

ĐH Bách Khoa TP.HCM – Khoa Điện-Điện Tử – Bộ Môn Thiết Bị Điện

Bài giảng: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN

Chương 0:

Giới thiệu về hệ thống điện-hệ thống điện cơ

Biên soạn: Nguyễn Quang Nam

Cập nhật: Trần Công Bình

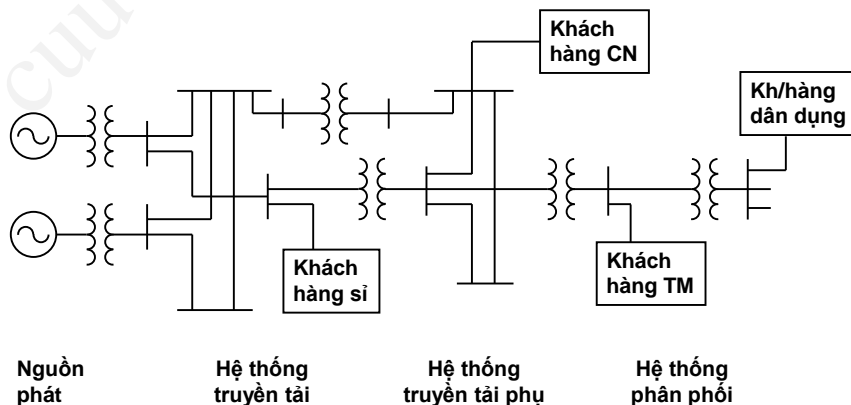
NH2012–2013, HK2

Bài giảng 1

1

Giới thiệu về hệ thống điện – Tổng quan

- Bốn phần tử cơ bản trong một hệ thống điện: hệ thống phát điện, hệ thống truyền tải, hệ thống phân phối, và tải



Bài giảng 1

2

Tổng quan (tt)

- Nguồn phát: gồm các nhà máy nhiệt điện (than, khí tự nhiên, dầu, ...), thủy điện (nước – tái sinh), điện hạt nhân (an toàn nghiêm ngặt).
- Điện áp tại đầu ra của các nguồn phát được nâng lên để thuận tiện cho việc truyền tải qua các hệ thống truyền tải và truyền tải phụ.
- Các khách hàng sử dụng và một số khách hàng công nghiệp mua điện tại các trạm trung áp (34 kV).

Bài giảng 1

3

Tổng quan (tt)

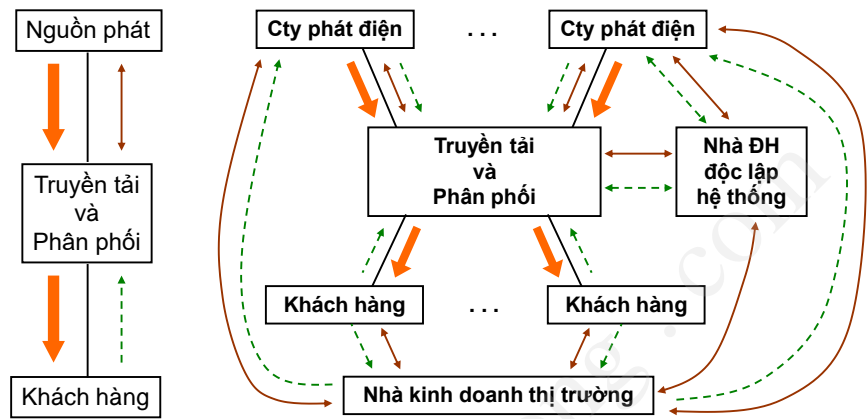
- Hệ thống phân phối tiếp tục hạ cấp điện áp và phân phối điện năng đến các khách hàng thương mại và dân dụng.
- Biến đổi năng lượng điện cơ đóng vai trò chính trong những hệ thống thành phần: máy phát (generator), máy ngắt (circuit breaker), động cơ (motor), máy biến áp (transformer).

Bài giảng 1

4

Quá trình phi tập trung hóa ngành điện

- Phân loại các tổ chức: công ty phát điện, công ty truyền tải, công ty phân phối, và nhà điều hành độc lập hệ thống (ISO).



Bài giảng 1

Động học hệ thống điện và các phần tử

- Toàn bộ hệ thống điện là một hệ thống động, được mô tả bởi một hệ phương trình vi phân dưới dạng (không gian trạng thái)

$$\dot{x} = f(x,u)$$

với vector trạng thái x và vector ngõ vào u tương ứng là các vector n và r chiều. Kích thước của x là rất lớn, và khung thời gian của đáp ứng trải từ vài miligiây (quá độ điện từ), đến vài giây (điều khiển tần số), hoặc vài giờ (động cơ nôi hơi).

Bài giảng 1

Động học hệ thống điện và các phần tử (tt)

- Việc mô hình hóa hệ thống dựa vào các nguyên tắc vật lý và dạng tĩnh của các phương trình Maxwell là một bước quan trọng trong quá trình phân tích hệ thống về đáp ứng trong miền thời gian, đáp ứng xác lập hình sin, điểm ổn định, tính ổn định, ...

Bài giảng 1

7

Hệ thống điện cơ

- Môn học xem xét hai loại hệ thống điện cơ: hệ thống tĩnh tiến và hệ thống quay. Hệ thống tĩnh tiến được dùng trong các rơle điện cơ, và cơ cấu chấp hành, và thường dễ phân tích.
- Các hệ thống quay thường phức tạp hơn, do đó việc phân tích được dừng lại ở phân tích xác lập hình sin bằng giản đồ vector và mạch tương đương.

Bài giảng 1

8

Hệ thống điện cơ (tt)

- Khi mạch tương đương đã được rút ra, các khía cạnh cơ học cũng sẽ được thể hiện trong đó. Việc này được thực hiện cho các loại máy điện đồng bộ, không đồng bộ, và một chiều. Các máy điện một pha chỉ được phân tích định tính.

Bài giảng 1

9

ĐH Bách Khoa TP.HCM – Khoa Điện-Điện Tử – Bộ Môn Thiết Bị Điện

Bài giảng: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN

Chương 1:

Vectơ pha và mạch công suất 3 pha

Biên soạn: Nguyễn Quang Nam
Cập nhật: Trần Công Bình

NH2012–2013, HK2

Bài giảng 1

10

Ôn tập về công suất

- Giả thiết điện áp và dòng điện hình sin, nghĩa là:

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

- Công suất tức thời:

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

- Công suất trung bình:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t) dt$$

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

$$\cos(x) \cos(y) = \frac{\cos(x+y) + \cos(x-y)}{2}$$

Ôn tập về công suất (tt)

- Công suất trung bình (thực hay tác dụng) trong 1 chu kỳ

$$(T = 2\pi/\omega)$$

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

với V_{rms} và I_{rms} tương ứng là điện áp và dòng điện hiệu

dụng. $\theta = \theta_v - \theta_i$ được gọi là góc hệ số công suất, và

$\cos(\theta)$ được gọi là hệ số công suất (**PF**).

(một số tài liệu dùng ký hiệu $\cos\phi$)

Ôn tập về vectơ pha

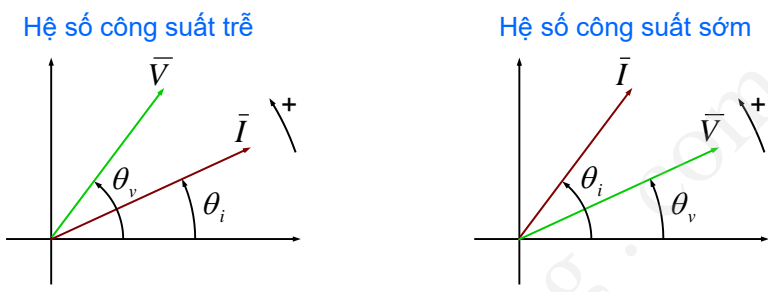
Các đại lượng hình sin có thể được biểu diễn ở dạng vectơ pha, chẳng hạn

$$\vec{V} = V_{rms} \angle \theta_v$$

Biên độ

$$\vec{I} = I_{rms} \angle \theta_i$$

Góc pha



Tải cảm có hệ số công suất trễ, và tải dung có hệ số công suất sớm.

Ví dụ tại lớp

Vd. 2.1: Biểu diễn v(t) và i(t) đã cho ở dạng vectơ và tìm công suất trung bình P

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

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

$\theta = \theta_v - \theta_i = 30 - (-20) = 50^\circ$ (HSCS **trễ**)

$P = (10)(5)\cos(50^\circ) = 32,14 \text{ W}$

Ví dụ tại lớp (tt)

- Vd. 2.2: Tính lại công suất trung bình P với dòng điện $i(t)$ mới:

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

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

$$P = (10)(5) \cos(120^\circ) = -25 \text{ W} \quad (\text{phát công suất!})$$

- Chú ý quy ước công suất: công suất dương cho tải tiêu thụ, công suất âm cho nguồn.

Bài giảng 1

15

Ôn tập về công suất phức (tt)

- Với $\bar{V} = V_{rms} e^{j\theta_v}$ và $\bar{I} = I_{rms} e^{j\theta_i}$ (sử dụng trị hiệu dụng)

- Công suất phức được định nghĩa là:

$$\bar{S} = (\bar{V} \cdot \bar{I}^*)$$

$$\bar{S} = V_{rms} e^{j\theta_v} I_{rms} e^{-j\theta_i} = V_{rms} I_{rms} e^{j(\theta_v - \theta_i)}$$

$$= \underbrace{V_{rms} I_{rms} \cos(\theta_v - \theta_i)}_P + j \underbrace{V_{rms} I_{rms} \sin(\theta_v - \theta_i)}_Q$$

Bài giảng 1

16

Ôn tập về công suất phức

- Định nghĩa công suất phản kháng bởi

$$[VAr] \quad Q = V_{rms} I_{rms} \sin(\theta_v - \theta_i)$$

- Công tiêu thụ trung bình (công suất tác dụng):

$$[W] \quad P = V_{rms} I_{rms} \cos(\theta_v - \theta_i)$$

- Công suất phức:

$$[VA] \quad \bar{S} = (\bar{V} \cdot \bar{I}^*) = P + jQ$$

- Công biểu kiến:

$$[VA] \quad S = V_{rms} I_{rms} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Bài giảng 1

17

Ôn tập về công suất phức (tt)

- Công suất phức được định nghĩa là

$$\bar{S} = (\bar{V} \cdot \bar{I}^*) = P + jQ$$

- Khi tính toán công suất, các giá trị hiệu dụng luôn luôn được dùng. Do đó, từ đây về sau sẽ không ghi chỉ số *rms* trong các ký hiệu

$$P = VI \cos(\theta_v - \theta_i) \quad Q = VI \sin(\theta_v - \theta_i)$$

- Độ lớn của công suất phức là $S = VI = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Bài giảng 1

19

Ôn tập về công suất phức (tt)

➤ Để phân biệt **S**, **P**, và **Q**, các đơn vị của chúng lần lượt là *voltamperes (VA)*, *watts (W)*, và *voltampere reactive (VAr)*.

➤ Các dạng khác của công suất phức:

$$Z = R + jX \quad \bar{V} = Z\bar{I}$$

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

Do đó: $P = I^2 R \quad Q = I^2 X$

Bài giảng 1

20

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.4: Tìm công suất **S**, **P**, và **Q**, với:

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

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

$$\begin{aligned} \bar{S} &= (\bar{V}\bar{I}^*) = (10 \angle 10^\circ)(20 \angle 20^\circ) = 200 \angle 30^\circ \\ &= 173,2 + j100 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$P = 173,2 \text{ W} \quad Q = 100 \text{ VAR}$$

Bài giảng 1

21

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.5: Với mạch trong hình 2.5, tính công suất S , P , và Q (theo trị phức) của từng nhánh, và của toàn mạch.

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_1}{Z_1} = \frac{50\angle 90^\circ}{100 + j100} = 0,354\angle 45^\circ \text{ A}$$

$$\bar{S}_1 = \bar{V}_1 \bar{I}_1^* = 50\angle 90^\circ \times 0,354\angle -45^\circ = 17,68\angle 45^\circ \text{ VA}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{V}_1}{Z_2} = \frac{50\angle 90^\circ}{50 - j50} = 0,707\angle 135^\circ \text{ A}$$

$$\bar{S}_2 = \bar{V}_1 \bar{I}_2^* = 50\angle 90^\circ \times 0,707\angle -135^\circ = 35,35\angle -45^\circ \text{ VA}$$

Bài giảng 1

22

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.5 (tt):

Công suất phức toàn mạch:

$$\begin{aligned} \bar{S}_T &= \bar{S}_1 + \bar{S}_2 = 37,5 - j12,5 = 39,53\angle 18,43^\circ \\ &= 37,5 + j(-12,5) \text{ VA} \end{aligned}$$

Công suất thực toàn mạch:

$$P = P_1 + P_2 = 37,5 \text{ W}$$

Công suất phản kháng toàn mạch:

$$Q = Q_1 + Q_2 = -12,5 \text{ VAR}$$

Bài giảng 1

23

Tính công suất phức

➤ Trong mạch nối tiếp

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

➤ Trong mạch song song

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

Bài giảng 1

24

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.5 (tt):

Nên dùng cách tính **P và **Q** riêng cho từng nhánh.**
 Cách này thuận lợi cho hệ thống nhiều tải/nguồn.

Công suất thực trên các nhánh:

$$P_1 = 100 \times 0,354^2 = 12,5 \text{ W}$$

$$P_2 = 50 \times 0,707^2 = 25 \text{ W}$$

Công suất thực toàn mạch:

$$P = P_1 + P_2 = 37,5 \text{ W}$$

Bài giảng 1

25

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.5 (tt):

Công suất phản kháng trên các nhánh:

$$Q_1 = (100) \times 0,354^2 = 12,5 \text{ VAR}$$

$$Q_2 = (-50) \times 0,707^2 = -25 \text{ VAR}$$

Công suất phản kháng toàn mạch:

$$Q = Q_1 + Q_2 = -12,5 \text{ VAR}$$

Bài giảng 1

26

Bảo toàn công suất phức

➤ Trong cả hai trường hợp trên, công suất phức tổng là tổng các công suất phức thành phần. Hầu hết tải được nối song song. Cũng có thể rút ra

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

➤ Với các tải bao gồm cả nhánh song song và nối tiếp, lần lượt áp dụng sự bảo toàn công suất cho các trường hợp nối tiếp và song song, ta vẫn có sự bảo toàn công suất phức.

➤ Tam giác công suất: xem ví dụ 2.7

Bài giảng 1

27

Ví dụ tại lớp

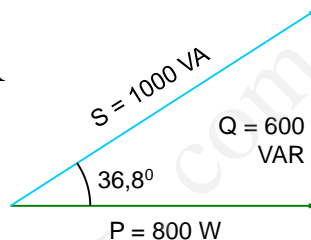
➤ Vd. 2.7: Tìm công suất phức ở dạng tam giác công suất $\bar{S} = \bar{V}\bar{I}^* = (100\angle 10^\circ)(10\angle -26,8^\circ)$

$$= 1000\angle 36,8^\circ = 800 + j600 \text{ VA}$$

Do đó

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

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



Vì $\theta > 0$, dòng điện chậm pha so với điện áp, và tải mang tính cảm.

Bài giảng 1

28

Ví dụ tại lớp

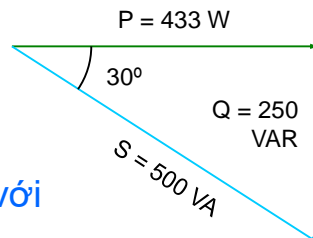
➤ Vd. 2.8: Cho biết điện áp và dòng điện tải tiêu thụ. Xác định công suất phức và biểu diễn ở dạng tam giác công suất

$$\bar{S} = \bar{V}\bar{I}^* = (100\angle 10^\circ)(5\angle -40^\circ) = 500\angle -30^\circ = 433 - j250 \text{ VA}$$

Do đó

$$P = 433 \text{ W} \quad Q = 250 \text{ VAR}$$

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



Vì $\theta < 0$, dòng điện sớm pha so với điện áp, và tải mang tính dung.

Bài giảng 1

29

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.9: Hai tải ở ví dụ 2.7 và 2.8 được ghép song song như trong hình 2.10. Tính công suất phức và dòng điện bằng các phương pháp dòng nút và tam giác công suất. Phương pháp dòng nút:

Dòng điện tổng

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 10\angle -26,8^\circ + 5\angle 40^\circ = 12,82\angle -5,796^\circ \text{ A}$$

Công suất phức tổng

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \bar{V}\bar{I}^* = (100\angle 10^\circ)(12,82\angle 5,796^\circ) \\ &= 1282\angle 15,8^\circ = 1234 + j349 \text{ VA}\end{aligned}$$

Bài giảng 1

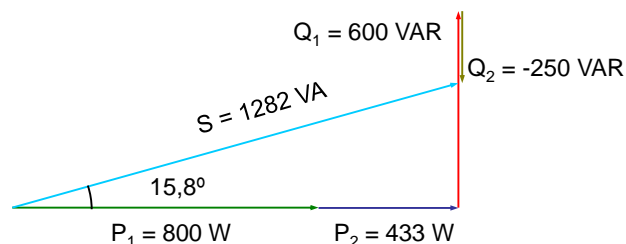
30

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.9 (tt):

Phương pháp tam giác công suất

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \bar{S}_1 + \bar{S}_2 = (800 + j600) + (433 - j250) \\ &= (800 + 433) + j(600 - 250) = 1233 + j350 \text{ VA}\end{aligned}$$



Bài giảng 1

31

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.10: Khảo sát tiếp ví dụ 2.9. Xác định hệ số công suất toàn mạch, công suất phản kháng của bộ tụ thêm vào để nâng PF lên 0,98, và lên 1.

Hệ số công suất của toàn mạch

$$PF = \cos(15,8^\circ) = 0,962 \text{ trễ}$$

Khi lắp thêm tụ điện vào, một phần công suất phản kháng của tải sẽ do tụ điện cung cấp. Công suất phản kháng mới mà nguồn cung cấp sẽ là

$$Q_{new} = P\sqrt{(1/ PF)^2 - 1} = 1233\sqrt{(1/0,98)^2 - 1} = 250 \text{ VAR}$$

Bài giảng 1

32

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.10 (tt):

So với yêu cầu của tải là 350 VAR, còn một lượng công suất phản kháng nữa (bằng giá trị chênh lệch giữa yêu cầu của tải và đáp ứng từ nguồn) cần được cung cấp từ tụ điện.

$$Q_{cap} = Q_{new} - Q_{old} = 250 - 350 = -100 \text{ VAR}$$

Dấu trừ khẳng định tính dung của thiết bị mắc thêm vào. Khi hệ số công suất tổng là 1, nguồn sẽ không cung cấp công suất phản kháng, do đó

$$Q_{cap} = Q_{new} - Q_{old} = 0 - 350 = -350 \text{ VAR}$$

Bài giảng 1

33

Biểu diễn công suất của một tải

- Công suất tiêu thụ bởi tải có thể được biểu diễn bằng một tổ hợp của 3 trong 6 đại lượng sau: V , I , PF (trễ hay sớm), S , P , Q .
- Nếu \bar{V} và \bar{I} là cho trước, sẽ tương đương với cho trước V , I , và PF .
- Một cách khác là cho biết V , PF , và P . Ba đại lượng còn lại được tính theo:

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

Bài giảng 1

34

Biểu diễn công suất của một tải (tt)

- Cách thứ ba là cho biết V , PF , và S : I được tính từ V và S , sau đó Q có thể được tính từ S và PF

$$I = \frac{S}{V} \quad Q = S \sqrt{1 - (PF)^2}$$

- Cách sau cùng là cho biết V , P , và Q : S được tính từ P và Q , sau đó PF được tính từ P và S

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad PF = \frac{P}{S}$$

Bài giảng 1

35

Các hệ thống 3 pha

- Điện áp ở mỗi pha lệch pha so với các pha khác 120° . Với thứ tự thuận (a-b-c), các điện áp cho bởi

$$v_{aa'} = V_m \cos(\omega t)$$

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

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

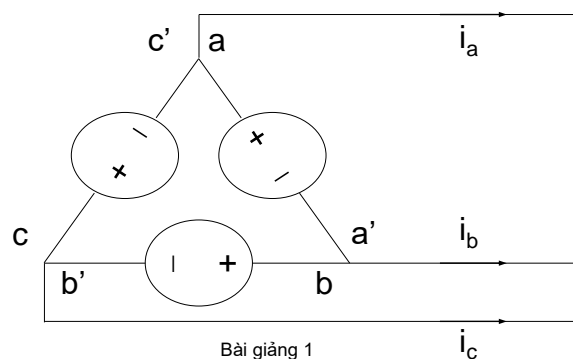
- Có hai cách nối 3 pha: cấu hình sao (Y) và cấu hình tam giác (Δ)

Bài giảng 1

36

Hệ thống 3 pha nối tam giác (Δ)

Trong cấu hình tam giác, đầu a' được nối vào b, và b' vào c. Vì $v_{ac'} = v_{aa'}(t) + v_{bb'}(t) + v_{cc'}(t) = 0$, như có thể chứng minh bằng toán học, c' được nối vào a.



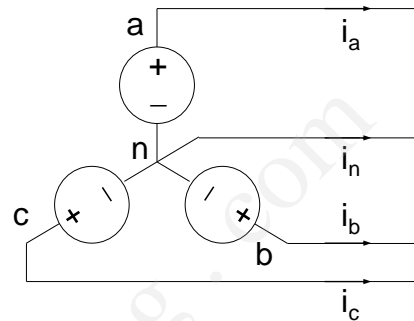
Bài giảng 1

37

Hệ thống 3 pha nối sao (Y)

Trong cấu hình sao, các đầu dây a', b', và c' được nối với nhau và được ký hiệu là cực trung tính n.

i_a , i_b , và i_c là các dòng điện dây, cũng bằng với các dòng điện pha. i_n là dòng điện trong dây trung tính.



Bài giảng 1

38

Các hệ thống 3 pha (tt)

➤ Các đại lượng dây và pha

Vì cả nguồn lẫn tải đều có thể ở dạng sao hay tam giác, có thể có 4 tổ hợp: sao-sao, sao-tam giác, tam giác-sao, và tam giác-tam giác (quy ước nguồn-tải). Môn học chỉ xét đến điều kiện làm việc cân bằng của các mạch điện 3 pha.

- Với cấu hình sao-sao, ở điều kiện cân bằng:

$$\bar{V}_{an} = V_\phi \angle 0^\circ \quad \bar{V}_{bn} = V_\phi \angle -120^\circ \quad \bar{V}_{cn} = V_\phi \angle 120^\circ$$

Bài giảng 1

39

Các hệ thống 3 pha (tt)

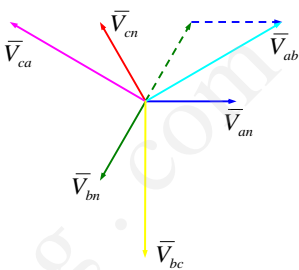
với V_ϕ là trị hiệu dụng của điện áp pha-trung tính.

Các điện áp dây cho bởi

$$\overline{V}_{ab} = \overline{V}_{an} - \overline{V}_{bn} \qquad \overline{V}_{bc} = \overline{V}_{bn} - \overline{V}_{cn} \qquad \overline{V}_{ca} = \overline{V}_{cn} - \overline{V}_{an}$$

Chẳng hạn, độ lớn của \overline{V}_{ab} có thể tính như sau

$$V_{ab} = 2V_\phi \cos(30^0) = \sqrt{3}V_\phi$$



Từ giản đồ vector, có thể thấy

$$\begin{aligned} \overline{V}_{ab} &= \sqrt{3}V_\phi \angle 30^0 & \overline{V}_{bc} &= \sqrt{3}V_\phi \angle -90^0 \\ \overline{V}_{ca} &= \sqrt{3}V_\phi \angle 150^0 \end{aligned}$$

Ở điều kiện cân bằng, $i_n = 0$ (không có dòng điện trung tính).

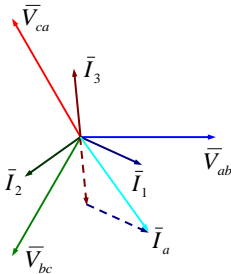
Các hệ thống 3 pha (tt)

- Cấu hình sao-tam giác, điều kiện cân bằng:
Không làm mất tính tổng quát, giả thiết các điện áp dây là

$$\overline{V}_{ab} = V_L \angle 0^0 \qquad \overline{V}_{bc} = V_L \angle -120^0 \qquad \overline{V}_{ca} = V_L \angle 120^0$$

Các dòng điện pha I_1, I_2 , và I_3 trong 3 nhánh tải nối tam giác trễ pha so với các điện áp tương ứng một góc θ , và có cùng độ lớn I_ϕ . Có thể thấy từ giản đồ vector

$$\begin{aligned} \overline{I}_a &= \sqrt{3}I_\phi \angle -30^0 - \theta & \overline{I}_b &= \sqrt{3}I_\phi \angle -150^0 - \theta \\ \overline{I}_c &= \sqrt{3}I_\phi \angle 90^0 - \theta \end{aligned}$$



- Cấu hình Y: $V_L = \sqrt{3}V_\phi$ và $I_L = I_\phi$, cấu hình Δ: $V_L = V_\phi$ và $I_L = \sqrt{3}I_\phi$

Công suất trong mạch 3 pha cân bằng

➤ Tải nối sao cân bằng

Trong một hệ cân bằng, độ lớn của tất cả điện áp pha là bằng nhau, và độ lớn của tất cả dòng điện cũng vậy. Gọi chúng là V_ϕ và I_ϕ . Công suất mỗi pha khi đó sẽ là

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

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

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

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

Chú ý rằng θ là góc pha giữa điện áp pha và dòng điện pha

Bài giảng 1

42

Công suất trong mạch 3 pha cân bằng (tt)

➤ Tải nối tam giác cân bằng

Tương tự như trường hợp tải nối sao cân bằng, công suất mỗi pha và công suất tổng có thể được tính toán với cùng công thức. Có thể thấy rằng với tải cân bằng, biểu thức tổng công suất phức là giống nhau cho cả cấu hình sao lẫn tam giác, miễn là điện áp dây và dòng điện dây được dùng trong biểu thức.

Do đó, các tính toán có thể được thực hiện trên nền tảng 3 pha hay 1 pha.

➤ Vd. 2.12 và 2.13: xem giáo trình

Bài giảng 1

43

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.12: Mạch 3 pha cân bằng có tải tiêu thụ 24 kW ở PF bằng 0,8 trễ. Điện áp dây là 480 V. Xác định vector pha dòng điện pha và điện áp dây. Chọn điện áp pha của pha a làm gốc, hãy biểu diễn các vector pha dòng điện dây và điện áp dây. Xác định công suất phức của tải 3 pha.

Giá trị điện áp pha $\bar{V}_{an} = V_{\phi} \angle 0^{\circ}$

$$V_{\phi} = \frac{480}{\sqrt{3}} = 277,1 \text{ V}$$

Công suất tác dụng trên mỗi pha

$$P_{\phi} = 24/3 = 8 \text{ kW}$$

Bài giảng 1

44

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.12 (tt):

Giá trị dòng điện dây (cũng là dòng điện pha, vì tải nối Y)

$$I_L = I_{\phi} = \frac{8000}{277,1 \times 0,8} = 36,09 \text{ A}$$

Góc hệ số công suất

$$\theta = \cos^{-1}(0,8) = 36,87^{\circ}$$

Do đó

$$\bar{I}_a = 36,09 \angle -36,87^{\circ} \text{ A} \quad (\text{vì PF trễ})$$

$$\bar{I}_b = 36,09 \angle -156,87^{\circ} \text{ A}$$

$$\bar{I}_c = 36,09 \angle -276,87^{\circ} \text{ A}$$

Bài giảng 1

45

Ví dụ tại lớp

➤ Vd. 2.12 (tt):

Các điện áp dây tương ứng

$$\begin{aligned}\bar{V}_{ab} &= 480 \angle 30^\circ \text{ V} \\ \bar{V}_{bc} &= 480 \angle -90^\circ \text{ V} \\ \bar{V}_{ca} &= 480 \angle -210^\circ \text{ V}\end{aligned}$$

Công suất phức 3 pha

$$\bar{S}_T = \sqrt{3} V_L I_L \angle \theta = \sqrt{3} \cdot 480 \cdot (36,09) \angle 36,87^\circ = 24 + j18 \text{ kVA}$$

Bài giảng 1

46

Mạch tương đương 1 pha

➤ Biến đổi tam giác-sao (Δ -Y)

Cho một tải nối tam giác với tổng trở mỗi pha là Z_Δ ,

mạch tương đương hình sao có tổng trở pha $Z_Y = Z_\Delta/3$.

Điều này có thể được chứng minh bằng cách đồng nhất tổng trở giữa hai pha bất kỳ trong cả hai trường hợp.

Thay vì phân tích mạch hình tam giác, mạch tương đương 1 pha có thể được dùng sau khi thực hiện việc biến đổi tam giác-sao.

Bài giảng 1

47

Ví dụ tại lớp

- Vd. 2.14: Vẽ mạch tương đương 1 pha của 1 mạch đã cho như hình 2.26.

Thay thế bộ tụ nối tam giác bởi một bộ tụ nối sao có tổng trở pha $-j15/3 = -j5 \Omega$. Sau đó có thể dùng mạch nối sao tương đương để đơn giản hóa, và rút ra mạch tương đương 1 pha.

Bài giảng 1

48

Ví dụ tại lớp (tt)

- Vd. 2.15: 10 động cơ không đồng bộ vận hành song song, tìm định mức kVAR của bộ tụ 3 pha để cải thiện hệ số công suất tổng thành 1?

Công suất thực mỗi pha là $30 \times 10 / 3 = 100 \text{ kW}$, ở $\text{PF} = 0,6$ trễ. Công suất kVA mỗi pha như vậy sẽ là $100/0,6$. Do đó,

$$\begin{aligned}\bar{S}_{\phi} &= S_{\phi} \angle \cos^{-1}(0,6) = \frac{100 \times 10^3}{0,6} (0,6 + j0,8) \text{ VA} \\ &= 100 + j133,33 \text{ kVA}\end{aligned}$$

Bài giảng 1

49

Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 2.15 (tt):

Một bộ tụ có thể được nối song song với tải để cải thiện hệ số công suất tổng. Bộ tụ cần cung cấp toàn bộ công suất phản kháng để nâng PF thành đơn vị. Nghĩa là cho mỗi pha $Q_{\text{cap}} = -133,33 \text{ kVAR}$, và dung lượng kVAR tổng cộng cần thiết sẽ là $3(-133,33) = -400 \text{ kVAR}$.

Bài giảng 1

50

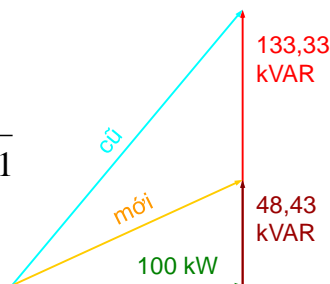
Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 2.16: Giả sử trong Vd. 2.15, PF mới là 0,9 trễ, dung lượng kVAR cần thiết là bao nhiêu?

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

PF mới là 0,9 trễ, do đó công suất phản kháng mỗi pha mới là

$$Q_{\text{new}} = P \sqrt{(1/PF)^2 - 1} = 100 \sqrt{(1/0,9)^2 - 1} = 48,43 \text{ kVAR}$$



Bài giảng 1

51

Ví dụ tại lớp (tt)

➤ Vd. 2.16 (tt):

Bộ tụ do đó cần cung cấp cho mỗi pha

$-133,33 + 48,43 = -84,9$ kVAR, và tổng

dung lượng kVAR cần thiết sẽ là $3(-84,9)$

$= -254,7$ kVAR.

➤ Vd. 2.17: xem giáo trình

Bài giảng 1

52