



GT.0000020032

TS. HỒ VĂN SUNG

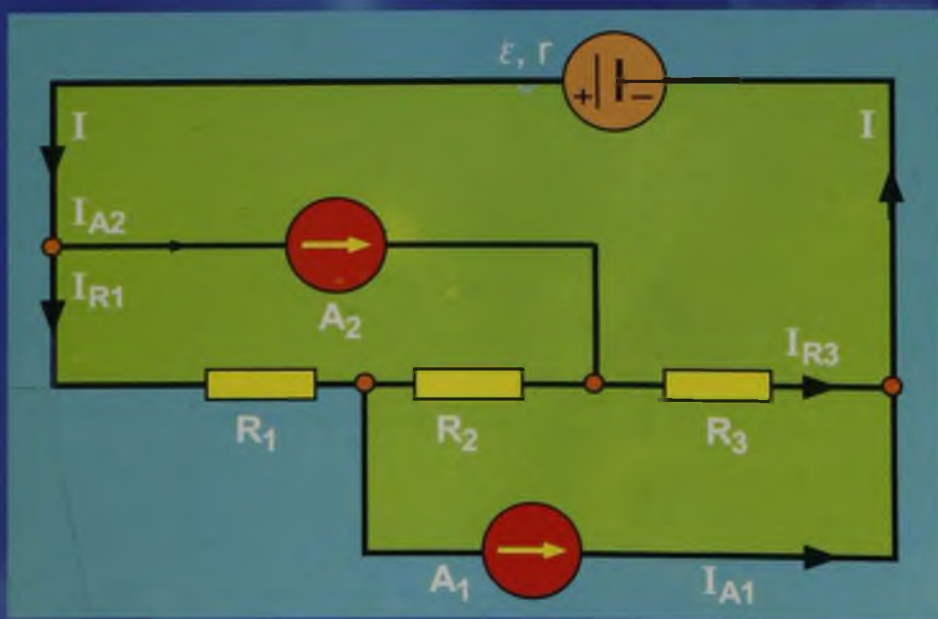
BÀI TẬP

CƠ SỞ KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN & ĐIỆN TỬ

Tập một

MẠCH ĐIỆN CƠ BẢN

TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG VỚI MATLAB



YÊN
EU

6



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

TS. HỒ VĂN SUNG

BÀI TẬP
CƠ SỞ
KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN & ĐIỆN TỬ

TẬP MỘT
MẠCH ĐIỆN CƠ BẢN
(TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG VỚI MATLAB)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

**Công ty cổ phần Sách Đại học - Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam
giữ quyền công bố tác phẩm.**

195 – 2010/CXB/15 – 249/GD

Mã số : 7B778Y0 – DAI

Chương 1

CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN CƠ BẢN VÀ CHỨC NĂNG CƠ SỞ

ĐỀ BÀI

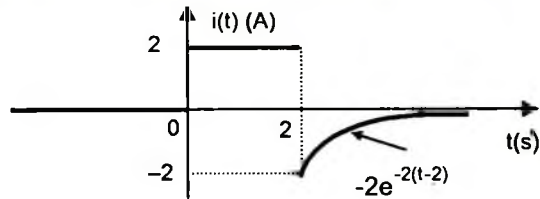
1.1. Trong khoảng thời gian t , lượng điện tích $q(t) = \frac{8}{3}t^3 - 2t^2$ (C) chuyển qua

thiết diện ngang của dây dẫn. Tìm dòng điện $i(t)$ chạy trong dây dẫn đó.

1.2. Trong khoảng thời gian t dòng điện $i(t) = 4\sin 3t$ chạy trong một điện trở R .
Tính điện tích $q(t)$ đã chuyển qua điện trở đó trong khoảng thời gian t .

1.3. Dòng điện chạy trong dây dẫn thay đổi theo thời gian được mô tả trên hình B 1.1:

Tính lượng điện tích chuyển qua dây dẫn đó trong thời gian t .



Hình B 1.1

1.4. Lượng điện tích chuyển qua thiết diện ngang của một dây dẫn:

$$q(t) = 4(1 - e^{-5t})(C)$$

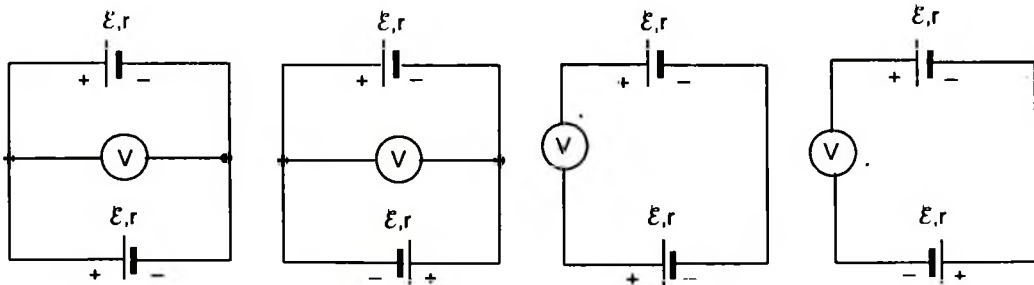
Tính cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn đó trong khoảng thời gian t giây.

1.5. Dòng điện chạy trong một dây dẫn trong thời gian t được biểu thị bởi công thức:

$$i(t) = 4(1 - e^{-5t})(C)$$

Tính điện lượng chuyển qua thiết diện ngang của dây dẫn đó trong khoảng thời gian t giây.

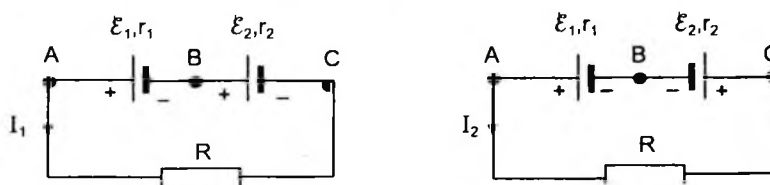
1.6. Cho biết số chỉ của vôn kế trong các mạch điện hình B 1.6:



Hình B 1.6

Các nguồn điện có s.d.d. $\mathcal{E}$ và điện trở nội r giống nhau. Điện trở của Vôn kế rất lớn.

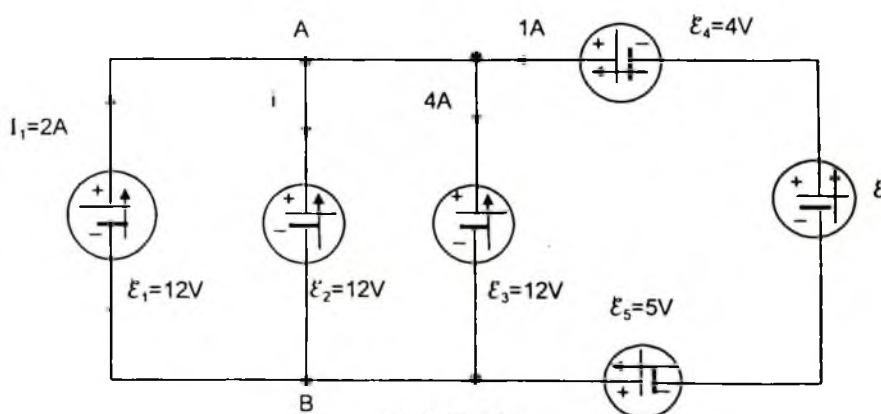
- 1.7. Ba nguồn điện có s.d.d. $\mathcal{E}_1 = 1,9\text{V}$, $\mathcal{E}_2 = 1,7\text{V}$ và $\mathcal{E}_3 = 1,6\text{V}$ và điện trở nội tương ứng là $r_1 = 0,3\Omega$, $r_2 = r_3 = 0,1\Omega$ được mắc song song với nhau và nối với điện trở mạch ngoài R . Hãy tính cường độ dòng điện qua các nguồn và qua điện trở R . Biết rằng hiệu thế hai đầu điện trở R bằng $1,6\text{V}$.
- 1.8. Một động cơ điện một chiều hoạt động bình thường với thế hiệu 120V và công suất $P = 360\text{W}$. Để cấp điện cho động cơ này, người ta dùng 36 ắc quy, mỗi cái có s.d.d. 12V và điện trở trong 2Ω . Hỏi phải ghép các ắc quy đó như thế nào để động cơ điện trên hoạt động bình thường?
- 1.9. Cho mạch điện như trên hình B 1.9



Hình B 1.9

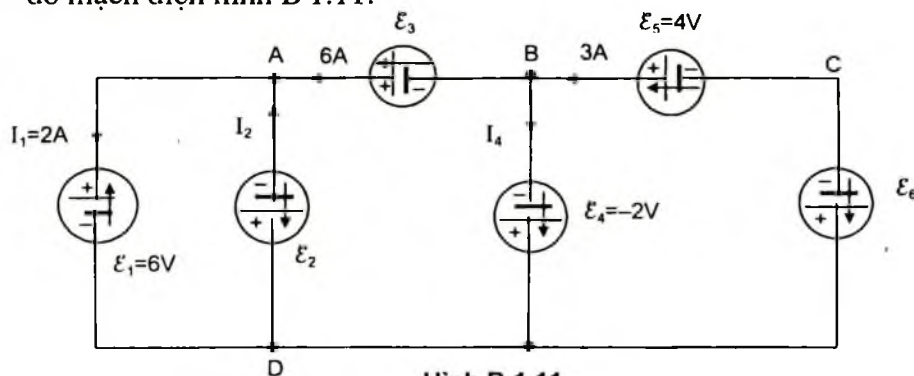
Nguồn điện $\mathcal{E}_1 = 6\text{V}$ và điện trở nội $r_1 = 1\Omega$. Nếu mắc nguồn $\mathcal{E}_2$ cùng chiều với nguồn $\mathcal{E}_1$, thì dòng điện trong mạch là $1,5\text{A}$. Nếu mắc $\mathcal{E}_2$ ngược chiều với $\mathcal{E}_1$, thì dòng điện trong mạch là $0,5\text{A}$. Tính:

- S.d.d. $\mathcal{E}_2$ và điện trở nội của nó, r_2 .
 - Hiệu điện thế giữa hai điểm B và C trong cả hai trường hợp, nếu biết $R = 4\Omega$.
- 1.10. Tính giá trị của nguồn thế $\mathcal{E}$ và dòng điện i trong sơ đồ mạch điện sau:

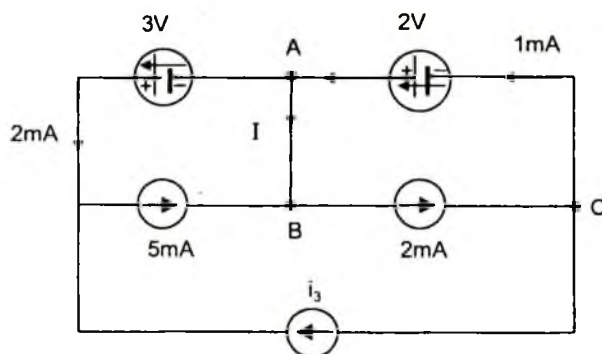


Hình B 1.10

1.11. Tìm s.d.d. của các nguồn $\mathcal{E}_2$ và $\mathcal{E}_6$ và giá trị các dòng điện I_2 và I_4 trong sơ đồ mạch điện hình B 1.11:

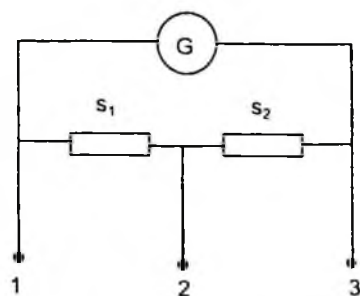


1.12. Các nguồn thế và các nguồn dòng được nối với nhau như trong sơ đồ hình B 1.12:



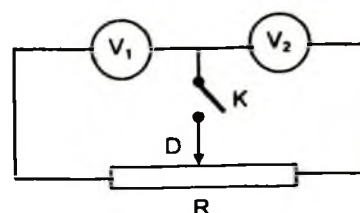
- 1) Tìm dòng điện I qua nhánh AB;
- 2) Tính giá trị nguồn dòng i_3 ;
- 3) Công suất cung cấp bởi mỗi nguồn thế.

1.13. Một Am pe kế có ba thang đo gồm 1 điện kế G và các son s_1 và s_2 như trên hình B 1.13. Nếu dùng chốt 1 và 2, thì Am pe kế đo được dòng điện lớn nhất là 2A. Nếu dùng chốt 2 và 3 thì đo được dòng lớn nhất là 3A. Vậy nếu dùng hai chốt 1 và 3 thì đo được dòng điện lớn nhất là bao nhiêu Am pe?



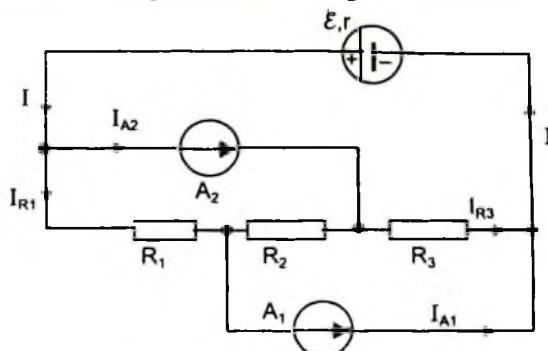
1.14. Cho mạch điện như trên hình B 1.14. Hiệu điện thế $V_{AB} = 210V$. Các vôn kế có điện trở $r_1 = 4k\Omega$, $r_2 = 3k\Omega$. Biến trở $R = 30k\Omega$.
a) Khi K mở, các vôn kế chỉ bao nhiêu?

- b) Khi K đóng, muốn cho V_1 và V_2 chỉ giống nhau, thì con chạy D ở vị trí nào? Dòng điện qua khóa K bằng bao nhiêu?
- c) Khi K đóng, muốn V_1 và V_2 có số đo giống như khi K mở, thì R_{AC} phải có giá trị bằng bao nhiêu?



Hình B 1.14.

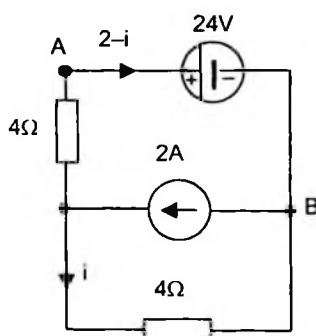
1.15. Tìm số đo của các Ampe kế mắc trong sơ đồ hình B 1.15:



Hình B 1.15

Cho $\mathcal{E} = 6V$, $r = 0,2\Omega$; $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 8\Omega$; $R_3 = 6\Omega$.

1.16. Tìm dòng điện i chạy trong mạch điện có sơ đồ cho trong hình B 1.16:



Hình B 1.16

1.17. Cho mạch điện như trên hình

B 1.17. Hai nguồn điện có s.d.đ

$\mathcal{E} = 3V$ và điện trở nội $r = 0,5\Omega$.

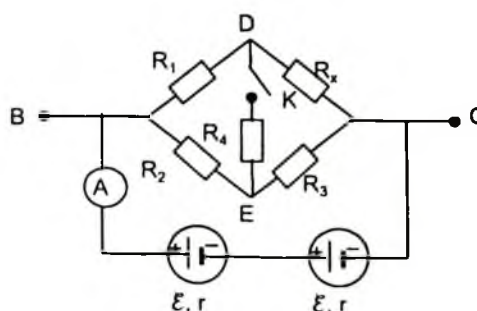
Các điện trở $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$,

$R_3 = 8\Omega$ và $R_4 = 100\Omega$. Khi khóa

K mở, Ampe kế chỉ 1,2A. Tính:

1) Điện trở R_x .

2) Cường độ dòng điện chạy qua R_x .

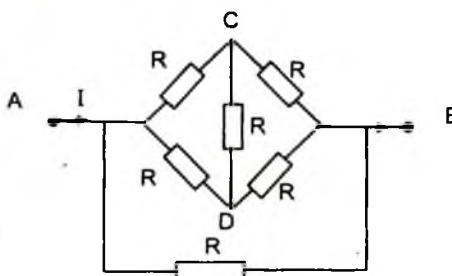


Hình B 1.17

3) Hiệu điện thế giữa hai điểm D và F.

4) Khi khóa K đóng, Ampe kế chỉ bao nhiêu?

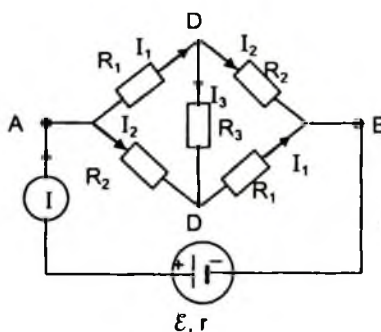
1.18. Cho mạch cầu như trên hình B 1.18. Tính dòng điện qua các nhánh theo I và R. Biết rằng dòng điện đi vào điểm A và đi ra từ điểm B.



Hình B 1.18

1.19. Cho mạch cầu như trên hình B 1.19.

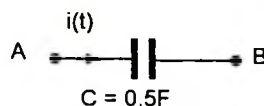
Tính dòng điện trong các điện trở và dòng điện trong mạch chính.



Hình B 1.19

1.20. Dòng điện $i(t)$ chạy qua tụ $C = 0,5F$ được biểu thị dưới dạng:

$$i(t) = \begin{cases} 0, & t < 2 \\ 0,2(t - 2), & 2 < t < 6 \\ 0,8, & t > 6 \end{cases} \quad (A)$$



Tính:

a) Hiệu điện thế hai đầu tụ C.

b) Công suất của tụ C đó.

c) Năng lượng chứa trong tụ điện đó.

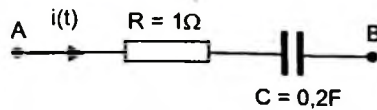
Biết rằng tụ C không tích điện ở thời điểm ban đầu.

1.21. Cho mạch điện như trong hình B 1.21:

Dòng điện $i(t) = 3.e^{5t}$ (A). Tính:

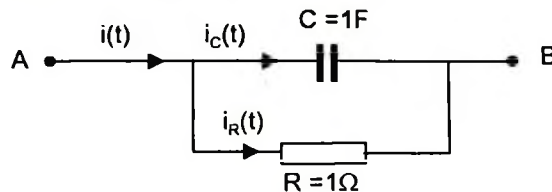
a) Hiệu điện thế hai đầu A và B.

b) Năng lượng chứa trong tụ điện đó. Biết rằng tụ C không tích điện ở thời điểm ban đầu.



Hình B 1.21

1.22. Cho mạch điện như trong hình B 1.22:



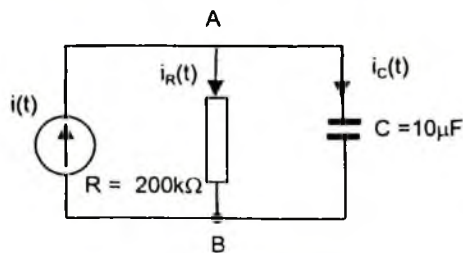
Hình B 1.22

Tính dòng điện $i(t)$ chạy từ A đến B. Biết rằng hiệu thế giữa A và B là:

$$v_{AB}(t) = \begin{cases} 2t - 4, & 2 < t < 4 \\ 8 - t, & 4 < t < 8 \\ 0, & \text{các khoảng khác} \end{cases}$$

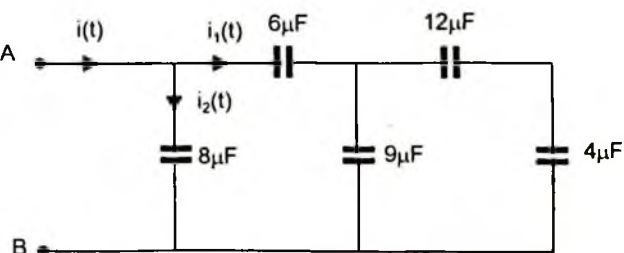
1.23. Tính dòng điện cung cấp bởi nguồn điện $i(t)$ và dòng chạy qua điện trở và tụ điện C trong sơ đồ mạch điện hình B 1.23. Biết rằng hiệu thế giữa hai đầu A, B là:

$$v_{AB}(t) = 5(1 - 2e^{-2t}) \quad (\text{V})$$



Hình B 1.23

1.24. Tính các dòng điện $i_1(t)$ và $i_2(t)$ theo dòng điện $i(t)$ trong sơ đồ mạch điện hình B 1.24:



Hình B 1.24

1.25. Hiệu thế ở hai đầu cuộn cảm $L = 1/3H$ thay đổi theo thời gian t được biểu thị bằng biểu thức:

$$v_L(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 4, & 0 < t < 4 \\ -2, & 4 < t < 10 \\ 0 & t > 10 \end{cases} \quad (V)$$

Tính dòng điện chạy qua cuộn cảm đó. Biết rằng tại $t = 0$ dòng ban đầu $i_L(0) = -12A$.

1.26. Dòng điện chạy qua cuộn cảm $L = 0,25H$ thay đổi theo thời gian t được biểu thị bằng biểu thức: $i_L(t) = 4te^{-t}$

Tính:

- Hiệu điện thế hai đầu cuộn cảm đó.
- Công suất $p(t)$ của cuộn cảm.
- Năng lượng tích tụ trong cuộn cảm đó.

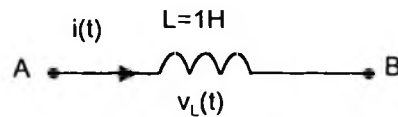
1.27. Hiệu điện thế hai đầu cuộn cảm $L = 0,5H$ được biểu thị bằng công thức:

$$v_L(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 2 \\ 0,2t - 0,4, & 2 < t < 6 \\ 0,8 & t > 6 \end{cases} \quad (V)$$

Tìm dòng điện chạy qua cuộn cảm đó. Biết rằng dòng điện ban đầu bằng không.

1.28. Hiệu điện thế hai đầu cuộn cảm $L = 1H$ được biểu thị dưới dạng:

$$v_L(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 1 \\ 4(t-1), & 1 < t < 2 \\ -4(t-3), & 2 < t < 3 \\ 0, & t > 3 \end{cases} \quad (V)$$



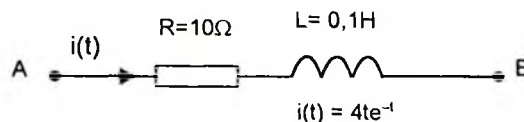
Hình B 1.28

Tính:

- Dòng điện chạy trong cuộn cảm đó.
- Công suất của nó.
- Năng lượng chứa trong cuộn cảm đó.

Biết rằng cuộn cảm không có dòng điện ban đầu.

1.29. Tìm hiệu điện thế hai đầu A và B trong mạch điện hình B 1.29:



Hình B 1.29

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

$$1.1. \quad i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d\left(\frac{8}{3}t^3 - 2t^2\right)}{dt} = 8t^2 - 4t \text{ (A)}$$

1.2.

$$q(t) = \int_0^t i(\tau) d\tau + q(0) = \int_0^t 4 \sin(3\tau) d\tau + 0 = -\frac{4}{3} \cos(3\tau) \Big|_0^t = -\frac{4}{3} \cos(3t) + \frac{4}{3} \text{ (C)}$$

1.3.

Trong khoảng thời gian từ 0 đến 2s điện tích $q(t) = 2t$ (C).

Trong khoảng thời gian $t > 2s$. Điện tích $q(t)$ tính được từ công thức:

$$\begin{aligned} q(t) &= \int_2^t -2e^{-2(\tau-2)} d\tau + q(2) = \int_2^t -2e^{-2(\tau-2)} d\tau + 4 = \\ &= e^{-2(\tau-2)} \Big|_2^t + 4 = e^{-2(t-2)} + 4 \text{ (C)} \end{aligned}$$

$$\text{Vậy:} \quad i(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 2, & 0 < t < 2 \quad (\text{A}) \\ -2e^{-2(t-2)}, & t > 2 \end{cases} \Rightarrow q(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 2t, & 0 < t < 2 \quad (\text{C}) \\ 4 + e^{-2(t-2)}, & t > 2 \end{cases}$$

$$1.4. \quad i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(4(1 - e^{-5t})) = 20e^{-5t} \text{ (A)}$$

$$1.5. \quad q(t) = \int_0^t i(\tau) d\tau + q(0) = \int_0^t 4(1 - e^{-5\tau}) d\tau + 0 = 4t + \frac{4}{5}e^{-5t} - \frac{4}{5} \text{ (C)}$$

1.6.

Trường hợp 1) Vôn kế chỉ $\mathcal{E}$ V.

Trường hợp 2) Vôn kế chỉ 0 V.

Trường hợp 3) Vôn kế chỉ 0 V.

Trường hợp 4) Vôn kế chỉ $2\mathcal{E}$ V.

1.7.

Gọi dòng điện qua các nguồn điện lần lượt là I_1, I_2, I_3 và dòng điện qua R là I. Theo bài ra, ta có các phương trình:

$$\begin{cases} V_A - V_B - \mathcal{E}_1 = -I_1 r_1 \\ V_A - V_B - \mathcal{E}_2 = -I_2 r_2 \\ V_A - V_B - \mathcal{E}_3 = -I_3 r_3 \\ V_A - V_B = IR = 1,6V \end{cases}$$

Từ đó tìm được: $I_1 = I_2 = 1\text{A}$; $I_3 = 0$; $I = 2\text{A}$ và $R = 0,8\Omega$.

1.8. Gọi R là điện trở của động cơ, ta tính được $R = \frac{U^2}{P} = 40\Omega$.

Động cơ hoạt động bình thường với dòng điện là $I = U/R = 3\text{A}$.

Dòng điện này được cung cấp bởi bộ ắc quy.

Giả sử mắc n ắc quy nối tiếp và m hàng song song, ta có $m.n = 36$.

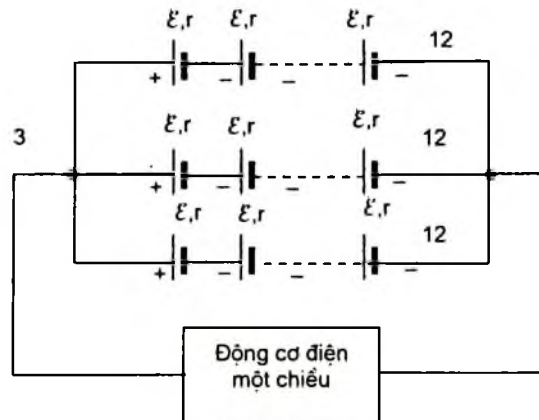
Khi đó dòng điện I được cung cấp là:

$$I = \frac{n\varepsilon}{R + \frac{nr}{m}} \Rightarrow \frac{12n}{40 + \frac{2r}{m}} = 3$$

Ta tìm được hệ 2 phương trình để xác định m, n :

$$\begin{cases} 40 + \frac{2n}{m} = 4n \\ m \times n = 36 \end{cases}$$

Từ đó xác định được $m = 3$ và $n = 12$. Sơ đồ mắc như trên hình BG 1.8:



Hình BG 1.8

1.9.

$$a) I_1 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \text{ và } I_2 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}$$

$$\text{Hay: } \frac{1,5}{0,5} = \frac{6 + \varepsilon_2}{6 - \varepsilon_2} \Rightarrow \varepsilon_2 = 3\text{V}; r_2 = 1\Omega$$

b) Tính hiệu điện thế BC:

Trường hợp ε_1 và ε_2 cùng chiều:

$$V_B - V_C - \varepsilon_2 = -I_1 r_2 \Rightarrow V_{BC} = \varepsilon_2 - I_1 r_2 = 3\text{V} - (1,5\text{A}) \cdot 1\Omega = 1,5\text{V}$$

Trường hợp $\mathcal{E}_1$ và $\mathcal{E}_2$ ngược chiều:

$$V_B - V_C + \mathcal{E}_2 = -I_2 r_2 \Rightarrow V_{BC} = -\mathcal{E}_2 - I_2 r_2 = -3V - (0,5A) \cdot 1\Omega = -3,5V$$

1.10. Tại nút A ta có phương trình:

$$2 + 1 = i + 4 \Rightarrow i = -1A$$

Để tính s.d.đ. của nguồn $\mathcal{E}$, ta tính hiệu thế giữa A và B:

$$V_A - V_B - 12V = 0$$

$$V_A - V_B - 4V - \mathcal{E} + 5V = 0$$

Từ đó ta tìm được:

$$12V = 4V + \mathcal{E} - 5V \Rightarrow \mathcal{E} = 13V$$

1.11. Tại nút A: $2 = I_2 + 6 \Rightarrow I_2 = -4A$

Tại nút B: $3 = I_4 + 6 \Rightarrow I_4 = -3A$

Tính các hiệu điện thế:

$$V_A - V_D = 6V = -\mathcal{E}_2 \Rightarrow \mathcal{E}_2 = -6V$$

Mặt khác: $V_A - V_D = V_A - V_B + V_B - V_D$

$$6V = -\mathcal{E}_3 - (-2V) \Rightarrow \mathcal{E}_3 = -4V$$

$$V_B - V_D = V_B - V_C + V_C - V_D$$

$$-(-2V) = 4V - \mathcal{E}_6 \Rightarrow \mathcal{E}_6 = 2V$$

1.12. Tại nút B: $5 + I = 2 \Rightarrow I = 5 - 2 = 3mA$

Tại nút C: $1 + i_3 = 2 \Rightarrow i_3 = 2 - 1 = 1mA$

Công suất cung cấp bởi các nguồn thế:

$$P_{3V} = (2 \cdot 10^{-3}A)(3V) = 6 \cdot 10^{-3}W$$

$$P_{2V} = (1 \cdot 10^{-3}A)(2V) = 2 \cdot 10^{-3}W$$

Cả hai đều là nguồn phát điện.

1.13.

Gọi I_g là dòng lớn nhất điện kế G có thể chịu được. Khi đó dòng lớn nhất mà chốt 1 và 2 có thể đo được là:

$$I_{12} = 2A = I_g \left(1 + \frac{g + s_2}{s_1}\right) \quad (1)$$

Khi đó dòng lớn nhất mà chốt 2 và 3 có thể đo được là:

$$I_{23} = 3A = I_g \left(1 + \frac{g + s_1}{s_2}\right) \quad (2)$$

Và dòng lớn nhất mà chốt 1 và 3 có thể đo được là:

$$I_{13} = I_g \left(1 + \frac{g}{s_1 + s_2}\right) \quad (3)$$

Từ 3 phương trình trên, ta tìm được:

$$\frac{2}{3} = \frac{s_2}{s_1} \text{ và } \frac{3}{I_{13}} = \frac{s_1 + s_2}{s_2} = 1 + \frac{s_1}{s_2} \Rightarrow I_{13} = 1,2A$$

1.14.

a) Khi K mở, dòng qua các Vôn kế là:

$$I = \frac{210V}{(4 + 3)10^3 \Omega} = 3 \cdot 10^{-2} A$$

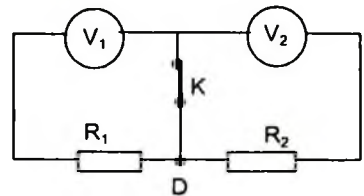
V_1 chỉ $I \times r_1 = 3 \times 4 \cdot 10 = 120V$.

V_2 chỉ $I \times r_2 = 3 \times 3 \cdot 10 = 90V$.

b) Khi K đóng, mạch điện có dạng như trong hình BG 1.14:

Điều kiện để hai vôn kế chỉ giống nhau là $R_{11} = R_{22}$; từ đó tìm được hệ phương trình để xác định R_1 và R_2 là:

$$\begin{cases} \frac{3R_2}{3 + R_2} = \frac{4R_1}{4 + R_1} \\ R_1 + R_2 = 30k\Omega \end{cases}$$



Hình BG 1.14

Hay: $R_1^2 - 54R_1 + 360 = 0$

Giải ra ta được: $R_1 = 7,79k\Omega$.

Các vôn kế chỉ giá trị: $210V/2 = 105V$. Dòng qua vôn kế V_1 là:

$$I_1 = \frac{105}{4} = 26,25 \cdot 10^{-3} A$$

Dòng qua vôn kế V_2 là:

$$I_2 = \frac{105}{3} = 35 \cdot 10^{-3} A$$

Dòng qua khóa K là:

$$I = I_2 - I_1 = 35 \cdot 10^{-3} A - 26,25 \cdot 10^{-3} A = 8,75 \cdot 10^{-3} A$$

c) Khi K đóng, để V_1 và V_2 không đổi, thì dòng qua khóa K bằng không. Khi đó cầu cân bằng:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{R_{AD}}{R_{DB}} = \frac{4}{3} = \frac{R_{AD}}{30 - R_{AD}}$$

Từ đó suy ra $R_{AD} = 16,67k\Omega$.

1.15. Các Ampe kế có điện trở không đáng kể, nên sơ đồ như hình BG1.15. Từ đó tìm được dòng điện I trong mạch chính là:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{td}} = \frac{6V}{0,2 + \frac{R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}}$$

$$= \frac{6}{0,2 + 2,55} = 2,18A$$

Dòng qua Ampe kế A_2 :

$I_{A2} = I - I_1$ (dòng qua R_1)

$$I_1 = \frac{IR_{td}}{R_1} = \frac{2,18 \times 2,55}{10} = 0,56A$$

Vậy: $I_{A2} = 2,18A - 0,56A = 1,62A$

Dòng qua Ampe kế A_1 :

$I_{A1} = I - I_3$ (Dòng qua R_3)

$$I_3 = \frac{IR_{td}}{R_3} = \frac{2,18 \times 2,55}{6} = 0,93A$$

Vậy: $I_{A1} = 2,18A - 0,93A = 1,25A$

1.16. Theo sơ đồ, hiệu điện thế giữa A và B:

$$V_A - V_B = -4(2 - i) + 4i$$

Mặt khác: $V_A - V_B - 24V = 0$

Từ đó tìm được phương trình xác định dòng i là:

$$-4(2 - i) + 4i = 24V \Rightarrow i = 4A$$

1.17. Khi K mở, không có dòng qua R_4 , nên mạch điện có dạng như trên hình BG 1.17:

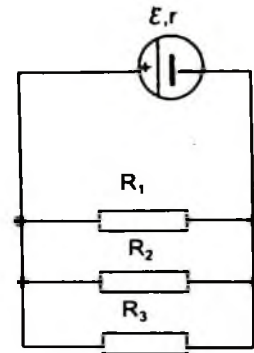
Dòng điện qua Ampe kế tìm được là:

$$I_A = \frac{2\varepsilon}{2r + R_{BC}} \quad (1)$$

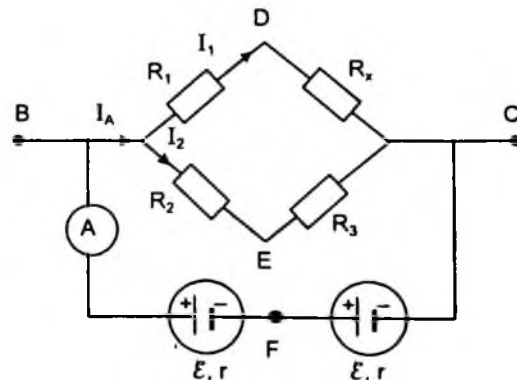
Trong đó:

$$r = 0,5\Omega; ; \varepsilon = 3V; I_A = 1,2A.$$

$$R_{BC} = \frac{(R_1 + R_x)(R_2 + R_3)}{R_1 + R_x + R_2 + R_3} \quad (2)$$



Hình BG 1.15.



Hình BG 1.17.

Thay các giá trị của I_A , $\mathcal{E}$ và r vào biểu thức (1), ta tìm được:

$$1,2 = \frac{3}{1 + R_{BC}} \Rightarrow 1,2V + 1,2R_{BC} = 6V$$

Thay các giá trị của R_{BC} , R_1 , R_2 , R_3 và (2), ta tìm được giá trị của R_x :

$$4\Omega = \frac{(2 + R_x) \cdot 12}{14 + R_x} \Rightarrow R_x = 4\Omega$$

2) Tính cường độ dòng điện qua R_x

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_x} = \frac{12}{6} = 2 \Rightarrow I_1 = 2I_2$$

$$I_1 + I_2 + 1,2A \Rightarrow I_2 = 0,4A \text{ và } I_1 = 0,8A.$$

3) Hiệu điện thế giữa hai điểm D và F:

$$V_D - V_F + \mathcal{E} = I_1 R_x + I_A r \Rightarrow V_D - V_F = (0,8)(4) + (1,2)(0,5) - 3 = 0,8V$$

$$\text{Vậy: } U_{DF} = 0,8V$$

4) Khi K đóng, ta thấy:

$$\frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{2}{4} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

Có nghĩa là cầu thỏa mãn điều kiện cân bằng, nên không có dòng qua R_4 , tương đương như trường hợp khóa K mở. Có nghĩa là không có sự phân bố lại dòng điện ở trong mạch. Ampe kế không thay đổi giá trị chỉ thị 1,2A.

1.18.

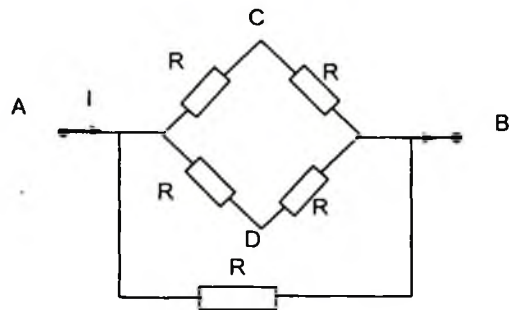
Cầu ở trong trạng thái cân bằng nên mạch điện có sơ đồ tương đương như trong hình BG 1.18. Từ đó tìm được điện trở giữa hai điểm A và B là:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

$$\text{Suy ra: } R_{AB} = \frac{R}{2}$$

Hiệu điện thế $U_{AB} = R_{AB}I = \frac{R}{2}I$. Từ đó tìm được dòng điện qua các nhánh

$$\text{lần lượt là: } I_1 = I_2 = \frac{\frac{R}{2}I}{2R} = \frac{I}{4} \text{ và } I_3 = \frac{\frac{R}{2}I}{R} = \frac{I}{2}$$



Hình BG 1.18

1.19.

Gọi dòng điện qua điện trở R_1 là I_1 .

Gọi dòng điện qua điện trở R_2 là I_2 .

Gọi dòng điện qua điện trở R_3 là I_3 .

Gọi dòng điện trong mạch chính là I .

Tại nút A, ta có: $I = I_1 + I_2$

Tại nút C, ta có: $I_3 = I_1 - I_2$

Hiệu điện thế U_{AB} :

$$U_{AB} = \mathcal{E} - rI = R_1 I_1 + R_2 I_2 = R_1 I_1 + R_3 I_3 + R_1 I_1 = 2R_1 I_1 + R_3 I_3$$

Hay: $\mathcal{E} - (I_1 + I_2)r = R_1 I_1 + R_2 I_2 = 2R_1 I_1 + R_3 (I_1 - I_2)$

$$\mathcal{E} = (R_2 + r)I_2 + (R_1 + r)I_1 = (2R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2$$

Từ đây thu được 2 phương trình:

$$\mathcal{E} = (R_1 + r)I_1 + (R_2 + r)I_2 \quad (1)$$

$$\mathcal{E} = (2R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2 \quad (2)$$

Từ phương trình (2) suy ra: $I_2 = \frac{(2R_1 + R_3)I_1 - \mathcal{E}}{R_3} \quad (3)$

Thay I_2 từ (3) vào (1), ta tìm được:

$$\mathcal{E} = (R_2 + r) \frac{(2R_1 + R_3)I_1 - \mathcal{E}}{R_3} + (R_1 + r)I_1$$

Từ đây tính được I_1 :

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{(R_2 + R_3 + r)\mathcal{E}}{(2R_1 + R_3)(R_2 + r) + R_3(R_1 + r)} = \\ &= \frac{(R_2 + R_3 + r)\mathcal{E}}{2R_1 R_2 + 2R_1 r + 2R_3 r + R_2 R_3 + R_1 R_3} \end{aligned} \quad (4)$$

Thay I_1 từ (4) vào (3), ta tính được I_2 :

$$I_2 = \frac{(R_1 + R_3 - r)\mathcal{E}}{2R_1 R_2 + 2R_1 r + 2R_3 r + R_2 R_3 + R_1 R_3} \quad (5)$$

Dòng điện $I_3 = I_1 - I_2$

$$I_3 = \frac{(R_1 + R_2 + 2r)\mathcal{E}}{2R_1 R_2 + 2R_1 r + 2R_3 r + R_2 R_3 + R_1 R_3}$$

Dòng điện mạch chính $I = I_1 + I_2$

$$I = \frac{(R_1 + R_2 + 2R_3)\mathcal{E}}{2R_1 R_2 + 2R_1 r + 2R_3 r + R_2 R_3 + R_1 R_3}$$

Điện trở giữa hai điểm AB:

$$R_{AB} = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{\varepsilon - rI}{I} = \frac{\varepsilon}{I} - r$$

Thay giá trị tính được của I, ta tìm được:

$$R_{AB} = \frac{2R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3 + R_1r - R_2r}{R_1 + R_2 + 2R_3}$$

Trường hợp khi $R_3 = 0$ (tương đương với mắc điện kế), khi đó:

$$R_{AB} = \frac{2R_1R_2 + R_1r - R_2r}{R_1 + R_2}$$

Trường hợp khi $R_3 = \infty$ (tương đương với mắc một vôn kế), khi đó:

$$R_{AB} = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

1.20.

$$* 2 < t: i_C(t) = 0, \text{ nên } v_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau + v_C(0) = \int_0^t 0 d\tau = 0V$$

$$v_C(2) = 0V.$$

* $2 < t < 6$: $i_C(t) = 0,2(t-2)$ (A), nên:

$$v_C(t) = 2 \int_0^t 2(\tau-2) d\tau + v_C(2) = 0,2\tau^2 - 0,8\tau \Big|_2^t = 0,2t^2 - 0,8t + 0,8 \text{ (V)}$$

$$v_C(6) = 3,2V.$$

* $t > 6$, $i_C(t) = 0,8$ (A), nên:

$$v_C(t) = 2 \int_0^t 0,8 d\tau + v_C(6) = 1,6\tau \Big|_6^t + 3,2 = 1,6t - 6,4 \text{ (V)}$$

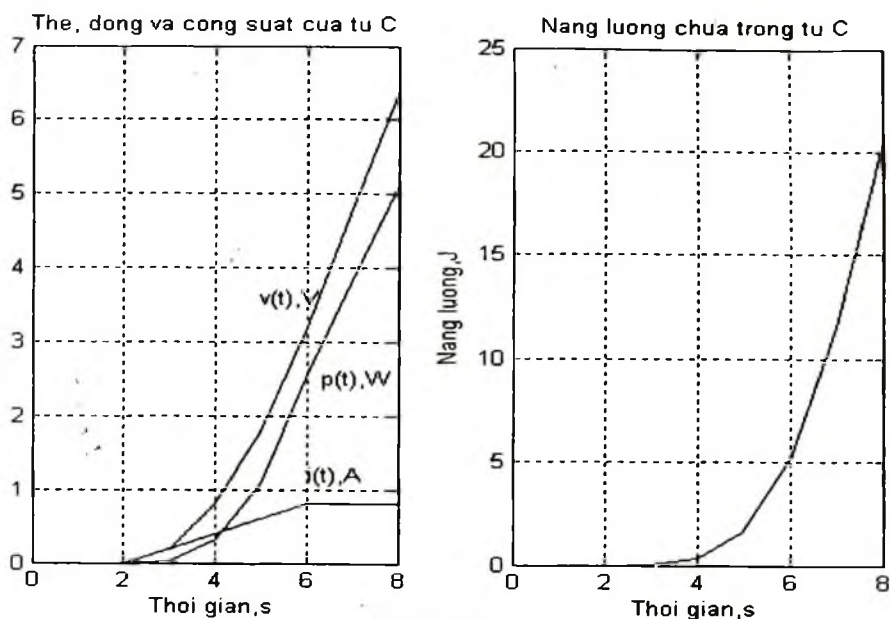
Công suất của tụ C:

$$p(t) = v(t)i(t) = \begin{cases} 0, & t > 2 \\ 0,04(t-2)^2, & 2 < t < 6 \\ 1,28(t-4), & t > 6 \end{cases} \text{ (W)}$$

Năng lượng chứa trong tụ C:

$$W(t) = \int_0^t p(\tau) d\tau + W(0) = \begin{cases} 0, & t > 2 \\ 0,01(t-2)^3, & 2 < t < 6 \\ 0,8(t-4)^2 - 0,64, & t > 6 \end{cases} \text{ (J)}$$

Dòng, thế, công suất và năng lượng chứa trong tụ C được vẽ trên hình BG 1.20 nhờ MATLAB



Hình BG1.20

1.21. a) Hiệu điện thế giữa A và B:

$$v_{AB}(t) = v_R(t) + v_C(t)$$

Trong đó: $v_R(t) = R \times i(t) = 15 \cdot e^{5t}$ (V)

$$v_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau + v(0) = 5 \int_0^t 3e^{5\tau} d\tau = 3(e^{5t} - 1) \quad (\text{V})$$

Do đó: $v_{AB}(t) = v_R(t) + v_C(t) = 15 \cdot e^{5t} + 3(e^{5t} - 1) = 18e^{5t} - 3$ (V)

b) Năng lượng chứa trong tụ C:

$$W_C(t) = \frac{1}{2} C v_C^2(t) = \frac{1}{2} \cdot 0,2 [3(e^{5t} - 1)]^2 = 0,9(e^{5t} - 1)^2 \quad (\text{J})$$

1.22. Dòng $i(t) = i_R(t) + i_C(t)$.

$$i_C(t) = C \frac{dv_{AB}(t)}{dt} = \begin{cases} 2, & 2 < t < 4 \\ -1, & 4 < t < 8 \\ 0, & \text{các khoảng khác} \end{cases} \quad (\text{A})$$

$$i_R(t) = \frac{v_{AB}(t)}{R} = \begin{cases} 2t - 4, & 2 < t < 4 \\ 8 - t, & 4 < t < 8 \\ 0, & \text{các khoảng khác} \end{cases} \quad (\text{A})$$

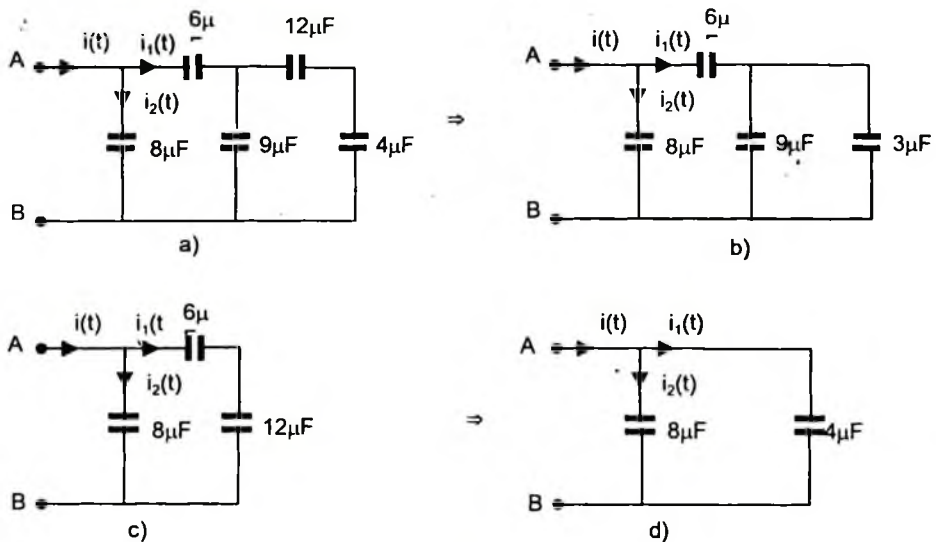
Vậy:
$$i(t) = \begin{cases} 2t - 2, & 2 < t < 4 \\ 7 - t, & 4 < t < 8 \\ 0, & \text{các khoảng khác} \end{cases} \quad (\text{A})$$

1.23.
$$i_R(t) = \frac{v_{AB}(t)}{R} = \frac{5(1 - 2e^{-2t})}{200 \cdot 10^3} = 25(1 - 2e^{-2t}) \quad (\text{mA})$$

$$i_C(t) = C \frac{dv_{AB}(t)}{dt} = (10 \cdot 10^{-6}) \frac{d[5(1 - 2e^{-2t})]}{dt} = 200e^{-2t} \quad (\text{mA})$$

$$i(t) = i_R(t) + i_C(t) = 200e^{-2t} + 25 - 50e^{-2t} = 25 + 150e^{-2t} \quad (\text{mA})$$

1.24. Biến đổi mạch điện:



Hình BG 1.24

Từ sơ đồ d), ta thấy thế trên hai đầu tụ bằng nhau và bằng thế $v_{AB}(t)$, nên:

$$\frac{i_1(t)}{C_1} = \frac{i_2(t)}{C_2} = \frac{i_1(t)}{8} = \frac{i_2(t)}{4} \Rightarrow i_1(t) = 2i_2(t)$$

Mặt khác: $i(t) = i_1(t) + i_2(t) = 3i_2(t) \Rightarrow i_2(t) = \frac{1}{3}i(t)$

Do vậy: $i_1(t) = \frac{2}{3}i(t)$

1.25. * $0 < t < 4$, thế $v_L(t) = 4$, nên dòng:

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t 4d\tau - 12A = 3 \int_0^t 4d\tau - 12A = 12t - 12 \quad (\text{A})$$

$$i_L(4) = 12(4) - 12 = 36 \text{ (A)}$$

* $4 < t < 10$, thế $v_L(t) = -2$, nên dòng:

$$i_L(t) = 3 \int_0^t -2 d\tau + 36 \text{ A} = -60t + 60 \text{ (A)}$$

$$i_L(10) = 0 \text{ (A)}$$

* $t > 10$, thế $v_L(t) = 0$, nên dòng:

$$i_L(t) = 3 \int_0^t 0 d\tau + 0 = 0 \text{ (A)}$$

1.26. a) Tính hiệu điện thế:

$$v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} = 0,25 \frac{d}{dt}(4te^{-t}) = (1-t)e^{-t} \text{ (V)}$$

b) Công suất tức thời của cuộn cảm:

$$p(t) = v_L(t)i_L(t) = (1-t)e^{-t}(4te^{-t}) = 4t(1-t)e^{-2t} \text{ (W)}$$

c) Năng lượng chứa trong cuộn cảm:

$$W(t) = \frac{1}{2} Li_L^2(t) = \frac{1}{2} (0,25)(4te^{-t})^2 = 2t^2 e^{-2t} \text{ (J)}$$

$$1.27. * 0 < t < 2: v_L(t) = 0, \text{ nên } i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t v_L(\tau) d\tau + i_L(0) = 0 \text{ (V)}$$

* $2 < t < 6: v_L(t) = 0,2t - 0,4 \text{ (V)}$, nên

$$i_L(t) = 2 \int_2^t (0,2\tau - 0,4) d\tau + v_L(2) = 0,2\tau^2 - 0,8\tau \Big|_2^t + 0 = 0,2t^2 - 0,8t + 0,8 \text{ (V)}$$

$$i_L(6) = 0,2(6)^2 - 0,8(6) + 0,8 = 3,2 \text{ (V)}$$

* $t > 6: v_L(t) = 0,8 \text{ (V)}$, nên $i_L(t) = 2 \int_6^t 0,8 d\tau + i_L(6) = 1,6t - 6,4 \text{ (V)}$

$$\text{Vậy: } v_L(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 2 \\ 0,2t - 0,4, & 2 < t < 6 \\ 0,8 & t > 6 \end{cases} \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow i_L(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 2 \\ 0,2t^2 - 0,8t + 0,8, & 2 < t < 6 \\ 1,6t - 6,4 & t > 6 \end{cases} \text{ (A)}$$

1.28.

$$* 0 < t < 1: v_L(t) = 0, \text{ nên } i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t v_L(\tau) d\tau + i_L(0) = \int_0^t 0 d\tau = 0 \quad (\text{A})$$

$$i_L(1) = 0 \text{ (A)}.$$

$$* 1 < t < 2: v_L(t) = 4(t-1) \text{ (V)}, \text{ nên:}$$

$$i_L(t) = \int_0^t 4(\tau-1) d\tau + i_L(1) = 2\tau^2 - 4\tau \Big|_1^t + 0 = 2t^2 - 4t + 2 \text{ (A)}$$

$$i_L(2) = 2 \text{ A}.$$

$$* 2 < t < 3, v_L(t) = -4(t-3) \text{ (V)}, \text{ nên:}$$

$$i_L(t) = \int_2^t -4(\tau-3) d\tau + i_L(2) = -2\tau^2 + 12\tau \Big|_2^t + 2 = -2t^2 + 12t - 14 \text{ (A)}$$

$$i_L(3) = -2(3)^2 + 12(3) - 14 = 4 \text{ (A)}.$$

$$* t > 3, v_L(t) = 0, \text{ nên}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t v_L(\tau) d\tau + i_L(3) = \int_0^t 0 d\tau + 4 \text{ (A)} = 4 \text{ (A)}$$

Công suất của cuộn cảm L:

$$p(t) = v(t)i(t) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 1 \\ 4(t-1)((2t^2 - 4t + 2)), & 1 < t < 2 \\ -4(t-3)((-2t^2 + 12t - 14)), & 2 < t < 3 \\ 0, & t > 3 \end{cases} \quad (\text{W})$$

Năng lượng chứa trong cuộn cảm L:

$$W(t) = \int_0^t p(\tau) d\tau + W(0) = \begin{cases} 0, & 0 < t < 1 \\ 2t(t-2)((t^2 - 2t + 2)), & 1 < t < 2 \\ 2t(t^3 + 4t^2 - 22t - 84), & 2 < t < 3 \\ -522, & t > 3 \end{cases} \quad (\text{J})$$

1.29.

$$v_{AB}(t) = v_R(t) + v_L(t)$$

$$v_R(t) = Ri(t) = 10(4te^{-t}) \text{ (V)}$$

$$v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} = 0,1 \frac{d(4te^{-t})}{dt} = 0,1(4e^{-t} - 4te^{-t}) \text{ (V)}$$

$$\text{Vậy: } v_{AB}(t) = v_R(t) + v_L(t) = 40te^{-t} + 0,1(4e^{-t} - 4te^{-t}) = 0,4e^{-t} + 39,6te^{-t} \text{ (V)}$$

Chương 2

BIỂU DIỄN PHỨC DÒNG ĐIỆN VÀ MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

ĐỀ BÀI

2.1. Tính số phức sau:

$$Z_1 = (2 + j) + (4 + 2j) ; Z_2 = (2 + j)(1 - j) ;$$

$$Z_3 = \frac{2+j}{1-j} ; Z_4 = 2 + 2j ; Z_5 = (2 + 2j)(1 - j) ; Z_6 = \frac{2+2j}{1-j}$$

2.2. Tính các biểu thức sau:

$$(-5 - j6)(7 - j) ; \quad 8,3 \angle -90^0 \times 6,7 \angle -20^0$$

$$\frac{(3 + j6)}{(-5 - j6)} ; \quad \frac{7,5 \angle 531^0}{6,7 \angle -20^0} ; \quad \frac{(2 + j11)}{7j(16 + j7)(16 - j13)}$$

2.3. Cho các số phức $Z_1 = 3 + j4$; $Z_2 = -12 - j5$, tính các biểu thức sau:

$$Z_1 + Z_2 ; \quad Z_1 - Z_2 ; \quad Z_1 \cdot Z_2 ;$$

$$Z_1 / Z_2 ; \quad Z_1^2 ; \quad \sqrt{Z_2}$$

2.4. Biểu diễn các dòng điện phức sau đây dưới dạng các hàm lượng giác:

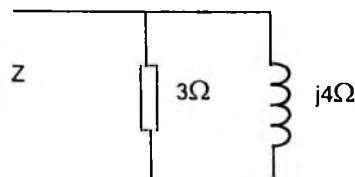
$$i_1(t) = 5e^{-\alpha t} e^{j(\omega t + \varphi)} + 5e^{-\alpha t} e^{-j(\omega t + \varphi)}$$

$$i_2(t) = 5e^{j(\omega t + \varphi)} + 3e^{-j(\omega t + \varphi)}$$

2.5. Sử dụng phương pháp số phức, tính biểu thức sau:

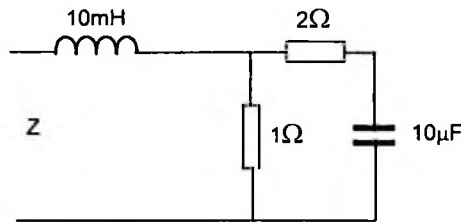
$$v(t) = 25\sin(\omega t + 30^0) - 10\sin\omega t + 15\cos\omega t$$

2.6. Tìm tổng trở của mạch điện cho trong hình B 2.6 sau.



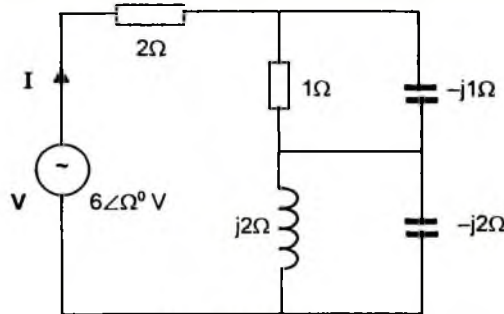
Hình B 2.6.

- 2.7. Biểu diễn mạch điện sau đây dưới dạng trở kháng phức, sau đó tìm tổng trở của mạch điện cho trong hình B 2.7, tại tần số 60Hz.



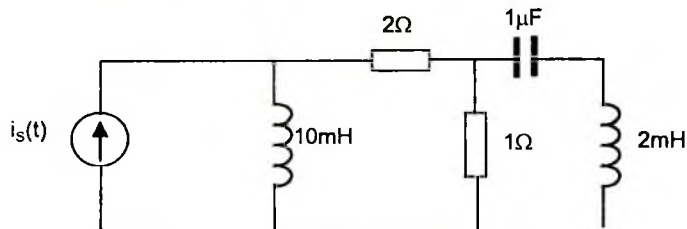
Hình B 2.7.

- 2.8. Tìm dòng điện chạy trong mạch điện cho trong hình B 2.8.



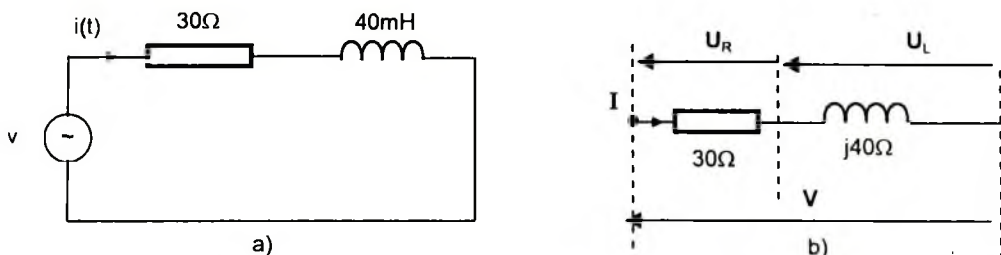
Hình B 2.8.

- 2.9. Vẽ mạch điện sau đây dưới dạng trở kháng phức, sau đó tìm tổng trở của mạch điện cho trong hình B 2.9, với $i_s(t) = 2\cos(1000t + 120^\circ)\text{A}$.



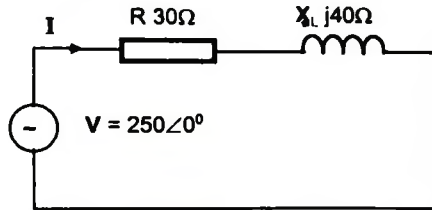
Hình B 2.9.

- 2.10. Trong mạch điện hình B 2.10, dòng $i = 2\sin(1000t)$ (A). Tính hiệu điện thế hai đầu điện trở R và cuộn cảm L và hiệu thế U. Vẽ giản đồ pha của mạch điện.



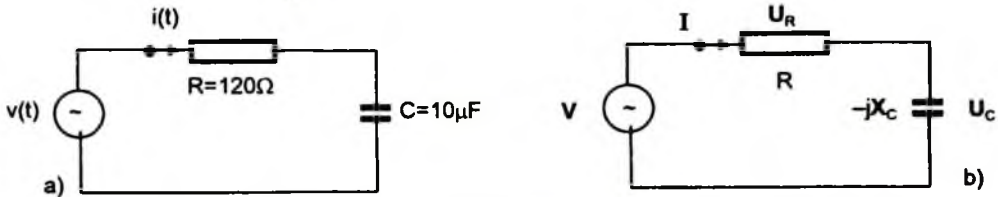
Hình B 2.10. Biểu diễn dòng và thế trong mạch RL nối tiếp trên lĩnh vực:
a) Thời gian; b) Tần số của bài toán 2.10.

- 2.11. Trong mạch điện hình B 2.11, nguồn thế $v(t) = 250\sin(1000t)$ (V). Tính hiệu điện thế hai đầu điện trở R và cuộn cảm L và dòng điện $i(t)$. Vẽ giản đồ pha của mạch điện.



Hình B 2.11. Sơ đồ mạch điện cho bài tập 2.11.

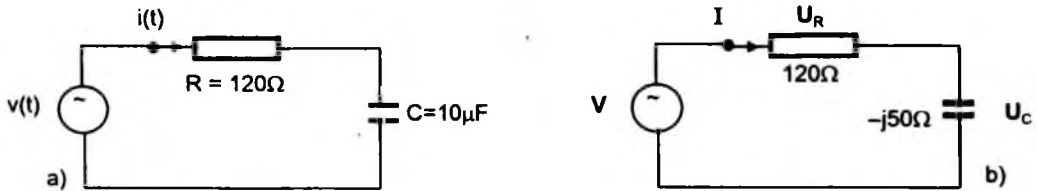
- 2.12. Dòng điện $i(t)$ trong mạch điện hình B 2.12a có dạng $i(t) = 4\sin(2000t)$ (A). Xác định các thế trên hai đầu điện trở R , C và thế nguồn $v(t)$. Vẽ giản đồ pha của mạch điện.



Hình B 2.12. Biểu diễn dòng và thế trong mạch RC nối tiếp trên lĩnh vực:

a) Thời gian, b) Tần số của bài tập 2.12.

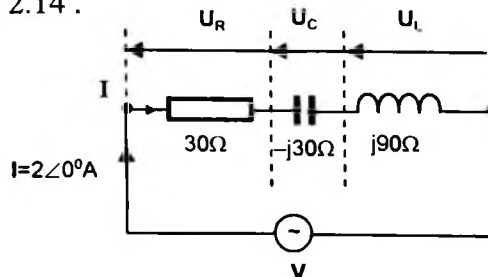
- 2.13. Nguồn thế $v(t)$ trong mạch điện hình B 2.13 có dạng $v(t) = 104\sin(2000t)$ (V). Xác định dòng điện $i(t)$ và sụt thế trên hai đầu điện trở R và tụ C . Vẽ giản đồ pha của mạch điện.



Hình B 2.13. Biểu diễn dòng và thế trong mạch RC nối tiếp trên lĩnh vực:

a) Thời gian, b) Tần số của bài tập 2.13.

- 2.14. Xác định thế tổng cộng và vẽ giản đồ pha của mạch RLC nối tiếp cho trong hình B 2.14 .

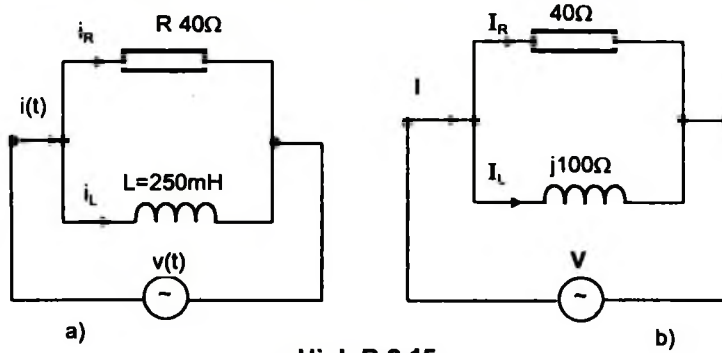


Hình B 2.14

2.15. Nguồn thế xoay chiều trong mạch điện hình B 2.15 có dạng:

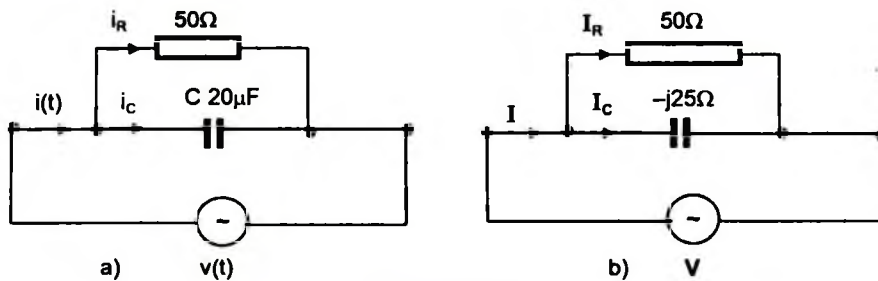
$$v(t) = 50\sin(400t) \text{ (V)}.$$

Hãy xác định dòng điện chạy trong mạch chính $i(t)$ và trong các mạch rẽ qua R và L. Vẽ giản đồ pha của mạch.



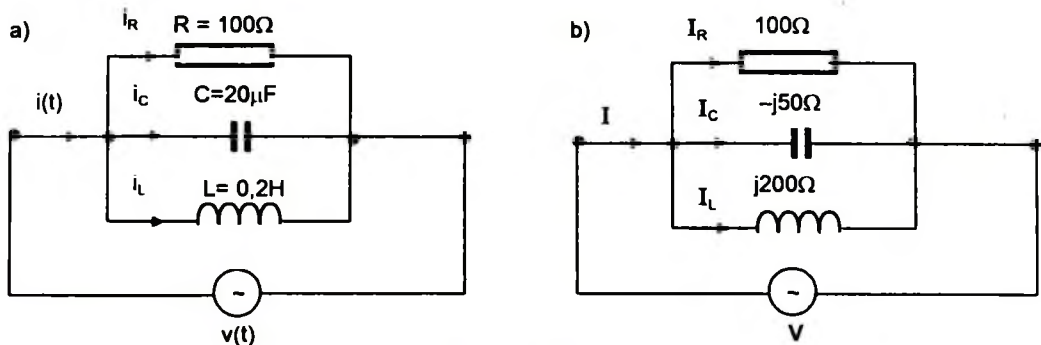
Hình B 2.15.

2.16. Tính dòng điện trong mạch chính $i(t)$ và trong các mạch rẽ trong sơ đồ mạch điện cho trong hình B 2.16. Biết rằng nguồn thế xoay chiều $v(t) = 100\sin(2000t)$ (V)



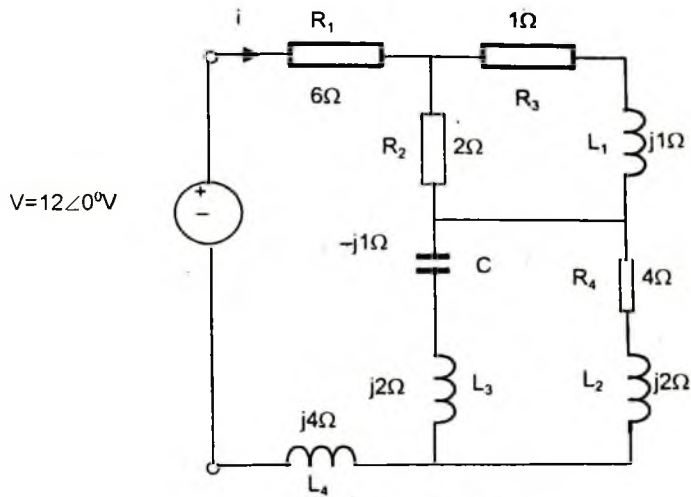
Hình B 2.16.

2.17. Xác định dòng điện trong mạch chính và các dòng điện trong mạch rẽ của sơ đồ mạch điện cho trong hình B 2.17. Biết rằng nguồn thế xoay chiều $v(t) = 400\sin(1000t)$. Vẽ giản đồ pha của mạch điện đó.



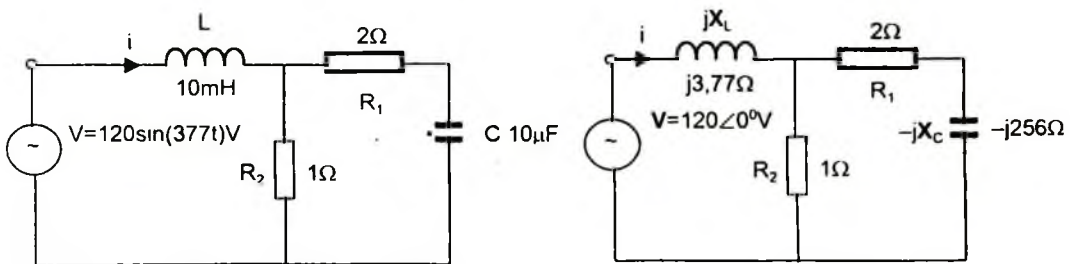
Hình B 2.17.

2.18. Tìm dòng điện i chạy trong mạch điện cho trong hình B 2.18.



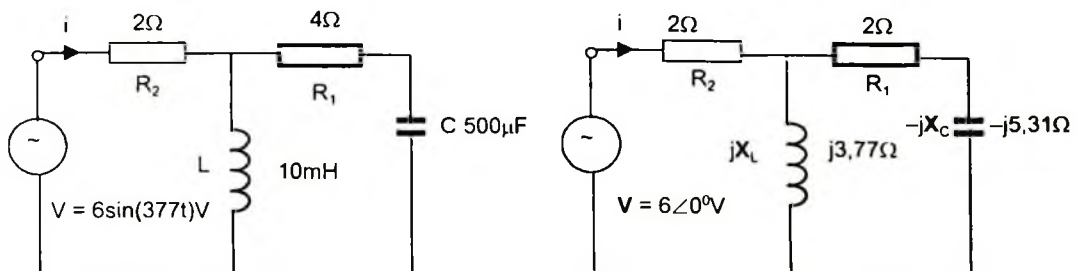
Hình B 2.18.

2.19. Tìm dòng điện $i(t)$ chạy trong mạch điện hình B 2.19



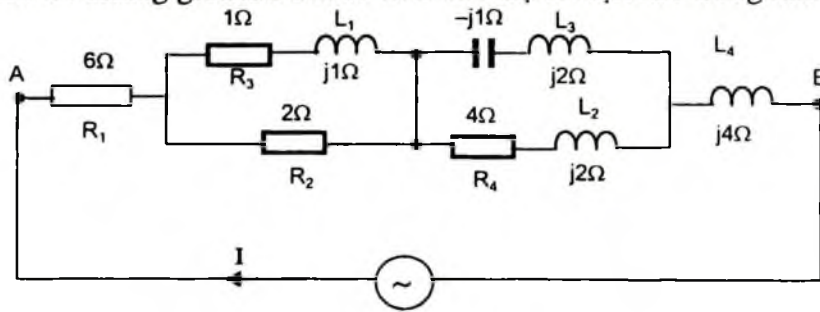
Hình B 2.19.

2.20. Tìm dòng điện $i(t)$ chạy trong mạch điện hình B 2.20.



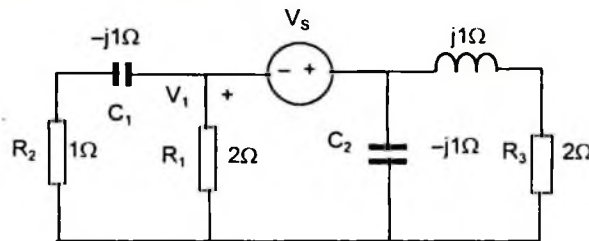
Hình B 2.20. Mạch điện của bài tập 2.20.

2.21. Tìm trở kháng giữa hai đầu A và B của mạch điện cho trong hình B 2.21.



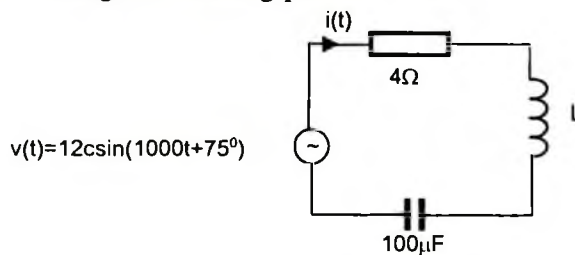
Hình B 2.21.

2.22. Tính giá trị của nguồn thế V trong mạch điện trong hình B 2.22. Biết rằng hiệu thế ở hai đầu điện trở R_2 là $V_1 = 4\angle 0^\circ \text{V}$.



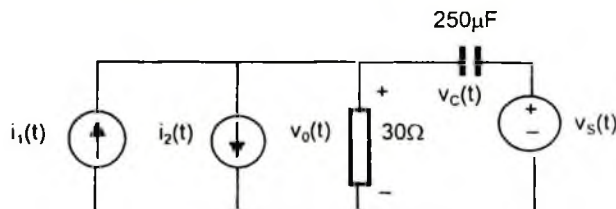
Hình B 2.22.

2.23. Xác định giá trị của cuộn cảm L trong sơ đồ mạch điện cho trong hình B 2.23 để dòng và thế đồng pha với nhau.



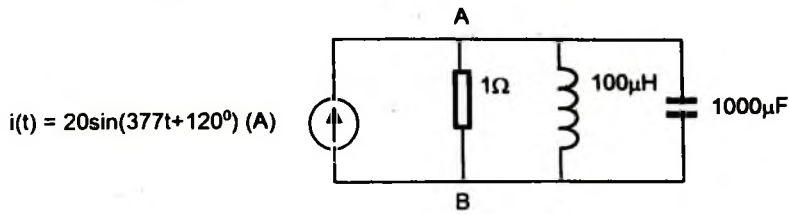
Hình B 2.23.

2.24. Xác định thế $v_o(t)$ trong sơ đồ mạch điện hình B 2.24. Biết rằng các nguồn dòng $i_1(t) = 200\cos(10^5 t + 60^\circ)$ (mA); $i_2(t) = 100\sin(10^5 t + 90^\circ)$ (mA) và nguồn thế $v_s(t) = 10\sin(10^5 t)$ (V). Dùng giản đồ pha để xác định $v_c(t)$.



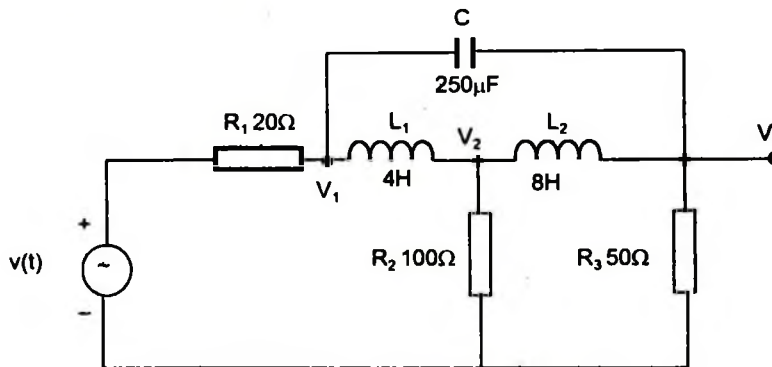
Hình B 2.24.

- 2.25. Tìm hiệu điện thế hai điểm A và B trong sơ đồ mạch điện hình B 2.25. Biết rằng nguồn dòng $i(t) = 20\sin(377t + 120^\circ)$ (A).



Hình B 2.25.

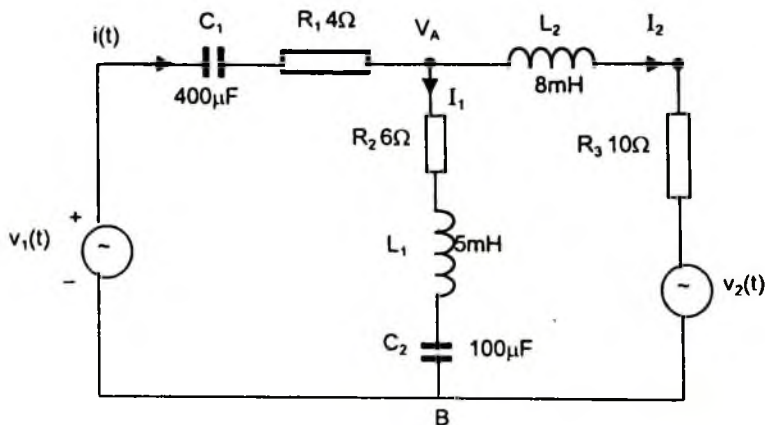
- 2.26. Tìm sụt thế trên hai đầu điện trở R_3 trong mạch điện có sơ đồ cho trong hình B 2.26. Biết rằng nguồn thế $v(t) = 8\cos(10t + 15^\circ)$.



Hình B 2.26.

- 2.27. Tìm dòng điện $i(t)$ và thế ở hai đầu tụ C $v_C(t)$ trong sơ đồ mạch điện cho trong hình B 2.27. Biết rằng hai nguồn thế có giá trị là:

$$v_1(t) = 5\cos(1000t) \text{ (V)}; v_2(t) = 2\cos(1000t + 75^\circ) \text{ (V)}$$



Hình B 2.27.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

2.1. $Z_1 = 6 + 3j$

$$Z_2 = 6 + 3j2 + j - 2j - j^2 = 3 - j$$

$$Z_3 = \left(\frac{2+j}{1-j} \right) \left(\frac{1+j}{1+j} \right) = \frac{2+j+2j+j^2}{1-j+j-j^2} = \frac{1+3j}{2}$$

$$Z_4 = 2\sqrt{2}e^{j\frac{\pi}{4}} \quad \text{vi} \quad \sqrt{8} = 2\sqrt{2} \quad \text{và} \quad \tan^{-1}(1) = \frac{\pi}{4}$$

$$Z_5 = 2\sqrt{2}e^{j\frac{\pi}{4}} \cdot \sqrt{2}e^{-j\frac{\pi}{4}} = 4e^{j0} = 4$$

$$Z_6 = \frac{2\sqrt{2}e^{j\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{2}e^{-j\frac{\pi}{4}}} = 2e^{j\frac{\pi}{2}} = 2j$$

2.5. Chọn trục thực $0x = \cos\omega t$; do vậy:

$$\sin\omega t = \cos(\omega t - 90^\circ)$$

$$\text{và} \quad \sin(\omega t + 30^\circ) = \cos(\omega t - 60^\circ)$$

Khi đó, biểu thức $v(t)$ được viết dưới dạng:

$$V = 25.e^{-j60^\circ} - 10.e^{-j90^\circ} + 15 = 12,5 - j.12,5\sqrt{3} + j.10 + 15$$

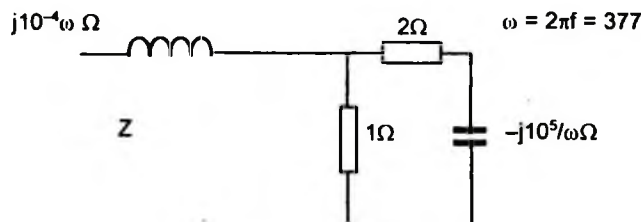
$$= 27,5 - j.11,7 = 30.e^{-j23^\circ} = 30 \cos(\omega t - 23^\circ)$$

$$\text{Vậy:} \quad v(t) = 30\cos(\omega t - 23^\circ)$$

2.6. $Z = \frac{3(j4)}{3+j4} = \frac{j12}{3+j4} = \frac{12\angle 90^\circ}{5\angle 53,1^\circ} = 2,4\angle 36,9^\circ \Omega$

2.7. $Z = \frac{1(2 + X_C)}{1 + (2 + X_C)} + X_L$; $X_L = j0,377$; $X_C = -j\frac{10^5}{377}$

Do vậy: $Z = 1 + j3,77 \Omega$



Hình BG 2.7.

$$2.8. \quad z_1 = \frac{1 \cdot (-j1)}{1 - j1} = 0,5 - j0,5; \quad z_2 = \frac{(j2) \cdot (-j2)}{(j2) + (-j2)} = \infty$$

$$Z = 2 + z_1 + z_2 = \infty$$

$$2.9. \quad I_s = 2 \angle 120^\circ \text{ A}; \quad z_1 = 2 + X_C + X_{L2} = 2 + j1 \Omega$$

Tổng trở của mạch điện:

$$Z = \frac{X_{L1} \cdot z_1}{X_{L1} + z_1} = 1,6 + j1,2$$

$$V = I_s \cdot Z = 4 \angle 156,9^\circ \text{ V}; \quad \text{vậy } v(t) = 4 \cos(1000t + 156,9^\circ) \text{ V.}$$

2.10.

Trong lĩnh vực tần số:

$$I = 2 \angle 0^\circ \text{ (A)}; \quad X_L = j\omega L = 1000 \times 40 \cdot 10^{-3} = j40 \Omega$$

Từ đó tính được:

$$U_R = RI = 30 \times 2 \angle 0^\circ = 60 \angle 0^\circ \text{ (V)}$$

$$U_L = I(X_L) = 2 \angle 0^\circ \times 40 \angle 90^\circ = 80 \angle 90^\circ \text{ (V)}$$

$$V = U_L + U_R = 80 \angle 90^\circ \text{ (V)} + 60 \angle 0^\circ \text{ (V)} = 60 + j80 \text{ (V)}$$

$$\text{Hay:} \quad V = 100 \angle 53,13^\circ \text{ (V)}$$

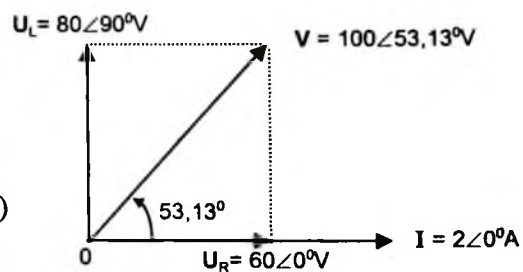
Trên lĩnh vực thời gian:

$$v_R(t) = 60 \sin(1000t) \text{ (V)}$$

$$v_L(t) = 80 \sin(1000t + 90^\circ) \text{ (V)}$$

$$v(t) = 80 \sin(1000t + 53,13^\circ) \text{ (V)}$$

Giải đồ pha trong hình BG 2.10:



Hình BG 2.10.

2.11.

$$U_R = RI = 30I$$

$$U_L = X_L I = j40I$$

$$V = U_R + U_L = (30 + j40)I$$

$$\Rightarrow I = \frac{250 \angle 0^\circ}{30 + j40} = \frac{250 \angle 0^\circ}{50 \angle 53,13^\circ} = 50 \angle -53,13^\circ$$

$$U_R = 30I = 30 \times 50 \angle -53,13^\circ = 1500 \angle -53,13^\circ \text{ (V)}$$

$$U_L = j40I = j40 \times 50 \angle -53,13^\circ = 40 \angle 90^\circ \times 50 \angle -53,13^\circ = 2000 \angle 36,87^\circ \text{ (V)}$$

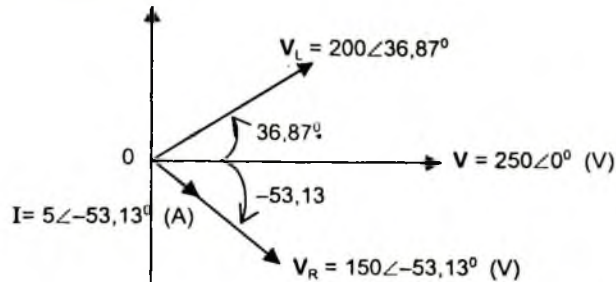
Trên lĩnh vực thời gian:

$$i(t) = 5\sin(1000t - 53,13^\circ) \text{ (A)}$$

$$v_R(t) = 150\sin(1000t - 53,13^\circ) \text{ (V)}$$

$$v_L(t) = 200\sin(1000t + 36,87^\circ) \text{ (V)}$$

Giản đồ pha trong hình BG 2.11.



Hình BG 2.11.

2.12. Biểu diễn mạch điện dưới dạng tần số (hình B 2.12 b), ta tính được:

$$I = 4\angle 0^\circ \text{ (A)}$$

$$-jX_C = -j\frac{1}{\omega C} = -j\frac{1}{2000(10 \cdot 10^{-6})} = -j50\Omega$$

$$U_R = RI = 120 \times 4\angle 0^\circ = 480\angle 0^\circ \text{ (V)}$$

$$U_C = X_C I = (-j50) \times 4\angle 0^\circ = 50\angle 90^\circ \times 4\angle 0^\circ \text{ (V)} = 200\angle -90^\circ \text{ (V)}$$

$$V = U_R + U_C = 480\angle 0^\circ + 200\angle -90^\circ = 480 - j200 = 520\angle -22,62^\circ \text{ (V)}$$

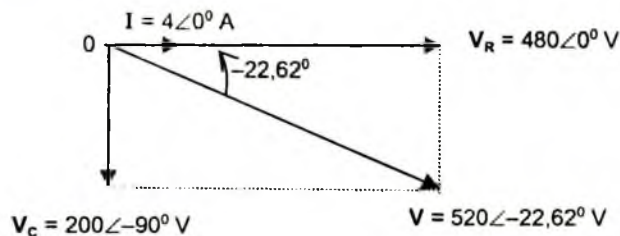
Trên lĩnh vực thời gian:

$$v_R(t) = 480\sin(2000t) \text{ (V)}$$

$$v_C(t) = 200\sin(2000t - 90^\circ) \text{ (V)}$$

$$v(t) = 520\sin(2000t - 22,62^\circ) \text{ (V)}$$

Giản đồ pha trên hình BG 2.12.



Hình BG 2.12

2.13. Từ sơ đồ hình B 2.13, ta tính được:

$$I = \frac{V}{R - jX_C} = \frac{104\angle 0^\circ}{120 - j50} = \frac{104\angle 0^\circ}{130\angle -22,62^\circ} = 0,8\angle 22,62^\circ \text{ (A)}$$

$$U_R = RI = 120 \times 0,8 \angle 22,62^\circ = 96 \angle 22,62^\circ \text{ (V)}$$

$$U_C = (-jX_C)I = (-j50) \times 0,8 \angle 22,62^\circ = 40 \angle -67,38^\circ \text{ (V)}$$

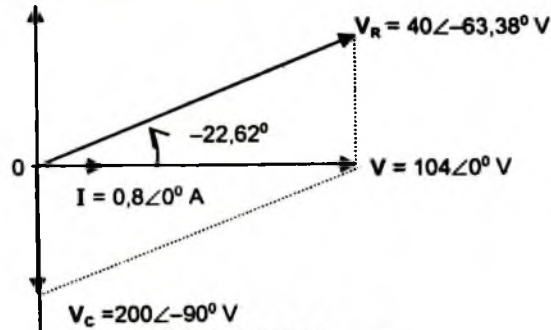
Trên lĩnh vực thời gian:

$$i(t) = 0,8 \sin(2000t + 22,62^\circ) \text{ (A)}$$

$$v_R(t) = 96 \sin(2000t + 22,62^\circ) \text{ (V)}$$

$$v_C(t) = 40 \sin(2000t - 63,38^\circ) \text{ (V)}$$

Giản đồ pha trên hình BG 2.13.

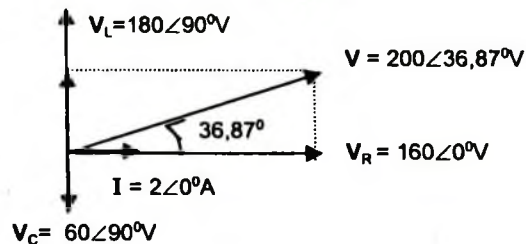


Hình BG 2.13.

2.14.

$$\begin{aligned} V &= U_R + U_C + U_L = (R - jX_C + jX_L)I \\ &= (80 - j30 + j90)(2 \angle 0^\circ) = (80 + j30)(2 \angle 0^\circ) \\ &= (100 \angle 36,87^\circ)(2 \angle 0^\circ) = 200 \angle 36,87^\circ \text{ (V)} \end{aligned}$$

Giản đồ pha trên hình BG 2.14.



Hình BG 2.14

2.15. Từ sơ đồ hình B 2.15, ta tìm được:

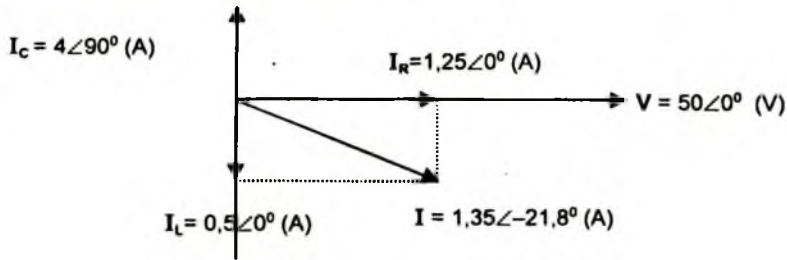
$$V = 50 \angle 0^\circ \text{ (V)}$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{50 \angle 0^\circ}{40} = 1,25 \angle 0^\circ \text{ (A)}$$

$$I_L = \frac{V}{jX_L} = \frac{50 \angle 0^\circ}{j100} = \frac{50 \angle 0^\circ}{100 \angle 90^\circ} = 0,5 \angle -90^\circ \text{ (A)}$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_R + \mathbf{I}_L = 1,25\angle 0^\circ + 0,5\angle -90^\circ = 1,25 - j0,5 = 1,35\angle -21,8^\circ \text{ (A)}$$

Giản đồ pha trên hình BG 2.15.



Hình BG 2.15.

2.16. Từ sơ đồ hình B 2.16, ta tìm được:

$$\mathbf{V} = 100\angle 0^\circ \text{ (V)}$$

$$\mathbf{I}_R = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{R}} = \frac{100\angle 0^\circ}{50} = 2\angle 0^\circ \text{ (A)}$$

$$\mathbf{I}_C = \frac{\mathbf{V}}{-jX_C} = \frac{100\angle 0^\circ}{-j25} = \frac{100\angle 0^\circ}{25\angle -90^\circ} = 4\angle 90^\circ \text{ (A)}$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_R + \mathbf{I}_C = 2\angle 0^\circ + 4\angle -90^\circ = 2 - j4 = 4,47\angle 63,4^\circ \text{ (A)}$$

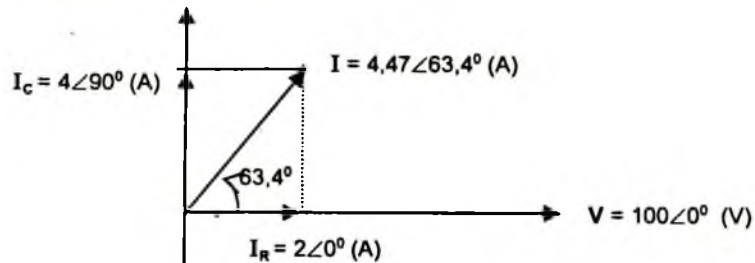
Trên lĩnh vực thời gian:

$$i_R(t) = 2\sin(2000t) \text{ (A)}$$

$$i_C(t) = 4\sin(2000t + 90^\circ) \text{ (A)}$$

$$i(t) = 4,47\sin(2000t + 63,4^\circ) \text{ (A)}$$

Giản đồ pha trên hình BG 2.16.



Hình BG 2.16.

2.17. Từ sơ đồ hình B 2.17, ta tìm được:

$$\mathbf{V} = 400\angle 0^\circ \text{ (V)}$$

$$\mathbf{I}_R = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{R}} = \frac{400\angle 0^\circ}{100} = 4\angle 0^\circ \text{ (A)}$$

$$I_L = \frac{V}{jX_L} = \frac{400\angle 0^\circ}{j200} = \frac{400\angle 0^\circ}{200\angle 90^\circ} = 2\angle -90^\circ \quad (\text{A})$$

$$I_C = \frac{V}{-jX_C} = \frac{400\angle 0^\circ}{-j50} = \frac{400\angle 0^\circ}{50\angle -90^\circ} = 4\angle 90^\circ \quad (\text{A})$$

$$\begin{aligned} I &= I_R + I_C + I_L = 4\angle 0^\circ + 2\angle -90^\circ + 8\angle 90^\circ \\ &= 4 - j2 + j8 = 4 + j6 = 7,21\angle 56,3^\circ \quad (\text{A}) \end{aligned}$$

Trên lĩnh vực thời gian:

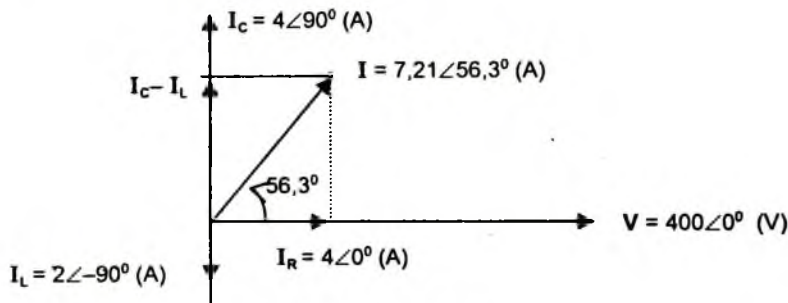
$$i_R(t) = 4\sin(1000t) \quad (\text{A})$$

$$i_C(t) = 8\sin(1000t+90^\circ) \quad (\text{A})$$

$$i_L(t) = 2\sin(1000t-90^\circ) \quad (\text{A})$$

$$i(t) = 7,21\sin(1000t + 56,3^\circ) \quad (\text{A})$$

Giản đồ pha trong hình BG 2.17.



Hình BG 2.17.

2.18.

$$z_1 = R_3 + z_{L1} = 1 + j1\Omega$$

$$z_2 = R_4 + z_{L2} = 4 + j2\Omega$$

$$z_3 = \frac{z_1 R_2}{z_1 + R_2} = 0,8 + j0,4$$

$$z_4 = \frac{z_2 (j1)}{z_2 + (j1)} = 0,16 + j0,88$$

Tổng trở Z của toàn mạch:

$$\begin{aligned} Z &= R_1 + z_3 + z_4 + z_{L4} = 6 + 0,8 + j0,4 + 0,16 + j0,88 \\ &= 6,96 + j1,28 = 8,74\angle 37,2^\circ \Omega. \end{aligned}$$

Vậy dòng điện chạy trong mạch tìm được là:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{12\angle 0^\circ}{8,74\angle 37,2^\circ} = 1,38\angle -37,2^\circ \quad (\text{A})$$

2.19. Từ sơ đồ hình B 2.19, ta tính được tổng trở của mạch điện:

$$\begin{aligned} Z &= jX_L + (R_2 // (R_1 \text{ nối tiếp } jX_C)) \\ &= jX_L + \frac{1 \times (2 - jX_C)}{1 + (2 - jX_C)} = j3,77 + \frac{2 - j256}{3 - j256} = 1 + j3,77 \quad (\Omega) \end{aligned}$$

Từ đó tìm được:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{120 \angle 0^\circ}{1 + j3,77} = \frac{120 \angle 0^\circ}{3,9 \angle 75,14^\circ} = 30,77 \angle -75,14^\circ \quad (\text{A})$$

Vậy: $i(t) = 3,9 \sin(377t + 75,14^\circ) \quad (\text{A})$

2.20. Từ sơ đồ hình B 2.20, ta tính được tổng trở của mạch điện:

$$\begin{aligned} Z &= R_2 \text{ nối tiếp với } jX_L // (R_1 \text{ nối tiếp } jX_C) = \\ &= R_2 + \frac{(jX_L) \times (4 - jX_C)}{jX_L + (4 - jX_C)} = 2 + \frac{(j3,77) \times (4 - j5,31)}{j3,77 + 4 - j5,31} \\ &= \frac{(3,77 \angle 90^\circ) \times (6,65 \angle -53^\circ)}{4,29 \angle -21,06^\circ} = 7,11 \angle 44,3^\circ \quad (\Omega) \end{aligned}$$

Từ đó tìm được:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{6 \angle 0^\circ}{7,11 \angle 44,3^\circ} = 0,84 \angle -44,3^\circ \quad (\text{A})$$

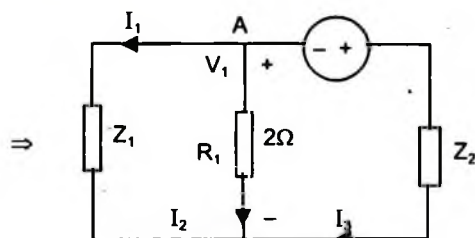
Vậy: $i(t) = 0,84 \sin(377t - 44,3^\circ) \quad (\text{A})$

2.21. Từ sơ đồ mạch, ta thấy mạch điện gồm 4 đoạn mạch ghép nối tiếp nhau:

Điện trở nối tiếp với đoạn mạch gồm R_2 song song với R_3 nối tiếp với đoạn mạch gồm tụ C nối tiếp với L_3 ghép song song với R_4 nối tiếp với L_2 và cuối cùng nối tiếp với L_4 . Vì vậy trở kháng giữa hai đầu A và B được tính theo công thức:

$$\begin{aligned} Z_{AB} &= R_1 + \frac{R_2 \times (R_1 + jX_{L1})}{R_2 + (R_1 + jX_{L1})} + \frac{(jX_{L3} - jX_C) \times (R_4 + jX_{L2})}{(jX_{L3} - jX_C) + (R_4 + jX_{L2})} + jX_{L4} \\ &= 6 + (0,8 + j0,4) + (0,16 + j0,88) + j4 = 6,96 + j5,28 \quad (\Omega) = 8,7361 \angle 37,1847^\circ \Omega \\ Z_{AB} &= 8,74 \angle 37,2^\circ \Omega \end{aligned}$$

2.22. Mạch điện tương đương với sơ đồ hình BG 2.22:



Hình BG 2.22.

Từ sơ đồ tương đương này, ta thu được các phương trình:

$$V_A - V_B = V_1 = 4\angle 0^\circ \text{ (V)} = R_2 I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{V_1}{R_2} = \frac{4\angle 0^\circ}{2} = 2\angle 0^\circ \text{ (A)}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_1} = \frac{4\angle 0^\circ}{1-j1} = \frac{4\angle 0^\circ}{1-j1} = \frac{4\angle 0^\circ}{\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 2(1+j) = 2\sqrt{2}\angle 45^\circ \text{ (A)}$$

$$I_3 = -(I_1 + I_2) = -(2 + 2 + j2) = -(4 + j2) = -4,47\angle 26,56^\circ \text{ (A)}$$

Chiều của I_3 ngược với chiều chỉ trên sơ đồ.

$$\text{Mặt khác: } V_A - V_B + V_S = Z_2 I_3 \Rightarrow V_S = Z_2 I_3 - V_1$$

$$= \frac{(2+j1) \times (-j1)}{2+j1-j1} (4+j2) - 4\angle 0^\circ \text{ (V)} =$$

$$(1-j2)(2+j1) - 4\angle 0^\circ \text{ (V)} = -4 + j3 - 4 = -8 + j3 = 8,54\angle 159,44^\circ \text{ (V)}$$

$$\text{Vậy } V_S = -8 + j3 = 8,54\angle 159,44^\circ \text{ (V)}.$$

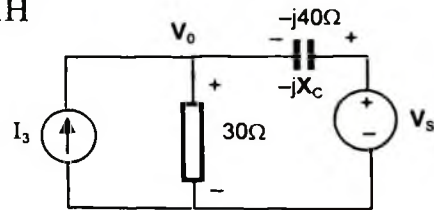
2.23. Đây là mạch điện RLC nối tiếp, nên tổng trở của mạch được xác định:

$$\frac{V}{I} = R + jX_L - jX_C$$

Nếu V và I cùng pha nhau, thì tổng trở sẽ có giá trị thực; có nghĩa là $X_L = X_C$. Trường hợp này hiện tượng cộng hưởng xảy ra. Từ đó tìm được:

$$1000 \times L = \frac{1}{1000 \times (100 \cdot 10^{-6})} \Rightarrow L = 0,01 \text{ H}$$

2.24. Biến đổi mạch điện và biểu diễn mạch trên lĩnh vực tần số, ta thu được sơ đồ như trên hình BG 2.24a.



Hình BG 2.24a.

$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 - I_2 = 200\angle 60^\circ \text{ (mA)} - 100\angle 0^\circ \text{ (mA)} \\ &= 100 + j173,2 - 100 \\ &= j173,2 \quad I_3 = 173,2\angle 90^\circ \text{ (mA)} \end{aligned}$$

$$V_S = 10\angle -90^\circ \text{ (V)}$$

$$-jX_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{10^5 \times (250 \cdot 10^{-6})} = -j40 \Omega$$

Từ sơ đồ ta có:

$$I_3 = \frac{V_0}{R} + \frac{V_0 - V_S}{-jX_C} \Rightarrow V_0 = \frac{I_3 R (-jX_C) + R V_S}{R - jX_C} = 7,30\angle -2,16^\circ \text{ (V)}$$

Hay: $v_0(t) = 7,3\cos(10^5t - 2,16^\circ)$ (V)

Giản đồ pha trong hình BG 2.24b.

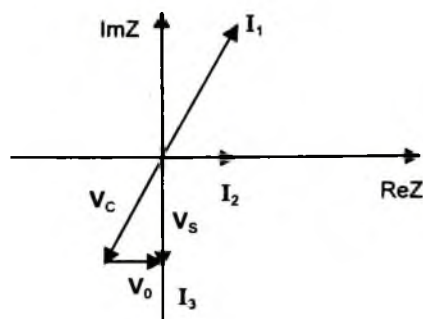
Từ giản đồ pha, ta thấy:

$$\mathbf{V}_0 = \mathbf{V}_s - \mathbf{V}_c \Rightarrow \mathbf{V}_c = \mathbf{V}_s - \mathbf{V}_0$$

$$= 10\angle -90^\circ - 7,3\angle -2,16^\circ$$

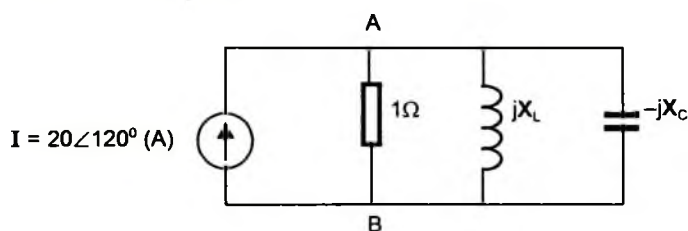
$$= 12,3\angle -126,4^\circ \text{ (V)}$$

Hay: $v_c(t) = 12,3\cos(10^5t - 126,4^\circ)$ (V)



Hình BG 2.24b.

2.25. Vẽ sơ đồ trong lĩnh vực tần số hình BG 2.25:



Hình BG 2.25.

Từ sơ đồ ta thấy ngay:

$$V_A - V_B = IZ_{td}$$

Trong đó:
$$\frac{1}{Z_{td}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} - \frac{1}{jX_C}$$

Với:
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{377 \times (1000 \cdot 10^{-6})} = 0,265 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$X_L = \omega L = (377 \times (100 \cdot 10^{-4})) = 3,77 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Vì vậy:
$$\frac{1}{Z_{td}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} - \frac{1}{jX_C} = 1 + \frac{1}{j3,77} + \frac{1}{-j0,265} = 1 + j3,5$$

Do đó:
$$Z_{td} = \frac{1}{1 + j3,5} = \frac{1}{3,64\angle 74,05^\circ} = 0,28\angle -74,05^\circ \text{ (}\Omega\text{)}$$

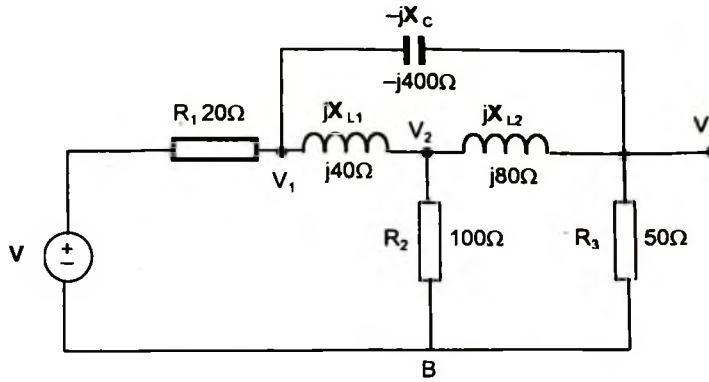
Thế hiệu hai điểm A và B bằng:

$$U_{AB} = Z_{td} I = (0,28\angle -74,05^\circ) \times (20\angle 120^\circ) = 5,6\angle 45,95^\circ \text{ (V)}$$

Trên lĩnh vực thời gian:

$$u_{AB}(t) = 5,6\sin(377t + 45,95^\circ) \text{ (V)}$$

2.26. Biểu diễn sơ đồ mạch điện trên lĩnh vực tần số hình BG 2.26.



Hình BG 2.26.

Chọn thế tại B bằng không, ta thu được phương trình đối với dòng điện tại các nút:

* Tại nút V_1 : $\frac{V_1 - V}{R_1} + \frac{V_1 - V_2}{jX_{L1}} + \frac{V_1 - V_3}{-jX_C} = 0$

* Tại nút V_2 : $\frac{V_2 - V_1}{jX_{L1}} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_2 - V_3}{jX_{L2}} = 0$

* Tại nút V_3 : $\frac{V_3 - V_1}{-jX_C} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_3 - V_2}{jX_{L2}} = 0$

Thay $X_C = 400\Omega$; $X_{L1} = 40\Omega$; $X_{L2} = 80\Omega$; $R_1 = 20\Omega$; $R_2 = 100\Omega$ và $R_3 = 50\Omega$ vào các phương trình trên, ta thu được hệ ba phương trình xác định 3 giá trị thế V_1 , V_2 và V_3 là:

$$(0,5 - j0,225)V_1 + j0,25V_2 - j0,025V_3 = 4\angle 15^\circ \text{ (V)}$$

$$0,25V_1 + (0,1 - j0,375)V_2 + j0,125V_3 = 0 \text{ (V)}$$

$$-j0,025V_1 + j0,125V_2 + (0,2 - j0,1)V_3 = 0 \text{ (V)}$$

Dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} 0,5 - j0,225 & j0,25 & -j0,025 \\ j0,25 & 0,1 - j0,375 & j0,125 \\ -j0,025 & j0,125 & 0,2 - j0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4\angle 15^\circ \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Để tìm các thế V_1 , V_2 và V_3 ta dùng MATLAB để giải phương trình ma trận này. Đặt:

$$Z = \begin{bmatrix} 0,5 - j0,225 & j0,25 & -j0,025 \\ j0,25 & 0,1 - j0,375 & j0,125 \\ -j0,025 & j0,125 & 0,2 - j0,1 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \text{ và } I = \begin{bmatrix} 4\angle 15^\circ \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

thử nghiệm phương trình tìm được nhờ lệnh: $V = \text{inv}(z) \cdot I$. Kết quả MATLAB cho:

$V =$

$6.5869 + 2.7693i$

$4.5866 + 0.0350i$

$0.5579 - 1.7643i$

$\gg v_3 = \text{abs}(I(3))$

$v_3 =$

1.8504

$\gg c = \text{angle}(I(3)) \cdot 180/\pi$

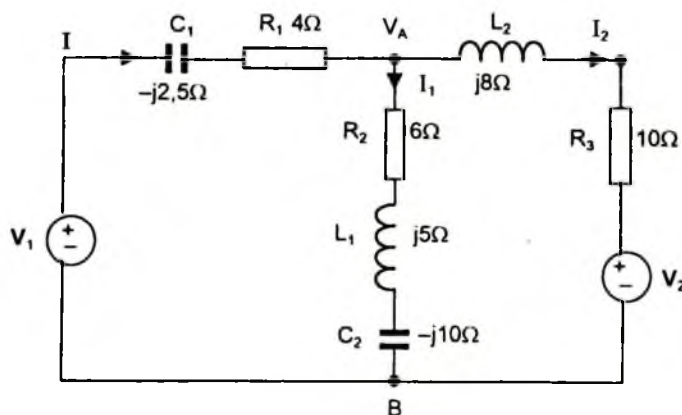
$c =$

-72.4533

Vậy trên lĩnh vực thời gian, hiệu thế ở hai đầu điện trở R_3 tìm được là:

$$v_3(t) = 1,8504 \cos(10t - 72,4533^\circ) \text{ (V)}$$

2.27. Biểu diễn mạch điện trên lĩnh vực tần số hình BG 2.27, ta được:



Hình BG 2.27.

Giả sử thế tại B, $V_B = 0V$, khi đó hiệu điện thế giữa hai điểm A và B được xác định từ phương trình:

$$V_A - 2\angle 75^\circ = (10 + j8)I_2$$

$$V_A = (6 + j5 - j10)I_1$$

$$V_A - 5\angle 0^\circ = -(4 - j2.5)I$$

$$I = I_1 + I_2$$

Từ 4 phương trình trên, ta tìm được hệ 2 phương trình để xác định các dòng điện I và I_1 là:

$$\begin{cases} (16 + j3)I_1 - (10 + j8)I = 2\angle 75^\circ \\ (6 - j5)I_1 + (4 - j2.5)I = 5\angle 0^\circ \end{cases}$$

Dùng MATLAB giải hệ phương trình này, ta thu được I và I_1 là:

$$I = 0.3745 + 0.1005i \text{ và } I_1 = 0.2760 + 0.3190i$$

Hay: $I = 0.3877\angle 15.0193^\circ$; $I_1 = 0.4218\angle 49.1383^\circ$

Thế ở hai đầu tụ C_2 : $V_C = (-j10) \times I_1 = 4,218\angle -40.8617^\circ$ (V)

Trên lĩnh vực thời gian thì: $i(t) = 0,3877\cos(1000t + 15,0193^\circ)$ (V)

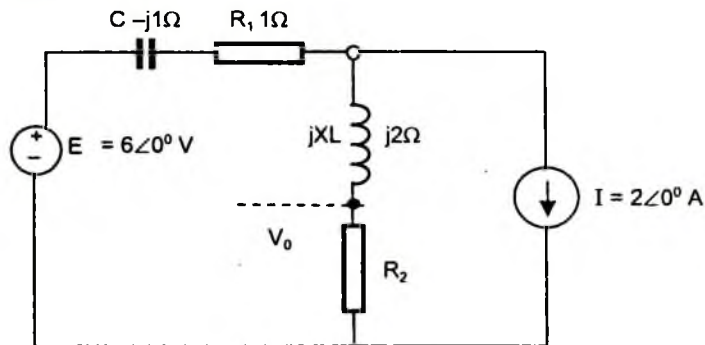
và thế trên tụ C_2 là: $v_C(t) = 4,218\cos(1000t - 40,8617^\circ)$ (A)

Chương 3

NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN TUYẾN TÍNH

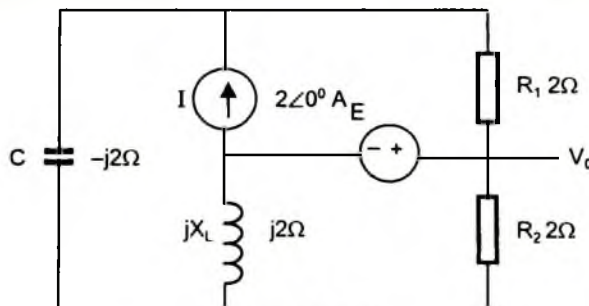
BÀI TẬP

- 3.1. Dùng nguyên lý chồng chất, xác định thế trên hai đầu điện trở R_2 trong sơ đồ mạch điện hình B 3.1:



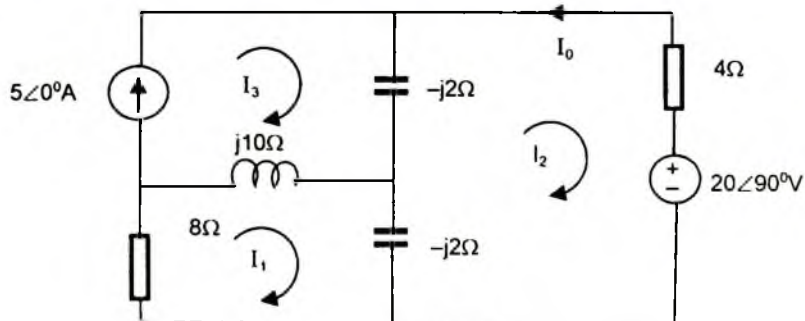
Hình B 3.1.

- 3.2. Dùng nguyên lý chồng chất, xác định thế lối ra V_0 trong sơ đồ mạch điện B 3.2:



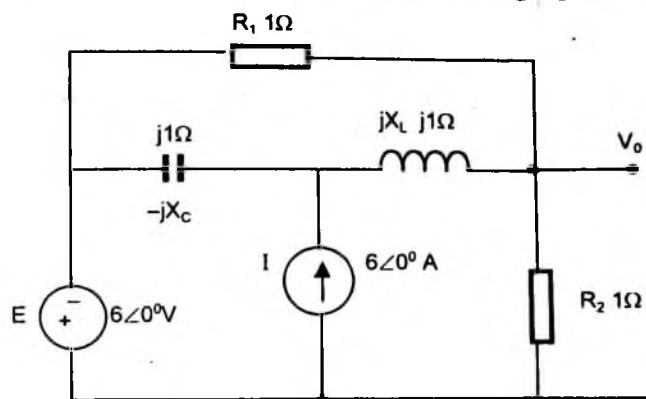
Hình B 3.2.

- 3.3. Dùng nguyên lý chồng chất, tìm dòng điện I_0 trong mạch điện hình B 3.3.



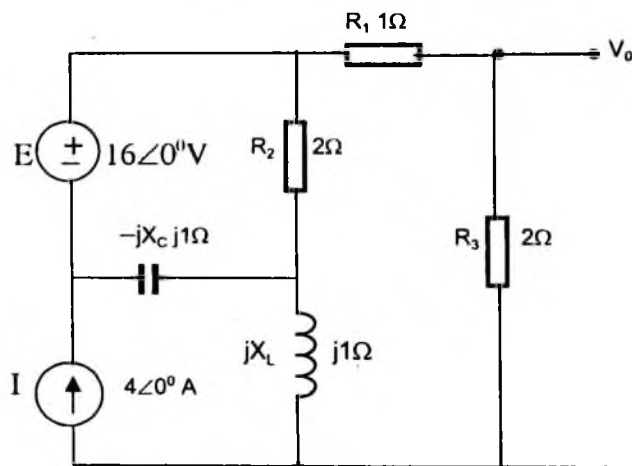
Hình B 3.3.

3.4. Tìm thế V_0 trong sơ đồ mạch điện hình B 3.4 dùng nguyên lý chồng chất.



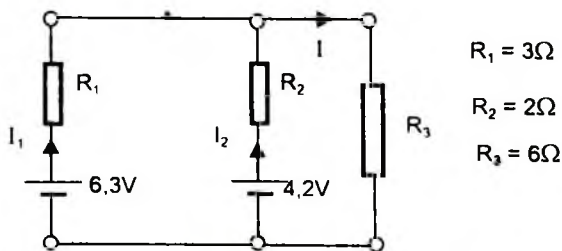
Hình B 3.4.

3.5. Tìm thế V_0 trong sơ đồ mạch điện hình B 3.5 dùng nguyên lý chồng chất.



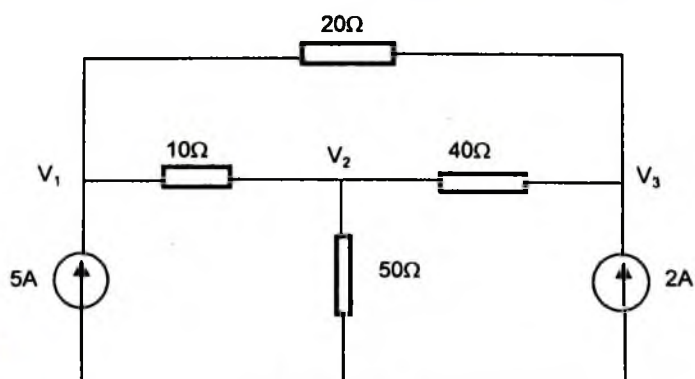
Hình B 3.5.

3.6. Tính các dòng điện trong các mạch điện cho trên sơ đồ hình B 3.6 bằng nguyên lý chồng chất.



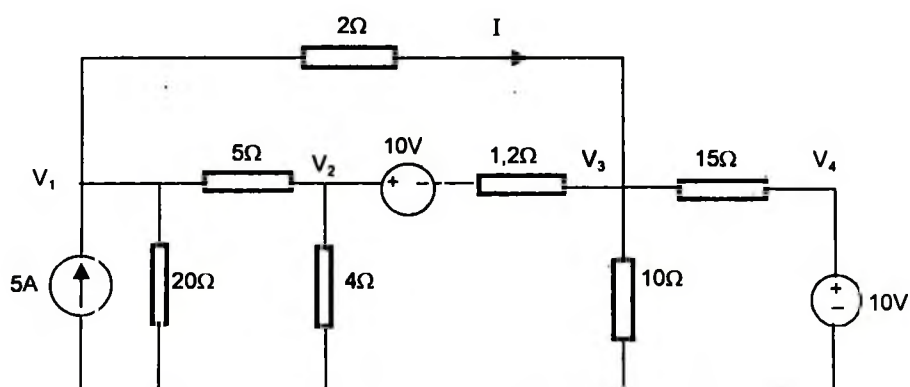
Hình B 3.6.

3.7. Tìm điện thế V_1 , V_2 , và V_3 tại các nút cho trong mạng điện trên hình B 3.7



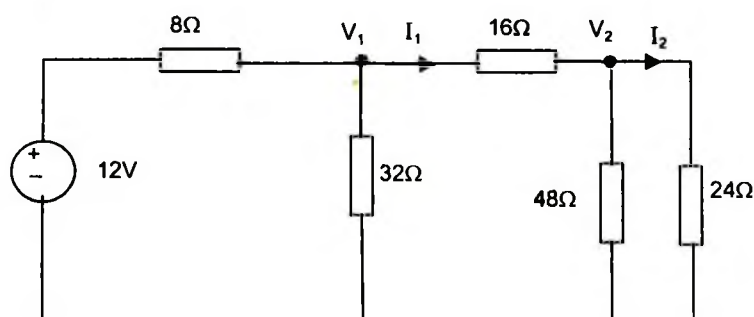
Hình B 3.7.

3.8. Tìm điện thế tại các nút trong mạng điện cho trong hình B 3.8.



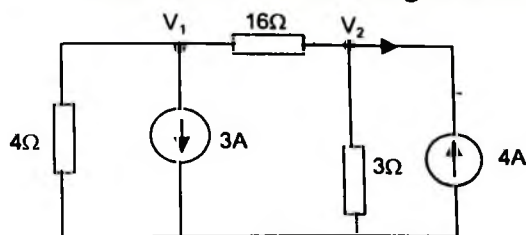
Hình B 3.8.

3.9. Cho mạch điện như trong hình B 3.9. Tính thế tại các nút V_1 và V_2 .



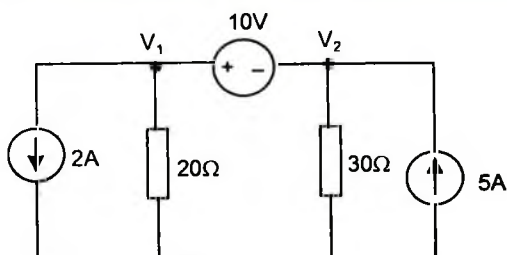
Hình B 3.9.

3.10. Tính thế V_1 và V_2 trong mạch điện cho trong hình B 3.10.



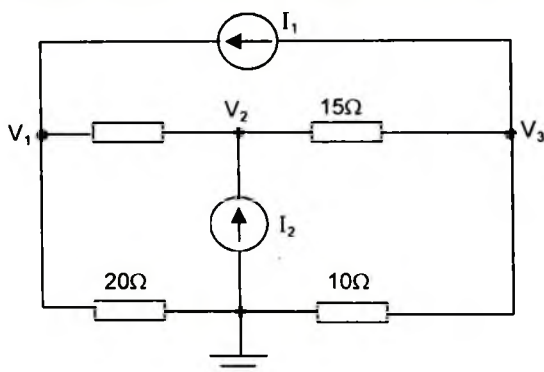
Hình B 3.10.

3.11. Tính thế V_1 và V_2 trong mạch điện cho trong hình B 3.11.



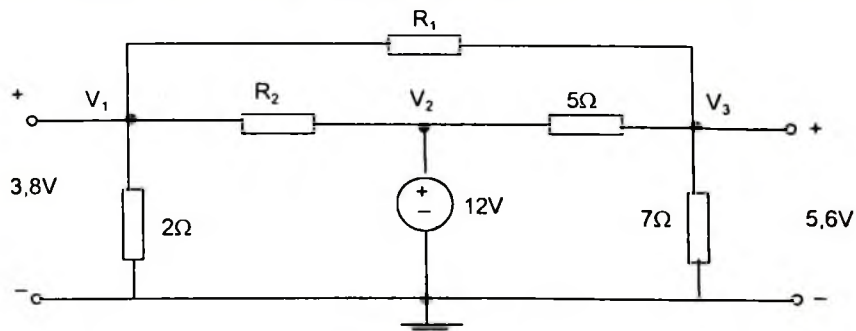
Hình B 3.11.

3.12. Cho thế $V_1 = 4V$; $V_2 = 15V$ và $V_3 = 18V$. Tính giá trị của các nguồn dòng I_1 và I_2 trong mạch điện cho trong hình B 3.12.



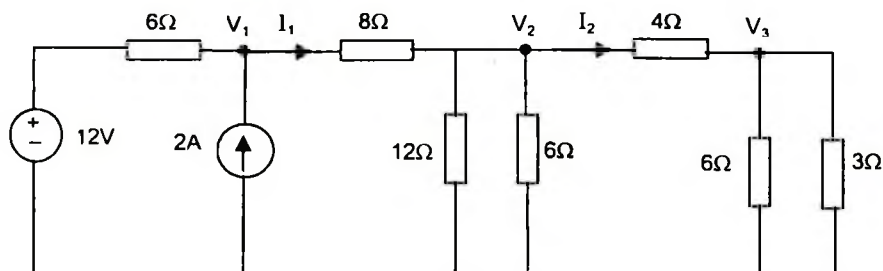
Hình B 3.12.

3.13. Tính giá trị các điện trở R_1 và R_2 trong mạch điện trong hình B 3.13.



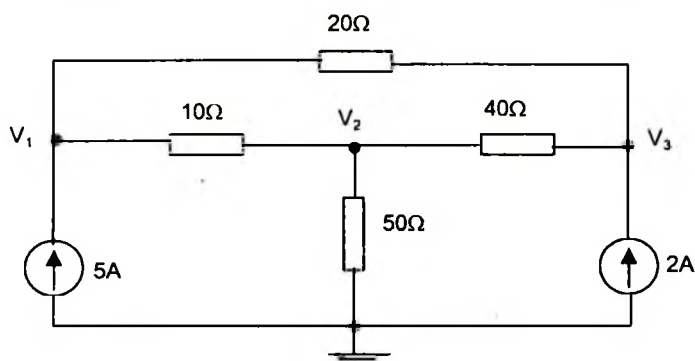
Hình B 3.13.

3.14. Tính điện thế tại nút V_1 và V_2 trong mạch điện cho trong hình B 3.14 bằng cách biến đổi mạch và định luật KCL.



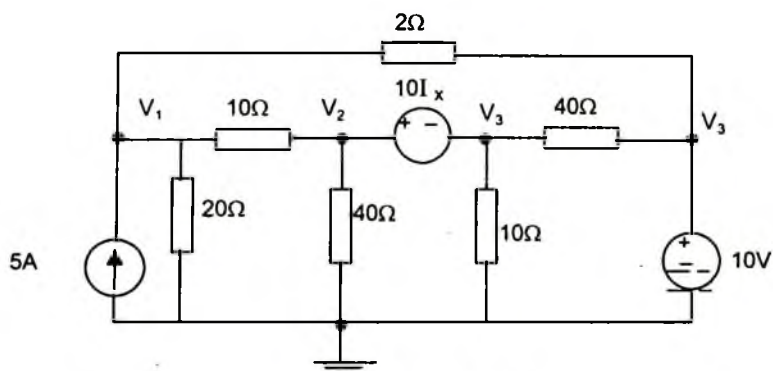
Hình B 3.14.

3.15. Cho mạch điện như trên hình B 3.15. Tính điện thế tại các nút cho trong sơ đồ.



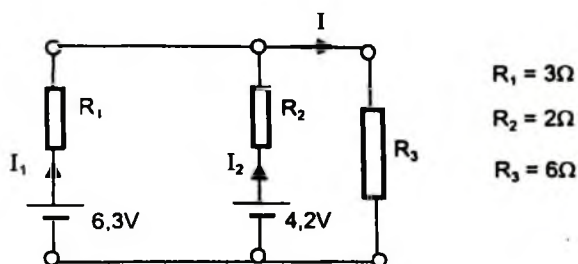
Hình B 3.15.

3.16. Cho mạch điện như trên hình B 3.16. Tính điện thế tại các nút cho trong sơ đồ.



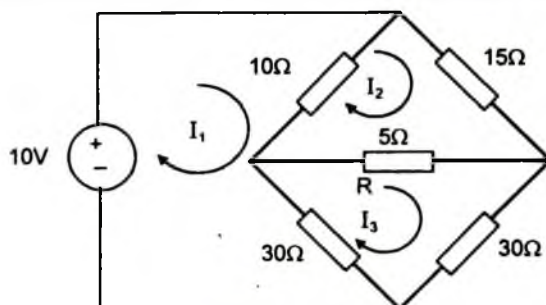
Hình B 3.16.

3.17. Tính dòng điện trong các mạch điện cho trên sơ đồ hình B 3.17 bằng các phương pháp mắt mạng độc lập Kirchhoff.



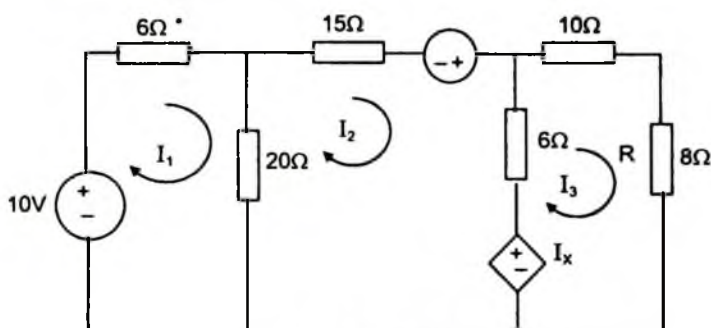
Hình B 3.17.

3.18. Tính dòng điện chạy qua điện trở R trong mạch cầu điện trở hình B 3.18.



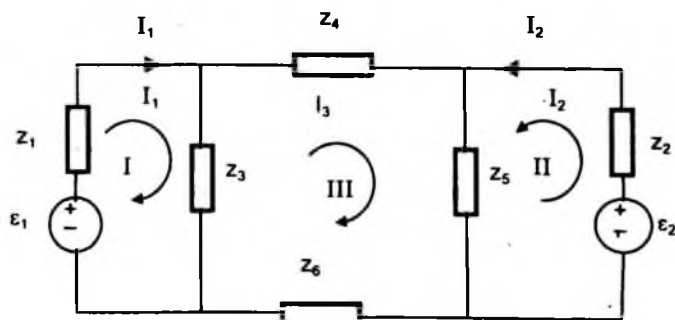
Hình B 3.18.

3.19. Tính dòng điện chạy qua điện trở $R = 8\Omega$ của mạch điện trong hình B 3.19.



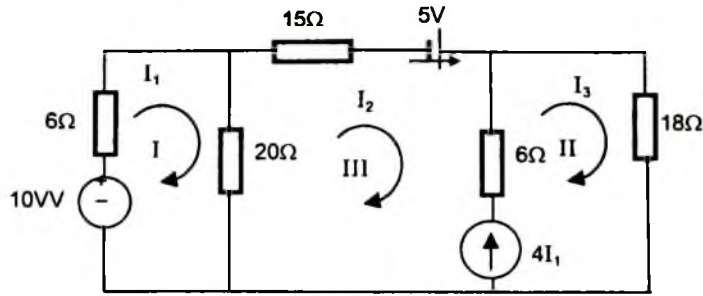
Hình B 3.19.

3.20. Tính dòng điện chạy qua các nhánh của mạng điện như chỉ trên hình B.3.20.
Biết rằng các nguồn thế là xoay chiều, có cùng tần số và biên độ E_1 và E_2 .



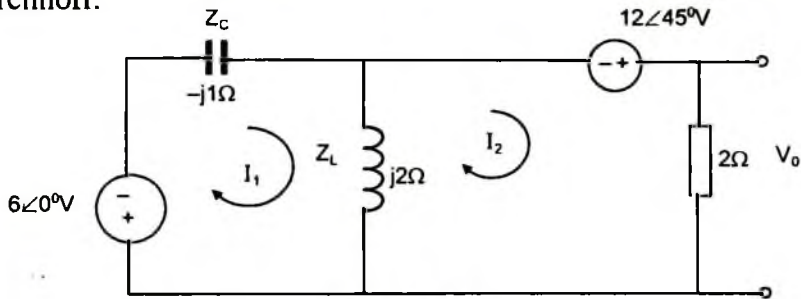
Hình B 3.20.

3.21. Tính dòng điện chạy qua các nhánh của mạng điện như chỉ trên hình B 3.21.



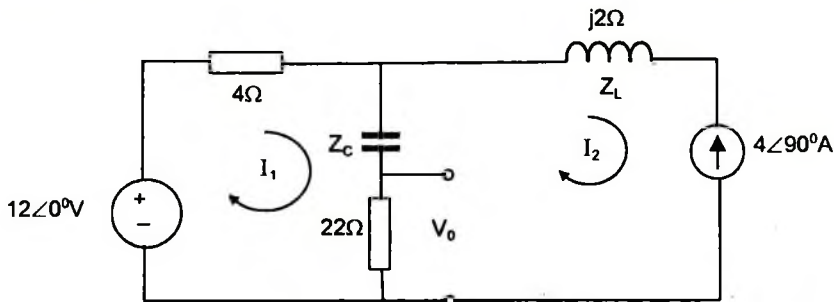
Hình B 3.21.

3.22. Tính thế lối ra trong mạch điện cho trong hình B 3.22 bằng định luật Kirchhoff.



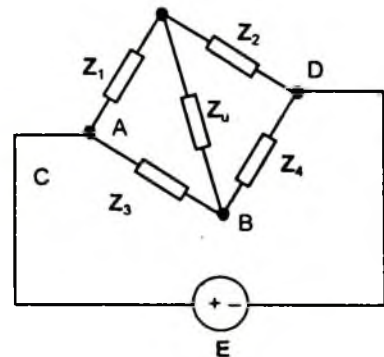
Hình B 3.22.

3.23. Dùng Kirchhoff tìm thế V_0 trong mạch điện cho trong hình B 3.23



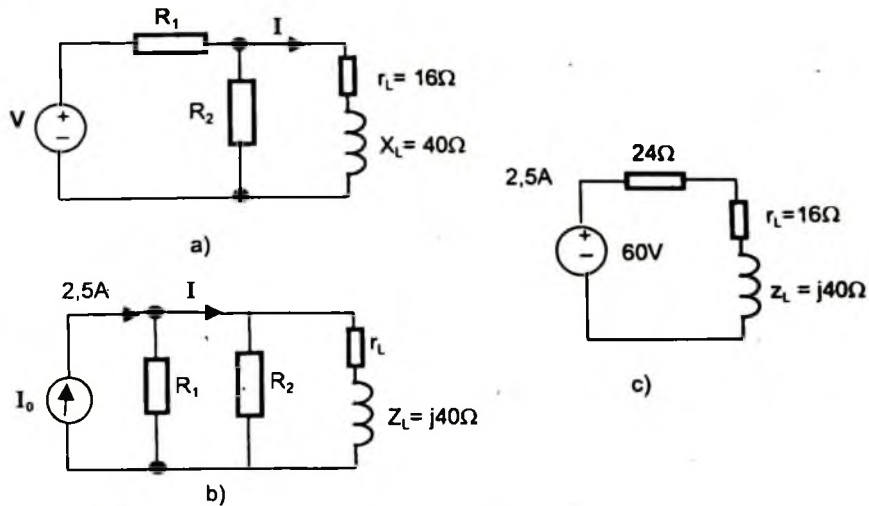
Hình B 3.23.

3.24. Một mạch cầu có sơ đồ cho trên hình B 3.24. Tìm dòng điện chạy qua trở kháng của tải $Z_u = 100 - j100\Omega$. Cho: $Z_1 = 15 + j20\Omega$; $Z_2 = j25\Omega$; $Z_3 = -j10\Omega$; và nguồn thế có biên độ 10V.



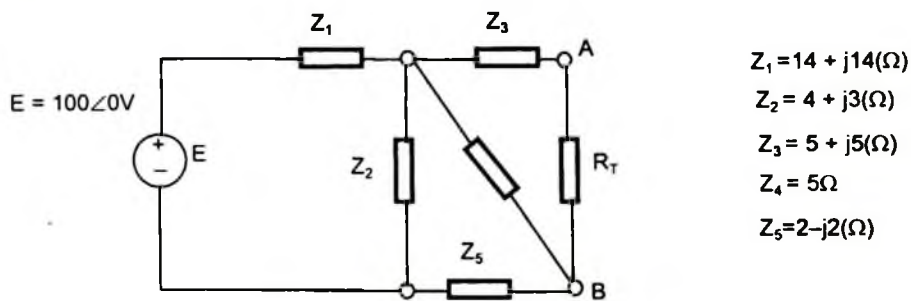
Hình B 3.24.

3.25. Cho mạch điện như trên hình B 3.25. Tính dòng điện chạy qua cuộn cảm L khi tác động một thế có biên độ 100V. Cho $R_1 = 40\Omega$; $R_2 = 60\Omega$ và $r_L = 16\Omega$; trở kháng của cuộn cảm là $X_L = 40\Omega$.



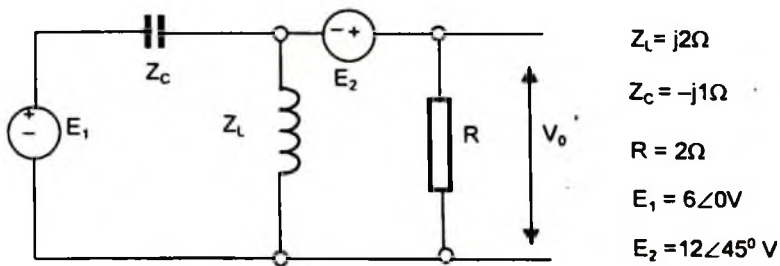
Hình B 3.25.

3.26. Thay thế mạch điện phức tạp trên hình B 3.26 bằng máy phát thế Thevenin



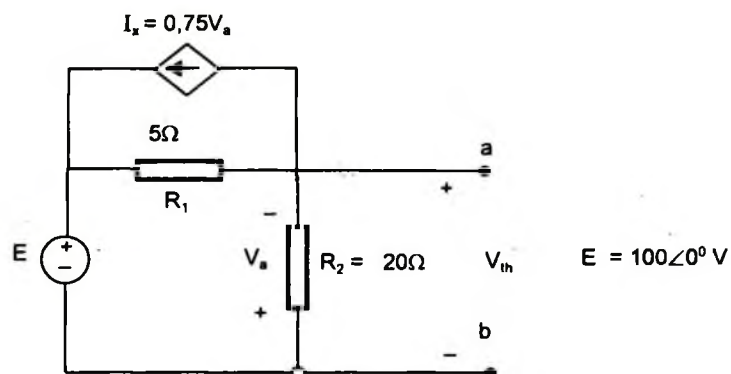
Hình B 3.26.

3.27. Sử dụng định lý Thevenin, tìm thế lối ra V_0 trong sơ đồ hình B 3.27.



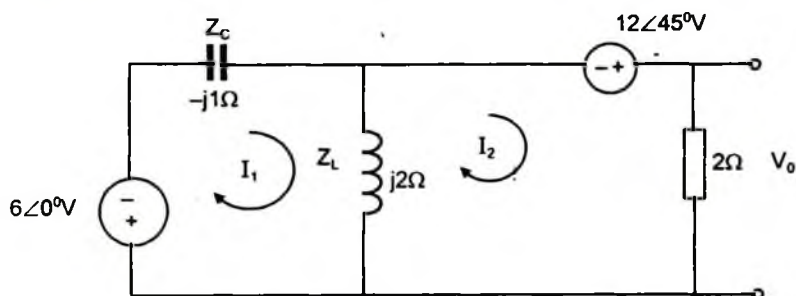
Hình B 3.27.

3.28. Xác định nguồn thế Thevenin tương đương giữa hai điểm a và b trong mạng điện hình B 3.28.



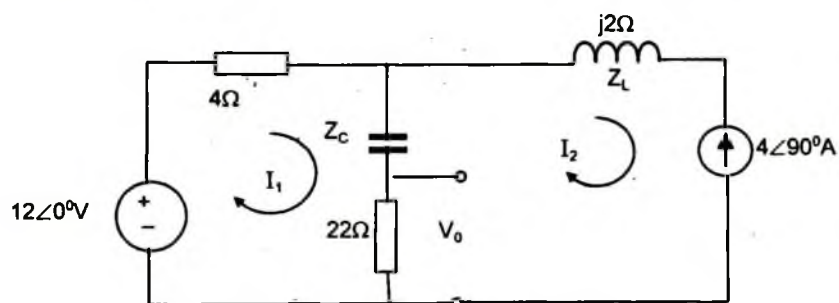
Hình B 3.28.

3.29. Tính thế lồi ra trong mạch điện cho trong hình B 3.29 dùng định lý Thevenin.



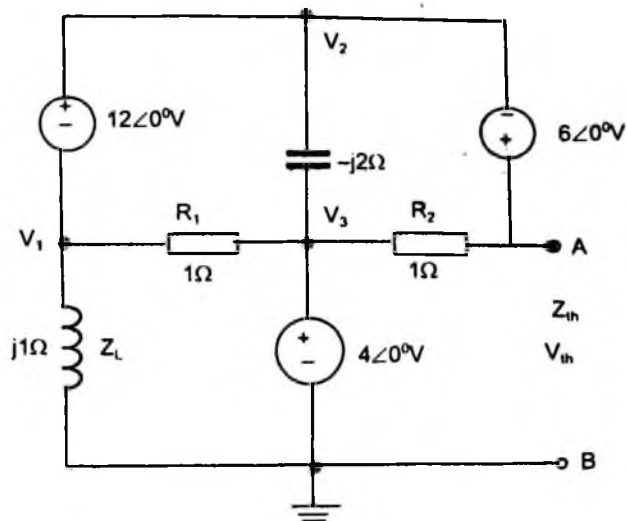
Hình B 3.29.

3.30. Dùng Kirchhoff và Thevenin tìm thế V_0 trong mạch điện cho trong hình B 3.30:



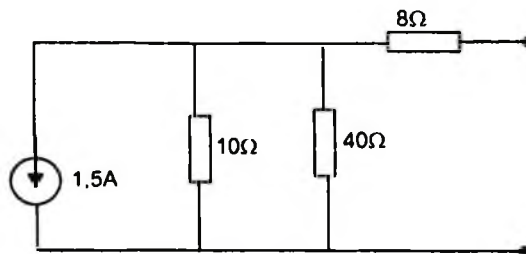
Hình B 3.30.

3.31. Cho mạch điện như trong hình B 3.31. Tìm nguồn thế Thevenin giữa hai điểm A và B trong sơ đồ.



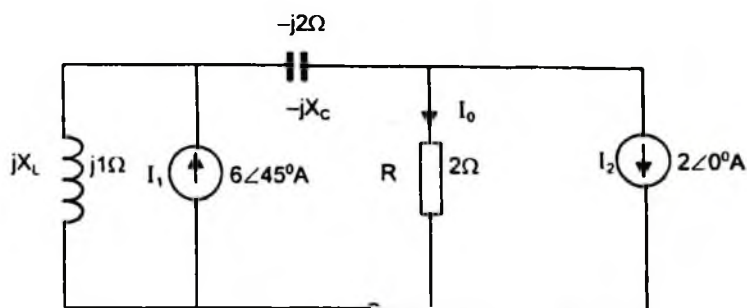
Hình B 3.31.

3.32. Áp dụng định lý Thevenin, tìm thế lối ra trong mạch điện cho trên hình B 3.32.



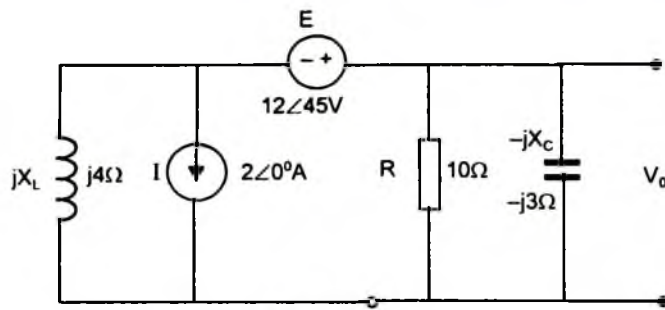
Hình B 3.32.

3.33. Dùng định lý Norton, tìm dòng điện I_0 trong mạng điện hình B 3.33



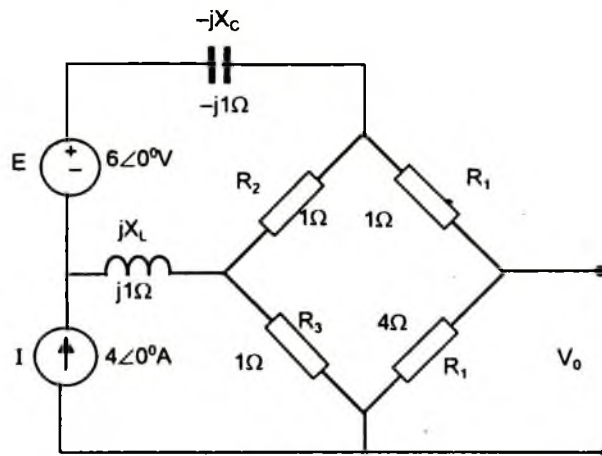
Hình B 3.33.

3.34. Dùng định lý Norton, tìm thế lỗi ra V_0 trong mạng điện hình B 3.34.



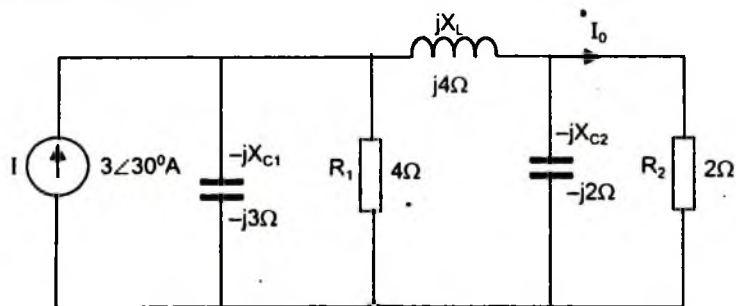
Hình B 3.34.

3.35. Dùng định lý Norton, tìm thế lỗi ra V_0 trên hai đầu điện trở R_4 trong sơ đồ mạng điện cho trong hình B 3.35.



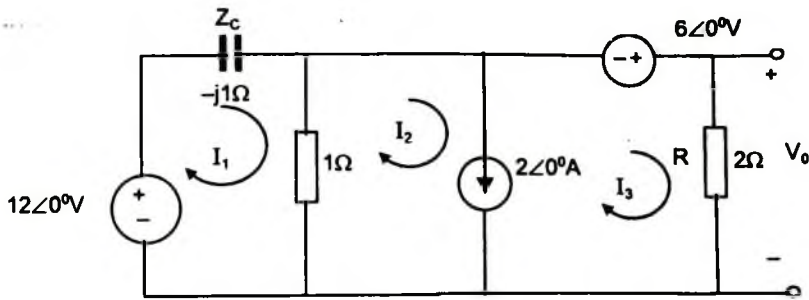
Hình B 3.35.

3.36. Dùng phương pháp biến đổi nguồn, tìm thế lỗi ra V_0 trong mạng điện trên sơ đồ hình B 3.36.



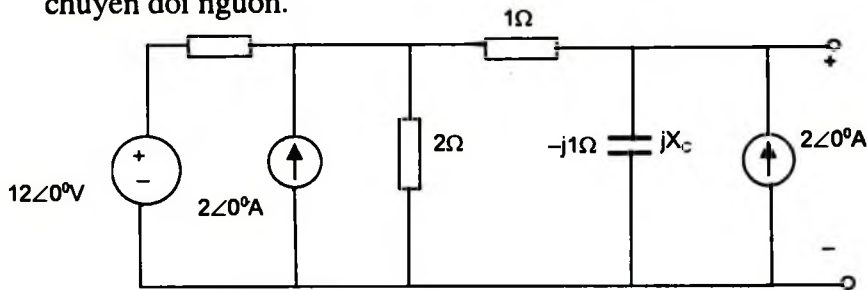
Hình B 3.36.

3.37. Dùng phương pháp biến đổi nguồn, tìm thế lỗi ra V_0 trong mạng điện trên sơ đồ hình B 3.37.



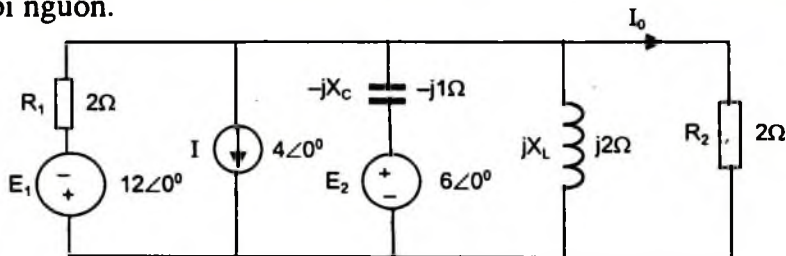
Hình B 3.37.

3.38. Tìm thế lối ra V_0 trong mạch điện cho trong hình B 3.38, bằng cách chuyển đổi nguồn.



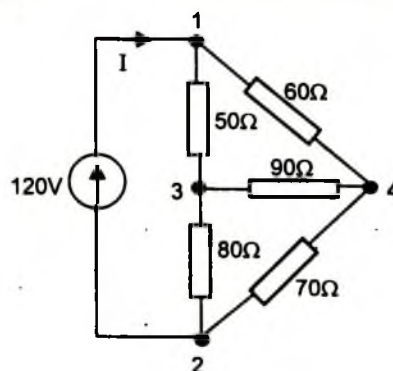
Hình B 3.38.

3.39. Tìm dòng điện I_0 trong mạng điện hình B 3.39 bằng phương pháp biến đổi nguồn.



Hình B 3.39.

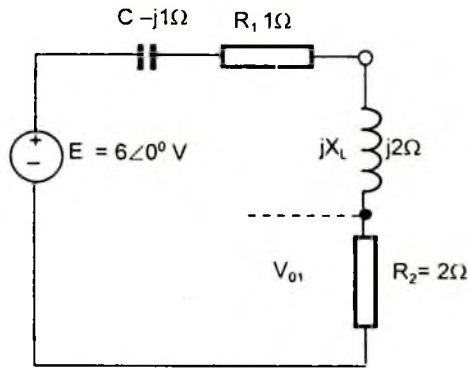
3.40. Một mạng điện có sơ đồ cho trên hình B 3.40. Dùng quy tắc chuyển đổi từ mạng tam giác thành mạng hình sao, tìm các cường độ dòng điện I chỉ trên sơ đồ.



Hình B 3.40.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

- 3.1. Đầu tiên, tính sụt thế do nguồn thế E gây ra trên R_2 là V_{01} bằng cách ngắt nguồn dòng I . Khi đó ta có sơ đồ hình BG 3.1a:

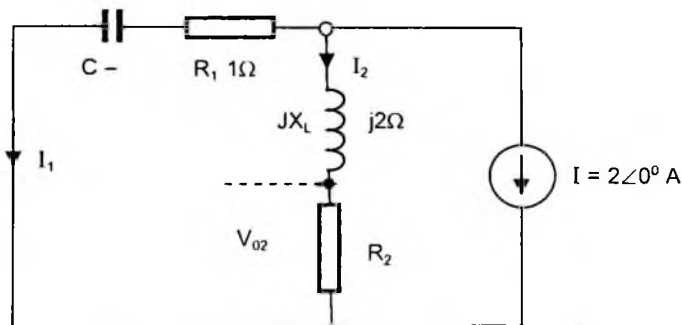


Hình BG 3.1a.

Từ sơ đồ mới, ta tính ngay được:

$$\begin{aligned} V_{01} &= \frac{E}{(-j1 + 1 + j2 + 2)} R_2 = \frac{12\angle 0^\circ}{3 + j1} \\ &= \frac{12\angle 0^\circ}{3,16\angle 18,4^\circ} = 3,8\angle -18,4^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Tính sụt thế do nguồn dòng gây ra bằng cách đoạn mạch nguồn thế. Khi đó ta thu được sơ đồ hình BG 3.1b:



Hình BG 3.1b.

Từ sơ đồ ta tìm được:

$$I_2 = \frac{I(1 - j1)}{(2 + j2 + 1 - j1)} = \frac{2\angle 0^\circ (1 - j1)}{(3 + j1)} \text{ A}$$

Vậy:

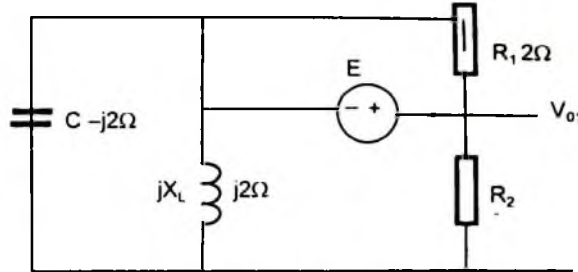
$$V_{02} = I_2 R_2 = \frac{2(1 - j1)}{(3 + j1)} 2 = \frac{4(1 - j1)}{(3 + j1)} = \frac{4,56\angle -45^\circ}{3,16\angle 18,4^\circ} = 1,45\angle -63,4^\circ \text{ V}$$

Vậy:

$$V_0 = V_{01} + V_{02} = 3,8\angle -18,4^\circ + 1,45\angle -63,4^\circ = 4,2550 - 2,4960i = 4,9\angle -30,4^\circ \text{ V}$$

$$V_0 = 4,9\angle -30,4^\circ \text{ V}$$

- 3.2. Đầu tiên, ta tìm sụt thế do nguồn thế gây ra trên R_2 bằng cách ngắt bỏ nguồn dòng. Khi đó ta thu được sơ đồ hình BG 3.2a:



Hình BG 3.2a.

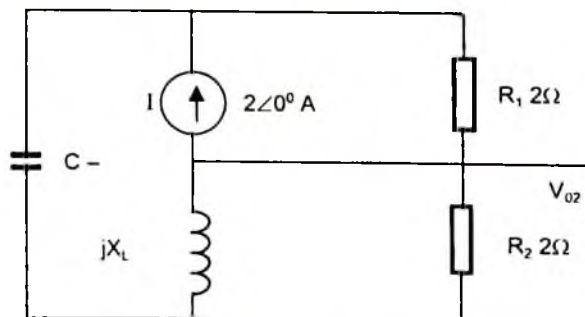
Từ đây ta thấy điện trở R_1 nối tiếp với tụ C và nối song song với R_2 . Do vậy tổng trở của mạch này sẽ là:

$$Z_1 = \frac{R_2(R_1 - jX_{C1})}{R_2 + R_1 - jX_{C1}} = \frac{2(2 - j2)}{4 - j2} = 1,2 - j0,4 \quad (\Omega)$$

Từ đó tìm được sụt thế V_{01} là:

$$\begin{aligned} V_{01} &= \frac{E}{Z_1 + jX_L} Z_1 = \frac{12\angle 0^\circ}{j2 + 1,2 - j0,4} (1,2 - j0,4) = \\ &= \frac{12\angle 0^\circ (1,2 - j0,4)}{1,2 + j1,6} = \frac{12\angle 0^\circ \times 1,26\angle -18,4^\circ}{2\angle 53,1^\circ} = 7,6\angle 71,5^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Bây giờ, tính sụt thế do nguồn dòng gây ra, bằng cách đoạn mạch nguồn thế. Khi đó ta được sơ đồ hình BG 3.2b:



Hình BG 3.2b.

Từ sơ đồ này ta thấy L song song với R_2 , do vậy trở tương đương của nó là:

$$Z_2 = \frac{R_2(jX_L)}{R_2 + jX_L} = \frac{4j}{2 + j2} = \frac{2}{1 - j1}$$

Z_2 lại nối tiếp với tụ C, nên tổng trở của đoạn mạch này là:

$$Z_3 = Z_2 - jX_C = \frac{2}{1 - j1} - j2 = \frac{2}{1 + j1}$$

Từ sơ đồ ta thấy điện trở R_1 là điện trở nội của nguồn dòng I còn các điện trở Z_3 là điện trở mạch ngoài, nên thế sụt thế V_{02} tìm được:

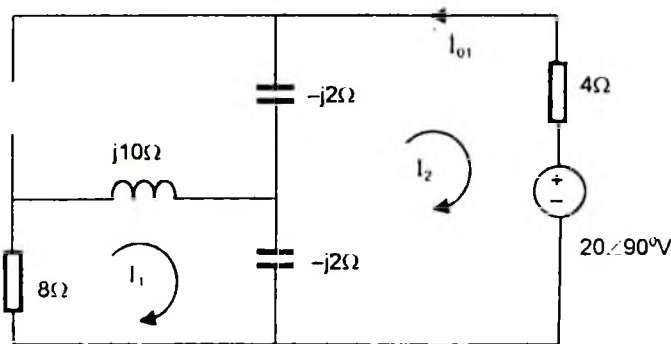
$$V_{02} = -\frac{IR_1}{R_1 + Z_3}(Z_2) = \frac{4\angle 0^\circ}{2 + \frac{2}{1 + j1}} \frac{2}{1 - j1} = -0,8 - j1,6$$

Vậy: $V_0 = V_{01} + V_{02} = 7,6\exp(j\pi 71,5/180) - 0,8 - j1,6 = 1,6 + j5,6 = 5,8\angle 74^\circ \text{ V}$

3.3. Trong mạng điện ta thấy có hai nguồn độc lập là một nguồn thế và một nguồn dòng. Vì vậy, dòng điện I_0 là tổng của hai dòng điện do hai nguồn độc lập đó gây ra: $I_0 = I_{01} + I_{02}$

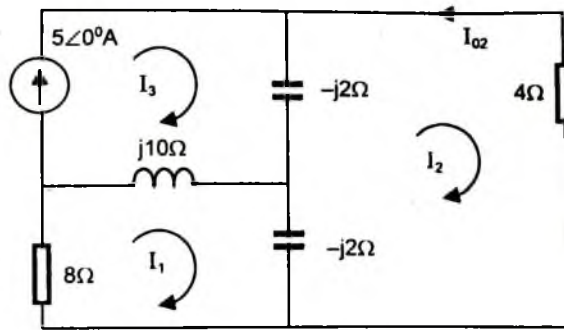
Trong đó I_{01} là do nguồn thế gây ra; còn I_{02} là do nguồn dòng gây ra. Để tìm dòng I_{01} , ta ngắt nguồn dòng; khi đó thu được sơ đồ mạch điện hình BG 3.3a. Từ đó dòng I_{01} tính được:

$$I_{01} = \frac{20\angle 90^\circ \text{ V}}{(4) + (-2j) + \frac{(-j2)(8 + j10)}{-j2 + 8 + j10}} = \frac{20j}{4,25 - 4,25j} = -2,353 + j2,353 \text{ A}$$



Hình BG 3.3a.

Để tính I_{02} , ta đoán mạch nguồn thế. Khi đó ta thu được sơ đồ hình BG 3.3b.



Hình BG 3.3b.

Sau đó sử dụng định luật Kirchhoff cho 3 mắt mạng độc lập, ta thu được 3 phương trình:

$$(8+j8)I_1 + j2I_2 - j10I_3 = 0$$

$$j2I_1 + (4-j4)I_2 + j2I_3 = 0$$

$$I_3 = 5$$

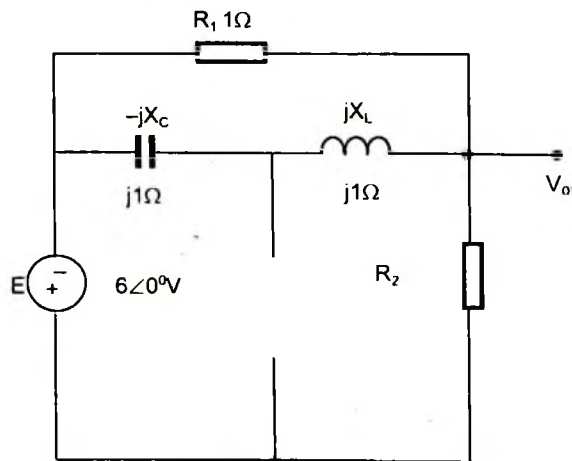
Giải ra đối với I_2 ta được:

$$I_2 = \frac{90 - j40}{34} = 2,647 - j1,176A$$

Dòng $I_{02} = -I_2 = -2,647 - j1,176A$.

Do vậy $I_0 = I_{01} + I_{02} = -5 + j3,529 = 6,12\angle 144,78^\circ A$

- 3.4. Đầu tiên tìm thế trên R_2 do nguồn thế gây ra; muốn vậy phải ngắt nguồn dòng I. Khi đó, ta được sơ đồ hình BG 3.4a:



Hình BG 3.4a.

Từ đây thế V_{01} tìm được ngay:

$$V_{01} = -\frac{E}{R_2 + \frac{R_1(jX_L - jX_C)}{R_1 + jX_L - jX_C}}$$

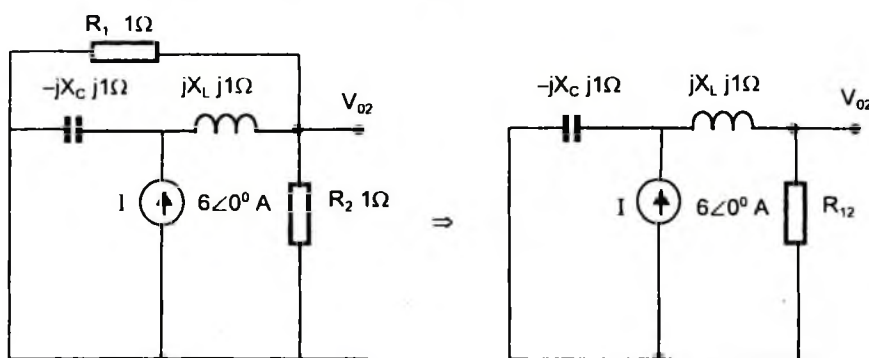
$$= -\frac{6\angle 0^\circ}{1} = -6\angle 0^\circ \text{ V}$$

Bây giờ tìm sụt thế do nguồn dòng I gây ra, bằng cách đoán mạch nguồn thế. Khi đó ta có sơ đồ hình BG 3.4b:

Từ sơ đồ, ta tìm được thế:

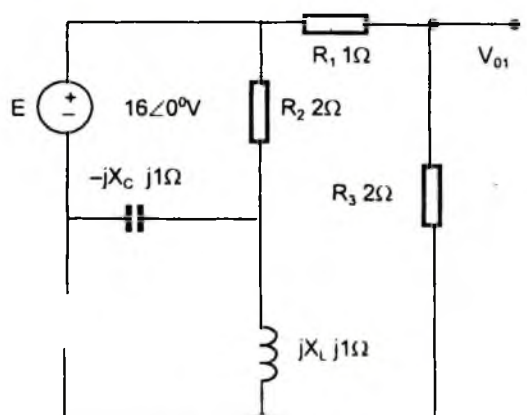
$$V_{02} = \frac{I(-jX_C)}{R_{12} + jX_L - jX_C} R_{12} = -j6\angle 0^\circ \text{ V} = 6\angle -90^\circ \text{ V}$$

Vậy: $6\angle 0^\circ_0 = V_{01} + V_{02} = -6 - j6 = 8.4853\angle -135^\circ \text{ (V)}$



Hình BG 3.4b.

3.5. Đầu tiên tìm thế trên R_2 do nguồn thế gây ra; muốn vậy phải ngắt nguồn dòng I . Khi đó, ta được sơ đồ hình BG 3.5a:



Hình BG 3.5a.

Từ sơ đồ, ta tìm được ngay thế V_{01} :

$$V_{01} = \frac{E}{-jX_c + \frac{R_2(R_1 + R_3 + jX_L)}{R_2 + R_1 + R_3 + jX_L}} R_3$$

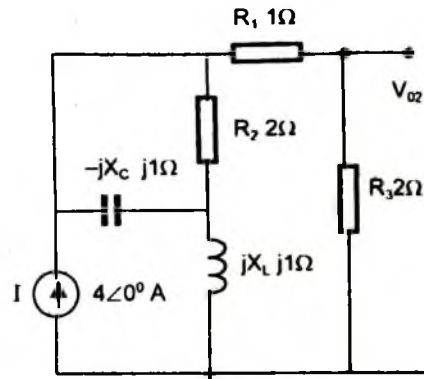
$$= 4,8 + j1,6V$$

Tính thế do nguồn dòng gây ra bằng cách đoán mạch nguồn thế E, ta thu được sơ đồ hình BG 3.5b:

Từ sơ đồ ta tìm được V_{02} :

$$V_{02} = - \frac{I(jX_L + \frac{R_2(-jX_c)}{R_2 - jX_c})}{jX_L + \frac{R_2(-jX_c)}{R_2 - jX_c} + R_1 + R_3} R_3$$

$$= -3,2 - j2,4 \quad (V)$$



Hình BG 3.5b.

Vậy:

$$V_0 = V_{01} + V_{02} = 1,6 - j0,8 = 1.7889 \angle -26.5651^\circ \quad (V)$$

3.6. Đầu tiên ta tính dòng do nguồn thế 4,2V gây ra bằng cách đoán mạch nguồn thế 6,3V. Khi đó ta thu được sơ đồ hình BG 3.6a; từ đây, ta thu được các phương trình:

$$V_1 = -I_{10}R_1 = I_{00}R_3$$

$$V_1 - 4,2 = -I_{20}R_2$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20}$$

Hay: $3I_{10} + 4,2 = 2I_{20}$

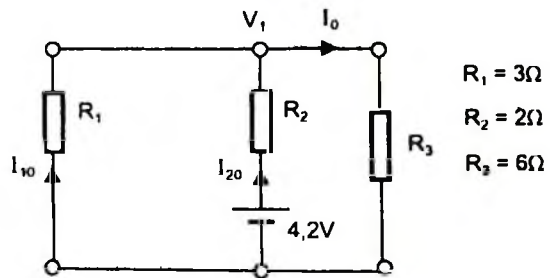
$$-0,5I_{10} = I_{10} + I_{20}$$

Từ đó tìm được: $I_{10} = -0,7 \text{ (A)} \Rightarrow I_{20} = -1,5I_{10} = 1,05 \text{ (A)}$ và $I_0 = 0,35 \text{ (A)}$

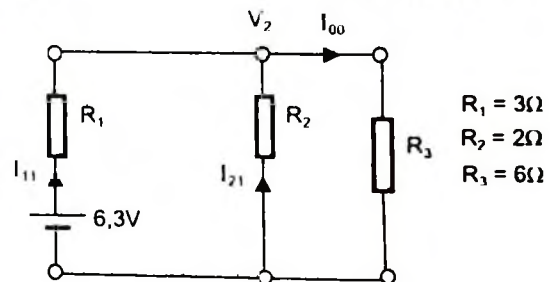
Tính các dòng điện do nguồn thế 6,3V gây ra bằng cách đoán mạch nguồn thế 4,2V. Khi đó ta thu được sơ đồ hình BG 3.6b.

Từ sơ đồ này, ta thu được các phương trình:

$$V_2 = -I_{21}R_2 = I_{00}R_3$$



Hình BG 3.6a.



Hình BG 3.6b.

$$V_2 - 6,3 = -I_{11}R_1$$

$$I_{00} = I_{11} + I_{21}$$

Hay: $2I_{21} + 6,3 = 3I_{11}$

$$-\frac{1}{3}I_{21} = I_{11} + I_{21}$$

Từ đó tìm được: $I_{21} = -1,05 \text{ (A)} \Rightarrow I_{11} = -(4/3)I_{21} = 1,4 \text{ (A)}$ và $I_{00} = 0,35 \text{ (A)}$

Vậy dòng điện do cả hai nguồn thế gây ra sẽ là:

$$I = I_0 + I_{00} = 0,35 \text{ (A)} + 0,35 \text{ (A)} = 0,7 \text{ (A)}$$

$$I_1 = I_{10} + I_{11} = -0,7 \text{ (A)} + 1,4 \text{ (A)} = 0,7 \text{ (A)}$$

$$I_2 = I_{20} + I_{21} = 1,05 \text{ (A)} - 1,05 \text{ (A)} = 0 \text{ (A)}$$

3.7. Tại nút 1 ta có phương trình:

$$\frac{V_1 - V_2}{10} + \frac{V_1 - V_3}{20} - 5 = 0$$

Tại nút 2 ta có phương trình:

$$\frac{V_2 - V_1}{10} + \frac{V_2 - V_3}{40} + \frac{V_2}{50} = 0$$

Tại nút 3 ta có phương trình:

$$\frac{V_3 - V_1}{10} + \frac{V_3 - V_2}{40} - 2 = 0$$

Từ đó ta tìm được hệ ba phương trình để xác định điện thế tại ba nút:

$$0,15V_1 - 0,1V_2 - 0,05V_3 = 5$$

$$-0,1V_1 + 0,145V_2 - 0,025V_3 = 0$$

$$-0,05V_1 - 0,025V_2 - 0,075V_3 = 2$$

Hay dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} 0,15 & -0,1 & -0,05 \\ -0,1 & 0,145 & -0,025 \\ -0,05 & -0,025 & -0,075 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Dùng MATLAB giải ra ta được:

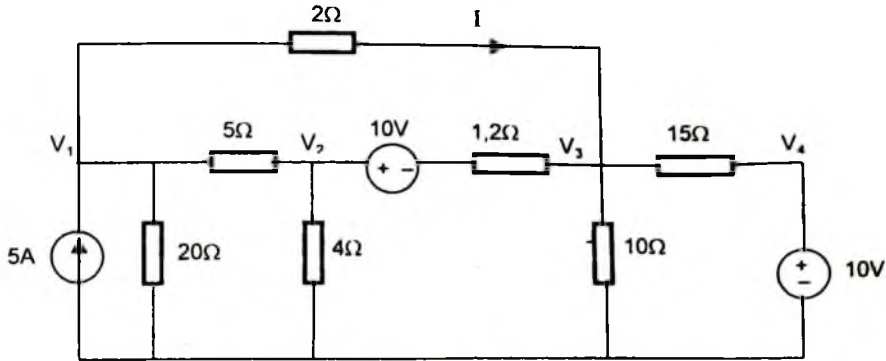
$$V =$$

$$404.2857$$

$$350.0000$$

$$412.8571$$

3.8.



Hình BG 3.8.

Tại nút 1: $\frac{V_1}{20} + \frac{V_1 - V_2}{5} + \frac{V_1 - V_3}{2} - 5 = 0$

Hay: $0,75V_1 - 0,2V_2 - 0,5V_3 = 5$

Tại nút 2: $\frac{V_2 - V_1}{5} + \frac{V_2 - V_3 - 10}{1,2} + \frac{V_2}{4} = 0$

Hay: $-0,2V_1 + 1,2833V_2 - 0,833V_3 = 8,333$

Tại nút 3: $\frac{V_3 - V_2 + 10}{1,2} + \frac{V_3 - V_1}{2} + \frac{V_3}{10} + \frac{V_3 - V_4}{15} = 0$

Hay: $-0,5V_1 - 0,833V_2 + 1,5V_3 = -8,333$

Tại nút 4: $V_4 = 10;$

Dưới dạng ma trận ta tìm được phương trình ma trận:

$$\begin{bmatrix} 0.75 & -0.2 & -0.5 & 0 \\ -0.2 & 1.2833 & -0.833 & 0 \\ -0.5 & -0.833 & 1.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 8.333 \\ -8.333 \\ 10 \end{bmatrix}$$

Dùng MATLAB giải phương trình trên ta được

$V =$

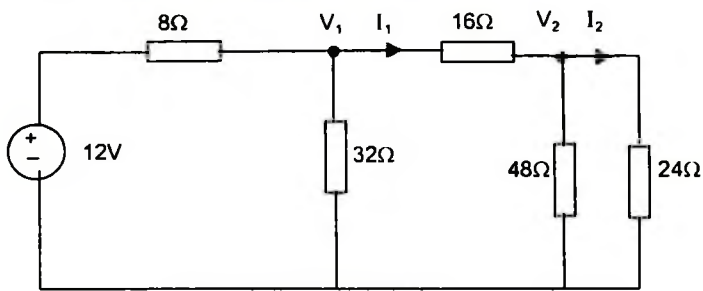
14.3420

12.8622

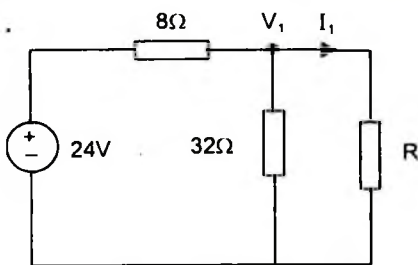
6.3682

10.0000

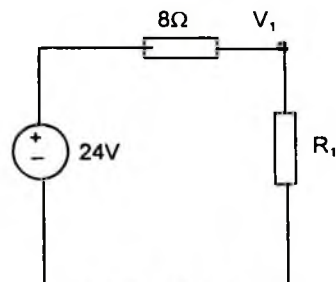
3.9. Sơ đồ tương đương trên hình BG 3.9a, b và c.



Hình BG 3.9a



Hình BG 3.9b.



Hình BG 3.9c.

Hình BG 3.9b: $R = 16 + \frac{48 \cdot 24}{48 + 24} = 32\Omega$

Hình BG 3.9c: $R_1 = \frac{32 \cdot R}{32 + R} = 16\Omega$;

Do đó thế $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + 8} 24 = 16V$

Dòng $I_1 = \frac{V_1}{R} = \frac{16}{32} = 0,5A$

Tại hình BG 3.9a: Tại nút V_2 , ta có định luật KCL đối với dòng điện:

$$\frac{V_2}{48} + \frac{V_2}{24} - \frac{V_1 - V_2}{16} = 0$$

Thay $V_1 = 16V$ vào phương trình trên, ta thu được $V_2 = 8V$. Do đó dòng:

$$I_2 = \frac{V_2}{24} = \frac{8}{24} = \frac{1}{3}A$$

3.10. Tại nút V_1 : $\frac{V_1}{4} + \frac{V_1 - V_2}{2} + 3 = 0$

Tại nút V_2 : $\frac{V_2}{3} - \frac{V_1 - V_2}{2} - 4 = 0$

Giải ra với: $V_1 = -4/3V$; $V_2 = 4V$.

3.11. Từ sơ đồ ta thu được phương trình đối với dòng tại nút V_2 :

$$\frac{V_2}{30} + \frac{V_2 + 10}{20} + 2 - 5 = 0$$

Giải ra được: $V_2 = 30V$. Do đó $V_1 = 30 + 10 = 40V$

3.12. Tại nút V_1 : $\frac{V_1}{20} + \frac{V_1 - V_2}{5} - I_1 = 0$

$$\text{Tại nút } V_2: \frac{V_1 - V_2}{5} - \frac{V_2 - V_3}{15} + I_2 = 0$$

Giải ra ta được $I_1 = 2A$; $I_2 = -2A$.

3.13. Tại nút V_1 : Định luật Kirchhoff về dòng cho ta:

$$\frac{3,8}{2} + \frac{3,8 - 5,6}{R_1} + \frac{3,8 - 12}{R_2} = 0$$

Tại nút V_2 : Định luật Kirchhoff về dòng cho ta:

$$\frac{5,6}{7} - \frac{3,8 - 5,6}{R_1} - \frac{12 - 5,6}{5} = 0$$

Như vậy ta thu được hai phương trình với hai ẩn số là R_1 và R_2 . Giải ra ta được $R_1 = 3,75\Omega$ và $R_2 = 5,66\Omega$.

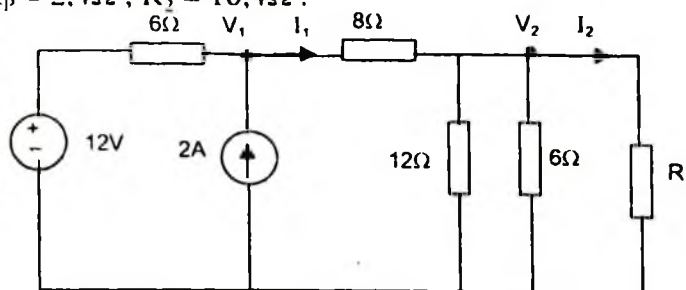
3.14. Sơ đồ trên tương đương với sơ đồ cho trong hình BG 3.14a:

$$\text{Trong đó } R_1 = 4 \frac{3,6}{3 + 6} = 6\Omega$$

Sơ đồ hình B 3.14a tương đương với sơ đồ hình BG 3.14b.

$$\text{Trong đó } R_2 = 8\Omega + R_p \text{ với } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = 0,4167$$

Vậy $R_p = 2,4\Omega$; $R_2 = 10,4\Omega$.



Hình BG 3.14a.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho hai mắt mạch trong hình BG 3.14b, ta được hai phương trình:

$$I_1 - I_2 - 2 = 0$$

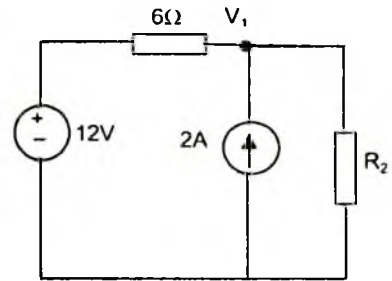
và $R_1 I_1 + 6I_2 = 24$

Giải ra tìm được: $I_1 = 2,2\text{A}$ và $I_2 = 0,878\text{A}$.

Từ đó tính được thế:

$$V_2 = I_2 R_1 = 6 \cdot 0,878 = 5,3\text{V}$$

$$\text{và } V_1 = I_1 R_2 = 2,2 \cdot 10,4 = 22,88\text{V}$$



3.15. Tại nút 1, định luật Kirchhoff đối với dòng cho ta: **Hình BG 3.14b.**

$$\frac{V_1 - V_2}{10} + \frac{V_1 - V_3}{20} - 5 = 0$$

Tại nút 2:
$$\frac{V_2 - V_1}{10} + \frac{V_2}{50} + \frac{V_2 - V_3}{40} = 0$$

Tại nút 3:
$$\frac{V_3 - V_1}{20} + \frac{V_3 - V_2}{40} - 2 = 0$$

Như vậy ta thu được hệ phương trình xác định các điện thế V_1 , V_2 và V_3 :

$$15V_1 - 10V_2 - 5V_3 = 500$$

$$-100V_1 + 145V_2 - 25V_3 = 0$$

$$-50V_1 - 25V_2 + 75V_3 = 2000$$

Dùng MATLAB giải ra được:

$$V =$$

$$404.2857$$

$$350.0000$$

$$412.8571$$

3.16. Tại nút 1, định luật Kirchhoff đối với dòng cho ta:

$$\frac{V_1}{20} + \frac{V_1 - V_2}{5} + \frac{V_1 - V_4}{2} - 5 = 0$$

Tại nút 2: $V_2 - V_3 = 10I_X$, nhưng: $I_1 = \frac{V_1 - V_4}{2} \text{ A}$

Do đó
$$V_2 - V_3 = \frac{10(V_1 - V_4)}{2}$$

Kết hợp nút 2 và 3:

$$\frac{V_3}{10} + \frac{V_2 - V_1}{5} + \frac{V_2}{4} + \frac{V_3 - V_4}{15} = 0$$

Tại nút 4: $V_4 = 10\text{V}$

Như vậy, điện thế tại các nút thỏa mãn các phương trình:

$$\begin{aligned}75 V_1 - 20 V_2 - 50 V_4 &= 500 \\- 5 V_1 + V_2 - V_3 + 5 V_4 &= 0 \\- 12 V_1 + 27 V_2 + 10 V_3 - 4 V_4 &= 0 \\V_4 &= 10\end{aligned}$$

Dùng MATLAB giải hệ phương trình này, thu được:

$$\begin{aligned}V &= \\18.1107 \\17.9153 \\-22.6384 \\10.0000\end{aligned}$$

3.17. Định luật Kirchhoff đối với 2 mắt mạng độc lập cho ta 2 phương trình:

$$\begin{aligned}R_1 I_1 - R_2 I_2 &= 6,3 - 4,2 \\R_2 I_2 - R_3 I &= 4,2\end{aligned}$$

Kết hợp với dòng điện: $I = I_1 + I_2$, ta thu được hệ phương trình:

$$\begin{cases} 3I_1 - 2I_2 = 2,1 \\ 6I_1 + 2I_2 = 4,2 \\ -I_1 + I_2 = 0 \end{cases}$$

và dùng MATLAB giải ra ta được: $I = 0.7$ (V); $I_1 = 0.7$ (V) và $I_2 = 0$ V.

3.18. Áp dụng định luật Kirchhoff cho 3 mắt mạng cho trong hình ta được:

$$\text{Trong mắt mạng 1: } 10(I_1 - I_2) + 30(I_1 - I_3) = 10$$

$$\text{Trong mắt mạng 2: } 10(I_2 - I_1) + 15I_2 + 5(I_2 - I_3) = 0$$

$$\text{Trong mắt mạng 3: } 30(I_3 - I_1) + 30I_3 + 5(I_2 - I_3) = 0$$

Như vậy ta đã thu được 3 phương trình:

$$\begin{aligned}40I_1 - 10I_2 - 30I_3 &= 10 \\-10I_1 + 30I_2 - 5I_3 &= 0 \\-30I_1 - 5I_2 + 65I_3 &= 0\end{aligned}$$

Dùng MATLAB giải tìm được:

$$\begin{aligned}I &= \\0.4753 \\0.1975 \\0.2346\end{aligned}$$

Dòng điện qua điện trở R bằng $I_3 - I_2 = 0,2346 - 0,1975 = 0,037$ A

3.19. Từ 3 mạng như trong sơ đồ, ta được 3 phương trình:

Tại mắt mạng 1: $6I_1 + 20(I_1 - I_2) = 10$

Tại mắt mạng 2: $15I_2 + 6(I_2 - I_3) + 4I_X + 20(I_2 - I_1) = 5$

Tại mắt mạng 3: $10I_3 + 8I_3 - 4I_X + 6(I_3 - I_2) = 0;$

Nhưng $I_X = I_1$, nên ta thu được 3 phương trình:

$$26I_1 - 20I_2 = 10$$

$$-16I_1 + 41I_2 - 6I_3 = 5$$

$$-4I_1 - 6I_2 + 24I_3 = 0$$

Dùng MATLAB giải, thu được:

$$I =$$

$$0.7205$$

$$0.4367$$

$$0.2293$$

Dòng qua điện trở 8Ω chính là dòng $I_3 = 0,23A$.

3.20. Chia thành ba mắt mạng. Đối với mắt mạng I, ta được phương trình:

$$z_1I_1 + z_3(I_1 - I_3) = \varepsilon_1$$

Hay: $(z_1 + z_3)I_1 - z_3I_3 = \varepsilon_1$

Mắt mạng II: $z_2I_2 + z_5(I_2 + I_3) = \varepsilon_2$

Hay: $(z_2 + z_5)I_2 + z_5I_3 = \varepsilon_2$

Mắt mạng III: $z_3(I_3 - I_1) + z_4I_3 + z_5(I_2 + I_3) + z_6I_3 = 0$

Hay: $-z_3I_1 + z_5I_2 + (z_3 + z_4 + z_5 + z_6)I_3 = 0$

Hệ ba phương trình xác định I_1, I_2, I_3 :

$$\begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} \\ z_{31} & z_{32} & z_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3$; $z_{12} = 0$; $z_{13} = -z_3$

$$z_{21} = 0$$
; $z_{22} = z_2 + z_5$; $z_{23} = z_5$

$$z_{31} = -z_3$$
; $z_{32} = z_5$; $z_{33} = z_3 + z_4 + z_5 + z_6$

3.21. Trong mắt mạng I, ta có phương trình:

$$6I_1 + 20(I_1 - I_2) = 10$$

Hay: $26I_1 - 20I_2 = 10$

Trong mắt mạng II, ta có phương trình:

$$20(I_2 - I_1) + 15I_2 + 6(I_2 - I_3) = 5 - 4I_1$$

Hay: $-16I_1 + 41I_2 - 6I_3 = 5$

Trong mắt mạng III, ta có phương trình:

$$6(I_3 - I_2) + 18I_3 = 4I_1$$

Hay: $-4I_1 - 6I_2 + 24I_3 = 0$

Như vậy dưới dạng ma trận, ta tìm được phương trình để xác định 3 dòng điện chạy trong ba mắt mạng là:

$$\begin{bmatrix} 26 & -20 & 0 \\ -16 & 41 & -6 \\ -4 & -6 & 24 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 5 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Dùng MATLAB cho kết quả:

$$\begin{aligned} I = \\ 0.7205 \\ 0.4367 \\ 0.2293 \end{aligned}$$

3.22. Định luật Kirchhoff cho hai mắt mạng thu được hai phương trình:

$$\begin{aligned} I_1(j1) - I_2(j2) &= -6\angle 0^\circ \\ -I_1(j2) + I_2(2 + j2) &= 12\angle 45^\circ \end{aligned}$$

Giải ra tìm được: $I_2 = 3,25\angle 157,5^\circ \text{ A}$

Vậy $V_0 = 2I_2 = 6,5\angle 157,5^\circ \text{ A}$

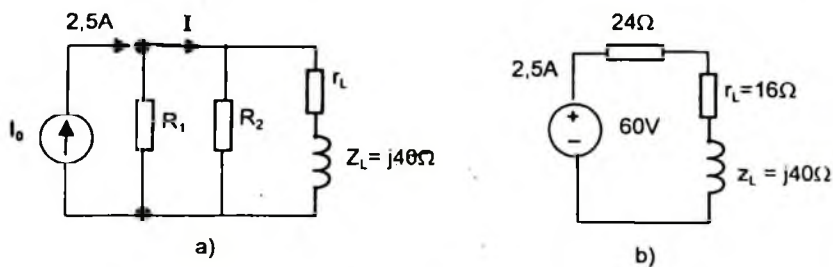
3.23. Định luật Kirchhoff cho hai mắt mạng thu được hai phương trình:

$$\begin{aligned} I_1(6 - j4) + I_2(-2 + j4) &= 12\angle 0^\circ \\ I_2 &= -4\angle 90^\circ = j4 \text{ A} \\ V_0 &= 2(I_1 - I_2)5,55\angle 86,80^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

3.24.
$$I_u = \frac{8750e^{j246}}{202000e^{j16}} = 0,043e^{j230^\circ} \text{ (A)}$$

3.25. Điện trở R_1 có thể coi như điện trở của máy phát thế Thevenin. Do vậy ta chuyển máy phát thế này thành máy phát dòng như trên hình BG 3.25a. Ghép R_1 và R_2 thành một và chuyển máy phát dòng thành máy phát thế như trên hình BG 3.25b. Từ đó tìm được dòng điện qua L:

$$I = \frac{60}{24 + 16 + j40} = 1,06\angle 45^\circ \text{ (A)}$$



Hình BG 3.25.

3.26. Cho kết quả thế Thevenin: $U_{th} = 9,96 \angle -9^\circ$ (V) và điện trở nội:

$$Z_i = 9,12 \angle 34^\circ.$$

3.28. Tính thế Thevenin V_{th} .

Tại nút a, phương trình về dòng:

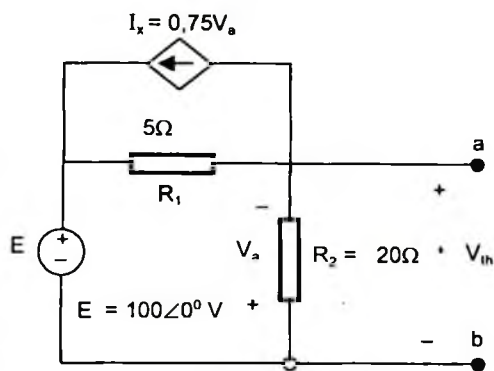
$$\frac{V_{th} - E}{R_1} + I_x + \frac{V_{th}}{R_2} = 0$$

Nhưng $V_a = -V_{th}$, nên:

$$\frac{V_{th} - E}{R_1} - 0,75V_{th} + \frac{V_{th}}{R_2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{V_{th} - 100}{5} - 0,75V_{th} + \frac{V_{th}}{20} = 0$$

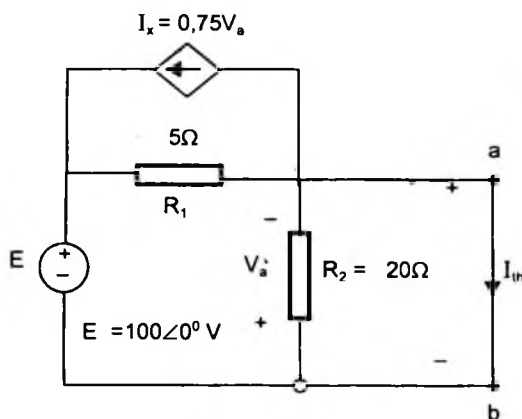
$$\frac{V_{th}}{5} - 0,75V_{th} + \frac{V_{th}}{20} = \frac{100}{5} \Rightarrow V_{th} = -40 \text{ (V)}$$



Hình BG 3.28a.

Bây giờ tìm điện trở nội của nguồn thế Thevenin, ta tìm dòng Thevenin và sau đó lấy thế chia cho dòng sẽ ra điện trở kháng.

Muốn vậy ta đoản mạch ab như trên sơ đồ hình B 3.28b.

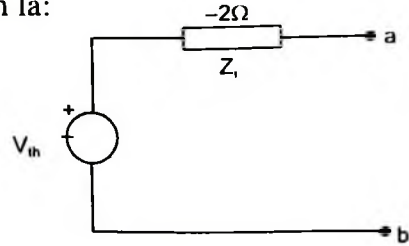


Hình BG 3.28b.

Trên sơ đồ hình B 3.28b, thế $V_a = 0$. Vì vậy ta tìm được $I_1 = 0$ và dòng qua R_2 cũng bằng 0. Do đó $I_{th} = E/R_1 = 100/5 = 20$ (A). Từ đó tìm được trở nội Z_i cho nguồn thế Thevenin là:

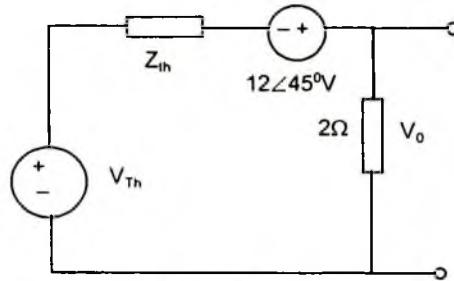
$$Z_i = \frac{V_{th}}{I_{th}} = \frac{-40}{20} = -2\Omega$$

Vậy giữa hai điểm a và b tương đương máy phát thế Thevenin cho trong hình B 3.28c.



Hình BG 3.28c.

3.29. Nhờ định lý Thevenin, ta biến đổi sơ đồ hình BG 3.29.



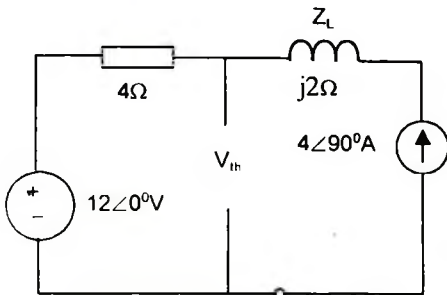
Hình BG 3.29.

$$V_{th} = \frac{-6\angle 0^\circ Z_L}{Z_C + Z_L} = -12\angle 0^\circ \text{ V};$$

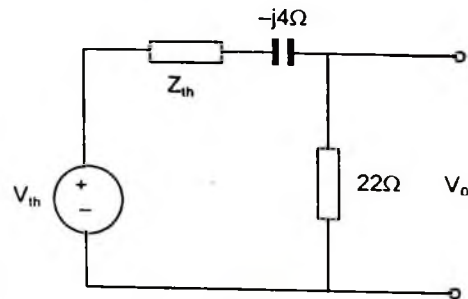
$$Z_{th} = \frac{Z_C Z_L}{Z_C + Z_L} = -j2\Omega$$

$$V_0 = \frac{V_{Th} + 12\angle 45^\circ \text{ V}}{2 + Z_{th}} = 6,5\angle 157,5^\circ \text{ V}$$

3.30. Nhờ định lý Thevenin, ta biến đổi sơ đồ hình BG 3.30a, b về dạng:



Hình BG 3.30a.



Hình BG 3.30b.

$$V_{Th} = 12\angle 0^\circ + 4 \times 4\angle 90^\circ = 12 + j16$$

$$Z_{th} = 4\Omega$$

$$V_0 = \frac{V_{th} 22\Omega}{4\Omega + 22\Omega - j4\Omega} = 5,55\angle 86,8^\circ \text{ V}$$

3.31. Từ sơ đồ hình BG 3.31a, ta thấy:

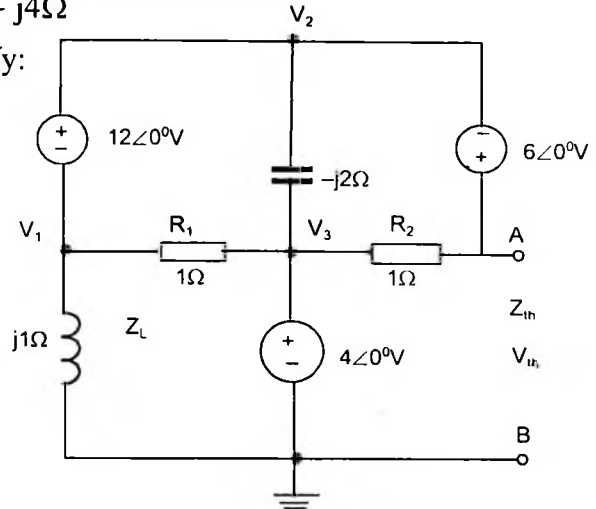
$$V_2 - V_1 - 12\angle 0^\circ \text{ V} = 0;$$

$$V_A - V_2 - 6\angle 0^\circ \text{ V} = 0;$$

$$V_A = V_{th} \text{ và } V_3 = 4\angle 0^\circ \text{ V}$$

Định luật Kirchhoff đối với dòng tại nút V_3 cho ta:

$$\frac{V_3 - V_2}{Z_C} + \frac{V_3 - V_1}{R_1} - \frac{V_1}{Z_L} + \frac{V_3 - V_{th}}{R_2} = 0$$



Hình BG 3.31a.

$$\text{Hay: } \frac{4\angle 0^\circ - V_2}{-j2} + \frac{4\angle 0^\circ - V_1}{1} - \frac{V_1}{j1} + \frac{4\angle 0^\circ - V_{th}}{1} = 0$$

$$\Rightarrow V_{th} + (1 - j)V_1 + j0,5V_2 = 8 + j2$$

Kết hợp với hai phương trình:

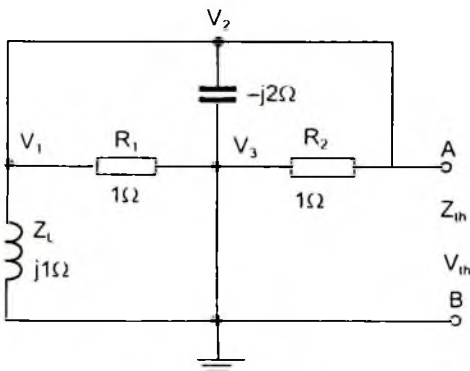
$$V_2 - V_1 = 12\angle 0^\circ \text{ V}$$

$$V_{th} - V_2 = 6\angle 0^\circ \text{ V}$$

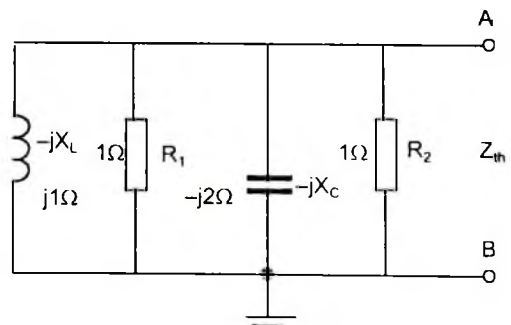
Dùng MATLAB tìm được:

$$V_{th} = 10.7059 - 6.8235i = 12.6955\angle -32.5119^\circ \text{ V.}$$

Để tìm Z_{th} , sơ đồ hình BG 3.31a tương đương với sơ đồ hình BG 3.31b.



Hình BG 3.31b.



Hình BG 3.31c.

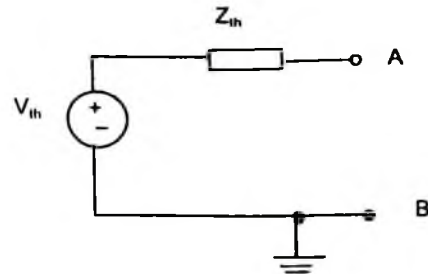
Như thấy trên sơ đồ hình BG 3.31b, Z_{th} giữa hai điểm A và B bao gồm các điện trở R_1 , R_2 , tụ C và cuộn cảm L song song với nhau như trên hình BG 3.31c.

Do vậy:

$$\frac{1}{Z_{th}} = \frac{1}{jX_L} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{-jX_C} + \frac{1}{R_2}$$

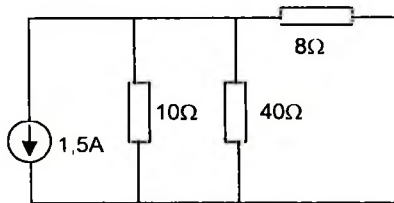
Thay các giá trị bằng số và tính được: $Z_{th} = 0.32 + 0.24j$.

Như vậy giữa hai điểm A và B trong mạng điện tương đương với máy phát thế Thevenin như trên hình BG 3.31d.

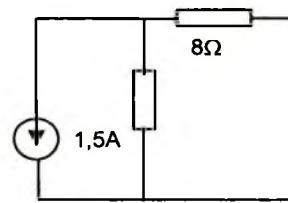


Hình BG 3.31d.

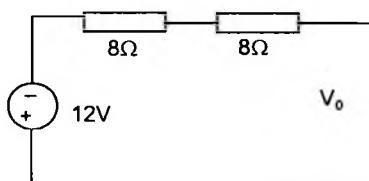
3.32.



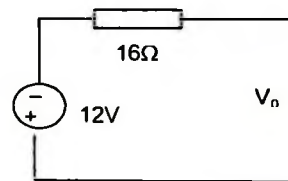
Hình BG 3.32a.



Hình BG 3.32b.



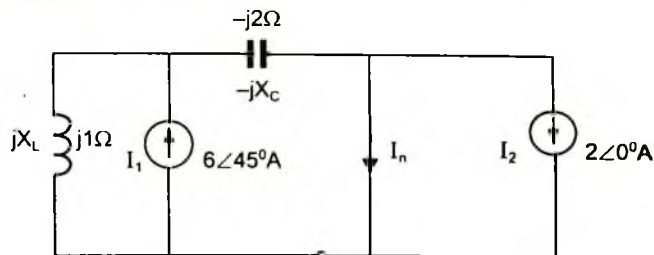
Hình BG 3.32c.



Hình BG 3.32d.

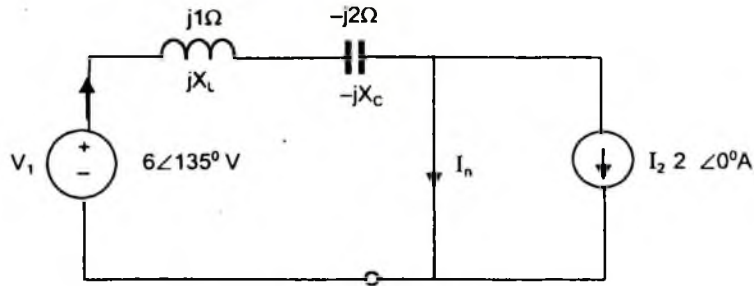
Vậy thế lối ra $V_0 = -12V$.

3.33. Để tìm dòng qua R, ta dùng định lý Norton bằng cách đoán mạch điện trở R như trên hình BG 3.33a.



Hình BG 3.33a.

Để tìm I_n , ta biến đổi nguồn dòng I_1 với trở kháng jX_L thành nguồn thế như trên hình BG 3.33b.



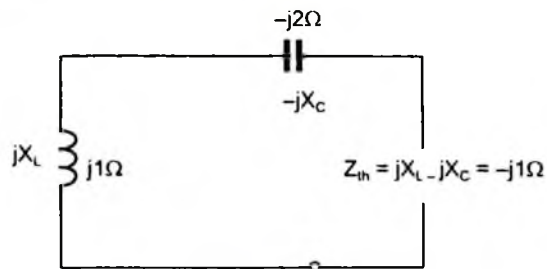
Hình BG 3.33b.

Trong đó: $V_1 = I_1(jX_L) = 6∠135°$ (V)

Từ đó tìm được:

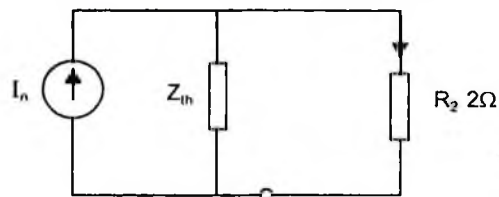
$$I_n = \frac{V_1}{jX_L - jX_C} - I_2 = \frac{6∠45°(j1)}{-j2 + j1} - 2∠0° = -6.2426 - 4.2426i \text{ (A)}$$

Tìm trở kháng Thevenin: ta ngắt điện trở R, khi đó ta được sơ đồ hình BG 3.33c.



Hình BG 3.33c.

Cuối cùng ta thu được sơ đồ hình BG 3.33d để xác định dòng I_0 :



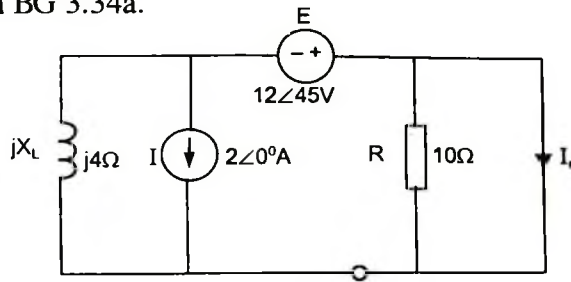
Hình BG 3.33d.

Từ hình BG 3.33c, ta tìm được dòng I_0 :

$$I_0 = \frac{I_n Z_{th}}{Z_{th} + R} = \frac{(-6.2426 - 4.2426i)(-j1)}{2 - j1} = -2.9456 + 1.6485i$$

Vậy: $I_0 = 3.3755∠150.766°$ (A)

3.34. Đầu tiên ta đoán mạch hai đầu tụ C để tìm dòng Norton; khi đó ta được sơ đồ hình BG 3.34a.

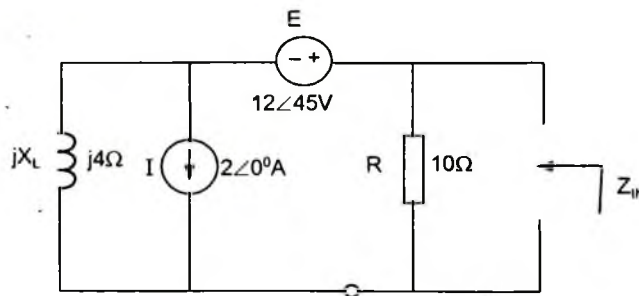


Hình BG 3.34a.

Từ đó ta tìm được:

$$I_n = -I + \frac{E}{jX_L} = 2 - \frac{12\angle 45^\circ}{j4} = -0.1213 + 2.1213i = 2.1248\angle 93.2732^\circ (\text{A})$$

Tìm điện trở nội của nguồn dòng Norton Z_{th} bằng cách ngắt mạch có tụ C, thu được sơ đồ hình BG 3.34b.

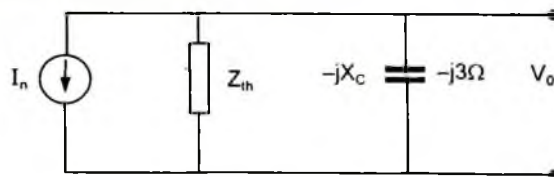


Hình BG 3.34b.

Từ sơ đồ ta tìm được:

$$Z_{th} = \frac{R(jX_L)}{R + jX_L} = \frac{10(j4)}{10 + j4} = 1.3793 + 3.4483i = 3.7139\angle 68.1986^\circ (\Omega)$$

Như vậy, sơ đồ mạng điện đã cho tương đương với nguồn dòng Norton như trên sơ đồ hình BG 3.34c.



Hình BG 3.34c.

Từ đó ta tìm được thế lối ra V_0 :

$$V_0 = \frac{Z_{th}(-jX_C)}{Z_{th} - jX_C} I_n = 3.5673 - 0.4036i = 3.5901\angle -6.4547^\circ (\text{V})$$

3.35. Đầu tiên tìm dòng Norton, bằng cách đoản mạch điện trở R_4 . Khi đó ta thu được sơ đồ trên hình BG 3.35a.

Để tính I_n , ta sử dụng phương pháp mắt mạng độc lập. Sơ đồ hình BG 3.35a có 3 mắt mạng độc lập như chỉ trên sơ đồ. Từ đó ta tìm được 3 phương trình xác định I_n là:

$$I_1(R_2 + jX_L - jX_C) - R_2I_n - I(jX_L) = E$$

$$I_n(R_1 + R_2 + R_3) - R_3I - R_2I_1 = 0$$

$$I(R_3 + jX_L) - I_1(jX_L) - I_nR_3 = 0$$

Sau khi thay giá trị bằng số và giải ra tìm I_n :

$$\begin{cases} I_1 - I_n = 6\angle 0^\circ + 4\angle 0^\circ(j1) = 6 + j4 \\ 3I_n - I_1 = 4\angle 0^\circ \end{cases} \Rightarrow 2I_n = 10 + j4 \text{ (A)}$$

Hay: $I_n = 5 + j2 \text{ (A)}$

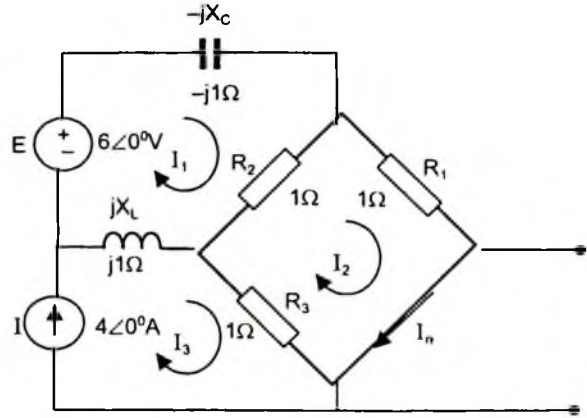
Bây giờ tính trở kháng nội của máy phát dòng Norton, ta ngắt mạch điện trở R_4 . Khi đó thu được sơ đồ hình BG 3.35b.

Điện trở giữa hai điểm A và B gồm điện trở R_1 nối tiếp với R_2 song song với $-jX_C$ và jX_L nối tiếp với R_3 . Do đó:

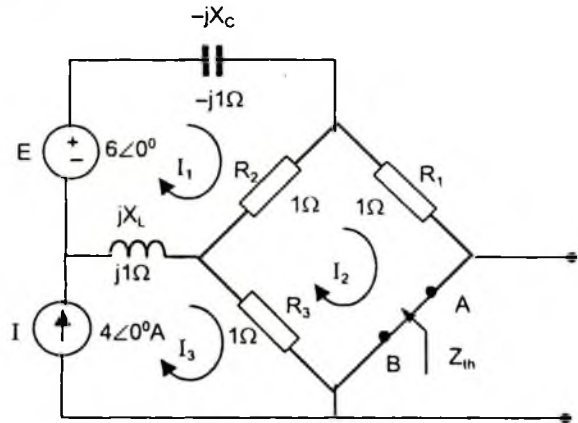
$$Z_{th} = R_1 + \frac{R_2(jX_L - jX_C)}{R_2 + jX_L - jX_C} + R_3 = 2\Omega;$$

Vậy sơ đồ mạng điện trên tương đương với máy phát dòng Norton như trên sơ đồ hình BG 3.35c. Từ sơ đồ này, ta tìm được thế lối ra V_0 là:

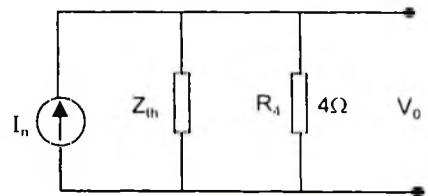
$$V_0 = \frac{I_n Z_{th}}{R_4 + Z_{th}} = 1.6667 + 0.6667i = 1.7951\angle 21.8014^\circ \text{ (V)}$$



Hình BG 3.35a.

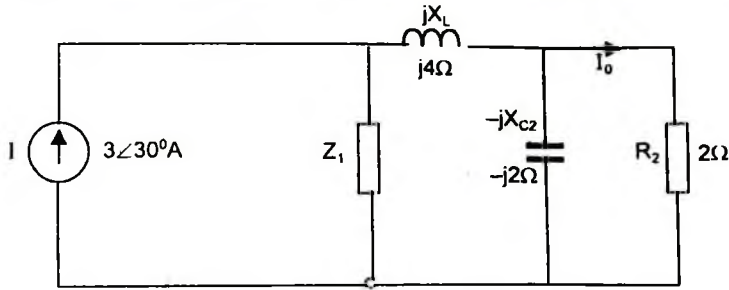


Hình BG 3.35b.



Hình BG 3.35c.

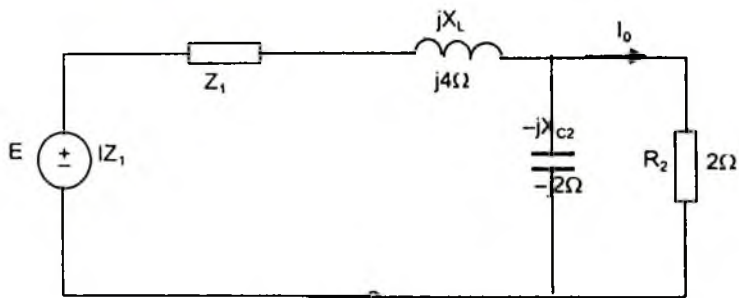
3.36. Ta thấy R_1 song song với $-jX_{C1}$, nên ta có sơ đồ mới trên hình B G3.36a.



Hình BG 3.36a.

$$\text{Với } Z_1 = \frac{R_1(-jX_{C1})}{R_1 - jX_{C1}} = \frac{4(-j3)}{4 - j3} = \frac{12}{3 - j4} = 1.4400 - 1.9200i$$

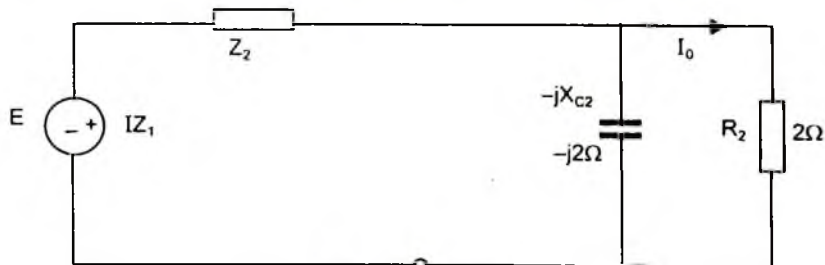
Biến đổi nguồn dòng I thành nguồn thế E với điện trở kháng nội Z_1 , ta sẽ thu được sơ đồ hình BG 3.36b.



Hình BG 3.36b.

Nguồn thế $E = IZ_1 = 6.6212 - 2.8283i$ (V) = $7.2\angle -23.1301^\circ$ (V)

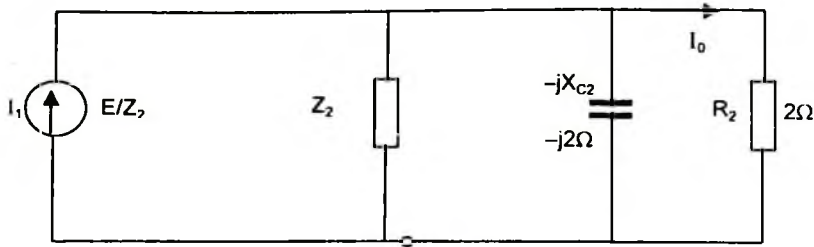
Sơ đồ hình BG 3.36b tương đương với sơ đồ hình BG 3.36c.



Hình BG 3.36c.

Trong đó $Z_2 = Z_1 + jX_L = 1.4400 + 2.0800i$.

Sau đó lại biến đổi nguồn thế E thành nguồn dòng I_1 , ta sẽ được sơ đồ hình BG 3.36d.



Hình BG 3.36d.

Nguồn dòng $I_1 = E/Z_2 = 0.5706 - 2.7883i$ (A)

Sau đó kết hợp Z_2 với $(-jX_C)$ ghép song song để thành Z_3 :

$$Z_3 = \frac{Z_2(-jX_C)}{Z_2 - jX_C} = 2.7692 - 2.1538i \quad (\Omega)$$

Cuối cùng thu được sơ đồ mạng điện như trên hình BG 3.36e.

Trong sơ đồ này:

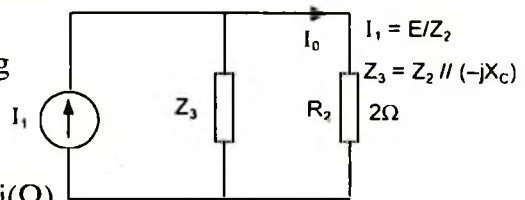
$$Z_3 = Z_2 // (-jX_C) = 2.7692 - 2.1538i (\Omega)$$

Nguồn dòng:

$$I_1 = E/Z_2 = 4.4751 - 2.2127i = 4.9923 \angle -26.3099^\circ \text{ (A)}$$

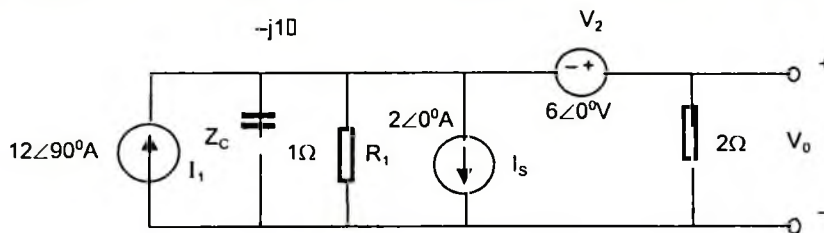
Từ đó ta tính được dòng lối ra I_0 :

$$I_0 = \frac{I_1 Z_3}{Z_3 + R_2} = 1.9046 - 0.8665i = 1.9080 \angle -24.0054^\circ \text{ (A)}$$

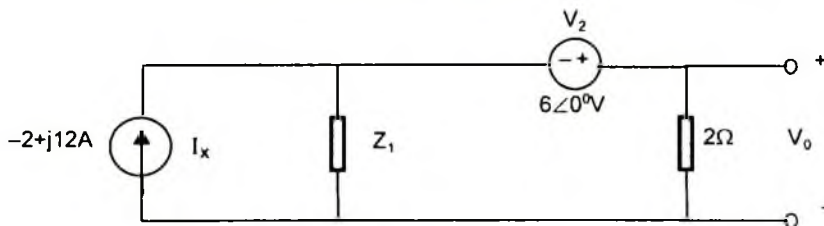


Hình BG 3.36e.

3.37. Mạch điện trên được biến đổi về dạng như trên hình BG 3.37a, BG 3.37b và c.



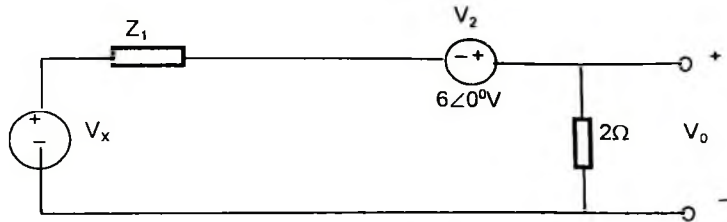
Hình BG 3.37a. Mạng điện tương đương của hình B 3.37.



Hình BG 3.37b. Mạng điện tương đương của hình BG 3.37a.

Trong đó:

$$Z_1 = \frac{Z_c R_1}{Z_c + R_1} = \frac{(-j1\Omega)(1\Omega)}{-j1 + 1} = \frac{1}{1+j} = 0,5 - j0,5 \Omega$$

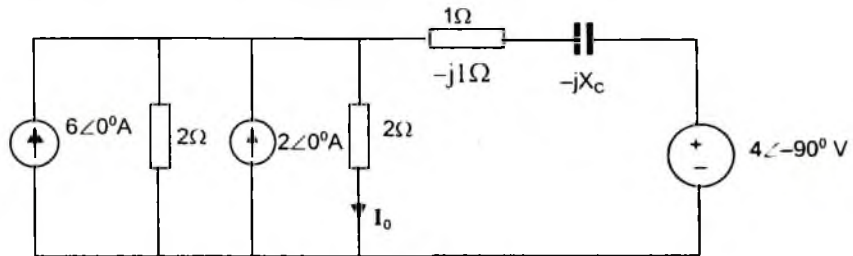


Hình BG 3.37c. Mạng điện tương đương của hình BG 3.37b.

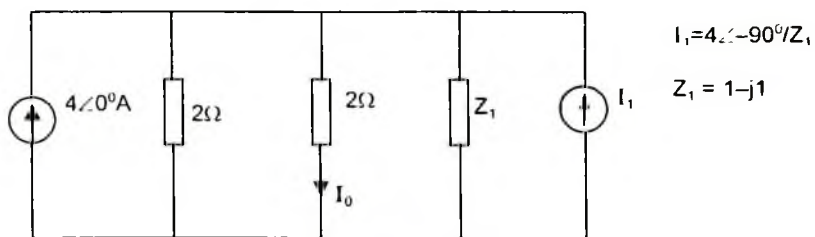
$$V_x = I_x Z_1 = (-2+j12) \frac{1}{j+1} = 8,6 \angle 54,5^\circ \text{V}.$$

Do đó thế lối ra: $V_o = \frac{(V_x + V_2)R_2}{R_2 + Z_1} = 7,3846 + 7,0769j = 10,2 \angle 43,8^\circ \text{V}$

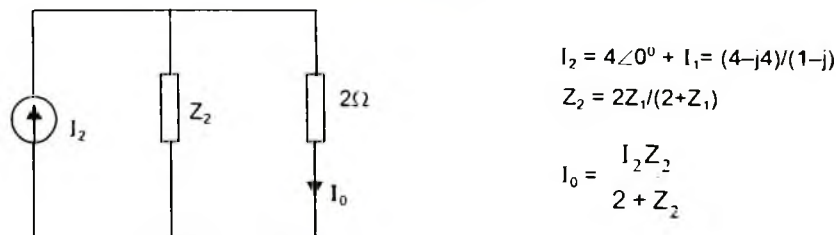
3.38. Mạch điện được biến đổi về dạng như trên hình BG 3.38a, b và c:



Hình BG 3.38a.



Hình BG 3.38b.

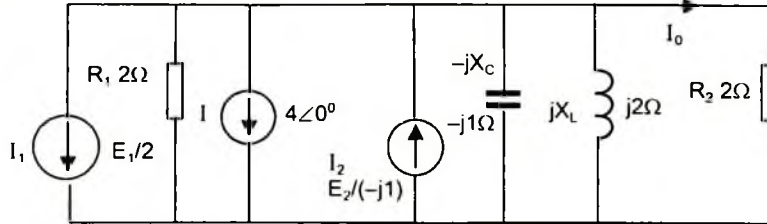


Hình BG 3.38c.

Từ hình BG 3.38c, ta tìm được:

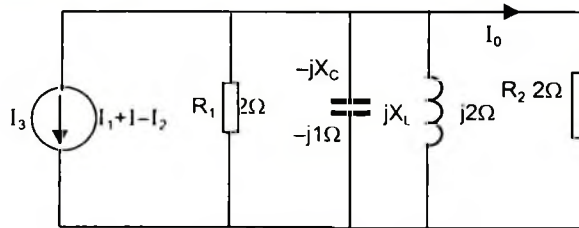
$$I_0 = \frac{I_2 Z_2}{2 + Z_2} = 1.6 - 1.2i = 2 \angle -36,9^\circ \quad (\text{A})$$

3.39. Biến đổi hai nguồn thế thành hai nguồn dòng ta được sơ đồ hình BG 3.39a



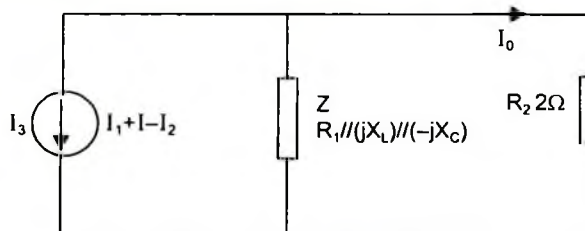
Hình BG 3.39a.

Sơ đồ hình BG 3.39a tương đương với sơ đồ hình BG 3.39b.



Hình BG 3.39b.

Sơ đồ BG3.39b tương đương với sơ đồ hình B 3.39c.



Hình BG 3.39c.

Từ sơ đồ hình BG 3.39c, ta tìm được $I_3 = 10 - 6i$; $Z = 1 - j$;

Từ đó tìm được dòng:

$$I_0 = \frac{I_3 Z}{z + R_2} = 2.8 - 4.4i = 5.2154 \angle -57.5288^\circ \quad (\text{A})$$

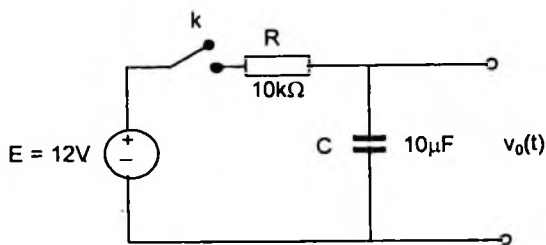
3.40. $I = \frac{120}{64,7} = 1,86(\text{A})$

Chương 4

MẠCH ĐIỆN TRONG CHẾ ĐỘ XUNG

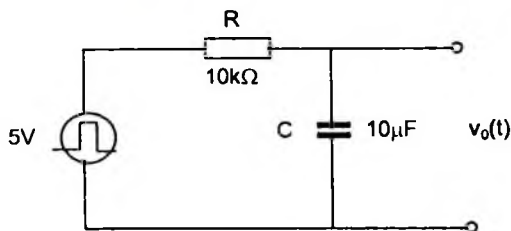
ĐỀ BÀI

- 4.1. Tìm thế lối ra $v_o(t)$ trong mạch điện cho trong hình B 4.1 khi $t > 0$. Biết rằng khoá k đóng tại thời điểm $t = 0$ và thế $v_o(0) = 0$.



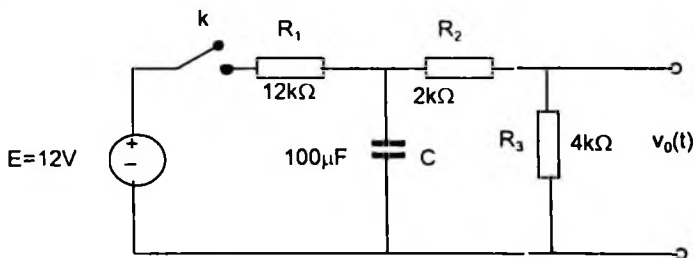
Hình B 4.1.

- 4.2. Tìm thế lối ra $v_o(t)$ trong mạch điện cho trong hình B 4.2 khi thế lối vào là một xung vuông có biên độ 5V và độ rộng 0,5s.



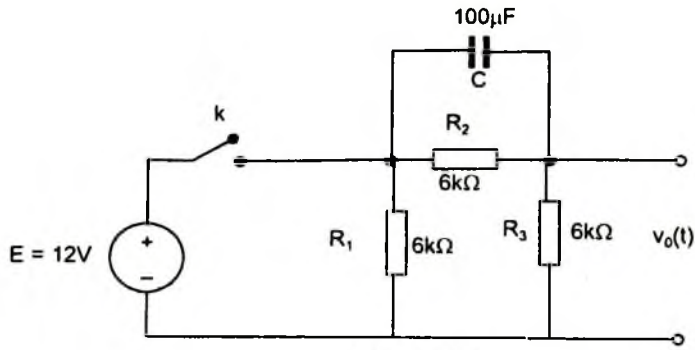
Hình B 4.2.

- 4.3. Tìm thế lối ra $v_o(t)$, $t > 0$ trong mạch điện cho trên hình B 4.3. khi khoá k đóng tại $t = 0$.



Hình B 4.3.

- 4.4. Tìm thế lối ra $v_o(t)$, $t > 0$ trong mạch điện cho trên hình B 4.4. khi khoá k đóng tại $t = 0$.

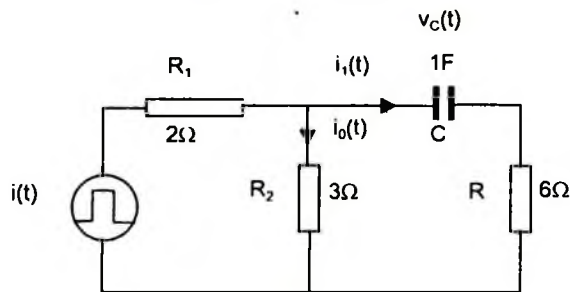


Hình B 4.4.

- 4.5. Tìm dòng điện $i_0(t)$ khi $t > 0$ chạy qua điện trở R_2 trong mạng điện hình B 4.5. Biết rằng nguồn dòng lối vào $i(t)$ là một xung vuông có dạng:

$$i(t) = \begin{cases} 6, & 0 < t < 4,5 \\ 0, & t > 4,5 \end{cases} \quad (\text{A})$$

và tụ điện C không tích điện ở thời điểm ban đầu.

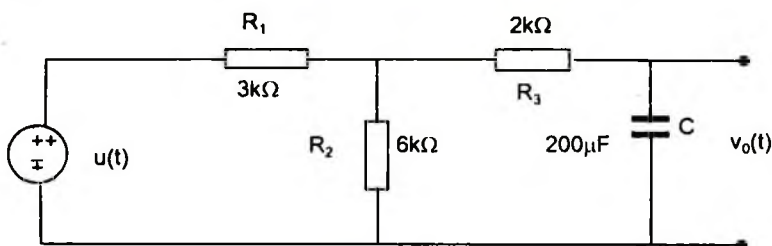


Hình B 4.5.

- 4.6. Tìm thế lối ra $v_0(t)$ với $t > 0$ trên hai đầu tụ C, trong mạng điện hình B 4.6. Biết rằng nguồn thế $u(t)$ là một xung vuông có dạng:

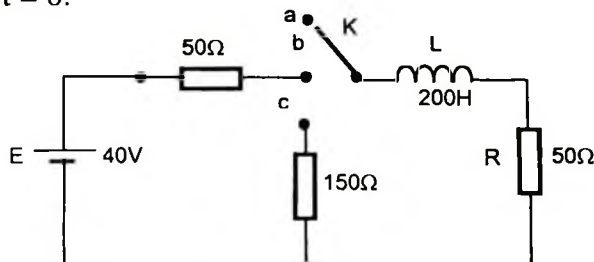
$$u(t) = \begin{cases} 12, & 0 \leq t \leq 1 \\ 0, & t > 1 \end{cases}$$

và tụ điện C không tích điện tại thời điểm ban đầu.



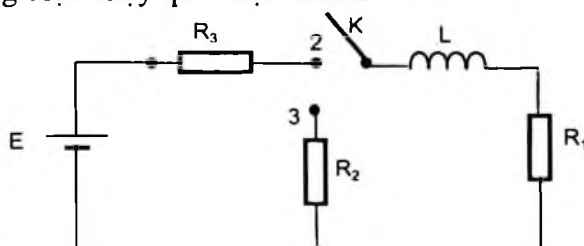
Hình B 4.6.

- 4.7. Tìm dòng điện chạy trong cuộn cảm $L = 200\text{H}$ trong sơ đồ hình B 4.7. Biết rằng khoá K ở vị trí a thì dòng qua cuộn cảm này bằng không. Tại thời điểm $t = 0$, K chuyển từ a sang b và đứng ở đó khoảng 1s ; sau đó chuyển từ b tới c và dừng ở vị trí này. Hãy tính và vẽ dòng điện qua L ngay trước thời điểm $t = 0$.



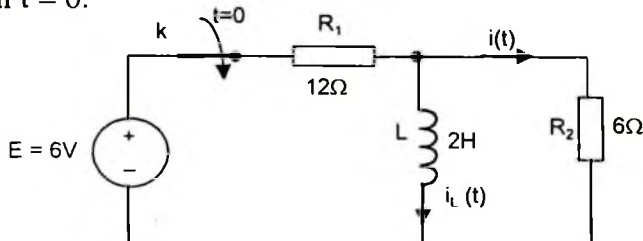
Hình B 4.7.

- 4.8. Cho sơ đồ hình B 4.8. Bình thường khoá K mở. Tại $t = 0$ khoá K nối với 2. Sau thời gian 1s , K chuyển từ 2 sang 3 và giữ nguyên như vậy. Hãy tính và vẽ dòng điện chạy qua cuộn cảm L .



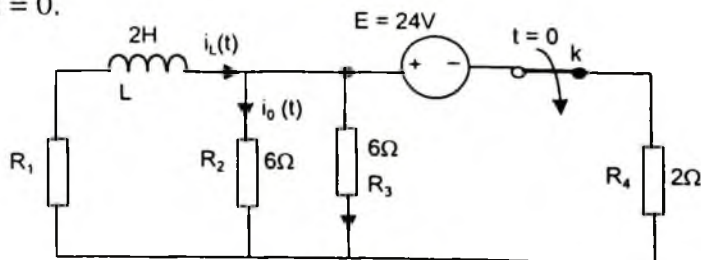
Hình B 4.8.

- 4.9. Tìm dòng điện $i(t)$, $t > 0$ trong mạch điện cho trên hình B4.9 khi khoá k mở tại $t = 0$.



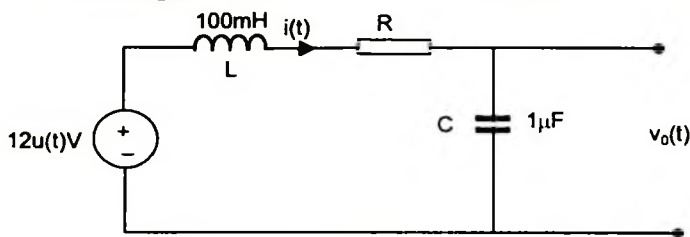
Hình B 4.9.

- 4.10. Tìm dòng điện $i_0(t)$, $t > 0$ trong mạch điện cho trên hình B4.10 khi khoá k mở tại $t = 0$.



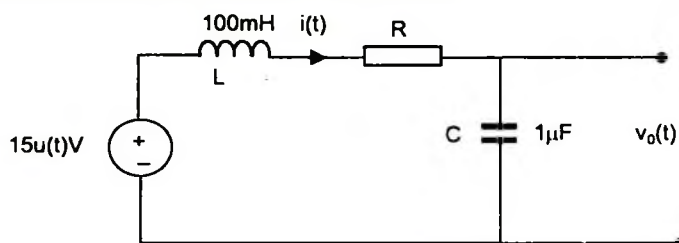
Hình B 4.10.

- 4.11. Tìm thế lối ra trong sơ đồ mạng điện hình B 4.11. Biết rằng tại thời điểm ban đầu tụ C không tích điện và cuộn cảm không tích trữ năng lượng.



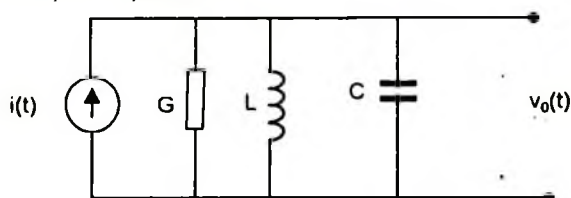
Hình B 4.11.

- 4.12. Mạch RLC nối tiếp trên hình B 4.12 được kích thích một xung nhảy bậc có biên độ 15V với $R = 0,5\Omega$; $L = 1\text{mH}$; $C = 100/6 \mu\text{F}$. Biết rằng tại thời điểm ban đầu $t = 0$, dòng điện qua L là $i_L(0) = 5\text{A}$, thế trên tụ $v_C(0) = 2,5\text{V}$.
- Tìm và vẽ cường độ dòng điện trong mạch.
 - Tính hiệu điện thế trên hai đầu tụ điện C.



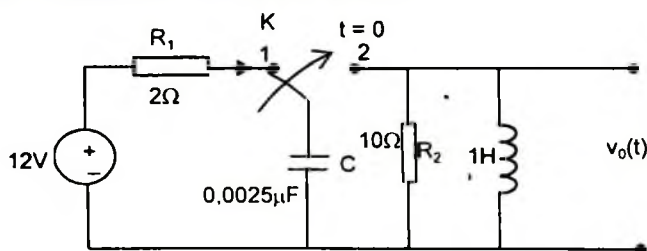
Hình B 4.12.

- 4.13. Tìm thế lối ra $v_o(t)$ trong sơ đồ mạch điện GLC ghép song song như trong hình B 4.13, với điều kiện ban đầu $i_L(0) = 2\text{A}$; $v_C(0) = 5\text{V}$. Cho $G = 1/32 \Omega^{-1}$, $L = 10\text{H}$, $C = 1/640\text{F}$.



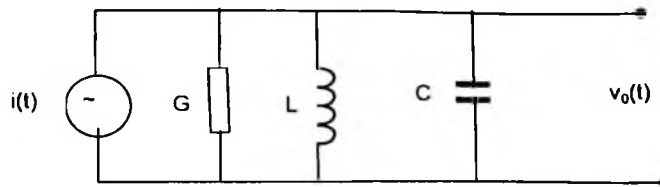
Hình B 4.13.

- 4.14. Tìm thế lối ra trong sơ đồ mạng điện hình B 4.14. Biết rằng tại thời điểm ban đầu khi khóa K chuyển từ chốt 1 sang 2, tụ C không tích điện và cuộn cảm không tích trữ năng lượng.



Hình B 4.14.

- 4.15. Tìm thế lối ra $v_0(t)$ trong mạng điện hình B 4.15 được kích thích bởi nguồn dòng AC $i(t) = 20\cos(6400t)$, với điều kiện ban đầu $i_L(0) = 2A$; $v_C(0) = 5V$. Cho $G = 1/50 \Omega^{-1}$, $L = 10 H$, $C = 1/640 F$.



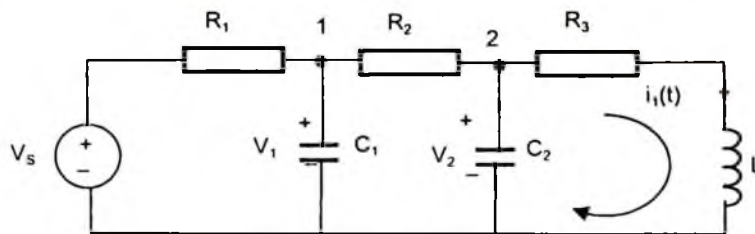
Hình B 4.15.

- 4.16. Tín hiệu lối ra của một mạng điện được biểu thị bằng phương trình vi phân:

$$\frac{d^4 y(t)}{dt^4} + 3 \frac{d^3 y(t)}{dt^3} + 4 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 8 \frac{dy(t)}{dt} + 2y(t) = 6u(t)$$

Hãy biểu thị phương trình vi phân trên dưới dạng phương trình trạng thái.

- 4.17. Viết phương trình trạng thái cho mạch điện trong hình B 4.17:



Hình B 4.17.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

- 4.1. Tại $t = 0$, ta thu được phương trình vi phân:

$$C \frac{dv_0}{dt} + \frac{v_0 - E}{R} = 0$$

Nghiệm với điều kiện $v_0(0) = 0$ tìm được dưới dạng:

$$v_0(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \text{ với } \tau = RC = 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,1s$$

- 4.2. Tại $t = T$, thế $U = E \cdot e^{-T/\tau}$

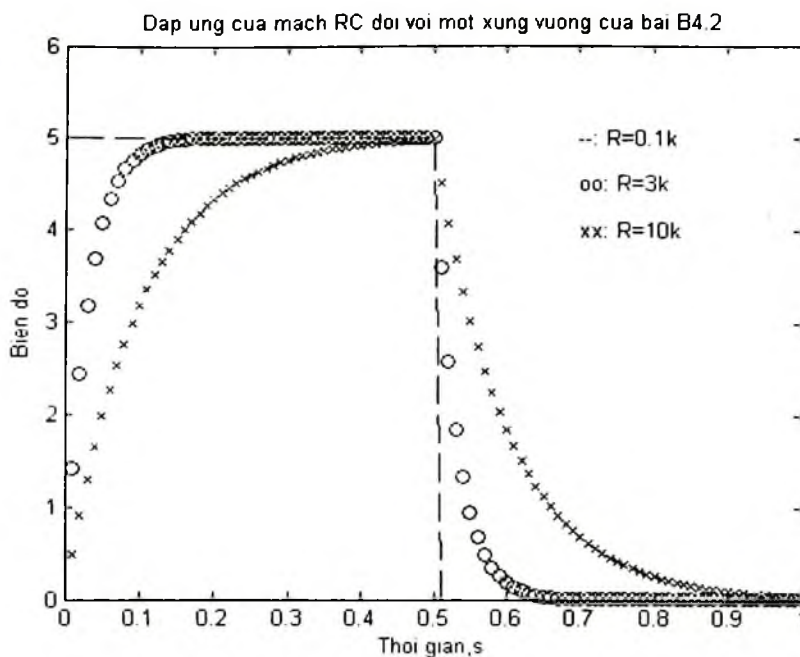
$$\text{khi } t > T: v_C(t) = E - v_R(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$$

$$\text{Với: } E = 5V$$

$$T = 0,1s;$$

$$\tau = R \cdot C = 10 \cdot 10^3 \times 10 \cdot 10^{-6} = 0,1s.$$

Chương trình MATLAB vẽ thế lối ra $v_0(t)$ với 3 giá trị của R : 100Ω ; 3000Ω và 10000Ω trên hình BG 4.2.



4.3. $t = 0 \quad v_C = 0.$

Khi $t > 0$, tại nút V_C , ta có phương trình:

$$\frac{6 - V_C}{R_1} + \frac{V_0 - V_C}{R_2} - C \frac{dv_C}{dt} = 0$$

Mặt khác ta lại có: $V_0 = \frac{R_3}{R_1 + R_2} V_C = \alpha V_C$, thay vào phương trình trên ta được:

$$\frac{6\alpha}{R_1} + \frac{V_0}{R_2}(\alpha - 1) - \frac{V_0}{R_2} - C \frac{dv_0}{dt} = 0$$

$$\text{Hay: } \frac{dv_0}{dt} + V_0 \left[\frac{1}{R_1 C} + \frac{(1 - \alpha)}{R_2 C} \right] - \frac{6\alpha}{R_1 C} = 0 \quad (1)$$

Nghiệm phương trình này có dạng:

$$v_0(t) = C_1 + C_2 e^{-t/\tau} \quad (2)$$

$$\text{với: } \tau = 1/B; \text{ với } B = \left[\frac{1}{R_1 C} + \frac{1 - \alpha}{R_2 C} \right]$$

các hằng số C_1 và C_2 được xác định từ điều kiện ban đầu.

Thay (2) vào (1), ta tìm được:

$$-\frac{C_2}{\tau}e^{-t/\tau} + C_1B + C_2Be^{-t/\tau} - \frac{6\alpha}{R_1C} = 0$$

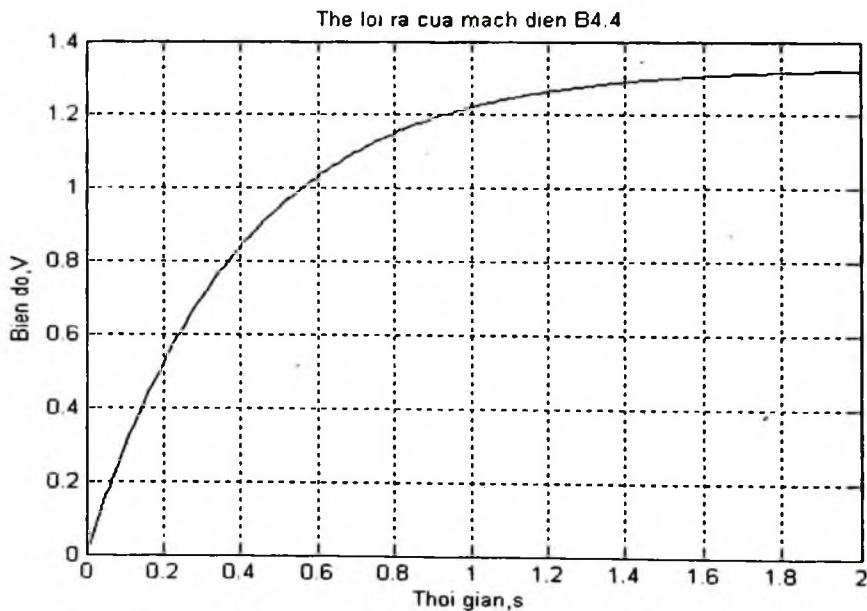
Từ đó tìm được: $C_1 = \frac{6\alpha}{R_1BC} = \frac{6R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 1,33$

$$\tau = 0,4s.$$

Dùng điều kiện ban đầu $v_0(0) = 0 = V_c(0)\alpha = C_1 + C_2$ suy ra $C_2 = -1,33$.

Vậy: $v_0(t) = 1,33(1 - e^{-2,5t})V$

Đồ thị cho trên hình BG 4.3.



Hình BG 4.3.

4.4. Tại $t = 0$; $V_C(0) = \frac{12R_2}{R_2 + R_3} = 6V$

Khi $t > 0$: $V_0 = -\frac{V_c R_3}{R_1 + R_3} = -\alpha V_c$

Mặt khác, ta lại có phương trình:

$$\frac{V_c}{R_2} + C \frac{dV_c}{dt} = \frac{V_0}{R_3}$$

Thay $V_C = -\frac{V_0}{\alpha}$ vào phương trình trên, ta được:

$$\frac{dV_0}{dt} + V_0 \left[\frac{1}{R_2 C} + \frac{\alpha}{R_3 C} \right] = 0$$

Nghiệm của phương trình này có dạng: $v_0(t) = C_1 + C_2 e^{-t/\tau}$

với
$$\tau = C \frac{(R_1 + R_3)R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 0,4s$$

Các hằng số $C_1 = 0$; $C_2 = -3V$.

Vậy thế lối ra $v_0(t) = -3e^{-2,5t}$

4.5. Từ sơ đồ ta thấy: $i(t) = i_0(t) + i_1(t)$

$$i_1(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

Mặt khác: $v_C(t) = R_2 i_0(t) - R_3 i_1(t)$

Do đó, khi $t > 0$, ta tìm được phương trình vi phân xác định thế trên tụ C:

$$(R_2 + R_3)C \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = R_2 i(t)$$

Trong khoảng thời gian này, $i(t) = 6$, nên phương trình trên có dạng:

$$(R_2 + R_3)C \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = 18 \quad (1)$$

Nghiệm của phương trình này tìm được dưới dạng:

$$v_C(t) = K_1 + K_2 e^{-t/\tau} \quad (2)$$

Trong đó $\tau = (R_2 + R_3)C = 9$ giây là *hằng số thời gian* của mạch; còn K_1 và K_2 là những hằng số được xác định theo:

Thay nghiệm (2) vào phương trình (1) ta sẽ được:

$$\tau \left(-\frac{K_2}{\tau} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} + K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} = 18$$

Từ đó tìm được: $K_1 = 18$.

Để tìm K_2 , ta dựa vào điều kiện ban đầu:

* Khi $t = 0$, $v_C(0) = 0$, nên từ (2) suy ra:

$$K_1 + K_2 = 0 \Rightarrow K_2 = -K_1 = -18V$$

Vậy: $v_C(t) = 18(1 - e^{-t/\tau})$ (V)

Do vậy: $i_0(t) = i(t) - C \frac{dv_C(t)}{dt} = 6 - 2e^{-t/\tau}$

Vậy:
$$\begin{cases} v_C(t) = 18(1 - e^{-t/9}) \text{ V} \\ i_0(t) = 6 - 2e^{-t/9} \text{ A} \end{cases} \quad 0 \leq t \leq 4,5\text{s}$$

Khi $t > 4,5\text{s}$, dòng $i(t) = 0$, nên thế trên tụ tuân theo phương trình vi phân:

$$(R_2 + R_3)C \frac{dv_C(t)}{dt} + v_C(t) = 0$$

Tụ C phóng điện qua R_2 và R_3 cũng với hằng số thời gian $\tau = 9\text{s}$. Nghiệm của phương trình này có dạng:

$$v_C(t) = K e^{-t/\tau}$$

Do vậy: $i_0(t) = i(t) - C \frac{dv_C(t)}{dt} = -C \frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{CK}{\tau} e^{-t/\tau} = K_3 e^{-t/\tau}$

Các hệ số K và K_3 được xác định tại thời điểm ban đầu $t = 4,5\text{s}$. Tại thời điểm này thế trên tụ C:

$$v_C(4,5) = 18(1 - e^{-4,5/9}) = 7,0824 \text{ V} = K e^{-4,5/\tau} \Rightarrow K = 7,0824 \cdot e^{4,5/\tau}$$

Vậy: $K_3 = \frac{CK}{\tau} = \frac{7,082 \cdot e^{4,5/\tau}}{9} = 0,7869 e^{4,5/\tau}$

Thay các giá trị vừa tìm được của K và K_3 ta tìm được thế trên tụ và dòng $i_0(t)$ trong khoảng thời gian $t > 4,5 \text{ S}$ là:

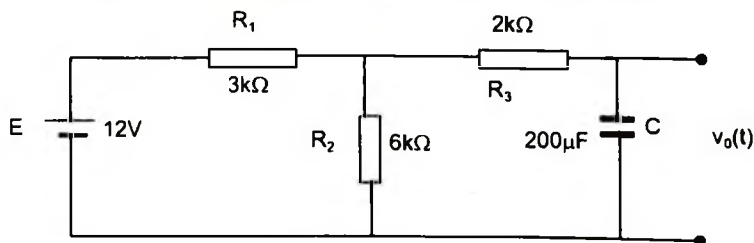
$$v_C(t) = 7,0824 \cdot e^{-(t - 4,5)/9} \text{ V}, \quad t > 4,5$$

$$i_0(t) = 0,7869 \cdot e^{-4,5/\tau} e^{-t/\tau} = 0,7869 e^{-(t - 4,5)/9} \text{ A}, \quad t > 4,5$$

Tóm lại:
$$v_C(t) = \begin{cases} 18(1 - e^{-t/9}) \text{ V}, & 0 \leq t \leq 4,5 \\ 7,0824 e^{-(t - 4,5)/9} \text{ V}, & t > 4,5 \end{cases}$$

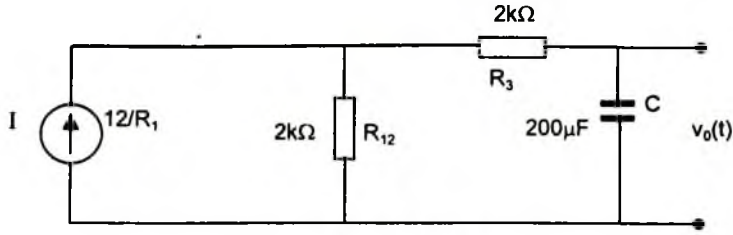
$$i_0(t) = \begin{cases} 6 - 2e^{-t/9} \text{ A}, & 0 \leq t \leq 4,5 \\ 0,7869 e^{-(t - 4,5)/9} \text{ A}, & t > 4,5 \end{cases}$$

4.6. Tại $t = 0$, ta có sơ đồ mạng điện như trên hình BG 4.6a.



Hình BG 4.6a.

Để tìm thế lối ra khi $t > 0$, ta biến đổi mạng điện nhờ phương pháp biến đổi nguồn như trên các sơ đồ BG 4.6b.

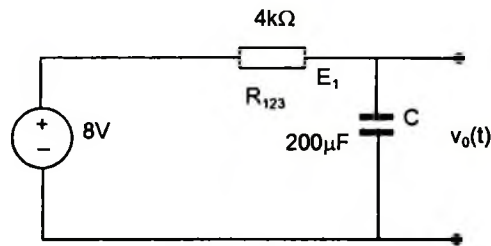


Hình BG 4.6b.

Trong sơ đồ BG 4.6b, điện trở R_{12} là điện trở tương đương của R_1 và R_2 mắc song song. Vì vậy ta tìm được:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\text{k}\Omega$$

Dùng phương pháp biến đổi nguồn cho mạch điện hình BG 4.6b, ta được sơ đồ hình BG 4.6c.



Hình BG 4.6c.

Trong sơ đồ hình BG 4.6c, điện trở R_{123} là điện trở tương đương của R_{12} nối tiếp với R_3 . Do vậy: $R_{123} = 4\text{k}\Omega$. Nguồn thế:

$$E_1 = IR_{12} = \frac{E}{R_1} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 \times 6}{3 + 6} = 8\text{V}$$

Từ sơ đồ hình BG 4.6c, ta viết phương trình vi phân xác định thế lối ra $v_0(t)$ là:

$$R_{123}C \frac{dv_0(t)}{dt} + v_0(t) = 8 \quad (1)$$

Phương trình này có nghiệm là:

$$v_0(t) = K_1 + K_2 \cdot e^{-t/\tau} \quad (2)$$

Trong đó hằng số thời gian:

$$\tau = R_{123}C = 4k\Omega \times 200 \cdot 10^{-6}F = 0,8s$$

còn K_1 và K_2 là những hằng số được xác định từ điều kiện ban đầu:

* Tại $t = 0s$; $v_0(0) = 0$ (vì tụ C không tích điện tại thời điểm ban đầu), do đó:

$$K_1 + K_2 = 0$$

* Thay nghiệm (2) vào phương trình (1), ta tìm được:

$$-\tau \frac{K_2}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} = 8$$

Hay: $K_1 = 8V \Rightarrow K_2 = -K_1 = -8V$

Thay các giá trị này vào biểu thức của $v_0(t)$, ta thu được:

$$v_0(t) = 8 - 8.e^{-t/\tau} \text{ với } 0 \leq t \leq 1s$$

* Tại $t = 1s$, thế trên tụ tìm được: $v_0(1) = 8 - 8.e^{-1/0,8} V = 5,708V$

Khi $t > 1$, nguồn thế $E = 0V$, nên phương trình vi phân mô tả thế lối ra $v_0(t)$ có dạng:

$$R_{123}C \frac{dv_0(t)}{dt} + v_0(t) = 0$$

Phương trình này có nghiệm là: $v_0(t) = K.e^{-t/\tau}$. Hệ số K được xác định tại điều kiện $v_0(1) = 5,708V = K.e^{-1/0,8}$. Từ đó tìm được $K = 5,708.e^{1/0,8}$

Vậy: $v_0(t) = 5,708.e^{-(t-1)/0,8}$ với $t > 1s$

$$\text{Cuối cùng: } v_0(t) = \begin{cases} 8 - 8.e^{-\frac{t}{0,8}} V, & 0 \leq t \leq 1s \\ 5,708e^{-\frac{t-1}{0,8}} V, & t > 1 \end{cases}$$

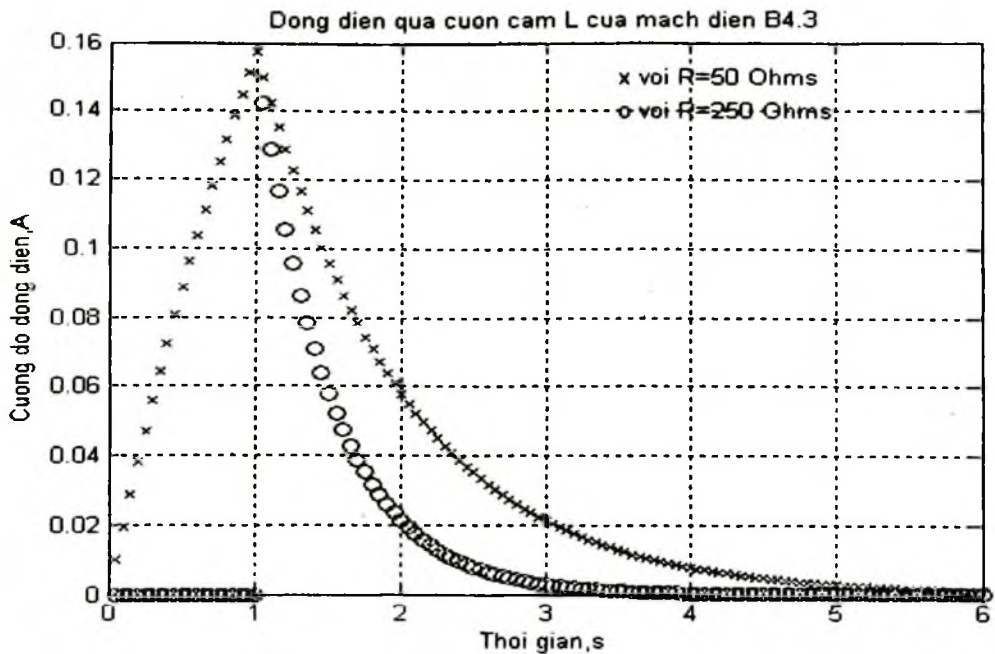
4.7. $0 < t < 1s$ dòng qua cuộn dây L có dạng:

$$i_L(t) = 0,4(1 - e^{-t/\tau_1}); \tau_1 = L/R = 200/100 = 2s.$$

Tại $t = 1s$: $i_L(1) = 0,4(1 - e^{-0,5}) = I_m$

Khi $t > 1s$: $i_L(t) = I_m(e^{-(t-0,5)/\tau_2}); \tau_2 = 200/(150+50) = 1s.$

Chương trình MATLAB sau đây vẽ dòng điện qua cuộn cảm với hai giá trị của $R = 50\Omega$ và 250Ω cho trên hình BG 4.7.



4.8. Trong thời gian $0 \leq t \leq 1s$, dòng qua L được tính theo công thức:

$$i(t) = \frac{E}{R_1 + R_3} \left(1 - e^{-\frac{R_1 + R_3}{L} t} \right)$$

Khi $t > 1s$, dòng điện qua L tuân theo phương trình vi phân:

$$L \frac{di(t)}{dt} + (R_1 + R_2)i(t) = 0$$

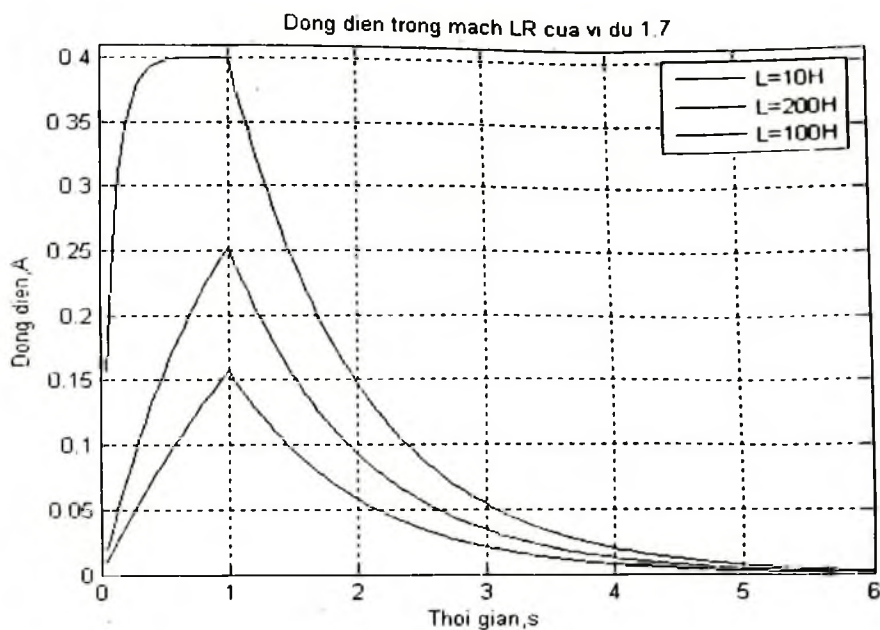
Nghiệm của phương trình này với điều kiện ban đầu khi $t = 1s$, thì dòng qua cuộn cảm L là:

$$i(1s) = \frac{E}{R_1 + R_3} \left(1 - e^{-\frac{R_1 + R_3}{L}} \right)$$

Tìm được dưới dạng:

$$i(t) = i(1s)e^{-\frac{R_1 + R_2}{L}(t-1)}$$

Hình BG 4.8 vẽ dòng điện chạy trong mạch với $R_1 = 50\Omega$, $R_2 = 150\Omega$, $R_3 = 50\Omega$ và $E = 40V$ với ba giá trị của cuộn cảm L: 10, 100 và 200H.



4.9. Tại $t = 0$ $i_L(0) = 6/R_1 = 6/12 = 0,5A$.

Khi $t > 0$ (Khoá K mở): $L \frac{di}{dt} + R_2 i = 0$

Nghiệm của phương trình này tìm được dưới dạng:

$$i(t) = C_1 + C_2 e^{-t/\tau} \text{ với } \tau = L/R_2 = 2/6 = 1/3s$$

Thay nghiệm vào phương trình tìm được $C_1 = 0$.

Áp dụng điều kiện ban đầu $i_L(0) = 0,5A$, tìm được:

$$C_1 + C_2 = 0,5 \text{ suy ra } C_2 = 0,5A$$

Vậy: $i(t) = 0,5e^{-3t}$

4.10. Khi $t > 0$ (khoá k mở), dòng điện chạy qua cuộn cảm L tuân theo phương trình:

$$L \frac{di_L}{dt} + (R_1 + R_P) i_L = 0; R_P = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}; i_0 = \frac{-i_L R_3}{R_2 + R_3}$$

$$\text{Do đó: } \frac{di_0}{dt} + \left(\frac{R_1 + R_P}{L} \right) i_0 = 0 \quad (1)$$

Phương trình này có nghiệm tìm được dưới dạng:

$$i_0(t) = C_1 + C_2 e^{-t/\tau} \quad (2)$$

$$\text{với } \tau = \frac{L}{R_1 + R_P} = 7,5s$$

các hằng số C_1 và C_2 được xác định từ điều kiện ban đầu $t = 0$,

$$i_0(0^-) = \frac{12(1/R_2)}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{24}{11} \text{ A}$$

$$i_0(0^+) = \frac{-i_L(0^+)R_3}{R_2 + R_3} = -\frac{6}{11} \text{ A}$$

Thay (2) vào (1), tìm được $C_1 = 0$. Sử dụng điều kiện ban đầu $i_0(0^+)$ ta tìm được:

$$C_2 = i_0(0^+) - C_1 = -\frac{6}{11} \text{ A}$$

Vậy
$$i_0(t) = -\frac{6}{11} e^{-7,5t}$$

4.11. Đây là mạch điện RLC nối tiếp, gọi $i(t)$ là dòng điện chạy trong mạch, thì thế lồi ra $v_0(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$. Định lý Kirchhoff đối với mắt mạng cho ta phương trình vi phân để xác định dòng điện là:

$$Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt = 12u(t)$$

Lấy đạo hàm cả hai vế của phương trình này, ta được:

$$L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + R \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} i(t) = 0$$

Hay:
$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + 10^4 \frac{di(t)}{dt} + 10^7 i(t) = 0, t \geq 0$$

Phương trình này có đa thức đặc trưng là:

$$\lambda^2 + 10^4 \lambda + 10^7 = 0$$

Đa thức đặc trưng có hai nghiệm là:

$$\lambda_1 = -1127 \text{ và } \lambda_2 = -8873$$

Vậy dòng $i(t)$ tìm được là:

$$i(t) = K_1 e^{-1127t} + K_2 e^{-8873t}$$

Tại thời điểm ban đầu, cuộn cảm L không dự trữ năng lượng; có nghĩa là dòng $i(0) = 0$; từ đó ta tìm được:

$$K_1 + K_2 = 0 \Rightarrow K_1 = -K_2$$

Để xác định các hằng số K_1 và K_2 , dựa vào điều kiện ban đầu:

* Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, ta có phương trình:

$$Ri(0) + L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} + v_C(0) = 12 \text{ V}$$

Hay:
$$RK_1 + RK_2 + L(-1127)K_1 + L(-8873)K_2 + 0 = 12 \text{ V}$$

Từ đây tìm được:

$$K_1 = 0.0155A = 15.5mA \Rightarrow K_2 = -K_1 = -15.5mA$$

Thế lối ra chính là thế trên tụ C:

$$v_0(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt + K_3 = \frac{0.0155}{10^{-6} \times 1127} e^{-1127t} + \frac{-0.0155}{10^{-6} \times 8873} e^{-8873t} + K_3$$

$$= 13.7533e^{-1127t} - 1.7469e^{-8873t} + K_3$$

Hằng số K_3 được xác định từ điều kiện ban đầu:

$$t = 0 \quad v_0(0) = 0 \Rightarrow K_3 = 13.7533 - 1.7469 = 12.0064V$$

Vậy thế lối ra tìm được là:

$$v_0(t) = 13.7533e^{-1127t} - 1.7469e^{-8873t} + 12.0064 \quad V$$

4.12. a) Dòng điện $i(t)$ trong mạch tuân theo phương trình vi phân:

$$\frac{d^2 i(t)}{dt^2} + 500 \frac{di(t)}{dt} + 6.10^4 i(t) = 0$$

Dòng điện chạy trong mạch tìm được :

$$i(t) = 115e^{-2000t} + 110e^{-3000t}$$

Hình BG 4.12 vẽ dòng điện chạy trong mạch.

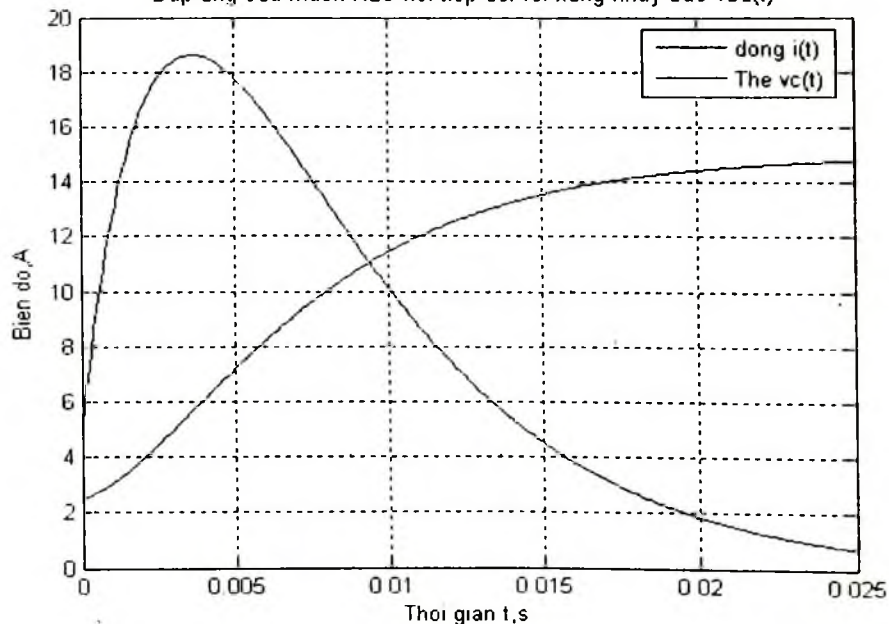
b) Phương trình vi phân để xác định $v_C(t)$ là:

$$\frac{d^2 v_C(t)}{dt^2} + 500 \frac{dv_C(t)}{dt} + 60000 v_C(t) = 9.10^5 u(t)$$

Nghiệm tìm được: $v_C(t) = -34.5e^{-2000t} + 22e^{-3000t} + 15$

Hình BG 4.12 vẽ dòng điện chạy trong mạch và thế ở hai đầu tụ C.

Đáp ứng của mạch RLC nối tiếp đối với xung nhảy bậc $15u(t)$



Hình BG 4.12.

4.13. Thế lối ra tìm được:

$$v_0(t) = \frac{291}{6} e^{-4t} - \frac{261}{6} e^{-16t} \text{ Vôn}$$

4.14. Khi K chuyển từ 1 sang 2, ta thu được mạch điện RLC ghép song song.

Khi đó tổng các dòng điện qua R, L và C theo phương trình:

$$L \frac{dv_0(t)}{dt} + \frac{v_0(t)}{R_2} + \frac{1}{C} \int v_0(t) dt = 0$$

Lấy đạo hàm hệ thức này sẽ thu được phương trình vi phân xác định thế lối ra $v_0(t)$ là:

$$L \frac{d^2 v_0(t)}{dt^2} + \frac{dv_0(t)}{R_2 dt} + \frac{1}{C} v_0(t) = 0$$

Hay:
$$\frac{d^2 v_0(t)}{dt^2} + \frac{dv_0(t)}{LR_2 dt} + \frac{1}{LC} v_0(t) = 0$$

Thay giá trị vào ta được:

$$\frac{d^2 v_0(t)}{dt^2} + 40 \frac{dv_0(t)}{dt} + 400 v_0(t) = 0$$

Phương trình này có đa thức đặc trưng:

$$\lambda^2 + 40\lambda + 400 = 0$$

có 2 nghiệm kép: $\lambda_{1,2} = -20$

Vì vậy nghiệm tìm được dưới dạng:

$$v_0(t) = K_1 e^{-20t} + K_2 t e^{-20t}$$

Các hằng số K_1 , K_2 được xác định từ điều kiện ban đầu:

Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, thế lối ra bằng thế trên tụ C ngay trước thời điểm khóa K chuyển mạch ; tức là:

$$v_0(0) = 12 \Rightarrow K_1 = 12 \text{ V}$$

Ngoài ra cuộn cảm không tích trữ năng lượng ban đầu; có nghĩa là dòng điện qua nó ở thời điểm ban đầu bằng 0:

$$i_L(0) = 0 = \frac{v_0(0)}{R_2} + C \left. \frac{dv_0(t)}{dt} \right|_{t=0} = \frac{12}{10} + C(-20K_1 + K_2)$$

Từ đó tìm được $K_2 = -240 \text{ V}$

Vậy:
$$v_0(t) = 12e^{-20t} - 240te^{-20t} \text{ V}$$

4.15. Thế lối ra $v_0(t)$ được xác định từ phương trình vi phân:

$$C \frac{d^2 v_0(t)}{dt^2} + G \frac{dv_0(t)}{dt} + \frac{1}{L} v_0(t) = 6400 \times 20 \sin(6400t)$$

Nghiệm của phương trình này tìm được dưới dạng:

$$v_0(t) = K_1 e^{\lambda_1 t} + K_2 e^{\lambda_2 t} + |U_s(\omega)| \cos(6400t + \Phi(\omega)) \quad (1)$$

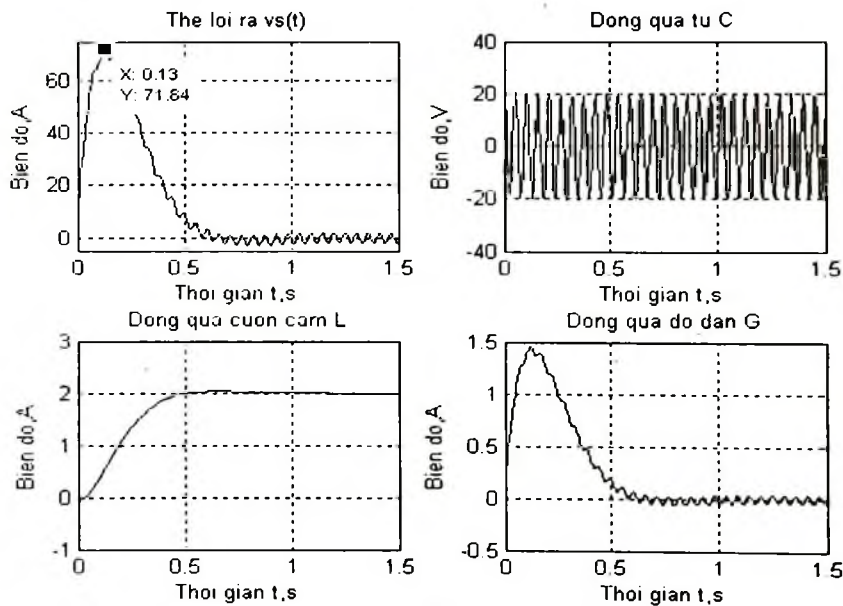
Trong đó: $|U_s(\omega)| = |U_s(\omega)| = \frac{20}{\sqrt{50^2 + (10 - \frac{1}{64000})^2}} = 2$

$$\Phi(\omega) = 0 - \tan^{-1} \frac{10 - \frac{1}{64000}}{\frac{1}{50}} = -89,89^\circ$$

Sử dụng các điều kiện ban đầu, ta tìm được thế lối ra:

$$v_0(t) = 271,71 e^{-6,4t} \cos(4,8t - 88,94^\circ) + 2 \cos(6400t - 89,89^\circ) \quad (11)$$

Hình BG 4.15 vẽ thế lối ra $v_0(t)$ và dòng điện qua tụ C, cuộn cảm L và độ dẫn G.



Hình BG 4.15.

4.16. Ta sử dụng các biến số trạng thái:

$$x_1(t) = y(t)$$

$$x_2(t) = \frac{dy(t)}{dt} = \frac{dx_1(t)}{dt} = \dot{x}_1(t)$$

$$x_3(t) = \frac{d^2y(t)}{dt^2} = \frac{dx_2(t)}{dt} = \dot{x}_2(t)$$

$$x_4(t) = \frac{d^3y(t)}{dt^3} = \frac{dx_3(t)}{dt} = \dot{x}_3(t)$$

$$x_5(t) = \frac{d^4y(t)}{dt^4} = \frac{dx_4(t)}{dt} = \dot{x}_4(t)$$

Khi đó phương trình vi phân được viết dưới dạng:

$$\dot{x}_4(t) = 6u(t) - 3x_4(t) - 4x_3(t) - 8x_2(t) - 2x_1(t)$$

Hay dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \\ \dot{x}_4(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -2 & -8 & -4 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ x_4(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 6 \end{bmatrix} u(t)$$

Lối ra : $y(t) = Cx(t) + Du(t)$

Hay đơn giản hơn: $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$

và $\mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du}$

Trong đó các ma trận trạng thái có dạng:

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \\ \dot{x}_4(t) \end{bmatrix}; \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -2 & -8 & -4 & -3 \end{bmatrix}; \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 6 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{C} = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$ và $\mathbf{D} = [0]$

4.17. Từ sơ đồ ta viết được phương trình đối với dòng điện tại các nút:

$$\text{Tại nút 1: } C_1 \frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1 - V_s}{R_1} + \frac{V_1 - V_2}{R_2} = 0$$

$$\text{Tại nút 2: } C_2 \frac{dV_2}{dt} + \frac{V_2 - V_1}{R_2} + i_1 = 0$$

Và phương trình đối với mắt mạng cuối cùng:

$$V_2 = i_1 R_3 = L \frac{di_1}{dt} = 0$$

Giả sử lối ra $y(t) = V_1(t) - V_2(t)$, từ các phương trình trên ta được:

$$\frac{dV_1}{dt} = -\left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2}\right)V_1 + \frac{V_2}{R_2 C_1} + \frac{V_s}{R_1 C_1}$$

$$\frac{dV_2}{dt} = \frac{V_1}{R_2 C_2} - \frac{V_2}{R_2 C_2} - \frac{i_1}{C_2}$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{V_2}{L} - \frac{R_3}{L} i_1$$

Dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \dot{V}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1}\right) & \frac{1}{R_2 C_1} & 0 \\ \frac{1}{R_2 C_2} & -\frac{1}{R_2 C_2} & -\frac{1}{C_2} \\ 0 & \frac{1}{L} & -\frac{R_3}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{R_1 C_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Tín hiệu lối ra:

$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ i_1 \end{bmatrix}$$

Chương 5

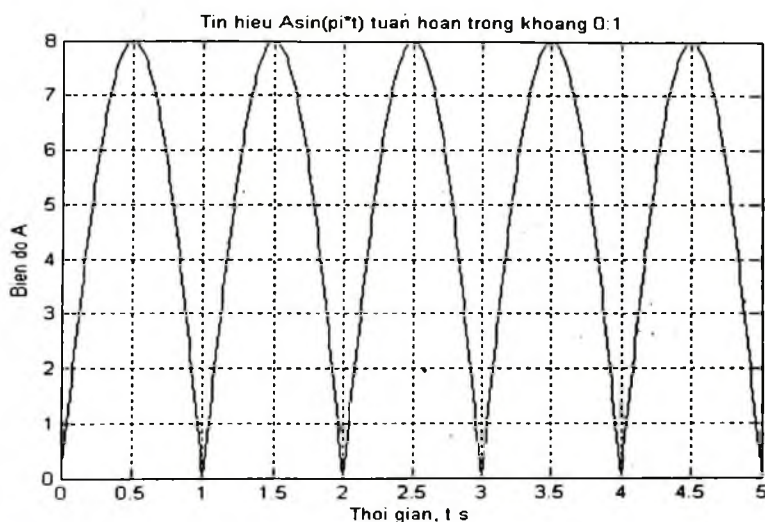
BIẾN ĐỔI FOURIER VÀ MẬT ĐỘ PHỔ CÔNG SUẤT CỦA TÍN HIỆU

ĐỀ BÀI

5.1. Tìm các hệ số khai triển C_n của hàm số:

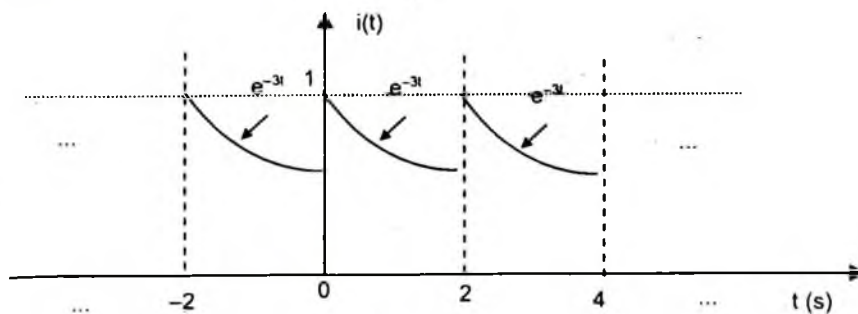
$$f(t) = A \sin(\pi t) \text{ với } 0 \leq t \leq 1$$

Tuần hoàn trong khoảng 0 đến 1s như trong hình B 5.1.



Hình B 5.1. Tín hiệu $A \sin(\pi t)$, với $0 \leq t \leq 1$ tuần hoàn trong khoảng $0 \div 1s$.

- 5.2. a) Tìm biểu thức khai triển Fourier của dòng điện cho trong hình B 5.2 dưới dạng các tín hiệu sin phức với hệ số khai triển c_n .
- b) Viết chương trình MATLAB để tổng hợp tín hiệu trên với 20 số hạng đầu tiên.



Hình B 5.2.

5.3. Tìm biến đổi Fourier của tín hiệu sau:

$$x(t) = 4e^{-2t} \cos(20\pi t) \cdot u(t)$$

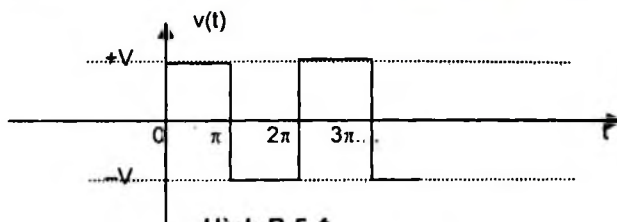
Dùng MATLAB vẽ phổ tần số $X(f)$ của tín hiệu $x(t)$ với khoảng lấy mẫu:

a) $T_1 = 0,005$ giây và số mẫu $N = 1000$;

b) $T_2 = 0,2$ giây và số mẫu $N = 250$;

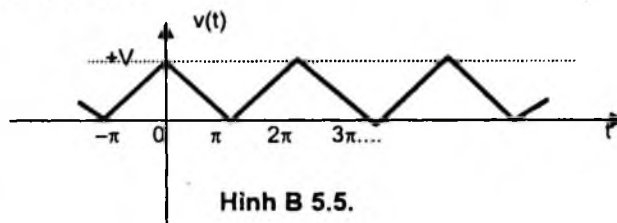
So sánh phổ tần số của hai trường hợp trên.

5.4. Xác định chuỗi Fourier của tín hiệu cho trong hình B 5.4.



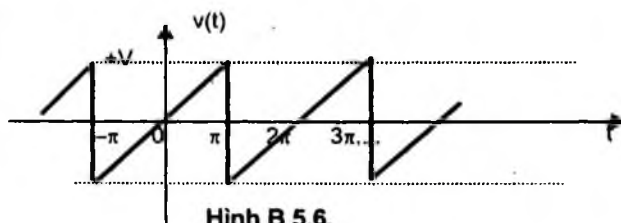
Hình B 5.4.

5.5. Xác định chuỗi Fourier của xung tam giác $i(t)$ cho trong hình B 5.5 và biểu diễn phổ biên độ của tín hiệu đó.



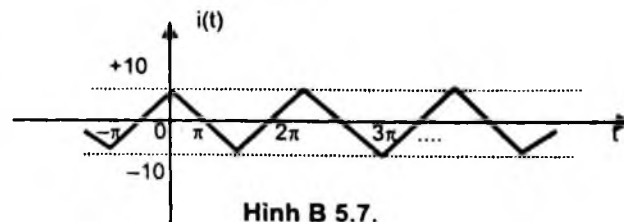
Hình B 5.5.

5.6. Xác định chuỗi Fourier của xung tam giác $i(t)$ cho trong hình B 5.6 và biểu diễn phổ biên độ của tín hiệu đó.



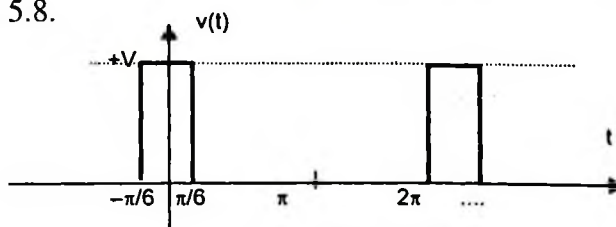
Hình B 5.6.

5.7. Dòng điện chạy qua cuộn cảm $L = 10\text{mH}$ có dạng cho trên hình B 4.7. Hãy xác định chuỗi Fourier của thế ở hai đầu cuộn cảm đó. Biết $\omega = 500\text{r/s}$.



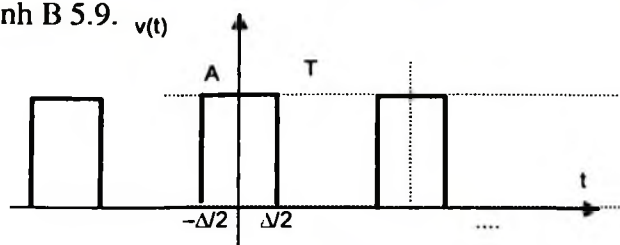
Hình B 5.7.

5.8. Xác định chuỗi Fourier của một xung vuông tuần hoàn có dạng như trên hình B 5.8.



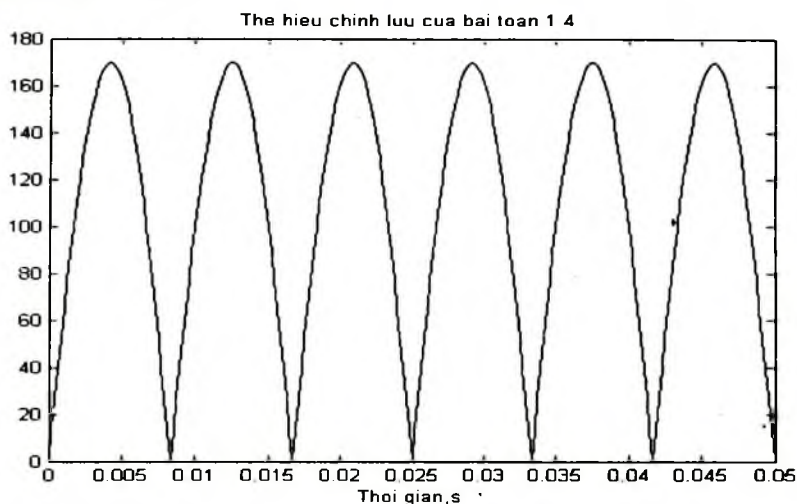
Hình B 5.8.

- 5.9. Xác định khai triển Fourier dưới dạng sin phức dãy xung vuông có dạng như trên hình B 5.9.



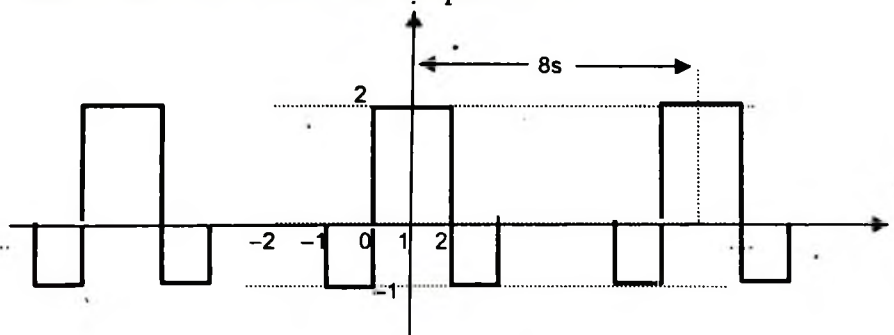
Hình B 5.9.

- 5.10. Hình B 5.10 là thể hiệu chỉnh lưu cả chu kỳ với chu kỳ $T = 0,0333s$ và thế đỉnh là 169,71V.



Hình B 5.10.

- Viết chương trình MATLAB để tính các hệ số khai triển chuỗi Fourier của dòng điện trên dưới dạng sin phức: c_n , $n = 0, 1, \dots, 20$.
 - Vẽ phổ biên độ của dòng điện đó.
 - Tìm giá trị của dòng không đổi dc.
- 5.11. a) Tìm khai triển Fourier tín hiệu thể có dạng như mô tả trên hình B 5.11.
b) Viết chương trình MATLAB để tổng hợp tín hiệu đó từ 20 số hạng đầu tiên của chuỗi Fourier vừa được phân tích.



Hình B 5.11.

5.12. Một mạch điện gồm điện trở $R = 5\Omega$ ghép nối tiếp với một cuộn cảm $L = 20\text{mH}$ được nuôi bằng một nguồn thế:

$$v(t) = 100 + 50\sin 500t + 25\sin 1500t \quad (\text{V})$$

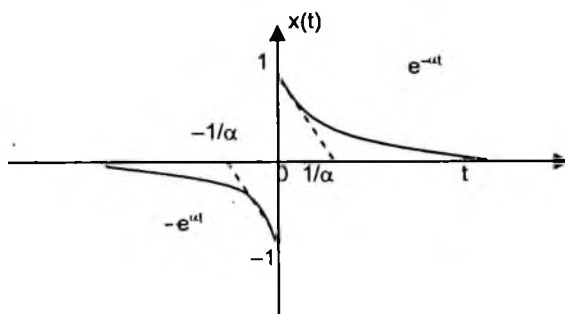
Xác định cường độ dòng điện trong mạch và công suất trung bình.

5.13. Tìm biến đổi Fourier của tín hiệu:

$$x(t) = e^{-\alpha t}u(t), \quad \alpha > 0$$

5.14. Xác định mật độ phổ năng lượng của tín hiệu:

$$x(t) = e^{-\alpha t}u(t) - e^{\alpha t}u(-t), \quad \alpha > 0 \text{ như trên hình B 5.14.}$$



Hình B 5.14.

5.15. Tìm giá trị hiệu dụng của các dòng điện sau đây:

a) $i(t) = 2 - 4\cos(2t)$

b) $i(t) = 3\cos(\pi t - 90^\circ) + 2\cos(\pi t)$

c) $i(t) = 2\cos(2t) + 4\cos(2t + 45^\circ) + 7\cos(2t - 90^\circ)$

5.16. Tính giá trị hiệu dụng của các điện thế sau đây:

a) $v(t) = 1 + \cos(\omega t)$

b) $v(t) = A\sin(\omega t)$

c) $v(t)$ là một hàm thế tuần hoàn trong chu kỳ cơ sở, nó được biểu thị bởi hàm số sau:

$$v(t) = \begin{cases} 30t & 0 \leq t \leq 0,1 \\ 30(0,2 - t) & 0,1 \leq t \leq 0,2 \\ 0 & 0,2 \leq t \leq 0,3 \end{cases}$$

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

5.1. Với tín hiệu này, thì chu kỳ cơ bản $T = 1\text{s}$; do vậy tần số cơ bản $\omega_0 = 2\pi/T = 2\pi$. Do đó các hệ số khai triển chuỗi Fourier phức C_n được tính theo công thức sau:

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^1 A \sin(\pi t) e^{-j2\pi n t} dt = \frac{A}{2j} \int_0^1 [e^{-j(2n-1)\pi t} - e^{-j(2n+1)\pi t}] dt$$

$$= \frac{A}{2j} \left[\frac{e^{-j(2n-1)\pi t}}{-j(2n-1)\pi} - \frac{e^{-j(2n+1)\pi t}}{-j(2n+1)\pi} \right] = -\frac{2A}{(4n^2 - 1)\pi}$$

Ở đây ta đã sử dụng: $e^{\pm j2\pi n} = 1$ và $e^{j\pi} = e^{-j\pi}$

Vậy hàm $f(t)$ đã được khai triển thành chuỗi Fourier phức dạng:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} -\frac{2A}{(4n^2 - 1)\pi} e^{j2\pi n t}$$

- 5.2. a) Theo yêu cầu của bài toán, ta tìm khai triển dòng điện $i(t)$ dưới dạng các tín hiệu sin phức:

$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_n e^{j\omega n t}$$

Trong đó hệ số khai triển C_n được xác định theo công thức:

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) e^{-j\omega n t} dt$$

Từ đồ thị ta thấy dòng điện tuần hoàn với chu kỳ $T = 2$ trong khoảng từ $-1 < t < 1$, nên:

$$T = 2 \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \pi$$

Thay biểu thức của $i(t)$ và các giá trị T và ω vào để tính C_n :

$$C_n = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 e^{-3t} e^{-j\pi n t} dt = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 e^{-(j\pi n + 3)t} dt = -\frac{1}{2(j\pi n + 3)} e^{-(j\pi n + 3)t} \Big|_{-1}^1 =$$

$$= -\frac{1}{2(j\pi n + 3)} e^{-(j\pi n + 3)} + \frac{1}{2(j\pi n + 3)} e^{(j\pi n + 3)} = \frac{(e^3 - e^{-3})}{2(j\pi n + 3)} e^{jn\pi} =$$

$$\frac{(e^3 - e^{-3})}{2(j\pi n + 3)} e^{jn\pi} = \frac{(e^3 - e^{-3})}{2(j\pi n + 3)} (e^{j\pi})^n = \frac{(-1)^n (e^3 - e^{-3})}{2(j\pi n + 3)}, n: -\infty \text{ đến } +\infty$$

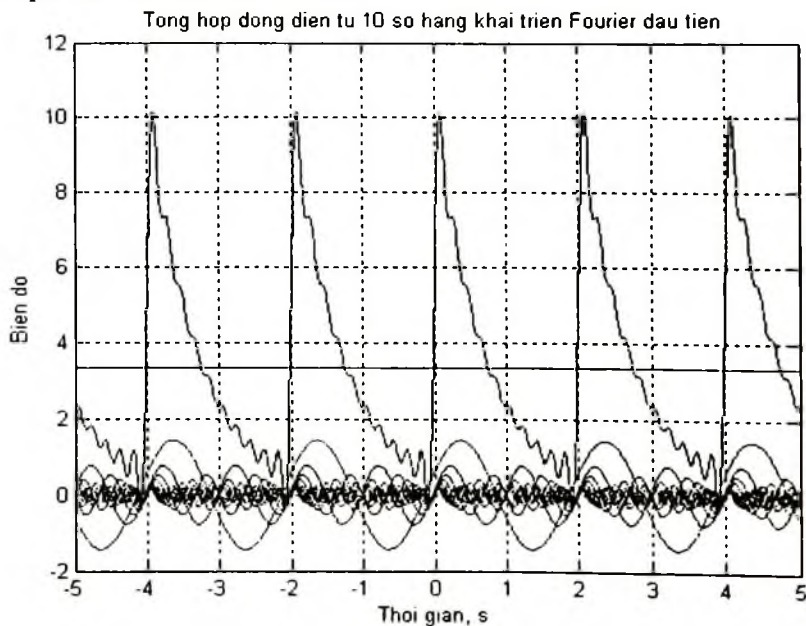
Vậy:
$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^n (e^3 - e^{-3})}{(3 + jn\pi)} e^{jn\pi t}$$

- b) Tổng hợp dòng điện $i(t)$ từ 10 số hạng đầu tiên; có nghĩa là ta phải cộng 20 số hạng đầu tiên trong khai triển Fourier để thu được dòng điện $i(t)$;

$$i(t) = \sum_{n=-10}^{+10} \frac{(-1)^n (e^3 - e^{-3})}{(3 + jn\pi)} e^{jn\pi t}$$

Chương trình MATLAB tính tổng 10 số hạng đầu tiên này:

```
tn=0.001;
N=10.0/tn+1;
Co=exp(3)-exp(-3);
for n=-10:10;
for m=1:N;
i1(n+11,m)=((0.5*Co*((-1)^n))/(3+j*2*n*pi))*(exp(j*pi*n*tn*(m-1)));
end
end
for m=1:N;
i2(:,m);
i3(m)=sum(i2);
end
i=i3'
t=-5.0:0.001:5.0;
plot(t,i);grid
xlabel('Thoi gian, s')
ylabel('Bien do ')
title('Tong hop dong dien tu 10 so hang khai trien Fourier dau tien')
Kết quả cho trên hình BG 5.2.
```



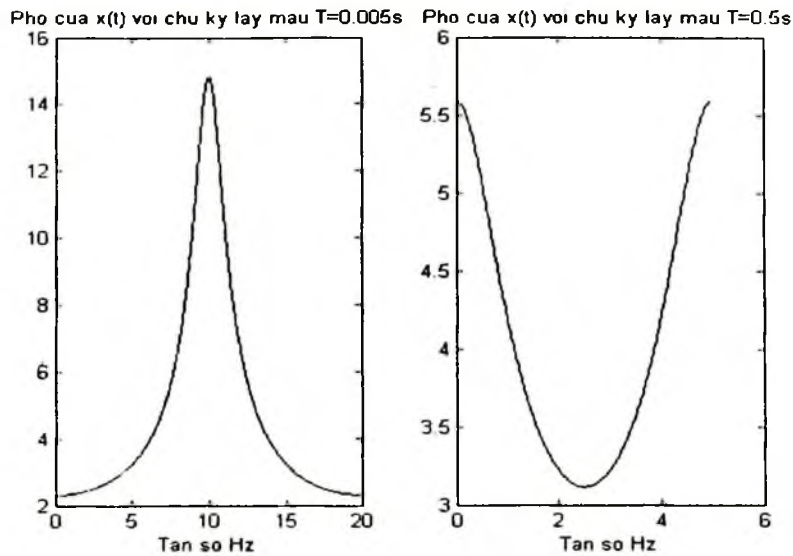
Hình BG 5.2.

5.3.

$$x(t) = 4e^{-2t} \left[\frac{e^{j20\pi t} + e^{-j20\pi t}}{2} \right] u(t)$$

Do vậy
$$X(f) = \frac{2}{2 + j2\pi(f - 10)} + \frac{2}{2 + j2\pi(f + 10)}$$

Phổ này cho trong hình BG 5.3:



Hình BG 5.3

Từ hình vẽ ta thấy phổ tín hiệu $x(t)$ trong hai trường hợp khác nhau vì trường hợp với $T = 0,2s$ có hiện tượng chồng phổ xảy ra ; có nghĩa là điều kiện lấy mẫu không thoả mãn nên xảy ra hiện tượng chồng phổ.

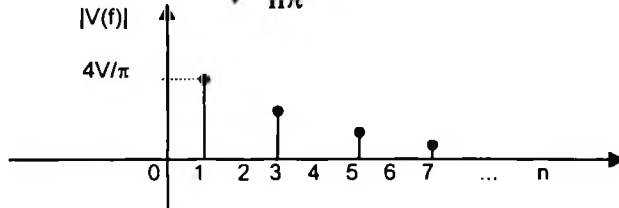
5.4. Vì $v(t)$ là hàm lẻ nên chuỗi Fourier của nó chỉ có các thành phần sin. Các hệ số khai triển thu được từ:

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} V \sin n\omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} (-V) \sin n\omega t d(\omega t) \right] \\ &= \frac{V}{\pi} \left\{ \left[-\frac{1}{n} \cos n\omega t \right]_0^{\pi} + \left[\frac{1}{n} \cos n\omega t \right]_{\pi}^{2\pi} \right\} \\ &= \frac{2V}{n\pi} [1 - \cos n\pi] = \begin{cases} \frac{4V}{n\pi} : & n = 1,3,5,\dots \\ 0 : & n = 2,4,6,8,\dots \end{cases} \end{aligned}$$

Do vậy chuỗi của tín hiệu xung vuông nói trên là:

$$v(t) = \frac{4V}{\pi} \sin \omega t + \frac{4V}{3\pi} \sin 3\omega t + \frac{4V}{5\pi} \sin 5\omega t + \dots$$

Phổ biên độ có các tia là $\frac{4V}{n\pi}$, $n = 1, 3, 5, 7, \dots$ như trên hình BG 5.4.



Hình BG 5.4.

5.5. Tín hiệu này là một hàm chẵn, nên chuỗi Fourier của nó chỉ có thành phần cos. Vì vậy hệ số khai triển chỉ có a_n khác không.

Tín hiệu trên được biểu diễn dưới dạng:

$$v(t) = \begin{cases} V + \frac{V}{\pi} \omega t, & -\pi < \omega t < 0 \\ V - \frac{V}{\pi} \omega t, & 0 < \omega t < \pi \end{cases}$$

$$\text{Vậy } a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^0 \left[V + \frac{V}{\pi} \omega t \right] \cos n\omega t d(\omega t) + \int_0^{\pi} \left[V - \frac{V}{\pi} \omega t \right] \cos n\omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \cos n\omega t d(\omega t) + \int_{-\pi}^0 \left[\frac{\omega t}{\pi} \right] \cos n\omega t d(\omega t) - \int_0^{\pi} \frac{\omega t}{\pi} \cos n\omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{V}{\pi^2} = \left\{ \left[\frac{1}{n^2} \cos n\omega t + \frac{\omega t}{\pi} \sin n\omega t \right]_{-\pi}^0 - \left[\frac{1}{n} \cos n\omega t - \frac{\omega t}{\pi} \sin n\omega t \right]_0^{\pi} \right\}$$

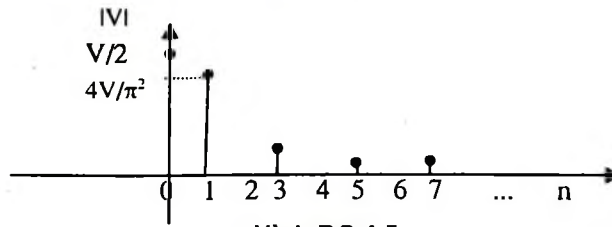
$$= \frac{V}{n^2 \pi^2} [\cos 0 - \cos(-n\pi) - \cos(n\pi) + \cos 0] = \frac{2V}{n^2 \pi^2} (1 - \cos n\pi)$$

$$a_n = \begin{cases} 0, & \text{khi } n = 2, 4, 6, \dots \\ \frac{4V}{n^2 \pi^2}, & \text{khi } n = 1, 3, 5, \dots; a_0 = V \end{cases}$$

Vậy chuỗi Fourier của $v(t)$ là:

$$v(t) = \frac{V}{2} + \frac{4V}{\pi^2} \cos \omega t + \frac{4V}{(3\pi)^2} \cos 3\omega t + \frac{4V}{(5\pi)^2} \cos 5\omega t + \dots$$

Phổ biên độ giảm rất nhanh với chỉ số n như trên hình BG 4.5.



Hình BG 4.5.

- 5.6. Tín hiệu này là một hàm lẻ, nên chuỗi Fourier của nó chỉ có thành phần $\cos$. Vì vậy hệ số khai triển chỉ có b_n khác không.

$$v(t) = \frac{V}{\pi} \omega t, \quad -\pi < \omega t < \pi$$

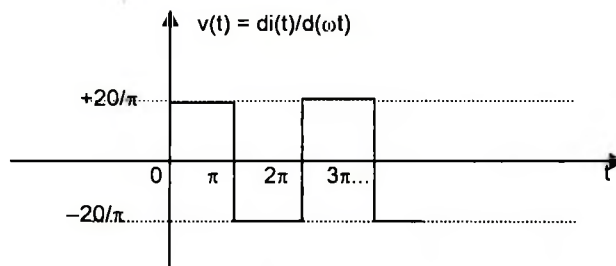
$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{V}{\pi} \omega t \sin n\omega t d(\omega t) = \frac{V}{\pi^2} \left[\frac{1}{n^2} \sin n\omega t - \frac{\omega t}{n} \cos n\omega t \right]_{-\pi}^{\pi} \\ &= -\frac{2V}{n\pi} \cos n\pi = -\frac{2V}{n\pi} (-1)^n \end{aligned}$$

Vậy chuỗi Fourier của xung răng cưa nói trên có dạng:

$$v(t) = \frac{2V}{\pi} \left[\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t - \frac{1}{4} \sin 4\omega t + \dots \right]$$

Phổ biên độ giảm theo $1/n$.

- 5.7. Lấy đạo hàm bậc nhất của $i(t)$ sẽ cho dạng sóng trên hình BG 5.7.



Hình BG 5.7.

Sóng này giống hệt sóng cho trong bài 5.3. Vậy chỉ cần thay biên độ cực đại $V = 20/\pi$ là được khai triển của sóng này:

$$\frac{di(t)}{d(\omega t)} = -\frac{80}{\pi^2} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots \right)$$

Vậy khai triển Fourier của thế ở hai đầu cuộn cảm:

$$v_L(t) = L\omega \frac{di(t)}{d(\omega t)} = -\frac{400}{\pi^2} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots \right) (V)$$

5.8. Tín hiệu là hàm chẵn nên chuỗi Fourier chỉ có thành phần cos:

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} V d(\omega t) = \frac{V}{3}$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} V \cos n\omega t d(\omega t) = \frac{2V}{n\pi} \sin \frac{n\pi}{6}$$

Do vậy chuỗi Fourier:

$$v(t) = \frac{V}{6} + \frac{2V}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{n\pi}{6}\right) \cos n\omega t$$

Phổ của tín hiệu này được vẽ trên hình BG 5.8 dùng chương trình MATLAB:

N=20;

n=linspace(-N,N,2*N+1);

an=abs(((2/pi)./n).*sin((pi/6).*n));%(2/(pi.*n)).*sin((pi/6).*n));

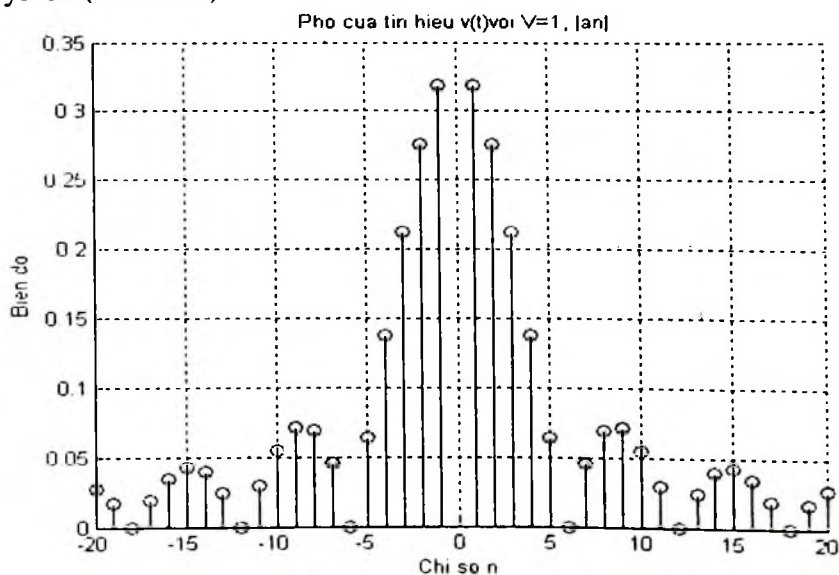
a(N+1)=1/3;

stem(n,an);grid

Title('Pho cua tin hieu v(t)voi V=1, |an|')

xlabel('Chi so n')

ylabel('Bien do')



Hình BG 5.8.

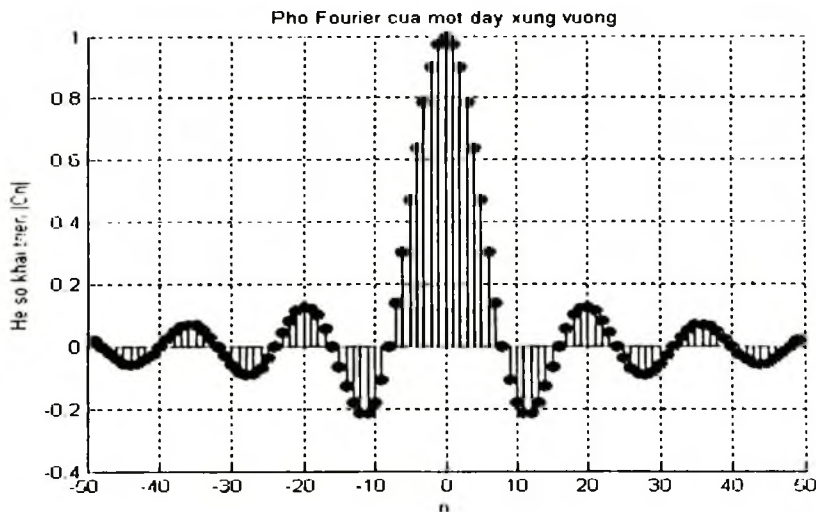
5.9. Tín hiệu $V(t)$ có thể khai triển thành chuỗi Fourier phức dạng:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{j\frac{2\pi}{T}nt}$$

Trong đó, hệ số khai triển C_n được xác định từ biểu thức:

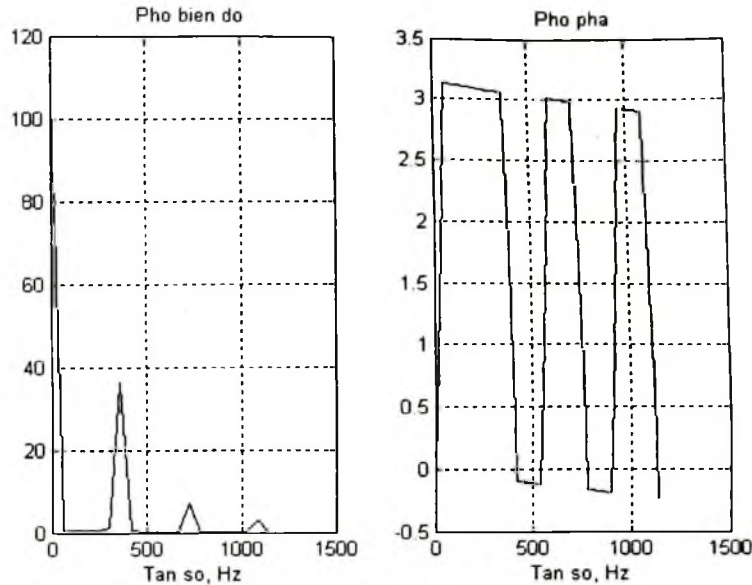
$$\begin{aligned} C_n &= \frac{A}{T} \int_{-\Delta/2}^{\Delta/2} e^{-j\frac{2\pi}{T}nt} dt = \frac{A}{T} \frac{e^{-j\frac{2\pi}{T}nt}}{-jn\frac{2\pi}{T}} \bigg|_{-\Delta/2}^{\Delta/2} \\ &= \frac{A}{T} \frac{e^{j\frac{\pi}{T}n\Delta} - e^{-j\frac{\pi}{T}n\Delta}}{jn\frac{2\pi}{T}} = \frac{A}{n\pi} \frac{e^{j\frac{\pi}{T}n\Delta} - e^{-j\frac{\pi}{T}n\Delta}}{2j} = \frac{A}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi\Delta}{T}\right) \\ C_n &= \frac{A\Delta}{T} \frac{\sin\left(\frac{n\pi\Delta}{T}\right)}{\frac{n\pi\Delta}{T}} \end{aligned}$$

Hình BG 5.9 là phổ Fourier của một dãy xung vuông có chu kỳ $T = 4s$; độ rộng $\Delta = T/8$ và biên độ $A = 8$.



Hình BG 5.9.

5.10. Phổ biên độ và phổ pha của hệ số C_n cho trên hình BG 5.10.



Hình BG 5.10.

5.11. Từ đồ thị ta có thể biểu thị tín hiệu thế $v(t)$ tuần hoàn với chu kỳ $T = 8s$ như sau:

$$v(t) = \begin{cases} 2, & -1 < t < 1 \\ -1, & -2 < t < -1; 1 < t < 2 \end{cases}$$

Tín hiệu $v(t)$ có chu kỳ $T = 8$; nên $\omega = 2\pi/8 = \pi/4$ và là hàm chẵn đối với t , nên chuỗi Fourier của nó chỉ có thành phần $\cos \omega t$. Các hệ số a_n được xác định từ công thức:

$$a_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} v(t) \cos n\omega t dt = \frac{4}{8} \left[\int_0^1 2 \cos \frac{n\pi}{4} t dt - \int_1^2 \cos \frac{n\pi}{4} t dt \right] =$$

$$a_n = \frac{2}{n\pi} \left[3 \sin \frac{n\pi}{4} - \sin \frac{n\pi}{2} \right], n = 1, 2, \dots$$

$$a_0 = \frac{2 \times 2 - 2(1 \times 1)}{T} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} \text{ chính là giá trị trung bình của tín hiệu } v(t).$$

$$\text{Do đó: } v(t) = \frac{1}{4} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n\pi} \left[3 \sin \frac{n\pi}{4} - \sin \frac{n\pi}{2} \right] \cos \frac{n\pi}{4} t$$

Ta cũng có thể phân tích $v(t)$ thành chuỗi Fourier dạng sin phức:

$$v(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{jn\omega t} + \sum_{n=-1}^{-\infty} C_{-n} e^{-jn\omega t}$$

Trong đó C_0 chính là giá trị trung bình của $v(t)$. Từ đồ thị ta tính ngay được giá trị của $C_0 = \frac{2 \times 2 - 2(1 \times 1)}{8} = \frac{1}{4} = a_0$;

$$C_n = \frac{1}{8} \int_{-2}^2 v(t) e^{-jn\omega t} dt = \frac{1}{8} \left[\int_{-2}^{-1} (-1) e^{-jn\omega t} dt + \int_{-1}^1 (2) e^{-jn\omega t} dt + \int_1^2 (-1) e^{-jn\omega t} dt \right]$$

$$= \frac{1}{8} \left[\left. \frac{e^{-jn\frac{\pi}{4}t}}{jn\pi/4} \right|_{-2}^{-1} - 2 \left. \frac{e^{-jn\frac{\pi}{4}t}}{jn\pi/4} \right|_{-1}^1 + \left. \frac{e^{-jn\frac{\pi}{4}t}}{jn\pi/4} \right|_{-2}^{-1} \right]$$

$$C_n = \frac{-j}{2n\pi} \left[(e^{\frac{jn\pi}{4}} - e^{\frac{jn\pi}{2}}) - 2(e^{-\frac{jn\pi}{4}} - e^{\frac{jn\pi}{4}}) + (e^{-\frac{jn\pi}{2}} - e^{-\frac{jn\pi}{4}}) \right]$$

Tương tự ta tính C_{-n} theo công thức:

$$C_{-n} = \frac{1}{8} \int_{-2}^2 v(t) e^{jn\omega t} dt = \frac{1}{8} \left[\int_{-2}^{-1} (-1) e^{jn\omega t} dt + \int_{-1}^1 (2) e^{jn\omega t} dt + \int_1^2 (-1) e^{jn\omega t} dt \right]$$

$$= \frac{1}{8} \left[\left. \frac{e^{jn\frac{\pi}{4}t}}{jn\pi/4} \right|_{-2}^{-1} + 2 \left. \frac{e^{jn\frac{\pi}{4}t}}{jn\pi/4} \right|_{-1}^1 - \left. \frac{e^{jn\frac{\pi}{4}t}}{jn\pi/4} \right|_{-2}^{-1} \right]$$

$$C_{-n} = \frac{j}{2n\pi} \left[(e^{-\frac{jn\pi}{4}} - e^{-\frac{jn\pi}{2}}) - 2(e^{\frac{jn\pi}{4}} - e^{\frac{jn\pi}{4}}) + (e^{\frac{jn\pi}{2}} - e^{\frac{jn\pi}{4}}) \right] = -C_n$$

5.12. Trước hết, ta phải tính trở kháng tương đương của các thành phần tần số có trong thế $v(t)$, sau đó tính cường độ dòng điện tương ứng.

Ta thấy trong thế có 3 thành phần tần số là:

– Thành phần một chiều $\omega = 0$: $Z_0 = R = 5\Omega$.

Vậy:
$$I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{100}{5} = 20A$$

– Thành phần tần số $\omega_1 = 500 \text{ rad/s}$:

$$Z_1 = 5 + j500(20 \cdot 10^{-3}) = 5 + j10 = 11,15e^{j63,4} \Omega.$$

Vậy:
$$i_1(t) = \frac{V_{1m}}{Z_1} \sin(500t - \theta_1) = \frac{50}{11,15} \sin(500t - 63,4^\circ)$$

$$i_1(t) = 4,48 \sin(500t - 63,4^0) \text{ (A)}$$

– Thành phần tần số $\omega_2 = 1500 \text{ rad/s}$:

$$Z_2 = 5 + j1500(20 \cdot 10^{-3}) = 5 + j30 = 30,4e^{j80,54} \Omega.$$

$$\text{Vậy: } i_2(t) = \frac{V_{2m}}{Z_2} \sin(500t - \theta_1) = \frac{25}{30,4} \sin(1500t - 80,54^0) \text{ (A)}$$

$$i_2(t) = 0,823 \sin(1500t - 80,54^0) \text{ (A)}$$

Từ đó ta tính được cường độ dòng điện hiệu dụng:

$$I_{hd} = \sqrt{20^2 + \frac{1}{2}(4,48)^2 + \frac{1}{2}(0,823)^2} = \sqrt{410,6} \approx 20,25 \text{ A}$$

Công suất tiêu tán trong điện trở R là:

$$P = RI_{hd}^2 = (410,6) \times 5 = 2053 \text{ W}$$

Công suất này đúng bằng công suất do từng thành phần tần số tỏa ra trên R:

$$P_0 = V_0 I_0 = 100 \times 20 = 2000 \text{ W}$$

$$P_1 = (1/2)V_1 I_1 \cos \theta_1 = (1/2) \times 50 \times 4,48 \times \cos(63,4^0) = 50,2 \text{ W}$$

$$P_2 = (1/2)V_2 I_2 \cos \theta_2 = (1/2) \times 25 \times 0,823 \times \cos(80,54^0) = 1,69 \text{ W}$$

Vậy công suất trung bình:

$$P = P_0 + P_1 + P_2 = 2000 \text{ W} + 50,1 \text{ W} + 1,69 \text{ W} = 2052 \text{ W}.$$

Ta có thể tính công suất tỏa ra trên R bằng tích của thế hiệu dụng và dòng hiệu dụng ở hai đầu R như sau:

Hiệu thế hai đầu điện trở R là:

$$v_R(t) = Ri(t) = 100 + 22,4 \sin(500t - 63,4^0) + 4,11 \sin(1500t - 80,54^0)$$

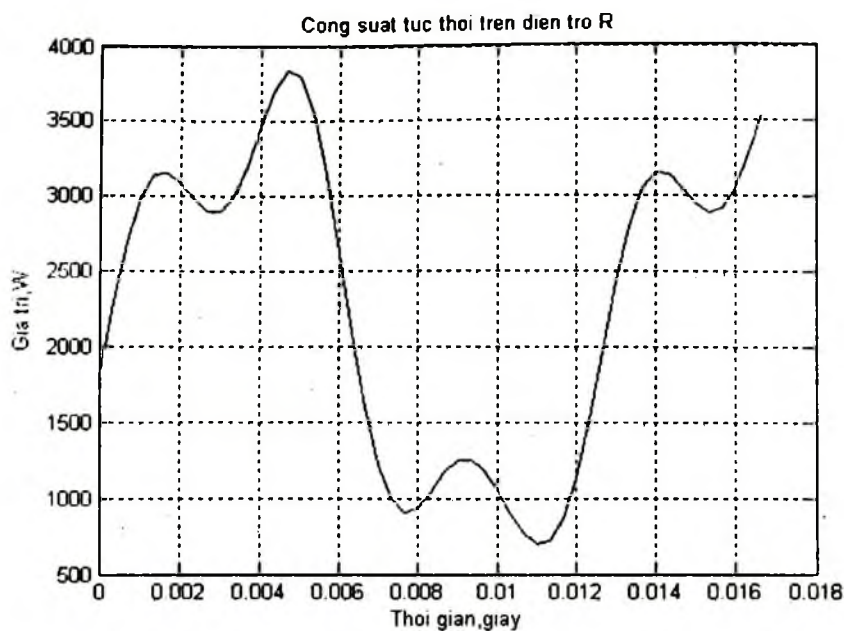
Do đó thế hiệu dụng:

$$V_{hd} = \sqrt{100^2 + \frac{1}{2}(22,4)^2 + \frac{1}{2}(4,11)^2} = \sqrt{10259} = 101,3 \text{ (V)}$$

Công suất tỏa ra trên R là:

$$P = \frac{V_{hd}^2}{R} = \frac{10259}{5} = 2052 \text{ W}$$

Công suất tức thời tỏa ra trên điện trở R được cho trên hình BG 5.12.

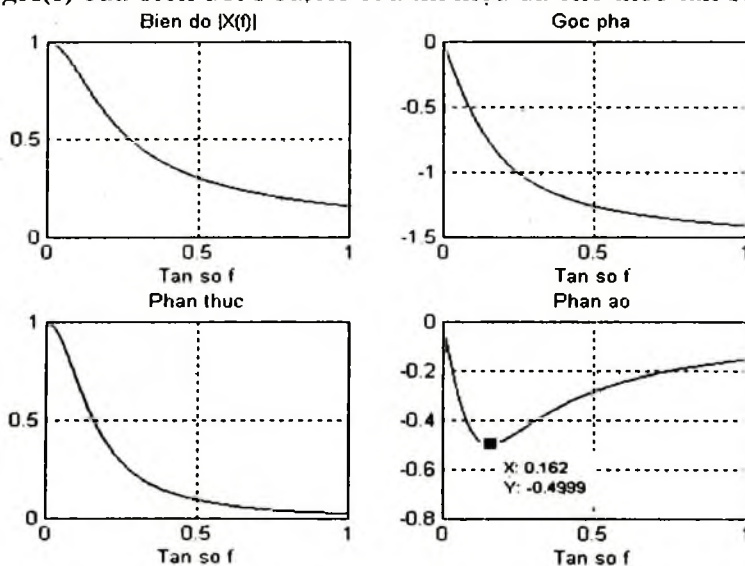


5.13. Biên độ:

$$|X(f)| = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + 4\pi^2 f^2}}$$

và pha: $\Phi(f) = -\tan^{-1} \frac{2\pi f}{\alpha}$

Hình BG 5.13 vẽ biên độ $|X(f)|$, pha $\Phi(f)$, phần thực $\text{Re}X(f)$ và phần ảo $\text{Imag}X(f)$ của biến đổi Fourier của tín hiệu đã cho theo tần số f với $\alpha=1$.



5.14. Ta biểu diễn $x(t) = x_1(t) - x_2(t)$ với: $x_1(t) = e^{-\alpha} u(t)$; $x_2(t) = e^{\alpha} u(-t)$

Do đó:

$$X_1(f) = \frac{1}{\alpha + j2\pi f}; \quad X_2(f) = \frac{1}{\alpha - j2\pi f}$$

Vậy:
$$X(f) = X_1(f) - X_2(f) = \frac{-j4\pi f}{\alpha^2 + 4\pi^2 f^2}$$

Từ đó tìm được mật độ phổ năng lượng của tín hiệu:

$$|X(f)|^2 = \frac{16\pi^2 f^2}{(\alpha^2 + 4\pi^2 f^2)^2}$$

5.15. a) dòng điện $i(t) = 2 - 4\cos(2t)$ gồm hai thành phần: thành phần 1 chiều $i_0 = 2$ và thành phần xoay chiều $i_1 = 4\cos(2t)$. i_0 có giá trị hiệu dụng là $2A$, i_1 có giá trị hiệu dụng là $\frac{4}{\sqrt{2}}$. Vậy giá trị hiệu dụng của dòng điện $i(t)$ là:

$$I_{rms} = \sqrt{(2)^2 + \left(\frac{4}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}A$$

b) Dòng $i(t)$ được biểu diễn dưới dạng phức:

$$\begin{aligned} i(t) &= 3\cos(\pi t - 90^\circ) + 2\cos(\pi t) = 3\angle -90^\circ + 2\angle 0^\circ \\ &= 2 - j3 = \sqrt{13}\angle -56,31^\circ A \end{aligned}$$

Vậy:
$$I_{rms} = \frac{\sqrt{13}}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{13}{2}} = 2,55A$$

c)
$$\begin{aligned} i(t) &= 2\cos(2t) + 4\cos(2t + 45^\circ) + 7\cos(2t - 90^\circ) = \\ &= 2\angle 0^\circ + 4\angle 45^\circ + 7\angle -90^\circ = 2 + 4\sqrt{2} + j4\sqrt{2} - j7 = \\ &= 7,8\angle -0,2^\circ A \end{aligned}$$

Vậy giá trị hiệu dụng của dòng điện này là:

$$I_{rms} = \frac{7,8}{\sqrt{2}} = 5,5A$$

5.16. a) Thế $v(t) = 1 + \cos(\omega t)$ gồm thành phần 1 chiều $v_0 = 1$. Giá trị hiệu dụng của $v_{0rms} = 1$; thành phần xoay chiều $v_1(t) = \cos(\omega t)$ có giá trị hiệu dụng là:

$$V_{1rms} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Vậy giá trị hiệu dụng của $v(t)$ là:

$$V_{rms} = \sqrt{(1)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2} = 1,225V$$

b) $v(t) = A \sin(\omega t)$ ta tính trực tiếp giá trị hiệu dụng của hàm thế này, dựa vào công thức:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

$$\text{Vậy: } V_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} (A \sin \omega t)^2 dt = \frac{A^2}{2T} \int_0^{T/2} (1 - \cos 2\omega t) dt = \frac{A^2}{4}$$

$$\text{Hay: } V_{rms} = \sqrt{\frac{A^2}{4}} = \frac{A}{2}$$

c) Hàm thế này tuần hoàn với chu kỳ $T = 0,3s$, nên giá trị hiệu dụng tính được theo công thức:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

$$\Rightarrow V_{rms}^2 = \frac{1}{0,3} \left[\int_0^{0,1} (30t)^2 dt + \int_{0,1}^{0,2} [(30(0,2-t))]^2 dt \right] =$$

$$= \frac{(30)^2}{0,3} \left[\int_0^{0,1} (t)^2 dt + \int_{0,1}^{0,2} (0,2-t)^2 dt \right] =$$

$$= \frac{(30)^2}{0,3} \left[\frac{t^3}{3} \Big|_0^{0,1} + \frac{(0,2-t)^3}{3} \Big|_{0,1}^{0,2} \right] = \frac{(30)^2}{0,3} \left[\frac{0,001}{3} + \frac{0,001}{3} \right] = 2V^2$$

$$\text{Vậy: } V_{rms} = \sqrt{2} \cdot V$$

Chương 6

MẠCH ĐIỆN TRONG CHẾ ĐỘ ĐIỀU HÒA AC VỚI TẦN SỐ THAY ĐỔI

ĐỀ BÀI

6.1. Xác định góc lệch pha giữa thế $v_1(t)$ với các dòng điện $i_1(t)$ và $i_2(t)$ sau đây:

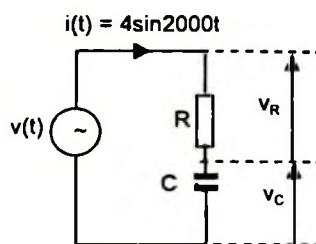
$$v_1(t) = 4\sin(377t + 25^\circ)\text{V};$$

$$i_1(t) = 0,05\cos(377t - 20^\circ)\text{A};$$

$$i_2(t) = -0,5\sin(377t + 45^\circ)\text{A};$$

6.2. Cho mạch điện RC nối tiếp như trên hình B 6.2, với $R = 120\Omega$; $C = 10\mu\text{F}$. Tính thế nguồn V , sụt thế trên R và trên C . Biết dòng điện chạy trong mạch:

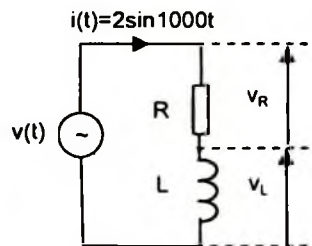
$$i(t) = 4\sin 2000t\text{A}.$$



Sơ đồ mạch điện

Hình B 6.2.

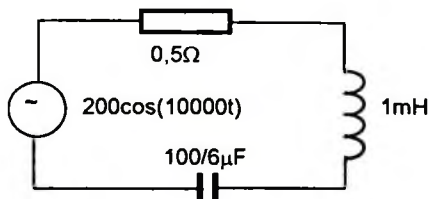
6.3. Mạch điện RL nối tiếp với $R = 30\Omega$; $L = 40\text{mH}$ (hình B 6.3). Tính thế nguồn V , sụt thế trên R và trên L và vẽ giản đồ pha của mạch điện. Biết rằng dòng điện chạy trong mạch $i(t) = 2\sin(1000t)\text{A}$.



Sơ đồ mạch điện trên lĩnh vực thời gian

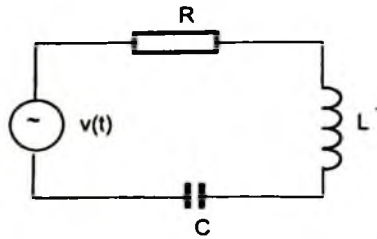
Hình B 6.3.

6.4. Cho mạch điện như trên hình B 6.4
a) Xác định tổng trở Z của mạch điện.
b) Tính dòng điện I chạy trong mạch.



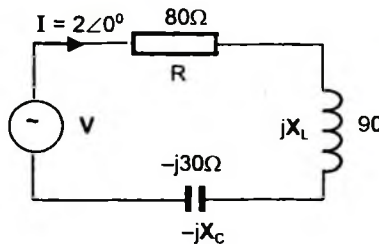
Hình B 6.4

6.5. Xác định độ dẫn điện của mạch RLC nối tiếp cho trên hình B 6.5. Viết chương trình MATLAB vẽ sự thay đổi của độ dẫn điện và góc pha của nó theo tần số góc ω , với ba giá trị khác nhau của điện trở R là $0,5\Omega$; 1Ω và 3Ω ; tụ $C = 7.96e-7\mu\text{F}$ và $L = 12.73e-4\text{H}$.



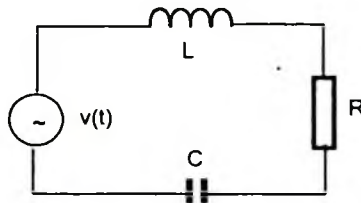
Hình B 6.5.

- 6.6. Trong mạch điện hình B 6.6, dòng điện $I = 2\angle 0^\circ$ A; $R = 80\Omega$; $jX_L = j90\Omega$ và $-jX_C = -j30\Omega$. Hãy xác định sụt thế trên mỗi phần tử và thế tổng cộng. Vẽ giản đồ pha của mạch điện.



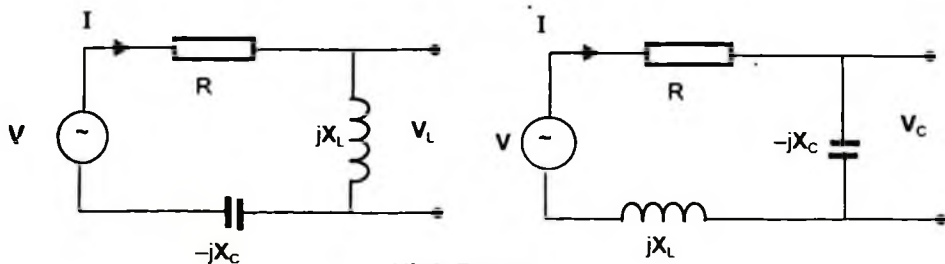
Hình B 6.6.

- 6.7. Tìm đáp ứng tần số của mạch LRC nối tiếp, thế lối ra lấy trên điện trở R như trên hình B 6.7.



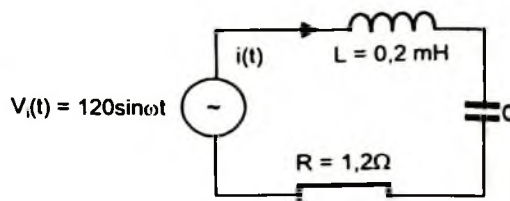
Hình B 6.7.

- 6.8. Tìm đáp ứng tần số của mạch LRC nối tiếp, thế lối ra lấy trên tụ C và trên cuộn cảm L như trên hình B 6.8. Vẽ đáp ứng biên độ và đáp ứng pha với $R = 100\Omega$; $C = 7.96e-7$; $L = 12.73e-4$.



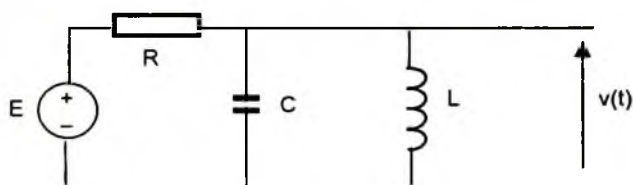
Hình B 6.8.

- 6.9. Tìm tần số cộng hưởng ω_0 , độ phẩm chất Q và các hiệu thế trên điện trở R , trên cuộn cảm L và trên tụ C của mạch RLC nối tiếp với các thông số cho trên hình B 6.9. Biết rằng trở kháng của cuộn cảm L là $z_L = jX_L = j10\Omega$.



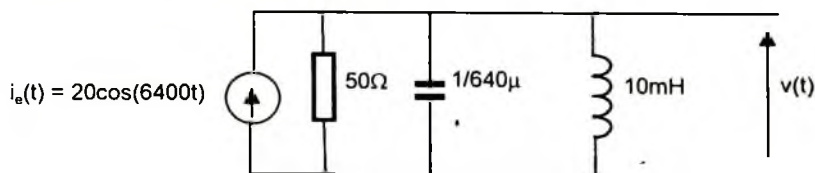
Hình B 6.9.

- 6.10. Tìm các dòng điện $i(t)$, $i_R(t)$ và $i_C(t)$ trong mạch RC ghép song song. Nếu $v(t) = 100\sin 2000t$ V; $R = 50\Omega$; $C = 20\mu\text{F}$.
- 6.11. Tìm đáp ứng tần số của mạch điện cho trong hình B 6.11.



Hình B 6.11.

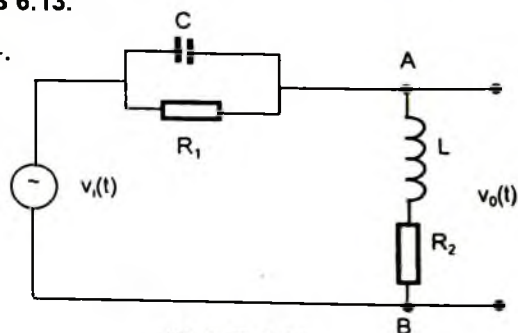
- 6.12. Thế $v(t) = 400\sin 1000t$ V trong mạch điện RLC ghép song song với $R = 100\Omega$; $L = 0,2\text{H}$; $C = 20\mu\text{F}$. Xác định các dòng điện trong mạch chính và các mạch rẽ.
- 6.13. Cho mạch điện như trên hình B 6.13.
- Xác định Y của toàn mạch điện;
 - Tính điện thế $v(t)$ ở lối ra.



Hình B 6.13.

- 6.14. Cho mạch điện như trên hình B 6.14.

- Tìm tổng trở Z của toàn bộ mạch.
- Gọi $V_0(t)$ là hiệu điện thế giữa hai điểm A và B, tìm hiệu điện thế phức V_0 đó nếu thế lối vào $v_i(t)$ đã cho.
- Tìm đáp ứng tần số của mạch điện đó. Vẽ giản đồ Bode của mạch điện này.



Hình B 6.14.

6.15. Tìm trở kháng phức của mạch điện cho trên hình B 6.15 theo $j\omega$.

6.16. Một hệ thống có đáp ứng tần số:

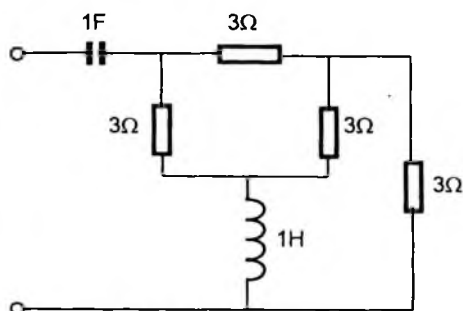
$$H(j\omega) = \frac{10(j\omega + 1)}{j\omega(j\omega + 10)}$$

Viết chương trình MATLAB vẽ đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của hệ thống nói trên, khi ω thay đổi từ 0,01 đến 1000 rad/s.

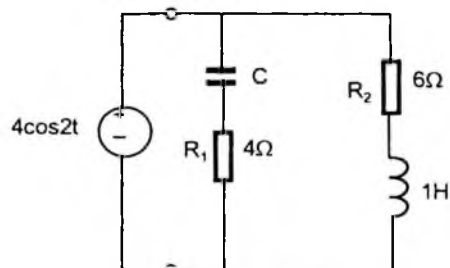
6.17. Xác định giá trị của tụ điện C tại tần số cộng hưởng trong mạch điện cho trong hình B 6.17.

6.18. Xác định tần số cộng hưởng trong mạch điện cho trong hình B 6.18.

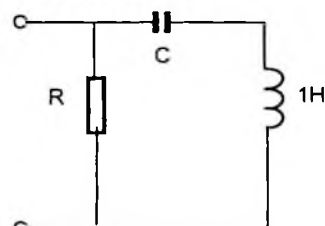
6.19. Xác định và vẽ đáp ứng biên độ của đáp ứng tần số của mạch điện cho trong hình B 6.19 và cho biết đó là bộ lọc loại gì?



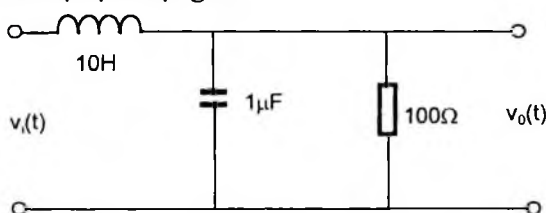
Hình B 6.15.



Hình B 6.17.



Hình B 6.18.



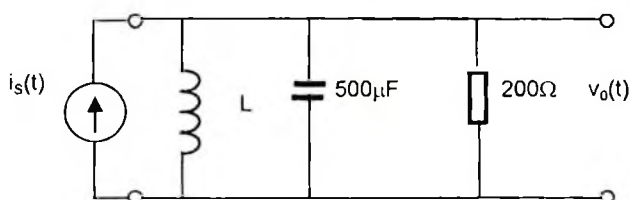
Hình B 6.19.

6.20. Cho mạch cộng hưởng song song như trong hình B 6.20. Nguồn dòng lỗi vào:

$$i_s(t) = \cos 1000t + \cos 1500t \text{ A.}$$

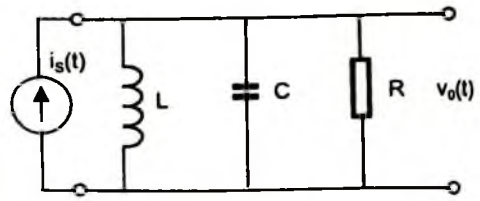
a) Nếu $\omega_0 = 1000 \text{ rad/s}$, $R = 200\Omega$ và $C = 500\mu\text{F}$, tính L, Q, B_w .

b) Tính thế lỗi ra $v_o(t)$ tại hai tần số lỗi vào đã cho.



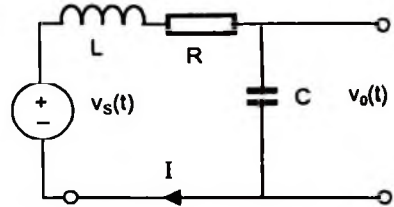
Hình B 6.20.

- 6.21. Tìm đáp ứng tần số của mạch RLC ghép song song với nhau như trên sơ đồ hình B 6.21. Viết chương trình MATLAB vẽ đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của mạch điện đó với 3 giá trị khác nhau của R là $R = 300\Omega$, 500Ω và 1000Ω và với $C = 7.96e-7\text{ F}$; $L = 12.73e-4\text{ H}$.



Hình B 6.21.

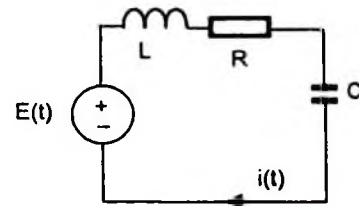
- 6.22. Cho mạch cộng hưởng nối tiếp như trong hình B 6.22. Nguồn dòng lỗi vào $v_s(t) = 36\cos(\omega t + 45^\circ)\text{V}$. Dòng điện I có biên độ 12A .



Hình B 6.22.

- a) Nếu $\omega_0 = 1000\text{rad/s}$, $R = 200\Omega$ và $L = 10\text{mH}$, tính C , Q , B_w .
b) Tính thế lỗi ra $v_o(t)$ tại tần số cộng hưởng ω_0 .

- 6.23. Tính $I(t)$ đối với $E(t) = E\cos(\omega t + \varphi_0)$ của mạch điện trong hình B 6.23. Áp dụng bằng số:

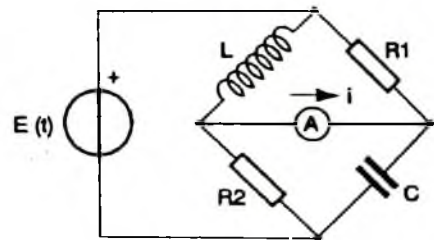


Hình B 6.23.

$E = 1\text{V}$; $L = 1\text{mH}$; $C = 200\text{nF}$;
 $R = 100\Omega$; $f = 15.915\text{Hz}$ và $\varphi_0 = 0$.

Tính công suất trung bình tiêu tán trong mạch.

- 6.24. Thế $E(t)$ trong mạch điện hình B 6.24 có dạng: $E(t) = E\cos(\omega t + \varphi_0)$



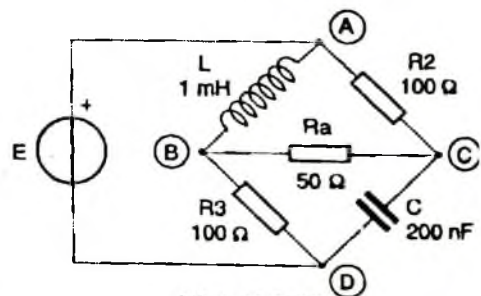
Hình B 6.24.

Nếu dòng i bằng không hãy tìm hệ thức giữa L và C .

Biết C , chứng tỏ rằng ảnh hưởng của R_1 và R_2 đến phép đo L .

Trở kháng của Ampe kế là R_a .

- 6.25. Sơ đồ hình B 6.25 là một cầu Wheastone. Tính điện thế tại điểm B và C. Biết rằng nguồn thế $E = 1\angle 0^\circ\text{V}$, xoay chiều với tần số $f = 15.91\text{Hz}$.

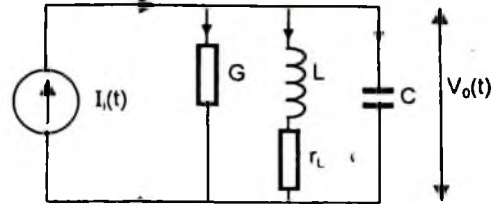


Hình B 6.25.

- 6.26. Viết chương trình MATLAB vẽ giản đồ Bode của đáp ứng biên độ và pha của mạch điện có đáp ứng tần số:

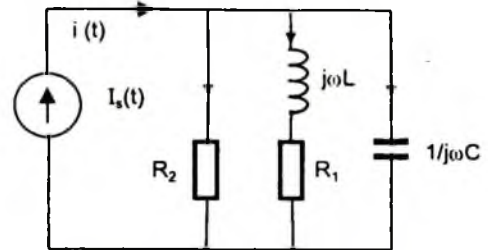
$$H(\omega) = 100 \frac{1 + j\frac{\omega}{10}}{\left(1 + j\frac{\omega}{100}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{1000}\right)}$$

- 6.27. Tìm và vẽ đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của mạch cộng hưởng song song trong thực tế với độ dẫn $G = 10^{-4} \Omega^{-1}$ và $r_L = 1 \Omega$; $C = 10 \mu F$; $L = 100 mH$ như trong hình B 6.27.



Hình B 6.27.

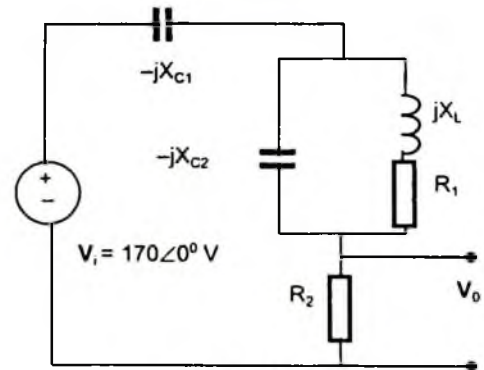
- 6.28. Tìm tần số cộng hưởng, thế lối ra $v_o(t)$ và vẽ đường cong cộng hưởng của mạch cộng hưởng song song trong hình B 6.28 với: $R_1 = 1 \Omega$; $C = 10 \mu F$; $L = 100 mH$ và $R_2 = 100 k\Omega$; khi nguồn dòng $i_s(t) = 20 \cos(377t + 120^\circ) A$.



Hình B 6.28. Sơ đồ của mạch cộng hưởng song song.

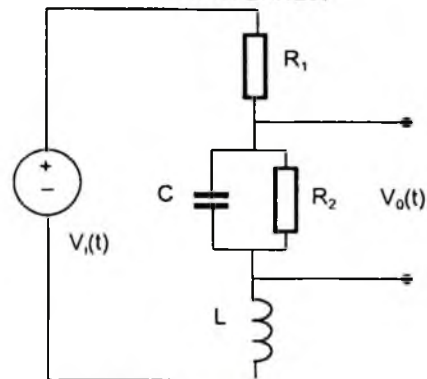
- 6.29. Mạch điện cho trong hình B 6.29, có $C_1 = 0,1 \mu F$; $C_2 = 6 nF$; $L = 2 mH$; $R_1 = 100 \Omega$ và $R_2 = 1 \Omega$.

- a) Tìm thế lối ra $v_o(t)$, khi thế lối vào $v_i(t) = 170 \cos(2\pi \times 10000t)$.
b) Xác định giá trị của tụ C_1 để thế lối ra có giá trị lớn nhất. Tính giá trị đó.



Hình B 6.29.

- 6.30. a) Tìm tần số cộng hưởng của mạch điện cho trong sơ đồ hình B 6.30.
b) Xác định giá trị của tụ C và cuộn cảm L để tần số cộng hưởng là $f_0 = 1000 Hz$ và $R_1 = R_2 = 1 \Omega$.
c) Tìm đáp ứng tần số của mạch điện đó.



Hình B 6.30.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

- 6.1. $i_1(t) = 0,05\cos(377t - 20^\circ)\text{A} = 0,05\sin(377t - 20^\circ + 90^\circ)\text{A} = 0,05\sin(377t - 70^\circ)\text{A}$;
 $\Phi_{v_1} - \Phi_{i_1} = -45^\circ$. Vậy $v_1(t)$ sớm pha so với $i_1(t)$ một góc 45° .

Tương tự $\Phi_{v_1} - \Phi_{i_2} = 160^\circ$

Vậy $v_1(t)$ sớm pha so với $i_2(t)$ một góc 160° .

- 6.2. Từ sơ đồ hình BG 6.2a, ta tìm được:

$$I = 4\angle 0^\circ; X_C = 1/j\omega C = -j50\Omega;$$

$$V_R = IR = 4\angle 0^\circ \cdot 120 = 480\angle 0^\circ\text{V}$$

$$V_C = IX_C = 4\angle 0^\circ \cdot (-j50) = 200\angle -90^\circ\text{V}$$

$$V = V_R + V_C = 480\angle 0^\circ + 200\angle -90^\circ = 480 - j200 = 520\angle -22,62^\circ\text{V}$$

Vậy: $v_R(t) = 480\sin(2000t)\text{V}$

$$v_C(t) = 200\sin(2000t - 90^\circ)\text{V}$$

$$v(t) = 520\sin(2000t - 22,62^\circ)\text{V}$$

Giản đồ pha cho trên hình BG 6.2b.

- 6.3. Từ sơ đồ hình BG 6.3a, ta tìm được:

$$I = 2\angle 0^\circ; X_L = j\omega L = j1000 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = j40\Omega;$$

$$V_R = IR = 2\angle 0^\circ \cdot 30 = 60\angle 0^\circ\text{V}$$

$$V_L = IX_L = 2\angle 0^\circ \cdot (j40) = 80\angle 90^\circ\text{V}$$

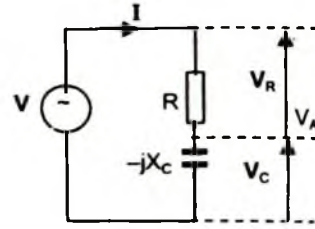
$$V = V_R + V_L = 60\angle 0^\circ + 80\angle 90^\circ = 60 - j80 = 100\angle 53,13^\circ\text{V}$$

Vậy: $v_R(t) = 60\sin(1000t)\text{V}$

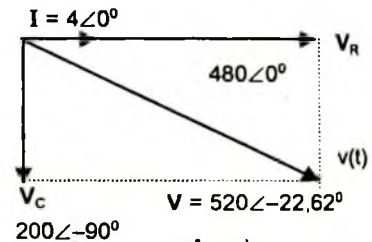
$$v_L(t) = 80\sin(1000t + 90^\circ)\text{V}$$

$$v(t) = 100\sin(1000t + 53,13^\circ)\text{V}$$

Giản đồ pha cho trên hình vẽ BG6.3b.

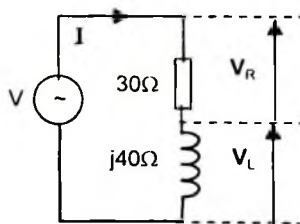


Hình BG 6.2a.



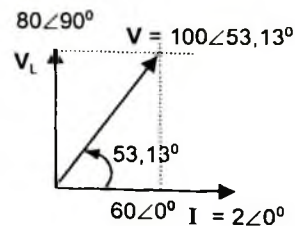
Giản đồ pha

Hình BG 6.2b.



Sơ đồ mạch điện trên lĩnh vực tần số

Hình BG 6.3a.



Giản đồ pha

Hình BG 6.3b.

6.4 $Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = 10\angle 87,15^\circ$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200\angle 0^\circ}{10\angle 87,15^\circ} = 20\angle -87,15^\circ$$

hay $i(t) = 20\cos(10000t - 87,15^\circ)$

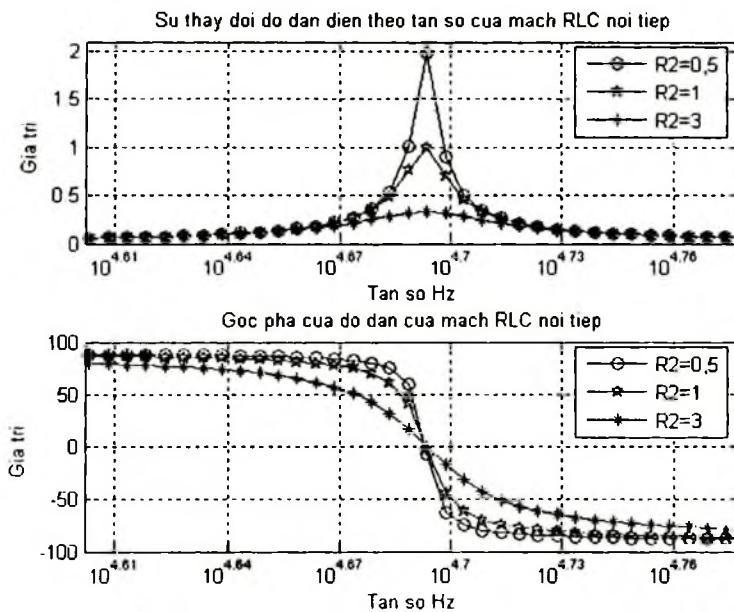
$$6.5. \quad Z = R + jX_L - jX_C = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}$$

Vậy độ dẫn của mạch RLC nối tiếp là:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} \Rightarrow |Y| = \frac{1}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\text{góc pha: } \angle Y = -\tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Hình BG 6.5 cho thấy sự thay đổi giá trị và góc pha của độ dẫn điện theo tần số của mạch RLC nối tiếp.



Hình BG 6.5.

6.6. Từ hình vẽ, ta xác định được:

$$V_R = RI = 2\angle 0^\circ \cdot 80\Omega = 160\angle 0^\circ \text{ V}$$

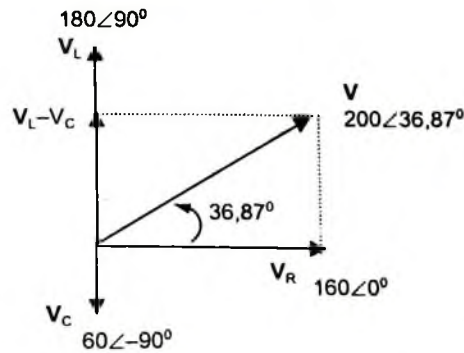
$$V_L = X_L I = 2\angle 0^\circ \cdot j90\Omega = 180\angle 90^\circ \text{ V}$$

$$V_C = X_C I = 2\angle 0^\circ \cdot (-j30\Omega) = 60\angle -90^\circ \text{ V}$$

Vậy thế tổng cộng là:

$$\begin{aligned} V &= V_R + V_L + V_C = 160\angle 0^\circ \text{ V} + 180\angle 90^\circ \text{ V} + 60\angle -90^\circ \text{ V} \\ &= 160 + j180 - j60 = 160 + j120 = 200\angle 36,87^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

Giản đồ pha cho trên hình BG 6.6.

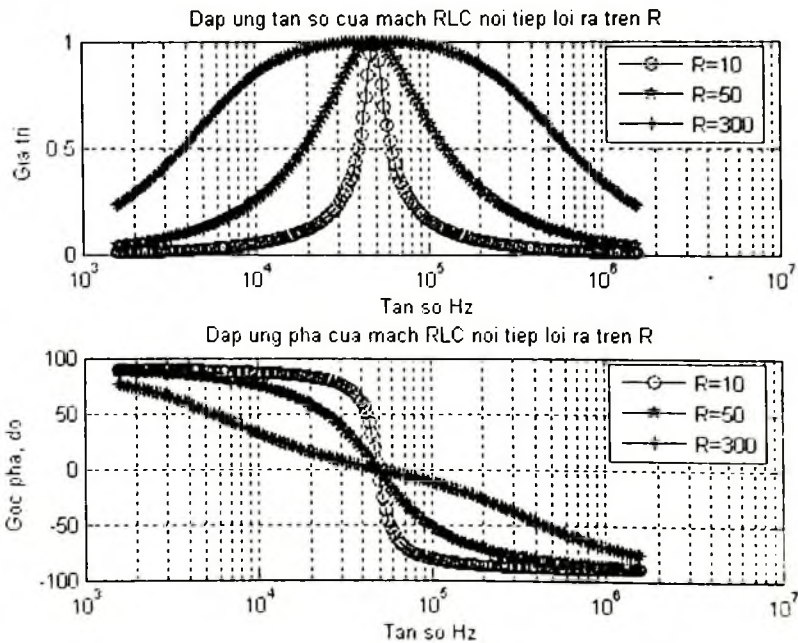


Hình BG 6.6.

6.7. Nếu thế lối ra lấy trên R, thì đáp ứng tần số sẽ được xác định bằng:

$$H_R(j\omega) = \frac{V_R(j\omega)}{V(j\omega)} = \frac{\frac{R}{L}(j\omega)}{(j\omega)^2 + \frac{R}{L}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Đây là đáp ứng tần số của một *mạch lọc thông dải*. Đáp ứng này có đồ thị cho trên hình BG 6.7 với ba giá trị khác nhau của R là: 10Ω; 50Ω và 300Ω ; còn C=7.96e-7 ; L = 12.73e-4.



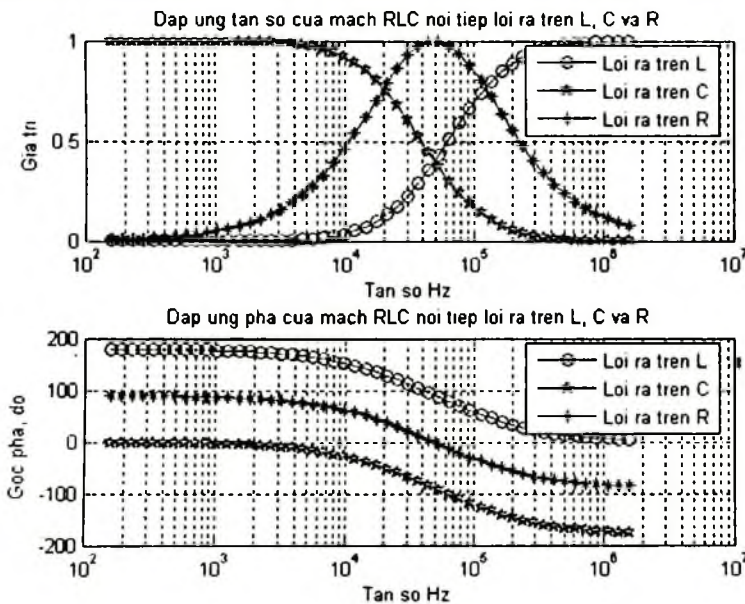
Hình BG 6.7.

8. Từ sơ đồ hình B 6.8, ta tìm được đáp ứng biên độ của mạch điện:

$$\text{* Lối ra lấy trên cuộn cảm L: } H_L(j\omega) = \frac{j\omega L}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

$$\text{* Lối ra lấy trên tụ điện C: } H_C(j\omega) = \frac{-j\frac{1}{\omega C}}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

Đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của mạch điện với lối ra trên L, C và R được cho trên hình BG 6.8 với $R = 100\Omega$; $C = 7.96e-7$; $L = 12.73e-4$.



Hình BG 6.8.

6.9. Tại tần số cộng hưởng, ta có:

$$jX_L = j\omega_0 L = -jX_C = j10\Omega$$

Từ đó tìm được tần số cộng hưởng ω_0 là:

$$\omega_0 = \frac{10}{L} = \frac{10}{0,2 \times 10^{-3}} = 50000 \text{ rad/s}$$

và
$$C = \frac{1}{\omega_0 \times 10} = \frac{1}{5.10^4 \times 10} = 2.10^{-6} \text{ F} = 2\mu\text{F}$$

Biên độ thế trên R: $V_R = RI_0 = R \times \frac{120}{R} = 120\text{V}$

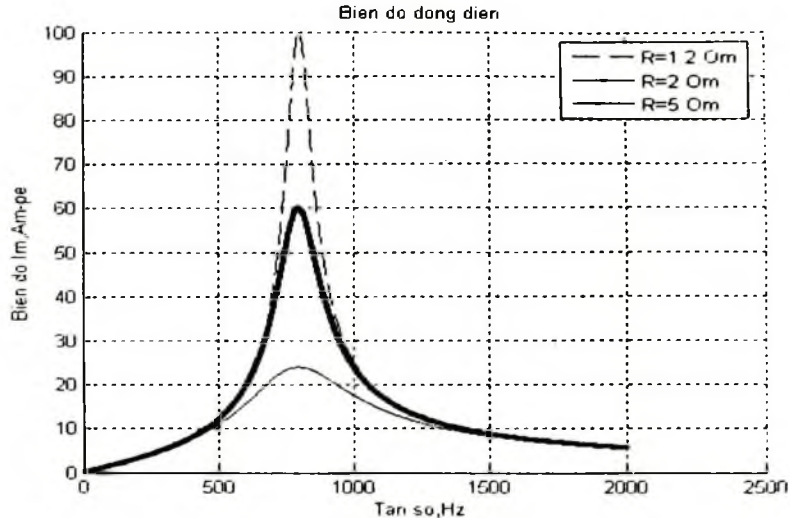
Biên độ thế trên tụ C: $V_{C0} = \frac{1}{\omega_0 C} I_0 = \frac{1}{5.10^4 \times 2.10^{-6}} \times \frac{120}{1,2} = 1000\text{V}$

Biên độ thế trên cuộn cảm L:

$$V_{L0} = \omega_0 L I_0 = 5.10^4 \times 2.10^{-6} \times \frac{120}{1,2} = 1000V$$

Độ phẩm chất: $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{5.10^4 \times 2.10^{-4}}{1,2} = \frac{100}{12} = 8,333$

Biên độ dòng điện chạy trong mạch cộng hưởng này cho trên hình BG 6.9 với điện trở $R = 1,2\Omega$ như trong ví dụ và hai giá trị khác là 2Ω và 5Ω .



Hình BG 6.9.

6.10.

$$V = 100\angle 0^\circ V; X_C = \frac{1}{j\omega C} = -j25\Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100\angle 0^\circ}{50} = 2\angle 0^\circ A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100\angle 0^\circ}{-j25} = \frac{100\angle 0^\circ}{25\angle -90^\circ} = 4\angle 90^\circ A$$

$$I = I_R + I_C = 2\angle 0^\circ + 4\angle 90^\circ = 2 + j4 = 4,47\angle 63,4^\circ A$$

Vậy:

$$i(t) = 4,47\sin(2000t + 63,4^\circ) A$$

$$i_R(t) = 2\sin(2000t) A$$

$$i_C(t) = 4\sin(2000t + 90^\circ) A$$

6.11. Từ hình vẽ ta tìm được thế lối ra:

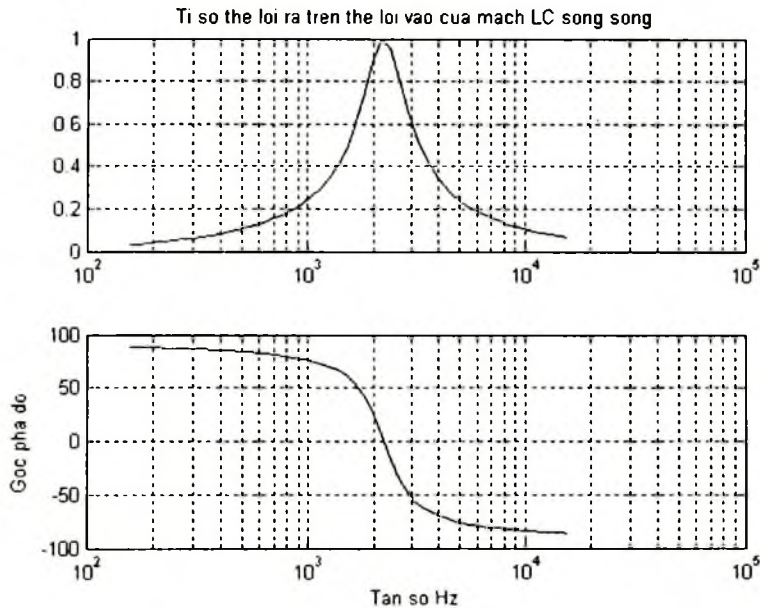
$$V = \frac{E}{R + \frac{(-jX_C)(jX_L)}{jX_L - jX_C}} \times \frac{(-jX_C)(jX_L)}{jX_L - jX_C} = \frac{EX_L X_C}{X_L X_C - jR(X_L - X_C)}$$

$$\text{Từ đó tìm được đáp ứng tần số: } H(j\omega) = \frac{X_L X_C}{X_L X_C - jR(X_L - X_C)}$$

Thay $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$ vào ta thu được:

$$H(j\omega) = \frac{\omega L \frac{1}{\omega C}}{\omega L \frac{1}{\omega C} - jR(\omega L - \frac{1}{\omega C})} = \frac{\frac{L}{C}}{\frac{L}{C} - jR(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

Hình BG 6.11 cho thấy đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của mạch này với $R = 10\Omega$; $C = 1\mu F$ và $L = 0,002H$.



Hình BG 6.11.

6.12.

$$V = 400\angle 0^\circ;$$

$$X_L = j\omega L = j200\Omega;$$

$$X_C = 1/j\omega C = -j50\Omega;$$

$$I = I_R + I_L + I_C$$

Trong đó: $I_R = \frac{V}{R} = \frac{400\angle 0^\circ}{100} = 4\angle 0^\circ A;$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{j\omega L} = \frac{400\angle 0^\circ}{j200} = 2\angle -90^\circ;$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{V}{1/j\omega C} = \frac{400\angle 0^\circ}{-j50} = 8\angle 90^\circ;$$

$$I = 4\angle 0^\circ + 2\angle -90^\circ + 8\angle 90^\circ = 4 + j6 = 7,21\angle 56,3^\circ A$$

Hay: $i(t) = 7,21 \sin(1000t + 56,3^\circ) \text{ A}$

$$i_R(t) = 4 \sin(1000t) \text{ A}$$

$$i_C(t) = 8 \sin(1000t + 90^\circ) \text{ A}$$

$$i_L(t) = 2 \sin(1000t - 90^\circ) \text{ A}$$

6.13. $Y = G + j(\omega C - \frac{1}{\omega L}) = 10 \angle 89,72^\circ$

Vậy $V = \frac{I}{Y} = \frac{20 \angle 0^\circ}{10 \angle 89,72^\circ} = 2 \angle -89,72^\circ$

Hay $v(t) = 2 \cos(6400t - 89,72^\circ)$

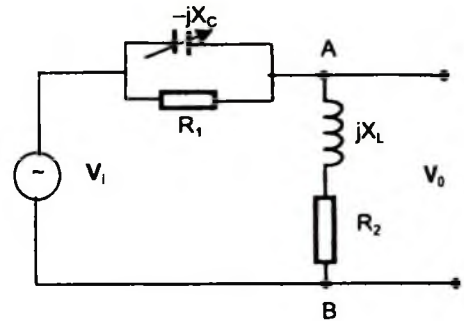
6.14.

Từ sơ đồ hình BG 6.14a, ta tìm được:

a) Tổng trở $Z = R_2 + j\omega L + \frac{1}{j\omega R_1 C}$

b) Hiệu điện thế phức giữa A và B:

$$V_0 = \frac{V_i}{Z} (R_2 + j\omega L)$$



Hình BG 6.14a.

c) Tỷ số giữa hai thế chính là đáp ứng tần số của mạch điện này:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{(j\omega)^2 + j\omega \left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C} \right] + \frac{R_2}{R_1 L C}}{(j\omega)^2 + j\omega \left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C} \right] + \frac{R_1 + R_2}{R_1 L C}}$$

Ta dùng MATLAB vẽ giản đồ Bode của mạch điện này với:

$$C = 10e-7; L = 0.1;$$

$$R_1 = 10000; R_2 = 10;$$

$$w = \text{logspace}(3,4);$$

$$f = w ./ 2 * \pi;$$

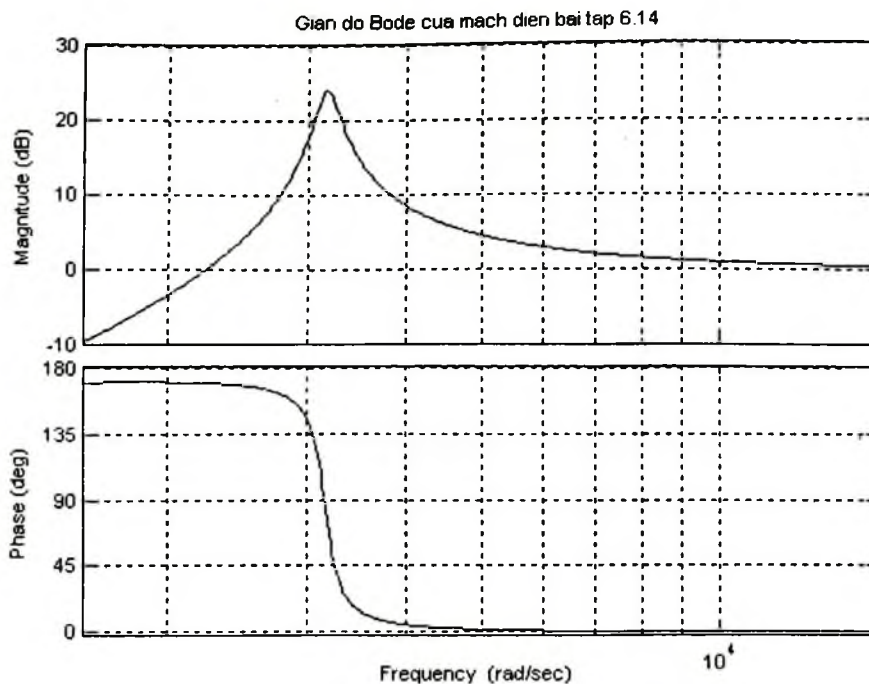
$$b = [1 \ (R_2/L + 1/(R_1 * C)) \ R_2/(R_1 * L * C)];$$

$$a = [1 \ (R_2/L + 1/(R_1 * C)) \ (R_1 + R_2)/(R_1 * L * C)];$$

$$\text{bode}(b,a,f);\text{grid}$$

$$\text{title}('Giản đồ Bode của mạch điện bài tập 6.14')$$

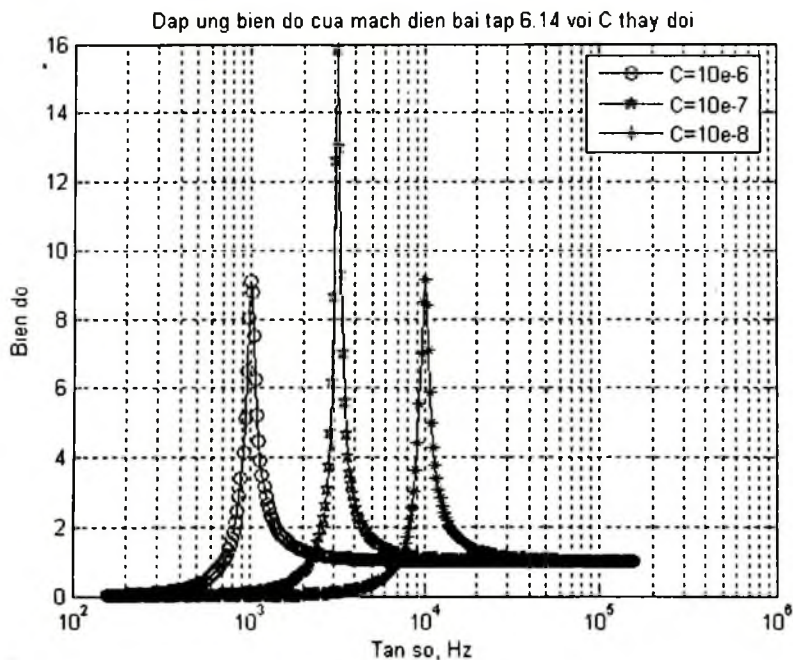
Kết quả cho trên hình BG 6.14b.



Hình BG 6.14b.

Hình BG 6.14c vẽ đáp ứng biên độ của mạch điện với các giá trị khác nhau của tụ C: $1\mu\text{F}$; $0,1\mu\text{F}$ và $0,01\mu\text{F}$; $L=0,1\text{H}$; $R_1=10\text{k}\Omega$; $R_2=10\Omega$

Từ hình vẽ ta thấy tụ điện C không những làm thay đổi tần số cộng hưởng của mạch điện mà còn làm thay đổi cả dải thông của mạch điện đó nữa.



Hình BG 6.14c.

6.15.
$$Z(j\omega) = \frac{j\omega |(j\omega)^2 + 2(j\omega) + 1|}{j\omega(j\omega + 5)}$$

6.16. Chương trình MATLAB

```
w = logspace(-2,4,200);
```

```
H = (10*(j*w+1))./(j*w.*(j*w+10));
```

```
subplot(211)
```

```
semilogx(w, 20*log10(abs(H)));grid
```

```
title('Đáp ứng biên độ')
```

```
ylabel('Biên độ, dB')
```

```
subplot(212)
```

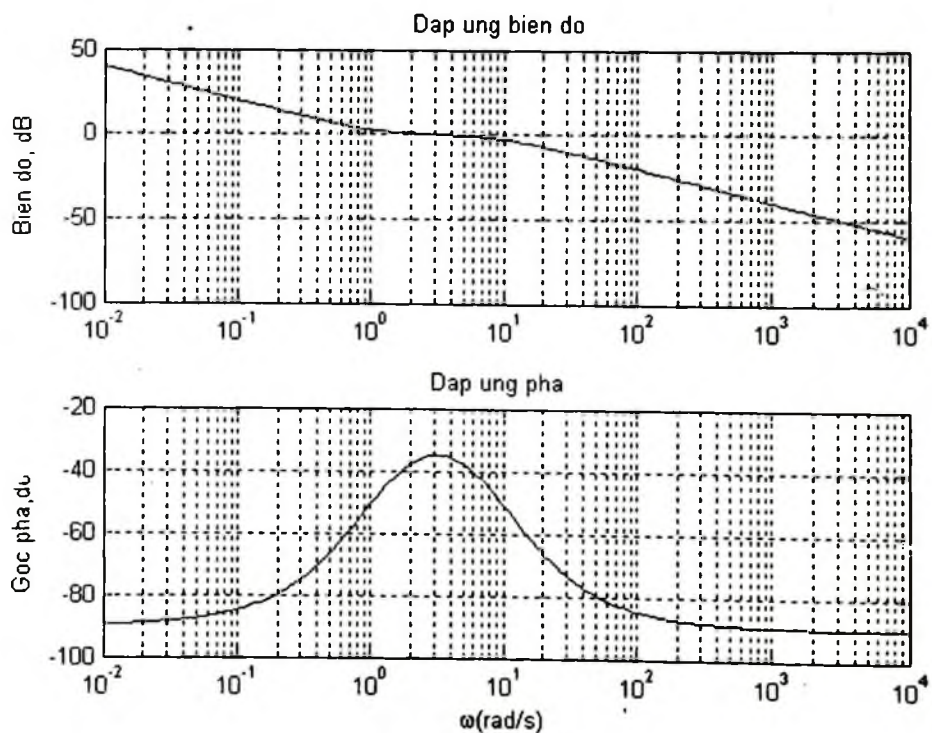
```
semilogx(w, unwrap(angle(H))*180/pi);grid
```

```
title('Đáp ứng pha')
```

```
ylabel('Góc pha, độ')
```

```
xlabel('\omega(rad/s)')
```

Kết quả cho trên hình BG 6.16.



Hình BG 6.16.

6.17.

$$\omega = 2 \text{ r/s}; z_1 = R_1 + z_C \quad z_2 = R_2 + z_L;$$

$$Z = \frac{z_1 z_2}{z_1 + z_2} = \frac{R_1 R_2 + L/C + j(\omega L R_1 - R_2 / \omega C)}{R_1 + R_2 + j(\omega L - 1/\omega C)}$$

Tại tần số cộng hưởng Z là số thực, nên pha = 0. Từ đó tìm được:

$$\frac{\omega L R_1 - R_2 / \omega C}{R_1 R_2 + L/C} = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R_1 + R_2}$$

Thay số vào ta được:

$$\frac{32 - 3/C}{24 + 4/C} = \frac{8 - 1/2C}{10}$$

$$\text{hay} \quad \frac{32C - 3}{24C + 4} = \frac{16C - 1}{20C}$$

Từ đó tìm được phương trình để xác định C:

$$64C^2 - 25C + 1 = 0$$

Giải ra tìm được C = 345μF và 46μF.

6.18.

$$Z = \frac{j\omega L(R - j/\omega C)}{R + j(\omega L - 1/\omega C)} = \frac{L(1/C + j\omega R)}{R + j(\omega R - 1/\omega C)}$$

Tại tần số cộng hưởng Z là số thực, nên góc pha bằng 0. Từ đó tìm được phương trình để xác định tần số cộng hưởng ω_0 :

$$\frac{\omega_0 R}{1/C} = \frac{\omega_0 L - 1/\omega_0 C}{R} \Rightarrow \omega_0 R^2 C = \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C}$$

$$\text{Hay: } \omega_0^2 (R^2 C^2 - LC) = -1 \Rightarrow \omega_0 \frac{1}{\sqrt{LC - (RC)^2}} = \frac{1}{L\sqrt{L/C - R}}$$

6.19.

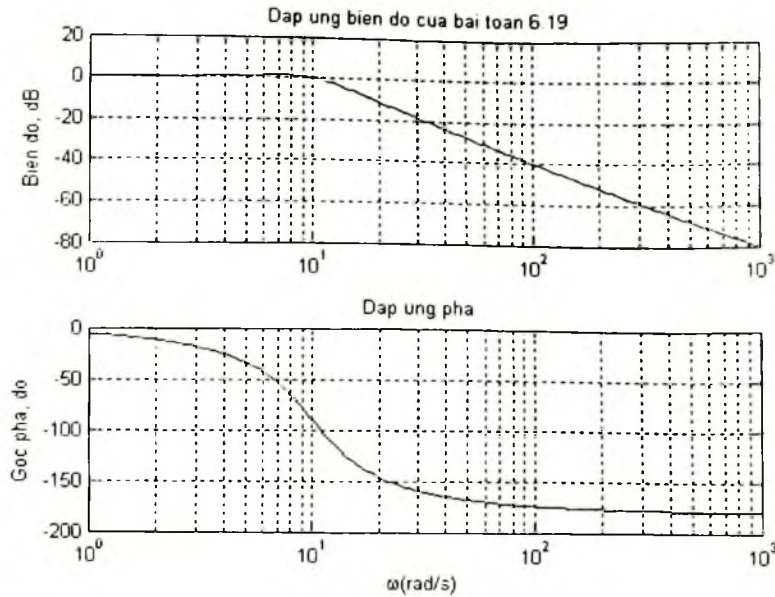
$$Z = \frac{100(-j1000/\omega)}{100 - j\frac{1000}{\omega}} = \frac{10^3}{10 + j\omega}$$

Hàm truyền bằng thế lối ra chia cho thế lối vào:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_1(j\omega)} = \frac{Z}{Z + j\omega} = \frac{10^3}{10^3 + j10\omega(10 + \omega)}$$

$$H(j\omega) = \frac{100}{100 + j10\omega - \omega^2} = \frac{100}{(j\omega)^2 + 10j\omega + 100}$$

Dùng chương trình MATLAB vẽ đáp ứng biên độ trên hình BG 6.19.



Hình BG 6.19.

Đây là mạch lọc thông thấp.

6.20. a) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = 2\text{mH}$

$$B_w = \frac{1}{RC} \Rightarrow B_w = 10\text{rad/s}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{B_w} = 100$$

b) Độ dẫn của mạch $Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{z_C} + \frac{1}{z_L}$

Tại tần số lối vào 1000r/s, $Y_1 = Y(j1000) = 1/R = 5\text{ms}$, nên thế lối ra tại tần số này là $v_{o1}(t) = I_{s1}/Y_1 = 1\angle 0^\circ / 5 \cdot 10^{-3} = 200\angle 0^\circ \text{V}$.

Còn tại tần số lối vào là 1500r/s, thì thế lối ra $V_{o2} = I_{s2}/Y(j1500) = 1\angle 0^\circ / (5 + j417) = 2,4\angle -89,3^\circ \text{V}$. Vậy:

$$i_{o2}(t) = 2,4\cos(1500t - 89,3^\circ).$$

Thế lối ra tổng thể là:

$$v_o(t) = 200\cos 1000t + 2,4\cos(1500t - 89,3^\circ)$$

Giá trị thế tại tần số 1500r/s rất nhỏ so với giá trị thế tại tần số cộng hưởng.

6.21. Gọi Z là tổng trở của mạch RLC ghép song song, ta tính được:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{\frac{-j}{\omega C}} = \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} = \frac{1 + (j\omega C + \frac{1}{j\omega L})R}{R}$$

Từ đó tìm được: $Z = \frac{R}{1 + (j\omega C + \frac{1}{j\omega L})R}$

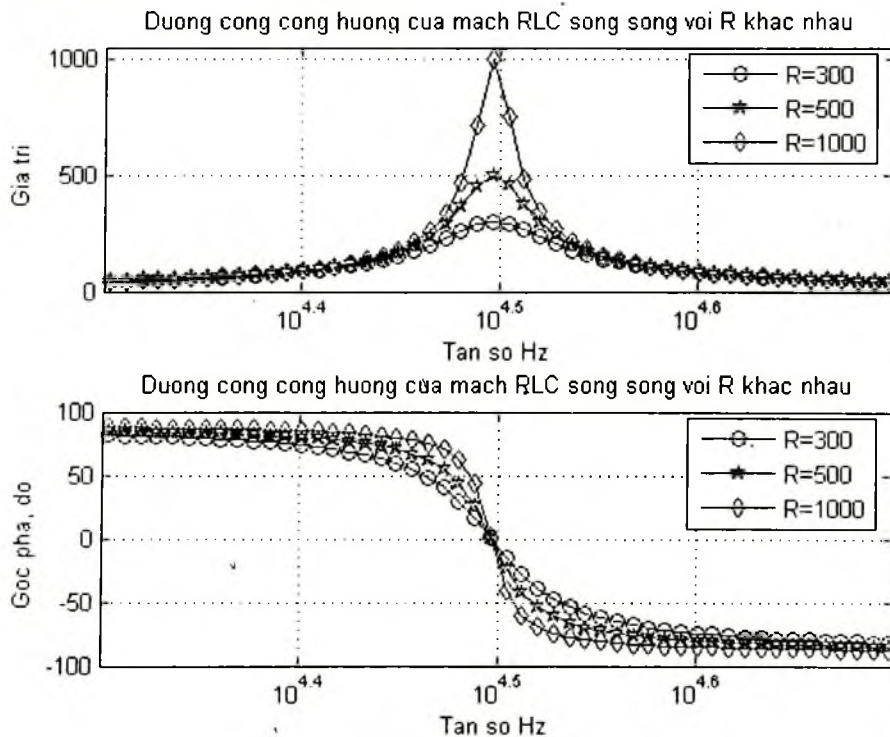
Từ đó tìm được thế lối ra: $V_0 = ZI = \frac{RI}{1 + (j\omega C + \frac{1}{j\omega L})R}$

Từ đó tìm được đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{I(j\omega)} = \frac{R}{1 + (j\omega C + \frac{1}{j\omega L})R} = \frac{RL(j\omega)}{(j\omega)^2 RLC + (j\omega)L + R}$$

$$= \frac{(j\omega)/C}{(j\omega)^2 + (j\omega)/RC + 1/LC}$$

Hình BG 6.21 vẽ đường cong cộng hưởng biên độ và pha của mạch RLC song song với ba giá trị độ dẫn R là 300, 500 và 1000Ω. Chương trình MATLAB sau đây vẽ và tính giá trị cũng như góc pha của độ dẫn điện của mạch RLC song song này.



Hình BG 6.21.

6.22. Tại tần số cộng hưởng:

Tổng trở $Z = R$ mà $R = V/I = 36/12 = 3\Omega$

$$Q = \omega_0 L/R = 3,33$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = 100 \mu\text{F}$$

$$B_w = \frac{\omega_0}{Q} = 300 \text{ r/s}$$

$$\text{Thế lỗi ra } V_0 = I \cdot Z_C = 12 \cdot \frac{1}{\omega_0 C} \angle -90^\circ = 120 \angle -90^\circ \text{ V.}$$

Vậy thế lỗi ra là $v_0(t) = 120 \cos(1000t - 45^\circ)$

6.25. Gọi nút D là nút quy chiếu ($V_D = 0\text{V}$). Định luật Kirchhoff đối với dòng điện tại B và C cho ta các phương trình:

$$\frac{V_B - V_A}{j\omega L} + \frac{V_B - V_C}{R_a} + \frac{V_B - 0}{R_3} = 0$$

$$\frac{V_C - V_A}{R_2} + \frac{V_C - V_B}{R_a} + \frac{V_C}{\frac{1}{j\omega C}} = 0$$

$$V_A = E \cdot e^{j\omega t}$$

Từ đó tìm được:

$$V_B \left[\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{j\omega L} \right] - V_C \left[\frac{1}{R_a} \right] = \frac{E}{j\omega L} e^{j\omega t}$$

$$-V_B \left[\frac{1}{R_a} \right] + V_C \left[\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_a} + j\omega C \right] = \frac{E}{R_2} e^{j\omega t}$$

Thay giá trị các đại lượng, ta thu được:

$$V_B \left[\frac{1}{50} + \frac{1}{100} + \frac{1}{j100} \right] - V_C \left[\frac{1}{50} \right] = \frac{e^{j100000t}}{100j}$$

$$-V_B \left[\frac{1}{50} \right] + V_C \left[\frac{1}{50} + \frac{1}{100} + \frac{j}{50} \right] = \frac{e^{j100000t}}{100}$$

Tính được:

$$V_B (1 + 3j) - V_C (2j) = e^{j100000t}$$

$$V_B (-2) + V_C (3 + 2j) = e^{j100000t}$$

Giải hệ phương trình trên theo V_B và V_C :

$$V_B = \frac{3(1+j)}{7j-3} e^{j100000t} = 0.5571 \cdot e^{-68^\circ} e^{j100000t}$$

$$V_C = \frac{4j+3}{7j-3} e^{j100000t} = 0.6565 \cdot e^{-60^\circ} e^{j100000t}$$

Thế V_B : $V_B = 0.5571 \angle -68.1986^\circ$ (V)

Thế V_C : $V_C = 0.6565 \angle -60.0685^\circ$ (V)

Lấy gần đúng:

Thế V_B : $V_B = 0.56 \angle -68^\circ$ (V)

Thế V_C : $V_C = 0.66 \angle -60.^\circ$ (V)

Vậy các thế được biểu diễn theo hàm số của thời gian:

$v_C(t) = 0,56 \cos(100\,000t - 1,18)$ V

$v_B(t) = 0,66 \cos(100\,000t - 1,04)$ V

6.26. % Tính giản đồ Bode

```
c=10e4;
```

```
b=[c 100*c];
```

```
p1=10;p2=1.0e3;
```

```
a0=1;
```

```
a1=p1+p2;
```

```
a2=p1*p2;
```

```
a=[a0 a1 a2];
```

```
w=logspace(0,6);
```

```
h1=freqs(b,a,w);
```

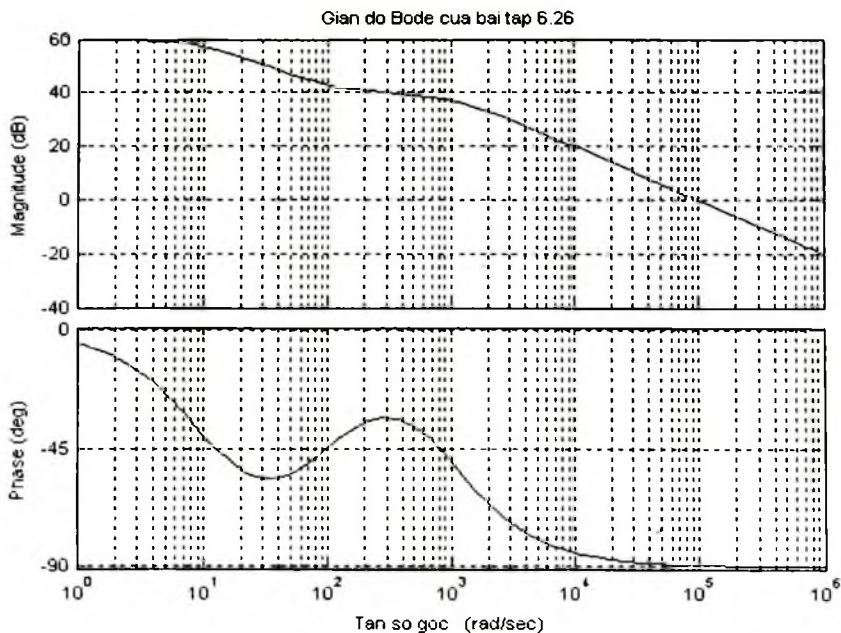
```
f=w/(2*pi);
```

```
bode(b,a,w);grid
```

```
title('Giản đồ Bode của bài tập 6.26')
```

```
xlabel('Tan số góc (rad/sec)')
```

Kết quả cho trên hình BG 6.26.



Hình BG 6.26.

6.27. Vì $G \ll 1$, có thể bỏ qua. Vì thế độ dẫn điện tính được:

$$Y = \frac{1}{r_L + jL\omega} + j\omega C = \frac{(j\omega)^2 LC + (j\omega)r_L C + 1}{1 + (j\omega)L}$$

Từ đó tính được trở kháng tổng cộng của mạch điện là:

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1 + (j\omega)L}{(j\omega)^2 LC + (j\omega)r_L C + 1}$$

Thế lỗi ra V_0 tính được:

$$V_0 = ZI = \frac{1 + (j\omega)L}{(j\omega)^2 LC + (j\omega)r_L C + 1} I$$

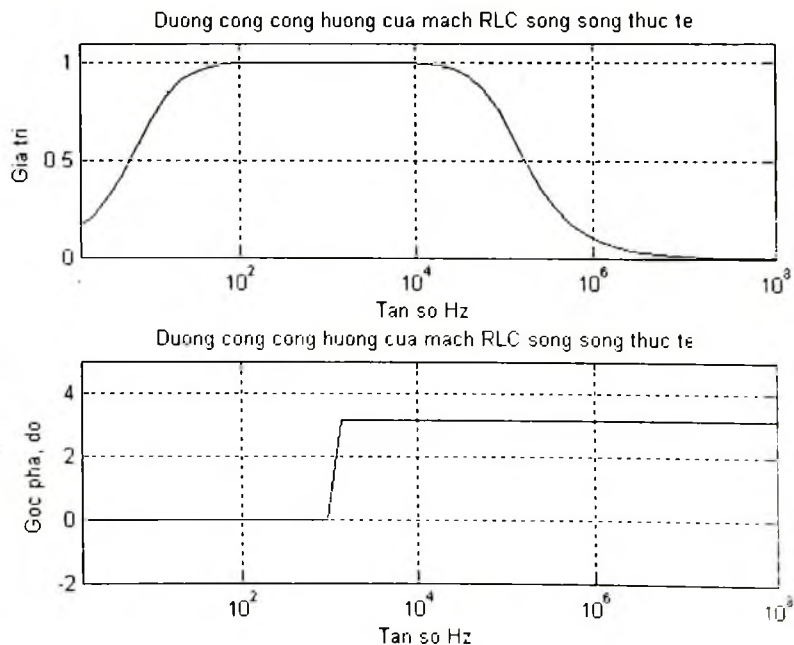
Đáp ứng tần số của mạch điện này:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{I(j\omega)} = \frac{1 + (j\omega)L}{(j\omega)^2 LC + (j\omega)r_L C + 1}$$

Trong thực tế $\omega L \gg 1$, vì vậy đáp ứng tần số của mạch cộng hưởng song song trong thực tế có thể tính được dưới dạng:

$$H(j\omega) = \frac{(j\omega)L}{(j\omega)^2 LC + (j\omega)r_L C + 1} = \frac{(j\omega)/C}{(j\omega)^2 + (j\omega)\frac{r_L}{L} + \frac{1}{LC}}$$

Hình BG 6.27 vẽ đáp ứng biên độ và pha của mạch RLC song song trong thực tế này với $C = 1\mu\text{F}$; $L = 0,1\text{H}$; $R = 1\Omega$.



Hình BG 6.27.

6.28. Trước hết tính độ dẫn của toàn mạch cộng hưởng song song này:

$$Y(j\omega) = j\omega C + \frac{1}{R_1 + j\omega L} + \frac{1}{R_2}$$

$$= \frac{[(R_1 + R_2 - \omega^2 CLR_2) + j\omega(L + CR_1R_2)]}{R_2(R_1 + j\omega L)}$$

Nhân cả tử số lẫn mẫu số với $(R_1 - j\omega L)$, ta sẽ thu được phần thực riêng và phần ảo riêng:

$$Y(j\omega) = \frac{[R_1(R_1 + R_2 - \omega^2 CLR_2) - \omega^2 L(L + CR_1R_2)]}{R_2(R_1 - \omega^2 L^2)} +$$

$$+ \frac{j[\omega R_1(L + R_1CR_2) - \omega L(R_1 + R_2 - \omega^2 CLR_2)]}{R_2(R_1 - \omega^2 L^2)}$$

Để tìm tần số cộng hưởng, ta cho phần ảo bằng không:

$$\frac{[\omega R_1(L + R_1CR_2) - \omega L(R_1 + R_2 - \omega^2 CLR_2)]}{R_2(R_1 - \omega^2 L^2)} = 0$$

Có nghĩa là: $R_1(L + R_1CR_2) - L(R_1 + R_2 - \omega^2 CLR_2) = 0$

Giải ra theo ω , ta được:

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{LR_2 - CR_1^2R_2}{CL^2R_2}}$$

Nếu chọn $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 100k\Omega$; $C = 10\mu F$ và $L = 100mH$, thì:

$$\omega_0 = 316,3 \text{ rad/s.}$$

Đường cong cộng hưởng cho trên hình BG 6.28 với 3 giá trị khác nhau của điện trở R_2 là $0,3k\Omega$, $1k\Omega$ và $100k\Omega$.

Để tính thế lối ra $v_o(t)$, trước hết ta tính độ dẫn của toàn bộ mạch tại tần số $\omega = 377\text{rad/s}$:

$$Y_3 = 0.00001703581228 + 0.00111749876873i$$

Từ đó tìm được:

* Giá trị của Y là:

$$|Y| = 0.00111762861319$$

* Góc của độ dẫn Y là:

$$\Phi = 89.12661689708719$$

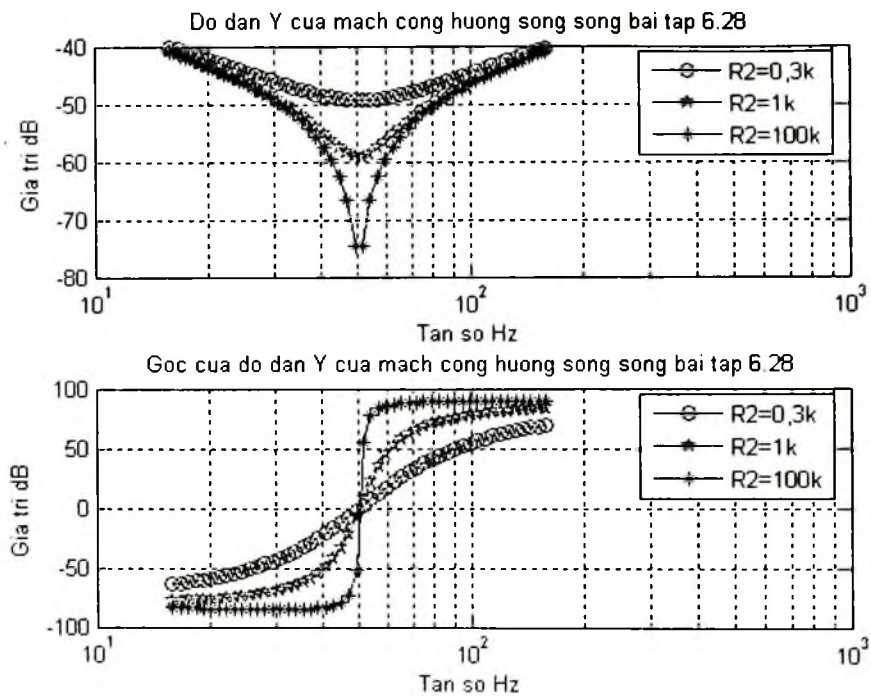
Vậy thế lỗi ra tìm được là:

$$V_0 = \frac{I_s}{Y} = \frac{20 \angle 120}{0.00111762861319 \angle 89,13} = 1.789503218149976e+004 \angle 30.87^\circ$$

Hay trên lĩnh vực thời gian, thế lỗi ra có dạng:

$$v_0(t) = 1.2895,03 \cos(377t + 30,87) \text{ (V)}$$

Hình BG 6.28 vẽ đường cong cộng hưởng tương ứng với 3 giá trị khác nhau của R_2 : 300Ω ; $1k\Omega$ và $100k\Omega$; $R_1 = 10\Omega$; $C = 1\mu F$; $L = 10^{-2}H$.

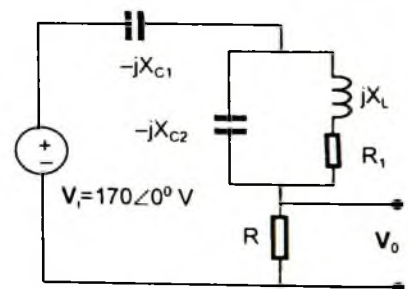


Hình BG 6.28.

6.29. a) Sử dụng sơ đồ mạch điện trên lĩnh vực tần số như trên hình B 6.29, ta tìm được tổng trở của mạch điện là:

$$Z = -jX_{C1} + \frac{(-jX_{C2})(R_1 + jX_L)}{R_1 + j(X_L - X_{C2})} + R_2$$

$$= \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{\left(\frac{1}{j\omega C_2}\right)(R_1 + j\omega L)}{R_1 + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C_2}\right)} + R_2$$



Hình BG 6.29.

Thay giá trị và dùng MATLAB tính ra ta được:

$$Z = 1.1102e+002 + 1.1430e+002i = 159.3 \angle 45.8^\circ \Omega$$

Từ đó tính được thế lối ra:

$$V_0 = \frac{V_i}{Z} R_2 = \frac{170 \times 1}{159.3 \angle 45.8^\circ} = 1.1 \angle -45.8^\circ \text{ V}$$

Trên lĩnh vực thời gian thế lối ra có dạng:

$$v_0(t) = 1.1 \cos(2\pi \times 100000t - 45.8^\circ) \text{ V}$$

b) Để thế lối ra cực đại thì dòng điện lối ra phải cực đại (tương đương với tổng trở kháng có giá trị cực tiểu); tức là ta phải có hệ thức:

$$Z = Z_{C1} + \frac{\left(\frac{1}{j\omega C_2}\right)(R_1 + j\omega L)}{R_1 + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C_2}\right)} + R_2 = \text{phải có giá trị nhỏ nhất.}$$

Thay giá trị vào ta tìm được:

$$Z = Z_{C1} + 111 + j127.56 \text{ } (\Omega).$$

Để giá trị của biểu thức này nhỏ nhất thì trở kháng của tụ C_1 phải có giá trị bằng $-j127.56 \text{ } (\Omega)$. Từ đó tính được giá trị C_1 là:

$$-j \frac{1}{2\pi \times 10^5 C_1} = -j127.56 \Rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi \times 10^5 \times 127.56} = 1.2477e - 008$$

$$C_1 = 12.5 \text{ nF}$$

Khi đó thế lối ra là:

$$V_0 = \frac{V_i}{Z} R_2 = \frac{170 \angle 0^\circ}{111} \times 1 = 1.53 \angle 0^\circ \text{ V}$$

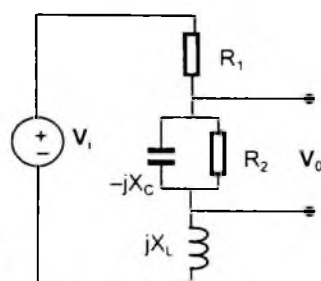
Trên lĩnh vực thời gian:

$$v_0(t) = 1.53 \cos(2\pi \times 100000t) \text{ V}$$

Thế lối ra đồng pha với thế lối vào.

6.30. Tổng trở của mạch điện này là:

$$\begin{aligned} Z &= R_1 + \frac{R_2(-jX_C)}{R_2 - jX_C} + jX_L \\ &= \frac{R_1(R_2 - jX_C) - jX_C R_2 + jX_L(R_2 - jX_C)}{(R_2 - jX_C)} = \\ &= \frac{R_1 R_2 + X_L X_C - j(X_C R_1 + X_C R_2 - X_L R_2)}{R_2 - jX_C} \end{aligned}$$



Hình BG 6.30.

Điều kiện cộng hưởng xảy ra khi tổng trở kháng của mạch là một số thực. Khi đó góc ở tử bằng góc ở mẫu số. Từ đó suy ra:

$$\arctg - \frac{(X_C R_1 + X_C R_2 - X_L R_2)}{R_1 R_2 + X_L X_C} = \arctg \frac{-X_C}{R_2}$$

Hay:
$$\frac{(X_C R_1 + X_C R_2 - X_L R_2)}{R_1 R_2 + X_L X_C} = \frac{X_C}{R_2}$$

Thay: $R_1 = R_2 = 1\Omega$; $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$ vào biểu thức trên, ta được:

$$\frac{(\frac{1}{\omega C} + \frac{1}{\omega C} - \omega L)}{1 + \omega L \frac{1}{\omega C}} = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega^2 = \frac{C - L}{LC^2}; \quad C > L$$

Vì tần số luôn luôn là số thực, dương; nên phải có điều kiện $C > L$. Vậy tần số cộng hưởng tìm được là:

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{C - L}{L}}; \quad C > L$$

Chọn $C = 100\mu F$, ta sẽ tìm được giá trị L để tần số cộng hưởng $f = 10000\text{Hz}$ là:

$$10^4 \times 2\pi \times 100 \cdot 10^{-6} = \sqrt{\frac{100 \cdot 10^{-6} - L}{L}}$$

Hay:
$$(2\pi)^2 L = 10^{-4} - L \Rightarrow L = \frac{10^{-4}}{(2\pi)^2 + 1} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ H}$$

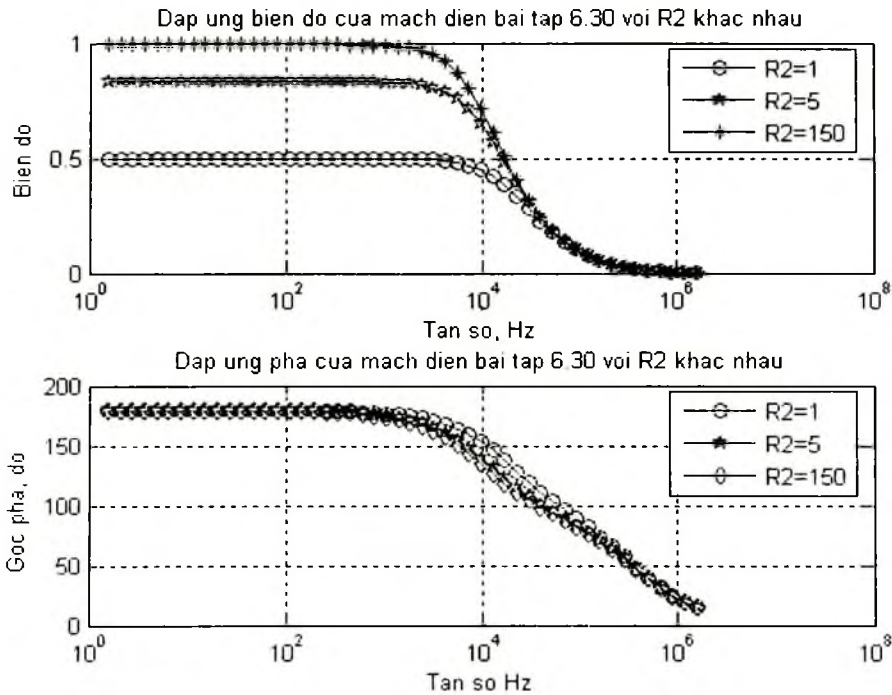
c) Đáp ứng tần số của mạch điện tính được nhờ thành lập tỷ số V_0/V_i :

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{Z} \left(\frac{-jX_C R_2}{R_2 - jX_C} \right) \\ &= \frac{-jX_C R_2}{R_1 R_2 + X_L X_C - j(X_C R_1 + X_C R_2 - X_L R_2)} \\ &= \frac{-j \frac{1}{\omega C} R_2}{R_1 R_2 + \omega L \frac{1}{\omega C} - j \left(\frac{1}{\omega C} R_1 + \frac{1}{\omega C} R_2 - \omega L R_2 \right)} \end{aligned}$$

$$= \frac{-R_2}{j\omega(CR_1R_2 + L) + (R_1 + R_2) + (j\omega)^2 LCR_2}$$

$$H(j\omega) = \frac{-\frac{1}{LC}}{(j\omega)^2 + (j\omega)\frac{CR_1R_2 + L}{LCR_2} + \frac{R_1 + R_2}{LCR_2}}$$

Đáp ứng biên độ và pha của mạch điện được vẽ trên hình BG 6.30 với $C=10^{-4}$; $L=2.5 \cdot 10^{-6}$; $R_1=1$ và 3 giá trị khác nhau của $R_2=[1 \ 50 \ 100]$;



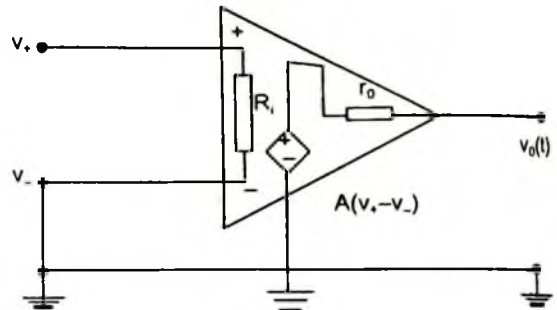
Hình BG 6.30.

Chương 9

CÁC MẠCH ĐIỆN VỚI KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

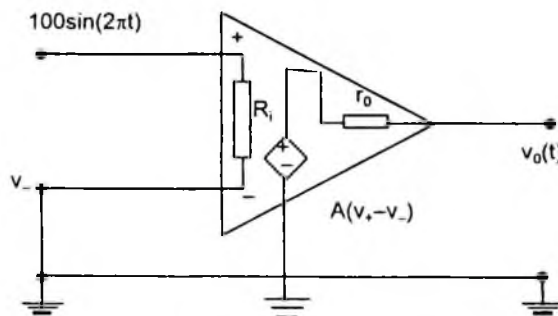
BÀI TẬP

9.1. Bộ khuếch đại thuật toán cho trong hình B 9.1 có $V_{CC} = 15V$. Hệ số khuếch đại vòng mở $A = 10^{15}$ và thế lối vào $v_- = 0V$. Hãy tìm giá trị cực đại của v_+ để bộ khuếch đại hoạt động trong chế độ tuyến tính.



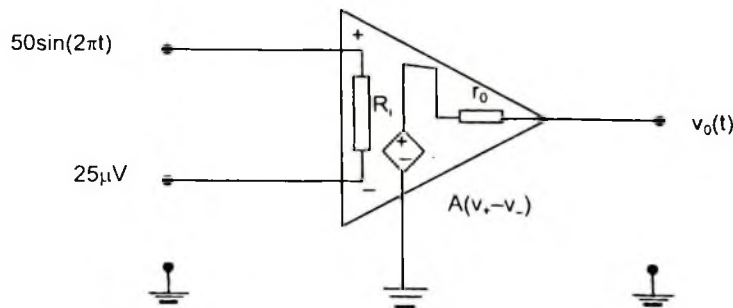
Hình B 9.1.

9.2. Bộ khuếch đại thuật toán cho trên hình B 9.2 có $V_{CC} = 5V$; $A = 10^5$; $v_- = 0V$ và $v_+ = 100\sin(2\pi t) (\mu V)$. Tìm thế lối ra $v_o(t)$ và vẽ đồ thị biểu diễn.



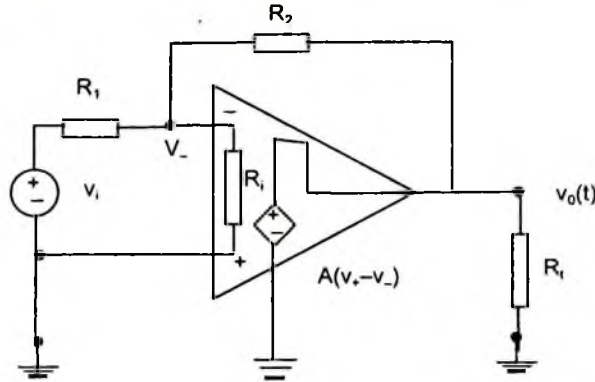
Hình B 9.2.

9.3. Bộ khuếch đại thuật toán cho trên hình B 9.3 có $V_{CC} = 5V$; $A = 10^5$; $v_- = 25\mu V$ và $v_+ = 50\sin(2\pi t) (\mu V)$. Tìm thế lối ra $v_o(t)$ và vẽ đồ thị biểu diễn.



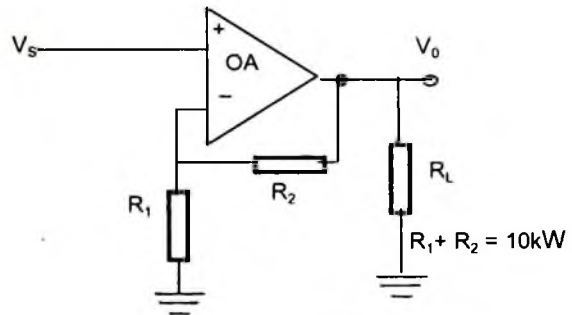
Hình B 9.3.

- 9.4. Hình B 9.4 là mạch khuếch đại dùng bộ khuếch đại thuật toán với phản hồi vòng kín trên các điện trở R_1 và R_2 . Tìm hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại này. Biết rằng $R_1 = 10\text{k}\Omega$; $R_2 = 50\text{k}\Omega$; $R_i = 500\text{k}\Omega$; $r_o = 0$; $A = 10^5$ và bộ khuếch đại thuật toán không bị bão hòa.



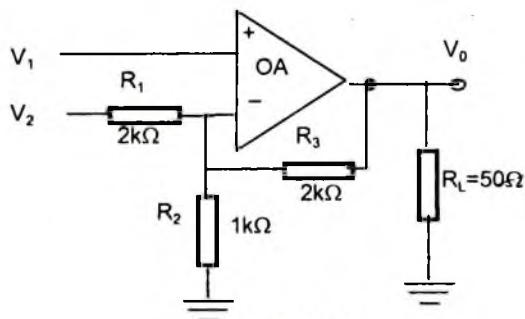
Hình B 9.4.

- 9.5. Bộ KĐTT OA của mạch khuếch đại trong hình B 9.5 hoạt động với nguồn nuôi $\pm 12\text{V}$ và dòng lối ra 200mA . Xác định hệ số khuếch đại được phép của mạch khuếch đại nếu giá trị cực đại của V_s là 1V .



Hình B 9.5.

- 9.6. Hình B 9.6 là sơ đồ tổng thể của bộ khuếch đại với OA lý tưởng.
- Tính thế lối ra V_o theo thế lối vào V_1 ; V_2 .
 - Tính thế lối ra V_o khi thế lối vào đã cho là $V_1 = 2\text{V}$; $V_2 = 6\text{V}$.
 - Nếu nguồn nuôi của OA là $\pm 12\text{V}$, cho $V_1 = 4\text{V}$, thì vùng được phép của V_2 bằng bao nhiêu?



Hình B 9.6.

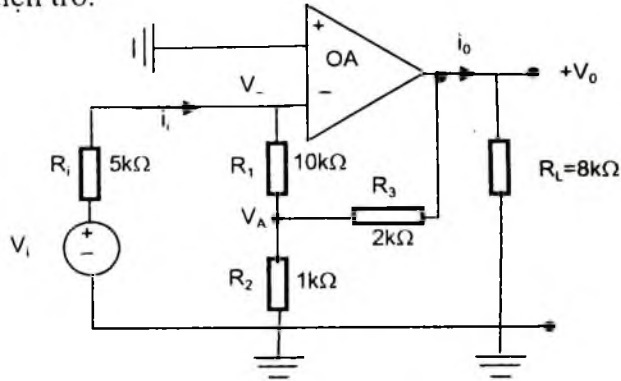
9.7. Hình B 9.7 là sơ đồ tổng thể của bộ khuếch đại với OA lý tưởng.

a) Tính thế lối ra V_o theo thế lối vào V_i .

b) Tính điện trở lối vào khi thế lối vào là $V_i = 0,5V$.

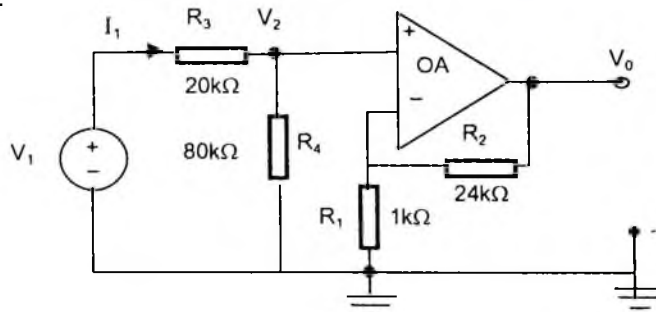
c) Tính dòng điện lối ra i_o .

d) Tính công suất cung cấp bởi nguồn thế lối vào v_i và công suất tỏa ra trên các điện trở.



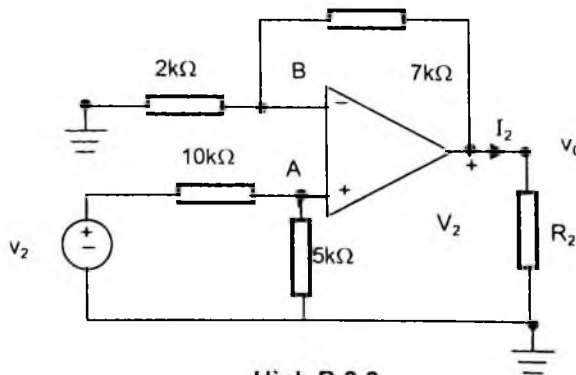
Hình B 9.7.

9.8. Tìm hệ số khuếch đại thế của bộ khuếch đại dùng OA trong sơ đồ hình B 9.8.



Hình B 9.8.

9.9. Tìm hệ số khuếch đại của sơ đồ cho trên hình 9.9.



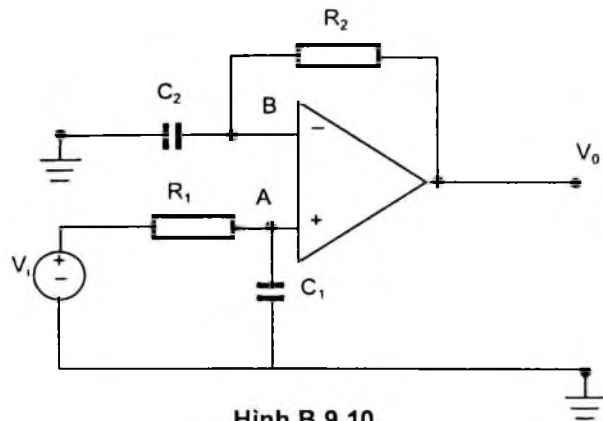
Hình B 9.9.

9.10. Một bộ khuếch đại không đảo có sơ đồ cho trên hình B 9.10.

a) Tìm tỷ số thế lối ra trên thế lối vào.

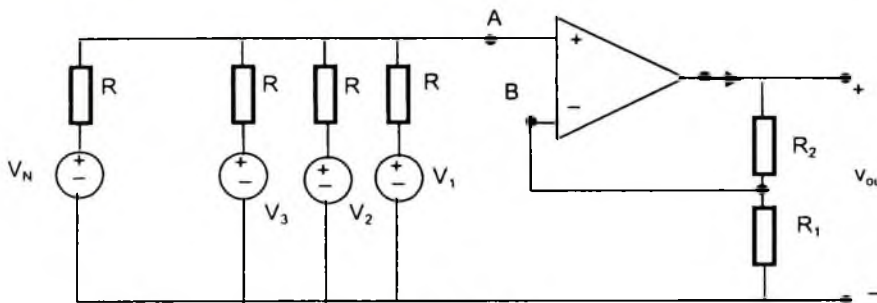
b) Vẽ đáp ứng biên độ và pha của mạch điện đó; với $C_1 = 0,1\mu\text{F}$;

$C_2 = 1000\mu\text{F}$; $R_1 = 25\text{k}\Omega$
và $R_2 = 30\Omega$.



Hình B 9.10.

9.11. Tìm thế lối ra trong mạch điện cho trên hình B 9.11.



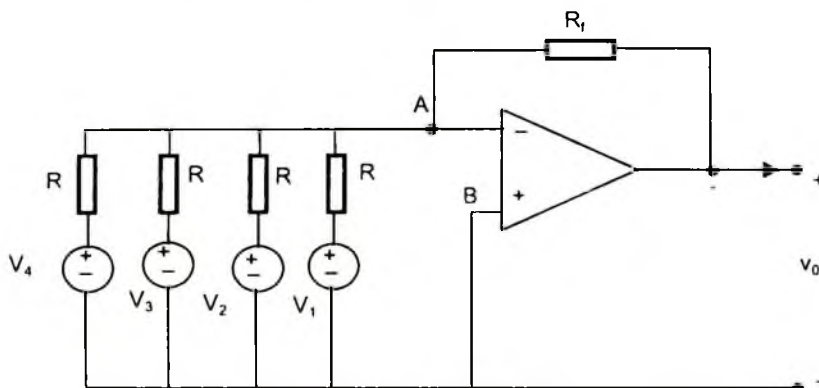
Hình B 9.11.

9.12. Có bộ tổng 4 lối vào với các điện trở đo bằng $\text{k}\Omega$ là: $R_1 = 1$; $R_2 = 1/2$, $R_3 = 1/4$, $R_4 = 1/8$ và $R_F = 1$. Các thế lối vào hoặc được nối với 0V hoặc 1V .

Hãy biểu thị thế lối ra V_o theo các thế lối vào v_4, v_3, v_2, v_1 được cho theo các cấu hình sau:

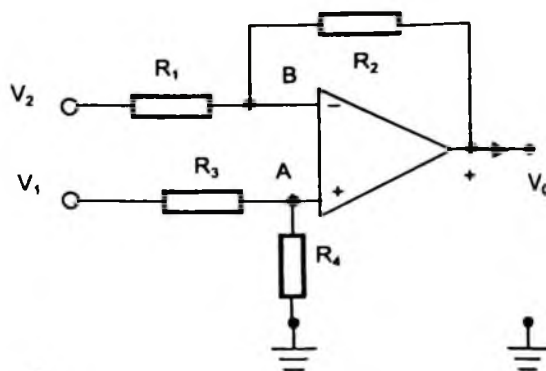
a) $v_4 = 1\text{V}$; $v_3 = 0$; $v_2 = 0$, $v_1 = 1\text{V}$.

b) $v_4 = 1\text{V}$; $v_3 = 1\text{V}$; $v_2 = 1\text{V}$; $v_1 = 0$.



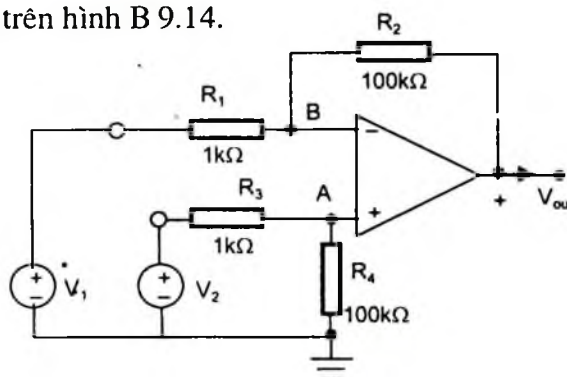
Hình B 9.12.

9.13. Tìm thế lối ra V_0 theo các thế lối vào V_1 và V_2 của mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.13.



Hình B 9.13.

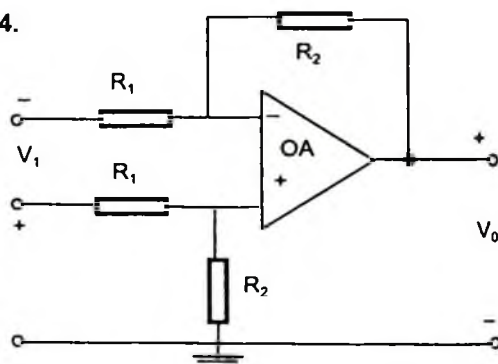
9.14. Tìm thế lối ra của bộ khuếch đại thuật toán theo các thế lối vào của sơ đồ khuếch đại vi sai cho trên hình B 9.14.



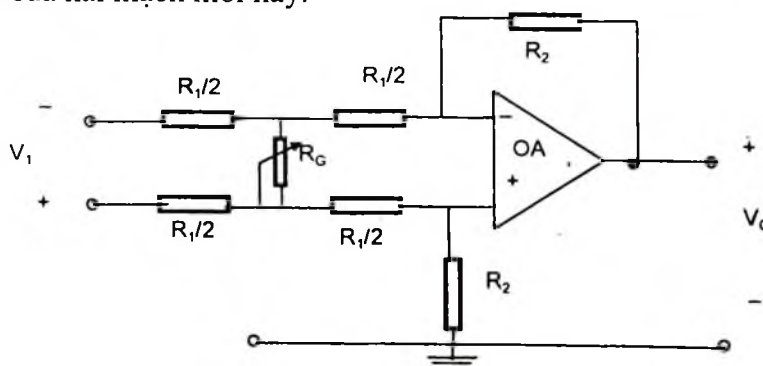
Hình B 9.14.

9.15. Hình B 9.15a là một mạch khuếch đại vi sai. Tìm hệ số khuếch đại thế $k = V_0/V_1$ của mạch này.

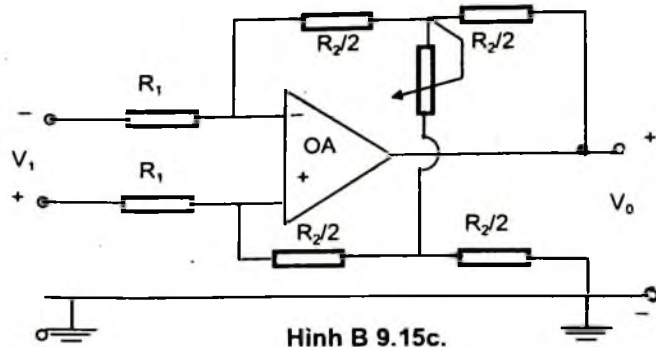
Để điều chỉnh hệ số khuếch đại vi sai của mạch điện này, người ta mắc thêm vào điện trở điều chỉnh R_G như trên hình B 9.15b và c. Tìm hệ số khuếch đại thế $k = V_0/V_1$ của hai mạch mới này.



Hình B 9.15a.

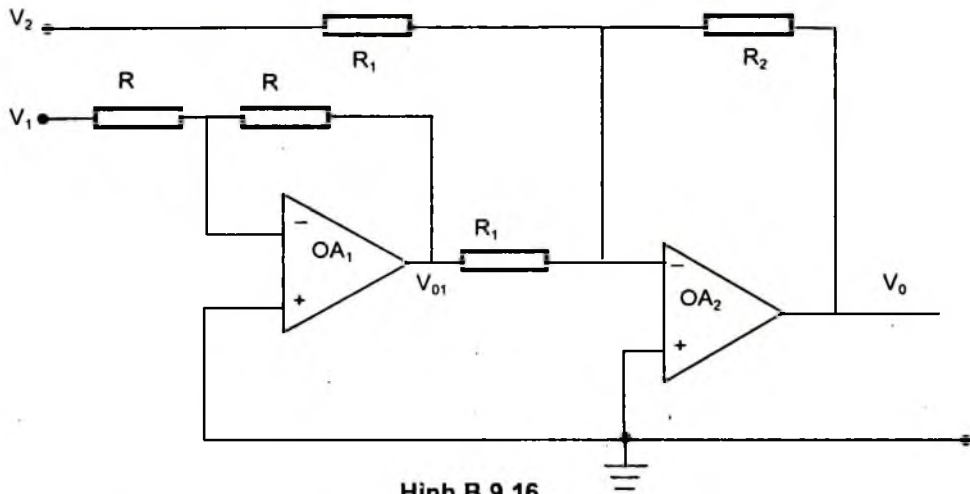


Hình B 9.15b.



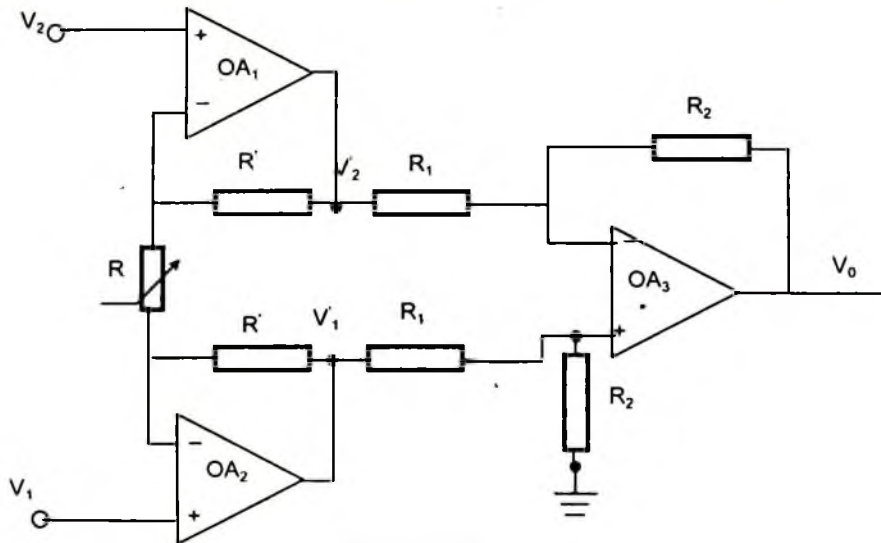
Hình B 9.15c.

9.16. Tìm thế lối ra theo các thế lối vào và các điện trở có ghi trên sơ đồ, trong sơ đồ mạch điện dùng 3 bộ khuếch đại thuật toán như trên hình B 9.16.



Hình B 9.16.

9.17. Tìm thế lối ra theo các thế lối vào và các điện trở có ghi trên sơ đồ, trong sơ đồ mạch điện dùng 3 bộ khuếch đại thuật toán như trên hình B 9.17.

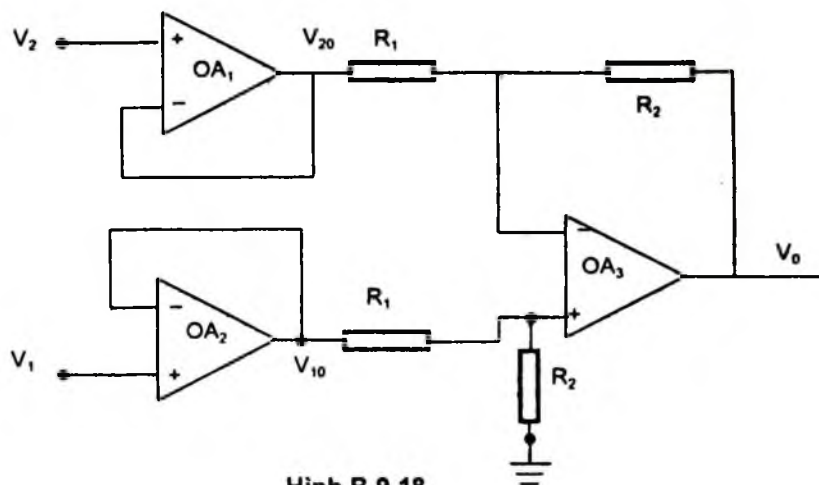


Hình B 9.17.

9.18. Hình B 9.18 là sơ đồ của bộ khuếch đại vi sai. Chứng minh rằng, thế lối ra lên hệ với các thế lối vào bằng hệ thức:

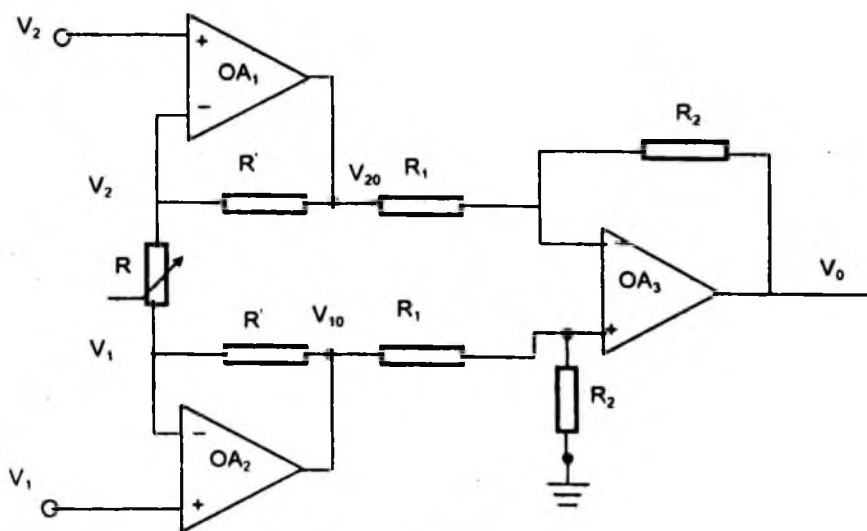
$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$$

b) Xác định giá trị của các điện trở R_1 và R_2 để bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng 10^5 .



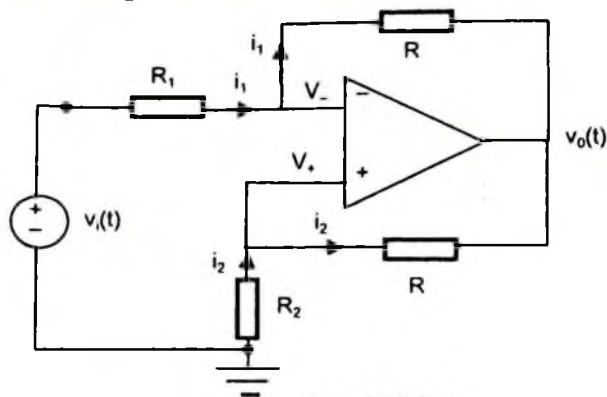
Hình B 9.18.

9.19. Tìm thế lối ra theo các thế lối vào và các điện trở có ghi trên sơ đồ, trong sơ đồ mạch điện dùng 3 bộ khuếch đại thuật toán như trên hình B 9.19. Xác định giá trị của các điện trở để hệ số khuếch đại của toàn mạch bằng 10^5 .



Hình B 9.19.

9.20. Cho mạch điện trong sơ đồ hình B 9.20.

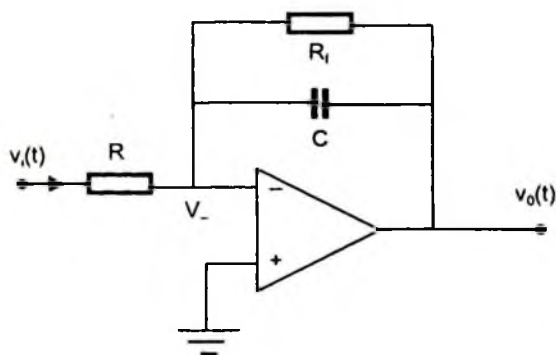


Hình B 9.20.

- Chứng minh dòng điện $i_1 = i_2$.
- Tìm tỷ số V_o/V_i của mạch điện này.

9.21.

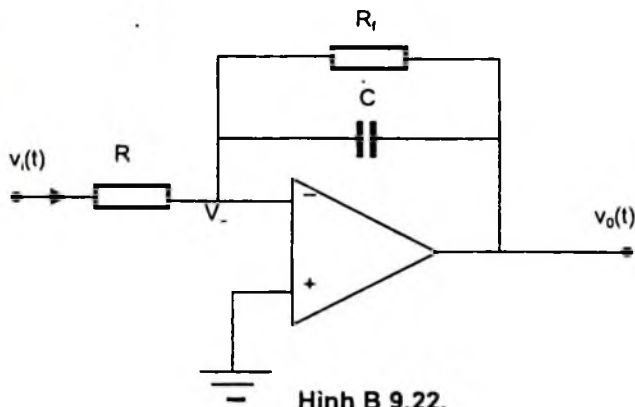
- Tìm tín hiệu lối ra của mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.21 theo thế lối vào $v_i(t)$ và theo các linh kiện có trong sơ đồ.



Hình B 9.21.

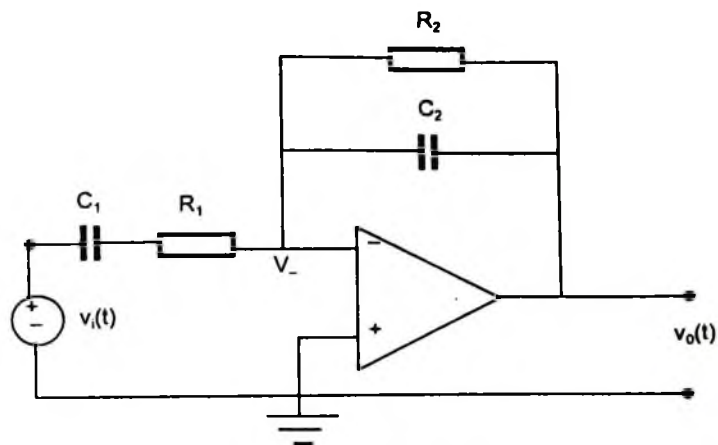
- Tìm và vẽ đáp ứng biên độ với 3 giá trị khác nhau của điện trở phản hồi R_f : 100k Ω , 300k Ω , 500k Ω ; $C = 10$ nF và điện trở $R = 2$ k Ω .

- 9.22. Tính thế lối ra của sơ đồ hình B 9.22 khi thế lối vào $v(t) = \sin 1000t$. Biết rằng $R = R_f = 1$ k Ω và tụ $C = 1$ μ F.



Hình B 9.22.

- 9.23. Tìm tỷ số V_o/V_i . Vẽ đáp ứng biên độ và pha của mạch điện, với: $C_2 = 0,1$ μ F; $R_1 = 20$ Ω và $R_2 = 10$ Ω và ba giá trị khác nhau của C_1 là 100 μ F, 1 μ F và 0,1 μ F.

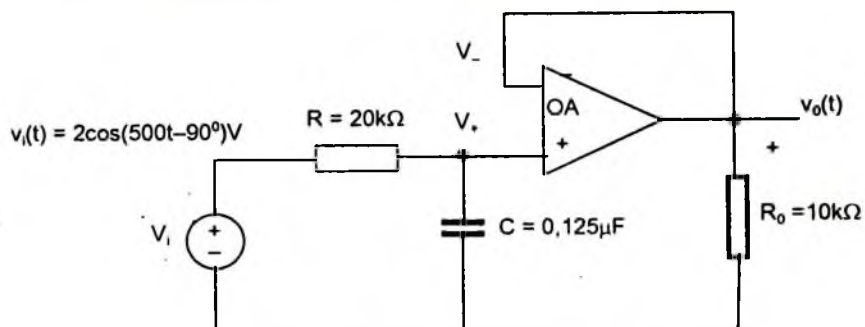


Hình B 9.23.

9.24. Tính thế lối ra $v_o(t)$ của một mạch điện cho trên hình B 9.24, nếu thế lối vào:

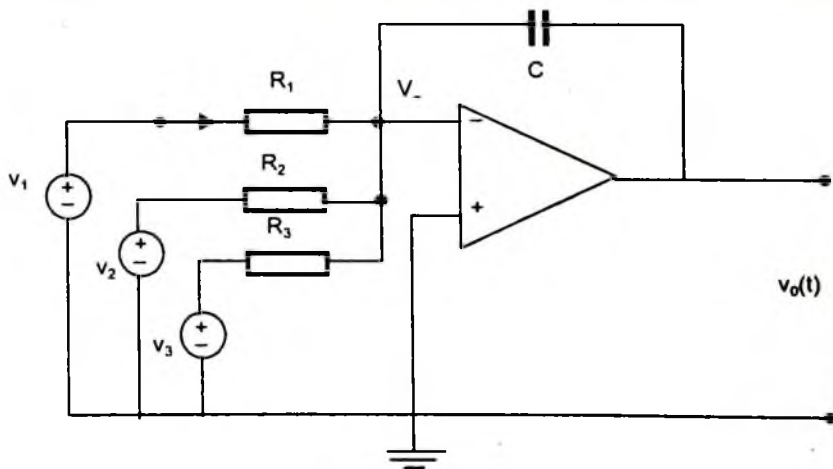
$$v_i(t) = 2\cos(500t - 90^\circ) \text{ V}$$

Biết rằng bộ khuếch đại thuật toán OA là lý tưởng.



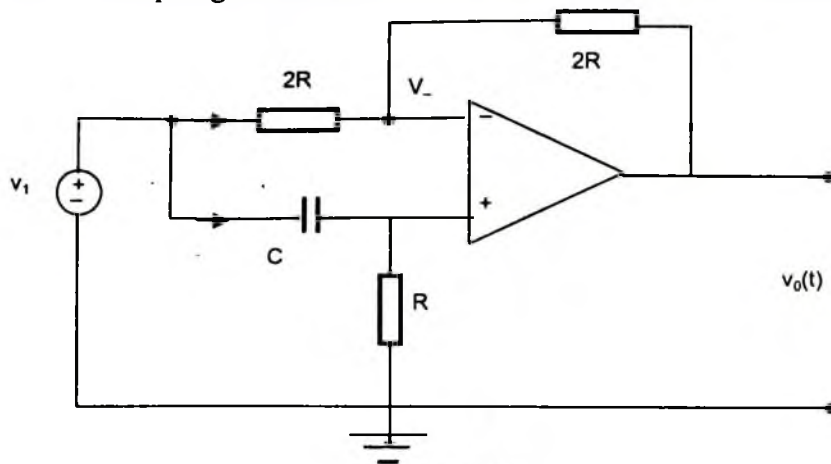
Hình B 9.24.

9.25. Tính thế lối ra của sơ đồ mạch điện hình B 9.25 đối với các tín hiệu lối vào.



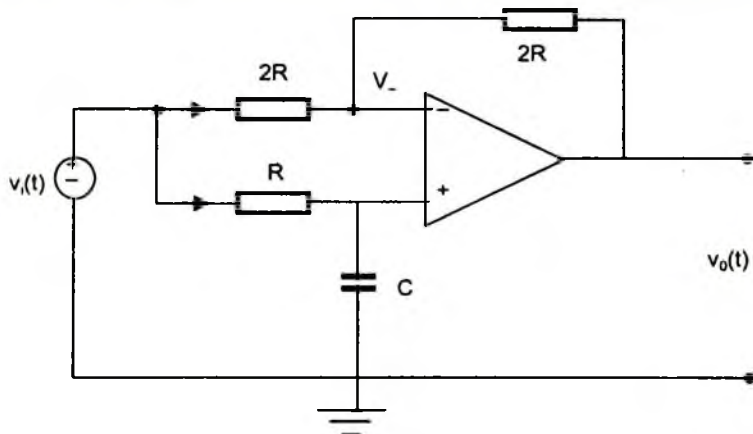
Hình B 9.25.

9.26. Tìm và vẽ đáp ứng tần số của các mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.26.



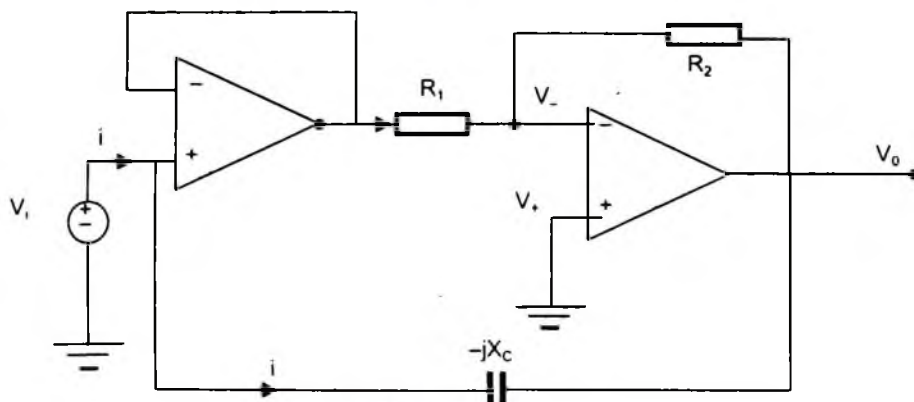
Hình B 9.26.

9.27. Tìm và vẽ đáp ứng tần số của các mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.27.



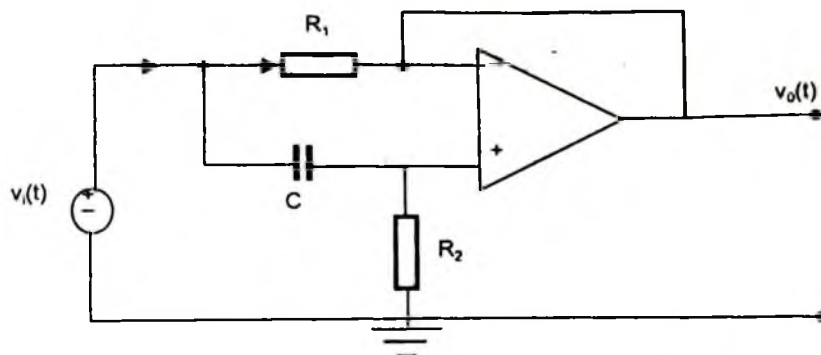
Hình B 9.27.

9.28. Tính trở kháng $\frac{V_i}{i}$ nhìn từ lối vào với sơ đồ hình B 9.28.



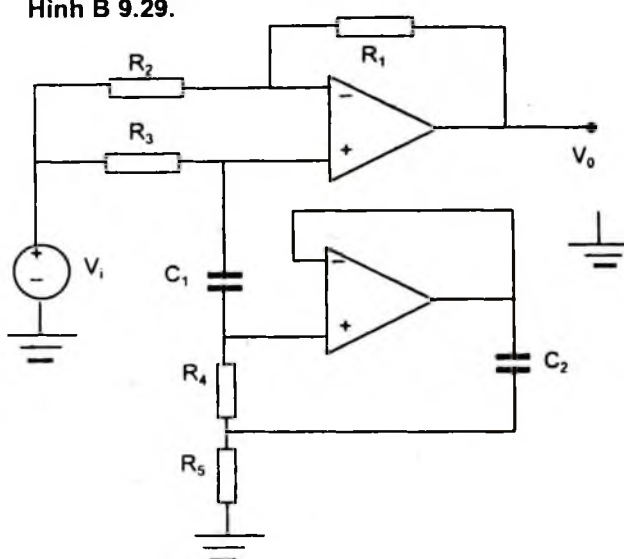
Hình B 9.28.

- 9.29. Tìm trở kháng lối vào của mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.29. Vẽ sự thay đổi của trở kháng lối vào z_i theo tần số với: $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$ và $C = 0,1\mu F$.



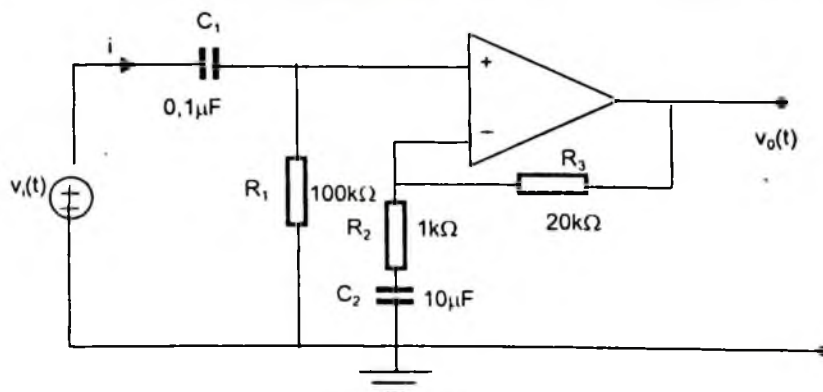
Hình B 9.29.

- 9.30. Tìm đáp ứng tần số của mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.30. Trong sơ đồ này, bộ khuếch đại thuật toán đầu tiên dùng để khuếch đại vi sai; trong khi bộ khuếch đại thuật toán thứ hai dùng để chuyển đổi trở kháng Z . Vẽ đáp ứng biên độ và pha với: $C_1 = 0,1\mu F$; $L = 100mH$; $R_1 = R_2 = R_3 = 0,5k\Omega$ và ba giá trị khác nhau của R : 150Ω ; $1k\Omega$ và $5k\Omega$.



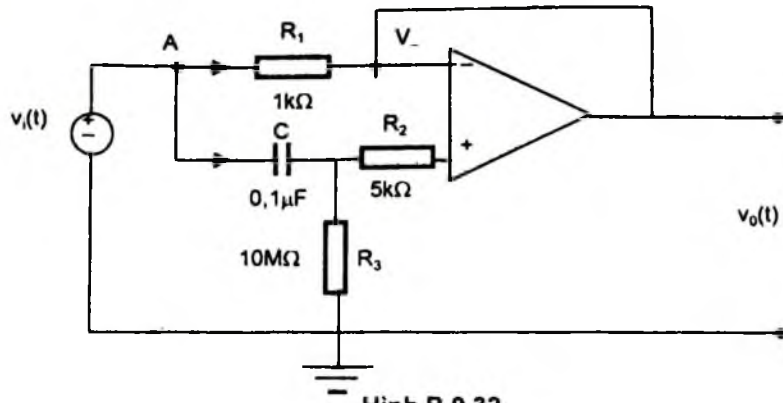
Hình B 9.30.

- 9.31. Tìm và vẽ đáp ứng tần số mạch điện có sơ đồ cho trong hình B 9.31.



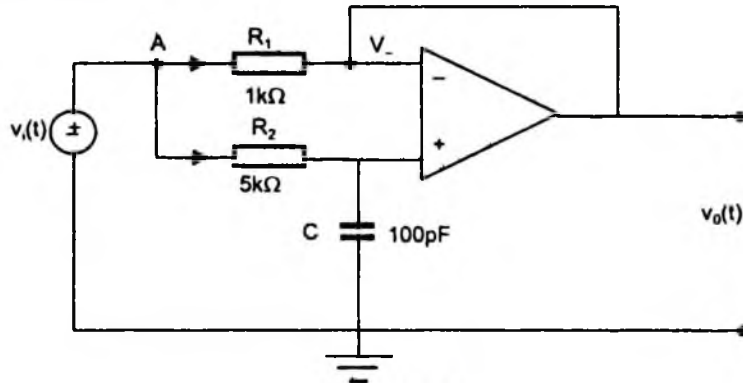
Hình B 9.31.

9.32. Chứng tỏ rằng trở kháng tại điểm A là trở kháng của một cuộn cảm. Tính giá trị của nó.



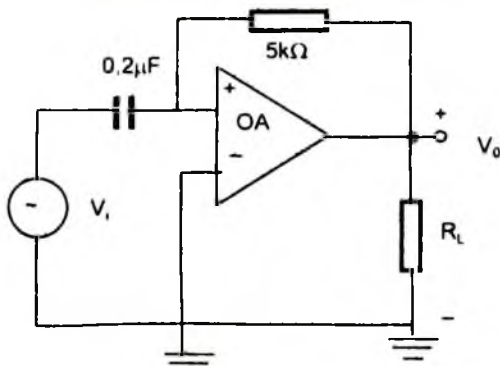
Hình B 9.32.

9.33. Chứng tỏ rằng trở kháng tại điểm A là trở kháng của một điện dung. Tính giá trị của nó.

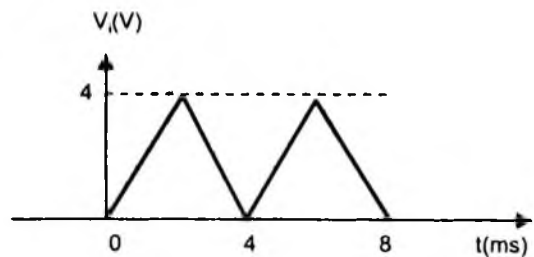


Hình B 9.33.

9.34. Tìm thế lối ra trong mạch điện cho trong hình B 9.34a nếu thế lối vào có dạng như trên hình B 9.34b

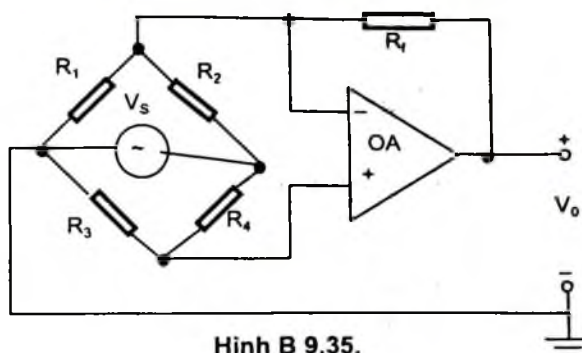


Hình B 9.34a.



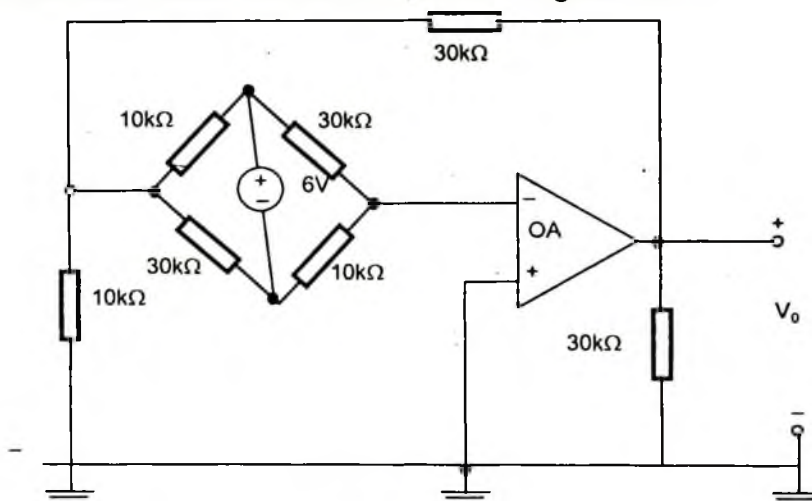
Hình B 9.34b.

9.35. Tìm hệ số khuếch đại thế của mạch điện cho trong hình B 9.35.



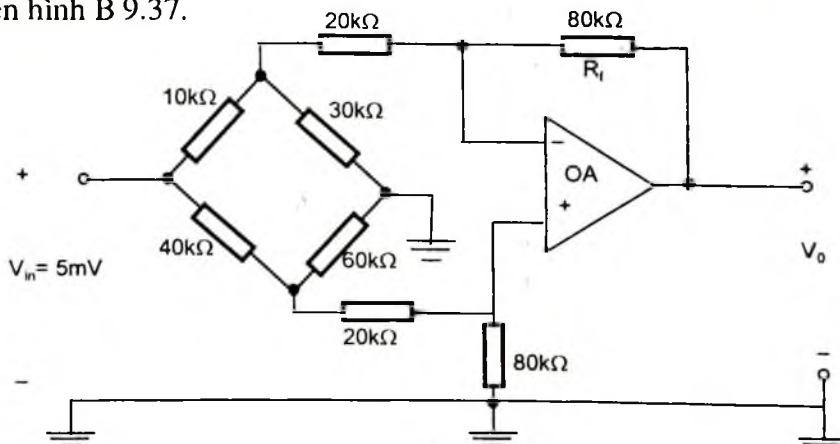
Hình B 9.35.

9.36. Tìm hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại vi sai điều khiển bằng cầu có sơ đồ cho trên hình B 9.36; với thế lối vào là nguồn thế 6V.



Hình B 9.36.

9.37. Tìm thế lối ra của bộ khuếch đại vi sai điều khiển bằng cầu có sơ đồ cho trên hình B 9.37.



Hình B 9.37.

9.38. Thiết kế một máy tính điện tử để giải phương trình vi phân bậc hai sau:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + K_1 \frac{dx(t)}{dt} + K_2 x(t) = f(t)$$

9.39. Thiết kế một mạch điện máy tính điện tử tương tự để giải phương trình vi phân sau:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 3 \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = 12 \cos 5t \quad t > 0$$

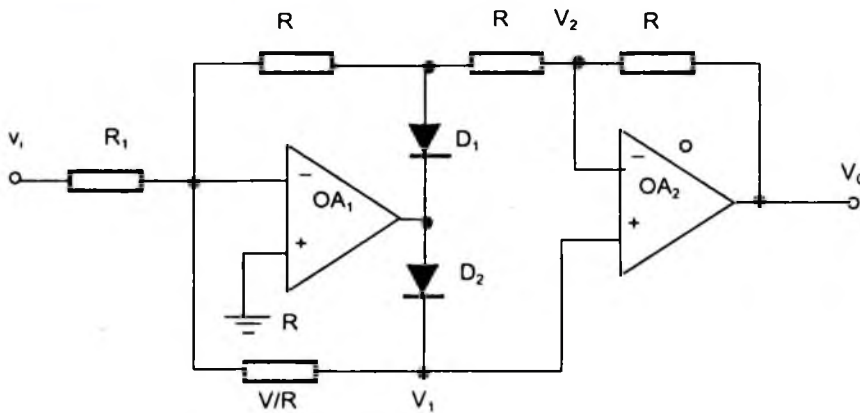
với điều kiện ban đầu: $x(0) = -4,5$; $\frac{dx(0)}{dt} = 1,5$

9.40. Thiết kế một mạch điện máy tính điện tử tương tự để giải phương trình vi phân sau:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 3 \frac{dx(t)}{dt} + 2x(t) = 4 \sin 10t \quad t > 0$$

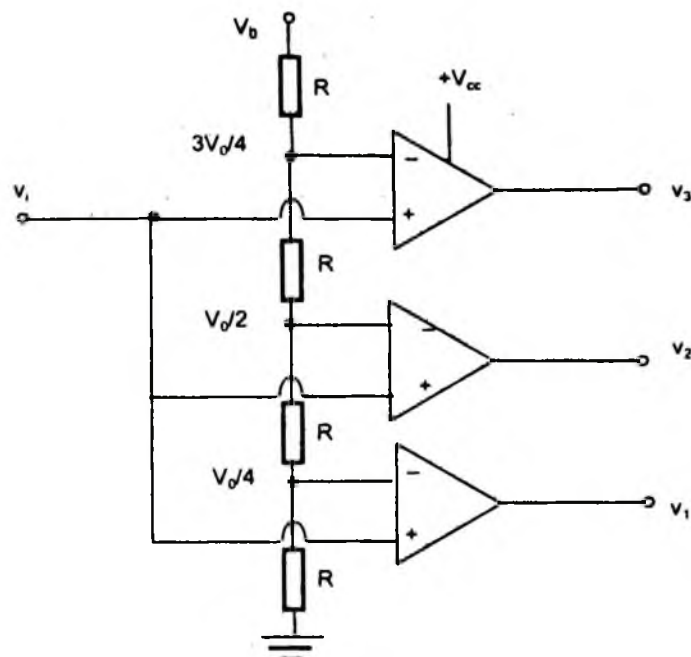
với điều kiện ban đầu: $x(0) = 2$; $\frac{dx(0)}{dt} = 0$

9.41. Một mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 9.41, tìm thế lối ra V_0 .



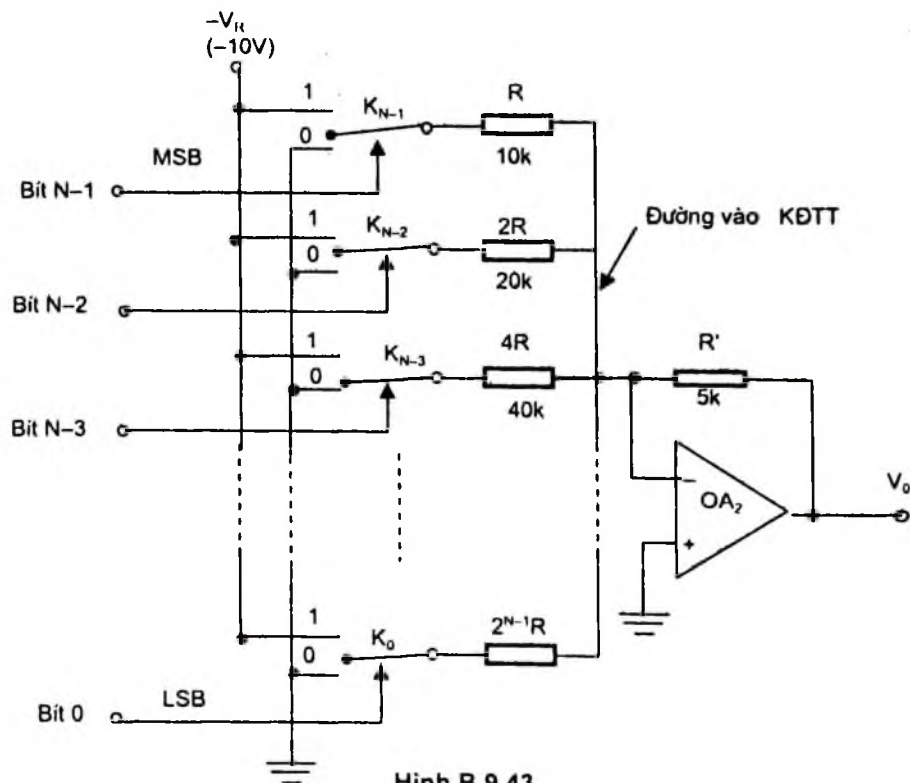
Hình B 9.41.

9.42. Tìm các thế lối ra V_1 , V_2 , V_3 của mạch điện trong hình B 9.42 với các nguồn nuôi: $V_{cc} = \pm 5V$; $V_0 = 4V$ và thế lối vào $v_i(t)$ là một hàm ramp dạng $v_i(t) = t$ (V).



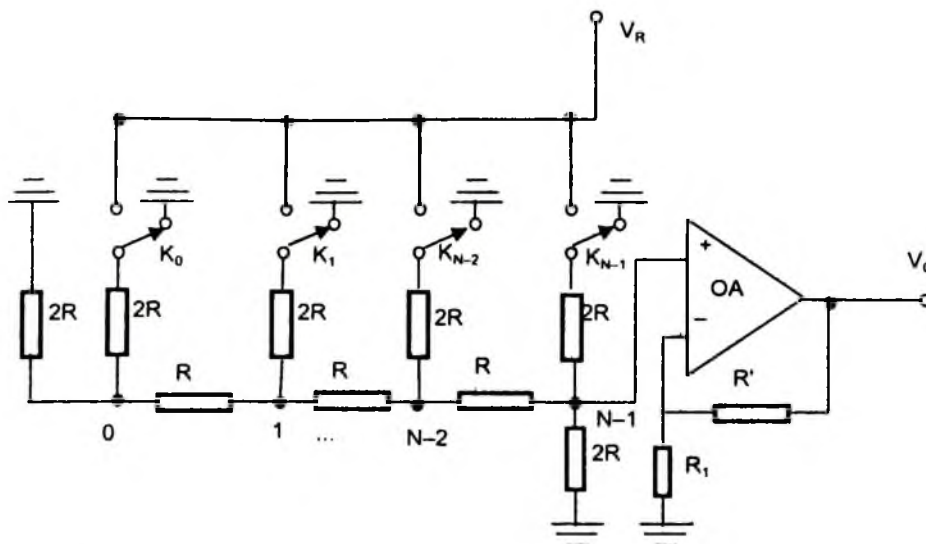
Hình B 9.42.

9.43. Tìm thế lối ra của sơ đồ mạch điện cho trong hình B 9.43 khi các khóa K nằm ở các vị trí khác nhau.



Hình B 9.43.

9.44. Tìm thế lối ra V_0 trong sơ đồ mạch điện tử cho trong hình B 9.44 khi các khóa K nằm ở các vị trí khác nhau.



Hình B 9.44.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

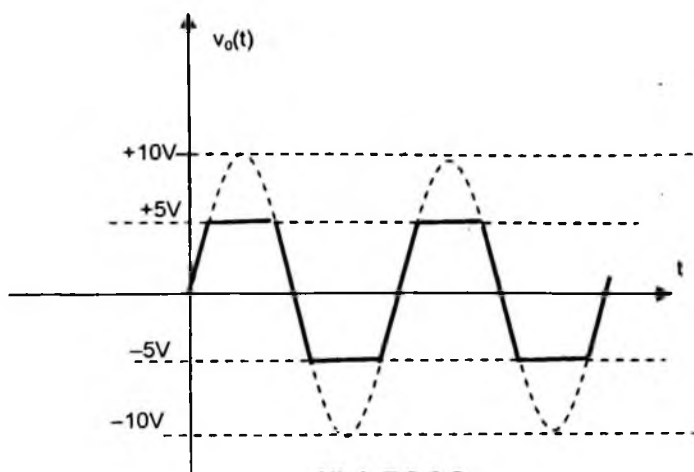
9.1. $|v_0| = 10^5 |v_+| < 15V \Rightarrow |v_+| < \frac{15}{10^5} = 15 \cdot 10^{-5} V = 150 \mu V$

9.2. Thế lối ra tính được: $v_0(t) = Av_+ = 10^5 \times 100 \sin(2\pi t) \cdot 10^{-6} V = 10 \sin(2\pi t) V$

Trong khoảng thế $\pm 5V$, thì bộ khuếch đại hoạt động trong chế độ tuyến tính, còn ngoài khoảng trên thì trong chế độ bão hòa. Có nghĩa là thế lối ra tìm được dưới dạng:

$$v_0(t) = \begin{cases} 5V, & \frac{1}{12} < t < \frac{5}{12} \\ 10 \sin(2\pi t) V, & \frac{5}{12} < t < \frac{7}{12} \\ -5V, & \frac{7}{12} < t < \frac{11}{12} \end{cases}$$

Thế này cho trong hình BG 9.2.



Hình BG 9.2.

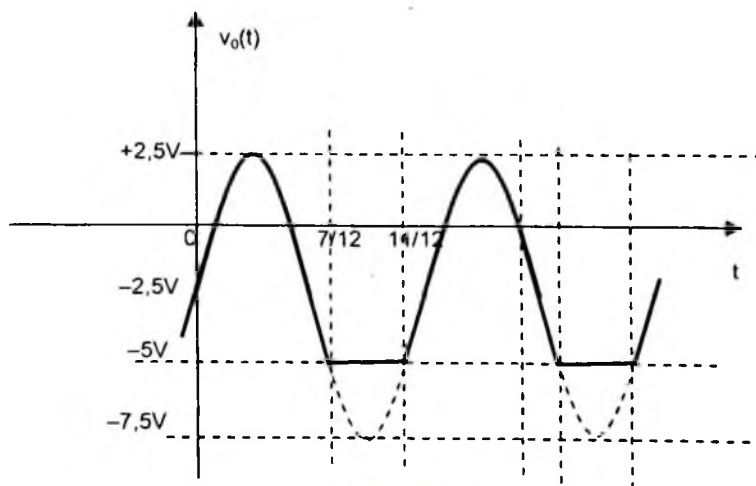
9.3. Thế lỗi ra tính được:

$$v_o(t) = 10^5 \times (v_+ - v_-) = 10^5 \times (50\sin(2\pi t) \cdot 10^{-6} \text{V} - 25 \cdot 10^{-6} \text{V}) = 5\sin(2\pi t) - 2,5 \text{V}$$

Trong khoảng thế $5\sin(2\pi t) - 2,5 < -5\text{V}$, thì bộ khuếch đại hoạt động trong chế độ bão hòa. Có nghĩa là thế lỗi ra tìm được dưới dạng:

$$v_o(t) = \begin{cases} -5\text{V}, & \frac{7}{12} < t < \frac{11}{12} \\ 5\sin(2\pi t) - 2,5\text{V}, & \text{ngoài khoảng trên} \end{cases}$$

Đồ thị của thế này cho trên hình BG 9.3.



Hình BG 9.3.

9.4. Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V_+ , ta thu được phương trình:

$$\frac{V_- - v_i}{R_1} + \frac{V_- - v_0}{R_2} + \frac{V_-}{R_i} = 0 \quad (1)$$

Mặt khác: $-AV_- = v_o \Rightarrow V_- = -\frac{v_0}{A} = -10^{-5} v_0$ (2)

Thay (2) vào (1), ta sẽ tìm được mối liên hệ giữa thế lối vào và lối ra và từ đó tìm được hệ số khuếch đại của toàn bộ mạch điện:

$$\begin{aligned} \frac{-10^{-5} v_0 - v_i}{R_1} + \frac{-10^{-5} v_0 - v_0}{R_2} + \frac{-10^{-5} v_0}{R_i} &= 0 \\ \left(\frac{10^{-5}}{R_1} + \frac{10^{-5} + 1}{R_2} + \frac{10^{-5}}{R_i} \right) v_0 &= -\frac{v_i}{R_1} \end{aligned}$$

Từ đó tìm được hệ số khuếch đại của mạch điện:

$$G = \frac{v_0}{v_i} = -\frac{1}{R_1 \left(\frac{10^{-5}}{R_1} + \frac{10^{-5} + 1}{R_2} + \frac{10^{-5}}{R_i} \right)} = -5$$

9.5. Bộ khuếch đại với lối vào không đảo nên, ta có hệ số khuếch đại:

$$\frac{V_0}{V_S} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{10^4}{R_1}$$

Do vậy: $|V_0| = \left(\frac{10^4}{R_1} \right) |V_S| \leq 15V$; $V_S = 1V$, nên: $|V_0| = \left(\frac{10^4}{R_1} \right)$

Dòng lối ra: $I_0 = \frac{V_0}{R_1 + R_2} + \frac{V_0}{R_L} = \frac{1}{R_1} + \frac{10^4}{50R_1} = \frac{201}{R_1} \leq 200mA$

Từ đó tìm được điều kiện đối với R_1 và R_2 :

Để $I_0 \leq 200mA$, thì $R_1 \geq 1005\Omega$. Mặt khác $R_1 + R_2 = 10k\Omega$, nên ta tìm được điều kiện đối với $R_2 \leq 8995\Omega$. Khi đó hệ số khuếch đại được phép của toàn bộ khuếch đại là:

$$A_v = 1 + R_2/R_1 = 9,95$$

9.6. a) Áp dụng Kirchhoff tại nút V_- của OA, ta được:

$$\frac{V_2 - V_1}{R_1} - \frac{V_1}{R_2} - \frac{V_1 - V_0}{R_3} = 0$$

Giải ra với: $V_0 = V_1 \left(1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2} \right) - V_2 \frac{R_3}{R_1} \Rightarrow V_0 = 4V_1 - V_2$

b) Thay số tìm được $V_0 = 4(2) - 6 = 2V$.

c) $|V_0| = 4(4) - V_2 \leq 12V$, từ đó suy ra $4V \leq V_2 \leq 28V$

9.7. Đây là bộ khuếch đại lỗi vào đảo; lỗi vào không đảo nối đất. Vì vậy $V_+ = V_- = 0$. Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại các nút V_- và V_A , ta được các phương trình:

$$\frac{V_i}{R_i} + \frac{V_A}{R_1} = 0 \Rightarrow V_A = -\frac{R_1 V_i}{R_i} = -2V_i$$

$$\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A - V_0}{R_3} = 0 \Rightarrow V_0 = R_3 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) V_A =$$

$$V_0 = 3,2V_A = -6,4V_i$$

Từ đó tìm được hệ số khuếch đại của tầng khuếch đại này:

$$G = \frac{V_0}{V_i} = -6,4$$

b) Dòng điện lỗi vào tìm được:

$$i_i = \frac{V_i}{R_i} = \frac{0,5}{5 \cdot 10^3} = 10^{-4} A = 0,1mA$$

Vì thế điện trở lỗi vào của mạch chính là điện trở $R_i = 5k\Omega$.

c) Để tính dòng lỗi ra i_0 , ta áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút ra V_0 :

$$i_0 = \frac{V_0}{R_L} + \frac{V_0 - V_A}{R_3} = \frac{-6,4V_i}{8 \cdot 10^3} + \frac{-6,4V_i - 2V_i}{2 \cdot 10^3} = 15 \cdot 10^{-4} A$$

Vậy: $i_0 = 1,5mA$

d) Công suất do nguồn lỗi vào cung cấp:

$$P_i = v_i i_i = 0,5 \times 10^{-4} W = 50 \mu W$$

Công suất tiêu tán trên các điện trở là:

* Trên điện trở R_i : $P_i = R_i i_i^2 = 5000 \times 10^{-8} W = 50 \mu W$

* Trên điện trở R_1 : $P_1 = V_A^2 / R_1 = 10^{-4} W = 100 \mu W$

* Trên điện trở R_2 : $P_2 = V_A^2 / R_2 = 10^{-3} W = 1000 \mu W$

* Trên điện trở R_3 : $P_3 = (V_A - V_0)^2 / R_3 = 0,00242 W = 2420 \mu W$

* Trên điện trở R_L : $P_L = V_0^2 / R_L = 0,00128 W = 1280 \mu W$

9.8. Từ hình vẽ ta có: $V_1 = I_1 R_3 + R_4 I_1$; $V_2 = R_4 I_1$ vì dòng chạy qua OA bằng

không. Từ đó tìm được: $I_1 = \frac{V_2}{R_4}$ và $\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_4}{R_4 + R_3} = 0,8$

Mặt khác: $\frac{V_0}{V_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 25$

Vậy hệ số khuếch đại của toàn bộ bộ khuếch đại là:

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{V_0}{V_2} = 20$$

9.9. Tại A ta tìm được thế: $V_A = \frac{5}{5+10} V_{in} = \frac{1}{3} V_{in}$

Mặt khác, thế lối ra tính được:

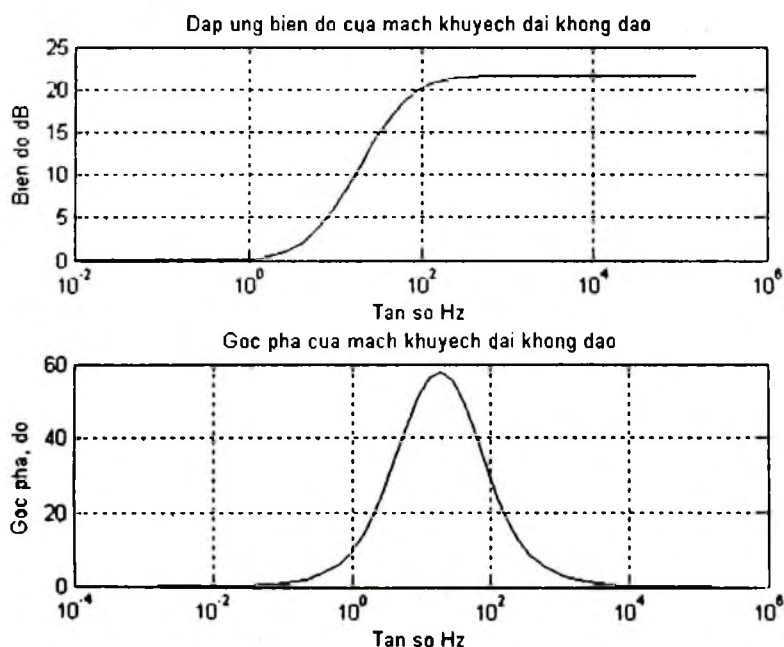
$$V_0 = (1 + \frac{7}{2}) V_A = \frac{9}{2} \times \frac{1}{3} V_{in} = 1,5 V_i \Rightarrow \frac{V_0}{V_i} = 1,5$$

Vậy hệ số khuếch đại của mạch điện này là: $G = \frac{V_0}{V_i} = 1,5$

9.10. Với sơ đồ trên hình 9.10, ta tìm được hàm truyền của mạch khuếch đại không đảo này là:

$$H(p) = \frac{V_{ou}(p)}{V_{in}(p)} = \frac{V_{ou}}{V_A} \cdot \frac{V_A}{V_{in}} = \frac{1 + \frac{R_2}{1/C_2 p}}{\frac{1/C_1 p}{R_1 + 1/C_1 p}} = \frac{(1 + C_2 R_2 p)}{(1 + C_1 R_1 p)}$$

Mạch khuếch đại này có đáp ứng biên độ và đáp ứng pha cho trên hình BG 9.10 với $C_1 = 0,1 \mu F$; $C_2 = 1000 \mu F$; $R_1 = 25 k\Omega$ và $R_2 = 30 \Omega$.



Hình BG 9.10.

9.11. Tại nút A ta có:

$$\frac{V_1 - V_A}{R} + \frac{V_2 - V_A}{R} + \dots + \frac{V_N - V_A}{R} = 0$$

Từ đó suy ra: $V_A = \frac{1}{R}(V_1 + V_2 + \dots + V_N)$

Mặt khác thế lối ra tìm được:

$$V_{ou} = (1 + \frac{R_2}{R_1})V_A = \frac{1}{R}(1 + \frac{R_2}{R_1})(V_1 + V_2 + \dots + V_N)$$

9.12. Thế lối ra của bộ tổng 4 lối vào này tìm được:

$$V_0 = -(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3 + \frac{R_f}{R_4}V_4)$$

Thay giá trị các điện trở vào, ta được: $V_0 = -(8v_4 + 4v_3 + 2v_2 + v_1)$

Thay các giá trị đã cho của v_1 đến v_4 ta được:

$$a) = -9 \text{ V}$$

$$b) = -14 \text{ V}$$

Dãy $[v_4 \ v_3 \ v_2 \ v_1]$ tạo nên một dãy nhị phân 4 bit với các giá trị 1V hoặc 0V. Cấu hình với các lối vào a) tương ứng với các số nhị phân $(1001)_2 = (9)_{10}$ và $(1110)_2 = (14)_{10}$. Mạch này là một bộ *chuyển đổi Digital-Analog*.

9.13. Nếu đặt $V_1 = 0$ thì dòng qua các điện trở R_3 và R_4 bằng 0, nên thế tại điểm A và B bằng nhau và bằng 0, nên ta có cấu hình của lối vào không đảo. Khi đó, ta tìm được:

$$V_{ou} = -\frac{R_2}{R_1}V_2$$

Nếu cho $V_2 = 0$, khi đó thế tại A là: $V_A = \frac{R_4}{R_3 + R_4}V_1$

Thế $V_A = V_B$, nên thế lối ra: $V_{ou} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}V_A$

Từ đó, theo nguyên lý chồng chất, ta thu được thế lối ra khi cả hai thế lối vào khác không là:

$$V_{ou} = -\frac{R_2}{R_1}V_2 + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \frac{R_1 + R_2}{R_1}V_1 = -\frac{R_2}{R_1} \left[V_2 - \frac{1}{R_3/R_4 + 1} \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) V_1 \right]$$

Nếu chọn $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$, thì: $V_{ou} = \frac{R_2}{R_1} [V_1 - V_2]$

9.14. Áp dụng định lý Kirchhoff đối với dòng điện tại các nút A và B, ta được hai phương trình:

$$\frac{V_A - V_2}{R_3} + \frac{V_A}{R_4} = 0$$

và
$$\frac{V_B - V_1}{R_1} + \frac{V_B - V_{ou}}{R_2} = 0$$

Thế $V_A = V_B$, nên từ hai phương trình trên thu được:

$$V_{ou} = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R_4)} V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_1$$

Thay các giá trị cho trên sơ đồ, ta được:

$$V_{ou} = \frac{100(1+100)}{1(1+100)} V_2 - \frac{100}{1} V_1 = 100(V_2 - V_1)$$

9.15. a) $k = \frac{V_0}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$

b) $k = \frac{V_0}{V_1} = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + \frac{R_1}{2R_G}}$

c) $k = \frac{V_0}{V_1} = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{2R_G}\right)$

9.16. Bộ khuếch đại thuật toán OA_1 là bộ lặp lại thế với lối vào đảo, lối ra:

$$V_{01} = -V_1$$

Bộ khuếch đại OA_2 là bộ khuếch đại tổng, nên thế lối ra:

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} (V_{01} + V_2) = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Đây là bộ khuếch đại vi sai dùng 2 bộ khuếch đại thuật toán.

9.17. Từ sơ đồ ta thấy, khi $V_1 = V_2$ thì sẽ không có sụt thế trên điện trở R ; do vậy không có dòng qua R và R' ; $V_1' = V_1$ và $V_2' = V_2$. Khi đó tầng đệm hoạt động như một bộ lặp lại thế. Nhưng nếu $V_1 \neq V_2$ thì có dòng qua R và R' , nên $V_2' - V_1' > V_2 - V_1$; do vậy hệ số khuếch đại của mạch điện sẽ tăng lên so với hệ số khuếch đại của một tầng. Thế lối ra lúc này tính được là:

$$V_0 = \left(1 + \frac{2R'}{R}\right) \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Từ đây ta thấy nếu dùng một điện trở R biến đổi được, thì hệ số khuếch đại vi sai cũng có thể thay đổi được.

Nếu chỉ dùng hai bộ khuếch đại thuật toán OA_1 và OA_2 và hai điện trở R và R' , thì sẽ thu được một bộ khuếch đại với *lỗi ra kép* hay còn gọi là bộ khuếch đại lỗi ra vi sai. Khi đó thì:

$$V_2' - V_1' = \left(1 + \frac{2R'}{R}\right) (V_2 - V_1)$$

Đây là bộ khuếch đại vi sai dùng 3 khuếch đại thuật toán.

- 9.18. Ta thấy hai bộ khuếch đại thuật toán OA_1 và OA_2 là hai bộ lặp lại thế lỗi vào không đảo, nên thế lỗi ra: $V_{10} = V_1$; $V_{20} = V_2$

Áp dụng định luật Kirchhoff tại các nút V_+ và V_- của OA_3 , ta được:

$$\frac{V_{20} - V_-}{R_1} + \frac{V_0 - V_-}{R_2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{V_+ - V_{10}}{R_1} + \frac{V_+}{R_2} = 0 \Rightarrow V_+ = \frac{V_{10}}{R_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} \quad (2)$$

Vì OA là lý tưởng nên $V_+ = V_-$. Do đó, thay (2) vào (1) và thay $V_{10} = V_1$; $V_{20} = V_2$, ta sẽ tìm được thế lỗi ra V_0 là:

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$$

b) Hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại vi sai này là:

$$G = \frac{V_0}{V_1 - V_2} = \frac{R_2}{R_1} = 10^5$$

Vì vậy nếu chọn $R_1 = 50\Omega$ thì $R_2 = 5M\Omega$; hoặc nếu chọn $R_1 = 100\Omega$ thì $R_2 = 10M\Omega$.

- 9.19. Các bộ khuếch đại thuật toán OA_1 và OA_2 là lý tưởng, nên điện trở nội của chúng bằng ∞ . Có nghĩa là dòng điện không chạy qua các bộ khuếch đại thuật toán này. Dòng điện I chạy trong các điện trở R và R' là như nhau, theo cùng một hướng. Vì vậy ta thu được:

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R} \quad (1)$$

Từ đó suy ra: $V_{20} = V_2 - R'I = V_2 - \frac{R'}{R}(V_1 - V_2)$ (2)

Tương tự: $V_{10} = V_1 + R'I = V_1 + \frac{R'}{R}(V_1 - V_2)$ (3)

Thế lối ra của toàn bộ bộ khuếch đại vi sai này là:

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1}(V_{10} - V_{20})$$
 (4)

Thay (2), (3) vào (4), ta được thế lối ra theo các thế lối vào:

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1}(V_{10} - V_{20}) = \frac{R_2}{R_1}\left(1 + \frac{2R'}{R}\right)(V_1 - V_2)$$

Từ đó tìm được hệ số khuếch đại của toàn mạch là:

$$G = \frac{V_0}{(V_1 - V_2)} = \frac{R_2}{R_1}\left(1 + \frac{2R'}{R}\right) = 10^5$$

Chọn $R_1 = R = 1k\Omega$; $R_2 = 10k\Omega$ thì $R' = 500k\Omega$. Đây là các điện trở dễ tìm.

- 9.20. a) Vì bộ khuếch đại thuật toán là lý tưởng, có điện trở lối vào vô cùng lớn, nên dòng điện không đi qua bộ khuếch đại thuật toán. Do đó dòng điện i_1 và i_2 đều đi qua hai điện trở R . Theo định luật Kirchhoff cho mắt mạng, ta thu được:

$$Ri_1 - Ri_2 = 0 \Rightarrow i_1 = i_2$$

- b) Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V_+ , V_- , ta tìm được:

$$\frac{V_- - v_i}{R_1} + \frac{V_- - v_0}{R} = 0$$
 (1)

$$\frac{V_+}{R_2} + \frac{V_+ - v_0}{R} = 0 \Rightarrow V_+ = \frac{v_0}{R\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2}\right)}$$
 (2)

Thế nhưng: $V_+ = V_-$ nên thay (2) vào (1), ta được:

$$\frac{v_0}{RR_1\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2}\right)} + \frac{v_0}{RR\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2}\right)} - \frac{v_0}{R} = \frac{v_i}{R_1}$$

Hay: $\frac{R_2 - R_1}{R + R_2} V_0 = V_i \Rightarrow \frac{V_0}{V_i} = \frac{R + R_2}{R_2 - R_1}$

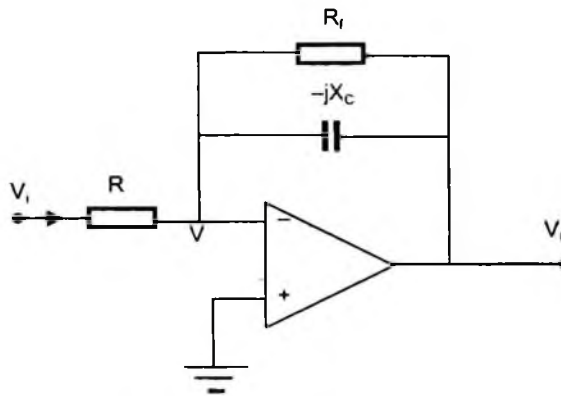
9.21. a) Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V, ta thu được phương trình vi phân liên hệ thế lối vào và thế lối ra:

$$\frac{v_i(t)}{R} + C \frac{dv_0(t)}{dt} + \frac{v_0(t)}{R_f} = 0$$

Hay:
$$\frac{dv_0(t)}{dt} + \frac{v_0(t)}{R_f C} = -\frac{v_i(t)}{RC}$$

Đây là phương trình vi phân mô tả quan hệ giữa tín hiệu vào và ra. Tùy thuộc vào tín hiệu vào $v_i(t)$ mà tín hiệu ra có các dạng khác nhau. Nghĩa là phương trình có nghiệm tùy thuộc vào $v_i(t)$.

b) Để tính đáp ứng tần số, trước hết ta vẽ sơ đồ dưới dạng tần số như trên hình BG 9.21a. Khi đó áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V, ta thu được phương trình liên hệ thế lối vào và thế lối ra:



Hình BG 9.21a.

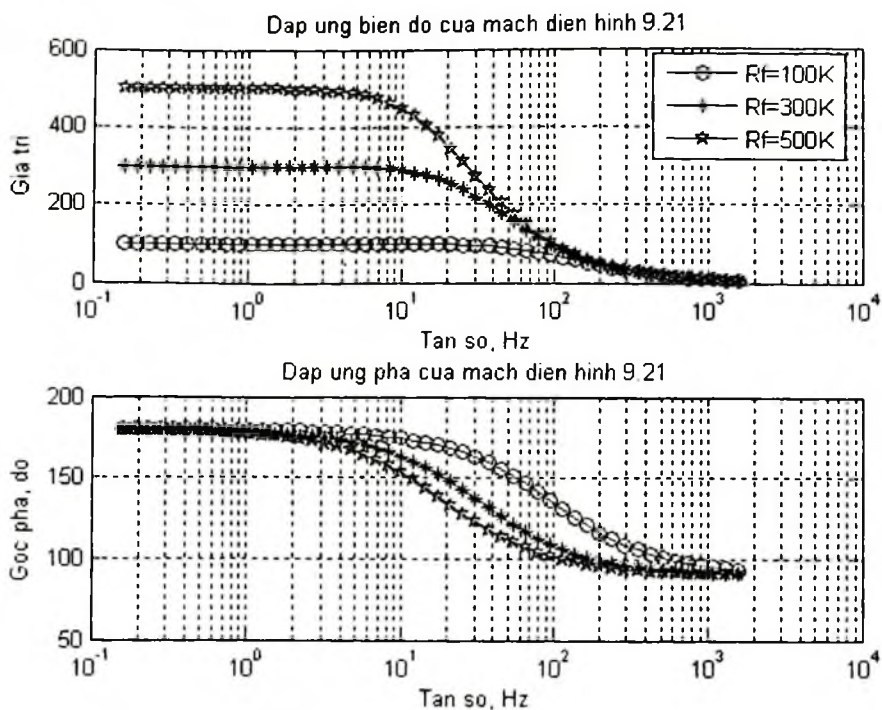
$$\frac{V_i}{R} + \frac{V_o}{-jX_C} + \frac{V_o}{R_f} = 0$$

Với:
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Từ đó tìm được đáp ứng tần số của mạch điện này là:

$$H(j\omega) = \frac{V_{ou}(j\omega)}{V(j\omega)} = -\frac{1/CR}{j\omega + 1/CR_f}$$

Hình BG 9.21b cho thấy đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của bộ khuếch đại này với 3 giá trị khác nhau của điện trở phản hồi R_f 100kΩ, 300kΩ, 500kΩ và giá trị của tụ $C = 10 \mu F$ và điện trở $R = 1k\Omega$, nhờ chương trình MATLAB:



Hình BG 9.21b.

1.22. Phương trình Kirchhoff tại nút V– cho ta:

$$\frac{v_i(t)}{R} + C \frac{dv_0(t)}{dt} + \frac{v_0}{R_f} = 0$$

Thay số vào, ta tìm được:

$$v_i + 10^{-3} \frac{dv_0}{dt} + v_0 = 0$$

Hay: $10^{-3} \frac{dv_0}{dt} + v_0 = -\sin 1000t$

Nghiệm của phương trình này tìm được dưới dạng:

$$v_0(t) = A \sin(1000t + \varphi)$$

Thay vào phương trình để tìm A và φ , ta được:

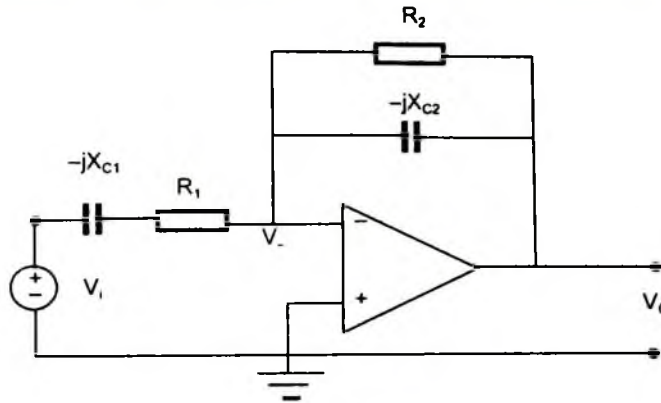
$$A[\sin(1000t + \varphi) + \cos(-1000t - \varphi)] = A[\sin(1000t + \varphi) + \sin(\pi/2 - 1000t - \varphi)]$$

$$2A \sin(\pi/4 + 1000t + \varphi) \cos(\pi/4) = A \sqrt{2} \sin(1000t + \varphi - 45^\circ) = -\sin 1000t$$

Từ đó tìm được: $A = \frac{\sqrt{2}}{2}$ và $\varphi = 45^\circ$

Do đó: $v_0(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \sin(1000t + 45^\circ)$

9.23. Trước hết ta vẽ sơ đồ dưới dạng tần số như trên hình BG 9.23a.



Hình BG 9.23a.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V_- , ta được:

$$\frac{V_- - V_i}{R_1 - jX_{C1}} + \frac{V_- - V_o}{R_1} + \frac{V_- - V_o}{-jX_{C2}} = 0$$

Với: $X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1}$; $X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2}$

Lối vào + nối đất và bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng nên: $V_+ = V_- = 0$.

Từ đó ta tìm được:

$$H(j\omega) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\frac{1}{R_1 C_2}(j\omega)}{(j\omega)^2 + (j\omega)\left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2}\right) + \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Hàm truyền này chính là hàm truyền của một bộ khuếch đại thông dải có tần số trung tâm:

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

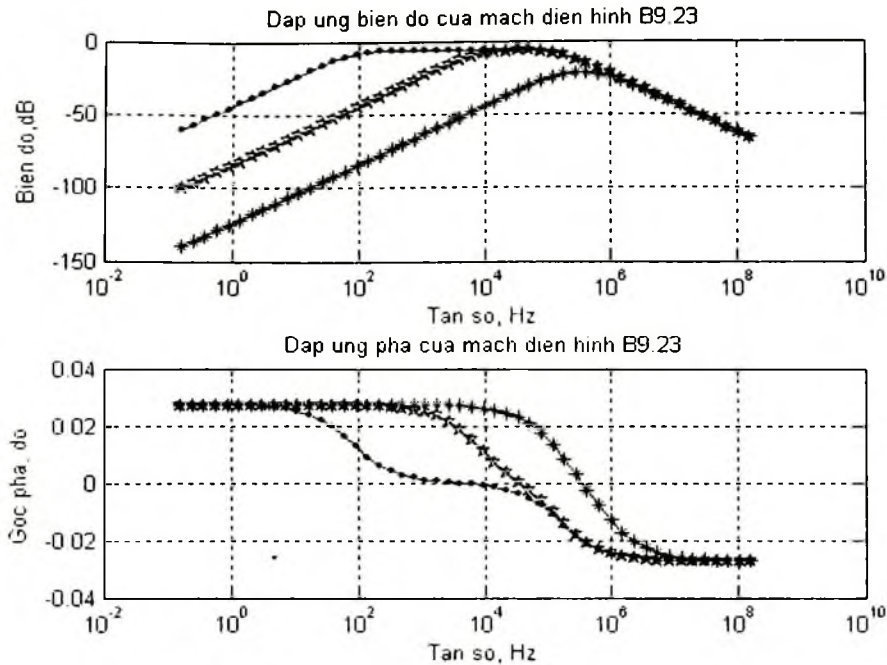
và độ rộng dải thông:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_c}{Q} = \frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2}$$

Ngoài ra, hệ thống này cũng là một bộ lấy đạo hàm cho đến tận tần số

góc $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_1}$ và là bộ tích phân ở ngoài $\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2}$.

Hình BG 9.23b cho thấy đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của mạch điện với 3 giá trị khác nhau của C_1 là $100\mu\text{F}$ và $1\mu\text{F}$ và $0,1\mu\text{F}$.



Hình BG 9.23b.

9.24. Vì bộ khuếch đại thuật toán OA là lý tưởng, nên thế:

$$V_+ = V_- = V_0$$

$$\text{Tính thế } V_+: V_+ = \frac{V_i}{Z_R + Z_C} \cdot Z_C$$

$$\text{Trong đó: } Z_R = R = 20.000\Omega;$$

$$\text{và } Z_C = -\frac{j}{\omega C} = \frac{-j}{(500)(0,125 \cdot 10^{-6})} = -j16000\Omega$$

Do vậy:

$$V_+ = \frac{2\angle -90}{20000 - j16000} \cdot (-j16000) = \frac{(2\angle -90)(16000\angle -90)}{25612\angle -39} = 1,25\angle -141$$

$$\text{Vì thế: } v_0(t) = v_+(t) = 1,25\cos(500t - 141)V$$

9.25. Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V_- , ta thu được phương trình:

$$\frac{V_- - v_1}{R_1} + \frac{V_- - v_2}{R_2} + \frac{V_- - v_3}{R_3} + C \frac{d(V_- - v_0)}{dt} = 0$$

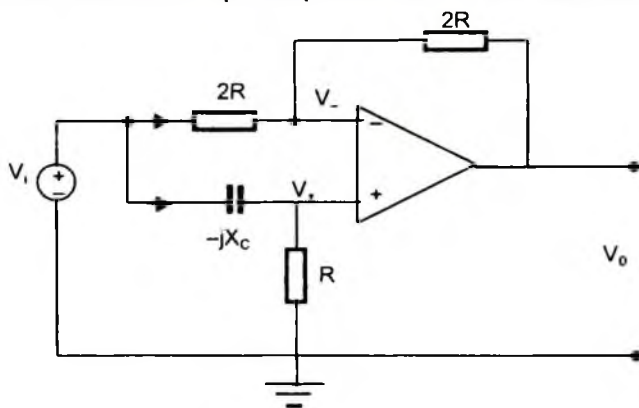
Lỗi vào không đảo của bộ khuếch đại thuật toán nối đất, nên: $V = V_+ =$
 Từ đó suy ra:

$$\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \frac{v_3}{R_3} + C \frac{d(v_0)}{dt} = 0$$

Hay:
$$v_0(t) = - \int_{-\infty}^t \left(\frac{v_1}{R_1 C} + \frac{v_2}{R_2 C} + \frac{v_3}{R_3 C} \right) dt$$

Vậy mạch điện này là một bộ tích phân của một tổng 3 lối vào.

9.26. Trước hết biểu diễn mạch điện như trên sơ đồ hình BG 9.26a.



Hình BG 9.26a.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V_- và V_+ :

$$\frac{V_- - V_i}{2R} + \frac{V_- - V_0}{2R} = 0$$

$$\frac{V_+ - V_i}{-jX_C} + \frac{V_+}{R} = 0$$

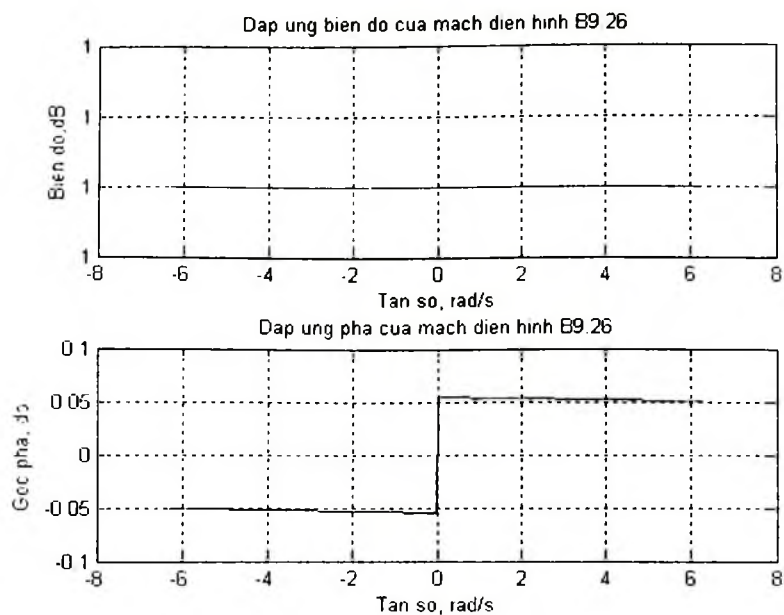
$$V_+ = V$$

Từ 3 phương trình trên, ta tìm được đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{RC(j\omega) - 1}{RC(j\omega) + 1}$$

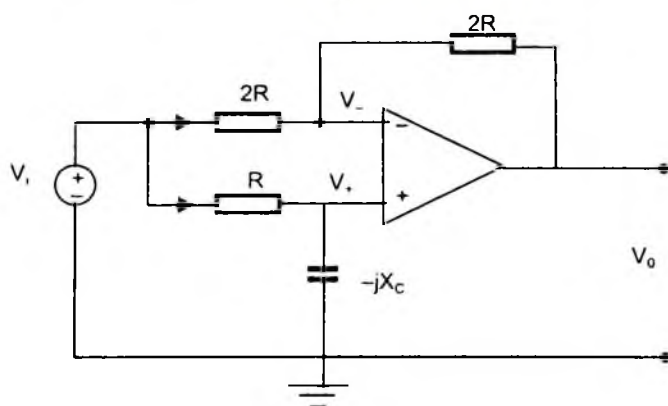
Đối với hai hàm truyền này ta thấy đáp ứng biên độ $|H(j\omega)| = \left| \frac{V_0}{V_i} \right| = 1$

Còn đáp ứng pha thì thay đổi từ $-\pi$ đến -2π theo tần số như trên hình BG 9.26b.



Hình BG 9.26b.

9.27. Biểu diễn mạch điện dưới dạng tần số như trên sơ đồ hình BG 9.27.



Hình BG 9.27.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại nút V_- và V_+ :

$$\frac{V_- - V_i}{2R} + \frac{V_- - V_0}{2R} = 0$$

$$\frac{V_+ - V_i}{R} + \frac{V_+}{-jX_C} = 0$$

$$V_+ = V$$

Từ 3 phương trình trên, ta tìm được đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{1 - RC(j\omega)}{RC(j\omega) + 1}$$

Đối với hai hàm truyền này ta thấy đáp ứng biên độ $|H(j\omega)| = \left| \frac{V_0}{V_i} \right| = 1$

Còn đáp ứng pha thì thay đổi từ 0 đến $-\pi$ theo tần số.

9.28. Để dàng tìm được phương trình của mạch này:

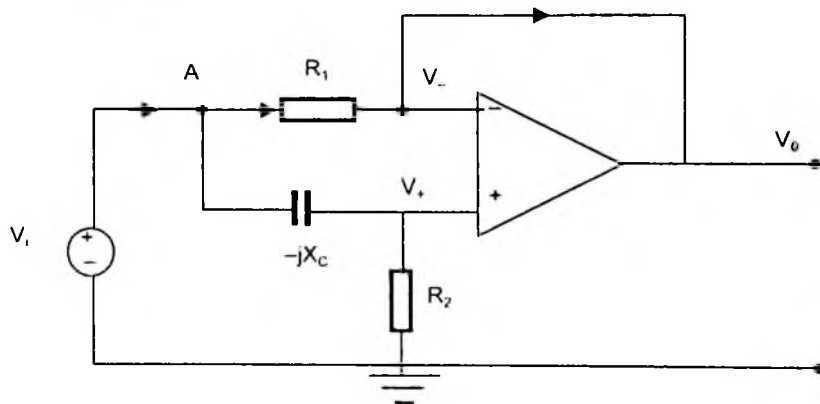
$$V_i = \frac{1}{C_p} i - \frac{R_2}{R_1} V_i$$

hay:
$$Z_i = \frac{V_i}{i} = \frac{1}{C_p} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Vì thế, trở kháng nhìn từ lối vào là trở kháng được biểu diễn bằng một điện dung C_1 tương đương với:

$$C_1 = C \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

9.29. Để tìm trở kháng lối vào của mạch; tức là tìm tỷ số V_i/i . Trước hết ta vẽ sơ đồ dưới dạng tần số như trên hình BG 9.29a.



Hình BG 9.29a.

Từ sơ đồ hình BG 9.29a, ta tìm được:

$$i = \frac{V_i - V_-}{R_1} + \frac{V_i - V_+}{-jX_C}$$

$$\frac{V_+}{R_2} + \frac{V_+ - V_i}{-jX_C} = 0$$

Với: $X_C = \frac{1}{\omega C}$

và: $V_- = V_+$

Loại bỏ V_- và V_+ khỏi hai phương trình (1) và (2), ta tìm được hệ thức liên hệ V_i với i :

$$V_i = \frac{R_1 R_2 C(j\omega) + R_1}{R_1 C(j\omega) + 1} i$$

Từ đó tìm được trở kháng lối vào:

$$Z_i = \frac{V_i}{i} = \frac{R_1 R_2 C(j\omega) + R_1}{R_1 C(j\omega) + 1}$$

Trở kháng phức này tương đương với một cuộn cảm L nối tiếp với một điện trở R_s , tất cả mắc song song với điện trở R_p

$$Z_i = \frac{(Lp + R_s)R_p}{Lp + R_s + R_p}$$

và nếu $R_s \ll R_p$, thì: $Z_i = R_s \frac{\frac{L}{R_s}(j\omega) + 1}{\frac{L}{R_p}(j\omega) + 1}$

Cuối cùng ta có:

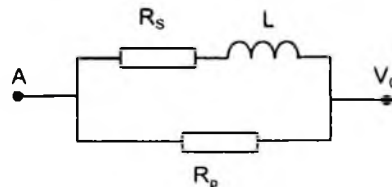
$$L = R_1 R_2 C$$

$$R_s = R_1$$

$$R_p = R_2$$

Với điều kiện: $R_1 \ll R_2$.

Như vậy sơ đồ tương đương như mạch điện cho trong hình BG 9.29b.



Hình B 9.29b.

9.30. Để tính hàm truyền $\frac{V_0}{V_i}$ của mạch lọc này, chỉ cần tìm trở kháng tương

đương Z của mạng được cấu tạo bởi các phần tử C_1 , A_2 , R_4 và R_5 .

Hàm truyền của hệ thống trở thành:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z}{R_3 + Z} \frac{R_2 + R_1}{R_1} - \frac{R_2}{R_1}$$

Ta có thể viết: $V = R_4 i + R_5(i + i_1)$

và
$$R_4 i = \frac{1}{C_2 p} i_1$$

hay:
$$Z = \frac{V}{i} = R_4 + R_5 + R_4 R_5 C_2 p$$

Trở kháng tương đương với mạng nối giữa điểm A với điểm không về điện l tương đương với mạch nối tiếp của tụ điện C_1 với điện trở $R = R_4 + R_5$ và với cuộn cảm L có giá trị bằng $R_4 R_5 C_2$.

Khi đó hàm truyền $\frac{V_0}{V_i}$ trở thành:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{LC_1(j\omega)^2 + \left(R - \frac{R_2 R_3}{R_1}\right)C_1(j\omega) + 1}{LC_1(j\omega)^2 + (R + R_3)C_1(j\omega) + 1}$$

Hàm này là hàm truyền của mạch lọc chặn dải có tâm tại: $\omega^2 = \frac{1}{LC_1}$

Khi $\omega \rightarrow 0$: $\frac{V_0}{V_i} \rightarrow 1$

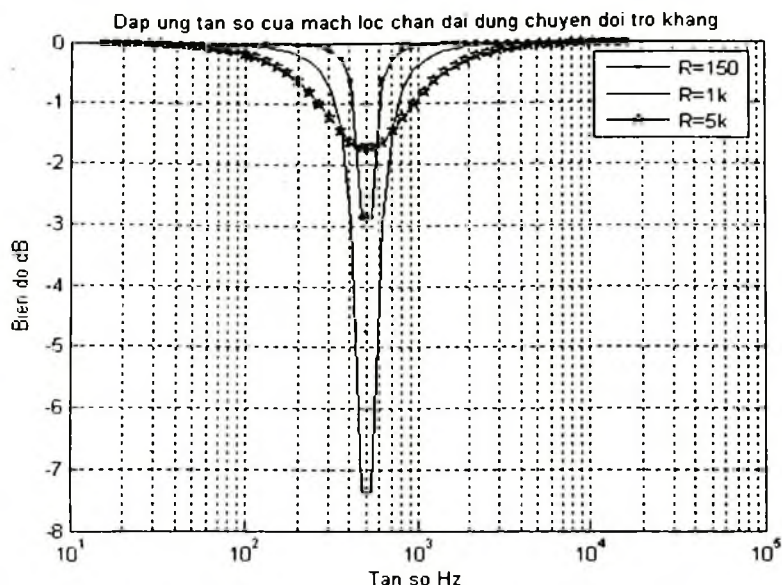
Khi $\omega \rightarrow \infty$: $\frac{V_0}{V_i} \rightarrow 1$

Nếu $\omega^2 = \frac{1}{LC_1}$, thì hàm truyền:

$$|H(j\omega)| = \left| \frac{V_0}{V_i} \right| = \frac{R - \frac{R_2 R_3}{R_1}}{R + R_3} < 1$$

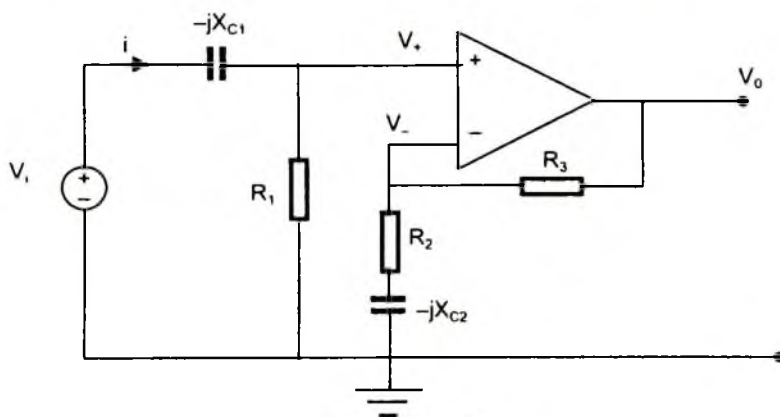
Hình BG 9.30 cho thấy đáp ứng tần số của mạch lọc chặn dải dùng biến đổi trở kháng này với: $C_1 = 0,1 \mu F$; $L = 100 mH$; $R_1 = R_2 = R_3 = 0,5 k\Omega$ và ba giá trị khác nhau của R : 150Ω ; $1 k\Omega$ và $5 k\Omega$.

Từ đồ thị cho thấy điện trở tổng của điện trở R_4 và R_5 không làm thay đổi dải thông của mạch lọc chặn dải này; trong khi tích của điện trở R_4 và R_5 lại thay đổi tần số trung tâm của nó.



Hình BG 9.30.

9.31. Biểu diễn mạch điện trên lĩnh vực tần số như trên hình BG 9.31a.



Hình BG 9.31a.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại các nút V_+ và V_- , ta thu được các phương trình:

$$\frac{V_+ - V_i}{-jX_{C1}} + \frac{V_+}{R_1} = 0 \Rightarrow V_+ = \frac{V_i}{-jX_{C1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{-jX_{C1}} \right)}$$

$$\frac{V_- - V_0}{R_3} + \frac{V_-}{R_2 - jX_{C2}} = 0 \Rightarrow V_- = \frac{V_0}{R_3 \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2 - jX_{C2}} \right)}$$

Vì: $V_+ = V_-$

nên:
$$\frac{V_0}{R_3 \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2 - jX_{C2}} \right) - jX_{C1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{-jX_{C1}} \right)} = \frac{V_i}{-jX_{C1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{-jX_{C1}} \right)}$$

Từ đó suy ra:
$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R_1(R_2 + R_3 - jX_{C2})}{(R_1 - jX_{C1})(R_2 - jX_{C2})}$$

Trong đó: $X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1}$; $X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2}$

Dùng MATLAB tính được:

`syms w II Xc1 Xc2;`

`R1=100*10^3;%e+3;`

`R2=10^3;%e+3;`

`R3=20*10^3;%e+3;`

`C1=0.1e-6;`

`C2=10e-6;`

`Xc1=1/(w*C1);`

`Xc2=1/(w*C2);`

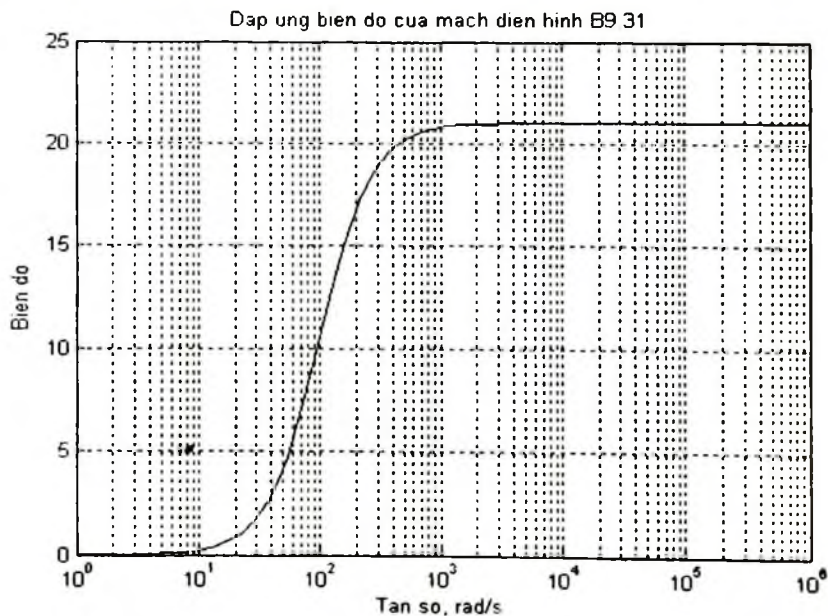
`H=(R1*(R2+R3-j*Xc2))/((R2-j*Xc2)*(R1-j*Xc1))`

`pretty(H)`

Kết quả thu được:

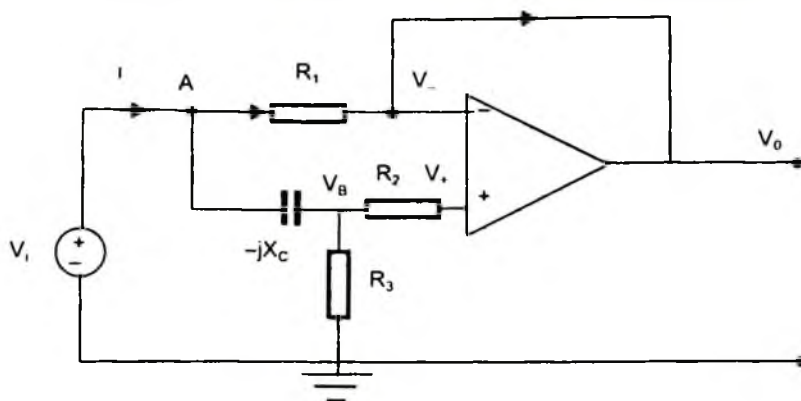
$$H(j\omega) = \frac{21.(j\omega)^2 + 10^2(j\omega)}{(j\omega + 10^2)(j\omega + 10^2)}$$

Đáp ứng tần số được vẽ trên hình BG 9.31b.



Hình BG 9.31b.

9.32. Để tìm trở kháng tại A chính là trở kháng lối vào của mạch; tức là tìm tỷ số V_i/i . Trước hết ta vẽ sơ đồ dưới dạng tần số như trên hình BG 9.32a.



Hình BG 9.32a.

Từ sơ đồ hình BG 9.32a, áp dụng định luật Kirchhoff tại nút A, ta tìm được:

$$i = \frac{V_i - V_-}{R_1} + \frac{V_i - V_B}{-jX_C} \quad (1)$$

$$\text{Tại nút B: } \frac{V_B - V_i}{-jX_C} + \frac{V_B}{R_3} + \frac{V_B - V_+}{R_2} = 0 \quad (2)$$

$$\text{Với: } X_C = \frac{1}{\omega C}$$

và: $V_- = V_+ = V_B$ (vì dòng qua điện trở R_2 bằng 0).

Do đó từ phương trình (2), ta tìm được:

$$\frac{V_- - V_i}{-jX_C} + \frac{V_-}{R_3} = 0 \Rightarrow V_- = \frac{V_i}{-jX_C \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{-jX_C} \right)} \quad (3)$$

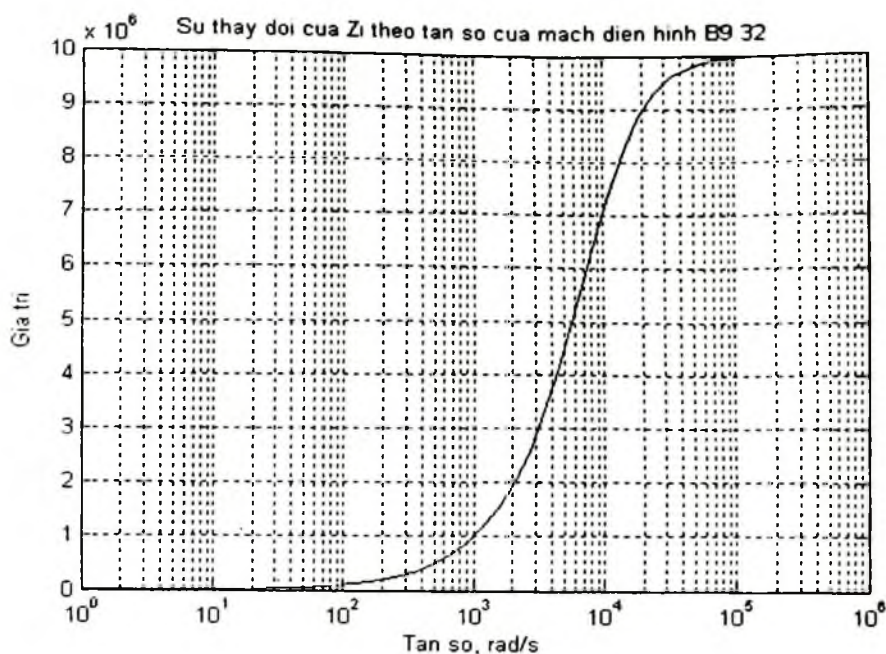
Thay (3) vào (1), ta tìm được hệ thức liên hệ giữa V_i và i :

$$V_i = \frac{R_1 R_3 C(j\omega) + R_1}{R_1 C(j\omega) + 1} i$$

Từ đó tìm được trở kháng lối vào:

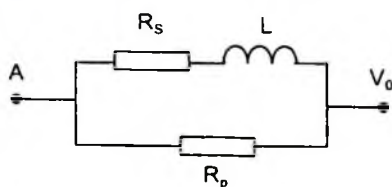
$$z_i = \frac{V_i}{i} = \frac{R_1 R_3 C(j\omega) + R_1}{R_1 C(j\omega) + 1}$$

Hình BG 9.32b vẽ sự thay đổi giá trị của trở kháng lối vào tại A của mạch điện này, với $R_1 = 1k\Omega$; $R_3 = 10M\Omega$ và tụ $C = 0,1\mu F$.



Hình BG 9.32b.

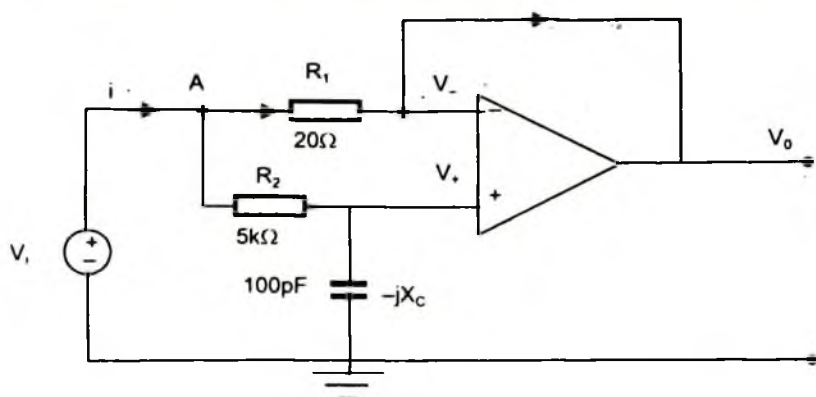
Từ đồ thị hình BG 9.32b ta thấy khi tần số còn thấp, trở kháng lối vào z_i có tính chất của một cảm kháng; bởi vì trở kháng tăng theo tần số. Ở trong vùng tần số cao, trở kháng lối vào z_i không thay đổi đối với tần số. Nó tương đương như một điện trở thuần. Sơ đồ tương đương này được biểu thị trên hình BG 9.32c.



Hình BG 9.32c.

Khi ω còn thấp thì nhánh điện trở $R_s + \omega L$ có giá trị nhỏ, dòng điện chủ yếu đi qua nhánh này ra lối ra. Khi tần số tăng lên thì giá trị điện trở của nhánh này cũng tăng lên đạt đến một giá trị nào đó thì dòng điện qua nhánh này có giá trị rất nhỏ so với dòng điện đi qua nhánh R_p , vì vậy dòng điện tổng cộng bằng dòng điện đi qua nhánh R_p . Đây là một điện trở thuần cho nên dòng điện không phụ thuộc tần số, giá trị điện trở gần như không đổi luôn bằng R_p .

9.33. Biểu diễn mạch điện trên lĩnh vực tần số như trên hình BG 9.33a.



Hình BG 9.33a.

Áp dụng định luật Kirchhoff tại nút A, ta tìm được:

$$i = \frac{V_i - V_-}{R_1} + \frac{V_i - V_+}{R_2} \quad (1)$$

$$\text{Tại nút } V_+: \frac{V_+ - V_i}{R_2} + \frac{V_+}{-jX_C} = 0 \Rightarrow V_+ = \frac{V_i}{R_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{-jX_C} \right)} \quad (2)$$

Thay $V_- = V_+$ từ (2) vào (1), ta được:

$$i = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) (V_i - V_+) = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \left(1 - \frac{1}{R_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{-jX_C} \right)} \right) V_i$$

$$i = \frac{R_1 + R_2}{R_1(R_2 - jX_C)} V_i$$

Từ đó tìm được hệ thức liên hệ giữa V_i và i :

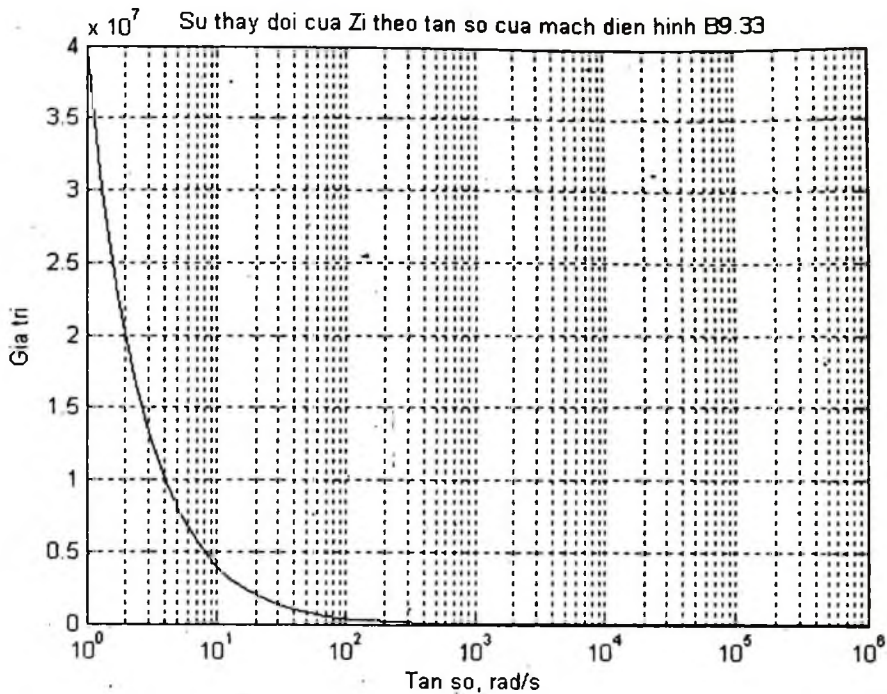
$$i = \frac{R_1 + R_2}{R_1(R_2 - jX_C)} V_i$$

$$\text{Do vậy, trở kháng lỗi vào tìm được là: } z_i = \frac{V_i}{i} = \frac{R_1 R_2 - jR_1 X_C}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Trong đó: } X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$\text{Dùng MATLAB tính ra ta được: } Z_i = \frac{5 \cdot 10^3}{251} + \frac{10^{10}}{251(j\omega)}$$

Hình BG 9.33b vẽ sự thay đổi của z_i theo tần số góc ω . Rõ ràng trở kháng này có tính chất dung kháng vì nó giảm theo sự tăng của tần số.



Hình BG 9.33b.

9.34. Tín hiệu lối ra là vi phân của tín hiệu lối vào:

$$V_0 = RC \frac{dV_i}{dt}$$

Trong đó $R = 5 \cdot 10^3 \Omega$; $C = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$. Do vậy $RC = 10^{-3} \text{ s}$

Theo như hình vẽ, thế lối vào V_i được biểu thị bằng hệ thức:

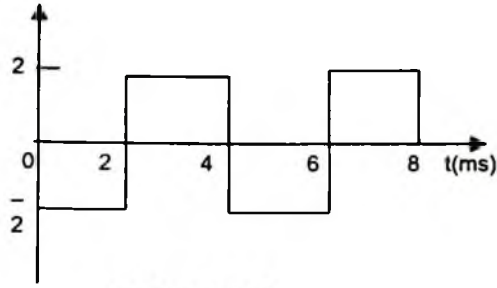
$$V_i = \begin{cases} 2000t, & \text{với } 0 < t < 2\text{ms} \\ 8 - 2000t, & \text{với } 2 < t < 4\text{ms} \end{cases}$$

và lặp lại trong khoảng $4 < t < 8$.

Do vậy tìm được thế lối ra:

$$V_0 = -RC \frac{dV_i}{dt} = \begin{cases} -2\text{V}, & \text{với } 0 < t < 2\text{ms} \\ 2\text{V}, & \text{với } 2 < t < 4\text{ms} \end{cases}$$

Do vậy tín hiệu ra có dạng như trên hình BG 9.34.



Hình BG 9.34.

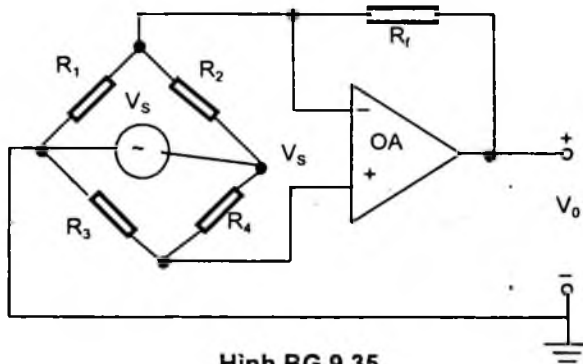
9.35. Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại các nút V_+ và V_- , như trên hình BG 9.35, ta thu được các phương trình:

$$\frac{V_- - V_0}{R_f} + \frac{V_- - V_S}{R_2} + \frac{V_-}{R_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{V_+ - V_S}{R_4} + \frac{V_+}{R_3} = 0 \quad (2)$$

Từ phương trình (2) suy ra:

$$\Rightarrow V_+ = \frac{V_S}{R_4 \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right)} = \frac{R_3 V_S}{R_3 + R_4} \quad (3)$$



Hình BG 9.35.

Thay $V_- = V_+$ từ (3) vào (1), ta sẽ tìm được hệ thức liên hệ giữa V_0 với V_S sau đó thành lập tỷ số V_0/V_S sẽ thu được hàm truyền.

Từ (1), ta thu được:

$$\left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) V_+ = \frac{V_0}{R_f} + \frac{V_S}{R_2} \quad (4)$$

Thay V_+ từ (3) vào (4), ta được:

$$\left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}\right) \frac{R_3 V_S}{R_3 + R_4} = \frac{V_0}{R_f} + \frac{V_S}{R_2}$$

Hay:

$$\left[\frac{(R_1 R_2 + R_1 R_f + R_2 R_f) R_3}{R_1 R_2 R_f (R_3 + R_4)} - \frac{1}{R_2} \right] V_S = \frac{V_0}{R_f}$$

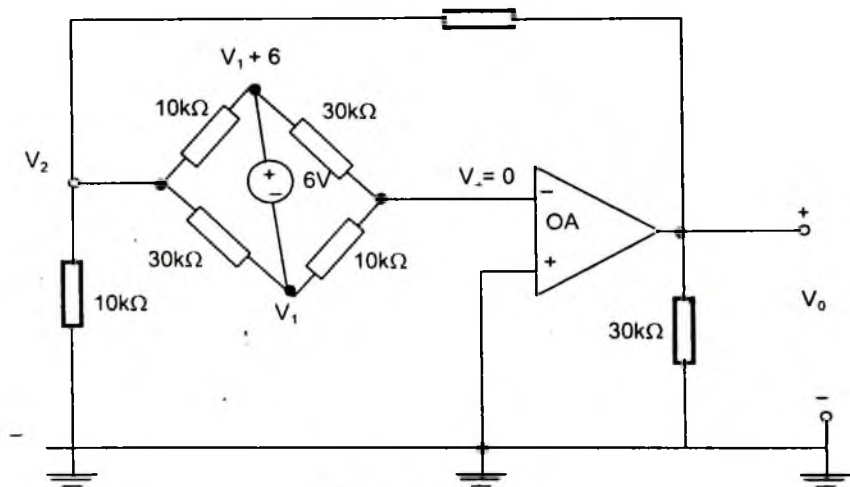
$$\left[\frac{(R_1 R_2 + R_1 R_f + R_2 R_f) R_3 - R_1 R_f (R_3 + R_4)}{R_1 R_2 R_f (R_3 + R_4)} \right] V_S = \frac{V_0}{R_f}$$

$$\left[\frac{R_1 R_2 R_3 + R_2 R_3 R_f - R_1 R_4 R_f}{R_1 R_2 R_f (R_3 + R_4)} \right] V_S = \frac{V_0}{R_f}$$

Từ đó tìm được hệ số khuếch đại:

$$G = \frac{V_0}{V_S} = \frac{R_1 R_2 R_3 + R_2 R_3 R_f - R_1 R_4 R_f}{R_1 R_2 (R_3 + R_4)}$$

9.36. Vẽ lại hình và đánh dấu thế tại các nút như trên sơ đồ hình BG 9.36.



Hình BG 9.36.

Từ đó, áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại các nút, ta thu được các phương trình:

* Tại nút V_- : $\frac{-(V_1 + 6)}{30 \cdot 10^3} + \frac{-(V_1)}{10 \cdot 10^3} = 0 \Rightarrow V_1 = -1,5V$ (1)

* Tại nút V_1 : $\frac{V_1 - V_2}{30 \cdot 10^3} + \frac{V_1}{10 \cdot 10^3} + \frac{V_1 + 6}{30 \cdot 10^3} + \frac{V_1 + 6 - V_2}{10 \cdot 10^3} = 0$ (2)

Thay $V_1 = -1,5V$ từ (1) vào (2), ta tính được $V_2 = 3V$.

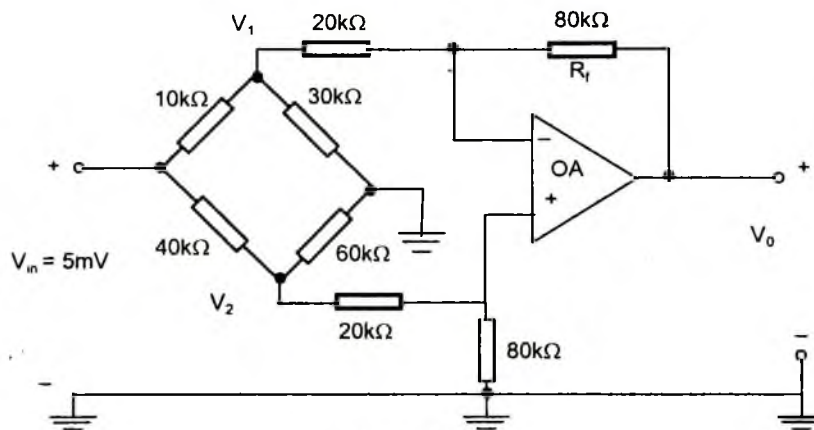
Để tìm hệ số khuếch đại, ta phải tính được thế lối ra V_0 . Muốn vậy áp dụng định luật Kirchhoff tại nút V_2 , ta thu được phương trình:

$$\frac{V_2 - V_0}{30 \cdot 10^3} + \frac{V_2}{10 \cdot 10^3} + \frac{V_2 - V_1}{30 \cdot 10^3} + \frac{V_2 - (V_1 + 6)}{10 \cdot 10^3} = 0 \quad (3)$$

Thay $V_1 = 1,5V$ và $V_2 = 3V$ vào (3) và tìm ra ta được: $V_0 = 12V$.

Vậy hệ số khuếch đại của sơ đồ tìm được là: $G = \frac{V_0}{V_i} = \frac{12}{6} = 2$

9.37. Vẽ lại sơ đồ và đánh dấu thế tại các nút như trên hình BG 9.37.



Hình BG 9.37.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho dòng điện tại:

* Nút V_1 : $\frac{V_1 - V_0}{100} + \frac{V_1}{30} + \frac{V_1 - V_i}{10} = 0 \quad (1)$

* Nút V_2 : $\frac{V_2 - V_i}{40} + \frac{V_2}{60} + \frac{V_2}{100} = 0 \quad (2)$

* Nút V_i : $\frac{V_i - V_1}{10} + \frac{V_i - V_2}{40} = 0 \quad (3)$

Từ (2), ta tìm được: $V_2 = \frac{15V_i}{31} = 2,42mV$

Thay $V_i = 5mV$ và $V_2 = 2,42mV$ vào (3), ta tìm được $V_1 = 5,645mV$.

Thay $V_i = 5mV$ và $V_1 = 5,645mV$ vào (1), ta tìm được $V_0 = 76mV$.

9.38. Đây là một phương trình vi phân tuyến tính bậc hai với các hệ số K_1 , K_2 là những hằng số, dạng tổng quát có vẻ phải là một hàm số của thời gian đặc trưng cho ngoại lực tác động vào hệ thống.

Để thiết kế một mạch điện tử có khả năng giải phương trình vi phân này, đầu tiên chúng ta viết phương trình vi phân dưới dạng:

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = f(t) - K_1 \frac{dx(t)}{dt} + K_2 x(t)$$

Cho đạo hàm bậc hai $\frac{d^2x(t)}{dt^2}$ này dưới dạng một hàm thế nào đấy. Chẳng

hạn cho:
$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = v(t)$$

Sau đó tích phân lần thứ nhất hàm này để thu được đạo hàm bậc nhất $\frac{dx(t)}{dt}$. Thật vậy:

$$\frac{dx(t)}{dt} = \int \frac{d^2x(t)}{dt^2} dt = \int \left[f(t) - K_1 \frac{dx(t)}{dt} - K_2 x(t) \right] dt$$

Tích phân ở phía phải của biểu thức trên là tích phân của tổng ba số hạng. Tích phân này được thực hiện nhờ bộ khuếch đại thuật toán OA1; trong đó giá trị của các điện trở R_1 , R_2 , R_3 và C_1 được lựa chọn để thỏa mãn các hệ thức:

$$\frac{1}{R_1 C_1} = 1; \frac{1}{R_2 C_1} = K_1; \frac{1}{R_3 C_1} = K_2$$

Khi đó lối ra của OA1 sẽ là $v_1(t) = -dx(t)/dt$.

Tiếp đến lấy tích phân $v_1(t) = -dx(t)/dt$ nhờ bộ khuếch đại thuật toán OA2. Khi đó lối ra của OA2 sẽ là tín hiệu $x(t)$. Muốn vậy, giá trị của tụ C_2 và của R_4 phải được chọn sao cho:

$$\frac{1}{R_4 C_2} = 1$$

Khi đó thì:
$$v_2(t) = -\frac{1}{R_4 C_2} \int v_1(t) dt = \int \frac{dx(t)}{dt} dt = x(t)$$

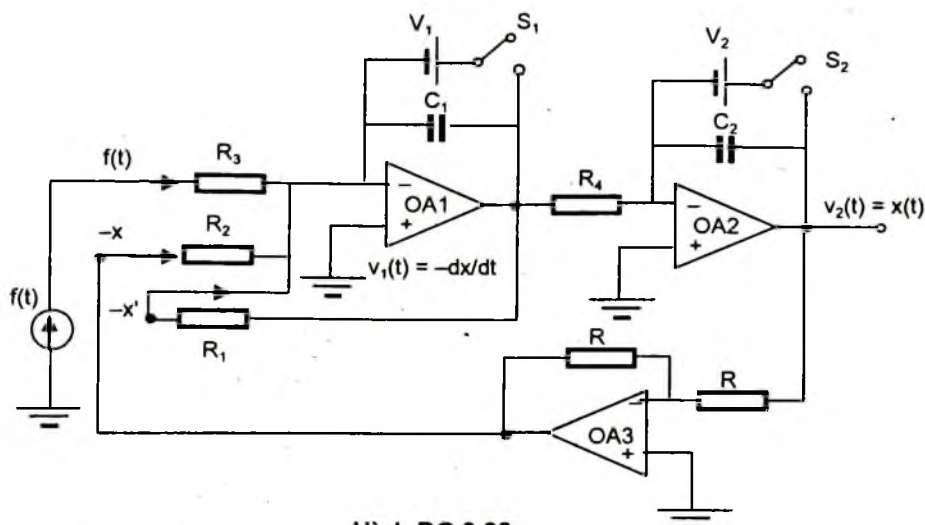
Cuối cùng là nối các lối vào của tích phân của tổng ba số hạng:

$$f(t) - \frac{dx(t)}{dt} - x(t)$$

được thực hiện bởi OA1 với $f(t)$, $-x(t)$ và $-dx(t)/dt$. Lối vào $-dx(t)/dt$ được lấy trực tiếp từ lối ra của OA1, như chỉ trên sơ đồ hình BG 9.38. Tín hiệu $-x(t)$ được thực hiện nhờ bộ đảo có hệ số khuếch đại đơn vị được

thực hiện nhờ bộ khuếch đại thuật toán OA3. Còn thành phần $f(t)$ được nối trực tiếp với nguồn thế có dạng tín hiệu $f(t)$.

Toàn bộ quá trình trên được thực hiện trên sơ đồ điện tử hình BG 9.38.



Hình BG 9.38.

9.39. Trước hết ta tìm đạo hàm bậc hai:

$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} = 12 \cos 5t - 5 \frac{dx(t)}{dt} - x(t)$$

Như vậy đạo hàm bậc hai này là tổng của ba hàm số là $12 \cos 5t$, $-5 \frac{dx(t)}{dt}$

và $-x(t)$. Phép tính tổng này được thực hiện nhờ bộ khuếch đại tổng 3 lối vào. Mạch này được thực hiện nhờ OA₁.

Tiếp đến ta tính đạo hàm bậc nhất bằng cách dùng bộ tích phân đạo hàm bậc hai:

$$\frac{dx(t)}{dt} = \int_0^t \left[12 \cos 5t - 3 \frac{dx(t)}{dt} - x(t) \right] dt + \frac{dx(0)}{dt}$$

Trong đó, $\frac{dx(0)}{dt} = 1,5$ là điều kiện ban đầu.

Như vậy, đạo hàm bậc nhất $\frac{dx(t)}{dt}$ được thực hiện bằng bộ tích phân với ba lối vào của bộ tổng. Giá trị của các thông số của mạch tích phân RC được chọn sao cho hệ số của thừa số tích phân $-\frac{1}{RC} \int_0^t x(t) dt$ bằng đơn vị. Ở

đây ta chọn $C = 10\mu\text{F}$; $R = 100\text{k}\Omega$. Mạch tích phân tổng này được thực hiện cũng nhờ OA_1 .

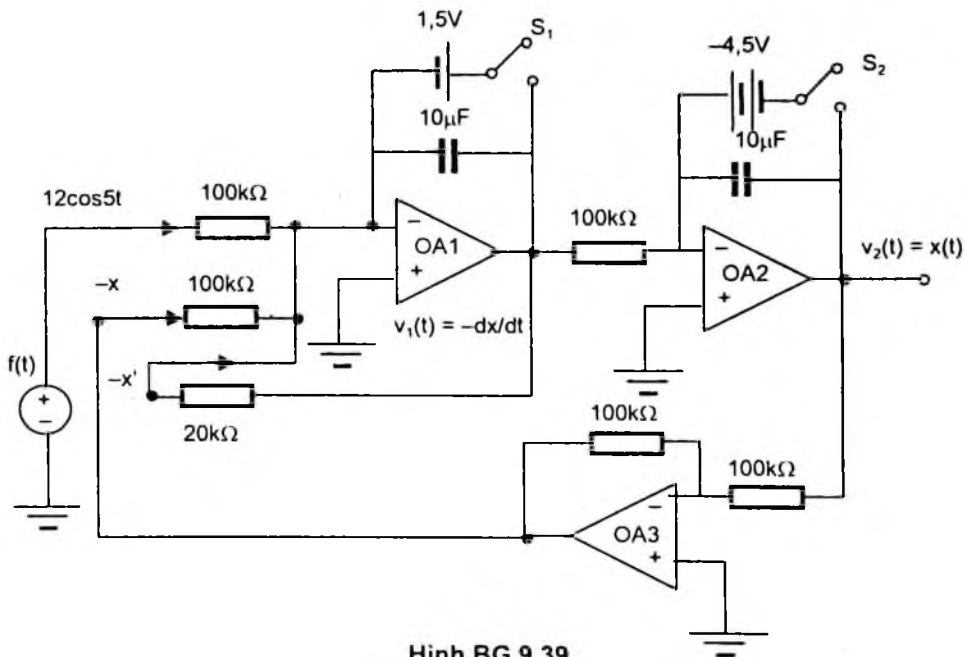
Điều kiện ban đầu $\frac{dx(0)}{dt} = 1,5$ được thực hiện nhờ mắc một ắc quy có s.s.đ $1,5\text{V}$ với công tắc S_1 như trên hình vẽ.

Bước tiếp theo là tính $x(t)$ bằng cách tích phân đạo hàm bậc nhất, ta được:

$$x(t) = \int_0^t \frac{dx(t)}{dt} + x(0)$$

Hệ thức này cũng được thực hiện bằng bộ tích phân có hằng số thời gian R_1C_1 cũng bằng đơn vị và điều kiện ban đầu $x(0) = -4,5$ được thực hiện nhờ mắc một ắc quy có s.s.đ $-4,5\text{V}$ với công tắc S_2 như trong hình vẽ. Mạch tích phân này được thực hiện nhờ OA_2 và OA_3 .

Toàn bộ mạch máy tính điện tử cho trên hình BG 9.39. Trong đó hai lối ra cho biết nghiệm của phương trình $x(t)$ và đạo hàm bậc nhất $\frac{dx(t)}{dt}$ của nó. Các hàm này được quan sát bằng dao động ký.



Hình BG 9.39.

9.41. Sơ đồ này có tín hiệu lối ra không đảo và hệ số khuếch đại bằng R/R_1 có thể điều chỉnh được nhờ điều chỉnh điện trở R_1 .

Khi $v_i > 0$, thì diốt D_1 mở (on), D_2 đóng (off). Vì D_1 dẫn nên lối vào của bộ khuếch đại thuật toán OA_1 nối đất và vì không có dòng qua điện trở R

nên thế $V_1 = 0$. Do vậy, toàn bộ hệ thống gồm hai bộ khuếch đại thuật toán ghép nối tiếp nhau với hệ số khuếch đại của tầng 1 là $-R/R_1$ và hệ số khuếch đại của tầng hai là $-R/R = -1$. Kết quả hệ số khuếch đại của toàn bộ hệ thống là R/R_1 . Do vậy thế lối ra là:

$$v_0 = \frac{R}{R_1} v_i > 0 \quad \text{với } v_i > 0.$$

Khi đó D_1 đóng (off), D_2 mở (on): Vì đất nối với lối vào OA_2 , nên $V_2 = V_1 \equiv V$. Áp dụng định luật Kirchhoff đối với dòng tại nút lối vào đảo của OA_1 , ta được:

$$\frac{v_i}{R_1} + \frac{V}{2R} + \frac{V}{R} = 0$$

Hay:
$$V = -\frac{2}{3} \frac{R}{R_1} v_i$$

Khi đó thế lối ra là:

$$V = \frac{V}{2R} \cdot R + V = \frac{3V}{2} = -\frac{R}{R_1} v_i > 0$$

Vì $v_i > 0$, nên $V > 0$. Có nghĩa là dấu của V_0 là dương (+).

Như vậy cả hai trường hợp $v_i > 0$ và $v_i < 0$ đều cho thế lối ra V_0 có cùng kết quả và đều là dấu dương, do vậy thế lối ra đối với cả hai nửa chu kỳ là đồng nhất với nhau và tín hiệu lối ra tỉ lệ với giá trị tuyệt đối của tín hiệu lối vào $|v_i|$.

9.42. Sơ đồ này chính là một bộ so sánh song song. Trong sơ đồ này, các bộ khuếch đại thuật toán được nuôi bằng các nguồn $V_{cc} = \pm 5V$; $V_0 = 4V$.

Vì tín hiệu lối vào $v_i(t)$ là một hàm ramp dạng $v_i(t) = t(V)$, nên khi t nằm trong khoảng $0 < t < 4s$, ta tìm được các thế lối ra v_1 , v_2 , và v_3 cho trên bảng sau:

Khoảng thời gian (s)	Thế lối vào (V)	Thế lối ra (V)	
$0 < t < 1$	$0 < v_i < 1$	$v_3 = -5$ $v_1 = -5$	$v_2 = -5$
$1 < t < 2$	$1 < v_i < 2$	$v_3 = -5$ $v_1 = +5$	$v_2 = -5$
$2 < t < 3$	$2 < v_i < 3$	$v_3 = -5$ $v_1 = +5$	$v_2 = +5$
$3 < t < 4$	$3 < v_i < 4$	$v_3 = +5$ $v_1 = +5$	$v_2 = +5$

Các số nhị phân $\{v_3, v_2, v_1\}$ của bảng trên là biểu thị duy nhất của thế lối vào v_i .

9.43. Đây là một mạch điện tử chuyển đổi số/tương tự D/A.

Lối ra của một bộ chuyển đổi D/A N bit được biểu diễn bởi phương trình:

$$V_0 = (2^{N-1} a_{N-1} + 2^{N-2} a_{N-2} + \dots + 2^2 a_2 + 2^1 a_1 + 1) V'$$

$$= \left(a_{N-1} + \frac{1}{2} a_{N-2} + \frac{1}{4} a_{N-3} + \dots + \frac{1}{2^{N-2}} a_1 + \frac{1}{2^{N-1}} a_0 \right) 2^{N-1} V'$$

Một từ 5 bit ($N = 5$) thỏa mãn phương trình:

$$V_0 = (16a_4 + 8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + a_0) V'$$

Nếu chọn $V' = 1$. Khi đó, nếu $a_0 = 1$ và tất cả các a khác bằng không, thì ta sẽ thu được $V_0 = 1$. Nếu $a_1 = 1$ và tất cả các a khác bằng 0, thì $V_0 = 2$. Nếu $a_0 = a_1 = 1$ còn tất cả các a khác bằng không thì $V_0 = 2 + 1 = 3$; ... Rõ ràng V_0 là thế tương tự tỉ lệ với lối vào số.

Nếu tất cả 5 bit là 1, thì lối ra sẽ là:

$$V_0 = \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) \frac{R'}{R} V_R = (18 + 8 + 4 + 2 + 1) \frac{R'}{16R} V_R$$

Đồng nhất với phương trình chuẩn ở trên nếu chọn $V = \frac{R'}{16R} V_R$. Điều

đó chứng tỏ rằng thế tương tự V_0 tỉ lệ với lối vào số.

9.44. Đây là bộ chuyển đổi D/A dạng bậc thang, thế lối ra có dạng:

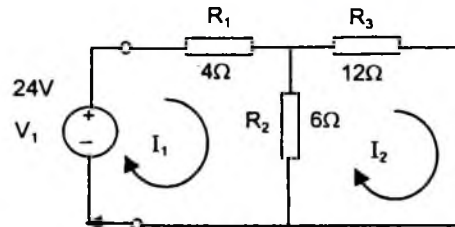
$$V_0 = \left(a_{N-1} + \frac{1}{2} a_{N-2} + \frac{1}{4} a_{N-3} + \dots + \frac{1}{2^{N-2}} a_1 + \frac{1}{2^{N-1}} a_0 \right) 2^{N-1} V'$$

Chương 10

MẠNG MỘT CỔNG VÀ HAI CỔNG

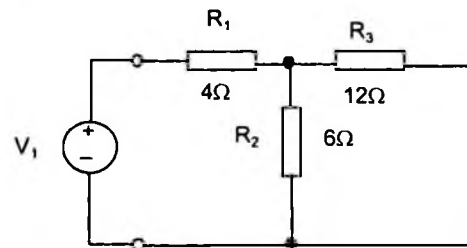
ĐỀ BÀI

10.1. Tìm ma trận độ dẫn của mạng một cổng cho trong hình B 10.1.



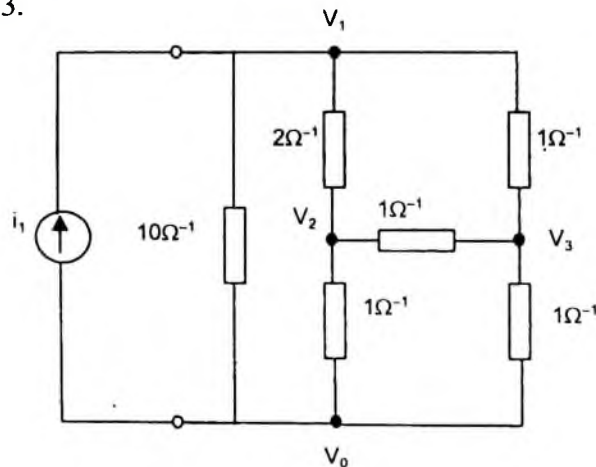
Hình B 10.1.

10.2. Tìm trở kháng động và trở kháng truyền và từ đó tính dòng điện chạy trong các điện trở của mạng một cổng cho trong hình B 10.2.



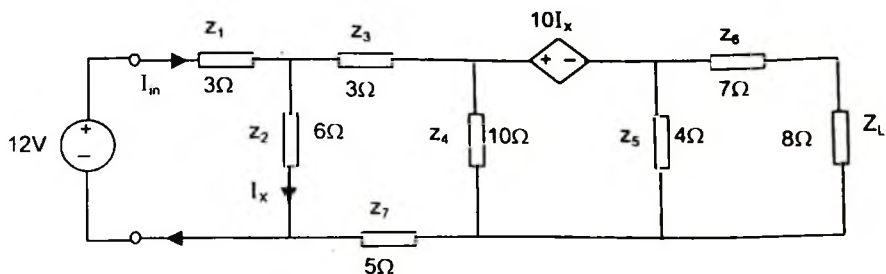
Hình B 10.2.

10.3. Tìm trở kháng dẫn và trở kháng truyền của mạng một cổng cho trong hình B 10.3.



Hình B 10.3.

10.4. Tìm dòng điện I_x , I_m và các độ dẫn động và độ dẫn truyền của mạng điện 1 cổng gồm 4 mắt mạng độc lập cho trên hình B 10.4.

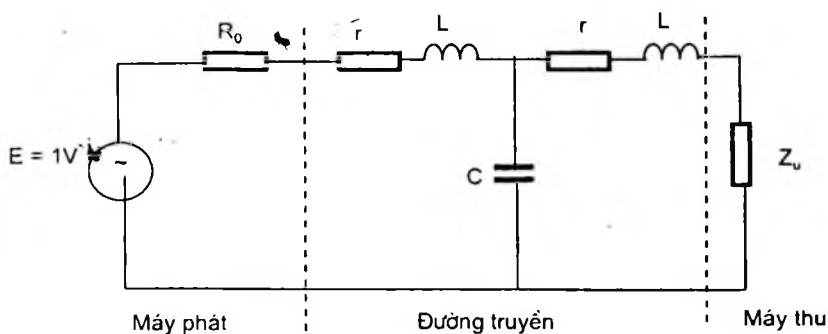


Hình B 10.4.

10.5. Một trạm điện thoại gồm một máy phát, đường dây và một máy thu có cấu tạo như trên sơ đồ hình B 10.5.

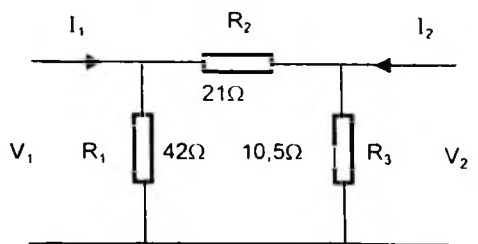
- 1) Tính trở kháng Z_u của máy thu để công suất thu đạt giá trị cực đại.
- 2) Xác định công suất cực đại của máy thu đó.

Áp dụng bằng số $r = 2140\Omega$; $R_0 = 600\Omega$; $X_L = 100\Omega$ và $X_C = 16100\Omega$.



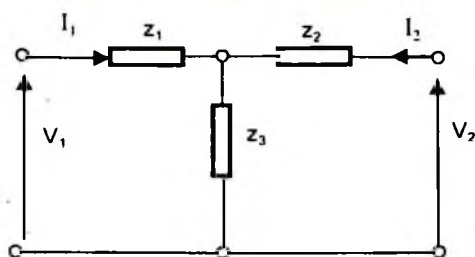
Hình B 10.5.

10.6. Tìm ma trận trở kháng Z của mạng điện dạng mạng hai cổng cho trên hình B 10.6.



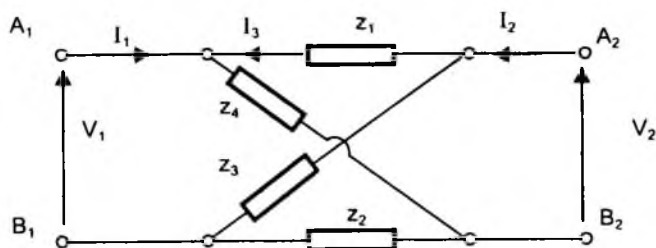
Hình B 10.6.

10.7. Tìm ma trận trở kháng của mạng hai cổng hình chữ T như trên hình B 10.7.



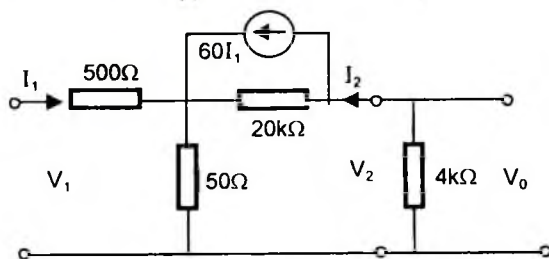
Hình B 10.7.

10.8. Thiết lập phương trình mạng hai cổng cho một mạng mắt cáo trên hình B 10.8.



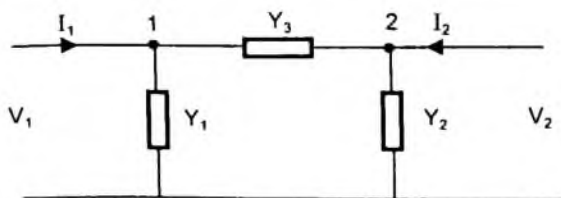
Hình B 10.8.

10.9. Tìm ma trận trở kháng Z và hệ số khuếch đại thế của mạng điện dạng mạng hai cổng khi mắc với tải có điện trở $4k\Omega$ như cho trên hình B 10.9.



Hình B 10.9.

10.10. Tìm ma trận độ dẫn của mạng hai cổng chữ π trên hình B 10.10.



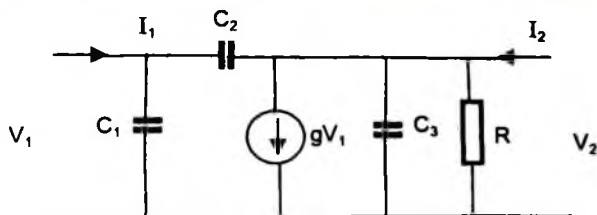
Hình B 10.10.

10.11. Một mạch điện có ma trận trở kháng sau đây:

$$[Z] = \begin{bmatrix} 6 - 2j & 4 - 6j \\ 4 - 6j & 7 + 2j \end{bmatrix}$$

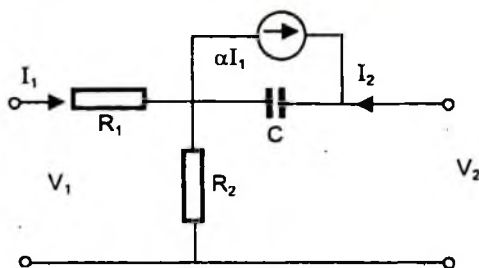
Vẽ sơ đồ điện tử, thực thi mạng điện đó.

10.12. Tìm ma trận độ dẫn của mạng điện cho trên hình B 10.12.



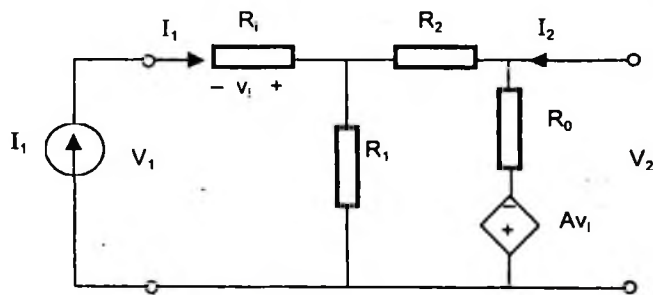
Hình B 10.12.

10.13. Xác định ma trận lai của mạch điện cho trên hình B 10.13.



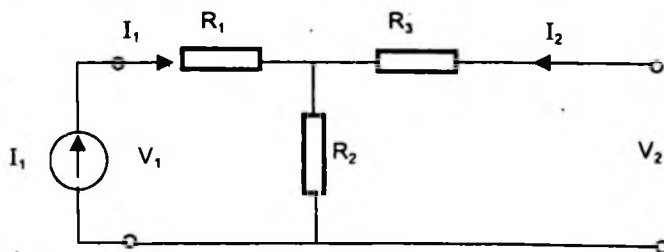
Hình B 10.13.

10.14. Tìm ma trận lai của mạng điện có sơ đồ cho trên hình B 10.14.



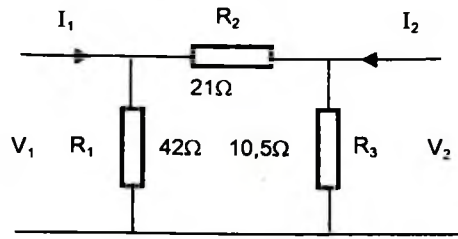
Hình B 10.14.

10.15. Tìm ma trận lai của mạng điện 2 cổng có sơ đồ cho trong hình B 10.15.



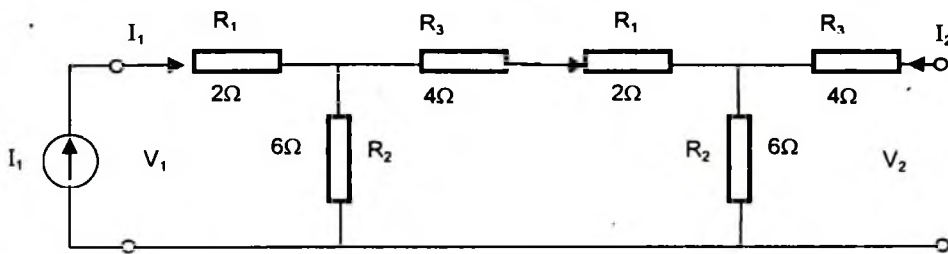
Hình B 10.15.

10.16. Tìm ma trận khuếch đại G của mạng điện dạng mạng hai cổng cho trên hình B 10.16.



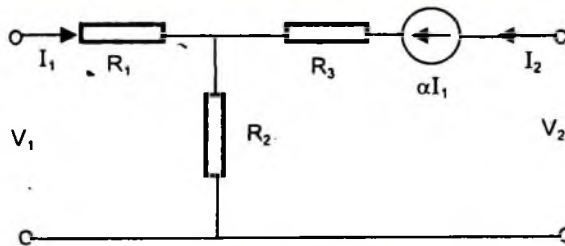
Hình B 10.16.

10.17. Tìm ma trận truyền của mạng điện 2 cổng có sơ đồ cho trong hình B 10.17.



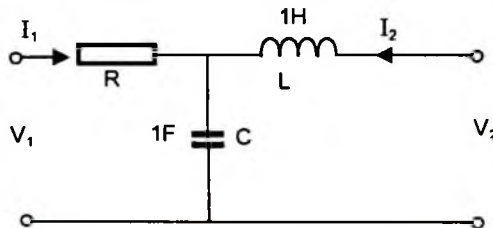
Hình B 10.17.

10.18. Xác định ma trận truyền của mạng điện cho trên hình B 10.18.



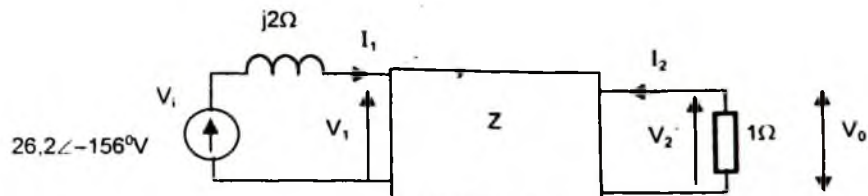
Hình B 10.18.

10.19. Tìm ma trận truyền của mạng hai cổng cho trên hình B 10.19.



Hình B 10.19.

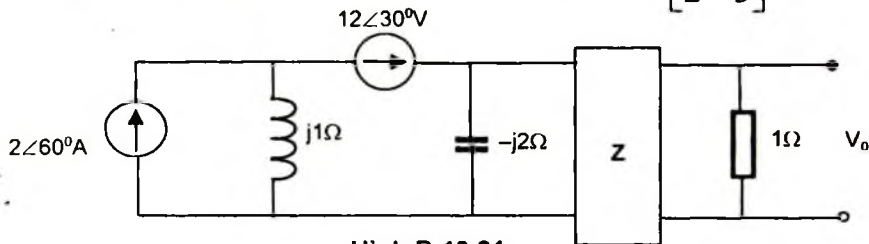
10.20. Tìm thế lỗi ra trong sơ đồ điện tử cho trên hình B 10.20. Biết rằng mạng hai cổng có ma trận trở kháng: $Z = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$



Hình B 10.20.

10.21. Xác định thế lỗi ra V_0 của mạch điện trong sơ đồ cho trên hình B 10.21.

Biết rằng ma trận trở kháng Z có giá trị là: $[Z] = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$

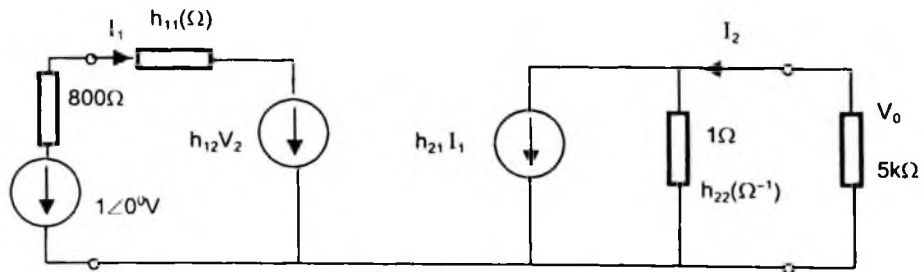


Hình B 10.21.

10.22. Hình B 10.22 là mạch điện tương đương của một transito mắc theo sơ đồ

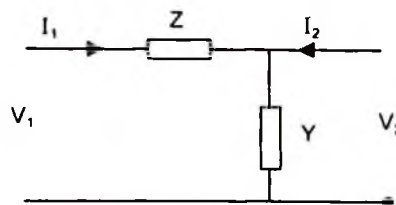
emitter chung và $h = \begin{bmatrix} 1200 & 2 \cdot 10^{-4} \\ 50 & 50 \cdot 10^{-6} \end{bmatrix}$ là ma trận lai.

Tính hệ số khuếch đại thế và dòng của transito đó nếu nguồn thế lỗi vào $v_1 = \cos \omega t$ V có điện trở nội 800Ω và trở tải lỗi ra có điện trở $5k\Omega$.



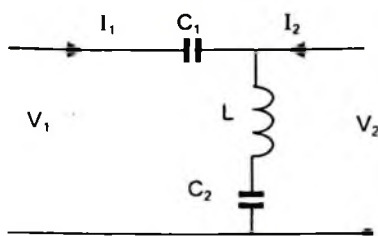
Hình B 10.22.

10.23. Tìm ma trận truyền của mạng 2 cực có sơ đồ cho trên hình B 10.23.



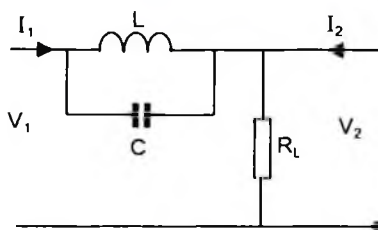
Hình B 10.23.

10.24. Tìm ma trận truyền của mạng 2 cực có sơ đồ cho trên hình B 10.24.



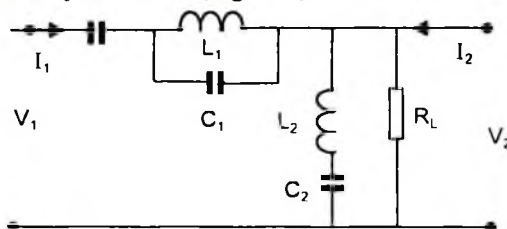
Hình B 10.24.

10.25. Tìm ma trận truyền của mạng 2 cực có sơ đồ cho trên hình B 10.25.



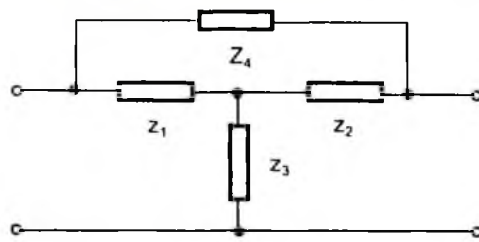
Hình B 10.25.

10.26. Tìm ma trận truyền của mạng 2 cực có sơ đồ cho trên hình B 10.26.



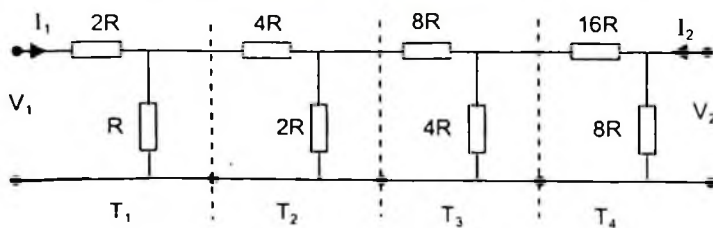
Hình B 10.26.

10.27. Tìm ma trận của cầu chữ T trên sơ đồ hình B 10.27.



Hình B 10.27.

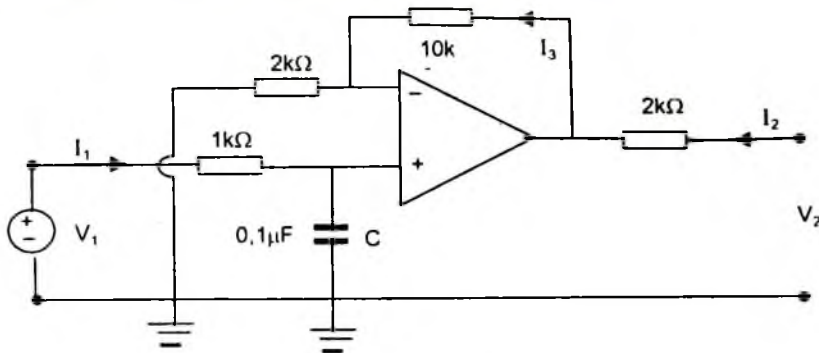
10.28. Tìm ma trận truyền của mạng 2 cực có sơ đồ cho trên hình B 10.28.



Hình B 10.28.

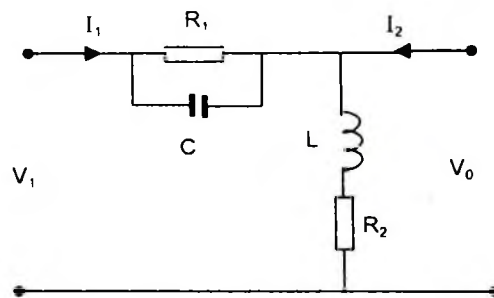
10.29. a) Tìm ma trận trở kháng của mạng 2 cổng có sơ đồ cho trong hình B 10.29 với giả thiết khuếch đại thuật toán lý tưởng.

b) Nếu nối mạng 2 cổng này với nguồn thế lối vào có điện trở nội $R_i = 50\Omega$ và lối ra nối với tải $R_L = 1k\Omega$. Tính hệ số khuếch đại thế của mạng điện này và dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ của nó.



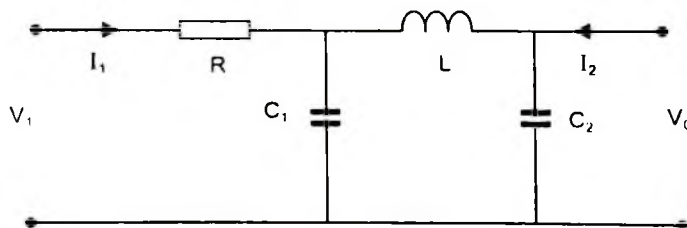
Hình B 10.29.

10.30. Tìm đáp ứng tần số của mạng điện có sơ đồ cho trên hình B 10.30.



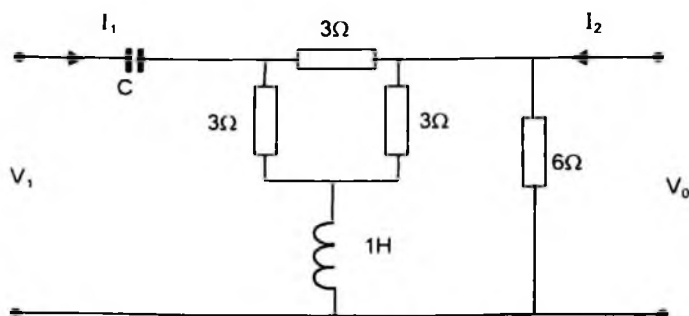
Hình B 10.30.

10.31. Tìm điện trở lối vào của mạng điện được tạo thành từ mạng hai cổng chữ T có sơ đồ cho trong hình B 10.31 .



Hình B 10.30.

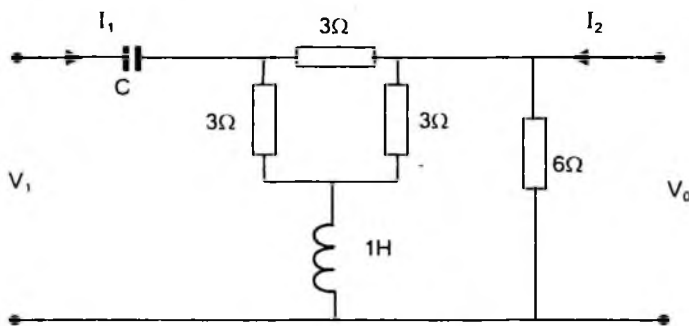
10.32. Tìm trở kháng lối vào và hệ số khuếch đại của mạng điện được tạo thành từ mạng hai cổng chữ T có sơ đồ cho trong hình B 10.32, tại tần số góc $\omega = 1\text{rad/s}$.



Hình B 10.32.

10.33.

- Tìm trở kháng lối vào và ra
- Đáp ứng tần số của mạng điện được tạo thành từ mạng hai cổng chữ T có sơ đồ cho trong hình B 10.33.
- Dùng MATLAB, vẽ sự thay đổi của trở kháng lối vào và đáp ứng tần số của mạng điện theo tần số.



Hình B 10.33.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

10.1. Phương trình Kirchhoff cho hai mắt mạng:

$$10i_1 - 6i_2 = 24$$

$$-6i_1 + 18i_2 = 0$$

Trong mạng này $V_1 = 24V$; $V_2 = 0$, các dòng điện: $i_1 = y_{11}V_1$; $i_2 = y_{21}V_1$;

do đó độ dẫn động tìm được: $y_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta} = \frac{1}{8}$; còn độ dẫn truyền:

$$y_{21} = \frac{C_{12}}{\Delta} = \frac{1}{24}. \text{ Do đó dòng điện } i_1 = 3A \text{ và } i_2 = 1A.$$

10.2. Từ sơ đồ, ta thu được:

Áp dụng định luật Kirchhoff cho hai mắt mạng như trong hình BG 10.2, ta thu được hệ phương trình:

$$10I_1 = 6I_2 = 24$$

$$-6I_1 + 18I_2 = 0$$

Giải ra ta tìm được: $I_1 = 3A$; $I_2 = 1A$

và từ đó tìm được độ dẫn động:

$$y_{11} = \frac{i_1}{v_1} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

Độ dẫn truyền: $y_{21} = \frac{C_{12}}{\Delta}$, với $\Delta = \begin{bmatrix} 10 & -6 \\ -6 & 18 \end{bmatrix} = 180 - 36 = 144$

C_{12} là phần bù của Δ : $C_{12} = 6$.

Do vậy: $y_{21} = \frac{C_{12}}{\Delta} = \frac{6}{144} = \frac{1}{24}$

Ta cũng có thể tìm được độ dẫn động theo cách này: $y_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta}$

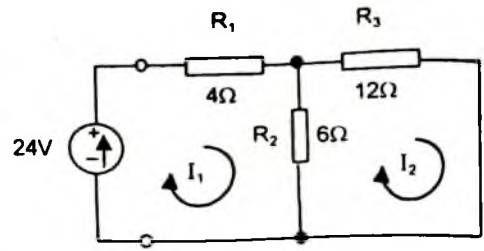
Trong đó C_{11} phần bù của Δ : $C_{11} = 18$. Vậy: $y_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta} = \frac{18}{144} = \frac{1}{8}$

Biết y_{11} và y_{12} , ta tính được ngay các dòng điện:

$$I_1 = y_{11}v_1 = \frac{1}{8} \times 24 = 3$$

$$I_2 = y_{21}v_1 = \frac{1}{24} \times 24 = 1$$

Dòng điện chạy qua điện trở R_2 là: $I_3 = I_1 - I_2 = 2A$



Hình BG 10.2.

10.3. Phương trình Kirchhoff tại các nút V_0 , V_1 và V_2 cho ta:

$$10v_1 + 2(v_1 - v_2) + 1(v_1 - v_3) = i_1$$

$$2(v_2 - v_1) + 1(v_2 - v_3) + 1v_2 = 0$$

$$1(v_3 - v_1) + 1(v_3 - v_2) + 1v_3 = 0$$

Hay: $13v_1 - 2v_2 - v_3 = i_1$

$$-2v_1 + 4v_2 - v_3 = 0$$

$$-v_1 - v_2 + 3v_3 = 0$$

Từ đó tìm được:

$$z_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta} \quad z_{12} = \frac{C_{21}}{\Delta} \quad z_{13} = \frac{C_{31}}{\Delta},$$

Trong đó: $\Delta = \begin{bmatrix} 13 & -2 & -1 \\ -2 & 4 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{bmatrix} = 123;$

$$C_{11} = \begin{bmatrix} 4 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} = 11; \quad C_{12} = \begin{bmatrix} -2 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} = 7; \quad C_{13} = \begin{bmatrix} -2 & 4 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} = 6$$

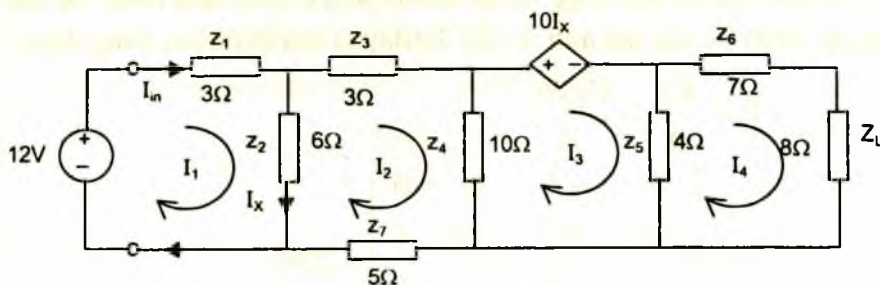
$$z_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta} = \frac{11}{123}; \quad z_{12} = \frac{C_{21}}{\Delta} = \frac{7}{123}; \quad z_{13} = \frac{C_{31}}{\Delta} = \frac{6}{123},$$

$$v_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2 + z_{13}i_3 = \frac{11}{123}i_1$$

$$v_2 = z_{21}i_1 + z_{22}i_2 + z_{23}i_3 = \frac{7}{123}i_1$$

$$v_3 = z_{31}i_1 + z_{32}i_2 + z_{33}i_3 = \frac{6}{123}i_1$$

10.4. Ký hiệu các dòng điện trong các mắt mạng độc lập của mạng điện đã cho như trên hình BG 10.4.



Hình BG 10.4.

Áp dụng định luật Kirchhoff cho các mắt mạng độc lập:

$$9I_1 - 6I_2 = 12$$

$$-6I_1 + 24I_2 - 10I_3 = 0$$

$$-10I_2 + 14I_3 = -10I_x$$

$$-4I_3 + 19I_4 = 0$$

$$I_x = I_1 - I_2$$

Viết lại hệ các phương trình trên dưới dạng:

$$\begin{aligned} 9I_1 - 6I_2 + 0I_3 + 0I_4 &= 12 \\ -6I_1 + 24I_2 - 10I_3 + 0I_4 &= 0 \\ -10I_1 - 20I_2 + 14I_3 + 0I_4 &= 0 \\ 0I_1 - 0I_2 - 4I_3 + 19I_4 &= 0 \end{aligned}$$

Dùng MATLAB giải hệ phương trình trên ta được:

$$D = [9 \ -6 \ 0 \ 0; -6 \ 24 \ -10 \ 0; -10 \ -20 \ 14 \ 0; 0 \ 0 \ -4 \ 19];$$

$$\det(D) = 2280$$

$$V = [12 \ ;0 \ ;0 \ ;0];$$

$$I = \text{inv}(D) * V$$

$$I =$$

$$13.6000$$

$$18.4000$$

$$36.0000$$

$$7.5789$$

Như vậy ta tìm được: $I_1 = 13,6A$; $I_2 = 18,4A$; $I_3 = 36A$ và $I_4 = 7,6A$;

Từ đó tìm được:

$$I_x = I_1 - I_2 = 13,6 - 18,4 = -4,8A$$

$$I_m = I_1 = 13,6 A$$

Bây giờ tính các độ dẫn động và độ dẫn truyền, ta phải tính được các ma trận C_{ij} là các phần bù của ma trận $\Delta = D$. Từ đây ta tìm được các dòng điện:

$$I_1 = \frac{D_1}{\Delta} = \frac{C_{11}V_1}{\Delta}$$

$$\text{Với: } \Delta = \begin{bmatrix} 9 & -6 & 0 & 0 \\ -6 & 24 & -10 & 0 \\ -10 & -20 & 14 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 19 \end{bmatrix} = 2280$$

$$C_{11} = (-1)^2 \begin{bmatrix} 24 & -10 & 0 \\ -20 & 14 & 0 \\ 0 & -4 & 19 \end{bmatrix} = 2584$$

$$V_1 = 12$$

$$\text{Vậy: } y_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta} = \frac{2584}{2280} = 1,14$$

Các độ dẫn khác cũng tính toán tương tự...

10.5. $4830 + 256\Omega$.

Công suất cực đại $P_m = 51\mu W$.

10.6.
$$z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = R_1 // (R_2 + R_3) = 18\Omega$$

$$z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0} = R_3 // (R_2 + R_1) = 9\Omega$$

$$z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} (R_3) = 6\Omega$$

$$z_{12} = z_{21}.$$

10.7. Định luật Kirchhoff viết cho hai mạng:

$$V_1 = z_1 I_1 + z_3 (I_1 + I_2) = (z_1 + z_3) I_1 + z_3 I_2$$

$$V_2 = z_2 I_2 + z_3 (I_1 + I_2) = z_3 I_1 + (z_2 + z_3) I_2$$

Do đó ma trận trở kháng của tức cực chữ T này là:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Áp dụng định lý nghịch đảo cho mạng hai cổng, bằng cách cho $V_2 = 0$, sau đó cho $V_1 = E$ và tính dòng I_2 , ta được:

$$\begin{aligned} E &= Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \\ 0 &= Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Loại I_1 từ hệ phương trình (1), ta thu được:

$$I_2 = \frac{Z_{21} E}{Z_{12} Z_{21} - Z_{11} Z_{22}} \quad (2)$$

Nếu cho $V_1 = 0$ và $V_2 = E$ và tính dòng I_1 , ta được:

$$I_1 = \frac{Z_{12} E}{Z_{12} Z_{21} - Z_{11} Z_{22}} \quad (3)$$

Theo nguyên lý nghịch đảo thì hai dòng điện I_1 và I_2 phải bằng nhau. Vì mẫu số của hai dòng này bằng nhau, nên từ (2) và (3) suy ra:

$$Z_{12} = Z_{21}$$

Như vậy, trong một mạng hai cổng tuyến tính hai trở kháng Z_{12} và Z_{21} bằng nhau.

Người ta cũng có thể biểu thị các dòng điện vào I_1 và dòng ra I_2 theo các thế lối vào V_1 và ra V_2 .

Thật vậy, theo nguyên lý đối ngẫu, ta có thể dùng phương pháp nút mạng để viết phương trình mạng hai cổng. Khi đó, ta có các biểu thức tuyến tính mới biểu thị các dòng vào và ra theo các thế lối vào và ra.

$$\mathbf{I}_1 = \mathbf{Y}_{11} \mathbf{V}_1 + \mathbf{Y}_{12} \mathbf{V}_2$$

$$\mathbf{I}_2 = \mathbf{Y}_{21} \mathbf{V}_1 + \mathbf{Y}_{22} \mathbf{V}_2$$

Hay dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{11} & \mathbf{Y}_{12} \\ \mathbf{Y}_{21} & \mathbf{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{V}_2 \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$$\mathbf{Y}_{11} = \left. \frac{\mathbf{I}_1}{\mathbf{V}_1} \right|_{\mathbf{V}_2=0}; \mathbf{Y}_{12} = \left. \frac{\mathbf{I}_1}{\mathbf{V}_2} \right|_{\mathbf{V}_1=0};$$

$$\mathbf{Y}_{21} = \left. \frac{\mathbf{I}_2}{\mathbf{V}_1} \right|_{\mathbf{V}_2=0}; \mathbf{Y}_{22} = \left. \frac{\mathbf{I}_2}{\mathbf{V}_2} \right|_{\mathbf{V}_1=0}$$

Ma trận: $\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{11} & \mathbf{Y}_{12} \\ \mathbf{Y}_{21} & \mathbf{Y}_{22} \end{bmatrix}$

là ma trận độ dẫn của mạng hai cổng.

Áp dụng nguyên lý nghịch đảo:

Với $\mathbf{V}_2 = 0$; $\mathbf{V}_1 = \mathbf{E}$, ta có: $\mathbf{I}_2 = \mathbf{Y}_{21}\mathbf{E}$.

Với $\mathbf{V}_1 = 0$; $\mathbf{V}_2 = \mathbf{E}$, ta có: $\mathbf{I}_1 = \mathbf{Y}_{12}\mathbf{E}$.

Vì $\mathbf{I}_1 = \mathbf{I}_2$, nên $\mathbf{Y}_{12} = \mathbf{Y}_{21}$

Vậy, trong một mạng hai cổng tuyến tính hai độ dẫn điện $\mathbf{Y}_{12}$ và $\mathbf{Y}_{21}$ bằng nhau.

- 10.8.** Ta có thể phân mạng trên thành 3 mắt mạng độc lập là: $\mathbf{A}_1\mathbf{B}_2\mathbf{B}_1$ có dòng điện $\mathbf{I}_1$ chạy qua (chiều như trên hình vẽ). Mắt mạng $\mathbf{A}_2\mathbf{B}_1\mathbf{B}_2$ có dòng $\mathbf{I}_2$ chạy qua như trên hình vẽ và mắt mạng thứ ba: $\mathbf{A}_2\mathbf{A}_1\mathbf{B}_2\mathbf{B}_1\mathbf{A}_2$ có dòng điện $\mathbf{I}_3$ chạy như trên hình vẽ. Từ đó ta thiết lập được ba phương trình cho mạng hai cổng là:

$$\mathbf{V}_1 = \mathbf{z}_{11}\mathbf{I}_1 + \mathbf{z}_{12}\mathbf{I}_2 + \mathbf{z}_{13}\mathbf{I}_3$$

$$\mathbf{V}_2 = \mathbf{z}_{21}\mathbf{I}_1 + \mathbf{z}_{22}\mathbf{I}_2 + \mathbf{z}_{23}\mathbf{I}_3$$

$$0 = \mathbf{z}_{31}\mathbf{I}_1 + \mathbf{z}_{32}\mathbf{I}_2 + \mathbf{z}_{33}\mathbf{I}_3 \quad (1)$$

Trong đó ta đã đặt $\mathbf{z}_{11} = \mathbf{z}_2 + \mathbf{z}_4$; $\mathbf{z}_{22} = \mathbf{z}_2 + \mathbf{z}_3$; $\mathbf{z}_{33} = \mathbf{z}_1 + \mathbf{z}_2 + \mathbf{z}_3 + \mathbf{z}_4$;

$$\mathbf{z}_{12} = \mathbf{z}_{21} = -\mathbf{z}_2;$$

$$z_{13} = z_{31} = z_2 + z_4$$

$$z_{23} = z_{32} = -z_2 - z_3$$

Từ phương trình 3 của hệ (1), ta tìm được:

$$I_3 = -\frac{z_{31}}{z_{33}} I_1 - \frac{z_{32}}{z_{33}} I_2$$

Thay I_2 vào hai phương trình đầu của (1), ta được:

$$V_1 = Z'_{11} I_1 + Z'_{12} I_2$$

$$V_2 = Z'_{21} I_1 + Z'_{22} I_2$$

Trong đó:

$$Z'_{11} = z_{11} - z_{13}z_{31}/z_{33}; Z'_{22} = z_{22} - z_{23}z_{32}/z_{33}$$

$$Z'_{12} = Z'_{21} = z_{12} - z_{13}z_{32}/z_{33}$$

10.9.

$$z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = 550\Omega$$

$$z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0} = 20,05k\Omega$$

$$z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0} = 50\Omega$$

$$z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{50I_1 - 60I_1(20.10^3)}{I_1} = -1,2.10^6\Omega$$

Khi mạng hai cổng nối với nguồn thế lối vào và với tải $4k\Omega$, ta thu được hệ phương trình:

$$V_1 = 550I_1 + 50I_2$$

$$V_0 = -1,2.10^6 I_1 + 20,05.10^3 I_2$$

Từ đây tìm được hệ số khuếch đại thế:

$$\frac{V_0}{V_1} = 65,5$$

10.10. Viết phương trình Kirchhoff cho hai nút mạng 1 và 2, ta được:

$$I_1 = Y_1 V_1 + (V_1 - V_2)Y_3 = (Y_1 + Y_3)V_1 - Y_3 V_2$$

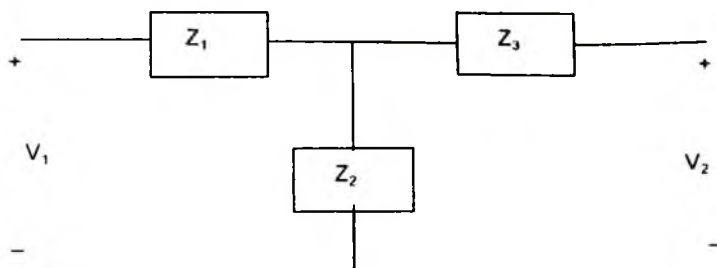
$$I_2 = Y_2 V_2 + (V_2 - V_1)Y_3 = -Y_3 V_1 + (Y_2 + Y_3)V_2$$

Vậy ma trận độ dẫn của mạng hai cổng chữ π nói trên tìm được là:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_2 + Y_3 \end{bmatrix}$$

10.11. Sơ đồ cho trên hình BG 10.11.

Với: $Z_1 = 2 + 4j$; $Z_2 = 4 - 6j$ và $Z_3 = 3 + 8j$.



Hình BG 10.11.

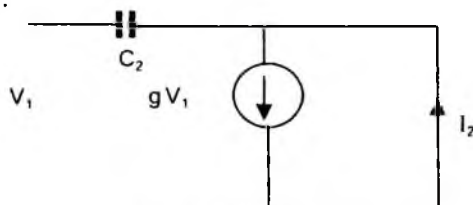
10.12.
$$Y_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{V_2=0} = j\omega(C_1 + C_2)$$

$$Y_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{V_1=0} = \frac{1}{R} + j\omega(C_3 + C_2)$$

Để tính Y_{21} ta dùng sơ đồ BG10.12.

$$Y_{21} = \left. \frac{I_2}{V_1} \right|_{V_2=0} = g - j\omega C_2$$

$$Y_{12} = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{V_1=0} = -j\omega C_2$$



Hình BG 10.12.

10.13. Cho $I_1 = 0$, ta tìm được:

$$h_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0} = \frac{j\omega CR_2}{1 + j\omega CR_2}$$

$$h_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{I_1=0} = \frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR_2}$$

Cho $V_2 = 0$, ta tìm được: $\frac{I_2 + \alpha I_1}{j\omega C} + (I_1 + I_2)R_2 = 0$

Hay $I_1(\alpha + j\omega CR_2) + I_2(1 + j\omega CR_2) = 0$ (1)

Từ đó suy ra: $h_{21} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0} = -\frac{\alpha + j\omega CR_2}{1 + j\omega CR_2}$

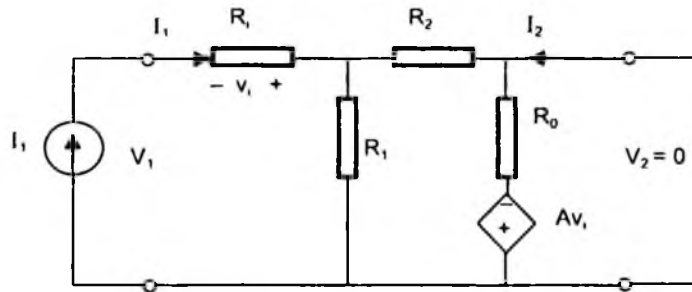
Ta có: $V_1 = (R_1 + R_2)I_1 + R_2I_2$ (2)

Thay I_2 theo I_1 thu được từ (1) vào phương trình (2) ta được:

$$V_1 = \frac{R_1 + (1 - \alpha)R_2 + j\omega CR_1R_2}{1 + j\omega CR_2}$$

Từ đó tìm được: $h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0} = \frac{R_1 + (1 - \alpha)R_2 + j\omega CR_1R_2}{1 + j\omega CR_2}$

10.14. Đầu tiên, ta cho $V_2 = 0$ (tức là nối tắt lối ra của mạng 2 cổng), ta sẽ được sơ đồ như trên hình BG 10.14a.



Hình BG 10.14a.

Từ sơ đồ hình BG 10.14a, ta thu được:

$$V_1 = (R_i + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2})I_1$$

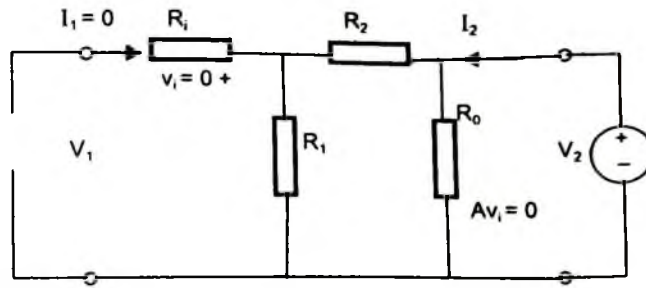
Từ đó tìm được: $H_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0} = R_i + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}$

Áp dụng định luật Kirchhoff đối với dòng điện, ta cũng tìm được:

$$I_2 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_1 = -A \frac{V_i}{R_0}$$

Từ đó tìm được: $H_{21} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0} = -A \frac{R_i}{R_0} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Bây giờ, để tìm các thành phần còn lại của ma trận lai, ta phải cho $I_1 = 0$ (tức là ngắt mạch lối vào), ta sẽ được sơ đồ mới như trên hình BG 10.14b.



Hình BG 10.14b.

Từ hình BG 10.14b, ta tìm được:

$$I_2 = \frac{V_2}{\frac{(R_1 + R_2)R_0}{R_1 + R_2 + R_0}} = \frac{R_1 + R_2 + R_0}{(R_1 + R_2)R_0} V_2$$

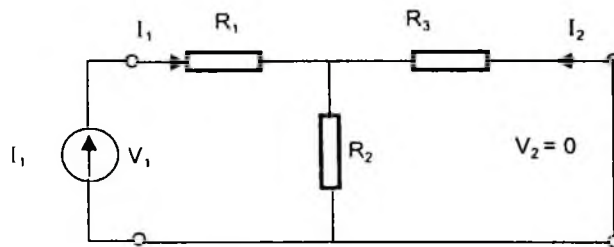
Từ đó tìm được:

$$H_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{I_1=0} = \frac{R_1 + R_2 + R_0}{(R_1 + R_2)R_0}$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_2$$

Từ đó suy ra: $H_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

10.15. Trước tiên cho $V_2 = 0$, ta có sơ đồ như trên hình BG 10.15a.



Hình BG 10.15a.

Từ hình BG 10.15a, ta tìm được:

$$V_1 = (R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}) I_1$$

Từ đó tìm được:

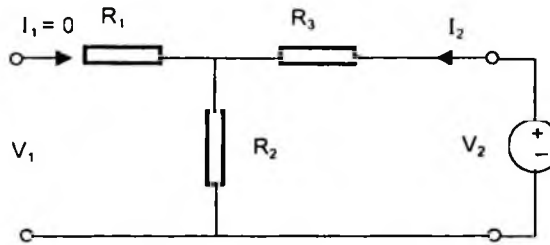
$$H_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

Mặt khác, ta cũng tìm được:

$$I_2 = -\frac{R_2}{R_2 + R_3} I_1$$

nên suy ra: $H_{21} = \frac{I_2}{I_1} = -\frac{R_2}{R_2 + R_3}$

Để tìm các thành phần còn lại của ma trận lai, ta phải cho $I_1 = 0$, như trên hình BG 10.15b.



Hình BG 10.15b.

Từ hình BG 10.15b, ta tìm được:

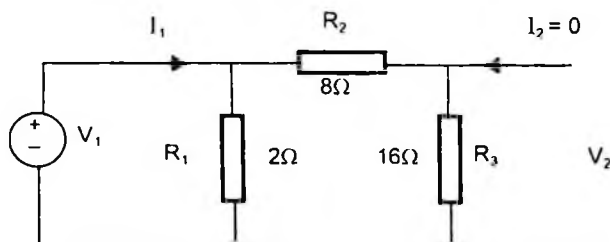
$$V_2 = (R_2 + R_3) I_2$$

Vậy: $H_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{1}{R_2 + R_3}$

và: $V_1 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_2$

Từ đó suy ra: $H_{12} = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{R_2}{R_2 + R_3}$

10.16. Đầu tiên ta có $I_2 = 0$ (lối ra hở mạch) như trên sơ đồ hình BG 10.16a.



Hình BG 10.16a.

Từ hình BG 10.16a, ta tìm được:

$$V_1 = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} I_1$$

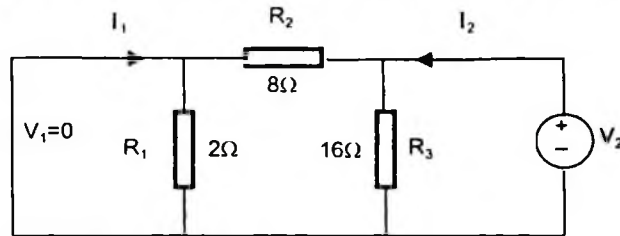
$$G_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1(R_2 + R_3)} = \frac{26}{48} = \frac{13}{24}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{R_2 + R_3} R_1$$

Từ đó tìm được:

$$G_{21} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{16}{24} = \frac{2}{3}$$

Bây giờ để tìm hai thành phần còn lại của ma trận khuếch đại, ta cho $V_1 = 0$; nghĩa là ta đoản mạch lối vào như trên hình BG 10.16b.



Hình BG 10.16b.

Từ hình BG 10.16b, ta tìm được:

$$V_2 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} I_2$$

$$G_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{V_1=0} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{8 \times 16}{8 + 16} = \frac{4}{3}$$

$$I_1 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (-I_2)$$

$$G_{12} = \left. \frac{I_1}{I_2} \right|_{V_1=0} = -\frac{R_3}{R_2 + R_3} = -\frac{16}{24} = -\frac{2}{3}$$

Vậy ma trận khuếch đại của mạng 2 cổng này là:

$$G = \begin{bmatrix} \frac{13}{24} & \frac{2}{3} \\ -\frac{2}{3} & \frac{4}{3} \end{bmatrix}$$

10.17. Ta thấy mạng hai cổng này được tạo thành từ hai mạng hai cổng chữ T nối tiếp nhau, do đó ma trận truyền bằng tích các ma trận truyền của hai mạng thành phần, vì vậy ta tìm được:

$$T_1 = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 8 & 44 \\ 1 & 10 \end{bmatrix}$$

$$T = T_1 \times T_2 = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 8 & 44 \\ 1 & 10 \end{bmatrix} \times \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 8 & 44 \\ 1 & 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{36} \begin{bmatrix} 108 & 792 \\ 18 & 144 \end{bmatrix}$$

10.18. $V_1 = (R_1 + R_2)I_1 + R_2 I_2$
 $V_2 = (\alpha + R_2)I_1 + (R_2 + R_3)I_2$

Từ đó suy ra:

$$A = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_2=0} = \frac{R_1 + R_2}{\alpha + R_1}$$

$$C = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{I_2=0} = \frac{1}{\alpha + R_2}$$

$$D = - \left. \frac{I_1}{I_2} \right|_{V_2=0} = \frac{R_2 + R_3}{\alpha + R_2}$$

Để tính B, cho $V_2 = 0$, ta tìm được:

$$I_1 = - \frac{R_2 + R_3}{\alpha + R_2}$$

và
$$V_1 = \left[R_2 - \frac{R_2 + R_3}{\alpha + R_2} (R_1 + R_2) \right] I_2 =$$

$$= - \left[\frac{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3 - \alpha R_3}{\alpha + R_2} \right] I_2$$

Do đó:
$$B = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{V_2=0} = \frac{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3 - \alpha R_3}{\alpha + R_2}$$

10.19. Cho $I_2 = 0$, ta tìm được:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

và
$$\frac{V_2}{I_1} = \frac{1}{j\omega}$$

Vì vậy:
$$A = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_2=0} = 1 + j\omega CR = 1 + j\omega$$

và
$$C = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{I_2=0} = j\omega$$

Cho $V_2 = 0$, ta tìm được:

$$\frac{I_2}{V_1} = -\frac{j\omega L // 1/j\omega C}{R + (j\omega L // 1/j\omega C)} \left(\frac{1}{j\omega C} \right) = -\frac{1}{1 - \omega^2 + j\omega}$$

và
$$\frac{I_1}{I_2} = -\frac{1/j\omega C}{j\omega L + 1/j\omega C} = -\frac{1}{1 - \omega^2}$$

Vì vậy
$$B = -\left. \frac{I_2}{V_1} \right|_{V_2=0} = 1 - \omega^2 + j\omega$$

và
$$D = -\left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0} = 1 - \omega^2$$

10.20. Từ sơ đồ ta có:

$$V_1 = V_i - 2jI_1;$$

$$V_2 = -(1\Omega)I_2 = -I_2$$

$$V_0 = V_2 = -I_2$$

Từ phương trình ma trận ta được:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Hay
$$\begin{bmatrix} V_i - 2jI_1 \\ -I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Giải phương trình này theo I_1, I_2 ta được:

$$V_i - 2jI_1 = 3I_1 + 2I_2$$

$$-I_2 = 2I_1 + 3I_2$$

Hay: $(3+j2)I_1 + 2I_2 = V_i$

$$I_1 + 2I_2 = 0$$

Từ đó tìm được:

$$I_2 = \frac{V_i}{-4 - j4} = \frac{26,2 \angle -158^0}{-4 - j4} \Rightarrow U_S = \frac{26,2 \angle -158^0}{4 + j4} \text{ V}$$

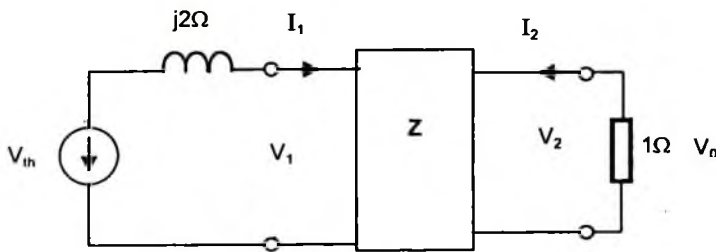
Vậy:
$$V_0 = \frac{26,2 \angle -158^0}{5,67 \angle 45^0} = 4,64 \angle 203^0 \text{ (V)}$$

10.21. Ta tìm được thế Thevenin và điện trở nội Z_{th} là:

$$Z_{th} = -2j // j1 = j2(\Omega)$$

$$V_{th} = \left(2 \angle 150^0 - 12 \angle 30^0 \right) \frac{-j2}{-j2 + j1} = 26,2 \angle -158^0$$

Khi đó ta có sơ đồ mới cho trên hình BG 10.21.



Hình BG 10.21.

Từ sơ đồ trên ta thu được:

$$V_1 = V_{th} - j2I_1 \text{ và } V_0 = (-1)I_2 = -I_2$$

Mặt khác: $V_1 = 3I_1 + 2I_2 = V_{th} - j2I_1$

và $V_2 = 2I_1 + 3I_2 = -I_2$

nên từ đó suy ra:

$$V_{th} = (3 + j2)I_1 + 3I_2$$

và $I_1 = -2I_2$

Mặt khác ta lại có:

$$[(3 - j2)(-2) + 2]I_2 = V_{th}$$

nên
$$I_2 = -\frac{V_{th}}{4 + j4};$$

Do vậy
$$V_0 = -I_2 = \frac{V_{th}}{4 + j4} = 4,64 \angle 157^0 \text{ V.}$$

10.22. Từ sơ đồ tìm được hệ phương trình:

$$(800 + 1200)I_1 + 2.10^{-4}V_2 = 10^{-3}$$

$$50I_1 + 50.10^{-6}V_2 = I_2 = -\frac{V_2}{5000}$$

Dùng MATLAB, giải hệ phương trình trên tìm được:

$$I_1 = 51.10^{-6} \text{ A và } V_2 = -1,02 \text{ V.}$$

Mặt khác, ta có phương trình ma trận:

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$$

Thay các giá trị của I_1 và của V_2 vào, ta tìm được:

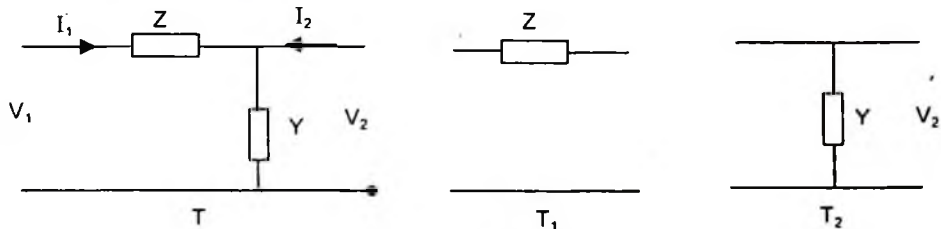
$$V_1 = 0,592.10^{-4} \text{ V và } I_2 = 20,4.10^{-4} \text{ A.}$$

Từ đó tìm được:

* Hệ số khuếch đại thế: $G_V = \frac{V_2}{V_1} = \frac{102.10^{-4}}{0,592.10^{-4}} = -172,3$

* Hệ số khuếch đại dòng: $G_I = \frac{I_2}{I_1} = \frac{20,4}{0,51} = 40$

10.23. Ta phân tích mạng này thành hai mạng một trở kháng nối tiếp nhau như trên hình BG 10.23.



Hình BG 10.23.

Mạng hai cổng T_1 có ma trận truyền:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

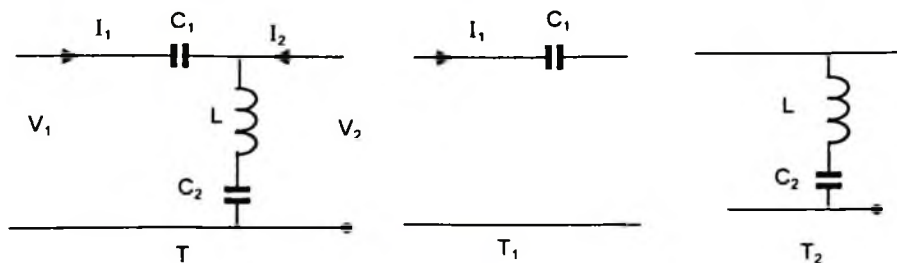
Mạng hai cổng T_2 có ma trận truyền:

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y & 1 \end{bmatrix}$$

Do vậy mạng hai cổng T có ma trận truyền:

$$T = T_1 \times T_2 = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + ZY & Z \\ Y & 1 \end{bmatrix}$$

10.24. Ta phân tích mạng này thành hai mạng một trở kháng nối tiếp nhau như trên hình BG 10.24.



Hình BG 10.24.

Mạng hai cổng T_1 có ma trận truyền:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{j\omega C_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

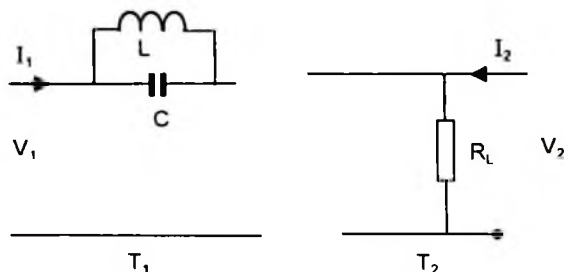
Mạng hai cổng T_2 có ma trận truyền:

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{j\omega C_2}{LC_2 j\omega + 1} & 1 \end{bmatrix}$$

Do vậy mạng hai cổng T có ma trận truyền:

$$\begin{aligned} T &= T_1 \times T_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{j\omega C_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{j\omega C_2}{LC_2 j\omega + 1} & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 + \frac{C_2 / C_1}{LC_2 j\omega + 1} & \frac{1}{j\omega C_1} \\ \frac{j\omega C_2}{LC_2 j\omega + 1} & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

10.25. Ta phân tích mạng này thành hai mạng một trở kháng nối tiếp nhau như trên hình BG 10.25.



Hình BG 10.25.

Mạng hai cổng T_1 có ma trận truyền:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{Lj\omega}{j\omega LC + 1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

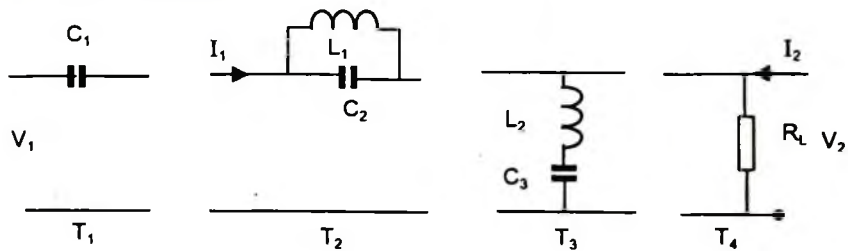
Mạng hai cổng T_2 có ma trận truyền:

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_L} & 1 \end{bmatrix}$$

Do vậy mạng hai cổng T có ma trận truyền:

$$\begin{aligned} T &= T_1 \times T_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{Lj\omega}{j\omega LC + 1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_L} & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{R_L} & \frac{j\omega L}{j\omega LC + 1} \\ \frac{1}{R_L} & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

10.26. Ta phân tích mạng này thành bốn mạng một trở kháng nối tiếp nhau như trên hình BG 10.26.



Hình BG 10.26.

Mạng hai cổng T_1 có ma trận truyền:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{j\omega C_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Mạng hai cổng T_2 có ma trận truyền:

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{L_1 j\omega}{j\omega L_1 C_2 + 1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Mạng hai cổng T_3 có ma trận truyền:

$$T_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{j\omega C_2}{LC_2j\omega + 1} & 1 \end{bmatrix}$$

Mạng hai cổng T_4 có ma trận truyền:

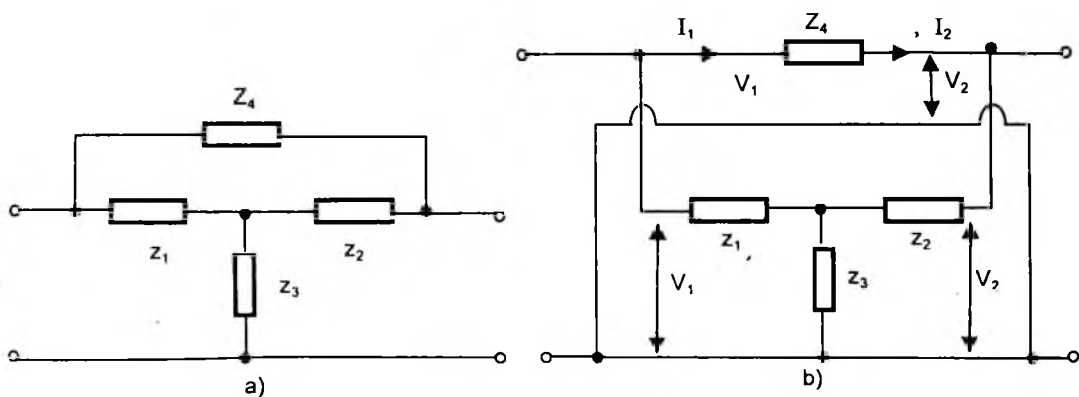
$$T_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_L} & 1 \end{bmatrix}$$

Do vậy mạng hai cổng T có ma trận truyền:

$$\begin{aligned} T &= T_1 \times T_2 \times T_3 \times T_4 \\ &= \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{j\omega C_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & \frac{L_1 j\omega}{j\omega L_1 C_2 + 1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{j\omega C_2}{LC_2j\omega + 1} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_L} & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 + \frac{L_1 C_1 C_3 j\omega}{R_L (L_1 C_1 C_2 j\omega + C_1)(L_2 C_3 j\omega + 1)} & \frac{L_1 C_1}{j\omega L_1 C_1 C_2 + C_1} \\ \frac{C_3 j\omega}{R_L (L_2 C_3 j\omega + 1)} & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

10.27. Ta có thể coi cầu chữ T được tạo thành từ hai mạng hai cổng ghép nối vào song song lối ra song song như trên hình BG 10.27. Do đó ma trận độ dẫn của nó bằng:

$$[Y] = [Y_1] + [Y_2]$$



Hình BG 10.27.

$$[Y_1] = \frac{1}{Z_4} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$[Y_2] = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_4} + \frac{z_2 + z_3}{\Delta z} & -\frac{1}{Z_4} - \frac{z_3}{\Delta z} \\ \frac{1}{Z_4} + \frac{z_3}{\Delta z} & -\frac{1}{Z_4} - \frac{z_1 + z_3}{\Delta z} \end{bmatrix}$$

10.28. Ta thấy mạng điện gồm 4 mạng 2 cổng ghép nối tiếp nhau.

Áp dụng kết quả của bài 10.23, ta tìm được ma trận truyền của mạng T_1 :

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 + \frac{2R}{R} & 2R \\ \frac{1}{R} & 1 \end{bmatrix}; T_2 = \begin{bmatrix} 1 + \frac{4R}{2R} & 4R \\ \frac{1}{2R} & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} 1 + \frac{8R}{4R} & 8R \\ \frac{1}{4R} & 1 \end{bmatrix}; T_4 = \begin{bmatrix} 1 + \frac{16R}{8R} & 16R \\ \frac{1}{8R} & 1 \end{bmatrix}$$

Vậy: $T = T_1 \times T_2 \times T_3 \times T_4 =$

Ta sử dụng MATLAB để tính tích ma trận này với lệnh:

`syms R T;`

`T1=[3 2*R;1/R 1];`

`T2=[3 4*R;1/(2*R) 1];`

`T3=[3 8*R;1/(4*R) 1];`

`T4=[3 16*R;1/(8*R) 1];`

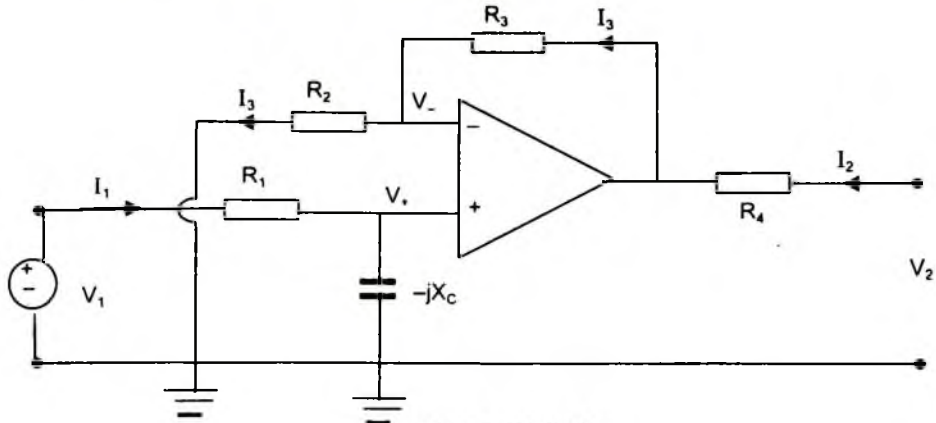
`T12=T1*T2;`

`T34=T3*T4;`

`T=T12*T34`

Kết quả: $T = \begin{bmatrix} \frac{449}{4} & 630R \\ \frac{315}{8R} & 221 \end{bmatrix}$

10.29. Ta vẽ lại sơ đồ trên lĩnh vực tần số, như trên hình BG 10.29a.



Hình BG 10.29a.

Từ hình BG 10.29a, ta thiết lập được các phương trình:

$$V_1 = I_1(R_1 - jX_C) \quad (1)$$

$$V_2 = R_4 I_2 + (R_2 + R_3) I_3 \quad (2)$$

Nhưng bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng nên dòng điện không chạy qua nó. Vì thế:

$$R_2 I_3 = V_-$$

$$\text{và: } I_1(-jX_C) = V_+$$

$$V_+ = V_-$$

$$\text{nên: } R_2 I_3 = I_1(-jX_C) \Rightarrow I_3 = \frac{-jX_C I_1}{R_2} \quad (3)$$

Thay (3) vào (2), ta được:

$$V_2 = R_4 I_2 + (R_2 + R_3) \frac{-jX_C I_1}{R_2} \quad (4)$$

Từ (1) và (4) ta tìm được:

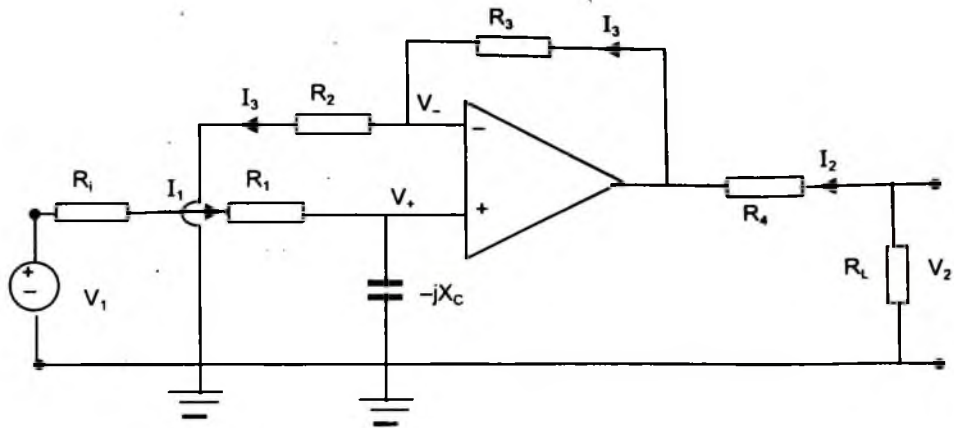
$$z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = R_1 - jX_C$$

$$z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0} = 0$$

$$z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)(-jX_C)$$

$$z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0} = R_4$$

b) Khi nối mạng hai cổng với nguồn thế lối vào và trở kháng lối ra, ta sẽ thu được sơ đồ như trên hình BG 10.29b.



Hình BG 10.29b.

Đây chính là mạng đầu cuối nên:

$$H(j\omega) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{z_{21}R_L}{(z_{11} + R_i)(z_{22} + R_L) - z_{12}z_{21}}$$

Thay giá trị vào ta tìm được:

$$H(j\omega) = \frac{(1 + \frac{R_3}{R_2})R_L}{(R_4 + R_L)(1 + j\omega C(R_1 + R_i))}$$

Dùng MATLAB vẽ đáp ứng tần số với lệnh:

`R1=10^3; R2=2*10^3; R3=10*10^3; R4=2*10^3; Ri=50; RL=10^3;`

`C=0.1e-6;`

`w=logspace(0,6)`

`H=(1+R3/R2)*RL./((R4+RL)*(1+j*w*C*(R1+Ri)));`

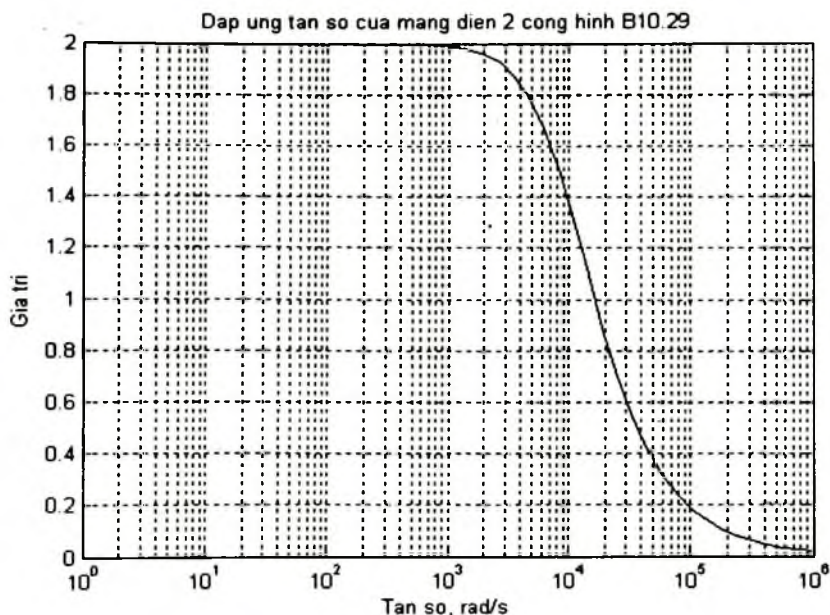
`semilogx(w,abs(H));grid`

`title('Đáp ứng tần số của mạng điện 2 cổng hình B10.29')`

`xlabel('Tần số, rad/s')`

`ylabel('Giá trị')`

Kết quả cho trên hình BG 10.29c.



Hình BG 10.29c.

10.30. Giả sử lối vào nối với nguồn thế có thế V_1 , điện trở nội bằng không, thì sơ đồ trên tương đương như mạng hai cổng một trở kháng, gồm điện trở R_1 ghép song song với tụ điện C ; lối ra nối với tải có trở kháng Z_L gồm cuộn cảm L nối tiếp với điện trở R_2 . Như vậy, ta có thể coi đây là mạng đầu cuối có ma trận truyền là:

$$T = \begin{bmatrix} 0 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Với: $Z = \frac{R_1(-jX_C)}{R_1 - jX_C}; \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$

Trở tải của mạng điện là:

$$Z_L = R_2 + j\omega L$$

Từ đó tìm được đáp ứng tần số:

$$H = \frac{V_0}{V_1} = \frac{Z_L}{(H_{11} + H_{21}Z_i)(Z_L + H_{12} + H_{22}Z_i)}$$

Trong đó $Z_i = 0$. Vậy:

$$H = \frac{V_0}{V_1} = \frac{Z_L}{H_{11}(Z_L + H_{12})}$$

Thay Z_L và H_{11} , H_{12} vào biểu thức trên ta tìm được biểu thức tường minh của đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{(R_2 + j\omega L)(j\omega CR_1 + 1)}{(R_2 + j\omega L)(j\omega CR_1 + 1) + R_1} =$$

$$= \frac{(j\omega)^2 + (j\omega)\left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C}\right] + \frac{R_2}{R_1 LC}}{(j\omega)^2 + (j\omega)\left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C}\right] + \frac{R_1 + R_2}{R_1 LC}}$$

Đáp ứng tần số được vẽ trên hình BG 10.30 nhờ chương trình MATLAB:

R1=10;R2=10^2;

C=30e-6;

L=2;

w=logspace(0,10)

f=w/(2*pi)

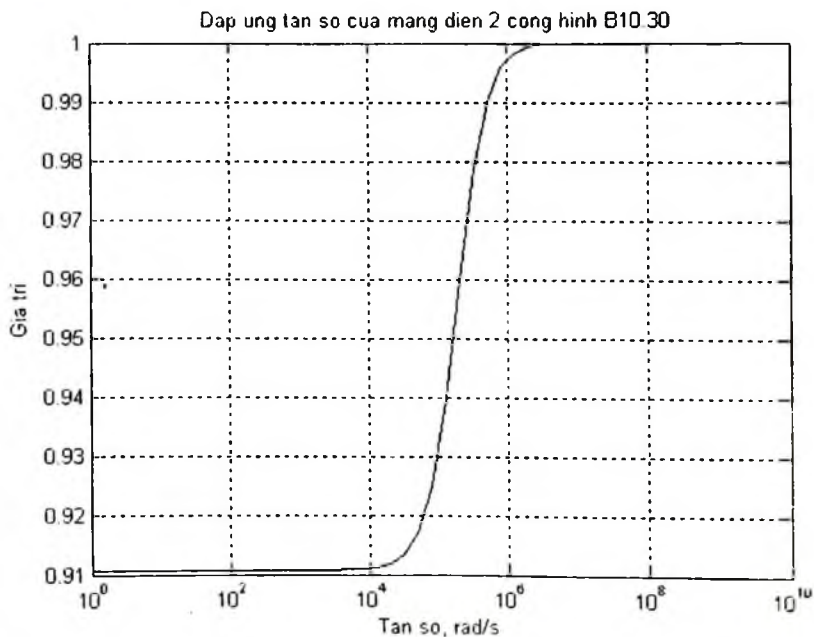
H=((j*w).^2+j*w*(R2/L+1/(R1*C))+R2/(R1*L*C))./((j*w).^2+j*w*(R2/L+1/(R1*C)+(R1+R2)/(R1*L*C)));

semilogx(w,abs(H));grid

title('Đáp ứng tần số của mạng điện 2 cổng hình B10.30')

xlabel('Tần số, rad/s')

ylabel('Giá trị')



Hình BG 10.30.

10.31. Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải là tụ điện C_2 . Đối với cầu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = R; z_2 = j\omega L \text{ và } z_3 = \frac{1}{j\omega C}$$

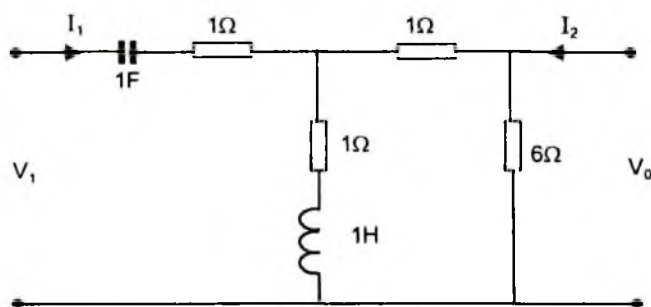
Từ đó ta tìm được trở kháng lối vào: $Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3$; $z_{12} = z_{21} = z_3$; $z_{22} = z_2 + z_3$; $Z_L = \frac{1}{j\omega C_2}$

Từ đó tìm được Z_{in} :

$$Z_{in} = \frac{R(j\omega)^3 + \frac{(j\omega)^2}{C_1} + \frac{R(C_1 + C_2)}{LC_1C_2}(j\omega) + \frac{1}{LC_1C_2}}{(j\omega)^3 + \frac{C_1 + C_2}{LC_1C_2}(j\omega)}$$

10.32. Trước tiên, ta dùng phép chuyển đổi mạng tam giác thành mạng hình sao nhóm ba điện trở 3Ω , ta sẽ được sơ đồ hình BG 10.32.



Hình BG 10.32.

Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải là điện trở 6Ω .

Đối với cầu chữ T, ta có ma trận trở kháng là: $Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$

Trong trường hợp này: $z_1 = 1-j$; $z_2 = 1$ và $z_3 = 1+j$

Từ đó ta tìm được trở kháng lối vào:

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3 = 2$;

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = 1 + j$$

$$z_{22} = z_2 + z_3 = 2 + j; Z_L = 6$$

Từ đó tìm được Z_{in} :

$$Z_{in} = 2 - \frac{(1+j)(1+j)}{2+j+6} = \frac{16+2j-j^2-2j-1}{8+j} = \frac{16}{8+j} = 2\angle -7,12^\circ \Omega$$

b) Tìm hệ số khuếch đại:

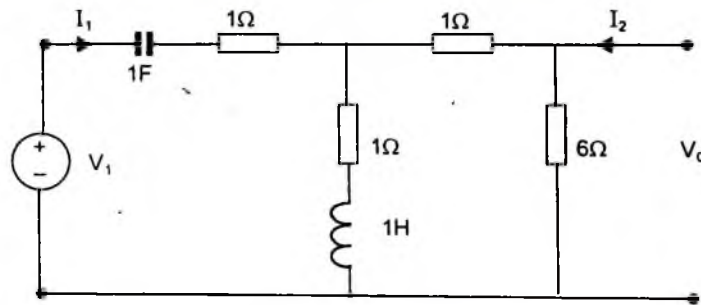
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Trong trường hợp này, $z_i = 0$.

Thay giá trị vào, ta tìm được:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{(1+j)6}{2(2+j+6) - (1+j)(1+j)} = \frac{3(1+j)}{8} = 0,53\angle 45^\circ$$

10.33. Trước tiên, ta dùng phép chuyển đổi mạng tam giác thành mạng hình sao nhóm ba điện trở 3Ω , ta sẽ được sơ đồ hình BG 10.33a.



Hình BG 10.33a.

Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải là điện trở 6Ω .

Đối với cấu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này: $z_1 = 1 + \frac{1}{j\omega}$; $z_2 = 1$ và $z_3 = 1 + j\omega$

Từ đó ta tìm được trở kháng lối vào: $Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3 = 2 + j\omega + \frac{1}{j\omega}$;

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = 1 + j\omega;$$

$$z_{22} = z_2 + z_3 = 2 + j\omega; \quad Z_L = 6$$

Từ đó tìm được Z_{in} :

$$\begin{aligned} Z_{in} &= 2 + j\omega + \frac{1}{j\omega} - \frac{(1 + j\omega)(1 + j\omega)}{2 + j\omega + 6} = \\ &= \frac{(2 + j\omega + \frac{1}{j\omega})(8 + j\omega) - (1 + j\omega)^2}{8 + j\omega} = \frac{8(j\omega)^2 + 16(j\omega) + 8}{(j\omega)^2 + 8(j\omega)} \end{aligned}$$

b) Bây giờ tìm hệ số khuếch đại:

$$\frac{V_2}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Trong trường hợp này, $z_i = 0$.

Thay giá trị vào, ta tìm được:

$$\frac{V_2}{V_i} = \frac{(1 + j\omega)6}{(2 + j\omega + \frac{1}{j\omega})(2 + j\omega + 6) - (1 + j\omega)^2} = \frac{6(j\omega) + 6}{(j\omega)^2 + 8(j\omega) + 16}$$

c) Vẽ độ dẫn lối vào và đáp ứng tần số dùng MATLAB với chương trình:

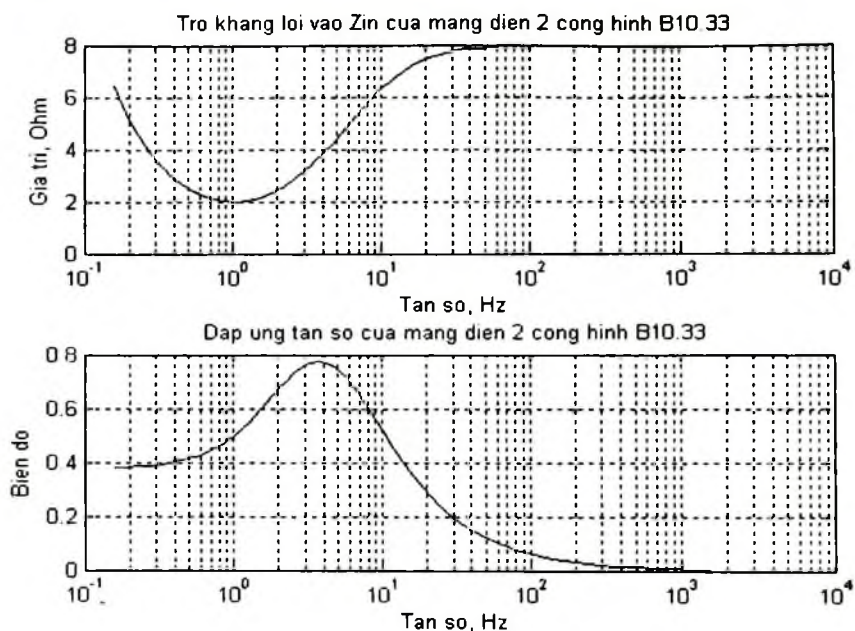
```
b=[8 16 8];
a=[1 8 0];
b1=[0 6 6];
a1=[1 8 16];
w=logspace(0,4)
f=w/(2*pi)
h=freqs(b,a,f);
h1=freqs(b1,a1,f);
subplot(211)
semilogx(f,abs(h));grid
title('Tro khang loi vao Zin cua mang dien 2 cong binh B10.33')
xlabel('Tan so, Hz')
```

```

ylabel('Gia tri, Ohm')
subplot(212)
semilogx(f,abs(h1));grid
title('Dap ung tan so cua mang dien 2 cong hinh B10.33')
xlabel('Tan so, Hz')
ylabel('Bien do')

```

Kết quả cho trên hình BG 10.33b.



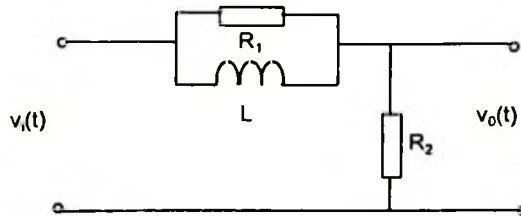
Hình BG 10.33b.

Chương 11

CÁC LOẠI MẠCH LỌC THỤ ĐỘNG

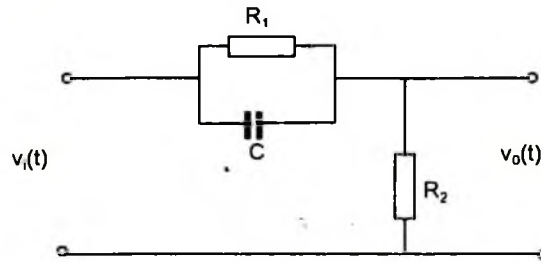
ĐỀ BÀI

11.1. Xác định loại mạch lọc và hàm truyền thế của mạch điện cho trong hình B 11.1.



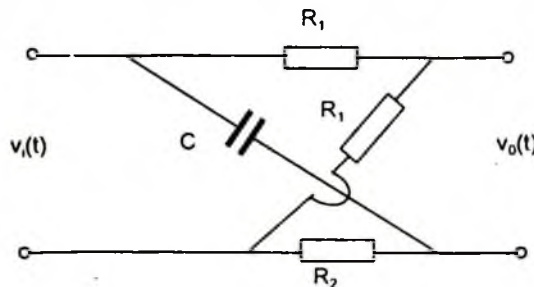
Hình B 11.1.

11.2. Xác định loại mạch lọc và hàm truyền thế của mạch điện cho trong hình B 11.2.



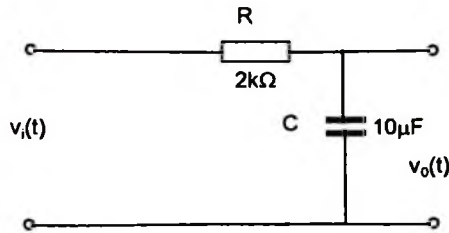
Hình B 11.2.

11.3. Xác định loại mạch lọc và hàm truyền thế của mạch điện cho trong hình B 11.3.



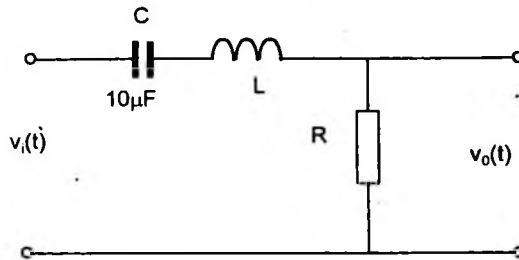
Hình B 11.3.

11.4. Cho mạch lọc thông thấp trong hình B 11.4. Xác định hệ số khuếch đại của mạch lọc nếu tần số của nguồn là 8Hz.



Hình B 11.4.

- 11.5. Cho mạch lọc thông dải trong hình B 11.5. Xác định L và R để tần số cộng hưởng $\omega_0 = 1000\text{ rad/s}$ và độ rộng dải thông $B_w = 100\text{ rad/s}$.



Hình B 11.5.

- 11.6. Tính mạch lọc thông thấp dùng để nuôi một điện trở $R = 500\Omega$ với tần số cắt $\omega_c = 2000\text{ rad/s}$.
- 11.7. a). Mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số tại tần số cắt $\omega_c = 1\text{ rad/s}$ là:

$$H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1}$$

Hãy biến mạch lọc nói trên thành mạch lọc thông thấp khác, có tần số cắt $f_c = 100\text{ Hz}$.

- b) Dùng MATLAB vẽ đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp mới và mạch lọc đã cho.
- 11.8. Mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số tại tần số cắt $\omega_c = 1\text{ rad/s}$ là:

$$H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1}$$

- a) Hãy biến mạch lọc nói trên thành mạch lọc thông cao, với cùng tần số cắt như mạch lọc thông thấp đã cho.
- b) Vẽ đáp ứng tần số của hai mạch lọc.

11.9. Mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số tại tần số cắt $\omega_c = 1 \text{ rad/s}$ là:

$$H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1}$$

a) Hãy biến mạch lọc nói trên thành mạch lọc thông dải, với $B = 1 \text{ rad/s}$ cùng tần số cắt.

b) Vẽ đáp ứng tần số của hai mạch lọc.

11.10. Mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số tại tần số cắt $\omega_c = 1 \text{ rad/s}$ là:

$$H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1}$$

a) Hãy biến mạch lọc nói trên thành mạch lọc chặn dải, với $B = 1 \text{ rad/s}$ cùng tần số cắt.

b) Vẽ đáp ứng tần số của hai mạch lọc.

11.11. Mạch lọc Butterworth thông thấp bậc 3 có hàm truyền tại tần số cắt $\omega_c = 1 \text{ rad/s}$ là:

$$H_3(x) = \frac{1}{(x+1)[(x)^2 + (x) + 1]}$$

a) Hãy biến mạch lọc nói trên thành mạch lọc thông thấp khác, với tần số cắt $\omega_c = 100 \text{ rad/s}$ và với hệ số khuếch đại tĩnh bằng 5.

b) Vẽ đáp ứng tần số của hai mạch lọc.

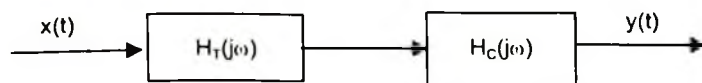
11.12. Người ta ghép nối tiếp một mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số là:

$$H_T(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1}$$

và một mạch lọc thông cao có đáp ứng tần số:

$$H_C(j\omega) = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1}$$

như trên sơ đồ hình B 11.12.



Hình B 11.12.

- a) Cho biết mạch lọc mới được tạo thành là mạch lọc loại gì ?
 b) Viết chương trình MATLAB vẽ đáp ứng tần số của cả 3 mạch lọc.

11.13. Người ta ghép nối tiếp một mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số là:

$$H_T(x) = \frac{8 \cdot 10^6}{x^2 + 2828x + 4 \cdot 10^6}$$

và một mạch lọc thông cao có ứng tần số:

$$H_C(x) = \frac{2x^2}{x^2 + 141,4x + 10^4}$$

như trên sơ đồ hình B 11.13.



Hình B 11.13.

- a) Cho biết mạch lọc mới được tạo thành là mạch lọc loại gì ?
 b) Viết chương trình MATLAB vẽ đáp ứng tần số của cả 3 mạch lọc.

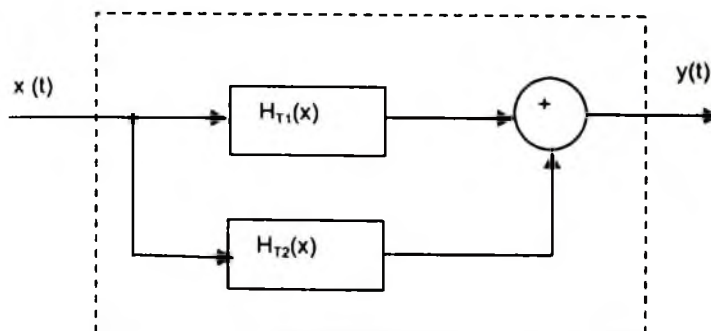
11.14. Người ta ghép mạch lọc Butterworth thông thấp có đáp ứng tần số là:

$$H_{T1}(x) = \frac{8 \cdot 10^6}{x^2 + 2828x + 4 \cdot 10^6}$$

và một mạch lọc thông thấp khác có ứng tần số:

$$H_{T2}(x) = \frac{2 \cdot 10^4}{x^2 + 141,4x + 10^4}$$

như trên sơ đồ hình B 11.14.



Hình B 11.14.

- a) Tìm tần số cắt của các mạch lọc $H_{T1}(x)$ và $H_{T2}(x)$.
- b) Cho biết mạch lọc mới được tạo thành là mạch lọc loại gì?
- c) Viết chương trình MATLAB vẽ đáp ứng tần số của cả 3 mạch lọc.

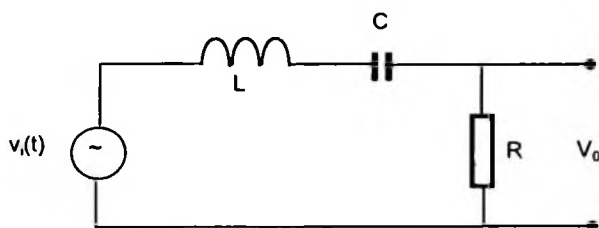
11.15. Một mạng điện có đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{1}{LC(j\omega)^2 + \frac{L}{R}(j\omega) + 1}$$

- a) Cho biết đó là bộ lọc loại gì?
- b) Tính tần số cắt, dải thông và độ phẩm chất của mạch lọc đó.
- c) Vẽ đáp ứng tần số đối với $C = 1\mu\text{F}$; $L = 2,5\text{H}$ và với 3 giá trị khác nhau của $R = 500\Omega$; $1\text{k}\Omega$ và $5\text{k}\Omega$.

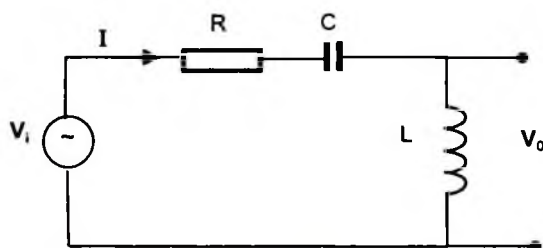
11.16. Tìm đáp ứng tần số của mạch điện cho trong hình B 11.16.

Dùng MATLAB vẽ đáp ứng tần số với $C = 7.96\text{e}-7 \mu\text{F}$; $L = 12.73\text{e}-4 \text{H}$ và ba giá trị khác nhau của R là: 10Ω ; 50Ω và 300Ω .



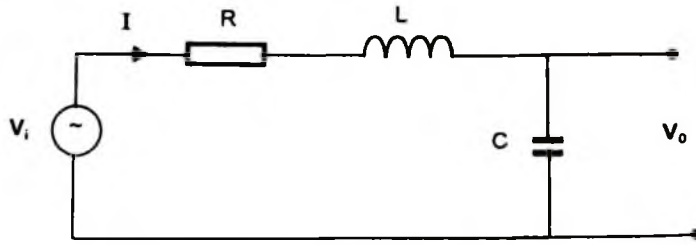
Hình B 11.16.

11.17. Tìm đáp ứng tần số của mạch điện cho trên hình B 11.17. Vẽ đáp ứng biên độ và đáp ứng pha với $R = 10\Omega$; 100Ω và 1000Ω ; $C = 7.96\text{e} - 7\mu\text{F}$; $L = 12.73\text{H}$;



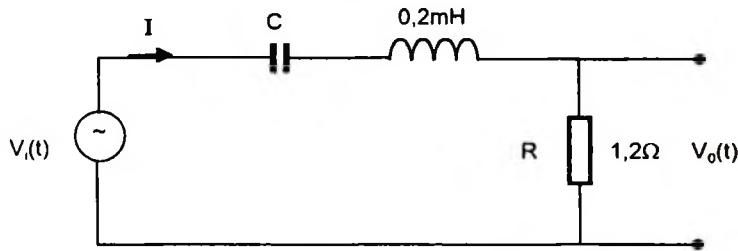
Hình B 11.17.

11.18. Tìm đáp ứng tần số của mạch điện cho trên hình B 11.18. Vẽ đáp ứng biên độ và đáp ứng pha với $C = 0,1\mu\text{F}$; $L = 12\text{mH}$ và 3 giá trị khác nhau của $R = 10\Omega$; 100 và 1000Ω .



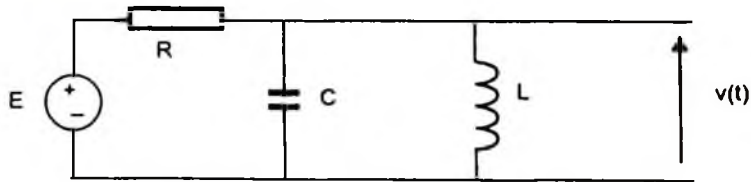
Hình B 11.18.

11.19. Mạch điện hình B 11.19 là một mạch lọc thông dải. Tìm tần số trung tâm ω_0 , độ phẩm chất Q , thế lối ra $v_o(t)$ và các hiệu thế trên cuộn cảm L và trên tụ C , khi nguồn thế lối vào $v_i(t) = 120\sin\omega_0 t$. Biết rằng tại tần số cộng hưởng cuộn cảm L có trở kháng là $X_L = 10\Omega$.



Hình B 11.19.

11.20. Tìm đáp ứng tần số của mạch điện cho trong hình B 11.20 . Cho biết đó là bộ lọc loại gì? vẽ đáp ứng tần số của bộ lọc đó với $R = 10\Omega$; $C = 1\mu\text{F}$ và $L = 0,002\text{H}$.

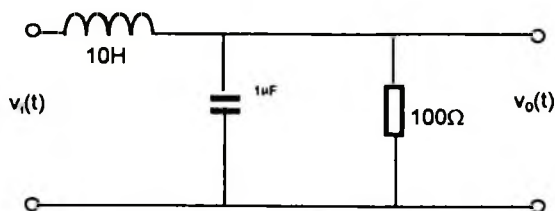


Hình B 11.20.

11.21. Cho mạch điện như trên hình B 11.21.

- Tìm tổng trở Z của toàn bộ mạch.
- Gọi $V_o(t)$ là hiệu điện thế giữa hai điểm A và B, tìm hiệu điện thế phức V_o đó nếu thế lối vào $v_i(t)$ đã cho.
- Tìm đáp ứng tần số của mạch điện đó. Vẽ đáp ứng biên độ với sự thay đổi của tụ điện C .

11.22. Xác định và vẽ đáp ứng biên độ của đáp ứng tần số của mạch điện cho trong hình B 11.22 và cho biết đó là bộ lọc loại gì:

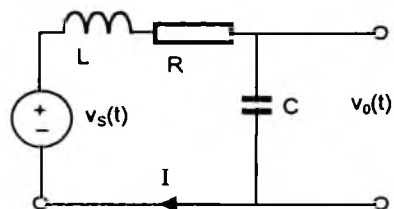


Hình B 11.22.

11.23. Cho mạch điện có sơ đồ như trong hình B 11.23. Nguồn thế lồi vào $v_i(t) = 36\cos(\omega_c t + 45^\circ)$ V. Dòng điện I có biên độ 12A.

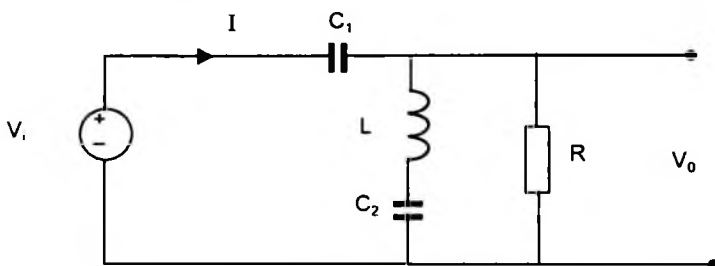
a) Nếu $\omega_c = 1000\text{rad/s}$, $R = 200\Omega$ và $L = 10\text{mH}$, tính C , Q , B_w .

b) Tính thế lồi ra $v_o(t)$ tại tần số cộng hưởng ω_0 .



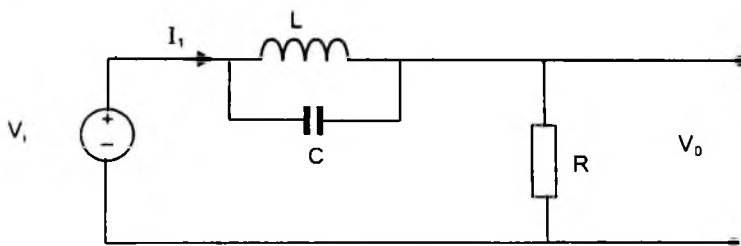
Hình B 11.23.

11.24. Tìm đáp ứng tần số và cho biết đây là bộ lọc loại gì đối với mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 11.24.



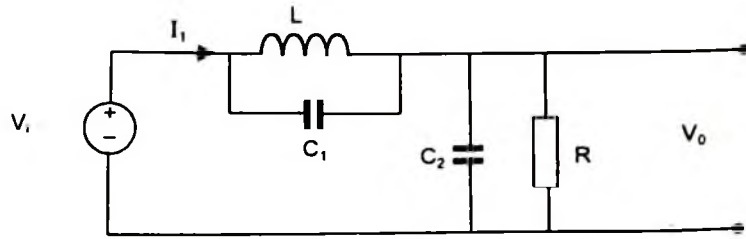
Hình B 11.24.

11.25. Tìm đáp ứng tần số và cho biết đây là bộ lọc loại gì đối với mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 11.25.



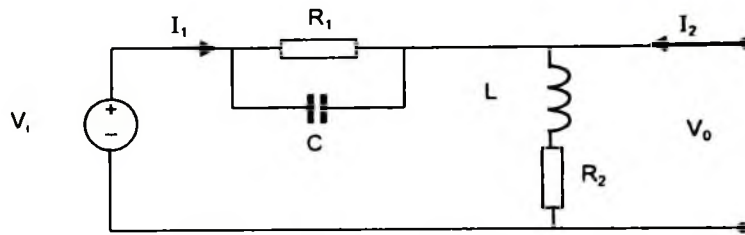
Hình B 11.25.

11.26. Tìm đáp ứng tần số và cho biết đây là bộ lọc loại gì đối với mạch điện có sơ đồ cho trên hình B 11.26.



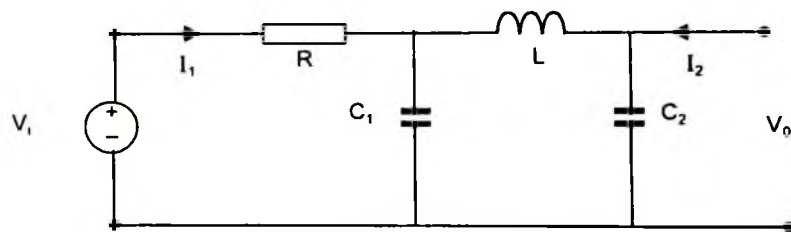
Hình B 11.26.

11.27. Tìm đáp ứng tần số của mạng điện có sơ đồ cho trên hình B 11.27.



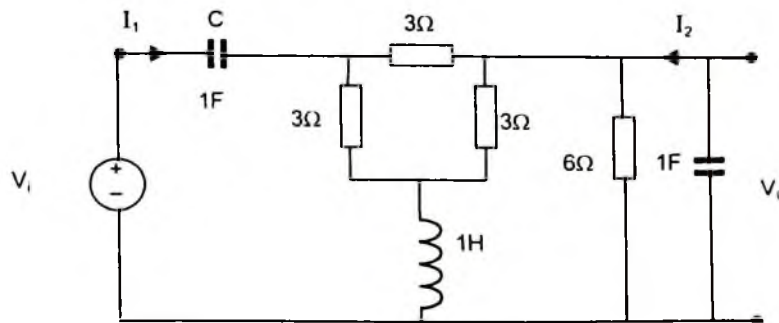
Hình B 11.27.

11.28. Tìm điện trở lối vào và thế lối ra V_o theo thế lối vào V_i của mạng điện có sơ đồ cho trong hình B 11.28.



Hình B 11.28.

11.29. Tìm trở kháng lối vào và hệ số khuếch đại của mạng điện được tạo thành từ mạng hai cổng chữ T có sơ đồ cho trong hình B 11.29.

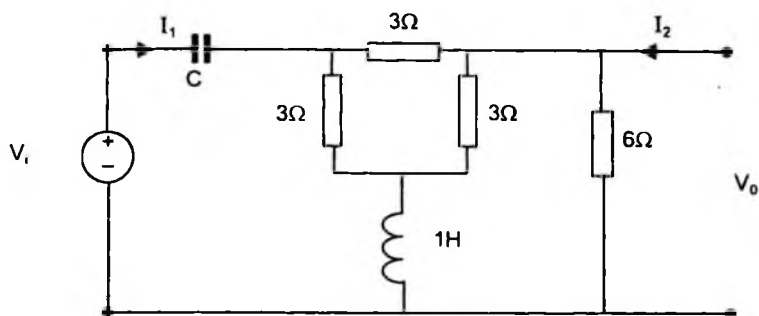


Hình B 11.29.

11.30. a) Tìm trở kháng lối vào và

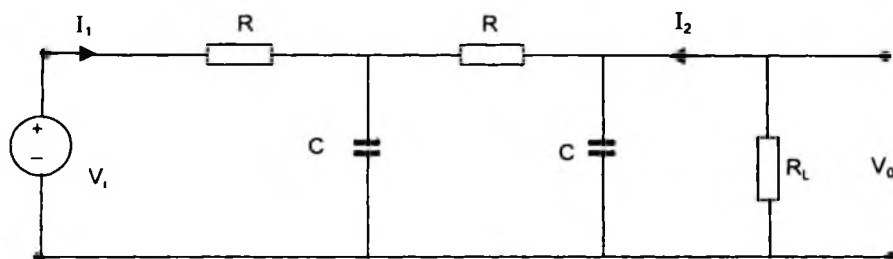
b) Đáp ứng tần số của mạng điện được tạo thành từ mạng hai cổng chữ T có sơ đồ cho trong hình B 11.30.

c) Dùng MATLAB, vẽ sự thay đổi của trở kháng lối vào và đáp ứng tần số của mạng điện theo tần số.



Hình B 11.30.

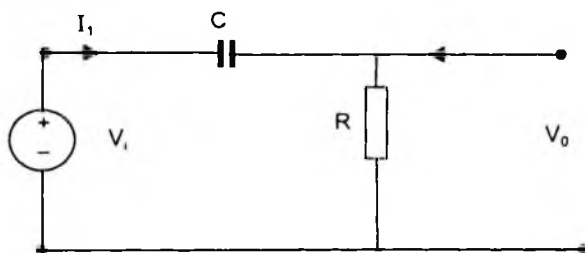
11.31. Tìm đáp ứng tần số của mạng điện có sơ đồ cho trong hình B 11.31. Dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ và cho biết đó là bộ lọc loại gì?



Hình B 11.31.

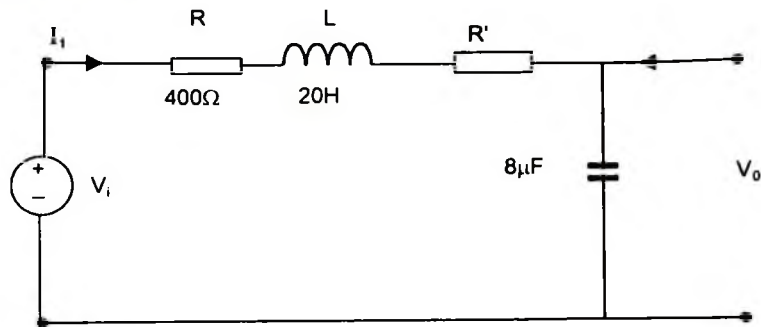
11.32. Mạng điện có sơ đồ cho trong hình B 11.32 là một mạch lọc thông cao.

Nếu $R = 10\text{k}\Omega$, hãy tìm giá trị của tụ C để thế lối ra giảm 6dB so với tín hiệu vào tại tần số 1000Hz. Dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ của mạch lọc đó.



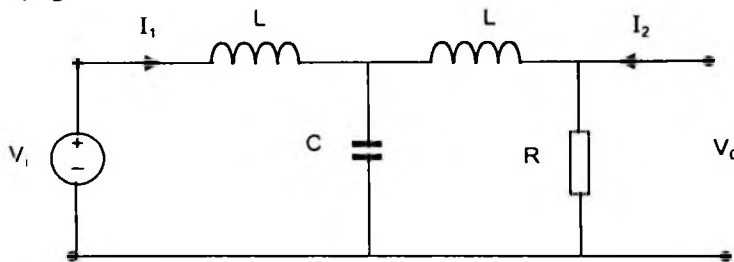
Hình B 11.32.

- 11.33.** Mạng điện có sơ đồ cho trong hình B 11.33 là một mạch lọc thông thấp. Nếu $R = 10\text{k}\Omega$, hãy tìm giá trị của điện trở R' để thế lối ra giảm 100 lần so với thế lối vào tại tần số 100Hz. Dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ của mạch lọc đó.



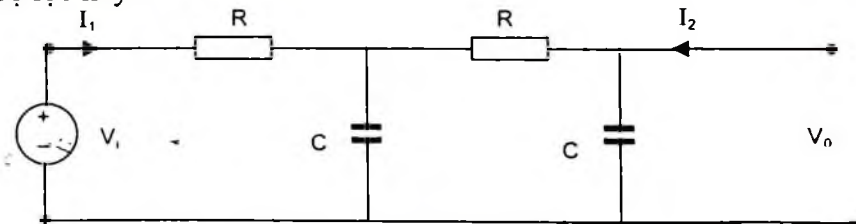
Hình B 11.33.

- 11.34.** Tìm điện trở lối vào và đáp ứng tần số của mạng điện có sơ đồ cho trong hình B 11.34. Dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ và cho đó là bộ lọc loại gì?



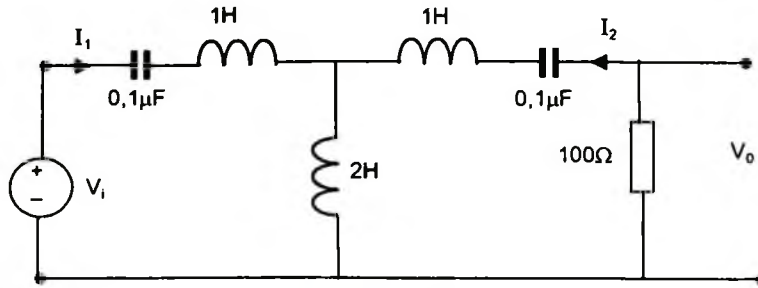
Hình B 11.34.

- 11.35.** Tìm tần số cắt và hệ số suy giảm của dải chặn của mạch lọc thông thấp có sơ đồ cho trong hình B 11.35. Dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ của bộ lọc này.



Hình B 11.35.

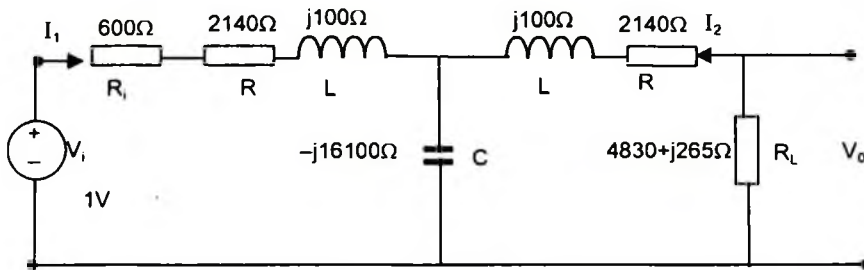
- 11.36.** Tìm tần số trung tâm, hệ số suy giảm của dải chặn, dải thông và độ phản chất của mạch lọc thông thấp có sơ đồ cho trong hình B 11.36. Dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ của bộ lọc này.



Hình B 11.36.

11.37. a). Tìm thế lối ra của mạch điện trên hình B 11.37.

b) Tính công suất tỏa ra trên trở tải R_L . Công suất đó có phải là công suất cực đại hay không? Vì sao?



Hình B 11.37.

11.38. Sơ đồ mạch điện cho trong hình B 11.38 là một mạch lọc.

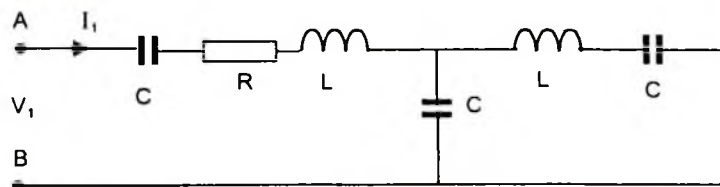
b) Tính trở kháng giữa hai điểm A và B trong sơ đồ theo:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ và } x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

b) Xác định các giá trị của tần số góc ω để cường độ dòng điện lối vào I_1 cực đại và bằng không. Giải thích ý nghĩa vật lý các kết quả đó.

c) Vẽ đặc trưng biên độ $|I_1| = f(x)$ và đáp tuyến pha $\phi_1 = g(x)$ và cho nhận xét về các đường đặc tuyến đó.

Áp dụng bằng số $V_1 = 100V$; $R = 1000\Omega$; $L = 1H$ và $C = 1\mu F$.



Hình B 11.38.

TRẢ LỜI VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI

11.1. $Z = R_1(j\omega L)/(R_1 + j\omega L)$

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_1(j\omega)} = \frac{R_2}{R_2 + Z} = \frac{j\omega L R_1 + R_1 R_2}{j\omega L(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

$$= \frac{(j\omega L + R_1)R_2}{j\omega L(R_1 + R_2)R_1 R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left[\frac{j\omega + R_1/L}{j\omega + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}/L} \right]$$

Đây là bộ lọc thông thấp.

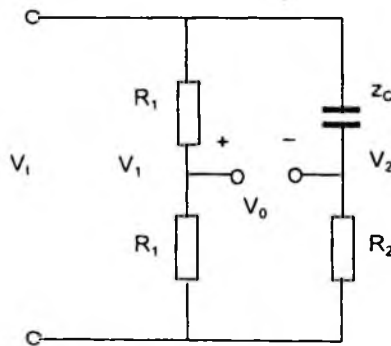
11.2. Hàm truyền của mạch lọc này có dạng:

$$H(j\omega) = \frac{R_2}{R_2 + R_1/(1 + j\omega R_1 C)} = \frac{R_2(j\omega R_1 C + 1)}{j\omega R_1 R_2 + R_1 + R_2}$$

$$= \frac{j\omega + 1/R_1 C}{j\omega + 1/R_p C}; \text{ với } R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Đây là bộ lọc thông cao.

11.3. Sơ đồ được vẽ lại như trong hình BG 11.3.



Hình BG 11.3.

$$V_1 = \frac{V_I R_1}{R_1 + R_1} = \frac{V_I}{2}; \quad V_2 = \frac{V_I R_2}{R_2 + z_C} = \frac{V_I(j\omega R_2 C)}{1 + j\omega R_2 C}$$

$$V_0 = V_1 - V_2 = V_I \left[\frac{1}{2} - \frac{j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_2 C} \right] = V_I \left[\frac{1}{2} \frac{1 - j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_2 C} \right]$$

Vậy
$$H(j\omega) = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_2 C} \right]$$

đây là bộ lọc truyền qua (all-pass)

11.4. $f = 8\text{Hz} \quad \omega_0 = 16\pi \text{r/s}$

$$z_c = \frac{1}{j\omega_0 C} = -j2000\Omega;$$

$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_S} = \frac{z_c}{z_c + R} = \frac{-j2000}{-j2000 + 2000} = \frac{\sqrt{2}}{2} \angle -45^\circ$$

11.5. $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 1000 \text{r/s} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = 100 \text{mH}$

$$B_w = \frac{R}{L} = 100 \text{r/s} \Rightarrow R = 100L = 10\Omega$$

11.6. Từ biểu thức của tần số cắt $\omega_c = 2/\sqrt{LC}$

Đặt $\alpha = \frac{\omega}{\omega_c} = \frac{f}{f_c}$ và xác định điện trở đặc trưng:

$$\begin{aligned} R_c^2 &= \beta^2 - \alpha^2 = \frac{1}{C^2 \omega^2} - \left(\frac{L\omega}{2} - \frac{1}{C\omega} \right)^2 \\ &= \frac{L}{C} - \frac{L^2 \omega^2}{4} \end{aligned}$$

Hay
$$R_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \times \sqrt{1 - \alpha^2}$$

Điện trở này thay đổi từ $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ khi $\alpha = 0$ ($\omega = 0$ tới 0 khi $\alpha = 1$ ($\omega = \omega_c$).

Có nghĩa là điện trở đặc trưng có giá trị cực đại tại $\alpha = 0$, $\omega = 0$) và có giá trị R_0 .

Chọn $R_c \approx R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

và kết hợp với tần số cắt $\omega_c = 2/\sqrt{LC}$

Ta tìm được:

$$L = \frac{2R_0}{\omega_C}; \quad C = \frac{2}{R_0\omega_C}$$

Thay số vào, ta tìm được:

$$L = 2 \times 50 / 2000 = 0,05 \text{ H};$$

$$C = 2 / 50 \times 2000 = 1 \cdot 10^{-5} = 20 \text{ } \mu\text{F}$$

11.7. Để biến đổi mạch lọc thông thấp này thành mạch lọc thông thấp khác, ta dùng phép biến đổi dải tần:

$$\omega \Rightarrow \frac{\omega}{\omega_C}$$

Ở đây: $\omega_C = 2\pi f_C = 2\pi \times 100 = 628 \text{ rad/s}$

Vậy mạch lọc thông thấp mới có đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{1}{\left(\frac{j\omega}{628}\right)^2 + 1,414\left(\frac{j\omega}{628}\right) + 1}$$

b) Đáp ứng tần số của hai mạch lọc cho trên hình BG 11.7 nhờ chương trình MATLAB:

```
b=[0 0 1];
```

```
a=[1 1.414 1];
```

```
b1=[0 0 628^2];
```

```
a1=[1 628*1.414 628^2];
```

```
subplot(211)
```

```
w=0:0.01:10;
```

```
h=freqs(b,a,w)
```

```
plot(w,abs(h));grid
```

```
title('Đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp đã cho')
```

```
xlabel('Tần số góc,rad/s')
```

```
subplot(212)
```

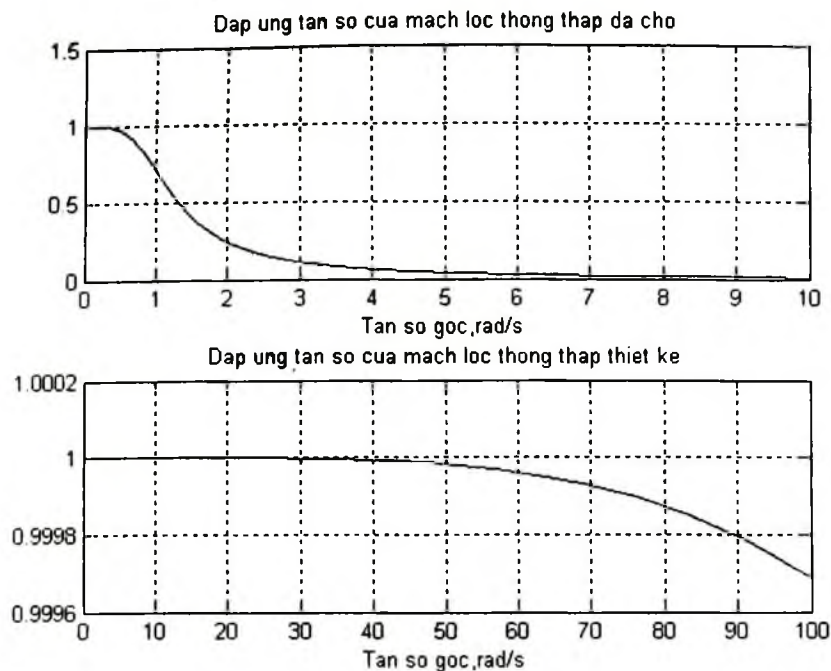
```
w=logspace(0,2);
```

```
h1=freqs(b1,a1,w);
```

```
plot(w,abs(h1));grid
```

```
title('Đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp thiết kế')
```

```
xlabel('Tần số góc,rad/s')
```



Hình BG 11.7.

11.8. Để biến đổi mạch lọc thông thấp này thành mạch lọc thông cao cùng tần

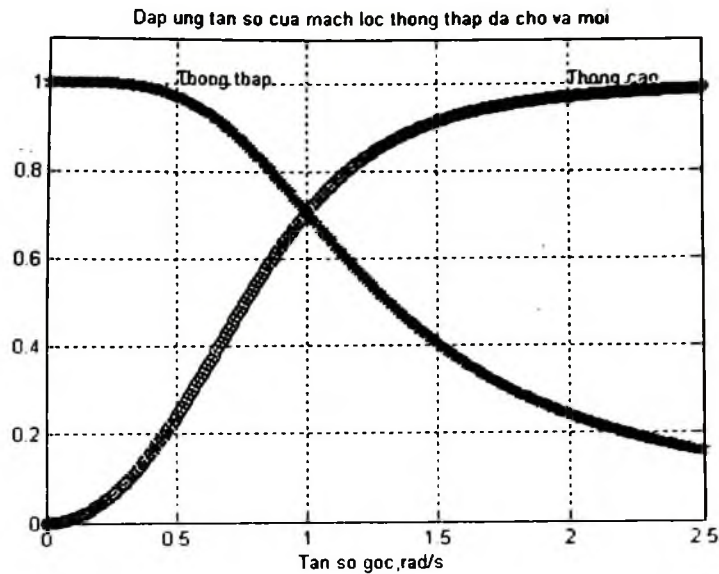
số cắt, ta dùng phép biến đổi dải tần: $j\omega \Rightarrow \frac{1}{j\omega}$

Vậy mạch lọc thông cao có đáp ứng tần số:

$$H_c(j\omega) = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + 1.414(j\omega) + 1}$$

b) Đáp ứng tần số của hai mạch lọc cho trên hình BG 11.8 nhờ chương trình MATLAB:

```
b=[0 0 1];
a=[1 1.414 1];
b1=[1 0 0];
a1=[1 1.414 1];
w=0:0.01:10;
h=freqs(b,a,w)
h1=freqs(b1,a1,w);
plot(w,abs(h),'p-',w,abs(h1),'o-');grid
axis([0 2.5 0 1.1])
title('Dap ung tan so cua mach loc thong thap da cho va moi')
xlabel('Tan so goc,rad/s')
text(0.5,1.01,'Thong thap')
text(2, 1.01,'Thong cao')
```



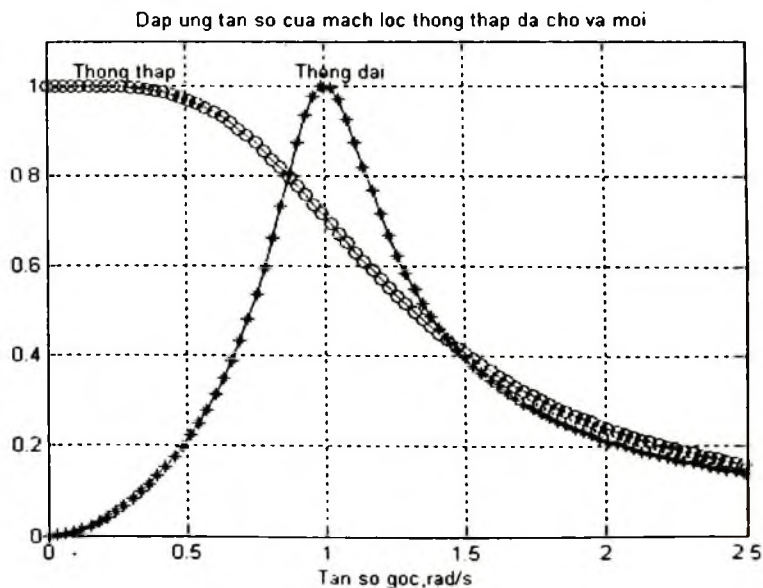
Hình BG 11.8.

11.9. Để biến đổi mạch lọc thông thấp này thành mạch lọc thông dải cùng tần số cắt, ta dùng phép biến đổi dải tần: $j\omega \Rightarrow \frac{1}{B}(j\omega + \frac{1}{j\omega})$

Vậy mạch lọc thông dải mới có đáp ứng tần số:

$$H_B(j\omega) = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^4 + 3(j\omega)^3 + 3(j\omega)^2 + 3(j\omega) + 1}$$

b) Đáp ứng tần số của hai mạch lọc cho trên hình BG 11.9.



Hình BG 11.9.

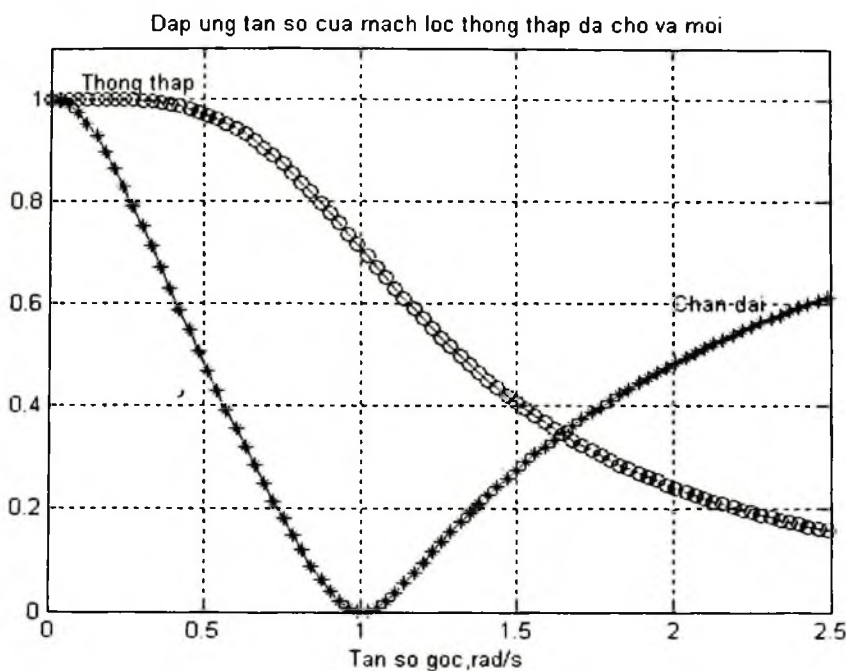
11.10. Để biến đổi mạch lọc thông thấp này thành mạch lọc thông dải cùng tần

số cắt, ta dùng phép biến đổi dải tần: $j\omega \Rightarrow \frac{1}{\frac{1}{B}(j\omega + \frac{1}{j\omega})}$

Vậy mạch lọc chặn dải mới có đáp ứng tần số:

$$H_T(j\omega) = \frac{(j\omega)^4 + 2(j\omega)^2 + 1}{(j\omega)^4 + 3(j\omega)^3 + 3(j\omega)^2 + 3(j\omega) + 1}$$

b) Đáp ứng tần số của hai mạch lọc cho trên hình BG 11.10.



Hình BG 11.10.

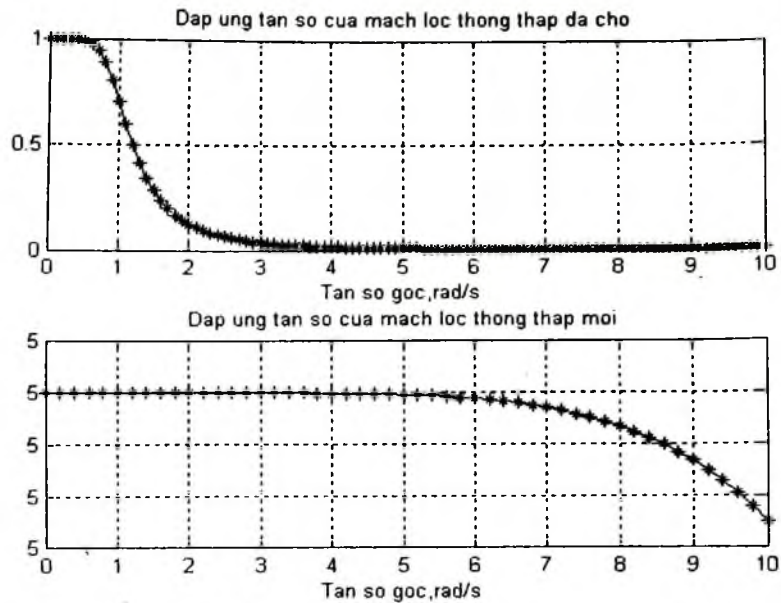
11.11. Để biến đổi mạch lọc thông thấp này thành mạch lọc thông thấp với tần số cắt ω_C , ta dùng phép biến đổi dải tần:

$$x \Rightarrow \frac{x}{\omega_C}$$

Vậy mạch lọc thông thấp mới có đáp ứng tần số:

$$H'_3(x) = \frac{5}{(\frac{x}{100} + 1)[(\frac{x}{100})^2 + \frac{x}{100} + 1]} = \frac{5 \cdot 10^4}{(x + 100)(x^2 + 100x + 10^4)}$$

b) Đáp ứng tần số của hai mạch lọc cho trên hình BG 11.11.



Hình BG 11.11.

11.12. Hai mạch lọc ghép nối tiếp nhau thì đáp ứng tần số của hệ thống tổng thể sẽ bằng tích các đáp ứng của các hệ thống thành phần. Vì vậy, hệ thống mới có đáp ứng tần số:

$$\begin{aligned}
 H(j\omega) &= \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = H_T(j\omega) \cdot H_C(j\omega) \\
 &= \frac{1}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1} \times \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1} \\
 &= \frac{(j\omega)^2}{[(j\omega)^2 + 1,414(j\omega) + 1]^2} = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^4 + 2,828(j\omega)^3 + (2 + 1,414^2)(j\omega)^2 + 2,828(j\omega) + 1}
 \end{aligned}$$

b) Đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp $H_T(j\omega)$, thông cao $H_C(j\omega)$ và mạch lọc thông dải tạo thành được vẽ trên hình BG 11.12 nhờ chương trình MATLAB:

```

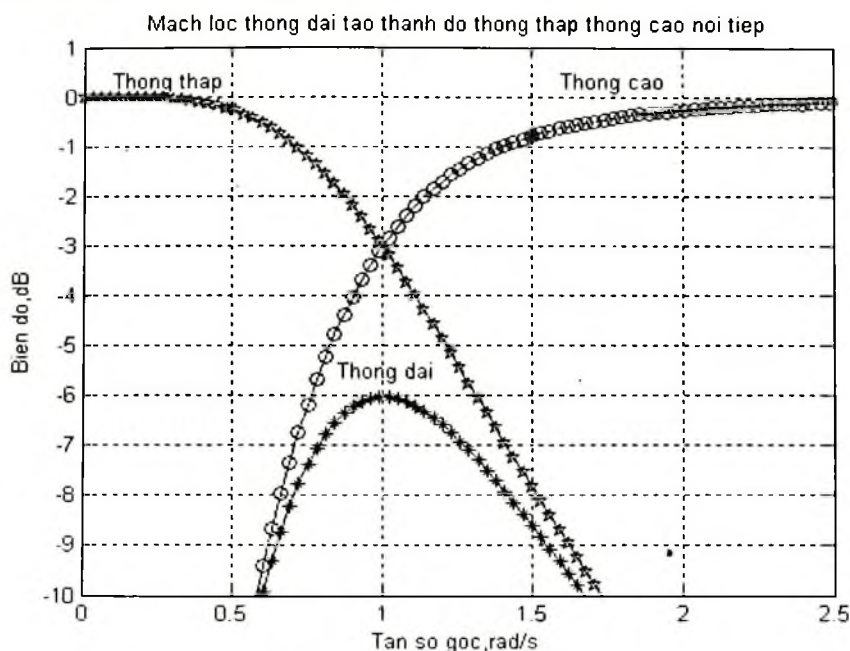
a=[1 1.414 1];
b1=[0 0 1 0 0];
a1=[1 2.828 2+1.414^2 2.828 1]; %[1 200 2*10^4 10^6];
b2=[1 0 0];
a2=[1 1.414 1];
h=freqs(b,a,w);
h1=freqs(b1,a1,w);
h2=freqs(b2,a2,w);

```

```

plot(w,abs(h),'p-',w,abs(h1),'mo-',w,abs(h2),'*r-');grid
axis([0 2.5 0 1.1])
title('Mạch lọc thông dải tạo thành do thông thấp thông cao nối tiếp')
xlabel('Tan số góc,rad/s')
text(0.1,1.03,'Thông thấp')
text(1.6,1.03,'Thông cao')
text(0.85, 0.55,'Thông dải')

```

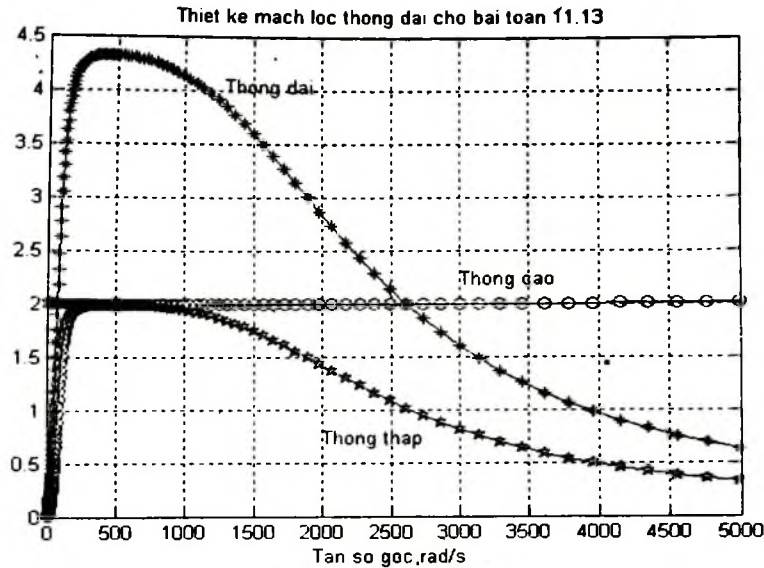


Hình BG 11.12.

11.13. Hai mạch lọc ghép nối tiếp nhau thì đáp ứng tần số của hệ thống tổng thể sẽ bằng tích các đáp ứng của các hệ thống thành phần. Vì vậy, hệ thống mới có đáp ứng tần số:

$$\begin{aligned}
 H(x) &= \frac{Y(x)}{X(x)} = H_T(x) \cdot H_C(x) \\
 &= \frac{8 \cdot 10^6}{x^2 + 2828x + 4 \cdot 10^6} \times \frac{2x^2}{x^2 + 141,4x + 10^4} \\
 &= \frac{16 \cdot 10^6 x^2}{x^4 + 2969,4x^3 + (4.099e + 6)x^2 + 59388 \cdot 10^4 x + 4 \cdot 10^{10}}
 \end{aligned}$$

b) Đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp $H_T(j\omega)$, thông cao $H_C(j\omega)$ và mạch lọc thông dải tạo thành được vẽ trên hình BG 11.13 nhờ MATLAB:

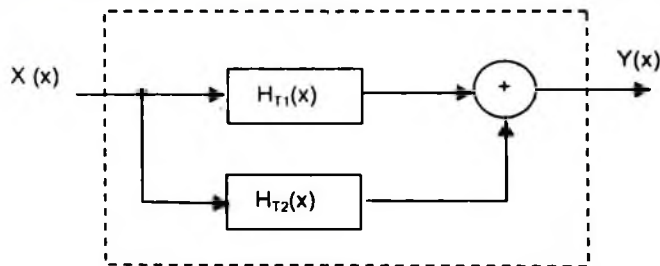


Hình BG 11.13.

11.14. a) Tần số cắt của $H_{T1}(x)$ là $\omega_{C1} = \sqrt{4 \cdot 10^6} = 2000 \text{ rad/s}$.

Tương tự, tần số cắt của $H_{T2}(x)$ là $\omega_{C2} = \sqrt{10^4} = 100 \text{ rad/s}$.

b) Để tìm đáp ứng tần số của mạch lọc mới, ta vẽ lại sơ đồ dưới dạng tần số như trên hình BG 11.14a.



Hình BG 11.14a.

Trong đó $X(x)$ là biến đổi Fourier của tín hiệu lối vào $x(t)$; còn $Y(x)$ là biến đổi Fourier của tín hiệu lối ra $y(t)$.

Từ sơ đồ hình B 11.14b, ta tìm được:

$$Y(x) = H_{T1}(x)X(x) + H_{T2}(x)X(x) = [H_{T1}(x) + H_{T2}(x)]X(x) = H(x)X(x)$$

Trong đó: $H(x) = [H_{T1}(x) + H_{T2}(x)]$

là đáp ứng tần số của mạch lọc mới. Đáp ứng này có dạng:

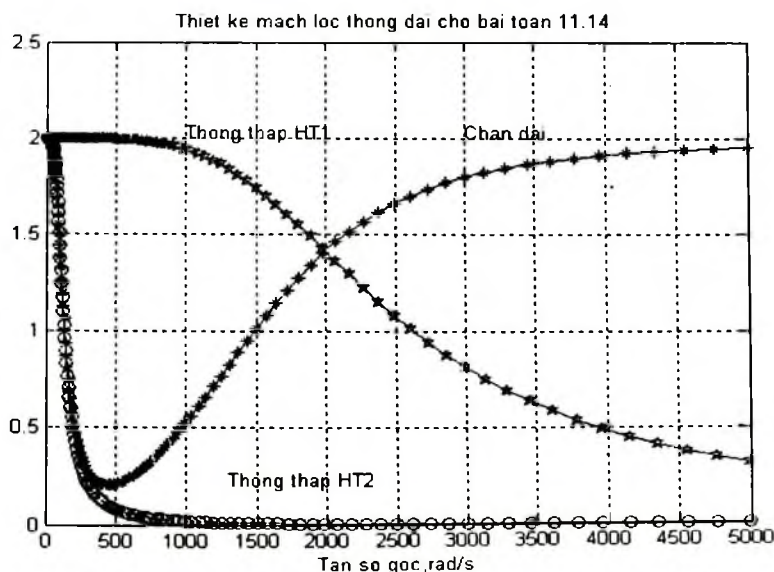
$$\begin{aligned} H(x) = [H_{T1}(x) + H_{T2}(x)] &= \frac{8 \cdot 10^6}{x^2 + 2828x + 4 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 10^4}{x^2 + 141,4x + 10^4} = \\ &= \frac{2x^4 + 282,8x^3 + 4 \cdot 10^4 x^2 + 5656 \cdot 10^4 x + 8 \cdot 10^{10}}{(x^2 + 2828x + 4 \cdot 10^6)(x^2 + 141,4x + 10^4)} \end{aligned}$$

Đây chính là mạch lọc chặn dải.

c) Vẽ đáp ứng tần số dựa vào chương trình MATLAB:

```
b1=[0 0 2*10^4];
a1=[1 141.4 10^4];
b2=[2 282.8 4*10^4 56560000 8*10^10];
a2=[1 2969.4 4.099e+6 593880000 4*10^10];
b=[0 0 8*10^6];
a=[1 2828 4*10^6];
w=logspace(0,4,200);%0:0.1:3000;
h=freqs(b,a,w);
h1=freqs(b1,a1,w);
h2=freqs(b2,a2,w);
%subplot(221)
plot(w,abs(h),'mp-',w,abs(h1),'bo-',w,abs(h2),'r*-');grid
axis([0 5000 0 2.5])
text(3000,2.03,'Chặn dải')
text(1300, 0.23,'Thông thấp HT2')
text(1000, 2.03,'Thông thấp HT1')
title('Thiết kế mạch lọc thông dải cho bài toán 11.14')
xlabel('Tần số góc,rad/s')
```

Kết quả cho trên hình BG 11.14b.



Hình BG 11.14b.

11.15. Trước hết viết đáp ứng tần số dưới dạng chuẩn:

$$H(j\omega) = \frac{1/LC}{(j\omega)^2 + \frac{1}{RC}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

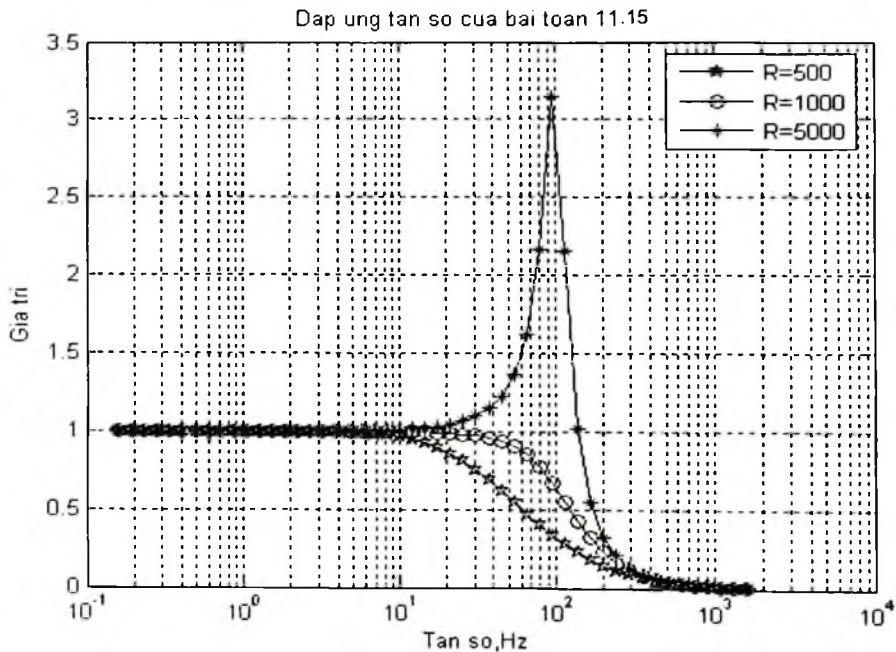
Đây là mạch lọc thông thấp với tần số cắt: $\omega_c = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Hệ số khuếch đại tại $\omega = 0$ là: $K=1$;

Độ suy giảm của dải chặn: $2\alpha = \frac{1}{RC} = \frac{\omega_c}{Q} \Rightarrow Q = \omega_c RC = R\sqrt{\frac{C}{L}}$

Độ rộng dải thông: $B_w = \frac{\omega_c}{2\pi Q} = \frac{1}{2\pi RC}$

c) Đáp ứng tần số của mạch lọc này với 3 giá trị khác nhau của R như trên hình BG 11.15.



Hình BG 11.15.

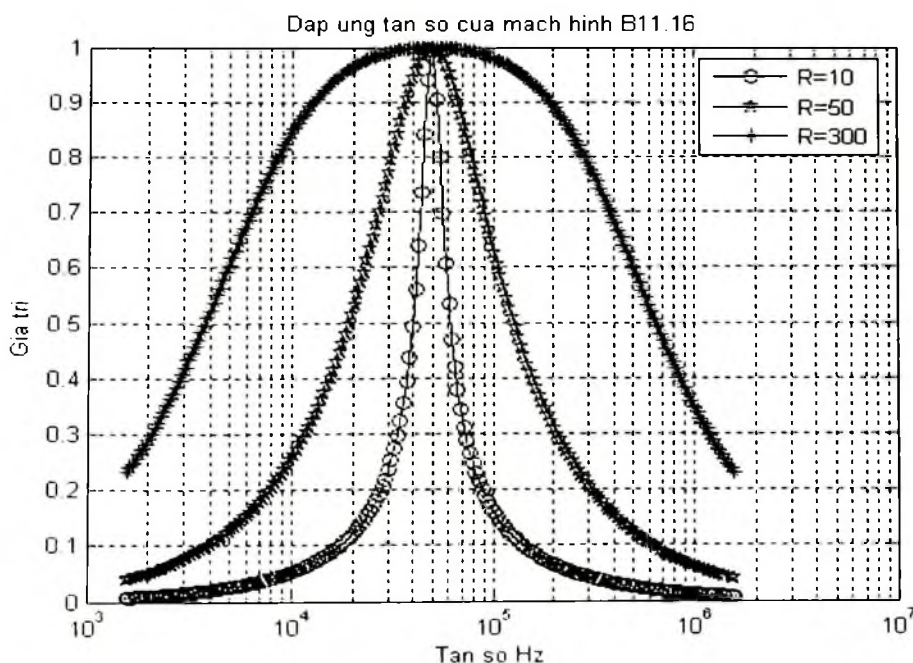
11.16. Đáp ứng tần số được xác định bằng biểu thức:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{\frac{R}{L}(j\omega)}{(j\omega)^2 + \frac{R}{L}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Rõ ràng đây là đáp ứng tần số của một *mạch lọc thông dải*. Đáp ứng này có đồ thị cho trên hình BG 11.16 với ba giá trị khác nhau của R là: 10Ω ; 50Ω và 300Ω ; còn $C=7.96e-7\mu F$; $L=12.73e-4H$.

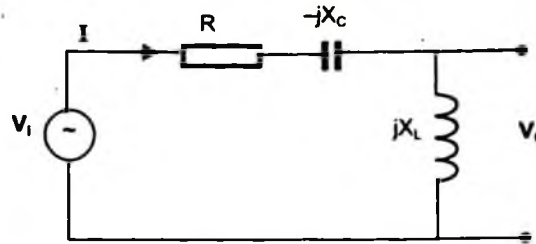
Chương trình MATLAB sau đây dùng để vẽ đáp ứng biên độ và pha của mạch điện này.

```
R=[10 50 300];
C=7.96e-7 ; L = 12.73e-4;
w=logspace(3,6,200);
f=w./2*pi;
H1=R(1)./(R(1)+j*(L*w-1./(C*w)));
H2=R(2)./(R(2)+j*(L*w-1./(C*w)));
H3=R(3)./(R(3)+j*(L*w-1./(C*w)));
semilogx(f,abs(H1),'-o',f,abs(H2),'-p',f,abs(H3),'-*');grid
legend('R=10','R=50','R=300')
title('Dap ung tan so cua mach hinh B11.16')
xlabel('Tan so Hz')
ylabel('Gia tri ')
```



Hình BG 11.16.

11.17. Ta vẽ sơ đồ mạch điện trên lĩnh vực tần số như trong hình BG 11.17a.



Hình BG 11.17a.

Từ sơ đồ hình BG 11.17a, ta tìm được thế lối ra:

$$V_o = \frac{V_i}{R + jX_L - jX_C} (jX_L)$$

Trong đó: $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$

Từ đó, ta tìm được đáp ứng tần số của mạch điện:

$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{j\omega L}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

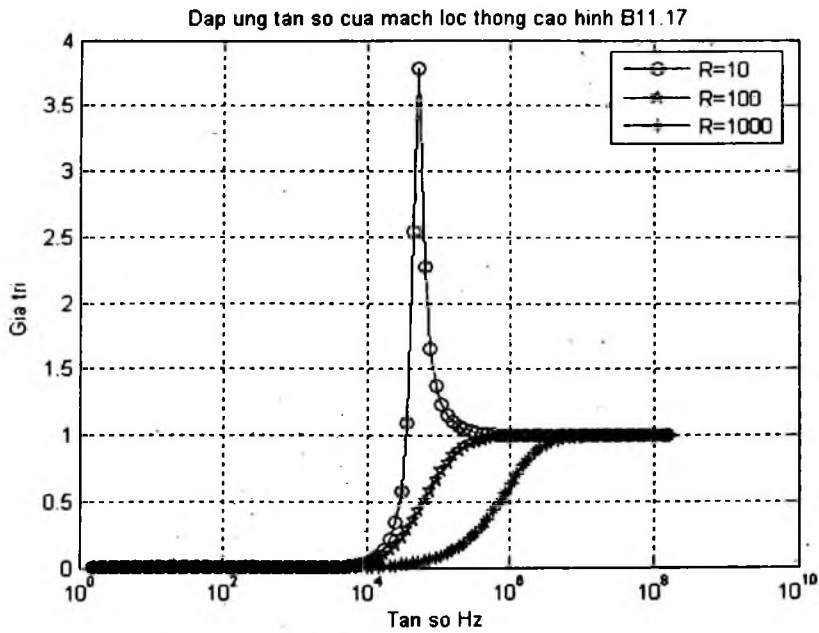
Hay:
$$H(j\omega) = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + \frac{R}{L}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Đây là đáp ứng tần số của mạch lọc thông cao.

b) Vẽ đáp ứng biên độ nhờ MATLAB với chương trình:

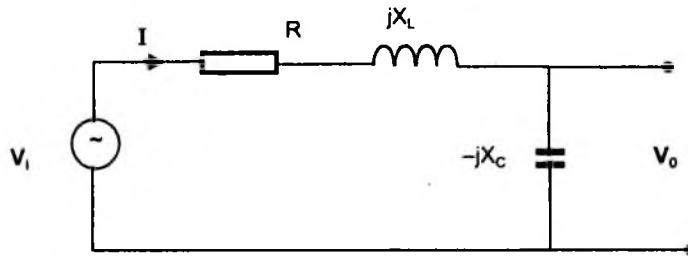
```
R=[10 100 1000];
C=7.96e-7 ; L = 12.73e-4;
w=logspace(0,8,100);
f=w./2*pi;
H1=j*L.*w./(R(1)+j*(L*w-1./(C*w)));
H2=j*L.*w./(R(2)+j*(L*w-1./(C*w)));
H3=j*L.*w./(R(3)+j*(L*w-1./(C*w)));
semilogx(f,abs(H1),'-o',f,abs(H2),'-p',f,abs(H3),'-*');
grid
legend('R=10','R=100','R=1000');
title('Đáp ứng tần số của mạch lọc thông cao hình B11.17')
xlabel('Tần số Hz')
ylabel('Giá trị')
```

Kết quả cho trên hình BG 11.17b.



Hình BG 11.17b.

11.18. Ta vẽ sơ đồ mạch điện trên lĩnh vực tần số như trong hình BG 11.18a.



Hình BG 11.18a.

Từ sơ đồ hình BG 11.18a, ta tìm được thế lối ra:

$$V_0 = \frac{V_i}{R + jX_L - jX_C} (-jX_C)$$

Trong đó: $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$

Từ đó, ta tìm được đáp ứng tần số của mạch điện:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{-j \frac{1}{\omega C}}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

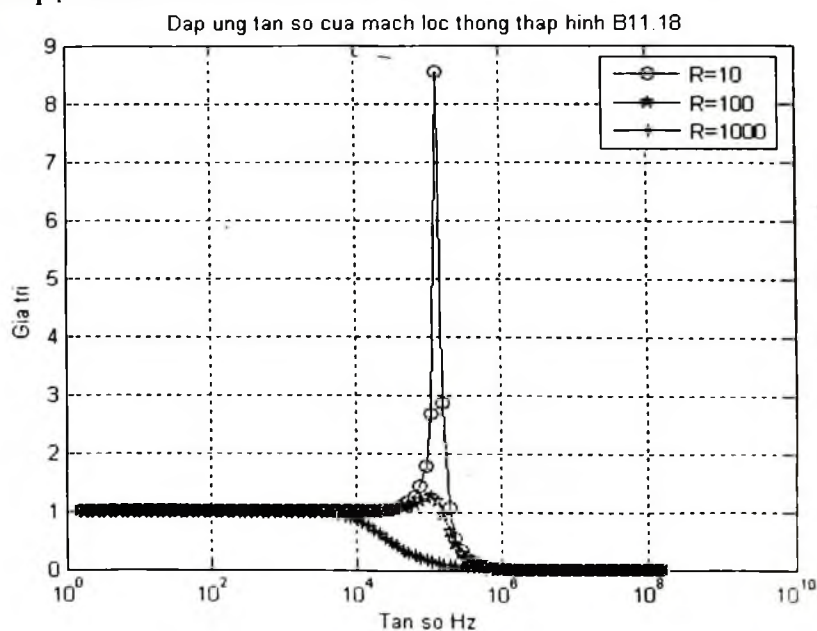
Hay:
$$H(j\omega) = \frac{\frac{1}{LC}}{(j\omega)^2 + \frac{R}{L}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Đây là đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp.

b) Vẽ đáp ứng biên độ nhờ MATLAB với chương trình:

```
R=[10 100 1000];
C=1e-7 ; L = 12.73e-4;
w=logspace(0,8,100);
f=w./2*pi;
H1=(-j./(C*w))./(R(1)+j*(L*w-1./(C*w)));
H2=(-j./(C*w))./(R(2)+j*(L*w-1./(C*w)));
H3=(-j./(C*w))./(R(3)+j*(L*w-1./(C*w)));
semilogx(f,abs(H1),'-o',f,abs(H2),'-p',f,abs(H3),'-*');
grid
legend('R=10','R=100','R=1000');
title('Đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp hình B11.18')
xlabel('Tần số Hz')
ylabel('Giá trị')
```

Kết quả cho trên hình BG 11.18b.



11.19. Đáp ứng tần số của mạch lọc thông dải này tìm được:

$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{R}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

$$\text{Hay: } H(j\omega) = \frac{(j\omega)RC}{(j\omega)^2 + \frac{R}{L}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Tại tần số trung tâm, ta có:

$$jX_L = j\omega_0 L = -jX_C = j10\Omega$$

Từ đó tìm được tần số ω_0 là:

$$\omega_0 = \frac{10}{L} = \frac{10}{0,2 \times 10^{-3}} = 50000 \text{ rad/s}$$

$$\text{và } C = \frac{1}{\omega_0 \times 10} = \frac{1}{5.10^4 \times 10} = 2.10^{-6} \text{ F} = 2\mu\text{F}$$

Biên độ thế trên R:

$$V_R = RI_0 = R \times \frac{120}{R} = 120 \text{ V}$$

Biên độ thế trên tụ C:

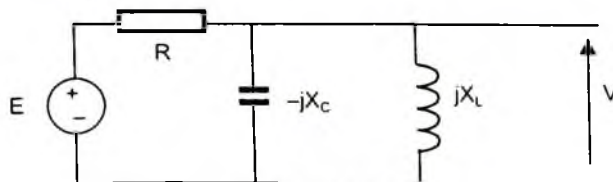
$$V_{C0} = \frac{1}{\omega_0 C} I_0 = \frac{1}{5.10^4 \times 2.10^{-6}} \times \frac{120}{1,2} = 1000 \text{ V}$$

Biên độ thế trên cuộn cảm L:

$$V_{L0} = \omega_0 L I_0 = 5.10^4 \times 2.10^{-6} \times \frac{120}{1,2} = 1000 \text{ V}$$

$$\text{Độ phẩm chất: } Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{5.10^4 \times 2.10^{-4}}{1,2} = \frac{100}{12} = 8,333$$

11.20. Ta vẽ hình trên lĩnh vực tần số như trên hình BG 11.20a.



Hình BG 11.20a.

Từ hình BG 11.20a, ta tìm được thế lối ra:

$$V = \frac{E}{R + \frac{(-jX_C)(jX_L)}{jX_L - jX_C}} \times \frac{(-jX_C)(jX_L)}{jX_L - jX_C} = \frac{EX_L X_C}{X_L X_C - jR(X_L - X_C)}$$

Từ đó tìm được đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{X_L X_C}{X_L X_C - jR(X_L - X_C)}$$

Thay $X_L = \omega L$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$ vào ta thu được:

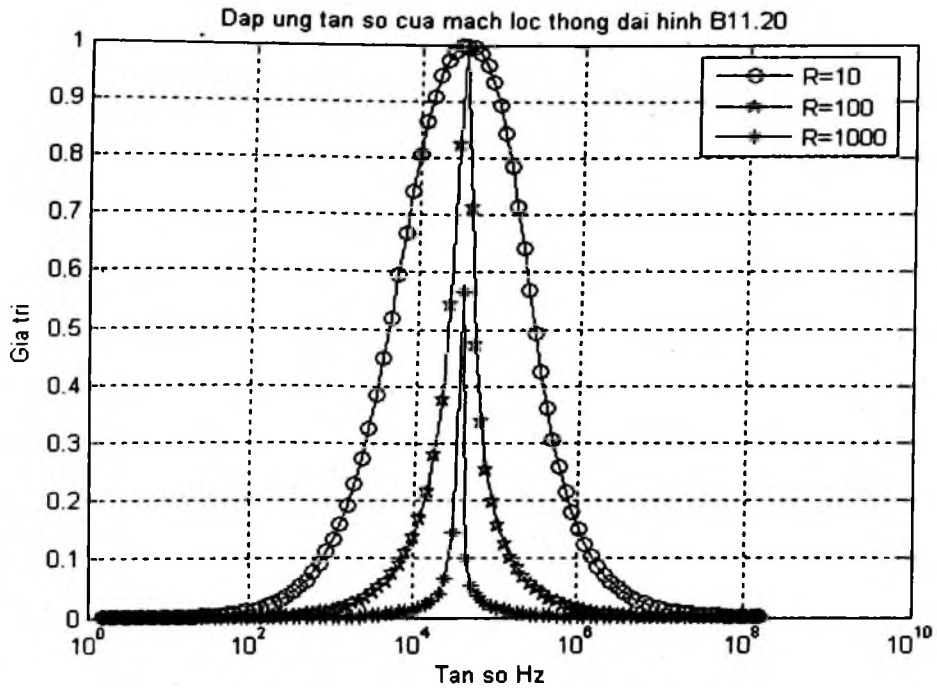
$$H(j\omega) = \frac{-\omega L \frac{1}{\omega C}}{\omega L \frac{1}{\omega C} + jR(\omega L - \frac{1}{\omega C})} = \frac{-\frac{L}{C}}{\frac{L}{C} + jR(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

$$\text{Hay: } = \frac{-\frac{L}{C}}{\frac{L}{C} + R(j\omega L + \frac{1}{j\omega C})} = \frac{-\frac{1}{RC}(j\omega)}{(j\omega)^2 - \frac{1}{RC}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Đây là mạch lọc thông dải.

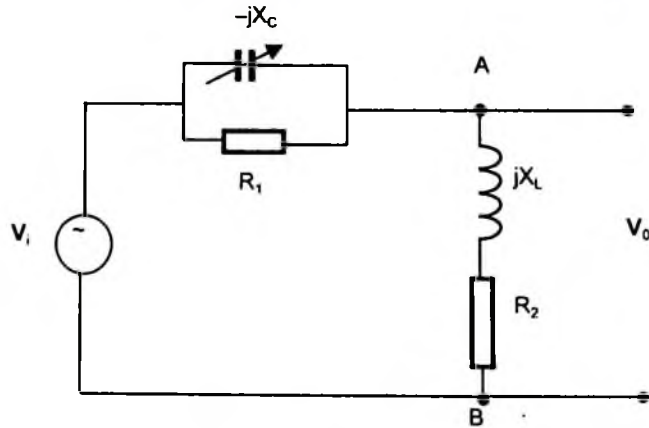
Hình BG 11.20b dưới đây cho thấy đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của mạch này với $R = 10 \Omega$; $C = 1\mu F$ và $L = 0,002 H$, nhờ chương trình MATLAB:

```
R=[10 100 1000];
C=1e-6 ; L=0.002;
w=logspace(0,8,100);
f=w./2*pi;
H1=(-(j*w)/(R(1)*C))./((j*w).^2-(j*w)./(R(1)*C)+1/(C*L));
H2=(-(j*w)/(R(2)*C))./((j*w).^2-(j*w)./(R(2)*C)+1/(C*L));
H3=(-(j*w)/(R(3)*C))./((j*w).^2-(j*w)./(R(3)*C)+1/(C*L));
semilogx(f,abs(H1),'-o',f,abs(H2),'-p',f,abs(H3),'-*');
grid
legend('R=10','R=100','R=1000');
title('Dap ung tan so cua mach loc thong dai hinh B11.20')
xlabel('Tan so Hz')
ylabel('Gia tri ')
```



Hình BG 11.20b.

11.21. Trước hết, ta biểu diễn mạch điện trên lĩnh vực tần số như trên hình BG 11.21a.



Hình BG 11.21a.

Từ sơ đồ hình BG 11.21a, ta tìm được:

a) Tổng trở $Z = R_2 + j\omega L + \frac{1}{j\omega R_1 C}$

b) Hiệu điện thế phức giữa A và B:

$$V_0 = \frac{V_i}{Z} (R_2 + j\omega L)$$

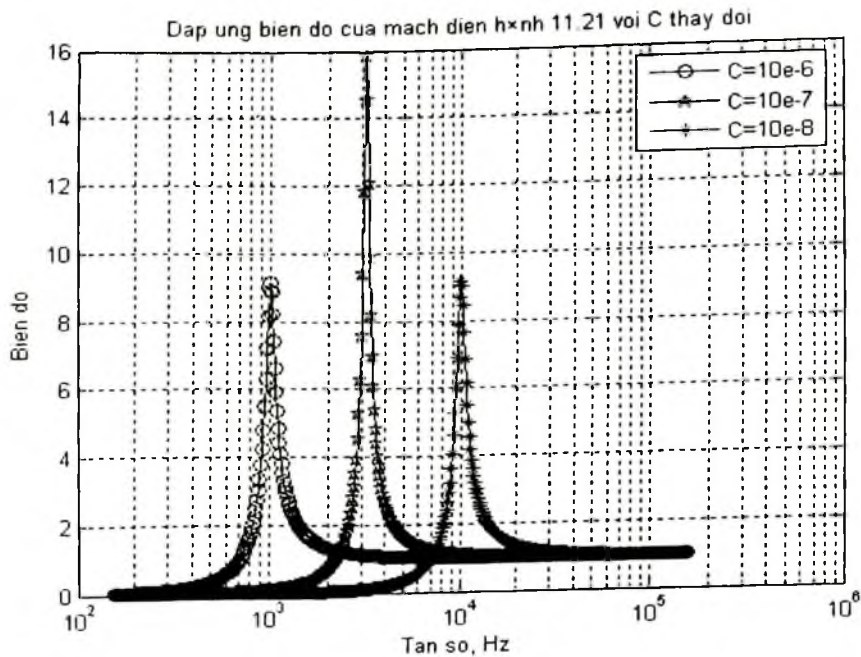
c) Đáp ứng tần số của mạch điện này:

$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{(j\omega)^2 + j\omega \left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C} \right] + \frac{R_2}{R_1 LC}}{(j\omega)^2 + j\omega \left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C} \right] + \frac{R_1 + R_2}{R_1 LC}}$$

Ta dùng MATLAB vẽ đáp ứng biên độ của mạch điện này với các giá trị khác nhau của tụ C là: 1μF; 0,1μF và 0,01μF; L = 0,1H; R₁ = 10kΩ; R₂ = 10Ω, nhờ chương trình MATLAB sau đây:

```
C=[10e-6 10e-7 10e-8]; ; L=.1;
R1=10000; R2=10; %[300 500 10^3];
w=logspace(2,5,500);
f=w./2*pi;
b1=[1 (R2/L+1/(R1*C(1))) R2/(R1*L*C(1))];
a1=[1 (R2/L)+1/(R1*C(1)) (R1+R2)/(R1*L*C(1))];
b2=[1 (R2/L+1/(R1*C(2))) R2/(R1*L*C(2))];
a2=[1 (R2/L)+1/(R1*C(2)) (R1+R2)/(R1*L*C(2))];
b3=[1 (R2/L+1/(R1*C(3))) R2/(R1*L*C(3))];
a3=[1 (R2/L)+1/(R1*C(3)) (R1+R2)/(R1*L*C(3))];
h1=freqs(b1,a1,f);
h2=freqs(b2,a2,f);
h3=freqs(b3,a3,f);
%axis([10 9*10^4 0 17])
semilogx(f,abs(h1),'-o',f,abs(h2),'-p',f,abs(h3),'-*');grid
title('Dap ung bien do cua mach dien hinh 11.21 voi C thay doi')
xlabel('Tan so, Hz')
ylabel('Bien do')
legend('C=10e-6','C=10e-7','C=10e-8');
```

Kết quả cho trên hình BG 11.21b. Từ hình vẽ ta thấy tụ điện C không những làm thay đổi tần số cộng hưởng của mạch điện mà còn làm thay đổi cả dải thông của mạch điện đó nữa.



Hình BG 11.21b.

11.22. Mạch điện này có trở kháng tải Z_L gồm tụ C mắc song song với điện trở R, nên ta tính được:

$$Z_L = \frac{100(-j1000/\omega)}{100 - j\frac{1000}{\omega}} = \frac{10^3}{10 + j\omega} \Omega$$

Hàm truyền bằng thế lối ra chia cho thế lối vào:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{Z_L}{Z_L + j\omega} = \frac{10^3}{10^3 + j10\omega(10 + \omega)}$$

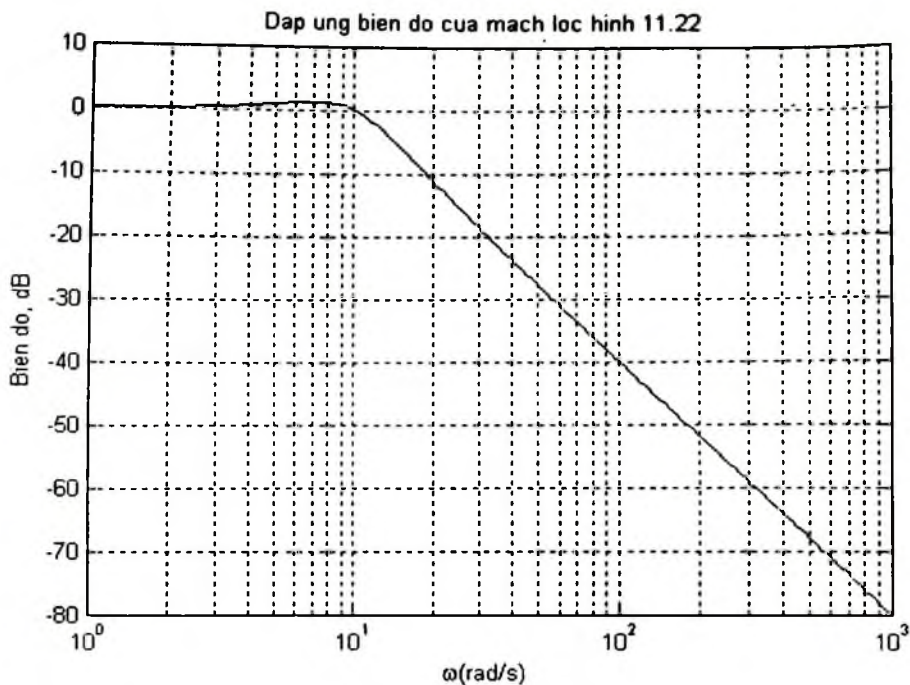
$$H(j\omega) = \frac{100}{100 + j10\omega - \omega^2} = \frac{100}{(j\omega)^2 + 10j\omega + 100}$$

Đây là đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp có tần số cắt $\omega_c = 10 \text{ rad/s}$.

Dùng chương trình MATLAB sau đây để vẽ đáp ứng biên độ:

```
w=logspace(0,3,200);
H=100./((j.*w).^2+10*j*w+100);
semilogx(w,20*log10(abs(H)));grid
title('Đáp ứng biên độ của mạch lọc hình 11.22 ')
ylabel('Biên độ, dB')
xlabel('\omega(rad/s)')
```

Kết quả cho trên hình BG 11.22b.



Hình BG 11.22b.

11.23. Đáp ứng tần số của mạch điện này tìm được:

$$H(j\omega) = \frac{\frac{1}{LC}}{(j\omega)^2 + \frac{R}{L}(j\omega) + \frac{1}{LC}}$$

Đây là đáp ứng tần số của mạch lọc thông thấp, với tần số cắt:

$$\omega_C = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega_C^2 C} = 2\text{mH}$$

từ đó tính được:

$$C = \frac{1}{10^6 \times 2 \cdot 10^{-3}} = 500\mu\text{F}$$

$$B_w = \frac{1}{RC} \Rightarrow B_w = 10\text{rad/s}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{B_w} = 100$$

Tại tần số này, thế lối ra trên tụ bằng 0V.

11.24. Ta phân tích mạng này như một mạng hai cổng đầu cuối với trở kháng tải R và nguồn thế lối vào có trở kháng $Z_i = 0$.

Mạng hai cổng này có ma trận truyền:

$$T = \begin{bmatrix} 1 + \frac{C_2/C_1}{LC_2j\omega + 1} & \frac{1}{j\omega C_1} \\ \frac{j\omega C_2}{LC_2j\omega + 1} & 1 \end{bmatrix}$$

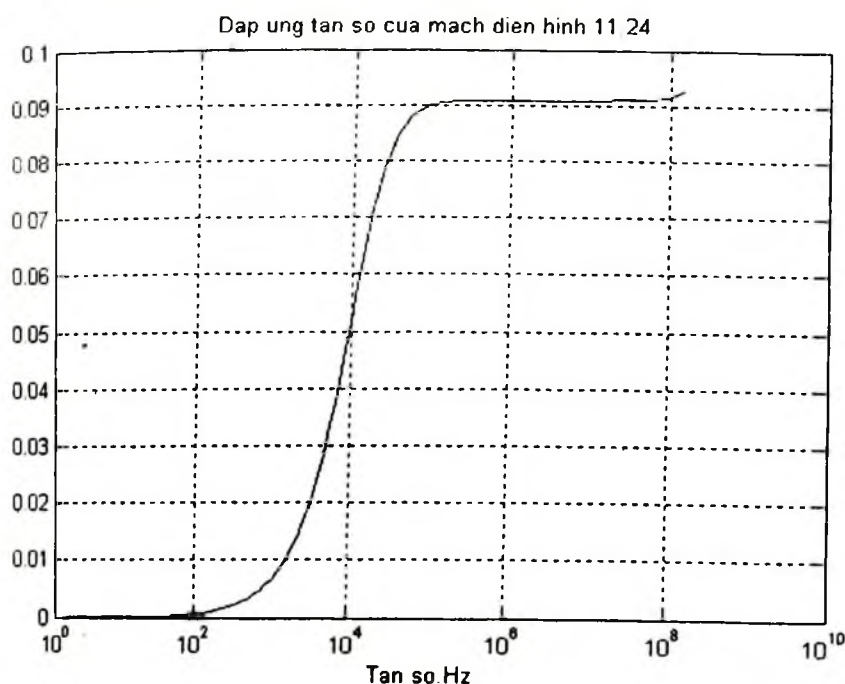
Áp dụng công thức đối với mạng đầu cuối này, ta tìm được tỷ số thế lối trên lối vào:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_L}{(A + Cz_i)Z_L + B + Dz_i}$$

Ở đây $z_i = 0$; $Z_L = R$, nên ta tìm được đáp ứng tần số:

$$\begin{aligned} H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} &= \frac{R}{\left(1 + \frac{C_2/C_1}{LC_2j\omega + 1}\right)R + \frac{1}{j\omega C_1}} = \\ &= \frac{(j\omega)^2 RLC_1C_2 + (j\omega)RC_1}{(j\omega)^2 RLC_1C_2 + (j\omega)(RC_1 + RC_2)} \end{aligned}$$

Đây là bộ lọc thông cao với đáp ứng tần số cho trên hình BG 11.24.



Hình BG 11.24.

11.25. Đây là một mạng hai cổng đầu cuối với trở kháng tải R và nguồn thế lỗi vào V_i có trở kháng $Z_i = 0$.

Mạng hai cổng này có ma trận truyền:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & \frac{Lj\omega}{j\omega LC + 1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

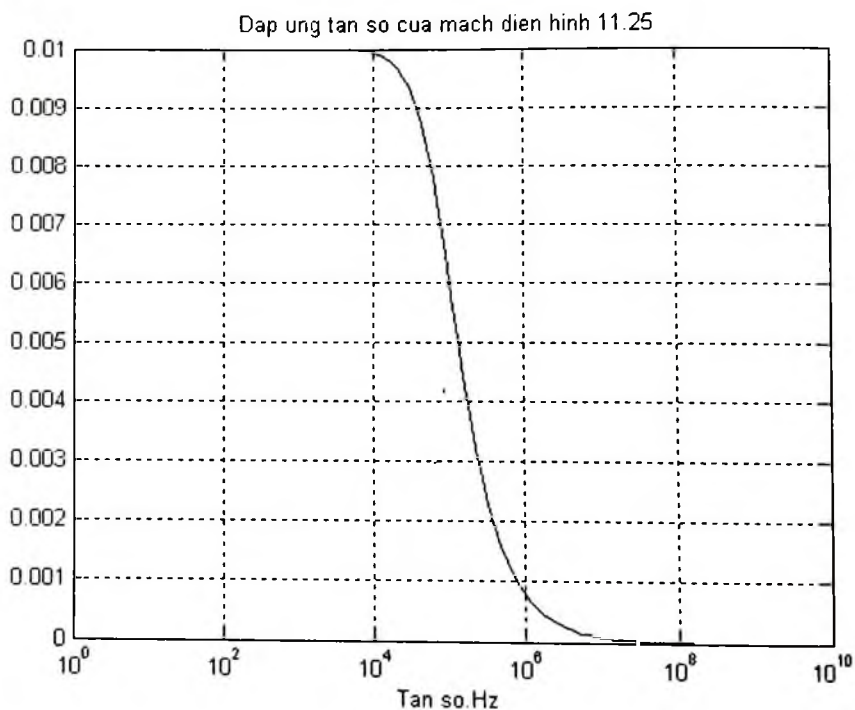
Áp dụng công thức đối với mạng đầu cuối này, ta tìm được tỷ số thế lỗi ra trên lỗi vào:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_L}{(A + Cz_i)Z_L + B + Dz_i}$$

Ở đây $z_i = 0$; $Z_L = R$, nên ta tìm được đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R}{R + \frac{j\omega L}{j\omega LC + 1}} = \frac{j\omega R(LC + 1)}{j\omega L(RC + 1) + R}$$

Bộ lọc này là bộ lọc thông thấp có đáp ứng tần số được vẽ trên hình BG 11.25.



Hình BG 11.25.

11.26. Đây là một mạng hai cổng đầu cuối với trở kháng tải R và nguồn thế lổ vào V_i có trở kháng $Z_i = 0$.

Mạng hai cổng này có ma trận truyền:

$$T = \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{-jX_{C2}} & \frac{j\omega L}{j\omega LC_1 + 1} \\ \frac{1}{-jX_{C2}} & 1 \end{bmatrix} =$$

$$\text{Với } X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2}, \text{ nên: } T = \begin{bmatrix} 1 + j\omega C_2 & \frac{j\omega L}{j\omega LC_1 + 1} \\ j\omega C_2 & 1 \end{bmatrix}$$

Áp dụng công thức đối với mạng đầu cuối này, ta tìm được tỷ số thế lổ ra trên lổ vào:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_L}{(A + Cz_i)Z_L + B + Dz_i}$$

Ở đây $z_i = 0$; $Z_L = R$, nên ta tìm được đáp ứng tần số:

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{V_0}{V_i} = \frac{R}{(1 + j\omega LC_2)R + \frac{j\omega L}{j\omega LC_1 + 1}} = \\ &= \frac{j\omega R(LC_1 + 1)}{j\omega L + R(j\omega LC_1 + 1)(j\omega LC_2 + 1)} = \\ &= \frac{j\omega R(LC_1 + 1)}{(j\omega)^2 RL^2 C_1 C_2 + (j\omega)L(RC_1 + RC_2 + 1) + R} = \\ &= \frac{j\omega \frac{(LC_1 + 1)}{L^2 C_1 C_2}}{(j\omega)^2 + (j\omega) \frac{(RC_1 + RC_2 + 1)}{RLC_1 C_2} + \frac{1}{L^2 C_1 C_2}} \end{aligned}$$

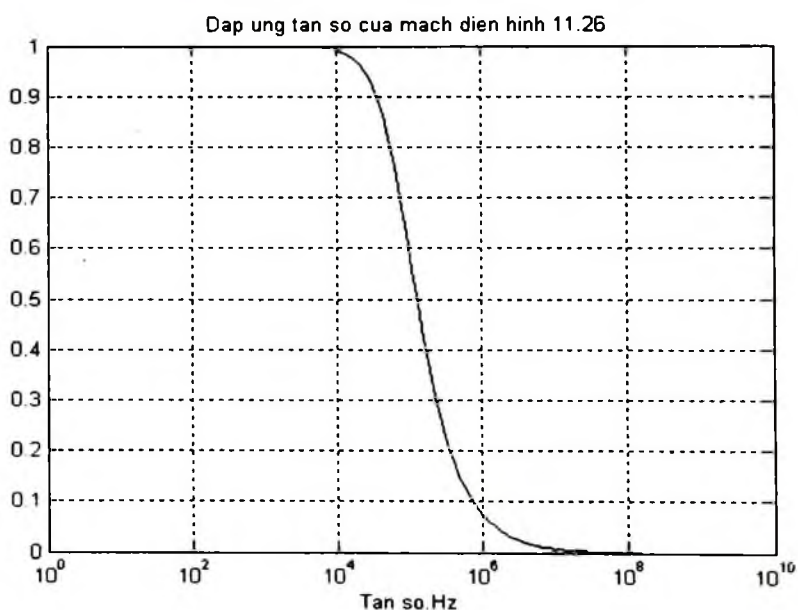
Bộ lọc này là bộ lọc thông thấp: Đáp ứng tần số cho trên hình BG 11.26, nhờ chương trình MATLAB:

```
syms w H;
C1=0.1e-6; C2=1e-6; L=2e-3; R=100;
A=1+(j*w*C2);
B=(j*w*L)/(j*w*L*C1+1);
```

```

ZL=R;
H=ZL./(A.*ZL+B)
pretty(H)
w=logspace(0,8,100);
f=w./2*pi;
H=100./(100+1./10000*i*w+1./500*i*w./(1./50000000000*i*w+1));
semilogx(f,abs(H));grid
title('Dap ung tan so cua mach dien hinh 11.26')
xlabel('Tan so.Hz')

```



Hình BG 11.26.

- 11.27.** Giả sử lối vào nối với nguồn thế có thế V_1 , điện trở nội bằng không, thì sơ đồ trên tương đương như mạng hai cổng một trở kháng, gồm điện trở R_1 ghép song song với tụ điện C ; lối ra nối với tải có trở kháng Z_L gồm cuộn cảm L nối tiếp với điện trở R_2 . Như vậy, ta có thể coi đây là mạng đầu cuối có ma trận truyền là:

$$T = \begin{bmatrix} 0 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Với:
$$Z = \frac{R_1(-jX_C)}{R_1 - jX_C}; \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Trở tải của mạng điện là: $Z_L = R_2 + j\omega L$

Từ đó tìm được đáp ứng tần số:

$$H = \frac{V_0}{V_1} = \frac{Z_L}{(H_{11} + H_{21}Z_i)(Z_L + H_{12} + H_{22}Z_i)}$$

Trong đó $Z_i = 0$. Vậy:

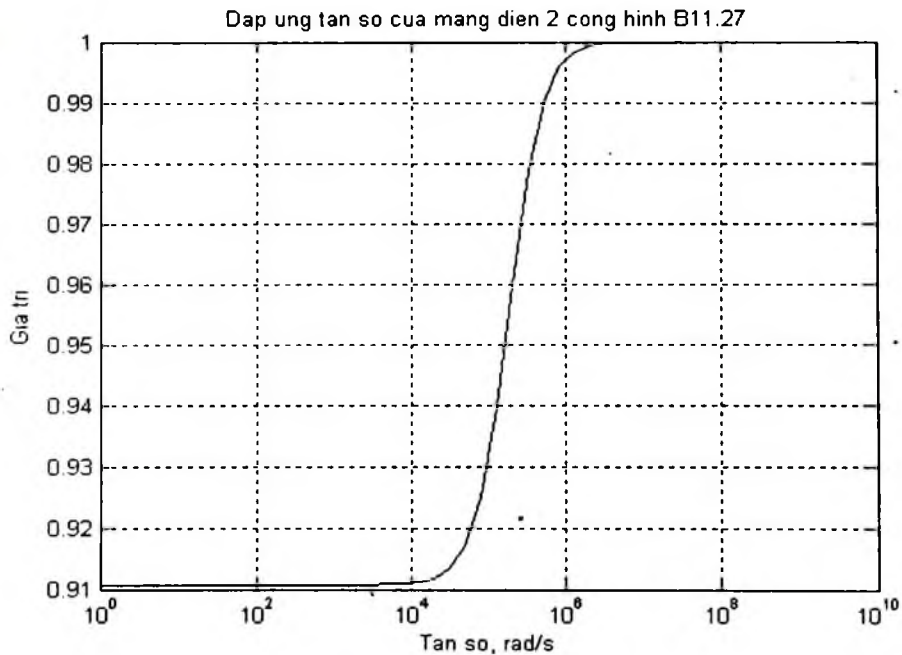
$$H = \frac{V_0}{V_1} = \frac{Z_L}{H_{11}(Z_L + H_{12})}$$

Thay Z_L và H_{11} , H_{12} vào biểu thức trên ta tìm được biểu thức tường minh của đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{(R_2 + j\omega L)(j\omega CR_1 + 1)}{(R_2 + j\omega L)(j\omega CR_1 + 1) + R_1} = \frac{(j\omega)^2 + (j\omega)\left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C}\right] + \frac{R_2}{R_1 LC}}{(j\omega)^2 + (j\omega)\left[\frac{R_2}{L} + \frac{1}{R_1 C}\right] + \frac{R_1 + R_2}{R_1 LC}}$$

Đây là đáp ứng tần số của mạch lọc thông cao.

Đáp ứng tần số được vẽ trên hình BG 11.27 nhờ chương trình MATLAB:



Hình BG 11.27.

$$R1=10; R2=10^2;$$

$$C=30e-6;$$

$$L=2;$$

```

w=logspace(0,10)
f=w/(2*pi)
H=((j*w).^2+j*w*(R2/L+1/(R1*C)+R2/(R1*L*C)))/((j*w).^2+j*w*(R2/L+1/(R1*C)+(R1+R2)/(R1*L*C)));
semilogx(w,abs(H));grid
title('Đáp ứng tần số của mạng điện 2 cổng hình B11.27')
xlabel('Tần số, rad/s')
ylabel('Giá trị')

```

11.28. Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải là tụ điện C_2 . Đối với cấu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = R; z_2 = j\omega L \text{ và } z_3 = \frac{1}{j\omega C_1}$$

Từ đó ta tìm được trở kháng lối vào:

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3 = R + \frac{1}{j\omega C_1}$;

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = \frac{1}{j\omega C_1} ;$$

$$z_{22} = z_2 + z_3 = j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1} ;$$

$$Z_L = \frac{1}{j\omega C_2}$$

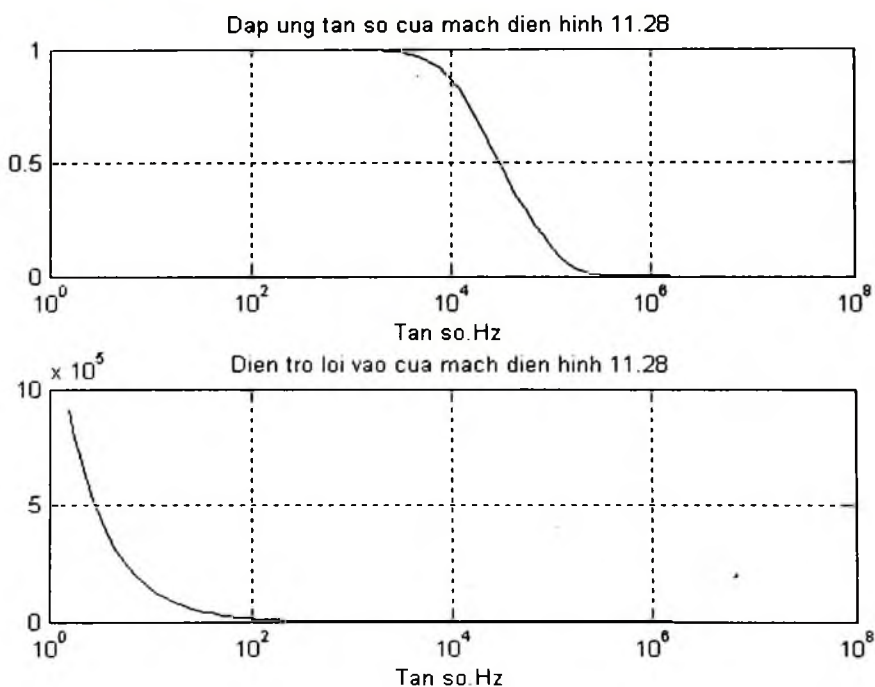
Từ đó tìm được Z_{in} :

$$Z_{in} = \frac{R(j\omega)^3 + \frac{(j\omega)^2}{C_1} + \frac{R(C_1 + C_2)}{LC_1C_2}(j\omega) + \frac{1}{LC_1C_2}}{(j\omega)^3 + \frac{C_1 + C_2}{LC_1C_2}(j\omega)}$$

Bây giờ tìm thế lỗi ra bằng cách áp dụng công thức:

$$\begin{aligned} \frac{V_0}{V_i} &= \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + Z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}} = \\ &= \frac{\frac{1}{j\omega C_1} \frac{1}{j\omega C_2}}{(R + \frac{1}{j\omega C_1})(j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2}) - \frac{1}{(j\omega C_1)^2}} V_i \\ &= \frac{C_1}{C_1(RC_1j\omega + 1)[(j\omega)^2 LC_1C_2 + j\omega(C_1 + C_2)] - C_2} V_i = \\ &= \frac{1}{(j\omega)^3 RLC_1^2C_2 + (j\omega)^2 [R_1(C_1 + C_2) + LC_1C_2] + j\omega(C_1 + C_2) - \frac{C_2}{C_1}} V_i \end{aligned}$$

Đáp ứng tần số và điện trở lỗi vào của mạch điện này cho trên hình BG 11.28. Đây là mạch lọc thông thấp lý tưởng. Chương trình MATLAB sau đây thực hiện lệnh vẽ:



Hình BG 11.28.

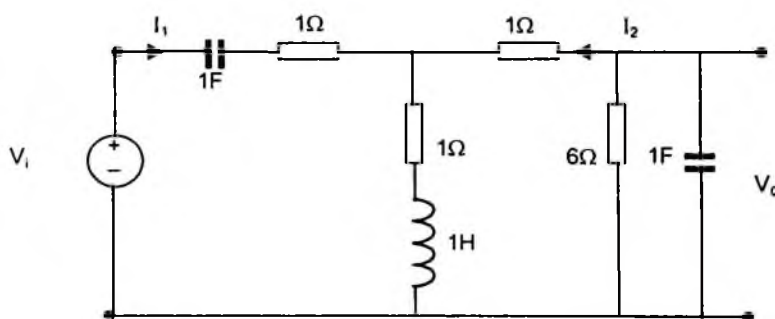
```
w=logspace(0,6,100);
f=w./2*pi;
Zin=100-10000000*i./w+10000000000000000./w.^2./(1./500*i*w-
```

```

11000000*i./w);
H=-1000000000000000000./w.^2./((100-10000000*i./w).*(1./500*i*w-
11000000*i./w)+1000000000000000000./w.^2);
subplot(211)
semilogx(f,abs(H));grid
title('Dap ung tan so cua mach dien hinh 11.28')
xlabel('Tan so.Hz')
subplot(212)
semilogx(f,abs(Zin));grid
title('Dien tro loi vao cua mach dien hinh 11.28')
xlabel('Tan so.Hz')

```

11.29. Trước tiên, ta dùng phép chuyển đổi mạng tam giác thành mạng hình sao nhóm ba điện trở 3Ω , ta sẽ được sơ đồ hình BG 11.29a.



Hình BG 11.29a.

Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải gồm điện trở 6Ω mắc song song với tụ $1F$. Nguồn thế lối vào V_i có điện trở nội $Z_i = 0$.

Đối với cầu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = 1 + \frac{1}{j\omega}; \quad z_2 = 1 \quad \text{và} \quad z_3 = 1 + j\omega$$

Trở kháng lối vào của mạch điện này được xác định theo công thức:

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3 = 2 + j\omega + \frac{1}{j\omega}$;

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = 1 + j\omega;$$

$$z_{22} = z_2 + z_3 = 2 + j\omega$$

$$Z_L = \frac{6(\frac{1}{j\omega})}{6 + \frac{1}{j\omega}} = \frac{6}{6j\omega + 1}$$

Từ đó tìm được Z_{in} :

$$Z_{in} = 2 + j\omega + \frac{1}{j\omega} - \frac{(1 + j\omega)(1 + j\omega)}{2 + j\omega + \frac{6}{6j\omega + 1}} =$$

$$Z_{in} = \frac{[(j\omega)^2 + 2j\omega + 1][(2 + j\omega)(6j\omega + 1) + 6] - j\omega(1 + j\omega)^2(1 + j6\omega)}{j\omega[(2 + j\omega)(6j\omega + 1) + 6]}$$

b) Bây giờ tìm hệ số khuếch đại:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Trong trường hợp này, $z_i = 0$, nên:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11})(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Thay giá trị vào, ta tìm được hàm truyền:

$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{(1 + j\omega)\frac{6}{6j\omega + 1}}{(2 + j\omega + \frac{1}{j\omega})(2 + j\omega + \frac{6}{6j\omega + 1}) - (1 + j\omega)^2}$$

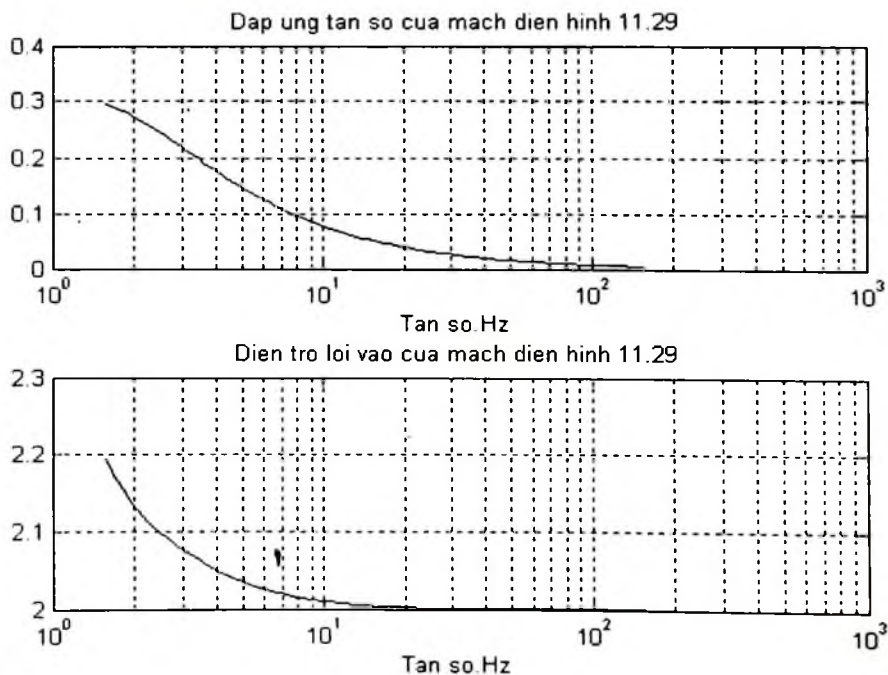
Đáp ứng tần số và độ dẫn điện của mạch lọc này được biểu thị trên hình BG 11.29b, nhờ chương trình MATLAB:

```
syms w H;
z11=2+j*w+1/(j*w);
z12=1+j*w;
z21=z12;
z22=2+j*w;
```

```

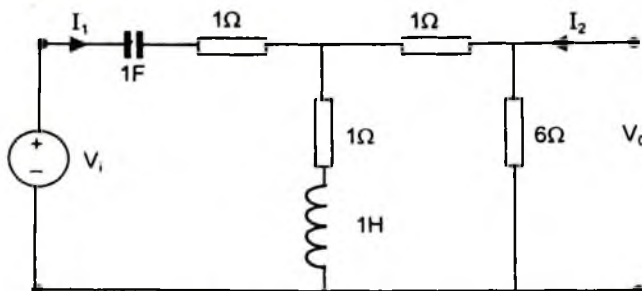
ZL=6/(6*j*w+1);
Zin=z11-(z12*z21)/(z22+ZL)
pretty(Zin)
H=z21*ZL/(z11*(z22+ZL)-z12*z21)
pretty(H)
w=logspace(0,2,100);
f=w./2*pi;
Zin =2+w*i-i./w-(1+w*i).^2./(2+w*i+6./(6*i*w+1));
H =6*(1+w*i)/(6*i*w+1)/((2+w*i-i./w).*(2+w*i+6./(6*i*w+1))-(1+w*i).^2);
subplot(211)
semilogx(f,abs(H));grid
title('Dap ung tan so cua mach dien hinh 11.29')
xlabel('Tan so.Hz')
subplot(212)
semilogx(f,abs(Zin));grid
title('Dap ung tan so cua mach dien hinh 11.29')
xlabel('Tan so.Hz')

```



Hình BG 11.29b.

11.30. Trước tiên, ta dùng phép chuyển đổi mạng tam giác thành mạng hình sao nhóm ba điện trở 3Ω , ta sẽ được sơ đồ hình BG 11.30a.



Hình BG 11.30a.

Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải là điện trở 6Ω .

Đối với cầu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = 1 + \frac{1}{j\omega}; \quad z_2 = 1 \text{ và } z_3 = 1 + j\omega$$

Từ đó ta tìm được trở kháng lối vào:

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3 = 2 + j\omega + \frac{1}{j\omega}$;

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = 1 + j\omega;$$

$$z_{22} = z_2 + z_3 = 2 + j\omega; \quad Z_L = 6$$

Từ đó tìm được Z_{in} :

$$\begin{aligned} Z_{in} &= 2 + j\omega + \frac{1}{j\omega} - \frac{(1 + j\omega)(1 + j\omega)}{2 + j\omega + 6} = \\ &= \frac{(2 + j\omega + \frac{1}{j\omega})(8 + j\omega) - (1 + j\omega)^2}{8 + j\omega} = \frac{8(j\omega)^2 + 16(j\omega) + 8}{(j\omega)^2 + 8(j\omega)} \end{aligned}$$

b) Bây giờ tìm hệ số khuếch đại:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Trong trường hợp này, $z_i = 0$.

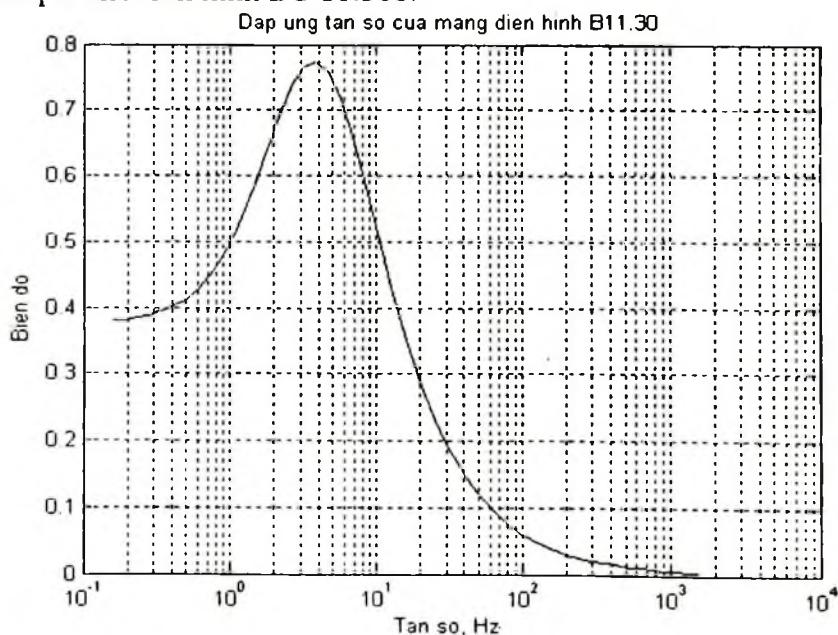
Thay giá trị vào, ta tìm được:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{(1 + j\omega)6}{(2 + j\omega + \frac{1}{j\omega})(2 + j\omega + 6) - (1 + j\omega)^2} = \frac{6(j\omega) + 6}{(j\omega)^2 + 8(j\omega) + 16}$$

c) Vẽ đáp ứng tần số dùng MATLAB với chương trình:

```
b=[8 16 8];
a=[1 8 0];
b1=[0 6 6];
a1=[1 8 16];
w=logspace(0,4)
f=w/(2*pi)
h=freqs(b,a,f);
h1=freqs(b1,a1,f);
semilogx(f,abs(h1));grid
title('Đáp ứng tần số của mạng điện hình B11.30')
xlabel('Tần số, Hz')
ylabel('Biên độ')
```

Kết quả cho trên hình BG 11.30b.



Hình BG 11.30b.

11.31. Mạng điện này được tạo thành bởi hai mạng hai cổng chữ L (RC) ghép nối tiếp nhau. Nguồn thế nối vào V_i có trở kháng nội $Z_i = 0$. Lối ra lấy trên trở tải Z_L . Vậy mạng hai cổng nối tiếp có ma trận truyền: $T = T_1 \times T_2$

Trong đó: $T_1 = T_2 = \begin{bmatrix} 1 + j\omega RC & R \\ j\omega C & 1 \end{bmatrix}$

Vậy:
$$T = \begin{bmatrix} 1 + j\omega RC & R \\ j\omega C & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 + j\omega RC & R \\ j\omega C & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} (1 + j\omega RC)^2 + j\omega RC & R(1 + j\omega RC) + R \\ j\omega C(1 + j\omega RC) + j\omega C & 1 + j\omega RC \end{bmatrix}$$

Từ đó, ta tìm được đáp ứng tần số của mạng điện đầu cuối với trở tải R_L :

$$H = \frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_L}{(A + CZ_i)Z_L + B + DZ_i}$$

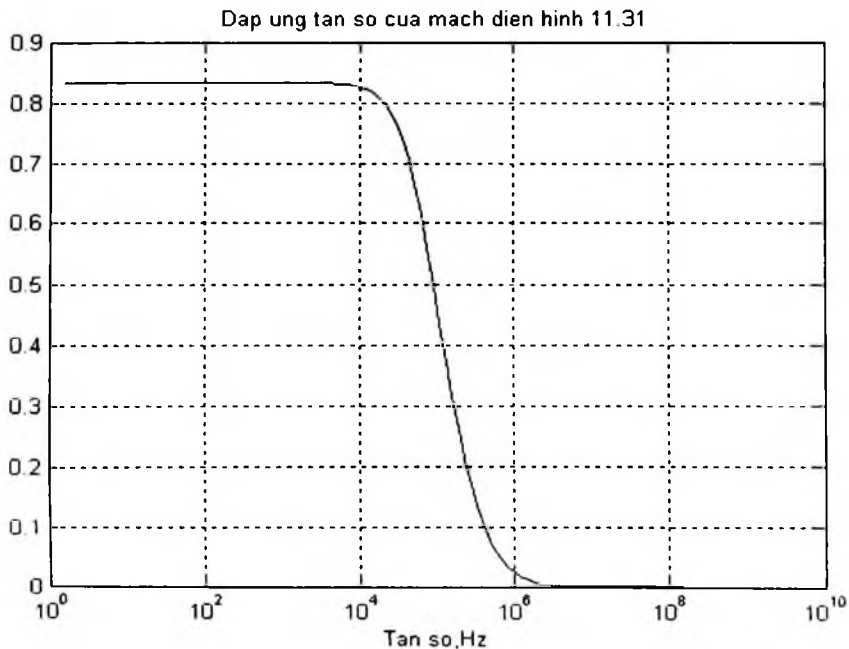
Trong bài toán của ta, $Z_i = 0$; $Z_L = R_L$, nên:

$$H = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R_L}{AZ_L + B}$$

Với: $A = (1 + j\omega RC)^2 + j\omega RC$
 $B = R(1 + j\omega RC) + R$

Do vậy:
$$H(j\omega) = \frac{R_L}{[(1 + j\omega RC)^2 + j\omega RC]R_L + R(1 + j\omega RC) + R}$$

Đáp ứng tần số được vẽ trên hình BG 11.31 với $R = 100\Omega$; $C = 0,1\mu F$ và trở tải $R_L = 1k\Omega$. Rõ ràng, đây là bộ lọc thông thấp được tạo thành từ hai mắt lọc RC.



Hình BG 11.31.

11.32. Từ hình vẽ ta tìm được:

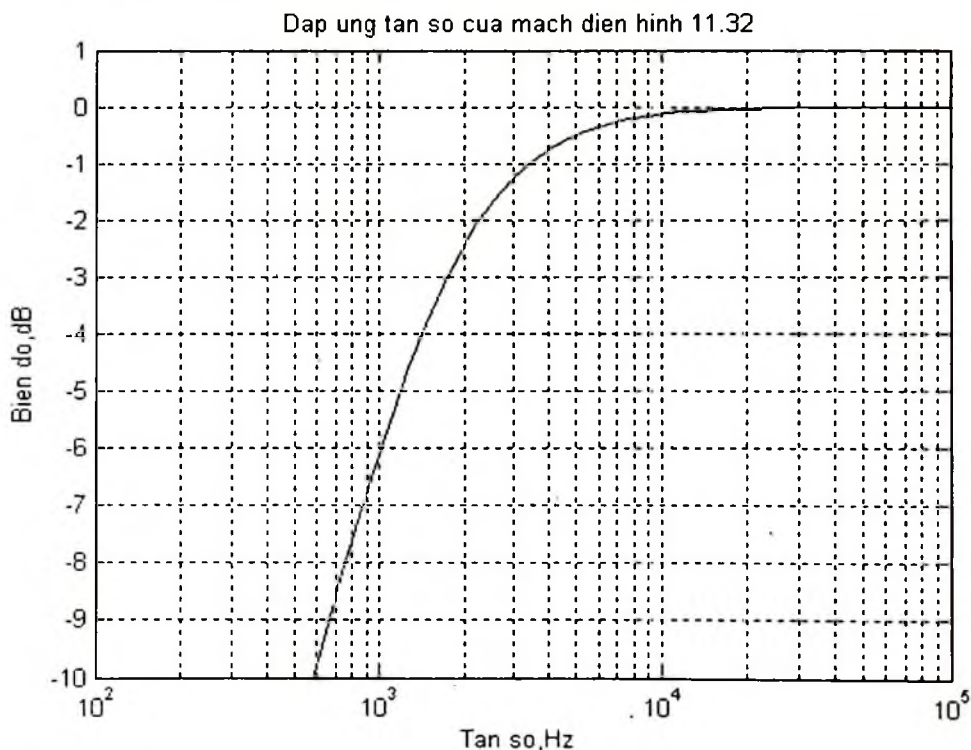
$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + 1}$$

Từ đó tính được biên độ:

$$\left| \frac{V_0}{V_i} \right| = \frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega RC)^2 + 1}}$$

Vậy: $20 \log_{10} \left| \frac{V_0}{V_i} \right| = 20 \log_{10}(\omega RC) - 10 \log_{10}[(\omega RC)^2 + 1] = -6$

Thay $R = 10000\Omega$; $\omega = 2\pi \times 1000$ và giải ra theo C , ta tìm được $C = 0,09\mu F$.
Hình BG 11.32 vẽ đáp ứng biên độ của mạch lọc này.



Hình BG 11.32.

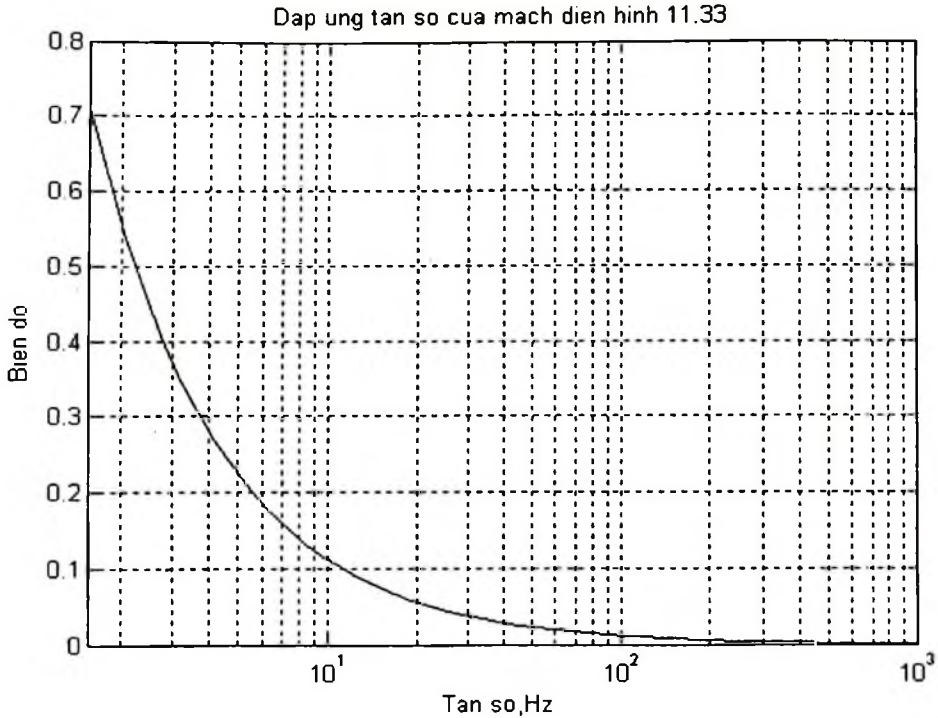
11.33. Từ hình vẽ ta tìm được:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R' + R + j\omega L} = \frac{1}{j\omega C(R + R' + j\omega L)} = \frac{1}{(j\omega)^2 LC + j\omega C(R + R')}$$

Từ đó tính được biên độ:

$$\left| \frac{V_0}{V_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{(\omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 (R + R')^2}} = \frac{1}{100}$$

Thay $R = 400\Omega$; $\omega = 2\pi \times 100 \text{ C} = 8.10^{-6} \text{ F}$; $L = 20 \text{ H}$ và giải ra theo R , ta tìm được $R = 175,5 \text{ k}\Omega$. Hình BG 11.33 vẽ đáp ứng biên độ của mạch lọc này.



Hình BG 11.33.

11.34. Ta có thể coi mạng điện được tạo thành từ một mạng 2 cổng chữ T với lối ra mắc với trở tải R . Nguồn thế lối vào có trở kháng $Z_i = 0$.

Đối với cấu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = j\omega L; z_2 = j\omega L \text{ và } z_3 = \frac{1}{j\omega C}$$

Trở kháng lối vào của mạch điện này được xác định theo công thức:

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12}z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Trong đó: $z_{11} = z_1 + z_3 = j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$;

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = \frac{1}{j\omega C}$$
 ;

$$z_{22} = z_2 + z_3 = j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$
 ;

$$Z_L = R$$

Từ đó tìm được Z_{in} :

$$\begin{aligned} Z_{in} &= j\omega L + \frac{1}{j\omega C} - \frac{\frac{1}{(j\omega C)^2}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \\ &= j\omega L + \frac{1}{j\omega C} - \frac{1}{RC^2(j\omega)^2 + LC^2(j\omega)^3 + C(j\omega)} \\ &= \frac{(j\omega)^2 LC + 1}{j\omega C} - \frac{1}{RC^2(j\omega)^2 + LC^2(j\omega)^3 + C(j\omega)} \\ Z_{in} &= \frac{[LC(j\omega)^2 + 1][LC(j\omega)^2 + RC(j\omega) + 1] - 1}{[RC^2(j\omega)^2 + LC^2(j\omega)^3 + j\omega C]} \end{aligned}$$

Tìm đáp ứng tần số bằng cách áp dụng công thức:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + Z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}} =$$

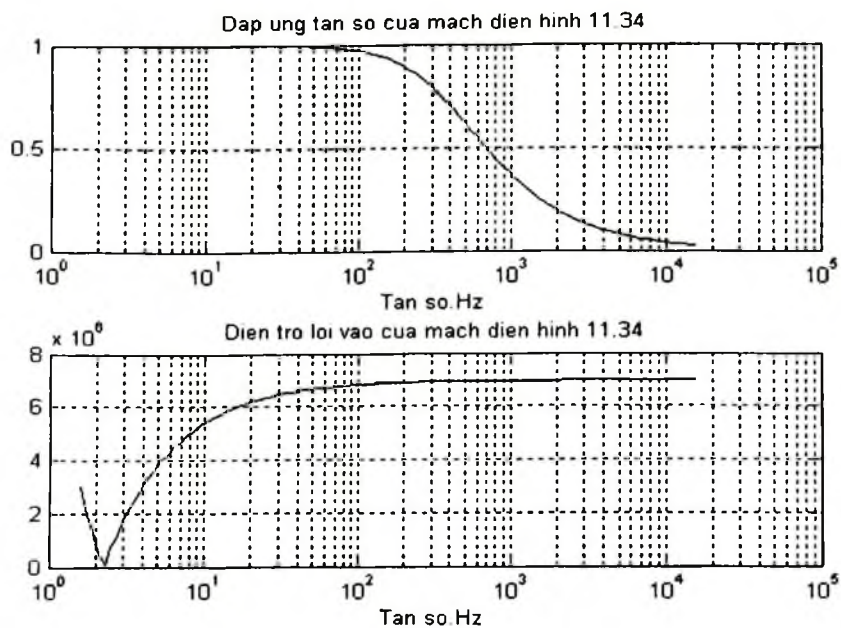
Với $Z_i = 0$; $Z_L = R$, nên:

$$H = \frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21}R}{(z_{11})(z_{22} + R) - z_{12}z_{21}}$$

Dùng MATLAB để tính hệ thức này nhờ chương trình:

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{\frac{R}{j\omega C}}{(j\omega L + \frac{1}{j\omega C})[(j\omega)L + \frac{1}{j\omega C} + R] - \frac{1}{(j\omega C)^2}} = \\ &= \frac{j\omega RC}{[(j\omega)^2 LC + 1][(j\omega)^2 LC + j\omega RC + 1] - 1} \end{aligned}$$

Đáp ứng tần số và điện trở lối vào của mạch điện này cho trên hình BG 11.34b. Đây là mạch lọc thông thấp. Chương trình MATLAB sau đây thực hiện tính toán và vẽ với $L = 2\text{mH}$; $C = 0,1\mu\text{F}$ và $R = 1\Omega$:



Hinh BG 11.34a.

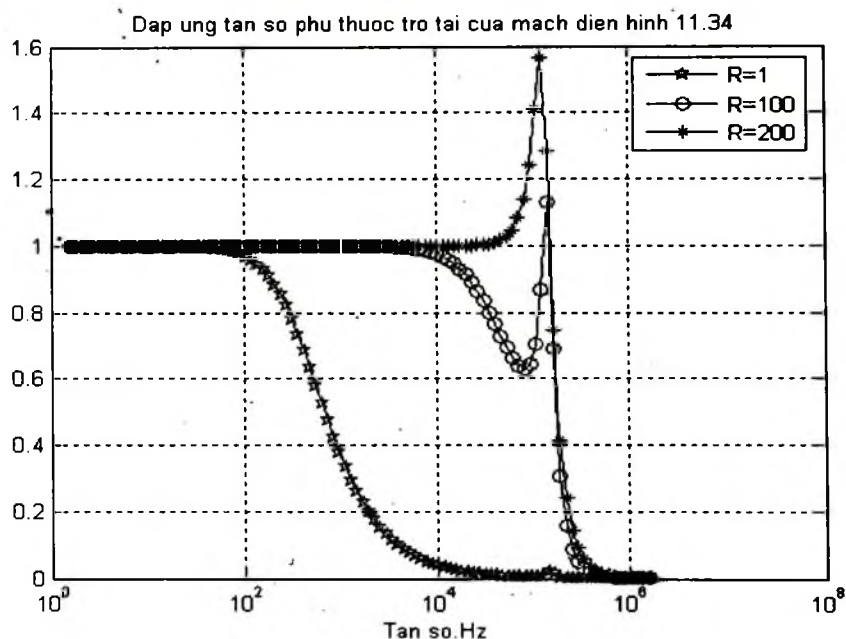
```

syms w H;
C=0.1e-6; L=2e-3; R=1;
z11=j*w*L+1/(j*w*C);
z12=1/(j*w*C);
z21=z12;
z22=z11;
ZL=R;
Zin=z11-(z12*z21)/(z22+ZL)
pretty(Zin)
H=z21*ZL/(z11*(z22+ZL)-z12*z21)
pretty(H)
w=logspace(0,6,100);
f=w./2*pi;
Zin = 1./500*i*w-10000000*i./w+10000000000000000./w.^2./(1./500*i*w-
10000000*i./w+100);
H=-10000000000*i./w./((1./500*i*w-10000000*i./w).*(1./500*i*w-
10000000*i./w+100)+10000000000000000./w.^2);
subplot(211)

```

```
semilogx(f,abs(H));grid
title('Đáp ứng tần số của mạch điện hình 11.34')
xlabel('Tần số.Hz')
subplot(212)
semilogx(f,abs(Zin));grid
title('Điện trở vào của mạch điện hình 11.34')
xlabel('Tần số.Hz')
```

Điều đặc biệt là đáp ứng tần số của mạng điện này phụ thuộc rất nhiều vào trở tải. Hình BG 11.34b cho thấy dạng của đáp ứng tần số với 3 giá trị khác nhau của trở tải R: 1 100 và 1000Ω.



Hình BG 11.34b.

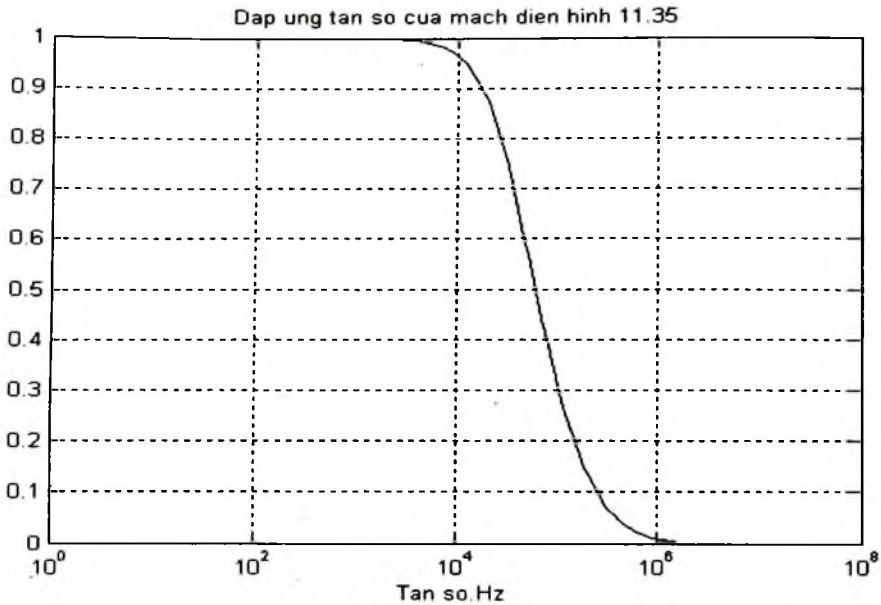
11.35. Mạch điện này có đáp ứng tần số:

$$H(j\omega) = \frac{V_0(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{1}{R^2 C^2} \frac{1}{(j\omega)^2 + 3 \frac{1}{RC} (j\omega) + \frac{1}{R^2 C^2}}$$

Đây là một mạch lọc thông thấp có tần số cắt: $\omega_c = \frac{1}{RC}$

Hệ số suy giảm: $2\alpha = \frac{3}{RC}$

Hình BG 11.35 vẽ đáp ứng tần số này.



Hình BG 11.35.

11.36. Đây là mạng 2 cổng chữ T đầu cuối, lối ra mắc với trở tải là điện trở 6Ω , lối vào là nguồn thế có điện trở nội $Z_i = 0$.

Đối với cầu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = z_2 = j\omega + \frac{1}{j\omega 10^{-6}};$$

$$z_3 = j\omega 2$$

Từ đó ta tìm được đáp ứng tần số:

$$H = \frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21} Z_L}{(z_{11} + z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12} z_{21}}$$

Trong trường hợp này, $z_i = 0$.

$$H = \frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11})(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Trong đó:

$$z_{11} = z_1 + z_3 = j\omega 3 + \frac{1}{j\omega 10^{-6}} ;$$

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = j\omega 2;$$

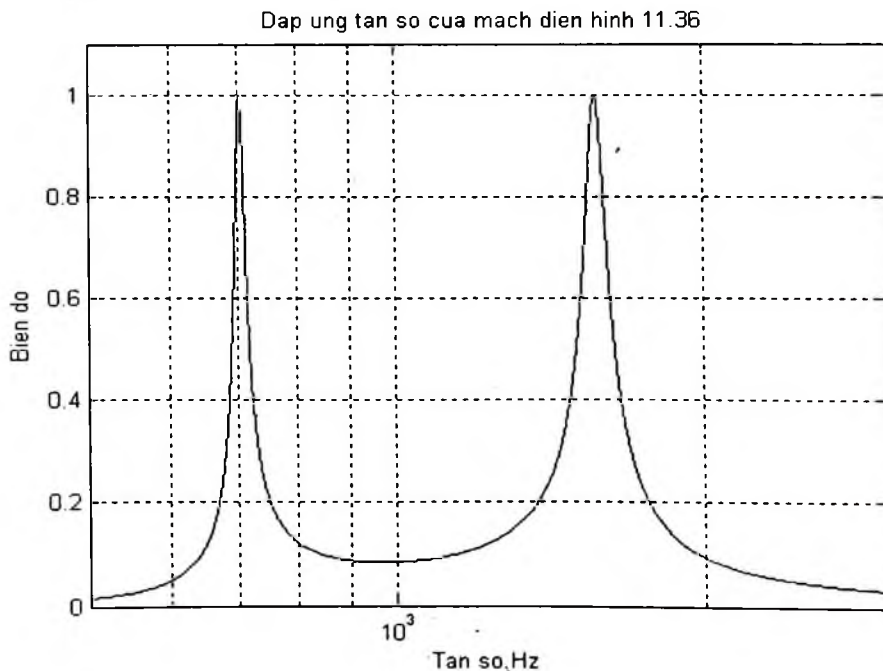
$$z_{22} = z_2 + z_3 = j\omega 3 + \frac{1}{j\omega 10^{-6}}$$

$$Z_L = 100$$

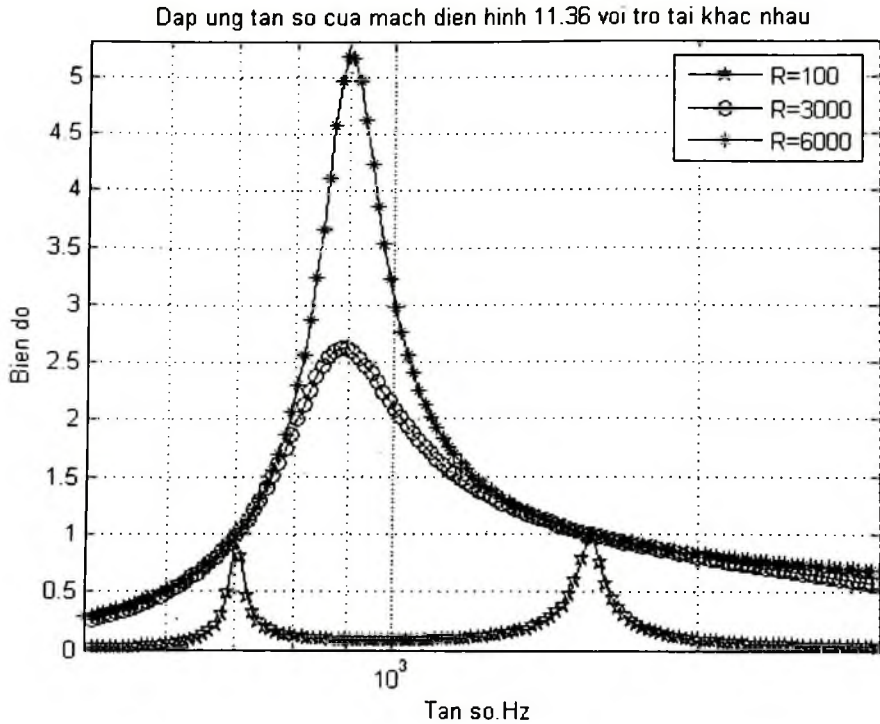
Thay giá trị vào, ta tìm được:

$$H(j\omega) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{(j\omega)200}{(3j\omega + \frac{10^{-6}}{j\omega})(3j\omega + \frac{10^{-6}}{j\omega} + 100) - 4(j\omega)^2}$$

Hình BG 11.36a vẽ đáp ứng tần số của mạch lọc này. Từ đồ thị ta thấy có hai đỉnh cộng hưởng nhọn phân biệt nhau. Khi tăng trở tải thì các đỉnh cộng hưởng này nhập vào nhau thành một chỉ còn một đường cong cộng hưởng như trên hình BG 11.36b.



Hình BG 11.36a.



- 11.37.** Đây là mạng 2 cổng chữ T đầu cuối, lối ra mắc với trở tải là điện trở R_L , lối vào là nguồn thế có điện trở nội $Z_i = 600\Omega$.
 Đối với cấu chữ T, ta có ma trận trở kháng là:

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 + z_3 & z_3 \\ z_3 & z_2 + z_3 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp này:

$$z_1 = z_2 = R + jX_L = 2140 + j100\Omega;$$

$$z_3 = -jX_C = -j16100\Omega$$

Từ đó ta tìm được tỷ số giữa thế lối ra và thế lối vào:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{z_{21}Z_L}{(z_{11} + z_i)(z_{22} + Z_L) - z_{12}z_{21}}$$

Trong trường hợp này, $z_i = R_i$ và:

$$z_{11} = z_1 + z_3 = R + jX_L - jX_C = 2140 + j100 - j16100 = 2140 - j16000\Omega;$$

$$z_{12} = z_{21} = z_3 = -jX_C = -j16100\Omega;$$

$$z_{22} = z_2 + z_3 = R + jX_L - jX_C = 2140 - j16000\Omega$$

$$Z_L = 4830 + j265\Omega$$

Thay giá trị vào, dùng MATLAB tính ra, ta được:

$$\frac{V_0}{V_i} = 0.4931 - 0.0571i = 0,5 \angle -6,6^\circ$$

Từ đó tìm được thế lối ra:

$$V_0 = 0,5 \angle -6,6^\circ \text{ V}$$

Thế lối ra bằng một nửa thế lối vào.

b) Công suất tỏa ra trên tải:

$$P = \frac{|V_0|^2}{|R_L|} \cos(-6.6) = 5.1339e - 005 \text{ W} = 51,34 \mu\text{W}$$

c) Để công suất tỏa ra trên tải đạt giá trị cực đại thì trở tải phải có giá trị bằng trở kháng lối vào của mạch điện. Vì trở tải có giá trị phức, nên nó phải bằng liên hợp phức của trở kháng lối vào của mạch điện. Trở lối vào của mạch điện Z_{in} tính được nhờ công thức:

$$Z_{in} = z_{11} - (z_{12} * z_{21}) / (z_{22} + Z_L)$$

$$Z_{in} = z_{11} - \frac{z_{12} z_{21}}{z_{22} + Z_L}$$

Dùng MATLAB tính ra, ta được:

$$Z_{in} = 8.2402e+003 - 2.2287e+003i = 8.536,2 \angle -15,13^\circ \Omega$$

Từ đây ta thấy trở kháng tải có giá trị khác xa giá trị của trở kháng tải, nên đây không phải là công suất cực đại.

11.38. Từ hình vẽ, ta tính ngay được trở kháng giữa hai điểm A và B:

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + \frac{\frac{1}{j\omega C} (j\omega L + \frac{1}{j\omega C})}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$Z = R - j\omega_0 L + \frac{(1 - x^2)(3 - x^2)}{x(2 - x^2)}$$

b) Từ đây ta thấy rằng để cường độ dòng điện I_1 bằng không thì $Z = \infty$ và để dòng I_1 cực đại thì $Z = 0$ hoặc có giá trị nhỏ nhất.

* Dòng điện cực đại khi: $x = 1$ và $x = \sqrt{3} \Rightarrow I_1 = \frac{V_1}{R}$

* Dòng điện cực tiểu khi: $x = 0$ và $x = \sqrt{2} \Rightarrow Z = \infty$ vậy $I_1 = 0$.

c) Đáp tuyến biên độ và pha của dòng điện I_1 cho trên hình BG 11.38 nhờ chương trình MATLAB:

$R=1000$; $V_1=100$; $L=1$; $C=1e-8$;

$w=\text{logspace}(0,6,10000)$;

$w_0=1/\text{sqrt}(L*C)$;

$x=w/w_0$;

$Z=R-j*L*w_0.*(1-x.^2).*(3-x.^2)./(x.*(2-x.^2))$;

$I_1=V_1./Z$;

$\text{subplot}(211)$; $\text{semilogx}(x,\text{abs}(I_1))$; grid

$\text{axis}([5*10^{-1} \ 3 \ 0 \ 0.11])$

$\text{title}(\text{'Bien do cua dong dien loi vao } I_1 \text{ cua mach dien hinh 11.38'})$

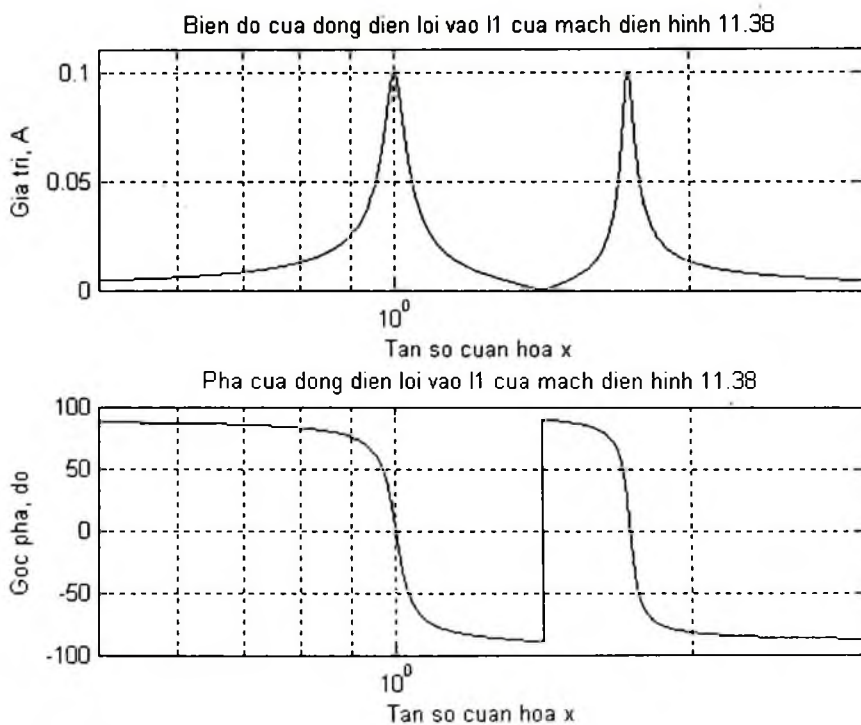
$\text{xlabel}(\text{'Tan so cuan hoa } x')$; $\text{ylabel}(\text{'Gia tri, A'})$

$\text{subplot}(212)$; $\text{semilogx}(x,\text{angle}(I_1)*180/\text{pi})$; grid

$\text{axis}([5*10^{-1} \ 3 \ -100 \ 100])$

$\text{title}(\text{'Pha cua dong dien loi vao } I_1 \text{ cua mach dien hinh 11.38'})$

$\text{xlabel}(\text{'Tan so cuan hoa } x')$; $\text{ylabel}(\text{'Goc pha, do'})$



Hình BG 11.38.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Hồ Văn Sung** Cơ sở kỹ thuật điện – Cơ sở lý thuyết mạch Điện và Điện tử T1&T2, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2008.
2. **J.-L. Dalmasso** Cours d'électrotechnique, Technique supérieur BELIN, 2002
3. **Francois de Dieuleveult/Hervé Fanet**, Principes et pratique de l'électronique DUNOD, 1999.
4. **J.O. Attia** Electronics and Circuit Analysis using MATLAB, 2e. CRC Press, Inc, 2004.
5. **Steven T. Karris** Circuit Analysis with MALBA Applications, Orchard Publication, 2003
6. **Francis Milsant** Cours d'électronique: Circuits à régime variable, Dunod, 1998.
7. **Dorf and Svoboda** Introduction to Electronic Circuits, 7e. John Wiley & Son, Inc, 2006.
8. **Thomas/Rosa** The Analysis and Design of Linear Circuits, 5e. John Wiley & Son, Inc, 2006.
9. **J.-M. Pointevin** Exercices d'électromique. 2^e édition DUNOD 2003
10. **F. Manneville et J. Esquieu** électroniques Systèmes bouclés linéaires, Dunod, 2005.
11. **William H. Hayt, Jr and...** Engineering Circuit Analysis, 7e. McGraw – Hill, 2007.
12. **Frédéric de Coulon** Theorie et Traitement des signaux. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2005
13. **David Comer and Donald Comer** Fundamentals of Electronic Circuit. Design John Wiley & Son, Inc, 2003.
14. **C.K. Alexander M. N.O. Sadiku** Fundamentals of Electric Circuits. McGraw – Hill, 2004.
15. **MATLAB version 7.5**. The Matwork.Inc. Natick. MA, 2007.

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	3
Chương 1. Các đại lượng điện cơ bản và chức năng cơ sở.....	3
Đề bài.....	3
Trả lời và hướng dẫn giải	10
Chương 2. Biểu diễn phức dòng điện và mạch điện xoay chiều	222
Đề bài.....	22
Trả lời và hướng dẫn giải	29
Chương 3. Những định luật cơ bản trong các mạng điện tuyến tính	411
Đề bài.....	43
Trả lời và hướng dẫn giải	533
Chương 4. Mạch điện trong chế độ xung.....	78
Đề bài.....	78
Trả lời và hướng dẫn giải	82
Chương 5. Biến đổi fourier và mật độ phổ công suất của tín hiệu	97
Đề bài.....	97
Trả lời và hướng dẫn giải	100
Chương 6. Mạch điện trong chế độ điều hòa AC với tần số thay đổi.....	114
Đề bài.....	1144
Trả lời và hướng dẫn giải	1200
Chương 9. Các mạch điện với khuếch đại thuật toán.....	140
Đề bài.....	140
Trả lời và hướng dẫn giải	155
Chương 10. Mạng một cổng và hai cổng	187
Đề bài.....	187
Trả lời và hướng dẫn giải	195
Chương 11. Các loại mạch lọc thụ động	223
Đề bài.....	223
Trả lời và hướng dẫn giải.....	234
Tài liệu tham khảo.....	278