



TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
BÁCH KHOA HÀ NỘI



NGUYỄN CÔNG PHƯƠNG

# LÝ THUYẾT MẠCH I

## MẠCH MỘT CHIỀU



# Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

**III. Mạch một chiều**

**1. Các định luật cơ bản**

**2. Các phương pháp phân tích**

**3. Các định lý mạch**

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán





# Mạch một chiều

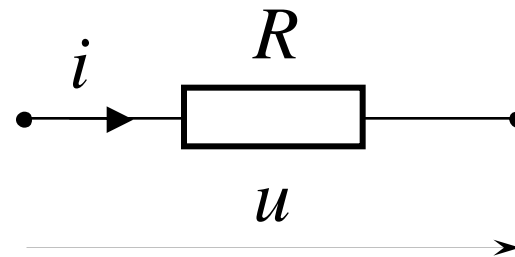
- Là mạch điện chỉ có nguồn một chiều
- Cuộn dây (nếu có) bị ngắn mạch
- Tụ điện (nếu có) bị hở mạch
- Nội dung:
  - Các định luật cơ bản
  - Các phương pháp phân tích
  - Các định lý mạch



# Mạch một chiều

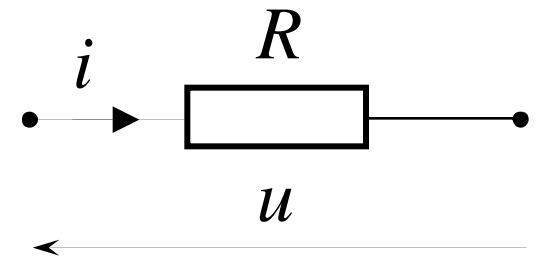
- 1. Các định luật cơ bản**
  - a) Định luật Ohm
  - b) Nhánh, nút, và vòng
  - c) Định luật Kirchhoff
2. Các phương pháp phân tích
3. Các định lý mạch

# Định luật Ohm (1)



$$u = Ri$$

$$i = \frac{u}{R}$$



$$u = -Ri$$

$$i = -\frac{u}{R}$$

- Liên hệ giữa dòng & áp của một phần tử.
- Nếu có nhiều phần tử trở lên thì định luật Ohm chưa đủ.
- → Các định luật Kirchhoff.

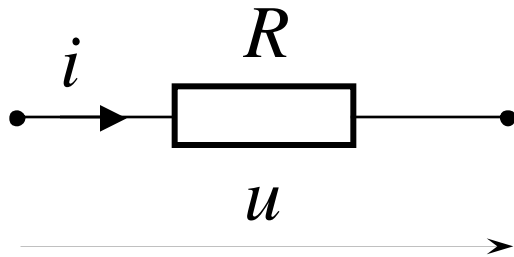




# Định luật Ohm (2)

## VD1

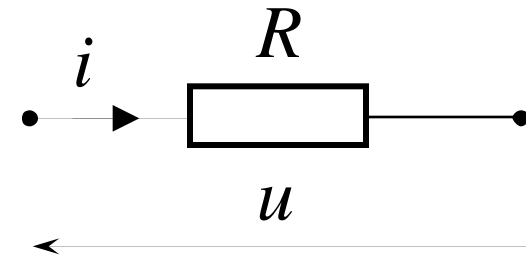
$$R = 20 \Omega, u = 100 \text{ V}, i = ?$$



$$i = \frac{u}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

## VD2

$$R = 40 \Omega, i = 2 \text{ A}, u = ?$$

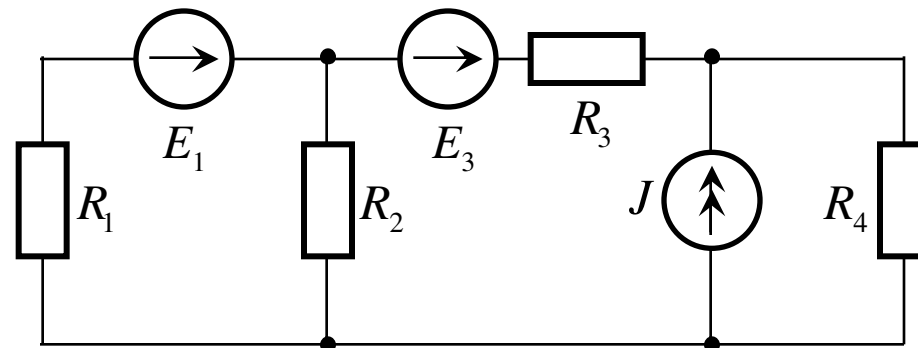


$$u = -Ri = -40 \cdot 2 = -80 \text{ V}$$



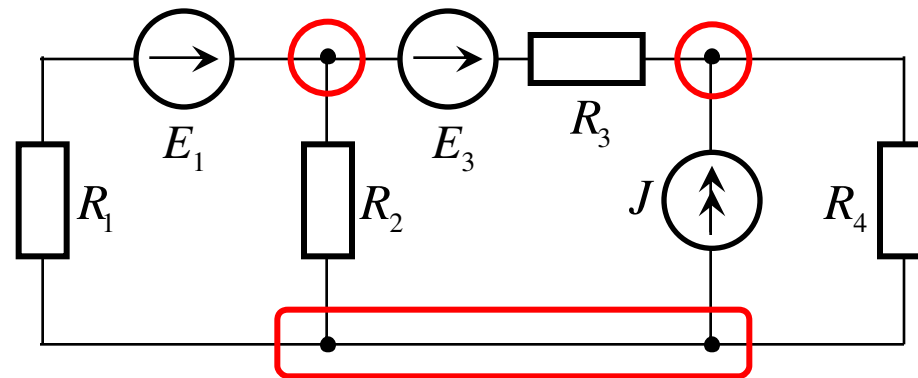
# Nhánh, nút, và vòng (1)

*Nhánh*: biểu diễn 1 phần tử mạch đơn nhất (ví dụ 1 nguồn áp hoặc 1 điện trở), hoặc các phần tử nối tiếp với nhau



## Nhánh, nút, và vòng (2)

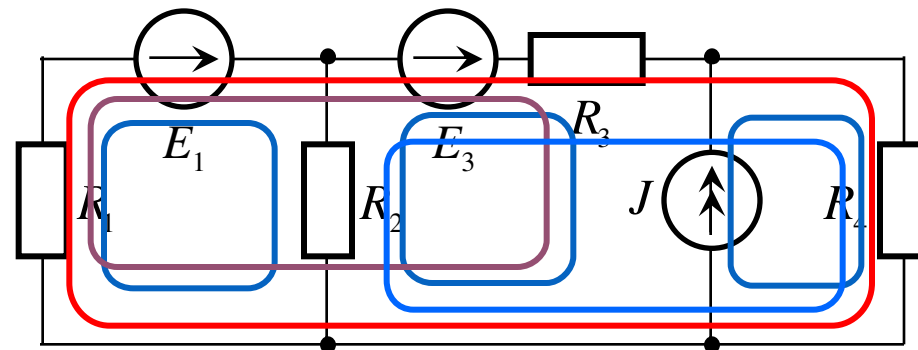
- Nút: điểm nối của ít nhất ba nhánh.
- Biểu diễn bằng một dấu chấm.
- Nếu các nút nối với nhau bằng dây dẫn, chúng tạo thành một nút.





# Nhánh, nút, và vòng (3)

- Vòng: một đường khép kín trong một mạch.
- Đường khép kín: xuất phát 1 điểm, đi qua một số điểm khác, mỗi điểm chỉ đi qua một lần, rồi quay trở lại điểm xuất phát.





# Mạch một chiều

## 1. Các định luật cơ bản

- a) Định luật Ohm
- b) Nhánh, nút, và vòng

### c) Định luật Kirchhoff

## 2. Các phương pháp phân tích

## 3. Các định lý mạch





# Định luật Kirchhoff (1)

- Có hai định luật Kirchhoff: định luật cân bằng dòng (KD), và định luật cân bằng áp (KA).
- KD: suy ra từ luật bảo toàn điện tích.
- KA: suy ra từ luật bảo toàn năng lượng.



# Định luật Kirchhoff (2), KD

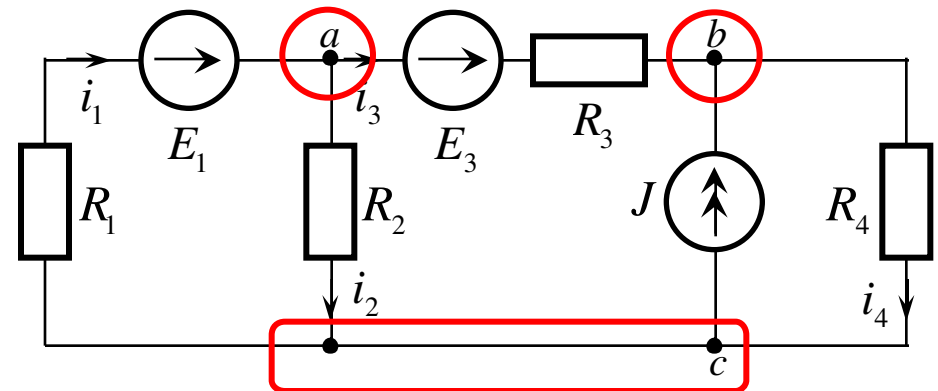
$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

*Quy ước:* dòng đi vào nút mang dấu dương (+),  
dòng đi ra khỏi nút mang dấu âm (-)

$$a: i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$b: i_3 + J - i_4 = 0$$

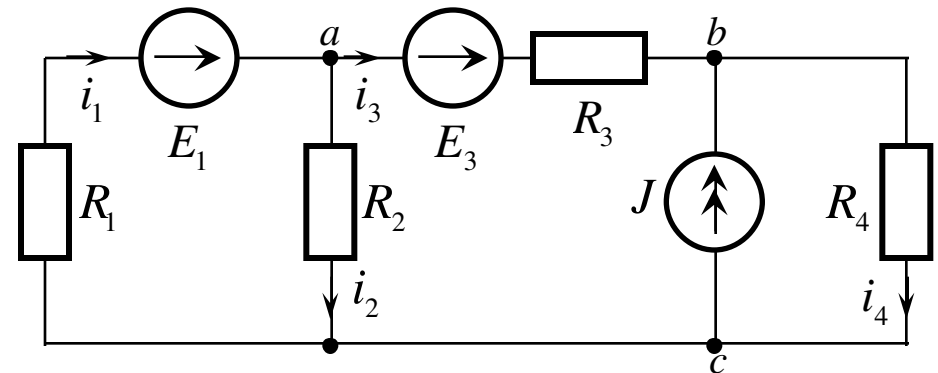
$$c: -i_1 + i_2 - J + i_4 = 0$$



# Định luật Kirchhoff (3), KD

## VD3

$$i_1 = 4 \text{ A}, i_2 = 3 \text{ A}, i_3 = ?$$



$$a: i_1 - i_2 - i_3 = 0 \rightarrow i_3 = i_1 - i_2 = 4 - 3 = 1 \text{ A}$$



# Định luật Kirchhoff (4), KA

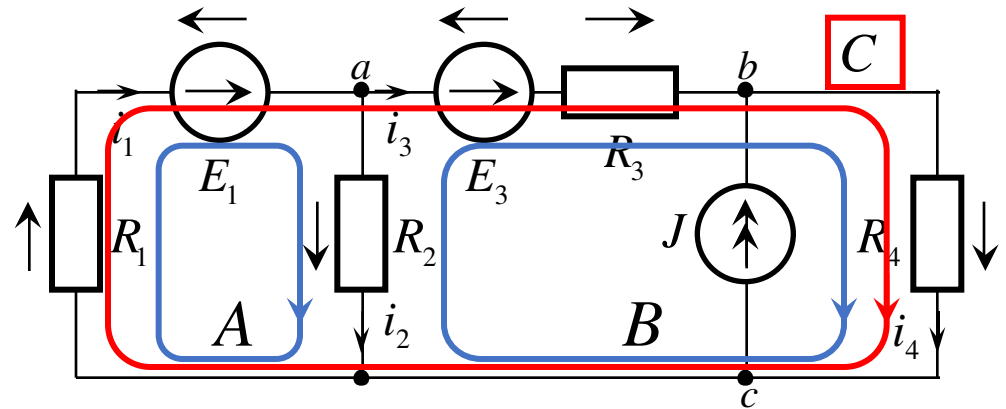
$$\sum_{n=1}^N u_n = 0$$

*Quy ước:* điện áp cùng chiều với vòng mang dấu dương (+),  
điện áp ngược chiều với vòng mang dấu âm (-)

$$A : R_1 i_1 + R_2 i_2 - E_1 = 0$$

$$B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 - E_3 = 0$$

$$C : R_1 i_1 + R_3 i_3 + R_4 i_4 - E_1 - E_3 = 0$$

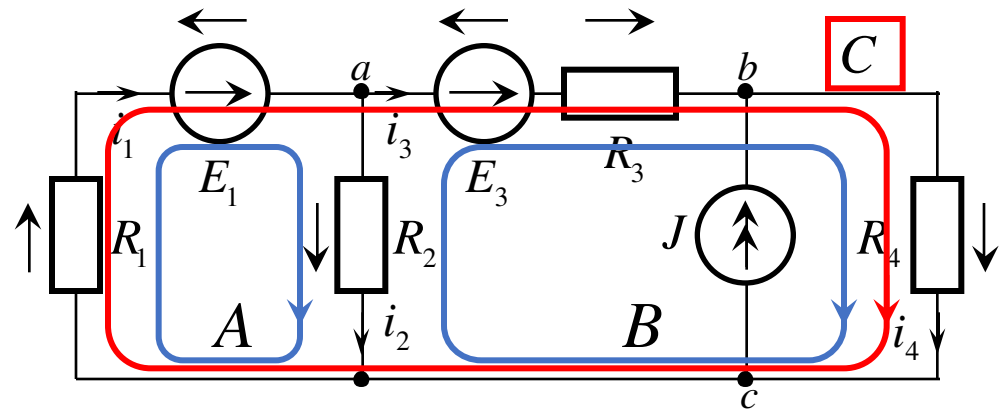


# Định luật Kirchhoff (5), KA

$$A: R_1 i_1 + R_2 i_2 - E_1 = 0$$

$$B: -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 - E_3 = 0$$

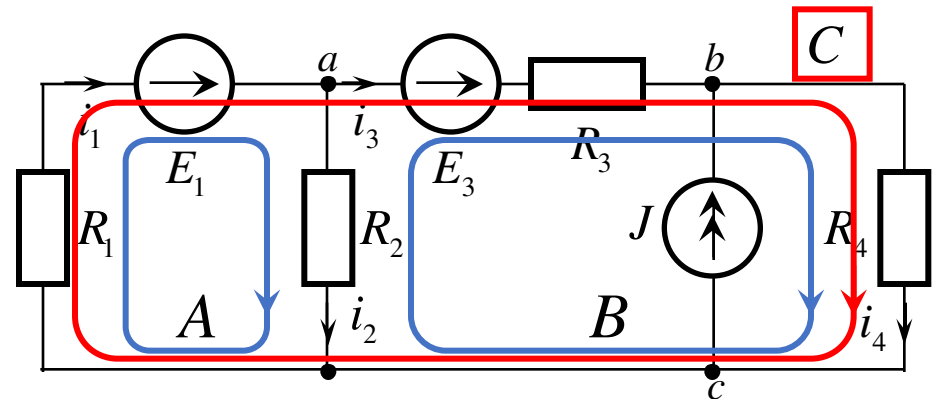
$$C: R_1 i_1 + R_3 i_3 + R_4 i_4 - E_1 - E_3 = 0$$



$$A: R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1$$

$$B: -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3$$

$$C: R_1 i_1 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_1 + E_3$$



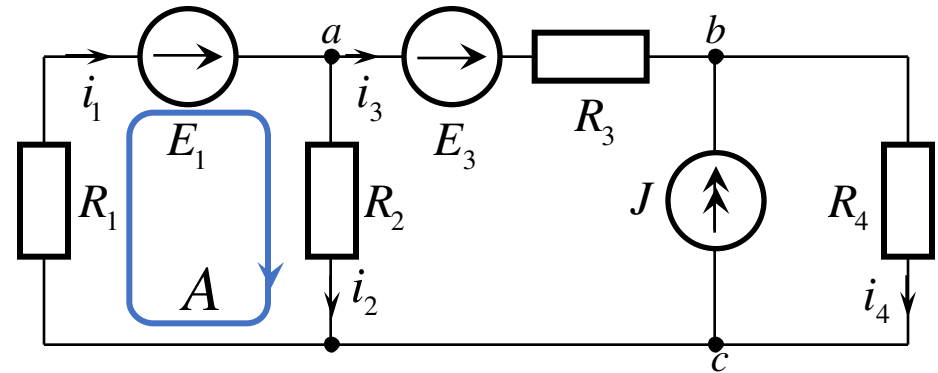


# Định luật Kirchhoff (6), KA

VD4

$$R_1 = 20 \Omega, R_2 = 10 \Omega, E_1 = 110 \text{ V},$$

$$i_1 = 4 \text{ A}, i_2 = ?$$



$$A: R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \rightarrow 20 \cdot 4 + 10 i_2 = 110 \rightarrow i_2 = \frac{110 - 20 \cdot 4}{10} = 3 \text{ A}$$







# Mạch một chiều

- 1. Các định luật cơ bản**
  - a) Định luật Ohm
  - b) Nhánh, nút, và vòng
  - c) Định luật Kirchhoff
2. Các phương pháp phân tích
3. Các định lý mạch



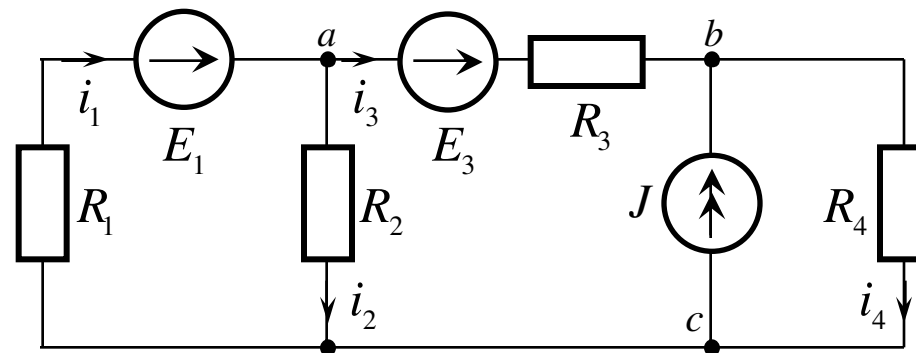
# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
- 2. Các phương pháp phân tích**
  - a) Phương pháp dòng nhánh**
  - b) Phương pháp thế nút**
  - c) Phương pháp dòng vòng**
  - d) Biến đổi tương đương**
  - e) Phương pháp ma trận**
3. Các định lý mạch



# Phương pháp dòng nhánh (1)

- Ẩn số là các dòng điện của các nhánh.
- Số lượng ẩn số = số lượng nhánh (không kể nguồn dòng, nếu có) của mạch.





# Phương pháp dòng nhánh (2)

VD1

$$a: i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$b: i_3 + J - i_4 = 0$$

$$c: -i_1 + i_2 - J + i_4 = 0$$

$$A: R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1$$

$$B: -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3$$

$$C: R_1 i_1 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_1 + E_3$$

6 phương trình 4 ẩn số  $\rightarrow$  4 phương trình 4 ẩn số

$$a: i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$b: i_3 + J - i_4 = 0$$

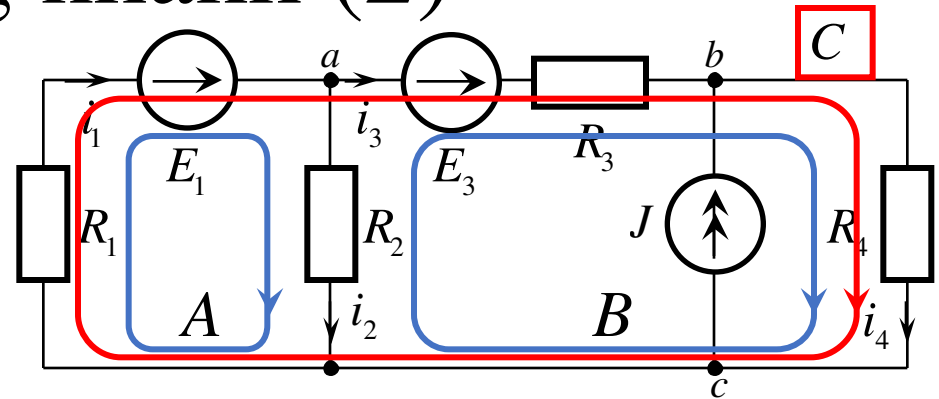
$$c: -i_1 + i_2 - J + i_4 = 0$$

$$A: R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1$$

$$\left. \begin{array}{l} a: i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ b: i_3 + J - i_4 = 0 \\ c: -i_1 + i_2 - J + i_4 = 0 \end{array} \right\} \rightarrow i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 + J - i_4 = 0 \\ R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \end{array} \right.$$

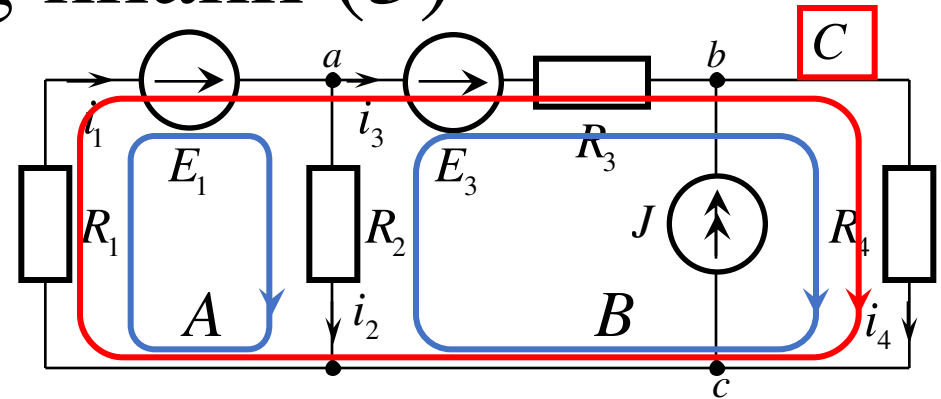
3 phương trình 4 ẩn số !!!



# Phương pháp dòng nhánh (3)

VD1

$$\left\{ \begin{array}{l} a: i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ b: i_3 + J - i_4 = 0 \\ c: -i_1 + i_2 - J + i_4 = 0 \\ A: R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 + J - i_4 = 0 \\ R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \end{array} \right. \quad \text{3 phương trình 4 ẩn số !!!}$$

Viết phương trình KD cho nút nào?  
Viết phương trình KA cho vòng nào?

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

$$n_{KD} = \text{số\_nút} - 1$$

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

# Phương pháp dòng nhánh (4)

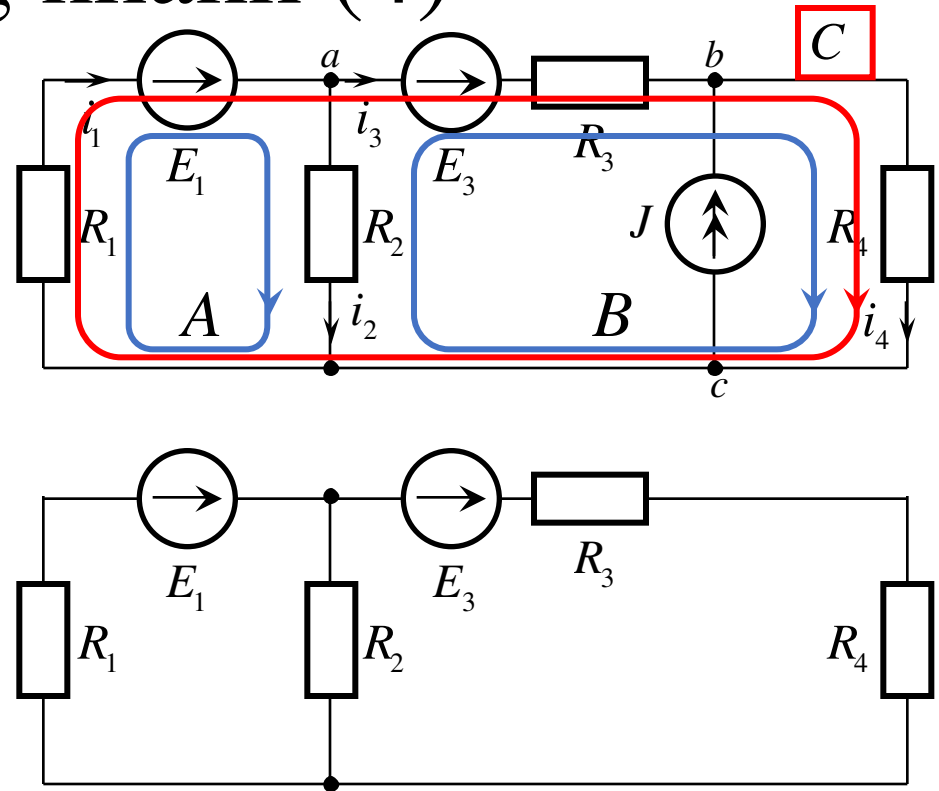
VD1



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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} a : i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ b : i_3 + J - i_4 = 0 \\ A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \\ B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3 \end{array} \right.$$



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

$$n_{KD} = \text{số\_nút} - 1$$

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



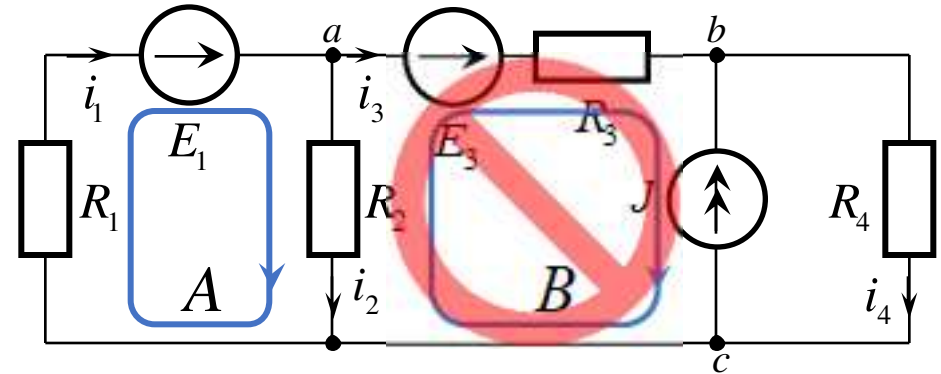


# Phương pháp dòng nhánh (5)

VD1

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

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



$$\left\{ \begin{array}{l} a : i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ b : i_3 + J - i_4 = 0 \\ A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \\ B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + u_J = E_3 \end{array} \right.$$





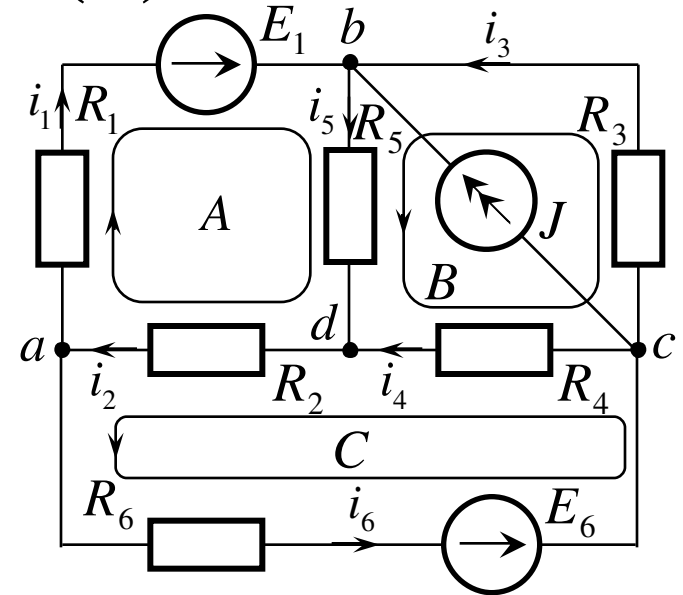
# Phương pháp dòng nhánh (6)

VD2

$$n_{KD} = \text{số\_nút} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

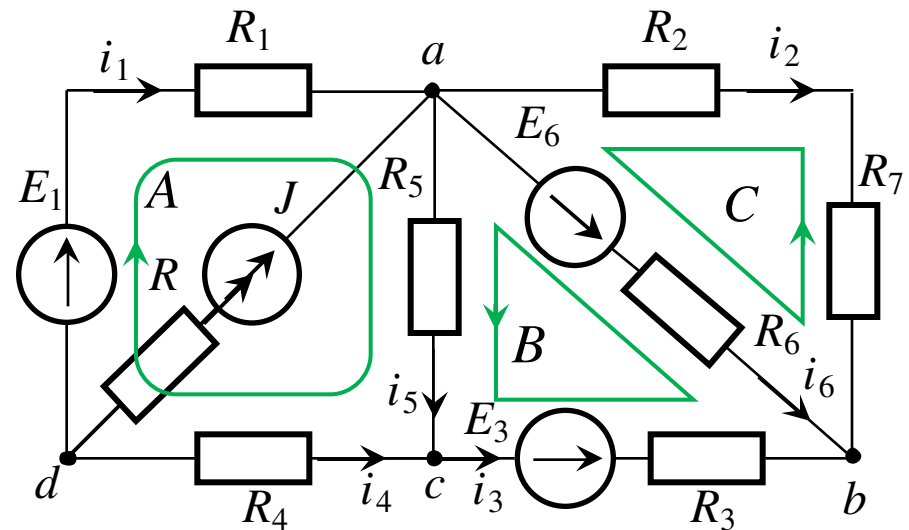
$$\left\{ \begin{array}{l} a: -i_1 + i_2 - i_6 = 0 \\ b: i_1 - i_5 + i_3 + J = 0 \\ c: -i_3 - i_4 + i_6 - J = 0 \\ A: R_1 i_1 + R_5 i_5 + R_2 i_2 = E_1 \\ B: R_3 i_3 + R_5 i_5 - R_4 i_4 = 0 \\ C: R_2 i_2 + R_6 i_6 + R_4 i_4 = E_6 \end{array} \right.$$





# Phương pháp dòng nhánh (7)

VD3



$$\left\{ \begin{array}{l} b: i_2 + i_3 + i_6 = 0 \\ c: i_4 - i_3 + i_5 = 0 \\ d: -i_1 - i_4 - J = 0 \end{array} \right.$$

$$A: R_1 i_1 + R_5 i_5 - R_4 i_4 = E_1$$

$$B: R_3 i_3 - R_6 i_6 + R_5 i_5 = E_3 - E_6$$

$$C: R_6 i_6 - (R_2 + R_7) i_2 = E_6$$

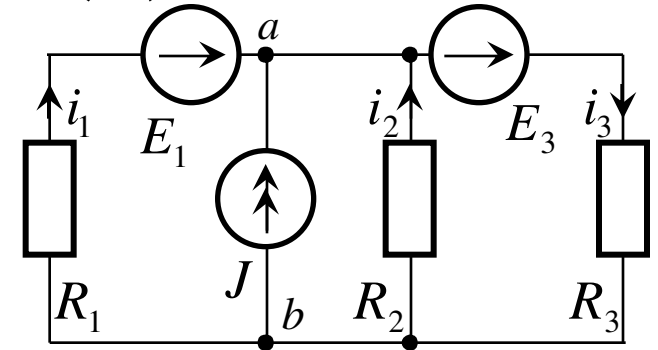




# Phương pháp dòng nhánh (8)

VD4

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega, E_1 = 30V, E_3 = 45V,$   
 $J = 2A.$  Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 + J = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = E_1 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 = E_3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 1i_1 + 1i_2 - 1i_3 = -2 \\ 10i_1 - 20i_2 + 0i_3 = 30 \\ 0i_1 + 20i_2 + 15i_3 = 45 \end{cases}$$

$$i_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad i_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad i_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

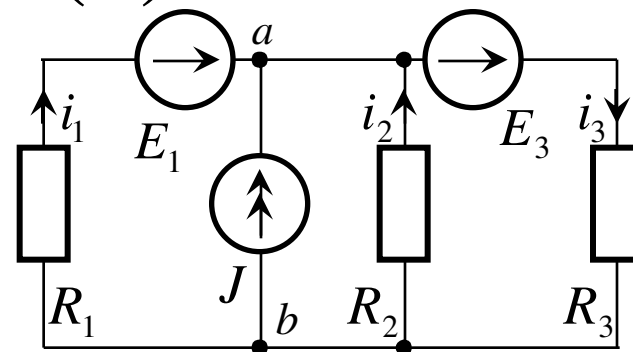
$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 10 & -20 & 0 \\ 0 & 20 & 15 \end{vmatrix}; \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} -2 & 1 & -1 \\ 30 & -20 & 0 \\ 45 & 20 & 15 \end{vmatrix}; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & -1 \\ 10 & 30 & 0 \\ 0 & 45 & 15 \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 10 & -20 & 30 \\ 0 & 20 & 45 \end{vmatrix};$$



# Phương pháp dòng nhánh (9)

VD4

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega, E_1 = 30V, E_3 = 45V,$   
 $J = 2A.$  Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 = e_3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = -2 \\ 10i_1 - 20i_2 = 30 \\ 20i_2 + 15i_3 = 45 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 10 & -20 & 0 \\ 0 & 20 & 15 \end{vmatrix} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} -20 & 0 \\ 20 & 15 \end{vmatrix} + (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 20 & 15 \end{vmatrix} + (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -20 \end{vmatrix}$$

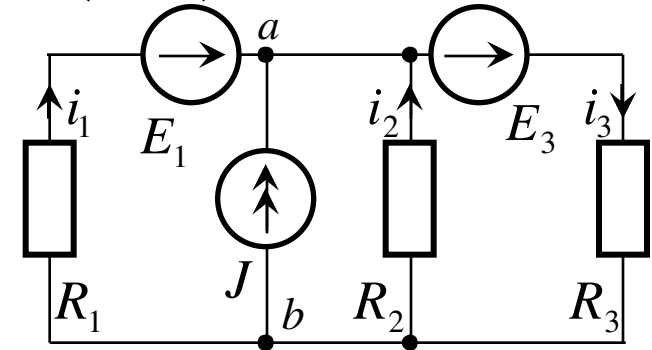
$$= 1(-20 \cdot 15 - 20 \cdot 0) - 10[1 \cdot 15 - 20(-1)] + 0[1 \cdot 0 - (-20)(-1)]$$

$$= -650$$

# Phương pháp dòng nhánh (10)

VD4

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega, E_1 = 30V, E_3 = 45V,$   
 $J = 2A.$  Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 = e_3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = -2 \\ 10i_1 - 20i_2 = 30 \\ 20i_2 + 15i_3 = 45 \end{cases}$$

$$\left. \begin{cases} i_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad i_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad i_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} \end{cases} \right\}$$

$$\Delta = -650; \Delta_1 = -1350; \Delta_2 = 300; \Delta_3 = -2350$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = \frac{-1350}{-650} = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = \frac{300}{-650} = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = \frac{-2350}{-650} = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$

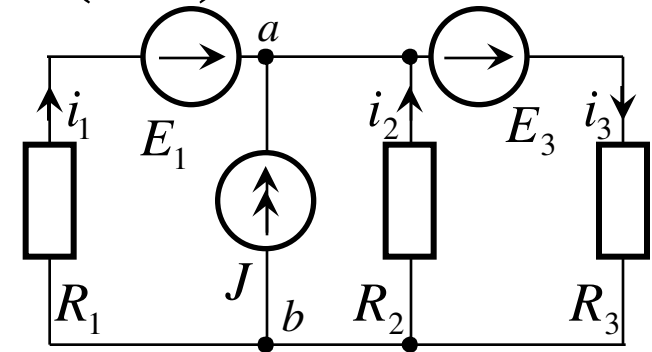




# Phương pháp dòng nhánh (11)

VD4

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega, E_1 = 30V, E_3 = 45V,$   
 $J = 2A.$  Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = -2 \\ 10i_1 - 20i_2 = 30 \\ 10i_1 + 15i_3 = 45 + 30 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = -2 \\ 10i_1 - 20i_2 = 30 \\ 20i_2 + 15i_3 = 45 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$

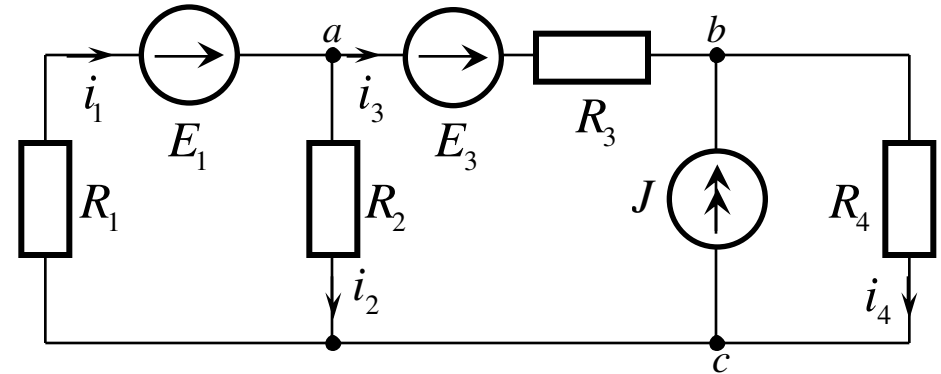


# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
- 2. Các phương pháp phân tích**
  - a) Phương pháp dòng nhánh
  - b) Phương pháp thế nút**
  - c) Phương pháp dòng vòng
  - d) Biến đổi tương đương
  - e) Phương pháp ma trận
3. Các định lý mạch



# Phương pháp thế nút (1)



$$\begin{cases} a: i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ b: i_3 - i_4 + J = 0 \end{cases} \quad (\text{hệ 2 phương trình 4 ẩn số})$$

$$i_1 = f_1(\varphi_a, \varphi_b)$$

$$i_2 = f_2(\varphi_a, \varphi_b)$$

$$i_3 = f_3(\varphi_a, \varphi_b)$$

$$i_4 = f_4(\varphi_a, \varphi_b)$$

$$\begin{cases} A_{11}\varphi_a + A_{12}\varphi_b = B_1 \\ A_{21}\varphi_a + A_{22}\varphi_b = B_2 \end{cases}$$

$$(\text{hệ 2 phương trình 2 ẩn số})$$





## Phương pháp thế nút (2)

- Ấn số là điện thế của các nút.
- Còn gọi là “thế đỉnh”.
- Dùng KA để đổi ấn số “dòng điện nhánh” thành ấn số “điện thế nút”.

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 + J = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = E_1 - E_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_3 i_3 = E_2 \end{array} \right.$$

(60 định thức bậc 2)

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 = f_1(\varphi_a, \varphi_b) \\ i_2 = f_2(\varphi_a, \varphi_b) \\ i_3 = f_3(\varphi_a, \varphi_b) \\ i_4 = f_4(\varphi_a, \varphi_b) \\ \begin{cases} A_{11}\varphi_a + A_{12}\varphi_b = B_1 \\ A_{21}\varphi_a + A_{22}\varphi_b = B_2 \end{cases} \end{array} \right.$$

(3 định thức bậc 2 + 4 hàm  $f$ )

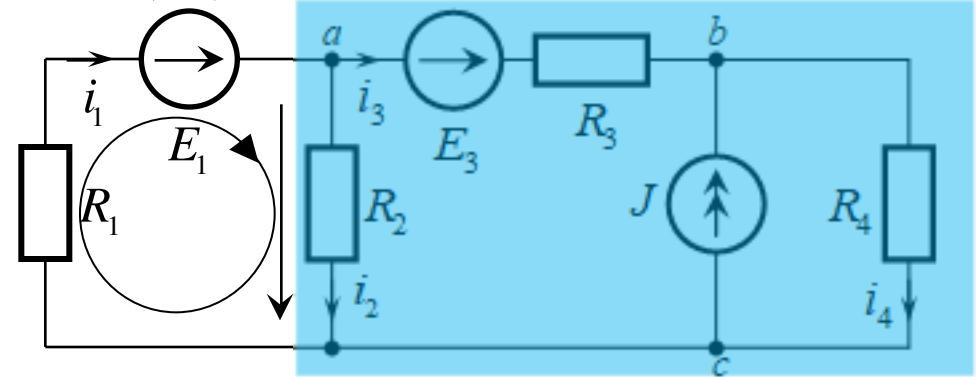






# Phương pháp thế nút (3)

$$i_1 = f(\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c)?$$

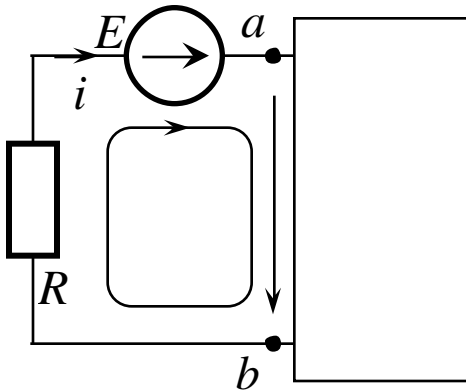


$$R_1 i_1 + (\varphi_a - \varphi_c) = E_1 \rightarrow i_1 = \frac{E_1 - \varphi_a + \varphi_c}{R_1} \left. \begin{array}{l} \\ \text{Nếu đặt } \varphi_c = 0 \end{array} \right\} \rightarrow i_1 = \frac{E_1 - \varphi_a}{R_1}$$





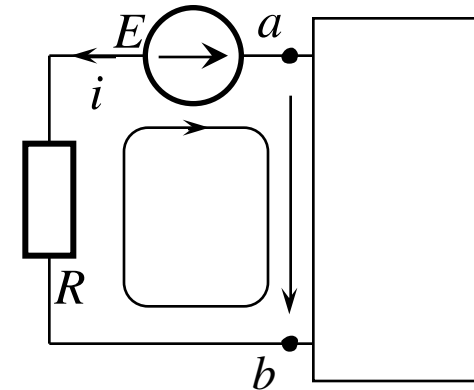
# Phương pháp thế nút (4)



$$Ri + (\varphi_a - \varphi_b) = E$$

$$\rightarrow i = \frac{E - \varphi_a + \varphi_b}{R}$$

$$\varphi_b = 0 \rightarrow i = \frac{E - \varphi_a}{R}$$



$$-Ri + (\varphi_a - \varphi_b) = E$$

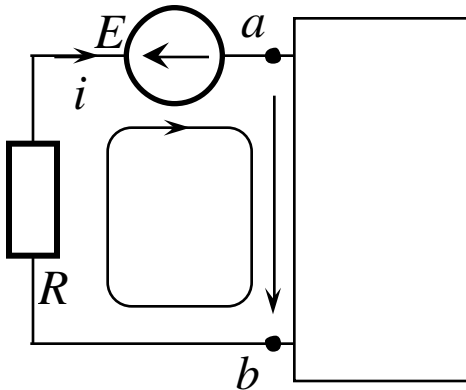
$$\rightarrow i = \frac{-E + \varphi_a - \varphi_b}{R}$$

$$\varphi_b = 0 \rightarrow i = \frac{\varphi_a - E}{R}$$





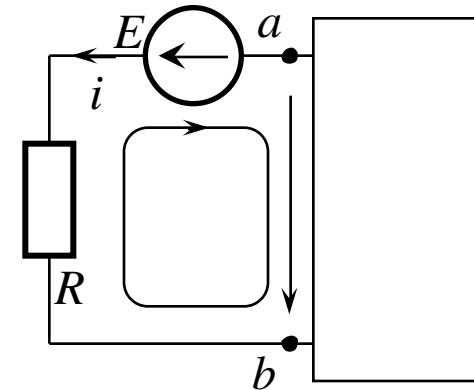
# Phương pháp thế nút (5)



$$Ri + (\varphi_a - \varphi_b) = -E$$

$$\rightarrow i = \frac{-E - \varphi_a + \varphi_b}{R}$$

$$\varphi_b = 0 \rightarrow i = \frac{-E - \varphi_a}{R}$$



$$-Ri + (\varphi_a - \varphi_b) = -E$$

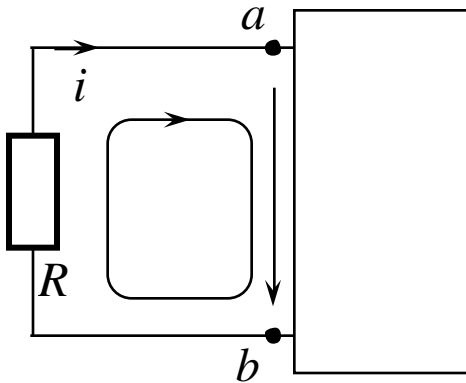
$$\rightarrow i = \frac{E + \varphi_a - \varphi_b}{R}$$

$$\varphi_b = 0 \rightarrow i = \frac{E + \varphi_a}{R}$$





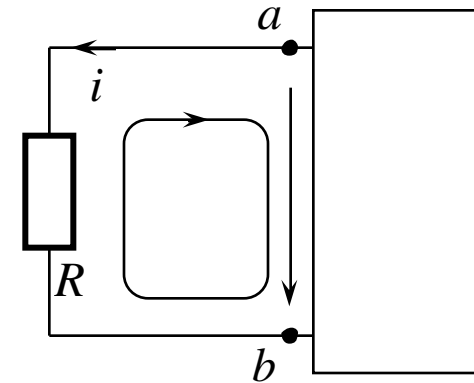
# Phương pháp thế nút (6)



$$Ri + (\varphi_a - \varphi_b) = 0$$

$$\rightarrow i = \frac{-\varphi_a + \varphi_b}{R}$$

$$\varphi_b = 0 \rightarrow i = \frac{-\varphi_a}{R}$$



$$-Ri + (\varphi_a - \varphi_b) = 0$$

$$\rightarrow i = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R}$$

$$\varphi_b = 0 \rightarrow i = \frac{\varphi_a}{R}$$



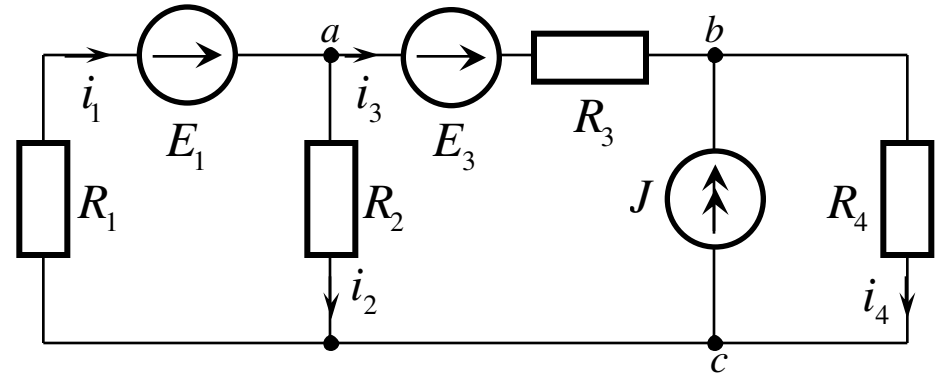


# Phương pháp thế nút (7)

**VD1** Đặt  $\varphi_c = 0$

$$a: i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$b: i_3 - i_4 + J = 0$$



$$i_1 = \frac{E_1 - \varphi_a}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{\varphi_a}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{E_3 + \varphi_a - \varphi_b}{R_3}$$

$$i_4 = \frac{\varphi_b}{R_4}$$

$$\frac{E_1 - \varphi_a}{R_1} - \frac{\varphi_a}{R_2} - \frac{E_3 + \varphi_a - \varphi_b}{R_3} = 0$$

$$\frac{E_3 + \varphi_a - \varphi_b}{R_3} - \frac{\varphi_b}{R_4} + J = 0$$

$$\left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_3} \varphi_b = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_3}$$

$$-\frac{1}{R_3} \varphi_a + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \varphi_b = \frac{E_3}{R_3} + J$$

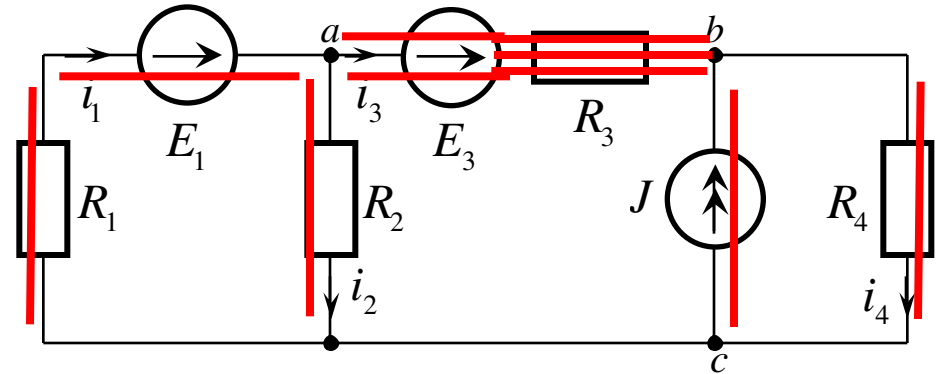
$$\begin{cases} \varphi_a \\ \varphi_b \end{cases}$$



# Phương pháp thế nút (8)

VD1

Đặt  $\varphi_c = 0$



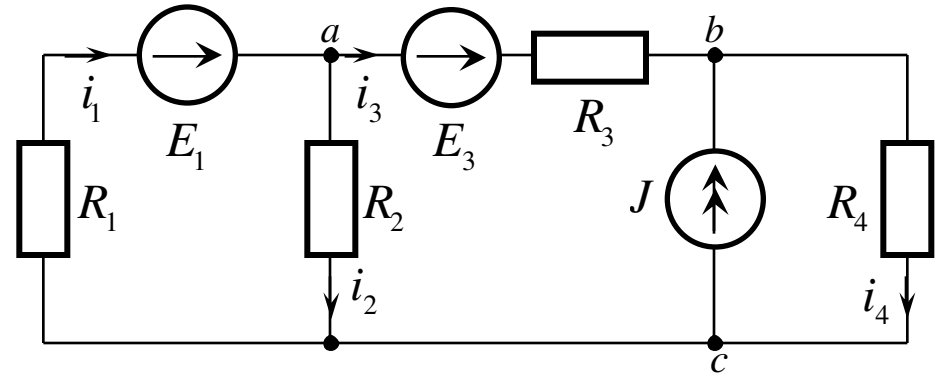
$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_3} \varphi_b = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_3} \\ -\frac{1}{R_3} \varphi_a + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \varphi_b = \frac{E_3}{R_3} + J \end{array} \right.$$



# Phương pháp thế nút (9)

VD1

Đặt  $\varphi_c = 0$



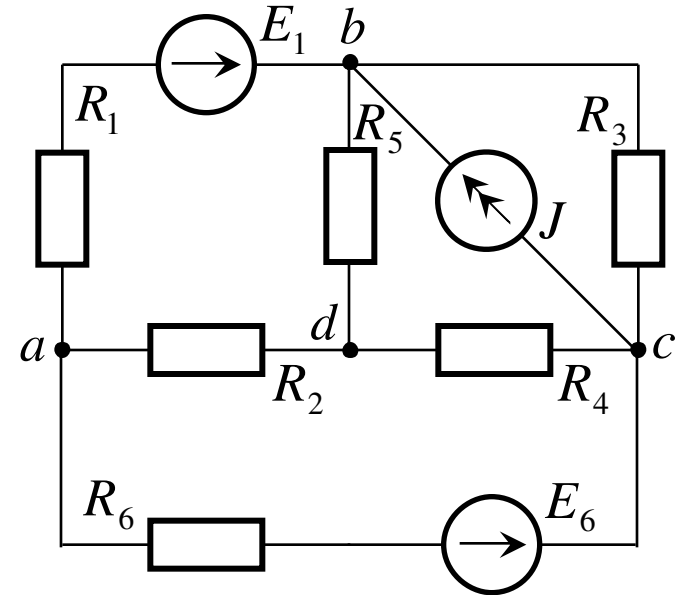
$$\left\{ \begin{array}{l} a: \left( \begin{array}{c} \phantom{0} \\ \phantom{0} \\ \phantom{0} \end{array} \right) \varphi_a - \varphi_b = \\ b: -\varphi_a + \left( \begin{array}{c} \phantom{0} \\ \phantom{0} \\ \phantom{0} \end{array} \right) \varphi_b = \end{array} \right.$$



# Phương pháp thế nút (10)

VD2

Đặt  $\varphi_d = 0$



$$\left\{ \begin{array}{l} a: \left( \begin{array}{c} \phantom{R_1} \\ \phantom{R_2} \end{array} \right) \varphi_a - \left( \begin{array}{c} \phantom{R_3} \\ \phantom{R_4} \end{array} \right) \varphi_b - \left( \begin{array}{c} \phantom{R_5} \\ \phantom{R_6} \end{array} \right) \varphi_c = \\ b: - \left( \begin{array}{c} R_1 \\ R_5 \end{array} \right) \varphi_a + \left( \begin{array}{c} R_3 \\ R_5 \end{array} \right) \varphi_b - \left( \begin{array}{c} R_4 \\ R_6 \end{array} \right) \varphi_c = \\ c: - \left( \begin{array}{c} R_1 \\ R_4 \\ R_6 \end{array} \right) \varphi_a - \left( \begin{array}{c} R_3 \\ R_5 \end{array} \right) \varphi_b + \left( \begin{array}{c} R_3 \\ R_4 \\ R_6 \end{array} \right) \varphi_c = \end{array} \right.$$

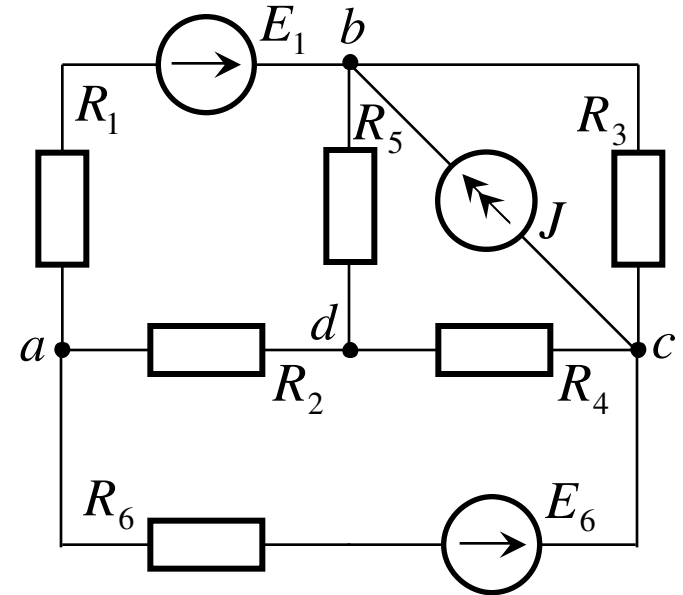




# Phương pháp thế nút (11)

VD2

Đặt  $\varphi_c = 0$



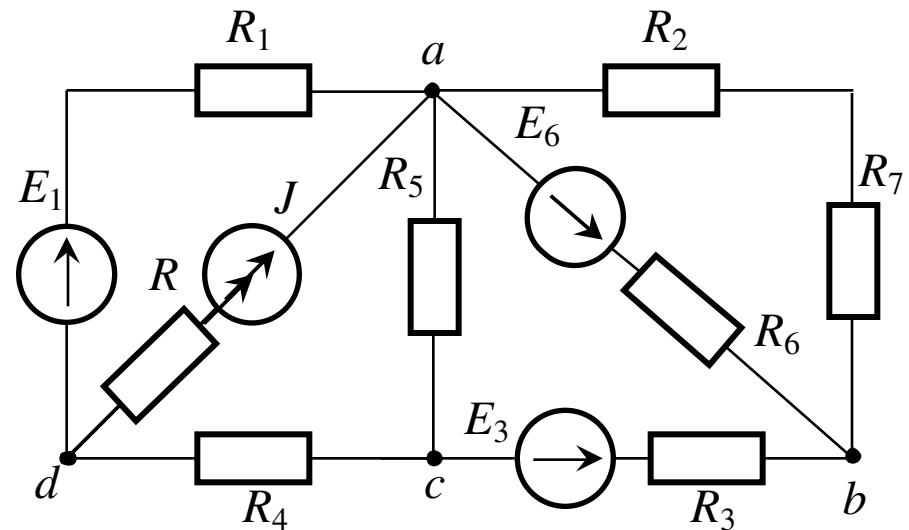
$$\left\{ \begin{array}{l} a: \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_a - \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_b - \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_d = \\ b: - \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_a + \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_b - \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_d = \\ d: - \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_a - \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_b + \left( \begin{array}{ccc} & & \\ & & \\ & & \end{array} \right) \varphi_d = \end{array} \right.$$



# Phương pháp thế nút (12)

VD3

Đặt  $\varphi_a = 0$



$$\left\{ \begin{array}{l} b: \left( \quad \right) \varphi_b - \left( \quad \right) \varphi_c - \left( \quad \right) \varphi_d = \\ c: - \left( \quad \right) \varphi_b + \left( \quad \right) \varphi_c - \left( \quad \right) \varphi_d = \\ d: - \left( \quad \right) \varphi_b - \left( \quad \right) \varphi_c + \left( \quad \right) \varphi_d = \end{array} \right.$$





# Phương pháp thế nút (13)

VD3

Đặt  $\varphi_a = 0$

$$\left\{ \begin{array}{l} b: \left( \frac{1}{R_2 + R_7} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_c - (0) \varphi_d = \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_6}{R_6} \\ c: - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_c - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_d = -\frac{E_3}{R_3} \\ d: - (0) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_c + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R + R_J} \right) \varphi_d = -J - \frac{E_1}{R_1} \end{array} \right.$$

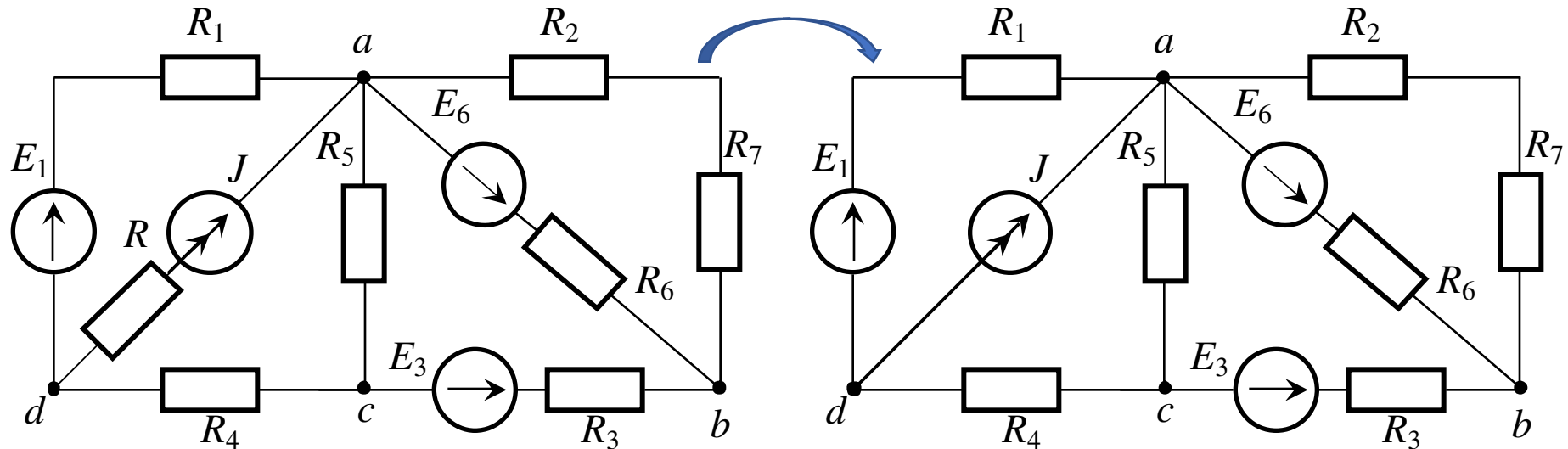
$R_J \rightarrow \infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} b: \left( \frac{1}{R_2 + R_7} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_c - (0) \varphi_d = \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_6}{R_6} \\ c: - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_c - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_d = -\frac{E_3}{R_3} \\ d: - (0) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_c + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} \right) \varphi_d = -J - \frac{E_1}{R_1} \end{array} \right.$$

# Phương pháp thế nút (14)

VD3

Đặt  $\varphi_a = 0$

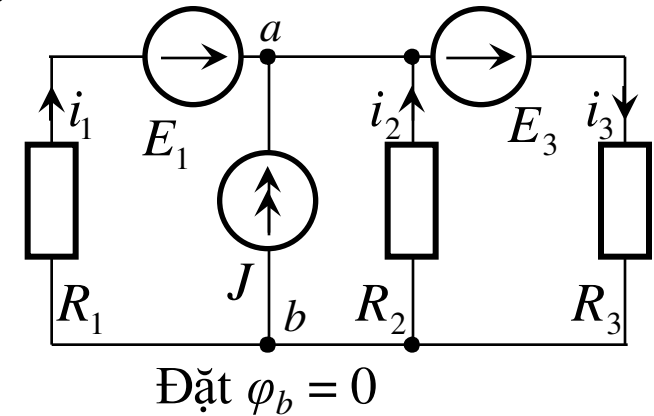


$$\left\{ \begin{array}{l} b: \left( \frac{1}{R_2 + R_7} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_c - (0) \varphi_d = \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_6}{R_6} \\ c: - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_c - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_d = -\frac{E_3}{R_3} \\ d: - (0) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_c + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} \right) \varphi_d = -J - \frac{E_1}{R_1} \end{array} \right.$$

# Phương pháp thế nút (15)

**VD4**

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega, E_1 = 30V, E_3 = 45V,$   
 $J = 2A.$  Tính các dòng điện trong mạch?



$$\left( \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{15} \right) \varphi_a = \frac{30}{10} + 2 - \frac{45}{15}$$

$$\rightarrow \varphi_a = 9,23 \text{ V}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = \frac{30 - 9,23}{10} = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = \frac{-9,23}{20} = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = \frac{45 + 9,23}{15} = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$

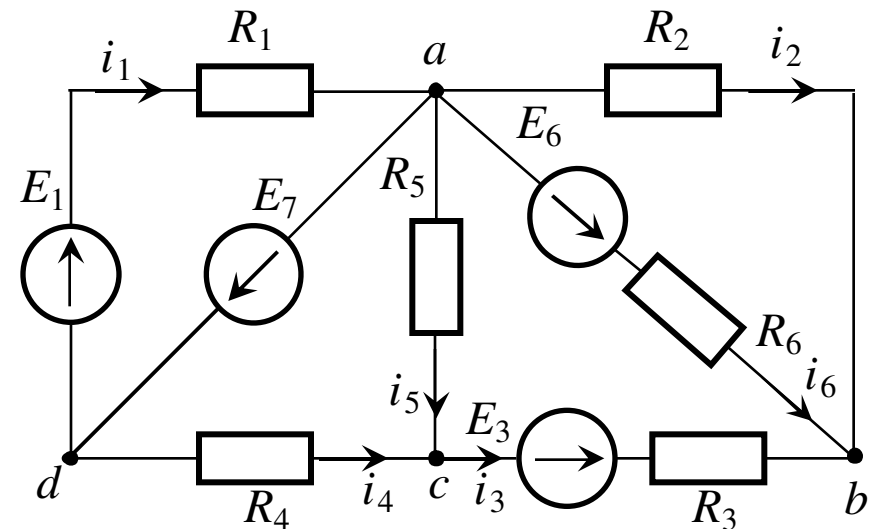




# Phương pháp thế nút (16)

VD5

Đặt  $\varphi_a = 0$



$$\begin{cases} b: \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_c - (0) \varphi_d = \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_6}{R_6} \\ c: - \left( \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_c - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_d = -\frac{E_3}{R_3} \\ d: - (0) \varphi_b - \left( \frac{1}{R_4} \right) \varphi_c + \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{E7}} \right) \varphi_d = -\frac{E_1}{R_1} - \frac{E_7}{R_{E7}} \end{cases}$$

$R_{E7} = 0$

# Phương pháp thế nút (17)

VD5

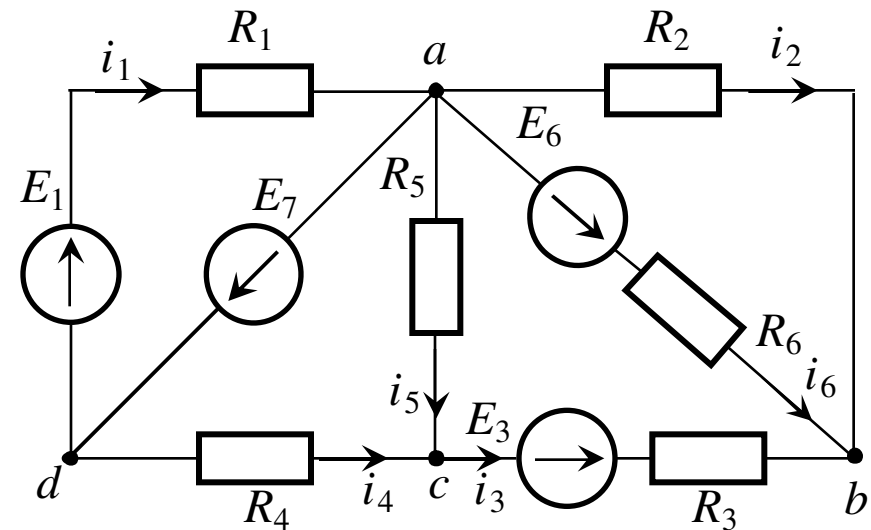
Đặt  $\varphi_a = 0$

$$\left\{ \begin{array}{l} b: i_2 + i_3 + i_6 = 0 \\ c: i_4 + i_5 - i_3 = 0 \end{array} \right.$$

$$i_1 = \frac{E_1 + E_7}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-\varphi_b}{R_2}, \quad i_3 = \frac{E_3 - \varphi_b + \varphi_c}{R_3}$$

$$i_4 = \frac{\varphi_d - \varphi_c}{R_4}, \quad i_5 = \frac{-\varphi_c}{R_5}, \quad i_6 = \frac{E_6 - \varphi_b}{R_6}$$

$$\varphi_d = E_7$$



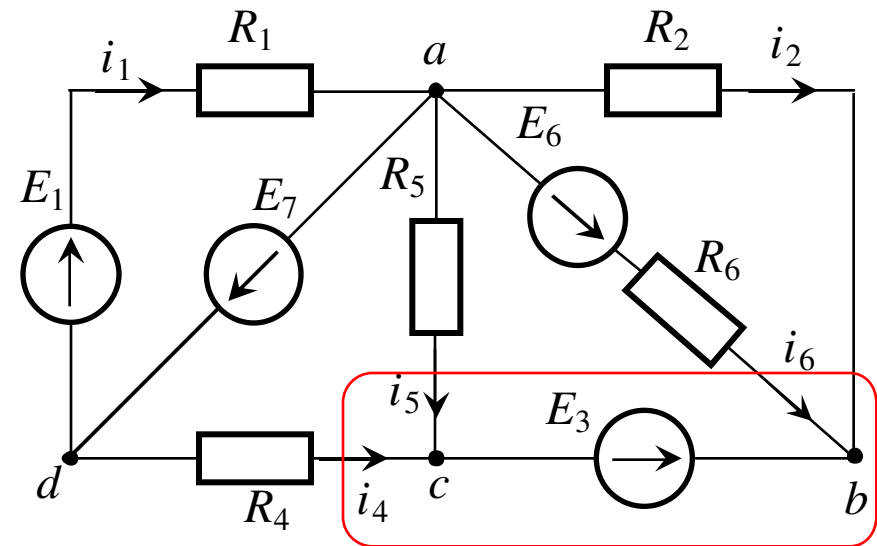
$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{-\varphi_b}{R_2} + \frac{E_3 - \varphi_b + \varphi_c}{R_3} + \frac{E_6 - \varphi_b}{R_6} = 0 \\ \frac{E_7 - \varphi_c}{R_4} + \frac{-\varphi_c}{R_5} - \frac{E_3 - \varphi_b + \varphi_c}{R_3} = 0 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \varphi_b - \frac{1}{R_3} \varphi_c = \frac{E_3}{R_3} + \frac{E_6}{R_6} \\ -\frac{1}{R_3} \varphi_b + \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_c = -\frac{E_3}{R_3} + \frac{E_7}{R_4} \end{array} \right.$$

# Phương pháp thế nút (18)

VD6

Đặt  $\varphi_a = 0$

$$\left\{ \begin{array}{l} i_2 + i_4 + i_5 + i_6 = 0 \\ i_1 = \frac{E_1 + E_7}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-\varphi_b}{R_2} \\ i_4 = \frac{\varphi_d - \varphi_c}{R_4}, \quad i_5 = \frac{-\varphi_c}{R_5}, \quad i_6 = \frac{E_6 - \varphi_b}{R_6} \\ \varphi_d = E_7, \quad \varphi_b - \varphi_c = E_3 \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{-\varphi_b}{R_2} + \frac{E_7 - \varphi_c}{R_4} + \frac{-\varphi_c}{R_5} + \frac{E_6 - \varphi_b}{R_6} = 0 \\ \varphi_b - \varphi_c = E_3 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} \right) \varphi_b + \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_c = \frac{E_6}{R_6} + \frac{E_7}{R_4} \\ \varphi_b - \varphi_c = E_3 \end{array} \right.$$







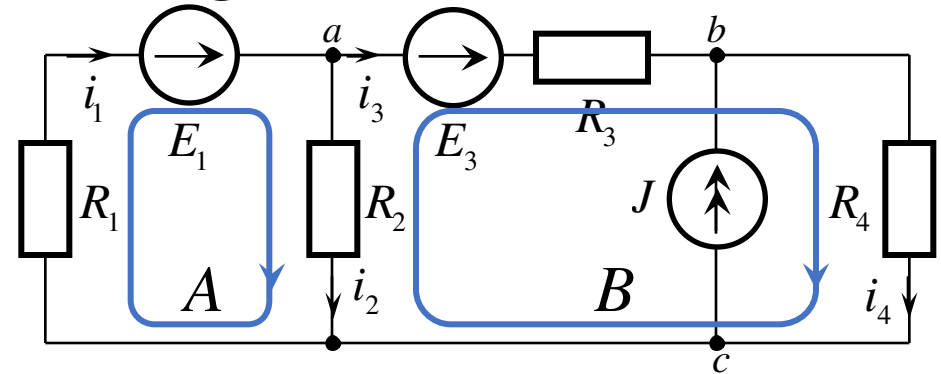
# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
- 2. Các phương pháp phân tích**
  - a) Phương pháp dòng nhánh
  - b) Phương pháp thế nút
  - c) Phương pháp dòng vòng**
  - d) Biến đổi tương đương
  - e) Phương pháp ma trận
3. Các định lý mạch





# Phương pháp dòng vòng (1)



$$\begin{cases} A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \\ B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3 \end{cases}$$

(hệ 2 phương trình 4 ẩn)

$$i_1 = f_1(i_A, i_B)$$

$$i_2 = f_2(i_A, i_B)$$

$$i_3 = f_3(i_A, i_B)$$

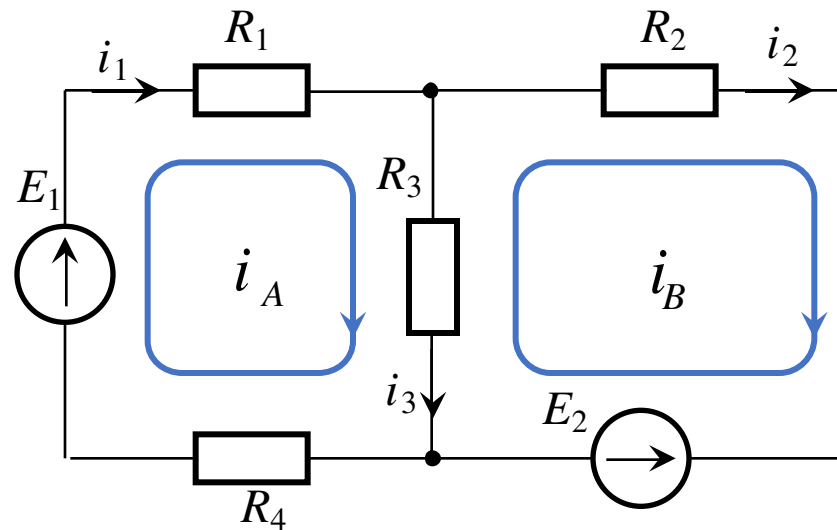
$$i_4 = f_4(i_A, i_B)$$

$$\begin{cases} A_{11} i_A + A_{12} i_B = B_1 \\ A_{21} i_A + A_{22} i_B = B_2 \end{cases}$$

(hệ 2 phương trình 2 ẩn)



# Phương pháp dòng vòng (2)



$$i_1 = i_A$$

$$i_2 = i_B$$

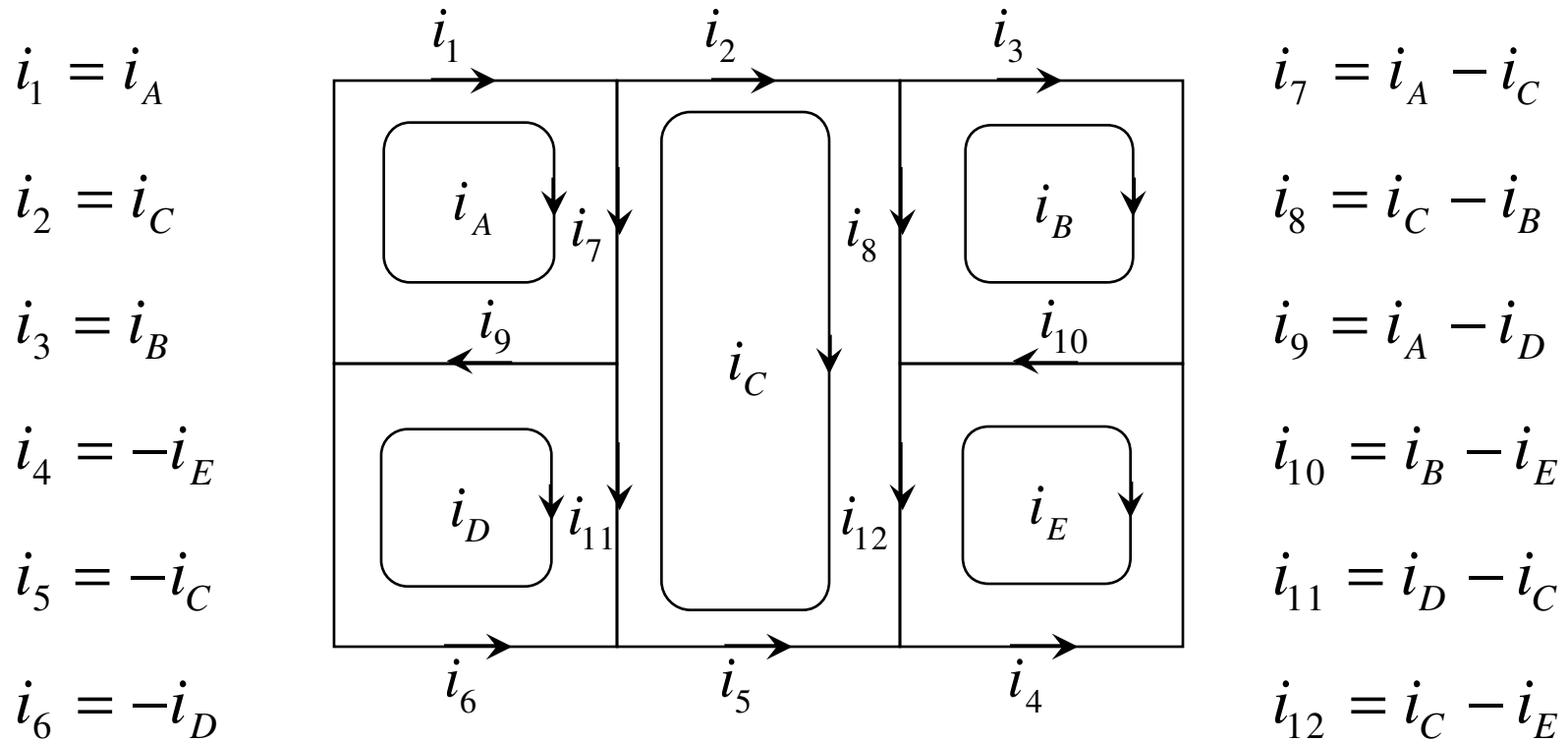
$$i_3 = i_A - i_B$$





# Phương pháp dòng vòng (3)

VD1



# Phương pháp dòng vòng (4)

VD1

$$i_1 = i_A$$

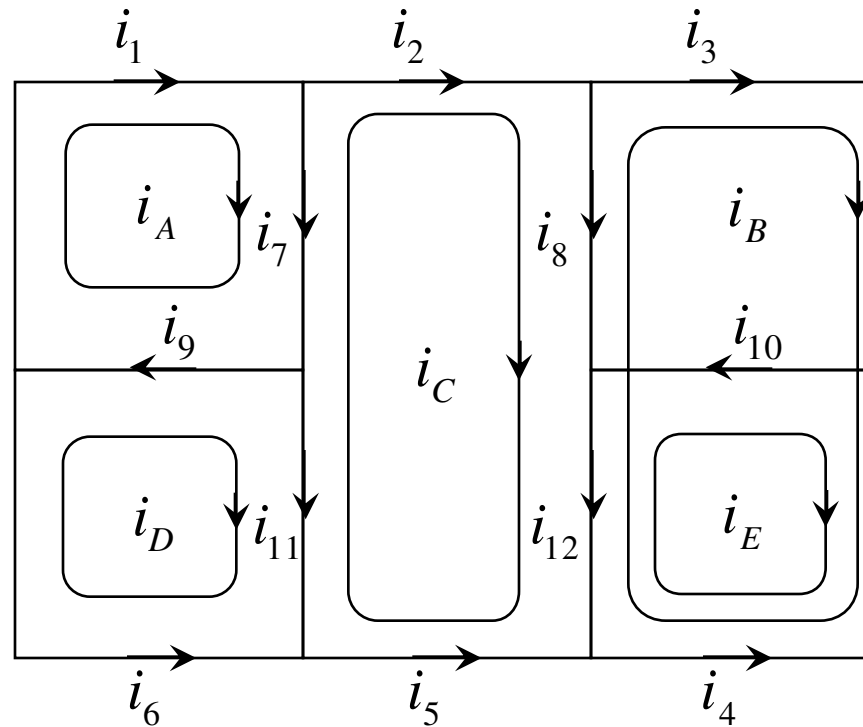
$$i_2 = i_C$$

$$i_3 = i_B$$

$$i_4 = -i_B - i_E$$

$$i_5 = -i_C$$

$$i_6 = -i_D$$



$$i_7 = i_A - i_C$$

$$i_8 = i_C - i_B$$

$$i_9 = i_A - i_D$$

$$i_{10} = -i_E$$

$$i_{11} = i_D - i_C$$

$$i_{12} = i_C - i_B - i_E$$





# Phương pháp dòng vòng (5)

- Ấn số là dòng điện chảy trong một vòng (dòng vòng).
- Dòng vòng là đại lượng không có thực, nhưng tiện lợi cho việc phân tích mạch điện.
- Dùng KD để đổi ấn số “dòng điện nhánh” thành  $n_{KA}$  ấn số “dòng điện vòng”.

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 - e_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_3 i_3 = e_2 \end{array} \right.$$

(60 định thức bậc 2)

$$\begin{array}{l} i_1 = f_1(i_A, i_B) \\ i_2 = f_2(i_A, i_B) \\ i_3 = f_3(i_A, i_B) \\ i_4 = f_4(i_A, i_B) \\ \left\{ \begin{array}{l} A_{11} i_A + A_{12} i_B = B_1 \\ A_{21} i_A + A_{22} i_B = B_2 \end{array} \right. \end{array}$$

(3 định thức bậc 2 + 4 hàm  $f$ )



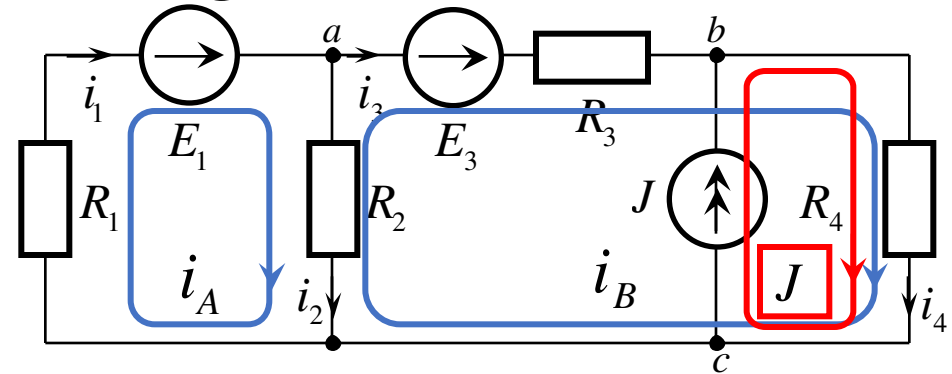


# Phương pháp dòng vòng (6)

VD2

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1$$

$$= 3 - 2 + 1 = 2$$



$$A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1$$

$$B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3$$

$$i_1 = i_A$$

$$i_2 = i_A - i_B$$

$$i_3 = i_B$$

$$i_4 = i_B + J$$

$$\rightarrow \begin{cases} R_1 i_A + R_2 (i_A - i_B) = E_1 \\ -R_2 (i_A - i_B) + R_3 i_B + R_4 (i_B + J) = E_3 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_A \\ i_B \end{cases}$$



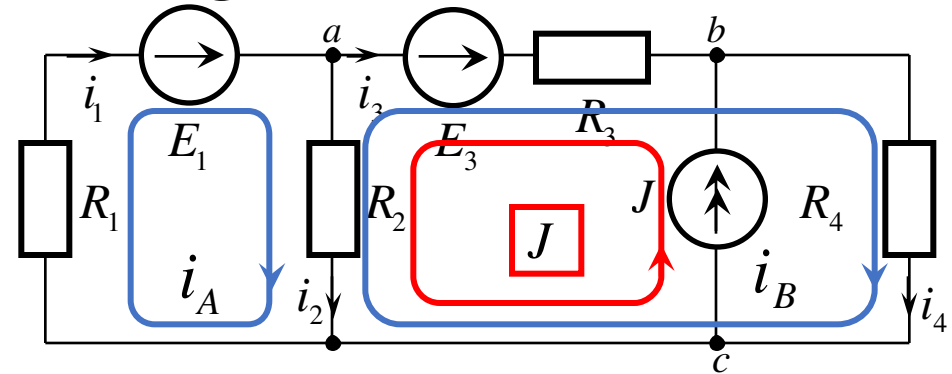


# Phương pháp dòng vòng (7)

VD2

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1$$

$$= 3 - 2 + 1 = 2$$



$$A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1$$

$$B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3$$

$$i_1 = i_A$$

$$i_2 = i_A - i_B + J$$

$$i_3 = i_B - J$$

$$i_4 = i_B$$

$$\left. \begin{array}{l} A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \\ B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3 \\ i_1 = i_A \\ i_2 = i_A - i_B + J \\ i_3 = i_B - J \\ i_4 = i_B \end{array} \right\} \rightarrow \begin{cases} R_1 i_A + R_2 (i_A - i_B + J) = E_1 \\ -R_2 (i_A - i_B + J) + R_3 (i_B - J) + R_4 i_B = E_3 \end{cases}$$



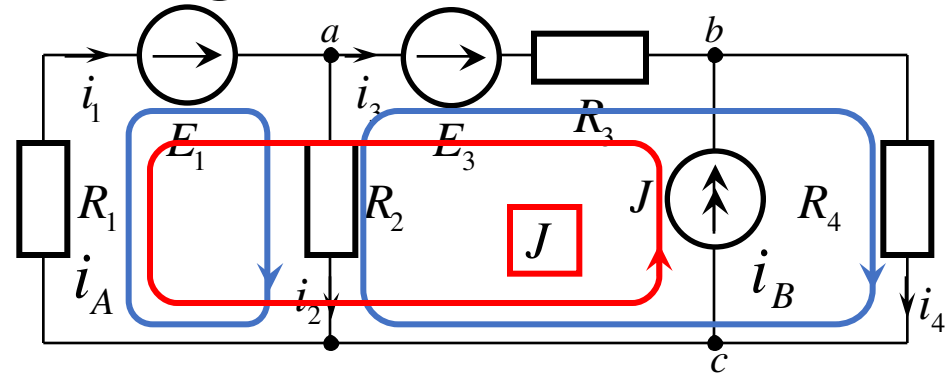


# Phương pháp dòng vòng (8)

VD2

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1$$

$$= 3 - 2 + 1 = 2$$



$$A : R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1$$

$$B : -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3$$

$$i_1 = i_A - J$$

$$i_2 = i_A - i_B$$

$$i_3 = i_B - J$$

$$i_4 = i_B$$

$$\rightarrow \begin{cases} R_1 (i_A - J) + R_2 (i_A - i_B) = E_1 \\ -R_2 (i_A - i_B) + R_3 (i_B - J) + R_4 i_B = E_3 \end{cases}$$





# Phương pháp dòng vòng (9)

VD3

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

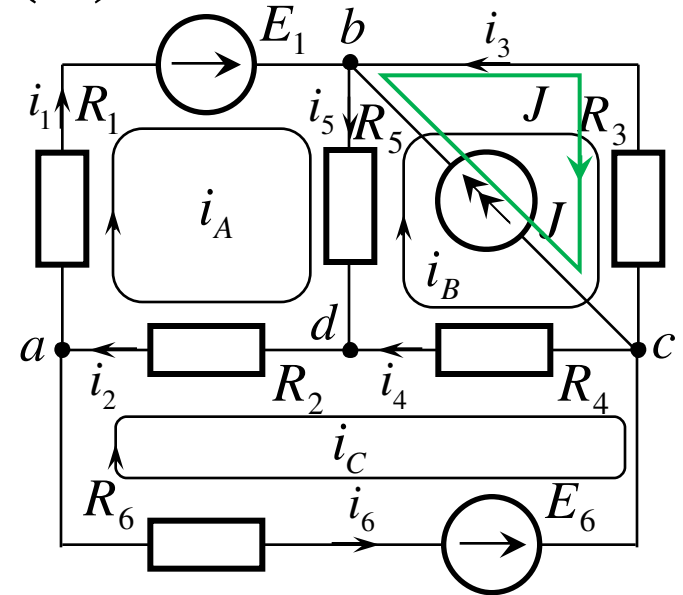
$$A: R_1 i_1 + R_5 i_5 + R_2 i_2 = E_1$$

$$B: -R_3 i_3 + R_4 i_4 - R_5 i_5 = 0$$

$$C: -R_2 i_2 - R_4 i_4 - R_6 i_6 = -E_6$$

$$i_1 = i_A; \quad i_2 = i_A - i_C; \quad i_3 = -i_B - J$$

$$i_4 = i_B - i_C; \quad i_5 = i_A - i_B; \quad i_6 = -i_C$$



$$\rightarrow \begin{cases} R_1 i_A + R_5 (i_A - i_B) + R_2 (i_A - i_C) = E_1 \\ -R_3 (-i_B - J) + R_4 (i_B - i_C) - R_5 (i_A - i_B) = 0 \\ -R_2 (i_A - i_C) - R_4 (i_B - i_C) - R_6 (-i_C) = -E_6 \end{cases}$$



# Phương pháp dòng vòng (10)

VD3

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

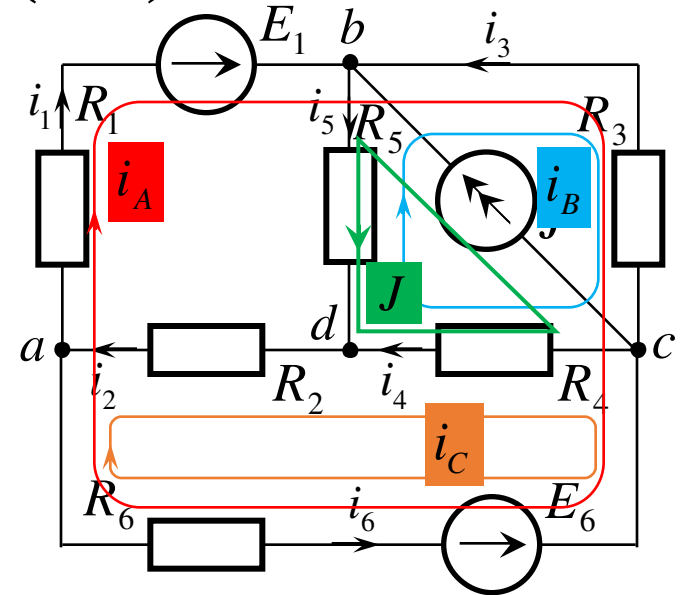
$$A: R_1 i_1 - R_3 i_3 - R_6 i_6 = E_1 - E_6$$

$$B: -R_3 i_3 + R_4 i_4 - R_5 i_5 = 0$$

$$C: -R_2 i_2 - R_4 i_4 - R_6 i_6 = -E_6$$

$$i_1 = i_A; \quad i_2 = -i_C; \quad i_3 = -i_A - i_B$$

$$i_4 = i_B - i_C - J; \quad i_5 = -i_B + J; \quad i_6 = -i_A - i_C$$



$$\rightarrow \begin{cases} R_1 i_A - R_3 (-i_A - i_B) - R_6 (-i_A - i_C) = E_1 - E_6 \\ -R_3 (-i_A - i_B) + R_4 (i_B - i_C - J) - R_5 (-i_B + J) = 0 \\ -R_2 (-i_C) - R_4 (i_B - i_C - J) - R_6 (-i_A - i_C) = -e_6 \end{cases}$$





# Phương pháp dòng vòng (11)

VD4

$$n_{KA} = \text{số\_nhánh} - \text{số\_nút} + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

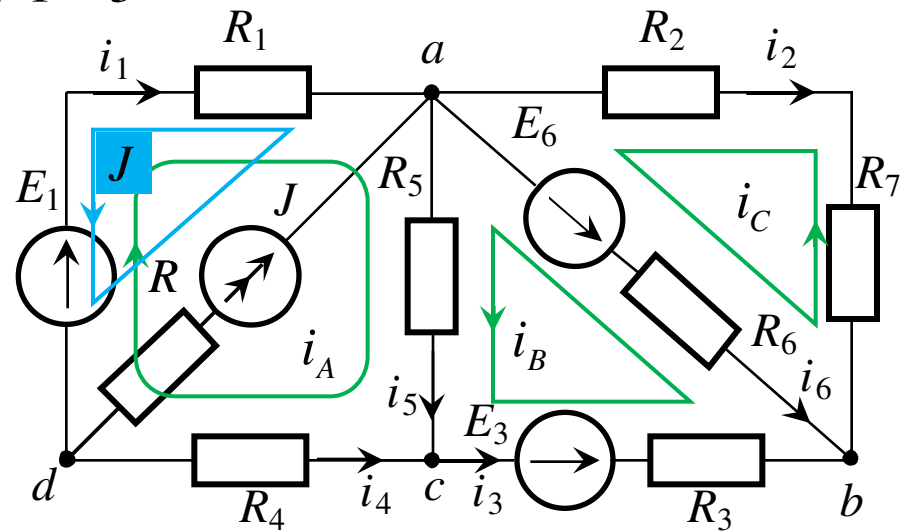
$$A: R_1 i_1 + R_5 i_5 - R_4 i_4 = E_1$$

$$B: R_3 i_3 - R_6 i_6 + R_5 i_5 = E_3 - E_6$$

$$C: R_6 i_6 - (R_2 + R_7) i_2 = E_6$$

$$i_1 = i_A - J; i_2 = -i_C; i_3 = i_B$$

$$i_4 = -i_A; i_5 = i_A + i_B; i_6 = i_C - i_B$$



$$\rightarrow \begin{cases} R_1(i_A - J) + R_5(i_A + i_B) - R_4(-i_A) = E_1 \\ R_3 i_B - R_6(i_C - i_B) + R_5(i_A + i_B) = E_3 - E_6 \\ R_6(i_C - i_B) - (R_2 + R_7)(-i_C) = E_6 \end{cases}$$

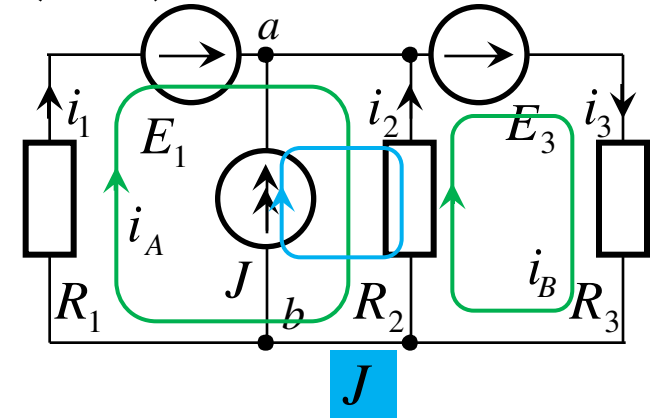




# Phương pháp dòng vòng (12)

VD5

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega, E_1 = 30V, E_3 = 45V,$   
 $J = 2A.$  Tính các dòng điện trong mạch?



$$\begin{cases} 10i_A + 20(i_A - i_B + 2) = 30 \\ 20(i_B - i_A - 2) + 15i_B = 45 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} 30i_A - 20i_B = -10 \\ -20i_A + 35i_B = 85 \end{cases}$$

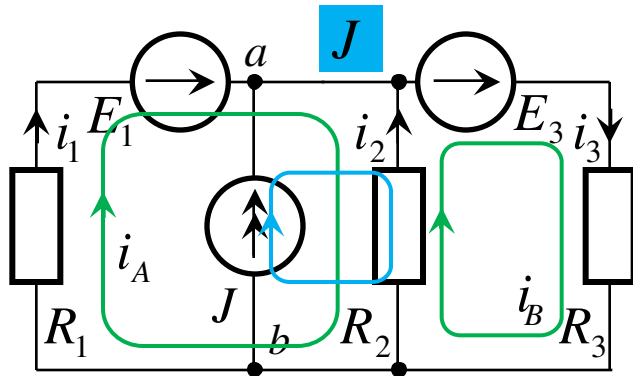
$$\rightarrow \begin{cases} i_A = 2,08 \text{ A} \\ i_B = 3,62 \text{ A} \end{cases} \quad \rightarrow \begin{cases} i_1 = i_A = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = -i_A + i_B - J = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = i_B = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$





# Phương pháp dòng vòng (12)

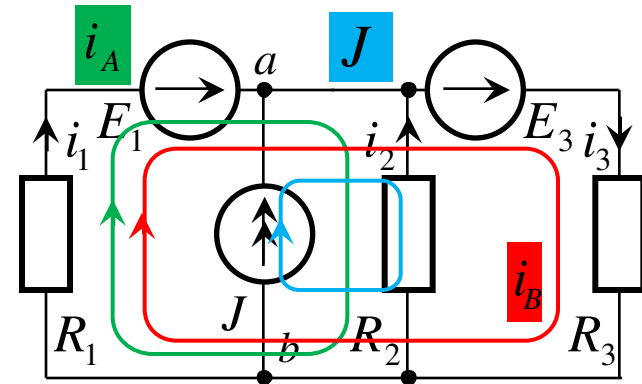
VD5



$$\begin{cases} 10i_A + 20(i_A - i_B + 2) = 30 \\ 20(i_B - i_A - 2) + 15i_B = 45 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_A = 2,08 \text{ A} \\ i_B = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = i_A = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = -i_A + i_B - J = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = i_B = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$



$$\begin{cases} 10(i_A + i_B) + 20(i_A + 2) = 30 \\ 10(i_B + i_A) + 15i_B = 30 + 45 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_A = -1,54 \text{ A} \\ i_B = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = i_A + i_B = 2,08 \text{ A} \\ i_2 = -i_A - J = -0,46 \text{ A} \\ i_3 = i_B = 3,62 \text{ A} \end{cases}$$



# Các phương pháp phân tích

- Đối với một mạch điện có  $n$  nhánh, p/p dòng nhánh sẽ dẫn đến việc giải đồng thời hệ  $n$  phương trình  $n$  ẩn.
- → Rất ít khi dùng phương pháp dòng nhánh.
- Hai p/p dòng vòng & thế nút giảm số lượng phương trình & số lượng ẩn.
- Nên dùng hai p/p dòng vòng & thế nút khi giải mạch điện.
- Cho một mạch điện, chọn p/p thế nút hay dòng vòng?
- → Lựa chọn:
  - Chọn p/p nào có ít ẩn số hơn,
  - P/p thế nút rất thích hợp cho mạch điện chỉ có 2 nút,
  - Có một số kiểu mạch điện khó dùng p/p thế nút,
  - Có một số kiểu mạch điện khó dùng p/p dòng vòng.





# Các phương pháp phân tích

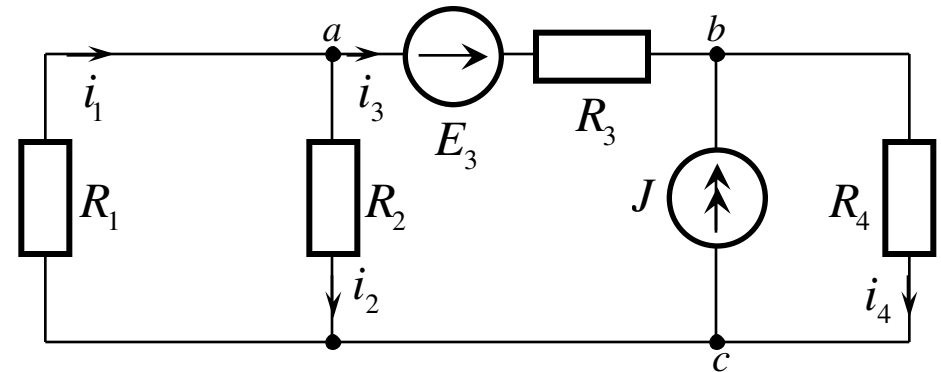
VD7

Tính  $i_3$  ?

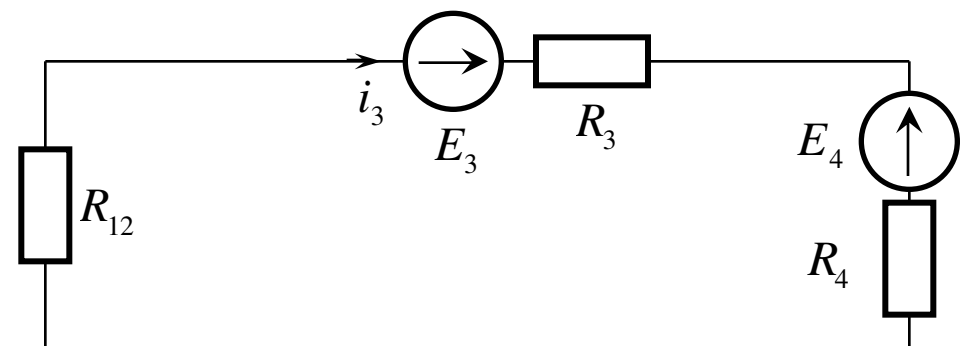
Phương pháp dòng nhánh: 4 ẩn

Phương pháp thế nút: 2 ẩn

Phương pháp dòng vòng: 2 ẩn



Biến đổi tương đương



$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$E_4 = R_4 J$$

$$i_3 = \frac{E_3 - E_4}{R_{12} + R_3 + R_4}$$





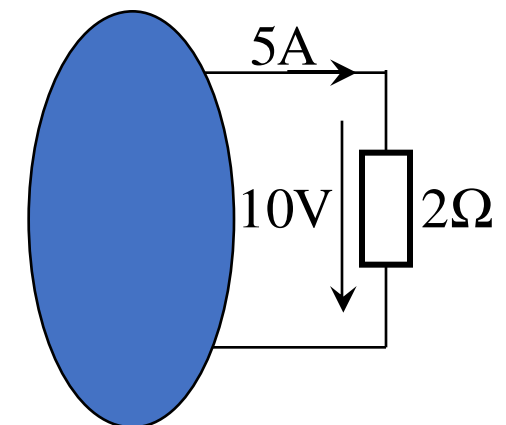
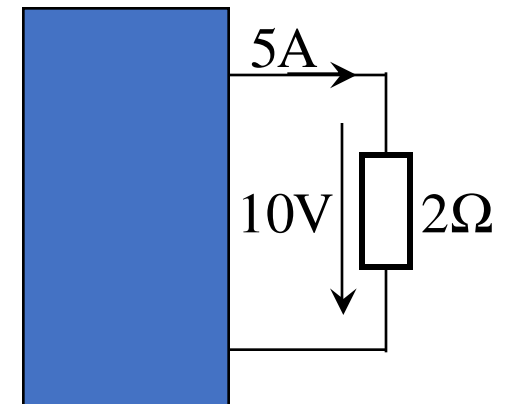
# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
- 2. Các phương pháp phân tích**
  - a) Phương pháp dòng nhánh
  - b) Phương pháp thế nút
  - c) Phương pháp dòng vòng
  - d) Biến đổi tương đương**
  - e) Phương pháp ma trận
3. Các định lý mạch



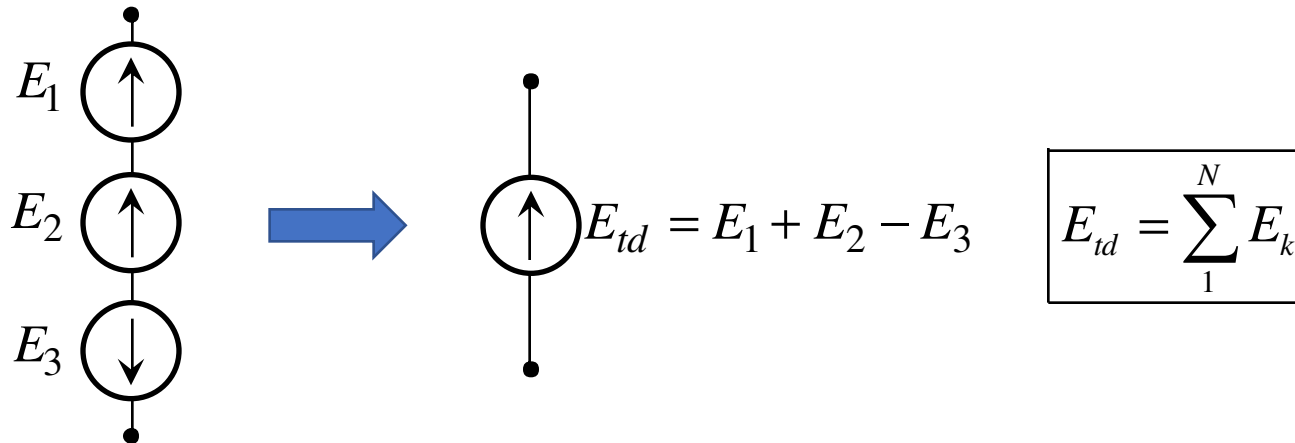
# Biến đổi tương đương

- Hai phần tử mạch được gọi là tương đương nhau nếu chúng có quan hệ giữa dòng & áp giống nhau.
- Các phép biến đổi tương đương:
  - Nguồn áp
  - Nguồn dòng
  - Điện trở nối tiếp
  - Điện trở song song
  - $Y \leftrightarrow \Delta$
  - Nguồn áp  $\leftrightarrow$  nguồn dòng
  - Millman

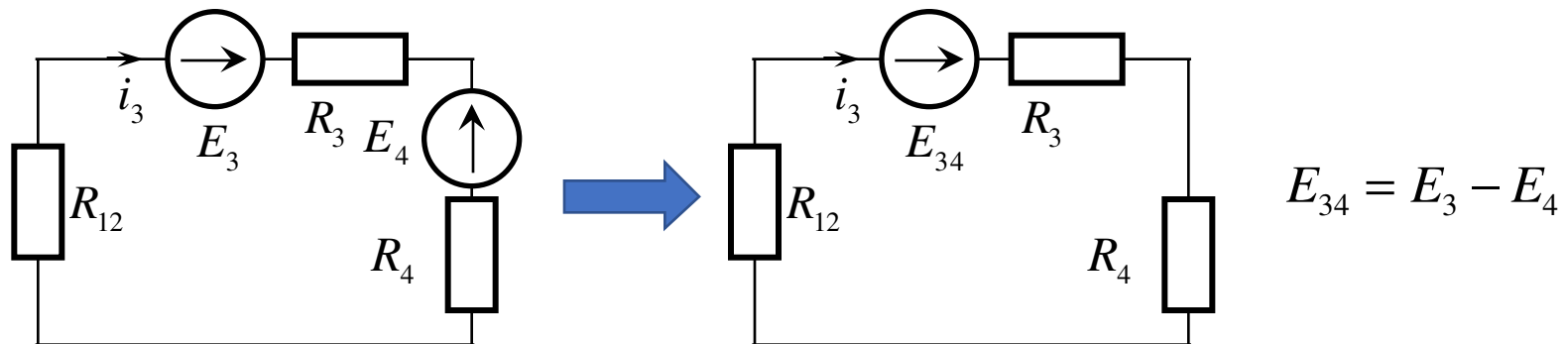




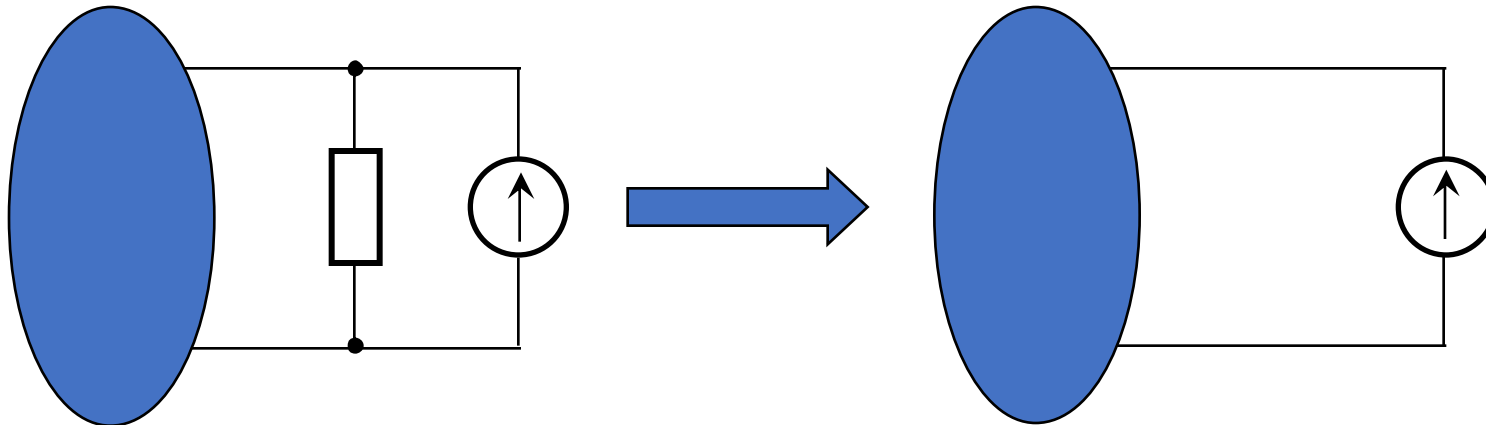
# Nguồn áp (1)



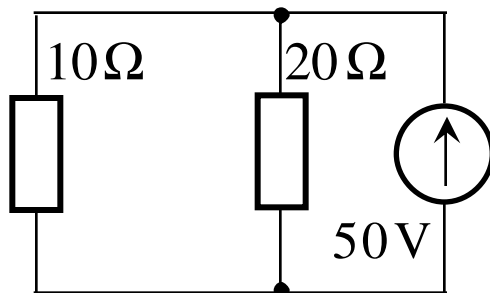
## VD1



# Nguồn áp (2)

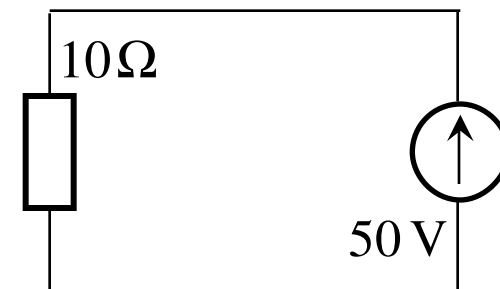


## VD2



$$i_{10} = \frac{50}{10} = 5 \text{ A}$$

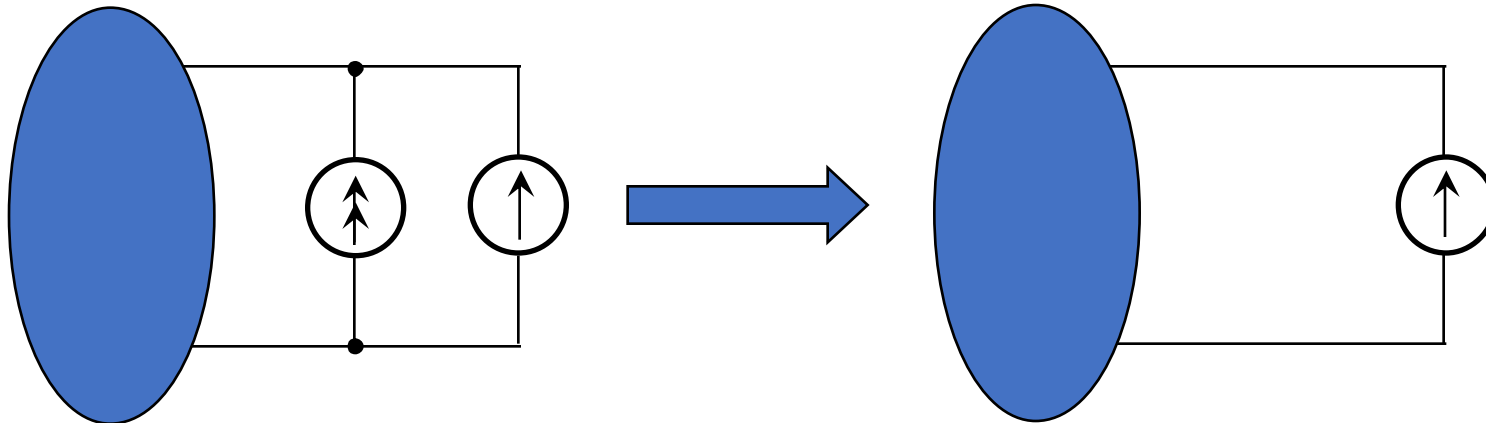
$$i_E = \frac{50}{10} + \frac{50}{20} = 7,5 \text{ A}$$



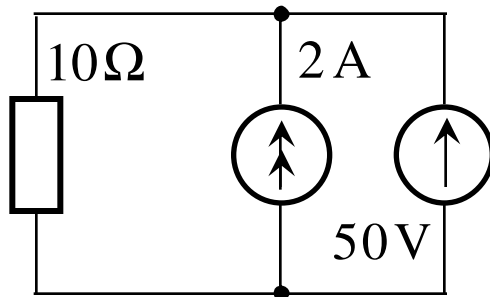
$$i_{10} = \frac{50}{10} = 5 \text{ A} = i_E$$



# Nguồn áp (3)

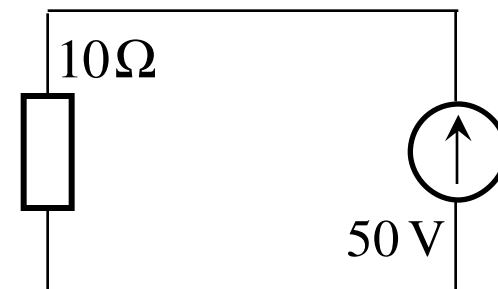


## VD3



$$i_{10} = \frac{50}{10} = 5 \text{ A}$$

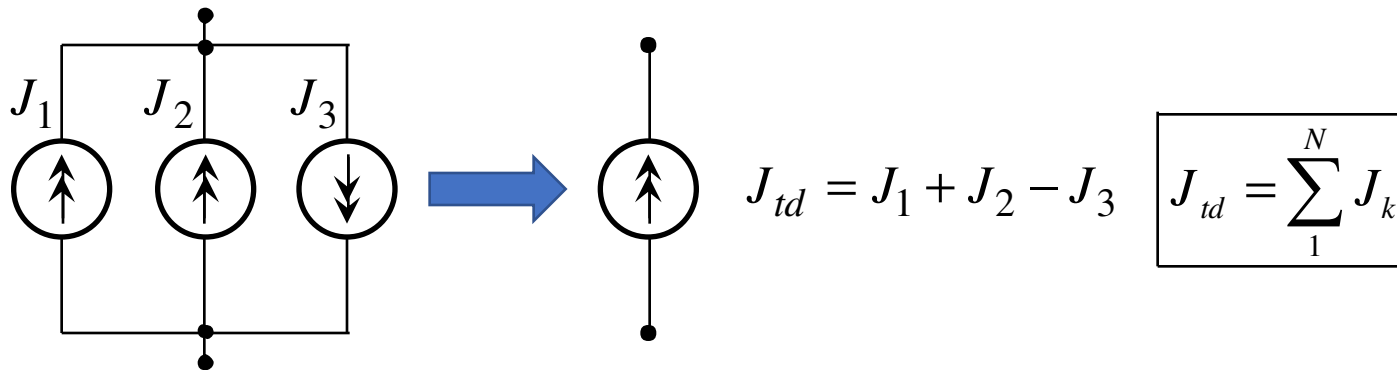
$$i_E + 2 = i_{10} \rightarrow i_E = 3 \text{ A}$$



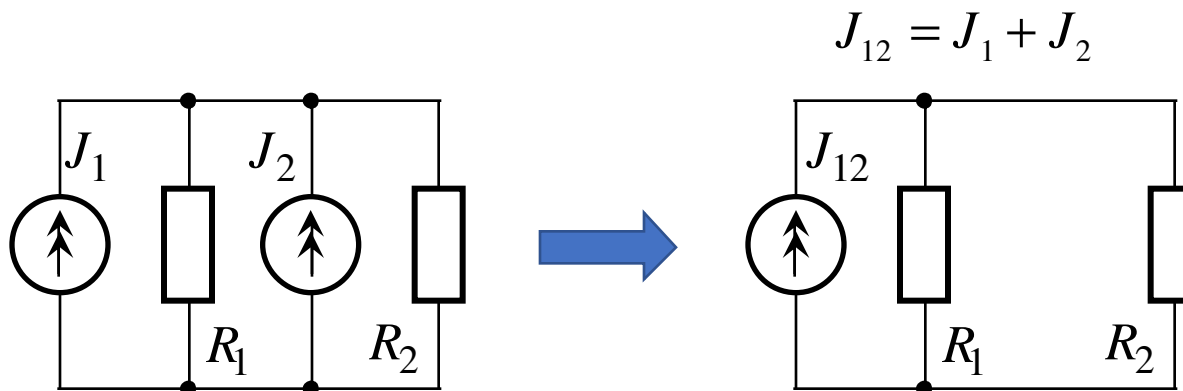
$$i_{10} = \frac{50}{10} = 5 \text{ A} = i_E$$



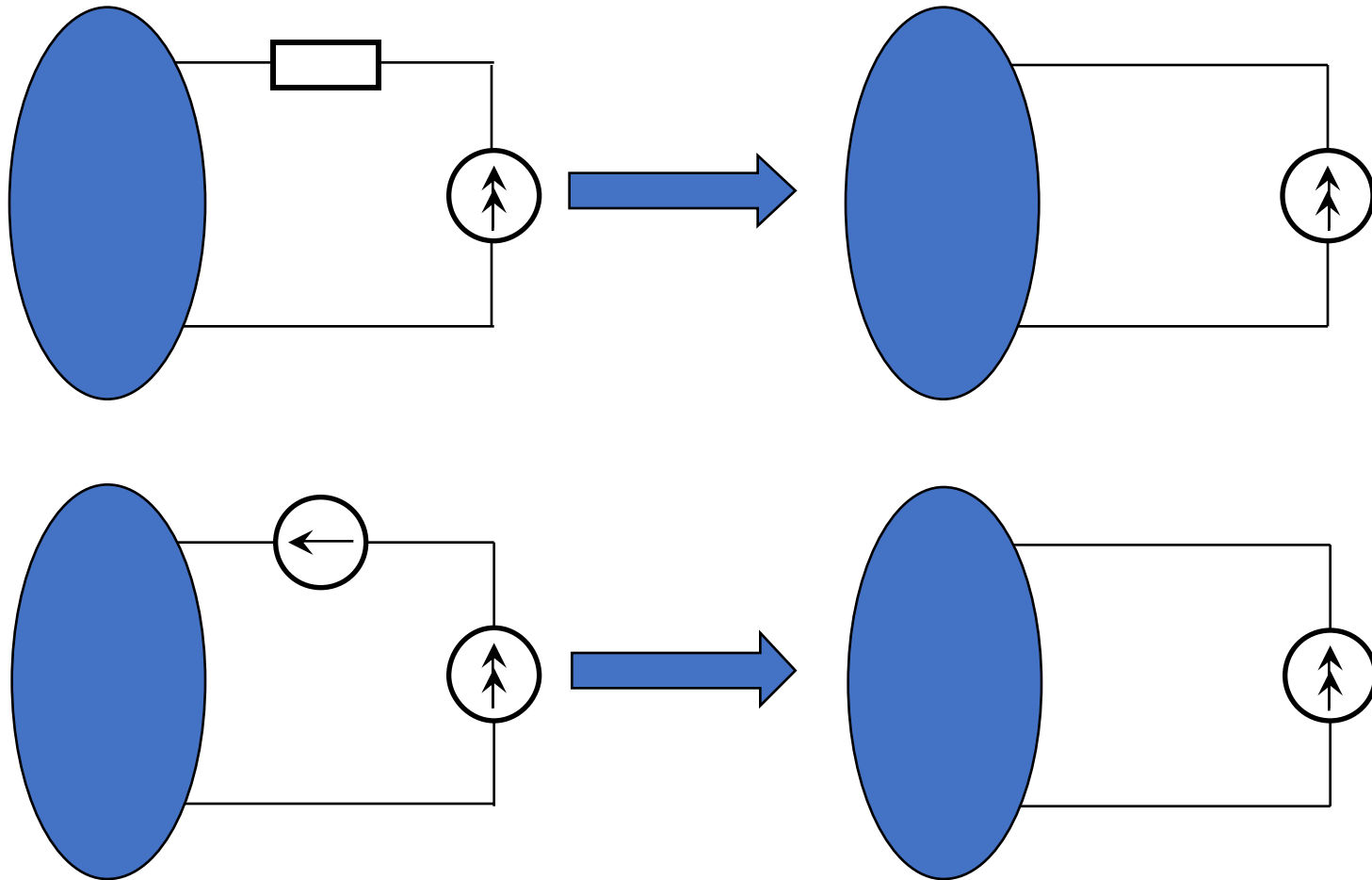
# Nguồn dòng (1)



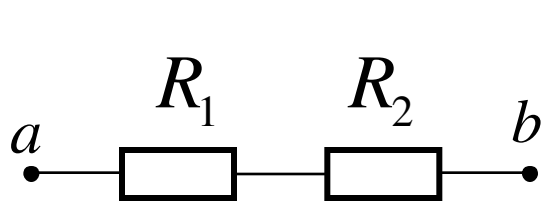
## VD4



# Nguồn dòng (2)



# Điện trở nối tiếp



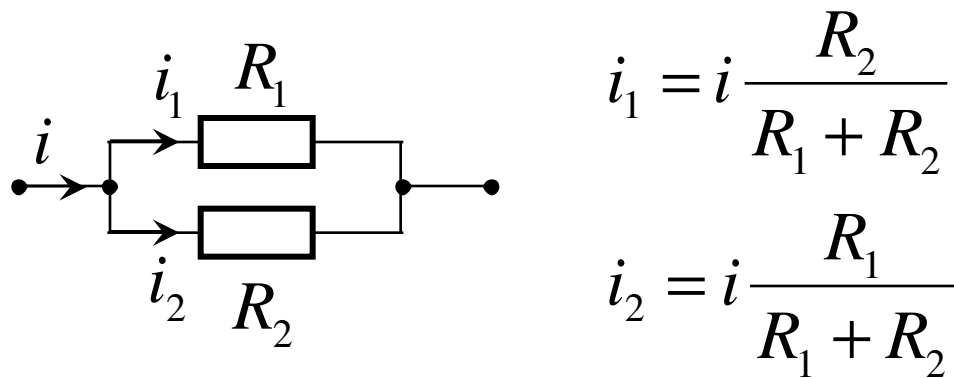
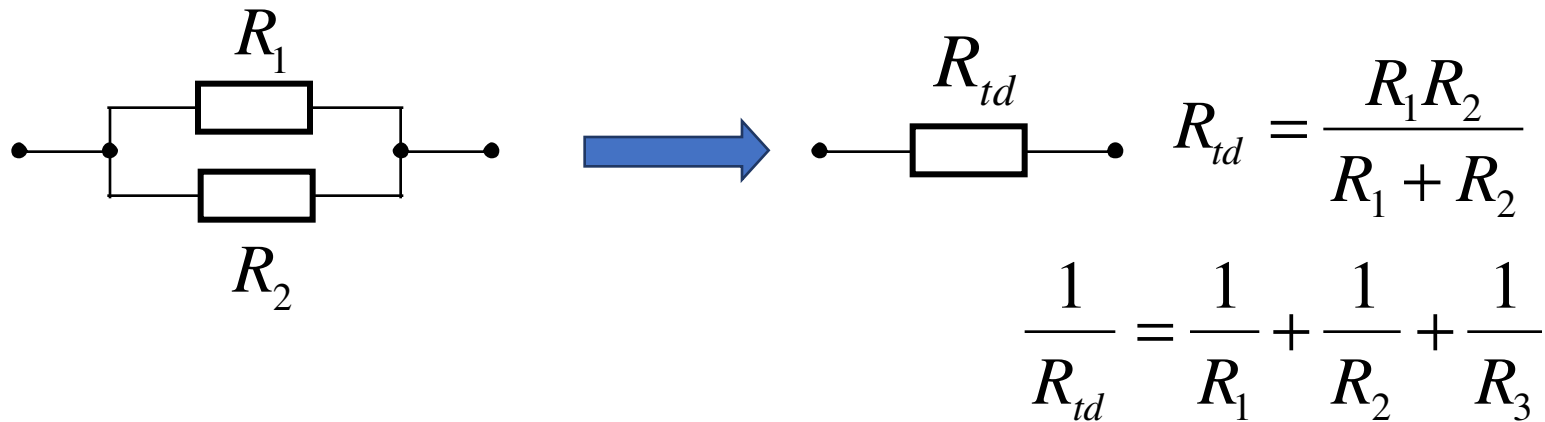
$$u_{R1} = R_1 \frac{u_{ab}}{R_1 + R_2}$$

$$u_{R2} = R_2 \frac{u_{ab}}{R_1 + R_2}$$





# Điện trở song song

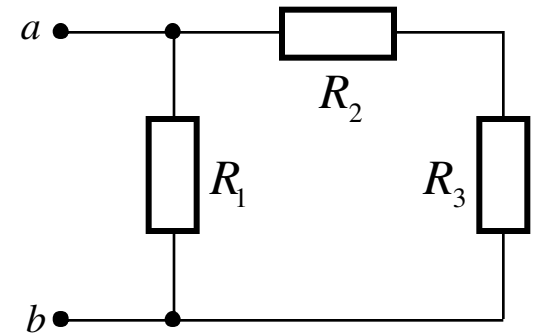


# Biến đổi tương đương điện trở (1)

## VD5

$R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 8 \Omega$ ; Tính  $R_{ab}$ ?

$$R_{ab} = (R_2 + R_3) // R_1 = \frac{(R_2 + R_3)R_1}{(R_2 + R_3) + R_1} = \frac{(6+8)4}{6+8+4} = 3,11 \Omega$$

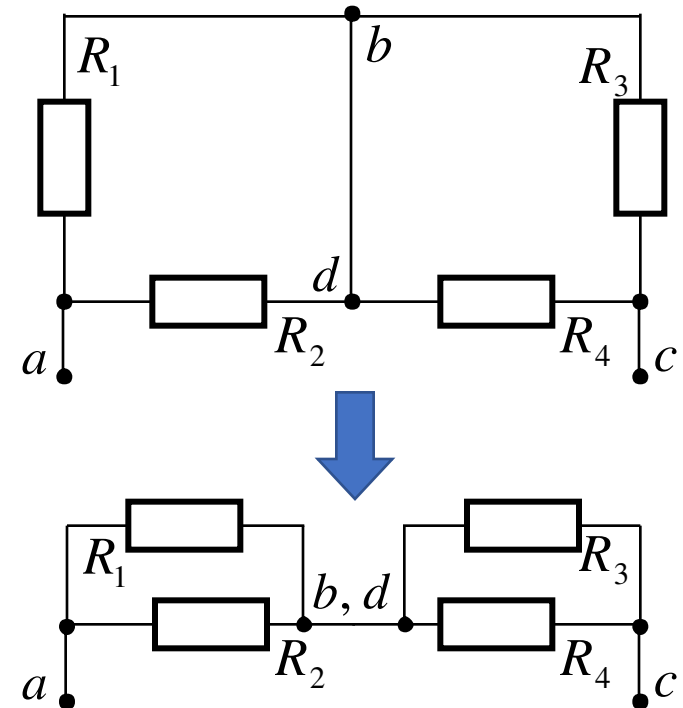


## VD6

$R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega$ ; Tính  $R_{ac}$ ?

$$R_{ac} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$= \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} + \frac{2 \cdot 10}{2 + 10} = 4,07 \Omega$$



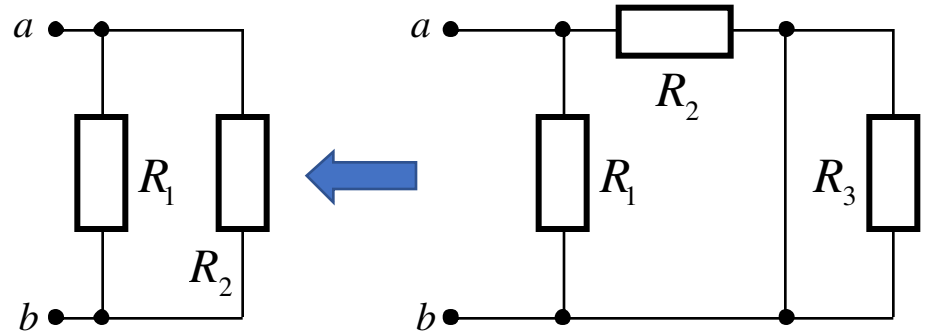
# Biến đổi tương đương điện trở (2)

## VD7

$R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 8 \Omega; \text{Tính } R_{ab}?$

$$R_{td} = R_1 // R_2$$

$$= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2,4 \Omega$$

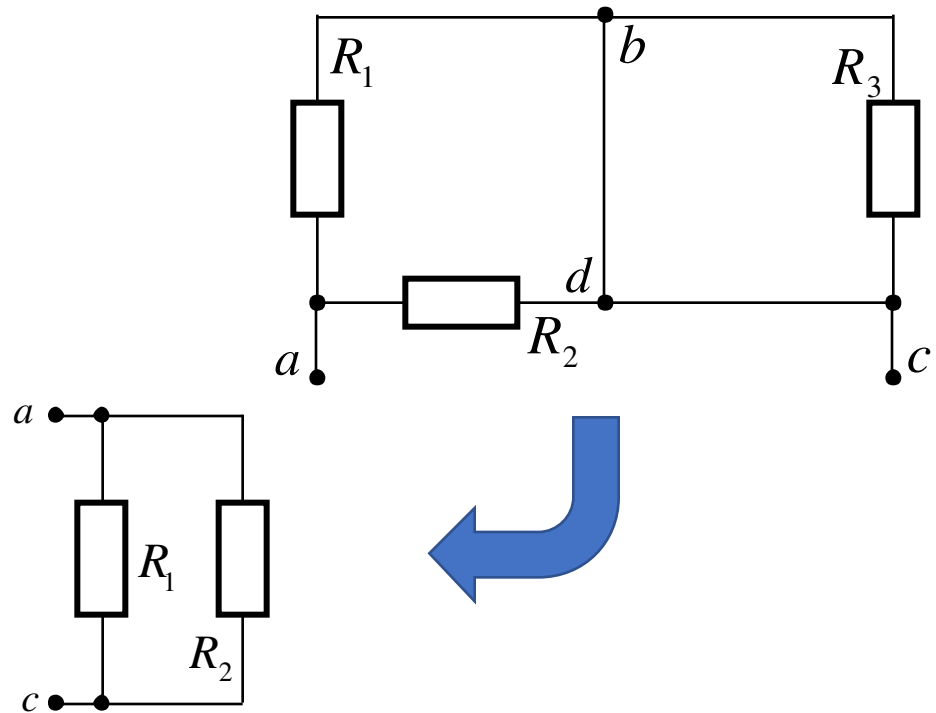


## VD8

$R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; \text{Tính } R_{ac}?$

$$R_{ac} = R_1 // R_2$$

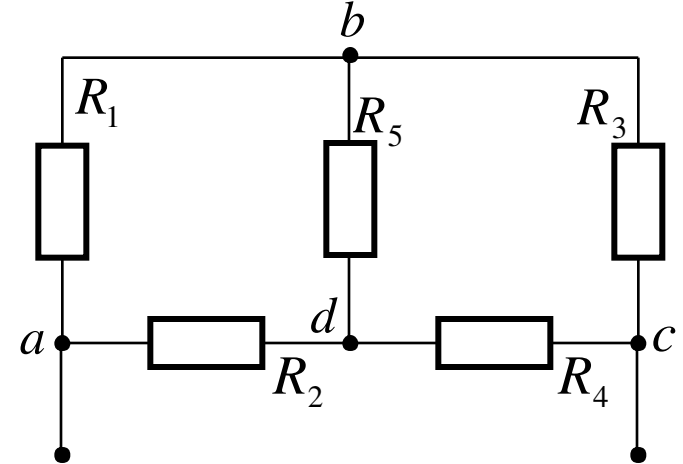
$$= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2,4 \Omega$$



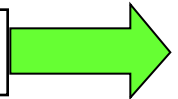
# Biến đổi tương đương điện trở (3)

VD9

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  $R_5 = 50 \Omega$ , Tính  $R_{ac}$ ?

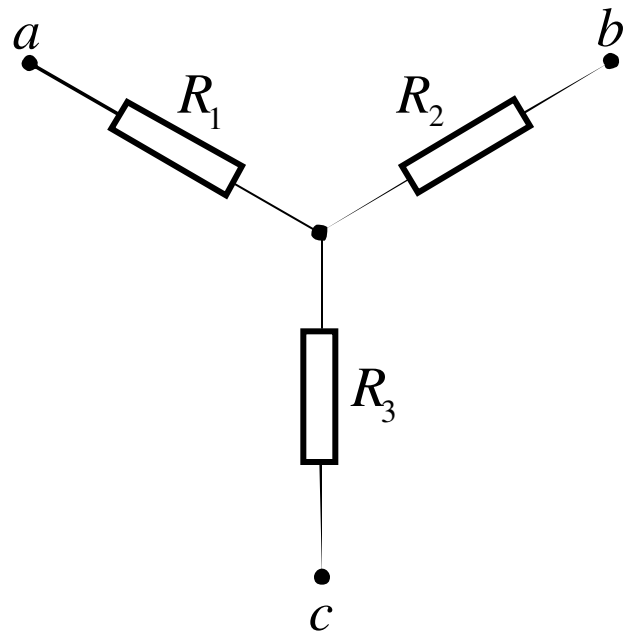


Biến đổi  $Y \leftrightarrow \Delta$





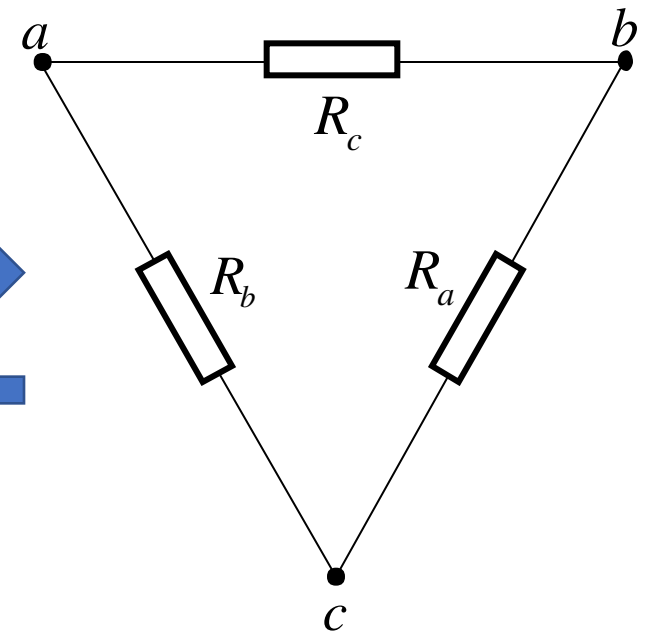
# $Y \leftrightarrow \Delta (1)$



$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$



$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

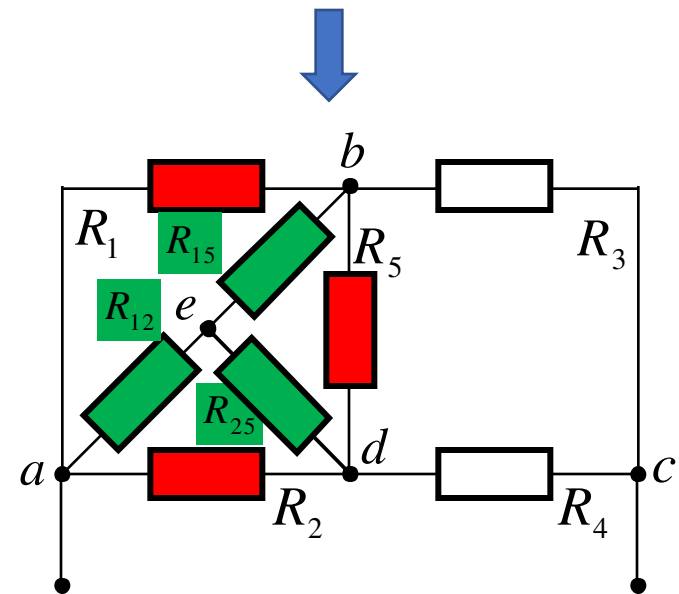
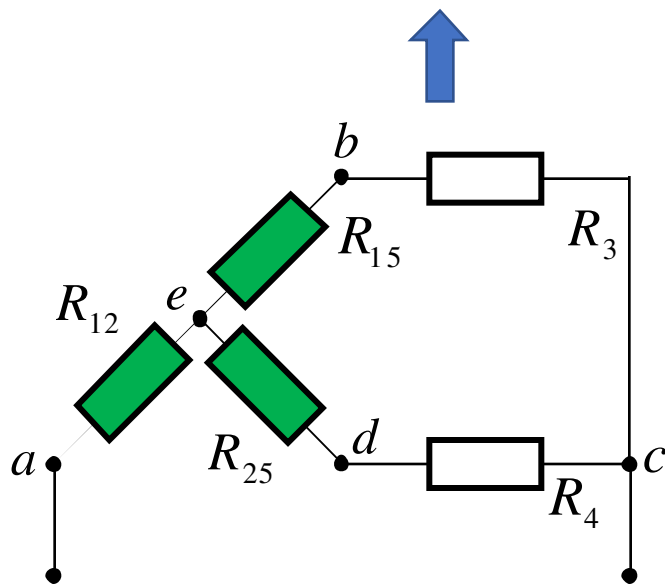
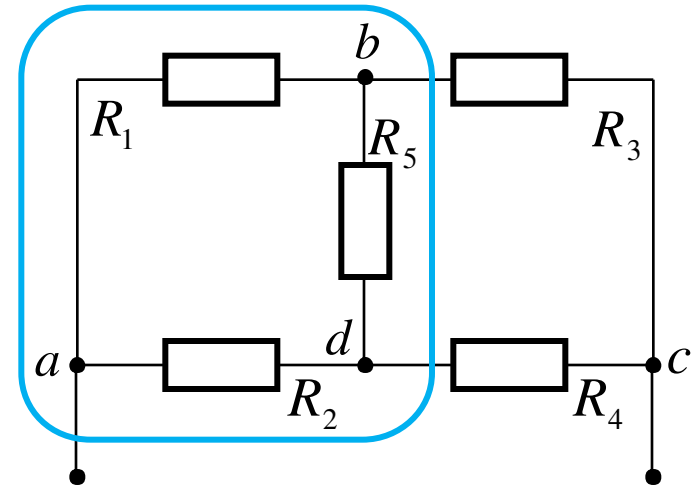
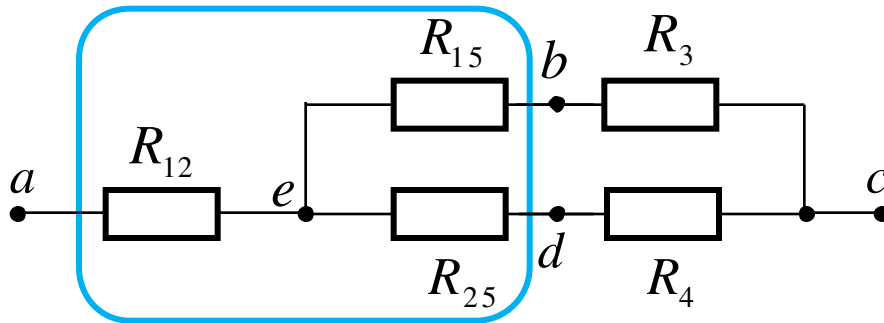




# $Y \leftrightarrow \Delta (2)$

## VD9

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 20 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega, R_5 = 50 \Omega$ , Tính  $R_{ac}$ ?

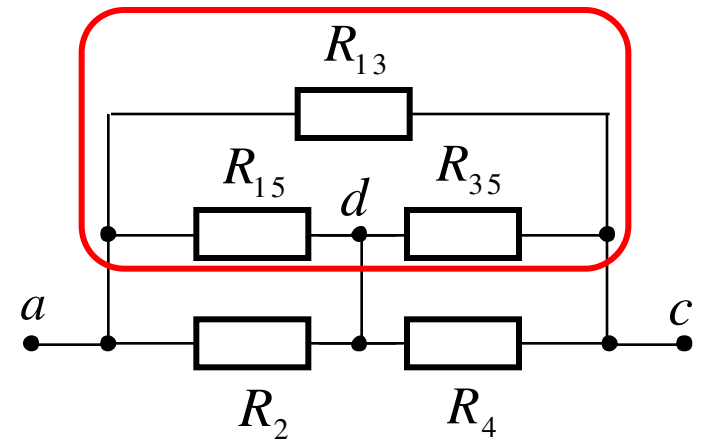
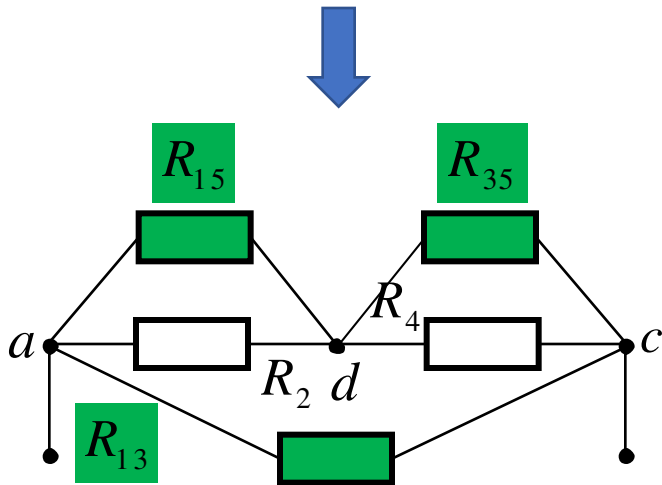
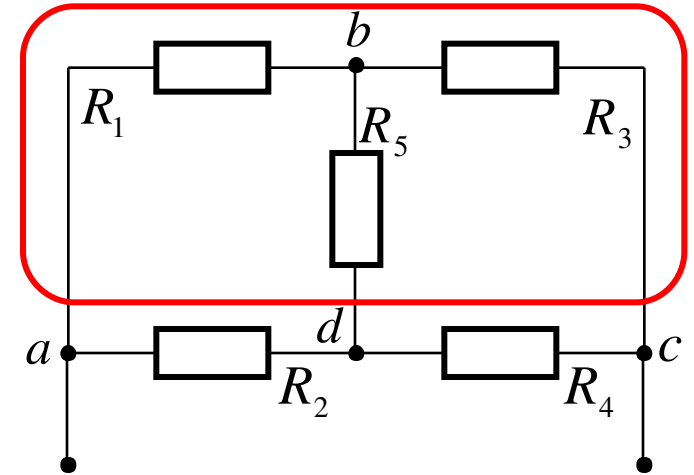
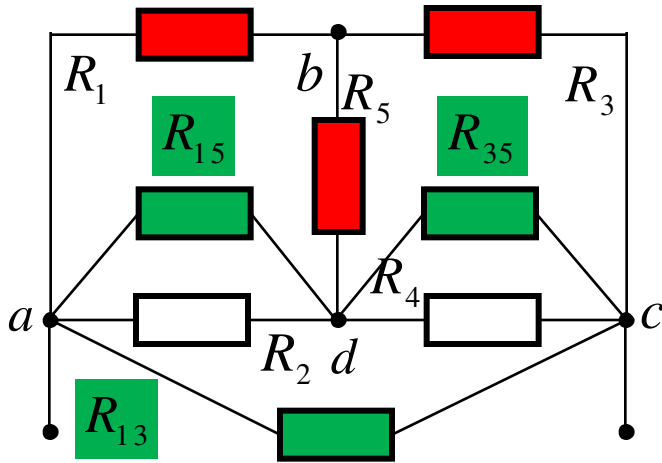




# $Y \leftrightarrow \Delta (3)$

## VD9

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 20 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega, R_5 = 50 \Omega$ , Tính  $R_{ac}$ ?

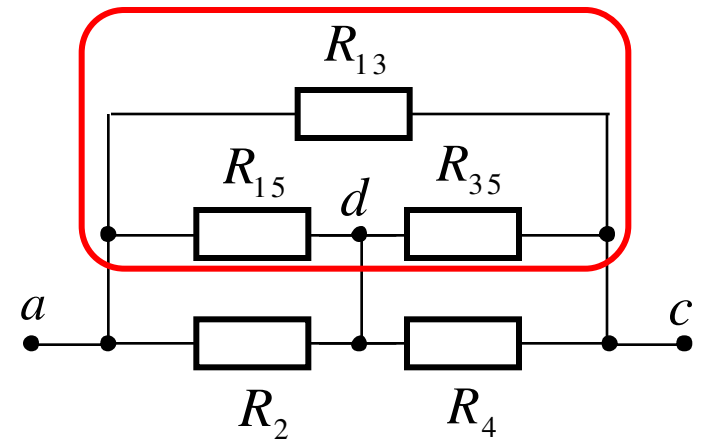
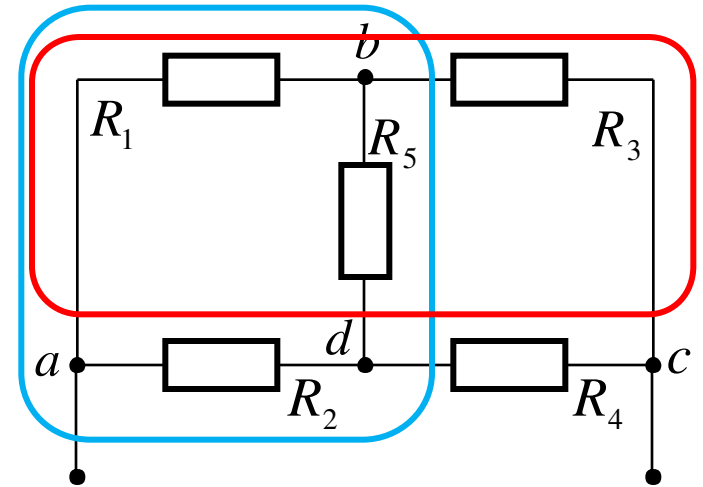
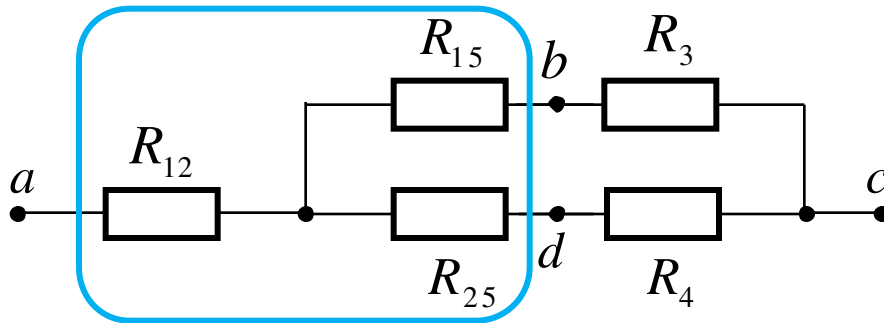




# $Y \leftrightarrow \Delta$ (4)

## VD9

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 20 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega, R_5 = 50 \Omega$ , Tính  $R_{ac}$ ?



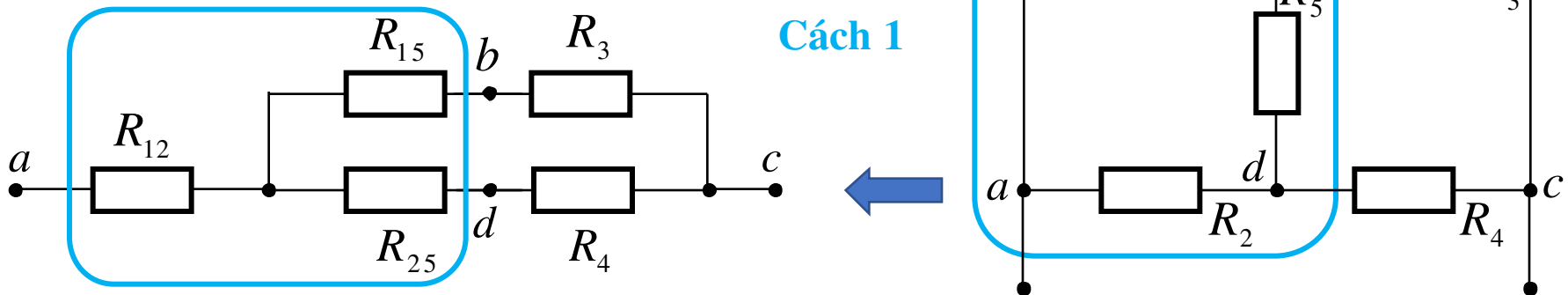




# Y ↔ Δ (5)

## VD9

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 20 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega, R_5 = 50 \Omega$ , Tính  $R_{ac}$ ?



$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_5} = 2,50 \Omega, R_{15} = \frac{R_1 R_5}{R_1 + R_2 + R_5} = 6,25 \Omega, R_{25} = \frac{R_5 R_2}{R_1 + R_2 + R_5} = 12,50 \Omega$$

$$R_{ac} = R_{12} + [(R_{15} + R_3) // (R_{25} + R_4)] = R_{12} + \frac{(R_{15} + R_3)(R_{25} + R_4)}{R_{15} + R_3 + R_{25} + R_4} = \boxed{23,94 \Omega}$$





# Y ↔ Δ (6)

## VD9

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 20 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega, R_5 = 50 \Omega$ , Tính  $R_{ac}$ ?

Cách 2

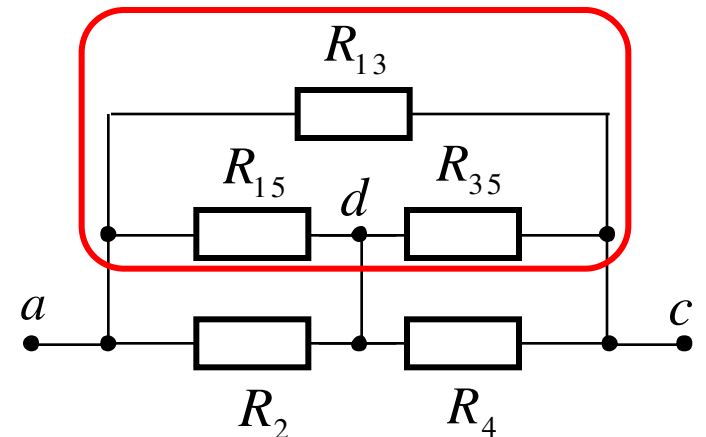
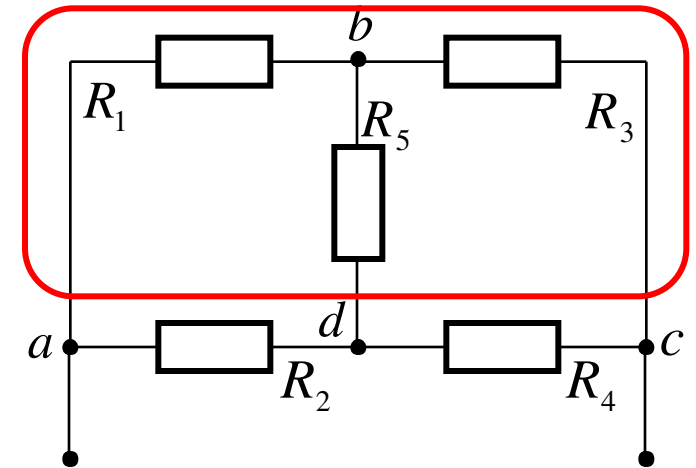
$$R_{13} = \frac{R_1 R_3 + R_3 R_5 + R_5 R_1}{R_5} = 46,00 \Omega$$

$$R_{15} = \frac{R_1 R_3 + R_3 R_5 + R_5 R_1}{R_3} = 76,67 \Omega$$

$$R_{35} = \frac{R_1 R_3 + R_3 R_5 + R_5 R_1}{R_1} = 230 \Omega$$

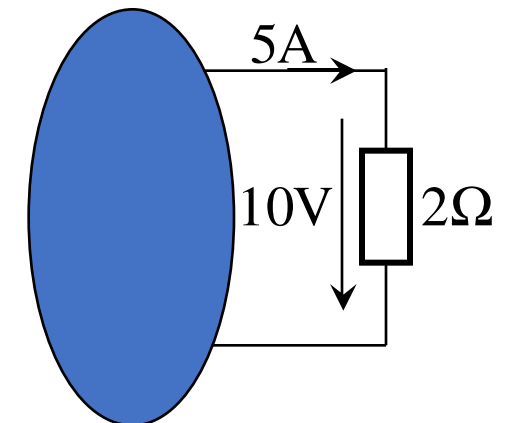
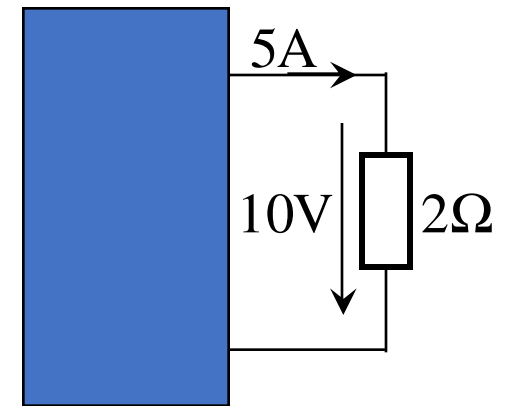
$$R_{ac} = [(R_2 // R_{15}) + (R_4 // R_{35})] // R_{13}$$

$$= \frac{\left( \frac{R_2 R_{15}}{R_2 + R_{15}} + \frac{R_4 R_{35}}{R_4 + R_{35}} \right) R_{13}}{\frac{R_2 R_{15}}{R_2 + R_{15}} + \frac{R_4 R_{35}}{R_4 + R_{35}} + R_{13}} = \boxed{23,94 \Omega}$$

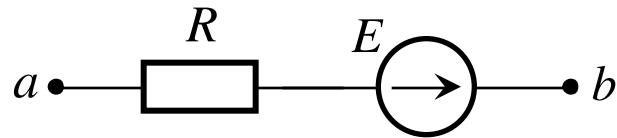



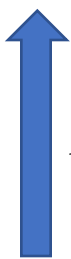
# Biến đổi tương đương

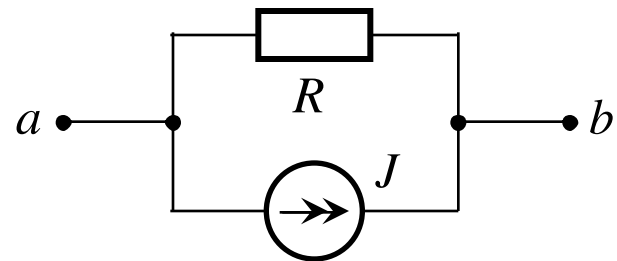
- Hai phần tử mạch được gọi là tương đương nhau nếu chúng có quan hệ giữa dòng & áp giống nhau.
- Các phép biến đổi tương đương:
  - Nguồn áp
  - Nguồn dòng
  - Điện trở nối tiếp
  - Điện trở song song
  - $Y \leftrightarrow \Delta$
  - **Nguồn áp  $\leftrightarrow$  nguồn dòng**
  - **Millman**



# Nguồn áp $\leftrightarrow$ nguồn dòng (1)



$$J = \frac{E}{R}$$

$$E = RJ$$




# Nguồn áp ↔ nguồn dòng (2)

## VD10

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_3$ ?

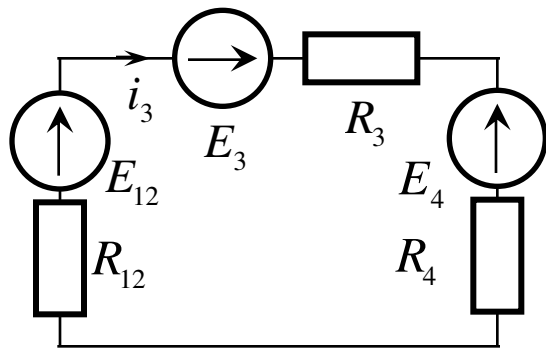
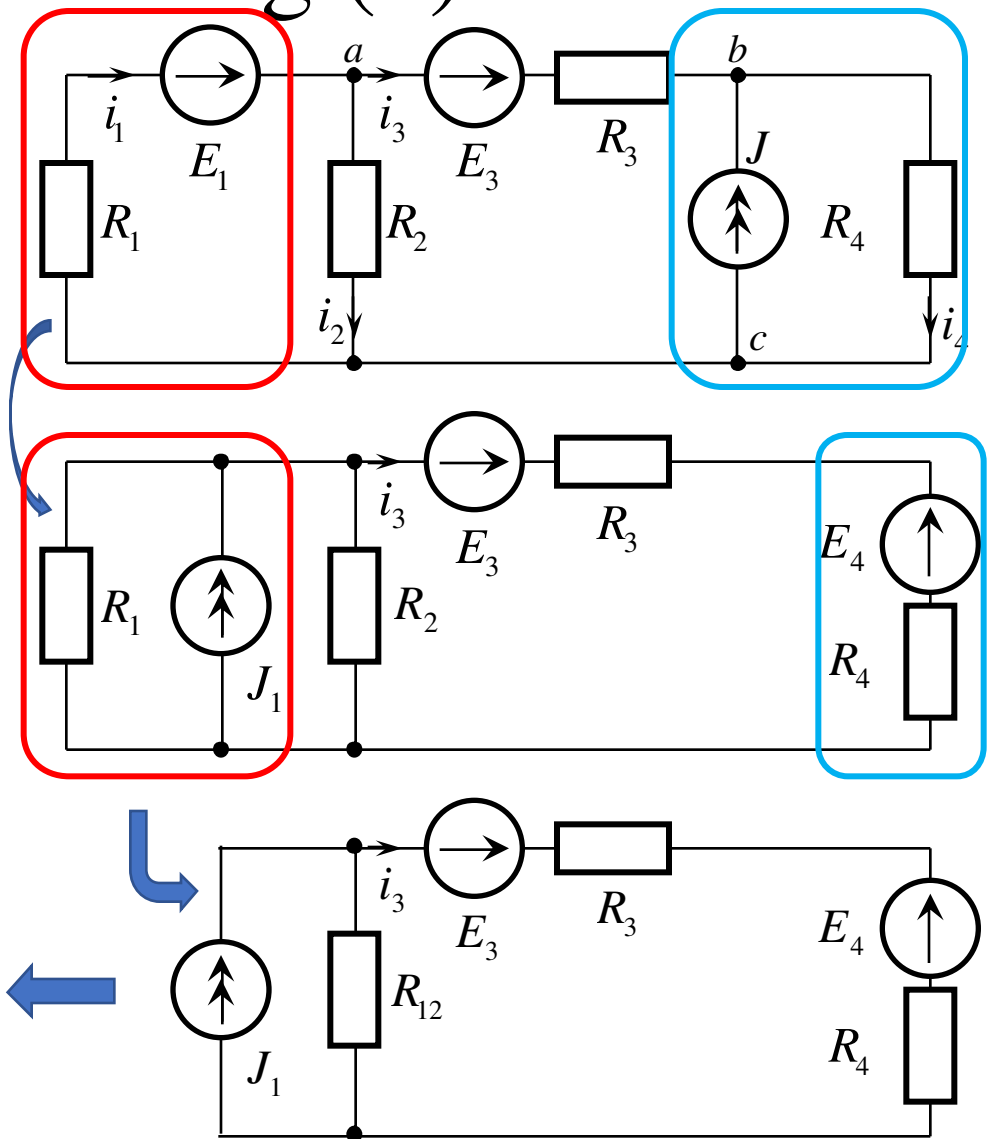
$$J_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{30}{10} = 3 \text{ A}$$

$$E_4 = R_4 J = 40 \cdot 2 = 80 \text{ V}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 40}{10 + 40} = 8 \Omega$$

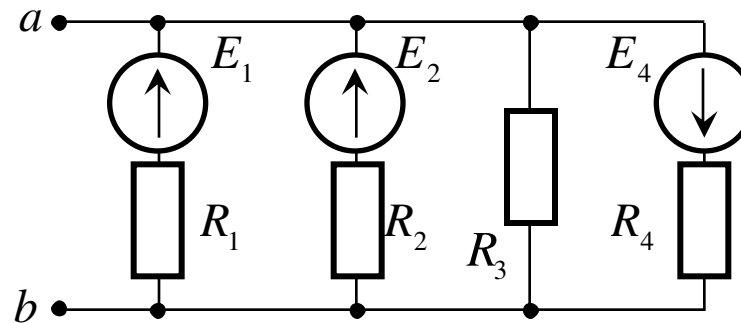
$$E_{12} = R_{12} J_1 = 8 \cdot 3 = 24 \text{ V}$$

$$i_3 = \frac{E_{12} + E_3 - E_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{24 + 20 - 80}{8 + 30 + 40} = \boxed{-0,46 \text{ A}}$$





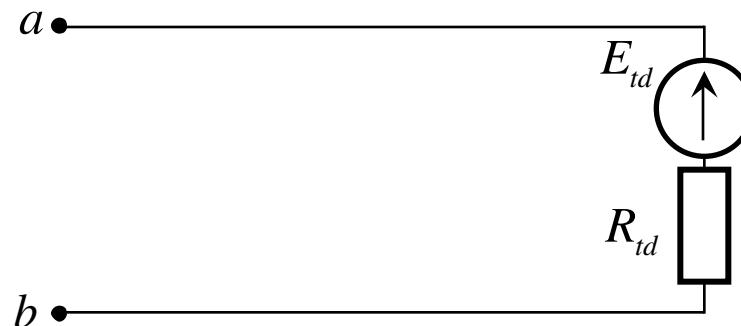
# Millman (1)



$$R_{td} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$



$$E_{td} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_4}{R_4}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$





# Millman (2)

## VD10

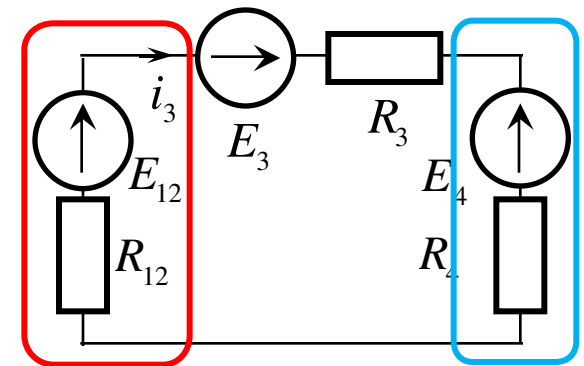
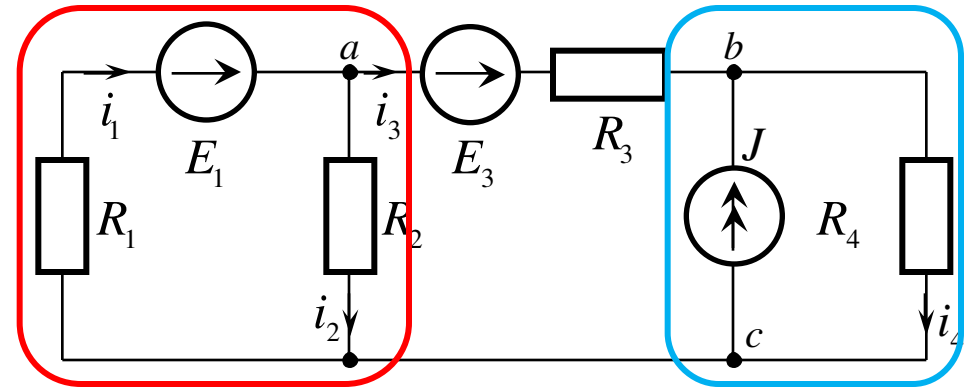
$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_3$ ?

$$E_4 = R_4 J = 40 \cdot 2 = 80 \text{ V}$$

$$R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{40}} = 8 \Omega$$

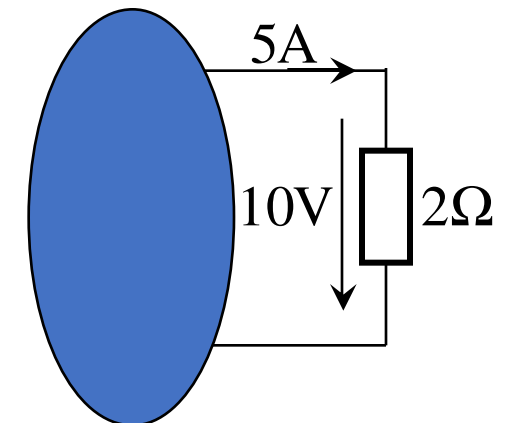
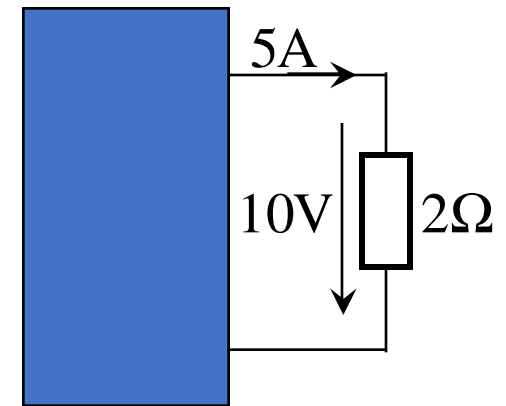
$$E_{12} = \frac{\frac{E_1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{30}{10}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{40}} = 24 \text{ V}$$

$$i_3 = \frac{E_{12} + E_3 - E_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{24 + 20 - 80}{8 + 30 + 40} = \boxed{-0,46 \text{ A}}$$



# Biến đổi tương đương

- Hai phần tử mạch được gọi là tương đương nhau nếu chúng có quan hệ giữa dòng & áp giống nhau.
- Các phép biến đổi tương đương:
  - Nguồn áp
  - Nguồn dòng
  - Điện trở nối tiếp
  - Điện trở song song
  - $Y \leftrightarrow \Delta$
  - Nguồn áp  $\leftrightarrow$  nguồn dòng
  - Millman







# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
- 2. Các phương pháp phân tích**
  - a) Phương pháp dòng nhánh
  - b) Phương pháp thế nút
  - c) Phương pháp dòng vòng
  - d) Biến đổi tương đương
  - e) Phương pháp ma trận**
3. Các định lý mạch





# Ma trận (1)

- Từ mạch điện viết trực tiếp phương trình ma trận:

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$$

- Áp dụng cho dòng nhánh và dòng vòng.

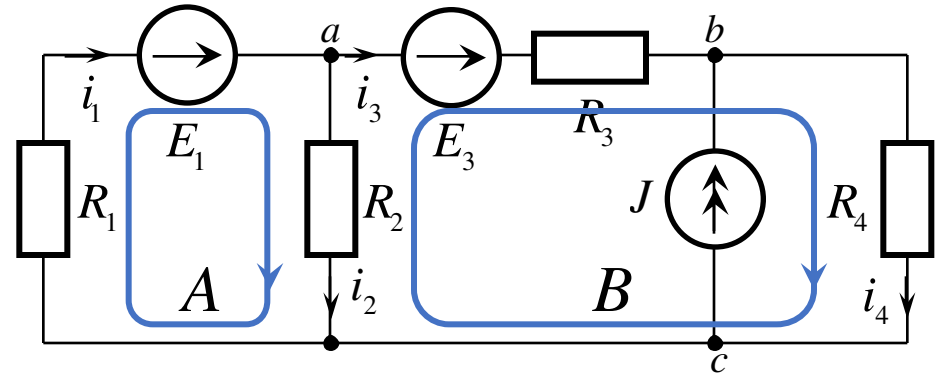




# Ma trận (2), dòng nhánh

VD1

$$\begin{cases} a: i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ b: i_3 + J - i_4 = 0 \\ A: R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \\ B: -R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_3 \end{cases}$$



$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ R_1 & R_2 & 0 & 0 \\ 0 & -R_2 & R_3 & R_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -J \\ E_1 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

	A				b
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	
a	1	-1	-1	0	0
b	0	0	1	-1	-J
A	$R_1$	$R_2$	0	0	$E_1$
B	0	$-R_2$	$R_3$	$R_4$	$E_3$

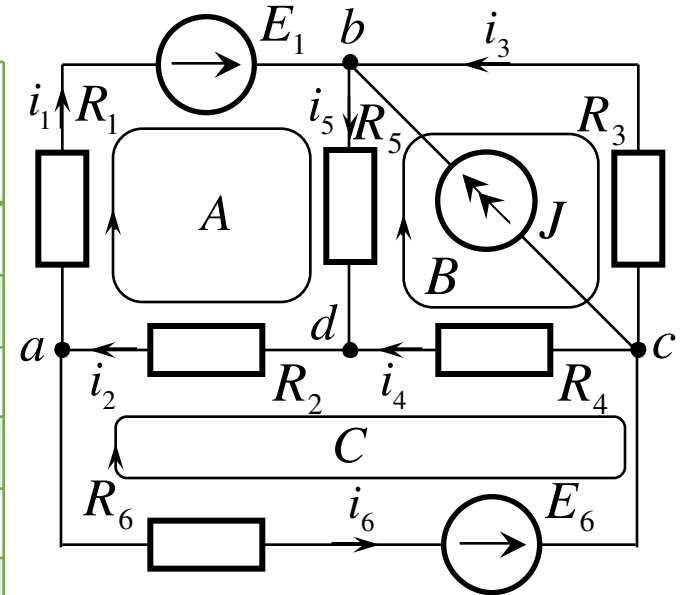
$$\Leftrightarrow \mathbf{A}\mathbf{i} = \mathbf{b}$$

$$\rightarrow \mathbf{i} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}$$

# Ma trận (3), dòng nhánh

VD2

	A						b
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$i_6$	
$a$	-1	1	0	0	0	-1	0
$b$	1	0	1	0	-1	0	$-J$
$c$	0	0	-1	-1	0	1	$J$
A	$R_1$	$R_2$	0	0	$R_5$	0	$E_1$
B	0	0	$-R_3$	$R_4$	$-R_5$	0	0
C	0	$-R_2$	0	$-R_4$	0	$-R_6$	$-E_6$



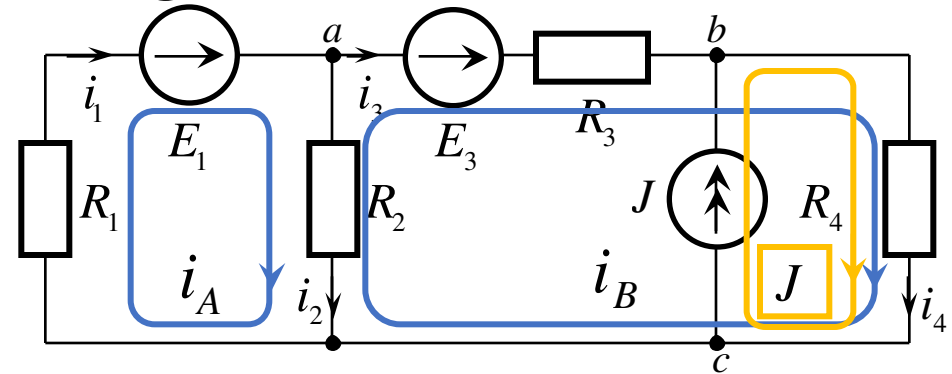
$$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ R_1 & R_2 & 0 & 0 & R_5 & 0 \\ 0 & 0 & -R_3 & R_4 & -R_5 & 0 \\ 0 & -R_2 & 0 & -R_4 & 0 & -R_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -J \\ J \\ E_1 \\ 0 \\ -E_6 \end{bmatrix}$$





# Ma trận (3), dòng vòng

VD1



$$\begin{cases} (R_1 + R_2)i_A - R_2i_B = E_1 \\ -R_2i_A + (R_2 + R_3 + R_4)i_B = E_3 - R_4J \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_3 - R_4J \end{bmatrix} \Leftrightarrow \mathbf{A}\mathbf{i} = \mathbf{b}$$

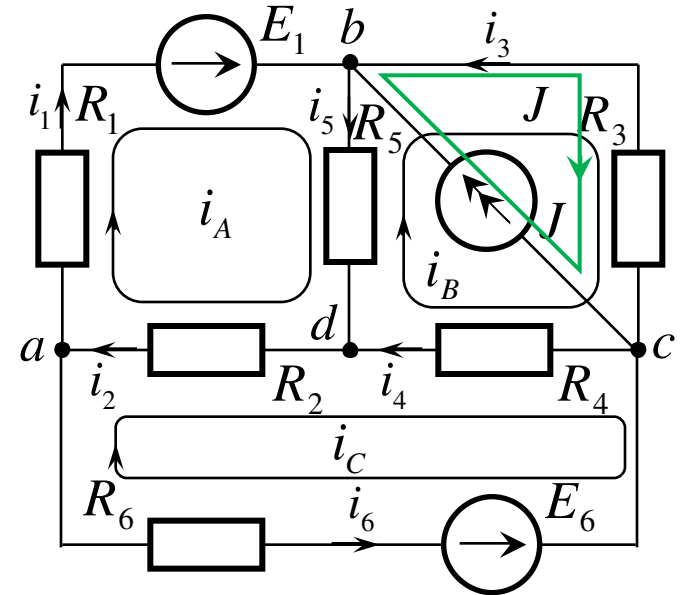
	A		b
	A	B	
A	$R_1 + R_2$	$-R_2$	$E_1$
B	$-R_2$	$R_2 + R_3 + R_4$	$E_3 - R_4J$





# Ma trận (4), dòng vòng

VD2



	A			b
	A	B	C	
A	$R_1 + R_2 + R_5$	$-R_5$	$-R_2$	$E_1$
B	$-R_5$	$R_3 + R_4 + R_5$	$-R_4$	$-R_3 J$
C	$-R_2$	$-R_4$	$R_2 + R_4 + R_6$	$-E_6$



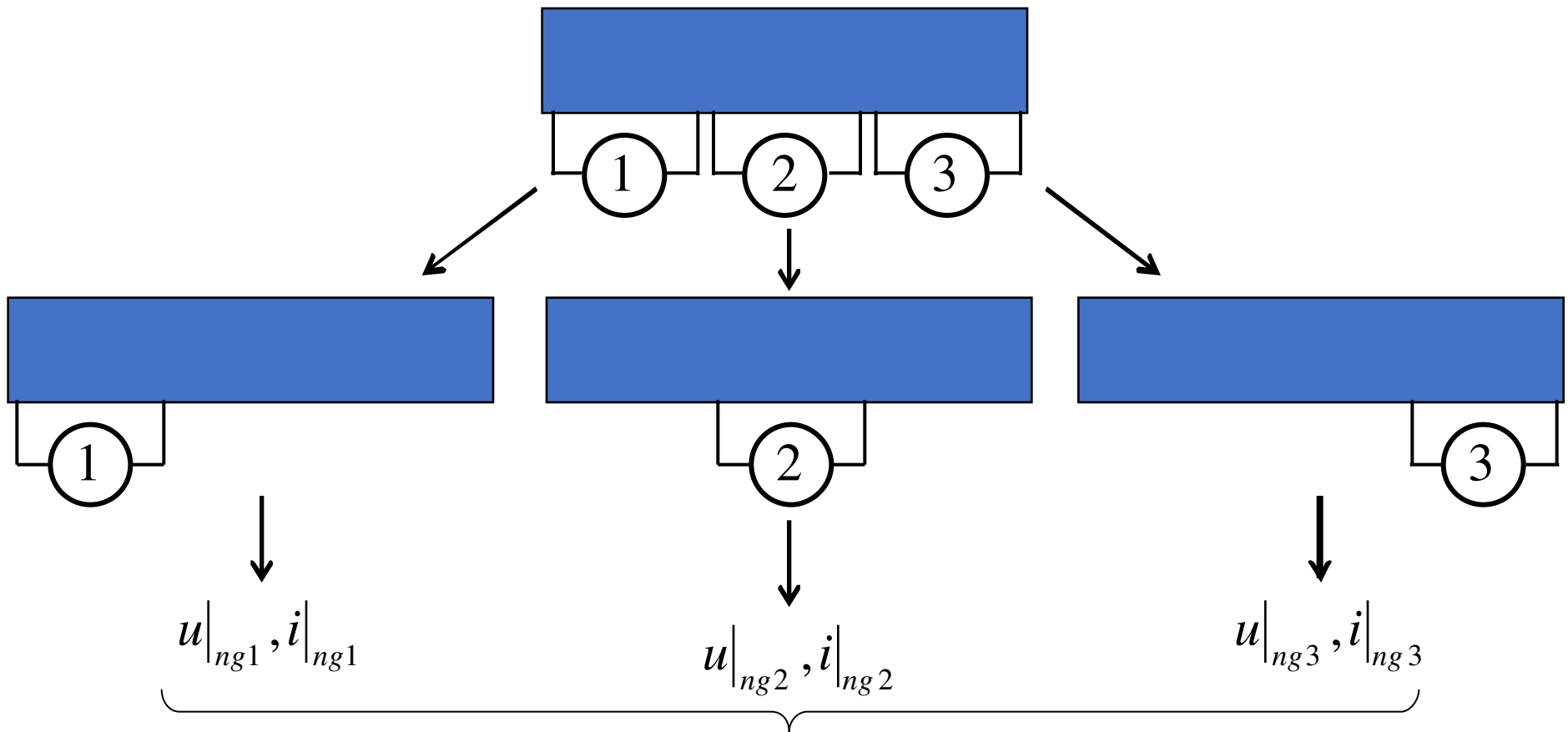


# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
2. Các phương pháp phân tích
- 3. Các định lý mạch**
  - a) Nguyên lý xếp chồng
  - b) Định lý Thevenin
  - c) Định lý Norton
  - d) Truyền công suất cực đại



# Nguyên lý xếp chồng (1)

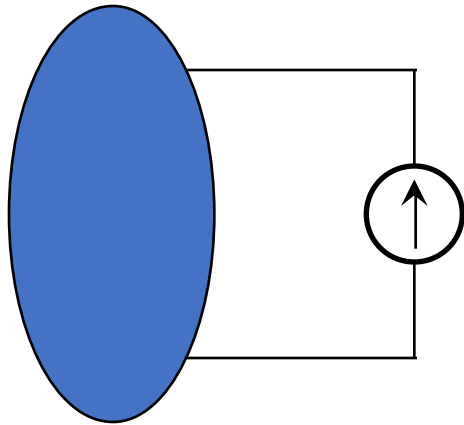


$$u = u|_{ng1} + u|_{ng2} + u|_{ng3}; \quad i = i|_{ng1} + i|_{ng2} + i|_{ng3}$$

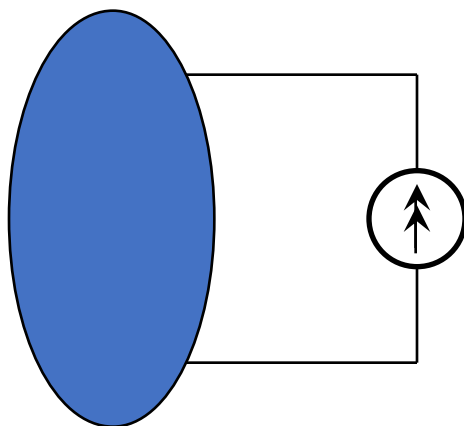
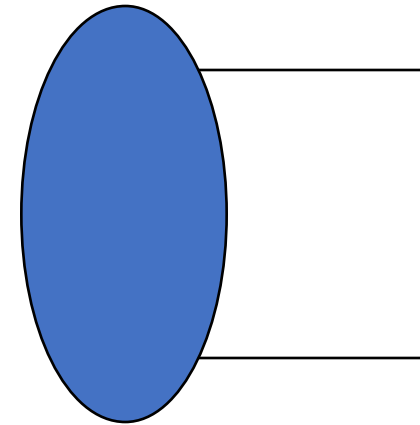




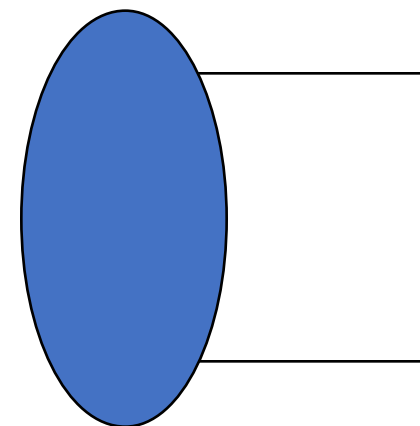
# Nguyên lý xếp chồng (2), tắt nguồn



Tắt nguồn áp



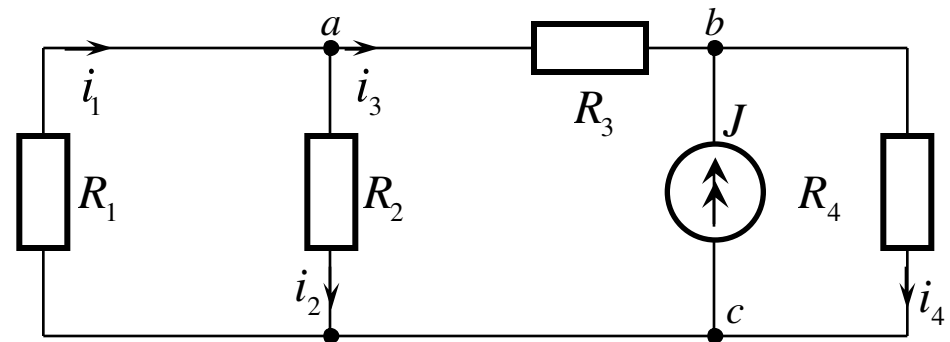
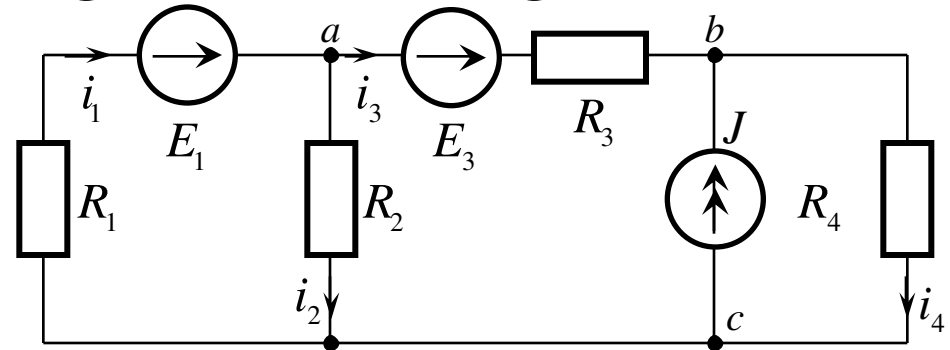
Tắt nguồn dòng



# Nguyên lý xếp chồng (3), tắt nguồn

VD1

Tắt các nguồn áp?

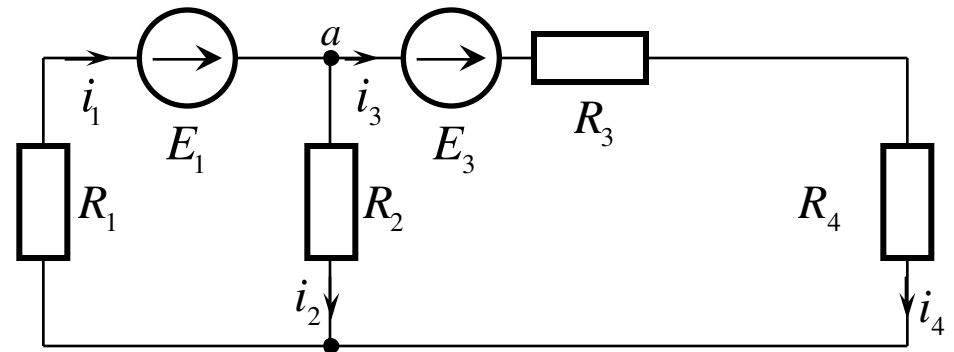
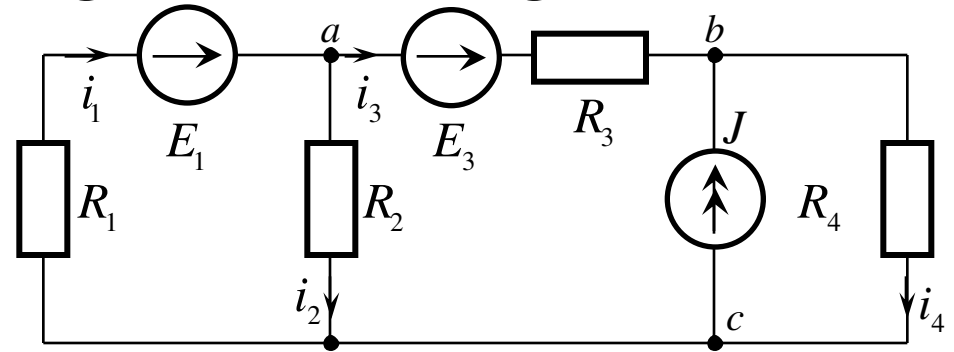




# Nguyên lý xếp chồng (4), tắt nguồn

VD2

Tắt nguồn dòng?

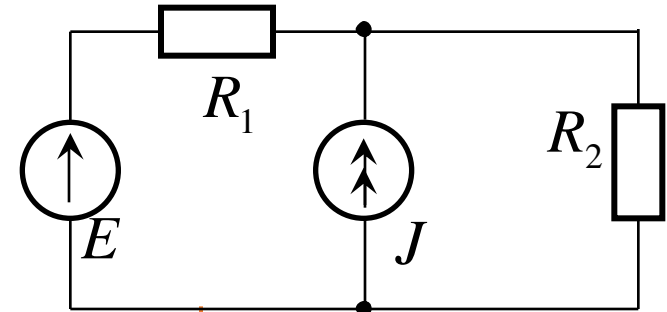




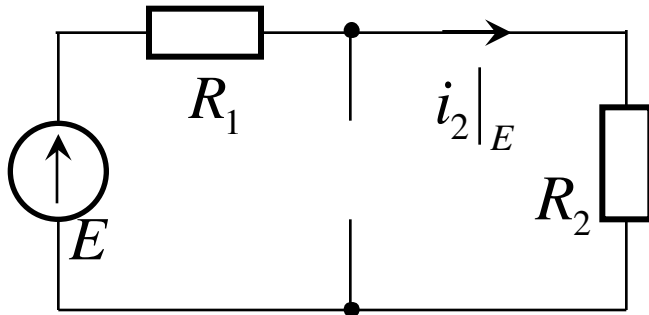
# Nguyên lý xếp chồng (5)

VD3

$R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$ ,  $E = 30V$ ,  $J = 2A$ .  
Tính dòng điện chảy qua  $R_2$ ?

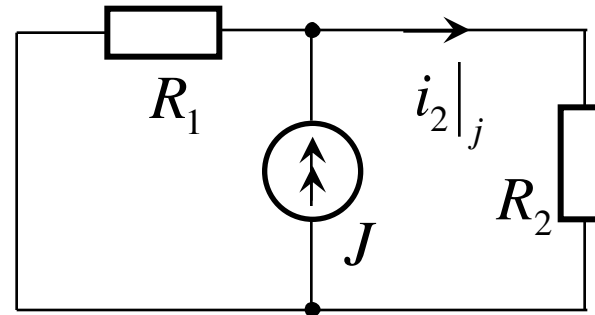


1. Triệt tiêu  $J$ , tính  $i_2|_E$



$$i_2|_E = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{30}{10 + 20} = 1 \text{ A}$$

2. Triệt tiêu  $E$ , tính  $i_2|_J$



$$i_2|_J = \frac{R_1 J}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 2}{10 + 20} = 0,67 \text{ A}$$

3. Tính  $i_2|_E + i_2|_J$

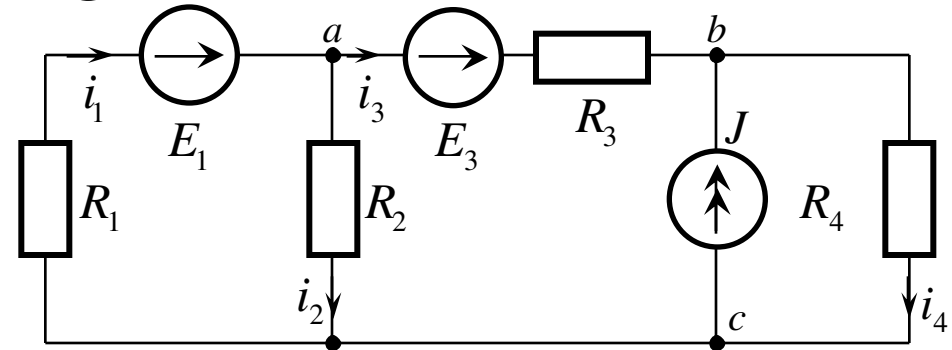
$$i_2 = i_2|_E + i_2|_J = 1 + 0,67 = 1,67 \text{ A}$$



# Nguyên lý xếp chồng (6)

**VD4**

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_3$ ?



1. Triệt tiêu  $E_3$  &  $J$ , tính  $i_3|_{E_1}$
2. Triệt tiêu  $E_1$  &  $J$ , tính  $i_3|_{E_3}$
3. Triệt tiêu  $E_1$  &  $E_3$ , tính  $i_3|_J$
4. Tính  $i_3|_{E_1} + i_3|_{E_3} + i_3|_J$

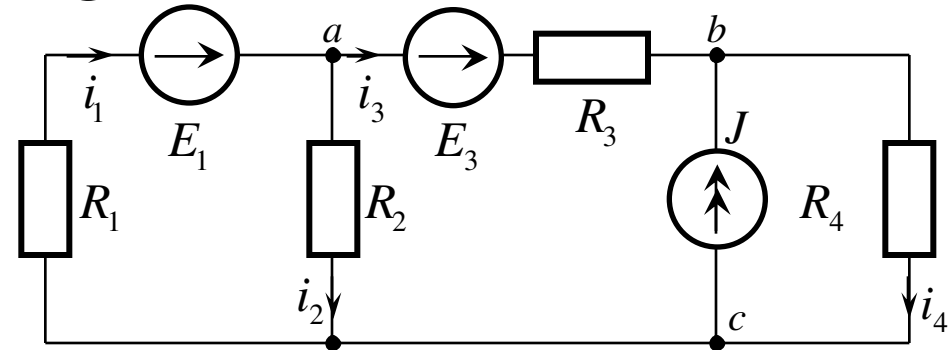


# Nguyên lý xếp chồng (7)

**VD4**

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_3$ ?

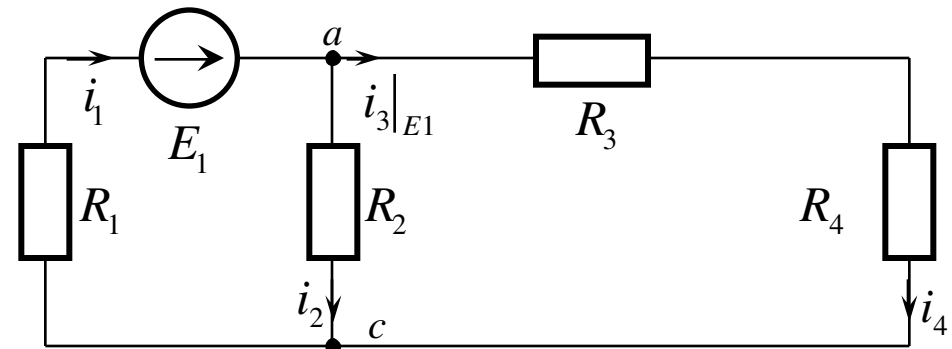
1. Triệt tiêu  $E_3$  &  $J$ , tính  $i_3|_{E_1}$



$$\varphi_c = 0$$

$$\left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4} \right) \varphi_a = \frac{E_1}{R_1}$$

$$\rightarrow \varphi_a = 21,5385 \text{ V}$$



$$\rightarrow i_3|_{E_1} = \frac{\varphi_a}{R_3 + R_4} = 0,3077 \text{ A}$$



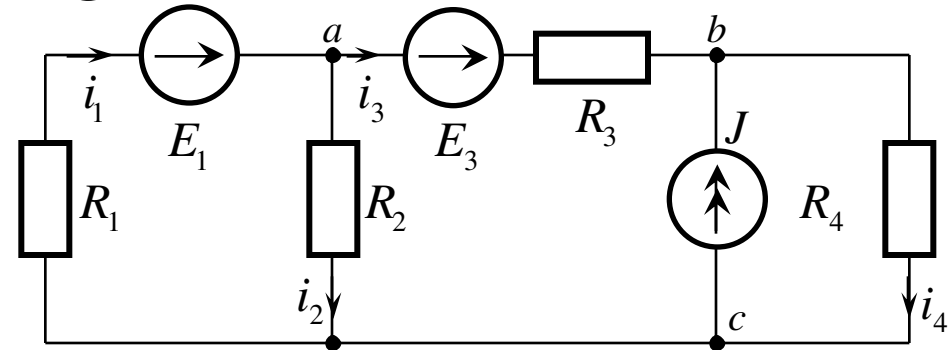


# Nguyên lý xếp chồng (8)

**VD4**

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_3$ ?

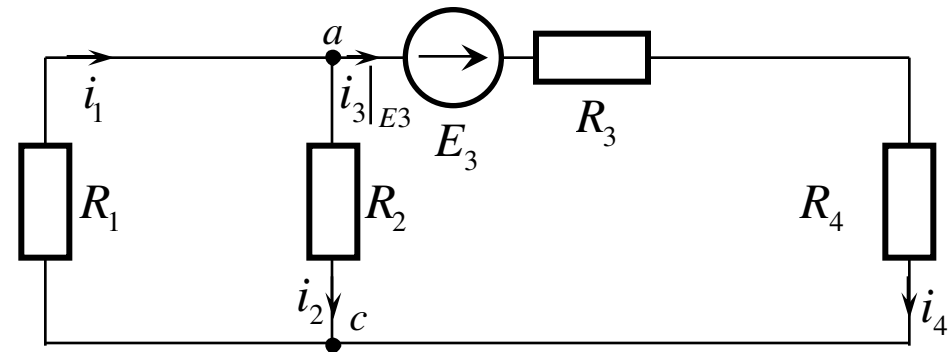
2. Triệt tiêu  $E_1$  &  $J$ , tính  $i_3|_{E_3}$



$$\varphi_c = 0$$

$$\left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4} \right) \varphi_a = \frac{-E_3}{R_3 + R_4}$$

$$\rightarrow \varphi_a = -2,0513 \text{ V}$$



$$\rightarrow i_3|_{E_3} = \frac{E_3 + \varphi_a}{R_3 + R_4} = 0,2564 \text{ A}$$





# Nguyên lý xếp chồng (9)

**VD4**

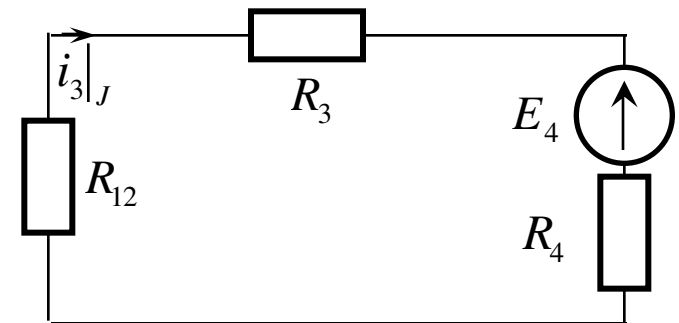
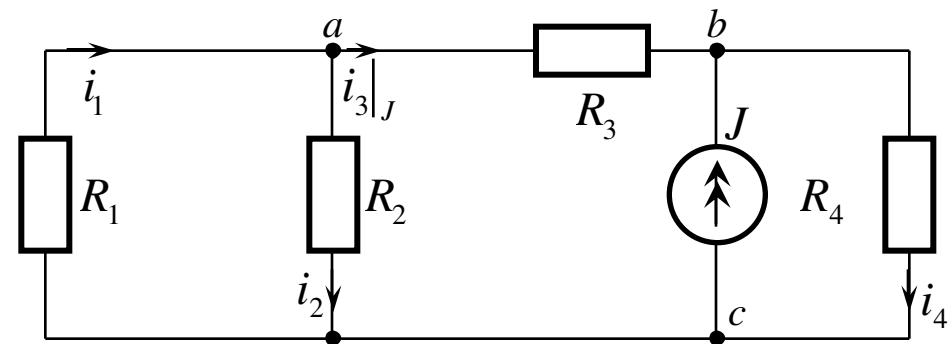
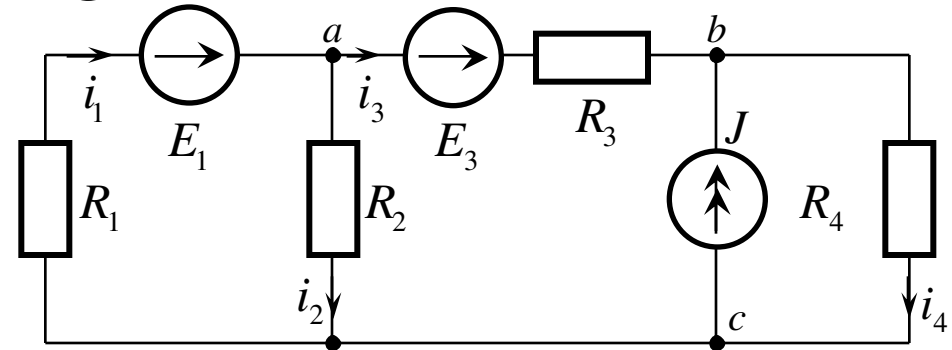
$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_3$ ?

3. Triệt tiêu  $E_1$  &  $E_3$ , tính  $i_3|_J$

$$E_4 = R_4 J = 40 \cdot 2 = 80 \text{ V}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 40}{10 + 40} = 8 \Omega$$

$$i_3 = \frac{-E_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{-80}{8 + 30 + 40} = -1,0256 \text{ A}$$

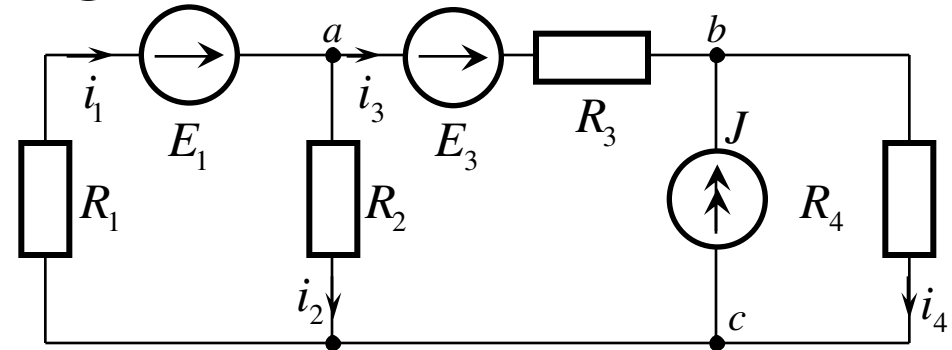




# Nguyên lý xếp chồng (10)

VD4

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_3$ ?



1. Triệt tiêu  $E_3$  &  $J$ , tính  $i_3|_{E_1} = 0,3077 \text{ A}$

2. Triệt tiêu  $E_1$  &  $J$ , tính  $i_3|_{E_3} = 0,2564 \text{ A}$  +

3. Triệt tiêu  $E_1$  &  $E_3$ , tính  $i_3|_J = -1,0256 \text{ A}$

4. Tính  $i_3|_{E_1} + i_3|_{E_3} + i_3|_J = \boxed{-0,4615 \text{ A}}$

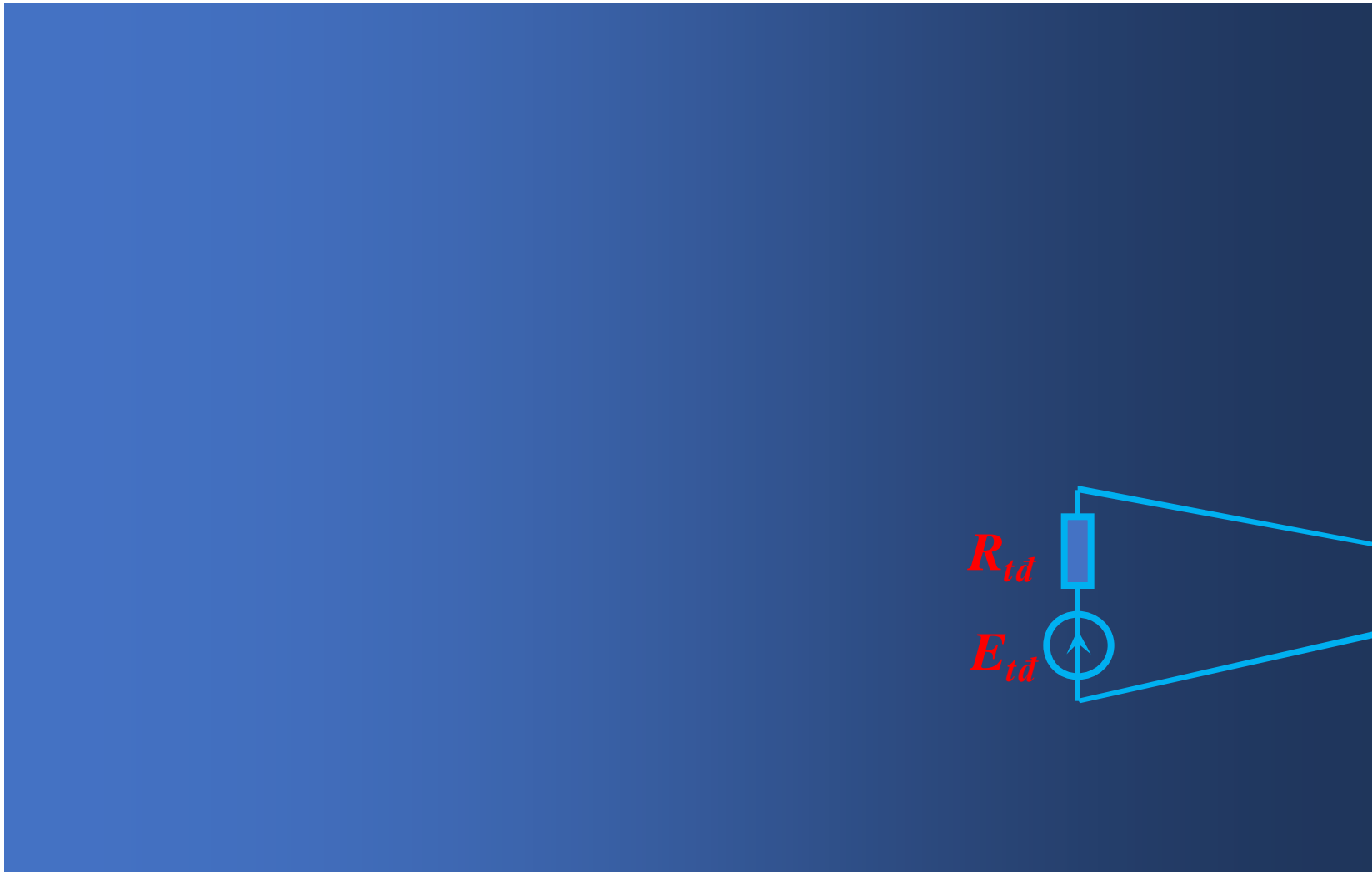




# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
2. Các phương pháp phân tích
- 3. Các định lý mạch**
  - a) Nguyên lý xếp chồng
  - b) Định lý Thevenin**
  - c) Định lý Norton
  - d) Truyền công suất cực đại

# Định lý Thevenin (1)

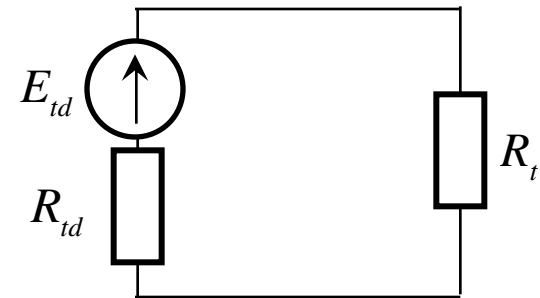
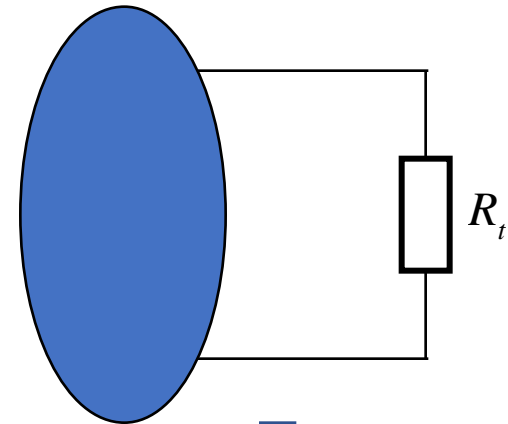
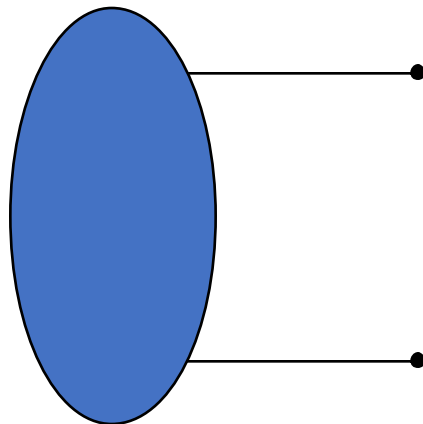


# Định lý Thevenin (2)

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

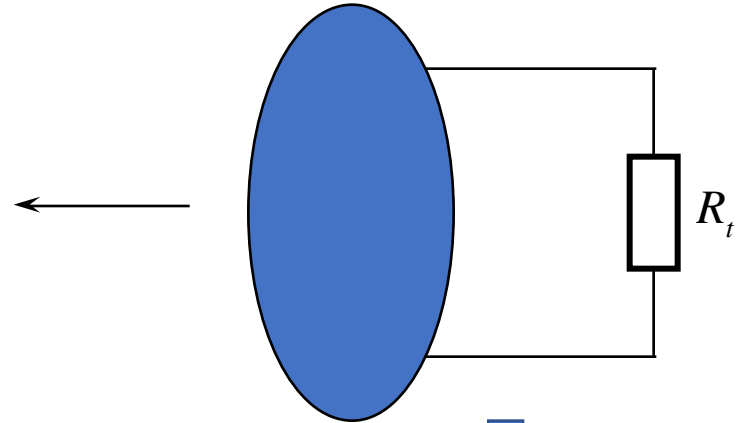
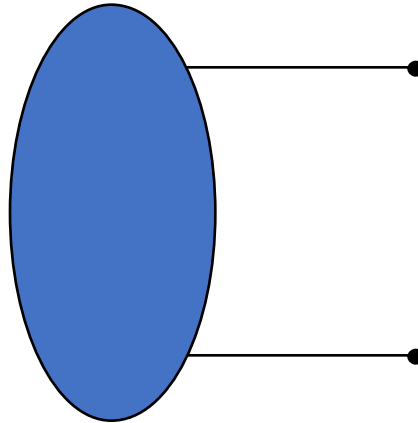
- $E_{td}$ : nguồn áp hở mạch trên hai cực,
- $R_{td}$ : điện trở trên hai cực sau khi tắt (các) nguồn (nếu có).

Mạng tuyến tính một cửa  
(mạng một cửa)

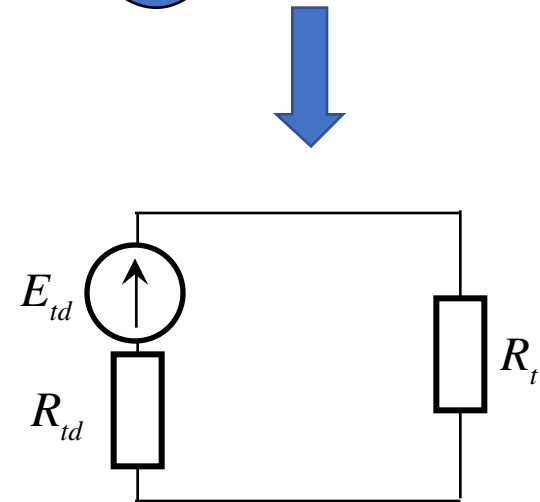


# Định lý Thevenin (3)

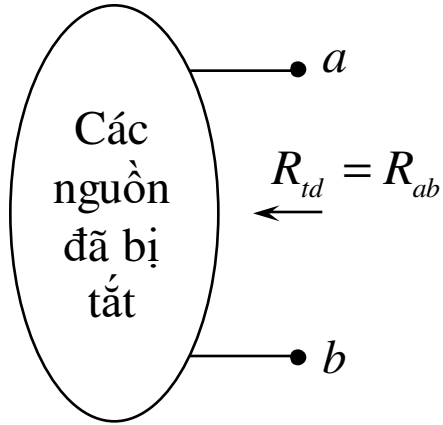
Mạng tuyến tính một cửa  
(mạng một cửa)



<p><math>i = 0</math></p> <p><math>E_{td} = u_{ab}</math></p>	<p>Các nguồn đã bị tắt</p> <p><math>R_{td} = R_{ab}</math></p>
<p><math>E_{td}</math>: nguồn áp hở mạch trên hai cực</p>	<p><math>R_{td}</math>: điện trở trên hai cực sau khi tắt (các) nguồn</p>

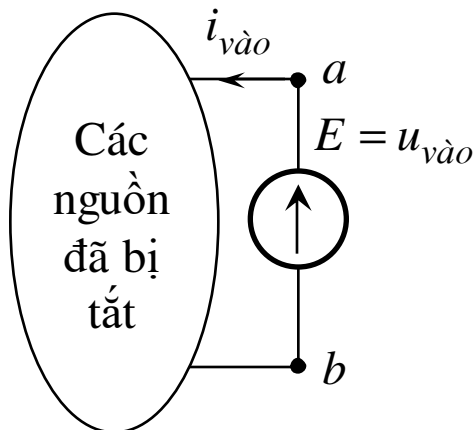


# Định lý Thevenin (4)

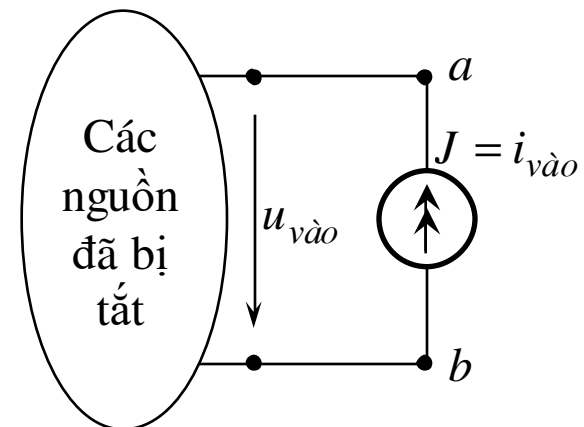


Cách 1

Cách 2



$$R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}}$$

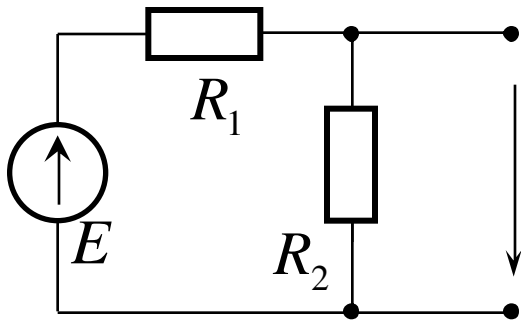


# Định lý Thevenin (5)

VD3

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, e = 30V$ . Tính dòng điện chảy qua  $R_3$  với các giá trị  $R_3$  lần lượt là 30, 60, 100 $\Omega$ ?

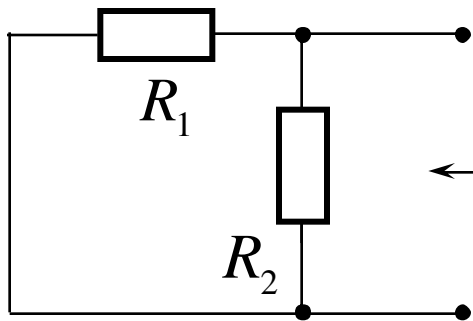
$E_{td}$ : nguồn áp hở mạch trên hai cực



$$E_{td} = u_{R_2} = R_2 i_2$$

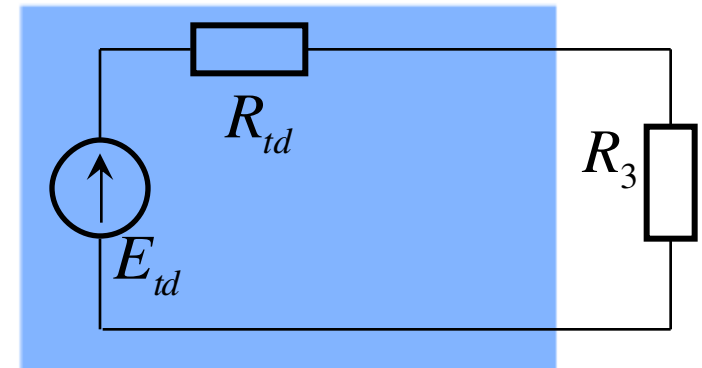
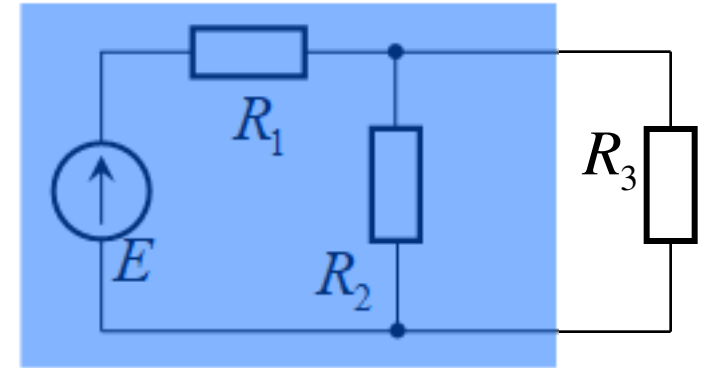
$$= R_2 \frac{E}{R_1 + R_2} = 20V$$

$R_{td}$ : điện trở trên hai cực sau khi tắt các nguồn



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= 6,67\Omega$$



# Định lý Thevenin (6)

**VD3**

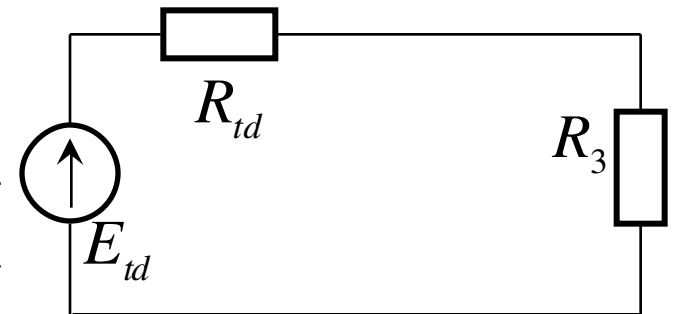
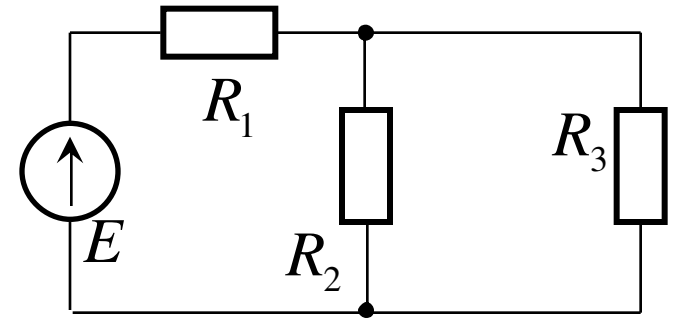
$R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$ ,  $e = 30V$ . Tính dòng điện chảy qua  $R_3$  với các giá trị  $R_3$  lần lượt là 30, 60, 100 $\Omega$ ?

$$E_{td} = 20V; R_{td} = 6,67\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega \rightarrow i_3 = \frac{E_{td}}{R_{td} + R_3} = \frac{20}{6,67 + 30} = \boxed{0,55A}$$

$$R_3 = 60\Omega \rightarrow i_3 = \frac{E_{td}}{R_{td} + R_3} = \frac{20}{6,67 + 60} = \boxed{0,30A}$$

$$R_3 = 100\Omega \rightarrow i_3 = \frac{E_{td}}{R_{td} + R_3} = \frac{20}{6,67 + 100} = \boxed{0,19A}$$



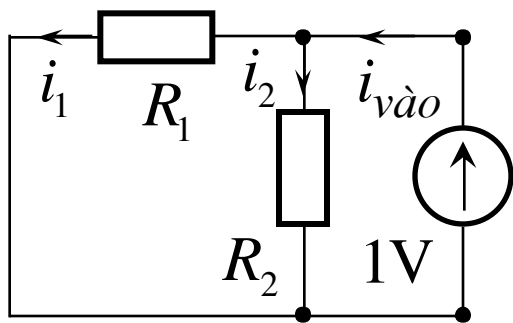
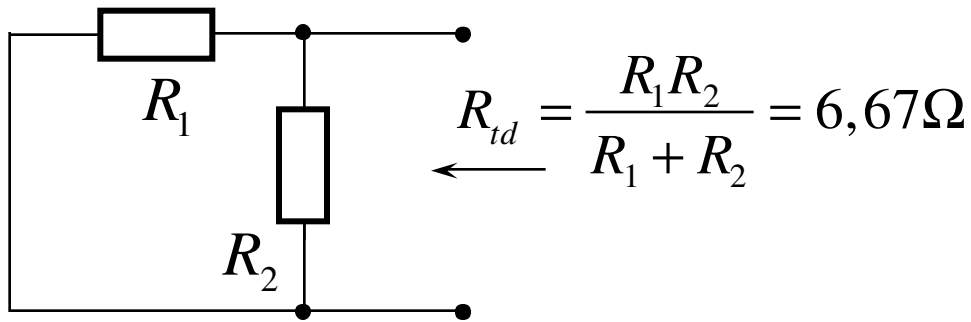
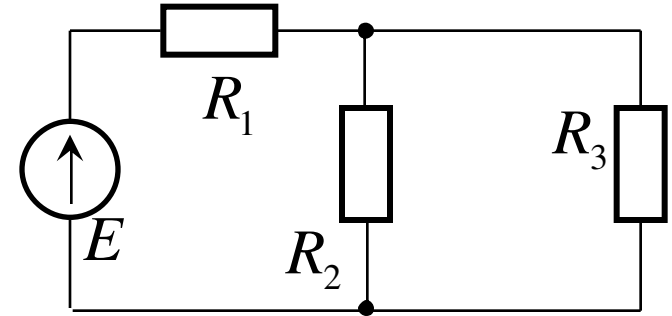




# Định lý Thevenin (7)

VD3

$R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$ ,  $e = 30V$ . Tính dòng điện chảy qua  $R_3$  với các giá trị  $R_3$  lần lượt là 30, 60, 100 $\Omega$ ?



$$i_1 = \frac{1}{10} = 0,1A$$

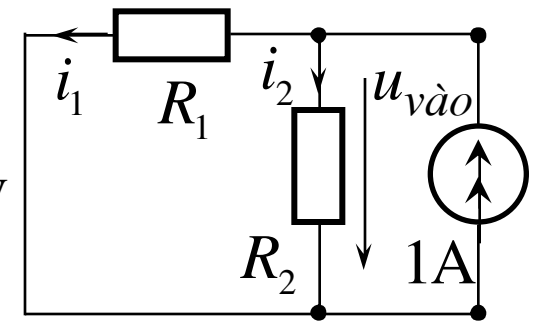
$$i_2 = \frac{1}{20} = 0,05A$$

$$i_{vào} = 0,1 + 0,05 = 0,15A$$

$$R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}} = \frac{1}{0,15} = \boxed{6,67\Omega}$$

$$i_2 = 1 \cdot \frac{10}{10 + 20} = 0,33A$$

$$u_{vào} = 20 \cdot 0,33 = 6,67V$$



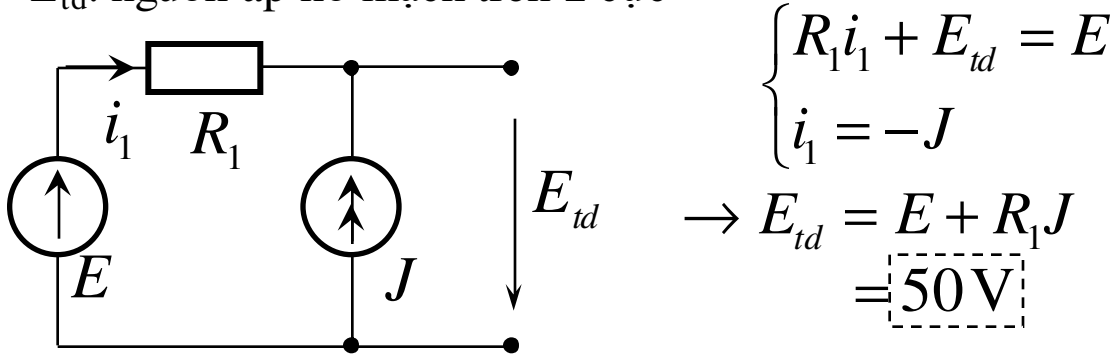
$$R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}} = \frac{6,67}{1} = \boxed{6,67\Omega}$$

# Định lý Thevenin (8)

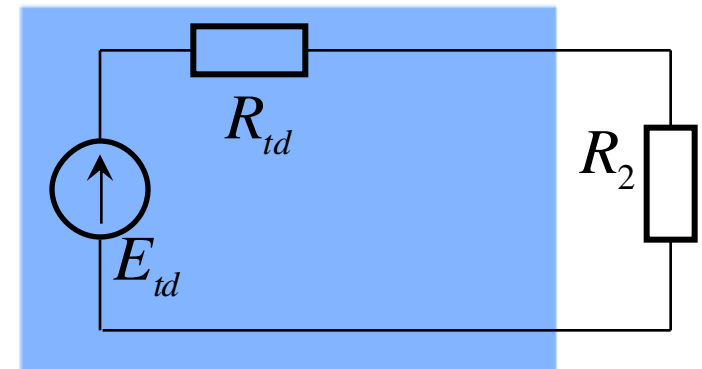
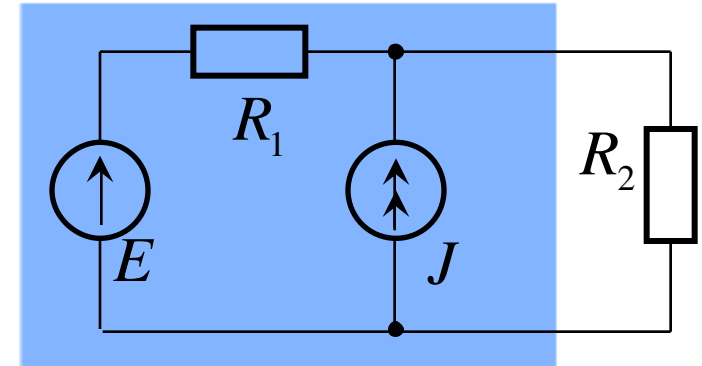
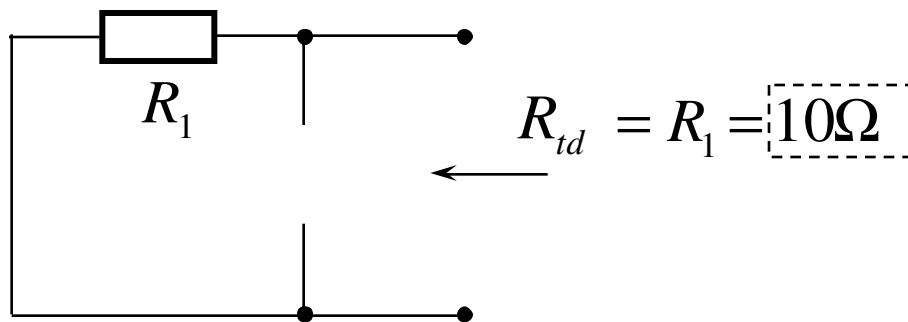
VD4

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, e = 30V, j = 2A.$   
 Tính dòng điện chảy qua  $R_2$ ?

$E_{td}$ : nguồn áp hở mạch trên 2 cực



$R_{td}$ : điện trở trên hai cực sau khi triệt tiêu các nguồn

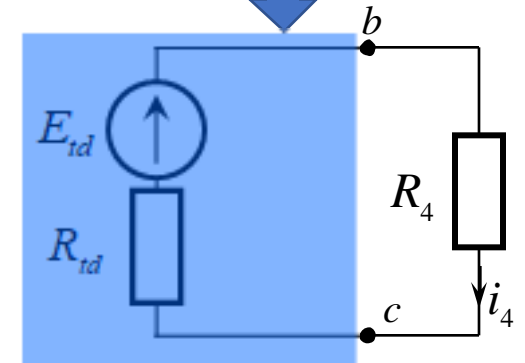
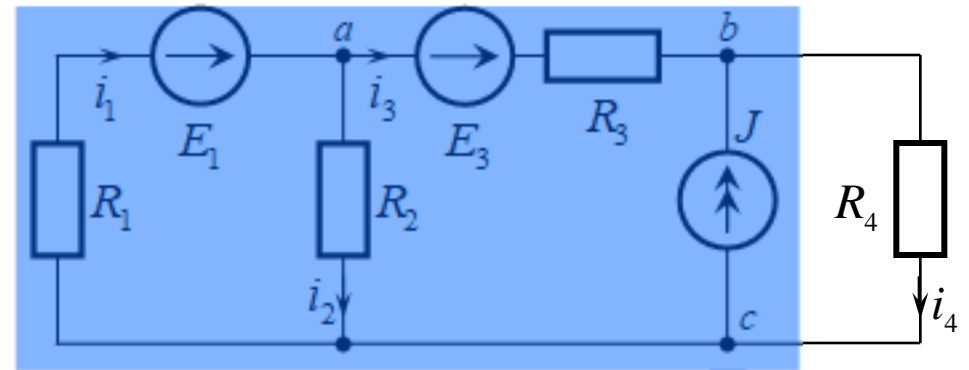
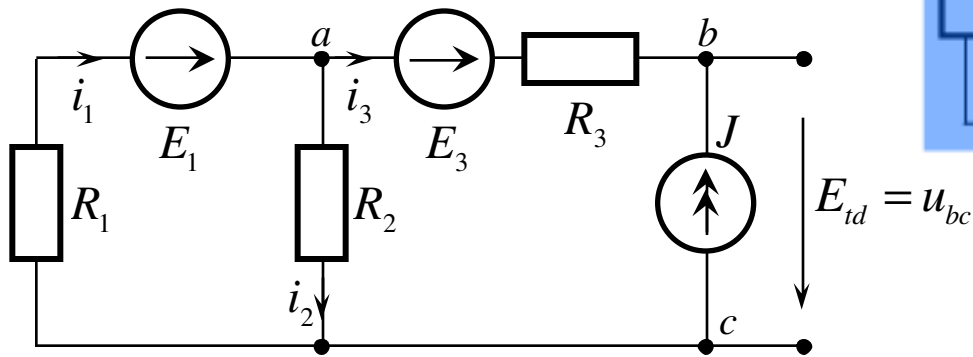


$$i_2 = \frac{E_{td}}{R_{td} + R_2} = \frac{50}{10 + 20} = 1,67 A$$

# Định lý Thevenin (9)

## VD5

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A}.$  Tính  $i_4$ ?



$$-R_2 i_2 + R_3 i_3 + E_{td} = E_3$$

$$\rightarrow E_{td} = E_3 + R_2 i_2 - R_3 i_3$$

$$\begin{cases} R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_1 \\ i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 = -J \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = -1 \text{ A} \\ i_2 = 1 \text{ A} \\ i_3 = -2 \text{ A} \end{cases}$$

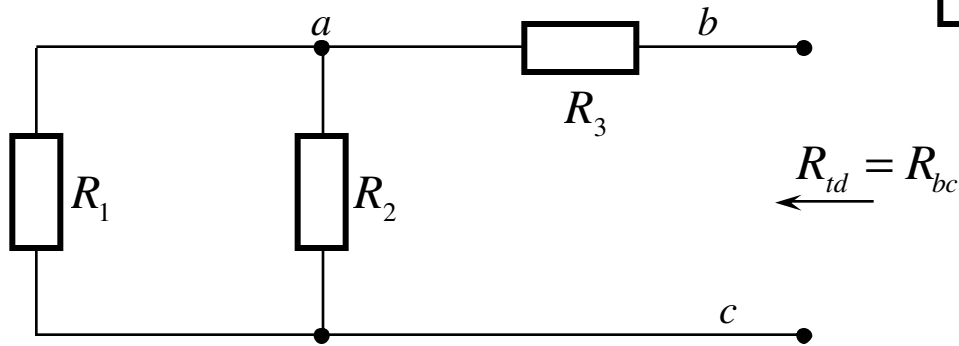
$$\rightarrow E_{td} = 20 + 40 \cdot 1 - 30(-2) = 120 \text{ V}$$



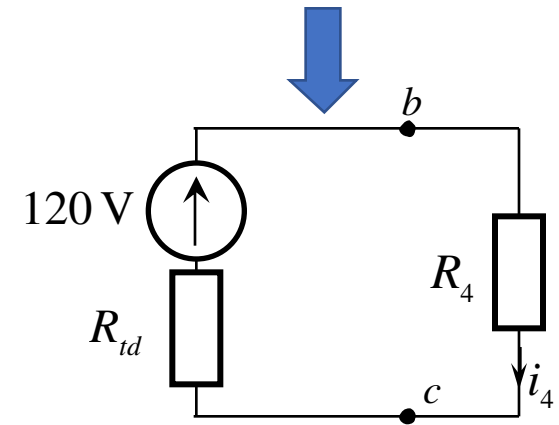
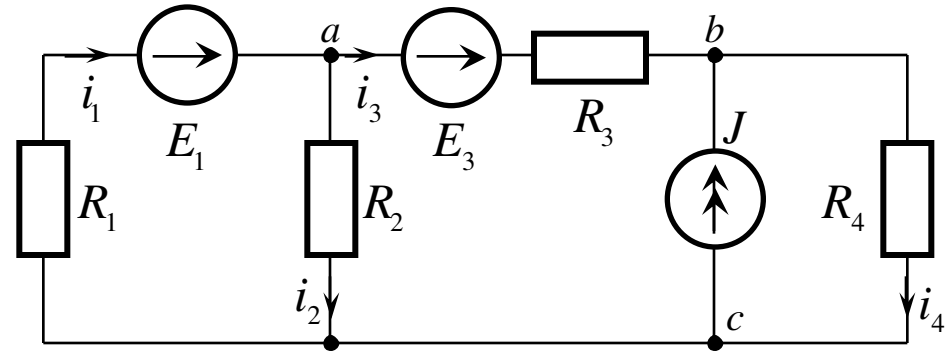
# Định lý Thevenin (10)

**VD5**

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_4$ ?



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 38 \Omega$$



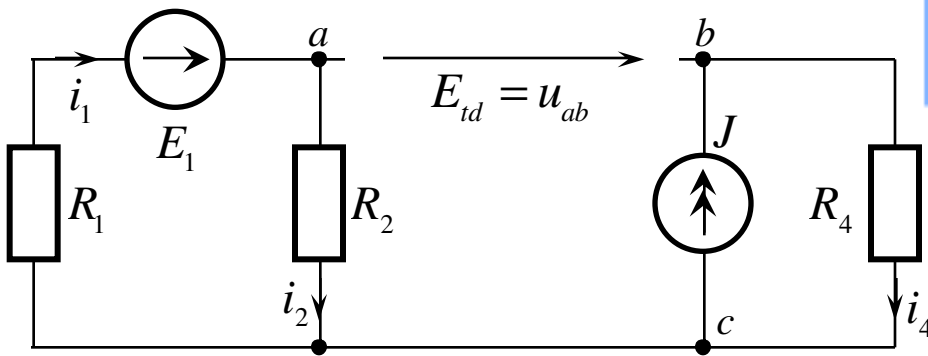
$$i_4 = \frac{E_{td}}{R_{td} + R_4} = \frac{120}{38 + 40} = \boxed{1,5385 \text{ A}}$$



# Định lý Thevenin (11)

## VD6

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_3$ ?



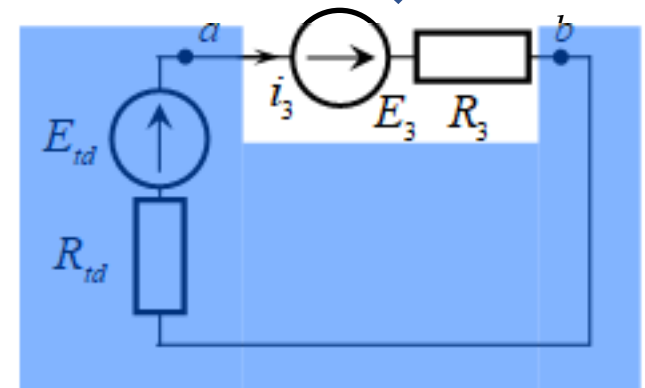
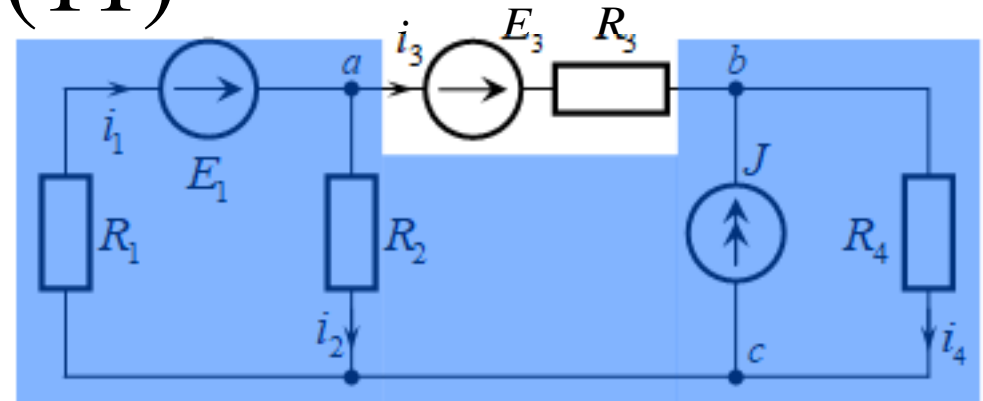
$$-R_2 i_2 + E_{td} + R_4 i_4 = 0$$

$$\rightarrow E_{td} = R_2 i_2 - R_4 i_4$$

$$i_2 = i_1 = \frac{E_1}{R_1 + R_2} = 0,60 \text{ A}$$

$$i_4 = J = 2 \text{ A}$$

$$\rightarrow E_{td} = 40 \cdot 0,60 - 40 \cdot 2 = -56 \text{ V}$$

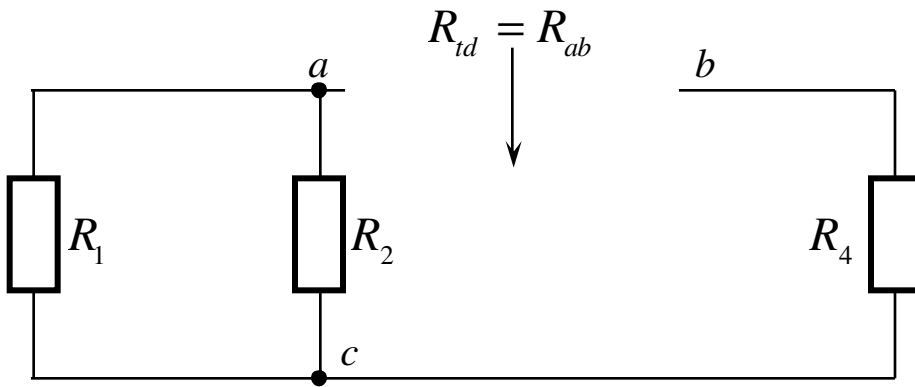




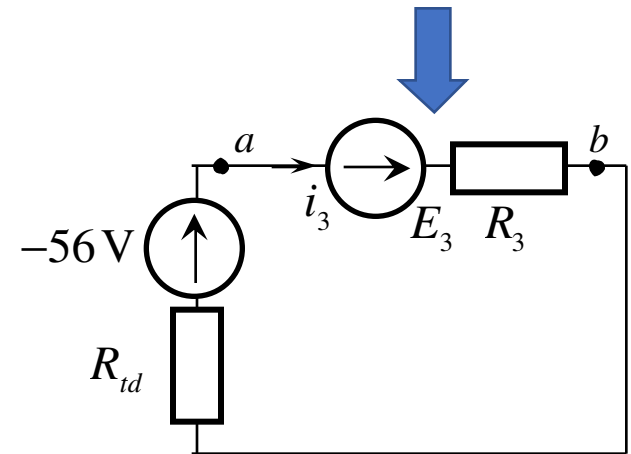
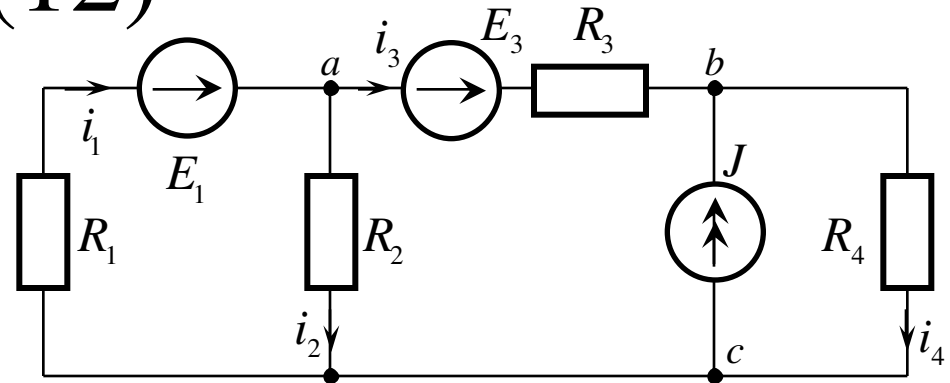
# Định lý Thevenin (12)

VD6

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_3$ ?



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_4 = 48 \Omega$$



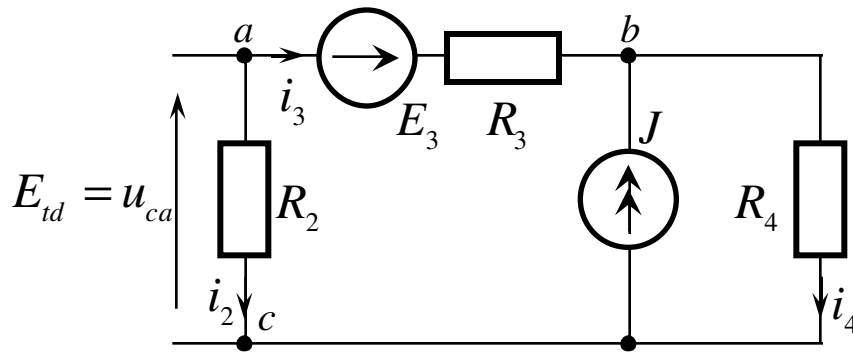
$$i_3 = \frac{E_{td} + E_3}{R_{td} + R_3} = \frac{-56 + 20}{48 + 30} = \boxed{-0,4615 \text{ A}}$$



# Định lý Thevenin (13)

VD7

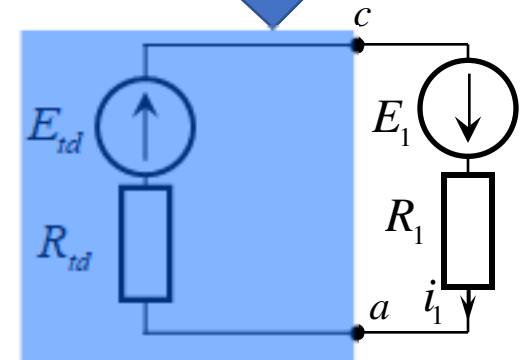
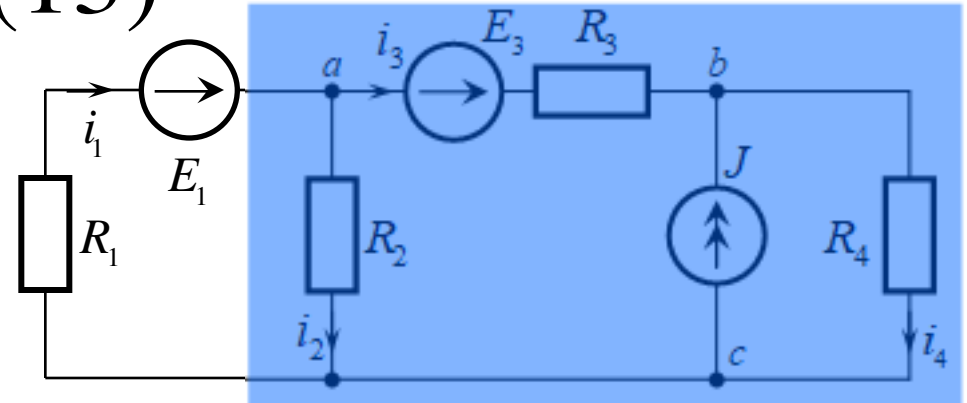
$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_1$ ?



$$E_{td} = -R_2 i_2$$

$$\varphi_c = 0 \rightarrow \varphi_b = \frac{\frac{E_3}{R_2 + R_3} + J}{\frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_4}} = 58,1818 \text{ V}$$

$$i_2 = \frac{\varphi_b - E_3}{R_2 + R_3} = 0,5455 \text{ A}$$



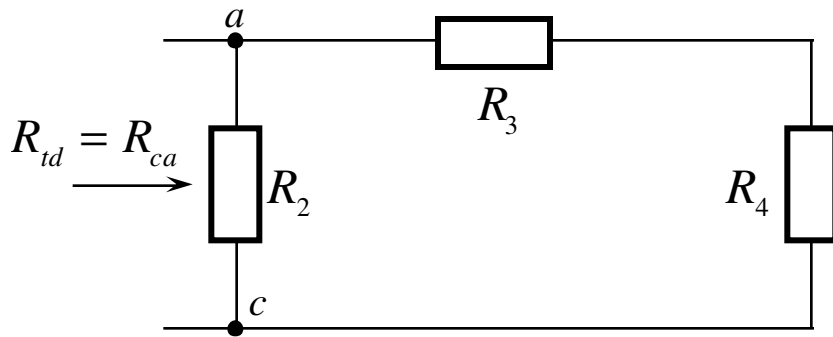
$$\rightarrow E_{td} = -40 \cdot 0,5455 = -21,8182 \text{ V}$$



# Định lý Thevenin (14)

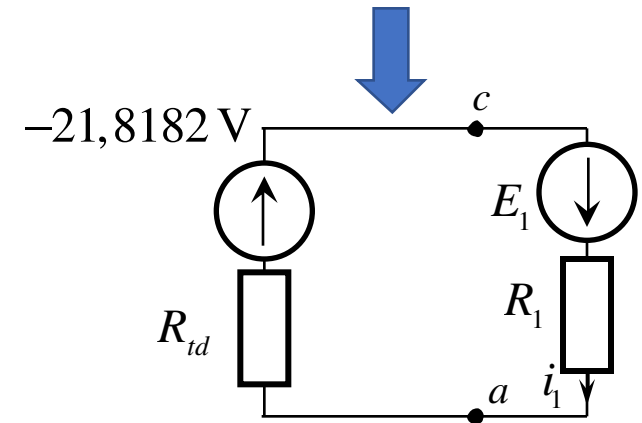
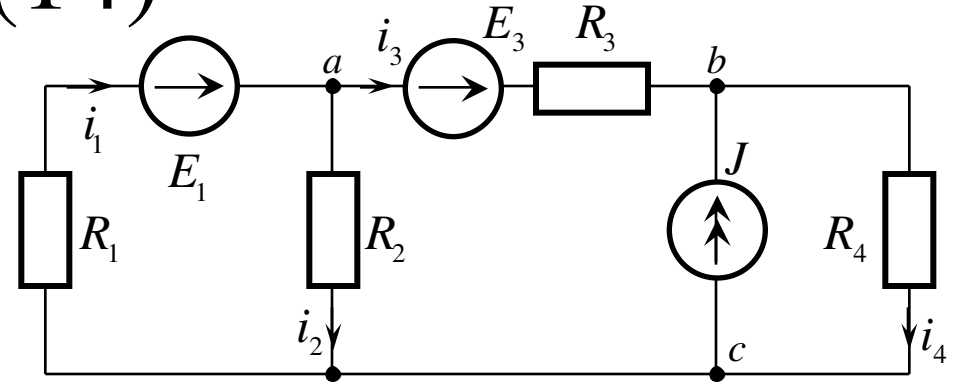
VD7

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_1$ ?



$$R_{td} = \frac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = 25,45 \Omega$$

$$i_1 = \frac{E_{td} + E_1}{R_{td} + R_1} = \frac{-21,8182 + 30}{25,45 + 10} = \boxed{0,2308 \text{ A}}$$







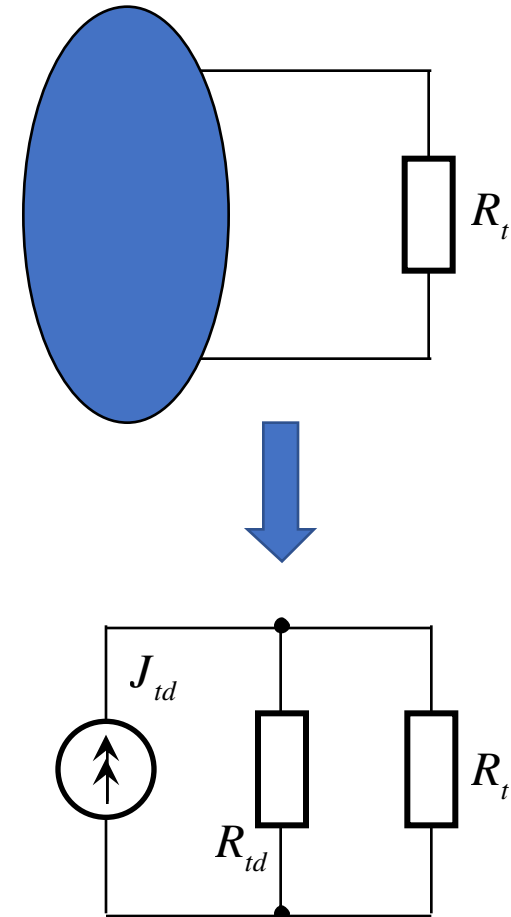
# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
2. Các phương pháp phân tích
- 3. Các định lý mạch**
  - a) Nguyên lý xếp chồng
  - b) Định lý Thevenin
  - c) Định lý Norton**
  - d) Truyền công suất cực đại

# Định lý Norton (1)

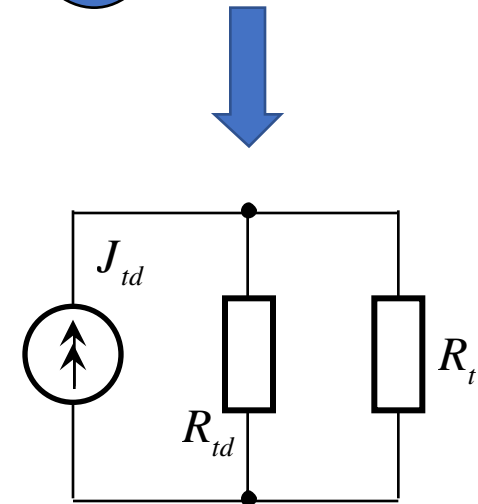
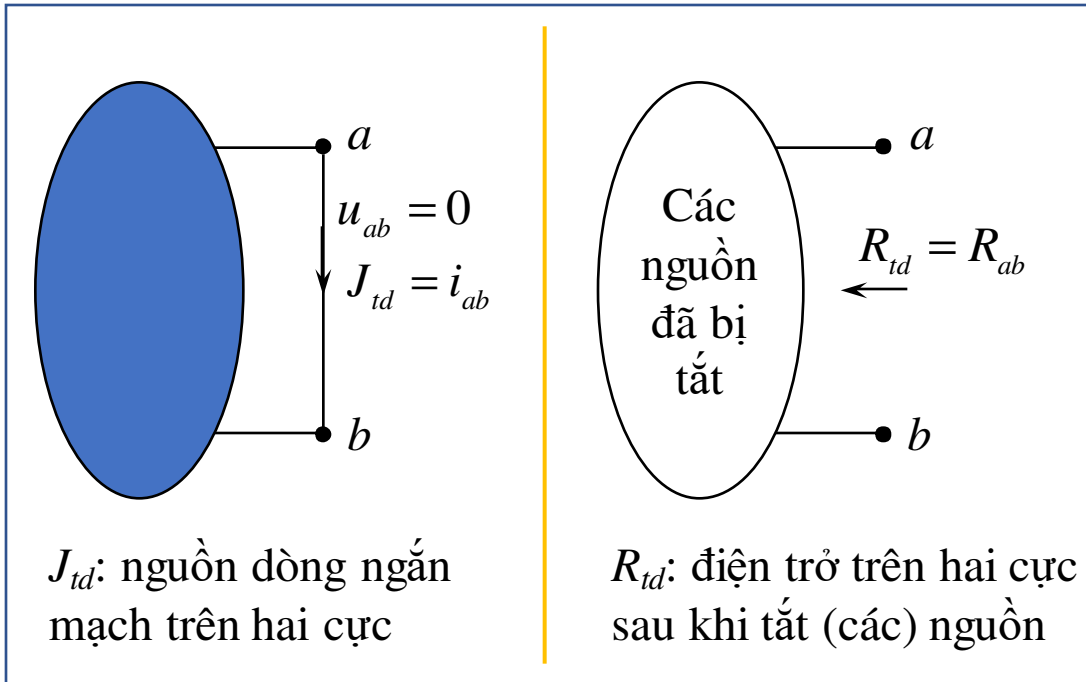
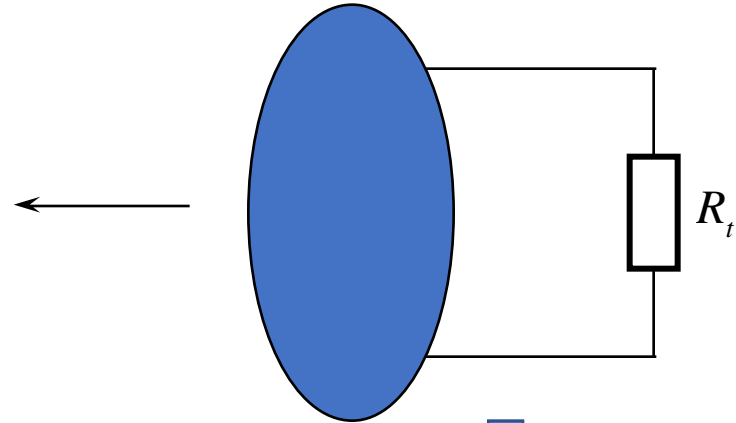
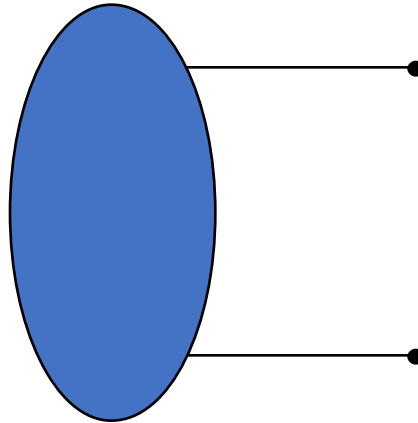
Một mạng tuyến tính một cửa (hai cực) có thể được thay thế bằng một mạch tương đương gồm có nguồn dòng  $J_{td}$  & điện trở  $R_{td}$ , trong đó:

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



# Định lý Norton (2)

Mạng tuyến tính một cửa  
(mạng một cửa)

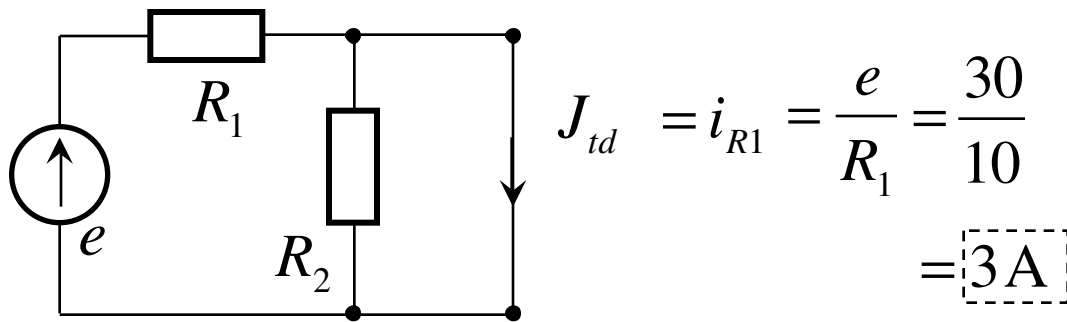


# Định lý Norton (3)

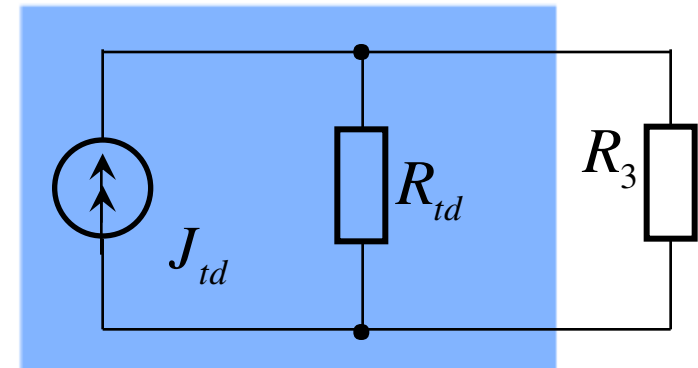
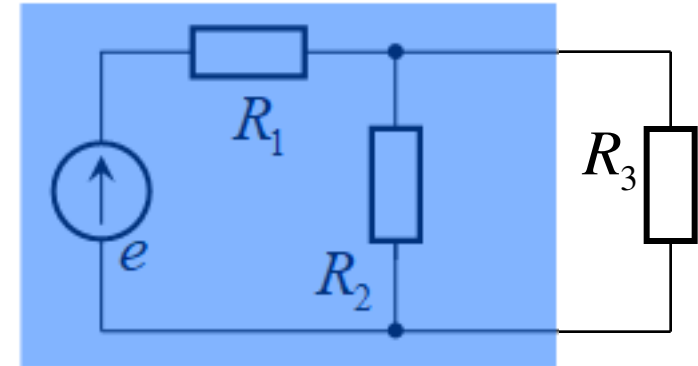
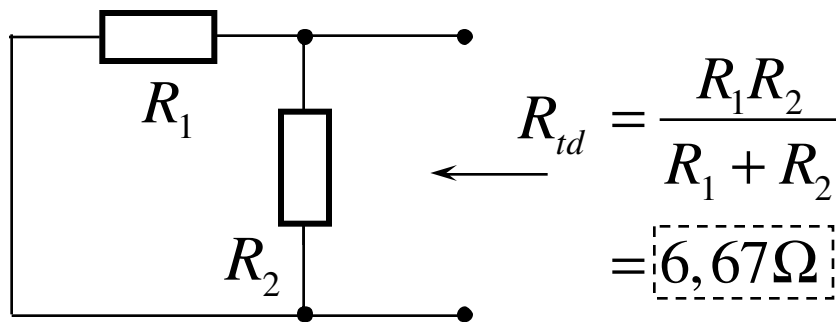
## VD1

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega, e = 30V$ .  
 Tính dòng điện chảy qua  $R_3$ ?

$J_{td}$ : nguồn dòng ngắn mạch trên 2 cực



$R_{td}$ : điện trở trên hai cực sau khi triệt tiêu các nguồn



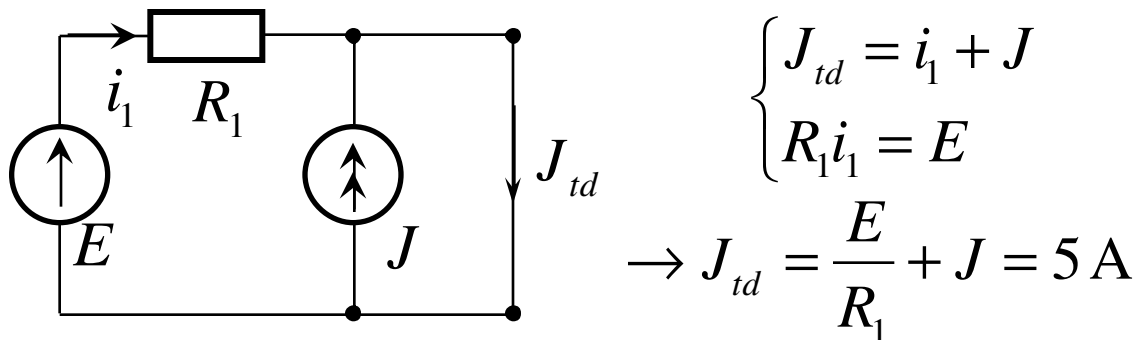
$$i_3 = J_{td} \frac{R_{td}}{R_3 + R_{td}} = 3 \frac{6,67}{30 + 6,67} = 0,55A$$

# Định lý Norton (4)

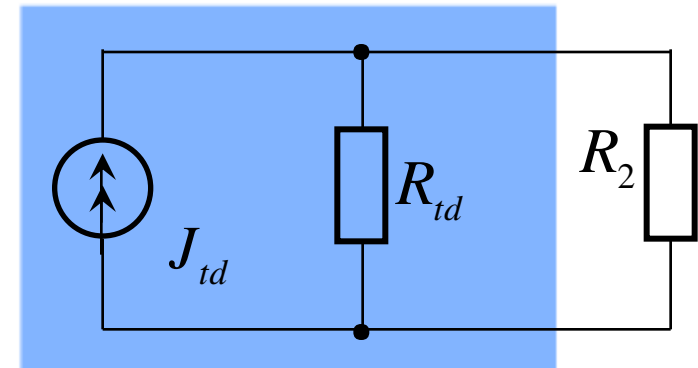
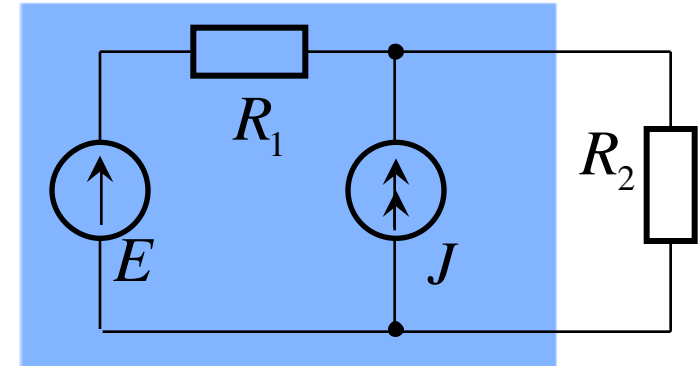
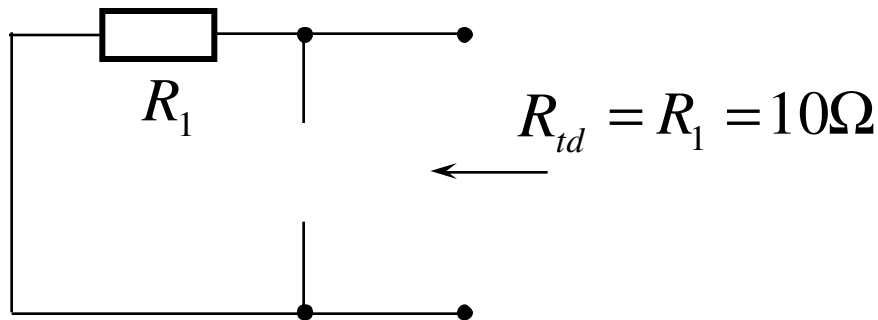
VD2

$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, E = 30V, J = 2A$ .  
 Tính dòng điện chảy qua  $R_2$ ?

$J_{td}$ : nguồn dòng ngắn mạch trên 2 cực



$R_{td}$ : điện trở trên hai cực sau khi triệt tiêu các nguồn



$$i_2 = J_{td} \frac{R_{td}}{R_2 + R_{td}} = 5 \frac{10}{20 + 10} = \boxed{1,67 \text{ A}}$$

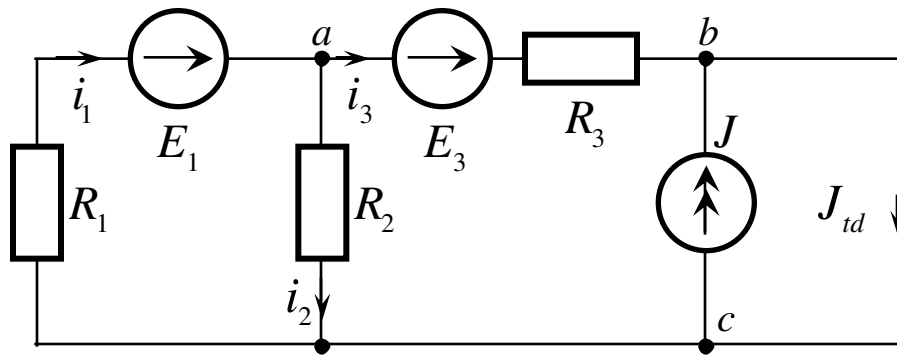




# Định lý Norton (5)

VD3

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_4$ ?

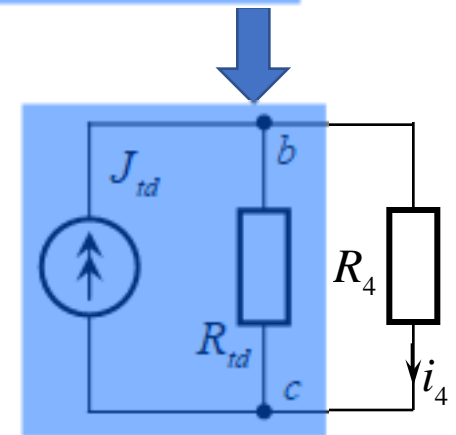
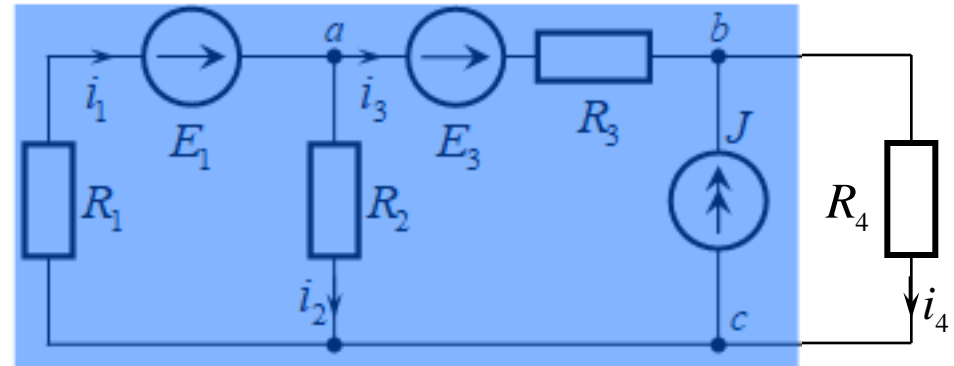


$$J_{td} = i_3 + J$$

$$\varphi_c = 0 \rightarrow \varphi_a = \frac{\frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = 14,7368 \text{ V}$$

$$i_3 = \frac{E_3 + \varphi_a}{R_3} = 1,1579 \text{ A}$$

$$\rightarrow J_{td} = 3,1579 \text{ A}$$

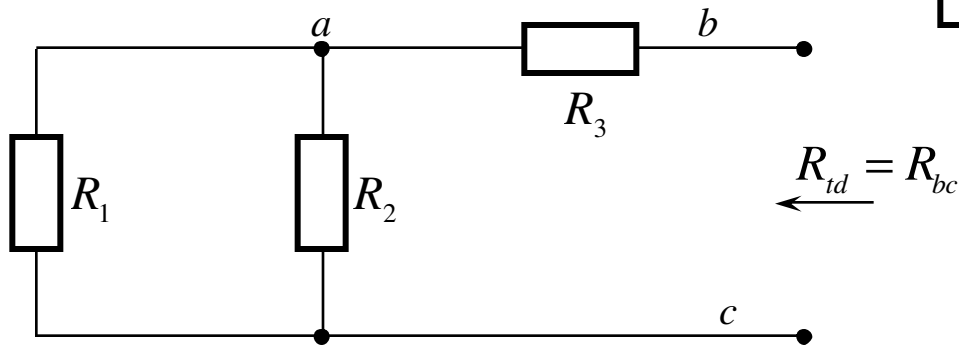




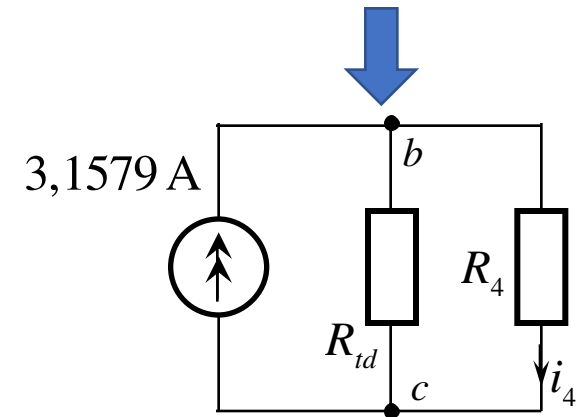
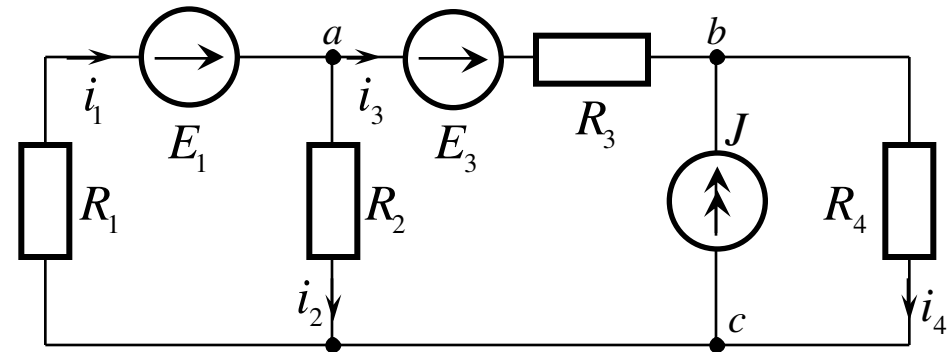
# Định lý Norton (6)

VD3

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_4$ ?



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 38 \Omega$$

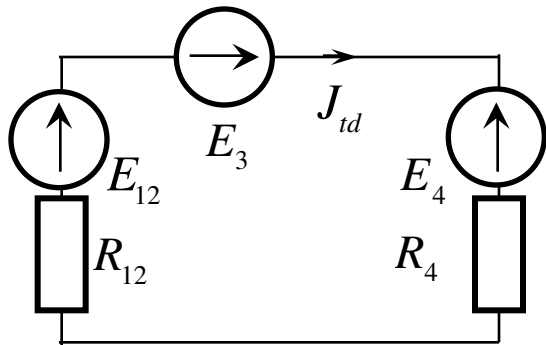
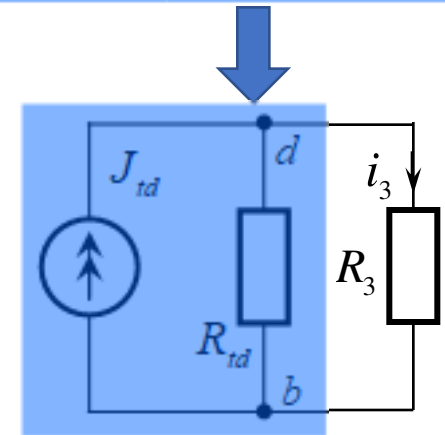
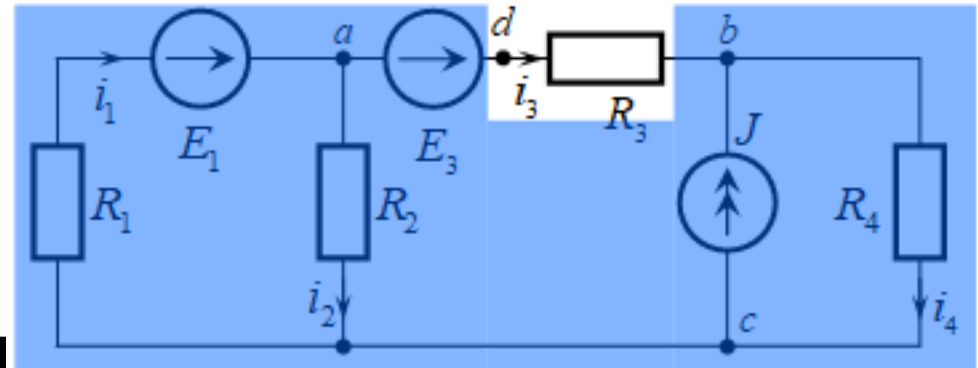
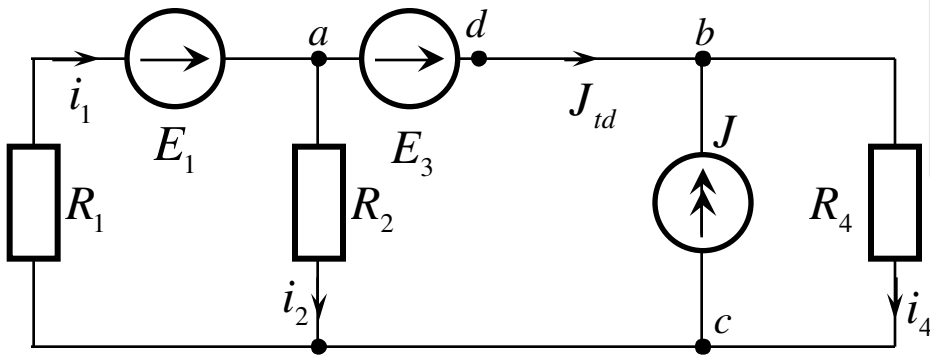


$$i_4 = J_{td} \frac{R_{td}}{R_{td} + R_4} = 3,1579 \frac{38}{38 + 40} = \boxed{1,5385 \text{ A}}$$

# Định lý Norton (7)

**VD4**

$R_1 = 10 \Omega, R_2 = 40 \Omega, R_3 = 30 \Omega, R_4 = 40 \Omega,$   
 $E_1 = 30 \text{ V}, E_3 = 20 \text{ V}, J = 2 \text{ A.}$  Tính  $i_3$ ?



$$E_4 = R_4 J = 40 \cdot 2 = 80 \text{ V}$$

$$R_{12} = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2} = 8 \Omega$$

$$E_{12} = \frac{E_1 / R_1}{1/R_1 + 1/R_2} = 24 \text{ V}$$

$$J_{td} = \frac{E_{12} + E_3 - E_4}{R_{12} + R_4} = \frac{24 + 20 - 80}{8 + 40} = -0,75 \text{ A}$$



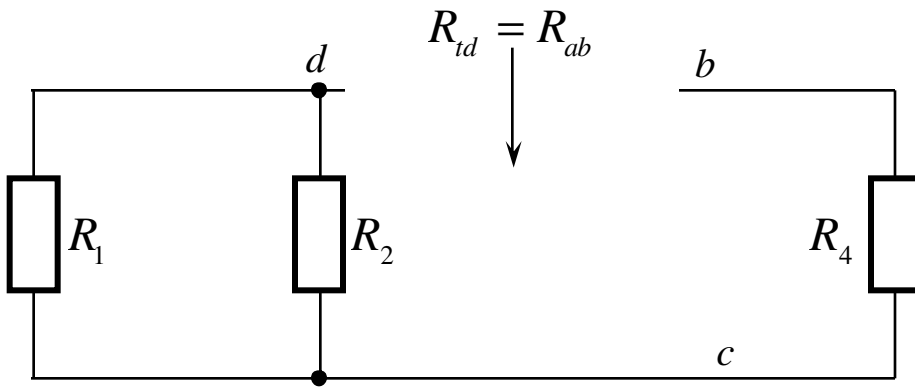




# Định lý Norton (8)

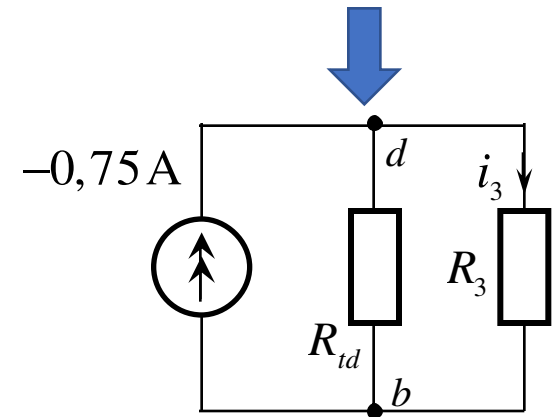
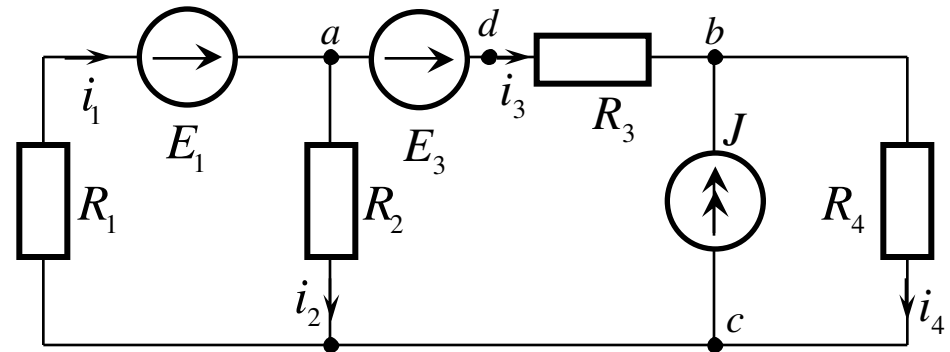
**VD4**

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_3$ ?



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_4 = 48 \Omega$$

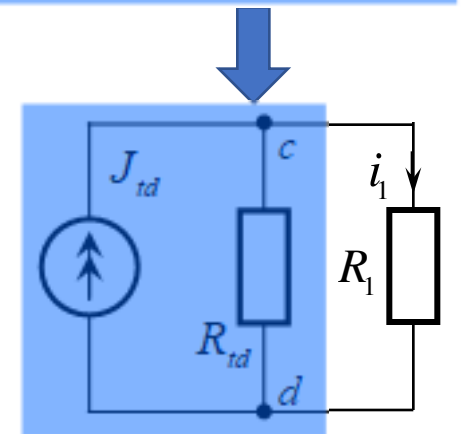
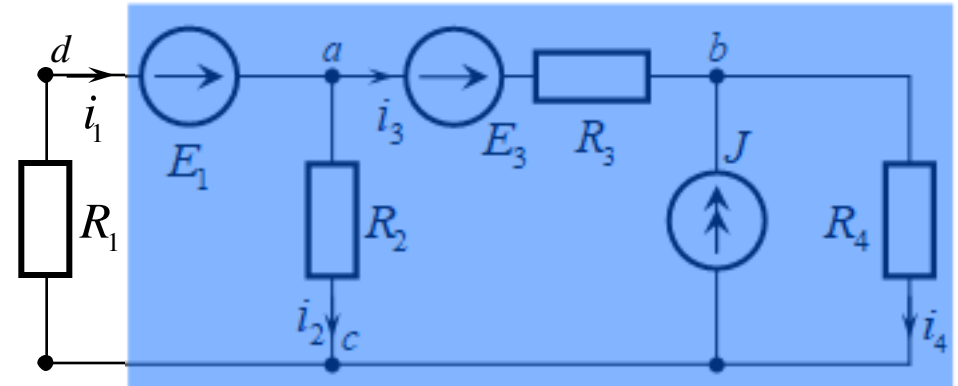
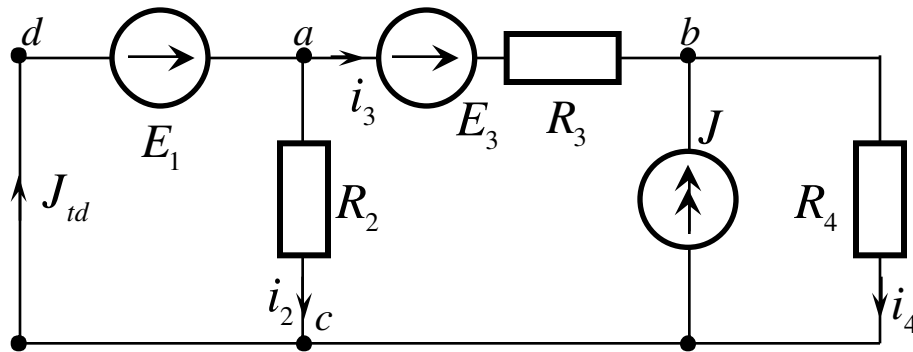
$$i_3 = J_{td} \frac{R_{td}}{R_{td} + R_3} = -0,75 \frac{48}{48 + 30} = \boxed{-0,4615 \text{ A}}$$



# Định lý Norton (9)

## VD5

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_1$ ?



$$J_{td} = i_2 + i_3$$

$$i_2 = \frac{E_1}{R_2} = 0,75 \text{ A}$$

$$\begin{cases} i_3 - i_4 + J = 0 \\ R_3 i_3 + R_4 i_4 = E_1 + E_3 \end{cases} \rightarrow i_3 = -0,4286 \text{ A}$$

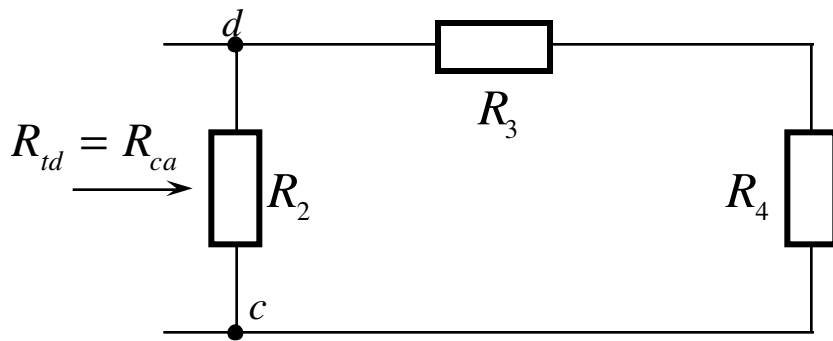
$$\rightarrow J_{td} = 0,3214 \text{ A}$$



# Định lý Norton (10)

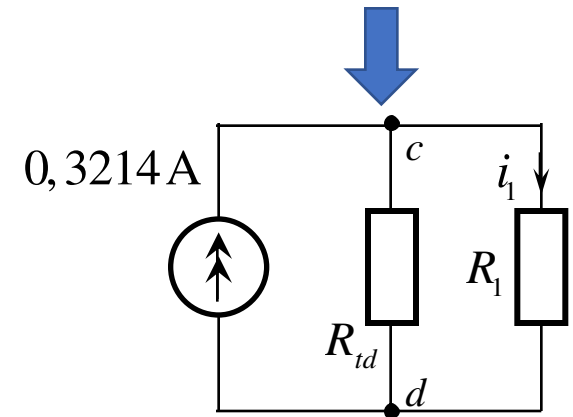
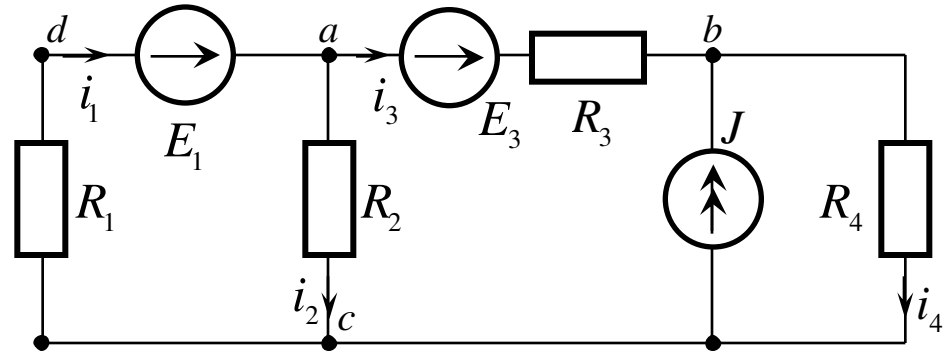
VD5

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $i_1$ ?



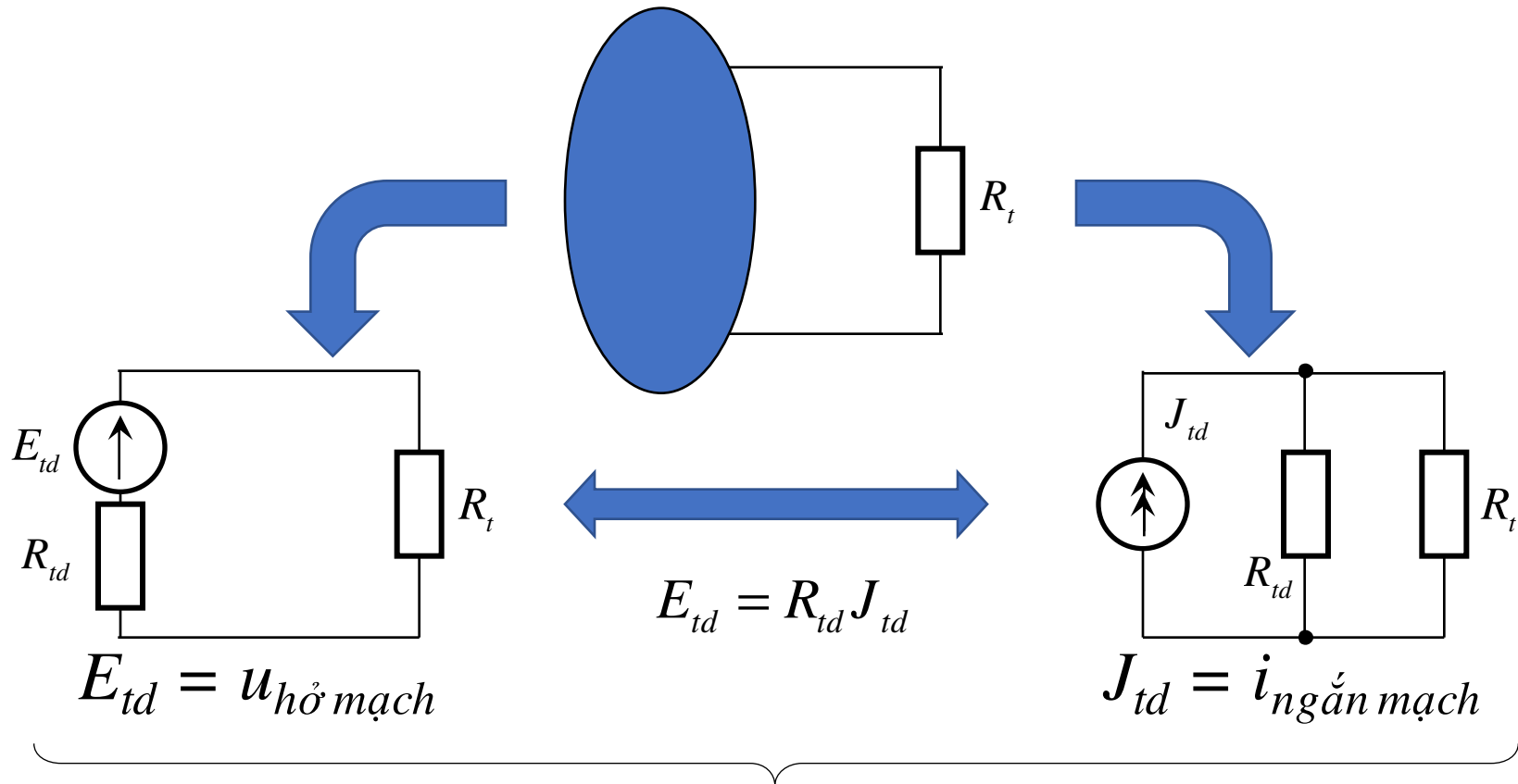
$$R_{td} = \frac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = 25,45 \Omega$$

$$i_1 = J_{td} \frac{R_{td}}{R_{td} + R_1} = 0,3214 \frac{25,45}{25,45 + 10} = \boxed{0,2308 \text{ A}}$$





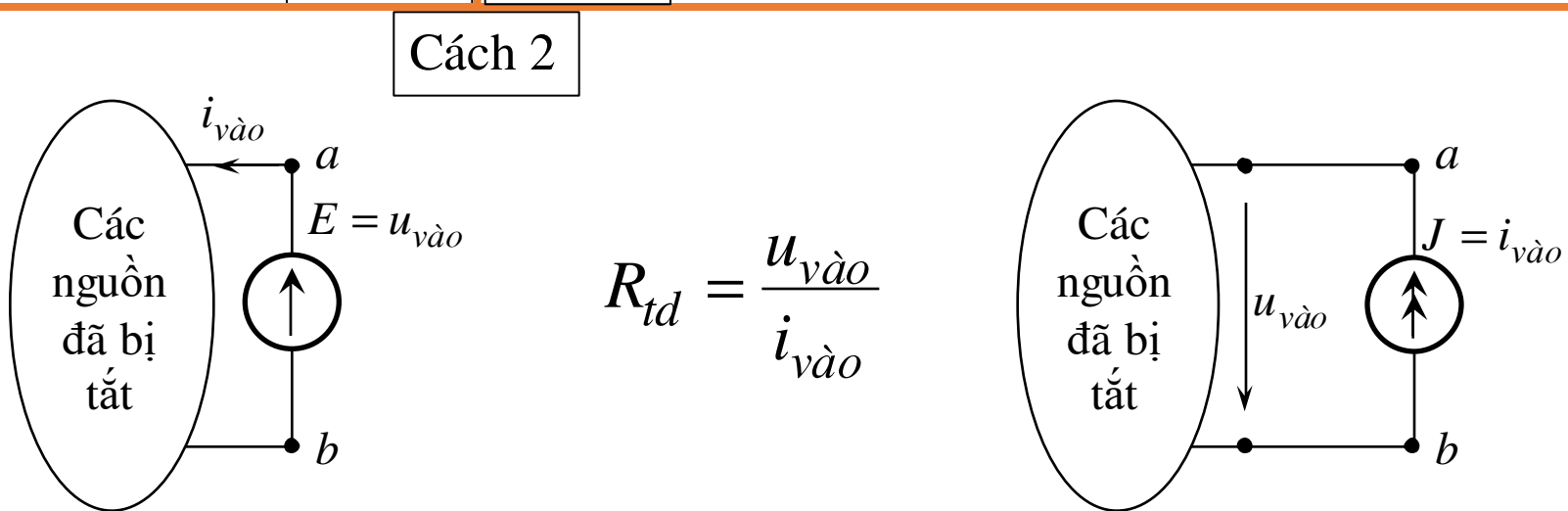
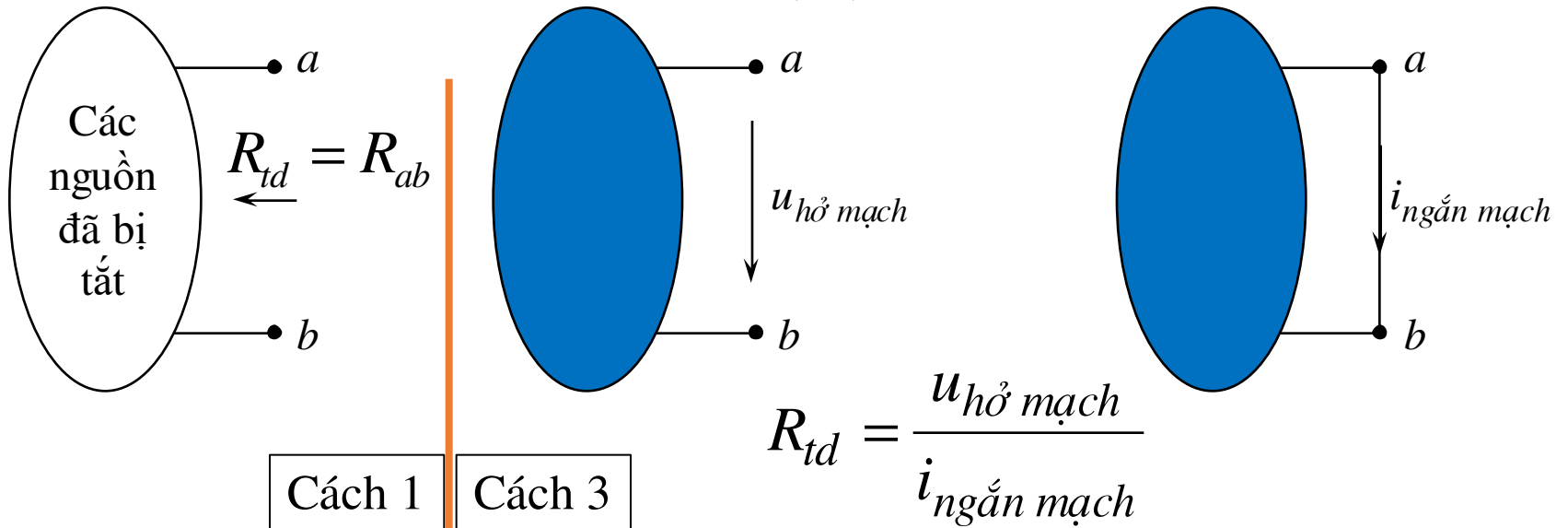
# Thevenin và Norton (1)



$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}}$$



# Thevenin và Norton (2)

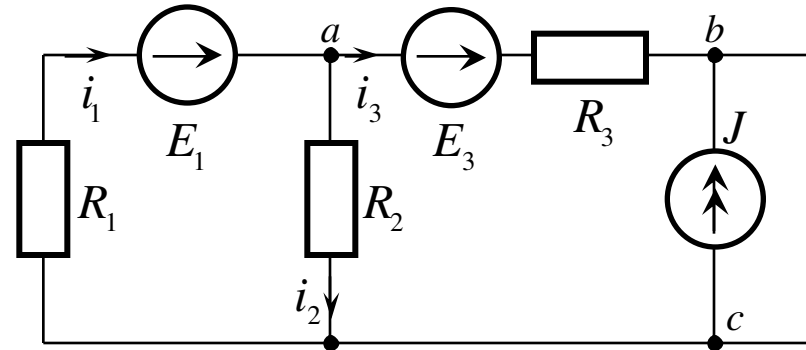




# Thevenin và Norton (3)

VD

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$ ,  
 $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính điện trở  
 tương đương  $R_{bc}$  của mạng một cửa?



$$R_{bc} = \frac{u_{\text{hở mạch}}}{i_{\text{ngắn mạch}}} = \frac{E_{td}}{J_{td}}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{td} = 120 \text{ V} \\ J_{td} = 3,1579 \text{ A} \end{array} \right\} \rightarrow R_{bc} = \frac{120}{3,1579} = 38 \Omega$$

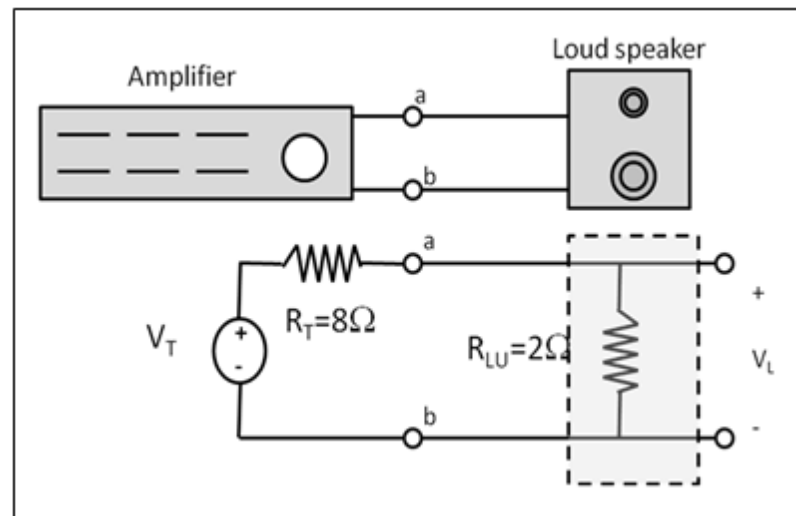




# Mạch một chiều

1. Các định luật cơ bản
2. Các phương pháp phân tích
- 3. Các định lý mạch**
  - a) Nguyên lý xếp chồng
  - b) Định lý Thevenin
  - c) Định lý Norton
  - d) Truyền công suất cực đại**

# 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-result-in-q6983635>



# Truyền công suất cực đại (2)

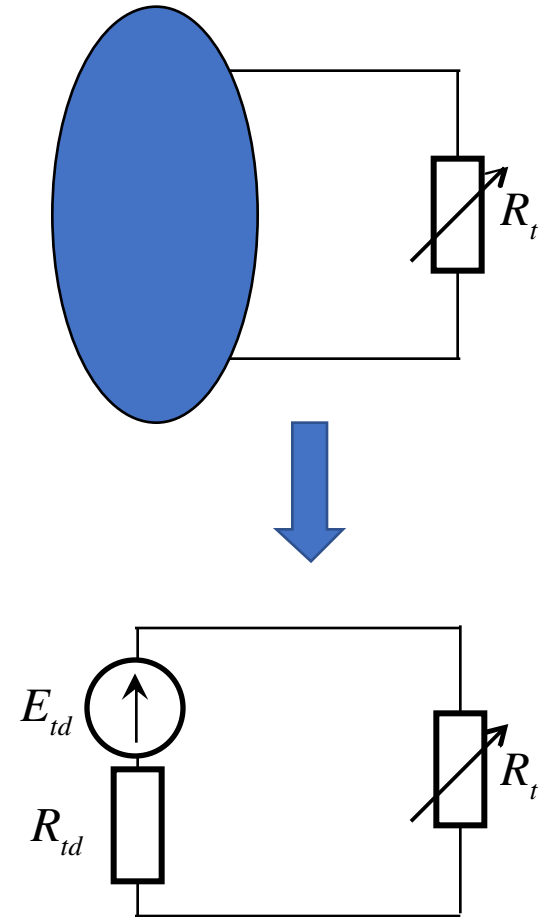
$$\left. \begin{aligned} p_t &= i_t^2 R_t \\ i_t &= \frac{E_{td}}{R_{td} + R_t} \end{aligned} \right\} \rightarrow p_t = \left( \frac{E_{td}}{R_{td} + R_t} \right)^2 R_t$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_t}{dR_t} &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{dp_t}{dR_t} = E_{td}^2 \frac{(R_{td} + R_t)^2 - 2R_t(R_{td} + R_t)}{(R_{td} + R_t)^4}$$

$$= E_{td}^2 \frac{R_{td} + R_t - 2R_t}{(R_{td} + R_t)^3} = E_{td}^2 \frac{R_{td} - R_t}{(R_{td} + R_t)^3} = 0$$

$$\rightarrow \boxed{R_t = R_{td}}$$



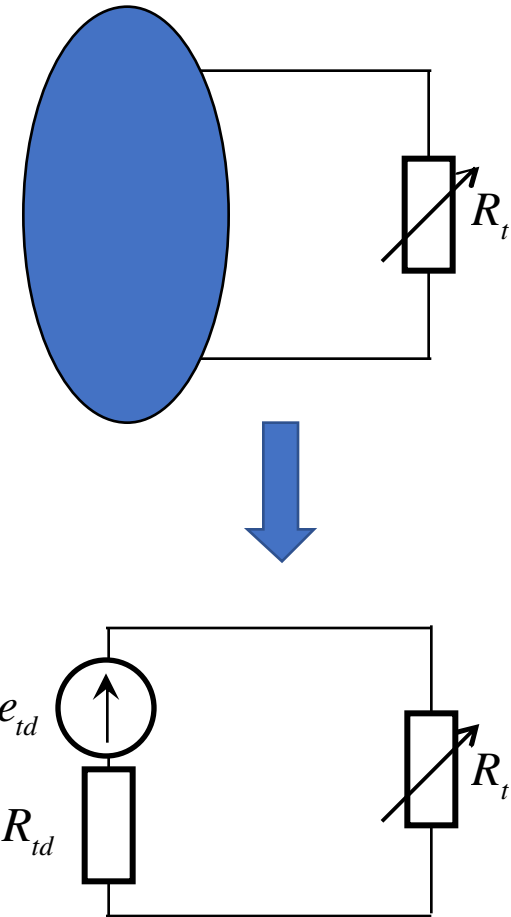
# Truyền công suất cực đại (3)

- Công suất cực đại sẽ được truyền đến tải nếu tải bằng điện trở tương đương Thevenin (nhìn từ phía tải):

$$R_t = R_{td}$$

- $R_t = R_{td}$  : gọi là hoà hợp tải hoặc phối hợp tải.
- *Chú ý*: với mạch xoay chiều thì

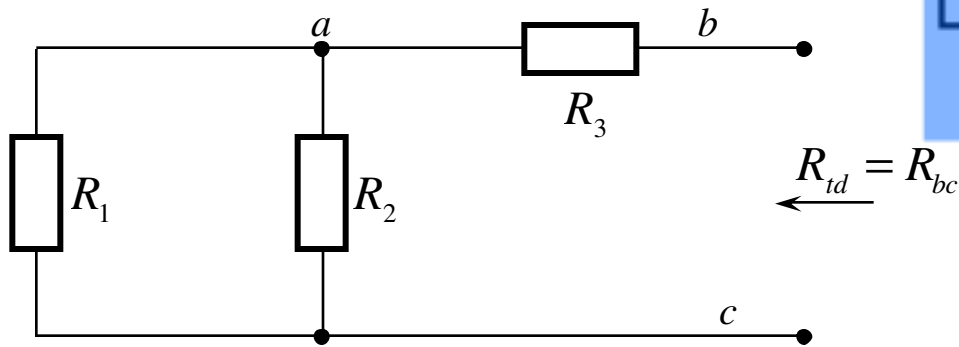
$$Z_t = \hat{Z}_{td}$$



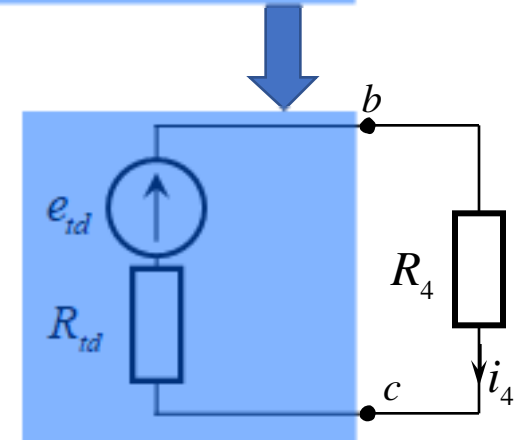
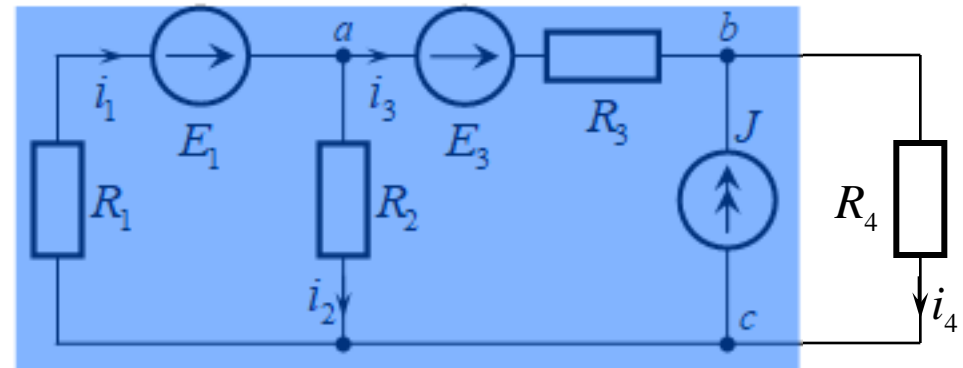
# Truyền công suất cực đại (4)

VD

$R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $E_1 = 30 \text{ V}$ ,  
 $E_3 = 20 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ . Tính  $R_4$  để nó nhận được  
công suất lớn nhất?



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 38 \Omega$$



$$\rightarrow R_4 = R_{td} = \boxed{38 \Omega}$$





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

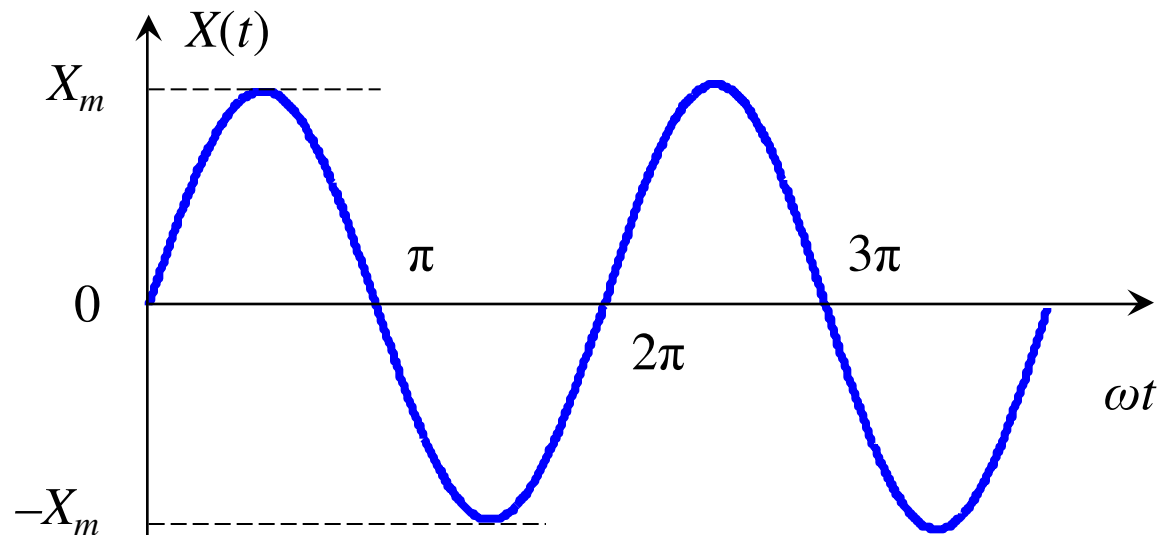
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm



# Sóng sin (1)

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

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







# Sóng sin (2)

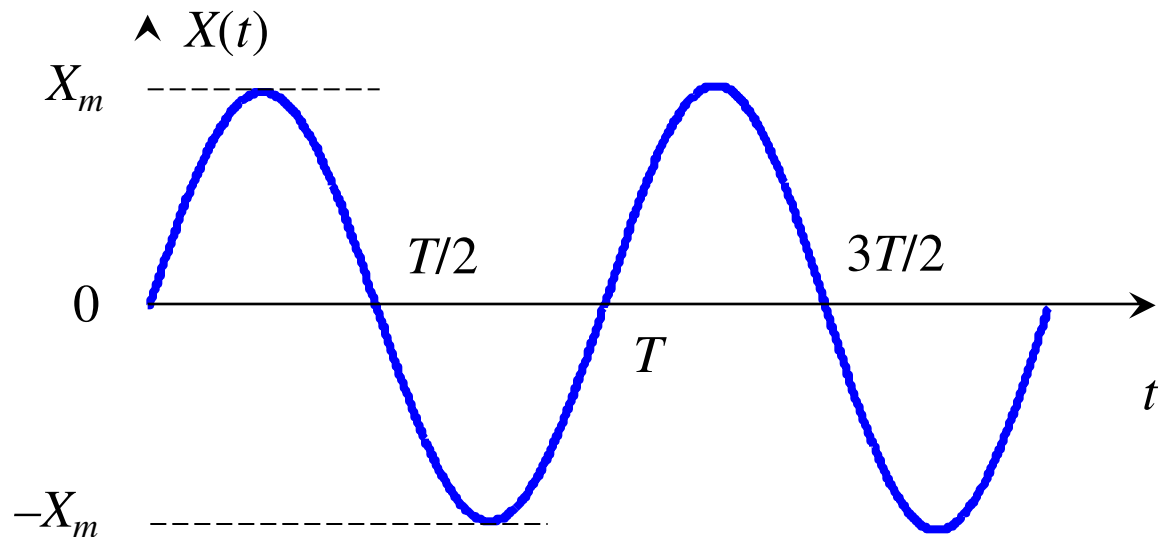
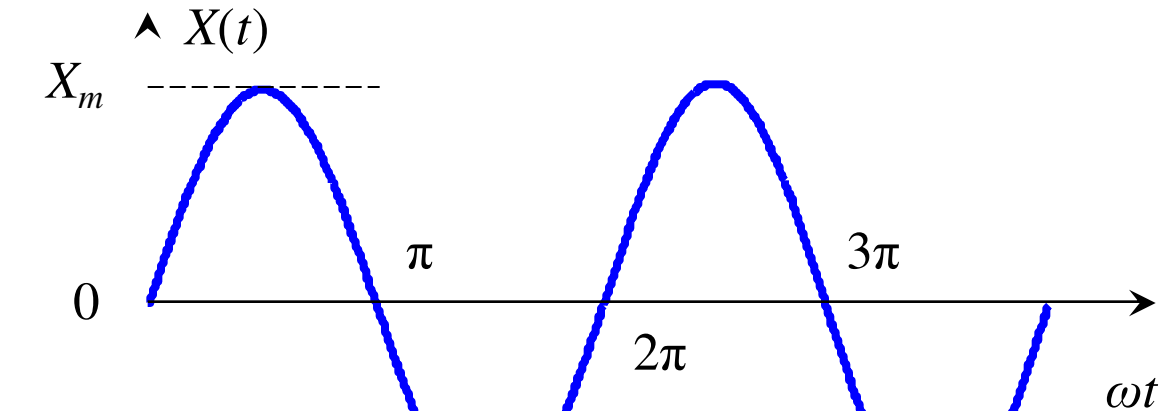
$$\omega T = 2\pi$$

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

Chu kỳ (giây, s)

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

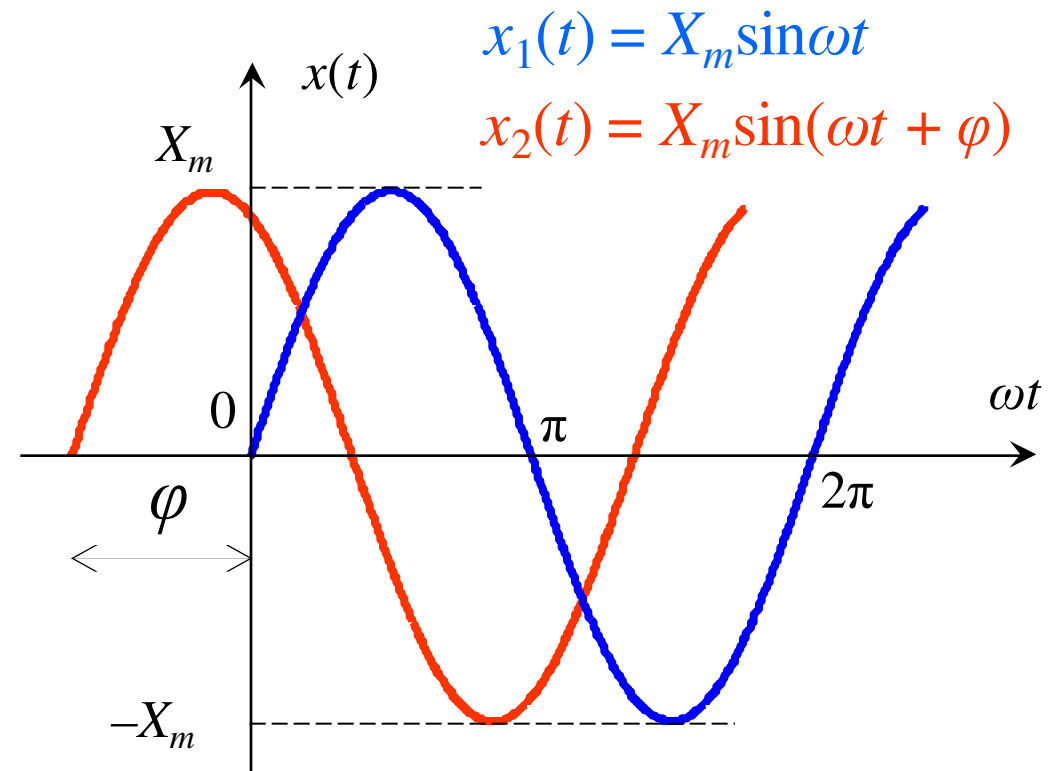
Tần số (hertz, Hz)



# Sóng sin (3)

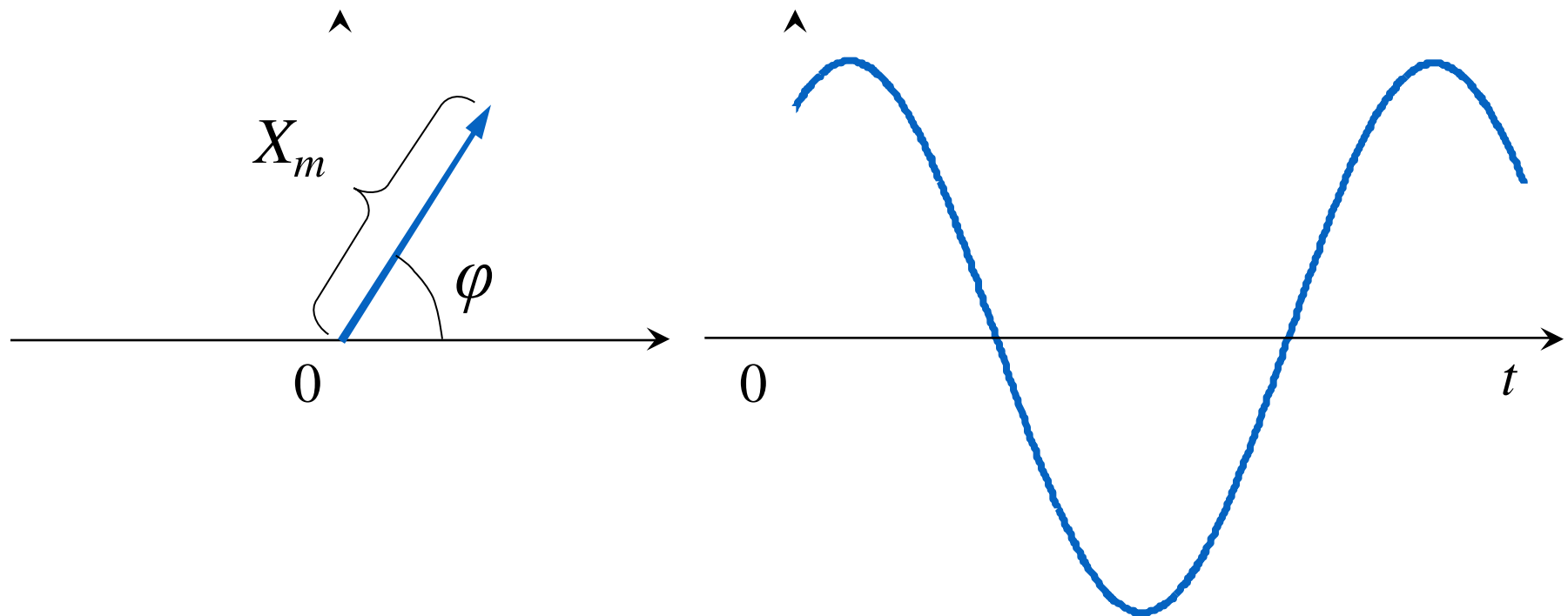
$$x(t) = X_m \sin \omega t$$

- $\varphi$ : 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)

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



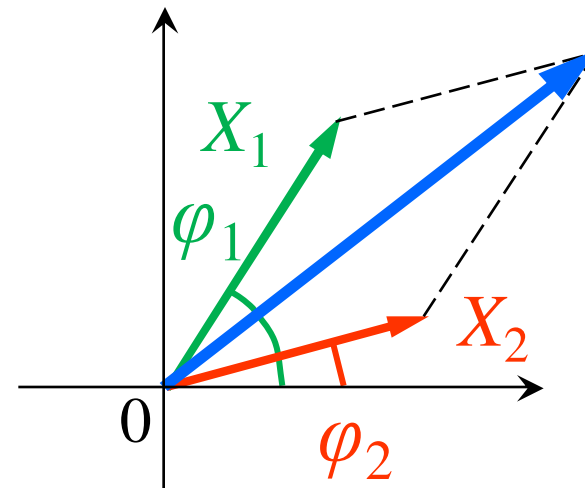
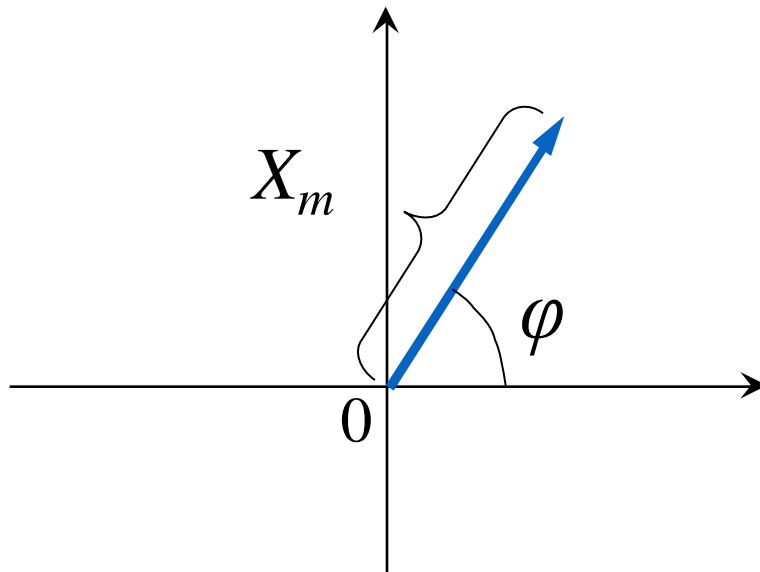
# Sóng sin (5)

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

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

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

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

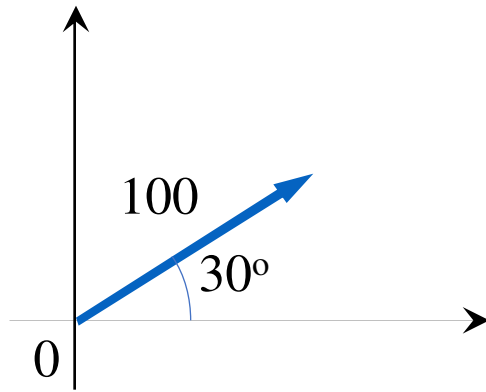




# Sóng sin (6)

## VD1

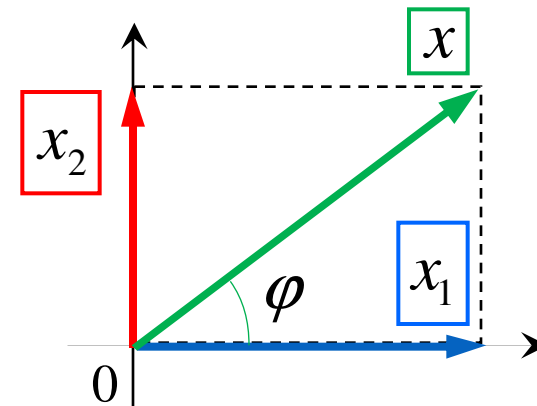
$$x(t) = 100\sin(20t + 30^\circ).$$



## VD2

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

Tìm  $x = x_1(t) + x_2(t)$ ?



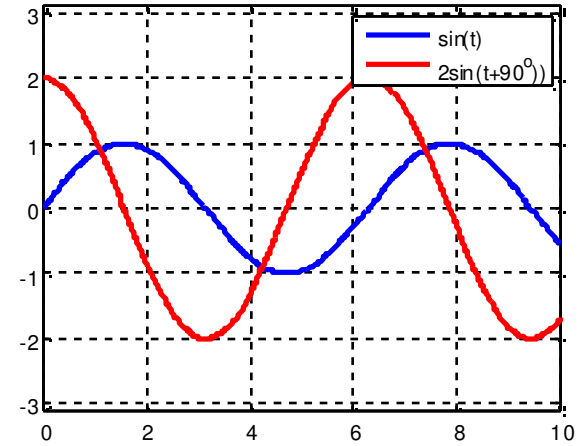
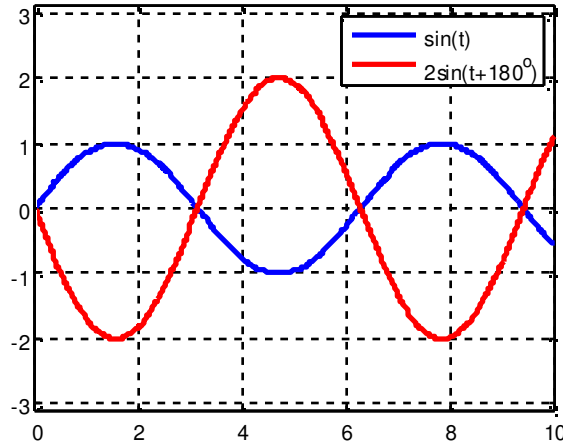
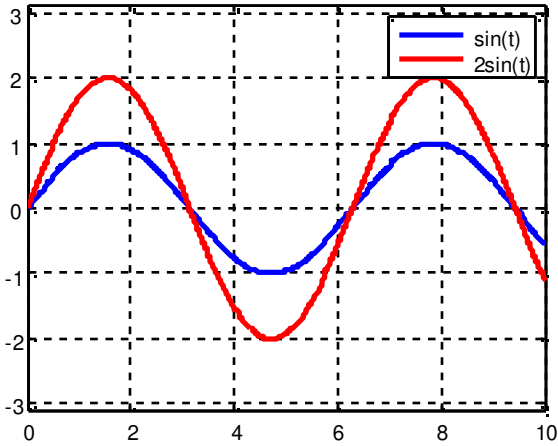
$$X_m = \sqrt{X_{1m}^2 + X_{2m}^2} = \sqrt{100^2 + 80^2} = 128,06$$

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

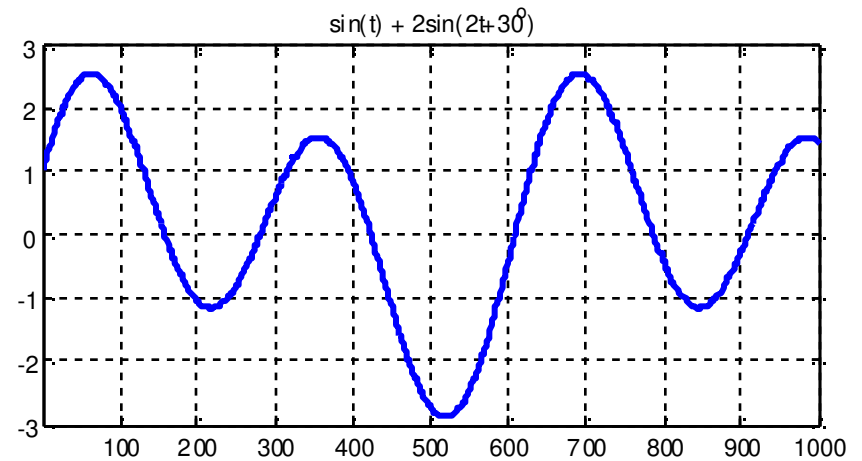
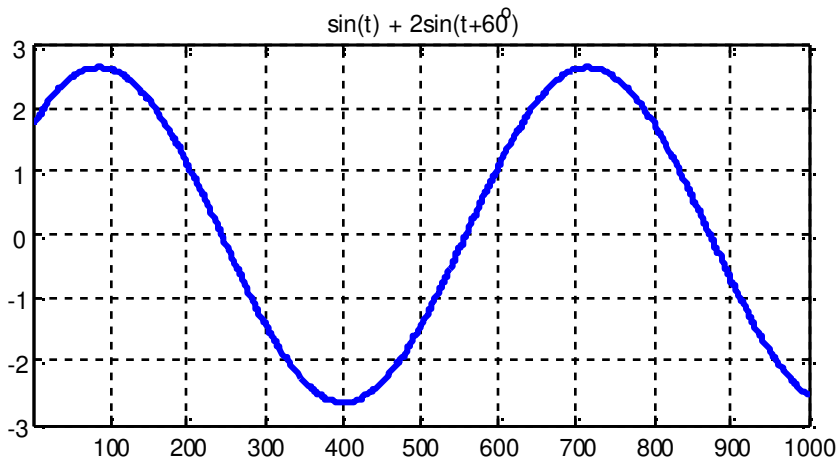
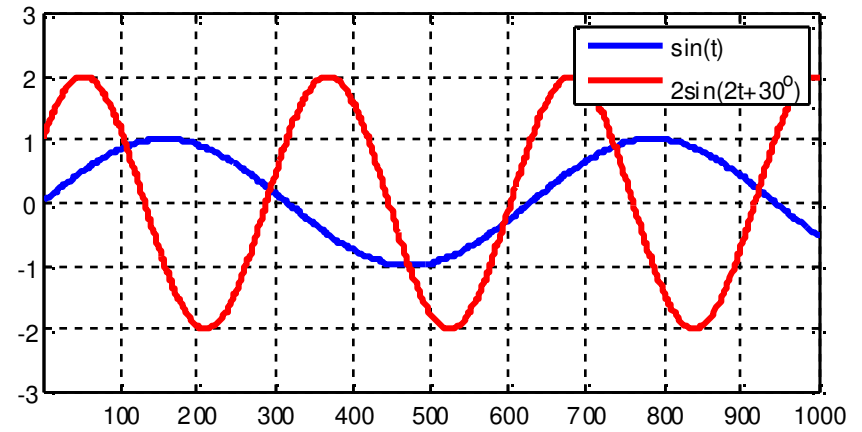
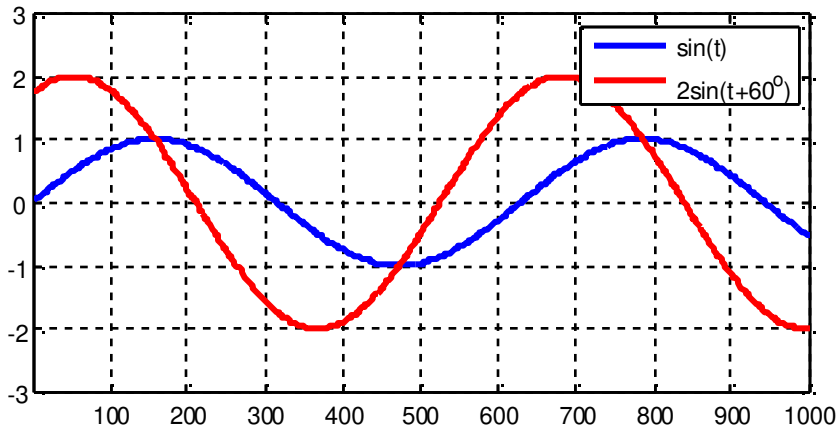
$$x(t) = 128,06 \sin(20t + 38,66^\circ)$$



# Sóng sin (7)



# Sóng sin (8)





# Mạch xoay chiều

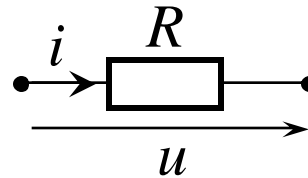
1. Sóng sin
- 2. Phản ứng của các phần tử cơ bản**
  - a) Điện trở
  - b) Cuộn dây
  - c) Tụ điện
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. Công suất trong mạch xoay chiều
8. Hồ cảm



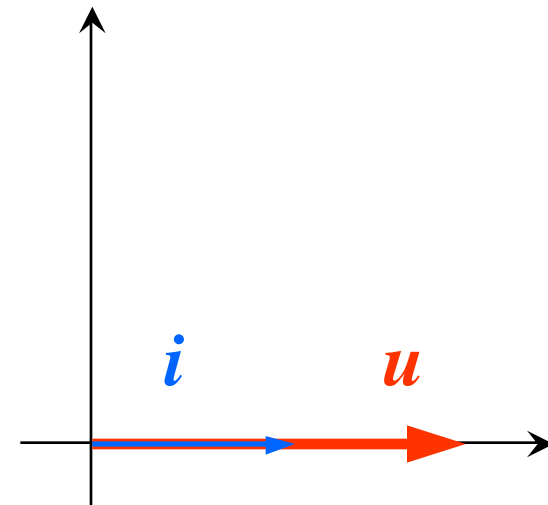
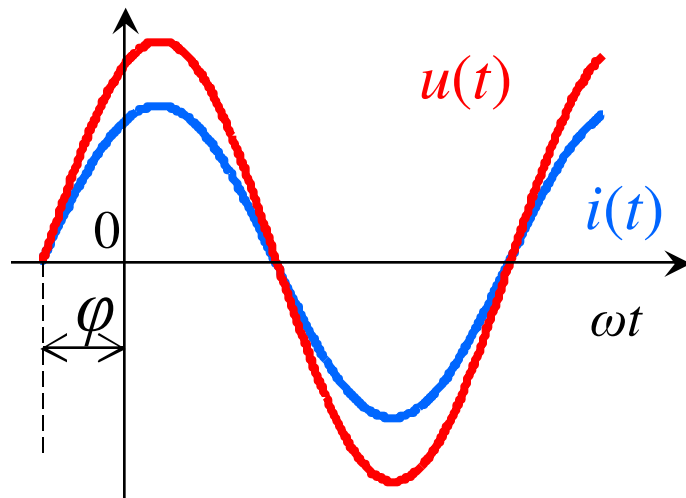




# Phản ứng của các phần tử cơ bản (1)



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



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

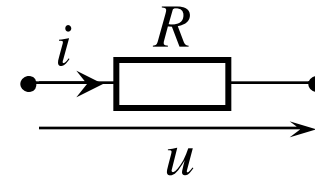




# Phản ứng của các phần tử cơ bản (2)

## VD1

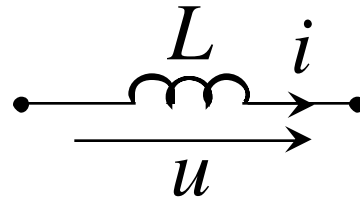
$$R = 20 \Omega, u = 100\sin(20t + 30^\circ) \text{ V}, i = ?$$



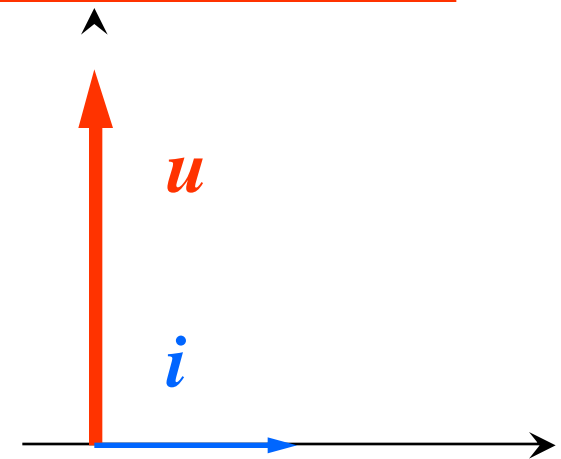
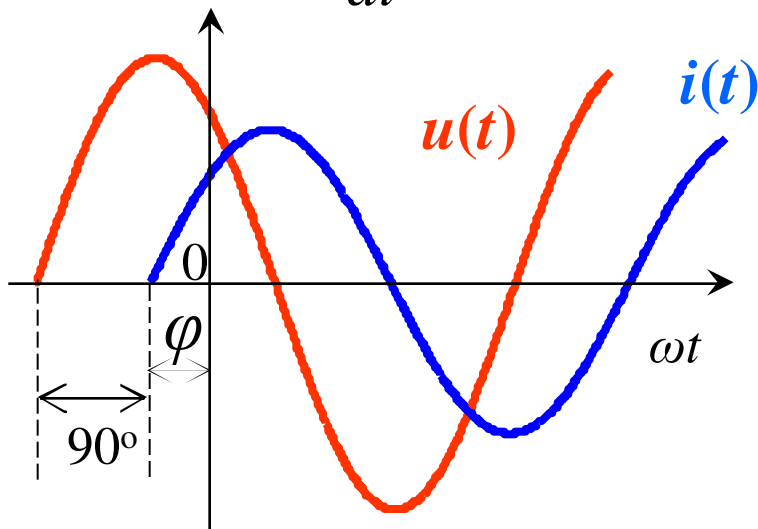
$$i = \frac{u}{R} = \frac{100\sin(20t + 30^\circ)}{20} = 5\sin(20t + 30^\circ) \text{ A}$$



# Phản ứng của các phần tử cơ bản (3)



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



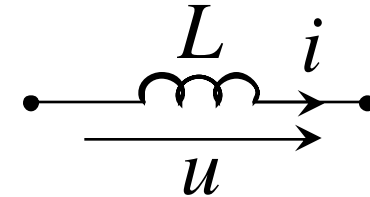
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$



# 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

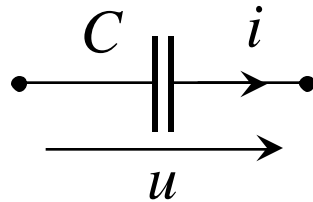
$$L = 2 \text{ H}, u = 100 \sin(20t + 30^\circ) \text{ V}, i = ?$$

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

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

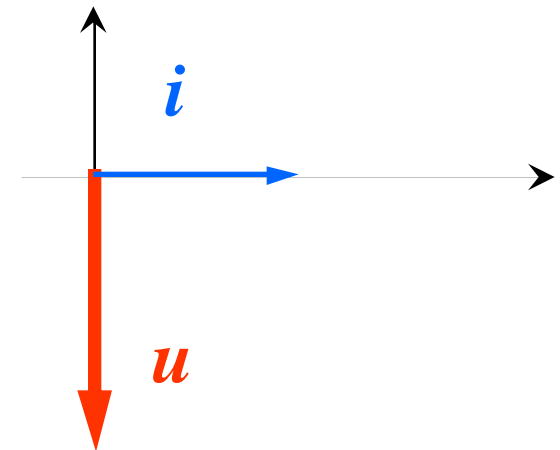
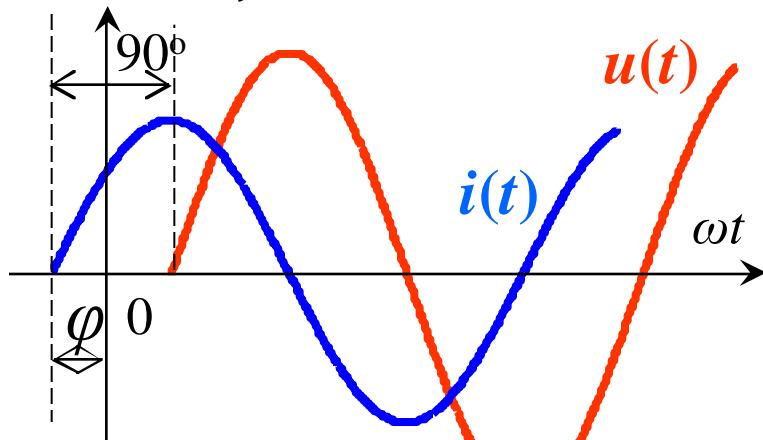


# Phản ứng của các phần tử cơ bản (5)



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

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



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



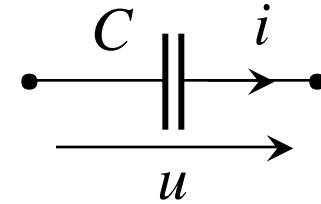
# Phản ứng của các phần tử cơ bản (6)

## 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

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

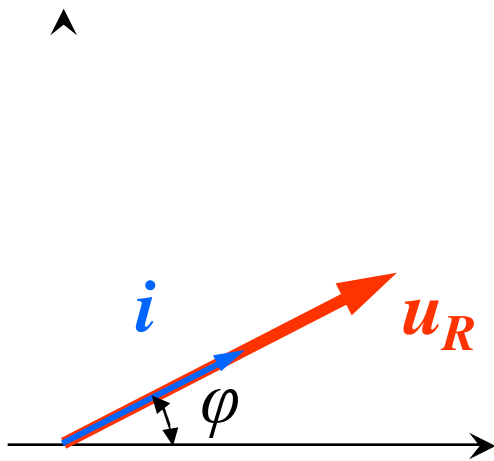
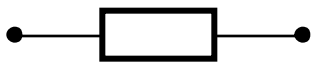
$$u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ) = 100 \sin(20t + 30^\circ) \text{ V}$$

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

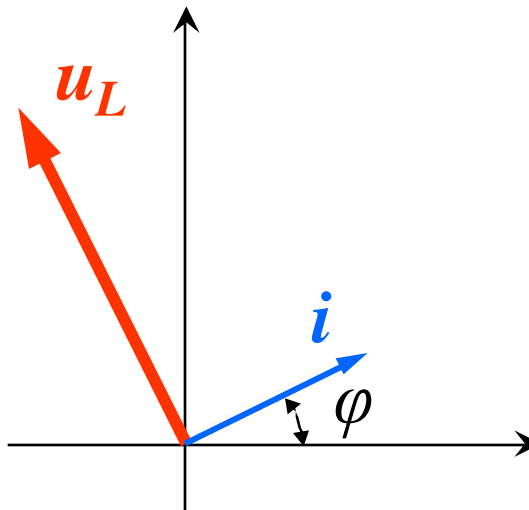


# Phản ứng của các phần tử cơ bản (7)

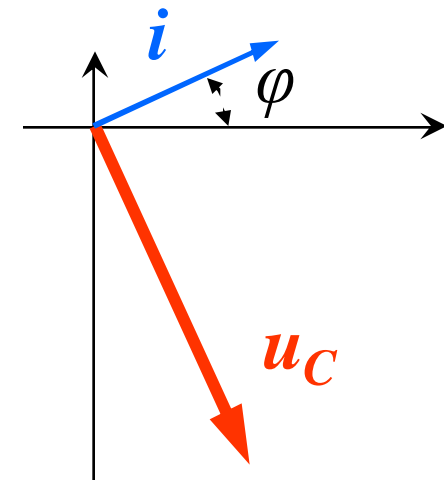
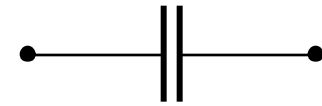
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$



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



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



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



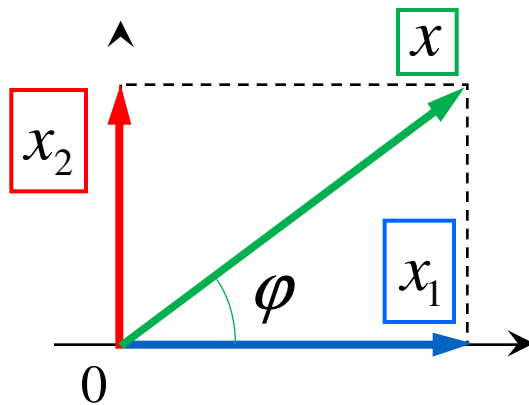


# Mạch xoay chiều

$$x_1(t) = 100\sin(20t),$$

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

Tìm  $x = x_1(t) + x_2(t)$ ?



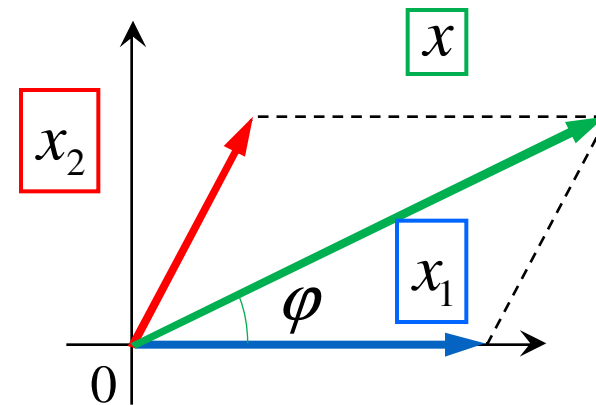
$$X_m = \sqrt{100^2 + 80^2} = 128,06$$

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

$$x_1(t) = 100\sin(20t),$$

$$x_2(t) = 80\sin(20t + 60^\circ),$$

Tìm  $x = x_1(t) + x_2(t)$ ?



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







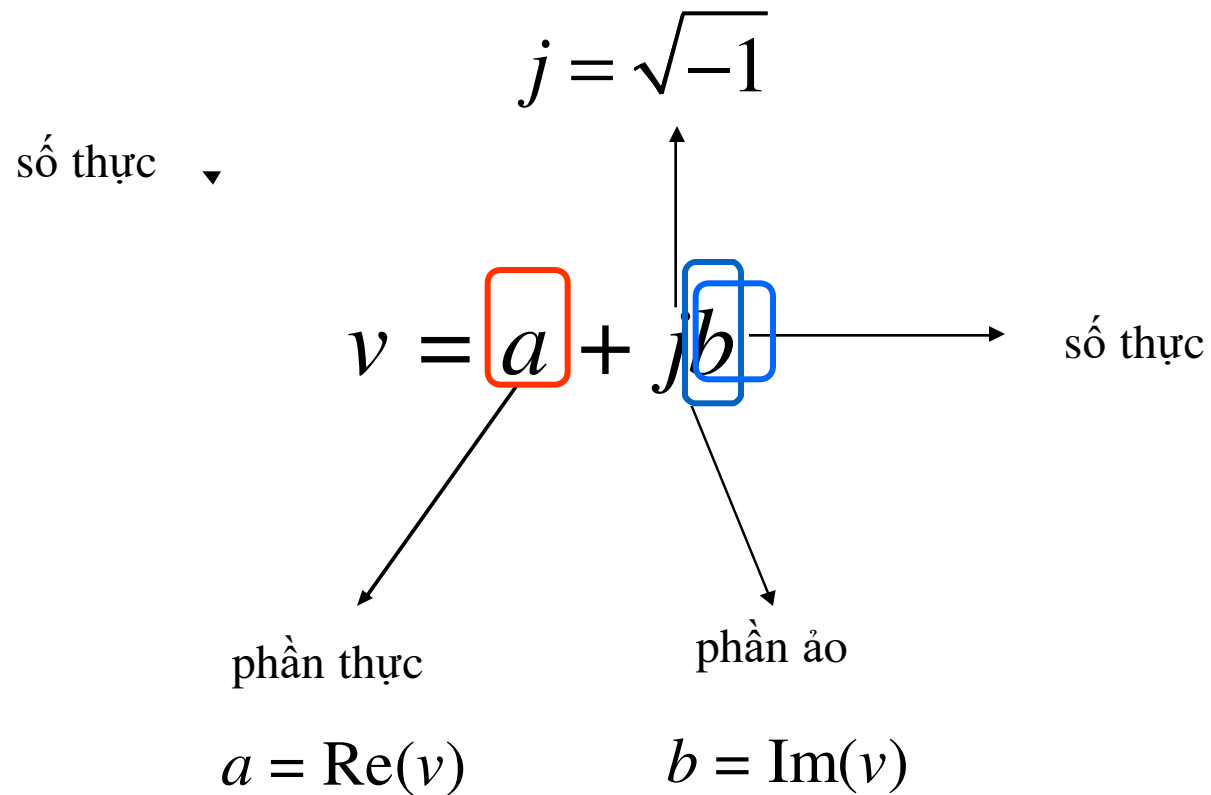
# Mạch xoay chiều

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





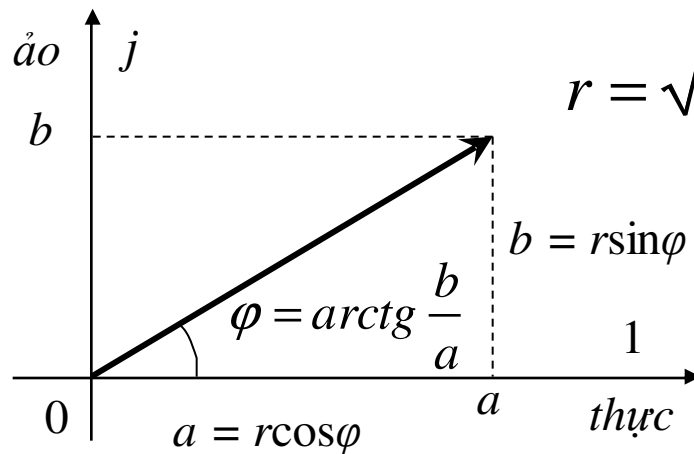
# Số phức (1)





# Số phức (2)

$$v = a + jb$$



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

Mô đun của số phức  $v$

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

$$\boxed{\underline{r / \varphi}} \quad r \angle \varphi \quad r \angle \varphi$$

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



# Số phức (3)

## VD1

$$3 + j4 \rightarrow r / \underline{\varphi} ?$$

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

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

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

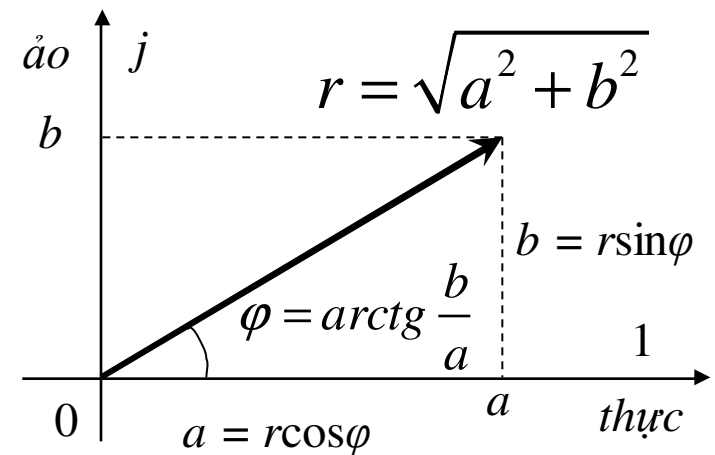
## VD2

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

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

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

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





# Số phức (4)

$$z = x + jy; \quad z_1 = x_1 + jy_1 = r_1 / \underline{\phi_1}; \quad z_2 = x_2 + jy_2 = r_2 / \underline{\phi_2}$$

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

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

$$z_1 z_2 = r_1 r_2 / \underline{\phi_1 + \phi_2}$$

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

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{r} / \underline{-\phi}$$

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

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





# Số phức (5)

## VD3

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

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

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

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

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





# Số phức (6)

VD5

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

$$\underline{5/30^\circ} = (5 \cos 30^\circ) + j(5 \sin 30^\circ) = 4,33 + j2,50$$

$$3 + j4 + \underline{5/30^\circ} = (3 + j4) + (4,33 + j2,50) = 7,33 + j6,50$$

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

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

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

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

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

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

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





# 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)

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

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

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

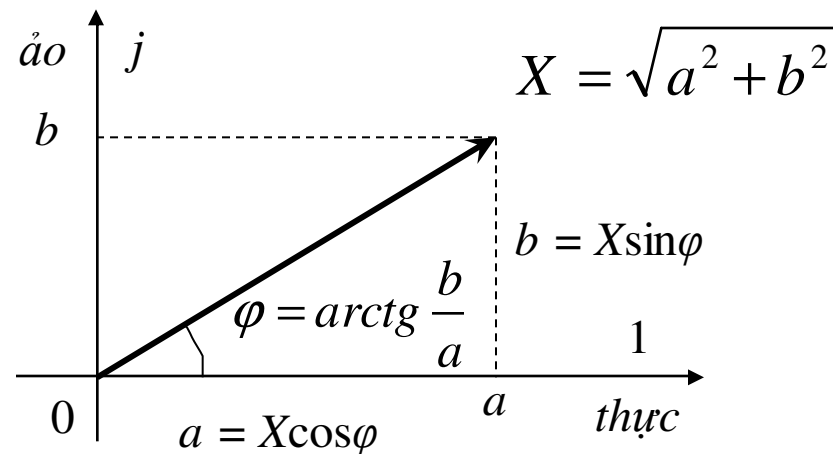
$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \varphi) = X \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{X} = X_m \underline{\varphi}$$

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



# Biểu diễn sóng sin bằng số phức (2)

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





# 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

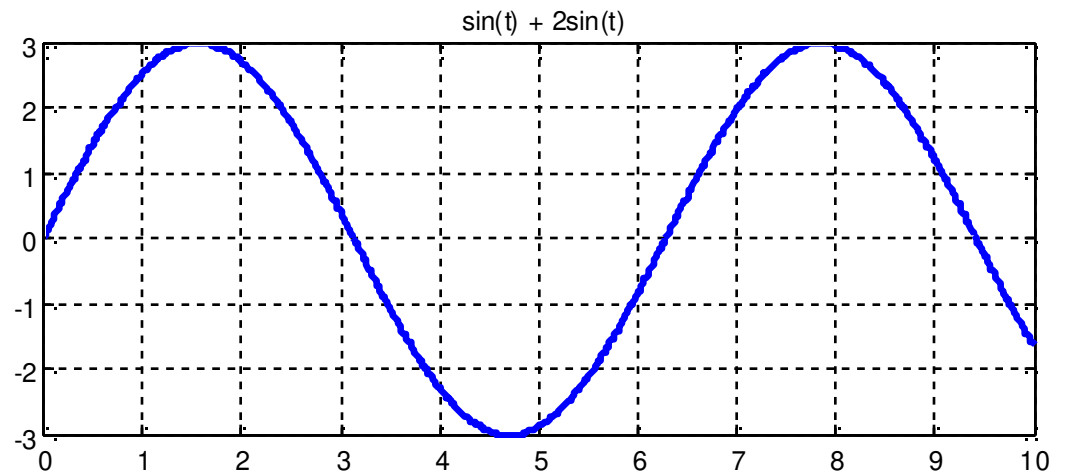
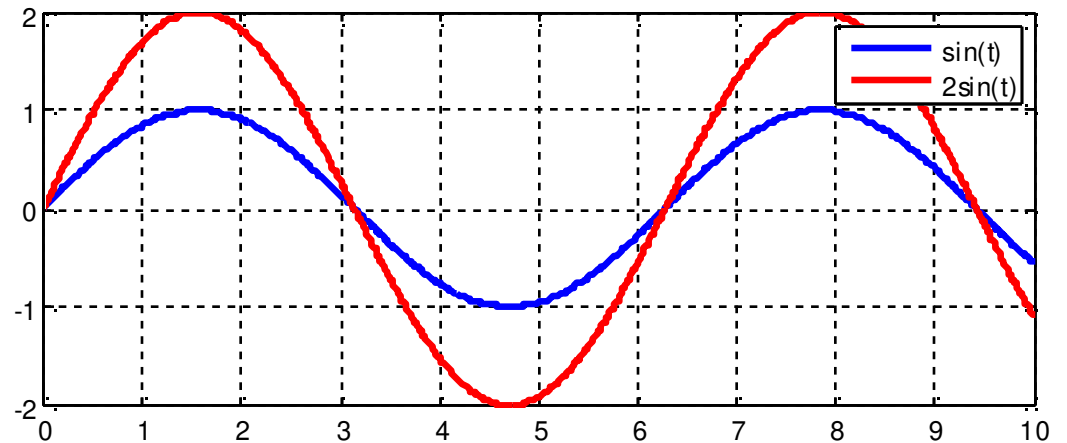
$$\sin(t) + 2\sin(t)$$

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

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

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

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



# Biểu diễn sóng sin bằng số phức (5)

## VD3

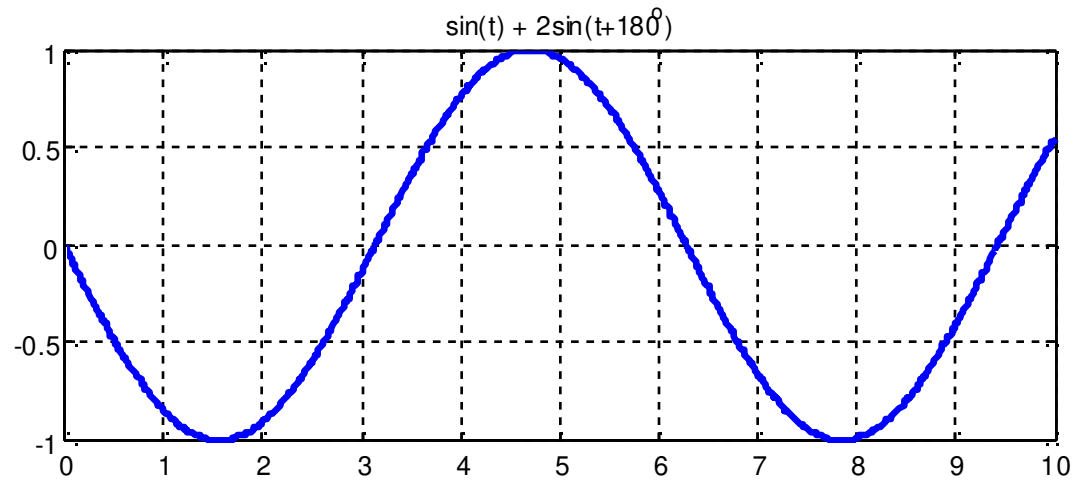
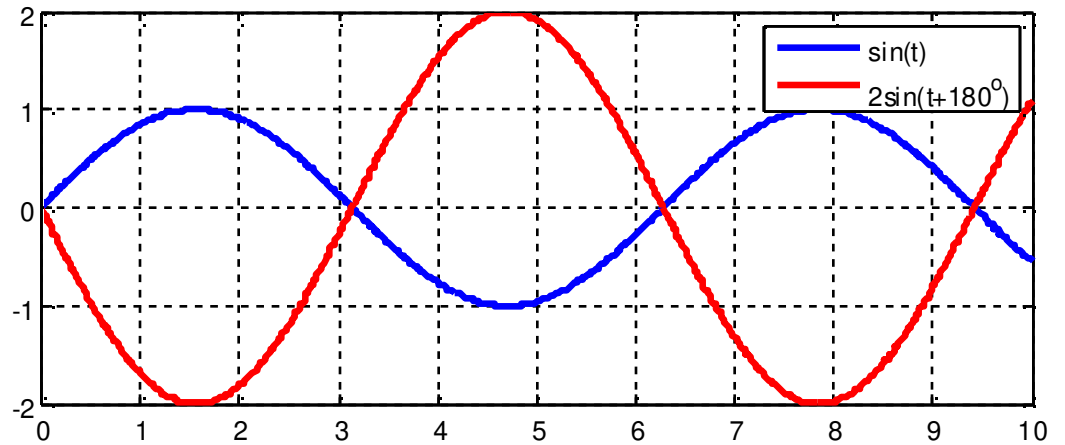
$$\sin(t) + 2\sin(t + 180^\circ)$$

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

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

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

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



# Biểu diễn sóng sin bằng số phức (6)

## VD4

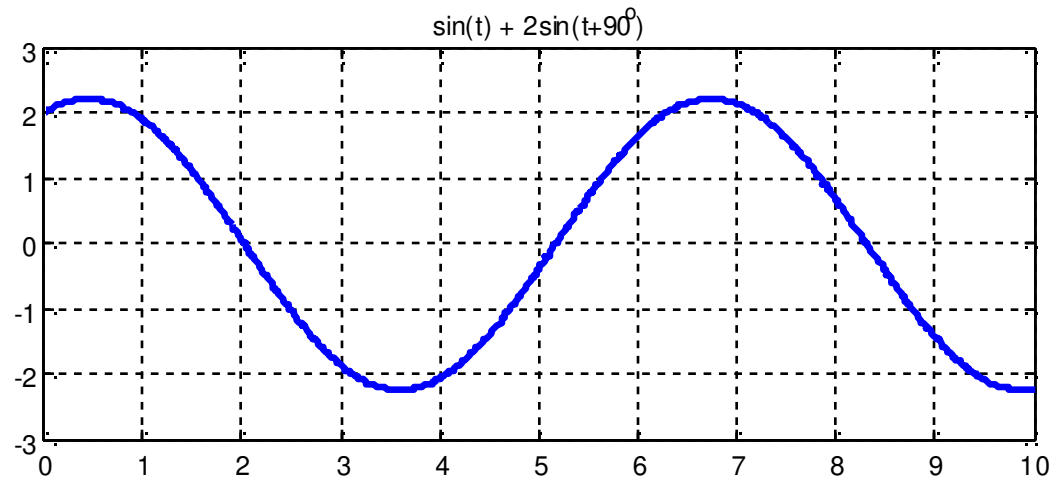
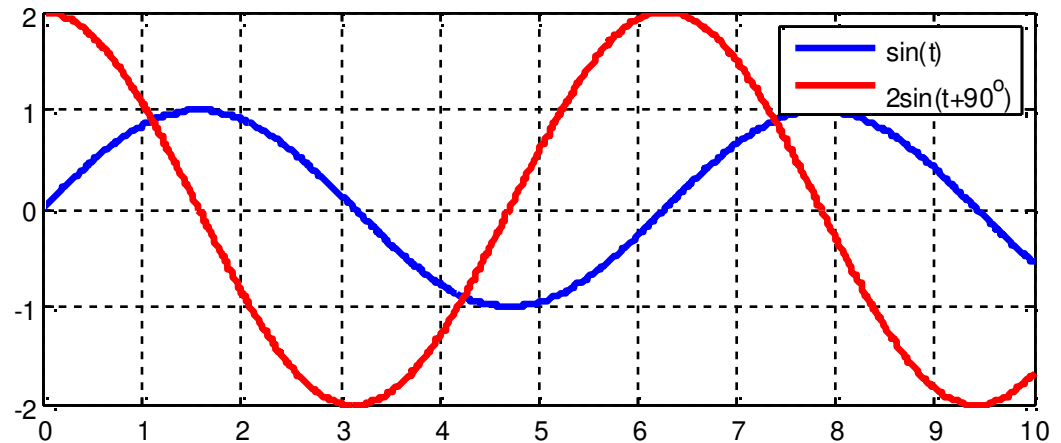
$$\sin(t) + 2\sin(t + 90^\circ)$$

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

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

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

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



# Biểu diễn sóng sin bằng số phức (7)

VD5

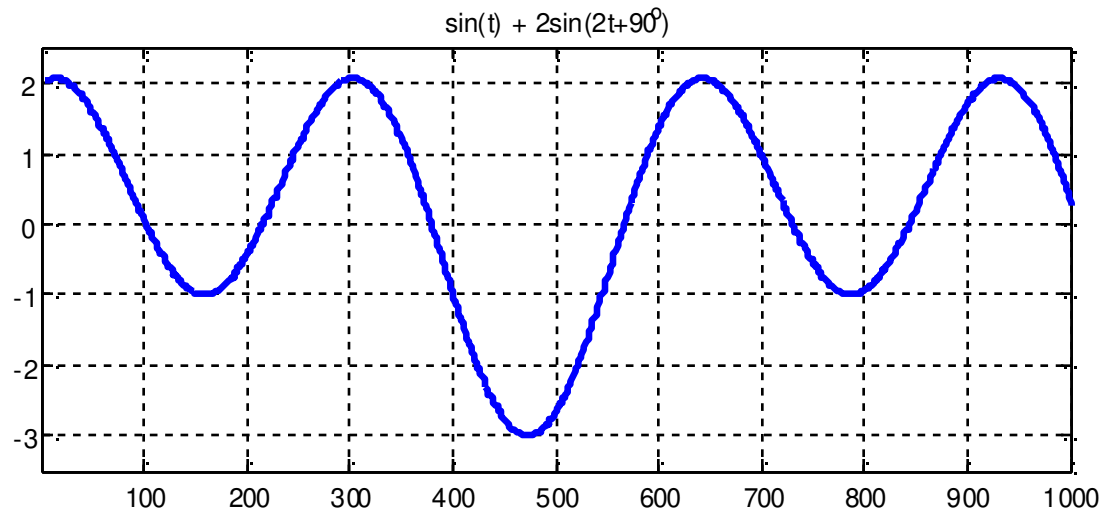
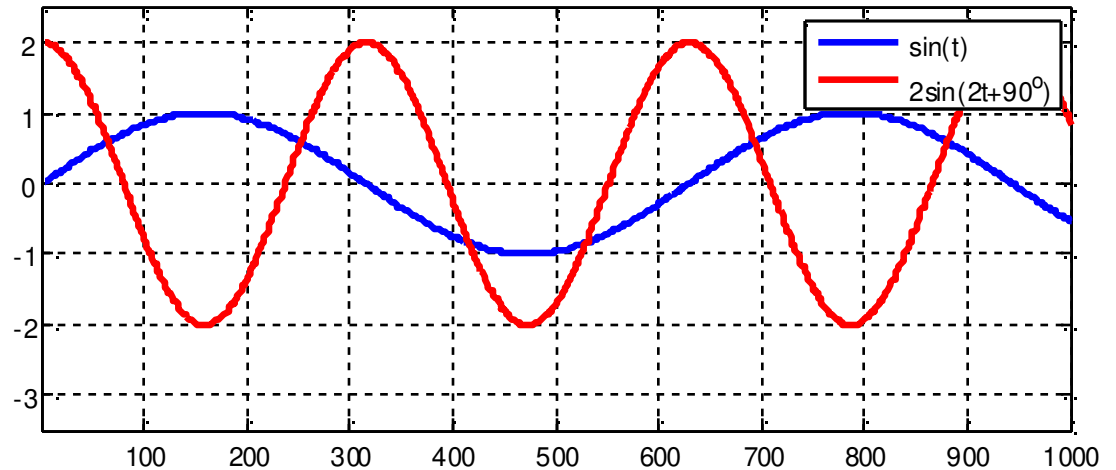
$$\sin(t) + 2\sin(2t + 90^\circ)$$

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

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

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

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





# Biểu diễn sóng sin bằng số phức (8)

VD6

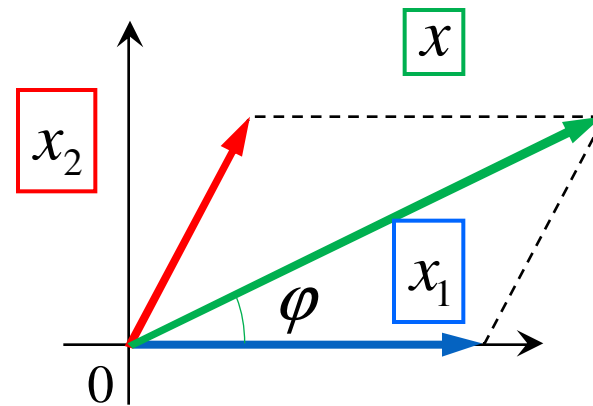
$$x_1(t) \leftrightarrow \frac{100}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = \frac{100}{\sqrt{2}}$$

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

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

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

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



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



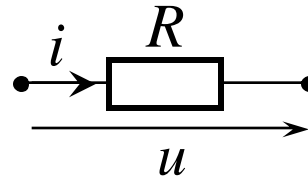


# Mạch xoay chiều

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)



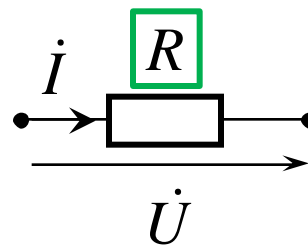
$$i = I_m \sin(\omega t + \phi) \rightarrow u = RI_m \sin(\omega t + \phi)$$

Miền thời gian

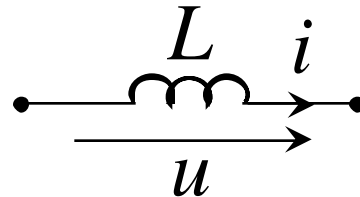
Miền phức



$$\dot{i} = I \angle \phi \rightarrow \dot{U} = RI \angle \phi = R\dot{i}$$



# Phức hóa các phần tử cơ bản (2)



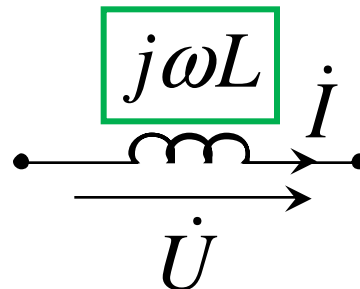
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

Miền thời gian

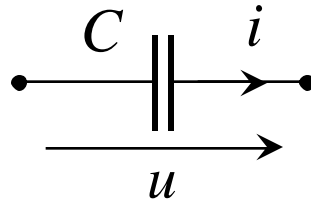


Miền phức

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



# Phức hóa các phần tử cơ bản (3)



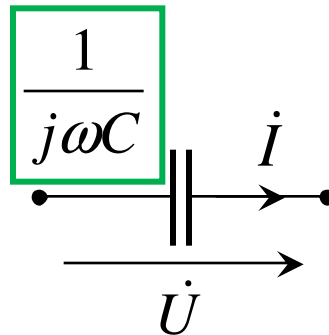
$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t + \varphi - 90^\circ)$$

Miền thời gian

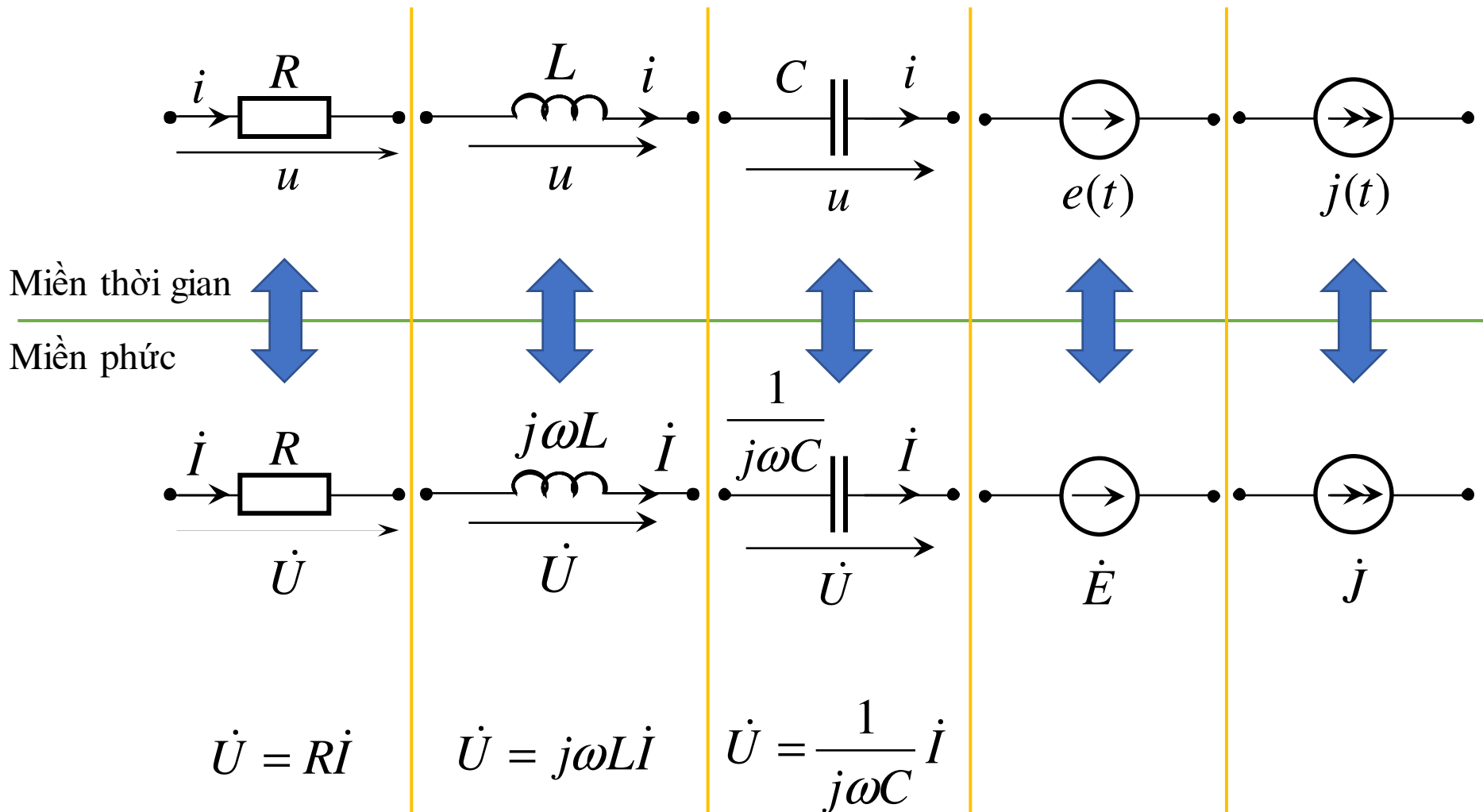


Miền phức

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



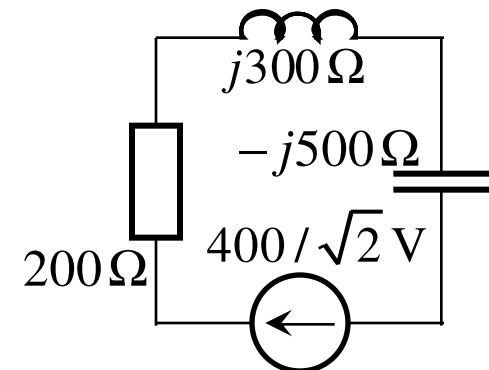
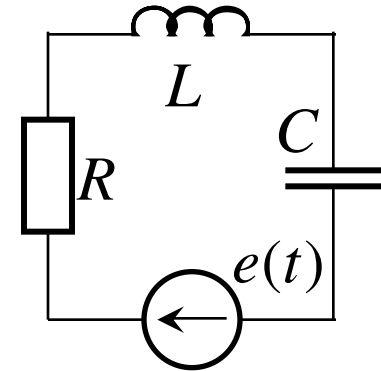
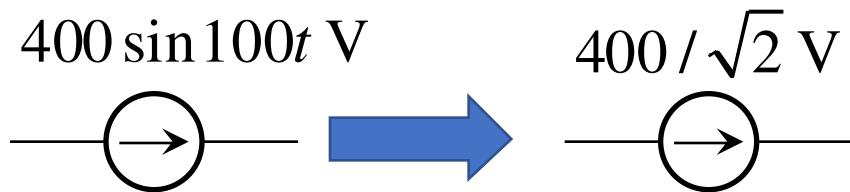
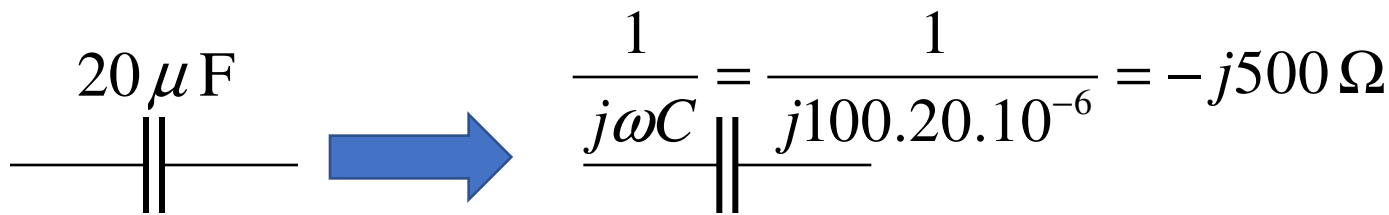
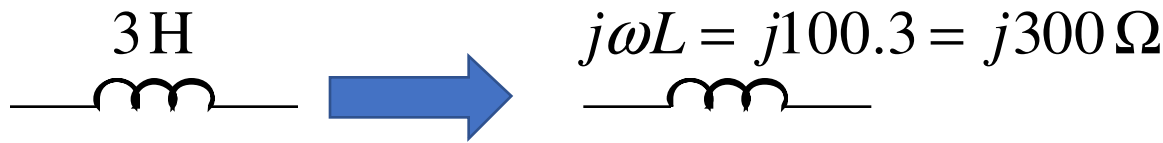
# Phức hóa các phần tử cơ bản (4)



# Phức hóa các phần tử cơ bản (5)

## VD1

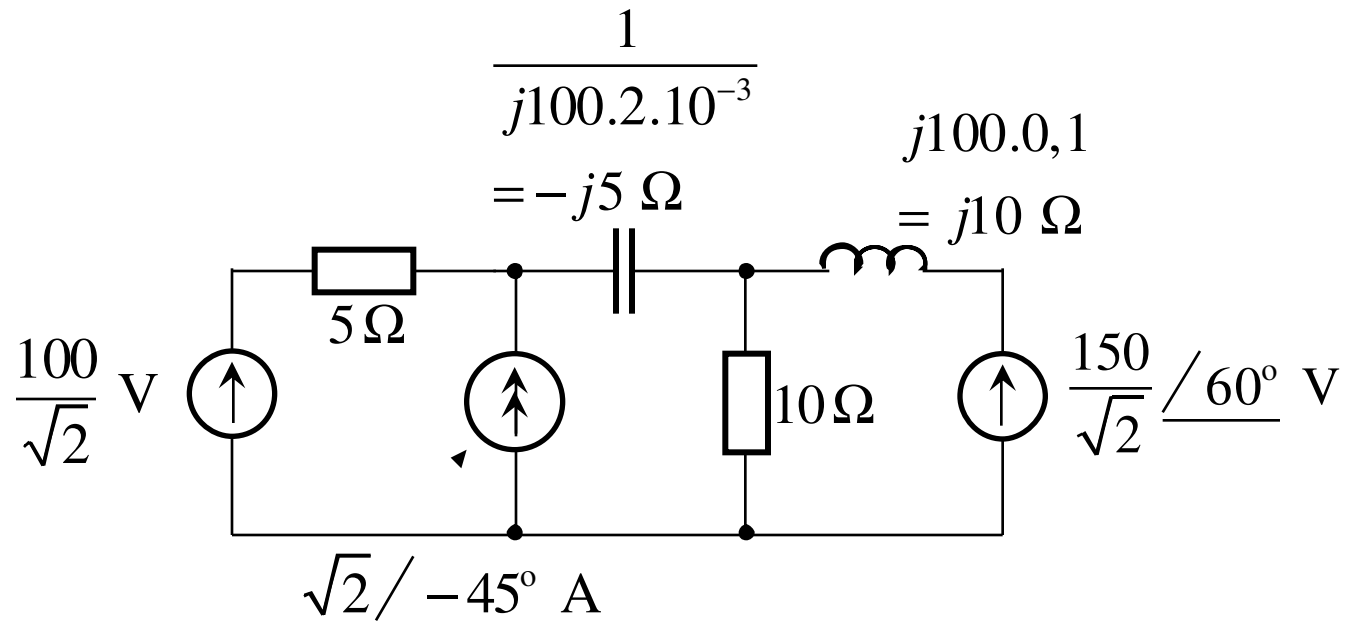
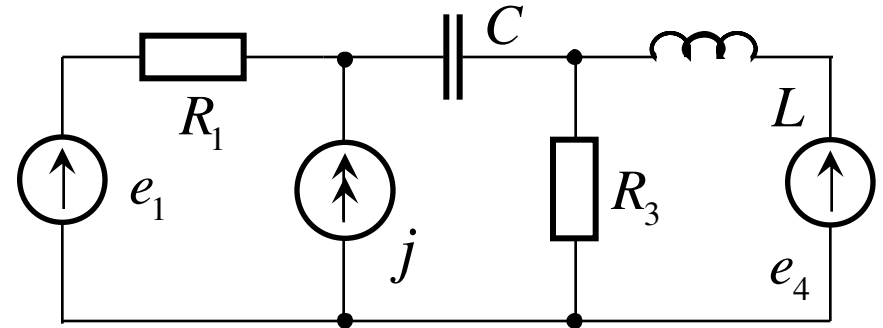
$e(t) = 400\sin 100t$  V;  $R = 200 \Omega$ ;  $L = 3$  H;  $C = 20 \mu\text{F}$ .  
Phức hóa mạch điện?



# Phức hóa các phần tử cơ bản (6)

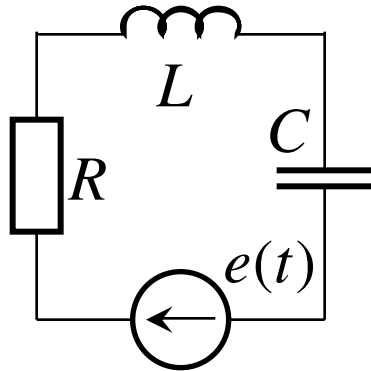
## VD2

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



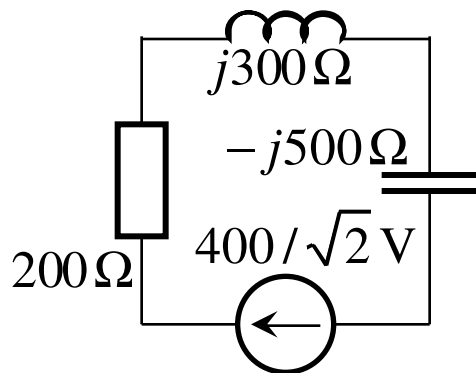


# Phức hóa các phần tử cơ bản (7)



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

(phương trình vi phân)



$$RI + j\omega LI + \frac{I}{j\omega C} = \dot{E}$$

(phương trình đại số tuyến tính phức)





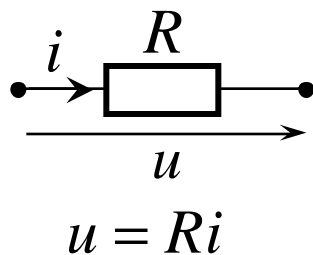
# Mạch xoay chiều

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

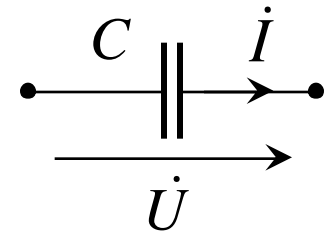
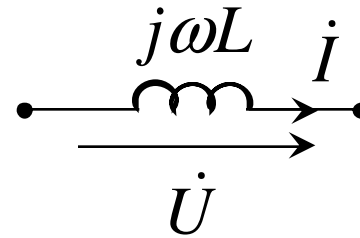
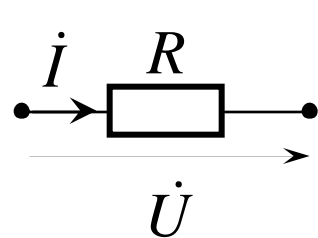


# Định luật Ohm (1)

Một chiều



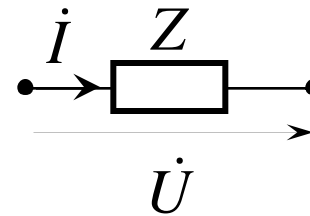
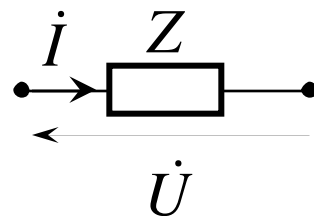
Xoay chiều



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

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

Z: tổng trở ( $\Omega$ )

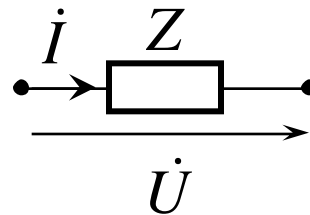


## Định luật Ohm (2)

	$Z_L = j\omega L$	$Z_C = \frac{-j}{\omega C}$
$\omega = 0$	$Z_L = 0$ 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)



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

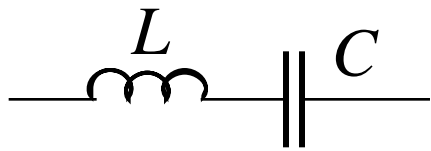
$R$ : điện trở

$X$ : điện kháng





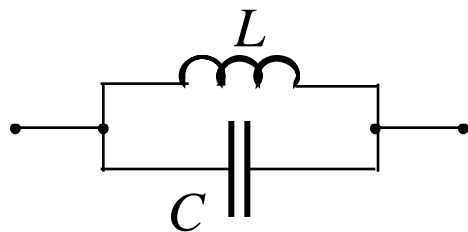
# Định luật Ohm (4)



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

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

$$\rightarrow Z = 0$$



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

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

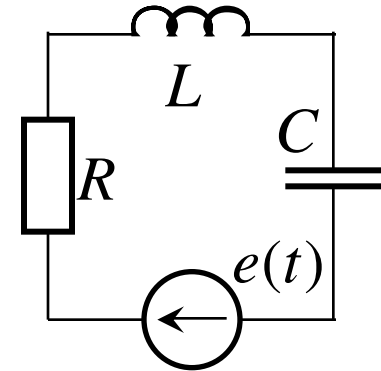
$$\rightarrow Z = \infty$$



# 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?



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

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

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

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





# 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)

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

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



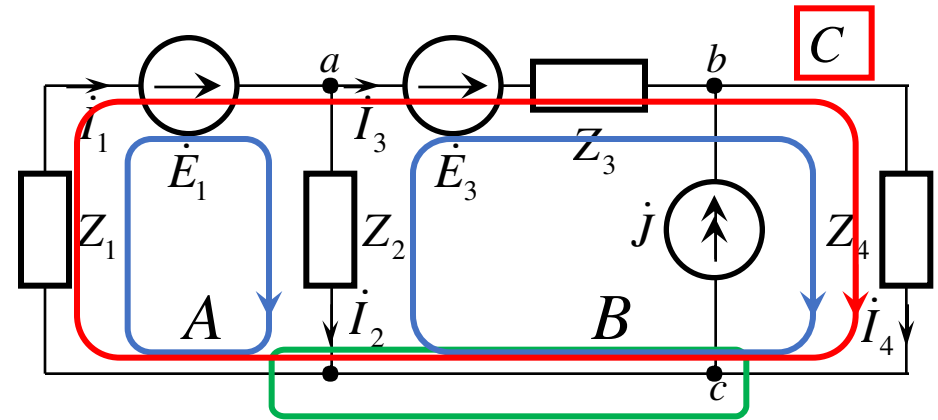
# Định luật Kirchhoff (2)

VD

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

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

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



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

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

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





# 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

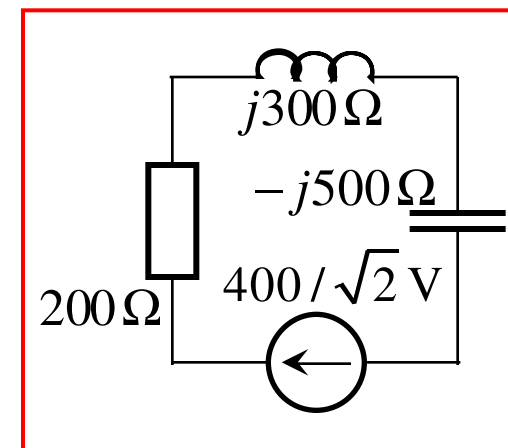
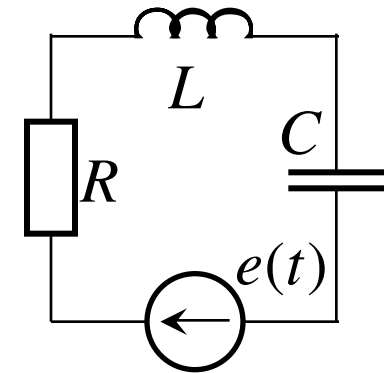
## VD1

$e(t) = 400\sin 100t$  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



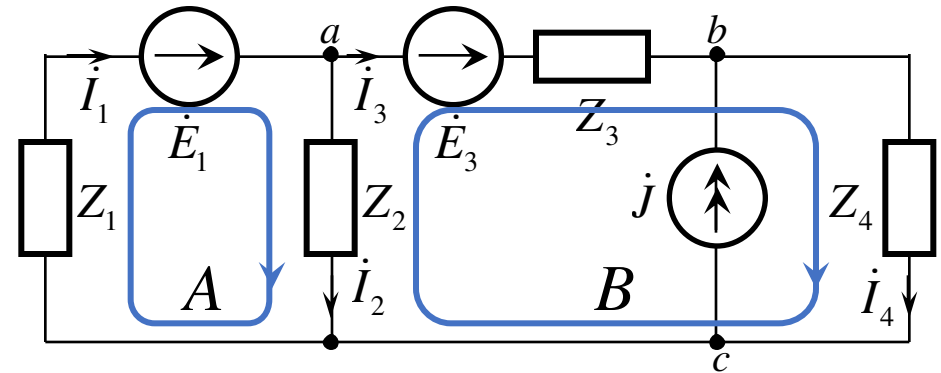


# Dòng nhánh (1)

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:

$$n_{KD} = \text{số\_nút} - 1$$

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

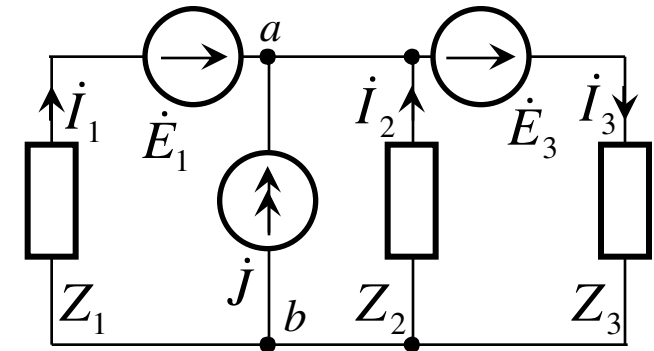




# Dòng nhánh (2)

VD2

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



$$\begin{aligned}
 -\dot{I}_3 &= -2/\underline{-30^\circ} \\
 &= 30 \\
 j20\dot{I}_2 + (5 - j10)\dot{I}_3 &= 45/\underline{15^\circ}
 \end{aligned}$$

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

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

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

$$= -250 - j200$$

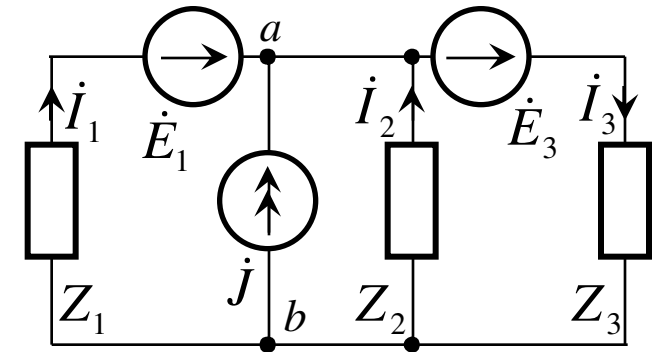




# Dòng nhánh (3)

VD2

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

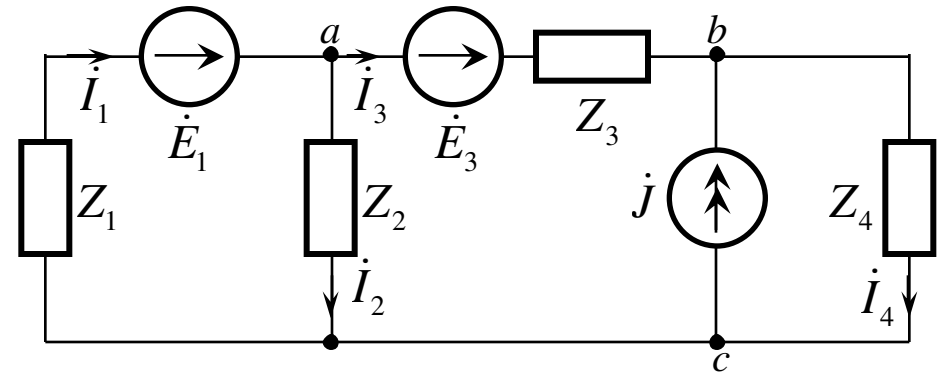


# Thế nút (1)

VD1

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

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



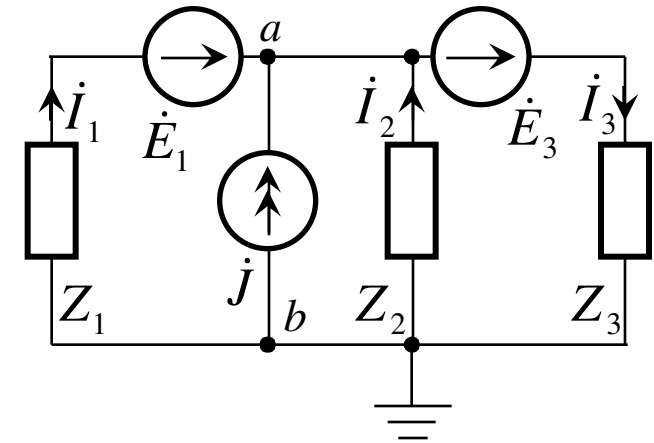
$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) \dot{\phi}_a - \frac{1}{Z_3} \dot{\phi}_b = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} - \frac{\dot{E}_3}{Z_3} \\ -\frac{1}{Z_3} \dot{\phi}_a + \left( \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} \right) \dot{\phi}_b = \frac{\dot{E}_3}{Z_3} + j \end{array}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



# Thế nút (2)

VD2

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

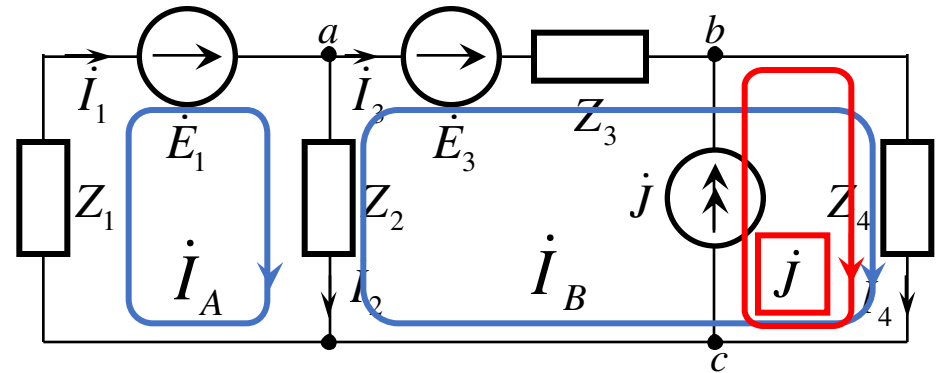




# Dòng vòng (1)

VD1

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



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

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

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

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

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

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

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

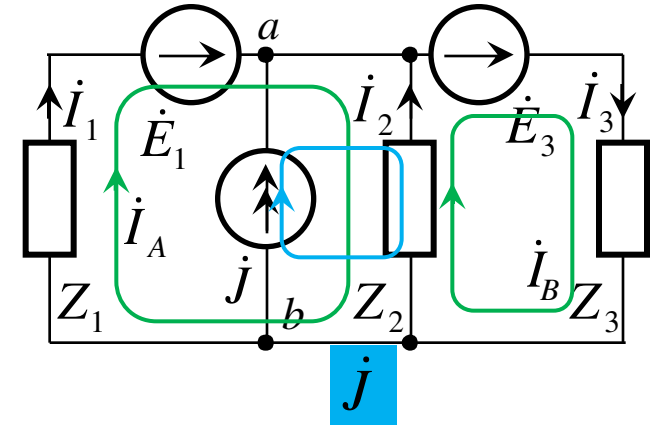
$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_A \\ \dot{I}_B \end{array} \right.$$



# Dòng vòng (2)

VD2

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



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

$$\rightarrow \begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_A - j20\dot{I}_B = 30 - j20 \cdot 2/\underline{-30^\circ} \\ -j20\dot{I}_A + (5 + j20)\dot{I}_B = j20 \cdot 2/\underline{-30^\circ} + 45/\underline{15^\circ} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = 1,04 + j3,95\text{ A} \\ \dot{I}_B = 4,75 + j3,93\text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_A = 1,04 + j3,95 = 4,09/\underline{75,2^\circ}\text{ A} \\ \dot{I}_2 = -\dot{I}_A + \dot{I}_B - J = 2,20/\underline{26,4^\circ}\text{ A} \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_B = 4,75 + j3,93 = 6,16/\underline{39,6^\circ}\text{ A} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = 4,09\sqrt{2} \sin(\omega t + 75,2^\circ)\text{ A} \\ i_2 = 2,20\sqrt{2} \sin(\omega t + 26,4^\circ)\text{ A} \\ i_3 = 6,16\sqrt{2} \sin(\omega t + 39,6^\circ)\text{ A} \end{cases}$$

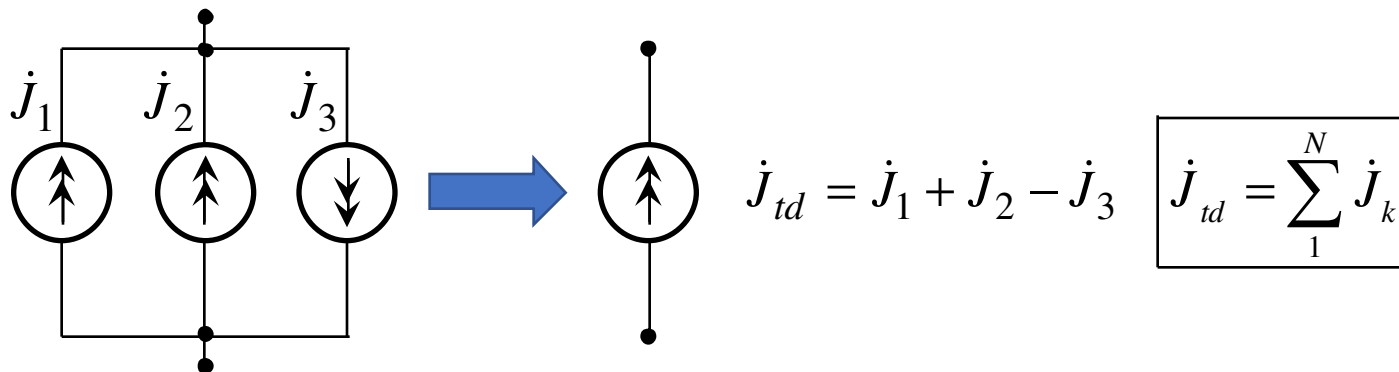
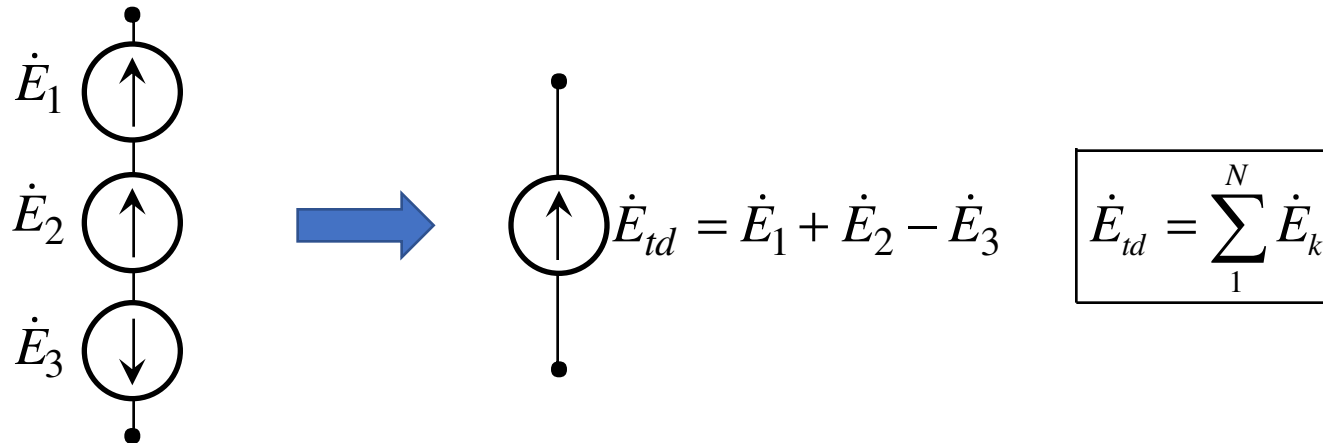


# Mạch xoay chiều

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

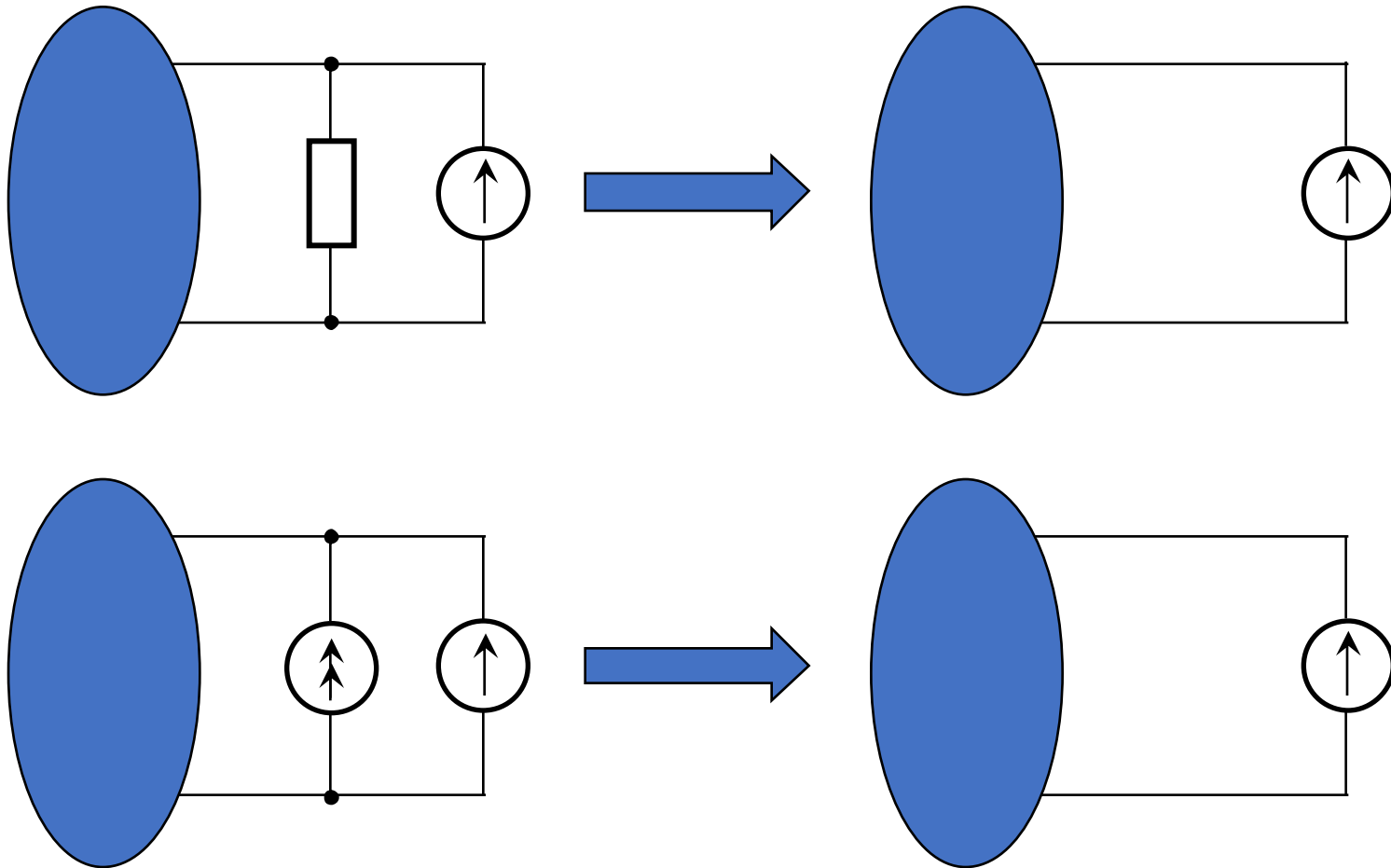


# Biến đổi tương đương (1)

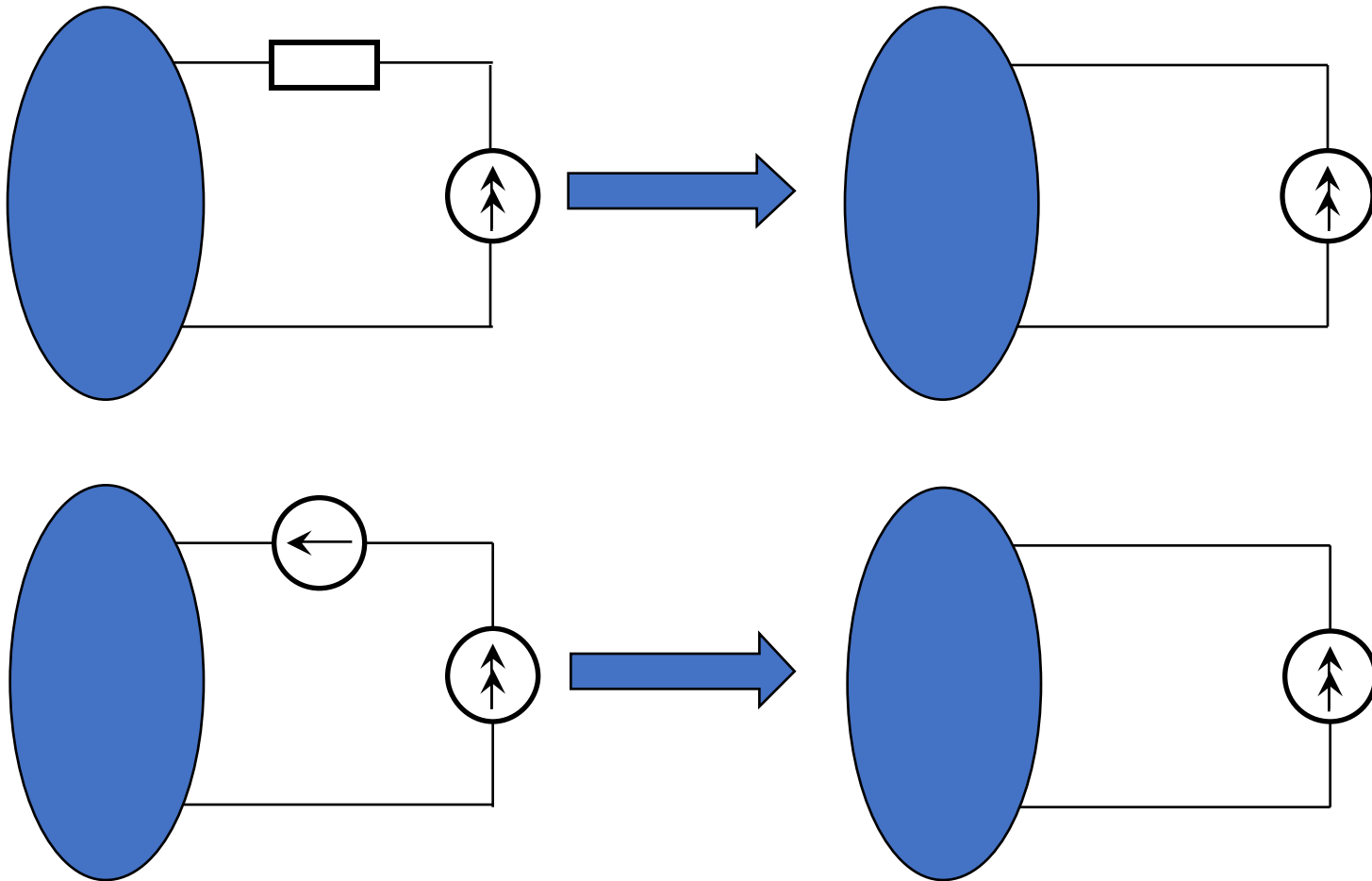




# Biến đổi tương đương (2)



# Biến đổi tương đương (3)





# Biến đổi tương đương (4)



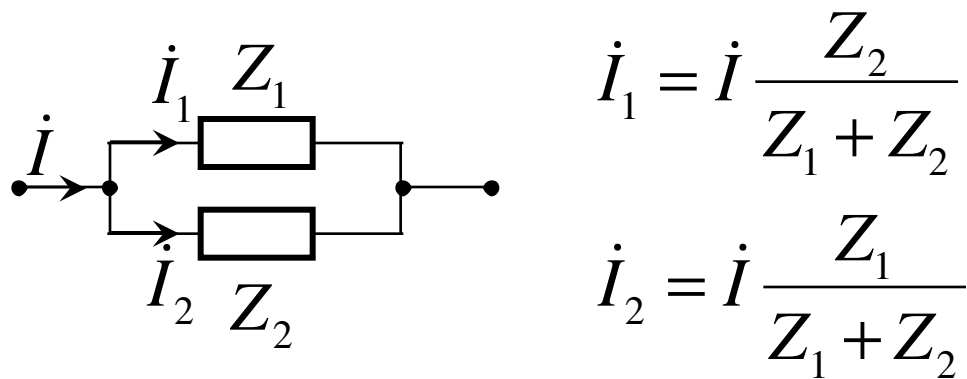
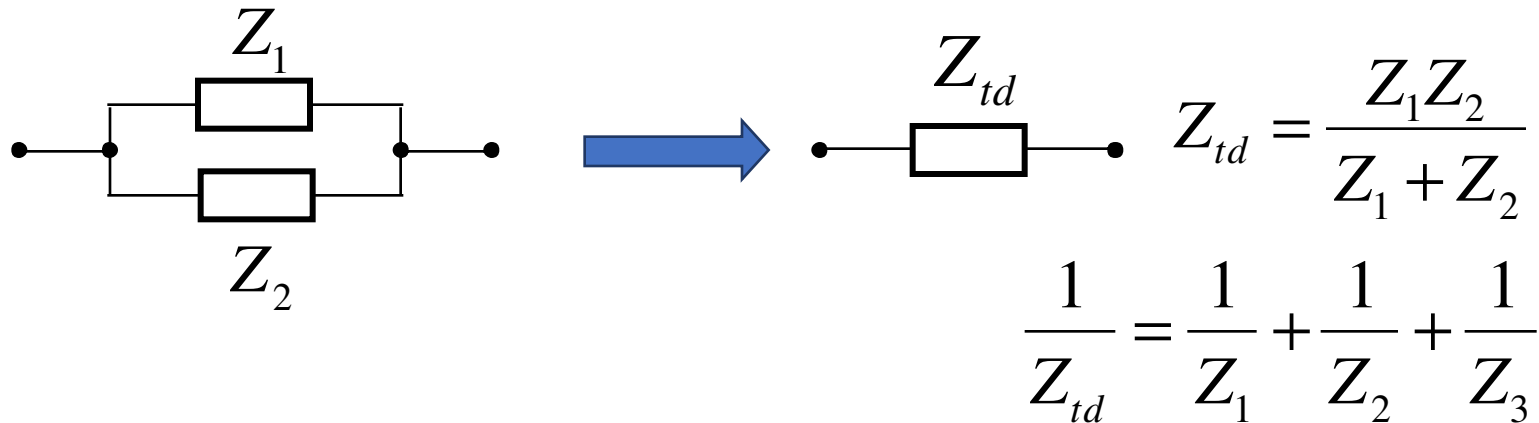
$a \quad Z_1 \quad Z_2 \quad b$

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

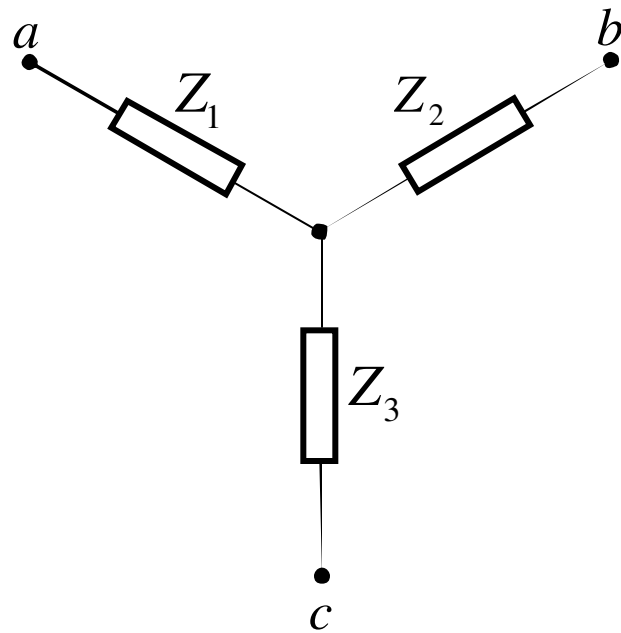
$$\dot{U}_{Z_2} = Z_2 \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_1 + Z_2}$$



# Biến đổi tương đương (5)



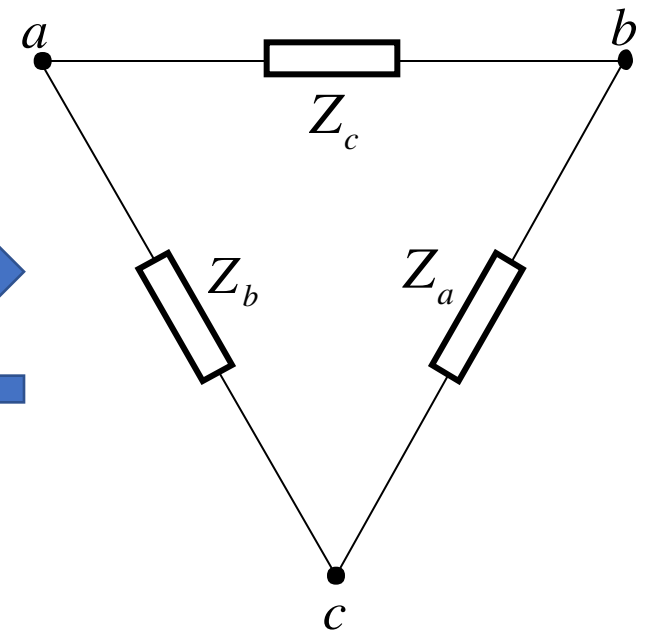
# Biến đổi tương đương (6)



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

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

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



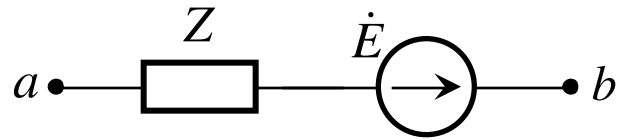
$$Z_1 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$



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

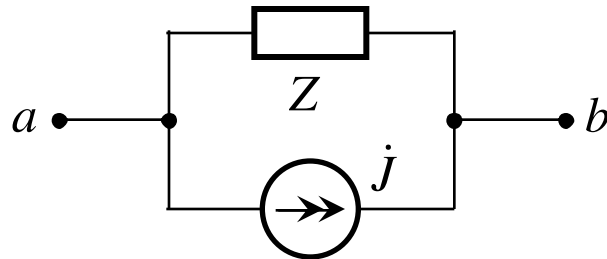
$$Z_3 = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c}$$



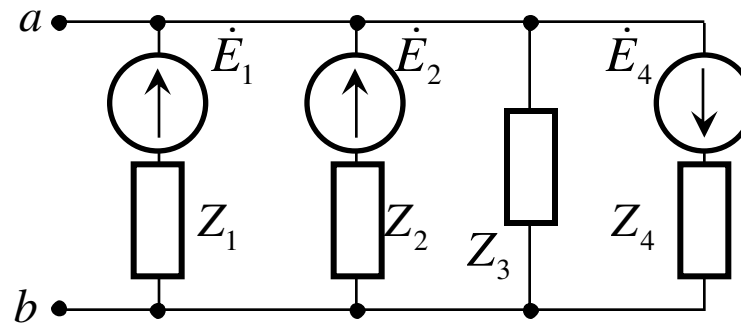
# Biến đổi tương đương (7)



$$j = \frac{\dot{E}}{Z}$$

$$\dot{E} = Zj$$


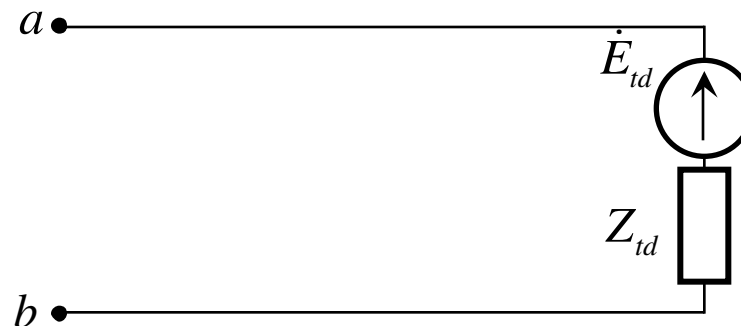


# Biến đổi tương đương (8)



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

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





# Biến đổi tương đương (9)

VD

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

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

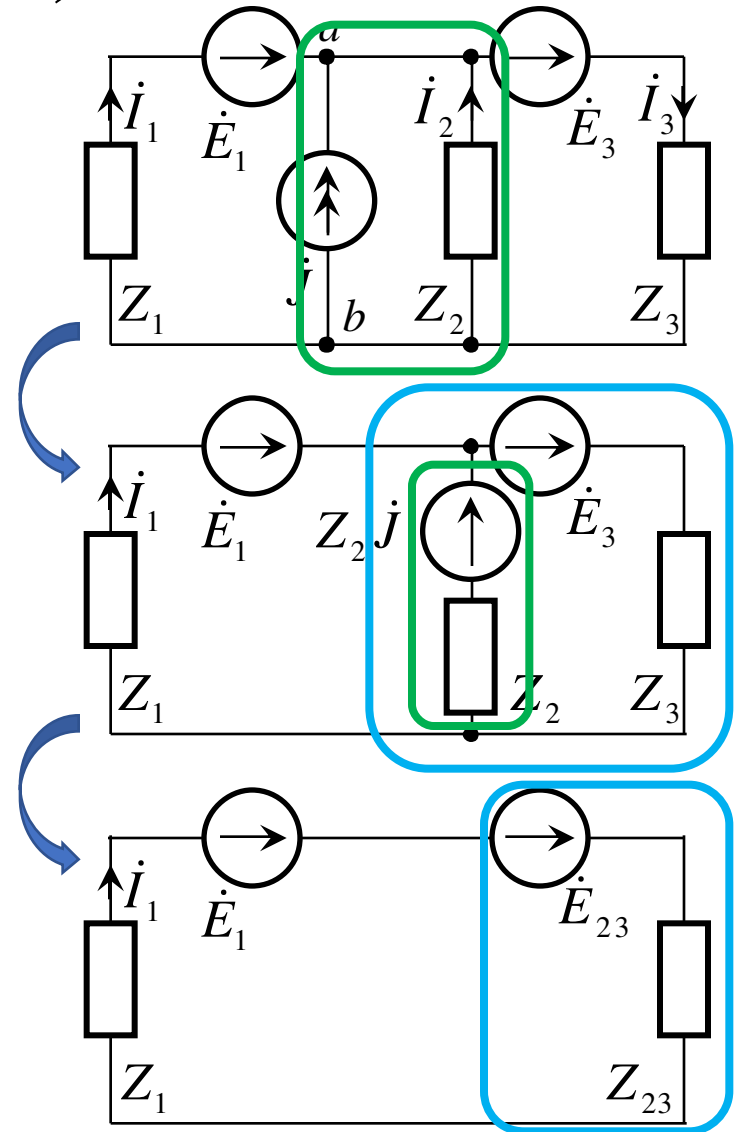
$$\dot{E}_{23} = \frac{-\frac{Z_2 j}{Z_2} + \frac{\dot{E}_3}{Z_3}}{\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}} = \frac{-\frac{j20 \cdot 2/-30^\circ}{j20} + \frac{45/15^\circ}{5 - j10}}{\frac{1}{j20} + \frac{1}{5 - j10}}$$

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

$$i_1 = \frac{\dot{E}_1 + \dot{E}_{23}}{Z_1 + Z_{23}} = \frac{30 + (44,52 + j90,19)}{10 + (16 - j12)}$$

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

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





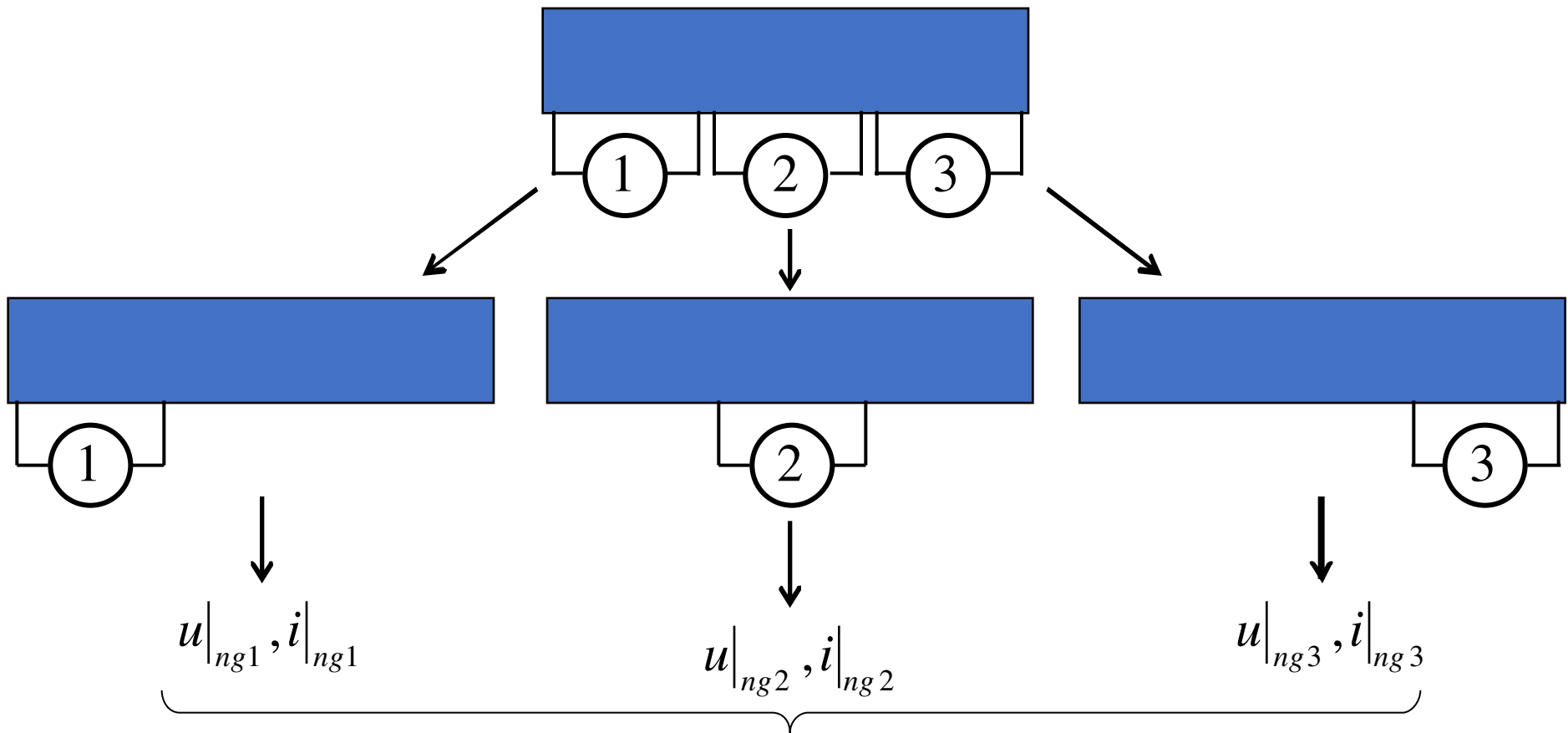


# Mạch xoay chiều

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)

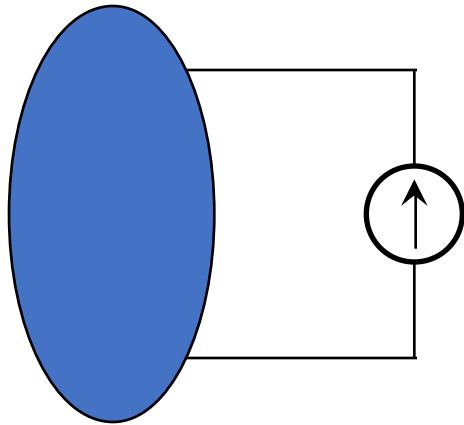


$$u = u|_{ng1} + u|_{ng2} + u|_{ng3}; \quad i = i|_{ng1} + i|_{ng2} + i|_{ng3}$$

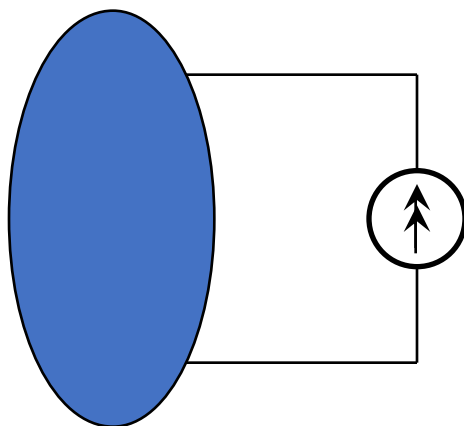
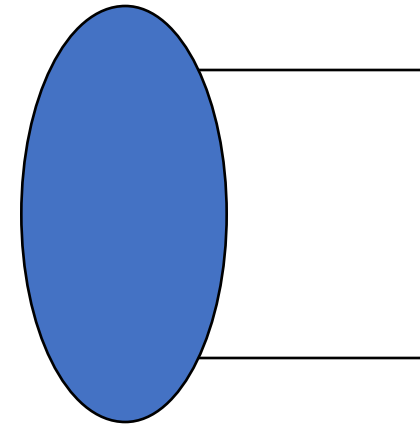




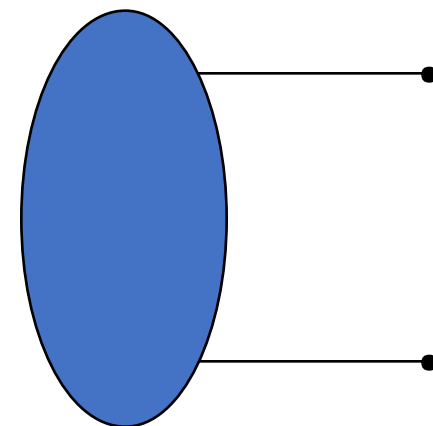
# Nguyên lý xếp chồng (2)



Tắt nguồn áp

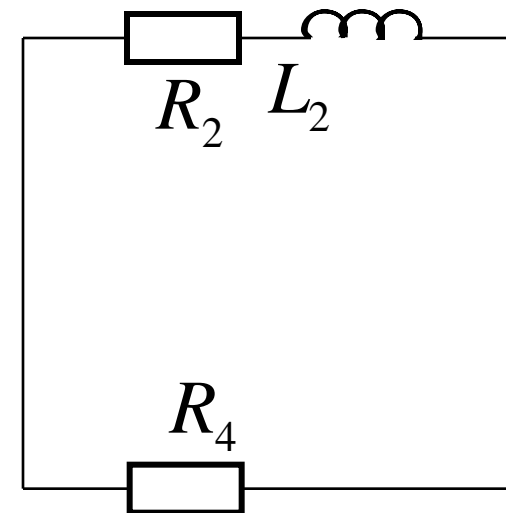
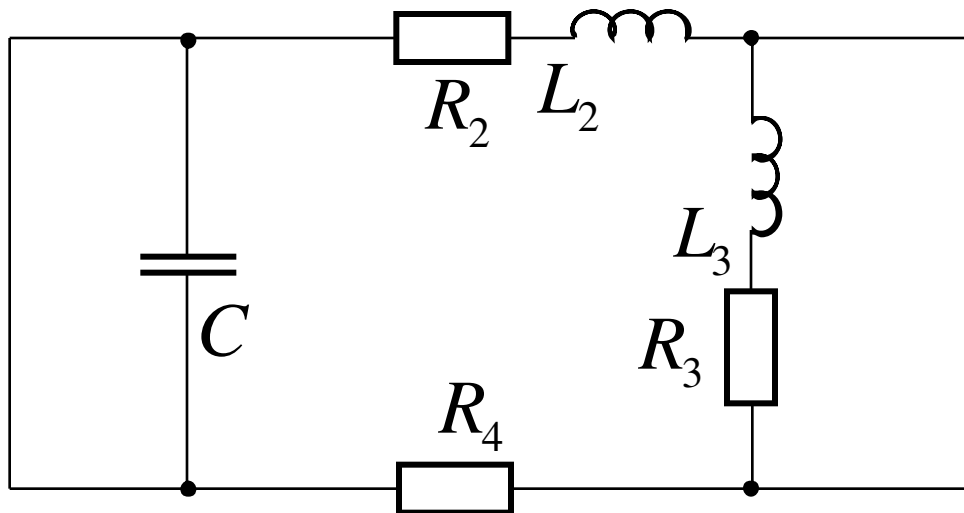
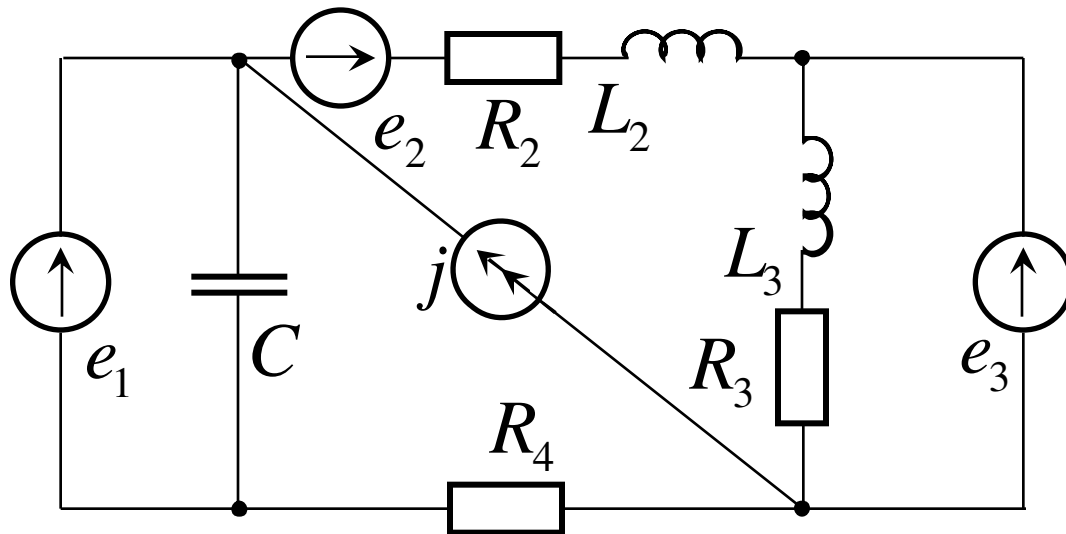


Tắt nguồn dòng



# Nguyên lý xếp chồng (3)

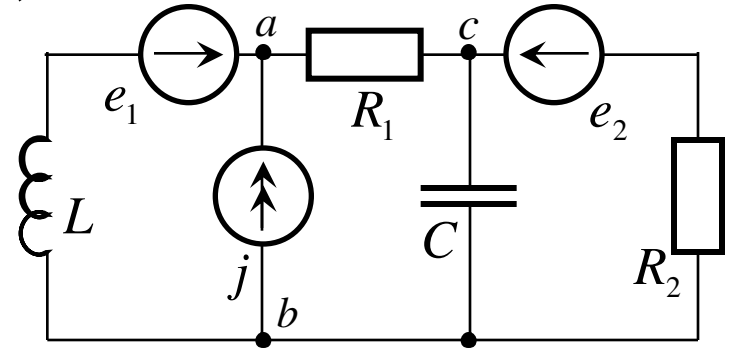
VD1



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



# Nguyên lý xếp chồng (5)

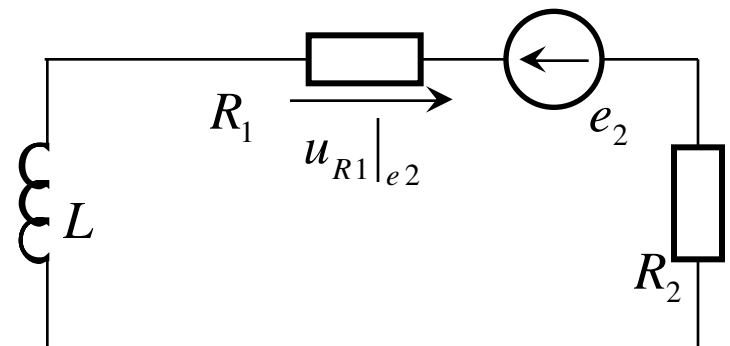
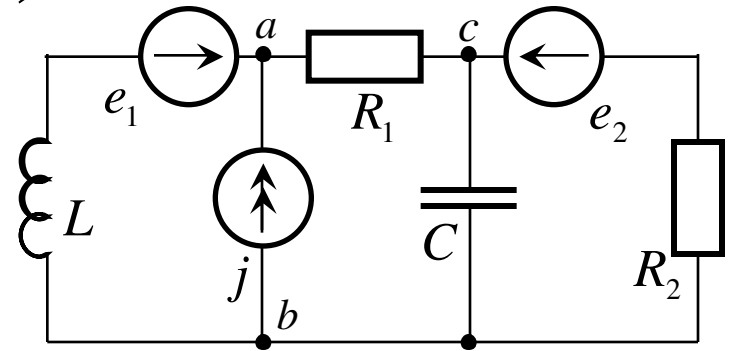
## VD2

$e_1 = 10\sin 10t$  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  $u_{R1}|_{e_2}$

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

$$u_{R1}|_{e_2} = R_1 i|_{e_2} = 10(-0,4) = -4 \text{ V}$$



# Nguyên lý xếp chồng (6)

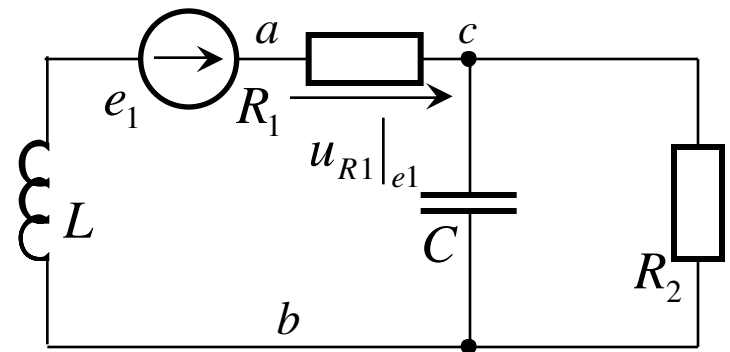
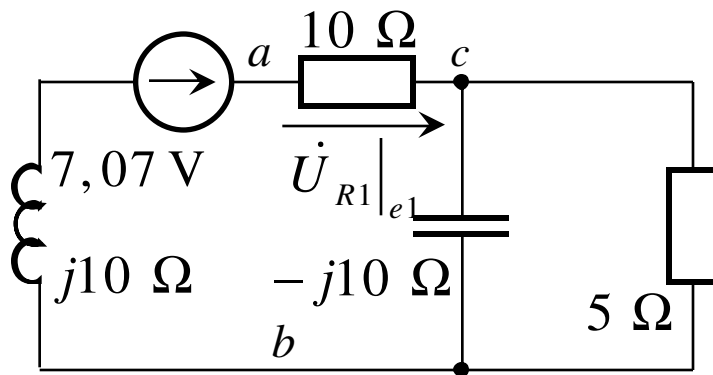
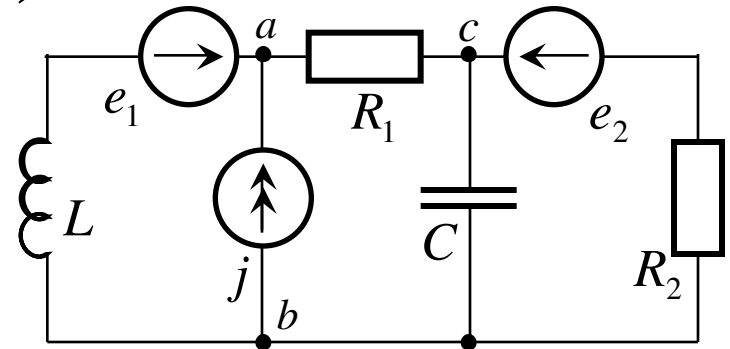
## VD2

$e_1 = 10\sin 10t$  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  $u_{R1}|_{e1}$

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

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

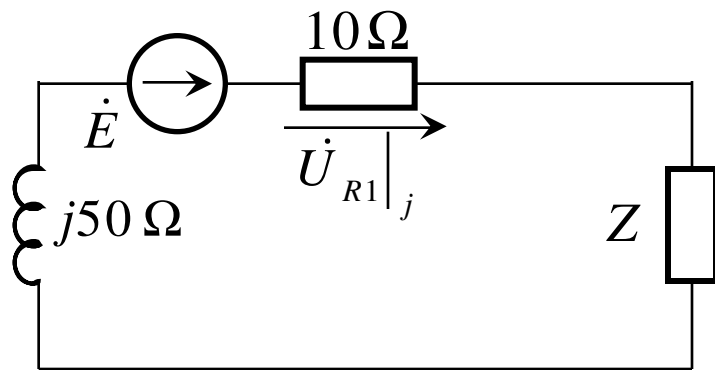
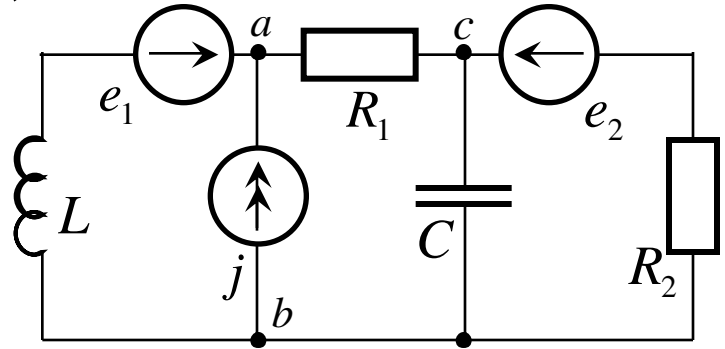


# Nguyên lý xếp chồng (5)

## VD2

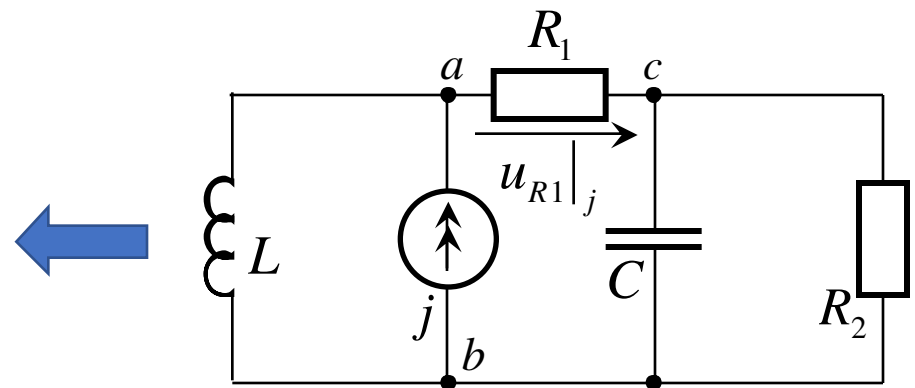
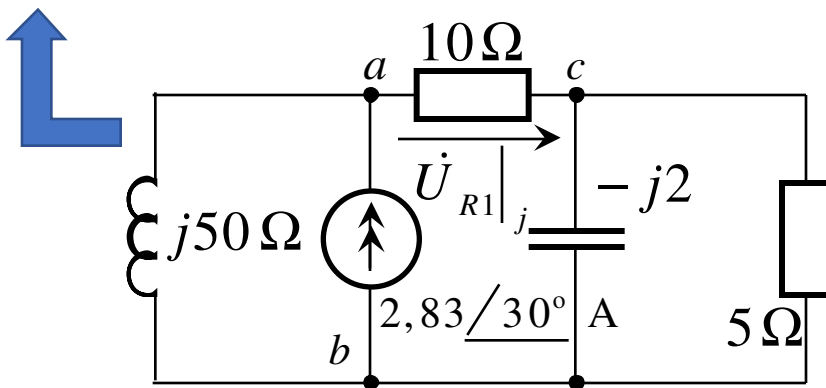
$e_1 = 10\sin 10t$  V;  $j = 4\sin(50t + 30^\circ)$  V;  $e_2 = 6$  V (DC);  
 $L = 1$  H;  $R_1 = 10 \Omega$ ;  $R_2 = 5 \Omega$ ;  $C = 0,01$  F;  $u_{R1} = ?$

3. Tắt  $e_1$  &  $e_2$ , tính  $u_{R1}|_j$



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

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



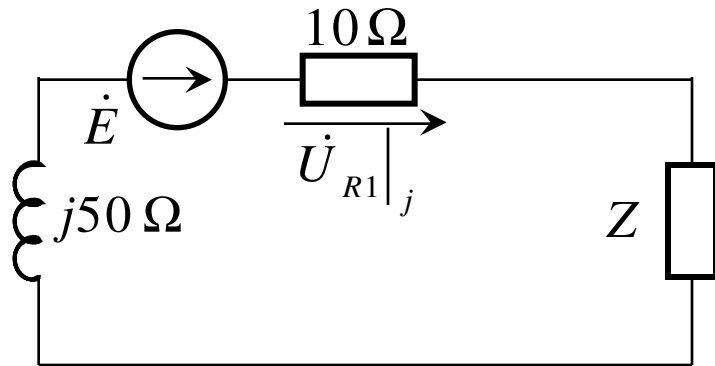
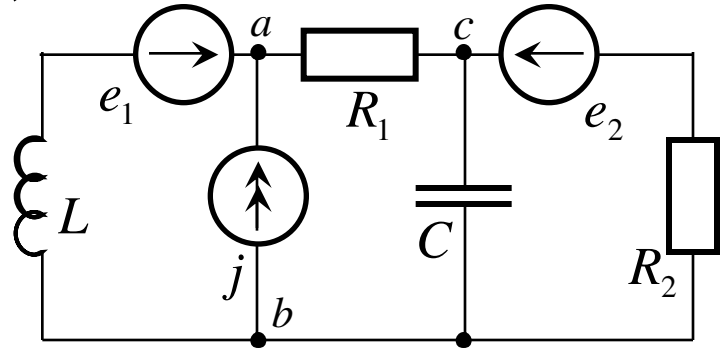


# Nguyên lý xếp chồng (6)

## 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  $u_{R1}|_j$



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

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

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

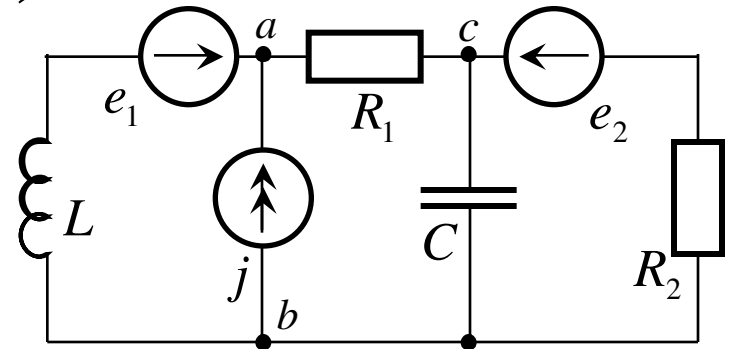
$$\rightarrow u_{R1}|_j = 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$



# 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.  $u_{R1} = u_{R1}|_{e2} + u_{R1}|_{e1} + u_{R1}|_j$ .

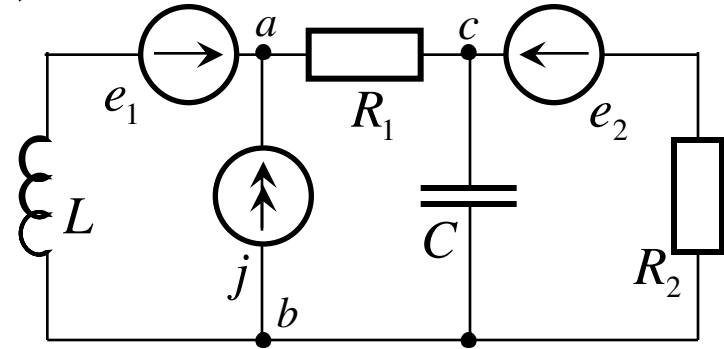
$$= -4 + 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) + 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$



# 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;  $u_{R1} = ?$



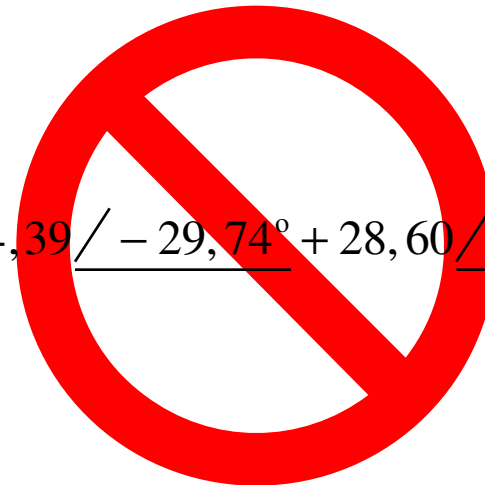
$$u_{R1} = u_{R1}|_{e_2} + u_{R1}|_{e_1} + u_{R1}|_j = -4 + 4,39\sqrt{2} \sin(10t - 29,74^\circ) + 28,60\sqrt{2} \sin(50t + 42,49^\circ) \text{ V}$$

$$u_{R1}|_{e_2} = R_1 i|_{e_2} = 10(-0,4) = -4 \text{ V}$$

$$\dot{U}_{R1}|_{e_1} = R_1 \dot{I}_1 = 4,39 / -29,74^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{R1}|_j = 28,60 / 42,49^\circ \text{ V}$$

$$\rightarrow \dot{U}_{R1} = -4 + 4,39 / -29,74^\circ + 28,60 / 42,49^\circ \text{ V}$$

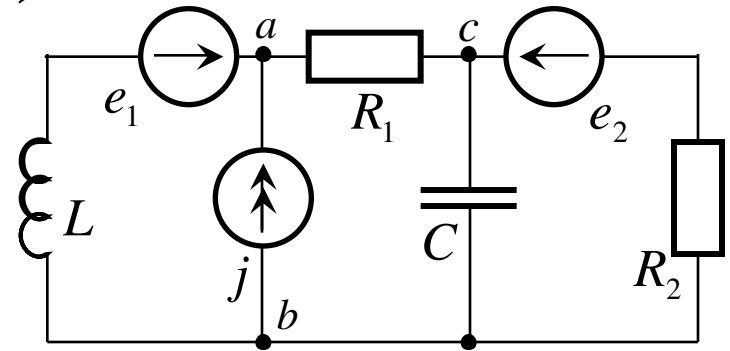


**Không dùng số phức để cộng/trừ các sóng sin khác tần số!!!**

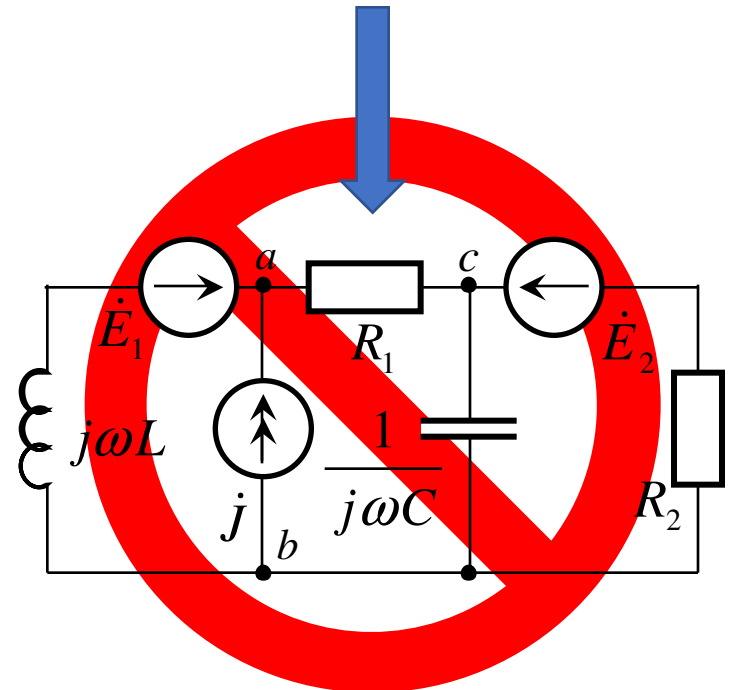
# Nguyên lý xếp chồng (9)

## 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;  $u_{R_1} = ?$



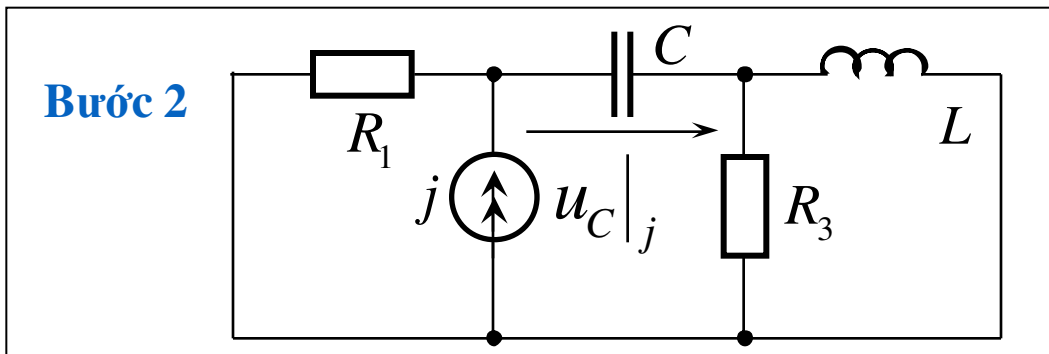
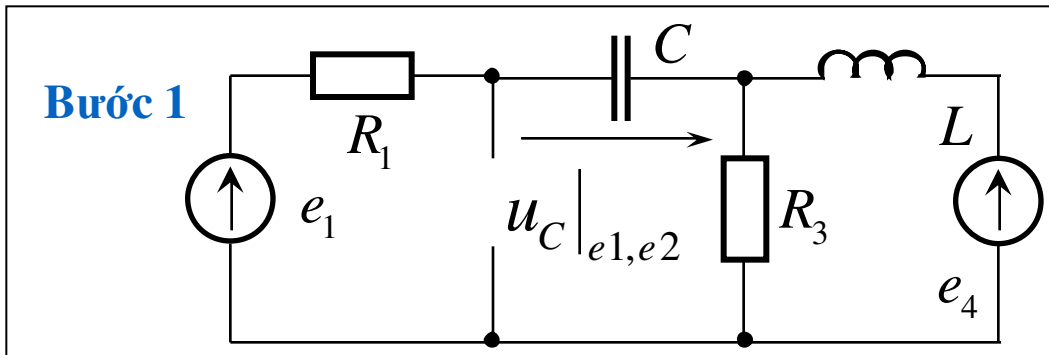
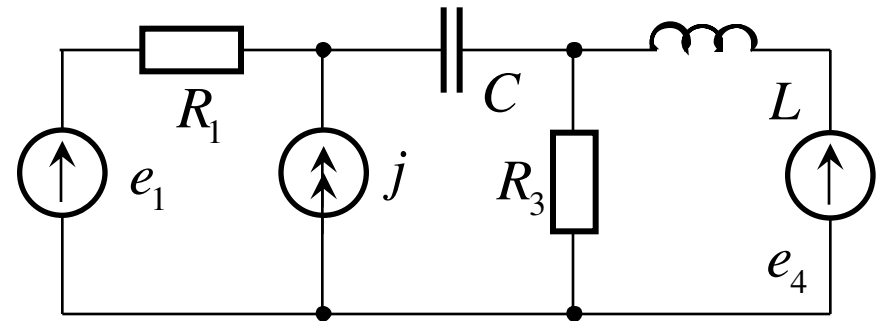
**Không phức hóa mạch điện có các nguồn khác tần số!!!**



# Nguyên lý xếp chồng (10)

## VD3

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



**Bước 3**

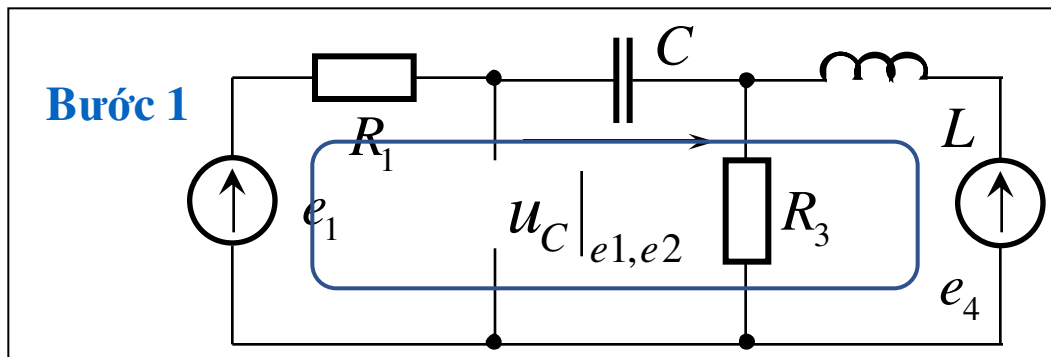
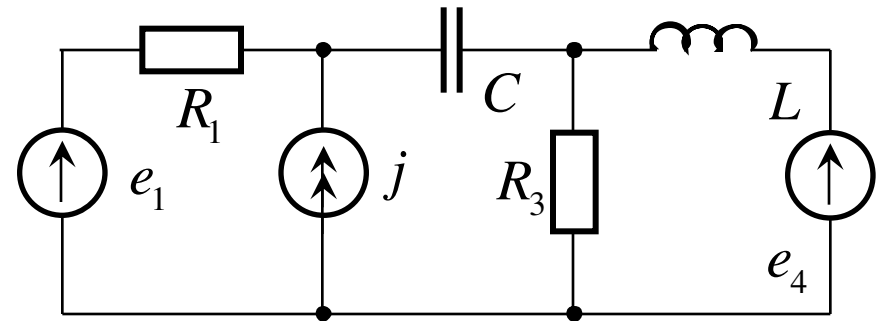
$$u_C = u_C|_{e1,e2} + u_C|_j$$



# Nguyên lý xếp chồng (11)

VD3

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



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

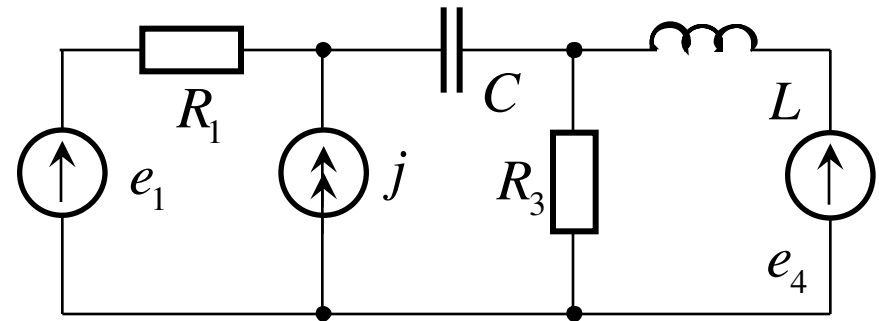




# Nguyên lý xếp chồng (12)

VD3

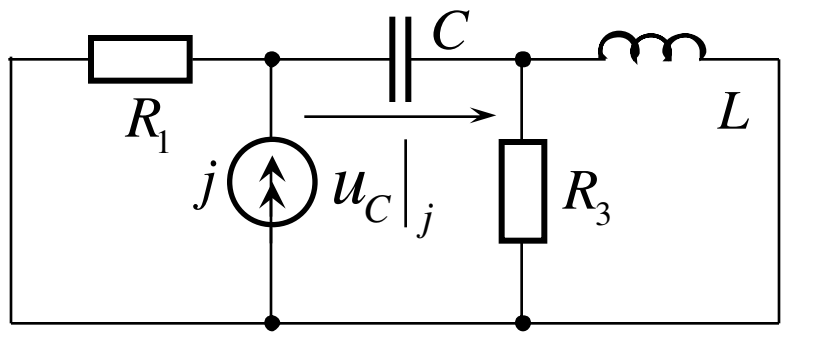
$e_1 = 45\text{V (DC)}$ ;  $e_4 = 60\text{V (DC)}$ ;  $j = 10\sin(100t)\text{ A}$ ;  
 $R_1 = 5\Omega$ ;  $R_3 = 10\Omega$ ;  $C = 2\text{mF}$ ;  $L = 0,1\text{H}$ ;  $u_C = ?$



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

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

Bước 2



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

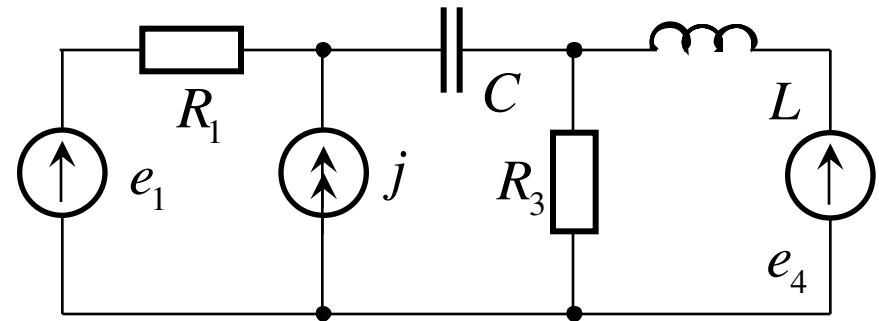
$$= 25 \sin(100t - 90^\circ) \text{ V}$$



# Nguyên lý xếp chồng (13)

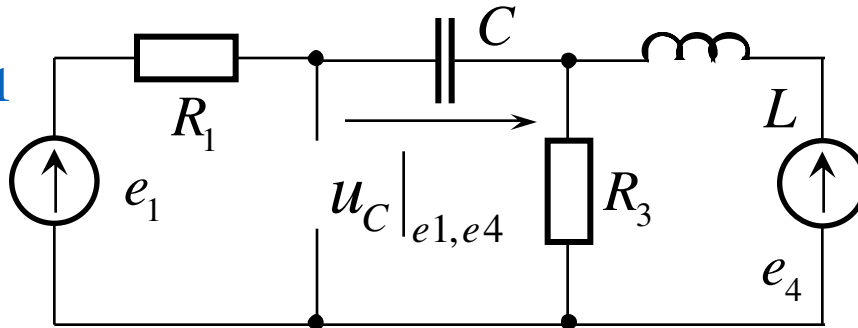
VD3

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

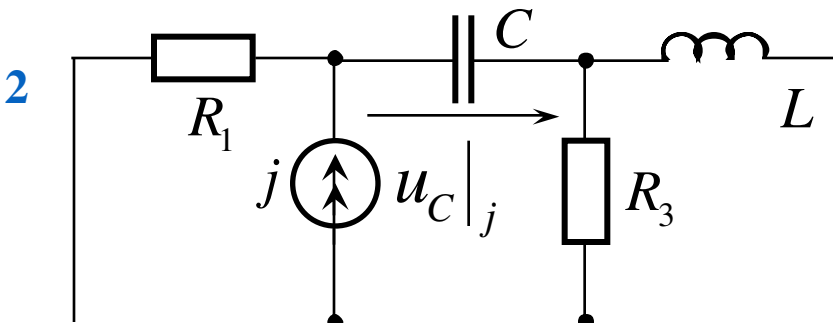


$$u_C|_{e_1, e_4} = -15\text{ V}$$

Bước 1



Bước 2



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

Bước 3

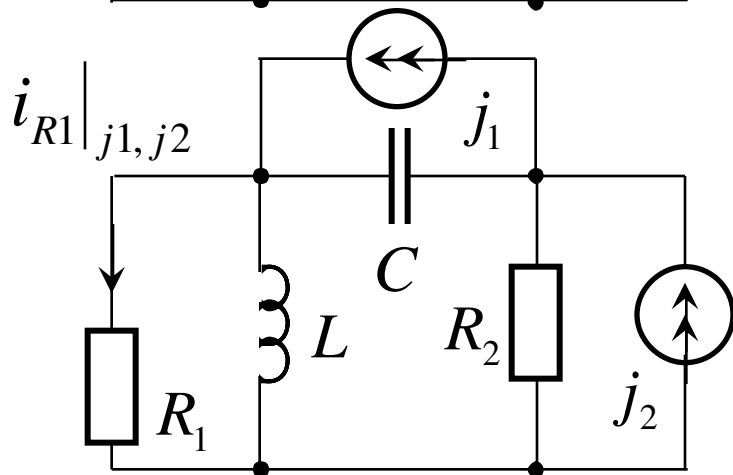
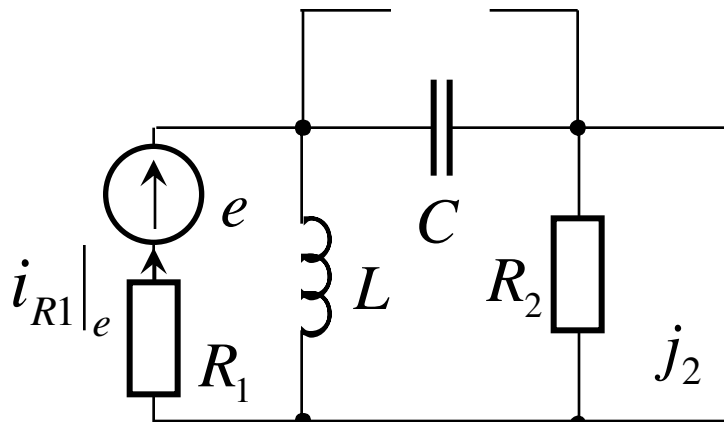
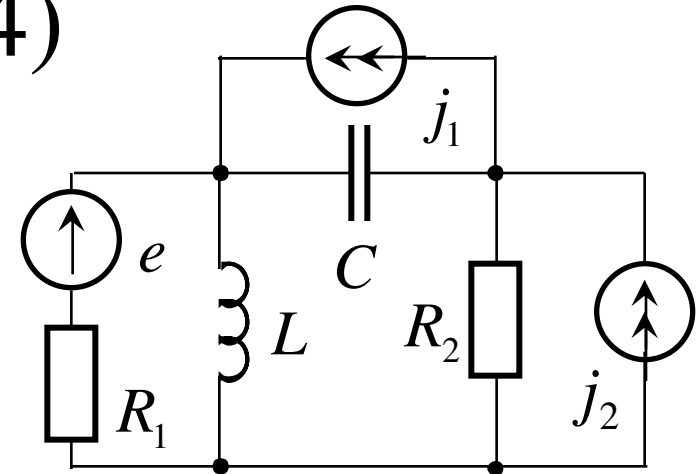
$$\begin{aligned} \rightarrow u_C &= u_C|_{e_1, e_4} + u_C|_j \\ &= \boxed{-15 + 25\sin(100t - 90^\circ)\text{ V}} \end{aligned}$$



# Nguyên lý xếp chồng (14)

VD4

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



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

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

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

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

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



# 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

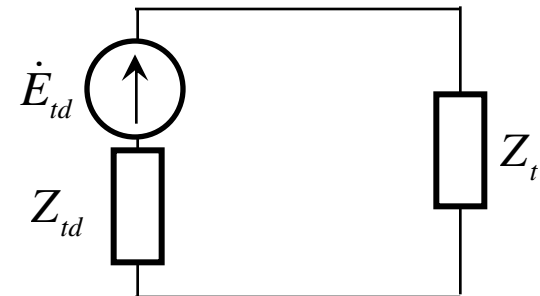
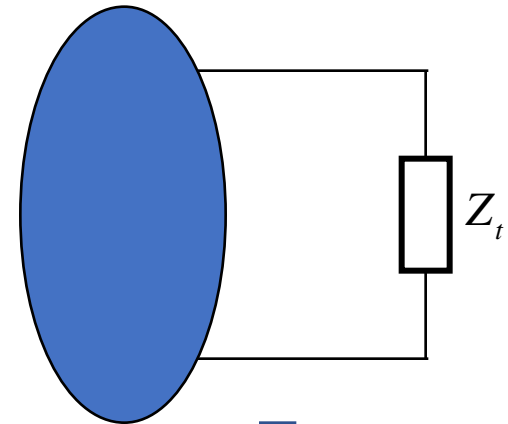
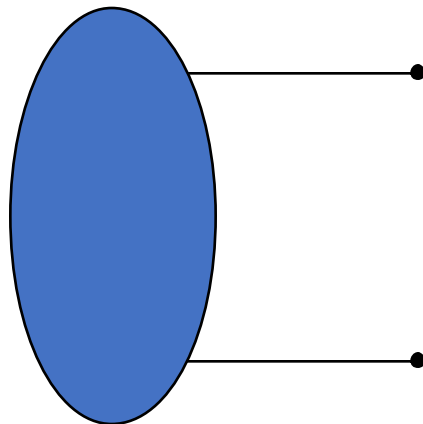


# Định lý Thevenin (1)

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:

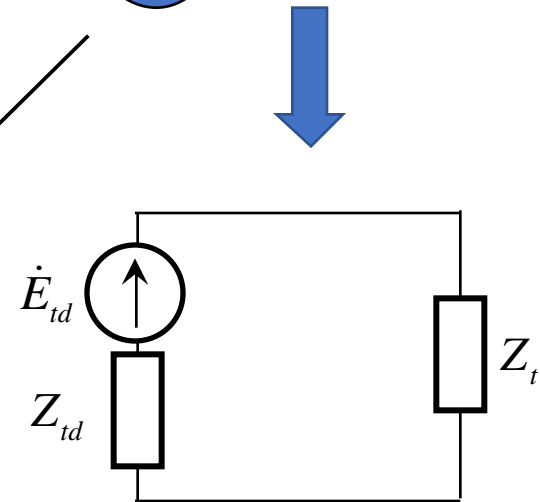
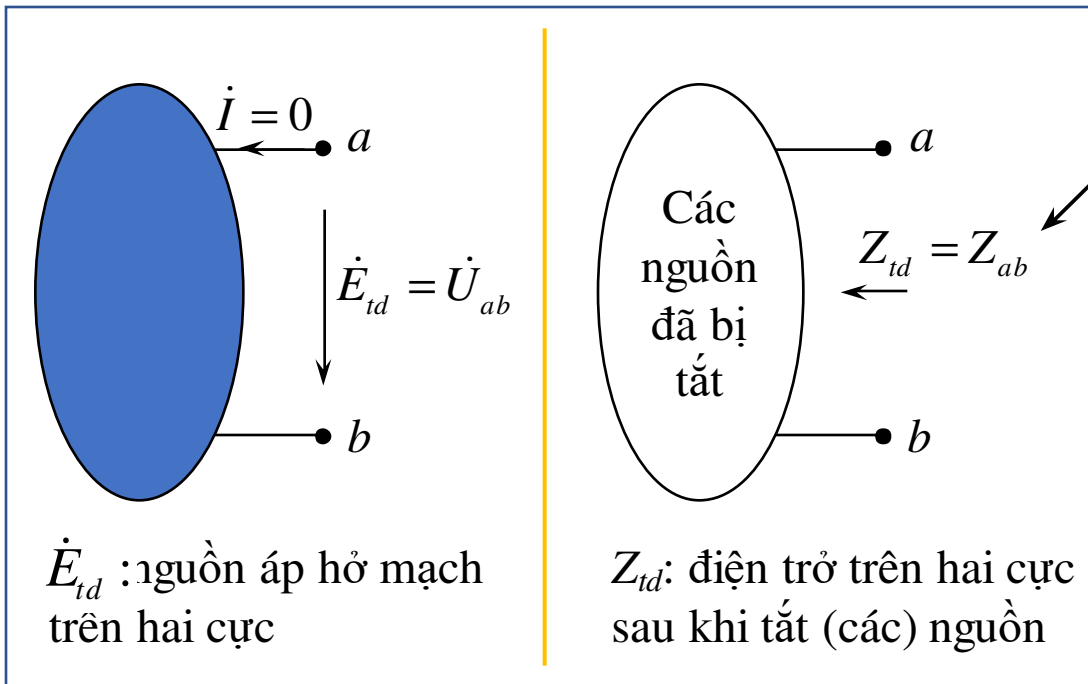
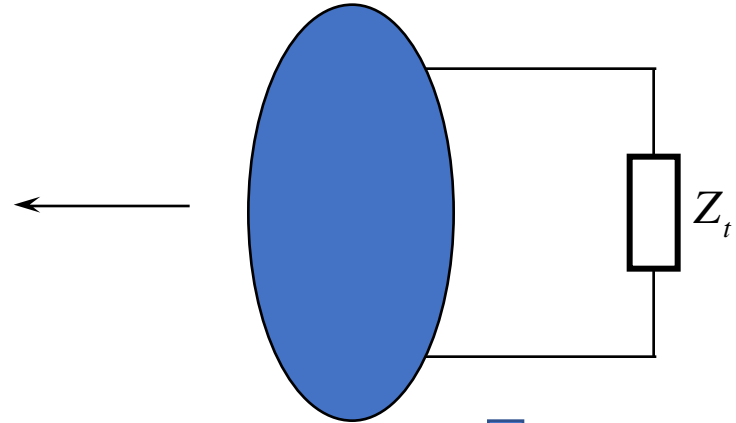
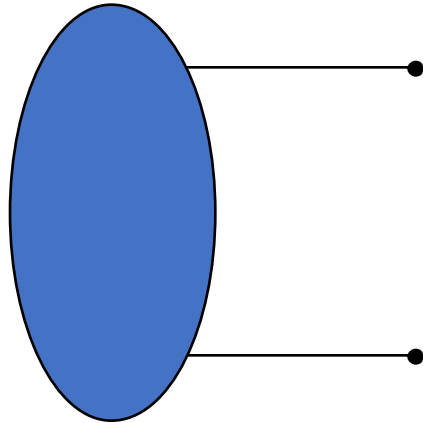
- $\dot{E}_{td}$ : nguồn áp hở mạch trên hai cực,
- $Z_{td}$ : điện trở trên hai cực sau khi tắt (các) nguồn (nếu có).

Mạng tuyến tính một cửa  
(mạng một cửa)



# Định lý Thevenin (2)

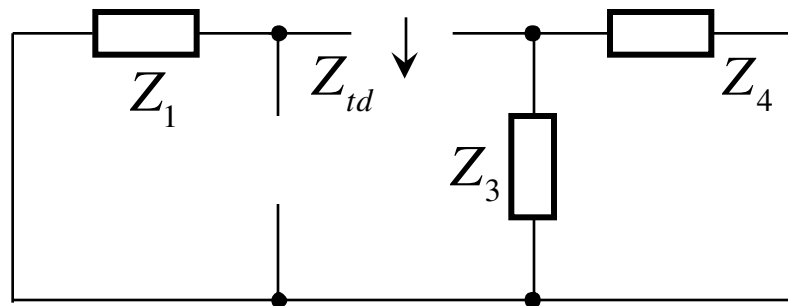
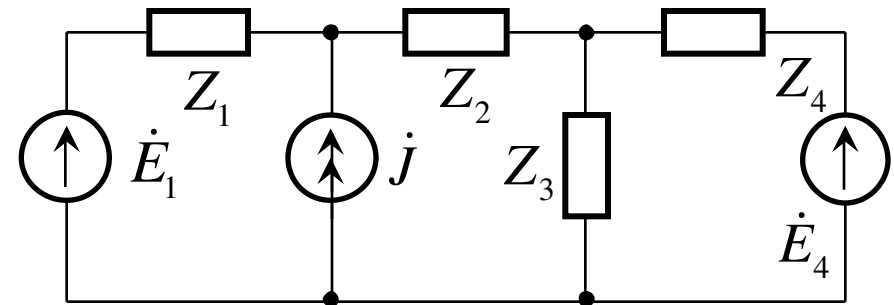
Mạng tuyến tính một cửa  
(mạng một cửa)



# Định lý Thevenin (3)

## VD1

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



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

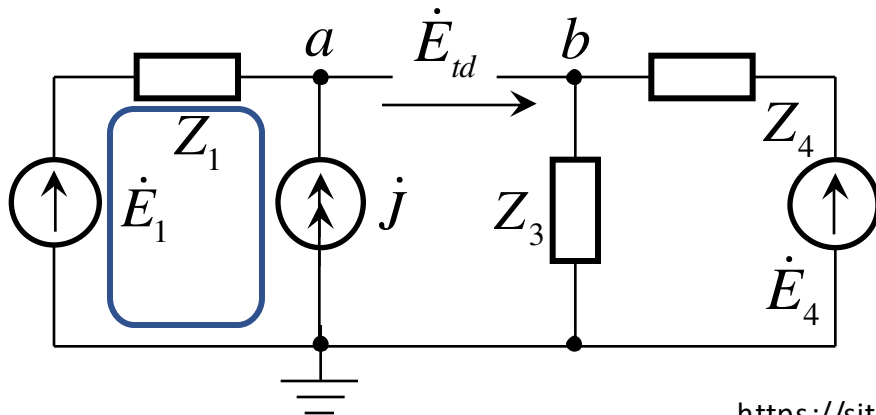
$$\dot{E}_{td} = \dot{\phi}_a - \dot{\phi}_b$$

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

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

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

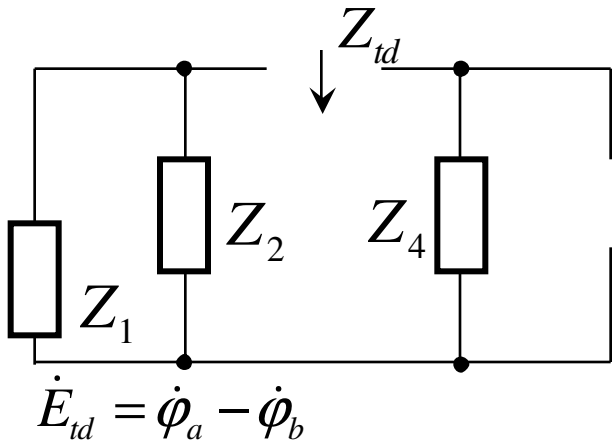
$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{td}}{Z_{td} + Z_2} = \boxed{-1,19 - j3,81 \text{ A}}$$



# Định lý Thevenin (4)

## VD2

$\dot{E}_1 = 100 / 30^\circ \text{ V}; \dot{J}_3 = 5 \text{ A}; \dot{J}_4 = 8 / -45^\circ \text{ A};$   
 $Z_1 = 10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; Z_3 = j20 \Omega; Z_4 = -j25 \Omega;$   
 Tính dòng điện qua  $Z_3$  bằng đ/l Thevenin?

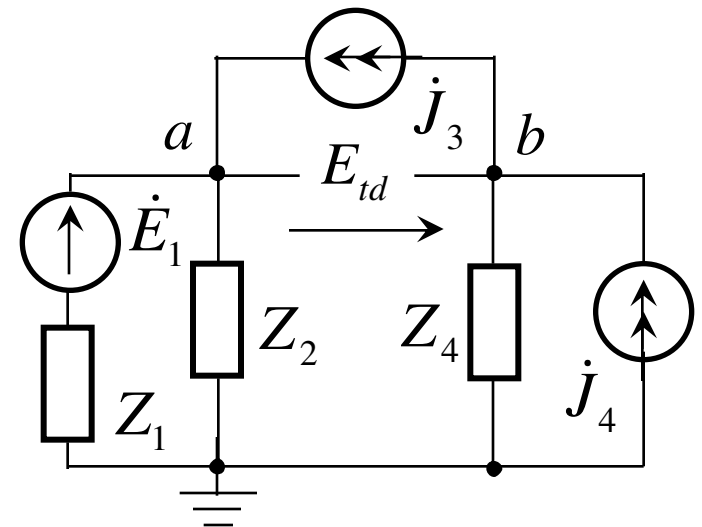
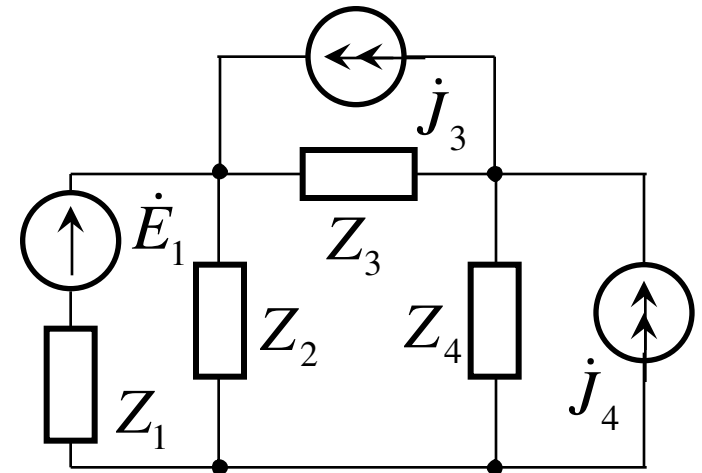


$$Z_{td} = Z_4 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = -j25 + \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 - j25 \Omega$$

$$i_3 = \frac{\dot{E}_{td}}{Z_{td} + Z_3} = \boxed{12,68 + j28,94 \text{ A}}$$

$$\begin{cases} \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \dot{\phi}_a = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} + \dot{J}_3 \\ \frac{1}{Z_4} \dot{\phi}_b = -\dot{J}_3 + \dot{J}_4 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{\phi}_a = 45,53 + j16,67 \text{ V} \\ \dot{\phi}_b = -141,4 - j16,4 \text{ V} \end{cases}$$





# 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

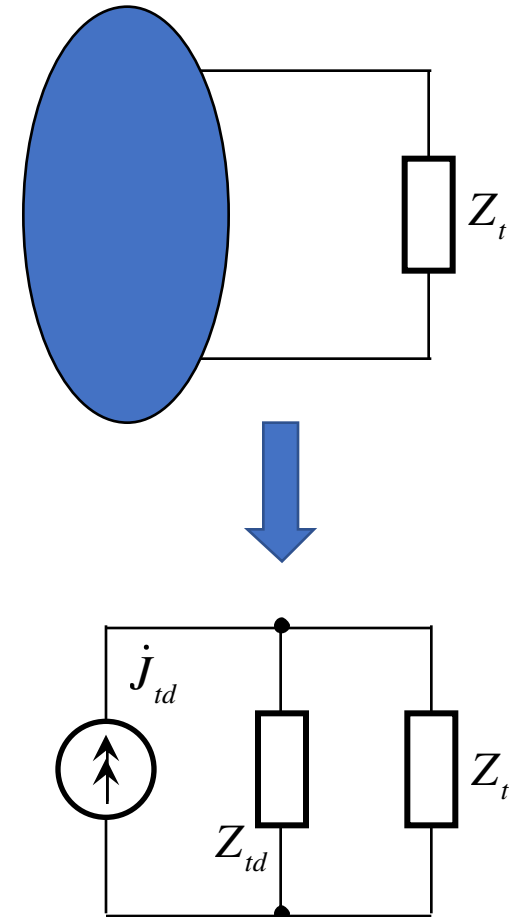




# Định lý Norton (1)

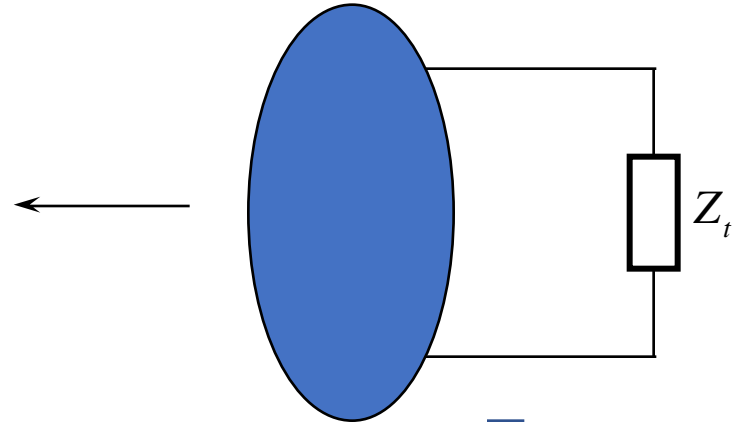
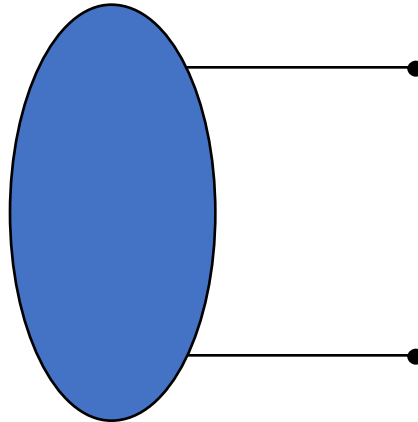
Một mạng tuyến tính một cửa (hai cực) có thể được thay thế bằng một mạch tương đương gồm có nguồn dòng  $J_{td}$  & điện trở  $Z_{td}$ , trong đó:

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

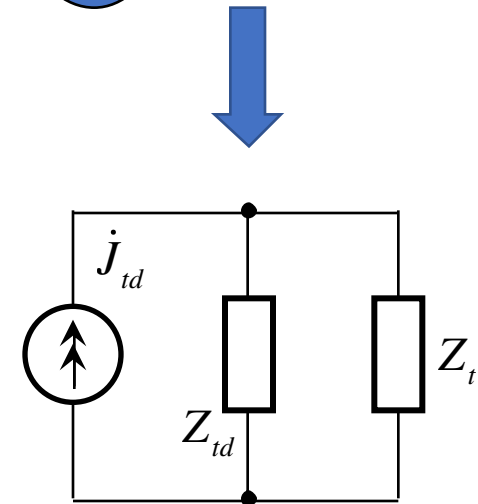


# Định lý Norton (2)

Mạng tuyến tính một cửa  
(mạng một cửa)



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

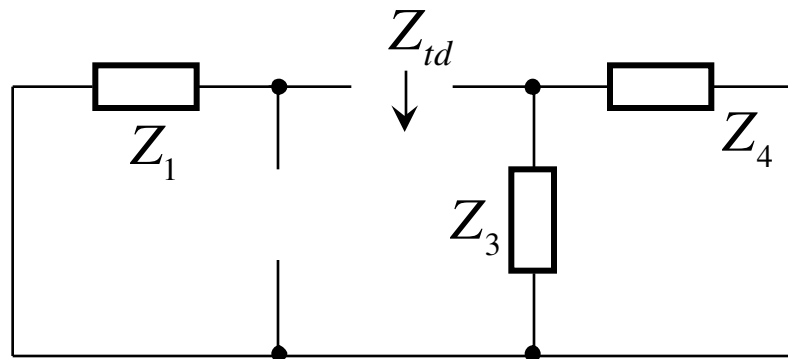
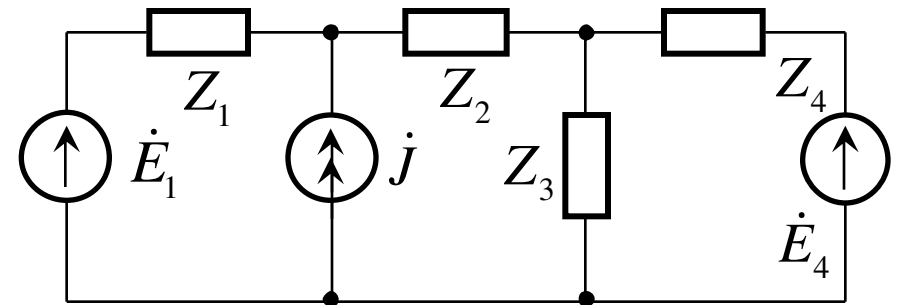




# Định lý Norton (3)

## VD1

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



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

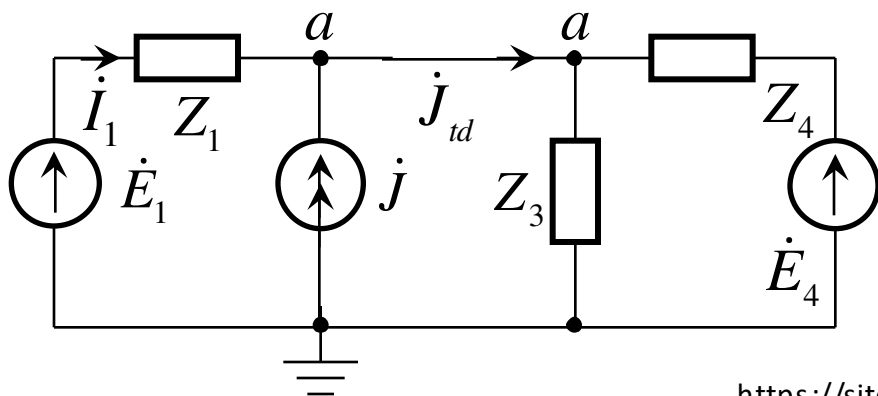
$$j_{td} = \dot{I}_1 + j$$

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

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

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

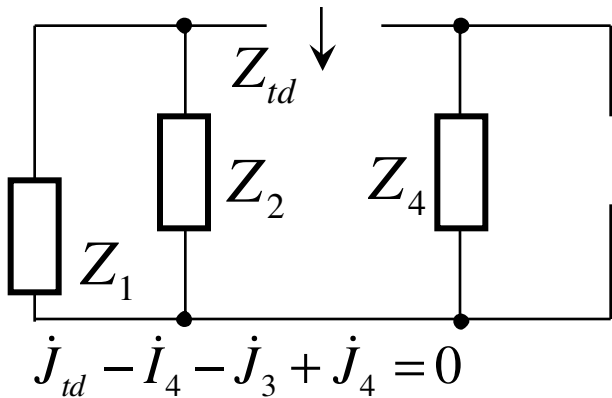
$$\dot{I}_2 = Z_{td} \frac{j_{td}}{Z_{td} + Z_2} = \boxed{-1,19 - j3,81 \text{ A}}$$



# Định lý Norton (4)

## VD2

$\dot{E}_1 = 100 / 30^\circ \text{ V}; \dot{J}_3 = 5 \text{ A}; \dot{J}_4 = 8 / -45^\circ \text{ A};$   
 $Z_1 = 10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; Z_3 = j20 \Omega; Z_4 = -j25 \Omega;$   
 Tính dòng điện qua  $Z_3$  bằng đ/l Norton?



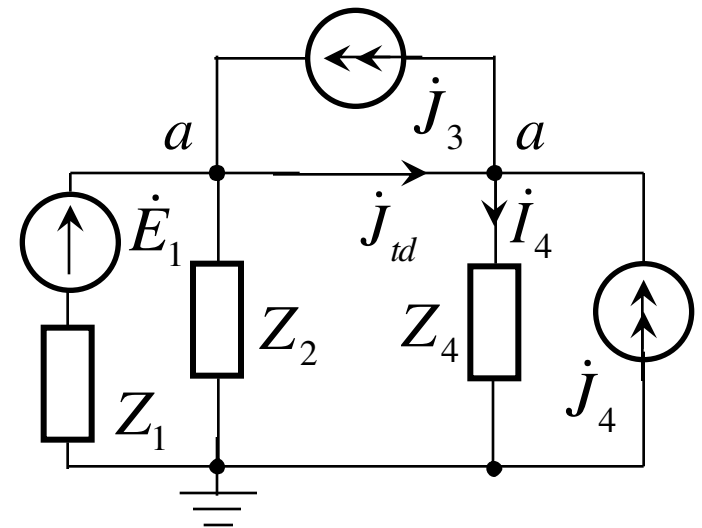
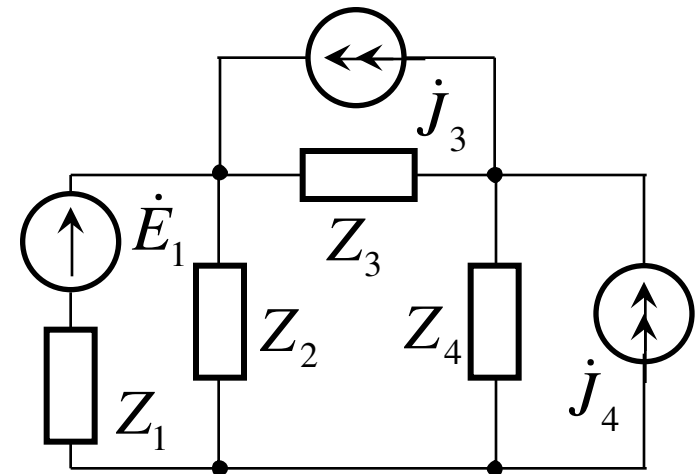
$$\left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_4} \right) \dot{\phi}_a = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} + \dot{J}_4$$

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

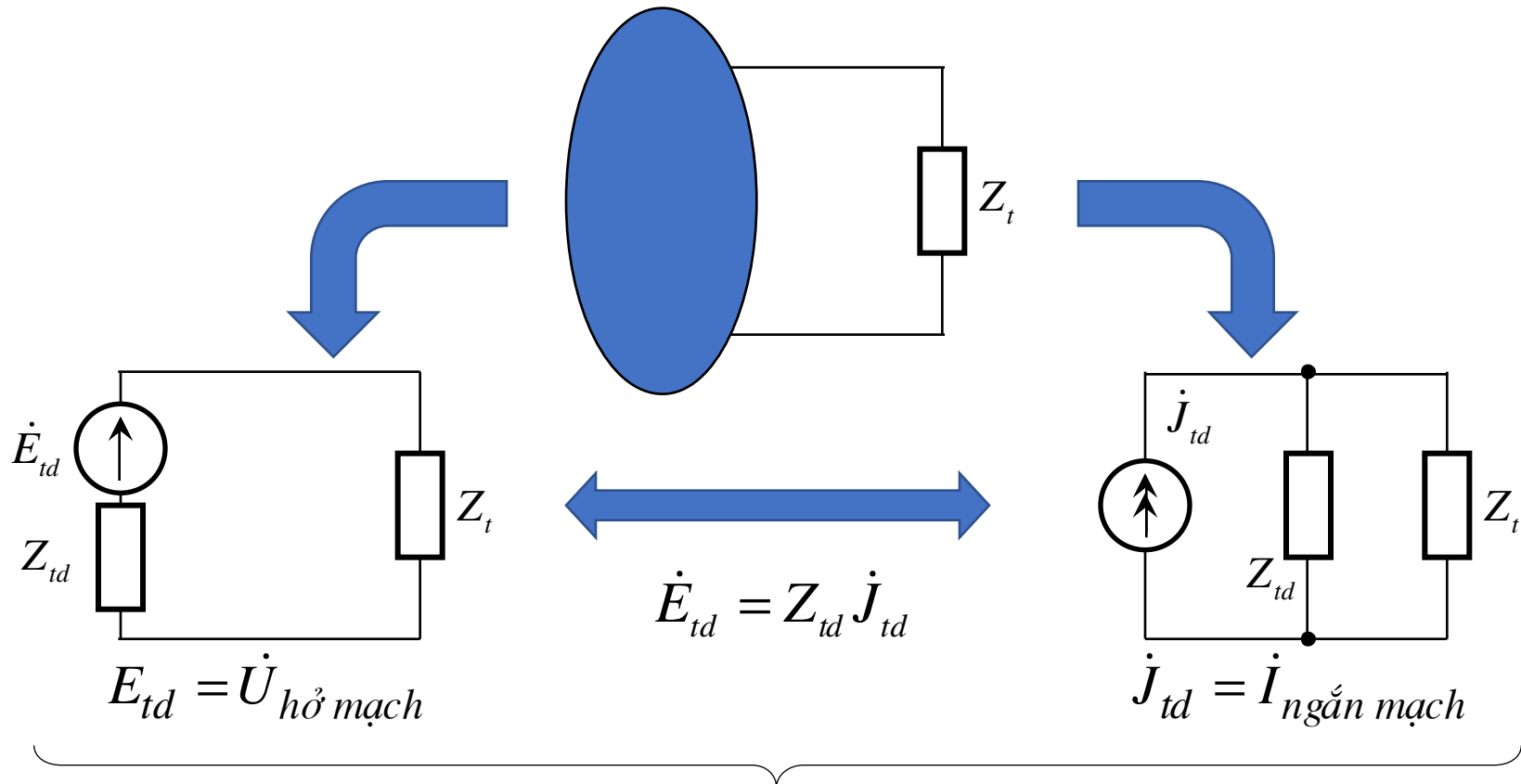
$$\rightarrow \dot{J}_{td} = \dot{J}_3 - \dot{J}_4 + \frac{\dot{\phi}_a}{Z_4} = -0,32 + j7,52 \text{ A}$$

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

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



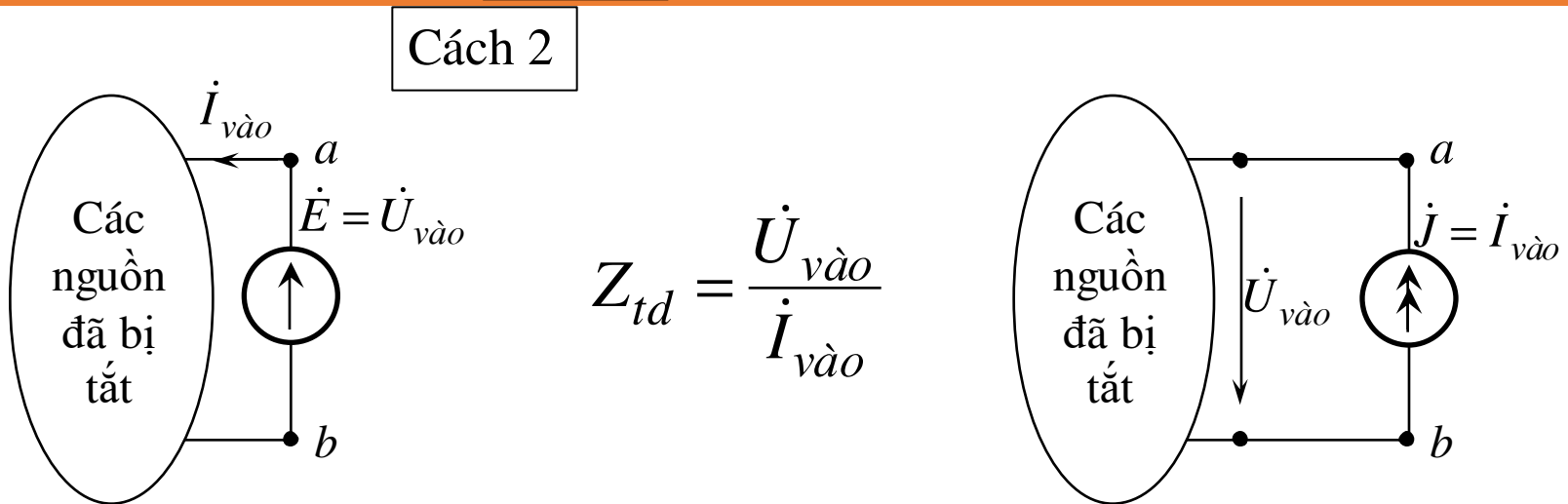
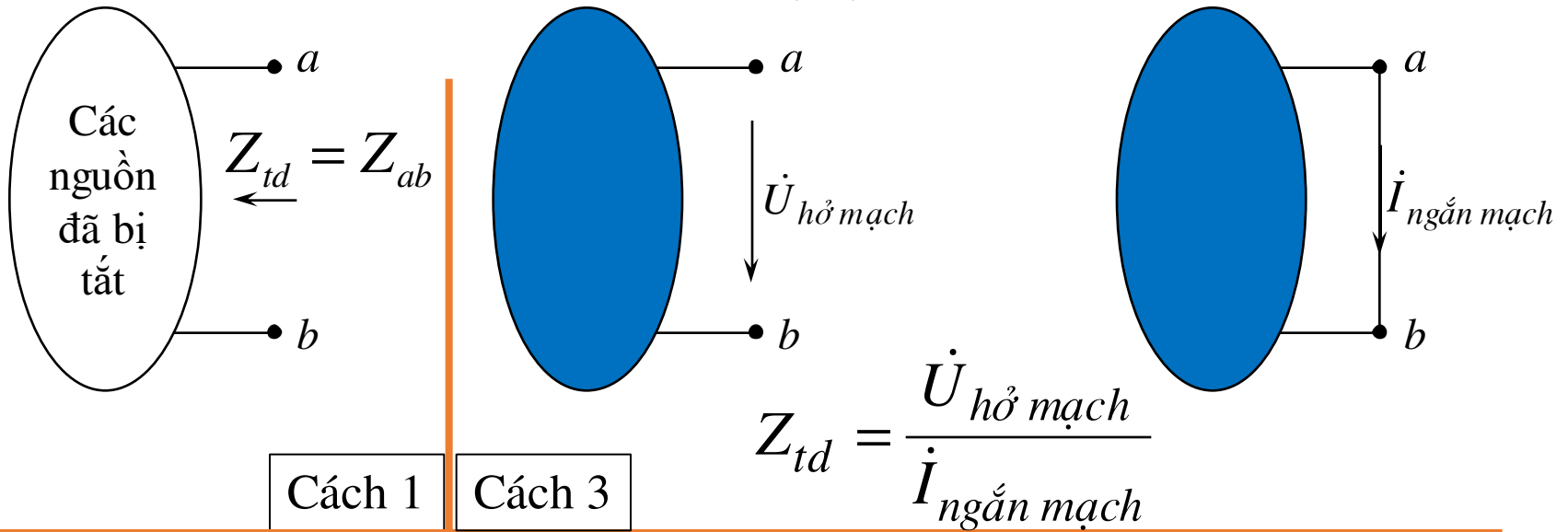
# Thevenin và Norton (1)



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



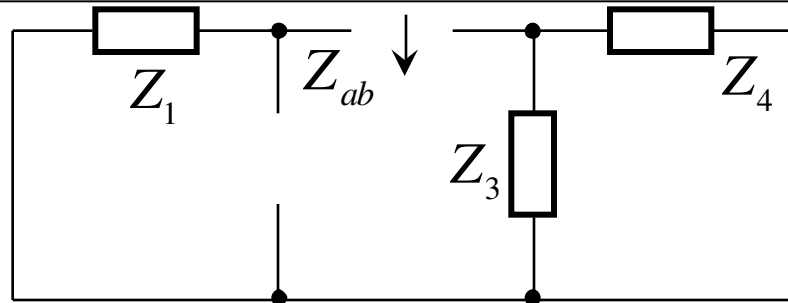
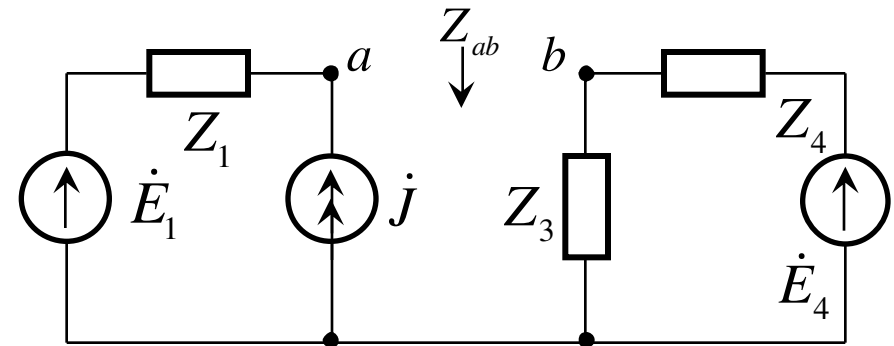
# Thevenin và Norton (2)



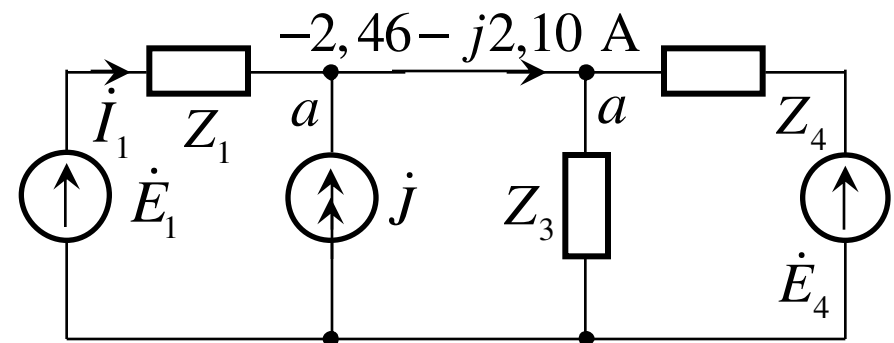
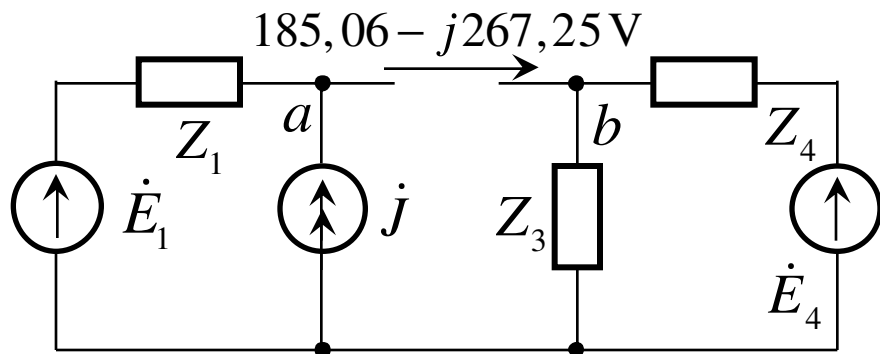
# Thevenin và Norton (3)

## VD1

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



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

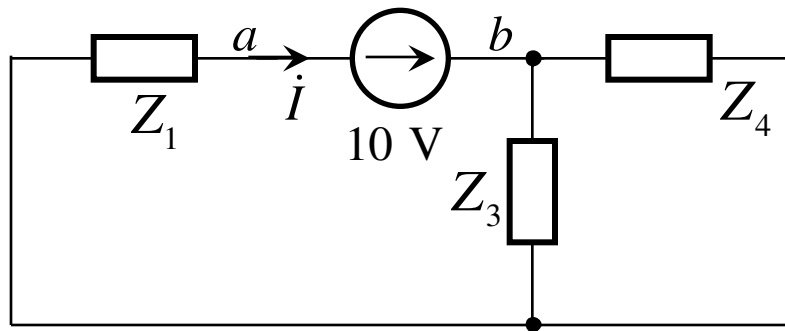
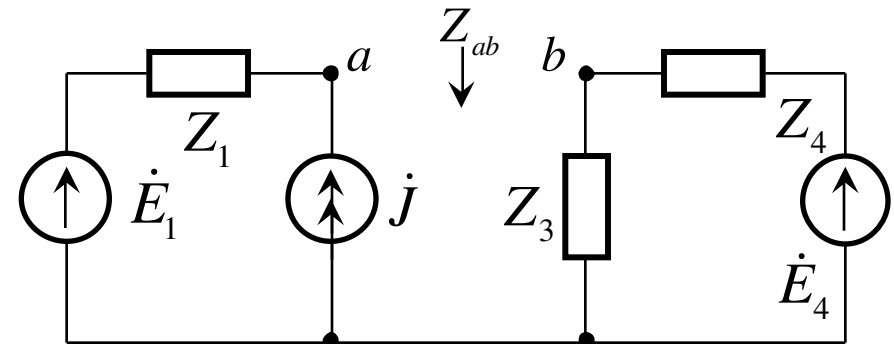


$$Z_{td} = \frac{\dot{U}_{\text{hở mạch}}}{\dot{I}_{\text{ngắn mạch}}} = \frac{185,06 - j267,25}{-2,46 - j2,10} = 10 + j100 \Omega$$

# Thevenin và Norton (4)

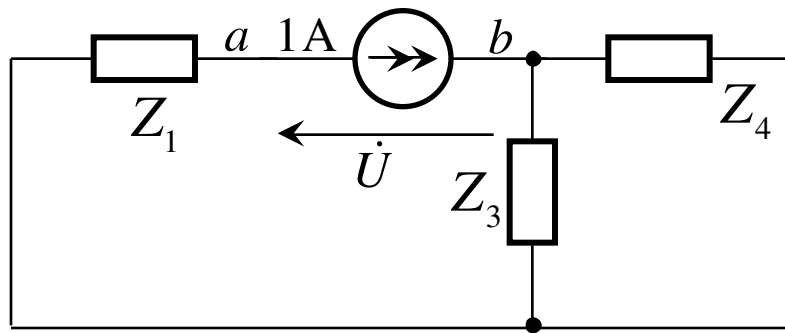
## VD1

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



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

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



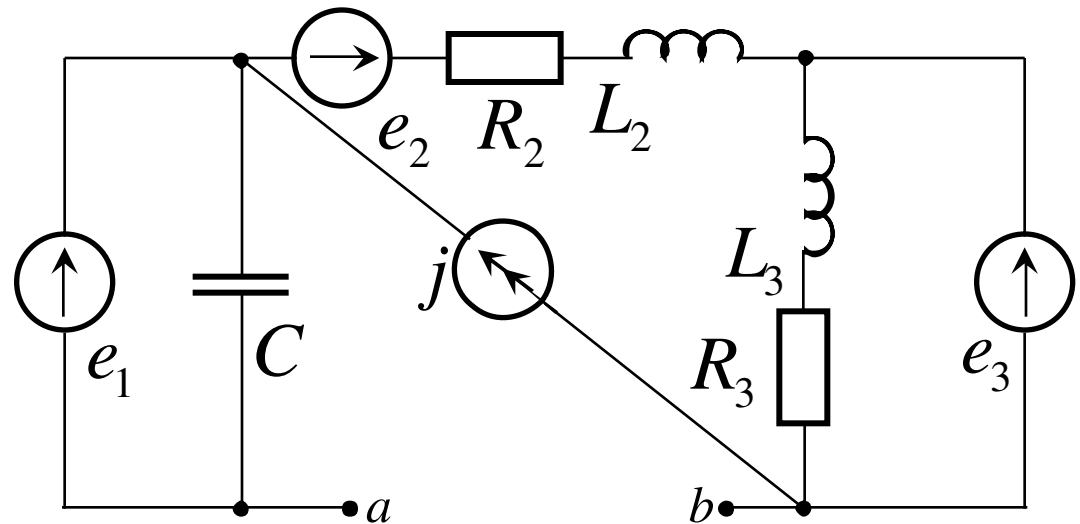
$$\dot{U} = 1 \left( Z_1 + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4} \right) = 10 + j100 \text{ V}$$

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



# 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

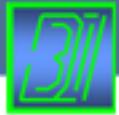




# Mạch xoay chiều

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. EFF. 92.4 NEMA NOM. EFF. 91.0 BOILERMAKER MIN. 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	E. NO.	
TYPE	RGZESD	FRAME	286T
H.P.	30.00	SERVICE FACTOR	1.15
AMPS	34.9	VOLTS	460
R.P.M.	1765	HERTZ	60
DUTY	CONT	40°C AMB.	DATE CODE
CLASS INSUL	F	NEMA DESIGN	B
SH. END BRG.	50BC03JPP3	KVA. CODE	G
		NEMA NOM. EFF.	93.6
		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.oramanagerability.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 Etats-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/Lláme/Appeler: 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-granger-due-to-fire>  
<https://sites.google.com/site/ncpdhbkhn/home>



# Mạch xoay chiều

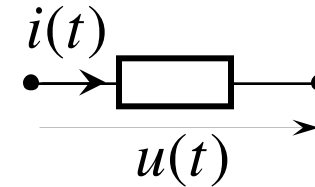
1. Sóng sin
2. Phản ứng của các phần tử cơ bản
3. Số phức
4. Biểu diễn sóng sin bằng số phức
5. Phức hoá các phần tử cơ bản
6. Phân tích mạch xoay chiều
7. **Công suất trong mạch xoay chiều**
  - a) **Công suất tức thời & công suất tác dụng**
  - b) Truyền công suất cực đại
  - c) Trị hiệu dụng
  - d) 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





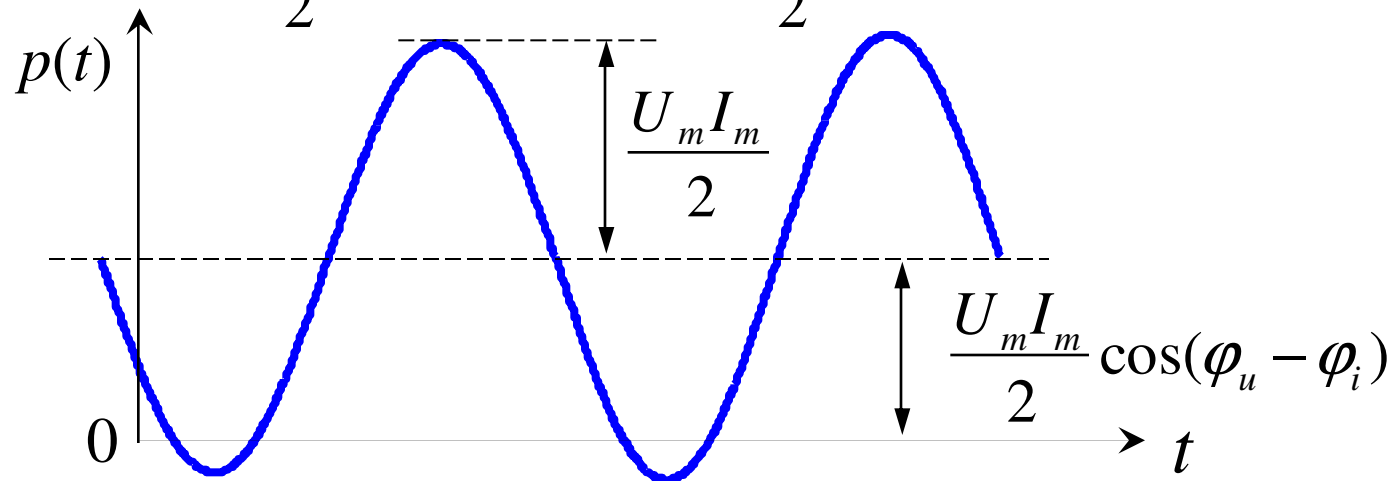
# Công suất tức thời

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



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

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



# 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).

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

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

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

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

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

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



## Công suất tác dụng (2)

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

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

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





# Công suất tác dụng (3)

VD

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

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

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

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

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

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

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



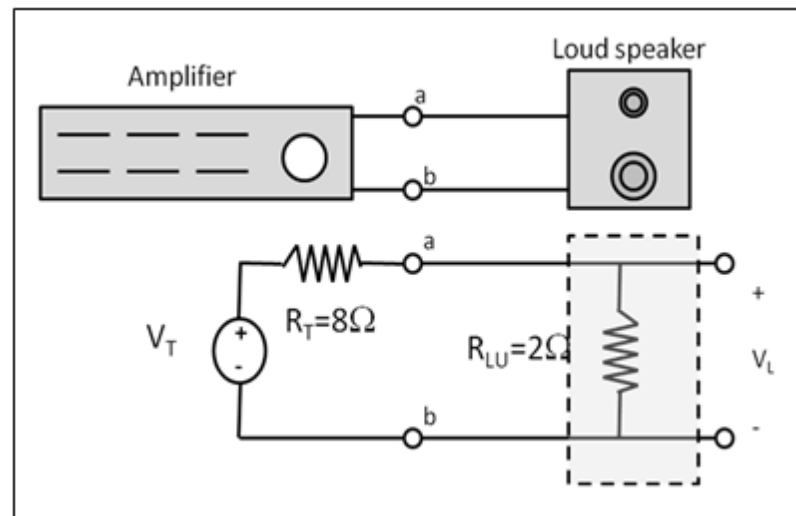


# Mạch xoay chiều

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-result-in-q6983635>





# Truyền công suất cực đại (2)

$$P_t = I_t^2 R_t$$

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

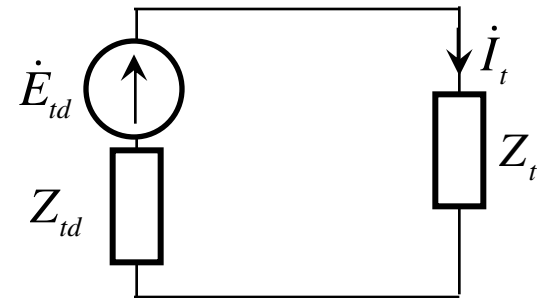
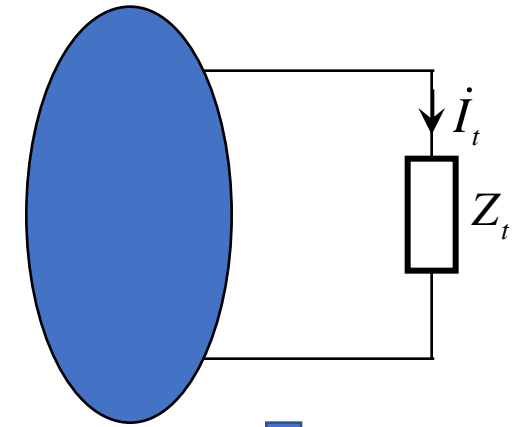
$$Z_{td} = R_{td} + jX_{td}$$

$$Z_t = R_t + jX_t$$

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

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

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





# Truyền công suất cực đại (3)

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P_t}{\partial X_t} = 0 \\ \frac{\partial P_t}{\partial R_t} = 0 \end{array} \right. \rightarrow \frac{\partial P_t}{\partial X_t} = E_{td}^2 \frac{R_t (X_{td} + X_t)}{[(R_{td} + R_t)^2 + (X_{td} + X_t)^2]^2} = 0$$

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

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_t = -X_{td} \\ R_t = \sqrt{R_{td}^2 + (X_{td} + X_t)^2} \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_t = -X_{td} \\ R_t = R_{td} \end{array} \right.$$

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

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

# Truyền công suất cực đại (4)

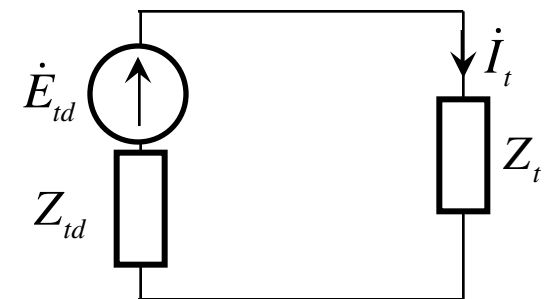
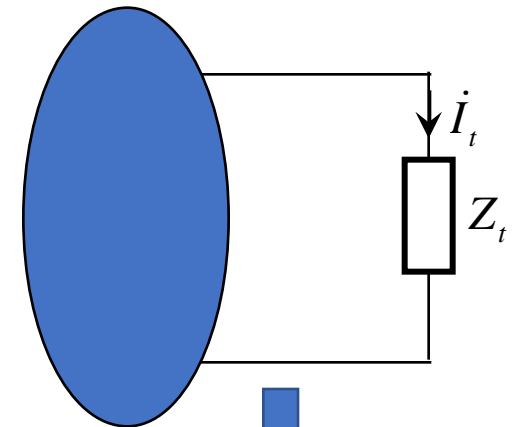
$$Z_t = \hat{Z}_{td}$$

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

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

$$Z_t = \hat{Z}_{td} \rightarrow \begin{cases} X_t = -X_{td} \\ R_t = R_{td} \end{cases}$$

$$P_{t \max} = \frac{E_{td}^2}{4R_{td}}$$



Nếu  $Z_t = R_t$  (thuần trở)  $\rightarrow X_t = 0$

$$\frac{\partial P_t}{\partial R_t} = 0 \rightarrow R_t = \sqrt{R_{td}^2 + (X_{td} + X_t)^2}$$

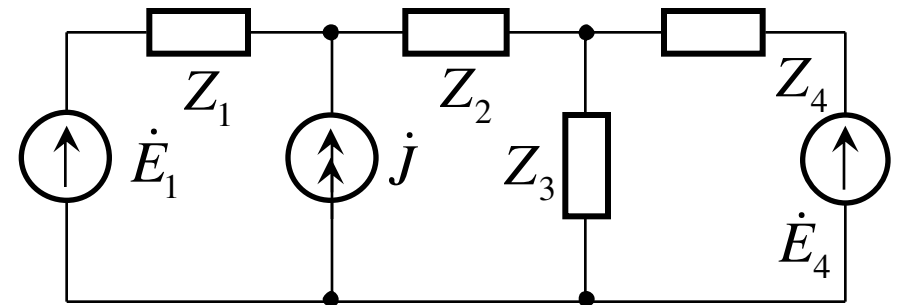
$$\rightarrow R_t = \sqrt{R_{td}^2 + X_{td}^2} = |Z_{td}|$$



# Truyền công suất cực đại (5)

VD

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

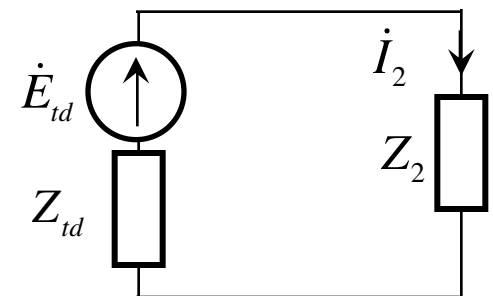


$$Z_{td} = 10 + j100 \Omega = R_{td} + jX_{rd}$$

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

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

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





# 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







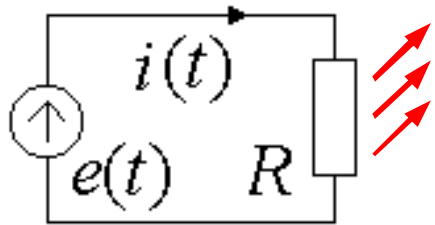
# Trị hiệu dụng (1)

- 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  $u(t)$ ]

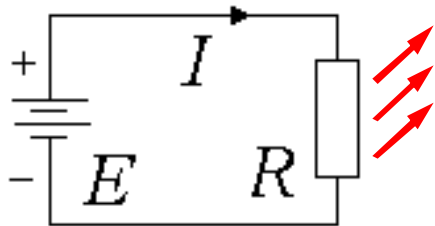




# Trị hiệu dụng (2)



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



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

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

$I$  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)

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

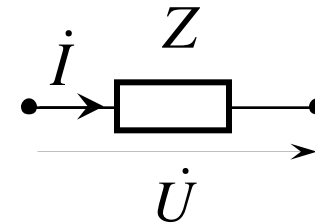
$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

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





# Trị hiệu dụng (4)



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

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

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

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

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



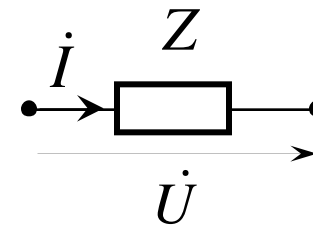


# Mạch xoay chiều

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-ampere, volt-ampere)

$$S = UI$$

**JEFFERSON ELECTRIC** Cat. No. 423-7865-M01  
BY PIONEER POWER SOLUTIONS 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. Mil. 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  
RENDERENT ÉNERGÉTIQUE VÉRIFIÉ

MEETS CAN/CSA C607.2-09  
MEETS TP-1 1998 EFFICIENCY

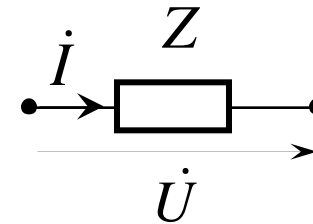
Datecode: R1210 Job#: 1AP2 SN: 0001

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

# Công suất biểu kiến (2)

VD

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



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

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





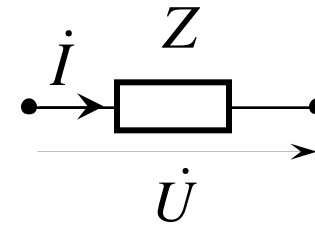
# Mạch xoay chiều

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.

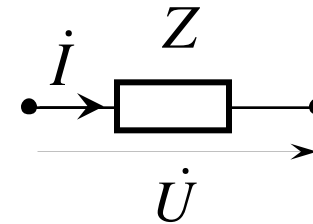




## Hệ số công suất (2)

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?



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

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

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



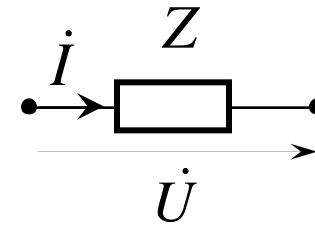


# Mạch xoay chiều

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:  $\boxed{\dot{U}\hat{I}}$

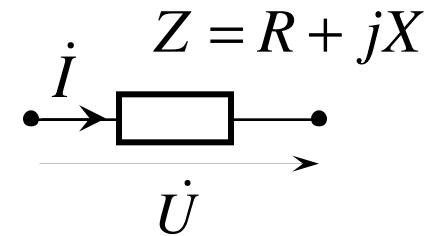
- Ký hiệu  $\mathbf{S}$  hoặc  $\overline{S}$ , đo bằng VA (vôn-ampe, volt-ampere).
- *Chú ý*: công suất biểu kiến là  $S$ .

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

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



# Công suất phức (2)



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

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

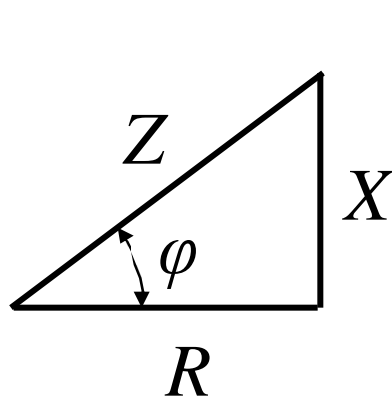
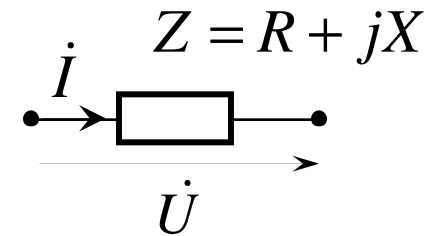
$$\left. \begin{array}{l} S = \dot{U}\hat{I} \\ \dot{U} = Z\hat{I} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} S = Z\hat{I} = ZI^2 \\ Z = R + jX \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} S = (R + jX)I^2 = I^2R + jI^2X \\ = P + jQ \end{array}$$

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

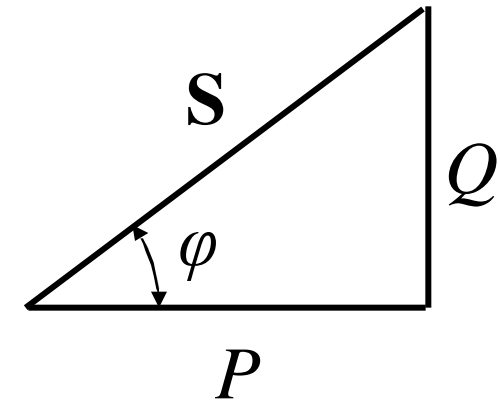
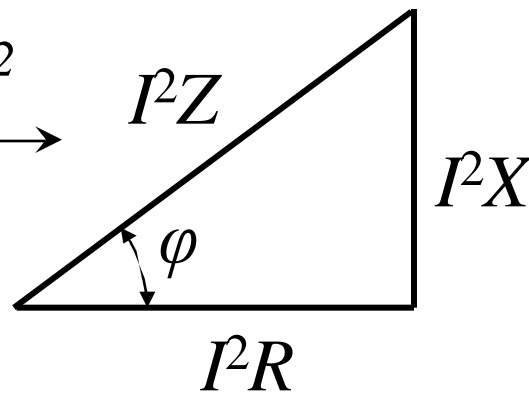
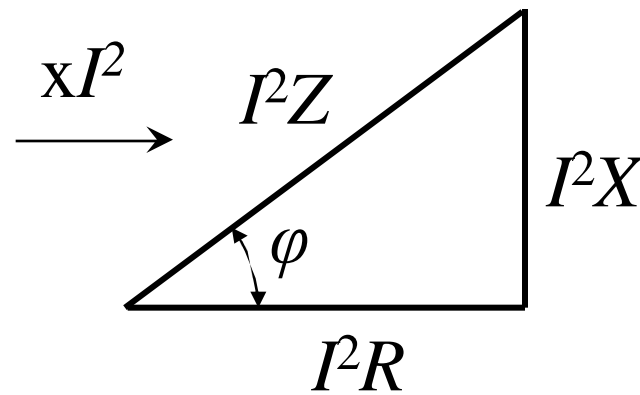
$$Q = \text{Im}(S) = \text{Im}(\dot{U}\hat{I}) = I^2X$$



# Công suất phức (3)



Tam giác tổng trở

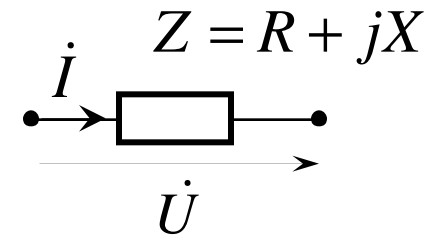


Tam giác công suất





# Công suất phức (4)



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

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

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

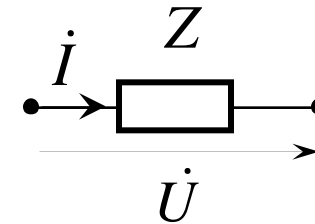
$$Q = UI \sin(\varphi_u - \varphi_i) = \text{Im}(\mathbf{S}) = S \sin(\varphi_u - \varphi_i) = XI^2 \quad [\text{VAR}]$$

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



# Công suất phức (5)

VD



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

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

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

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

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

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

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







# 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)

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

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

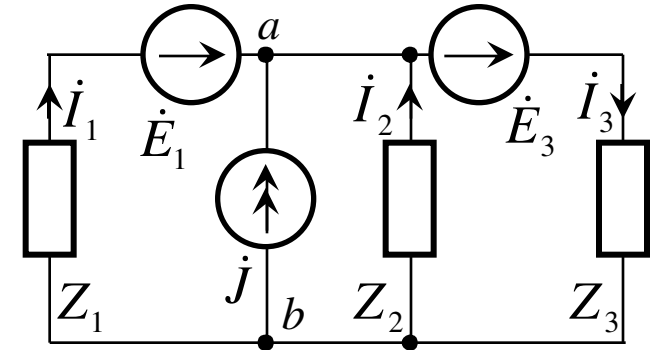
$$\sum_{i=1}^M S_{nguồn,i} \neq \sum_{i=1}^N S_{tải,i}$$



# Bảo toàn công suất (2)

VD

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



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

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

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

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

$$S_{E_1} = \dot{E}_1 \hat{I}_1 = 30 \cdot 4,09/\underline{-75,2^\circ}$$

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

$$S_{E_3} = \dot{E}_3 \hat{I}_3 = 277,20/\underline{-24,6^\circ}\text{ VA}$$

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

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

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



# 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

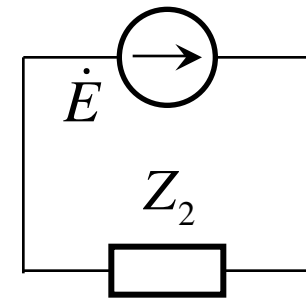
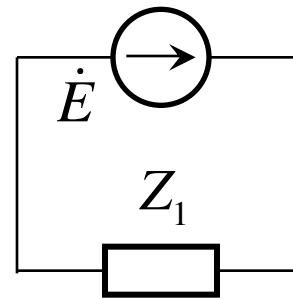




# Cải thiện hệ số công suất (1)

VD1

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



$$\dot{i}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_1} = \frac{100}{20 / 15^\circ} = 5 / -15^\circ \text{ A}, \quad P_1 = 100 \cdot 5 \cos(-15^\circ) = 482,96 \text{ W}$$

$$\dot{i}_2 = \frac{\dot{E}}{Z_2} = \frac{100}{20 / 75^\circ} = 5 / -75^\circ \text{ A}, \quad P_2 = 100 \cdot 5 \cos(-75^\circ) = 129,41 \text{ W}$$

$\cos\varphi$  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.





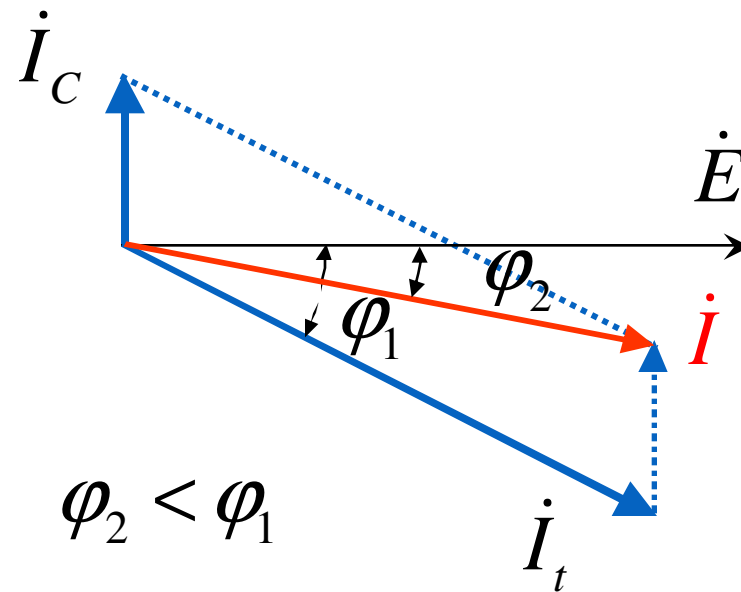
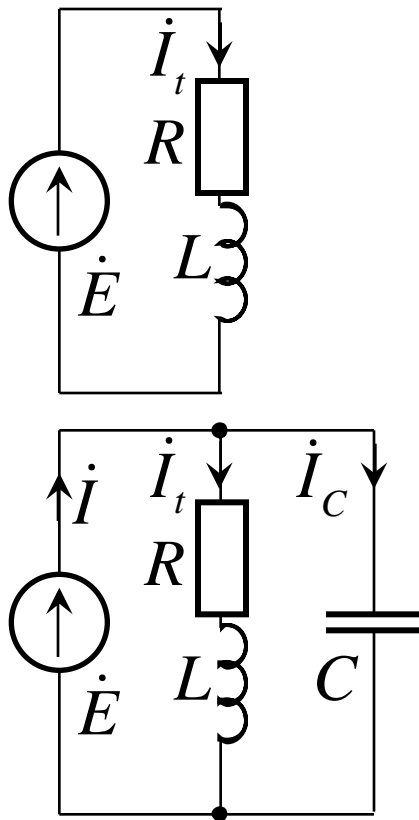
# Cải thiện hệ số công suất (3)

- 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)

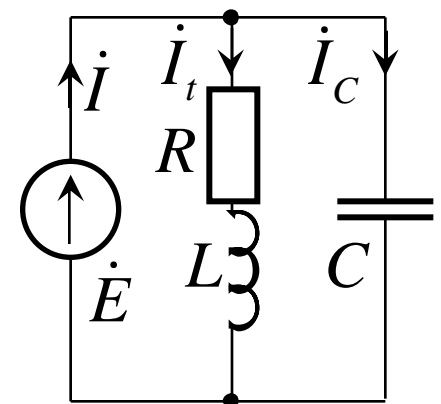
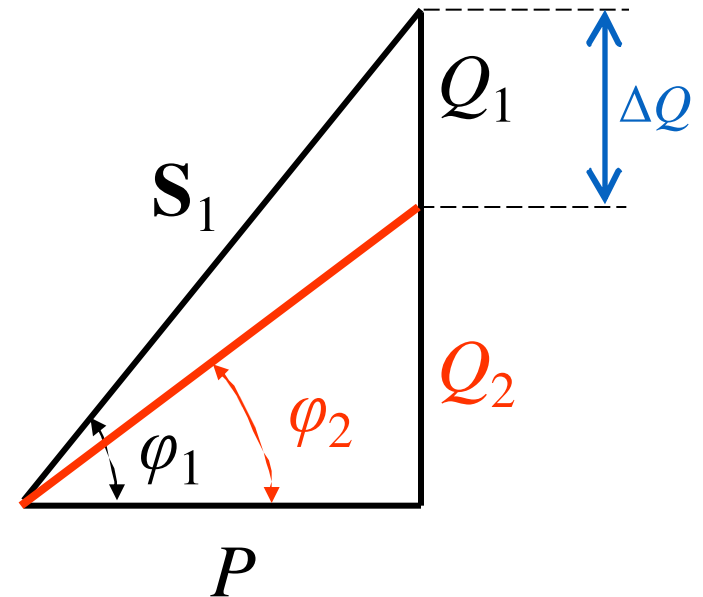
$$Q_1 = P \operatorname{tg} \varphi_1, \quad Q_2 = P \operatorname{tg} \varphi_2$$

Công suất phản kháng cần bổ sung:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2$$

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

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





# 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?

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

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

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

$$\rightarrow C = 1000 \cdot 10^3 \frac{0,75 - 0,48}{314(220)^2} = \boxed{0,0178\text{F}}$$





# 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

$$i(t) = \sum_0^{N-1} i_k(t)$$

$$P = RI^2$$

$$i(t) = \sum_0^{N-1} i_k(t) \rightarrow I = \sqrt{\sum_0^{N-1} I_k^2}$$

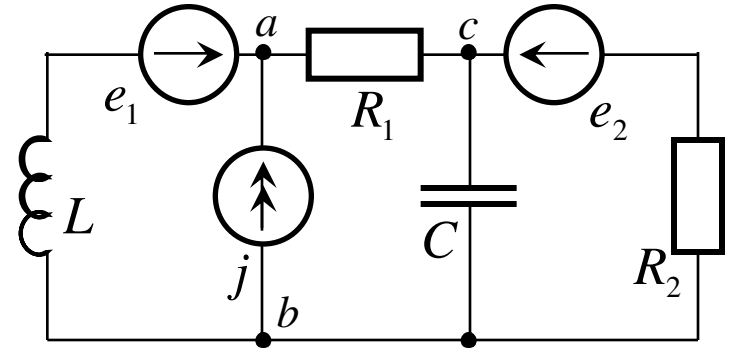
$$\rightarrow P = R \sum_0^{N-1} I_k^2 = \sum_0^{N-1} RI_k^2 = \sum_0^{N-1} P_k$$



# 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  $U_{R1}$  &  
 $P_{R1}$  ?



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

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

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





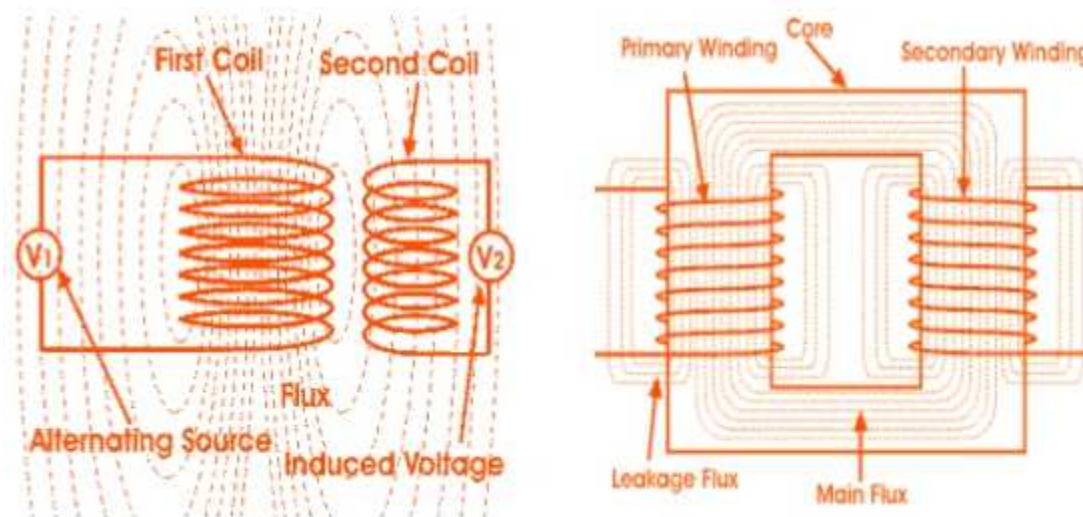
# Mạch xoay chiều

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.

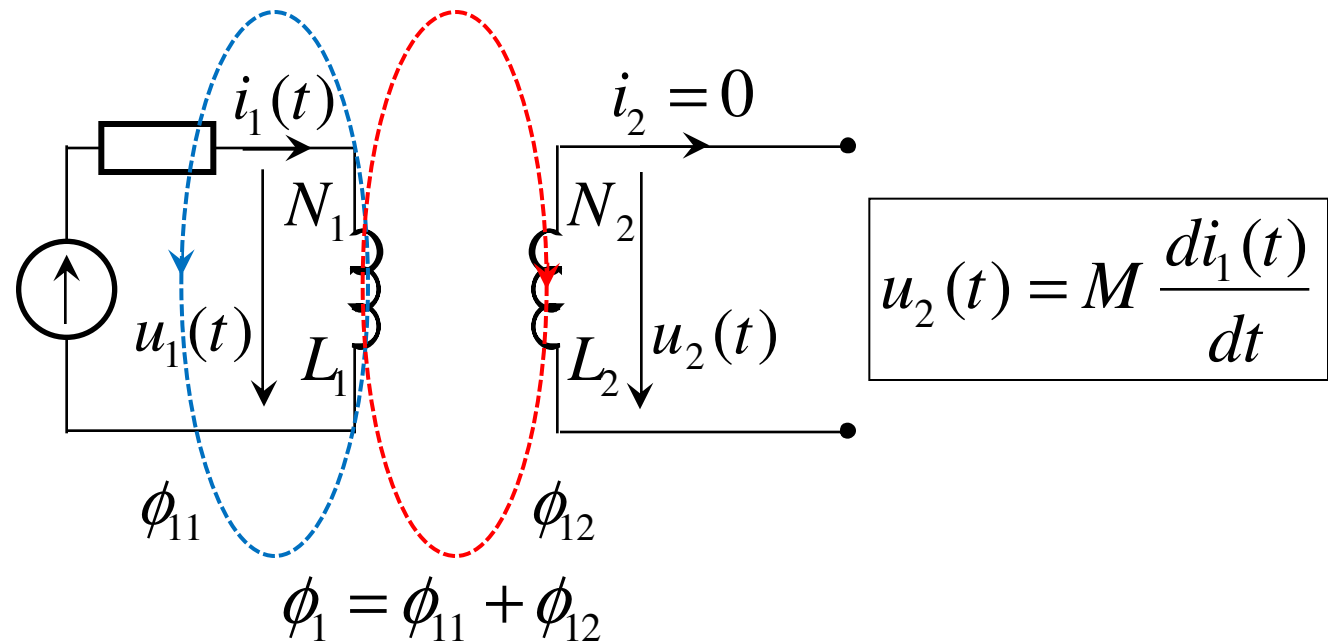


<https://www.slideshare.net/prodipdasdurjoy/presentation-of-manufacturing-of-distribution-transformer-prodip>





# Hiện tượng hồ cảm (2)



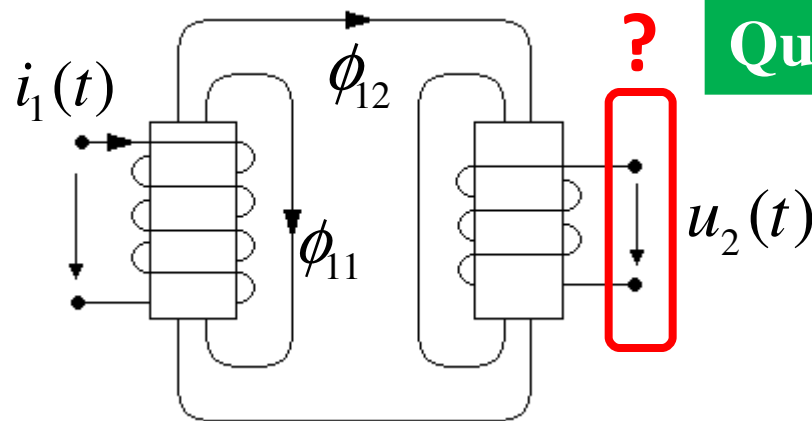
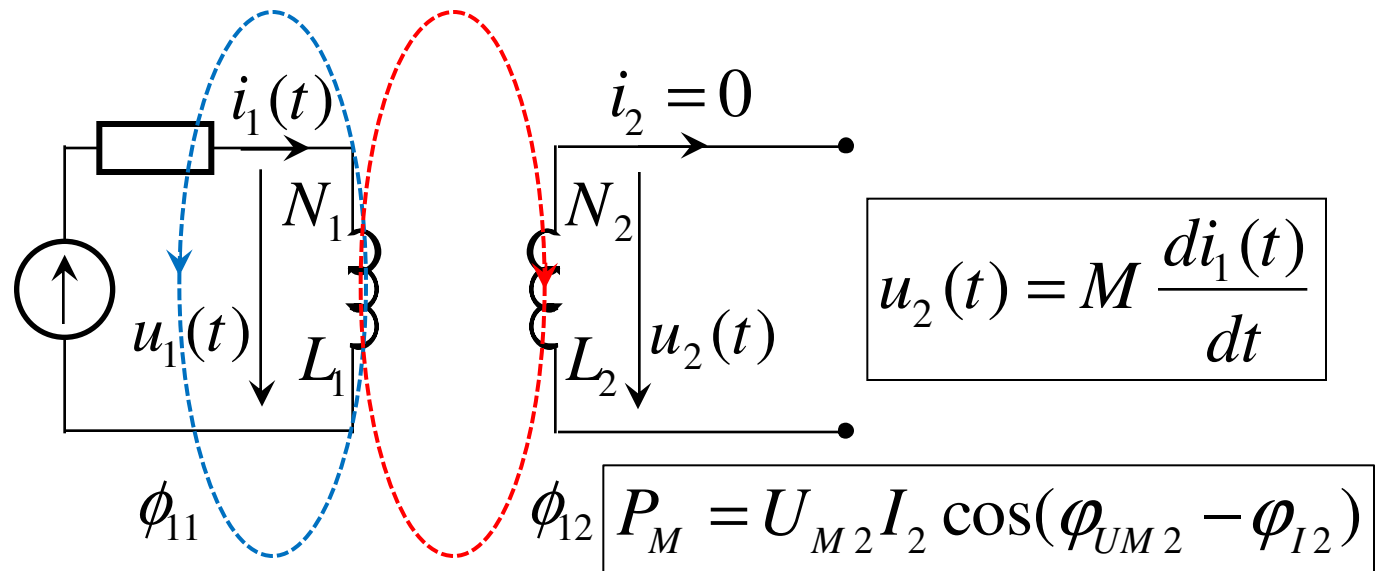
$$\begin{aligned}
 u_1 &= N_1 \frac{d\phi_1}{dt} \\
 &= N_1 \frac{d\phi_1}{di_1} \frac{di_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt}
 \end{aligned}$$

$L_1$  : 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**



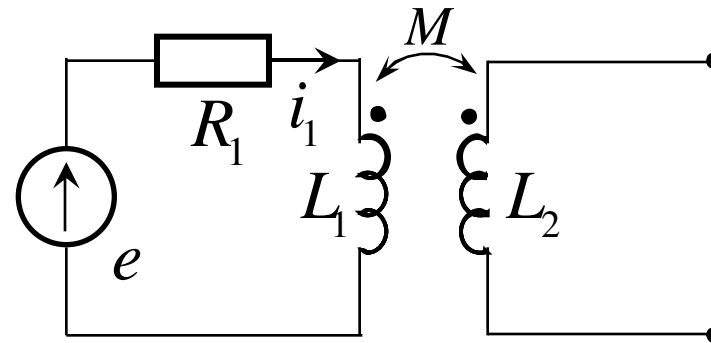



# Mạch xoay chiều


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)



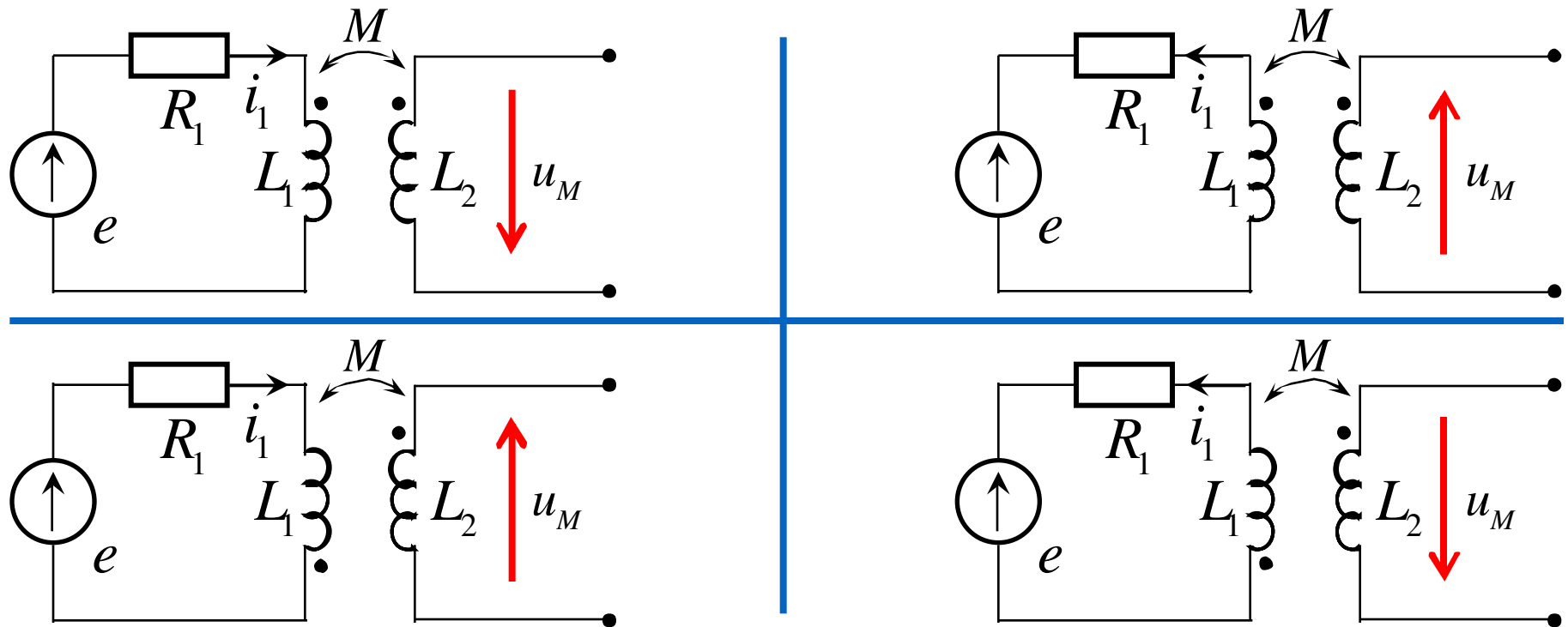
 Mũi tên **đi vào** đầu đánh dấu/đi từ “có” đến “không”

 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



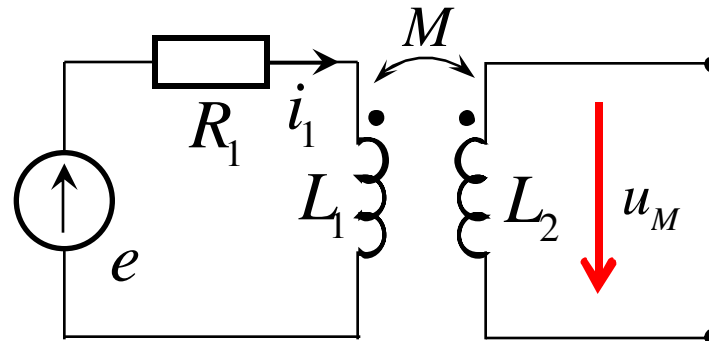


# Mạch xoay chiều

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. Hồ cảm**
  - a) Hiện tượng hồ cảm
  - b) Quy tắc dấu chấm
  - c) Phân tích mạch điện có hồ cảm**
    - i. Phức hóa hồ cảm
    - ii. Phương pháp dòng nhánh
    - iii. Phương pháp dòng vòng
    - iv. Phương pháp mạng một cửa



# Phức hóa hồ cảm (1)

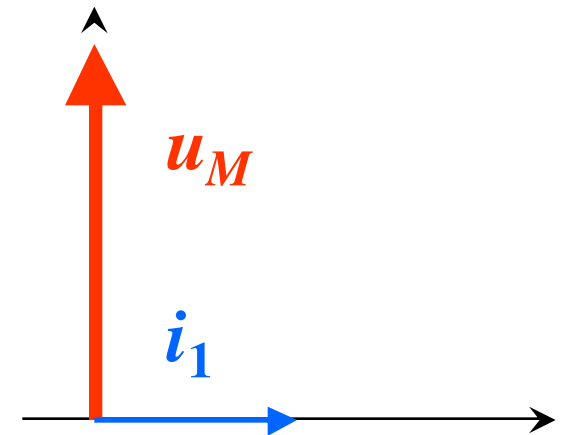
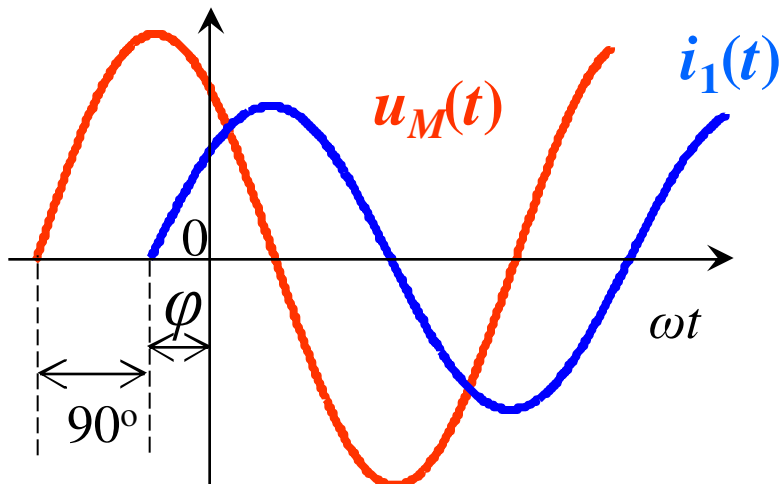


$$i_1 = I_m \sin \omega t$$

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

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

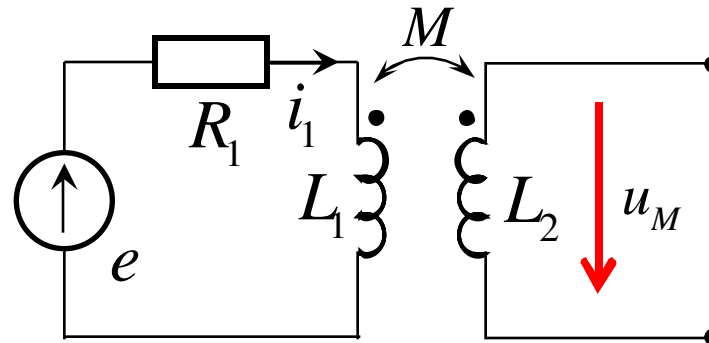
$$= U_{Mm} \sin(\omega t + 90^\circ)$$



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



# Phức hóa hồ cảm (2)



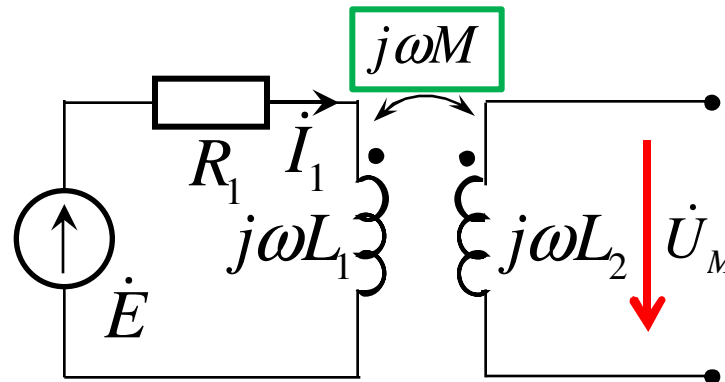
$$i_1 = I_m \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow u_M = \omega M I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ)$$

Miền thời gian



Miền phức

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





# 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  $u_2$ .

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

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

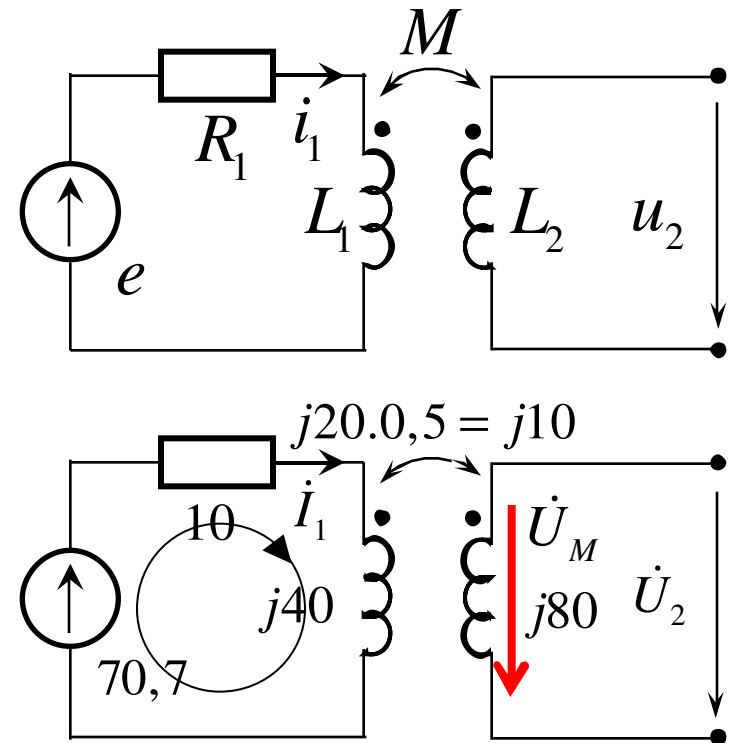
$$(10 + j40)\dot{I}_1 = 70,7$$

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

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

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

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



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

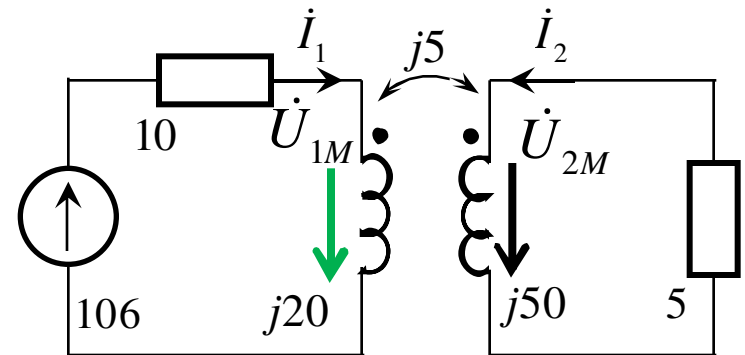
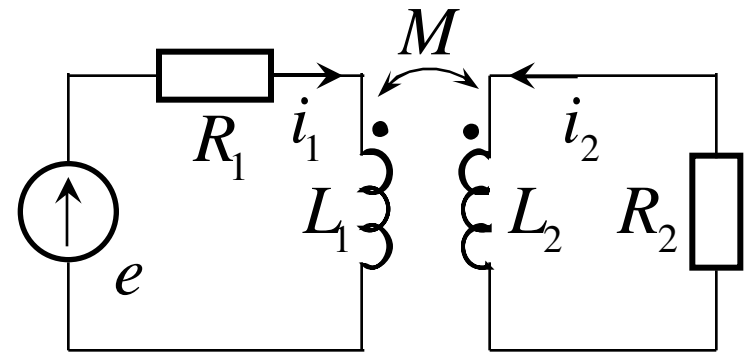
# Phức hóa hồ cảm (4)

## 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”  $L_2$

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 (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.

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

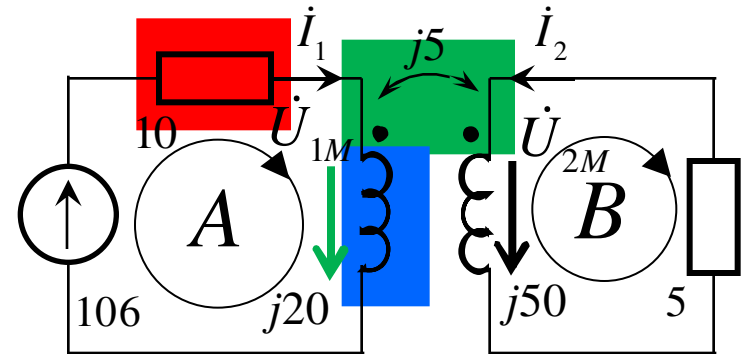
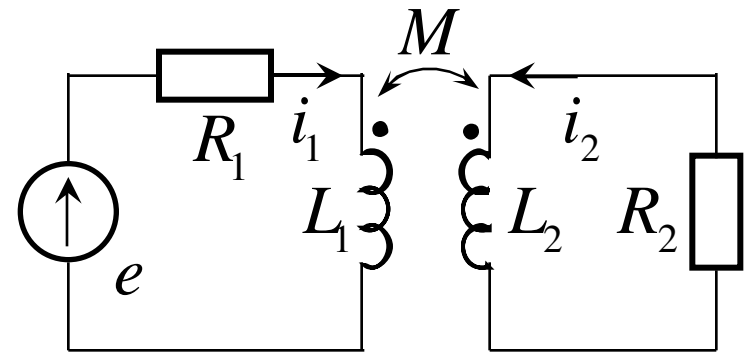
Cách 1

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

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

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

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



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 (6)

## VD3

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

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

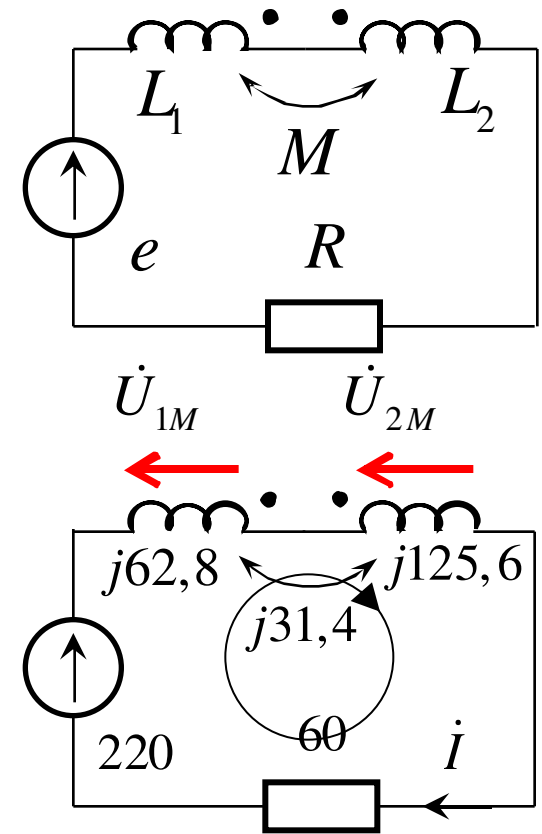
$\dot{I}$  “đi vào”  $L_2$  nên  $\dot{U}_{1M} = j5\dot{I}$  “đi vào”  $L_1$

$\dot{I}$  “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.

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

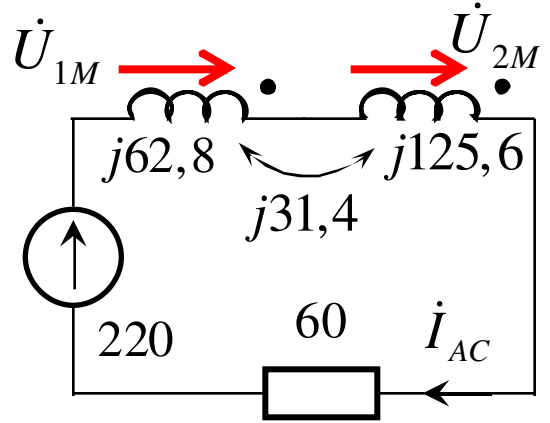
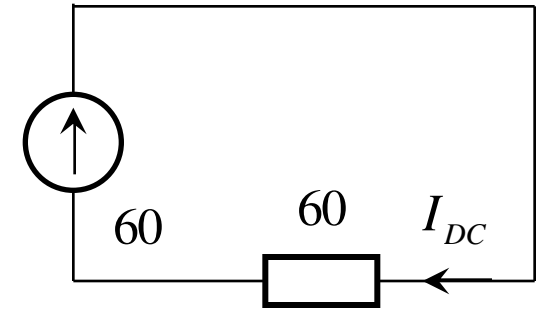
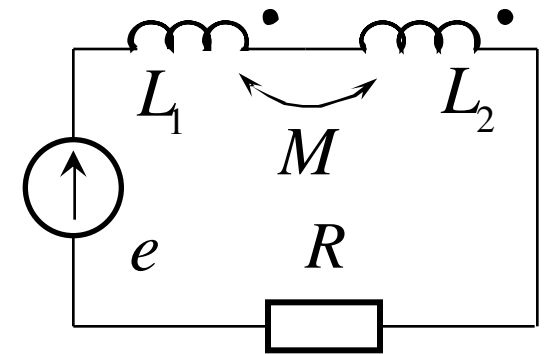
$$\dot{U}_{1M} = j31,4\dot{I}; \dot{U}_{2M} = j31,4\dot{I}$$

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

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

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

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





# 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. Hồ cảm**
  - a) Hiện tượng hồ cảm
  - b) Quy tắc dấu chấm
  - c) Phân tích mạch điện có hồ cảm**
    - i. Phức hóa hồ cảm
    - ii. Phương pháp dòng nhánh**
    - iii. Phương pháp dòng vòng
    - iv. Phương pháp mạng một cửa



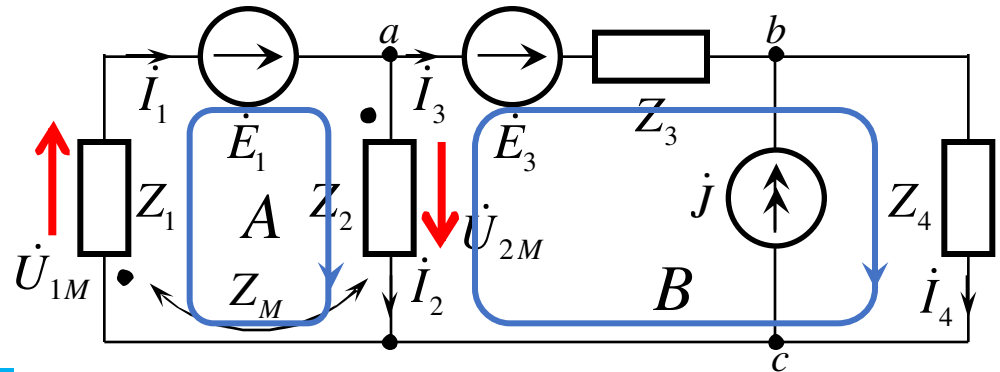


# Phương pháp dòng nhánh (1)

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”  $Z_1$

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

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

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

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

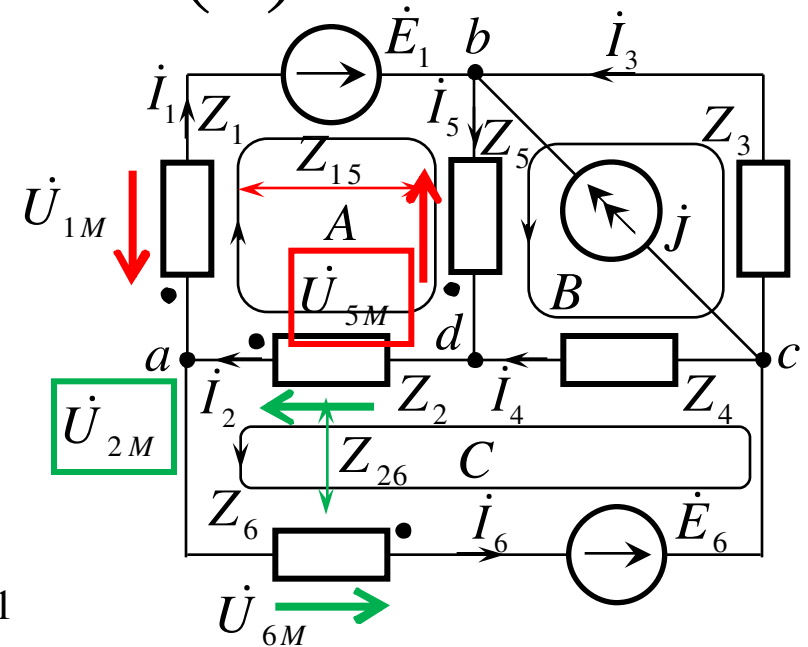


# Phương pháp dòng nhánh (2)

VD2

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

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



$I_5$  “đi ra”  $Z_5$  nên  $\dot{U}_{1M} = Z_{15} I_5$  “đi ra”  $Z_1$

$I_1$  “đi vào”  $Z_1$  nên  $\dot{U}_{5M} = Z_{15} I_1$  “đi vào”  $Z_5$

$I_6$  “đi ra”  $Z_6$  nên  $\dot{U}_{2M} = Z_{26} I_6$  “đi ra”  $Z_2$

$I_2$  “đi ra”  $Z_2$  nên  $\dot{U}_{6M} = Z_{26} I_2$  “đi ra”  $Z_6$

$$\left| \begin{array}{l} \dot{U}_{1M} = Z_{15} I_5 \\ \dot{U}_{5M} = Z_{15} I_1 \\ \dot{U}_{2M} = Z_{26} I_6 \\ \dot{U}_{6M} = Z_{26} I_2 \end{array} \right.$$



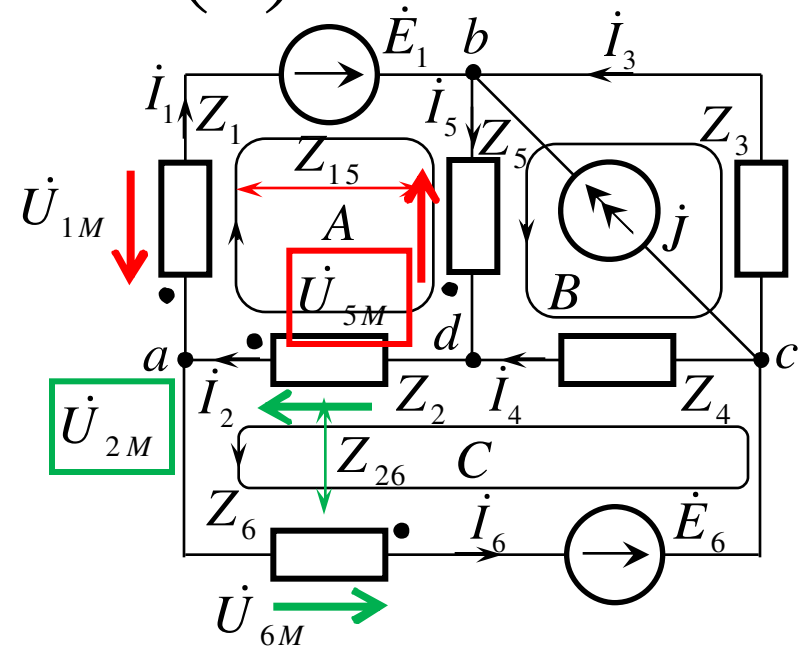


# Phương pháp dòng nhánh (3)

VD2

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

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



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

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

# Phương pháp dòng nhánh (4)

VD3

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

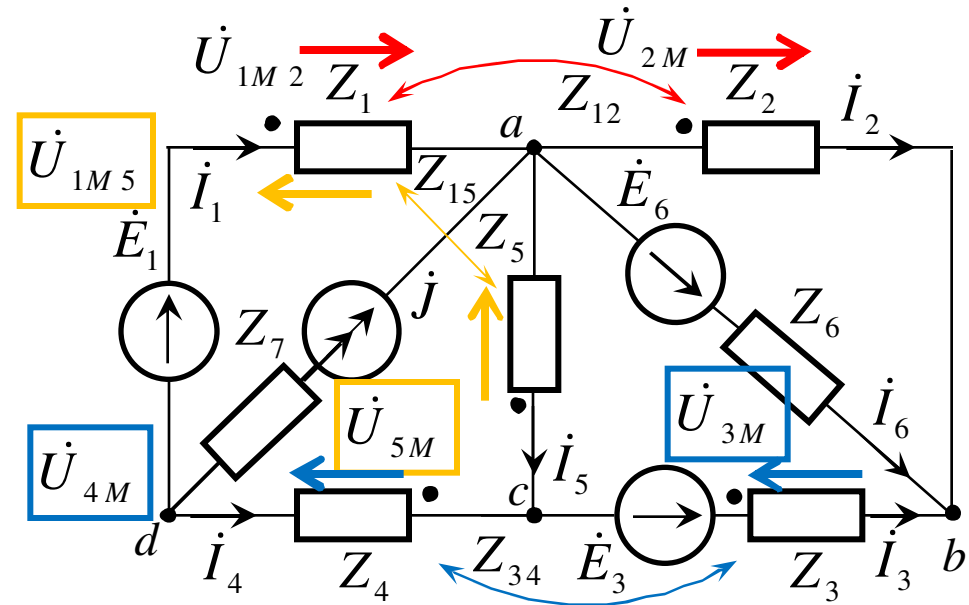
$I_5$  “đi ra”  $Z_5$  nên  $\dot{U}_{1M5}$  “đi ra”  $Z_1$

$I_1$  “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”  $Z_4$



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

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

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

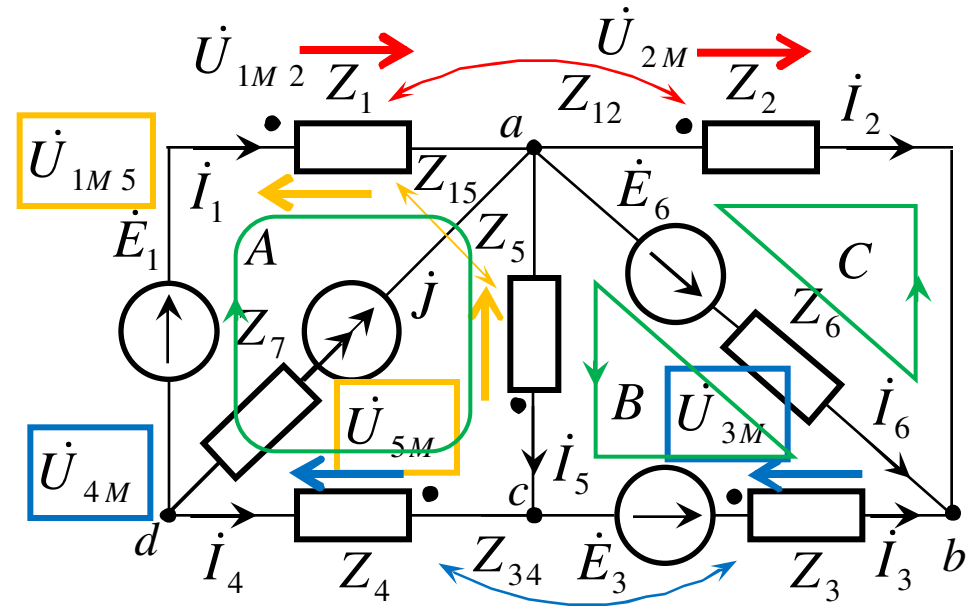
$$\dot{U}_{5M} = Z_{15} \dot{I}_1$$

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

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

# Phương pháp dòng nhánh (5)

VD3



$$\left\{ \begin{array}{l} b: i_2 + i_3 + i_6 = 0 \\ c: i_4 - i_3 + i_5 = 0 \\ d: -i_1 - i_4 - j = 0 \end{array} \right.$$

$$A: Z_1 i_1 + Z_{12} i_2 - Z_{15} i_5 + Z_5 i_5 - Z_{15} i_1 - Z_4 i_4 + Z_{34} i_3 = \dot{E}_1$$

$$B: Z_5 i_5 - Z_{15} i_1 + Z_3 i_3 - Z_{34} i_4 - Z_6 i_6 = \dot{E}_3 - \dot{E}_6$$

$$C: Z_6 i_6 - Z_2 i_2 - Z_{12} i_1 = \dot{E}_6$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1M2} = Z_{12} i_2 \\ \dot{U}_{1M5} = Z_{15} i_5 \\ \dot{U}_{2M} = Z_{12} i_1 \\ \dot{U}_{5M} = Z_{15} i_1 \\ \dot{U}_{3M} = Z_{34} i_4 \\ \dot{U}_{4M} = Z_{34} i_3 \end{array} \right.$$



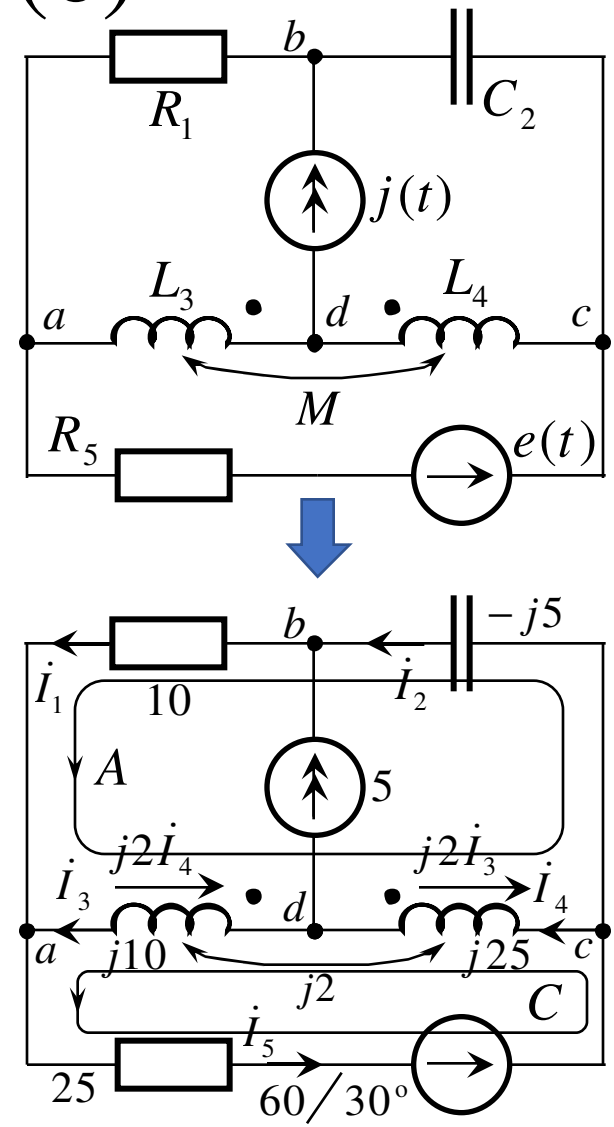
# Phương pháp dòng nhánh (6)

## VD4

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

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

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

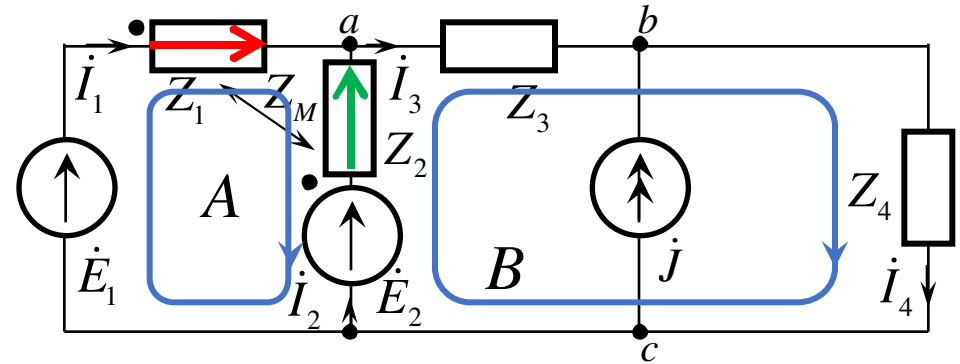




# Phương pháp dòng nhánh (7)

VD5

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



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

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

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

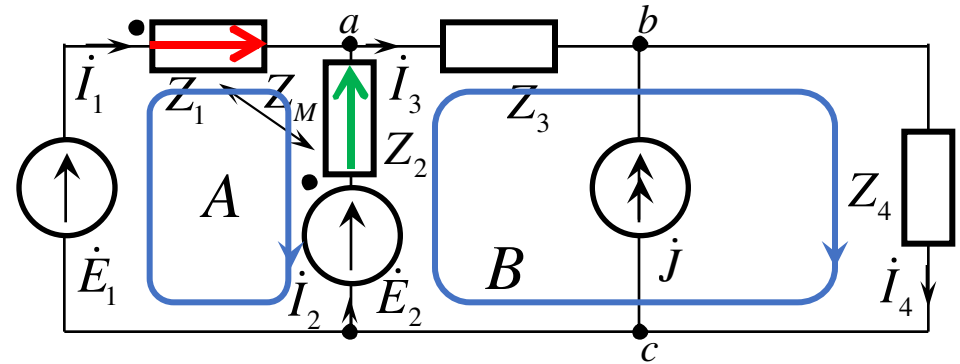
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ \dot{I}_3 - \dot{I}_4 = -5/45^\circ \\ (10 + j15 - j2)\dot{I}_1 + [j2 - (20 + j10)]\dot{I}_2 = 100 - 150/30^\circ \\ j2\dot{I}_1 + (20 + j10)\dot{I}_2 - j20\dot{I}_3 + 25\dot{I}_4 = 150/30^\circ \end{cases}$$



# Phương pháp dòng nhánh (8)

VD5

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



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

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





# 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. Hồ cảm**
  - a) Hiện tượng hồ cảm
  - b) Quy tắc dấu chấm
  - c) Phân tích mạch điện có hồ cảm**
    - i. Phức hóa hồ cảm
    - ii. Phương pháp dòng nhánh
    - iii. Phương pháp dòng vòng**
    - iv. Phương pháp mạng một cửa

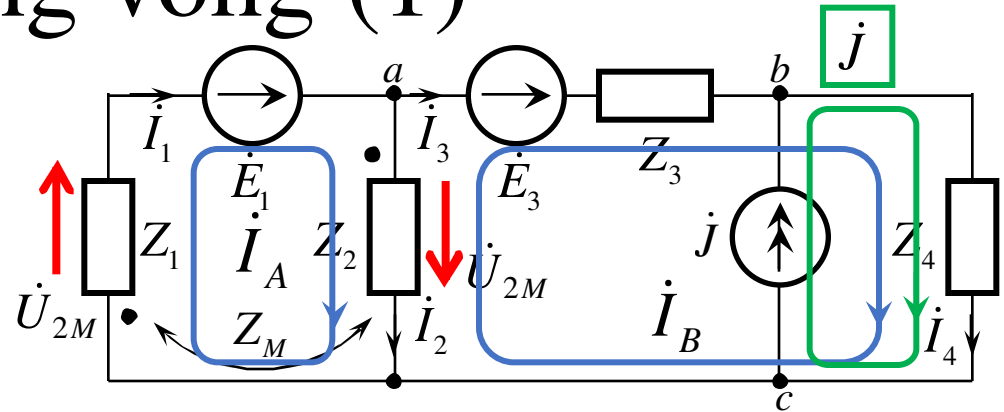




# Phương pháp dòng vòng (1)

VD1

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



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

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

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





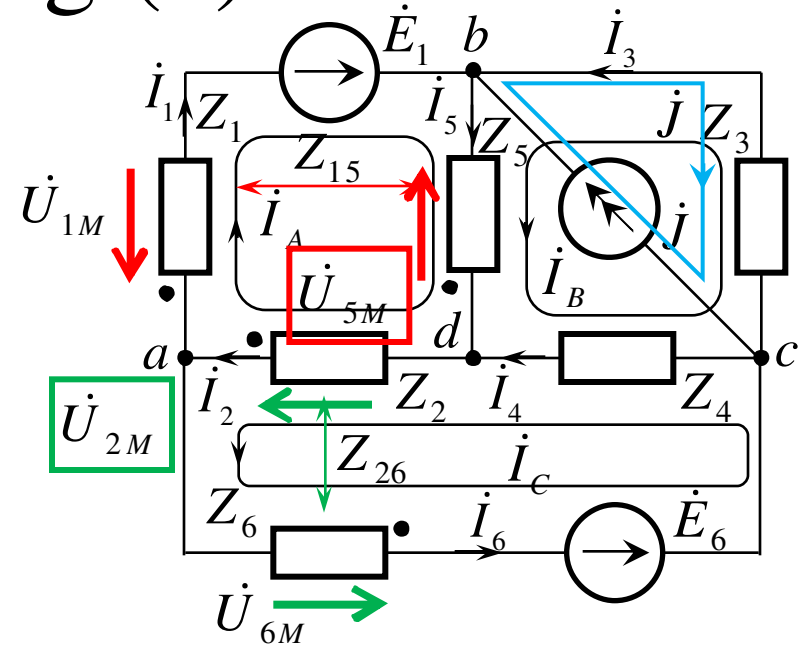
# Phương pháp dòng vòng (2)

VD2

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

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

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Z_1 \dot{I}_A - Z_{15} (\dot{I}_A + \dot{I}_B) + Z_5 (\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15} \dot{I}_A + Z_2 (\dot{I}_A + \dot{I}_C) + Z_{26} \dot{I}_C = \dot{E}_1 \\ Z_3 (\dot{I}_B - \dot{J}) + Z_5 (\dot{I}_A + \dot{I}_B) - Z_{15} \dot{I}_A - Z_4 (\dot{I}_C - \dot{I}_B) = 0 \\ Z_2 (\dot{I}_A + \dot{I}_C) + Z_{26} \dot{I}_C + Z_6 \dot{I}_C + Z_{26} (\dot{I}_A + \dot{I}_C) + Z_4 (\dot{I}_C - \dot{I}_B) = \dot{E}_6 \end{array} \right.$$



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

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

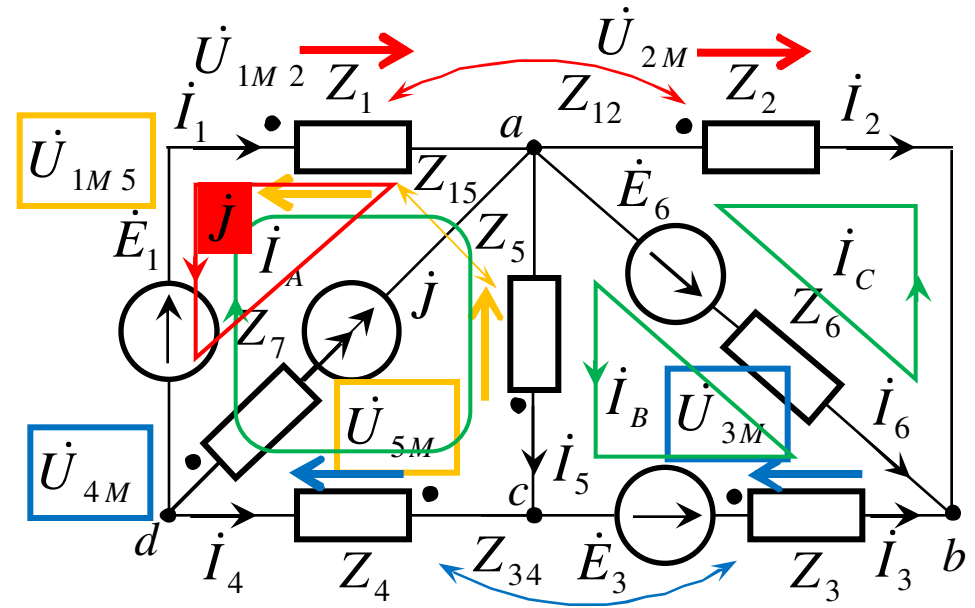
$$\dot{U}_{2M} = Z_{26} \dot{I}_6$$

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



# Phương pháp dòng vòng (3)

VD3



$$\begin{aligned} i_1 &= i_A - j, & i_2 &= -i_C, & i_3 &= i_B \\ i_4 &= -i_A, & i_5 &= i_A + i_B, & i_6 &= i_C - i_B \end{aligned}$$

$$A: Z_1 i_1 + Z_{12} i_2 - Z_{15} i_5 + Z_5 i_5 - Z_{15} i_1 - Z_4 i_4 + Z_{34} i_3 = \dot{E}_1$$

$$B: Z_5 i_5 - Z_{15} i_1 + Z_3 i_3 - Z_{34} i_4 - Z_6 i_6 = \dot{E}_3 - \dot{E}_6$$

$$C: Z_6 i_6 - Z_2 i_2 - Z_{12} i_1 = \dot{E}_6$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{1M2} &= Z_{12} i_2 \\ \dot{U}_{1M5} &= Z_{15} i_5 \\ \dot{U}_{2M} &= Z_{12} i_1 \\ \dot{U}_{5M} &= Z_{15} i_1 \\ \dot{U}_{3M} &= Z_{34} i_4 \\ \dot{U}_{4M} &= Z_{34} i_3 \end{aligned}$$



# Phương pháp dòng vòng (4)

VD3

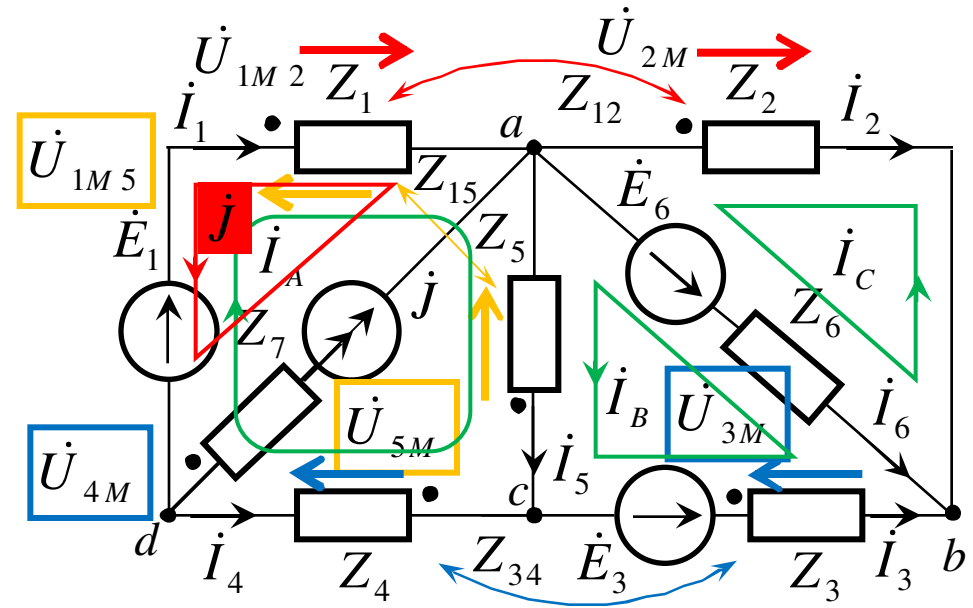
$$\left\{ \begin{array}{l} A: Z_1 \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 - Z_{15} \dot{I}_5 + Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 - Z_4 \dot{I}_4 + Z_{34} \dot{I}_3 = \dot{E}_1 \\ B: Z_5 \dot{I}_5 - Z_{15} \dot{I}_1 + Z_3 \dot{I}_3 - Z_{34} \dot{I}_4 - Z_6 \dot{I}_6 = \dot{E}_3 - \dot{E}_6 \\ C: Z_6 \dot{I}_6 - Z_2 \dot{I}_2 - Z_{12} \dot{I}_1 = \dot{E}_6 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_A - \dot{J}, \dot{I}_2 = -\dot{I}_C, \dot{I}_3 = \dot{I}_B \\ \dot{I}_4 = -\dot{I}_A, \dot{I}_5 = \dot{I}_A + \dot{I}_B, \dot{I}_6 = \dot{I}_C - \dot{I}_B \end{array} \right.$$

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



# Phương pháp dòng vòng (5)

VD3



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



# Phương pháp dòng vòng (6)

## VD4

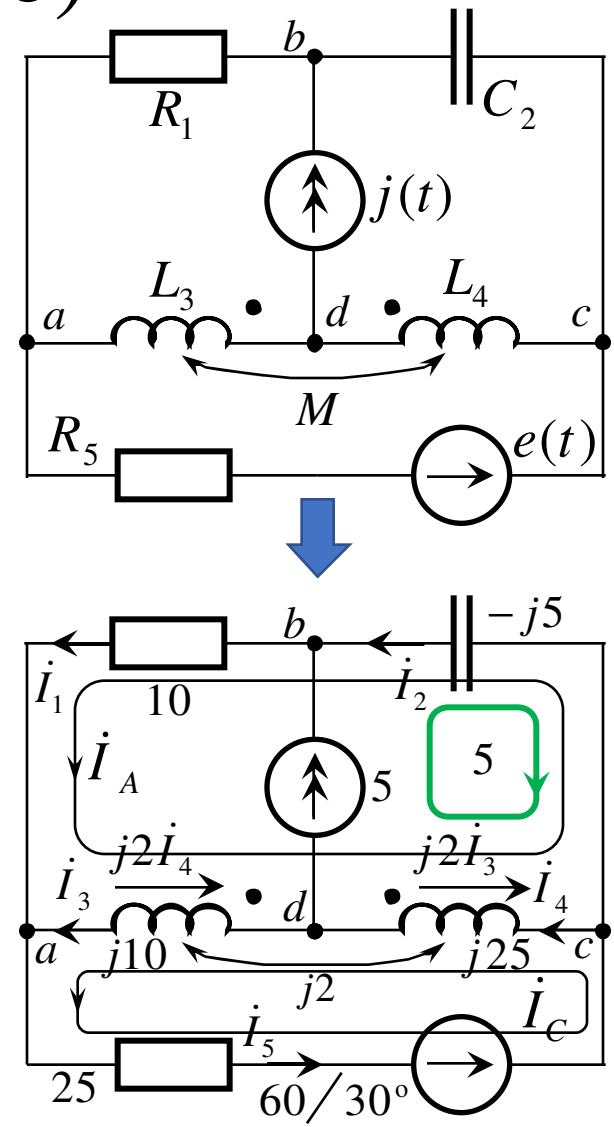
$$R_1 = 10 \Omega, R_5 = 25 \Omega, L_3 = 0,2 \text{ H}, L_4 = 0,5 \text{ H}, C_2 = 4 \text{ mF}, \\ M = 0,04 \text{ H}, j(t) = 5 \sin(50t) \text{ A}, e(t) = 60 \sin(50t + 30^\circ) \text{ V}.$$

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

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

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

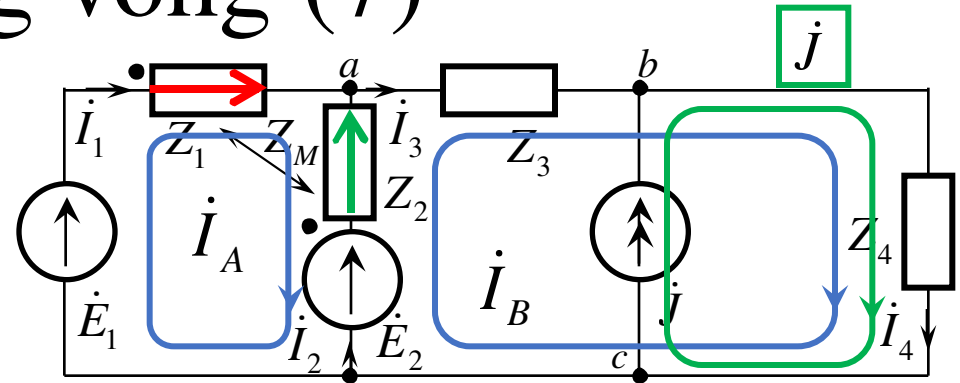
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 3,71/25,17^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 2,28/136,18^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_3 = 3,23/-155,51^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_4 = 2,46/-32,93^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_5 = 0,48/29,75^\circ \text{ A} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = 3,71 \sin(50t + 25,17^\circ)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



# Phương pháp dòng vòng (7)

VD5

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



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

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

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

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

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

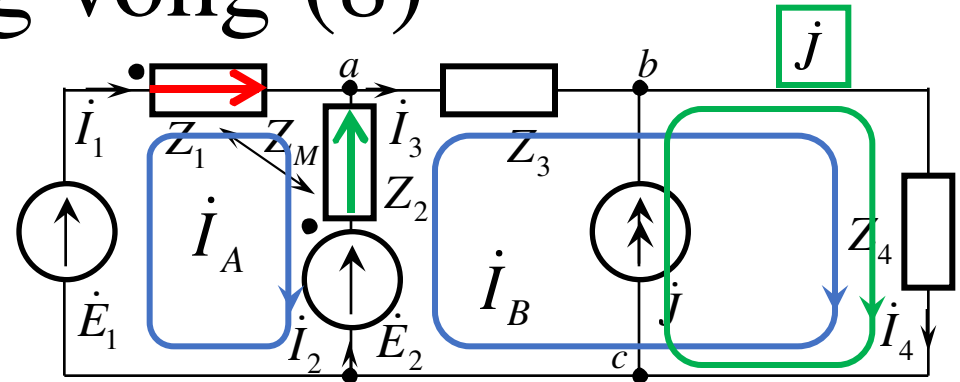




# Phương pháp dòng vòng (8)

VD5

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



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

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

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





# 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. Hồ cảm**
  - a) Hiện tượng hồ cảm
  - b) Quy tắc dấu chấm
  - c) Phân tích mạch điện có hồ cảm**
    - i. Phức hóa hồ cảm
    - ii. Phương pháp dòng nhánh
    - iii. Phương pháp dòng vòng
    - iv. Phương pháp mạng một cửa**

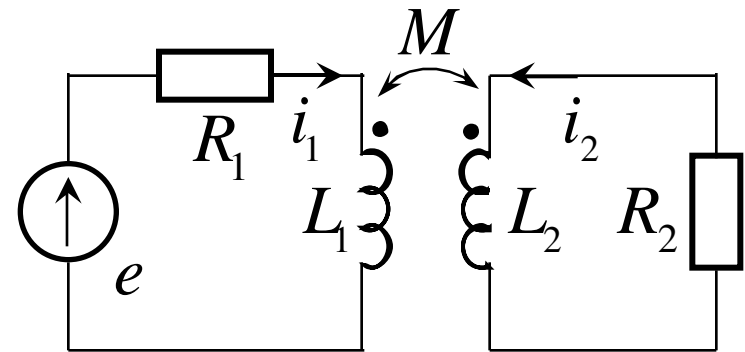




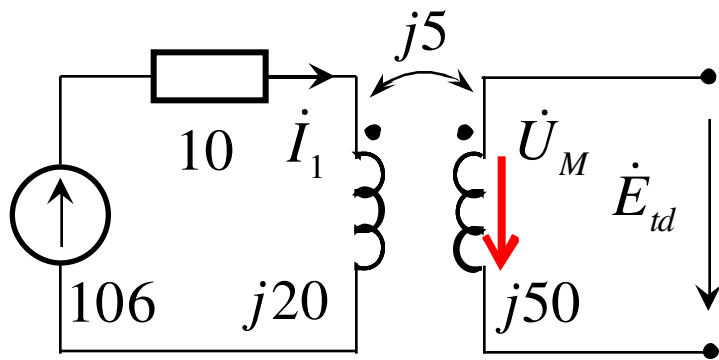
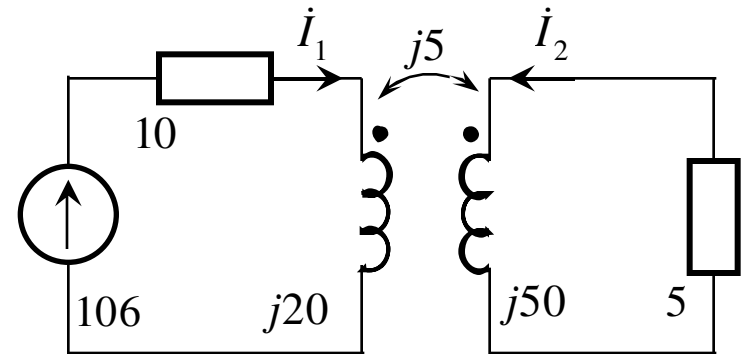
# Mạng một cửa (1)

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.



Cách 2

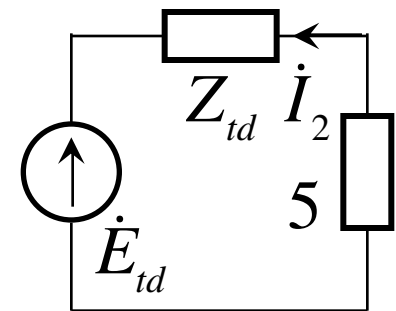


$$\dot{U}_M = j5\dot{I}_1 = \dot{E}_{td}$$

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

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

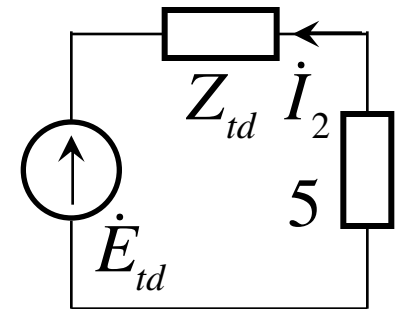
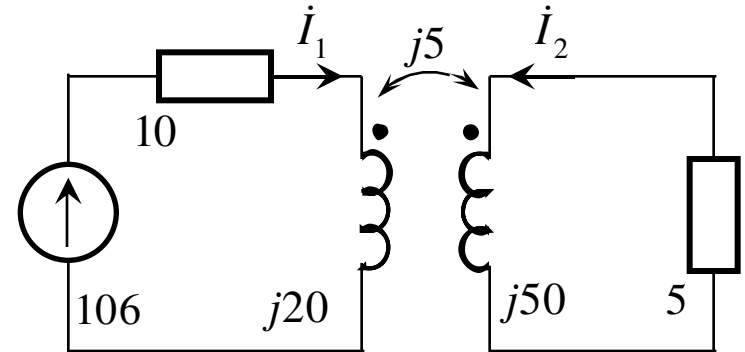
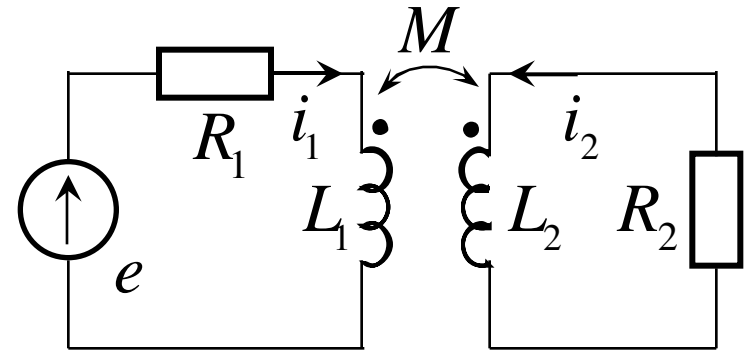
$$\rightarrow \dot{E}_{td} = 21,20 + j10,60 \text{ V}$$



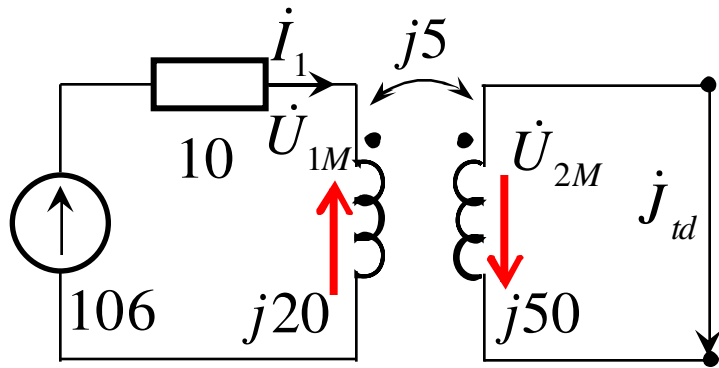
# Mạng một cửa (2)

## 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.



Cách 2



$$\dot{U}_{1M} = j5J_{td}; \quad \dot{U}_{2M} = j5I_1$$

$$\begin{cases} (10 + j20)\dot{I}_1 - j5J_{td} = 106 \\ -j5\dot{I}_1 + j50J_{td} = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow J_{td} = 0,22 - j0,43 \text{ A}$$

# 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.

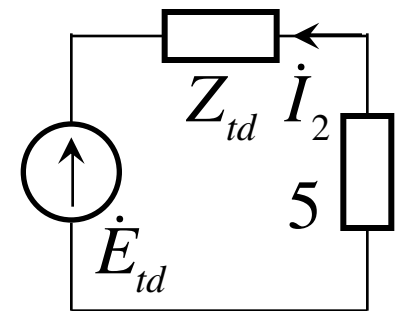
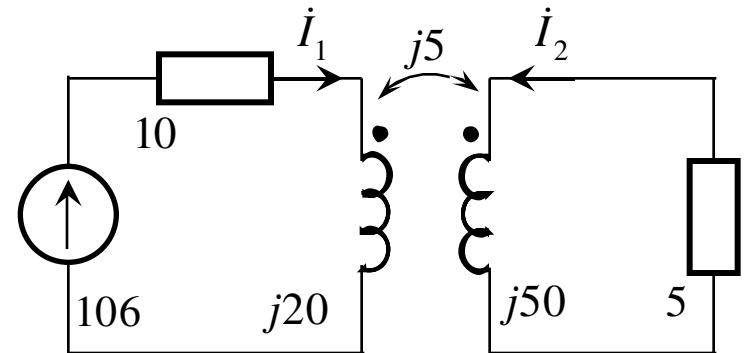
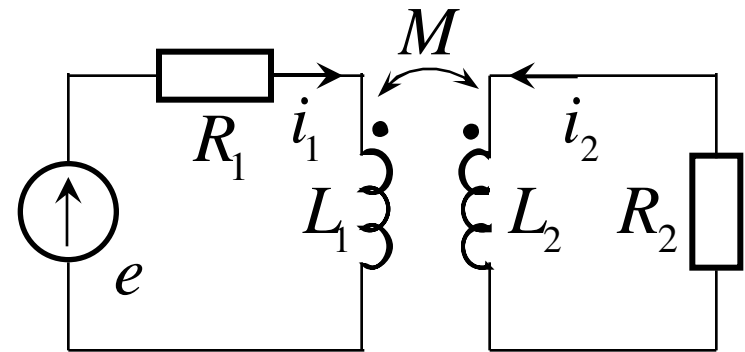
Cách 2

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

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

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

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

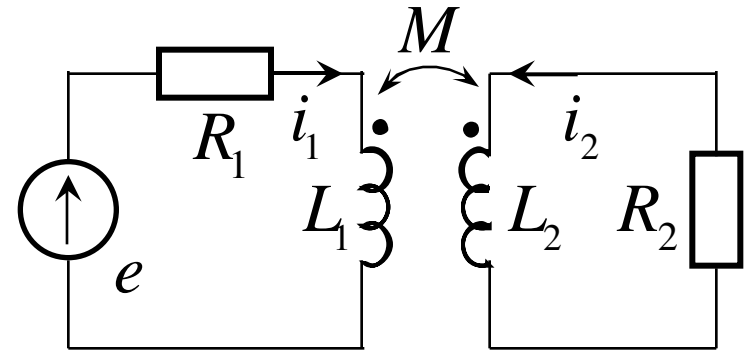




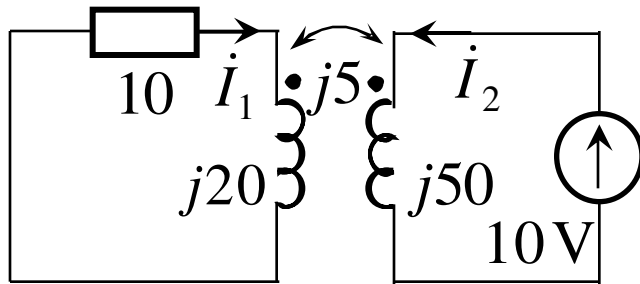
# Mạng một cửa (4)

## 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.



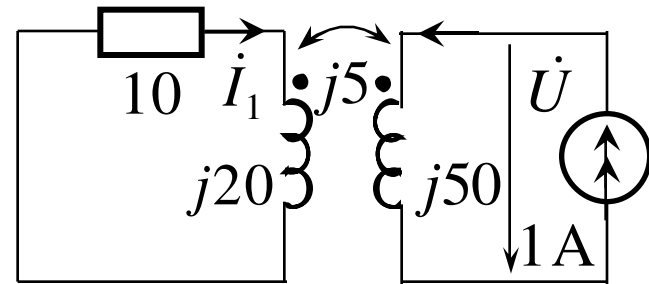
$$Z_{td} = \frac{\dot{E}_{td}}{j_{td}} = 0,50 + j49 \Omega$$



$$\begin{cases} (10 + j20)I_1 + j5I_2 = 0 \\ j5I_1 + j50I_2 = 10 \end{cases}$$

$$\rightarrow I_2 = 0,0021 - j0,20 \text{ A}$$

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



$$\begin{cases} (10 + j20)I_1 + j5 \cdot 1 = 0 \\ \dot{U} = j5I_1 + j50 \cdot 1 \end{cases}$$

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

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

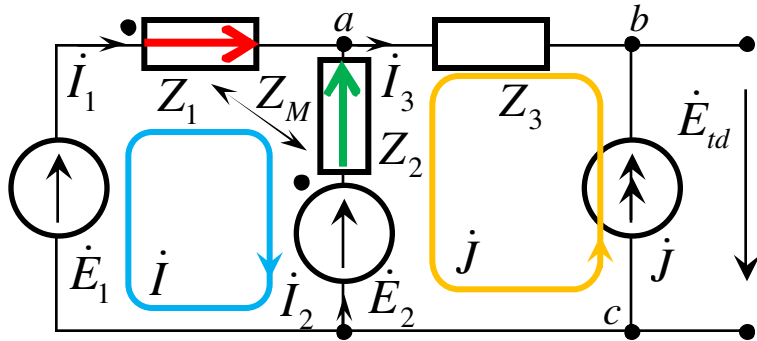
# Mạng một cửa (5)

VD2

$$Z_1 = 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega;$$

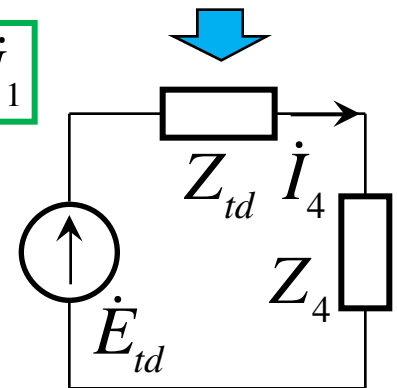
$$Z_3 = -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V};$$

$$\dot{E}_2 = 150 / 30^\circ \text{ V}; j = 5 / 45^\circ \text{ A}. \dot{I}_4 = ?$$



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

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



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

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

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

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

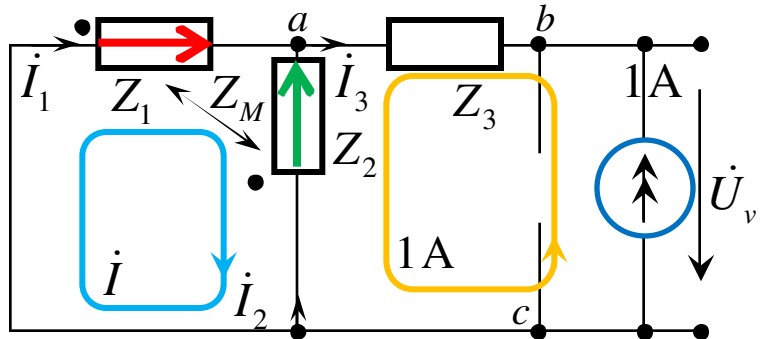
# Mạng một cửa (6)

VD2

$$Z_1 = 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega;$$

$$Z_3 = -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V};$$

$$\dot{E}_2 = 150 / 30^\circ \text{ V}; j = 5 / 45^\circ \text{ A}. \dot{I}_4 = ?$$



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

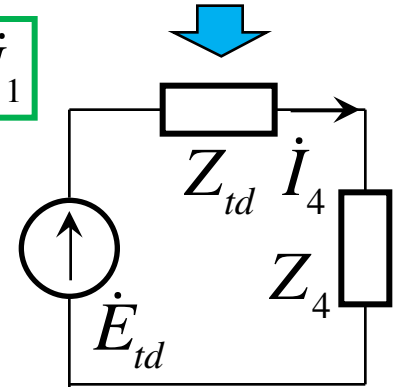
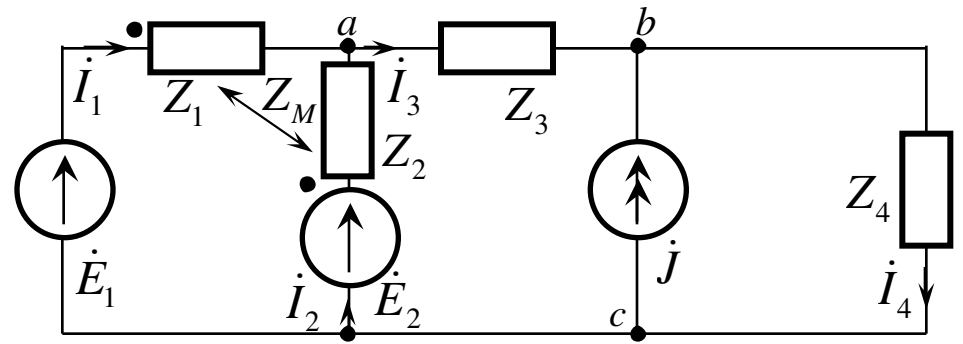
$$\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_1$$

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

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

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

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



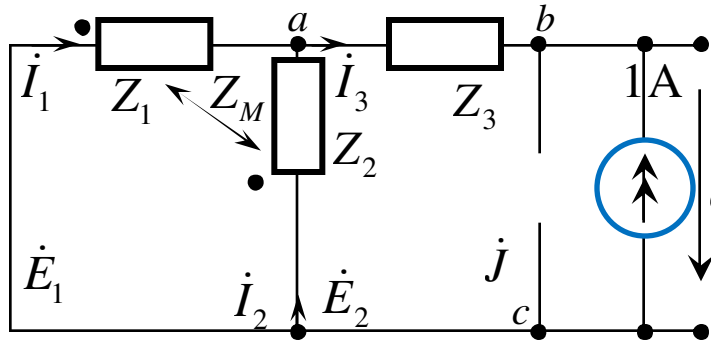
# Mạng một cửa (7)

VD2

$$Z_1 = 10 + j15 \Omega; Z_2 = 20 + j10 \Omega; Z_M = j2 \Omega;$$

$$Z_3 = -j20 \Omega; Z_4 = 25 \Omega; \dot{E}_1 = 100 \text{ V};$$

$$\dot{E}_2 = 150 / 30^\circ \text{ V}; j = 5 / 45^\circ \text{ A}. \dot{I}_4 = ?$$

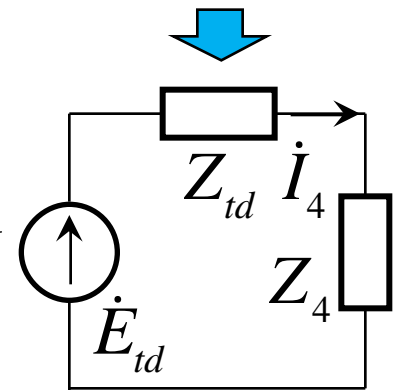
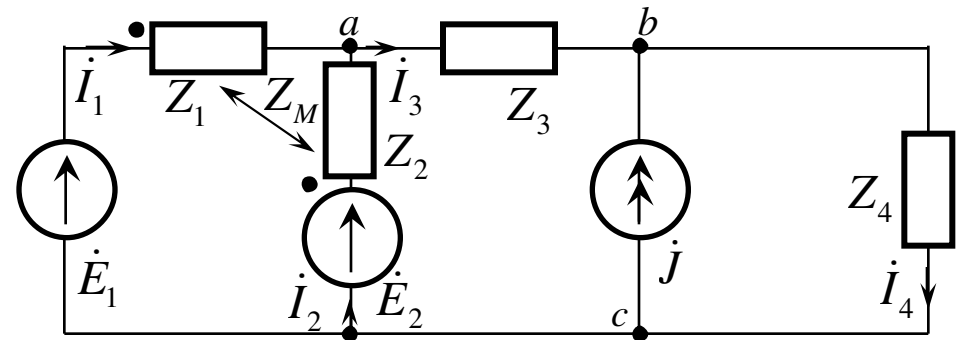


$$U_v = 7,47 - j11,90 \text{ V}$$

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

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

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





TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
BÁCH KHOA HÀ NỘI



NGUYỄN CÔNG PHƯƠNG

# LÝ THUYẾT MẠCH I

## MẠNG HAI CỬA



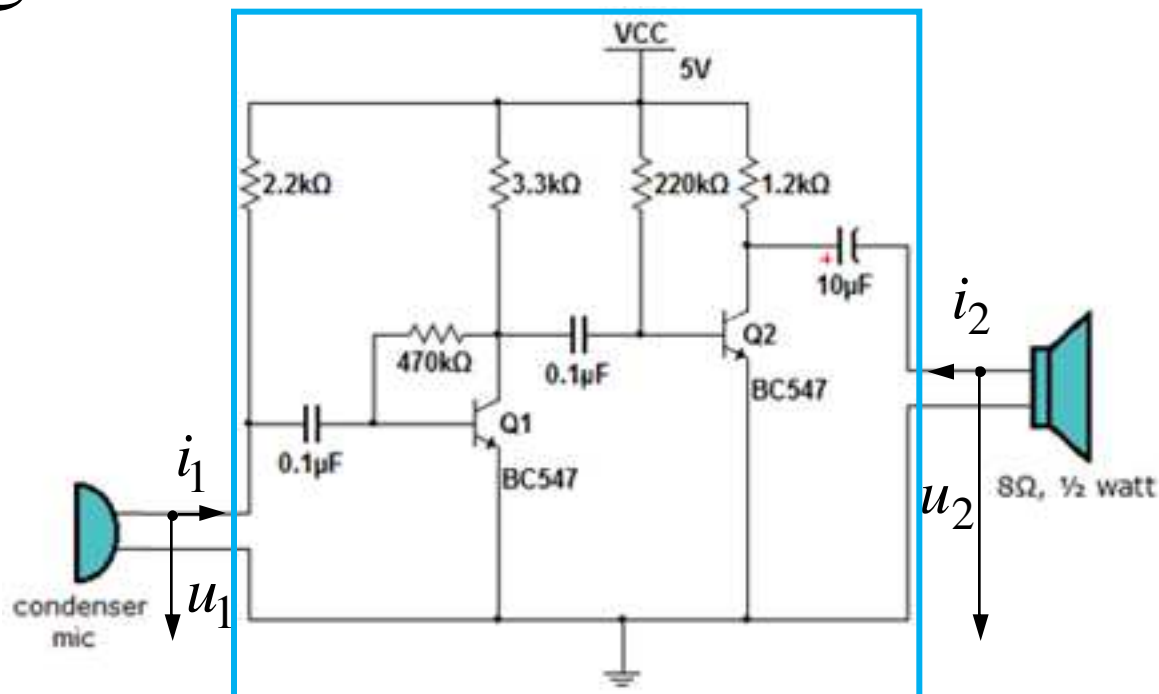


# Lý thuyết mạch I

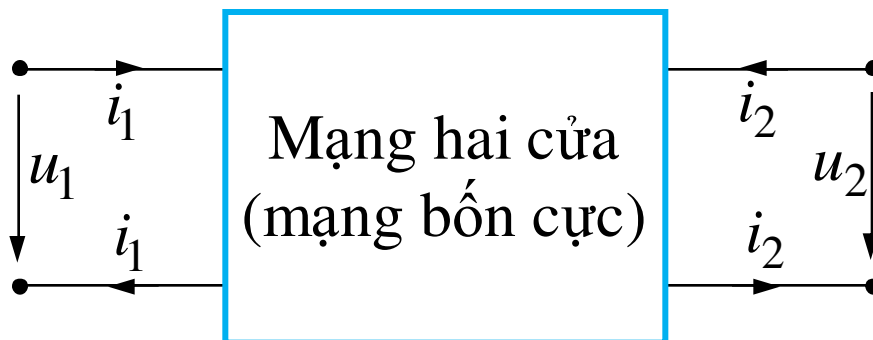
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Mạng hai cửa



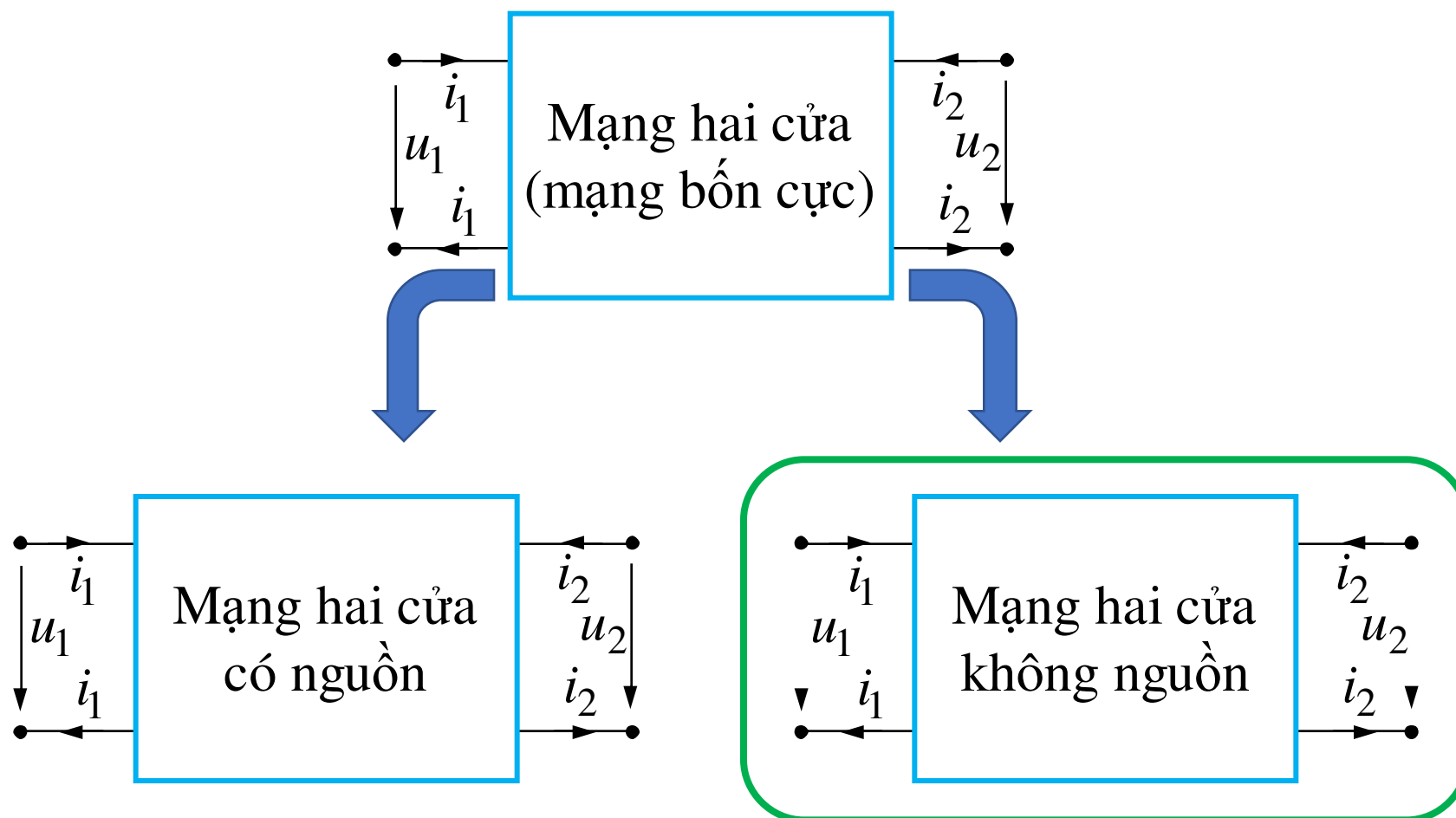
<https://www.efxkits.us/two-transistor-audio-amplifier-circuit-explanation/>



<https://sites.google.com/site/ncpdhbkh/n/home>



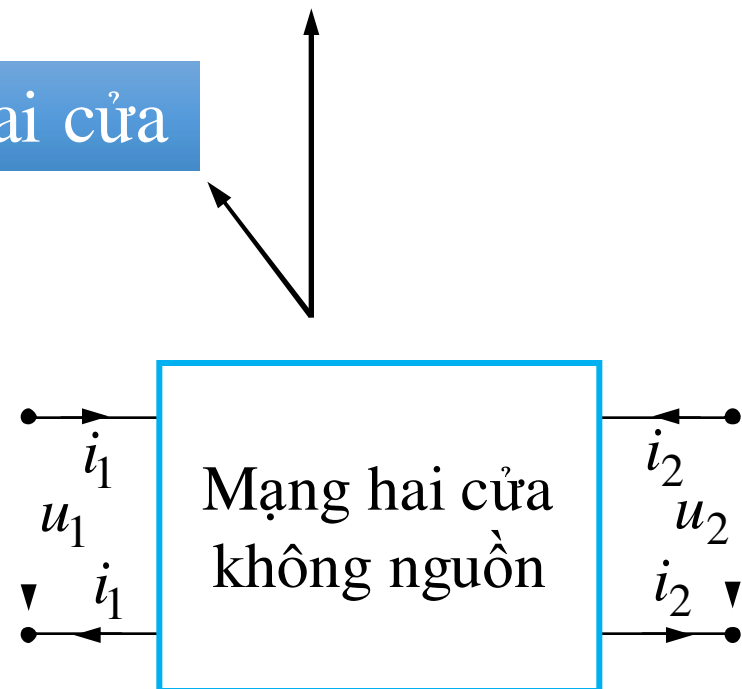
# Mạng hai cửa



# Mạng hai cửa

Phân tích mạch có mạng hai cửa (đã biết bộ thông số)

Tính bộ thông số của mạng hai cửa





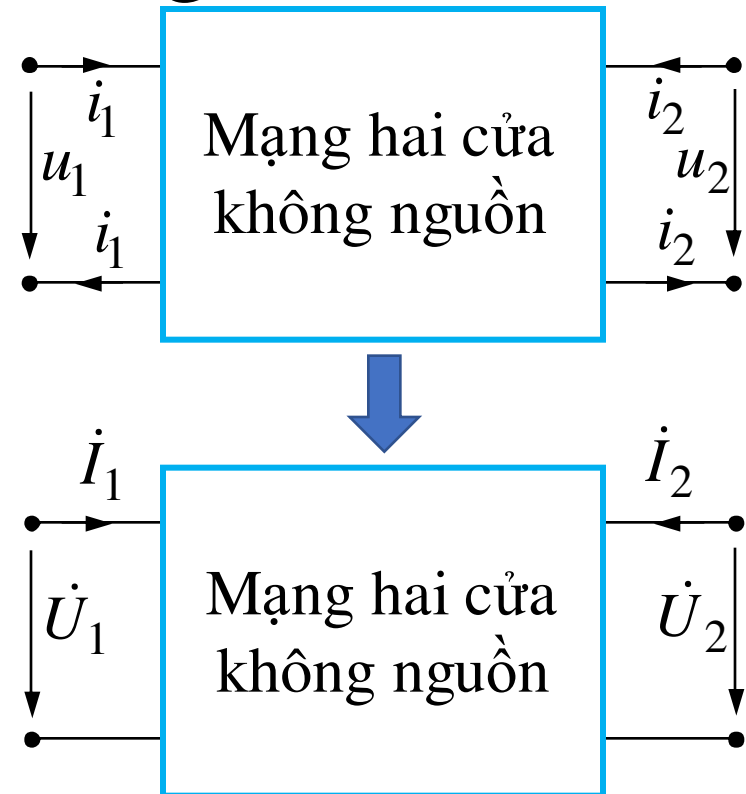
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Bộ thông số $Z$ (1), định nghĩa

- Còn gọi là bộ số tổng trở.
- Thường được dùng để:
  - Tổng hợp các bộ lọc,
  - Phối hợp trở kháng,...

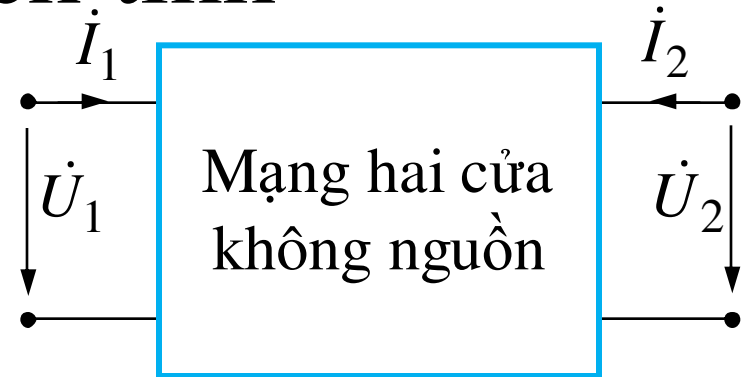


$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = [Z] \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$



# Bộ thông số $\mathbf{Z}$ (2), cách tính

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



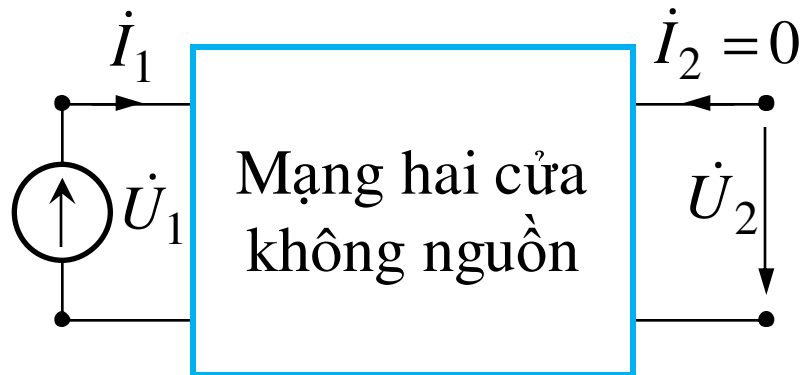
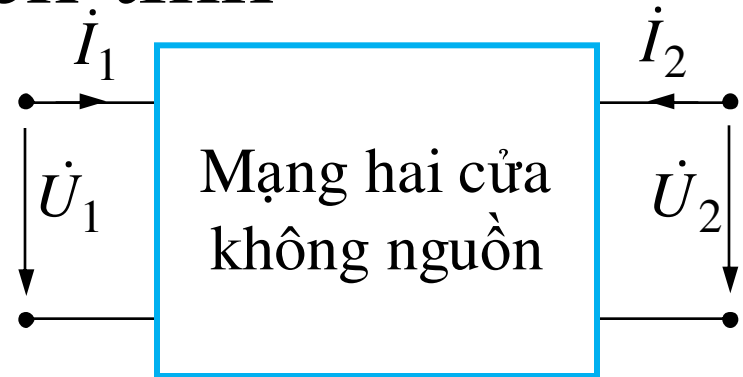
$$\dot{I}_2 = 0 \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 \end{cases} \rightarrow Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}, \quad Z_{21} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}$$

$$\dot{I}_1 = 0 \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases} \rightarrow Z_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0}, \quad Z_{22} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0}$$

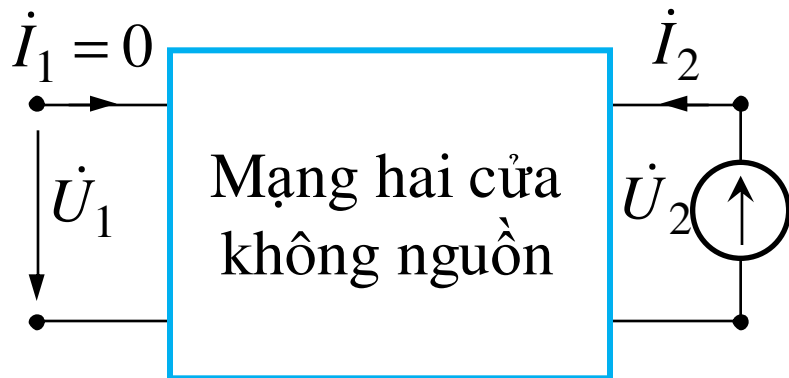


# Bộ thông số $Z$ (3), cách tính

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



$$\rightarrow Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}, \quad Z_{21} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}$$



$$\rightarrow Z_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0}, \quad Z_{22} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0}$$

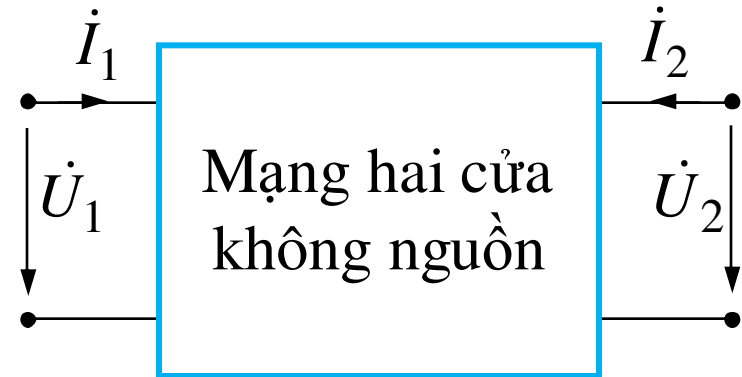






## Bộ thông số $\mathbf{Z}$ (4)

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



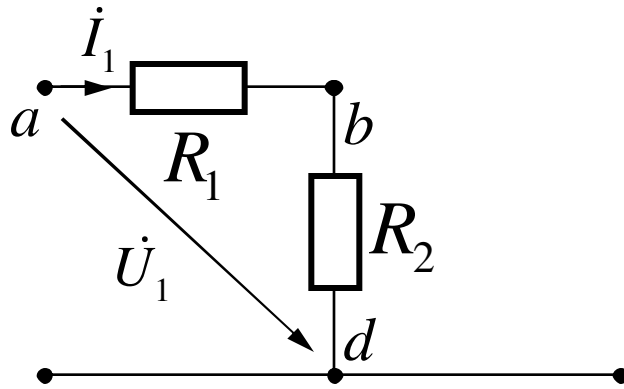
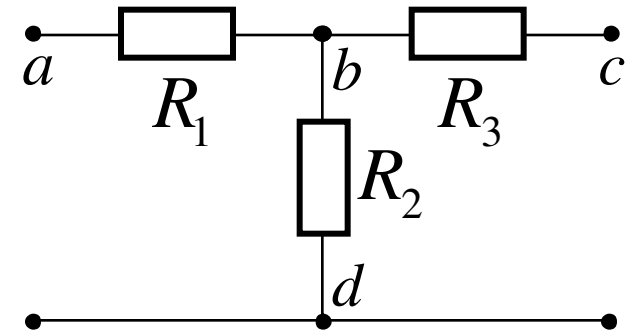
- Nếu  $Z_{11} = Z_{22}$  : mạng hai cửa đối xứng
- Nếu  $Z_{12} = Z_{21}$  : mạng hai cửa tương hỗ
- Có một số mạng hai cửa không có bộ số  $\mathbf{Z}$



# Bộ thông số $Z$ (5), cách tính

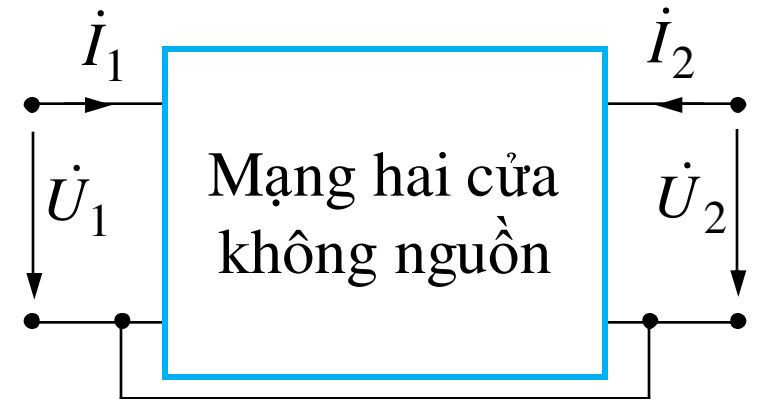
VD1

$R_1 = 10 \Omega$ ;  $R_2 = 20 \Omega$ ;  $R_3 = 30 \Omega$ ; Tìm  $Z$ ?



$$Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} \rightarrow Z_{11} = R_1 + R_2$$

$$\dot{U}_1 = (R_1 + R_2)\dot{I}_1 \rightarrow Z_{11} = 10 + 20 = \boxed{30 \Omega}$$



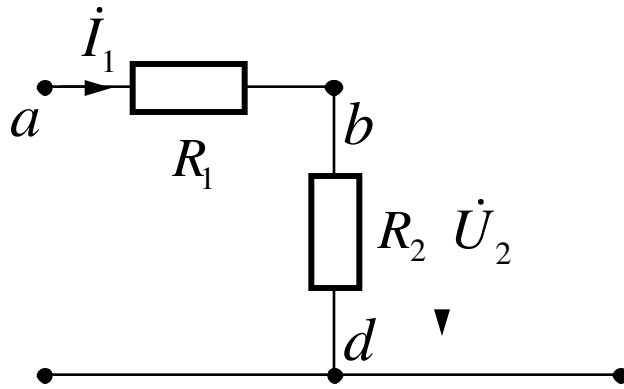
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



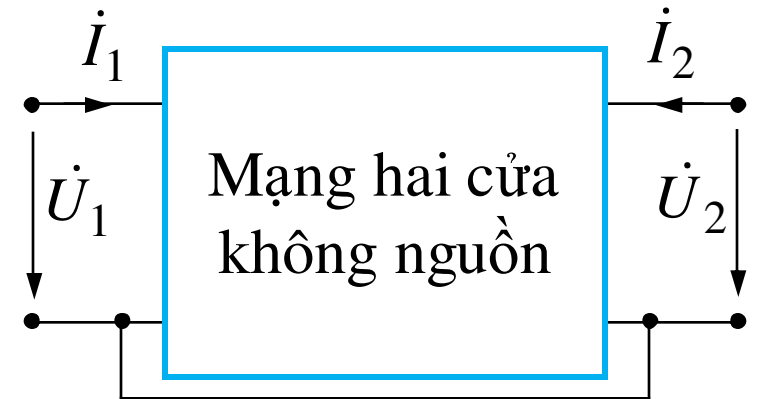
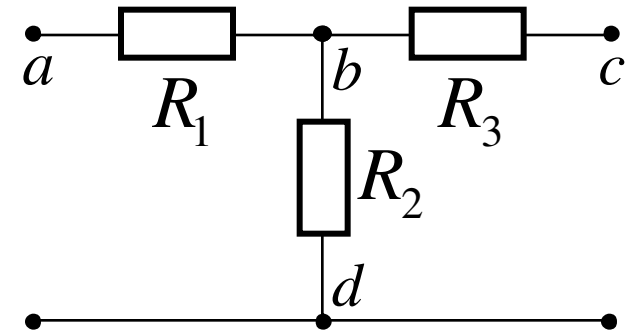
# Bộ thông số $Z$ (6), cách tính

VD1

$R_1 = 10 \Omega; R_2 = 20 \Omega; R_3 = 30 \Omega; \text{Tìm } Z?$



$$\left. \begin{aligned} Z_{21} &= \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \Big|_{\dot{I}_2=0} \\ \dot{U}_2 &= R_2 \dot{I}_1 \end{aligned} \right\} \rightarrow Z_{21} = R_2 = \boxed{20 \Omega}$$



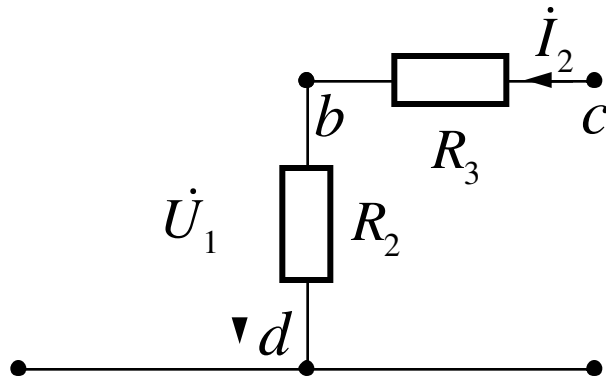
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$



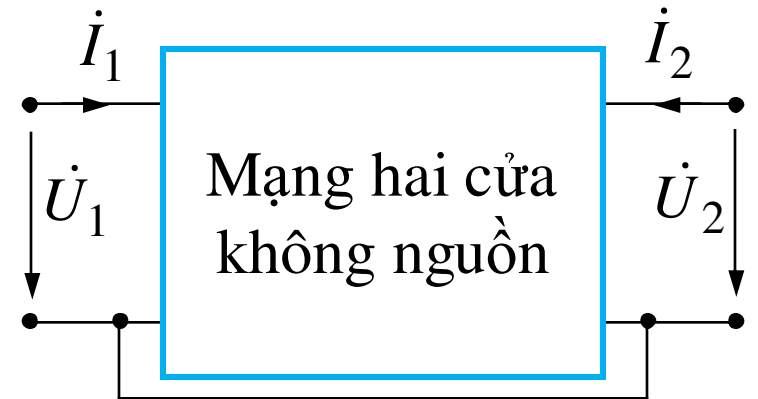
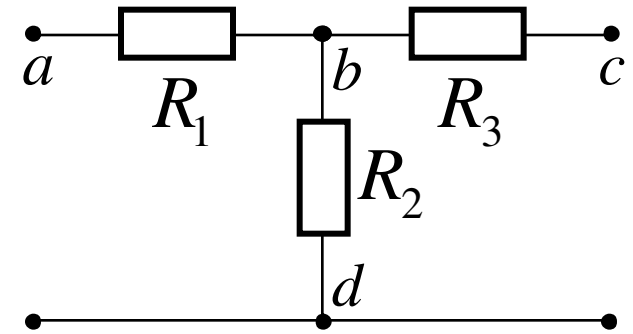
# Bộ thông số $Z$ (7), cách tính

VD1

$R_1 = 10 \Omega; R_2 = 20 \Omega; R_3 = 30 \Omega; \text{Tìm } Z?$



$$\left. \begin{aligned} Z_{12} &= \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{\dot{I}_1=0} \\ \dot{U}_1 &= R_2 \dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow Z_{12} = R_2 = \boxed{20 \Omega}$$



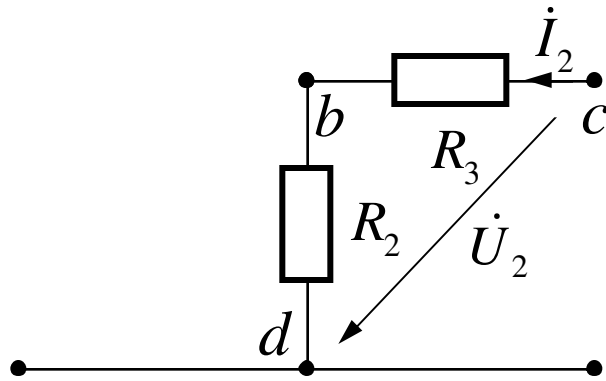
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{cases}$$



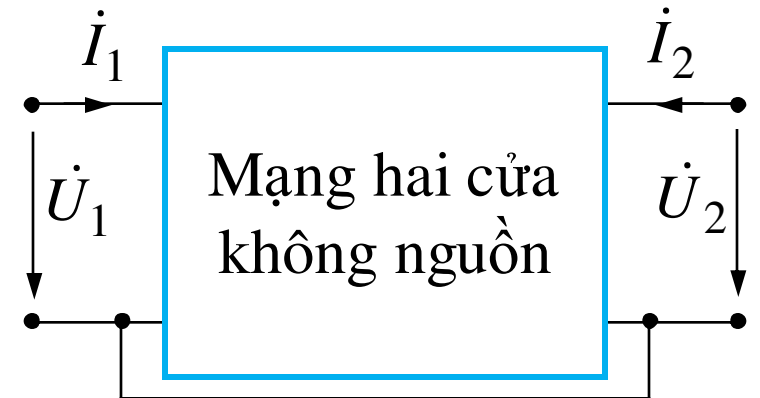
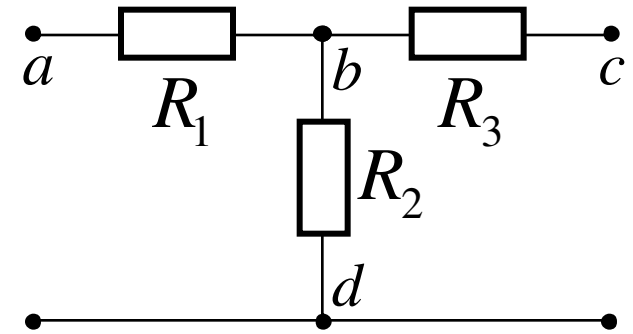
# Bộ thông số $Z$ (8), cách tính

VD1

$R_1 = 10 \Omega; R_2 = 20 \Omega; R_3 = 30 \Omega; \text{Tìm } Z?$



$$\left. \begin{aligned} Z_{22} &= \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \Big|_{\dot{I}_1=0} \\ \dot{U}_2 &= (R_2 + R_3)\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{aligned} Z_{22} &= R_2 + R_3 \\ &= 20 + 30 \\ &= \boxed{50 \Omega} \end{aligned}$$



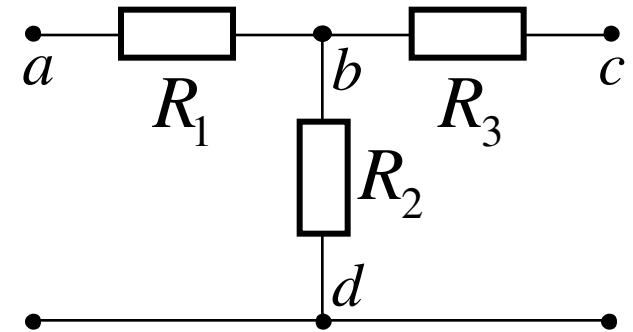
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



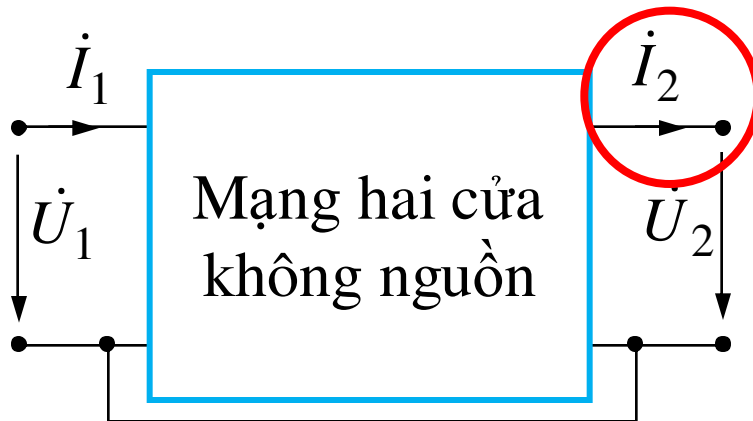
# Bộ thông số $Z$ (9), cách tính

VD1

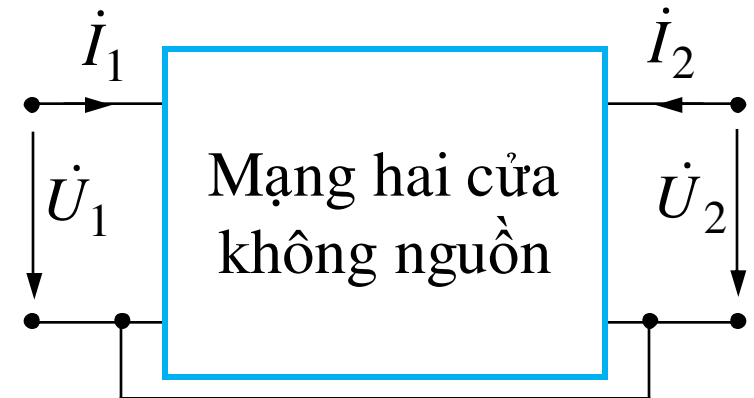
$R_1 = 10 \Omega$ ;  $R_2 = 20 \Omega$ ;  $R_3 = 30 \Omega$ ; Tìm  $Z$ ?



Cách 1



$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & -20 \\ 20 & -50 \end{bmatrix} \Omega$$



$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega$$



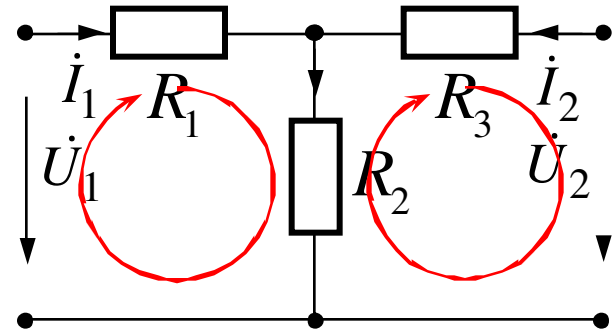


# Bộ thông số $Z$ (10), cách tính

VD1

$$R_1 = 10 \Omega; R_2 = 20 \Omega; R_3 = 30 \Omega; \text{ Tìm } Z?$$

Cách 2



$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_{R_1} + \dot{U}_{R_2} = R_1 \dot{I}_1 + R_2 (\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = (R_1 + R_2) \dot{I}_1 + R_2 \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= \dot{U}_{R_3} + \dot{U}_{R_2} = R_3 \dot{I}_2 + R_2 (\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = R_2 \dot{I}_1 + (R_2 + R_3) \dot{I}_2 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} \dot{U}_1 &= (R_1 + R_2) \dot{I}_1 + R_2 \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= R_2 \dot{I}_1 + (R_2 + R_3) \dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{aligned} Z_{11} &= R_1 + R_2 = 30 \Omega \\ Z_{12} &= R_2 = 20 \Omega \\ Z_{21} &= R_2 = 20 \Omega \\ Z_{22} &= R_2 + R_3 = 50 \Omega \end{aligned} \right.$$



# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán

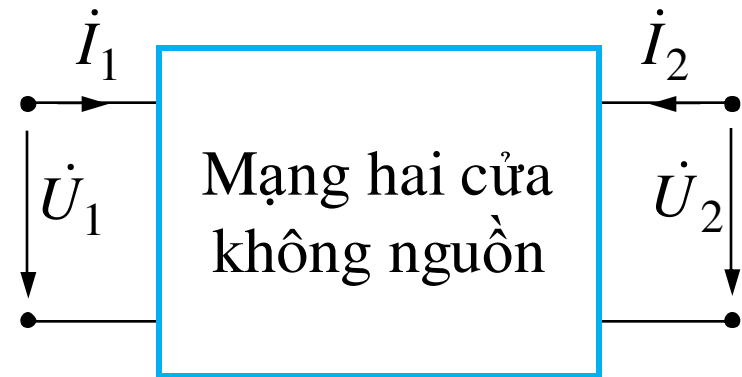






# Bộ thông số $Y$ (1)

- Gọi là bộ số tổng dẫn.

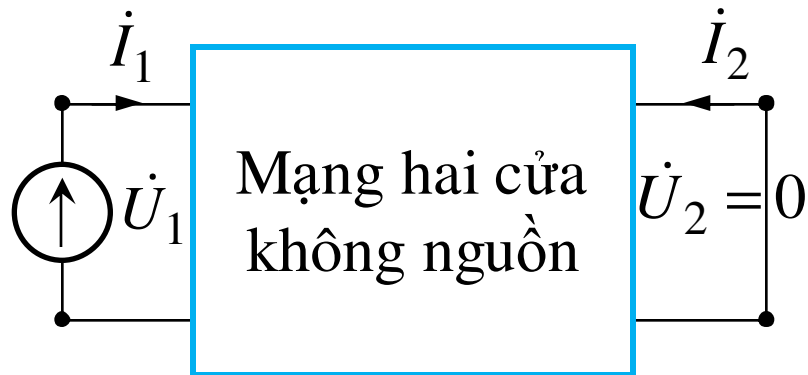
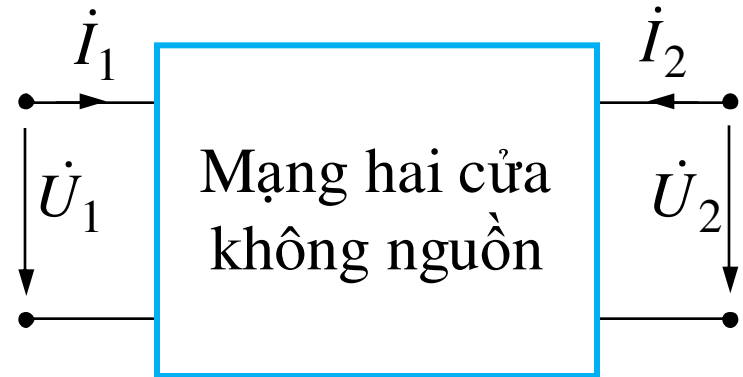


$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = [Y] \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$

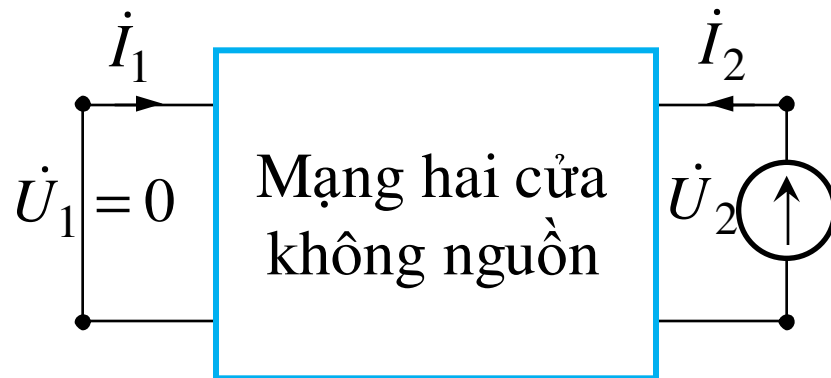


# Bộ thông số $Y$ (2)

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$



$$\rightarrow Y_{11} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{U}_2=0}, \quad Y_{21} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{U}_2=0}$$



$$\rightarrow Y_{12} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{U}_1=0}, \quad Y_{22} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{U}_1=0}$$





# Lý thuyết mạch I

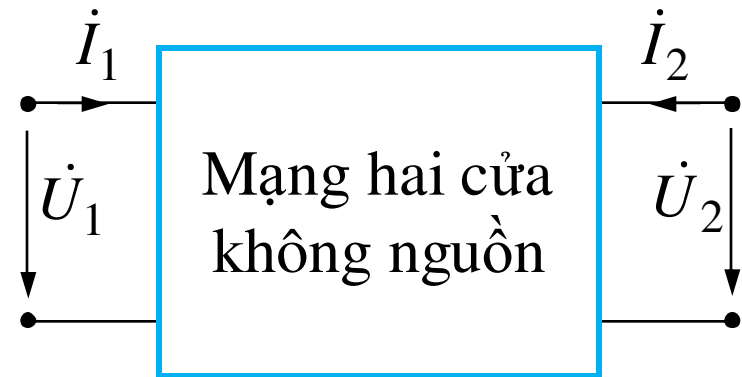
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán





# Bộ thông số $\mathbf{H}$ (1)

- Còn gọi là bộ số lai (H: hybrid).
- Dùng để mô tả các linh kiện điện tử (ví dụ transistor).

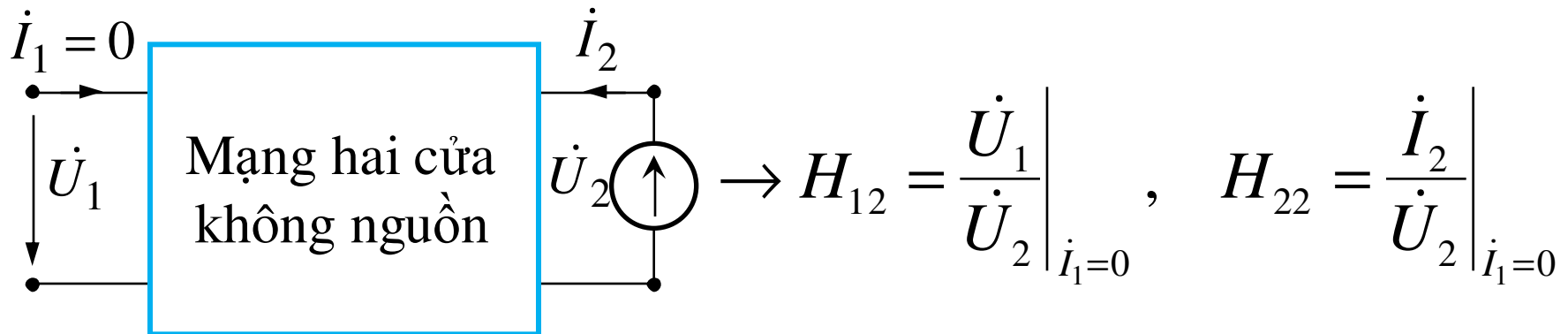
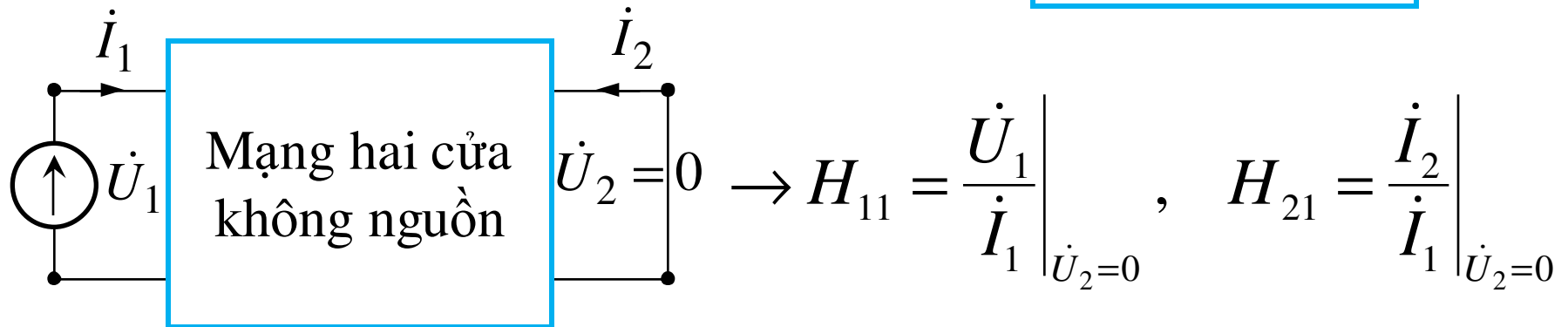
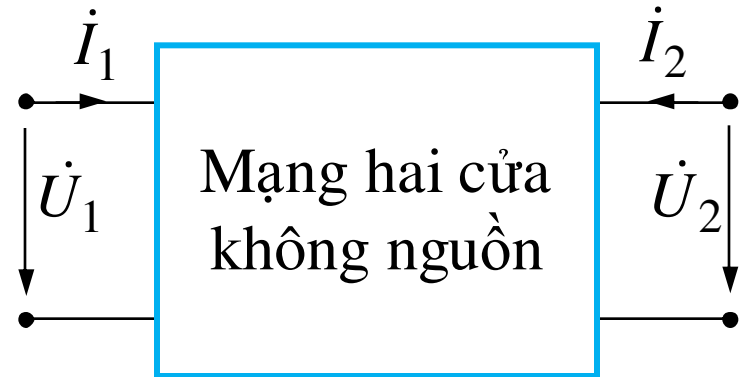


$$\begin{cases} \dot{U}_1 = H_{11}\dot{I}_1 + H_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = H_{21}\dot{I}_1 + H_{22}\dot{U}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = [\mathbf{H}] \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$



# Bộ thông số $\mathbf{H}$ (2)

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = H_{11}\dot{I}_1 + H_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = H_{21}\dot{I}_1 + H_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$





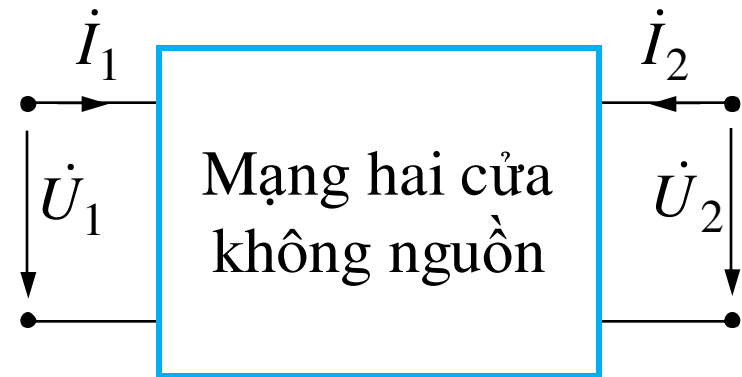
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số **Z, Y, H, G, A, B**
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T & Π
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Bộ thông số $G$ (1)

- Còn gọi là bộ số lai nghịch đảo.

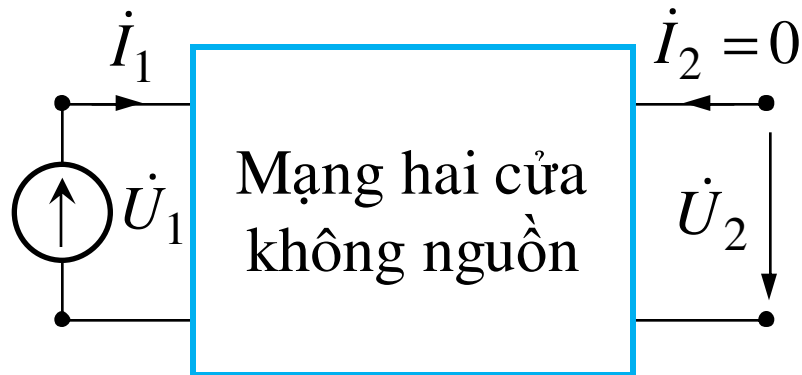
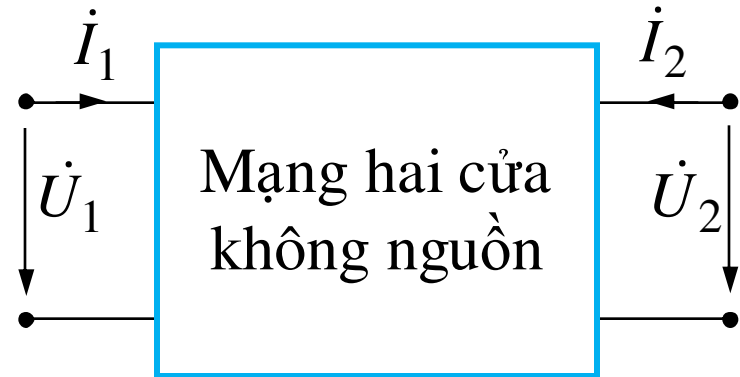


$$\begin{cases} \dot{I}_1 = G_{11}\dot{U}_1 + G_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = G_{21}\dot{U}_1 + G_{22}\dot{I}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = [G] \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

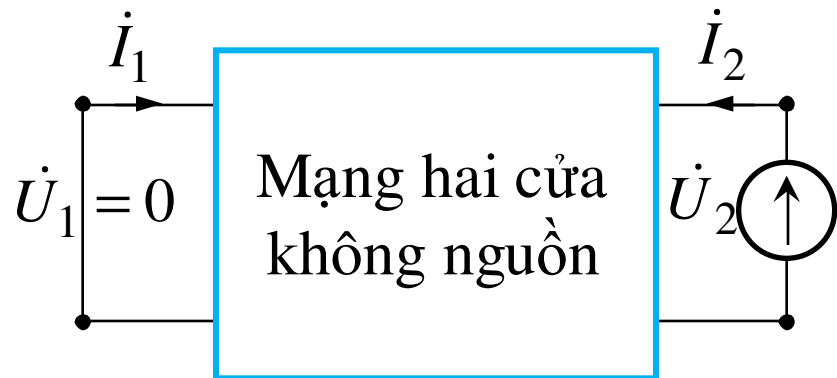


# Bộ thông số $G$ (2)

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = G_{11}\dot{U}_1 + G_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = G_{21}\dot{U}_1 + G_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



$$\rightarrow G_{11} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}, \quad G_{21} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}$$



$$\rightarrow G_{12} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{U}_1=0}, \quad G_{22} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{U}_1=0}$$







# Lý thuyết mạch I

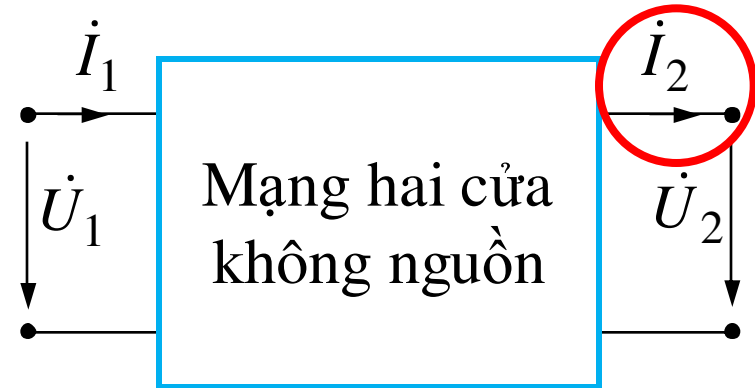
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán





# Bộ thông số $A$ (1)

- Còn gọi là bộ số truyền tải.
- Ký hiệu khác: T(ransmission).
- Thường được dùng trong phân tích đường dây truyền tải (hệ thống điện, hệ thống liên lạc).

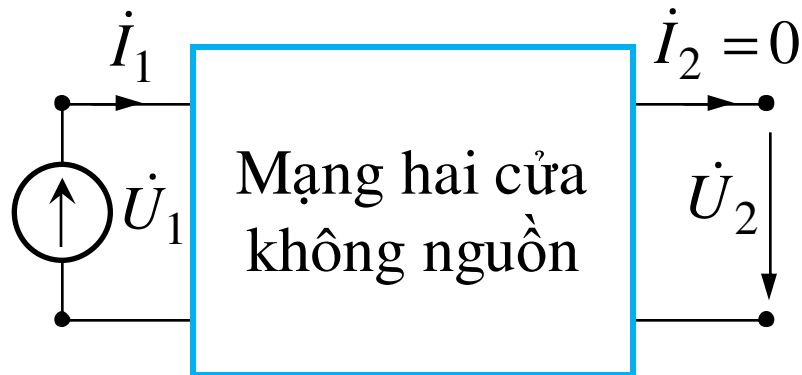
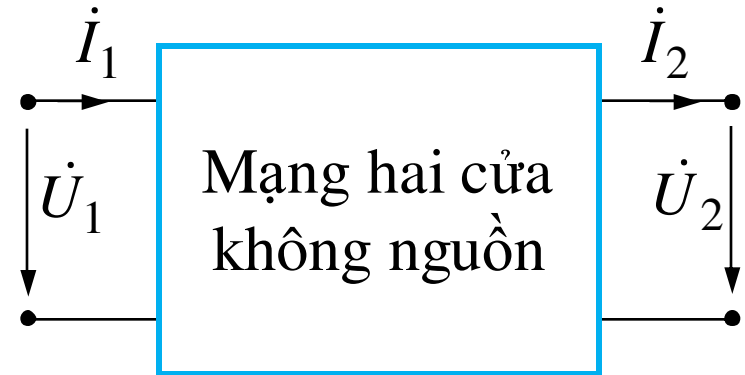


$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

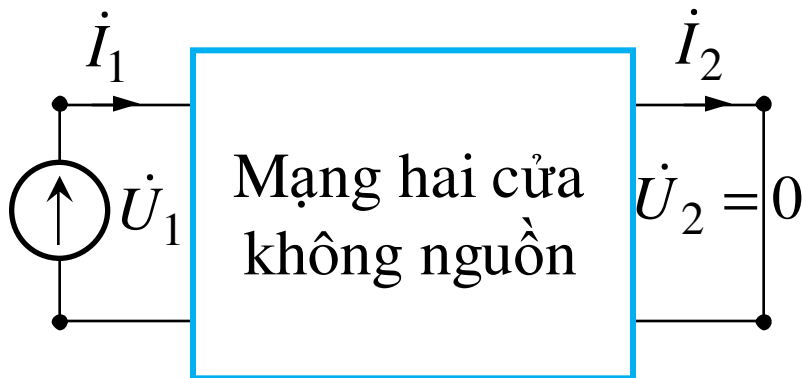


# Bộ thông số A (2)

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



$$\rightarrow A_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{I}_2=0}, \quad A_{21} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{I}_2=0}$$



$$\rightarrow A_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{U}_2=0}, \quad A_{22} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{U}_2=0}$$





# Lý thuyết mạch I

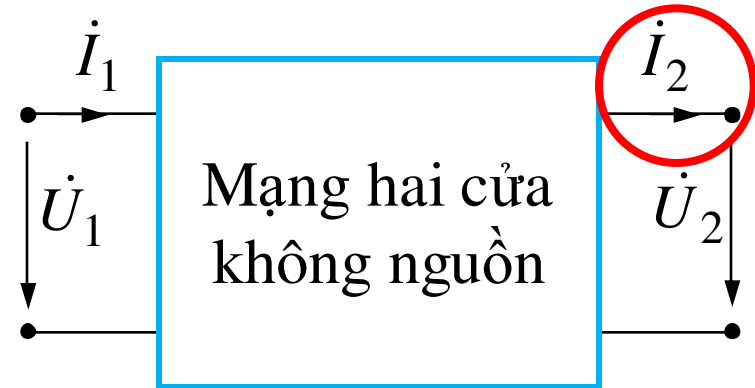
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán





# Bộ thông số $\mathbf{B}$ (1)

- Còn gọi là bộ số truyền tải ngược.
- Ký hiệu khác:  $t$ (ransmission).

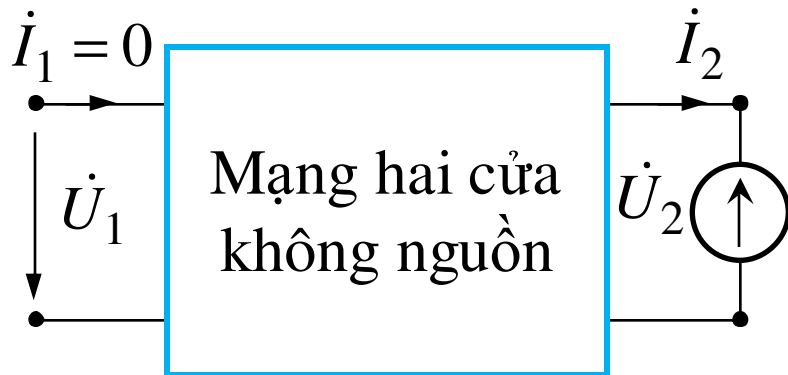
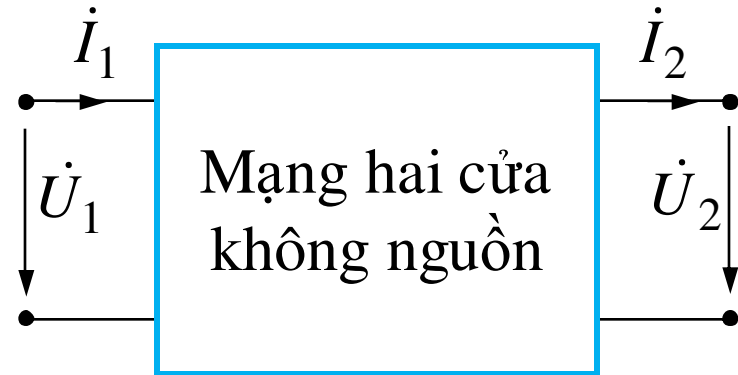


$$\begin{cases} \dot{U}_2 = B_{11}\dot{U}_1 + B_{12}\dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 = B_{21}\dot{U}_1 + B_{22}\dot{I}_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = [B] \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix}$$

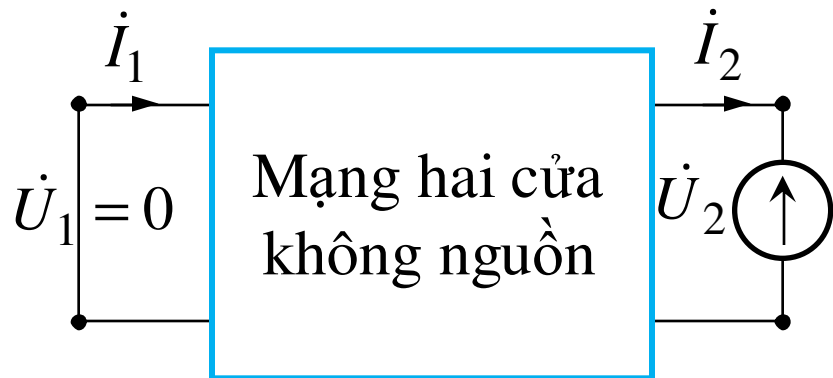


# Bộ thông số **B** (2)

$$\begin{cases} \dot{U}_2 = B_{11}\dot{U}_1 + B_{12}\dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 = B_{21}\dot{U}_1 + B_{22}\dot{I}_1 \end{cases}$$



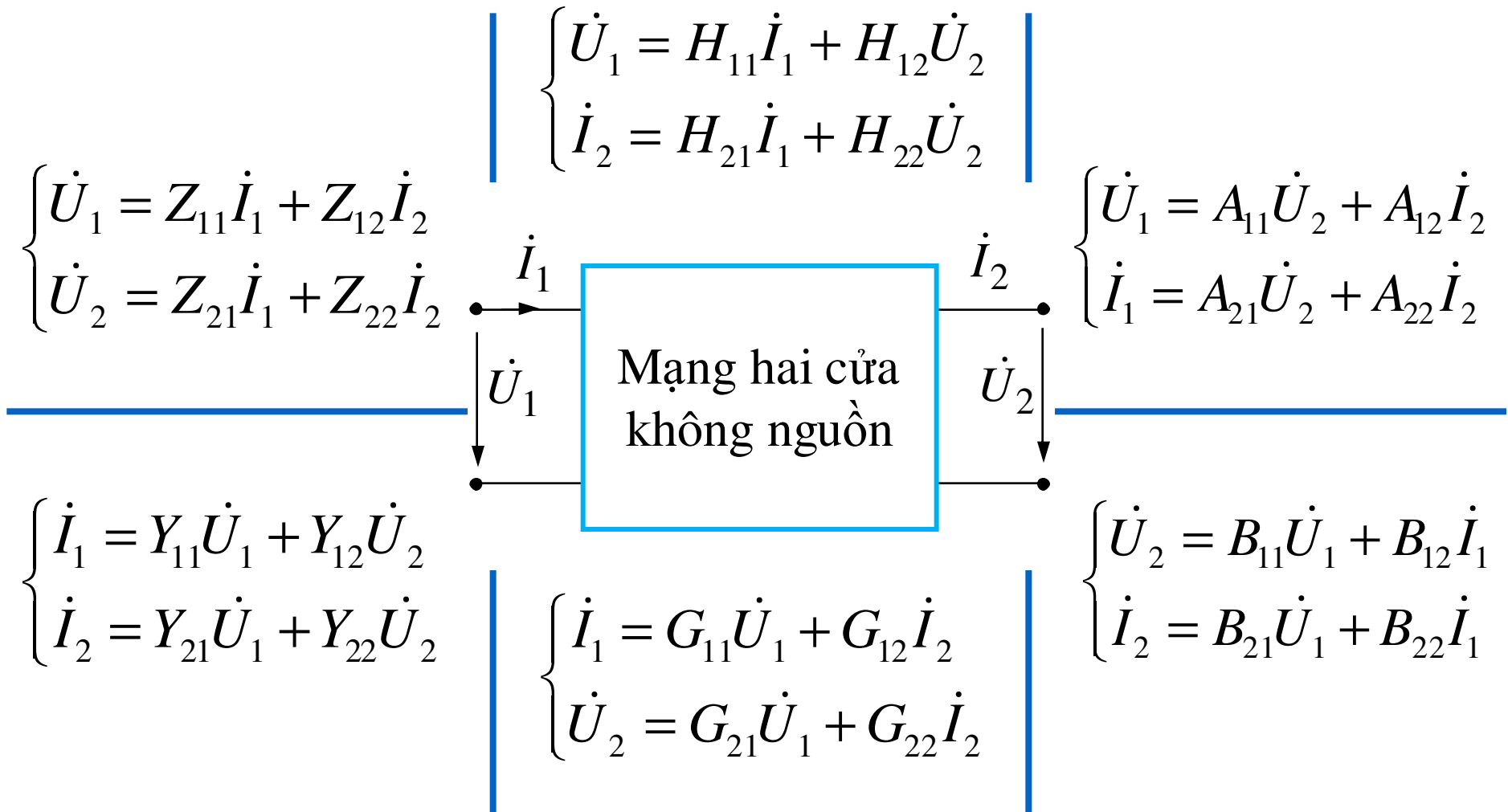
$$\rightarrow B_{11} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{I}_1=0}, \quad B_{21} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{I}_1=0}$$



$$\rightarrow B_{12} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{U}_1=0}, \quad B_{22} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{U}_1=0}$$



# Mạng hai cửa





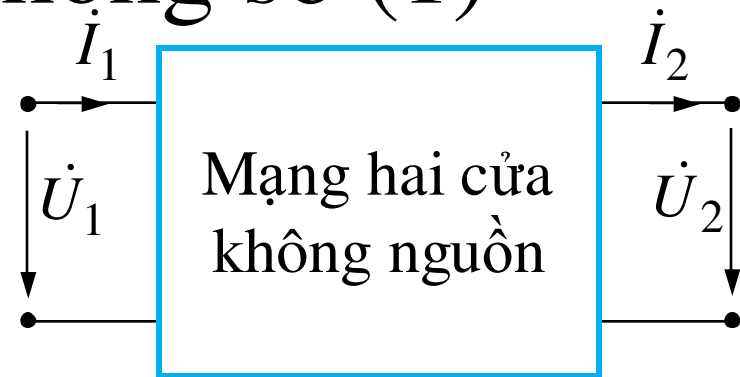
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số Z, Y, H, G, A, B
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số**
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T & Π
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán





# Quan hệ giữa các bộ thông số (1)



$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = [Z] \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = [Z]^{-1} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = [Y] \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow [Y] = [Z]^{-1}$$

$$[G] = [H]^{-1}$$





## Quan hệ giữa các bộ thông số (2)

$$\left. \begin{cases} \dot{U}_1 = H_{11}\dot{I}_1 + H_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = H_{21}\dot{I}_1 + H_{22}\dot{U}_2 \rightarrow \dot{U}_2 = -\frac{H_{21}}{H_{22}}\dot{I}_1 + \frac{1}{H_{22}}\dot{I}_2 \end{cases} \right\}$$

$$\rightarrow \dot{U}_1 = \left( H_{11} - \frac{H_{12}H_{21}}{H_{22}} \right) \dot{I}_1 + \frac{H_{12}}{H_{22}} \dot{I}_2$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = \left( H_{11} - \frac{H_{12}H_{21}}{H_{22}} \right) \dot{I}_1 + \frac{H_{12}}{H_{22}} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = -\frac{H_{12}}{H_{21}} \dot{I}_1 + \frac{1}{H_{22}} \dot{I}_2 \end{cases} \rightarrow \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} H_{11} - \frac{H_{12}H_{21}}{H_{22}} & \frac{H_{12}}{H_{22}} \\ -\frac{H_{12}}{H_{21}} & \frac{1}{H_{22}} \end{bmatrix}$$





# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa**
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng  $T$  &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán

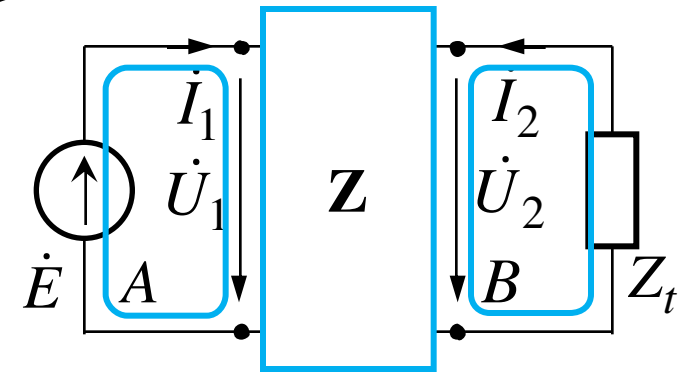


# Phân tích mạch có mạng hai cửa (1)

VD1

$$\dot{E} = 220 \text{ V}; \quad Z_t = j50 \text{ } \Omega; \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 10 & j20 \\ j20 & 40 \end{bmatrix} \text{ } \Omega.$$

1. Viết hệ phương trình bộ số,
2. Viết phương trình dòng/áp/...,
3. Giải hệ phương trình.



$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2 \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = 10\dot{I}_1 + j20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = j20\dot{I}_1 + 40\dot{I}_2 \end{array} \right\}$$

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 10 & j20 \\ j20 & 40 \end{bmatrix}$$

$$\left. \begin{array}{l} A: \dot{U}_1 = \dot{E} \\ B: Z_t \dot{I}_2 + \dot{U}_2 = 0 \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 220 \angle 0^\circ = 10\dot{I}_1 + j20\dot{I}_2 \\ -j50\dot{I}_2 = j20\dot{I}_1 + 40\dot{I}_2 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = 14,09 + j4,94 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = -2,47 - j3,96 \text{ A} \end{array} \right.$$

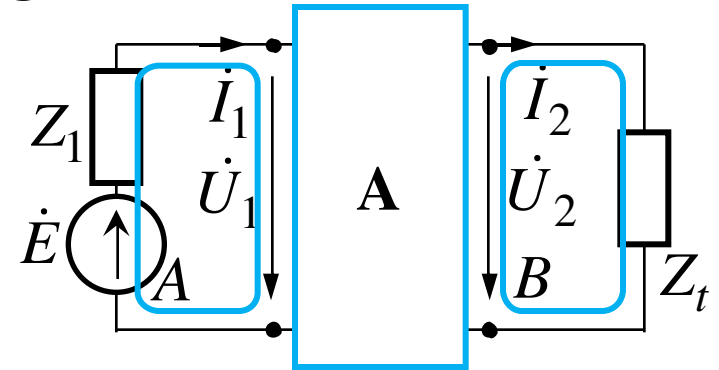
# Phân tích mạch có mạng hai cửa (2)

VD2

$$\dot{E} = 220 \text{ V};$$

$$Z_1 = 20 \Omega; Z_t = j50 \Omega; \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3 & 200 \\ 0,04 & 3 \end{bmatrix}$$

1. Viết hệ phương trình bộ số,
2. Viết phương trình dòng/áp/...,
3. Giải hệ phương trình.



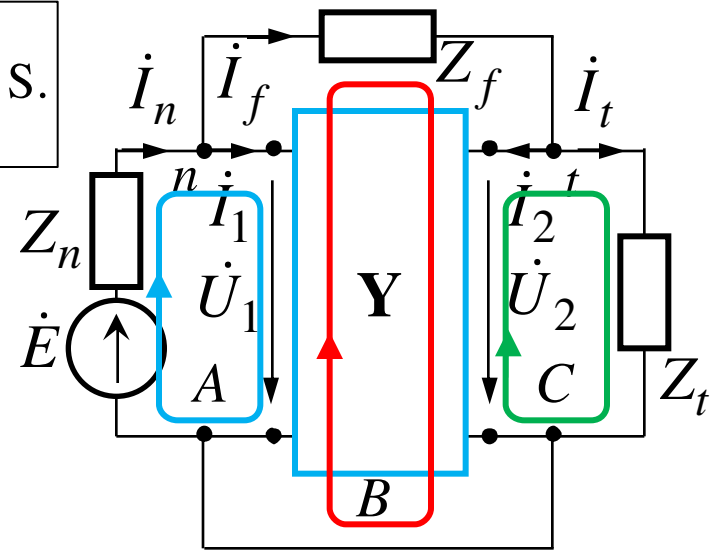
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = 3\dot{U}_2 + 200\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = 0,04\dot{U}_2 + 3\dot{I}_2 \\ A: 20\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = 220 \\ B: j50\dot{I}_2 - \dot{U}_2 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 2,46 - j0,11 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = 0,55 - j0,40 \text{ A} \end{cases}$$

# Phân tích mạch có mạng hai cửa (3)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

Cách 1



$$\left\{ \begin{aligned} \dot{I}_1 &= Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \\ n: \dot{I}_n - \dot{I}_1 - \dot{I}_f &= 0 \\ t: \dot{I}_f - \dot{I}_2 - \dot{I}_t &= 0 \\ A: Z_n \dot{I}_n + \dot{U}_1 &= \dot{E} \\ B: Z_f \dot{I}_f - \dot{U}_1 + \dot{U}_2 &= 0 \\ C: \dot{U}_2 - Z_t \dot{I}_t &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_n = 12,80 + j7,99 \text{ A} \\ \dot{I}_t = 7,20 + j10,40 \text{ A} \end{cases}$$



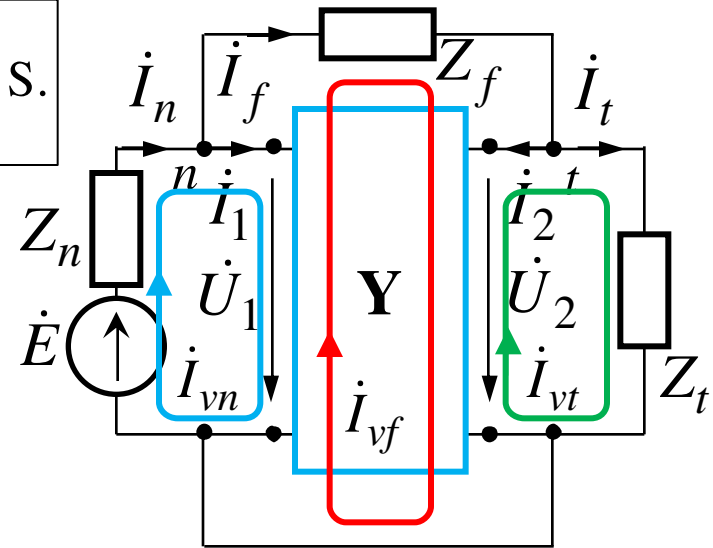
# Phân tích mạch có mạng hai cửa (4)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 = \dot{I}_{vn} - \dot{I}_{vf} \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 = \dot{I}_{vf} - \dot{I}_{vt} \\ Z_n \dot{I}_{vn} + \dot{U}_1 = \dot{E} \\ \dot{U}_2 - Z_t \dot{I}_{vt} = 0 \\ Z_f \dot{I}_{vf} - \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = 0 \end{cases}$$

Cách 2



$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{vn} = 12,80 + j7,99 \text{ A} \\ \dot{I}_{vt} = 7,20 + j10,40 \text{ A} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_n = 12,80 + j7,99 \text{ A} \\ \dot{I}_t = 7,20 + j10,40 \text{ A} \end{cases}$$





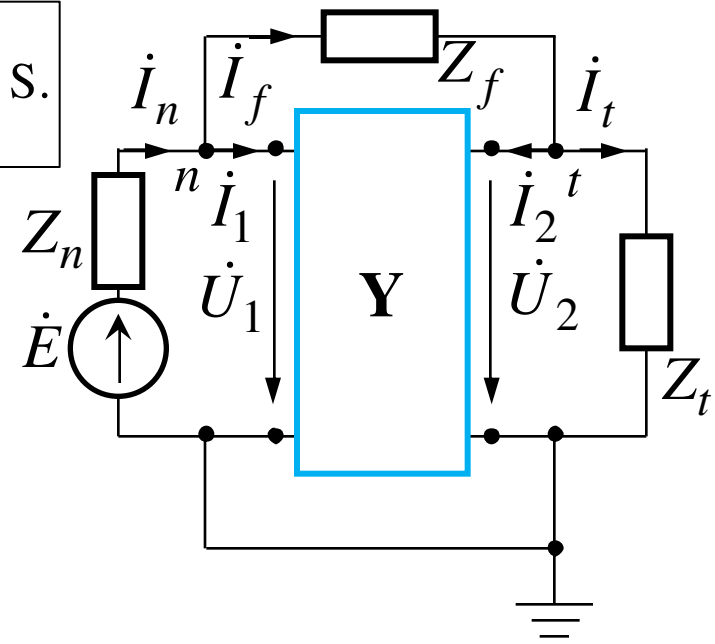
# Phân tích mạch có mạng hai cửa (5)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} n: \dot{I}_n - \dot{I}_1 - \dot{I}_f = 0 \\ t: \dot{I}_f - \dot{I}_2 - \dot{I}_t = 0 \\ \begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 = Y_{11}\dot{\phi}_n + Y_{12}\dot{\phi}_t \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 = Y_{21}\dot{\phi}_n + Y_{22}\dot{\phi}_t \end{cases} \\ \dot{I}_n = \frac{\dot{E} - \dot{\phi}_n}{Z_n} \\ \dot{I}_t = \frac{\dot{\phi}_t}{Z_t} \\ \dot{I}_f = \frac{\dot{\phi}_n - \dot{\phi}_t}{Z_f} \end{cases}$$

Cách 3



$$\rightarrow \begin{cases} (Z_n Z_f Y_{11} + Z_n + Z_f)\dot{\phi}_n + (Z_n Z_f Y_{12} - Z_n)\dot{\phi}_t = Z_f \dot{E} \\ (Z_t Z_f Y_{21} - Z_t)\dot{\phi}_n + (Z_t Z_f Y_{22} + Z_t + Z_f)\dot{\phi}_t = 0 \end{cases}$$



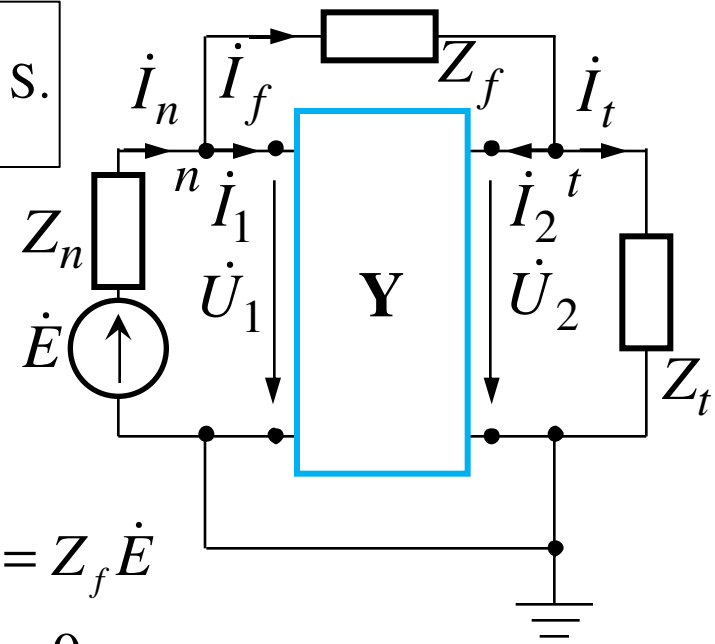


# Phân tích mạch có mạng hai cửa (6)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200 \text{ V}; Z_n = 5 \Omega; \\ Z_f &= j10 \Omega; Z_t = -j20 \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{ S.} \end{aligned}$$

Cách 3



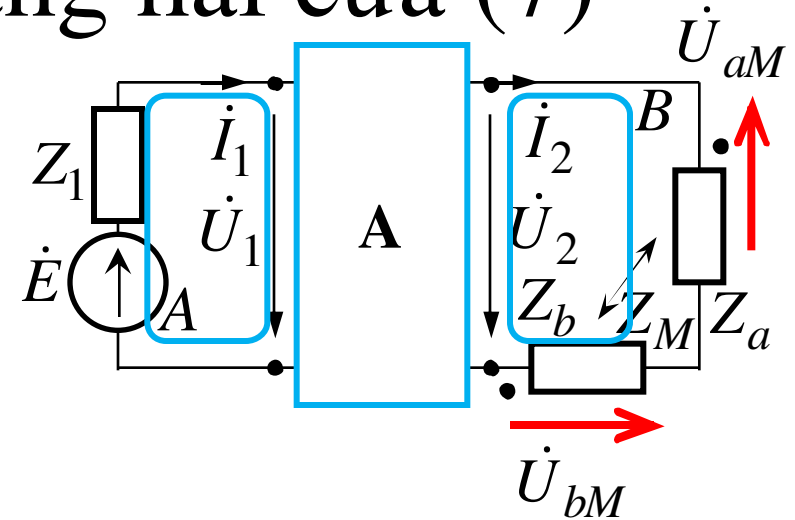
$$\begin{cases} (Z_n Z_f Y_{11} + Z_n + Z_f) \dot{\phi}_n + (Z_n Z_f Y_{12} - Z_n) \dot{\phi}_t = Z_f \dot{E} \\ (Z_t Z_f Y_{21} - Z_t) \dot{\phi}_n + (Z_t Z_f Y_{22} + Z_t + Z_f) \dot{\phi}_t = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{\phi}_n = 135,99 - j39,97 \text{ V} \\ \dot{\phi}_t = 207,92 - j143,97 \text{ V} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_n = \frac{\dot{E} - \dot{\phi}_n}{Z_n} = 12,80 + j7,99 \text{ A} \\ \dot{I}_t = \frac{\dot{\phi}_t}{Z_t} = 7,20 + j10,40 \text{ A} \end{cases}$$



# Phân tích mạch có mạng hai cửa (7)

VD4



$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \\ Z_1\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = \dot{E} \\ \dot{U}_2 = (Z_a + Z_b - 2Z_M)\dot{I}_2 \end{array} \right.$$

$$\dot{U}_{aM} = Z_M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_{bM} = Z_M \dot{I}_2$$



# Phân tích mạch có mạng hai cửa (8)

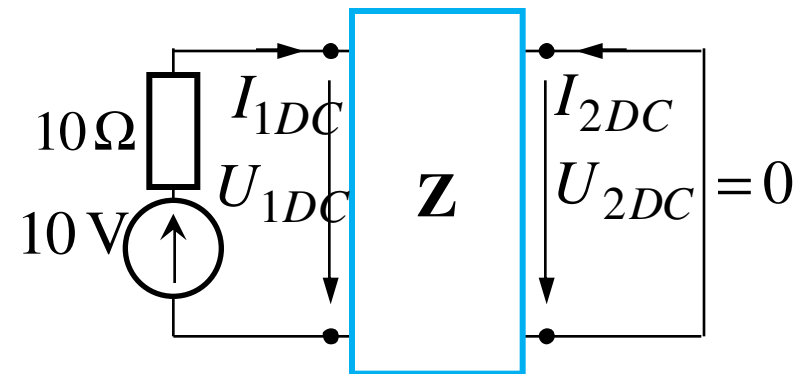
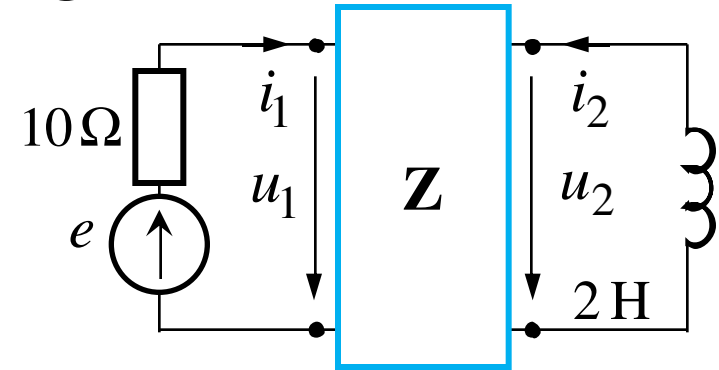
VD5

$$e = 10 + 20 \cos 5t \text{ V}; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; i_1 = ?$$

Xét nguồn một chiều:

$$\begin{cases} U_{1DC} = 30I_{1DC} + 20I_{2DC} \\ U_{2DC} = 20I_{1DC} + 50I_{2DC} \\ 10I_{1DC} + U_{1DC} = 10 \\ U_{2DC} = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow I_{1DC} = 0,31 \text{ A}$$



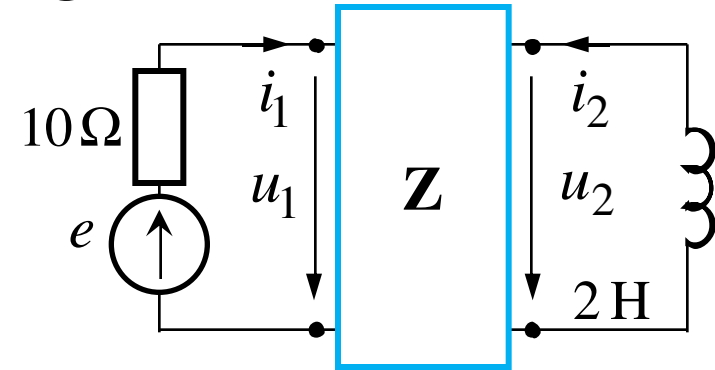


# Phân tích mạch có mạng hai cửa (9)

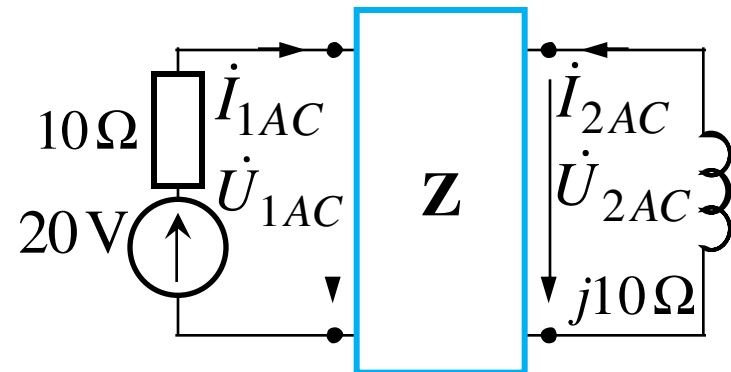
VD5

$$e = 10 + 20 \cos 5t \text{ V}; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; i_1 = ?$$

Xét nguồn xoay chiều:



$$\begin{cases} \dot{U}_{1AC} = 30\dot{I}_{1AC} + 20\dot{I}_{2AC} \\ \dot{U}_{2AC} = 20\dot{I}_{1AC} + 50\dot{I}_{2AC} \\ 10\dot{I}_{1AC} + \dot{U}_{1AC} = 20 \\ \dot{U}_{2AC} + j20\dot{I}_{2AC} = 0 \end{cases}$$



$$\rightarrow \dot{I}_{1AC} = 0,60 \angle -4,76^\circ \rightarrow i_{1AC}(t) = 0,60 \cos(5t - 4,76^\circ) \text{ A}$$

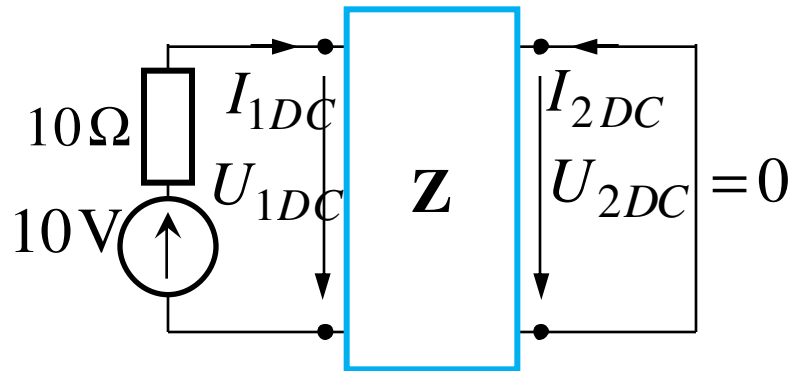
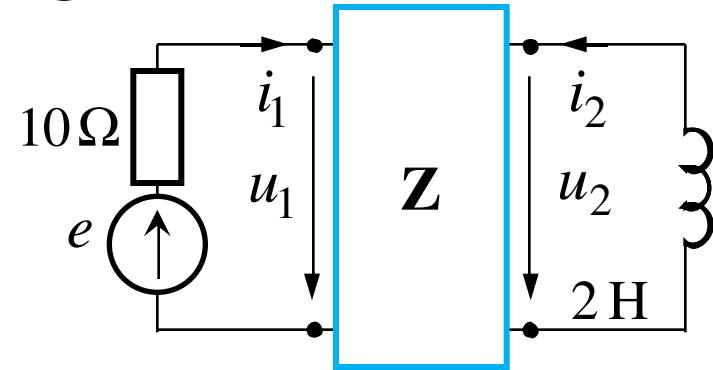




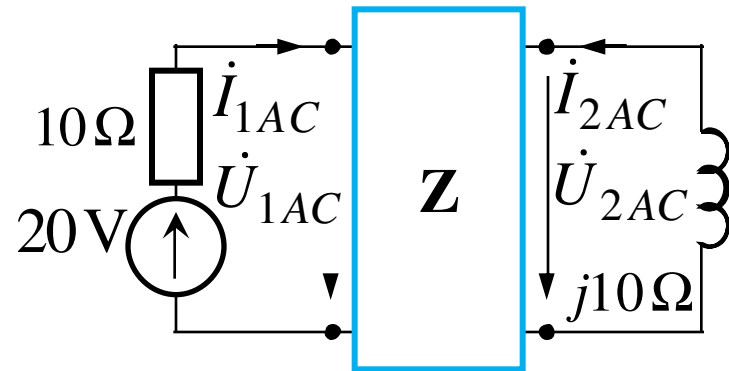
# Phân tích mạch có mạng hai cửa (10)

VD5

$$e = 10 + 20 \cos 5t \text{ V}; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; i_1 = ?$$



$$I_{1DC} = 0,31 \text{ A}$$



$$i_{1AC}(t) = 0,60 \cos(5t - 4,76^\circ) \text{ A}$$

$$\rightarrow i_1(t) = 0,31 + 0,60 \cos(5t - 4,76^\circ) \text{ A}$$



# Phân tích mạch có mạng hai cửa (11)

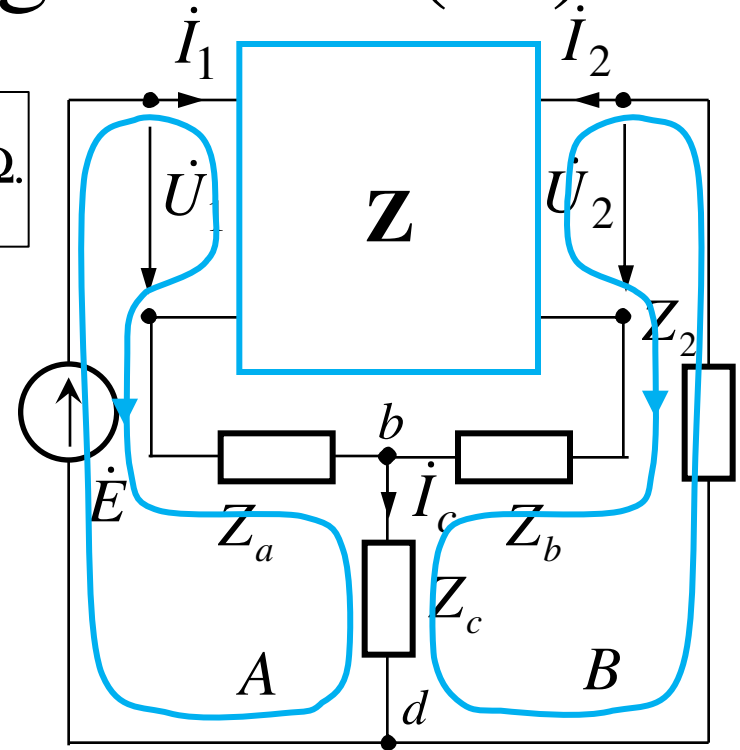
VD6

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 220 \text{ V}; Z_2 = j10 \ \Omega; \\ Z_a &= j20 \ \Omega; Z_b = -j40 \ \Omega; Z_c = 5 \ \Omega; \end{aligned} \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \ \Omega.$$

**Cách 1**

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 30\dot{I}_1 + 20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 20\dot{I}_1 + 50\dot{I}_2 \\ b: \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_c = 0 \\ A: \dot{U}_1 + Z_a\dot{I}_1 + Z_c\dot{I}_c = \dot{E} \\ B: Z_2\dot{I}_2 + \dot{U}_2 + Z_b\dot{I}_2 + Z_c\dot{I}_c = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 6,27 - j3,64 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = -2,89 + j0,076 \text{ A} \\ \dot{I}_c = 3,38 - j3,56 \text{ A} \end{cases}$$



**Cách 2?**

**Kết nối các mạng hai cửa**



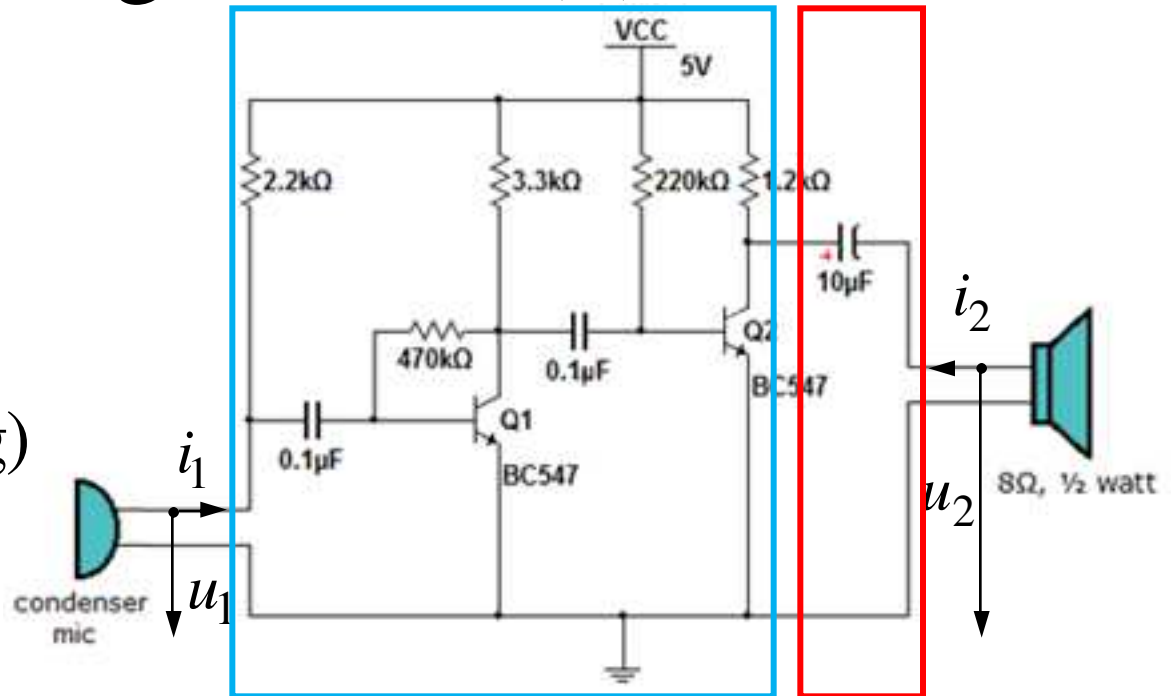
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa**
  - 5. Mạng  $T$  &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán

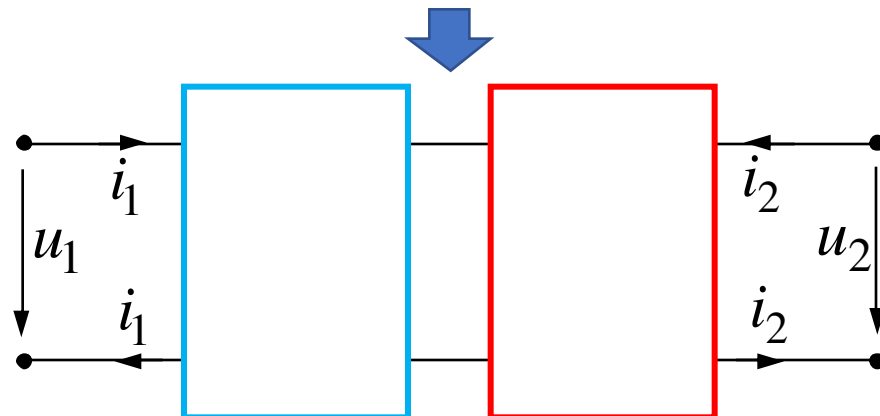


# Kết nối các mạng hai cửa (1)

1. Nối tiếp
2. Song song
3. Xâu chuỗi (tầng)
4. Lai 1
5. Lai 2



<https://www.efxkits.us/two-transistor-audio-amplifier-circuit-explanation/>

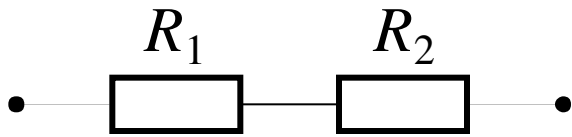


<https://sites.google.com/site/ncpdhbkh/n/home>



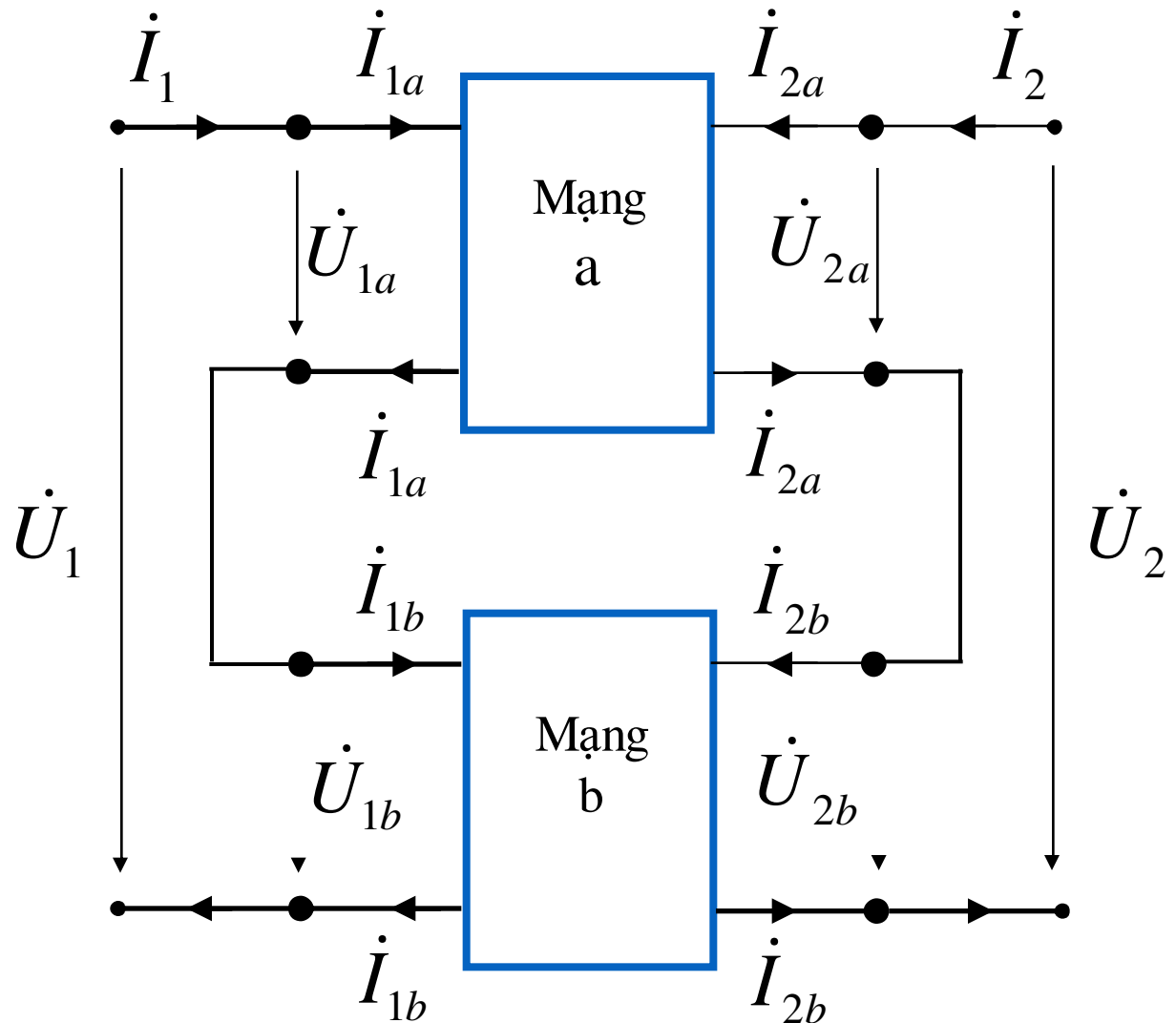
# Kết nối các mạng hai cửa (2), nối tiếp

Nối tiếp



$$\begin{cases} i = i_1 = i_2 \\ u = u_1 + u_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_{1a} = \dot{I}_{1b} \\ \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{2b} \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{2a} + \dot{U}_{2b} \end{cases}$$





# Kết nối các mạng hai cửa (3), nối tiếp

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \dot{I}_{1a} = \dot{I}_{1b} \\ \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{2b} \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{2a} + \dot{U}_{2b} \end{array} \right.$$
  

	Mạng a:	
	$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1a} = Z_{11a} \dot{I}_{1a} + Z_{12a} \dot{I}_{2a} \\ \dot{U}_{2a} = Z_{21a} \dot{I}_{1a} + Z_{22a} \dot{I}_{2a} \end{array} \right.$	$\rightarrow$
	Mạng b:	
	$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1b} = Z_{11b} \dot{I}_{1b} + Z_{12b} \dot{I}_{2b} \\ \dot{U}_{2b} = Z_{21b} \dot{I}_{1b} + Z_{22b} \dot{I}_{2b} \end{array} \right.$	
	$\left. \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \dot{I}_{1a} = \dot{I}_{1b} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{2b} \end{array} \right\}$	
		$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1a} = Z_{11a} \dot{I}_1 + Z_{12a} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{2a} = Z_{21a} \dot{I}_1 + Z_{22a} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{1b} = Z_{11b} \dot{I}_1 + Z_{12b} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{2b} = Z_{21b} \dot{I}_1 + Z_{22b} \dot{I}_2 \end{array} \right.$





# Kết nối các mạng hai cửa (4), nối tiếp

$$\left. \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \dot{I}_{1a} = \dot{I}_{1b} \\ \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{2b} \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{2a} + \dot{U}_{2b} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \boxed{\text{Mạng a:}} \\ \boxed{\text{Mạng b:}} \end{array} \left. \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1a} = Z_{11a} \dot{I}_1 + Z_{12a} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{2a} = Z_{21a} \dot{I}_1 + Z_{22a} \dot{I}_2 \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{1b} = Z_{11b} \dot{I}_1 + Z_{12b} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_{2b} = Z_{21b} \dot{I}_1 + Z_{22b} \dot{I}_2 \end{array} \right. \\ \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{2a} + \dot{U}_{2b} \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} = (Z_{11a} \dot{I}_1 + Z_{12a} \dot{I}_2) + (Z_{11b} \dot{I}_1 + Z_{12b} \dot{I}_2) \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{2a} + \dot{U}_{2b} = (Z_{21a} \dot{I}_1 + Z_{22a} \dot{I}_2) + (Z_{21b} \dot{I}_1 + Z_{22b} \dot{I}_2) \end{array} \right.$$





# Kết nối các mạng hai cửa (5), nối tiếp

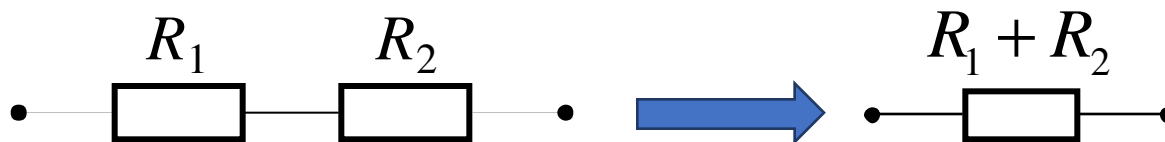
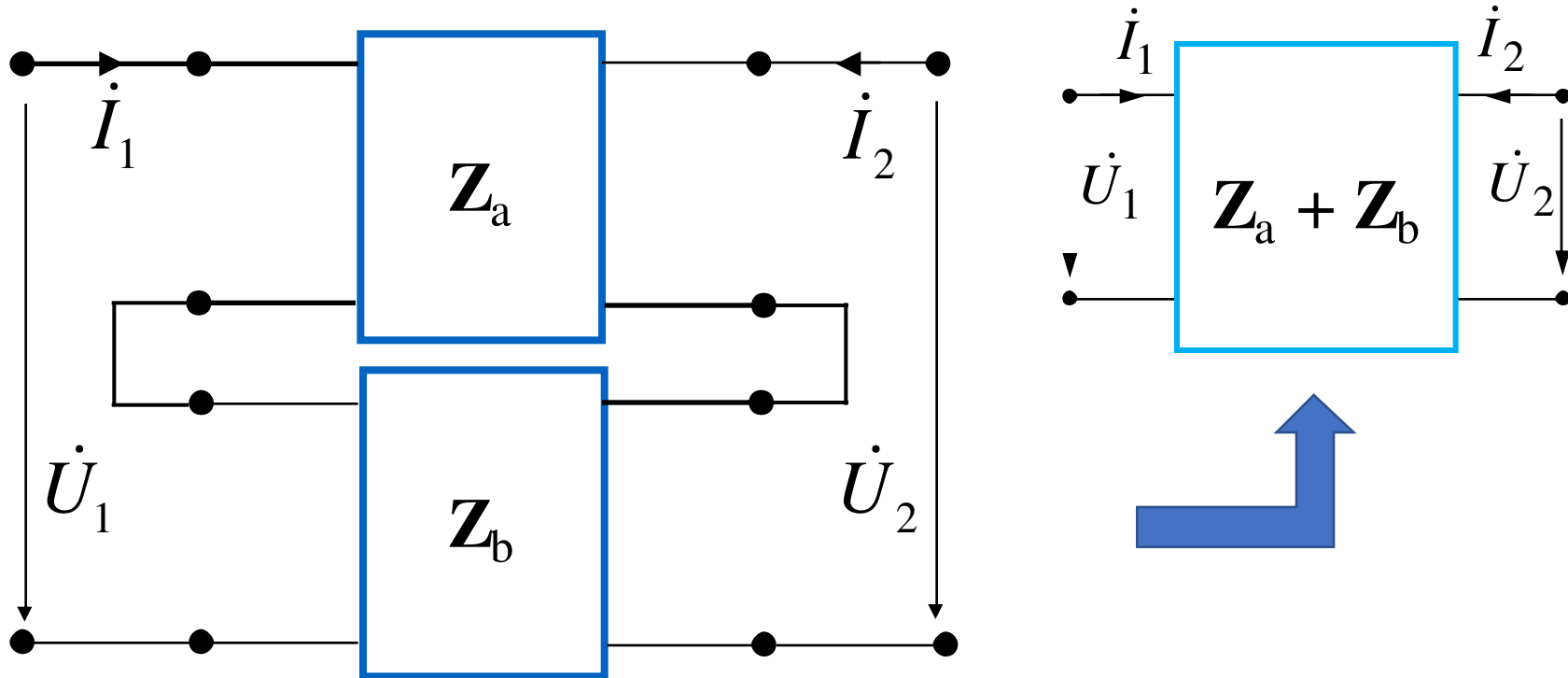
$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \dot{I}_{1a} = \dot{I}_{1b} \\ \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{2a} = \dot{I}_{2b} \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{2a} + \dot{U}_{2b} \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = \dot{U}_{1a} + \dot{U}_{1b} = (Z_{11a}\dot{I}_1 + Z_{12a}\dot{I}_2) + (Z_{11b}\dot{I}_1 + Z_{12b}\dot{I}_2) \\ \dot{U}_2 = \dot{U}_{1b} + \dot{U}_{2b} = (Z_{21a}\dot{I}_1 + Z_{22a}\dot{I}_2) + (Z_{21b}\dot{I}_1 + Z_{22b}\dot{I}_2) \\ \dot{U}_1 = (Z_{11a} + Z_{11b})\dot{I}_1 + (Z_{12a} + Z_{12b})\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = (Z_{21a} + Z_{21b})\dot{I}_1 + (Z_{22a} + Z_{22b})\dot{I}_2 \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11a} + Z_{11b} & Z_{12a} + Z_{12b} \\ Z_{21a} + Z_{21b} & Z_{22a} + Z_{22b} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = [Z] \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} \\ [Z_a] = \begin{bmatrix} Z_{11a} & Z_{12a} \\ Z_{21a} & Z_{22a} \end{bmatrix}; \quad [Z_b] = \begin{bmatrix} Z_{11b} & Z_{12b} \\ Z_{21b} & Z_{22b} \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

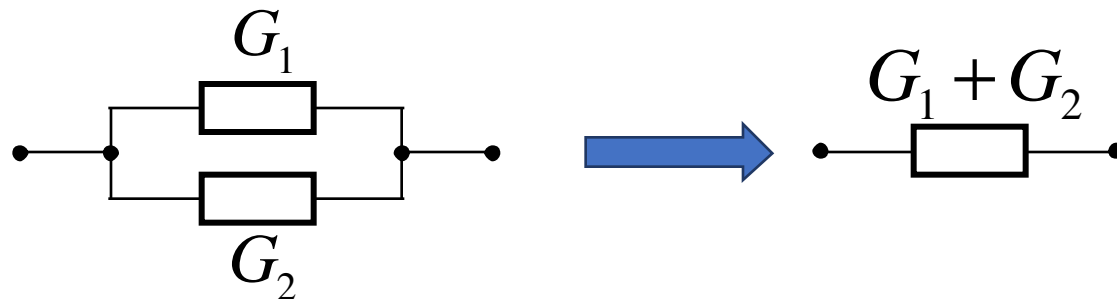
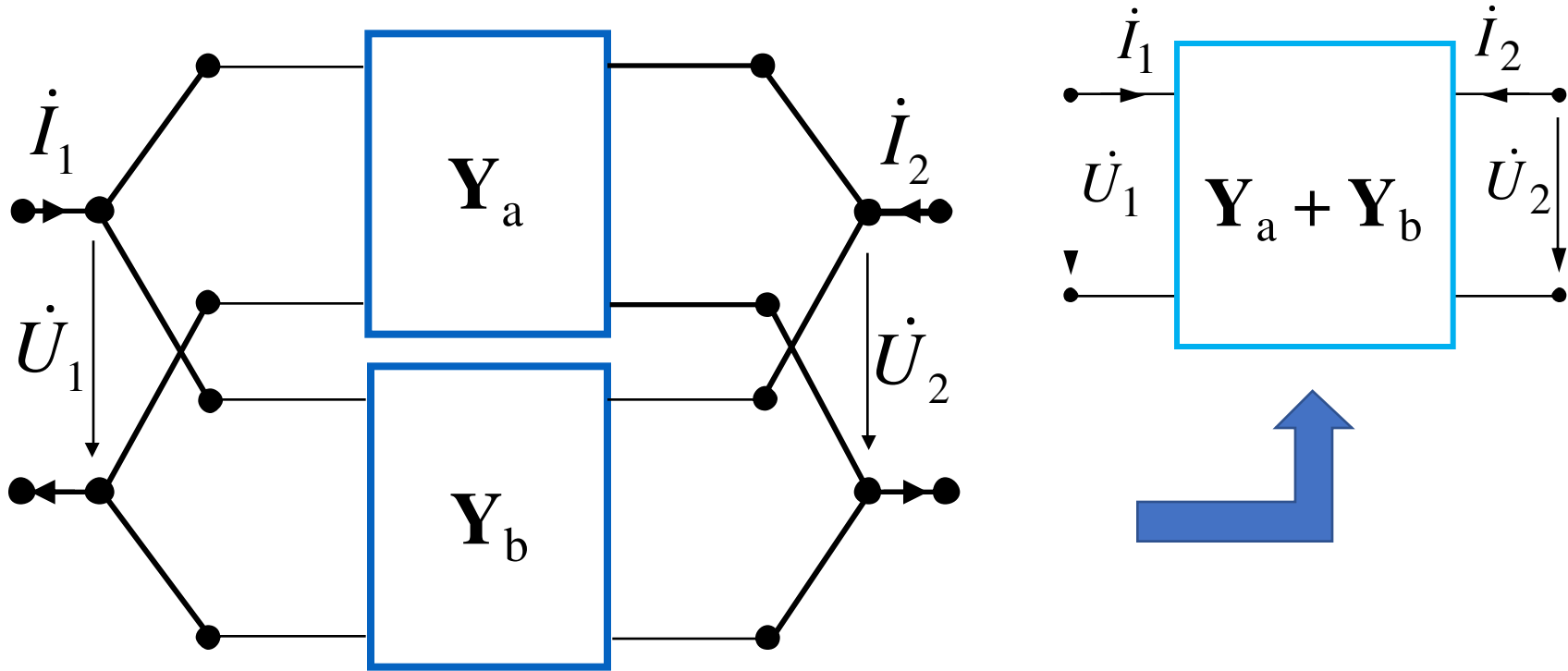
$$\longrightarrow \boxed{[Z] = [Z_a] + [Z_b]}$$



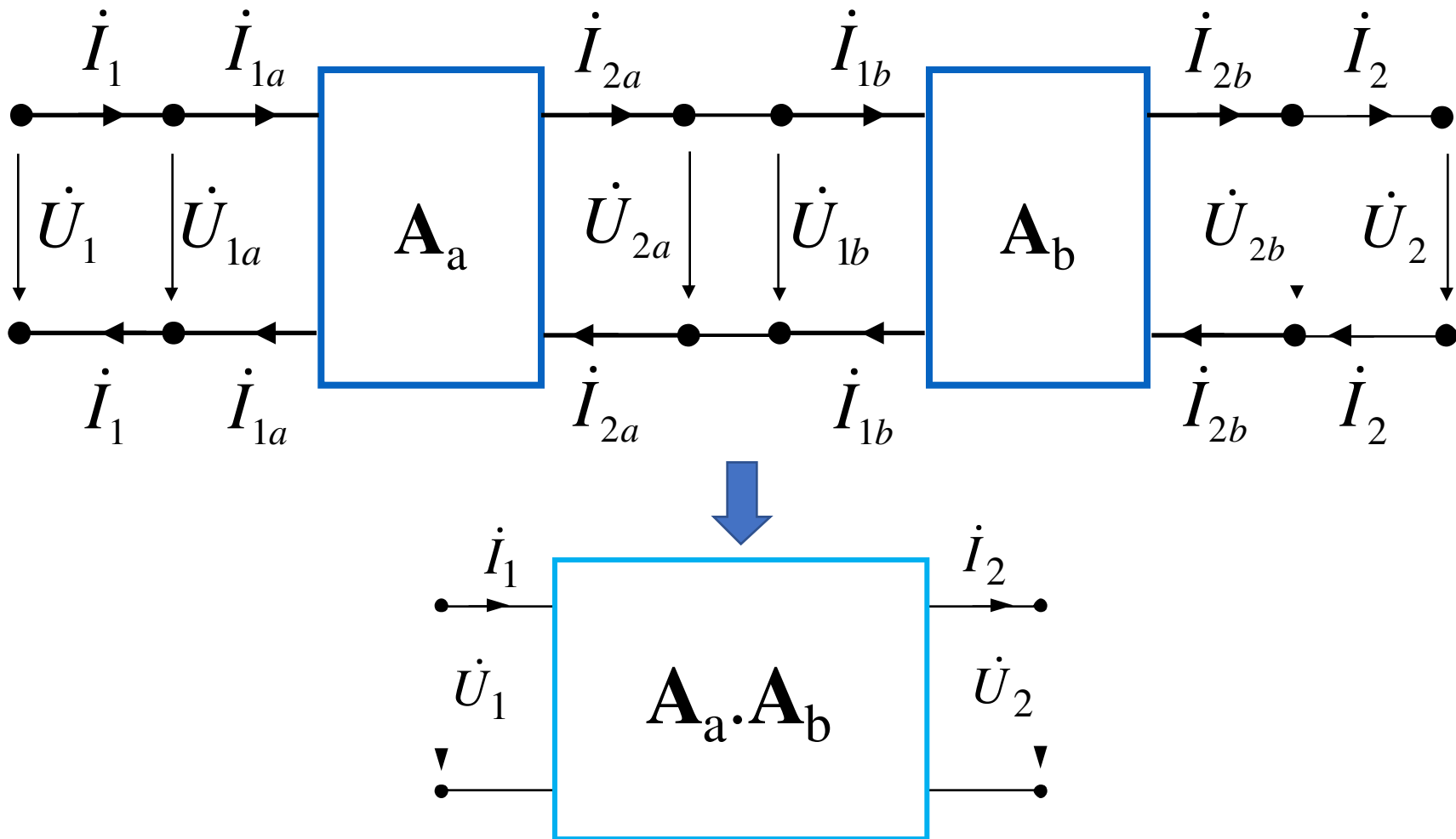
# Kết nối các mạng hai cửa (6), nối tiếp



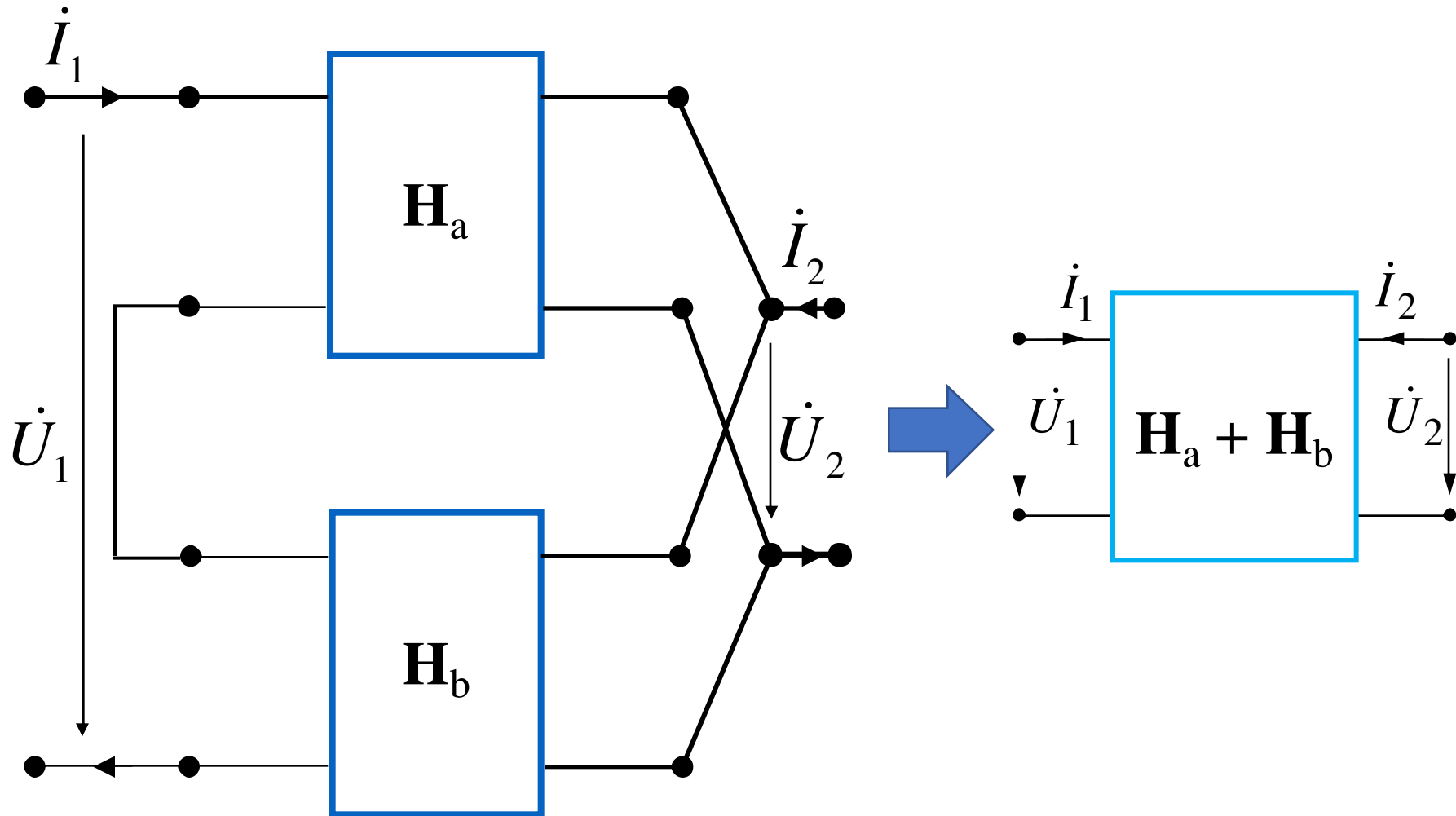
# Kết nối các mạng hai cửa (7), song song



# Kết nối các mạng hai cửa (8), xâu chuỗi

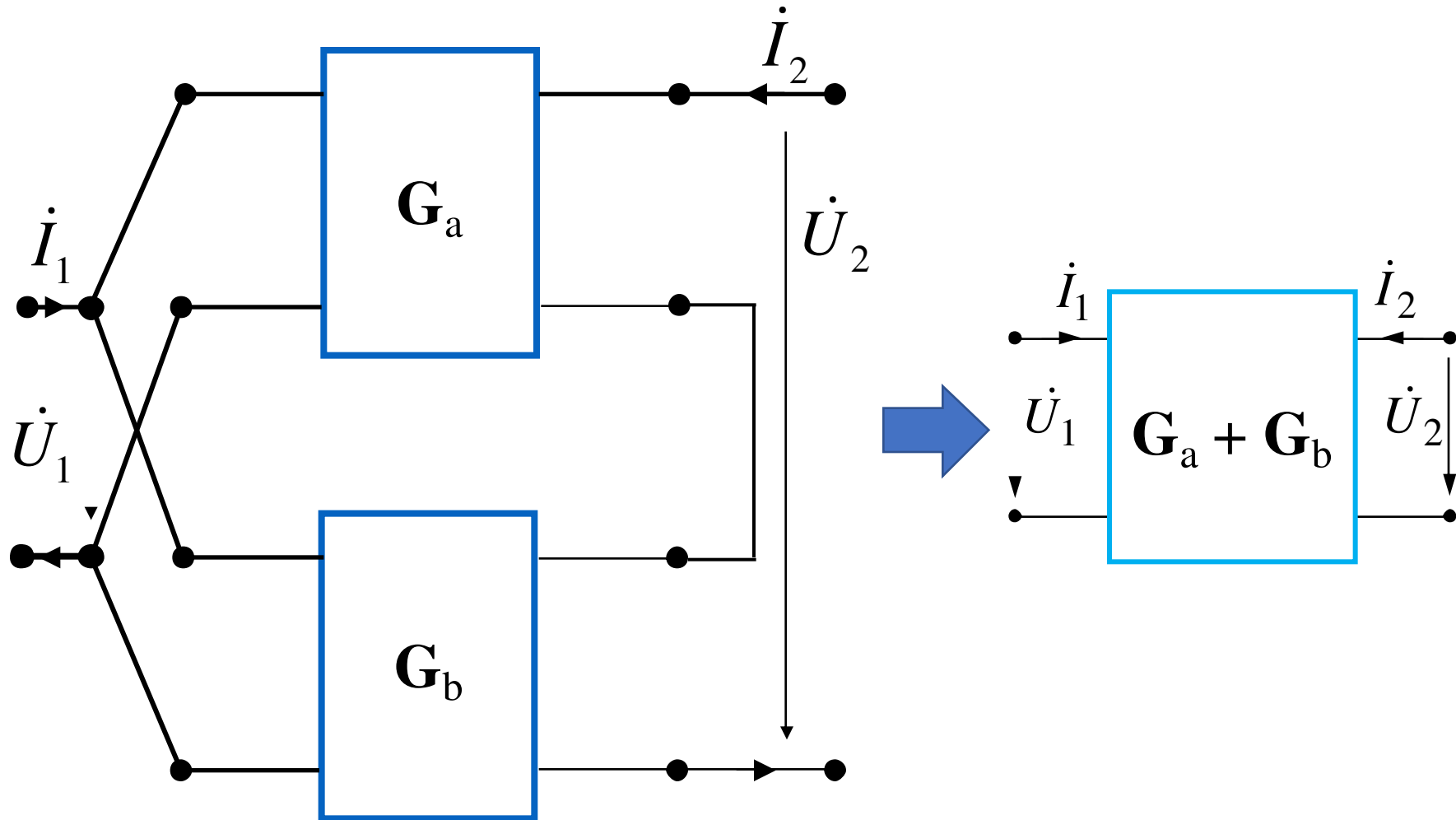


# Kết nối các mạng hai cửa (9), lai 1





# Kết nối các mạng hai cửa (10), lai 2





# Kết nối các mạng hai cửa (11)

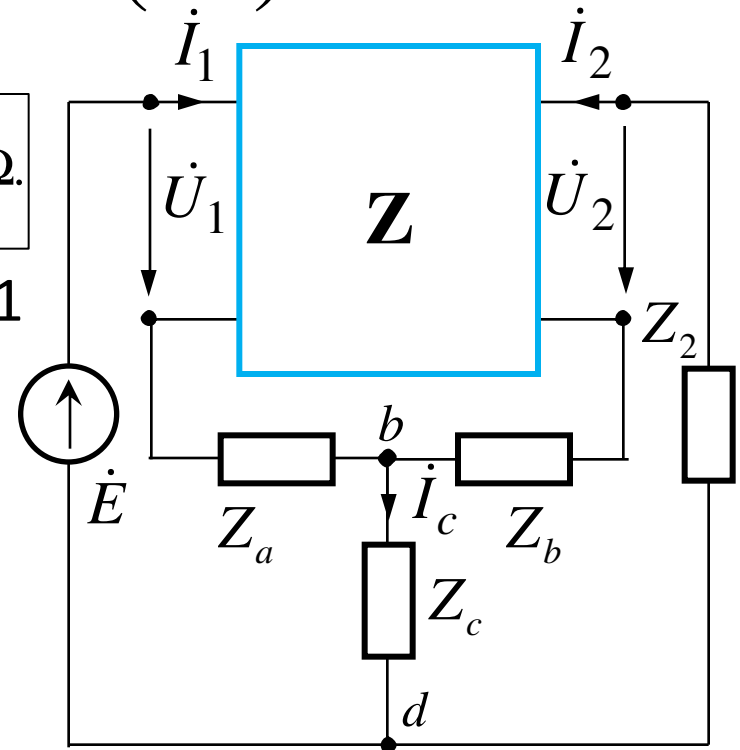
VD1

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 220 \text{ V}; Z_2 = j10 \ \Omega; \\ Z_a &= j20 \ \Omega; Z_b = -j40 \ \Omega; Z_c = 5 \ \Omega; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \ \Omega. \end{aligned}$$

Cách 1

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 30\dot{I}_1 + 20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 20\dot{I}_1 + 50\dot{I}_2 \\ b: \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_c = 0 \\ A: \dot{U}_1 + Z_a\dot{I}_1 + Z_c\dot{I}_c = \dot{E} \\ B: Z_2\dot{I}_2 + \dot{U}_2 + Z_b\dot{I}_2 + Z_c\dot{I}_c = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 6,27 - j3,64 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = -2,89 + j0,076 \text{ A} \\ \dot{I}_c = 3,38 - j3,56 \text{ A} \end{cases}$$



# Kết nối các mạng hai cửa (12)

VD1

$$\dot{E} = 220 \text{ V}; Z_2 = j10 \Omega;$$

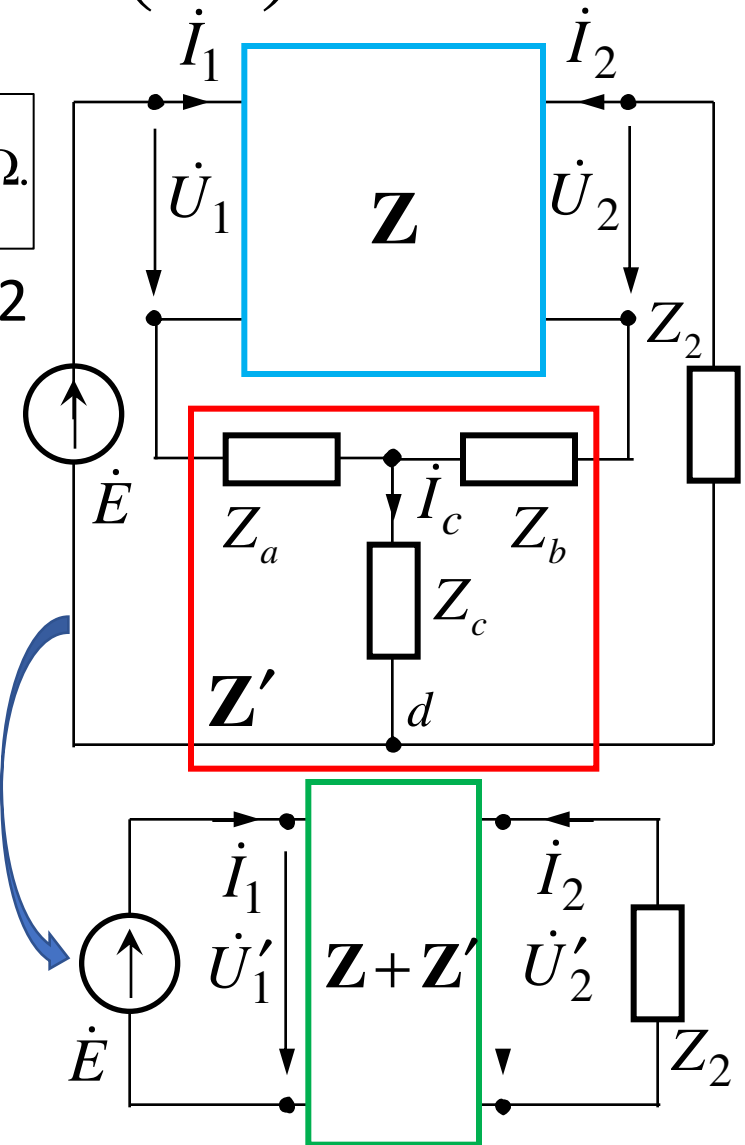
$$Z_a = j20 \Omega; Z_b = -j40 \Omega; Z_c = 5 \Omega; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega.$$

$$\mathbf{Z}' = \begin{bmatrix} Z_a + Z_c & Z_c \\ Z_c & Z_b + Z_c \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 5 + j20 & 5 \\ 5 & 5 - j40 \end{bmatrix} \Omega$$

$$\mathbf{Z} + \mathbf{Z}' = \begin{bmatrix} 35 + j20 & 25 \\ 25 & 55 - j40 \end{bmatrix} \Omega$$

Cách 2





# Kết nối các mạng hai cửa (13)

VD1

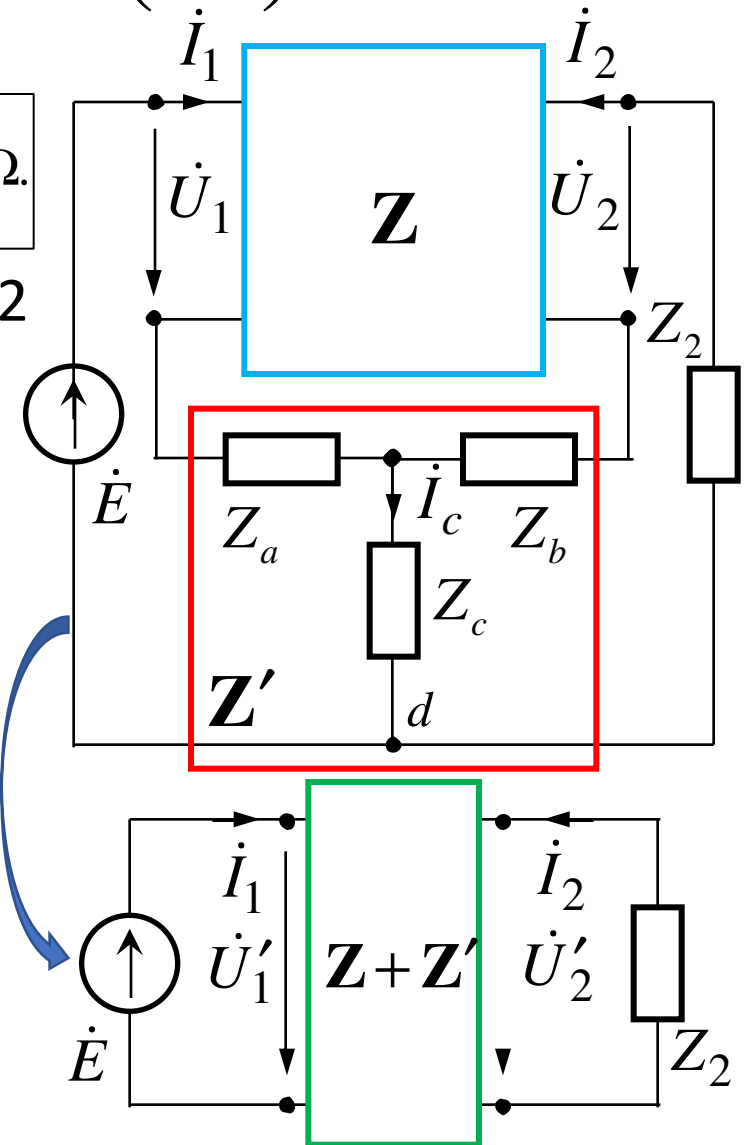
$$\begin{matrix} \dot{E} = 220 \text{ V}; Z_2 = j10 \Omega; \\ Z_a = j20 \Omega; Z_b = -j40 \Omega; Z_c = 5 \Omega; \end{matrix} \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega.$$

$$\mathbf{Z} + \mathbf{Z}' = \begin{bmatrix} 35 + j20 & 25 \\ 25 & 55 - j40 \end{bmatrix} \Omega$$

Cách 2

$$\begin{cases} \dot{U}'_1 = (35 + j20)\dot{I}_1 + 25\dot{I}_2 = 220 \\ \dot{U}'_2 = 25\dot{I}_1 + (55 - j40)\dot{I}_2 = -j10\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 6,27 - j3,64 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = -2,89 + j0,076 \text{ A} \end{cases}$$

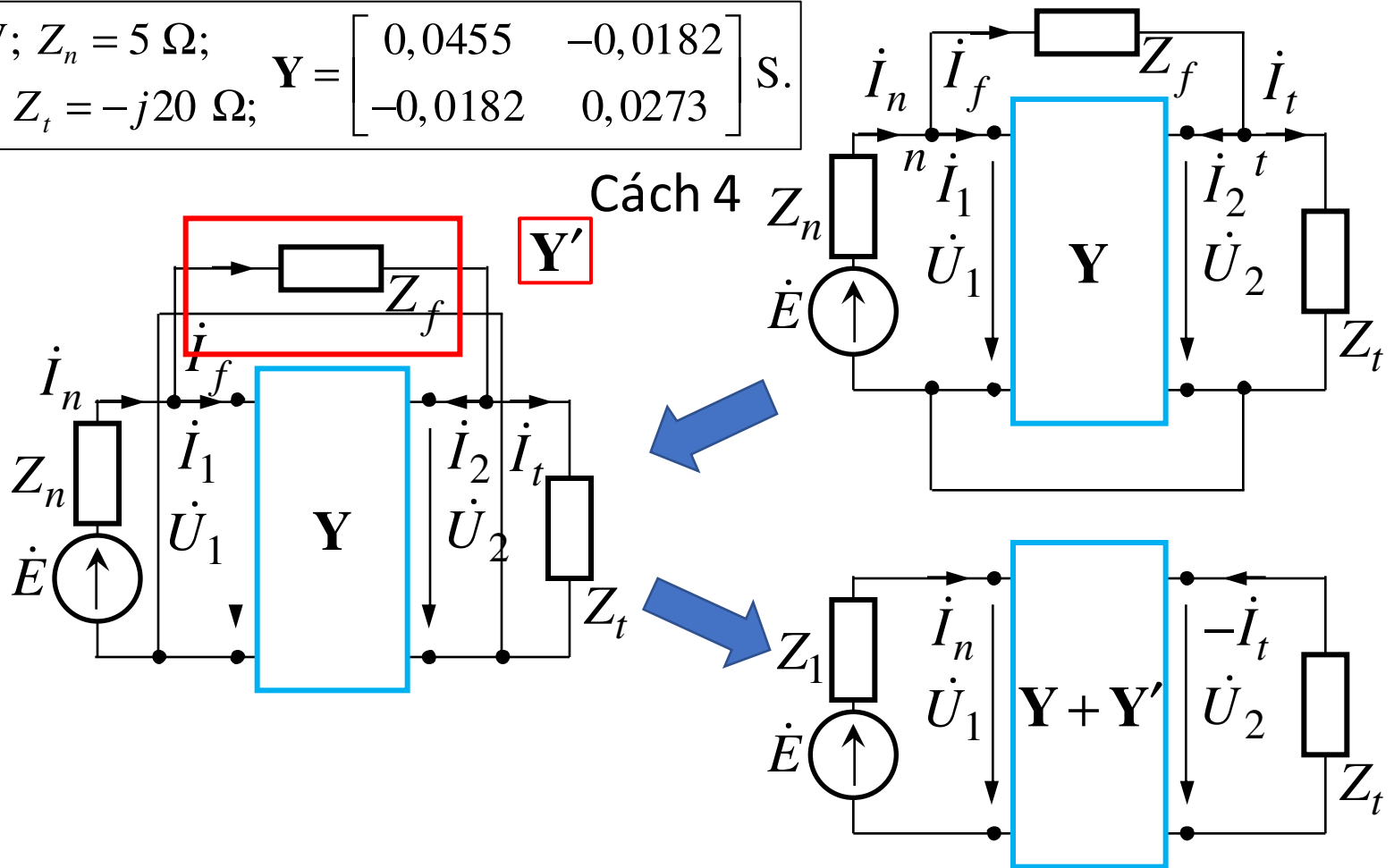




# Kết nối các mạng hai cửa (14)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

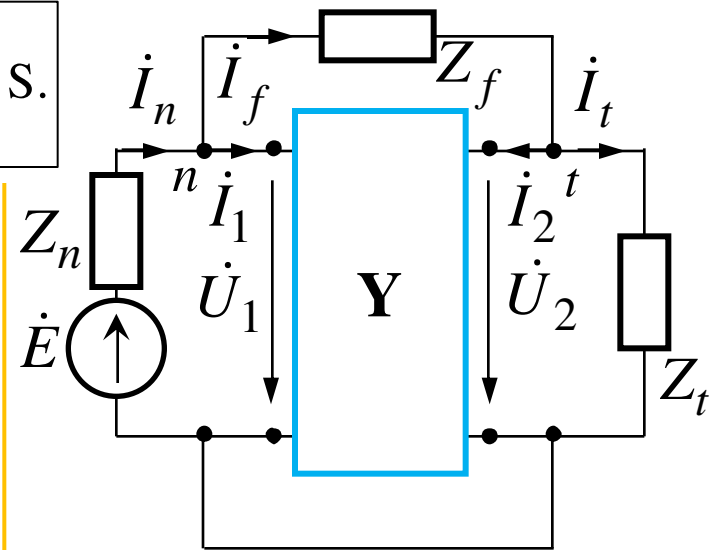
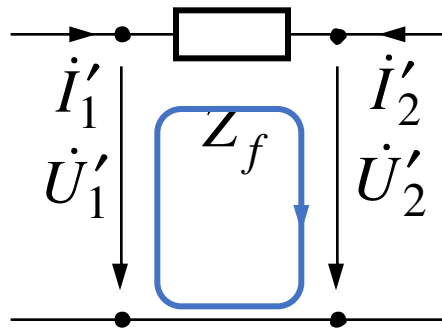


# Kết nối các mạng hai cửa (15)

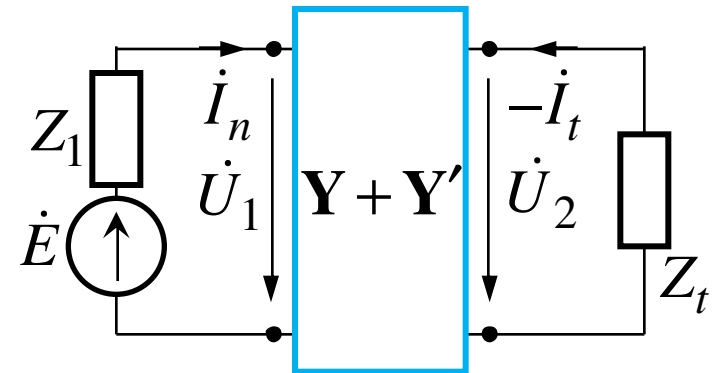
VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} -\dot{U}'_1 + Z_f \dot{I}'_1 + \dot{U}'_2 = 0 \\ -\dot{U}'_1 - Z_f \dot{I}'_2 + \dot{U}'_2 = 0 \end{cases}$$



$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}'_1 = \frac{\dot{U}'_1}{Z_f} - \frac{\dot{U}'_2}{Z_f} \\ \dot{I}'_2 = -\frac{\dot{U}'_1}{Z_f} + \frac{\dot{U}'_2}{Z_f} \end{cases}$$



$$\rightarrow \mathbf{Y}' = \begin{bmatrix} -j0,10 & j0,10 \\ j0,10 & -j0,10 \end{bmatrix} \text{S}$$

# Kết nối các mạng hai cửa (16)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

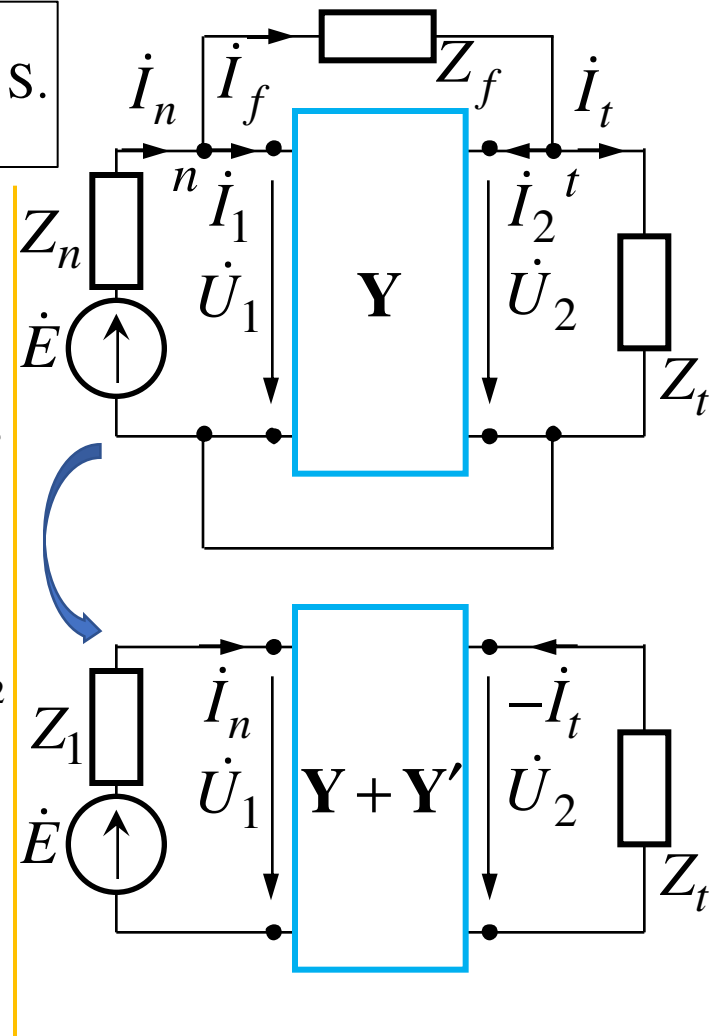
$$\mathbf{Y}' = \begin{bmatrix} -j0,10 & j0,10 \\ j0,10 & -j0,10 \end{bmatrix} \text{S}$$

Cách 4

$$\mathbf{Y} + \mathbf{Y}' = \begin{bmatrix} 0,0455 - j0,10 & -0,0182 + j0,10 \\ -0,0182 + j0,10 & 0,0273 - j0,10 \end{bmatrix} \text{S}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_n = (0,0455 - j0,10)\dot{U}_1 - (0,0182 - j0,10)\dot{U}_2 \\ -\dot{I}_t = -(0,0182 - j0,10)\dot{U}_1 + (0,0273 - j0,10)\dot{U}_2 \\ 5\dot{I}_n + \dot{U}_1 = 200 \\ \dot{U}_2 + j20\dot{I}_t = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_n = 12,76 + j8,02 \text{ A} \\ \dot{I}_t = 7,22 + j10,41 \text{ A} \end{cases}$$



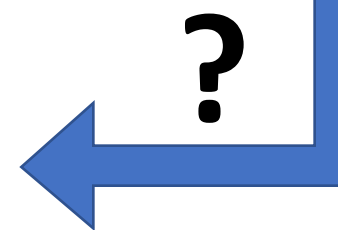
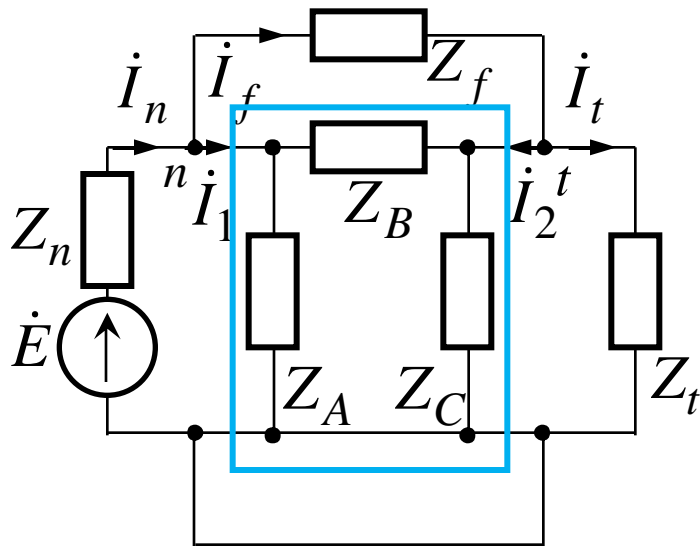
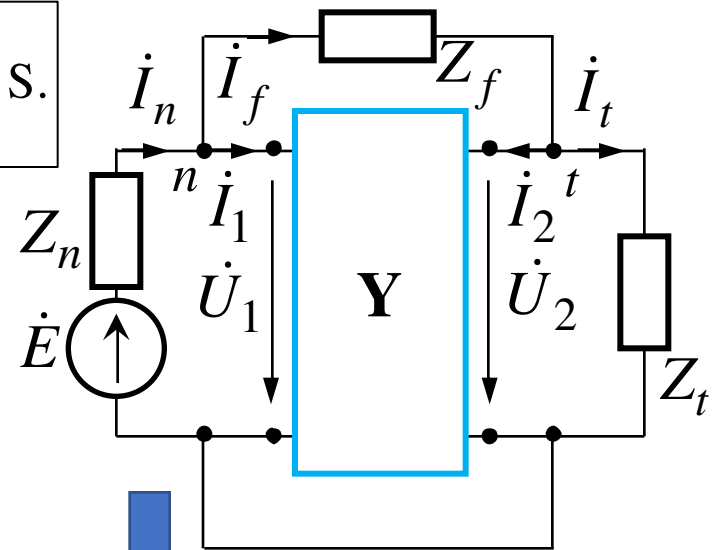


# Mạng hai cửa

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

Cách 5







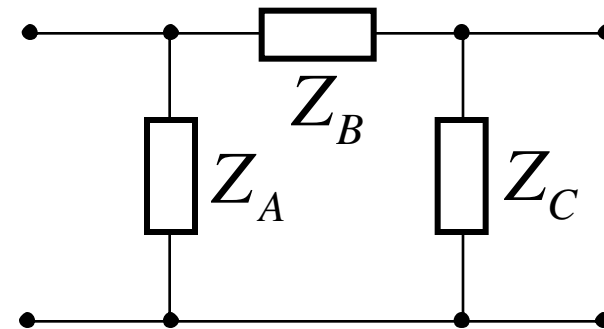
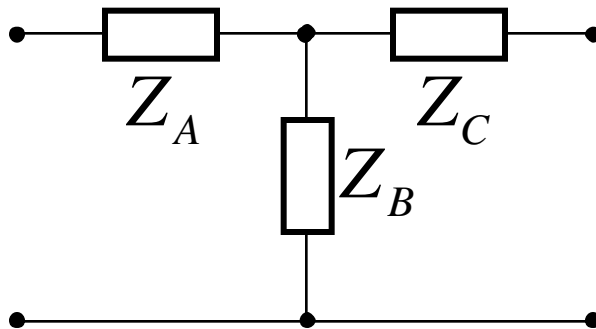
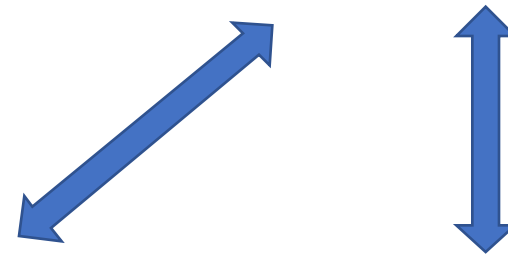
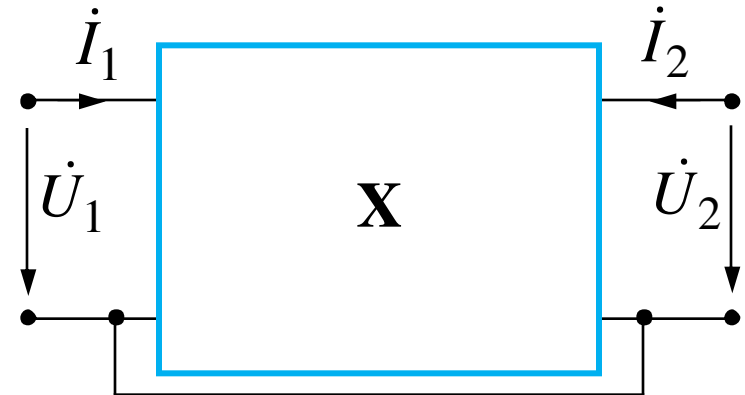
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T & Π**
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Mạng T & $\Pi$ (1)

1. Tìm bộ số  $\mathbf{X}'$  của mạng T hoặc  $\Pi$ ,
2.  $\mathbf{X} = \mathbf{X}'(\alpha)$ ,
3. Giải  $(\alpha)$  để tìm các tổng trở của mạng T hoặc  $\Pi$ .





# Mạng T & Π (2)

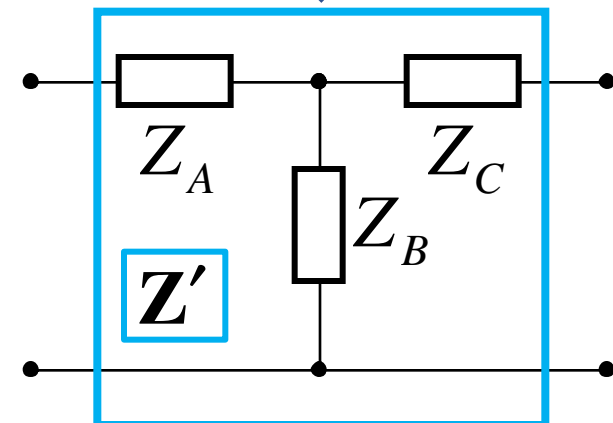
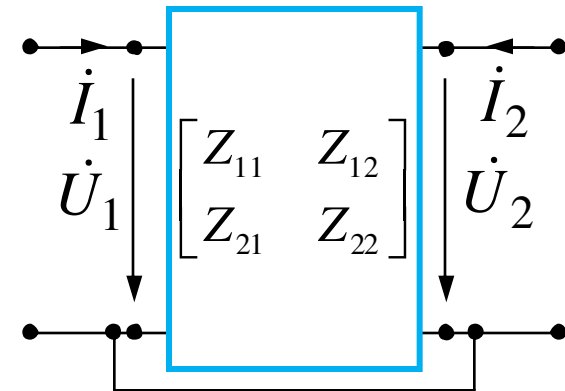
$$\mathbf{Z}' = \begin{bmatrix} Z_A + Z_B & Z_B \\ Z_B & Z_B + Z_C \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}'$$

$$\rightarrow \begin{cases} Z_A + Z_B = Z_{11} \\ Z_B = Z_{12} \\ Z_B = Z_{21} \\ Z_B + Z_C = Z_{22} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} Z_A = Z_{11} - Z_{12} \\ Z_B = Z_{12} \\ Z_C = Z_{22} - Z_{12} \end{cases}$$



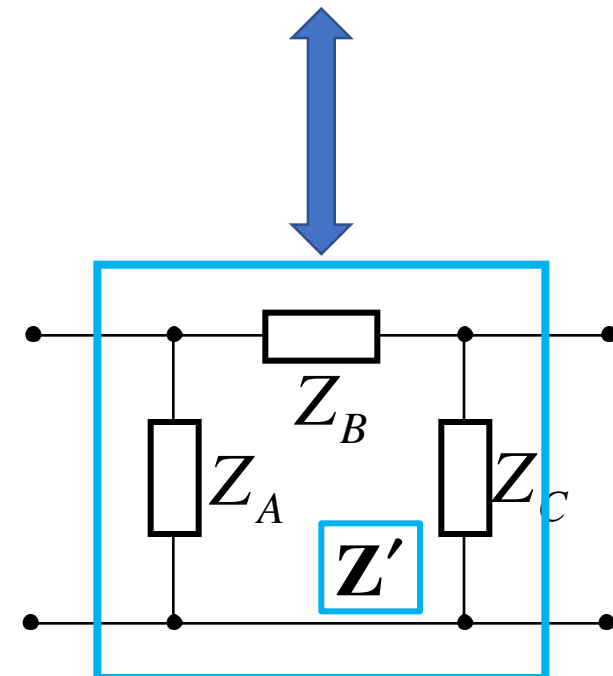
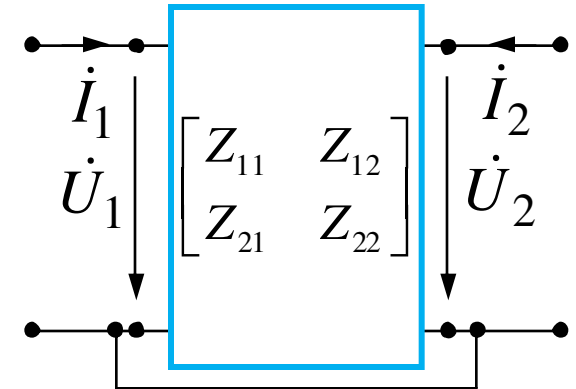


# Mạng T & Π (3)

$$\mathbf{Z}' = \begin{bmatrix} \frac{Z_A(Z_B + Z_C)}{Z_A + Z_B + Z_C} & \frac{Z_A Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C} \\ \frac{Z_A Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C} & \frac{Z_C(Z_B + Z_A)}{Z_A + Z_B + Z_C} \end{bmatrix}$$

$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}'$

$$\rightarrow \begin{cases} Z_A = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{22} - Z_{12}} \\ Z_B = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{12}} \\ Z_C = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{11} - Z_{12}} \end{cases}$$





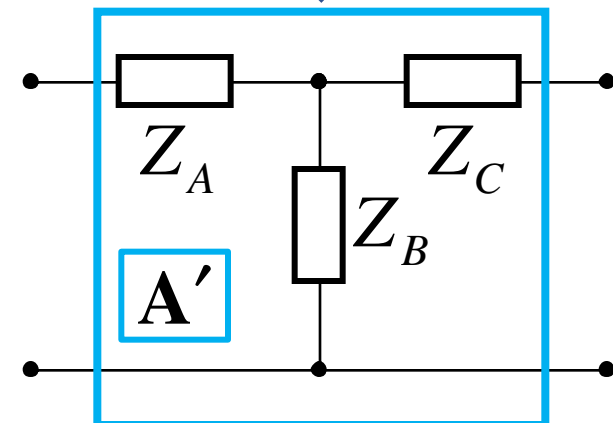
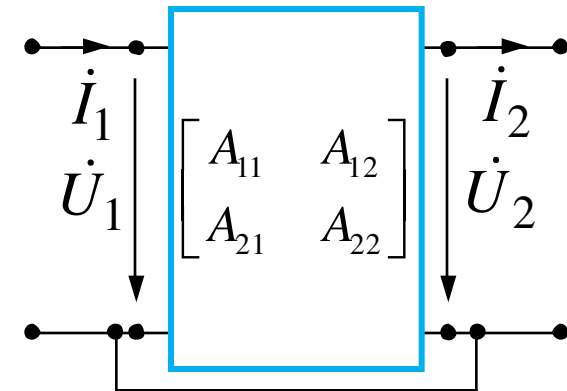
# Mạng T & Π (4)

$$\mathbf{A}' = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_A}{Z_B} & Z_A + Z_C + \frac{Z_A Z_C}{Z_B} \\ \frac{1}{Z_B} & 1 + \frac{Z_C}{Z_B} \end{bmatrix}$$

$$Z_A = \frac{A_{11} - 1}{A_{21}}$$

$$Z_B = \frac{1}{A_{21}}$$

$$Z_C = \frac{A_{22} - 1}{A_{21}}$$





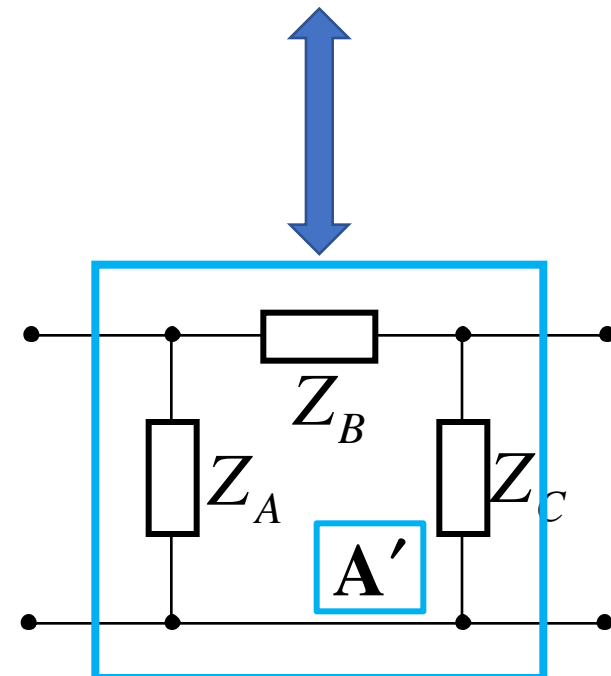
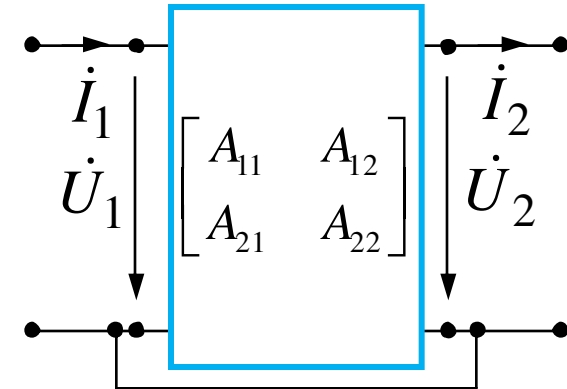
# Mạng T & Π (5)

$$A' = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_B}{Z_C} & Z_B \\ \frac{Z_A + Z_B + Z_C}{Z_A Z_C} & 1 + \frac{Z_B}{Z_A} \end{bmatrix}$$

$$Z_A = \frac{A_{12}}{A_{22} - 1}$$

$$Z_B = A_{12}$$

$$Z_C = \frac{A_{12}}{A_{11} - 1}$$



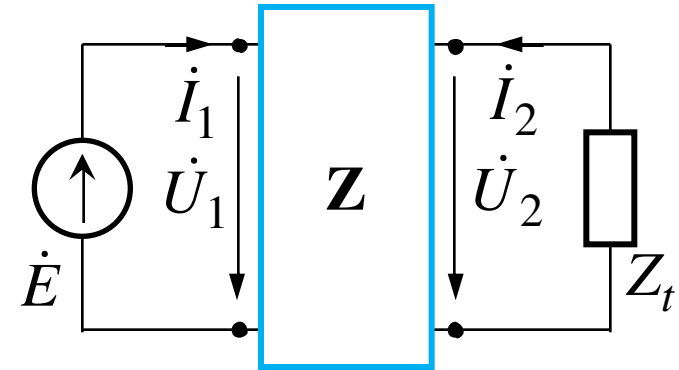
# Mạng T & Π (6)

VD1

$$\dot{E} = 220 \text{ V}; Z_t = j50 \Omega; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 10 & j20 \\ j20 & 40 \end{bmatrix} \Omega.$$

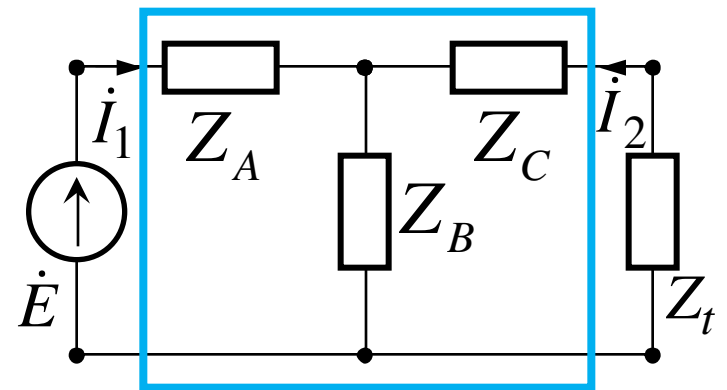
$$\begin{cases} Z_A = Z_{11} - Z_{12} = 10 - j20 \Omega \\ Z_B = Z_{12} = j20 \Omega \\ Z_C = Z_{22} - Z_{12} = 40 - j20 \Omega \end{cases}$$

Cách 2



$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_A + Z_B \parallel (Z_C + Z_t)} = \frac{220}{(10 - j20) + \frac{j20(40 - j20 + j50)}{j20 + 40 - j20 + j50}} = \boxed{14,09 + j4,94 \text{ A}}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-\dot{I}_1 Z_B}{Z_B + Z_C + Z_t} = \frac{-(14,09 + j4,94) j20}{j20 + 40 - j20 + j50} = \boxed{-2,47 - j3,96 \text{ A}}$$





# Mạng T & Π (7)

VD1

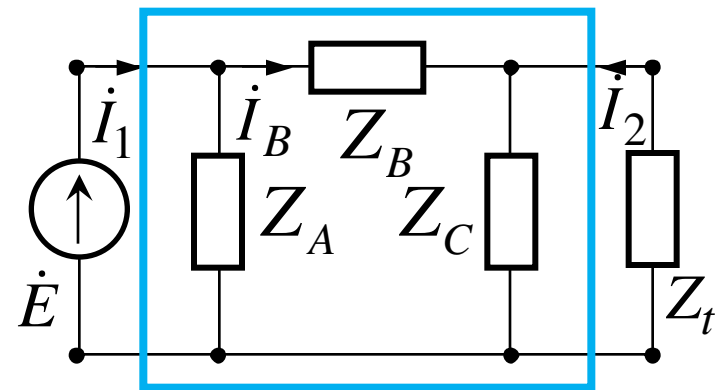
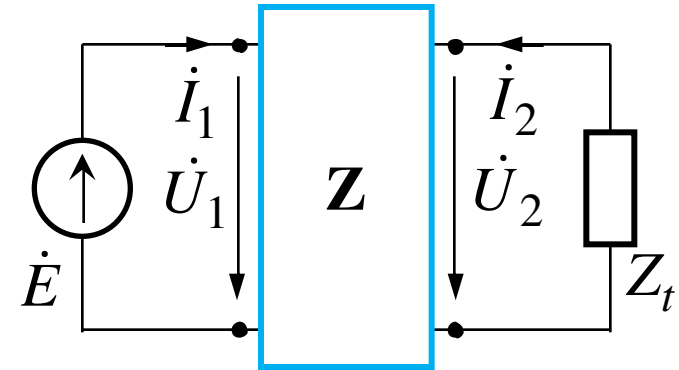
$$\dot{E} = 220 \text{ V}; Z_t = j50 \Omega; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 10 & j20 \\ j20 & 40 \end{bmatrix} \Omega.$$

$$Z_A = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{22} - Z_{12}} = 16 + j8 \Omega$$

$$Z_B = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{12}} = -j40 \Omega$$

$$Z_C = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{11} - Z_{12}} = 16 + j32 \Omega$$

Cách 3



$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_A // [Z_B + (Z_C // Z_t)]} = \boxed{14,09 + j4,94 \text{ A}}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}}{Z_B + (Z_C // Z_t)} = 3,09 + j10,44 \text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-\dot{I}_B Z_C}{Z_C + Z_t} = \boxed{-2,47 - j3,96 \text{ A}}$$





# Mạng T & Π (8)

VD2

$$\dot{E} = 220 \text{ V};$$

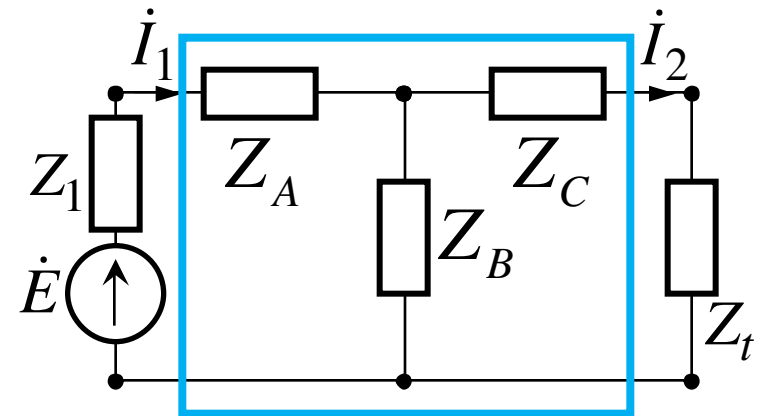
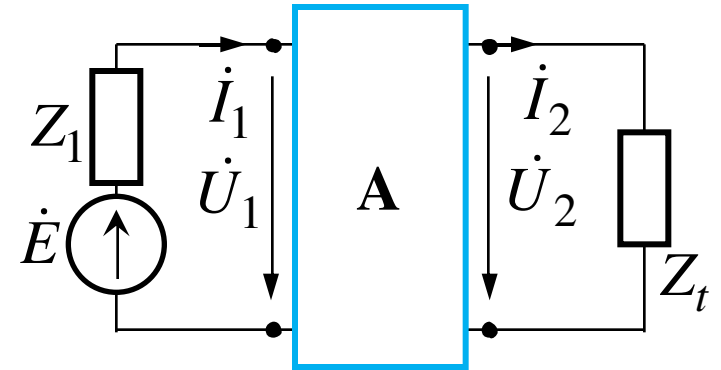
$$Z_1 = 20 \Omega; Z_t = j50 \Omega; \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3 & 200 \\ 0,04 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_A = \frac{A_{11} - 1}{A_{21}} = \frac{3 - 1}{0,04} = 50 \Omega \\ Z_B = \frac{1}{A_{21}} = \frac{1}{0,04} = 25 \Omega \\ Z_C = \frac{A_{22} - 1}{A_{21}} = \frac{3 - 1}{0,04} = 50 \Omega \end{array} \right.$$

$$\dot{i}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_1 + Z_A + Z_B \parallel (Z_C + Z_t)} = \boxed{2,46 - j0,11 \text{ A}}$$

$$\dot{i}_2 = \frac{\dot{i}_1 Z_B}{Z_B + Z_C + Z_t} = \boxed{0,55 - j0,40 \text{ A}}$$

Cách 2





# Mạng T & Π (9)

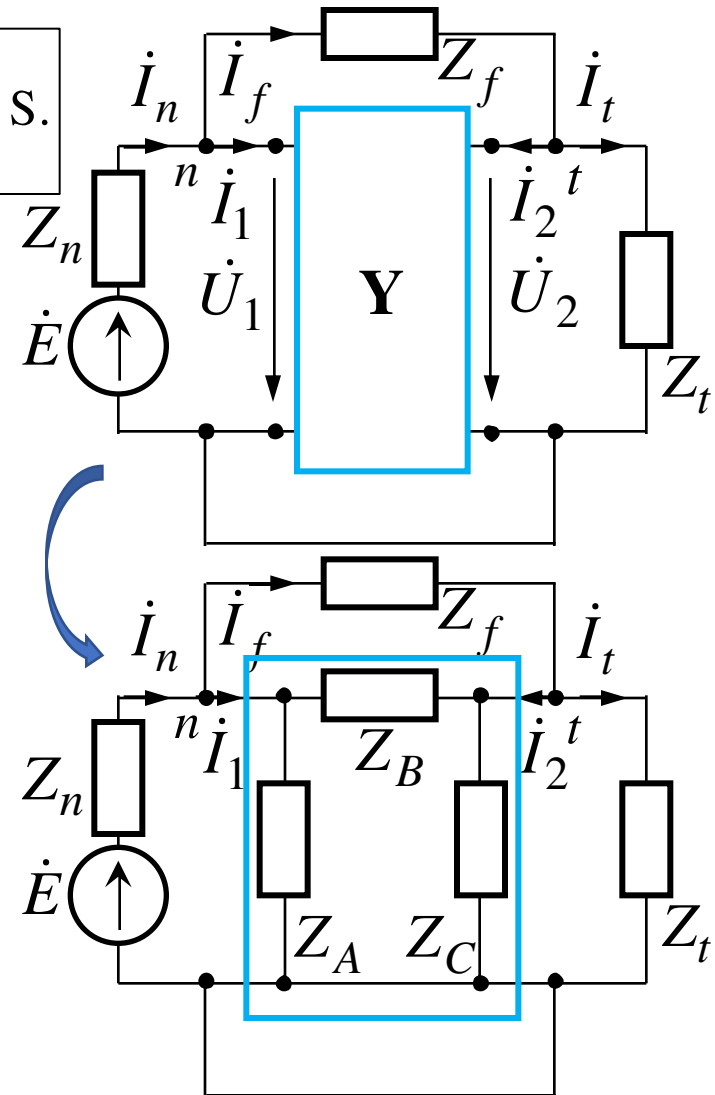
VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Z} = \mathbf{Y}^{-1} &= \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix}^{-1} \\ &= \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{cases} Z_A = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{22} - Z_{12}} = 36,67\ \Omega \\ Z_B = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{12}} = 55,00\ \Omega \\ Z_C = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{11} - Z_{12}} = 110,00\ \Omega \end{cases}$$

Cách 5



# Mạng T & Π (10)

VD3

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 200\text{V}; Z_n = 5\ \Omega; \\ Z_f &= j10\ \Omega; Z_t = -j20\ \Omega; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,0455 & -0,0182 \\ -0,0182 & 0,0273 \end{bmatrix} \text{S.} \end{aligned}$$

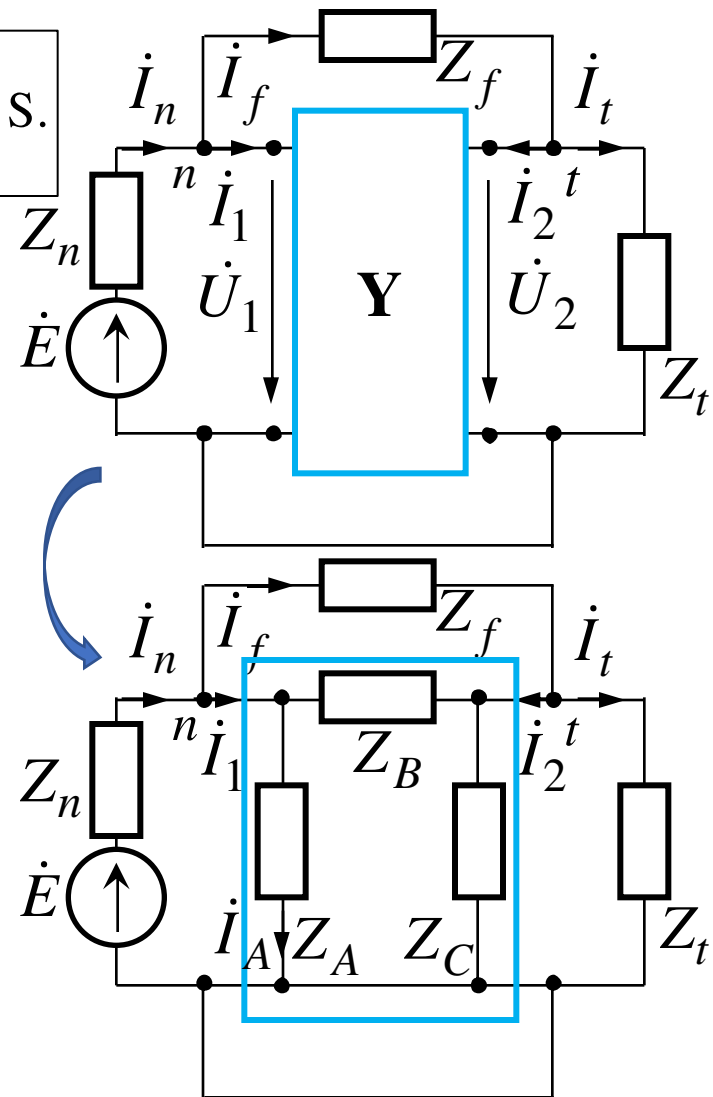
Cách 5

$$Z_A = 36,67\ \Omega; Z_B = 55,00\ \Omega; Z_C = 110,00\ \Omega$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_n &= \frac{\dot{E}}{Z_n + \{Z_A \parallel [(Z_f \parallel Z_B) + (Z_t \parallel Z_C)]\}} \\ &= \boxed{12,80 + j8,00\ \text{A}} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E} - Z_n \dot{I}_n}{Z_A} = 3,71 - j1,09\ \text{A}$$

$$\dot{I}_t = \frac{(\dot{I}_n - \dot{I}_A)Z_C}{Z_C + Z_t} = \boxed{7,20 + j10,40\ \text{A}}$$



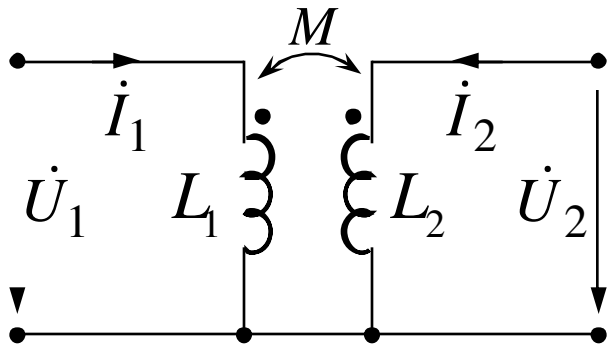


# Lý thuyết mạch I

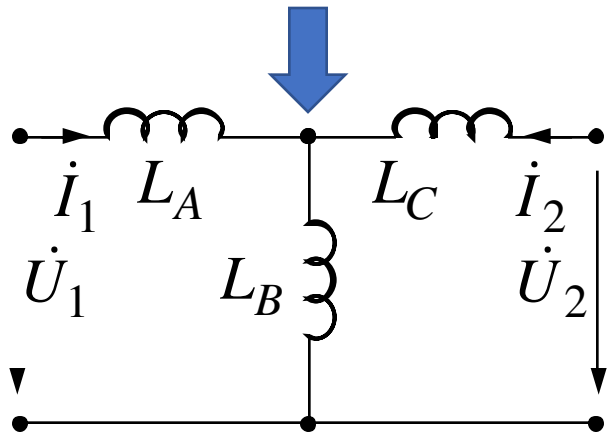
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. **Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng T &  $\Pi$
  - 6. **Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm**
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



## Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm (1)



$$\rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = j\omega M \dot{I}_1 + j\omega L_2 \dot{I}_2 \end{cases}$$



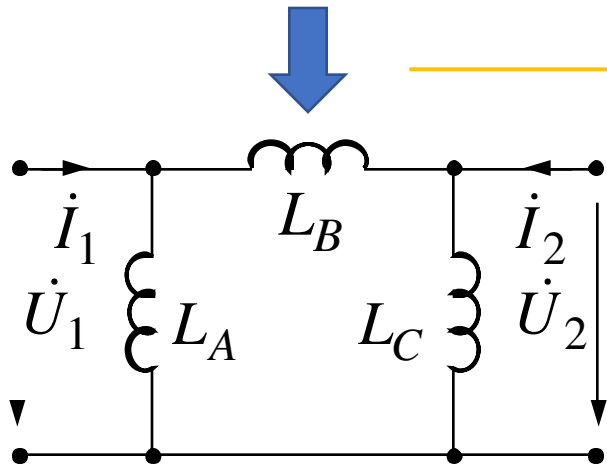
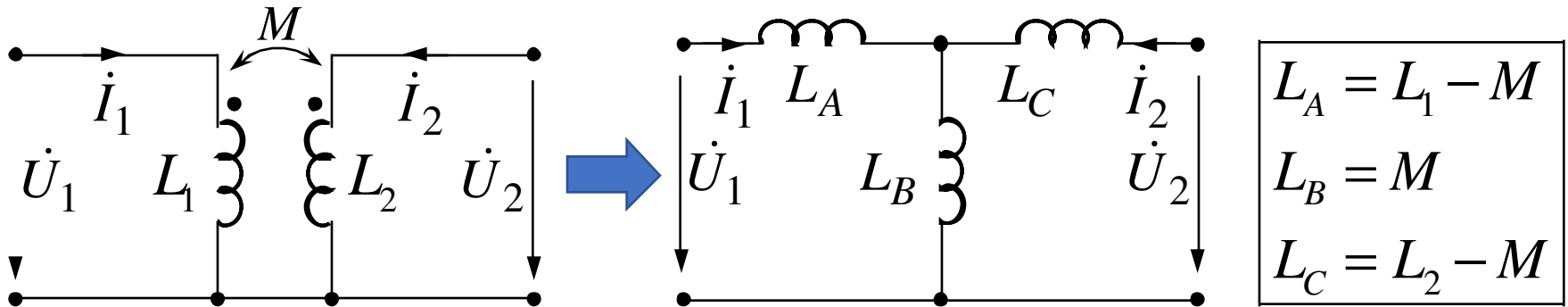
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = j\omega L_A \dot{I}_1 + j\omega L_B (\dot{I}_1 + \dot{I}_2) \\ \quad = j\omega (L_A + L_B) \dot{I}_1 + j\omega L_B \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = j\omega L_B (\dot{I}_1 + \dot{I}_2) + j\omega L_C \dot{I}_2 \\ \quad = j\omega L_B \dot{I}_1 + j\omega (L_B + L_C) \dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} L_A + L_B = L_1 \\ L_B = M \\ L_B + L_C = L_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} L_A = L_1 - M \\ L_B = M \\ L_C = L_2 - M \end{cases}$$





## Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm (2)



$$L_A = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_2 - M}$$

$$L_B = \frac{L_1 L_2 - M^2}{M}$$

$$L_C = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 - M}$$

## Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm (3)

### VD1

$$Z_{ab} = ?$$

Cách 3

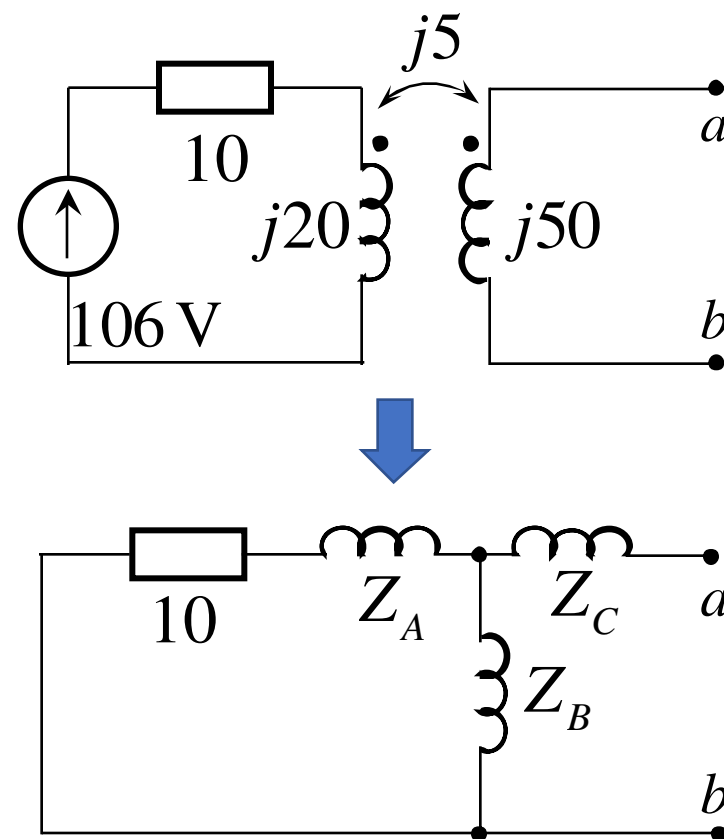
$$Z_A = j20 - j5 = j15 \Omega$$

$$Z_C = j50 - j5 = j45 \Omega$$

$$Z_B = j5 \Omega$$

$$Z_{td} = \frac{Z_B(10 + Z_A)}{Z_B + 10 + Z_A} + Z_C$$

$$= \boxed{0,50 + j49 \Omega}$$



## Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm (4)

### VD1

$$Z_{ab} = ?$$

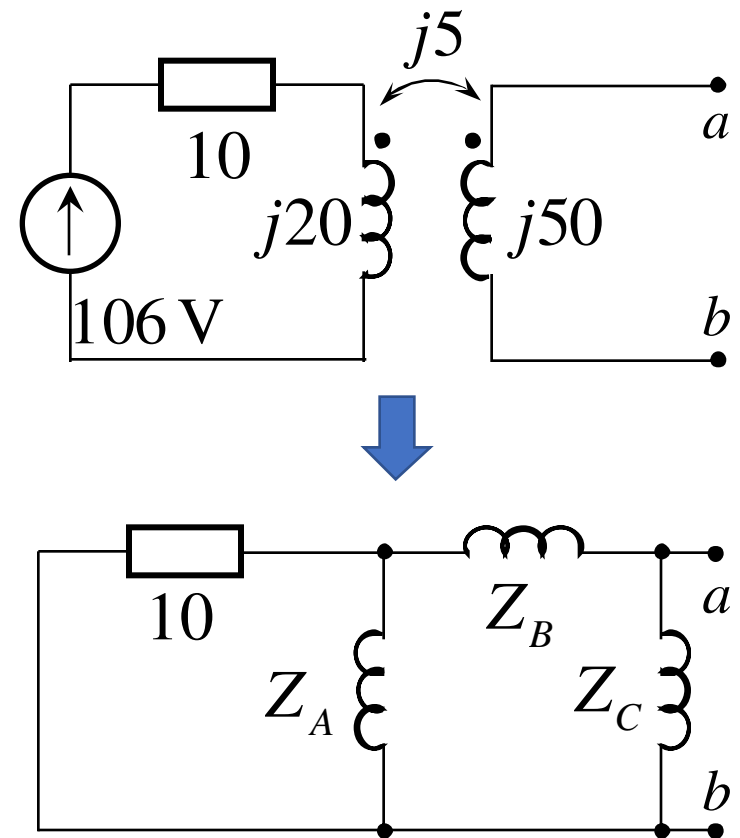
Cách 4

$$Z_A = \frac{j20 \cdot j50 - (j5)^2}{j50 - j5} = j21,67 \Omega$$

$$Z_B = \frac{j20 \cdot j50 - (j5)^2}{j5} = j195 \Omega$$

$$Z_C = \frac{j20 \cdot j50 - (j5)^2}{j20 - j5} = j65 \Omega$$

$$Z_{td} = \frac{\left( \frac{10Z_A}{10 + Z_A} + Z_B \right) Z_C}{\frac{10Z_A}{10 + Z_A} + Z_B + Z_C} = \boxed{0,50 + j49 \Omega}$$





## Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm (5)

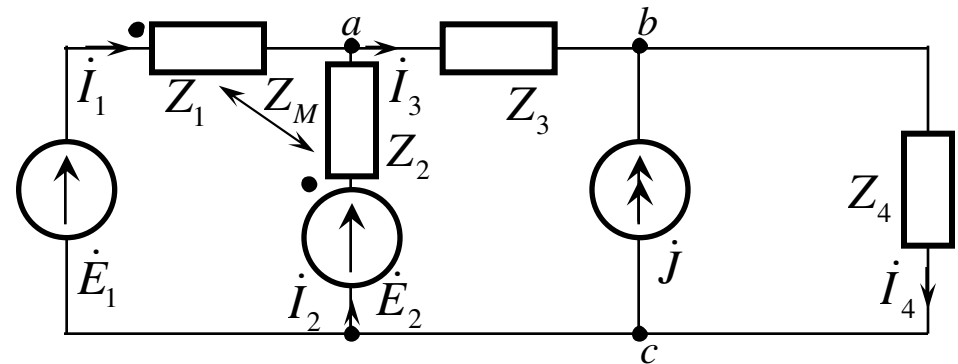
### VD2

$$Z_1 = 10 + j15\Omega; Z_2 = 20 + j10\Omega; Z_M = j2\Omega;$$

$$Z_3 = -j20\Omega; Z_4 = 25\Omega; \dot{E}_1 = 100\text{ V};$$

$$\dot{E}_2 = 150/30^\circ\text{ V}; j = 5/45^\circ\text{ A}$$

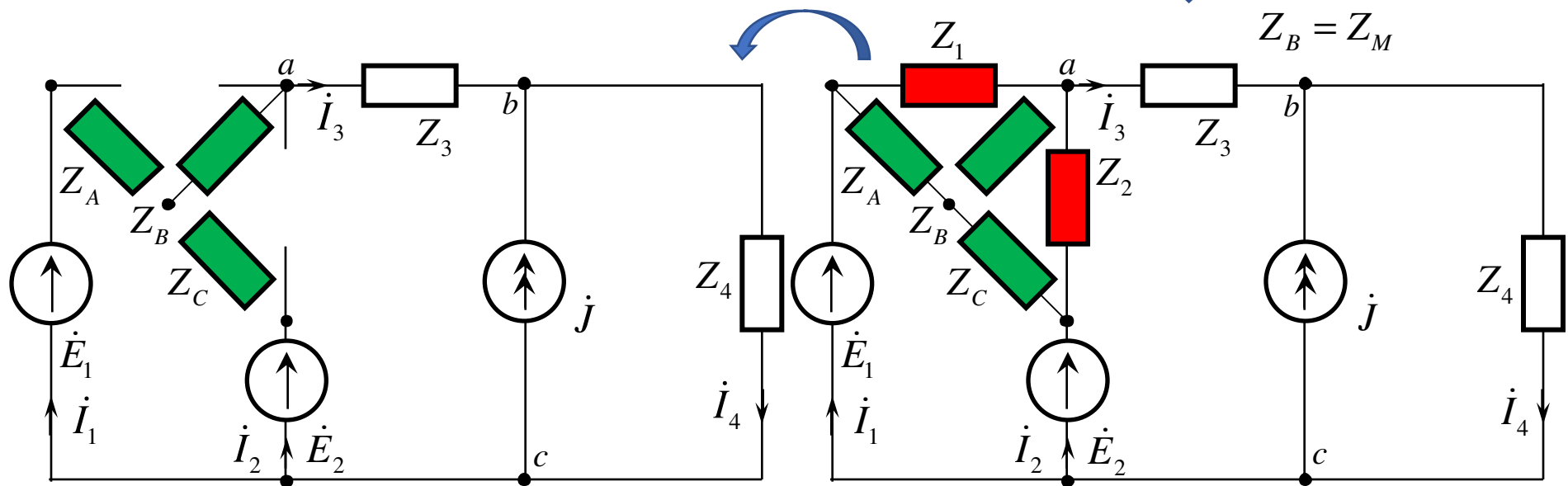
Cách 2



$$Z_A = Z_1 - Z_M$$

$$Z_C = Z_2 - Z_M$$

$$Z_B = Z_M$$



## Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm (6)

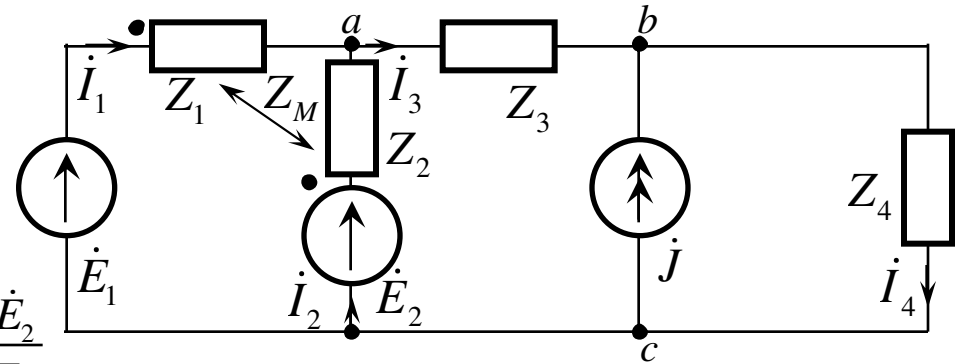
### VD2

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

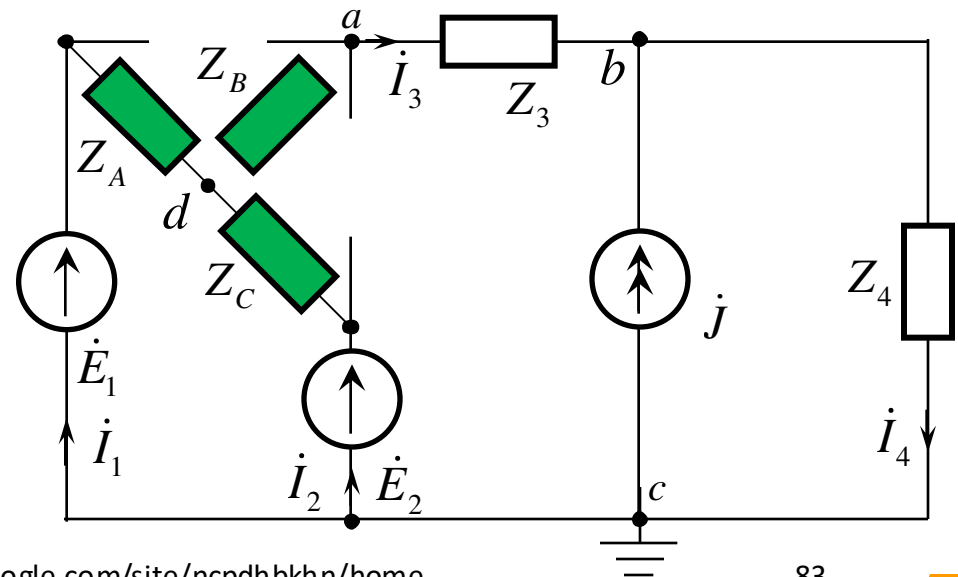
$$\begin{cases} \left( \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_3 + Z_B} \right) \dot{\phi}_d - \frac{1}{Z_3 + Z_B} \dot{\phi}_b = \frac{\dot{E}_1}{Z_A} + \frac{\dot{E}_2}{Z_C} \\ -\frac{1}{Z_3 + Z_B} \dot{\phi}_d + \left( \frac{1}{Z_3 + Z_B} + \frac{1}{Z_4} \right) \dot{\phi}_b = j \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{\phi}_d = 88,11 + j40,06 \text{ V} \\ \dot{\phi}_b = 111,12 + j56,43 \text{ V} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = (\dot{E}_1 - \dot{\phi}_d) / Z_A = \boxed{-1,49 - j2,06 \text{ A}} \\ \dot{I}_2 = (\dot{E}_2 - \dot{\phi}_d) / Z_C = \boxed{2,40 + j0,79 \text{ A}} \\ \dot{I}_3 = (\dot{\phi}_d - \dot{\phi}_b) / (Z_B + Z_3) = \boxed{0,91 - j1,28 \text{ A}} \\ \dot{I}_4 = \dot{\phi}_b / Z_4 = \boxed{4,44 + j2,26 \text{ A}} \end{cases}$$



$$\begin{aligned} Z_A &= Z_1 - Z_M \\ Z_C &= Z_2 - Z_M \\ Z_B &= Z_M \end{aligned}$$



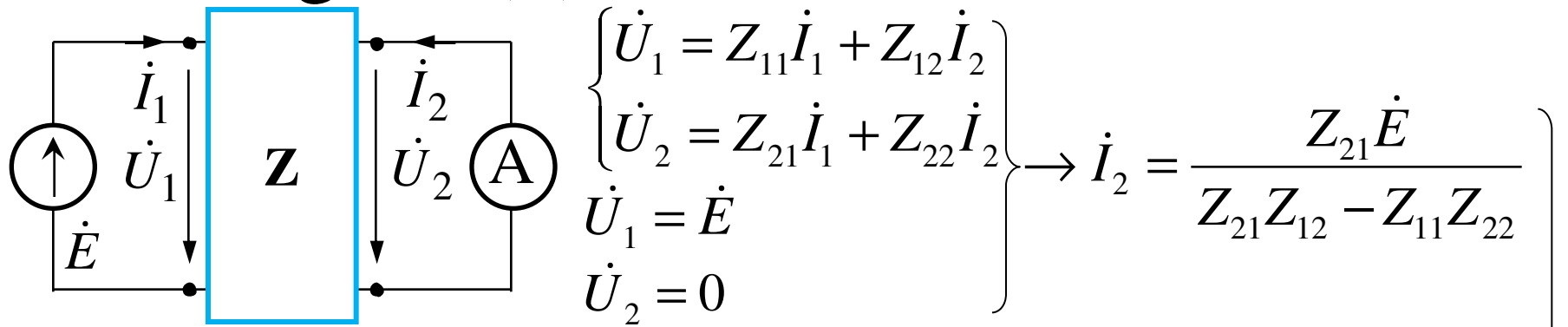


# Lý thuyết mạch I

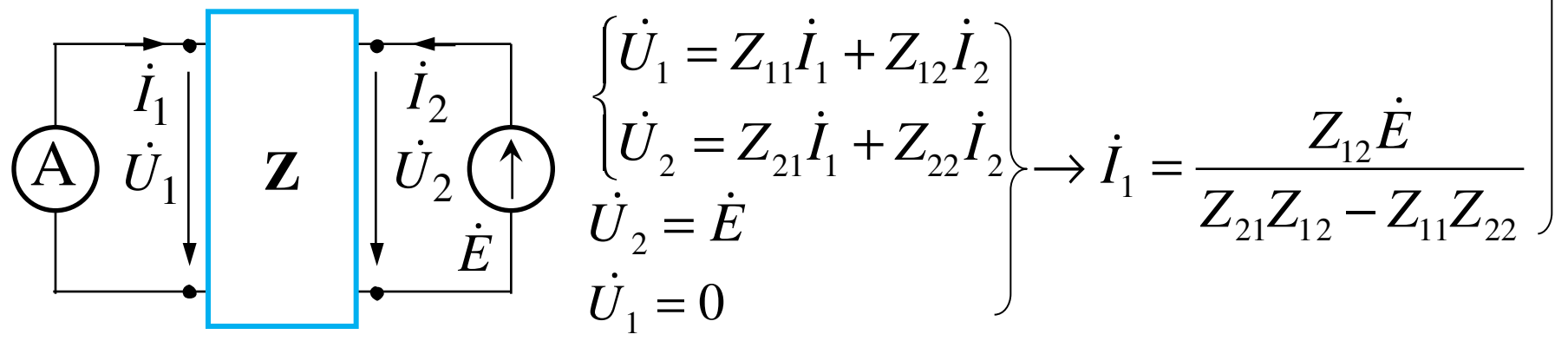
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng  $T$  &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ**
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Tương hỗ (1)



Mạng hai cửa gọi là tương hỗ nếu  $\dot{I}_1 = \dot{I}_2$

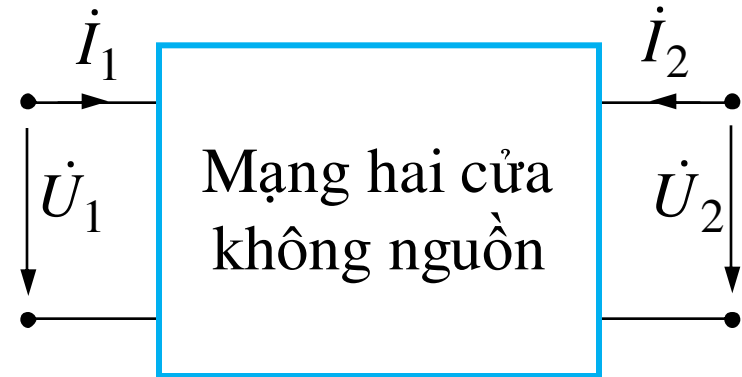


→ Mạng hai cửa gọi là tương hỗ nếu  $Z_{12} = Z_{21}$



## Tương hỗ (2)

- Mạng hai cửa gọi là tương hỗ nếu  $Z_{12} = Z_{21}$ .
- Bộ số  $\mathbf{Z}$  của mạng hai cửa tuyến tính không nguồn luôn có  $Z_{12} = Z_{21}$ .
- Suy ra: **mạng hai cửa tuyến tính không nguồn luôn có tính tương hỗ.**



- |                  |                        |
|------------------|------------------------|
| • $\mathbf{Z}$ : | $Z_{12} = Z_{21}$      |
| • $\mathbf{Y}$ : | $Y_{12} = Y_{21}$      |
| • $\mathbf{H}$ : | $H_{12} = -H_{21}$     |
| • $\mathbf{G}$ : | $G_{12} = -G_{21}$     |
| • $\mathbf{A}$ : | $\det(\mathbf{A}) = 1$ |
| • $\mathbf{B}$ : | $\det(\mathbf{B}) = 1$ |

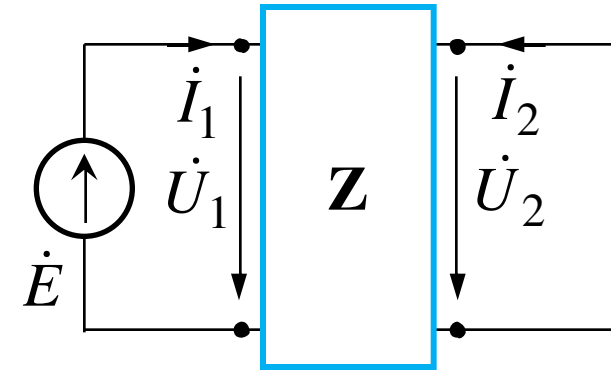


# Tương hỗ (3)

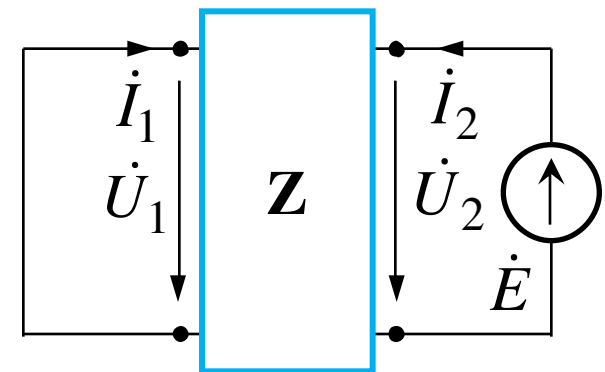
VD

$$\dot{E} = 220 \text{ V}; Z_t = j50 \text{ } \Omega; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 10 & j20 \\ j20 & 40 \end{bmatrix} \Omega.$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 10\dot{I}_1 + j20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = j20\dot{I}_1 + 40\dot{I}_2 \\ \dot{U}_1 = \dot{E} \\ \dot{U}_2 = 0 \end{cases} \rightarrow \dot{I}_2 = -j5,50 \text{ A}$$



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 10\dot{I}_1 + j20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = j20\dot{I}_1 + 40\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = \dot{E} \\ \dot{U}_1 = 0 \end{cases} \rightarrow \dot{I}_1 = -j5,50 \text{ A}$$





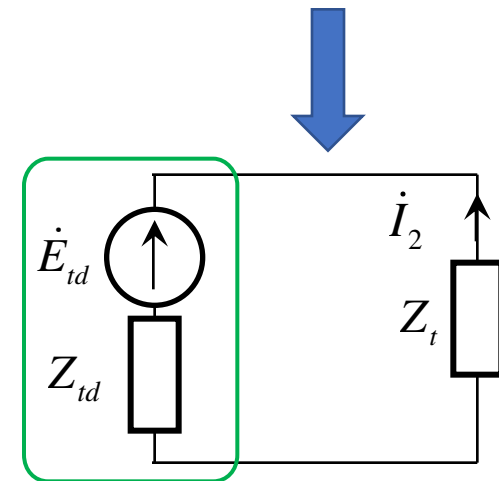
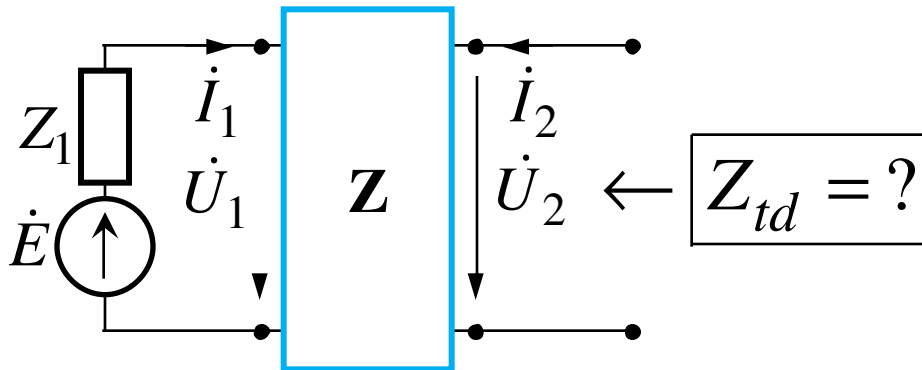
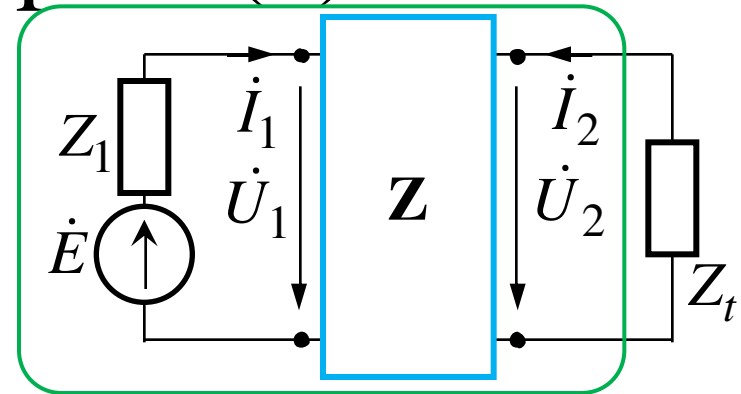
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng  $T$  &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hỗ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải**
  - 9. Hàm truyền đạt
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



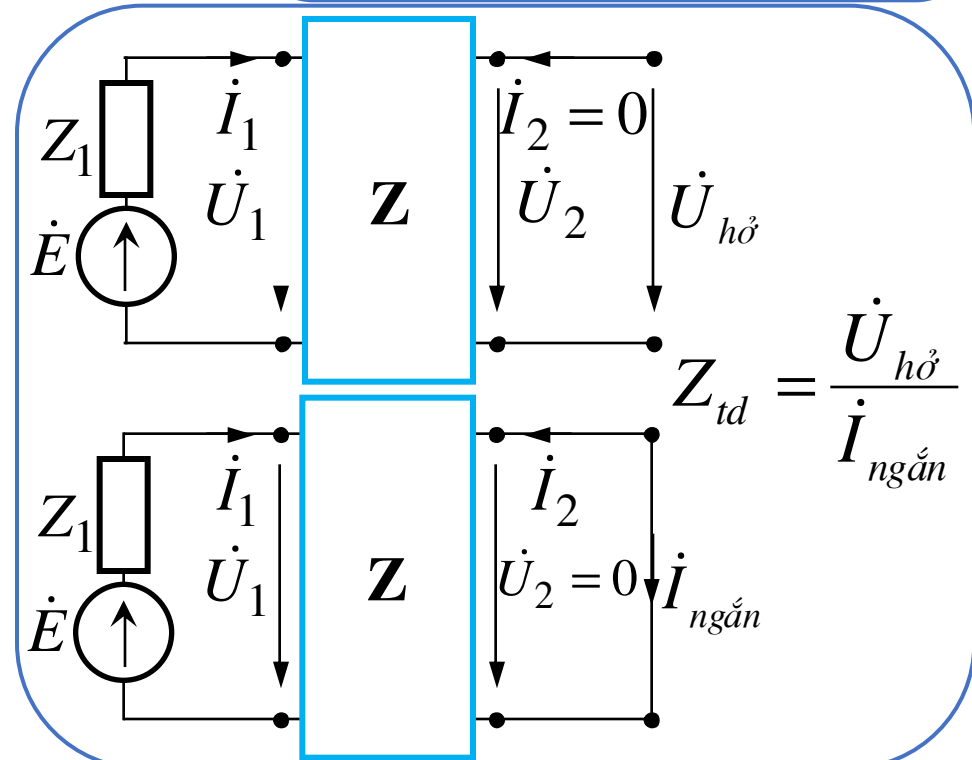
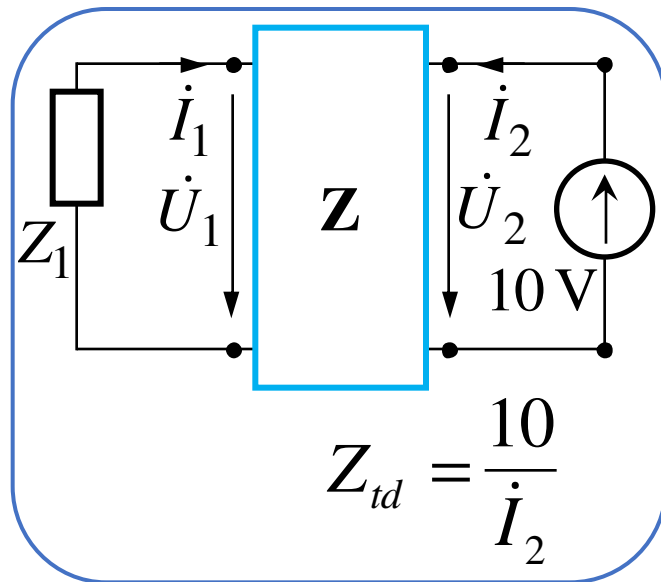
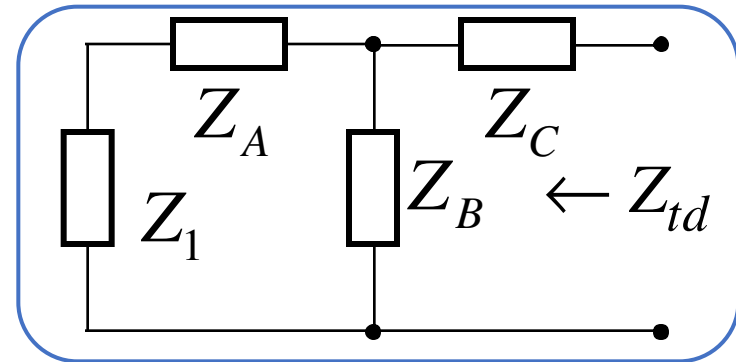
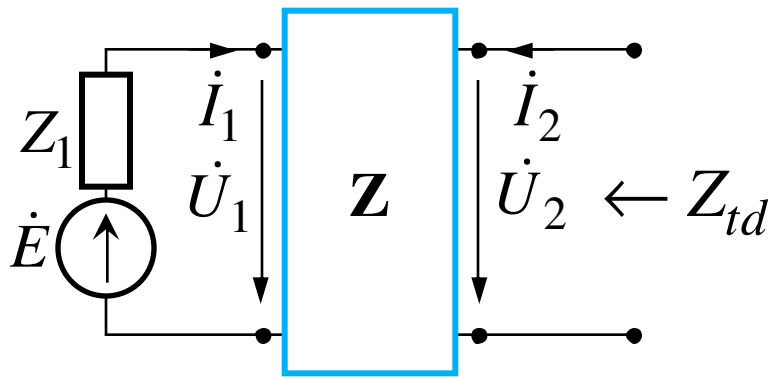
# Tổng trở vào & hòa hợp tải (1)

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





# Tổng trở vào & hòa hợp tải (2)



# Tổng trở vào & hòa hợp tải (3)

## VD1

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_1 = 15 + j25 \Omega$$

Tìm  $Z_2$  để  $P_{Z_2}$  cực đại?

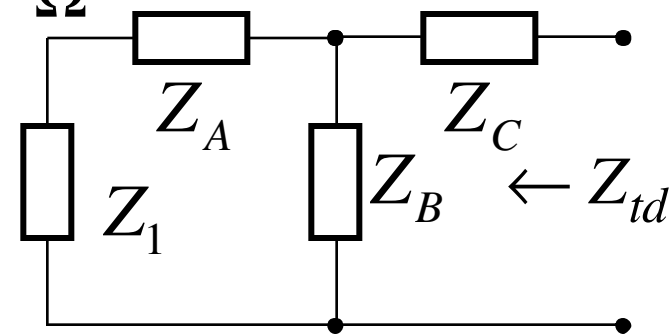
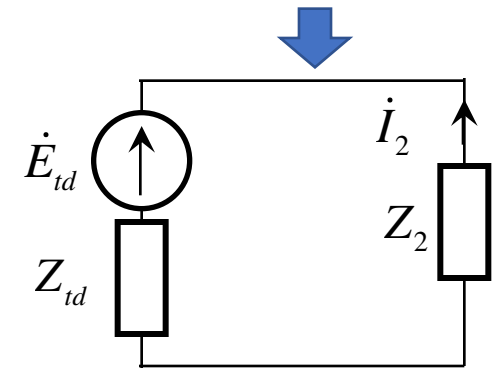
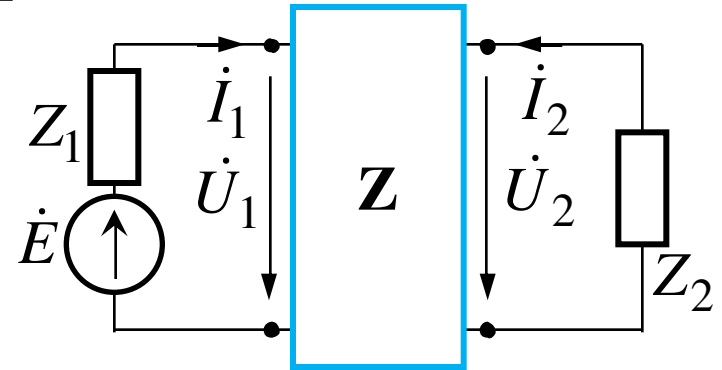
$$\begin{cases} Z_A = Z_{11} - Z_{12} = 10 \Omega \\ Z_B = Z_{12} = 20 \Omega \\ Z_C = Z_{22} - Z_{12} = 30 \Omega \end{cases}$$

$$Z_{td} = \frac{(Z_1 + Z_A)Z_B}{Z_1 + Z_A + Z_B} + Z_C = 43,21 + j3,77 \Omega$$

$$Z_2 = \hat{Z}_{td} = \boxed{43,21 - j3,77 \Omega}$$

Cách 1

$$Z_2 = \hat{Z}_{td}$$



# Tổng trở vào & hòa hợp tải (4)

VD1

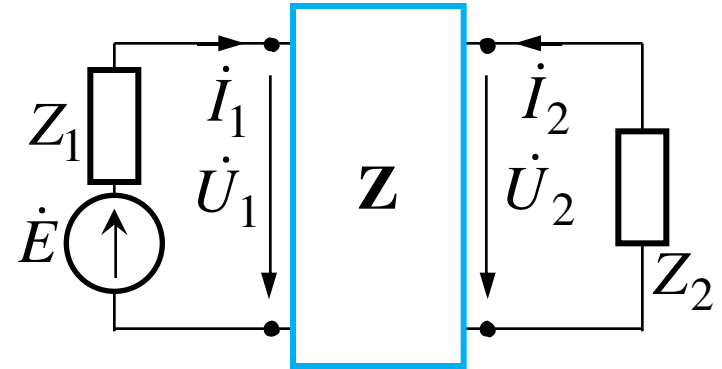
$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_1 = 15 + j25 \Omega$$

Tìm  $Z_2$  để  $P_{Z_2}$  cực đại?

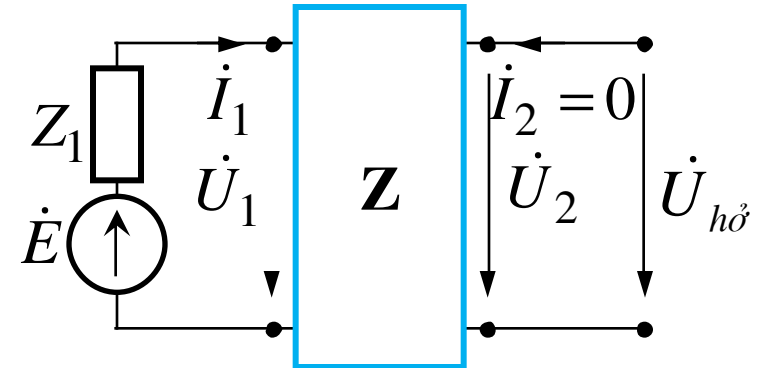
Cách 2

$$Z_2 = \hat{Z}_{td}$$



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 30\dot{I}_1 + 20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 20\dot{I}_1 + 50\dot{I}_2 \\ (15 + j25)\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = \dot{E} = 220 \\ \dot{I}_2 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \dot{U}_2 = 74,72 - j41,51 \text{ V} = \dot{U}_{hở}$$



# Tổng trở vào & hòa hợp tải (5)

VD1

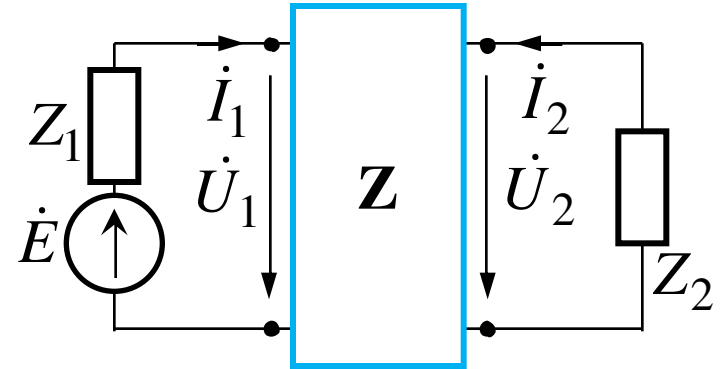
$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; \quad \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_1 = 15 + j25 \Omega$$

Tìm  $Z_2$  để  $P_{Z_2}$  cực đại?

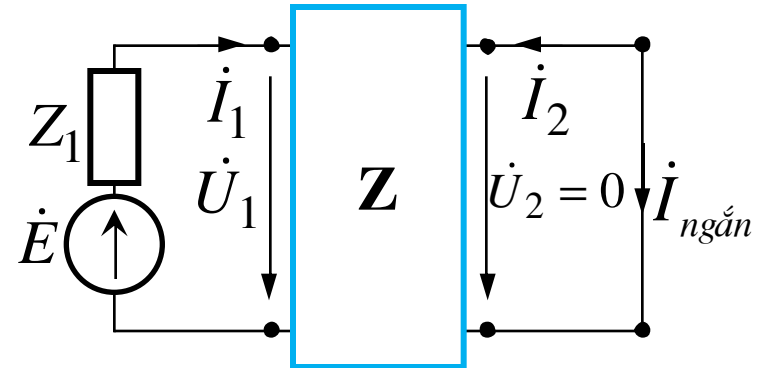
Cách 2

$$Z_2 = \hat{Z}_{td}$$



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 30\dot{I}_1 + 20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 20\dot{I}_1 + 50\dot{I}_2 \\ (15 + j25)\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = \dot{E} = 220 \\ \dot{U}_2 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \dot{I}_2 = -1,63 + j1,10 \text{ A} = -\dot{I}_{ngắn}$$



# Tổng trở vào & hòa hợp tải (6)

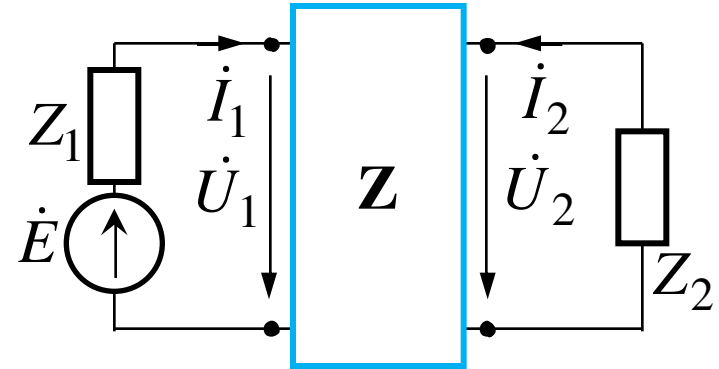
VD1

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

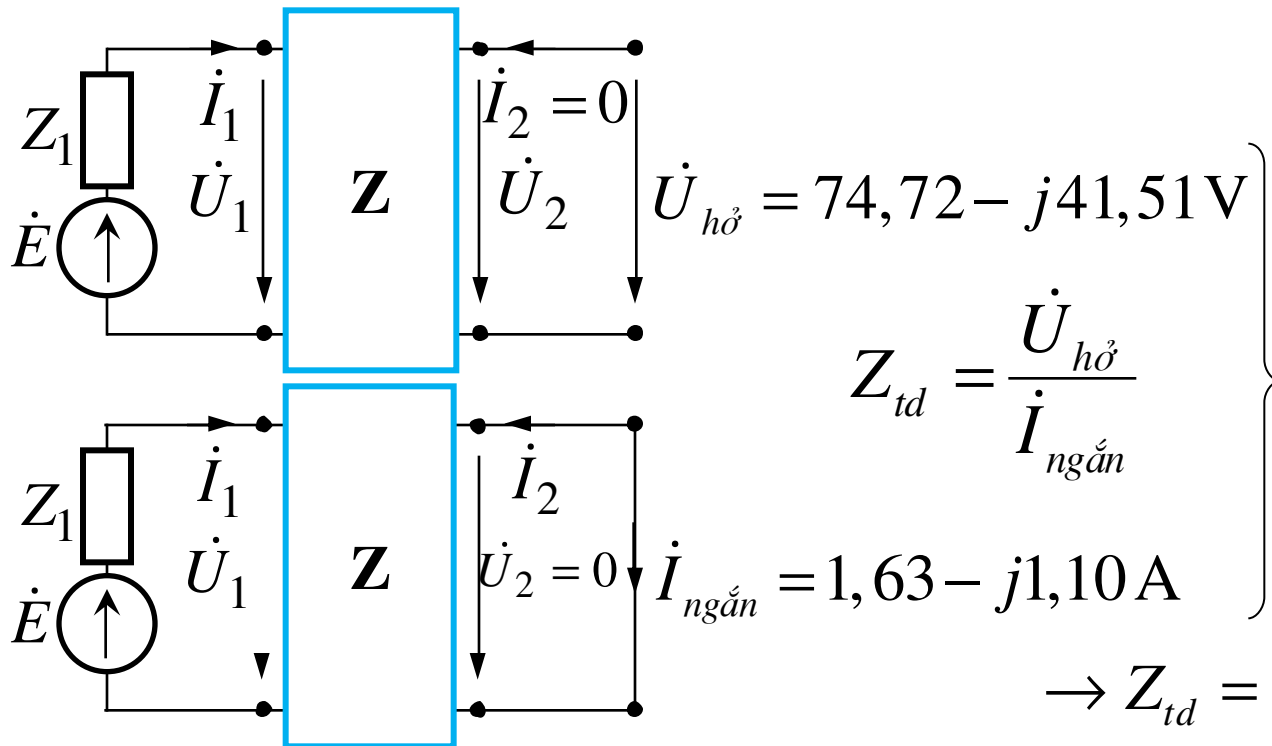
$$Z_1 = 15 + j25 \Omega$$

Tìm  $Z_2$  để  $P_{Z_2}$  cực đại?

Cách 2



$$Z_2 = \hat{Z}_{td}$$



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

$$\rightarrow Z_{td} = 43,31 + j3,77 \Omega$$

# Tổng trở vào & hòa hợp tải (7)

VD1

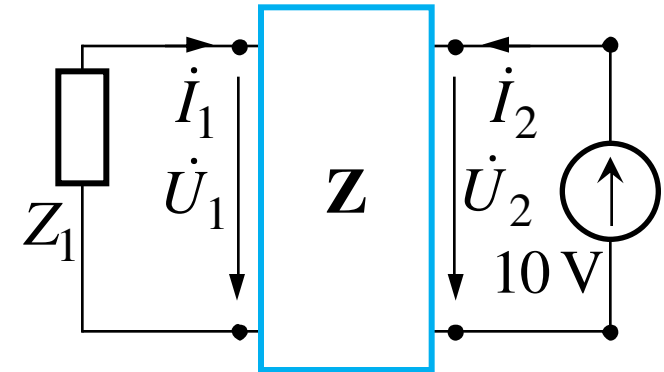
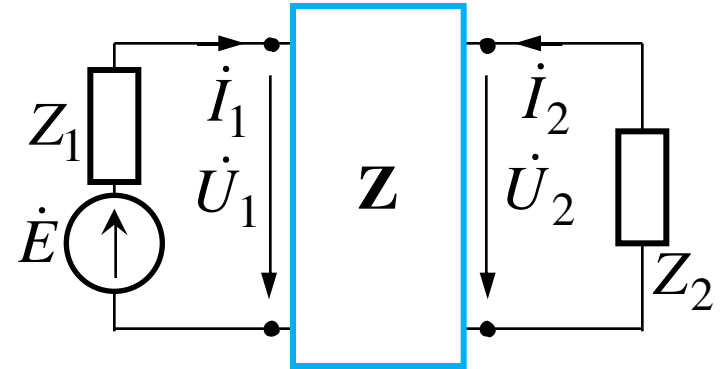
$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; \quad \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_1 = 15 + j25 \Omega$$

Tìm  $Z_2$  để  $P_{Z_2}$  cực đại?

Cách 3

$$Z_2 = \hat{Z}_{td}$$



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 30\dot{I}_1 + 20\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = 20\dot{I}_1 + 50\dot{I}_2 \\ (15 + j25)\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = 0 \\ \dot{U}_2 = 10 \end{cases}$$

$$\rightarrow \dot{I}_2 = 0,023 - j0,002 \text{ A} \quad \rightarrow Z_{td} = \frac{10}{\dot{I}_2} = 43,15 + j3,75 \Omega$$



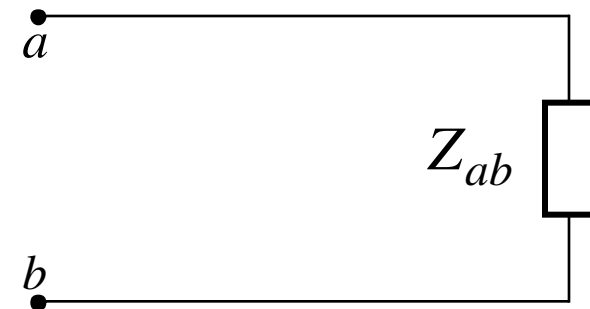
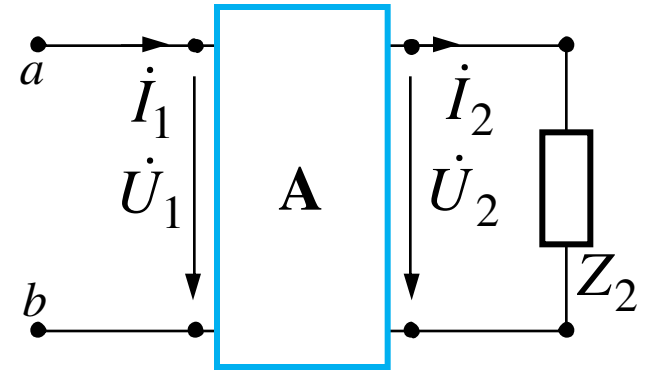
# Tổng trở vào & hòa hợp tải (8)

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

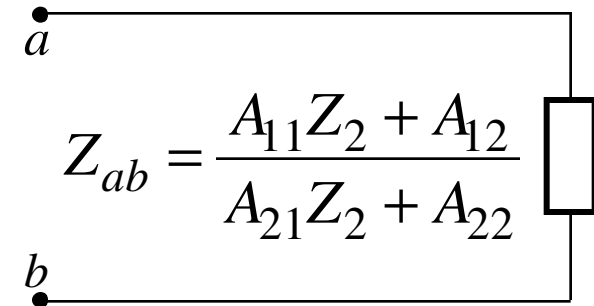
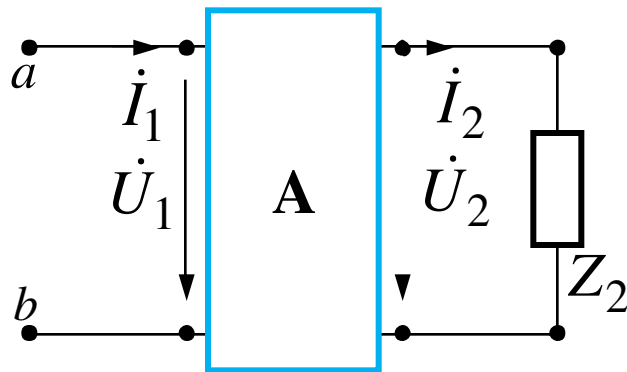
$$Z_{ab} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}$$

$$\dot{U}_2 = Z_2\dot{I}_2$$

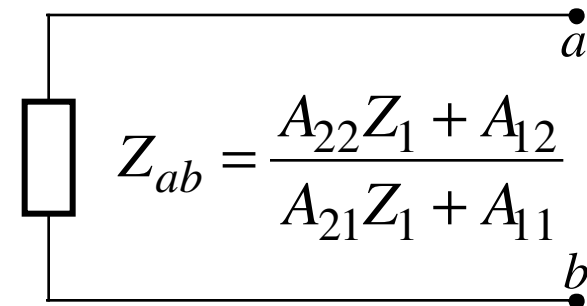
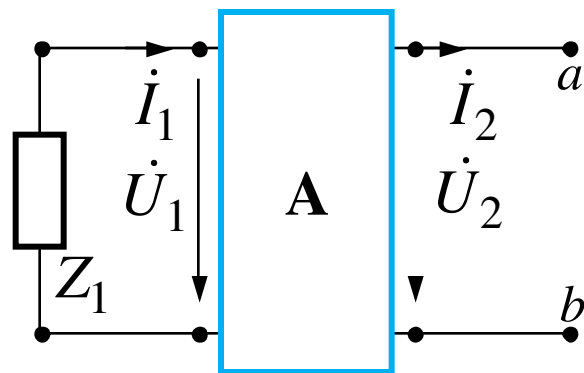
$$Z_{ab} = \frac{A_{11}Z_2 + A_{12}}{A_{21}Z_2 + A_{22}}$$



# Tổng trở vào & hòa hợp tải (9)

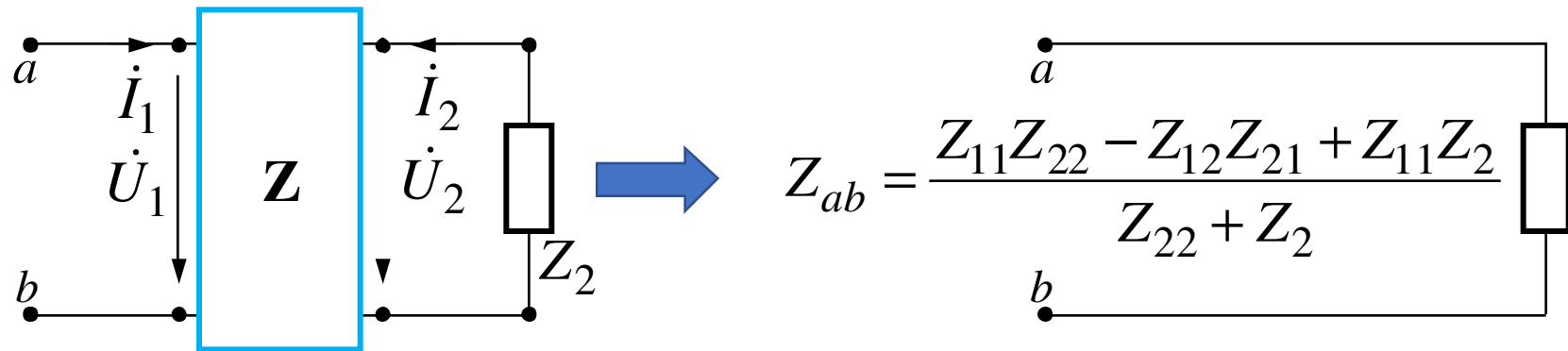


$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

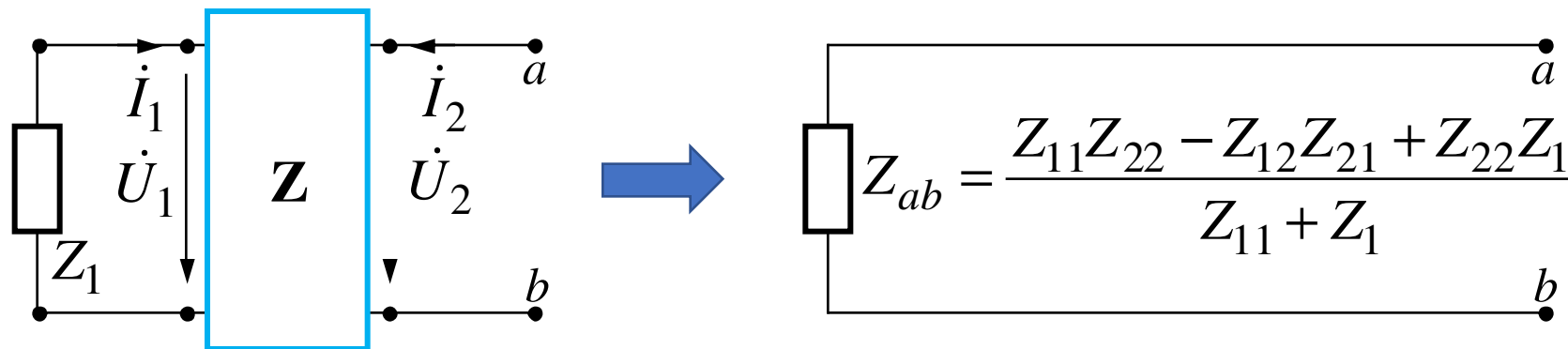




# Tổng trở vào & hòa hợp tải (10)



$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$$



# Tổng trở vào & hòa hợp tải (11)

VD1

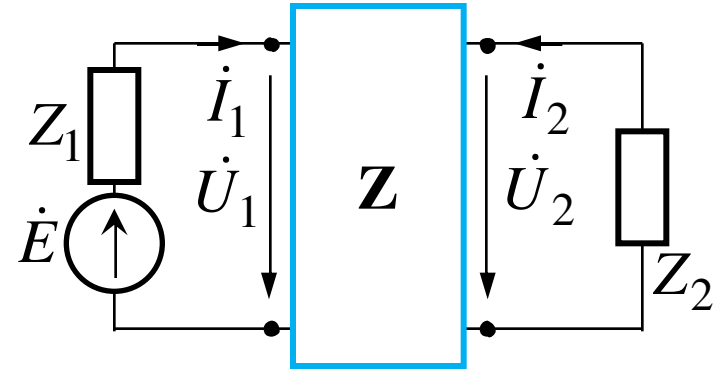
$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix} \Omega; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_1 = 15 + j25 \Omega$$

Tìm  $Z_2$  để  $P_{Z_2}$  cực đại?

Cách 4

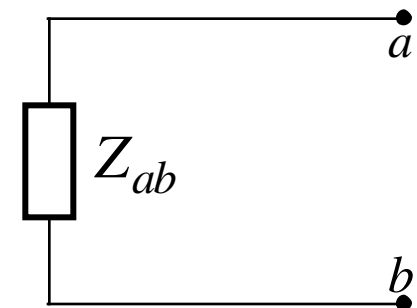
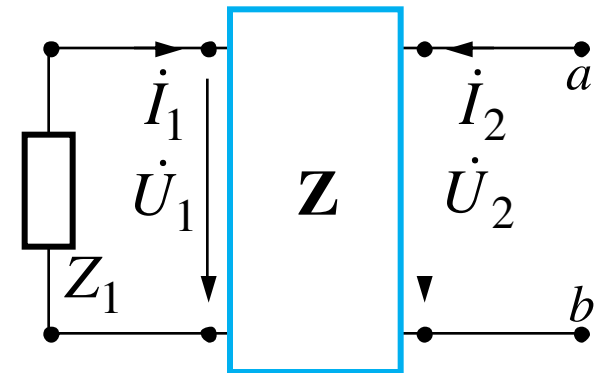
$$Z_2 = \hat{Z}_{td}$$



$$Z_{td} = Z_{ab} = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{22}Z_1}{Z_{11} + Z_1}$$

$$= \frac{30 \cdot 50 - 20 \cdot 20 + 50(15 + j25)}{30 + 15 + j25}$$

$$= 43,21 + j3,77 \Omega$$

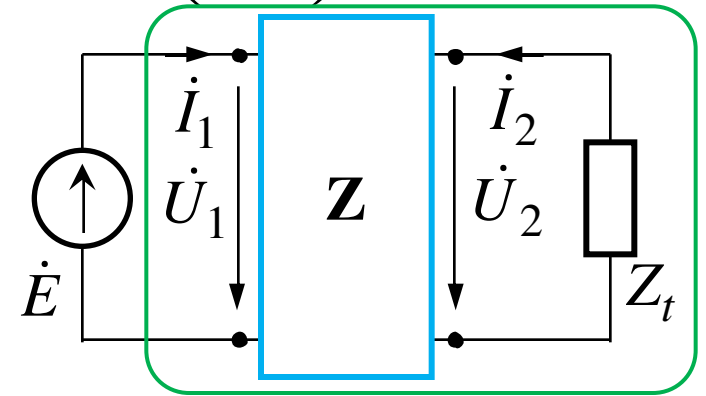


# Tổng trở vào & hòa hợp tải (12)

VD2

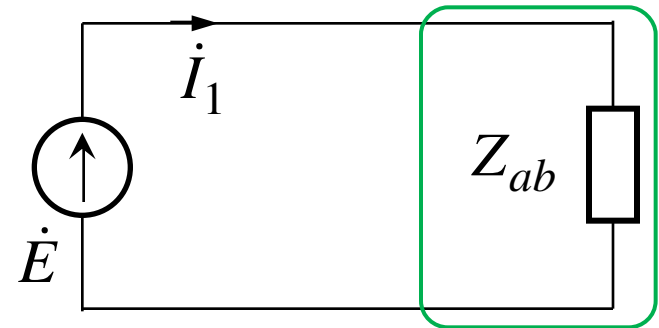
$$\dot{E} = 220 \text{ V}; Z_t = j50 \text{ } \Omega; \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 10 & j20 \\ j20 & 40 \end{bmatrix} \text{ } \Omega.$$

Cách 4



$$Z_{ab} = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t}{Z_{22} + Z_t} = \frac{10 \cdot 40 - j20 \cdot j20 + 10 \cdot j50}{40 + j50} = 13,90 - j4,88 \text{ } \Omega$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_{ab}} = \frac{220}{13,90 - j4,88} = 14,09 + j4,94 \text{ A}$$



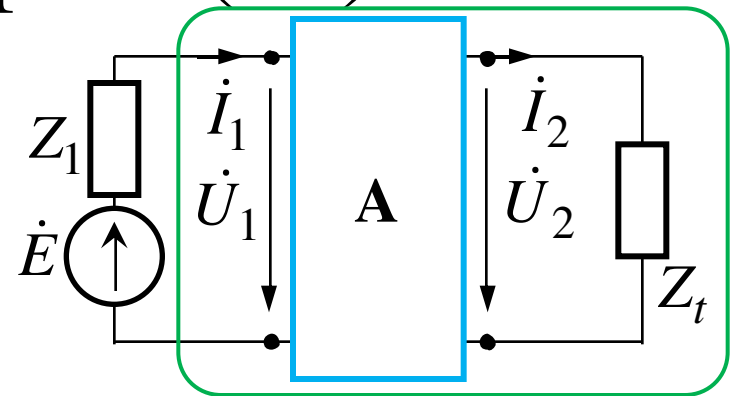
# Tổng trở vào & hòa hợp tải (13)

VD3

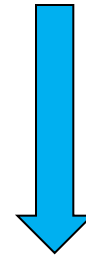
$$\dot{E} = 220 \text{ V};$$

$$Z_1 = 20 \Omega; Z_t = j50 \Omega; \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3 & 200 \\ 0,04 & 3 \end{bmatrix}$$

Cách 3

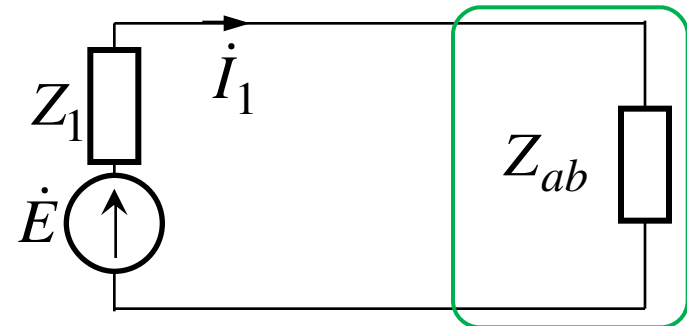


$$Z_{ab} = \frac{A_{11}Z_t + A_{12}}{A_{21}Z_t + A_{22}} = \frac{3(j50) + 200}{0,04(j50) + 3} = 69,23 + j3,85 \Omega$$



$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_1 + Z_{ab}} = \frac{220}{20 + 69,23 + j3,85}$$

$$= \boxed{2,46 - j0,11 \text{ A}}$$



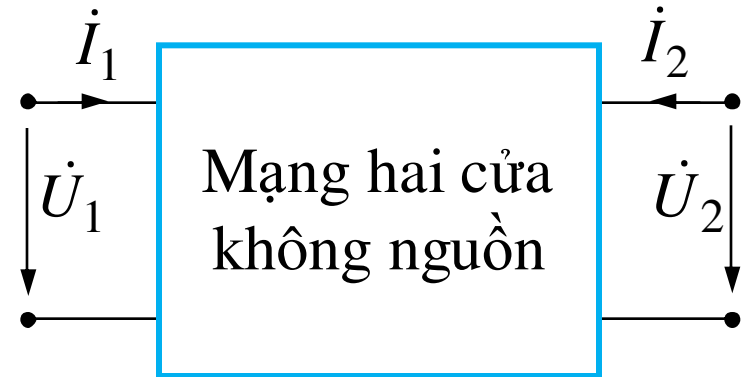


# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa
  - 5. Mạng  $T$  &  $\Pi$
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm
  - 7. Tương hồ
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải
  - 9. Hàm truyền đạt**
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Hàm truyền đạt (1)



Hàm truyền đạt áp:

$$K_u = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$$

Hàm truyền đạt dòng:

$$K_i = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}$$

Hàm truyền đạt áp dòng:

$$K_{ui} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}$$



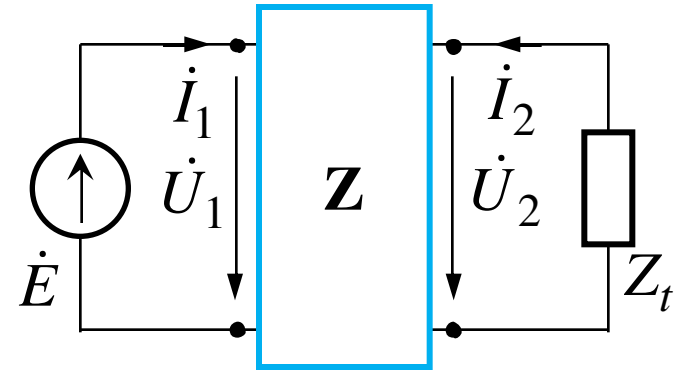
# Hàm truyền đạt (2)

VD1

$$Z = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix}; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_t = 15 + j25 \Omega$$

Tính  $K_u, K_i, K_{ui}$ .



$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_1 = \dot{E} \\ \dot{U}_2 = -Z_t\dot{I}_2 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{E} = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ -Z_t\dot{I}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = \frac{Z_{22} + Z_t}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E} \\ \dot{I}_2 = \frac{-Z_{21}}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E} \end{array} \right.$$





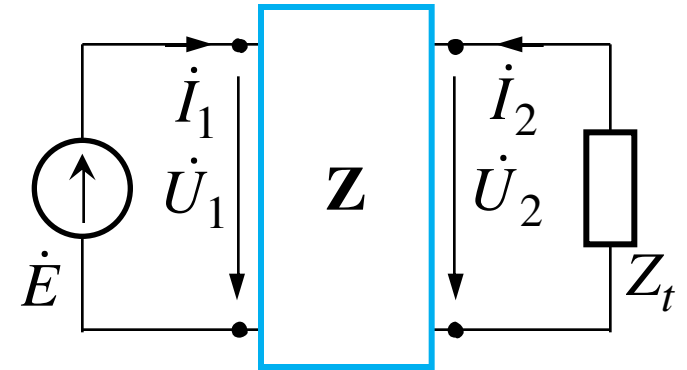
# Hàm truyền đạt (3)

VD1

$$Z = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix}; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_t = 15 + j25 \Omega$$

Tính  $K_u, K_i, K_{ui}$ .



$$\dot{I}_1 = \frac{Z_{22} + Z_t}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-Z_{21}}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E}$$

$$\left. \begin{array}{l} \dot{U}_2 = -Z_t \dot{I}_2 \end{array} \right\} \rightarrow \dot{U}_2 = \frac{Z_{21}Z_t}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E}$$

$$\rightarrow K_u = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{Z_{21}Z_t}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} = \boxed{0,28 + j0,19}$$





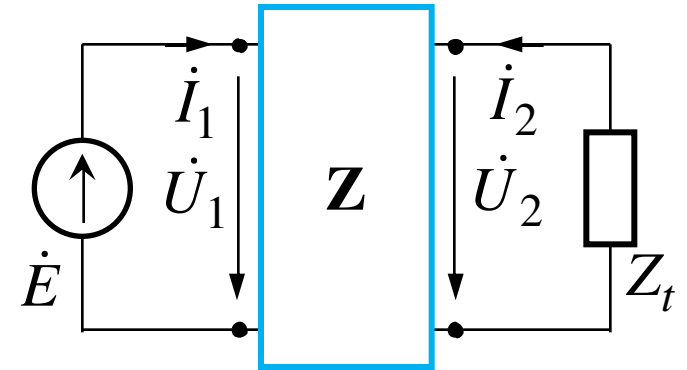
# Hàm truyền đạt (4)

VD1

$$Z = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix}; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_t = 15 + j25 \Omega$$

Tính  $K_u, K_i, K_{ui}$ .



$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 &= \frac{Z_{22} + Z_t}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E} \\ \dot{I}_2 &= \frac{-Z_{21}}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E} \\ K_i &= \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \end{aligned} \right\} \rightarrow K_i = \frac{-Z_{21}}{Z_{22} + Z_t} = \boxed{-0,27 + j0,10}$$



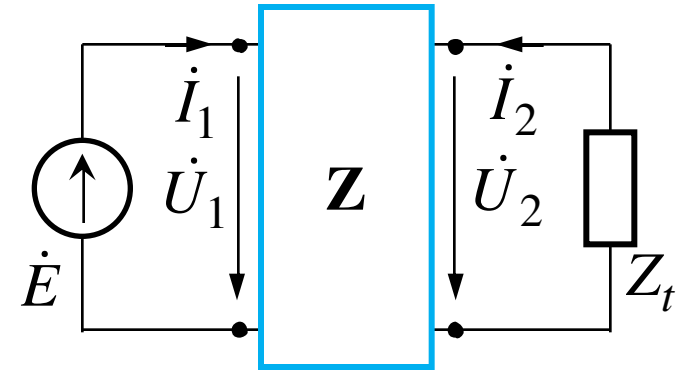
# Hàm truyền đạt (5)

VD1

$$Z = \begin{bmatrix} 30 & 20 \\ 20 & 50 \end{bmatrix}; \dot{E} = 220 \text{ V}$$

$$Z_t = 15 + j25 \Omega$$

Tính  $K_u, K_i, K_{ui}$ .



$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 &= \frac{Z_{22} + Z_t}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E} \\ \dot{I}_2 &= \frac{-Z_{21}}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21} + Z_{11}Z_t} \dot{E} \\ K_{ui} &= \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}, \quad \dot{U}_2 = -Z_t \dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow K_{ui} = \frac{Z_{21}Z_t}{Z_{22} + Z_t}$$

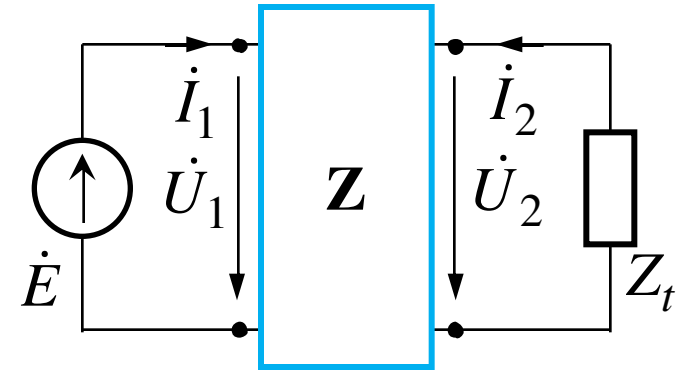
$$= \boxed{6,60 + j5,15 \Omega}$$



# Hàm truyền đạt (6)

VD2

$$\begin{aligned} \dot{E} &= 380 \text{ V}; Z_t = 15 + j25 \Omega; \\ K_u &= 0,28 + j0,19; \text{ Tính } U_2? \end{aligned}$$



$$\left. \begin{aligned} K_u &= \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} \\ \dot{U}_1 &= \dot{E} \end{aligned} \right\} \rightarrow \dot{U}_2 = K_u \dot{E} = (0,28 + j0,19)380$$

$$= 107,7 + j70,5 \text{ V}$$

$$\rightarrow \boxed{U_2 = 128,7 \text{ V}}$$





# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa**
  - 1. Các bộ thông số  $Z, Y, H, G, A, B$**
  - 2. Quan hệ giữa các bộ thông số**
  - 3. Phân tích mạch có mạng hai cửa**
  - 4. Kết nối các mạng hai cửa**
  - 5. Mạng  $T$  &  $\Pi$**
  - 6. Mạng hai cửa tương đương của mạch điện có hồ cảm**
  - 7. Tương hỗ**
  - 8. Tổng trở vào & hòa hợp tải**
  - 9. Hàm truyền đạt**
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán





TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
BÁCH KHOA HÀ NỘI



NGUYỄN CÔNG PHƯƠNG

# LÝ THUYẾT MẠCH I

## MẠCH BA PHA



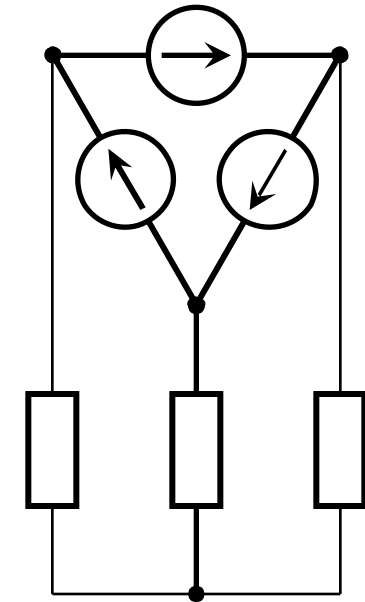
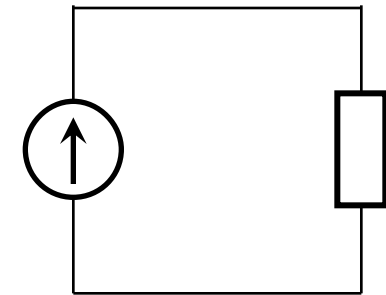
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha**
  - 1. Giới thiệu**
  - 2. Mạch ba pha đối xứng**
  - 3. Mạch ba pha không đối xứng**
  - 4. Công suất trong mạch ba pha**
- VII. Khuếch đại thuật toán



# Giới thiệu (1)

- *Mạch một pha*: một nguồn điện xoay chiều nối với tải bằng một cặp dây dẫn.
- *Mạch nhiều pha*: nhiều nguồn xoay chiều cùng tần số nhưng khác pha.
- *Mạch ba pha*: **ba nguồn điện xoay chiều cùng tần số, cùng biên độ, lệch pha với nhau  $120^\circ$ .**
- Trong số các mạch nhiều pha, mạch ba pha phổ biến & kinh tế nhất.





## Giới thiệu (2)

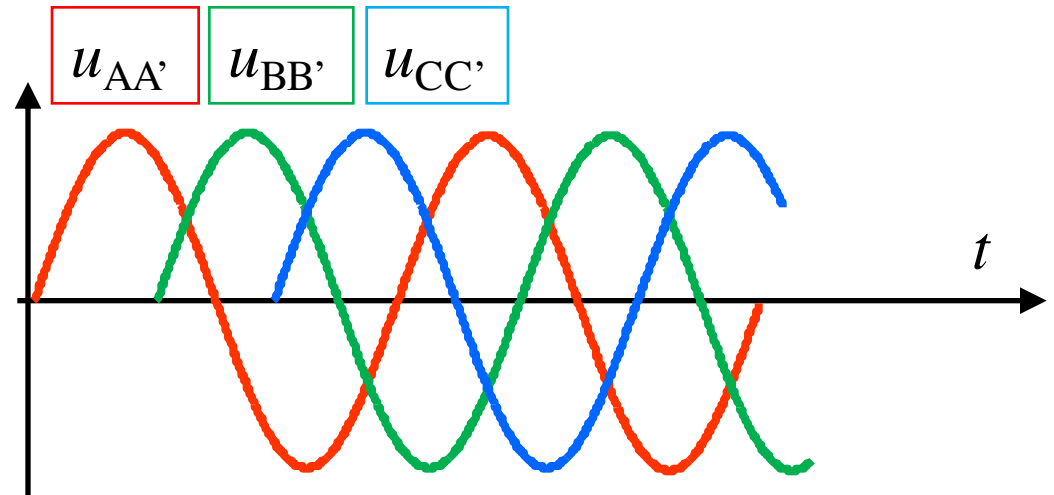
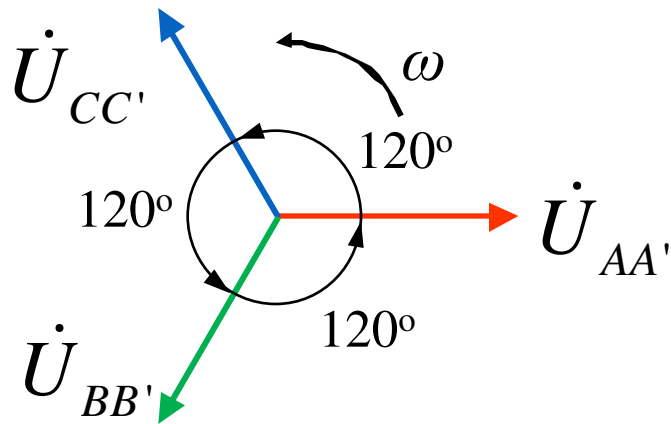
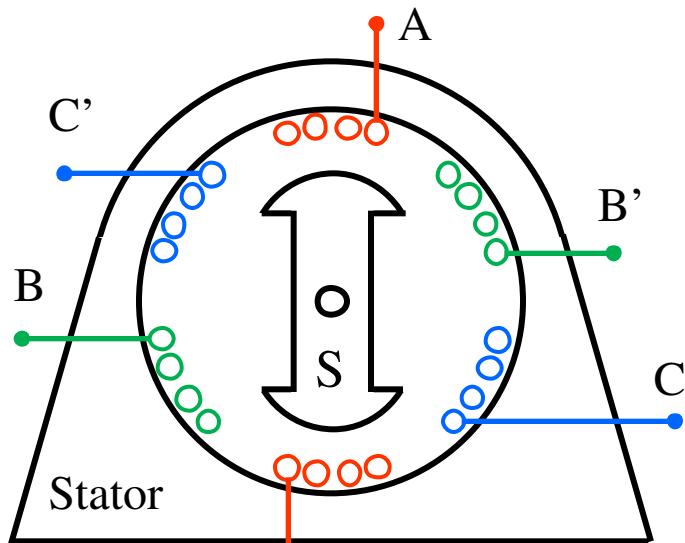
Ưu điểm:

- Máy phát rẻ hơn, gọn hơn,
- Giá thành truyền tải rẻ hơn,
- Động cơ ba pha,
- Điện áp ba pha,
- Hệ số công suất,
- Chỉnh lưu,
- ...





# Giới thiệu (3)



$$u_{AA'} = U_m \sin \omega t$$

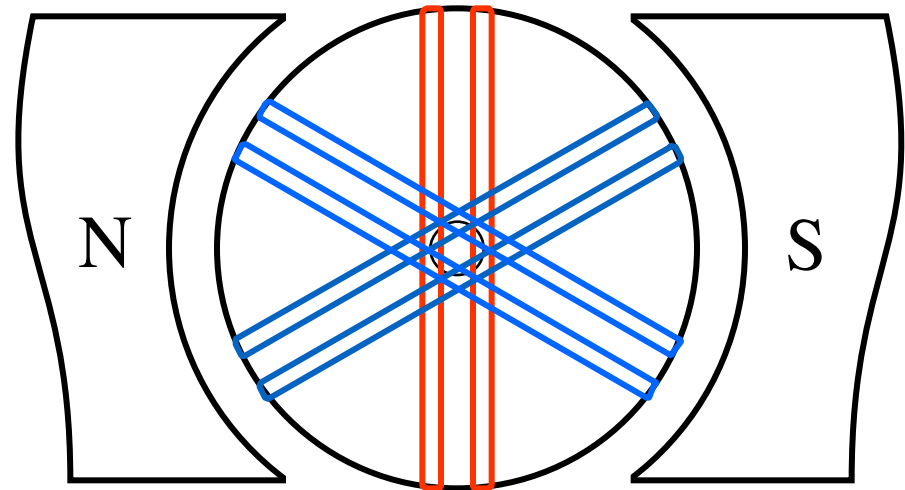
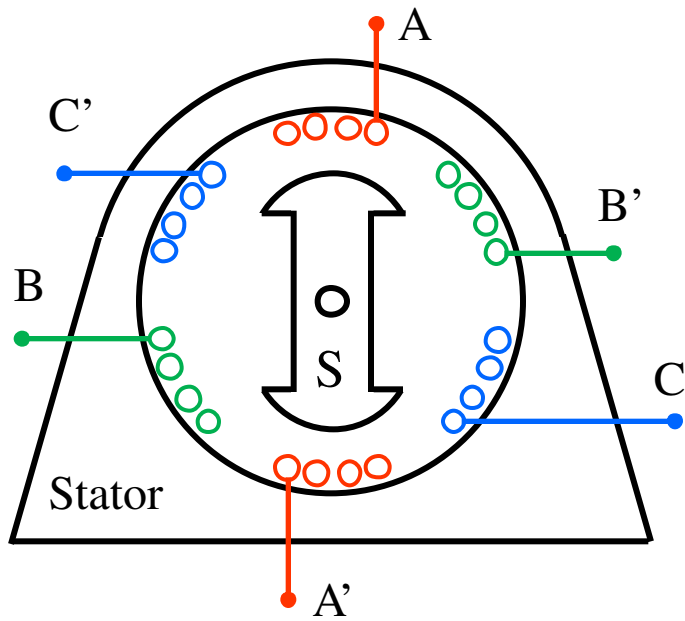
$$u_{BB'} = U_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_{CC'} = U_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

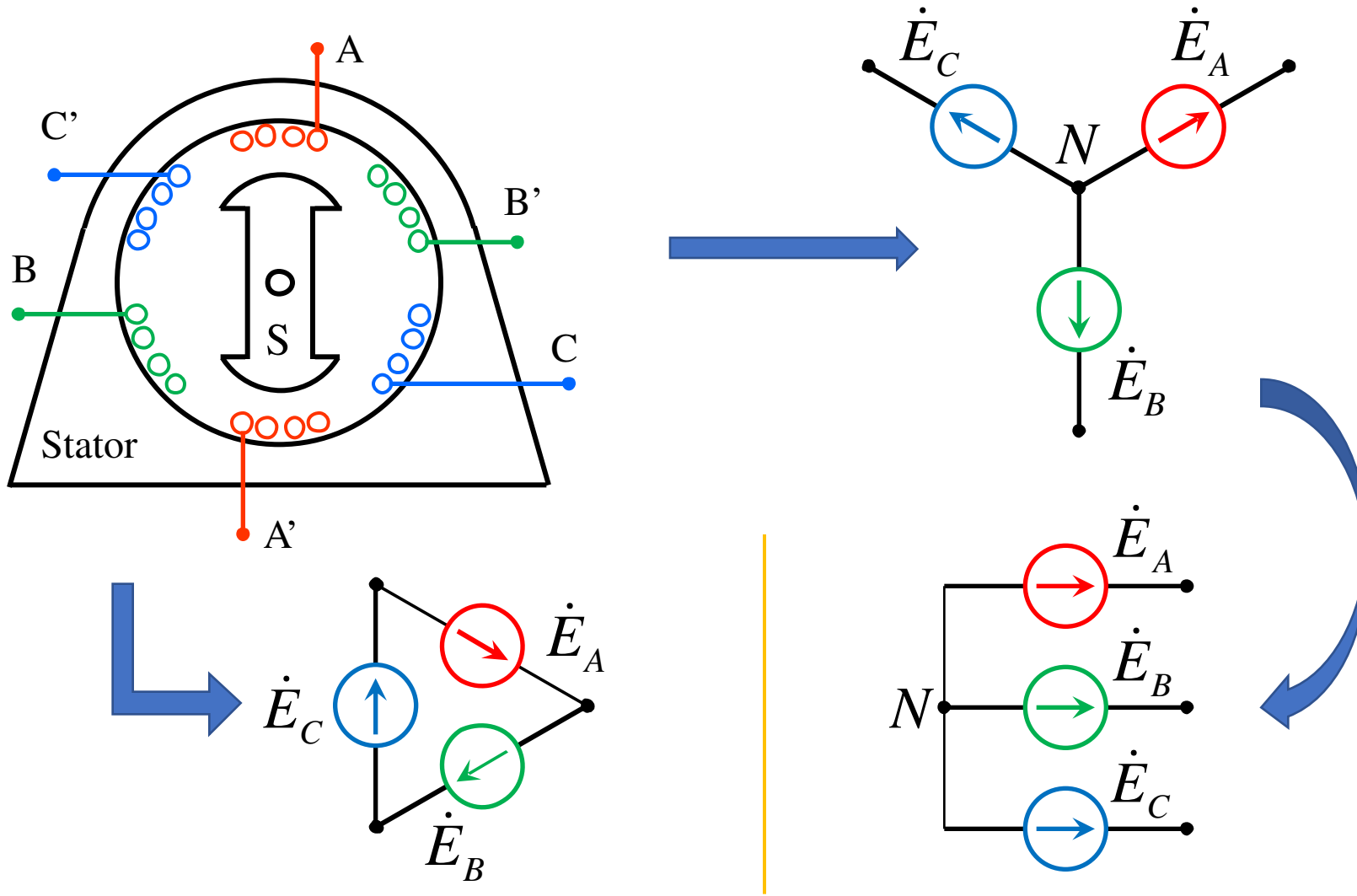
$$u_{AA'} + u_{BB'} + u_{CC'} = 0$$



# Giới thiệu (4)



# Giới thiệu (5)





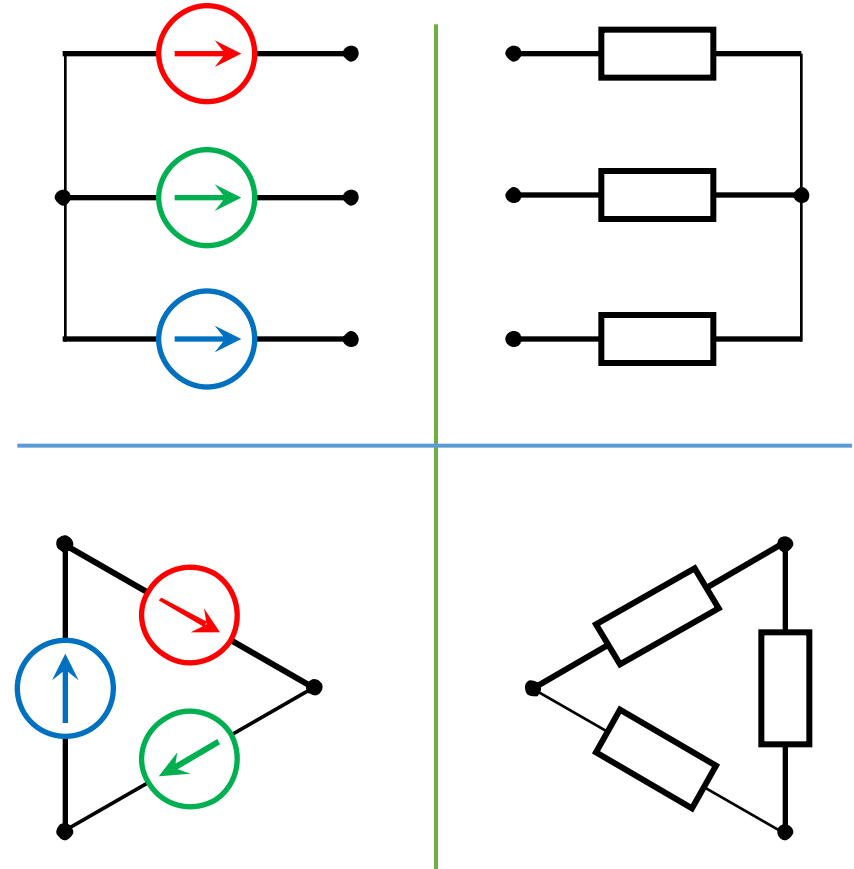
# Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha**
  1. Giới thiệu
  - 2. Mạch ba pha đối xứng**
  3. Mạch ba pha không đối xứng
  4. Công suất trong mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán

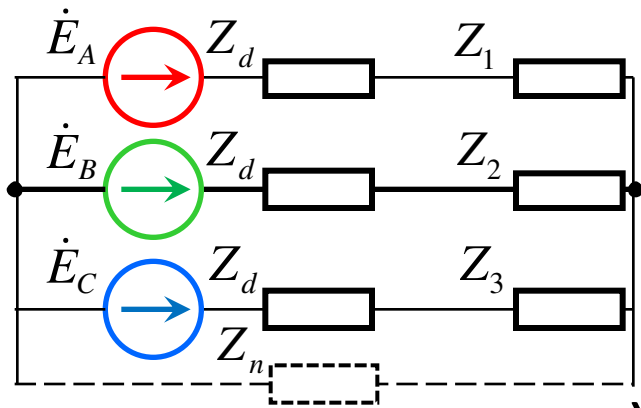


# Mạch ba pha đối xứng (1)

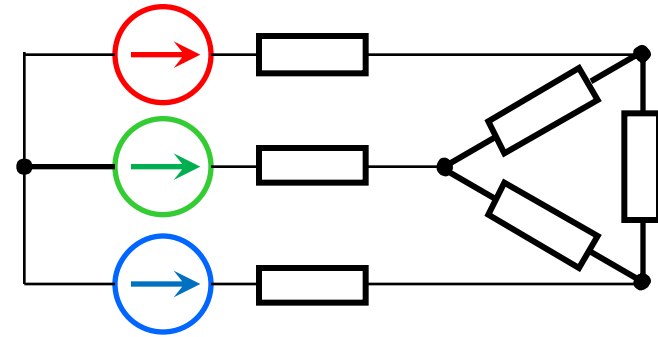
- Còn gọi là mạch ba pha cân bằng.
- **Định nghĩa: mạch ba pha có nguồn đối xứng & tải đối xứng.**
- **Nguồn đối xứng:** cùng tần số, cùng biên độ, lệch pha  $120^\circ$  (máy phát điện ba pha).
- **Tải đối xứng:** các tải bằng nhau.
- Có 4 cách mắc (nguồn/tải): Y/Y, Y/ $\Delta$ ,  $\Delta$ / $\Delta$ ,  $\Delta$ /Y.



# Mạch ba pha đối xứng (2)



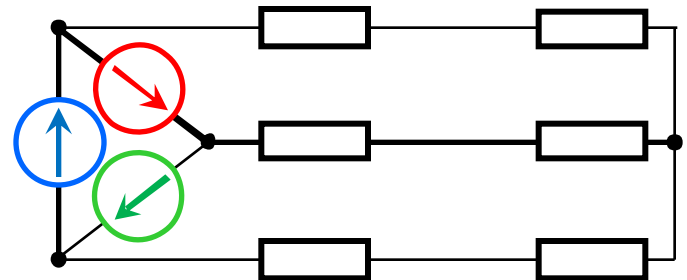
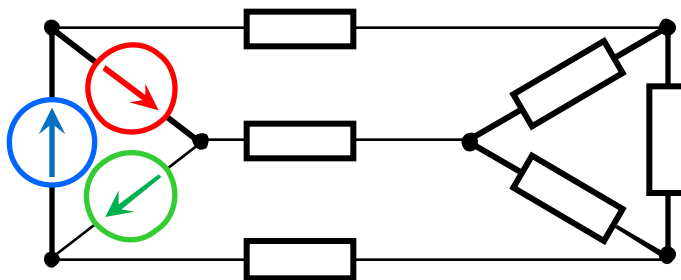
Y-Y



Y-Δ

Δ-Δ

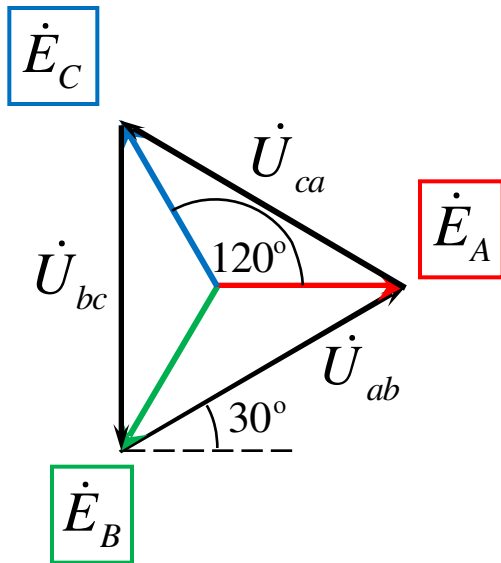
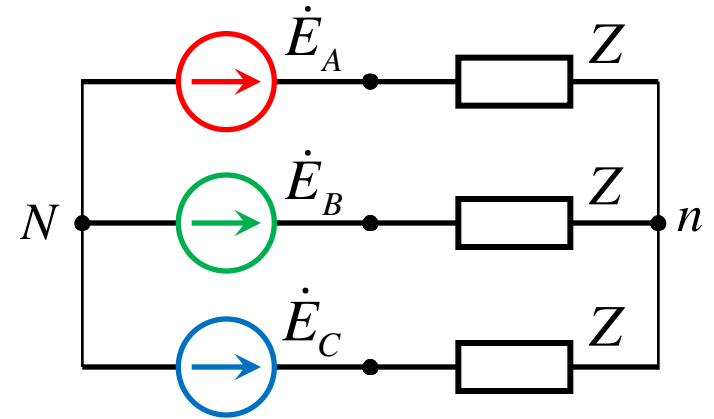
Δ-Y



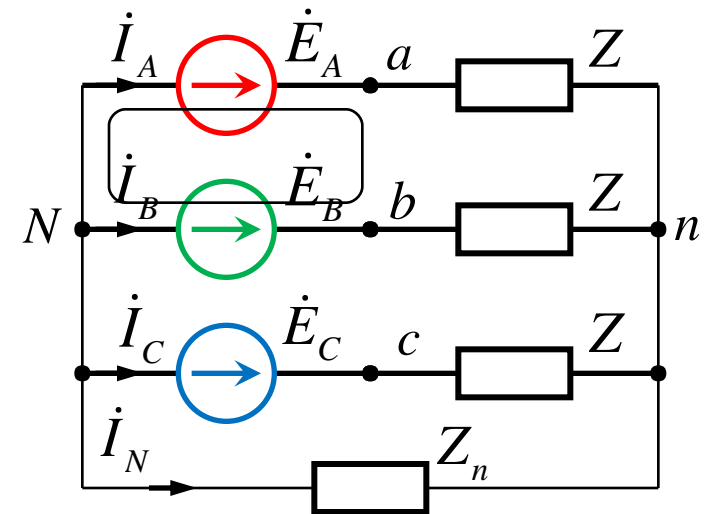
# Mạch ba pha đối xứng (3), Y/Y

$$\begin{cases} \dot{E}_A = E / 0^\circ \\ \dot{E}_B = E / -120^\circ \\ \dot{E}_C = E / 120^\circ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_{ab} = E\sqrt{3} / 30^\circ \\ \dot{U}_{bc} = E\sqrt{3} / -90^\circ \\ \dot{U}_{ca} = E\sqrt{3} / -210^\circ \end{cases}$$

$$\dot{U}_{ab} = \dot{E}_A - \dot{E}_B = E\sqrt{3} / 30^\circ$$



$$U_{dây} = \sqrt{3}U_{pha}$$



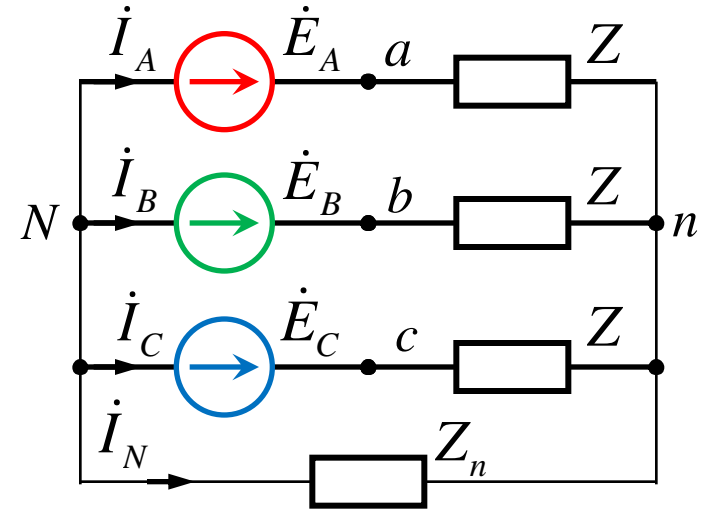
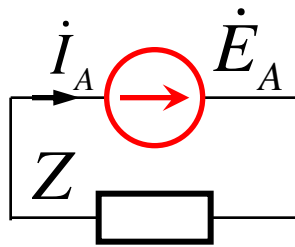
# Mạch ba pha đối xứng (4), Y/Y

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

$$\rightarrow \left( \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z_N} \right) \dot{\phi}_n = \frac{\dot{E}_A}{Z} + \frac{\dot{E}_B}{Z} + \frac{\dot{E}_C}{Z} \left. \vphantom{\frac{1}{Z}} \right\} \begin{aligned} \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \dot{\phi}_n = 0$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{U}_{Nn} = 0 \\ \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z} = \frac{E}{Z} \angle 0^\circ \\ \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{Z} = \frac{E}{Z} \angle -120^\circ = \dot{I}_A \cdot 1 \angle -120^\circ \\ \dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{Z} = \frac{E}{Z} \angle 120^\circ = \dot{I}_A \cdot 1 \angle 120^\circ \end{cases}$$



- Các bước phân tích mạch Y&Y đối xứng:
1. Tách riêng một pha (ví dụ pha A),
  2. Tính dòng điện của pha đó ( $i_A$ ),
  3. Suy ra dòng điện của các pha khác bằng cách cộng & trừ các góc  $120^\circ$ .





# Mạch ba pha đối xứng (3), Y/Y

VD1

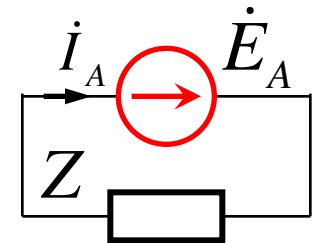
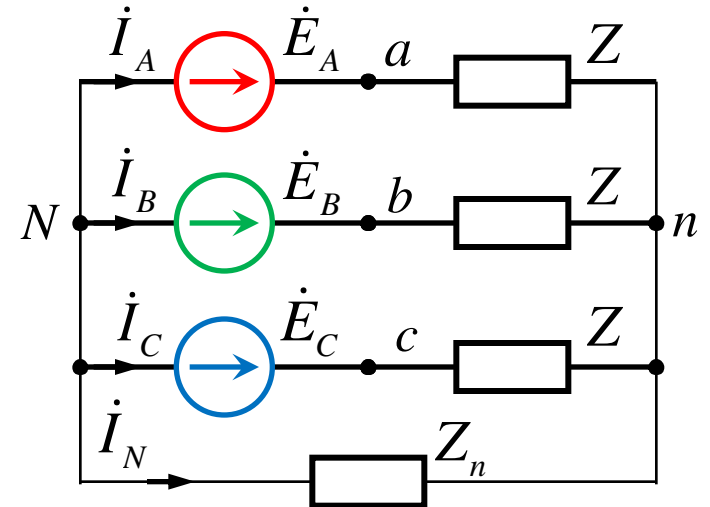
$$\begin{aligned} \dot{E}_A &= 220 \text{ V}; \dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ V}; \\ \dot{E}_C &= 220 / 120^\circ \text{ V}; Z = 30 + j40 \Omega. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \frac{220 / 0^\circ}{Z} = \frac{220 / 0^\circ}{30 + j40} \\ &= 4,4 / -53,13^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_B &= \dot{I}_A \cdot 1 / -120^\circ = 4,4 / -53,13^\circ - 120^\circ \\ &= 4,4 / -173,13^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_A \cdot 1 / +120^\circ = 4,4 / -53,13^\circ + 120^\circ = 4,4 / 66,87^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_N = -(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C) = 0$$





# 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

1. Giới thiệu

2. **Mạch ba pha đối xứng** Y/Y, **Y/Δ**, Δ/Δ, Δ/Y

3. Mạch ba pha không đối xứng

4. Công suất trong mạch ba pha

## VII. Khuếch đại thuật toán





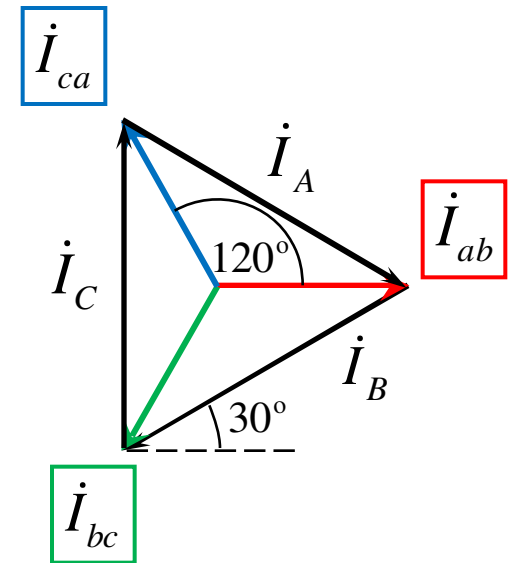
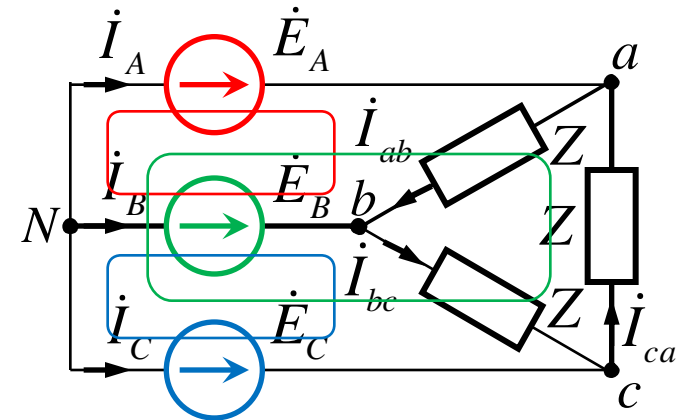
# Mạch ba pha đối xứng (4), Y/ $\Delta$

$$\begin{cases} \dot{E}_A = E / 0^\circ \\ \dot{E}_B = E / -120^\circ \\ \dot{E}_C = E / 120^\circ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Z\dot{I}_{ab} = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ Z\dot{I}_{bc} = \dot{E}_B - \dot{E}_C \\ Z\dot{I}_{ca} = \dot{E}_C - \dot{E}_A \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{ab} = (\dot{E}_A - \dot{E}_B) / Z \\ \dot{I}_{bc} = (\dot{E}_B - \dot{E}_C) / Z = \dot{I}_{ab} \cdot 1 / -120^\circ \\ \dot{I}_{ca} = (\dot{E}_C - \dot{E}_A) / Z = \dot{I}_{ab} \cdot 1 / 120^\circ \end{cases}$$

$$a: \dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} = \dot{I}_{ab} \sqrt{3} / -30^\circ$$

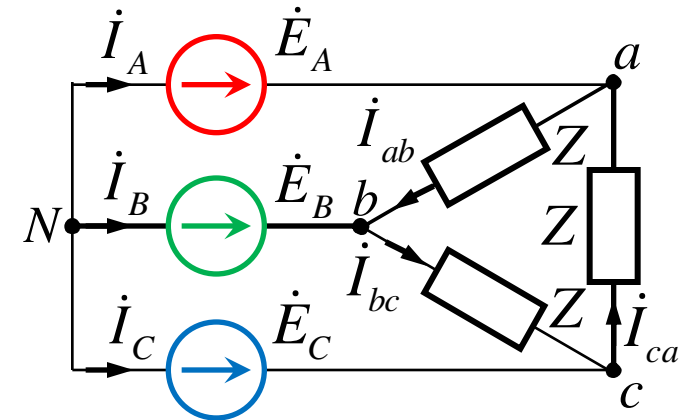
$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{ab} \sqrt{3} / -30^\circ \\ \dot{I}_B = \dot{I}_{ab} \sqrt{3} \cdot 1 / -150^\circ \\ \dot{I}_C = \dot{I}_{ab} \sqrt{3} \cdot 1 / 90^\circ \end{cases}$$



# Mạch ba pha đối xứng (5), Y/ $\Delta$

VD2

$$\begin{aligned} \dot{E}_A &= 220 / 15^\circ \text{ V}; \quad \dot{E}_B = 220 / -105^\circ \text{ V}; \\ \dot{E}_C &= 220 / 135^\circ \text{ V}; \quad Z = 30 + j40 \, \Omega. \end{aligned}$$



$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{E}_A - \dot{E}_B}{Z} = 7,62 / -8,1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{bc} = 7,62 / -8,1^\circ - 120^\circ = 7,62 / -128,1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{ca} = 7,62 / -8,1^\circ + 120^\circ = 7,62 / 111,9^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} \sqrt{3} / -30^\circ = 7,62 / -8,1^\circ \cdot \sqrt{3} / -30^\circ = 13,20 / -38,1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_A / -120^\circ = 13,20 / -38,1^\circ - 120^\circ = 13,20 / -158,1^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_A / 120^\circ = 13,20 / -38,1^\circ + 120^\circ = 13,20 / 81,9^\circ \text{ A}$$





# 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

1. Giới thiệu

2. **Mạch ba pha đối xứng** Y/Y, Y/ $\Delta$ ,  $\Delta/\Delta$ ,  $\Delta/Y$

3. Mạch ba pha không đối xứng

4. Công suất trong mạch ba pha

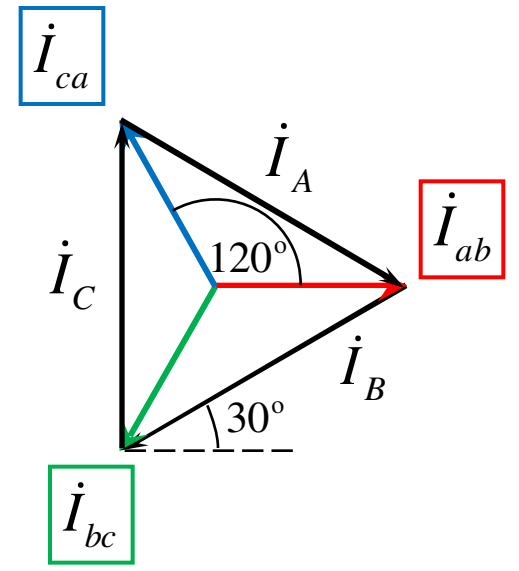
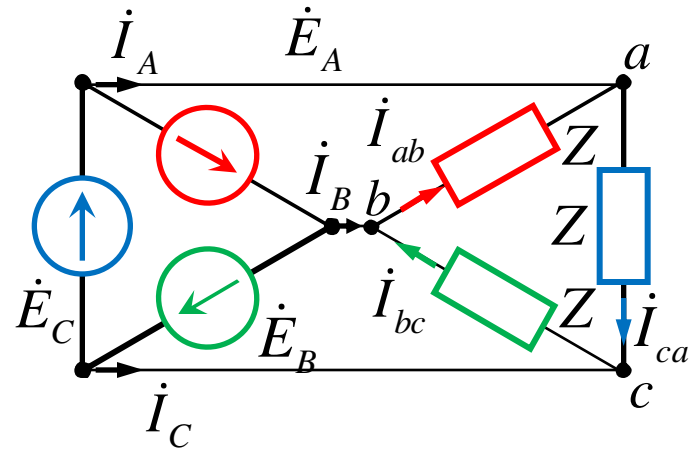
## VII. Khuếch đại thuật toán



# Mạch ba pha đối xứng (6), $\Delta/\Delta$

$$\begin{cases} \dot{I}_{ab} = \frac{\dot{E}_A}{Z} \\ \dot{I}_{bc} = \frac{\dot{E}_B}{Z} = \dot{I}_{ab} \cdot 1 \angle -120^\circ \\ \dot{I}_{ca} = \frac{\dot{E}_C}{Z} = \dot{I}_{ab} \cdot 1 \angle 120^\circ \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{ab} \cdot \sqrt{3} \angle -30^\circ \\ \dot{I}_B = \dot{I}_{ab} \cdot \sqrt{3} \angle -150^\circ \\ \dot{I}_C = \dot{I}_{ab} \cdot \sqrt{3} \angle 90^\circ \end{cases}$$





# 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

1. Giới thiệu

2. **Mạch ba pha đối xứng  $Y/Y$ ,  $Y/\Delta$ ,  $\Delta/\Delta$ ,  $\Delta/Y$**

3. Mạch ba pha không đối xứng

4. Công suất trong mạch ba pha

## VII. Khuếch đại thuật toán

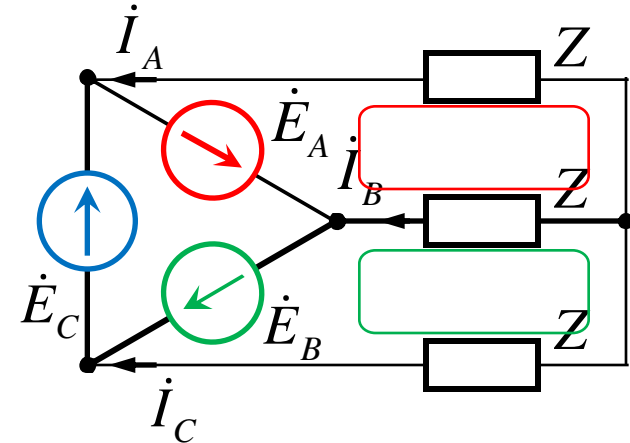




# Mạch ba pha đối xứng (6), $\Delta/Y$

$$\begin{cases} \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \\ Z\dot{I}_A - Z\dot{I}_B = \dot{E}_A \\ Z\dot{I}_B - Z\dot{I}_C = \dot{E}_B \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = \frac{E}{Z\sqrt{3}} \angle -30^\circ \\ \dot{I}_B = \frac{E}{Z\sqrt{3}} \angle -150^\circ \\ \dot{I}_C = \frac{E}{Z\sqrt{3}} \angle 90^\circ \end{cases}$$







# Mạch ba pha đối xứng

- Là mạch có nguồn đối xứng và tải đối xứng.
- Có 4 cách mắc:  $Y/Y$ ,  $Y/\Delta$ ,  $\Delta/\Delta$ ,  $\Delta/Y$ .
- Có hai cách giải mạch ba pha đối xứng:
  1. Tính thông số của một pha, suy ra các thông số của 2 pha còn lại bằng cách cộng thêm các góc  $\pm 120^\circ$ , hoặc
  2. Coi như một mạch điện bình thường & tính toán bằng các phương pháp đã học.



# 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**
  1. Giới thiệu
  2. Mạch ba pha đối xứng
  - 3. Mạch ba pha không đối xứng**
  4. Công suất trong mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán





## Mạch ba pha không đối xứng (1)

- Mạch ba pha đối xứng: mạch có nguồn đối xứng và tải đối xứng.
- *Mạch ba pha không đối xứng*: **mạch có nguồn không đối xứng và/hoặc tải không đối xứng.**
- Có 4 cách mắc:  $Y/Y$ ,  $Y/\Delta$ ,  $\Delta/\Delta$ ,  $\Delta/Y$ .
- Cách giải mạch ba pha không đối xứng: coi như một mạch điện thông thường có nhiều nguồn xoay chiều cùng tần số.





# Mạch ba pha không đối xứng (2)

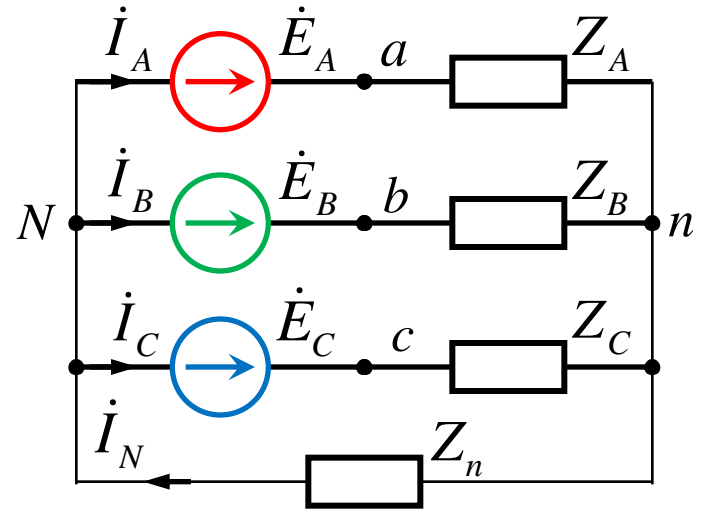
VD1

$$Z_A = 20 \Omega; Z_B = j10 \Omega; Z_C = -j10 \Omega; \dot{E}_A = 220 \text{ V};$$

$$\dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ V}; \dot{E}_C = 220 / 120^\circ \text{ V}; Z_n = 1 + j2 \Omega.$$

$$\dot{\phi}_N = 0 \rightarrow \dot{\phi}_n = \frac{\dot{E}_A / Z_A + \dot{E}_B / Z_B + \dot{E}_C / Z_C}{1 / Z_A + 1 / Z_B + 1 / Z_C + 1 / Z_n}$$

$$= 57,46 / -122^\circ \text{ V}$$



$$\rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{\phi}_n}{Z_A} = \frac{220 / 0^\circ - 57,46 / -122^\circ}{20} = 12,76 / 11^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{\phi}_n}{Z_B} = \frac{220 / -120^\circ - 57,46 / -122^\circ}{j10} = 16,26 / 150,7^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{\phi}_n}{Z_C} = \frac{220 / 120^\circ - 57,46 / -122^\circ}{-j10} = 25,21 / -161,6^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 25,70 / 174,6^\circ \text{ A}$$



# Mạch ba pha không đối xứng (3)

VD2

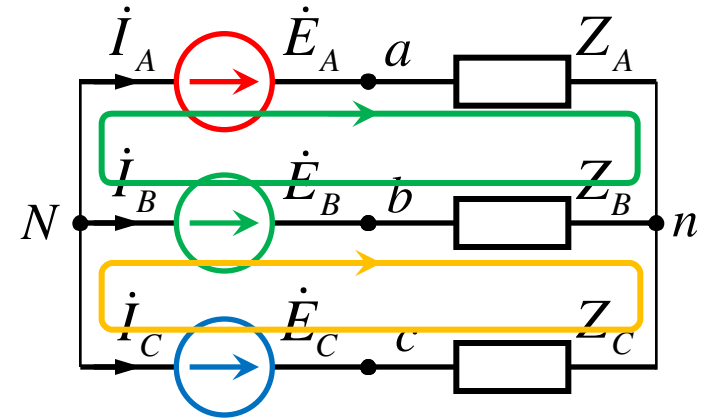
$$Z_A = 20 \Omega; Z_B = j10 \Omega; Z_C = -j5 \Omega; \dot{E}_A = 220 \text{ V};$$

$$\dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ V}; \dot{E}_C = 220 / 120^\circ \text{ V}.$$

$$\begin{cases} Z_A \dot{I}_x + Z_B (\dot{I}_x - \dot{I}_v) = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ Z_B (\dot{I}_v - \dot{I}_x) + Z_C \dot{I}_v = \dot{E}_B - \dot{E}_C \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_x = 24,63 - j16,26 \text{ A} \\ \dot{I}_v = -26,95 - j32,53 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_x = 24,63 - j16,26 \text{ A} \\ \dot{I}_B = \dot{I}_v - \dot{I}_x = -51,58 - j16,26 \text{ A} \\ \dot{I}_C = -\dot{I}_v = 26,95 + j32,53 \text{ A} \end{cases}$$





# Mạch ba pha không đối xứng (4)

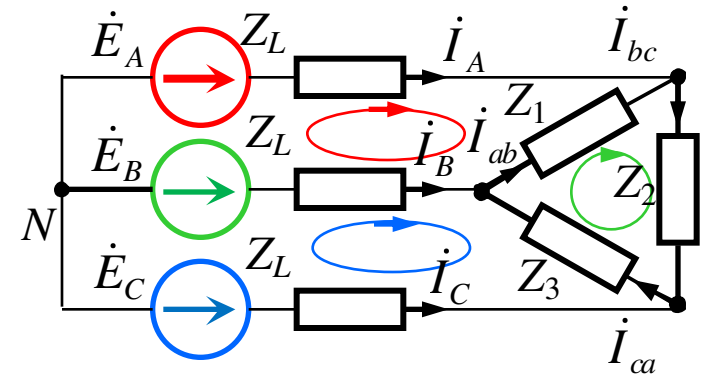
VD3

$$\dot{E}_A = 220/0^\circ \text{ V}; \dot{E}_B = 215/-120^\circ \text{ V}; \dot{E}_C = 225/120^\circ \text{ V}$$

$$Z_L = 5\Omega; Z_1 = 10\Omega; Z_2 = j20\Omega; Z_3 = -j30\Omega. \text{ Tìm các dòng điện?}$$

Cách 1

$$\begin{cases} (2Z_L + Z_1)\dot{I}_r - Z_1\dot{I}_g - Z_L\dot{I}_b = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ -Z_1\dot{I}_r + (Z_1 + Z_2 + Z_3)\dot{I}_g - Z_3\dot{I}_b = 0 \\ -Z_L\dot{I}_r - Z_3\dot{I}_g + (2Z_L + Z_3)\dot{I}_b = \dot{E}_B - \dot{E}_C \end{cases}$$



$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_r = 13,36 + j0,15 \text{ A} \\ \dot{I}_g = -7,02 - j12,79 \text{ A} \\ \dot{I}_b = 1,98 - j11,06 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_r = 13,36 + j0,15 \text{ A} \\ \dot{I}_B = \dot{I}_b - \dot{I}_r = -11,39 - j11,21 \text{ A} \\ \dot{I}_C = -\dot{I}_b = -1,98 + j11,06 \text{ A} \\ \dot{I}_{ab} = \dot{I}_g - \dot{I}_r = -20,38 - j12,94 \text{ A} \\ \dot{I}_{bc} = \dot{I}_g = -7,02 - j12,79 \text{ A} \\ \dot{I}_{ca} = \dot{I}_g - \dot{I}_b = -8,99 - j1,74 \text{ A} \end{cases}$$





# Mạch ba pha không đối xứng (5)

VD3

$$\dot{E}_A = 220/0^\circ \text{ V}; \dot{E}_B = 215/-120^\circ \text{ V}; \dot{E}_C = 225/120^\circ \text{ V}$$

$$Z_L = 5\Omega; Z_1 = 10\Omega; Z_2 = j20\Omega; Z_3 = -j30\Omega. \text{ Tìm các dòng điện?}$$

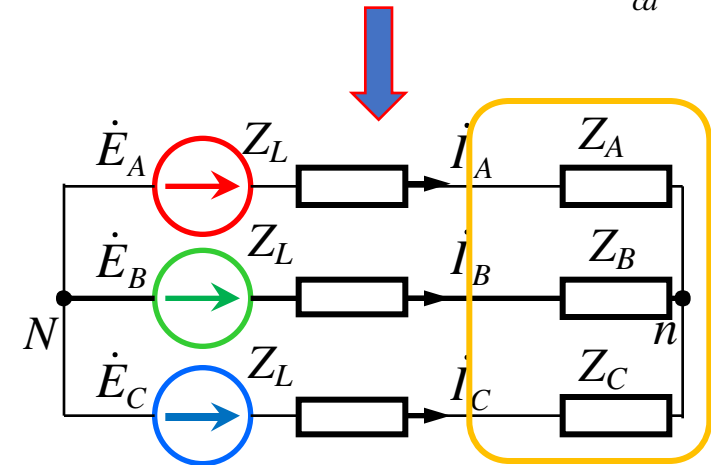
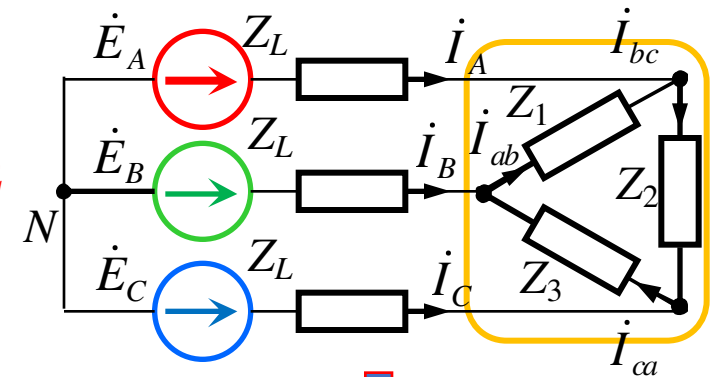
Cách 2

$$Z_A = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3} = \frac{10(j20)}{10 + j20 - j30} = -10 + j10 \Omega$$

$$Z_B = \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} = \frac{10(-j30)}{10 + j20 - j30} = 15 - j15 \Omega$$

$$Z_C = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} = \frac{j20(-j30)}{10 + j20 - j30} = 30 + j30 \Omega$$

$$\dot{\phi}_N = 0 \rightarrow \dot{\phi}_n = \frac{\frac{\dot{E}_A}{Z_L + Z_A} + \frac{\dot{E}_B}{Z_L + Z_B} + \frac{\dot{E}_C}{Z_L + Z_C}}{\frac{1}{Z_L + Z_A} + \frac{1}{Z_L + Z_B} + \frac{1}{Z_L + Z_C}} = 288,3 - j132,9 \text{ V}$$



# Mạch ba pha không đối xứng (6)

VD3

$$\dot{E}_A = 220/0^\circ \text{ V}; \dot{E}_B = 215/-120^\circ \text{ V}; \dot{E}_C = 225/120^\circ \text{ V}$$

$$Z_L = 5\Omega; Z_1 = 10\Omega; Z_2 = j20\Omega; Z_3 = -j30\Omega. \text{ Tìm các dòng điện?}$$

$$\dot{\varphi}_n = 288,3 - j132,9 \text{ V}$$

Cách 2

$$\dot{I}_A = (\dot{E}_A - \dot{\varphi}_n) / (Z_L + Z_A) = 13,36 + j0,15 \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = (\dot{E}_B - \dot{\varphi}_n) / (Z_L + Z_B) = -11,39 - j11,21 \text{ A}$$

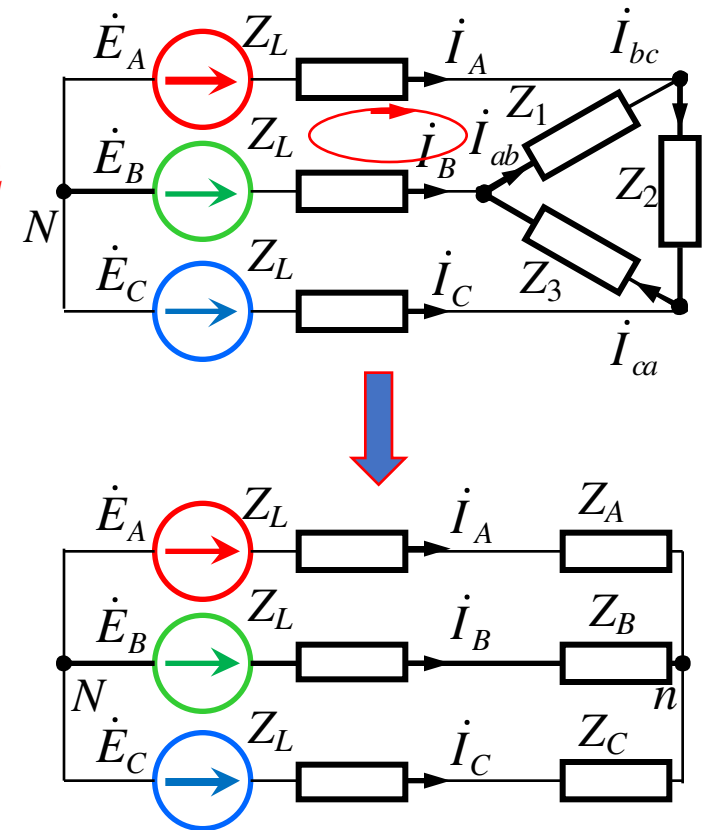
$$\dot{I}_C = (\dot{E}_C - \dot{\varphi}_n) / (Z_L + Z_C) = -1,98 + j11,06 \text{ A}$$

$$Z_L \dot{I}_A - Z_1 \dot{I}_{ab} - Z_L \dot{I}_B = \dot{E}_A - \dot{E}_B$$

$$\rightarrow \dot{I}_{ab} = \frac{\dot{E}_B - \dot{E}_A + Z_L (\dot{I}_A - \dot{I}_B)}{Z_1} = -20,38 - j12,94 \text{ A}$$

$$\dot{I}_{bc} = \dot{I}_A + \dot{I}_{ab} = 13,36 + j0,15 - 20,38 - j12,94 = -7,02 - j12,79 \text{ A}$$

$$\dot{I}_{ca} = \dot{I}_C + \dot{I}_{bc} = -1,98 + j11,06 - 7,02 - j12,79 = 9,00 - j1,73 \text{ A}$$

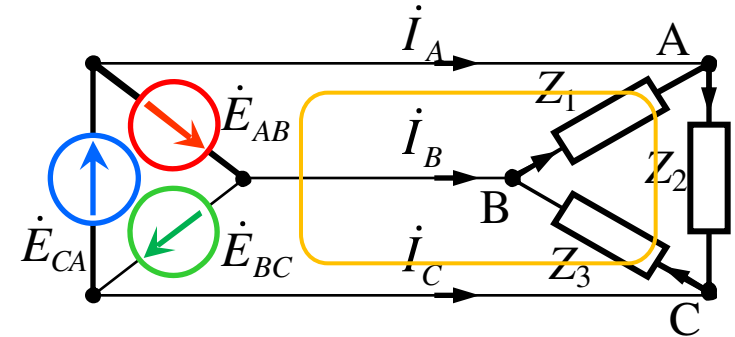




# Mạch ba pha không đối xứng (7)

## VD4

$\dot{E}_{AB} = 220 / 0^\circ \text{ V}; \dot{E}_{BC} = 215 / -120^\circ \text{ V};$   
 $Z_1 = 10\Omega; Z_2 = j20\Omega; Z_3 = -j30\Omega.$  Tìm các dòng điện?



$$\dot{I}_{BA} = \frac{\dot{E}_A}{Z_1} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}$$

$$Z_2 \dot{I}_{AC} = -\dot{E}_{AB} - \dot{E}_{BC} \rightarrow \dot{I}_{AC} = \frac{-\dot{E}_{AB} - \dot{E}_{BC}}{Z_2} = \frac{-220 - 215 / -120^\circ}{j20} = 9,31 + j5,63 \text{ A}$$

$$\dot{I}_{CB} = \frac{\dot{E}_B}{Z_3} = \frac{215 / -120^\circ}{-j30} = 6,21 - j3,58 \text{ A}$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AC} - \dot{I}_{BA} = 9,31 + j5,63 - 22 = -12,69 + j5,63 \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BA} - \dot{I}_{CB} = 22 - (6,21 - j3,58) = 15,79 + j3,58 \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CB} - \dot{I}_{AC} = 6,21 - j3,58 - (9,14 + j5,63) = -3,10 - j9,21 \text{ A}$$

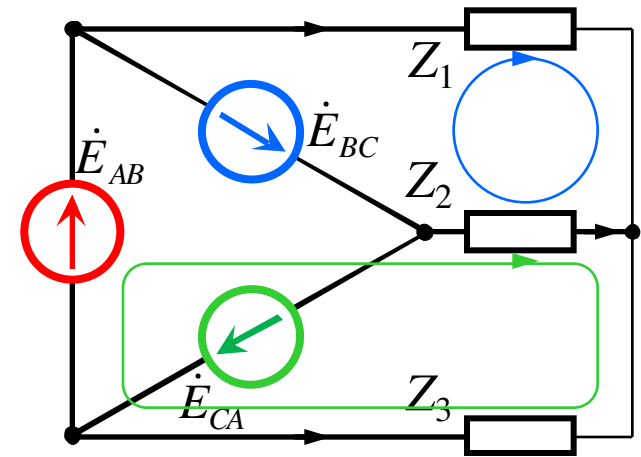


# Mạch ba pha không đối xứng (8)

VD5

$$\begin{aligned} \dot{E}_{AB} &= 220 / 0^\circ \text{ V}; \quad \dot{E}_{BC} = 215 / -120^\circ \text{ V}; \\ Z_1 &= 10\Omega; \quad Z_2 = j20\Omega; \quad Z_3 = -j30\Omega. \text{ Tìm các dòng điện?} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} (Z_1 + Z_2)\dot{I}_b & -Z_2\dot{I}_g = -\dot{E}_{BC} \\ -Z_2\dot{I}_b + (Z_2 + Z_3)\dot{I}_g & = \dot{E}_{AB} + \dot{E}_{BC} \end{cases}$$



$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_g = 1,14 + j4,42 \text{ A} \\ \dot{I}_b = 8,74 + j3,42 \text{ A} \end{cases} \quad \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_b = 8,74 + j3,42 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_g - \dot{I}_b = -7,60 + j1,01 \text{ A} \\ \dot{I}_3 = -\dot{I}_g = -1,14 - j4,42 \text{ A} \end{cases}$$





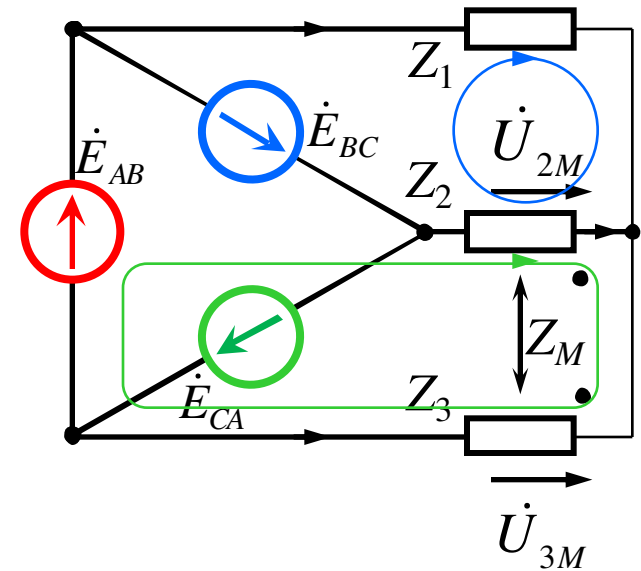
# Mạch ba pha không đối xứng (9)

VD6

$$\begin{aligned} \dot{E}_{AB} &= 220/\underline{0^\circ} \text{ V}; \dot{E}_{BC} = 215/\underline{-120^\circ} \text{ V}; Z_M = j2 \Omega \\ Z_1 &= 10\Omega; Z_2 = j20\Omega; Z_3 = -j30\Omega. \text{ Tìm các dòng điện?} \end{aligned}$$

$$\dot{U}_{2M} = Z_M \dot{I}_3; \dot{U}_{3M} = Z_M \dot{I}_2$$

$$\left\{ \begin{aligned} Z_1 \dot{I}_1 - Z_2 \dot{I}_2 - Z_M \dot{I}_3 &= -\dot{E}_{BC} \\ Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_3 - Z_3 \dot{I}_3 - Z_M \dot{I}_2 &= \dot{E}_{AB} + \dot{E}_{BC} \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_b, \dot{I}_2 = \dot{I}_g - \dot{I}_b, \dot{I}_3 = -\dot{I}_g \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} Z_1 \dot{I}_b - Z_2 (\dot{I}_g - \dot{I}_b) + Z_M \dot{I}_g &= -\dot{E}_{BC} \\ Z_2 (\dot{I}_g - \dot{I}_b) - Z_M \dot{I}_g + Z_3 \dot{I}_g - Z_M (\dot{I}_g - \dot{I}_b) &= \dot{E}_{AB} + \dot{E}_{BC} \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} \dot{I}_b &= 9,17 + j2,99 \text{ A} \\ \dot{I}_g &= 1,51 + j4,20 \text{ A} \end{aligned} \right.$$



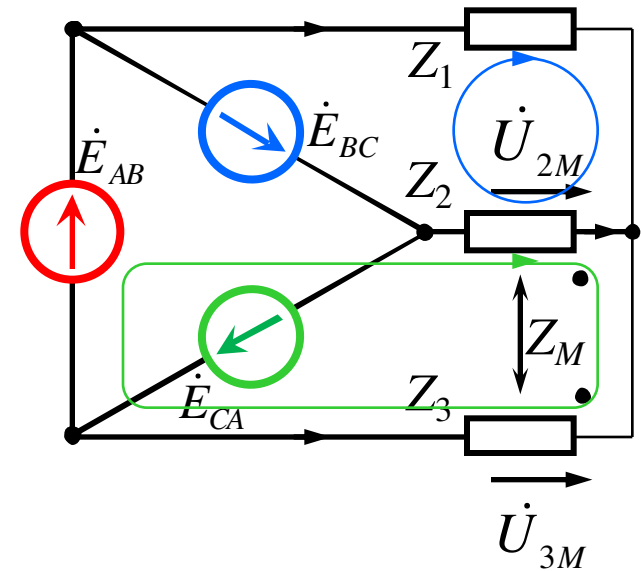
# Mạch ba pha không đối xứng (10)

VD6

$$\begin{aligned} \dot{E}_{AB} &= 220 / 0^\circ \text{ V}; \dot{E}_{BC} = 215 / -120^\circ \text{ V}; Z_M = j2 \Omega \\ Z_1 &= 10 \Omega; Z_2 = j20 \Omega; Z_3 = -j30 \Omega. \text{ Tìm các dòng điện?} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_b = 9,17 + j2,99 \text{ A} \\ \dot{I}_g = 1,51 + j4,20 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_b = 9,17 + j2,99 \text{ A} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_g - \dot{I}_b = -7,67 + j1,21 \text{ A} \\ \dot{I}_3 = -\dot{I}_g = -1,51 - j4,20 \text{ A} \end{cases}$$





# 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**
  1. Giới thiệu
  2. Mạch ba pha đối xứng
  3. Mạch ba pha không đối xứng
  - 4. Công suất trong mạch ba pha**
- VII. Khuếch đại thuật toán



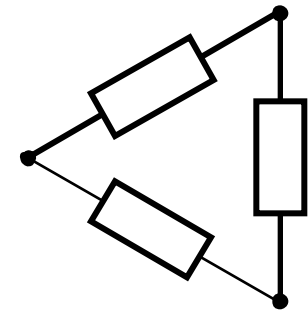
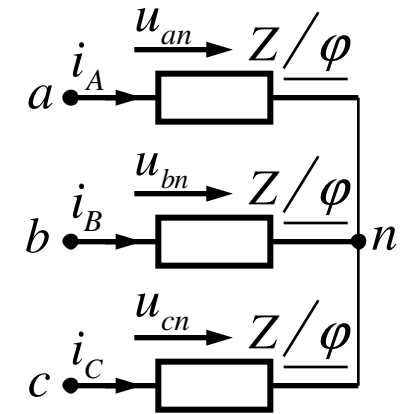


# Công suất trong mạch ba pha (1)

$$\begin{cases} u_{an} = U\sqrt{2} \sin \omega t \\ u_{bn} = U\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \\ u_{cn} = U\sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_A = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi) \\ i_B = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi - 120^\circ) \\ i_C = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi + 120^\circ) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} P_\Sigma &= P_a + P_b + P_c = u_{an}i_A + u_{bn}i_B + u_{cn}i_C \\ &= 2UI[\sin \omega t \sin(\omega t - \varphi) + \sin(\omega t - 120^\circ) \sin(\omega t - \varphi - 120^\circ) + \\ &\quad + \sin(\omega t + 120^\circ) \sin(\omega t - \varphi + 120^\circ)] = \boxed{3UI \cos \varphi} \end{aligned}$$



# Công suất trong mạch ba pha (2)

$$p_{\Sigma} = 3UI \cos \varphi$$

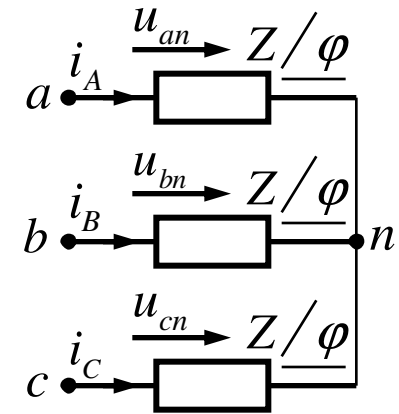
Các công suất trung bình của mỗi pha:

$$P_p = UI \cos \varphi$$

$$S_p = UI$$

$$Q_p = UI \sin \varphi$$

$$\mathbf{S}_p = P_p + jQ_p = \dot{U}_{an} \hat{I}_A$$



$$u_{an} = U \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$i_A = I \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi)$$



# Công suất trong mạch ba pha (3)

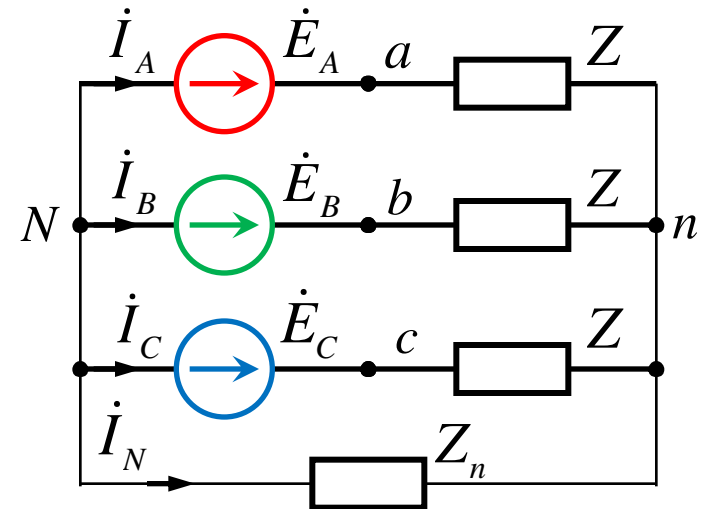
## VD1

$$\begin{aligned} \dot{E}_A &= 220 \text{ V}; \quad \dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ V}; \\ \dot{E}_C &= 220 / 120^\circ \text{ V}; \quad Z = 30 + j40 \, \Omega. \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_A = 4,4 / -53,13^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_B = 4,4 / -173,13^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_C = 4,4 / 66,87^\circ \text{ A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{U}_{an} = \dot{E}_A = 220 \text{ V} \\ \dot{U}_{bn} = \dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ V} \\ \dot{U}_{cn} = \dot{E}_C = 220 / 120^\circ \text{ V} \end{cases}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{|Z|} = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 40^2}} = 0,6$$



$$p_\Sigma = 3UI \cos \varphi = 3 \cdot 220 \cdot 4,4 \cdot 0,6 = 1742,4 \text{ W}$$

$$\rightarrow P_A = \frac{p_\Sigma}{3} = \frac{1742,4}{3} = \boxed{580,8 \text{ W}}$$

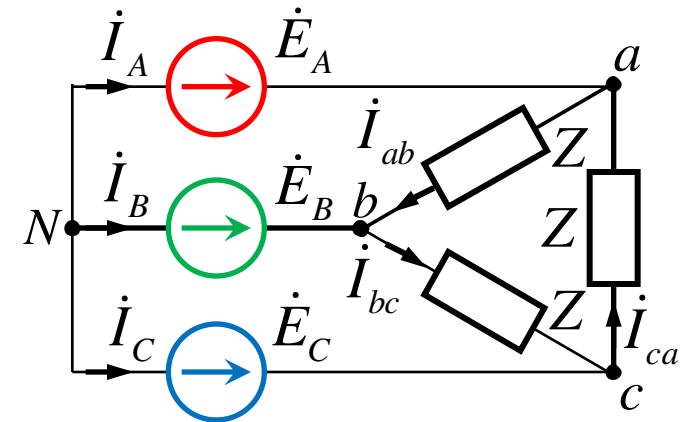
$$P_A = RI_A^2 = 30(4,4)^2 = \boxed{580,8 \text{ W}}$$



# Công suất trong mạch ba pha (4)

VD2

$$\begin{aligned} \dot{E}_A &= 220/\underline{15^\circ} \text{ V}; \quad \dot{E}_B = 220/\underline{-105^\circ} \text{ V}; \\ \dot{E}_C &= 220/\underline{135^\circ} \text{ V}; \quad Z = 30 + j40 \ \Omega. \end{aligned}$$



$$\begin{cases} \dot{I}_{ab} = 7,62/\underline{-8,1^\circ} \text{ A} \\ \dot{I}_{bc} = 7,62/\underline{-128,1^\circ} \text{ A} \\ \dot{I}_{ca} = 7,62/\underline{111,9^\circ} \text{ A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{U}_{ab} = Z\dot{I}_{ab} = 381/\underline{45,0^\circ} \text{ V} \\ \dot{U}_{bc} = Z\dot{I}_{bc} = 381/\underline{-75,0^\circ} \text{ V} \\ \dot{U}_{ca} = Z\dot{I}_{ca} = 381/\underline{165^\circ} \text{ V} \end{cases}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{|Z|} = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 40^2}} = 0,6$$

$$p_\Sigma = 3UI \cos \varphi = 3 \cdot 381 \cdot 7,62 \cdot 0,6 = 5225,8 \text{ W}$$

$$\rightarrow P_A = \frac{p_\Sigma}{3} = \frac{5225,8}{3} = \boxed{1741,9 \text{ W}}$$

$$P_A = RI_A^2 = 30(7,62)^2 = \boxed{1741,9 \text{ W}}$$



# Công suất trong mạch ba pha (5)

VD3

$$Z_A = 20 \Omega; Z_B = j10 \Omega; Z_C = -j10 \Omega; \dot{E}_A = 220 \text{ V};$$

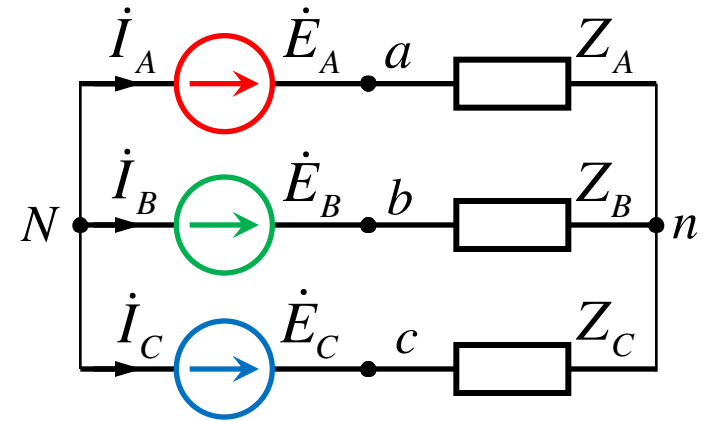
$$\dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ V}; \dot{E}_C = 220 / 120^\circ \text{ V}.$$

$$\begin{cases} \dot{I}_A = 38,11 \text{ A} \\ \dot{I}_B = -19,05 - j43,21 \text{ A} \\ \dot{I}_C = 19,05 - j43,21 \text{ A} \end{cases}$$

$$P_A = R_A I_A^2 = 20(38,11)^2 = 29047 \text{ W}$$

$$P_B = R_B I_B^2 = 0 I_B^2 = 0 \text{ W}$$

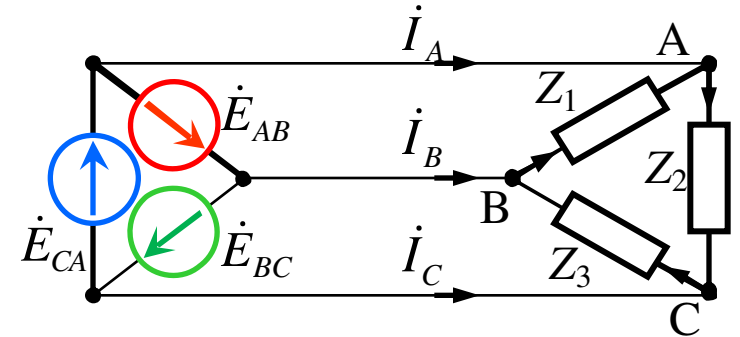
$$P_C = R_C I_C^2 = 0 I_C^2 = 0 \text{ W}$$



# Công suất trong mạch ba pha (6)

## VD4

$\dot{E}_{AB} = 220 / 0^\circ \text{ V}; \dot{E}_{BC} = 215 / -120^\circ \text{ V};$   
 $Z_1 = 10\Omega; Z_2 = j20\Omega; Z_3 = -j30\Omega.$  Tìm các dòng điện?



$$\begin{cases} \dot{I}_{BA} = 22 \text{ A} \\ \dot{I}_{AC} = 10,88 / 31,2^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_{CB} = 7,17 / -30,0^\circ \text{ A} \end{cases}$$

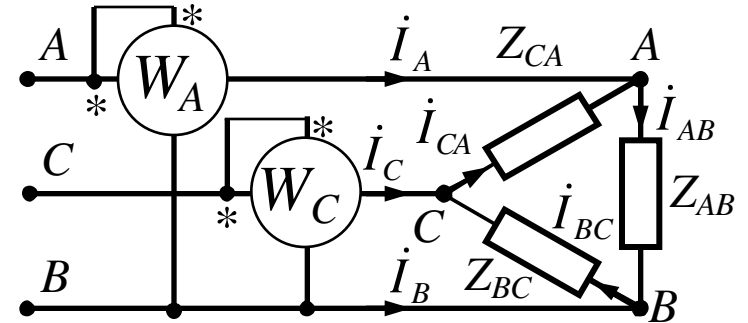
$$\mathbf{S}_1 = Z_1 I_{BA}^2 = 10(22)^2 = 4840 \text{ VA} \rightarrow P_1 = \text{Re}\{\mathbf{S}_1\} = 4840 \text{ W}$$

$$\mathbf{S}_2 = Z_2 I_{AC}^2 = j20(10,88)^2 = j2367,5 \text{ VA} \rightarrow P_2 = \text{Re}\{\mathbf{S}_2\} = 0$$

$$\mathbf{S}_3 = Z_3 I_{CB}^2 = -j30(7,17)^2 = -j1542,3 \text{ VA} \rightarrow P_3 = \text{Re}\{\mathbf{S}_3\} = 0$$



# Công suất trong mạch ba pha (7)



$$W_A = \text{Re}\left\{\dot{U}_{AB}\hat{I}_A\right\}$$

$$i_A = i_{AB} + i_{AC}$$

$$\rightarrow W_A = \text{Re}\left\{\dot{U}_{AB}\hat{I}_{AB}\right\} + \text{Re}\left\{\dot{U}_{AB}\hat{I}_{AC}\right\}$$

$$\text{Re}\left\{\dot{U}_{AB}\hat{I}_{AB}\right\} = P_{AB}$$

$$\rightarrow W_A = P_{AB} + \text{Re}\left\{\dot{U}_{AB}\hat{I}_{AC}\right\}$$

$$W_C = \text{Re}\left\{\dot{U}_{CB}\hat{I}_C\right\}$$

$$i_C = i_{CA} + i_{CB}$$

$$\rightarrow W_C = \text{Re}\left\{\dot{U}_{CB}\hat{I}_{CA}\right\} + \text{Re}\left\{\dot{U}_{CB}\hat{I}_{CB}\right\}$$

$$\text{Re}\left\{\dot{U}_{CB}\hat{I}_{CB}\right\} = P_{CB}$$

$$\rightarrow W_C = \text{Re}\left\{\dot{U}_{CB}\hat{I}_{CA}\right\} + P_{CB}$$

$$\rightarrow W_A + W_C = P_{AB} + \text{Re}\left\{(\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CB})\hat{I}_{AC}\right\} + P_{CB}$$

$$\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CB} = \dot{U}_{AC} \rightarrow \text{Re}\left\{(\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CB})\hat{I}_{AC}\right\} = P_{AC}$$

$$\rightarrow \boxed{W_A + W_C = P_{AB} + P_{AC} + P_{CB}}$$

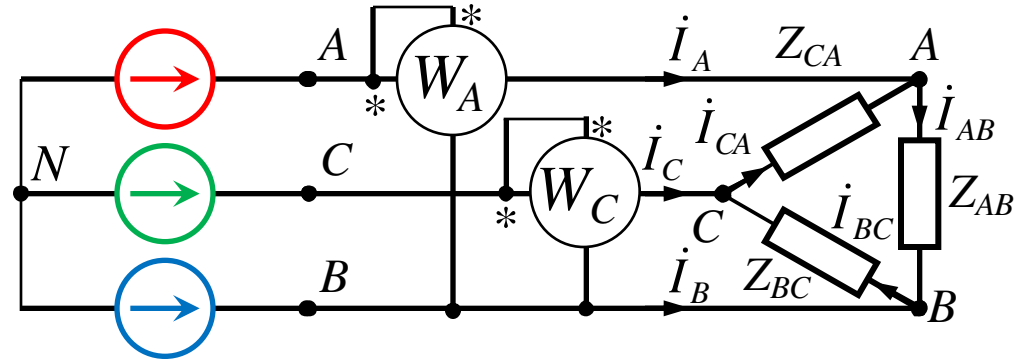




# Công suất trong mạch ba pha (8)

VD5

$$\begin{aligned} \dot{E}_{AN} &= 220/\underline{0^\circ} \text{ V}; \dot{E}_{CN} = 220/\underline{120^\circ} \text{ V} \\ \dot{E}_{BN} &= 220/\underline{-120^\circ} \text{ V}; Z_{AB} = 50\Omega; \\ Z_{BC} &= j75\Omega; Z_{CA} = -j100\Omega; \\ \text{Tính công suất tiêu thụ của tải } \Delta? \end{aligned}$$



$$Z_{AB} \dot{I}_{AB} = \dot{E}_{AN} - \dot{E}_{BN} \rightarrow \dot{I}_{AB} = \frac{\dot{E}_{AN} - \dot{E}_{BN}}{Z_{AB}} = \frac{220 - 220/\underline{-120^\circ}}{50} = 6,60 + j3,81 \text{ A}$$

$$Z_{BC} \dot{I}_{BC} = \dot{E}_{BN} - \dot{E}_{CN} \rightarrow \dot{I}_{BC} = \frac{\dot{E}_{BN} - \dot{E}_{CN}}{Z_{BC}} = \frac{220/\underline{-120^\circ} - 220/\underline{120^\circ}}{j75} = -5,08 \text{ A}$$

$$Z_{CA} \dot{I}_{CA} = \dot{E}_{CN} - \dot{E}_{AN} \rightarrow \dot{I}_{CA} = \frac{\dot{E}_{CN} - \dot{E}_{AN}}{Z_{CA}} = \frac{220/\underline{120^\circ} - 220}{-j100} = -1,91 - j3,30 \text{ A}$$

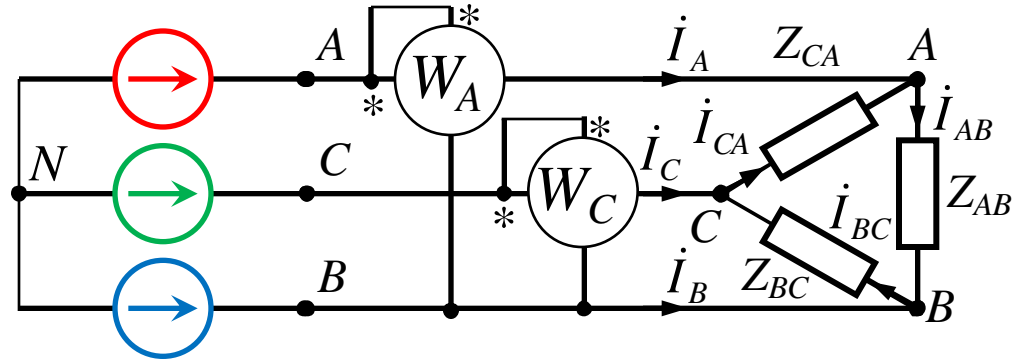
$$\dot{I}_A + \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{AB} = 0 \rightarrow \dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} = 6,60 + j3,81 - (-1,91 - j3,30) = 8,50 + j7,11 \text{ A}$$

$$\dot{I}_C + \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{CA} = 0 \rightarrow \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} = -1,91 - j3,30 - (-5,08) = 3,18 - j3,30 \text{ A}$$

# Công suất trong mạch ba pha (9)

VD5

$$\begin{aligned} \dot{E}_{AN} &= 220 \angle 0^\circ \text{ V}; \dot{E}_{CN} = 220 \angle 120^\circ \text{ V} \\ \dot{E}_{BN} &= 220 \angle -120^\circ \text{ V}; Z_{AB} = 50 \Omega; \\ Z_{BC} &= j75 \Omega; Z_{CA} = -j100 \Omega; \\ &\text{Tính công suất tiêu thụ của tải } \Delta? \end{aligned}$$



$$\dot{I}_A = 8,50 + j7,11 \text{ A}; \dot{I}_C = 3,18 - j3,30 \text{ A}$$

$$\dot{I}_{AB} = 6,60 + j3,81 \text{ A}; \dot{I}_{BC} = -5,08 \text{ A}; \dot{I}_{CA} = -1,91 - j3,30 \text{ A}$$

$$W_A = \text{Re} \{ \dot{U}_{AB} \hat{I}_A \} = \text{Re} \{ (\dot{E}_{AN} - \dot{E}_{BN}) \hat{I}_A \}$$

$$= \text{Re} \{ (220 - 220 \angle -120^\circ) (8,50 - j7,11) \} = 4161,5 \text{ W}$$

$$W_C = \text{Re} \{ \dot{U}_{CB} \hat{I}_C \} = \text{Re} \{ (\dot{E}_{CN} - \dot{E}_{BN}) \hat{I}_C \}$$

$$= \text{Re} \{ (220 \angle 120^\circ - 220 \angle -120^\circ) (3,18 + j3,30) \} = -1257,5 \text{ W}$$

$$P_{total} = W_A + W_C = 4161,5 - 1257,5 = \boxed{2904,0 \text{ W}}$$

$$P_{total} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = R_{AB} I_{AB}^2 + 0 + 0 = 50(6,60^2 + 3,81^2) = \boxed{2903,8 \text{ W}}$$



TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
BÁCH KHOA HÀ NỘI



NGUYỄN CÔNG PHƯƠNG

# LÝ THUYẾT MẠCH I

## KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN



# 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**

**1. Nguồn phụ thuộc**

**2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**

**3. Khuếch đại thuật toán**

**4. Các mạch cơ bản**

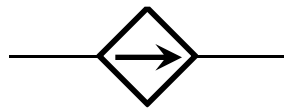
**5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán**



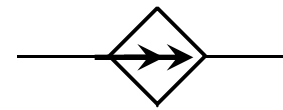




# Nguồn phụ thuộc



Nguồn áp phụ thuộc



Nguồn dòng phụ thuộc

- Nguồn áp phụ thuộc áp:
- Nguồn áp phụ thuộc dòng:
- Nguồn dòng phụ thuộc áp:
- Nguồn dòng phụ thuộc dòng:

$$e = f_{eu}(u_x) = \mu u_x$$

$$e = f_{ei}(i_x) = r_m i_x$$

$$j = f_{ju}(u_x) = g_m u_x$$

$$j = f_{ji}(i_x) = \beta i_x$$





# 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**
  1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng
    - d) Xếp chồng
    - e) Mạng một cửa
  3. Khuếch đại thuật toán
  4. Các mạch cơ bản
  5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

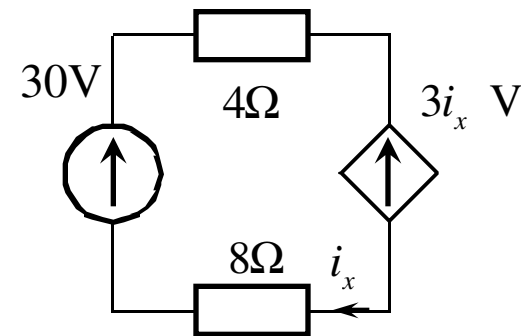


# Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

$$4i_x + 8i_x = 30 - 3i_x$$

$$\rightarrow 15i_x = 30$$

$$\rightarrow i_x = 2 \text{ A}$$



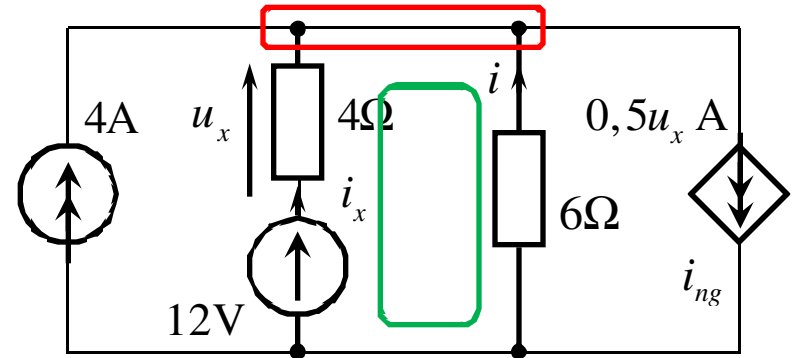


# Dòng nhánh (1)

VD1

$$\left. \begin{array}{l} i_x + i - i_{ng} + 4 = 0 \\ 4i_x - 6i = 12 \\ i_{ng} = 0,5u_x = 0,5 \cdot 4i_x = 2i_x \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_x + i - 2i_x + 4 = 0 \\ 4i_x - 6i = 12 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} -i_x + i = -4 \\ 4i_x - 6i = 12 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_x = 6 \text{ A} \\ i = 2 \text{ A} \end{cases}$$

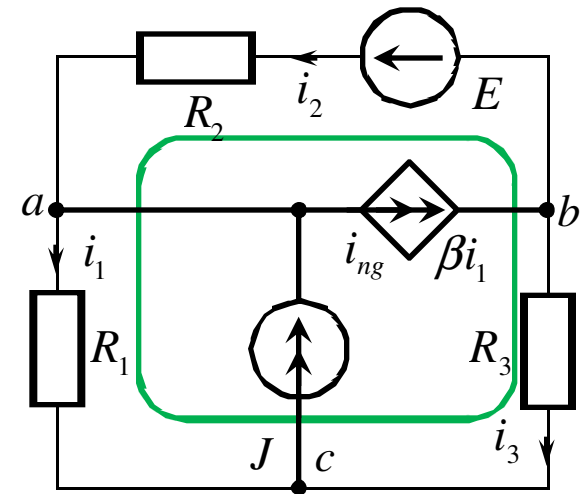


# Dòng nhánh (2)

VD2

$$\left. \begin{array}{l} b : i_{ng} - i_2 - i_3 = 0 \\ c : i_1 + i_3 - J = 0 \\ A : R_1 i_1 - R_3 i_3 + R_2 i_2 - E = 0 \end{array} \right\}$$

$$i_{ng} = \beta i_1$$



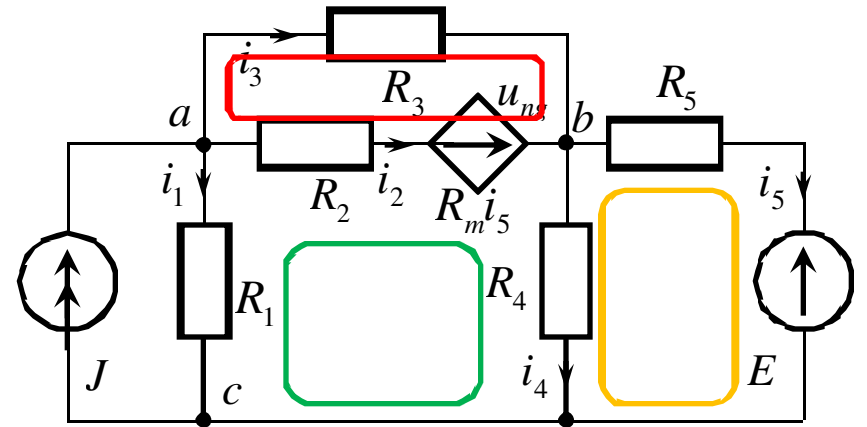
$$\rightarrow \begin{cases} \beta i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ i_1 + i_3 - J = 0 \\ R_1 i_1 - R_3 i_3 + R_2 i_2 - E = 0 \end{cases}$$



# Dòng nhánh (3)

VD3

$$\left\{ \begin{array}{l} a: i_1 + i_2 + i_3 = J \\ b: i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \\ R_2 i_2 - R_3 i_3 = u_{ng} \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 - R_4 i_4 = -u_{ng} \\ R_4 i_4 - R_5 i_5 = E \\ u_{ng} = R_m i_5 \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 + i_3 = J \\ i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \\ R_2 i_2 - R_3 i_3 - R_m i_5 = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 - R_4 i_4 + R_m i_5 = 0 \\ R_4 i_4 - R_5 i_5 = E \end{array} \right.$$





# Lý thuyết mạch I

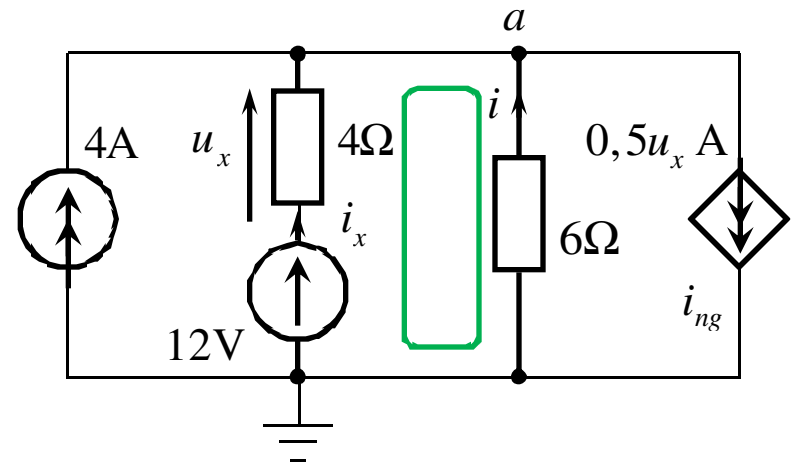
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
  1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút**
    - c) Dòng vòng
    - d) Xếp chồng
    - e) Mạng một cửa
  3. Khuếch đại thuật toán
  4. Các mạch cơ bản
  5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



# Thế nút (1)

VD1

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a &= 4 + \frac{12}{4} - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(12 - \varphi_a) \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a = 4 + \frac{12}{4} - 0,5(12 - \varphi_a)$$

$$\rightarrow \varphi_a = -12 \text{ V} \rightarrow \begin{cases} i_x = \frac{12 - \varphi_a}{4} = \frac{12 - (-12)}{4} = \boxed{6 \text{ A}} \\ i = -\frac{\varphi_a}{6} = -\frac{-12}{6} = \boxed{2 \text{ A}} \end{cases}$$



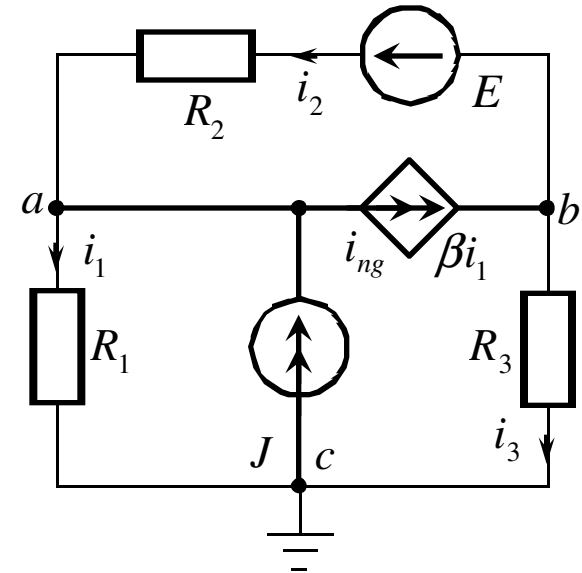




# Thế nút (2)

VD2

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_2} \varphi_b = J - i_{ng} + \frac{E}{R_2} \\ -\frac{1}{R_2} \varphi_a + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b = i_{ng} - \frac{E}{R_2} \\ i_{ng} = \beta i_1 = \beta \frac{\varphi_a}{R_1} \end{array} \right.$$



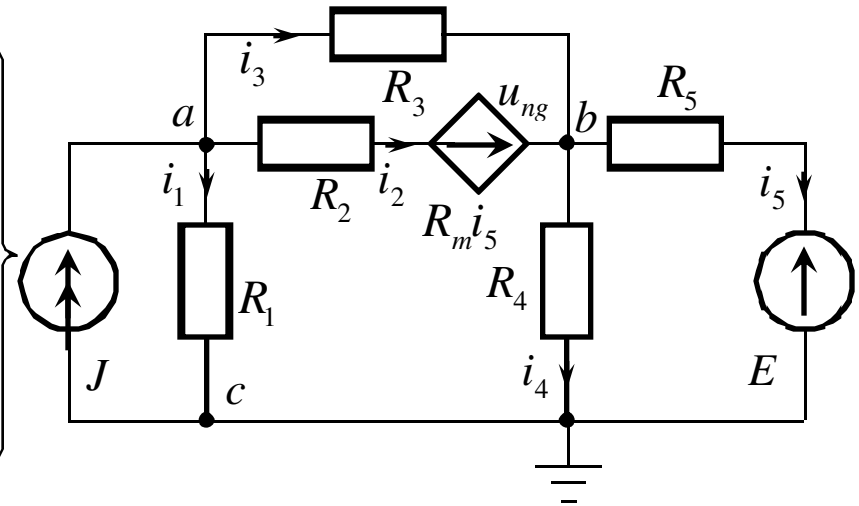
$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \beta \frac{1}{R_1} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_2} \varphi_b = J + \frac{E}{R_2} \\ -\left( \frac{1}{R_2} + \beta \frac{1}{R_1} \right) \varphi_a + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b = -\frac{E}{R_2} \end{array} \right.$$



# Thế nút (3)

VD3

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b = J - \frac{u_{ng}}{R_2} \\ - \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_b = \frac{E}{R_5} + \frac{u_{ng}}{R_2} \\ u_{ng} = R_m i_5 = R_m \frac{\varphi_b - E}{R_5} \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} - \frac{R_m}{R_2 R_5} \right) \varphi_b = J + \frac{R_m E}{R_2 R_5} \\ - \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} - \frac{R_m}{R_2 R_5} \right) \varphi_b = \frac{E}{R_5} - \frac{R_m E}{R_2 R_5} \end{array} \right.$$





# Lý thuyết mạch I

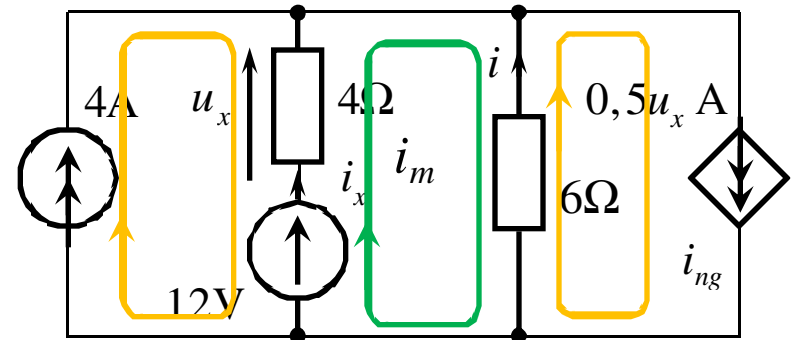
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
  1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng**
    - d) Xếp chồng
    - e) Mạng một cửa
  3. Khuếch đại thuật toán
  4. Các mạch cơ bản
  5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



# Dòng vòng (1)

VD1

$$\left. \begin{aligned} 4(i_m - 4) + 6(i_m - i_{ng}) &= 12 \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5 \cdot 4i_x = 2i_x \\ &= 2(i_m - 4) \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow 4(i_m - 4) + 6[i_m - 2(i_m - 4)] = 12$$

$$\rightarrow i_m = 10 \rightarrow \begin{cases} i_x = i_m - 4 = 10 - 4 = \boxed{6 \text{ A}} \\ i = -i_m + i_{ng} = -10 + 2(10 - 4) = \boxed{2 \text{ A}} \end{cases}$$



# Dòng vòng (2)

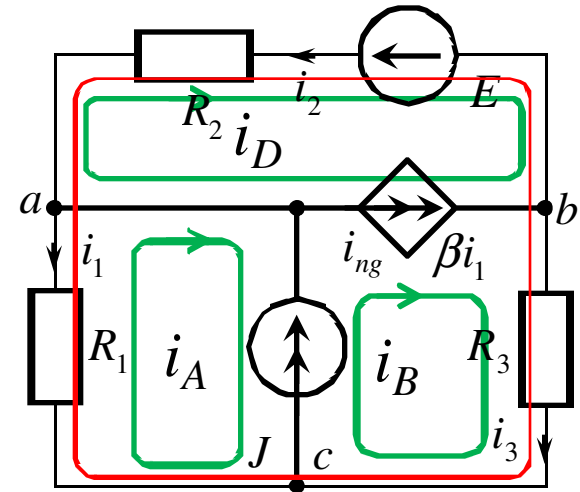
VD2

$$R_1 i_A + R_2 i_D + R_3 i_B + E = 0$$

$$i_B - i_A = J$$

$$i_B - i_D = i_{ng}$$

$$i_{ng} = \beta i_1$$



$$\rightarrow (R_1 + R_2 + R_3) i_A = -E - (R_2 + R_3) J + R_2 \beta i_1$$

$$i_A = -i_1$$

$$\rightarrow (R_1 + R_2 + R_3 + \beta R_2) i_1 = E + (R_2 + R_3) J$$

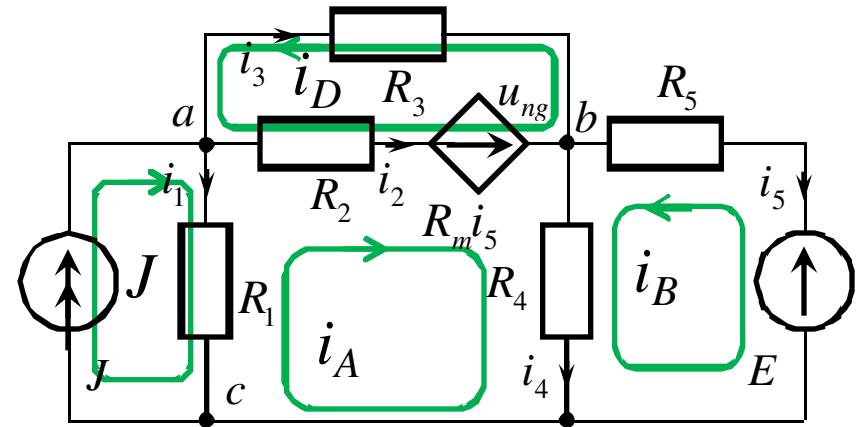


# Dòng vòng (3)

VD3

$$\left\{ \begin{array}{l} A: R_1(i_A - J) + R_2(i_A + i_D) + R_4(i_A + i_B) = u_{ng} \\ B: R_4(i_B + i_A) + R_5i_B = E \\ D: R_2(i_D + i_A) + R_3i_D = u_{ng} \end{array} \right.$$

$$u_{ng} = R_m i_5 = R_m (-i_B)$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (R_1 + R_2 + R_4)i_A + (R_4 + R_m)i_B + R_2i_D = R_1J \\ R_4i_A + (R_4 + R_5)i_B = E \\ R_2i_A + R_mi_B + (R_2 + R_3)i_D = 0 \end{array} \right.$$





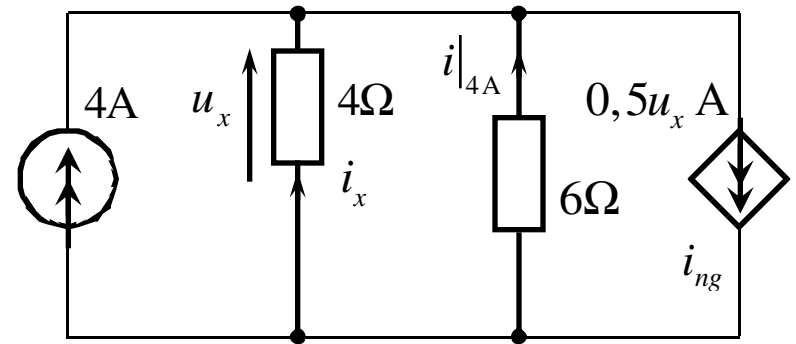
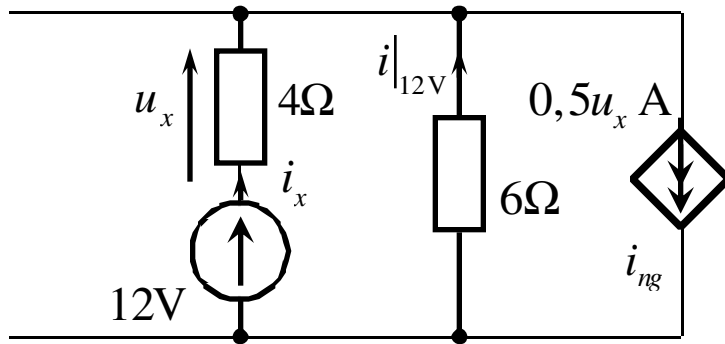
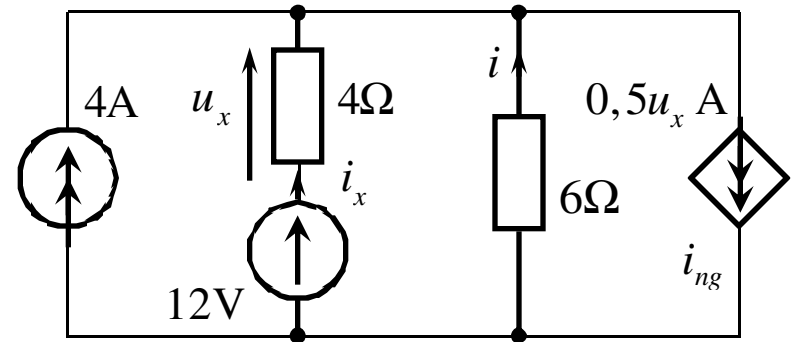
# Lý thuyết mạch I

- 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**
  1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng
    - d) Xếp chồng**
    - e) Mạng một cửa
  3. Khuếch đại thuật toán
  4. Các mạch cơ bản
  5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



# Xếp chồng (1)

VD1



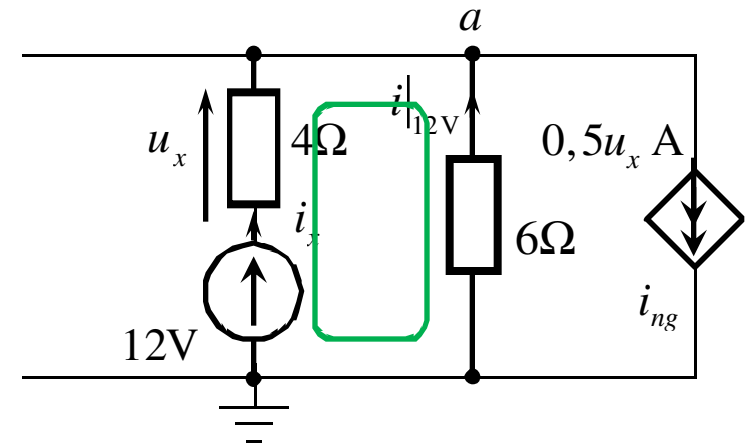




# Xếp chồng (2)

VD1

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a &= \frac{12}{4} - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(12 - \varphi_a) \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a = \frac{12}{4} - 0,5(12 - \varphi_a)$$

$$\rightarrow \varphi_a = 36 \text{ V} \quad \rightarrow i_{12\text{V}} = -\frac{\varphi_a}{6} = -\frac{36}{6} = -6 \text{ A}$$





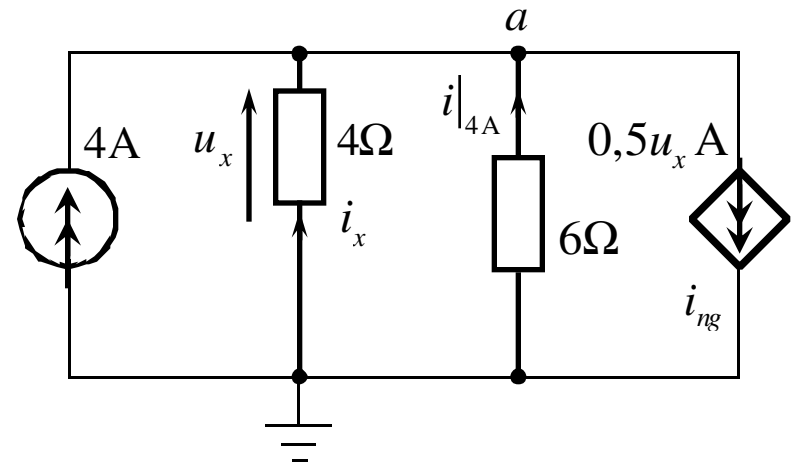
# Xếp chồng (3)

VD1

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a &= 4 - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(-\varphi_a) \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a = 4 - 0,5(-\varphi_a)$$

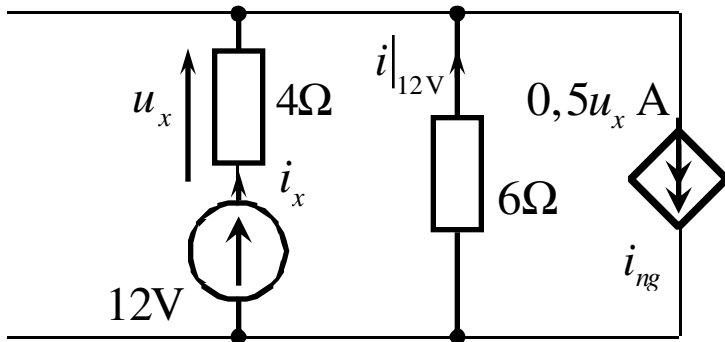
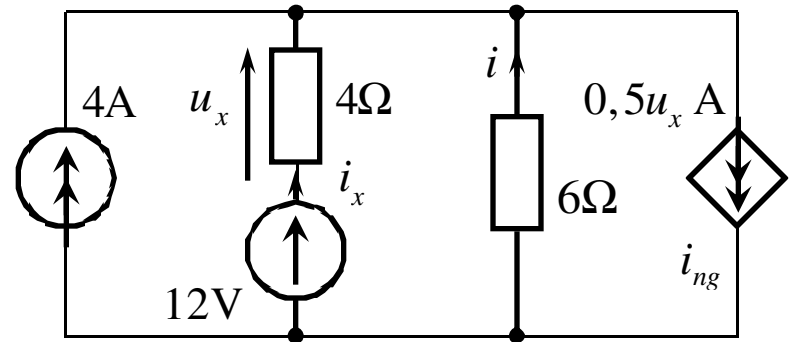
$$\rightarrow \varphi_a = -48 \text{ V} \rightarrow i_{4A} = -\frac{\varphi_a}{6} = -\frac{-48}{6} = 8 \text{ A}$$



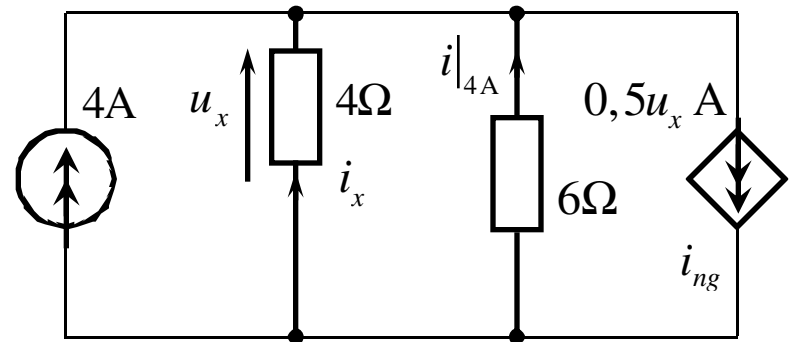
# Xếp chồng (4)

VD1

$$i = -6 + 8 = \boxed{2A}$$



$$i|_{12V} = -6A$$



$$i|_{4A} = 8A$$





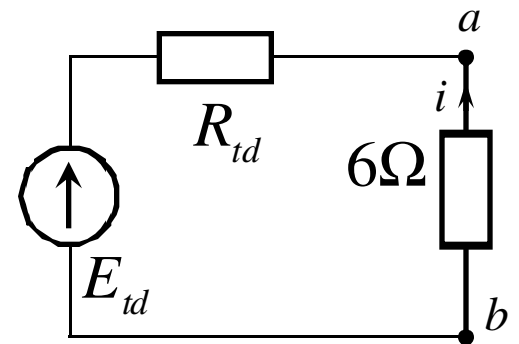
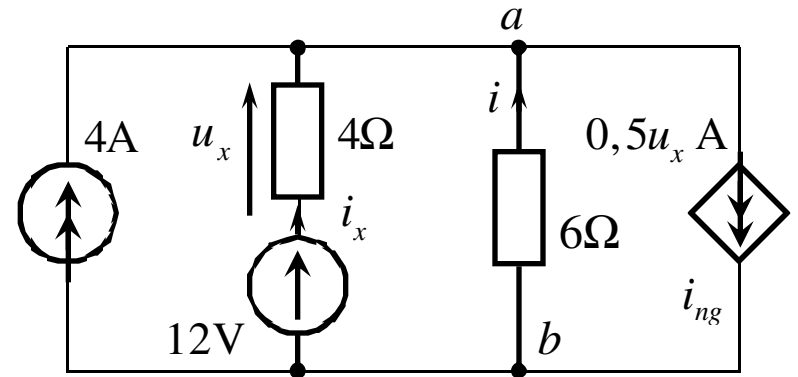
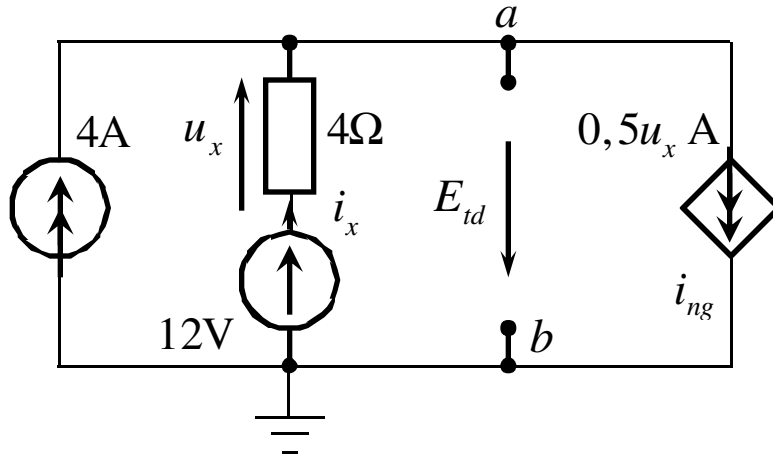
# Lý thuyết mạch I

- 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**
  1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng
    - d) Xếp chồng
    - e) Mạng một cửa**
  3. Khuếch đại thuật toán
  4. Các mạch cơ bản
  5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



# Mạng một cửa (1)

VD1



$$E_{td} = u_{hở mạch}$$

$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}}$$

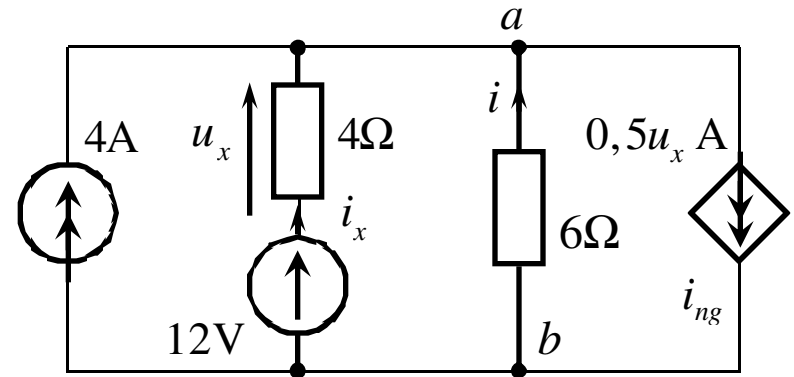
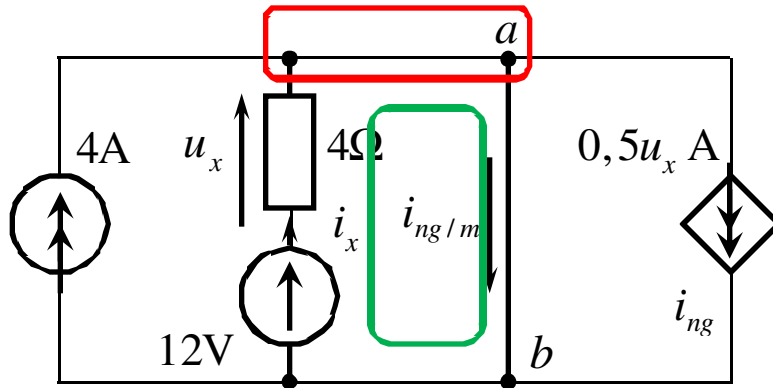
$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{4} \varphi_a &= 4 + \frac{12}{4} - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(12 - \varphi_a) \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{1}{4} \varphi_a = 4 + \frac{12}{4} - 0,5(12 - \varphi_a) \rightarrow \varphi_a = -4 \text{ V} \rightarrow u_{hở mạch} = \varphi_a = -4 \text{ V}$$



# Mạng một cửa (2)

VD1



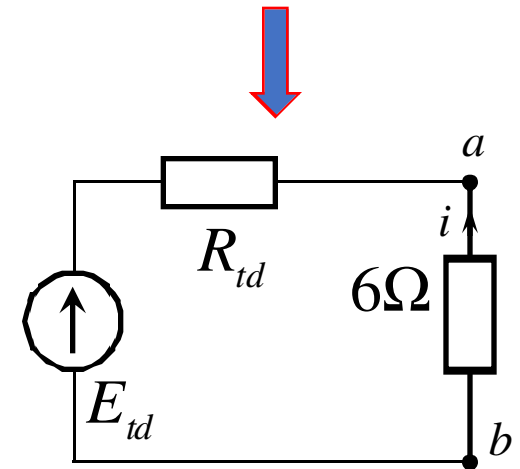
$$E_{td} = u_{\text{hở mạch}} \quad R_{td} = \frac{u_{\text{hở mạch}}}{i_{\text{ngắn mạch}}}$$

$$4 + i_x - i_{ng/m} - i_{ng} = 0 \rightarrow i_{ng/m} = i_x - i_{ng} + 4$$

$$i_{ng} = 0,5u_x \rightarrow i_{ng} = 6A$$

$$\varphi_a = \varphi_b \rightarrow \begin{cases} u_x = 12V \\ i_x = 12/4 = 3A \end{cases}$$

$$\rightarrow i_{ng/m} = 3 - 6 + 4 = 1A$$



# Mạng một cửa (3)

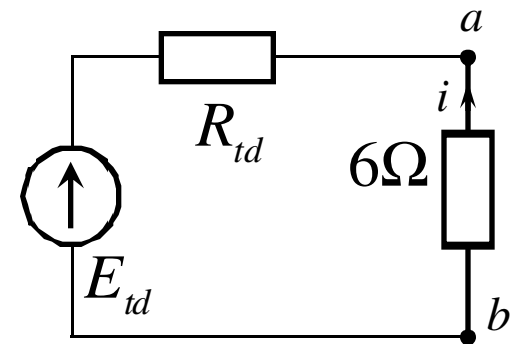
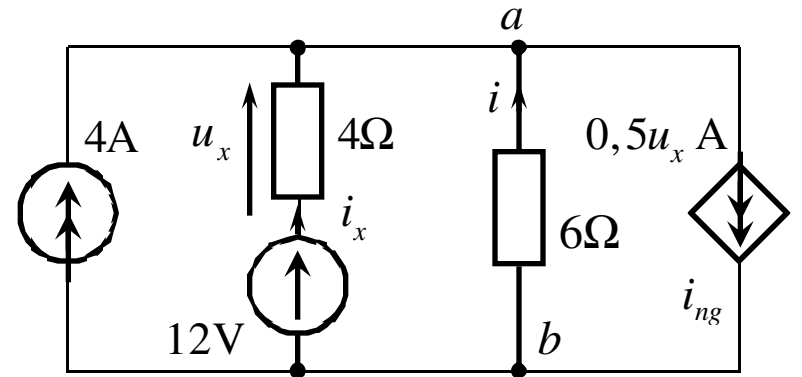
VD1

$$E_{td} = u_{hở mạch} = -4 \text{ V}$$

$$i_{ngắn mạch} = 1 \text{ A}$$

$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}} = \frac{-4}{1} = -4 \Omega$$

$$i = \frac{-E_{td}}{R_{td} + 6} = \frac{-(-4)}{-4 + 6} = \boxed{2 \text{ A}}$$





# Mạng một cửa (4)

## VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$   
tìm  $R_{td}$ ?

$$R_{td} = \frac{u_{hở\ mạch}}{i_{ngắn\ mạch}}$$

$$(\varphi_c - \varphi_b) - E + R_2 i_2 + R_1 i_1 = 0$$

$$u_{hở} = \varphi_b - \varphi_c$$

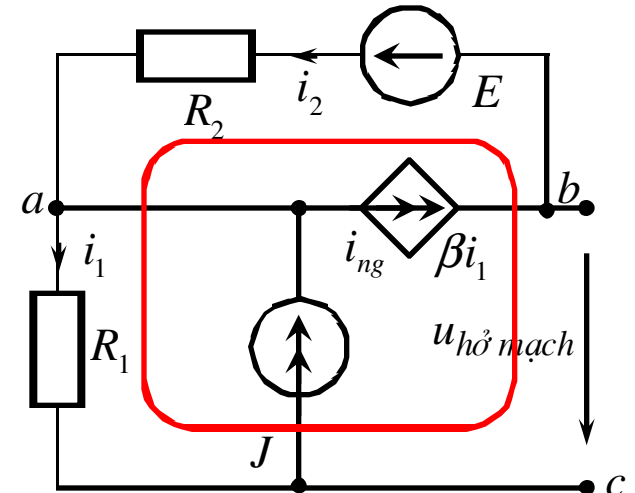
$$\rightarrow u_{hở} = R_1 i_1 + R_2 i_2 - E$$

$$i_1 = J$$

$$i_2 = i_{ng} = \beta i_1 = \beta J$$

$$\rightarrow u_{hở} = R_1 J + R_2 \beta J - E$$

$$= 4.2 + 6.2.2 - 16 = 16 \text{ V}$$





# Mạng một cửa (5)

## VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$   
tìm  $R_{td}$ ?

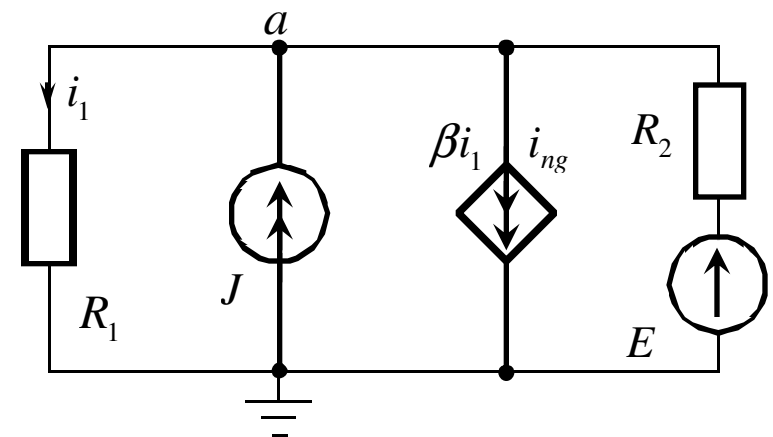
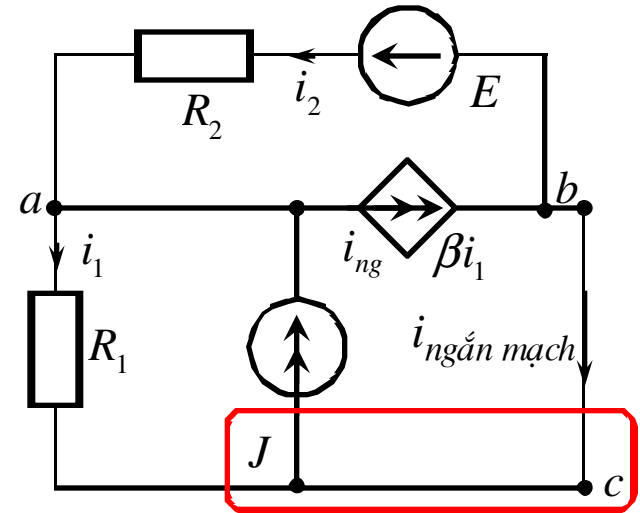
$$R_{td} = \frac{u_{hở\ mạch}}{i_{ngắn\ mạch}}$$

$$i_1 - J + i_{ng/m} = 0 \rightarrow i_{ng/m} = J - i_1$$

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \varphi_a &= J - i_{ng} + \frac{E}{R_2} \\ i_{ng} &= \beta i_1 = \beta \frac{\varphi_a}{R_1} \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \varphi_a = 5,09 \text{ V} \rightarrow i_1 = \frac{\varphi_a}{R_1} = \frac{5,09}{4} = 1,27 \text{ A}$$

$$\rightarrow i_{ng/m} = 2 - 1,27 = 0,73 \text{ A}$$



# Mạng một cửa (6)

## VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$   
tìm  $R_{td}$ ?

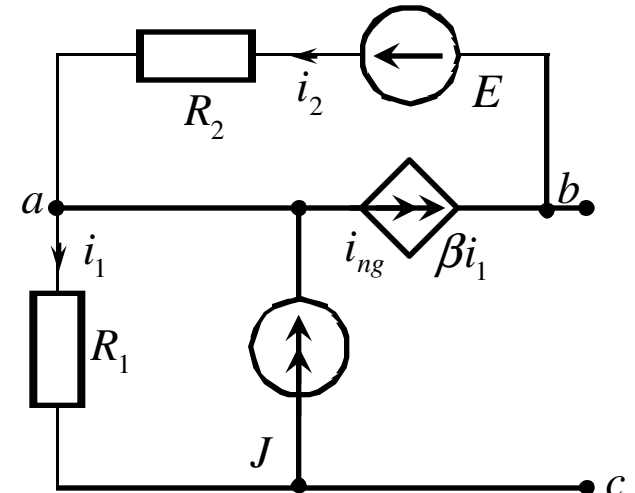
$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}}$$

$$u_{hở mạch} = 16 \text{ V}$$

$$i_{ngắn mạch} = 0,73 \text{ A}$$

Cách 1

$$\rightarrow R_{td} = \frac{16}{0,73} = \boxed{22\Omega}$$



# Mạng một cửa (7)

## VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$   
tìm  $R_{td}$ ?

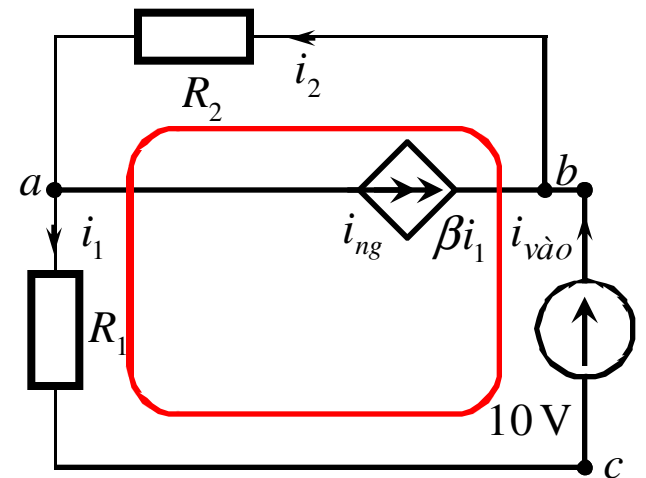
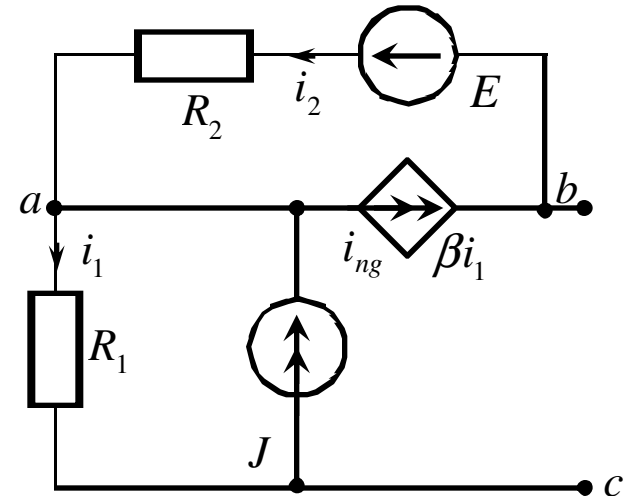
$b: i_{vào} + \beta i_1 - i_2 = 0 \rightarrow i_{vào} = i_2 - \beta i_1$  **Cách 2**

$$\begin{cases} R_2 i_2 + R_1 i_1 = 10 \\ a: i_2 - i_1 - \beta i_1 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = 0,45 \text{ A} \\ i_2 = 1,36 \text{ A} \end{cases}$$

$$\rightarrow i_{vào} = 1,36 - 2 \cdot 0,45 = 0,45 \text{ A}$$

$$\rightarrow R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}} = \frac{10}{0,45} = \boxed{22\Omega}$$





# Mạng một cửa (8)

## VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$   
tìm  $R_{td}$ ?

### Cách 3

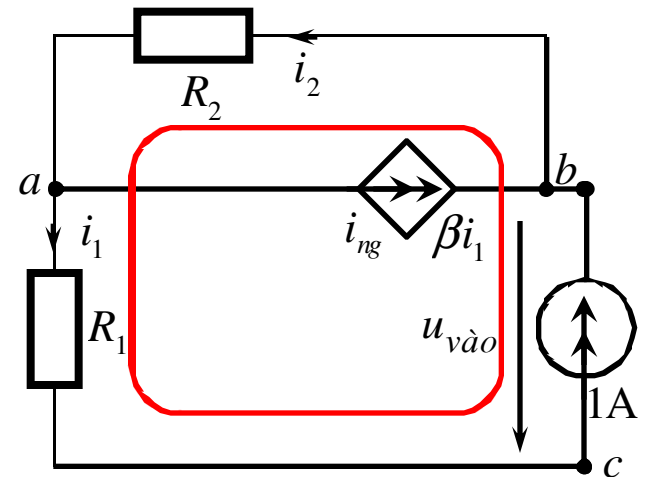
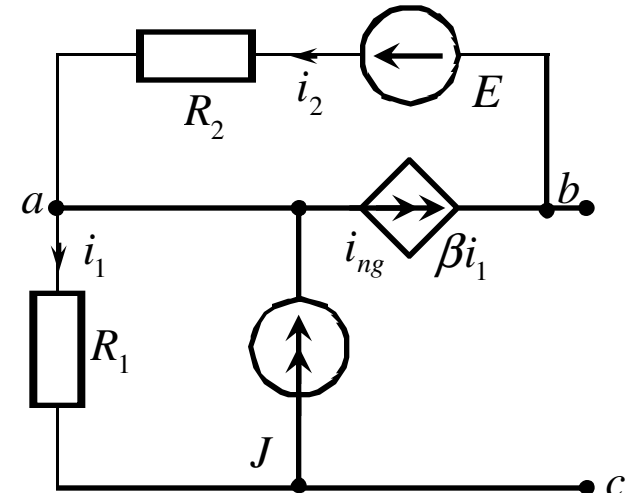
$$u_{vào} - R_1 i_1 - R_2 i_2 = 0 \rightarrow u_{vào} = R_1 i_1 + R_2 i_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} c: i_1 = 1 \\ b: \beta i_1 + 1 - i_2 = 0 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow i_2 = 3 \text{ A}$$

$$\rightarrow u_{vào} = 4 \cdot 1 + 6 \cdot 3 = 22 \text{ V}$$

$$\rightarrow R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}} = \frac{22}{1} = \boxed{22 \Omega}$$





# Lý thuyết mạch I

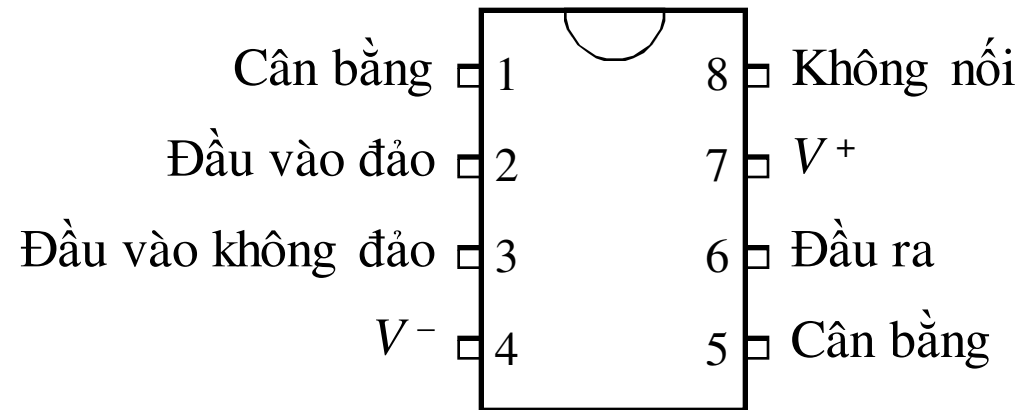
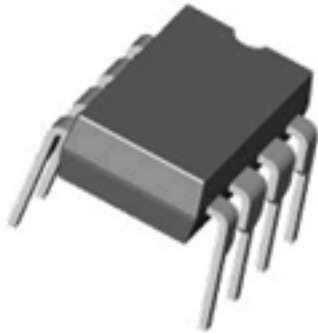
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha

## **VII. Khuếch đại thuật toán**

- 1. Nguồn phụ thuộc
- 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
- 3. Khuếch đại thuật toán**
- 4. Các mạch cơ bản
- 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



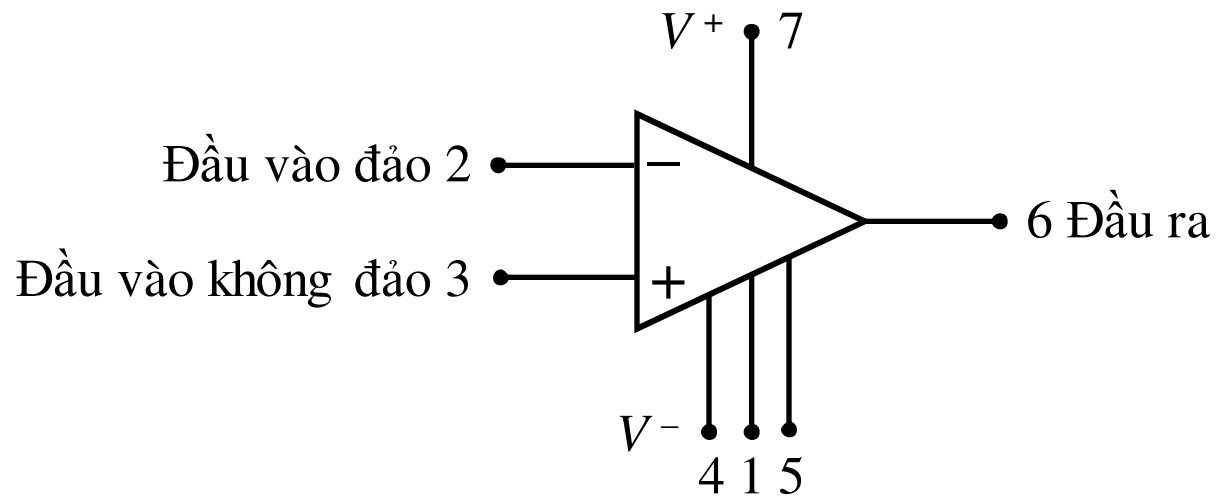
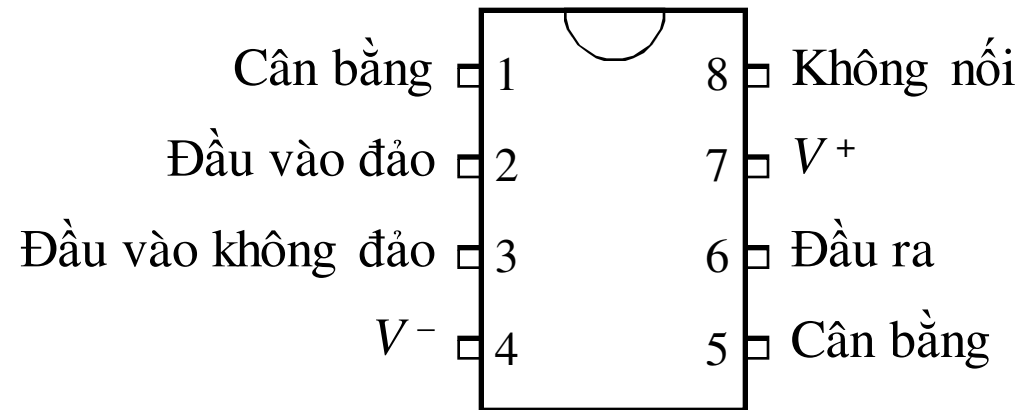
# Khuếch đại thuật toán (1)



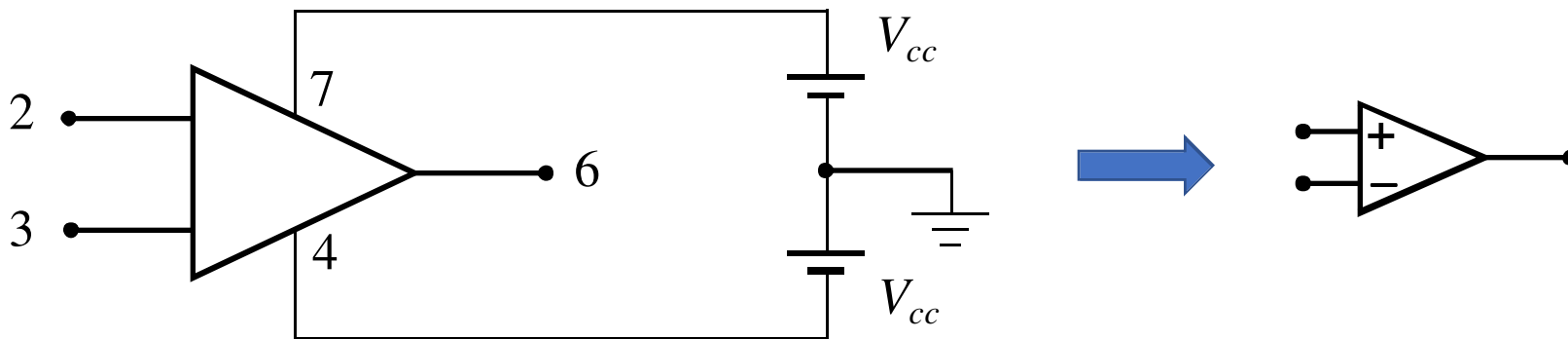
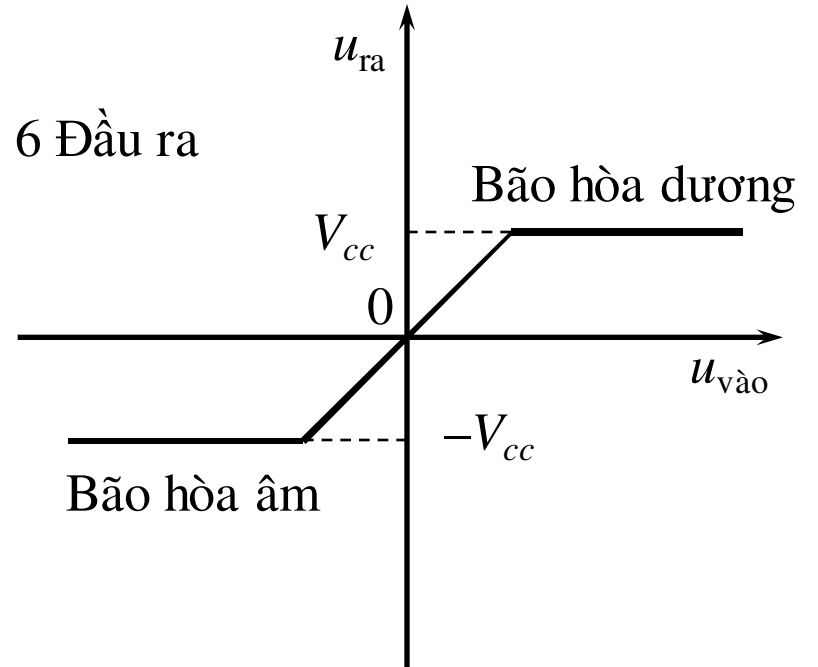
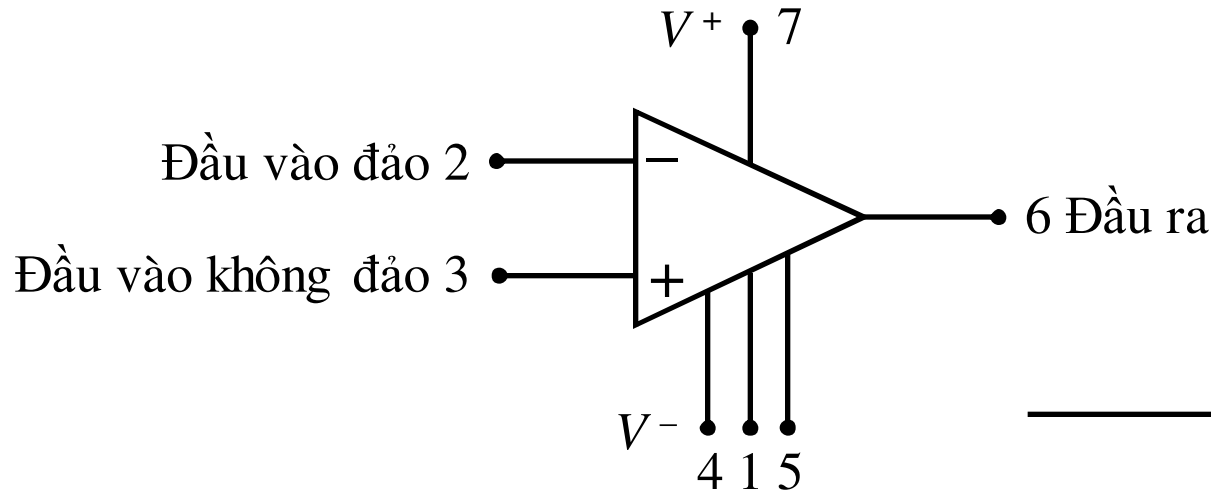
- 1947, operational amplifier, opamp,
- Linh động, rẻ, dễ dùng,
- Thực hiện các phép tính cộng, trừ, nhân, chia, vi phân, & tích phân,
- Xây dựng từ điện trở, transistor, tụ điện, điốt.



# Khuếch đại thuật toán (2)



# Khuếch đại thuật toán (3)

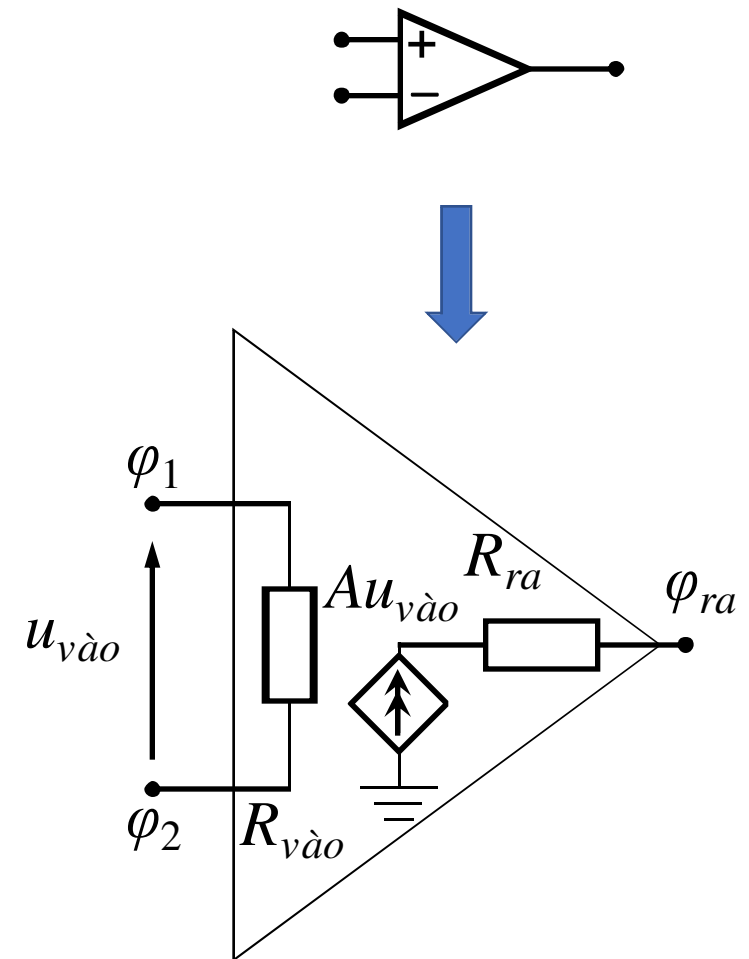




# Khuếch đại thuật toán (4)

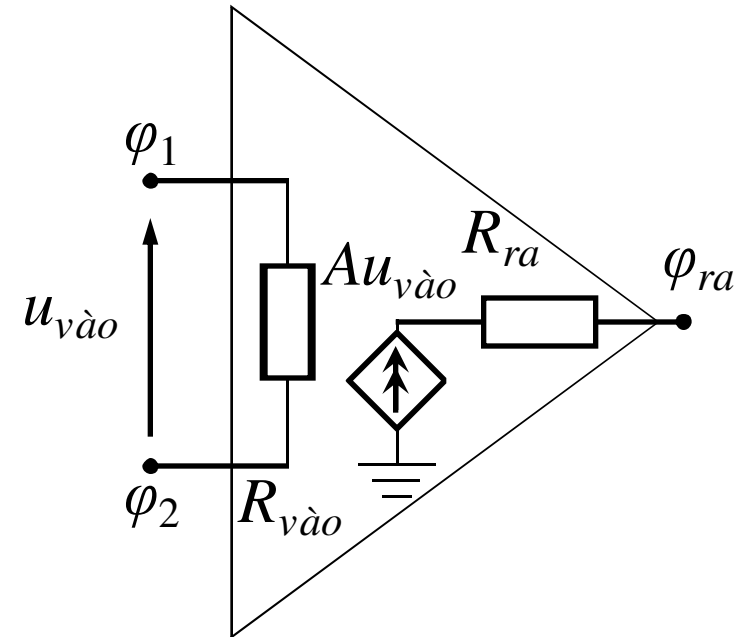
$$u_{ra} = Au_{vào} = A(\varphi_2 - \varphi_1)$$

	Giá trị thực	Giá trị lý tưởng
$A$	$10^5 - 10^8$	$\infty$
$R_{vào}$	$10^6 - 10^{13} \Omega$	$\infty \Omega$
$R_{ra}$	$10 - 100 \Omega$	$0 \Omega$
$V_{cc}$	$5 - 24 \text{ V}$	

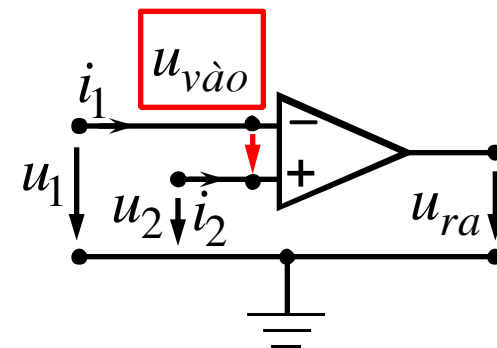


# Khuếch đại thuật toán lý tưởng

1.  $A \approx \infty$
2.  $R_{vào} \approx \infty$
3.  $R_{ra} \approx 0$



1.  $i_1 = 0, i_2 = 0$
2.  $u_{vào} = u_1 - u_2 \approx 0$





# 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**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản**
    - a) Đảo
    - b) Không đảo
    - c) Cộng
    - d) Trừ
    - e) Nối tầng
    - f) Khác
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



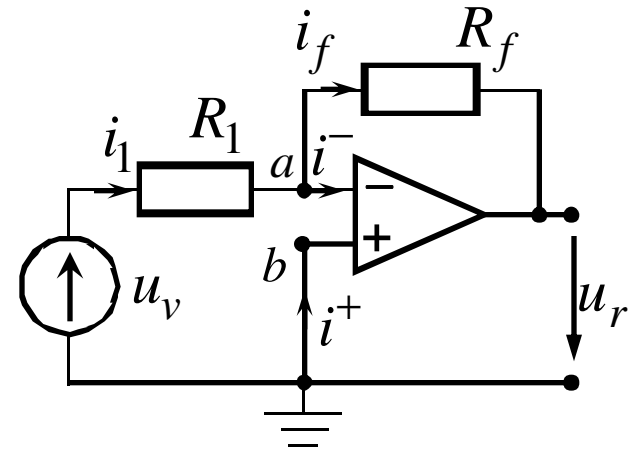


# Mạch khuếch đại đảo (1)

$$\left. \begin{aligned} a: i_1 - i_f - i^- &= 0 \\ i^- &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow i_1 = i_f$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 = \frac{u_v - \varphi_a}{R_1}, \quad i_f = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{u_v - \varphi_a}{R_1} = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f}$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = \varphi_b = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \boxed{u_r = -\frac{R_f}{R_1} u_v}$$



1.  $i^+ = 0, i^- = 0$
2.  $\varphi_a = \varphi_b$

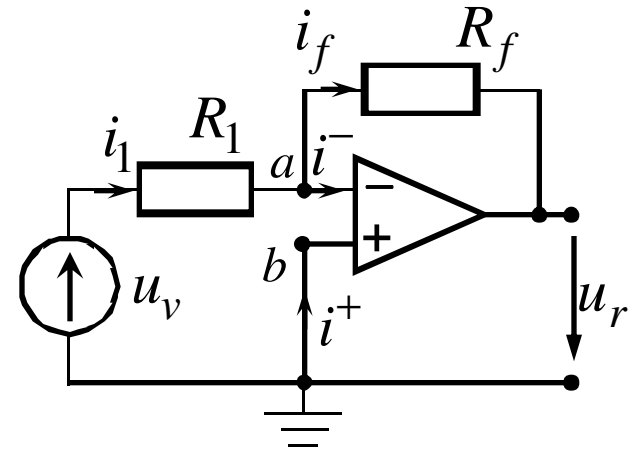




# Mạch khuếch đại đảo (2)

VD

$u_v = 10 \text{ mV}$ ;  $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$ ; tìm  $R_f$  để  $u_r = 0,2 \text{ V}$ ?



$$u_r = -\frac{R_f}{R_1} u_v$$

$$\rightarrow R_f = R_1 \frac{u_r}{u_v} = 4 \frac{0,2}{10 \cdot 10^{-3}} = \boxed{80 \text{ k}\Omega}$$





# 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**
  1. Nguồn phụ thuộc
  2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản**
    - a) Đảo
    - b) Không đảo
    - c) Cộng
    - d) Trừ
    - e) Nối tầng
    - f) Khác
  5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán



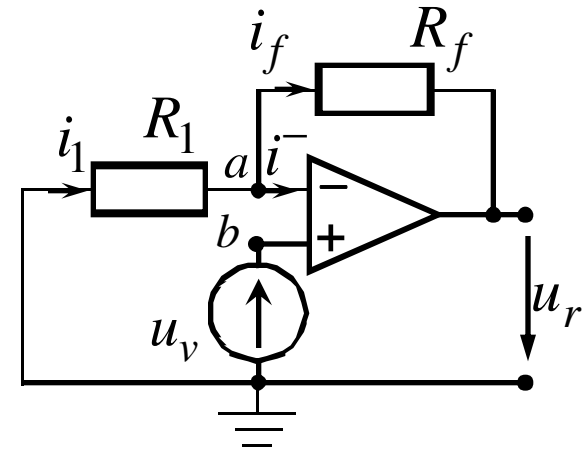
# Mạch khuếch đại không đảo (1)

$$\left. \begin{aligned} a: i_1 - i_f - i^- &= 0 \\ i^- &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow i_1 = i_f$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 = \frac{-\varphi_a}{R_1}, i_f = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{-\varphi_a}{R_1} = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f}$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = \varphi_b = u_v \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow u_r = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_v$$



1.  $i^+ = 0, i^- = 0$
2.  $\varphi_a = \varphi_b$

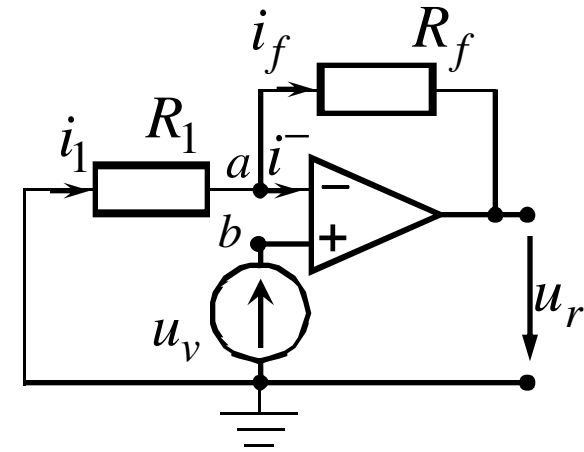




# Mạch khuếch đại không đảo (2)

VD

$$u_v = 10 \text{ mV}; R_1 = R_f = 4 \text{ k}\Omega; u_r = ?$$



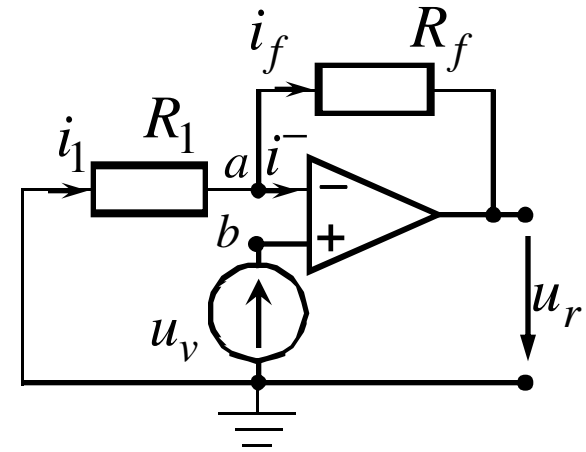
$$u_r = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) u_v = \left(1 + \frac{4}{4}\right) 10 = \boxed{20 \text{ mV}}$$





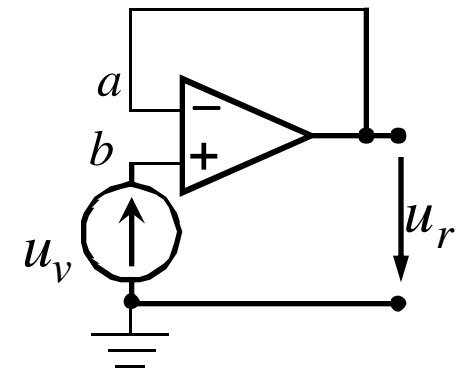
# Mạch khuếch đại không đảo (3)

$$u_r = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_v$$



$$\left. \begin{aligned} u_r &= \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_v \\ R_1 &\rightarrow \infty, R_f = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \boxed{u_r = u_v}$$

$$\left. \begin{aligned} u_r &= \varphi_a \\ \varphi_a &= \varphi_b \\ \varphi_b &= u_v \end{aligned} \right\} \rightarrow \boxed{u_r = u_v}$$





# 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**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản**
    - a) Đảo
    - b) Không đảo
    - c) Cộng**
    - d) Trừ
    - e) Nối tầng
    - f) Khác
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán





# Mạch cộng (1)

$$i_1 + i_2 + i_3 - i^- - i_f = 0$$

$$i_1 = \frac{u_1 - \varphi_a}{R_1}$$

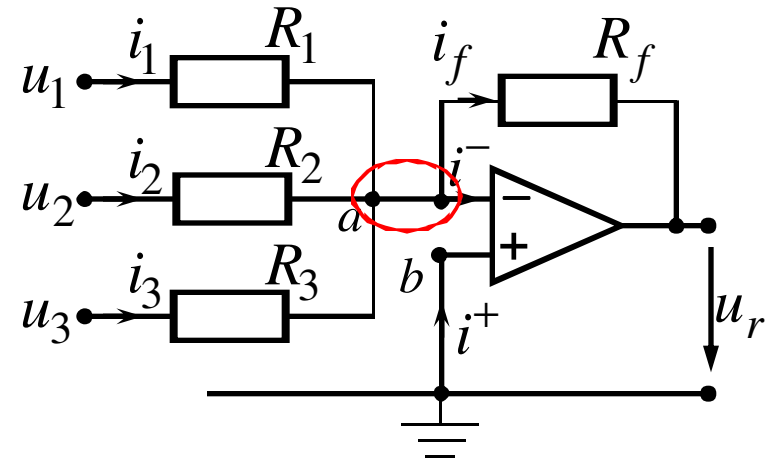
$$i_2 = \frac{u_2 - \varphi_a}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{u_3 - \varphi_a}{R_3}$$

$$i_f = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f}$$

$$\varphi_a = \varphi_b = 0$$

$$i^- = 0$$



$$u_r = - \left( \frac{R_f}{R_1} u_1 + \frac{R_f}{R_2} u_2 + \frac{R_f}{R_3} u_3 \right)$$



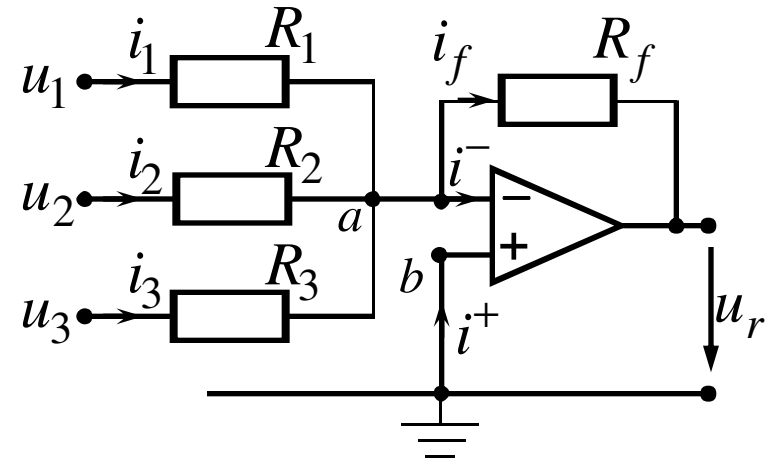


# Mạch cộng (2)

VD

$$R_1 = 24 \text{ k}\Omega; R_2 = 12 \text{ k}\Omega; R_3 = 8 \text{ k}\Omega;$$

$$R_f = 24 \text{ k}\Omega; u_r = ?$$



$$u_r = - \left( \frac{R_f}{R_1} u_1 + \frac{R_f}{R_2} u_2 + \frac{R_f}{R_3} u_3 \right)$$

$$= - \left( \frac{24}{24} u_1 + \frac{24}{12} u_2 + \frac{24}{8} u_3 \right)$$

$$= - (u_1 + 2u_2 + 3u_3)$$





# Lý thuyết mạch I

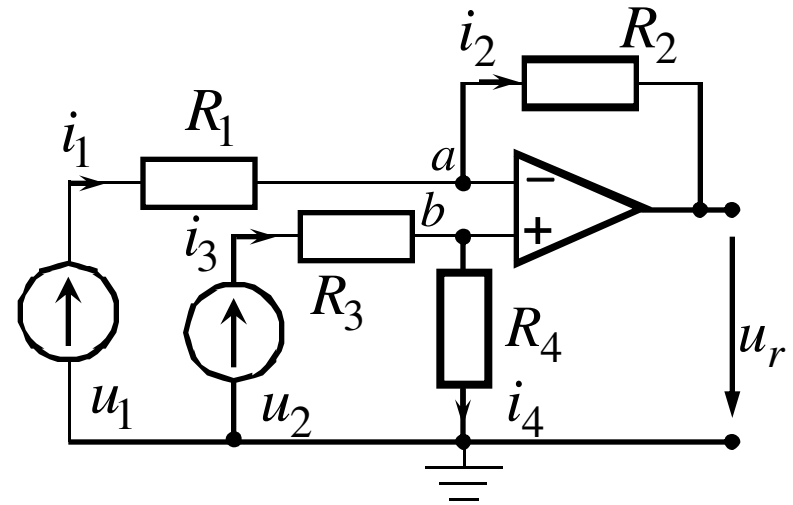
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản**
    - a) Đảo
    - b) Không đảo
    - c) Cộng
    - d) Trừ**
    - e) Nối tầng
    - f) Khác
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán





# Mạch trừ (1)

$$\left. \begin{aligned} a: i_1 = i_2 &\rightarrow \frac{u_1 - \varphi_a}{R_1} = \frac{\varphi_a - u_r}{R_2} \\ b: i_3 = i_4 &\rightarrow \frac{u_2 - \varphi_b}{R_3} = \frac{\varphi_b - 0}{R_4} \\ &\varphi_a = \varphi_b \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow u_r = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_2 - \frac{R_2}{R_1} u_1$$

$$\text{Nếu } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \rightarrow u_r = \frac{R_2}{R_1} (u_2 - u_1)$$

$$\text{Nếu } R_2 = R_1 \ \& \ R_3 = R_4 \rightarrow u_r = u_2 - u_1$$



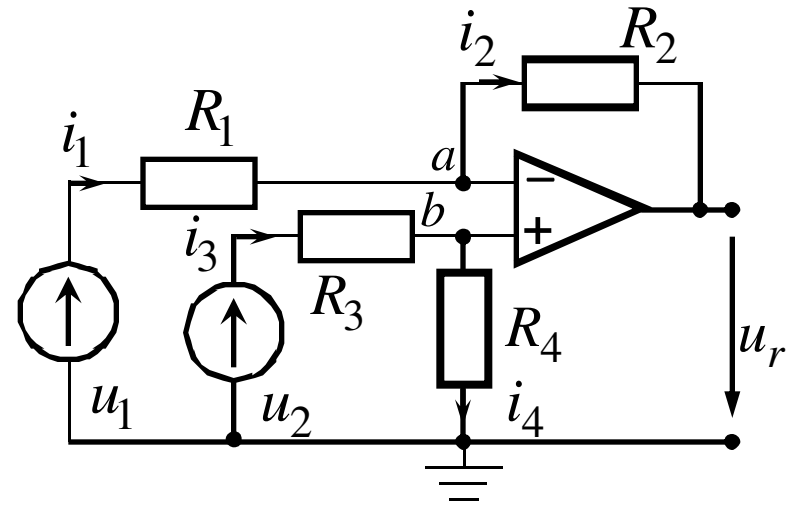


# Mạch trừ (2)

VD

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 47 \text{ k}\Omega;$$

$$u_1 = 30 \text{ mV}; u_2 = 10 \text{ mV}; u_r = ?$$



$$u_r = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_2 - \frac{R_2}{R_1} u_1$$

$$= \left( \frac{47}{47} + 1 \right) \frac{47}{47 + 47} 30 - \frac{47}{47} 10 = \boxed{20 \text{ mV}}$$





# Lý thuyết mạch I

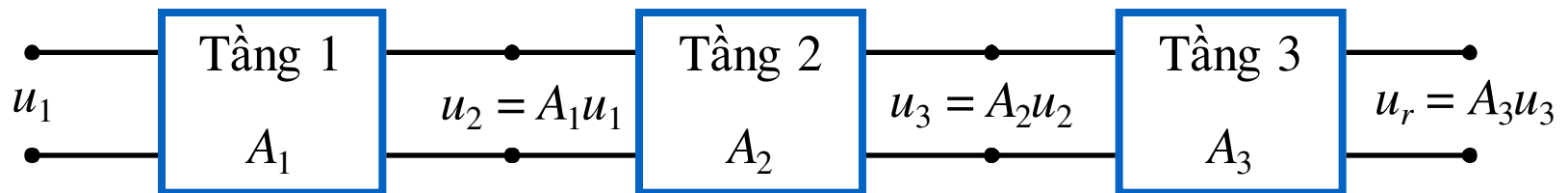
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản**
    - a) Đảo
    - b) Không đảo
    - c) Cộng
    - d) Trừ
    - e) Nối tầng**
    - f) Khác
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán







# Nối tầng (1)



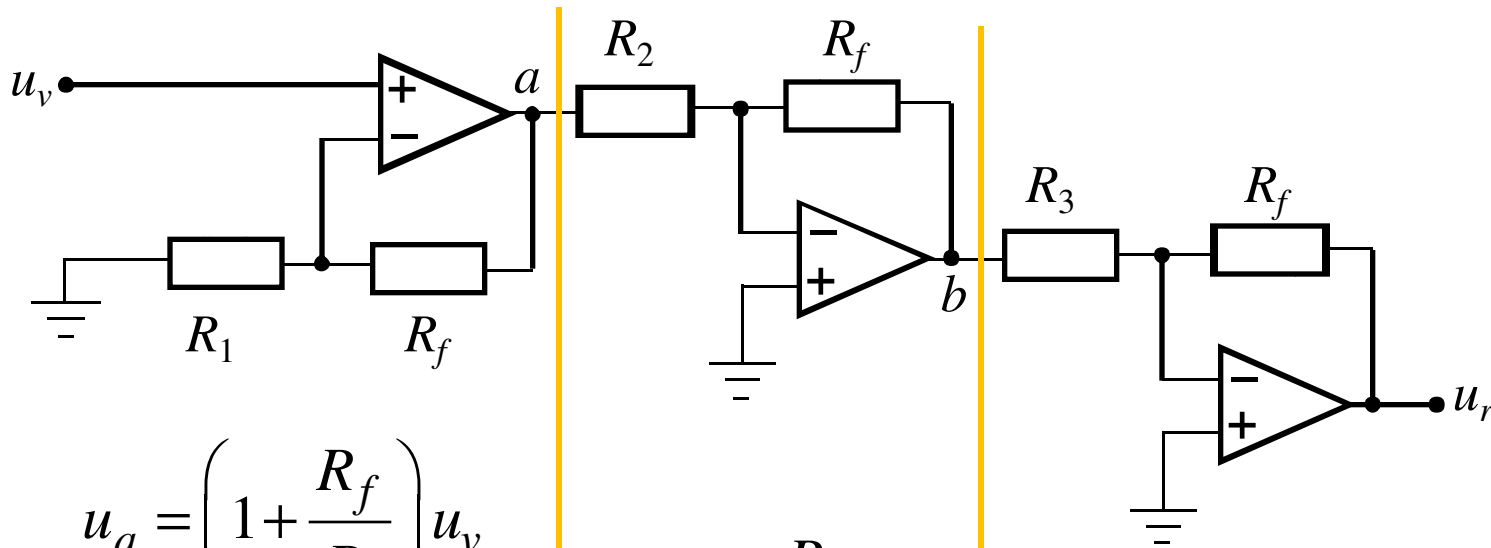
$$u_r = A_1 A_2 A_3 u_1$$





# Nối tầng (2)

VD



$$u_a = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) u_v$$

$$u_b = -\frac{R_f}{R_2} u_a$$

$$u_r = -\frac{R_f}{R_3} u_b$$

$$u_r = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \left(-\frac{R_f}{R_2}\right) \left(-\frac{R_f}{R_3}\right) u_v = \boxed{R_f^2 \frac{R_1 + R_f}{R_1 R_2 R_3} u_v}$$





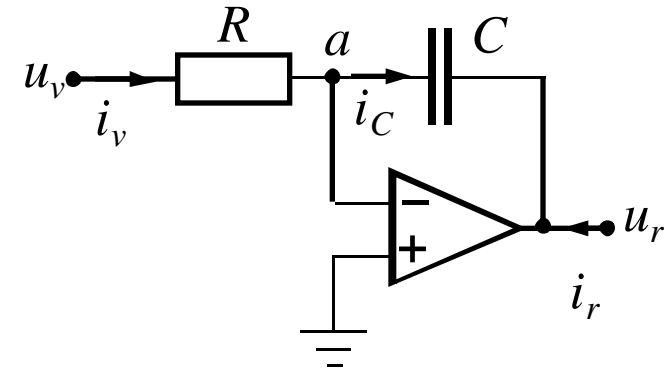
# Lý thuyết mạch I

- 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**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản**
    - a) Đảo
    - b) Không đảo
    - c) Cộng
    - d) Trừ
    - e) Nối tầng
    - f) Khác**
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán





# Mạch tích phân



$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = 0 &\rightarrow u_v = Ri_v \\ i_c = C \frac{du_c}{dt} = C \frac{d(-u_r)}{dt} \\ i_v = i_c \end{aligned} \right\} \rightarrow -C \frac{du_r}{dt} = \frac{u_v}{R}$$

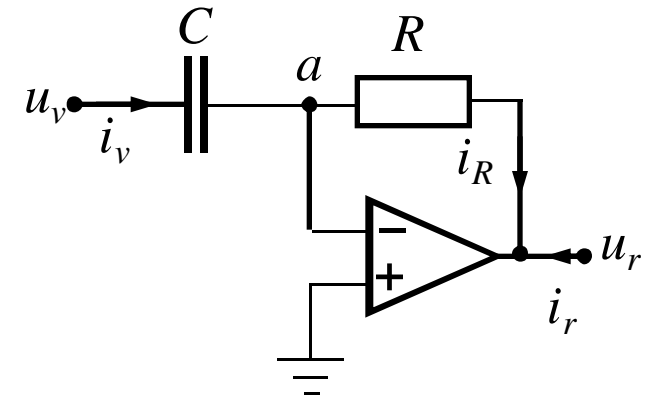
$$\rightarrow du_r = -\frac{u_v}{RC} dt$$

$$\rightarrow \boxed{u_r = \frac{-1}{RC} \int u_v dt}$$





# Mạch vi phân



$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = 0 &\rightarrow i_v = C \frac{du_v}{dt} \\ i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{-u_r}{R} \\ i_v = i_R \end{aligned} \right\} \rightarrow C \frac{du_v}{dt} = -\frac{u_r}{R}$$

$$\rightarrow \boxed{u_r = -RC \frac{du_v}{dt}}$$





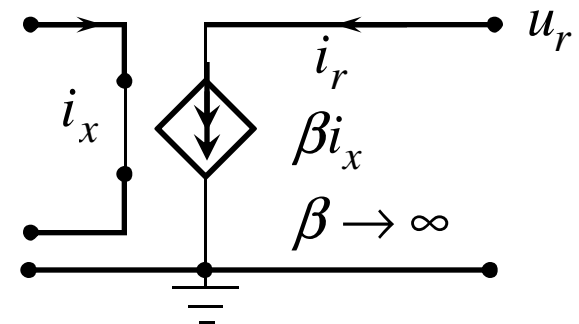
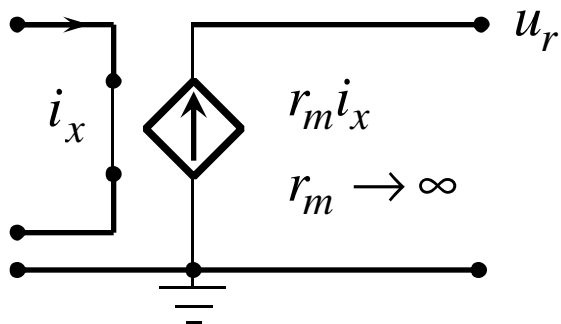
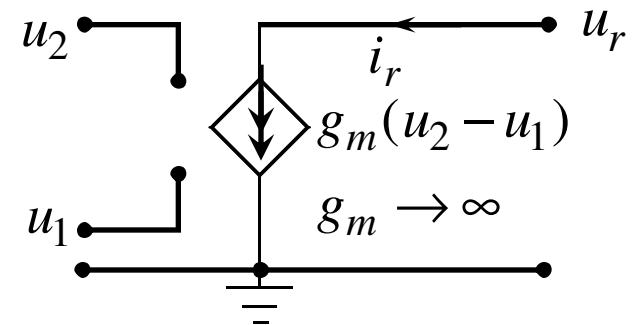
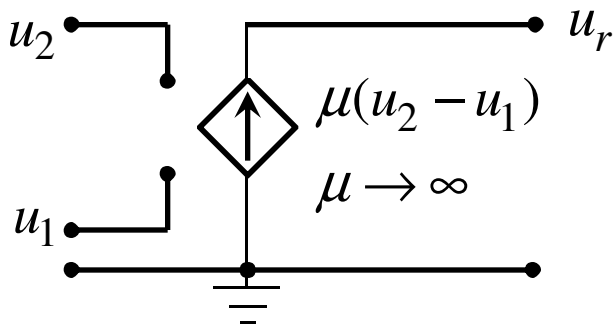
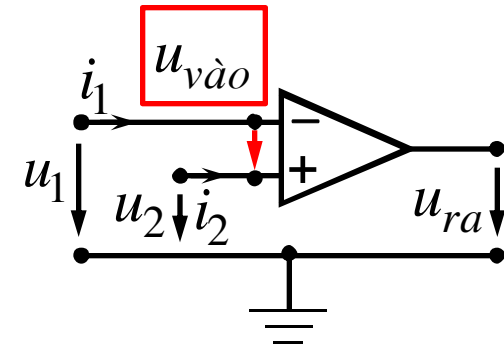
# Lý thuyết mạch I

- 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**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng
    - d) Mạch xoay chiều
    - e) Mạng hai cửa



# Phân tích mạch điện có khuếch đại thuật toán

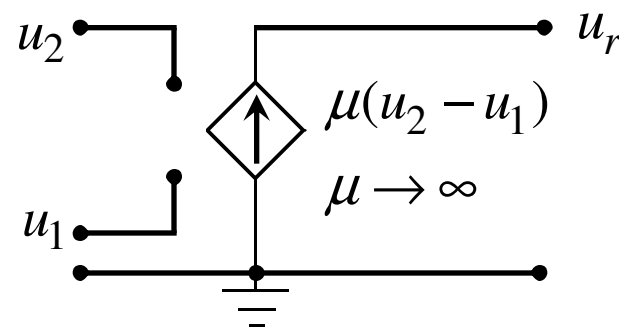
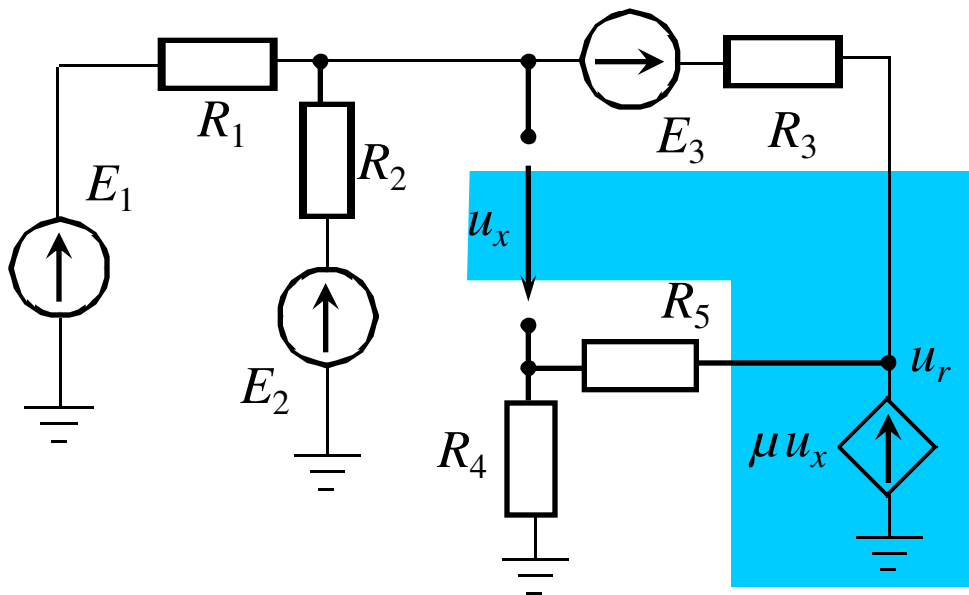
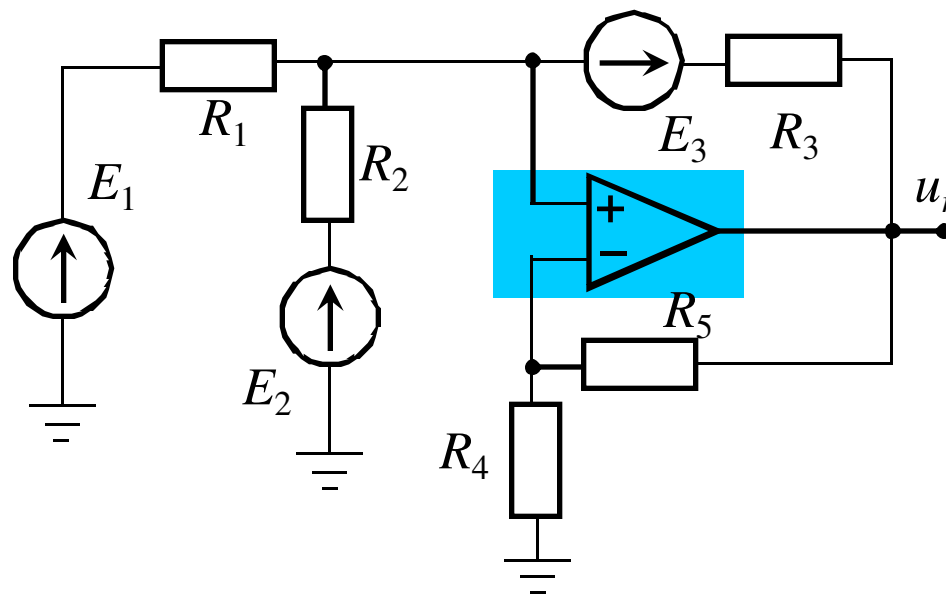
1.  $i_1 = 0, i_2 = 0$
2.  $u_{vào} = u_1 - u_2 \approx 0$



# Dòng nhánh (1)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?





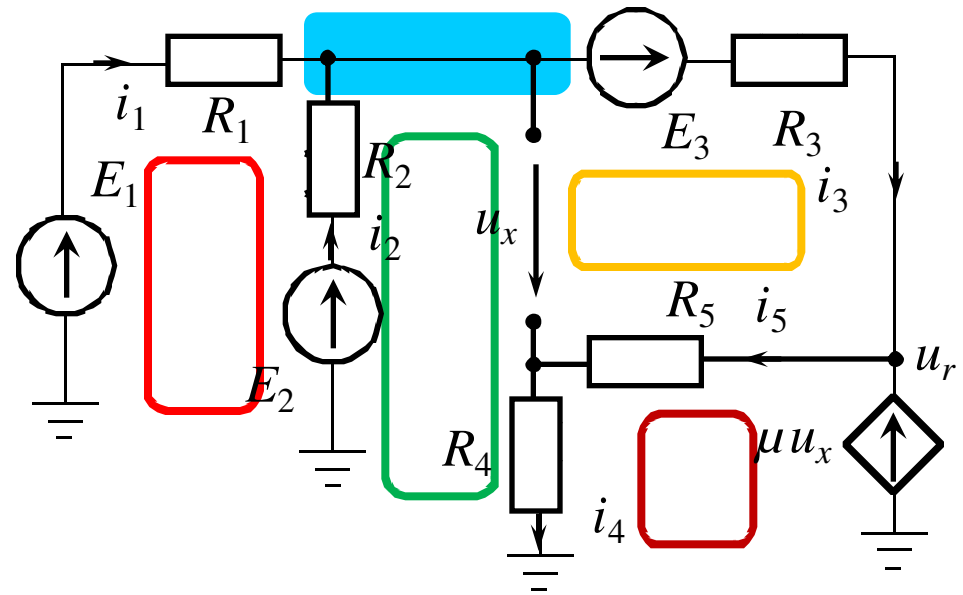


# Dòng nhánh (2)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?

Cách 1



$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = E_1 - E_2 \\ R_2 i_2 + u_x + R_4 i_4 = E_2 \\ R_3 i_3 + R_5 i_4 - u_x = E_3 \\ (R_4 + R_5) i_4 = \mu u_x \end{cases}$$

$$\rightarrow i_1 = \frac{\mu + 12}{2\mu + 6} \left. \begin{matrix} \mu \rightarrow \infty \end{matrix} \right\} \rightarrow i_1 = 0,5 \text{ mA}$$



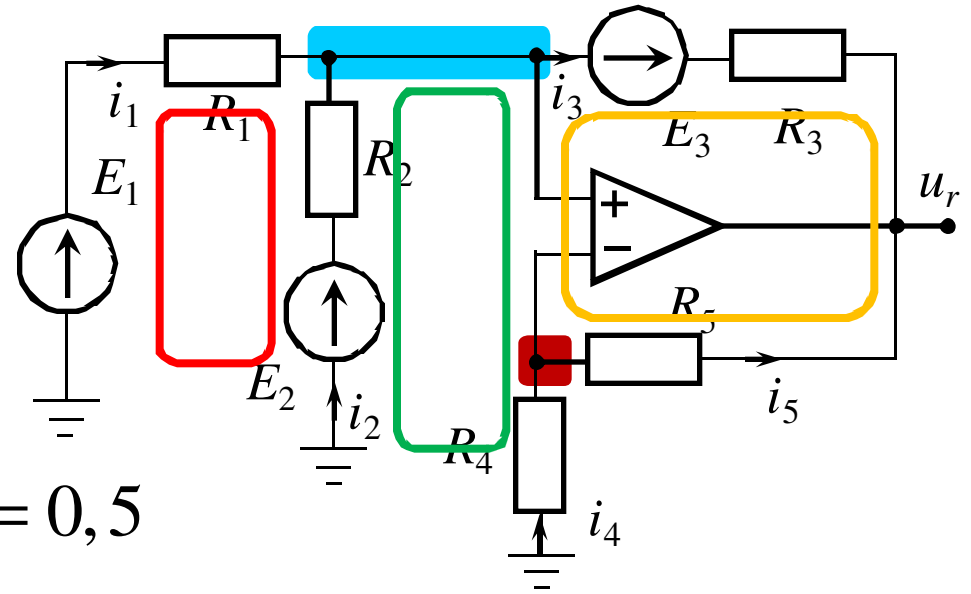


# Dòng nhánh (3)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?

Cách 2



$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = E_1 - E_2 \\ R_2 i_2 - R_4 i_4 = E_2 \\ R_3 i_3 - R_5 i_5 = E_3 \\ i_4 - i_5 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = 0,5 \\ i_2 = -1 \\ i_3 = -0,5 \text{ (mA)} \\ i_4 = -1 \\ i_5 = -1 \end{cases}$$





# Lý thuyết mạch I

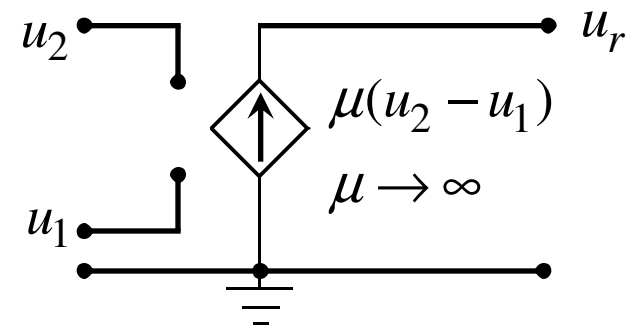
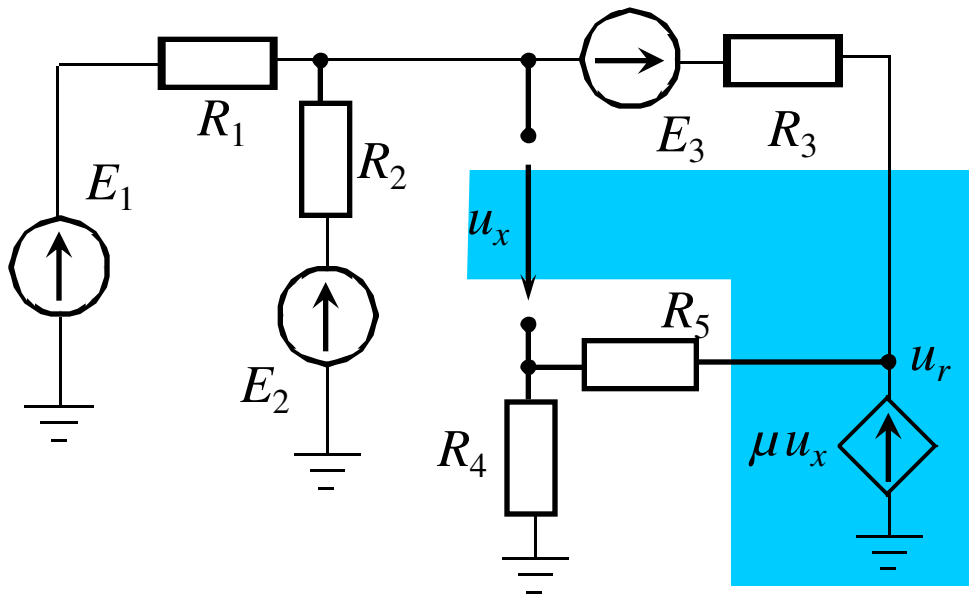
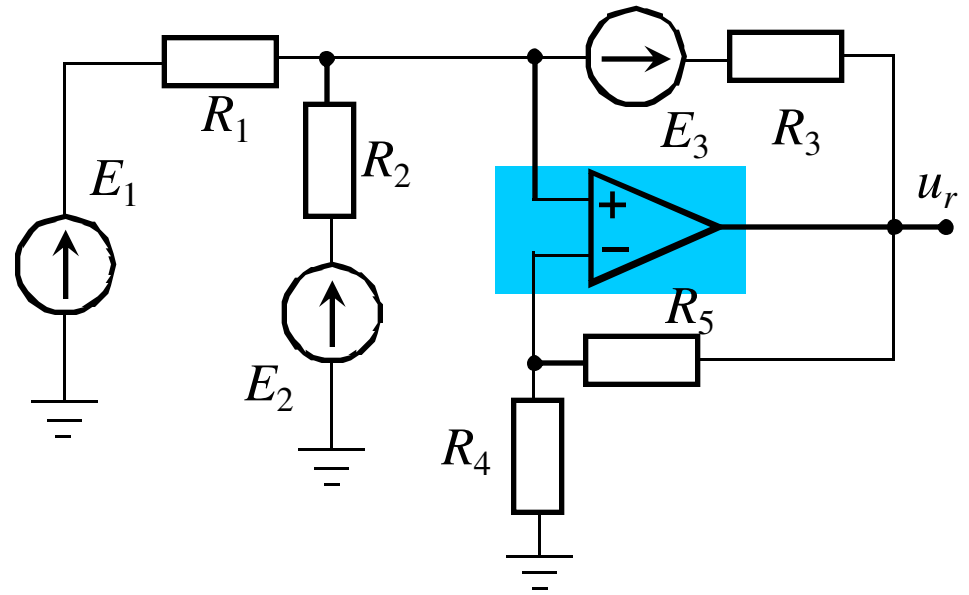
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút**
    - c) Dòng vòng
    - d) Mạch xoay chiều
    - e) Mạng hai cửa



# Thế nút (1)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?





# Thế nút (2)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?

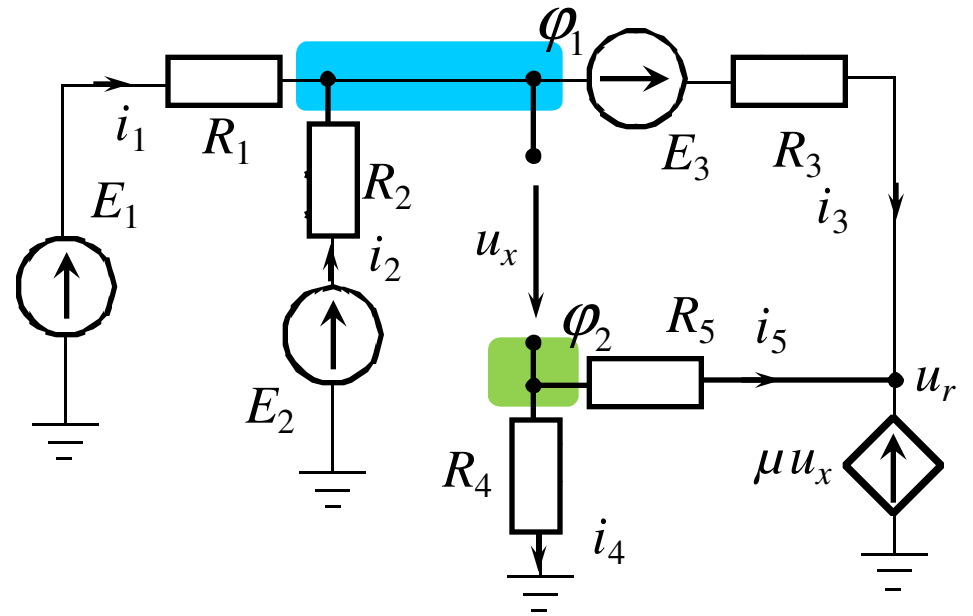
$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

$$i_4 + i_5 = 0$$

$$i_1 = \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1}; i_2 = \frac{E_2 - \varphi_1}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{E_3 - u_r + \varphi_1}{R_3}$$

$$i_4 = \frac{\varphi_2}{R_4}; i_5 = \frac{\varphi_2 - u_r}{R_5}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1} + \frac{E_2 - \varphi_1}{R_2} - \frac{E_3 - u_r + \varphi_1}{R_3} = 0 \\ \frac{\varphi_2}{R_4} + \frac{\varphi_2 - u_r}{R_5} = 0 \end{array} \right.$$



# Thế nút (3)

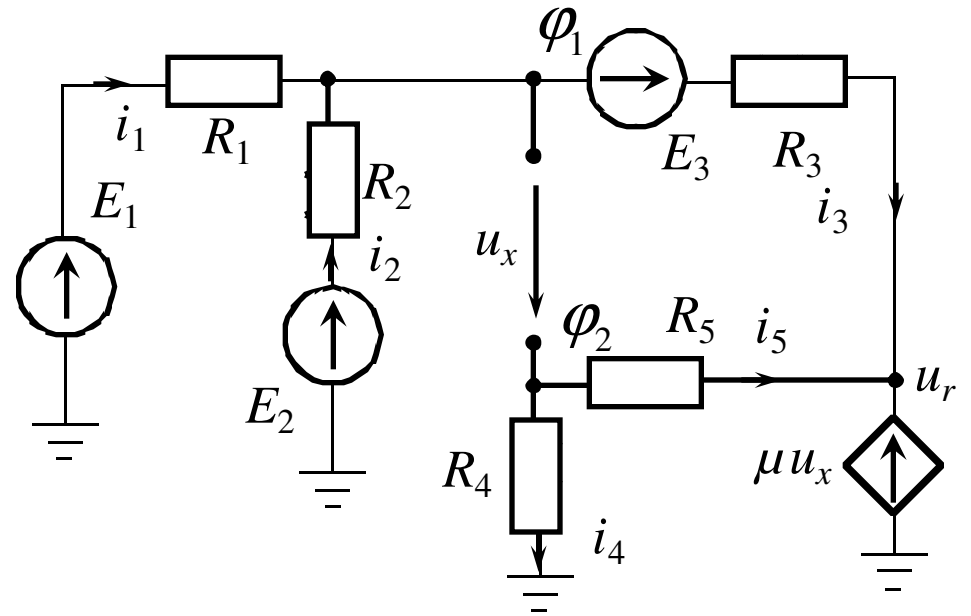
VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?

Cách 1

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1} + \frac{E_2 - \varphi_1}{R_2} - \frac{E_3 - u_r + \varphi_1}{R_3} = 0 \\ \frac{\varphi_2}{R_4} + \frac{\varphi_2 - u_r}{R_5} = 0 \end{array} \right.$$

$$u_r = \mu u_x = \mu(\varphi_1 - \varphi_2)$$



$$\left. \begin{array}{l} \rightarrow \varphi_1 = 3 \frac{2\mu + 3}{\mu + 3} \\ \mu \rightarrow \infty \end{array} \right\} \rightarrow \varphi_1 = 6 \text{ V} \rightarrow i_1 = \frac{7 - 6}{2} = \boxed{0,5 \text{ mA}}$$



# Thế nút (4)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?

Cách 2

$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

$$i_4 - i_5 = 0$$

$$i_1 = \frac{E_1 - \varphi_a}{R_1}, \quad i_2 = \frac{E_2 - \varphi_a}{R_2}$$

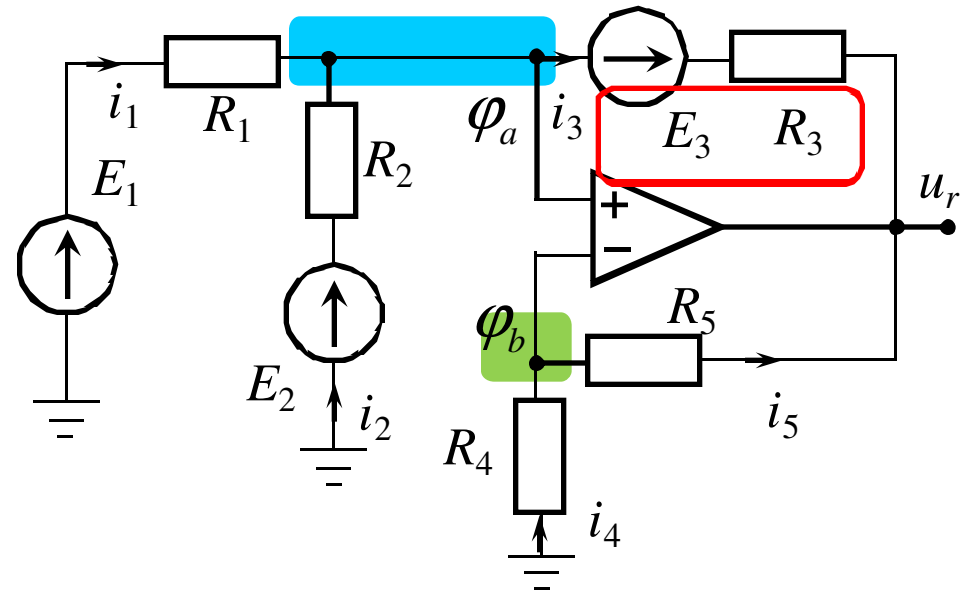
$$R_3 i_3 + (u_r - \varphi_a) = E_3$$

$$\rightarrow i_3 = \frac{E_3 + \varphi_a - u_r}{R_3}$$

$$i_4 = \frac{-\varphi_b}{R_4}, \quad i_5 = \frac{\varphi_b - u_r}{R_5}$$

$$\varphi_a = \varphi_b$$

$$\rightarrow \begin{cases} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_3} u_r = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3} \\ \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_5} u_r = 0 \end{cases}$$



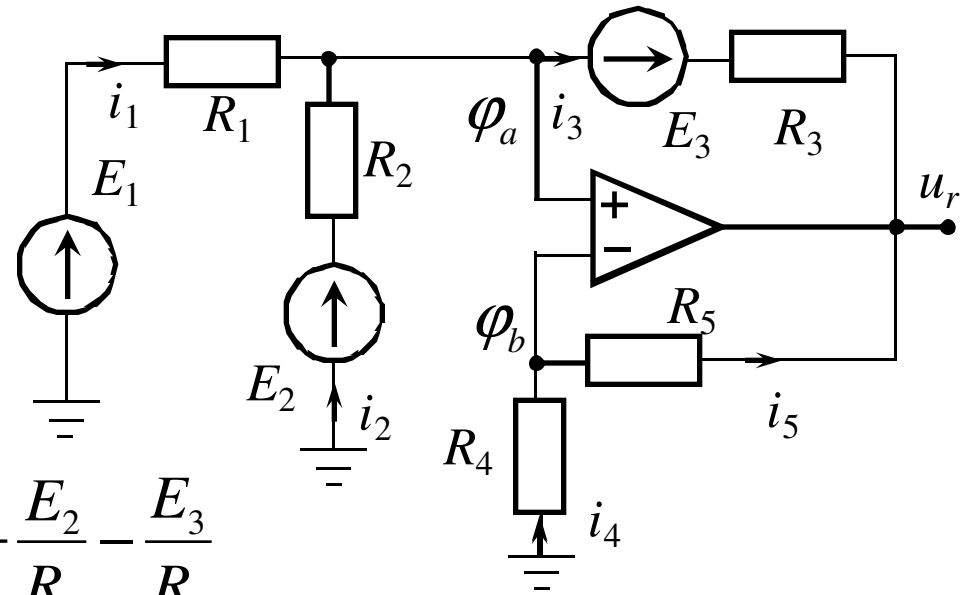


# Thế nút (5)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?

Cách 2



$$\begin{cases} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_3} u_r = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3} \\ \left( \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_5} u_r = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \varphi_a = 6 \text{ V} \\ u_r = 9 \text{ V} \end{cases} \rightarrow i_1 = \frac{E_1 - \varphi_a}{R_1} = \frac{7 - 6}{2} = \boxed{0,5 \text{ mA}}, \quad i_4 = i_5 = \frac{-u_r}{R_4 + R_5} = \boxed{-1 \text{ mA}}$$







# Lý thuyết mạch I

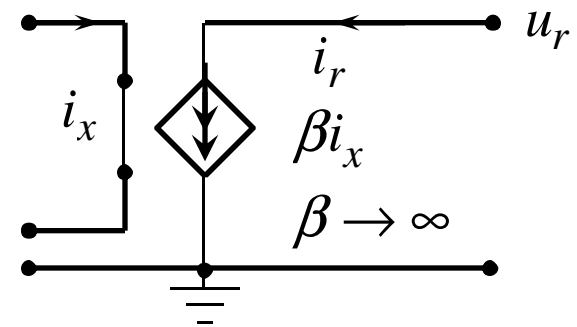
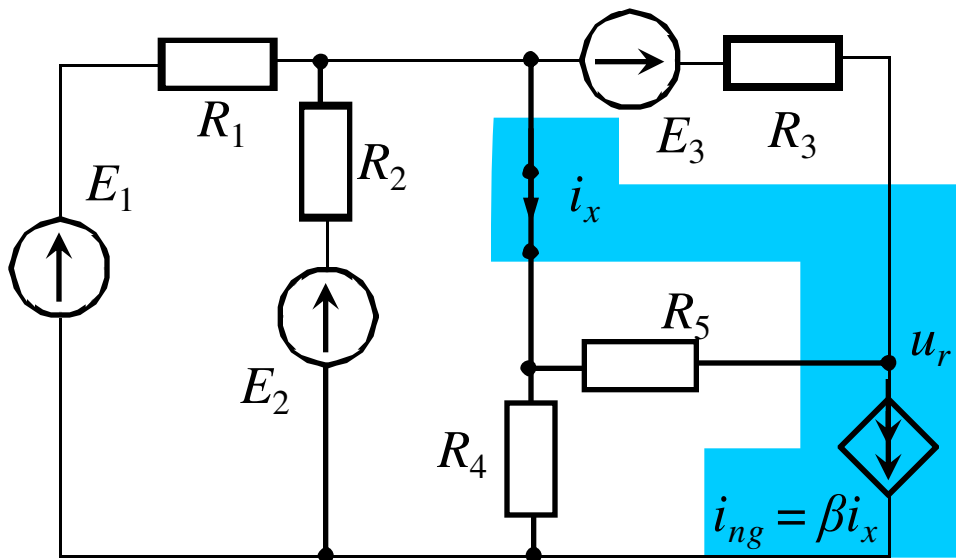
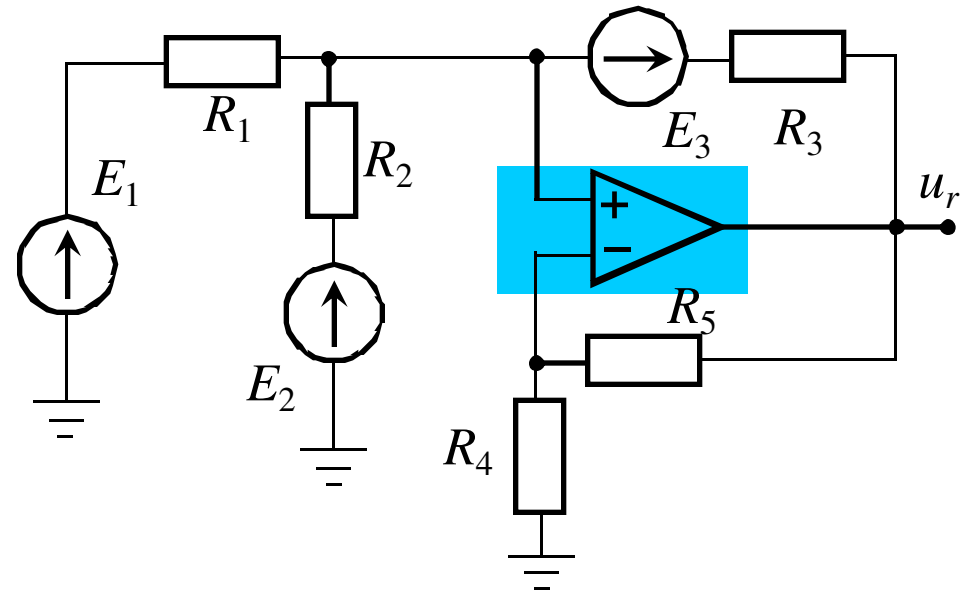
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng**
    - d) Mạch xoay chiều
    - e) Mạng hai cửa



# Dòng vòng (1)

VD

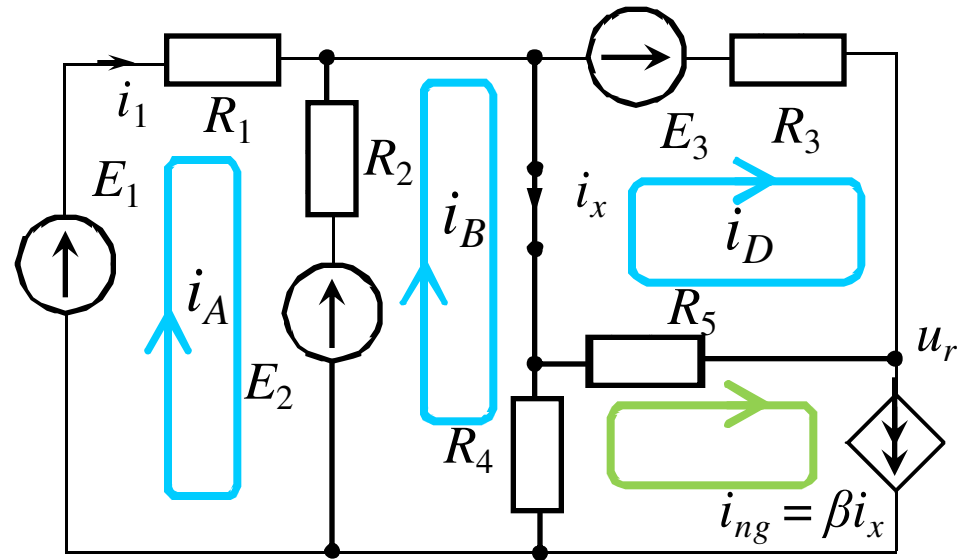
$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?



# Dòng vòng (2)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$   
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$  tính các dòng điện?



$$A: R_1 i_A + R_2 (i_A - i_B) = E_1 - E_2$$

$$B: R_2 (i_B - i_A) + R_4 (i_B - i_{ng}) = E_2$$

$$C: R_3 i_D + R_5 (i_D - i_{ng}) = E_3$$

$$i_{ng} = \beta i_x = \beta (i_B - i_D)$$

$$\left. \begin{array}{l} \rightarrow i_A = \frac{9\beta - 80}{18\beta - 70} \\ \beta \rightarrow \infty \end{array} \right\} \rightarrow i_A = 0,5 \text{ mA}$$

$$\rightarrow \boxed{i_1 = 0,5 \text{ mA}}$$





# 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**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng
    - d) Mạch xoay chiều**
    - e) Mạng hai cửa



# Mạch xoay chiều (1)

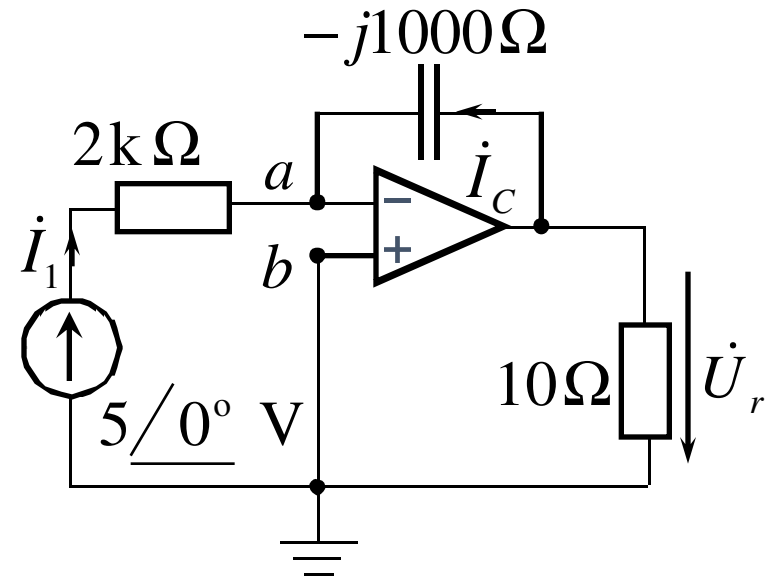
## VD1

Tính  $\dot{U}_r$ ?

$$\left. \begin{aligned}
 a: \dot{I}_1 + \dot{I}_C &= 0 \\
 \dot{I}_1 &= \frac{5/0^\circ - \dot{\varphi}_a}{2000}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_r - \dot{\varphi}_a}{-j1000} \\
 \dot{\varphi}_a &= \dot{\varphi}_b = 0
 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{5/0^\circ}{2000} + \frac{\dot{U}_r}{-j1000} = 0$$

$$\rightarrow \dot{U}_r = j1000 \frac{5/0^\circ}{2000} = j2,5/0^\circ = \boxed{2,5/90^\circ \text{ V}}$$

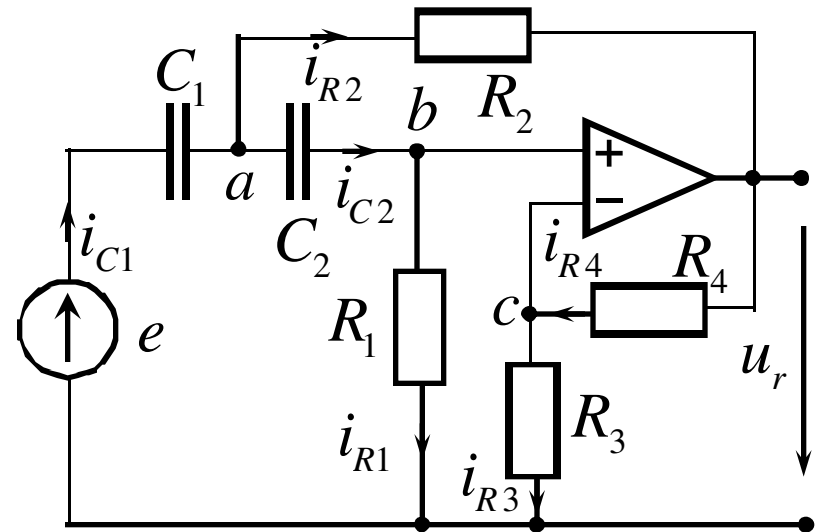


# Mạch xoay chiều (2)

## VD2

Tính  $\dot{U}_r$  ?

$$\left\{ \begin{array}{l} a: \dot{I}_{C1} - \dot{I}_{C2} - \dot{I}_{R2} = 0 \\ b: \dot{I}_{C2} - \dot{I}_{R1} = 0 \\ c: \dot{I}_{R4} - \dot{I}_{R3} = 0 \\ \dot{I}_{C1} = \frac{\dot{E} - \dot{\phi}_a}{Z_{C1}}; \dot{I}_{C2} = \frac{\dot{\phi}_a - \dot{\phi}_b}{Z_{C2}} \\ \dot{I}_{R2} = \frac{\dot{\phi}_a - \dot{U}_r}{R_2}; \dot{I}_{R1} = \frac{\dot{\phi}_b}{R_1}; \dot{I}_{R3} = \frac{\dot{\phi}_c}{R_3}; \dot{I}_{R4} = \frac{\dot{U}_r - \dot{\phi}_c}{R_4} \\ \dot{\phi}_b = \dot{\phi}_c \end{array} \right.$$



→ hệ 3 phương trình 3 ẩn số  $\dot{\phi}_a, \dot{\phi}_b, \dot{U}_r \rightarrow \dot{U}_r$



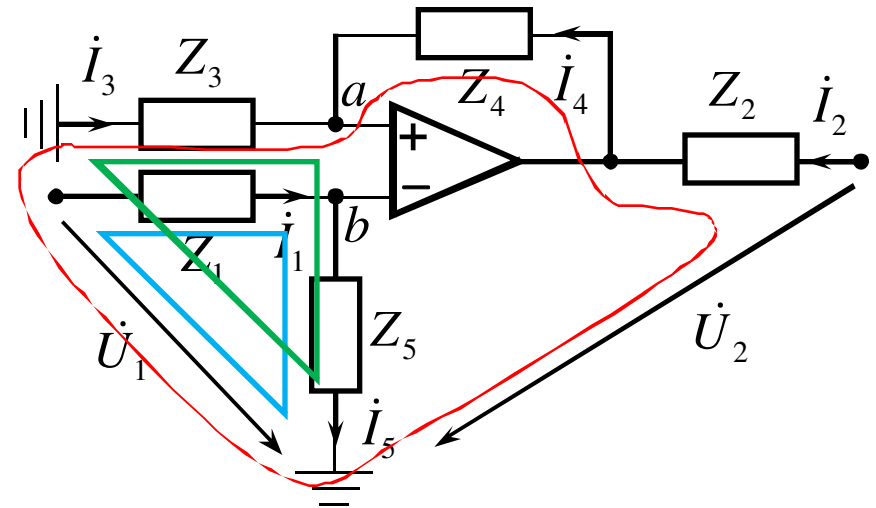
# Mạch xoay chiều (3)

## VD3

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 = 200 \text{ mV}; \dot{I}_2 = 0; Z_1 = -j10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; \\ Z_3 = 20 \Omega; Z_4 = -j15 \Omega; Z_5 = 8 \Omega; \dot{U}_2 = ? \end{aligned}$$

$$\begin{cases} a: \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 0 \\ b: \dot{I}_1 - \dot{I}_5 = 0 \\ \dot{U}_1 - Z_1 \dot{I}_1 - Z_5 \dot{I}_5 = 0 \\ Z_3 \dot{I}_3 + Z_5 \dot{I}_5 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 9,76 + j12,20 \text{ mA} \\ \dot{I}_3 = -3,90 - j4,88 \text{ mA} \\ \dot{I}_4 = 3,90 + j4,88 \text{ mA} \\ \dot{I}_5 = 9,76 + j12,20 \text{ mA} \end{cases}$$



$$\dot{U}_2 - Z_4 \dot{I}_4 + Z_3 \dot{I}_3 = 0$$

$$\rightarrow \dot{U}_2 = Z_4 \dot{I}_4 - Z_3 \dot{I}_3 = 151,22 + j39,02 \text{ mV}$$





# 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**
  - 1. Nguồn phụ thuộc
  - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
  - 3. Khuếch đại thuật toán
  - 4. Các mạch cơ bản
  - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán**
    - a) Dòng nhánh
    - b) Thế nút
    - c) Dòng vòng
    - d) Mạch xoay chiều
    - e) Mạng hai cửa**





# Mạng hai cửa (1)

## VD1

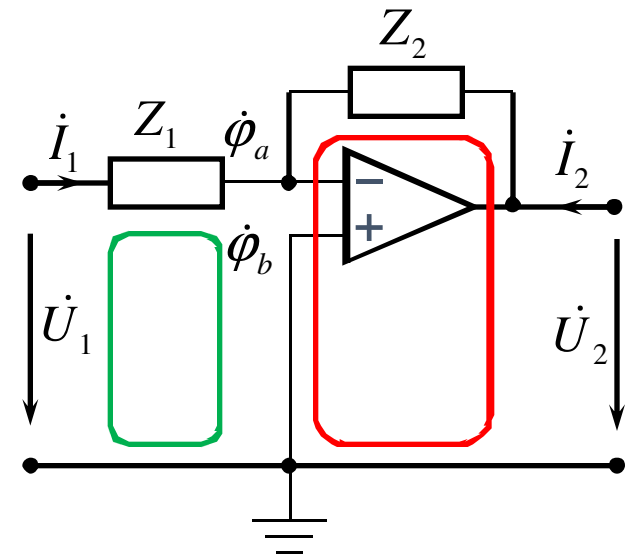
Tìm bộ số  $\mathbf{Z}$ ?

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\dot{U}_1 = Z_1\dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = -Z_2\dot{I}_1$$

$$\rightarrow \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ -Z_2 & 0 \end{bmatrix}$$



## VD2

Cho  $U_1 = 5\sin\omega t$  V,  $Z_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $Z_2 = -j \text{ k}\Omega$ , tìm  $u_2$ ?

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = 2000\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = j1000\dot{I}_1 \end{cases} \rightarrow \dot{U}_2 = j1000 \frac{\dot{U}_1}{2000} = j2,5 \text{ V} \rightarrow u_2 = 2,5 \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ V}$$



# Mạng hai cửa (2)

## VD3

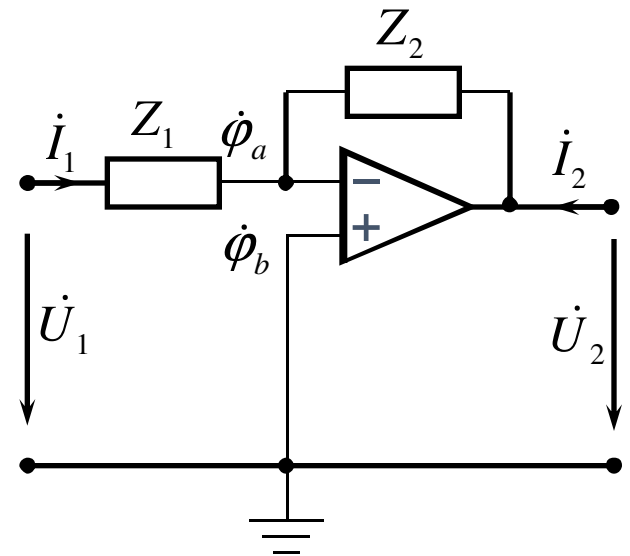
Tìm bộ số **Y**?

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$

$$\dot{U}_1 = Z_1\dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = -Z_2\dot{I}_1$$

} → ~~X~~



## VD4

Tìm bộ số **A**?

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_1\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = -Z_2\dot{I}_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = -\frac{Z_1}{Z_2}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 = -\frac{1}{Z_2}\dot{U}_2 \end{cases} \rightarrow \mathbf{A} = \begin{bmatrix} -\frac{Z_1}{Z_2} & 0 \\ -\frac{1}{Z_2} & 0 \end{bmatrix}$$



# Mạng hai cửa (3)

## VD5

Tìm bộ số  $\mathbf{Z}$ ,  $\mathbf{Y}$ ,  $\mathbf{A}$ ?

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\dot{U}_1 - Z_1\dot{I}_1 - Z_5\dot{I}_5 = 0$$

$$\dot{U}_2 - Z_2\dot{I}_2 - Z_4\dot{I}_4 + Z_3\dot{I}_3 = 0$$

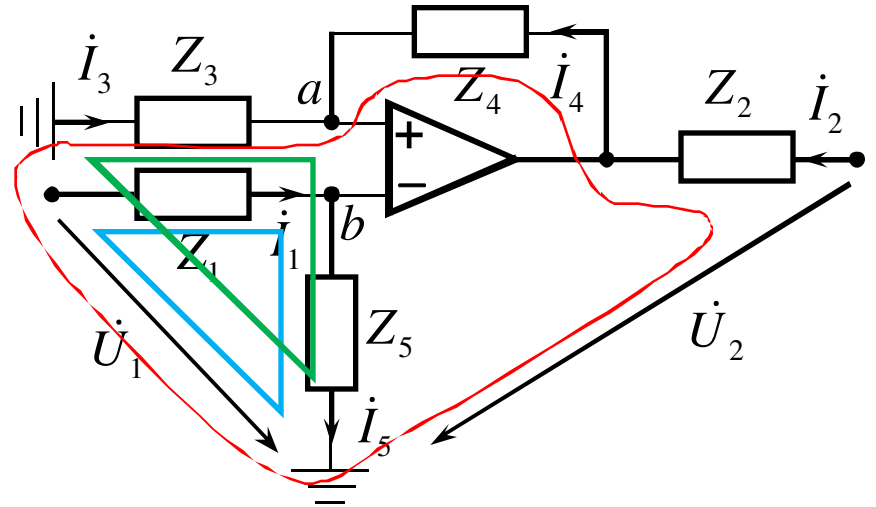
$$Z_3\dot{I}_3 + Z_5\dot{I}_5 = 0$$

$$a: \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 0$$

$$b: \dot{I}_1 - \dot{I}_5 = 0$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = (Z_1 + Z_5)\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = Z_2\dot{I}_2 + \frac{Z_5(Z_3 + Z_4)}{Z_3}\dot{I}_1 \end{cases}$$

$$\rightarrow \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_5 & 0 \\ \frac{Z_5(Z_3 + Z_4)}{Z_3} & Z_2 \end{bmatrix}$$



# Mạng hai cửa (4)

## VD6

$$\dot{U}_1 = 200 \text{ mV}; \dot{I}_2 = 0; Z_1 = -j10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega;$$

$$Z_3 = 20 \Omega; Z_4 = -j15 \Omega; Z_5 = 8 \Omega; \dot{U}_2 = ?$$

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_5 & 0 \\ \frac{Z_5(Z_3 + Z_4)}{Z_3} & Z_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 8 - j10 & 0 \\ 8 - j6 & 5 \end{bmatrix} \Omega$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\dot{I}_2 = 0 \rightarrow \dot{U}_2 = Z_{21} \frac{\dot{U}_1}{Z_{11}} = (8 - j6) \frac{200}{8 - j10} = \boxed{151,22 + j39,02 \text{ mV}}$$

