



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:**

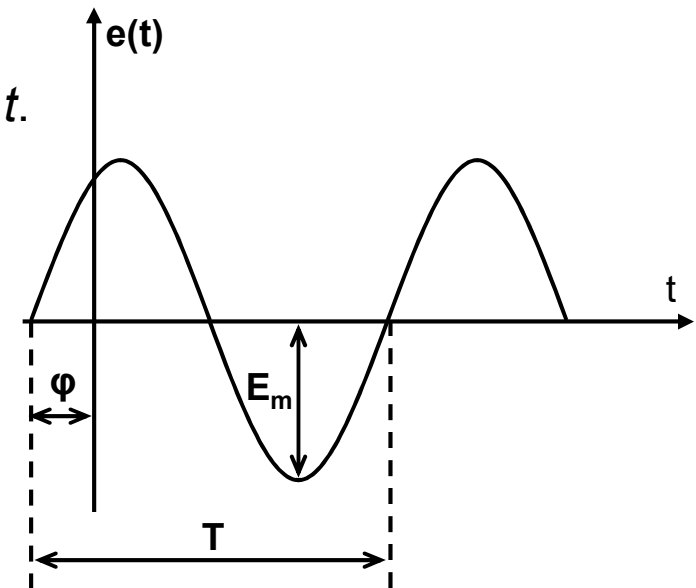
- ❖ Giá trị cực đại (hiệu dụng): I_m, E_m (I, E)

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

Góc pha ban đầu: φ [rad]

Tần số góc: ω [rad/s]

Chu kỳ: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ [s]



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

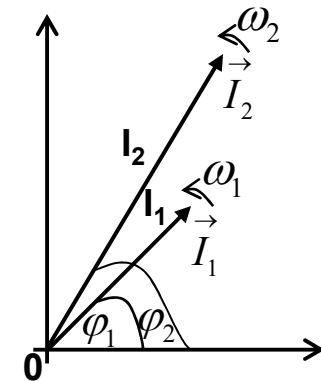
Biên độ - Pha ban đầu

→ **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



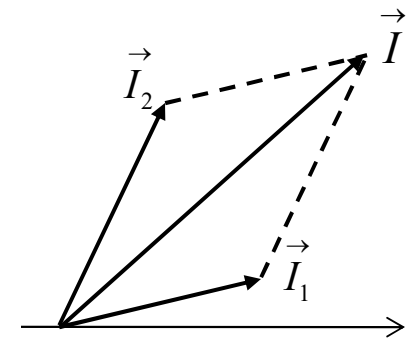
- Thực hiện các phép toán trên các hàm điều hòa cùng tần số → tương ứng việc thực hiện phép toán trên đồ thị vector.

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.
 - II.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.

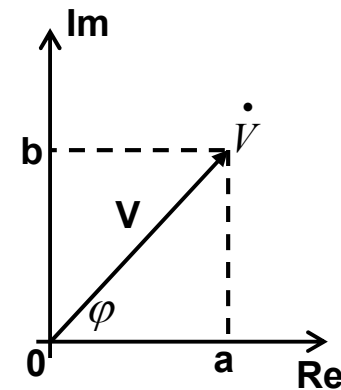
- Biểu diễn trên mặt phẳng phức:

- ❖ 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.** $\dot{V}_1 = a_1 + j.b_1 = V_1 \angle \varphi_1$
- **Phép nhân - chia.** $\dot{V}_2 = a_2 + j.b_2 = V_2 \angle \varphi_2$
- **Phép nghịch đảo.**
- ...

$$\dot{V}_3 = \dot{V}_1 \pm \dot{V}_2 = (a_1 \pm a_2) + j.(b_1 \pm b_2)$$

$$\dot{V}_4 = \dot{V}_1 \cdot \dot{V}_2 = V_1 \cdot V_2 \angle \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\dot{V}_5 = \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{V_1}{V_2} \angle \varphi_1 - \varphi_2 \quad \dot{V}_6 = \frac{1}{\dot{V}_1} = \frac{1}{V_1} \angle -\varphi_1$$

Chú ý:

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

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

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

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

- ❖ $j^3 = -j$



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

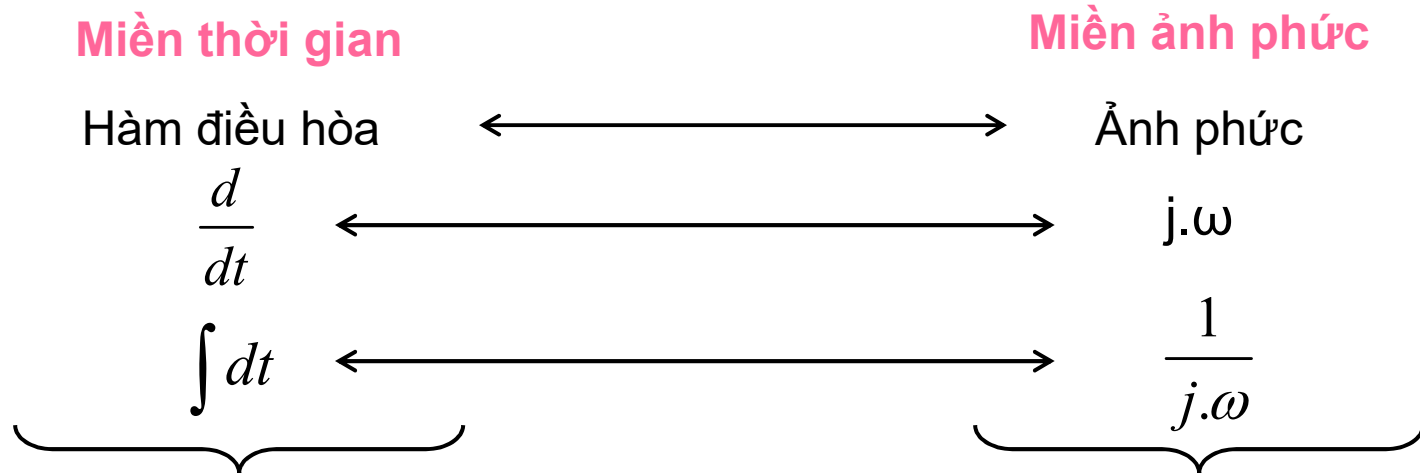
$$\dot{E} = E \underline{\varphi} \quad \text{thì } e(t) = \begin{cases} E\sqrt{2}.\sin(\omega t + \varphi) \\ \text{hoặc} \\ E\sqrt{2}.\cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

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

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

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

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



Hệ phương trình vi tích phân

Hệ phương trình đại số ảnh phức



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



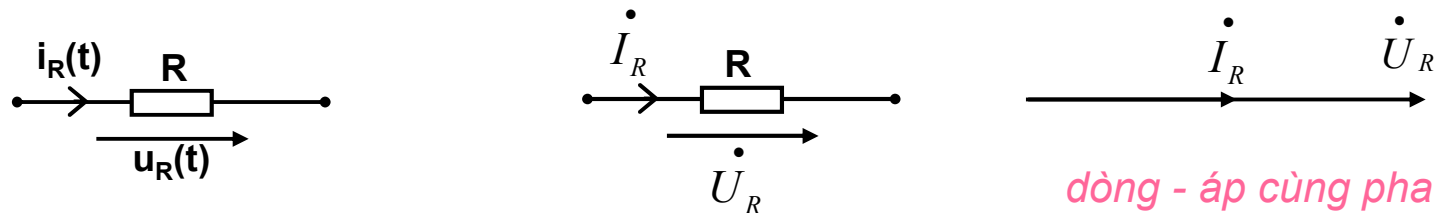
Chương 2: Mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa.

- 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.

III.1. Kích thích điều hòa.

- Xét mạch Kirchhoff có nguồn xoay chiều điều hòa

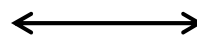
III.2. Mạch thuần trở.



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

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

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



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

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

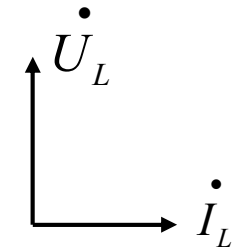
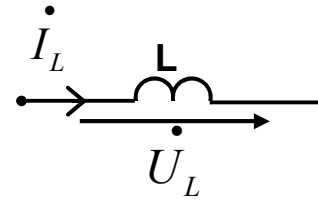
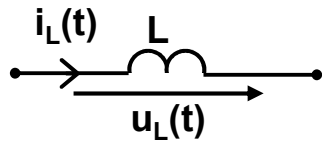
Công suất tác dụng: $p(t) = u(t).i(t)$

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

$$P = R.I^2$$

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

III.3. Mạch thuần cảm.



Điện áp sớm pha $\pi/2$

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

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

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

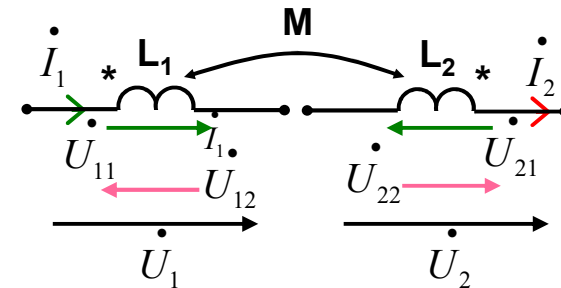
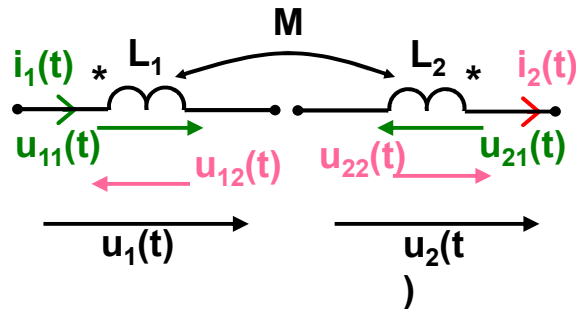
$$= \omega \cdot L \cdot I \sqrt{2} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

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

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 hồ cảm:



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

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

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

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

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

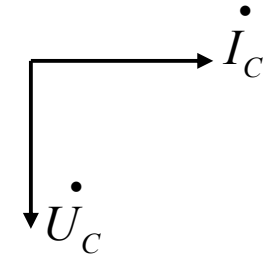
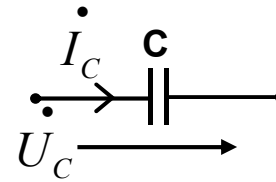
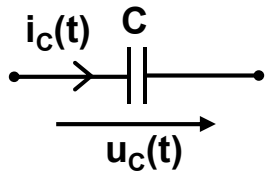
$$u_1(t) = u_{11}(t) - u_{12}(t) = L_1 \frac{di_1}{dt} - M_{12} \frac{di_2}{dt}$$

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

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

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

III.4. Mạch thuần dung.



Điện áp chậm pha $\pi/2$

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int i_C(t) \cdot dt$$

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

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int i_C(t) \cdot dt = -\frac{1}{\omega C} \cdot I \cdot \sqrt{2} \cdot \cos \omega t$$

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

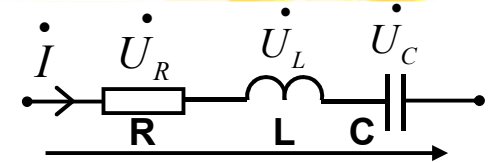
$$\dot{U}_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \cdot \dot{I}_C \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} = -j \frac{1}{\omega \cdot C} \cdot \dot{I}_C$$

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

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

$$Q_C = X_C \cdot I_C^2$$

III.5. Mạch nối tiếp R - L - C.



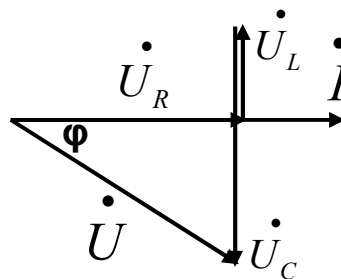
$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

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

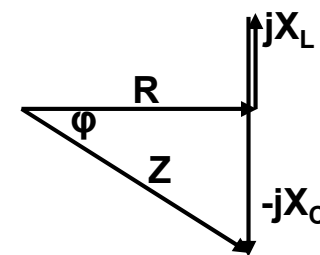
$$\dot{U} = [R + j(X_L - X_C)] \cdot \dot{I} = Z \cdot \dot{I}$$

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

Tam giác điện áp



Tam giác trở kháng

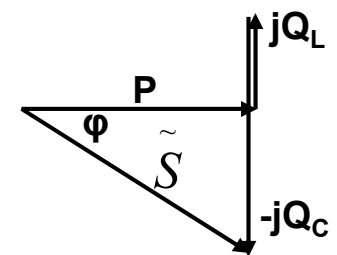


$$R = |Z| \cdot \cos \varphi$$

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

ĐỒNG DẠNG

Tam giác công suất



➤ Công suất:

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

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

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

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

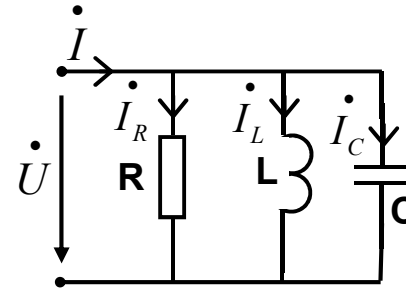
III.6. Mạch song song R // L // C.

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

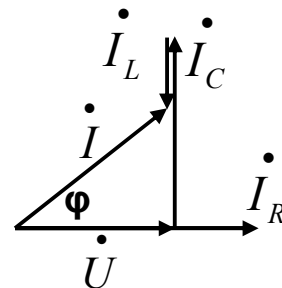
$$\dot{I}_C = j \cdot \omega \cdot C \cdot \dot{U} = j \cdot b_C \cdot \dot{U}$$

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

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

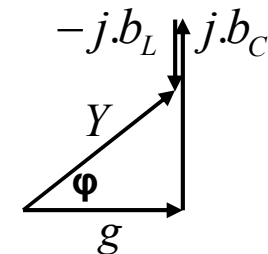


Tam giác dòng điện



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.

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