dòng điện có thời gian tác động

Lưới hở một nguồn cấp:

- ❖ Đảm bảo tính chọn lọc
 - Càng gần nguồn, t cao
- ❖ Độc lập:
 - t không phụ thuộc vào trị số dòng
 - Đoạn AB có thời gian tác động lớn
- ❖ Phụ thuộc:
 - t phụ thuộc vào độ lớn của dòng
 - Dòng lớn t ngắn



Phối hợp đặc tính thời gian của bảo vệ quá dòng điện trong lưới điện hình tia cho trường hợp
đặc tính độc lập và đặc tính phụ thuộc

2. Bảo vệ quá dòng điện

Bảo vệ quá dòng cắt nhanh

❖ I_{kd} phải được chọn:

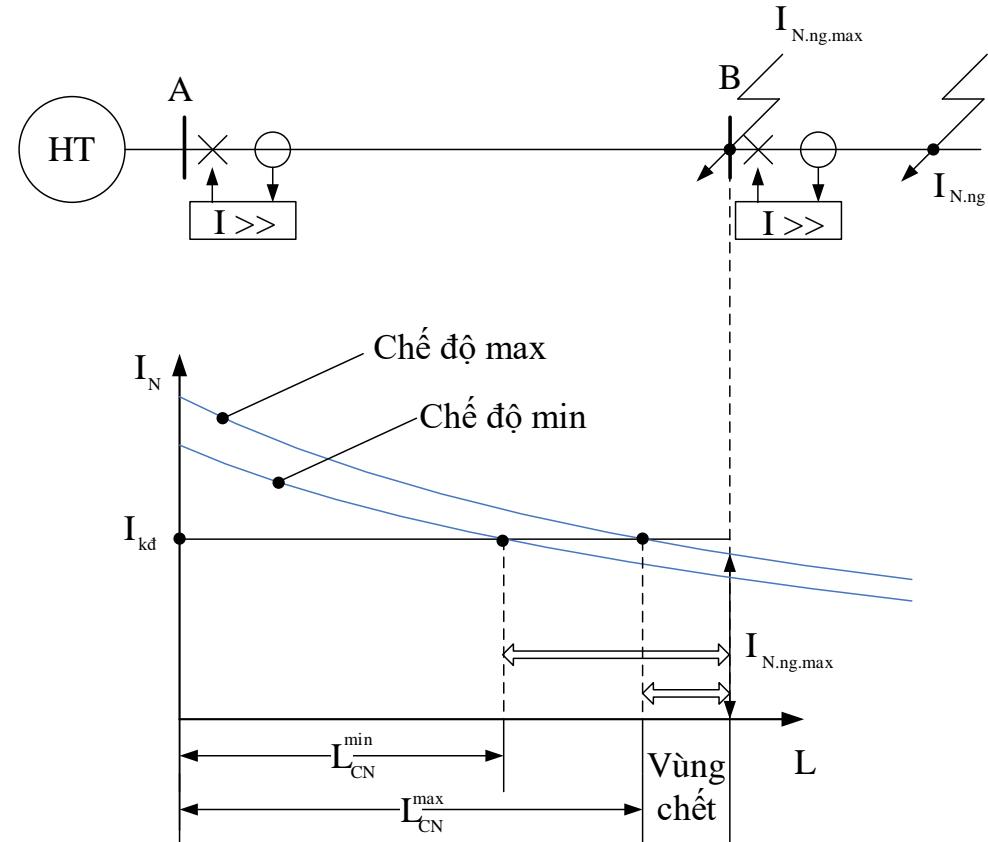
$$I_{kd} = K_{at} I_{N.ng.max}$$

- $I_{N.ng.max}$: Dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất (điểm B)

❖ Thường làm việc tức thời hoặc trễ nhỏ (0,1s)

❖ Nhược điểm:

- ✓ Không bảo vệ toàn bộ như vùng ngắn mạch cuối phần tử
- ✓ L_{CN} phụ thuộc chế độ làm việc và dạng ngắn mạch
- ✓ Không đảm bảo chọn lọc khi bảo vệ lưới phức tạp, nhiều nguồn



Bảo vệ quá dòng điện cắt nhanh

2. Bảo vệ quá dòng điện

Bảo vệ chống chạm đất

- ❖ NM chạm đất, dải dòng I_{NM} rộng: vài chục A~vài chục kA
 - ➔ Cần đảm bảo cả tính chọn lọc và độ nhạy
 - ➔ Dùng nguyên tắc quá dòng điện, tín hiệu vào: thành phần không đổi xứng thứ tự không.

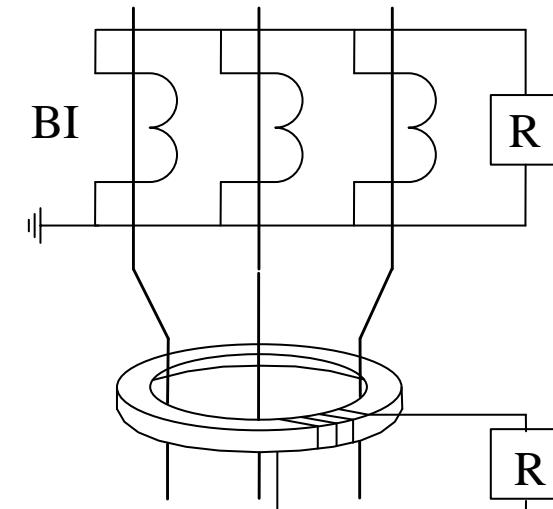
- ❖ Hai cách lọc dòng điện thứ tự không

✓ Dùng 3 BI 1 pha:

$$I_R = \frac{I_A}{n_{BI.A}} + \frac{I_B}{n_{BI.B}} + \frac{I_C}{n_{BI.C}}$$

✓ Dùng 1 BI thứ tự không:

$$I_R = \frac{I_A + I_B + I_C}{n_{BI}} = \frac{3I_0}{n_{BI}}$$



Hai dạng bộ lọc thứ tự không dùng cho bảo vệ
chống chạm đất

2. Bảo vệ so lệc dòng điện

❑ Định nghĩa

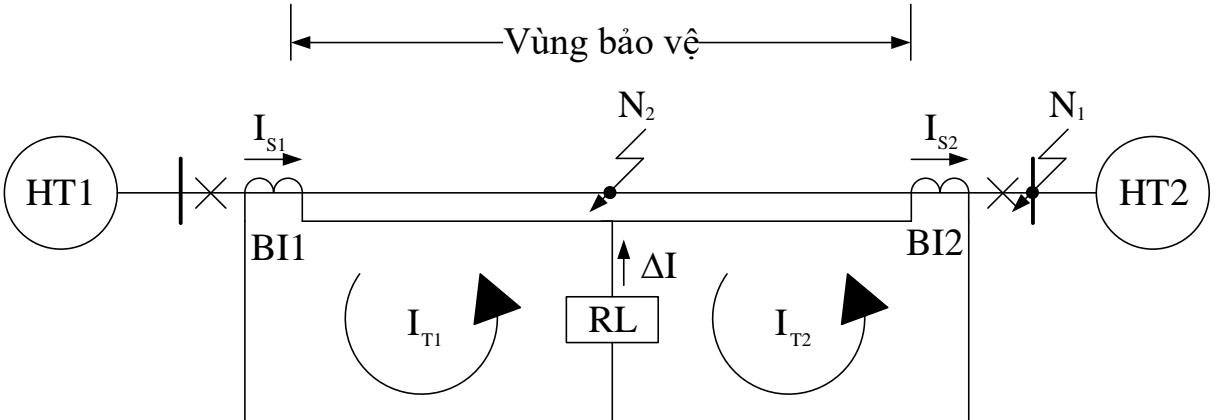
- ❖ Là loại bảo vệ cắt nhanh
- ❖ Biên độ dòng điện ở hai đầu phần tử được bảo vệ được so sánh với nhau.

→ Nếu sự sai lệch này vượt quá ngưỡng thì bảo vệ sẽ tác động

- ❖ Vùng bảo vệ được giới hạn bằng vị trí đặt của hai bộ biến dòng ở đầu và cuối phần tử được bảo vệ mà tín hiệu dòng điện từ đó được lấy ra để so sánh.

❑ Nguyên lý:

- ❖ So sánh: $\Delta I = I_{T1} - I_{T2}$
 - ✓ Bình thường & N_1 : $\Delta I = 0$
 - ✓ Ngắn mạch (N_2) hoặc mất nguồn BI: $\Delta I \neq 0$, tác động khi $|\Delta I| \geq I_{kđ}$



2. Bảo vệ so lệc dòng điện

☐ Häm

❖ Thực tế: $\dot{I}_{T1} \neq \dot{I}_{T2}$ do sai số BI, bão hòa mạch từ ở chế độ bình thường hoặc khi NM ngoài

$$\Delta I = \dot{I}_{T1} - \dot{I}_{T2} = \dot{I}_{kcb}$$

❖ I_{kcb} đôi khi rất lớn (ví dụ NM ngoài) → Relay tác động nhầm

→ Sử dụng nguyên lý häm: $\Delta I > I_H$ bảo vệ sẽ tác động

❖ Các trường hợp gây I_{kcb} lớn:

✓ Ngắn mạch ngoài gần vùng bảo vệ

→ Tạo mạch häm có $I_H = \dot{I}_{T1} + \dot{I}_{T2}$

✓ Đóng điện không tải máy biến áp

→ Lọc thành phần hài bậc 2 trong dòng điện không tải (từ hóa) xung kích của máy biến áp để tăng cường cho dòng điện häm.



2. Bảo vệ các đường dây phân phối điện

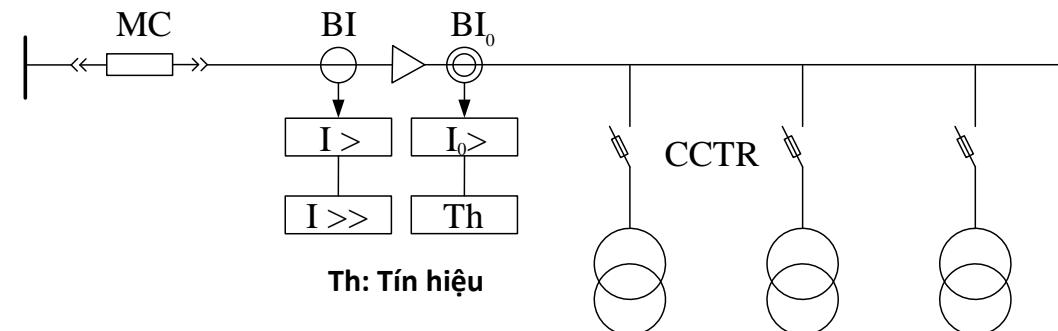
☐ Bảo vệ lưới điện trung áp

❖ Lưới trung tính nối đất trực tiếp hoặc qua điện trở/kháng nhỏ

- ✓ Phụ tải nhỏ, ít quan trọng: cầu chì (cầu chì tự rơi (CCTR) hoặc cầu chì thạch anh) đặt tại các nhánh
- ✓ Phụ tải lớn, quan trọng: máy cắt có bảo vệ cắt nhanh hoặc bảo vệ chống chạm đất bảo vệ ngắn mạch và bảo vệ quá dòng điện có thời gian phụ thuộc dùng bảo vệ chống quá tải.

❖ Lưới trung tính cách điện hoặc nối qua cuộn Perersen

- ✓ Dòng NM 1 pha bé, được vận hành trong thời gian cho phép.
- ✓ Điện áp pha không sự cố tăng $\sqrt{3}$, nếu sinh hồ quang gây dao động điện áp dẫn đến NM 2 pha chạm đất

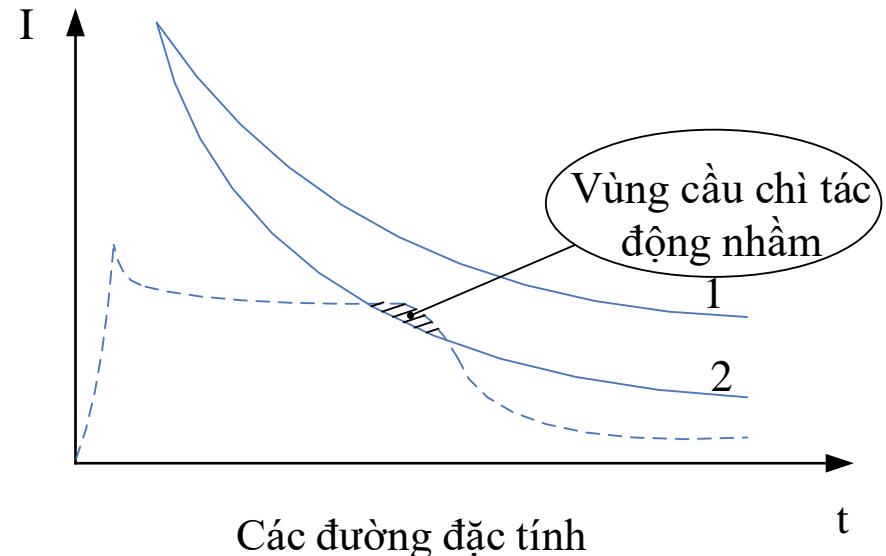


Một số loại bảo vệ dùng trong lưới điện trung áp

2. Bảo vệ các đường dây phân phối điện

Bảo vệ lưới điện hạ áp

- ❖ Thường là mạng hình tia, cấp điện qua các tủ phân phối điện theo nhiều cấp đến tận các thiết bị tiêu thụ.
- ❖ Dòng điện tăng cao trong lưới điện hạ áp khi: quá tải, ngắn mạch, khởi động các thiết bị động lực.
- ❖ Các thiết bị bảo vệ trong lưới điện hạ áp thường là cầu chì và áp tô mát
- ❖ Bảo vệ bằng cầu chì:
 - ✓ Cho quá tải và NM
 - ✓ 2 cầu chì kế tiếp nhau có $I_{đm}$ hơn kém nhau 2 cấp đảm bảo chọn lọc
 - ✓ Đặc tính cầu chì nằm trên đặc tính khởi động động cơ.

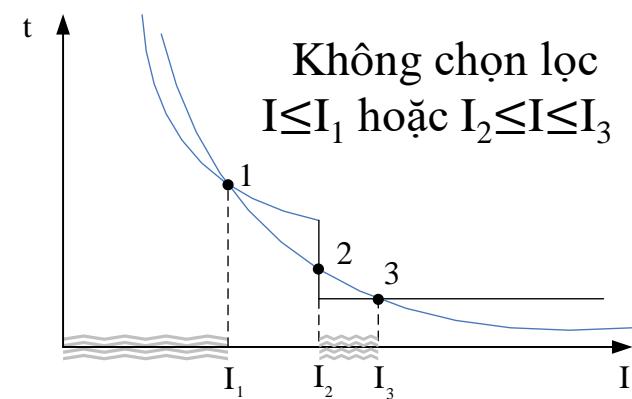
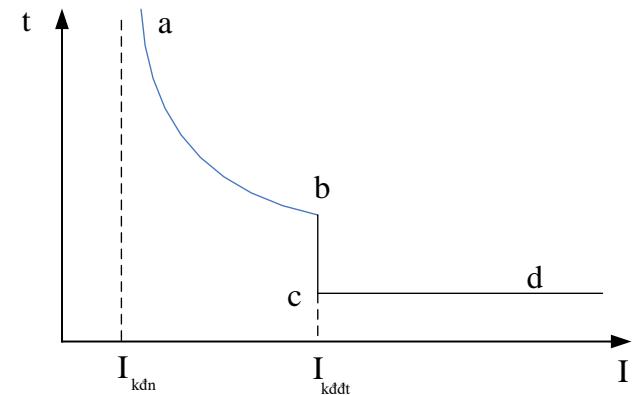


2. Bảo vệ các đường dây phân phối điện

Bảo vệ lưới điện hạ áp (tiếp)

❖ Bảo vệ bằng aptomat

- ✓ Quá tải, NM, đóng cắt tải
- ✓ Đặc tính 2 đoạn:
 - Rơ le nhiệt: $I_{kdn} > \sim$ vài chục % I_{dm}
 - Rơ le điện từ: $(5 \div 20) \cdot I_{dm}$
- ✓ Tin cậy, đa năng, chi phí cao
- ✓ Khi phối hợp với cầu chì:
 - Aptomat thường ở cấp cao hơn
 - Đặc tính bảo vệ aptomat phải nằm trên đặc tính bảo vệ cầu chì
- ✓ Khi khởi động động cơ, aptomat không được tác động



Mất tính chọn lọc khi phối hợp giữa cầu chì và áp tô mát

2. Bảo vệ máy biến áp lực

Hư hỏng bên trong	Hư hỏng bên ngoài
<ul style="list-style-type: none">- Chập giữa các vòng dây trên cùng 1 pha- Ngắn mạch giữa các cuộn dây- Chạm đất (vỏ) và ngắn mạch chạm đất- Hỏng bộ chuyển đổi đầu phân áp- Thùng dầu bị thủng hoặc rò dầu	<ul style="list-style-type: none">- Ngắn mạch nhiều pha hoặc một pha trong hệ thống- Quá tải máy biến áp

Loại hư hỏng	Loại bảo vệ
Ngắn mạch nhiều pha hoặc một pha chạm đất	<ul style="list-style-type: none">- So lệch có hᾶm (bảo vệ chính)- Khoảng cách (bảo vệ dự phòng)- Quá dòng có thời gian (chính hoặc dự phòng tùy theo công suất)- Quá dòng thứ tự không
Chạm chập giữa các cuộn dây, thùng dầu thủng hoặc rò	<ul style="list-style-type: none">- Rơ le khí (rơ le Buchholz)
Quá tải	<ul style="list-style-type: none">- Quá dòng điện- Hình ảnh nhiệt



2. Bảo vệ máy biến áp lực

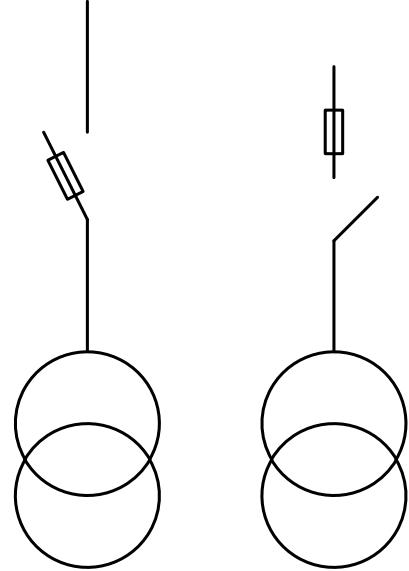
☐ Bảo vệ chống ngắn mạch

❖ Đối với trạm biến áp phân phối, công suất nhỏ:

- ✓ Cầu chì cao áp để bảo vệ quá tải và NM
- ✓ Cầu chì tự rơi hoặc cầu chì thạch anh dạng ống có lắp kèm cầu dao cách ly

❖ Đối với máy biến áp trung gian tùy theo vai trò:

- ✓ Bảo vệ so lệc dòng điện có hẽm (bảo vệ chính) ngăn ngừa NM 1 pha hay nhiều pha chạm đất
- ✓ Bảo vệ quá dòng điện có thời gian (bảo vệ dự phòng cho bảo vệ so lệc)
- ✓ Bảo vệ quá dòng điện tránh quá tải cho máy biến áp



Bảo vệ máy biến áp
phân phối

2. Bảo vệ máy biến áp lực

☐ Bảo vệ chống ngắn mạch (tiếp)

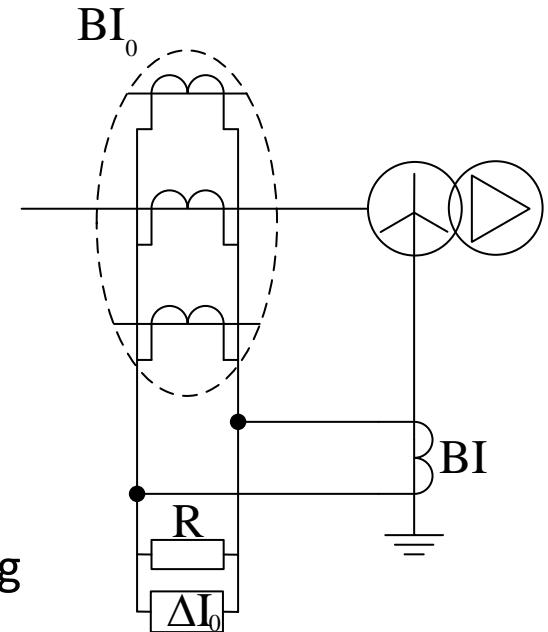
- ✓ Rơ le quá dòng điện (với 1 BI đặt tại trung tính cuộn đấu sao của máy biến áp)
- ✓ Bảo vệ so lệch dòng điện thứ tự không (dùng 1 BI đặt tại trung tính cuộn đấu sao với bộ BI lọc thứ tự không đặt trên phía đầu ra của cuộn đấu sao đó).

$$\Delta I_0 = I_0 - I_{TT}$$

I_0 : Dòng điện thứ tự không trong các pha cuộn dây biến áp

I_{TT} : Dòng điện chạy qua trung tính biến áp

- Nếu NM ngoài vùng bảo vệ, bỏ qua sai số BI
→ Dòng điện qua điện trở R bằng không
- Nếu NM trong vùng bảo vệ
→ Dòng điện so lệch qua R tạo nên điện áp lớn → rơ le tác động

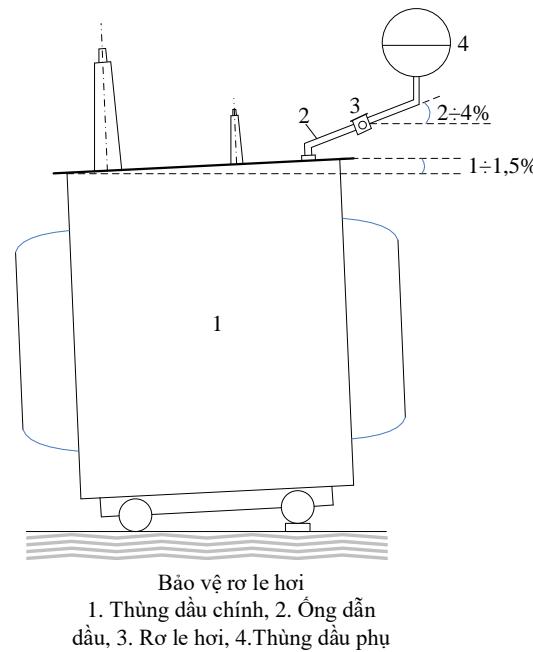


Bảo vệ so lệch thứ tự không

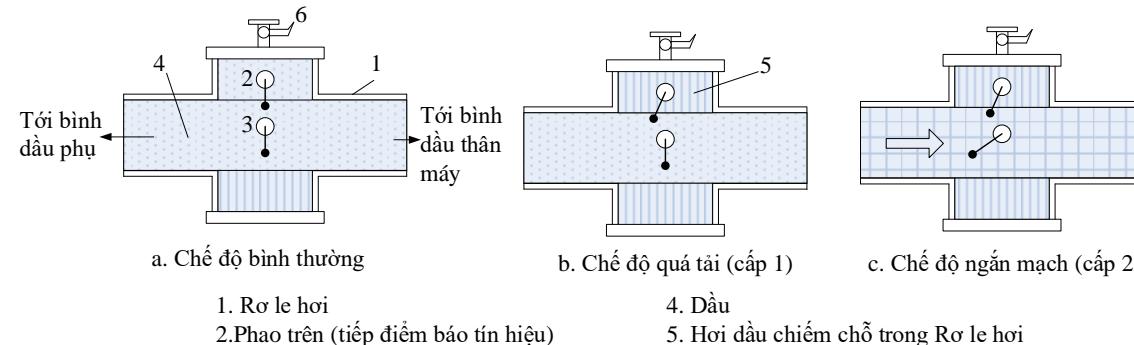
2. Bảo vệ máy biến áp lực

☐ Bảo vệ chống chạm chập các vòng dây, thùng dầu

- ❖ Nguyên lý: Hư hỏng (quá tải, chạm chập các vòng dây, thủng thùng dầu) → Dầu bốc hơi và chuyển động → Role hơi/khí
- ❖ Cấu tạo: có 2 cấp tác động nhờ 2 phao
 - ✓ Phao trên: báo tín hiệu bất thường
 - ✓ Phao dưới: gửi tín hiệu đi máy cắt
- ❖ Hoạt động:
 - ✓ Bình thường 2 phao ở vị trí thẳng đứng
 - ✓ Quá tải, dầu bốc hơi ít, phao 2 lệch → báo tín hiệu
 - ✓ NM, dầu bốc hơi nhiều, phao 3 lệch → máy cắt



Bảo vệ role hơi
1. Thùng dầu chính, 2. Ống dẫn dầu, 3. Role hơi, 4.Thùng dầu phụ



Các chế độ làm việc của Role hơi

2. Bảo vệ động cơ

☐ Thống kê các loại bảo vệ ứng với các sự cố

Dạng sự cố, không bình thường	Loại bảo vệ	
Ngắn mạch giữa các cuộn dây, giữa các pha trên đường dây cấp điện cho động cơ	Quá dòng hoặc so lêch	
Chạm chập giữa các vòng dây	Quá dòng hoặc quá dòng có hướng	
Quá tải	Khi khởi động	Kiểm tra thời gian khởi động
	Khi làm việc bình thường	Chống quá tải
Mất cân bằng các pha	Dòng thứ tự nghịch	
Sụt điện áp	Điện áp thấp	
Mất đồng bộ	Chống mất đồng bộ	

2. Bảo vệ động cơ

❑ Bảo vệ quá tải

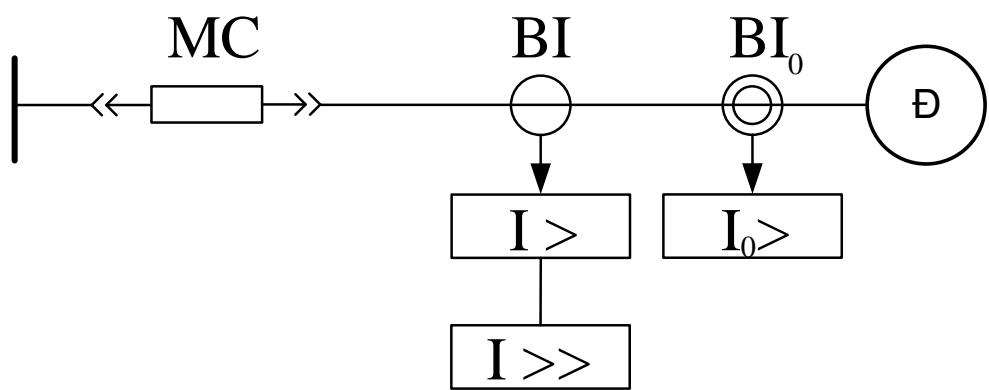
- ❖ Dùng rơ le nhiệt hoặc bảo vệ quá dòng điện tùy thuộc vào điện áp làm việc của động cơ.
- ❖ Động cơ điện hạ áp dùng khởi động từ bảo vệ quá tải.
- ❖ Động cơ điện cao áp (công suất lớn) dùng rơ le quá dòng điện có đặc tính thời gian phụ thuộc.

Lưu ý: thời gian cắt của bảo vệ phải lớn hơn thời gian mở máy của động cơ tức là khi mở máy rơ le có thể khởi động nhưng động cơ không bị cắt.

2. Bảo vệ động cơ

☐ Bảo vệ chống ngắn mạch

- ❖ Dùng cầu chì hoặc áp tôt mát có rơle quá dòng điện cắt nhanh
 - ✓ Động cơ hạ áp công suất nhỏ hơn 200kW: dùng cầu chì
 - ✓ Động cơ công suất lớn: dùng rơle quá dòng điện cắt nhanh. Dòng khởi động: $I_{kđ} = \frac{K_{sd} \cdot K_{at}}{K_{BI}} \cdot I_{mmĐ}$ ($I_{mmĐ}$: Dòng mở máy)
- ❖ Để bảo vệ ngắn mạch một pha chạm đất (có dòng chạm đất lớn hơn 10A), dùng bảo vệ quá dòng thứ tự không.



Bảo vệ động cơ công suất lớn

- $I >$: Bảo vệ quá tải
- $I >>$: Bảo vệ ngắn mạch pha-phá
- $I_0 >$: Bảo vệ ngắn mạch chạm đất
- BI : Bộ biến dòng điện
- BI_0 : Bộ biến dòng điện lọc thứ tự không

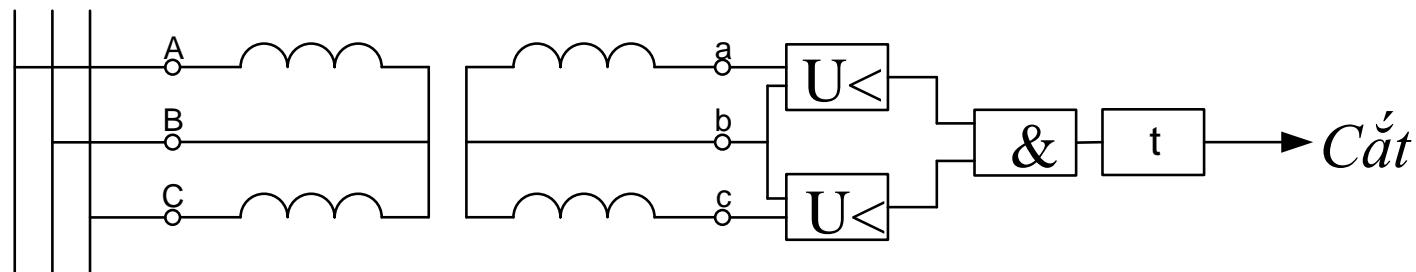
2. Bảo vệ động cơ

☐ Bảo vệ tránh sụt áp

❖ Dùng Role điện áp thấp gửi tín hiệu cắt động cơ:

- ✓ Do yêu cầu công nghệ, một số động cơ không được phép tự động khởi động lại khi điện áp nguồn được phục hồi.
- ✓ Cần cắt một số động cơ không quan trọng để đảm bảo điều kiện tự khởi động cho các động cơ không đồng bộ quan trọng khi điện áp nguồn được phục hồi.

❖ Tránh bảo vệ tác động nhầm do hư hỏng mạch thứ cấp của BU (nổ cầu chì hoặc nhảy áp tô mát) → Dùng hai rơ le điện áp thấp ghép với nhau theo logic AND.



Bảo vệ chống điện áp thấp cho động cơ
không đồng bộ 3 pha cao áp

2. Bảo vệ động cơ

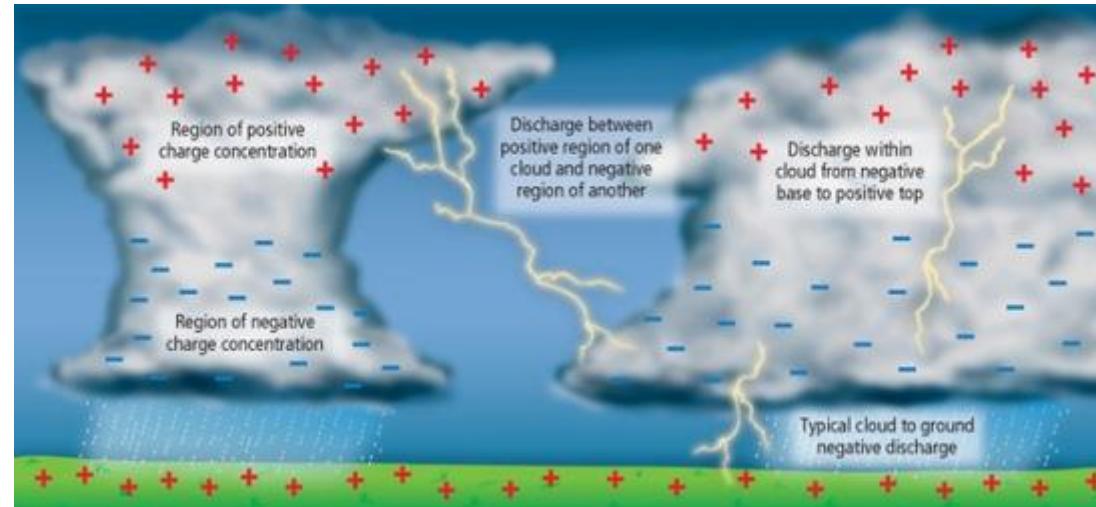
❑ Bảo vệ chống mất đồng bộ cho động cơ điện đồng bộ

- ❖ Mất đồng bộ là hiện tượng tốc độ của rotor không bằng tốc độ của từ trường quay do stator tạo ra.
 - ✓ Nguyên nhân: Do điện áp nguồn giảm thấp, quá tải cơ học, dao động điện hoặc hỏng mạch kích thích.
 - ✓ Hậu quả: phát nóng rotor, gây ứng lực trên trục động cơ hoặc quá điện áp cuộn kích thích với hệ thống kích từ kiểu chỉnh lưu.
- ❖ Các phương pháp phát hiện mất đồng bộ dựa trên giám sát các hiệu ứng xảy ra khi mất đồng bộ như sau:
 - ✓ Động cơ tiêu thụ công suất phản kháng từ lưới điện vì chuyển sang chế độ của động cơ không đồng bộ
 - ✓ Có xuất hiện dòng điện dao động trong mạch kích thích

3. Chống sét: quá điện áp khí quyển và đặc tính sét

Sét

- ❖ Sét là hiện tượng phóng điện trong khí quyển giữa các đám mây mang điện tích trái dấu với nhau và với đất.
- ❖ Nguyên nhân: luồng không khí nóng và hơi nước bốc lên → tích lũy điện tích trong các đám mây: phần dưới âm, trên dương → Khi tích tụ tăng dần vượt 25-30kV/cm, không khí giữa mây và đất bị ion hóa dẫn điện → phóng điện sét



3. Chống sét: quá điện áp khí quyển và đặc tính sét

Quá trình phóng điện của sét được chia làm ba giai đoạn.

❖ Giai đoạn thứ nhất - giai đoạn phóng điện tiên đạo từng bâc

- ✓ Bắt đầu bằng dòng tiên đạo mang điện tích âm (-) từ đám mây phát triển xuống đất với tốc độ $100 \div 10^3$ km/s.
- ✓ Đầu dòng điện tích có thể đạt tới điện thế hàng triệu Volt.
- ✓ Điện trường của tia tiên đạo hình thành sự tập trung điện tích dương (+) lớn tương ứng ở dưới mặt đất.

❖ Giai đoạn thứ hai - giai đoạn phóng điện chủ yếu của sét

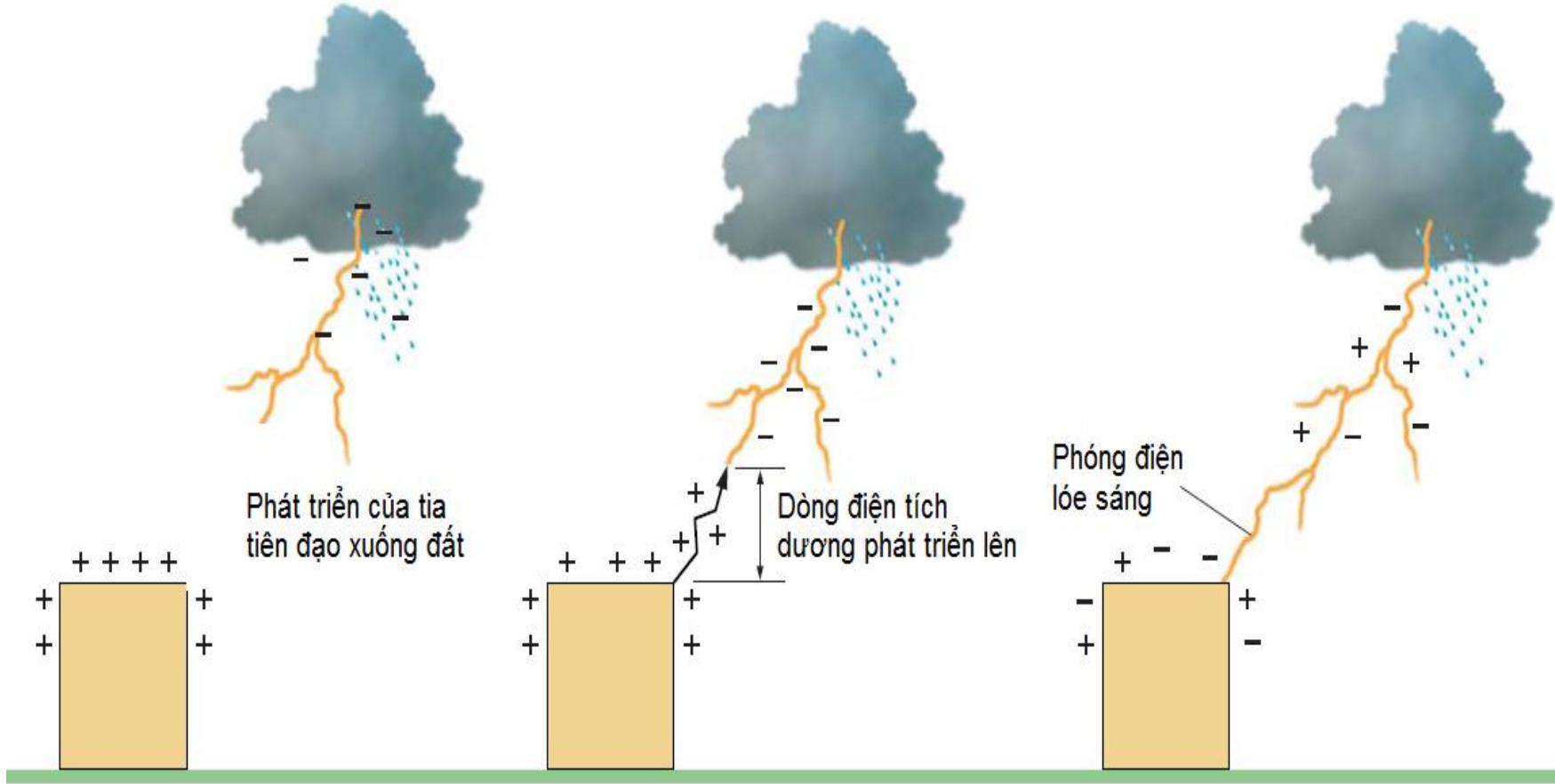
- ✓ Bắt đầu khi dòng tiên đạo phát triển tới đất.
- ✓ Điện tích dương (+) từ đất phát triển ngược lên với tốc độ $6.10^4 \div 10^5$ km/s để trung hòa điện tích âm (-) của dòng tiên đạo.
- ✓ Sự phóng điện được đặc trưng bởi dòng điện lớn qua chỗ sét đánh và sự phát sáng mãnh liệt, không khí trong dòng phóng điện được nung nóng đến 10.000°C bị dãn nở đột ngột tạo thành sóng âm thanh.

❖ Giai đoạn cuối, dòng điện tích dương từ đất phóng ngược lên đám mây, nơi bắt đầu sự phóng điện. Sự lóe sáng dần biến mất.



3. Chống sét: quá điện áp khí quyển và đặc tính sét

Quá trình phóng điện của sét được chia làm ba giai đoạn.



3. Chống sét: quá điện áp khí quyển và đặc tính sét

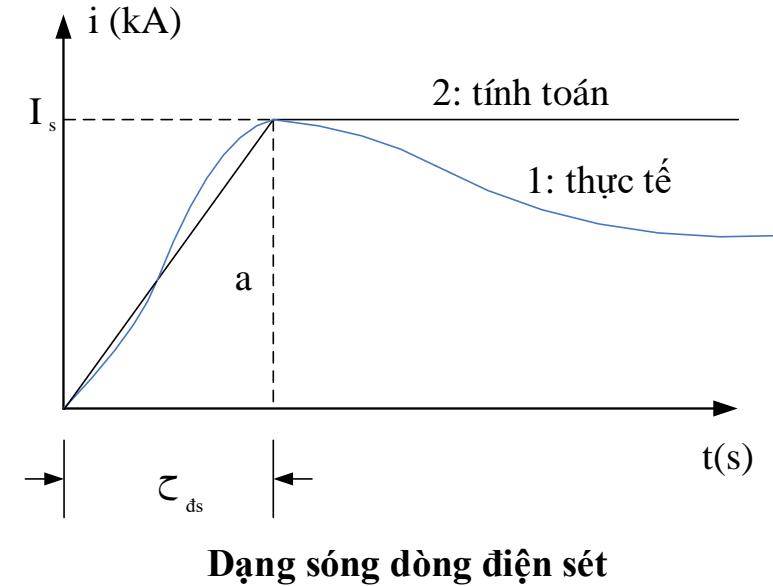
Hai tham số đặc trưng của dòng điện sét

❖ Biên độ I_s

- ✓ Không vượt quá 200-300kA
- ✓ Hiếm khi vượt quá 100kA → lấy 50-100kA

❖ Độ dốc đầu sóng $a = \frac{di_s}{dt}$

- ✓ $a \sim \frac{I_s}{\tau_{ds}}$ (τ_{ds} : Độ dài đầu sóng)
- ✓ Không quá 50kA/ μ s và thường tỷ lệ thuận với biên độ I_s
 - Đối với $I_s \geq 100$ kA, lấy $a = 30$ kA/ μ s
 - Đối với $I_s < 100$ kA, lấy $a = 10$ kA/ μ s



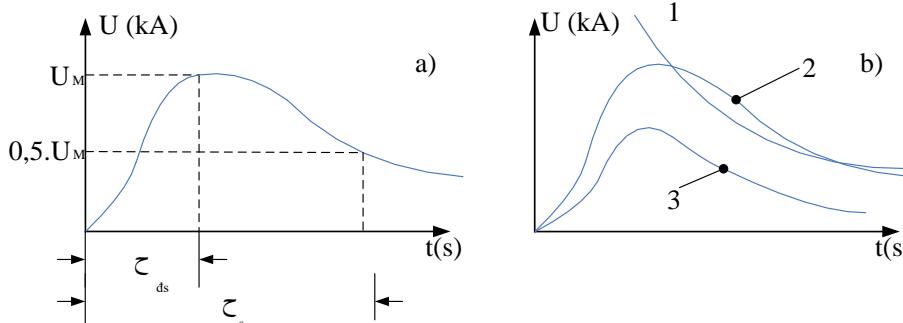
Dạng sóng dòng điện sét

3. Chống sét: quá điện áp khí quyển và đặc tính sét

Quá điện áp khí quyển

- ❖ *Định nghĩa:* hiện tượng quá điện áp do sét đánh trực tiếp vào các thiết bị điện hoặc cảm ứng của sét gần nơi đặt các thiết bị điện.
- ❖ *Đặc điểm:* Chỉ kéo dài vài chục μ s và điện áp tăng cao có dạng xung kích
- ❖ *Tham số đặc trưng:* biên độ điện áp (U_M), thời gian đầu đạt tới U_M (τ_{ds}), độ dài sóng (τ_s): Đến khi điện áp giảm 50% U_M
- ❖ *So sánh đặc tính:* [sóng quá điện áp; vôn-giây thiết bị cách điện]
- ❖ *Cách điện:* cao quá tăng giá thành, thấp quá gây sự cố khi bị sét đánh
- ❖ *Bảo vệ:* hệ thống cột thu lôi, dây thu sét, chống sét van...để hạ thấp quá điện áp xuống dưới đặc tính chịu cách điện

Sóng chuẩn
để thử nghiệm
 $\tau_{ds}/\tau_s = 1,2/50 \mu$ s



Dòng sóng quá điện áp do sét và đặc tính V-s của cách điện thiết bị điện

1. Đặc tính V-s của cách điện thiết bị
2. Dạng sóng quá điện áp gây ra phóng điện
3. Dạng sóng quá điện áp không gây phóng điện

3. Bảo vệ chống sét cho đường dây

Yêu cầu bảo vệ chống sét đường dây

- ❖ ĐZ kéo dài trong một không gian rộng → xác suất sét đánh lớn
- ❖ Cách tốt nhất là treo dây chống sét trên toàn tuyến lớn
 - ✓ Tốn kém chỉ dùng Đz $U \geq 110\text{kV}$, treo 1 hoặc 2 dây chống sét
 - ✓ ĐZ 35kV không treo toàn tuyến, các cột phải được nối đất
- ❖ Tiêu chuẩn nối đất

Điện trở suất của đất ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Điện trở nối đất cột điện (Ω)
$\rho \leq 10^4$	10
$10^4 < \rho \leq 5 \cdot 10^4$	15
$5 \cdot 10^4 < \rho \leq 10^5$	20
$10^5 < \rho$	30

- ❖ Tăng cường chống sét: đặt thêm chống sét ở chỗ cách điện yếu, cột vượt cao, gần trạm điện
- ❖ Nơi yêu cầu an toàn rất cao: sử dụng đường cáp

3. Bảo vệ chống sét cho đường dây

Phạm vi bảo vệ của hệ thống dây chống sét

❖ Dùng một dây chống sét

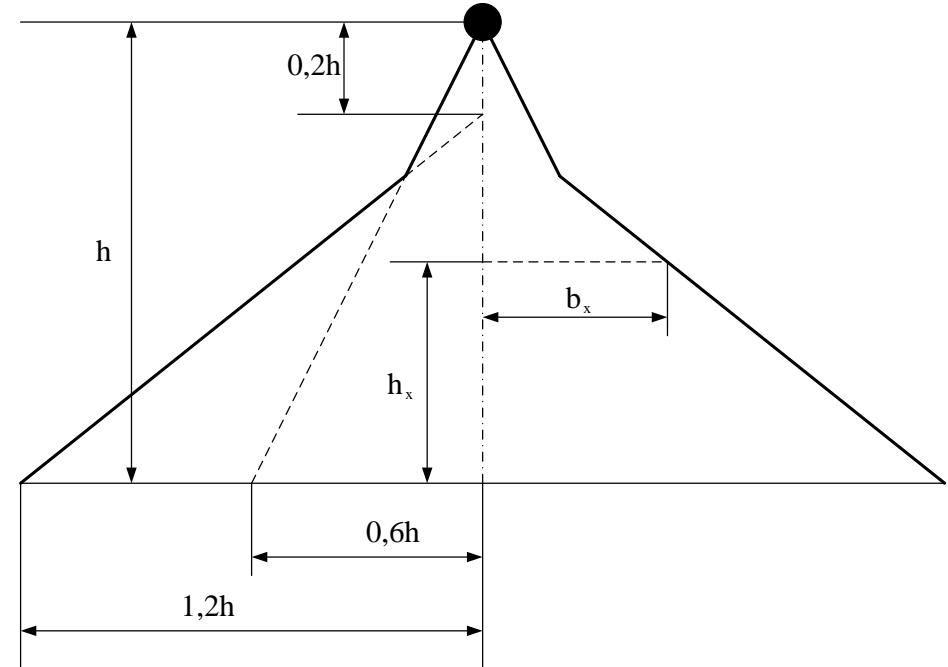
✓ Dây chống sét treo ở chiều cao h

✓ h_x : chiều cao bảo vệ, b_x : chiều rộng bảo vệ

$$\text{• Khi } h_x > \frac{2}{3}h \text{ thì } b_x = 0,6h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{h}\right)$$

$$\text{• Khi } h_x \leq \frac{2}{3}h \text{ thì } b_x = 1,2h \cdot \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right)$$

✓ Chiều dài của phạm vi bảo vệ
chính là chiều dài của đường dây
có đặt dây chống sét



Phạm vi bảo vệ của một dây thu sét

3. Bảo vệ chống sét cho đường dây

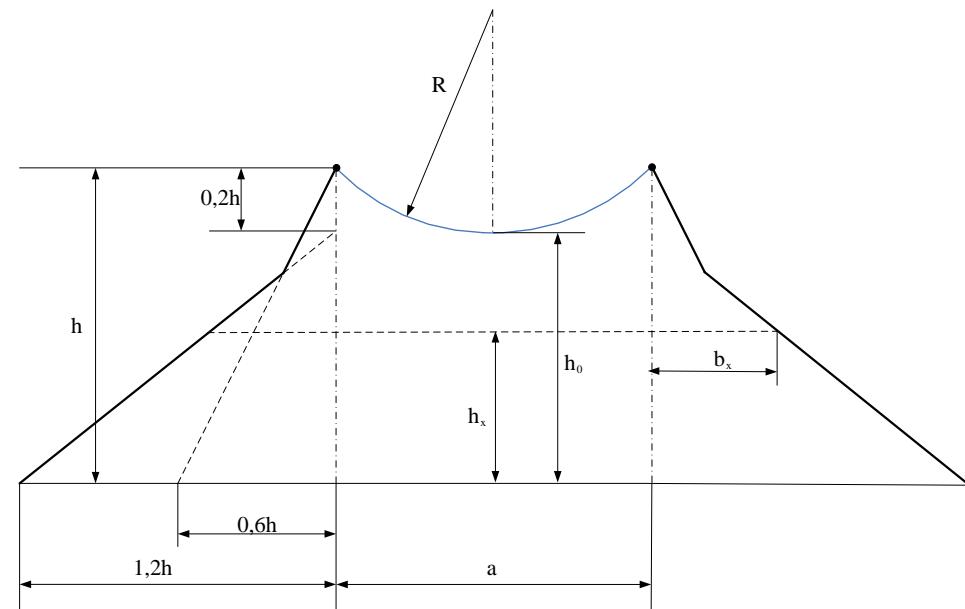
□ Phạm vi bảo vệ của hệ thống dây chống sét

❖ Dùng 2 dây chống sét

- ✓ Không gian ngoài hai dây chống sét có phạm vi bảo vệ tương tự trường hợp một dây chống sét.
- ✓ Không gian giữa hai dây chống sét, phạm vi bảo vệ có dạng mặt trụ tròn có mặt cắt đứng đi qua vị trí treo hai dây chống sét.

- $a < 4h$: bảo vệ tới điểm $h_0 = h - \frac{a}{4}$

- ✓ Phạm vi bảo vệ biểu hiện góc bảo vệ α
 - Góc bảo vệ tới hạn $\alpha_{th} = \arctan(0,6) = 31^\circ$
 - Thực tế $\alpha = 20 \div 25^\circ$



Phạm vi bảo vệ của hai dây thu sét

3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

☐ Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào trạm biến áp

❖ TBA nằm tập trung → thường dùng cột thu sét: cột kim loại dựng cao hơn vật được bảo vệ để thu dẫn dòng sét xuống đất

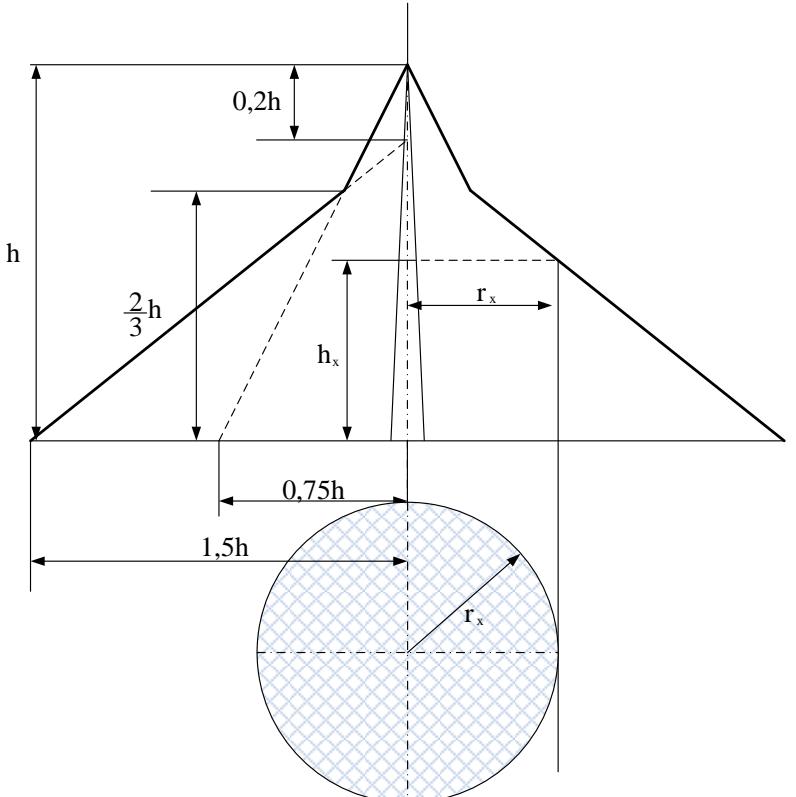
❖ Phạm vi bảo vệ 1 cột thu sét

✓ Mặt nón tròn xoay: $r_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h} \cdot p} (h - h_x)$

- h : Độ cao cột thu sét
- h_x : Độ cao của vật cần được bảo vệ.
- r_x : Bán kính phạm vi bảo vệ ở độ cao h_x
- p : Hệ số.
 - Nếu $h_x \leq 30m$ thì $p = 1$
 - Nếu $h_x > 30m$ thì $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$

✓ Tiện thiết kế, phạm vi bảo vệ đơn giản hóa:

- Nếu $h_x > \frac{2}{3}h$ thì $r_x = 0,75h \cdot p \left(1 - \frac{h_x}{h}\right)$
- Nếu $h_x \leq \frac{2}{3}h$ thì $r_x = 1,5h \cdot p \left(1 - \frac{h_x}{0,8h}\right)$



Phạm vi bảo vệ của một cột thu sét

3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào trạm biến áp

Phạm vi bảo vệ nhiều cột thu sét

$$\diamond a < 7h : h_0 = h - \frac{a}{7}, r_{0x} = 2r_x \frac{7h_a - a}{14h_a - a}; h_a = h - h_x$$

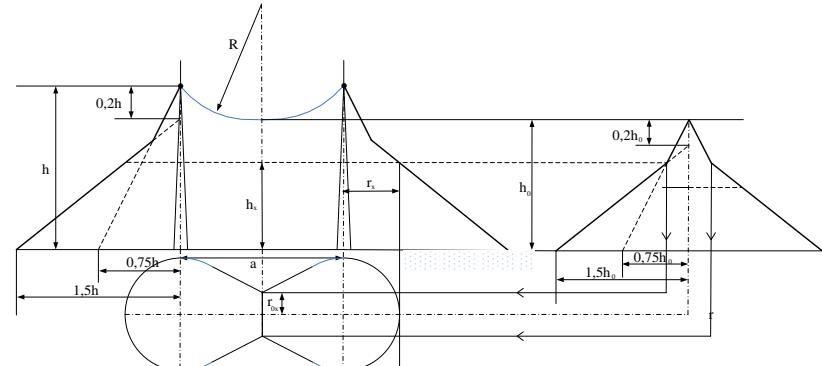
- Phần phạm vi bảo vệ hẹp nhất $2.r_o$ suy ra từ phạm vi bảo vệ của cột thu sét giả tưởng có chiều cao h_0 dạng tương tự phạm vi bảo vệ của 1 cột
- Phần ngoài khoảng hai cột phạm vi bảo vệ tương tự phạm vi bảo vệ 1 cột

❖ Hai cột khác độ cao: trụ tròn đi qua 2,3

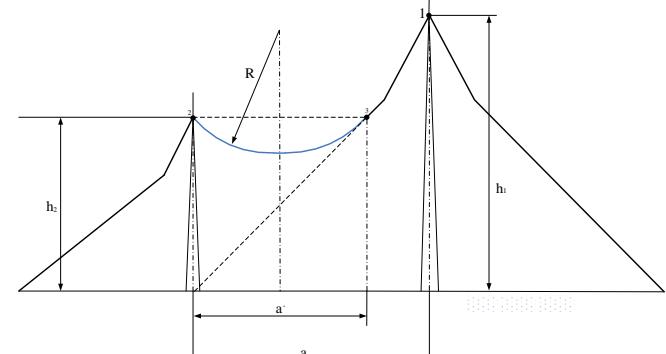
❖ Ba cột thu sét bảo vệ được độ cao h_x

- $D < 8(h - h_x) = 8h_a$ với $h \leq 30m$
- $D \leq 8(h - h_x).p = 8h_a.p$ với $h > 30m$

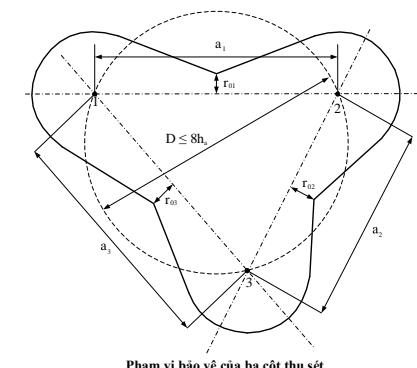
D là đường kính vòng tròn ngoại tiếp đa giác tạo bởi các vị trí đặt cột thu sét
 h_a : Chiều cao hiệu dụng cột thu sét.



a) Phạm vi bảo vệ của hai cột cùng độ cao



b) Phạm vi bảo vệ của hai cột có chiều cao khác nhau



Phạm vi bảo vệ của ba cột thu sét

3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

Bảo vệ chống sét truyền từ đường dây vào trạm

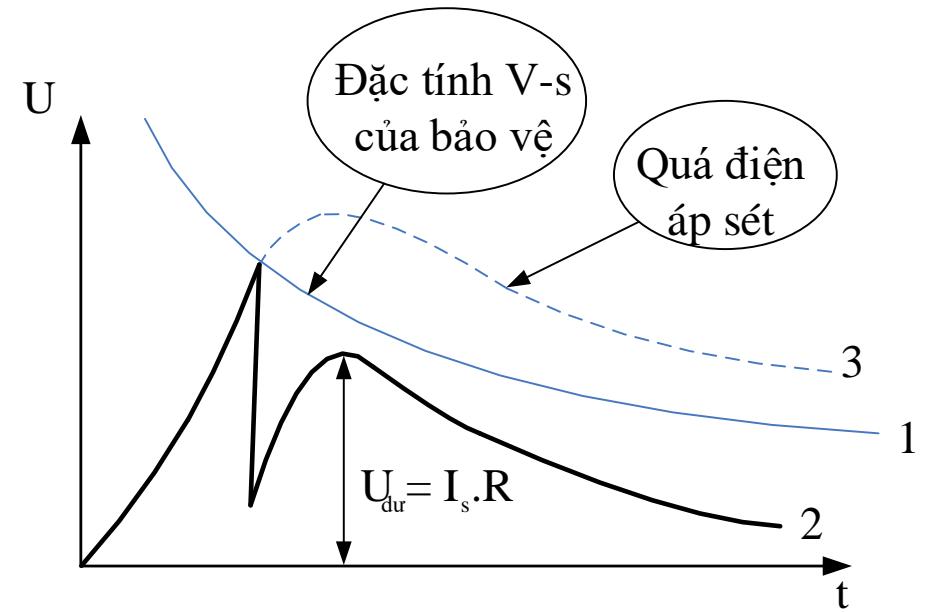
- ❖ *Hiện tượng lan truyền:* Sét đánh trực tiếp vào đường dây hay do cảm ứng khi sét đánh gần đường dây → Lan truyền quá điện áp từ nơi bị sét đánh dọc theo đường dây đến TBA.
 - ✓ *Choc thủng:* quá điện áp lớn gây phóng điện choc thủng cách điện thiết bị.
 - ✓ *Dao động:* độ dốc đầu sóng lớn sẽ tạo ra dao động điện áp lớn trong mạch L- giữa điện cảm của dây dẫn với điện dung cách điện của thiết bị → quá điện áp lớn đặt trên thiết bị điện
- ❖ *Thiết bị chống sét:* để giảm quá điện áp đặt lên thiết bị tới trị số an toàn đối với cách điện của thiết bị
- ❖ *Nguyên lý chống sét:* Thiết bị chống sét phóng điện tản dòng điện sét xuống đất, đồng thời cũng tạo nên ngắn mạch chạm đất
 - ✓ Khi hết quá điện áp, phải nhanh chóng dập hồ quang của ngắn mạch chạm đất trước khi các bảo vệ trong hệ thống điện tác động
 - ✓ Phóng điện hết, điện áp dư trên chống sét là điện áp giáng trên nổi đất

3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

❑ Bảo vệ chống sét truyền từ đường dây vào trạm

❖ Khe hở phóng điện

- ✓ Cấu tạo: thiết bị đơn giản nhất gồm 2 điện cực, một nối với mạch điện, một nối đất.
 - Bình thường: cách ly những phần tử mang điện với đất.
 - Khi sóng quá điện áp chạy qua chỗ đặt khe hở, nó sẽ phóng điện và truyền xuống đất.
- ✓ **Ưu:** đơn giản, rẻ tiền.
- ✓ **Nhược:** không dập ngay được hồ quang nên thiết bị bảo vệ rơ le có thể tác động cắt mạch điện.
- ✓ **Ứng dụng:** làm bảo vệ phụ hoặc 1 bộ phận trong các loại chống sét khác.



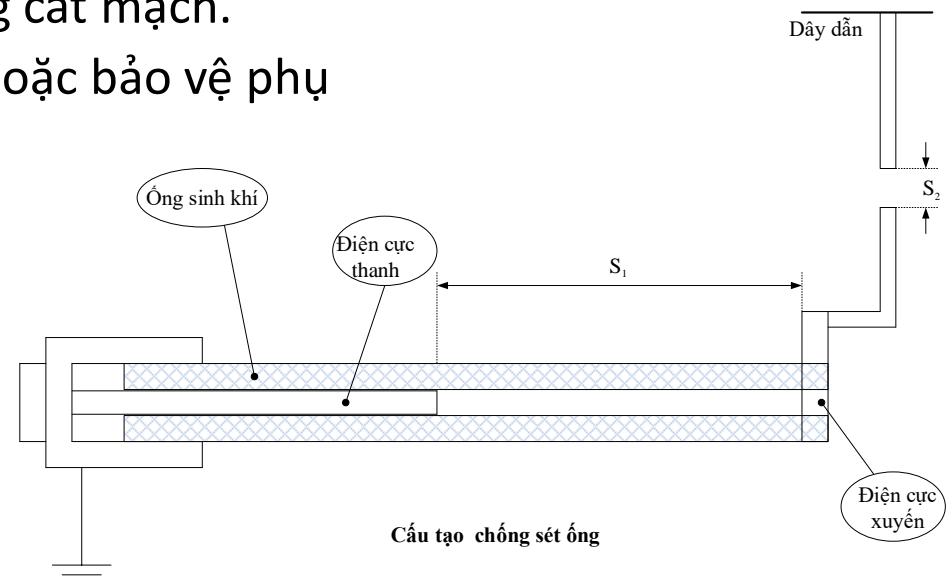
Tác dụng bảo vệ của khe sét và chống sét ống

3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

❑ Bảo vệ chống sét truyền từ đường dây vào trạm

❖ Chống sét ống – CSO:

- ✓ Hai khe phóng điện S_1 và S_2 .
 - S_1 được đặt trong ống làm bằng vật liệu sinh khí. Trong khe hở S_1 , hồ quang đốt nóng chất sinh khí sinh ra nhiều khí. Áp lực khí tăng cao tới hàng chục ata sẽ thổi tắt hồ quang.
- ✓ Chỉ dập được các dòng hồ quang điện có trị số nhỏ, nếu dòng lớn, gây ngắn mạch tạm thời làm bảo vệ rơ le tác động cắt mạch.
- ✓ Bảo vệ các đường dây không treo dây chống sét hoặc bảo vệ phụ trong sơ đồ bảo vệ chống sét các trạm biến áp.



3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

❑ Bảo vệ chống sét truyền từ đường dây vào trạm

❖ Chống sét van – CSV:

- ✓ Hai phần tử chính là khe hở phóng điện và điện trở làm việc phi tuyến
 - Khe hở phóng điện có dạng chuỗi các khe hở nối tiếp nhau vừa có tác dụng phóng điện, vừa dập hồ quang
 - Điện trở phi tuyến:
 - Có trị số rất lớn ở điện áp vận hành bình thường
 - Giảm đến trị số rất nhỏ khi có quá điện áp sét

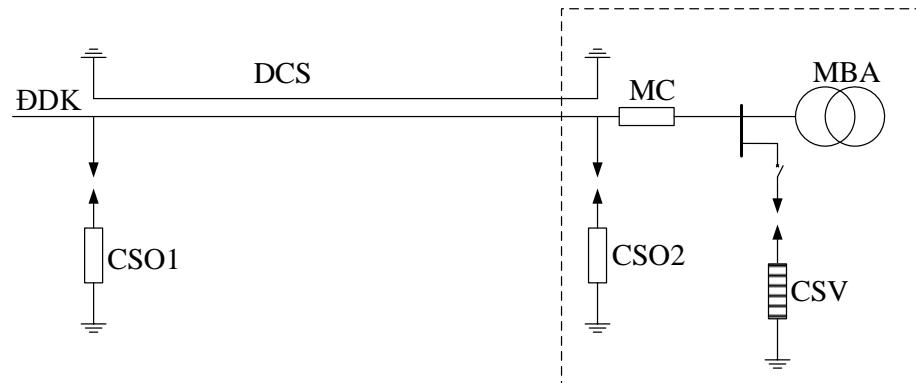
→ Dòng điện sét được tản nhanh trong đất dễ dàng, tạo điện áp dư nhỏ và ổn định khi tản dòng điện sét đồng thời hạn chế được dòng điện ngắn mạch sau đó.

3. Bảo vệ chống sét cho trạm biến áp

❑ Bảo vệ chống sét truyền từ đường dây vào trạm

❖ Sơ đồ nguyên lý bảo vệ trạm biến áp:

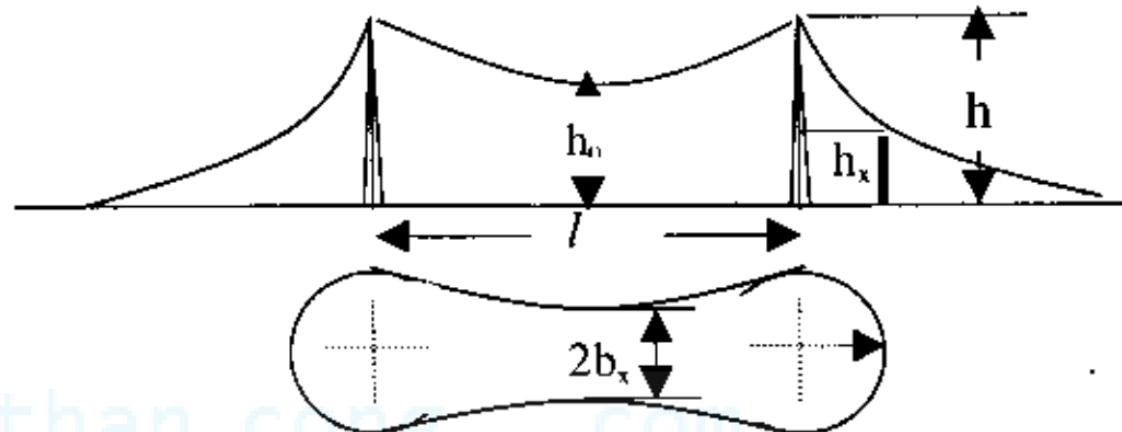
- ✓ Nếu Đz có DCS → không cần CSO
- ✓ Nếu Đz không DCS → treo DCS đoạn gần vào trạm (1÷2)km và đặt CSO ở đầu đường dây.
 - CSO1 cắt giảm biên độ sóng đến mức cách điện của đường dây
 - CSO2 dùng để bảo vệ máy cắt MC khi ở trạng thái mở vì hiện tượng phản xạ của sóng sét tại **nơi hở mạch** có thể làm điện áp đặt vào cách điện máy cắt tăng cao
- ✓ CSV giảm biên độ sóng sét đến điện áp dư thấp hơn mức cách điện của các thiết bị trong trạm.
- ✓ Trạm 3÷10kV
 - Không DCS ở đoạn gần trạm
 - Đặt CSO cách trạm 200m,
 - Đặt CSV trên thanh cái hay sát MBA



Sơ đồ bảo vệ chống sét truyền vào trạm 35÷kV

Bài tập tự luyện

Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao $h = 27,4$ m, bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 18,25$ m. Khoảng cách giữa 2 cột thu lôi là $l = 38,25$ m.



Vùng bảo vệ cho cột chống sét kép trong đề bài

Bài tập tự luyện

Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao $h = 27,4$ m, bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 18,25$ m. Khoảng cách giữa 2 cột thu lôi là $l = 38,25$ m.

Bài giải:

Chiều cao hiệu dụng:

$$h_a = 27,4 - 18,25 = 9,15 \text{ (m)}$$

Bán kính vùng bảo vệ ở độ cao h_x : $r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_a}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 27,4 \cdot 9,15}{27,4 + 18,25} = 8,79 \text{ (m)}$

Bề ngang hẹp nhất của vùng bảo vệ xác định theo biểu thức:

$$2b_x = \frac{7 \cdot h_a - 1}{14 \cdot h_a - 1} \cdot 4 \cdot r_x = \frac{(7 \cdot 9,15 - 38,25)}{14 \cdot 9,15 - 38,25} \cdot 4 \cdot 8,79 = 10,09 \text{ (m)}$$

Ta có, chiều cao: $h_0 = h - \frac{l}{7} = 27,4 - \frac{38,25}{7} = 21,94 \text{ (m)}$

THE END!

Q&A





SEE
School of Electrical Engineering

TOORELAB
Toward 100% Renewable Energy



CHƯƠNG 10: AN TOÀN ĐIỆN TRONG CUNG CẤP ĐIỆN

Tiến sĩ Nguyễn Đức Tuyên

Chương 10: An toàn điện trong cung cấp điện

§10.1. KHÁI NIỆM CHUNG

§10.2. PHÂN TÍCH AN TOÀN ĐIỆN KHI TIẾP XÚC TRỰC TIẾP

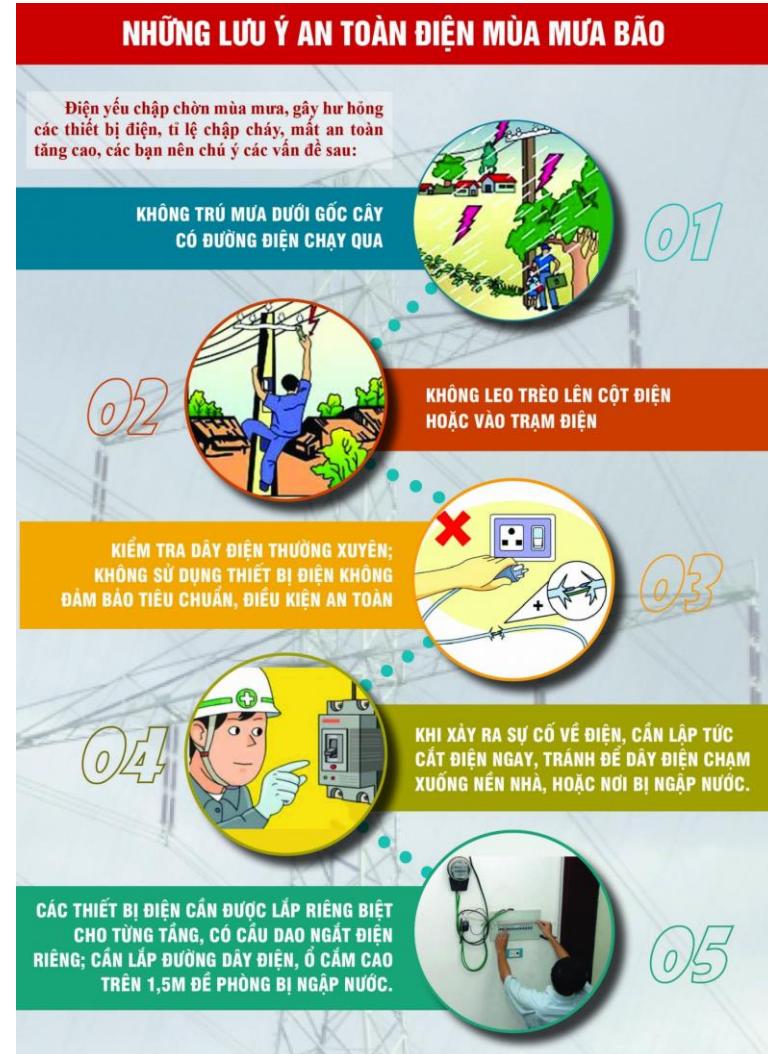
- 10.2.1. Tác dụng của dòng điện đối với cơ thể con người
- 10.2.2. Điện trở của cơ thể người
- 10.2.3. Ảnh hưởng của trị số dòng điện giật
- 10.2.4. Ảnh hưởng của thời gian điện giật
- 10.2.5. Đường đi của dòng điện giật
- 10.2.6. Ảnh hưởng của tần số dòng điện giật
- 10.2.7. Điện áp cho phép

§10.3. PHÂN TÍCH AN TOÀN ĐIỆN KHI TIẾP XÚC GIÁN TIẾP

- 10.3.1. Hiện tượng dòng điện đi trong đất
- 10.3.2. Điện áp tiếp xúc
- 10.3.3. Điện áp bước

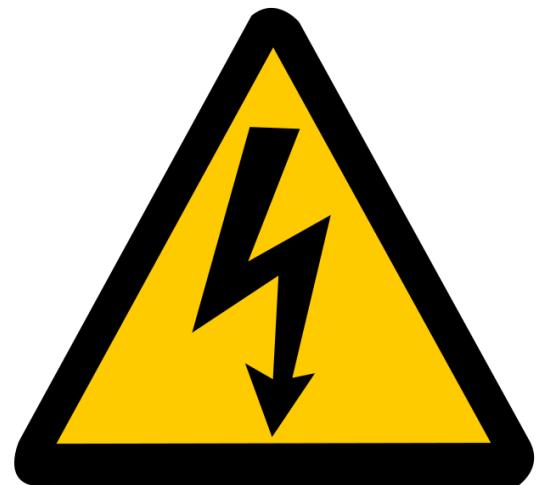
§10.4. CÁC BIỆN PHÁP BẢO ĐẢM AN TOÀN ĐIỆN

- 10.4.1. Bảo vệ nối đất
- 10.4.2. Bảo vệ nối dây trung tính
- 10.4.3. Các phương tiện, dụng cụ bảo vệ cho cá nhân, tổ chức vận hành



1. Khái niệm về an toàn điện

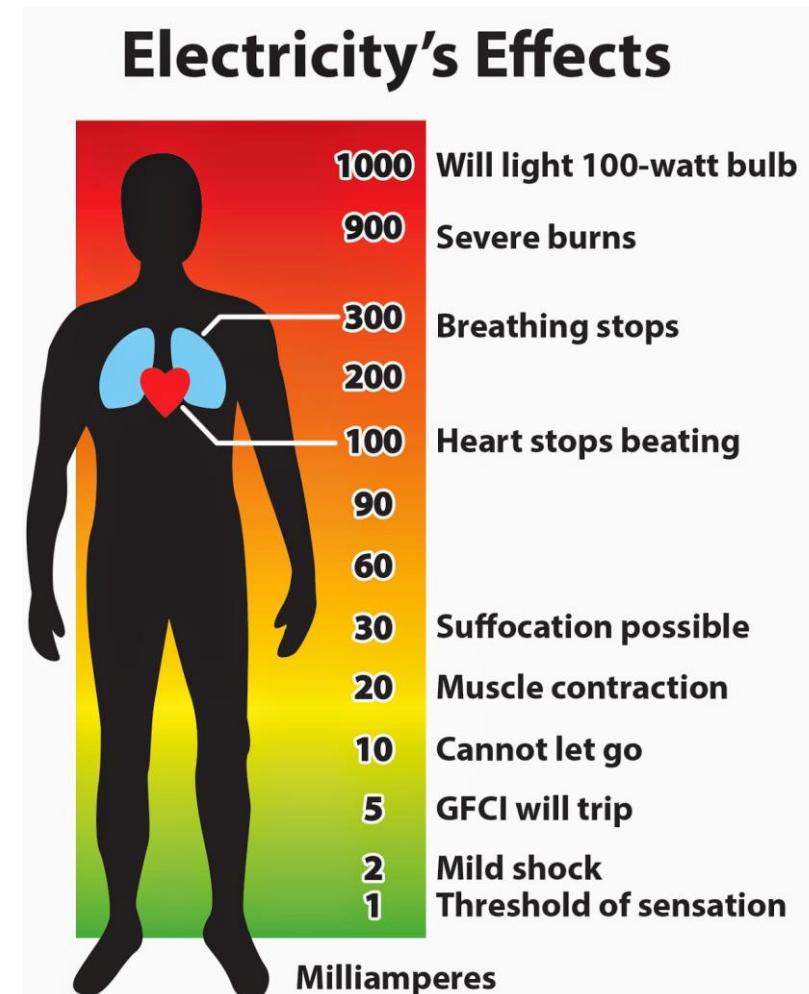
- ❖ Tác hại về sinh lý với cơ thể → Cần cung cấp điện an toàn
- ❖ Tai nạn: 70% hạ áp, 20% mạng trung cao áp; 40% ngành điện
- ❖ Nguyên nhân:
 - ✓ Trực tiếp chạm phần có điện 50% (không do yêu cầu 30%, do yêu cầu 1%, đóng nhầm điện 20%)
 - ✓ Chạm vào bộ phận bằng kim loại có điện áp: 22,8% (không nối đất 22,2%, có nối đất 0.6%)
 - ✓ Chạm vào bộ phận không phải kim loại có mang điện áp (tường, nền nhà, ...): hơn 20%
 - ✓ Bị chấn thường do hồ quang lúc thao tác thiết bị điện: hơn 1%
 - ✓ Bị chấn thương do cường độ điện trường cao ở môi trường hay trạm biến áp siêu cao: 0.08%



2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

☐ Tác dụng dòng điện với cơ thể con người

- ❖ Hậu quả tùy thuộc trị số và đường đi dòng điện, thời gian, tình trạng sức khỏe
- ❖ Gây phản ứng sinh lý phức tạp: tê liệt cơ thịt, sưng màng phổi, hủy hoại cơ quan hô hấp, hệ thần kinh, tuần hoàn máu.
- ❖ Các loại tổn thương:
 - ✓ Do chạm phải vật dẫn có mang điện áp
 - ✓ Do chạm vào vật kim loại mang điện áp do hỏng cách điện
 - ✓ Do điện áp bước xuất hiện chấn hưng hỏng cách điện hay chấn dòng điện đi vào đất.
- ❖ Dòng điện lớn hơn 100mA có thể gây chết người
 - ✓ Một số trường hợp chỉ 5-10mA cũng có thể gây chết người tùy điều kiện nơi xảy ra tại nạn và trạng thái sức khỏe.



2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

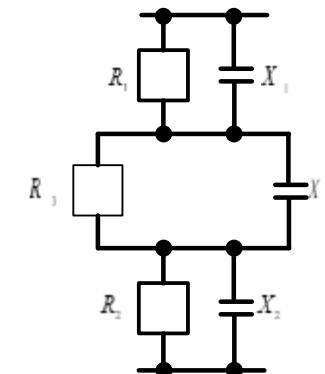
Điện trở của cơ thể người

- ❖ Da là phần thân thể có lớp sừng có điện trở lớn nhất
- ❖ Điện trở người: $600\Omega \div$ vài chục k Ω (trạng thái sức khỏe, môi trường xung quanh, điều kiện tổn thương).

- ✓ Điện trở người hạ thấp lúc da bị ẩm, thời gian tác dụng tăng lên, điện áp tăng
- ✓ Thân người ấn mạnh vào điện cực thì điện trở da thấp đi
- ✓ $50 \div 60V$: điện trở da tỷ lệ nghịch với điện áp tiếp xúc
- ✓ Dòng điện đi qua, điện trở thân người giảm do da bị đốt nóng, mồ hôi toát ra: $0,1mA \rightarrow R_{ng} = 500.000\Omega$, $10mA \rightarrow R_{ng} = 8000\Omega$

Sơ đồ thay thế điện trở người

- ✓ R_1, X_1 điện trở tác dụng, phản kháng da phía dòng điện vào
- ✓ R_2, X_2 điện trở tác dụng, phản kháng da phía dòng điện ra
- ✓ R_3, X_3 điện trở tác dụng và phản kháng của cơ quan bên trong thân người



Điện trở thân người

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

Ảnh hưởng của trị số dòng điện giật

❖ Hiện nay quy định với dòng xoay chiều $50\div60\text{Hz}$ trị số dòng điện cho phép dưới 10mA , với dòng một chiều là 50mA .

Dòng điện (mA)	Dòng AC $50\div60\text{Hz}$	Dòng DC
$0,6\div1,5$	Bắt đầu tê ngón tay	Không có cảm giác
$2\div3$	Tê rất mạnh	Không có cảm giác
$3\div7$	Bắp thịt co lại và rung	Đau như kim châm, thấy nóng
$8\div10$	Tay dính vào dây điện nhưng vẫn rời được Ngón tay, khớp tay, lòng bàn tay đau	Nóng tăng lên
$20\div25$	Tay dính chặt không dời được Dau, khó thở	Nóng càng tăng lên, thịt co quắp nhưng chưa mạnh
$50\div80$	Cơ quan hô hấp tê liệt, tim đập mạnh	Cảm giác nóng mạnh. Bắp thịt ở tay co rút, khó thở
$90\div100$	Cơ quan hô hấp bị tê liệt, kéo dài 3s hoặc hơn tim ngừng đập	Cơ quan hô hấp bị tê liệt.

❖ Dòng điện một chiều, tổng trở người không có điện dung, sự phân cực tăng lên nên điện trở của người lớn hơn và giá trị dòng điện nguy hiểm thường cao hơn với dòng xoay chiều.

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

☐Ảnh hưởng của thời gian điện giật

❖ Thời gian tác động của dòng điện quan trọng và hình thức biểu hiện:

- ✓ Đến điện trở người: thời gian càng lâu, điện trở càng giảm, dòng điện càng lớn, tác hại lớn
- ✓ Đến nhịp đập tim: mỗi chu kỳ co giãn tim kéo dài 1s với 0,4s tim nghỉ làm việc là thời điểm rất nhạy cảm với dòng điện, nếu đủ lâu để dòng điện trùng thời điểm này thì nguy hiểm.

❖ VỚI ĐIỆN ÁP CAO: ít gây tim ngừng đập vì nạn nhân chưa kịp chạm vào vật mang điện thì hồ quang đã phát sinh và dòng điện qua người lớn (vài A) tác động mạnh vào người và gây cho cơ thể một sự phòng thủ mãnh liệt.

- ✓ Chỗ bị đốt sinh ra lớp hữu cơ cách điện của thân người → ngăn cách dòng điện đi qua thân người hiệu quả.

➔ Kết quả hồ quang bị dập tắt ngay (hoặc chuyển sang bộ phận mang điện bên cạnh) ➔ dòng điện tồn tại chỉ vài %.

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

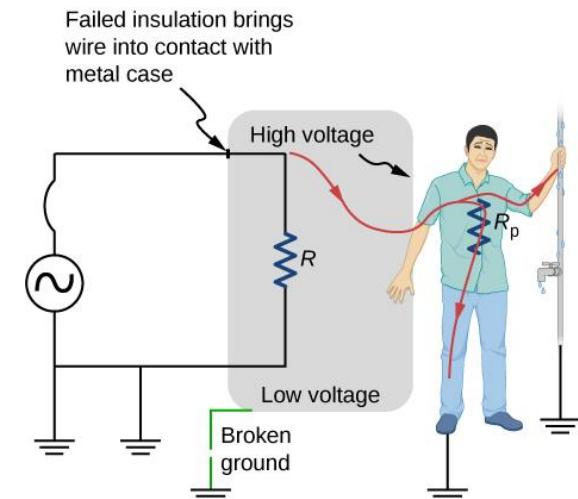
□ Đường đi của dòng điện giật

❖ Đường đi của dòng điện giật có bao nhiêu phần trăm qua cơ quan hô hấp và tim phổi phụ thuộc vào cách tiếp xúc của người với mạch điện. Dòng điện phân bố khá đều trên cơ lồng ngực.

- ✓ Đi từ tay sang tay sẽ có 3,3% dòng điện tổng qua tim
- ✓ Đi từ tay phải sang chân có 6,7% dòng điện tổng qua tim.
- ✓ Đi từ chân sang chân có 0,4% dòng điện tổng qua tim

❖ Ví dụ thử nghiệm điện qua chân chó:

- ✓ 960V trong 12s thì không con nào chết
- ✓ Tăng lên 6000V vẫn không làm chó chết.



(a)

Tuy nhiên, khi điện áp qua chân các bắp thịt và cơ của chân bị co rút lại và ngã xuống, đường đi dòng điện sẽ khác đi.

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

☐Ảnh hưởng của tần số dòng điện giật

- ❖ Tổng trở cơ thể giảm khi tần số tăng lên do điện kháng người gồm điện dung $x = \frac{1}{2\pi f C}$ → dòng điện tăng và nguy hiểm hơn.
- ❖ Thực tế tần số tăng lên mức độ nào đó nguy hiểm lại giảm đi. Do với tần số cao thì đường đi ion ngắn không đủ đập vào màng tế bào gây kích thích hủy hoại tế bào.

Số TT	Tần số (Hz)	Điện áp (V)	Số chó thí nghiệm (con)	Xác xuất chết (%)
1	50	117÷120	15	100
2	100	117÷120	21	45
3	125	100÷121	10	20
4	150	120÷125	10	0

- ❖ 50÷60Hz là nguy hiểm nhất
- ❖ 3000Hz, 10.000Hz không xảy ra điện giật

2. An toàn điện do tiếp xúc trực tiếp

□Điện áp cho phép

- ❖ Dự đoán trị số dòng điện qua người gấp khó khăn do điện trở người tính rất phức tạp
 - ➔ Xác định giới hạn an toàn thường dùng điện áp thay vì dòng điện.
 - Điện áp thuận lợi vì mỗi mạng điện đều có điện áp định mức
 - Tiêu chuẩn mỗi nước khác nhau do khác điều kiện làm việc
- ❖ Ba Lan, Thụy Sĩ, Tiệp Khắc: điện áp cho phép 50V
- ❖ Hà Lan, Thụy Điển, Pháp: điện áp cho phép 24V
- ❖ Liên Xô cũ: điện áp cho phép 65V, 36V, 12V tùy môi trường làm việc.

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

❑ Hiện tượng dòng điện đi trong đất

- ❖ Giả thiết dòng điện chạm đất đi vào đất qua cực kim loại hình bán cầu, dòng điện tản ra từ tâm hình bán cầu theo bán kính.

$$j = \gamma E \text{ hay } E = \rho j$$

✓ γ – điện dẫn suất của đất; ρ – điện trở suất của đất, j – mật độ dòng điện, E – điện áp trên một đơn vị chiều dài dọc theo đường đi của dòng điện (cường độ điện trường trong đất)

- ❖ Mật độ dòng điện tại điểm cách tâm bán cầu x :

$$j = \frac{I_d}{2\pi x^2}, I_d \text{ – dòng điện chạm đất}$$

- ❖ Điện áp trên du dọc đường đi của dòng điện:

$$du = Edx = j\rho dx = \frac{I_d}{2\pi x^2} \rho dx$$

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

❑ Hiện tượng dòng điện đi trong đất (tiếp)

❖ Điện áp một điểm A bất kỳ = hiệu số điện áp giữa điểm A và điểm vô cùng xa: $U_A = \frac{I_d}{2\pi x} \rho$

❖ Dịch chuyển điểm A đến gần mặt của vật nối đất có điện áp cao nhất đối với đất: $U_d = \frac{\rho I_d}{2\pi x_d}$

- x_d : bán kính của vật nối đất hình bán cầu.

$$\rightarrow \frac{U_A}{U_d} = \frac{x_d}{x_A} \rightarrow U_A = U_d \frac{x_d}{x_A} = K \frac{1}{x_A}$$

❖ Sự phân bố điện áp trong vùng dòng điện rò trong đất với điểm xa vô cùng ngoài vùng dòng điện rò có dạng đường hyperbol. Đường phân bố điện áp này gọi là đường thế hiệu.

3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

□ Hiện tượng dòng điện đi trong đất (tiếp)

❖ Điện trở của vật nối đất: $R_{\text{đ}} = \frac{U_{\text{đ}}}{I_{\text{đ}}}$

❖ Ví dụ:

- ✓ Mạng điện ba pha trung tính trực tiếp nối đất qua điện trở r_0
- ✓ Điện trở tản của dòng điện tại chỗ chạm đất $r_{phđ}$ (tỷ số giữa điện áp xuất hiện trên vật nối đất hay dây dẫn chạm đất với dòng điện rò đi qua nó) :

➔ Xác định điện áp đối với đất khi có một pha chạm đất:

- ✓ Điện áp pha A với đối với đất: $U_A = I_{\text{đ}}r_{phđ}$
- ✓ Điện áp của dây trung tính với đất: $U_0 = I_{\text{đ}}r_0$
- ✓ Nếu tiến hành đo trực tiếp $U_A, U_0, I_{\text{đ}}$ thì $r_{phđ} = \frac{U_A}{I_{\text{đ}}}; r_0 = \frac{U_0}{I_{\text{đ}}}$



3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

Điện áp tiếp xúc

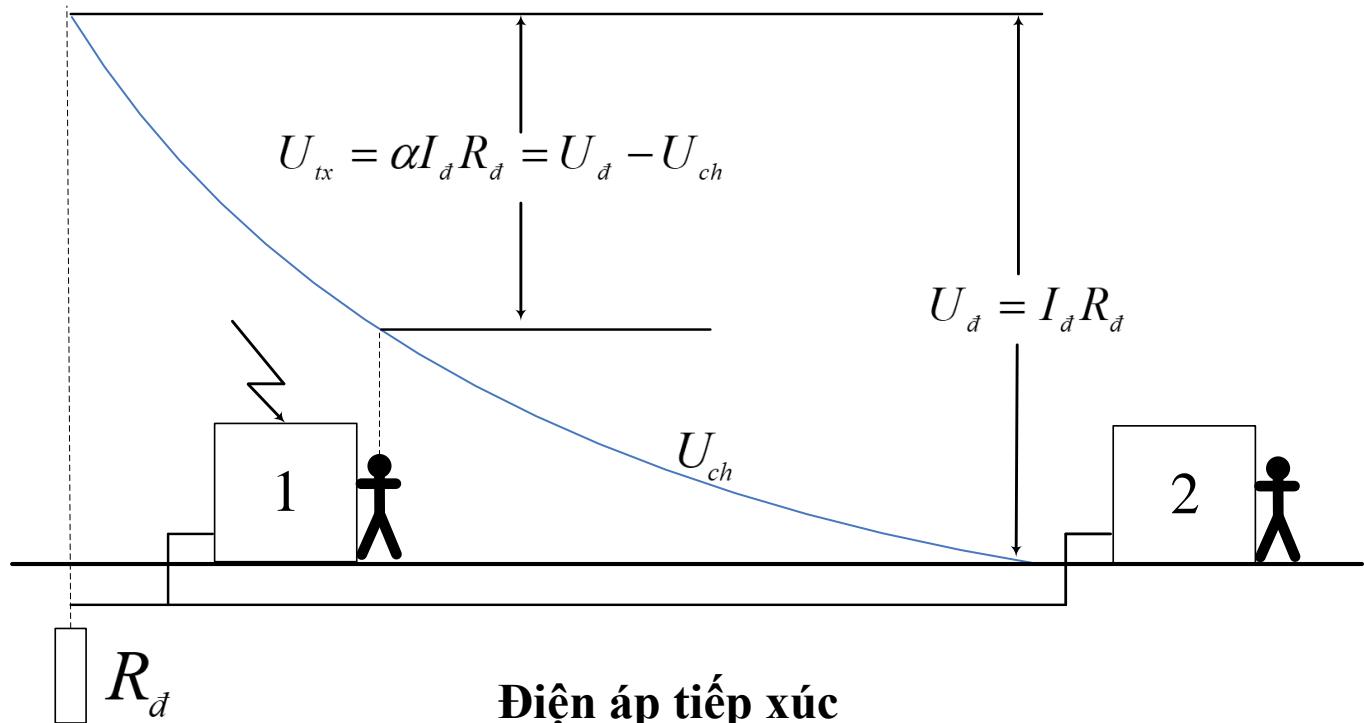
- Điện áp tiếp xúc U_{tx} : phần điện áp đặt vào thân người
- R_d : điện trở vật nối đất cho vỏ hai động cơ
- Vỏ thiết bị 1 bị chọc thủng cách điện 1 pha.

$$U_{tx} = U_d - U_{ch}$$

$$> 20m: U_{tx} = U_d$$

$$U_{tx} = \alpha U_d$$

α - hệ số tiếp xúc ($\alpha < 1$)



3. An toàn điện do tiếp xúc gián tiếp

Điện áp bước

- ❖ Điện áp đối với đất ở chỗ trực tiếp chạm đất: $U_d = I_d r_d$
- ❖ Những vòng tròn đồng tâm mà tâm điểm là chỗ chạm đất sẽ là vòng tròn đẳng thế. $U_b = 0$ nếu chân đặt trên vòng tròn đẳng thế
- ❖ Điện áp giữa hai chân do dòng chạm đất tạo → điện áp bước U_b .

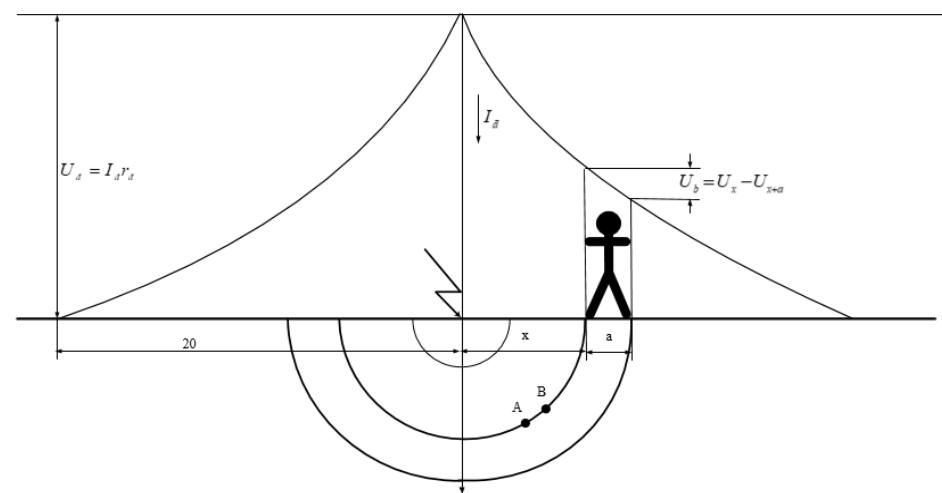
$$U_b = U_x - U_{x+a} = \frac{I_d \rho}{2\pi x} \frac{a}{x+a}$$

- ❖ Ví dụ: $x=2200$ cm, $I_d=1000A$, $\rho = 10^4 \Omega \cdot cm$

$$U_b = \frac{1000}{2\pi 2200} \frac{80 \cdot 10^4}{2280} = 25,4V$$

- ❖ Càng xa, U_b càng bé
- ❖ Sự phụ thuộc khoảng cách U_b trái ngược U_{tx}
 - Cốm đến gần 4÷5m trong nhà,
8÷10m ngoài trời tới chỗ chạm đất

- a độ dài của bước chân (0,4÷0,8m)
- x – khoảng cách đến chỗ chạm đất.



4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Yêu cầu bảo vệ nối đất

Hệ thống điện phải có các biện pháp an toàn chống điện giật do:

- ❖ Hệ thống điện phân bố trên diện tích rộng và thường xuyên có người làm việc trên các thiết bị điện
- ❖ Cách điện thiết bị điện bị chọc thủng, sét đánh trực tiếp hay gián tiếp gây nguy hiểm cho người và thiết bị

Các biện pháp:

- ❖ Nối đất thiết bị điện
- ❖ Tác dụng của nối đất: *Tản dòng điện và giữ mức điện thế thấp* trên các vật được nối đất khi xảy ra quá điện áp trên thiết bị điện

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Các loại nối đất

❖ Theo chức năng

- ✓ Nối đất làm việc: đảm bảo thiết bị làm việc bình thường (Trung tính MBA, MBA đo lường, Kháng điện bù ngang...)
- ✓ Nối đất an toàn: đảm bảo an toàn khi cách điện hư hỏng (vỏ thiết bị, giá đỡ, chân sú...). Điện thế luôn thấp khi hư hỏng
- ✓ Nối đất chống sét: tản dòng sét (sét cột thu sét, dây chống sét) để điện thế than cột không quá lớn gây phóng điện ngược.

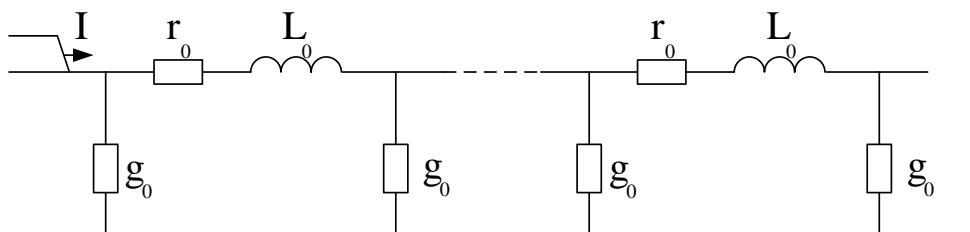
❖ Theo thiết bị nối đất

- ✓ Nối đất tự nhiên: sử dụng ngay các bộ phận kim loại công trình làm thiết bị nối đất (ống nước, khung sắt bê tông)
- ✓ Nối đất nhân tạo: sử dụng các điện cực đảm bảo yêu cầu về điện trở nối đất

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Sơ đồ thay thế nối đất

- ❖ Lưới 1c, xoay chiều, ảnh hưởng L không đáng kể, chỉ xét điện trở tản R
- ❖ Với dòng biến thiên tốc độ cao (dòng sét)
 - ✓ $\tau_{ds} \approx T$ (nối đất có điện cực dài) \rightarrow xét L \rightarrow xét tổng trở Z
 - ✓ $\tau_{ds} \gg T$ (nối đất có điện cực ngắn) \rightarrow quá độ kết thúc khi xét \rightarrow Xét R



Sơ đồ thay thế của nối đất

- r và L : điện trở tác dụng và điện cảm của điện cực nối đất
- $g = \frac{1}{R}$: điện dẫn tản của môi trường xung quanh điện cực
- $r \ll L, g \rightarrow$ thường bỏ qua
- L chỉ tác dụng trong thời gian quá độ $T = \frac{L}{R} = L_0 g_0 l^2$
- l : Chiều dài điện cực. $L=L_0 \cdot l$; $R = \frac{1}{g_0 \cdot l}$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất

- ❖ Xét điện cực hình bán cầu
- ❖ Dòng điện / tạo điện áp giáng $U_d = I \cdot R$ trên bộ nối đất
- ❖ Dòng điện / tản trong đất tạo nên các mặt đẳng thế bán cầu
- ❖ Trị số điện trở tản lớp đất giới hạn bởi mặt đẳng thế r và $r+dr$

$$dR = \frac{\rho \cdot dr}{2\pi \cdot r^2}$$

- ❖ Điện trở tản của nối đất hình bán cầu bán kính r_o

$$R = \int_{r_o}^{\infty} dR = \int_{r_o}^{\infty} \frac{\rho \cdot dr}{2\pi \cdot r^2} = \frac{\rho}{2\pi r_o}$$

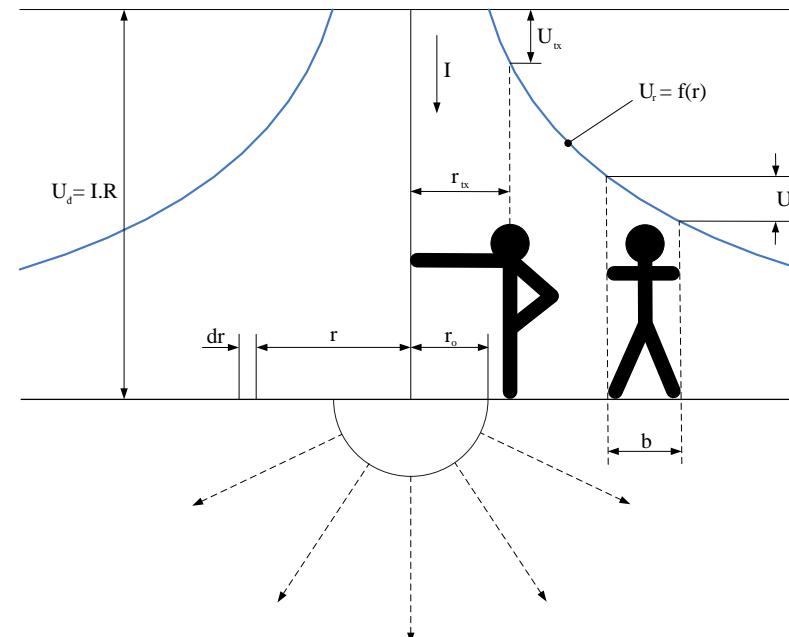
4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

❖ Phân bố điện thế trên mặt đất theo khoảng cách đến vị trí nối đất sẽ: $U_r = f(r) = I \cdot \int_r^{\infty} dR = \frac{I \cdot \rho}{2\pi \cdot r}$

$$\begin{aligned} \bullet U_{tx} &= I \cdot \int_{r_o}^{r_{tx}} dR = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_o} - \frac{1}{r_{tx}} \right) \\ \bullet U_b &= I \cdot \int_r^{r+b} dR = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+b} \right) \end{aligned}$$

- Nếu trị số điện trở tản tính chưa đạt được trị số yêu cầu thì phải dùng hình thức nối đất tổ hợp gồm nhiều điện cực.
- Tuy nhiên, khi có nhiều điện cực đặt gần nhau thì hiệu quả tản dòng điện trong đất của điện trở giảm đi do *hiệu ứng màn chấn*.



Phân bố điện thế trên mặt đất khi có dòng điện qua nối đất

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

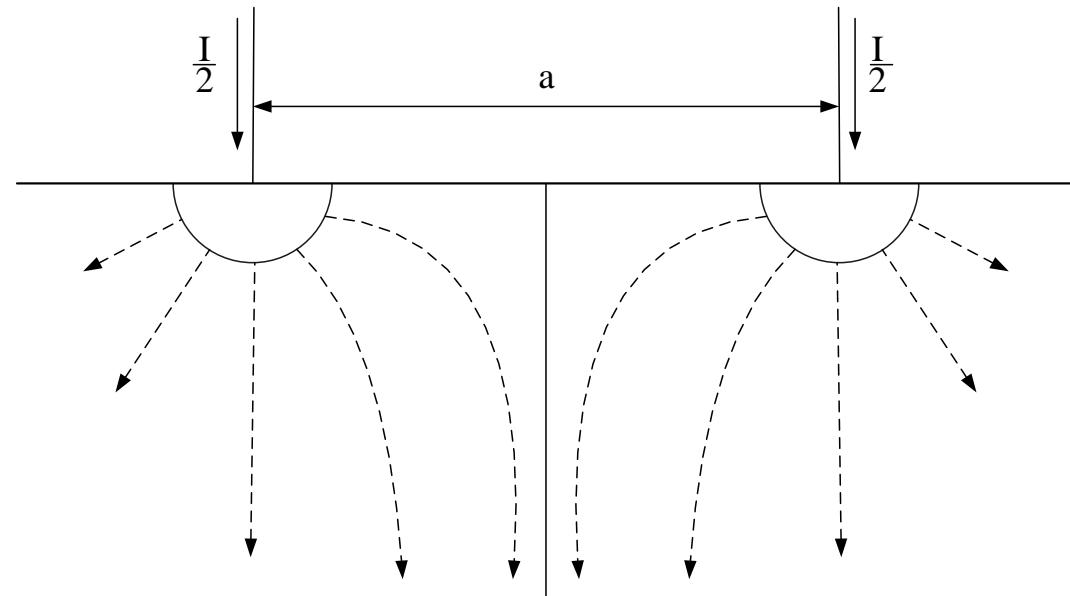
❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

❖ Điện trở tản khi 2 điện cực cạnh nhau: $R_{ht} = \frac{U}{I} = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{a} \right)$

❖ Hệ số sử dụng của điện cực nối đất: $\eta = \frac{\frac{1}{2}R}{R_{ht}} = \frac{1}{1 + \frac{r_0}{a}}$

❖ Hệ thống nối đất thường gồm nhiều cọc được liên kết với nhau bởi thanh dạng hình tia hoặc mạch vòng: $R_{ht} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + R_t \cdot n \cdot \eta_c}$

Trong đó, R_c : Điện trở tản của cọc.

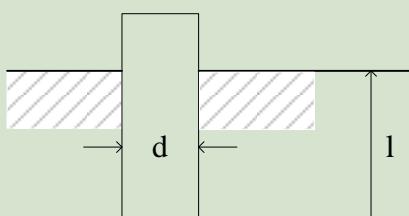
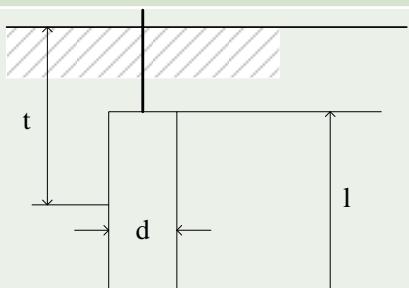


Ảnh hưởng lẫn nhau giữa các điện cực nối đất

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

☐ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

- Công thức tính điện trở tản nối đất của cọc

Hình thức nối đất	Sơ đồ nối đất	Công thức tính điện trở tản(Ω)
Cọc chôn nổi		$R_c = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln\left(\frac{4l}{d}\right)$
Cọc chôn sâu dưới mặt đất		$R_c = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right)$

Khi dùng cọc dạng sắt góc, trị số d được thay bằng $0,95b$ (b : Chiều rộng của sắt góc)

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Xác định trị số điện trở tản xoay chiều của nối đất (tiếp)

❖ Công thức tính điện trở nối đất của cọc

- ✓ R_t : Điện trở tản của mạch liên kết các cọc (tia hoặc mạch vòng): $R_t = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{L^2}{d \cdot t}\right)$
- ✓ L : chiều dài tia hoặc mạch vòng. Ngoài ra, nếu thanh là thép dẹt thì thay $d = \frac{b}{2}$ với b là chiều rộng của thép dẹt.
- ✓ n : Số cọc
- ✓ η_c : Hiệu suất sử dụng của cọc
- ✓ η_t : Hiệu suất sử dụng của tia hoặc mạch vòng
- ✓ η_c, η_t tra trong sổ tay kỹ thuật phụ thuộc số cọc trong mạch vòng hoặc tia nối đất và tỷ số $\frac{a}{l}$ (trong đó a là khoảng cách giữa các cọc và l là chiều dài cọc).

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Yêu cầu điện trở bộ nối đất:

✓ Càng bé tản dòng càng tốt, giữ điện thế thấp cho vật nối đất

✓ Càng bé càng tốn kim loại và tốn công xử lý vùng đất

✓ Quy định hiện hành:

- >1kV có dòng NM lớn (TT nối đất trực tiếp): $R_{nd} \leq 0,5 [\Omega]$

- >1kV có dòng NM bé (TT cách điện):

- Phần nối đất chỉ dùng cho thiết bị >1kV: $R_{nd} \leq \frac{250}{I} [\Omega]$

- Phần nối đất dùng chung cả >1kV & <1kV: $R_{nd} \leq \frac{125}{I} [\Omega] (<10 \Omega)$

- <1kV, TT cách ly: $R_{nd} \leq 4 [\Omega]$.

- Thiết bị nhỏ ($\leq 100kVA$): $R_{nd} \leq 10 [\Omega]$

- Nối đất lặp lại 380/220V: $R_{nd} \leq 10 [\Omega]$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Trình tự tính toán thiết kế nối đất:

- ✓ Bước 1: Xác định R_{nd} cho phép.
- ✓ Bước 2: Xác định R_{tn} (nếu có)
 - $R_{tn} < R_{nd}$: không cần thực hiện nối đất nhân tạo
 - $R_{tn} > R_{nd}$: Phải thực hiện để tìm: $\frac{1}{R_{nt}} = \frac{1}{R_{nd}} - \frac{1}{R_{tn}}$
- ✓ Bước 3: Tìm điện trở xuất tính toán của đất $\rho_{tt} = \rho \cdot k$
 - ρ : Trị số điện trở suất trung bình của đất
 - k : Hệ số nâng cao điện trở suất của đất đối với các môi trường có độ ẩm khác nhau.
 - ρ và k được tra trong các sổ tay ứng với môi trường đang tính toán nối đất.

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Trình tự tính toán thiết kế nối đất: (tiếp)

✓ Bước 4: Chọn chiều dài cọc nối đất, thường $l = (2 \div 3)m$

- Xác định điện trở nối đất cọc R_c theo bảng Slide 22

✓ Bước 5: Xác định số cọc: $n = \frac{R_c}{\eta_c \cdot R_{nt}}$

- η_c : Hệ số sử dụng của cọc khi không xét đến ảnh hưởng của thanh, được tra trong sổ tay.
- n phải lớn hơn 2.
- η_c tra trong sổ tay cũng lại phụ thuộc số cọc n và sơ đồ thanh ngang (tia hay mạch vòng) → rò từng cặp n và η_c đến khi nào gần thỏa mãn công thức trên. Từ n và η_c cũng suy ra tỷ số $\frac{a}{l}$ và xác định khoảng cách giữa các cọc a .

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

❖ Trình tự tính toán thiết kế nối đất (tiếp):

✓ Bước 6: Thiết kế sơ đồ nối đất

- Từ $\frac{a}{l}$, a, chọn sơ đồ nối đất (tia hay vòng)

- Xác định điện trở tản: $R'_t = \frac{R_t}{\eta_t}$

- R_t : Điện trở tản của thanh (mạch tia hay vòng)

- η_t : Hệ số sử dụng của thanh tra trong sổ tay phụ thuộc dạng sơ đồ (tia hay vòng), tỷ số $\frac{a}{l}$ và số cọc n.

✓ Bước 7: Xác định điện trở cọc $R'_c = \frac{R'_t \cdot R_{nt}}{R'_t - R_{nt}}$

✓ Bước 8: Xác định lại số cọc $n' = \frac{R'_c}{\eta_c \cdot R_c}$

✓ Bước 9: Kiểm tra lại điện trở nối đất nhân tạo có thỏa mãn yêu cầu hay không

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 1: Hệ thống nối đất dùng chung cho cả cao và hạ áp

- Mạng 10kV Trung tính cách điện: $R_{nd} = \frac{125}{15} = 8,33 [\Omega]$
- Theo quy phạm, với hạ áp: $R_d \leq 4 [\Omega] \rightarrow R_d = 4 [\Omega]$.

❖ Bước 2: $R_{tn} = 11\Omega > R_{nd} = 4 [\Omega] \rightarrow R_{nt} = \frac{R_{tn} \cdot R_{nd}}{R_{tn} - R_{nd}} = \frac{11 \cdot 4}{11 - 4} = 6,28 [\Omega]$

- Vùng đất sét: $\rho = 70 [\Omega \cdot m]$.

❖ Bước 3: Giả thiết hệ thống nối đất: cọc dài 2÷3m, sâu 0,5m và thanh nằm ngang sâu 0,8m \rightarrow Tra sổ tay, hệ số tăng cao của cọc là 1,5 và của thanh là 2,2. $\rightarrow \rho_{tt.c} = 70 \cdot 1,5 = 105 [\Omega \cdot m]$, $\rho_{tt.t} = 70 \cdot 2,2 = 154 [\Omega \cdot m]$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

- ❖ Bước 4: Chọn cọc dạng ống ($l = 2m$, $d = 20mm$, sâu $0,7m$ ($t=1,7m$)).

$$R_c = \frac{\rho_{tt.c}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{105}{2 \cdot \pi \cdot 2} \left(\ln \frac{2.2}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4.1,7+2}{4.1,7-2} \right) = 46,7[\Omega]$$

- ❖ Bước 5: Tra sổ tay: $\eta_c = 0,72$ ứng với sơ đồ nối cọc hình tia và $\frac{a}{l} = 1$ ($a = 2$) sẽ cho $n = \frac{R_c}{\eta_c \cdot R_{nt}} = \frac{46,7}{0,72 \cdot 6,28} = 10,3$. → Sơ bộ chọn số cọc $n = 10$

- ❖ Bước 6: Tìm điện trở tản

- Chọn thanh ngang: thép ống như cọc và được hàn đầu cọc

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

❑ Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 6: (tiếp)

- Với sơ đồ hình tia, $a = 2m$, tổng chiều dài thanh ngang $(10-1).2 = 18m$. Hệ số sử dụng của thanh ứng với sơ đồ hình tia, $n = 10$ và $\frac{a}{l} = 1$ sẽ là $\eta_t = 0,62$.

$$R_t = \frac{\rho_{tt.c}}{2 \cdot \pi \cdot L} \ln \left(\frac{L^2}{d \cdot t} \right) = \frac{154}{2 \cdot \pi \cdot 18} \ln \left(\frac{18^2}{0,02 \cdot 0,7} \right) = 13,68[\Omega]$$
$$R'_t = \frac{R_t}{\eta_t} = \frac{13,68}{0,62} = 22,07[\Omega]$$

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 7: Xác định lại điện trở tản của cọc có xét đến tác dụng của thanh.

$$R'_c = \frac{R'_t \cdot R_{nt}}{R'_t - R_{nt}} = \frac{22,07 \cdot 6,28}{22,07 - 6,28} = 8,77 [\Omega]$$

❖ Bước 8: Xác định chính xác số cọc

$$n' = \frac{R_c}{\eta_c \cdot R'_c} = \frac{46,7}{0,62 \cdot 8,77} = 8,6 \text{ cọc.}$$

Vậy chọn số cọc bằng 9.

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối đất

Tính toán nối đất trong hệ thống cung cấp điện

Ví dụ: Tính toán nối đất cho trạm biến áp phân phối 10/0,4kV. Nền là đất sét. Điện trở nối đất tự nhiên là các ống nước có điện trở tản là 11Ω . Dòng điện ngắn mạch 1 pha phía 10kV là 15A.

❖ Bước 9: Kiểm tra điện trở nối đất nhân tạo

- Xác định lại điện trở tản của thanh ngang ứng với số cọc $n = 9$. Ta có tổng chiều dài thanh ngang $L = (9-1).2 = 16m$.

$$R_t = \frac{\rho_{tt.c}}{\eta_t \cdot 2 \cdot \pi \cdot L} \ln \left(\frac{L^2}{d \cdot t} \right) = \frac{154}{2 \cdot \pi \cdot 16} \ln \left(\frac{16^2}{0,02 \cdot 0,7} \right) = 15,03[\Omega]$$

$$R_{ht} = \frac{R_c \cdot R_t}{R_c \cdot \eta_t + R_t \cdot n \cdot \eta_c} = \frac{46,7 \cdot 15,03}{46,7 \cdot 0,62 + 15,03 \cdot 9 \cdot 0,62} = 6,22[\Omega] < 6,28[\Omega]$$

- Vậy thiết kế nối đất cho trạm đã thỏa mãn yêu cầu

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Bảo vệ nối dây trung tính

- ❖ Bảo vệ nối dây trung tính: thực hiện nối các bộ phận không mang điện áp với dây trung tính, dây trung tính này được nối đất ở nhiều chỗ.
- ❖ Dùng thay cho bảo vệ nối đất trong các mạng điện 4 dây điện áp thấp 380/220V và 220/110V trung tính có nối đất.
- ❖ Thực hiện trong các trường hợp:
 - ✓ Xưởng đặc biệt nguy hiểm về mặt an toàn (ví dụ: chi tiết kim loại hay tiếp xúc)
 - ✓ Thiết bị đặt ngoài trời.
- ❖ Mạng 3 pha TT nối đất qua điện trở đất làm việc r_0 , khi vỏ của thiết bị 1 pha điện áp U chạy qua thanh nối đất điện trở r_d , $\rightarrow I_d = \frac{U}{r_d + r_0}$, điện áp trên vỏ: $U_d = \frac{Ur_d}{r_d + r_0} \rightarrow$ giảm điện áp này mức an toàn: $\frac{r_0}{r_d} = \frac{U - U_d}{U_d}$ với $U_d = I_d r_d = 10A 4\Omega = 40V$.

4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Phương tiện, dụng cụ bảo vệ cho cá nhân, tổ chức vận hành

□ Phương tiện bảo vệ:

❖ Phương tiện bảo vệ chia thành nhóm:

- ✓ Phương tiện cách điện, tránh điện áp (bước, tiếp xúc, làm việc): sào cách điện, kìm cách điện, dụng cụ có tay cầm cách điện, găng tay cao su, giày ủng cao su, đệm cao su.
- ✓ Thiết bị thử điện di động, kìm đo dòng điện.
- ✓ Bảo vệ nối đất di chuyển tạm thời, hàng rào, bảng báo hiệu.
- ✓ Phương tiện bảo vệ tránh tác động của hồ quang mảnh kim loại, các hư hỏng cơ học: kính bảo vệ, găng tay bằng vải bạt, dụng cụ chống khí độc.



4. Các biện pháp đảm bảo an toàn điện: Phương tiện, dụng cụ bảo vệ cho cá nhân, tổ chức vận hành

□*Phương tiện bảo vệ:*

❖ Ngoài các thiết bị bảo vệ tốt, an toàn thì tuân thủ quy trình, trình độ, sức khỏe... cũng là yếu tố quan trọng tránh được các tai nạn điện:

- ✓ Các thiết bị cần phải được tu sửa theo thời gian đã định
- ✓ Phải sửa chữa theo đúng quy trình vận hành, có trực ban xem xét và ghi chép
- ✓ Cán bộ phải nghiêm túc tuân thủ quy trình và có trình độ chuyên môn tốt
- ✓ Các cán bộ đến nhận công tác phải được huấn luyện về thiết bị và an toàn đầy đủ.



THE END!

Q&A

