



TRƯỜNG ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA HÀ NỘI



NGUYỄN CÔNG PHƯƠNG

LÝ THUYẾT MẠCH I

MẠCH XOAY CHIỀU

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

Mạch xoay chiều

- *Định nghĩa mạch xoay chiều*: có nguồn (áp hoặc dòng) kích thích hình sin (hoặc cos).
- Phương pháp giải:
 - Dùng số phức để phức hóa mạch điện,
 - Sau đó dùng các phương pháp của mạch một chiều.

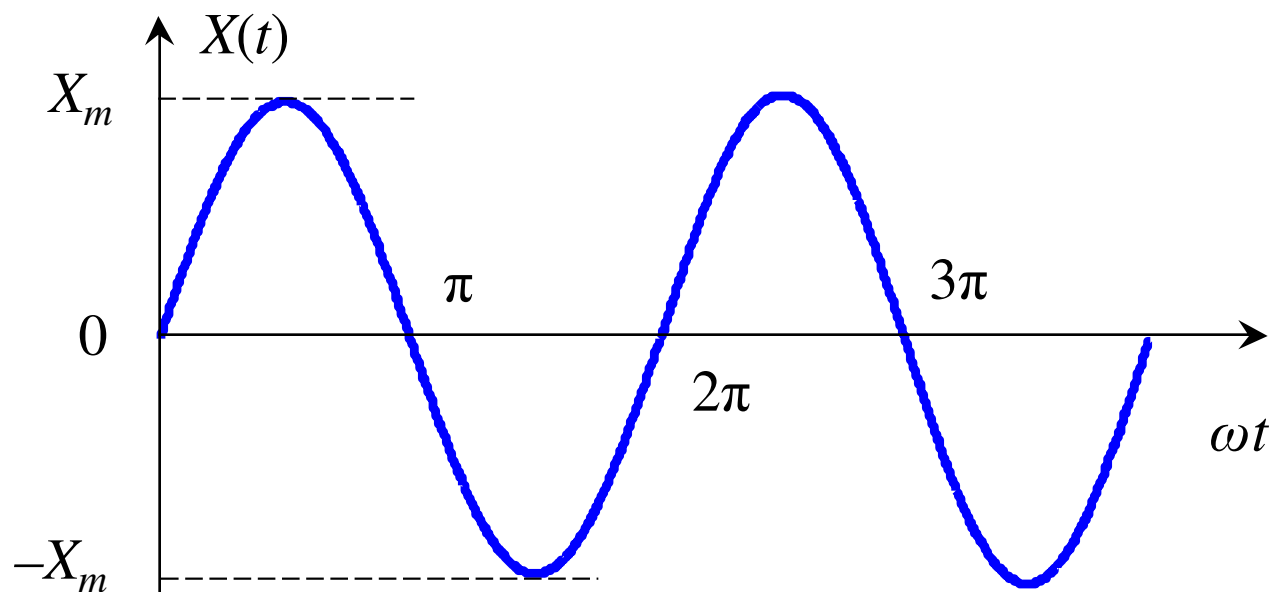
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Sóng sin (1)

$$x(t) = X_m \sin \omega t$$

- X_m : biên độ (A, V, W, ...)
- ω : tần số góc (rad/s)
- ωt : góc (rad)
- X : trị hiệu dụng $X = \frac{X_m}{\sqrt{2}}$



Sóng sin (2)

$$\omega T = 2\pi$$

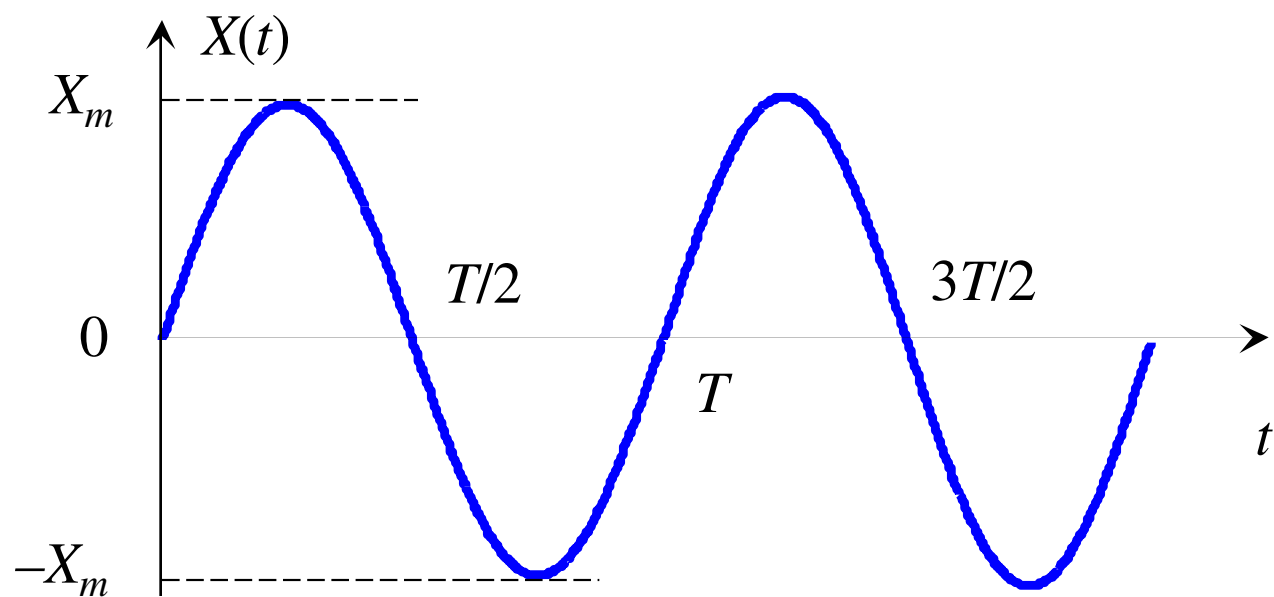
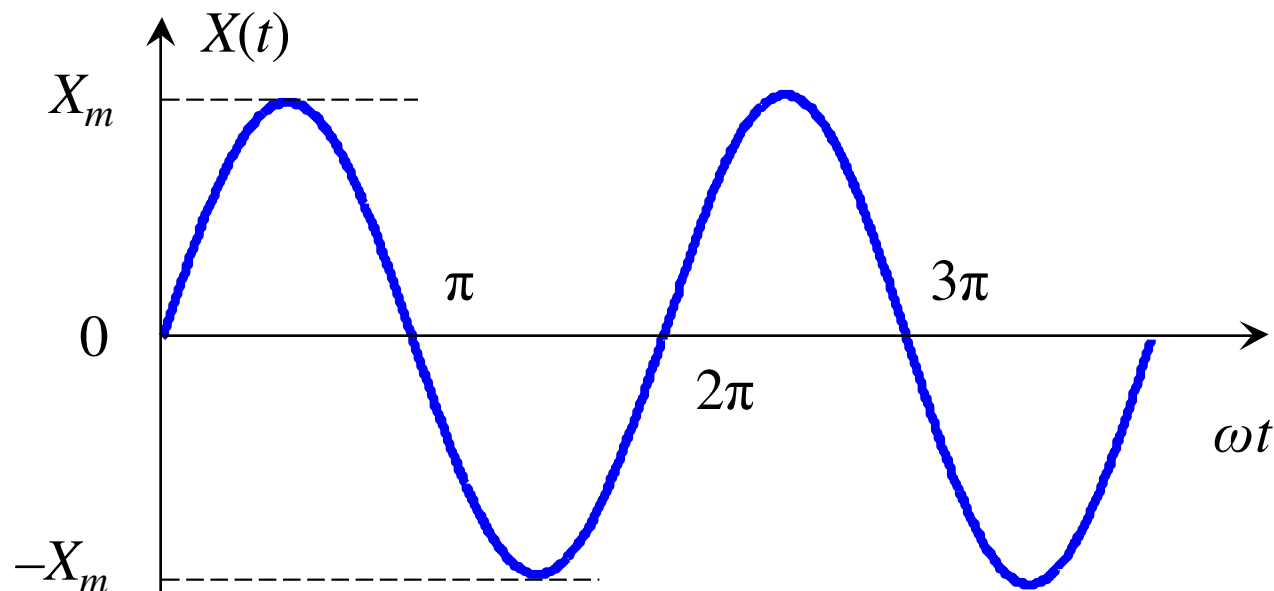


$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Chu kỳ (giây, s)

$$f = \frac{1}{T}$$

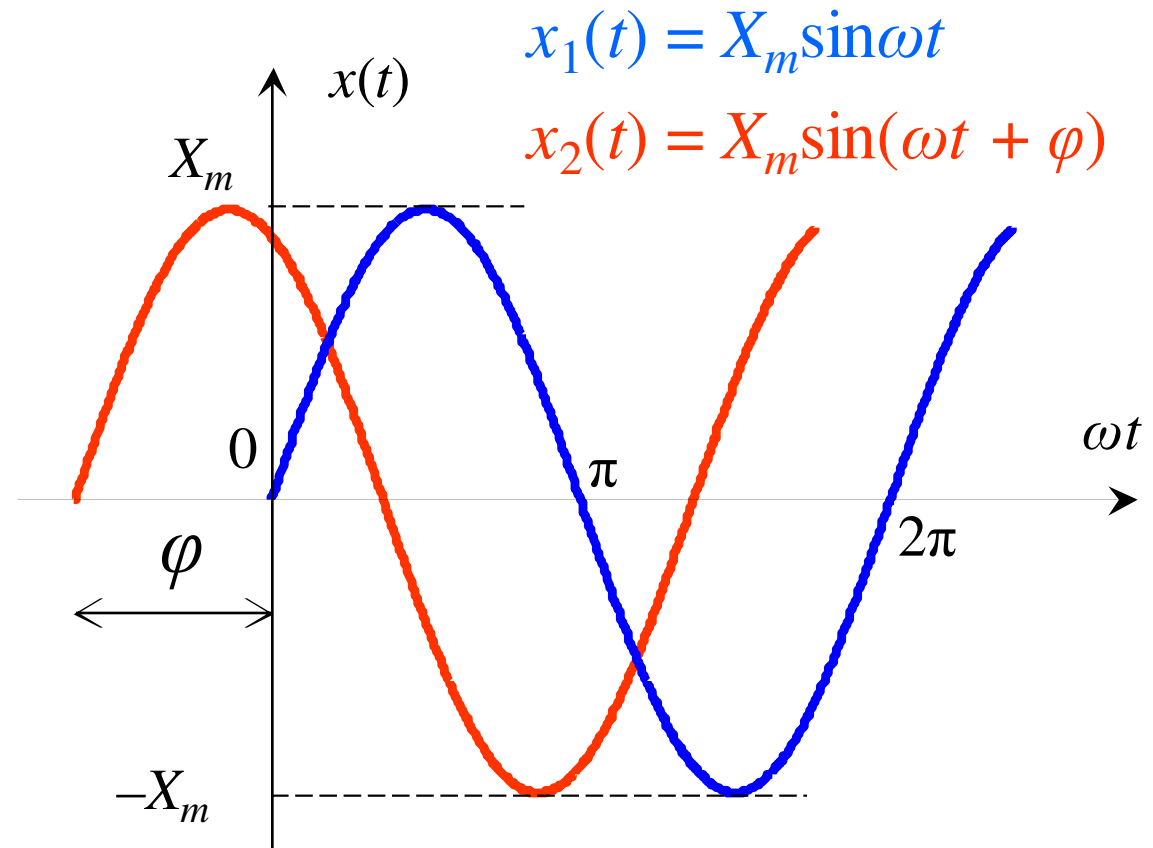
Tần số (hertz, Hz)



Sóng sin (3)

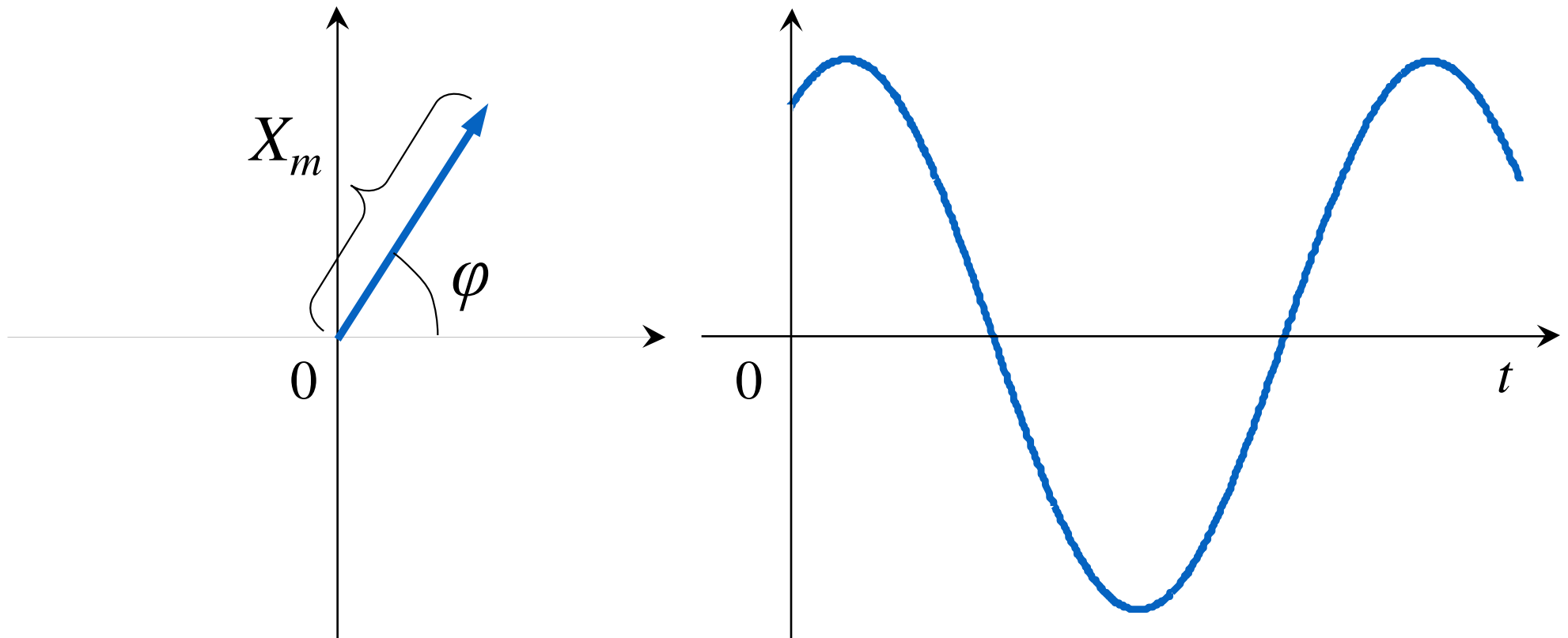
$$x(t) = X_m \sin \omega t$$

- φ : pha ban đầu
- x_2 sớm pha so với x_1 , hoặc
- x_1 chậm pha so với x_2
- Nếu $\varphi \neq 0 \rightarrow x_1$ lệch pha với x_2
- Nếu $\varphi = 0 \rightarrow x_1$ đồng pha với x_2



Sóng sin (4)

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi)$$



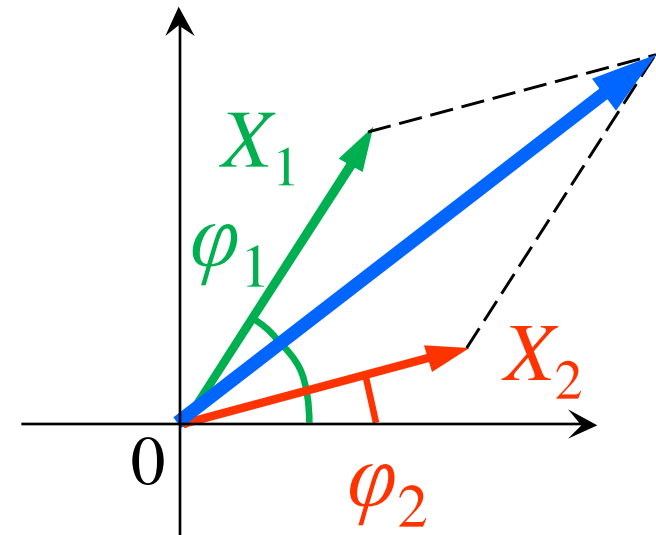
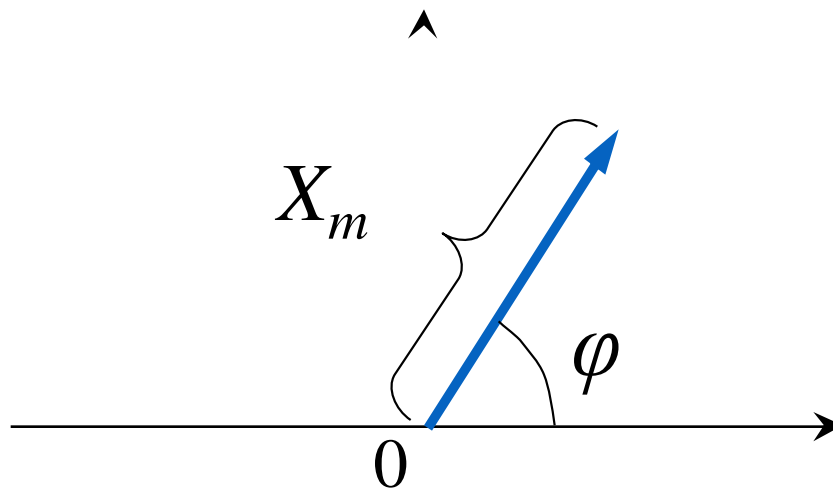
Sóng sin (5)

$$x_1(t) = X_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2(t) = X_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi)$$

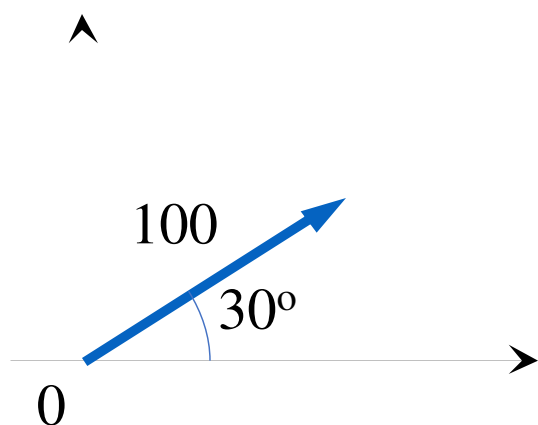
$$x_1(t) + x_2(t)$$



Sóng sin (6)

VD1

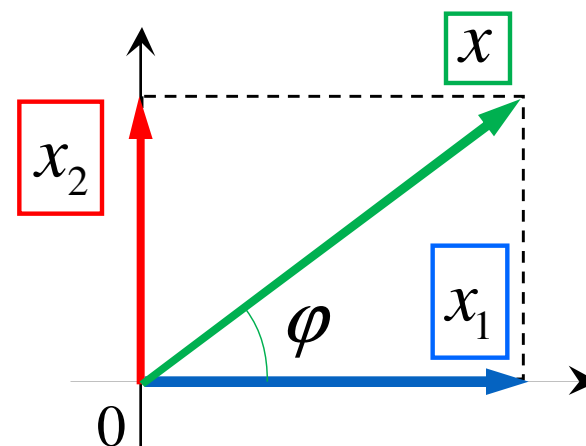
$$x(t) = 100\sin(20t + 30^\circ).$$



VD2

$$x_1(t) = 100\sin(20t), x_2(t) = 80\sin(20t + 90^\circ),$$

Tìm $x = x_1(t) + x_2(t)$?

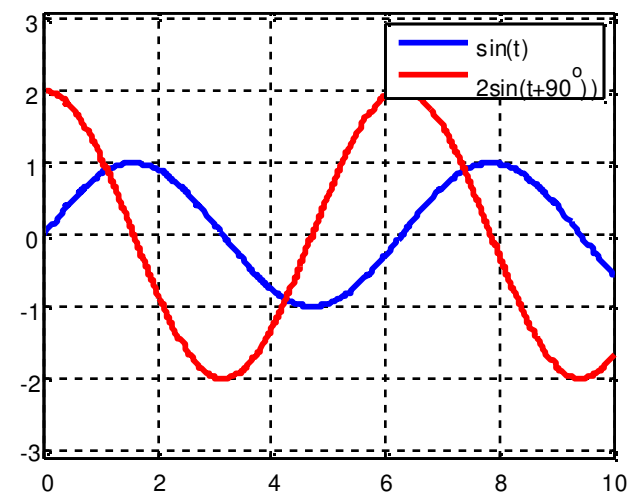
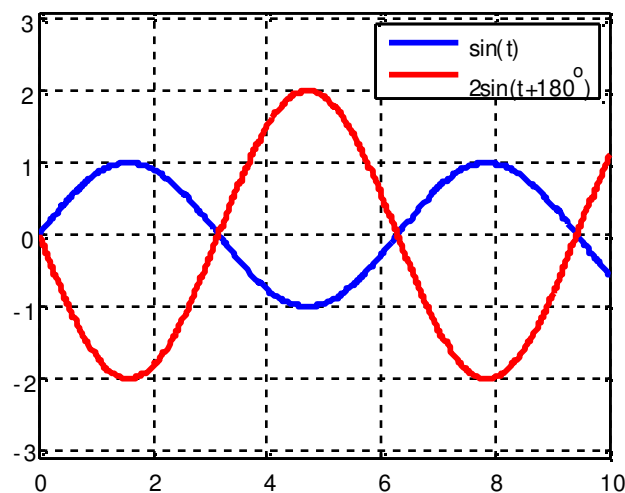
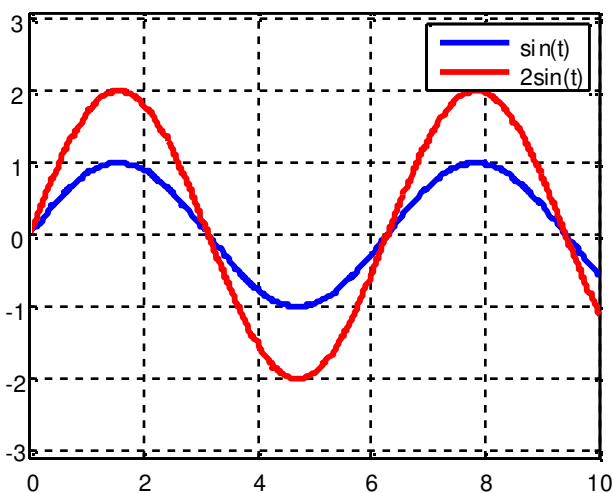


$$X_m = \sqrt{X_{1m}^2 + X_{2m}^2} = \sqrt{100^2 + 80^2} = 128,06$$

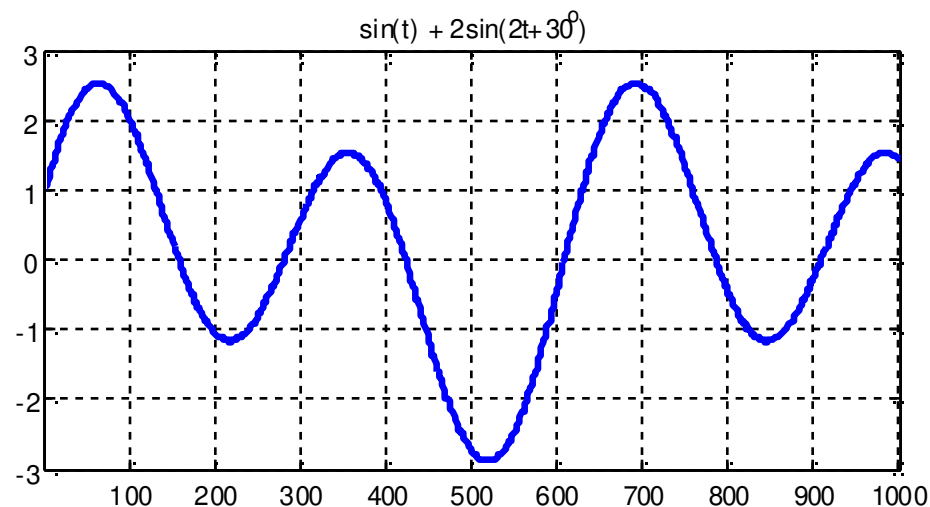
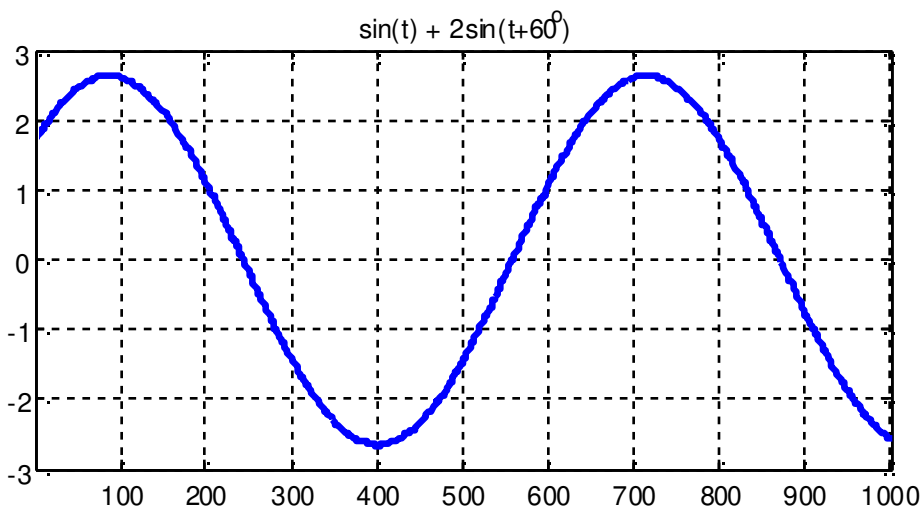
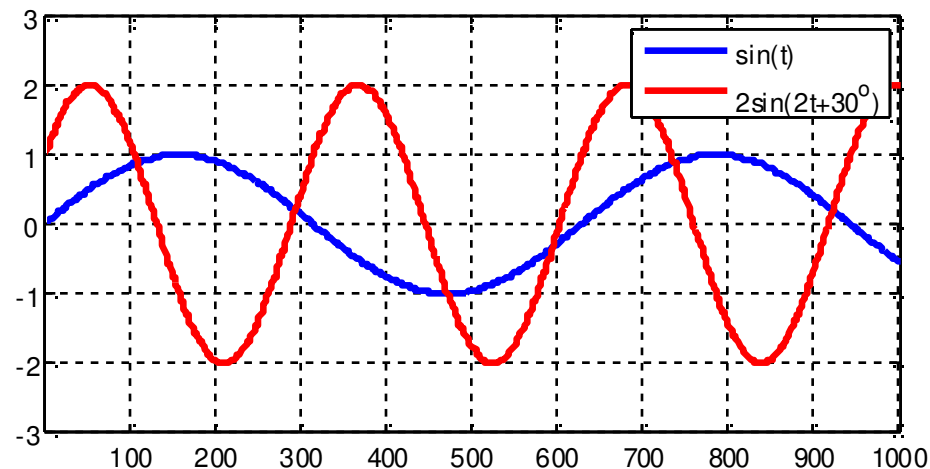
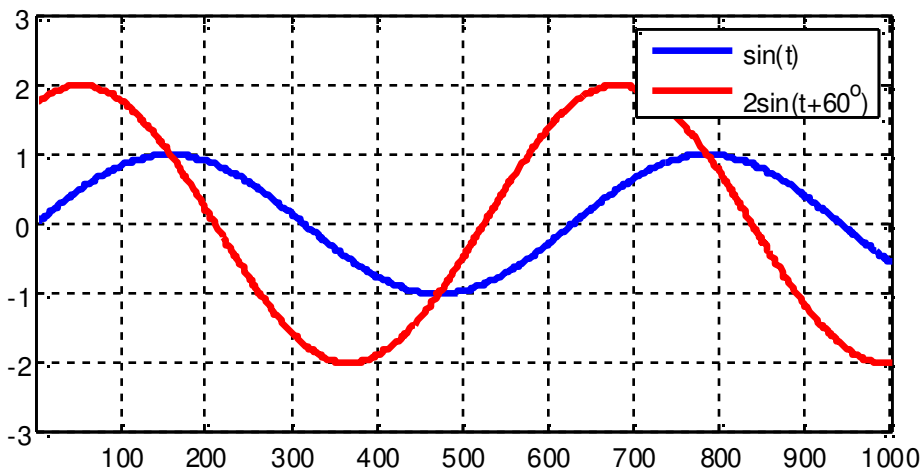
$$\varphi = \arctg \frac{X_{2m}}{X_{1m}} = \arctg \frac{80}{100} = 38,66^\circ$$

$$x(t) = 128,06\sin(20t + 38,66^\circ)$$

Sóng sin (7)



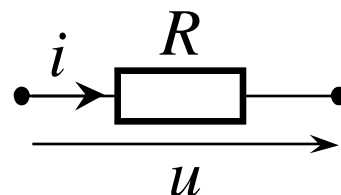
Sóng sin (8)



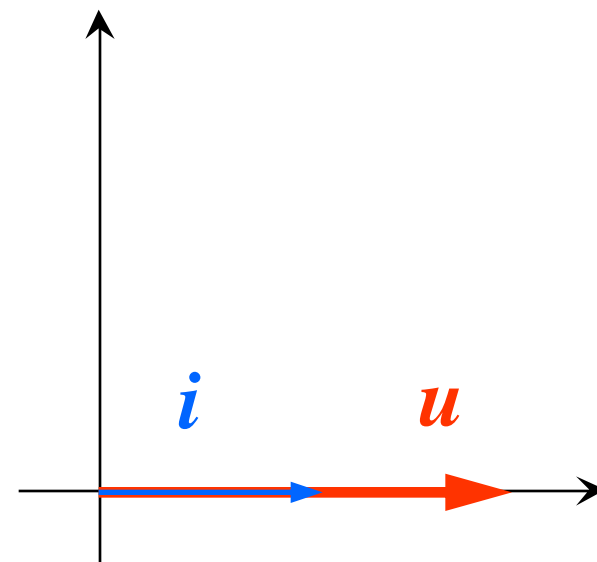
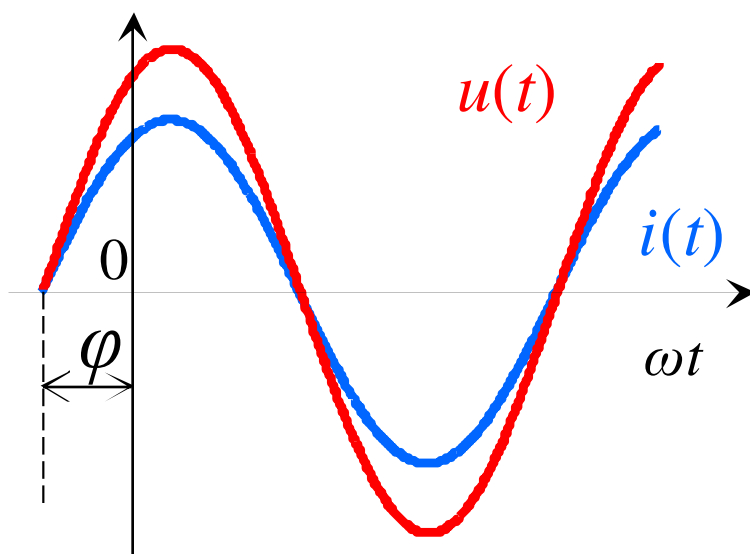
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
- 2. Phản ứng của các phần tử cơ bản**
 - a) Điện trở
 - b) Cuộn dây
 - c) Tụ điện
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Phản ứng của các phần tử cơ bản (1)



$$\left. \begin{array}{l} i = I_m \sin \omega t \\ u = Ri \end{array} \right\} \rightarrow u = RI_m \sin \omega t = U_{Rm} \sin \omega t$$

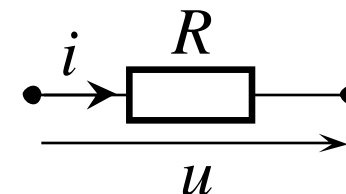


$$i = I_m \sin(\omega t + \phi) \rightarrow u = RI_m \sin(\omega t + \phi)$$

Phản ứng của các phần tử cơ bản (2)

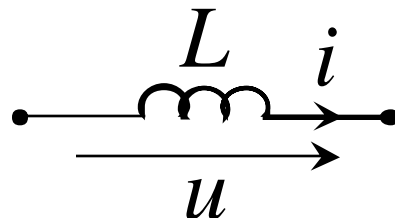
VD1

$$R = 20 \, \Omega, u = 100\sin(20t + 30^\circ) \, \text{V}, i = ?$$

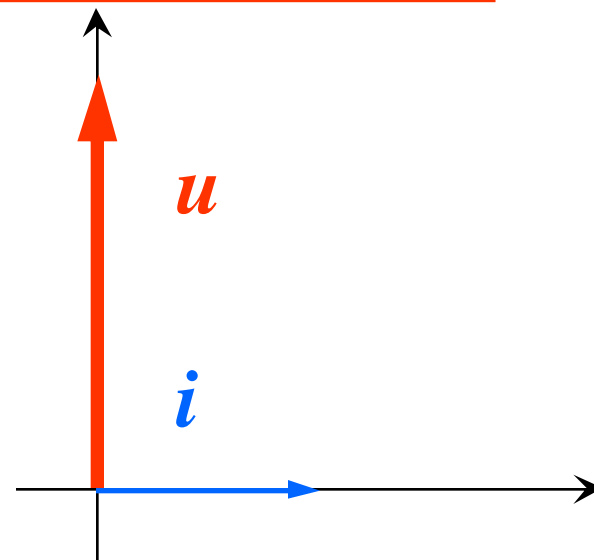
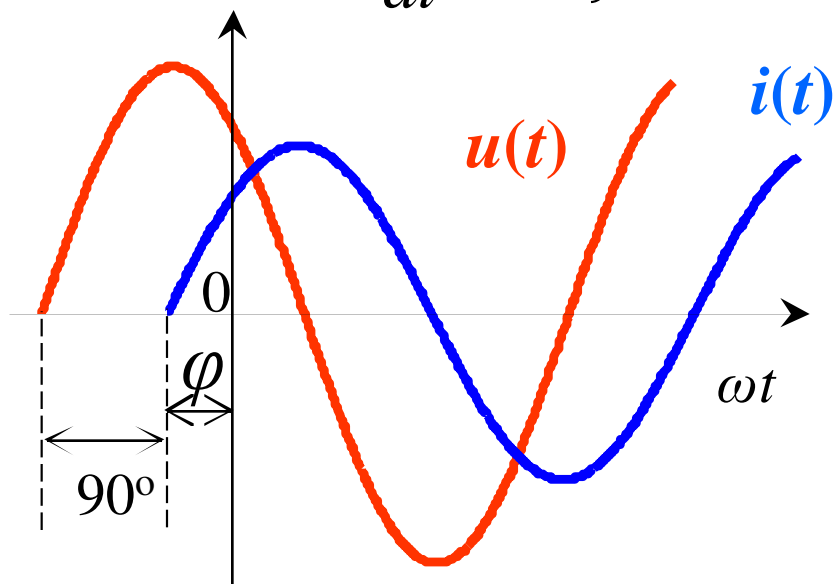


$$i = \frac{u}{R} = \frac{100\sin(20t + 30^\circ)}{20} = 5\sin(20t + 30^\circ) \, \text{A}$$

Phản ứng của các phần tử cơ bản (3)



$$\left. \begin{aligned} i &= I_m \sin \omega t \\ u &= L \frac{di}{dt} \end{aligned} \right\} \rightarrow u = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin(\omega t + 90^\circ) = U_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ)$$

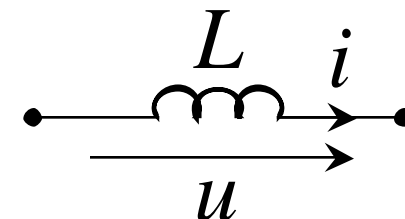


$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

Phản ứng của các phần tử cơ bản (4)

VD2

$$L = 2 \text{ H}, i = \sin(20t + 45^\circ) \text{ A}, u = ?$$



$$u = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

$$= 20 \cdot 2 \cdot 1 \sin(20t + 45^\circ + 90^\circ) = 40 \sin(20t + 135^\circ) \text{ V}$$

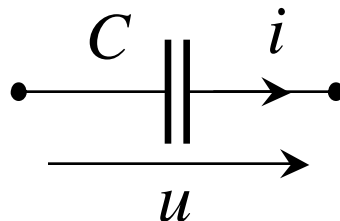
VD3

$$L = 2 \text{ H}, u = 100 \sin(20t + 30^\circ) \text{ V}, i = ?$$

$$u = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ) = 100 \sin(20t + 30^\circ) \text{ V}$$

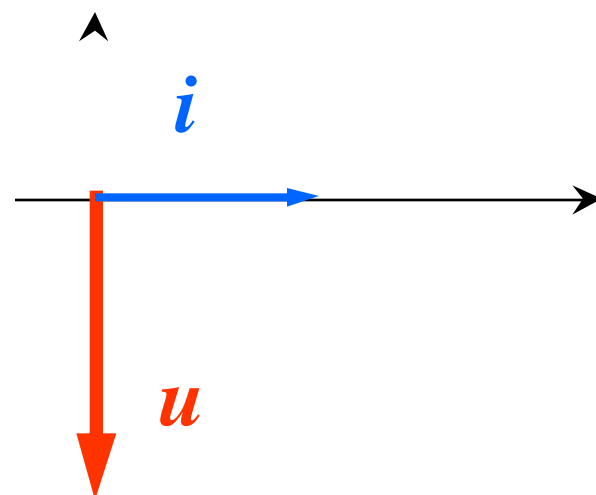
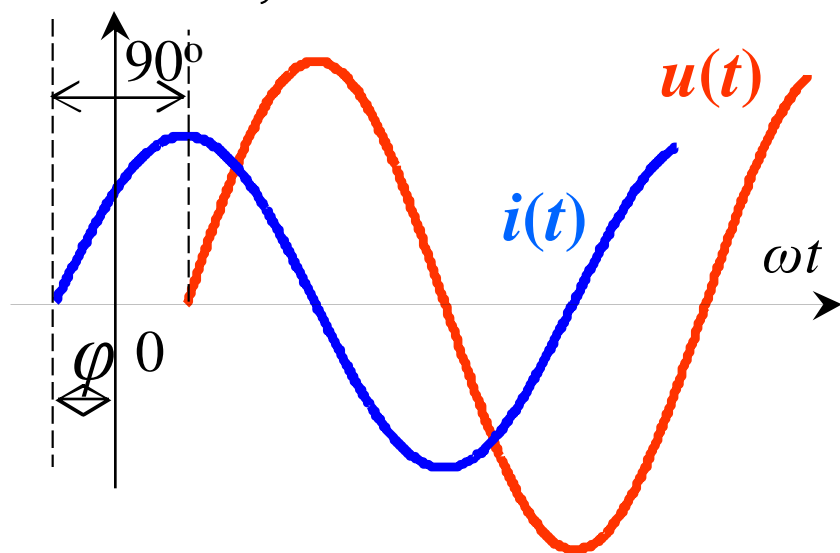
$$\rightarrow \begin{cases} I_m = \frac{100}{\omega L} = \frac{100}{20 \cdot 2} = 2,5 \text{ A} \\ \varphi = 30^\circ - 90^\circ = -60^\circ \end{cases} \rightarrow i = 2,5 \sin(20t - 60^\circ) \text{ A}$$

Phản ứng của các phần tử cơ bản (5)



$$\left. \begin{array}{l} i = I_m \sin \omega t \\ u = \frac{1}{C} \int i dt \end{array} \right\} \rightarrow u = \frac{1}{C} \int I_m \sin \omega t dt = -\frac{I_m}{\omega C} \cos \omega t = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$= U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$



$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

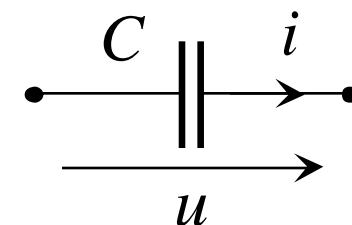
Phản ứng của các phần tử cơ bản (6)

VD4

$$C = 2 \text{ mF}, i = \sin(20t + 45^\circ) \text{ A}, u = ?$$

$$u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

$$= \frac{1}{20 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \sin(20t + 45^\circ - 90^\circ) = 25 \sin(20t - 45^\circ) \text{ V}$$



VD5

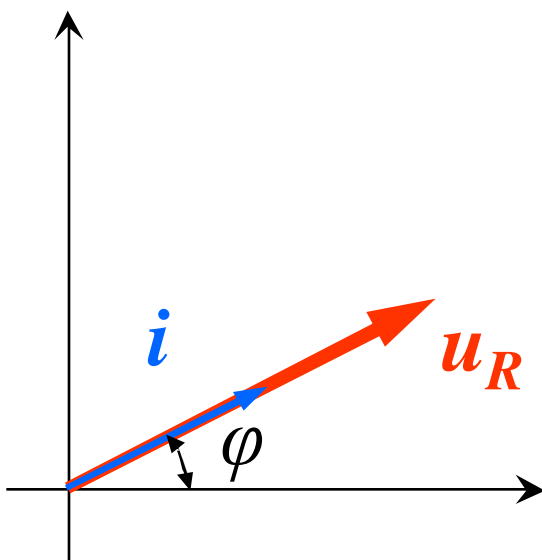
$$C = 2 \text{ mF}, u = 100 \sin(20t + 30^\circ) \text{ V}, i = ?$$

$$u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ) = 100 \sin(20t + 30^\circ) \text{ V}$$

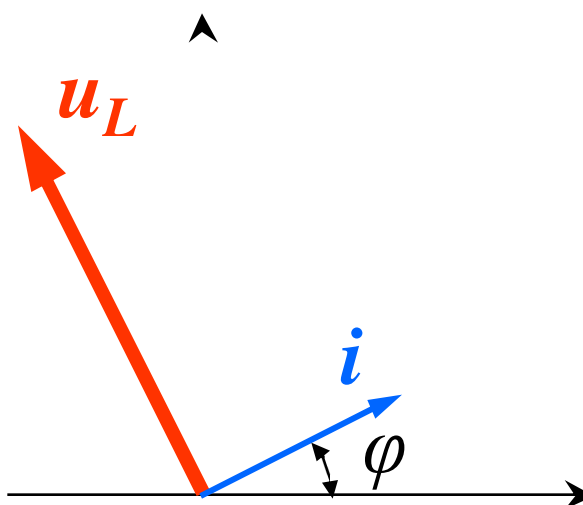
$$\rightarrow \begin{cases} I_m = 100 \omega C = 100 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ A} \\ \varphi = 30^\circ + 90^\circ = 120^\circ \end{cases} \rightarrow i = 4 \sin(20t + 120^\circ) \text{ A}$$

Phản ứng của các phần tử cơ bản (7)

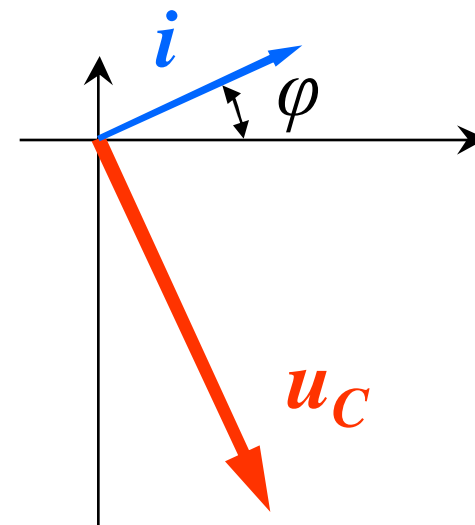
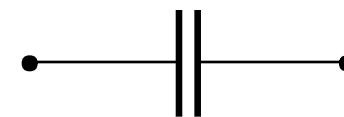
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$



$$u_R = RI_m \sin(\omega t + \varphi)$$



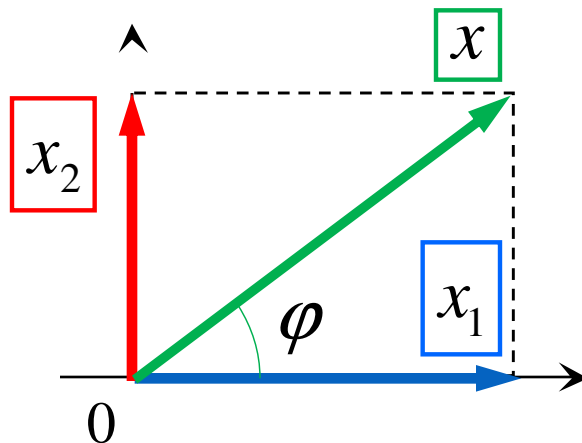
$$u_L = \omega LI_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$



$$u_C = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

Mạch xoay chiều

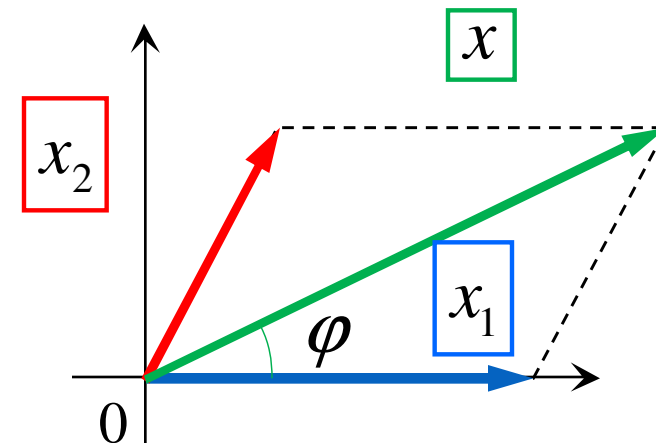
$$\begin{aligned} x_1(t) &= 100\sin(20t), \\ x_2(t) &= 80\sin(20t + 90^\circ), \\ \text{Tìm } x &= x_1(t) + x_2(t)? \end{aligned}$$



$$X_m = \sqrt{100^2 + 80^2} = 128,06$$

$$\varphi = \arctg \frac{80}{100} = 38,66^\circ$$

$$\begin{aligned} x_1(t) &= 100\sin(20t), \\ x_2(t) &= 80\sin(20t + 60^\circ), \\ \text{Tìm } x &= x_1(t) + x_2(t)? \end{aligned}$$



$$X_m = ? \quad \varphi = ?$$

SỐ PHỨC

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
- 3. Số phức**
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Số phức (1)

$$j = \sqrt{-1}$$

số thực

$$v = \boxed{a} + j\boxed{b}$$

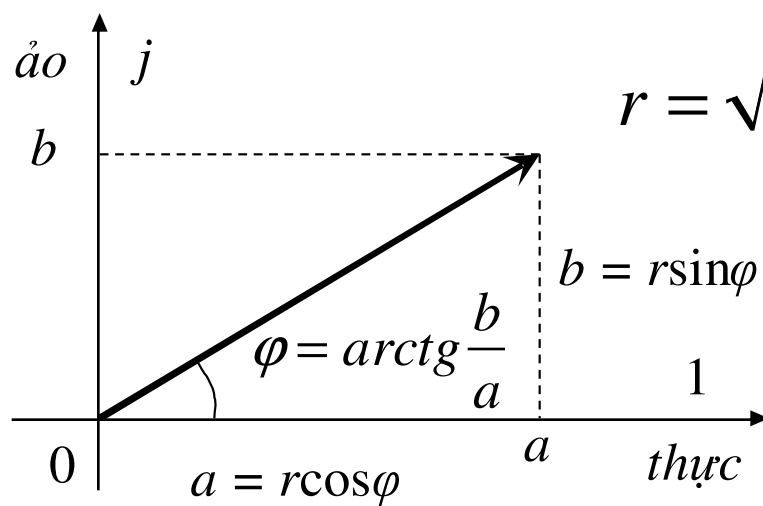
phần thực phần ảo

$$a = \operatorname{Re}(v) \qquad b = \operatorname{Im}(v)$$

số thực

Số phức (2)

$$v = a + jb$$



$$r = \sqrt{a^2 + b^2} = |v|$$

Mô đun của số phức v

$$a + jb \quad \Leftrightarrow \quad \underline{r / \varphi} \quad \Leftrightarrow \quad r e^{j\varphi}$$

$$\underline{r / \varphi}$$

$$r \angle \varphi$$

$$r \angle \varphi$$

$$e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi \quad (\text{ct. Euler})$$

Số phức (3)

VD1

$$3 + j4 \rightarrow r/\varphi ?$$

$$r = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{a} = \arctg \frac{4}{3} = 53,1^\circ$$

$$3 + j4 \rightarrow 5/53,1^\circ$$

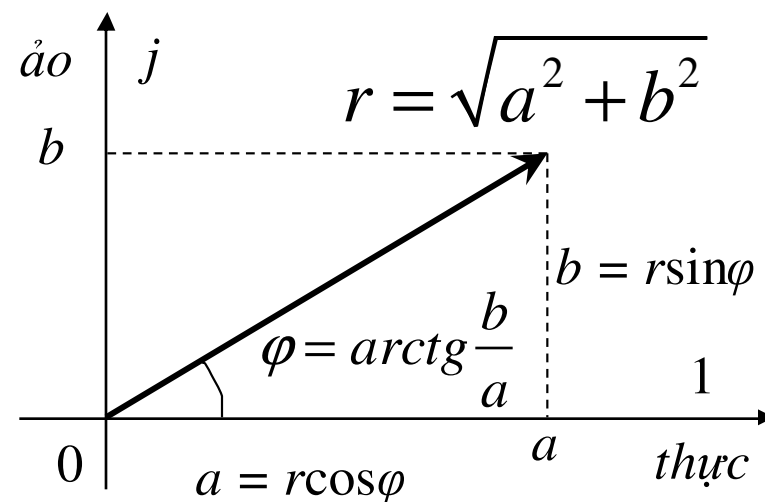
VD2

$$10/60^\circ \rightarrow a + jb ?$$

$$a = 10 \cos 60^\circ = 5$$

$$b = 10 \sin 60^\circ = 8,66$$

$$10/60^\circ \rightarrow 5 + j8,66$$



Số phức (4)

$$z = x + jy; \quad z_1 = x_1 + jy_1 = r_1 \angle \phi_1; \quad z_2 = x_2 + jy_2 = r_2 \angle \phi_2$$

$$z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$$

$$z_1 - z_2 = (x_1 - x_2) + j(y_1 - y_2)$$

$$z_1 z_2 = r_1 r_2 \angle \phi_1 + \phi_2$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} \angle \phi_1 - \phi_2$$

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{r} \angle -\phi$$

$$\sqrt{z} = \sqrt{r} \angle \phi / 2$$

$$\hat{z} = z^* = x - jy = r \angle -\phi = r e^{-j\phi}$$

Số phức (5)

VD3

$$3 + j4 + 5 - j6 = (3 + 5) + j(4 - 6) = \boxed{8 - j2}$$

$$3 + j4 - (5 - j6) = (3 - 5) + j[4 - (-6)] = \boxed{-2 + j10}$$

$$\begin{aligned} 3 + j4 - 5 \angle 30^\circ &= 3 + j4 - [(5 \cos 30^\circ) + j(5 \sin 30^\circ)] = 3 + j4 - (4,33 + j2,50) \\ &= \boxed{-1,33 + j1,50} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3 + j4)(5 - j6) &= (5 \angle 53,1^\circ)(7,81 \angle -50,2^\circ) = (5 \cdot 7,81) \angle 53,1^\circ - 50,2^\circ \\ &= \boxed{39,1 \angle 2,9^\circ} \end{aligned}$$

$$\frac{3 + j4}{5 - j6} = \frac{5 \angle 53,1^\circ}{7,81 \angle -50,2^\circ} = \frac{5}{7,81} \angle 53,1^\circ - (-50,2^\circ) = \boxed{0,64 \angle 103,3^\circ}$$

Số phức (6)

VD5

$$\sqrt{\frac{3 + j4 + 5 \angle 30^\circ}{(4 + j5)(6 - j7)^*}} = \sqrt{\frac{7,33 + j6,50}{(4 + j5)(6 - j7)^*}} = \sqrt{\frac{7,33 + j6,50}{59,00 \angle 100,7^\circ}} = \sqrt{\frac{9,80 \angle 41,6^\circ}{59,00 \angle 100,7^\circ}}$$

$$= \sqrt{0,17 \angle -59,1^\circ}$$

$$5 \angle 30^\circ = (5 \cos 30^\circ) + j(5 \sin 30^\circ) = 4,33 + j2,50$$

$$3 + j4 + 5 \angle 30^\circ = (3 + j4) + (4,33 + j2,50) = 7,33 + j6,50$$

$$= \boxed{\begin{matrix} 0,41 \angle -29,6^\circ \\ 0,35 - j0,20 \end{matrix}}$$

$$(4 + j5)(6 - j7)^* = (4 + j5)(6 + j7)$$

$$4 + j5 = \sqrt{4^2 + 5^2} \angle \arctg(5/4) = 6,40 \angle 51,3^\circ$$

$$6 + j7 = \sqrt{6^2 + 7^2} \angle \arctg(7/6) = 9,22 \angle 49,4^\circ$$

$$(4 + j5)(6 + j7) = (6,40 \angle 51,3^\circ)(9,22 \angle 49,4^\circ) = 59,00 \angle 100,7^\circ$$

$$7,33 + j6,50 = \sqrt{7,33^2 + 6,50^2} \angle \arctg(6,50/7,33) = 9,80 \angle 41,6^\circ$$

Số phức (7)

$$10/\underline{0^\circ} \leftrightarrow 10$$

$$10/\underline{90^\circ} \leftrightarrow j10$$

$$10/\underline{-90^\circ} \leftrightarrow -j10$$

$$10/\underline{180^\circ} = 10/\underline{-180^\circ} \leftrightarrow -10$$

$$A = M/\underline{\varphi}, B = M/\underline{\varphi + 90^\circ} \leftrightarrow B = jA$$

$$A = M/\underline{\varphi}, B = M/\underline{\varphi - 90^\circ} \leftrightarrow B = -jA$$

$$A = M/\underline{\varphi}, B = M/\underline{\varphi \pm 180^\circ} \leftrightarrow B = -A$$

$$\frac{M}{j} = -jM$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
- 4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức**
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Biểu diễn sóng sin bằng số phức (1)

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi) = X \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{X} = X \underline{\varphi}$$

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi) = X \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{X} = X_m \underline{\varphi}$$

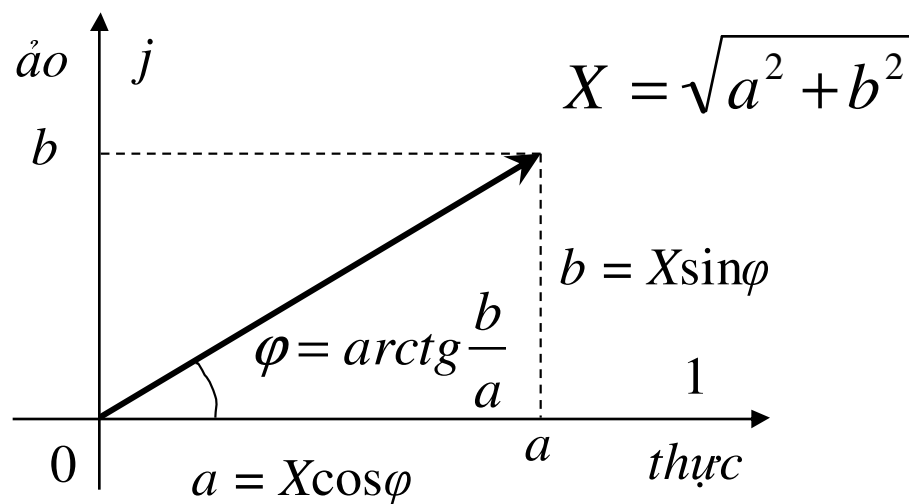
$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \varphi) = X \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{X} = X \underline{\varphi}$$

$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \varphi) = X \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{X} = X_m \underline{\varphi}$$

$$\dot{X} \quad \mathbf{X} \quad \bar{X} \quad \vec{X}$$

Biểu diễn sóng sin bằng số phức (2)

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{X} = X \angle \varphi = a + jb$$



Biểu diễn sóng sin bằng số phức (3)

VD1

$$4\sin(20t + 40^\circ) \leftrightarrow \frac{4}{\sqrt{2}} \angle 40^\circ$$

$$6\sin(314t - 120^\circ) \leftrightarrow \frac{6}{\sqrt{2}} \angle -120^\circ$$

$$-5\cos(100t + 20^\circ) = -5\sin(100t + 110^\circ) \leftrightarrow -\frac{5}{\sqrt{2}} \angle 110^\circ$$

$$\underline{12 \angle 30^\circ} \leftrightarrow 12\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$\underline{-24 \angle 60^\circ} \leftrightarrow -24\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ)$$

$$3 + j4 \leftrightarrow \underline{5 \angle 53,1^\circ} \leftrightarrow 5\sqrt{2} \sin(\omega t + 53,1^\circ)$$

Biểu diễn sóng sin bằng số phức (4)

VD2

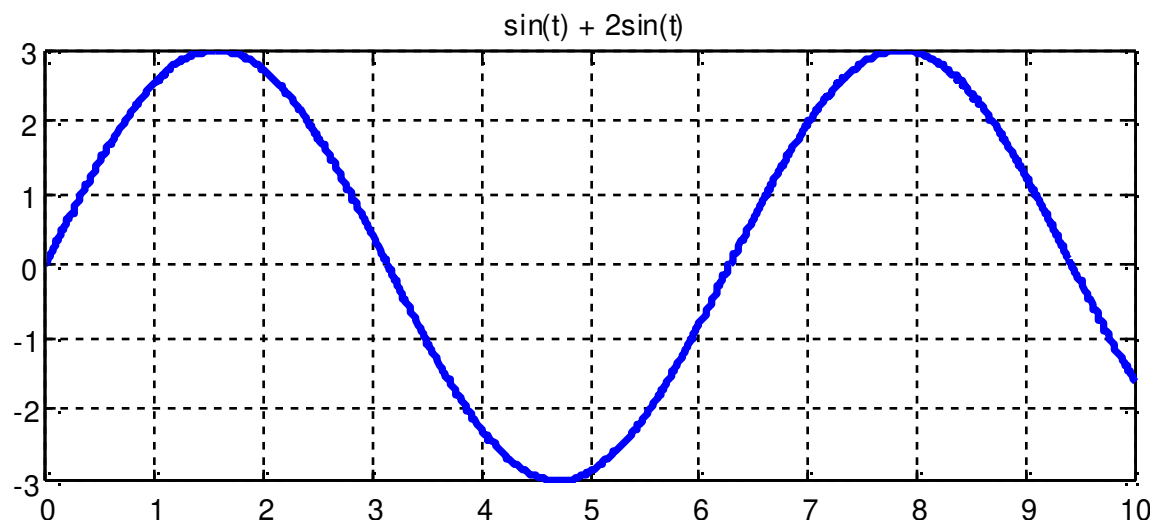
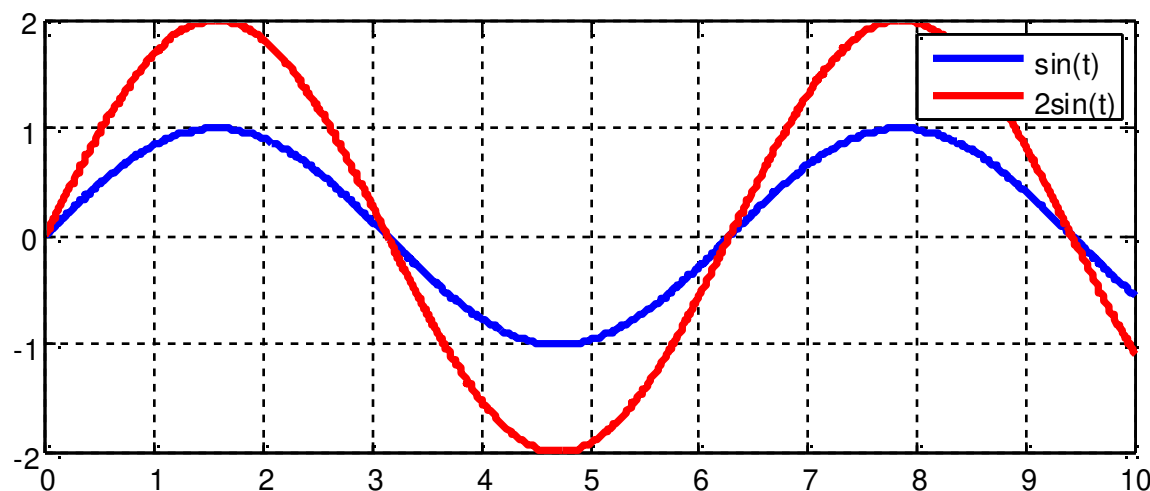
$$\sin(t) + 2\sin(t)$$

$$\sin(t) \leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2\sin(t) \leftrightarrow \frac{2}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{3}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{3}{\sqrt{2}} \leftrightarrow \boxed{3\sin(t)}$$



Biểu diễn sóng sin bằng số phức (5)

VD3

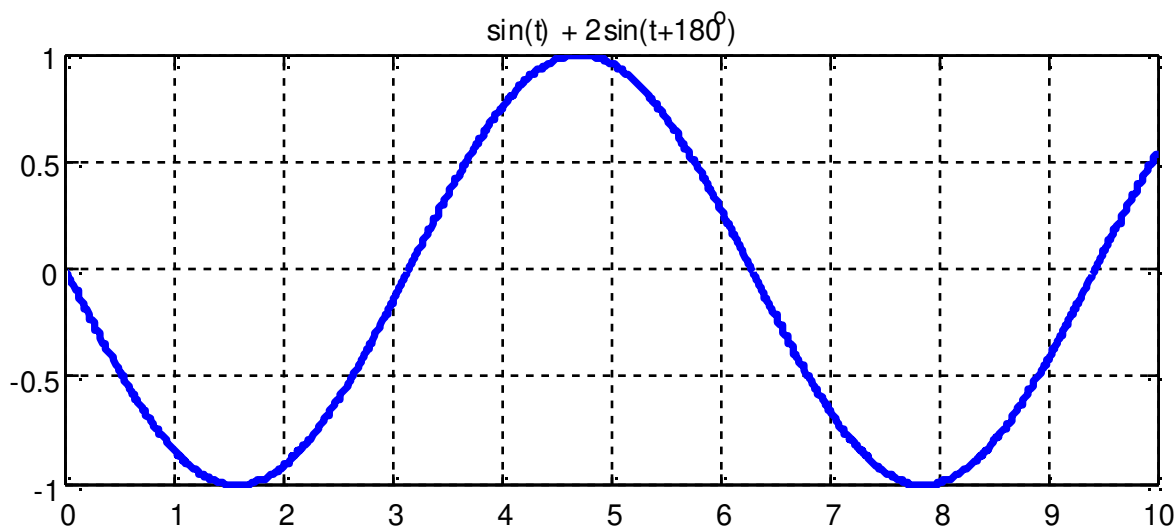
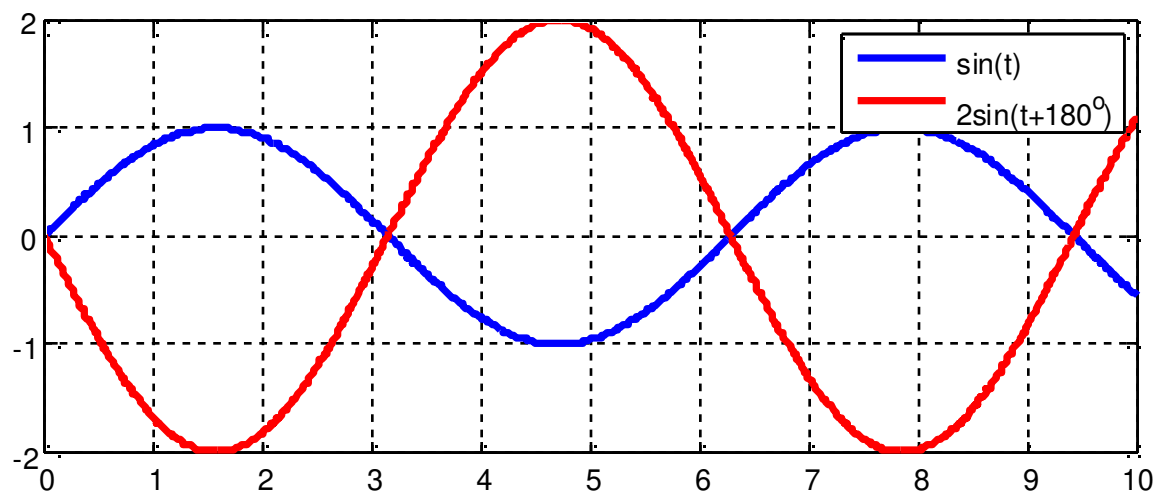
$$\sin(t) + 2\sin(t + 180^\circ)$$

$$\sin(t) \leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2\sin(t + 180^\circ) \leftrightarrow \frac{2}{\sqrt{2}} \angle 180^\circ = -\frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{2}{\sqrt{2}} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$-\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \angle 180^\circ \leftrightarrow \sin(t + 180^\circ)$$



Biểu diễn sóng sin bằng số phức (6)

VD4

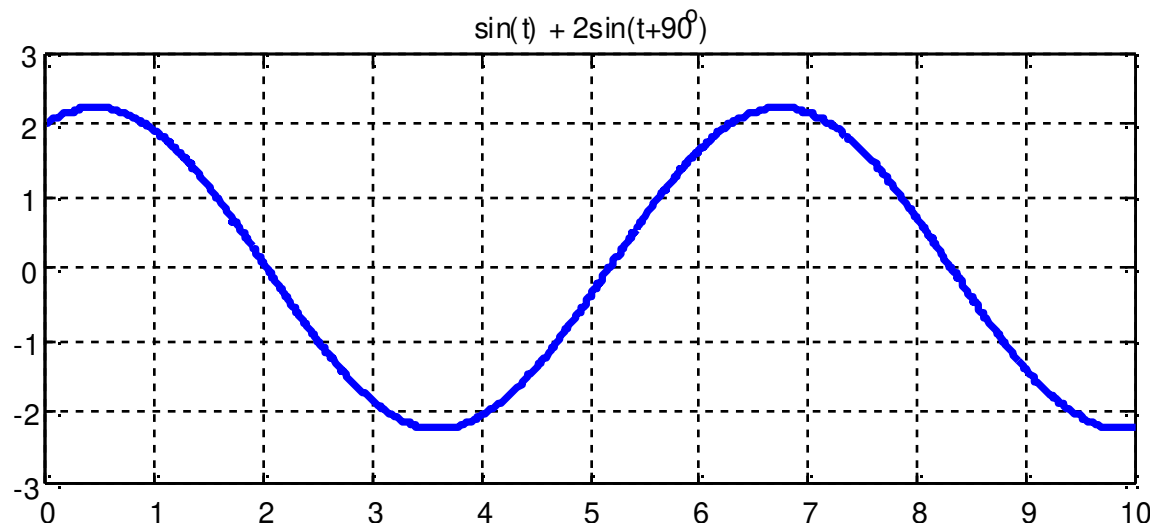
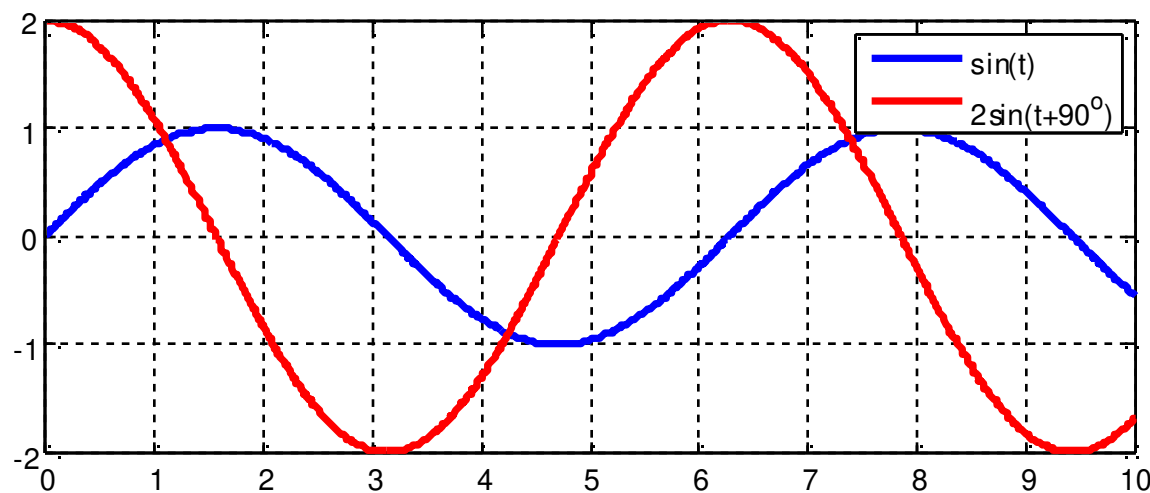
$$\sin(t) + 2\sin(t + 90^\circ)$$

$$\sin(t) \leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2\sin(t + 90^\circ) \leftrightarrow \frac{2}{\sqrt{2}} \angle 90^\circ = j \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} + j \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}} \angle 63,4^\circ$$

$$\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}} \angle 63,4^\circ \leftrightarrow \boxed{\sqrt{5} \sin(t + 63,4^\circ)}$$



Biểu diễn sóng sin bằng số phức (7)

VD5

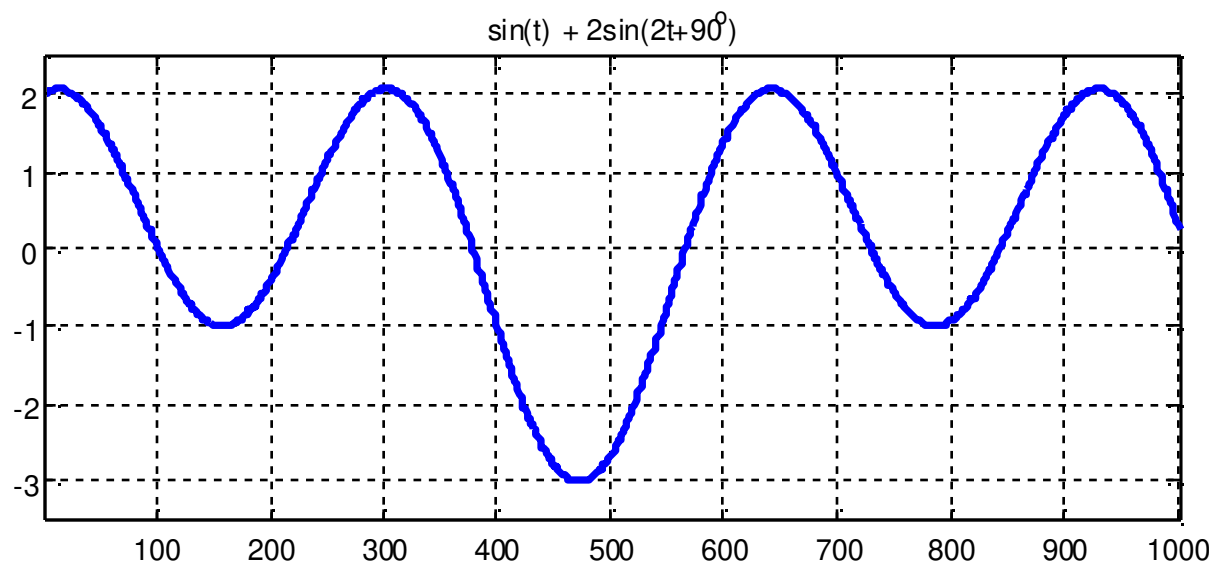
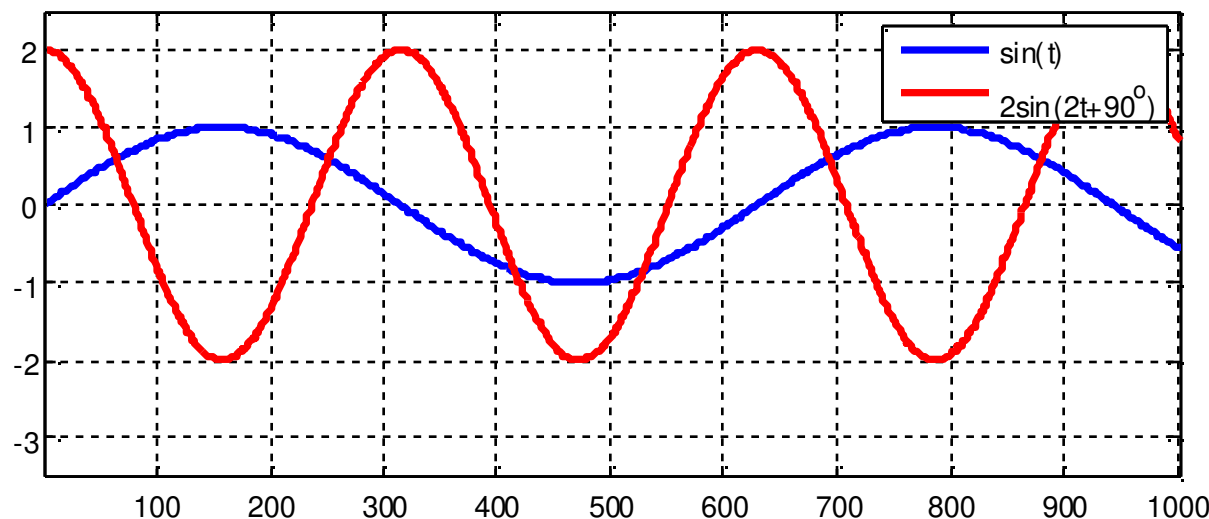
$$\sin(t) + 2\sin(2t + 90^\circ)$$

$$\sin(t) \leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2\sin(2t + 90^\circ) \leftrightarrow \frac{2}{\sqrt{2}} \angle 90^\circ = j \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} + j \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}} \angle 63,4^\circ$$

$$\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}} \angle 63,4^\circ \leftrightarrow \sqrt{5} \sin(\omega t + 63,4^\circ)$$



Biểu diễn sóng sin bằng số phức (8)

VD6

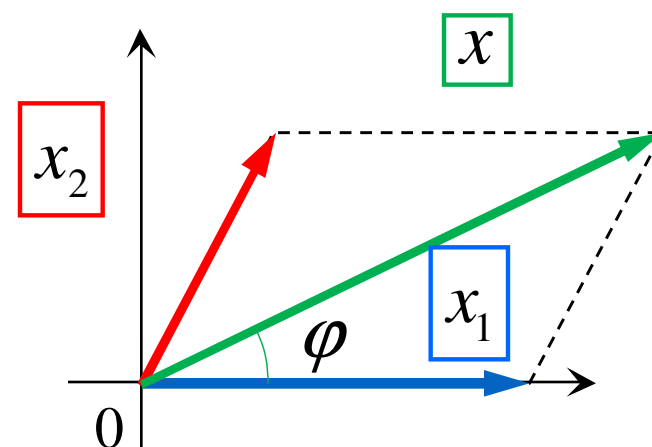
$$x_1(t) \leftrightarrow \frac{100}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{100}{\sqrt{2}}$$

$$x_2(t) \leftrightarrow \frac{80}{\sqrt{2}} \angle 60^\circ$$

$$\begin{aligned} x_1(t) + x_2(t) &\leftrightarrow \frac{100}{\sqrt{2}} + \frac{80}{\sqrt{2}} \angle 60^\circ \\ &= 110,45 \angle 26,33^\circ \end{aligned}$$

$$\rightarrow \begin{cases} X_m = 110,45\sqrt{2} = 156,21 \\ \varphi = 26,33^\circ \end{cases}$$

$$\begin{aligned} x_1(t) &= 100\sin(20t), \\ x_2(t) &= 80\sin(20t + 60^\circ), \\ \text{Tìm } x &= x_1(t) + x_2(t)? \end{aligned}$$



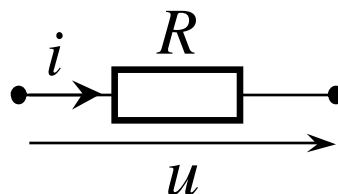
$$X_m = ? \quad \varphi = ?$$



Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
- 5. Phức hoá các phần tử cơ bản**
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Phức hóa các phần tử cơ bản (1)



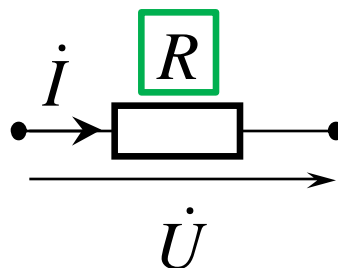
$$i = I_m \sin(\omega t + \phi) \rightarrow u = RI_m \sin(\omega t + \phi)$$

Miền thời gian

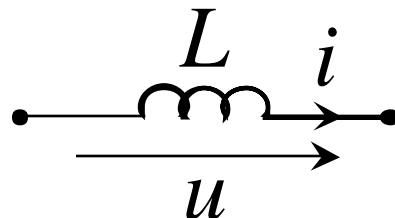
Miền phức



$$\dot{I} = I / \underline{\varphi} \rightarrow \dot{U} = RI / \underline{\varphi} = R\dot{I}$$



Phức hóa các phần tử cơ bản (2)



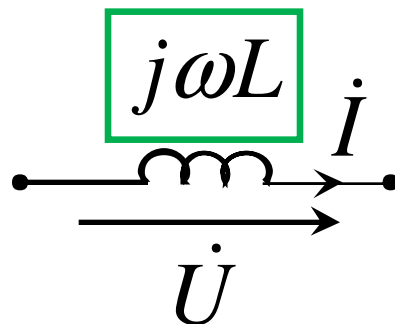
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

Miền thời gian

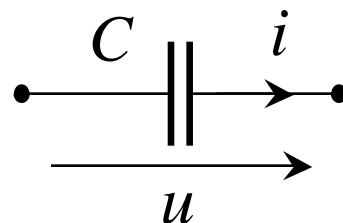


Miền phức

$$\dot{I} = I \angle \varphi \rightarrow \dot{U} = \omega L I \angle \varphi + 90^\circ = \omega L (j I \angle \varphi) = j \omega L \dot{I}$$



Phức hóa các phần tử cơ bản (3)



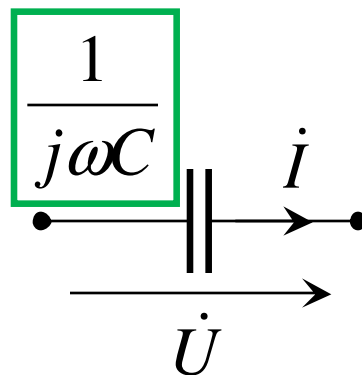
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

Miền thời gian

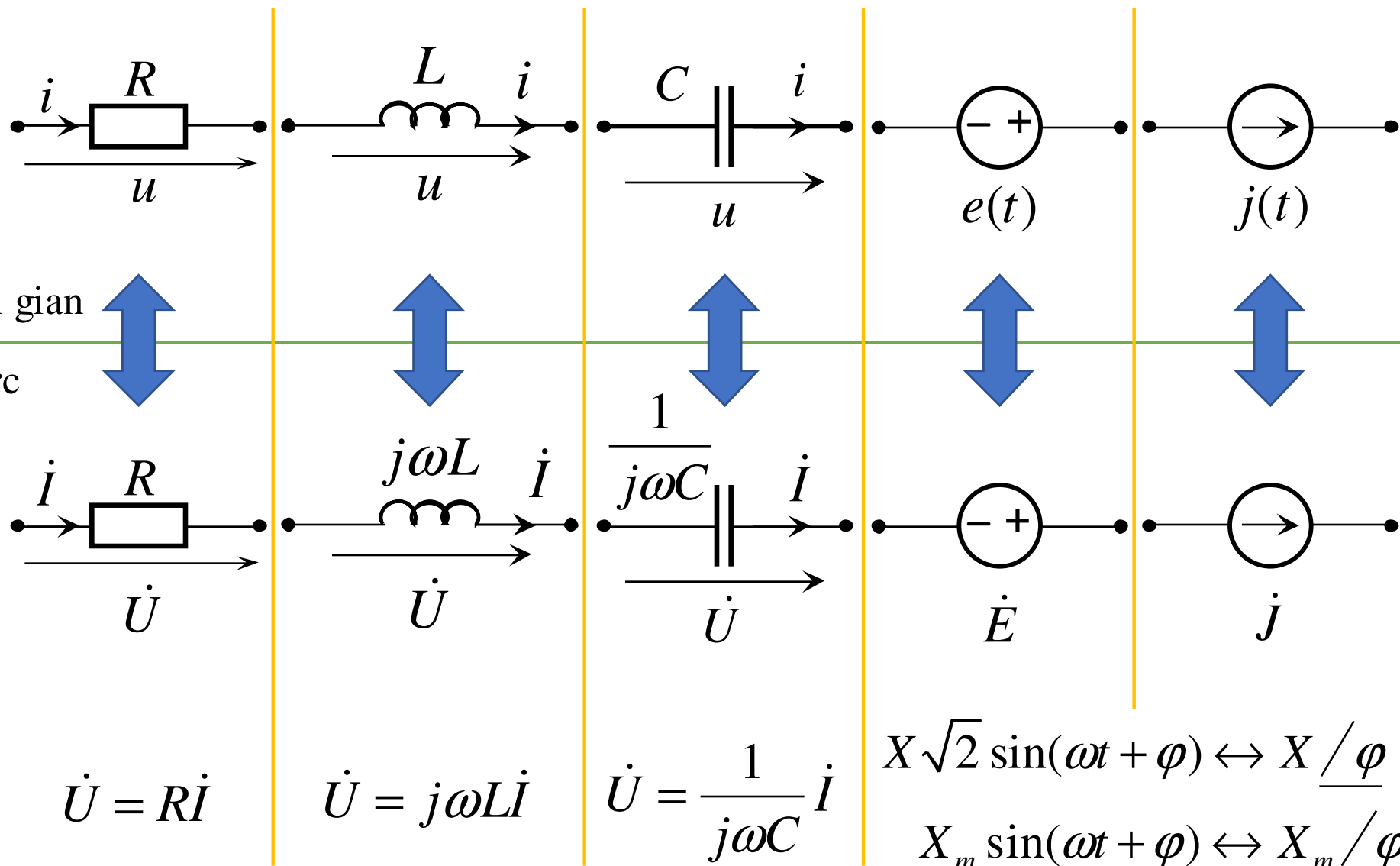
Miền phức



$$\dot{I} = I \angle \varphi \rightarrow \dot{U} = \frac{1}{\omega C} I \angle \varphi - 90^\circ = \frac{1}{\omega C} (-j I \angle \varphi) = \frac{1}{j\omega C} \dot{I}$$



Phức hóa các phần tử cơ bản

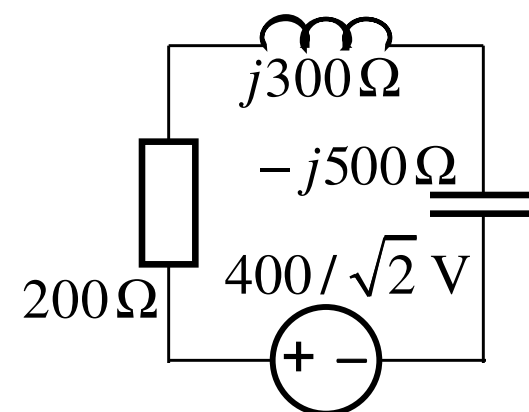
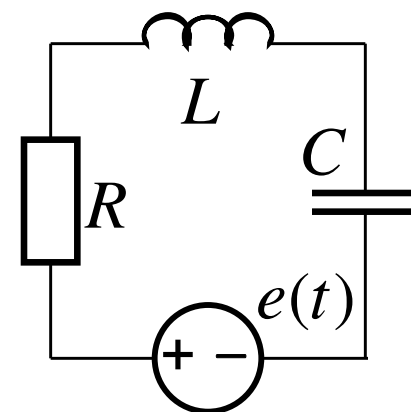
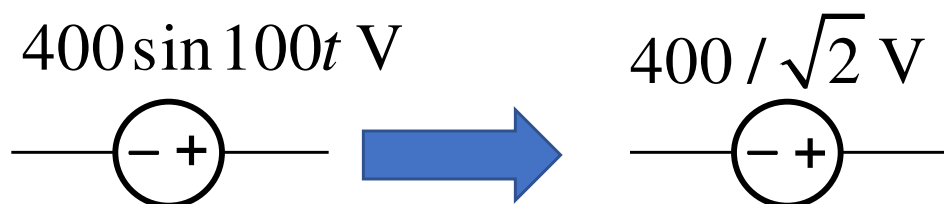
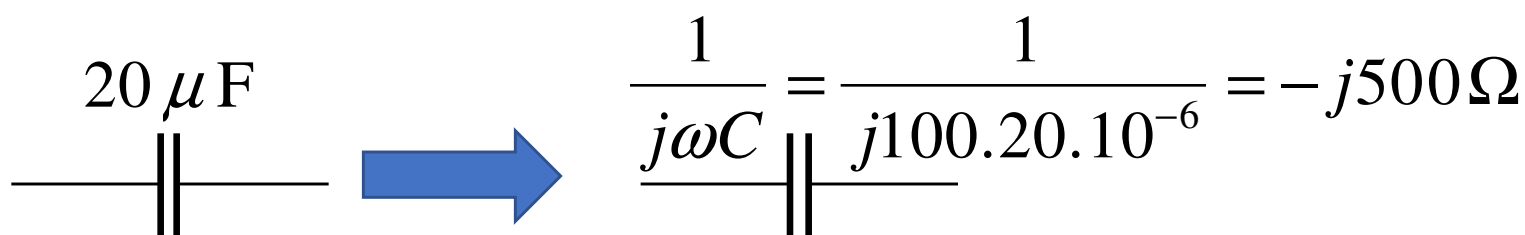
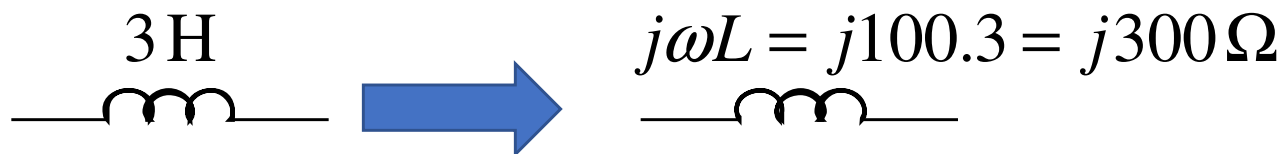
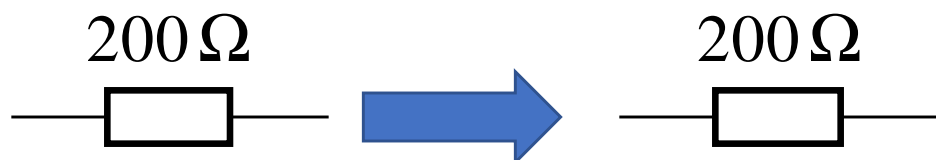


Phức hóa các phần tử cơ bản (5)

VD1

$e(t) = 400\sin 100t$ V; $R = 200 \Omega$; $L = 3$ H; $C = 20 \mu\text{F}$.

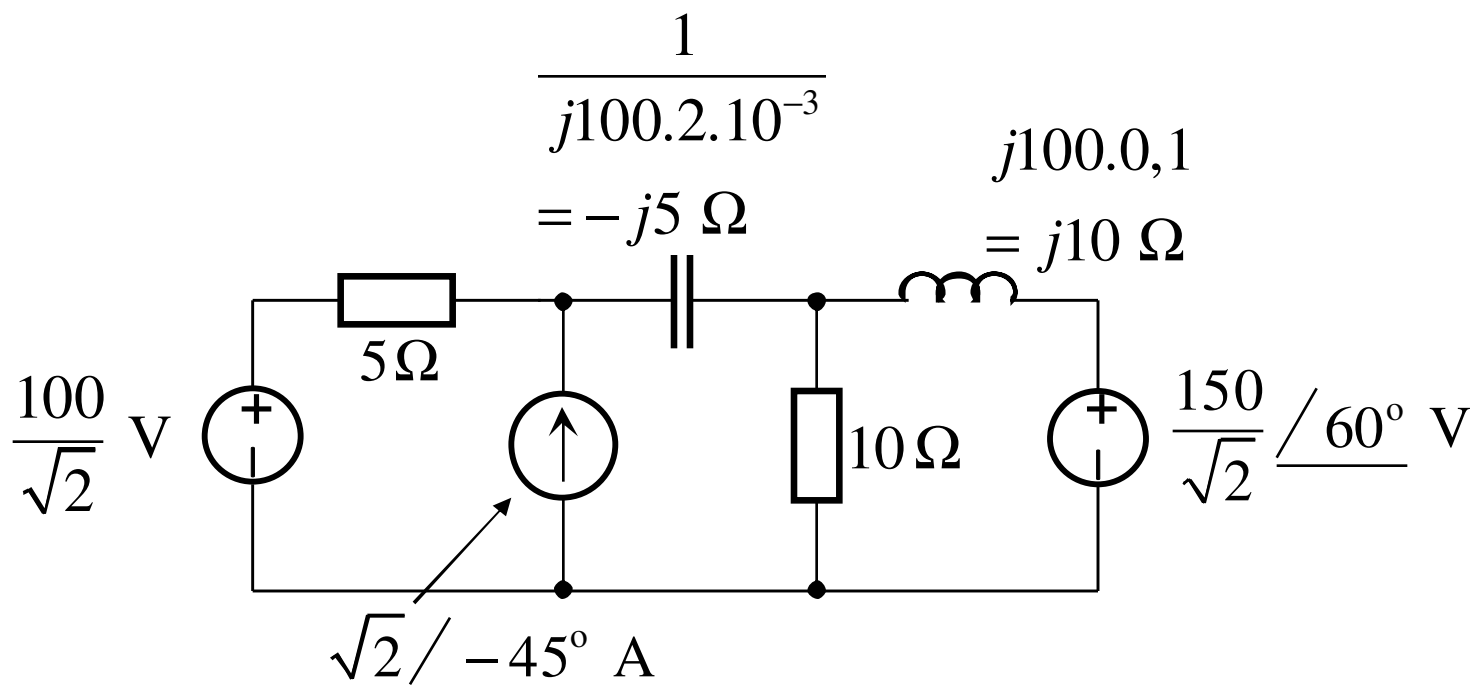
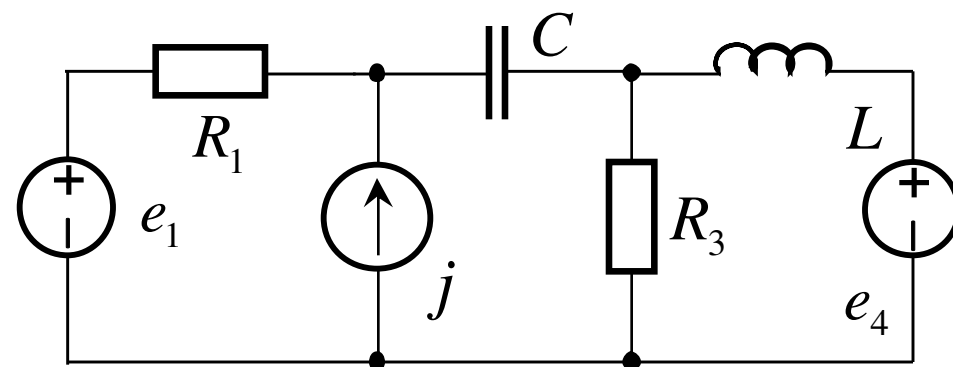
Phức hóa mạch điện?



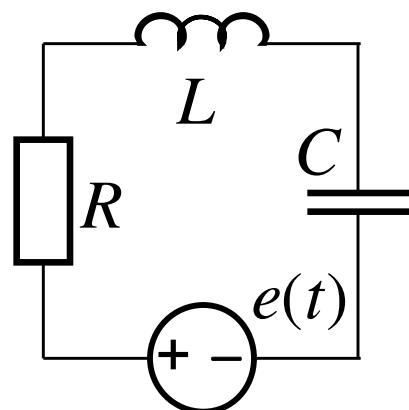
Phức hóa các phần tử cơ bản (6)

VD2

$e_1 = 100\sin(100t)$ V; $e_4 = 150\sin(100t + 60^\circ)$ V;
 $j = 2\sin(100t - 45^\circ)$ A; $R_1 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$;
 $C = 2\text{mF}$; $L = 0,1\text{H}$.

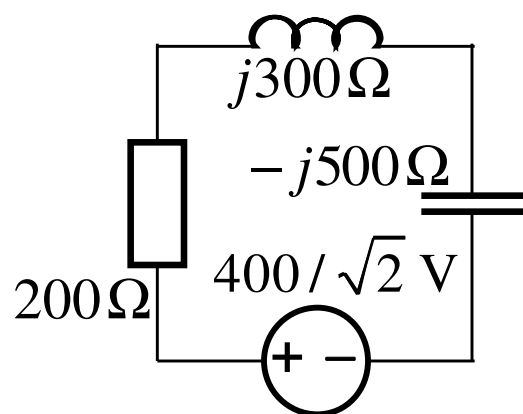


Phức hóa các phần tử cơ bản (7)



$$Ri + Li' + \frac{1}{C} \int i dt = e$$

(phương trình vi phân)



$$R\dot{I} + j\omega L\dot{I} + \frac{\dot{I}}{j\omega C} = \dot{E}$$

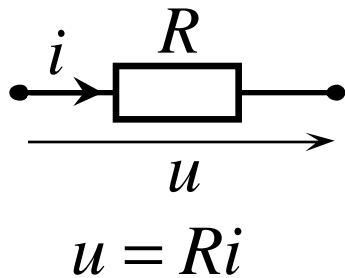
(phương trình đại số tuyến tính phức)

Mạch xoay chiều

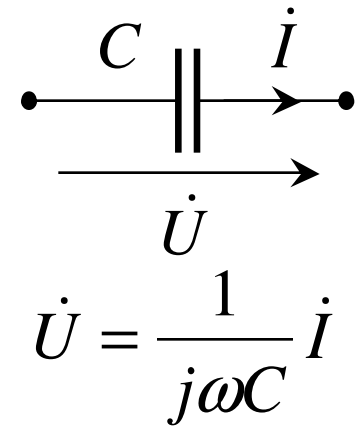
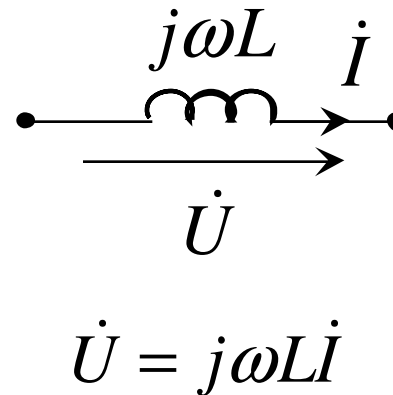
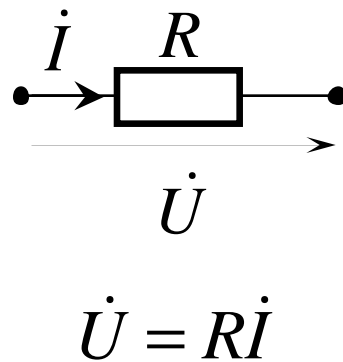
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Định luật Ohm (1)

Một chiều



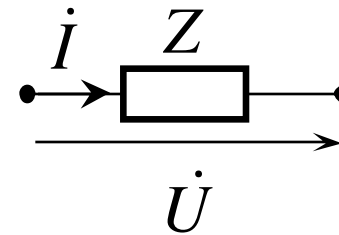
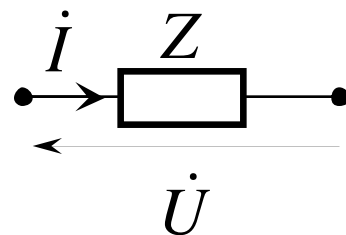
Xoay chiều



$$\dot{U} = -Z\dot{I}$$

$$\boxed{\dot{U} = Z\dot{I}}$$

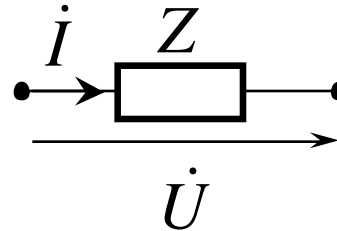
Z: tổng trở (Ω)



Định luật Ohm (2)

| | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | $Z_L = j\omega L$ | $Z_C = \frac{-j}{\omega C}$ |
| $\omega = 0$ | $Z_L = 0$ Ngắn mạch | $Z_C \rightarrow \infty$ Hở mạch |
| $\omega \rightarrow \infty$ | $Z_L \rightarrow \infty$ Hở mạch | $Z_C = 0$ Ngắn mạch |

Định luật Ohm (3)

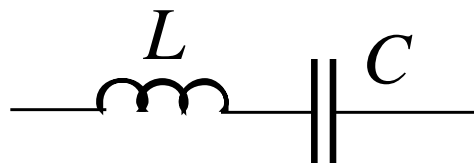


$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + jX$$

R : điện trở

X : điện kháng

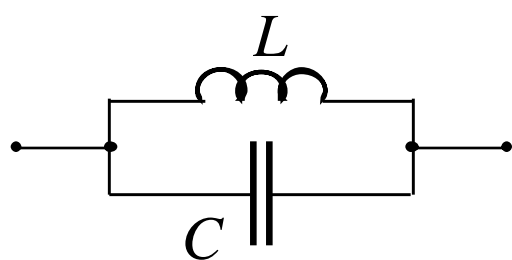
Định luật Ohm (4)



$$Z = j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

$$\text{Nếu } j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0 \rightarrow \frac{-\omega^2 LC + 1}{j\omega C} = 0 \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\rightarrow Z = 0$$



$$Z = \frac{j\omega L \frac{1}{j\omega C}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{L/C}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}$$

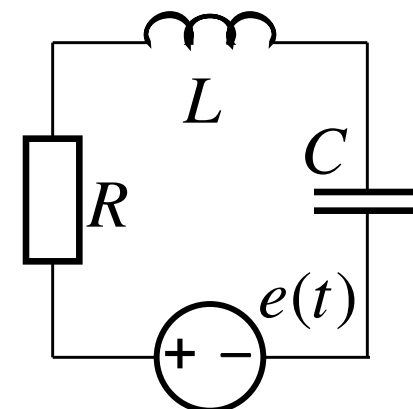
$$\text{Nếu } j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0 \rightarrow \frac{-\omega^2 LC + 1}{j\omega C} = 0 \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\rightarrow Z = \infty$$

Định luật Ohm (5)

VD

$e(t) = 100\sin\omega t$ V; $R = 2 \Omega$; $L = 0,1$ H; $C = 1$ mF;
tính dòng điện với $\omega = 50$ rad/s & $\omega = 100$ rad/s?



$$\omega = 50 \text{ rad/s} \rightarrow Z_{50} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 2 + j50 \cdot 0,1 + \frac{1}{j50 \cdot 10^{-3}} = 2 - j15 \Omega$$

$$\dot{I}_{50} = \frac{100}{2 - j15} = 6,61 / 82,41^\circ \text{ A} \rightarrow i_{50}(t) = 6,61 \sin(50t + 82,41^\circ) \text{ A}$$

$$\omega = 100 \text{ rad/s} \rightarrow Z_{100} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 2 + j100 \cdot 0,1 + \frac{1}{j100 \cdot 10^{-3}} = 2 \Omega$$

$$\dot{I}_{100} = \frac{100}{2} = 50 \text{ A} \rightarrow i_{100}(t) = 50 \sin(100t) \text{ A}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff**
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Định luật Kirchhoff (1)

$$\sum_{n=1}^N i_n = 0 \Leftrightarrow \sum_{n=1}^N I_n \sin(\omega t + \varphi_n) = 0 \Leftrightarrow \boxed{\sum_{n=1}^N \dot{I}_n = 0}$$

$$\sum_{n=1}^N u_n = 0 \Leftrightarrow \sum_{n=1}^N U_n \sin(\omega t + \varphi_n) = 0 \Leftrightarrow \boxed{\sum_{n=1}^N \dot{U}_n = 0}$$

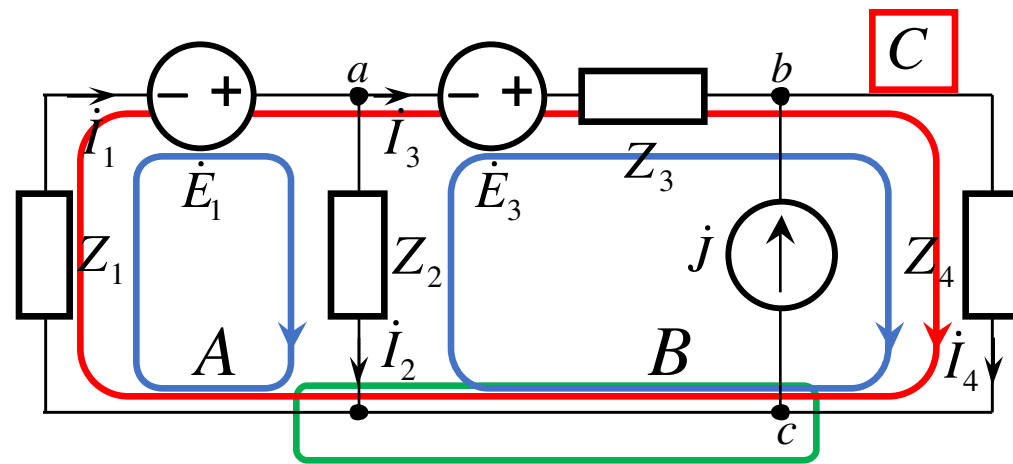
Định luật Kirchhoff (2)

VD

$$a: \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0$$

$$b: \dot{I}_3 + j - \dot{I}_4 = 0$$

$$c: -\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - j + \dot{I}_4 = 0$$



$$A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1$$

$$B: -Z_2 \dot{I}_2 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_3$$

$$C: Z_1 \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_1 + \dot{E}_3$$

Phân tích mạch xoay chiều

- Định luật Ohm & định luật Kirchhoff đúng đối với các tín hiệu phức hoá.
- Các bước phân tích mạch điện xoay chiều:
 1. Phức hoá mạch điện (phức hoá các phần tử mạch),
 2. Phân tích mạch điện bằng các phương pháp phân tích mạch một chiều,
 3. Chuyển tín hiệu phức hoá sang tín hiệu tức thời.

Phân tích mạch điện xoay chiều

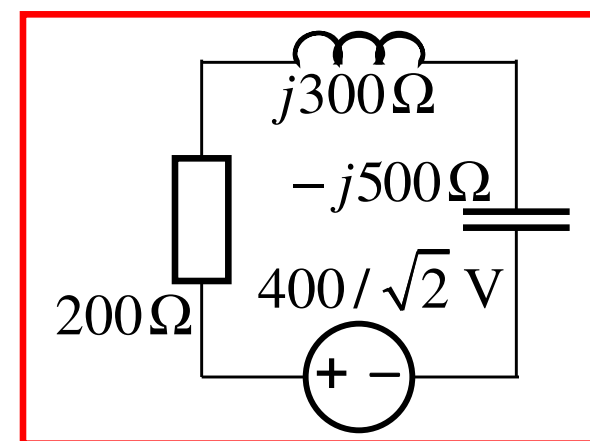
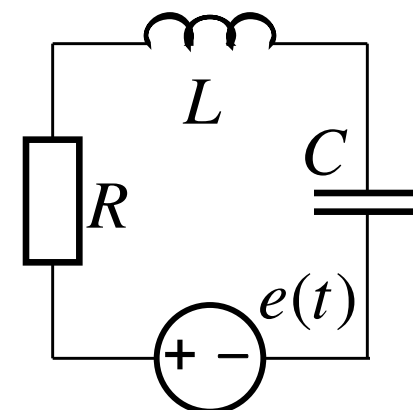
VD1

$e(t) = 400\sin 100t$ V; $R = 200 \Omega$; $L = 3$ H; $C = 20 \mu\text{F}$;
tìm dòng điện?

1. Phức hoá mạch điện (phức hoá các phần tử mạch),
2. Phân tích mạch điện bằng các phương pháp phân tích mạch đã học trong phần mạch một chiều,
3. Chuyển tín hiệu phức hoá sang tín hiệu tức thời.

$$\dot{I} = \frac{282,8 / 0^\circ}{200 + j300 - j500} = 1,00 / 45^\circ \text{ A}$$

$$i(t) = 1,00\sqrt{2} \sin(100t + 45^\circ) = 1,41\sin(100t + 45^\circ) \text{ A}$$



Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) **Dòng nhánh**
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

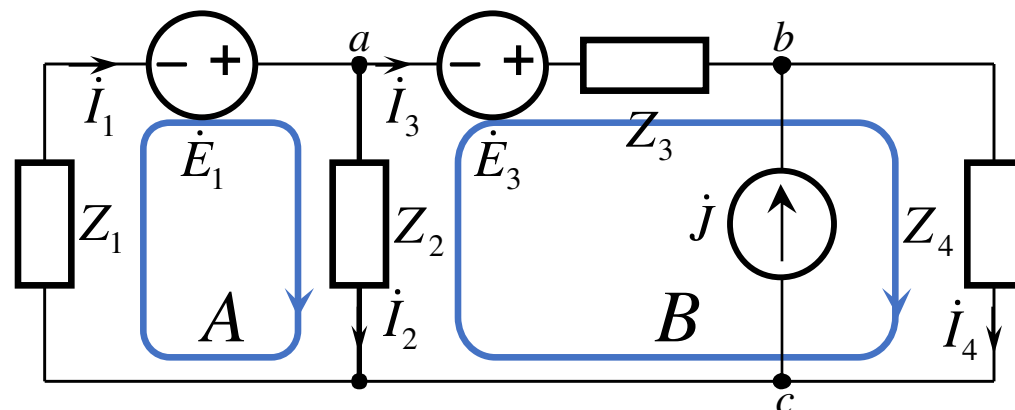
Dòng nhánh (1)

VD1

$$n_{KD} = 3 - 1 = 2$$

$$n_{KA} = 3 - 2 + 1 = 2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a: \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ b: \dot{I}_3 + j - \dot{I}_4 = 0 \\ A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1 \\ B: -Z_2 \dot{I}_2 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_3 \end{array} \right.$$



Một mạch điện có n_{KD} phương trình KD và n_{KA} phương trình KA, với:

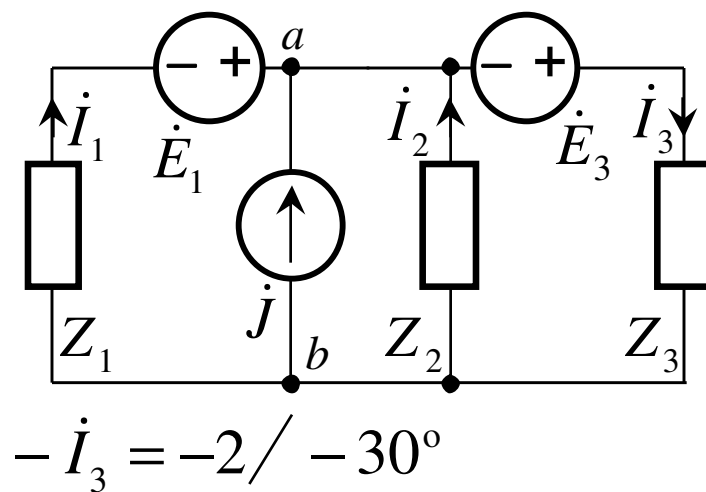
$$n_{KD} = \text{số_nút} - 1$$

$$n_{KA} = \text{số_nhánh} - \text{số_nút} + 1 \text{ (không kể nguồn dòng, nếu có)}$$

Dòng nhánh (2)

VD2

$Z_1 = 10\Omega$; $Z_2 = j20\Omega$; $Z_3 = 5 - j10\Omega$;
 $\dot{E}_1 = 30\text{V}$; $\dot{E}_3 = 45/\underline{15^\circ}\text{V}$; $\dot{J} = 2/\underline{-30^\circ}\text{A}$;
 Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 + \dot{J} = 0 \\ Z_1 \dot{I}_1 - Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1 \\ Z_2 \dot{I}_2 + Z_3 \dot{I}_3 = \dot{E}_3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = -\dot{J} \\ 10\dot{I}_1 - j20\dot{I}_2 = 30 \\ j20\dot{I}_2 + (5 - j10)\dot{I}_3 = 45/\underline{15^\circ} \end{cases}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad \dot{I}_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad \dot{I}_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

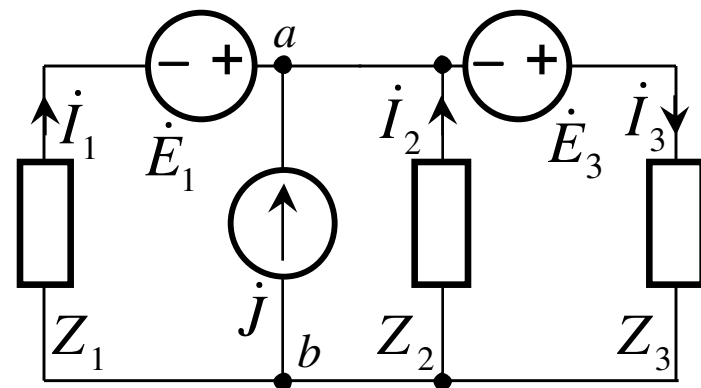
$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 10 & -j20 & 0 \\ 0 & j20 & 5 - j10 \end{vmatrix} = 1 \begin{vmatrix} -j20 & 0 \\ j20 & 5 - j10 \end{vmatrix} - 10 \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ j20 & 5 - j10 \end{vmatrix} + 0 \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ -j20 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= -250 - j200$$

Dòng nhánh (3)

VD2

$Z_1 = 10\Omega$; $Z_2 = j20\Omega$; $Z_3 = 5 - j10\Omega$;
 $\dot{E}_1 = 30\text{V}$; $\dot{E}_3 = 45/\underline{15^\circ}\text{V}$; $\dot{J} = 2/\underline{-30^\circ}\text{A}$;
 Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = -2/\underline{-30^\circ} \\ 10\dot{I}_1 - j20\dot{I}_2 = 30 \\ j20\dot{I}_2 + (5 - j10)\dot{I}_3 = 45/\underline{15^\circ} \end{cases}, \quad \dot{I}_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad \dot{I}_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad \dot{I}_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\begin{vmatrix} -2/\underline{-30^\circ} & 1 & -1 \\ 30 & -j20 & 0 \\ 45/\underline{15^\circ} & j20 & 5 - j10 \end{vmatrix}}{-250 - j200}$$

$$= 1,04 + j3,95$$

$$= 4,09/\underline{75,2^\circ}\text{A}$$

$$\rightarrow i_1 = \boxed{4,09\sqrt{2} \sin(\omega t + 75,2^\circ)\text{A}}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & -2/\underline{-30^\circ} & -1 \\ 10 & 30 & 0 \\ 0 & 45/\underline{15^\circ} & 5 - j10 \end{vmatrix}}{-250 - j200}$$

$$= 1,98 + j0,98$$

$$= 2,20/\underline{26,4^\circ}\text{A}$$

$$\rightarrow i_2 = \boxed{2,20\sqrt{2} \sin(\omega t + 26,4^\circ)\text{A}}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 1 & -2/\underline{-30^\circ} \\ 10 & -j20 & 30 \\ 0 & j20 & 45/\underline{15^\circ} \end{vmatrix}}{-250 - j200}$$

$$= 4,75 + j3,93$$

$$= 6,16/\underline{39,6^\circ}\text{A}$$

$$\rightarrow i_3 = \boxed{6,16\sqrt{2} \sin(\omega t + 39,6^\circ)\text{A}}$$

Mạch xoay chiều

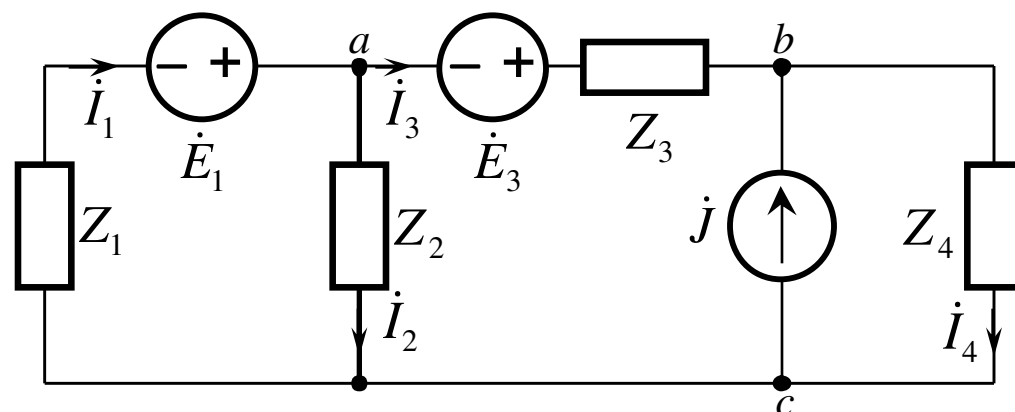
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút**
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Thế nút (1)

VD1

$$n_{KD} = 3 - 1 = 2$$

$$\dot{\phi}_c = 0$$

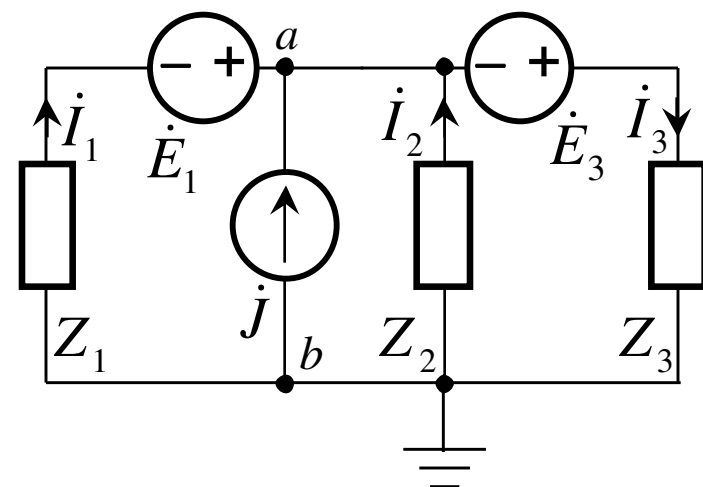


$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) \dot{\phi}_a - \frac{1}{Z_3} \dot{\phi}_b = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} - \frac{\dot{E}_3}{Z_3} \\ -\frac{1}{Z_3} \dot{\phi}_a + \left(\frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} \right) \dot{\phi}_b = \frac{\dot{E}_3}{Z_3} + j \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{\phi}_a \\ \dot{\phi}_b \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{\phi}_a}{Z_1} \\ \dot{I}_2 = \frac{\dot{\phi}_a}{Z_2} \\ \dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_3 + \dot{\phi}_a - \dot{\phi}_b}{Z_3} \\ \dot{I}_4 = \frac{\dot{\phi}_b}{Z_4} \end{array} \right.$$

Thế nút (2)

VD2

$Z_1 = 10\Omega$; $Z_2 = j20\Omega$; $Z_3 = 5 - j10\Omega$;
 $\dot{E}_1 = 30\text{ V}$; $\dot{E}_3 = 45/\underline{15^\circ}\text{ V}$; $\dot{J} = 2/\underline{-30^\circ}\text{ A}$;
 Tính các dòng điện trong mạch?



$$\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{j20} + \frac{1}{5 - j10} \right) \dot{\phi}_a = \frac{30}{10} + 2/\underline{-30^\circ} - \frac{45/\underline{15^\circ}}{5 - j10}$$

$$\rightarrow \dot{\phi}_a = 19,57 - j39,50 \text{ V}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{i}_1 = \frac{30 - (19,57 - j39,50)}{10} = 1,04 + j3,95 = 4,09/\underline{75,2^\circ} \text{ A} \\ \dot{i}_2 = \frac{-(19,57 - j39,50)}{j20} = 1,98 + j0,98 = 2,20/\underline{26,4^\circ} \text{ A} \\ \dot{i}_3 = \frac{45/\underline{15^\circ} + (19,57 - j39,50)}{5 - j10} = 4,75 + j3,93 = 6,16/\underline{39,6^\circ} \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = 4,09\sqrt{2} \sin(\omega t + 75,2^\circ) \text{ A} \\ i_2 = 2,20\sqrt{2} \sin(\omega t + 26,4^\circ) \text{ A} \\ i_3 = 6,16\sqrt{2} \sin(\omega t + 39,6^\circ) \text{ A} \end{cases}$$

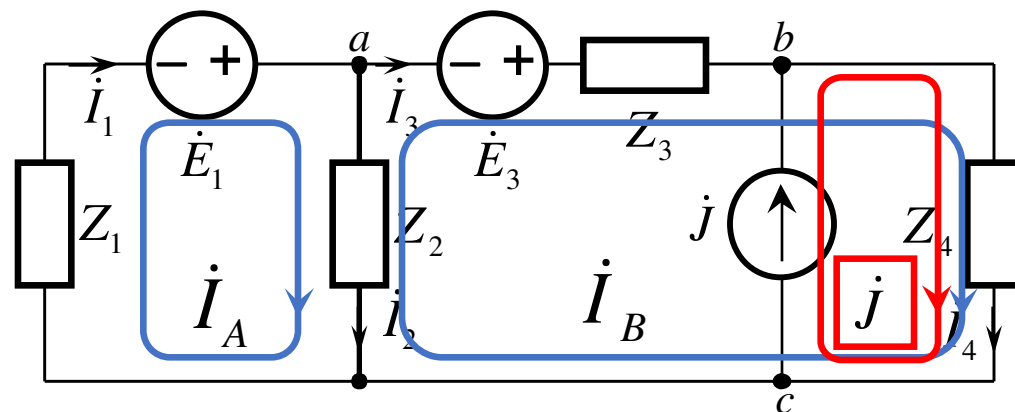
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) **Dòng vòng**
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Dòng vòng (1)

VD1

$$n_{KA} = 3 - 2 + 1 = 2$$



$$A : Z_1 \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1$$

$$B : -Z_2 \dot{I}_2 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_3$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_A$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_A - \dot{I}_B$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_B$$

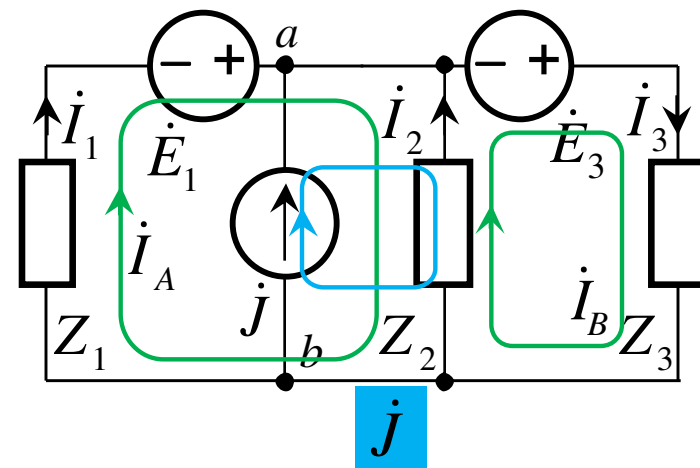
$$\dot{I}_4 = \dot{I}_B + j$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \dot{I}_A \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_A - \dot{I}_B \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_B \\ \dot{I}_4 = \dot{I}_B + j \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Z_1 \dot{I}_A + Z_2 (\dot{I}_A - \dot{I}_B) = \dot{E}_1 \\ -Z_2 (\dot{I}_A - \dot{I}_B) + Z_3 \dot{I}_B + Z_4 (\dot{I}_B + j) = \dot{E}_3 \end{array} \right.$$

Dòng vòng (2)

VD2

$Z_1 = 10\Omega$; $Z_2 = j20\Omega$; $Z_3 = 5 - j10\Omega$;
 $\dot{E}_1 = 30\text{ V}$; $\dot{E}_3 = 45/\underline{15^\circ}\text{ V}$; $\dot{J} = 2/\underline{-30^\circ}\text{ A}$;
 Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} 10\dot{I}_A + j20(\dot{I}_A - \dot{I}_B + 2/\underline{-30^\circ}) = 30 \\ j20(\dot{I}_B - \dot{I}_A - 2/\underline{-30^\circ}) + (5 - j10)\dot{I}_B = 45/\underline{15^\circ} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_A - j20\dot{I}_B = 30 - j20 \cdot 2/\underline{-30^\circ} \\ -j20\dot{I}_A + (5 + j20)\dot{I}_B = j20 \cdot 2/\underline{-30^\circ} + 45/\underline{15^\circ} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_A = 1,04 + j3,95 = 4,09/\underline{75,2^\circ}\text{ A} \\ \dot{I}_2 = -\dot{I}_A + \dot{I}_B - \dot{J} = 2,20/\underline{26,4^\circ}\text{ A} \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_B = 4,75 + j3,93 = 6,16/\underline{39,6^\circ}\text{ A} \end{cases}$$

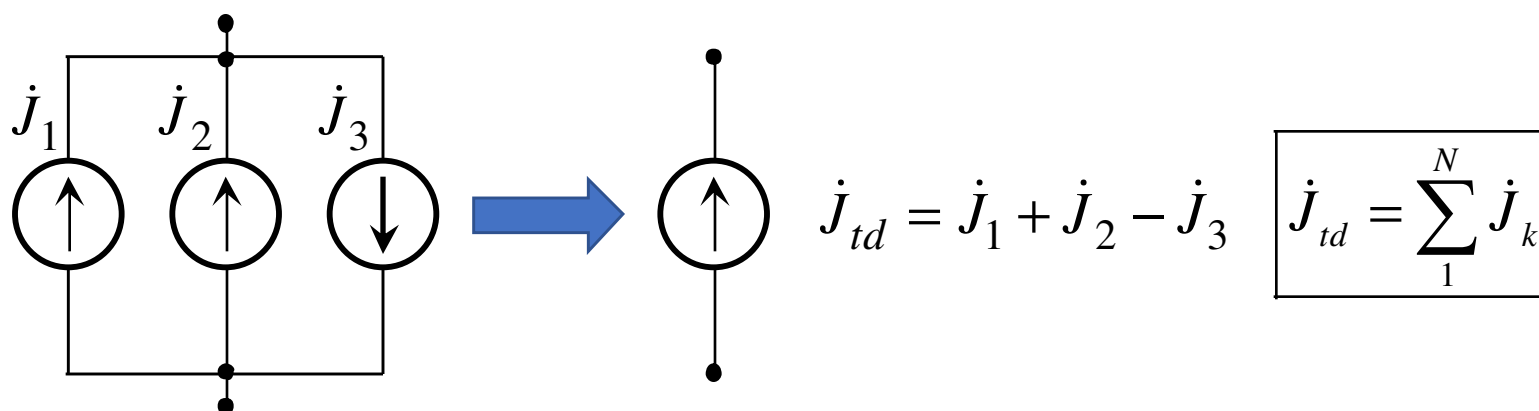
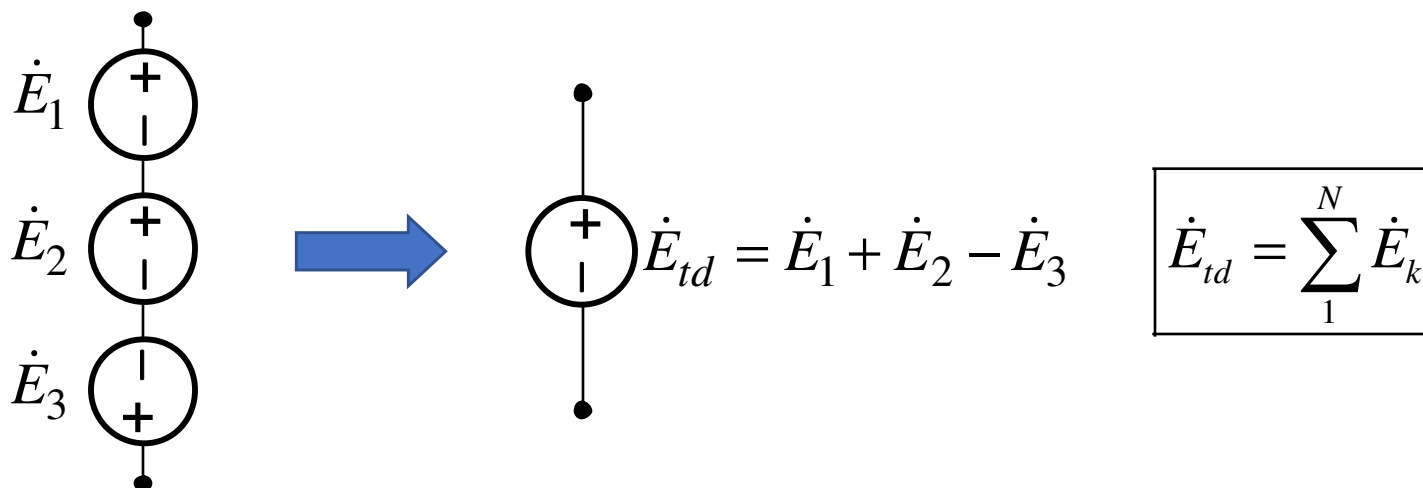
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = 1,04 + j3,95\text{ A} \\ \dot{I}_B = 4,75 + j3,93\text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = 4,09\sqrt{2} \sin(\omega t + 75,2^\circ)\text{ A} \\ i_2 = 2,20\sqrt{2} \sin(\omega t + 26,4^\circ)\text{ A} \\ i_3 = 6,16\sqrt{2} \sin(\omega t + 39,6^\circ)\text{ A} \end{cases}$$

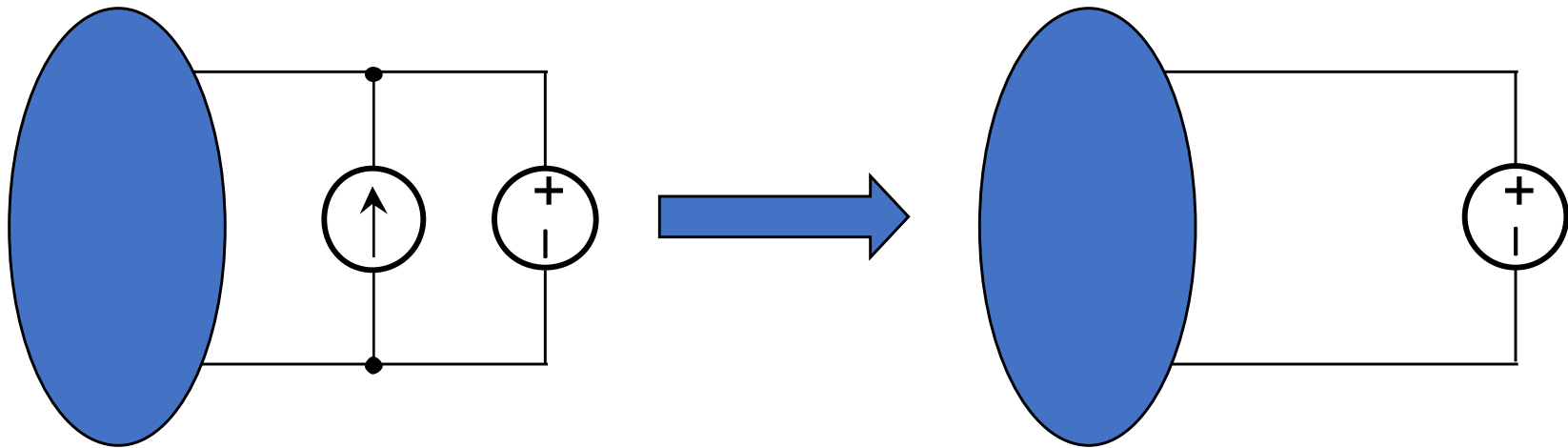
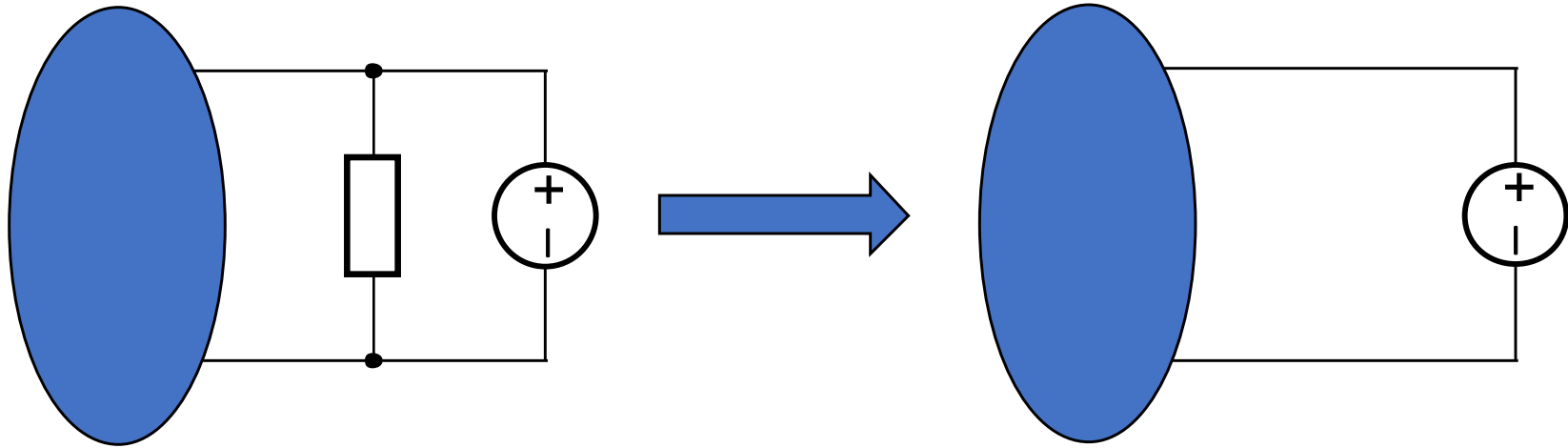
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương**
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

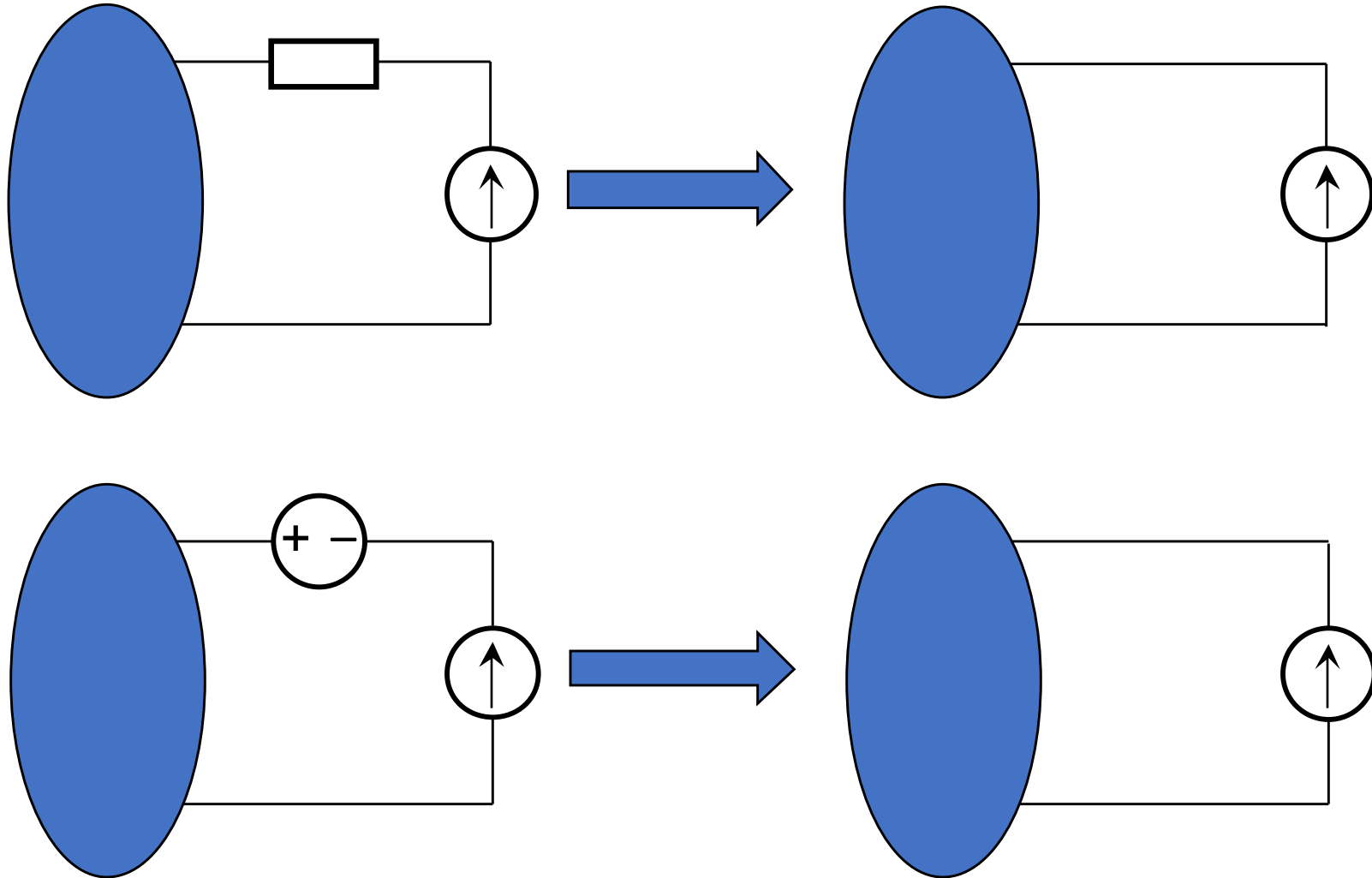
Biến đổi tương đương (1)



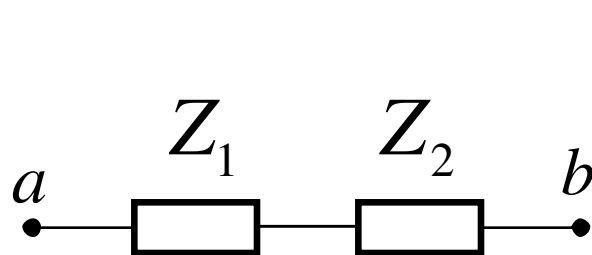
Biến đổi tương đương (2)



Biến đổi tương đương (3)



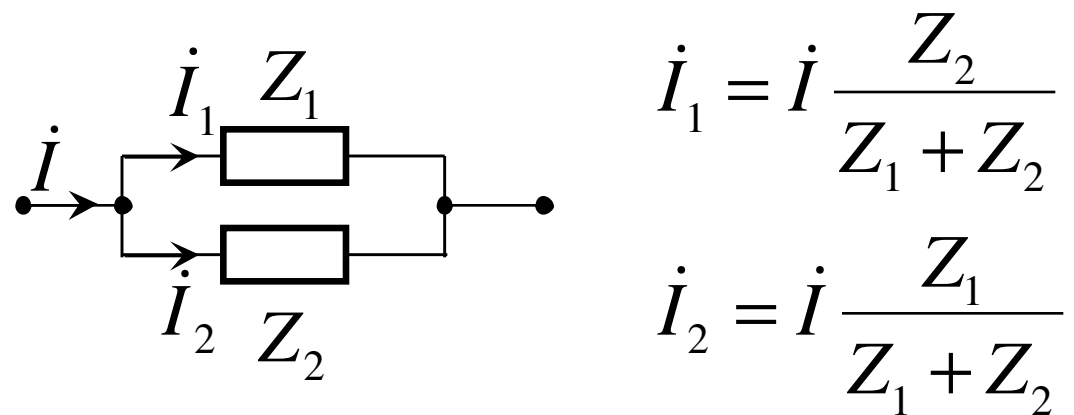
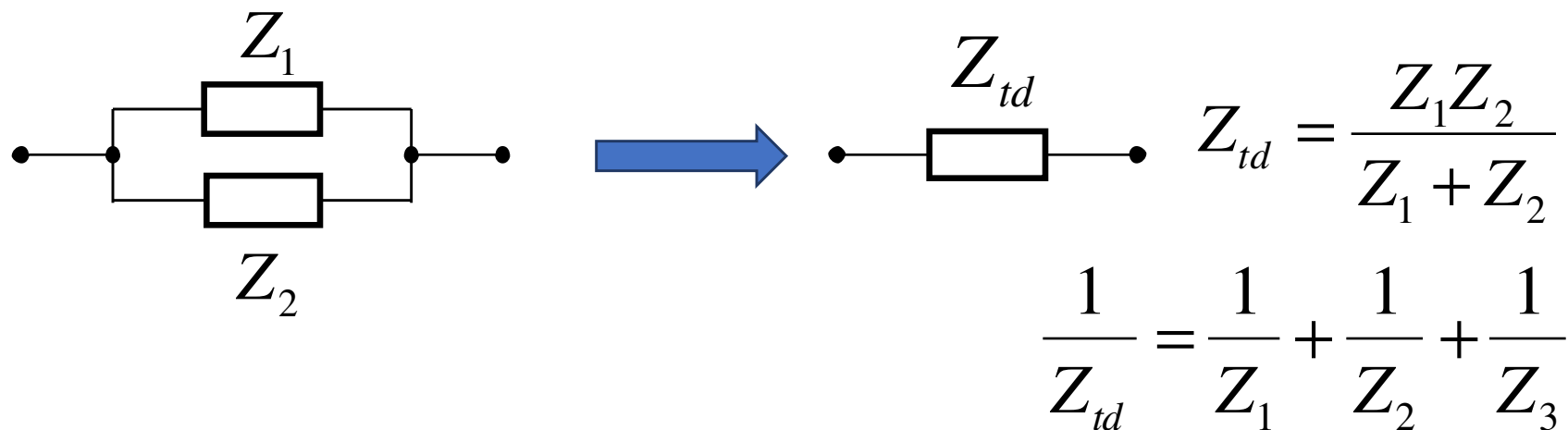
Biến đổi tương đương (4)



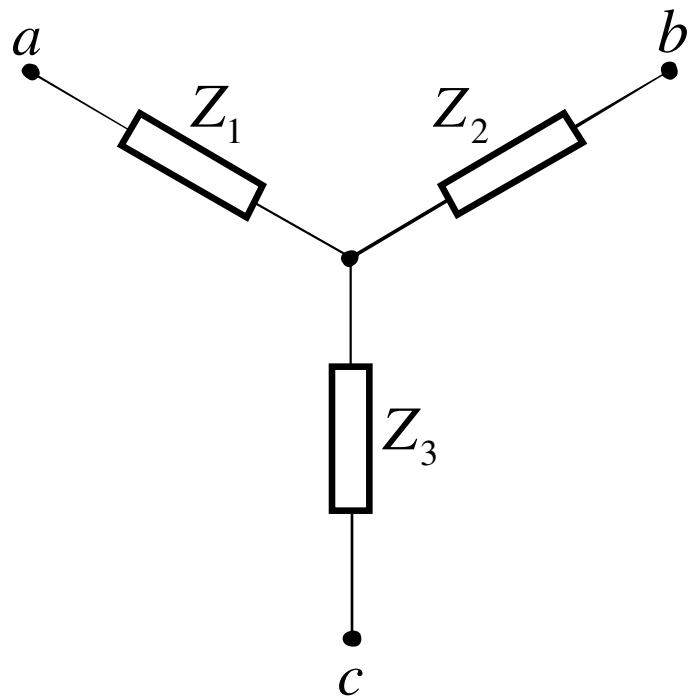
$$\dot{U}_{Z1} = Z_1 \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_1 + Z_2}$$

$$\dot{U}_{Z2} = Z_2 \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_1 + Z_2}$$

Biến đổi tương đương (5)



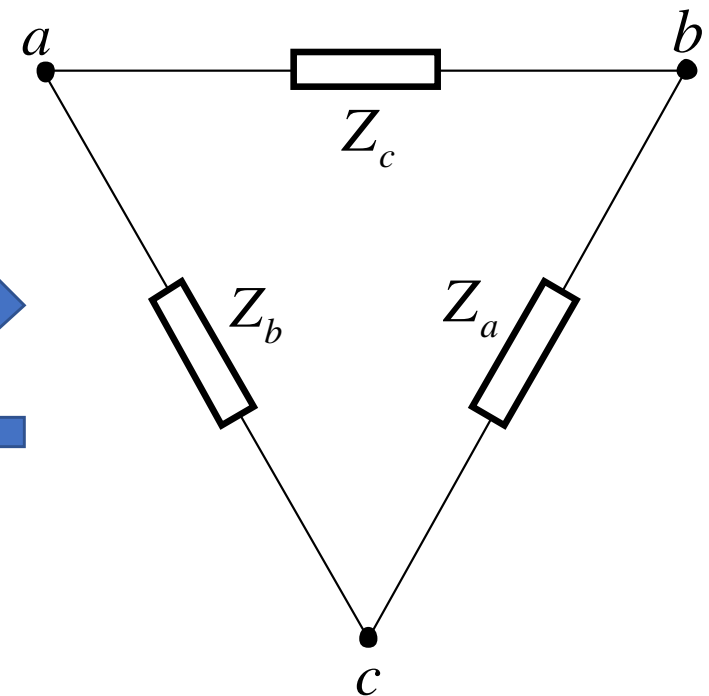
Biến đổi tương đương (6)



$$Z_a = \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_1}$$

$$Z_b = \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_2}$$

$$Z_c = \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_3}$$

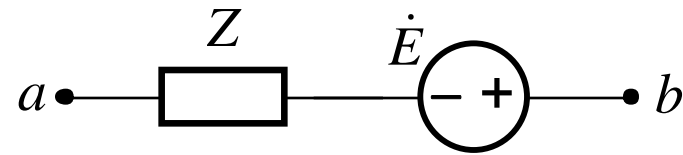


$$Z_1 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

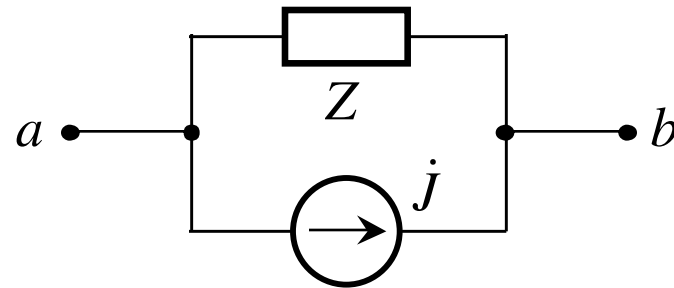
$$Z_2 = \frac{Z_c Z_a}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_3 = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

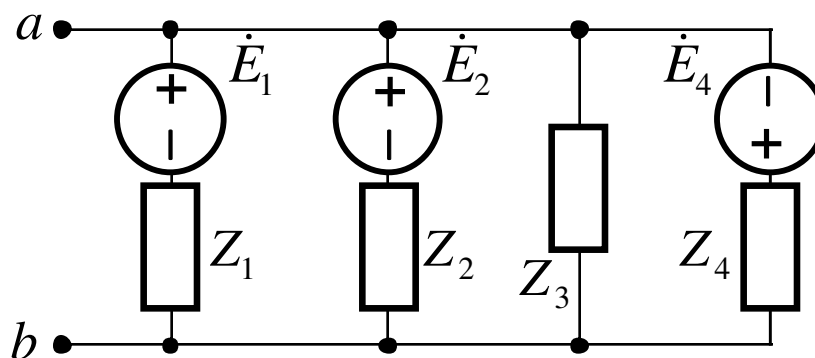
Biến đổi tương đương (7)



$$j = \frac{\dot{E}}{Z} \quad \downarrow \quad \uparrow \quad \dot{E} = Zj$$



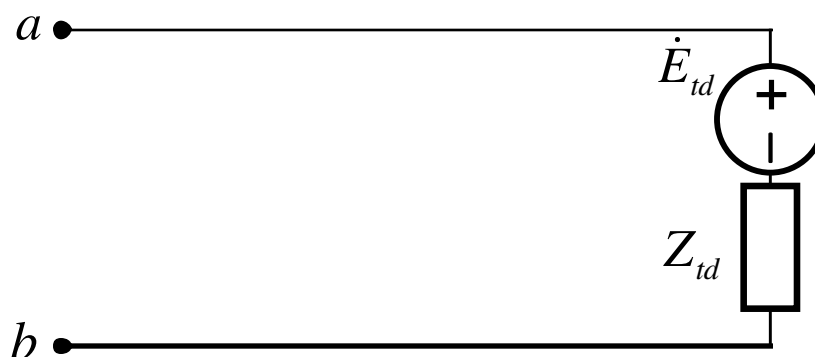
Biến đổi tương đương (8)



$$Z_{td} = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4}}$$



$$\dot{E}_{td} = \frac{\frac{\dot{E}_1}{Z_1} + \frac{\dot{E}_2}{Z_2} - \frac{\dot{E}_4}{Z_4}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4}}$$



Biến đổi tương đương (9)

VD

$Z_1 = 10\Omega$; $Z_2 = j20\Omega$; $Z_3 = 5 - j10\Omega$;
 $\dot{E}_1 = 30\text{V}$; $\dot{E}_3 = 45/\underline{15^\circ}\text{V}$; $\dot{J} = 2/\underline{-30^\circ}\text{A}$;
 Tính i_1 ?

$$Z_{23} = \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3} = \frac{j20(5 - j10)}{j20 + 5 - j10} = 16 - j12 \Omega$$

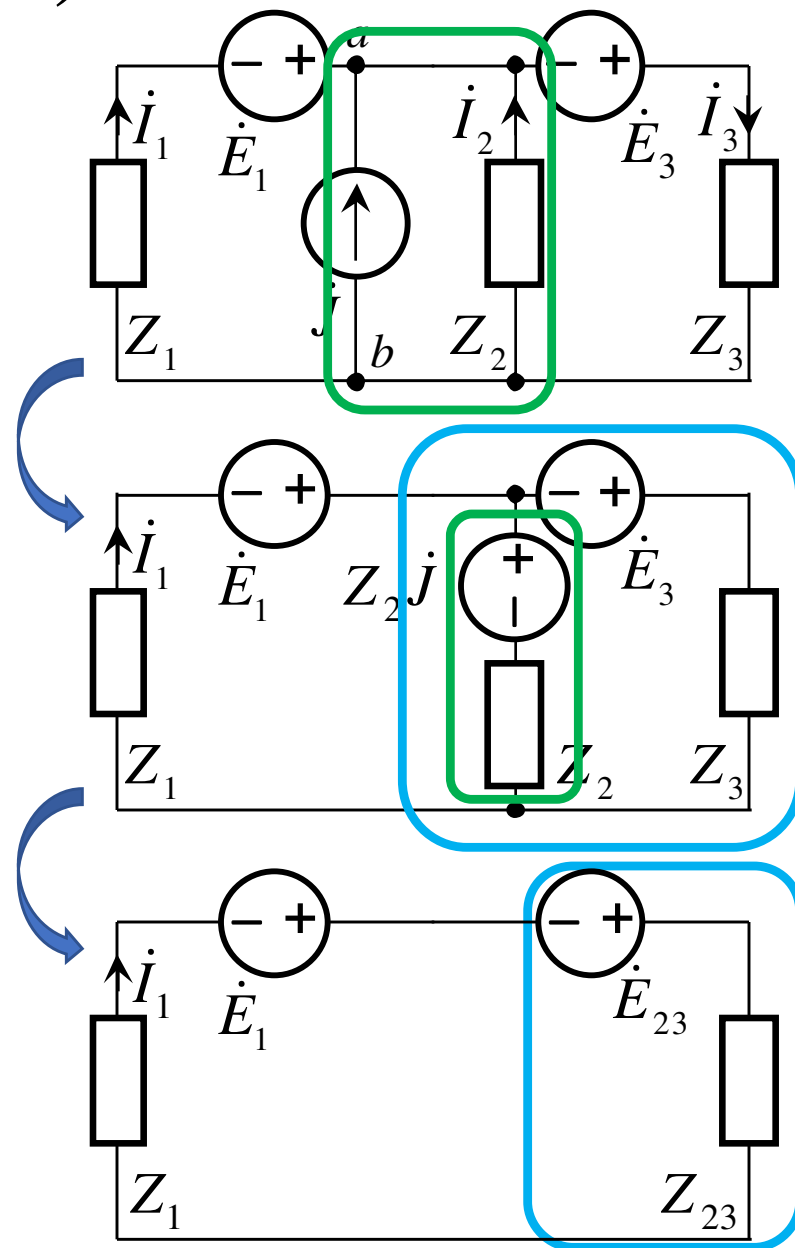
$$\dot{E}_{23} = \frac{-\frac{Z_2 \dot{J}}{Z_2} + \frac{\dot{E}_3}{Z_3}}{\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}} = \frac{-\frac{j20 \cdot 2/\underline{-30^\circ}}{j20} + \frac{45/\underline{15^\circ}}{5 - j10}}{\frac{1}{j20} + \frac{1}{5 - j10}}$$

$$= 44,52 + j90,19 \text{ V}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 + \dot{E}_{23}}{Z_1 + Z_{23}} = \frac{30 + (44,52 + j90,19)}{10 + (16 - j12)}$$

$$= 1,04 + j3,95 = 4,09/\underline{75,21^\circ} \text{ A}$$

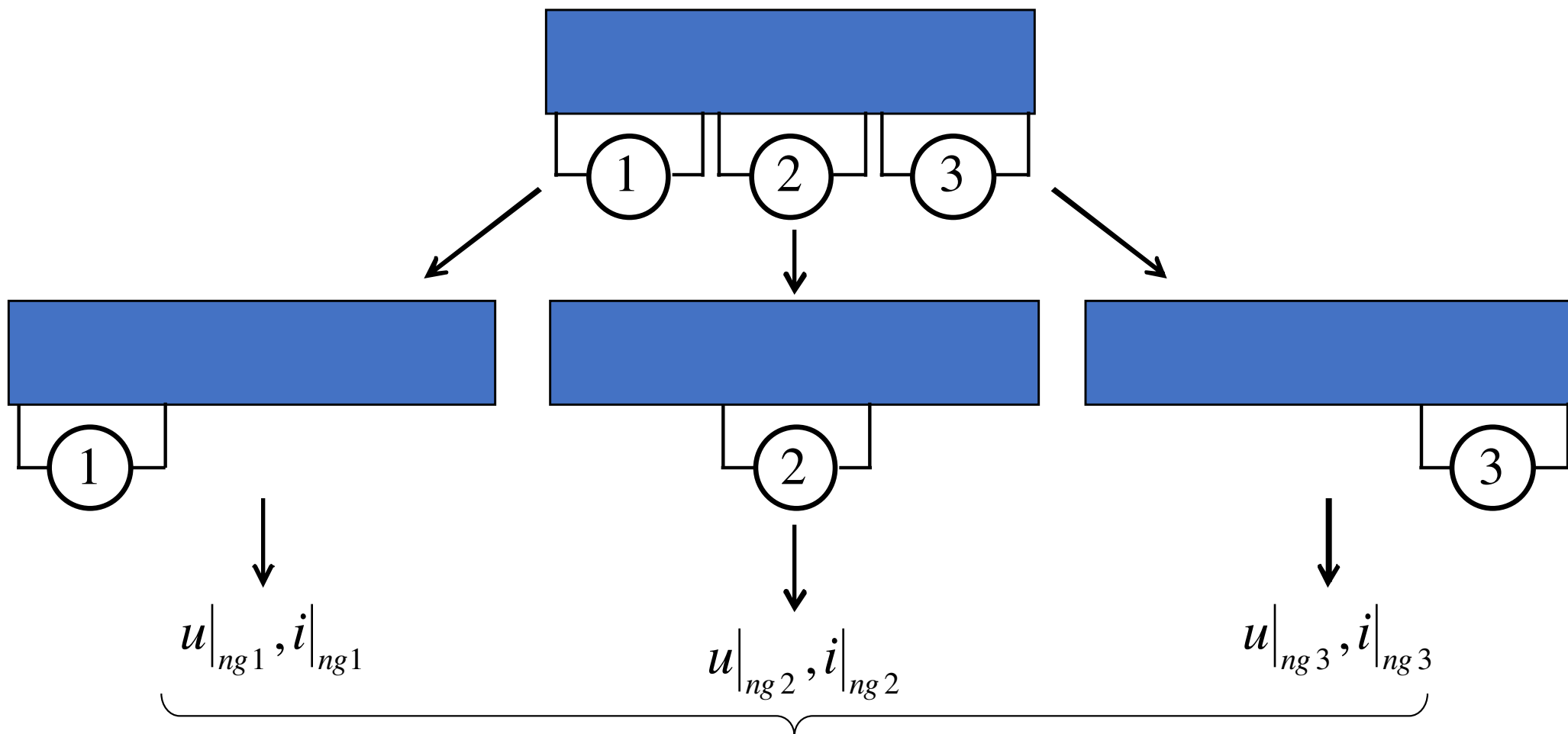
$$\rightarrow i_1 = 4,09\sqrt{2} \sin(\omega t + 75,2^\circ) \text{ A}$$



Mạch xoay chiều

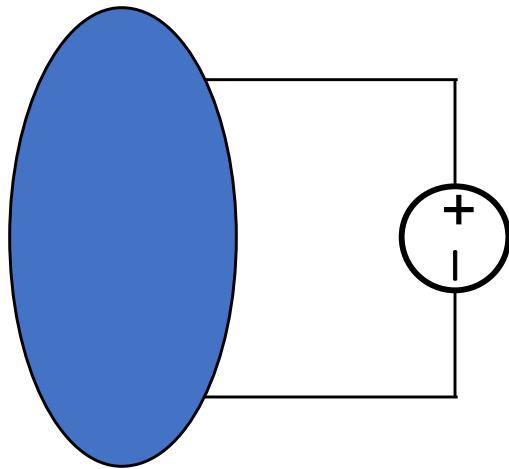
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng**
 - h) Định lý Thevenin
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Nguyên lý xếp chồng (1)

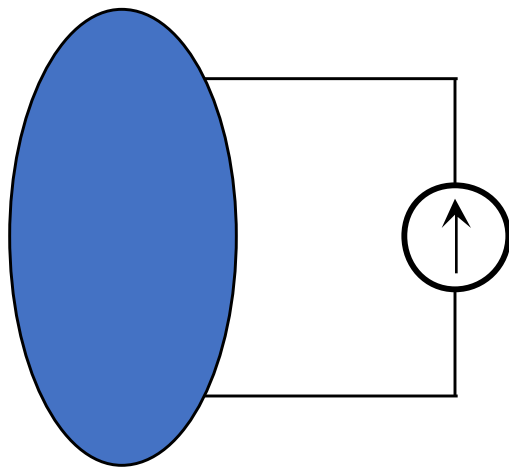
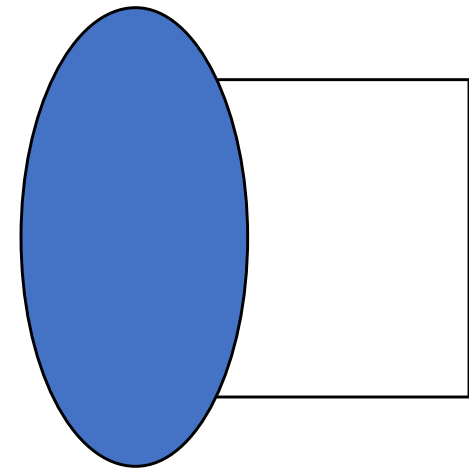


$$u = u|_{ng1} + u|_{ng2} + u|_{ng3}; \quad i = i|_{ng1} + i|_{ng2} + i|_{ng3}$$

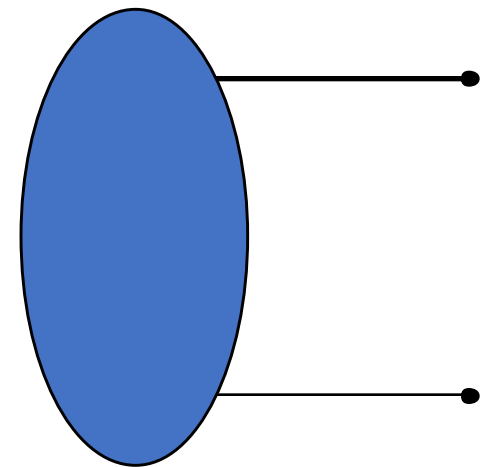
Nguyên lý xếp chồng (2)



Tắt nguồn áp

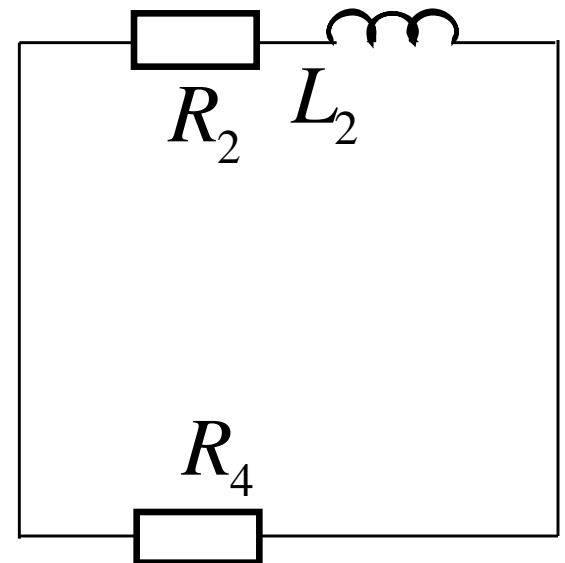
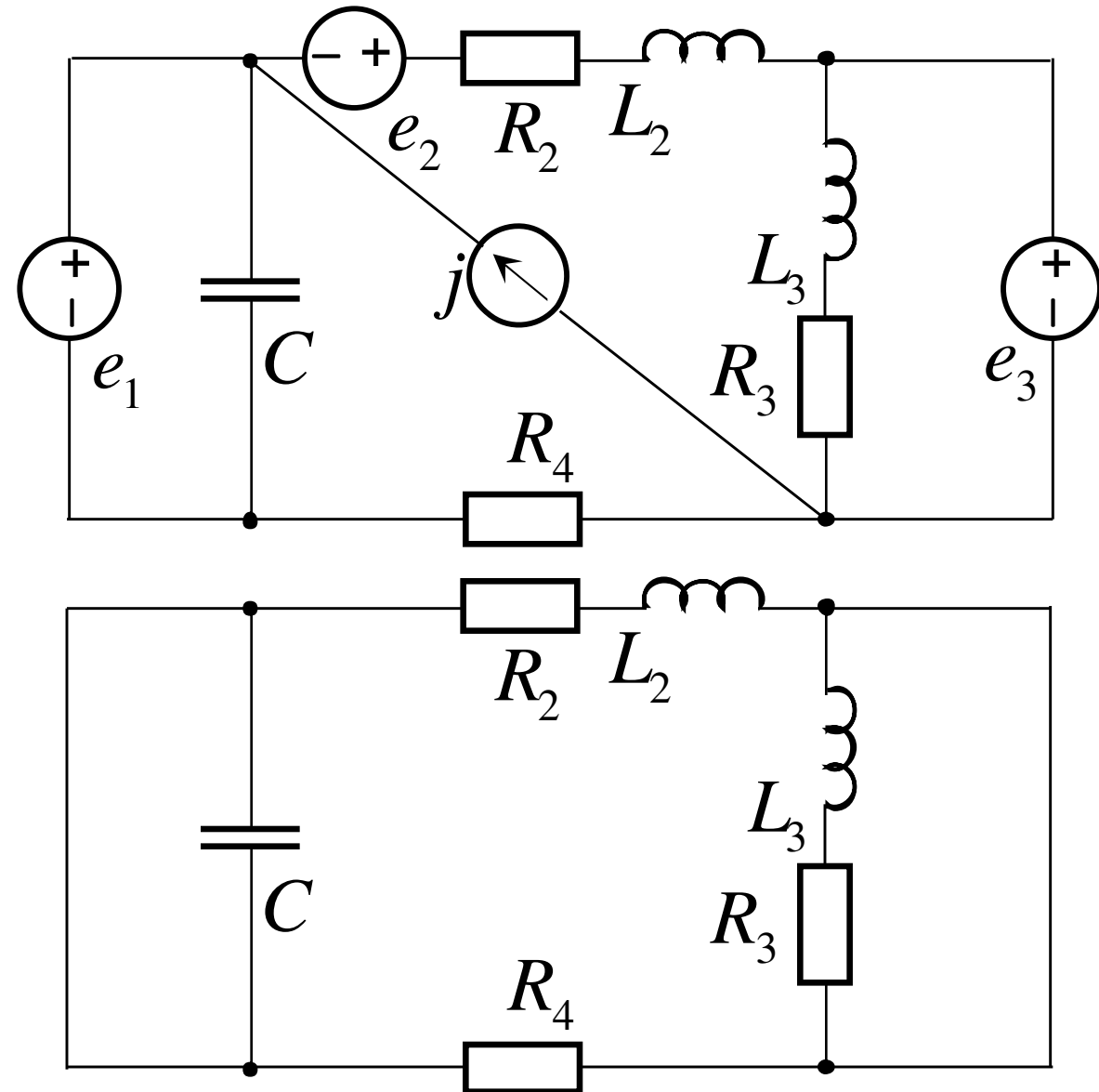


Tắt nguồn dòng



Nguyên lý xếp chồng (3)

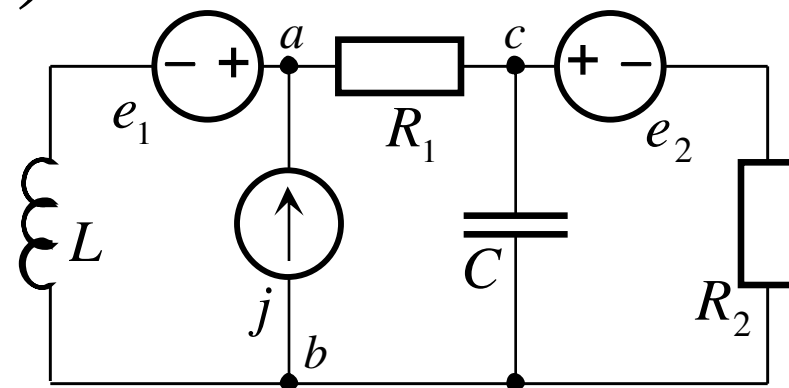
VD1



Nguyên lý xếp chồng (4)

VD2

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$



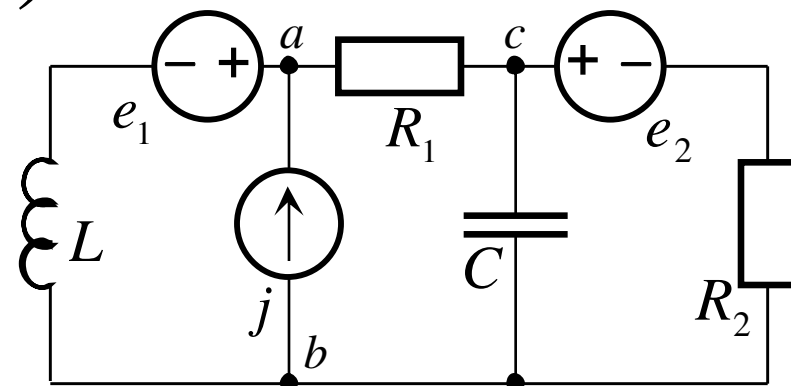
1. Tắt e_1 & j , tính $u_{R1}|_{e2}$,
2. Tắt e_2 & j , tính $u_{R1}|_{e1}$,
3. Tắt e_1 & e_2 , tính $u_{R1}|_j$,
4. $u_{R1} = u_{R1}|_{e2} + u_{R1}|_{e1} + u_{R1}|_j$.

Nguyên lý xếp chồng (5)

VD2

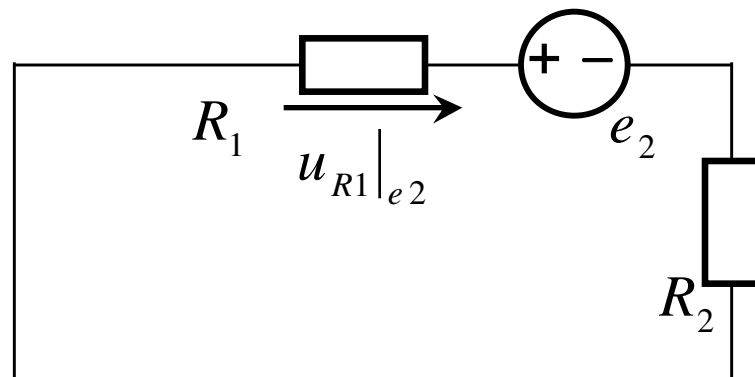
$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$

1. Tắt e_1 & j , tính $u_{R1}|_{e2}$



$$i|_{e2} = \frac{-e_2}{R_1 + R_2} = \frac{-6}{10 + 5} = -0,4 \text{ A}$$

$$u_{R1}|_{e2} = R_1 i|_{e2} = 10(-0,4) = -4 \text{ V}$$



Nguyên lý xếp chồng (6)

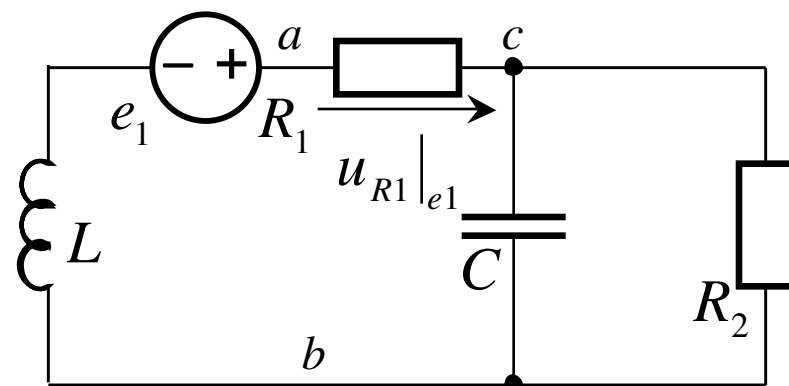
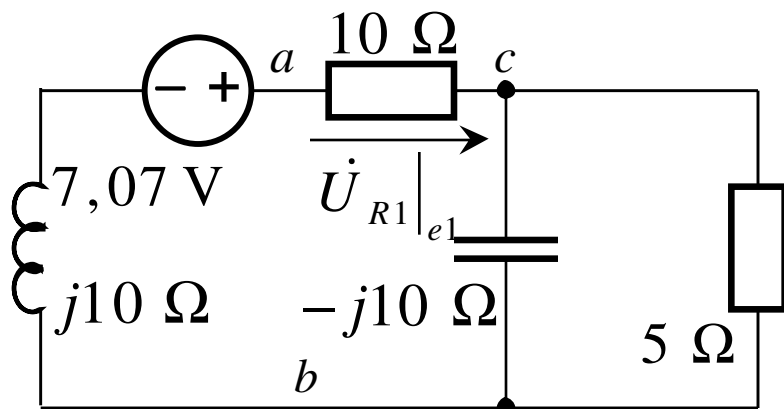
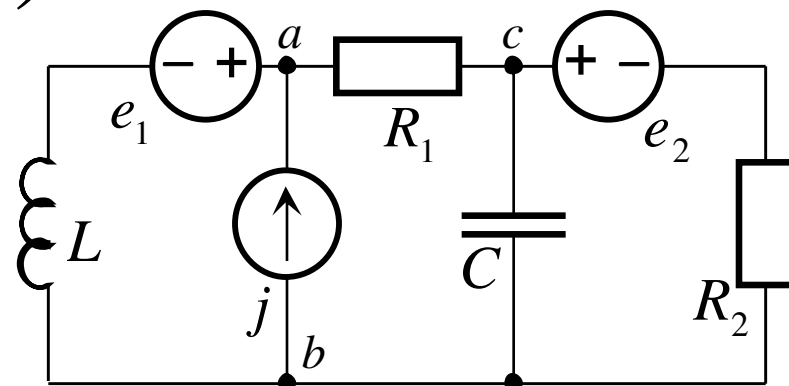
VD2

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$

2. Tắt e_2 & j , tính $u_{R1}|_{e1}$

$$\dot{I}_{R1} = \frac{7,07}{10 + j10 + \frac{5(-j10)}{5 - j10}} = 0,44 / -29,74^\circ \text{ A}$$

$$\dot{U}_{R1}|_{e1} = R_1 \dot{I}_1 = 4,39 / -29,74^\circ \text{ V} \rightarrow u_{R1}|_{e1} = 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) \text{ V}$$

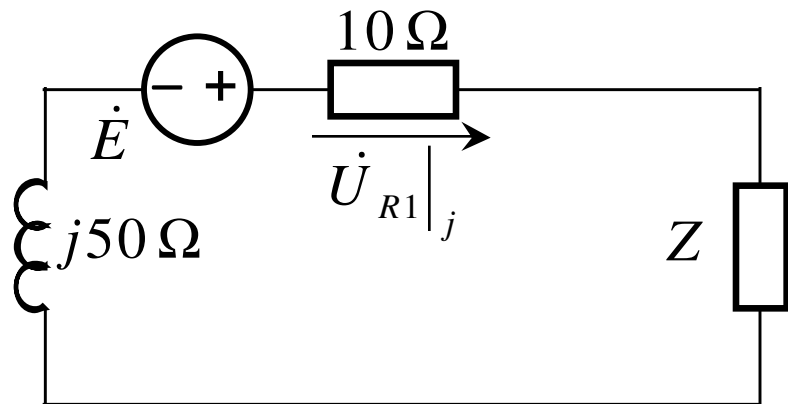


Nguyên lý xếp chồng (5)

VD2

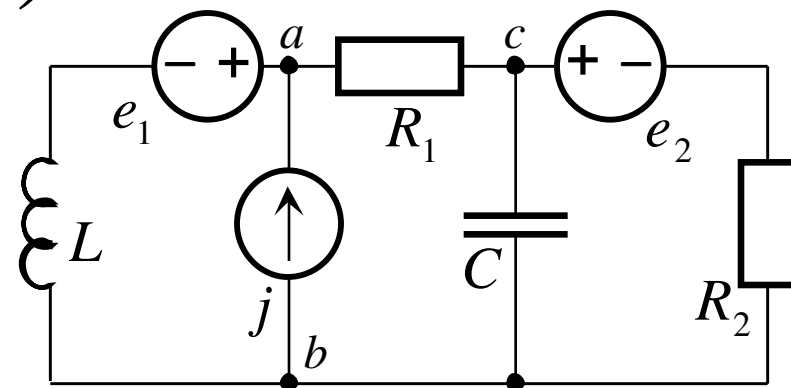
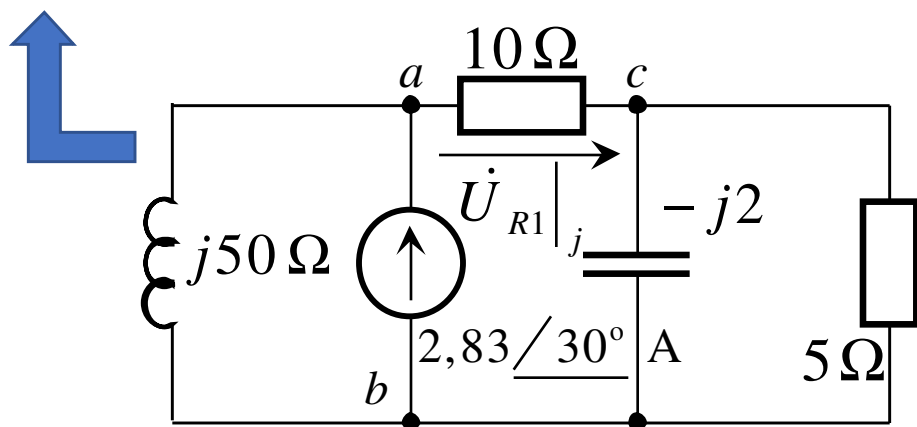
$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$

3. Tắt e_1 & e_2 , tính $u_{R1}|_j$



$$\dot{E} = (j50)(2,83 / 30^\circ) = 141,42 / 120^\circ \text{ V}$$

$$Z = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{5(-j2)}{5 - j2} = 0,69 - j1,72 \Omega$$

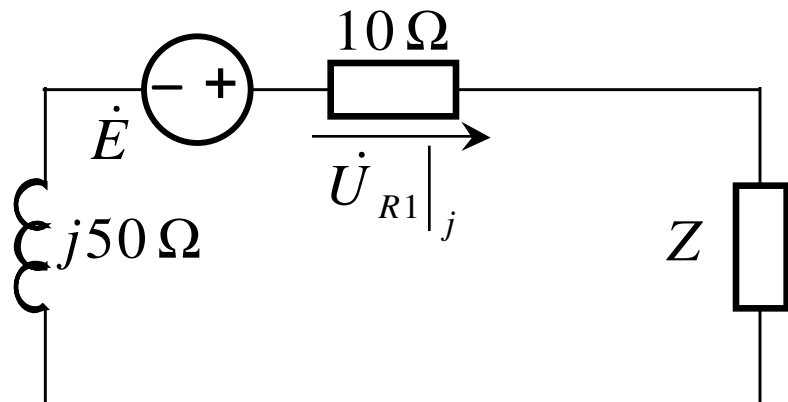


Nguyên lý xếp chồng (6)

VD2

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$

3. Tắt e_1 & e_2 , tính $u_{R1}|_j$

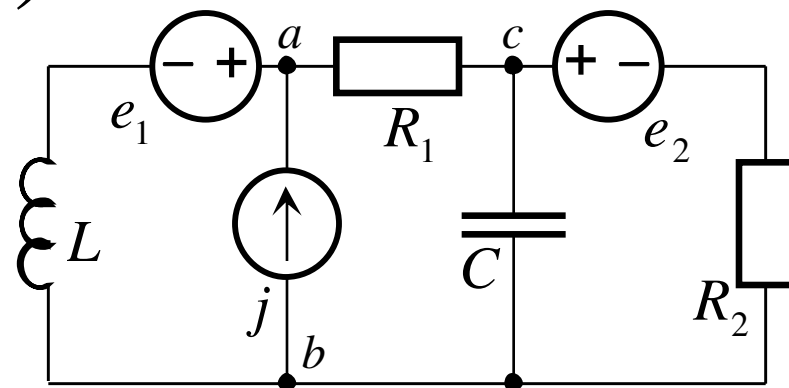


$$\dot{E} = (j50)(2,83/\underline{30^\circ}) = 141,42/\underline{120^\circ} \text{ V}$$

$$Z = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{5(-j2)}{5 - j2} = 0,69 - j1,72 \Omega$$

$$\dot{U}_{R1}|_j = R_1 \dot{I}_1 = 10 \frac{141,42/\underline{120^\circ}}{j50 + 10 + (0,69 - j1,72)} = 28,60/\underline{42,49^\circ} \text{ V}$$

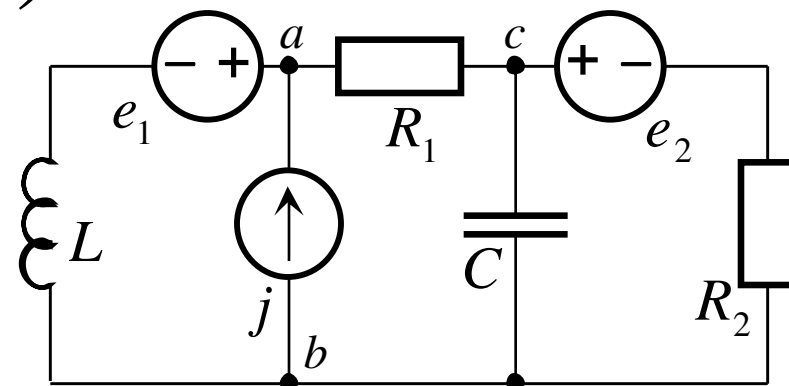
$$\rightarrow u_{R1}|_j = 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$



Nguyên lý xếp chồng (7)

VD2

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$



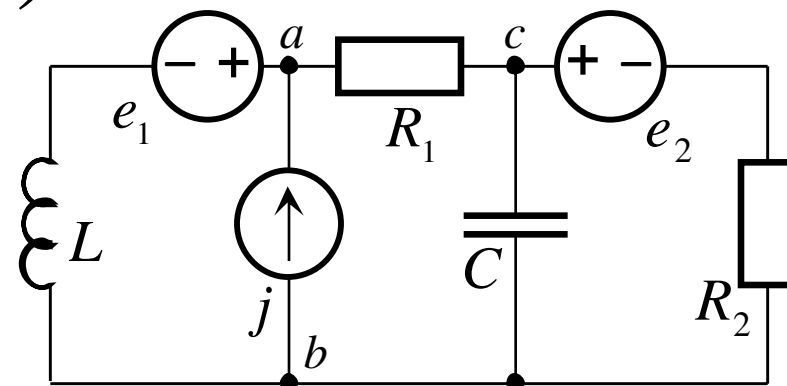
1. Tắt e_1 & j , tính $u_{R1}|_{e2}, = -4$ V
2. Tắt e_2 & j , tính $u_{R1}|_{e1}, = 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ)$ V
3. Tắt e_1 & e_2 , tính $u_{R1}|_j, = 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ)$ V
4. $u_{R1} = u_{R1}|_{e2} + u_{R1}|_{e1} + u_{R1}|_j.$

$$= \boxed{-4 + 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) + 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}}$$

Nguyên lý xếp chồng (8)

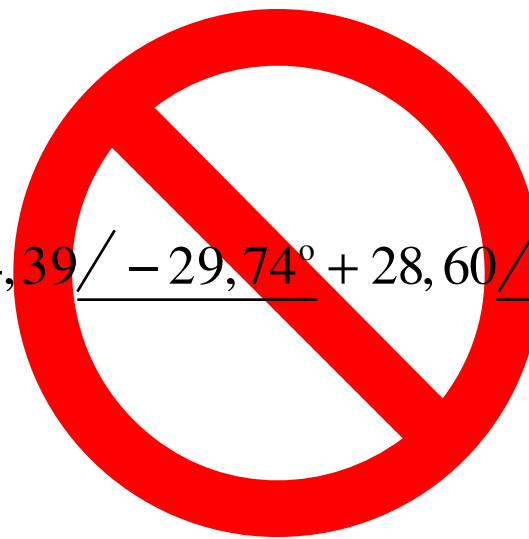
VD2

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$



$$u_{R1} = u_{R1}|_{e2} + u_{R1}|_{e1} + u_{R1}|_j = -4 + 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) + 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$

$$\left. \begin{aligned} u_{R1}|_{e2} &= R_1 i|_{e2} = 10(-0,4) = -4 \text{ V} \\ \dot{U}_{R1}|_{e1} &= R_1 \dot{I}_1 = 4,39 \angle -29,74^\circ \text{ V} \\ \dot{U}_{R1}|_j &= 28,60 \angle 42,49^\circ \text{ V} \end{aligned} \right\} \rightarrow \dot{U}_{R1} = -4 + 4,39 \angle -29,74^\circ + 28,60 \angle 42,49^\circ \text{ V}$$

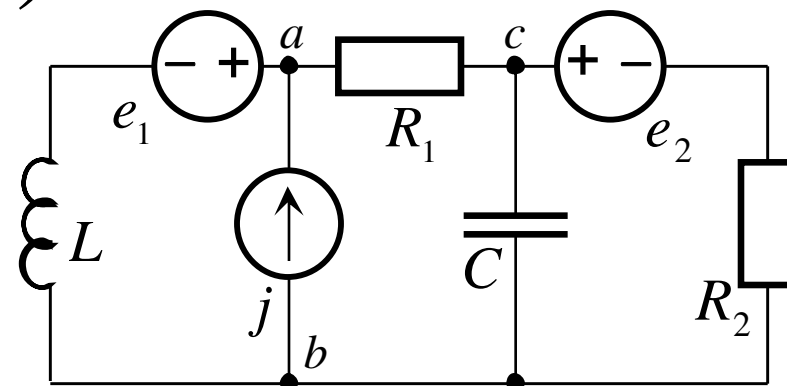


Không dùng số phức để cộng/trừ các sóng sin khác tần số!!!

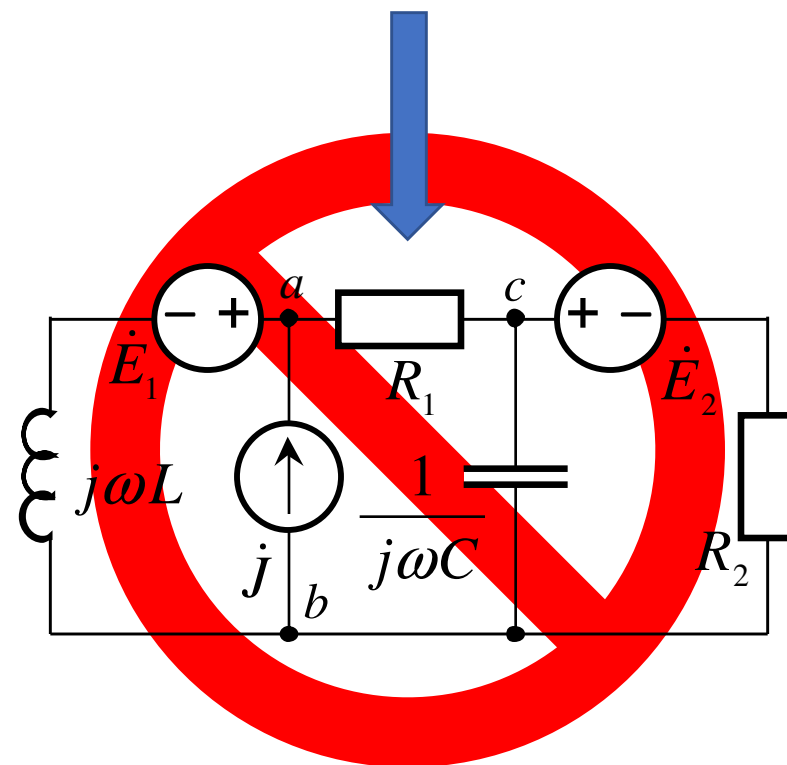
Nguyên lý xếp chồng (9)

VD2

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; $u_{R1} = ?$



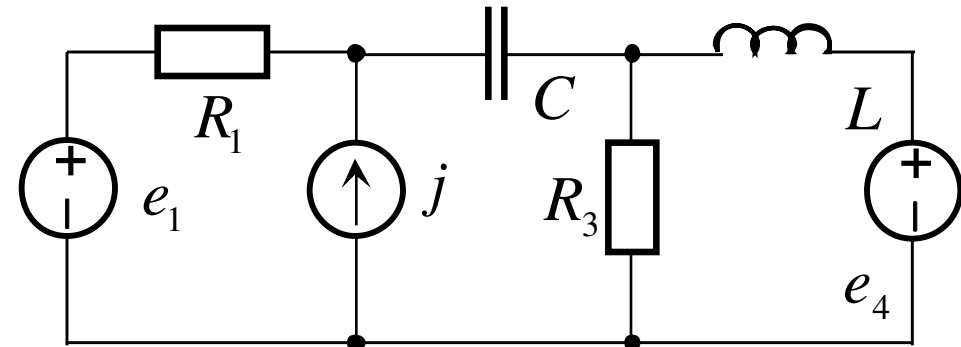
Không phức hóa mạch điện có các nguồn khác tần số!!!



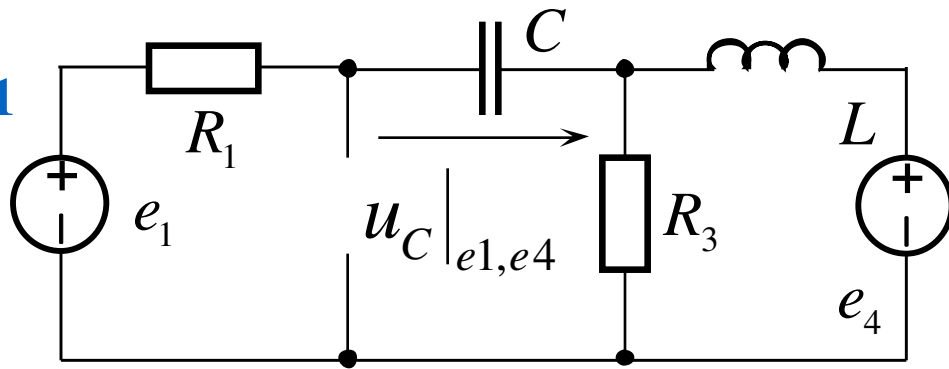
Nguyên lý xếp chồng (10)

VD3

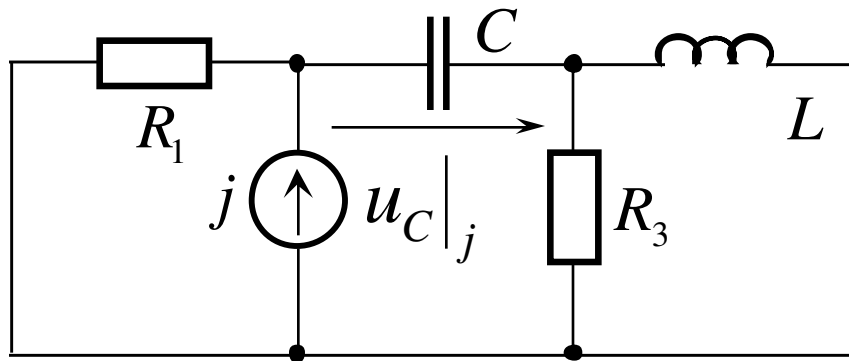
$e_1 = 45\text{V (DC)}$; $e_4 = 60\text{V (DC)}$; $j = 10\sin(100t)\text{ A}$;
 $R_1 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $C = 2\text{mF}$; $L = 0,1\text{H}$; $u_C = ?$



Bước 1



Bước 2



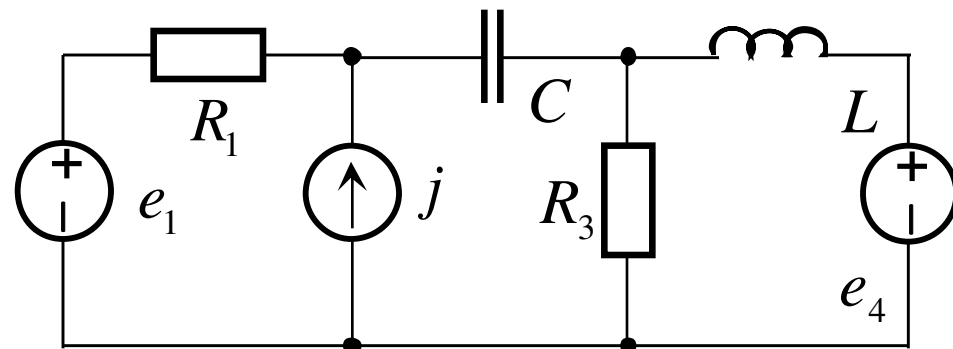
Bước 3

$$u_C = u_C|_{e1,e2} + u_C|_j$$

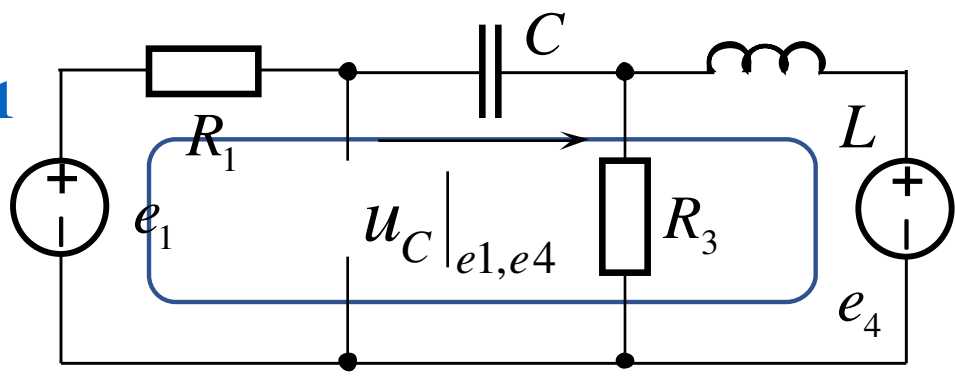
Nguyên lý xếp chồng (11)

VD3

$e_1 = 45\text{V (DC)}$; $e_4 = 60\text{V (DC)}$; $j = 10\sin(100t)\text{ A}$;
 $R_1 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $C = 2\text{mF}$; $L = 0,1\text{H}$; $u_C = ?$



Bước 1

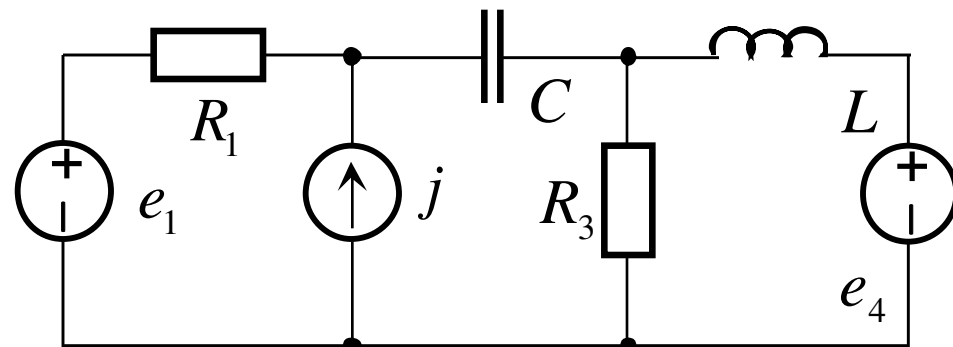


$$\left. \begin{array}{l} R_1 i_1 + u_C|_{e_1, e_4} + u_L = e_1 - e_4 \\ i_1 = 0, u_L = 0 \end{array} \right\} \rightarrow u_C|_{e_1, e_4} = e_1 - e_4 = 45 - 60 = -15\text{ V}$$

Nguyên lý xếp chồng (12)

VD3

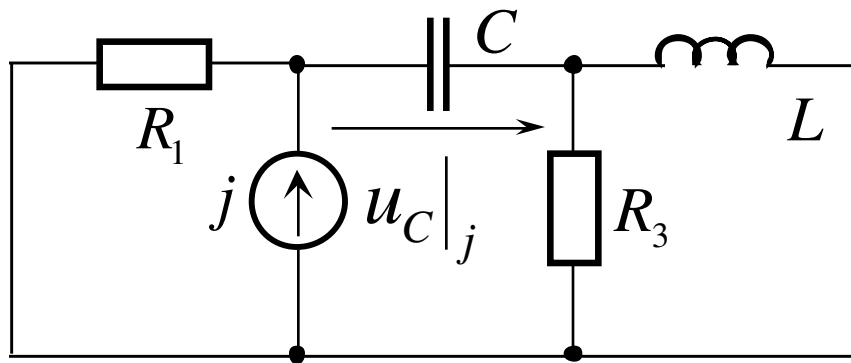
$e_1 = 45\text{V (DC)}$; $e_4 = 60\text{V (DC)}$; $j = 10\sin(100t)\text{ A}$;
 $R_1 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $C = 2\text{mF}$; $L = 0,1\text{H}$; $u_C = ?$



$$\dot{U}_C|_j = \frac{R_1 j}{R_1 + \frac{1}{j\omega C} + \frac{R_3(j\omega L)}{R_3 + j\omega L}} \times \frac{1}{j\omega C} = \frac{5 \times 10 / \sqrt{2}}{5 + \frac{1}{j100.0,002} + \frac{10(j100.0,1)}{10 + j100.0,1}} \times \frac{1}{j100.0,002}$$

$$= -j17,68 = 17,68 / -90^\circ \text{ V}$$

Bước 2



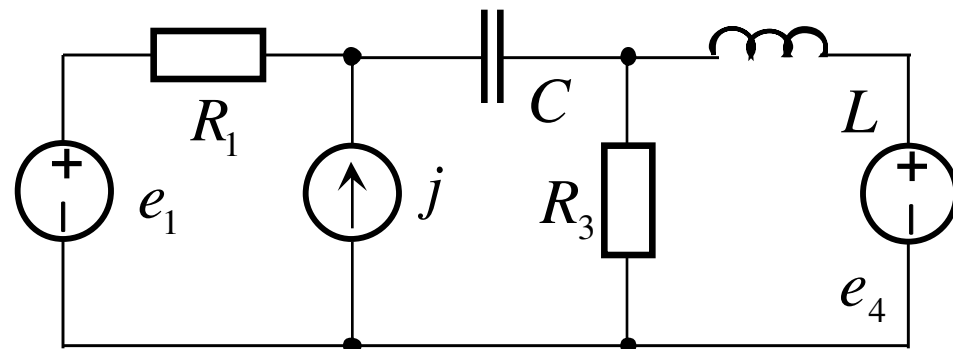
$$\rightarrow u_C|_j = 17,68\sqrt{2} \sin(100t - 90^\circ)$$

$$= 25 \sin(100t - 90^\circ) \text{ V}$$

Nguyên lý xếp chồng (13)

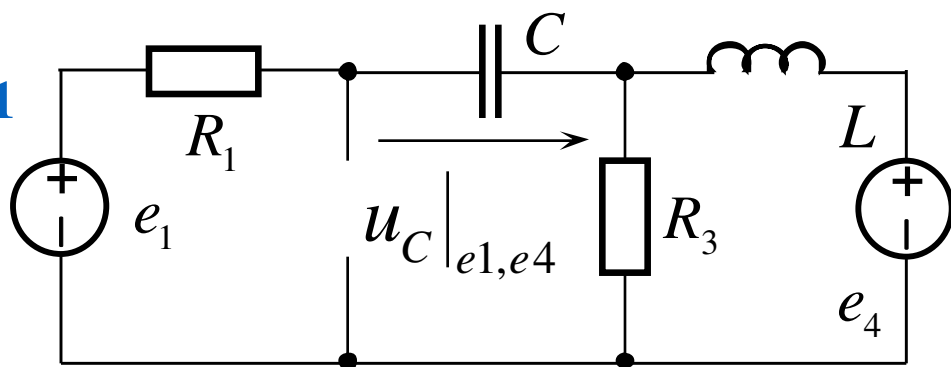
VD3

$e_1 = 45\text{V (DC)}$; $e_4 = 60\text{V (DC)}$; $j = 10\sin(100t)\text{ A}$;
 $R_1 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $C = 2\text{mF}$; $L = 0,1\text{H}$; $u_C = ?$

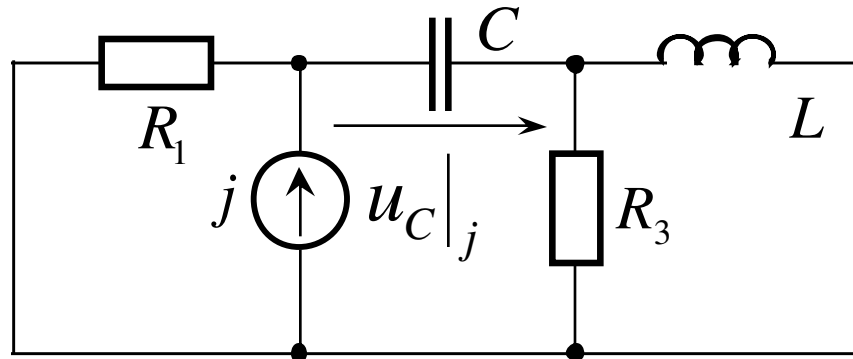


$$u_C|_{e1,e4} = -15\text{ V}$$

Bước 1



Bước 2



$$u_C|_j = 25\sin(100t - 90^\circ)\text{ V}$$

Bước 3

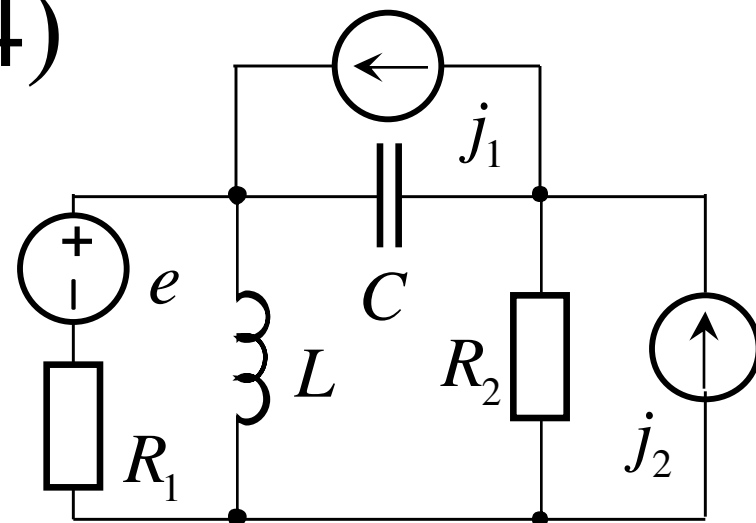
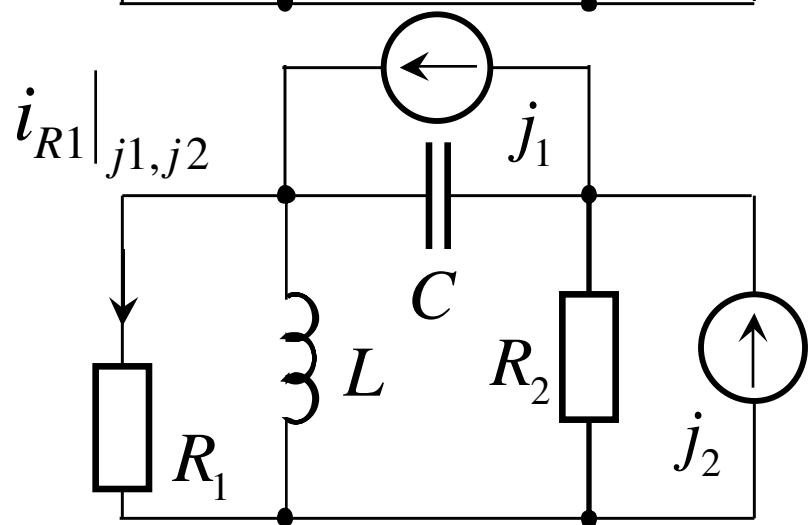
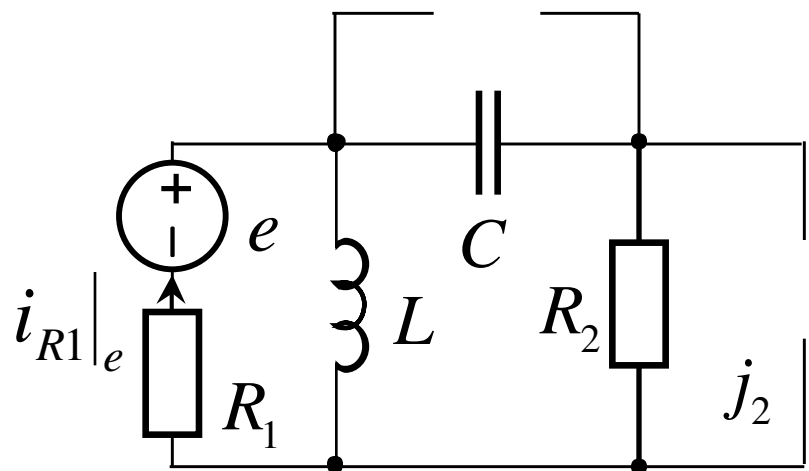
$$u_C = u_C|_{e1,e4} + u_C|_j$$

$$= -15 + 25\sin(100t - 90^\circ)\text{ V}$$

Nguyên lý xếp chồng (14)

VD4

$e = 45\text{V (DC)}$; $j_1 = 6\sin(100t + 15^\circ)\text{ A}$; $j_2 = 10\sin(100t)\text{ A}$;
 $R_1 = 5\Omega$; $R_2 = 10\Omega$; $C = 2\text{mF}$; $L = 0,1\text{H}$; $i_{R1} = ?$



$$i_{R1}|_e = \frac{e}{R_1} = \frac{45}{5} = 9\text{ A}$$

$$\dot{I}_{R1}|_{j1,j2} = \frac{\frac{1}{j\omega C} j_1 + R_2 j_2}{R_2 + \frac{1}{j\omega C} + \frac{R_1(j\omega L)}{R_1 + j\omega L}} \times \frac{j\omega L}{R_1 + j\omega L}$$

$$= 4,52 + j1,97 = 4,92 / 23,6^\circ \text{ A}$$

$$\rightarrow i_{R1} = -9 + 4,92\sqrt{2} \sin(100t + 23,6^\circ)$$

$$= \boxed{-9 + 6,97 \sin(100t + 23,6^\circ) \text{ A}}$$

Nguyên lý xếp chồng (15)

- **PHẢI** áp dụng nếu mạch có các nguồn khác tần số.
- **KHÔNG** phức hóa mạch có các nguồn khác tần số.
- **KHÔNG** dùng số phức để cộng/trừ các sóng sin khác tần số.
- **NÊN** xét đồng thời các nguồn cùng tần số.

Mạch xoay chiều

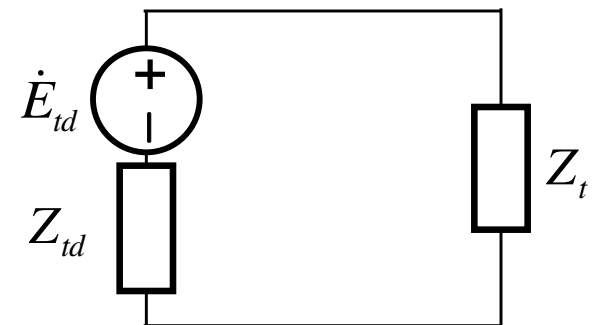
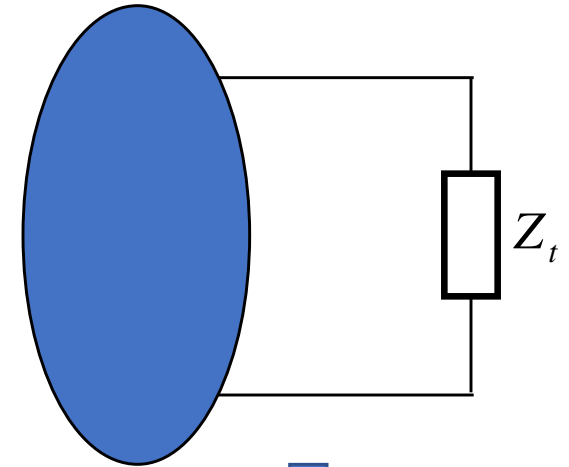
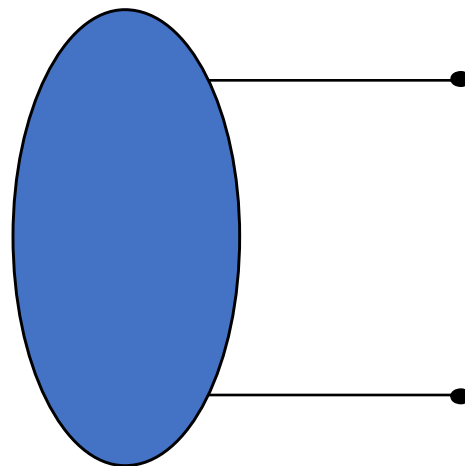
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin**
 - i) Định lý Norton
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Định lý Thevenin (1)

Một mạng tuyến tính một cửa (hai cực) có thể được thay thế bằng một mạch tương đương gồm có nguồn áp \dot{E}_{td} & điện trở Z_{td} , trong đó:

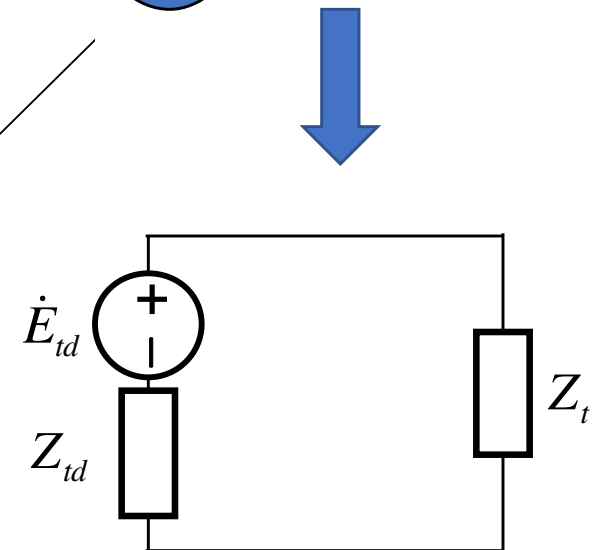
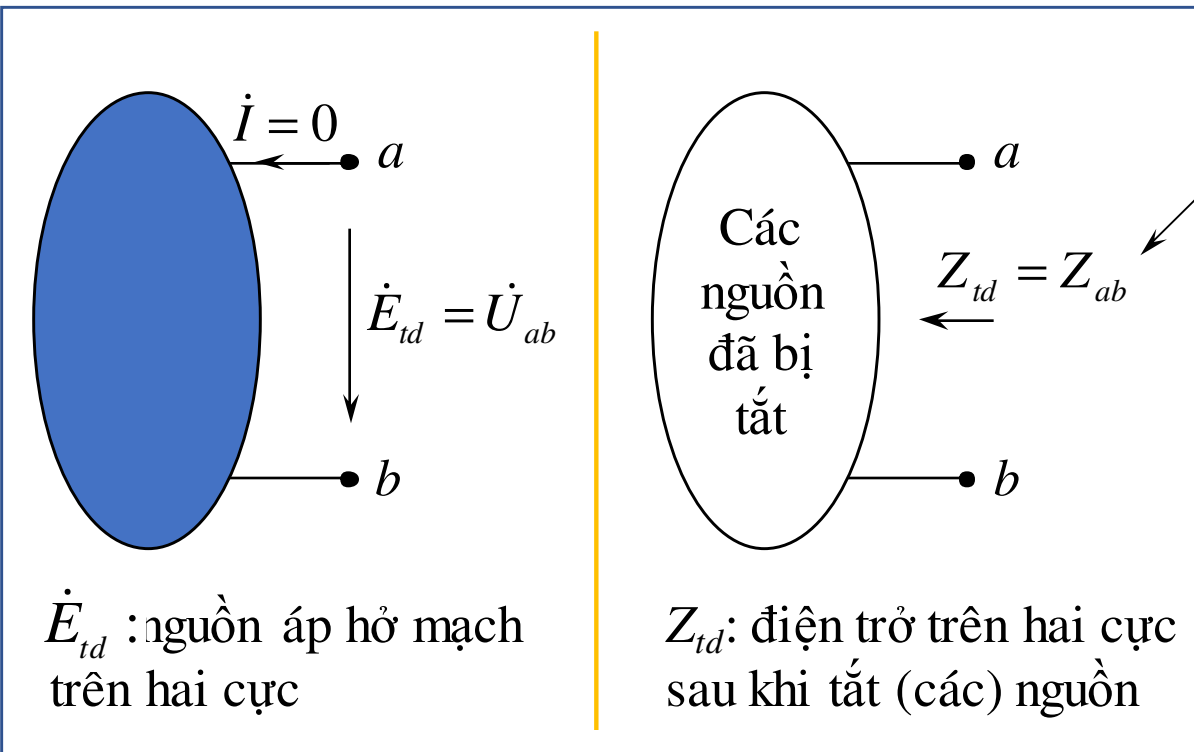
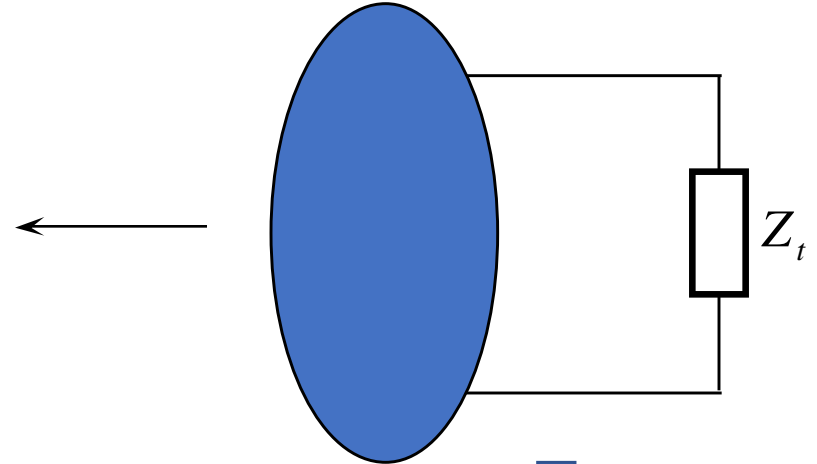
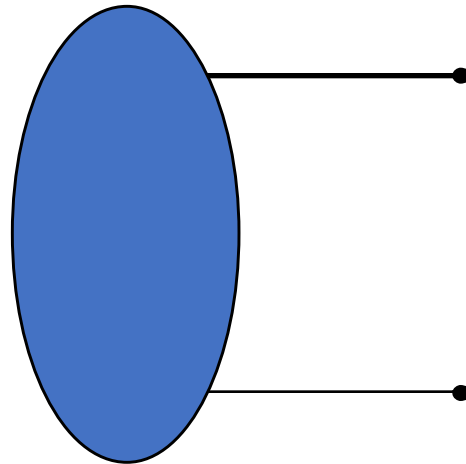
- \dot{E}_{td} : nguồn áp hở mạch trên hai cực,
- Z_{td} : điện trở trên hai cực sau khi tắt (các) nguồn (nếu có).

Mạng tuyến tính một cửa
(mạng một cửa)



Định lý Thevenin (2)

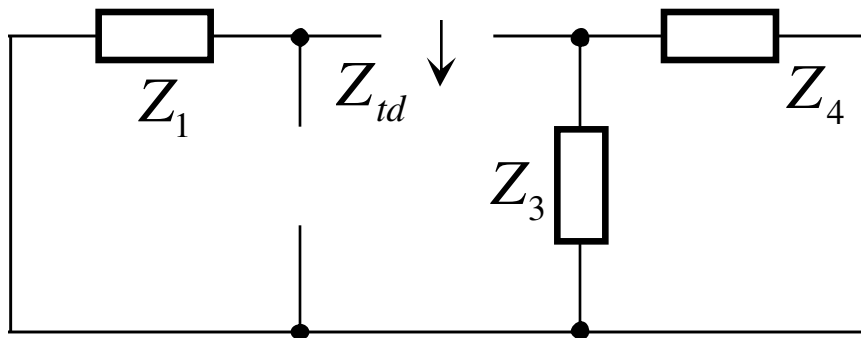
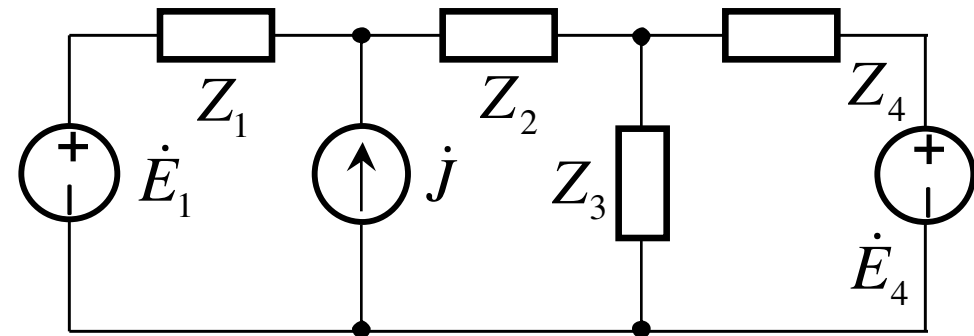
Mạng tuyến tính một cửa
(mạng một cửa)



Định lý Thevenin (3)

VD1

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; \dot{E}_4 = 80 \angle -45^\circ \text{ V}; J = 5 \text{ A};$
 $Z_1 = 10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; Z_3 = j20 \Omega; Z_4 = -j25 \Omega;$
 Tính dòng điện qua Z_2 bằng đ/l Thevenin?



$$Z_{td} = Z_1 + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4} = 10 + \frac{j20(-j25)}{j20 - j25} = 10 + j100 \Omega$$

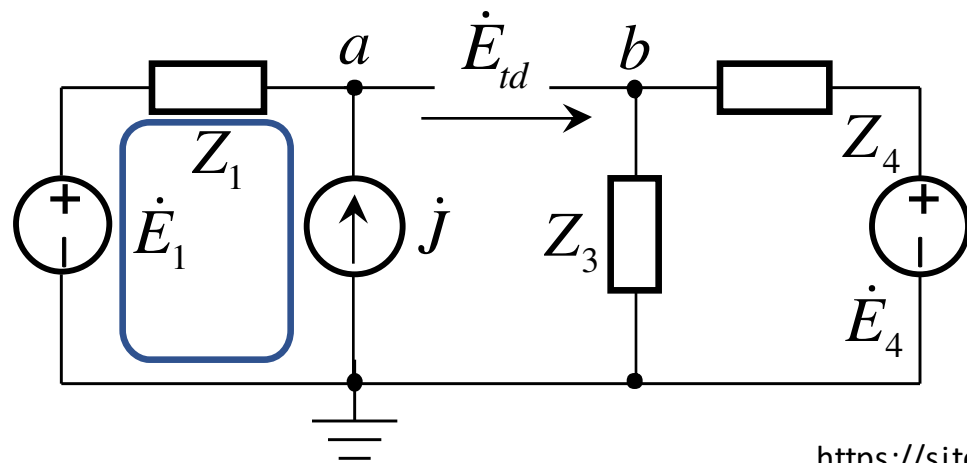
$$\dot{E}_{td} = \dot{\phi}_a - \dot{\phi}_b$$

$$-Z_1 J + \dot{\phi}_a = \dot{E}_1 \rightarrow \dot{\phi}_a = \dot{E}_1 + Z_1 J = 136,60 + j50,00 \text{ V}$$

$$\dot{\phi}_b = Z_3 \dot{I}_3 = Z_3 \frac{\dot{E}_4}{Z_3 + Z_4} = -226,27 + j226,27 \text{ V}$$

$$\dot{E}_{td} = \dot{\phi}_a - \dot{\phi}_b = 362,88 - j176,27 \text{ V}$$

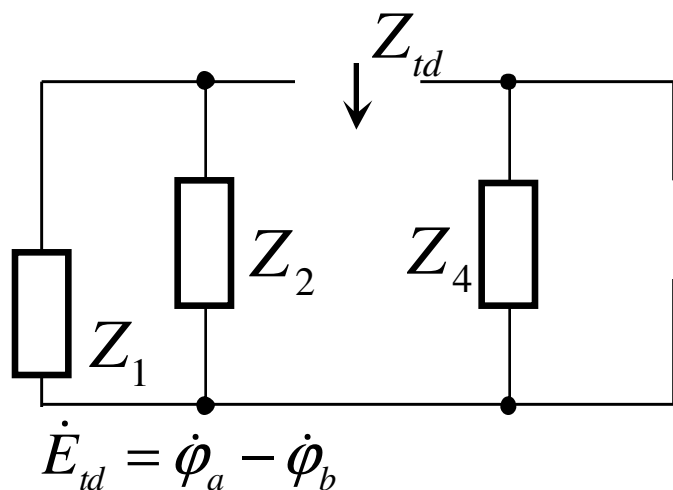
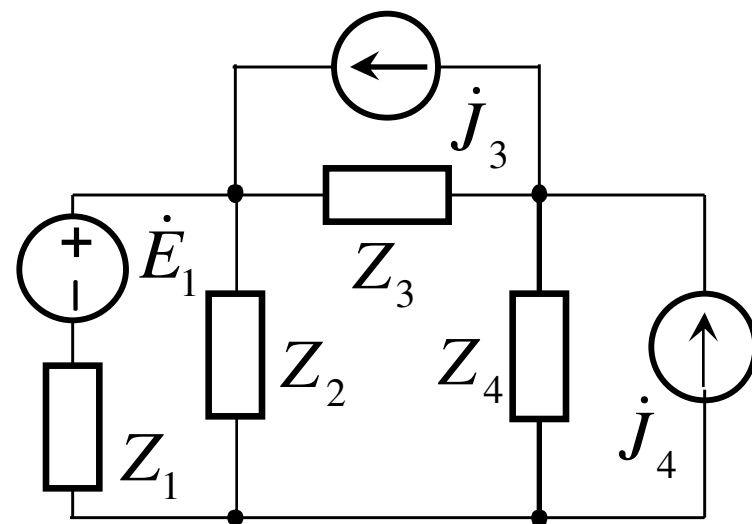
$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{td}}{Z_{td} + Z_2} = \boxed{-1,19 - j3,81 \text{ A}}$$



Định lý Thevenin (4)

VD2

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; j_3 = 5 \text{ A}; j_4 = 8 \angle -45^\circ \text{ A};$
 $Z_1 = 10\Omega; Z_2 = 5\Omega; Z_3 = j20\Omega; Z_4 = -j25\Omega;$
 Tính dòng điện qua Z_3 bằng đ/l Thevenin?

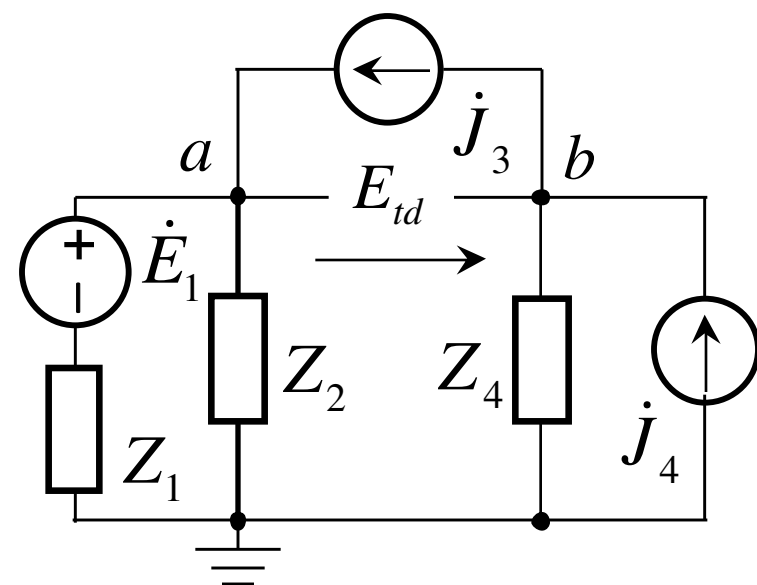


$$Z_{td} = Z_4 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = -j25 + \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 - j25\Omega$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_{td}}{Z_{td} + Z_3} = 12,68 + j28,94 \text{ A}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \phi_a = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} + j_3 \\ \frac{1}{Z_4} \phi_b = -j_3 + j_4 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \phi_a = 45,53 + j16,67 \text{ V} \\ \phi_b = -141,4 - j16,4 \text{ V} \end{cases}$$



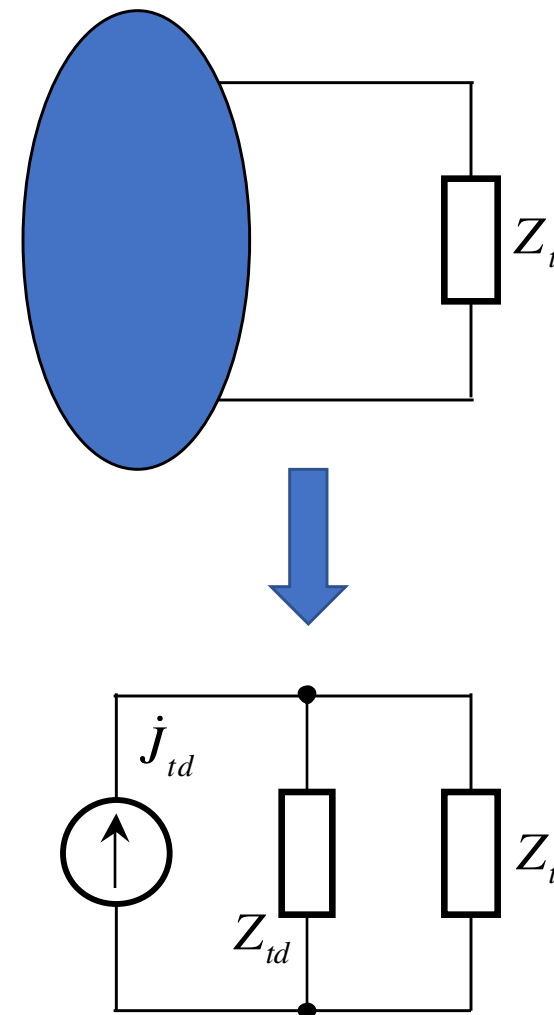
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) Định luật Ohm
 - b) Định luật Kirchhoff
 - c) Dòng nhánh
 - d) Thế nút
 - e) Dòng vòng
 - f) Biến đổi tương đương
 - g) Nguyên lý xếp chồng
 - h) Định lý Thevenin
 - i) **Định lý Norton**
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Định lý Norton (1)

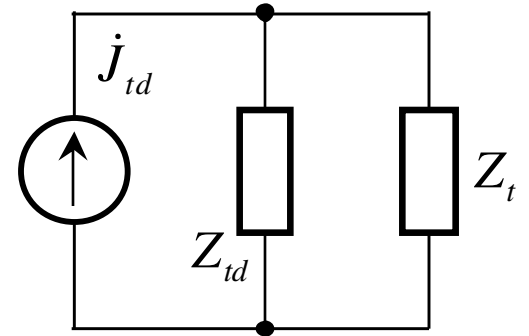
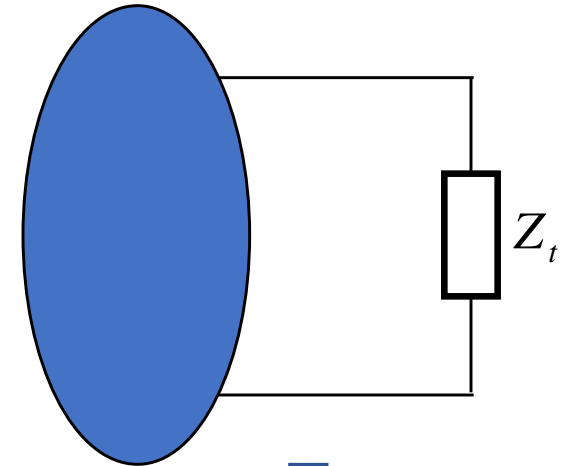
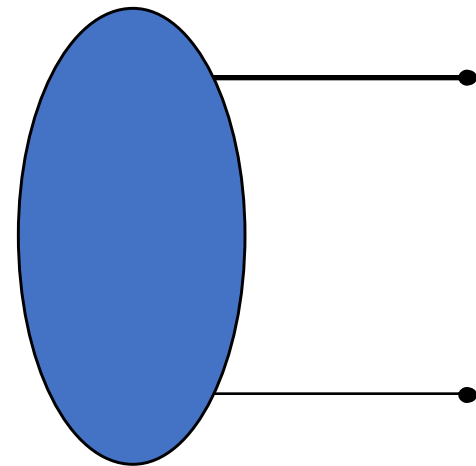
Một mạng tuyến tính một cửa (hai cực) có thể được thay thế bằng một mạch tương đương gồm có nguồn dòng J_{td} & điện trở Z_{td} , trong đó:

- J_{td} : nguồn dòng ngắn mạch trên hai cực,
- Z_{td} : điện trở trên hai cực sau khi tắt (các) nguồn (nếu có).



Định lý Norton (2)

Mạng tuyến tính một cửa
(mạng một cửa)



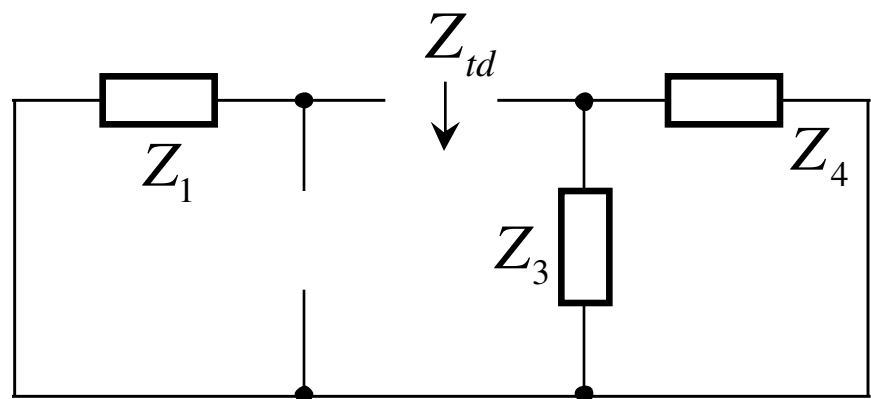
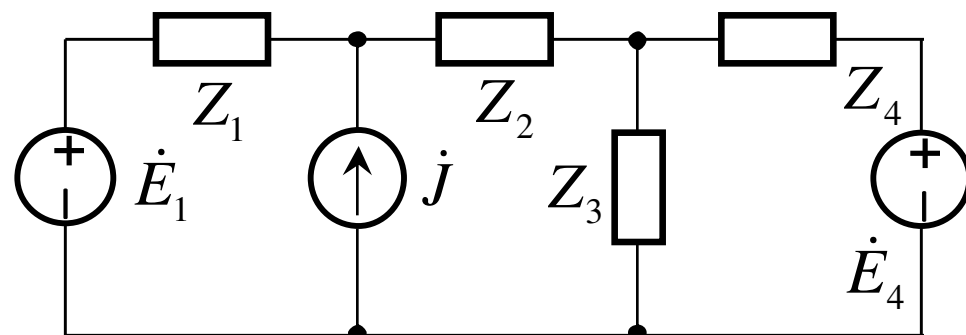
| | |
|--|--|
| <p>$\dot{U}_{ab} = 0$ $\dot{J}_{td} = \dot{I}_{ab}$</p> <p>$\dot{J}_{td}$: nguồn dòng ngắn mạch trên hai cực</p> | <p>Các nguồn đã bị tắt</p> <p>$Z_{td} = Z_{ab}$</p> <p>Z_{td}: điện trở trên hai cực sau khi tắt (các) nguồn</p> |
|--|--|



Định lý Norton (3)

VD1

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; \dot{E}_4 = 80 \angle -45^\circ \text{ V}; \dot{J} = 5 \text{ A};$
 $Z_1 = 10\Omega; Z_2 = 5\Omega; Z_3 = j20\Omega; Z_4 = -j25\Omega;$
 Tính dòng điện qua Z_2 bằng đ/l Norton?



$$Z_{td} = Z_1 + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4} = 10 + \frac{j20(-j25)}{j20 - j25} = 10 + j100 \Omega$$

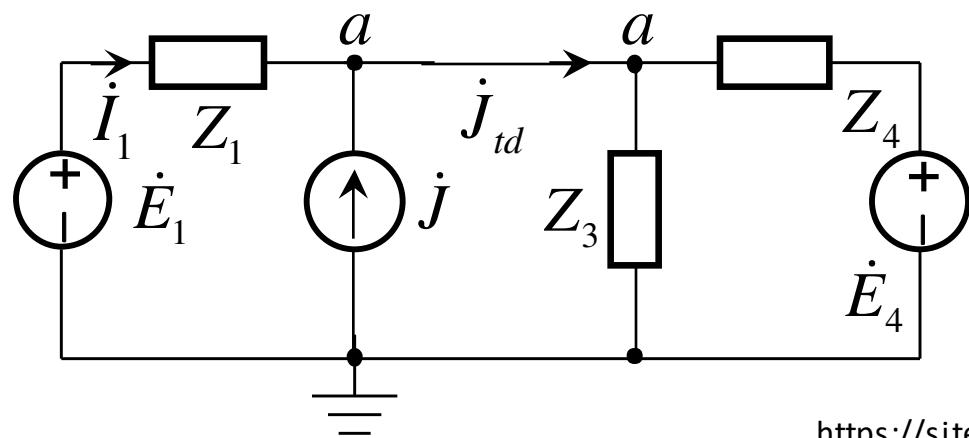
$$\dot{J}_{td} = \dot{I}_1 + \dot{J}$$

$$\dot{\phi}_a = \frac{\dot{E}_1 / Z_1 + \dot{J} + \dot{E}_4 / Z_4}{1/Z_1 + 1/Z_3 + 1/Z_4} = 150,46 + j87,67 \text{ V}$$

$$\dot{I}_1 = (\dot{E}_1 - \dot{\phi}_a) / Z_1 = -6,39 - j3,77 \text{ A}$$

$$\dot{J}_{td} = \dot{I}_1 + \dot{J} = -1,39 - j3,77 \text{ A}$$

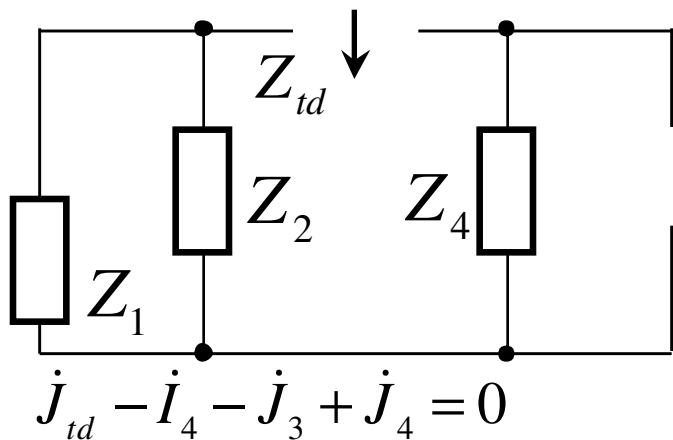
$$\dot{I}_2 = Z_{td} \frac{\dot{J}_{td}}{Z_{td} + Z_2} = \boxed{-1,19 - j3,81 \text{ A}}$$



Định lý Norton (4)

VD2

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; j_3 = 5 \text{ A}; j_4 = 8 \angle -45^\circ \text{ A};$
 $Z_1 = 10\Omega; Z_2 = 5\Omega; Z_3 = j20\Omega; Z_4 = -j25\Omega;$
 Tính dòng điện qua Z_3 bằng đ/l Norton?



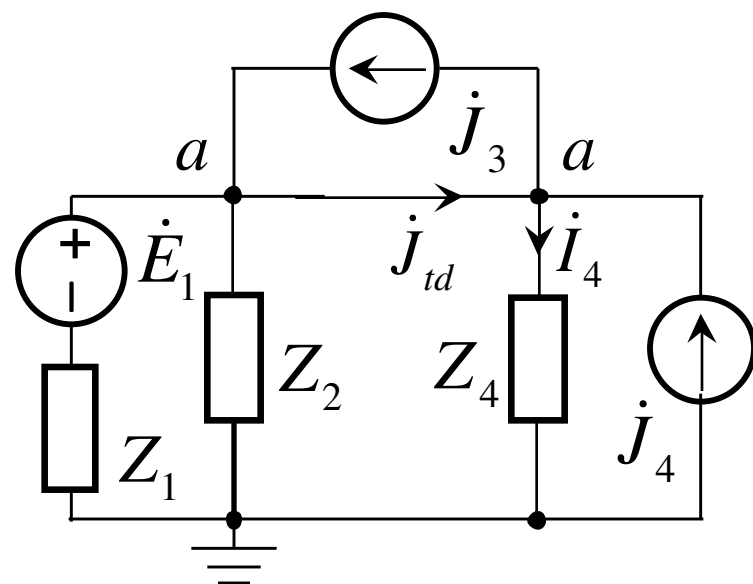
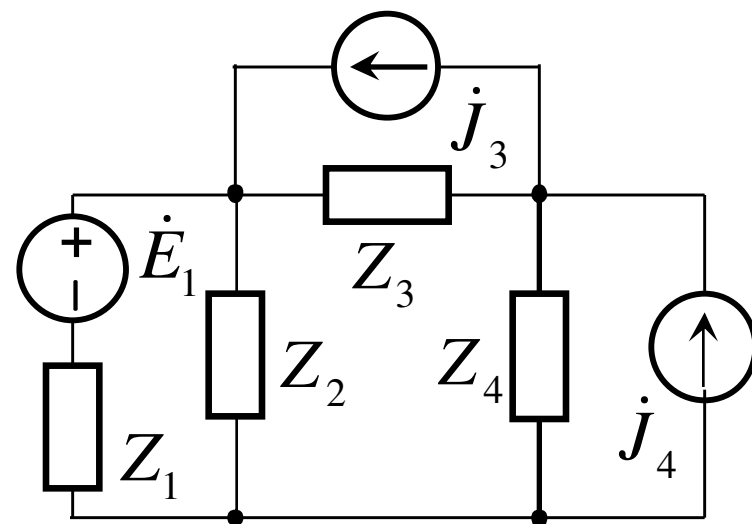
$$Z_{td} = Z_4 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = -j25 + \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 - j25\Omega$$

$$i_3 = Z_{td} \frac{j_{td}}{Z_{td} + Z_3} = 12,68 + j28,94 \text{ A}$$

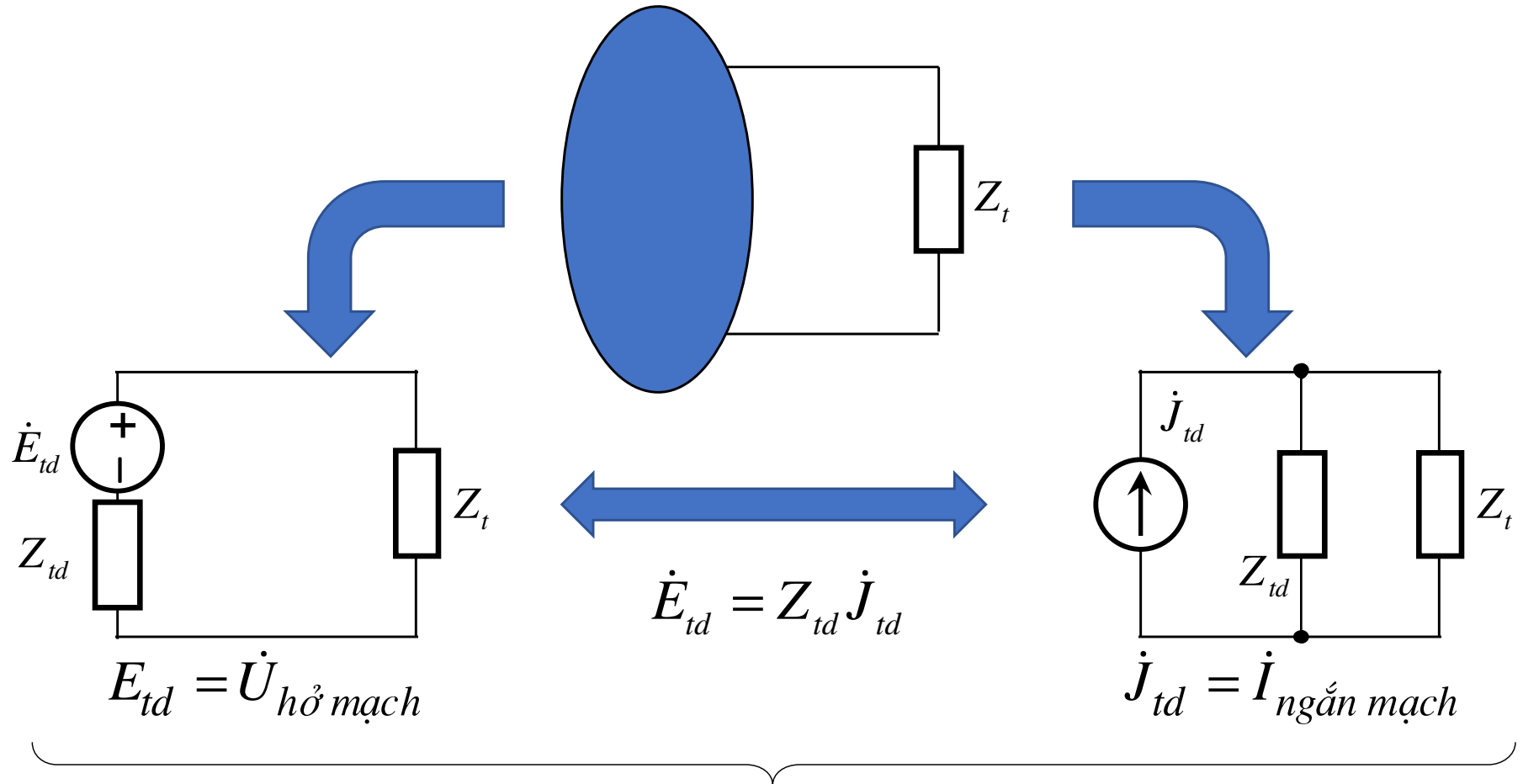
$$\left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_4} \right) \dot{\phi}_a = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} + j_4$$

$$\rightarrow \dot{\phi}_a = 46,60 - j8,40 \text{ V}$$

$$\rightarrow j_{td} = j_3 - j_4 + \frac{\dot{\phi}_a}{Z_4} = -0,32 + j7,52 \text{ A}$$

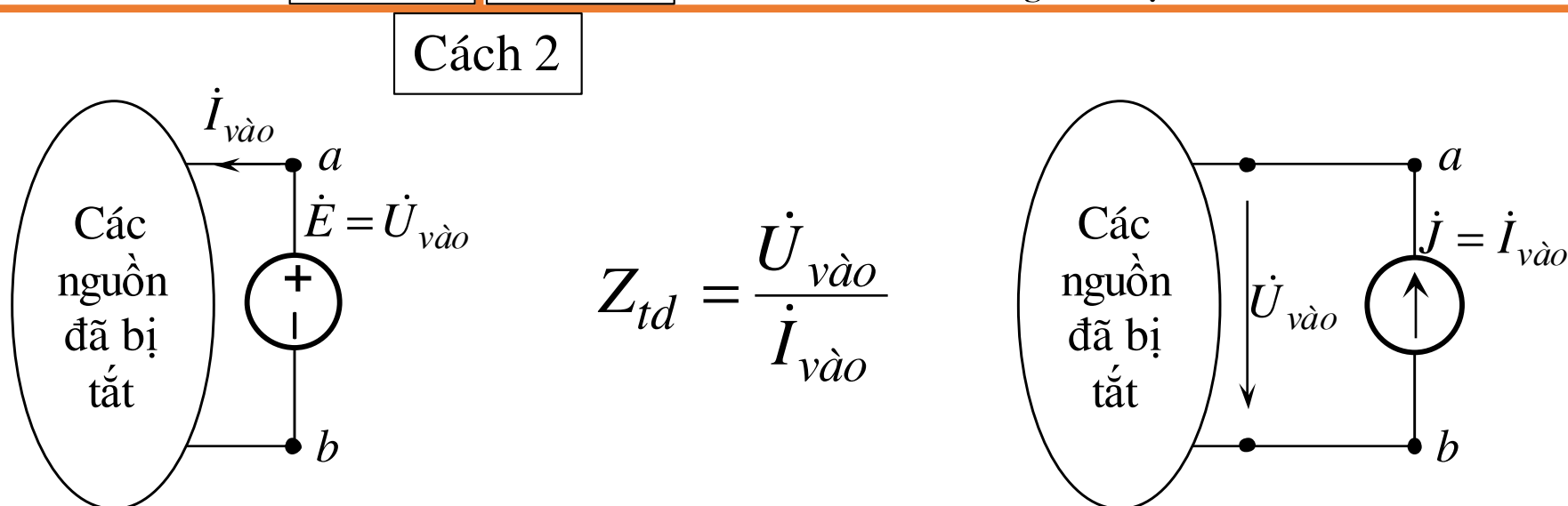
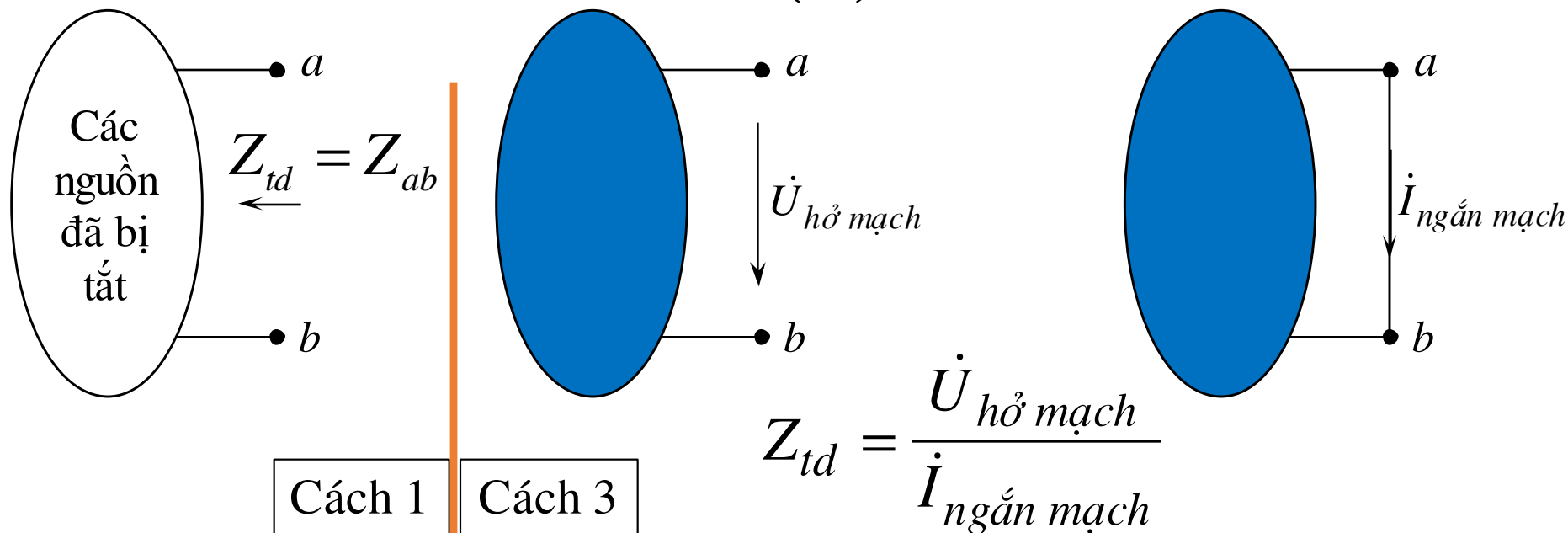


Thevenin và Norton (1)



$$Z_{td} = \frac{\dot{U}_{hở\ mạch}}{\dot{I}_{ngắn\ mạch}}$$

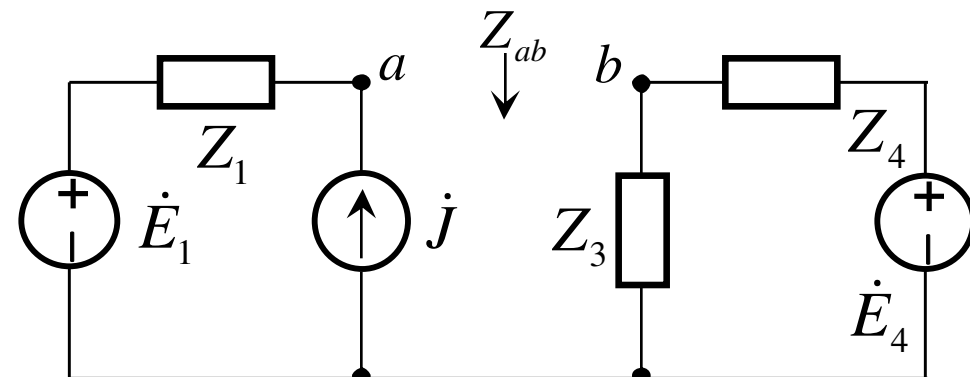
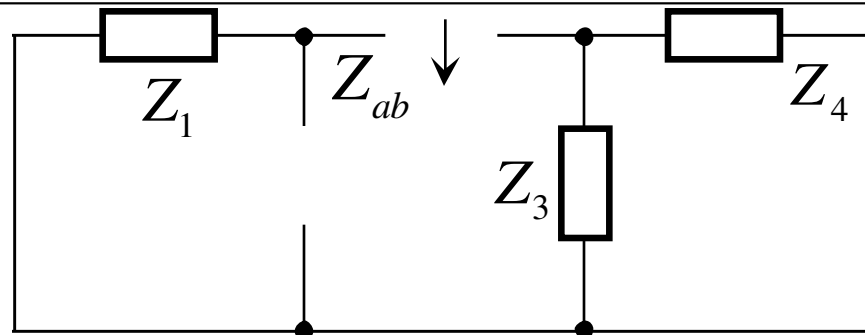
Thevenin và Norton (2)



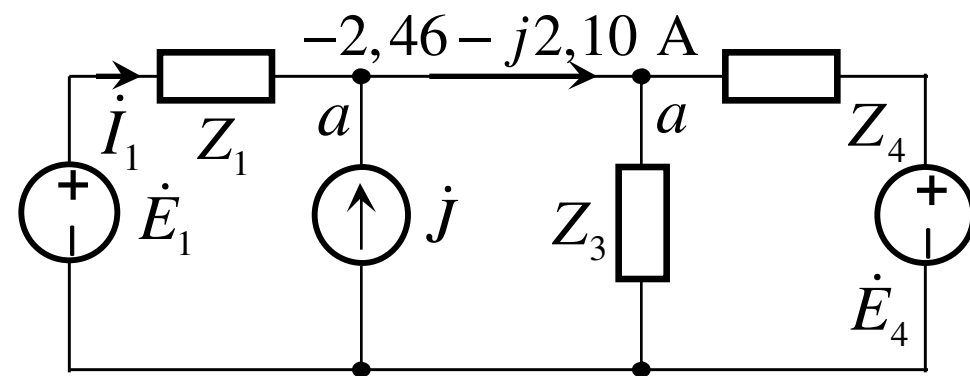
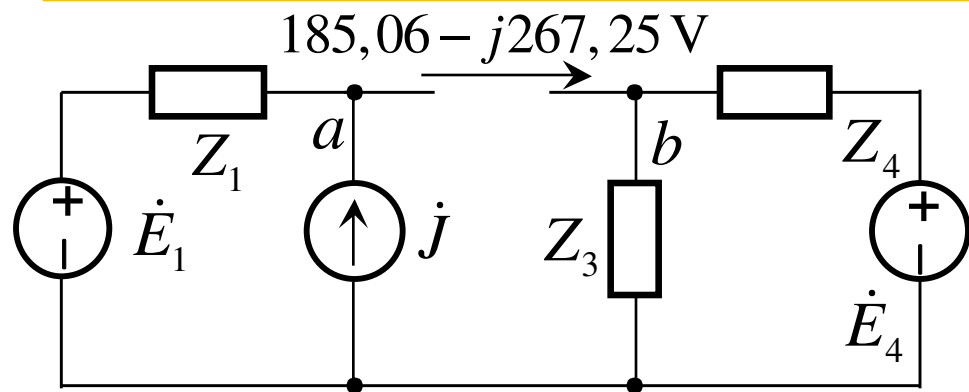
Thevenin và Norton (3)

VD1

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; \dot{E}_4 = 80 \angle -45^\circ \text{ V}; J = 5 \text{ A};$
 $Z_1 = 10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; Z_3 = j20 \Omega; Z_4 = -j25 \Omega;$
 Tính Z_{ab} ?



$$Z_{td} = Z_1 + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4} = 10 + \frac{j20(-j25)}{j20 - j25} = 10 + j100 \Omega$$

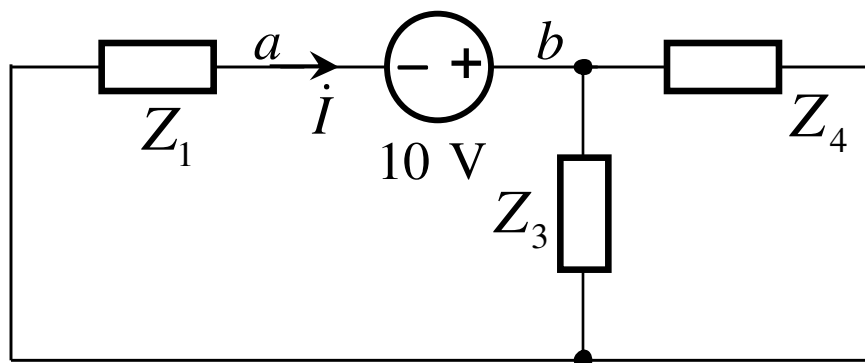
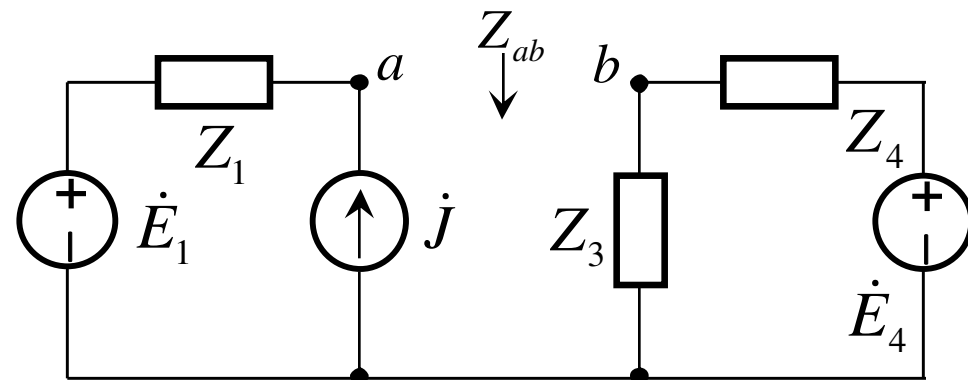


$$Z_{td} = \frac{\dot{U}_{\text{hở mạch}}}{\dot{I}_{\text{ngắn mạch}}} = \frac{185,06 - j267,25}{-2,46 - j2,10} = 10 + j100 \Omega$$

Thevenin và Norton (4)

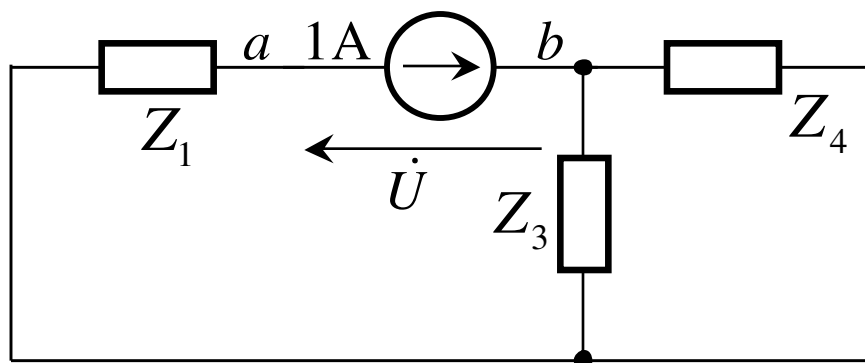
VD1

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; \dot{E}_4 = 80 \angle -45^\circ \text{ V}; \dot{J} = 5 \text{ A};$
 $Z_1 = 10\Omega; Z_2 = 5\Omega; Z_3 = j20\Omega; Z_4 = -j25\Omega;$
 Tính Z_{ab} ?



$$\dot{I} = \frac{10}{Z_1 + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4}} = 0,0099 - j0,0990 \text{ A}$$

$$Z_{ab} = \frac{10}{\dot{I}} = 10 + j100 \Omega$$

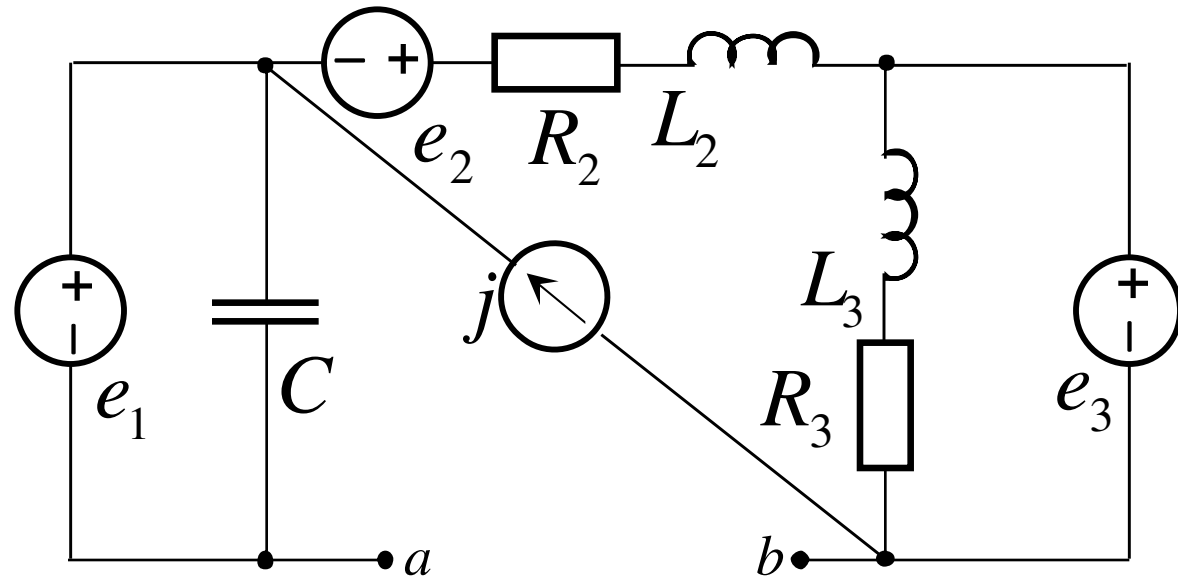


$$\dot{U} = 1 \left(Z_1 + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4} \right) = 10 + j100 \text{ V}$$

$$Z_{ab} = \frac{\dot{U}}{1} = 10 + j100 \Omega$$

Thevenin và Norton (5)

VD2



Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. **Phân tích mạch xoay chiều**
 - a) **Định luật Ohm**
 - b) **Định luật Kirchhoff**
 - c) **Dòng nhánh**
 - d) **Thế nút**
 - e) **Dòng vòng**
 - f) **Biến đổi tương đương**
 - g) **Nguyên lý xếp chồng**
 - h) **Định lý Thevenin**
 - i) **Định lý Norton**
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Công suất trong mạch xoay chiều

BOILERMAKER MOTOR COMPANY TEFC

LOW VOLTAGE LINE

HIGH VOLTAGE LINE

HP 50 RPM 1765 FRAME 326T

VOLTS 230/460 PHASE 3 HERTZ 60

AMPS 122/61 TIME RATING CONT.

CAN BE USED ON 208 V SYSTEM UP TO 140 AMPS
MAY NOT MEET ALL NEMA PERFORMANCE LIMITS ON 208 V SYSTEM

INS F SERVICE FACTOR 1.15

NEMA CODE G NEMA DESIGN B

MAX AMBIENT 40°C TEMP RISE 70°C

NEMA NOM. 92.4 EFF. 91.0 BOILERMAKER MIN. 91.0 EFF. 91.0

<http://electricalacademia.com/induction-motor/electric-motor-nameplate-details-explained-induction-motor-nameplate/>

SIEMENS

PE•21 PLUS™ PREMIUM EFFICIENCY

ORD.NO. 1LA02864SE41

TYPE RGZESD

H.P. 30.00

AMPS 34.9

R.P.M. 1765

DUTY CONT 40°C AMB.

CLASS F NEMA DESIGN B KVA CODE G NEMA NOM. EFF. 93.6

SH. END BRG. 50BC03JPP3 OPP. END BRG. 50BC03JPP3

MILL AND CHEMICAL DUTY QUALITY INDUCTION MOTOR

Siemens Energy & Automation, Inc, Little Rock, AR

MADE IN U.S.A.

<http://poqnamekyxoqep.oramanageability.com/understanding-induction-motor-nameplate-information-47374dan8099.html>

Dayton

ELECTRIC BASEBOARD HEATER
CALEFACTOR ELÉCTRICO DE ZOCALO
PLINTE CHAUFFANTE ÉLECTRIQUE

MODEL NO. 3UG82D

VOLTS 240/208

WATTS 500/376

AMPS 2.1/1.8

DATE CODE 1209

UL US

64E1 LISTED
ELECTRIC BASEBOARD HEATER
E256626

Made in USA/Hecho en EE.UU./Fab. aux États-Unis
Mfd. for/Fab. para/Fab. pour: Dayton Electric Mfg. Co., Niles, IL 60714 USA
For Repair Parts/Para Partes de Reparación/Pour pièces détachées,
Call/Llame/Appelez: 1-800-323-0620 or 001-800-527-2331 en Mexico

4104-2497-500

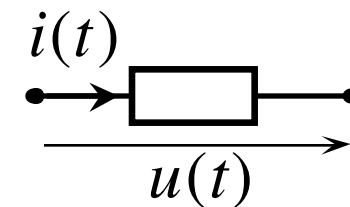
<https://www.cpsc.gov/Recalls/2010/marley-engineered-products-recalls-baseboard-heaters-sold-at-grainger-due-to-fire>
<https://sites.google.com/site/ncpdhokhn/home>

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

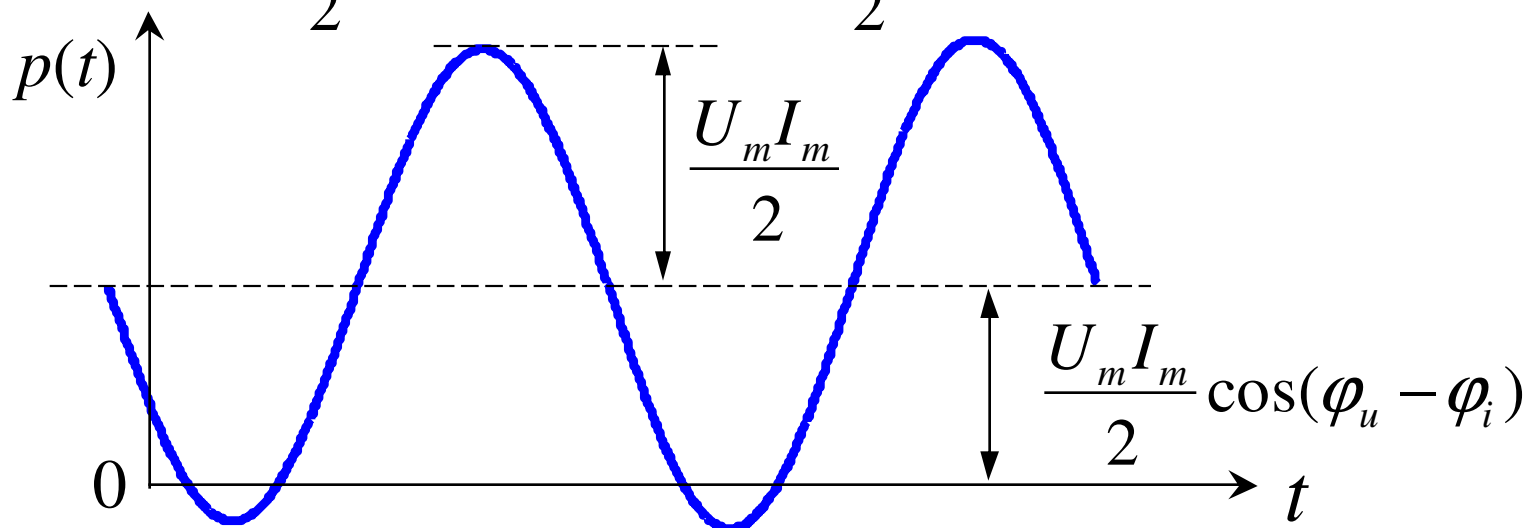
Công suất tức thời

$$\left. \begin{aligned} p(t) &= u(t) \cdot i(t) \\ u(t) &= U_m \sin(\omega t + \varphi_u) \\ i(t) &= I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \end{aligned} \right\}$$



$$\left. \begin{aligned} \rightarrow p(t) &= U_m I_m \sin(\omega t + \varphi_u) \sin(\omega t + \varphi_i) \\ \sin A \sin B &= \frac{1}{2} [\cos(A - B) - \cos(A + B)] \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow p(t) = \frac{U_m I_m}{2} \cos(\varphi_u - \varphi_i) - \frac{U_m I_m}{2} \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i)$$



Công suất tác dụng (1)

Định nghĩa: Công suất tác dụng là trung bình của công suất tức thời trong một chu kỳ, ký hiệu là P , đo bằng oát (W).

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

$$p(t) = \frac{U_m I_m}{2} \cos(\varphi_u - \varphi_i) - \frac{U_m I_m}{2} \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i)$$

$$\rightarrow P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

$$\varphi_u = \varphi_i \rightarrow P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(0) = \frac{1}{2} U_m I_m = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

$$\varphi_u - \varphi_i = \pm 90^\circ \rightarrow P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(90^\circ) = 0$$

(Công suất tác dụng của cuộn cảm hoặc tụ điện bằng zero)

Công suất tác dụng (2)

$$\left. \begin{aligned} \dot{U} &= \frac{U_m}{\sqrt{2}} \angle \varphi_u \\ \dot{I} &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \angle \varphi_i \rightarrow \hat{I} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \angle -\varphi_i \end{aligned} \right\} \rightarrow \dot{U}\hat{I} = \frac{U_m I_m}{2} \angle \varphi_u - \varphi_i$$

$$\frac{U_m I_m}{2} \angle \varphi_u - \varphi_i = \left. \begin{aligned} &\frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i) + j \frac{1}{2} U_m I_m \sin(\varphi_u - \varphi_i) \\ &P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i) \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{P = \operatorname{Re}\{\dot{U}\hat{I}\}}$$

Công suất tác dụng (3)

VD

$$u(t) = 150\sin(314t - 30^\circ) \text{ V}, i(t) = 10\sin(314t + 45^\circ) \text{ A}$$

Tính công suất tác dụng P ?

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{1}{2} 150 \cdot 10 \cos(-30^\circ - 45^\circ) = \boxed{194,11 \text{ W}}$$

$$P = \operatorname{Re}\{\dot{U}\hat{I}\}$$

$$\dot{U} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \angle \varphi_u = \frac{150}{\sqrt{2}} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \angle \varphi_i = \frac{10}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ \rightarrow \hat{I} = \frac{10}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ$$

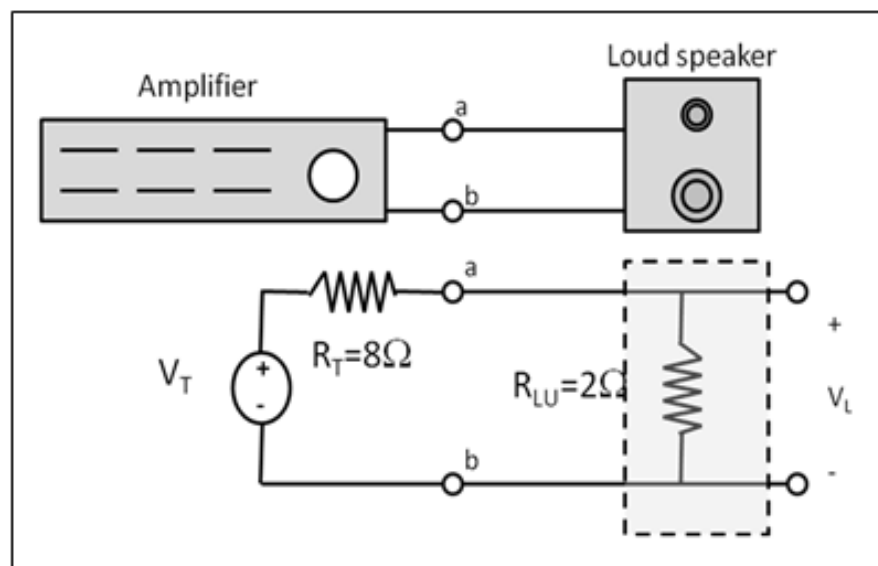
$$\dot{U}\hat{I} = \left(\frac{150}{\sqrt{2}} \angle -30^\circ \right) \left(\frac{10}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ \right) = 750 \angle -75^\circ = 194,11 - j724,44 \text{ VA}$$

$$P = \operatorname{Re}\{194,11 - j724,44\} = \boxed{194,11 \text{ W}}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) **Truyền công suất cực đại**
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Truyền công suất cực đại (1)



<http://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/use-maximum-power-transfer-theorem-determine-increase-power-delivered-loudspeaker-resultin-q6983635>

Truyền công suất cực đại (2)

$$P_t = I_t^2 R_t$$

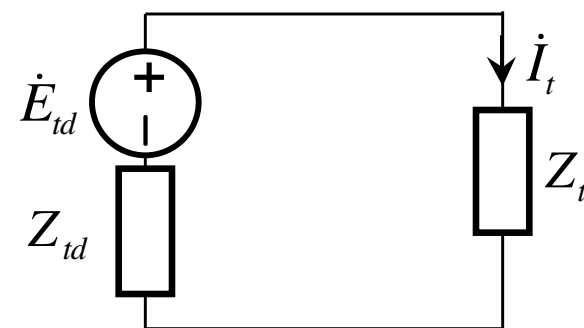
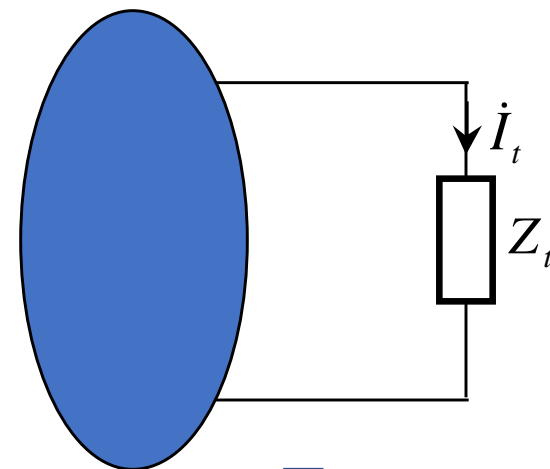
$$\dot{I}_t = \frac{\dot{E}_{td}}{Z_{td} + Z_t} \rightarrow I_t = \frac{E_{td}}{|Z_{td} + Z_t|}$$

$$\left. \begin{aligned} Z_{td} &= R_{td} + jX_{td} \\ Z_t &= R_t + jX_t \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow Z_{td} + Z_t = (R_{td} + R_t) + j(X_{td} + X_t)$$

$$\rightarrow |Z_{td} + Z_t| = \sqrt{(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2}$$

$$\rightarrow P_t = \frac{E_{td}^2 R_t}{(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2}$$



Truyền công suất cực đại (3)

$$P_t = \frac{E_{td}^2 R_t}{(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial P_t}{\partial X_t} = 0 \rightarrow \frac{\partial P_t}{\partial X_t} = E_{td}^2 \frac{R_t (X_{td} + X_t)}{[(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2]^2} = 0 \\ \frac{\partial P_t}{\partial R_t} = 0 \rightarrow \frac{\partial P_t}{\partial R_t} = E_{td}^2 \frac{(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2 - 2R_t(R_{td} + R_t)}{2[(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2]^2} = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} X_t = -X_{td} \\ R_t = \sqrt{R_{td}^2 + (X_{td} + X_t)^2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} X_t = -X_{td} \\ R_t = R_{td} \end{cases}$$

$$\rightarrow \boxed{Z_t = \hat{Z}_{td}}$$

Để truyền công suất cực đại, tổng trở tải phải bằng liên hợp phức của tổng trở Thevenin

Truyền công suất cực đại (4)

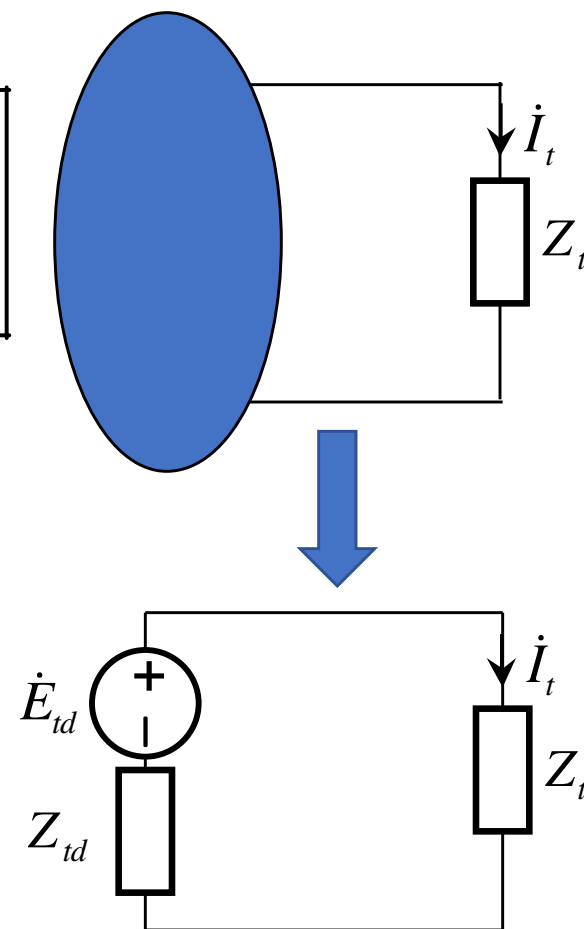
$$Z_t = \hat{Z}_{td}$$

Để truyền công suất cực đại, tổng trở tải phải bằng liên hợp phức của tổng trở Thevenin

$$P_t = \frac{E_{td}^2 R_t}{(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2} \left\{ \begin{array}{l} Z_t = \hat{Z}_{td} \rightarrow \begin{cases} X_t = -X_{td} \\ R_t = R_{td} \end{cases} \end{array} \right\} \rightarrow P_{t \max} = \frac{E_{td}^2}{4R_{td}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nếu } Z_t = R_t \text{ (thuần trở)} \rightarrow X_t = 0 \\ \frac{\partial P_t}{\partial R_t} = 0 \rightarrow R_t = \sqrt{R_{td}^2 + (X_{td} + X_t)^2} \end{array} \right\}$$

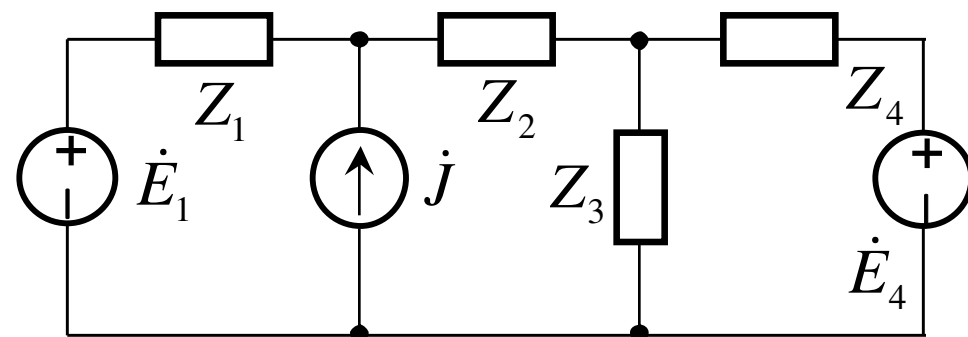
$$\rightarrow R_t = \sqrt{R_{td}^2 + X_{td}^2} = |Z_{td}|$$



Truyền công suất cực đại (5)

VD

$\dot{E}_1 = 100 \angle 30^\circ \text{ V}; \dot{E}_4 = 80 \angle -45^\circ \text{ V}; J = 5 \text{ A};$
 $Z_1 = 10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; Z_3 = j20 \Omega; Z_4 = -j25 \Omega;$
 Tìm Z_2 để P_2 đạt cực đại? Tính $P_{2\max}$?

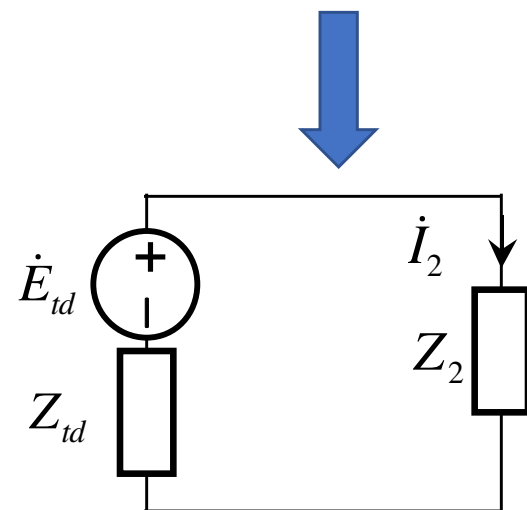


$$Z_{td} = 10 + j100 \Omega = R_{td} + jX_{td}$$

$$\dot{E}_{td} = 185,06 - j267,25 = 325,07 \angle -55,30^\circ \text{ V}$$

$$Z_2 = \hat{Z}_{td} = \boxed{10 - j100 \Omega}$$

$$P_{t\max} = \frac{E_{td}^2}{4R_{td}} = \frac{325,07^2}{4 \cdot 10} = \boxed{2641,7 \text{ W}}$$



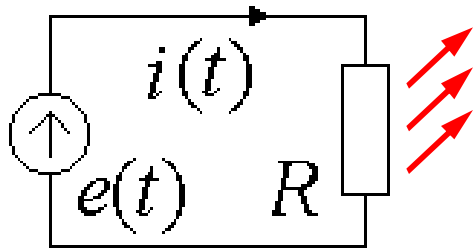
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) **Trị hiệu dụng**
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

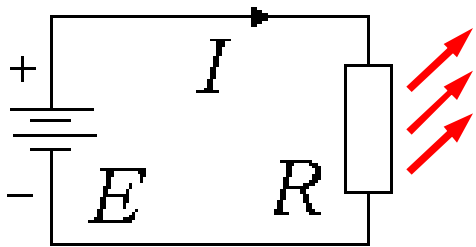
Trị hiệu dụng (1)

- Xuất phát từ nhu cầu đo/đánh giá tác dụng của một nguồn áp/nguồn dòng trong việc cung cấp công suất cho một điện trở (tải thuần trở).
- *Định nghĩa*: Trị hiệu dụng của một dòng điện chu kỳ là độ lớn một dòng điện một chiều, công suất mà dòng điện một chiều này cung cấp cho một điện trở bằng công suất mà dòng điện chu kỳ cung cấp cho điện trở đó.
- Có thể viết tắt trị hiệu dụng là rms (root-mean-square)
- Gọi tắt là dòng hiệu dụng (& áp hiệu dụng)
- Ký hiệu: I & U [của dòng chu kỳ $i(t)$ & áp chu kỳ $u(t)$]

Trị hiệu dụng (2)



$$\rightarrow P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R dt = \frac{R}{T} \int_0^T i^2 dt$$



$$\rightarrow P = I^2 R$$

$$\left. \begin{array}{l} \rightarrow P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R dt \\ \rightarrow P = I^2 R \end{array} \right\} \rightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

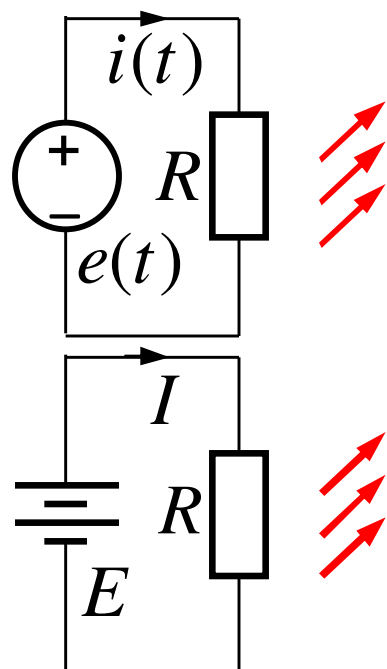
I là trị hiệu dụng của $i(t)$

Tương tự: $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}$

Tổng quát: $X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2 dt}$

root-mean-square

Trị hiệu dụng (2)



$$\rightarrow P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R dt = \frac{R}{T} \int_0^T i^2 dt$$

$$\rightarrow P = I^2 R$$

$$\left. \begin{array}{l} \rightarrow P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R dt \\ \rightarrow P = I^2 R \end{array} \right\} \rightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

I là trị hiệu dụng của $i(t)$

Tương tự: $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}$

root-mean-square

Tổng quát:

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2 dt}$$

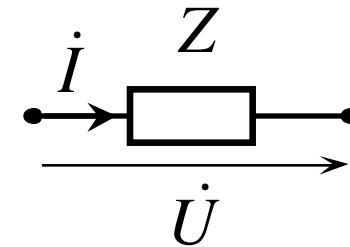
Trị hiệu dụng (3)

$$\left. \begin{aligned} I &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \\ i(t) &= I_m \sin \omega t \end{aligned} \right\} \rightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [I_m \sin \omega t]^2 dt}$$
$$= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt}$$
$$= \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} \int_0^T dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Trị hiệu dụng (4)



$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

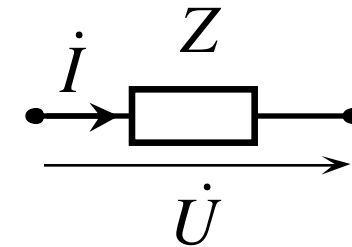
$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

$$P = \text{Re}\{\dot{U}\hat{I}\}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) **Công suất biểu kiến**
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Công suất biểu kiến (1)



- *Định nghĩa*: Tích của trị hiệu dụng của điện áp & trị hiệu dụng của dòng điện, ký hiệu S , đo bằng VA (vôn-ampe, volt-ampere)

$$S = UI$$

JEFFERSON ELECTRIC
BY PIONEER POWER SOLUTIONS

Cat. No. 423-7865-M01
Dry Type Isolation Transformer
Transformateur D'Isolation À Sec

kVA 150.0 High Volt/Prim: 600 Delta Low Volt/Sec 208ZZ/120

Phase 3
Hz 60
%IZ 4.0
Temp 130 °C
Class 220 °C
Wgt/Poids 2150 lbs
Class ANN
Wdg. Mtl. AL
Connect Cu-Al

423 Series
Outdoor Type 3R
Enclosure/Boltier

High Volt/Prim: on H1, H2, H3

| Connect | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Volts | 630 | 615 | 600 | 585 | 570 |

Low Volt/Sec on X1, X2, X3

| Line - Line | Line - Neutral |
|-------------|----------------|
| 208 V | 120 V |

ENERGY PERFORMANCE VERIFIED
RENDERMENT ÉNERGETIQUE VÉRIFIÉ
MEETS CAN/CSA C802.2-08
MEETS TP-1 1996 EFFICIENCY

Datecode: R1210 Job#: 1AP2 SN: 0001

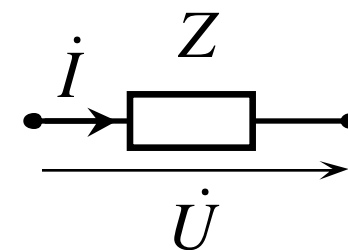
<https://www.amazon.com/Ventilated-Transformer-Enclosure-Nameplate-Details/dp/B07G3DNTXN>

Công suất biểu kiến (2)

VD

$$u(t) = 150\sin(314t - 30^\circ) \text{ V}, i(t) = 10\sin(314t + 45^\circ) \text{ A}$$

Tính công suất tác dụng & công suất biểu kiến?



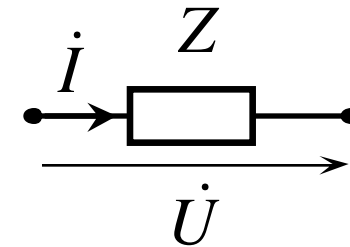
$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{150}{\sqrt{2}} \cdot \frac{10}{\sqrt{2}} \cos(-30^\circ - 45^\circ) = \boxed{194,11 \text{ W}}$$

$$S = UI = \frac{150}{\sqrt{2}} \cdot \frac{10}{\sqrt{2}} = \boxed{750 \text{ VA}}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) **Hệ số công suất**
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Hệ số công suất (1)



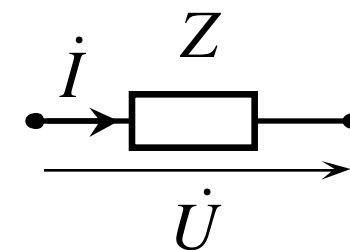
$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) = S \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

- Hệ số công suất: $pf = \cos(\varphi_u - \varphi_i)$.
- pf : power factor.
- Dấu của $(\varphi_u - \varphi_i)$ không ảnh hưởng đến pf .
- $0 \leq pf \leq 1$.
- $\varphi_u - \varphi_i$: góc hệ số công suất.
- Tải thuần trở: $\varphi_u - \varphi_i = 0 \rightarrow pf = 1 \rightarrow P = S = UI$.
- Tải thuần điện kháng: $\varphi_u - \varphi_i = \pm 90^\circ \rightarrow pf = 0 \rightarrow P = 0$.
- pf của tải điện kháng cảm gọi là pf chậm pha.
- pf của tải điện kháng dung gọi là pf sớm pha.

Hệ số công suất (2)

VD

$u(t) = 150\sin(314t - 30^\circ)$ V, $i(t) = 10\sin(314t + 45^\circ)$ A
Tính công suất tác dụng, công suất biểu kiến, & hệ số công suất?



$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{150}{\sqrt{2}} \cdot \frac{10}{\sqrt{2}} \cos(-30^\circ - 45^\circ) = \boxed{194,11 \text{ W}}$$

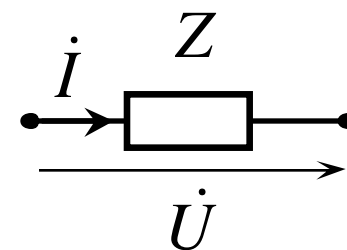
$$S = UI = \frac{150}{\sqrt{2}} \cdot \frac{10}{\sqrt{2}} = \boxed{750 \text{ VA}}$$

$$pf = \cos(-30^\circ - 45^\circ) = \boxed{0,2588}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) **Công suất phức**
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Công suất phức (1)



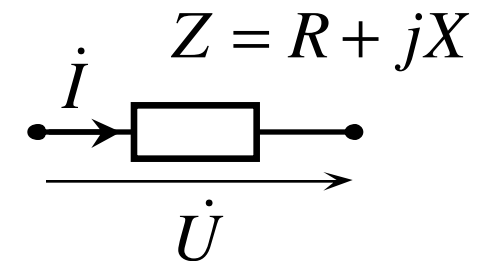
- Định nghĩa: $\boxed{\dot{U}\hat{I}}$

- Ký hiệu S hoặc \bar{S} , đo bằng VA (vôn-ampe, volt-ampere).
- *Chú ý*: công suất biểu kiến là S .

$$\left. \begin{array}{l} S = \dot{U}\hat{I} \\ \dot{U} = U \angle \varphi_u \\ \hat{I} = I \angle \varphi_i \end{array} \right\} \rightarrow S = \left(U \angle \varphi_u \right) \left(I \angle -\varphi_i \right) = UI \angle \varphi_u - \varphi_i$$

$$= UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) + jUI \sin(\varphi_u - \varphi_i)$$

Công suất phức (2)



$$\mathbf{S} = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) + jUI \sin(\varphi_u - \varphi_i) = P + jQ$$

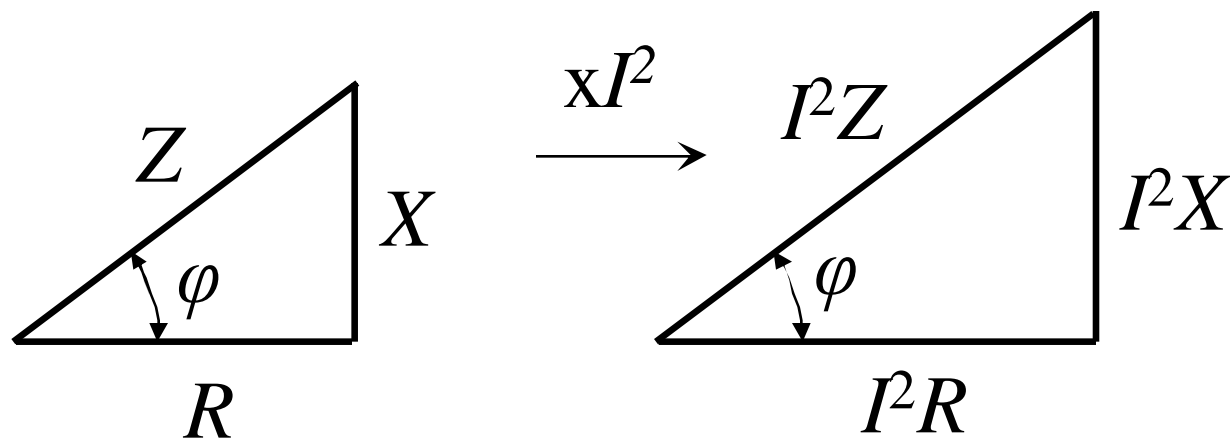
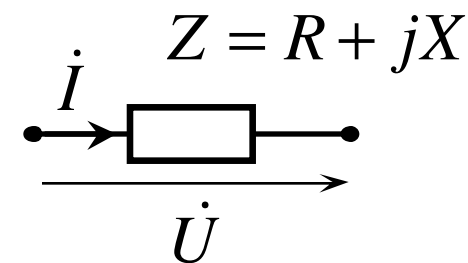
- Định nghĩa công suất phản kháng: $UI \sin(\varphi_u - \varphi_i)$, ký hiệu Q , đo bằng VAR (volt-ampere reactive).

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{S} = \dot{U}\hat{I} \\ \dot{U} = Z\dot{I} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \mathbf{S} = Z\dot{I}\hat{I} = ZI^2 \\ Z = R + jX \end{array} \right\} \rightarrow \mathbf{S} = (R + jX)I^2 = I^2R + jI^2X = P + jQ$$

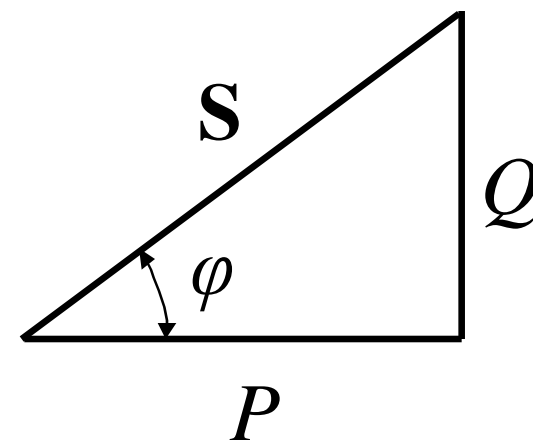
$$P = \text{Re}(\mathbf{S}) = \text{Re}(\dot{U}\hat{I}) = I^2R$$

$$Q = \text{Im}(\mathbf{S}) = \text{Im}(\dot{U}\hat{I}) = I^2X$$

Công suất phức (3)

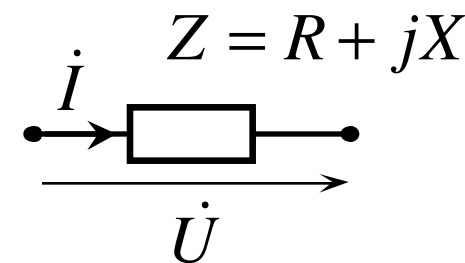


Tam giác tổng trở



Tam giác công suất

Công suất phức (4)



$$S = \dot{U}\hat{I} = UI \angle \varphi_u - \varphi_i = ZI^2 = P + jQ \quad [\text{VA}]$$

$$S = |S| = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [\text{VA}]$$

$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \text{Re}(S) = S \cos(\varphi_u - \varphi_i) = RI^2 \quad [\text{W}]$$

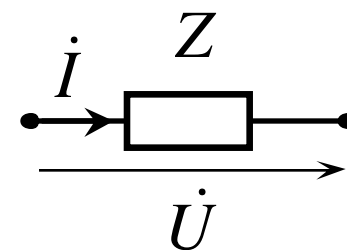
$$Q = UI \sin(\varphi_u - \varphi_i) = \text{Im}(S) = S \sin(\varphi_u - \varphi_i) = XI^2 \quad [\text{VAR}]$$

$$pf = \frac{P}{S} = \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

Công suất phức (5)

VD

$$u(t) = 150\sin(314t - 30^\circ) \text{ V}, i(t) = 10\sin(314t + 45^\circ) \text{ A.}$$



$$\dot{U} = \frac{150}{\sqrt{2}} \angle -30^\circ = 106,07 \angle -30^\circ \text{ V}, \dot{i} = \frac{10}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ = 7,07 \angle 45^\circ \text{ A}$$

$$S = \dot{U}\hat{I} = (106,07 \angle -30^\circ)(7,07 \angle -45^\circ) = 750 \angle -75^\circ \text{ VA}$$

$$S = |S| = 750 \text{ VA}$$

$$P = S \cos(\varphi_u - \varphi_i) = 750 \cos(-75^\circ) = 194,11 \text{ W}$$

$$Q = S \sin(\varphi_u - \varphi_i) = 750 \sin(-75^\circ) = -724,44 \text{ VAR}$$

$$pf = \cos(\varphi_u - \varphi_i) = \cos(-75^\circ) = 0,26$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) **Bảo toàn công suất**
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Bảo toàn công suất (1)

$$\sum_{i=1}^M S_{nguồn,i} = \sum_{i=1}^N S_{tải,i}$$

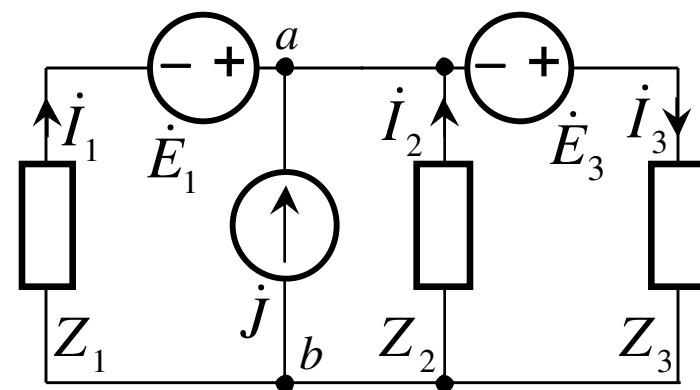
$$\rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^M P_{nguồn,i} = \sum_{i=1}^N P_{tải,i} \\ \sum_{i=1}^M Q_{nguồn,i} = \sum_{i=1}^N Q_{tải,i} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^M S_{nguồn,i} \neq \sum_{i=1}^N S_{tải,i}$$

Bảo toàn công suất (2)

VD

$Z_1 = 10\Omega$; $Z_2 = j20\Omega$; $Z_3 = 5 - j10\Omega$;
 $\dot{E}_1 = 30\text{ V}$; $\dot{E}_3 = 45/\underline{15^\circ}\text{ V}$; $\dot{J} = 2/\underline{-30^\circ}\text{ A}$;
 Tính các dòng điện trong mạch?



$$\dot{I}_1 = 4,09/\underline{75,2^\circ}\text{ A}, \quad \dot{I}_2 = 2,20/\underline{26,4^\circ}\text{ A}, \quad \dot{I}_3 = 6,16/\underline{39,6^\circ}\text{ A}$$

$$S_{Z1} = Z_1 I_1^2 = 10 \cdot 4,09^2 = 167,28\text{ VA}$$

$$S_{Z2} = Z_2 I_2^2 = j20 \cdot 2,20^2 = j96,80\text{ VA}$$

$$S_{Z3} = Z_3 I_3^2 = (5 - j10)6,16^2 = 189,73 - j379,46\text{ VA}$$

$$S_{E1} = \dot{E}_1 \hat{I}_1 = 30 \cdot 4,09/\underline{-75,2^\circ}$$

$$= 122,70/\underline{-75,2^\circ}\text{ VA}$$

$$S_{E3} = \dot{E}_3 \hat{I}_3 = 277,20/\underline{-24,6^\circ}\text{ VA}$$

$$S_J = \dot{U}_J \hat{J} = (-Z_2 \dot{I}_2) \hat{J} = 73,30 - j48,70\text{ VA}$$

$$\rightarrow \boxed{\sum S_t = 357,01 - j282,66\text{ VA}}$$

$$\rightarrow \boxed{\sum S_{ng} = 356,68 - j282,72\text{ VA}}$$

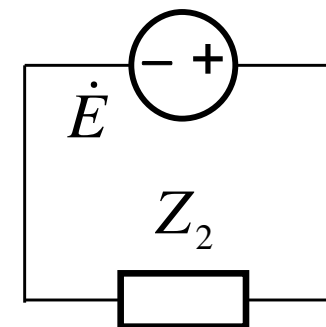
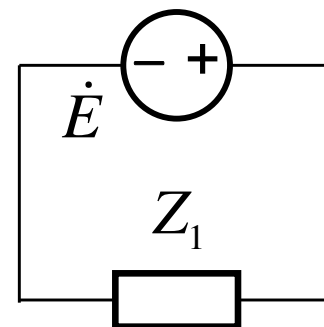
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất**
 - i) Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài
8. Hồ cảm

Cải thiện hệ số công suất (1)

VD1

$$\dot{E} = 100 \text{ V}; Z_1 = 20 \angle 15^\circ \Omega; Z_2 = 20 \angle 75^\circ \Omega.$$



$$I_1 = \frac{\dot{E}}{Z_1} = \frac{100}{20 \angle 15^\circ} = 5 \angle -15^\circ \text{ A}, \quad P_1 = 100.5 \cos(-15^\circ) = 482,96 \text{ W}$$

$$I_2 = \frac{\dot{E}}{Z_2} = \frac{100}{20 \angle 75^\circ} = 5 \angle -75^\circ \text{ A}, \quad P_2 = 100.5 \cos(-75^\circ) = 129,41 \text{ W}$$

$\cos\varphi$ ảnh hưởng đến $P!!!$

Cải thiện hệ số công suất (2)

- Hệ số công suất càng lớn càng tốt.
- Dòng I để đưa công suất P (cho trước) tới tải tỉ lệ nghịch với hệ số công suất tải:

$$P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) \rightarrow I = \frac{P}{U \cos(\varphi_u - \varphi_i)}$$

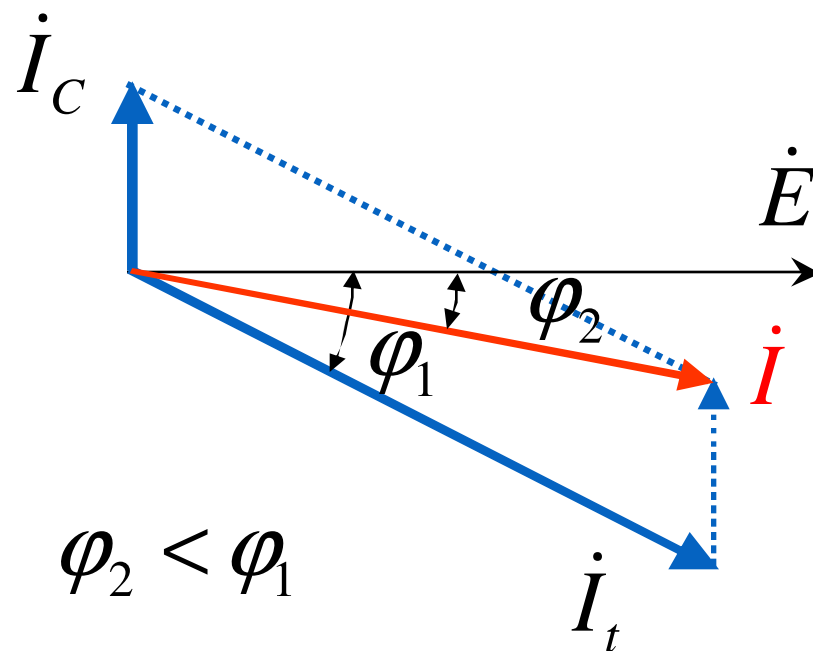
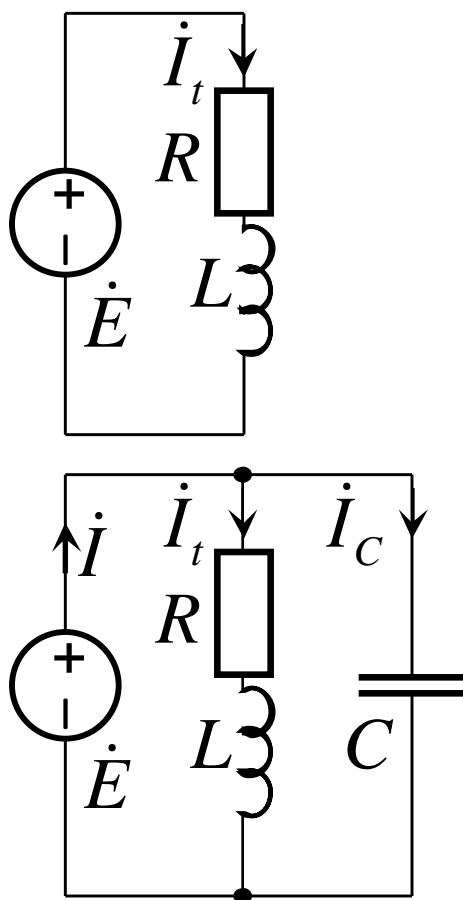
- Với một công suất P cho trước, hệ số công suất càng nhỏ thì dòng I tới tải càng lớn; dòng lớn hơn mức cần thiết sẽ làm tăng tổn thất điện áp & tăng tổn thất công suất trên đường dây & thiết bị truyền tải điện.
- Hệ số công suất càng lớn càng tốt $\rightarrow (\varphi_u - \varphi_i)$ càng nhỏ càng tốt.

Cải thiện hệ số công suất (3)

- Hầu hết các tải dân dụng (máy giặt, máy điều hoà, tủ lạnh, ...) đều có tính cảm kháng.
- Các tải này được mô hình hoá bằng một điện trở nối tiếp với một cuộn cảm.
- **Định nghĩa: Cải thiện hệ số công suất là quá trình tăng hệ số công suất mà không làm thay đổi điện áp & dòng điện ban đầu của tải.**
- Thường được thực hiện bằng cách nối tải song song với một tụ điện (tụ bù).
- Có thể hiểu là điện dung chặn bớt dòng chạy trên đường dây, nói cách khác là một phần của dòng điện đáng ra phải chạy trên đường dây (nếu không có tụ) chạy qua chạy lại giữa tụ và tải.

Cải thiện hệ số công suất (4)

- $(\varphi_u - \varphi_i)$ càng nhỏ càng tốt.
- Thường được thực hiện bằng cách nối tải song song với một tụ điện (tụ bù).



Cải thiện hệ số công suất (5)

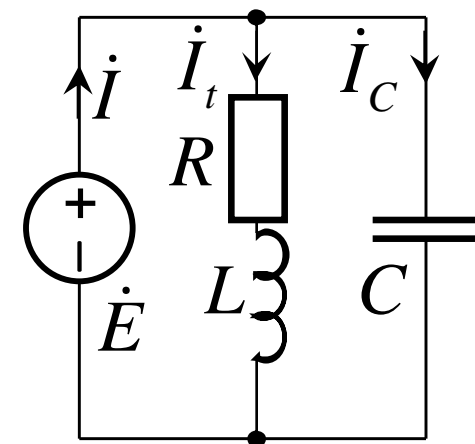
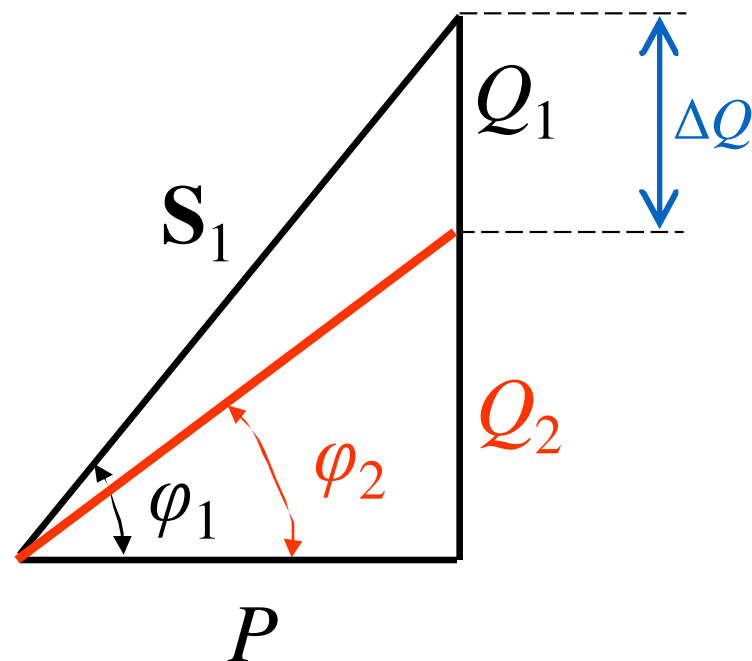
$$Q_1 = P \tan \varphi_1, \quad Q_2 = P \tan \varphi_2$$

Công suất phản kháng cần bổ sung:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2$$

$$\Delta Q = \frac{E^2}{X} = \omega C E^2 \rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\omega E^2}$$

$$C = \frac{Q_1 - Q_2}{\omega E^2} = \frac{P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi_2}{\omega E^2} = \boxed{P \frac{\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2}{\omega E^2}}$$



Cải thiện hệ số công suất (6)

VD2

Xét một tải có điện áp 220 V, tần số 50 Hz, công suất 1000kW, hệ số công suất 0,8. Phải bù thêm một tụ bằng bao nhiêu để nâng hệ số công suất lên 0,9?

$$C = P \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2}{\omega E^2}$$

$$pf_1 = 0,8 \rightarrow \cos \varphi_1 = 0,8 \rightarrow \varphi_1 = 36,9^\circ \rightarrow \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,75$$

$$pf_2 = 0,9 \rightarrow \cos \varphi_2 = 0,9 \rightarrow \varphi_2 = 25,8^\circ \rightarrow \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,48$$

$$\rightarrow C = 1000.10^3 \frac{0,75 - 0,48}{314(220)^2} = \boxed{0,0178 \text{ F}}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
 - a) Công suất tức thời & công suất tác dụng
 - b) Truyền công suất cực đại
 - c) Trị hiệu dụng
 - d) Công suất biểu kiến
 - e) Hệ số công suất
 - f) Công suất phức
 - g) Bảo toàn công suất
 - h) Cải thiện hệ số công suất
 - i) **Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài**
8. Hồ cảm

Trị hiệu dụng của tín hiệu đa hài

- *Định nghĩa*: tín hiệu đa hài là tín hiệu có nhiều thành phần tần số.
- Ví dụ:

$$u(t) = -4 + 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) + 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$

$$x(t) = \sum_0^{N-1} x_k(t) \rightarrow X = \sqrt{\sum_0^{N-1} X_k^2}$$

(Chú ý: các $x_k(t)$ có tần số khác nhau)

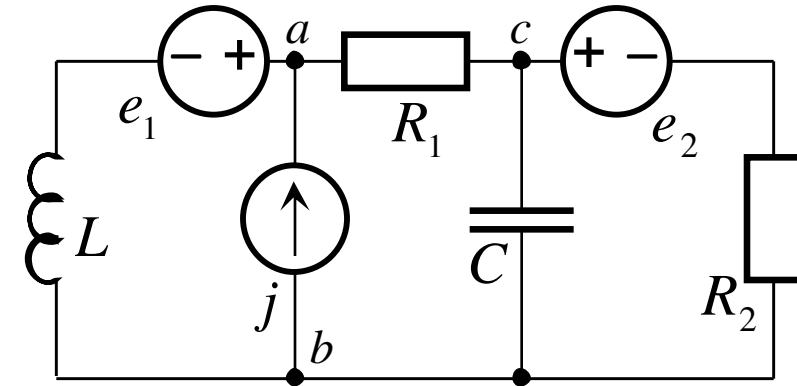
Công suất của tín hiệu đa hài

$$\left. \begin{aligned} i(t) &= \sum_0^{N-1} i_k(t) \\ P &= RI^2 \\ i(t) &= \sum_0^{N-1} i_k(t) \rightarrow I = \sqrt{\sum_0^{N-1} I_k^2} \end{aligned} \right\}$$
$$\rightarrow P = R \sum_0^{N-1} I_k^2 = \sum_0^{N-1} RI_k^2 = \sum_0^{N-1} P_k$$

Trị hiệu dụng & công suất của tín hiệu đa hài

VD

$e_1 = 10\sin 10t$ V; $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$ V; $e_2 = 6$ V (DC);
 $L = 1$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 5 \Omega$; $C = 0,01$ F; tính U_{R1} &
 P_{R1} ?



$$u_{R1} = -4 + 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) + 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$

$$U_{R1} = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2} = \sqrt{4^2 + 4,39^2 + 28,60^2} = \boxed{29,21 \text{ V}}$$

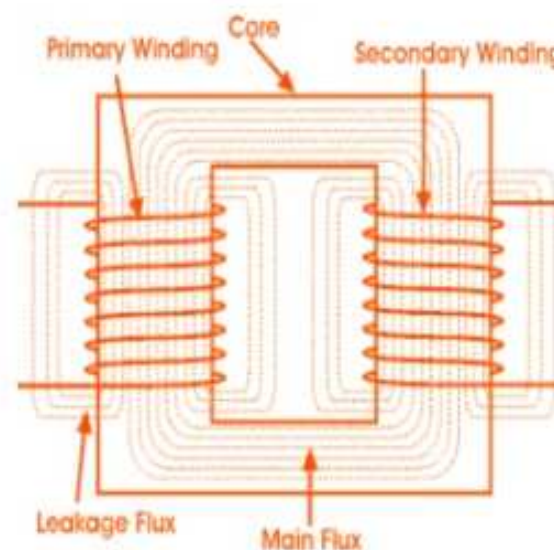
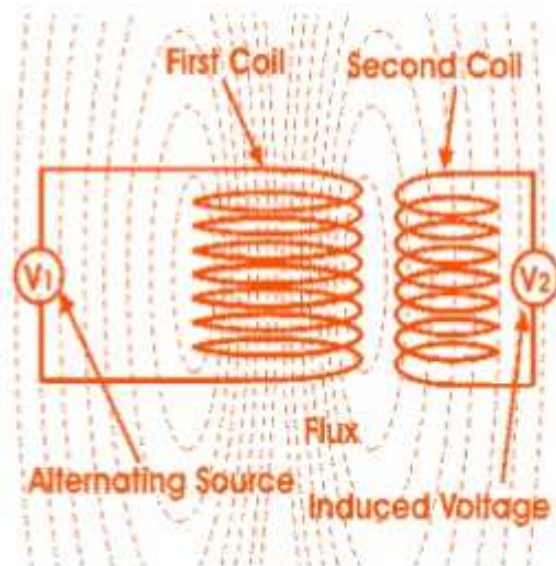
$$P_{R1} = \frac{U_{R1}^2}{R_1} = \frac{29,21^2}{10} = \boxed{85,32 \text{ W}}$$

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
- 8. Hồ cảm**
 - a) **Hiện tượng hồ cảm**
 - b) **Quy tắc dấu chấm**
 - c) **Phân tích mạch điện có hồ cảm**

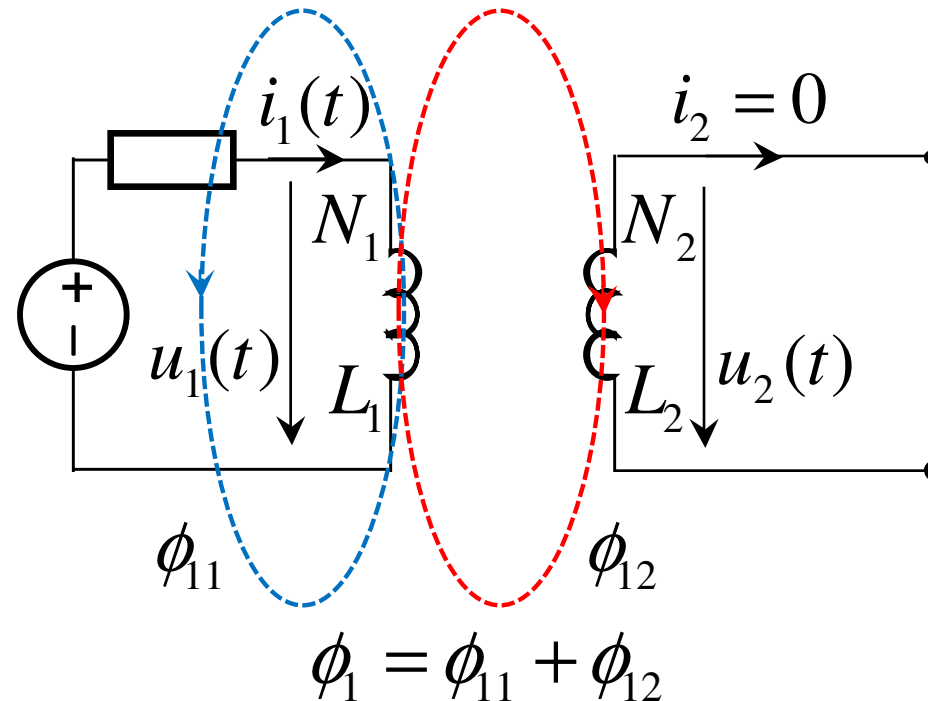
Hiện tượng hồ cảm (1)

- *Định nghĩa*: khi hai cuộn cảm/cuộn dây đặt đủ sát nhau, dòng từ thông biến thiên của một cuộn (do dòng điện trong cuộn này gây ra) sẽ liên kết với cuộn thứ hai, tạo ra điện áp trên cuộn đó.
- Ví dụ: máy biến áp.



<https://www.slideshare.net/prodipdasdurjoy/presentation-of-manufacturing-of-distribution-transformer-prodip>

Hiện tượng hồ cảm (2)



$$u_2(t) = M \frac{di_1(t)}{dt}$$

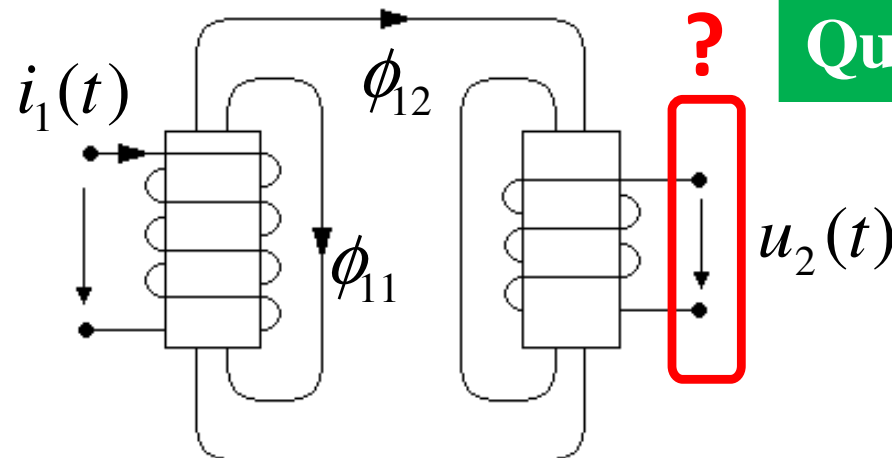
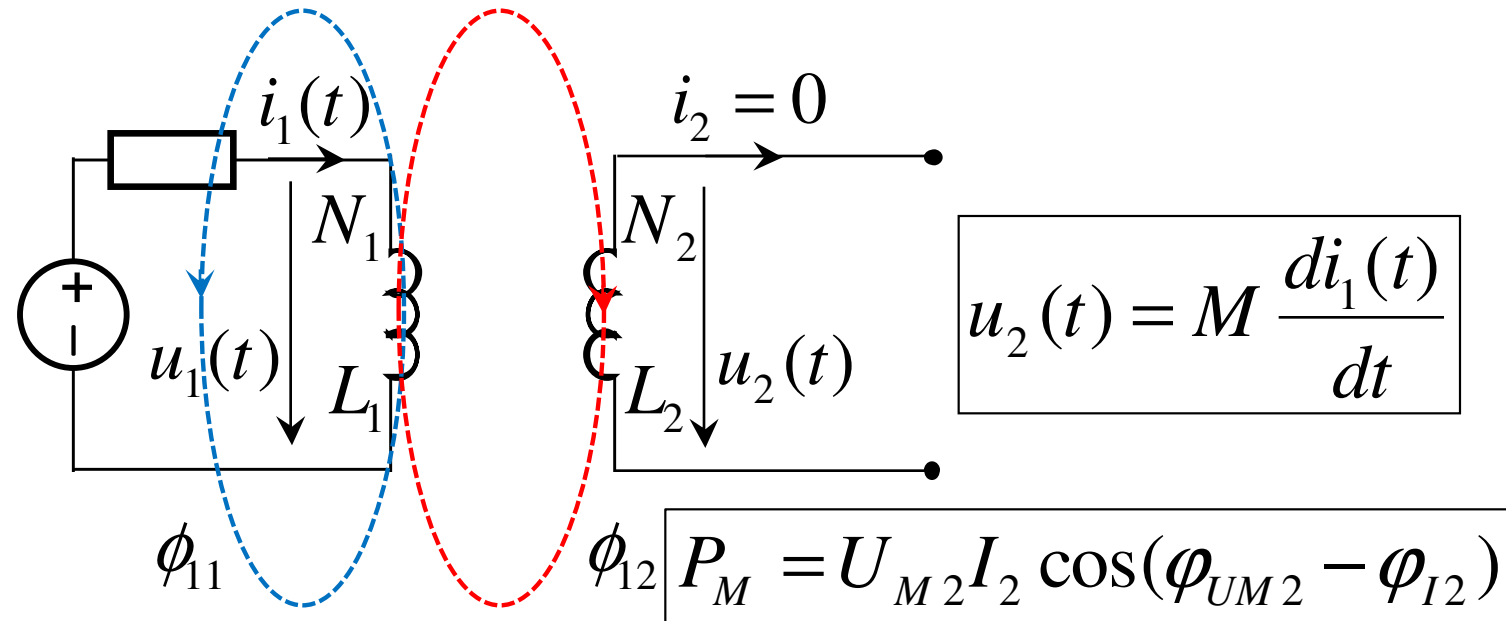
$$\begin{aligned} u_1 &= N_1 \frac{d\phi_1}{dt} \\ &= N_1 \frac{d\phi_1}{di_1} \frac{di_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \end{aligned}$$

L_1 : tự cảm/điện cảm

$$\begin{aligned} u_2 &= N_2 \frac{d\phi_{12}}{dt} \\ &= N_2 \frac{d\phi_{12}}{di_1} \frac{di_1}{dt} = M \frac{di_1}{dt} \end{aligned}$$

M : hồ cảm, đo bằng H

Hiện tượng hồ cảm (3)

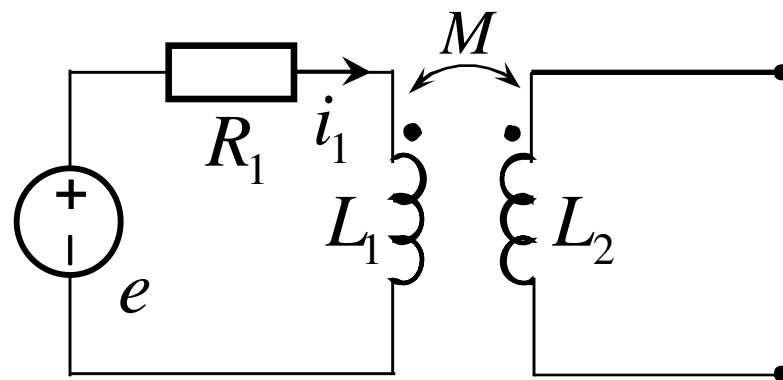


Quy tắc dấu chấm

Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
- 8. Hồ cảm**
 - a) Hiện tượng hồ cảm
 - b) Quy tắc dấu chấm**
 - c) Phân tích mạch điện có hồ cảm

Quy tắc dấu chấm (1)

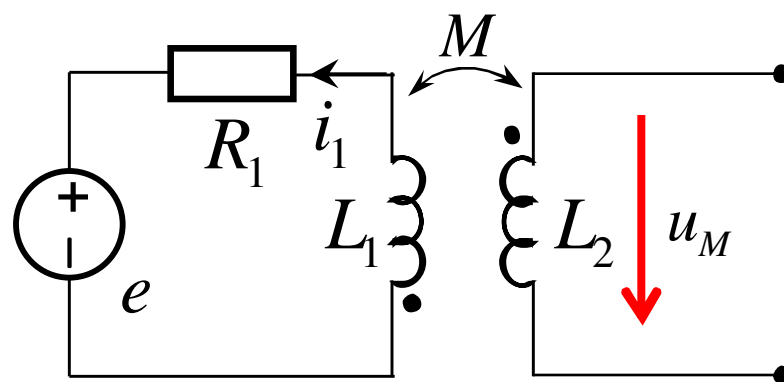
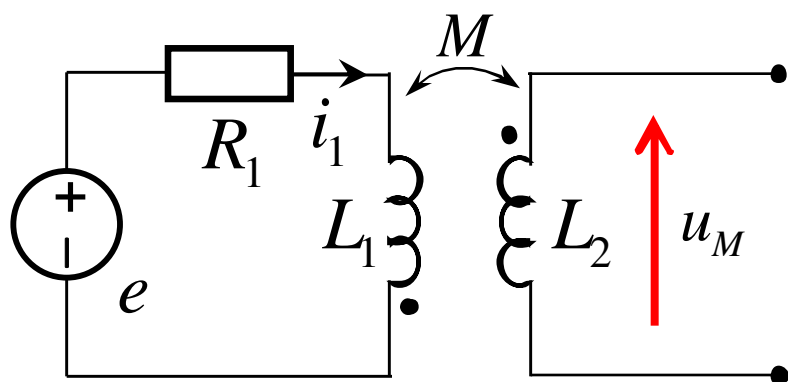
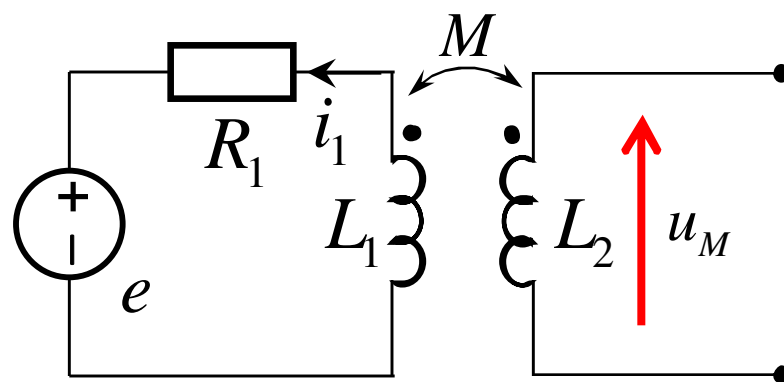
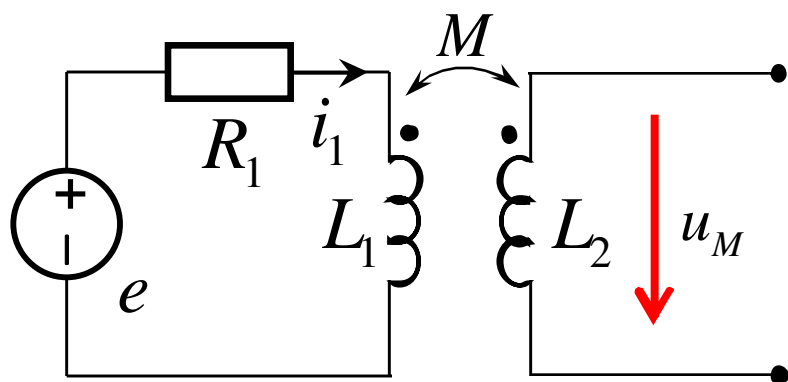


•→m. Mũi tên **đi vào** đầu đánh dấu/đi từ “có” đến “không”

•→m. Mũi tên **đi ra** đầu đánh dấu/đi từ “không” đến “có”

Quy tắc dấu chấm (2)

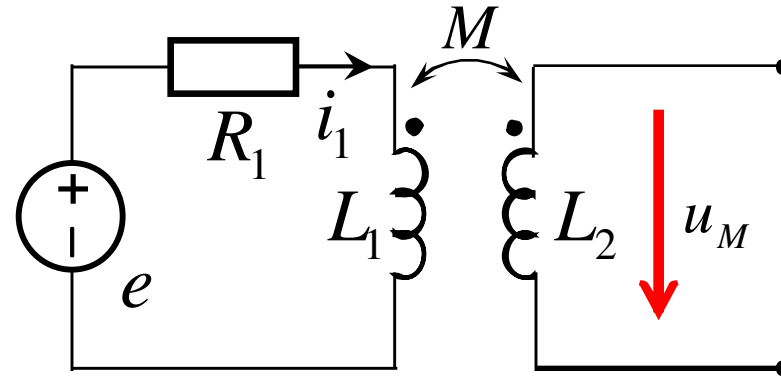
- Nếu dòng điện **đi vào** đầu có đánh dấu của cuộn 1 thì điện áp hồ cảm sẽ **đi vào** đầu có đánh dấu của cuộn 2
- Nếu dòng điện **đi ra** đầu có đánh dấu của cuộn 1 thì điện áp hồ cảm sẽ **đi ra** đầu có đánh dấu của cuộn 2



Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. **Hỗ cảm**
 - a) Hiện tượng hỗ cảm
 - b) Quy tắc dấu chấm
 - c) **Phân tích mạch điện có hỗ cảm**
 - i. **Phức hóa hỗ cảm**
 - ii. **Phương pháp dòng nhánh**
 - iii. **Phương pháp dòng vòng**
 - iv. **Phương pháp mạng một cửa**

Phức hóa hồ cảm (1)

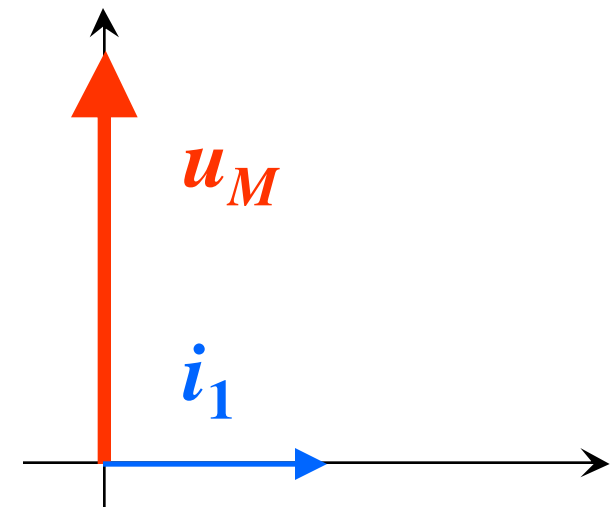
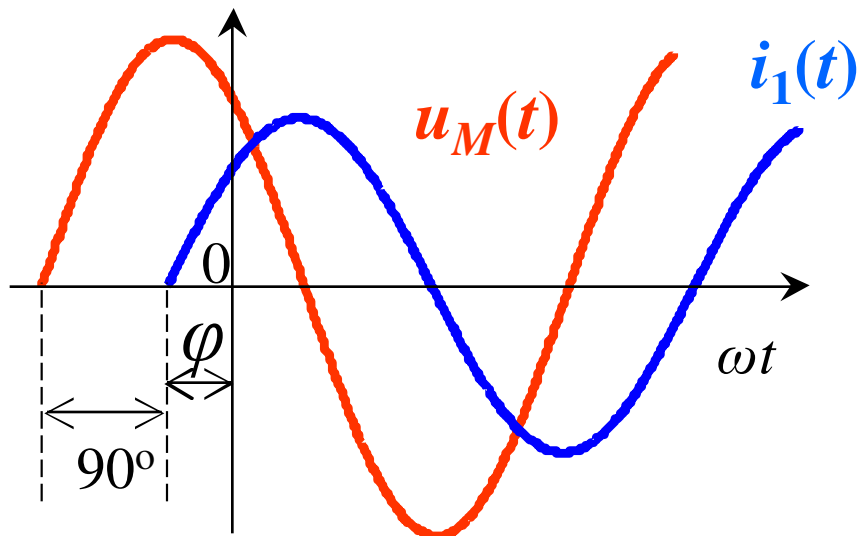


$$i_1 = I_m \sin \omega t$$

$$u_M = M \frac{di_1}{dt}$$

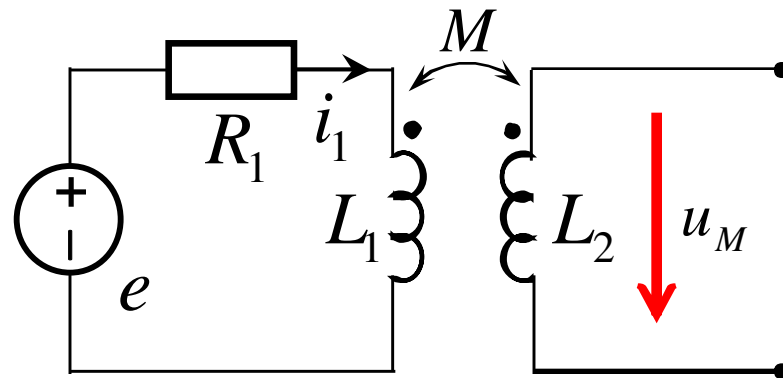
$$\rightarrow u_M = \omega M I_m \cos \omega t = \omega M I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$= U_{Mm} \sin(\omega t + 90^\circ)$$



$$i_1 = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u_M = \omega M I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

Phức hóa hồ cảm (2)



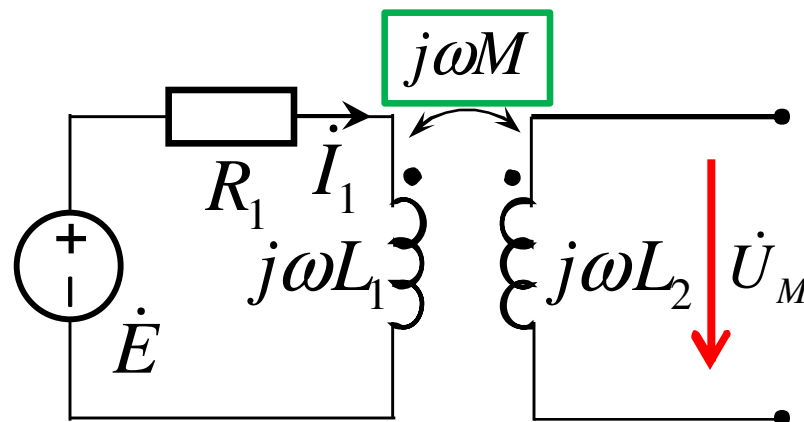
$$i_1 = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u_M = \omega M I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

Miền thời gian



Miền phức

$$\dot{I}_1 = I \angle \varphi \rightarrow \dot{U}_M = \omega M I \angle \varphi + 90^\circ = \omega M (j I \angle \varphi) = j \omega M \dot{I}_1$$



Phức hóa hồ cảm (3)

VD1

$e = 100\sin 20t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 4$ H;
 $M = 0,5$ H. Tính u_2 .

$$\dot{U}_M = j10\dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_M$$

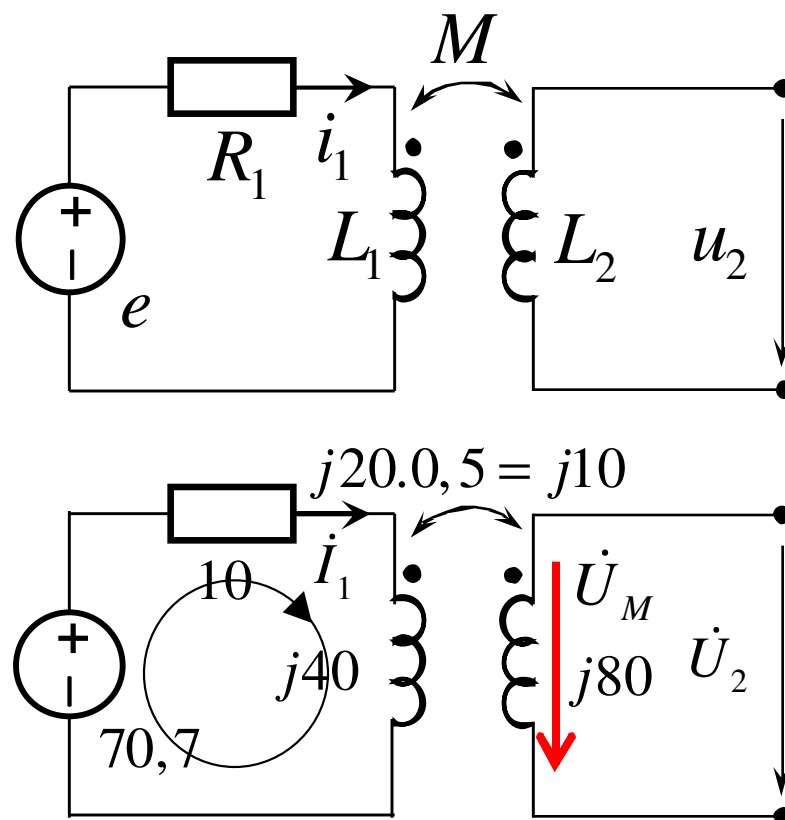
$$(10 + j40)\dot{I}_1 = 70,7$$

$$\rightarrow \dot{I}_1 = 0,42 - j1,66 \text{ A}$$

$$\rightarrow \dot{U}_2 = j10(0,42 - j1,66)$$

$$= 16,64 + j4,16 = 17,15 / 14,0^\circ \text{ V}$$

$$\rightarrow u_2 = 17,15\sqrt{2} \sin(20t + 14,0^\circ) \text{ V}$$



1. Viết (các) điện áp hồ cảm
2. Vẽ (các) điện áp hồ cảm (dùng quy tắc dấu chấm)
3. Viết các phương trình cân bằng áp

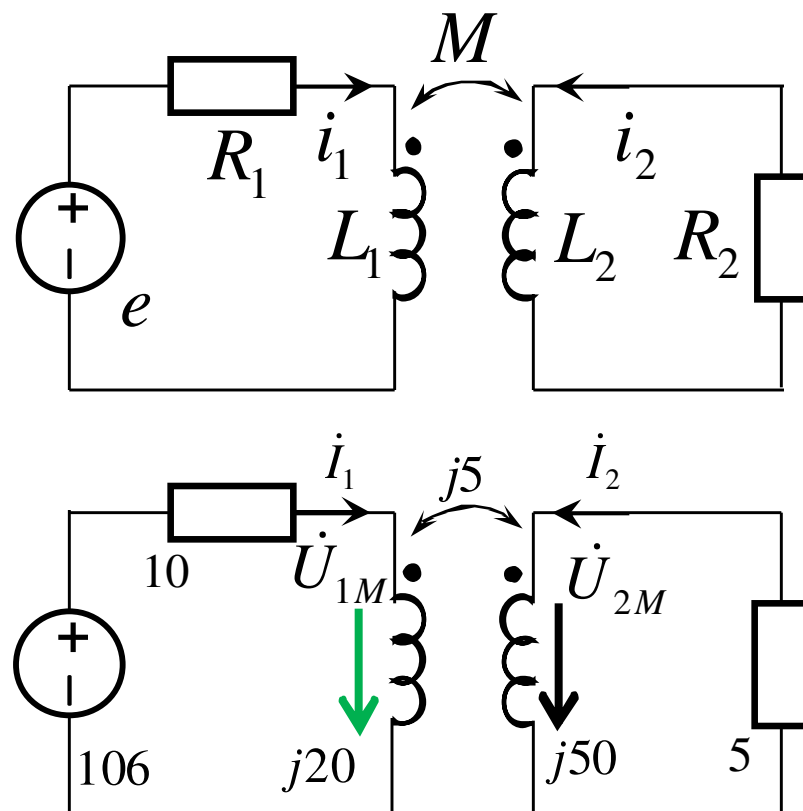
Phức hóa hồ cảm (4)

VD2

$e = 150\sin 10t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 5$ H;
 $R_2 = 5 \Omega$; $M = 0,5$ H. Tính các dòng điện trong mạch.

$$\dot{U}_{1M} = j5\dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{2M} = j5\dot{I}_1$$



\dot{I}_2 “đi vào” L_2 nên $\dot{U}_{1M} = j5\dot{I}_2$ “đi vào” L_1

\dot{I}_1 “đi vào” L_1 nên $\dot{U}_{2M} = j5\dot{I}_1$ “đi vào” L_2

- Viết (các) điện áp hồ cảm
- Vẽ (các) điện áp hồ cảm (dùng quy tắc dấu chấm)
- Viết các phương trình cân bằng áp

Phức hóa hồ cảm (5)

VD2

$e = 150\sin 10t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 5$ H;
 $R_2 = 5 \Omega$; $M = 0,5$ H. Tính các dòng điện trong mạch.

$$\dot{U}_{1M} = j5\dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{2M} = j5\dot{I}_1$$

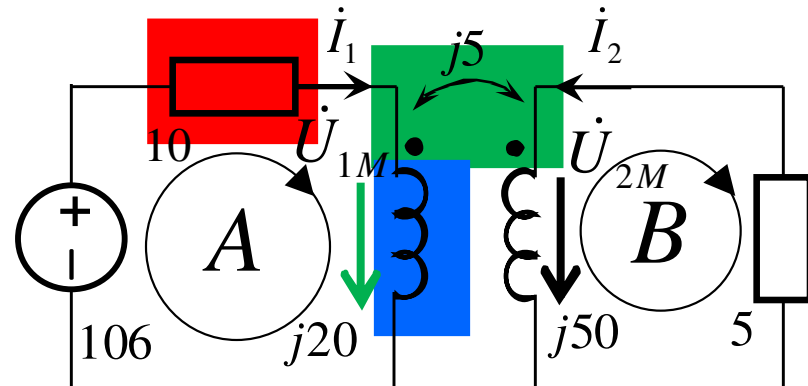
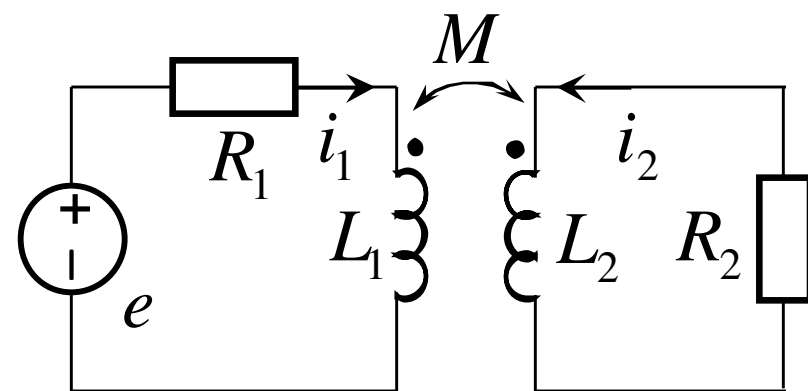
Cách 1

$$10\dot{I}_1 + j20\dot{I}_1 + j5\dot{I}_2 = 106$$

$$-5\dot{I}_2 - j50\dot{I}_2 - j5\dot{I}_1 = 0$$

$$\rightarrow \begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_1 + j5\dot{I}_2 = 106 \\ j5\dot{I}_1 + (5 + j50)\dot{I}_2 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 2,21 - j4,29 = 4,83 / -62,7^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_2 = -0,26 + j0,40 = 0,48 / 123,0^\circ \text{ A} \end{cases}$$



- Viết (các) điện áp hồ cảm
- Vẽ (các) điện áp hồ cảm (dùng quy tắc dấu chấm)
- Viết các phương trình cân bằng áp

Phức hóa hồ cảm (6)

VD3

$e = 311\cos 314t$ V; $L_1 = 0,2$ H; $R = 60$ Ω ; $L_2 = 0,4$ H; $M = 0,1$ H.
Tính dòng điện trong mạch.

$$\dot{U}_{1M} = j31,4\dot{I}; \quad \dot{U}_{2M} = j31,4\dot{I}$$

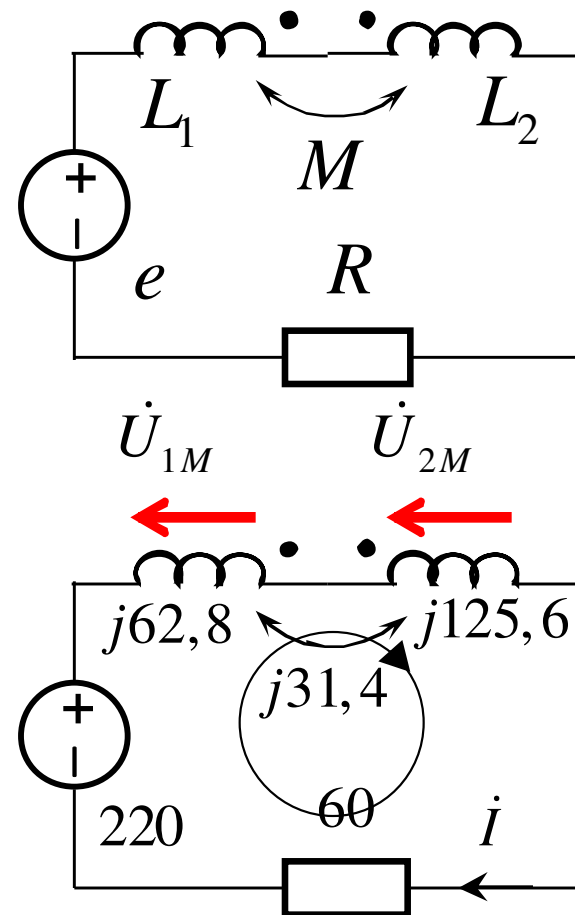
\dot{I} “đi vào” L_2 nên $\dot{U}_{1M} = j5\dot{I}$ “đi vào” L_1

\dot{I} “đi ra” L_1 nên $\dot{U}_{2M} = j5\dot{I}$ “đi ra” L_2

$$j62,8\dot{I} - j31,4\dot{I} + j125,6\dot{I} - j31,4\dot{I} + 60\dot{I} = 220$$

$$\rightarrow \dot{I} = 1,58 / -64,5^\circ \text{ A}$$

$$\rightarrow i = 1,58\sqrt{2} \cos(314t - 64,5^\circ) \text{ A}$$



Phức hóa hồ cảm (7)

VD4

$e = 60 + 311\sin 314t$ V; $L_1 = 0,2$ H; $R = 60 \Omega$; $L_2 = 0,4$ H;
 $M = 0,1$ H. Tính dòng điện trong mạch.

$$I_{DC} = \frac{60}{60} = 1 \text{ A}$$

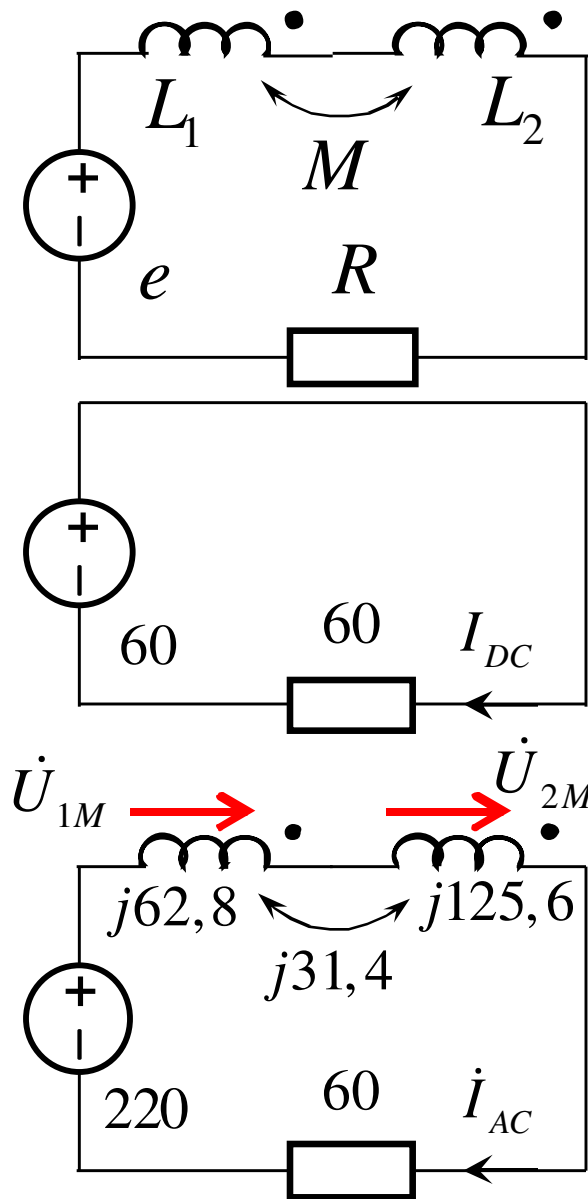
$$\dot{U}_{1M} = j31,4\dot{I}; \dot{U}_{2M} = j31,4\dot{I}$$

$$(j62,8 + j31,4 + j125,6 + j31,4 + 60)\dot{I}_{AC} = 220$$

$$\rightarrow \dot{I}_{AC} = 0,85 / -76,6^\circ \text{ A}$$

$$\rightarrow i_{AC} = 0,85\sqrt{2} \sin(314t - 76,6^\circ) \text{ A}$$

$$\rightarrow i = I_{DC} + i_{AC} = 1 + 0,85\sqrt{2} \sin(314t - 76,6^\circ) \text{ A}$$



Mạch xoay chiều

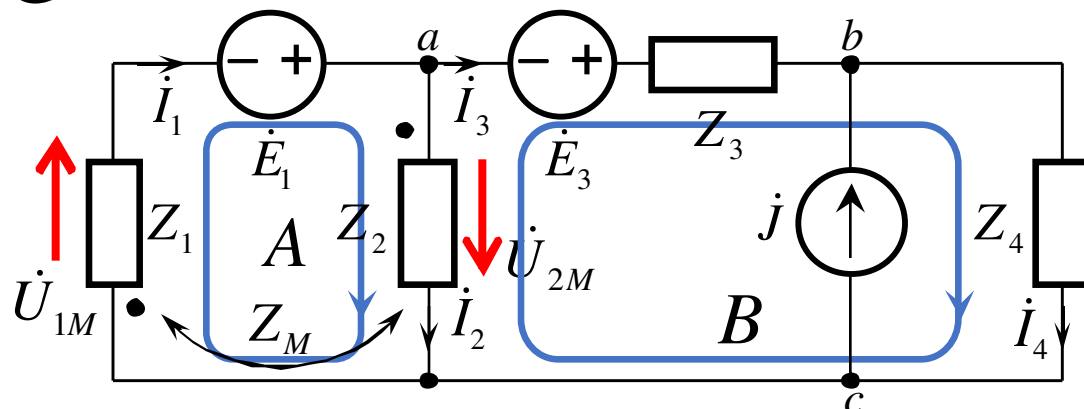
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. **Hỗ cảm**
 - a) Hiện tượng hỗ cảm
 - b) Quy tắc dấu chấm
 - c) **Phân tích mạch điện có hỗ cảm**
 - i. Phức hóa hỗ cảm
 - ii. **Phương pháp dòng nhánh**
 - iii. Phương pháp dòng vòng
 - iv. Phương pháp mạng một cửa

Phương pháp dòng nhánh (1)

VD1

$$n_{KD} = 3 - 1 = 2$$

$$n_{KA} = 3 - 2 + 1 = 2$$



\dot{I}_2 “đi vào” Z_2 nên $\dot{U}_{1M} = Z_M \dot{I}_2$ “đi vào” Z_1

\dot{I}_1 “đi vào” Z_1 nên $\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_1$ “đi vào” Z_2

$$\dot{U}_{1M} = Z_M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_1$$

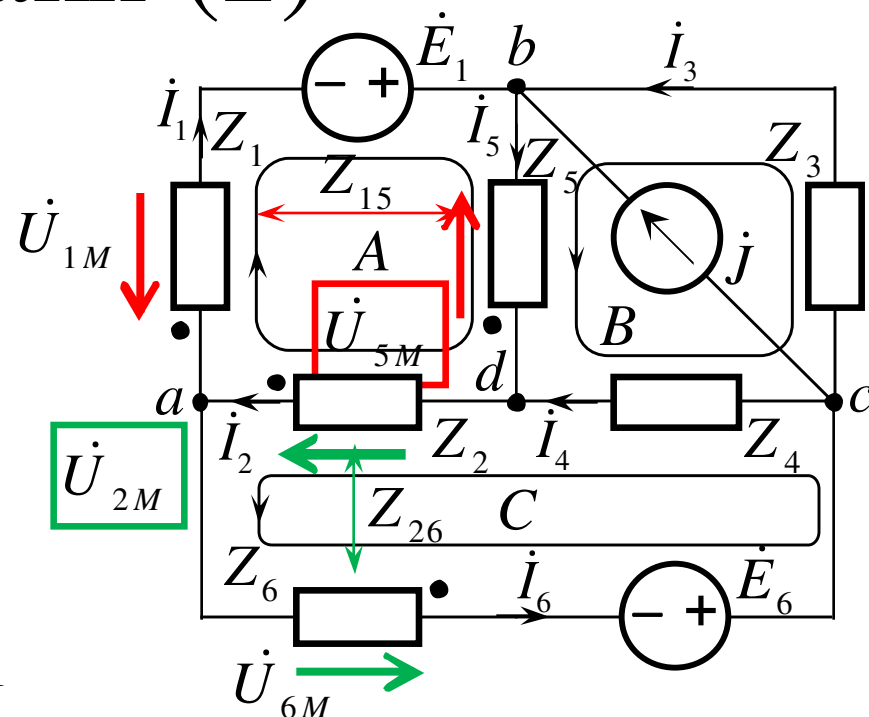
$$\begin{cases} a : \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ b : \dot{I}_3 + j - \dot{I}_4 = 0 \\ A : Z_1 \dot{I}_1 + Z_M \dot{I}_2 + Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 = \dot{E}_1 \\ B : -Z_2 \dot{I}_2 - Z_M \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_3 \end{cases}$$

Phương pháp dòng nhánh (2)

VD2

$$n_{KD} = 4 - 1 = 3$$

$$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3$$



\dot{I}_5 “đi ra” Z_5 nên $\dot{U}_{1M} = Z_{15} \dot{I}_1$ “đi ra” Z_1

\dot{I}_1 “đi vào” Z_1 nên $\dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1$ “đi vào” Z_5

\dot{I}_6 “đi ra” Z_6 nên $\dot{U}_{2M} = Z_{26} \dot{I}_6$ “đi ra” Z_2

\dot{I}_2 “đi ra” Z_2 nên $\dot{U}_{6M} = Z_{26} \dot{I}_2$ “đi ra” Z_6

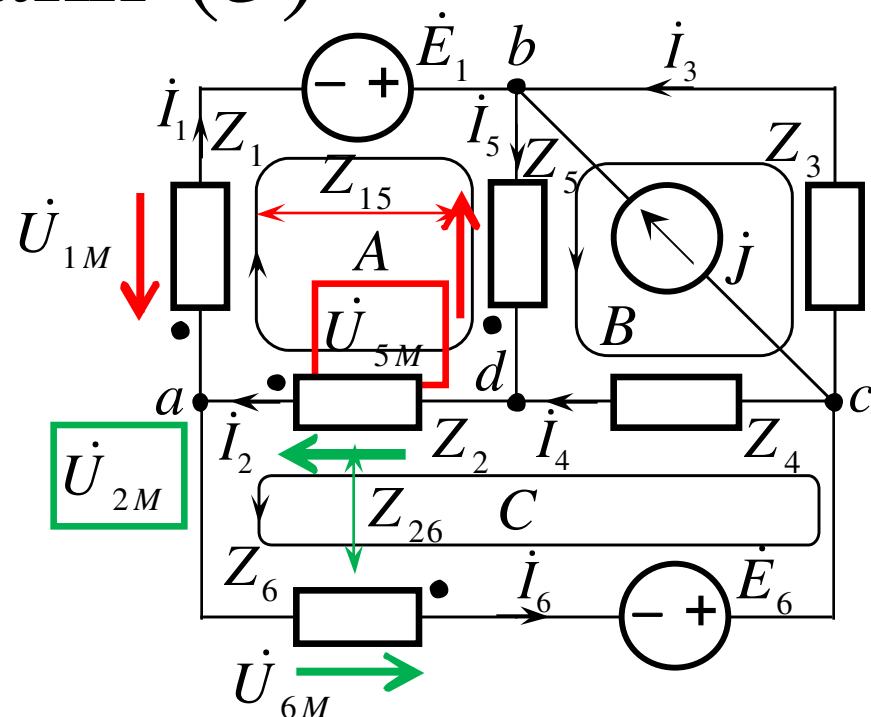
$$\begin{cases} \dot{U}_{1M} = Z_{15} \dot{I}_5 \\ \dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_{2M} = Z_{26} \dot{I}_6 \\ \dot{U}_{6M} = Z_{26} \dot{I}_2 \end{cases}$$

Phương pháp dòng nhánh (3)

VD2

$$n_{KD} = 4 - 1 = 3$$

$$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3$$



$$\left\{ \begin{array}{l} a : -\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_6 = 0 \\ b : \dot{I}_1 + \dot{I}_3 - \dot{I}_5 + j = 0 \\ c : -\dot{I}_3 - \dot{I}_4 + \dot{I}_6 - j = 0 \\ A : Z_1 \dot{I}_1 - Z_{15} \dot{I}_5 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 + Z_{26} \dot{I}_6 = \dot{E}_1 \\ B : Z_3 \dot{I}_3 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 - Z_4 \dot{I}_4 = 0 \\ C : Z_2 \dot{I}_2 + Z_{26} \dot{I}_6 + Z_6 \dot{I}_6 + Z_{26} \dot{I}_2 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_6 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1M} = Z_{15} \dot{I}_5 \\ \dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_{2M} = Z_{26} \dot{I}_6 \\ \dot{U}_{6M} = Z_{26} \dot{I}_2 \end{array} \right.$$

Phương pháp dòng nhánh (4)

VD3

I_2 “đi vào” Z_2 nên \dot{U}_{1M2} “đi vào” Z_1

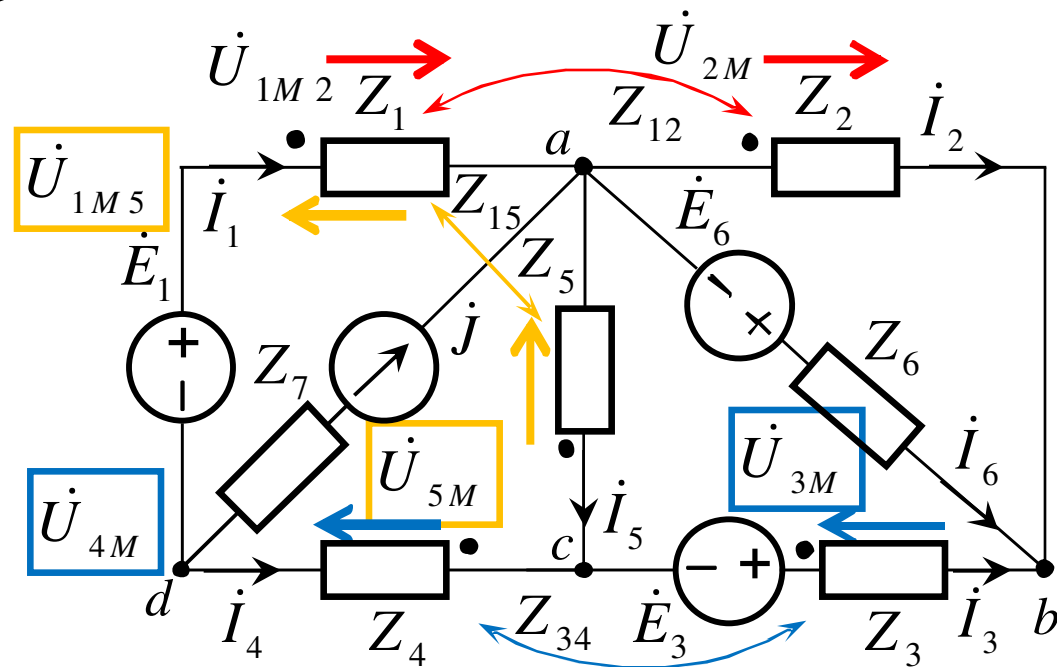
I_5 “đi ra” Z_5 nên \dot{U}_{1M5} “đi ra” Z_1

I_1 “đi vào” Z_1 nên \dot{U}_{2M} “đi vào” Z_2

I_1 “đi vào” Z_1 nên \dot{U}_{5M} “đi vào” Z_5

I_4 “đi ra” Z_4 nên \dot{U}_{3M} “đi ra” Z_3

I_3 “đi vào” Z_3 nên \dot{U}_{4M} “đi vào” Z_4



$$\dot{U}_{1M2} = Z_{12} \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{1M5} = Z_{15} \dot{I}_5$$

$$\dot{U}_{2M} = Z_{12} \dot{I}_1$$

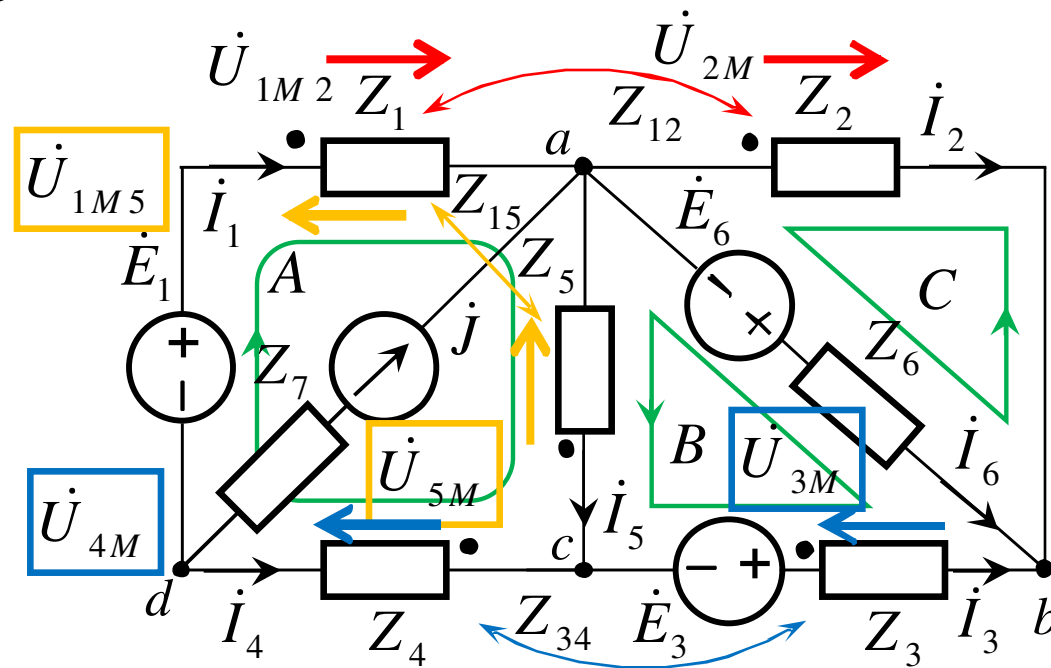
$$\dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_{3M} = Z_{34} \dot{I}_4$$

$$\dot{U}_{4M} = Z_{34} \dot{I}_3$$

Phương pháp dòng nhánh (5)

VD3



$$b: \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_6 = 0$$

$$c: \dot{I}_4 - \dot{I}_3 + \dot{I}_5 = 0$$

$$d: -\dot{I}_1 - \dot{I}_4 - \dot{J} = 0$$

$$A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 - Z_{15} \dot{I}_5 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 - Z_4 \dot{I}_4 + Z_{34} \dot{I}_3 = \dot{E}_1$$

$$B: Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 - Z_{34} \dot{I}_4 - Z_6 \dot{I}_6 = \dot{E}_3 - \dot{E}_6$$

$$C: Z_6 \dot{I}_6 - Z_2 \dot{I}_2 - Z_{12} \dot{I}_1 = \dot{E}_6$$

$$\dot{U}_{1M2} = Z_{12} \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{1M5} = Z_{15} \dot{I}_5$$

$$\dot{U}_{2M} = Z_{12} \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_{3M} = Z_{34} \dot{I}_4$$

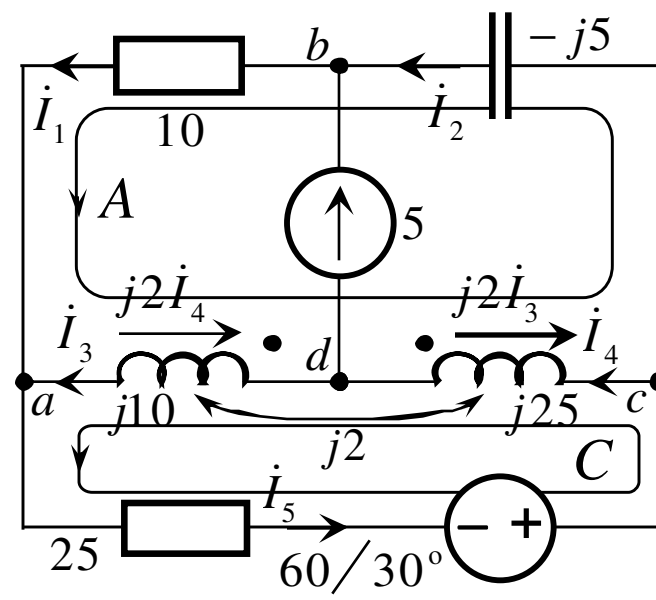
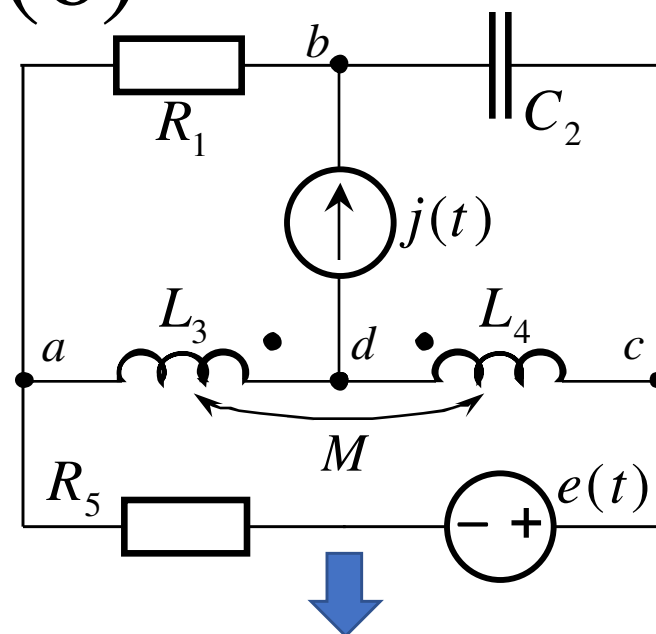
$$\dot{U}_{4M} = Z_{34} \dot{I}_3$$

Phương pháp dòng nhánh (6)

VD4

$R_1 = 10 \Omega$, $R_5 = 25 \Omega$, $L_3 = 0,2 \text{ H}$, $L_4 = 0,5 \text{ H}$, $C_2 = 4 \text{ mF}$,
 $M = 0,04 \text{ H}$, $j(t) = 5\sin(50t) \text{ A}$, $e(t) = 60\sin(50t + 30^\circ) \text{ V}$.

$$\begin{cases} a: \dot{I}_1 + \dot{I}_3 - \dot{I}_5 = 0 \\ b: -\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + 5 = 0 \\ c: -\dot{I}_2 - \dot{I}_4 + \dot{I}_5 = 0 \\ A: 10\dot{I}_1 - j10\dot{I}_3 + j2\dot{I}_4 - j25\dot{I}_4 + j2\dot{I}_3 - j5\dot{I}_2 = 0 \\ C: 25\dot{I}_5 + j25\dot{I}_4 - j2\dot{I}_3 + j10\dot{I}_3 - 2j_2\dot{I}_4 = 60/\underline{30^\circ} \end{cases}$$

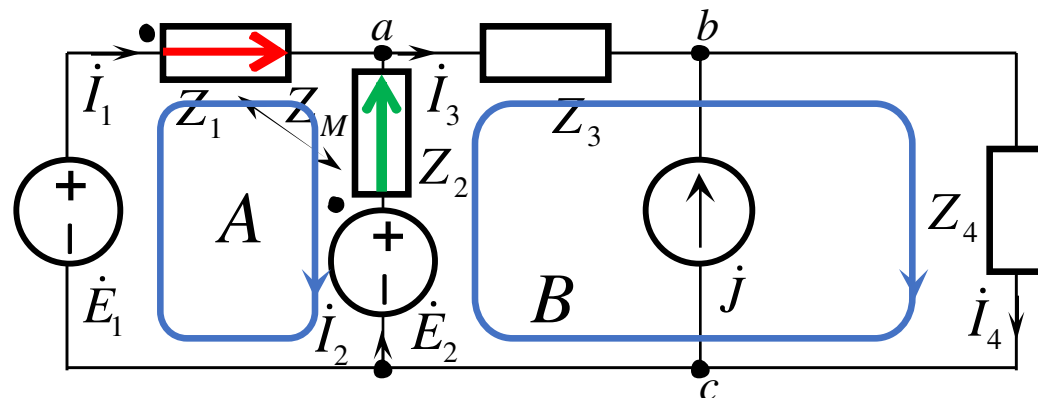


$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71/\underline{25,17^\circ} \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28/\underline{136,18^\circ} \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23/\underline{-155,51^\circ} \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46/\underline{-32,93^\circ} \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48/\underline{29,75^\circ} \text{ A} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = 3,71\sin(50t + 25,17^\circ) \text{ A} \\ i_2 = 2,28\sin(50t + 136,18^\circ) \text{ A} \\ i_3 = 3,23\sin(50t - 155,51^\circ) \text{ A} \\ i_4 = 2,46\sin(50t - 32,93^\circ) \text{ A} \\ i_5 = 0,48\sin(50t + 29,75^\circ) \text{ A} \end{cases}$$

Phương pháp dòng nhánh (7)

VD5

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15\Omega; Z_2 = 20 + j10\Omega; Z_M = j2\Omega; \\ Z_3 &= -j20\Omega; Z_4 = 25\Omega; \dot{E}_1 = 100\text{V}; \\ \dot{E}_2 &= 150/\underline{30^\circ}\text{V}; j = 5/\underline{45^\circ}\text{A} \end{aligned}$$



$$\begin{cases} a : \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ b : \dot{I}_3 + j - \dot{I}_4 = 0 \\ A : Z_1 \dot{I}_1 + Z_M \dot{I}_2 - Z_2 \dot{I}_2 - Z_M \dot{I}_1 = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \\ B : Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_2 \end{cases}$$

$$\dot{U}_{1M} = Z_M \dot{I}_2$$

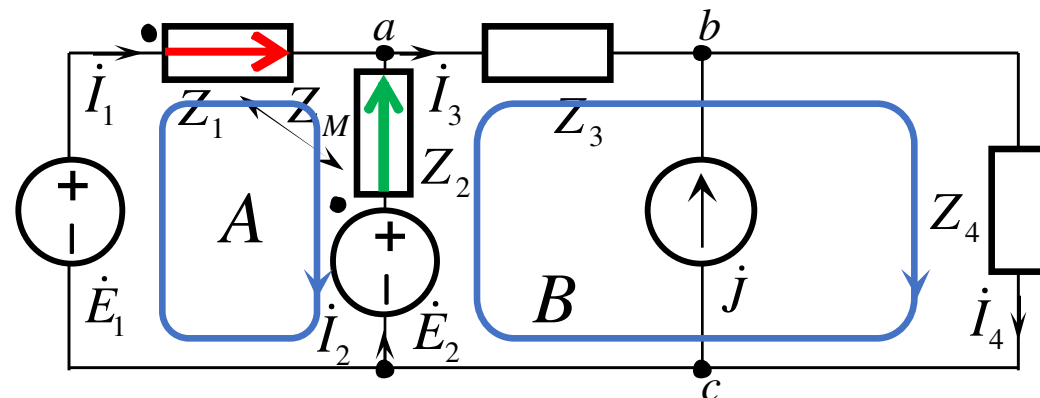
$$\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_1$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ \dot{I}_3 - \dot{I}_4 = -5/\underline{45^\circ} \\ (10 + j15 - j2)\dot{I}_1 + [j2 - (20 + j10)]\dot{I}_2 = 100 - 150/\underline{30^\circ} \\ j2\dot{I}_1 + (20 + j10)\dot{I}_2 - j20\dot{I}_3 + 25\dot{I}_4 = 150/\underline{30^\circ} \end{cases}$$

Phương pháp dòng nhánh (8)

VD5

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega; \\ Z_3 &= -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V}; \\ \dot{E}_2 &= 150 / \underline{30^\circ} \text{ V}; \dot{J} = 5 / \underline{45^\circ} \text{ A} \end{aligned}$$



$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ \dot{I}_3 - \dot{I}_4 = -5 / \underline{45^\circ} \\ (10 + j15 - j2)\dot{I}_1 + [j2 - (20 + j10)]\dot{I}_2 = 100 - 150 / \underline{30^\circ} \\ j2\dot{I}_1 + (20 + j10)\dot{I}_2 - j20\dot{I}_3 + 25\dot{I}_4 = 150 / \underline{30^\circ} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = -1,49 - j2,06 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,40 + j0,79 \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 0,91 - j1,28 \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 4,44 + j2,26 \text{ A} \end{cases}$$

Mạch xoay chiều

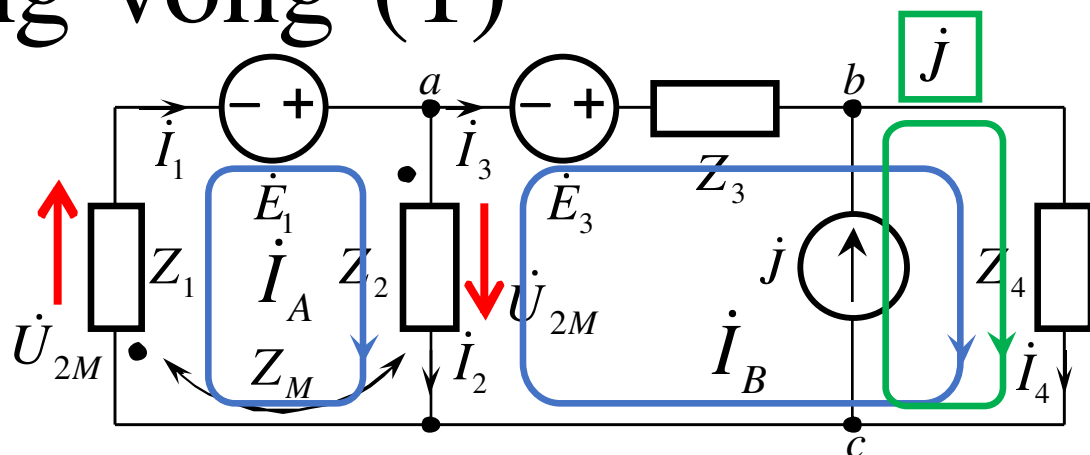
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. **Hỗ cảm**
 - a) Hiện tượng hỗ cảm
 - b) Quy tắc dấu chấm
 - c) **Phân tích mạch điện có hỗ cảm**
 - i. Phức hóa hỗ cảm
 - ii. Phương pháp dòng nhánh
 - iii. **Phương pháp dòng vòng**
 - iv. Phương pháp mạng một cửa



Phương pháp dòng vòng (1)

VD1

$$n_{KA} = 3 - 2 + 1 = 2$$



$$\begin{aligned} \dot{U}_{1M} &= Z_M \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{2M} &= Z_M \dot{I}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_M \dot{I}_2 + Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 = \dot{E}_1 \\ B: -Z_2 \dot{I}_2 - Z_M \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_3 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_A, \dot{I}_2 = \dot{I}_A - \dot{I}_B, \dot{I}_3 = \dot{I}_B, \dot{I}_4 = \dot{I}_B + j \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} Z_1 \dot{I}_A + Z_M (\dot{I}_A - \dot{I}_B) + Z_2 (\dot{I}_A - \dot{I}_B) + Z_M \dot{I}_A = \dot{E}_1 \\ -Z_2 (\dot{I}_A - \dot{I}_B) - Z_M \dot{I}_A + Z_3 \dot{I}_B + Z_4 (\dot{I}_B + j) = \dot{E}_3 \end{cases}$$

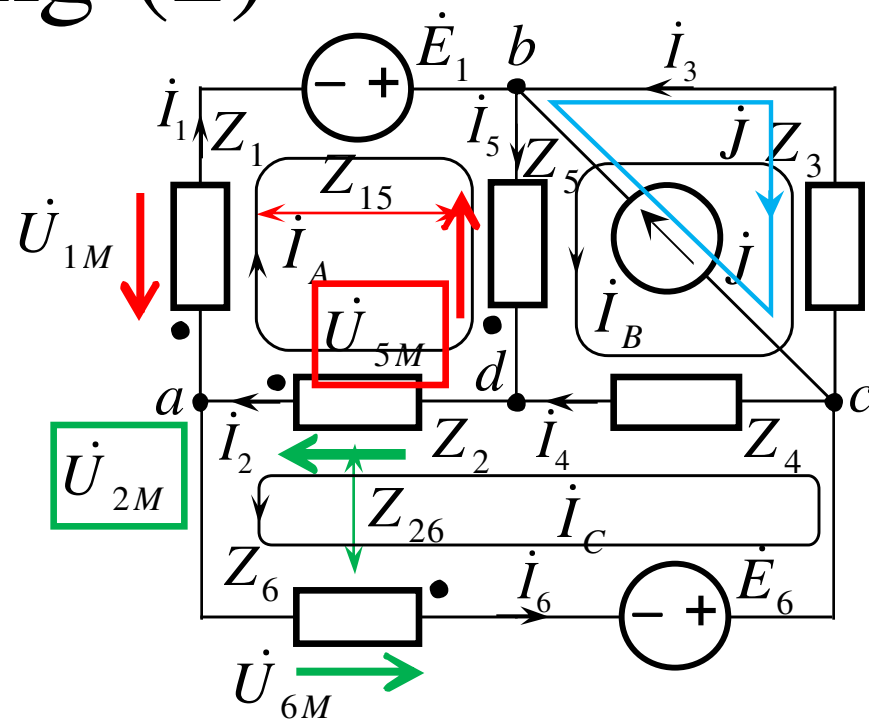
Phương pháp dòng vòng (2)

VD2

$$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3$$

$$\begin{cases} A: Z_1 \dot{I}_1 - Z_{15} \dot{I}_5 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 + Z_{26} \dot{I}_6 = \dot{E}_1 \\ B: Z_3 \dot{I}_3 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 - Z_4 \dot{I}_4 = 0 \\ C: Z_2 \dot{I}_2 + Z_{26} \dot{I}_6 + Z_6 \dot{I}_6 + Z_{26} \dot{I}_2 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_6 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_A, \dot{I}_2 = \dot{I}_A + \dot{I}_C, \dot{I}_3 = \dot{I}_B - \dot{I}_j \\ \dot{I}_4 = \dot{I}_C - \dot{I}_B, \dot{I}_5 = \dot{I}_A + \dot{I}_B, \dot{I}_6 = \dot{I}_C \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} Z_1 \dot{I}_A - Z_{15} (\dot{I}_A + \dot{I}_B) + Z_5 (\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15} \dot{I}_A + Z_2 (\dot{I}_A + \dot{I}_C) + Z_{26} \dot{I}_C = \dot{E}_1 \\ Z_3 (\dot{I}_B - \dot{I}_j) + Z_5 (\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15} \dot{I}_A - Z_4 (\dot{I}_C - \dot{I}_B) = 0 \\ Z_2 (\dot{I}_A + \dot{I}_C) + Z_{26} \dot{I}_C + Z_6 \dot{I}_C + Z_{26} (\dot{I}_A + \dot{I}_C) + Z_4 (\dot{I}_C - \dot{I}_B) = \dot{E}_6 \end{cases}$$



$$\dot{U}_{1M} = Z_{15} \dot{I}_5$$

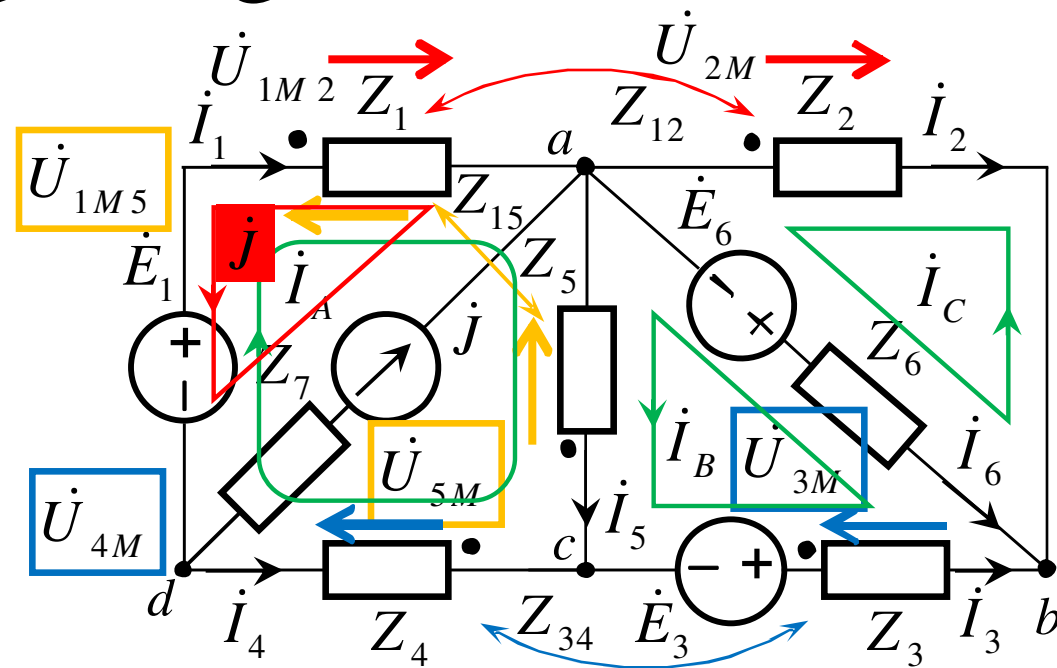
$$\dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_{2M} = Z_{26} \dot{I}_6$$

$$\dot{U}_{6M} = Z_{26} \dot{I}_2$$

Phương pháp dòng vòng (3)

VD3



$$\begin{aligned} I_1 &= I_A - J, \quad I_2 = -I_C, \quad I_3 = I_B \\ I_4 &= -I_A, \quad I_5 = I_A + I_B, \quad I_6 = I_C - I_B \end{aligned}$$

$$A: Z_1 I_1 + Z_{12} I_2 - Z_{15} I_5 + Z_5 I_5 - Z_{15} I_1 - Z_4 I_4 + Z_{34} I_3 = E_1$$

$$B: Z_5 I_5 - Z_{15} I_1 + Z_3 I_3 - Z_{34} I_4 - Z_6 I_6 = E_3 - E_6$$

$$C: Z_6 I_6 - Z_2 I_2 - Z_{12} I_1 = E_6$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{1M2} &= Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{1M5} &= Z_{15} \dot{I}_5 \\ \dot{U}_{2M} &= Z_{12} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_{5M} &= Z_{15} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_{3M} &= Z_{34} \dot{I}_4 \\ \dot{U}_{4M} &= Z_{34} \dot{I}_3 \end{aligned}$$

Phương pháp dòng vòng (4)

VD3

$$A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 - Z_{15} \dot{I}_5 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 - Z_4 \dot{I}_4 + Z_{34} \dot{I}_3 = \dot{E}_1$$

$$B: Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 - Z_{34} \dot{I}_4 - Z_6 \dot{I}_6 = \dot{E}_3 - \dot{E}_6$$

$$C: Z_6 \dot{I}_6 - Z_2 \dot{I}_2 - Z_{12} \dot{I}_1 = \dot{E}_6$$

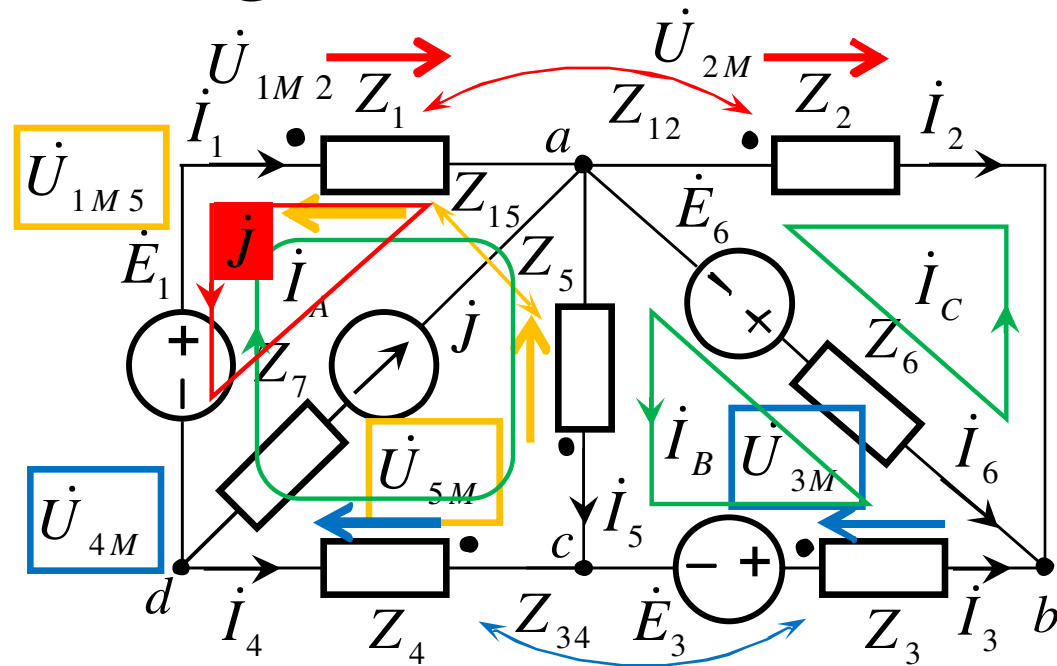
$$\dot{I}_1 = \dot{I}_A - \dot{J}, \quad \dot{I}_2 = -\dot{I}_C, \quad \dot{I}_3 = \dot{I}_B$$

$$\dot{I}_4 = -\dot{I}_A, \quad \dot{I}_5 = \dot{I}_A + \dot{I}_B, \quad \dot{I}_6 = \dot{I}_C - \dot{I}_B$$

$$\rightarrow \begin{cases} Z_1(\dot{I}_A - \dot{J}) + Z_{12}(-\dot{I}_C) - Z_{15}(\dot{I}_A + \dot{I}_B) + Z_5(\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15}(\dot{I}_A - \dot{J}) - Z_4(-\dot{I}_A) + Z_{34}\dot{I}_B = \dot{E}_1 \\ Z_5(\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15}(\dot{I}_A - \dot{J}) + Z_3\dot{I}_B - Z_{34}(-\dot{I}_A) - Z_6(\dot{I}_C - \dot{I}_B) = \dot{E}_3 - \dot{E}_6 \\ Z_6(\dot{I}_C - \dot{I}_B) - Z_2(-\dot{I}_C) - Z_{12}(\dot{I}_A - \dot{J}) = \dot{E}_6 \end{cases}$$

Phương pháp dòng vòng (5)

VD3



$$\begin{cases} Z_1(\dot{I}_A - j) + Z_{12}(-\dot{I}_C) - Z_{15}(\dot{I}_A + \dot{I}_B) + Z_5(\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15}(\dot{I}_A - j) - Z_4(-\dot{I}_A) + Z_{34}\dot{I}_B = \dot{E}_1 \\ Z_5(\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15}(\dot{I}_A - j) + Z_3\dot{I}_B - Z_{34}(-\dot{I}_A) - Z_6(\dot{I}_C - \dot{I}_B) = \dot{E}_3 - \dot{E}_6 \\ Z_6(\dot{I}_C - \dot{I}_B) - Z_2(-\dot{I}_C) - Z_{12}(\dot{I}_A - j) = \dot{E}_6 \end{cases}$$

Phương pháp dòng vòng (6)

VD4

$R_1 = 10 \Omega$, $R_5 = 25 \Omega$, $L_3 = 0,2 \text{ H}$, $L_4 = 0,5 \text{ H}$, $C_2 = 4 \text{ mF}$,
 $M = 0,04 \text{ H}$, $j(t) = 5\sin(50t) \text{ A}$, $e(t) = 60\sin(50t + 30^\circ) \text{ V}$.

$$A: 10\dot{I}_1 - j10\dot{I}_3 + j2\dot{I}_4 - j25\dot{I}_4 + j2\dot{I}_3 - j5\dot{I}_2 = 0$$

$$C: 25\dot{I}_5 + j25\dot{I}_4 - j2\dot{I}_3 + j10\dot{I}_3 - 2j\dot{I}_4 = 60/30^\circ$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_A, \dot{I}_2 = \dot{I}_A - 5, \dot{I}_3 = \dot{I}_C - \dot{I}_A, \dot{I}_4 = \dot{I}_C - \dot{I}_A + 5, \dot{I}_5 = \dot{I}_C$$

$$\rightarrow \begin{cases} (10 + j26)\dot{I}_A - j31\dot{I}_C = j90 \\ -j31\dot{I}_A + (25 + j31)\dot{I}_C = 51,96 - j85 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = 3,36 + j1,58 \text{ A} \\ \dot{I}_C = 0,42 + j0,24 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71/25,17^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28/136,18^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23/-155,51^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46/-32,93^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48/29,75^\circ \text{ A} \end{cases}$$

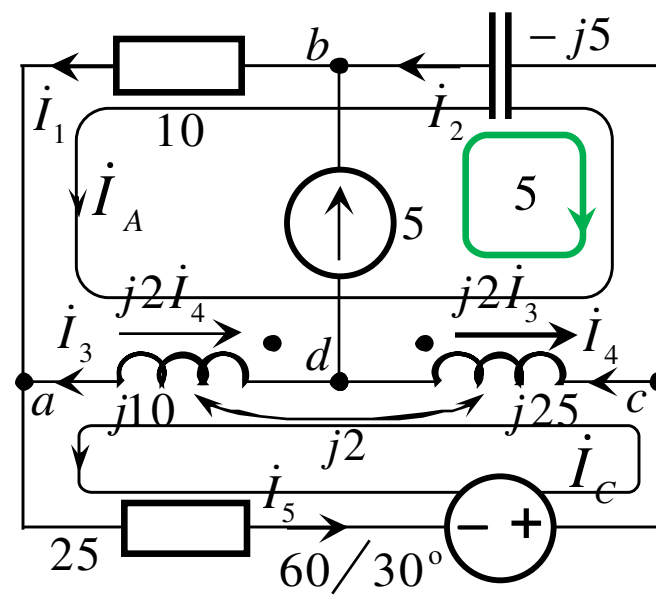
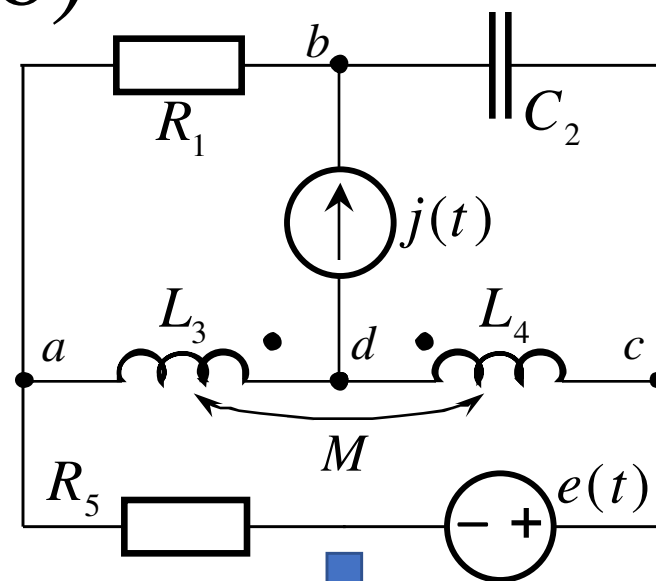
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71\sin(50t + 25,17^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28\sin(50t + 136,18^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23\sin(50t - 155,51^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46\sin(50t - 32,93^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48\sin(50t + 29,75^\circ) \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71\sin(50t + 25,17^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28\sin(50t + 136,18^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23\sin(50t - 155,51^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46\sin(50t - 32,93^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48\sin(50t + 29,75^\circ) \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71\sin(50t + 25,17^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28\sin(50t + 136,18^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23\sin(50t - 155,51^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46\sin(50t - 32,93^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48\sin(50t + 29,75^\circ) \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71\sin(50t + 25,17^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28\sin(50t + 136,18^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23\sin(50t - 155,51^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46\sin(50t - 32,93^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48\sin(50t + 29,75^\circ) \text{ A} \end{cases}$$

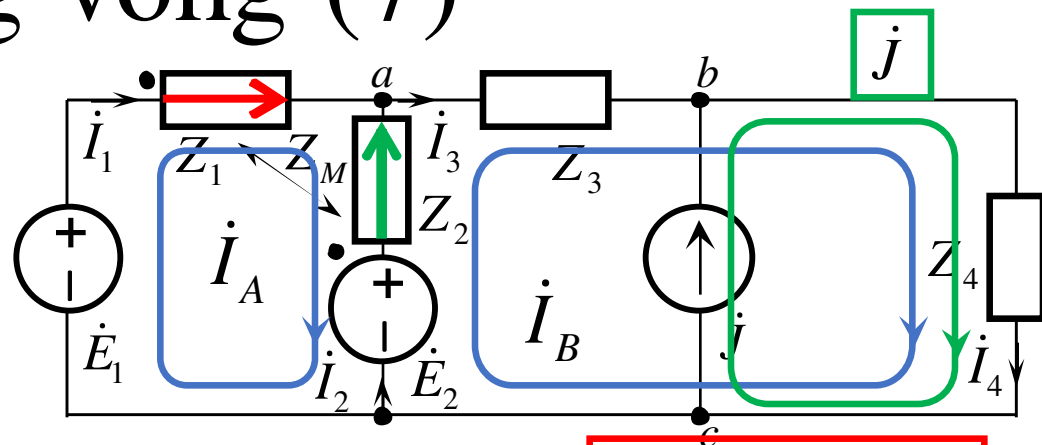
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71\sin(50t + 25,17^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28\sin(50t + 136,18^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23\sin(50t - 155,51^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46\sin(50t - 32,93^\circ) \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48\sin(50t + 29,75^\circ) \text{ A} \end{cases}$$



Phương pháp dòng vòng (7)

VD5

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega; \\ Z_3 &= -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V}; \\ \dot{E}_2 &= 150 / 30^\circ \text{ V}; j = 5 / 45^\circ \text{ A} \end{aligned}$$



$$\begin{cases} A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_M \dot{I}_2 - Z_2 \dot{I}_2 - Z_M \dot{I}_1 = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \\ B: Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 + Z_4 \dot{I}_4 = \dot{E}_2 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_A; \dot{I}_2 = \dot{I}_B - \dot{I}_A; \dot{I}_3 = \dot{I}_B; \dot{I}_4 = \dot{I}_B + j \end{cases}$$

$$\dot{U}_{1M} = Z_M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_1$$

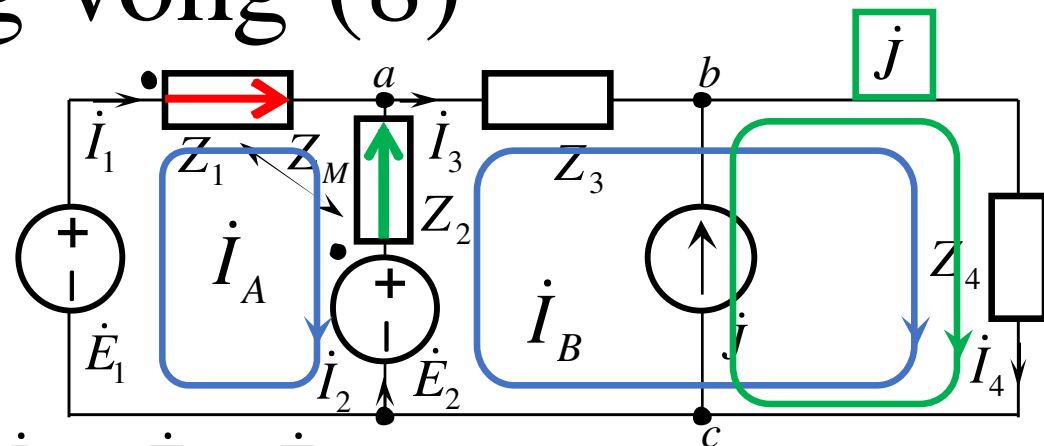
$$\rightarrow \begin{cases} A: Z_1 \dot{I}_A + Z_M (\dot{I}_B - \dot{I}_A) - Z_2 (\dot{I}_B - \dot{I}_A) - Z_M \dot{I}_A = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \\ B: Z_2 (\dot{I}_B - \dot{I}_A) + Z_M \dot{I}_A + Z_3 \dot{I}_B + Z_4 (\dot{I}_B + j) = \dot{E}_2 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} (Z_1 + Z_2 - 2Z_M) \dot{I}_A + (Z_M - Z_2) \dot{I}_B = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \\ (Z_M - Z_2) \dot{I}_A + (Z_2 + Z_3 + Z_4) \dot{I}_B = \dot{E}_2 - Z_4 j \end{cases}$$

Phương pháp dòng vòng (8)

VD5

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega; \\ Z_3 &= -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V}; \\ \dot{E}_2 &= 150 / \underline{30^\circ} \text{ V}; \dot{J} = 5 / \underline{45^\circ} \text{ A} \end{aligned}$$



$$\begin{cases} (Z_1 + Z_2 - 2Z_M) \dot{I}_A + (Z_M - Z_2) \dot{I}_B = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \\ (Z_M - Z_2) \dot{I}_A + (Z_2 + Z_3 + Z_4) \dot{I}_B = \dot{E}_2 - Z_4 \dot{J} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = -1,49 - j2,06 \text{ A} \\ \dot{I}_B = 0,91 - j1,28 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_A = -1,49 - j2,06 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_B - \dot{I}_A = 2,40 + j0,79 \text{ A} \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_B = 0,91 - j1,28 \text{ A} \\ \dot{I}_4 = \dot{I}_B + \dot{J} = 4,44 + j2,26 \text{ A} \end{cases}$$

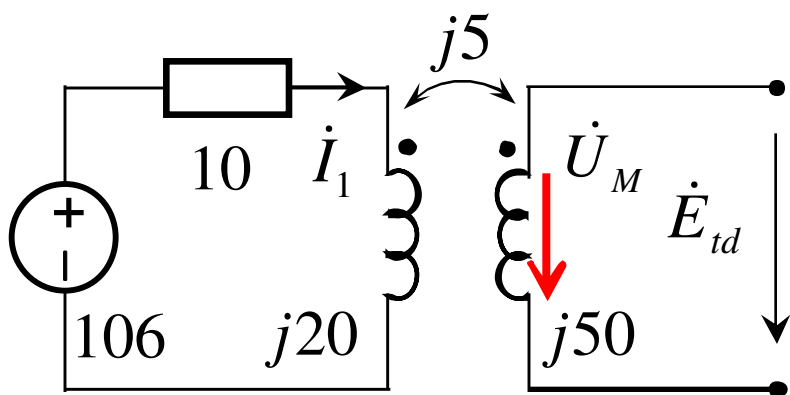
Mạch xoay chiều

1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. **Hỗ cảm**
 - a) Hiện tượng hỗ cảm
 - b) Quy tắc dấu chấm
 - c) **Phân tích mạch điện có hỗ cảm**
 - i. Phức hóa hỗ cảm
 - ii. Phương pháp dòng nhánh
 - iii. Phương pháp dòng vòng
 - iv. **Phương pháp mạng một cửa**

Mạng một cửa (1)

VD1

$e = 150\sin 10t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 5$ H;
 $R_2 = 5 \Omega$; $M = 0,5$ H. Tính các dòng điện trong mạch.



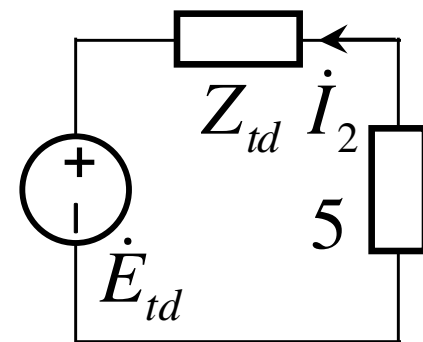
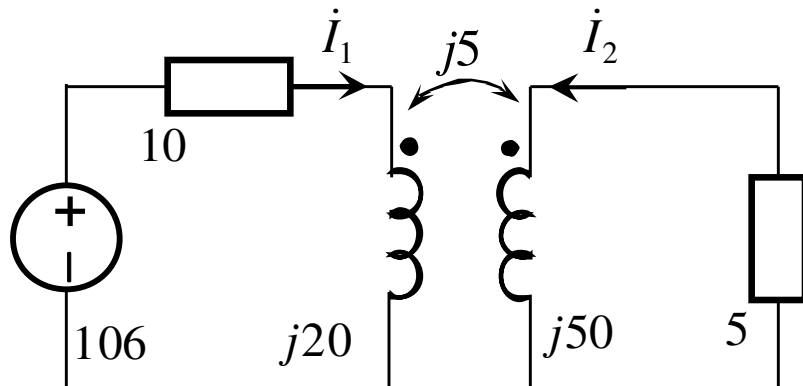
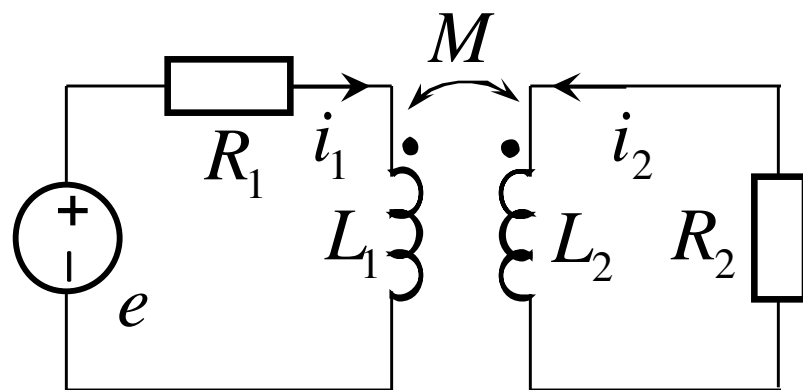
$$\dot{U}_M = j5\dot{I}_1 = \dot{E}_{td}$$

$$(10 + j20)\dot{I}_1 = 106$$

$$\rightarrow \dot{I}_1 = 2,12 - j4,24 \text{ A}$$

$$\rightarrow \dot{E}_{td} = 21,20 + j10,60 \text{ V}$$

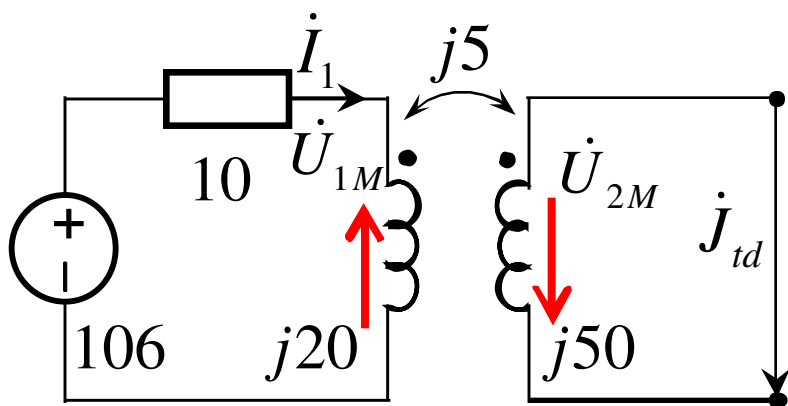
Cách 2



Mạng một cửa (2)

VD1

$e = 150\sin 10t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 5$ H;
 $R_2 = 5 \Omega$; $M = 0,5$ H. Tính các dòng điện trong mạch.

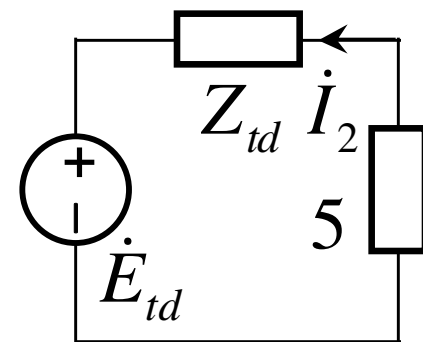
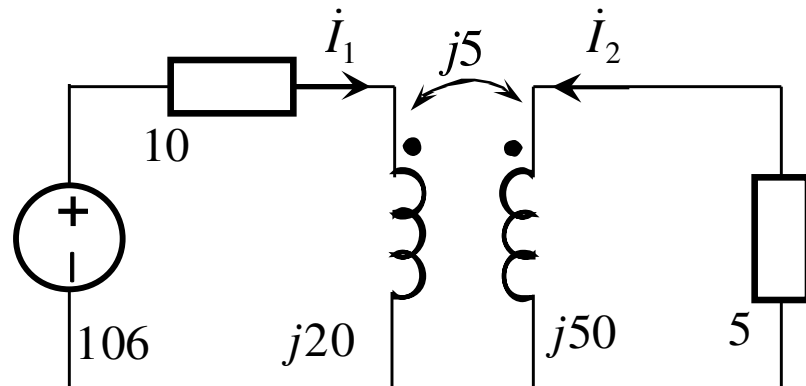
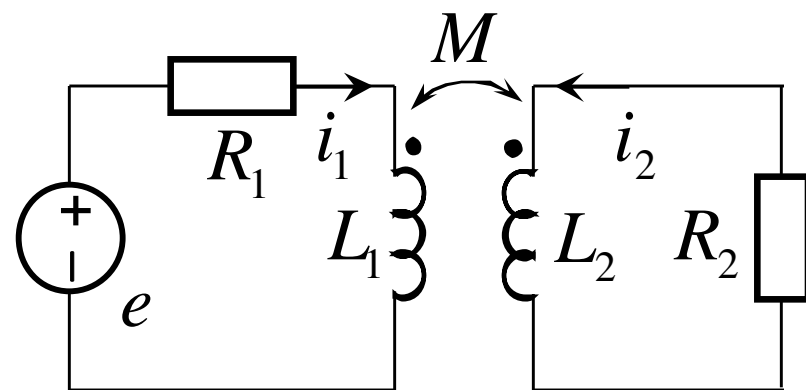


$$\dot{U}_{1M} = j5\dot{J}_{td}; \quad \dot{U}_{2M} = j5\dot{I}_1$$

$$\begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_1 - j5\dot{J}_{td} = 106 \\ -j5\dot{I}_1 + j50\dot{J}_{td} = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \dot{J}_{td} = 0,22 - j0,43 \text{ A}$$

Cách 2



Mạng một cửa (3)

VD1

$e = 150\sin 10t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 5$ H;
 $R_2 = 5 \Omega$; $M = 0,5$ H. Tính các dòng điện trong mạch.

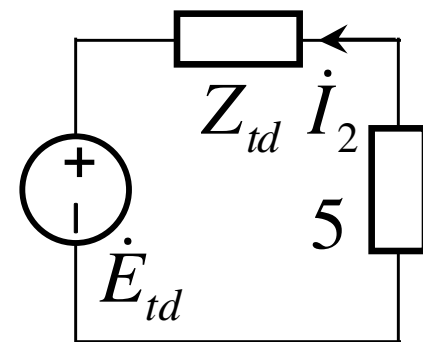
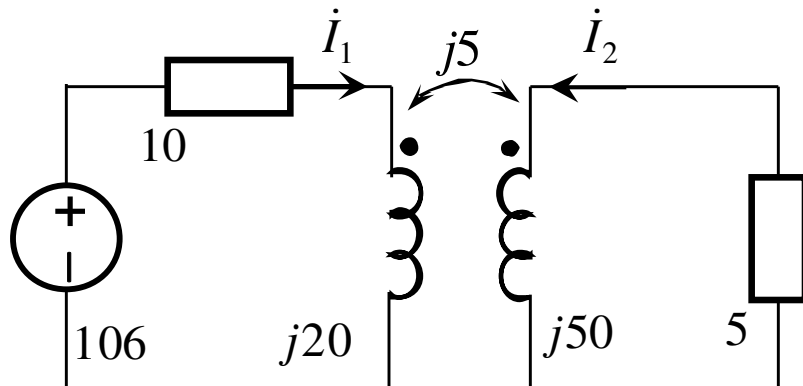
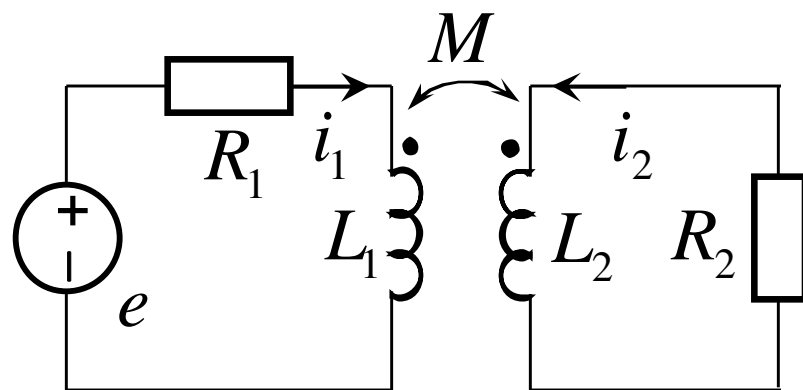
Cách 2

$$\dot{E}_{td} = 21,20 + j10,60 \text{ V}$$

$$\dot{J}_{td} = 0,22 - j0,43 \text{ A}$$

$$Z_{td} = \frac{\dot{E}_{td}}{\dot{J}_{td}} = 0,50 + j49 \Omega$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-\dot{E}_{td}}{Z_{td} + 5} = \boxed{-0,26 + j0,40 \text{ A}}$$

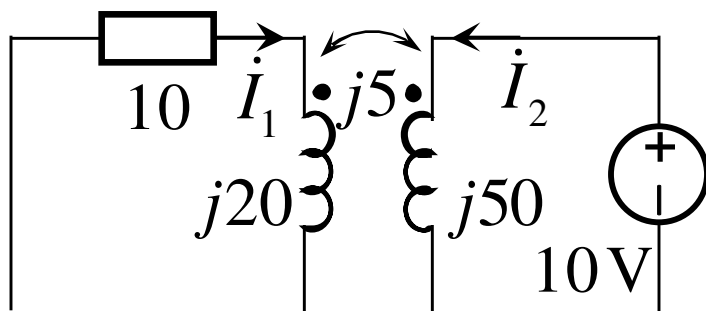


Mạng một cửa (4)

VD1

$e = 150\sin 10t$ V; $L_1 = 2$ H; $R_1 = 10 \Omega$; $L_2 = 5$ H;
 $R_2 = 5 \Omega$; $M = 0,5$ H. Tính các dòng điện trong mạch.

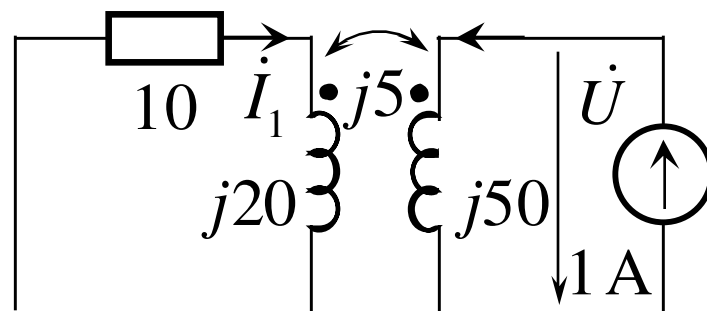
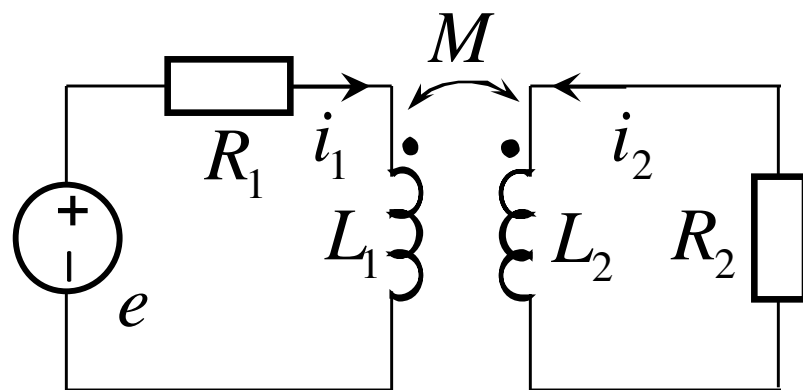
$$Z_{td} = \frac{\dot{E}_{td}}{\dot{J}_{td}} = 0,50 + j49 \Omega$$



$$\begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_1 + j5\dot{I}_2 = 0 \\ j5\dot{I}_1 + j50\dot{I}_2 = 10 \end{cases}$$

$$\rightarrow \dot{I}_2 = 0,0021 - j0,20 \text{ A}$$

$$Z_{td} = \frac{10}{0,0021 - j0,20} = \boxed{0,50 + j49\Omega}$$



$$\begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_1 + j5.1 = 0 \\ \dot{U} = j5\dot{I}_1 + j50.1 \end{cases}$$

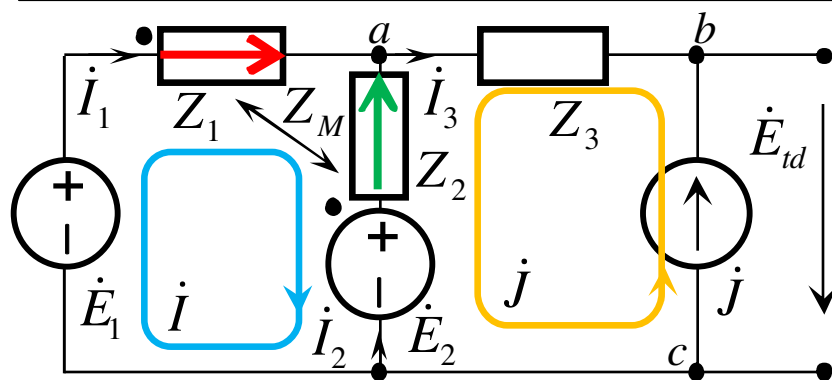
$$\rightarrow \dot{U} = 0,50 + j49 \text{ V}$$

$$Z_{td} = \frac{0,50 + j49}{1} = \boxed{0,50 + j49\Omega}$$

Mạng một cửa (5)

VD2

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega; \\ Z_3 &= -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V}; \\ \dot{E}_2 &= 150 / 30^\circ \text{ V}; j = 5 / 45^\circ \text{ A}. \dot{I}_4 = ? \end{aligned}$$



$$\dot{U}_{1M} = Z_M \dot{I}_2$$

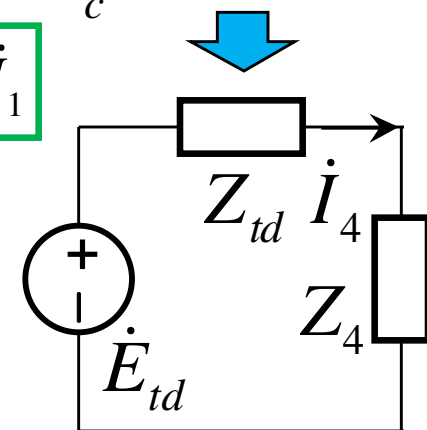
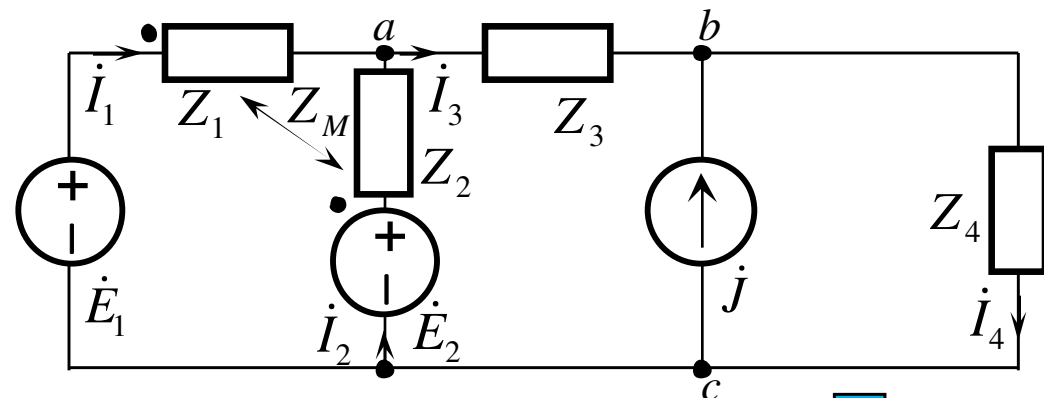
$$\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_1$$

$$Z_1 \dot{I} - Z_M (\dot{I} + j) + Z_2 (\dot{I} + j) - Z_M \dot{I} = \dot{E}_1 - \dot{E}_2$$

$$\rightarrow \dot{I} = -4,34 - j2,76 \text{ A}$$

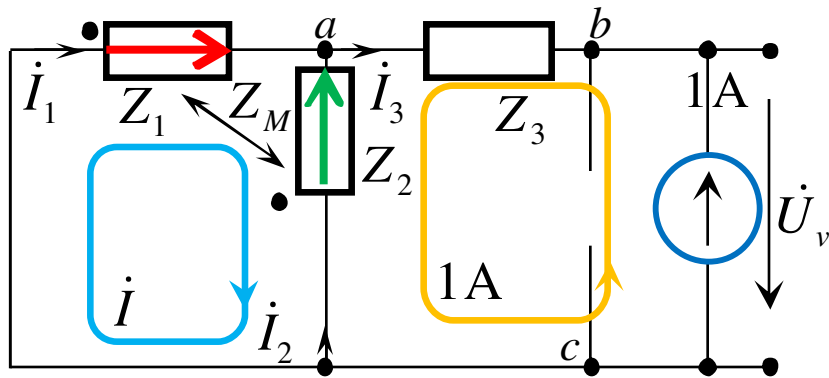
$$\rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I} = -4,34 - j2,76 \text{ A}; \dot{I}_2 = -\dot{I} - j = 0,81 - j0,78 \text{ A}$$

$$Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 + \dot{E}_{td} = \dot{E}_2 \rightarrow \dot{E}_{td} = 171,19 + j20,42 \text{ V}$$



VD2

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega; \\ Z_3 &= -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V}; \\ \dot{E}_2 &= 150 \angle 30^\circ \text{ V}; \dot{J} = 5 \angle 45^\circ \text{ A}. \dot{I}_4 = ? \end{aligned}$$

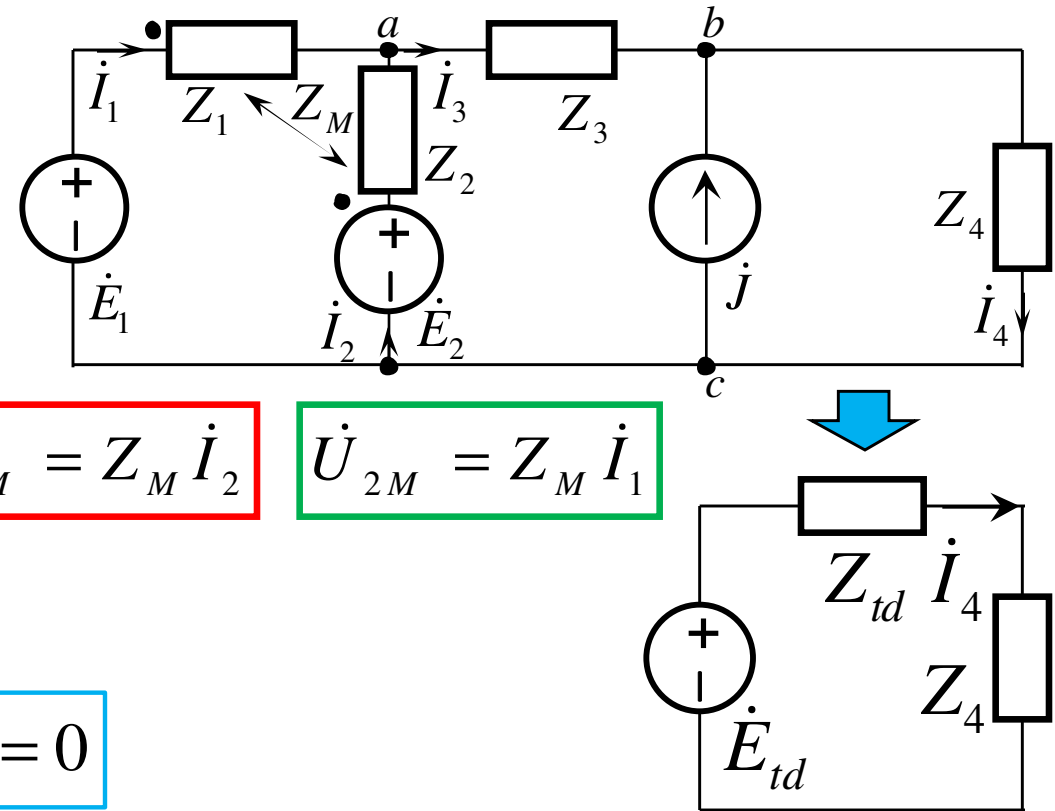


$$Z_1 \dot{I} - Z_M (\dot{I} + 1) + Z_2 (\dot{I} + 1) - Z_M \dot{I} = 0$$

$$\rightarrow \dot{I} = -0,57 + j0,13 \text{ A}$$

$$\rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I} = -0,57 + j0,13 \text{ A}; \dot{I}_2 = -\dot{I} - 1 = -0,43 - j0,13 \text{ A}$$

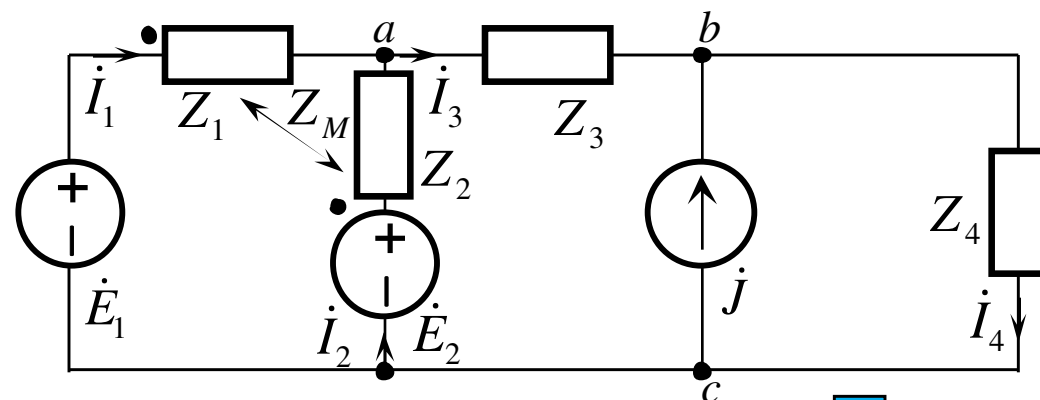
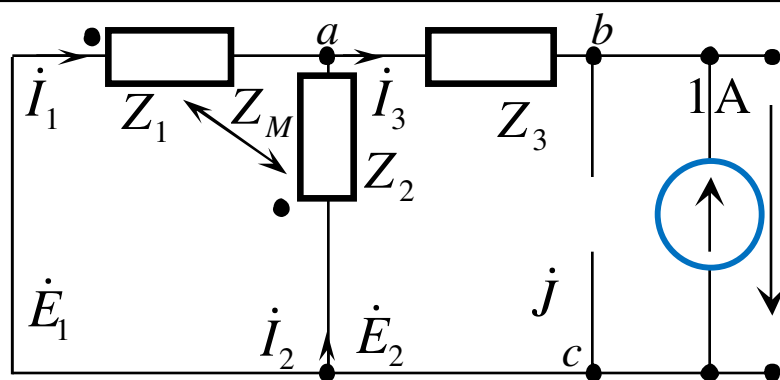
$$Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 + Z_3(-1) + \dot{U}_v = 0 \rightarrow \dot{U}_v = 7,47 - j11,90 \text{ V}$$



Mạng một cửa (7)

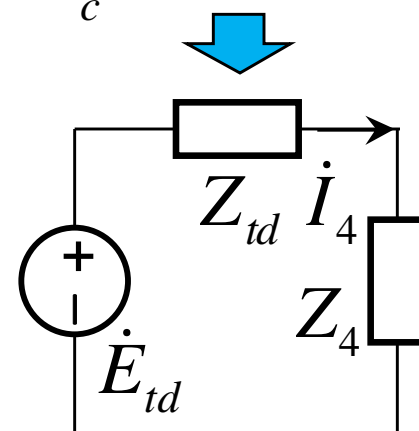
VD2

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega; \\ Z_3 &= -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V}; \\ \dot{E}_2 &= 150 / 30^\circ \text{ V}; j = 5 / 45^\circ \text{ A}. \dot{I}_4 = ? \end{aligned}$$



$$U_v = 7,47 - j11,90 \text{ V}$$

$$\dot{E}_{td} = 171,19 + j20,42 \text{ V}$$



$$Z_{td} = \frac{\dot{U}_v}{1} = 7,47 - j11,90 \Omega$$

$$\dot{I}_4 = \frac{\dot{E}_{td}}{Z_{td} + Z_4} = \boxed{4,45 + j2,26 \text{ A}}$$