



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1

## HP: EE2020

***Giáo viên:*** TS. Nguyễn Việt Sơn

***Bộ môn:*** Kỹ thuật đo & Tin học công nghiệp

**Viện Điện - Đại học Bách Khoa Hà Nội**

Email: [son.nguyenviet@hust.edu.vn](mailto:son.nguyenviet@hust.edu.vn)

Năm 2018



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Tài liệu tham khảo:

1. **Cơ sở kỹ thuật điện 1 & 2** - Nguyễn Bình Thành - 1971.
2. **Cơ sở kỹ thuật điện** - Quyển 1 - Bộ môn Kỹ thuật đo & THCN - 2004
3. **Giáo trình lý thuyết mạch điện** - PGS - TS. Lê Văn Bảng - 2005.
4. **Fundamentals of electric circuits** - David A.Bell - Prentice Hall - 1990.
5. **Electric circuits** - Norman Blabanian - Mc Graw-Hill - 1994.
6. **Methodes d'etudes des circuit electriques** - Fancois Mesa - 1987.
7. **An introduction to circuit analysis a system approach** - Donald E.Scott - 1994.
8. **Electric circuits** - Schaum - McGraw-Hill - 2003 (\*)
9. **Fundamentals of Electric Circuits** - Charles K. Alexander - 2012 (\*)

(\*) <http://www.mica.edu.vn/perso/Nguyen-Viet-Son/courses.html>



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Nội dung chương trình:

### **Chương 1: Khái niệm về mô hình mạch Kirchhoff.**

- I. Khái niệm về mô hình trường - mô hình hệ thống.
- II. Các hiện tượng cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- III. Các luật cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- IV. Nội dung bài toán mạch.

### **Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa.**

- I. Hàm điều hòa & các đại lượng đặc trưng.
- II. Số phức - Biểu diễn hàm điều hòa trong miền ảnh phức
- III. Phản ứng của một nhánh với kích thích điều hòa.
- IV. Dạng phức các luật cơ bản trong mạch Kirchhoff.



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Nội dung chương trình:

### Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
- VI. Ma trận cấu trúc A, B
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Nội dung chương trình:

### **Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính.**

- I. Khái niệm.
- II. Tính chất tuyến tính.
- III. Khái niệm hàm truyền đạt.
- IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

### **Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ**

- I. Khái niệm
- II. Cách phân tích mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ.
- III. Trị hiệu dụng - công suất dòng chu kỳ
- IV. Hàm truyền đạt và đặc tính tần số.



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Nội dung chương trình:

### Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

- I. Khái niệm
- II. Phương trình & sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.
- III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

### Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

- I. Khái niệm
- II. Mô hình mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số đặc trưng.
- III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương.
- IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào của mạng hai cửa.  
Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.
- V. Mạng hai cửa phi hồi.
- VI. Khuếch đại thuật toán



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Nội dung chương trình:

### Chương 8: Mạch điện 3 pha.

- I. Khái niệm.
- II. Mạch 3 pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.
- III. Tính và đo công suất mạch điện 3 pha.
- IV. Mạch 3 pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng
- V. Một số sự cố trong mạch điện 3 pha.



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## ➤ PHƯƠNG PHÁP HỌC TẬP

- ❑ Download tài liệu [www.mica.edu.vn/perso/Nguyen-Viet-Son/courses.html](http://www.mica.edu.vn/perso/Nguyen-Viet-Son/courses.html)
  - ❖ Bài giảng + bài tập + sách tham khảo (Tiếng Anh)
- ❑ Nắm vững lý thuyết → làm nhiều bài tập
- ❑ Tích cực trao đổi thảo luận
- ❑ Sử dụng
  - ❖ Kết hợp Bài giảng + nghe giảng trên lớp
  - ❖ Đọc tài liệu tham khảo (khuyến khích đọc tài liệu Tiếng Anh)
- ❑ Sử dụng thành thạo Calculator + phần mềm mô phỏng
  - ❖ Calculator FX570ES (Plus)
  - ❖ **Matlab, Circuit Maker, Proteus, Altium Designer**





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## ➤ THI GIỮA KỲ:

- Thông báo trước 2 tuần.
- Thi viết ~40 phút (bài tập)
- Không được sử dụng tài liệu

## THI CUỐI KỲ:

- Thi 2 chung: Thời gian thi + Bộ đề thi
- Thi viết 90 phút (bài tập)
- Được sử dụng tài liệu



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



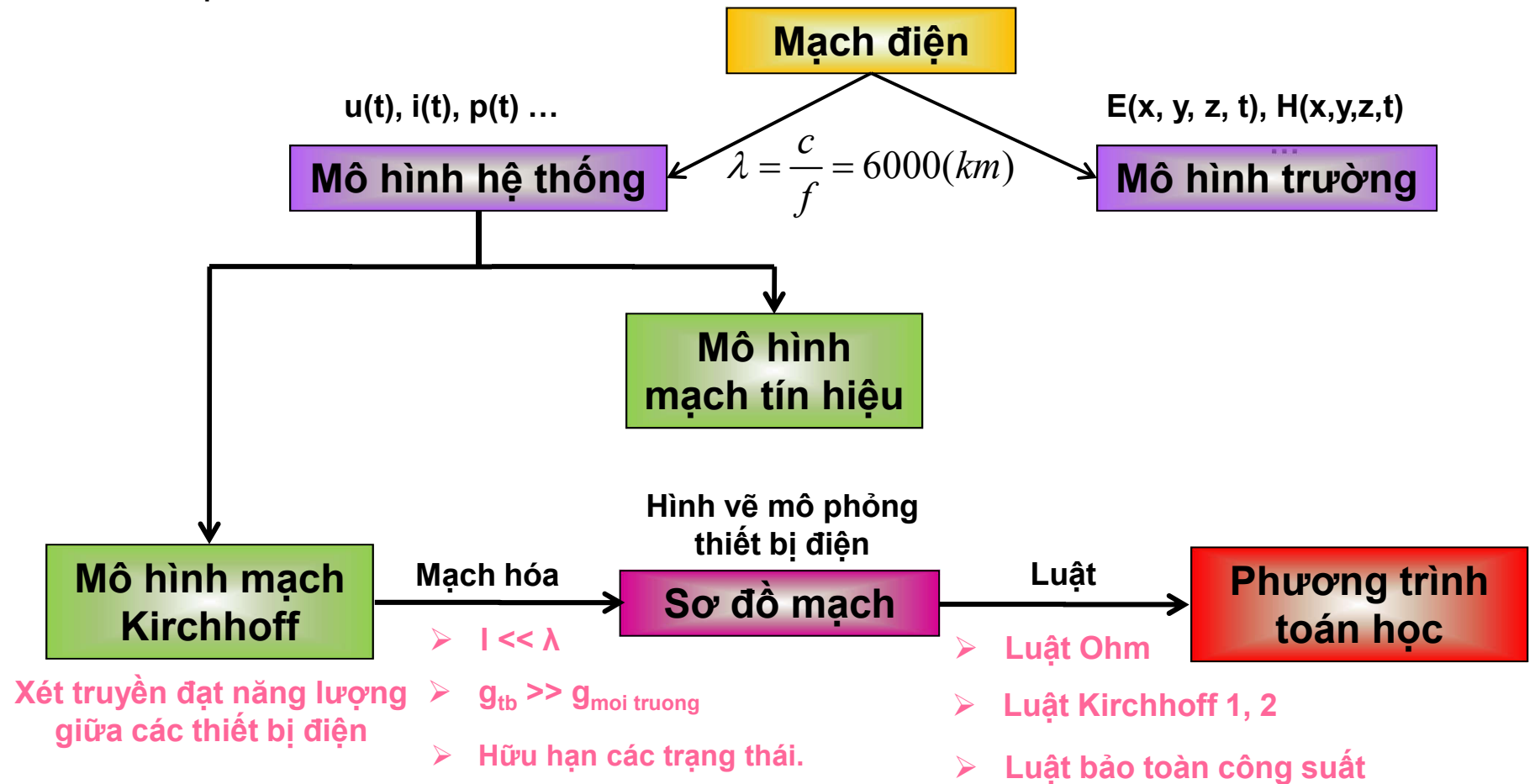
## Chương 1: Khái niệm về mô hình mạch Kirchhoff

- I. Khái niệm về mô hình trường - mô hình hệ thống.
- II. Các hiện tượng cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- III. Các luật cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- IV. Nội dung bài toán mạch.

**Bài tập: 7 - 16**

## I. Khái niệm về mô hình trường - mô hình hệ thống.

- Mạch điện gồm một hệ thống các thiết bị nối ghép với nhau cho phép trao đổi năng lượng và tín hiệu.





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 1: Khái niệm về mô hình mạch Kirchhoff.

- I. Khái niệm về mô hình trường - mô hình hệ thống.
- II. Các hiện tượng cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
  - II.1. Nguồn điện.
  - II.2. Phần tử tiêu tán trong mạch điện R.
  - II.3. Kho điện. Điện dung C.
  - II.4. Kho từ. Điện cảm L.
- III. Các luật cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- IV. Nội dung bài toán mạch.

## II. Các hiện tượng cơ bản trong mạch Kirchhoff.

- Mô hình mạch Kirchhoff được xem xét trên phương diện truyền đạt năng lượng giữa các thiết bị trong một mạch điện.
- Có rất nhiều hiện tượng trong các thiết bị điện: *Tiêu tán, Tích phóng điện từ, Tạo sóng, phát sóng, Khuếch đại, Chỉnh lưu, Điều chế ...* → tồn tại một nhóm đủ hiện tượng cơ bản, từ đó hợp thành mọi hiện tượng khác:
  - ❖ **Hiện tượng tiêu tán:** Năng lượng điện từ đưa vào một vùng và chuyển thành dạng năng lượng khác tiêu tán đi, không hoàn nguyên lại nữa.  
*Ví dụ :* Bếp điện, bóng đèn neon, động cơ kéo ...
  - ❖ **Hiện tượng phát:** Là hiện tượng biến các dạng năng lượng khác thành dạng năng lượng điện từ. Hiện tượng phát tương ứng với một nguồn phát.  
*Ví dụ :* Pin, acqui, nhà máy thủy điện, nhiệt điện, cối xay gió ...
  - ❖ **Hiện tượng tích phóng của kho điện:** Năng lượng điện từ tích vào một vùng tập trung điện trường như lân cận các bản tụ điện hoặc đưa từ vùng đó trả lại trường điện từ.
  - ❖ **Hiện tượng tích phóng của kho từ:** Năng lượng điện từ tích vào một vùng tập trung từ trường như lân cận một cuộn dây có dòng điện hoặc đưa trả từ vùng đó.

## II. Các hiện tượng cơ bản trong mạch Kirchhoff.

- Mô hình mạch Kirchhoff nghiên cứu quá trình truyền đạt năng lượng và tìm cách mô hình hóa các hiện tượng trao đổi năng lượng bằng những phần tử sao cho quan hệ giữa các biến trạng thái trên chúng cho phép biểu diễn quá trình truyền đạt năng lượng tại vùng mà chúng được thay thế.
- Với 4 quá trình năng lượng cơ bản, mạch Kirchhoff sẽ có 4 phần tử cơ bản:
  - ❖ **Nguồn điện** (nguồn suất điện động, nguồn dòng)  $\leftrightarrow$  Hiện tượng phát
  - ❖ **Phần tử tiêu tán** (điện trở R, điện dẫn g)  $\leftrightarrow$  Hiện tượng tiêu tán
  - ❖ **Phần tử kho điện** (điện dung C)  $\leftrightarrow$  Hiện tượng tích phóng của kho điện
  - ❖ **Phần tử kho từ** (điện cảm L, hồ cảm M)  $\leftrightarrow$  Hiện tượng tích phóng của kho từ

## II.1. Nguồn điện.

- *Định nghĩa*: Các thiết bị thực hiện quá trình chuyển hóa các dạng năng lượng khác thành điện năng được gọi là *nguồn điện*.
- *Quy ước*: **Chiều dòng điện chảy trong nguồn chảy từ nơi có điện áp thấp đến nơi có điện áp cao.**

$$P_{\text{nguồn}} = u \cdot i < 0 \rightarrow \text{phát công suất}$$

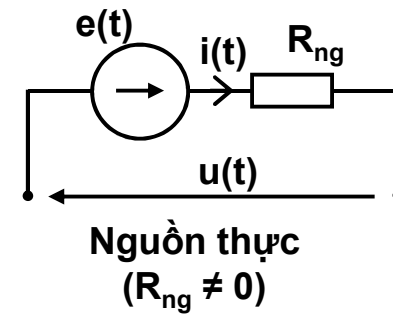
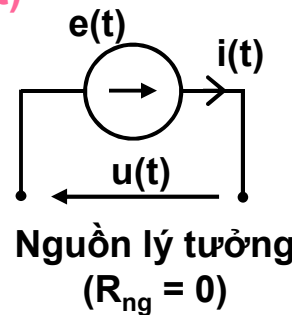
$$P_{\text{nguồn}} = u \cdot i > 0 \rightarrow \text{nhận công suất}$$

- *Phân loại*:
  - ❖ **Nguồn độc lập**: Các thông số của nguồn (*biên độ, tần số, hình dáng, góc pha ...*) chỉ tùy thuộc vào quy luật riêng của nguồn mà không phụ thuộc vào trạng thái bất kỳ trong mạch.  
*Ví dụ*: Nguồn áp độc lập, nguồn dòng độc lập
  - ❖ **Nguồn phụ thuộc**: Các trạng thái của nguồn bị phụ thuộc (điều khiển) bởi một trạng thái nào đó trong mạch điện.  
*Ví dụ*: Nguồn áp bị điều khiển bởi dòng, nguồn áp bị điều khiển bởi áp; nguồn dòng bị điều khiển bởi dòng, nguồn dòng bị điều khiển bởi áp ...

## II.1. Nguồn điện

### ➤ Nguồn áp độc lập

- ❖ *Định nghĩa:* Nguồn áp  $e(t)$  là một phần tử sơ đồ mạch Kirchhoff có đặc tính **duy trị trên hai cực của nó một hàm điện áp**, còn gọi là sức điện động xác định theo thời gian, và **không phụ thuộc vào dòng điện** chảy qua nó.
- ❖ *Biến trạng thái:* Điện áp trên hai cực của nguồn. Đối với một nguồn áp lý tưởng, giá trị của điện áp trên hai cực của nguồn không phụ thuộc vào giá trị của tải nối với nguồn.
- ❖ *Phương trình trạng thái:*  $u(t) = -e(t)$
- ❖ *Ký hiệu:*



(*Chiều của mũi tên là chiều dương quy ước của dòng điện sinh ra bởi nguồn*)

- ❖ *Cách nối:* Tránh ngắn mạch nguồn áp

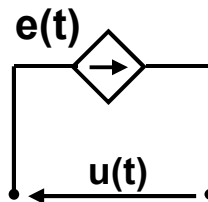


## II.1. Nguồn điện

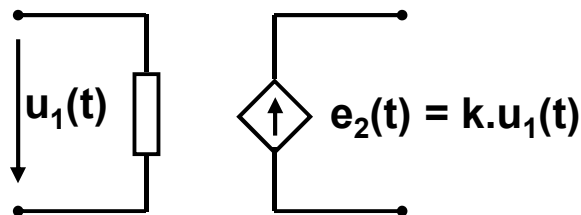
### ➤ Nguồn áp phụ thuộc (nguồn áp bị điều khiển)

❖ *Định nghĩa:* Nguồn áp phụ thuộc là nguồn áp mà trạng thái điện áp (suất điện động) của nó phụ thuộc vào trạng thái (**dòng điện, điện áp**) của một nhánh khác trong mạch.

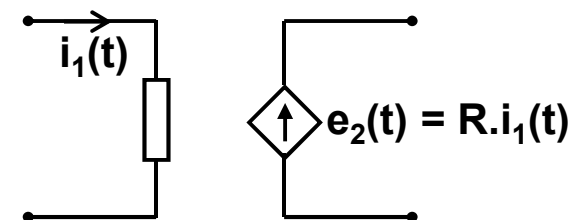
❖ *Ký hiệu:*  $u(t) = - e(t)$



❖ *Phân loại:*



**Nguồn áp bị điều khiển bởi áp**  
(**voltage-controlled voltage source**)

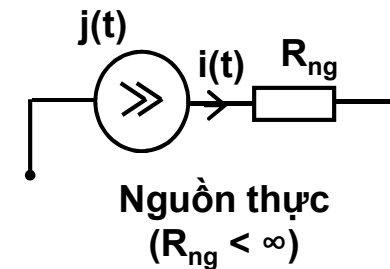
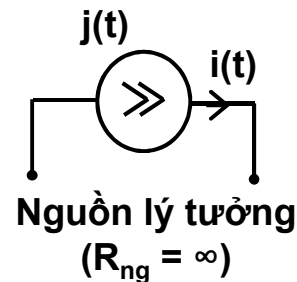


**Nguồn áp bị điều khiển bởi dòng**  
(**current-controlled voltage source**)

## II.1. Nguồn điện

### ➤ Nguồn dòng độc lập:

- ❖ *Định nghĩa:* Nguồn dòng  $j(t)$  là một phần tử sơ đồ mạch Kirchhoff có đặc tính **bom** qua nó một hàm dòng điện  $i(t)$  xác định, không tùy thuộc vào điện áp trên hai cực của nó.
- ❖ *Biến trạng thái:* Dòng điện chảy qua nguồn. Đối với một nguồn dòng lý tưởng, giá trị của dòng điện sinh ra bởi nguồn không phụ thuộc vào giá trị của tải nối với nguồn.
- ❖ *Phương trình trạng thái:*  $i(t) = j(t)$
- ❖ *Ký hiệu:*



*(Chiều của mũi tên là chiều dương quy ước của dòng điện sinh ra bởi nguồn)*

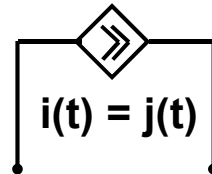
- ❖ *Cách nói:* Tránh hở mạch nguồn dòng

## II.1. Nguồn điện

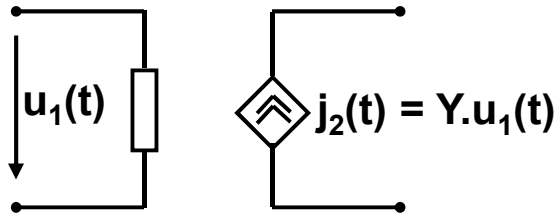
### ➤ Nguồn dòng phụ thuộc (nguồn dòng bị điều khiển)

- ❖ *Định nghĩa:* Nguồn dòng phụ thuộc là nguồn dòng mà trạng thái dòng điện của nó phụ thuộc vào trạng thái (**dòng điện, điện áp**) của một nhánh khác trong mạch.

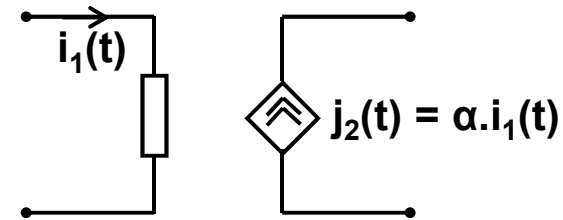
- ❖ *Ký hiệu:*  $i(t) = j(t)$



- ❖ *Phân loại:*



*nguồn dòng bị điều khiển bởi áp*  
(**voltage-controlled current source**)



*nguồn dòng bị điều khiển bởi dòng*  
(**current-controlled current source**)

## II.2. Phần tử tiêu tán - Điện trở R - Điện dẫn g.

- *Hiện tượng:* Khi có một dòng điện chạy qua một vật dẫn điện → vật dẫn nóng lên do có sự chuyển hóa điện năng thành nhiệt năng. Ví dụ: Bếp điện, bàn là ...
- *Định nghĩa:* Điện trở (điện dẫn) là đại lượng đo khả năng cản trở (dẫn) dòng điện của vật dẫn.

- *Biến trạng thái:*  $u(t)$ ,  $i(t)$

- *Phương trình trạng thái:*
$$r = \frac{\partial u(t)}{\partial i(t)} \qquad g = \frac{\partial i(t)}{\partial u(t)}$$
$$r = \frac{[V]}{[A]} = [\Omega] \qquad g = \frac{[A]}{[V]} = [S]$$

- *Thứ nguyên:*  $[\Omega]$

Đơn vị dẫn xuất:  $1K\Omega = 10^3\Omega$ ,  $1M\Omega = 10^6\Omega$

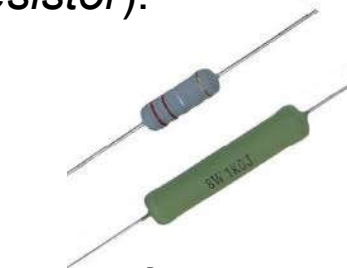
## II.2. Phần tử tiêu tán - Điện trở R - Điện dẫn g.

### ➤ Phân loại:

#### ❖ Điện trở (*fixed resistor*):



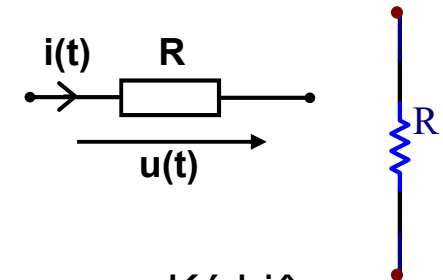
Điện trở dây quấn  
(*giá trị nhỏ*)



Điện trở composition  
(*giá trị lớn*)

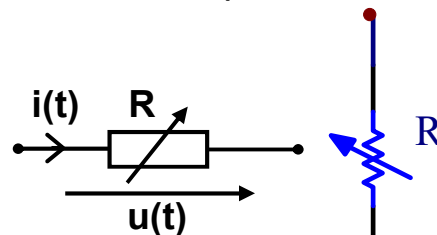


Điện trở dán  
(*độ chính xác cao*)



Ký hiệu

#### ❖ Biến trở (*variable resistor*):



Ký hiệu

#### ❖ Điện trở tuyến tính:

$$r = \frac{u(t)}{i(t)} = \text{const} \quad g = \frac{i(t)}{u(t)} = \text{const}$$

#### ❖ Điện trở phi tuyến:

$$r = R(u, i) \quad g = G(u, i)$$

## II.3. Kho điện - Điện dung C.

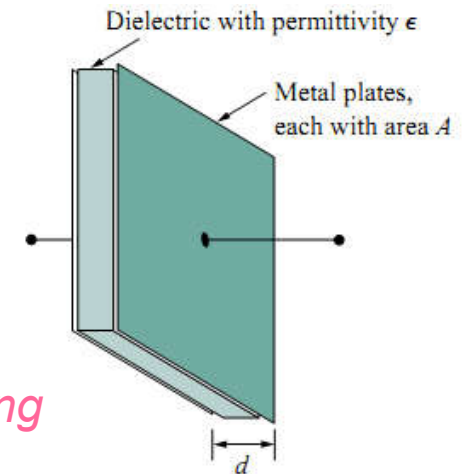
➤ *Hiện tượng:*

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

A: diện tích bề mặt bản cực

d: khoảng cách 2 bản cực

$\epsilon$ : hệ số điện môi



➤ *Định nghĩa:* Điện dung C là **thông số đặc trưng cho khả năng tích lũy điện tích** của kho điện.

➤ *Biến trạng thái:*  $u(t)$ ,  $i(t)$

➤ *Phương trình trạng thái:*  $i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{\partial q}{\partial u} \cdot \frac{\partial u(t)}{\partial t}$

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

$$u(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

➤ *Thứ nguyên:*  $C = \frac{[\text{Culon}]}{[\text{V}]} = [F]$

➤ Đơn vị dẫn xuất:  $1\mu F = 10^{-6}F$        $1nF = 10^{-9}F$        $1pF = 10^{-12}F$

➤ *Năng lượng:*  $dW_E = u \cdot dq = u \frac{\partial q}{\partial u} \cdot du = \frac{1}{2} \cdot C \cdot du^2$

## II.3. Kho điện - Điện dung C.

### ➤ Phân loại:

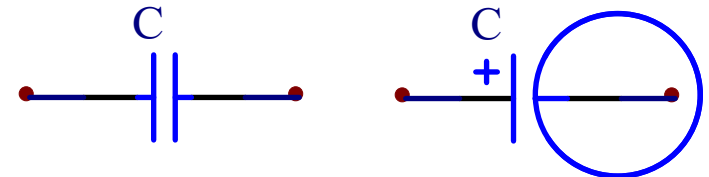
#### ❖ Tụ điện (*fixed capacitor*):



Tụ gốm  
(*nhỏ, không phân cực*)



Tụ hóa  
(*lớn, phân cực*)

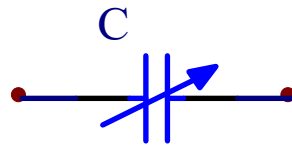


Ký hiệu

#### ❖ Tụ điện biến thiên (*variable capacitor*):



Trimmer capacitor



Ký hiệu

#### ❖ Tụ điện tuyến tính:

$$C = \frac{q}{u} = \text{const}$$

#### ❖ Tụ điện phi tuyến:

$$C = C(q, u)$$

## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.

➤ *Hiện tượng:* Khi dây dẫn (cuộn dây) có dòng điện biến thiên chảy qua → trong vùng lân cận của vật dẫn tập trung một từ trường (kho từ).

➤ *Định nghĩa:* Điện cảm L là **thông số đặc trưng cho khả năng tích lũy năng lượng từ trường** của cuộn dây.

$$L = \frac{N^2 \mu A}{l}$$

➤ *Biến trạng thái:*  $u(t), i(t)$

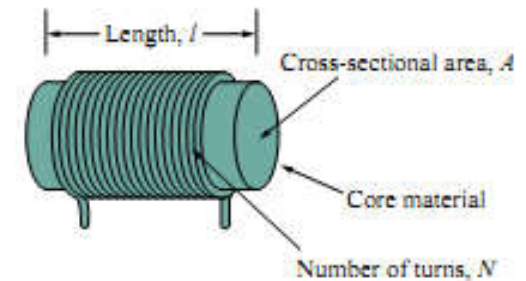
➤ *Phương trình trạng thái:*  $u(t) = \frac{d\psi}{dt} = \frac{\partial \psi}{\partial i} \cdot \frac{\partial i}{\partial t}$        $i(t) = \frac{1}{L} \int u(t) \cdot dt$

➤ *Thứ nguyên:*  $L = \frac{[\text{Wb}]}{[\text{A}]} = [\text{H}]$

Đơn vị dẫn xuất:  $1\text{mH} = 10^{-3}\text{H}$

➤ *Năng lượng:*

$$dw_L = i \cdot d\psi = i \frac{\partial \psi}{\partial i} \cdot di = \frac{1}{2} \cdot L \cdot di^2$$



$N$ : số vòng dây cuốn

$l$ : chiều dài lõi

$A$ : tiết diện ngang lõi

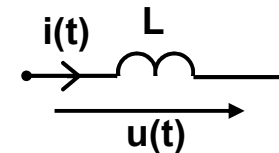
$\mu$ : độ từ thẩm của lõi



## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.

➤ Phân loại:

- ❖ Cuộn dây lõi sắt từ
- ❖ Cuộn dây lõi không khí
- ❖ Cuộn dây tuyến tính:  $L = \frac{\psi}{I} = \text{const}$
- ❖ ~~Cuộn dây phi tuyến:  $L = L(\psi, I)$~~



## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.

### ➤ Hiện tượng tự cảm:

❖ Xét cuộn dây L, có dòng điện biến thiên  $i(t)$ .

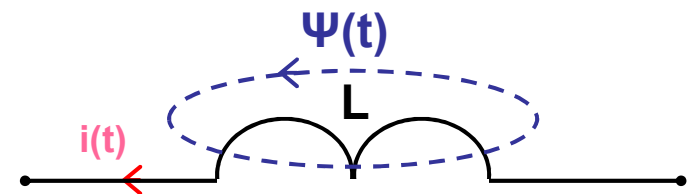
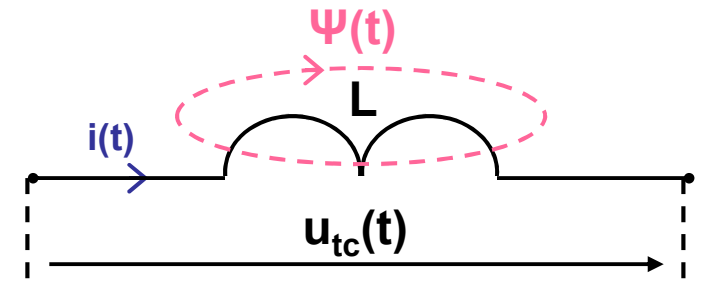
❖ Luật Lenx:  $i(t)$  sinh ra từ thông  $\psi(t)$  biến thiên, chống lại sự biến thiên của  $i(t)$  (chiều  $\psi(t)$  xác định theo quy tắc vặn nút chai (quy tắc bàn tay phải)).

❖ Từ thông  $\psi(t)$  sinh ra suất điện động tự cảm  $u_{tc}(t)$  trên cuộn dây.

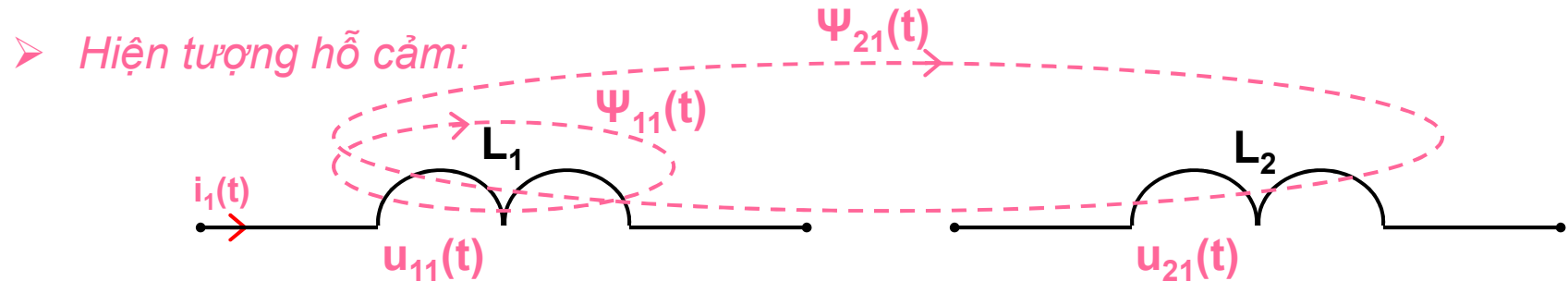
$$u_{tc}(t) = \frac{d\psi}{dt} = L \frac{di(t)}{dt} \quad L : \text{hệ số tự cảm}$$

❖ Ngược lại: xét cuộn dây đặt trong không gian có từ thông  $\psi(t)$  biến thiên.

❖ Từ thông  $\psi(t)$  sinh ra suất điện trên cuộn dây  $\rightarrow$  sinh ra dòng điện tự cảm  $i_{tc}(t)$ , chống lại sự biến thiên của  $\psi(t)$  (chiều của dòng điện tự cảm được xác định theo quy tắc vặn nút chai).



## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.



❖ Xét cuộn dây  $L_1$  và  $L_2$  đặt gần nhau trong không gian, cuộn dây  $L_1$  có dòng điện biến thiên  $i_1(t)$ .

❖ Luật Lenx:  $i_1(t)$  sinh ra từ thông  $\psi_{11}(t)$  biến thiên qua cuộn  $L_1 \rightarrow$  sinh ra điện áp tự cảm  $u_{11}(t)$ .

$$u_{11}(t) = L_1 \cdot \frac{di_1(t)}{dt}$$

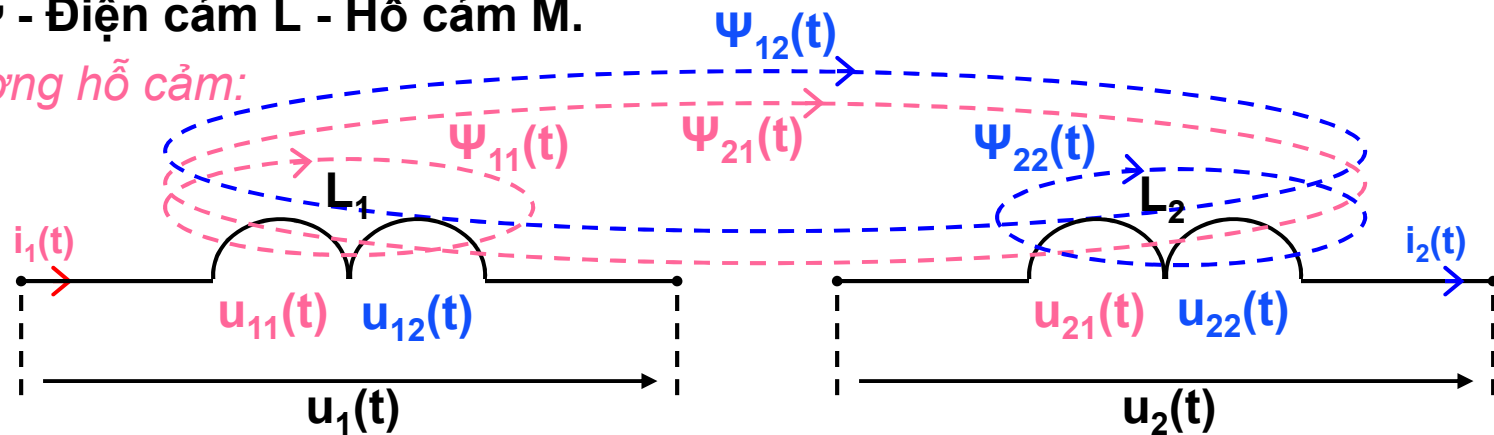
❖ Do  $L_2$  đặt gần  $L_1$ , một phần từ thông  $\psi_{21}(t)$  biến thiên qua cuộn dây  $L_2 \rightarrow$  sinh ra sức điện động cảm ứng  $u_{21}(t)$ .

$$u_{21}(t) = \frac{d\psi_{21}}{dt} = \frac{\partial \psi_{21}}{\partial i_1} \cdot \frac{di_1}{dt} = M_{21} \cdot \frac{di_1}{dt}$$

$M_{21}$ : hệ số hồ cảm

## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.

➤ Hiện tượng hồ cảm:



- ❖ Nếu  $L_2$  có  $i_2(t)$  chạy qua  $\rightarrow$  sinh ra  $\psi_{22}(t)$  móc vòng qua  $L_2 \rightarrow$  sinh ra điện áp cảm ứng  $u_{22}(t)$

$$u_{22}(t) = L_2 \cdot \frac{di_2(t)}{dt}$$

- ❖ Phần  $\psi_{12}(t)$  móc vòng qua  $L_1 \rightarrow$  sinh ra suất điện động cảm ứng  $u_{12}(t)$  trên cuộn  $L_1$

$$u_{12}(t) = \frac{d\psi_{12}}{dt} = \frac{\partial \psi_{12}}{\partial i_2} \cdot \frac{di_2}{dt} = M_{12} \cdot \frac{di_2}{dt}$$

$M_{12}$ : hệ số hồ cảm

- ❖ Điện áp tổng trên 2 cuộn dây:  $u_1(t) = u_{11}(t) \pm u_{12}(t) = L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} \pm M_{12} \frac{di_2}{dt}$

$$u_2(t) = u_{22}(t) \pm u_{21}(t) = L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} \pm M_{21} \frac{di_1}{dt}$$

$$M_{12} = M_{21} = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.

### ➤ *Cực tính của cuộn dây:*

- ❖ Thực tế: Cuộn dây không có cực tính. *Để xác định chiều điện áp tự cảm & hồ cảm → sử dụng khái niệm cực tính của cuộn dây*
- ❖ Trong không gian: Chiều của từ thông được xác định theo quy tắc vắn nút chai (*quy tắc bàn tay phải*): *Nếu biết chiều dòng điện so với chiều cuốn của cuộn dây → xác định được chiều điện áp*
- ❖ Trong sơ đồ: *Mất thông tin chiều quán của cuộn dây → dùng dấu \* để đánh dấu và quy ước: Chiều điện áp tự cảm và điện áp hồ cảm sẽ luôn cùng chiều với chiều của dòng điện sinh ra nó.*

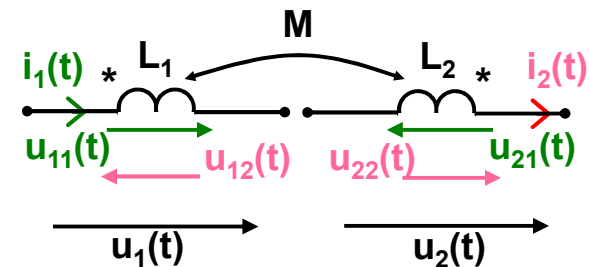
## II.4. Kho từ - Điện cảm L - Hồ cảm M.

Ví dụ 1.1: Xét cuộn dây  $L_1$  và  $L_2$  đặt cạnh nhau, giữa chúng có hồ cảm  $M_{12} = M_{21}$ .

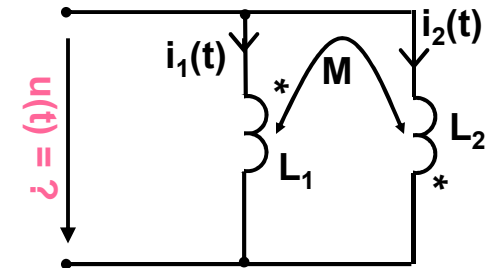
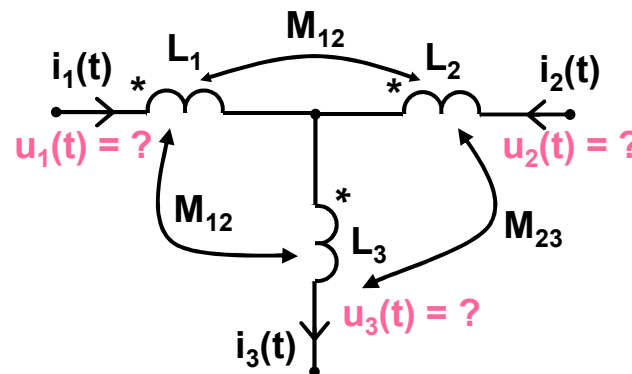
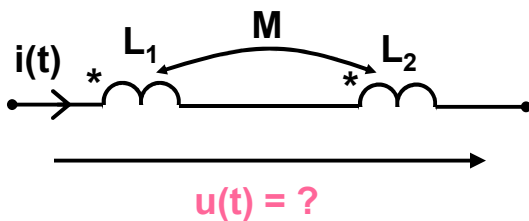
Tính  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ .

$$u_1(t) = u_{11}(t) - u_{12}(t) = L_1 \frac{di_1}{dt} - M_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$u_2(t) = u_{22}(t) - u_{21}(t) = L_2 \frac{di_2}{dt} - M_{21} \frac{di_1}{dt}$$



Ví dụ 1.2: Tính điện áp trong các trường hợp sau.



## Chương 1: Khái niệm về mô hình mạch Kirchhoff

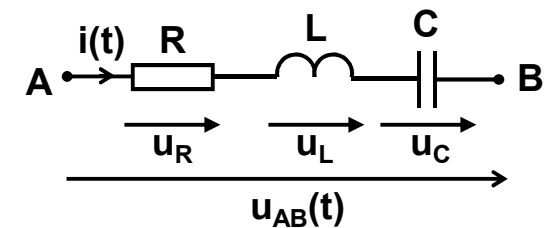
- I. Khái niệm về mô hình trường - mô hình hệ thống.
- II. Các hiện tượng cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- III. Các luật cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
  - III.1. Luật Ohm.
  - III.2. Luật Kirchhoff 1 & 2.
  - III.3. Luật cân bằng công suất.
- IV. Nội dung bài toán mạch.

## III.1. Luật Ohm.

- *Phát biểu:* Luật Ohm biểu diễn mối quan hệ giữa hai biến trạng thái dòng điện và điện áp trên cùng một nhánh.
- *Số phương trình:* Mạch Kirchhoff có  $n$  nhánh  $\rightarrow$  Có  $(n)$  phương trình luật Ohm.

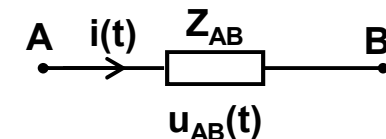
Ví dụ 1.3: Xét mạch điện như hình vẽ. Viết phương trình luật Ohm.

$$u_R(t) = R \cdot i(t) \quad u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad u_C(t) = \frac{1}{C} \int i(t) \cdot dt$$



$$u_{AB}(t) = u_R(t) + u_L(t) + u_C(t) = \left( R + L \frac{d}{dt} + \frac{1}{C} \int dt \right) \cdot i(t) = Z_{AB} \cdot i(t)$$

$$i(t) = \frac{1}{R + L \frac{d}{dt} + \frac{1}{C} \int dt} u_{AB}(t) = Y_{AB} \cdot u_{AB}(t)$$



$Z_{AB}$ : Tổng trở tương đương nhánh AB

$Y_{AB}$ : Tổng dẫn tương đương nhánh AB



## III.1. Luật Ohm.

Ví dụ 1.4: Viết phương trình luật Ohm cho mạch điện.

$$i_g(t) = g \cdot u_{AB}(t) \quad i_L(t) = \frac{1}{L} \int u_{AB}(t) \cdot dt \quad i_C(t) = C \cdot \frac{du_{AB}(t)}{dt}$$

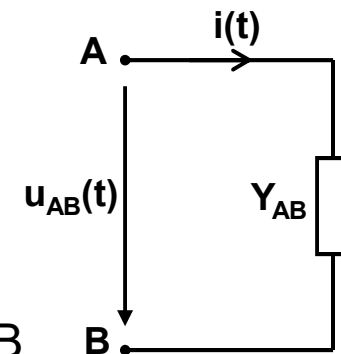
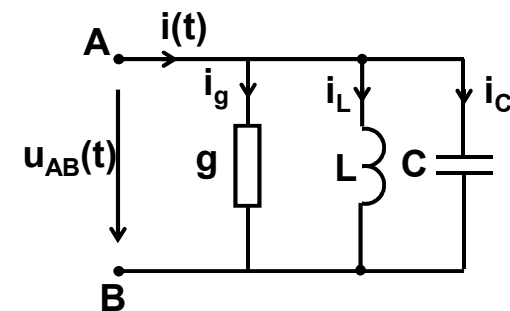
$$i(t) = i_g(t) + i_L(t) + i_C(t) = \left( g + \frac{1}{L} \int dt + C \frac{d}{dt} \right) \cdot u_{AB}(t)$$

$$i(t) = Y_{AB} \cdot u_{AB}(t)$$

$$u_{AB}(t) = \frac{1}{g + \frac{1}{L} \int dt + C \frac{d}{dt}} \cdot i(t) = Z_{AB} \cdot i(t)$$

$Y_{AB}$ : Tổng dẫn tương đương nhánh AB

$Z_{AB}$ : Tổng trở tương đương nhánh AB



## III.2. Luật Kirchhoff 1 và Kirchhoff 2.

➤ **Luật Kirchhoff 1:** Tổng các dòng điện tại một nút bằng không, với quy ước:

❖ Dòng điện **đi vào** nút mang **dấu âm**.

❖ Dòng điện **đi ra** nút mang **dấu dương**.

$$\sum_{nut} i_k(t) = 0$$

➤ **Luật Kirchhoff 2:** Tổng điện áp trong một vòng kín bằng không, với quy ước:

❖ Điện áp **cùng chiều** vòng kín mang **dấu dương**

❖ Điện áp **ngược chiều** vòng kín mang **dấu âm**.

$$\sum_{vong} u_k(t) = 0$$

➤ **Chú ý:** Mạch Kirchhoff có  $n$  nhánh và  $d$  đỉnh  $\rightarrow$  Số phương trình cần và đủ:

❖ Luật K1:  $d-1$  phương trình.

❖ Luật K2:  $n-d+1$  phương trình

➤ **Luật cân bằng công suất:** Tổng công suất trong một hệ kín bằng không

$$\sum_{hekin} p_k(t) = 0$$

## III.2. Luật Kirchhoff 1 và Kirchhoff 2.

Ví dụ 1.5: Lập phương trình theo luật K1 & K2 cho mạch điện.

➤ Luật Ohm:

$$u_1(t) = (R_1 + L_1 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_1} \int dt).i_1(t) \quad u_2(t) = (R_2 + L_2 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_2} \int dt).i_2(t)$$

$$u_3(t) = (L_3 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_3} \int dt).i_3(t) \quad u_4(t) = R_4.i_4(t)$$

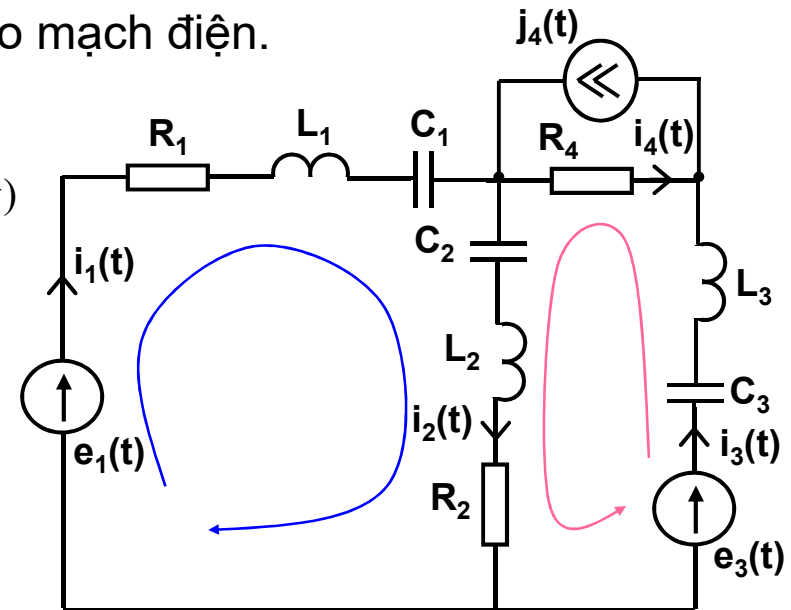
➤ Luật K1:  $-i_1(t) + i_2(t) + i_4(t) - j_4(t) = 0$   
 $-i_3(t) - i_4(t) + j_4(t) = 0$

➤ Luật K2:  $u_1(t) + u_2(t) = e_1(t)$   
 $u_2(t) + u_3(t) - u_4(t) = e_3(t)$

➤ Biến là dòng các nhánh:  $-i_1 + i_2 + i_4 - j_4 = 0$   
 $-i_3 - i_4 + j_4 = 0$

$$(R_1 + L_1 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_1} \int dt).i_1 + (R_2 + L_2 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_2} \int dt).i_2 = e_1(t)$$

$$(R_2 + L_2 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_2} \int dt).i_2 + (L_3 \frac{d}{dt} + \frac{1}{C_3} \int dt).i_3 - R_4.i_4 = e_3(t)$$



Số đỉnh:  $d = 3$ . Số nhánh:  $n = 4$

Số pt luật Ohm:  $n = 4$  pt

Số pt luật K1:  $d - 1 = 2$  pt.

Số pt luật K2:  $n - d + 1 = 2$  pt

**2n pt ↔ 2n biến ( $i_{nh}, u_{nh}$ )**



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 1: Khái niệm về mô hình mạch Kirchhoff

- I. Khái niệm về mô hình trường - mô hình hệ thống.
- II. Các hiện tượng cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- III. Các luật cơ bản trong mô hình mạch Kirchhoff.
- IV. Nội dung bài toán mạch.**

## V. Nội dung bài toán mạch.

- Sơ đồ mạch Kirchhoff mô tả với các biến nhánh cùng các luật K1, K2, luật Ohm được sử dụng nhằm nghiên cứu các quá trình năng lượng trên các thiết bị điện.
- Có hai loại bài toán mạch:
  - ❖ **Bài toán tổng hợp:** Là bài toán cho biết tính quy luật của quan hệ giữa các tín hiệu dòng, áp hoặc cho biết những nghiệm dòng, áp cần có ứng với những kích thích cụ thể. Yêu cầu cần lập phương trình của hệ hoặc **thiết kế mạch** với kết cấu và thông số cụ thể cho phép thực hiện được những quy luật đó.
  - ❖ **Bài toán phân tích mạch:** Là bài toán cho một thiết bị điện hoặc sơ đồ mạch của nó với kết cấu và thông số đã biết, cần lập phương trình mạch, dựa vào đó khảo sát các hiện tượng và quan hệ giữa các biến hoặc tìm lời giải về một số biến, dòng áp cụ thể. Bài toán phân tích liên quan tới việc khảo sát định tính, định lượng một hệ phương trình vi tích phân hoặc giải nghiệm cụ thể.
- Học phần này chú trọng **xét bài toán phân tích** và chỉ nêu sơ lược về bài toán tổng hợp.



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa

- I. Hàm điều hòa & các đại lượng đặc trưng
- II. Số phức - Biểu diễn hàm điều hòa trong miền ảnh phức
- III. Phản ứng của một nhánh với kích thích điều hòa.
- IV. Dạng phức các luật cơ bản trong mạch Kirchhoff.

## I. Hàm điều hòa và các đại lượng đặc trưng.

- Hàm điều hòa là hàm sin (cos) của biến thời gian  $t$ .
- **Các thông số đặc trưng:**

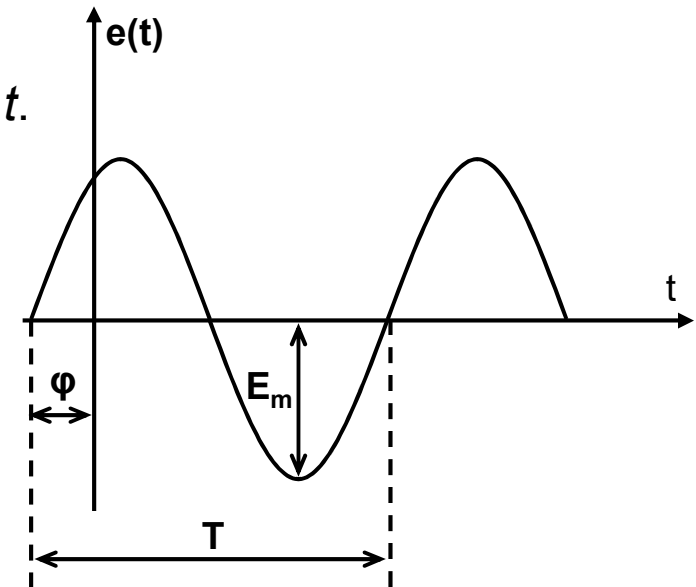
- ❖ Giá trị cực đại (hiệu dụng):  $I_m, E_m (I, E)$

- ❖ Góc pha:  $\omega t + \varphi$  (rad)

Góc pha ban đầu:  $\varphi$  [rad]

Tần số góc:  $\omega$  [rad/s]

Chu kỳ:  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  [s]



Các hàm điều hòa cùng tần số được phân biệt bởi 2 thông số:

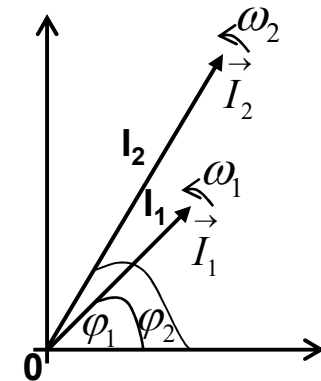
**Biên độ - Pha ban đầu**

→ **Biên độ - pha là cặp thông số đặc trưng của hàm điều hòa.**

## I. Hàm điều hòa và các đại lượng đặc trưng.

### ➤ **Biểu diễn bằng đồ thị vector:**

- ❖ Độ dài vector tỷ lệ với trị hiệu dụng
- ❖ Góc giữa vector với trục hoành tỷ lệ với góc pha



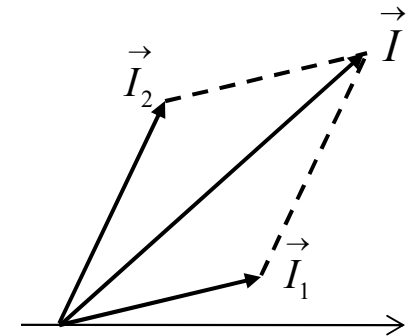
- Thực hiện các phép toán trên các hàm điều hòa cùng tần số  $\rightarrow$  tương ứng việc thực hiện phép toán trên đồ thị vector.

Ví dụ 2.1:

$$i_1(t) = I_1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$i_2(t) = I_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t)$$







# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa

- I. Hàm điều hòa & các đại lượng đặc trưng.
- II. Số phức - Biểu diễn hàm điều hòa trong miền ảnh phức
  - II.1. Khái niệm.
  - II.2. Các phép toán cơ bản.
  - III.3. Biểu diễn các hàm điều hòa trong miền ảnh phức.
- III. Phản ứng của một nhánh với kích thích điều hòa.
- IV. Dạng phức các luật cơ bản trong mạch Kirchhoff.



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa



### II.1. Khái niệm

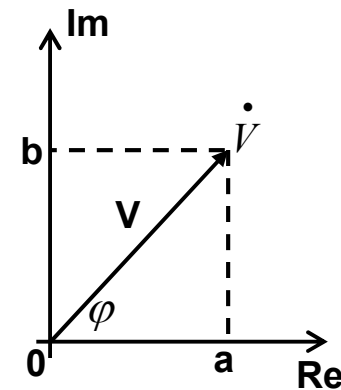
- Nguồn gốc: Giải phương trình bậc 2, có Delta âm.
- Số phức là một cặp 2 thành phần, số thực a, và số ảo j.b, với định nghĩa nó là tổng a + j.b, trong đó  $j^2 = -1$ , và a, b là những số thực.

- Biểu diễn trên mặt phẳng phức:

- ❖ Dạng đại số:  $\dot{V} = a + j.b$

- ❖ Dạng modul-góc:  $\dot{V} = V.e^{j.\varphi} = V \angle \varphi$

- ❖ Quan hệ:  
$$V = \sqrt{a^2 + b^2} \quad a = V.\cos \varphi$$
$$\varphi = \arctg \frac{b}{a} \quad b = V.\sin \varphi$$



- Số phức liên hợp:  $\dot{V}_1 = a_1 + j.b_1$        $V_1$  và  $V_2$  là 2 số  
 $\dot{V}_2 = a_2 + j.b_2$       phức liên hợp nếu  $\begin{cases} a_1 = a_2 \\ b_1 = -b_2 \end{cases}$



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa



### II.2. Các phép toán cơ bản.

- **Phép cộng - trừ.**  $\dot{V}_1 = a_1 + j.b_1 = V_1 \angle \varphi_1$   $\dot{V}_3 = \dot{V}_1 \pm \dot{V}_2 = (a_1 \pm a_2) + j.(b_1 \pm b_2)$
- **Phép nhân - chia.**  $\dot{V}_2 = a_2 + j.b_2 = V_2 \angle \varphi_2$   $\dot{V}_4 = \dot{V}_1 \cdot \dot{V}_2 = V_1 \cdot V_2 \angle \varphi_1 + \varphi_2$
- **Phép nghịch đảo.**  $\dot{V}_5 = \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{V_1}{V_2} \angle \varphi_1 - \varphi_2$   $\dot{V}_6 = \frac{1}{\dot{V}_1} = \frac{1}{V_1} \angle -\varphi_1$
- ...

#### Chú ý:

- ❖ Nhân j với một số phức  $\rightarrow$  góc quay ngược chiều kim đồng hồ  $90^\circ$

$$\dot{A} = 10 \angle 30 \rightarrow j \cdot \dot{A} = 1 \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot 10 \angle 30 = 10 \angle 120$$

- ❖ Chia một số phức cho j  $\rightarrow$  góc quay thuận chiều kim đồng hồ  $90^\circ$ .

$$\dot{A} = 10 \angle 30 \rightarrow \frac{\dot{A}}{j} = -j \cdot \dot{A} = -j \cdot 10 \angle 30 = 10 \angle -60$$

- ❖  $j^3 = -j$



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa



### II.3. Biểu diễn các hàm điều hòa trong miền ảnh phức.

➤ Có thể biểu diễn *các hàm điều hòa cùng tần số* bằng những số phức:

❖ *Modul = Trị hiệu dụng*

❖ *Pha = Góc pha ban đầu*

$$e(t) = E\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{E} = E \underline{\varphi}$$

➤ Nếu số phức là ảnh của hàm điều hòa

$$\dot{E} = E \underline{\varphi} \quad \text{thì } e(t) = \begin{cases} E\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi) \\ \text{hoặc} \\ E\sqrt{2}.\cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$$



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa

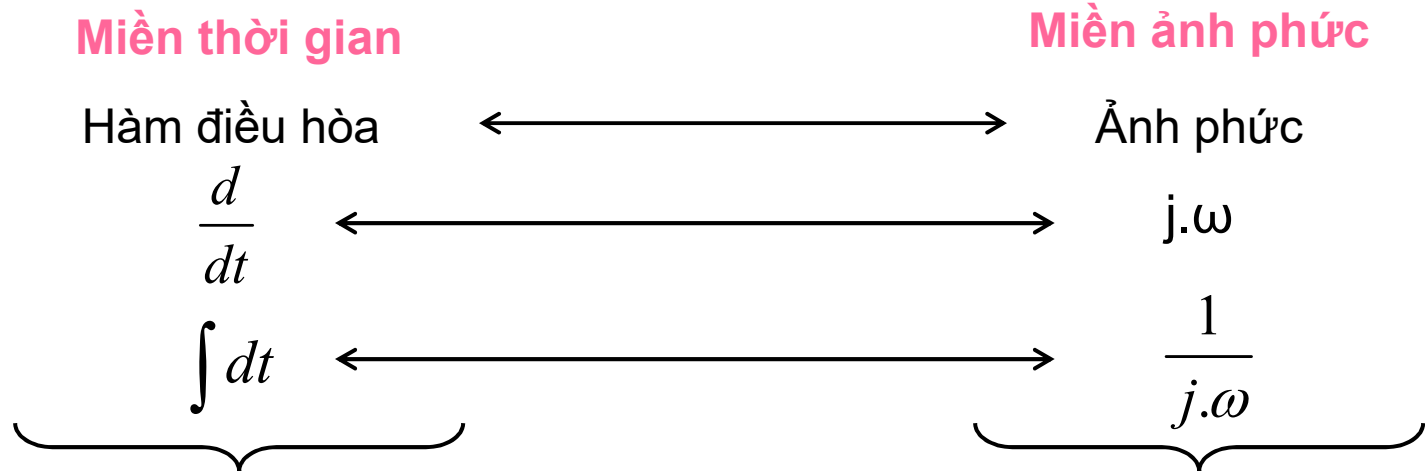


### II.3. Biểu diễn các hàm điều hòa trong miền ảnh phức.

➤ Xét hàm điều hòa:  $i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi) \leftrightarrow \dot{I} = I \underline{\varphi}$

$$\frac{di(t)}{dt} = \omega I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi) = \omega I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) \leftrightarrow j\omega \dot{I}$$

$$\int i(t).dt = -\frac{1}{\omega} I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi) = -\frac{1}{\omega} I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) \leftrightarrow \frac{1}{j\omega} \dot{I}$$



Hệ phương trình vi tích phân

Hệ phương trình đại số ảnh phức



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa.

- I. Hàm điều hòa & các đại lượng đặc trưng.
- II. Số phức - Biểu diễn hàm điều hòa trong miền ảnh phức
- III. Phản ứng của một nhánh với kích thích điều hòa.
  - III.1. Kích thích điều hòa.
  - III.2. Mạch thuần trở.
  - III.3. Mạch thuần cảm.
  - III.4. Mạch thuần dung.
  - III.5. Mạch nối tiếp R-L-C
  - III.6. Mạch song song R//L//C
- IV. Dạng phức các luật cơ bản trong mạch Kirchhoff.



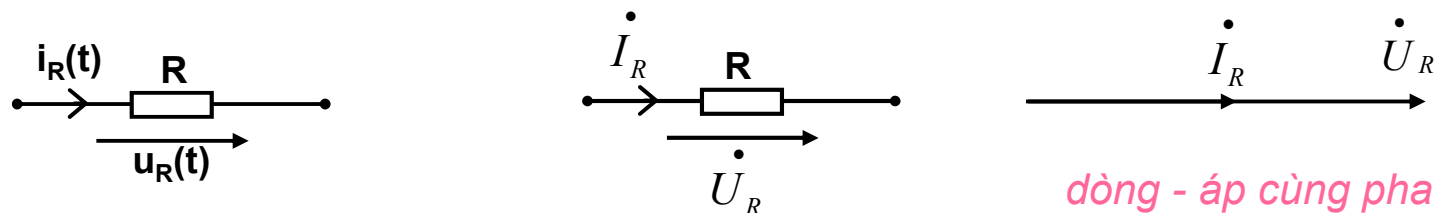
## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa



### III.1. Kích thích điều hòa.

- Xét mạch Kirchhoff có nguồn xoay chiều điều hòa

### III.2. Mạch thuần trở.



$$u(t) = R.i(t)$$

$$i(t) = I\sqrt{2} \sin \omega t (A)$$

$$u(t) = R.I\sqrt{2} \sin \omega t$$

$$\dot{I} = I.e^{j.0} = I|_0 (A)$$

$$\dot{U}_R = R.\dot{I} = R.I|_0$$

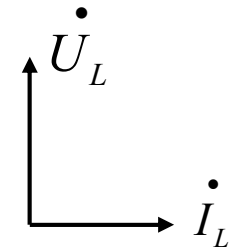
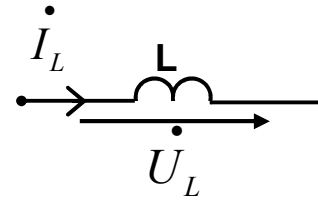
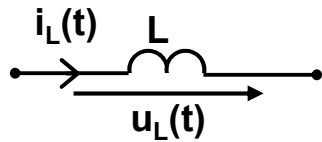
**Công suất tác dụng:**  $p(t) = u(t).i(t)$

$$= R.I^2 (1 - \cos 2\omega t)$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = R.I^2$$

$$P = R.I^2$$

## III.3. Mạch thuần cảm.



Điện áp sớm pha  $\pi/2$

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$i_L(t) = I \cdot \sqrt{2} \sin \omega t (A)$$

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = L \cdot I \cdot \sqrt{2} \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

$$= \omega \cdot L \cdot I \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

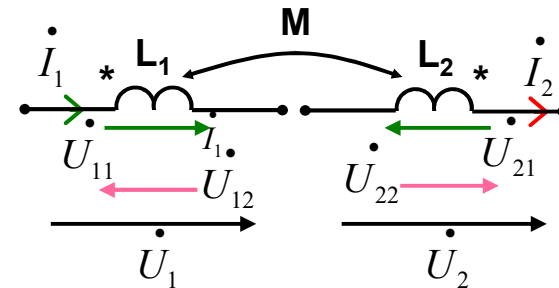
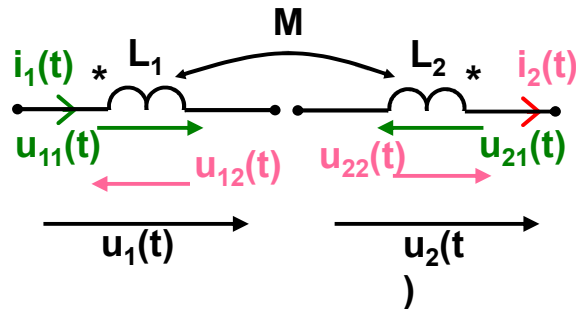
$$\begin{aligned} \dot{I}_L &= I \underline{0} (A) \\ \dot{U}_L &= \omega \cdot L \cdot I \underline{\pi/2} = j \cdot X_L \cdot \dot{I}_L = Z \cdot \dot{I}_L \\ Z_L &= j \cdot \omega \cdot L \end{aligned}$$

**Công suất phản kháng:** Đo cường độ quá trình dao động năng lượng trong kho từ.

$$Q_L = X_L \cdot I_L^2$$



➤ Mạch có hỗ cảm:



$$i_1(t) = I_1 \sqrt{2} \sin(\omega t) (A) ; i_2(t) = I_2 \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) (A) \longleftrightarrow \dot{I}_1 = I_1 \underline{0} (A); \dot{I}_2 = I_2 \underline{\varphi} (A)$$

$$u_{11}(t) = L_1 \frac{di_1(t)}{dt} = \omega \cdot L_1 \cdot I_1 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$\dot{U}_{11} = j \cdot \omega \cdot L_1 \cdot \dot{I}_1$$

$$u_{12}(t) = M_{12} \frac{di_2(t)}{dt} = \omega \cdot M_{12} \cdot I_2 \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

$$\dot{U}_{12} = j \cdot \omega \cdot M_{12} \cdot \dot{I}_2$$

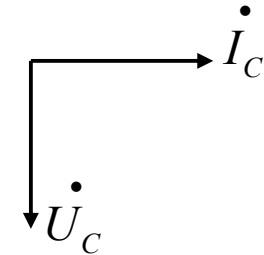
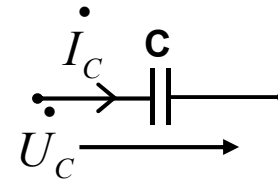
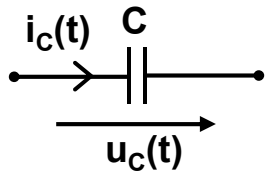
$$u_1(t) = u_{11}(t) - u_{12}(t) = L_1 \frac{di_1}{dt} - M_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_{11} - \dot{U}_{12} = j \cdot \omega \cdot L_1 \cdot \dot{I}_1 - j \cdot \omega \cdot M_{12} \cdot \dot{I}_2$$

$$u_2(t) = u_{22}(t) - u_{21}(t) = L_2 \frac{di_2}{dt} - M_{21} \frac{di_1}{dt}$$

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_{22} - \dot{U}_{21} = j \cdot \omega \cdot L_2 \cdot \dot{I}_2 - j \cdot \omega \cdot M_{21} \cdot \dot{I}_1$$

## III.4. Mạch thuần dung.



Điện áp chậm pha  $\pi/2$

$$u_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t).dt$$

$$i_c(t) = I.\sqrt{2} \sin \omega t(A) \longleftrightarrow \dot{I}_C = I \underline{\underline{0}}(A)$$

$$u_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t).dt = -\frac{1}{\omega C} . I.\sqrt{2} . \cos \omega t$$

$$= \frac{I.\sqrt{2}}{\omega.C} . \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

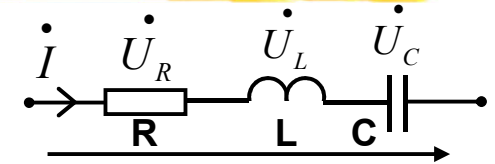
$$\dot{U}_C = \frac{1}{\omega.C} . \dot{I}_C . e^{-j\frac{\pi}{2}} = -j \frac{1}{\omega.C} . \dot{I}_C$$

$$= \frac{1}{j.\omega.C} . \dot{I}_C = -j.X_C . \dot{I}_C$$

**Công suất phản kháng:** Đo cường độ của quá trình dao động năng lượng trong kho điện.

$$Q_C = X_C . I_C^2$$

## III.5. Mạch nối tiếp R - L - C.



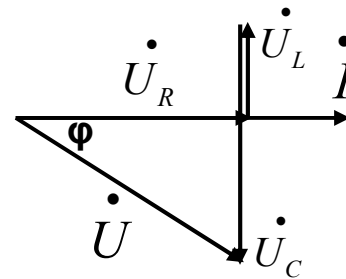
$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

$$\dot{U} = R \cdot \dot{I} + jX_L \cdot \dot{I} + (-jX_C) \cdot \dot{I}$$

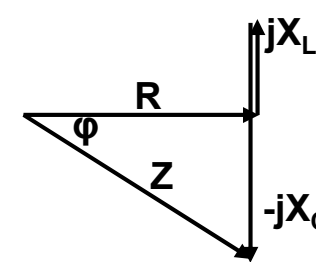
$$\dot{U} = [R + j(X_L - X_C)] \cdot \dot{I} = Z \cdot \dot{I}$$

$$Z = R + j(X_L - X_C) = R + jX$$

Tam giác điện áp



Tam giác trở kháng

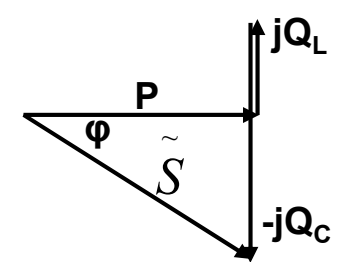


$$R = |Z| \cdot \cos\phi$$

$$X = |Z| \cdot \sin\phi$$

**ĐỒNG DẠNG**

Tam giác công suất



### ➤ Công suất:

❖ Công suất tác dụng:  $P = R \cdot I^2 = U \cdot I \cdot \cos\phi$  [W].

❖ Công suất phản kháng:  $Q = X \cdot I^2 = U \cdot I \cdot \sin\phi$  [Var].

❖ Công suất toàn phần:  $\tilde{S} = P + j(Q_L - Q_C)$  [VA]

$$\tilde{S} = [R + j(X_L - X_C)] \cdot I^2 = Z \cdot I^2 = \dot{U} \cdot \dot{I}^*$$

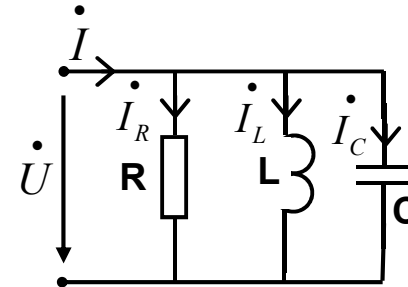
## III.6. Mạch song song R // L // C.

$$\dot{I}_R = \frac{1}{R} \cdot \dot{U} = g \cdot \dot{U}$$

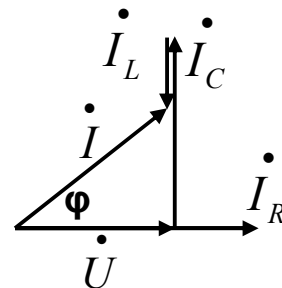
$$\dot{I}_C = j \cdot \omega \cdot C \cdot \dot{U} = j \cdot b_C \cdot \dot{U}$$

$$\dot{I}_L = -j \frac{1}{\omega \cdot L} \cdot \dot{U} = -j \cdot b_L \cdot \dot{U}$$

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L + \dot{I}_C = [g + j(b_C - b_L)] \cdot \dot{U} = Y \cdot \dot{U}$$

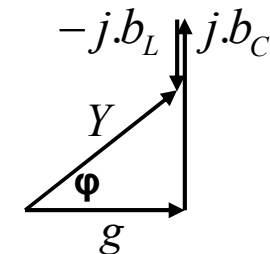


Tam giác dòng điện



ĐỒNG DẠNG

Tam giác tổng dẫn





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa.

- I. Hàm điều hòa & các đại lượng đặc trưng.
- II. Số phức - Biểu diễn hàm điều hòa trong miền ảnh phức
- III. Phản ứng của một nhánh với kích thích điều hòa.
- IV. Dạng phức các luật cơ bản trong mạch Kirchhoff.**
  - IV.1. Luật Ohm.**
  - IV.2. Luật Kirchhoff 1.**
  - IV.3. Luật Kirchhoff 2.**
  - IV.4. Luật cân bằng công suất.**



## Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa



### IV.1. Luật Ohm.

$$\begin{cases} \dot{U} = Z \cdot \dot{I} \\ \dot{I} = Y \cdot \dot{U} \end{cases} \text{ với}$$

**Z**: tổng trở phức tương đương của nhánh  
**Y**: tổng dẫn phức tương đương của nhánh

### IV.2. Luật Kirchhoff 1.

$$\sum_{nut} \dot{I} = 0$$

(đi vào âm, đi ra dương)

### IV.3. Luật Kirchhoff 2.

$$\sum_{vong} \dot{U} = \sum_{vong} \dot{E}$$

(cùng chiều dương)

### IV.4. Luật cân bằng công suất.

$$\sum_{kin} \tilde{S} = 0 \leftrightarrow \begin{cases} \sum_{kin} P = 0 \\ \sum_{kin} Q = 0 \end{cases}$$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh.
- II. Phương pháp thế nút.
- III. Phương pháp dòng vòng.
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff.
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff.
- VI. Ma trận cấu trúc A, B.
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc.

**Bài tập: 7, 8, 11 - 25, bài thêm.**



# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## I. Phương pháp dòng nhánh.

- Phương pháp dòng nhánh là phương pháp lập phương trình mạch với **biến là dòng điện chảy trong các nhánh, sử dụng luật K1, K2**
  - **Nội dung phương pháp:**
    - ❖ Đặt ẩn là ảnh phức của dòng điện trong các nhánh của mạch điện.
    - ❖ Lập hệ phương trình theo luật K1 và K2.
      - ✓ Số phương trình luật K1:  $d - 1$ .
      - ✓ Số phương trình luật K2:  $n - d + 1$ .
- $\left. \begin{array}{l} \text{✓ Số phương trình luật K1: } d - 1. \\ \text{✓ Số phương trình luật K2: } n - d + 1. \end{array} \right\} \text{ Tổng số: } (n) \text{ pt} \longleftrightarrow (n) \text{ biến dòng điện}$



## I. Phương pháp dòng nhánh.

Ví dụ 3.1: Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng nhánh cho mạch điện.

➤ Chọn chiều dòng điện trong các nhánh.

➤ Luật K1:

❖ Nút A:  $-\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = \dot{J}$

❖ Nút B:  $-\dot{I}_3 + \dot{I}_4 + \dot{I}_5 = -\dot{J}$

➤ Áp dụng luật K2:

❖ Vòng 1:  $\dot{I}_1 \cdot Z_1 + \dot{I}_2 \cdot Z_2 = \dot{E}_1$

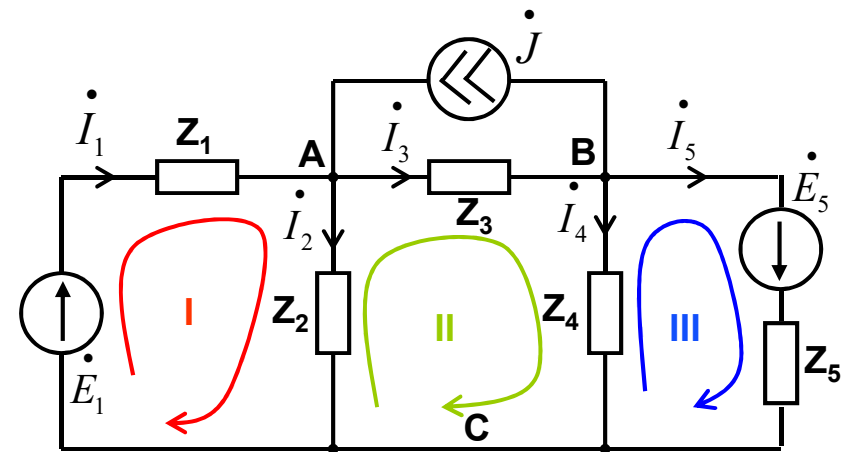
❖ Vòng 2:  $\dot{I}_3 \cdot Z_3 + \dot{I}_4 \cdot Z_4 - \dot{I}_2 \cdot Z_2 = 0$

❖ Vòng 3:  $\dot{I}_5 \cdot Z_5 - \dot{I}_4 \cdot Z_4 = \dot{E}_5$

➤ Nhận xét:

❖ Nguồn dòng chỉ viết ở luật K1, nguồn áp chỉ viết ở luật K2.

❖ Phương pháp dòng nhánh áp dụng với mạch có số nhánh & số đỉnh nhỏ.





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh.
- II. Phương pháp thế nút.
- III. Phương pháp dòng vòng.
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff.
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff.
- VI. Ma trận cấu trúc A, B.
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc.



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### II. Phương pháp thế nút.

- Phương pháp thế nút (đỉnh) là phương pháp lập phương trình mạch với **biến là điện thế của các nút trong mạch, sử dụng luật K1**.
- Nội dung phương pháp:
  - ❖ **Giữ lại nguồn dòng**, (nguồn áp  $\rightarrow$  đổi thành nguồn dòng tương đương):
    - ✓ Nguồn dòng tương đương **cùng chiều với nguồn áp**.
    - ✓ Độ lớn:  $J_{TD} = \frac{E}{Z}$
  - ❖ Coi **một đỉnh bất kỳ có điện thế bằng 0** (ground).
  - ❖ Lập phương trình mạch với **biến là điện thế của (d-1) đỉnh còn lại** trong mạch, **sử dụng luật K1** ((d-1) phương trình)

## II. Phương pháp thế nút.

Ví dụ 3.2: Lập phương trình theo phương pháp thế nút.

➤ Biến đổi nguồn áp:

$$\dot{J}_1 = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} = \dot{E}_1 \cdot Y_1 \quad ; \quad \dot{J}_5 = \frac{\dot{E}_5}{Z_5} = \dot{E}_5 \cdot Y_5$$

➤ Chọn đỉnh C là đất

➤ Áp dụng luật K1:

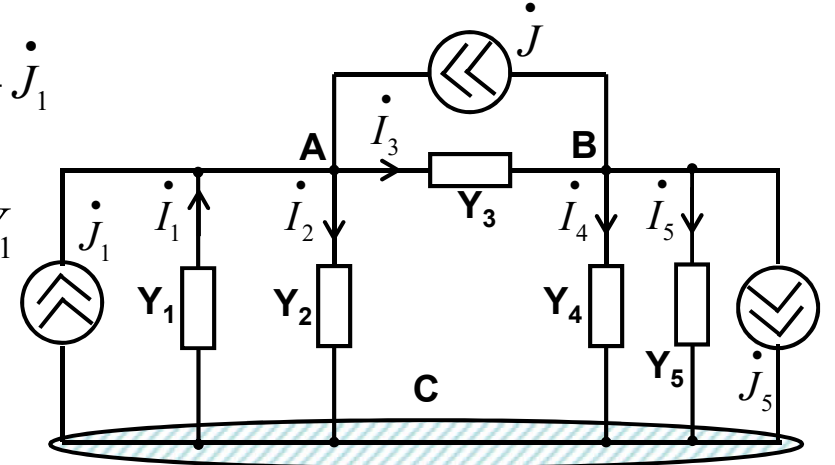
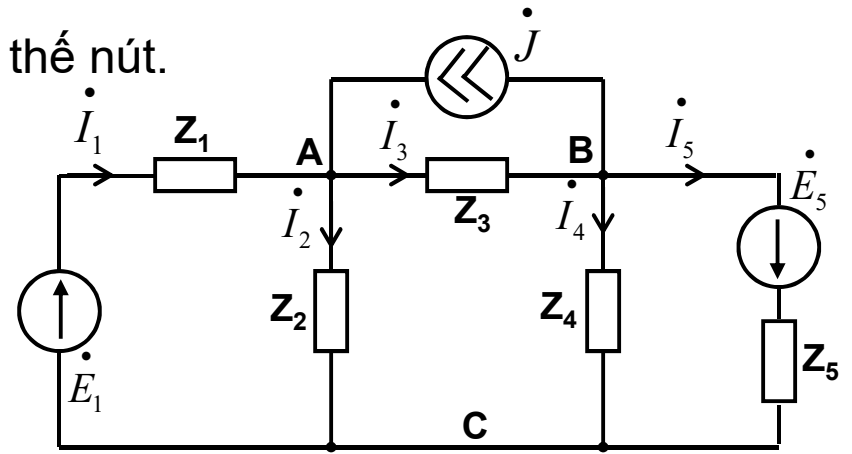
$$\diamond \text{ Nút A: } \sum_{nut} \dot{I}_k = \sum_{nut} \dot{J}_k \Leftrightarrow -\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = \dot{J} + \dot{J}_1$$

$$-(\varphi_C - \varphi_A) \cdot Y_1 + (\varphi_A - \varphi_C) \cdot Y_2 + (\varphi_A - \varphi_B) \cdot Y_3 = \dot{J} + \dot{E}_1 \cdot Y_1$$

$$(\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3) \cdot \varphi_A - \dot{Y}_3 \cdot \varphi_B = \dot{J} + \dot{E}_1 \cdot Y_1$$

➤ Nút B:

$$-\dot{Y}_3 \cdot \varphi_A + (\dot{Y}_3 + \dot{Y}_4 + \dot{Y}_5) \cdot \varphi_B = -\dot{J} - \dot{E}_5 \cdot Y_5$$

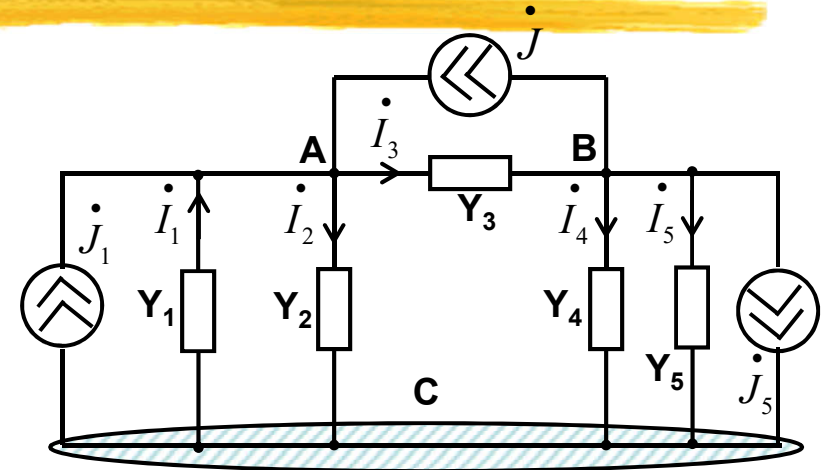


$$Y_1 = \frac{1}{Z_1}; \quad Y_2 = \frac{1}{Z_2}; \quad Y_3 = \frac{1}{Z_3};$$

$$Y_4 = \frac{1}{Z_4}; \quad Y_5 = \frac{1}{Z_5};$$

## II. Phương pháp thế nút.

$$\begin{pmatrix} Y_1 + Y_2 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\varphi}_A \\ \dot{\varphi}_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{J} + \dot{J}_1 \\ -\dot{J} - \dot{J}_5 \end{pmatrix}$$



### ➤ Nhận xét:

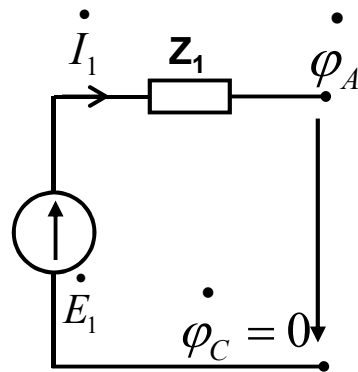
❖ Giải hệ phương trình tính được:  $\dot{\varphi}_A, \dot{\varphi}_B$

→ Cần tìm dòng điện trong các nhánh:

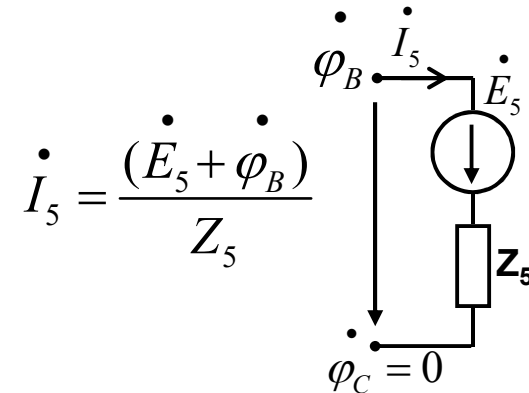
✓ **Nhánh không biến đổi nguồn:**

$$\dot{I}_2 = \dot{\varphi}_A \cdot Y_2 \quad \dot{I}_4 = \dot{\varphi}_B \cdot Y_4$$

✓ **Nhánh có biến đổi nguồn:**



$$\dot{I}_1 = \frac{(\dot{E}_1 - \dot{\varphi}_A)}{Z_1}$$



$$\dot{I}_5 = \frac{(\dot{E}_5 + \dot{\varphi}_B)}{Z_5}$$

$$\dot{I}_3 = (\dot{\varphi}_A - \dot{\varphi}_B) \cdot Y_3$$

## II. Phương pháp thế nút

$$\begin{pmatrix} Y_1 + Y_2 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\phi}_A \\ \dot{\phi}_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{J} + \dot{J}_1 \\ -\dot{J} - \dot{J}_5 \end{pmatrix}$$

### ➤ Nhận xét:

❖ Ma trận tổng dẫn:

✓  $Y_{kk} = \Sigma$  các tổng dẫn nối với đỉnh  $k$ .

✓  $Y_{kl} = \Sigma$  các tổng dẫn nối đỉnh  $k$  với đỉnh  $l$  (luôn âm).

❖ Ma trận nguồn dòng:

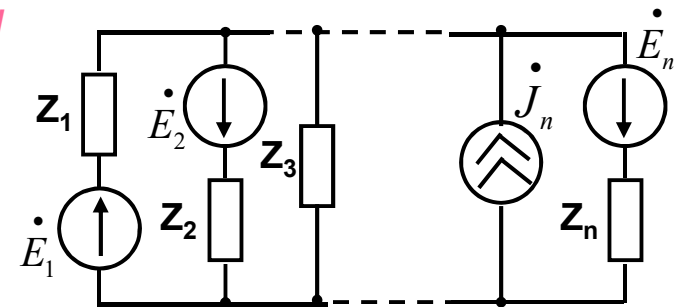
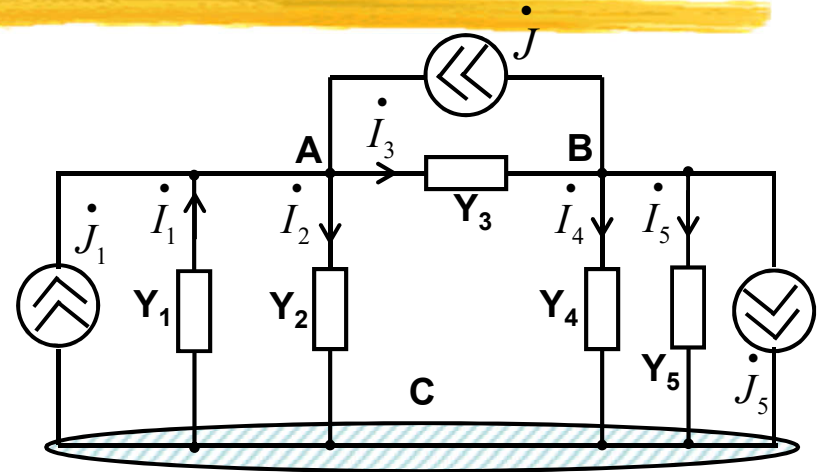
$J_{kk} = \Sigma$  các nguồn dòng nối với đỉnh  $k$ .

✓ Đi vào đỉnh → dương.

✓ Đi ra đỉnh → âm.

❖ Số phương trình:  $(d-1) \rightarrow$  phù hợp với mạch có số đỉnh ít.

❖ Phương pháp thế nút ít sử dụng khi mạch có hồ cảm.





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng**
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
- VI. Ma trận cấu trúc A, B
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### III. Phương pháp dòng vòng

- Phương pháp dòng vòng là phương pháp lập phương trình mạch với **biến là dòng điện vòng quy ước chảy trong các vòng kín, sử dụng luật K2**.
- **Nội dung phương pháp:**
  - ❖ **Giữ lại nguồn áp**. (nguồn dòng → biến đổi thành nguồn áp tương đương)
    - ✓ Nguồn áp tương đương **cùng chiều với nguồn dòng**.
    - ✓ Độ lớn:  $\dot{E}_{td} = \dot{J}_{nh} \cdot Z_{nh}$
  - ❖ Chọn **(n-d+1) vòng** và **chọn chiều dòng điện trong các vòng tương ứng**.
  - ❖ Lập phương trình mạch với **biến là dòng điện vòng** đã chọn, **sử dụng luật K2 (n-d+1 phương trình)**.



## III. Phương pháp dòng vòng

Ví dụ 3.3: Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng vòng

- Biến đổi nguồn dòng:  $\dot{E}_3 = Z_3 \cdot \dot{J}$
- Chọn  $(n-d+1)$  dòng điện vòng:
- Áp dụng luật K2:

❖ Vòng 1:  $\sum_{\text{vong}} \dot{U}_k = \sum_{\text{vong}} \dot{E}_k \Leftrightarrow \dot{U}_{Z_1} + \dot{U}_{Z_2} = \dot{E}_1$

$$\dot{I}_{V1} \cdot Z_1 + \dot{I}_{V1} \cdot Z_2 + \dot{I}_{V2} \cdot Z_2 = \dot{E}_1$$

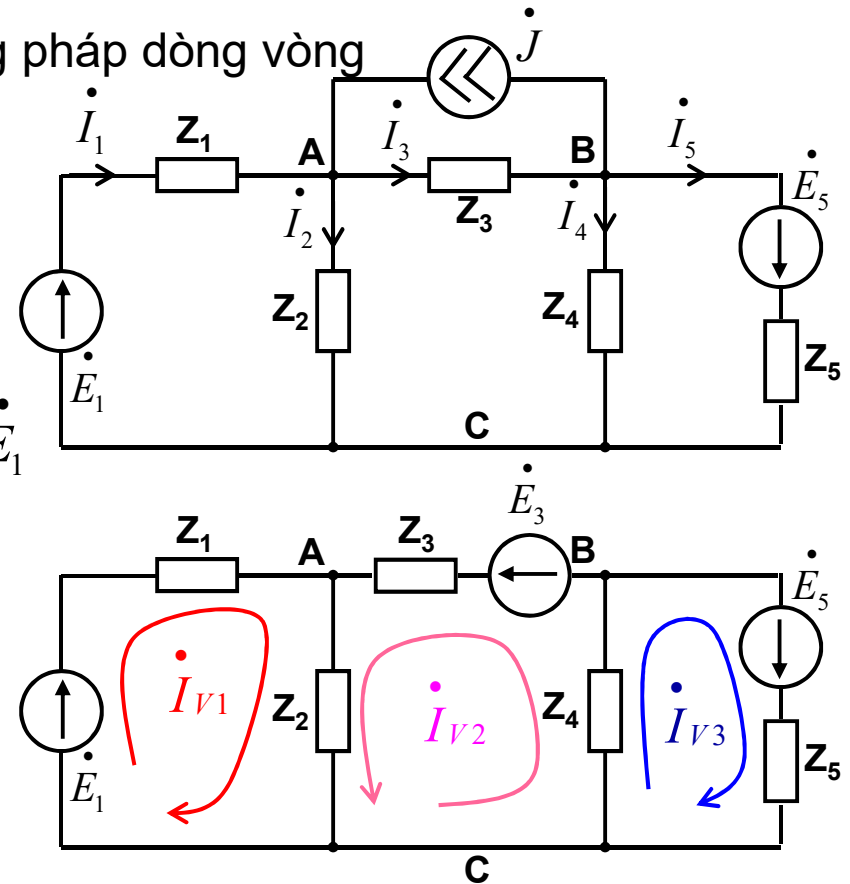
$$(Z_1 + Z_2) \cdot \dot{I}_{V1} + Z_2 \cdot \dot{I}_{V2} = \dot{E}_1$$

❖ Vòng 2:

$$Z_2 \cdot \dot{I}_{V1} + (Z_2 + Z_3 + Z_4) \cdot \dot{I}_{V2} + Z_4 \cdot \dot{I}_{V3} = \dot{E}_3$$

❖ Vòng 3:

$$Z_4 \cdot \dot{I}_{V2} + (Z_4 + Z_5) \cdot \dot{I}_{V3} = \dot{E}_5$$



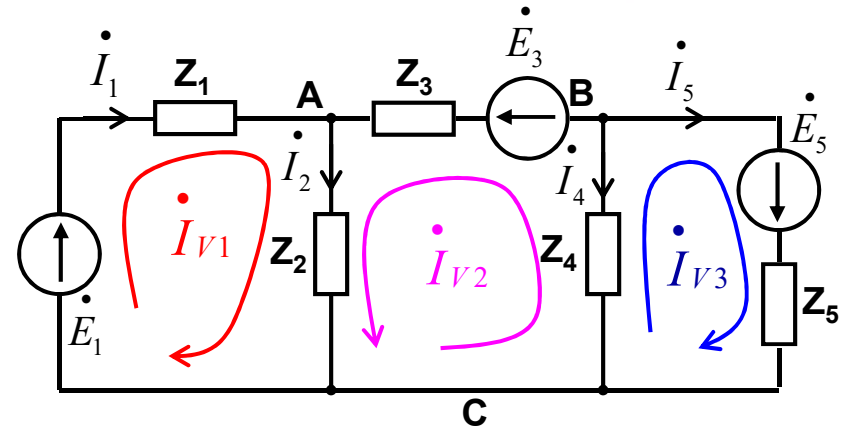


# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## III. Phương pháp dòng vòng

$$\begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 & Z_2 & 0 \\ Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_{V1} \\ \dot{I}_{V2} \\ \dot{I}_{V3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_3 \\ \dot{E}_5 \end{pmatrix}$$



### ➤ Nhận xét:

❖ Giải hệ phương trình tính được nghiệm:  $\dot{I}_{V1}, \dot{I}_{V2}, \dot{I}_{V3}$

→ Cần tìm dòng điện trong các nhánh.

$$\dot{I}_4 = -(\dot{I}_{V2} + \dot{I}_{V3})$$

✓ **Nhánh không biến đổi nguồn:**  $\dot{I}_1 = \dot{I}_{V1}$     $\dot{I}_2 = \dot{I}_{V1} + \dot{I}_{V2}$     $\dot{I}_5 = \dot{I}_{V3}$

✓ **Nhánh có biến đổi nguồn:**

Nút A:  $-\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 - \dot{J} = 0$

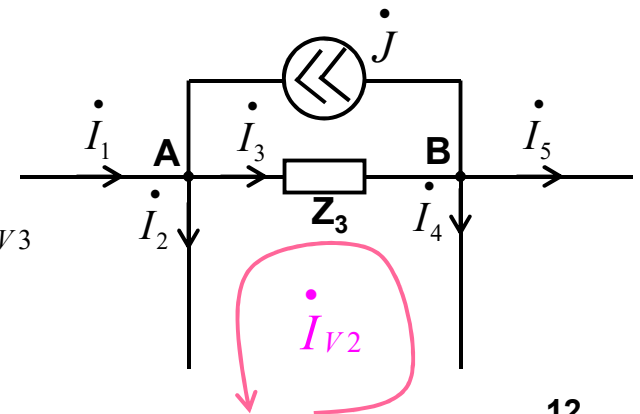
Nút B:  $-\dot{I}_3 + \dot{I}_4 + \dot{I}_5 + \dot{J} = 0$

$\dot{I}_3 = \dot{J} + \dot{I}_{V1} - \dot{I}_{V1} - \dot{I}_{V2}$    hoặc

$\dot{I}_3 = \dot{J} - \dot{I}_{V2} - \dot{I}_{V3} + \dot{I}_{V3}$

$$\dot{I}_3 = \dot{J} - \dot{I}_{V2}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{J} - \dot{I}_{V2}$$



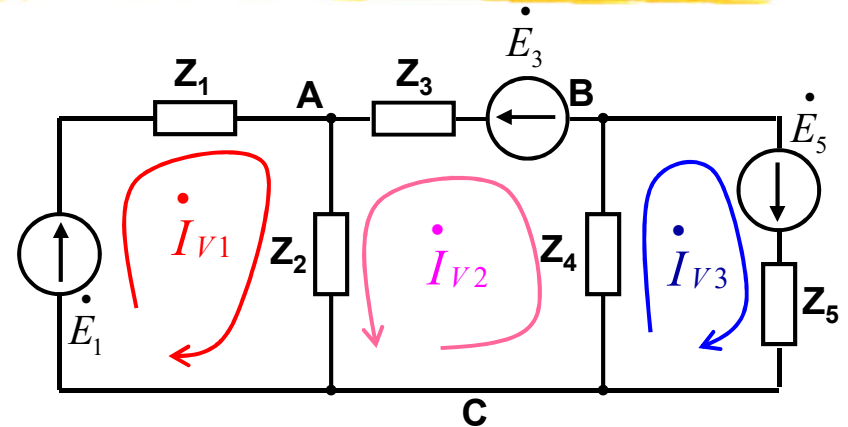


# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## III. Phương pháp dòng vòng

$$\begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 & Z_2 & 0 \\ Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_{V1} \\ \dot{I}_{V2} \\ \dot{I}_{V3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_3 \\ \dot{E}_5 \end{pmatrix}$$



### ➤ Nhận xét:

❖ Ma trận tổng trở vòng  $Z_{\text{vong}}$ :

✓  $Z_{kk} = \Sigma$  tổng trở có trong vòng thứ  $k$ .

✓  $Z_{kl} = \Sigma$  tổng trở chung (hỗ cảm) giữa vòng  $k$  và vòng  $l$ .

▪ Dương:  $I_{\text{vong } k}$  và  $I_{\text{vong } l}$  cùng chiều.

▪ Âm:  $I_{\text{vong } k}$  và  $I_{\text{vong } l}$  ngược chiều.

❖ Ma trận nguồn áp vòng:

$E_{kk} = \Sigma$  nguồn áp có trong vòng  $k$

✓ Dương: nguồn áp cùng chiều vòng

✓ Âm: nguồn áp ngược chiều vòng

❖ Số phương trình:  $(n-d+1) \rightarrow$  **phù hợp với mạch có số vòng ít**



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



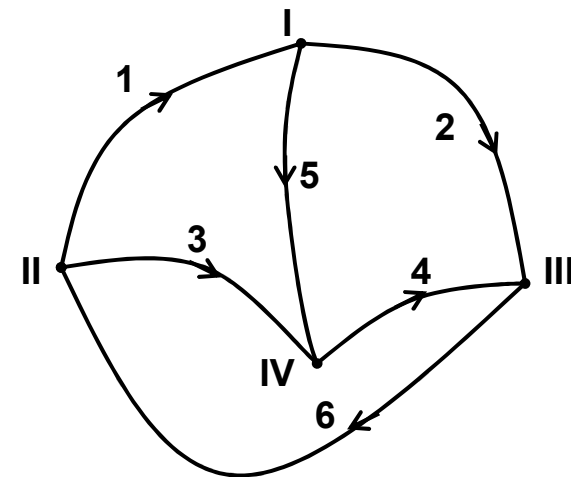
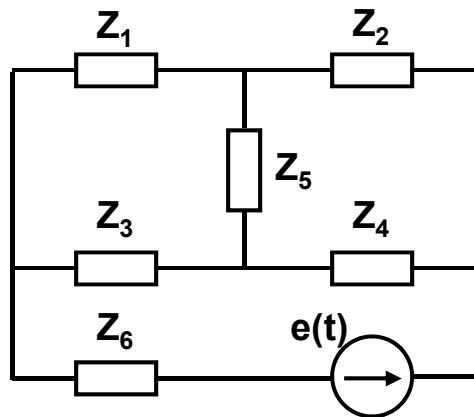
## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh.
- II. Phương pháp thế nút.
- III. Phương pháp dòng vòng.
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff.**
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff.
- VI. Ma trận cấu trúc A, B.
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc.

## IV. Khái niệm về Graph Kirchhoff.

- Graph là tập  $(d)$  đỉnh,  $(n)$  nhánh (cung) nối giữa các đỉnh đó.
- **Graph Kirchhoff** là graph mô tả *ghép nối gavanic giữa các vật dẫn*, sự *phân bố các vùng năng lượng* & sự *phân bố các cặp biến dòng, áp nhánh* của hệ.

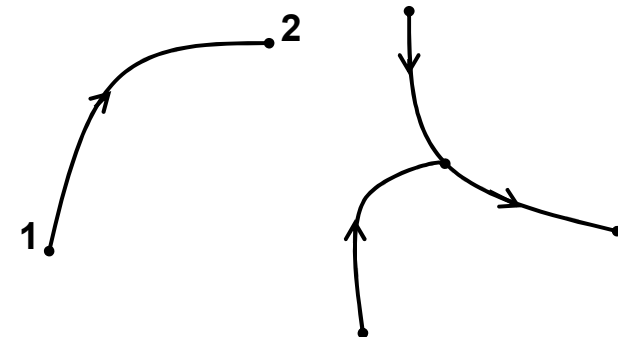
Ví dụ 3.4:



Sơ đồ mạch Kirchhoff = Cấu trúc + thông số

Graph Kirchhoff = Cấu trúc

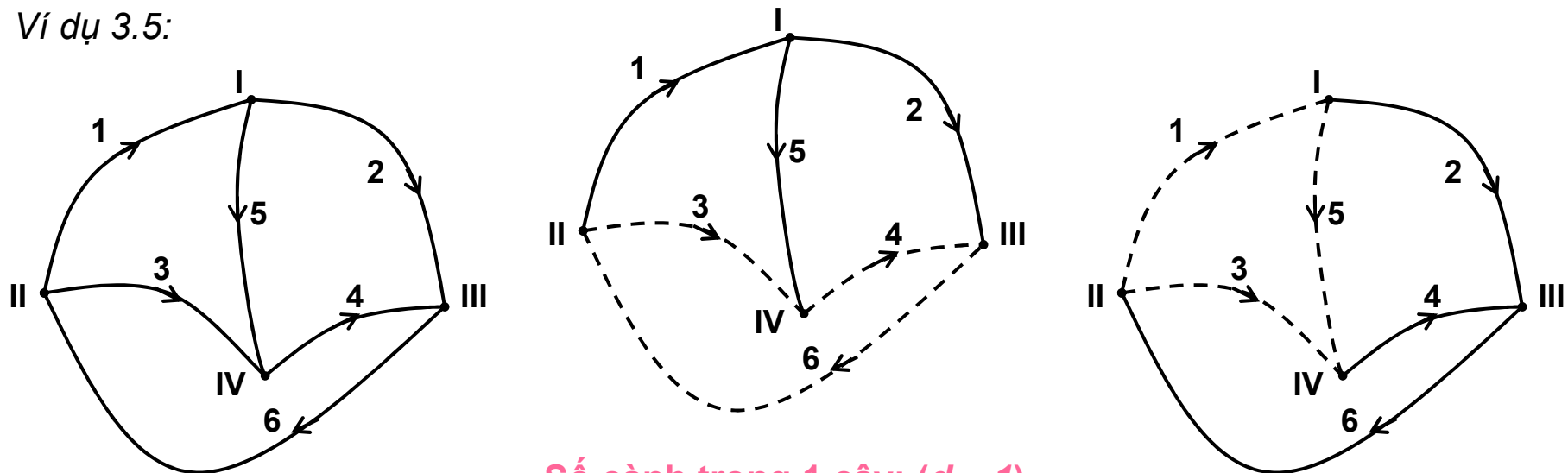
- **Nhánh:**
  - ❖ Vật lý: Đặc trưng cho một vùng năng lượng.
  - ❖ Hình học: *Cung nối giữa 2 đỉnh, có định chiều.*
- **Đỉnh:** Là chỗ chấp nối của 3 nhánh trở lên.



## IV. Khái niệm về Graph Kirchhoff.

- Cây: Tập hợp các nhánh của graph, *nối đủ các đỉnh, không tạo thành vòng kín*.
- Cành: Tập hợp các *nhánh của cây*. Một graph có thể có nhiều cây khác nhau.

Ví dụ 3.5:



Số cành trong 1 cây:  $(d - 1)$

- Bù cây: Tập các *nhánh cùng với cây tạo thành graph* đã cho.
- Bù cành: Tập hợp *các nhánh tạo nên bù cây*. Mỗi bù cành + cành = vòng kín.

Số bù cành trong 1 graph:  $(n - d + 1)$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff**
  - V.1. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 2**
  - V.2. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 1**
- VI. Ma trận cấu trúc A, B
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### V.1. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 2.

- **Định lý 1:** *Các áp cành trên một cây làm thành 1 tập đủ áp nhánh độc lập.*

Chứng minh:

- ❖ Các áp cành trên 1 cây không tạo thành vòng kín  $\rightarrow$  độc lập tuyến tính
- ❖ Các áp bù cành + áp cành = vòng kín  $\rightarrow$  phụ thuộc vào áp cành theo luật K2
- ❖ Số phương trình độc lập viết theo luật K2 là:  $(n-d+1)$

- **Định lý 2:** *Các hệ phương trình cân bằng áp trên các vòng kín khép bởi mỗi bù cành làm thành một hệ đủ phương trình độc lập*

Chứng minh:

- ❖ Mỗi vòng chứa duy nhất một áp bù cành, phụ thuộc vào các áp cành  $\rightarrow$  độc lập tuyến tính.
- ❖ Các phương trình cân bằng áp trên các vòng kín tạo thành hệ đủ và độc lập.





## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### V.2. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 1.

- **Định lý 1:** *Các dòng bù cành trên một bù cây tạo thành một tập dòng nhánh độc lập.*

Chứng minh:

- ❖ Bù cành không chứa tập cắt đỉnh  $\rightarrow$  không bị ràng buộc bởi luật K1  $\rightarrow$  độc lập tuyến tính
- ❖ Số phương trình độc lập viết theo luật K1:  $(d-1)$ .

- **Định lý 2:** *Phương trình cân bằng dòng trên các tập cắt ứng với mỗi cành làm thành hệ đủ và độc lập.*

Chứng minh:

- ❖ Do mỗi tập cắt chứa riêng một dòng nhánh.



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
- VI. Ma trận cấu trúc A, B**
  - VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A**
  - VI.2. Ma trận bù - nhánh B**
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc

## VI. Ma trận cấu trúc A.

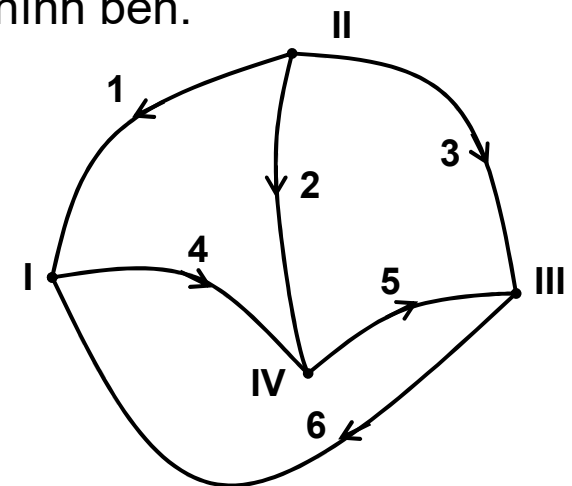


### VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu nhánh } j \text{ đi ra nút } i \\ 0 & \text{nếu nhánh } j \text{ không dính với nút } i \\ -1 & \text{nếu nhánh } j \text{ đi vào nút } i \end{cases}$$

Ví dụ 3.5: Lập ma trận đỉnh - nhánh A của graph cho bởi hình bên.

Nhánh \ Đỉnh	1	2	3	4	5	6
I	-1	0	0	1	0	-1
II	1	1	1	0	0	0
III	0	0	-1	0	-1	1
IV	0	-1	0	-1	1	0





# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A

### ➤ Tính chất:

Ma trận  $A_{đủ} = \text{Ma trận } A_{thừa} - 1 \text{ hàng}$

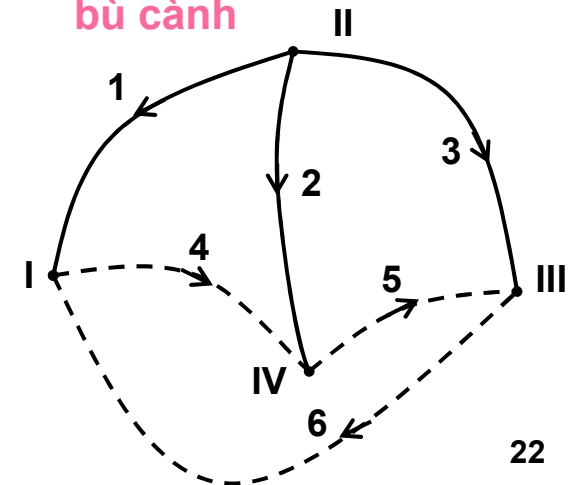
- ❖ **Cột:** Nhánh thứ  $i$  nối 2 đỉnh nào với nhau, và chiều dương của nhánh.
- ❖ **Hàng:** Đỉnh thứ  $j$  có những nhánh nào và chiều của mỗi nhánh tại đỉnh đó.
- ❖ Mỗi hàng của A là tổ hợp tuyến tính của các hàng còn lại  $\rightarrow A_{thừa}$

Ví dụ 3.6:

Nhánh \ Đỉnh	1	2	3	4	5	6
I	-1	0	0	1	0	-1
II	1	1	1	0	0	0
III	0	0	-1	0	-1	1
IV	0	-1	0	-1	1	0

$$\rightarrow A_{đủ} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

cây
bù cành





## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A.

➤ Ứng dụng:

❖ *Lập phương trình theo luật Kirchhoff 1:*

$$A \cdot \dot{I}_{nh} = 0 \quad \text{trong đó} \quad \dot{I}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dots \\ \dot{I}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$$

❖ *Lập phương trình quan hệ giữa điện áp các nhánh và điện thế nút:*

$$\dot{U}_{nh} = A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut} \quad \text{trong đó} \quad \dot{\varphi}_{nut} = \begin{pmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dots \\ \dot{\varphi}_{d-1} \end{pmatrix}_{1 \times (d-1)} \quad ; \quad \dot{U}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dots \\ \dot{U}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$$

**bỏ đi đỉnh có  
thế bằng 0**



# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A.

### ➤ Chú ý:

Từ ma trận  $A_{du}$  có thể khôi phục lại được cấu trúc của graph bằng cách:

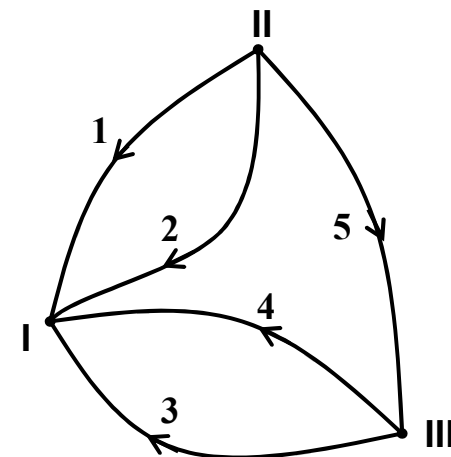
- ❖ Khôi phục lại ma trận  $A_{thừa}$
- ❖ Số hàng của ma trận bằng số đỉnh của graph
- ❖ Số cột của ma trận bằng số nhánh của graph.

Ví dụ 3.7: Cho ma trận  $A_{du}$ . Vẽ lại graph.

$$A_{du} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow A_{thua} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{matrix} I \\ II \\ III \end{matrix}$$

1    2    3    4    5



## VI.2. Ma trận bù - nhánh B.

- Một graph hoàn toàn xác định nếu chỉ rõ tập các nhánh có định chiều & tập các bù cành khép kín qua một cây & chỉ rõ mỗi vòng kín gồm các nhánh nào.

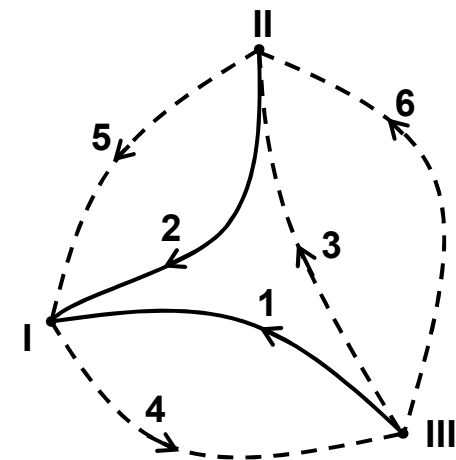
$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu nhánh } i \text{ tham gia vòng \& cùng chiều bù cành } j \\ 0 & \text{nếu nhánh } i \text{ không tham gia vòng với bù cành } j \\ -1 & \text{nếu nhánh } i \text{ tham gia vòng \& ngược chiều với bù cành } j \end{cases}$$

Ví dụ 3.8: Lập ma trận bù - nhánh B của graph cho bởi hình bên.

Nhánh \ Bù	1	2	3	4	5	6
3	-1	1	1	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0
5	0	-1	0	0	1	0
6	-1	1	0	0	0	1

Cành

Bù cành





## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### VI.2. Ma trận bù - nhánh B.

#### ➤ Tính chất:

- ❖ **Cột:** *Nhánh j tham gia vòng nào, chiều của j so với chiều vòng (quy ước chiều vòng là chiều của bù cạnh).*
- ❖ **Bù cạnh chỉ tham gia vào vòng của mình**, không tham gia vào vòng khác.
- ❖ **Hàng:** *Số vòng của graph, số nhánh và chiều của nhánh* trong mỗi vòng.

- $B = (B_{\text{cạnh}} \mid B_{\text{bù}}) = (B_{\text{cạnh}} \mid I)$**
- #### ➤ Ứng dụng:
- ❖ **Phương trình theo luật K1:**  $B \cdot \dot{U}_{nh} = 0$  trong đó:  $\dot{U}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dots \\ \dot{U}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$
  - ❖ **Phương trình quan hệ giữa dòng điện nhánh & dòng điện bù:**

$$\dot{I}_{nh} = B^t \cdot \dot{I}_{bu} \quad \text{trong đó: } \dot{I}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dots \\ \dot{I}_n \end{pmatrix}_{1 \times n} ; \quad \dot{I}_{bu} = \begin{pmatrix} \dot{I}_{bu_1} \\ \dots \\ \dot{I}_{bu_k} \end{pmatrix}_{1 \times k}$$





# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## VI.2. Ma trận bù - nhánh B.

➤ **Chú ý:** Từ ma trận B, có thể vẽ lại được graph đã cho.

Ví dụ 3.9:

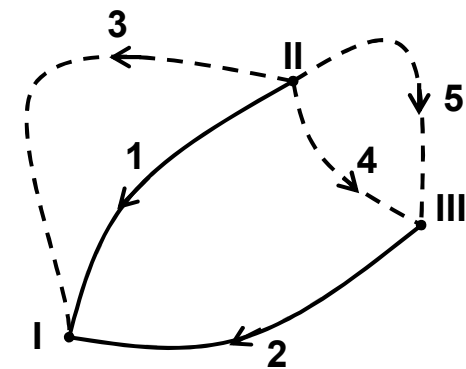
$$B = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

$\underbrace{1 \quad 2}_{\text{cành}} \quad \underbrace{3 \quad 4 \quad 5}_{\text{bù cành}}$

Số nhánh: 5 (1, 2, 3, 4, 5).

Số bù cành: 3 (4, 5, 6)

Số cành:  $5 - 3 = 2 \rightarrow$  Số đỉnh:  
3





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

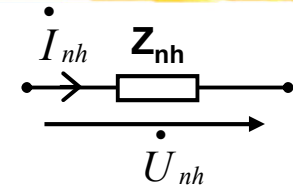
- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
- VI. Ma trận cấu trúc A, B
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc
  - VII.1. Luật Ohm theo nghĩa rộng
  - VII.2. Lập phương trình

## VII.1. Luật Ohm theo nghĩa rộng.

- Nhánh không nguồn:

$$\dot{U}_{nh} = Z_{nh} \cdot \dot{I}_{nh} \quad Z_{nh} = Y_{nh}^{-1}$$

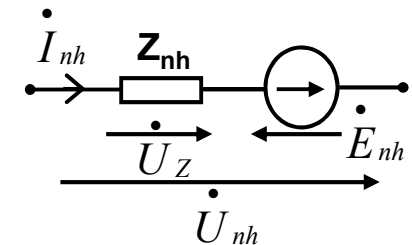
$$\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot \dot{U}_{nh}$$



- Nhánh có nguồn áp:

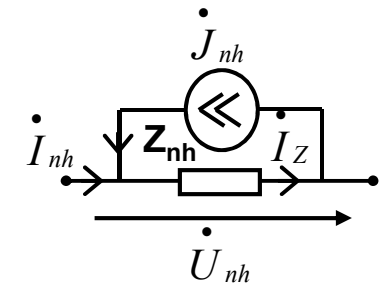
$$\dot{U}_{nh} = \dot{U}_Z - \dot{E}_{nh} \rightarrow \boxed{\dot{U}_{nh} = \dot{I}_{nh} \cdot Z_{nh} - \dot{E}_{nh}}$$

$$\dot{I}_{nh} = \frac{\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}}{Z_{nh}} \rightarrow \boxed{\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh})}$$



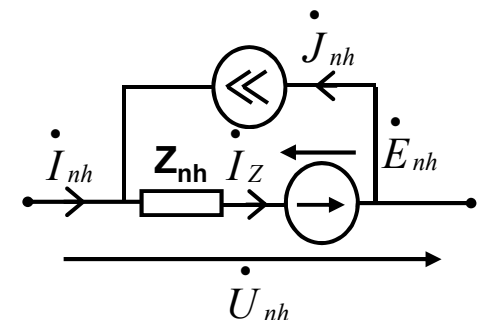
- Nhánh có nguồn dòng:

$$\dot{I}_Z = \dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh} \rightarrow \dot{I}_{nh} = \dot{I}_Z - \dot{J}_{nh} \rightarrow \boxed{\begin{aligned} \dot{I}_{nh} &= Y_{nh} \cdot \dot{U}_{nh} - \dot{J}_{nh} \\ \dot{U}_{nh} &= Z_{nh} (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) \end{aligned}}$$



- Nhánh có nguồn dòng - nguồn áp:

$$\dot{U}_{nh} = \dot{U}_Z - \dot{E}_{nh} \rightarrow \boxed{\begin{aligned} \dot{U}_{nh} &= (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) \cdot Z_{nh} - \dot{E}_{nh} \\ \dot{I}_{nh} &= Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh} \end{aligned}}$$





## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### VII.2. Lập phương trình.

#### Ma trận thông số.

➤ *Ma trận tổng trở nhánh:*

$$Z_{nh} = \begin{pmatrix} Z_{11} & \dots & Z_{1n} \\ \dots & Z_{kk} & \dots \\ Z_{n1} & \dots & Z_{nn} \end{pmatrix}_{n \times n}$$

$Z_{kk}$ : Tổng trở nhánh k  
 $Z_{kl}$ : Tổng trở tương hỗ nhánh k & l

➤ *Ma trận nguồn áp nhánh:*  $\dot{E}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 \\ \dots \\ \dot{E}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$   $\dot{E}_i$ : là giá trị nguồn áp nhánh i

➤ *Ma trận nguồn dòng nhánh:*  $\dot{J}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{J}_1 \\ \dots \\ \dot{J}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$   $\dot{J}_i$ : là giá trị nguồn dòng nhánh i



# Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



## VII.2. Lập phương trình.

### a. Lập phương trình với ma trận A.

Từ phương trình:  $A \cdot \dot{I}_{nh} = 0$

Mặt khác có:  $\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh}$

Suy ra:  $A \cdot Y_{nh} \cdot \dot{U}_{nh} + A \cdot Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh} - A \cdot \dot{J}_{nh} = 0$   
 $\rightarrow A \cdot Y_{nh} \cdot A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut} = A \cdot (\dot{J}_{nh} - Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh})$

Đặt:  $Y_{nut} = A \cdot Y_{nh} \cdot A^t$ .

$\dot{J}_{nut} = A \cdot (\dot{J}_{nh} - Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh})$

Mà:  $\dot{J}_{nut} = Y_{nut} \cdot \dot{\varphi}_{nut} \rightarrow \dot{\varphi}_{nut} = \frac{\dot{J}_{nut}}{Y_{nut}}$

Tính được:  $\dot{U}_{nh} = A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut}$

$\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh}$

### Trình tự tính toán bằng Matlab:

➤ Vào số liệu:  $A, Z_{nh}, \dot{E}_{nh}, \dot{J}_{nh}$ .

➤ Tính các ma trận:

$$Y_{nh} = \text{inv}(Z_{nh}) \quad Y_{nut} = A \cdot Y_{nh} \cdot A^t$$

$$\dot{J}_{nut} = A \cdot (\dot{J}_{nh} - Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh})$$

$$\dot{\varphi}_{nut} = \dot{J}_{nut} \setminus Y_{nut}$$

➤ Kết quả:

$$\dot{U}_{nh} = A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut}$$

$$\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh}$$



## Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



### VII.2. Lập phương trình.

#### b. Lập phương trình với ma trận $B$ .

Từ phương trình:  $B \cdot \dot{U}_{nh} = 0$

Mặt khác có:  $\dot{U}_{nh} = (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) \cdot Z_{nh} - \dot{E}_{nh}$

Suy ra:  $B \cdot Z_{nh} \cdot \dot{I}_{nh} + B \cdot Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh} - B \cdot \dot{E}_{nh} = 0$

$$\rightarrow B \cdot Z_{nh} \cdot B^t \cdot \dot{I}_{bu} = B \cdot (\dot{E}_{nh} - Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh})$$

Đặt:  $Z_{vong} = B \cdot Z_{nh} \cdot B^t$ .

$$\dot{E}_{vong} = B \cdot (\dot{E}_{nh} - Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh})$$

Vậy ta có:  $Z_{vong} \cdot \dot{I}_{bu} = \dot{E}_{vong} \rightarrow \dot{I}_{bu} = \frac{\dot{E}_{vong}}{Z_{vong}}$

Như vậy tính được:  $\dot{I}_{nh} = B^t \cdot \dot{I}_{bu}$

$$\dot{U}_{nh} = Z_{nh} \cdot (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) - \dot{E}_{nh}$$

#### Trình tự tính toán bằng Matlab:

➤ Vào số liệu:  $B, Z_{nh}, \dot{E}_{nh}, \dot{J}_{nh}$ .

➤ Tính các ma trận:

$$Z_{vong} = B \cdot Z_{nh} \cdot B^t$$

$$\dot{E}_{vong} = B \cdot (\dot{E}_{nh} - Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh})$$

$$\dot{I}_{bu} = \dot{E}_{vong} \setminus Z_{vong}$$

➤ Kết quả:

$$\dot{I}_{nh} = B^t \cdot \dot{I}_{bu}$$

$$\dot{U}_{nh} = Z_{nh} \cdot (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) - \dot{E}_{nh}$$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính.

I. Khái niệm chung.

II. Tính chất tuyến tính.

III. Khái niệm hàm truyền đạt.

IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

Bài tập: 1, 2, 3, 4, 5, 8 + bài thêm.



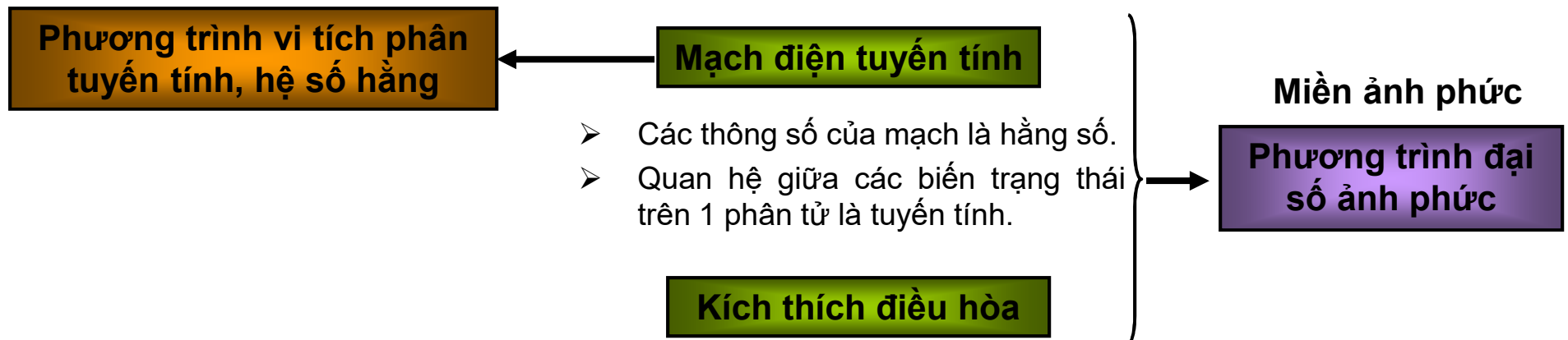
# Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính



## I. Khái niệm chung.

- Mạch điện tuyến tính là mạch điện có mô hình toán học gồm hữu hạn các biến trạng thái với tính chất:
  - ❖ Các *thông số của mạch* (R, L, C) là *hằng số*.
  - ❖ Quan hệ giữa các biến trạng thái trên cùng 1 phần tử là *phương trình vi tích phân tuyến tính, hệ số hằng*.

### Miền thời gian







# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính.

I. Khái niệm chung

II. Tính chất tuyến tính.

II.1. Quan hệ tuyến tính giữa kích thích và đáp ứng.

II.2. Quan hệ tuyến tính giữa các đáp ứng.

III. Khái niệm hàm truyền đạt.

IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

## II.1. Quan hệ tuyến tính giữa kích thích và đáp ứng:

- **Phát biểu 1:** Nếu trong mạch có một kích thích thì mỗi đáp ứng của mạch đều có quan hệ tuyến tính với kích thích đó.

$$\dot{X}_k = T_k \cdot \dot{F}$$

$\dot{X}_k$  : ảnh phức của đáp ứng thứ k

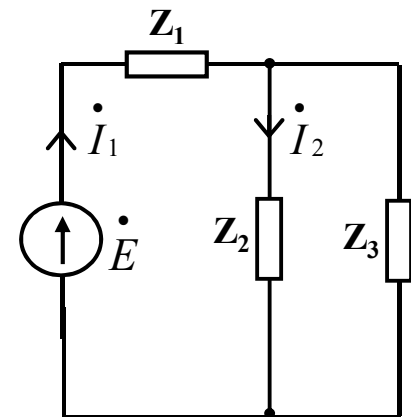
$\dot{F}$  : ảnh phức của kích thích trong mạch

$T_k$  : hàm truyền đạt biểu diễn mối quan hệ giữa đáp ứng thứ k và kích thích

Ví dụ:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{Z_1 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3}} = \frac{Z_2 + Z_3}{\underbrace{Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3}_{T_1}} \cdot \dot{E}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{Z_2 + Z_3}{Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3} \cdot \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} \cdot \dot{E} = \frac{Z_3}{\underbrace{Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_2 \cdot Z_3}_{T_2}} \cdot \dot{E}$$



## II.1. Quan hệ tuyến tính giữa kích thích và đáp ứng:

- **Phát biểu 2:** Nếu trong mạch có nhiều kích thích cùng tần số tác động đồng thời thì mỗi đáp ứng của mạch đều có quan hệ tuyến tính với mỗi kích thích đó. (tính chất xếp chồng)

$$\dot{X}_k = T_{1k} \cdot \dot{F}_1 + T_{2k} \cdot \dot{F}_2 + \dots + T_{nk} \cdot \dot{F}_n$$

$\dot{X}_k$  : ảnh phức của đáp ứng thứ k  
 $\dot{F}_1, \dot{F}_2, \dots, \dot{F}_n$  : ảnh phức của các kích thích trong mạch  
 $T_{1k}, T_{2k}, \dots, T_{nk}$  : hàm truyền đạt biểu diễn mối quan hệ giữa đáp ứng thứ k và các kích thích

**Nếu các kích thích không cùng tần số thì ta phải xếp chồng các đáp ứng trong miền thời gian (tính chất xếp chồng)**

- **Phát biểu 3:** Nếu trong mạch có nhiều kích thích cùng tác động nhưng chỉ có một kích thích biến động thì quan hệ giữa mỗi đáp ứng với kích thích biến động đấy có dạng:

$$\dot{X}_k = T_k \cdot \dot{F}_1 + \dot{X}_{0k}$$

$\dot{X}_k$  : ảnh phức của đáp ứng thứ k  
 $\dot{F}_1$  : ảnh phức của kích thích biến động  
 $T_k$  : hàm truyền đạt biểu diễn mối quan hệ giữa đáp ứng thứ k và kích thích biến động  
 $\dot{X}_{0k}$  : tổng của những số hạng khác

## II.2. Quan hệ tuyến tính giữa các đáp ứng:

- **Phát biểu:** Trong mạch tuyến tính, mỗi đáp ứng của mạch luôn có một quan hệ tuyến tính với ít nhất một đáp ứng khác trong mạch theo dạng:

$$\dot{X}_k = A_{jk} \cdot \dot{X}_j + B$$

$\dot{X}_k, \dot{X}_j$ : ảnh phức của 2 đáp ứng bất kỳ trong mạch  
 $A_{jk}, B$ : hàm truyền đạt biểu diễn mối quan hệ giữa 2 đáp ứng

Ví dụ: Tìm quan hệ tuyến tính giữa  $\dot{I}_1$  và  $\dot{I}_2$  khi  $Z_3$  biến thiên từ 0 đến  $\infty$ .

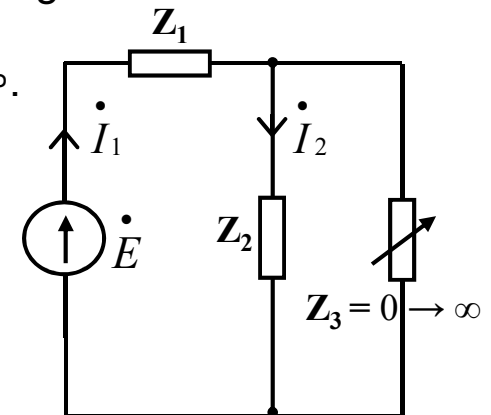
Quan hệ tuyến tính giữa  $\dot{I}_1$  và  $\dot{I}_2$  có dạng:  $\dot{I}_1 = A \cdot \dot{I}_2 + B$

Khi  $Z_3 = 0$ :  $\rightarrow \dot{I}_2 = 0 \rightarrow \dot{I}_1 = B = \frac{\dot{E}}{Z_1}$

Khi  $Z_3 = \infty$ :  $\rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{\dot{E}}{Z_1 + Z_2}$

$\rightarrow \frac{\dot{E}}{Z_1 + Z_2} = A \cdot \frac{\dot{E}}{Z_1 + Z_2} + \frac{\dot{E}}{Z_1} \rightarrow A = -\frac{Z_2}{Z_1}$

Vậy ta có:  $\dot{I}_1 = -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \dot{I}_2 + \frac{\dot{E}}{Z_1}$





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính.

I. Khái niệm chung.

II. Tính chất tuyến tính.

III. Khái niệm hàm truyền đạt.

IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

## III. Khái niệm hàm truyền đạt.

- Hàm truyền đạt là những hàm đặc tính tần phức đặc trưng cho hành vi của mạch tuyến tính hệ số hằng dưới tác dụng kích thích của một phổ tần điều hòa.
- Hàm truyền đạt được định nghĩa là tỷ số riêng hoặc đạo hàm riêng của ảnh đáp ứng trên ảnh kích thích.

$$T_{mk}(\omega) = \frac{\partial \dot{X}_k(\omega)}{\partial \dot{F}_m(\omega)}$$

$\dot{X}_k(\omega)$  : ảnh phức đáp ứng trên nhánh thứ k của mạch.  
 $\dot{F}_m(\omega)$  : ảnh phức kích thích trên nhánh thứ m của mạch.  
 $T_{mk}(\omega)$  : hàm đặc tính tần phức giữa nhánh thứ k và nhánh thứ m

- Mạch Kirchoff có 4 hàm truyền đạt chính:

❖ **Hàm truyền đạt áp:** Đo khả năng cung cấp áp trên nhánh k từ riêng một nguồn áp ở nhánh m.

$$K_{Umk} = \frac{\partial \dot{U}_k}{\partial \dot{E}_m}$$

❖ **Hàm truyền đạt dòng:** Đo khả năng cung cấp dòng điện trên nhánh k từ riêng một nguồn dòng ở nhánh m.

$$K_{Imk} = \frac{\partial \dot{I}_k}{\partial \dot{J}_m}$$

❖ **Hàm truyền đạt tổng dẫn:** Đo khả năng truyền dòng điện thứ k từ riêng một nguồn áp ở nhánh m.

$$Y_{mk} = \frac{\partial \dot{I}_k}{\partial \dot{E}_m}$$

❖ **Hàm truyền đạt tổng trở:** Đo khả năng truyền áp thứ k từ riêng một nguồn dòng ở nhánh m.

$$Z_{mk} = \frac{\partial \dot{U}_k}{\partial \dot{J}_m}$$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính.

- I. Khái niệm chung.
- II. Tính chất tuyến tính.
- III. Khái niệm hàm truyền đạt.
- IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.**

## IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

- Mạch điện Kirchhoff tuyến tính được gọi là tương hỗ nếu những hàm truyền đạt tổng trở, tổng dẫn trong mạch là tuyến tính và thuận nghịch.

$$\begin{cases} Z_{KL} = Z_{LK} \\ Y_{KL} = Y_{LK} \end{cases} \quad \text{trong đó: } Z_{KL} = \frac{\partial \dot{U}_L}{\partial \dot{I}_K} ; Z_{LK} = \frac{\partial \dot{U}_K}{\partial \dot{I}_L} \quad \text{và} \quad Y_{KL} = \frac{\partial \dot{I}_L}{\partial \dot{U}_K} ; Y_{LK} = \frac{\partial \dot{I}_K}{\partial \dot{U}_L}$$

Ví dụ:

- ❖ Truyền đạt áp giữa 2 cuộn dây đặt gần nhau có hỗ cảm là một truyền đạt tương hỗ.

$$M_{12} = M_{21} = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

- ❖ Truyền đạt áp (dòng) trong máy biến áp (biến dòng), trong khuếch đại thuật toán ..., hàm truyền đạt tổng trở (tổng dẫn) trong transistor ... không có tính tương hỗ.

➤ Tính chất:

- ❖ Mạch tuyến tính tương hỗ có ma trận  $Z_{\text{vòng}}$  và  $Y_{\text{nút}}$  đối xứng với nhau qua đường chéo chính → chỉ cần tìm một nửa các hàm truyền đạt tổng trở, tổng dẫn.
- ❖ Nhìn chung các hàm truyền đạt dòng, áp không có tính tương hỗ.



## IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

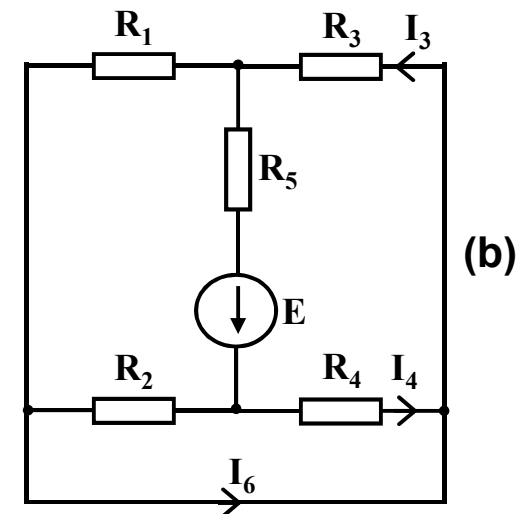
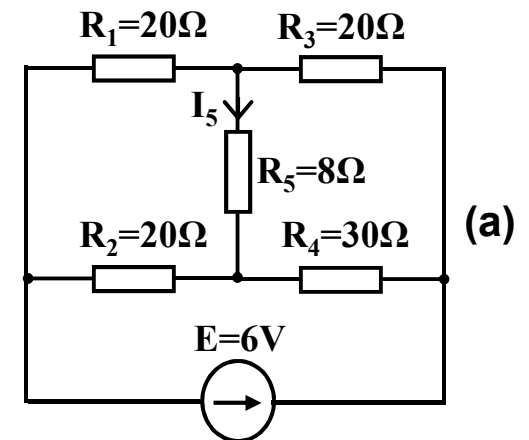
Ví dụ: Cho mạch điện tuyến tính tương hỗ. Hãy tính dòng điện trong nhánh 5 khi nguồn kích thích đặt trong nhánh 6.

Với mạch hình (a)  $\rightarrow$  ta có thể tính  $I_5$  theo các phương pháp dòng nhánh, dòng vòng, thế đỉnh, tuy nhiên dù giải bằng phương pháp nào ta cũng phải giải với ít nhất 3 phương trình.

Áp dụng tính chất tương hỗ: **Dòng điện  $I_5$  trong hình (a) sẽ bằng dòng điện  $I_6$  trong hình (b).** Thật vậy, vì mạch là tuyến tính tương hỗ nên:

$$Y_{56} = Y_{65}$$

$$Y_{56} = \frac{I_6}{E_5} \quad Y_{65} = \frac{I_5}{E_6}$$



## IV. Truyền đạt tương hỗ và không tương hỗ.

Ví dụ:

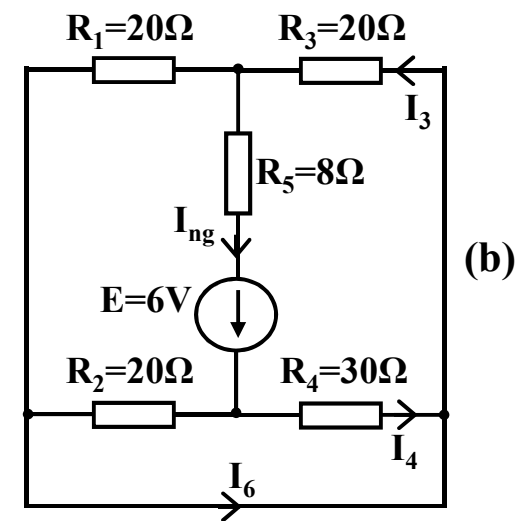
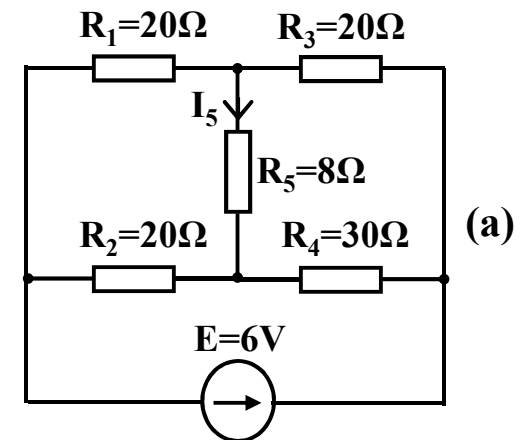
$$I_{ng} = \frac{E}{R_5 + (R_2 // R_4) + (R_1 // R_3)} = 0.2(A)$$

$$I_4 = I_{ng} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_4} = 0.08(A)$$

$$I_3 = I_{ng} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 0.1(A)$$

$$I_6 = I_3 - I_4 = 0.1 - 0.08 = 0.02(A)$$

Vậy:  $I_5 = 0.02(A)$





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ

I. Khái niệm.

II. Cách phân tích mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ.

III. Giá trị hiệu dụng - công suất dòng chu kỳ.

IV. Hàm truyền đạt và đặc tính tần số.

**Bài tập: 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 + Bài thêm**



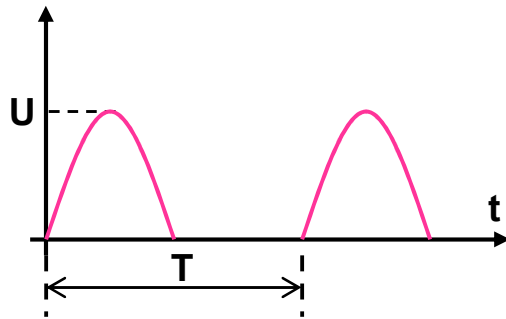
# Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ



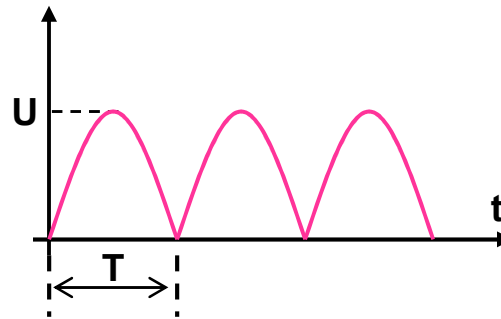
## I. Khái niệm.

- **Định nghĩa:** Tín hiệu chu kỳ là tín hiệu mà dáng điệu của nó lặp lại sau một khoảng thời gian, khoảng thời gian đó gọi là chu kỳ của tín hiệu.

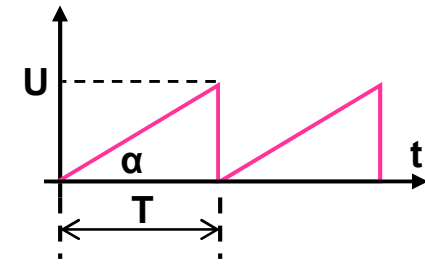
Ví dụ:



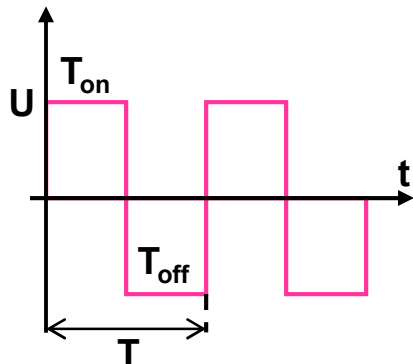
Chỉnh lưu nửa chu kỳ



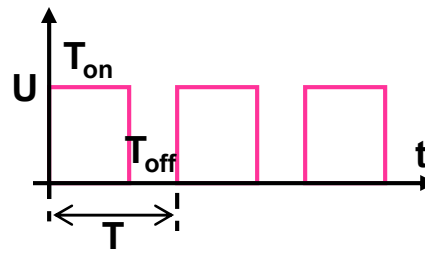
Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ



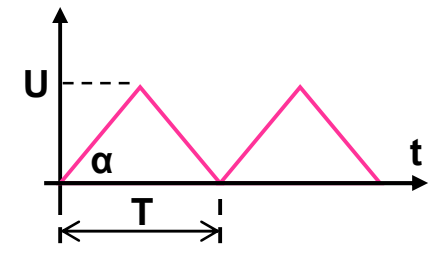
Xung răng cưa



Xung vuông



Xung vuông



Xung tam giác



# Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ



## I. Khái niệm.

- Khai triển chuỗi Furiê: *Hàm chu kỳ có thể phân tích thành tổng các hàm điều hòa* bậc 0, 1, 2, 3, ... dạng:

$$f(t) = f_0 + \sum_{k=1}^{\infty} F_{km} \cdot \cos(k \cdot \omega t + \varphi_k)$$

hoặc

$$f(t) = f_0 + \sum_{k=1}^{\infty} F_{km} \cdot \sin(k \cdot \omega t + \varphi_k)$$

- Do chuỗi hội tụ:
  - ❖ Những thành phần điều hòa bậc cao có biên độ nhỏ.
  - ❖ Chỉ lấy một vài số hạng đầu.



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ

I. Khái niệm.

II. Cách phân tích mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ.

III. Giá trị hiệu dụng - công suất dòng chu kỳ.

IV. Hàm truyền đạt và đặc tính tần số.



## Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ

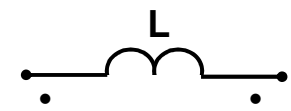


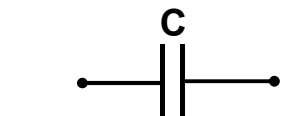
### II. Cách phân tích mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ.

➤ Mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ không điều hòa → giải theo phương pháp số phức:

- ❖ Phân tích nguồn chu kỳ không điều hòa thành tổng các nguồn điều hòa có tần số khác nhau.
- ❖ Tính đáp ứng của mạch với từng thành phần tần số.

✓ Thành phần 1 chiều (*có thể thay đổi cấu trúc của mạch*):

 **ngắn mạch**  
$$\dot{U}_L = j.\omega.L.\dot{I} = 0$$

 **hở mạch**  
$$\dot{U}_C = \frac{1}{j.\omega.C}.\dot{I}_C = \infty$$

✓ Thành phần xoay chiều tần số  $\omega$ :  $Z_L = j.\omega.L$  ;  $Z_C = \frac{1}{j.\omega.C}$

❖ *Xếp chồng trong miền thời gian*

## II. Cách phân tích mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ.

Ví dụ: Tính  $i(t)$ ,  $u_C(t)$  biết:  $e(t) = 100 + 100\sqrt{2} \sin 1000t + 200\sqrt{2} \sin 2000t(V)$

➤ **Xét 1 chiều:**  $E_0 = 100(V) \rightarrow \boxed{i_0 = 0(A); u_{C0} = 100(V)}$

➤ **Xét  $\omega_1 = 1000 \text{ rad/s}$ :**  $e(t) = 100\sqrt{2} \sin 1000t \rightarrow \dot{E} = 100|0(V)$

$$Z_L = j.\omega_1.L = j100(\Omega) \quad Z = R + Z_L + Z_C = 50 + j50 = 50\sqrt{2}|45^\circ(\Omega)$$

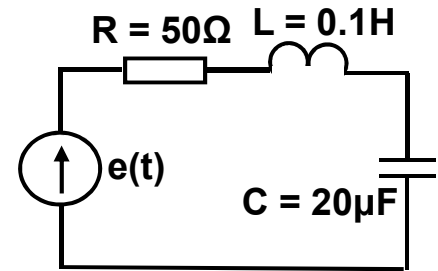
$$Z_C = \frac{1}{j.\omega_1.C} = -j50(\Omega) \quad \rightarrow \dot{I}_1 = \frac{100|0}{50\sqrt{2}|45} = \boxed{\sqrt{2}| -45^\circ(A)} \quad \dot{U}_{C1} = \dot{I}_1.Z_C = \boxed{50\sqrt{2}| -135^\circ(V)}$$

➤ **Xét  $\omega_2 = 2000 \text{ rad/s}$ :**  $e(t) = 200\sqrt{2} \sin 2000t \rightarrow \dot{E} = 200|0(V)$

$$Z_L = j.\omega_2.L = j200(\Omega) \quad Z_C = \frac{1}{j.\omega_2.C} = -j25(\Omega) \quad Z = R + Z_L + Z_C = 50 + j175 = 182|74^\circ(\Omega)$$

$$\rightarrow \dot{I}_2 = \frac{200|0}{182|74} = \boxed{1.1| -74^\circ(A)} \quad \dot{U}_{C2} = \dot{I}_2.Z_C = 1.1| -74^\circ . 25| -90^\circ = \boxed{27.5| -164^\circ(V)}$$

➤ **Xếp chồng:**  $i(t) = i_0(t) + i_1(t) + i_2(t) = 0 + \boxed{2 \sin(1000t - 45^\circ) + 1.1\sqrt{2} \sin(2000t - 74^\circ)(A)}$   
 $u_C(t) = u_{C0}(t) + u_{C1}(t) + u_{C2}(t) = \boxed{100 + 100 \sin(1000t - 135^\circ) + 27.5\sqrt{2} \sin(2000t - 164^\circ)(V)}$







# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ

I. Khái niệm.

II. Cách phân tích mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ.

III. Giá trị hiệu dụng - công suất dòng chu kỳ.

III.1. Giá trị hiệu dụng.

III.2. Công suất dòng chu kỳ.

IV. Hàm truyền đạt và đặc tính tần số.

## III.1. Giá trị hiệu dụng.

- Để đo khả năng sinh công của dòng điện chu kỳ → dùng khái niệm giá trị hiệu dụng  $I$  với định nghĩa:

$$(*) I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$

$T$ : chu kỳ của dòng điện chu kỳ.

$i(t)$ : dòng điện chu kỳ.

*Tích phân hàm điều hòa trong 1 chu kỳ thì bằng 0*

- Áp dụng khai triển chuỗi Furie:  $i(t) = \sum_{k=0}^{\infty} i_k(t)$

$$(*) \Leftrightarrow I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \left( \sum_{k=0}^{\infty} i_k(t) \right)^2 dt \Leftrightarrow I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{k=0}^{\infty} i_k^2(t) dt + \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{k \neq l=0}^{\infty} i_k(t) \cdot i_l(t) dt$$

$$\rightarrow I^2 = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{T} \int_0^T i_k^2(t) dt = \sum_{k=0}^{\infty} I_k^2$$

**Vậy ta có:**

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_n^2} = \sqrt{\sum_{k=0}^n I_k^2}$$

**Giá trị hiệu dụng dòng, áp bằng căn bậc 2 tổng bình phương các giá trị hiệu dụng thành phần.**

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + \dots + U_n^2} = \sqrt{\sum_{k=0}^n U_k^2}$$

## III.2. Công suất dòng chu kỳ.

- Công suất trung bình trong một chu kỳ:

*Công suất tác dụng bằng tổng công suất tác dụng các thành phần*

$$P = R.I^2 = R.\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2 = \sum_{k=0}^{\infty} R.I_k^2 = \sum_{k=0}^{\infty} P_k = P_0 + P_1 + P_2 + \dots$$

Ví dụ: Tính công suất nguồn và số chỉ vôn kế đo điện áp trên tụ

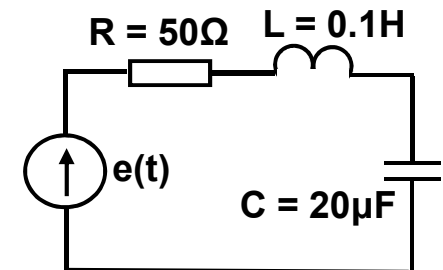
$$e(t) = 100 + 100\sqrt{2} \sin 1000t + 200\sqrt{2} \sin 2000t(V)$$

$$i(t) = 2 \sin(1000t - 45^\circ) + 1.1\sqrt{2} \sin(2000t - 74^\circ)(A)$$

$$u_C(t) = 100 + 100 \sin(1000t - 135^\circ) + 27.5\sqrt{2} \sin(2000t - 164^\circ)(V)$$

$$P = P_0 + P_1 + P_2 \quad P_0 = 0 \quad P_1 = E_1.I_1.\cos \varphi_1 = 100.\sqrt{2}.\cos(45^\circ) = 100(W).$$

$$P = 160.64(W) \quad P_2 = E_2.I_2.\cos \varphi_2 = 200.1.1.\cos(74^\circ) = 60.64(W)$$



- Số chỉ vôn mét:  $U = \sqrt{100^2 + (50\sqrt{2})^2 + 27.5^2} = 125,52V$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ

- I. Khái niệm về nguồn kích thích chu kỳ.
- II. Cách phân tích mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ.
- III. Trị hiệu dụng - công suất dòng chu kỳ.
- IV. Hàm truyền đạt và đặc tính tần số.**



# Chương 5: Mạch điện tuyến tính có kích thích chu kỳ



## IV. Hàm truyền đạt và đặc tính tần số.

➤ *Hàm truyền đạt là tỷ số riêng (đạo hàm riêng) của ảnh đáp ứng trên ảnh kích thích*

$$\dot{T}(\omega) = \frac{\dot{X}(\omega)}{\dot{F}(\omega)} = |T(\omega)| \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

$|T(\omega)|$  **Đặc tính tần biên độ:** Mô tả quan hệ biên độ (hiệu dụng) giữa các phổ tần kích thích và đáp ứng.

$\varphi(\omega)$  **Đặc tính tần pha:** Mô tả độ lệch pha giữa phổ đáp ứng và phổ kích thích

➤ Hàm truyền đạt  $K_u(\omega)$ ,  $K_i(\omega)$ ,  $Z(\omega)$ ,  $Y(\omega)$  của mạch Kirchhoff có dạng:

$$T(s) = \frac{a_0 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_ns^n}{b_0 + b_1s + b_2s^2 + \dots + b_ms^m} = \frac{F_1(s)}{F_2(s)} \quad ; \quad s = j\omega$$

$n, m$ : Phụ thuộc vào kết cấu của mạch.

$a_k, b_k$ : phụ thuộc vào kết cấu của mạch và các thông số  $R, L, C$ .

➤ Điểm cực: Nghiệm của đa thức  $F_2(s) = 0$ .

Điểm không: Nghiệm của đa thức  $F_1(s) = 0$ .





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

- I. Khái niệm mạng một cửa Kirchhoff.
- II. Phương trình - Sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.
- III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

**Bài tập: 1 - 7, bài thêm**



# Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính



## I.1. Khái niệm.

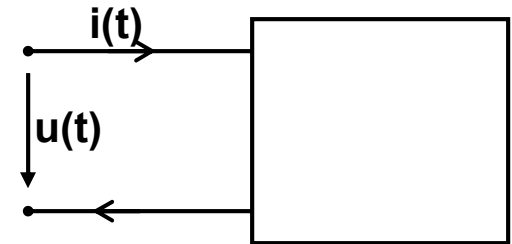
- Thực tế có những thiết bị điện làm nhiệm vụ **trao đổi năng lượng, tín hiệu điện từ ra/vào ở một cửa ngõ**.

*Ví dụ:* Máy phát điện; một máy thu; một đường dây truyền tin; vôn mét, ampe mét, đồng hồ đo công suất ...

- Các thiết bị có cấu trúc bên trong khác nhau, nhưng hệ thống được coi như một vùng năng lượng và được quan sát dựa trên quá trình phản ứng và hành vi trên cửa ngõ, và không quan tâm đến kết cấu và tính năng các vùng bên trong của hệ.
- Để mô tả quá trình ấy ta định nghĩa phần tử phức hợp **mạng một cửa Kirchhoff**.

## I.1. Khái niệm.

- **Định nghĩa:** *Mạng một cửa Kirchhoff là kết cấu mạch có một cửa ngõ để trao đổi năng lượng, tín hiệu điện với những phần khác của mạch.*
- Biến trạng thái trên cửa:  $i(t)$ ,  $u(t)$ .
- Điều kiện mạng một cửa: *Dòng điện chảy vào cực này bằng dòng điện chảy ra ở cực kia.*
- Mô hình toán học:
  - ❖ Quá trình năng lượng tín hiệu thể hiện ở quan hệ giữa  $u(t)$  và  $i(t)$ .
  - ❖ Mạch Kirchhoff: Phương trình vi tích phân thường trong miền thời gian.



$$f(u, u', u'', \dots, i, i', i'', \dots, t) = 0$$



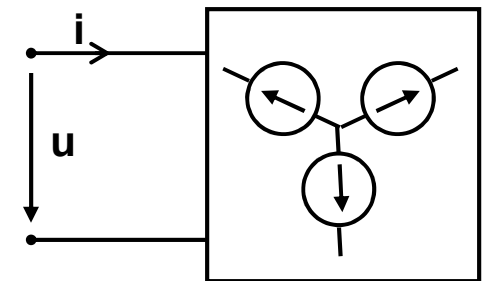
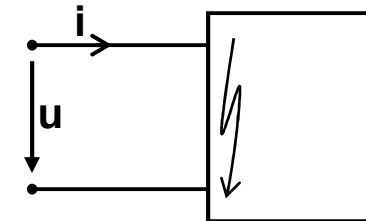
## I.2. Phân loại.

- Theo phương trình trạng thái:
  - **Mạng 1 cửa tuyến tính.**
  - ~~Mạng 1 cửa phi tuyến.~~
- Theo khả năng trao đổi năng lượng:

❖ **Mạng 1 cửa không nguồn:** Không thể đưa năng lượng ra cửa ngõ.

*Chú ý:* Kết cấu bên trong mạng 1 cửa có thể chứa nguồn  $e(t)$ ,  $j(t)$  nhưng nếu chúng không có khả năng trao đổi năng lượng ra bên ngoài thì coi là mạng một cửa không nguồn.

❖ **Mạng 1 cửa có nguồn:** Có thể đưa năng lượng ra cửa ngõ.





# Chương 6: Mạng một cửa Kirchoff tuyến tính



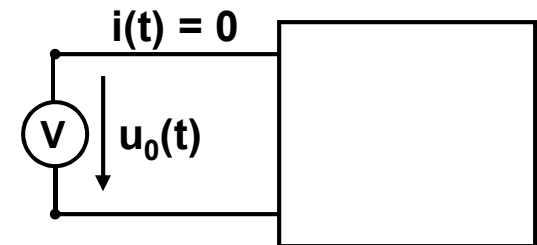
## I.2. Phân loại.

➤ Cách xác định mạng 1 cửa có nguồn/không nguồn:

❖ *Hở mạch cửa ( $i = 0$ ) → đo điện áp trên cửa  $u_0(t)$ :*

✓ Nếu  $u_0(t) = 0$  → mạng một cửa không nguồn.

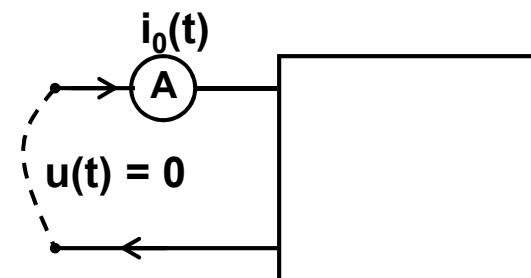
✓ Nếu  $u_0(t) \neq 0$  → mạng một cửa có nguồn.



❖ *Ngắn mạch cửa ( $u = 0$ ) → đo dòng điện trên cửa  $i_0(t)$ :*

✓ Nếu  $i_0(t) = 0$  → mạng một cửa không nguồn.

✓ Nếu  $i_0(t) \neq 0$  → mạng một cửa có nguồn.





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

I. Khái niệm mạng một cửa Kirchhoff.

II. Phương trình - Sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.

II.1. Phương trình trạng thái mạng 1 cửa Kirchhoff tuyến tính.

II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.



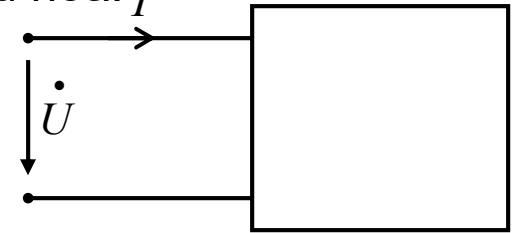
# Chương 6: Mạng một cửa Kirchoff tuyến tính



## II.1. Phương trình trạng thái mạng 1 cửa Kirchoff tuyến tính.

➤ Xét mạng 1 cửa tuyến tính làm việc ở chế độ xác lập điều hòa.  $\dot{I}$

➤ Theo tính chất tuyến tính, quan hệ dòng - áp trên cửa có dạng:



$$\begin{cases} \dot{U} = A.\dot{I} + B & (1) \\ \dot{I} = C.\dot{U} + D & (2) \end{cases}$$

➤ Xét phương trình (1):

Khi  $\dot{I} = 0$  (hở mạch cửa)  $\rightarrow B = \dot{U}_h$  [V]

**B [V]: điện áp hở mạch trên cửa**

$$B = \dot{U}_h = \begin{cases} = 0 & \text{Mạng 1 cửa không nguồn} \\ \neq 0 & \text{Mạng 1 cửa có nguồn} \end{cases}$$

$$(1) \Leftrightarrow [V] = A.[A] + [V]$$

**A [ $\Omega$ ]: tổng trở vào**

➤ Xét phương trình (2):

Khi  $\dot{U} = 0$  (ngắn mạch cửa)  $\rightarrow D = \dot{I}_N$  [A]

**D [A]: dòng điện ngắn mạch trên cửa.**

$$D = \dot{I}_N = \begin{cases} = 0 & \text{Mạng 1 cửa không nguồn} \\ \neq 0 & \text{Mạng 1 cửa có nguồn} \end{cases}$$

$$(2) \Leftrightarrow [A] = C.[V] + [A]$$

**C [S]: tổng dẫn vào**



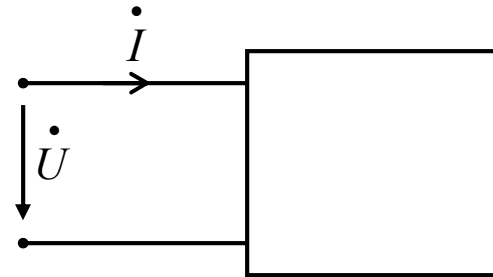
# Chương 6: Mạng một cửa Kirchoff tuyến tính



## II.1. Phương trình trạng thái mạng 1 cửa Kirchoff tuyến tính.

- Mô hình toán học của mạng 1 cửa Kirchoff tuyến tính:

$$\begin{cases} \dot{U} = Z_{vao} \cdot \dot{I} + \dot{U}_h \\ \dot{I} = Y_{vao} \cdot \dot{U} + \dot{I}_N \end{cases}$$



- Mạng 1 cửa tuyến tính có nguồn có thể **đặc trưng bởi một cặp thông số**

$$(Z_{vao} , \dot{U}_h) \text{ hoặc } (Y_{vao} , \dot{I}_N)$$

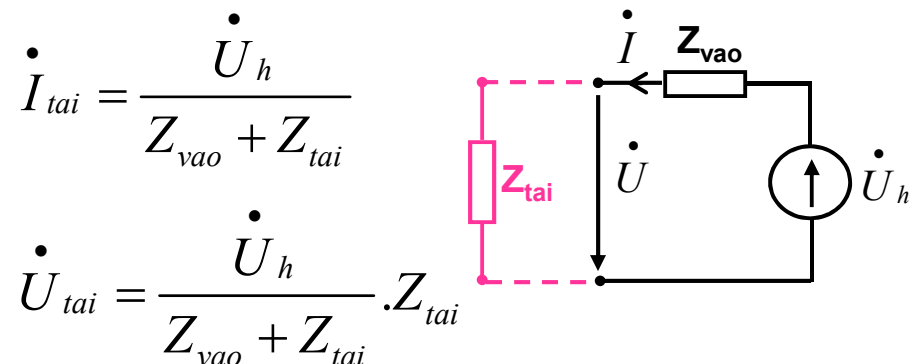
## II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

### a. Định lý Thévenin.

- Xét phương trình:  $\dot{U} = Z_{vao} \cdot \dot{I} + \dot{U}_h$
- Phương trình có dạng luật K2, ứng với sơ đồ gồm:
  - ❖ Tổng trở  $Z_{vao}$  (tổng trở vào của mạng một cửa) mắc nối tiếp với,
  - ❖ Nguồn áp  $\dot{U}_h$  (điện áp hở tại cửa)
- **Phát biểu:** Có thể thay thế mạng 1 cửa tuyến tính bằng một nguồn áp (có suất điện động bằng điện áp trên cửa khi hở mạch) mắc nối tiếp với một tổng trở (có giá trị bằng tổng trở vào của mạng một cửa.)

### ➤ Cách tính $Z_{vao}$ :

- ❖ Triệt tiêu nguồn độc lập: Ngắn mạch nguồn áp, hở mạch nguồn dòng.
- ❖ Tính tổng trở tương đương.



## II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

### b. Định lý Norton.

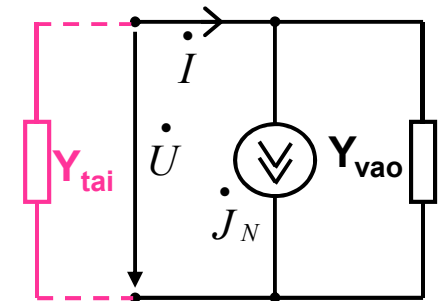
- Xét phương trình:  $\dot{I} = Y_{vao} \cdot \dot{U} + \dot{I}_N$
- Phương trình có dạng luật K1, ứng với sơ đồ gồm:
  - ❖ Tổng dẫn  $Y_{vao}$  (tổng dẫn vào của mạng một cửa), mắc song song với,
  - ❖ Nguồn dòng  $J_N$  (dòng điện ngắn mạch trên cửa)
- **Phát biểu:** Có thể thay thế mạng 1 cửa tuyến tính bằng một nguồn dòng (có giá trị bằng giá trị dòng điện ngắn mạch trên cửa) mắc song song với một tổng dẫn (có giá trị bằng tổng dẫn vào của mạng một cửa).

### ➤ Cách tính $Y_{vao}$ :

- ❖ Triệt tiêu nguồn độc lập: Ngắn mạch nguồn áp, hở mạch nguồn dòng.
- ❖ Tính tổng dẫn tương đương.

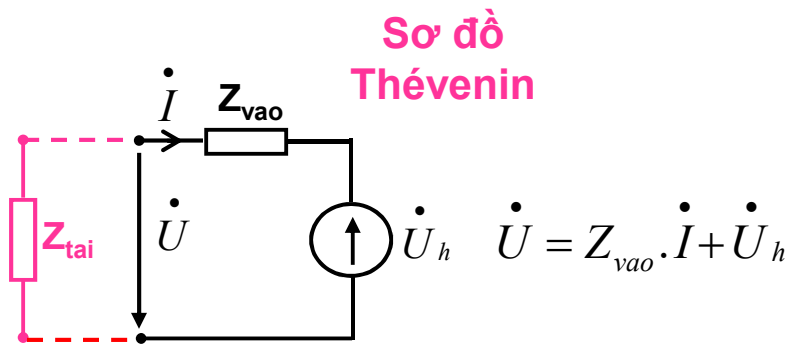
$$\dot{U}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}}$$

$$\dot{I}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}} \cdot Y_{tai}$$

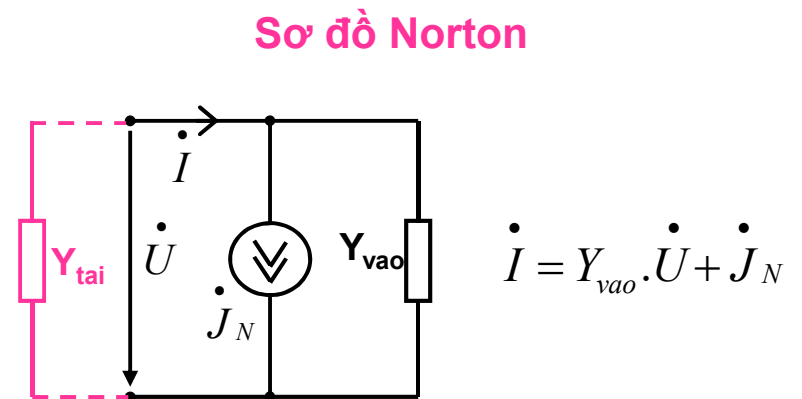


## II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

### c. Quan hệ giữa sơ đồ Thévenin và Norton.



$$\dot{I}_{tai} = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao} + Z_{tai}} \quad \dot{U}_{tai} = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao} + Z_{tai}} \cdot Z_{tai}$$



$$\dot{I}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}} \cdot Y_{tai} \quad \dot{U}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}}$$

$$\begin{cases} Y_{vao} = \frac{1}{Z_{vao}} \\ \dot{I}_N = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao}} \end{cases}$$

Công thức liên hệ

$$\begin{cases} Z_{vao} = \frac{1}{Y_{vao}} \\ \dot{U}_h = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao}} \end{cases}$$



## II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

Ví dụ: Tính dòng điện và điện áp trên  $Z_3$

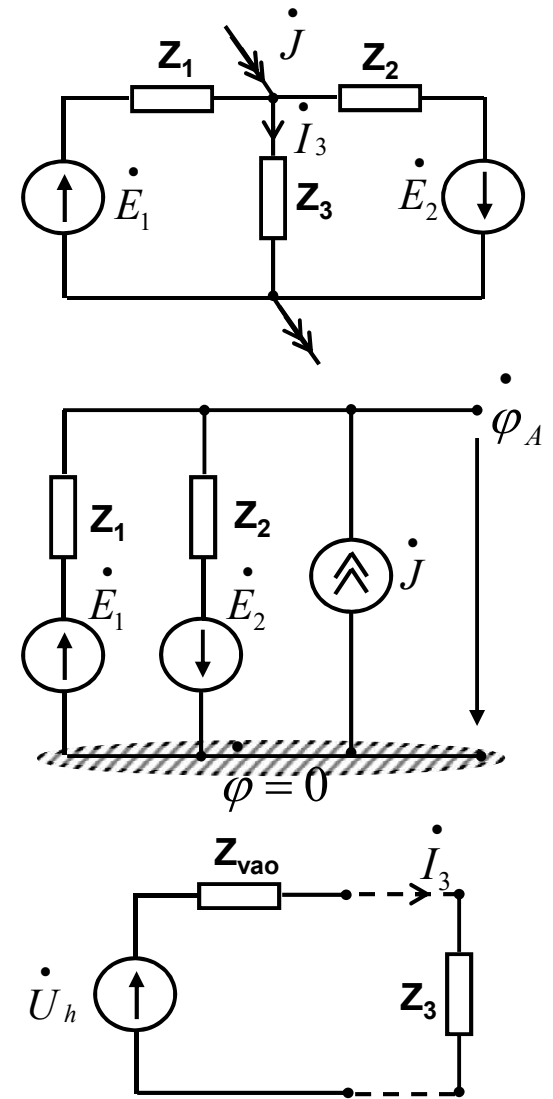
- Cắt nhánh 3:
- Tính  $\dot{U}_h$  theo phương pháp thế nút.

$$\dot{U}_h = \varphi_A = \frac{\dot{E}_1 \cdot Y_1 - \dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{J}}{Y_1 + Y_2} \text{ trong đó: } Y_1 = \frac{1}{Z_1} ; Y_2 = \frac{1}{Z_2}$$

- Tính tổng trở vào:  $Z_{vao} = Z_1 // Z_2 = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$
- Thay mạng 1 cửa bằng sơ đồ Thévenin:

$$\text{➤ Suy ra: } \dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao} + Z_3} = \frac{\dot{E}_1 \cdot Y_1 - \dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{J}}{(Y_1 + Y_2) \cdot (Z_{vao} + Z_3)}$$

$$\dot{U}_3 = Z_3 \cdot \dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_1 \cdot Y_1 - \dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{J}}{(Y_1 + Y_2) \cdot (Z_{vao} + Z_3)} \cdot Z_3$$



## II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

Ví dụ: Tính dòng điện và điện áp trên  $Z_3$

➤ Cắt nhánh 3:

➤ Tính  $\dot{I}_N$

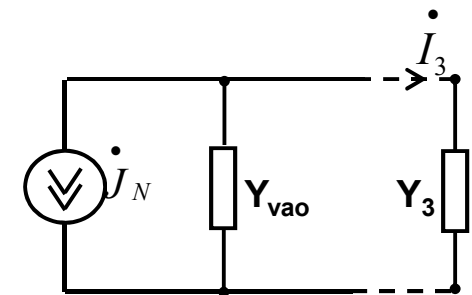
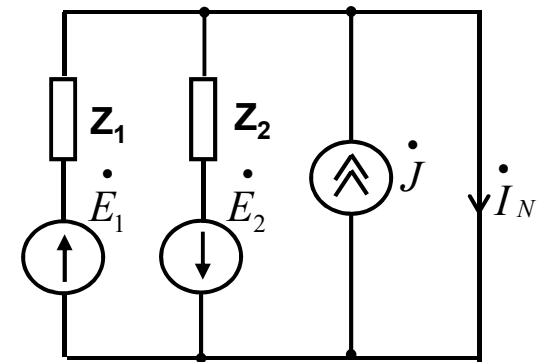
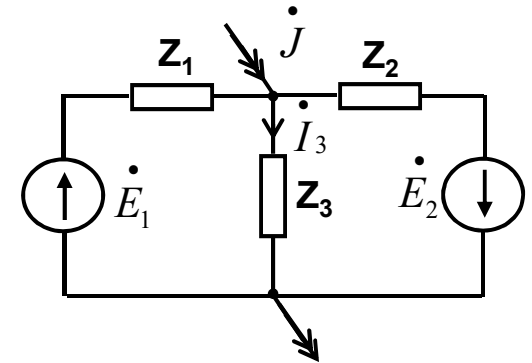
$$\dot{I}_N = \dot{J} + Y_1 \cdot \dot{E}_1 - Y_2 \cdot \dot{E}_2 \quad \text{trong đó: } Y_1 = \frac{1}{Z_1} \quad ; \quad Y_2 = \frac{1}{Z_2}$$

➤ Tính tổng dẫn vào:  $Y_{vao} = Y_1 // Y_2 = Y_1 + Y_2$

➤ Thay mạng 1 cửa bằng sơ đồ Norton:

➤ Suy ra:

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{I}_N}{Y_3 + Y_{vao}} \cdot Y_3 \quad ; \quad \dot{U}_3 = \frac{\dot{I}_3}{Y_3} = \frac{\dot{I}_N}{Y_3 + Y_{vao}}$$





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1

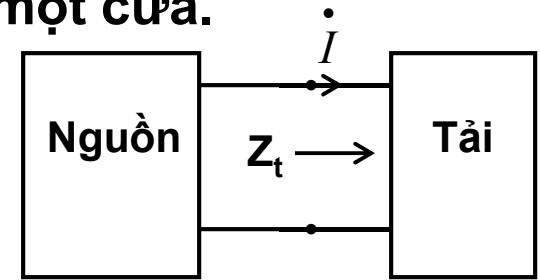


## Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

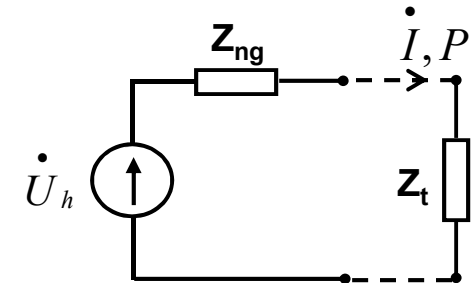
- I. Khái niệm mạng một cửa Kirchhoff.
- II. Phương trình - Sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.
- III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

## III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

- Mạng 1 cửa có nguồn cung cấp cho tải  $Z_t$  biến động.
- Theo định lý Thévenin: Thay thế mạng 1 cửa bằng một nguồn tương đương  $(\dot{U}_h, Z_{ng})$ .
- Khi đó công suất đưa đến tải:



$$P = R_t \cdot I_t^2 = R_t \cdot \frac{U_h^2}{Z^2} = U_h^2 \cdot \frac{R_t}{(R_{ng} + R_t)^2 + (X_{ng} + X_t)^2}$$



- Để công suất đến tải đạt cực đại:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{ng} + X_t = 0 \\ \frac{R_t}{(R_{ng} + R_t)^2} \rightarrow \max \end{array} \right. \xleftrightarrow{R_{ng} = \text{const}} \left\{ \begin{array}{l} X_{ng} + X_t = 0 \\ \frac{d}{dR_t} \left( \frac{R_t}{(R_{ng} + R_t)^2} \right) = 0 \end{array} \right. \longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_{ng} = -X_t \\ R_{ng} = R_t \end{array} \right.$$

## III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

➤ Điều kiện đưa công suất cực đại ra mạng 1 cửa là:

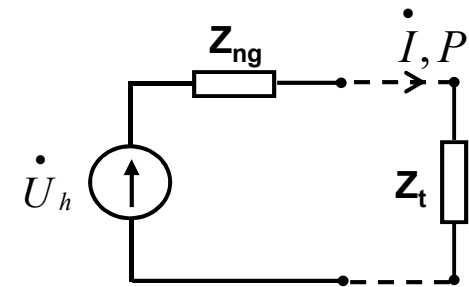
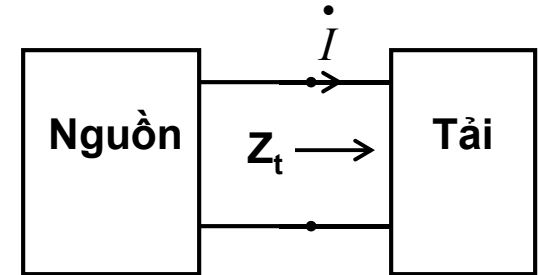
$$Z_{ng} = \hat{Z}_t$$

❖ Công suất cực đại đưa ra tải là:

$$P_t = \frac{U_h^2 \cdot R_t}{(R_{ng} + R_t)^2} = \frac{U_h^2 \cdot R_{ng}}{(2 \cdot R_{ng})^2} = \frac{U_h^2}{4 \cdot R_{ng}}$$

❖ Hiệu suất truyền năng lượng đến tải:

$$\eta = \frac{P_t}{P_{ng}} = \frac{R_t \cdot I^2}{(R_{ng} + R_t) \cdot I^2} = 50\%$$



➤ Thực tế  $Z_{ng}$  &  $R_t$  không thỏa mãn điều kiện trên → cần nối thêm một bộ phận trung gian có thông số thích hợp giữa nguồn & tải (*hòa hợp nguồn với tải*).



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

I. Khái niệm.

II. Mô hình toán học mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số

III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.

IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào mạng hai cửa.  
Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.

V. Mạng hai cửa phi hỗ.

VI. Khuếch đại thuật toán.

**Bài tập: 1 - 9, bài thêm**



# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

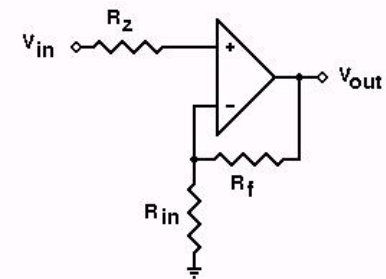
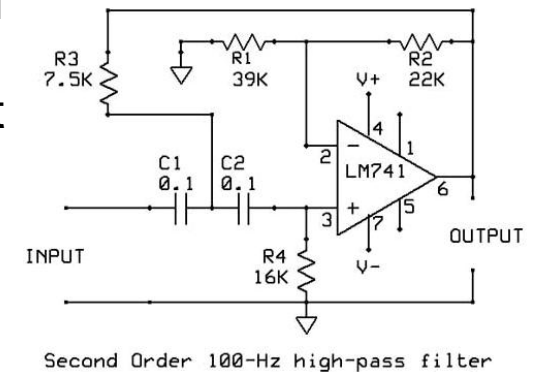


## I.1. Đặt vấn đề.

- Các chương trước đã trình bày:
  - ❖ Phương pháp xét mạch tuyến tính hệ số hằng ở chế độ xác lập điều hòa:
    - ✓ Phương pháp dòng nhánh.
    - ✓ Phương pháp dòng vòng.
    - ✓ Phương pháp thế đỉnh.
  - ❖ Phương pháp xét mạch tuyến tính có kích thích chu kỳ không điều hòa.
  - ❖ Phương pháp mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.
- Chương này sẽ trình bày sơ đồ cấu trúc mới, *mô hình mạng hai cửa Kirchhoff*.
  - ❖ **Thế nào là mạng 2 cửa ???**
  - ❖ **Tại sao ta phải xây dựng mô hình mạng 2 cửa ???**

## I.1. Đặt vấn đề.

- Thực tế có những thiết bị điện (có cấu trúc bên trong khác nhau) làm nhiệm vụ *nhận năng lượng / tín hiệu đưa vào một cửa ngõ và truyền ra một cửa ngõ khác.*
- Hệ thống đo lường điều khiển tạo bởi nhiều khối, mỗi khối có 2 cửa ngõ, tác động lên tín hiệu ở cửa vào, để cho một tín hiệu khác ở cửa ra. Việc phân tích theo sơ đồ khối dễ dàng nhìn thấy cấu trúc của hệ thống, hiểu được chức năng của từng khối trong hệ thống đó.
- Để mô tả quan hệ các quá trình năng lượng/tín hiệu trên hai cửa ngõ → sử dụng *mô hình mạng hai cửa.*







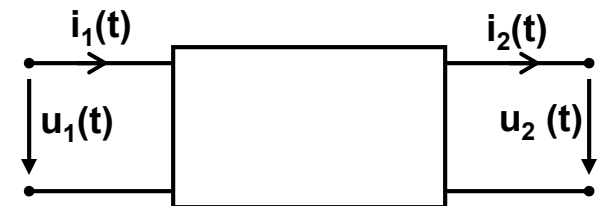
# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## I.1. Đặt vấn đề.

- **Định nghĩa:** Mô hình mạng hai cửa là kết cấu sơ đồ mạch có hai cửa ngõ để truyền đạt, trao đổi năng lượng / tín hiệu điện với các mạch khác. Nếu quá trình năng lượng trên các cửa được đo bằng cặp biến trạng thái dòng, áp  $u_1(t)$ ,  $i_1(t)$ ,  $u_2(t)$ ,  $i_2(t)$  → mạng hai cửa Kirchhoff.

- Theo tính chất tuyến tính, mỗi biến trạng thái có quan hệ tuyến tính với 2 biến trạng thái khác:



- ❖ Mô hình toán học:

$$\begin{cases} f_1(u_1, u_1', \dots, i_1, i_1', \dots, u_2, u_2', \dots, i_2, i_2', \dots, t) = 0 \\ f_2(u_1, u_1', \dots, i_1, i_1', \dots, u_2, u_2', \dots, i_2, i_2', \dots, t) = 0 \end{cases}$$

- ❖ Có 06 hệ phương trình tuyến tính → ứng với 06 bộ số  $A, Z, Y, B, G, H$



# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## I.2. Phân loại.

- Theo **tính chất của mô hình toán học**:
  - ❖ Mạng hai cửa tuyến tính.
  - ❖ ~~Mạng hai cửa phi tuyến~~
- Theo **tính chất tương hỗ**:
  - ❖ Mạng hai cửa tương hỗ.
  - ❖ Mạng hai cửa phi hỗ.
- Theo **cấu trúc của mạng hai cửa**:
  - ❖ Mạng hai cửa đối xứng.
  - ❖ Mạng hai cửa không đối xứng.
- Theo **năng lượng**:
  - ❖ Mạng hai cửa có nguồn.
  - ❖ Mạng hai cửa không nguồn.

## I.2. Phân loại.

➤ Cách xác định mạng 2 cửa có nguồn / không nguồn:

❖ *Hở mạch 2 cửa* ( $i_1 = i_2 = 0$ ) → đo điện áp hở mạch:

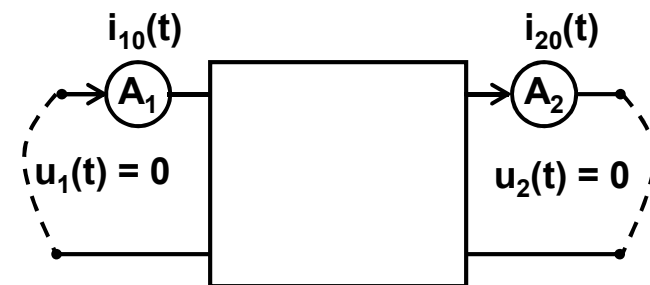
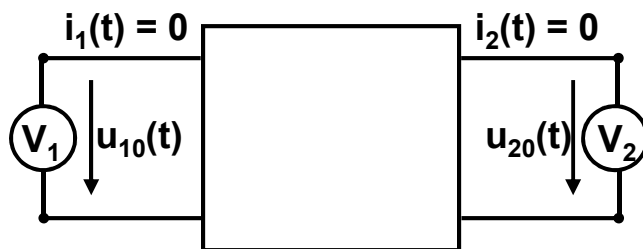
✓ Nếu  $u_{10} = u_{20} = 0$  → mạng 2 cửa không nguồn

✓ Nếu  $u_{10} \neq 0$  hoặc  $u_{20} \neq 0$  → mạng 2 cửa có nguồn

❖ *Ngắn mạch 2 cửa* ( $u_1 = u_2 = 0$ ) → đo dòng điện ngắn mạch:

✓ Nếu  $i_{10} = i_{20} = 0$  → mạng 2 cửa không nguồn

✓ Nếu  $i_{10} \neq 0$  hoặc  $i_{20} \neq 0$  → mạng 2 cửa có nguồn





# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## I.2. Phân loại.

- Thực tế có nhiều loại mạng hai cửa khác nhau:
  - ❖ Mạng hai cửa phi tuyến có nguồn / không nguồn.
  - ❖ Mạng hai cửa tuyến tính có nguồn / không nguồn.
  - ❖ Mạng hai cửa tuyến tính tương hỗ.
  - ❖ Mạng hai cửa tuyến tính phi hỗ.
  - ❖ ...
- Chương này chỉ việc mô tả & phân tích mạng *hai cửa tuyến tính, không nguồn, có hệ số hằng ở chế độ xác lập điều hòa.*
  - Sử dụng *phương pháp số phức.*



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

I. Khái niệm.

II. Mô hình toán học mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số.

II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

II.2. Hệ phương trình trạng thái dạng B.

II.3. Hệ phương trình trạng thái dạng Z.

II.4. Hệ phương trình trạng thái dạng Y.

II.5. Hệ phương trình trạng thái dạng H.

II.6. Hệ phương trình trạng thái dạng G.

II.7. Ma trận của hệ các mạng hai cửa.

II.8. Các phương pháp tính bộ số đặc trưng.

III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.

IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào mạng hai cửa. Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.

V. Mạng hai cửa phi hỗ.

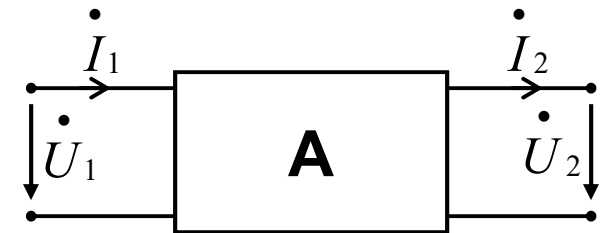
VI. Khuếch đại thuật toán.

## II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

- Xét mạng hai cửa Kirchoff ở chế độ xác lập điều hòa:
- Theo tính chất tuyến tính, mỗi biến trạng thái có quan hệ tuyến tính với 2 biến trạng thái khác

- ❖ Xét quan hệ tuyến tính giữa  $(\dot{U}_1, \dot{I}_1)$  và  $(\dot{U}_2, \dot{I}_2)$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2 + \dot{U}_{10} \\ \dot{I}_1 = A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2 + \dot{I}_{10} \end{cases}$$



- ❖ Do mạng 2 cửa không nguồn, nếu  $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = 0$  và  $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = 0 \rightarrow \dot{U}_{10} = \dot{I}_{10} = 0$

- Vậy phương trình trạng thái dạng A của mạng 2 cửa tuyến tính không nguồn là:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2 \end{cases} \quad \text{Dạng ma trận: } \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix}$$



# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

- Bộ số  $A_{ij}$  đặc trưng cho quan hệ dòng - áp giữa cửa 1 và cửa 2 (*đặc trưng cho sự truyền đạt*).
- Các mạng 2 cửa có cấu trúc khác nhau nhưng có cùng bộ số  $A_{ij} \rightarrow$  *tương đương nhau về truyền đạt năng lượng và tín hiệu*.
- Ý nghĩa của bộ số A (*công thức định nghĩa*):

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2 \end{cases}$$

❖ *Hở mạch cửa 2:  $\dot{I}_2 = 0$*

$$A_{11} = \frac{\partial \dot{U}_1}{\partial \dot{U}_2} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \quad \text{Đo độ biến thiên điện áp trên cửa 1 theo kích thích áp trên cửa 2.}$$

$$A_{21} = \frac{\partial \dot{I}_1}{\partial \dot{U}_2} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} [Si] \quad \text{Đo độ biến thiên dòng trên cửa 1 theo kích thích áp trên cửa 2.}$$

❖ *Ngắn mạch cửa 2:  $\dot{U}_2 = 0$*

$$A_{12} = \frac{\partial \dot{U}_1}{\partial \dot{I}_2} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} [\Omega] \quad \text{Đo độ biến thiên điện áp trên cửa 1 theo kích thích dòng trên cửa 2.}$$

$$A_{22} = \frac{\partial \dot{I}_1}{\partial \dot{I}_2} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \quad \text{Đo độ biến thiên dòng trên cửa 1 theo kích thích dòng trên cửa 2.}$$



# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

- Bộ số  $A_{ij}$  được tính trong điều kiện đặc biệt của mạng 2 cửa (hở mạch & ngắn mạch cửa 2) → không phụ thuộc vào các phần tử ngoài → bộ số  $A_{ij}$  đặc trưng & thể hiện tính truyền đạt giữa 2 cửa.
- Cách xác định thông số  $A_{ij}$ :

### ❖ *Lập phương trình mạch:*

- ✓ Từ sơ đồ mạch → lập phương trình mạch theo các phương pháp
- ✓ Rút gọn về quan hệ giữa  $(\dot{U}_1, \dot{I}_1)$  và  $(\dot{U}_2, \dot{I}_2)$

### ❖ *Dùng công thức định nghĩa:*

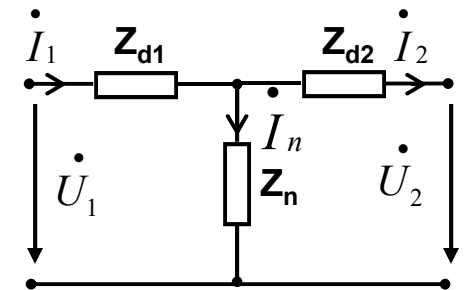
- ✓ Đo dòng, áp trên 2 cửa trong điều kiện ngắn mạch & hở mạch cửa 2.
- ✓ Dùng công thức định nghĩa tính giá trị  $A_{ij}$ .



## II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

Ví dụ: Tính bộ số A của mạng 2 cửa có sơ đồ hình T.

**Cách 1: Lập phương trình mạch**



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{I}_1 \cdot Z_{d1} + \dot{I}_n \cdot Z_n \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_n + \dot{I}_2 \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{U}_2 = \dot{I}_n \cdot Z_n - \dot{I}_2 \cdot Z_{d2} \\ \dot{I}_n = \frac{\dot{U}_2 + \dot{I}_2 \cdot Z_{d2}}{Z_n} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{d1} \cdot \left( \frac{\dot{U}_2 + \dot{I}_2 \cdot Z_{d2}}{Z_n} + \dot{I}_2 \right) + \frac{\dot{U}_2 + \dot{I}_2 \cdot Z_{d2}}{Z_n} \cdot Z_n \\ \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_2 + \dot{I}_2 \cdot Z_{d2}}{Z_n} + \dot{I}_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = \left( 1 + \frac{Z_{d1}}{Z_n} \right) \cdot \dot{U}_2 + \left( Z_{d1} + Z_{d2} + \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2}}{Z_n} \right) \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = \frac{1}{Z_n} \cdot \dot{U}_2 + \left( 1 + \frac{Z_{d2}}{Z_n} \right) \cdot \dot{I}_2 \end{cases}$$

Bộ số A của mạch hình T:

$$A_T = \begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_{d1}}{Z_n} & Z_{d1} + Z_{d2} + \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2}}{Z_n} \\ \frac{1}{Z_n} & 1 + \frac{Z_{d2}}{Z_n} \end{pmatrix}$$

## II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

Ví dụ: Tính bộ số A của mạng 2 cửa có sơ đồ hình T.

**Cách 2:** Tính bộ số A theo công thức định nghĩa.

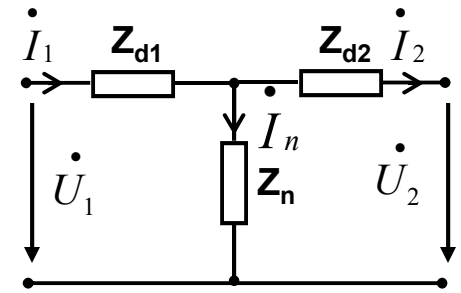
➤ Hở mạch cửa 2:  $\dot{I}_2 = 0$

$$A_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = \frac{(Z_{d1} + Z_n) \dot{I}_1}{Z_n \cdot \dot{I}_1} = 1 + \frac{Z_{d1}}{Z_n} \quad A_{21} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} = \frac{1}{Z_n}$$

➤ Ngắn mạch cửa 2:  $\dot{U}_2 = 0$

$$A_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} = \frac{\left( Z_{d1} + \frac{Z_n \cdot Z_{d2}}{Z_n + Z_{d2}} \right) \cdot \dot{I}_1}{\frac{Z_n}{Z_n + Z_{d2}} \cdot \dot{I}_1} = \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2} + Z_{d1} \cdot Z_n + Z_{d2} \cdot Z_n}{Z_n} \quad A_{22} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_1 \cdot \frac{Z_n}{Z_n + Z_{d2}}} = 1 + \frac{Z_{d2}}{Z_n}$$

$$A_{12} = Z_{d1} + Z_{d2} + \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2}}{Z_n}$$



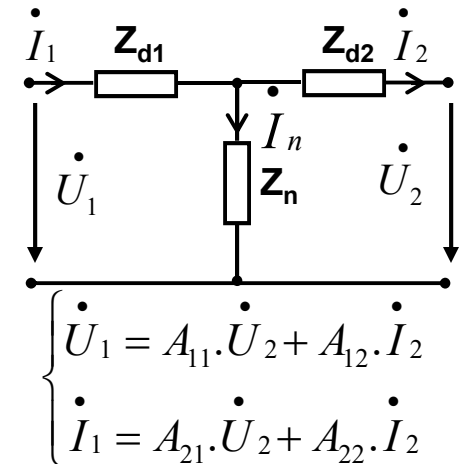
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2 \end{cases}$$

# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

## II.1. Hệ phương trình trạng thái dạng A.

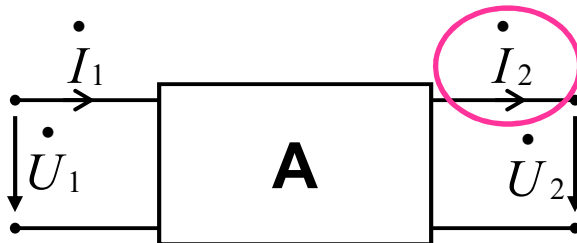
Ví dụ: Tính bộ số A của mạng 2 cửa có sơ đồ hình T.

$$A_T = \begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_{d1}}{Z_n} & Z_{d1} + Z_{d2} + \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2}}{Z_n} \\ \frac{1}{Z_n} & 1 + \frac{Z_{d2}}{Z_n} \end{pmatrix}$$

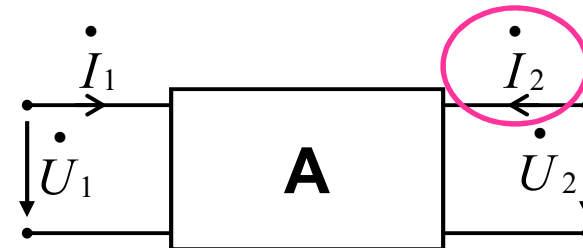


$$\det A = A_{11} \cdot A_{22} - A_{12} \cdot A_{21} = 1 + \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2}}{Z_n^2} + \frac{Z_{d1}}{Z_n} + \frac{Z_{d2}}{Z_n} - \frac{Z_{d1} \cdot Z_{d2}}{Z_n^2} - \frac{Z_{d1}}{Z_n} - \frac{Z_{d2}}{Z_n} = 1$$

**Chú ý:** Mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ  $\leftrightarrow \det A = \pm 1$



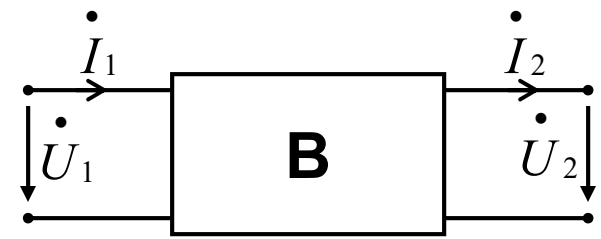
$$\det A = 1$$



$$\det A = -1$$

## II.2. Hệ phương trình trạng thái dạng **B**.

- Xét quan hệ tuyến tính giữa  $(\dot{U}_2, \dot{I}_2)$  và  $(\dot{U}_1, \dot{I}_1)$
- Ta có hệ phương trình trạng thái dạng **B** của mạng 2 cửa tuyến tính không nguồn:



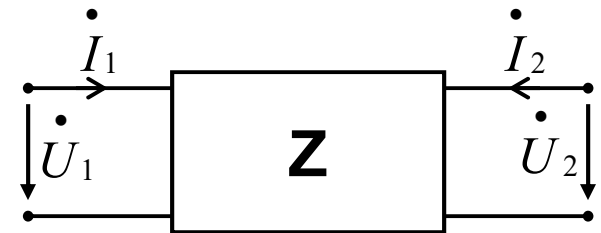
$$\begin{cases} \dot{U}_2 = B_{11} \cdot \dot{U}_1 + B_{12} \cdot \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 = B_{21} \cdot \dot{U}_1 + B_{22} \cdot \dot{I}_1 \end{cases} \quad \text{Dạng ma trận:} \quad \begin{pmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{pmatrix}$$

- Như vậy ta có:  $B = A^{-1}$      $\det B = \pm 1$
- Quan hệ giữa các thông số  $B_{ij}$  và  $A_{ij}$ :

$$\begin{aligned} A_{11} &= B_{22} & A_{12} &= -B_{12} \\ A_{21} &= -B_{21} & A_{22} &= B_{11} \end{aligned}$$

## II.3. Hệ phương trình trạng thái dạng Z.

- Xét quan hệ tuyến tính giữa  $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$  và  $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$
- Ta có hệ phương trình trạng thái dạng Z của mạng 2 cửa tuyến tính không nguồn:



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11} \cdot \dot{I}_1 + Z_{12} \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21} \cdot \dot{I}_1 + Z_{22} \cdot \dot{I}_2 \end{cases} \quad \text{Dạng ma trận: } \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix}$$

- Ý nghĩa bộ số Z (*công thức định nghĩa*):

$$Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} \quad [\Omega] \quad \text{Tổng trở vào cửa 1 khi cửa 2 hở mạch}$$

$$Z_{21} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} \quad [\Omega] \quad \text{Tổng trở tương hỗ khi hở mạch cửa 2}$$

$$Z_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} \quad [\Omega] \quad \text{Tổng trở tương hỗ khi hở mạch cửa 1}$$

$$Z_{22} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} \quad [\Omega] \quad \text{Tổng trở vào cửa 2 khi cửa 1 hở mạch}$$

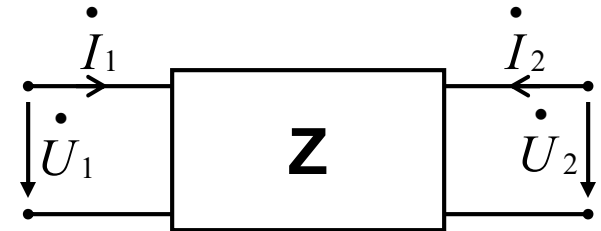


## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



### II.3. Hệ phương trình trạng thái dạng Z.

➤ Cách xác định thông số  $Z_{ij}$ :



#### ❖ *Lập phương trình mạch:*

- ✓ Từ sơ đồ mạch → lập phương trình mạch theo các phương pháp
- ✓ Rút gọn về dạng quan hệ giữa  $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$  và  $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$

#### ❖ *Dùng công thức định nghĩa:*

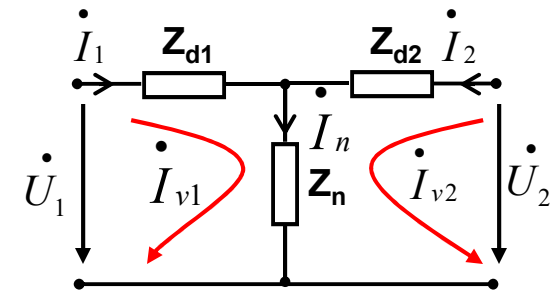
- ✓ Đo dòng, áp trên 2 cửa trong các điều kiện hở mạch cửa 1 & cửa 2.
- ✓ Dùng công thức định nghĩa tính giá trị  $Z_{ij}$ .

## II.3. Hệ phương trình trạng thái dạng Z.

Ví dụ: Tính bộ số Z của mạng 2 cửa có sơ đồ hình T.

### Cách 1: Lập phương trình mạch

- ❖ Chọn dòng điện vòng có chiều như hình vẽ.
- ❖ Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng vòng.



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = (Z_{d1} + Z_n) \cdot \dot{I}_{v1} + Z_n \cdot \dot{I}_{v2} \\ \dot{U}_2 = Z_n \cdot \dot{I}_{v1} + (Z_{d2} + Z_n) \cdot \dot{I}_{v2} \end{cases} \quad \text{Mặt khác có: } \begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_{v1} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{v2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_1 = (Z_{d1} + Z_n) \cdot \dot{I}_1 + Z_n \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_n \cdot \dot{I}_1 + (Z_{d2} + Z_n) \cdot \dot{I}_2 \end{cases}$$

Ma trận Z của mạch hình T:

$$Z_T = \begin{pmatrix} Z_{d1} + Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_{d2} + Z_n \end{pmatrix}$$

## II.3. Hệ phương trình trạng thái dạng Z.

Ví dụ: Tính bộ số Z của mạng 2 cửa có sơ đồ hình T.

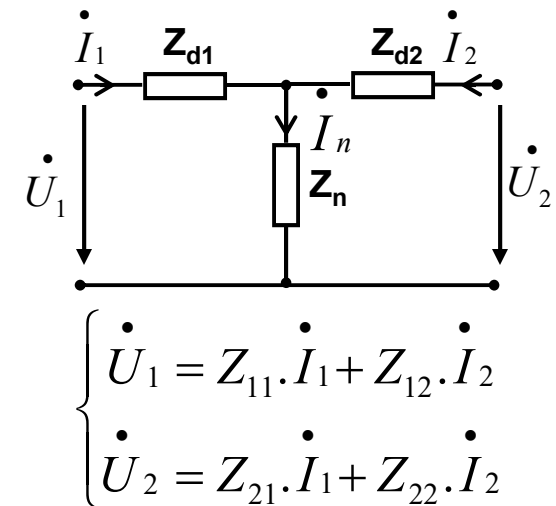
**Cách 2:** Dùng công thức định nghĩa.

❖ Hở mạch cửa 1:  $\dot{I}_1 = 0$

$$Z_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} = Z_n \quad Z_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = Z_{d2} + Z_n$$

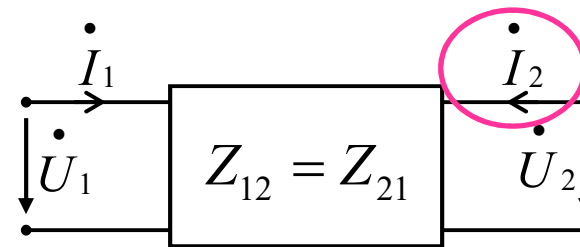
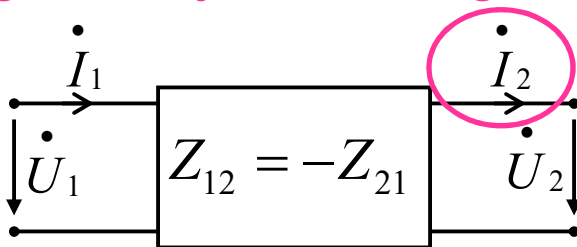
❖ Hở mạch cửa 2:  $\dot{I}_2 = 0$

$$Z_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = Z_{d1} + Z_n \quad Z_{21} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} = Z_n$$



$$Z_T = \begin{pmatrix} Z_{d1} + Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_{d2} + Z_n \end{pmatrix}$$

**Chú ý:** Mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ:

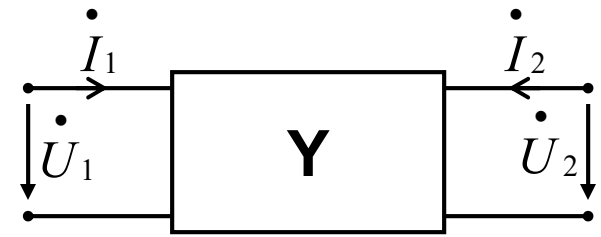




## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

### II.4. Hệ phương trình trạng thái dạng Y.

- Xét quan hệ tuyến tính giữa  $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$  và  $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$
- Khi đó ta có hệ phương trình trạng thái dạng Y của mạng 2 cửa tuyến tính không nguồn:



$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11} \cdot \dot{U}_1 + Y_{12} \cdot \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21} \cdot \dot{U}_1 + Y_{22} \cdot \dot{U}_2 \end{cases} \quad \text{Dạng ma trận: } \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{pmatrix} \quad \boxed{Y = Z^{-1}}$$

- Ý nghĩa bộ số Y (*công thức định nghĩa*):

$$Y_{11} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{U}_2=0} \quad [Si] \quad \text{Tổng dẫn vào cửa 1 khi cửa 2 ngắn mạch}$$

$$Y_{21} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{U}_2=0} \quad [Si] \quad \text{Tổng dẫn tương hỗ khi ngắn mạch cửa 2}$$

$$Y_{12} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{U}_1=0} \quad [Si] \quad \text{Tổng dẫn tương hỗ khi ngắn mạch cửa 1}$$

$$Y_{22} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{U}_1=0} \quad [Si] \quad \text{Tổng dẫn vào cửa 2 khi cửa 1 ngắn mạch}$$

## II.4. Hệ phương trình trạng thái dạng Y.

➤ Cách xác định thông số  $Y_{ij}$ :



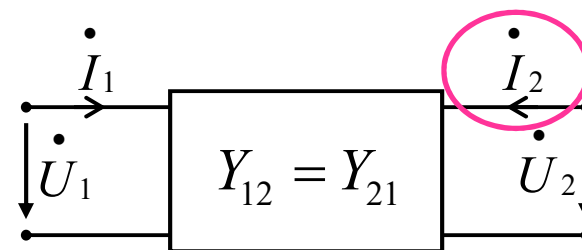
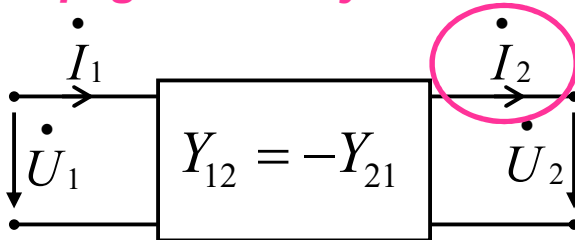
❖ **Lập phương trình mạch:**

- ✓ Từ sơ đồ mạch → lập phương trình mạch theo cách phương pháp
- ✓ Rút gọn về dạng quan hệ giữa  $(\dot{I}_1, \dot{I}_2)$  và  $(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$

❖ **Dùng công thức định nghĩa:**

- ✓ Đo dòng, áp trên 2 cửa trong các điều kiện ngắn mạch cửa 1 & cửa 2.
- ✓ Dùng công thức định nghĩa tính các giá trị  $Y_{ij}$ .

➤ **Chú ý: Mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ:**

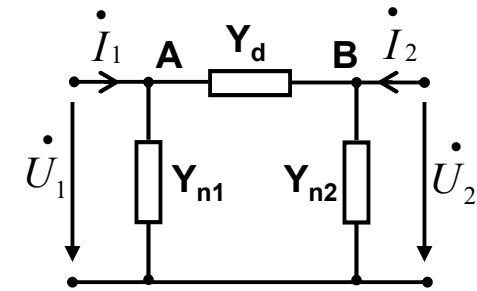


## II.4. Hệ phương trình trạng thái dạng Y.

Ví dụ: Tính bộ số Y của mạng 2 cửa có sơ đồ hình  $\pi$

### Cách 1: Lập phương trình mạch

- ❖ Lập phương trình mạch theo phương pháp thế đỉnh.



$$\begin{cases} \dot{I}_1 = (Y_{n1} + Y_d) \cdot \dot{\varphi}_A - Y_d \cdot \dot{\varphi}_B \\ \dot{I}_2 = -Y_d \cdot \dot{\varphi}_A + (Y_{n2} + Y_d) \cdot \dot{\varphi}_B \end{cases} \quad \text{Mặt khác có: } \begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{\varphi}_A \\ \dot{U}_2 = \dot{\varphi}_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = (Y_{n1} + Y_d) \cdot \dot{U}_1 - Y_d \cdot \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = -Y_d \cdot \dot{U}_1 + (Y_{n2} + Y_d) \cdot \dot{U}_2 \end{cases}$$

### Cách 2: Dùng công thức định nghĩa.

- ❖ Ngắn mạch cửa 1:  $\dot{U}_1 = 0$

$$Y_{12} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} = -Y_d$$

$$Y_{22} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} = Y_{n2} + Y_d$$

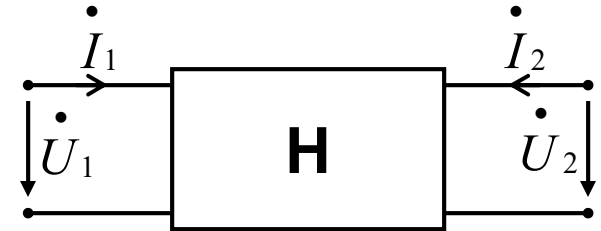
- ❖ Ngắn mạch cửa 2:  $\dot{U}_2 = 0$

$$Y_{11} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} = Y_{n1} + Y_d$$

$$Y_{21} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} = -Y_d$$

## II.5. Hệ phương trình trạng thái dạng H.

- Xét quan hệ tuyến tính giữa  $(\dot{U}_1, \dot{I}_2)$  và  $(\dot{I}_1, \dot{U}_2)$
- Khi đó ta có hệ phương trình trạng thái dạng H của mạng 2 cửa tuyến tính không nguồn:



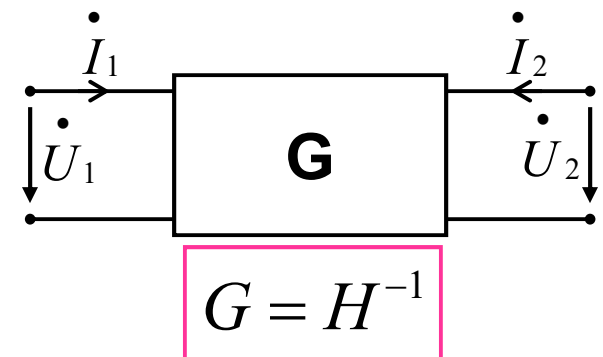
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = H_{11} \cdot \dot{I}_1 + H_{12} \cdot \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = H_{21} \cdot \dot{I}_1 + H_{22} \cdot \dot{U}_2 \end{cases} \quad \text{Dạng ma trận:} \quad \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{pmatrix}$$

- Chú ý: *Mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ:*

$$H_{12} = -H_{21}$$

## II.6. Hệ phương trình trạng thái dạng G.

- Xét quan hệ tuyến tính giữa  $(\dot{I}_1, \dot{U}_2)$  và  $(\dot{U}_1, \dot{I}_2)$
- Khi đó ta có hệ phương trình trạng thái dạng G của mạng 2 cửa tuyến tính không nguồn:



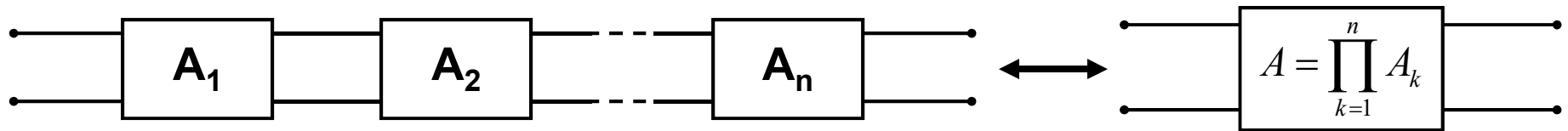
$$\begin{cases} \dot{I}_1 = G_{11} \cdot \dot{U}_1 + G_{12} \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = G_{21} \cdot \dot{U}_1 + G_{22} \cdot \dot{I}_2 \end{cases} \quad \text{Dạng ma trận: } \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix}$$

- Chú ý: *Mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ:*

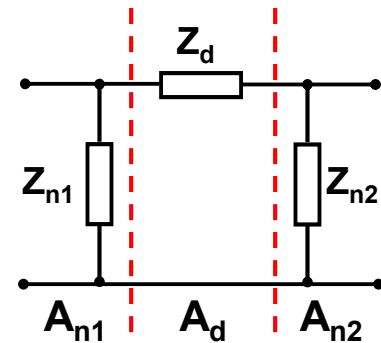
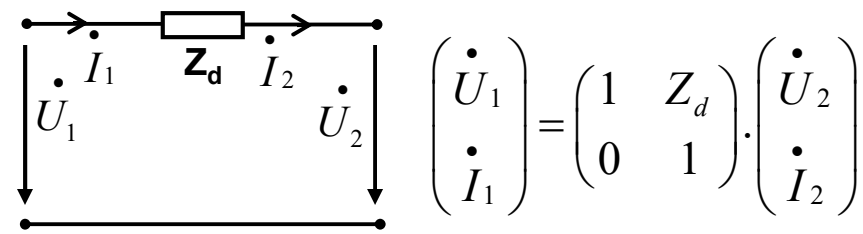
$$G_{12} = -G_{21}$$

## II.7. Ma trận của hệ các mạng hai cửa.

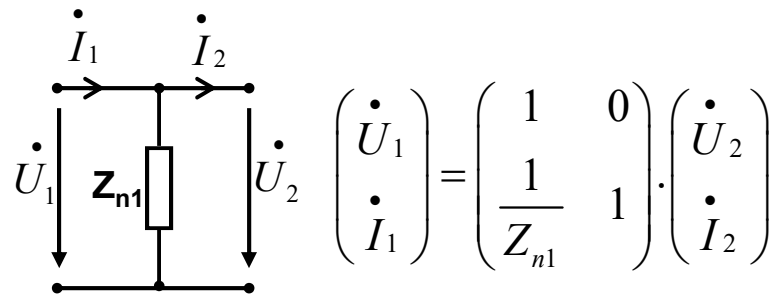
### a. Mạng hai cửa nối xâu chuỗi (*cascade connection*).



Ví dụ: Tính bộ số  $A$  của mạng 2 cửa hình  $\pi$ .



$$A = A_{n1} \cdot A_d \cdot A_{n2}$$

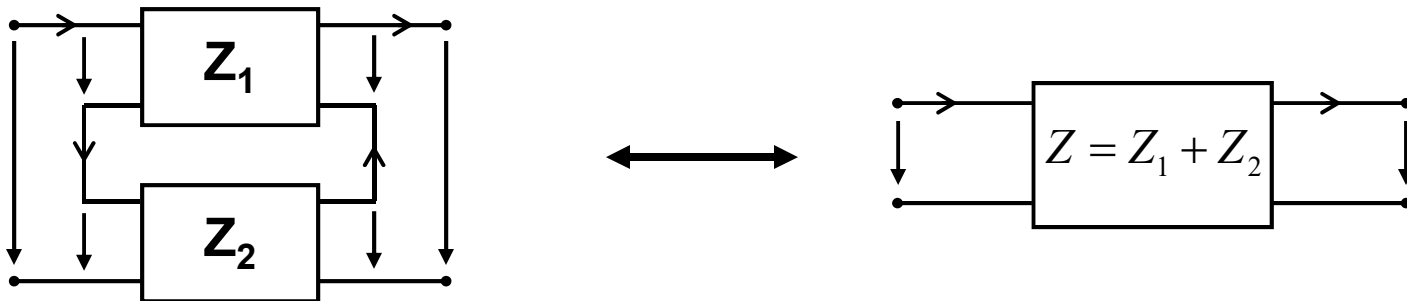


$$A = \begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_d}{Z_{n2}} & Z_d \\ \frac{1}{Z_{n1}} + \frac{1}{Z_{n2}} + \frac{Z_d}{Z_{n1} \cdot Z_{n2}} & \frac{Z_d}{Z_{n1}} + 1 \end{pmatrix}$$

## II.7. Ma trận của hệ các mạng hai cửa.

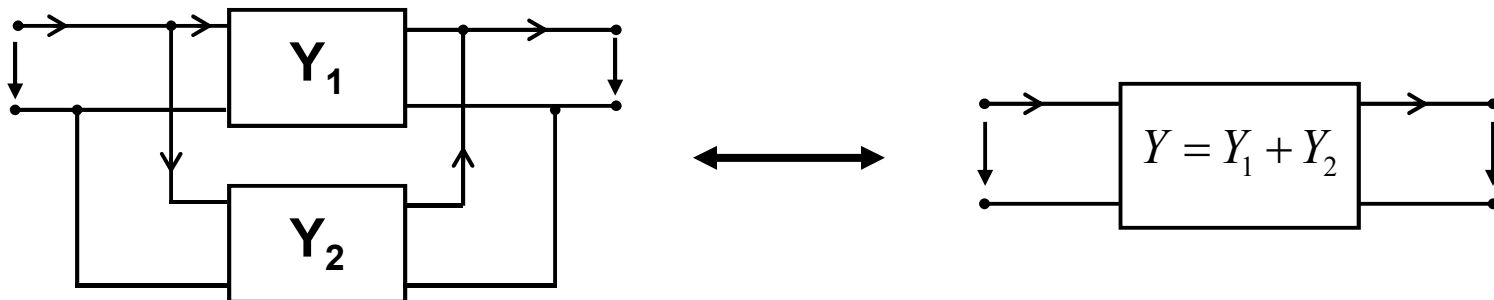
### b. Mạng hai cửa ghép nối tiếp.

- Các mạng 2 cửa ghép nối tiếp nếu có *cùng dòng điện trên các cửa*.



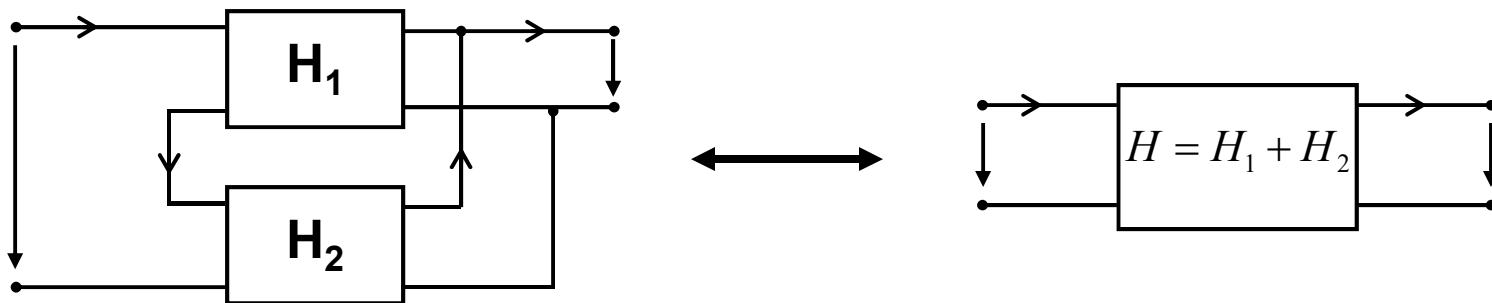
### c. Mạng hai cửa ghép song song.

- Các mạng 2 cửa ghép song song nếu có *cùng điện áp trên các cửa*.

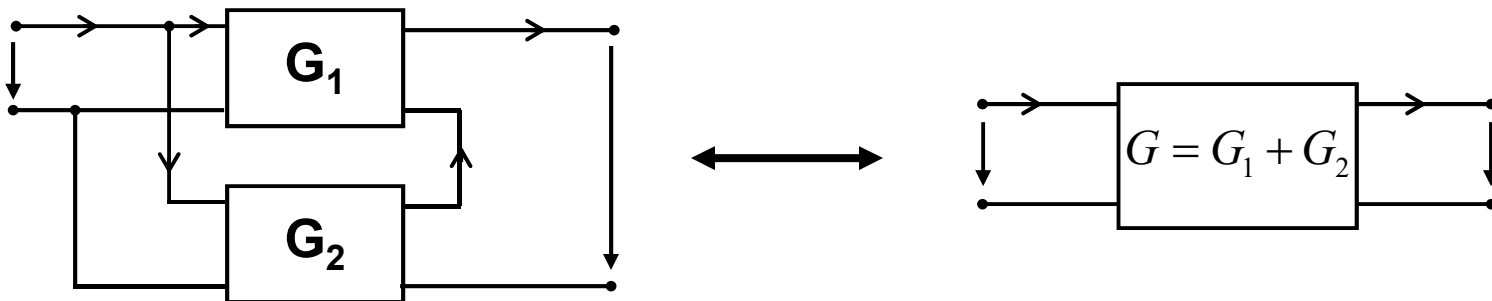


## II.7. Ma trận của hệ các mạng hai cửa.

### d. Mạng hai cửa ghép nối tiếp - song song.



### e. Mạng hai cửa ghép song song - nối tiếp.





## II.8. Các phương pháp tính bộ số đặc trưng.

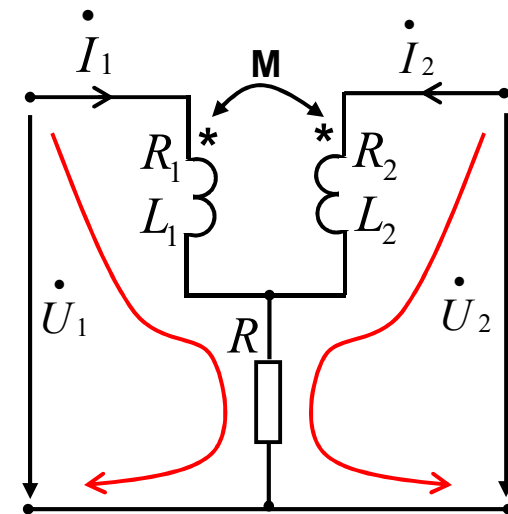
- Dùng công thức định nghĩa.
- Lập phương trình mạch
- Từ bộ số này tính ra bộ số khác.
- Phương pháp tổng hợp toán học.

Ví dụ: Tính các bộ số của sơ đồ hình bên.

### ➤ Tính bộ Z.

Lập phương trình dòng vòng

$$\begin{cases} (R + R_1 + j\omega L_1) \cdot \dot{I}_1 + (R + j\omega M) \cdot \dot{I}_2 = \dot{U}_1 & (1) \\ (R + j\omega M) \cdot \dot{I}_1 + (R + R_2 + j\omega L_2) \cdot \dot{I}_2 = \dot{U}_2 & (2) \end{cases}$$



$$Z = \begin{pmatrix} R + R_1 + j\omega L_1 & R + j\omega M \\ R + j\omega M & R + R_2 + j\omega L_2 \end{pmatrix}$$

## II.8. Các phương pháp tính bộ số đặc trưng.

Ví dụ: Tính các bộ số của sơ đồ hình bên.

### ➤ Tính bộ A.

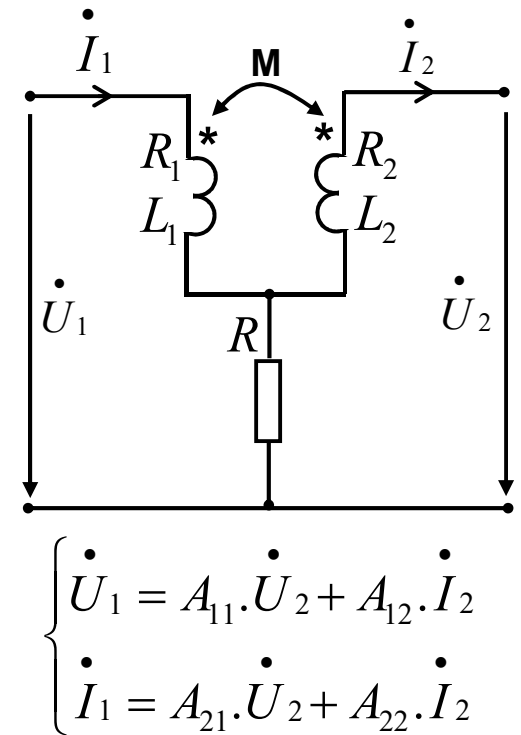
$$\text{Từ phương trình (2): } \rightarrow \dot{I}_1 = \frac{1}{Z_{21}} \cdot \dot{U}_2 - \frac{Z_{22}}{Z_{21}} \cdot \dot{I}_2 \rightarrow \begin{cases} A_{21} = \frac{1}{Z_{21}} \\ A_{22} = -\frac{Z_{22}}{Z_{21}} \end{cases}$$

Thay vào phương trình (1):

$$\dot{U}_1 = Z_{11} \cdot \left( \frac{1}{Z_{21}} \cdot \dot{U}_2 - \frac{Z_{22}}{Z_{21}} \cdot \dot{I}_2 \right) + Z_{12} \cdot \dot{I}_2 = \frac{Z_{11}}{Z_{21}} \dot{U}_2 + \left( Z_{12} + \frac{Z_{11} \cdot Z_{22}}{Z_{21}} \right) \cdot \dot{I}_2$$

$$\rightarrow \begin{cases} A_{11} = \frac{Z_{11}}{Z_{21}} \\ A_{12} = Z_{12} - \frac{Z_{11} \cdot Z_{22}}{Z_{21}} \end{cases}$$

$$A = \begin{pmatrix} \frac{Z_{11}}{Z_{21}} & Z_{12} - \frac{Z_{11} \cdot Z_{22}}{Z_{21}} \\ \frac{1}{Z_{21}} & -\frac{Z_{22}}{Z_{21}} \end{pmatrix}$$



## II.8. Các phương pháp tính bộ số đặc trưng.

Ví dụ: Tính các bộ số của sơ đồ hình bên.

➤ **Tính bộ H.**

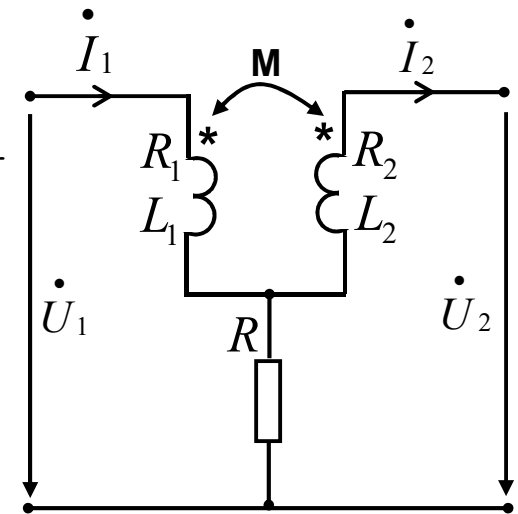
$$\text{Từ phương trình (2): } \rightarrow \dot{I}_2 = \frac{1}{Z_{22}} \cdot \dot{U}_2 - \frac{Z_{21}}{Z_{22}} \cdot \dot{I}_1 \rightarrow \begin{cases} H_{21} = -\frac{Z_{21}}{Z_{22}} \\ H_{22} = \frac{1}{Z_{22}} \end{cases}$$

Thay vào phương trình (1):

$$\dot{U}_1 = Z_{11} \cdot \dot{I}_1 + \frac{Z_{12}}{Z_{22}} \cdot (\dot{U}_2 - Z_{21} \cdot \dot{I}_1) = \left( Z_{11} - \frac{Z_{21} \cdot Z_{12}}{Z_{22}} \right) \cdot \dot{I}_1 + \frac{Z_{12}}{Z_{22}} \cdot \dot{U}_2$$

$$\rightarrow \begin{cases} H_{11} = Z_{11} - \frac{Z_{12} \cdot Z_{21}}{Z_{22}} \\ H_{12} = \frac{Z_{12}}{Z_{22}} \end{cases}$$

$$H = \begin{pmatrix} Z_{11} - \frac{Z_{12} \cdot Z_{21}}{Z_{22}} & \frac{Z_{12}}{Z_{22}} \\ -\frac{Z_{21}}{Z_{22}} & \frac{1}{Z_{22}} \end{pmatrix}$$



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = H_{11} \cdot \dot{I}_1 + H_{12} \cdot \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = H_{21} \cdot \dot{I}_1 + H_{22} \cdot \dot{U}_2 \end{cases}$$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1

## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

I. Khái niệm.

II. Mô hình toán học mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số

**III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.**

IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào mạng hai cửa. Vấn đề hòa hợp nguồn - tải bằng mạng hai cửa.

V. Mạng hai cửa phi hỗ.

VI. Khuếch đại thuật toán.

## III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.

- Mạng 2 cửa là tuyến tính tương hỗ khi và chỉ khi:

$$\det A = \pm 1$$

$$Z_{12} = \pm Z_{21}$$

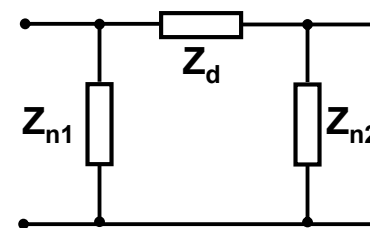
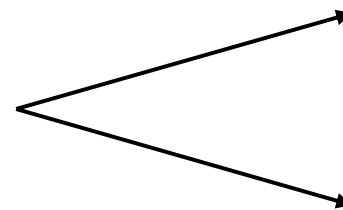
$$H_{12} = -H_{21}$$

$$\det B = \pm 1$$

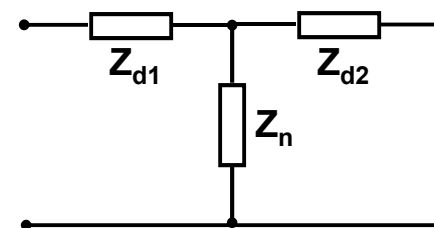
$$Y_{12} = \pm Y_{21}$$

$$G_{12} = -G_{21}$$

- Bộ số của mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ luôn có 1 ràng buộc  $\rightarrow$  mạch chỉ có 3 thông số độc lập tuyến tính  $\rightarrow$  **Sơ đồ tương đương của mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ gồm 3 phần tử mắc theo sơ đồ hình T ( $\pi$ )**



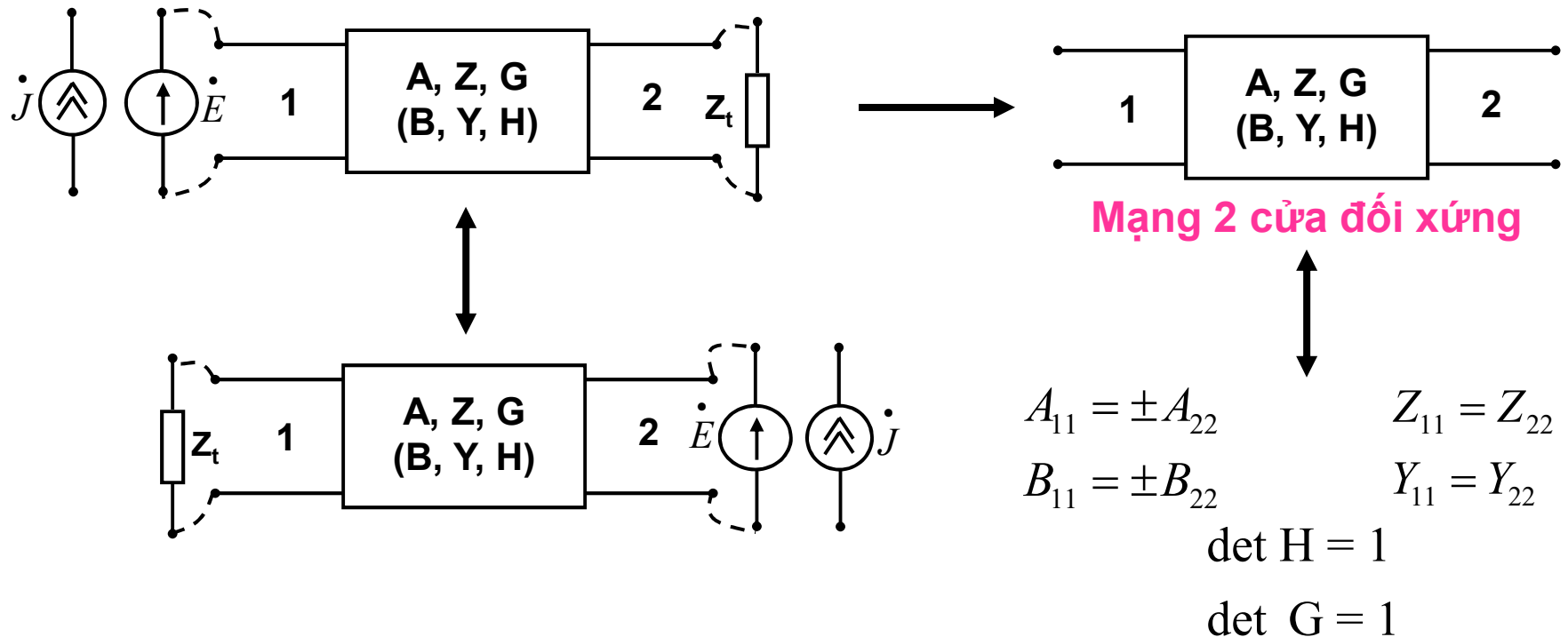
Sơ đồ hình  $\pi$



Sơ đồ hình T

## III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.

- **Mạng 2 cửa đối xứng** là mạng 2 cửa khi thay đổi chiều truyền đặt trên các cửa, tính chất và phương trình truyền đặt vẫn không thay đổi.



- **Mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ & đối xứng** → chỉ có 2 thông số độc lập tuyến tính → Sơ đồ gồm 02 phần tử



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1

## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

- I. Khái niệm.
- II. Mô hình toán học mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số.
- III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.
- IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào mạng hai cửa. Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.**
  - IV.1. Hàm truyền đạt dòng áp.**
  - IV.2. Tổng trở vào mạng hai cửa.**
  - IV.3. Tổng trở vào ngắn mạch và hở mạch**
  - IV.4. Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.**
- V. Mạng hai cửa phi hỗ.
- VI. Khuếch đại thuật toán.

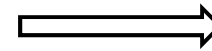


## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

### IV.1. Hàm truyền đạt dòng - áp.

➤ Đối với các hệ thống truyền tin, đo lường, điều khiển, chỉ quan tâm:

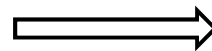
- ❖ Trạng thái dòng, áp trên mỗi cửa
- ❖ Truyền đạt năng lượng giữa các cửa



**tính & xét hàm truyền đạt**

➤ Xét mạng 2 cửa tuyến tính, không nguồn:

- ❖ Cửa 1 nối nguồn
- ❖ Cửa 2 nối tải



**Truyền tín hiệu, năng lượng từ nguồn đến tải**

❖ Hàm truyền đạt điện áp:  $K_U = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$

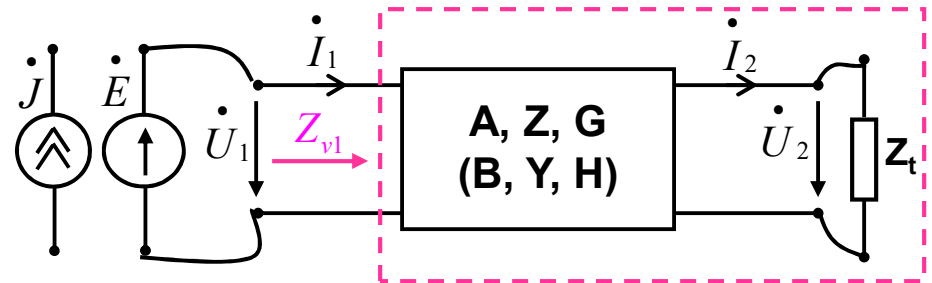
❖ Hàm truyền đạt dòng điện:  $K_I = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}$

❖ Hàm truyền đạt công suất:  $K_S = \frac{\tilde{S}_2}{\tilde{S}_1}$



## IV.2. Tổng trở vào của mạng 2 cửa.

- Quá trình năng lượng/tín hiệu đưa vào một cửa và truyền đến tải có mô hình tương tự khi xét mô hình mạng một cửa trao đổi năng lượng/tín hiệu với tải.
- Quá trình trên cửa đặc trưng bởi cặp dòng – áp  $\rightarrow$  đặc trưng bởi một hàm  $Z_v$  (hoặc  $Y_v$ ).

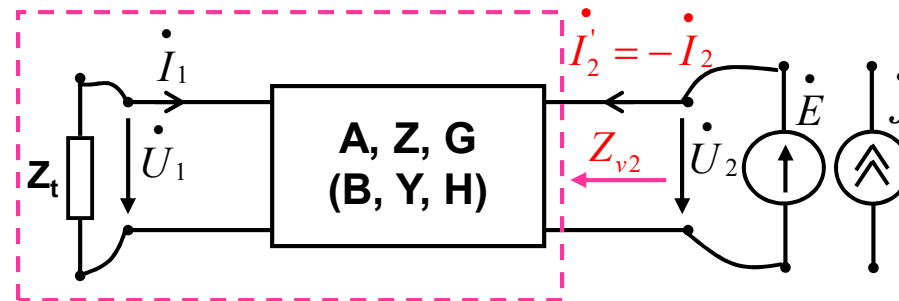


- ❖ Mạng 2 cửa truyền đạt như hình vẽ được mô tả bởi hàm tổng trở vào.

$$Z_{v1} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2}{A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2} \xrightarrow{\dot{U}_2 = Z_t \cdot \dot{I}_2} Z_{v1} = \frac{A_{11} \cdot Z_t + A_{12}}{A_{21} \cdot Z_t + A_{22}}$$

$\rightarrow$  Mạng 2 cửa thực hiện phép biến đổi tổng trở  $Z_t \rightarrow Z_{v1}$ .

## IV.2. Tổng trở vào của mạng 2 cửa.



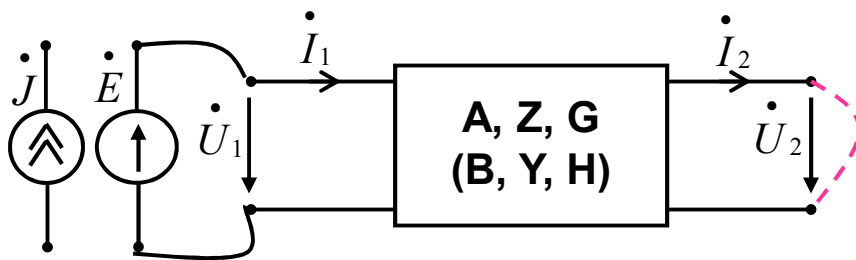
- ❖ Xét mạng 2 cửa truyền đạt từ cửa 2 đến  $Z_t \rightarrow$  quá trình năng lượng, tín hiệu ở cửa 2 đặc trưng bởi hàm tổng trở vào cửa 2.

$$Z_{v2} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2'} = \frac{-\dot{U}_2}{\dot{I}_2} = \frac{-A_{22} \cdot \dot{U}_1 + A_{12} \cdot \dot{I}_1}{-A_{21} \cdot \dot{U}_1 + A_{11} \cdot \dot{I}_1} \xrightarrow{\dot{U}_1 = -Z_t \cdot \dot{I}_1} Z_{v2} = \frac{A_{22} \cdot Z_t + A_{12}}{A_{21} \cdot Z_t + A_{11}}$$

$\rightarrow$  Mạng 2 cửa thực hiện phép biến đổi tổng trở  $Z_t \rightarrow Z_{v2}$ .

## IV.3. Tổng trở vào ngắn mạch và hở mạch.

- Xét tải ngắn mạch (hở mạch) → trên cửa 2 chỉ còn một tín hiệu (điện áp hoặc dòng điện) → tổng trở vào là những hàm đặc trưng riêng của mạng 2 cửa.

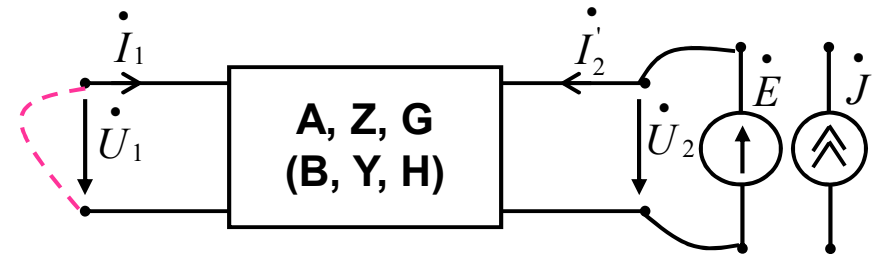


❖ Xét cửa 2 hở mạch:  $\dot{I}_2 = 0$

$$Z_{1ho} = \frac{A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2}{A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2} = \frac{A_{11}}{A_{21}}$$

❖ Xét cửa 2 ngắn mạch:  $\dot{U}_2 = 0$

$$Z_{1ng} = \frac{A_{11} \cdot \dot{U}_2 + A_{12} \cdot \dot{I}_2}{A_{21} \cdot \dot{U}_2 + A_{22} \cdot \dot{I}_2} = \frac{A_{12}}{A_{22}}$$



❖ Xét cửa 1 hở mạch:  $\dot{I}_1 = 0$

$$Z_{2ho} = \frac{-A_{22} \cdot \dot{U}_1 + A_{12} \cdot \dot{I}_1}{-A_{21} \cdot \dot{U}_1 + A_{11} \cdot \dot{I}_1} = \frac{A_{22}}{A_{21}}$$

❖ Xét cửa 1 ngắn mạch:  $\dot{U}_1 = 0$

$$Z_{2ng} = \frac{-A_{22} \cdot \dot{U}_1 + A_{12} \cdot \dot{I}_1}{-A_{21} \cdot \dot{U}_1 + A_{11} \cdot \dot{I}_1} = \frac{A_{12}}{A_{11}}$$



## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



### IV.3. Tổng trở vào ngắn mạch và hở mạch.

- Các hàm  $Z_{1hở}$ ,  $Z_{1ng}$ ,  $Z_{2hở}$ ,  $Z_{2ng}$  đặc trưng cho mạng 2 cửa cho phép tính giá trị các bộ số.

Ví dụ: Ta có thể tính bộ số A từ các giá trị của  $Z_{1hở}$ ,  $Z_{1ng}$ ,  $Z_{2ng}$  theo công thức sau.

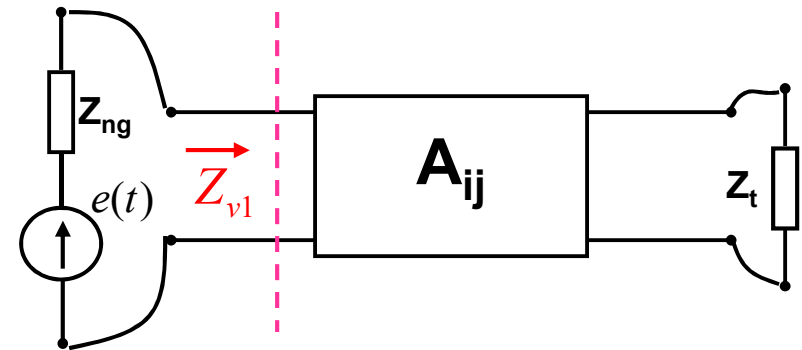
$$A_{11} = \sqrt{\frac{Z_{1ng} \cdot Z_{1hở}}{Z_{2ng} \cdot (Z_{1hở} - Z_{1ng})}} \qquad A_{12} = A_{11} \cdot Z_{2ng}$$
$$A_{21} = \frac{A_{11}}{Z_{1hở}} \qquad A_{22} = \frac{A_{12}}{Z_{1ng}}$$

- Thực tế các công thức này thường được sử dụng khi thực hiện các phép đo giá trị tổng trở vào trên cửa trong các điều kiện ngắn mạch và hở mạch đối với mạng 2 cửa khi chưa biết sơ đồ.

## IV.4. Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng 2 cửa.

➤ Điều kiện để truyền công suất lớn nhất từ nguồn đến tải:  $Z_{ng} = \hat{Z}_t$

➤ Thực tế,  $Z_{ng}$  và  $Z_t$  không thỏa mãn điều kiện hòa hợp  $\rightarrow$  cần *nối mạng 2 cửa để biến đổi tổng trở.*



➤ Chọn *mạng 2 cửa thuần kháng* cửa

❖ Có thông số:

$$Z_{v1} = \frac{A_{11} \cdot Z_t + A_{12}}{A_{21} \cdot Z_t + A_{22}} = \hat{Z}_{ng}$$

❖ Công suất cực đại:

$$P = \frac{E_{ng}^2}{4 \cdot R_{ng}}$$



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



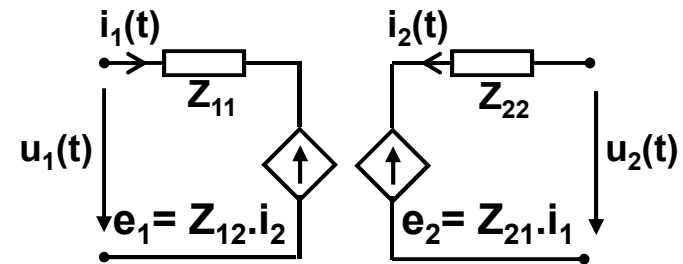
## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

- I. Khái niệm.
- II. Mô hình toán học của mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số.
- III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.
- IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào mạng hai cửa. Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.
- V. Mạng hai cửa phi hỗ.
- VI. Khuếch đại thuật toán.

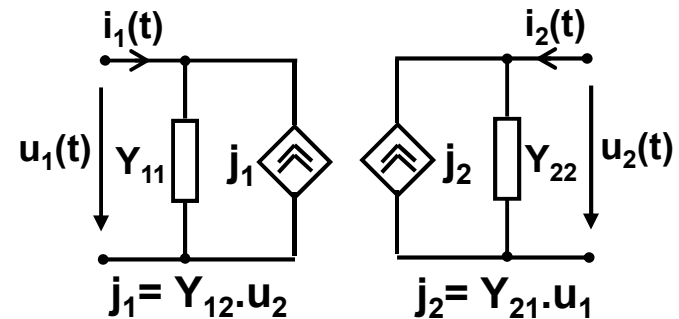
## V. Mạng hai cửa phi hồi

- *Mạng hai cửa phi hồi là mạng hai cửa mà quan hệ giữa các biến dòng, áp trên các cửa không có quan hệ tương hồi với nhau.*
- Các bộ số có 4 tham số độc lập tuyến tính → sơ đồ tương đương có 4 phần tử.
- *Sơ đồ 2 trở kháng + 2 nguồn bị điều khiển.*

$$\diamond \text{ Xét bộ } Z: \begin{cases} u_1 = Z_{11} \cdot i_1 + Z_{12} \cdot i_2 \\ u_2 = Z_{21} \cdot i_1 + Z_{22} \cdot i_2 \end{cases}$$



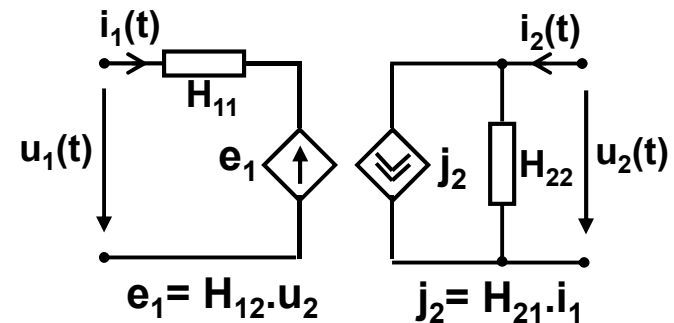
$$\diamond \text{ Xét bộ } Y: \begin{cases} i_1 = Y_{11} \cdot u_1 + Y_{12} \cdot u_2 \\ i_2 = Y_{21} \cdot u_1 + Y_{22} \cdot u_2 \end{cases}$$



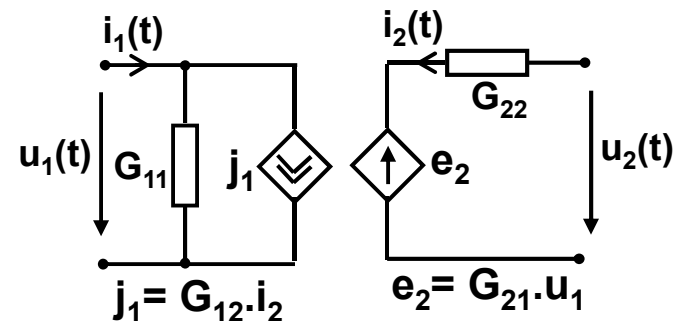
## V. Mạng hai cửa phi hồi

➤ Sơ đồ 2 trở kháng + 2 nguồn bị điều khiển.

❖ Xét bộ H: 
$$\begin{cases} u_1 = H_{11} \cdot i_1 + H_{12} \cdot u_2 \\ i_2 = H_{21} \cdot i_1 + H_{22} \cdot u_2 \end{cases}$$



❖ Xét bộ G: 
$$\begin{cases} i_1 = G_{11} \cdot u_1 + G_{12} \cdot i_2 \\ u_2 = G_{21} \cdot u_1 + G_{22} \cdot i_2 \end{cases}$$





## V. Mạng hai cửa phi hồi

➤ Sơ đồ 3 trở kháng + 1 nguồn bị điều khiển.

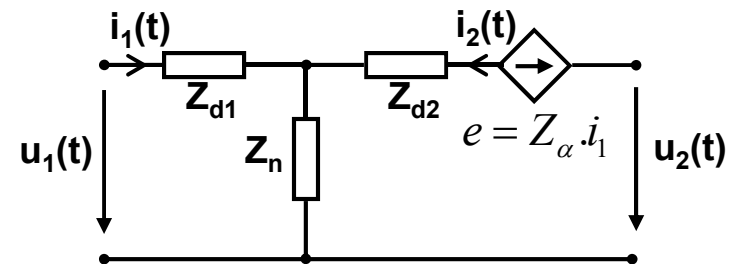
❖ Xét bộ Z:

$$\begin{cases} u_1 = Z_{11} \cdot i_1 + Z_{12} \cdot i_2 \\ u_2 = Z_{21} \cdot i_1 + Z_{22} \cdot i_2 \end{cases} \xleftrightarrow{Z_{21} = Z_{12} + Z_\alpha} \begin{cases} u_1 = Z_{11} \cdot i_1 + Z_{12} \cdot i_2 \\ u_2 = Z_{12} \cdot i_1 + Z_{22} \cdot i_2 + Z_\alpha \cdot i_1 \end{cases}$$

Sơ đồ hình T

→ tính được  $Z_{d1}$ ,  $Z_{d2}$ ,  $Z_n$  theo công thức:

$$\begin{aligned} Z_n &= Z_{12} & Z_{d2} &= Z_{22} - Z_{12} \\ Z_{d1} &= Z_{11} - Z_{12} & Z_\alpha &= Z_{21} - Z_{12} \end{aligned}$$



## V. Mạng hai cửa phi hồi

➤ **Sơ đồ 3 trở kháng + 1 nguồn bị điều khiển.**

❖ Xét bộ Y:

$$\begin{cases} i_1 = Y_{11}.u_1 + Y_{12}.u_2 \\ i_2 = Y_{21}.u_1 + Y_{22}.u_2 \end{cases} \quad \begin{matrix} Y_{21} = Y_{12} + Y_\alpha \\ \longleftrightarrow \end{matrix} \quad \begin{cases} i_1 = Y_{11}.u_1 + Y_{12}.u_2 \\ i_2 = Y_{12}.u_1 + Y_{22}.u_2 + Y_\alpha.u_1 \end{cases}$$

**Sơ đồ hình  $\pi$**

→ tính  $Y_{n1}$ ,  $Y_{n2}$ , và  $Y_d$  theo công thức:

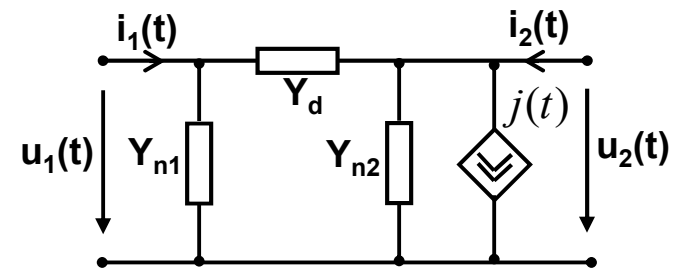
$$Y_d = -Y_{12}$$

$$Y_{n2} = Y_{22} + Y_{12}$$

$$Y_{n1} = Y_{11} + Y_{12}$$

$$Y_\alpha = Y_{21} - Y_{12}$$

$$j(t) = Y_\alpha.u_1(t)$$





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính

I. Khái niệm.

II. Mô hình toán học của mạng hai cửa - Phương pháp tính bộ số.

III. Tính chất mạng 2 cửa tuyến tính tương hỗ.

IV. Hàm truyền đạt dòng - áp. Tổng trở vào mạng hai cửa. Vấn đề hòa hợp nguồn và tải bằng mạng hai cửa.

V. Mạng hai cửa phi hỗ.

VI. Khuếch đại thuật toán.

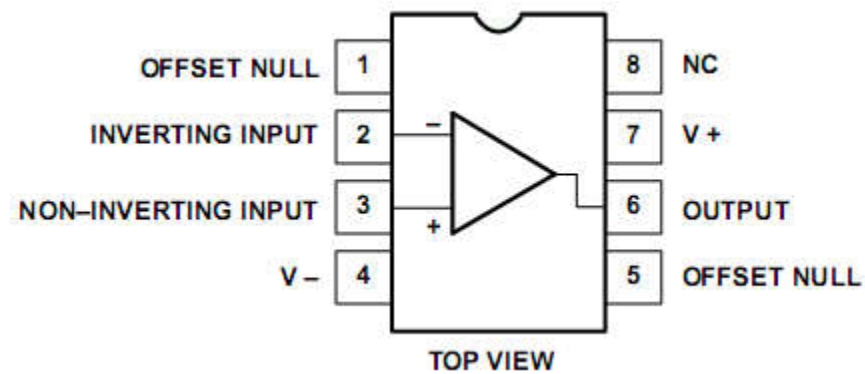
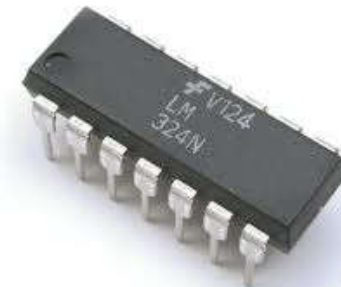
## VI. Khuếch đại thuật toán

### 1. Khái niệm

➤ *Khuếch đại thuật toán (Operational Amplifier – OP AMP) là một phần tử phức hợp của mạch điện, có 2 cửa ngõ, cho phép thực hiện các phép toán: cộng, trừ, nhân, chia, vi phân, tích phân*

➤ Các chân tín hiệu của OP AMP:

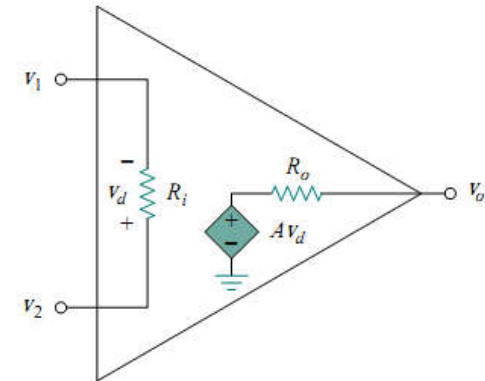
- ❖ Đầu vào đảo (2)
- ❖ Đầu vào không đảo (3)
- ❖ Đầu ra (6)
- ❖ Nguồn cung cấp (4, 7)



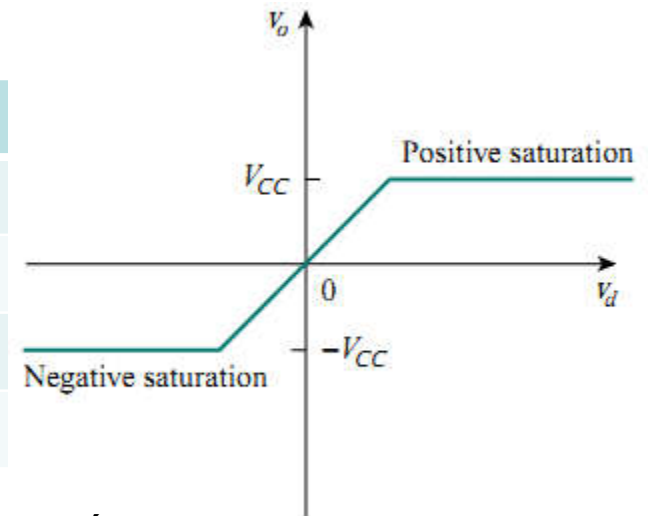
## VI. Khuếch đại thuật toán

### 2. Sơ đồ tương đương.

- $R_i$ : Điện trở vào.
- Nguồn áp bị điều khiển  $A.V_d$
- $R_o$ : Điện trở ra
- Điện áp ra:  $V_o = A.(V_2 - V_1)$        $A$ : hệ số khuếch đại vòng hở (*open loop gain*)



Thông số	Giá trị thực	Giá trị lý tưởng
Hệ số khuếch đại vòng hở, $A$	$10^5 - 10^8$	$\infty$
Điện trở vào, $R_i$	$10^6 - 10^{13} \Omega$	$\infty \Omega$
Điện trở ra, $R_o$	$10 - 100 \Omega$	$0 \Omega$
Nguồn cung cấp, $V_{cc}$	$5 - 24 V$	--



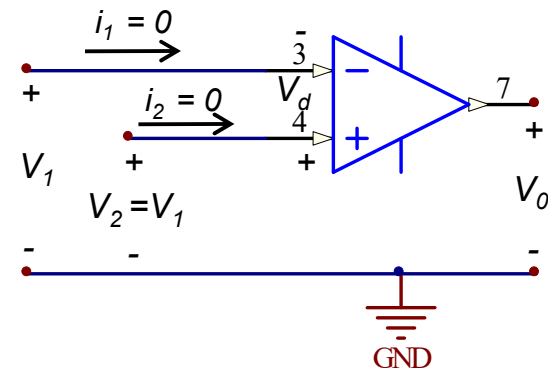
Chế độ làm việc của OP APM

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 3. Khuếch đại thuật toán lý tưởng.

#### ➤ OP AMP lý tưởng:

- ❖ Hệ số khuếch đại vòng hở  $A = \infty$
- ❖  $R_o = 0$
- ❖  $R_i = \infty$



#### ➤ Tính chất cơ bản của OP AMP lý tưởng:

- ❖ Dòng điện tại cửa vào bằng 0:  $i_1 = i_2 = 0$
- ❖ Điện áp vi sai giữa 2 cửa vào bằng 0:  $V_2 = V_1$

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 3. Khuếch đại thuật toán lý tưởng.

➤ Ví dụ: Cho OP AMP lý tưởng. Tính hệ số khuếch đại điện áp  $V_0/V_S$ . Tính dòng điện  $i_0$  nếu  $V_S = 1V$

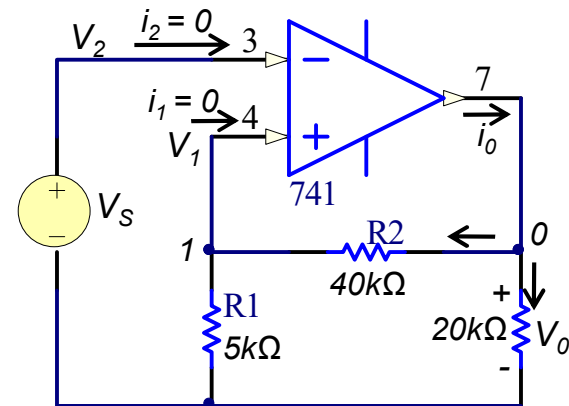
➤ Vì OP AMP là lý tưởng, ta có

❖  $i_1 = 0 \rightarrow R_1$  mắc nối tiếp với  $R_2$

$$V_1 = \frac{V_0}{R_1 + R_2} R_1 = \frac{V_0}{9}$$

➤ Vậy ta có:  $V_S = \frac{V_0}{9} \rightarrow \frac{V_0}{V_S} = 9$

➤ Áp dụng luật K1 tại nút 0:  $i_0 = \frac{V_0}{R_1 + R_2} + \frac{V_0}{20 \cdot 10^3} \xrightarrow{V_S=1} \begin{cases} V_0 = 9V \\ i_0 = 0,65mA \end{cases}$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 4. Khuếch đại đảo.

➤ Áp dụng luật K1 tại nút 1:

$$i_1 = i_2 \rightarrow \frac{V_i - V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V_0}{R_2} \rightarrow \frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_0}{R_2} \rightarrow V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

➤ Do OP AMP lý tưởng:  $V_1 = V_2$

➤ **Chú ý:**

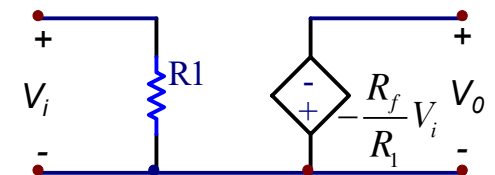
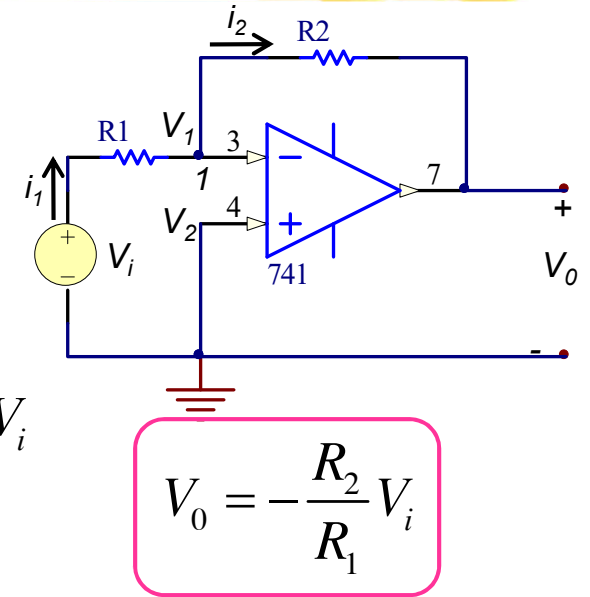
❖ Hệ số khuếch đại  $A_V = -\frac{R_2}{R_1}$  phụ thuộc vào điện trở nối ngoài OP AMP.

❖ **Đặc điểm nhận dạng mạch KĐ đảo:**

❖ Tín hiệu đưa vào chân đảo

❖ Phản hồi âm

❖ Mạch KĐ đảo thường dùng trong bộ biến đổi dòng - áp.





## VI. Khuếch đại thuật toán

### 4. Khuếch đại đảo

Ví dụ: Tính điện áp  $V_0$  và dòng điện chảy qua điện trở  $R_1$  và  $R_2$  nếu  $v_i = 0,5V$

- Áp dụng công thức của mạch khuếch đại đảo

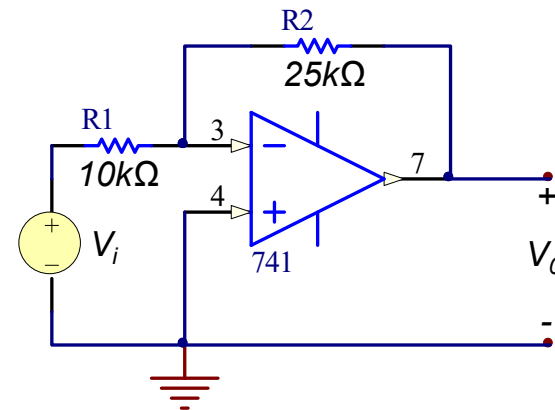
$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_i = -\frac{25}{10} \cdot 0,5 = -1,25V$$

- Dòng điện chảy qua điện trở  $R_1$

$$i_{R1} = \frac{V_i - 0}{R_1} = \frac{0,5}{10 \cdot 10^3} = 50 \mu A$$

- Dòng điện chảy qua điện trở  $R_2$

$$i_{R2} = \frac{V_0 - 0}{R_2} = \frac{-1,25}{25 \cdot 10^3} = -50 \mu A$$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 4. Khuếch đại đảo

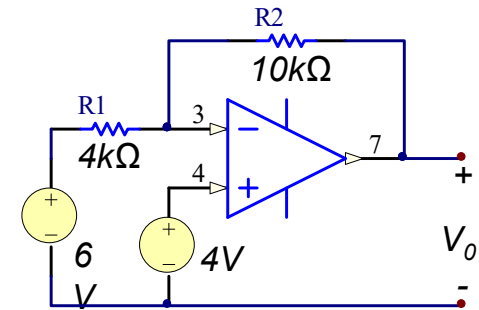
Ví dụ: Tính giá trị điện áp  $V_O$

➤ Áp dụng luật K1 tại nút 3:

$$\frac{6 - V_3}{R_1} = \frac{V_3 - V_O}{R_2} \rightarrow \frac{6 - V_3}{4} = \frac{V_3 - V_O}{10}$$

➤ Vì khuếch đại thuật toán lý tưởng, ta có  $V_3 = V_4 = 4V$

$$\rightarrow \frac{6 - 4}{4} = \frac{4 - V_O}{10} \rightarrow V_O = -1V$$

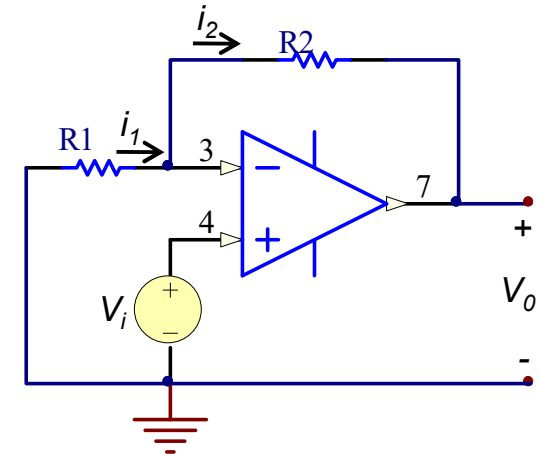


## VI. Khuếch đại thuật toán

### 5. Khuếch đại không đảo

➤ Khuếch đại thuật toán không đảo là mạch khuếch đại cung cấp hệ số khuếch đại dương:

- ❖ Tín hiệu điện áp vào  $V_i$  được cấp tại chân không đảo của OP AMP.
- ❖ Mạch có phản hồi âm.



$$i_1 = i_2 \rightarrow \frac{0 - V_3}{R_1} = \frac{V_3 - V_0}{R_2} \rightarrow \frac{-V_i}{R_1} = \frac{V_i - V_0}{R_2} \rightarrow V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i$$

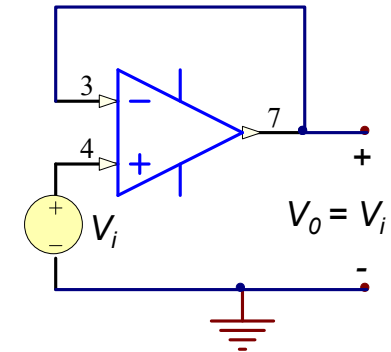
$$V_3 = V_4 = V_i$$

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 5. Khuếch đại không đảo

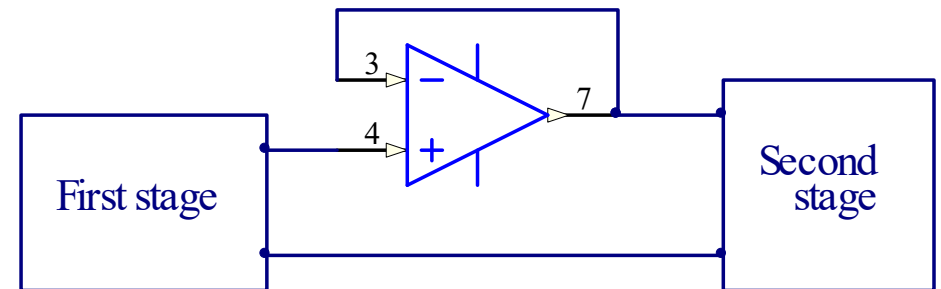
➤ **Chú ý:**

- ❖ Nếu  $R_2 = 0$  hoặc  $R_1 = \infty \rightarrow$  hệ số khuếch đại bằng 1
- ❖ Mạch *lập điện áp* (*voltage follower*, hoặc *unity gain amplifier*)



➤ Tính chất:

- ❖ **Trở kháng vào lớn**
- ❖ Dùng nối tầng để cách ly 2 phần của mạch điện (*buffer*).
- ❖ Giảm thiểu sự ảnh hưởng giữa 2 tầng khác nhau của mạch điện, tránh sự ảnh hưởng qua lại giữa các tầng.



Mạch lập điện áp dùng để cách ly giữa 2 tầng của mạch điện

## VI. Khuếch đại thuật toán

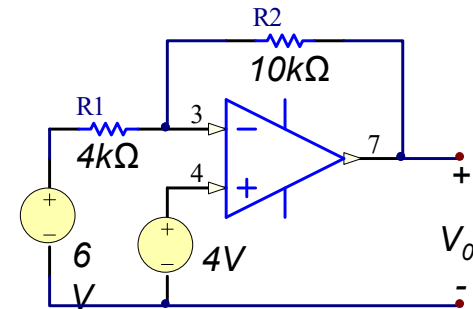
### 5. Khuếch đại không đảo

Ví dụ: Tính điện áp  $V_O$

➤ Áp dụng tính chất tuyến tính:  $V_O = V_{O1} + V_{O2}$

❖  $V_{O1}$  là điện áp do nguồn 6V tạo ra

❖  $V_{O2}$  là điện áp do nguồn 4V tạo ra



➤ Tính  $V_{O1}$ : Ta có mạch khuếch đại đảo  $V_{O1} = -\frac{R_2}{R_1}6 = -\frac{10}{4}6 = -15V$

➤ Tính  $V_{O2}$ : Ta có mạch khuếch đại không đảo  $V_{O2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)4 = \left(1 + \frac{10}{4}\right)4 = 14V$

➤ Tổng hợp nghiệm:  $V_O = V_{O1} + V_{O2} = -1V$



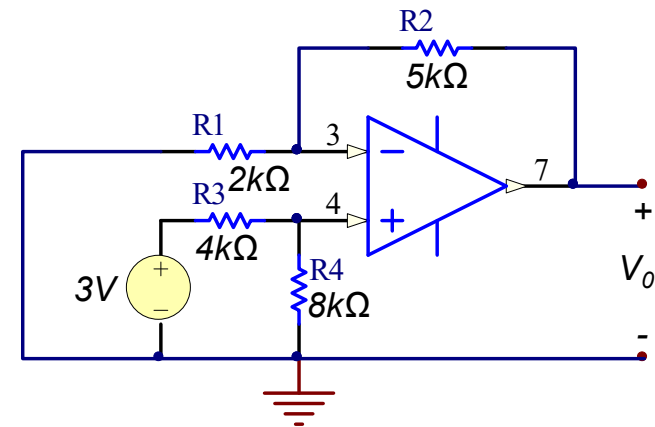
# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 5. Khuếch đại không đảo

Ví dụ: Tính điện áp  $V_0$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 5. Khuếch đại không đảo

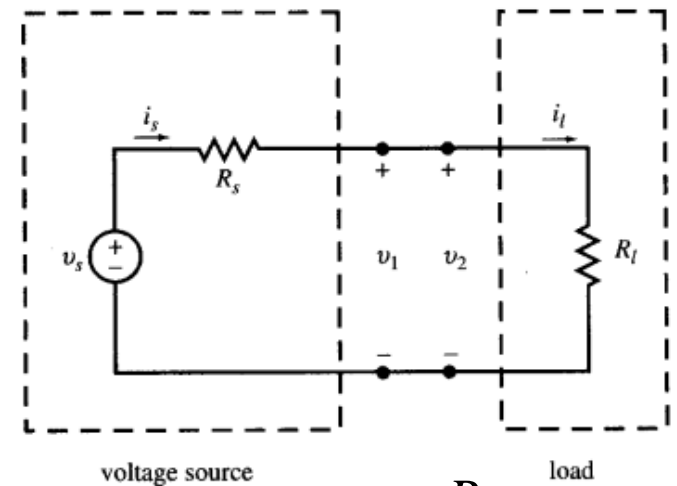
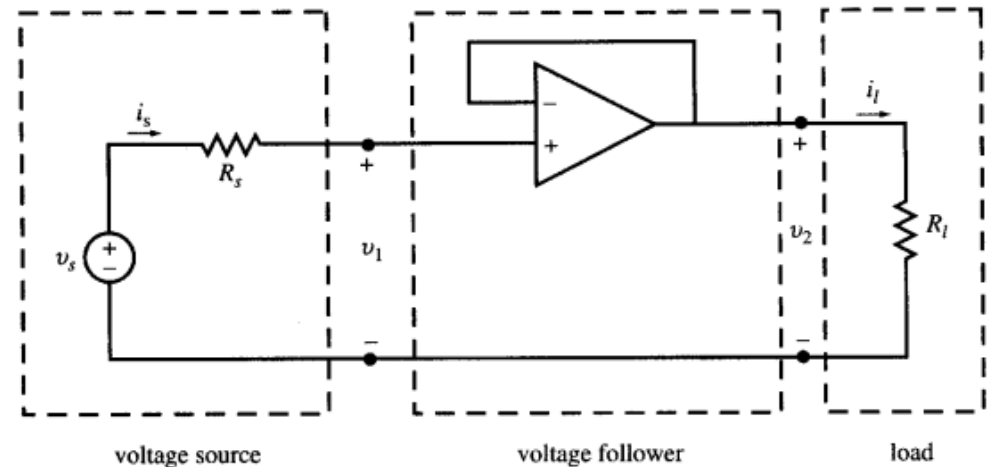
Ví dụ: Tính  $i_S$ ,  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $i_l$ . So sánh với trường hợp nguồn và tải nối trực tiếp.

- Áp dụng tính chất OP AMP lí tưởng:

$$i_S = 0; \quad v_1 = v_2 = v_S; \quad i_l = \frac{v_S}{R_l}$$

- Mạch lập điện áp **không tiêu tốn công suất của nguồn  $v_S$**
- Mạch lập điện áp truyền tín hiệu, công suất từ nguồn đến tải nhưng **không gây tổn hao** (dòng điện trên tải được cấp bởi OP AMP).

- **Cách ly nguồn và tải**



$$i_S = i_l = \frac{v_S}{R_l + R_S}; \quad v_1 = v_2 = \frac{R_l}{R_l + R_S} v_S$$

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 6. Mạch cộng điện áp

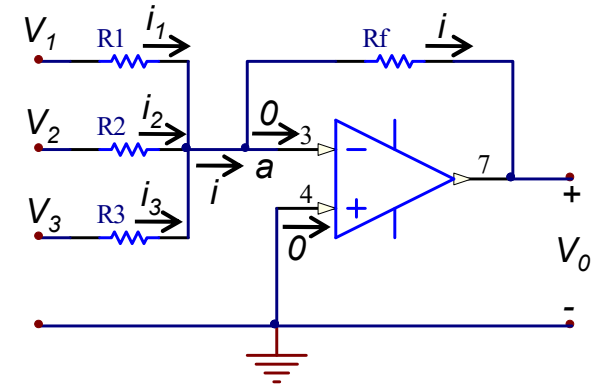
- Mạch cộng điện áp là mạch OP AMP trong đó điện áp đầu ra là tổng của các giá trị điện áp đầu vào theo các giá trị trọng số.
- Mạch cộng điện áp là một mạch khuếch đại đảo với nhiều đầu vào

- Áp dụng luật K1 tại nút 0 ta có:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \rightarrow \frac{V_a - V_o}{R_f} = \frac{V_1 - V_a}{R_1} + \frac{V_2 - V_a}{R_2} + \frac{V_3 - V_a}{R_3}$$

- Vì khuếch đại thuật toán lý tưởng  $V_a = 0$

$$\rightarrow V_o = - \left( \frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 \right)$$





## VI. Khuếch đại thuật toán

### 6. Mạch cộng điện áp

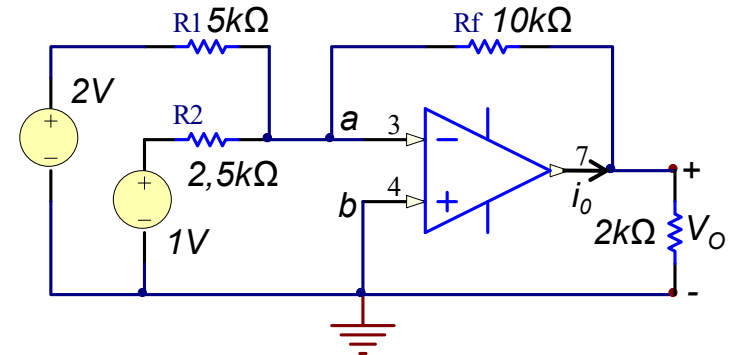
Ví dụ: Tính giá trị  $V_o$  và  $i_o$

- Áp dụng công thức tính của mạch cộng điện áp

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2\right) = -\left(\frac{10}{5} \cdot 2 + \frac{10}{2,5}\right) = -8V$$

- Áp dụng luật K1 tại cửa ra của OP AMP, ta có:

$$i_o = \frac{V_o - V_a}{10} + \frac{V_o - V_b}{2} = \frac{-8}{10} + \frac{-8}{2} = -4,8mA$$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 7. Mạch khuếch đại vi sai

➤ *Mạch khuếch đại vi sai là mạch OP AMP cho phép khuếch đại điện áp vi sai giữa hai đầu vào và triệt tiêu các tín hiệu đồng pha giữa chúng.*

➤ Áp dụng luật K1 tại nút a:

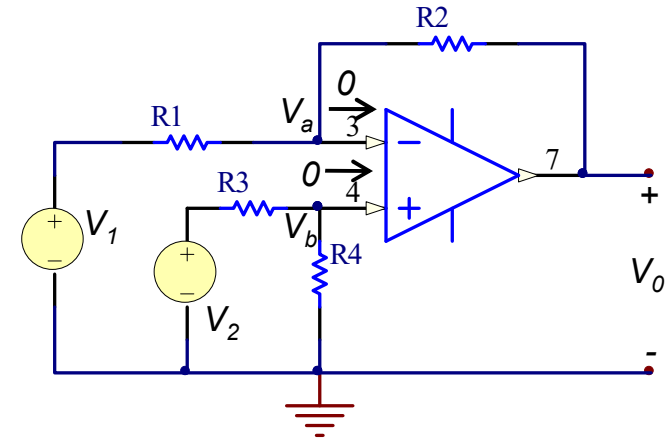
$$\frac{V_1 - V_a}{R_1} = \frac{V_a - V_0}{R_2} \rightarrow V_0 = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_a - \frac{R_2}{R_1} V_1$$

➤ Áp dụng luật K1 tại nút b

$$\frac{V_2 - V_b}{R_3} = \frac{V_b}{R_4} \rightarrow V_b = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2$$

➤ Vì OP AMP lí tưởng  $V_a = V_b$

$$V_0 = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \frac{R_3}{R_3 + R_4} V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_1 \rightarrow V_0 = \frac{R_2}{R_1} \frac{\left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}{\left( 1 + \frac{R_3}{R_4} \right)} V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_1$$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 7. Mạch khuếch đại vi sai

➤ Nếu  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$  và  $V_1 = V_2 \rightarrow V_O = 0$  (*triệt tiêu các tín hiệu vào đồng pha*)

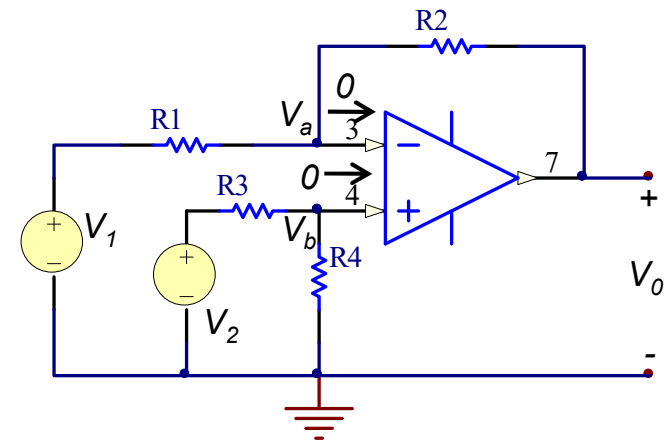
➤ Khi đó ta có:  $\rightarrow V_O = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1)$

➤ Nếu  $R_2 = R_1$ , và  $R_3 = R_4$

$$V_O = V_2 - V_1 \quad (\text{bộ trừ điện áp})$$

➤ Nhận xét:

- ❖ *Mạch khuếch đại vi sai có thể sử dụng để thiết kế mạch trừ điện áp*
- ❖ *Mạch khuếch đại vi sai thường được dùng trong các mạch khuếch đại đo lường (Instrumentation Amplifier (IA))*





# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 7. Mạch khuếch đại vi sai

Ví dụ: Thiết kế mạch OP AMP với 2 đầu vào  $V_1$  and  $V_2$  trong đó  $V_0 = -5V_1 + 3V_2$

#### ➤ Cách 1: Sử dụng 1 OP AMP

❖ Biến đổi:  $V_0 = -5V_1 + 3V_2 = 5\left(\frac{3}{5}V_2 - V_1\right)$

❖ Áp dụng công thức mạch khuếch đại vi sai:  $V_0 = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1) \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 5$

❖ Mặt khác:  $V_0 = \frac{R_2}{R_1} \frac{\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)} V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_1 = 5 \frac{\left(1 + \frac{1}{5}\right)}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)} V_2 - 5V_1$

$\rightarrow \frac{\left(1 + \frac{1}{5}\right)}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)} = \frac{3}{5} \rightarrow 2 = 1 + \frac{R_3}{R_4} \rightarrow R_3 = R_4$

❖ Chọn:

$R_1 = 10k\Omega ; R_2 = 50k\Omega$

$R_3 = R_4 = 20k\Omega$

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 7. Mạch khuếch đại vi sai

Ví dụ: Thiết kế mạch OP AMP với 2 đầu vào  $V_1$  and  $V_2$  trong đó  $V_0 = -5V_1 + 3V_2$

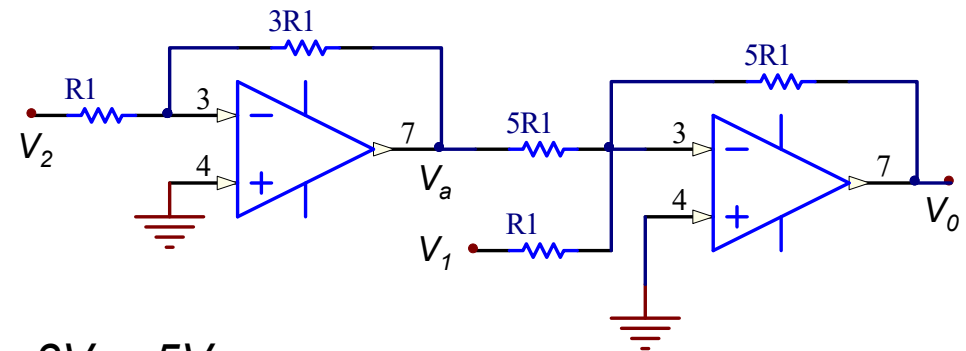
➤ *Cách 2: Sử dụng 02 OP AMP → khuếch đại đảo + mạch cộng điện áp.*

❖ Mạch cộng áp:  $V_0 = -V_a - 5V_1$

❖ Mạch khuếch đại đảo:  $V_a = -3V_2$

❖ Kết hợp 2 mạch khuếch đại:  $V_0 = 3V_2 - 5V_1$

❖ Lựa chọn thông số thiết kế:  $R_1 = 10k\Omega$ ;



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 7. Mạch khuếch đại vi sai

Ví dụ: Tính điện áp  $V_0$  của mạch khuếch đại đo lường

- Vì OP AMP là lý tưởng, dòng điện  $i$  chỉ chảy qua 3 điện trở

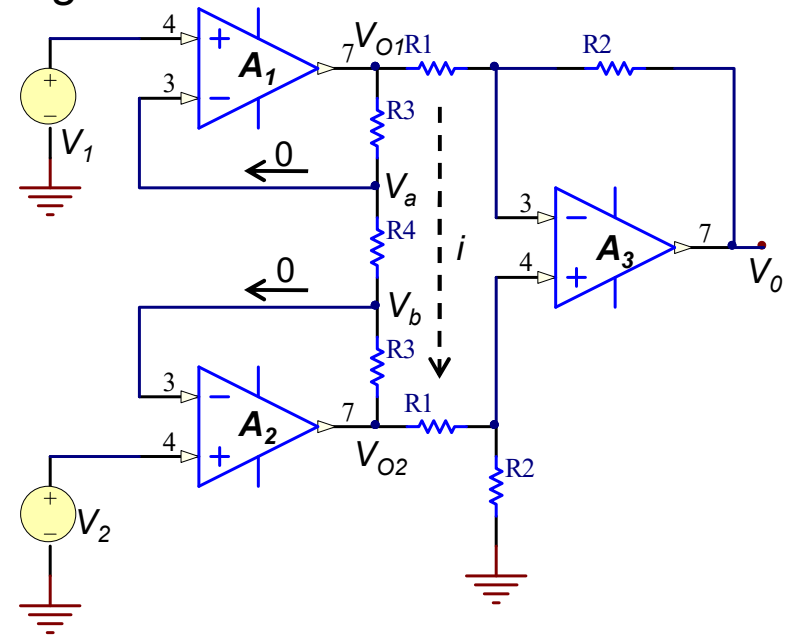
$$V_{01} - V_{02} = i(2R_3 + R_4)$$

- Mặt khác:  $i = \frac{V_a - V_b}{R_4}$  ;  $V_a = V_1$  ;  $V_b = V_2$

- Do đó:  $i = \frac{V_1 - V_2}{R_4}$

- Ta có công thức:

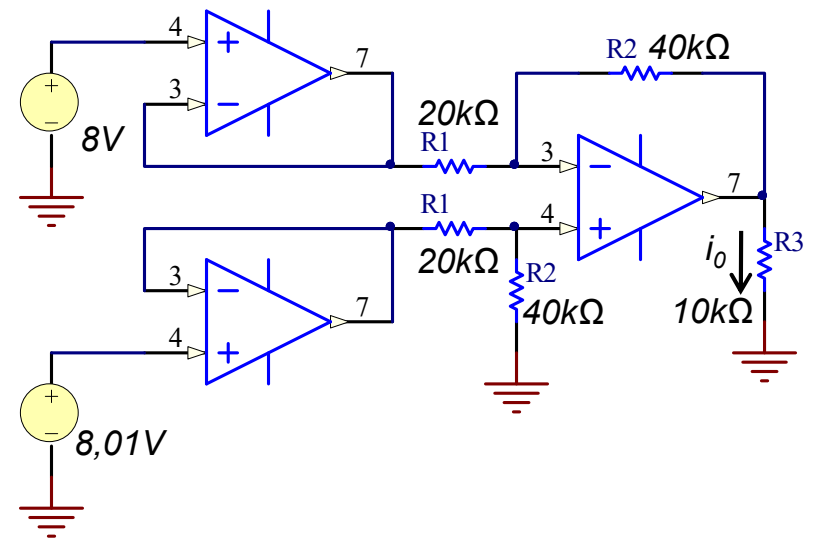
$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{2R_3}{R_4} \right) (V_2 - V_1)$$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 7. Mạch khuếch đại vi sai

Ví dụ: Tính giá trị  $i_0$  trong mạch khuếch đại đo lường



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 8. Mạch tích phân

➤ *Mạch tích phân là mạch OP AMP có đầu ra quan hệ tích phân với tín hiệu vào.*

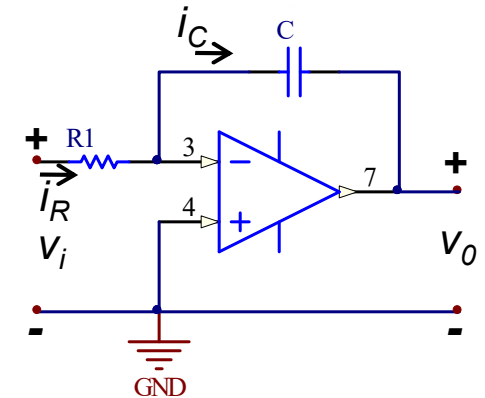
➤ Áp dụng luật K1 tại nút 3:

$$i_R = i_C \rightarrow \frac{v_i}{R} = i_R = i_C = -C \frac{dv_0}{dt} \rightarrow v_0(t) - v_0(0) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_i(t) dt$$

$$v_0(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_i(t) dt$$

➤ *Nhận xét:*

- ❖ Mạch tích phân thường có *điện trở phản hồi* để *giảm hệ số khuếch đại một chiều* và *tránh trạng thái bão hòa (saturation)*
- ❖ Mạch tích phân hoạt động trong vùng tuyến tính, tránh trạng thái bão hòa





## VI. Khuếch đại thuật toán

### 8. Mạch vi phân

➤ *Mạch vi phân là mạch OP AMP trong đó đầu ra của mạch khuếch đại tỉ lệ tuyến tính với sự biến thiên của tín hiệu vào.*

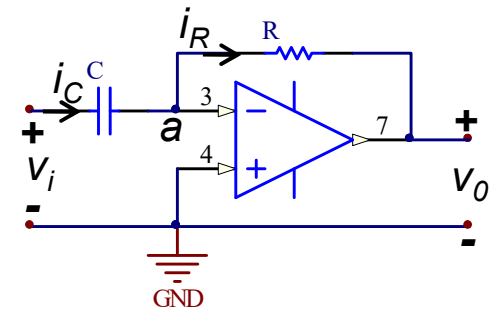
➤ Áp dụng luật K1 tại đỉnh a:

$$i_R = i_C \leftrightarrow -\frac{v_0}{R} = i_R = i_C = C \frac{dv_i}{dt}$$

$$v_0(t) = -RC \frac{dv_i}{dt}$$

➤ *Nhận xét:*

- ❖ Nhìn chung, *đầu ra của mạch vi phân là không ổn định* do nó biến thiên tỉ lệ với độ biến thiên của tín hiệu vào.
- ❖ Do sự không ổn định, mạch vi phân ít được ứng dụng trong thực tế.



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 8. Mạch vi phân

Ví dụ: Tính điện áp ra của mạch vi phân.

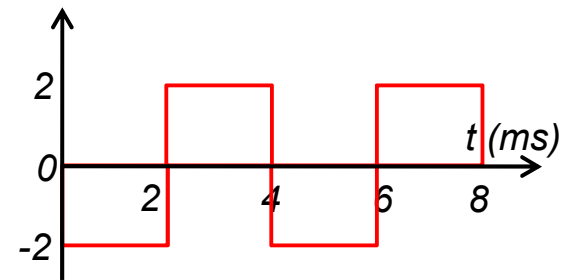
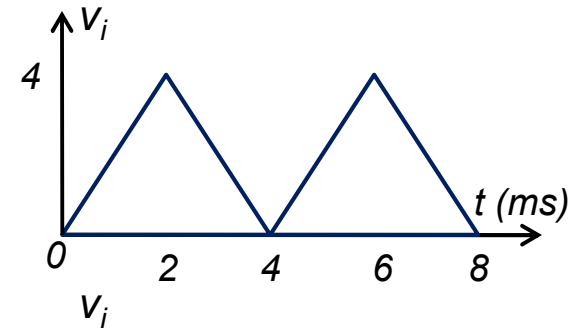
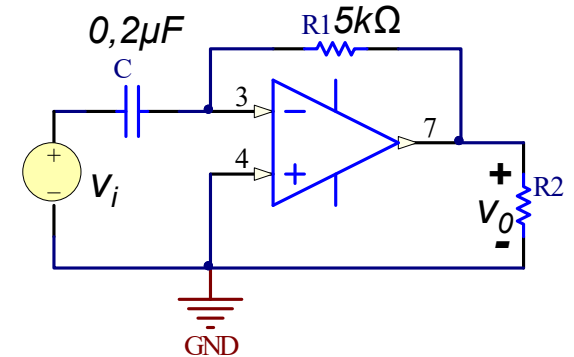
- Áp dụng công thức của mạch vi phân::

$$RC = 5 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 10^{-3}$$

- Trong khoảng  $0 < t < 4ms$  hoặc  $4 < t < 8ms$ , điện áp ra có dạng

$$v_i = \begin{cases} 2t & 0 < t < 2ms, 4 < t < 6ms \\ 8 - 2t & 2 < t < 4ms, 6 < t < 8ms \end{cases}$$

$$\rightarrow v_o = -RC \frac{dv_i}{dt} = \begin{cases} -2mV & 0 < t < 2ms, 4 < t < 6ms \\ 2mV & 2 < t < 4ms, 6 < t < 8ms \end{cases}$$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 9. Nối chuỗi (nối tầng) các OP AMP

Ví dụ: Tìm  $V_o$  và  $i_o$  trong mạch điện

- ❖ Mạch điện gồm 2 tầng khuếch đại

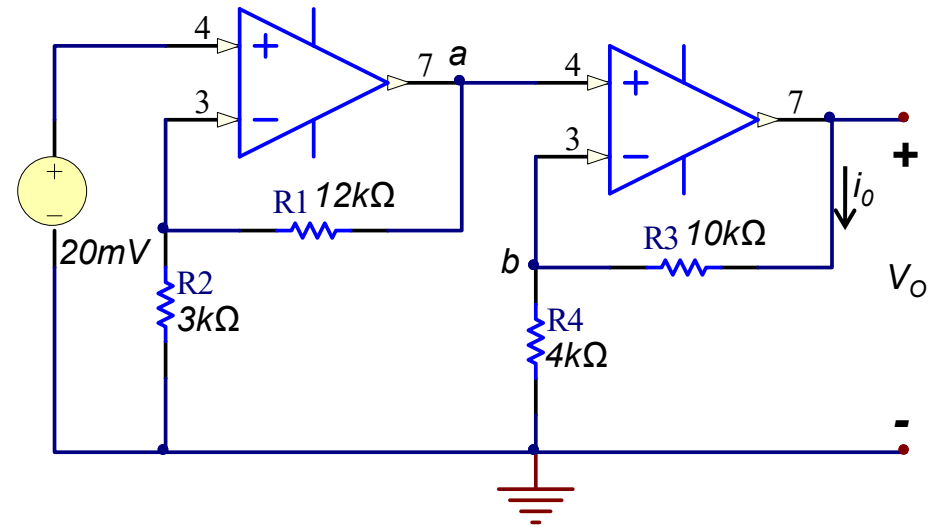
- ❑ Xét tại đầu ra của tầng 1

$$V_a = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) 20 = 100mV$$

- ❑ Xét tại đầu ra của tầng 2:  $V_o = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) V_a = 350mV$

- ❖ Giá trị dòng điện  $i_o$

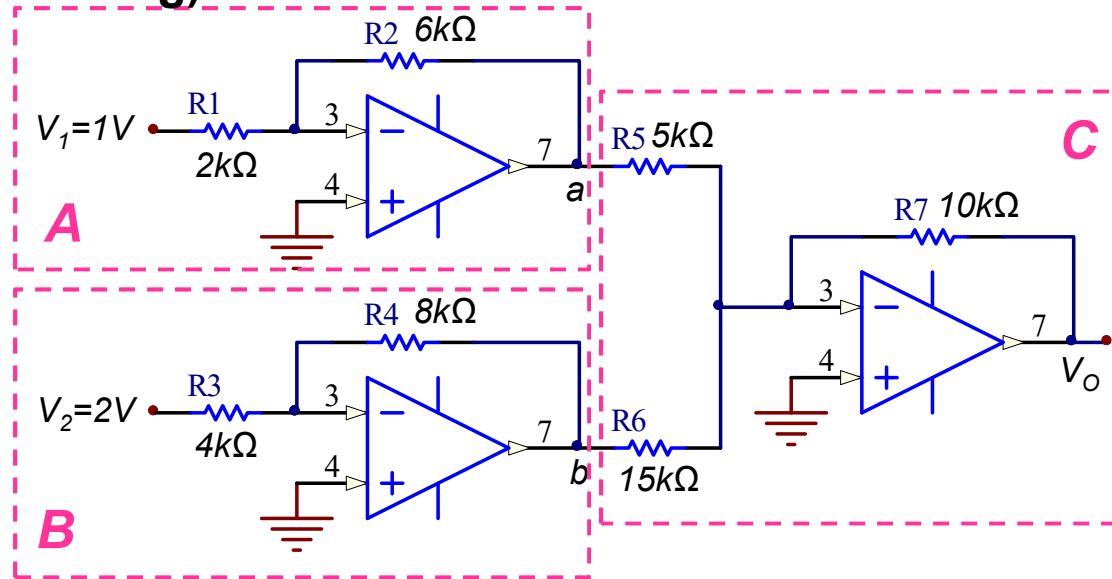
$$i_o = \frac{V_o - V_b}{R_3} \xrightarrow{V_b = V_a} i_o = \frac{(350 - 100) \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^3} = 25\mu A$$



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 9. Nối xâu chuỗi (nối tầng) các OP AMP

Ví dụ: Tìm  $V_o$



- ❖ Mạch điện gồm 2 mạch KĐ đảo A và B và mạch cộng áp C

$$V_a = -\frac{R_2}{R_1} V_1 = -3V \qquad V_b = -\frac{R_4}{R_3} V_2 = -4V$$

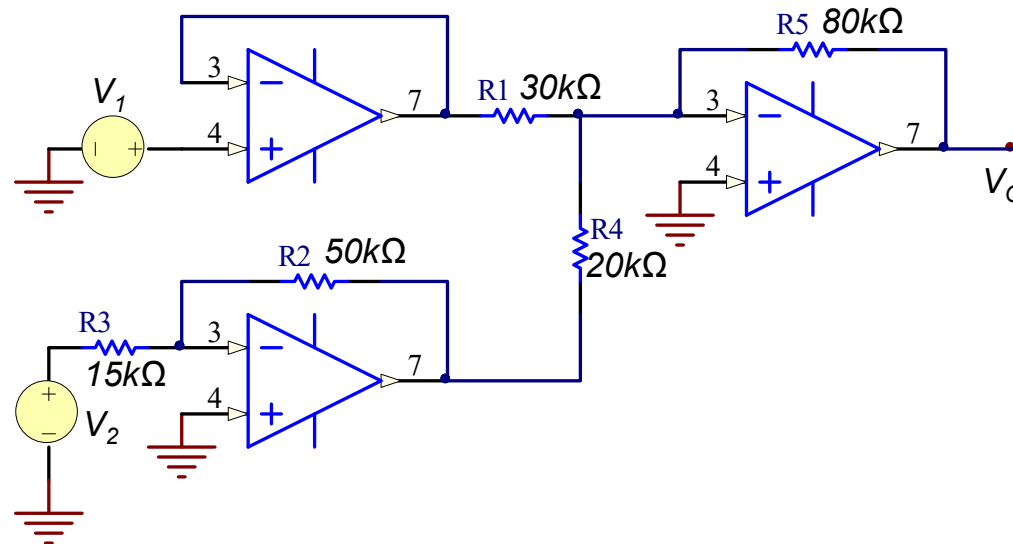
- ❖ Áp dụng công thức của mạch cộng áp

$$V_o = -\left(\frac{R_7}{R_5} V_a + \frac{R_7}{R_6} V_b\right) = -\left[2 \cdot (-3) + \frac{2}{3} \cdot (-4)\right] = 8.333V$$

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 9. Nối chuỗi (nối tầng) các OP AMP

Ví dụ: Tìm  $V_0$  nếu  $V_1 = 2V$ ,  $V_2 = 1,5V$





# Chương 7: Mạng hai cửa tuyến tính



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 10. Ứng dụng

- OP AMP được sử dụng rất nhiều trong thực tế:
  - ❖ Bộ đảo, bộ cộng, bộ trừ, mạch tích phân, mạch vi phân, mạch logarit.
  - ❖ Mạch khuếch đại đo lường, mạch hiệu chỉnh (*calibration*)
  - ❖ Bộ biến đổi số - tương tự (*Digital – analog converter*), bộ biến đổi áp- dòng, mạch biến đổi dòng – áp.
  - ❖ Máy tính tương tự
  - ❖ Bộ lọc, bộ chỉnh lưu, bộ dịch pha, ...
  - ❖ Bộ so sánh, bộ dao động
  - ❖ ...

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 10. Ứng dụng

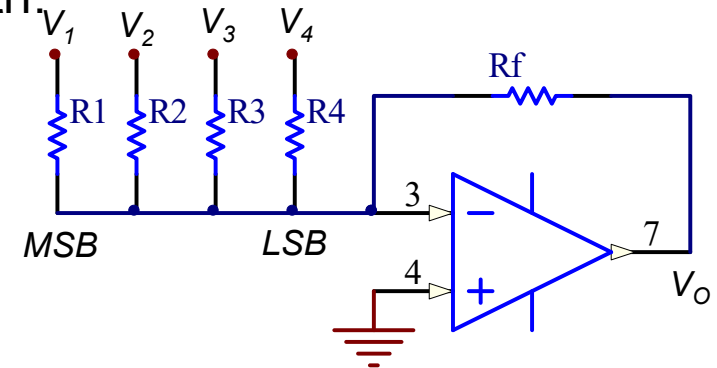
- Mạch DAC có chức năng biến đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự
- Mạch DAC có thể tạo bằng các sử dụng mạch trọng số nhị phân (*binary weighted ladder*):



DAC 4 bits

- ❖ Các bit nhị phân được đánh trọng số theo vị trí.
- ❖ Trọng số nhị phân quyết định bởi giá trị  $R_f/R_n$

$$-V_o = \frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 + \frac{R_f}{R_4} V_4$$



Binary weighted ladder type

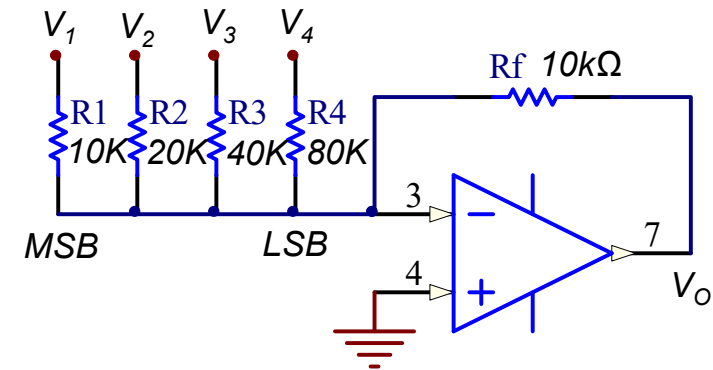
- ❖  $V_1, \dots, V_4$  là các điện áp nhị phân (0, 1) (*binary code*) → đầu ra của DAC có quan hệ tỉ lệ tuyến tính với các giá trị đầu vào

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 10. Ứng dụng

Ví dụ: Tính điện áp đầu ra của mạch DAC.

$V_1 V_2 V_3 V_4$ [B]	Giá trị [D]	$-V_0$
0000	0	0
0001	1	0.125
0010	2	0.25
0011	3	0.375
0100	4	0.5
0101	5	0.625
0110	6	0.75
0111	7	0.875
1000	8	1.0
1001	9	1.125
...		
1111	15	1.875



$$-V_0 = \frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 + \frac{R_f}{R_4} V_4$$

$$-V_0 = V_1 + 0,5V_2 + 0,25V_3 + 0,125V_4$$

- Mỗi bit có giá trị tương ứng 0.125V → không thể biểu diễn giá trị điện áp trong khoảng (1V, 1.125V) (*DAC resolution*).



## VI. Khuếch đại thuật toán

### 10. Ứng dụng

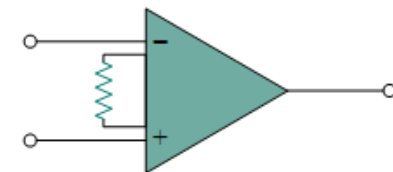
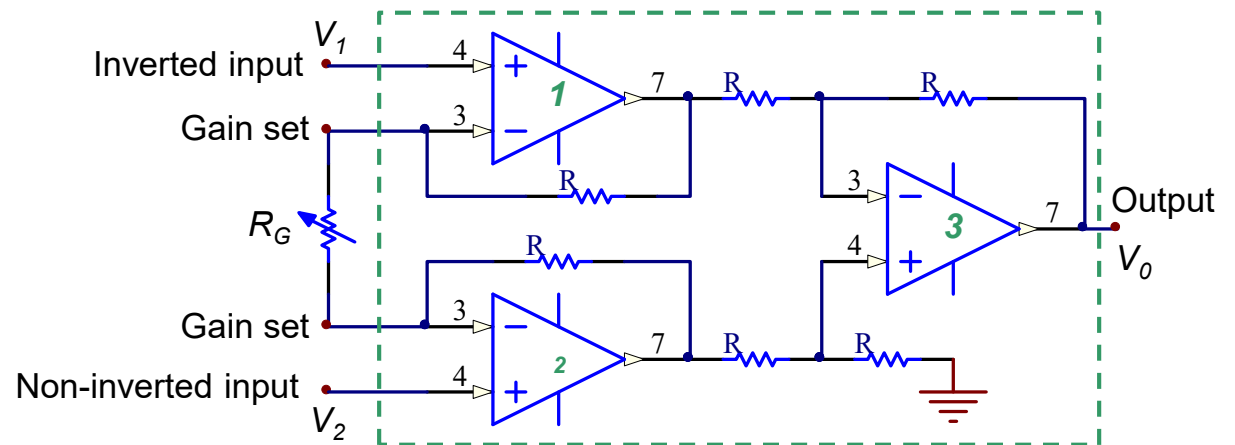
- Khuếch đại đo lường (IA) được sử dụng nhiều trong các mạch khuếch đại cách ly, mạch đo nhiệt độ, mạch thu thập dữ liệu (*data acquisition systems*).

- Quan hệ điện áp:

$$V_0 = \left(1 + \frac{2R}{R_G}\right)(V_2 - V_1)$$

- Đặc điểm:

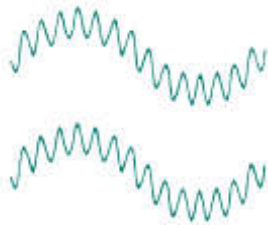
- ❖ *Khuếch đại tín hiệu vi sai* đầu vào nhỏ
- ❖ *Triệt tiêu tín hiệu đồng pha* ở đầu vào



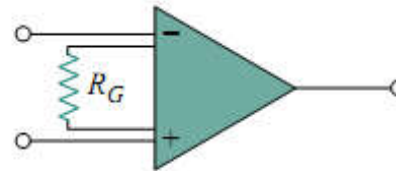
Sơ đồ nguyên lý

## VI. Khuếch đại thuật toán

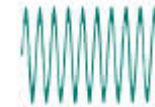
### 10. Ứng dụng



Small differential signals riding on larger common-mode signals



Instrumentation amplifier



Amplified differential signal,  
No common-mode signal

#### ➤ Tính chất của IA:

- ❖ *Hệ số khuếch đại điện áp* có thể thay đổi bằng điện trở ngoài  $R_G$
- ❖ *Điện trở vào rất lớn* và *không bị thay đổi khi thay đổi hệ số khuếch đại.*
- ❖ Điện áp ra  $V_O$  *chỉ phụ thuộc vào thành phần điện áp vi sai* giữa 2 tín hiệu vào  $V_1, V_2$ , *không phụ thuộc vào thành phần điện áp đồng pha* giữa chúng.

## VI. Khuếch đại thuật toán

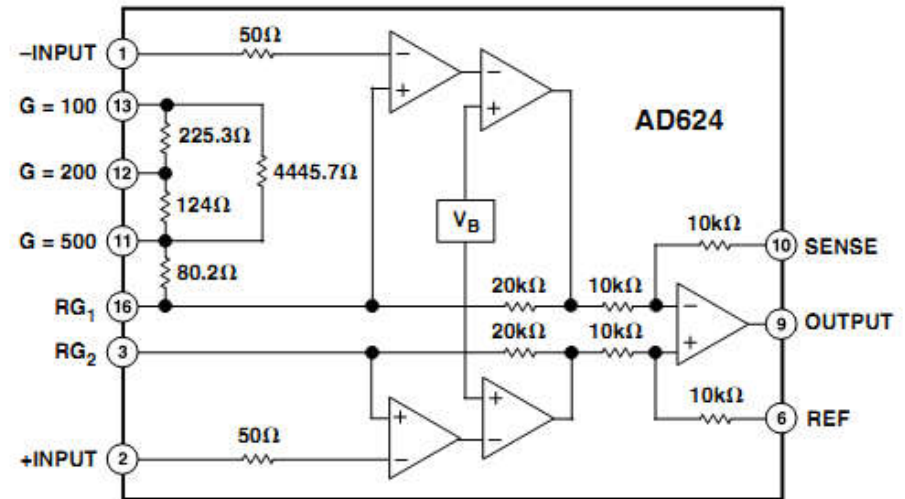
### 10. Ứng dụng

Ex: A precision Instrumentation amplifier

#### Product highlight:

- ❖ Input noise is less than  $4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  at 1 kHz.
- ❖ Pin programmable gains of 1, 100, 200, 500 and 1000 provided on the chip. Using a single external resistor for other gains.
- ❖ The offset voltage, offset voltage drift, gain accuracy and gain temperature coefficients are guaranteed for all pretrimmed gains.
- ❖ Provides totally independent input and output offset for high precision applications.
- ❖ A sense terminal is provided to enable the user to minimize the errors induced through long leads. A reference terminal is also provided to permit level shifting at the output.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



#### FEATURES

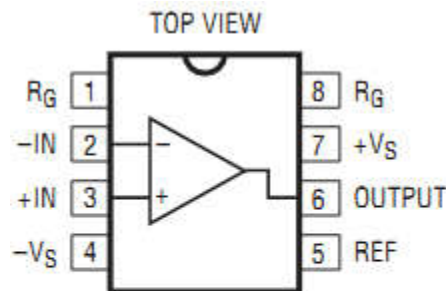
- Low Noise:  $0.2 \mu\text{V p-p}$  0.1 Hz to 10 Hz
- Low Gain TC: 5 ppm max ( $G = 1$ )
- Low Nonlinearity: 0.001% max ( $G = 1$  to 200)
- High CMRR: 130 dB min ( $G = 500$  to 1000)
- Low Input Offset Voltage:  $25 \mu\text{V}$ , max
- Low Input Offset Voltage Drift:  $0.25 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  max
- Gain Bandwidth Product: 25 MHz
- Pin Programmable Gains of 1, 100, 200, 500, 1000
- No External Components Required
- Internally Compensated

Price (100 - 499)	Price (1000)
\$4.82	\$4.09

## VI. Khuếch đại thuật toán

### 10. Ứng dụng

Ex: LT167 – Single resistor gain, programmable, precision instrumentation amplifier



N8 PACKAGE      S8 PACKAGE  
8-LEAD PDIP      8-LEAD PLASTIC SO

$T_{JMAX} = 150^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{JA} = 130^{\circ}\text{C/W}$  (N8)

$T_{JMAX} = 150^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_{JA} = 190^{\circ}\text{C/W}$  (S8)

## APPLICATIONS

- Bridge Amplifiers
- Strain Gauge Amplifiers
- Thermocouple Amplifiers
- Differential to Single-Ended Converters
- Medical Instrumentation

Price (1 - 99)	Price (1000)
\$6.45	\$5.55

## FEATURES

- Single Gain Set Resistor:  $G = 1$  to 10,000
- Gain Error:  $G = 10$ , 0.08% Max
- Input Offset Voltage Drift:  $0.3\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  Max
- Meets IEC 1000-4-2 Level 4 ESD Tests with Two External 5k Resistors
- Gain Nonlinearity:  $G = 10$ , 10ppm Max
- Input Offset Voltage:  $G = 10$ , 60 $\mu\text{V}$  Max
- Input Bias Current: 350pA Max
- PSRR at  $G = 1$ : 105dB Min
- CMRR at  $G = 1$ : 90dB Min
- Supply Current: 1.3mA Max
- Wide Supply Range:  $\pm 2.3\text{V}$  to  $\pm 18\text{V}$
- 1kHz Voltage Noise:  $7.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 0.1Hz to 10Hz Noise:  $0.28\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
- Available in 8-Pin PDIP and SO Packages

Datasheet: <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/1167fc.pdf>



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.

**Bài tập: 10.1 - 10.5, 11.1 - 11.5, bài thêm**

## I.1. Định nghĩa.

➤ *Mạch điện ba pha là mạch điện làm việc với nguồn kích thích ba pha.*

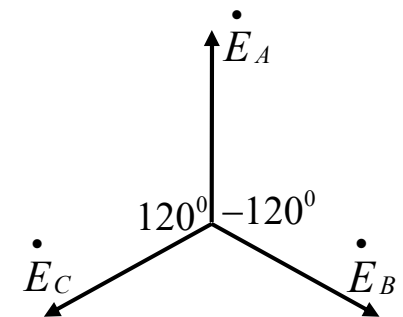
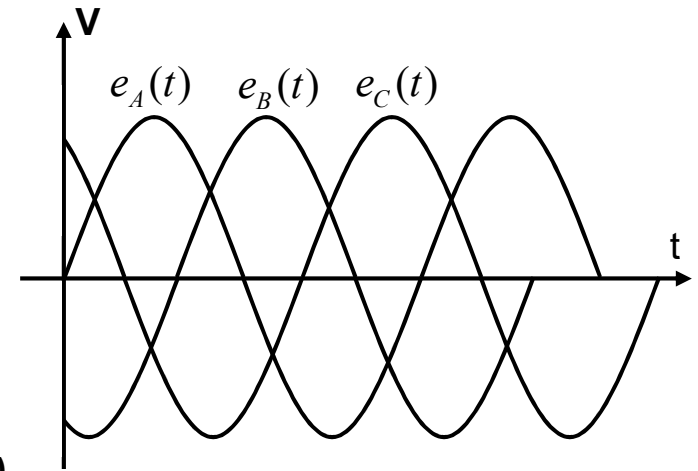
➤ Nguồn điện ba pha gồm 3 nguồn điện 1 pha:

❖ *Cùng biên độ* hiệu dụng.

❖ *Cùng tần số.*

❖ *Pha ban đầu* lệch nhau  $120^\circ$

$$\begin{cases} e_A(t) = E_m \cdot \sin \omega t (V). \\ e_B(t) = E_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) (V). \\ e_C(t) = E_m \cdot \sin(\omega t + 120^\circ) (V). \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} \dot{E}_A = E \underline{0^\circ} (V) \\ \dot{E}_B = E \underline{-120^\circ} (V) \\ \dot{E}_C = E \underline{120^\circ} (V) \end{cases}$$



➤ **Nhận xét:**

❖ *Tổng các suất điện động của 3 dây quấn đều triệt tiêu.*

$$e_A(t) + e_B(t) + e_C(t) = 0 \quad \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$

❖ Thứ tự thuận (ngược): Pha B (C) chậm hơn pha A góc  $120^\circ$ ; pha C (B) sớm hơn pha A góc  $120^\circ$ .



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### I.2. Cách tạo nguồn điện ba pha.

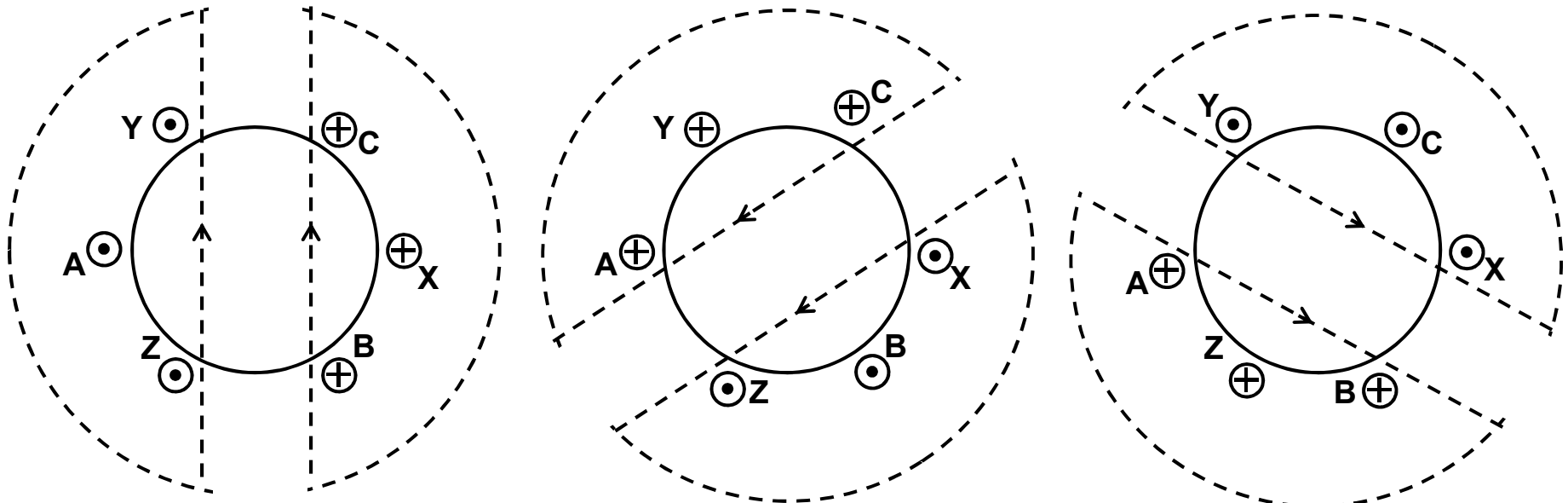
- Sử dụng *máy phát điện xoay chiều đồng bộ ba pha đối xứng*.
- **Cấu tạo :**
  - ❖ **Stator:** Hình trụ, gắn cố định với thân máy, đặt 3 cuộn dây AX, BY, CZ giống nhau, lệch nhau trong không gian  $120^0$ .
  - ❖ **Rotor:** Hình trụ, đặt trong stator, trục rotor được gắn với tuốc bin.
- **Nguyên lý hoạt động:**
  - ❖ Rotor được từ hóa bằng dòng điện 1 chiều (lấy từ nguồn kích thích ngoài) → nam châm điện.
  - ❖ Rotor quay đều với vận tốc  $\omega$  (do lực ngoài tác động của hơi nước, thủy điện, động cơ kéo ...) → từ trường của rotor quét qua các dây quấn stator → suất điện động cảm ứng trên các cuộn dây AX, BY, CZ.

## I.3. Động cơ không đồng bộ ba pha.

### a. Từ trường quay.

- Xét 3 cuộn dây stator cấp bởi dòng điện 3 pha đối xứng.

$$\begin{cases} i_A(t) = I_m \cdot \cos \omega t. \\ i_B(t) = I_m \cdot \cos(\omega t - 120^\circ). \\ i_C(t) = I_m \cdot \cos(\omega t - 240^\circ). \end{cases}$$



- Tại  $t = 0 \rightarrow i_A = I_m ; i_B = i_C = \frac{-I_m}{2}$
- Tại  $t = \frac{T}{3} \rightarrow i_B = I_m ; i_A = i_C = \frac{-I_m}{2}$
- Tại  $t = \frac{2T}{3} \rightarrow i_C = I_m ; i_A = i_B = \frac{-I_m}{2}$

- **Quy ước:** Dòng điện dương là dòng đi ra khỏi đầu cuộn dây, đi vào cuối cuộn dây.

→ **áp dụng quy tắc vặn nút chai**  
 → **Từ trường trong máy điện là từ trường quay.**



### I.3. Động cơ không đồng bộ ba pha.

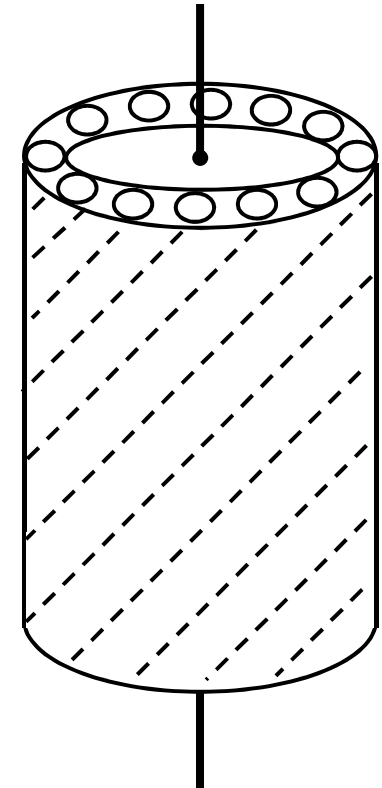
#### b. Động cơ không đồng bộ ba pha.

##### ➤ Cấu tạo:

- ❖ **Stator:** Gồm các cuộn dây tạo ra từ trường quay.
- ❖ **Rotor:** Cấu tạo kiểu lồng sóc đoạn mạch, các thanh dẫn lắp xiên so với đường sinh của lồng sóc.

##### ➤ Nguyên lý hoạt động:

- ❖ **Từ trường quay** do cuộn dây stator tạo ra cắt các thanh dẫn dây quấn rotor → sinh ra **suất điện động cảm ứng**.
- ❖ Dây quấn rotor nối ngắn mạch → các **suất điện động cảm ứng sinh ra các dòng điện cảm ứng** trong các thanh dẫn.
- ❖ **Lực tác dụng tương hỗ** giữa dòng điện trong thanh dẫn với từ trường quay làm **rotor quay cùng chiều với chiều quay của từ trường**.

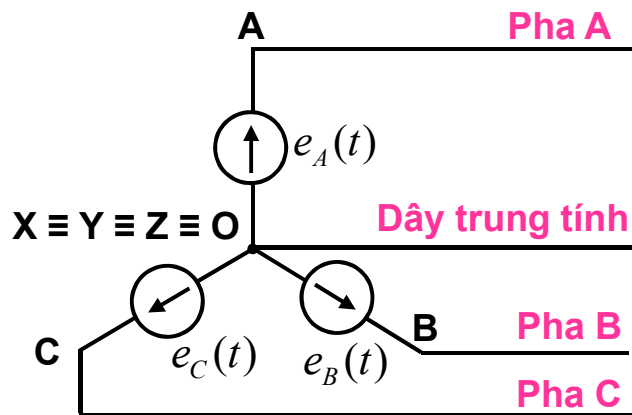


## I.4. Cách đấu dây mạch ba pha.

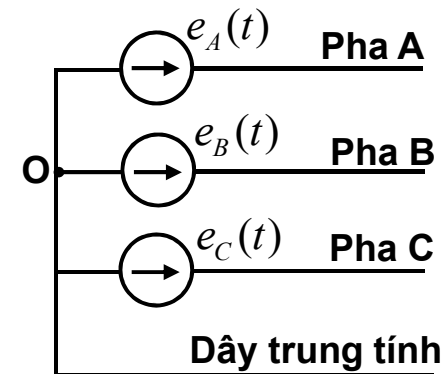
- Mỗi dây quấn stator có một cực đầu và một cực cuối (*cực đầu là cực ở đáy chiều dương dòng điện đi ra, cực còn lại là cực cuối*).
- Có 2 cách đấu dây nguồn ba pha:

### ❖ Nối hình sao Y:

- ✓ Nối 3 cực cuối X, Y, Z chụm một điểm O (*điểm trung tính của nguồn*).



Sơ đồ tương đương



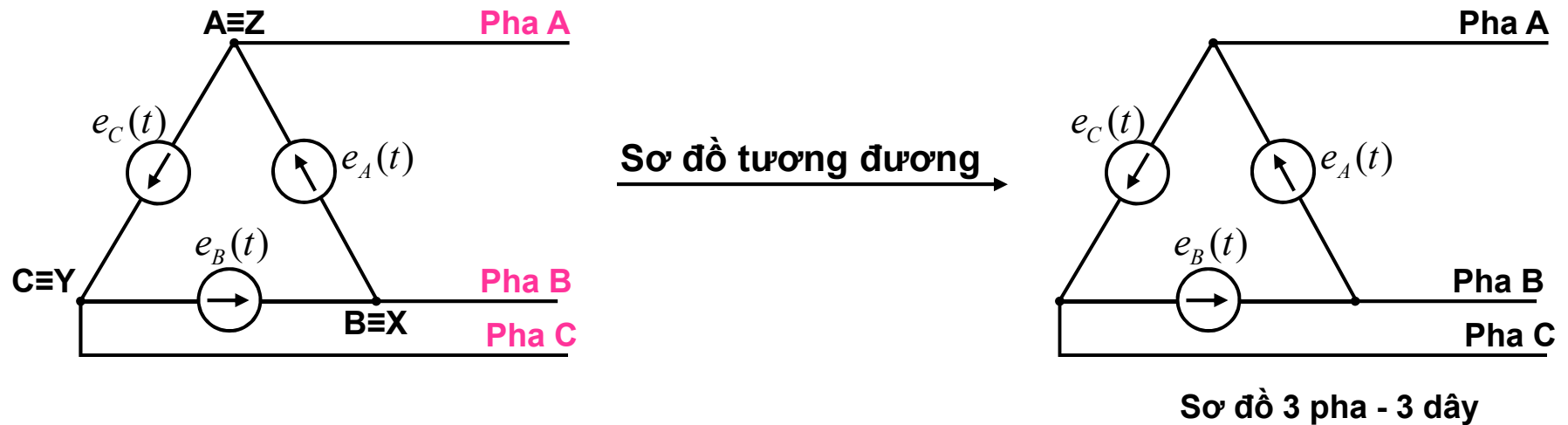
Sơ đồ 3 pha - 4 dây

- ✓ Sơ đồ 3 pha - 4 dây thường dùng cung cấp cho mạng điện sinh hoạt với tải đấu hình sao.

## I.4. Cách đấu dây mạch ba pha.

### ❖ Nối tam giác $\Delta$ :

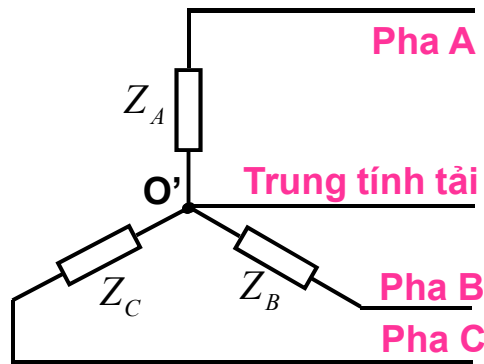
- ✓ Đầu dây của cuộn trước nối với điểm cuối của cuộn sau.



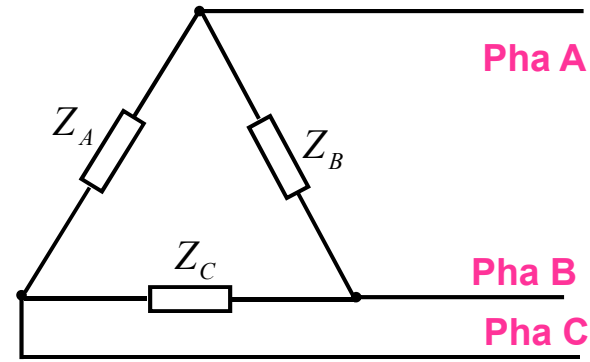
- ✓ *Sơ đồ 3 pha - 3 dây, nguồn, tải nối theo sơ đồ tam giác thường cung cấp cho tải công nghiệp (động cơ 3 pha)*

## I.4. Cách đấu dây mạch ba pha.

➤ Tải 3 pha có thể được đấu theo 2 cách: Y và  $\Delta$

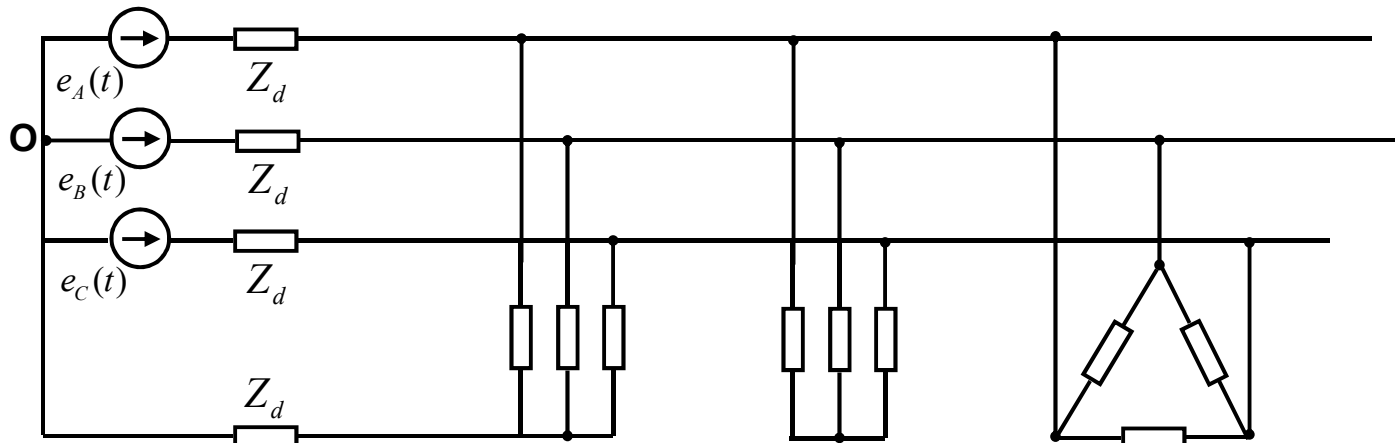


Sơ đồ hình Y - 3 pha - 4 dây



Sơ đồ hình  $\Delta$  - 3 pha - 3 dây

➤ Nguồn & tải có thể đấu khác nhau.



Tải nối Y 3 pha - 4 dây

Tải nối Y  
3 pha - 3 dây

Tải nối  $\Delta$  3 pha - 3 dây



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

II.1. Khái niệm mạch ba pha đối xứng.

II.2. Đặc điểm mạch ba pha đối xứng.

II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

II.4. Mạch ba pha không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.



# Chương 8: Mạch điện ba pha



## II.1. Khái niệm mạch ba pha đối xứng.

- Có thể coi: Mạch ba pha gồm ba mạch điện 01 pha.

Ví dụ: Máy phát điện có 3 dây quấn, đường dây truyền tải có 3 dây, tải 3 ba gồm 3 tải một pha hợp thành.

- **Mạch điện ba pha đối xứng** là mạch điện ba pha có **nguồn đối xứng** và **tải đối xứng**:

- ❖ Nguồn ba pha đối xứng:

- ✓ Biên độ bằng nhau.

- ✓ Tần số bằng nhau.

- ✓ Pha ban đầu lệch nhau  $120^\circ$

- ❖ Tải ba pha đối xứng là tải có

- ✓ Biên độ bằng nhau.

- ✓ Pha bằng nhau.

- Đại lượng pha - đại lượng dây.

- ❖ Dòng điện chảy trên dây dẫn từ nguồn đến tải & điện áp giữa các dây ấy gọi là **dòng điện dây** & **điện áp dây**

- ❖ Dòng điện & điện áp trên các pha của nguồn (tải) được gọi là **dòng điện pha** & **điện áp pha**.

## II.2. Đặc điểm mạch ba pha đối xứng.

### a. Mạch nối hình sao Y.

- Xét điện áp giữa 2 điểm trung tính nguồn và tải:

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad \text{Vì mạch ba pha đối xứng} \\ Y_A = Y_B = Y_C = Y$$

$$\rightarrow \dot{U}_{O'O} = \frac{Y \cdot \dot{E}_A + Y \cdot \dot{E}_B + Y \cdot \dot{E}_C}{3 \cdot Y} = \frac{\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C}{3} = 0 \rightarrow$$

Trung tính nguồn và tải trùng nhau

- Áp dụng luật K2 cho vòng OAO'O:

$$\dot{E}_A = \dot{U}_A + \dot{U}_{O'O} = \dot{U}_A$$

Hệ thống điện áp pha trên tải đối xứng

- Tương tự:  $\dot{E}_B = \dot{U}_B$  ;  $\dot{E}_C = \dot{U}_C$

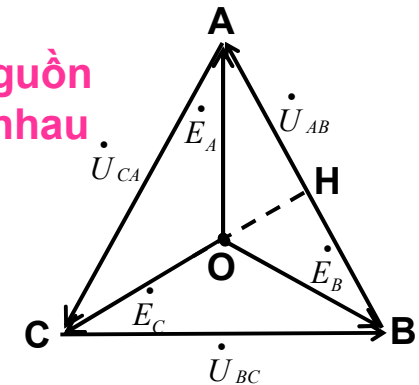
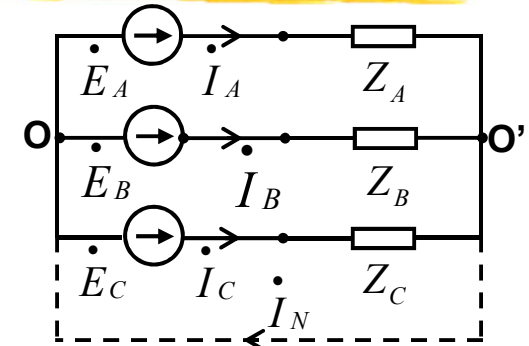
- Xét tam giác OAH:

$$U_{AB} = 2 \cdot U_A \cdot \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot U_A \rightarrow \dot{U}_{AB} = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_A \cdot e^{j \cdot 30^\circ}$$

- Hệ thống dòng điện:  $\dot{I}_A = Y \cdot \dot{U}_A$  ;  $\dot{I}_B = Y \cdot \dot{U}_B$  ;  $\dot{I}_C = Y \cdot \dot{U}_C$

Hệ thống dòng điện pha đối xứng

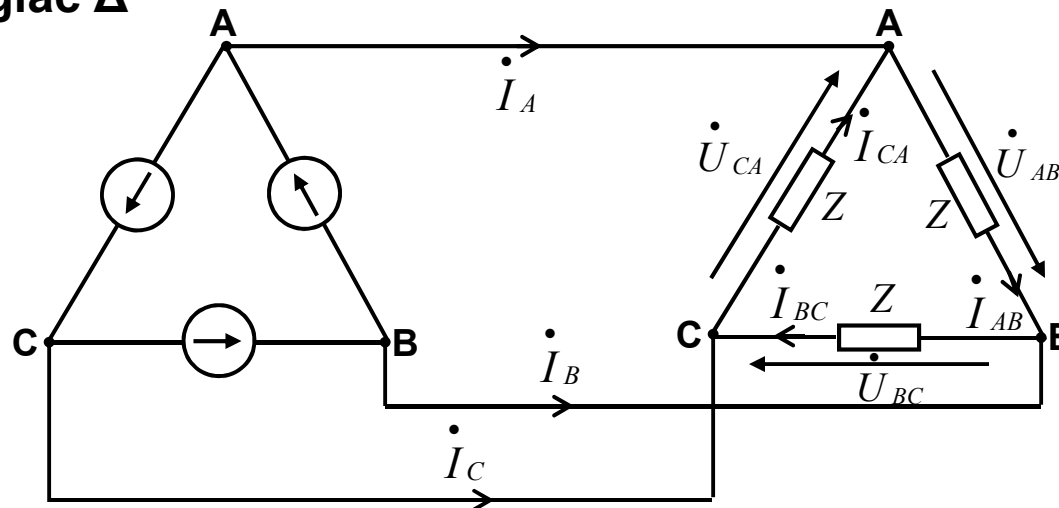
- Dòng điện dây trung tính:  $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$



$$\dot{I}_d = \dot{I}_f; \dot{U}_d = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_f \cdot e^{j \cdot 30^\circ} \\ \dot{I}_N = 0$$

## II.2. Đặc điểm mạch ba pha đối xứng.

### b. Mạch nối tam giác $\Delta$



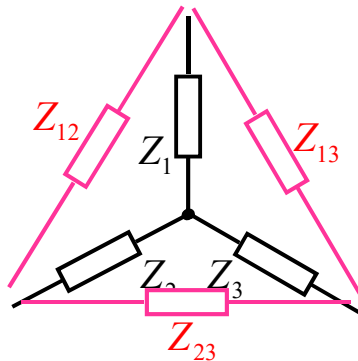
$$\dot{I}_d = \sqrt{3} \dot{I}_f \cdot e^{j.30^\circ} \quad ; \quad \dot{U}_d = \dot{U}_f$$



## II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

- Việc phân tích mạch 3 pha đối xứng có thể đưa phân tích trên một pha (trạng thái trên 2 pha còn lại giống như trên pha đang xét nhưng lệch 1/3 chu kỳ)
- Quá trình phân tích thường thực hiện trên sơ đồ nối Y
  - ❖ Công thức biến đổi tổng trở

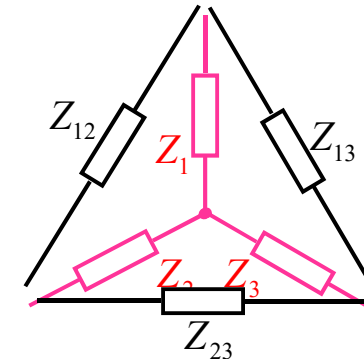
### Công thức chuyển Y → Δ



$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_3} \quad Z_{13} = Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2}$$

$$Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1}$$

### Công thức chuyển Δ → Y



$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{13}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}} \quad Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$$

$$Z_3 = \frac{Z_{13} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$$

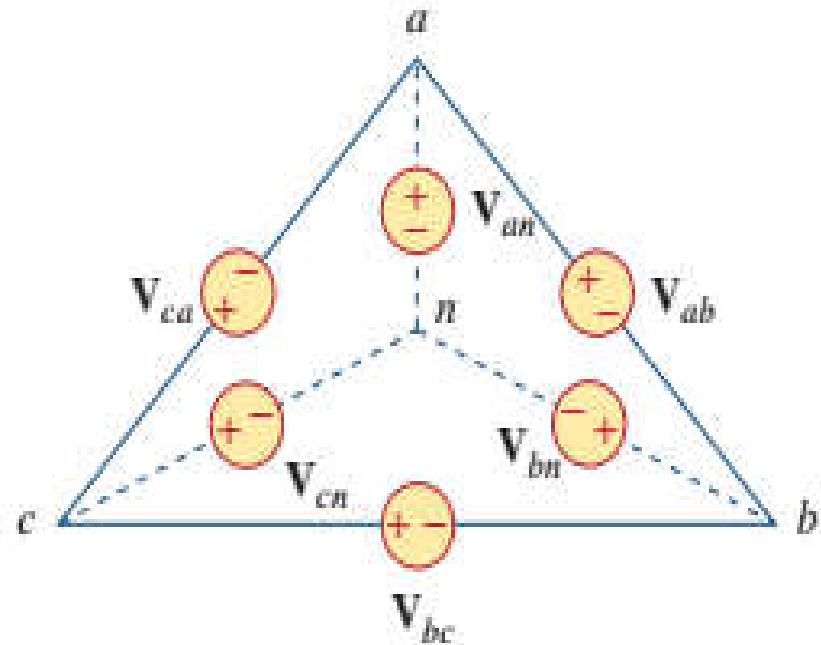
## II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

- Quá trình phân tích thường thực hiện trên sơ đồ nối Y
  - ❖ Công thức biến đổi nguồn

$$V_{an} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} \angle -30^{\circ}$$

$$V_{bn} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} \angle -150^{\circ}$$

$$V_{cn} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} \angle 90^{\circ}$$



## II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

Ví dụ 8.1 : Xét mạch 3 pha đối xứng.

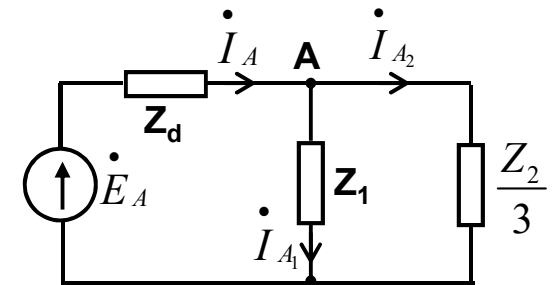
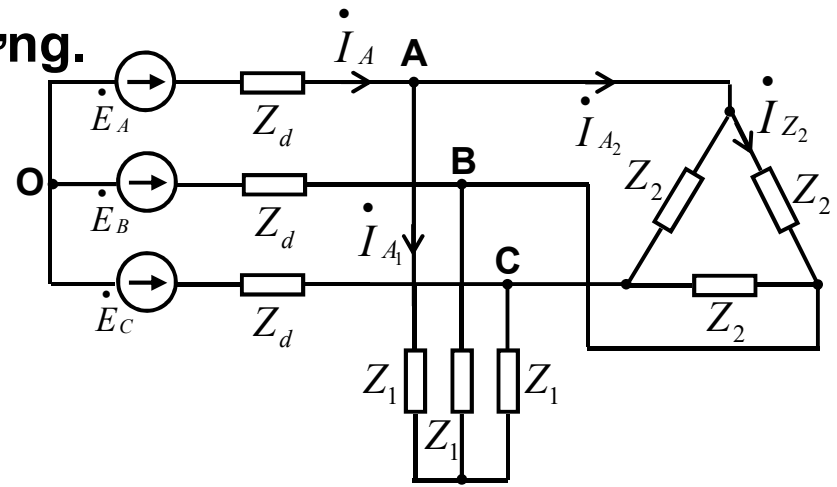
➤ Chuyển  $\Delta - Y$ , xét riêng pha A.

➤ Dòng điện dây:  $\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + (Z_1 // \frac{Z_2}{3})}$

$$\rightarrow \dot{I}_{A_1} = \frac{\dot{I}_A}{Z_1 + \frac{Z_2}{3}} \cdot \frac{Z_2}{3} \quad ; \quad \dot{I}_{A_2} = \frac{\dot{I}_A}{Z_1 + \frac{Z_2}{3}} \cdot Z_1$$

➤ Dòng điện pha tải  $Z_2$ :  $\dot{I}_{Z_2} = \dot{I}_f = \frac{\dot{I}_{A_2}}{\sqrt{3} \cdot e^{j.30^\circ}}$

➤ Tổn thất dọc đường dây:  $\Delta \dot{U}_d = Z_d \cdot \dot{I}_d = Z_d \cdot \dot{I}_A = Z_d \cdot \frac{\dot{E}_A}{Z_d + (Z_1 // \frac{Z_2}{3})}$



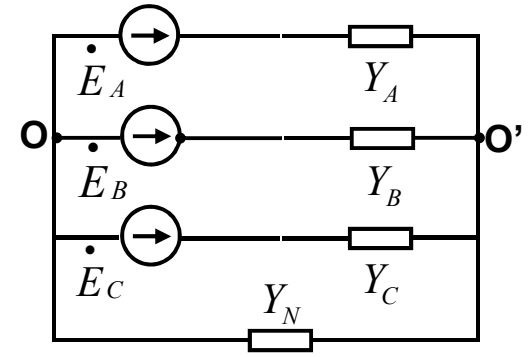
Sơ đồ pha A

→ Trạng thái dòng - áp ở pha B (C) sẽ quay đi một góc tương ứng

## II.4. Mạch ba pha không đối xứng tải tĩnh.

- Nguồn ba pha cung cấp cho tải thấp sáng, tải sinh hoạt, động cơ một pha, biến áp hàn, lò hồ quang ... làm việc ở trạng thái không đối xứng.
- Coi mạch ba pha là một mạch có 3 nguồn 1 pha → sử dụng tất cả các phương pháp xét: Dòng vòng, thế nút, dòng nhánh, xếp chồng, ...
- Xét mạch 3 pha hình Y

$$\begin{aligned} \text{❖ Nếu } Z_N = 0 \rightarrow \dot{U}_{O'O} = 0 \quad \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_A} ; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{Z_B} ; \dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{Z_C} \\ \dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \end{aligned}$$



*Nếu đứt, chập 1 pha → không ảnh hưởng đến các pha khác.*

$$\text{❖ Nếu } Z_N = \infty \rightarrow \dot{U}_{O'O} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad \text{❖ Nếu } Z_N \neq 0 \rightarrow \dot{U}_{O'O} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$$

$$\rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_{O'O}}{Z_A} ; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_{O'O}}{Z_B}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_{O'O}}{Z_C} ; \dot{I}_N = 0$$

$$\rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_{O'O}}{Z_A} ; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_{O'O}}{Z_B}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_{O'O}}{Z_C} ; \dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

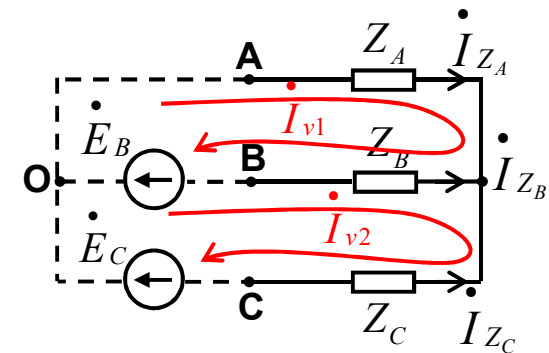
## II.4. Mạch ba pha không đối xứng tải tĩnh.

- Thực tế ta biết điện áp dây mà không biết điện áp từng pha của nguồn
- *Thay thế hệ thống điện áp dây bằng hệ thống ba (hoặc hai) nguồn áp tương đương, đảm bảo điện áp dây đã cho.*

Ví dụ 8.2: Cho mạch ba pha có hệ thống điện áp dây không đối xứng  $\dot{U}_{AB}; \dot{U}_{AC}$ , tải mắc hình sao đối xứng.

- Thay hệ thống điện áp dây không đối xứng bằng 2 nguồn áp:  $\dot{E}_B = \dot{U}_{AB}$ ;  $\dot{E}_C = \dot{U}_{AC}$
- Chọn chiều dòng vòng như hình vẽ.
- Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng vòng

$$\begin{cases} (Z_A + Z_B) \cdot \dot{I}_{v1} - Z_B \cdot \dot{I}_{v2} = \dot{E}_B \\ -Z_B \cdot \dot{I}_{v1} + (Z_B + Z_C) \cdot \dot{I}_{v2} = \dot{E}_C - \dot{E}_B \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{Z_A} = \dot{I}_{v1} \\ \dot{I}_{Z_B} = \dot{I}_{v2} - \dot{I}_{v1} \\ \dot{I}_{Z_C} = -\dot{I}_{v2} \end{cases}$$





# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 8: Mạch điện ba pha.

- I. Khái niệm.
- II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.
- III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.**
- IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng
- V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.

## III. Tính và đo công suất mạch ba pha.

- Tổng quát:

$$\tilde{S}_{3fa} = \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^* + \dot{U}_B \cdot \dot{I}_B^* + \dot{U}_C \cdot \dot{I}_C^*$$

$$P_{3fa} = P_A + P_B + P_C$$

$$Q_{3fa} = Q_A + Q_B + Q_C$$

- Mạch 3 pha đối xứng: Công suất các pha bằng nhau → đo công suất 1 pha.

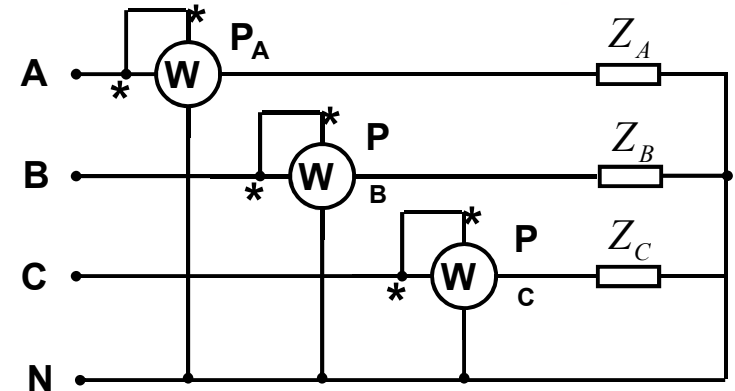
$$\tilde{S}_{3fa} = 3 \cdot \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^*$$

$$P_{3fa} = 3 \cdot P_{1fa} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi$$

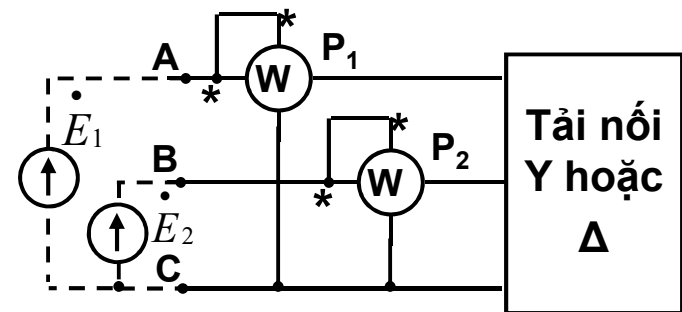
$$Q_{3fa} = 3 \cdot Q_{1fa} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \sin \varphi$$

- Mạch 3 pha không đối xứng: Thay bằng 2 nguồn tương đương:

$$P_{3fa} = P_{tai} = P_{E_1} + P_{E_2} = \text{Re}\{\dot{U}_{AC} \cdot \hat{I}_A\} + \text{Re}\{\dot{U}_{BC} \cdot \hat{I}_B\}$$



Sơ đồ đo công suất 3 pha - 3 phần tử



Sơ đồ đo công suất 3 pha - 2 phần tử



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

**IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng**

**IV.1. Khái niệm.**

**IV.2. Hệ điện áp cơ sở.**

**IV.3. Công thức phân tích - tổng hợp.**

**IV.4. Tính chất các thành phần đối xứng trong mạch 3 pha.**

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.





## Chương 8: Mạch điện ba pha



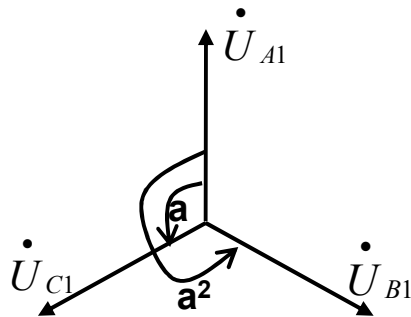
### IV.1. Khái niệm.

- Trong mạch điện 3 pha, thực tế có tải hồ cảm, tụ cảm → tổng trở các pha tải không cố định (*tải động*), thay đổi phức tạp theo mức độ không đối xứng của dòng điện.
- Coi hệ thống là tuyến tính, một trạng thái dòng, áp không đối xứng có thể phân tích thành các thành phần đối xứng sao cho với mỗi hệ thành phần dòng đối xứng, tổng trở cuộn dây là không đổi.
- Áp dụng tính chất xếp chồng để giải bài toán mạch không đối xứng:
  - ❖ Phân tích nguồn ba pha không đối xứng ra những thành phần đối xứng.
  - ❖ Tìm đáp ứng đối với mỗi thành phần và xếp chồng lại.
- Phương pháp thành phần đối xứng của Fortescue dựa trên sự phân tích chính tắc những hệ dòng áp ba pha thành những *thành phần đối xứng thuận, nghịch và không*.

## IV.2. Hệ điện áp cơ sở của phương pháp thành phần đối xứng.

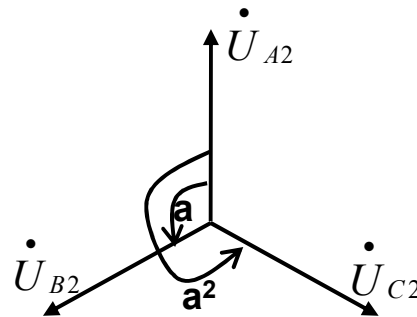
- Phương pháp thành phần đối xứng của Fortescue là phương pháp xét mạch điện ba pha không đối xứng bằng cách phân tích chính tắc những hệ dòng áp ba pha thành những thành phần đối xứng thuận, nghịch và không.
- Hệ thành phần đối xứng thuận, nghịch và không chính là hệ điện áp cơ sở :

### ❖ Thứ tự thuận:



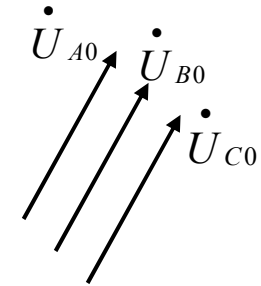
$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = A \underline{1} (V) \\ \dot{U}_{B1} = a^2 \cdot \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_{C1} = a \cdot \dot{U}_{A1} \end{cases}$$

### ❖ Thứ tự ngược:



$$\begin{cases} \dot{U}_{A2} = A \underline{1} (V) \\ \dot{U}_{B2} = a \cdot \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_{C2} = a^2 \cdot \dot{U}_{A2} \end{cases}$$

### ❖ Thứ tự không:



$$\begin{cases} \dot{U}_{A0} = A \underline{0} (V) \\ \dot{U}_{B0} = \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_{C0} = \dot{U}_{A0} \end{cases}$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### IV.3. Công thức phân tích và tổng hợp.

- Nếu biết vector của pha chuẩn ( $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$ )  $\rightarrow$  tìm được vector của pha B, C.
- Khi phân tích hệ thống điện áp không đối xứng  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$  cần tìm  $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$

➤ **Công thức tổng hợp:**

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_B = \dot{U}_{B1} + \dot{U}_{B2} + \dot{U}_{B0} \\ \dot{U}_C = \dot{U}_{C1} + \dot{U}_{C2} + \dot{U}_{C0} \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_B = a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + a \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_C = a \cdot \dot{U}_{A1} + a^2 \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \end{cases}$$

➤ **Công thức phân tích:**

Tính  $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$  theo

$\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a \cdot \dot{U}_B + a^2 \cdot \dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a^2 \cdot \dot{U}_B + a \cdot \dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) \end{cases}$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### IV.3. Công thức phân tích và tổng hợp.

Ví dụ 8.3: Phân tích hệ thống điện áp không đối xứng thành các thành phần đối xứng.

$$\dot{U}_A = 120(V) ; \dot{U}_B = 120 \underline{-120^\circ}(V) ; \dot{U}_C = 0.$$

➤ Theo công thức phân tích, các thành phần đối xứng của điện áp pha A là:

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a.\dot{U}_B + a^2.\dot{U}_C) = \frac{1}{3}(120 + 120 \underline{-120^\circ} + 120) = 80(V) \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a^2.\dot{U}_B + a.\dot{U}_C) = \frac{1}{3}(120 + 120 \underline{-120^\circ} + 240) = 40 \underline{60^\circ}(V) \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) = 40 \underline{-60^\circ}(V). \end{cases}$$

➤ Từ đó ta có thể tính được các thành phần đối xứng của  $\dot{U}_B, \dot{U}_C$  :

$$\begin{cases} \dot{U}_{B1} = 80 \underline{-120^\circ}(V) \\ \dot{U}_{B2} = 40 \underline{180^\circ}(V) \\ \dot{U}_{B0} = 40 \underline{-60^\circ}(V). \end{cases} ; \begin{cases} \dot{U}_{C1} = 80 \underline{120^\circ}(V) \\ \dot{U}_{C2} = 40 \underline{-60^\circ}(V) \\ \dot{U}_{C0} = 40 \underline{-60^\circ}(V). \end{cases}$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### IV.3. Công thức phân tích và tổng hợp.

Ví dụ 8.4: Tìm dòng điện trong các pha nếu đã biết các thành phần đối xứng

$$\dot{I}_{A1} = 5 \angle 90^\circ (A) ; \dot{I}_{A2} = 5 \angle -90^\circ (A) ; \dot{I}_{A0} = 0.$$

➤ Theo công thức tổng hợp ta có:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 5 \angle 90^\circ + 5 \angle -90^\circ = 0(A) \\ \dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 5 \angle -30^\circ + 5 \angle 30^\circ = 5 \cdot \sqrt{3} (A) \\ \dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 5 \angle -150^\circ + 5 \angle 150^\circ = 5 \cdot \sqrt{3} \cdot \angle 180^\circ (A) \end{array} \right.$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### IV.4. Tính chất các thành phần đối xứng trong mạch 3 pha.

➤ Từ công thức tổng hợp, ta có:

$$\begin{cases} \dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{B} = a^2 \cdot \dot{A}_1 + a \cdot \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{C} = a \cdot \dot{A}_1 + a^2 \cdot \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \end{cases} \quad \dot{A} + \dot{B} + \dot{C} = (1 + a^2 + a) \cdot \dot{A}_1 + (1 + a + a^2) \cdot \dot{A}_2 + 3 \cdot \dot{A}_0$$

$\rightarrow \boxed{\dot{A} + \dot{B} + \dot{C} = 3 \cdot \dot{A}_0}$

*Tổng ba lượng pha bằng ba lần giá trị thành phần thứ tự không.*

➤ Xét hiệu 2 trạng thái:  $\dot{A} - \dot{B} = (\dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0) - (\dot{B}_1 + \dot{B}_2 + \dot{B}_0) = (\dot{A}_1 - \dot{B}_1) + (\dot{A}_2 - \dot{B}_2)$

*Hiệu hai lượng pha của hệ không chứa thành phần thứ tự không.*

➤ Từ 2 tính chất trên ta có thể suy ra một số tính chất sau:

❖ *Dòng điện dây trung tính bằng ba lần thành phần thứ tự không của dòng điện dây.*

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3 \cdot \dot{I}_0$$

❖ *Điện áp dây luôn không có thành phần thứ tự không.*



# LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



## Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

**V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.**

**V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.**

**V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.**

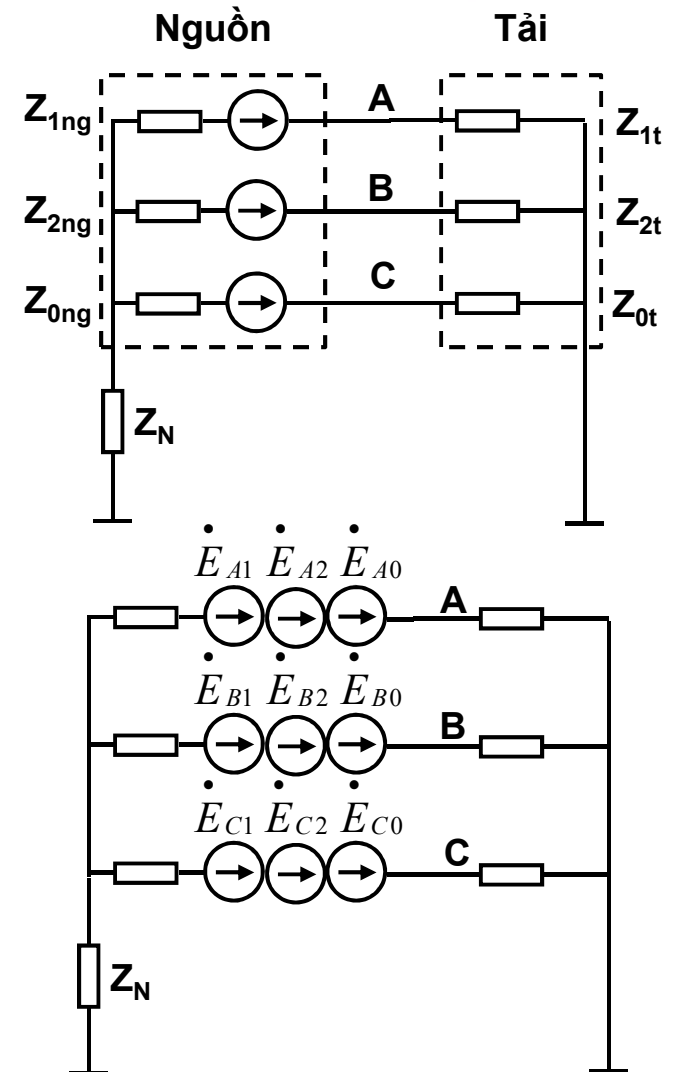
**V.3. Các điều hòa cao của dòng - áp trong mạch ba pha.**

## V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

- Xét nguồn 3 pha không đối xứng → tìm dòng điện xác lập trong các pha của tải.
- Phân tích hệ suất điện động không đối xứng thành theo thành phần thuận, nghịch không.

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a.\dot{U}_B + a^2.\dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a^2.\dot{U}_B + a.\dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) \end{cases}$$

- Thay thế các nguồn suất điện động → áp dụng tính chất xếp chồng, tách thành 3 bài toán đối xứng

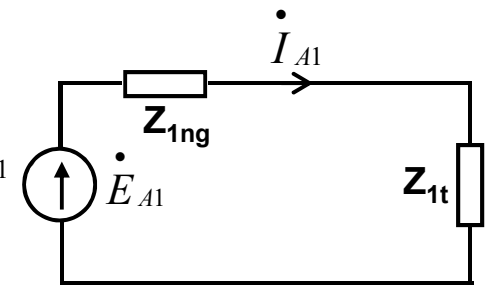




## V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

### ❖ Bài toán 1:

- ✓ Nguồn: hệ suất điện động thứ tự thuận  $\dot{E}_{A1}, \dot{E}_{B1}, \dot{E}_{C1}$   
Khi đó mạch điện hoàn toàn đối xứng.



Sơ đồ thứ tự thuận

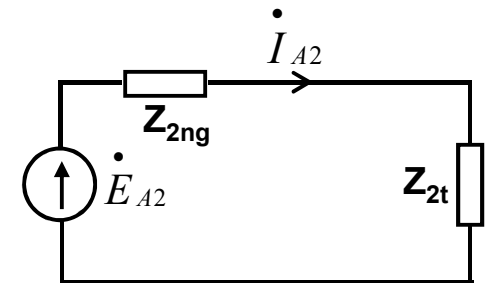
- ✓ Cách giải giống hoàn toàn bài toán mạch điện ba pha đối xứng: Dùng sơ đồ tách riêng pha A,

ta có:

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\dot{E}_{A1}}{Z_{1ng} + Z_{1t}}$$

### ❖ Bài toán 2:

- ✓ Nguồn tác dụng là hệ suất điện động thứ tự ngược  $\dot{E}_{A2}, \dot{E}_{B2}, \dot{E}_{C2}$ .
- ✓ Tương tự như trên, ta cũng có sơ đồ tính toán cho mạch ba pha đối xứng khi xét riêng pha A.



Sơ đồ thứ tự ngược

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{E}_{A2}}{Z_{2ng} + Z_{2t}}$$

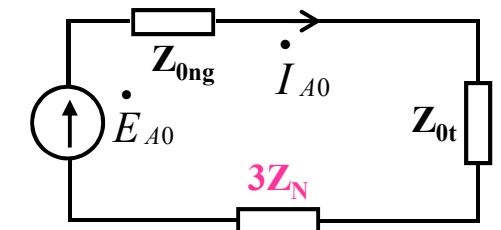
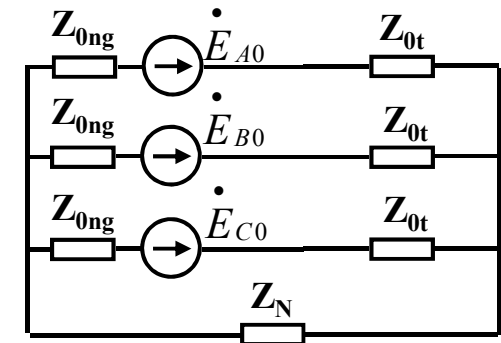
## V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

### ❖ Bài toán 3:

- ✓ Nguồn tác dụng là một hệ suất điện động thứ tự không  $\dot{E}_{A0}, \dot{E}_{B0}, \dot{E}_{C0}$ , tổng trở tải  $Z_{0t}$  và tổng nguồn  $Z_{0ng}$  đều đối xứng.
- ✓ Lúc này mạch điện có dây trung tính, dòng điện trong dây trung tính bằng 3 lần dòng điện thứ tự không.
- ✓ Xét riêng pha A ta có:

$$\dot{I}_{A0} = \frac{\dot{E}_{A0}}{Z_{0ng} + Z_{0t} + 3.Z_N}$$

- ✓ **Chú ý:** Với sơ đồ thứ tự không, nếu *không có dây trung tính, dòng điện trong các pha sẽ bằng không.*



Sơ đồ thứ tự không



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

- Sau khi tính được các thành phần dòng điện do từng hệ thống ba pha thuận, nghịch, không tác dụng riêng rẽ, áp dụng công thức tổng hợp, ta tính được dòng điện trong mỗi pha:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \end{cases}$$

- Các bước giải bài toán mạch ba pha có nguồn không đối xứng:
  - ❖ Phân tích nguồn đối xứng thành tổng của các thành phần thuận, nghịch, không.
  - ❖ Lập và tính các giá trị dòng áp cần thiết trên các sơ đồ thuận, nghịch, không. (Sơ đồ thuận và nghịch có kết cấu giống nhau; sơ đồ thứ tự không có thêm tổng trở dây trung tính với giá trị tăng gấp 3 lần)
  - ❖ Áp dụng công thức tổng hợp để tính toán các giá trị dòng, áp cần tìm.

## V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

Ví dụ 8.5: Tính dòng điện trong các pha của mạch 3 pha không đối xứng như hình bên, biết:

$$\dot{E}_A = 6500(V); \dot{E}_B = 6800 \angle -135^\circ (V); \dot{E}_C = 6300 \angle 130^\circ (V)$$

$$Z_{1ng} = Z_{2ng} = j.14(\Omega); Z_{0ng} = j.1(\Omega); Z_N = j.10(\Omega);$$

$$Z_{1t} = 40 + j.45(\Omega); Z_{2t} = 2 + j.8(\Omega); Z_{0t} = j.3(\Omega);$$

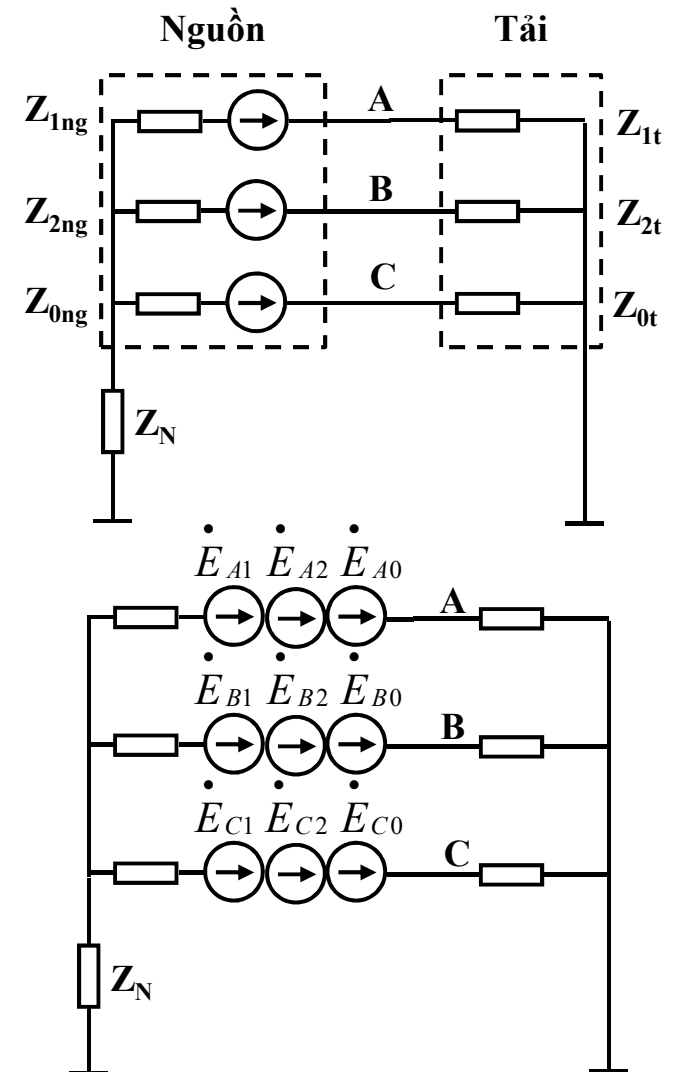
**Giải:**

- Phân tích hệ thống suất điện động không đối xứng thành các thành phần thứ tự thuận nghịch không.

$$\dot{E}_{A1} = \frac{1}{3} (\dot{E}_A + a \cdot \dot{E}_B + a^2 \cdot \dot{E}_C) = 6420 \angle -2^\circ (V)$$

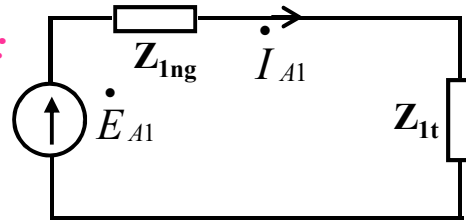
$$\dot{E}_{A2} = \frac{1}{3} (\dot{E}_A + a^2 \cdot \dot{E}_B + a \cdot \dot{E}_C) = 800 \angle 13,50^\circ (V)$$

$$\dot{E}_{A0} = \frac{1}{3} (\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C) = -783(V)$$



## V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

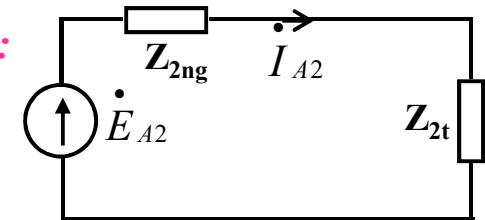
❖ Xét sơ đồ thuận:



Sơ đồ thứ tự thuận

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\dot{E}_{A1}}{Z_{1ng} + Z_{1t}} = 90,2 \angle -57,50^\circ (A)$$

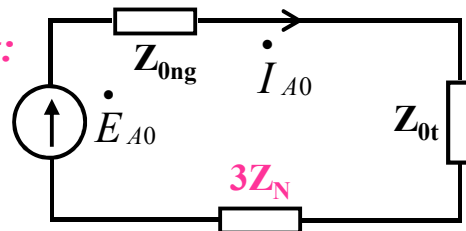
❖ Xét sơ đồ ngược:



Sơ đồ thứ tự ngược

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{E}_{A2}}{Z_{2ng} + Z_{2t}} = 40,5 \angle -71^\circ (A)$$

❖ Xét sơ đồ không:



Sơ đồ thứ tự không

$$\dot{I}_{A0} = \frac{\dot{E}_{A0}}{Z_{0ng} + Z_{0t} + 3.Z_N} = 23 \angle 90^\circ (A)$$

➤ Áp dụng công thức tổng hợp ta có:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 111 \angle -56,20^\circ (A)$$

$$\dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 81,2 \angle 141,50^\circ (A)$$

$$\dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 111 \angle 82,45^\circ (A)$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

- Khi mạch ba pha đối xứng bị sự cố (sự cố đứt dây, ngắn mạch ...), phần mạch ở nơi sự cố sẽ không đối xứng nữa. Điện áp tại phần mạch sự cố lập thành một hệ điện áp không đối xứng.
- **Phương pháp xét bài toán mạch điện ba pha sự cố:**
  - ❖ Phân tích thành phần điện áp không đối xứng tại vị trí sự cố thành các thành phần đối xứng thuận, nghịch, không.
  - ❖ Áp dụng phương pháp xét mạch ba pha đối xứng.
- Có 2 loại sự cố trong mạch ba pha:
  - ❖ **Sự cố dọc đường dây:** Ví dụ: Sự cố đứt dây 1 pha, đứt dây 2 pha ...
    - ✓ Làm thay đổi tổng trở pha của đường dây.
    - ✓ Thay thế vị trí sự cố bằng hệ thống dòng, áp mắc nối tiếp vào đường dây.
  - ❖ **Sự cố ngang đường dây:** Ví dụ: Sự cố ngắn mạch 2 pha, chạm đất 1 pha ...
    - ✓ Làm thay đổi tổng trở cách điện giữa các pha đường dây với nhau và với đất.
    - ✓ Thay thế vị trí sự cố bằng hệ thống dòng, áp mắc song song vào đường dây.



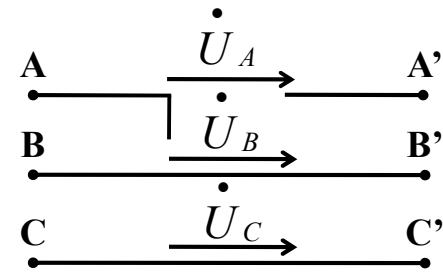
# Chương 8: Mạch điện ba pha



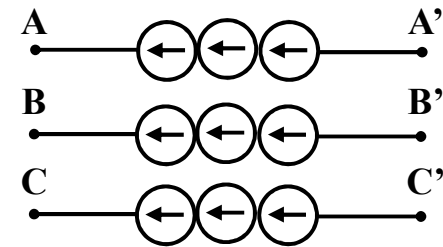
## V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

### a. Sự cố đứt dây 1 pha.

- Hiện tượng:
  - ❖ Tổng trở tại vị trí sự cố: 
$$\begin{cases} Z_{fa A} = \infty \\ Z_{fa B} = 0 \\ Z_{fa C} = 0 \end{cases}$$



- ❖ Điện áp tại vị trí sự cố: 
$$\begin{cases} \dot{U}_A \neq 0 \\ \dot{U}_B = 0 \\ \dot{U}_C = 0 \end{cases}$$



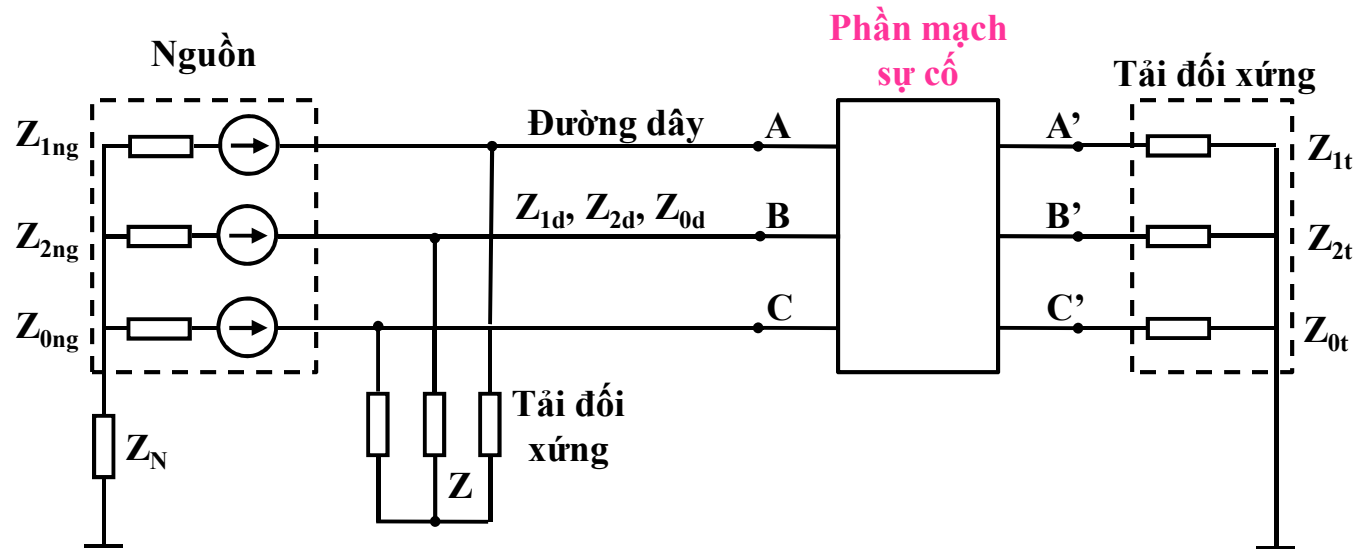
- Phương trình sự cố:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = 0 \\ \dot{U}_B = 0 \\ \dot{U}_C = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 0 \\ a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + a \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \\ a \cdot \dot{U}_{A1} + a^2 \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \end{cases}$$

## V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

### a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ 8.6: Cho mạch điện 3 pha đơn giản, cho đường dây bị đứt pha A làm thành một bộ phận không đối xứng biểu diễn bằng một hình chữ nhật. Tìm các dòng áp trong mạch.



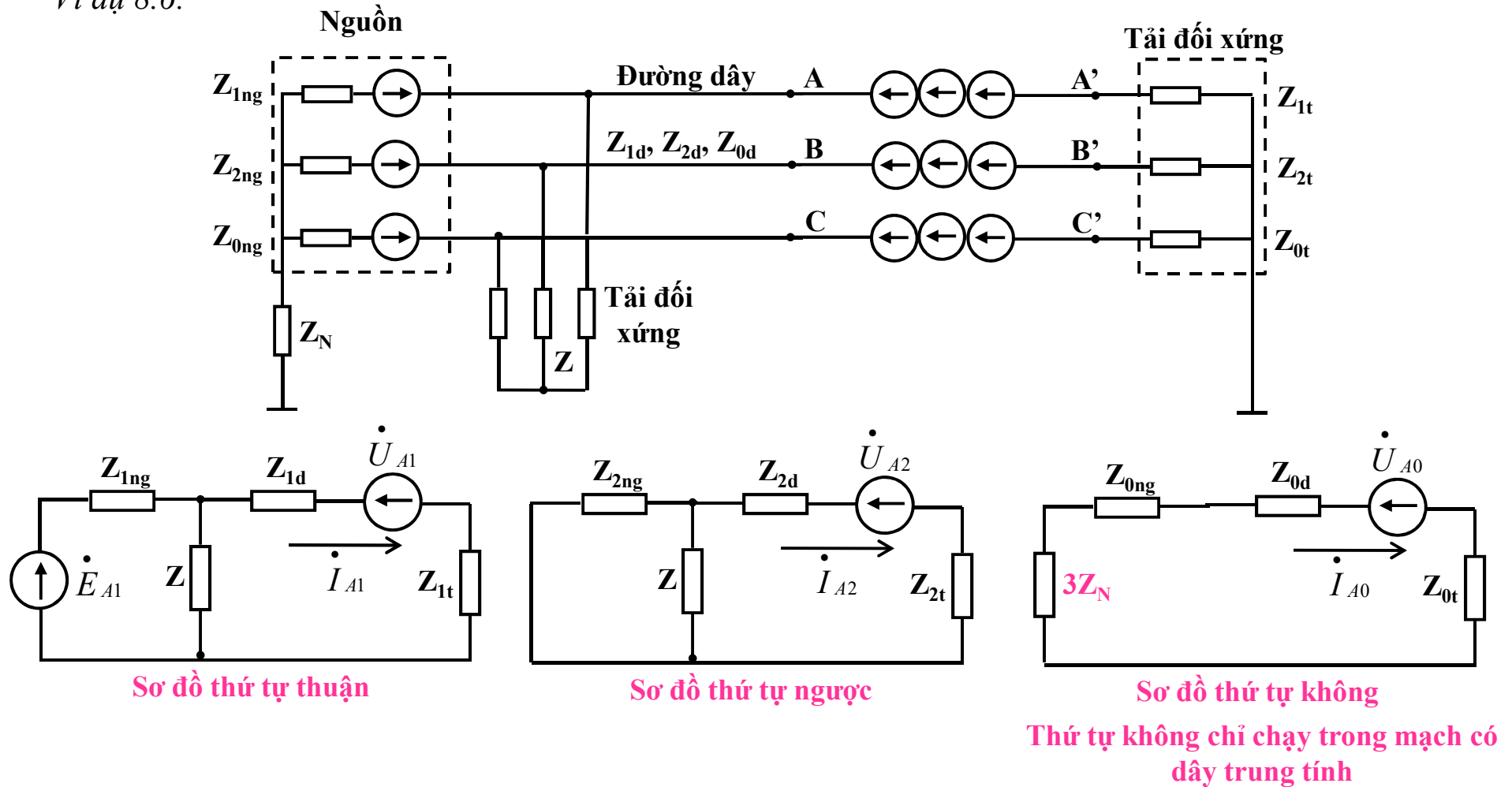
- Trừ phần sự cố ra, mạch điện còn lại hoàn toàn đối xứng.
- Muốn đưa bài toán này về đối xứng  $\rightarrow$  cần thay thế hệ thống điện áp không đối xứng ở phần sự cố bằng những thành phần đối xứng thuận, nghịch, không.



## V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

### a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ 8.6:

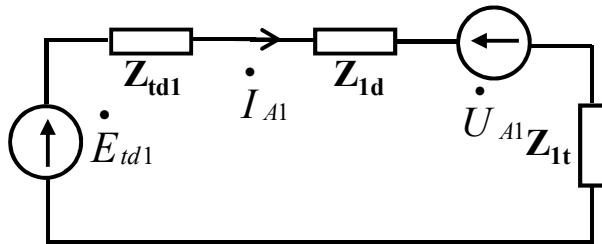
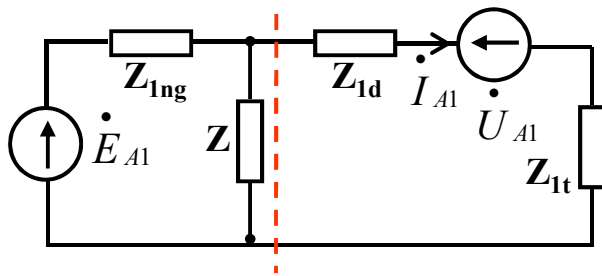


## V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

### a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ:

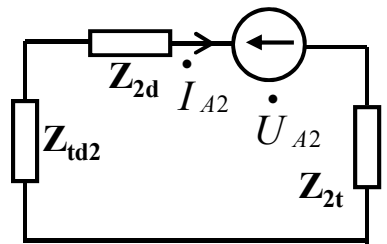
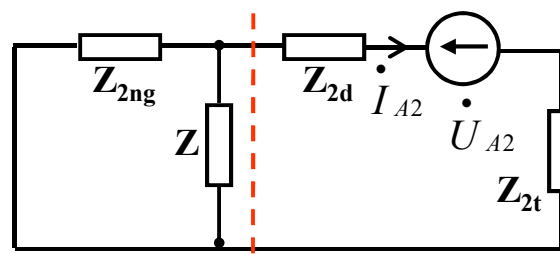
➤ *Sơ đồ thứ tự thuận:*



$$\dot{E}_{td1} = \frac{\dot{E}_{A1} \cdot Z}{Z + Z_{1ng}} ; Z_{td1} = \frac{Z_{1ng} \cdot Z}{Z + Z_{1ng}}$$

$$\dot{U}_{A1} + \dot{I}_{A1} \cdot (Z_{td1} + Z_{1d} + Z_{1t}) = \dot{E}_{td1}$$

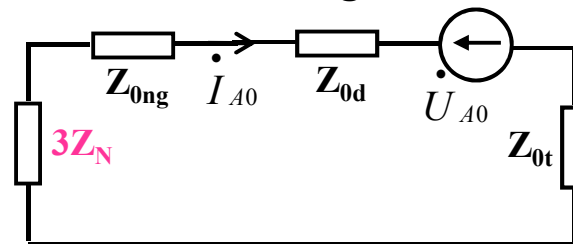
➤ *Sơ đồ thứ tự ngược:*



$$\dot{U}_{A2} + \dot{I}_{A2} \cdot (Z_{td2} + Z_{2d} + Z_{2t}) = 0$$

$$Z_{td2} = \frac{Z_{2ng} \cdot Z}{Z + Z_{2ng}}$$

➤ *Sơ đồ thứ tự không:*



$$\dot{U}_{A0} + \dot{I}_{A0} \cdot (3 \cdot Z_N + Z_{0ng} + Z_{0d} + Z_{0t}) = 0$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

#### a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ 8.6:

- Vậy có 6 phương trình = 3 phương trình sự cố + 3 phương trình lập từ sơ đồ thuận, nghịch, không.

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{A1} + \dot{I}_{A1} \cdot (Z_{td1} + Z_{1d} + Z_{1t}) = \dot{E}_{td1} \\ \dot{U}_{A2} + \dot{I}_{A2} \cdot (Z_{td2} + Z_{2d} + Z_{2t}) = 0 \\ \dot{U}_{A0} + \dot{I}_{A0} \cdot (3 \cdot Z_N + Z_{0ng} + Z_{0d} + Z_{0t}) = 0 \\ \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 0 \\ a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + a \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \\ a \cdot \dot{U}_{A1} + a^2 \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \end{array} \right.$$

- Giải 6 phương trình này ta tìm được:

$$\dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_{A0}, \dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$$

- Thay  $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$  vào sơ đồ thuận, nghịch, không  $\rightarrow$  tìm được dòng áp thứ tự thuận, nghịch, không ở mọi nhánh trong mạch.

- Để tìm dòng áp trên các nhánh của mạch điện, tao dùng công thức tổng hợp:

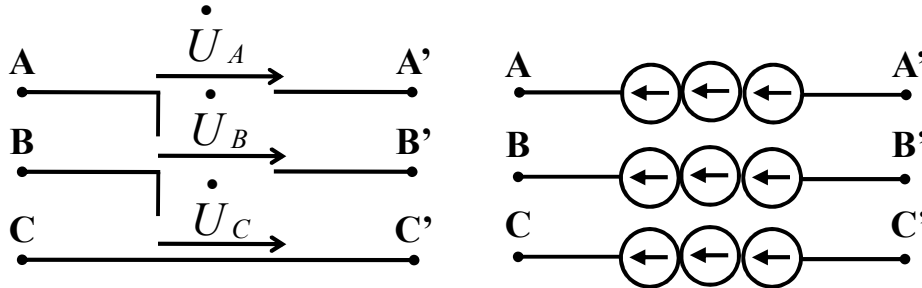
$$\dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}$$

$$\dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}$$

$$\dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}$$

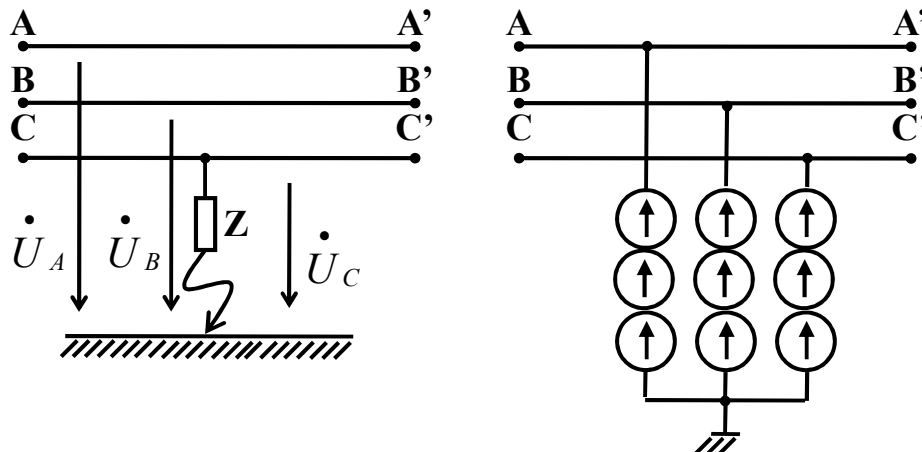
## V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

### b. Sự cố đứt dây 2 pha.



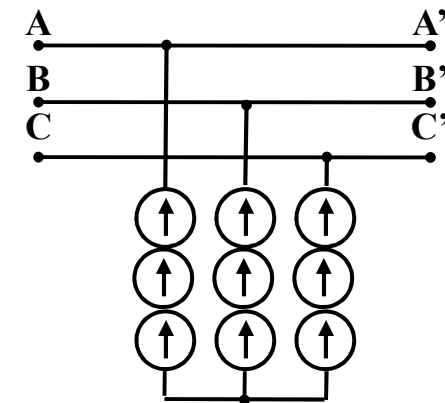
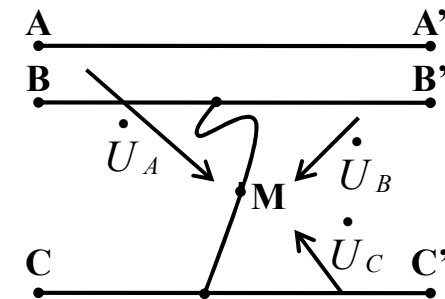
$$\dot{I}_A = 0 ; \dot{I}_B = 0 ; \dot{I}_C \neq 0$$

### c. Sự cố chạm đất 1 pha.



$$\dot{I}_A = 0 ; \dot{I}_B = 0 ; \dot{I}_C = Z \cdot \dot{I}_C$$

### d. Sự cố ngắn mạch 2 pha.



$$\dot{I}_A = 0 ; \dot{I}_B = 0 ; \dot{I}_C \neq 0$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### V.3. Các điều hòa cao của dòng - áp trong mạch ba pha.

- Có nhiều nguyên nhân sinh ra các điều hòa cao của suất điện động và dòng ba pha:
  - ❖ Máy phát điện chế tạo không hoàn hảo → sinh ra các suất điện động không sin
  - ❖ ...
- Phân tích suất điện động đó thành chuỗi Furie, ngoài sóng cơ bản có tần số  $\omega$ , còn chứa nhiều sóng bậc cao có tần số  $3\omega, 5\omega, 7\omega \dots$
- Do máy phát điện có cấu tạo đối xứng, nên suất điện động các pha hoàn toàn giống nhau, và lệch nhau về thời gian  $1/3$  chu kỳ nên:

$$e_{kA}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \cdot \omega \cdot t$$

$$e_{kB}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \omega \cdot \left(t - \frac{T}{3}\right) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(k \cdot \omega \cdot t - k \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}\right)$$



## Chương 8: Mạch điện ba pha



### V.3. Các điều hòa cao của dòng - áp trong mạch ba pha.

$$e_{kA}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \cdot \omega \cdot t$$

$$e_{kB}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \omega \cdot \left(t - \frac{T}{3}\right) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(k \cdot \omega \cdot t - k \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}\right)$$

#### ➤ Nhận xét:

- ❖ Các sóng điều hòa có  $k = 3n \rightarrow \varphi_k = n \cdot 2 \cdot \pi \rightarrow$  tạo thành **hệ thống thứ tự không**.
- ❖ Các sóng điều hòa có  $k = 3n + 1 \rightarrow \varphi_k = n \cdot 2 \cdot \pi + 2 \cdot \pi / 3 \rightarrow$  tạo thành **hệ thống thứ tự thuận**.
- ❖ Các sóng điều hòa có  $k = 3n + 2 \rightarrow \varphi_k = n \cdot 2 \cdot \pi + 4 \cdot \pi / 3 \rightarrow$  tạo thành **hệ thống thứ tự ngược**.

#### ➤ Suy ra:

- ❖ Dòng điện trong dây trung tính chỉ chứa các sóng điều hòa bậc  $3 \cdot n$  của dòng pha.

$$I_N = 3 \cdot \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots}$$

- ❖ Điện áp pha bao gồm tất cả các sóng điều hòa:

$$U_f = \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_9^2 + \dots}$$

- ❖ Điện áp dây không chứa thành phần thứ tự không ( $3n$ )

$$U_d = \sqrt{3} \cdot \sqrt{U_1^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_{11}^2 + \dots}$$