



# Biến đổi năng lượng điện cơ

- Giới thiệu môn học
- Giới thiệu về hệ thống điện
- Vector pha và mạch công suất 3 pha



# Giới thiệu môn học

Tên môn học: Biến đổi năng lượng điện cơ

Phân phối giờ: 42LT

Số tín chỉ: 2

## **Đánh giá:**

- Điểm thứ 1 (30%) Kiểm tra viết giữa kỳ (60')
- Điểm thứ 2 (10%) Bài tập – Thảo luận trên lớp.
- Điểm thứ 3 (60%) Thi viết cuối kỳ (90')

**Trang web cá nhân:** [www4.hcmut.edu.vn/~nntu](http://www4.hcmut.edu.vn/~nntu)



# Tài liệu tham khảo

- [1] **Power Circuits and Electromechanics**; M.A. Pai, Stipes Publishing, Champaign- 2004. Mã số Thư viện: 907 796
- [2] **Electric Machinery**; A. E. Fitzgerald\_ Mc Graw Hill Editions - 2003.
- [3] **Electrical Machinery Fundamentals** ; S J Chapman, McGraw-Hill, 4th Edition.
- [4] **ElectroMechanical Motion Devices**; Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk; Mc Graw Hill Editions - 2002.



# Nội dung

**Chương 1: Giới thiệu về hệ thống điện- hệ thống điện cơ**

**Chương 2: Vectơ pha và mạch công suất 3 pha**

**Chương 3: Mạch từ- Hồ cảm- Máy biến áp**

**Chương 4: Giải tích hệ thống điện cơ dùng các phương pháp năng lượng**

**Chương 5: Ổn định các hệ thống điện cơ**

**Chương 6: Máy điện đồng bộ**

## **Kiểm Tra Giữa Học Kỳ**

**Chương 7: Máy không đồng bộ**

**Chương 8: Máy một chiều**

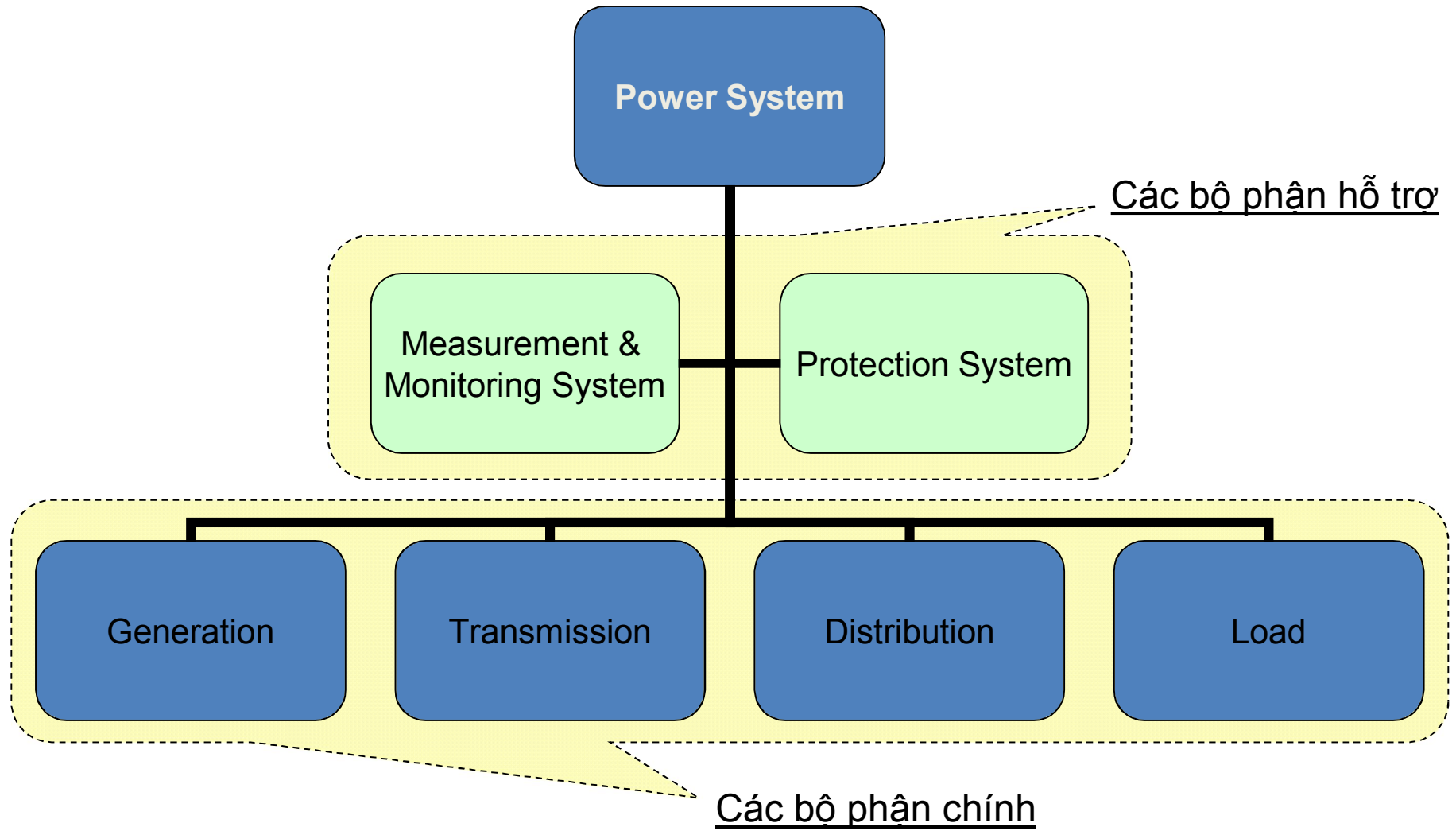
**Chương 9: Các máy điện - cơ cấu chấp hành công suất nhỏ**

**Chương 10: Các máy điện công suất nhỏ**

**Chương 11: Các vấn đề kĩ thuật trong vận hành máy điện**



# Giới thiệu về hệ thống điện



Biến đổi năng lượng điện cơ

Bộ môn Thiết bị điện



# Power System Components

(Truyền tải)

## Máy cắt (Circuit Breaker)



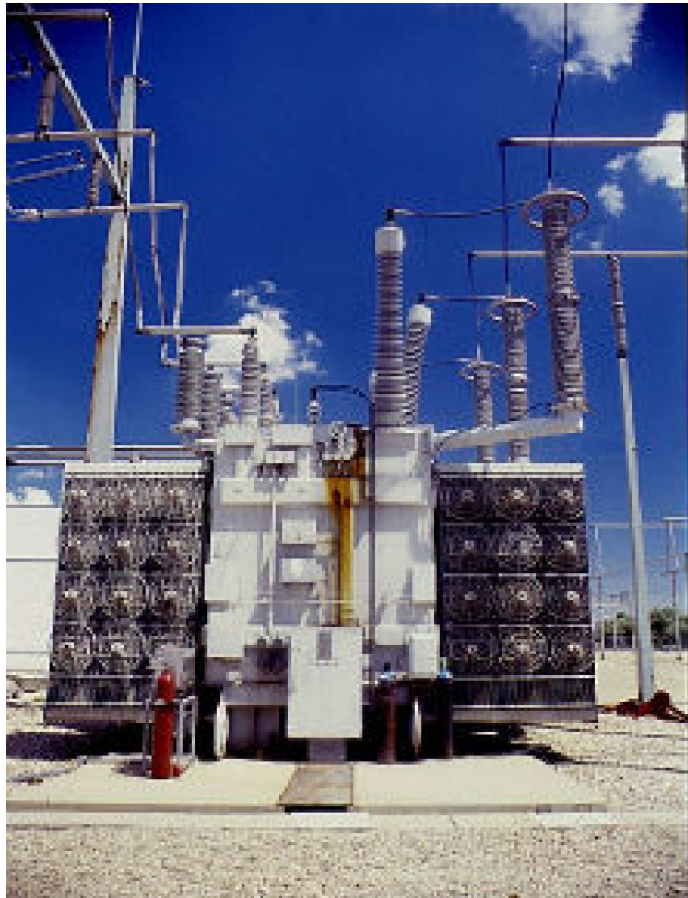




# Power System Components

(Truyền tải)

## Máy biến áp công suất



Điện áp hàng triệu volt



Điện áp hàng triệu volt



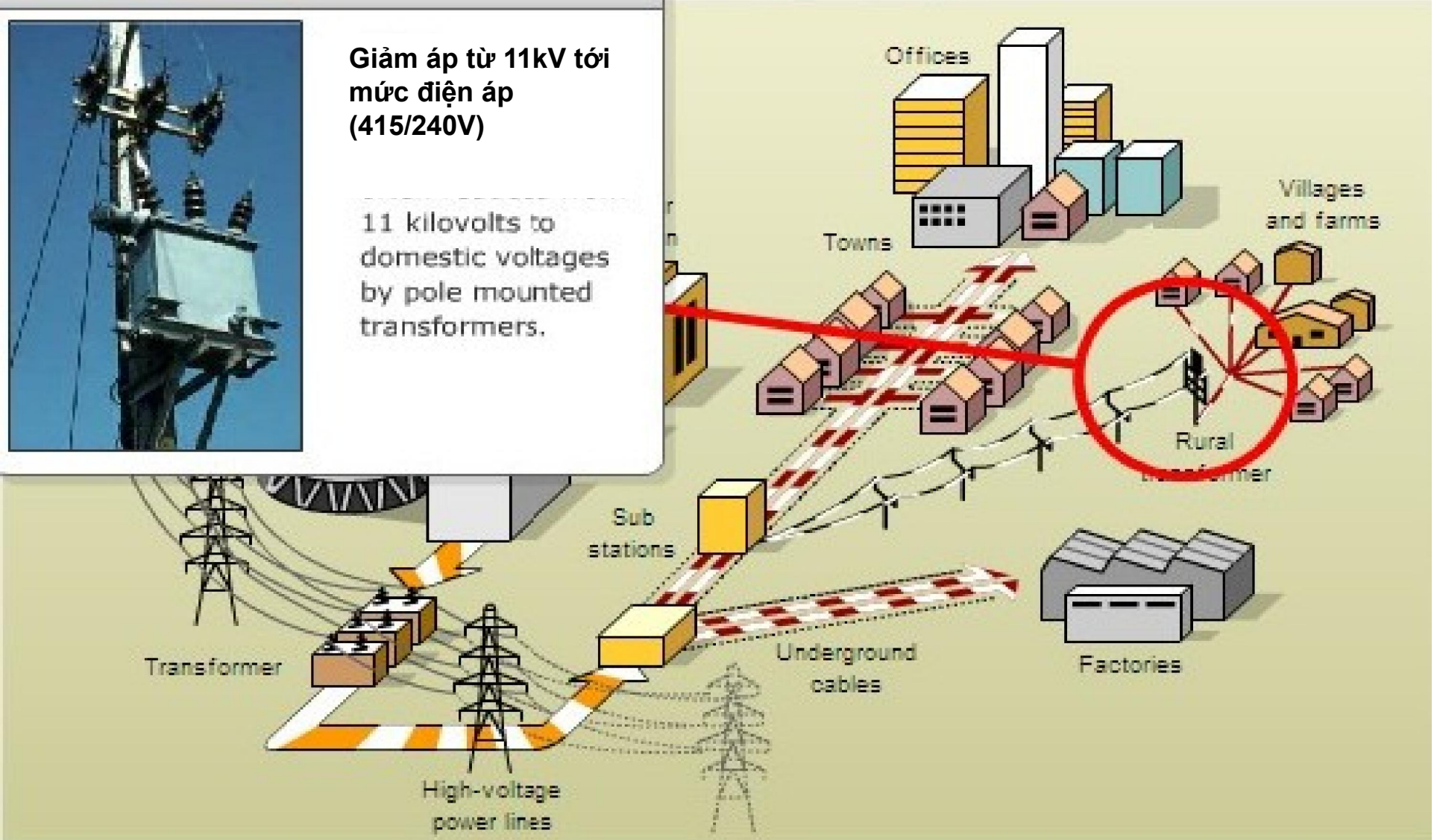
# Power System Components

(Phân phối)



Giảm áp từ 11kV tới mức điện áp (415/240V)

11 kilovolts to domestic voltages by pole mounted transformers.

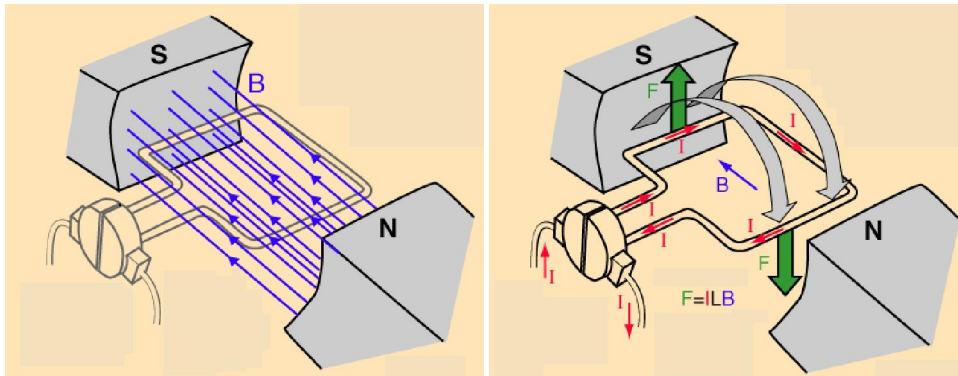




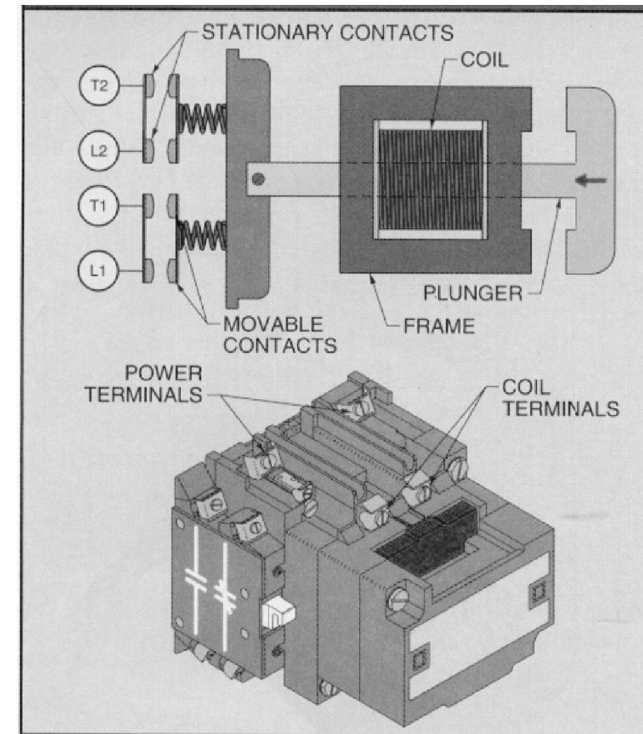


# Giới thiệu về hệ thống điện cơ

- Hệ thống chuyển động tuyến tính: relay, pittông,..
- Hệ thống chuyển động quay: các loại máy điện



Biến đổi năng lượng điện cơ



Bộ môn Thiết bị điện



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (1)

## Ôn tập về công suất

- Xét một mạch điện 2 cửa có dòng và áp dạng sine

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_v) \quad i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$$

- Công suất tức thời ( $i = I_m$  tại thời điểm  $t = 0$ )

$$p(t) = v(t)i(t) = V_m I_m \cos(\omega t + \theta_v - \theta_i) \cos(\omega t)$$

- Công suất trung bình trong một chu kỳ  $T = 2\pi/\omega$

$$P = \frac{V_m I_m}{2} \cos(\theta_v - \theta_i) = V_{rms} I_{rms} \cos(\theta_v - \theta_i)$$

Trong đó  $V_{rms}$  và  $I_{rms}$  là các trị hiệu dụng (rms) áp và dòng.  $\theta = \theta_v - \theta_i$  là góc hệ số công suất, và  $\cos(\theta)$  được gọi là hệ số công suất (PF).





# Ví dụ

- Vdụ. 2.1: Biểu diễn dạng vecto pha của  $v(t)$  &  $i(t)$ , tính công suất trung bình  $P$

$$v(t) = \sqrt{2}10 \cos(\omega t + 30^\circ) \Rightarrow \bar{V} = 10 \angle 30^\circ$$

$$i(t) = \sqrt{2}5 \cos(\omega t - 20^\circ) \Rightarrow \bar{I} = 5 \angle -20^\circ$$

$$\theta = \theta_v - \theta_i = 30 - (-20) = 50^\circ \text{ (PF trễ)}$$

$$P = (10)(5)\cos(50^\circ) = 32.14 \text{ W}$$

- Vdụ. 2.2: Tính công suất trung bình  $P$  với  $i(t)$  mới

$$i(t) = \sqrt{2}5 \cos(\omega t - 90^\circ) \Rightarrow \bar{I} = 5 \angle -90^\circ$$

$$P = (10)(5)\cos(120^\circ) = -25 \text{ W} \text{ (generating power!)}$$





# Vector phase và mạch công suất 3 pha (3)

## Ôn tập về công suất phức

### ➤ Công suất phản kháng

$$Q = \frac{V_m I_m}{2} \sin(\theta_v - \theta_i) = V_{rms} I_{rms} \sin(\theta_v - \theta_i)$$

### ➤ Công suất tức thời có thể được viết dưới dạng

$$p(t) = P + P \cos(2\omega t) - Q \sin(2\omega t) = P[1 + \cos(2\omega t)] - Q \sin(2\omega t)$$

### ➤ Với $\bar{V} = V_{rms} e^{j\theta_v}$ và $\bar{I} = I_{rms} e^{j\theta_i}$ , ta được

$$P = \text{Re}(\bar{V} \cdot \bar{I}^*) = V_{rms} I_{rms} \cos(\theta_v - \theta_i)$$

$$Q = \text{Im}(\bar{V} \cdot \bar{I}^*) = V_{rms} I_{rms} \sin(\theta_v - \theta_i)$$

### ➤ Ta được công suất phức $\bar{S} = (\bar{V} \cdot \bar{I}^*) = P + jQ$



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (3)

## Ôn tập về công suất phức (tt)

- Ta mặc định  $V$ ,  $I$  là các giá trị hiệu dụng

$$P = VI \cos(\theta_v - \theta_i)$$

$$Q = VI \sin(\theta_v - \theta_i)$$

- Độ lớn của công suất phức

$$S = VI$$

- Phân biệt  $S$ ,  $P$ , và  $Q$  dựa vào đơn vị của chúng *voltamperes* (VA), *watts* (W), và *voltampere reactive* (VAR)

- Công suất phức có thể viết dưới dạng khác

$$Z = R + jX \quad \bar{V} = Z\bar{I} \quad \bar{S} = Z\bar{I}\bar{I}^* = I^2 Z = I^2 (R + jX) = P + jQ$$

Do đó

$$P = I^2 R \quad Q = I^2 X$$



# Ví dụ

➤ Vdụ. 2.4: Tìm công suất phức với  $v(t)$  và  $i(t)$  cho trước

$$v(t) = \sqrt{2}10 \cos(\omega t + 10^\circ) \Rightarrow \bar{V} = 10 \angle 10^\circ$$

$$i(t) = \sqrt{2}20 \sin(\omega t + 70^\circ) \Rightarrow \bar{I} = 20 \angle -20^\circ$$

$$\bar{S} = (\bar{V}\bar{I}^*) = (10 \angle 10^\circ)(20 \angle 20^\circ) = 200 \angle 30^\circ = 173.2 + j100 \text{ VA}$$

$$P = 173.2 \text{ W}$$

$$Q = 100 \text{ VAR}$$

➤ Vdụ. 2.5 và 2.6: trang 17-19



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (4)

## Ôn tập về bảo toàn công suất phức

### ➤ Mạch nối tiếp

$$\bar{S} = \bar{V} \cdot \bar{I}^* = (\bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \dots + \bar{V}_n) \bar{I}^* = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 + \dots + \bar{S}_n$$

### ➤ Mạch song song

$$\bar{S} = \bar{V} \cdot \bar{I}^* = \bar{V} (\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \dots + \bar{I}_n)^* = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 + \dots + \bar{S}_n$$

### ➤ Công suất phức tổng là tổng của các công suất phức thành phần.

Nếu tải được nối song song. Bảo toàn công suất phức sẽ là

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

### ➤ Góc công suất: ví dụ 2.7





# Ví dụ

➤ Vdụ. 2.7: Tìm công suất phức dựa vào phương pháp góc công suất

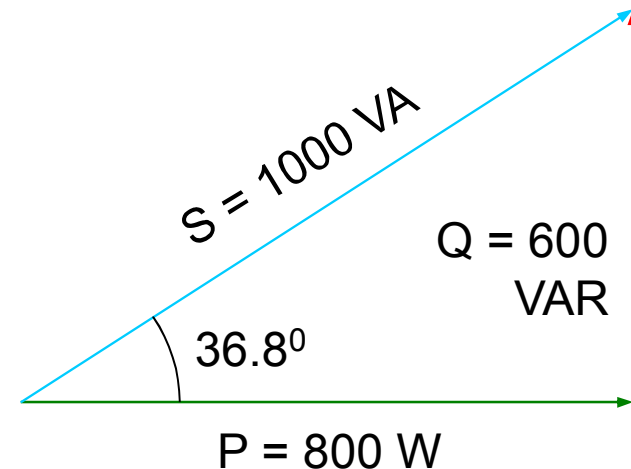
$$S = VI^* = (100 \angle 10^\circ)(10 \angle -26.8^\circ)^* = 1000 \angle 36.8^\circ = 800 + j600 \text{ VA}$$

Suy ra

$$P = 800 \text{ W} \quad Q = 600 \text{ VAR}$$

$$VI = 1000 \text{ VA}$$

Vì  $\theta > 0$ , dòng chậm pha hơn điện áp và tải có tính cảm.



➤ Vdụ. 2.8, 2.9 và 2.10: xem sách



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (5)

## Xác định công suất của tải

➤ Công suất tiêu thụ của tải có thể được xác định dựa vào 3 trong 6 đại lượng: V, I, PF (sớm hay trễ), S, P, Q.

➤ Nếu biết  $\bar{V}$  và  $\bar{I}$  ta sẽ xác định được V, I, và PF

➤ Có thể xác định dựa vào V, PF, và P

$$I = \frac{P}{V \cos \theta} \quad Q = VI \sin \theta \quad S = P + jQ$$

➤ Xác định dựa vào V, PF, và S: I tính từ V và S, sau đó Q tính từ S và PF

➤ Dựa vào V, P, và Q: S được tính từ P và Q, sau đó PF được tính từ P và S



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (6)

## Hệ thống 3 pha

➤ Điện áp trong mỗi pha lệch nhau  $120^\circ$ . Nếu thứ tự pha thuận (a-b-c),

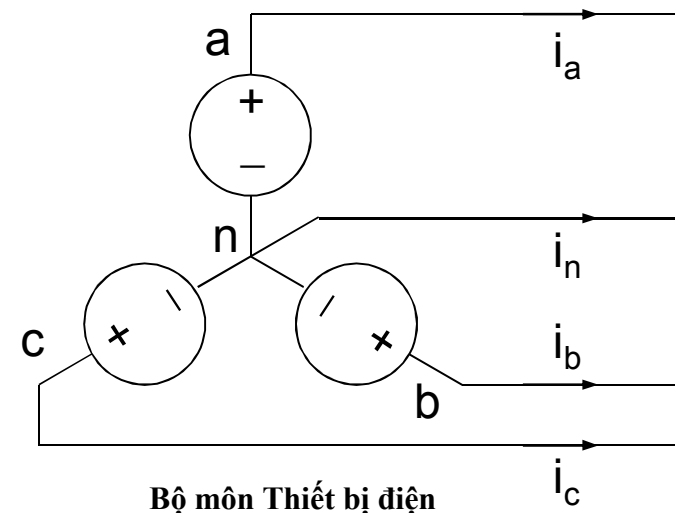
3 điện áp pha là

$$v_{aa'} = V_m \cos(\omega t) \quad v_{bb'} = V_m \cos(\omega t - 120^\circ) \quad v_{cc'} = V_m \cos(\omega t + 120^\circ)$$

➤ Nối dây: nối Y và  $\Delta$

Khi nối Y, các cổng a', b', và c' được nối chung và gọi là cổng trung tính n.

$i_a$ ,  $i_b$ , và  $i_c$  là các dòng điện dây (cũng là các dòng pha).  $i_n$  là dòng trung tính.





# Vector phase và mạch công suất 3 pha (6)

## Hệ thống 3 pha (tt)

Khi nối  $\Delta$ , cổng a' nối với b, b' với c. Bởi vì  $v_{ac'} = v_{aa'}(t) + v_{bb'}(t) + v_{cc'}(t) = 0$ , nên c' phải nối với a.

### ➤ Các đại lượng dây và pha

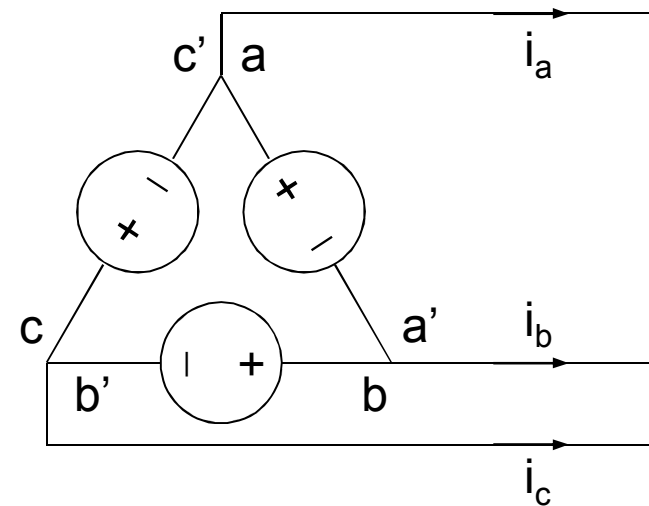
Vì cả nguồn và tải có thể được nối Y hay  $\Delta$ , nên có thể có 4 kiểu nối dây: Y-Y, Y- $\Delta$ ,  $\Delta$ -Y, và  $\Delta$ - $\Delta$  (nguồn-tải).

- Nối Y-Y, trạng thái cân bằng:

$$\bar{V}_{an} = V_{\phi} \angle 0^{\circ}$$

$$\bar{V}_{bn} = V_{\phi} \angle -120^{\circ}$$

$$\bar{V}_{cn} = V_{\phi} \angle 120^{\circ}$$







# Vector phase và mạch công suất 3 pha (6)

## Hệ thống 3 pha (tt)

Với  $V_\phi$  là điện áp hiệu dụng pha-trung tính.

Điện áp dây là

$$\bar{V}_{ab} = \bar{V}_{an} - \bar{V}_{bn}$$

$$\bar{V}_{bc} = \bar{V}_{bn} - \bar{V}_{cn}$$

$$\bar{V}_{ca} = \bar{V}_{cn} - \bar{V}_{an}$$

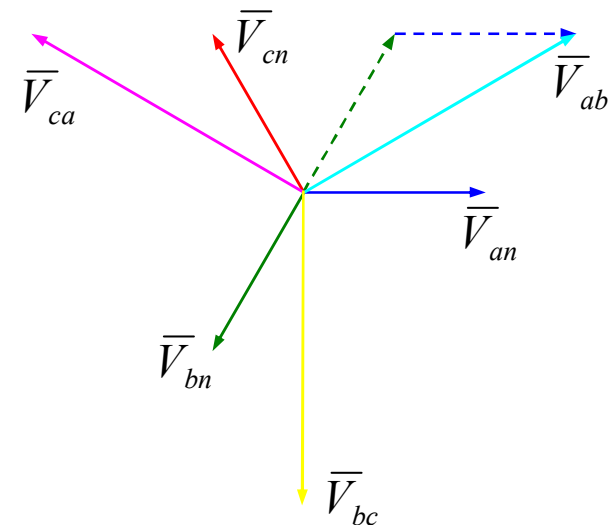
VD, độ lớn của  $\bar{V}_{ab}$  có thể tính bởi

$$V_{ab} = 2V_\phi \cos(30^\circ) = \sqrt{3}V_\phi$$

Từ giản đồ vector

$$\bar{V}_{ab} = \sqrt{3}V_\phi \angle 30^\circ \quad \bar{V}_{bc} = \sqrt{3}V_\phi \angle -90^\circ$$

$$\bar{V}_{ca} = \sqrt{3}V_\phi \angle 150^\circ$$



Ở trạng thái cân bằng,  $i_n = 0$  (không có dòng trung tính)



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (6)

## Hệ thống 3 pha (tt)

- Nối Y- $\Delta$ , trạng thái cân bằng:

Giả sử các điện áp dây-dây là

$$\bar{V}_{ab} = V_L \angle 0^\circ \quad \bar{V}_{bc} = V_L \angle -120^\circ$$

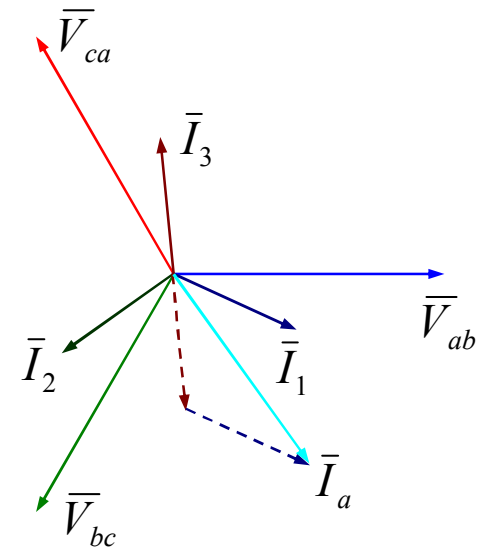
$$\bar{V}_{ca} = V_L \angle 120^\circ$$

Các dòng điện pha tải  $I_1$ ,  $I_2$ , và  $I_3$  có cùng độ lớn

$I_\phi$  và góc lệch với điện áp  $\theta$ ,

$$\bar{I}_a = \sqrt{3}I_\phi \angle -30^\circ - \theta \quad \bar{I}_b = \sqrt{3}I_\phi \angle -150^\circ - \theta$$

$$\bar{I}_c = \sqrt{3}I_\phi \angle 90^\circ - \theta$$



➤ Nối Y:  $V_L = \sqrt{3}V_\phi$  và  $I_L = I_\phi$ , nối  $\Delta$ :  $V_L = V_\phi$  and  $I_L = \sqrt{3}I_\phi$



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (7)

## Công suất ở mạch điện 3 pha cân bằng

Trong hệ thống cân bằng, độ lớn các điện áp và pha là bằng nhau. Gọi các độ lớn này là  $V_\phi$  và  $I_\phi$ . Khi đó công suất pha sẽ là

$$P_\phi = V_\phi I_\phi \cos(\theta)$$

Công suất tổng  $P_T = 3P_\phi = 3V_\phi I_\phi \cos(\theta) = \sqrt{3}V_L I_L \cos(\theta)$

Công suất phức pha  $\bar{S}_\phi = \bar{V}_\phi \bar{I}_\phi^* = V_\phi I_\phi \angle \theta$

Công suất phức tổng  $\bar{S}_T = 3\bar{S}_\phi = 3V_\phi I_\phi \angle \theta = \sqrt{3}V_L I_L \angle \theta$

$\theta$  là góc pha giữa điện áp pha và dòng pha



# Vector phase và mạch công suất 3 pha (8)

## Mạch tương đương pha

### ➤ Biến đổi $\Delta$ - Y

Tải nối  $\Delta$  có tổng trở mỗi pha là  $Z_{\Delta}$ , mạch tương đương mạch Y có tổng trở pha  $Z_Y = Z_{\Delta}/3$  (chứng minh?).

Thay vì phân tích mạch điện nối  $\Delta$ , mạch tương đương pha có thể áp dụng sau khi biến đổi  $\Delta$ -Y.

### ➤ Vdụ. 2.14: Vẽ mạch tương đương pha.

Chuyển các tụ nối  $\Delta$  về nối Y với trở kháng pha  $-j15/3 = -j5 \Omega$ .





# Ví dụ

➤ Vdụ. 2.15: 10 động cơ không đồng bộ nối song song, mỗi động cơ tiêu thụ 30KW tại 0.6 PF trễ pha. Tìm giá trị kVAR định mức (3 pha) của bộ tụ để cải thiện PF lên 1?

Công suất thực mỗi pha  $30 \times 10 / 3 = 100$  kW, tại PF = 0.6 trễ. Công suất biểu kiến mỗi pha kVA vì thế bằng  $100/0.6$ .

$$\bar{S}_\phi = S_\phi \angle \cos^{-1}(0.6) = \frac{100 \times 10^3}{0.6} (0.6 + j0.8) \text{ VA} = 100 + j133.33 \text{ kVA}$$

Bộ tụ có thể được nối song song với tải để cải thiện PF tổng. Bộ tụ cần cung cấp công suất phản kháng để PF = 1. Do đó giá trị phản kháng pha của bộ tụ  $Q_{\text{cap}} = -133.33$  kVAR, hay giá trị kVAR 3 pha cần thiết là  $3(-133.33) = -400$  kVAR.



# Ví dụ

- Vdụ. 2.16: Giống như Vdụ. 2.15, nhưng PF cần cải thiện lên 0.9 trễ pha, tính giá trị kVAR cần thiết?

$$\bar{S}_\phi = 100 + j133.33 \text{ kVA}$$

Giá trị phản kháng pha là

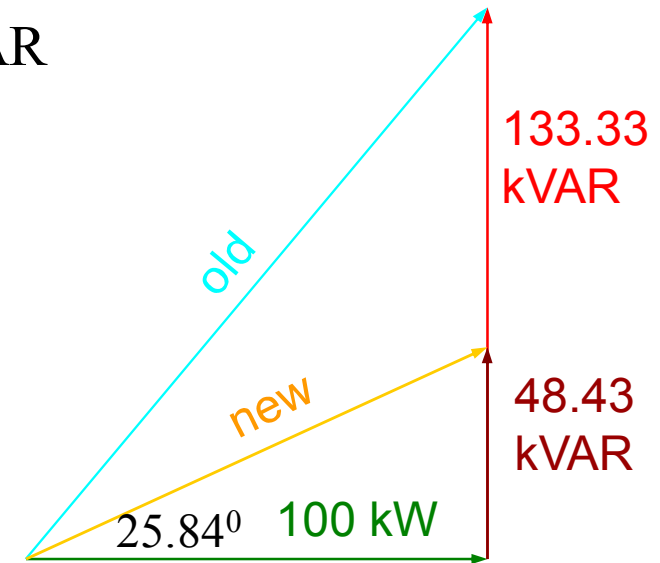
$$Q_{new} = P \tan(25.84^\circ) = 48.43 \text{ kVAR}$$

Bộ tụ cần cung cấp  $-133.33 + 48.43 = -84.9$

kVAR, và 3 pha kVAR là  $3(-84.9) = -254.7$

kVAR.

- Vdụ. 2.17: xem sách





# Bài tập

- Bài 2.21: Một tải 3 pha 15 kVA có PF là 0.8 trễ pha được nối song song với tải 3 pha 36 kW 0.6 PF sớm pha. Điện áp dây là 2000 V.
- Tính công suất phức tổng và PF
  - Tính kVAR cần thiết để PF = 1?