



# 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.

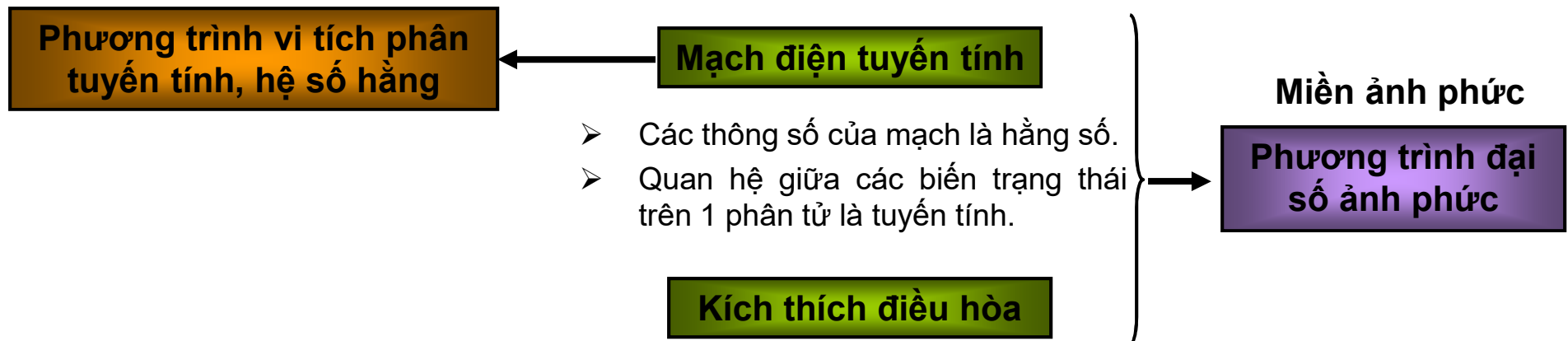


## Chương 4: Tính chất cơ bản của mạch điện tuyến tính

### 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

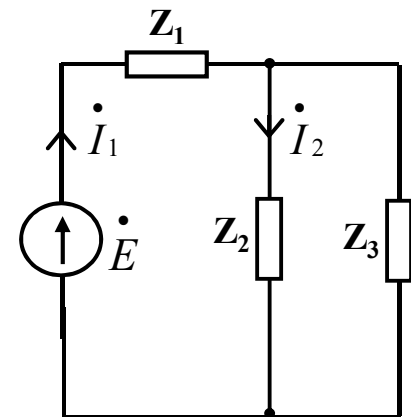
$\dot{F}$  : ảnh phức của kích thích trong mạch

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

Ví dụ:

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

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



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

### 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

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

### 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  $\infty$ .

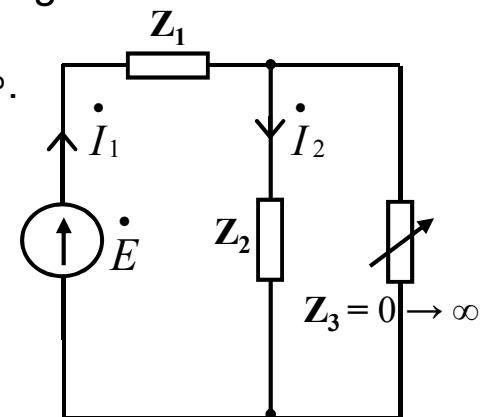
Quan hệ tuyến tính giữa  $\dot{I}_1$  và  $\dot{I}_2$  có dạng:  $\dot{I}_1 = A \cdot \dot{I}_2 + B$

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.

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

### 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 Kirchhoff 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.

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

### 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.

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

Ví dụ:

- ❖ Truyền đạt áp giữa 2 cuộn dây đặt gần nhau có hồ 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.

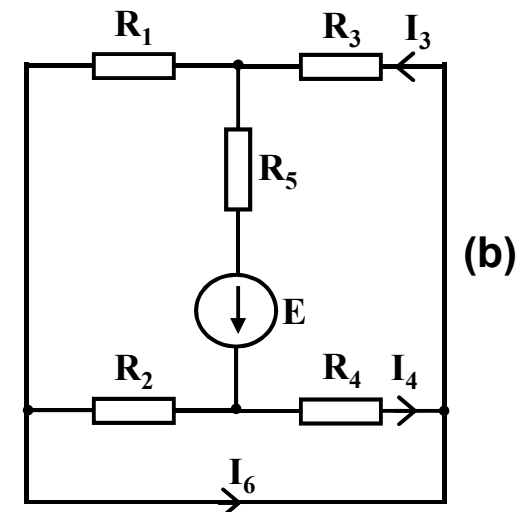
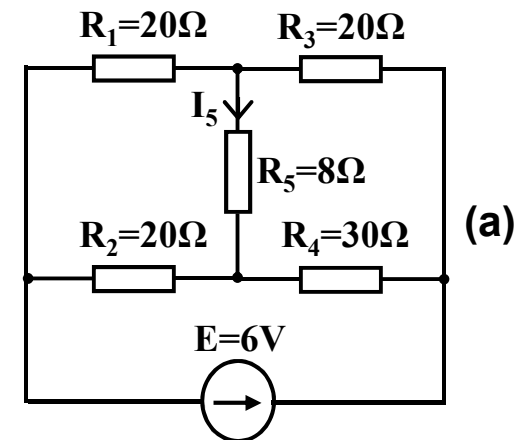
Với mạch hình (a)  $\rightarrow$  ta có thể tính  $I_5$  theo các phương pháp dòng nhánh, dòng vòng, thế đỉnh, tuy nhiên dù giải bằng phương pháp nào ta cũng phải giải với ít nhất 3 phương trình.

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:

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

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

$$\Rightarrow \frac{I_6}{E_5} = \frac{I_5}{E_6}$$



## 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:  $I_5 = 0.02(A)$

