



Chương 8: Mạch tuyến tính có tín hiệu chu kỳ

- Khái niệm
- Hàm chu kỳ
- Phương pháp phân tích mạch điện có tín hiệu chu kỳ
- Trị hiệu dụng và công suất trong mạch điện có tín hiệu chu kỳ



Hàm chu kỳ

- Hàm chu kỳ là một hàm lặp lại chính nó sau mỗi T giây

$$f(t) = f(t + nT) \quad \text{với } n \text{ là số nguyên}$$

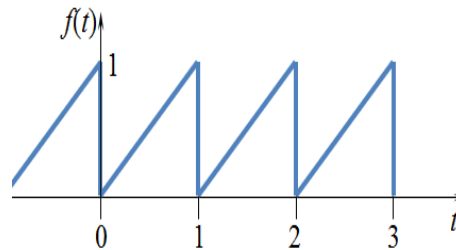
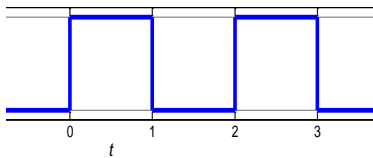
Theo Fourier:

$$f(t) = a_0 + a_1 \cos \omega_0 t + b_1 \sin \omega_0 t + a_2 \cos 2\omega_0 t + b_2 \sin 2\omega_0 t + \dots$$

hay

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_0 t + \phi_n) \quad A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad \phi_n = -\arctg \frac{b_n}{a_n}$$

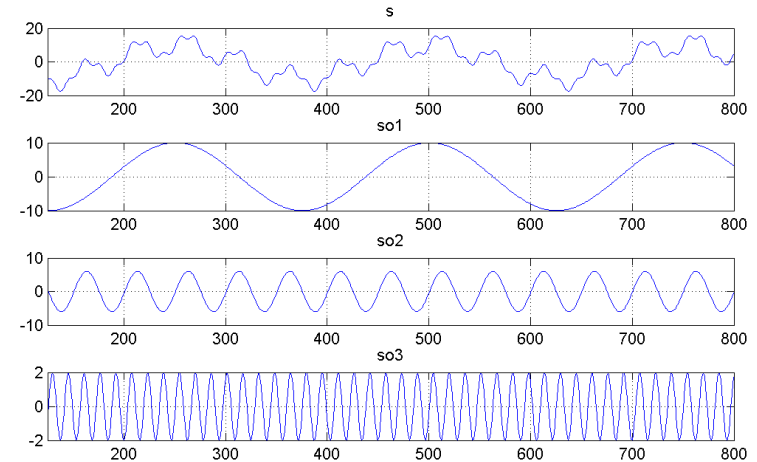
Ví dụ:





Phân tích mạch điện có tín hiệu chu kỳ (1)

- Phân tích kích thích chu kỳ không sin thành chuỗi Fourier (nếu tín hiệu $f(t)$ là bất kỳ). Ví dụ:



Khai triển tín hiệu chu kỳ thành chuỗi Fourier. Giả sử nguồn áp kích thích chu kỳ (tương tự với nguồn dòng chu kỳ), được biểu diễn dưới dạng chuỗi Fourier như sau:

$$u(t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \varphi_n)$$



Phân tích mạch điện có tín hiệu chu kỳ (2)

- Tìm đáp ứng (giả sử dòng điện, tương tự với điện áp) của mỗi số hạng của chuỗi Fourier (có thể dùng các phương pháp cơ bản hoặc biến đổi tương đương):

- Giải mạch một chiều (với thành phần tần số bằng 0): $I_0 = \frac{U_0}{Z(\omega = 0)}$

- Giải mạch xác lập hình sin (với từng thành phần tần số khác 0):

$$I_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z(\omega = \omega_1)}; \quad I_2 = \frac{\dot{U}_2}{Z(\omega = \omega_2)}; \dots; I_n = \frac{\dot{U}_n}{Z(\omega = \omega_n)}$$

- Xếp chồng các đáp ứng (trong miền thời gian)

$$i(t) = i_0(t) + i_1(t) + i_2(t) + \dots + i_n(t)$$

$$= I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(n\omega_0 t + \varphi_n)$$



Công suất và trị hiệu dụng ở mạch điện có tín hiệu chu kỳ

□ Trị hiệu dụng và công suất ở mạch có tín hiệu chu kỳ

➤ Trị hiệu dụng của dòng điện chu kỳ (tương tự với điện áp):

$$I_{hd} = \sqrt{\sum_0^{\infty} I_k^2} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_n^2}$$

$$U_{hd} = \sqrt{\sum_0^{\infty} U_k^2} = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + \dots + U_n^2}$$

➤ Công suất dòng chu kỳ

$$P = RI^2 = R \sum I_k^2 = R(I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_n^2) = \sum P_k$$

$$P = P_0 + P_1 + \dots + P_n$$

▪ **Ví dụ 1:** cho mạch điện với:

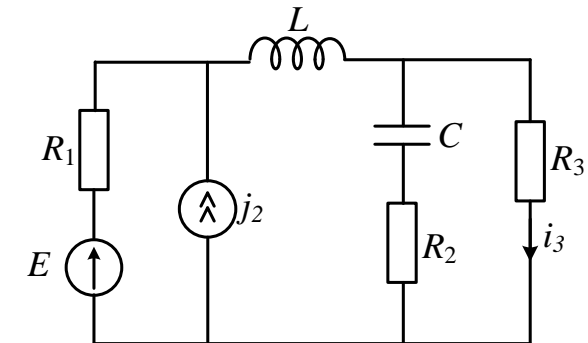
$E=120\text{ V}$ (một chiều), $R_1=50\ \Omega$, $R_2=60\ \Omega$, $R_3=30\ \Omega$

$L=70\text{ mH}$, $C=0,5 \cdot 10^{-4}\text{ F}$, $j_2(t)=2\sqrt{2}\sin 10^3 t\text{ A}$

- Tính dòng và công suất tiêu tán trên R_3

Mạch điện chu kỳ gồm thành phần một chiều ($\omega=0$)
và xoay chiều ($\omega=1000\text{ rad/s}$)

→ cần tính đáp ứng tại từng tần số

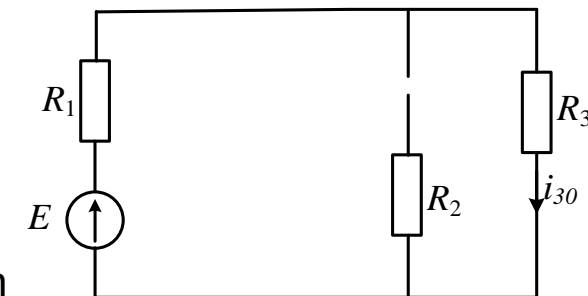


- Xét thành phần một chiều tác động ($\omega=0$) :

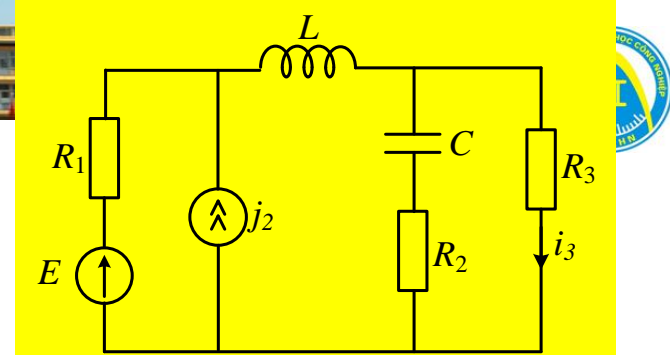
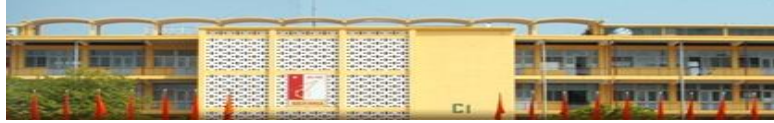
Thành phần $E = 120\text{V}$

Loại bỏ tác dụng của nguồn dòng (triệt tiêu nguồn dòng j_2)

Nguồn một chiều nên cuộn dây coi như ngắn mạch, tụ điện coi như hở mạch



$$i_{30} = \frac{E}{R_1 + R_3} = 1,5\text{ A}$$

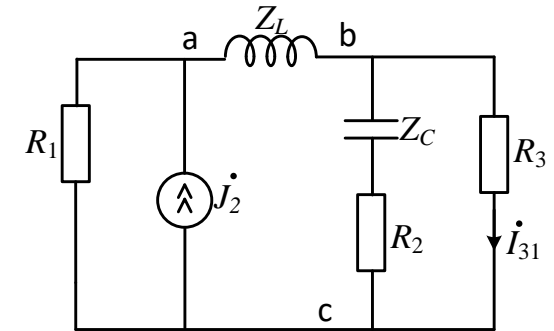


- Xét thành phần xoay chiều tác động ($\omega=10^3$) :

Thành phần $j_2(t) = 2\sqrt{2} \sin 10^3 t$

Loại bỏ tác dụng của nguồn một chiều, $E = 0$

Nguồn xoay chiều hình sin \rightarrow có thể giải bằng cách phức hóa. Thế nút (cho thế tại c bằng 0)



$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{j\omega L} \right) \dot{\phi}_a - \frac{1}{j\omega L} \dot{\phi}_b = j_2 \\ -\frac{1}{j\omega L} \dot{\phi}_a + \left(\frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_2 + \frac{1}{j\omega C}} + \frac{1}{R_3} \right) \dot{\phi}_b = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \dot{i}_{31} = \frac{\dot{\phi}_b}{R_3} = 0,452 - j0,536 = 0,701 / \underline{-49,83^\circ} \text{ A}$$



+ Cách 2 (tính phần xoay chiều): biến đổi mạch tương đương:

$$Z_{td1} = \frac{R_3(R_2 + Z_c)}{R_3 + R_2 + Z_c} = 20,471 - j2,117 \Omega$$

$$\dot{I}_{L1} = \frac{R_1 \dot{J}_2}{R_1 + Z_L + Z_{td1}} = 0,736 - j0,709 \text{ A}$$

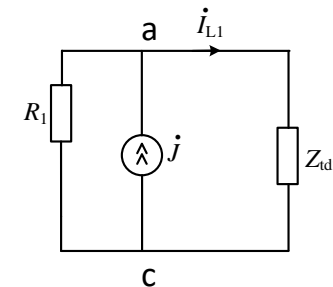
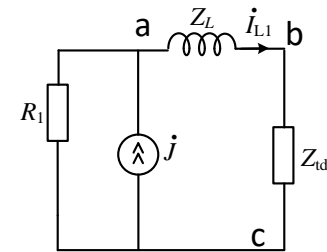
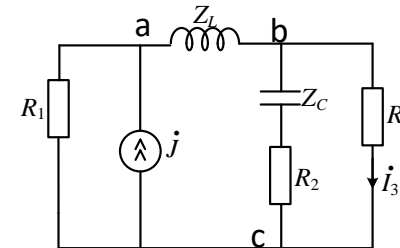
$$\dot{U}_{bc} = Z_{td1} \dot{I}_{L1} = 13,566 - j16,073 \text{ V}$$

$$\dot{I}_{31} = \frac{\dot{U}_{bc}}{R_3} = 0,452 - j0,536 = 0,701 \angle -49,83^\circ \text{ A}$$

• Tổng hợp kết quả

$$i_3(t) = 1,5 + 0,701\sqrt{2} \sin(10^3 t - 49,83^\circ) \text{ A}$$

$$P_3 = R_3 I_{30}^2 + R_3 I_{31}^2 = 82,2 \text{ W}$$





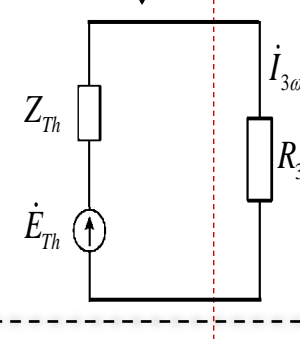
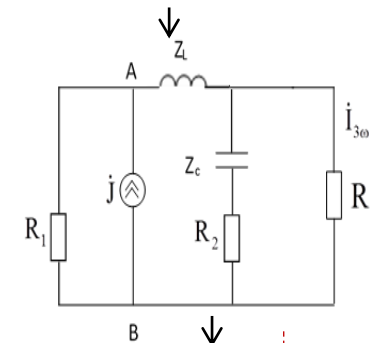
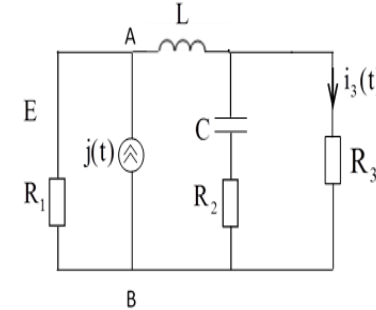
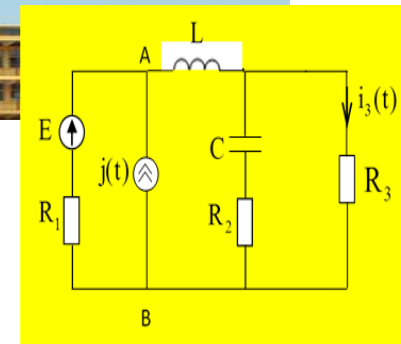
+ Cách 3 (tính phần xoay chiều): dùng biến đổi mạch tương đương Thevenin:

Giả sử ta dùng phép biến đổi tương đương mạng một cửa:

- Tính Z_{Th}

$$Z_{Th} = (R_2 + Z_C) \parallel (R_1 + Z_L) = (R_2 + \frac{1}{j\omega C}) \parallel (R_1 + j\omega L)$$

$$= \frac{(60 - j20)(50 + j70)}{(60 - j20) + (50 + j70)} = 44,11 + j9,04 = 45,03 / 11,58^\circ \Omega$$





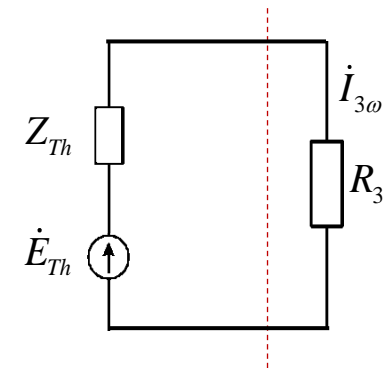
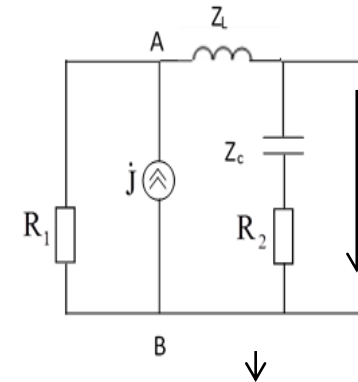
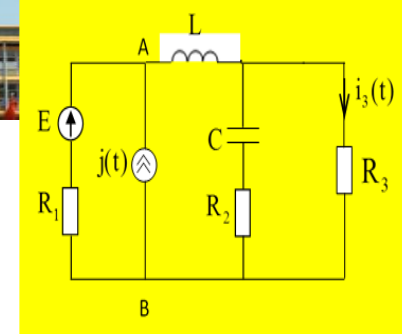
- Tính $\dot{E}_{Th} = \dot{U}_{3ho}$

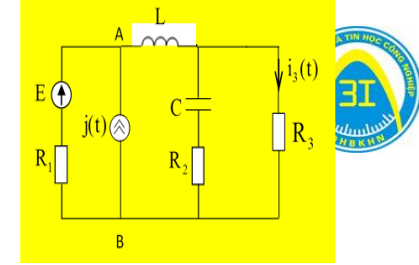
Theo phương pháp điện thế nút:

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + j(\omega L - 1/\omega C)} \right) \dot{\phi}_A = \dot{J}_2 \Leftrightarrow \left(\frac{1}{50} + \frac{1}{60 + j50} \right) \dot{\phi}_A = 2$$

$$\Rightarrow \dot{\phi}_A = \frac{2}{\frac{1}{50} + \frac{1}{60 + j50}} = 62,33 + j17,123 = 64,638 / 15,36^\circ$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{3ho} &= \frac{\dot{\phi}_A}{R_2 + j(\omega L - 1/\omega C)} \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C} \right) = \frac{64,638 / 15,36^\circ}{60 + j(70 - 20)} (60 - j20) \\ &= 38,356 - j35,6164 = 52,34 / -42,88^\circ \text{ V} \end{aligned}$$



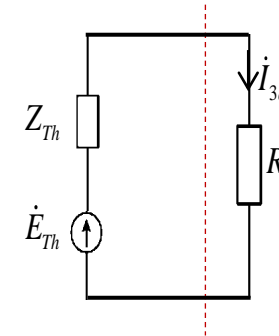


$$\dot{E}_{Th} = \dot{U}_{3ho} = 38,356 - j35,6164 = 52,34 / -42,88^\circ \text{ V}$$

$$Z_{Th} = 44,11 + j9,04 = 45,03 / 11,58^\circ \Omega$$

$$\dot{I}_{3\omega} = \frac{\dot{E}_{Th}}{Z_{Th} + R_3} = \frac{52,34 / -42,88^\circ}{45,03 / 11,58^\circ + 20} = 0,4522 - j0,5358 = 0,7 / -49,83^\circ \text{ A}$$

$$\Rightarrow i_{3\omega}(t) = 0,7\sqrt{2} \sin(10^3 t - 49,83^\circ) \text{ A}$$



• Tổng hợp kết quả

$$i_3(t) = i_{30} + i_{3\omega}(t) = 1,5 + 0,7\sqrt{2} \sin(10^3 t - 49,83^\circ) \text{ A}$$

Công suất trên điện trở R_3 :

$$P_{30} = R_3 i_{30}^2 = 30 \cdot 1,5^2 = 67,5 \text{ W}$$

$$P_{3\omega} = R_3 \cdot I_{3\omega}^2 = 30 \cdot 0,7^2 = 14,7 \text{ W}$$

$$P_3 = P_{30} + P_{3\omega} = 67,5 + 14,7 = 82,2 \text{ W}$$

- **Ví dụ 2:** cho mạch điện với: $J_3=3\text{ A}$ (một chiều), $R_1=50\ \Omega$, $R_2=60\ \Omega$, $R_3=30\ \Omega$
 $L=20\text{ mH}$, $C=0,5 \cdot 10^{-4}\text{ F}$, $j_1(t)=5\sqrt{2}\sin 314t\text{ A}$
 $e(t)=120\sqrt{2}\sin 314t\text{ V}$

- Tính dòng qua L và công suất phát của nguồn j_1
- Tính dòng qua R_1 và công suất phát của nguồn e_1

- Xét thành phần một chiều tác động ($\omega=0$) :

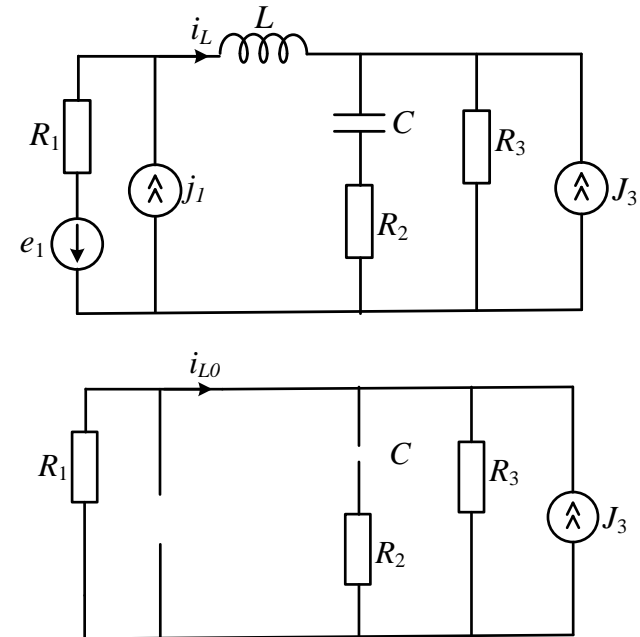
Xét tác dụng của thành phần $J = 3\text{ A}$

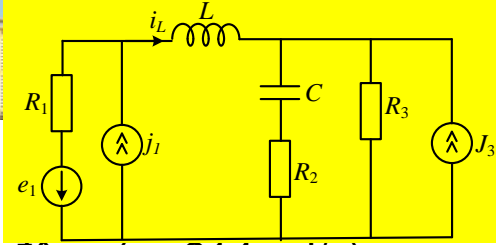
Loại bỏ tác dụng của nguồn dòng (triệt tiêu nguồn dòng)

Nguồn một chiều nên cuộn dây coi như ngắn mạch, tụ điện coi như hở mạch

$$i_{L0} = -\frac{R_3 J_3}{R_1 + R_3} = -1,125\text{ A}$$

$$i_{R_1} = 1,125\text{ A} \quad \rightarrow i_{R30} = J_3 + i_{L0} = 3 - 1,125 = 1,875\text{ A} \quad \rightarrow P_{J_3} = U_{R3} J_3 = (R_3 i_{R30}) J_3 = 168,75\text{ W}$$





- Xét thành phần xoay chiều tác động ($\omega=314\text{rad/s}$) :

$$Z_{td1} = \frac{R_3(R_2 + Z_c)}{R_3 + R_2 + Z_c} = 23,337 - j4,715 \Omega$$

$$Z_{td2} = Z_L + Z_{td1} = 23,337 + j1,565 \Omega$$

$$\dot{\phi}_a = \frac{j_1 - \frac{\dot{E}_1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{td2}}} = 41,409 + j1,89 \text{ V}; \quad \dot{\phi}_c = 0$$

$$\dot{I}_{L1} = \frac{\dot{\phi}_a}{Z_{td2}} = 1,772 - j0,038 = 1,772 / -1,22^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{R11} = \frac{\dot{\phi}_a + \dot{E}_1}{R_1} = 3,228 + j0,038 = 3,228 / 0,671^\circ \text{ A}$$

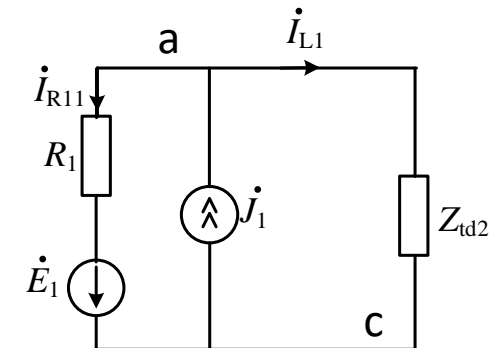
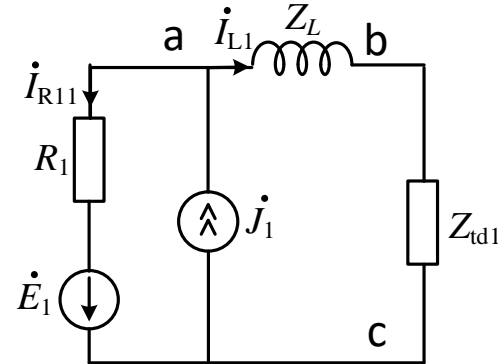
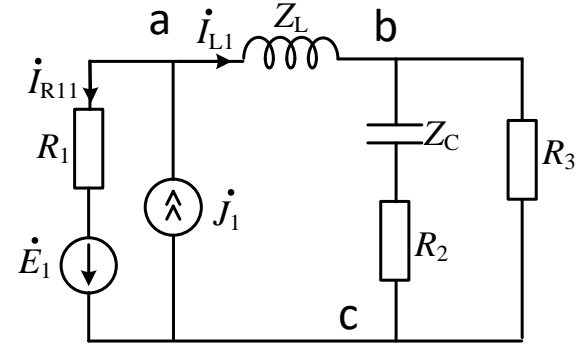
$$P_{J1} = \text{Re}\{\dot{\phi}_a \dot{J}_1^*\} = 207,04 \text{ W}$$

$$P_{E1} = \text{Re}\{\dot{E}_1 \dot{I}_{R11}^*\} = 387,38 \text{ W}$$

- Tổng hợp kết quả

$$i_{R1}(t) = 1,125 + 3,228\sqrt{2} \sin(10^3 t + 0,671^\circ) \text{ A}$$

$$i_{L1}(t) = -1,125 + 1,772\sqrt{2} \sin(10^3 t - 1,22^\circ) \text{ A}$$





Bài toán với nguồn chu kỳ (6)

- Ví dụ 3.** Tính dòng qua am-pe kế. Biết

$$E_1 = 12V; \quad e_2(t) = 10\sin(5t)V; \quad R_1 = 5\Omega; \quad R_t = 50\Omega;$$

$$C = 0,3F \quad L_1 = 1H; \quad L_2 = 0,8H; \quad M = 0,3H$$

- Thành phần một chiều tác động:

$$I_2 = \frac{E_1}{R_1 + R_t} = 0,2182 \text{ A}$$

- Thành phần xoay chiều tác động:

$$Z_{L_1} = j5; \quad Z_{L_2} = j4; \quad Z_M = j1,5; \quad Z_C = -j0,6667 \quad \dot{E}_2 = 5\sqrt{2}/0^\circ V$$

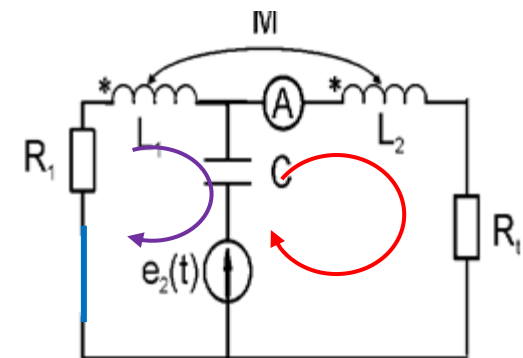
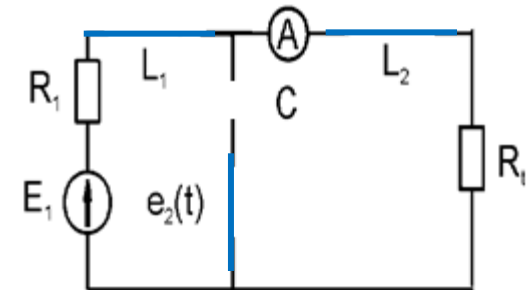
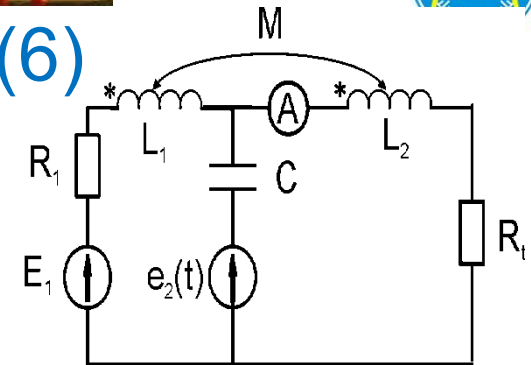
$$\begin{cases} (R_1 + Z_{L_1})\dot{I}_1 + Z_M \dot{I}_2 - Z_C \dot{I}_c = -\dot{E}_2 \\ (R_t + Z_{L_2})\dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1 + Z_C \dot{I}_c = \dot{E}_2 \end{cases}$$

Theo phương pháp dòng vòng:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_a; \quad \dot{I}_2 = \dot{I}_b; \quad \dot{I}_c = -\dot{I}_a + \dot{I}_b$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (R_1 + Z_{L_1})\dot{I}_a + Z_M \dot{I}_b - Z_C (-\dot{I}_a + \dot{I}_b) = -\dot{E}_2 \\ (R_t + Z_{L_2})\dot{I}_b + Z_M \dot{I}_a + Z_C (-\dot{I}_a + \dot{I}_b) = \dot{E}_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (R_1 + Z_{L_1} + Z_C)\dot{I}_a + (Z_M - Z_C)\dot{I}_b = -\dot{E}_2 \\ (Z_M - Z_C)\dot{I}_a + (R_t + Z_{L_2} + Z_C)\dot{I}_b = \dot{E}_2 \end{cases}$$





Bài toán với nguồn chu kỳ (7)

$$\begin{cases} (R_1 + Z_{L_1} + Z_C) \dot{I}_a + (Z_M - Z_C) \dot{I}_b = -\dot{E}_2 \\ (Z_M - Z_C) \dot{I}_a + (R_1 + Z_{L_2} + Z_C) \dot{I}_b = \dot{E}_2 \end{cases}$$

$$Z_{L_1} = j5; \quad Z_{L_2} = j4; \quad Z_M = j1,5; \quad Z_C = -j0,6667 \quad \dot{E}_2 = 5\sqrt{2} \angle 0^\circ$$

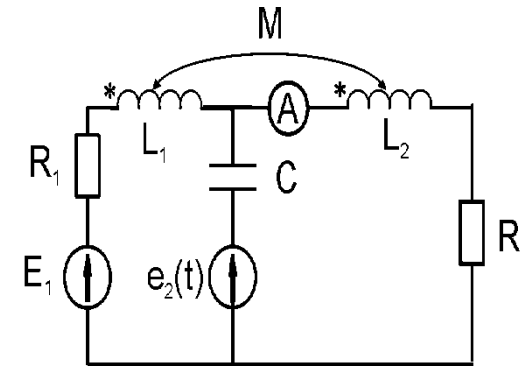
Thay số, tính được:

$$\begin{cases} \dot{I}_a = 0,21 \angle 142^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_b = 0,035 \angle 8,3^\circ \text{ A} \end{cases}$$

- Tổng hợp hai thành (một chiều và xoay chiều):

$$i_2(t) = 0,2182 + 0,035\sqrt{2} \sin(5t + 8,3^\circ) \text{ A}$$

Số chỉ của am-pe kế: $I_2 = \sqrt{0,2182^2 + 0,035^2} \approx 0,22 \text{ A}$





Bài toán với nguồn chu kỳ (8)

▪ Ví dụ 4

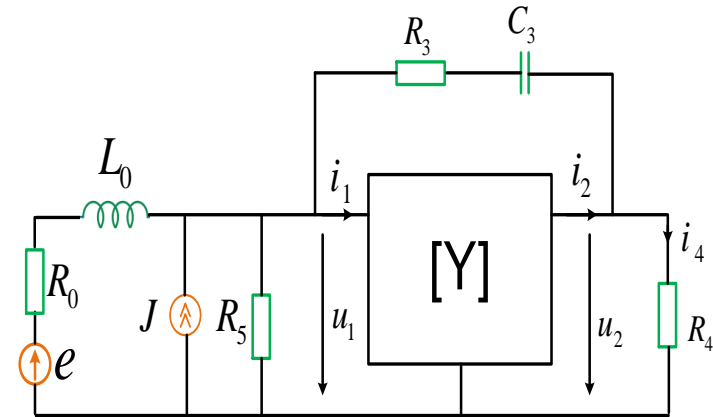
$$R_0=10\Omega; L_0=0,1H R_3=5\Omega;$$

$$C_3=500\mu F; R_4=10\Omega;$$

$$R_5=15\Omega; J=0,2A \text{ (một chiều)}.$$

$$e = 10\sqrt{2} \sin(314t + 10^\circ) V$$

Tìm dòng điện $i_4(t)$ và công suất tiêu thụ trên R_4 ?

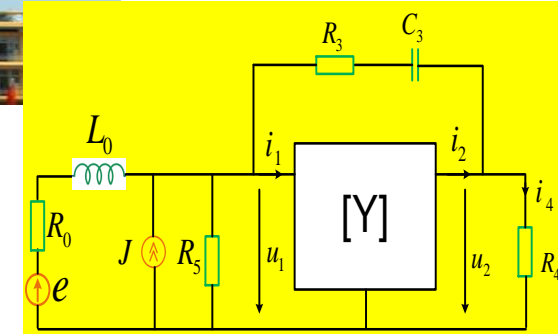
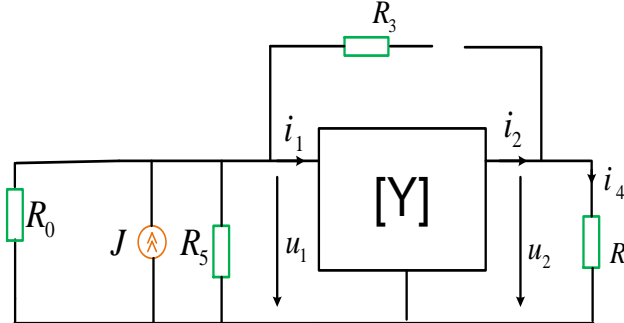


$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0,2 & -0,1 \\ -0,1 & 0,3 \end{bmatrix} S.$$



Bài toán với nguồn chu kỳ (9)

- Xét tác dụng của nguồn một chiều $J=0,2A$



$$\begin{cases} I_1^{(0)} = y_{11}U_1^{(0)} + y_{12}U_2^{(0)} \\ I_2^{(0)} = y_{21}U_1^{(0)} + y_{22}U_2^{(0)} \\ I_1^{(0)} = J - \frac{U_1^{(0)}}{R_0} - \frac{U_1^{(0)}}{R_5} \\ I_2^{(0)} = \frac{U_2^{(0)}}{R_4} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} J - \frac{U_1^{(0)}}{R_0} - \frac{U_1^{(0)}}{R_5} = y_{11}U_1^{(0)} + y_{12}U_2^{(0)} \\ \frac{U_2^{(0)}}{R_4} = y_{21}U_1^{(0)} + y_{22}U_2^{(0)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \left(y_{11} + \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_5} \right) U_1^{(0)} + y_{12}U_2^{(0)} = J \\ y_{21}U_1^{(0)} + \left(y_{22} - \frac{1}{R_4} \right) U_2^{(0)} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1^{(0)} = 0,6316V \\ U_2^{(0)} = 0,3158V \end{cases}$$

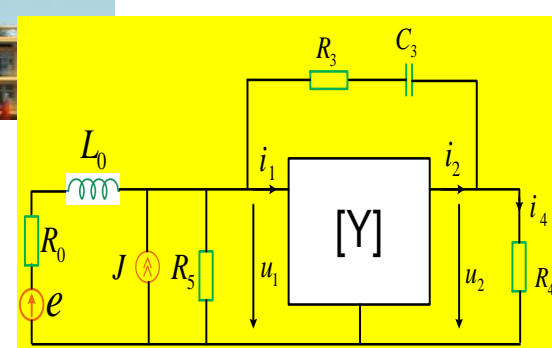
$$\Rightarrow I_4^{(0)} = I_2^{(0)} = U_2^{(0)} / R_4 = 0,0316A; P_4 = R_4 (I_4^{(0)})^2 = 0,01W$$



Bài toán với nguồn chu kỳ (10)

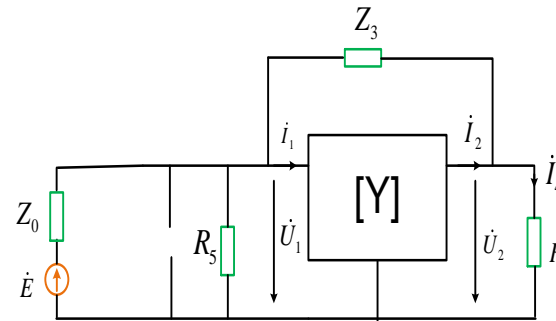
- Xét tác dụng của nguồn xoay chiều

$$e = 10\sqrt{2} \sin(314t + 10^\circ) \text{ V}$$



$$\dot{E} = 10/\underline{10^\circ} \text{ V}; \omega = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}; Z_0 = R_0 + j\omega L_0; Z_3 = R_3 + \frac{1}{j\omega C_3}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_1^{(\omega)} = y_{11}\dot{U}_1^{(\omega)} + y_{12}\dot{U}_2^{(\omega)} \\ \dot{I}_2^{(\omega)} = y_{21}\dot{U}_1^{(\omega)} + y_{22}\dot{U}_2^{(\omega)} \\ \dot{I}_1^{(\omega)} = \frac{\dot{E}}{Z_0} - \left(\frac{1}{Z_0} + \frac{1}{R_5} \right) \dot{U}_1^{(\omega)} + \frac{1}{Z_3} \dot{U}_2^{(\omega)} \\ \dot{I}_2^{(\omega)} = -\frac{1}{Z_3} \dot{U}_1^{(\omega)} + \left(\frac{1}{Z_3} + \frac{1}{R_4} \right) \dot{U}_2^{(\omega)} \end{cases}$$



$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{\dot{E}}{Z_0} - \left(\frac{1}{Z_0} + \frac{1}{R_5} \right) \dot{U}_1^{(\omega)} + \frac{1}{Z_3} \dot{U}_2^{(\omega)} = y_{11}\dot{U}_1^{(\omega)} + y_{12}\dot{U}_2^{(\omega)} \\ -\frac{1}{Z_3} \dot{U}_1^{(\omega)} + \left(\frac{1}{Z_3} + \frac{1}{R_4} \right) \dot{U}_2^{(\omega)} = y_{21}\dot{U}_1^{(\omega)} + y_{22}\dot{U}_2^{(\omega)} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \left(y_{11} + \frac{1}{Z_0} + \frac{1}{R_5} \right) \dot{U}_1^{(\omega)} + \left(y_{12} - \frac{1}{Z_3} \right) \dot{U}_2^{(\omega)} = \frac{\dot{E}}{Z_0} \\ -\left(y_{21} + \frac{1}{Z_3} \right) \dot{U}_1^{(\omega)} + \left(\frac{1}{Z_3} + \frac{1}{R_4} - y_{22} \right) \dot{U}_2^{(\omega)} = 0 \end{cases}$$

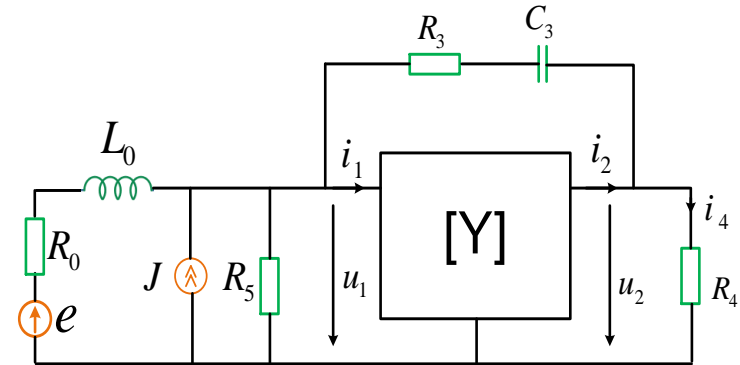
Bài toán với nguồn chu kỳ (11)

$$\begin{cases} \dot{U}_1^{(\omega)} = 1,0382 - j1,7387 \\ \dot{U}_2^{(\omega)} = -0,1633 - j1,2768 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \dot{I}_4^{(\omega)} = \frac{\dot{U}_2^{(\omega)}}{R_4} = -0,0163 - j0,1277 = 0,1287 \angle -97,29^\circ$$

$$i_4^{(\omega)}(t) = 0,1287\sqrt{2}\sin(314t - 97,29^\circ)$$

$$P_4^{(\omega)} = R_4 \left(I_4^{(\omega)} \right)^2 = 0,1657W$$



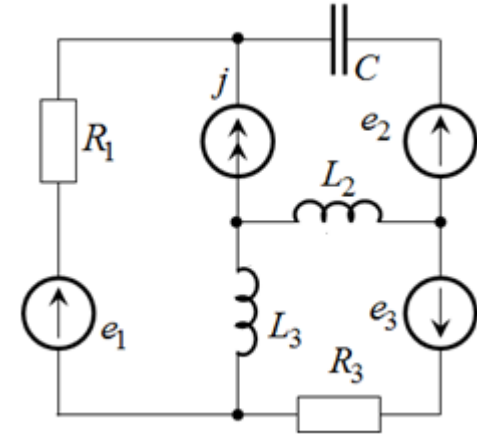
■ Tổng hợp kết quả:

$$i_4(t) = 0,0316 + 0,1287\sqrt{2}\sin(314t - 97,29^\circ) A$$

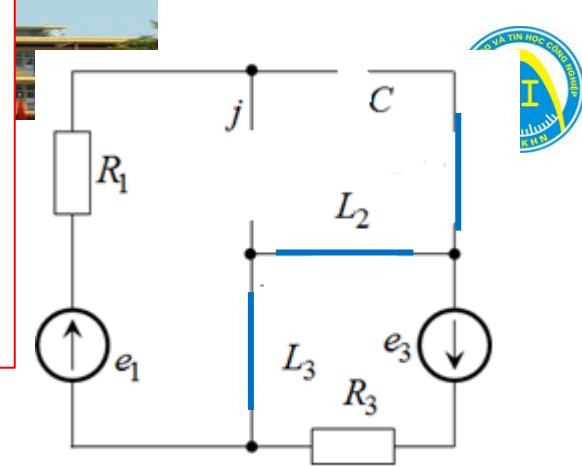
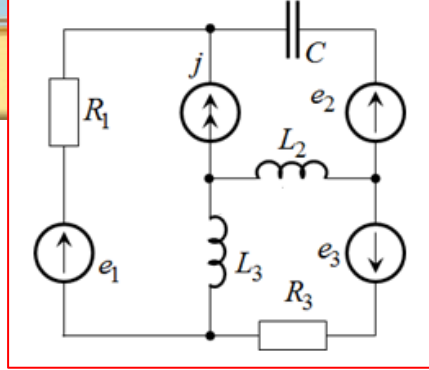
$$P_4 = 0,01 + 0,1657 = 0,1757W$$



BT1. Cho mạch điện ở chế độ xác lập như hình 1.
 $e_1 = e_3 = 100 \text{ V}$ (một chiều); $e_2 = 120\sin\omega t \text{ V}$;
 $j = 5\sin(\omega t + 30^\circ) \text{ A}$, $\omega = 200 \text{ rad/s}$, $R_1 = 10\Omega$;
 $R_3 = 30\Omega$; $L_2 = 0,2\text{H}$, $L_3 = 0,3\text{H}$, $C = 0,05\text{mF}$. Tìm
 biểu thức theo thời gian và giá trị hiệu dụng của
 dòng điện chảy qua R_3 ?



Hình 1



a) Xét mạch một chiều (với nguồn e_1 & e_3):

$$I_{3DC} = \frac{e_3}{R_3} = \frac{100}{30} = 3,33A$$

b) Xét mạch xoay chiều (với nguồn e_2 & j):
Dùng phương pháp dòng vòng;

j đi qua R_1 & L_3 ;

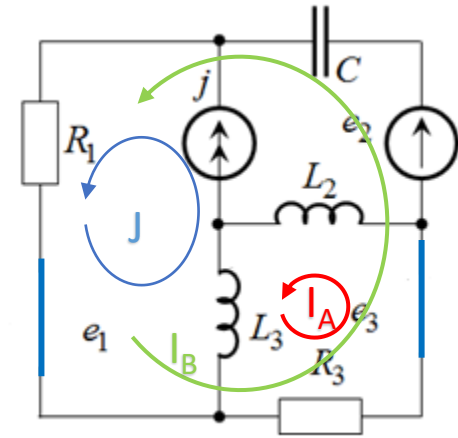
i_A (ngược chiều kim đồng hồ) đi qua R_3 , L_2 , & L_3 ;

i_B (ngược chiều kim đồng hồ) đi qua e_2 , C , R_1 , & R_3 ;
hệ phương trình dòng vòng :

$$\begin{cases} j\omega L_2 i_A + j\omega L_3 (i_A - j) + R_3 (i_A + i_B) = 0 \\ \frac{1}{j\omega C} i_B + R_1 (i_B + j) + R_3 (i_B + i_A) = \dot{E}_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} [R_3 + j\omega(L_2 + L_3)] i_A + R_3 i_B = j\omega L_3 j \\ R_3 i_A + \left(R_1 + R_3 + \frac{1}{j\omega C} \right) i_B = \dot{E}_2 - R_1 j \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} [30 + j20(2 + 3)] i_A + 30 i_B = j20.3(5/\underline{30^\circ}) \\ 30 i_A + \left(10 + 30 + \frac{1}{j20.0,5.10^{-3}} \right) i_B = 120 - 10(5/\underline{30^\circ}) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_A = 1,9446 + j2,3493 A \\ i_B = 0,8864 - j0,1709 A \end{cases}$$

$$\rightarrow i_{3AC} = i_A + i_B = 2,83 + j2,18 = 3,57 \angle 37,6^\circ A$$



c) Tổng hợp: $i_{R3} = I_{3DC} + i_{3AC} = -3,33 + 3,57 \sin(20t + 37,6^\circ) A$

$$I_{R3} = \sqrt{I_{3DC}^2 + \frac{1}{2} I_{3AC}^2} = \sqrt{3,33^2 + \frac{1}{2} 3,57^2} = 4,18 A$$

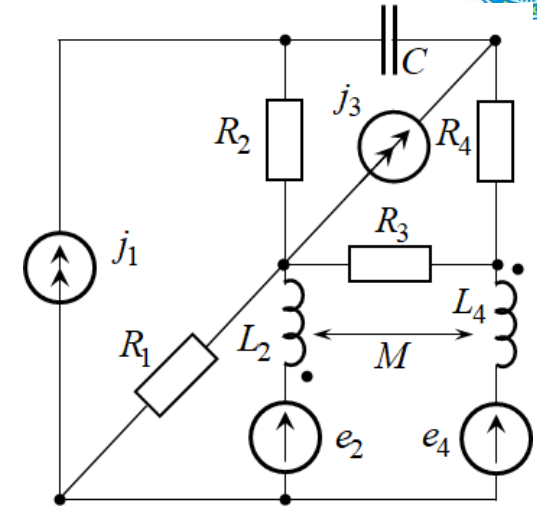


BT 2. Cho mạch điện như hình 2

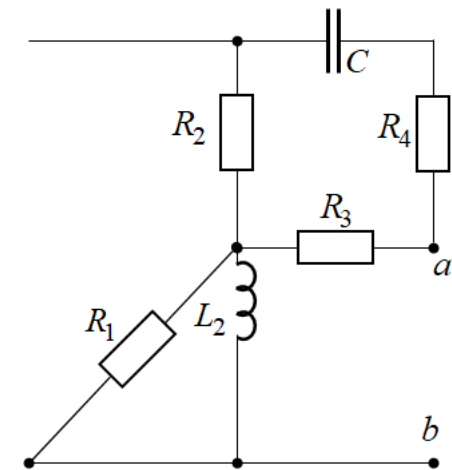
$$\dot{J}_1 = 2/\underline{15^\circ} \text{ A}; \dot{E}_2 = 150/\underline{0^\circ} \text{ V}; \dot{J}_3 = 3 \text{ A}; \dot{E}_4 = 100/\underline{30^\circ} \text{ V}; \omega = 10 \text{ rad/s};$$

$R_1 = 10\Omega; R_2 = 20\Omega; R_3 = 30\Omega; R_4 = 40\Omega; L_2 = 2\text{H}; C = 0,4\text{mF}; M = 0$. Tính tổng trở vào nhìn từ nhánh L_4 & e_4 ?

$$\begin{aligned} Z_{td} &= R_1 // Z_{L_2} + (R_2 + Z_C + R_4) // R_3 \\ &= \frac{R_1(j\omega L_2)}{R_1 + j\omega L_2} + \frac{R_3 \left(R_2 + R_4 + \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_3 + R_2 + R_4 + \frac{1}{j\omega C}} \\ &= \frac{10(j10.2)}{10 + j10.2} + \frac{30 \left(20 + 40 + \frac{1}{j10.0,4.10^{-3}} \right)}{30 + 20 + 40 + \frac{1}{j10.0,4.10^{-3}}} = 36,85 + j0,81\Omega \end{aligned}$$



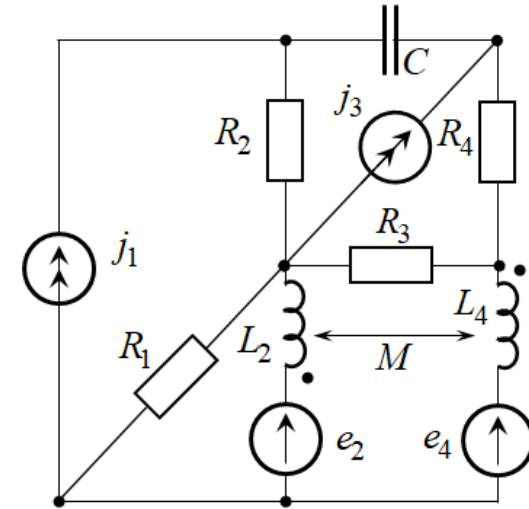
Hình 2





BT3. Cho mạch điện như hình 3

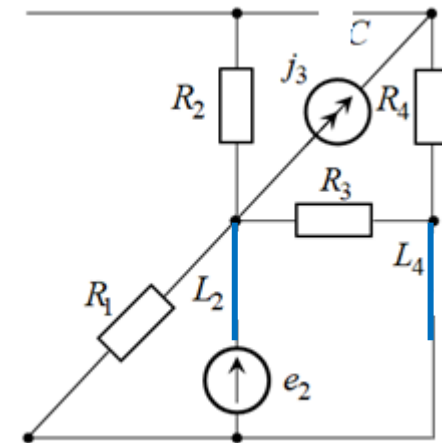
$R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 30\Omega$; $R_4 = 40\Omega$; $L_2 = 2H$;
 $L_4 = 4H$; $C = 0,4mF$; $M = 0$; $j_1 = 5\sin(20t + 30^\circ) A$;
 $e_2 = 150 V$ (DC); $j_3 = 2 A$ (DC);
 $e_4 = 120\sin(20t + 60^\circ) V$. Tìm biểu thức theo thời
 gian và giá trị hiệu dụng của dòng điện chảy qua R_3 ?



Hình 3

a) Xét mạch DC

$$I_{3DC} = \frac{e_2}{R_3} = \frac{150}{30} = \boxed{5A}$$





Xét mạch AC

Áp dụng phương pháp dòng vòng:

$$\begin{cases} (R_2 + R_3 + R_4 + 1/j\omega C)\dot{I}_A - R_3\dot{I}_B = -R_2\dot{J}_1 \\ -R_3\dot{I}_A + [R_3 + R_1j\omega L_2 / (R_1 + j\omega L_2) + j\omega L_4]\dot{I}_B = -[R_1j\omega L_2 / (R_1 + j\omega L_2)]\dot{J}_1 + \dot{E}_4 \end{cases}$$

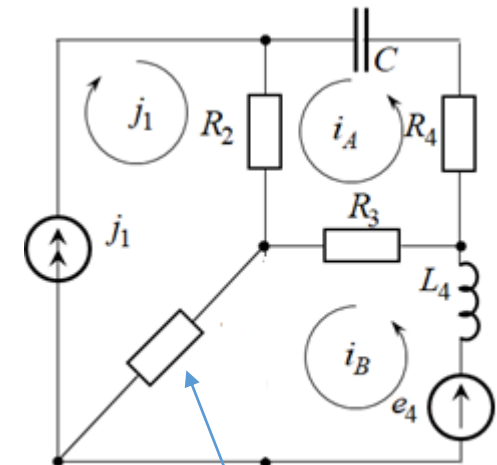
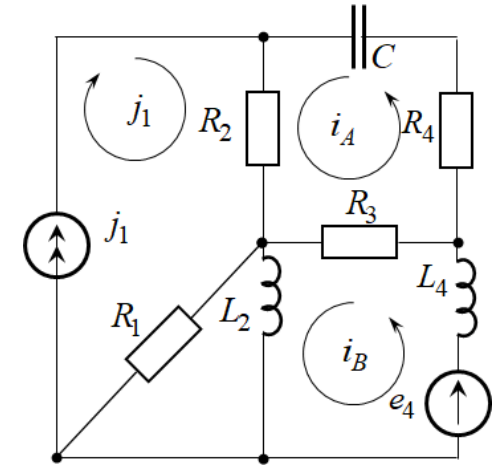
$$\rightarrow \begin{cases} (20 + 30 + 40 + 1/j20 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3})\dot{I}_A - 30\dot{I}_B = -20,5/\underline{30^\circ} \\ -30\dot{I}_A + (30 + 10 \cdot j20 \cdot 2 / (10 + j20 \cdot 2) + j20 \cdot 4)\dot{I}_B = -10 \cdot j20 \cdot 2 / (10 + j20 \cdot 2)5/\underline{30^\circ} + 120/\underline{60^\circ} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = -0,32 - j0,48 \text{ A} \\ \dot{I}_B = -1,67 + j0,25 \text{ A} \end{cases} \rightarrow \dot{I}_{3AC} = \dot{I}_A - \dot{I}_B = 1,35 - j0,73 = \underline{1,53 / -28,4^\circ \text{ A}}$$

Tổng hợp

$$i_{R3}(t) = I_{3DC} + i_{3AC} = \underline{5 + 1,53 \sin(20t - 28,4^\circ) \text{ A}}$$

$$I_3 = \sqrt{I_{3DC}^2 + I_{3AC}^2} = \sqrt{5^2 + 1,53^2 / 2} = \underline{5,12 \text{ A}}$$



$$R_1j\omega L_2 / (R_1 + j\omega L_2)$$

BT 4: Cho mạch điện như hình bên

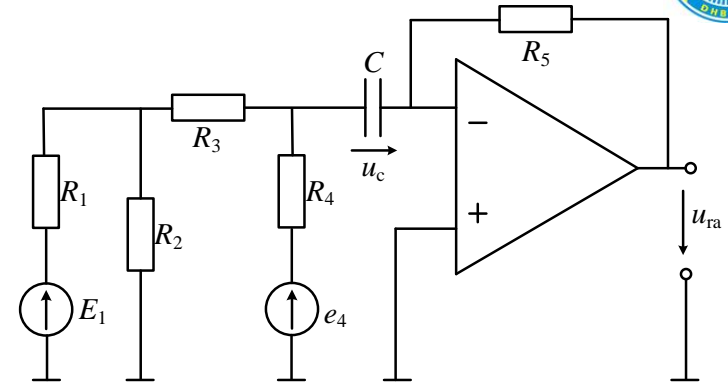
$R_1 = 10\text{k}\Omega$; $R_2 = 20\text{k}\Omega$; $R_3 = 10\text{k}\Omega$; $R_4 = 20\text{k}\Omega$;
 $R_5 = 10\text{k}\Omega$; $C = 0,05\text{mF}$; $E_1 = 2\text{ V}$ (một chiều);

$$e_4 = 7,07\sqrt{2} \sin(200t + 60^\circ) \text{ V}$$

khuếch đại thuật toán là lý tưởng.

a) Tính giá trị hiệu dụng của điện áp u_c ?

b) Tính điện áp $u_{ra}(t)$





* Xét thành phần một chiều $E_1=2V$

- Tính điện áp trên tụ C :

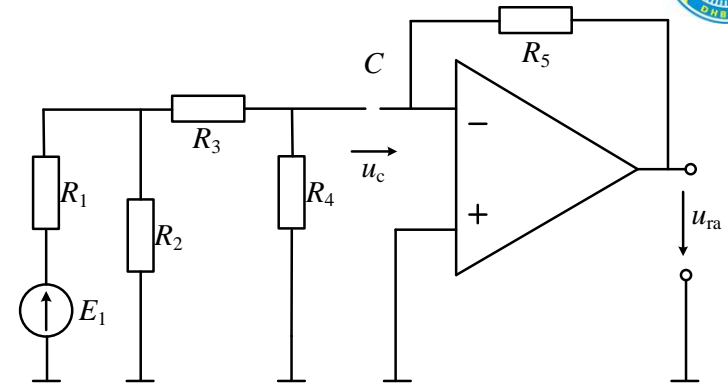
Do KĐTT lý tưởng, và cực dương nối đất:

$$U_- = U_+ = 0$$

Ngắn mạch e_4

$$U_{c0} = R_4 \frac{R_2 I_{10}}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$I_{10} = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}}$$

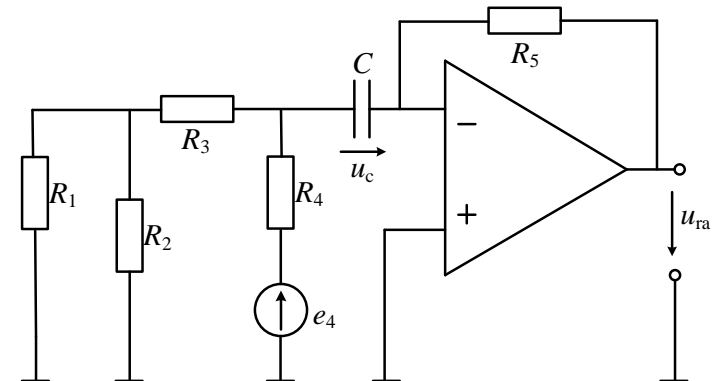


* Xét thành phần xoay chiều: e_4

Ngắn mạch E_1

- Biến đổi tương đương cụm R_1, R_2, R_3 :

$$R_{td1} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 16,667 k\Omega$$



- Biến đổi tương đương cụm R_{td1} , R_4 , e_4 (phức hóa):

$$R_{td} = \frac{R_{td1} R_4}{R_{td1} + R_4} = 9,091 k\Omega$$

$$\dot{E}_{vao} = \dot{E}_{td} = \frac{R_{td1} \dot{E}_4}{R_{td1} + R_4} = 1,607 + j2,783 \text{ V}$$

- Điện áp ra của khuếch đại đảo:

$$\dot{U}_{ra} = \frac{-R_5 \dot{E}_{vao}}{\frac{1}{j\omega C} + R_{td}} = -1,734 - j3,081 = -3,535 / 60,63^\circ \text{ V}$$

- Tính điện áp trên tụ C:

Do KĐTT lý tưởng, $i_- = i_+ = 0$; cực dương nối đất: $u_- = u_+ = 0$

$$\dot{I}_c = \dot{I}_{R5} = \frac{0 - \dot{U}_{ra}}{R_5} \quad \dot{U}_{c1} = Z_c \dot{I}_c = 0,031 - j0,017 = 0,035 / -29,37^\circ \text{ V}$$

* Tổng hợp kết quả: $U_c = \sqrt{U_{c0}^2 + U_{c1}^2} = 0,728 \text{ V}$

$$u_{ra}(t) = -3,535\sqrt{2} \sin(200t + 60,63) \text{ V}$$

