

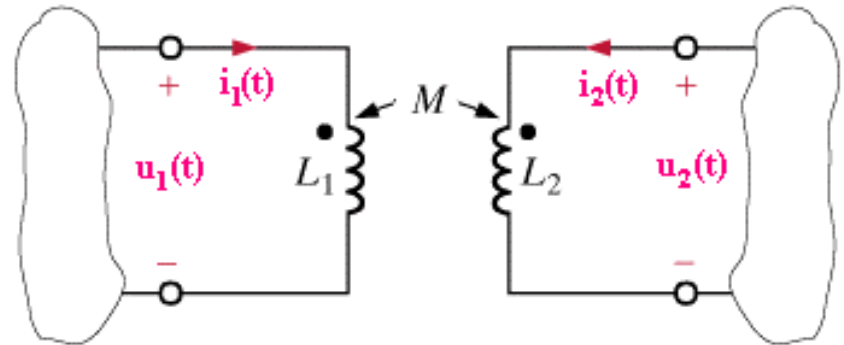
Chương 3 : Các PP phân tích-Các định lý

- 3.1 Phương pháp dòng điện nhánh
- 3.2 Phương pháp điện thế nút
- 3.3 Phương pháp dòng mắt lưới
- 3.4 Mạch điện có ghép hồ cảm
- 3.5 Mạch có khuếch đại thuật toán
- 3.6 Các định lý mạch
- 3.7 Mạch 3 pha

3.4 Mạch ghép hồ cảm

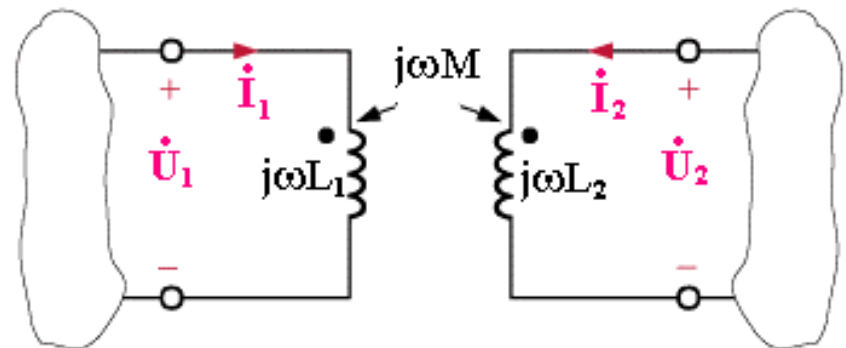
❖ Hệ phương trình miền thời gian

$$\begin{aligned}u_1(t) &= \pm L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} \\ u_2(t) &= \pm L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt}\end{aligned}$$



❖ Hệ phương trình miền phức

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= \pm j\omega L_1 \dot{I}_1 \pm j\omega M \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= \pm j\omega L_2 \dot{I}_2 \pm j\omega M \dot{I}_1\end{aligned}$$

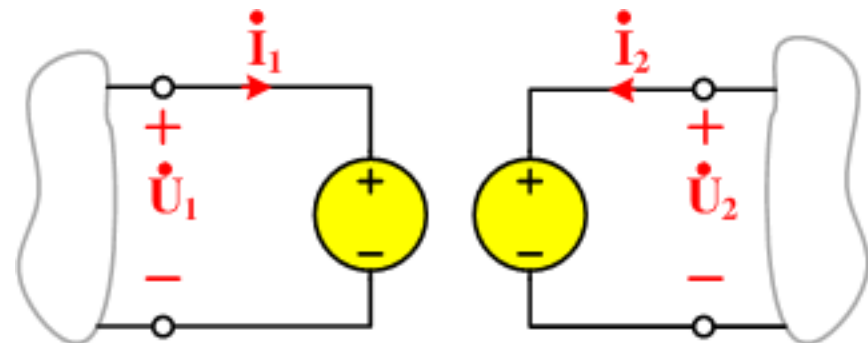
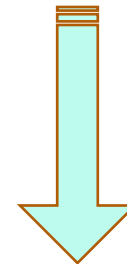
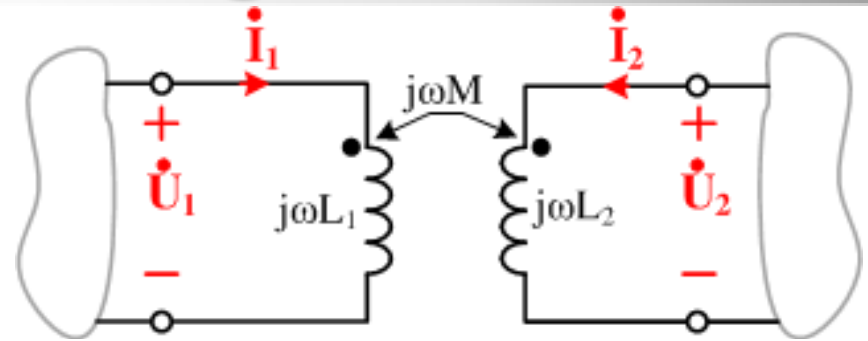


3.4.1 Mạch hồ cảm-PP dòng nhánh

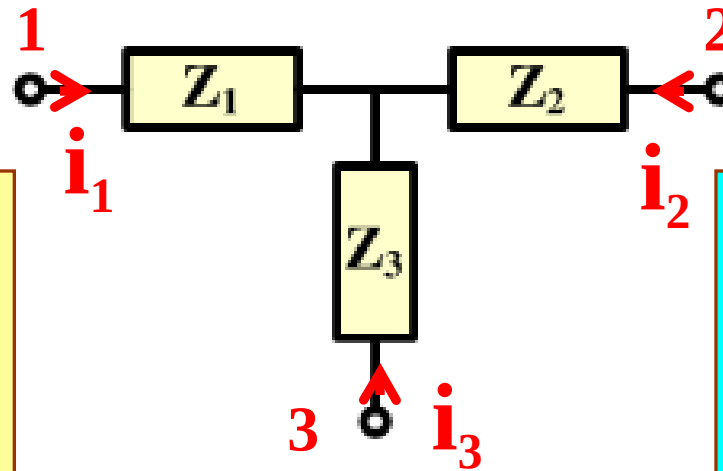
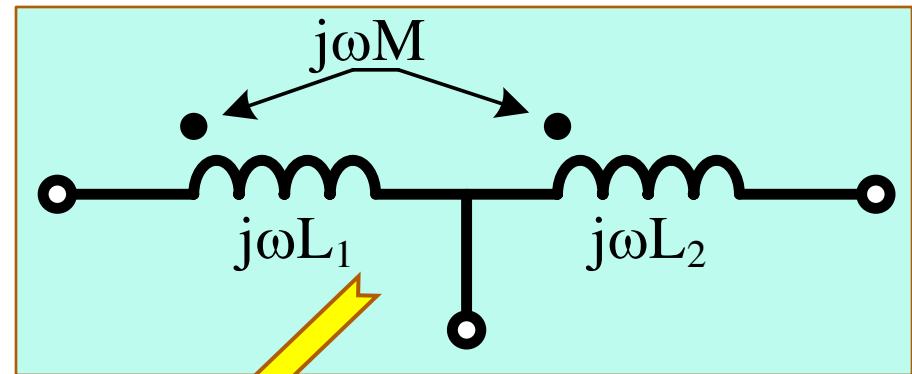
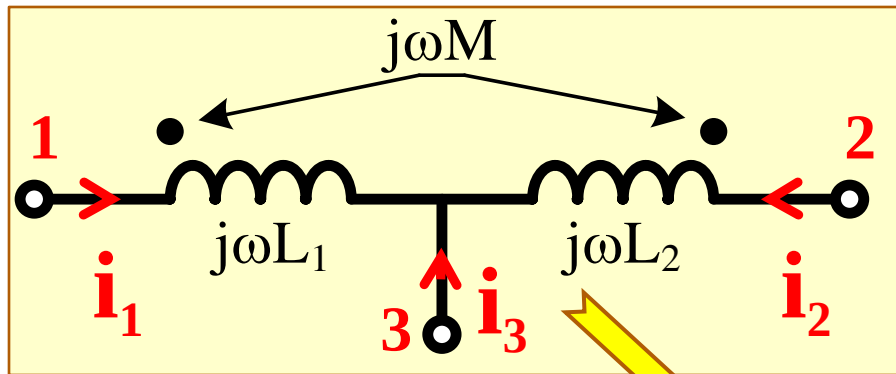
- Xem phần tử hồ cảm là 2 nhánh mới với thông số là 2 nguồn áp
- Viết hệ pt dòng nhánh
- Bổ sung thêm hai pt của phần tử hồ cảm

$$\dot{U}_1 = \pm j\omega L_1 \dot{I}_1 \pm j\omega M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_2 = \pm j\omega L_2 \dot{I}_2 \pm j\omega M \dot{I}_1$$



3.4.2 Mạch không hỗ cảm tương đương

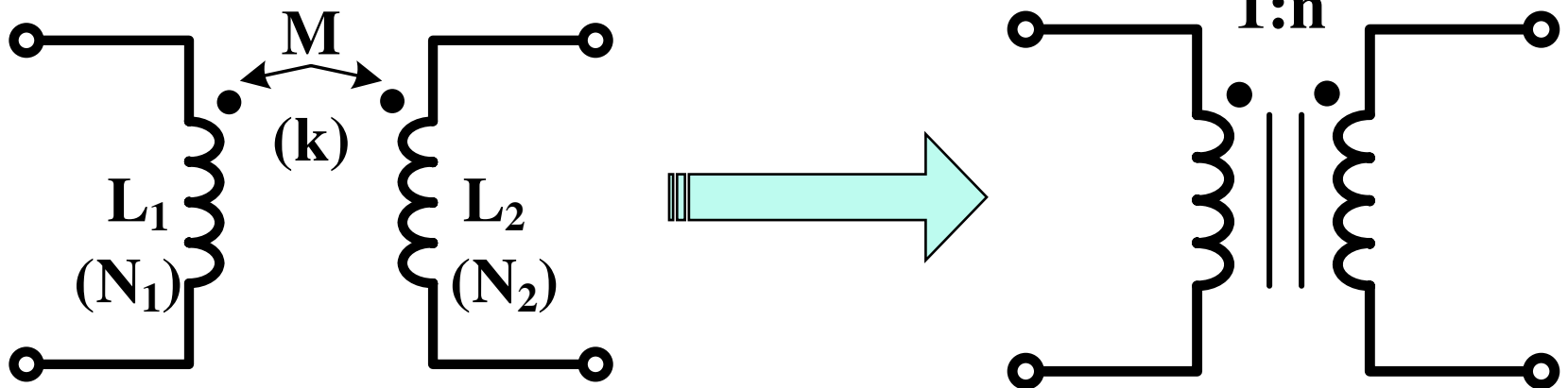


$$\begin{aligned} Z_1 &= j\omega(L_1 - M) \\ Z_2 &= j\omega(L_2 - M) \\ Z_3 &= j\omega M \end{aligned}$$

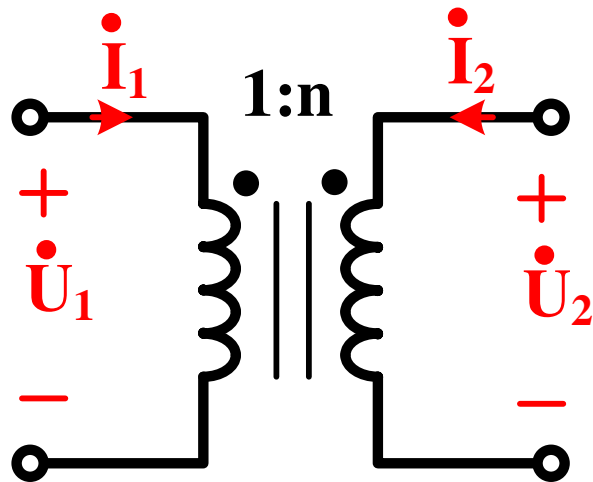
$$\begin{aligned} Z_1 &= j\omega(L_1 + M) \\ Z_2 &= j\omega(L_2 + M) \\ Z_3 &= -j\omega M \end{aligned}$$

3.4.3 Mạch có biến áp lý tưởng

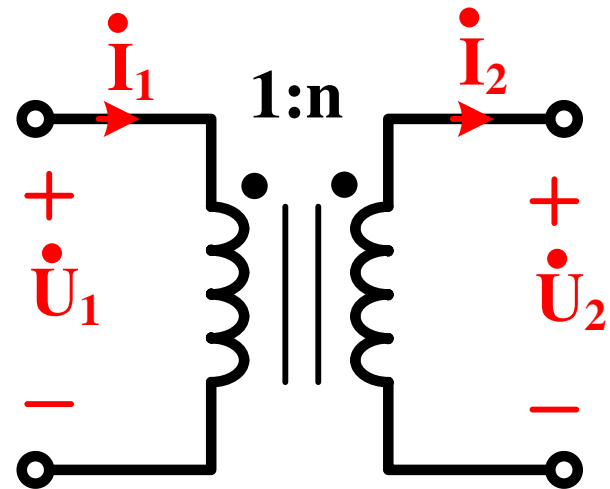
- Điều kiện để cuộn dây ghép hồ cảm được xét dưới mô hình BALT
 - L_1 , L_2 là VCL nhưng tỉ số hữu hạn $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = n^2$
 - Hệ số ghép $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = 1$



3.4.3.1 BALT phương trình mô tả



$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= n\dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= \frac{-1}{n}\dot{I}_1\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= n\dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= \frac{+1}{n}\dot{I}_1\end{aligned}$$

$$Z_2 = n^2 Z_1$$

3.4.3.2 BALT cách phân tích

❖ Qui đổi trở kháng

♦ *Áp dụng khi 2 cuộn dây cách ly*

• Qui về sơ cấp

- Nguồn áp → chia xuống n lần
- Nguồn dòng → nhân lên n lần
- Trở kháng → chia xuống n^2 lần

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= \frac{1}{n} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 &= n \dot{I}_2 \\ Z_1 &= \frac{1}{n^2} Z_2\end{aligned}$$

• Qui về thứ cấp

- Nguồn áp → nhân lên n lần
- Nguồn dòng → chia xuống n lần
- Trở kháng → nhân lên n^2 lần

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= n \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= \frac{1}{n} \dot{I}_1 \\ Z_2 &= n^2 Z_1\end{aligned}$$

♦ *Lưu ý cực tính 2 cuộn dây !*

3.4.3.2 BALT cách phân tích

❖ PP thể nút – dòng mắt lưới

♦ *Áp dụng khi có dòng chảy giữa 2 cuộn dây*

- Thay các cuộn dây bằng các nguồn
 - Nguồn áp $\rightarrow$ khi dùng pp dòng mắt lưới
 - Nguồn dòng $\rightarrow$ khi dùng pp thể nút
- Viết hệ pt mạch
- Bổ sung thêm 2 pt của BALT

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= n\dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= \frac{1}{n}\dot{I}_1\end{aligned}$$

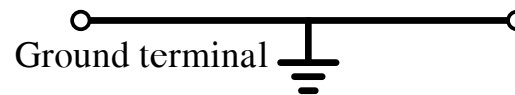
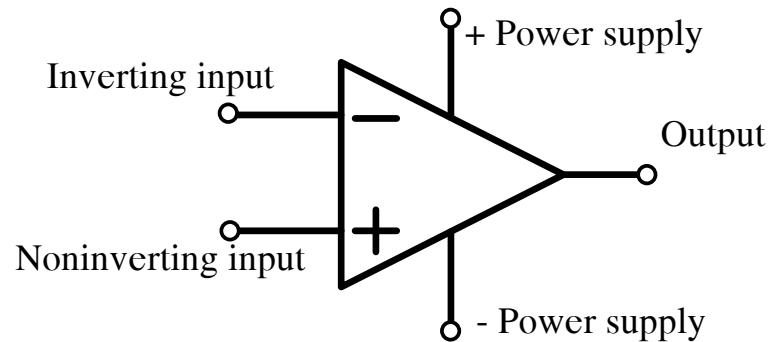
hoặc

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= n\dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 &= \frac{-1}{n}\dot{I}_1\end{aligned}$$

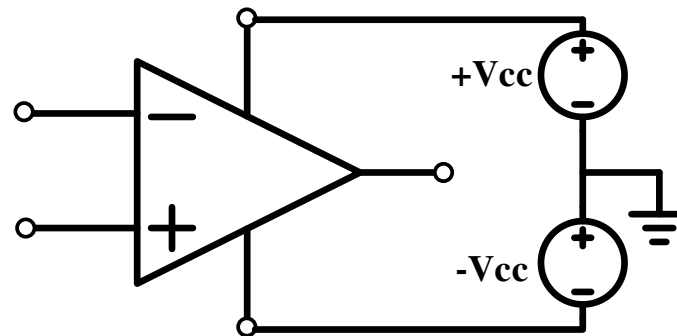
3.5 Mạch có khuếch đại thuật toán

- Khuếch đại thuật toán : OP-AMP (Operational Amplifier)

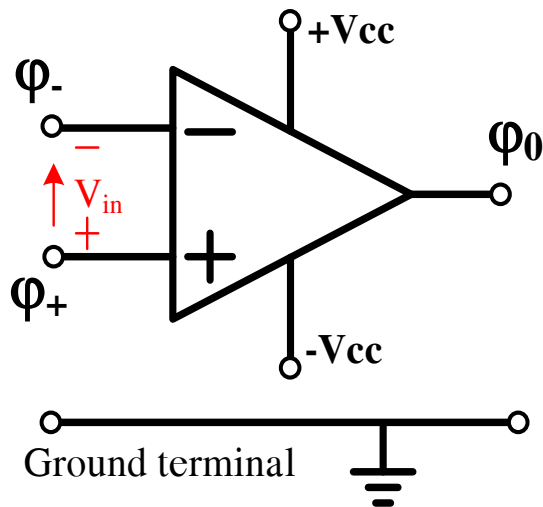
- Có 5 cực chính



- Thường cấp nguồn đôi



Đặc tuyến làm việc

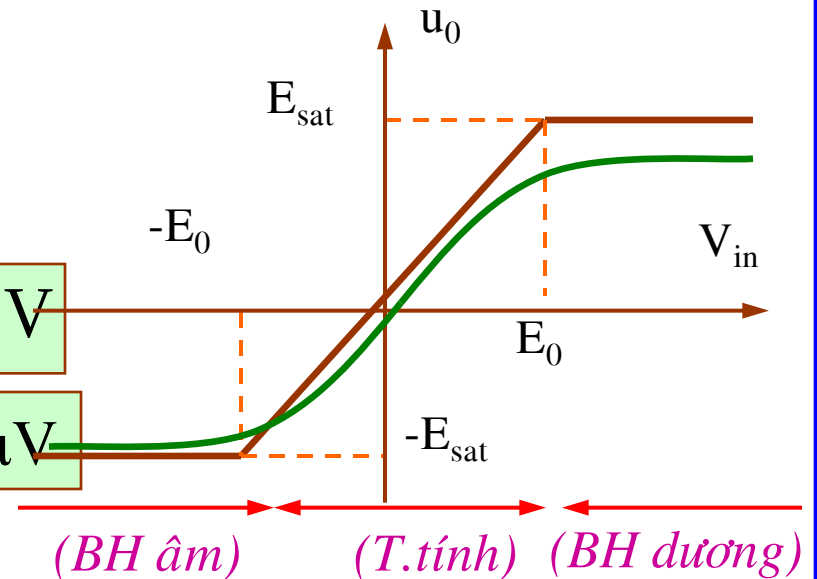


$$u_o = \varphi_o$$

$$V_{in} = \varphi_+ - \varphi_-$$

$$E_{sat} = V_{cc} - 1,7 \text{ V}$$

$$E_0 = \text{vài trăm } \mu\text{V}$$

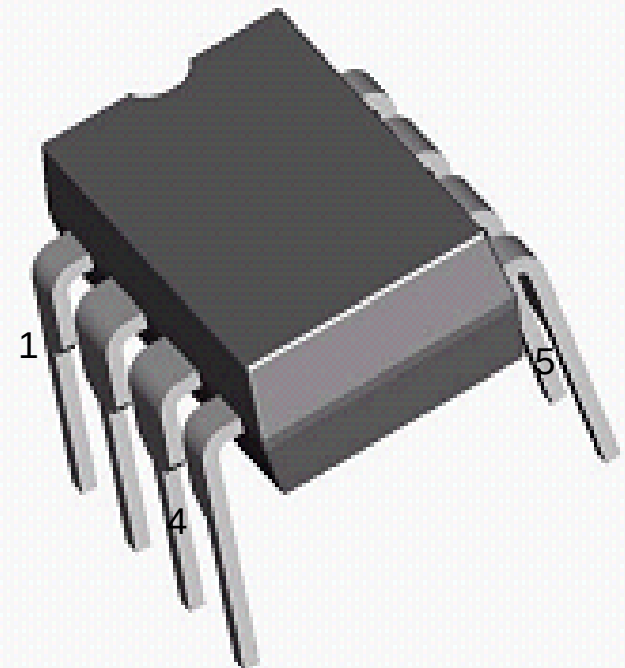
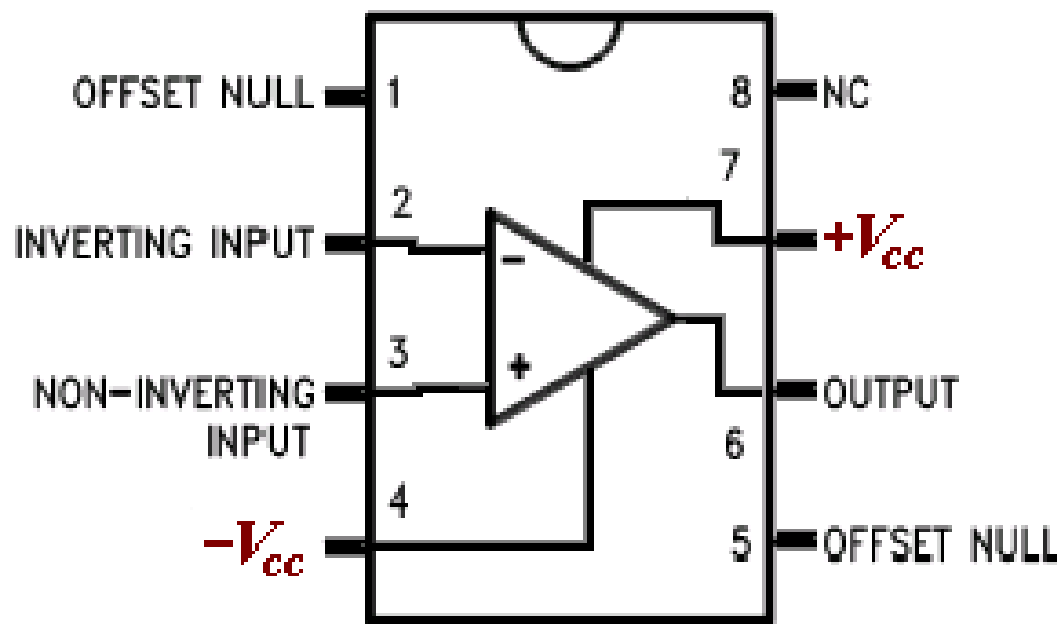


- Có thể gần đúng chia đặc tuyến thành 3 miền
- Tuy nhiên nếu OP-AMP được phân cực để làm việc trong vùng tuyến tính → **Phần tử mạch tuyến tính**

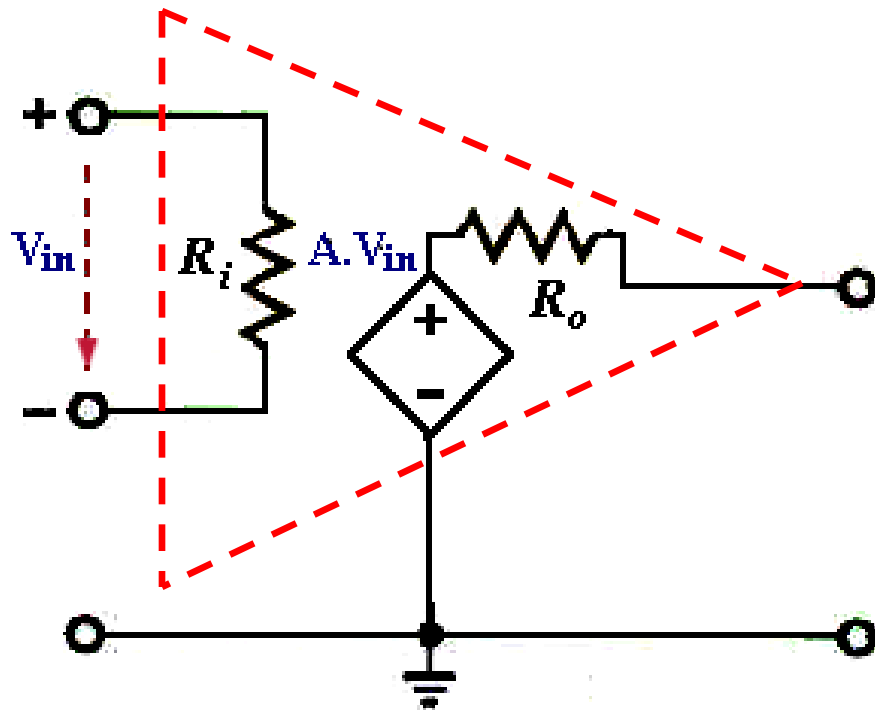
Công nghệ chế tạo

- Hiện nay phần tử này được chế tạo theo công nghệ tích hợp (IC), đóng vỏ dạng DIP

Dual-In-Line Package



Sơ đồ mạch tương đương của OP-AMP



$$R_i > 1 \text{ M}\Omega$$



$$R_i \approx \infty$$

$$R_o < 200 \text{ } \Omega$$



$$R_o \approx 0$$

$$A = 10^4 \div 10^5$$

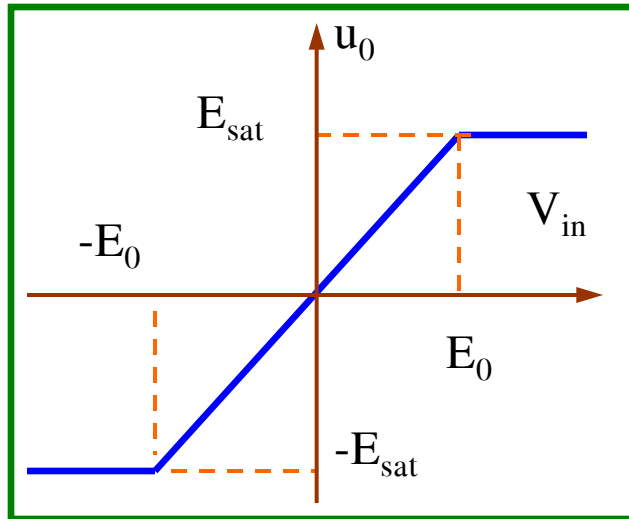


$$A \approx \infty$$

MANUFACTURER	PART No	A	Ri[MOhm]	Ro[Ohm]
National	LM324	100,000	1	20
National	LMC6492	50,000	10	150
Maxim	MAX4240	20,000	45	160

COMMERCIAL OP-AMPS AND THEIR MODEL VALUES

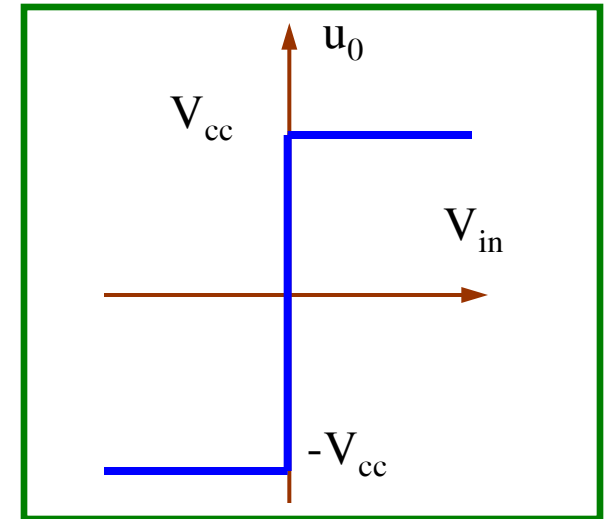
OP-AMP lý tưởng (ideal OP-Amp)



(Đặc tuyến thực)

+

$$\begin{aligned} u_o &= \varphi_o \\ V_{in} &= \varphi_+ - \varphi_- \\ E_{sat} &= V_{cc} \\ E_0 &= 0 \end{aligned}$$

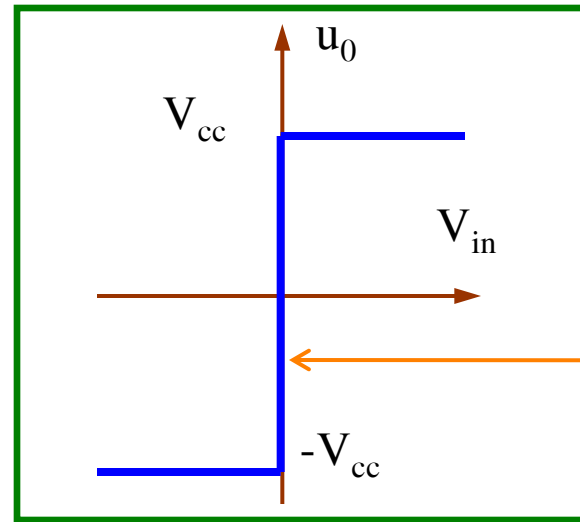
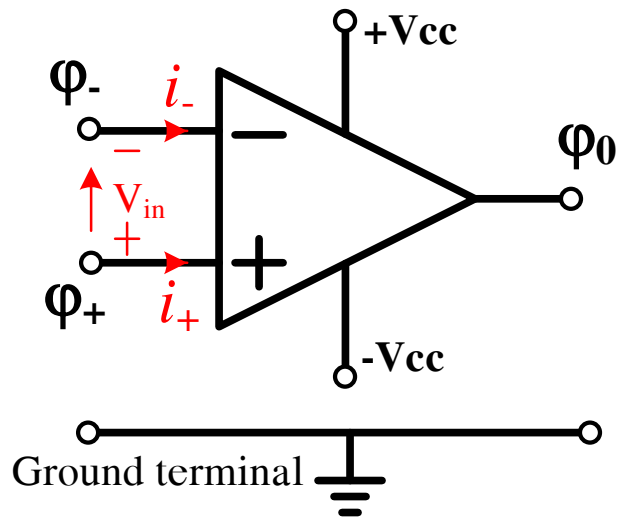


(Đặc tuyến lý tưởng)

(Hệ pt trình mô tả ở 3 chế độ)

$$\begin{cases} i_+ = 0; i_- = 0 \\ u_o = V_{cc} \cdot \frac{|V_{in}|}{V_{in}} & \Leftrightarrow V_{in} \neq 0 \\ -V_{cc} < u_o < V_{cc} & \Leftrightarrow V_{in} = 0 \end{cases}$$

Mô hình OP-AMP tuyến tính



(Miền tuyến tính)

❖ Khi OP-AMP được phân cực sao cho : $-V_{cc} < u_0 < V_{cc}$, ta có :

$$V_{in} = \varphi_+ - \varphi_- = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{cases} i_+ = 0 \\ i_- = 0 \\ \varphi_+ = \varphi_- \end{cases}$$

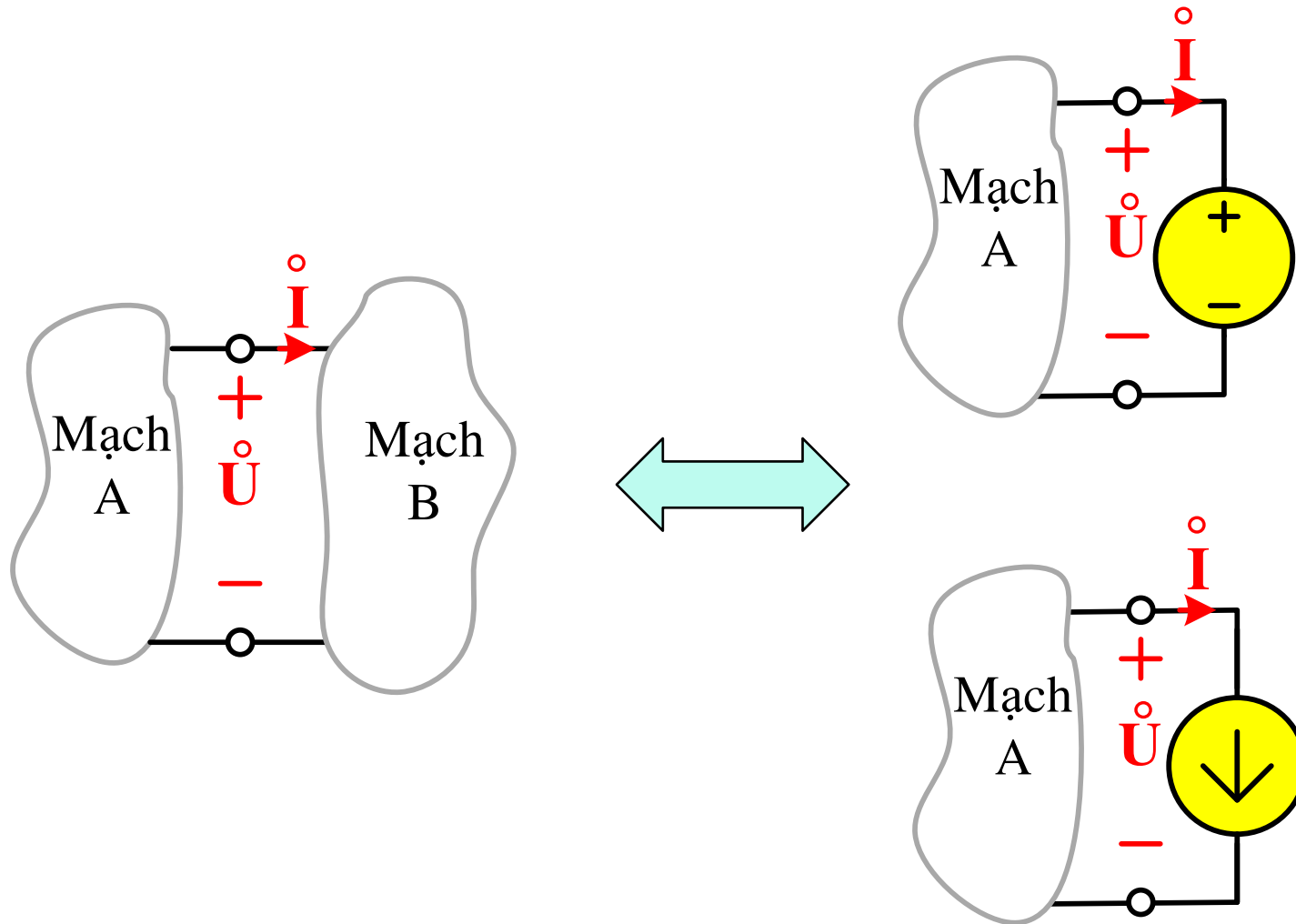
(Hệ pt trình miền tuyến tính)

3.6 Các định lý mạch

❖ **Các định lý trình bày ở đây chỉ đúng cho mạch tuyến tính**

- Mạch điện trở (DC)
- Mạch phức

3.6.1 Định lý thay thế



3.6.2 Tính chất tuyến tính

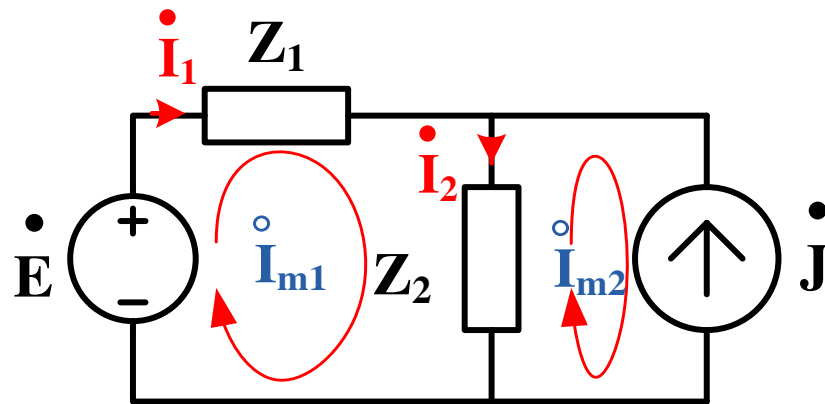
❖ Quan hệ tuyến tính

$$\dot{X}_k = \sum_{i=1}^m a_{ki} \dot{E}_i + \sum_{j=1}^n b_{kj} \dot{J}_j$$

- $\dot{X}_k$: đáp ứng của nhánh k (dòng điện, điện áp)
- $\dot{E}_i, \dot{J}_j$: kích thích (nguồn áp, nguồn dòng)
- a_{ki}, b_{kj} : các hằng số (thực hoặc phức)

3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ **VD** : tìm dòng điện chảy trong các nhánh



$$\begin{aligned} \dot{I}_{m1}(Z_1 + Z_2) - \dot{I}_{m2}(Z_2) &= \dot{E} \\ \dot{I}_{m2} &= -\dot{J} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{(Z_1 + Z_2)} - \frac{Z_2 \dot{J}}{(Z_1 + Z_2)}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{m1} - \dot{I}_{m2} = \frac{\dot{E}}{(Z_1 + Z_2)} + \frac{Z_1 \dot{J}}{(Z_1 + Z_2)}$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính

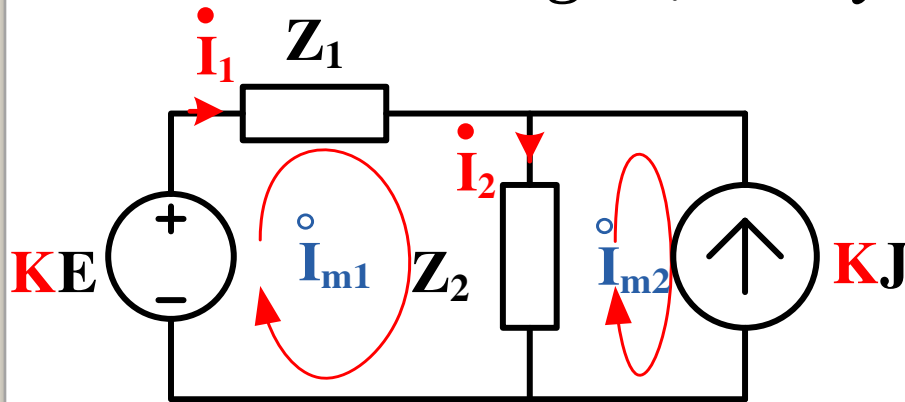
❖ Nguyên lý tỉ lệ

$$\dot{X}_k = \sum_{i=1}^m a_{ki} \dot{E}_i + \sum_{j=1}^n b_{kj} \dot{J}_j \quad \Rightarrow \quad \sum_{i=1}^m a_{ki} (K \dot{E}_i) + \sum_{j=1}^n b_{kj} (K \dot{J}_j) = K \dot{X}_k$$

- Nếu đồng loạt các nguồn kích thích cùng tăng lên **K** lần thì tất cả các đáp ứng cũng tăng lên **K** lần.
- **K** là hằng số tỉ lệ (*có thể thực hoặc phức*)
- Đặc biệt khi mạch điện có duy nhất 1 nguồn kích thích thì mỗi đáp ứng sẽ tỉ lệ với kích thích đó

3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ **VD** : tìm dòng điện chảy trong các nhánh



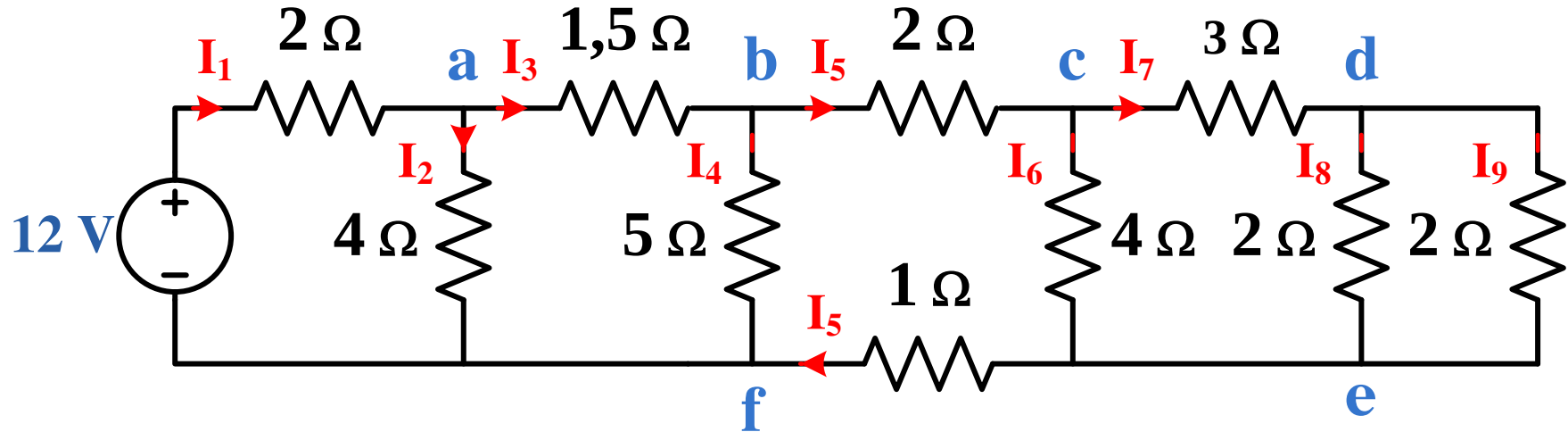
$$\begin{aligned} \dot{I}_{m1}(Z_1 + Z_2) - \dot{I}_{m2}(Z_2) &= K \dot{E} \\ \dot{I}_{m2} &= -K J \end{aligned}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{K \dot{E}}{(Z_1 + Z_2)} - \frac{Z_2 K J}{(Z_1 + Z_2)} = K \dot{I}_{1(Old)}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{m1} - \dot{I}_{m2} = \frac{K \dot{E}}{(Z_1 + Z_2)} + \frac{Z_1 K J}{(Z_1 + Z_2)} = K \dot{I}_{2(Old)}$$

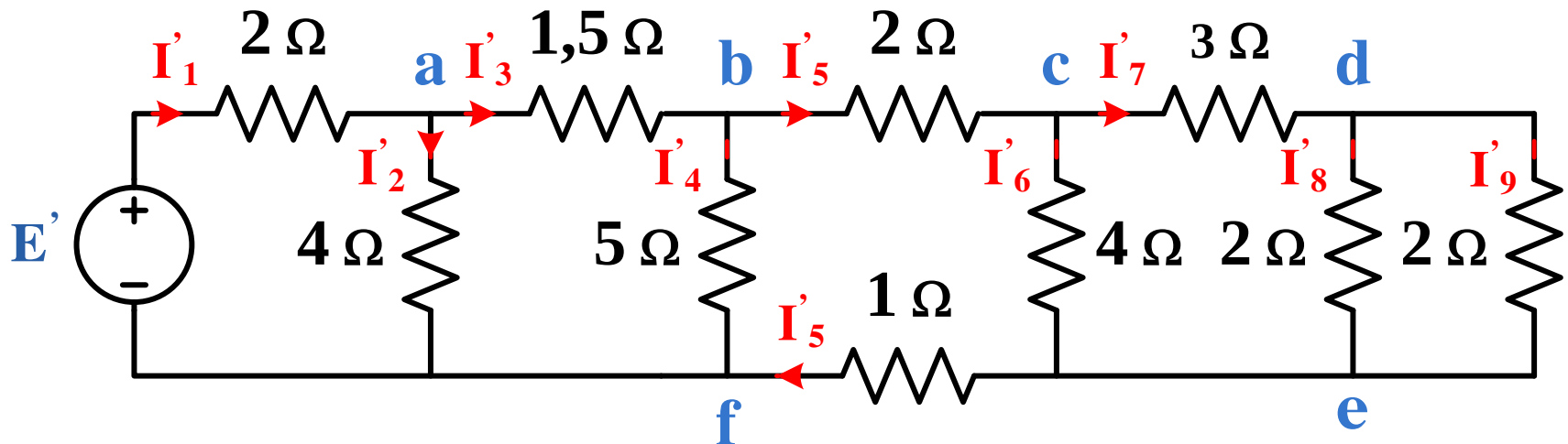
3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ **VD** : tìm dòng điện chảy trong các nhánh



- Giả sử dòng trong nhánh cuối cùng là đã biết
- Tìm giá trị nguồn giả sử $\rightarrow$ hệ số tỉ lệ K
- Áp dụng nguyên lý tỉ lệ để suy ra giá trị thật cần tìm

3.6.2 Tính chất tuyến tính



❖ Giả sử : $I'_9 = 1A$ tính E' ?

$$I'_9 = 1A \rightarrow I'_8 = 1A$$

$$I'_7 = I'_8 + I'_9 = 2A$$

$$U_{ce} = 3I'_7 + 2I'_8 = 8V$$

$$I'_6 = U_{ce} / 4 = 2A$$

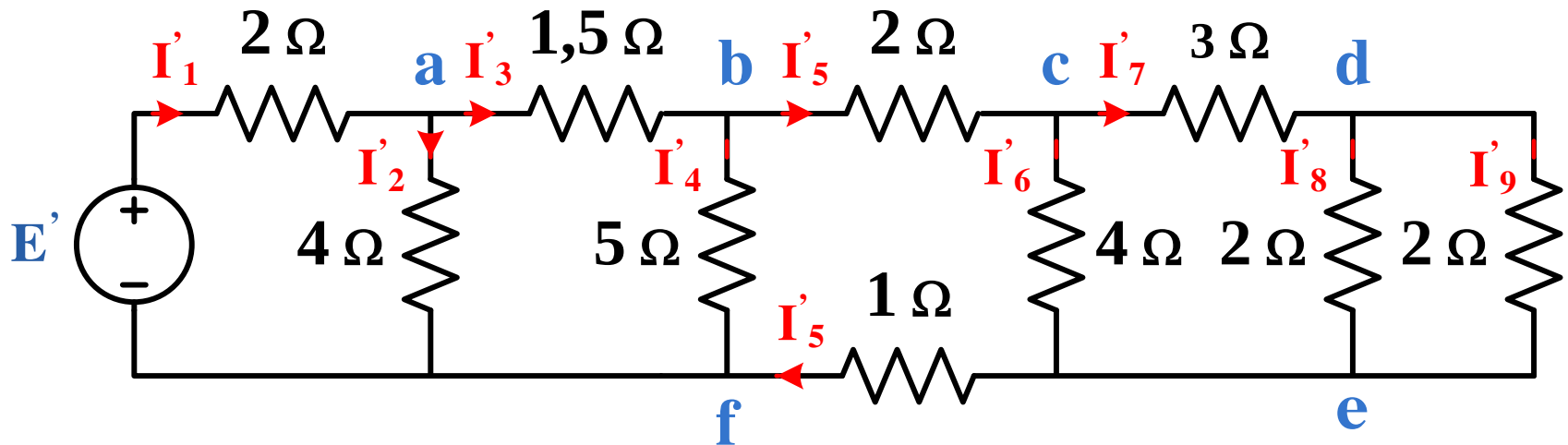
$$I'_5 = I'_6 + I'_7 = 4A$$

$$U_{bf} = (2 + 1)I'_5 + 4I'_6 = 20V$$

$$I'_4 = U_{bf} / 5 = 4A$$

$$I'_3 = I'_4 + I'_5 = 8A$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính



❖ Giả sử : $I'_9 = 1A$ tính E' ?

$$I'_4 = 4A ; I'_3 = 8A$$

$$U_{af} = 1,5I'_3 + 5I'_4 = 32V$$

$$I'_2 = U_{af} / 4 = 8A$$

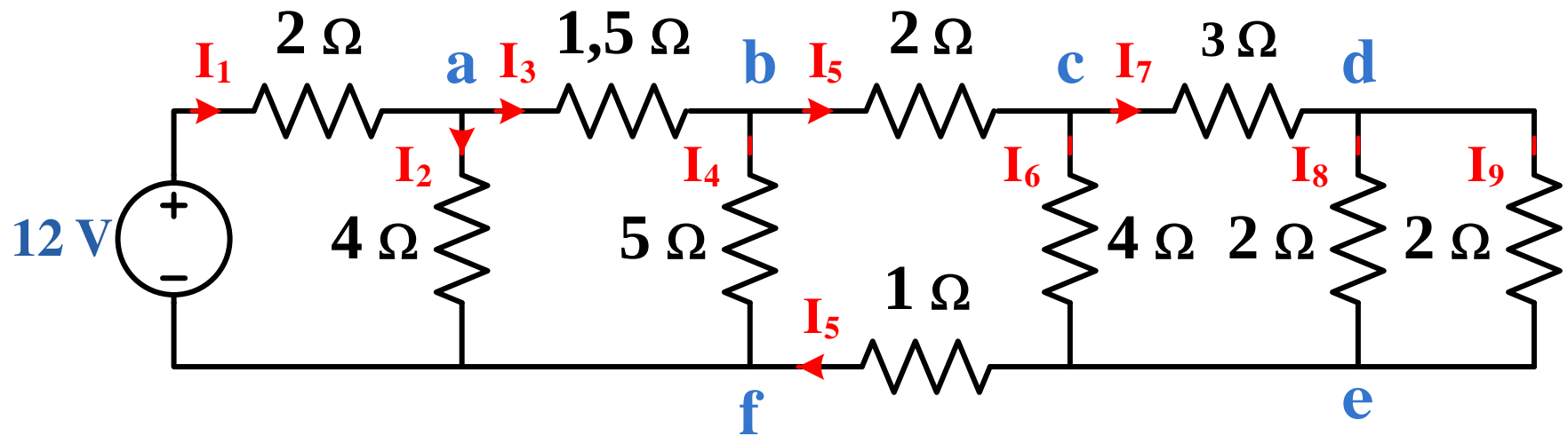
$$I'_1 = I'_2 + I'_3 = 16A$$

$$E' = 2I'_1 + 4I'_2 = 64V$$

• Hệ số tỉ lệ

$$K = \frac{E}{E'} = \frac{12}{64} = 0,1875$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính



$$I_1' = 16A; I_6' = 2A;$$

$$I_2' = 8A; I_7' = 2A;$$

$$I_3' = 8A; I_8' = 1A;$$

$$I_4' = 4A; I_9' = 1A;$$

$$I_5' = 4A; E' = 64V;$$

$$I_i = KI_i'$$

$$I_1 = 3A; I_6 = 0,375A;$$

$$I_2 = 1,5A; I_7 = 0,375A;$$

$$I_3 = 1,5A; I_8 = 0,1875A;$$

$$I_4 = 0,75A; I_9 = 0,1875A;$$

$$I_5 = 0,75A; E = 12V;$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ Nguyên lý xếp chồng

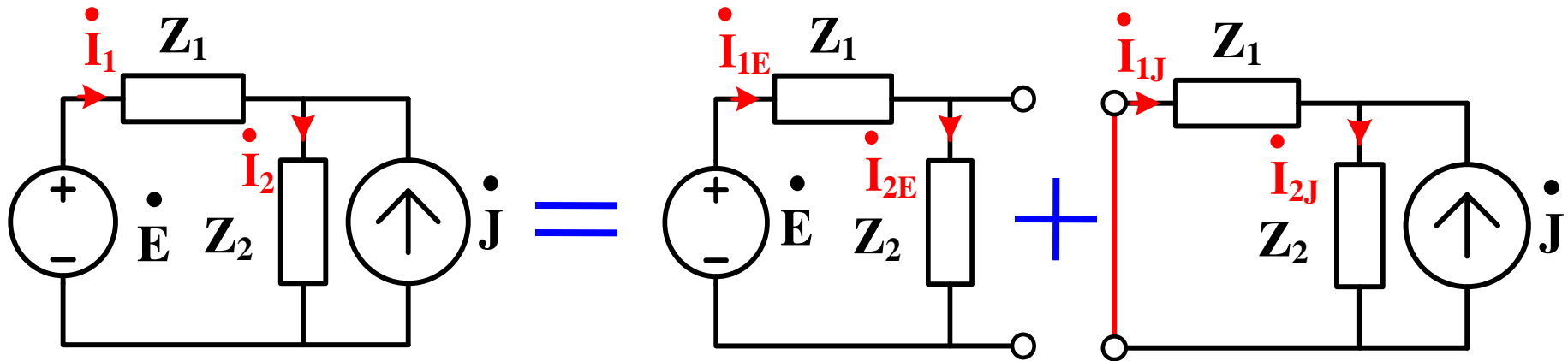
$$\dot{X}_k = \sum_{i=1}^n c_{ki} \dot{F}_i = \sum_{i=1}^n \dot{X}_{ki}$$

- $\dot{X}_{ki} = c_{ki} \dot{F}_i$: đáp ứng do nguồn kích thích $\dot{F}_i$ gây ra
- **Chỉ xếp chồng ảnh phức khi các kích thích có cùng tần số**
- Khi các nguồn kích thích khác tần số (tổng quát) → xếp chồng trong miền thời gian

$$x_k(t) = \sum_{i=1}^n c_{ki} f_i(t) = \sum_{i=1}^m a_{ki} e_i(t) + \sum_{j=1}^r b_{kj} j_j(t)$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính

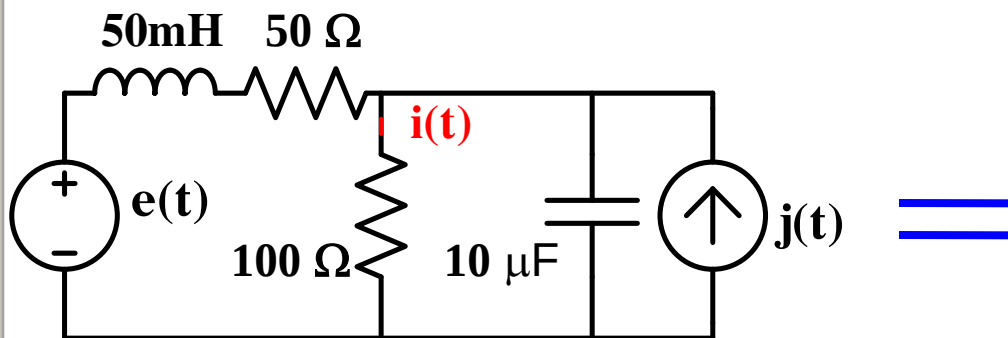
❖ **VD** : tìm dòng điện chảy trong các nhánh



$$\begin{aligned}
 \dot{I}_1 &= \frac{\dot{E}}{(Z_1 + Z_2)} - \frac{Z_2 \dot{J}}{(Z_1 + Z_2)} \\
 \dot{I}_2 &= \frac{\dot{E}}{(Z_1 + Z_2)} + \frac{Z_1 \dot{J}}{(Z_1 + Z_2)}
 \end{aligned}
 \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_{1E} + \dot{I}_{1J} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{2E} + \dot{I}_{2J} \end{cases}$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ **VD** : tìm dòng điện $i(t)$

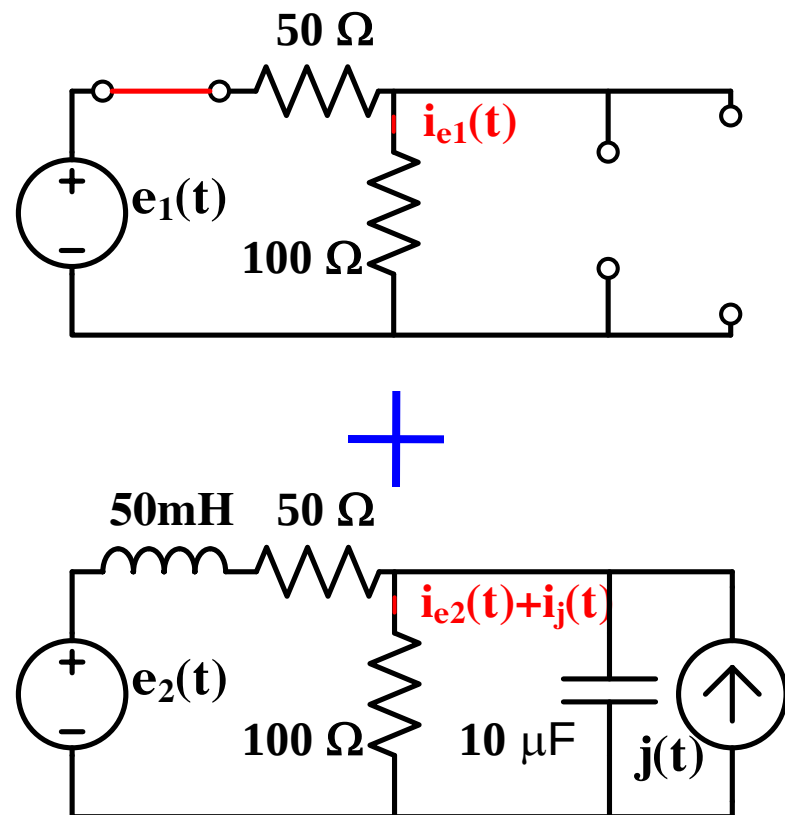


Cho biết

$$j(t) = 2 \cos(10^3 t + 45^\circ) \text{ [A]}$$

$$e(t) = e_1(t) + e_2(t) = 12 + 6 \cos(10^3 t) \text{ [V]}$$

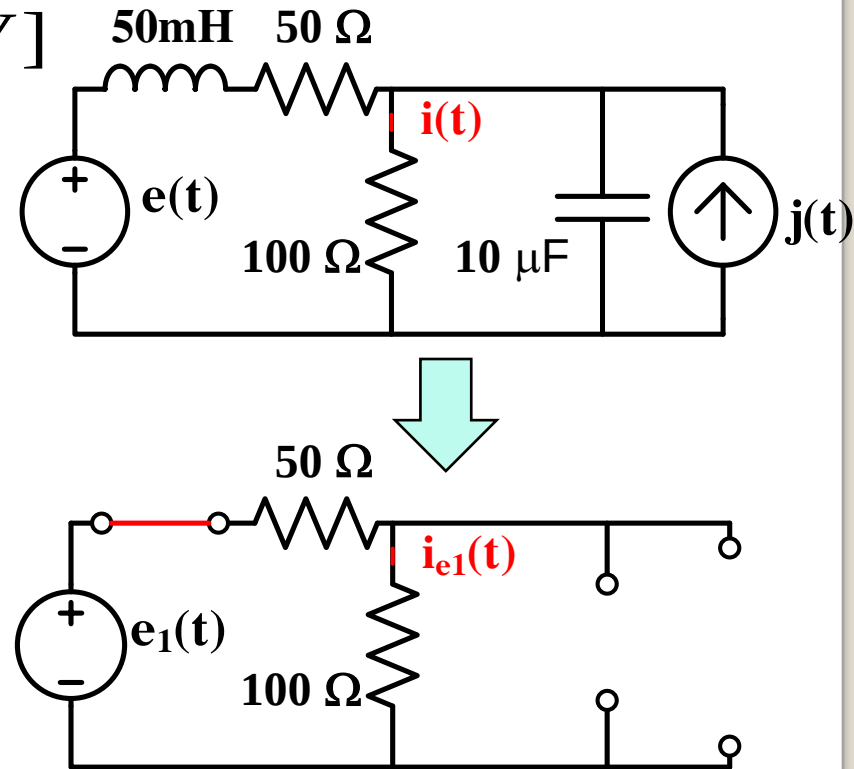
$$\rightarrow i(t) = i_{e1}(t) + i_{e2}(t) + i_j(t) \text{ [A]}$$



3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ **Kích thích DC** $e_1(t) = 12 \text{ [V]}$

- Triệt tiêu các nguồn AC
 - Ngắn mạch nguồn áp $e_2(t)$
 - Hở mạch nguồn dòng $j(t)$
- Loại bỏ các phần tử kháng
 - Ngắn mạch cuộn L
 - Hở mạch tụ
- Giải mạch điện DC



$$\rightarrow i_{DC} = i_{e1}(t) = \frac{e_1(t)}{50 + 100} = \frac{12}{150} = 0,08 \text{ [A]}$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính

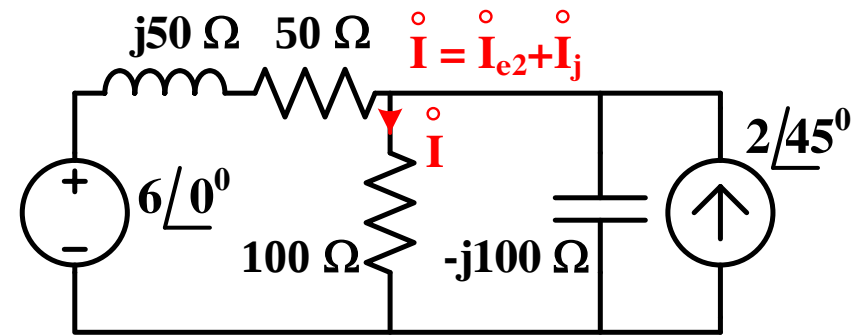
❖ **Kích thích AC**

$$e_2(t) = 6 \cos(10^3 t) \text{ [V]}$$
$$j(t) = 2 \cos(10^3 t + 45^\circ) \text{ [A]}$$

- *Giữ những nguồn cùng tần số ω_k*

triệt tiêu tất cả các nguồn khác

- Ngắn mạch nguồn áp $e_1(t)$
- Hở mạch nguồn dòng (nếu có)
- Phức hóa mạch theo tần số ω_k
- Giải mạch phức rồi chuyển về miền thời gian

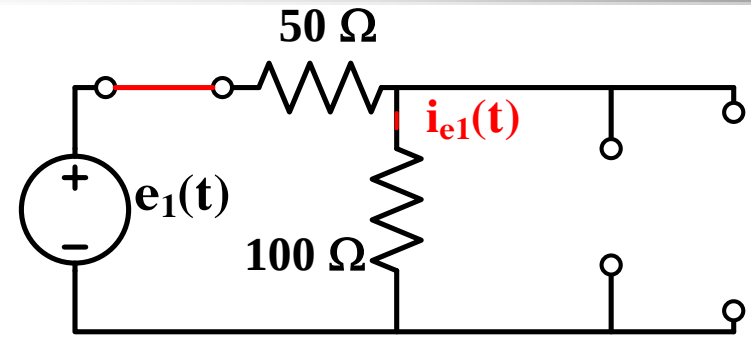
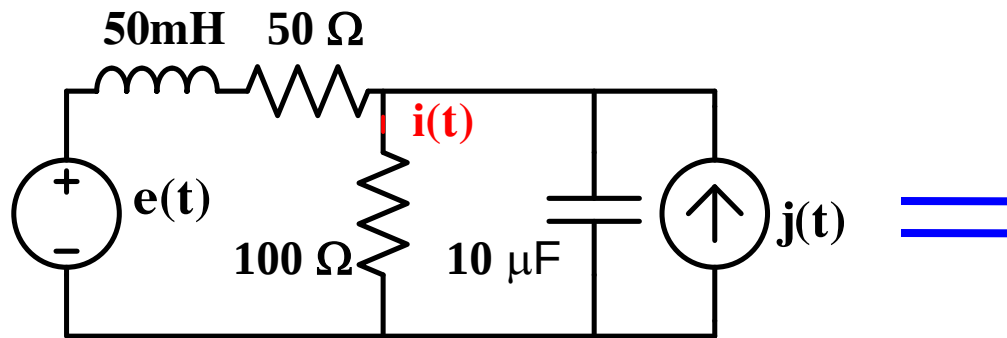


$$\dot{I} = 1,0009 \angle 42,57^\circ \approx 1 \angle 42,57^\circ$$

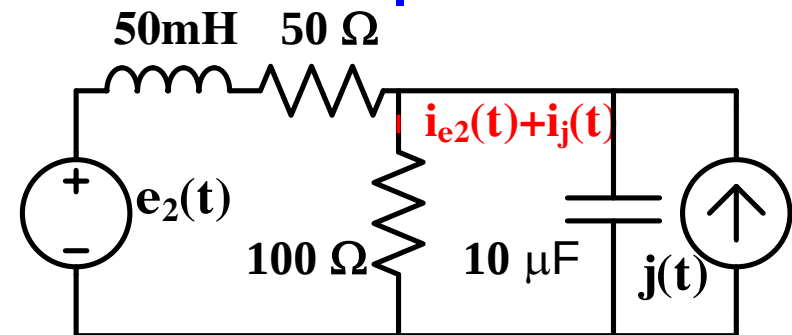
$$i_{AC}(t) = i_{e2}(t) + i_j(t) = 1 \cos(10^3 t - 42,57^\circ) \text{ [A]}$$

3.6.2 Tính chất tuyến tính

❖ Xếp chồng trong miền t



+



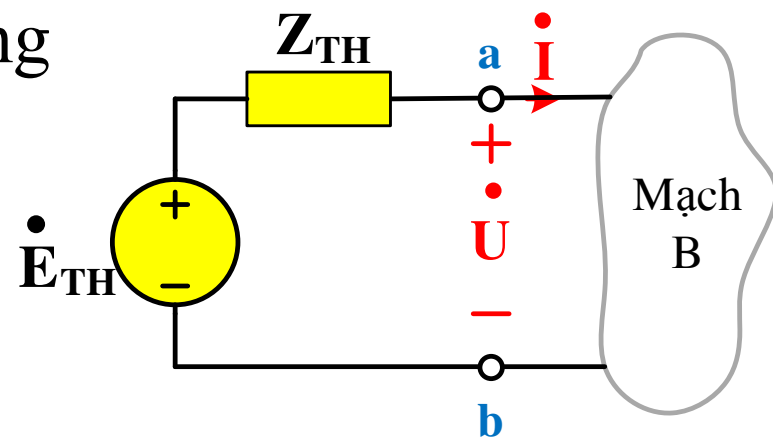
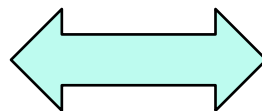
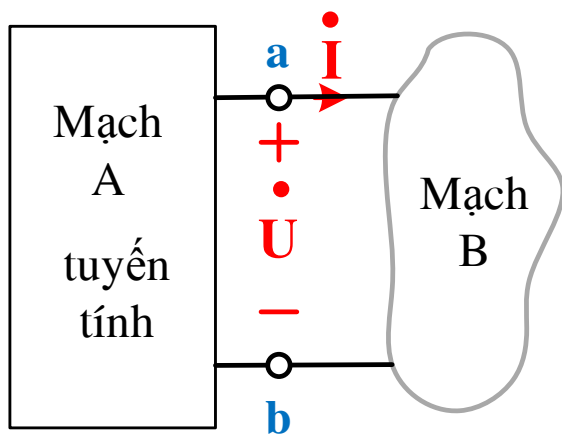
$$i_{DC} = i_{e1}(t) = 0,08 \text{ [A]}$$

$$i_{AC}(t) = 1\cos(10^3 t - 42,57^\circ) \text{ [A]}$$

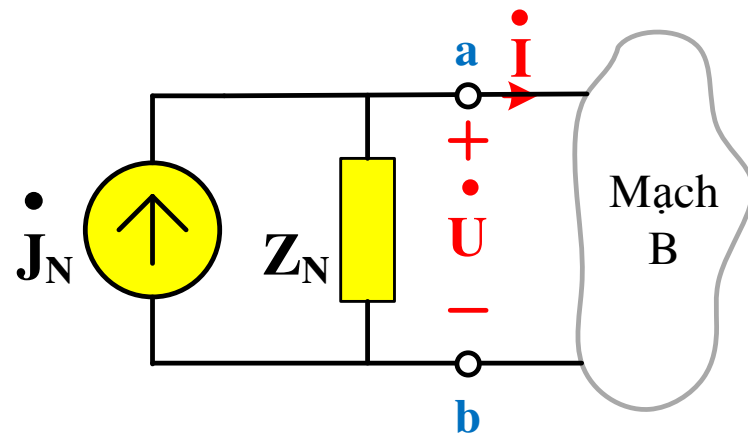
$$\rightarrow i(t) = i_{DC} + i_{AC}(t) = 0,08 + \cos(10^3 t - 42,57^\circ) \text{ [A]}$$

3.6.3 Định lý Thevenin - Định lý Norton

- Mạch tương đương Thevenin

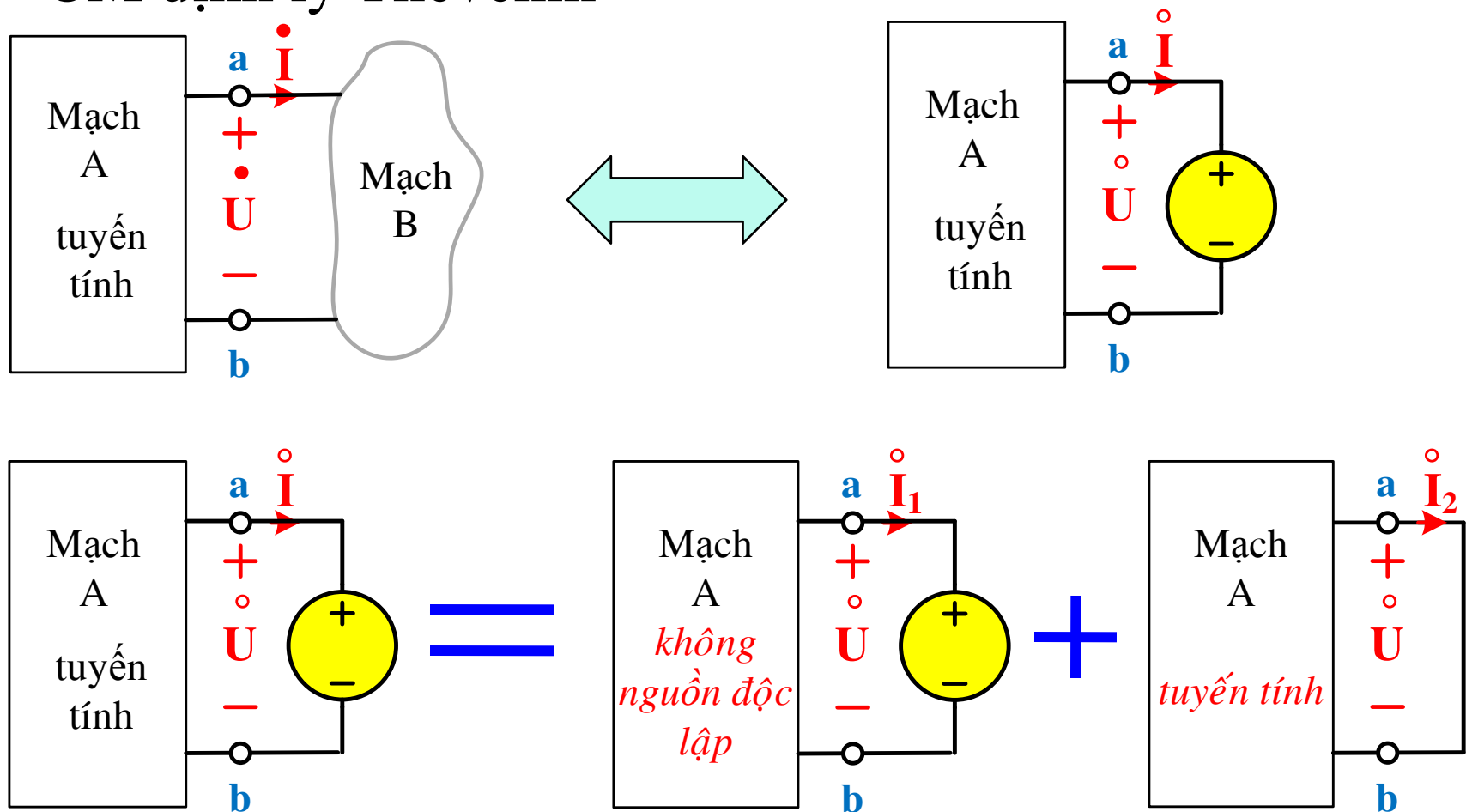


- Mạch tương đương Norton



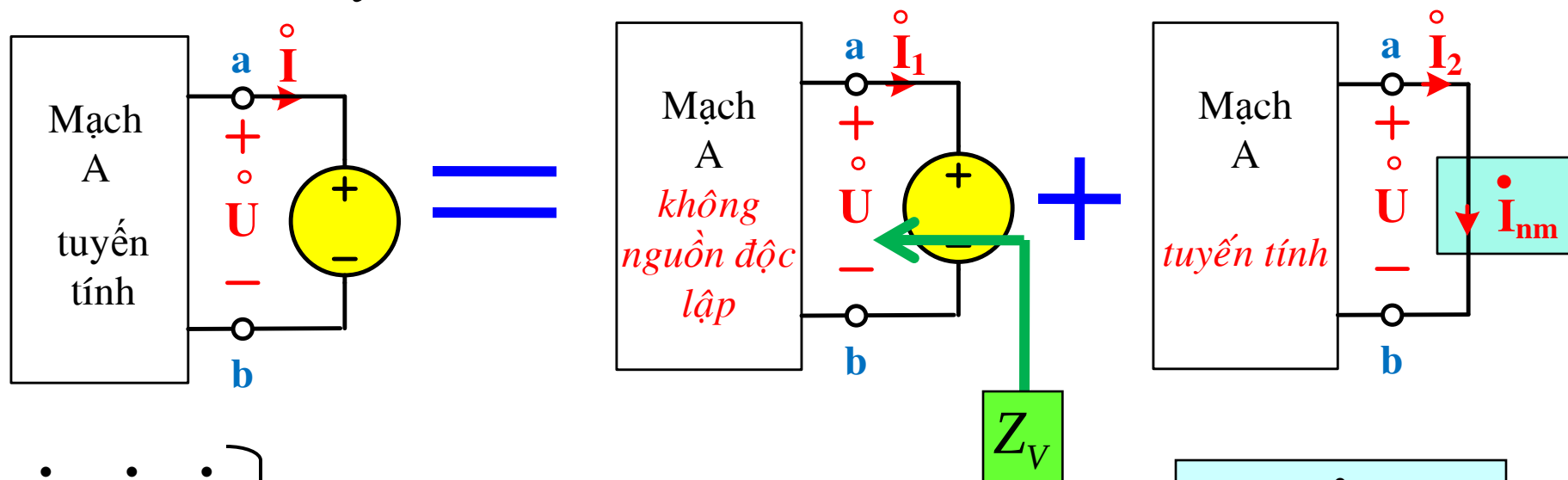
3.6.3 Định lý Thevenin - Định lý Norton

- CM định lý Thevenin



3.6.3 Định lý Thevenin - Định lý Norton

- CM định lý Thevenin



$$\left. \begin{aligned} \dot{I} &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \\ Z_V &= \frac{-\dot{U}}{\dot{I}_1} \end{aligned} \right\} \rightarrow \dot{I} = \frac{-\dot{U}}{Z_V} + \dot{I}_{nm} \quad \text{Khi hở mạch a-b}$$

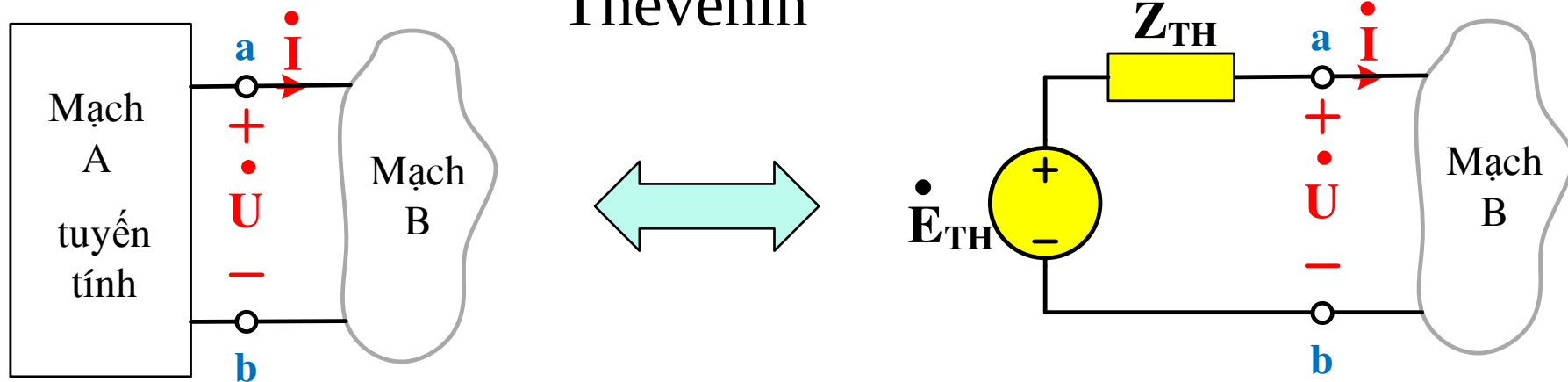
$$0 = \frac{-\dot{U}_{hm}}{Z_V} + \dot{I}_{nm}$$

$$\dot{U} = -Z_V \dot{I} + \dot{U}_{hm}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_{TH} &= \dot{U}_{hm} \\ Z_{TH} &= Z_V \end{aligned}$$

3.6.3 Định lý Thevenin - Định lý Norton

- Mạch tương đương Thevenin



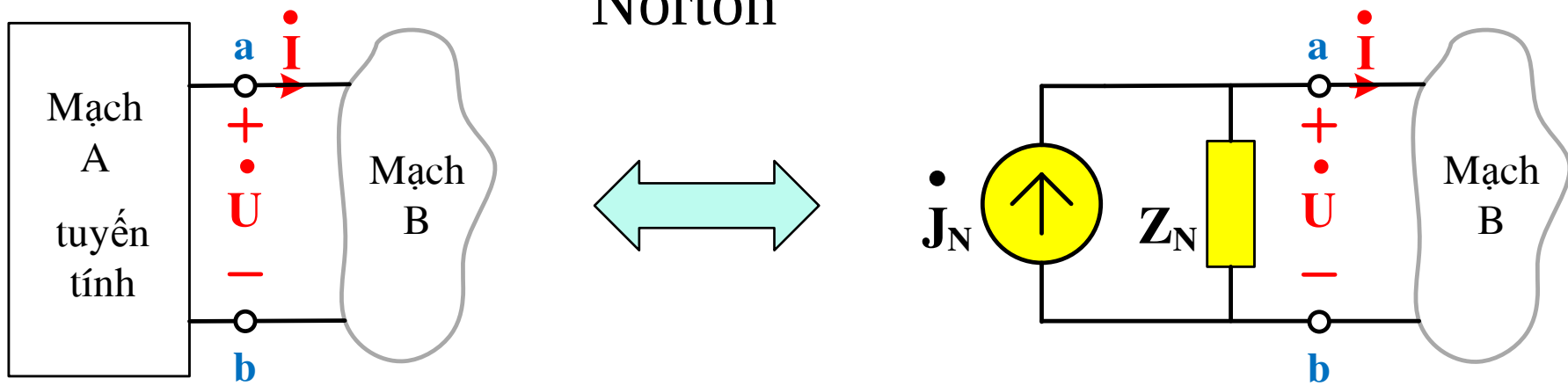
$$E_{TH} = U_{hm}$$

$$Z_{TH} = Z_V$$

$$U_{hm} = Z_V I_{nm}$$

3.6.3 Định lý Thevenin - Định lý Norton

- Mạch tương đương Norton



$$\begin{aligned}\dot{J}_N &= \dot{I}_{nm} \\ Z_N &= Z_V\end{aligned}$$

$$\dot{U}_{hm} = Z_V \dot{I}_{nm}$$