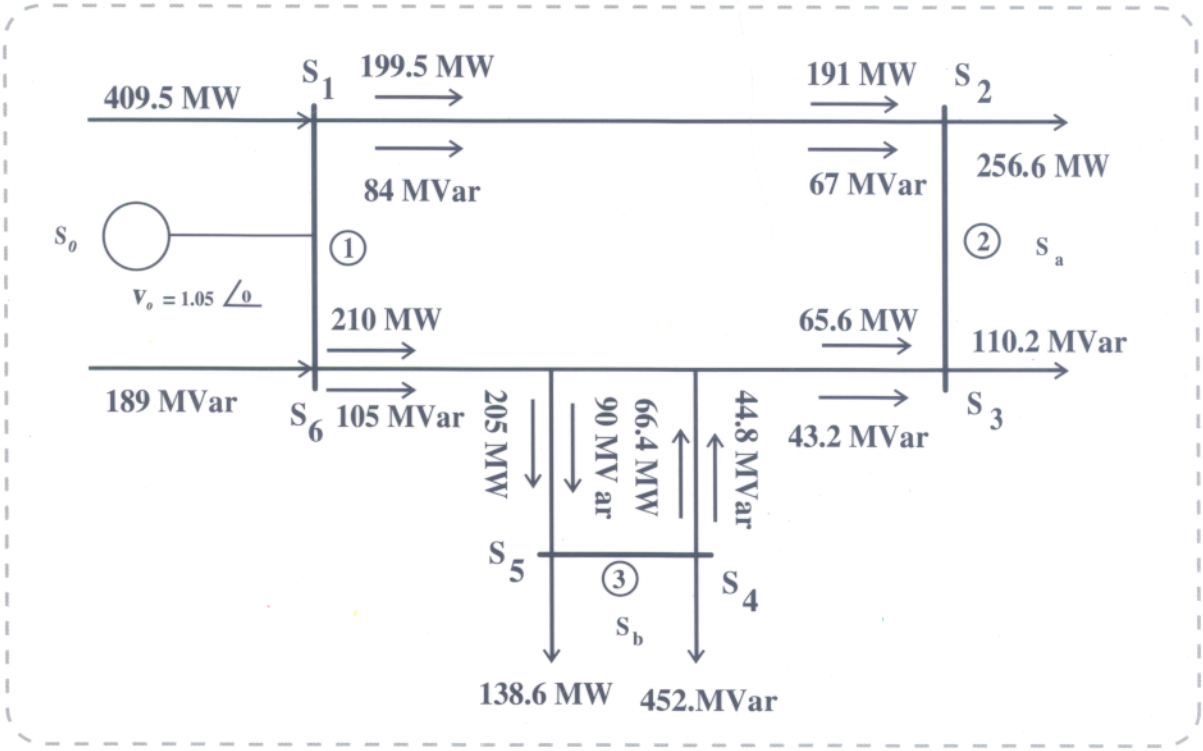
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT - KHOA ĐIỆN

NGUYỄN VINH QUANG
BIÊN SOẠN

GIẢI TÍCH MẠNG
BẰNG PHƯƠNG TRÌNH CĂN BẢN



CÓ KÈM ĐĨA CD

DÀNH CHO SINH VIÊN CAO ĐẲNG
ĐẠI HỌC CHUYÊN NGÀNH & KỸ SƯ

- ĐIỆN
- ĐIỆN TỰ ĐỘNG
- ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG
- TỰ ĐỘNG HÓA

NHÀ XUẤT BẢN PHƯƠNG ĐÔNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT - KHOA ĐIỆN
NGUYỄN VINH QUAN
(Biên soạn)

GIẢI TÍCH MẠNG BẰNG PHƯƠNG TRÌNH CĂN BẢN

NHÀ XUẤT BẢN PHƯƠNG ĐÔNG

Lời nói đầu

+ *Giải tích mạng bằng phương trình căn bản* là một phương pháp hoàn toàn mới, dễ hiểu và hiệu quả, là phương pháp giải trực tiếp nên giúp cho người học thu nhận được tất cả các tính chất của một mạng điện mà không thông qua phép tính trung gian rườm rà vốn có của các cách giải trước đây.
+ Phương pháp này cho phép diễn tả các nguồn độc lập hay phụ thuộc bởi phương trình tương ứng đơn giản và đặc biệt là mặc dù vị trí của nguồn nằm bất kỳ nơi nào trong mạch điện nhưng dạng của phương trình vẫn không thay đổi.
+ Do tính chất bất biến của phương trình căn bản nên cho phép giải được các mạng điện từ dc cho đến ac công suất lớn mà điển hình là các lưới điện cung cấp trong điện lực.
+ Do cách giải mang tính trực quan, nên vấn đề xây dựng ma trận được thực hiện một cách đơn giản và nhanh chóng bằng cách nhìn trực tiếp vào mạng điện cho dù có bao nhiêu màng hay nút.
+ Phương pháp này rất hiệu quả cho các loại mạng điện mang tính phân bố như : Phân bố dòng điện, Phân bố điện thế và Phân bố công suất, cho phép thiết kế, vận hành hệ thống điện, khảo sát hệ thống ở chế độ trước và sau sự cố, điều chỉnh điện áp, công suất và vận hành kinh tế hệ thống điện, . . . từ đó có thể dễ dàng mở rộng lưới điện cung cấp cho tương lai.
+ Đặc biệt phương pháp này còn cho phép chuyển đổi từ hệ phương trình phi tuyến về dạng tuyến tính để hòa hợp với ma trận chuẩn vốn có của bất kỳ một mạng điện nào, từ đó làm thành một ma trận thống nhất. Như vậy sự phân bố phức tạp trên mạng điện chỉ còn là một sự phân bố và hội tụ nghiệm đơn giản trên ma trận mà thôi.
+ Mặt khác, ngày nay với sự tham gia của máy tính trong hầu hết mọi lĩnh vực về khoa học kỹ thuật thì vấn đề giải thuật cũng cần phải bàn đến, với giải thuật phương trình căn bản cho phép chuyển đổi hệ n phương trình phi tuyến hay tuyến tính thành ma trận cấp n, thì lại một lần nữa cho thấy sự tương thích hoàn toàn giữa phương pháp này với sự có mặt của máy tính.

Giải tích mạng bằng phương trình căn bản gồm 8 chương :

Chương 1 : Mạch và các định lý phân giải mạch.
Chương 2 : Phương pháp phân rã mạng điện.
Chương 3 : Giải tích mạch điện bằng phương trình căn bản.
Chương 4 : Biến đổi Laplace.
Chương 5 : Biến thế và mạch lọc.
Chương 6 : Mạch điện và phương trình vi phân.
Chương 7 : Phương trình căn bản và sự phân bố trên mạng điện.
Chương 8 : Giải tích mạch điện bằng Simulink.

Đối tượng của quyển sách này là Kỹ sư, Cán bộ kỹ thuật, Sinh viên thuộc các chuyên ngành Điện, Điện tử, Viễn thông, Tự động hóa của các trường Đại học và Cao đẳng. Người đọc cũng cần có kiến thức cơ bản về *Ngôn ngữ lập trình Matlab.*

Quyển sách hoàn thành là do quá trình giảng dạy, nghiên cứu lâu dài và được sự tận tình giúp đỡ của các đồng nghiệp.

Để quyển sách ngày càng hoàn thiện hơn, chúng tôi rất mong nhận được sự đóng góp của độc giả.

NHỮNG VẤN ĐỀ MỚI TRONG QUYỂN SÁCH

Trong quyển sách này tác giả đã trình bày hai phương pháp giải tích một mạng điện hoàn toàn mới.

+Phương pháp thứ nhất :

Thành lập ma trận bằng phương pháp phân rã mạng điện, với phương pháp này cho phép giải tích trực tiếp trên một mạng điện.

+Phương pháp thứ hai :

Đưa ra các loại phương trình mà tác giả gọi là phương trình căn bản, với phương pháp này cho phép tính sự phân bố toàn phần trên các một mạng điện bất kỳ như : Phân bố điện áp, phân bố dòng điện và phân bố công suất.

TÁC GIẢ

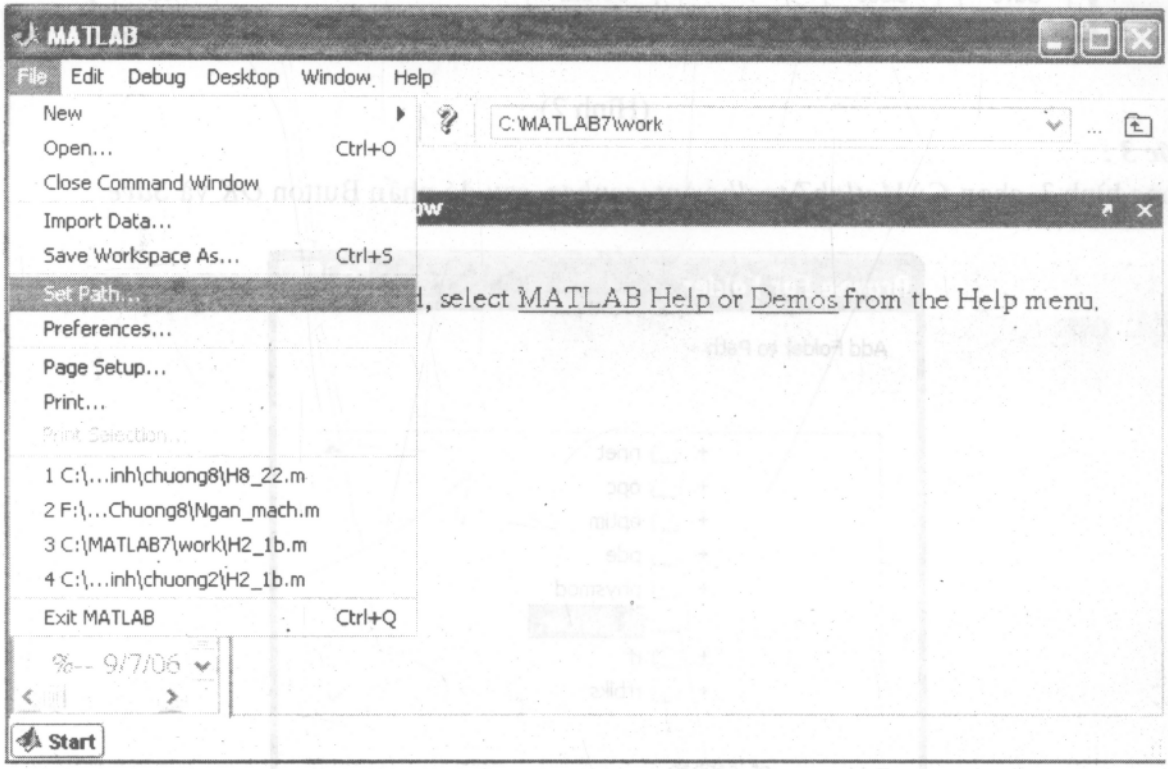
Cài đặt

Có 14 giải thuật phương trình căn bản được viết thành 14 *tập tin .m* tương ứng chứa trong thư mục *pt_canban* , để dễ hiểu ta nên cài đặt vào hệ thống của matlab.
Sau khi cài đặt xong Matlab sẽ xem 12 tập tin này là các tập tin thường trú.

1-Chép thư mục *A:\ pt_canban vào trong C:\matlab7\toolbox*
Như vậy sau khi chép xong ta có :
C:\matlab7\toolbox\ pt_canban

2-Khởi động Matlab7 và tuần tự làm các bước sau :

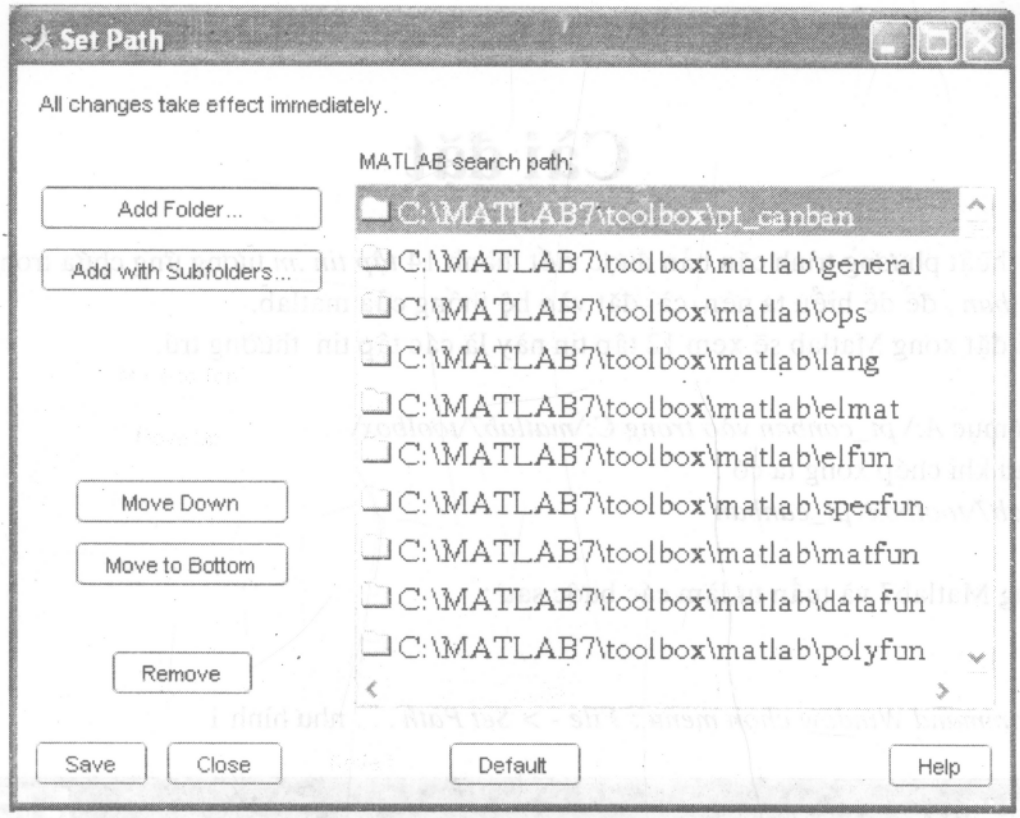
+ Bước 1 :
Trong *Command Window chọn menu : File - > Set Path* . . . như hình 1



(Hình 1)

+ Bước 2 :

Trong hình 2 nhấn vào Button *Add Folder . . .*



(Hình 2)

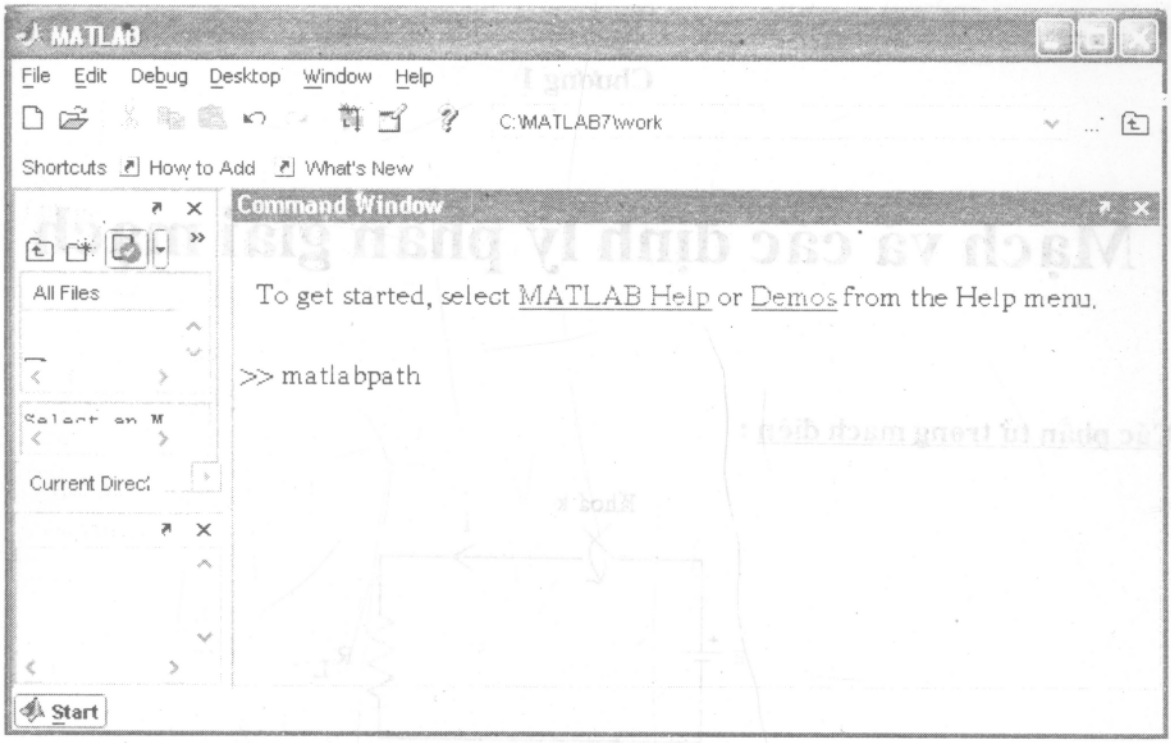
+ Bước 3 :

Trong hình 3 chọn *C:\Matlab7\toolbox\pt_canban*, sau đó nhấn Button *OK* và *Save*

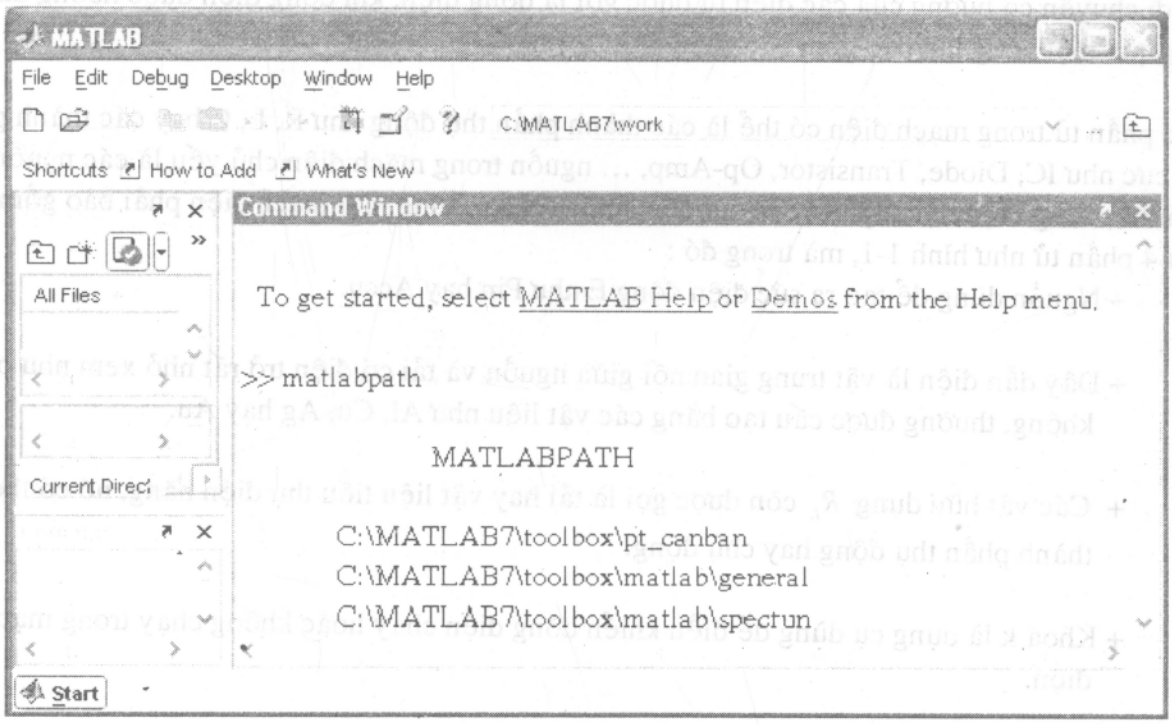
(Hình 3)

+ Bước 4 :

Trong Command Window đánh lệnh ***matlabpath*** để xem thư mục ***pt_canban*** sẽ được thêm vào như hình 4 và 5



(Hình 4)

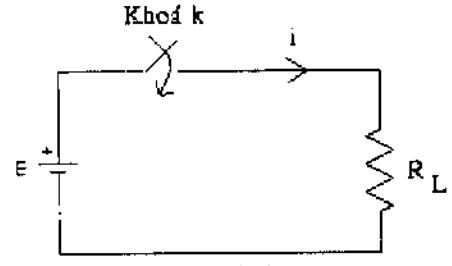


(Hình 5)

Chương 1

Mạch và các định lý phân giải mạch

1-1-Các phần tử trong mạch điện :



Hình 1-1

-Sự di chuyển có hướng của các điện tử được gọi là dòng điện, khi dòng điện được hướng dẫn chạy qua một vòng kín bao gồm các phần tử hữu ích thì gọi là mạch điện.

-Các phần tử trong mạch điện có thể là các thành phần thụ động như R, L, C hay các thành phần tích cực như IC, Diode, Transistor, Op-Amp, ... nguồn trong mạch điện chủ yếu là các nguồn điện thế, dòng điện độc lập hoặc phụ thuộc, nhưng nhìn chung một mạch điện phải bao gồm ít nhất 4 phần tử như hình 1-1, mà trong đó :

+ Nguồn dùng để tạo ra sức điện động E như Pin hay Accu.

+ Dây dẫn điện là vật trung gian nối giữa nguồn và tải có điện trở rất nhỏ xem như bằng không, thường được cấu tạo bằng các vật liệu như Al, Cu, Ag hay Au.

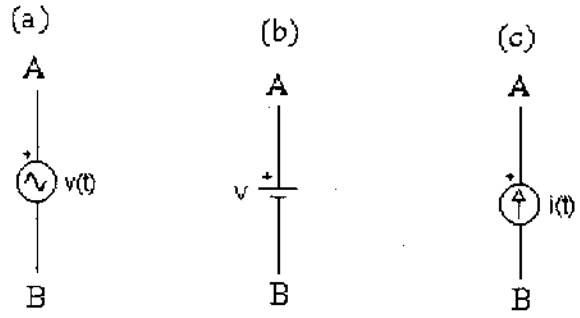
+ Các vật hữu dụng R_L còn được gọi là tải hay vật liệu tiêu thụ điện năng, nó có thể là thành phần thụ động hay chủ động.

+ Khoá k là dụng cụ dùng để điều khiển dòng điện chạy hoặc không chạy trong mạch điện.

1-2-Nguồn điện :

Nguồn trong một mạch điện là phần tử lưỡng cực nhưng không có được sự liên hệ trực tiếp giữa hiệu điện thế và dòng điện, do đó nếu biết một trong hai biến số ta không thể suy ra biến số còn lại.

1-2-1- Nguồn độc lập :



Hình 2_1

-Nguồn độc lập là những phần tử mà hiệu thế hay dòng điện luôn được cho sẵn. Nguồn điện thế độc lập ở hình 2-1a có hiệu thế là v(t) là một hàm số ấn định theo thời gian và hoàn toàn độc lập với mạch ngoài, trong khi giá trị của dòng điện thì phụ thuộc vào mạch bên ngoài nối vào nguồn v(t) và có thể chạy theo bất cứ chiều nào, khi v(t) là hằng số không phụ thuộc vào thời gian thì nguồn như vậy được biểu diễn ở hình 2-1b.

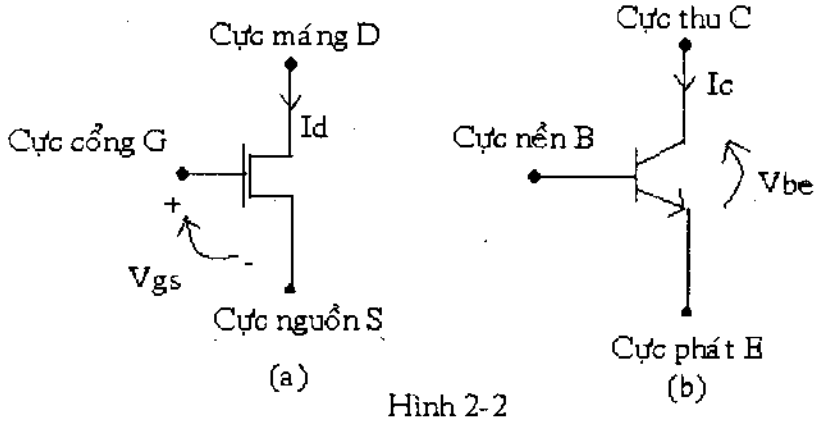
-Nguồn dòng điện độc lập như hình 2-1c có giá trị định sẵn bất chấp mạch nối bên ngoài, hiệu thế ngang qua nguồn phụ thuộc vào mạch ngoài và có thể có bất kỳ gía trị nào.

+Nguồn điện thế có giá trị zero là mạch nối tắt.

+Nguồn dòng điện có giá trị zero là mạch hở.

1-2-2- Nguồn độc lập :

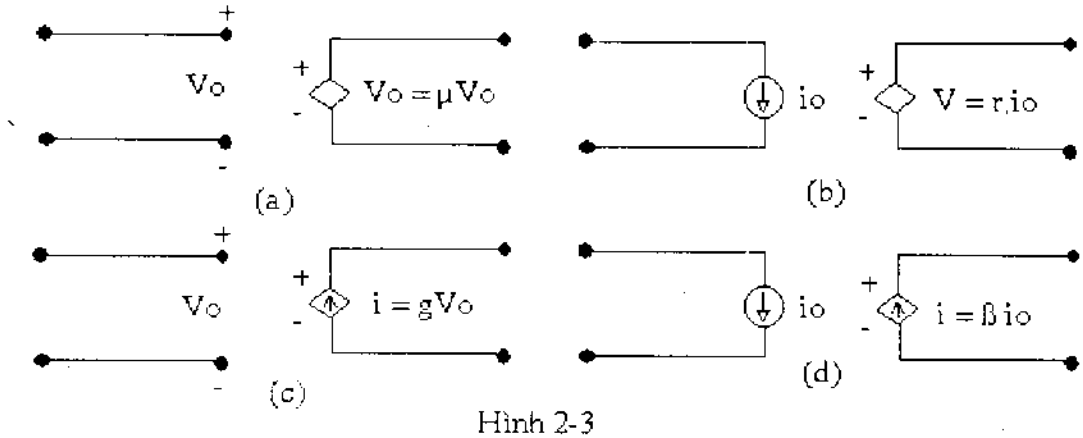
-Nguồn lệ thuộc có trị số không độc lập với mạch ngoài mà là một hàm số của điện thế hay dòng điện khác ở trong mạch. Những nguồn này đặc biệt quan trọng trong việc xây dựng kiểu mẫu của các linh kiện điện tử.



Hình 2-2

-Hình 2-2a là loại MOSFET kênh n, dòng điện Id chạy trong cực máng D thì phụ thuộc vào điện thế phân cực Vgs.

-Hình 2-2b là Transistor loại n - p - n, dòng điện Ic chạy trong cực thu C được điều khiển bởi điện thế phân cực Vce.



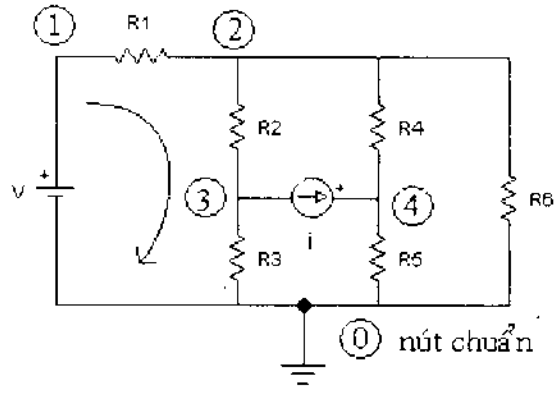
Hình 2-3

-Hình 2-3 là ký hiệu cho 4 nguồn phụ thuộc, trong đó r và g là điện trở và điện dẫn, còn μ và β là hằng số.

1-3- <u>Định luật kirchhoff</u> :

-Nếu trong một mạch điện chỉ có phần tử duy nhất là điện trở thì công cụ phân giải mạch là định luật Ohm.

-Khi trong mạch có từ hai phần tử trở lên và được ghép với nhau bởi các đoạn dây dẫn có điện trở bằng zero thì công cụ phân giải mạch là định luật Kirchhoff.



Hình 3-1

+Các quy ước trong mạch điện :

-Nhánh : Chỉ chứa duy nhất một phần tử và được kết thúc bởi hai nút ở hai đầu.

-Nút : Là giao điểm giữa hai hay nhiều nhánh, chẳng hạn như nút thứ hai trong hình vẽ chứa các phần tử R1, R2, R4 và R6.

-Màng : Là một đường vòng kín nối liền các nút, như vòng 1 trong hình chứa các phần tử R1, R2, R3 và nguồn điện thế v(t).

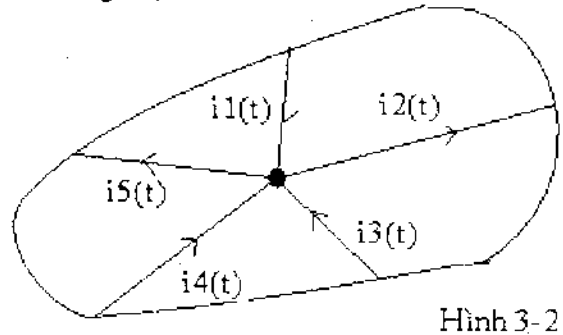
1-3-1-<u>Định luật thứ nhất</u> : (Định luật Kirchhoff về dòng điện : KCL)

Tổng đại số của những dòng điện đi đến một nút thì triệt tiêu :

$$\sum_{j=1}^{N} i_j(t) = 0 \quad (3\text{-}1)$$

.Với $i_j(t)$ là dòng điện nhánh j đi vào nút, và j sẽ là số nhánh được nối đến nút.

. Người ta gán dấu + cho các dòng điện đi vào nút và dấu - cho các dòng điện đi ra khỏi nút.



Hình 3-2

-Áp dụng định luật Kirchhoff về dòng điện, ta có :

$$i_1(t) + i_3(t) + i_4(t) - i_2(t) - i_5(t) = 0$$

-Nếu nhân hai vế phương trình cho -1, ta có :

$$-i_1(t) - i_3(t) - i_4(t) + i_2(t) + i_5(t) = 0$$

$\Rightarrow$ Tổng các dòng điện đi ra khỏi một nút sẽ bằng zero.

-Nếu chuyển vế phương trình thì ta có tổng các dòng điện đi đến một nút bằng tổng các dòng điện từ nút đó đi ra :

$$i_1(t) + i_3(t) + i_4(t) = i_2(t) + i_5(t)$$

+Tóm lại :

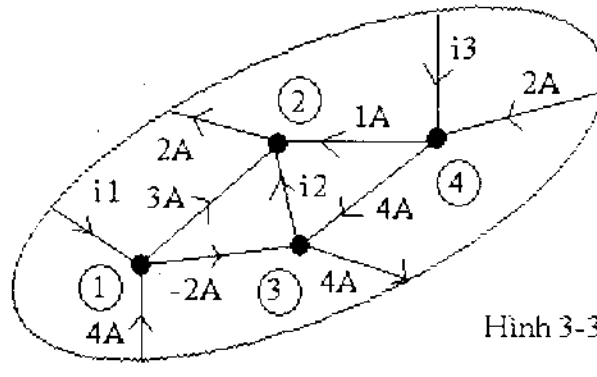
Có ba cách để phát biểu định luật Kirchhoff thứ nhất :

1-Tổng các dòng điện đi đến một nút bằng zero.

2-Tổng các dòng đi ra khỏi nút bằng zero.

3-Tổng các dòng điện đi đến một nút bằng tổng các dòng điện đi ra khỏi nút đó.

Thí dụ 1:



Hình 3-3

-Áp dụng cho nút 1 : $i_1 + 4A = 3A - 2A \Rightarrow i_1 = -3A$

-Áp dụng cho nút 2 : $i_2 + 1A + 3A = 2A \Rightarrow i_2 = -2A$

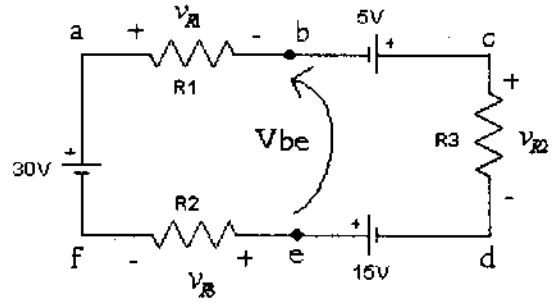
-Áp dụng cho nút 3 : $-2A + 4A = i_2 + 4A \Rightarrow i_2 = -2A$

-Áp dụng cho nút 4 : $i_3 + 2A = 1A + 4A \Rightarrow i_3 = 3A$

1-3-2-<u>Định luật thứ hai</u> : (Định luật Kirchhoff về điện thế : KVL)
Tổng đại số của những hiệu điện thế trong một màng thì triệt tiêu :

$$\sum_{j=1}^{N} v_j(t) = 0 \quad (3\text{-}2)$$

Với $v_j(t)$ là điện thế ngang qua nhánh thứ j trong màng chứa N hiệu điện thế.



Hình 3-4

+Có 4 quy ước :
-Quy ước 1 : Bắt đầu tại a

$$-v_{R1} + 5v - v_{R2} + 15v - v_{R3} + 30v = 0$$

-Quy ước 2 : Bắt đầu tại f

$$v_{R3} - 15v + v_{R2} - 5v + v_{R1} - 30v = 0$$

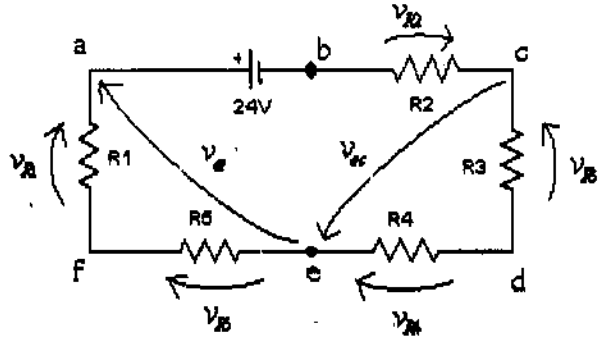
-Quy ước 3 : Bắt đầu tại a

$$v_{R1} - 5v + v_{R2} - 15v + v_{R3} - 30v = 0$$

-Quy ước 4 : Bắt đầu tại f

$$-v_{R3} + 15v - v_{R2} + 5v - v_{R1} + 30v = 0$$

Thí dụ 2:
Cho $v_{R1} = 2v$, $v_{R2} = 4v$, $v_{R4} = 9v$, $v_{R5} = -3v$. Tìm v_{R3}, v_{ae}, v_{ec}



Hình 3-5

+Giải :

-Áp dụng quy ước 3 và bắt đầu tại a cho màng abcdefa :

$$24v - v_{R2} + v_{R3} - v_{R4} + v_{R5} - v_{R1} = 0$$

$$\Rightarrow v_{R3} = -24v + v_{R2} + v_{R4} - v_{R5} + v_{R1}$$

$$= -24v + 4v + 9v + 3v + 2v$$

$$= -6v$$

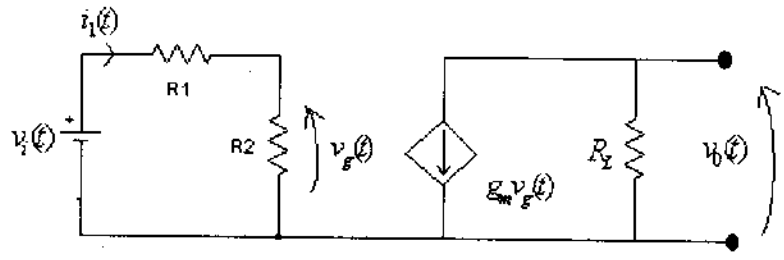
-Áp dụng cho màng aefa : $v_{ae} + v_{R5} - v_{R1} = 0 \Rightarrow v_{ae} = v_{R1} - v_{R5} = 2v + 3v = 5v$

-Áp dụng cho màng cdec : $v_{R3} - v_{R4} + v_{ec} = 0 \Rightarrow v_{ec} = v_{R4} - v_{R3} = 9v + 6v = 15v$

1-4-<u>Mạch với nguồn phụ thuộc</u> :

Nguồn phụ thuộc rất quan trọng, thường được sử dụng trong các linh kiện điện tử như Transistor lưỡng cực (BJT), Transistor trường (FET hay MOSFET), các linh kiện tương tự như bộ khuếch đại thuật toán Op-Amp, các bộ nhớ ROM, RAM, vi xử lý, ...

Xét kiểu mẫu tương đương của mạch khuếch đại tín hiệu trung tần sử dụng FET phân cực nguồn chung (cực S chung) hay loại Transistor lưỡng cực phân cực kiểu phát chung (cực E chung). Tìm độ lợi khuếch đại của mạch



Hình 3-6

+Giải :

Trong mạch có nguồn dòng phụ thuộc $g_m\ v_g(t)$ được điều khiển bởi điện thế.

-Áp dụng KVL cho màng ngõ vào :

$$v_i(t) = (R_1 + R_2).i(t)$$

Với $\quad v_g(t) = R_2.i_1(t)$

$$\Rightarrow v_g(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2}.v_i(t) \quad (1)$$

-Điện thế ngõ ra :

$$v_0(t) = -g_m.v_g(t).R_L \quad (2)$$

-Thay phương trình (1) vào (2)

$$\Rightarrow v_0(t) = -g_m R_L \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_i(t)$$

-Độ lợi khuếch đại điện thế của mạch là :

$$\frac{v_0(t)}{v_i(t)} = -g_m \frac{R_L.R_2}{R_1 + R_2}$$

1-5-Mạch tuyến tính :

Mạch được gọi là tuyến tính khi quan hệ giữa dòng điện và điện thế trong mạch là hàm bậc nhất theo thời gian, như điện trở là thành phần tuyến tính trong mạch điện vì có quan hệ giữa dòng điện và điện thế của nó là tuyến tính, và ta có :

$$v(t) = R.i(t) \quad (5\text{-}1)$$

Trường hợp mạch có linh kiện là điện trở, nếu có dòng điện $i_1(t)$ chạy qua thì hiệu thế ngang hai đầu điện trở là :

$$v_1(t) = R.i_1(t) \quad (5\text{-}2)$$

Nếu dòng điện chạy trong mạch là $i_2(t)$ thì ta có :

$$v_2(t) = R.i_2(t) \quad (5\text{-}3)$$

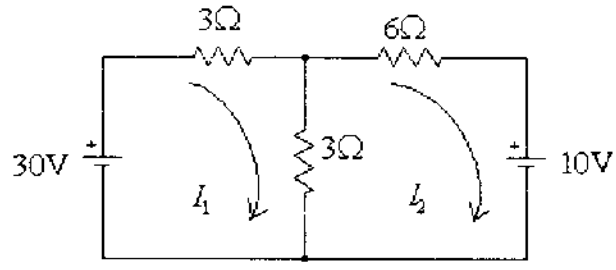
Vậy nếu $i_1(t)$ và $i_2(t)$ cùng chạy qua cùng một điện trở thì :

$$v(t) = R(i_1(t) + i_2(t)) = R.i_1(t) + R.i_2(t)) = v_1(t) + v_2(t)$$

Nếu có $K_1 i(t)$ dòng điện chạy qua điện trở với $K_1 = cons\tan t$

$$RK_1 i(t) = K_1 R.i(t) = K_1.v(t) \quad (5\text{-}5)$$

Thí dụ 1 :



Hình 5-1

-Áp dụng KVL cho hai màng :

$$30 = 6I_1 - 3I_2 \quad (1)$$

$$-10 = -3I_1 + 9I_2 \quad (2)$$

Từ phương trình (2) nhân hai vế cho 2, ta có :

$$-20 = -6I_1 + 18I_2 \quad (3)$$

Cộng phương trình (2) và phương trình (3) :

$$10 = 15I_2 \Rightarrow \quad I_2 = \frac{10}{15}A$$

Thay vào phương trình (1)

$$I_1 = (30 + 3.\frac{10}{15})\frac{1}{6} = \frac{16}{3}A$$

Kết quả ta có :

$$I_1 = \frac{16}{3}A \text{ và } I_2 = \frac{10}{15}A$$

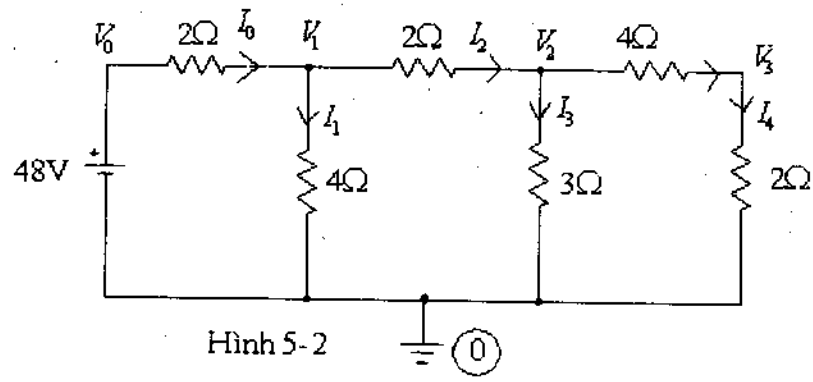
+Nếu tăng đôi hai nguồn điện thế, ta có :

$$\begin{aligned} 60 &= 6I_1 - 3I_2 \\ -20 &= -3I_1 + 9I_2 \end{aligned} \quad \Rightarrow I_1 = \frac{32}{3}A \text{ và } I_2 = \frac{20}{15}A$$

Vậy do tính chất tuyến tính của mạch điện : Nếu giá trị của hai nguồn điện thế được tăng đôi thì giá trị của dòng điện I_1 và I_2 cũng tăng đôi.

Thí dụ 2 :

Tìm điện thế V_3 của mạch điện sau :



Hình 5-2

+Giải :

-Giả sử cho V_3 = 1v, thì ta có : $I_4 = \frac{V_3}{2} = 0.5A$

Mà $V_2 = 4I_4 + V_3 = 4.(0.5A) + 1v = 3v \Rightarrow I_3 = \frac{V_2}{3} = 1A$

-Áp dụng KCL tại nút V_2 :

$$I_2 = I_3 + I_4 = 1.5A \Rightarrow V_1 = 2I_2 + V_2 = 3v + 3v = 6v$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{V_1}{4} = \frac{6}{4} = 1.5A$$

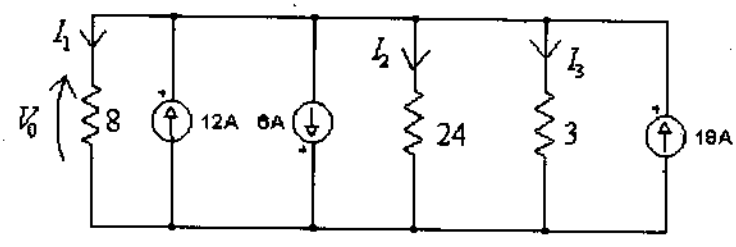
Với $I_0 = I_1 + I_2 = 1.5A + 1.5A = 3A \Rightarrow V_0 = 2I_0 + V_1 = 12v$

Vậy ta nhận thấy nếu V_3= 1v thì điện thế nguồn $V_0 = 12v$ mà theo đề bài thì $V_0 = 48v$, do đó giá trị thật sự của V_3 phải là :

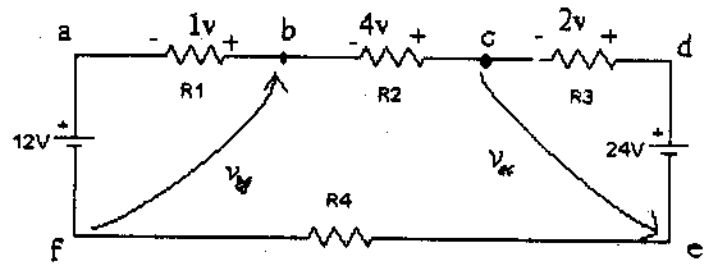
$$V_3 = 1v(\frac{48}{12}) = 4v$$

Bài tập

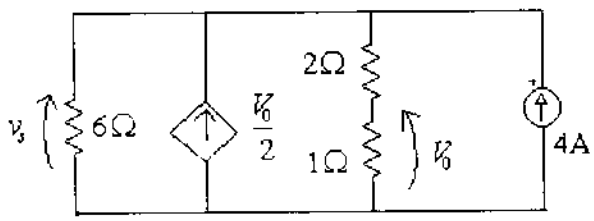
1-Áp dụng KCL tìm điện thế v_0 và dòng điện qua các nhánh.



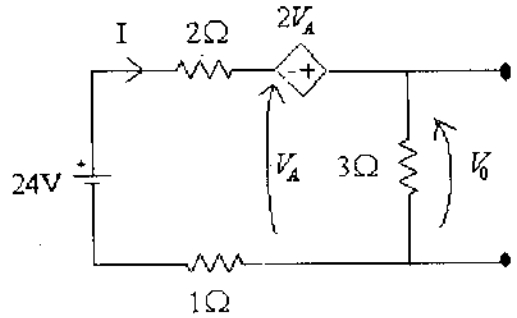
2-Áp dụng KVL tìm điện thế v_{R4} , v_{bf} và v_{ec}



3-Tìm v_0 của các mạch điện sau :



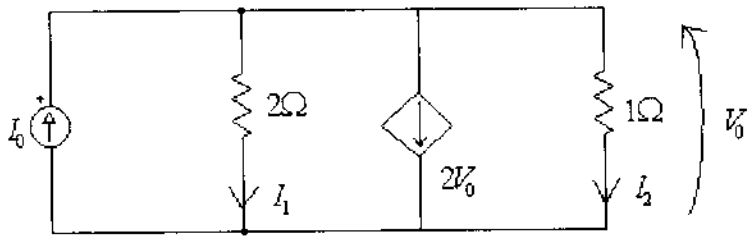
Đáp số : V_0=4v



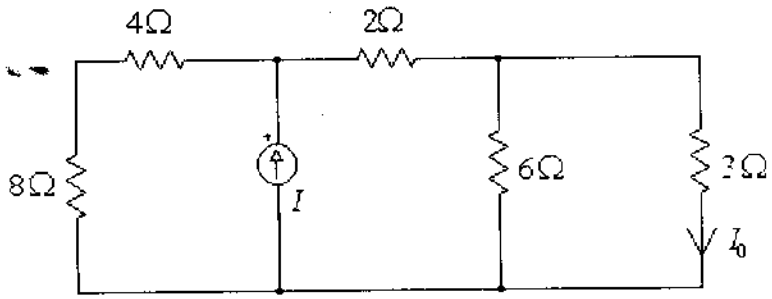
Đáp số : V_0=18v

4-Sử dụng tính tuyến tính của mạch điện để giải các mạch sau :

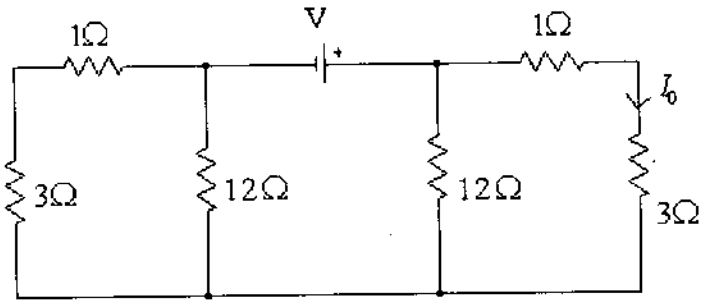
a-Giả sử chọn $V_0 = 1v$. Tìm giá trị thật của V_0 nếu $I_0 = 4A$



b-Giả sử chọn $I_0 = 1A$. Tìm giá trị thật của I_0 nếu $I = 12A$



c-Giả sử chọn $I_0 = 1A$. Tìm giá trị thật của I_0 nếu $V = 24v$



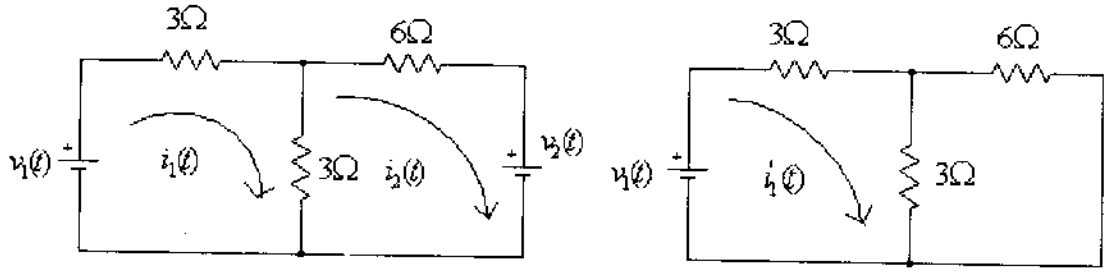
1-5-1-<u>Định lý chồng chập</u> :

+Định lý chồng chập là hệ quả của tính chất tuyến tính trong một mạch điện, định lý được phát biểu như sau :

+Đáp ứng đối với nhiều nguồn độc lập là tổng các đáp ứng đối với mỗi nguồn riêng lẻ. Khi tính đáp ứng đối với một nguồn độc lập ta giả sử các nguồn độc lập còn lại có giá trị zero.

+Vì nguồn điện thế có giátrị zero là mạch nối tắt trong khi nguồn dòng điện có giá trị zero là mạch hở do đó định lý chỉ liên quan đến các nguồn độc lập, còn các nguồn phụ thuộc có giá trị lệ thuộc vào các điện thế và dòng điện khác nên không được áp dụng.

Xét mạch như hình a :

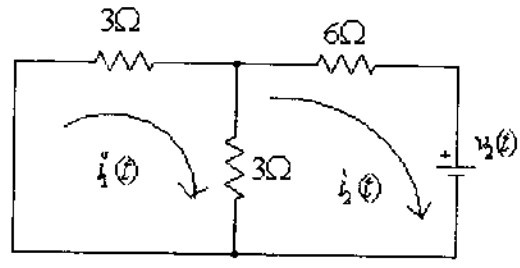


(a) (b)

+Bước 1 : Cho nguồn $v_2(t) = 0$, vẽ lại mạch như hình b

$$i_1'(t) = \frac{v_1(t)}{3 + \frac{3.6}{3+6}} = \frac{1}{5} v_1(t)$$

+Bước 2 : Cho nguồn $v_1(t) = 0$ vẽ lại mạch như hình c



(c)

$$v_2(t) = -(6 + \frac{3.3}{3+3}) i_2'(t) \quad \Rightarrow i_2'(t) = -(\frac{v_2(t)}{6 + \frac{9}{6}}) = -\frac{2}{15} v_2(t)$$

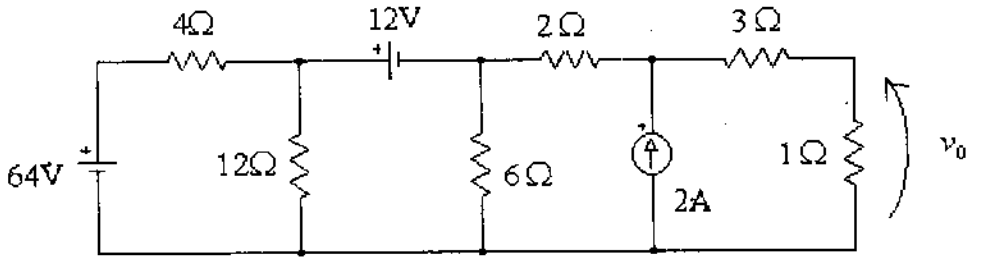
Áp dụng định lý phân dòng, ta có :

$$i_1''(t) = -\frac{2}{15} v_2(t) \frac{3}{3+3} = -\frac{1}{15} v_2(t)$$

Vậy dòng điện $i_1(t)$ là : $i_1(t) = i_1'(t) + i_2'(t) = \frac{1}{5} v_1(t) - \frac{1}{15} v_2(t)$

Thí dụ :

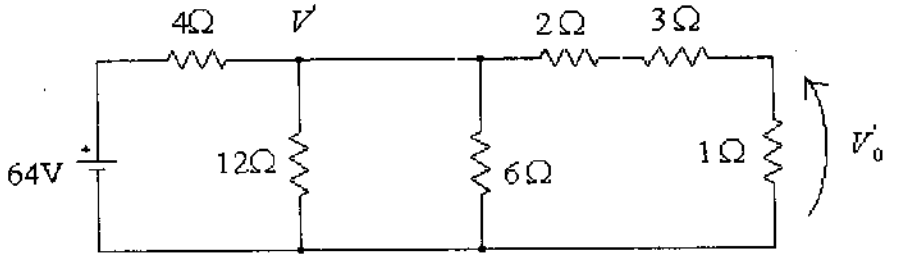
Tìm v_0 của các mạch điện sau :



(a)

+Giải :

-Cho nguồn điện thế 12v và nguồn dòng 2A bằng không

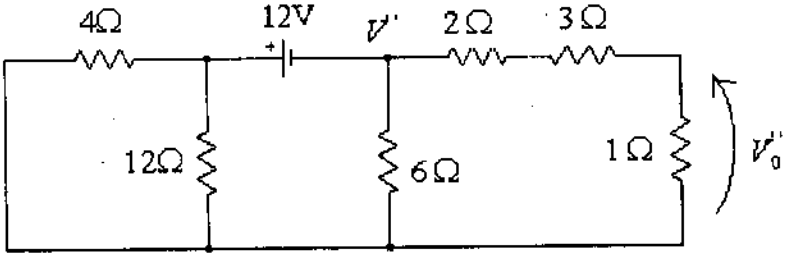


(b)

$$V' = \frac{64}{4 + \frac{12}{5}} = 24v$$

$$V_0' = \frac{V'}{4+3+1}.1v = 4v$$

-Cho nguồn điện thế 64v và nguồn dòng 2A bằng không

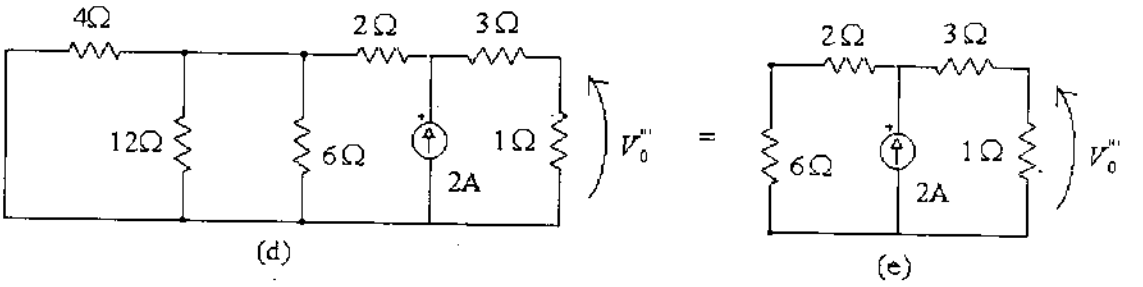


(c)

$$V'' = -12\frac{3}{3+3} = -6v$$

$$V_0'' = -\frac{V''}{2+3+1}.1v = -1v$$

-Cho nguồn điện thế 64v và 12v bằng không



(d) (e)

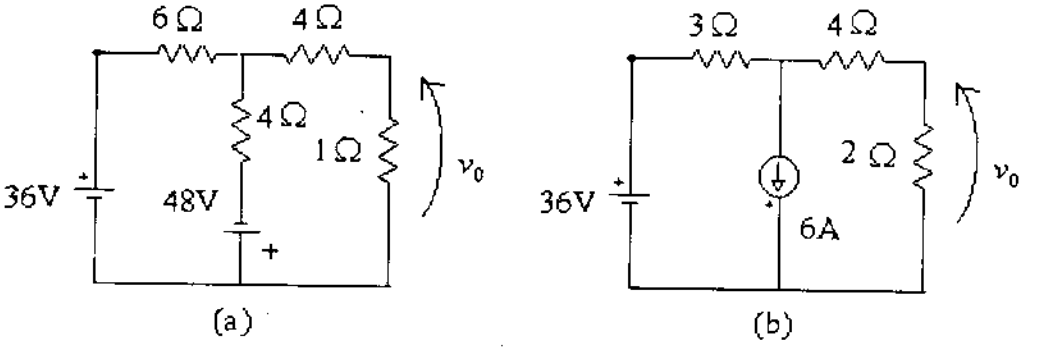
-Áp dụng định lý phân dòng :

$$I_1 = \frac{2A.(2+2)}{(2+2)+(3+1)} = 1A \quad \Rightarrow V_0''' = I_1.1\Omega = 1v$$

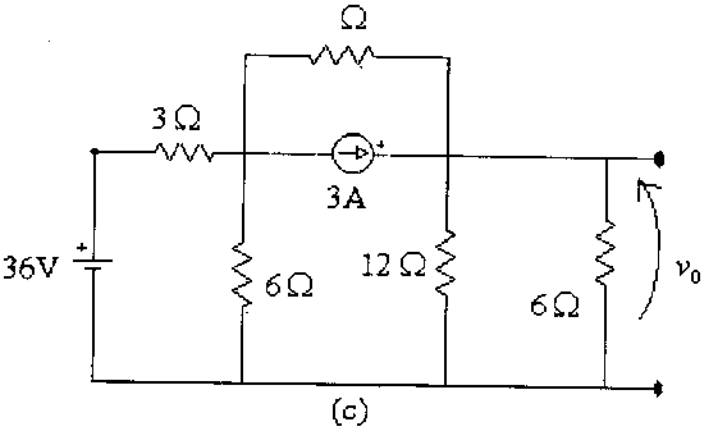
Vậy :

$$V_0 = V_0' + V_0'' + V_0''' = 4v - 1v + 1v = 4v$$

Bài tập : Tìm v_0 của các mạch điện sau bằng nguyên lý chồng chập :



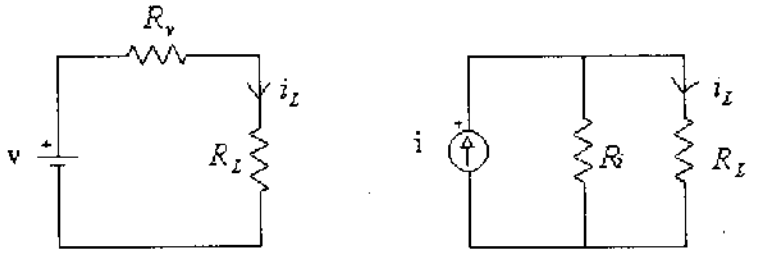
(a) (b)



(c)

1-5-2-<u>Biến đổi nguồn</u> :

Trên thực tế nguồn bao giờ cũng có điện trở trong của nó (xem hình vẽ), trong đó R_v và R_i lần lượt là điện trở trong của nguồn điện thế v và nguồn dòng điện i.



(a) (b)

Công suất tiêu thụ trên tải là :

$$P_L = i_L^2.R_L = (\frac{v}{R_v + R_L})^2.R_L$$

-Hay $$P_L = \frac{v^2}{R_L}(\frac{1}{1+\frac{R_v}{R_L}})$$

-Nếu tải R_L có giá trị rất lớn hơn điện trở trong R_v của nguồn thì :

$$P_L = \frac{v^2}{R_L}$$

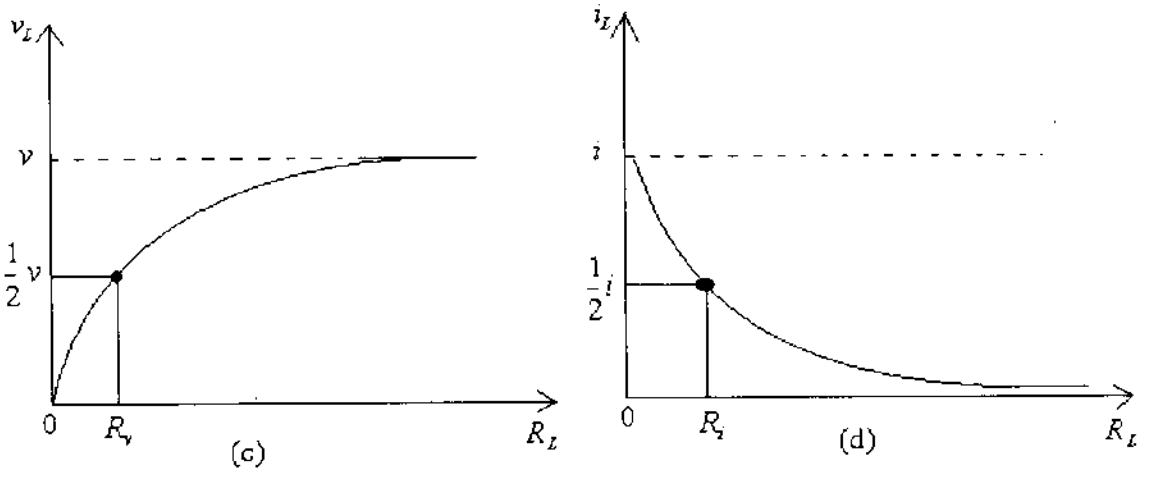
-Vậy đối với nguồn điện thế lý tưởng thì công suất tiêu thụ bằng công suất phát ra.

-Công suất phát ra bởi nguồn dòng điện được cho bởi định lý phân dòng như sau :

$$P_L = i_L^2.R_L = (\frac{i.R_i}{R_i + R_L})^2.R_L$$

$$= i^2.R_L(\frac{1}{1+\frac{R_L}{R_i}})^2$$

-Tương tư như trên, nếu ta có $R_i \gg R_L \Rightarrow P_l = i^2 R_L$



(c) (d)

-Hình c và d diễn tả ảnh hưởng của điện trở trong đối với nguồn điện thế và nguồn dòng điện, điện thế rơi trên tải sẽ lớn hơn và đạt đến gần bằng v khi điện trở tải rất lớn, nhưng dòng điện thì nhỏ.

+Điều kiện để mạch a bằng mạch b :

-Ở hình a :

$$v = i_L.R_v + v_L$$

-Ở hình b :

$$i = i_L + \frac{v_L}{R_i} \Rightarrow R_i.i = R_i.i_L + v_L$$

-Hai mạch a và b tương đương nhau khi :

$$v = i.R_i$$

$$R_v = R_i$$

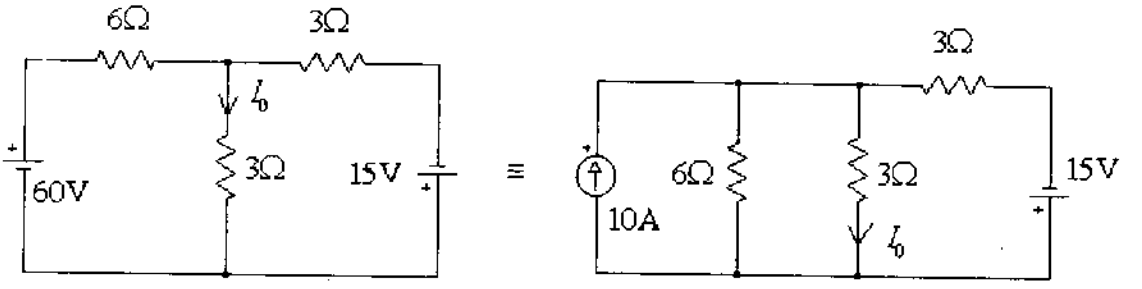
-Từ kết quả trên ta có kết luận quan trọng sau :

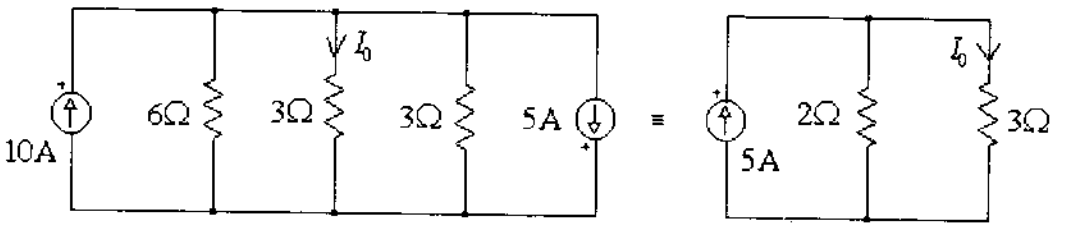
+Nguồn dòng điện i song song với điện trở R thì có thể được thay bằng một nguồn điện thế có giá trị v = i.R mắc nối tiếp với chính điện trở R.

+Nếu có nguồn điện thế v mắc nối tiếp với điện trở R thì có thể thay bởi một nguồn dòng điện có giá trị $i = \frac{v}{R}$ mắc song song với chính điện trở R.

Thí dụ :

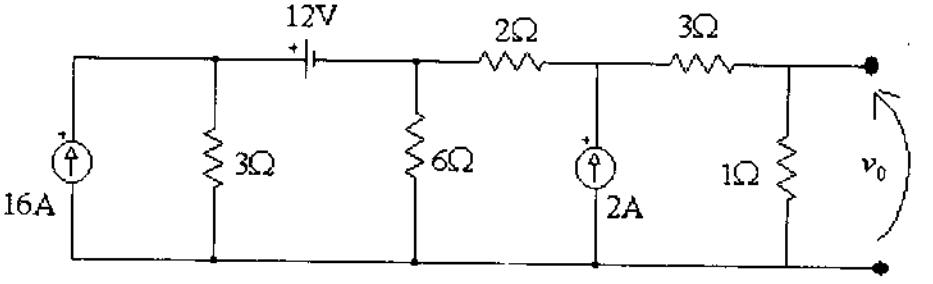
Tìm I_0 của mạch điện sau :



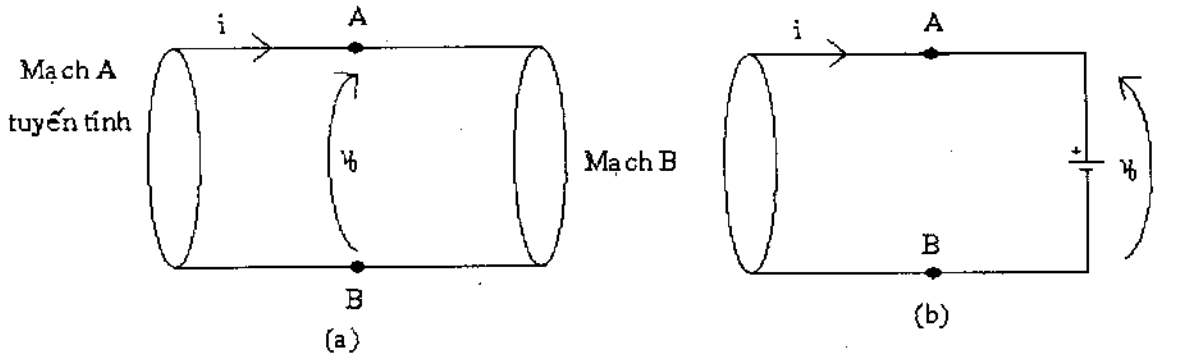


$$I_0 = 5\frac{2}{2+3} = 2A$$

Bài tập : Tìm v_0 trong mạch điện sau :



1-5-3-Định lý Thevenin và Norton :



+Phát biểu định lý Thevenin : Có thể thay toàn bộ mạch điện bao gồm tải bởi một mạch tương đương chứa duy nhất nguồn điện thế độc lập nối tiếp với điện trở mà quan hệ giữa dòng điện và điện thế trên tải vẫn không đổi.
+Phát biểu định lý Norton : Có thể thay toàn bộ mạch điện bao gồm tải bởi một mạch tương đương chứa duy nhất nguồn dòng điện độc lập mắc song song với điện trở.
Mạch B là tải có thể tuyến tính hay phi tuyến, còn mạch A phải là mạch tuyến tính. Vậy A có thể chứa nguồn độc lập hay lệ thuộc, điện trở hay bất kỳ một phần tử tuyến tính nào. Mạch A cấp một dòng điện i đến mạch B và sinh ra hiệu điện thế v_0, do đó có thể thay mạch B bởi một nguồn điện thế v_0 như hình b.

$$i = i_0 + i_{sc} \qquad (1)$$

Với i_0 là dòng điện qua nguồn v_0 và tất cả các nguồn độc lập chứa trong mạch A đều bằng zero. Mặt khác i_{sc} là dòng điện ngắn mạch trong A với v_0 được cho bằng không.
Vậy i_0, v_0 được thay bởi :

$$i_0 = -v_0 \frac{1}{R_{Th}} \qquad (2)$$

Với R_{Th} là điện trở tương đương nhìn ngược vào mạch A từ hai đầu AB với tất cả các nguồn độc lập trong A phải được cho bằng zero.
Thay phương trình (2) vào phương trình (1) :

$$i_0 = -v_0 \frac{1}{R_{Th}} + i_{sc} \qquad (3)$$

Khi cho $i = 0 \Rightarrow v_0 = v_{0c}$ là điện thế hở mạch thì phương trình (3) sẽ trở thành :

$$0 = -v_0 \frac{1}{R_{Th}} + i_{sc} \qquad (4)$$

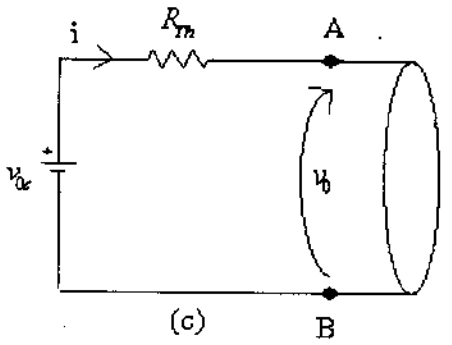
$$\Rightarrow v_{0c} = i_{sc} R_{Th} \ (5)$$

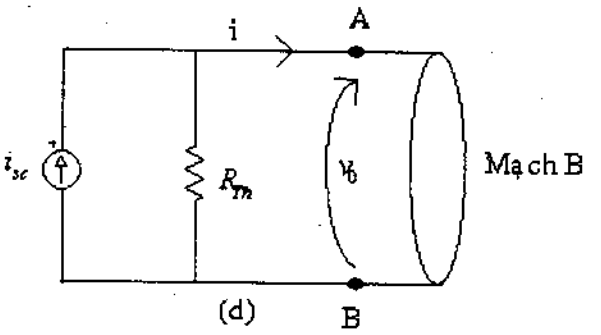
Thay phương trình (5) vào phương trình (3) :

$$\Rightarrow i = -v_0 \frac{1}{R_{Th}} + v_{0c} \frac{1}{R_{Th}}$$

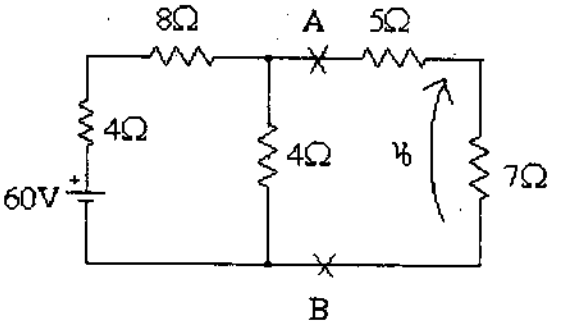
Hay $\quad v_0 = v_{0c} - i.R_{Th} \qquad (6)$

Trong đó phương trình (3) chính là phát biểu của định lý Norton được diễn tả như hình d và phương trình (6) là phát biểu của định lý Thevevnin được diễn tả
như hình c.

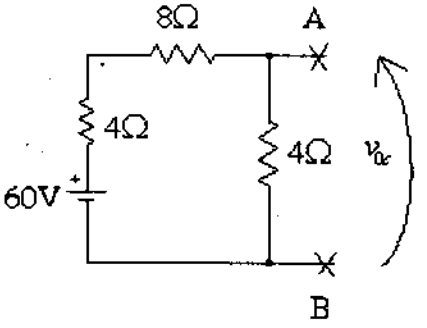




Thí dụ : Tìm v_0 của mạch điện sau :

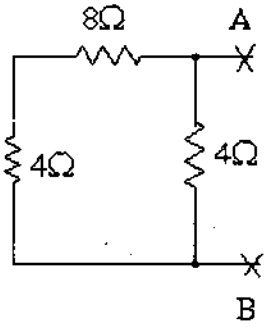


+Áp dụng định lý Thevevnin :
-Để hở hai đầu AB để tìm v_{0c} :



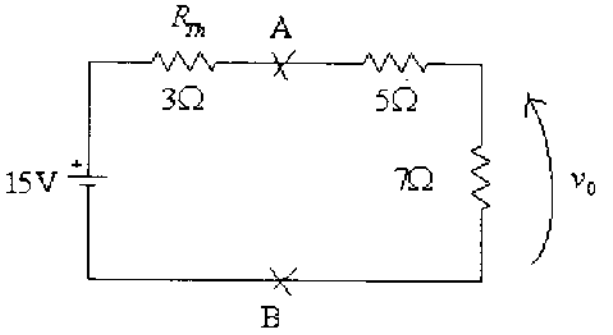
$$v_{0c} = 60v\frac{4}{4+4+8} = 15v$$

-Nối tắt nguồn điện thế để tìm điện trở tương đương R_{Th}



$$R_{Th} \quad R_{Th} = \frac{4(12)}{4+4+8} = 3\Omega$$

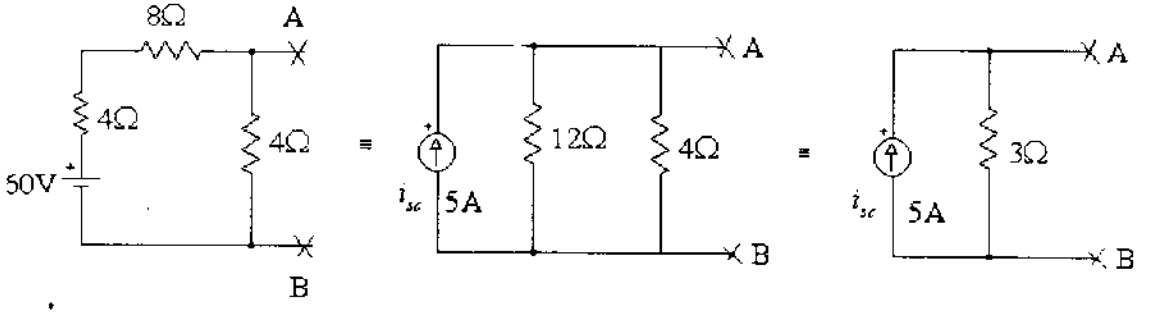
-Vẽ lại mạch để tìm v_0 :



$$v_0 = 15v\frac{7}{7+3+5} = 7v$$

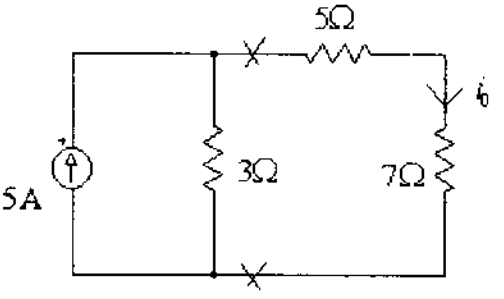
+Áp dụng định lý Norton :

-Để hở hai đầu AB để tìm dòng diện hở mạch i_{sc} :



$$i_{sc} = \frac{60v}{4\Omega + 8\Omega} = 5A$$

-Vẽ lại mạch để tìm v_0 :

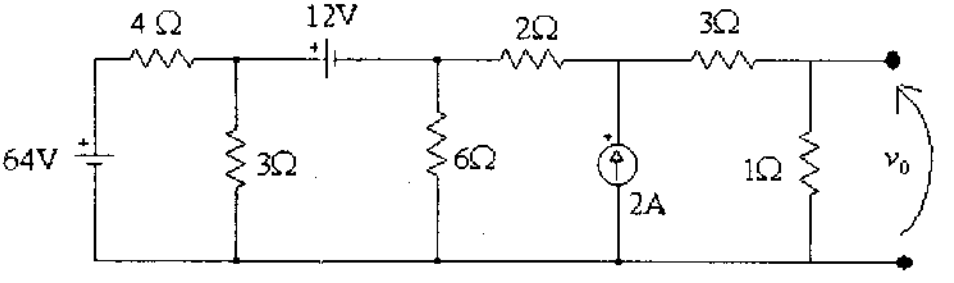


$$i_0 = 5A\frac{3\Omega}{3\Omega + 5\Omega + 7\Omega} = 1A$$

$$\Rightarrow v_0 = i_0.7\Omega = 7v$$

Bài tập

Áp dụng định lý Thevevnin và Norton để tìm v_0 trong mạch điện sau :



Đáp số : $v_0 = 4V$

Chương 2

Phương pháp phân rã mạng điện

+Trong chương một là phân giải các mạch điện đơn giản gồm một cặp nút hay màng, vì vậy chỉ có duy nhất một phương trình đại số cần tìm :

-Nếu mạch có hai nút, biết được điện thế nút ta tìm được tất cả các dòng điện có trong mạch.

-Nếu mạch có duy nhất một màng, biết được dòng điện chạy trong màng ta có thể tìm được tất cả các điện thế phân bố trong mạch .

+Trong trường hợp mạch có nhiều nút hay nhiều màng, tương ứng với hệ nhiều phương trình đại số tuyến tính. Để giải những mạch như vậy ta phải áp dụng phương trình màng và nút.

2-1-<u>Phương trình nút</u> :

a-<u>Thành lập ma trận A và b bằng KCL</u> :

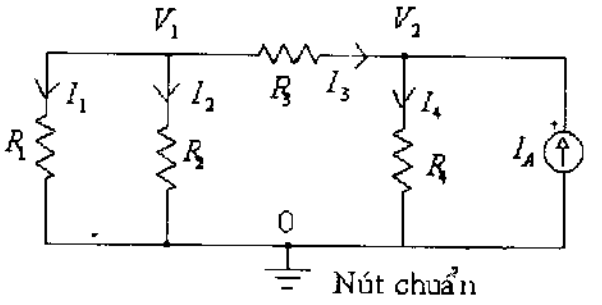
Trong phương trình nút thì ẩn số phải tìm là điện thế các nút chứa trong mạch :

-Mạch có N nút thì có N-1 phương trình độc lập.

-Chọn một nút làm chuẩn, nút chuẩn thường gồm nhiều nhánh nối nhất được gọi là mass và điện thế tại nút này bằng zero.

-Giải N-1 phương trình độc lập để tìm N-1 điện thế nút.

+Xét mạch điện hình 2-1 :



$R_1 = 0.5\,\Omega$, $R_2 = 1\Omega$

$R_3 = 1\Omega$, $R_4 = 0.5\,\Omega$

$I_A = 11\,A$

Hình 2-1

Mạch có N = 3 vậy có N – 1 = 2 phương trình độc lập tuyến tính, có nghiệm là điện thế các nút 1 và nút 2.

-Áp dụng KCL cho nút 1 : $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ (1)

-Áp dụng KCL cho nút 2 : $I_3 + I_A = I_4$ (2)

-Từ phương trình (1), ta có : $\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_1}{R_2}+\frac{(V_1-V_2)}{R_3}=0$

$$\Rightarrow (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3})V_1-\frac{1}{R_3}V_2=0 \qquad (3)$$

-Từ phương trình (2), ta có : $-\frac{V_1}{R_3}+(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4})V_2=I_A \qquad (4)$

-Giải hệ phương trình (3) và (4) ta tìm được thế tại hai nút V_1 và V_2

-Hệ phương trình trên cũng có thể được viết dưới dạng một ma trận như sau :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 0 \\ I_A \end{pmatrix} \qquad (5)$$

Với $A=\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} \end{pmatrix}$ là ma trận tổng dẫn.

Và $b=\begin{pmatrix} 0 \\ I_A \end{pmatrix}$ là ma trận dòng điện

Vậy điện thế tại hai nút chính là nghiệm của ma trận (5) : $V=A^{-1}b$

Trong đó A^{-1} là ma trận nghịch đảo của A

Tóm lại :

-Khi áp dụng định luật KCL thì A là ma trận tổng dẫn ,b là ma trận dòng điện và nghiệm phải tìm là điện thế các nút.

-Trong phần này ta áp dụng KCL theo quy tắc tổng các dòng điện đi ra khỏi nút bằng zero.

b-<u>Thành lập ma trận A và b bằng phương pháp phân rã mạng điện :</u>

<u>+Ma trận A :</u>

+ Mạch có N = 3 nút :

- Ma trận A có kích thước là hai hàng và hai cột tương ứng A(N-1 , N-1).
- Ma trận b có kích thước là hai hàng và một cột tương ứng b(N-1 , 1).
- Nghiệm cần tìm là điện thế các nút 1 và nút 2.
- Không cần chọn chiều dòng điện chạy trong mạng.

+ Có hai loại nút :

- Nút độc lập : Là nút mà giá trị tổng dẫn tại nút luôn dương.
- Nút liên kết : Là nút mà giá trị tổng dẫn tại nút luôn âm.

+ Để phân rã mạng điện Hình 2-1, ta bắt đầu đi thứ tự từ trái qua phải :
Vì có N = 3 nên ma trận A là :

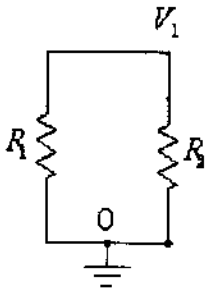
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

- Thành phần thứ nhất :

$$A_o = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- Nút độc lập :

Tại nút 1 và nút 0 có a_{11} là tổng giá trị tổng dẫn có trong nút và mang dấu dương



Phân rã tại nút 1 và 0

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

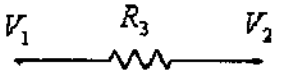
Ma trận tương ứng A_1

- Nút liên kết 1 và 2 có :

$a_{11} = \frac{1}{R_3}$ là tổng dẫn tại nút 1 mang dấu dương.

$a_{12} = -\frac{1}{R_3}$ là tổng dẫn liên kết của nút 1 và 2, mang dấu âm.

a_{12}



Phân rã tại nút 1 và 2

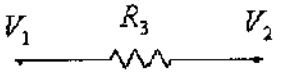
$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Ma trận tương ứng A_2

- Nút liên kết 2 và 1 có

$a_{21} = -\frac{1}{R_3}$ 1 là tổng dẫn liên kết của nút 2 và 1, mang dấu âm.

$a_{22} = \frac{1}{R_3}$ là tổng dẫn tại nút 2 mang dấu dương.

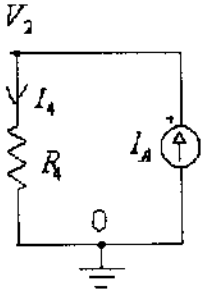


$$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} \end{pmatrix}$$

Phần tử tại nút 2 và 1 — Ma trận tương ứng A_3

- Nút độc lập :

Tại nút 2 và nút 0 có a_{22} là tổng giá trị tổng dẫn có trong nút và mang dấu dương



$$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_4} \end{pmatrix}$$

Phần tử tại nút 2 và 0 — Ma trận tương ứng A_4

+ Vậy ma trận A sẽ bằng tổng các ma trận thành phần :

$$A = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}}_{A_0} - \underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}}_{A_1} - \underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}}_{A_2} + \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} \end{pmatrix}}_{A_3} + \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_4} \end{pmatrix}}_{A_4}$$

<u>+Ma trận b :</u>

+ Cũng tương tự như việc thành lập ma trận A :

+ Kích thước ma trận b là (N-1,1) :

$$b = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix}$$

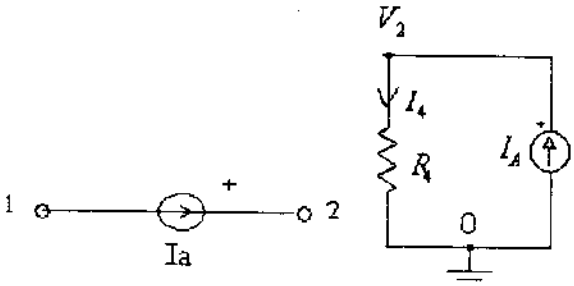
- Thành phần thứ nhất :

$$b_o = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- Tại nút độc lập 1 và 0 không có nguồn dòng nên b_{11}

$$b_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- Tại nút độc lập 2 và 0 có nguồn dòng I_a nênthành phần $b_{21} = I_a$



$$b_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ I_a \end{pmatrix}$$

+ Vậy ma trận b sẽ bằng tổng các ma trận thành phần :

$$b = b_0 + b_1 + b_2$$

$$b = \underset{b_0}{\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}} + \underset{b_1}{\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}} + \underset{b_2}{\begin{pmatrix} 0 \\ I_a \end{pmatrix}}$$

c-<u>Thành lập ma trận A và b bằng phương pháp trực tiếp từ mạch điện :</u>

-Với phương pháp phân rã ma trận sẽ cho phép tìm ma trận A và b trực tiếp trên mạch điện, làm cho vấn đề giải mạch trở nên vô cùng đơn giản.

+Cách viết ma trận A :

Qua phương pháp phân rã mạng điện, ta nhận thấy các phần tử nằm trên đường chéo của ma trận A luôn dương, các phần tử còn lại là thành phần nút liên kết luôn mang dấu âm.

-Bước 1 : Đầu tiên từ số nút thành lập ma trận $A = A_0$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

-Bước 2 : Thành lập hàng 1 ma trận A

* Hàng 1 chính là phương trình tại nút 1 :

-Trong hàng 1, xem phần tử a_{11} làm chuẩn nên luôn dương, và các phần tử còn lại của hàng 1 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} \overset{a_{11}}{\boxed{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} & \overset{a_{12}}{\boxed{-\frac{1}{R_3}}} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Với :

$+a_{11}$ là cộng tất cả các điện dẫn có trong nút 1 và có giá trị dương

$+a_{12}$ là cộng tất cả các điện dẫn có giữa nút 1 và nút 2 nhưng mang giá trị âm.

-Bước 3 : Thành lập hàng 2 ma trận A

* Hàng 2 chính là phương trình tại nút 2 :

-Trong hàng 2, xem phần tử a_{22} làm chuẩn nên luôn dương, và các phần tử còn lại của hàng 2 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ \underbrace{\boxed{-\frac{1}{R_3}}}_{a_{21}} & \underbrace{\boxed{\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}}}_{a_{22}} \end{pmatrix}$$

Với :

$+a_{22}$ là cộng tất cả các điện dẫn có trong nút 2 và có giá trị dương

$+a_{21}$ là cộng tất cả các điện dẫn có giữa nút 2 và nút 1 nhưng mang giá trị âm.

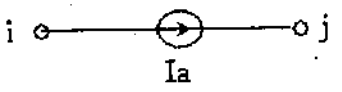
+Cách viết ma trận b :

-Bước 1 : Đầu tiên từ số nút thành lập ma trận $b = b_0$

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix}$$

-Bước 2 :

Luôn chọn chiều nguồn dòng điện theo chiều đã cho trong mạch điện



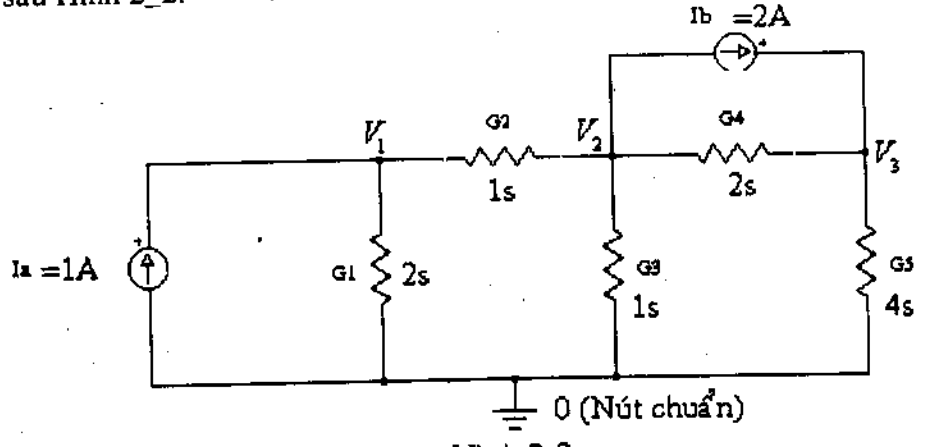
Nếu giữa nút i và j có nguồn dòng Ia thì phần tử tại hàng i âm và phần tử tại hàng j dương

Vì vậy trong mạch điện Hình 2_1 có nguồn dòng điện Ia đi từ nút 0 đến nút 2 nên ma trận b có hàng 2 phải dương :

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ Ia \end{pmatrix}$$

Thí dụ :

Xét mạch điện sau Hình 2_2:



Hình 2-2

Trong giải tích mạch điện, người ta thường dùng đại lượng điện dẫn có ký hiệu là G, bằng nghịch đảo của điện trở và có thứ nguyên bằng Siemens :

$$G = \frac{1}{R} \quad \Rightarrow \quad 1S = \frac{1A}{1V}$$

+Thành lập ma trận A :

-Bước 1 : Đầu tiên từ số nút thành lập ma trận $A = A_0$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 2 : Thành lập hàng 1 ma trận A

* Hàng 1 chính là phương trình tại nút 1 :

-Trong hàng 1, xem phần tử a_{11} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 1 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Với :

+a_{11} là cộng tất cả các điện dẫn có trong nút 1 và có giá trị dương

+a_{12} là cộng tất cả các điện dẫn có giữa nút 1 và nút 2 nhưng mang giá trị âm.

+a_{13} = 0 vì không có phần tử điện dẫn nào giữa nút 1 và nút 3.

-Bước 3 : Thành lập hàng 2 ma trận A

* Hàng 2 chính là phương trình tại nút 2 :

-Trong hàng 2, xem phần tử a_{22} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 2 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 & 0 \\ -G_2 & G_2 + G_3 + G_4 & -G_4 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Với :

+a_{22} là cộng tất cả các điện dẫn có trong nút 2 và có giá trị dương

+a_{21} là cộng tất cả các điện dẫn có giữa nút 2 và nút 3 nhưng mang giá trị âm.

+a_{23} là cộng tất cả các điện dẫn có giữa nút 2 và nút 1 nhưng mang giá trị âm.

-Bước 4 : Thành lập hàng 3 ma trận A

* Hàng 3 chính là phương trình tại nút 3 :

$$A = \begin{pmatrix} G_1+G_2 & -G_2 & 0 \\ -G_2 & G_2+G_3+G_4 & -G_4 \\ 0 & -G_4 & G_4+G_5 \end{pmatrix}$$

-Trong hàng 3, xem phần tử a_{33} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 3 đều âm.

Với :

+a_{33} là cộng tất cả các điện dẫn có trong nút 3 và có giá trị dương

+a_{32} là cộng tất cả các điện dẫn có giữa nút 3 và nút 2 nhưng mang giá trị âm.

+a_{31} = 0 vì không có phần tử điện dẫn nào giữa nút 3 và nút 1.

+Thành lập ma trận b :

-Bước 1 : Đầu tiên từ số nút thành lập ma trận b = b_0

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 2 :

Chọn nguồn dòng điện Ia đi từ nút 0 đến nút 1, như vậy ma trận b có hàng 1 dương

$$b = \begin{pmatrix} Ia \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 3 : thì

Chọn nguồn dòng điện Ib đi từ nút 2 đến nút 3, như vậy ma trận b có hàng 2 âm và hàng 3 dương :

$$b = \begin{pmatrix} Ia \\ -Ib \\ Ib \end{pmatrix}$$

Tóm lại :

+ Trong phương pháp phân rã mạng điện theo nút :

- A là ma trận tổng dẫn.

- b là ma trận dòng điện.

- Nghiệm phải tìm là điện thế các nút

2-1-1-Ứng dụng Matlab :

Khi áp dụng Matlab ta sẽ nhìn trực tiếp trên mạng điện để giải, mà cụ thể có hai cách :

a- *Phương pháp trực tiếp* :

- Đầu tiên nhập vào ma trận A và b.

-Tính nghiệm bằng phép chia ngược : V = A\b

+ Xét mạch điện hình 2_1

```
%Tập tin H2_1.m cho hình 2_1
function H2_1
clc % Xóa màn hình
%Khai báo biến
R1 = 0.5; R2 = 1; R3 = 1; R4 = 0.5; Ia = 11;
%Vào ma trận A(2,2) là ma trận tổng dẫn
A = [1/R1+1/R2+1/R3 , -1/R3 ; -1/R3, 1/R3+1/R4]
%Vào ma trận b(2,1) là ma trận dòng điện
b = [0 ; Ia]
%Tìm nghiệm là ma trận điện thế (Dùng phép chia ngược)
V = A\b;
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt'])
disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt'])
```

+ Xét mạch điện hình 2_2

```
%Tập tin H2_2.m cho hình 2_2
function H2_2
clc
%Khai báo biến
G1 = 2; G2 = 1; G3 = 1; G4 = 2; G5 = 4; Ia = 1; Ib = 2;
%Tìm ma trận tổng dẫn A(3 x 3)
A = [G1 + G2 , -G2 , 0 ; -G2 , G2 + G3 + G4 , -G4 ; 0 , -G4 , G4 + G5 ]
%Tìm ma trận dòng điện b(3 x 1)
b = [Ia ; -Ib ; Ib]
%Tìm nghiệm V(3 x 1)
V = A\b;
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt']) ,disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(V(3)) , ' Volt'])
```

b- ***Giải thuật phân rã mạch điện :***

Trong phép phân rã ta có hai hàm tìm ma trận A và b được giải thuật dựa vào việc thành lập tổng của các ma trận thành phần như sau :

+Tìm ma trận A bởi hàm A = A_array (i, j, val, Ao) :

- *A là ma trận tổng dẫn nếu áp dụng phân rã nút, và là ma trận tổng trở nếu áp dụng phân rã màng..*
- *Chỉ số i và j là vị trí của nút (nếu áp dụng phân rã nút) hay màng (nếu áp dụng phân rã màng) chứa trong mạch điện.*
- *Biến val là tất cả các giá trị của điện dẫn (nếu áp dụng phân rã nút) hay điện trở (nếu áp dụng phân rã màng) có trong nút hay màng i và j .*
- *Ma trận Ao xác định số phương trình độc lập, và cũng chính là các ma trận thành phần sau khi phân rã.*

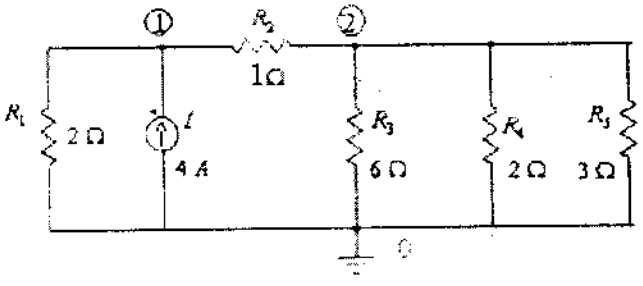
+Tìm ma trận b bởi hàm b = b_array(i, j, val, bo) :

- *b là ma trận dòng điện nếu áp dụng phân rã nút, và là ma trận điện thế nếu áp dụng phân rã màng...*
- *Chỉ số i và j là vị trí của nút (nếu áp dụng phân rã nút) hay màng (nếu áp dụng phân rã màng) chứa trong mạch điện.*
- *Biến val là tất cả các giá trị của dòng điện (nếu áp dụng phân rã nút) hay điện thế (nếu áp dụng phân rã màng) có trong nút hay màng i và j .*
- *Ma trận bo xác định số phương trình độc lập, và cũng chính là các ma trận thành phần sau khi phân rã.*

+Chú ý :

Khi áp dụng hai hàm trên, để tránh bỏ quên nút hay màng ta nên đi thứ tự từ trái sang phải của mạch điện cho đến khi hết nút hay màng thì dừng lại.

Thí dụ 1 : Tìm điện thế các nút của mạch điện hình 2-3 :



Hình 2-3

+Dùng phương pháp trực tiếp ta có ma trận A và b như sau :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} \\ -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \end{pmatrix} \quad \text{Và} \quad b = \begin{pmatrix} Ia \\ 0 \end{pmatrix}$$

```
%Tập tin H2_3.m
function H2_3
clc
%Khai báo biến
R1 = 2; R2 = 1; R3 = 6; R4 = 2; R5 = 3;   Ia = 4
%Tìm ma trận A;
A = zeros(2,2);
A = A_array(1, 0, 1/R1  + 1/R2 , A);
A = A_array(1, 2, 1/R2, A);
A = A_array(2, 0, 1/R3 + 1/R4 + 1/R5, A)
%Tìm ma trận b
b = zeros(2,1) ;
b = b_array(0, 1, Ia, b)
%Tìm nghiệm
V = A\b;
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']) . disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt'])
```

+Cách áp dụng :

- Vì mạch có 3 nút nên có hai phương trình độc lập tuyến tính.
- Áp dụng thứ tự từ trái sang phải của mạch điện để tìm ma trận A và b.

+ Đầu tiên tìm ma trận A :Trong trường hợp áp dụng phân rã nút thì ma trận A chính là ma trận tổng dẫn có kích thước A(2 , 2)

- Tìm ma trận A chỉ chứa ma trận thành phần Ao duy nhất : A = Ao

A = zeros(2 , 2) ;

- Tìm ma trận A chứa hai ma trận thành phần A = Ao +A1 : Giữa nút 1 và nút 0 có hai điện dẫn là 1/R1 và 1/R2, vậy ta có :

A = A_array(1, 0, 1/R1 + 1/R2 , A);

- Tìm ma trận A chứa ba ma trận thành phần A = Ao + A1 + A2 : Giữa nút 1 và 2 có một điện dẫn là 1/R2, vậy ta có :

A = A_array(1, 2, 1/R2 , A);

- Tìm ma trận A chứa bốn ma trận thành phần A = Ao + A1 + A2 + A3 : Giữa nút 2 và nút 0 chứa một điện dẫn là *1/R3 + 1/R4 + 1/R5*, vậy ta có :

A = A_array(2, 0, 1/R3 + 1/R4 + 1/R5, A)

+ Tương tự như vậy cho ma trận b : Khi áp dụng phân rã nút thì b chính là ma trận dòng điện có kích thước b(2 , 1).

- Tìm ma trận b chỉ chứa ma trận thành phần bo duy nhất : b = bo

b = zeros(2 , 1);

- Tìm ma trận b chứa hai ma trận thành phần b = bo +b1 :

Giữa nút 0 và nút 1 có một nguồn dòng là Ia = 4A, vậy ta có :

b = b_array(0, 1, Ia, b)

+ Tìm nghiệm : Khi áp dụng phân rã nút thì nghiệm chính là ma trận điện thế nút có kích thước V(2 , 1)

V = A\b

Chú ý :

+ Hoán vị giữa i và j trong hàm ***A_array*** cũng không làm thay đổi kết quả :

A = A_array(1, 2, 1/R2 , A);

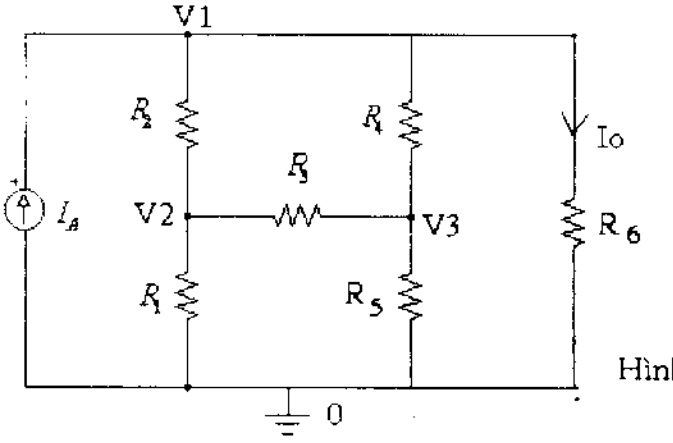
Hay *A = A_array(2, 1, 1/R2 , A); là như nhau*

+ Nhưng khi hoán vị giữa i và j trong hàm ***b_array*** thì phải đổi dấu :

b = b_array(0, 1, Ia, b)

Hay *b = b_array(1, 0, - Ia, b) thì chiều của nguồn dòng là - Ia*

Thí dụ 2 : Tìm dòng điện I_0 hình 2_4 :



$R_1 = 12\,k\Omega$, $R_2 = 10\,k\Omega$

$R_3 = 6\,k\Omega$, $R_4 = 3\,k\Omega$

$R_5 = 18\,k\Omega$, $R_6 = 5\,k\Omega$

$I_A = 12$ A

Hình 2-4

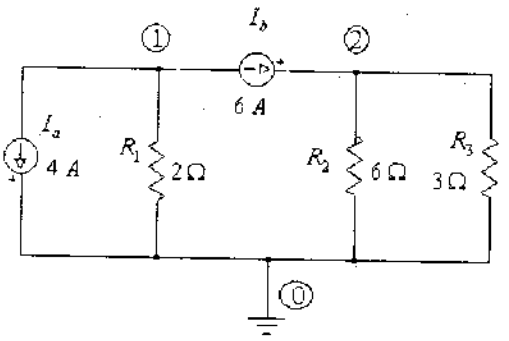
+Dùng phương pháp trực tiếp ta có ma trận A và b như sau :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6} & -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_4} \\ -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \end{pmatrix} \text{ Và } b = \begin{pmatrix} Ia \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

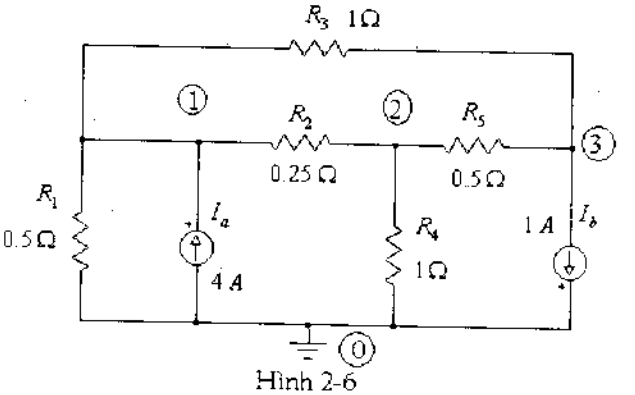
```
%Tập tin H2_4.m
function H2_4
clc
R1 = 12e3; R2 = 10e3; R3 = 6e3;R4 = 3e3;R5 = 18e3;R6 = 5e3;
G1=1/R1;G2=1/R2;G3=1/R3;G4=1/R4; G5=1/R5;G6=1/R6; Ia =12e-3;
A = zeros(3,3);
A = A_array(1,2,G2,A); A = A_array(1,0,G6,A);
A = A_array(1,3,G4,A); A = A_array(2,0,G1,A);
A = A_array(2,3,G3,A); A = A_array(3,0,G5,A)
b = zeros(3,1);
b = b_array(0,1,Ia,b)
V = A\b;
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(V(3)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(V(1)/R6) , ' A'])
```

Bài tập :

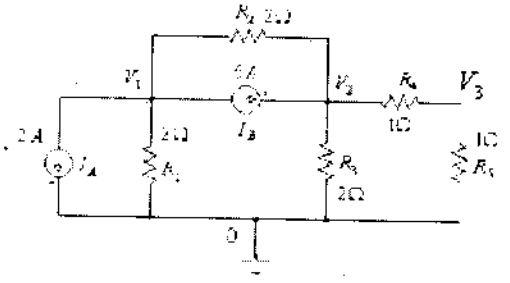
1- Áp dụng phân rã nút để tìm điện thế các nút và dòng điện qua các điện trở :



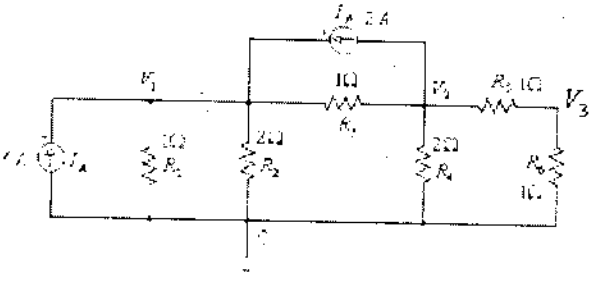
Hình 2-5



Hình 2-6



Hình 2-7



Hình 2-8

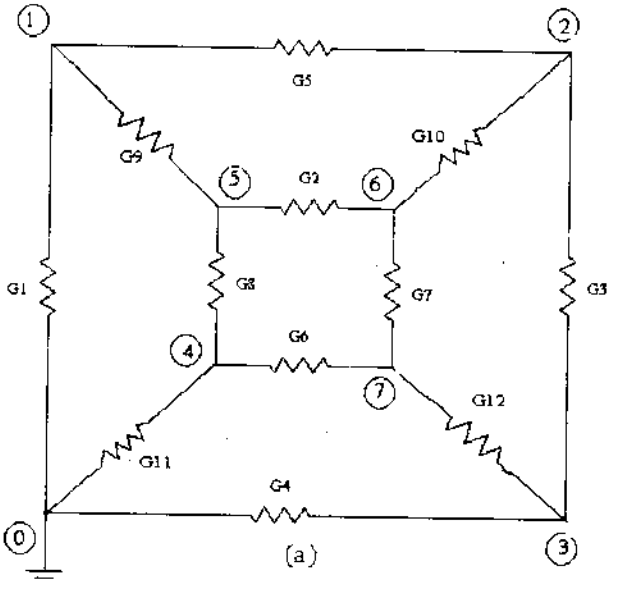
2- Trong hình 2-9a tìm điện thế nút trong ba trường hợp sau :

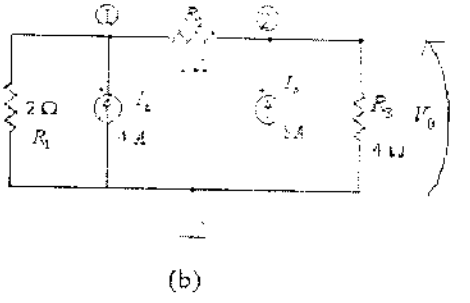
a- Nếu có nguồn dòng điện 1A đi từ nút 0 đến nút 1.

b- Nếu có nguồn dòng điện 1A đi từ nút 0 đến nút 2.

c- Nếu có nguồn dòng điện 1A đi từ nút 0 đến nút 6.

Biết tất cả các điện dẫn đều bằng 1s.





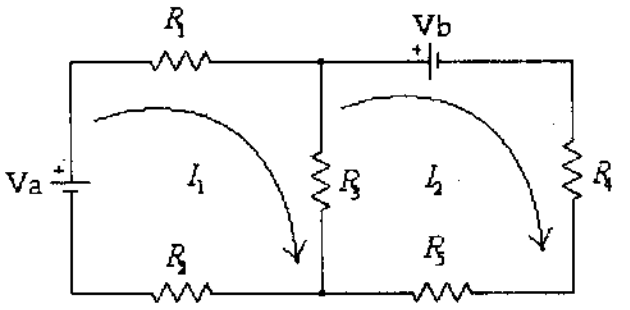
Hình 2-9

3- Trong hình 2-9b. Tìm dòng điện V_0

2-2-<u>Phương trình màng</u> :

+Trong phương trình nút thì biến cần tìm là điện thế các nút, được xác định bởi áp dụng KCL, nếu mạch có N nút thì có (N-1) phương trình độc lập tuyến tính.

+Nếu trong mạch có N màng độc lập thì cũng có N phương trình độc lập để diễn tả mạch điện và lúc này các biến cần tìm là các dòng điện chạy trong màng.



Cho $R_1 = R_3 = R_5 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$
$R_4 = 5\Omega$, Va = $24V$, Vb = $36V$

Hình 2-10

-Mạch có 2 màng, nếu chọn chiều dòng điện chạy trong màng như hình vẽ. Áp dụng KVL cho hai màng, ta có :

$$\begin{aligned} V_a &= (R_1 + R_2 + R_3)I_1 - R_3 I_2 \\ -V_b &= -R_3 I_1 + (R_3 + R_4 + R_5)I_2 \qquad (1) \end{aligned}$$

-Giải hệ phương trình (1) để tìm I_1, I_2

$$\underbrace{\begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 & -R_3 \\ -R_3 & R_3 + R_4 + R_5 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}}_{I} = \underbrace{\begin{pmatrix} \text{Va} \\ -\text{Vb} \end{pmatrix}}_{b} \quad (2)$$

$$\Rightarrow \quad I = A^{-1} b$$

+ Áp dụng giải trực tiếp trên mạch điện hình 2-10 bằng phương pháp phân rã màng :

-Trường hợp áp dụng phân rã mạch điện theo màng thì :

.Ma trận A là ma trận tổng trở R.

.Ma trận b là ma trận điện thế V.

.Ma trận nghiệm là ma trận dòng điện chạy trong các màng.

-Cách thành lập ma trận A và b cũng tương tự như khi áp dụng phân rã theo nút

+Cách viết ma trận A :

-Bước 1 : Đầu tiên từ số màng trong mạch điện, thành lập ma trận A = A_0

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

-Bước 2 : Thành lập hàng 1 ma trận A

* Hàng 1 chính là phương trình tại màng 1 :

-Trong hàng 1, xem phần tử a_{11} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 1 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} \overset{a_{11}}{\boxed{R_1 + R_2 + R_3}} & \overset{a_{12}}{\boxed{-R_3}} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Với :

$+a_{11}$ là cộng tất cả các điện trở có trong màng 1 và có giá trị dương

$+a_{12}$ là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 1 và màng 2 nhưng mang giá trị âm.

-Bước 3 : Thành lập hàng 2 ma trận A

* Hàng 2 chính là phương trình tại màng 2 :

$$A = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 & -R_3 \\ \underset{a_{21}}{\boxed{-R_3}} & \underset{a_{22}}{\boxed{R_3 + R_4 + R_5}} \end{pmatrix}$$

-Trong hàng 2, xem phần tử a_{22} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 2 đều âm.

Với :

$+a_{22}$ là cộng tất cả các điện trở có trong màng 2 và có giá trị dương

$+a_{21}$ là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 2 và màng 1 nhưng mang giá trị âm.

+Cách viết ma trận b :

Luôn chọn chiều dòng điện chạy trong màng theo chiều kim đồng hồ, nếu gặp đầu dương của nguồn điện thế thì mang dấu - và ngược lại mang dấu +

-Bước 1 : Đầu tiên từ số nút thành lập ma trận b $= b_0$

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix}$$

-Bước 2 : Thành lập hàng thứ nhất của ma trận b

Trong mạch điện Hình 2_10, ở màng 1 có nguồn điện thế Va, với chiều dòng điện I_1 theo quy ước thì phần tử b_{11} phải dương.

$$b = \begin{pmatrix} \text{Va} \\ 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 3 : Thành lập hàng thứ hai của ma trận b

Màng 2 có nguồn điện thế Vb, với chiều dòng điện I_2 theo quy ước thì phần tử b_{21} phải âm.

$$b = \begin{pmatrix} Va \\ -Vb \end{pmatrix}$$

+Tìm nghiệm :

$$\Rightarrow \quad I = A^{-1}\, b$$

-Nếu kết quả dòng điện trong màng nào bị âm, nghĩa là chiều thực sự của nó sẽ ngược lại chiều đã chọn trong mạch điện.

+Cách sử dụng hàm b_array khi áp dụng phân rã theo màng :

Do hàm *b_array* có tính đối xứng khi hoán vị giữa hai nút có chứa nguồn điện thế nên có hai cách để sử dụng :

-Nếu chọn chiều dòng điện trong màng i là i và 0 thì khi gặp đầu dương của nguồn điện thế sẽ mang dấu + và ngược lại mang –

-Nếu chọn chiều dòng điện trong màng i là 0 và i thì khi gặp đầu dương của nguồn điện thế sẽ mang dấu - và ngược lại mang +

=> Từ các quy luật trên ta có giải thuật thành lập ma trận A và b như sau :

```
%Tập tin H2_10.m
function H2_10
clc
R1 = 2;R3 = 2;R5 = 2;R2 = 4;R4 = 5;Va = 24;Vb = 36;
R = zeros(2,2);
R = A_array(1,0,R1+R2,R);
R = A_array(1,2,R3,R);
R = A_array(2,0,R4+R5,R)
V = zeros(2,1);
V = b_array(1,0,-Va,V); %Hay V = b_array(0,1,Va,V);
V = b_array(2,0,Vb,V)
I = R\V;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'A'])
disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'A'])
```

+ Kết quả khi thi hành tập tin H2_10.m sẽ có dòng điện chạy trong màng thứ hai âm, do đó chiều dòng điện *thực sự trong màng* hai sẽ ngược với chiều đã chọn.

Tóm lại :

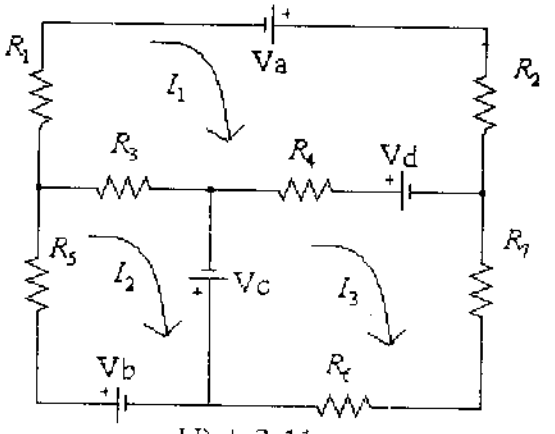
+ Trong phương pháp phân rã mạng điện theo màng :

- A là ma trận tổng trở.

- b là ma trận điện thế.

- Nghiệm phải tìm là dòng điện trong các màng.

Thí dụ 1 :



Hình 2-11

Cho $R_1 = 2\Omega, R_2 = 1\Omega, R_3 = 3\Omega$
$R_4 = 1\Omega, R_5 = 4\Omega, R_6 = 2\Omega, R_7 = 1\Omega$
$Va = 12V$, $Vb = 6V, Vc = 18V, Vd = 24V$

+Cách viết ma trận A :

-Bước 1 : Đầu tiên từ số màng trong mạch điện, thành lập ma trận $A = A_0$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 2 : Thành lập hàng 1 ma trận A và cũng chính là phương trình tại màng 1

-Trong hàng 1, xem phần tử a_{11} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 1 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 + R_4 & -R_3 & -R_4 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Với :

+a_{11} là cộng tất cả các điện trở có trong màng 1 và có giá trị dương

+a_{12} là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 1 và màng 2 và có giá trị âm.

+a_{13} là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 1 và màng 3 và có giá trị âm.

-Bước 3 : Thành lập hàng 2 ma trận A và cũng chính là phương trình tại màng 2

-Trong hàng 2, xem phần tử a_{22} làm chuẩn nên luôn dương, và các phần tử còn lại của hàng 2 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 + R_4 & -R_3 & -R_4 \\ \boxed{-R_3} & \boxed{R_3 + R_5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Với :

+a_{22} là cộng tất cả các điện trở có trong màng 2 và có giá trị dương

+a_{21} là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 2 và màng 1 và có giá trị âm.

+a_{23} là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 2 và màng 3 và có giá trị âm.

-Bước 4 : Thành lập hàng 3 ma trận A và cũng chính là phương trình tại màng 3 :

-Trong hàng 3, xem phần tử a_{33} làm chuẩn nên luôn dương và các phần tử còn lại của hàng 3 đều âm.

$$A = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 + R_4 & -R_3 & -R_4 \\ -R_3 & R_3 + R_5 & 0 \\ \boxed{-R_4} & 0 & \boxed{R_4 + R_6 + R_7} \end{pmatrix}$$

Với :

+a_{33} là cộng tất cả các điện trở có trong màng 3 và có giá trị dương

+a_{31} là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 3 và màng 1 và có giá trị âm.

+a_{32} là cộng tất cả các điện trở có chung giữa màng 3 và màng 2 và có giá trị âm.

+Cách viết ma trận b :

Luôn chọn chiều dòng điện chạy trong màng theo chiều kim đồng hồ, nếu gặp đầu dương của nguồn điện thế thì mang dấu - và ngược lại mang dấu +

-Bước 1 : Đầu tiên từ số nút thành lập ma trận b = b_0

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 2 : Trong màng 1 có nguồn điện thế Va và Vd, với dòng I_1 theo quy ước thì phần tử tại hàng 1 phải dương :

$$b = \begin{pmatrix} Va + Vd \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

-Bước 3 : Trong màng 2 có nguồn điện thế Vb và Vc, với dòng I_2 theo quy ước thì phần tử tại hàng 2 phải dương :

$$b = \begin{pmatrix} Va + Vd \\ \boxed{Vb + Vc} \\ 0 \end{pmatrix}$$

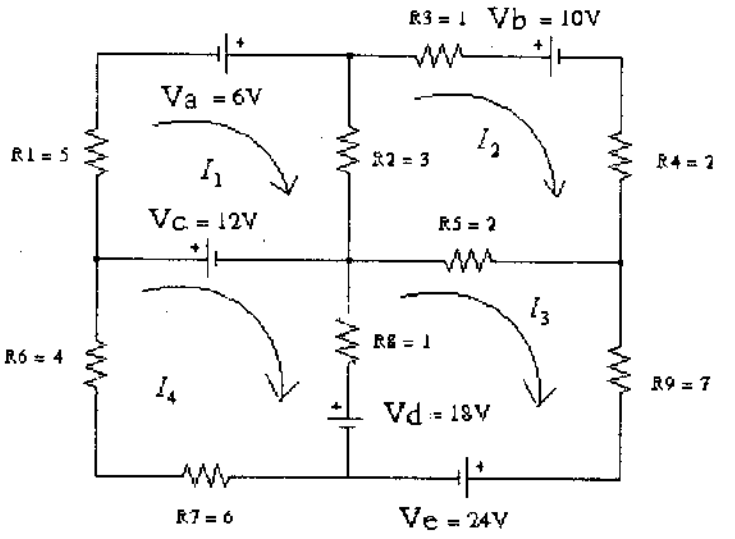
-Bước 4 : Trong màng 3 có nguồn điện thế Vc và Vd và phần tử tại hàng 3 phải âm

$$b = \begin{pmatrix} Va + Vd \\ Vb + Vc \\ \boxed{-Vc - Vd} \end{pmatrix}$$

```
%Tập tin H2_11.m
function H2_11
clc
R1=2;R2=1;R3=3;R4=1;R5=4;R6=2;R7=1;Va=12;Vb=6;Vc=18;Vd=24;
A = zeros(3,3);
A = A_array(1,0,R1+R2,A);
A = A_array(2,0,R5,A);
A = A_array(3,0,R6+R7,A);
A = A_array(1,2,R3,A);
A = A_array(1,3,R4,A)
b = zeros(3,1);
b = b_array(1,0,-Va-Vd,b);
b = b_array(2,0,-Vc-Vb,b);
b = b_array(3,0,Vc+Vd,b)
I = A\b;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I3 = ',num2str(I(3,:)) , 'A'])
```

Thí dụ 2 :

Tìm dòng điện qua các nhánh :



Hình 2-12

+Dùng phương pháp trực tiếp ta có ma trận A và b như sau :

$$A = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 & 0 & 0 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 + R_5 & -R_5 & 0 \\ 0 & -R_5 & R_5 + R_8 + R_9 & -R_8 \\ 0 & 0 & -R_8 & R_6 + R_7 + R_8 \end{pmatrix} \quad \text{Và} \quad b = \begin{pmatrix} Va + Vc \\ -Vb \\ Vd - V_e \\ -Vc - Vd \end{pmatrix}$$

```
%Tập tin H2_12.m
function H2_12
clc
R1=5;R2=3;R3=1;R4=2;R5=2;R6=4;R7=6;R8=1;R9=7;Va=6;Vb=10;Vc=12;Vd=18;Ve=24;
A = zeros(4,4);
A = A_array(1,0,R1,A ); A = A_array(2,0,R3+R4,A);
A = A_array(3,0,R9,A); A = A_array(4,0,R6+R7,A);
A = A_array(1,2,R2,A); A = A_array(2,3,R5,A);
A = A_array(3,4,R8,A)
b = zeros(4,1);
b = b_array(1,0,-Va-Vc,b); b = b_array(2,0,Vb,b);
b = b_array(3,0,Ve-Vd,b); b = b_array(4,0,Vc+Vd,b)
I = A\b;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I3 = ',num2str(I(3,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I4 = ',num2str(I(4,:)) , 'A'])
```

Tóm lại :

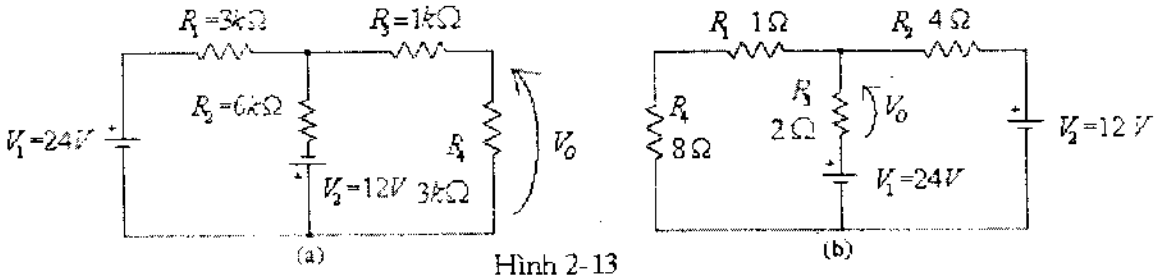
Cho dù mạch điện có nhiều dạng khác nhưng ma trận A luôn luôn có một quy luật nhất định và mang hai tính chất sau :

+Tất cả các số hạng nằm trên đường chéo chính đều dương.

+Tất cả các số hạng nằm hai bên đường chéo chính đều âm.

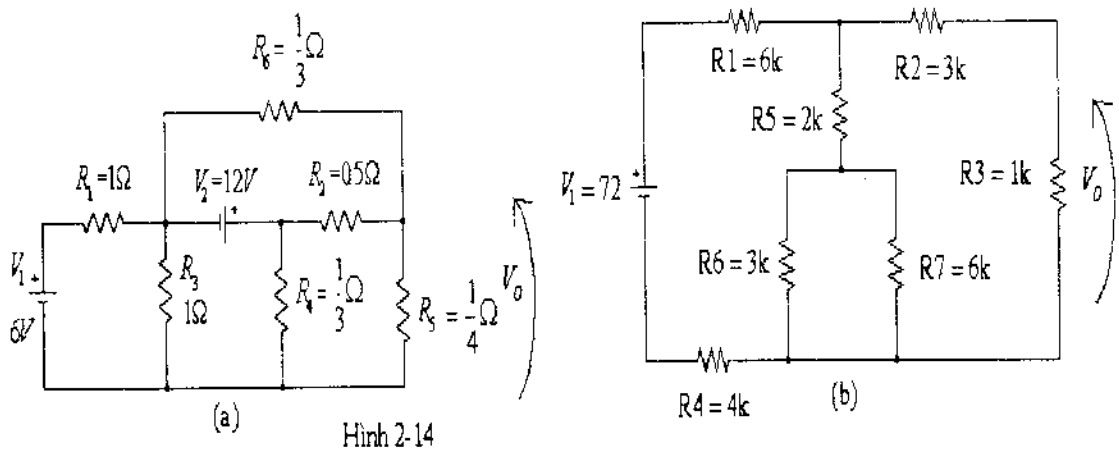
Bài tập :

1-Tìm V_o trong các mạch điện sau :



Hình 2-13

2-Tìm dòng điện qua các nhánh và điện thế V_o trong mạch điện sau :



Hình 2-14

Chương 3

Giải tích mạch điện bằng phương trình căn bản

3-1-Phương trình căn bản :

3-1-1- Định nghĩa :

Nếu trong một mạch có chứa nguồn độc lập hay phụ thuộc thì ta dễ dàng thay nguồn này bởi phương trình tương ứng với nó, cho dù vị trí của nguồn nằm bất kỳ nơi nào trong mạch điện nhưng dạng của phương trình vẫn không thay đổi. Phương trình như vậy được gọi là phương trình căn bản.

Lưu ý là định luật KCL và KVL chỉ chứng minh tính đúng của phương trình căn bản mà thôi, còn nội dung của quyển sách này là trình bày phương pháp giải trực tiếp trên mạng điện mà cụ thể là hai phương pháp thành lập ma trận trực tiếp và phân rã mạng điện.

3-1-2- Ý nghĩa phương trình căn bản trong mạch điện :

Khi mạch có chứa nguồn độc lập hay phụ thuộc thì việc thiết lập ma trận A phải tuần tự qua 3 bước :

+Bước 1 : Đầu tiên chọn dòng điện Is chạy qua nguồn độc lập (hay phụ thuộc) có chiều khi áp dụng KCL là tổng các dòng điện đi ra khỏi nút bằng zero

+Bước 2 : Áp dụng KCL (hay KVL) cho các nút (hay nhánh).

+Bước 3 : Thêm phương trình căn bản vào.

3-1-3- Ý nghĩa phương trình căn bản trong giải thuật máy tính :

Mặc dù việc thêm phương trình căn bản vào mạch điện sẽ làm tăng số phương trình cần thiết, điều này dẫn đến tăng cấp của ma trận A, nhưng lại thuận lợi cho giải thuật thành lập ma trận A và b.

Mặt khác do tăng số phương trình cần thiết nên sẽ tăng số biến, mà cụ thể là biến Is. Do đó kết quả sẽ cho biết dòng điện cung cấp bởi nguồn điện thế V.

3-2-Mạch có chứa nguồn điện thế độc lập :

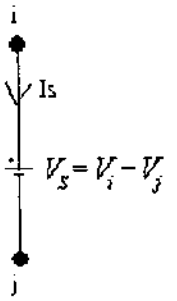
3-2-1-Dẫn nhập :

-Nếu trong mạch có nguồn điện thế độc lập Vs nằm giữa hai nút i và j thì phương trình căn bản cần thêm vào là :

$$\boxed{V_i - V_j = V_S \qquad (*)}$$

-Phương trình (*) làm tăng số phương trình cần thiết trong mạch điện lên 1 đồng thời sẽ phát sinh thêm biến mới cần tìm chính là dòng điện Is chạy qua nguồn độc lập đó.

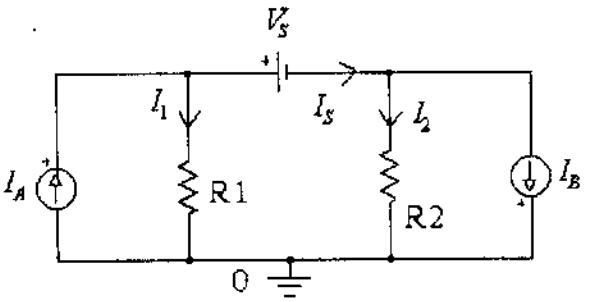
-Nếu chọn chiều dòng điện Is theo quy ước thì ta có ảnh hưởng của phương trình căn bản vào ma trận A và được trình bày trong bảng 1.



	Chỉ số nút		Biến phát sinh
	i	j	Is
i			1
j			-1
Phương trình căn bản	1	-1	

Bảng 1

+Xét mạch điện hình 3-1 :



Cho $R_1 = 1\,\Omega$
$R_2 = 5\,\Omega$
$I_A = 2\ A$
$I_B = 3\ A$
$V_S = 12\ A$

Hình 3-1

+Bước 1 : Chọn dòng điện Is chạy qua nguồn độc lập Vs có chiều như hình vẽ.

+Bước 2 : Áp dụng KCL lần lượt tại hai nút, ta có :

$$I_1 + I_S = I_A \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{R_1} + I_S = I_A \qquad (1)$$

$$I_2 - I_S = -I_B \quad \Rightarrow \quad \frac{V_2}{R_2} - I_S = -I_B \qquad (2)$$

+Bước 3 : Thêm phương trình căn bản (*) vào :

$$V_1 - V_2 = V_S \qquad (3)$$

=> Các biến cần tìm là điện thế tại hai nút V_1, V_2 cùng với dòng điện Is chạy qua nguồn độc lập Vs.

-Hệ 3 phương trình trên được viết dưới dạng ma trận :

Thành phần thứ nhất

Thành phần thứ nhất

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & 0 & 1 \\ 0 & \frac{1}{R_2} & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ I_S \end{pmatrix}}_{Y} = \underbrace{\begin{pmatrix} I_A \\ -I_B \\ V_S \end{pmatrix}}_{b}$$

Thành phần thứ hai

Thành phần thứ hai

3-2-2-<u>Nhận xét</u> :

+Ma trận A và b được thành lập bởi hai thành phần :

-Thành phần thứ nhất được tạo ra theo quy luật đã trình bày ở chương 2.

-Thành phần thứ hai được tạo ra do phương trình căn bản.

=> Như vậy việc đưa vào phương trình căn bản không làm thay đổi quy luật của ma trận A và b, vấn đề còn lại là tìm quy luật để thành lập thành phần thứ hai của ma trận A và b mà thôi.

3-2-3-<u>Giải thuật</u> :

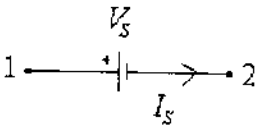
+Thành lập ma trận A : Mạch điện có N = 3, nên kích thước của ma trận A là 2 x 2

-Nếu áp dụng tổng các dòng điện ra khỏi nút bằng zero thì dòng điện Is không cần phải quan tâm và thành phần thứ nhất được tạo ra theo quy luật đã có :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_2} \end{pmatrix}$$

-Nếu chọn chiều dòng điện Is theo quy ước đi xuyên từ cực dương sang cực âm của nguồn Vs thì thành phần thứ hai được tạo thành từ phương trình căn bản (3) :

.Giữa nút 1 và nút 2 có nguồn Vs



$$V_1 - V_2 = V_S \qquad (3)$$

.Nếu kết quả sau khi tính Is âm, thì chiều thực sự của dòng điện Is sẽ ngược với chiều đã chọn theo quy ước.

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & 0 & 1 \\ 0 & \frac{1}{R_2} & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Thành phần đối xứng qua đường chéo

Hàng thứ ba được thành lập từ vế trái của phương trình căn bản (3)

Cột thứ ba lấy đối xứng hàng ba qua đường chéo.

+Thành lập ma trận b : Do N = 3 nên b có kích thước 2 x 1

-Thành phần thứ nhất được tạo ra theo quy luật đã có :

$$b = \begin{pmatrix} I_A \\ -I_B \end{pmatrix}$$

-Thành phần thứ hai của b chính là vế phải của phương trình (3)

$$b = \begin{pmatrix} I_A \\ -I_B \\ \boxed{V_S} \end{pmatrix}$$

+Để tạo ma trận A lần lượt qua hai bước :
-Tạo thành phần thứ nhất bởi hàm ***A = A_array (i, j, val, Ao)***
-Tạo thành phần thứ hai bởi hàm ***A = A_Vsrc (m ,I ,j, Ao),*** *trong đó :*
.Chỉ số m là số hàng cần thêm vào ma trận A.
.Chỉ số i và j là số của nút mà trong đó có chứa nguồn điện thế độc lập với chiều đi từ + sang – của nguồn Vs.
.Biến Ao là ma trận A cần thêm vào.

+Để dễ dàng quan sát việc thành lập ma trận A theo phương pháp phân rã, trong phần này ta sử dụng kiểu khai báo symbol. Với kiểu khai báo này cho phép ta quan sát được từng bước hình thành nên ma trận A, b và phương trình căn bản.

```
%Tập tin H3_1.m
function H3_1
clc
syms  R1  R2  Ia Ib Vs  %Khai báo biến kiểu symbol
%Thành phần thứ nhất của A, vì N = 3 nên có A có kích thước 2 x 2
A = sym(zeros(2))
A = A_array(1,0,1/R1,A)
A = A_array(2,0,1/R2,A)
%Thành phần thứ hai của A : Thêm vào phương trình căn bản tại hàng 3, cột 3
A = A_Vsrc (3,1,2,A) % có nguồn điện thế độc lập nằm giữa nút 1 và nút 2
%Tìm b (2 x 1) : Thành phần thứ nhất của b
b =  sym(zeros(2,1))
b = b_array(0,1,Ia,b)
b = b_array(2,0,Ib,b)
b(3,1) = Vs %Thành phần thứ hai của b chính là vế phải của phương trình căn bản
Y = A\b; %Giải nghiệm bao gồm : Điện thế V1, V2 và dòng điện qua nguồn điện thế Is
R1=1;R2=5;Ia=2;Ib=3;Vs=12; %Thay giá trị vào
%Đổi kiểu symbol ra giá trị
Y = eval(Y) ;
%In kết quả
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện Is ngang qua nguồn điện thế độc lập Vs  = ',num2str(Y(3,:)) , ' A'])
```

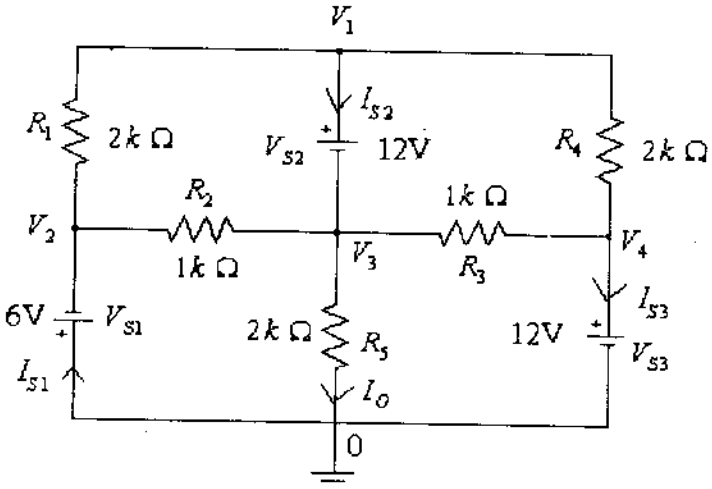
+Tóm lại :
Nếu có nguồn điện thế độc lập nằm giữa hai nút thì ta có :
-Gọi N là số nút có trong mạch.
-Gọi N_S là số nguồn điện thế độc lập có trong mạch.
$\Rightarrow$ Số phương trình độc lập cần thiết là :

$$\boxed{(N-1)+N_S}$$

Vậy trong mạch điện có nguồn điện thế độc lập thì sẽ làm tăng số phương trình cần thiết lên một lượng đúng bằng N_S.

Thí dụ :

Tìm dòng điện I_o của mạch điện sau :



Hình 3-2

+Thành lập ma trận A : N = 5 => Có (N - 1) = 4 phương trình độc lập tại 4 nút.

-Thành phần thứ nhất của A được thành lập theo quy luật đã có :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_1} & 0 & -\frac{1}{R_4} \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_4} & 0 & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} \end{pmatrix}$$

-Thành phần thứ hai của A được thành lập theo quy luật của phương trình căn bản :

Do số nguồn điện thế độc lập Ns = 3 => Có 3 phương trình căn bản cần thêm vào :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_1} & 0 & -\frac{1}{R_4} & 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_3} & 0 & -1 & 0 \\ -\frac{1}{R_4} & 0 & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_{S1} \\ I_{S2} \\ I_{S3} \end{pmatrix}$$

$-V_2 = V_{S1}$ (1) $\quad V_1 - V_3 = V_{S2}$ (2) $\quad V_4 = V_{S3}$ (3)

+Thành lập ma trận b :

-Thành phần thứ nhất của b được thành lập theo quy luật đã có :

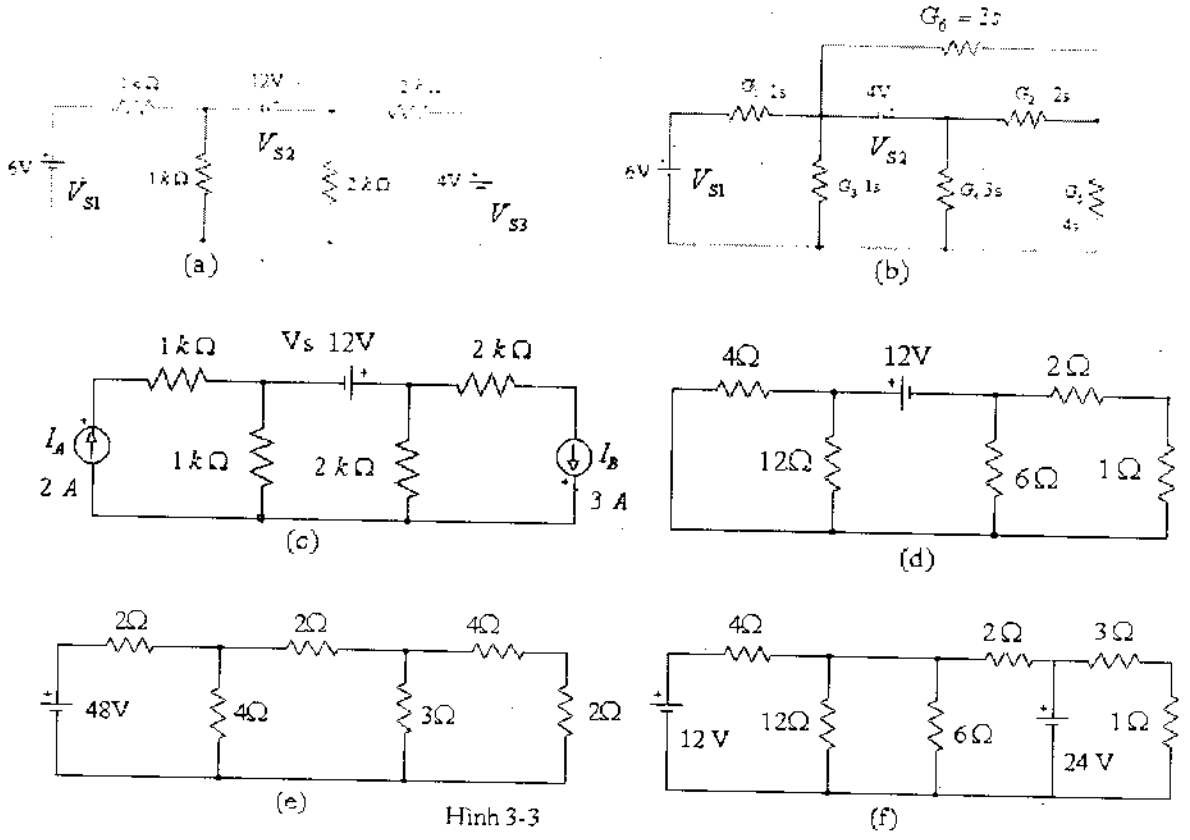
$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

-Thành phần thứ hai là thứ tự của các nguồn độc lập :

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_{S1} \\ V_{S2} \\ V_{S3} \end{pmatrix}$$

```
%Tập tin H3_2.m
function H3_2
clc
syms R1 R2 R3  R4  R5 Vs1  Vs2  Vs3
% Vì N = 5 nên  A(4 x 4)
A = sym(zeros(4)) ; A = A_array(1,2,1/R1,A); A = A_array(1,4,1/R4,A);
A = A_array(2,3,1/R2,A); A = A_array(3,0,1/R5,A); A = A_array(3,4,1/R3,A);
%Thêm hàng 5 ,giữa nút 0 và 2có nguồn độc lập Vs1 (Phương trình căn bản thứ 1)
A = A_Vsrc (5,0,2,A);
%Thêm hàng 6 ,giữa nút 1 và 3 có nguồn độc lập Vs2 (Phương trình căn bản thứ 1)
A = A_Vsrc (6,1,3,A);
%Thêm hàng 7 ,giữa nút 4 và 0 có nguồn độc lập Vs3 (Phương trình căn bản thứ 1)
A = A_Vsrc (7,4,0,A)
b =  sym(zeros(4,1)); %Tìm b(4 x 1)
b(5,1) = Vs1 ; %Thêm vào hàng 5 có nguồn Vs1
b(6,1) = Vs2; %Thêm vào hàng 6 có nguồn Vs2
b(7,1) = Vs3 %Thêm vào hàng 7 có nguồn Vs3
Y = A\b;  %Tìm nghiệm
R1 = 2;R2=1;R3=1; R4=2  ; R5=2  ;Vs1 = 6; Vs2 = 12; Vs3 = 12; %Khai báo biến kiểu giá trị
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I1 ngang qua nguồn điện thế độc lập V1  = ',num2str(Y(5,:)) , ' mA']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 ngang qua nguồn điện thế độc lập V2  = ',num2str(Y(6,:)) , ' mA']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I3 ngang qua nguồn điện thế độc lập V3  = ',num2str(Y(7,:)) ,  ' mA'])
V3 = Y(3,:); %Tìm Io
Io = V3/R5;
disp(' ) ,  disp(['Dòng điện Io   = ',num2str(Io) , ' mA'])
```

Bài tập : Tìm dòng điện qua các nguồn điện thế độc lập trong hình 3-3



Hình 3-3

3-3- <u>Mạch có chứa nguồn điện thế phụ thuộc dòng điện</u> :

3-3-1-<u>Dẫn nhập</u> :

-Nếu có nguồn điện thế hI_X tại hai nút k, k_p phụ thuộc vào dòng điện I_X nào đó có trong mạch điện tại hai nút j, j_p thì số phương trình căn bản cần thêm vào là $2N_S$ với N_S là số nguồn điện thế phụ thuộc có trong mạch :

-Giả sử Ns = 1, thì hai phương trình căn bản cần thêm vào là :

$$\boxed{\begin{array}{ll} V_j - V_{jP} = I_x R_x \quad \Rightarrow V_j - V_{jP} - I_x R_x = 0 & (*) \\ V_k - V_{kP} = hI_X \quad \Rightarrow V_k - V_{kP} - hI_X = 0 & (**) \end{array}}$$

-Phương trình (*) xác định dòng điện mà nó phụ thuộc I_X, và phương trình (**) sẽ xác định dòng I_S qua nguồn điện thế phụ thuộc .

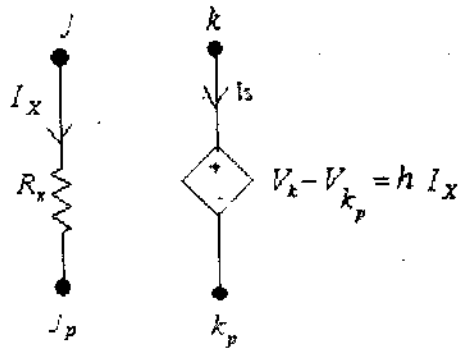
=> Vậy nếu trong mạch có nguồn điện thế phụ thuộc dòng điện thì sẽ làm tăng số phương trình độc lập cần thiết theo công thức sau :

$$\boxed{(N-1) + 2N_S}$$

Lưu ý :

Phương trình (*) chỉ tồn tại khi $R_x \neq 0$

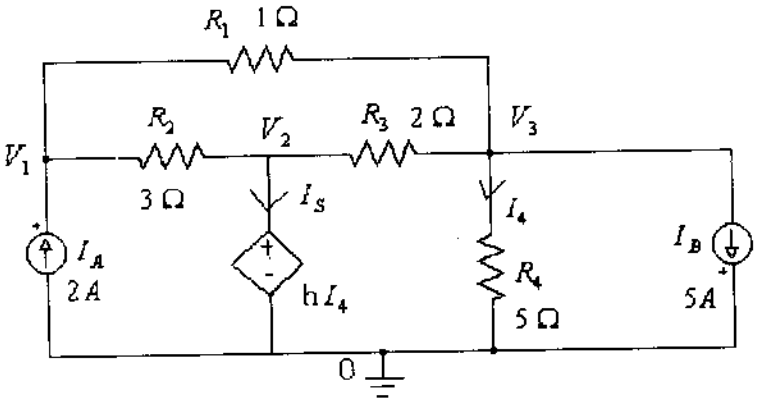
-Bảng 2 cho thấy ảnh hưởng của hai phương trình căn bản vào ma trận A.



	Chỉ số nút				Biến thêm vào	
	j	j_p	k	k_p	I_X	Is
j					1	
j_p					-1	
k						1
k_p						-1
Hai phương trình căn bản	1	-1			$-R_x$	
			1	-1	-h	

Bảng 2

+Xét mạch điện hình 3-4 : Với h = 10



Hình 3-4

-Có nguồn điện thế hI_4 phụ thuộc vào dòng điện I_4 chạy qua điện trở R_4

+Bước 1 : Chọn dòng điện Is có chiều theo quy ước.

+Bước 2 : Áp dụng KCL lần lượt cho N-1 nút để thành lập ma trận A, ta có :

$$\frac{1}{R_2}(V_1 - V_2) + \frac{1}{R_1}(V_1 - V_3) = I_A \Rightarrow (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})V_1 - \frac{1}{R_2}V_2 - \frac{1}{R_1}V_3 = I_A \quad (1)$$

$$\frac{1}{R_2}(V_2 - V_1) + \frac{1}{R_3}(V_2 - V_3) + I_S = 0 \Rightarrow -\frac{1}{R_2}V_1 + (\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})V_2 - \frac{1}{R_3}V_3 + I_S = 0 \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_1}(V_3 - V_1) + \frac{1}{R_3}(V_3 - V_2) + I_4 + I_B = 0 \Rightarrow -\frac{1}{R_1}V_1 - \frac{1}{R_3}V_2 + (\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1})V_3 + I_4 = -I_B \quad (3)$$

+Bước 3 : Thêm hai phương trình căn bản (*) và (**) vào :

$$V_3 = I_4 R_4 \Rightarrow V_3 - I_4 R_4 = 0 \quad (4)$$

$$V_2 = hI_4 \Rightarrow V_2 - hI_4 = 0 \quad (5)$$

-Hệ 5 phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau :

Thành phần thứ nhất

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_2} & (\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}) & -\frac{1}{R_3} & 0 & 1 \\ -\frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_3} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -R_4 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -h & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_A \\ 0 \\ -I_B \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$A \qquad\qquad Y = b$$

Thành phần thứ hai

3-3-2-<u>Nhận xét</u> :

+Ma trận A được thành lập bởi hai thành phần :

-Thành phần thứ nhất được thành lập theo quy luật chung nhưng bỏ qua nhánh có chứa dòng điện I_X mà nó phụ thuộc.

-Thành phần thứ hai được tạo ra do hai phương trình căn bản theo quy luật đã trình bày trong bảng 2.

+Trong trường hợp mạch có nguồn điện thế phụ thuộc dòng điện thì sẽ không ảnh hưởng đến ma trận b, do vế phải của hai phương trình căn bản luôn bằng zero.

3-3-3-<u>Giải thuật</u> :

+Cách thành lập ma trận A :

-Thành phần thứ nhất sẽ bỏ qua nhánh có chứa dòng điện I_X mà nó phụ thuộc :

Vì N = 4 nên A có kích thước 3 x 3

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_1} \\ -\frac{1}{R_2} & (\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}) & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_3} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}) \end{pmatrix} \longrightarrow \text{Bỏ đi thành phần } \frac{1}{R_4}$$

-Thành phần thứ hai được thành lập theo bảng 2 :
Vì có một nguồn phụ thuộc Ns = 1, nên có hai phương trình cơ bản :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_2} & (\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}) & -\frac{1}{R_3} & 0 & 1 \\ -\frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_3} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -R_4 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -h & 0 \end{pmatrix}$$

$V_3 - I_4 R_4 = 0$ $\qquad$ $V_2 - hI_4 = 0$

+Để tạo ma trận A lần lượt qua hai bước :
*-Tạo thành phần thứ nhất bởi hàm **A = A_array (i, j, val, Ao)***
*-Tạo thành phần thứ hai bởi hàm **A = A_V_Isrc (m, j, jp,Ival ,k, kp, val, Ao)**, trong đó*
.Chỉ số m là số hàng kế tiếp cần thêm vào ma trận A.
.Chỉ số j và jp là hai nút có dòng điện mà nó phụ thuộc I_x theo chiều + sang –
.Chỉ số k và kp là hai nút có nguồn điện thế phụ thuộc dòng điện theo chiều +sang -
.Biến Ival là giá trị tải mà dòng I_x chạy qua
.Biến val là hệ số phụ thuộc.

+Bước 1 : Chọn chiều dòng điện Is luôn theo quy ước đi xuyên từ dương qua âm của nguồn điện thế phụ thuộc.

+Bước 2 : Áp dụng KCL tại (N - 1) = 3 :

```
A = zeros(3);
A = A_array(1,2,1/R2,A);
A = A_array(1,3,1/R1,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A);
```

-Không áp dụng tại nút có dòng mà nó phụ thuộc I_x chạy qua, trong trường hợp này tại nút 3 và nút 0 có dòng I_4 chạy qua nên bỏ qua nút này : Vì I_4 là biến cần tìm.

A = A_array(3,0,1/R4,A) -> Không áp dụng cho nút này vì có chứa biến I_4.

+Bước 3 : Vì Ns = 1 nên cần thêm hai phương trình căn bản :

$$\boxed{\begin{aligned} &V_3 - V_0 - I_4 R_4 = 0 \qquad (*) \\ &V_2 - V_0 - hI_4 = 0 \end{aligned}}$$

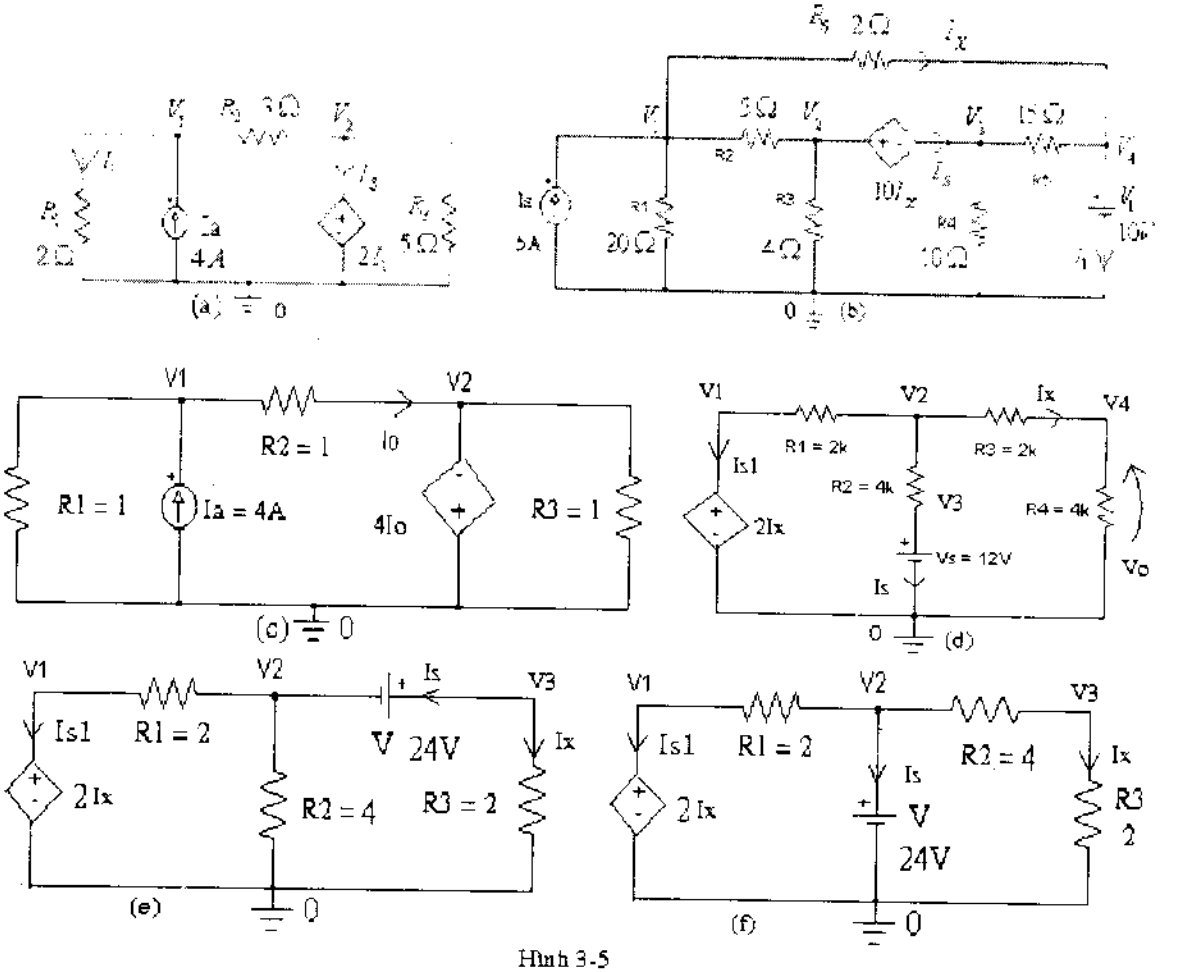
Dòng I_4 chạy qua điện trở R_4 ở hai nút 3 và 0, đồng thời nguồn phụ thuộc có hệ số phụ thuộc là h = 10 nằm giữa nút 2 và 0.

A = A_V_Isrc (4, 3, 0 , R4 ,2, 0, 10, A);

```
%Tập tin H3_4.m
function H3_4
clc
syms R1 R2  R3 R4  Ia Ib h
%Tìm A(3 x 3)
A = sym(zeros(3));  A= A_array(1,2,1/R2,A);  A = A_array(1,3,1/R1,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A); %A = A_array(3,0,1/R4,A) Bỏ đi nút có biến I4
%Thêm hai phương trình căn bản bắt đầu từ hàng thứ 4
A = A_V_Isrc (4, 3, 0,R4 ,2, 0, h, A)
 %Tìm ma trận b(5,1)
b = sym(zeros(5,1)); b = b_array(0,1,Ia,b); b = b_array(3,0,Ib,b);
Y = A\b; %Tìm các nghiệm
R1=1;R2=3;R3=2;R4=5;Ia=2;Ib=5; h = 10; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y)
%In kết quả
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện  I4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(5,:)) , 'A'])
```

Bài tập :

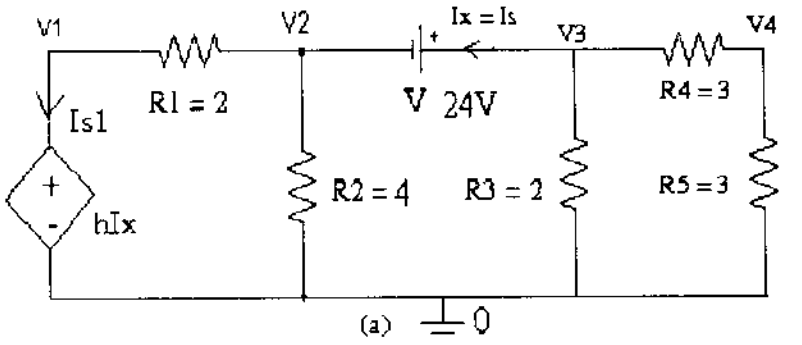
Tìm điện thế các nút



Hình 3-5

3-3-4-Trường hợp dòng phụ thuộc Ix đi qua nguồn điện thế độc lập :

+Xét hình 3_6a : Cho h = 2



Hình 3-6

-Dòng điện Is qua nguồn độc lập này chính là nguồn dòng điện mà nó phụ thuộc Ix, nên trường hợp này phải có nghiệm kép Ix = Is .
-Đặc biệt dòng điện Ix không chạy qua bất kỳ điện trở nào.
-Phương trình căn bản cho nguồn điện thế độc lập V xác định dòng điện Is và cũng bằng Ix

=> như vậy chỉ cần phương trình này ta có thể tìm được cả hai nghiệm Is và Ix.

-Đối với nguồn điện thế phụ thuộc chỉ xét phương trình thứ hai để tìm dòng điện I_{S1} đi qua nguồn phụ thuộc.

+Bước 1 : Chọn chiều Is và I_{S1} theo quy ước.

+Bước 2 : Áp dụng KCL cho các nút, ta có :

$$\frac{(V_1 - V_2)}{R_1} + I_{S1} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_1}V_1 - \frac{1}{R_1}V_2 + I_{S1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{(V_2 - V_1)}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} - I_S = 0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{R_1}V_1 + (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})V_2 - I_S = 0 \quad (2)$$

$$\frac{V_3}{R_3} + \frac{(V_3 - V_4)}{R_4} + I_S = 0 \quad \Rightarrow \quad (\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4})V_3 - \frac{1}{R_4}V_4 + I_S = 0 \quad (3)$$

$$\frac{(V_4 - V_3)}{R_4} + \frac{V_4}{R_5} = 0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{R_4}V_3 + (\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5})V_4 = 0 \quad (4)$$

+Bước 3 : Thêm hai phương trình căn bản

Lưu ý:
- Đây là trường hợp đặc biệt vì dòng điện phụ thuộc có $R_x = 0$ nên phương trình căn bản (*) sẽ bị triệt tiêu.
- Do biến Ix luôn đứng trước biến Is nên phương trình (5) bao giờ cũng phát sinh trước phương trình (6)

$V_3 - V_2 = V$ (5), cho nguồn điện thế độc lập để tìm Is và Ix

$V_1 - hI_x = 0$ (6), duy nhất 1 phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc để tìm I_{S1}

+Như vậy : Thành lập ma trận A có hai thành phần

-Thành phần thứ nhất cũng theo quy tắc đã trình bày, nghĩa là tại nút có chứa nguồn dòng mà nó phụ thuộc thì bỏ qua nhánh đó :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}) & -\frac{1}{R_4} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_4} & (\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}) \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix}}_{Y} = \underbrace{\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}}_{b}$$

-Thành phần thứ hai cũng theo quy tắc của từng loại phương trình cơ bản :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{R_1} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}) & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & (\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}) & -\frac{1}{R_4} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_4} & (\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}) & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -h & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_S \\ I_{S1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V \\ 0 \end{pmatrix}$$

Phương trình căn bản cho nguồn độc lập : $V_3 - V_2 = V$

Phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc $V_1 = hIx$

+Lưu ý : *Khi sử dụng hàm A = A_V_Isrc (5, 3, 2, 0 ,1, 0, 2, A)*
-Hàng 5 vì chỉ thêm 1 phương trình căn bản
- Giữa nút 3 và 2 dòng Ix không chạy qua điện trở nào nên phải thêm 0

```
function H3_6a  %Tập tin H3_6a.m
clc
syms R1 R2  R3 R4 R5  V h
%Tìm A(4 x 4)
A = sym(zeros(4));  A= A_array(1,2,1/R1,A);  A = A_array(2,0,1/R2,A);
A = A_array(3,0,1/R3,A); A = A_array(3,4,1/R4,A);   A = A_array(4,0,1/R5,A);
%Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 3 và 2 có nguồn độc lập V
A = A_Vsrc (5,3,2,A) ;
A = A_V_Isrc (6, 3, 2,0 ,1, 0, h, A) %Phương trình cho nguồn phụ thuộc duy nhất
```

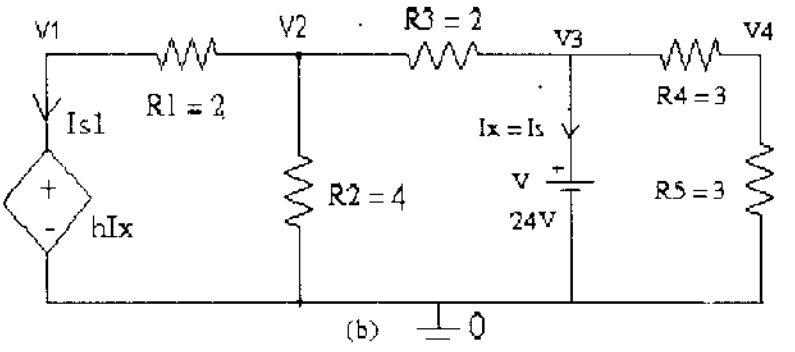
```
b = sym(zeros(6,1)); %Tìm ma trận b
b(5,1) = V
Y = A\b; %Tìm các nghiệm  V1,V2,V3; V4 ,Ix = Is và Is1
R1 = 2; R2 = 4;R3 = 2; R4 = 3;R5 = 3;V = 24; h = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Ix = Is qua nguồn độc lập  = ',num2str(Y(5,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 qua nguồn phụ thuộc  = ',num2str(Y(6,:)) , 'A'])
```

+Tóm lại :

-Đối với nguồn phụ thuộc thì phương trình căn bản luôn có vế phải bằng không.

-Đối với nguồn độc lập thì phương trình căn bản luôn có vế phải khác không, điều này ta nên chú ý khi thêm phương trình căn bản vào ma trận A ở hàng nào thì thêm vế phải của nó vào ma trận b ở hàng tương ứng.

Thí dụ : Tìm điện thế các nút của mạch hình 3_6b : Cho h = 2



+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_4} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -h & 0 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V \\ 0 \end{pmatrix}$$

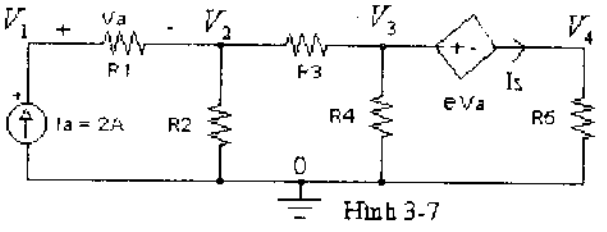
A b

```
%Tập tin H3_6b.m
function H3_6b
clc
syms R1 R2  R3 R4 R5  V  h
%Tìm A(4 x 4)
A = sym(zeros(4));  A= A_array(1,2,1/R1,A);   A = A_array(2,0,1/R2,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A);  A = A_array(3,4,1/R4,A);   A = A_array(4,0,1/R5,A);
%Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 3 và 0 có nguồn độc lập V
A = A_Vsrc (5,3,0,A) ;
%Phương trình cho nguồn phụ thuộc
A = A_V_Isrc (6, 3, 0, 0 ,1, 0, h, A)
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros(6,1));
b(5,1) = V
%Tìm các nghiệm  V1,V2,V3,Ix = Is, Is1
Y = A\b;
R1=2;R2=4;R3=2; R4=3;R5=3;V=24; h = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y),
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Ix = Is qua nguồn độc lập  = ',num2str(Y(5,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 qua nguồn phụ thuộc  = ',num2str(Y(6,:)) , 'A'])
```

3-4- <u>Mạch có chứa nguồn điện thế phụ thuộc điện thế</u>:

3-4-1-<u>Dẫn nhập</u> :

+Xét mạch điện hình 3-7 :



Hình 3-7

Cho $R_1 = 2\Omega, R_2 = 1\Omega, R_3 = 4\Omega$
$R_4 = 3\Omega, R_5 = 2\Omega$
$e = 2$

-Nếu gọi j và j_p là hai nút chứa nguồn điện thế mà nó phụ thuộc.

-Chỉ số k, k_p là là hai nút có nguồn điện thế phụ thuộc. Ta có phương trình căn bản cần thêm vào là :

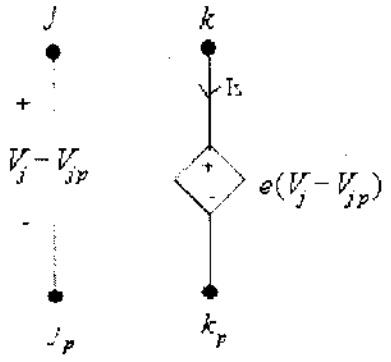
$$\boxed{(V_k - V_{kP}) - e(V_j - V_{jP}) = 0 \quad (*)}$$

-Biến cần tìm được thêm vào là dòng điện Is chạy qua nguồn phụ thuộc đó.

=> Vậy nếu trong mạch có nguồn điện thế phụ thuộc điện thế thì sẽ làm tăng số phương trình độc lập cần thiết theo công thức sau :

$\boxed{(N-1)+N_S}$, Với N_S là số nguồn điện thế phụ thuộc có trong mạch.

-Bảng 3 cho thấy ảnh hưởng của phương trình căn bản vào ma trận A.



	Chỉ số nút				Biến thêm vào
	j	j_p	k	k_p	Is
j					
j_p					
k					1
k_p					-1
Phương trình căn bản	-e	e	1	-1	

Bảng 3

+Bước 1 : Chọn chiều dòng điện Is theo quy ước.
+Bước 2 : Áp dụng KCL lần lượt để thành lập ma trận A

$$\frac{(V_1-V_2)}{R_1}=I_a \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_1}V_1-\frac{1}{R_1}V_2=Ia \quad (1)$$

$$\frac{(V_2-V_1)}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{(V_2-V_3)}{R_3}=0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{R_1}V_1+(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3})V_2-\frac{1}{R_3}V_3=0 \quad (2)$$

$$\frac{(V_3-V_2)}{R_3}+\frac{V_3}{R_3}+I_S=0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{R_3}V_2+(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4})V_3+I_S=0 \quad (3)$$

$$\frac{V_4}{R_5}-I_S=0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_5}V_4-I_S=0 \quad (4)$$

+Bước 3 : Thêm phương trình căn bản cho nguồn lệ thuộc :

$$(V_3-V_4)=e(V_1-V_2) \quad \Rightarrow \quad (V_3-V_4)-eV_1+eV_2=0 \quad (5)$$

=>Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận :

↗ Thành phần thứ nhất

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}) & -\frac{1}{R_3} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_3} & (\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}) & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{R_5} & -1 \\ -e & e & 1 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

↘ Phương trình cơ bản $(V_3-V_4)=e(V_1-V_2) \quad \Rightarrow \quad (V_3-V_4)-eV_1+eV_2=0$

3-4-2-Nhận xét :

+Ma trận A được thành lập bởi hai thành phần :

-Thành phần thứ nhất của ma trận A được thành lập theo quy luật chung.

-Thành phần thứ hai A được thành lập theo quy luật của bảng 3.

3-4-3-Giải thuật :

+Để tạo ma trận A lần lượt qua hai bước :

*-Tạo thành phần thứ nhất bởi hàm **A = A_array (i, j, val, Ao)***

*-Tạo thành phần thứ hai bởi **A = A_V_Vsrc (m, j, jp ,k, kp, val, Ao)**, trong đó*

.Chỉ số m là số hàng kế tiếp cần thêm vào ma trận A.

.Chỉ số j và jp là hai nút có nguồn điện thế mà nó phụ thuộc V_x theo chiều + sang –

.Chi số k và kp là hai nút chứa nguồn điện thế phụ thuộc điện thế theo chiều + sang -

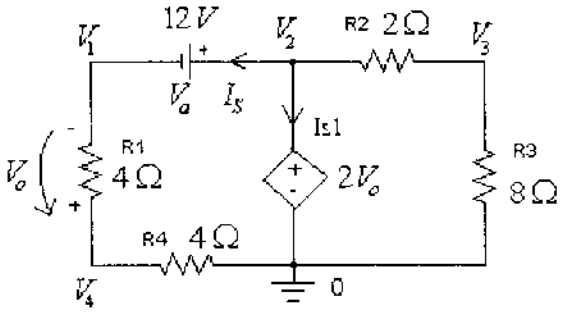
.Biến val là hệ số phụ thuộc.

```
%Tập tin H3_7.m
function H3_7
clc
syms R1 R2  R3 R4 R5   Ia e
%Tìm A(4 x 4)
A = sym(zeros(4));
A= A_array(1,2,1/R1,A);
A = A_array(2,0,1/R2,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A);
A = A_array(3,0,1/R4,A);
A = A_array(4,0,1/R5,A);
%Phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc
A = A_V_Vsrc (5, 1, 2 ,3, 4, e, A)
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros(5,1));
b = b_array(0,1,Ia,b)
%Tìm các nghiệm  V1,V2,V3,V4 và dòng Is
Y = A\b;
%Thay các giá trị vào
R1=2; R2=1; R3=4; R4=3; R5=2; Ia=2;  e = 2;
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện Is qua nguồn lệ thuộc  = ',num2str(Y(5,:)) , 'A'])
```

+Tóm lại :

-Đối với mạch có nguồn điện thế phụ thuộc điện thế thì khi áp dụng KCL để tìm ma trận A sẽ không bỏ qua hai nút có chứa nguồn điện thế mà nó phụ thuộc V_x.

Thí dụ : Tìm dòng điện qua điện trở R_3 như hình 3_8



Hình 3-8

+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

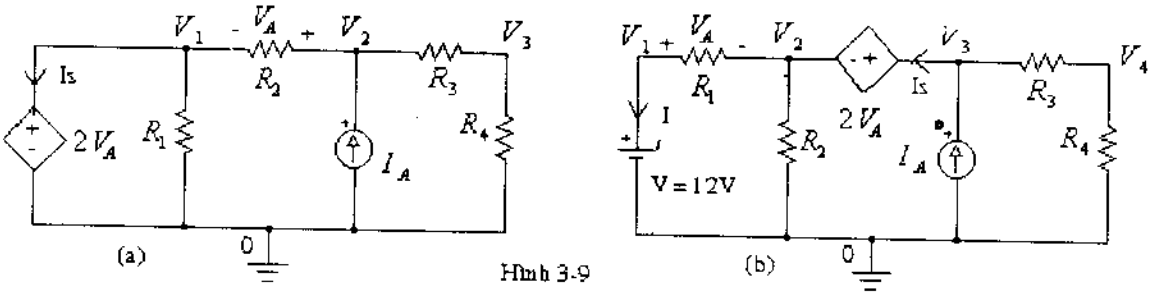
$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{R_1} & -1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4} & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e & 1 & 0 & -e & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V \\ 0 \end{pmatrix}$$

A b

```
function H3_8  %Tập tin H3_8.m
clc
syms R1 R2  R3 R4  Va e
%Tìm A(4 x 4)
A = sym(zeros(4)) ; A= A_array(1,4,1/R1,A); A = A_array(2,3,1/R2,A);
A = A_array(3,0,1/R3,A); A = A_array(4,0,1/R4,A);
A = A_Vsrc (5,2,1,A);  %Phương trình căn bản cho nguồn độc lập Va (giữa nút 2 và 1)
A = A_V_Vsrc (6, 4, 1 ,2, 0, e, A) %Phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc
b = sym(zeros(6,1)); %Tìm ma trận b
b(5,1) = Va  %Thêm vào hàng 5 có nguồn độc lập Va
Y = A\b; %Tìm các nghiệm V1,V2,V3,V4,I,Is
R1 = 4; R2 = 2; R3 = 8; R4 = 4; Va = 12; e = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện Is qua nguồn độc lập = ',num2str(Y(5,:)) , ' A']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 qua nguồn phụ thuộc = ',num2str(Y(6,:)) , ' A']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện qua R3 = ',num2str(Y(3,:)/R3) , ' A'])
```

Bài tập :

Cho $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1k\Omega$, $I_A = 2mA$ .Tìm điện thế các nút



Hình 3-9

3-5- Mạch có chứa nguồn dòng điện phụ thuộc điện thế:

3-5-1-Dẫn nhập :

-Nếu gọi j và j_p là hai nút chứa nguồn điện thế mà nó phụ thuộc.

-Chỉ số k, k_p là là hai nút có nguồn dòng điện phụ thuộc. Ta có phương trình căn bản cần thêm vào là :

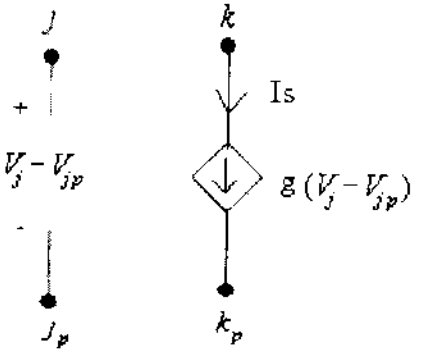
$$\boxed{I_S = g(V_j - V_{jp}) \quad (*)}$$

-Biến cần tìm được thêm vào là dòng điện chạy qua nguồn phụ thuộc đó Is.

=> Vậy nếu trong mạch có nguồn dòng điện phụ thuộc điện thế thì sẽ làm tăng số phương trình độc lập cần thiết theo công thức sau :

$\boxed{(N-1)+N_S}$, Với N_S là số nguồn dòng điện phụ thuộc có trong mạch.

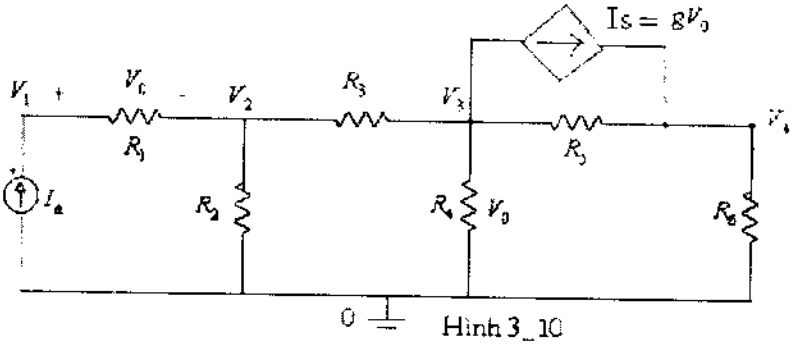
-Bảng 4 cho thấy ảnh hưởng của phương trình căn bản vào ma trận A.



	Chỉ số nút				Biến thêm vào
	j	j_p	k	k_p	Is
j					
j_p					
k					1
k_p					-1
Phương trình căn bản	g	-g			-1

Bảng 4

+Xét mạch điện hình 3_10 :



Cho $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, $R_5 = 5\Omega$, $R_6 = 6\Omega$, $I_a = 5$, $g = 2$

Hình 3_10

+Bước 1 : Áp dụng KCL tại 4 nút :

$$\frac{(V_1-V_2)}{R_1}=I_a \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_1}V_1-\frac{1}{R_1}V_2=I_a \quad (1)$$

$$\frac{(V_2-V_1)}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{(V_2-V_3)}{R_3}=0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{R_1}V_1+(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3})V_2-\frac{1}{R_3}V_3=0 \quad (2)$$

$$\frac{(V_3-V_2)}{R_3}+\frac{V_3}{R_4}+\frac{(V_3-V_4)}{R_5}+I_S=0 \quad \Rightarrow \quad \frac{-V_2}{R_3}+(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5})V_3-\frac{1}{R_5}V_5+I_S=0 \quad (3)$$

$$\frac{(V_4-V_3)}{R_5}+\frac{V_4}{R_6}-I_S=0 \quad \Rightarrow -\frac{1}{R_5}V_3+(\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6})V_4-I_S=0 \quad (4)$$

+Bước 2 : Phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc :

$$I_S=g(V_1-V_2) \quad \Rightarrow g(V_1-V_2)-I_S \quad =0 \quad (5)$$

=> Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}) & -\frac{1}{R_3} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_3} & (\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}) & -\frac{1}{R_5} & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_5} & (\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6}) & -1 \\ g & -g & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Phương trình căn bản $I_S=g(V_1-V_2) \quad \Rightarrow g(V_1-V_2)-I_S \quad =0$

3-5-2-<u>Nhận xét</u> .

+Ma trận A được thành lập bởi hai thành phần :

-Thành phần thứ nhất của ma trận A được thành lập theo quy luật chung.

-Thành phần thứ hai A được thành lập theo quy luật của bảng 4.

3-5-3-<u>Giải thuật</u> :

+Để tạo ma trận A lần lượt qua hai bước :

*-Tạo thành phần thứ nhất bởi hàm **A = A_array (i, j, val, Ao)***

*-Tạo thành phần thứ hai bởi **A = A_I_Vsrc(m, j, jp ,k, kp, val, Ao)**, trong đó*

.Chỉ số m là số hàng kế tiếp cần thêm vào ma trận A.

.Chỉ số j và jp là hai nút có nguồn điện thế mà nó phụ thuộc theo chiều + sang –

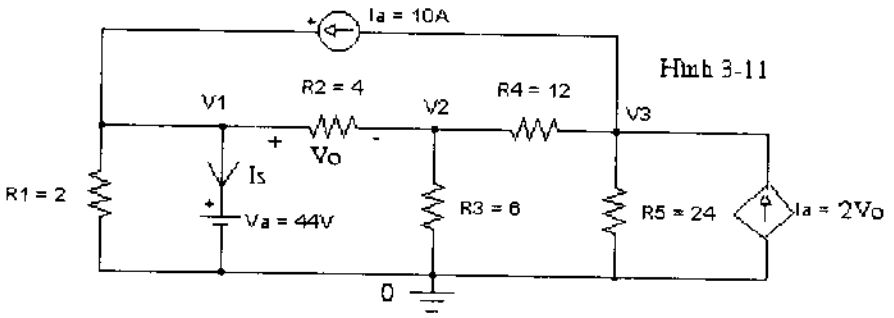
.Chỉ số k và kp là hai nút có nguồn dòng điện phụ thuộc điện thế theo chiều + sang -

.Biến val là hệ số phụ thuộc.

```
%Tập tin H3_10.m
function H3_10
clc
syms g R1  R2  R3  R4 R5 R6  Ia
%Tìm A
A= sym(zeros(4));  A= A_array(1,2,1/R1,A); A= A_array(2,0,1/R2,A);
A= A_array(2,3,1/R3,A); A= A_array(3,0,1/R4,A); A= A_array(3,4,1/R5,A);
A= A_array(4,0,1/R6,A);  A=A_I_Vsrc (5, 1, 2 ,3, 4, g, A) %Tạo phương trình căn bản
b = sym(zeros(5,1)); %Tìm b
b = b_array(0,1,Ia,b)
Y =A\b;
g =2; R1 =1;  R2 =2;  R3=3;   R4=4; R5=5;R6=6; Ia=5;
Y =eval(Y) ; %In kết quả
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc Is = ',num2str(Y(5,:)) , 'A'])
```

Thí dụ :

Trong hình 3-11. Tìm điện thế các nút



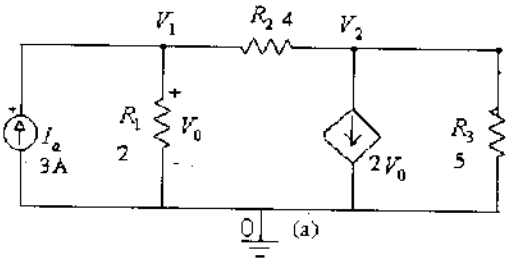
+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

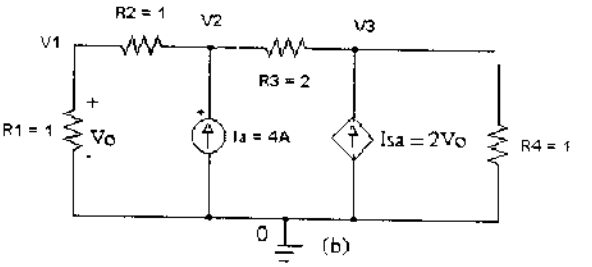
$$\underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_4} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ gm & -gm & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}}_{A} \quad \underbrace{\begin{pmatrix} Ia \\ 0 \\ -Ia \\ V \\ 0 \end{pmatrix}}_{b}$$

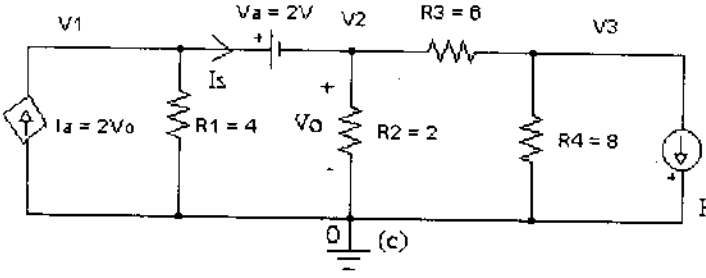
```
% Tập tin H3_11.m
function H3_11
clc
syms gm R1  R2  R3  R4  R5  Va Ia
%Tìm ma trận A
A= sym(zeros(3));
A= A_array(1,0,1/R1,A);
A= A_array(1,2,1/R2,A);
A= A_array(2,0,1/R3,A);
A= A_array(2,3,1/R4,A);
A= A_array(3,0,1/R5,A);
%Phương trình căn bản cho nguồn độc lập Va
A = A_Vsrc (4,1,0,A)
%Phương trình căn bản cho phụ thuộc Ia
A=A_I_Vsrc(5, 1, 2 ,0, 3, gm, A)
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros(5,1));
b= b_array(3,1,Ia,b);
b(4,1) = Va
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
gm =2; R1 =2;  R2 =4;  R3=6; R4=12; R5 = 24; Va =44;Ia =10;
Y = eval(Y);
Vo = Y(1)-Y(2);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V'])
disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V'])
disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V'])
disp(' ')
disp(['Dòng điện Is qua nguồn độc lập = ',num2str(Y(4,:)) , ' V'])
disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc Ia = ',num2str(Y(5,:)) , 'A'])
disp(' ')
disp(['Điện thế Vo = ',num2str(Vo) , 'A'])
```

Bài tập :

1-Tìm điện thế các nút của mạch điện hình 3-12 :

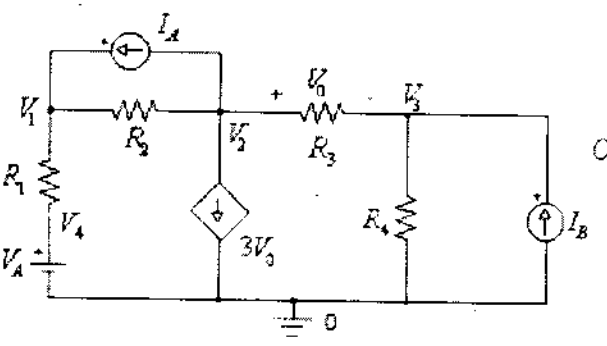






Hình 3_12

2-Tìm điện thế các nút của mạch điện hình 3-13 :



Cho $R_1 = 2\Omega, R_2 = 1\Omega, R_3 = 0.5\Omega, R_4 = 1\Omega$

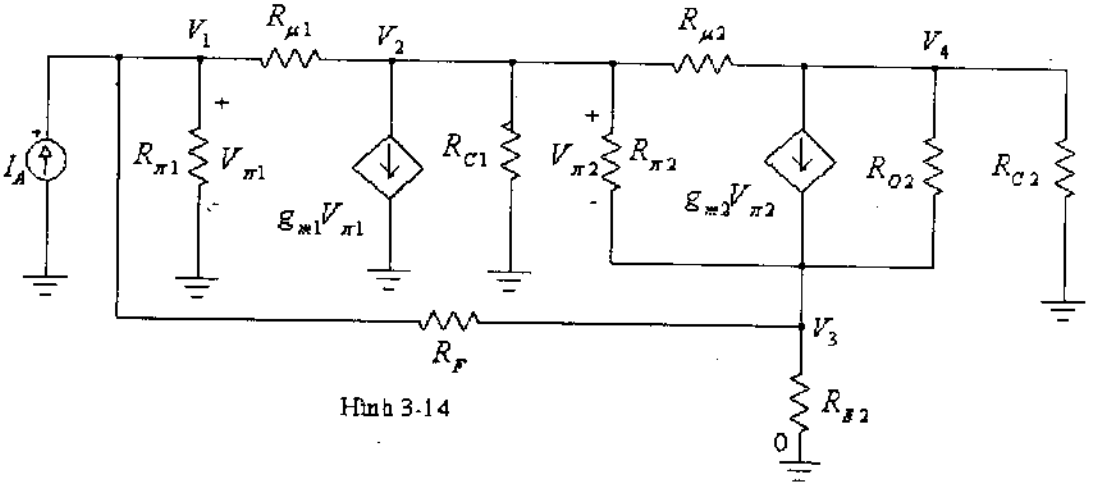
$I_A = 4A, \quad I_B = 5A, \quad V = 10V$

Hình 3-13

3-Tìm điện thế các nút của mạch điện hình 3-14 :

Cho : $g_{m1} = g_{m2} = 40.10^{-3}s, R_{\pi 1} = R_{\pi 2} = 2.5k\Omega, R_{O2} = 100k\Omega, R_{\mu 1} = R_{\mu 2} = 10M\Omega$

$R_{C1} = 10k\Omega, R_{C2} = 8k\Omega, R_{E2} = 1.3k\Omega, R_F = 10k\Omega, I_A = 1mA$



Hình 3-14

3-6- Mạch có chứa nguồn dòng điện phụ thuộc dòng điện :

3-6-1-Dẫn nhập :

Nếu trong mạch có nguồn dòng điện phụ thuộc dòng điện thì nguồn phụ thuộc đó sẽ được xác định bởi một phương trình căn bản :

$$\boxed{V_j - V_{jp} = R_x I_x \quad (*)}$$

Trong đó thay

$$\boxed{I_S = FI_x}$$

Với I_s là dòng điện mà nó phụ thuộc, và R_x là điện trở mà dòng điện I_x chạy qua.

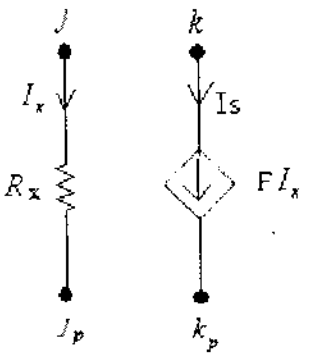
=> Vậy nếu trong mạch có nguồn dòng điện phụ thuộc dòng điện thì sẽ làm tăng số phương trình độc lập cần thiết theo công thức sau :

$\boxed{(N-1)+N_S}$,với N_S là số nguồn dòng điện phụ thuộc có trong mạch.

-Nếu gọi j và j_p là hai nút chứa nguồn dòng điện mà nó phụ thuộc.

-Và k, k_p là là hai nút có nguồn dòng điện phụ thuộc.

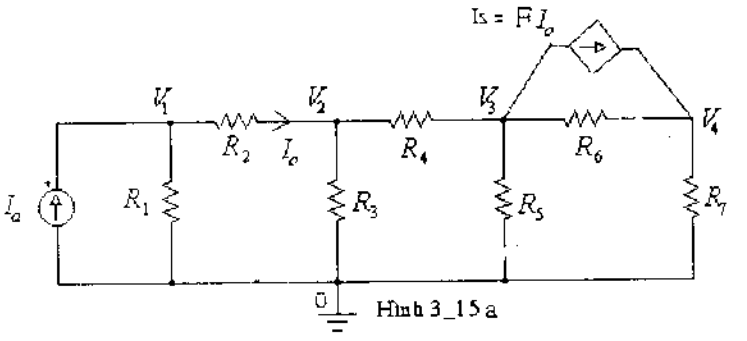
-Bảng 5 cho thấy ảnh hưởng của phương trình căn bản vào ma trận A.



	Chỉ số nút				Biến thêm vào
	j	j_p	k	k_p	I_x
j					1
j_p					-1
k					F
k_p					-F
Phương trình căn bản	1	-1			$-R_x$

Bảng 5

+Xét mạch điện Hình 3_15a :



Hình 3_15a

Cho $R_1 = 1\Omega, R_2 = 2\Omega, R_3 = 4\Omega$
$R_4 = 2\Omega, R_5 = 6\Omega, I_a = 2A$
$R_6 = 2\Omega, R_7 = 1\Omega$, F = 2

Áp dụng KCL tại 4 nút :

$$\frac{V_1}{R_1} + I_o = I_a \qquad (1)$$

$$\frac{V_2 - V_3}{R_4} + \frac{V_2}{R_3} = I_o \qquad (2)$$

$$\frac{V_3 - V_2}{R_4} + \frac{V_3}{R_5} + \frac{V_3 - V_4}{R_6} + I_S = 0 \qquad (3)$$

$$\frac{V_4 - V_3}{R_6} + \frac{V_4}{R_7} - I_S = 0 \qquad (4)$$

-Phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc :

$$V_1 - V_2 = R_2 I_o \qquad (5)$$

Với điều kiện thay $I_S = FI_o$

=> Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & (\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}) & -\frac{1}{R_4} & 0 & -1 \\ 0 & -\frac{1}{R_4} & (\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6}) & -\frac{1}{R_6} & F \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_6} & (\frac{1}{R_6}+\frac{1}{R_7}) & -F \\ 1 & -1 & 0 & 0 & -R_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Phương trình căn bản $V_1 - V_2 = R_2 I_o$
Với điều kiện thay $Is = FI_o$

3-6-2-<u>Nhận xét</u> :

+Ma trận A được thành lập bởi hai thành phần :

-Thành phần thứ nhất được thành lập theo quy luật chung nhưng bỏ qua nhánh có chứa dòng điện I_X mà nó phụ thuộc, vì Is = FI_X nên cùng bỏ qua.

-Thành phần thứ hai được tạo ra do phương trình căn bản theo quy luật đã trình bày trong bảng 5.

+Trong trường hợp mạch có nguồn điện thế phụ thuộc dòng điện thì sẽ không ảnh hưởng đến ma trận b, do vế phải của hai phương trình căn bản luôn bằng zero.

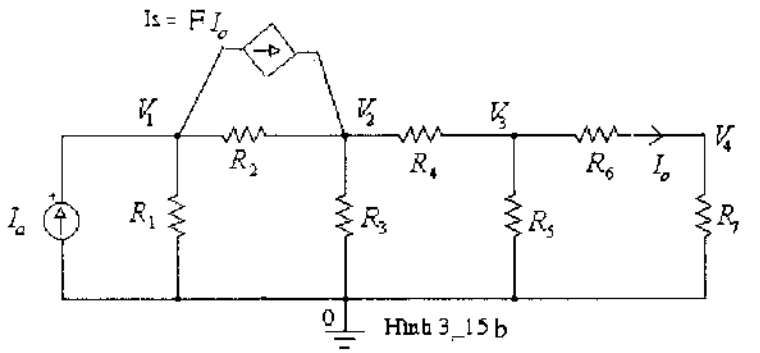
3-6-3-Giải thuật :

-Với hệ phương trình (*) được tìm bởi hàm ***A = A_I_Isrc(m,j,jp,Rval,k,kp,Ival,Ao)***
. m là hàng cần thêm vào.
.Chỉ số j và jp là hai nút chứa nguồn dòng điện mà nó phụ thuộc có chiều từ + sang -
.Chỉ số k và kp là hai nút chứa nguồn dòng điện phụ thuộc có chiều từ + sang –
. Rval = R_x *.*
. Ival = F *.*

```
%Tập tin H3_15a.m
function H3_15a
clc
syms R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 Ia F
A = sym(zeros(4));
A = A_array(1,0,1/R1,A);
A = A_array(2,0,1/R3,A);
A = A_array(2,3,1/R4,A);
A = A_array(3,0,1/R5,A);
A = A_array(3,4,1/R6,A);
A = A_array(4,0,1/R7,A)
%A = A_array(1,2,1/R2,A); Bỏ đi hàng này vì có chứa biến Io
%Xác định phương trình căn bản
A = A_I_Isrc(5,1,2,R2,3,4,F,A)
b = sym(zeros(5,1)); b = b_array(0,1,Ia,b) %Tìm b(5,1)
Y = A\b; %Tìm nghiệm
%Thay giá trị vào
R1 = 1; R2 =2 ; R3=4;  R4=2; Ia =2;  R5 = 6 ; R6 = 2 ;R7 = 6 ;F =2;
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']),  disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']),  disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']),  disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(5)) , ' Ampe'])
```

Thí dụ :

Tìm điện thế các nút của mạch điện 3-15b



Hình 3_15 b

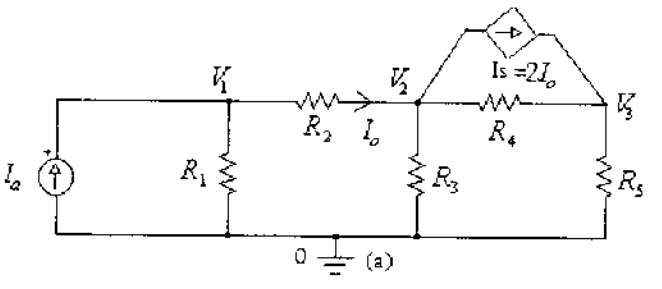
Cho $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$
$R_4 = 2\Omega$, $R_5 = 6\Omega$, $I_a = 2A$
$R_6 = 2\Omega$, $R_7 = 1\Omega$, F = 2

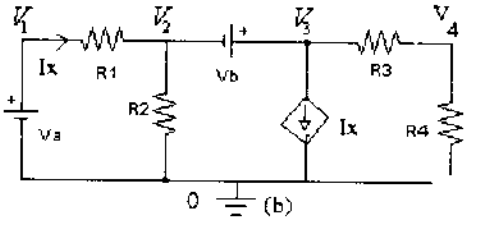
+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 & 0 & F \\ -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_4} & 0 & -F \\ 0 & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{R_7} & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -R_6 \end{pmatrix}}_{A} \quad \underbrace{\begin{pmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}}_{b}$$

```
%Tập tin H3_15b.m
function H3_15b
clc
syms R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 Ia F
A = sym(zeros(4)); A = A_array(1,0,1/R1,A); A = A_array(1,2,1/R2,A);
A = A_array(2,0,1/R3,A); A = A_array(2,3,1/R4,A); A = A_array(3,0,1/R5,A);
%A=A_array(3,4,1/R6,A); Bỏ đi hàng này vì có chứa biến Io
A = A_array(4,0,1/R7,A);
A = A_I_Isrc(5,3,4,R6,1,2,F,A) %Xác định phương trình căn bản
b = sym(zeros(5,1)); b = b_array(0,1,Ia,b) %Tìm b(5,1)
Y=A\b; %Tìm nghiệm
%Thay gía trị vào
R1 = 1; R2 =2 ; R3=4;  R4=2; Ia =2;  R5 = 6 ; R6 = 2 ;R7 = 6 ;F =2;
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(5)) , ' Ampe'])
```

Bài tập : Tìm điện thế các nút của mạch điện 3-16





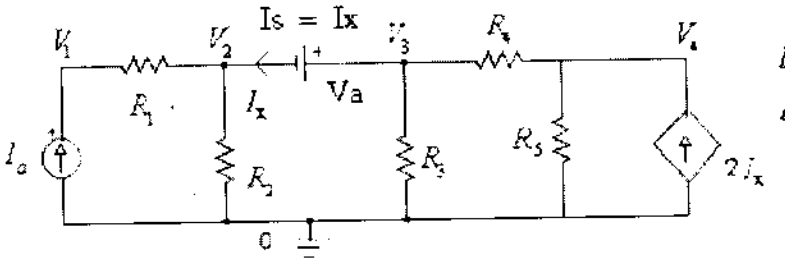
Cho $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$
$R_4 = 2\Omega$, $R_5 = 6\Omega$, $I_a = 2A$

Cho Va = 6V , Vb = 12V,
$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\Omega$

3-6-4-<u>Trường hợp dòng Ix đi qua nguồn điện thế</u> :

-Nếu dòng điện mà nó phụ thuộc I_x đi qua nguồn điện thế độc lập hay phụ thuộc như trong hình 3_17a thì sẽ làm giảm số phương trình cần thiết đi 1.

-Trường hợp này hai nguồn phụ thuộc và độc lập chỉ phát sinh một phương trình căn bản duy nhất mà thôi.



$R_1 = 3\Omega,\ R_2 = 2\Omega,\ R_3 = 1\Omega$

$R_4 = 6\Omega,\ V_a = 10V,\ I_a = 4A$

$R_5 = 4\ \Omega$

Hình 3_17

+Thật vậy :

-Áp dụng KCL tại 4 nút cho hình 3_17a,ta có :

$$\frac{V_1 - V_2}{R_1} = I_a \qquad (1)$$

$$\frac{V_2 - V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} - I_x = 0 \qquad (2)$$

$$\frac{V_3}{R_3} + \frac{V_3 - V_4}{R_4} + I_x = 0 \qquad (3)$$

$$\frac{V_4 - V_3}{R_4} + \frac{V_4}{R_5} - FI_x = 0 \qquad (4)$$

-Phương trình căn bản cho nguồn độc lập để xác định Ix :

$$V_3 - V_2 = V_a \qquad (5)$$

=> Viết dưới dạng ma trận :

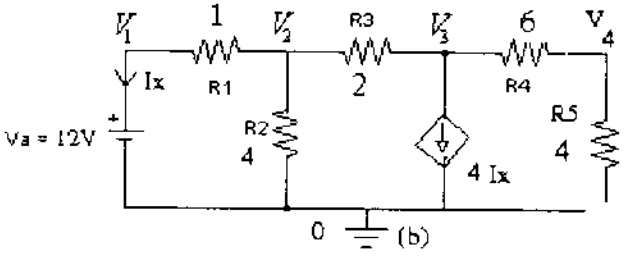
$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}) & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & (\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}) & -\frac{1}{R_4} & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} & -F \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_a \end{pmatrix}$$

Phương trình căn bản cho Va độc lập $V_3 - V_2 = V_a$

Được cộng thêm vào

```
function H3_17a  %Tập tin  H3_17a.m
clc
syms R1 R2 R3 R4 R5  Ia Va F
A  = sym(zeros(4)); A = A_array(1,2,1/R1,A); A = A_array(2,0,1/R2,A);
A = A_array(3,0,1/R3,A);  A  = A_array(3,4,1/R4,A); A = A_array(4,0,1/R5,A);
%Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 3 và 2 có nguồn độc lập Va để xác định dòng Ix
A = A_Vsrc (5,3,2,A)
%Cộng vào hàng 5 ,giữa nút 3 và 2 có R_x = 0
A = A_I_Isrc(5,3,2,0,0,4,F,A) %Thêm vào giữa nút 0 và 4 hệ số phụ thuộc F
b = sym(zeros(5,1)); %Tìm b
b = b_array(0,1,Ia,b);   b(5,1) = Va
%Tìm nghiệm V1, V2, V3, V4,Ix
Y=A\b;
R1  =3;R2=2; R3=1; R4=6; Va=10; Ia = 4;F = 2; R5 = 4;
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ tư V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']),  disp(' ')
disp(['Dòng điện Ix =  Is = ',num2str(Y(5)) , ' A'])
```

Thí dụ : Xét hình 3_17b :



+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_3} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_4} & F \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}}_{A} \quad \underbrace{\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_a \end{pmatrix}}_{b}$$

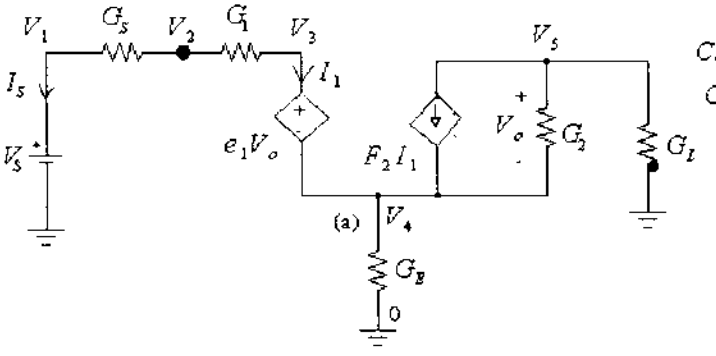
```
function H3_17b   %Tập tin H3_17b.m
clc
syms R1 R2 R3 R4 R5 Va F
A =sym(zeros(4));
A = A_array(1,2,1/R1,A);  A = A_array(2,0,1/R2,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A); A = A_array(3,4,1/R4,A);
A = A_array(4,0,1/R5,A);
A = A_Vsrc (5,1,0,A); %Phương trình căn bản cho Va để tìm Ix
A = A_I_Isrc(5,1,0,0,3,0,F,A)  %Cộng vào hàng 5 hệ số F phụ thuộc
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros(5,1));  b(5,1) = Va
Y=A\b; %Tìm nghiệm
R1 = 1; R2 = 4 ; R3 = 2;   R4 = 6;  R5 = 4; Va = 12;   F = 4 ;  %Thay giá trị vào
Y = eval(Y)
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua Va = ',num2str(Y(5)) , ' Volt'])
```

Tóm lại :

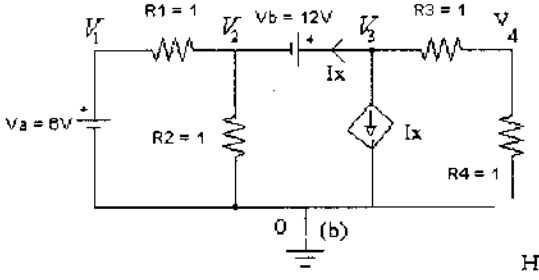
Trường hợp dòng Ix đi qua nguồn điện thế độc lập hay phụ thuộc thì chỉ cần thêm hệ số phụ thuộc F vào phương trình căn bản của nguồn điện thế đó để tìm Ix , vì vậy sẽ không phát sinh phương trình (*)

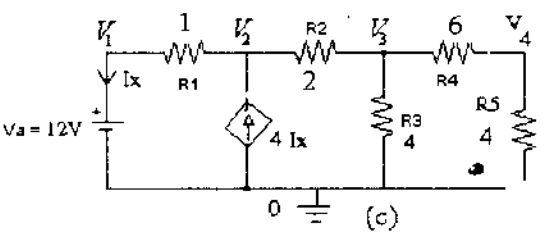
Bài tập :

Tìm điện thế các nút của mạch điện hình 3_18 :



Cho $G_1 = G_S = G_B = 1ms, G_L = 0.2ms,$
$G_2 = 10\mu s, e_1 = 10^{-3}, F_2 = 50$





Hình 3_18

3-7- Op_Amp :

3-7-1-Dẫn nhập :

-Nếu gọi j và j_p là hai ngõ vào không đảo và đảo của Op_Amp.

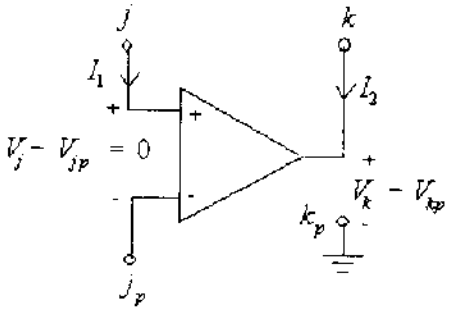
- k là nút ngõ ra.

- k_p là nút chuẩn do đó luôn bằng zero.

=> Phương trình căn bản phát sinh ở hai ngõ vào của Op_Amp là :

$$\boxed{V_j - V_{jp} = 0 \quad (*)}$$

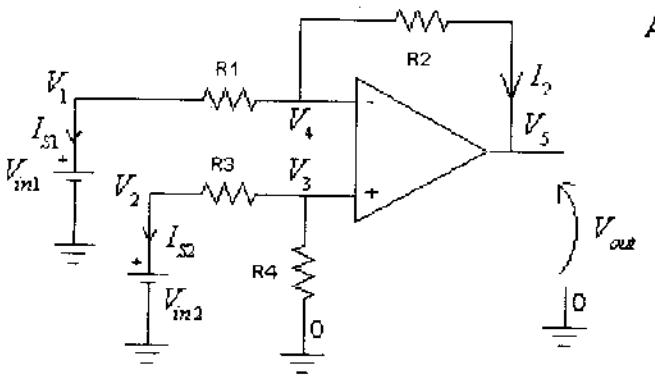
-Bảng 6 trình bày ảnh hưởng của phương trình căn bản đối với ma trận A.



	Cài số nút				Biến thêm vào
	j	j_p	k	k_p	I_2
j					
j_p					
k					1
k_p					0
Phương trình căn bản	1		-1		

Bảng 6

+Xét mạch khuếch đại vi sai như hình 3_19 :



Hình 3_19

Áp dụng KCL tại 5 nút, ta có :

$$\frac{V_1 - V_4}{R_1} + I_{S1} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{V_2 - V_3}{R_3} + I_{S2} = 0 \qquad (2)$$

$$\frac{V_3 - V_2}{R_3} + \frac{V_3}{R_4} = 0 \qquad (3)$$

$$\frac{V_4 - V_1}{R_1} + \frac{V_4 - V_5}{R_2} = 0 \qquad (4)$$

$$\frac{V_5 - V_4}{R_2} = -I_2 \qquad (5)$$

-Phương trình căn bản cho ngõ vào V_{in1} : $V_1 = V_{in1}$ (6)

-Phương trình căn bản cho ngõ vào V_{in2} : $V_2 = V_{in2}$ (7)

-Phương trình căn bản cho Op_Amp : $V_3 - V_4 = 0$ (8)

=> Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{R_1} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_3} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2} & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ I_{S1} \\ I_{S2} \\ I_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_{in1} \\ V_{in2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Tạo bởi hai nguồn độc lập $V_1 = V_{in1}$, $V_2 = V_{in2}$

Phương trình căn bản của Op - Amp $V_3 - V_4 = 0$

3-7-2-<u>Nhận xét</u> :

+Ma trận A được thành lập bởi ba thành phần :

-Thành phần thứ nhất được thành lập theo quy luật chung.

-Thành phần thứ hai được tạo ra do phương trình căn bản của hai ngõ vào.

-Thành phần thứ ba được tạo ra do phương trình căn bản của Op_Amp, có quy luật như bảng 6.

+Biến thêm vào là các dòng điện I_{S1}, I_{S1}, I_2.

3-7-3-<u>Giải thuật</u> :

-Phương trình căn bản của Op_Amp được tìm bởi hàm ***A = A_OpAmp(m, j, jp ,k, Ao)***

. m là hàng cần thêm vào.

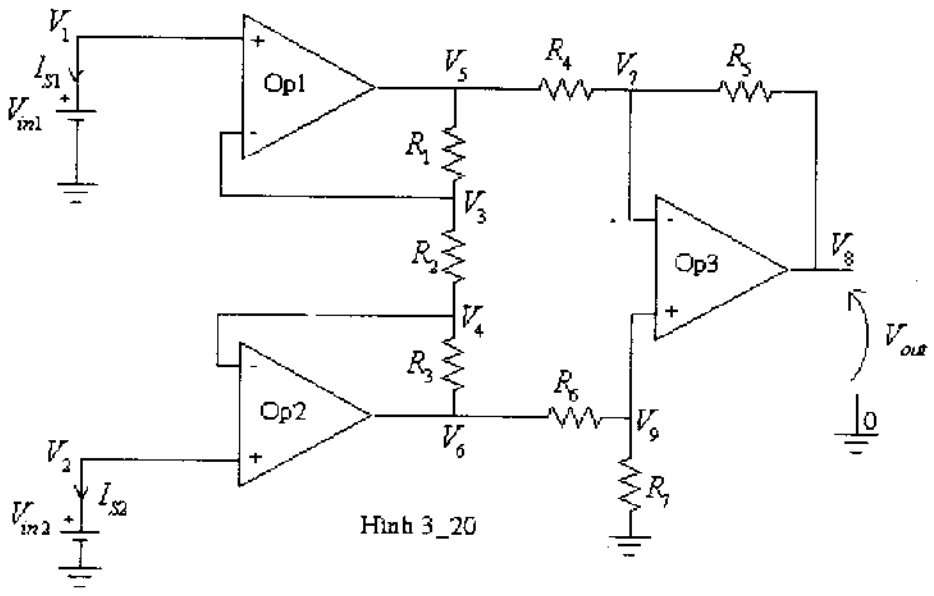
.Chỉ số j và jp là hai nút chứa hai ngõ vào không đảo và đảo của Op_Amp.

.Chỉ số k là nút chứa ngõ ra V_{out}

+Trong hình 3_19, nếu chọn $R_3 = R_1$ và $R_4 = R_2$, ta có tập tin H3_19.m như sau :

```
function H3_19 %Tập tin H3_19
clc
syms R1  R2 R3 R4   Vin1   Vin2
R3 = R1; R4 =  R2;
A = sym(zeros(5)); A = A_array(1,4,1/R1,A);  A = A_array(4,5,1/R2,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A); A = A_array(3,0,1/R4,A);
A = A_Vsrc (6,1,0,A); A = A_Vsrc (7,2,0,A); %Hai phương trình căn bản cho hai ngõ vào
A = A_OpAmp(8, 3, 4 ,5, A) %Phương trình căn bản cho Op_Amp
b = sym(zeros(8,1));  b(6,1) = Vin1;  b(7,1) = Vin2   %Xác định ma trận b
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = simple(Y(5));  disp(['Điện thế ngõ ra Vout = ', ' ', char(Vout)])
```

Thí dụ 1 : Xét một mạch khuếch đại đo như hình 3_20 :



Hình 3_20

-Op1 và Op2 làm nhiệm vụ khuếch đại không đảo, dùng để nâng cao hai tín hiệu vào V_{in1} và V_{in2} , hai tín hiệu này thường là do từ cảm biến đưa đến.

-Op3 là mạch khuếch đại vi sai làm nhiệm vụ như mạch trừ, vì vậy chọn :

$$R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R = 4.7k\Omega$$

-Các điện trở R_1, R_2, R_3 xác định hệ số khuếch đại của mạch, do đó chọn :

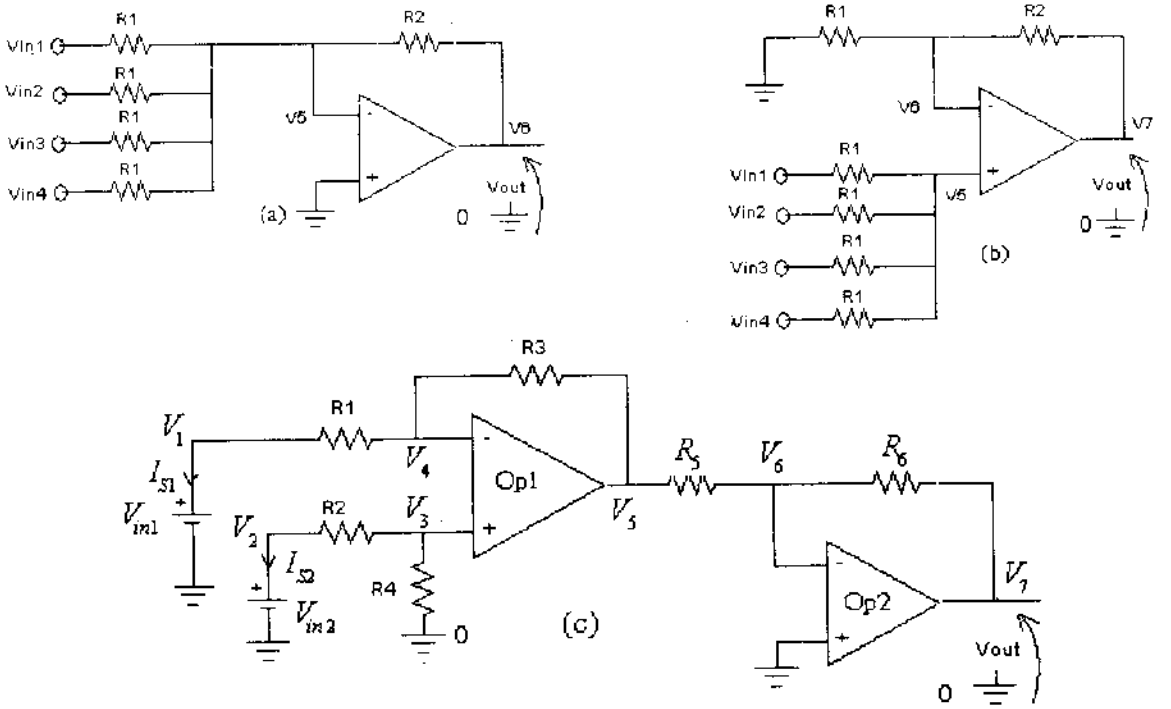
$$R_1 = R_3 = 100k\Omega \text{ và } R_2 = 10k\Omega$$

```
function H3_20 %Tập tin H3_20.m
clc
syms R1  R2 R3 R4 R5 R6 R7 Vin1   Vin2   R
R1 =  R3;
R4 = R ; R5 =  R; R6 = R ; R7 =  R;
%Xác định ma trận A
A =sym(zeros(9));  A = A_array(3,4,1/R2,A);  A = A_array(4,6,1/R3,A);
A = A_array(6,9,1/R6,A); A = A_array(9,0,1/R7,A); A = A_array(5,3,1/R1,A);
A = A_array(5,7,1/R4,A); A = A_array(7,8,1/R5,A);
%Hai phương trình căn bản cho hai ngõ vào
A = A_Vsrc (10,1,0,A);
A = A_Vsrc (11,2,0,A);
%Phương trình căn bản cho Op_Amp 1
A = A_OpAmp(12, 1, 3 ,5, A);
%Phương trình căn bản cho Op_Amp 2
A = A_OpAmp(13, 2, 4 ,6, A);
%Phương trình căn bản cho Op_Amp 3
A = A_OpAmp(14, 9, 7 ,8, A)
%Xác định ma trận b
b =sym(zeros(14,1));
b(10,1) = Vin1;
```

```
b(11,1) = Vin2
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
%Điện thế ra
Vout = simple(Y(8));
disp(['Điện thế ngõ ra Vout = ', ' ', char(Vout)])
%Thay giá trị vào
R = 4.7e3;  R1 = 100e3;    R3 = 100e3;  R2 = 10e3;
Vout = eval(Vout);
Av =  simple(Vout/((Y(1))-(Y(2))));  %Độ lợi khuếch đại
disp(['Độ lợi khuếch đại Av = ', ' ', char(Av)])
```

Bài tập :

1-Tìm điện thế ra V_{out} và độ lợi khuếch đại A_v của mạch hình H3_21 :



Hình 3_21

2-Tìm ma trận A và b của mạch sau :

Chương 4

Biến đổi Laplace

4-1-Biến đổi Laplace :

4-1-1-Định nghĩa :

a_Biến đổi Laplace :

-Cho $f(t)$ là hàm xác định với mọi $t \geq 0$, thì biến đổi Laplace của hàm $f(t)$ được định nghĩa như sau :

$$£[f(t)] = F(s) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-st} dt \quad (4-1)$$

-Trong đó : $s = \sigma + j\varpi$ được gọi là biến phức hay biến số Laplace

£ là toán tử Laplace.

F(s) là ảnh của hàm f(t) qua phép biến đổi Laplace.

-Biến đổi Laplace tồn tại khi biểu thức (5-1) hội tụ, nghĩa là :

$$\int_0^\infty |f(t)|\, e^{-st} dt \quad < \infty$$

Thí dụ : Biến đổi Laplace của hàm $f(t) = \cos(wt)$

+ Ta có : $£[f(t)] = F(s) = \int_0^\infty \cos(wt)\, e^{-st} dt$

-Theo công thức Euler, ta được :

$$F(s) = \int_0^\infty \left(\frac{e^{jwt} + e^{-jwt}}{2} \right) e^{-st} dt = \frac{s}{s + w^2}$$

$$=> £[f(t)] = F(s) = \frac{s}{s + w^2}$$

b_Biến đổi ngược Laplace :

$$£^{-1}[F(s)] = f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma - j\infty}^{\sigma + j\infty} F(s)\, e^{-st} ds \quad (4\_2)$$

4-1-2-Tính chất của biến đổi Laplace :

a-Tính tuyến tính :

-Nếu hàm $f_1(t)$ có biến đổi Laplace là $£[f_1(t)] = F_1(s)$ và hàm $f_2(t)$ có biến đổi Laplace là $£[f_2(t)] = F_2(s)$ thì ta có :

$$£[a_1 f_1(t) \pm a_2 f_2(t)] = a_1 F_1(s) \pm a_2 F_2(s) \quad (4\_3)$$

Với a_1, a_2 là hằng số

b-Ảnh của đạo hàm :

-Nếu hàm $f(t)$ có biến đổi Laplace là $£[f(t)] = F(s)$,thì :

$$£\left[\frac{d}{dt} f(t)\right] = sF(s) - f(0^-)$$

Trong đó $f(0^-)$ là điều kiện ban đầu, nếu điều kiện đầu bằng zero, ta có :

$$£\left[\frac{d}{dt} f(t)\right] = sF(s)$$

c-Ảnh của tích phân :

-Nếu hàm $f(t)$ có biến đổi Laplace là $£[f(t)] = F(s)$,thì :

$$£\left[\int_0^t f(\tau)d\tau\right] = \frac{F(s)}{s}$$

+Ứng dụng của Matlab :

a-Biến đổi Laplace :

*Hàm **laplace(f(t))** : Biến đổi laplace của hàm f(t)*
*Hàm **ilaplace(f(t))** : Biến đổi ngược laplace của hàm F(s)*
Hai hàm này được cung cấp sẵn trong thư viện của Matlab

Thí dụ 1 : Biến đổi Laplace của hàm $f(t) = \cos(wt)$

```
%Tập tin H4_1.m
function H4_1
syms w t %Khai báo biến kiểu symbol
ft = cos(w*t); % Nhập hàm f(f)
%Biến đổi Laplace
Fs = laplace(ft)
```

Thí dụ 2 : Biến đổi Laplace của hàm $f(t) = e^{-at}\cos(wt)$

```
%Tập tin H4_2.m
function H4_2
syms w t a
ft = exp(-a*t)*cos(w*t);
Fs = laplace(ft)
```

Thí dụ 3 : Biến đổi Laplace của hàm $\frac{d}{dt}f(t)$

```
% Tập tin  H4_3.m
function H4_3
syms w t
f = sym('f(t)')
 laplace(diff(f))
```

Bài tập : Biến đổi Laplace của các hàm sau :

a- $f(t) = \sin(wt)$

b- $f(t) = e^{-ax}\sin(y)\cos(wt)$

c- $f(t) = e^{-t} + e^{-2t}$

d- $f(t) = \cos(\frac{w}{2}t)$

b-<u>Biến đổi ngược Laplace</u> :

Thí dụ :

Biến đổi ngược Laplace của hàm $F(s) = \frac{w}{s^2 + w^2}$

```
% Tập tin H4_4.m
function H4_4
syms  s w
num = w;
den = s^2 + w^2;
Fs = num/den
ft = ilaplace(Fs)
```

Bài tập : Biến đổi ngược Laplace của các hàm sau :

a- $F(s) = \frac{10(s+1)}{s(s^2 + 2s + 2)}$

b- $F(s) = \frac{(s-1)}{(s^2 + 3s + 2)}$

c- $F(s) = \frac{1}{(s^2 + 4s + 5)}$

d- $F(s) = \frac{1}{s(s^2 + 6s + 9)}$

e- $F(s) = \frac{10(s+3)}{(s+2)(s+1)^2}$

4-1-3-Định luật giá trị ban đầu và sau cùng :

a-Định luật giá trị ban đầu :

Định luật này cho biết giá trị của hàm f(t) tại t = 0, bằng cách tính giới hạn của sF(s) khi s -> ∞

$$\boxed{\lim_{t->0} f(t) = \lim_{s->\infty} sF(s)}$$

Thí dụ : Tìm giá trị ban đầu của hàm $F(s) = \dfrac{10(s^2+1)}{s(s^2+2s+2)}$

$$f(0) = \lim_{s->\infty} sF(s) = \lim_{s->\infty} s\frac{10(s^2+1)}{s(s^2+2s+2)} = \lim_{s->\infty} \frac{10(s^2+1)}{(s^2+2s+2)} = 10$$

+Ứng dụng Matlab :

Hàm limit **(f(t), t, ∞)** tính giới hạn của hàm f(t) khi t -> ∞

```
%Tập tin H4_5.m
function H4_5
syms s
num = 10*(s^2 + 1);
den = s*(s^2+2*s+2);
Fs = num/den;
fo = limit(s*Fs, s, inf)
```

b-Định luật giá trị sau cùng :

Định luật này cho biết giá trị của hàm f(t) tại t = ∞, bằng cách tính giới hạn của sF(s) khi s -> 0

$$\boxed{\lim_{t->\infty} f(t) = \lim_{s->0} sF(s)}$$

Thí dụ : Tìm giá trị sau cùng của hàm $F(s) = \dfrac{10(s^2+1)}{s(s^2+2s+2)}$

$$f(\infty) = \lim_{s->0} sF(s) = \lim_{s->0} s\frac{10(s^2+1)}{s(s^2+2s+2)} = \lim_{s->0} \frac{10(s^2+1)}{(s^2+2s+2)} = 5$$

+Ứng dụng Matlab :

```
%Tập tin H4_6
function H4_6
syms s
num=10*(s^2 +1);
den = s*(s^2+2*s+2);
Fs = num/den;
finf = limit(s*Fs, s, 0)
```

4-2-Ứng dụng của biến đổi Laplace :

4-2-1 Giải phương trình vi phân :

Cho phương trình vi phân cấp 2 sau :

$$\frac{d^2}{dt^2}y(t)+5\frac{d}{dt}y(t)+6y(t)=e^{-t} \quad (1).$$

Tìm y(t), biết điều kiện đầu là $y(0)=1$ và $y'(0)=1$.

+Giải :

-Biến đổi Laplace phương trình (1), ta có :

$$s^2Y(s)-sy(0)-y'(0)+5[sY(s)-y(0)]+6Y(s)=\frac{1}{s+1}$$

$$Y(s)[s^2+5s+6]=\frac{1}{s+1}+s+1+5$$

$$\Rightarrow Y(s)=\frac{1}{(s+1)(s^2+5s+6)}+\frac{s+6}{(s^2+5s+6)}$$

-Biến đổi ngược Laplace, ta có kết quả sau :

$$y(t)=(\frac{1}{2}e^{-t}+3e^{-2t}-\frac{5}{2}e^{-3t})u(t)$$

```
%Tập tin H4_7.m
function H4_7
syms s
num1 = 1; num2 = s + 6;
den1 = (s+1)*(s^2+5*s+6); den2 = (s^2+5*s+6);
Ys = num1/den1 + num2/den2
yt = ilaplace(Ys)
```

Bài tập : Giải phương trình vi phân sau :

a- $\frac{d^2}{dt^2}y(t)+11\frac{d}{dt}y(t)+30y(t)=4u(t)$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=0$ và $y'(0)=0$.

b- $\frac{d^2}{dt^2}y(t)+2\frac{d}{dt}y(t)+y(t)=e^{-2t}$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=0$ và $y'(0)=0$.

c- $\frac{d^2}{dt^2}y(t)+4\frac{d}{dt}y(t)+4y(t)=u(t)$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=0$ và $y'(0)=1$.

d- $\frac{d^3}{dt^3}y(t)+4\frac{d^2}{dt^2}y(t)+3\frac{d}{dt}y(t)=10e^{-2t}$. Biết tất cả điều kiện đầu bằng 0.

4-2-2 Giải phương trình tích phân :

Tìm y(t) của phương trình sau :

$$\frac{d}{dt}y(t)+2y(t)+\int_0^t y(\lambda)e^{-2(t-\lambda)}d\lambda=10u(t) \quad (1)$$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=0$.

+Giải :

-Biến đổi Laplace phương trình (1), ta có :

$$sY(s)+2Y(s)+\frac{Y(s)}{s+2}=\frac{10}{s}$$

$$\Rightarrow Y(s)=\frac{10(s+2)}{s(s^2+4s+5)}$$

-Biến đổi ngược Laplace, ta có kết quả sau :

$$y(t)=(4-4e^{-2t}\cos(t)+2e^{-2t}\sin(t))u(t)$$

```
%Tập tin H4_9.m
function H4_9
syms s
num = 10*(s+2);
den = s*(s^2+4*s+5);
Ys = num/den
yt = ilaplace(Ys)
```

Bài tập : Tìm y(t) của phương trình sau :

a- $\frac{d}{dt}y(t)+\int_0^t y(\lambda)e^{-2(t-\lambda)}d\lambda=u(t)$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=0$.

b- $\frac{d}{dt}y(t)+2y(t)+\int_0^t y(\lambda)d\lambda=1-e^{-2t}$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=0$, t>0.

c- $\frac{d}{dt}y(t)+2y(t)+\int_0^t y(\lambda)e^{-2(t-\lambda)}d\lambda=4u(t)$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=1$, t>0.

d- $y(t)+\int_0^t y(\lambda)e^{-(t-\lambda)}d\lambda=tu(t)$. Biết điều kiện đầu là $y(0)=1$, t>0.

4-2-3 Giải tích mạch phi tuyến :

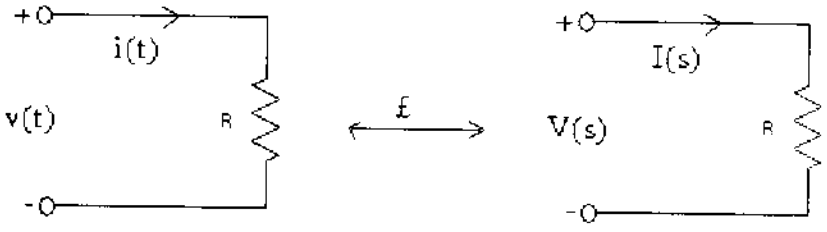
-Quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong mạch thuần điện trở

Trong mạch thuần điện trở, điện thế và dòng điện trong miền thời gian là :

$$v(t) = Ri(t)$$

Biến đổi Laplace phương trình trên, ta có quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong miền tần số phức s là :

$$V(s) = RI(s)$$



(a)

-Quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong mạch có điện dung :

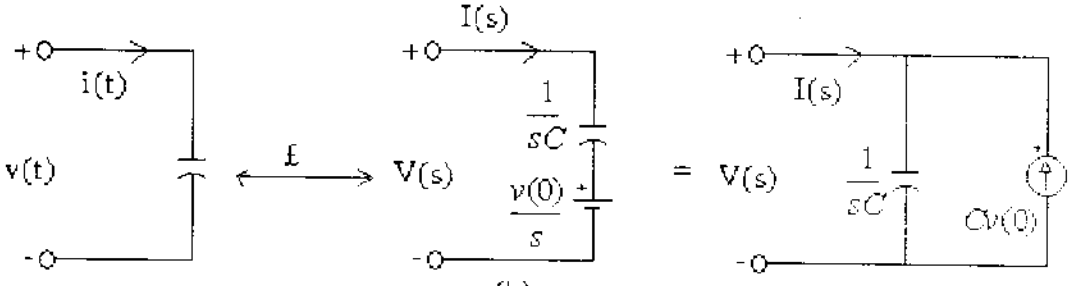
$$v(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i(x)dx + v(0)$$

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

Biến đổi Laplace ta có quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong miền s là :

$$V(s) = \frac{I(s)}{sC} + \frac{v(0)}{s}$$

$$I(s) = sCV(s) - Cv(0)$$



(b)

-Quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong mạch có điện cảm :

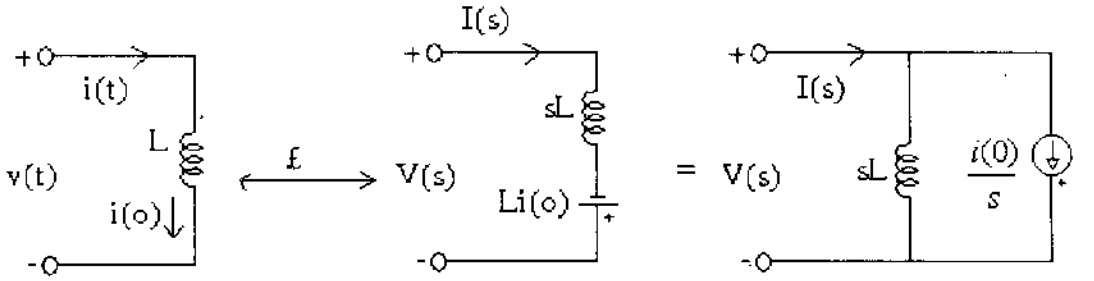
$$v(t) = L\frac{d}{dt}i(t)$$

$$i(t) = \frac{1}{L}\int_0^t v(x)dx + i(0)$$

Biến đổi Laplace ta có quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong miền s là :

$$I(s) = \frac{V(s)}{sL} + \frac{i(0)}{s}$$

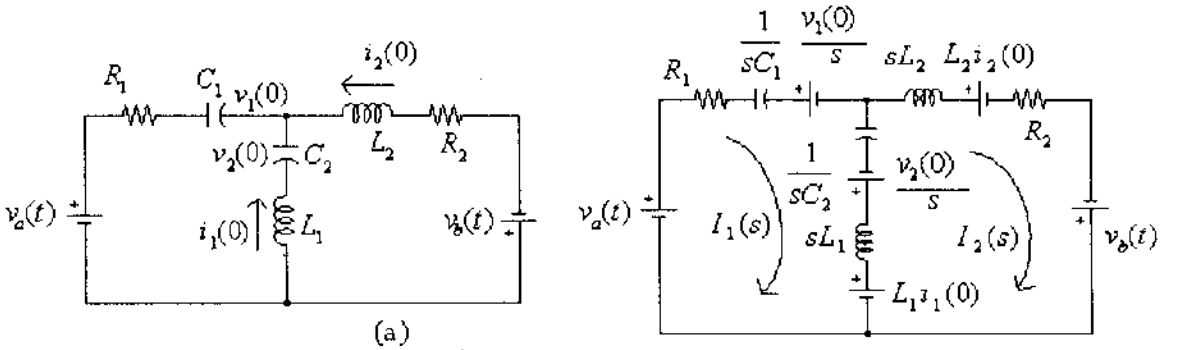
$$V(s) = sLI(s) - Li(0)$$



Hình 4_11 (c)

a- <u>Áp dụng phương pháp phân rã mạng điện</u> :

+ Xét mạch điện hình 4_12



(a) Hình 4_12 (b)

+Lưu ý :

- Trong hình (a) mạch được cho trong miền thời gian, các ký hiệu $i_1(0), i_2(0)$ là năng lượng tích trữ ban đầu của L_1, L_2 và $v_1(0), v_2(0)$ là năng lượng tích trữ ban đầu của C_1, C_2

-Trong hình (a) mạch cho ở miền thời gian t, khi áp dụng phân rã màng sẽ cho phương trình vi phân bậc hai. Giải mạch như vậy được gọi là giải trong miền thời gian.

-Nếu biến đổi Laplace mạch điện, ta có trong miền tần số phức như hình (b), nghĩa là chuyển mạch điện từ miền thời gian t sang miền tần số s . Ta có giải mạch trong miền tần số phức.

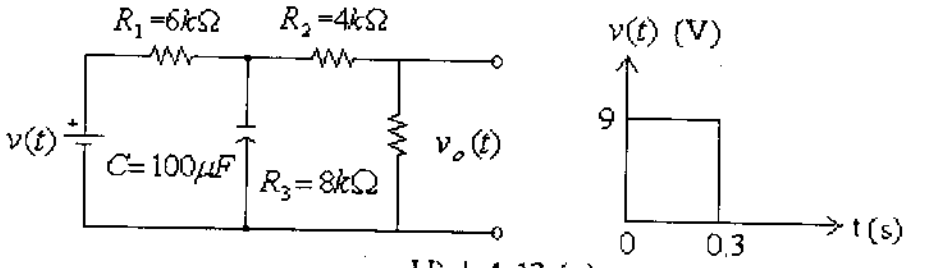
+Áp dụng trong mạch điện hình 4_12 (b), với ma trận A và b được tìm theo quy luật trong chương hai, ta có :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} R_1 + \frac{1}{sC_1} + \frac{1}{sC_2} + sL_1 & -\frac{1}{sC_2} - sL_1 \\ -\frac{1}{sC_2} - sL_1 & \frac{1}{sC_2} + sL_1 + sL_2 + R_2 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} -\frac{V_1}{s} + \frac{V_2}{s} - L_1 i_1 + V_a \\ -\frac{V_2}{s} + L_1 i_1 - L_2 i_2 + V_b \end{pmatrix}}_{b}$$

```
function H4_12  %Tập tin H4_12.m
syms s R1 R2 v1 v2 C1 C2 L1 L2  i1 i2 va  vb
A = sym(zeros(2)); %Tìm A
A = A_array(1,0,R1+(1/s*C1),A);
A = A_array(1,2,(1/s*C2)+s*L1,A);  A = A_array(2,0,s*L2+ R2,A)
b = sym(zeros(2,1));  b = b_array(1,0,(v1/s)-(v2/s)+(L1*i1)-va,b); %Tìm b
b = b_array(2,0,(v2/s)-(L1*i1)+(L2*i2)-vb,b)
```

Thí dụ :

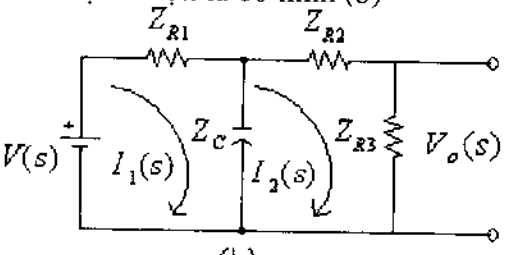
Tìm điện thế $v_0(t)$ của mạch điện hình 4_13:



Hình 4-13 (a)

-Trong hình (a) mạch được cho trong miền thời gian và tụ C không tích trữ năng lượng ban đầu.

-Biến đổi Laplace mạch điện ta có hình (b)



(b)

$Z_{R1} = R_1$, $Z_{R2} = R_2$

$Z_{R3} = R_3$, $Z_C = \dfrac{1}{Cs}$

$V(s) = \pounds[v(t)]$

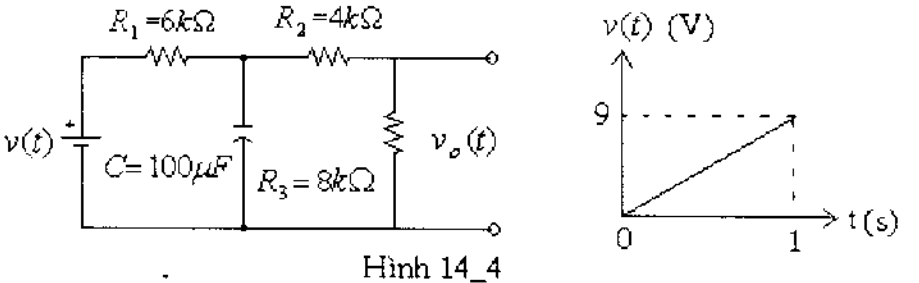
+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} R_1 + \dfrac{1}{sC} & -\dfrac{1}{sC} \\ -\dfrac{1}{sC} & \dfrac{1}{sC} + R_2 + R_3 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} V_s \\ 0 \end{pmatrix}}_{b}$$

+Chú ý :
Trong Matlab sử dụng hàm heaviside(t) để thay cho hàm nấc đơn vị u(t)

```
%Tập tin H4_13.m
function H4_13
clc
syms R1  R2  R3  C s  Vs  t
Zr1 = R1; Zr2 = R2;Zr3 = R3; Zc = 1/( C*s);
%Tìm A
A = sym(zeros(2));  A = A_array(1,0,Zr1,A); A = A_array(1,2,Zc,A); A = A_array(2,0,Zr2+Zr3,A)
b = sym(zeros(2,1));  b = b_array(1,0,-Vs,b) %Tìm b
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R1 = 6e3 ; R2 = 4e3 ; R3 = 8e3 ; C = 100e-6 ;  %Thay giá trị vào
Vs = laplace(9*(heaviside(0.3-t))); %Biến đổi laplace của hàm v(t)
Y  = eval(Y);
I2 =  Y(2); %Tìm dòng điện I2(s)
Vos  = I2* R3; %Nghiệm Vo(s)
Vot = ilaplace(Vos); %Tìm nghiệm theo thời gian vo(t)
Vot =  vpa(Vot,2) %Đơn giản biểu thức
```

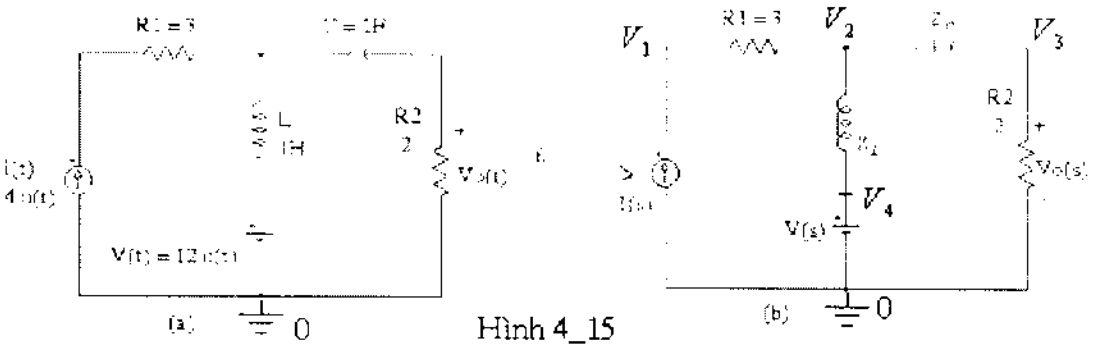
Bài tập : Tìm điện thế $v_0(t)$ của mạch điện hình 4_14 :



Hình 14_4

b- <u>Áp dụng KCL</u> :

+ Xét mạch điện hình 4_15, mạch không tích trữ năng lượng ban đầu



Hình 4_15

-Trong đó : $I(s) = \frac{4}{s}, V(s) = \frac{12}{s}, Z_L = Ls,\ Z_C = \frac{1}{Cs}$

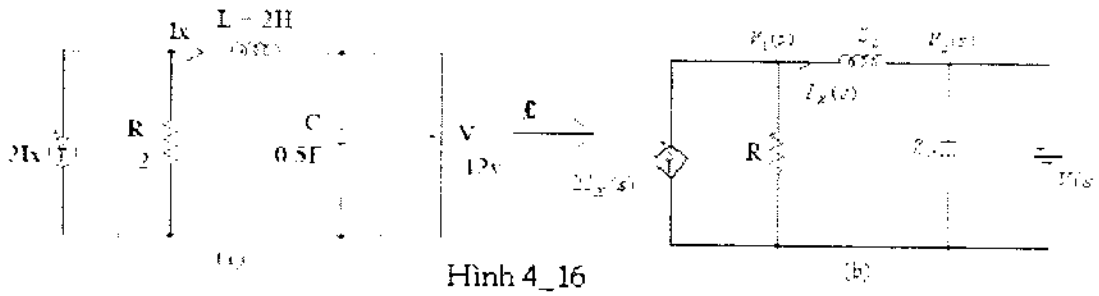
+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1} + \frac{1}{sL} + sC & -sC & -\frac{1}{sL} & 0 \\ 0 & -sC & sC & 0 & 1 \\ 0 & -\frac{1}{sL} & 0 & \frac{1}{sL} + \frac{1}{R_2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} \frac{Ia}{s} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{Va}{s} \end{pmatrix}}_{b}$$

```
%Tập tin H4_15.m
function H4_15
clc
syms R1  R2  L s  C t Ia  Va
Zl = (L*s); Zc = 1/( C*s);
Vs = laplace(Va*(heaviside(t)))
Is = laplace(Ia*(heaviside(t)))
% Tìm A
A = sym(zeros(4));  A = A_array(1,2,1/R1,A); A = A_array(2,4,1/Zl,A);
A = A_array(2,3,1/Zc,A); A = A_array(4,0,1/R2,A);
A = A_Vsrc (5,3,0,A) %Phương trình căn bản cho Va
%Tìm b
b =sym(zeros(5,1));  b = b_array(0,1,Is,b);  b(5,1) = Vs
Y = A\b;  %Tìm nghiệm trong miền tần số
Vos  = Y(4); %Nghiệm Vo(s)
R1 = 3; R2 = 2; L = 1; C = 1; Ia = 4; Va = 12; %Thay giá trị vào
Vos  = eval(Vos );
disp(['Điện thế ra Vos = ',' ', char(Vos)]), disp(' ')
Vot = ilaplace(Vos); %Tìm nghiệm trong miền thời gian
disp(['Điện thế ra trong miền thời gian Vot = ',' ', char(Vot)])
fplot(char(Vot),[0,10]) , grid %Vẽ hình
title('Đáp ứng ngõ ra','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
xlabel('Miền thời gian','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
ylabel('Biên độ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

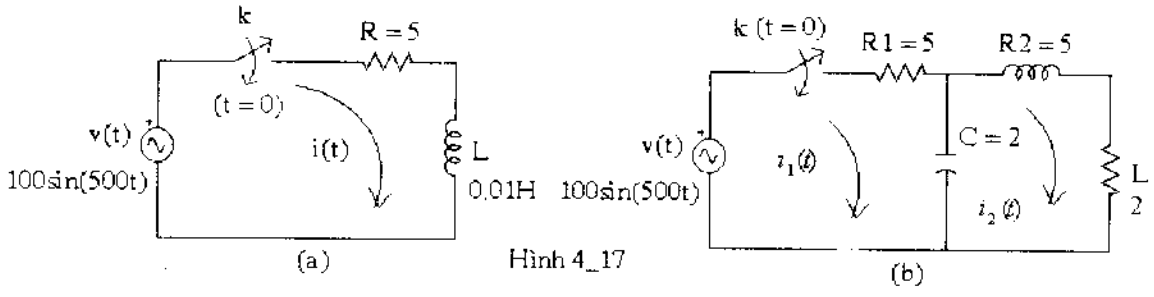
Bài tập :

1-Tìm điện thế $V_1(t)$



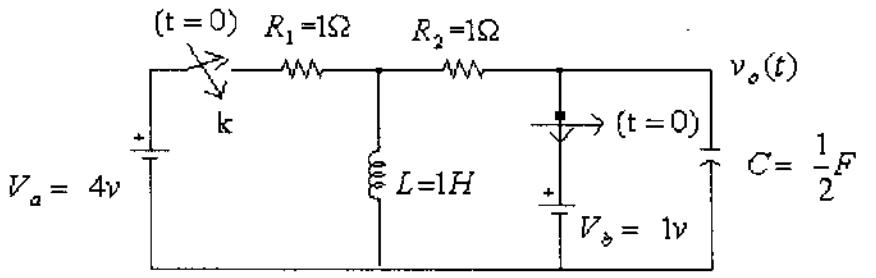
Hình 4_16

2- Tại t = 0 đóng khoá k. Tìm dòng điện $i(t)$ tại t > 0, biết cuộn dây và tụ điện không tích trữ năng lượng ban đầu .



Hình 4_17

3- Tại t = 0 đảo trạng thái khoá k. Tìm dòng điện tại t > 0.

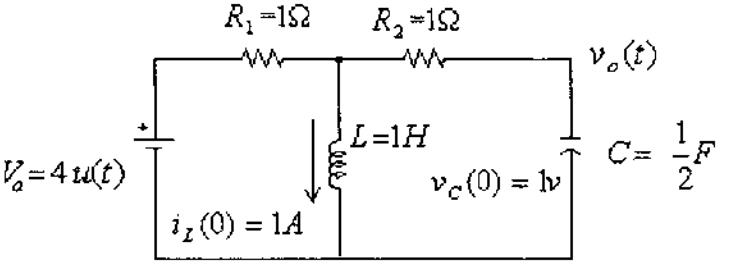


Hình 4_18

+Hướng dẫn :

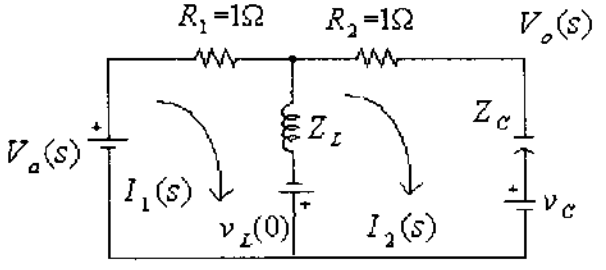
-Trước thời điểm tác động vào khoá k, tụ C được nạp điện với nguồn điện thế $V_b = 1v$ như vậy tụ C được tích trữ năng lượng ban đầu là $v_C(0) = 1v$

- Tại t = 0 đảo trạng thái khóa k, nguồn điện khoá $V_b = 1v$ xem như không tham gia vào mạch, trong mạch lúc này chỉ còn nguồn điện thế $V_a = 4v$. Do đó dòng điện qua cuộn L là $i_L(0) = 1A$, mạch được vẽ lại như hình (a)



(a)

-Biến đổi laplace mạch điện ta có như hình (b)



(b)

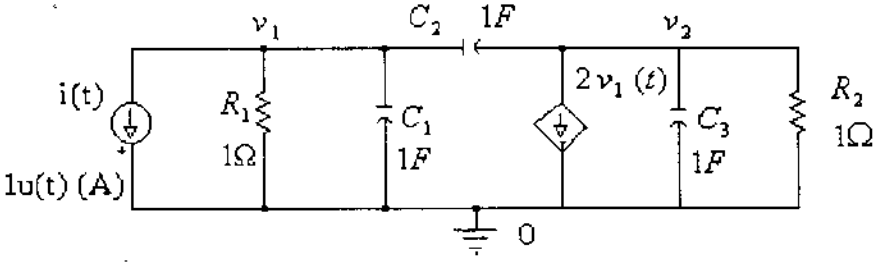
$$V_a(s) = \frac{4}{s}, \quad Z_L = sL$$

$$Z_C = \frac{1}{sC}$$

$$v_L(0) = Li_L(o) = 1v$$

$$v_C = \frac{v_C(o)}{s} = \frac{1}{s}$$

4- Tìm điện thế $v_2(t)$



Hình 4_18 (c)

4-3-Hàm truyền đạt của một mạch điện :

4-3-1-Tổng dẫn và tổng trở :

Thành phần thụ động	Tổng trở	Tổng dẫn
R	$Z_R = R$	$Y_R = G = \frac{1}{R}$
L	$Z_L = jWL = WL\angle 90^o$	$Y_L = \frac{1}{jWL} = -\frac{1}{WL}\angle 90^o$
C	$Z_C = \frac{1}{jWC} = -\frac{1}{WC}\angle 90^o$	$Y_C = jWC = WC\angle 90^o$

Bảng 1

+Đối với mạch nối tiếp :

-Tổng trở tương đương : $Z_S = Z_1 + Z_2 + Z_3 + ... + Z_n$

-Tổng dẫn tương đương : $\frac{1}{Y_S} = \frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2} + \frac{1}{Y_3} + ... + \frac{1}{Y_n}$

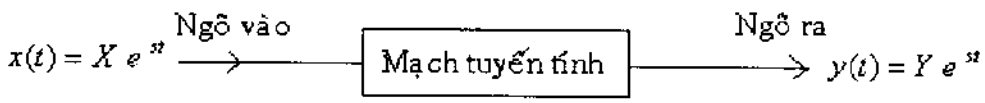
+Đối với mạch song song :

-Tổng trở tương đương : $\frac{1}{Z_P} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + ... + \frac{1}{Z_n}$

-Tổng dẫn tương đương : $Y_P = Y_1 + Y_2 + Y_3 + ... + Y_n$

4-3-2-Hàm truyền đạt :

Tỉ số giữa tín hiệu vào và ra được gọi là hàm truyền đạt của một mạch điện :



Hàm truyền đạt có dạng :

$$H(s) = \frac{X}{Y}$$

+ Có 4 loại hàm truyền đạt :

-Nếu tín hiệu vào và ra cùng là điện thế thì hàm truyền đạt là hệ số khuếch đại điện thế $A_V(s)$.

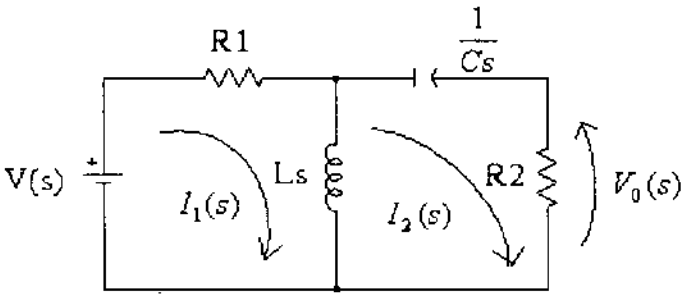
-Nếu tín hiệu vào và ra cùng là dòng điện thì hàm truyền đạt là hệ số khuếch đại dòng điện $A_I(s)$.

-Nếu tín hiệu vào là dòng điện và ra là điện thế thì hàm truyền đạt là tổng trở truyền đạt $Z(s)$.

-Nếu tín hiệu vào là điện thế và ra là dòng điện thì hàm truyền đạt là tổng dẫn truyền đạt $Y(s)$.

Thí dụ :

Tìm hệ số khuếch đại điện thế $A_v(s)$ của mạch điện hình 4_19



Hình 4_19

+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$Y \quad \underbrace{\begin{pmatrix} R_1 + sL & -sL \\ -sL & sL + \dfrac{1}{sC} + \dfrac{1}{R_2} \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} V_s \\ 0 \end{pmatrix}}_{b}$$

```
%Tập tin H4_19.m
function H4_19
clc
syms R1  R2  L s  C  V1
Zl= (L*s);
Zc=1/( C*s);
%Tìm A
A =sym(zeros(2));
A = A_array(1,0,R1,A);
A = A_array(1,2,Zl,A);
A = A_array(2,0,Zc+R2,A)
%Tìm b
b =sym(zeros(2,1));
b = b_array(1,0,-V1,b)
Y = A\b;  %Tìm nghiệm
I2 = Y(2) %Dòng điện I2(s)
%Hệ số khuếch đại
Hs = (I2*R2)/V1;
disp(['Hệ số khuếch đại điện thế = ', ' ', char(Hs)])
```

4-3-3-<u>Đặc tính tần số</u> :

Cho hàm truyền của hệ thống

$$H(s)=\frac{K_o(s-z_1)(s-z_2)}{(s-p_1)(s-p_2)}$$, với z_1, z_2 là các zero và p_1, p_2 là các cực.

Nếu thay s = jw, thì H(jw) là một hàm theo tần số w. Tại mỗi tần số của w là w_o hàm sẽ có biên độ và pha tương ứng.

$$H(s=jw_o)=\frac{K_o(jw_o-z_1)(jw_o-z_2)}{(jw_o-p_1)(jw_o-p_2)}$$

Với $(jw_o-z_1)=Z_1e^{j\theta_1}$, và $(jw_o-p_1)=P_1e^{j\phi_1}$ ta có hàm truyền đạt được biểu diễn dạng biên độ và pha như sau :

$$|H(jw_o)|=\frac{K_o\prod_{i=1}^{m}Z_i}{\prod_{i=1}^{n}P_i} \quad \text{Và} \quad \angle H(jw_o)=\sum_{i=1}^{m}\theta_i-\sum_{j=1}^{n}\phi_j$$

*+Hàm **freqs(num,den,w)** : Để tính hay vẽ đáp ứng biên độ và pha ứng với w*

+Vẽ đáp ứng biên độ và pha của hàm sau : $H(s)=\dfrac{2s}{s^2+2s+17}$

```
%Tập tin H4_20.m
function H4_20
clc
num = input('Vào tử số hàm truyền [0 , 2] : ' ) ;
den = input('Vào mẫu số hàm truyền [1 , 2 , 17] : ' ) ;
g = tf(num,den)  %Hàm truyền
w = linspace(1,8);
h = freqs(num,den,w);
mag = abs(h);
phase = angle(h);
phase =phase*180/pi;
subplot(2,1,1), plot(w,mag)
title('Đáp ứng biên độ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times') , grid on
subplot(2,1,2), plot(w,phase)
title('Đáp ứng pha','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times') ,grid on
xlabel('Tần số ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

Bài tập :

+Vẽ đáp ứng biên độ và pha ứng với $0 \le w \le 10$ của hàm sau :

$$H(s)=\frac{s+2}{(s+6)(s+8)}$$

4-3-4-Đáp ứng tần số của hệ thống sử dụng biểu đồ Bode :

Xét một hệ thống có hàm truyền đạt :

$$H(s) = \frac{10(s+3)}{s(s+1)}$$

Thì hệ thống sẽ có đặc tính tần số là :

$$H(jw) = \frac{10(jw+3)}{jw(jw+1)}$$

Vì H(jw) có dạng phức nên có thể biểu diễn dưới dạng đại số hay cực như sau :

$$H(jw) = P(w) + jQ(w) = M(w)e^{j\varphi(w)}$$

Trong đó $P(w)$ là phần thực và $Q(w)$ là phần ảo.

$M(w)$ là đáp ứng biên độ và $\varphi(w)$ là đáp ứng pha.

Ta có quan hệ như sau :

$$M(jw) = |H(jw)| = \sqrt{P^2(w) + Q(w)^2}$$

$$\varphi(w) = \tan^{-1}\left|\frac{Q(w)}{P(w)}\right|$$

Biểu diễn đặc tính tần số bằng biểu đồ Bode có hai thành phần :

+Bode biên độ : Biểu diễn mối quan hệ giữa logarithm thập phân của đáp ứng biên độ L(w) theo tần số w. Trong đó L(w) = 20log(M(w))

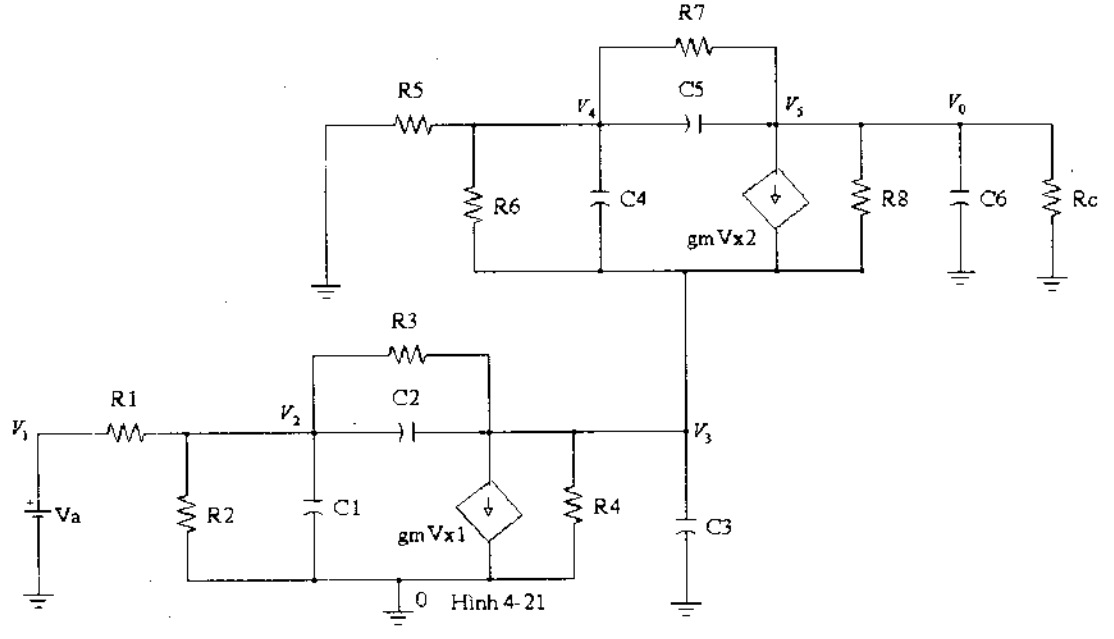
Với L(w) là đáp ứng biên độ tính theo đơn vị dB.

+Bode pha : Biểu diễn mối quan hệ của đáp ứng pha $\varphi(w)$ theo tần số w.

Cả hai đồ thị trên được vẽ trong hệ tọa độ vuông góc, trục hoành w được chia theo thang logarith thập phân và khoảng cách giữa hai tần số hơn kém nhau 10 lần được gọi là 1 decade.

*+Hàm **bode (num, den)** : Để vẽ biểu đồ Bode biên độ và Bode pha.*

+Xét mạch khuếch đại Cascode như hình 4_21



Hình 4-21

$R_1 = 1.5k\Omega, R_C = 10k\Omega, R_2 = R_6 = 2.5k\Omega, R_4 = R_8 = 100k\Omega$

Cho $R_3 = R_7 = 18M\Omega, gm = 40mS, C_1 = C_4 = 15pF, C_2 = C_5 = 0.6pF$

$C_3 = 2pF, C_6 = 1.5pF, R_5 = 0.5k\Omega$

```
%Tập tin H4_21.m
function H4_21
clc
syms R1  R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 RC  s  C1  C2  C3  C4  C5  C6 gm  Va
Zc1 = 1/( C1*s); Zc2 = 1/( C2*s); Zc3 = 1/( C3*s); Zc4 = 1/( C4*s); Zc5 = 1/( C5*s); Zc6 = 1/(
C6*s);  Vs = Va/s;
A =sym(zeros(5)); A = A_array(1,2,1/R1,A); A = A_array(2,0,(1/R2)+(1/Zc1),A);
A = A_array(2,3,(1/Zc2)+(1/R3),A); A = A_array(3,0,1/R4+(1/Zc3),A);
A = A_array(4,0,1/R5,A); A = A_array(4,3,1/R6+(1/Zc4),A);
A = A_array(4,5,1/R7+(1/Zc5),A); A = A_array(5,3,1/R8,A); A = A_array(5,0,(1/Zc6)+(1/RC),A);
A = A_Vsrc (6,1,0,A); %Phương trình căn bản cho Va
A = A_I_Vsrc(7,2,0,3,0,gm,A) ; %nguồn phụ thuộc thứ 1 gmVs1
A = A_I_Vsrc(8,4,0,5,0,gm,A) ; %nguồn phụ thuộc thứ 2 gmVs2
b =sym(zeros(8,1));  b(6,1) = Vs  %Tìm b
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vo = Y(5);  Hs = Vo/Vs;
R1 = 1.5e3; R2 = 2.5e3;R3 = 18e6; R4 = 100e3;  R5 = 0.5e3; %Thay giá trị vào
R6 = 2.5e3; R7 = 18e6; R8 = 100e3;  RC = 10e3 ; C1 = 15e-9 ;
C2 = 0.6e-9;  C3 = 2e-9;  C4 =15e-9;  C5 =0.6e-9;  C6 = 1.5e-9 ;gm  = 40e-3;
Hs  =  simple(eval(Hs));
[num,den] = numden(Hs); %Tách  tử và mẫu số ra khỏi hàm truyền đạt H(s)
num = sym2poly(num) ; %Lấy các hệ số của đa thức tử
den = sym2poly(den) ; %Lấy các hệ số của đa thức mẫu
bode(num,den), grid  %Vẽ bode biên độ và pha
```

Thí dụ : Vẽ biểu đồ bode của hệ thống sau :

$$G(S) = \frac{(10s+1)}{s(s+1)(0.001s^2+0.1s+1)} e^{-0.1S}$$

```
function ve_bode
clc
num = [10 , 1] ; %Vào tử số
den =conv([1 , 0], [1 , 1] );  %Vào mẫu  số
den =conv(den , [0.001 , 0.1 , 1] );
G = tf (num , den , 'inputdelay', 0.1) ; %Tính hàm truyền
zpk (G)
%Vẽ
bode(G),  gird
```

Bài tập : Vẽ biểu đồ Bode cho các hệ thống sau :

a- $H(s) = \dfrac{10000(s+2)}{(s+10)(s+100)}$

b- $H(s) = \dfrac{25s}{(s+0.5)(s^2+4s+100)}$

c- $H(s) = \dfrac{0.2(s+1)}{s(\frac{s^2}{12^2}+\frac{s}{36}+1)}$

d- $H(s) = \dfrac{10(2s+1)}{(10s+1)(0.5s+1)(0.05s+1)}$

e- $H(s) = \dfrac{100(s+0.1)}{s(s+1)(s+10)}e^{-0.1s}$

4-4- Giải tích mạch điện trong miền tần số :

4-4-1-Dẫn nhập :

Một số phức z thường được diễn tả 1 trong 3 dạng sau :

z = x + i*y	(1)
z = | z |*(cos(θ) + i*sin(θ))	(2)
z = | z |* $e^{j*\theta}$	(3)

Trong đó :

+ x là phần thực.

+ y là phần ảo.

+ Độ lớn $|z| = \sqrt{x^2+y^2}$

+ Góc $\theta = \arctan\dfrac{y}{x}$

+Ứng dụng Matlab :

Tên hàm	***Chức năng***
abs(z)	*Tính độ lớn nếu z là số phức*
conj(z)	*Tính lượng liên hợp phức của z*
real(z)	*Tính phần thực của z*
imag(z)	*Tính phần ảo của z*
angle(z)	*Tính góc θ(radian)*
atan2(imag(z),real(z))	*Tính góc θ, với $-\pi \le \theta \le \pi$*

Thí dụ :

```
Z = 4+5*j %Cho số phức Z
Re = real(Z) %Phần thực Z
Im = imag(Z) %Phần ảo Z
%Tính độ lớn của Z
Value = abs(Z)
%Tính góc
theta = angle(Z)*180/pi %Đổi ra độ
%Hay tính góc bằng atan
theta  = atan2(imag(Z),real(Z)) *180/pi
```

4-4-2-<u>Biểu diễn hàm lượng giác trong miền thời gian</u> :

+Xét sóng sin sau :

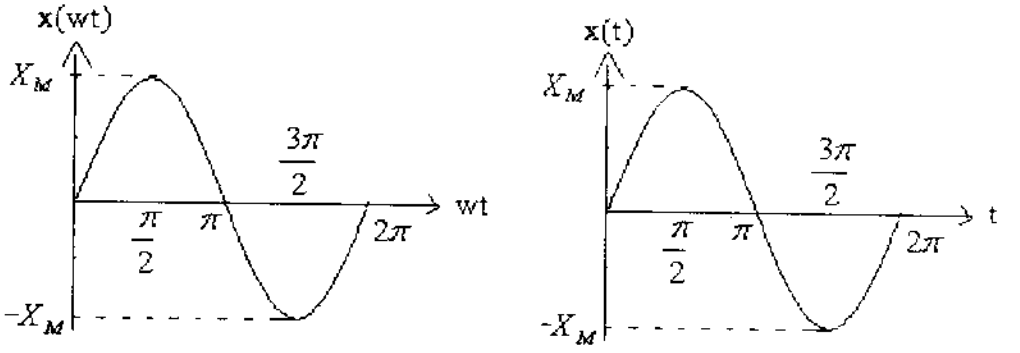
$$x(wt) = X_M \sin(wt)$$

Với x(t) có thể là điện thế v(t) hay dòng điện i(t) , X_M là biên độ hay giá trị cực đại, w là tần số góc được tính bằng radian.

Chu kỳ $T = 2\pi$

Tần số $f = \dfrac{1}{T}$

Tần số góc $w = \dfrac{2\pi}{T} = 2\pi f$

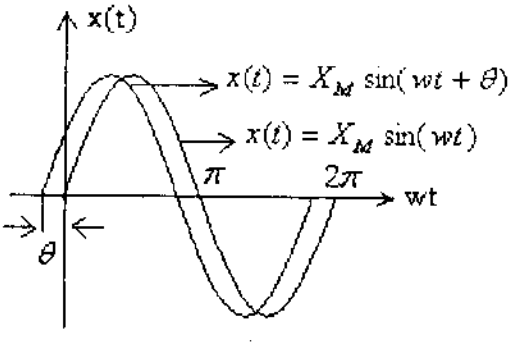


Đồ thị sóng sin theo wt và t

+Trường hợp tổng quát, ta có :

$$x(t) = X_M \sin(wt + \theta)$$

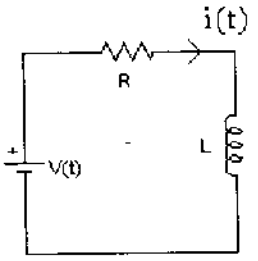
Với $(wt + \theta)$ là góc của hàm sin, và θ là góc pha



Qua hình vẽ ta nhận thấy $x(t) = X_M \sin(wt + \theta)$ thì sớm pha hơn $x(wt) = X_M \sin(wt)$ một góc là θ

Thí dụ :

+Xét mạch điện hình 4_22 , với $v(t) = V_M \cos(wt)$



Hình 4_22

-Áp dụng KVL cho mạch điện ,ta có :

$$L\frac{d}{dt}i(t) + Ri(t) = V_M \cos(wt) \quad (1)$$

-Vì $v(t) = V_M \cos(wt)$, nên dòng điện trong mạch phải có dạng $i(t) = A\cos(wt + \phi)$

=> $i(t) = A\cos(\phi)\cos(wt) - A\sin(\phi)\sin(wt)$

$i(t) = A_1 \cos(wt) + A_2 \sin(wt)$ (2), với $A_1 = A\cos(\phi)$ và $A_2 = A\sin(\phi)$

-Thay vào phương trình (1)

$$L\frac{d}{dt}(A_1 \cos(wt) + A_2 \sin(wt)) + R(A_1 \cos(wt) + A_2 \sin(wt)) = V_M \cos(wt)$$
$$-A_1 wL\sin(wt) + A_2 wL\cos(wt) + RA_1 \cos(wt) + RA_2 \sin(wt) = V_M \cos(wt)$$

-Đồng nhất biểu thức trên, ta có :

$$-A_1 wL + RA_2 = 0 \qquad (3)$$
$$A_1 R + A_2 wL = V_M$$

-Giải hệ phương trình (3), ta được :

$$A_1 = \frac{RV_M}{R^2 + w^2L^2}$$
$$A_2 = \frac{wLV_M}{R^2 + w^2L^2}$$

-Thay vào phương trình (2)

$$i(t) = \frac{RV_M}{R^2 + w^2L^2}\cos(wt) + \frac{wLV_M}{R^2 + w^2L^2}\sin(wt)$$

- So sánh với $i(t) = A\cos(wt + \phi)$

$$A\cos(\phi) = \frac{RV_M}{R^2 + w^2L^2}$$

$$A\sin(\phi) = -\frac{wLV_M}{R^2 + w^2L^2}$$

$$\Rightarrow \tan(\phi) = \frac{A\sin(\phi)}{A\cos(\phi)} = -\frac{wL}{R} \qquad \Rightarrow \phi = -\tan^{-1}(\frac{wL}{R})$$

-Khi đó :

$$(A\sin(\phi))^2 + (A\cos(\phi))^2 = A^2$$

$$A^2 = \left(\frac{RV_M}{R^2 + w^2L^2}\right)^2 + \left(-\frac{wLV_M}{R^2 + w^2L^2}\right)^2 = \frac{V_M{}^2}{R^2 + w^2L^2}$$

$$\Rightarrow A = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2L^2}}$$

-Vậy dòng điện chạy trong mạch là : $i(t) = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2L^2}}\cos(wt - \tan^{-1}(\frac{wL}{R}))$

+Nếu :

- L = 0 => $\phi = 0$, thì i(t) sẽ cùng pha với v(t).
- R = 0 => $\phi = 90^o$, thì i(t) sẽ trễ pha so với v(t) một góc $\phi = 90^o$.

4-4-3-<u>Biểu diễn hàm lượng giác trong miền phức</u> :

Theo phương trình Euler ta có :

$$e^{jwt} = \cos(wt) + j\sin(wt)$$

Phần thực : $\mathrm{Re}(e^{jwt}) = \cos(wt)$

Phần ảo : $\mathrm{Im}(e^{jwt}) = j\sin(wt)$

+Xét mạch điện hình 4_22 , nếu cho $v(t) = V_M e^{jwt}$ thì dòng điện sẽ có dạng :

$i(t) = I_M e^{j(wt+\phi)}$, với I_M và ϕ chưa biết

-Thay vào phương trình (1)

$$L\frac{d}{dt}(I_M e^{j(wt+\phi)}) + R(I_M e^{j(wt+\phi)}) = V_M e^{jwt}$$

$$\Rightarrow jwLI_M e^{j\phi} + RI_M e^{j\phi} = V_M$$

$$\Rightarrow I_M e^{j\phi} = \frac{V_M}{R + jwL} = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2L^2}} e^{j(-\tan^{-1}(\frac{wL}{R}))}$$

-Đồng nhất biểu thức, ta có :

$$I_M = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2L^2}}$$

$$\phi = -\tan^{-1}(\frac{wL}{R})$$

-Vậy dòng điện chạy trong mạch là :

$$i(t) = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2L^2}}\cos(wt - \tan^{-1}(\frac{wL}{R}))$$

4-4-4- <u>Biểu diễn hàm lượng giác theo biên độ và góc pha</u> :

Ta nhận thấy điện thế $v(t) = V_M e^{jwt}$ và dòng điện $i(t) = I_M e^{j(wt+\phi)}$ có cùng tần số w, vậy nếu bỏ đi hệ số e^{jwt} thì lúc này điện thế và dòng điện vẫn được diễn tả đầy đủ bởi biên độ và pha của nó :

$$v(t) = V_M \cos(wt + \theta) = \mathrm{Re}\,[V_M e^{j(wt+\theta)}]$$

$$=> \quad v(t) = V_M \angle\theta \; e^{jwt}$$

-Nếu bỏ đi hệ số e^{jwt}, thì v(t) và i(t) có thể được biểu diễn dưới dạng sau :

$v(t) = V_M \cos(wt + \theta) = \mathrm{Re}\,[V_M e^{j(wt+\theta)}]$ được thay bằng

$$V = V_M \angle\theta$$

Và $i(t) = I_M \cos(wt + \phi) = \mathrm{Re}\,[V_M e^{j(wt+\phi)}]$ được thay bằng

$$I = I_M \angle\phi$$

+Xét mạch điện hình 4_22 , nếu cho $v(t) = Ve^{jwt}$ với pha $V = V_M \angle 0^o$

Và $i(t) = Ie^{jwt}$, với pha $I = I_M \angle 0^o$

-Thay vào phương trình (1), ta có :

$$L\frac{d}{dt}Ie^{jwt} + RIe^{jwt} = Ve^{jwt}$$

$$\Rightarrow jwLIe^{jwt} + RIe^{jwt} = V_M e^{jwt}$$

-Vì vậy :

$$I = \frac{V}{R + jwL} = I_M \angle\phi = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2 L^2}} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{wL}{R}\right)$$

-Vậy dòng điện chạy trong mạch là :

$$i(t) = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + w^2 L^2}} \cos\left(wt - \tan^{-1}\left(\frac{wL}{R}\right)\right)$$

+Ta nhận thấy :

-v(t) biểu diễn điện thế trong miền thời gian

-Pha V biểu diễn điện thế trong miền tần số, chỉ chứa biên độ và thông tin về pha.

Miền thời gian	Miền tần số
Acos(wt ± θ)	$\angle \pm\theta$
Asin(wt ± θ)	$\angle \pm\theta - 90^o$

Bảng 1

Thí dụ 1 :

Cho $v(t) = 24\cos(314t - 45^o)$ và $i(t) = 12\sin(314t + 120^o)$. Đổi sang dạng góc pha

+*Giải* : Sử dụng bảng 1, ta được

$$V = 24\angle{-45^o} \quad \text{Và} \quad I = 12\angle{120^o - 90^o} = 12\angle{30^o}$$

Thí dụ 2 : Cho : f = 50Hz ,

$V = 16\angle{20^o}$ và $I = 10\angle{-75^o}$. Hãy đổi từ miền tần số sang miền thời gian

+*Giải* : $v(t) = 16\cos(314t + 20^o)$ và $i(t) = 10\cos(314t - 75^o)$

+Tóm lại :

Điện thế v(t) hay dòng điện i(t) có thể biểu diễn được 1 trong 3 cách sau :

Trong miền thời gian : $v(t) = V_M\cos(wt)$

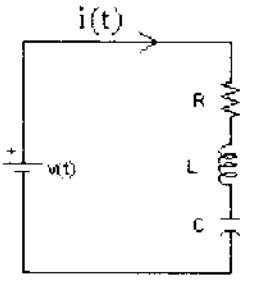
Trong miền phức : $v(t) = V_M e^{jwt}$

Trong miền tần số : $V = V_M\angle{\theta}$

4-4-5- <u>Ứng dụng</u> :

<u>+Ứng dụng 1</u> :

Tìm dòng điện i(t), nếu biết $v(t) = 50\cos(wt + 30^o)$ (V)



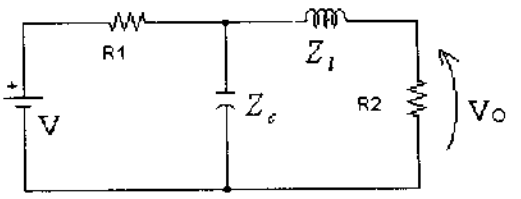
Cho : f = 50Hz , $R = 25\Omega$
$L = 20mH$, $C = 50\mu F$

Hình 4-23

```
%Tập tin H4_23.m
function H4_23
clc
syms R L  C  w  t  pha biendo
%Đổi điện thế v(t) sang dạng phức a + jb
V = biendo*exp(i*pha)
Zr = R ;  Zl = j*L*w ; Zc = 1/(j*C*w) ;  %Khai báo các biến
A = sym(zeros(1,1));  A = A_array(1,0, (Zr + Zl + Zc), A) %Áp dụng KVL tìm ma trận A
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros(1,1)); b = b_array(0,1, V, b)
I = A\b;  %Tìm nghiệm
 R = 25; L =20e-3; C = 50e-6 ; w =2*pi*50; pha  = 30*pi/180;  biendo = 50; %Thay giá trị vào
%Tìm I dưới  dạng a + jb
```

```
I =  eval(I);
disp(['Biểu diễn dưới dạng 1 I =  ',' ', num2str(I)]), disp(' ')
% Tính biên độ
 bd = abs(I);
% Tính pha
 goc = angle(I)*180/pi ;
 disp(['Trong miền tần số  I =  ',' ', num2str(bd),' ' , ' -> ',num2str(goc)]), disp(' ')
I = vpa(bd*cos(w*t+goc),4); %Tìm I trong miền thời gian
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  I =  ',' ', char(I)]), disp(' ')
```

+*Ứng dụng 2* : Tìm Vo trong mạch điện hình 4_24 : Cho f = 50 Hz



$R_1 = 2\Omega, R_2 = 2\Omega$, $V = 12\angle 0^o$

$Z_l = j2\Omega$, $Z_c = -j2\Omega$

Hình 4-24

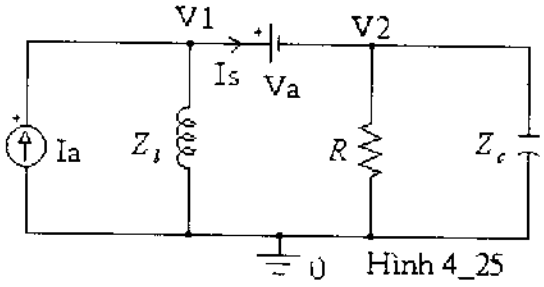
+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} R_1 + Zc & -Zc \\ -Zc & Zc + Zl + R_2 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} Vs \\ 0 \end{pmatrix}}_{b}$$

```
%Tập tin H4_24.m
function H4_24
clc
syms R1 R2 Zl  Zc   w  t  pha biendo
%Đổi điện thế v(t) sang dạng phức a + jb
V = biendo*exp(i*pha)
A = sym(zeros(2,2)); %Áp dụng KVL tìm ma trận A
A = A_array(1,0, R1, A); A = A_array(1,2, Zc, A);
A = A_array(2,0, Zl + R2, A)  b = sym(zeros(2,1));
b = b_array(0,1, V, b) %Tìm ma trận b
I = A\b; %Tìm nghiệm
%Thay giá trị vào
 R1 = 2; R2 = 2; Zl =2*j; Zc = -2*j ; w =2*pi*50; pha  = 0*pi/180;  biendo = 12;
I =  eval(I);
Vo = I(2)* R2; %Tìm Vo dưới  dang a + jb
disp(['Biểu diễn dưới dạng 1 Vo =  ',' ', num2str(Vo)]), disp(' ')
bd = abs(Vo); % Tính biên độ
goc = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Trong miền tần số  Vo =  ',' ', num2str(bd),' ' , ' -> ',num2str(goc)]), disp(' ')
Vo = vpa(bd*cos(w*t+goc),4); %Tìm I trong miền thời gian
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo =  ',' ', char(Vo)]), disp(' ')
```

+Ứng dụng 3 :

Tìm điện thế các nút trong mạch điện sau :



Hình 4_25

Cho : $f = 50Hz, R = 2\Omega$

$Z_l = j1\Omega$, $Z_c = -j2\Omega$

$Va = 12\angle 30^o$

$Ia = 2\angle 60^o$

Nếu chọn chiều Is như hình vẽ thì kết quả ra âm :

$I_S(t) = 13.11\cos(314t - 157.6^o)\,(A)$, có pha $= -157.6^o < 0$

Như vậy chiều thực sự của dòng $I_S(t)$ là ngược lại với quy ước bằng cách cộng thêm 180°

$I_S(t) = 13.11\cos(314t + 22.4^o)\,(A)$

+Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b như sau :

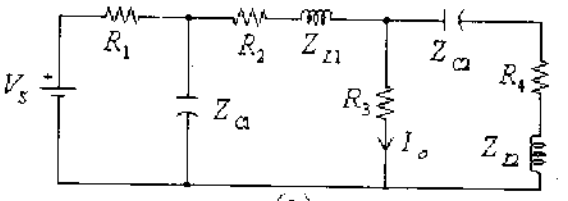
$$\underbrace{\begin{pmatrix} sL + \frac{1}{Zl} & 0 & 1 \\ 0 & \frac{1}{Zc} + \frac{1}{R} & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} 1.0 + j1.7321 \\ 0 \\ 10.3923 + j6.0 \end{pmatrix}}_{b}$$

```
%Tập tin H4_25.m
function H4_25
clc
syms R Zl Zc w t phaV biendoV phaI biendoI
%Đổi điện thế Va sang dạng phức a + jb
Va = biendoV*exp(i*phaV)
%Đổi dòng điện Ia sang dạng phức a + jb
Ia = biendoI*exp(i*phaI)
%Áp dụng KCL tìm ma trận A
A = sym(zeros(2,2));
A = A_array(1,0, 1/Zl, A);
A = A_array(2,0, (1/Zc) + (1/R), A);
%Phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc (3,1,2,A)
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros(3,1));
b = b_array(0,1, Ia, b);
b(3,1) = Va
%Tìm nghiệm
```

```
Y = A\b;
%Thay giá trị vào
R = 2;  Zl =1*j; Zc = -2*j ; w =2*pi*50;
 phaV  = 30*pi/180;  biendoV = 12; phaI  = 60*pi/180;  biendoI = 2;
 Y =  eval(Y);
%Tìm dưới  dang a + jb
 V1 =Y(1);  V2 =Y(2);  Is =Y(3);
 disp(['Biểu diễn dưới dạng 1 V1 =  ',' ', num2str(V1)]), disp(' ')
 disp(['Biểu diễn dưới dạng 1 V2 =  ',' ', num2str(V2)]), disp(' ')
 disp(['Biểu diễn dưới dạng 1 Is =  ',' ', num2str(Is)]), disp(' ')
%Tìm trong miền tần số.
% Tính biên độ
 bdv1 = abs(V1);
% Tínhh pha
 gocv1 = angle(V1)*180/pi ;
 disp(['Trong miền tần số  V1 =  ',' ', num2str(bdv1),' ', ' -> ',num2str(gocv1)]) ,  disp(' ')
% Tính biên độ
 bdv2 = abs(V2);
% Tính pha
 gocv2 = angle(V2)*180/pi ;
 disp(['Trong miền tần số  V2 =  ',' ', num2str(bdv2),' ', ' -> ',num2str(gocv2)]) ,  disp(' ')
% Tính biên độ
 bdIs = abs(Is);
% Tính pha
 gocIs = angle(Is)*180/pi ;
 disp(['Trong miền tần số  Is =  ',' ', num2str(bdIs),' ', ' -> ',num2str(gocIs)]), disp(' ')
 %Trong miền thời gian
V1 = vpa(bdv1*cos(w*t+gocv1),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  V1 =  ',' ', char(V1)]), disp(' ')
V2 = vpa(bdv2*cos(w*t+gocv2),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  V2 =  ',' ', char(V2)]), disp(' ')
Is = vpa(bdIs*cos(w*t+gocIs),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Is =  ',' ', char(Is)]), disp(' ')
Is = vpa(bdIs*cos(w*t+180+gocIs),4); %Dòng Is thật sự
disp(['Dòng Is thật sự  =  ',' ', char(Is)]), disp(' ')
```

Bài tập :

1-Tìm dòng điện I_o



(a)

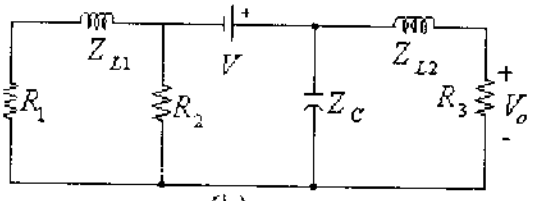
Cho : $f = 50Hz$, $Z_{C1} = -j5\Omega$, $Z_{C2} = -j2\Omega$

$R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $R_4 = 8\Omega$

$Z_{L1} = j2\Omega$, $Z_{L2} = j5\Omega$

$V_S = 100\angle 90^o$

2-Tìm điện thế V_o. cho f = 50Hz



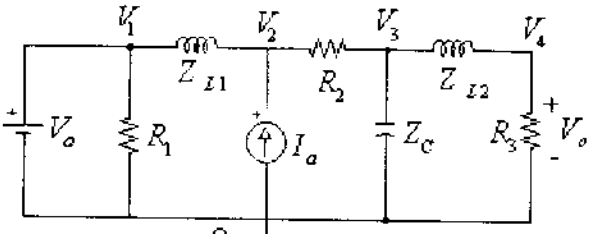
(b)

$R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, $R_3 = 2\ \Omega$

$Z_{L2} = Z_{L1} = j2\ \Omega$

$Z_C = -j1\ \Omega$

$V = 24\angle 0^o$



(c)

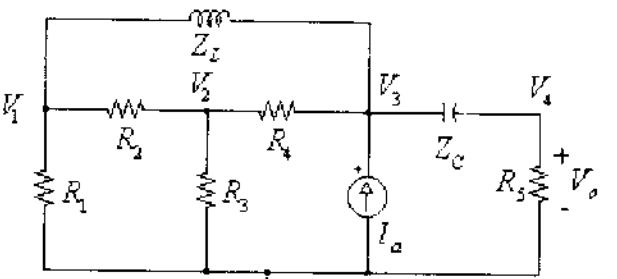
$R_1 = R_2 = R_3 = 1\Omega$

$Z_{L1} = Z_{L2} = 2j\ \Omega$

$Z_C = -1j\ \Omega$

$I_a = 4\angle 0^o$ (A)

$V_a = 2\angle 45^o$ (V)



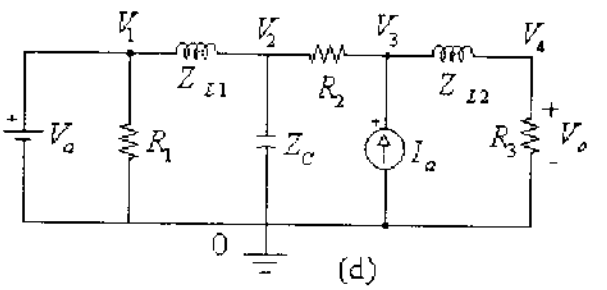
(d)

$R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 2\Omega$

$R_4 = 2\Omega$, $R_5 = 1\Omega$, $Z_C = -1j\ \Omega$

$Z_L = 3j\ \Omega$, $I_a = 12\angle 0^o$ (A)

f =50Hz



(d)

$R_1 = R_2 = R_3 = 1\Omega$

$Z_{L1} = Z_{L2} = 2j\ \Omega$

$Z_C = -1j\ \Omega$

$I_a = 4\angle 0^o$ (A)

$V_a = 2\angle 45^o$ (V)

Hình 4_26

Chương 5

Biến thế và mạch lọc

5-1-Biến thế :

5-1-1-Dẫn nhập :

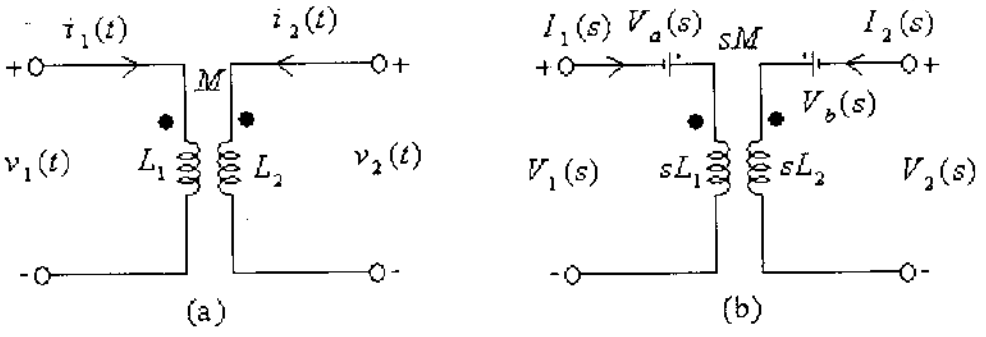
Quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong mạch biến thế :

$$v_1(t) = L_1 \frac{d}{dt} i_1(t) + M \frac{d}{dt} i_2(t)$$

$$v_2(t) = L_2 \frac{d}{dt} i_2(t) + M \frac{d}{dt} i_1(t)$$

Biến đổi Laplace ta có quan hệ giữa điện thế và dòng điện trong miền s là :

$$\boxed{\begin{aligned} V_1(s) &= L_1 s I_1(s) - L_1 i_1(0) + M s I_2(s) - M i_2(0) \\ V_2(s) &= L_2 s I_2(s) - L_2 i_2(0) + M s I_1(s) - M i_1(0) \end{aligned}}$$



Với $\begin{aligned} V_a(s) &= L_1 i_1(0) + M i_2(0) \\ V_b(s) &= L_2 i_2(0) + M i_1(0) \end{aligned}$

+Tổng quát :

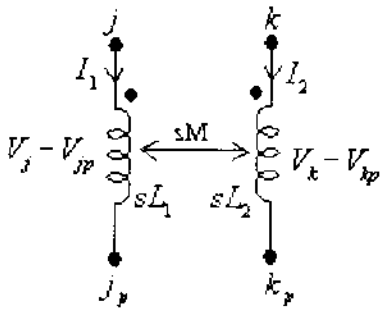
-Nếu gọi j và j_p là hai chứa cuộn sơ cấp.

-k , k_p là hai nút chứa cuộn thứ cấp.

=> Hai phương trình căn bản cho biến thế là :

$$\boxed{\begin{aligned} V_j - V_{jP} - sL_1 I_1 - sM I_2 &= L_1 i_1(0) + M i_2(0) \\ V_k - V_{kP} - sL_2 I_2 - sM I_1 &= L_2 i_2(0) + M i_1(0) \end{aligned}}$$

-Bảng 1 trình bày ảnh hưởng của hai phương trình căn bản đối với ma trận A.
-Vế phải của hai phương trình căn bản sẽ được thêm vào ma trận b.
-Nếu mạch không tích trữ năng lượng ban đầu thì vế phải bằng không.



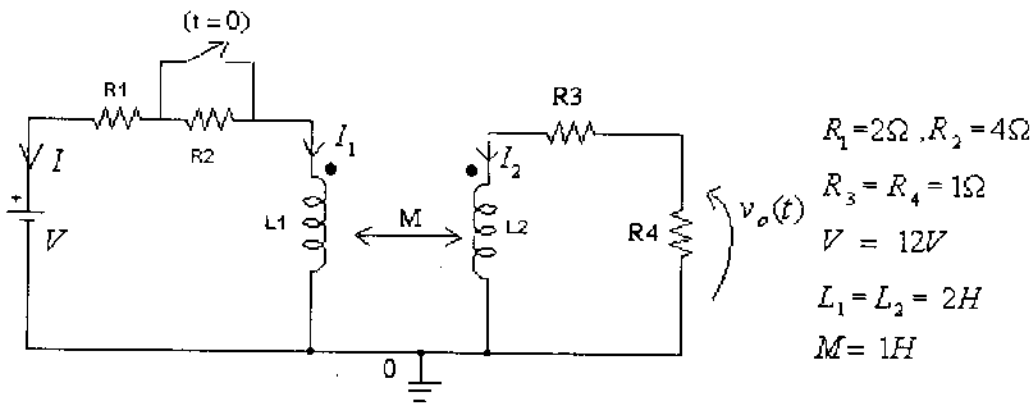
	Chỉ số nút				Biến thêm vào	
	j	j_p	k	k_p	I_1	I_2
j					1	
j_p					-1	
k						1
k_p						-1
Hai phương trình căn bản	1	-1			$-sL_1$	$-sM$
			1	-1	$-sM$	$-sL_2$

Bảng 1

5-1-2-<u>Giải thuật</u> :

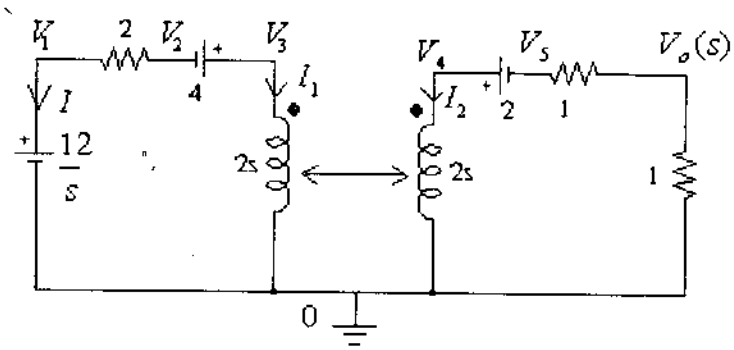
-Hàm ***A = A_LMsrc (m, j, jp,k, kp, L1, L2,M,Ao)*** *để tìm hai phương trình căn bản của biến thế.*
. m là hàng cần thêm vào.
.Chỉ số j và jp là hai nút chứa sơ cấp biến thế.
.Chỉ số k và kp là hai nút chứa thứ cấp biến thế.

+Xét mạch điện hình 5-1 : Tại t = 0, đóng khoá k. Tìm điện thế $V_4(t)$



Hình 5_1

+Giải : Tại t = 0, đóng khoá k, biến đổi Laplace mạch điện :



```
%Tập tin H5_1.m
function H5_1
clc
syms  L1 L2  s  M  R1  R2  R3 t V1s V2s
Vs = laplace(12*heaviside(t))
%Áp dụng KCL để tìm A
A = sym(zeros(6));  A = A_array(1,2,1/R1,A);  A = A_array(5,6,(1/R2),A);
A = A_array(6,0,(1/R3),A)
%Phương trình căn bản cho V
A = A_Vsrc (7,1,0,A);
%Phương trình căn bản cho V1s
A = A_Vsrc (8,3,2,A)
%Phương trình căn bản cho V2s
A = A_Vsrc (9,4,5,A);
%Phương trình căn bản cho biến thế
A = A_LMsrc(10, 3, 0,4, 0, s*L1, s*L2,s*M, A)
%Tìm b
b = sym(zeros(11,1));
b(7,1) = Vs;
b(8,1) = V1s;
b(9,1) = V2s
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
%Thay giá trị vào
L1=2; L2 =2; M =1; R1 =2;  R2 =1;  R3 =1; V1s = 4 ; V2s = 2; V =12;
Vos = eval(Y(6))
Vot = ilaplace(Vos)
```

+<u>Năng lượng trong biến thế</u> :

-Năng lượng tức thời trong biến thế là :

$$w(t) = \frac{1}{2}L_1 i^2{}_1 + \frac{1}{2}L_2 i^2{}_2 \pm M\, i_1 i_2$$

-Nếu cộng và trừ thêm đại lượng $\frac{1}{2}(\frac{M^2}{L_2})\, i_1^{\,2}$, ta có :

$$w(t) = \frac{1}{2}(L_1 - \frac{M^2}{L_2})\, i_1^{\,2} + \frac{1}{2}L_2(i_2 + \frac{M^2}{L_2} i_1)^2$$

-Năng lượng này sẽ không âm nếu :

$$M \le \sqrt{L_1 L_2}$$

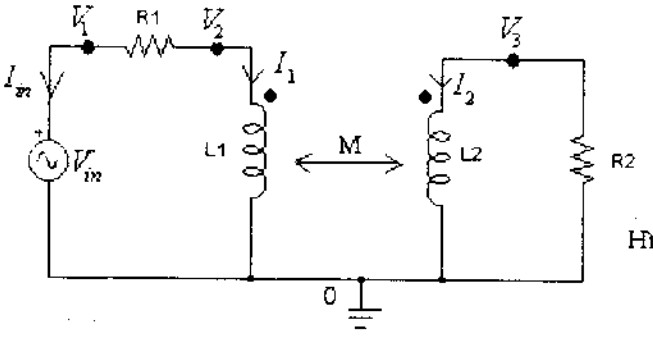
-Gọi k là hệ số ghép giữa hai cuộn dây của biến thế, ta có :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \le 1$$

+Xét mạch điện hình 5_2 :

Cho $R_1 = 1\Omega, R_2 = 2\Omega, L_1 = 1mH, L_2 = 4mH, M = 1$
$V_m = 10\sin 100\pi t, f = 50Hz$

Tính năng lượng của biến thế tại t = 5 ms.
Biết mạch không tích trữ năng lượng ban đầu.



Hình 5-2

+Biến đổi Laplace mạch điện , ta có :
-Áp dụng KCI cho mạch điện, ta có

$$\frac{V_1 - V_2}{R_1} + I_{sin} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{V_2 - V_1}{R_1} + I_1 = 0 \qquad (2)$$

$$\frac{V_3}{R_2} + I_2 = 0 \qquad (3)$$

-Phương trình căn bản cho Vs :

$$V_1 = V_S \qquad (4)$$

-Hai phương trình căn bản cho biến thế :

$$V_2 = sL_1\ I_1 + sM\ I_2 \qquad (5)$$
$$V_3 = sL_2\ I_2 + sM\ I_1 \qquad (6)$$

+Chuyển sang miền tần số bằng cách thay s = j*w :

$$V_m = 10\sin 100\pi t = 10\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2}) \ = 10\angle -90^o$$

-Chọn M : $M = \sqrt{L_1 L_2} = 2mH$

-Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{R_2} & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -jwL_1 & -jwM \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -jwM & -jwL_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ I_{sin} \\ I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 10\angle -90^o \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Hai phương trình căn bản cho biến thế

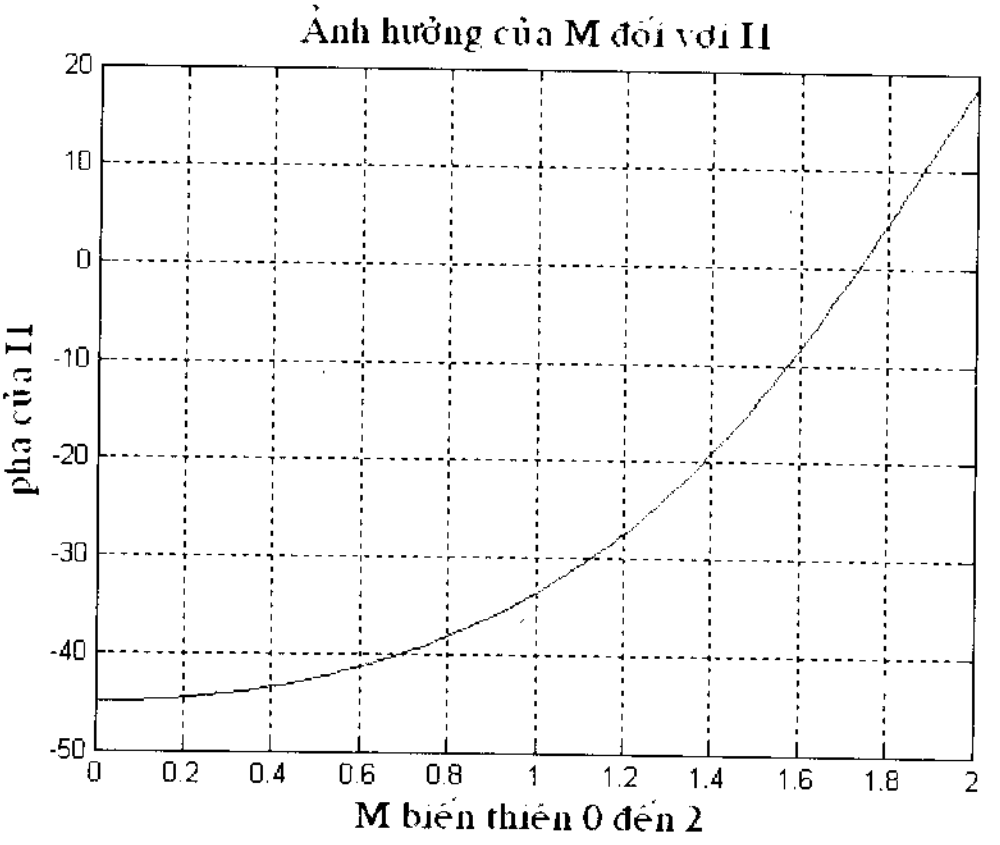
```
%Tập tin H5_2.m
function H5_2
clc
syms  L1 L2  M  R1 t  R2 w  pha biendo
s = j*w;
%Đổi điện thế Vin sang dạng phức a + jb
Vin = biendo*exp(i*pha);
%Áp dụng KCL tìm ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/R1,A);
A = A_array(3,0,(1/R2),A);
%Phương trình căn bản cho Vin
A = A_Vsrc (4,1,0,A);
%Phương trình căn bản cho biến thế
A = A_LMsrc(5, 2, 0,3, 0, s*L1, s*L2,s*M, A)
b = sym(zeros(6,1));
b(4,1) = Vin
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
%Thay giá trị vào
L1 = 1e-3; L2 = 4e-3 ;R1 =1 ; R2 = 2;
M = sqrt(L1*L2);
w = 2*pi*50; %Vin =10*sin(100*pi*t); 10*cos(100*pi*t - pi/2 );
pha  = -90*pi/180;  biendo = 10;
Y = eval(Y) ;
%Điện thế ra
Vo = Y(3);
%Dòng điện I1
I1 = Y(5);
%Dòng điện I2
I2 = Y(6);
```

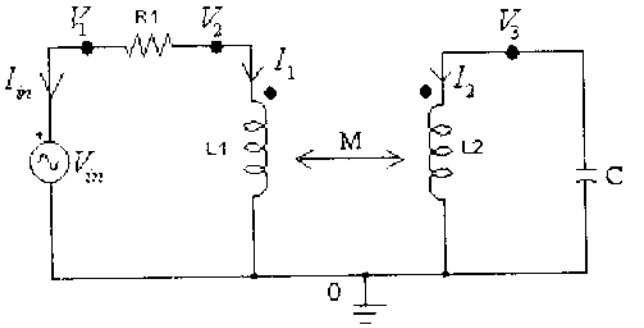
```
bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo (Vol) = ',' ', char(Vo)]), disp(' ')
bdI1 = abs(I1); % Tính biên độ
gocI1 = angle(I1)*180/pi ; % Tính pha
I1 = vpa(bdI1*cos(w*t+gocI1),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  I1 (A)=  ',' ', char(I1)]), disp(' ')
bdI2 = abs(I2); % Tính biên độ
gocI2 = angle(I2)*180/pi ; % Tính pha
I2 = vpa(bdI2*cos(w*t+gocI2),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  I2 (A)=  ',' ', char(I2)]), disp(' ')
%năng lượng tại t = 5ms
t = 5e-3;
I1 = bdI1*cos(w*t*180/pi-101.2); %Đổi rad sang độ
I2 = bdI2*cos(w*t*180/pi+136.7);
w = 0.5*L1*(I1^2)+0.5*L2*(I2^2) - M*I1*I2 ;
disp(['Dòng điện I1 tại t = 5ms  là :  ',' ', num2str(I1),' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 tại t = 5ms  là :  ',' ', num2str(I2),' A']), disp(' ')
disp(['năng lượng tại t = 5ms  là :  ',' ', num2str(w*1000),' mJ']), disp(' ')
```

5-1-3-<u>Ảnh hưởng của M với biến thế</u> :

+Xét mạch điện hình 5-3 :

-Ta có ảnh hưởng của M đối với dòng điện I_1 như sau :





Hình 5_3

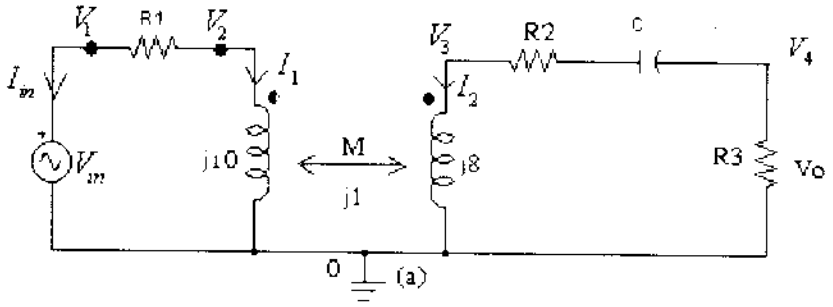
Cho : $R_1 = 1k\Omega, R_2 = 2\Omega, L_1 = 1mH, L_2 = 4mH, f = 50Hz, C = 1nF$, $V_{in} = 1\angle 0^o$

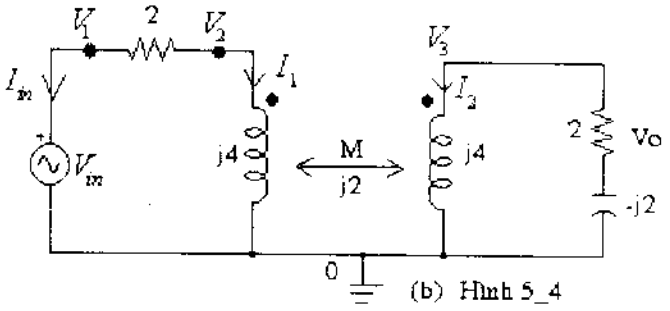
```
%Tập tin H5_3.m
%Sử dụng V, mA, μs, Mrad/s, kΩ, mH, nF
function H5_3
clc
syms  L1 L2  M  R1 C w   pha biendo
s = j*w;
Zc = 1/(s*C);
%Đổi điện thế Vin sang dạng phức a + jb
Vs  = biendo*exp(i*pha);
%Tìm A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/R1,A);   A = A_array(3,0,(1/Zc),A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A);  %Phương trình căn bản cho Vs
A= A_LMsrc(5, 2, 0,3, 0, s*L1, s*L2,s*M, A)  %Phương trình căn bản cho biến thế
%Tìm b
b = sym(zeros(6,1));
b(4,1) = Vs
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
%Thay giá trị vào
L1 = 1; L2 = 4 ;   R1 =1 ;C=1; w = 1 ;
pha = 0;  biendo = 1;
Y = eval(Y);
%Dòng điện I1
I1 = Y(5);
M = linspace(0,2);
val = findsym(sym(I1));
I1 = subs(I1, val , M);
I1 = 180*angle(I1)/pi;
%Vẽ I1 theo M
plot(M,I1) , grid
title('Ảnh hưởng của M đối với I1','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
xlabel('M biến thiên 0 đến 2 (mH)','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
xlabel('pha của I1 (Độ)','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
```

Bài tập :

Tìm điện thế V_o .Cho $R_1 = 12\Omega, Z_{L1} = j10\Omega, Z_{L2} = j8\Omega. M = j1\Omega$
$R_2 = 16\Omega, Z_C = -j4\Omega, R_3 = 4\Omega$

$$V_{in} = 220\angle 0^o$$

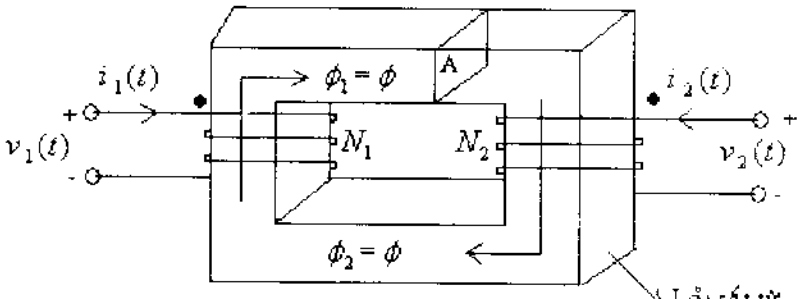




(b) Hình 5_4

5-2-<u>Trường hợp lý tưởng</u> :

5-2-<u>1-Dẫn nhập</u> :



Hình 5_5

-Nhờ có lõi sắt từ nên từ thông xuyên qua hai cuộn dây là như nhau :

$$v_1(t) = N_1 \frac{d}{dt}\phi_1 = N_1 \frac{d}{dt}\phi$$

$$v_2(t) = N_2 \frac{d}{dt}\phi_2 = N_2 \frac{d}{dt}\phi$$

-Lập tỉ số :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}\frac{\frac{d}{dt}\phi}{\frac{d}{dt}\phi} = \frac{N_1}{N_2}$$

-Theo định luật Ampere ta có :

$$\oint H\,dl = N_1 i_1 + N_2 i_2$$, với H là mật độ từ trường

-Trường hợp lõi sắt từ là lý tưởng, ta có $\mu = \infty$, $H = 0$ nên :

$$N_1 i_1 + N_2 i_2 = 0 \quad (1)$$

-Hay $$\frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1}$$

-Nếu phương trình (1) được chia cho N_1 và nhân cho v_1 :

$$v_1 i_1 + \frac{N_2}{N_1} v_1 i_2 = 0$$

-Với $v_1 = \frac{N_1}{N_2} v_2 \Rightarrow v_1 i_1 + v_2 i_2 = 0$

+Xét mạch điện hình 5_6 là ký hiệu của biến thế lý tưởng, nếu chọn chiều dòng điện i_2 như hình vẽ , ta có hai phương trình trên được viết lại dưới dạng biên độ :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_1 = V_2 \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow I_1 = I_2 \frac{N_2}{N_1}$$

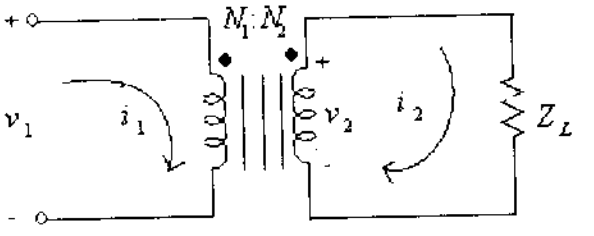
-Nếu đặt $n = \frac{N_2}{N_1}$, thì ta có cặp phương trình của biến thế lý tưởng là :

$$V_1 = \frac{V_2}{n}$$

$$I_1 = n I_2$$

-Tổng trở vào được cho bởi

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L = \frac{Z_L}{n^2}$$

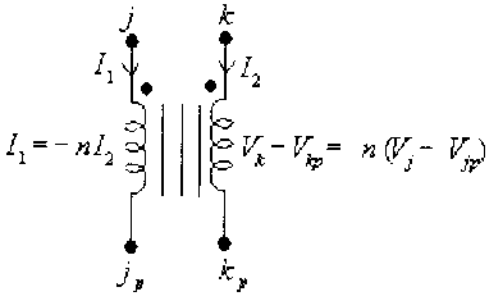


Hình 5_6

-Trường hợp lý tưởng, ta có hai phương trình căn bản cho biến thế là :

$$\boxed{\begin{aligned} I_1 &= nI_2 \\ V_k - V_{kp} &= n(V_j - V_{jp}) \end{aligned}}$$

-Ảnh hưởng của hai phương trình căn bản đối với ma trận A được trình bày trong bảng 2.



	Chỉ số nút				Biến thêm vào	
	j	j_p	k	k_p	I_1	I_2
j					1	
j_p					-1	
k						1
k_p						-1
Hai phương trình căn bản	-n	n	1	-1	1	n

Bảng 2

-Vì thực chất $I_1 = nI_2$ là nguồn dòng phụ thuộc dòng điện, nên ta chỉ cần thêm vào một phương trình căn bản là đủ :

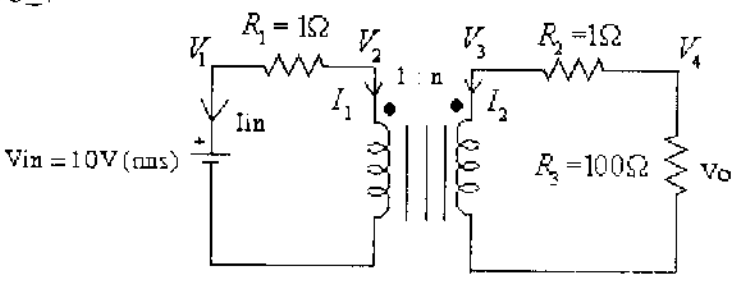
$$\boxed{V_k - V_{kp} = n(V_j - V_{jp})}$$

-Vậy cuối cùng ta có ảnh hưởng của phương trình căn bản vào ma trận A như sau :

	Chỉ số nút				Biến thêm vào
	j	j_p	k	k_p	I_2
j					-n
j_p					n
k					1
k_p					-1
Phương trình căn bản	-n	n	1	-1	

Bảng 3

+Xét mạch điện hình 5_7



Hình 5-7

+Áp dụng KCL tại các nút, ta có :

$$\frac{V_1 - V_2}{R_1} + I_{sin} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{V_2 - V_1}{R_1} + I_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_2 - V_1}{R_1} - nI_2 = 0 \qquad (2)$$

$$\frac{V_3 - V_4}{R_2} + I_2 = 0 \qquad (3)$$

$$\frac{V_4 - V_3}{R_2} + \frac{V_4}{R_3} = 0 \qquad (4)$$

-Phương trình căn bản cho Vin : $V_1 = V_{in}$ (5)

-Phương trình căn bản cho biến thế : $V_3 = nV_2$ (6)

+Hệ phương trình được viết dưới dạng ma trận :

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 & -n \\ 0 & 0 & \frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -n & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ I_{sin} \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \text{Vin} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Phương trình căn bản cho trường hợp lý tưởng

5-2-2-<u>Giải thuật</u> :

-Hàm ***A = A_LTsrc (m, j, jp,k, kp, nVal,Ao)*** *để tìm phương trình căn bản của biến thế trong trường hợp lý tưởng*

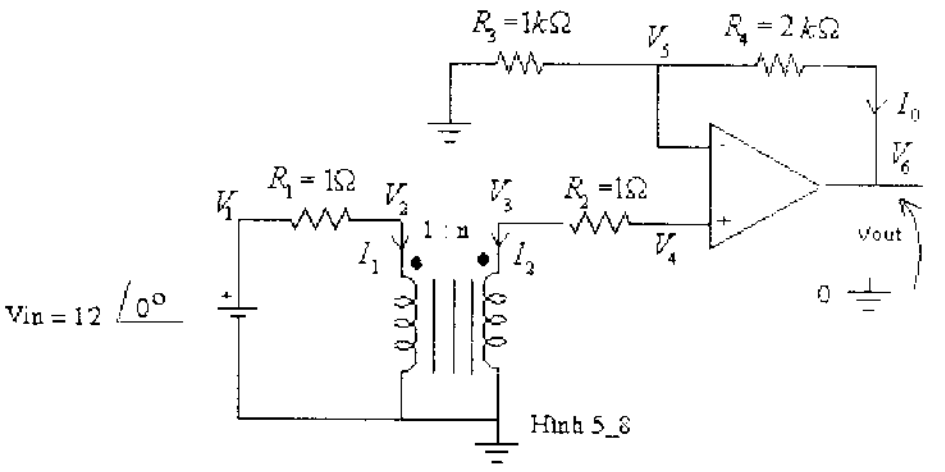
. m là hàng cần thêm vào.

.Chỉ số j và jp là hai nút chứa sơ cấp biến thế.

.Chỉ số k và kp là hai nút chứa thứ cấp biến thế.

```
function H5_7 %Tập tin H5_7m với n = 2;
clc
syms     R1  R2  R3 n Vin
A = sym(zeros(4)); %Tìm ma trận A
A = A_array(1,2,1/R1,A);
A = A_array(3,4,1/R2,A);
A = A_array(4,0,1/R3,A);
A = A_Vsrc (5,1,0,A); %Phương trình căn bản cho Vs
A = A_LTsrc(6, 2, 0,3, 0, n, A)  %Phương trình căn bản cho biến thế
b = sym(zeros(6,1));
b(5,1) = Vin
Y = A\b  %Tìm nghiệm
R1 =1 ; R2 = 1; R3 = 100; Vin = 10; n = 2; %Thay giá trị vào
Y =  eval(Y)
disp(['Điện thế ra Vo = ',' ', num2str(Y(4)),' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',' ', num2str(Y(6)),' A']), disp(' ')
```

Thí dụ : Tìm điện thế ra V_{out} và dòng điện I_o của mạch sau

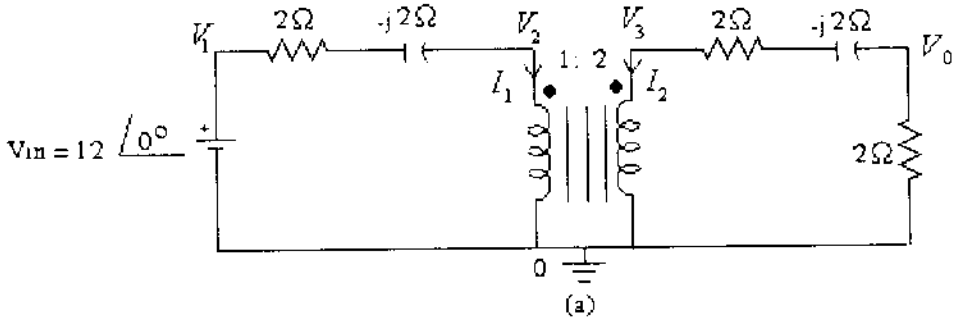


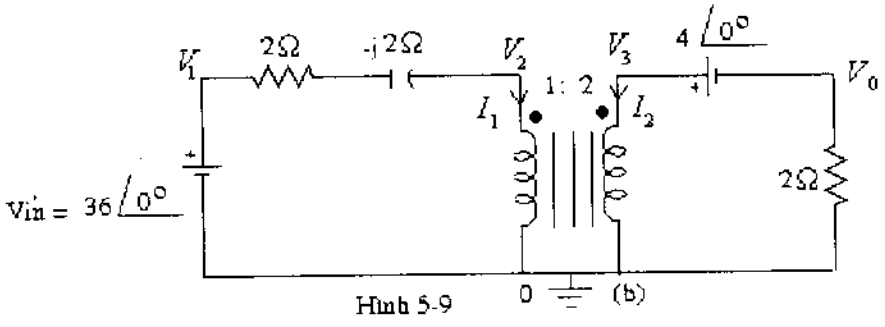
Hình 5_8

```
%Tập tin H5_8m, với n = 0.5
function H5_8
clc
syms     R1  R2  R3 R4  n w   pha biendo  t
%Đổi điện thế Vin sang dạng phức a + jb
Vin  = biendo*exp(i*pha);
A = sym(zeros(6));
A = A_array(1,2,1/R1,A); A = A_array(3,4,1/R2,A);
A = A_array(5,0,1/R3,A); A = A_array(5,6,1/R4,A);
A = A_Vsrc (7,1,0,A); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_LTsrc(8, 2, 0,3, 0, n, A); %Phương trình căn bản cho biến thế
A = A_OpAmp(9, 4, 5 ,6, A) %Phương trình căn bản cho op-amp
b = sym(zeros(9,1)); %Tìm b
b(7,1) = Vin
Y = A\b; %Tìm nghiệm
```

```
R1 =1 ; R2 = 1; R3 = 1e3; R4 = 2e3;  n = 0.5; %Thay giá trị vào
w = 2*pi*50;
pha  = 0; biendo  = 12;
Y =  eval(Y);
Vo = Y(6);
% Tính biên độ
bdVo = abs(Vo);
% Tính pha
gocVo = angle(Vo)*180/pi ;
Vo = bdVo*cos(w*t+gocVo);
Io =  Y(9);
% Tính biên độ
bdIo = abs(Io);
% Tính pha
gocIo = angle(Io)*180/pi ;
Io = bdIo*cos(w*t+gocIo);
disp(['Điện thế ra Vo = ',' ', char(Vo),' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',' ', char(Io),'A']), disp(' ')
%Vẽ điện thế ra Vo và vào Vin
t = linspace(-2,2);
Vo = eval(Vo);
Vin = 12*cos(w*t);
plot(t,Vo,t,Vin)
grid on
legend('Vo','Vin')
```

Bài tập : Tìm dòng điện I_1, I_2, Vẽ điện thế vào và ra :

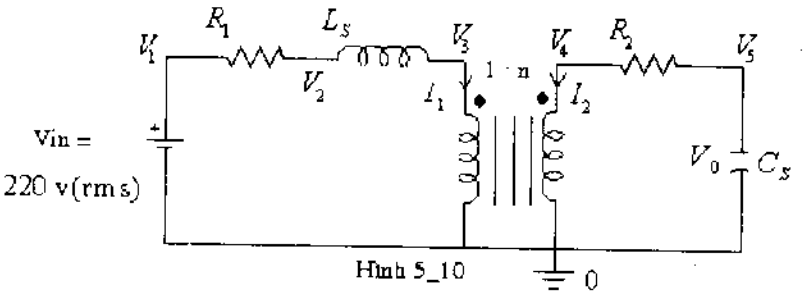




Hình 5-9

5-2-3-<u>Công suất</u> :

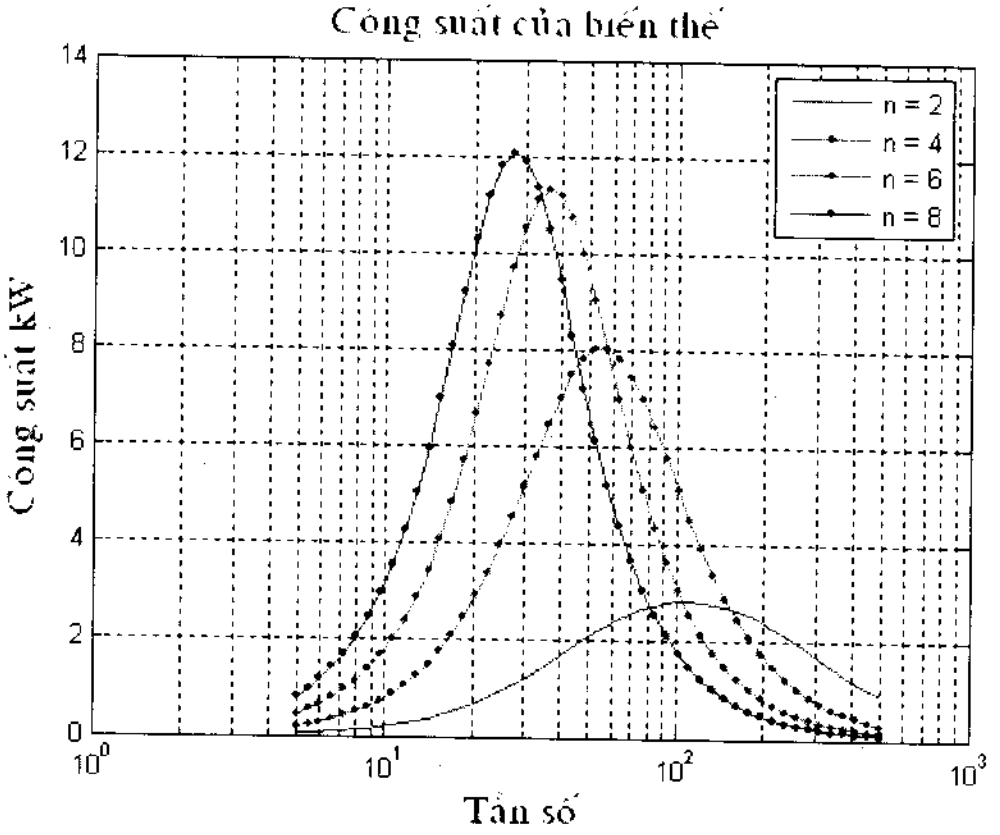
+Xét mạch điện hình 5_10 : Vẽ công suất của biến thế phụ thuộc vào n



Hình 5_10

$R_1 = 1\Omega, R_2 = 60\Omega$

$C = \frac{625}{3\pi}\mu F, L = \frac{1}{40\pi} H$

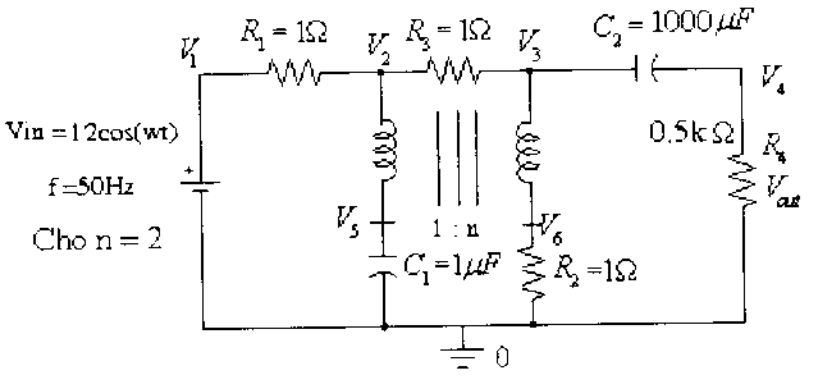



```
%Tập tin H5_10.m
function H5_10
clc
syms   s  R1  R2  L C  n  t f
Vsin =220;
Zl = s*L;
Zc = 1/(s*C);
A = sym(zeros(5)); A = A_array(1,2,1/R1,A); A = A_array(2,3,1/Zl,A);
A = A_array(4,5,1/R2,A); A = A_array(5,0,1/Zc,A);
%Phương trình căn bản cho Vin
A = A_Vsrc (6,1,0,A);
%Phương trình căn bản cho biến thế
A = A_LTsrc(7, 3, 0,4, 0, n, A)
%Tìm b
```

```
b = sym(zeros(7,1));
b(6,1) = Vsin
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
%Thay giá trị vào
R1 =1 ; R2 = 60;  L = 1/(40*pi);C = 625e-6/(3*pi); s = j*2*pi*f;
Y = eval(Y);
V3 = Y(3); %Tìm điện thế V3
I1 = -n*Y(7); %Tìm dòng điện I1 = -nI2
f = 50*logspace(-1,1);
val = findsym(sym(V3));
V3 = subs(V3, val(1) , f);
val = findsym(sym(I1));
I1 = subs(I1, val(1)  , f);
%Tính công suất
P = (V3.* conj(I1))/1e3 ; % Đổi ra kW
val = findsym(sym(P));
%Vẽ hình
n = 2; %Vẽ với n =2
P2 =  subs(P, val , n);
n = 4 ; %Vẽ với n = 4
P4 =  subs(P, val , n);
n = 6 ; %Vẽ với n = 6
P6 =  subs(P, val , n);
n = 8 ; %Vẽ với n = 8
P8 =  subs(P, val , n);
semilogx(f,real(P2),f,real(P4),'.-',f,real(P6),'r.-',f,real(P8),'b.-') , grid
legend('n = 2','n = 4','n = 6','n = 8')
title('Công suất của biến thế ','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
xlabel('Tần số ','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
ylabel('Công suất kW','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
```

Bài tập :

Tìm V_{out} của mạch điện sau :



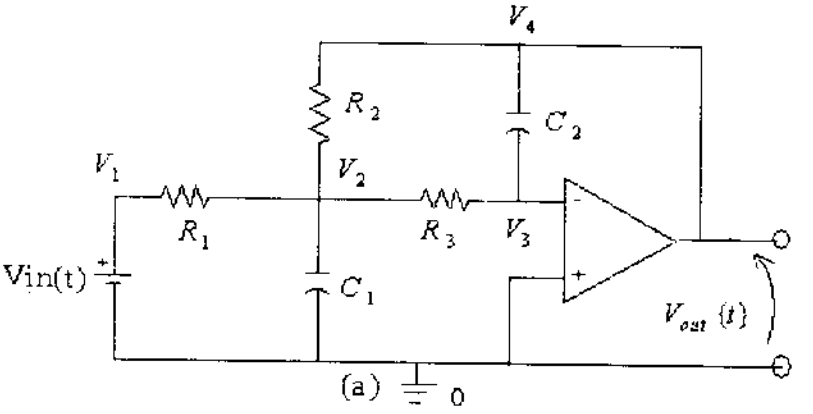
Hình 5_11

5-3-Mạch lọc :

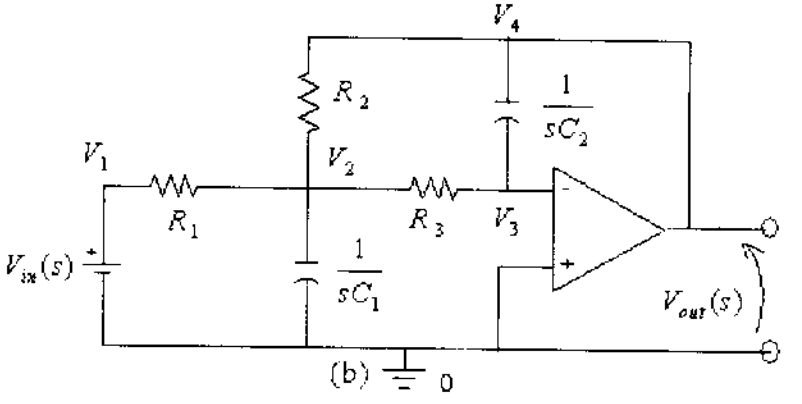
5-3-1-Mạch lọc bậc 2 :

Xét mạch lọc thấp qua bậc hai như hình 5_12a. Tìm độ lợi khuếch đại điện thế và vẽ biểu đồ Bode biên độ, Bode pha .

Cho $R_1 = R_2 = R_3 = 1\Omega$, $C_1 = C_2 = 1F$; $V_{in} = 1\angle 0^o$



-Biến đổi Laplace mạch điện , ta có hình 5_12b



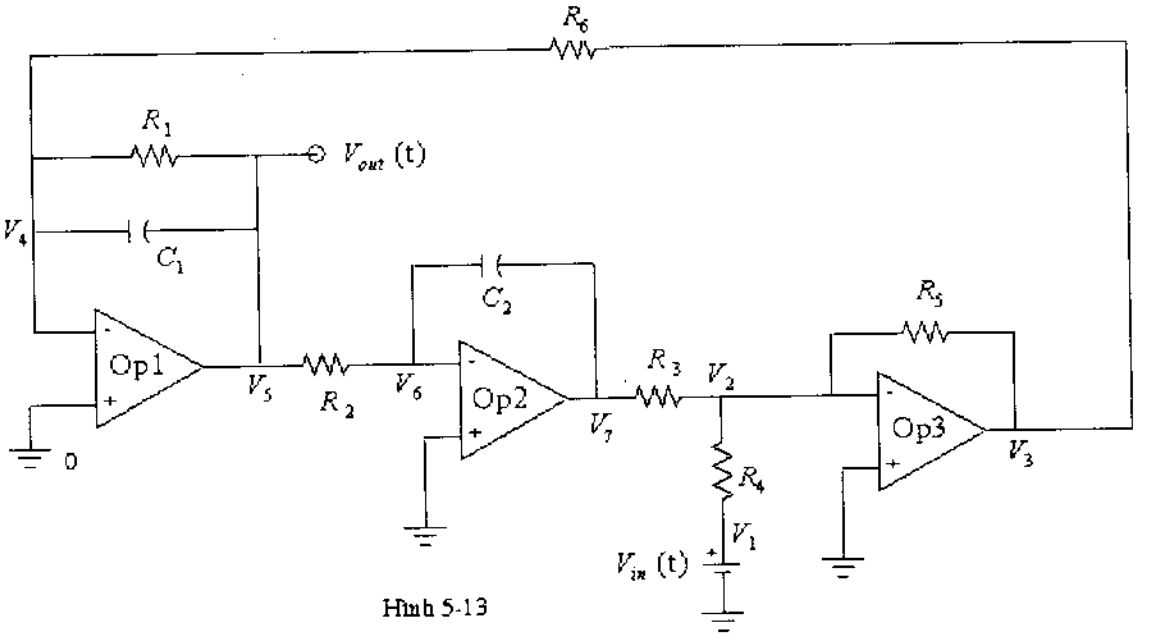
Hình 5-12

```
%Tập tin H5_12.m
function H5_12
clc
syms   s  R1  R2  R3  C1 C2
Vin  = 1;
Vsin = laplace(sym(Vin))
Z1 = 1/(s*C1);  Z2 = 1/(s*C2);
%Tìm A
A = sym(zéros(4));
A = A_array(1,2 ,1/R1,A);
A = A_array(2,0,1/Z1,A);
A = A_array(2,3,1/R3,A);
A = A_array(2,4,1/R2,A);
```

```
A = A_array(3,4,1/Z2,A);
%Phương trình căn bản cho Vin
A = A_Vsrc (5,1,0,A);
%Phương trình căn bản cho op-amp
A = A_OpAmp(6, 0, 3 ,4, A)
%Tìm b
b = sym(zeros(6,1));  b(5,1) = Vsin
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
Vout = Y(4);
%Tìm hàm truyền đạt
Av = Vout/Vsin ;
%Thay giá trị vào
R1 =1 ; R2 = 1; R3 = 1; C1 = 1; C2 = 1;
Av =  eval(Av)
[num , den]= numden(Av);
%tách các hệ số của đa thức tử và mẫu
num = -sym2poly(num);  den = sym2poly(den);
%Vẽ hình
bode(num,den)
grid
```

5-3-2-<u>Mạch lọc băng</u> :

Cho $R_1 = 20k\Omega, R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 10k\Omega$, $V_{in} = 1\angle 0^o$
$C_1 = C_2 = 0.1\mu F$



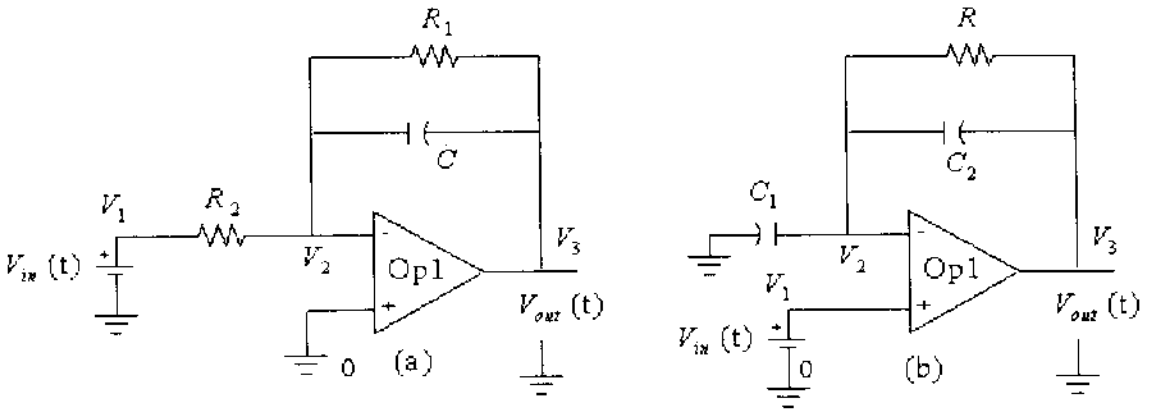
Hình 5-13

+Sau khi biến đổi Laplace sơ đồ mạch điện, ta có :

```
%Tập tin H5_13.m
function H5_13
clc
syms   s  R1  R2  R3 R4 R5 R6 C1 C2
Vin =1; Vsin = laplace(sym(Vin))
 Z1 = 1/(s*C1);  Z2 = 1/(s*C2);
A = sym(zeros(7));
A = A_array(1,2 ,1/R4,A);
A = A_array(2,3,1/R5,A);
A = A_array(2,7,1/R3,A);
A = A_array(3,4,1/R6,A);
A = A_array(4,5,(1/R1)+(1/Z1),A);
A = A_array(5,6,1/R2,A);
A = A_array(6,7,1/Z1,A);
%Phương trình căn bản cho nguồn độc lập Vsin
A = A_Vsrc (8,1,0 A);
%Phương trình căn bản cho Op1
A = A_OpAmp(9, 0, 4 ,5, A);
%Phương trình căn bản cho Op2
A = A_OpAmp(10, 0, 6 ,7, A);
%Phương trình căn bản cho Op3
A = A_OpAmp(11, 0, 2 ,3, A)
%Tìm b
b = sym(zeros(11,1)); b(8,1) = Vsin
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
Vout = Y(5);
%Tìm hàm truyền đạt
Av = Vout/Vsin   ;
%Thay giá trị vào
R1 =20e3 ; R2 = 10e3; R3 = 10e3;R4 = 10e3;R5 = 10e3;R6 = 10e3;
C1 = 0.1e-6; C2 = 0.1e-6;
Av =  eval(Av);  Av = vpa(Av,2)
[num , den]= numden(Av);
%tách các hệ số của đa thức tử và mẫu
num = -sym2poly(num);
den = sym2poly(den);
bode(num,den),  grid
```

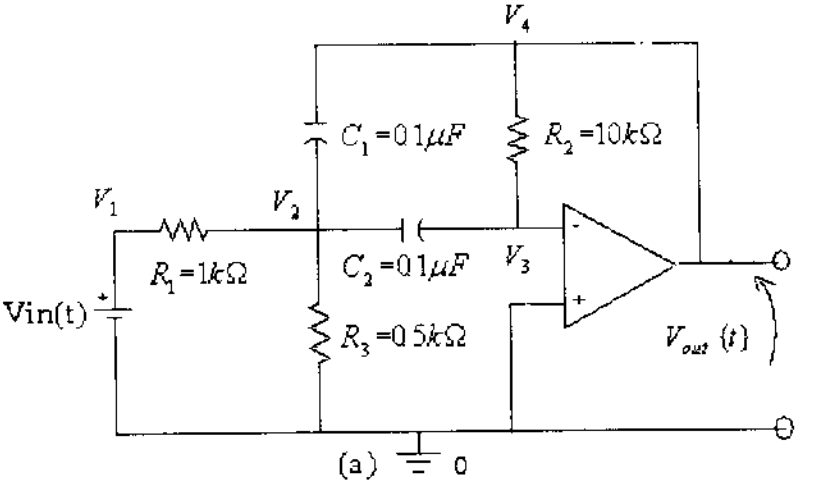
Bài tập :

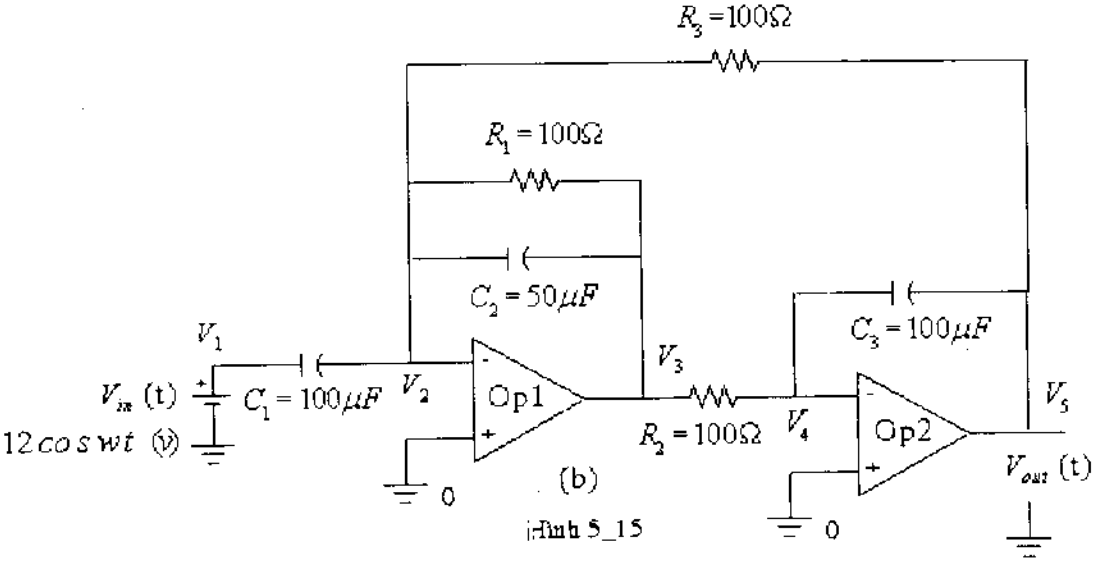
1-Tìm hàm truyền đạt của mạch hình 5_14



Hình 5-14

2-Vẽ biểu đồ Bode và cho biết mạch lọc thuộc loại nào ?





Hình 5_15

Chương 6

Mạch điện và phương trình vi phân

6-1-Phương trình vi phân :

6-1-1-Mạch chứa RC và RL :

Để giải mạch có chứa phần tử RC và RL ta dùng phương trình vi phân bậc nhất có dạng :

$$\frac{d}{dt}x(t) + ax(t) = f(t)$$

-Trong đó nghiệm tổng quát của phương trình có dạng :

$$x(t) + x_p(t) + x_c(t) \quad (1)$$

-Với $x_c(t)$ là nghiệm của phương trình thuần nhất :

$$\frac{d}{dt}x_c(t) + ax_c(t) = 0$$

$$\Rightarrow -a = \frac{1}{x_c(t)}\frac{d}{dt}x_c(t) = \frac{d}{dt}\left[\ln x_c(t)\right]$$

$$\Rightarrow \ln x_c(t) = -at + C$$

$$\Rightarrow x_c(t) = K_2 e^{-at}$$

-Và $x_p(t)$ là nghiệm của phương trình có hệ số là hằng số :

$$\frac{d}{dt}x_p(t) + ax_p(t) = A \qquad (*)$$

-Vì vế phải là hằng số nên nghiệm có dạng :

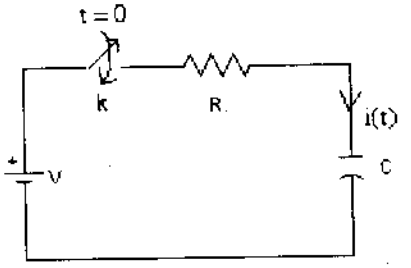
$$x_p(t) = K_1$$

-Thay vào phương trình (*) $\Rightarrow K_1 = \dfrac{A}{a}$

- Thay tất cả vào phương trình (1), ta có nghiệm tổng quát có dạng :

$$x(t) = \frac{A}{a} + K_2 e^{-at}$$

Thí dụ 1 :



Hình 6_1

-Tại t = 0, đóng khoá k, phương trình vi phân mô tả mạch điện khi t > 0 là :

$$V = R\,i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt$$

-Đạo hàm hai vế :

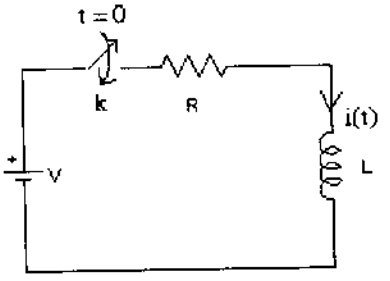
$$\frac{1}{C}i(t) + R\frac{d}{dt}i(t) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}i(t) + \frac{1}{RC}i(t) = 0 \quad (*)$$

-Nghiệm của phương trình thuần nhất :

$i(t) = K_2 e^{-t/T_C}$, với $T_C = RC$ là hằng số thời gian.

Thí dụ 2 :



Hình 6_2

-Tại t = 0, đóng khoá k, phương trình vi phân mô tả mạch điện khi t > 0 là :

$$L\frac{d}{dt}i(t) + R\,i(t) = V$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}i(t) + \frac{R}{L}i(t) = \frac{V}{L} \quad (*)$$

Với $T_L = \dfrac{L}{R}$ là hằng số thời gian của mạch RL

-Nghiệm tổng quát của phương trình có dạng :

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{T_L}} = K_1 + K_2 e^{-t\frac{R}{L}}$$

+Tóm lại :

-Một mạch RC hay RL chứa duy nhất 1 phần tử lưu trữ điện thế (tụ C) hay dòng điện (cuộn L) thì nghiệm tổng quát có dạng :

$x(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{T}}$, với T là hằng số thời gian và K_1, K_2 được tìm từ điều kiện ban đầu của mạch điện.

-Đối với mạch RC thì $T = T_C = RC$

-Đối với mạch RL thì $T = T_L = \frac{L}{R}$

a-<u>Cách tìm điều kiện ban đầu</u> :

-Khi mạch đã ổn định :

$t \to \infty \Rightarrow x(t) \to K_1$

-Đối với tụ C thì thay bằng mạch hở, vì V = constant nên

$$i(t) = C\frac{d}{dt}V = 0$$

-Đối với cuộn L thì thay bằng mạch nối tắt, vì i = constant nên

$$v(t) = L\frac{d}{dt}i = 0$$

-Khi x(t) = K_1 thì mạch đã ở trạng thái ổn định, tụ C hay cuộn L bị loại bỏ nên mạch chỉ còn lại nguồn điện thế DC và điện trở.

-Hằng số K_2 đạt được khi C được thay bằng một nguồn điện thế và cuộn L được thay bởi nguồn dòng.

-Hằng số thời gian T được tìm bởi điện trở tương đương Thevenin nhìn từ hai đầu để hở của C hay L.

$T_C = R_{th}C$ cho mạch RC

$T_L = \frac{L}{R_{th}}$ cho mạch RL

b-<u>Các bước thực hiện</u> :

-Bước 1 :

Nghiệm phương trình có dạng :

$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{T}}$$

-Bước 2 :

Tại t = 0 đóng khoá k thì điện thế tích trữ ban đầu của tụ C là $v_C(0-)$ và dòng điện tích trữ ban đầu của cuộn dây L là $i_L(0-)$

-Bước 3 :

.Đối với C thì điện thế không thay đổi tức thời ở hai đầu tụ nên ta có :

$$v_C(0-) = v_C(0+)$$

Nghĩa là điện thế trước và sau khi đóng khoá k (t = 0) tại hai đầu tụ C là bằng nhau.

.Đối với L thì dòng điện không thay đổi tức thời ở hai đầu cuộn dây nên ta có :

$$i_L(0-) = i_L(0+)$$

$\Rightarrow$ Giải để tìm điều kiện ban đầu x(0+)

-Bước 4 :

Tại thời điểm rất lâu sau khi đóng khóa k ($t > 5T_C$) thì mạch đã đạt trạng thái ổn định

-Tụ C được thay bằng mạch hở.

-Cuộn L được thay bằng mạch nối tắt.

$\Rightarrow$ Giải để tìm x(t) ở trạng thái ổn định

$x(t) = x(\infty)$ khi $t > 5T_C$

-Bước 5 :

Tìm điện trở tương đương Thevenin R_{th}

-Bước 6 :

Sử dụng các bước 3, 4, 5 để tìm K_1 và K_2

$$x(0+) = K_1 + K_2$$

$$x(\infty) = K_1$$

Vậy $K_1 = x(\infty)$ và $K_2 = x(0+) - x(\infty)$

$$\Rightarrow x(t) = x(\infty) + \left[x(0+) - x(\infty)\right]^{-t\frac{1}{T_C}}$$

+Lưu ý : Cách giải này chỉ áp dụng cho mạch bậc nhất và có nguồn dc không đổi.

6-1-2-<u>Ứng dụng Matlab</u> :

a- Trong thí dụ 1 cho V = 2V, $R = 1\Omega$, $C = 1F$,tụ C không tích trữ năng lượng ban đầu, tại t = 0 đóng khoá k. Tìm dòng điện i(t) tại t > 0.

+Giải :

Từ phương trình (*) đặt $D = \dfrac{d}{dt}$ ta có :

$$Di(t) + \frac{1}{T_C} i(t) = 0, \quad T_C = RC$$

+Tìm điều kiện đầu :

-Tại t = 0 đóng khóa k, do tụ C không tích trữ năng lượng ban đầu nên $v_C(0-) = 0$

-Do điện thế không thay đổi tức thời ở hai đầu tụ C nên tại t = 0 đóng khoá k, ta có :

$$v_C(0-) = v_C(0+) = 0$$

⇒ Vậy tại t = 0 đóng khóa k, dòng điện i(t) qua mạch là :

$$i(0+) = \frac{V}{R}$$

```
%Tập tin H6_1.m
function H6_1
R =1; C =1; V = 2; Tc = R*C; %Khai báo biến
It = dsolve('DIt+(1/Tc)*It = 0','It(0) =V/R') %Giải phương trình vi phân
%Vẽ hình
t = linspace(0,5*Tc);
y = eval(It);
plot(t,y), grid on
title('Mạch RC','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
xlabel('Trục thời gian t','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
ylabel('Dòng điện It','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
text(0.25,1.5,['---> Đồ thị ', char(It)],'FontSize',12,'FontName', 'VNI-Times','color','r')
```

b- Trong thí dụ 2 cho V = 5V, $R = 2\Omega$, $L = 1H$, và cuộn L không tích trữ năng lượng ban đầu, tại t = 0 đóng khoá k. Tìm dòng điện i(t) tại t > 0.

+Giải :

Từ phương trình (*) đặt $D = \frac{d}{dt}$ ta có :

$$D\,i(t) + \frac{1}{T_L} i(t) = \frac{V}{L}, \quad T_L = \frac{L}{R}$$

+Tìm điều kiện đầu :

-Tại t = 0 đóng khóa k, do cuộn L không tích trữ năng lượng ban đầu nên $i_L(0-) = 0$

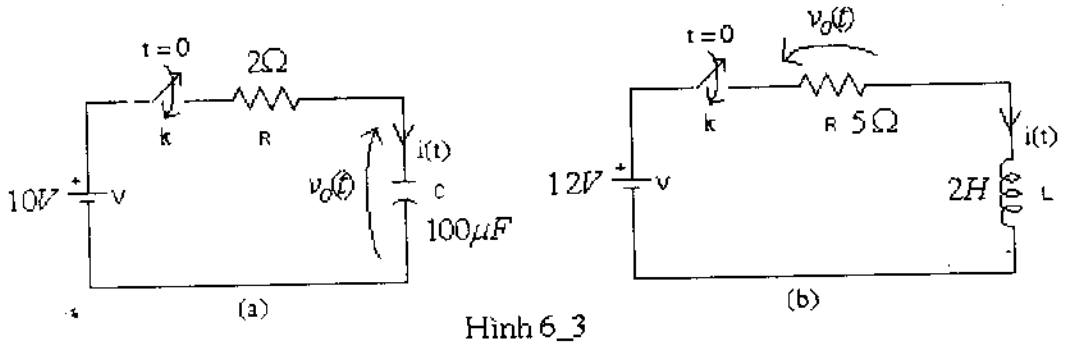
-Do dòng điện không thay đổi tức thời ở hai đầu cuộn dây nên tại t = 0 đóng khoá k, ta có :

$$i_L(0-) = i_L(0+)$$

```
%Tập tin H6_2.m
function H6_2
R = 2; L =1; V = 5; TL = L/R;
It = dsolve('DIt+(R/L)*It = V/L','It(0) = 0')
%Vẽ hình
t = linspace(0,5*TL);
y = eval(It);
plot(t,y),grid on
title('Mạch RL','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
xlabel('Trục thời gian t','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
ylabel('Dòng điện It','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
text(0.5,1.5,['---> Đồ thị ',char(It)],'FontSize',12,'FontName' ,'VNI-Times','color','r')
```

Bài tập :

Tìm dòng điện i(t) và $v_O(t)$ của các mạch điện sau :

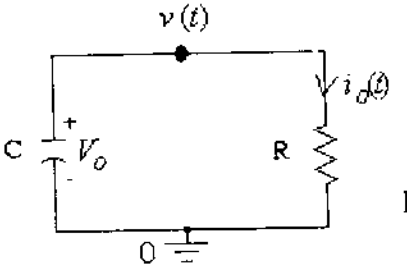


Hình 6_3

6-2-<u>Mạch tích trữ năng lượng ban đầu</u> :

6-2-1-<u>Mạch chứa RC</u> :

+Xét mạch điện hình 6_4



Hình 6_4

-Tụ C nạp điện trước đó đến gía trị ban đầu là : $v_C(t) = V_O$

-Tại t > 0 áp dụng KCL, ta có :

$$C\frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{R}v(t) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{RC}v(t) = 0 \quad (*)$$

-Bước 1 : Nghiệm phương trình (*) có dạng :

$$v(t) = K_1 + K_2^{-\frac{t}{T_C}} \qquad (**),$$ Với $T_C = RC$ là hằng số thời gian.

-Bước 2 : Điện thế không thay đổi tức thời ở hai đầu tụ C nên :

$v_C(0-) = v_C(0+) = V_O$

-Bước 3 :

Tụ C được thay bằng mạch hở nên điện thế ngang qua R bằng không và tại t > $5T_C$ thì $v_C(\infty) = 0$

-Bước 4 :

Điện trở tương đương Thevevnin nhìn từ hai đầu tụ C để hở là : $R_{Th} = R$, hằng số thời gian $T_C = R_{Th}C = RC$

-Bước 5 :

Các hằng số K_1, K_2 được tính như sau :

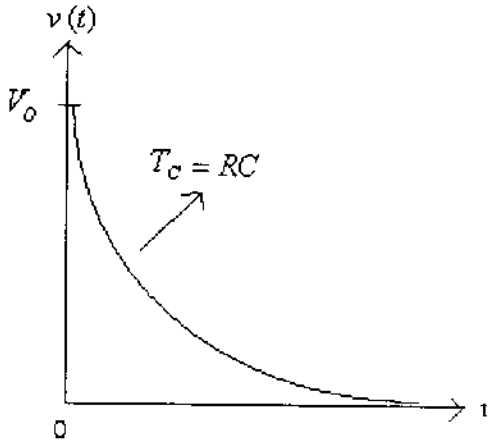
$$v_C(\infty) = 0 = K_1$$
$$v_C(0+) = V_0 = K_1 + K_2 \Rightarrow K_2 = V_0$$

Thay vào phương trình (**), ta có nghiệm

$$v(t) = V_0 e^{-\frac{t}{T_C}}$$

Vậy dòng điện qua R là :

$$i(t) = \frac{1}{R} v(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{T_C}}$$



-Năng lượng tích trữ trong C tại t = 0 là :

$$W_C(0+) = \frac{1}{2} C V_0^2 \text{ (Jun)}$$

-Tại t > $5T_C$, điện thế giảm theo hàm mũ dẫn đến làm giảm năng lượng tích trữ trong C và năng lượng này bị tiêu tán bởi R dưới dạng nhiệt :

$$W_R(\infty) = \int_0^\infty P_R(x)dx = \int_0^\infty \left(\frac{V_0}{R} e^{-\frac{x}{T_C}} \right)^2 R\,dx$$
$$= \frac{V_0^2}{R} \int_0^\infty e^{-\frac{2x}{T_C}} dx = \frac{1}{2} C V_0^2 \ (J)$$

$\Rightarrow$ Vậy năng lượng tích trữ ban đầu của tụ C bằng với năng lượng tiêu tán bởi R.

+Ứng dụng Matlab :

Cho $V_0 = 2V, R = 2\Omega, C = 2F$ .Tìm dòng điện i(t) tại t > 0.

+Giải :

-Tại t > 0 phương trình vi phân mô tả mạch điện là :

$$\frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{RC}v(t) = 0$$

-Đặt $D = \frac{d}{dt} \Rightarrow Dv(t) + \frac{1}{RC}v(t) = 0$

-Tìm điều kiện đầu :

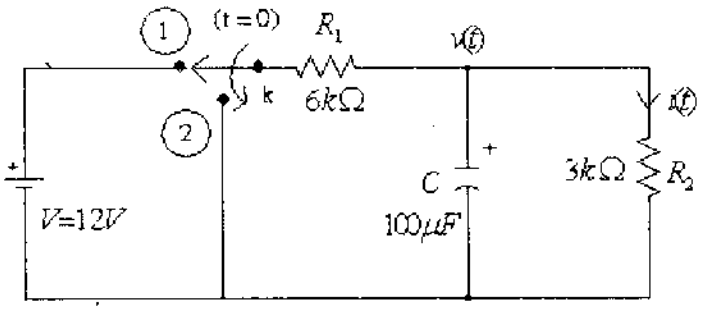
Do điện thế không thay đổi tức thời hai đầu tụ C nên tại t = 0, ta có :

$$v_C(0-) = v_C(0+) = V_0 = 2V$$

```
%Tập tin H6-4.m
function H6_4
R = 2; C = 2; Vo = 2; Tc = R*C,
%Tìm điện thế Vt
Vt = dsolve('DVt+(1/Tc)*Vt = 0','Vt(0) = Vo')
%Tìm dòng điện It
It = Vt/sym('R')
%Vẽ hình
t = linspace(0,5*Tc);
y1 = eval(Vt);
y2 = eval(It);
plot(t,y1,t,y2,'--')
grid on
title('v(t) và i(t) có đồng dạng','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
legend(char(sym(Vt)),char(sym(It)))
```

Thí dụ :

Đầu tiên k ở vị trí 1 rất lâu, sau đó di chuyển khoá k sang vị trí 2. Tìm dòng điện i(t) tại t > 0.



Hình 6_5

+Giải :

-Áp dụng KCL cho nút v(t) :

$$C\frac{d}{dt}v(t)+\frac{1}{R_1}v(t)+\frac{1}{R_2}v(t)=0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}v(t)+\frac{1}{R_{Th}C}v(t)=0$$

Với $R_{Th}=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}$, Và $T_C=R_{Th}C$

Đặt $D=\dfrac{d}{dt}\Rightarrow \quad Dv(t)+\dfrac{1}{R_{Th}C}v(t)=0 \qquad (*)$

-Tìm điều kiện đầu : Vì k ở vị trí 1 khá lâu nên điện thế ban đầu tích trữ vào tụ C là :

$$v_C(0-)=\ V\frac{R_2}{R_1+R_2}=12\frac{3}{6+3}=4V$$

-Tại t = 0 chuyển khoá k sang vị trí 2, do điện thế không thay đổi tức thời ở hai đầu C nên

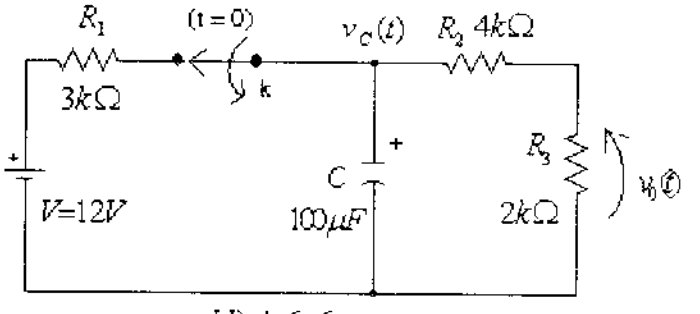
$$v_C(0-)=v_C(0+)=4V$$

-Vậy tại t >0 , ta có : $Dv(t)+\dfrac{1}{R_{Th}C}v(t)=0$, với điều kiện đầu $v(0)=4V$

```
%Tập tin H6-5.m
function H6_5
R1= 6e+3; R2 = 3e+3 ; C=100e-6; V=12; Rth=(R1*R2)/(R1+R2);
Tc=Rth*C; Vo=(V*R2)/(R1+R2);
Vt = dsolve('DVt+(1/Tc)*Vt = 0', 'Vt(0) = Vo') %Tìm điện thế nút
It = Vt/sym('R2') %Tìm dòng điện i(t)
%Vẽ hình
t = linspace(0,5*Tc);
It = eval(It);
plot(t,It) ,grid on
title(' Dòng điện I(t) ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

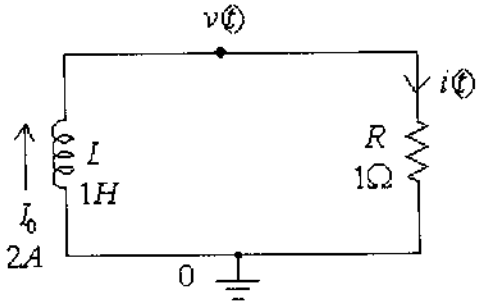
Bài tập :

Tại t = 0 mở khoá k. Tìm điện thế $v_C(t)$ và $v_0(t)$ tại t > 0.



Hình 6_6

6-2-2-Mạch chứa RL :



Hình 6_7

-Cuộn dây tích trữ năng lượng ban đầu là : $i_L(0-) = I_0$

-Tại t = 0, áp dụng KVL cho mạch điện ta có :

$$L\frac{d}{dt}i(t) + R\,i(t) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}i(t) + \frac{R}{L}i(t) = 0 \qquad (*)$$

-Bước 1 : Nghiệm phương trình (*) có dạng $i(t) = K_1 + K_2\, e^{-\frac{t}{T_L}}$

-Bước 2: Tại t = 0 dòng điện không thay đổi tức thời qua cuộn dây nên :

$$i_L(0-) = i_L(0+) = I_0$$

-Bước 3 : Khi $t > 5T_L$, L được thay bằng mạch nối tắt do đó :

$$v(t) = 0 \Rightarrow i(\infty) = 0$$

-Bước 4 : Điện trở tương đương Thevevnin nhìn từ hai đầu cuộn dây là $R_{Th} = R$

Với hằng số thời gian $T_L = \dfrac{L}{R_{Th}} = \dfrac{L}{R}$

-Bước 5 : Tìm K_1, K_2 từ điều kiện đầu

$$i(\infty) = K_1 = 0$$

$$i(0+) = K_1 + K_2 = I_0$$

$\Rightarrow$ Thay vào nghiệm ta có :

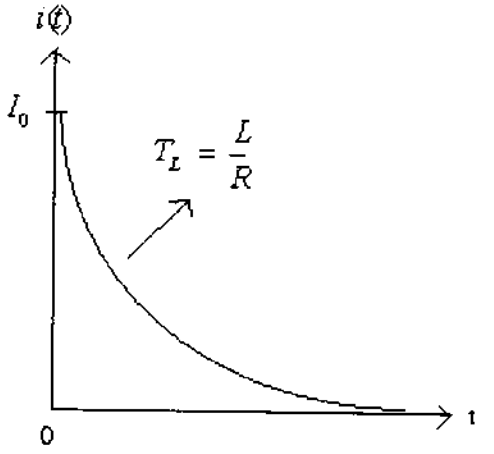
$$i(t) = I_0\, e^{-t\frac{R}{L}}$$

-Tại t = 0, năng lượng tích trữ ban đầu của cuộn dây là :

$$W_L(0+) = W_L(0-) = \frac{1}{2}L\,I_0^{\,2}\ (J)$$

-Khi t càng lớn thì dòng điện trong mạch càng giảm làm năng lượng tích trữ trong cuộn dây giảm do tiêu tán bởi R :

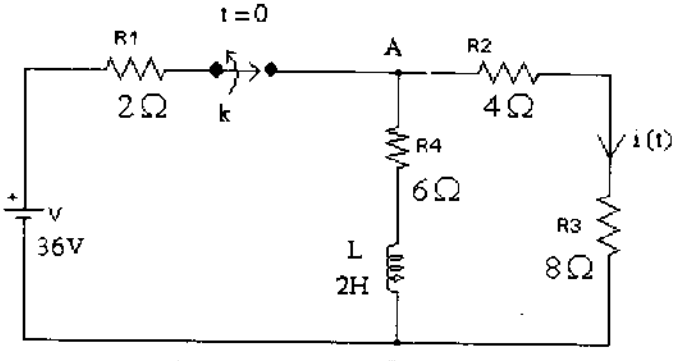
$$W_R(\infty) = \int_0^{\infty} P_R(t)\,dt = \frac{1}{2} L I_0^{\,2}\ (J)$$ bằng với năng lượng ban đầu của L.




```
%Tập tin H6-7.m
function H6_7
R=1; L=1; Io=2; Rth=R; TL=L/Rth;
It = dsolve('DIt+(R/L)*It=0','It(0)=Io');
pretty(It)
t = linspace(0,5*TL);
It = eval(It);
plot(t,It)
grid on
title(' Dòng điện I(t) ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

Thí dụ :

Tại t = 0 mở khoá k. Tìm dòng điện i(t) chạy trong mạch khi t > 0.



Hình 6-8

+Giải :

Tại t = 0 mở khoá k, áp dụng KVL cho màng bên phải, ta có :

$$L\frac{d}{dt}i(t) + (R_2 + R_3 + R_4)i(t) = 0$$

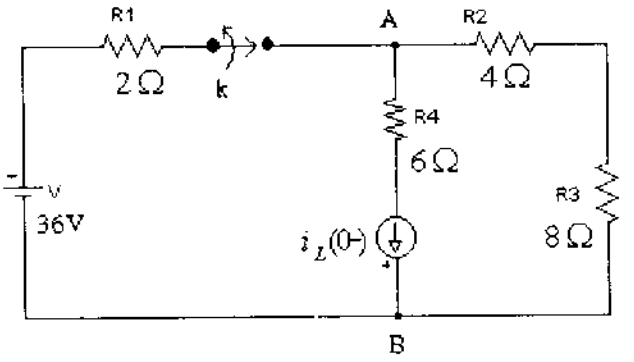
$$\Rightarrow \frac{d}{dt}i(t) + \frac{(R_2 + R_3 + R_4)}{L}i(t) = 0$$

-Bước 1 : Nghiệm phương trình có dạng :

$$i(t) = K_1 + K_2\, e^{-t/T_L}$$

-Bước 2 :

Do khoá k đóng trước đó khá lâu nên cuộn L xem như nối tắt do đó mạch được vẽ lại :



$$V_{AB} = V\,\frac{R_4 //(R_2+R_3)}{R_1 + R_4 //(R_2+R_3)} = 36\,\frac{\frac{6.12}{6+12}}{2+\frac{6.12}{6+12}} = 24V$$

$$\Rightarrow \quad i_L(0-) = \frac{V_{AB}}{R_4} = \frac{24V}{6\Omega} = 4A$$

-Bước 3 :

Tại t = 0 mở khoá k, dòng điện không thay đổi tức thời tại hai dầu L, nên ta có :

$i_L(0-) = i_L(0+) = -4A$ (do chiều dòng điện chạy trong màng ngược chiều với $i_L(0-)$)

-Bước 4 :

Điện trở tương đương Thevenin nhìn từ hai đầu nguồn dòng $i_L(0-)$ để hở là :

$$R_{th} = R_2 + R_3 = R_4 = 18\Omega$$

Và hằng số thời gian $T_L = \dfrac{L}{R_{th}} = \dfrac{1}{9}s$

-Bước 5 : Tìm K_1, K_2

$$i_L(\infty) = 0 = K_1$$
$$i_L(0+) = K_1 + K_2 = -4A \quad \Rightarrow K_2 = -4A$$

Vì tại thời điểm khá lâu sau khi mở khóa k ($t > 5T_L$) nên năng lượng tích trữ trong cuộn L bị tiêu tán bởi các điện trở R_2, R_3, R_4 do đó $i_L(\infty) = 0$

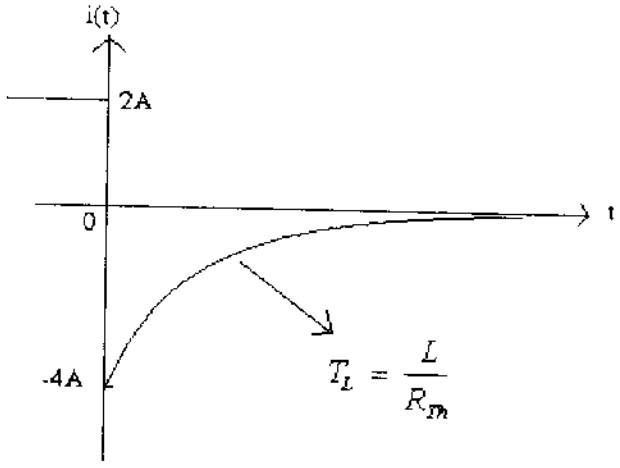
-Thay vào ta có nghiệm phương trình là :

$$i(t) = -4\, e^{-9t}\ (A)$$

-Chú ý là khi k đóng trước đó khá lâu nên L xem như nối tắt vì vậy dòng i(t) qua điện trở là :

$$i(t) = \frac{V_{AB}}{R_2 + R_3} = \frac{24V}{12\Omega} = 2A$$

Vì thế tại t = 0 mở khóa k thì i(t) sẽ có bước nhảy từ 2A đến $i(t) = -4\,e^{-9t}\,(A)$



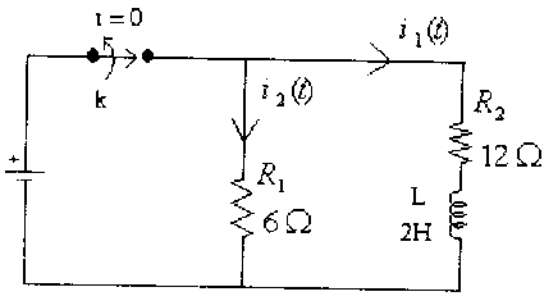

```
%Tập tin H6_8.m
function H6_8
R1 = 2; R2 = 4; R3 = 8;  L = 2; R4 = 6; Vs = 36; TL = 1/9; Io = -4;
It = dsolve('DIt+(1/(1/9))*It=0','It(0)=-4');
pretty(It)
t = linspace(0,5*TL );
It = eval(It);
%Vẽ dòng điện i(t)
plot(t,It) , grid on,  hold on
%vẽ bước nhảy 2A -> -4 A
plot([-0.1 0],[2 2])
plot([0 0],[-4 2],'b')
axis([-0.1 0.7 -4 2.5]),  hold off
title(' Dòng điện I(t) ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

Bài tập :

Tại t = 0, mở khoá k. Tìm :

a- $i_1(t)$ và $i_2(t)$ khi t > 0.

b-Nếu k mở trước đó tại t < 0 khá lâu và sau đó đóng lại tại t = 0. Tìm $i_1(t)$ khi t > 0.



Hình 6_9

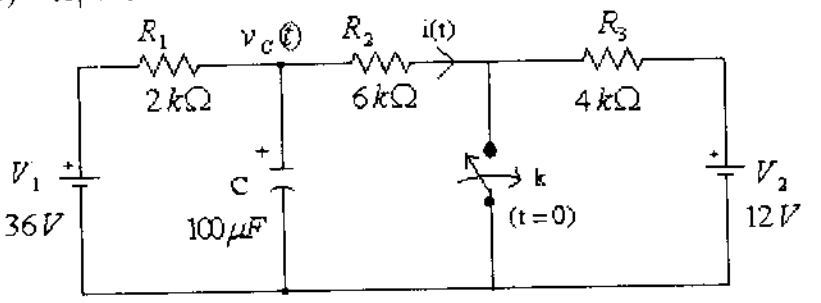
6-3-<u>Đáp ứng ép</u> :

-Trong phần trước ta khảo sát mạch bị kích thích bởi năng lượng được tích trữ trước đó trong C hay L mà không do bất kỳ 1 nguồn nào bên ngoài tác động vào được gọi là đáp ứng tự do. Trong đó :

$$x(\infty) = 0 = K_1$$

-Đáp ứng ép là tại thời điểm t = 0 khi tác động vào khoá k, thì ngoài năng lượng được tích trữ ban đầu của C hay L trước đó mà còn có 1 nguồn điện thế hay dòng điện khác từ bên ngoài kích thích vào mạch. Trong trường hợp này :

$$x(\infty) = K_1 \neq 0$$



Hình 6_10

Tại t = 0, đóng khoá k. Tìm dòng điện i(t).

+Giải :

-Bước 1 : Nghiệm có dạng :

$$i(t) = K_1 + K_2\, e^{-\frac{t}{T_C}}$$

-Bước 2 : Trước khi khoá k đóng, dòng điện qua mạch là :

$$i(t) = \frac{(V_1 - V_2)}{(R_1 + R_2 + R_3)} = 2mA$$

$$\Rightarrow v_C(0-) = V_1 - R_1\, i(t) = 32V$$

-Bước 3 :

Tại t = 0 đóng khoá k, điện thế không thay đổi tức thời ở hai đầu C nên :

$$v_C(0-) = v_C(0+) = 32V$$

$$\Rightarrow i(0+) = \frac{32V}{R_2} = \frac{16}{3}\, mA$$

-Bước 4 : Điện trở tương đương Thevevnin nhìn từ hai đầu C để hở là :

$$R_{Th} = R_2 // R_2 = \frac{3}{2} k\Omega$$

$$\Rightarrow T_C = R_{Th}\, C = 0.15s$$

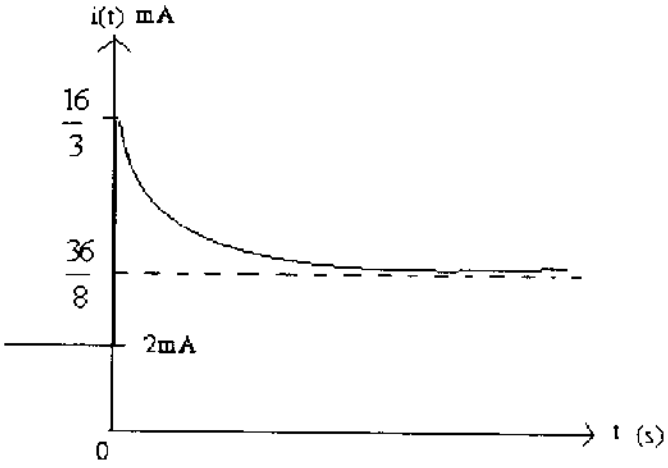
-Bước 5 : Tại t đóng khá lâu ($t > 5\,T_C$) thì :

$$i(\infty) = \frac{V_1}{(R_1 + R_2)} = \frac{36}{8}mA = K_1$$

$$i(0+) = K_1 + K_2 = \frac{16}{3}mA \;\Rightarrow\; K_2 = \frac{16}{3}mA - \frac{36}{8}mA = \frac{5}{6}mA$$

Vậy nghiệm có dạng :

$$i(t) = \frac{36}{8} + \frac{5}{6}e^{-\frac{t}{0.15}} \quad (mA)$$



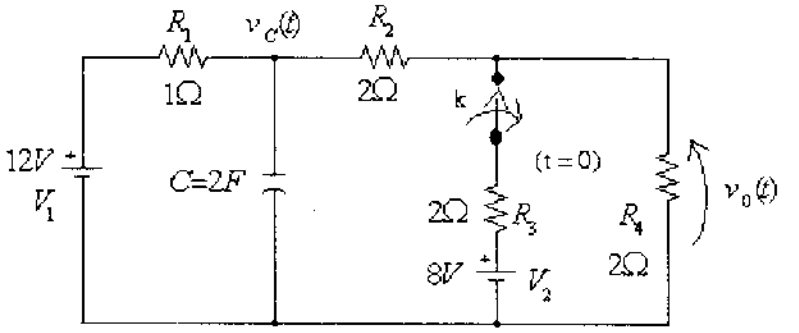
+Ứng dụng Matlab :

Tại t = 0 đóng khóa k, áp dụng KCL tại nút $v_C(t)$, ta có :

$$Dv_C(t) + \frac{1}{0.15}v_C(t) - 180 = 0$$, với điều kiện đầu $v_C(0-) = v_C(0+) = 32V$

```
%Tập tin H6_10.m
function H6_10
%Khai báo biến
C=100e-6; R1=2e3; R2=6e3; R3=4e3; Rth = (R1*R2)/(R1+R2);
Tc = C*Rth ; Vs1 = 36; Vs2 = 12;
%Giải phương trình vi phân
Vt = dsolve('DVt+(1/0.15)*Vt-180=0','Vt(0)=32');
%Tính dòng điện
It = (Vt)/(R2);
%Vẽ hình
t = linspace(0,10*Tc); It = eval(It);
plot(t,It),  hold on
plot([-0.2 0],[2e-3  2e-3])
plot([0 0],[2e-3  5.4e-3],'b'),  hold off
axis([-0.3 1.5  1.5e-3  5.4e-3]), grid on
title('Đáp ứng ép','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

Bài tập :

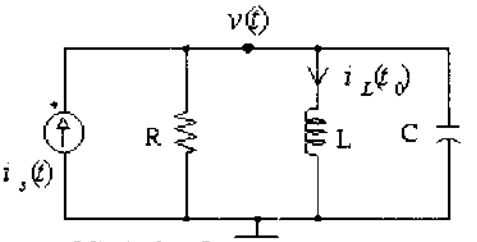


Hình 6-11

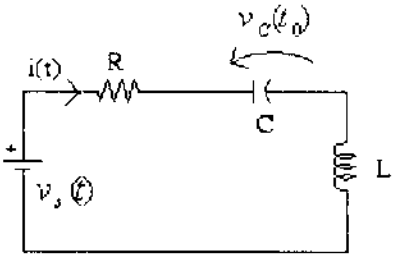
Tại t = 0 mở khóa k. Tìm $v_0(t)$ tại t > 0.

6-4-<u>Mạch RLC</u> :

6-4-1-<u>Mạch RLC cơ bản</u> :



Hình 6_12



Hình 6_13

-Hình 6_12 : Mạch RLC song song với $i_L(t_0)$ là dòng điện ban đầu của L.

-Hình 6_13 : Mạch RLC nối tiếp với $v_C(t_0)$ là điện thế ban đầu của C.

-Áp dụng KCL cho mạch song song :

$$\frac{v(t)}{R} + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} v(x)\,dx + i_L(t_0) + C\frac{d}{dt}v(t) = i_s(t)$$

-Áp dụng KVL cho mạch nối tiếp :

$$R\,i(t) + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} i(x)\,dx + v_C(t_0) + L\frac{d}{dt}i(t) = v_s(t)$$

-Ta nhận thấy phương trình nút cho mạch song song có dạng giống như phương trình màng cho mạch nối tiếp. Vi phân hai vế cho cả hai phương trình trên, ta có phương trình vi phân bậc hai sau :

$$C\frac{d^2}{dt^2}v(t) + \frac{1}{R}\frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{L}v(t) = \frac{d}{dt}i_s(t)$$

$$L\frac{d^2}{dt^2}i(t) + R\frac{d}{dt}i(t) + \frac{1}{C}v(t) = \frac{d}{dt}v_s(t)$$

6-4-2-Cách giải phương trình vi phân bậc hai :

Xét phương trình vi phân bậc hai sau :

$$\frac{d^2}{dt^2}x(t) + a_1\frac{d}{dt}x(t) + a_2x(t) = f(t) \qquad (1)$$

Nếu gọi $x(t) + x_c(t)$ là nghiệm của phương trình thuần nhất có vế phải bằng không :

$$\frac{d^2}{dt^2}x(t) + a_1\frac{d}{dt}x(t) + a_2x(t) = 0$$

Thì nghiệm tổng quát có dạng : $x(t) = x_p(t) + x_c(t)$

Nếu f(t) = A là hằng số thì nghiệm của phương trình (1) có dạng :

$$x(t) = \frac{A}{a_2} + x_c(t) \quad (2)$$

Đặt $a_1 = 2\alpha$ và $a_2 = W_0^2$ thì phương trình thuần nhất được viết lại :

$$\frac{d^2}{dt^2}x(t) + 2\alpha\frac{d}{dt}x(t) + W_0^2x(t) = 0 \quad (3)$$

Thay nghiệm $x(t) = Ke^{st}$ vào phương trình (3)

$$Ks^2e^{st} + 2\alpha sKe^{st} + W_0^2Ke^{st} = 0$$

$$s^2 + 2\alpha s + W_0^2 = 0 \qquad (4)$$

Phương trình đặc tính (4) có nghiệm :

$$s = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - W_0^2} \qquad (5)$$

$$\Rightarrow \quad s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - W_0^2}$$

$$s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - W_0^2} \quad (6)$$

Vậy phương trình (3) có hai nghiệm :

$$x_1(t) = K_1e^{s_1t}$$

$$x_2(t) = K_2e^{s_2t}$$

$$\Rightarrow \frac{d^2}{dt^2}(K_1e^{s_1t}) + 2\alpha\frac{d}{dt}(K_1e^{s_1t}) + W_0^2(K_1e^{s_1t}) = 0$$

$$\frac{d^2}{dt^2}(K_2e^{s_2t}) + 2\alpha\frac{d}{dt}(K_2e^{s_2t}) + W_0^2(K_2e^{s_2t}) = 0$$

Cộng hai phương trình trên lại ta được phương trình duy nhất :

$$\frac{d^2}{dt^2}(K_1e^{s_1t} + K_2e^{s_2t}) + 2\alpha\frac{d}{dt}(K_1e^{s_1t} + K_2e^{s_2t}) + W_0^2(K_1e^{s_1t} + K_2e^{s_2t}) = 0$$

Do tổng của hai nghiệm cũng là nghiệm nên nghiệm của phương trình thuần nhất :

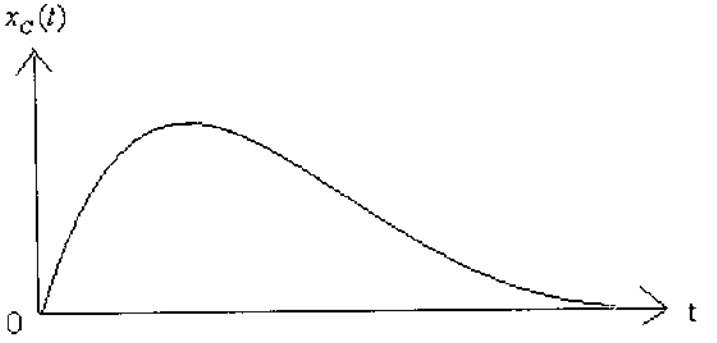
$$x_C(t) = K_1 e^{s_1 t} + K_2 e^{s_2 t} \qquad (7)$$

Với K_1 và K_2 là hằng số được tìm từ điều kiện đầu của mạch.

Nghiệm của phương trình thuần nhất và đặc tính phụ thuộc vào α và W_0

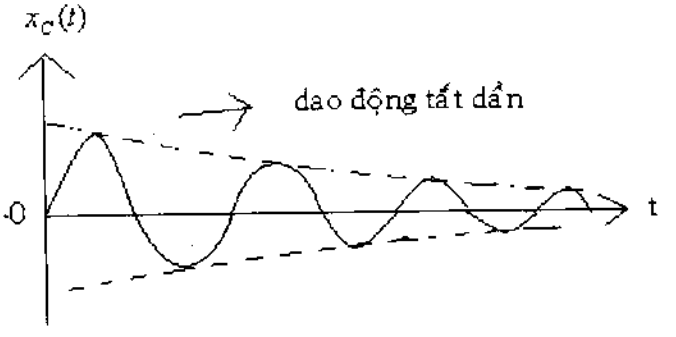
+Nếu $\alpha > W_0$: Phương trình đặc tính (4) có hai nghiệm phân biệt âm

$$x_C(t) = K_1 e^{(-\alpha - \sqrt{\alpha^2 - W_0^2})t} + K_2 e^{(-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - W_0^2})t}$$



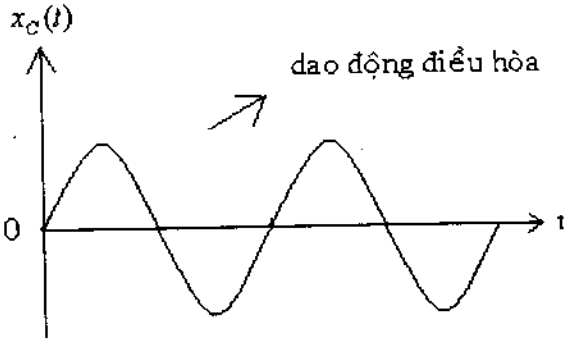
+Nếu $\alpha < W_0$: Phương trình đặc tính có một đôi nghiệm liên hợp phức và có phần thực âm.

$$x_C(t) = e^{-\alpha t}(A_1 \cos W_n t + A_2 \sin W_n t) \quad \text{với} \quad \begin{aligned} A_1 &= K_1 + K_2 \\ A_2 &= jK_1 - jK_2 \\ W_n &= \sqrt{W_0^2 - \alpha^2} \end{aligned}$$

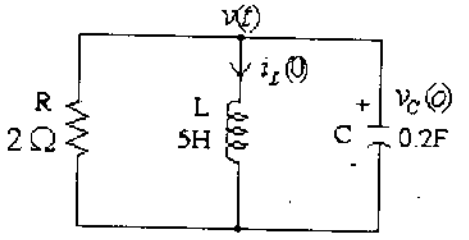


+Nếu $\alpha = 0$ và $W_0 \neq 0$: Phương trình đặc tính có nghiệm là một dao động điều hòa

$$x_C(t) = (A_1 \cos W_n t + A_2 \sin W_n t)$$



6-4-3-Đáp ứng của mạch RLC :



Hình 6-14

Biết điều kiện ban đầu

$i_L(0) = -1A$

$v_C(0) = 4V$

Tìm điện thế v(t)

+Giải :

-Áp dụng KCL cho nút duy nhất :

$$\frac{1}{R}v(t) + \frac{1}{L}\int v(t)dt + i_L(0) + C\frac{d}{dt}v(t) = 0$$

-Đạo hàm hai vế :

$$\frac{1}{R}\frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{L}v(t) + C\frac{d^2}{dt^2}v(t) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d^2}{dt^2}v(t) + \frac{1}{RC}\frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{LC}v(t) = 0$$

$$\Rightarrow D2v(t) + 2.5Dv(t) + v(t) = 0$$

Với $D = \frac{d}{dt}$ và $D2 = \frac{d^2}{dt^2}$

+Tìm điều kiện đầu :

. $v_C(0-) = v_C(0+) = 4V$

. Áp dụng KCL cho nút duy nhất, ta có :

$$\frac{1}{R}v(t) + i_L(0) + C\frac{d}{dt}v(t) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}v(0) = -5$$

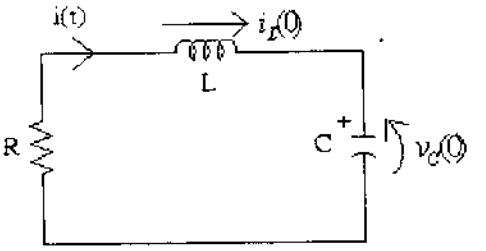
```
%Tập tin H6_14.m
function H6_14
Vt = dsolve('D2Vt + 2.5*DVt + Vt = 0', 'DVt(0) = -5', 'Vt(0) = 4');
pretty(Vt)
fplot(strvcat(Vt),[0,10]), grid on
title('Điện thế v(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

Bài tập :

1-Cho mạch RLC nối tiếp như hình 6-15, biết

$R = 6\Omega,\ L = 1H,\ i_L(0) = 4A,\ v_C(0) = -4V,\ C = 0.04F$

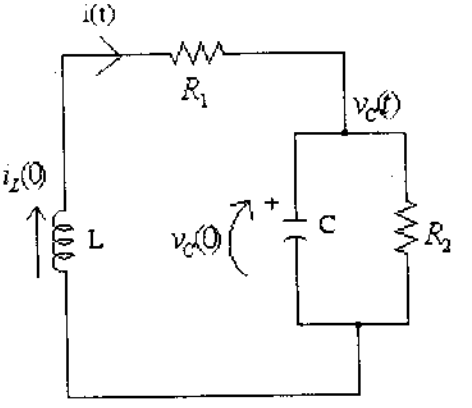
Tìm dòng điện i(t) và điện thế ngang hai đầu tụ C



Hình 6-15

2-Cho mạch điện hình 6-16, biết

$R_1 = 10\Omega,\ R_2 = 8\Omega,\ L = 2H,\ C = \frac{1}{8}F,\ i_L(0) = \frac{1}{2}A,\ v_C(0) = 1V$. Tìm i(t) và v(t).



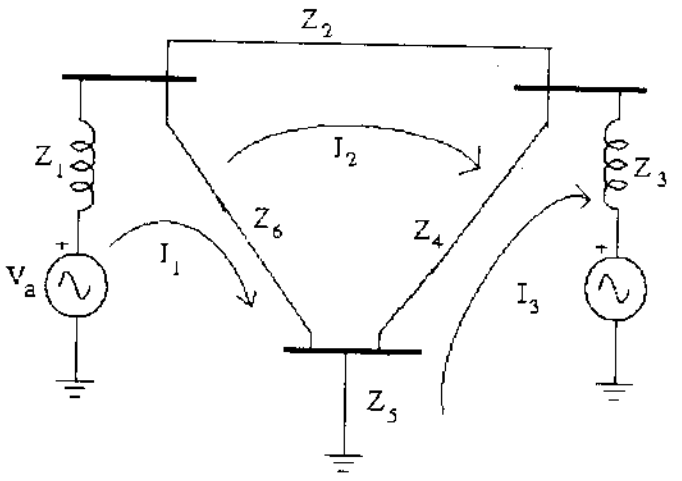
Hình 6-16

Chương 7

Ảnh hưởng của phương trình căn bản vào sự phân bố trên lưới điện

7_1-<u>Sự phân bố điện áp</u> :

+Xét mạch điện hình 7_1



Cho :

$V_a = V_b = 1.3600 + 0.6900*j$

$Z_1 = 0.5*j$, $Z_2 = 0.02 + 0.04*j$

$Z_3 = 1.0*j$, $Z_4 = 0.0125 + 0.025*j$

$Z_5 = 0.4 + 0.2*j$, $Z_6 = 0.01 + 0.03*j$

Hình 7_1

-Trong mạch điện hình 7_1 ngoài các dòng điện được xác định bằng phương pháp trực tiếp, ta còn có thể tìm được sự phân bố điện áp trên các nhánh bởi thêm vào các phương trình căn bản tương ứng.

-Dùng phương pháp trực tiếp ở chương hai, ta được :

$$A = \begin{pmatrix} Z_1 + Z_5 + Z_6 & -Z_6 & -Z_5 \\ -Z_6 & Z_2 + Z_4 + Z_6 & -Z_4 \\ -Z_5 & -Z_4 & Z_3 + Z_4 + Z_5 \end{pmatrix}$$

-Bây giờ nếu muốn tìm điện áp phân bố trên nhánh Z_6 ta thêm vào phương trình căn bản sau :

$$V_{Z6} = Z_6(I_1 - I_2) \Rightarrow (I_1 - I_2) - \frac{V_{Z6}}{Z_6} = 0$$

=> Vậy tổng quát ta có phương trình phân bố điện áp như sau :

$$\boxed{(I_j - I_{jp}) - \frac{V_X}{Z_X} = 0}$$ Với j và jp là chỉ số màng

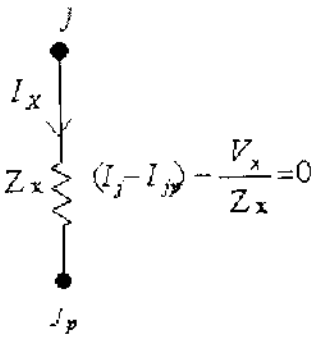
-Trong phương trình căn bản phân bố điện thế, ta có biến cần tìm là điện áp trên nhánh đó. Như vậy ma trận A được viết lại :

Ma trận A chuẩn

$$\begin{pmatrix} Z_1+Z_5+Z_6 & -Z_6 & -Z_5 & 0 \\ -Z_6 & Z_2+Z_4+Z_6 & -Z_4 & 0 \\ -Z_5 & -Z_4 & Z_3+Z_4+Z_5 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & \frac{-1}{Z_6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ V_{Z6} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Va \\ 0 \\ -Vb \\ 0 \end{pmatrix}$$

Phương trình phân bố điện áp

+Như vậy ta có ảnh hưởng của phương trình phân bố điện áp vào ma trận A như sau :



	Chỉ số màng		Biến thêm vào
	j	j_p	V_X
j j_p			
Phương trình phân bố	1	-1	$-\frac{1}{Z_X}$

Bảng 1

+Để tạo ma trận A lần lượt qua hai bước :

*-Tạo ma trận A chuẩn bởi hàm **A = A_array (i,j,val,Ao)***

*-Phương trình phân bố điện áp nhánh **A = A_Phanbo (m,j,jp,val,Ao)**, trong đó :*

.Chỉ số m là số hàng kế tiếp cần thêm vào ma trận A.

.Chỉ số j và jp là hai màng có dòng điện I_X theo

.Biến val là giá trị tải mà dòng I_X rơi trên nó .

+Tóm lại :

Để tìm sự phân bố điện áp trên 1 nhánh, ta cần một phương trình căn bản. Như vậy số điện áp phân bố trên mạng điện sẽ bằng với số nhánh có trong mạng.

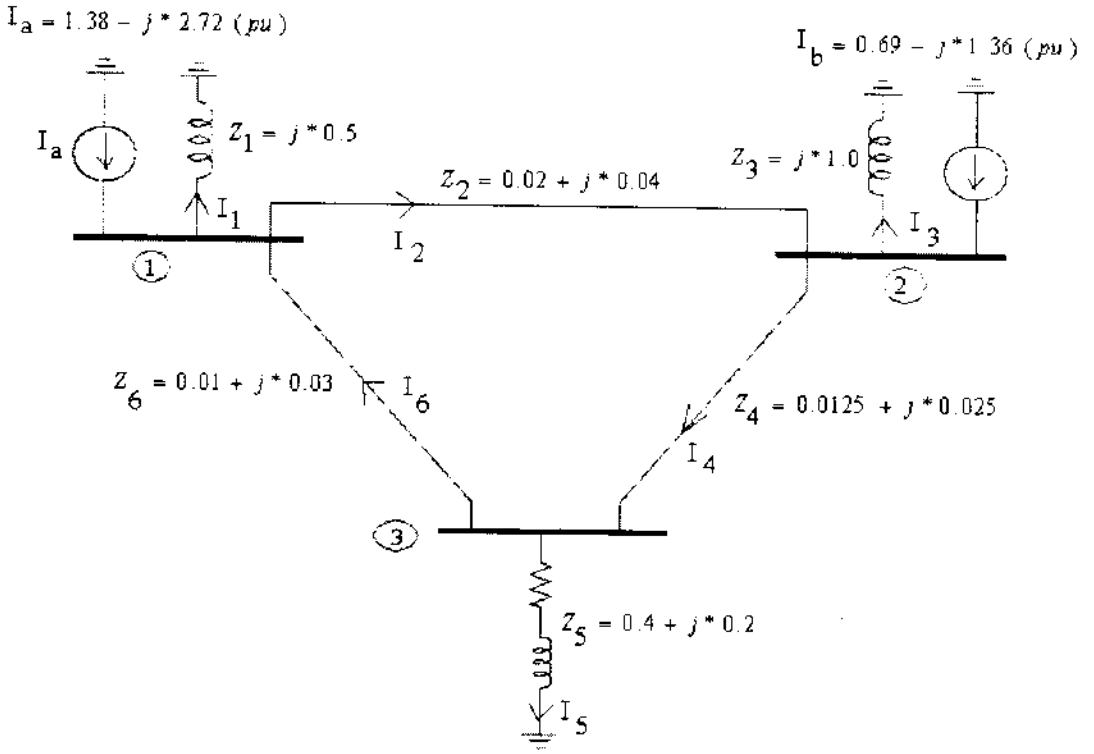
```
function H7_1 %Tập tin H7_1.m
clc
syms Z1 Z2 Z3 Z4 Z5  Z6  Va Vb
A = sym(zeros(3)); A = A_array(1,0,Z1,A); A = A_array(1,2,Z6,A); A = A_array(1,3,Z5,A);
A = A_array(2,0,Z2,A); A = A_array(2,3,Z4,A); A = A_array(3,0,Z3,A); %Ma trận A
%Phân bố điện thế
```

```
A = A_Phanbo (4,1,0,1/Z1,A);  % VZ1
A = A_Phanbo (5,1,2,1/Z6,A) ; % VZ6
A = A_Phanbo (6,1,3,1/Z5,A) ; % VZ5
A = A_Phanbo (7,2,0,1/Z2,A) ; % VZ2
A = A_Phanbo (8,2,3,1/Z4,A) ; % VZ4
A = A_Phanbo (9,3,0,1/Z3,A)  % VZ3
b = sym(zeros(9,1)); b = b_array(1,0,-Va,b); b = b_array(3,0,Vb,b) %Ma trận b
Y =  A\b; %Ma trận nghiệm
%Thay giá trị vào
Z1 = 0.5*j; Z2 = 0.02+0.04*j;Z3 = 1*j; Z4 = 0.0125+0.025*j; Z5 =0.04+ 0.2*j ;
Z6 = 0.01+ 0.03*j ;  Va  = 1.3600 + 0.6900*j ;Vb  = 1.3600 + 0.6900*j ;
Y = eval(Y);
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
      disp(['Dòng điện I' ,num2str(i), ' = ', blanks(1) ,  num2str(Y(i)) , 'A']). disp(' ')
   else
     disp(['Điện thế VZ' ,num2str((i-3)), ' = ', blanks(1) ,  num2str(Y(i)) , 'V']). disp(' ')
   end
end
```

7_2-<u>Sự phân bố dòng điện</u> :

+Xét mạch điện hình 7_2 :

-Trong mạch điện hình 7_2 ngoài các điện thế nút được xác định bằng cách áp dụng phương pháp phân rã nút, ta còn có thể tìm được sự phân bố dòng điện trên các nhánh bởi thêm vào các phương trình căn bản tương ứng.



Hình 7_2

-Dùng phương pháp trực tiếp, ta được :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_6} & -\frac{1}{Z_2} & -\frac{1}{Z_6} \\ -\frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_4} & -\frac{1}{Z_4} \\ -\frac{1}{Z_6} & -\frac{1}{Z_4} & \frac{1}{Z_4}+\frac{1}{Z_5}+\frac{1}{Z_6} \end{pmatrix}$$

-Bây giờ nếu muốn tìm dòng điện phân bố trên nhánh có Z_2 ta thêm vào phương trình căn bản sau :

$$(V_1 - V_2) = Z_2 I_2$$

=> Vậy tổng quát ta có phương trình phân bố dòng điện :

$$\boxed{(V_j - V_{jp}) - Z_x I_x = 0}$$ Với J và Jp là chỉ số nút

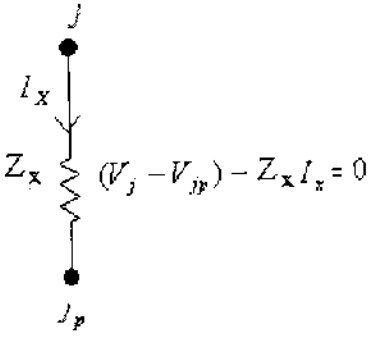
-Trong phương trình căn bản phân bố dòng điện, ta có biến cần tìm là dòng điện trên nhánh đó. Như vậy ma trận A được viết lại :

Ma trận A chuẩn

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_6} & -\frac{1}{Z_2} & -\frac{1}{Z_6} & 0 \\ -\frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_4} & -\frac{1}{Z_4} & 0 \\ -\frac{1}{Z_6} & -\frac{1}{Z_4} & \frac{1}{Z_4}+\frac{1}{Z_5}+\frac{1}{Z_6} & 0 \\ 1 & -1 & 0 & -Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Ia \\ Ib \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Phương trình phân bố dòng điện

+Như vậy ta có ảnh hưởng của phương trình phân bố dòng điện vào ma trận A như sau :



	Chỉ số nút		Biến thêm vào
	j	j_p	I_x
j j_p			
Phương trình phân bố	1	-1	$-Z_X$

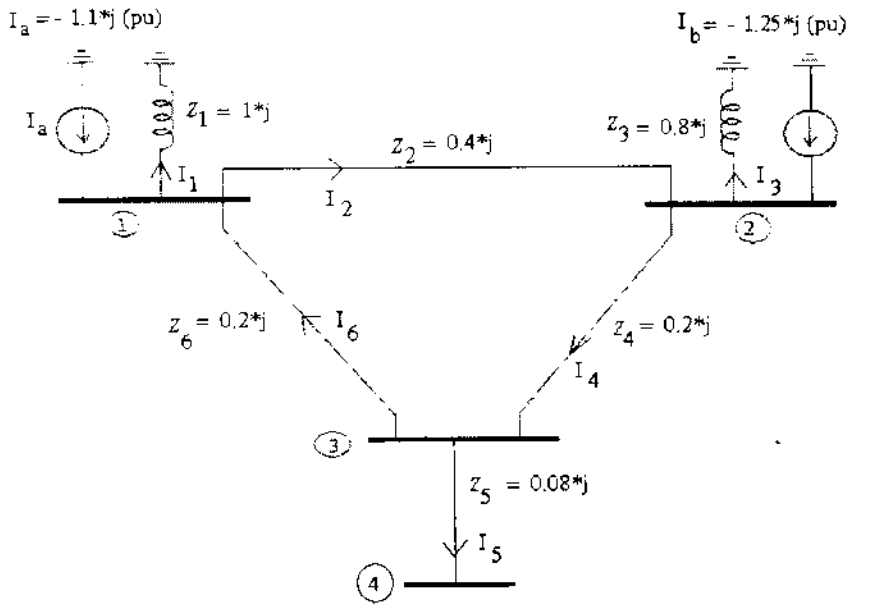
Bảng 2

+Tóm lại :

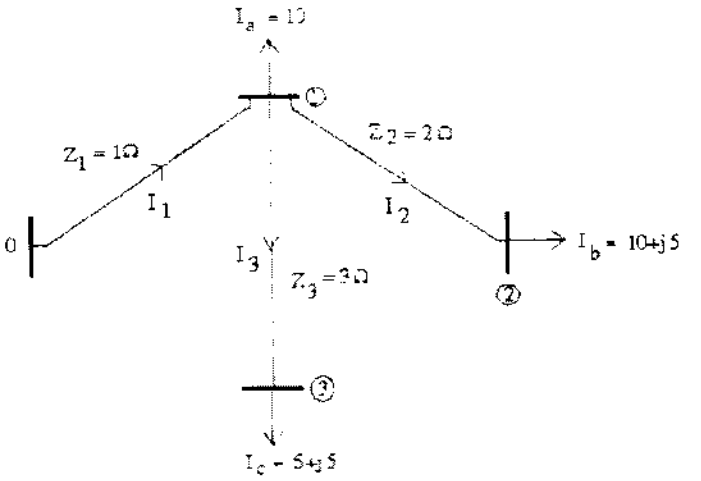
Để tìm sự phân bố dòng điện trên 1 nhánh, ta cần một phương trình căn bản. Như vậy số dòng điện phân bố trên mạng điện sẽ bằng với số nhánh có trong mạng.

```
%Tập tin function H7_2.m
function H7_2
clc
syms Z1 Z2 Z3 Z4 Z5  Z6  Ia Ib
A = sym(zeros(3)); %Ma trận A
A = A_array(1,0,1/Z1,A); A = A_array(1,2,1/Z2,A);
A = A_array(2,0,1/Z3,A); A = A_array(2,3,1/Z4,A);
A = A_array(3,0,1/Z5,A); A = A_array(3,1,1/Z6,A)
%Phương trình phân bố dòng
A = A_Phanbo (4,1,0,Z1,A);%Dòng điện  I1
A = A_Phanbo (5,1,2,Z2,A)  %Dòng điện  I2
A = A_Phanbo (6,2,0,Z3,A);  %Dòng điện  I3
A = A_Phanbo (7,2,3,Z4,A) ; %Dòng điện  I4
A = A_Phanbo (8,3,0,Z5,A) ; %Dòng điện  I5
A = A_Phanbo (9,3,1,Z6,A) ;  %Dòng điện  I6
%Ma trận b
b = sym(zeros(9,1));
b = b_array(0,1,Ia,b);
b = b_array(0,2,Ib,b)
Y =  A\b; %Ma trận nghiệm
%Thay giá trị vào
Z1 = 0.5*j; Z2 = 0.02+0.04*j;Z3 = 1*j; Z4 = 0.0125+0.025*j;
Z5 =0.04+ 0.2*j ;  Z6 =0.01+ 0.03*j ; Ia = 1.38 - 2.72*j ;  Ib = 0.69 - 1.36*j;
Y = eval(Y);
for n = 1 : length(Y)
  if(n<=3)
     V(n) = Y(n);
     disp(['Điện thế V' ,num2str((n)),' = ' , blanks(1) , num2str(V(n)) ,' (pu)']), disp(' ')
     bd(n) =  abs(V(n) );
     pha(n) = angle(V(n))*180/pi ;
     disp(['Biểu diễn trong miền tần số  V ' ,num2str((n))
            , ' = ' , num2str(bd(n)), ' (pu)' , ' -> ',num2str(pha(n)), ' (Độ)']), disp(' ')
   else
      I(n-3) = Y(n);
      disp(['Dòng điện I' ,num2str((n-3)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(I(n-3)) , ' (pu)']), disp(' ')
     bd(n-3) =  abs(I(n-3));
      pha(n-3) = angle(I(n-3))*180/pi ;
     disp(['Biểu diễn trong miền tần số  I ' ,num2str((n-3)) , ' = ' , num2str(bd(n-3))
            , ' (pu)' , ' -> ',num2str(pha(n-3)), ' (Độ)']), disp(' ')
   end
end
```

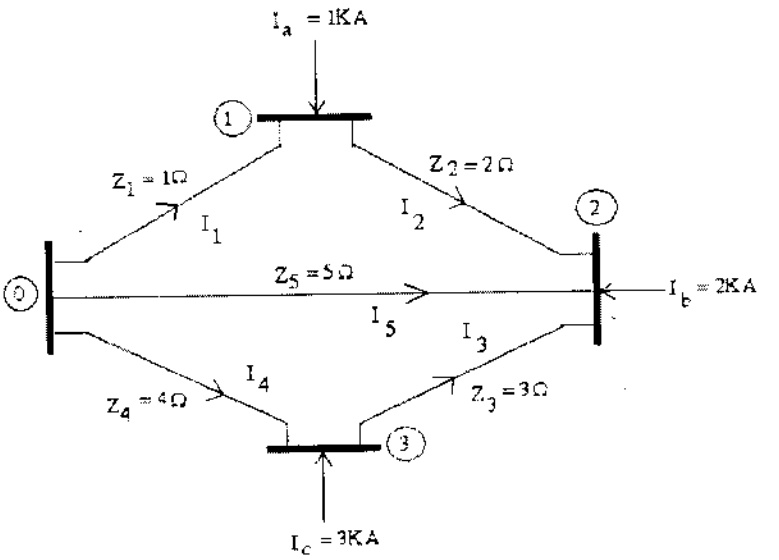
Bài tập : Tìm phân bố dòng điện trong các mạch sau :



Hình 7_3



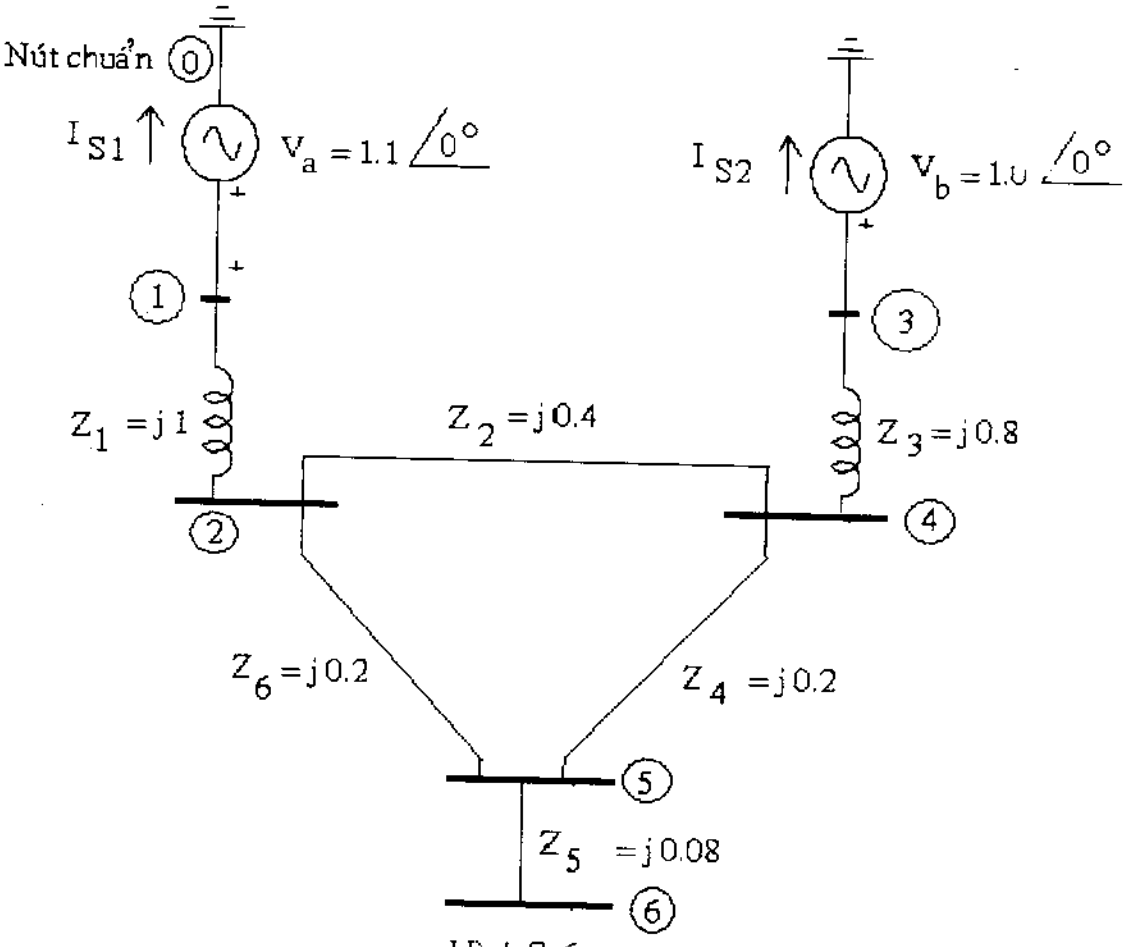
Hình 7_4



Hình 7_5

7-3- Lưới có chứa nguồn điện thế độc lập :

+Xét mạch điện Hình 7_6

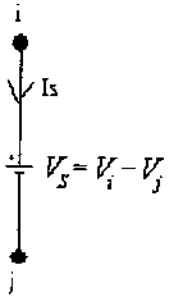


Hình 7_6

Phương trình căn bản cho nguồn điện thế độc lập có dạng như sau :

$$V_i - V_j = V_s \qquad (*)$$

Ảnh hưởng của phương trình căn bản vào ma trận A như sau :



	Chỉ số nút		Biến phát sinh
	i	j	Is
i			1
j			-1
Phương trình căn bản	1	-1	

Bảng 1

Biến phát sinh là dòng điện I_s chạy qua nguồn điện thế độc lập đó. Vậy ma trận A và b được cho như sau :

Ma trận A chuẩn

$$
\begin{bmatrix}
\frac{1}{Z_1} & \frac{1}{Z_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
-\frac{1}{Z_1} & \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_6} & 0 & -\frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_6} & 0 & 0 & 1 \\
0 & 0 & \frac{1}{Z_3} & \frac{1}{Z_3} & 0 & 0 & 0 & 1 \\
0 & \frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_3} & \frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_4} & \frac{1}{Z_4} & 0 & 0 & 0 \\
0 & \frac{1}{Z_6} & 0 & -\frac{1}{Z_4} & \frac{1}{Z_4}+\frac{1}{Z_5}+\frac{1}{Z_6} & -\frac{1}{Z_5} & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{Z_5} & \frac{1}{Z_5} & 0 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ I_{s1} \\ I_{s2} \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_a \\ V_b \end{bmatrix}
$$

Phương trình căn bản cho nguồn điện thế độc lập

```
function H7_6 %Tập tin H7_6.m
clc
syms Z1 Z2 Z3 Z4 Z5  Z6  Va Vb
%Ma trận A
A = sym(zeros(6)); A = A_array(1,2,1/Z1,A); A = A_array(2,4,1/Z2,A);
A = A_array(4,3,1/Z3,A);  A = A_array(4,5,1/Z4,A);
A = A_array(5,6,1/Z5,A); A = A_array(5,2,1/Z6,A);
%Thêm hai phương trình căn bản cho Va va Vb
A = A_Vsrc (7,1,0,A);% Cho Va
A = A_Vsrc (8,3,0,A)  % Cho Vb
%Ma trận b
b = sym(zeros(8,1));
b(7,1) = Va;
b(8,1) = Vb
Y =  A\b; %Tìm  nghiệm
%Thay giá trị vào
Z1 = 1*j; Z2 = 0.4*j;Z3 = 0.8*j; Z4 = 0.2*j;Z5 = 0.08*j ; Z6 = 0.2*j ;
Va = 1.1 +j*0 ; Vb = 1.0 +j*0 ;
Y = eval(Y);
 for n = 1 : length(Y)
    if(n<=6)
        disp(['Điện thế V' ,num2str((n)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(n)) , ' V']), disp(' ')
    else
        disp(['Dòng điện Is' ,num2str((n-6)), ' =', blanks(1) , num2str(Y(n)) , ' A']), disp(' ')
    end
 end
```

7_4-Sự phân bố công suất :

Trong phần này cơ sở lý thuyết của bài toán phân bố công suất dựa trên phương pháp phân rã mạng điện theo nút và dòng.

Khảo sát phân bố công suất thường áp dụng cho hệ thống ba pha cân bằng, dựa trên sơ đồ tương đương một pha của hệ thống điện và tính toán trên đơn vị có tên hay đơn vị tương đối. Trước đây việc phân bố công suất được khảo sát bằng mô hình hoá hệ thống điện. Ngày nay nhờ vào máy tính điện tử nên vấn đề phân bố công suất được thực hiện nhanh chóng và chính xác.

Khảo sát phân bố công suất đòi hỏi các dữ kiện thông tin chi tiết hơn việc khảo sát ngắn mạch chẳng hạn như tổng trở đường dây và máy biến áp, đầu phân áp của máy biến áp, điện dung đường dây, số liệu công suất nguồn và phụ tải.

Tuy nhiên phân rã mạng điện không còn tuyến tính như trong giải tích mạch thông thường nữa mà là hệ phương trình phi tuyến và số liệu ban đầu cho trước đối với hệ thống cũng khác đi so với giải tích mạch thông thường, do đó cần phải kết hợp với việc thành lập phương trình căn bản.

Đối tượng của khảo sát phân bố công suất là xác định giá trị biên độ, góc pha của điện áp tại mỗi nút, giá trị dòng điện, công suất tác dụng, phản kháng và tổn thất trên mỗi đường dây.

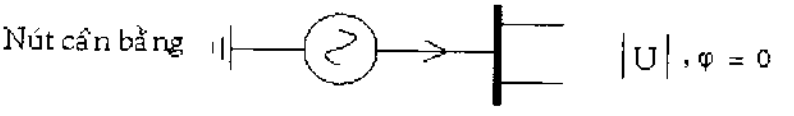
Mục đích của phân bố công suất thay đổi trong phạm vi rộng trong đó nhằm phục vụ cho thiết kế và vận hành hệ thống điện, khảo sát hệ thống ở chế độ trước và sau sự cố, điều chỉnh điện áp và công suất, vận hành kinh tế hệ thống điện, . . .

7_4-1-Phân biệt các loại điểm nút trong hệ thống điện :

a-Thanh cái cân bằng : (Nút cân bằng)

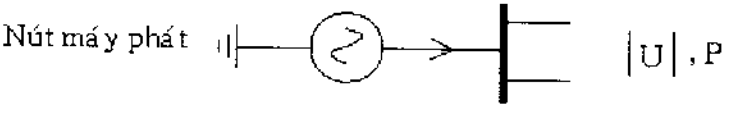
Là thanh cái máy phát điện có đáp ứng nhanh chóng với sự thay đổi của phụ tải. Nhờ vào bộ điều tốc nhạy cảm, máy phát điện cân bằng có khả năng tăng hay giảm tải kịp thời theo yêu cầu của toàn hệ thống.

Đối với thanh cái cân bằng sẽ cho trước giá trị điện áp U và góc pha $\varphi = 0$, thường được chọn làm nút chuẩn.



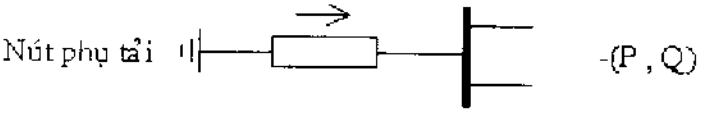
b-Thanh cái máy phát : (Nút máy phát)

Đối với các máy phát điện khác ngoài máy phát cân bằng, cho biết trước công suất thực P mà máy phát ra (định trước vì lý do năng suất của nhà máy) và điện áp U ở thanh cái đó. Thanh cái máy phát còn được gọi là thanh cái P,U.



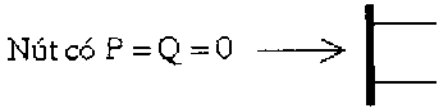
c-Thanh cái phụ tải : (Nút phụ tải)

Cho biết trước công suất P và Q của phụ tải yêu cầu. Thanh cái phụ tải còn được gọi là thanh cái P,Q.



d-<u>Nút phụ tải có P = Q = 0</u> :

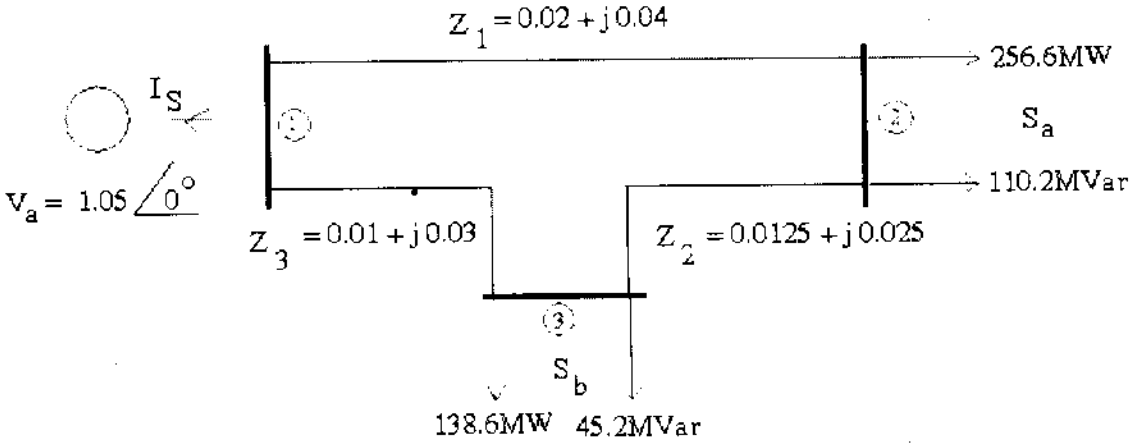
Nếu không có máy phát hay phụ tải ở một nút nào đó thì coi nút đó như nút phụ tải với P = Q = 0.



<u>7-4-2-Nguồn dòng điện phụ thuộc công suất</u> :

<u>a-Nút tải</u> : Nút P, Q

+Xét mạch điện hình 7_7



Hình 7_7

Nút 1 là nút máy phát cân bằng hay còn gọi là nút cân bằng.

Nút 2 và 3 là nút P, Q hay còn gọi là nút phụ tải.

Loại nút này có nguồn dòng tại nút là phụ thuộc vào điện thế tại nút đó, như hình 7_7 có dòng điện tại nút 2 và 3 là :

Dòng điện tại nút 2 :

$$S_a = V_2\, conj(I_2)$$

$$\Rightarrow I_2 = conj\left(\frac{S_a}{V_2}\right)$$

Dòng điện tại nút 3 :

$$S_b = V_3\, conj(I_3)$$

$$\Rightarrow I_3 = conj\left(\frac{S_b}{V_3}\right)$$

Do phương trình nguồn dòng điện phụ thuộc công suất là phi tuyến, vì vậy để chuyển sang phương trình tuyến tính cần phải biết trước giá trị của V_2 và V_3.

Nếu đoán trước giá trị của $V_2 = 1.0 + j*0$ và $V_3 = 1.0 + j*0$ (có thể đoán với giá trị bất kỳ) thì I_2 và I_3 sẽ trở thành hai nguồn dòng độc lập.

Ta nhận thấy dòng điện I_2 và I_3 phụ thuộc vào điện thế V_2 và V_3, do V_2 và V_3 là hai biến cần tìm vì vậy nếu kết quả cho V_2 và V_3 không đúng với giá trị đoán trước thì phải thực hiện hiệu chỉnh.

+Tổng quát :

Phương trình căn bản cho nguồn dòng điện phụ thuộc công suất là :

$$I_x = conj\left(\frac{S_x}{V_x}\right)$$

Với S_x và V_x lần lượt là công suất và điện thế tại nút.

Và $S_x = P_x + jQ_x$ được biết trước.

+Phương pháp hiệu chỉnh giá trị đoán :

Nếu gọi :

$V_{x\_đoán}$ là điện thế tại nút x sau khi đoán

$V_{x\_tính}$ là điện thế tại nút x sau khi tính được

-Bước 1 : Đoán trước giá trị bằng cách cho

$V_{x\_đoán} = 1$ (hay giá trị bất kỳ nào khác)

-Bước 2 : Vì đã cho trước giá trị phụ thuộc nên nguồn dòng điện phụ thuộc lúc này trở thành nguồn dòng điện độc lập.

-Bước 3 : Bắt đầu thực hiện quá trình hiệu chỉnh

+Lần 1 :

Giải nghiệm Y = A/b , với $V_{x\_đoán} = 1$

Nếu $V_{x\_tính} \neq V_{x\_đoán}$ thì hiệu chỉnh bằng cách cho $V_{x\_đoán} = V_{x\_tính}$

+Lần 2 :

Tiếp tục giải nghiệm Y = A/b, với $V_{x\_đoán}$ đã được hiệu chỉnh ở lần 1

Nếu $V_{x\_tính} \neq V_{x\_đoán}$ thì hiệu chỉnh bằng cách cho $V_{x\_đoán} = V_{x\_tính}$

+Lần 3 :

Tiếp tục giải nghiệm Y = A/b, với $V_{x\_đoán}$ đã được hiệu chỉnh ở lần 2

Nếu $V_{x\_tính} \neq V_{x\_đoán}$ thì hiệu chỉnh bằng cách cho $V_{x\_đoán} = V_{x\_tính}$

=> Quá trình tiếp tục cho đến khi kết quả của hai lần liên tiếp bằng nhau thì dừng :

$$\boxed{V_{x\_tính} \text{ lần thứ } n = V_{x\_đoán} \text{ lần thứ } (n-1)}$$

Lưu ý :
+Phương pháp hiệu chỉnh chỉ thực hiện được khi bài toán hội tụ
+Phương pháp này chọn nút 0 là nút chuẩn chứ không phải nút cân bằng 1.

+ Dùng phương pháp trực tiếp, ta có ma trận A và b được thành lập dưới dạng sau :

Thành phần chuẩn

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_1} & -\frac{1}{Z_3} & 1 \\ -\frac{1}{Z_1} & \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2} & -\frac{1}{Z_2} & 0 \\ -\frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ I_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -\mathrm{conj}(S_a/V_2) \\ -\mathrm{conj}(S_b/V_3) \\ V_a \end{pmatrix}$$

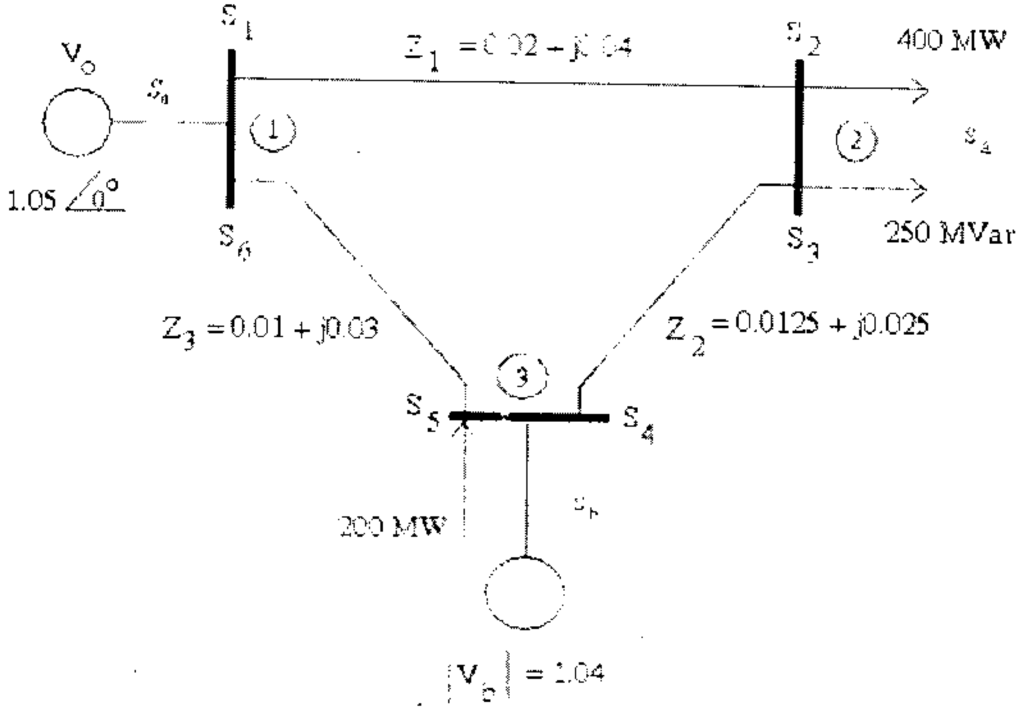
Phương trình căn bản cho nguồn điện thế độc lập

```
%Tập tin H7_7.m
function H7_7
clc
format long
syms Z1 Z2 Z3  Sa  Sb  Va  V2  V3
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/Z1,A);
A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A)  %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Ma trận b
b = sym(zeros(4 ,1));
b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b); %Nguồn dòng điện độc lập
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Va %Nguồn điện thế độc lập
Y =  A\b; % nghiệm
%Thay giá trị vào
Z1 = 0.02+j*0.04 ;  Z2 = 0.0125+j*0.025 ; Z3  = 0.01+j*0.03 ;  Va  = 1.05 + j*0 ;
Sa =  (256.6  +  j*110.2 )/100;  Sb = ( 138.6  +  j*45.2 )/100;
V2  = 1+ j*0 ; V3= 1+ j*0; n = 0;  %Chọn điện áp để lặp
for n = 1:14 %Lặp đến 15 số lẻ
   V2 = eval(Y(2)); %Biểu thức V2
   V3 = eval(Y(3)); %Biểu thức V3
end
Y =  eval(Y)
%In nghiệm
```

```
disp('%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số hiệu chỉnh là  ', num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ', num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ', num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
      V(i) = Y(i);
      disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', ' ', num2str(V(i)) ,' (pu)']), disp(' ')
   end
   if ( i > 3)
      I(i-3) = Y(i);
     disp(['Dòng điện I' ,num2str(i-4), ' = ', ' ', num2str(I(i-3)),' (pu)']), disp(' ')
   end
end
format short
```

b-Nút P, V : (Nút máy phát)

+Xét mạch điện hình 7_8 :



Hình 7_8

-Nút phụ tải 2 có $P_a = 400$MW , $Q_a = 250$MVar, là nút P, Q đã được trình bày phương pháp hiệu chỉnh trong mục trên.

-Nút máy phát 3 có $P_b = 200$MW và $|V_b| = 1.04$ là nút P, V

Nhiệm vụ bài toán là tìm điện thế V_2, Q_b và điện thế $V_3 = a + j*b$ sao cho

$$|V_3| = |V_b| = 1.04$$

+Cách hiệu chỉnh nút P, V :

Tương tự ta cũng có phương trình căn bản cho nguồn dòng điện phụ thuộc công suất là

$$I_x = conj\left(\frac{S_x}{V_x}\right)$$

Với $S_x = P_x + jQ_x$, trong đó Q_x chưa được biết . Như vậy đối với loại nút này cần phải hiệu chỉnh cả V_x *lẫn* Q_x theo các bước sau :

-Đầu tiên đoán giá trị V_x

-Tính giá trị của Q_x

- Tính giá trị của V_x mới

-Thực hiện hiệu chỉnh

+Tìm Q_x bởi phương trình sau :

Ta có : $S_x = (P_x + jQ_x) = V_x\, conj(I_x)$

Hay $conj(S_x) = (P_x - jQ_x) = conj(V_x)\, I_x$

+Áp dụng vào hình 7_8, ta được :

$$Q_4 = -imag\left(\left(\frac{V_3 - V_2}{Z_2}\right) conj(V_3)\right) = -imag\left((V_3 - V_2)\frac{conj(V_3)}{Z_2}\right)$$

$$Q_5 = -imag\left(\left(\frac{V_3 - V_1}{Z_3}\right) conj(V_3)\right) = -imag\left((V_3 - V_1)\frac{conj(V_3)}{Z_3}\right)$$

$$Q_b = (Q_4 + Q_5)$$

Thay vào S_b

$$S_b = P_b + j * Q_b$$

+Tìm V_3 bởi phương trình :

```
ImV3 =   imag(V3); % Lấy phần ảo
ReV3 =   sqrt(Vb^2 - ImV3^2);  % Lấy phần thực
V3 =     ReV3 + j*ImV3 ;
```

Vậy tổng quát ta có phương trình cho Q là : $\boxed{Q_x = -imag\left((V_i - V_j)\frac{conj(V_x)}{Z_x}\right)}$

-*Phương trình căn bản của Qb được tìm bởi hàm* ***Qb = Tinh_ Q (i , j , val1 , m , n , val2)***

.Chỉ số i và j là hai nút chứa tổng trở val1 giữa hai nhánh i và j.

.Chỉ số m và n là hai nút chứa tổng trở val2 giữa hai nhánh m và n.

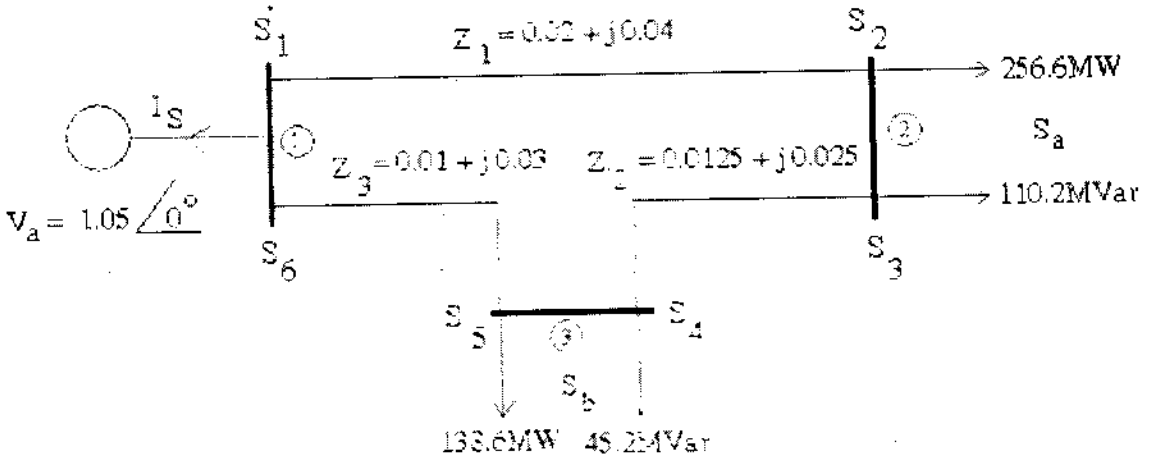
-*Phương trình căn bản của V_x được tìm bởi hàm* ***Pt_V = Tinh_ V (val1 , val2)***

.Chỉ số val1 và val2 là điện thế nút..

```
%Tập tin H7_8.m
function H7_8
clc
format long
syms Z1 Z2 Z3  Sa  Sb  Vo  V2  V3 Vb
%Ma trận A
A = sym(zeros(3)); A = A_array(1,2,1/Z1,A);
A = A_array(1,3,1/Z3,A); A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Ma trận b
b = sym(zeros(4 ,1));
b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b) ; %Nguồn dòng điện độc lập
b = b_array(0,3, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo; %Nguồn điện thế độc lập
Y =  A\b; % Tính nghiệm
% Biểu thức  Sb và V3
Qb = Tinh_Q(3,2,Z2,3,1,Z3) ;
Pt_Sb = real(Sb) + j*Qb;
Pt_V3 = Tinh_V(Y(3),Vb);
%Thay giá trị vào
Z1 = 0.02+j*0.04 ;  Z2 = 0.0125+j*0.025 ; Z3  = 0.01+j*0.03 ;  Vo  = 1.05 + j*0 ; Vb = 1.04;
Sa =  (400  +  j*250)/100 ;  Sb =  2 + j*0;
V2  = 1 + j*0 ; V3= 1.04+ j*0;  n = 0;  %Chọn điện áp để lặp
V1 = eval(Y(1));
for n = 1:30 %Lặp đến 15 số lẻ
   V2 = eval(Y(2)); %Tính V2
   Sb = eval(Pt_Sb) ;%Tính Qb
   V3 = eval(Pt_V3); %Tính V3
 end
%Tính kết qủa và in nghiệm
Qb = eval(Qb) % Xem Qb
Y =  eval(Y)
disp('%%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
       disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(i)) ,'   (pu)']), disp(' ')
   else
       So = 100*Vo*conj(-Y(i));
      disp(['Công suất So =   ',num2str(So),'   (MW)']), disp(' ')
   end
end
format short
```

7-4-3-Phương trình căn bản với phân bố công suất :

+Xét mạch điện hình 7-9



Hình 7_9

Ta có công suất tại nút V_x theo hướng có dòng I_x tương ứng là :

$$conj(I_x)\ V_x = S_x \Rightarrow conj\left(\frac{(V_j - V_{jp})}{Z_x}\right)V_x = S_x$$

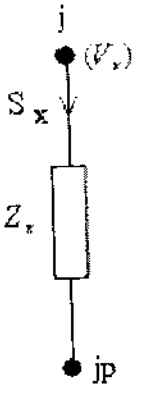
Chuyển vế, ta có :

$$conj\left(\frac{(V_j - V_{jp})}{Z_x}\right) = \frac{S_x}{V_x}$$

Lấy liên hiệp phức hai vế ta được phương trình căn bản cho công suất là :

$$\boxed{(V_j - V_{jp}) - \frac{Z_x}{conj(V_x)}conj(S_x) = 0} \quad \text{Với :} \quad S_x = P_x + Q_x$$

+Như vậy ta có ảnh hưởng của phương trình phân bố công suất vào ma trận A như sau



	Chỉ số nút		Biến thêm vào
	j	j	conj (S_x)
j j			
Phương trình phân bố	1	−1	$-\frac{Z_x}{conj(V_x)}$

$$(V_j - V_{jp}) - \frac{Z_x}{conj(V_x)}\ \text{conj}\ (S_x) = 0$$

Chú ý là nghiệm của phương trình căn bản cho công suất là $conj(S_x)$

Vậy ma trận A và b có dạng như sau :

$$
\begin{pmatrix}
\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_1} & -\frac{1}{Z_3} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-\frac{1}{Z_1} & \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2} & -\frac{1}{Z_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-\frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_2} & \frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & -1 & 0 & 0 & \frac{-Z1}{conj(V_1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \frac{-Z1}{conj(V_2)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & \frac{-Z2}{conj(V_2)} & 0 & 0 & 0 \\
0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-Z2}{conj(V_3)} & 0 & 0 \\
-1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-Z3}{conj(V_3)} & 0 \\
1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-Z3}{conj(V_a)}
\end{pmatrix}
$$

Phương trình cân bằng cho công suất

$$
\begin{pmatrix}
0 \\
-conj\left(\frac{S_a}{V_2}\right) \\
-conj\left(\frac{S_b}{V_3}\right) \\
V_a \\
0 \\
0 \\
0 \\
0 \\
0 \\
0
\end{pmatrix}
\qquad
\begin{pmatrix}
V_1 \\
V_2 \\
V_3 \\
I_s \\
conj(S_1) \\
conj(S_2) \\
conj(S_3) \\
conj(S_4) \\
conj(S_5) \\
conj(S_6)
\end{pmatrix}
$$

Ma trận b

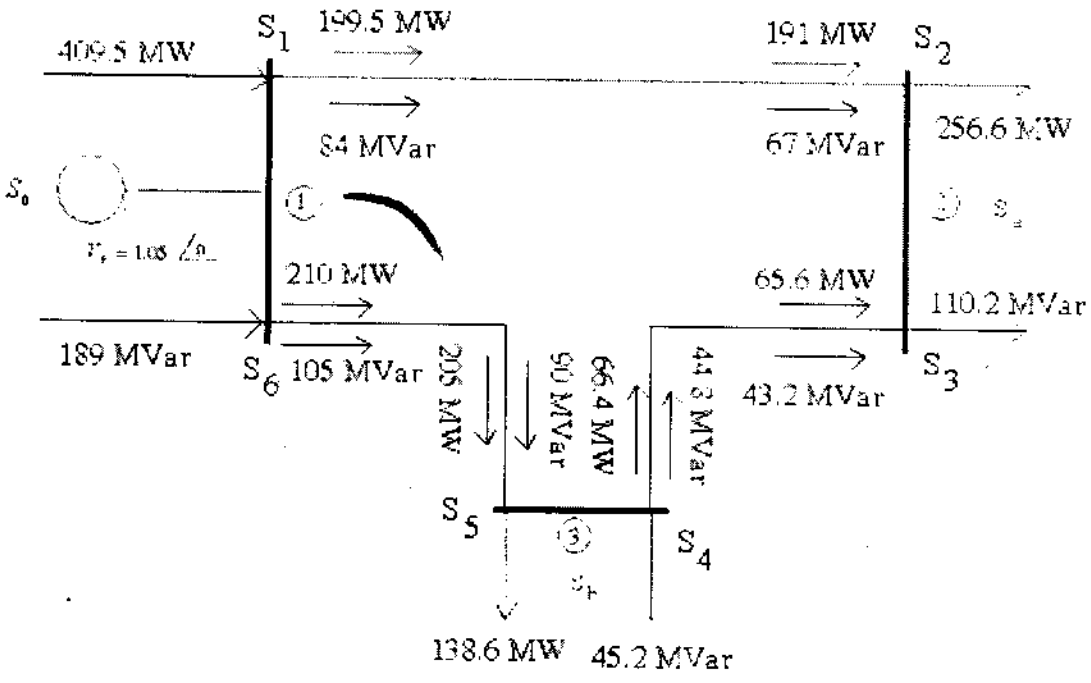
Ma trận nghiệm

+ Lưu ý là nếu kết quả có công suất dương thì có chiều từ nút đi ra và ngược lại nếu công suất âm thì có chiều đi vào nút.

```
%Tập tin H7_9.m
function H7_9
clc
format long
syms Z1 Z2 Z3  Sa  Sb  Va  V2  V3
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/Z1,A);
A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
%Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ;
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Va),A);
A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A);
A =  A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3) , A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Va),A)
%Ma trận b
b = sym(zeros(10 ,1));
b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b);
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
%Nguồn điện thế độc lập
b(4,1) = Va
% Tính nghiệm
Y =  A\b;
%Thay giá  trị vào
Z1 = 0.02+j*0.04 ;  Z2 = 0.0125+j*0.025 ; Z3  = 0.01+j*0.03 ;  Va  = 1.05 + j*0 ;
Sa =  (256.6  +  j*110.2 )/100;  Sb = ( 138.6  +  j*45.2 )/100;
%Chọn điện áp để lặp
V2  = 1+ j*0 ; V3= 1+ j*0;
n = 0;
for n = 1:14
   V2 = eval(Y(2)); %Biểu thức V2
   V3 = eval(Y(3)); %Biểu thức V3
end
%Tính kết quả
Y =  eval(Y)
% In nghiệm
disp('%%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
```

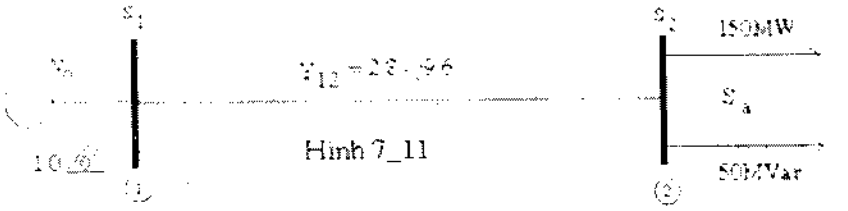
```
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
       disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', ' ',  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']), disp(' ')
   end
   if ( i == 4)
      So = 100*Va*conj(-Y(i));
       disp(['Công suất So =   ',num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
   end
   if ( i > 4)
     S(i-4) = 100*conj(Y(i));
      disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ', ' ',  num2str(S(i-4)),'  (MW)']), disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S6  =   ',  num2str(S(1) + S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 +S3  =   ',  num2str(S(2) + S(3)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 +S5  =   ',  num2str(S(4) + S(5)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =   ',  num2str(S(3) + S(4)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =   ',  num2str(S(5) +S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%%% Công suất  dương là từ nút đi ra và ngược lại%%%% '), disp(' ')
format short
```

Ta có sự phân bố công suất trên hình 7_10 :

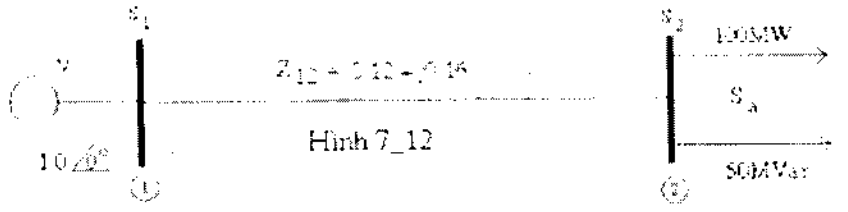


Hình 7-10

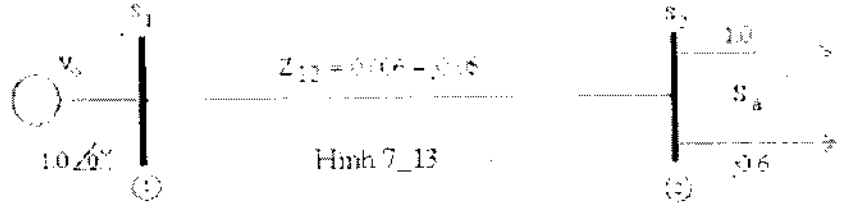
Bài tập : Tính sự phân bố công suất của các mạng điện sau :



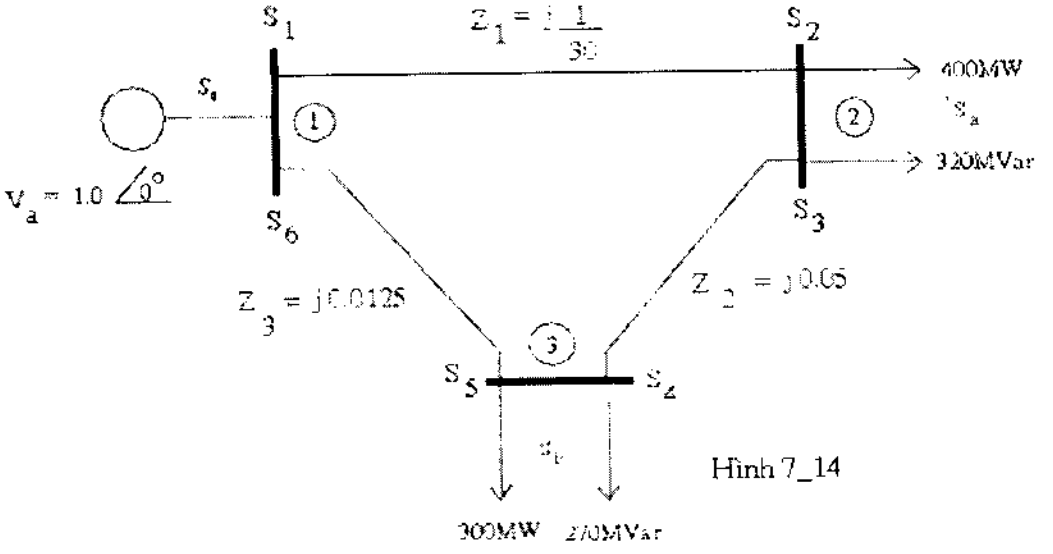
Hình 7_11



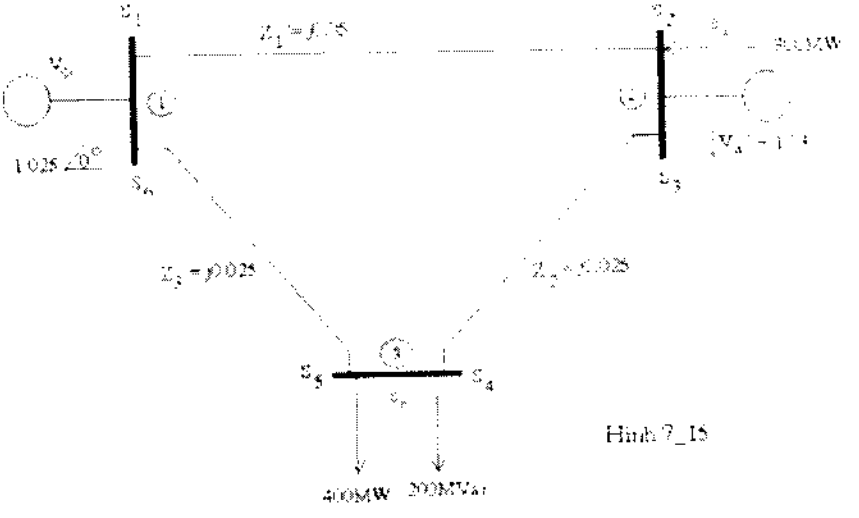
Hình 7_12



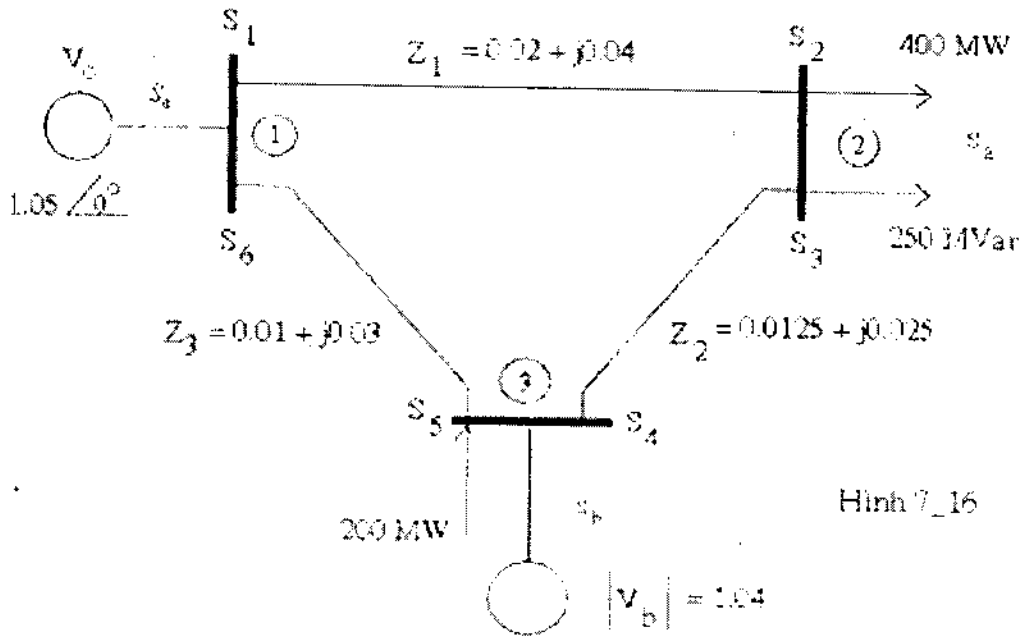
Hình 7_13



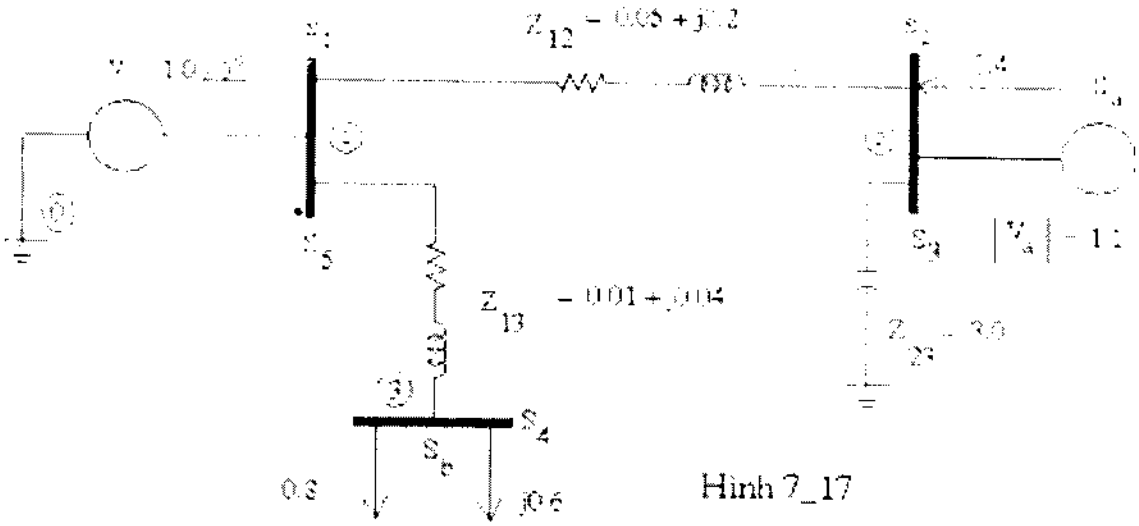
Hình 7_14



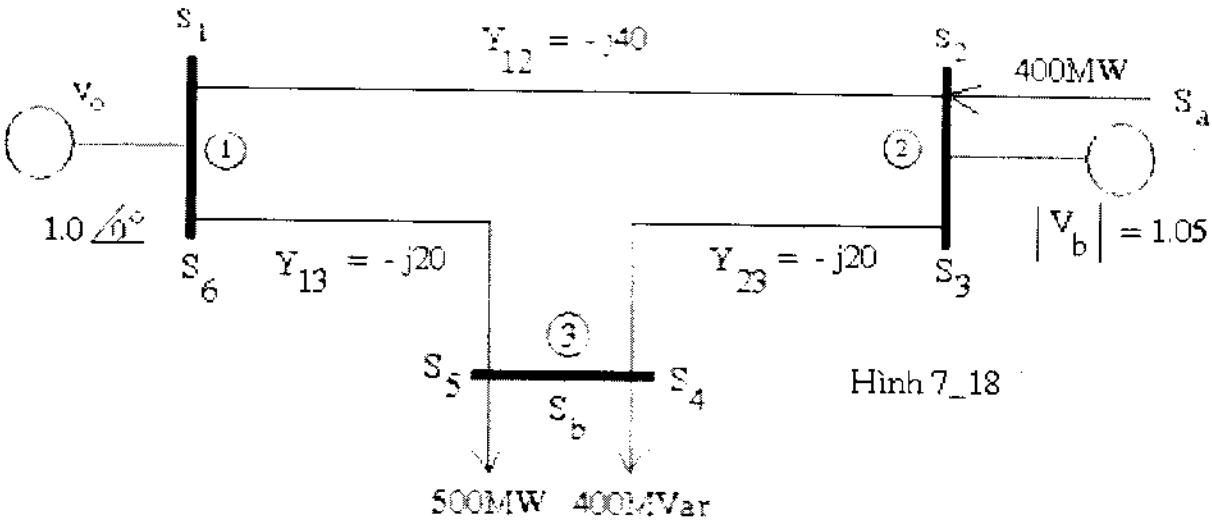
Hình 7_15



Hình 7_16



Hình 7_17



Hình 7_18

7-5- Tiêu chuẩn hội tụ :

7-5-1-Tiêu chuẩn 1 :

Trong trường hợp này bài toán hội tụ khi :

Giá trị điện thế của hai lần lặp liên tiếp là bằng nhau

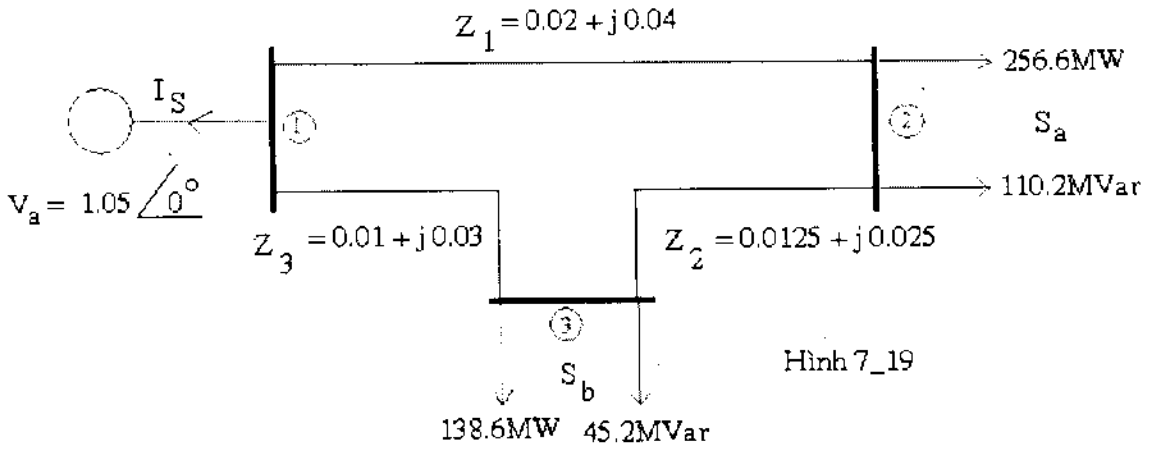
Vậy nếu gọi : Sai số là sự sai biệt điện thế giữa hai lần lặp liên tiếp thì ta có

Sai số = Lần lặp thứ n – Lần lặp thứ (n - 1)

Do đó bài toán sẽ hội tụ theo tiêu chuẩn 1 nếu :

Sai số = 0

+Mạch điện hình 7_19 hội tụ theo tiêu chuẩn 1 :



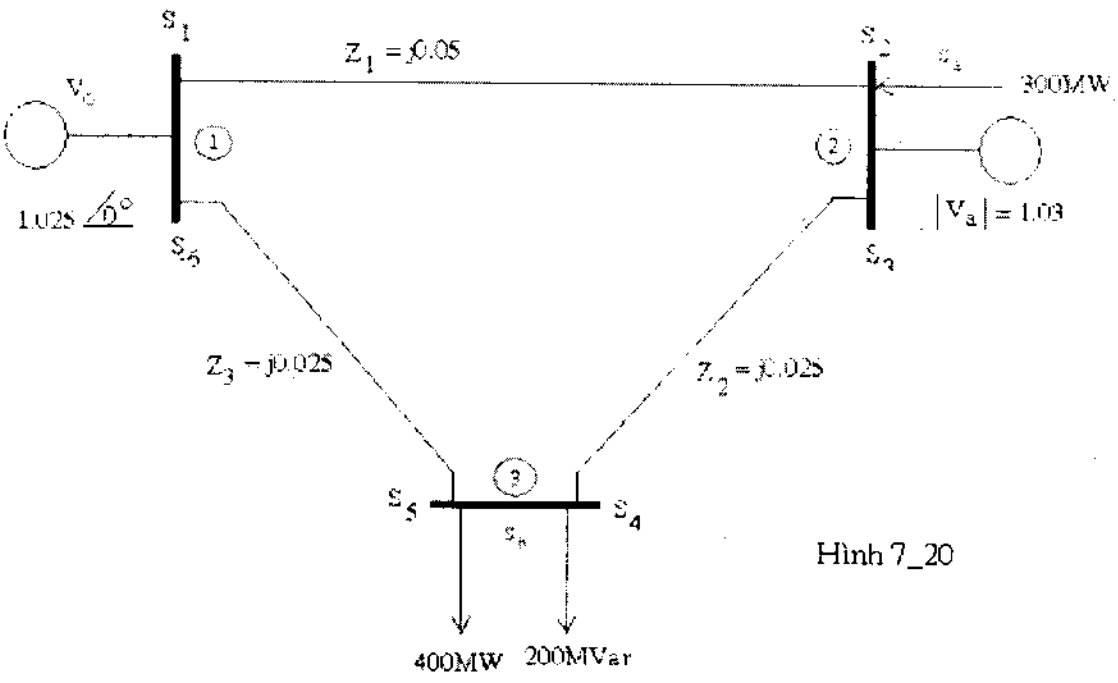
Hình 7_19

Sai số = 0 là điều kiện để kết thúc vòng lặp

```
%Tập tin H7_19.m
function H7_19
format long  %Để quan sát sai số rất nhỏ
clc
syms Z1 Z2 Z3   Sa   Sb  Va   V2  V3
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/Z1,A);  A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ;  %Thêm phương trình căn bản cho Va
b = sym(zeros(4 ,1)); %Ma trận b
b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b);
 b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Va;
% nghiệm
```

```
Y =  A\b;
%Thay giá trị vào
Z1 = 0.02+j*0.04 ;  Z2 = 0.0125+j*0.025 ; Z3  = 0.01+j*0.03 ;  Va  = 1.05 + j*0 ;
Sa =  (256.6  +  j*110.2 )/100;  Sb = ( 138.6  +  j*45.2 )/100;
V2  = 1 + j*0 ; V3= 1 + j*0; n = 0;  %Chọn điện áp để lặp
while( (V2 - eval(Y(2))) ~= 0   ) || ((V3 - eval(Y(3))) ~= 0) %Điều kiện Sai số = 0
   n = n+1;
   V2 = eval(Y(2));
   V3 = eval(Y(3));
end
Y =  eval(Y); %In nghiệm
disp('%%% Hội tụ  theo tiêu chuẩn 1 %%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
      V(i) = Y(i);
      disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', ' ',  num2str(V(i)) ,' (pu)']), disp(' ')
   end
   if  ( i  > 3)
      Io = Y(i);
     disp(['Dòng điện Io = ' , num2str(Io),' (pu)']), disp(' ')
   end
end
format short
```

+Mạch điện hình 7-20 ***không hội tụ theo tiêu chuẩn 1***



Hình 7_20

```
%Tập tin H7_20a.m
function H7_20a
format long  %Để quan sát sai số rất nhỏ
clc
syms Z1 Z2 Z3   Sa   Sb  Vo  V2  V3 Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/Z1,A);
A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Vo),A);
A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3) , A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Vo),A);
b = sym(zeros(10 ,1)); %Ma trận b
b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b); %Ma trận b
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo;
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V2 và Sa
Qa = Tinh_Q(2,1,Z1,2,3,Z2) ;
Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa;
Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
Z1 = j*0.05 ;  Z2 = j*0.025 ; Z3  = j*0.025 ; %Thay giá trị vào
Vo  = 1.025 + j*0 ; Va = 1.03; Sb =  (400  +  j*200)/100 ;  Sa =  3 + j*0;
V3  = 1 + j*0 ; V2 =  1.03+ j*0;  %Chọn điện áp để lặp
n = 0;  V1 = eval(Y(1));
while( abs(V2 - eval(Y(2)))  ~= 0 ) || (abs(V3 - eval(Y(3))) ~= 0) % Sai số = 0
   n = n+1
   V3 = eval(Y(3)) ;  %Tính V3
   Sa = eval(Pt_Sa);%Tính Sa
   V2 = eval(Pt_V2) ;%Tính V2
   SSV2 = V2 - eval(Y(2))  %Tính sai số
   SSV3 =V3 - eval(Y(3))
end
Y =  eval(Y); %Tính kết quả và  in nghiệm
disp('%%% Không hội tụ theo tiêu chuẩn 1 %%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n )]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
format short
```

7-5-2- Tiêu chuẩn 2 :

Trong trường hợp này bài toán hội tụ khi :

Giá trị sai số điện thế của hai lần liên tiếp là bằng nhau

+ Lưu ý là hai lần sai số = ba lần lặp liên tiếp :

Sai số lần 2 so sánh Sai số lần 1
Sai số lần 3 so sánh Sai số lần 2
Sai số lần 4 so sánh Sai số lần 3
. . . . . .
Sai số lần n so sánh Sai số lần (n – 1)

Do đó bài toán sẽ hội tụ theo tiêu chuẩn 2 nếu :

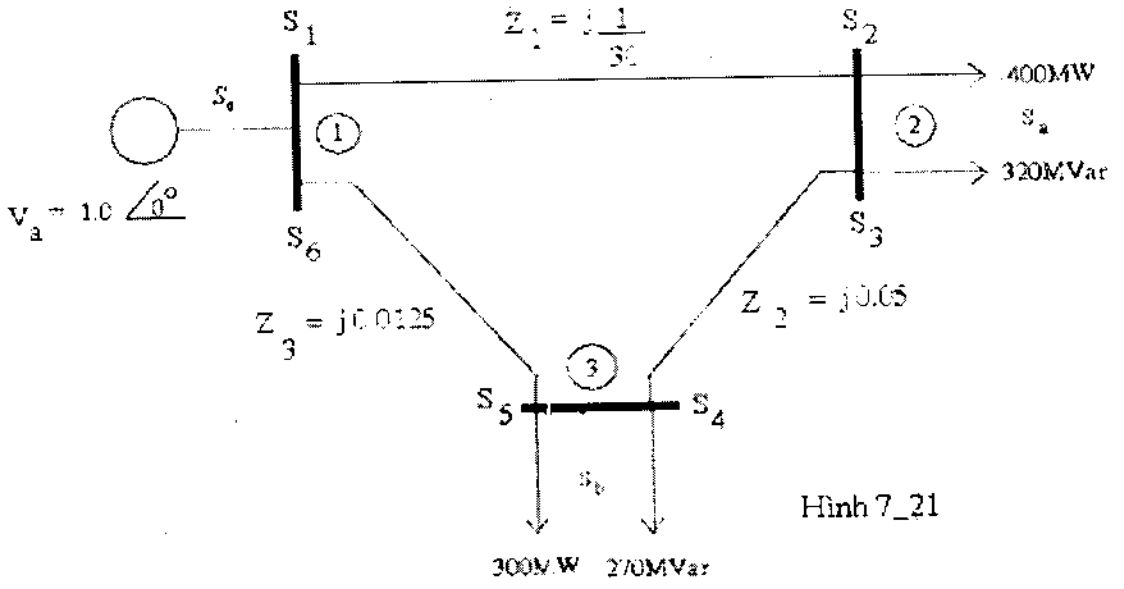
Sai số lần thứ n = Sai số lần thứ (n - 1)

+Mạch điện hình 7-20 sẽ hội tụ theo tiêu chuẩn 2

```
%Tập tin H7_20b.m
function H7_20b
format long  %Để quan sát sai số rất nhỏ
clc
syms Z1 Z2 Z3   Sa   Sb  Vo  V2  V3 Va
A = sym(zeros(3));  %Ma trận A
A = A_array(1,2,1/Z1,A);
A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ;  %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Vo),A);
A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3) , A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Vo),A);
b = sym(zeros(10 ,1)) ;  %Ma trận b
b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b);
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo;
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V2 và Sa
Qa = Tinh_Q(2,1,Z1,2,3,Z2) ;
Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa;
Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
%Thay giá trị vào
Z1 = j*0.05 ;  Z2 = j*0.025 ; Z3  = j*0.025 ;  Vo  = 1.025 + j*0 ; Va = 1.03;
Sb =  (400  +  j*200)/100 ;  Sa =  3 + j*0;
```

```
V3  = 1 + j*0 ; V2 =  1.03+ j*0;  %Chọn điện áp để lặp
n = 0;  V1 = eval(Y(1));
while(1) %Thực hiện lặp
   n = n+1 ;
   V3 = eval(Y(3)) ;  %Tính V3
  Sa = eval(Pt_Sa);%Tính Sa
  V2 = eval(Pt_V2) ;%Tính V2
  %Tính sai số
  ValV2(n) =V2;
  ValV3(n) =V3;
 if (n >= 3)
   SSV2(n - 1) =  ValV2(n) - ValV2(n - 1);
   SSV3(n - 1) =  ValV3(n) - ValV3(n - 1) ;
   if (abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2)) == 0) && (abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2)) == 0)
        SSV2 = abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2));
        SSV3 = abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2));
        break;
      end
 end
end
Y =  eval(Y); %Tính kết quả và in nghiệm
disp('%%% Hội tụ theo tiêu  chuẩn 2 %%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n )]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V2 =   ',  num2str(SSV2)]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V3 =   ',  num2str(SSV3)]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
format short
```

Mạch điện hình 7-21 sẽ hội tụ theo tiêu chuẩn 2

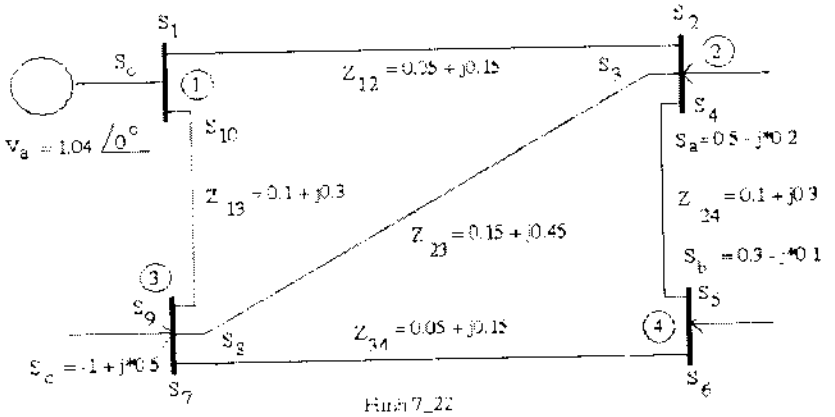


Hình 7_21

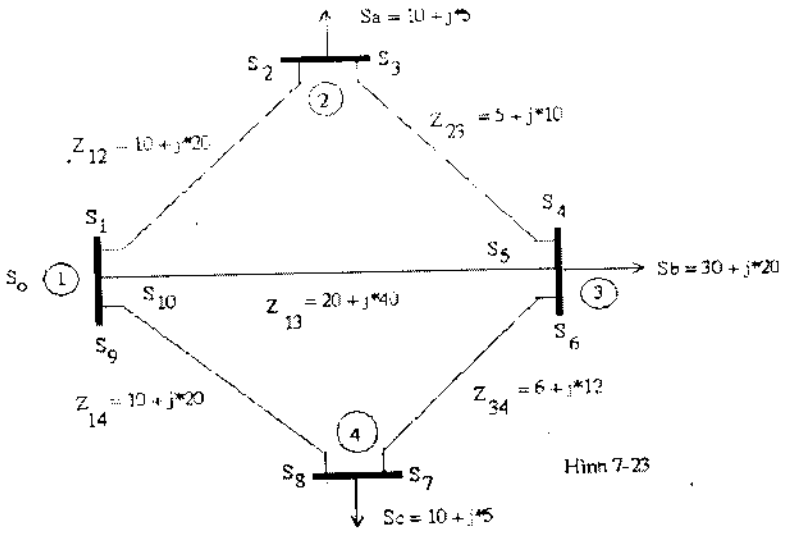
```
%Tập tin H7_21.m
function H7_21
clc
format long
syms Z1  Z2  Z3  V2  V3  Sa  Sb   Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/Z1,A); A = A_array(2,3,1/Z2,A);  A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ;  %Thêm phương trình căn bản cho Vo
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Va),A);   A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A);   A = A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A);   A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Va),A);
b = sym(zeros(10 ,1)) ;  %Ma trận b
b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b);   b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);   b(4,1) = Va;
Y =  A\b; % nghiệm
Z1 =  j*(1/30); Z2 = j*0.05 ; Z3 = j*0.0125 ; Va  = 1.0 + j*0 ; %Thay giá trị vào
Sa =  4  +  j*3.2 ; Sb =  3  +  j*2.7 ;
V2  =  1 +  j*0 ; V3  = 1 +  j*0 ;  n = 0;  %Chọn điện áp để lặp
while(1)
   n = n+1 ;
   V2 = eval (Y(2)); %Biểu thức V2
   V3 = eval (Y(3)); %Biểu thức V3
   ValV2(n) =V2;     ValV3(n) =V3; %Tính sai số
   if (n >= 3)
    SSV2(n - 1) =  ValV2(n) - ValV2(n - 1);
   SSV3(n - 1) =  ValV3(n) - ValV3(n - 1) ;
   if (abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2)) == 0) && (abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2)) == 0)
        SSV2 = abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2));
        SSV3 = abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2));
        break;
      end
 end
end
Y =  eval(Y) %In nghiệm
disp('%%% Hội tụ theo tiêu chuẩn 2 %%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n )]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V2 =   ',  num2str(SSV2)]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V3 =   ',  num2str(SSV3)]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
       disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', ' ',  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']), disp(' ')
   end
   if  ( i == 4)
```

```
    So = 100*Va*conj(-Y(i));
     disp(['Công suất So =  ',num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
  end
  if ( i > 4)
    S(i-4) = 100*conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ', ' ', num2str(S(i-4)),'  (MW)']), disp(' ')
  end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 + S6 =  ', num2str(S(1) + S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 + S3 =  ', num2str(S(2) + S(3)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 + S5 =  ', num2str(S(4) + S(5)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =  ', num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =  ', num2str(S(3) + S(4)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =  ', num2str(S(5) + S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
format short
```

Bài tập : Tính phân bố công suất và tổn thất trên đường dây của các mạng điện sau :



Hình 7_22



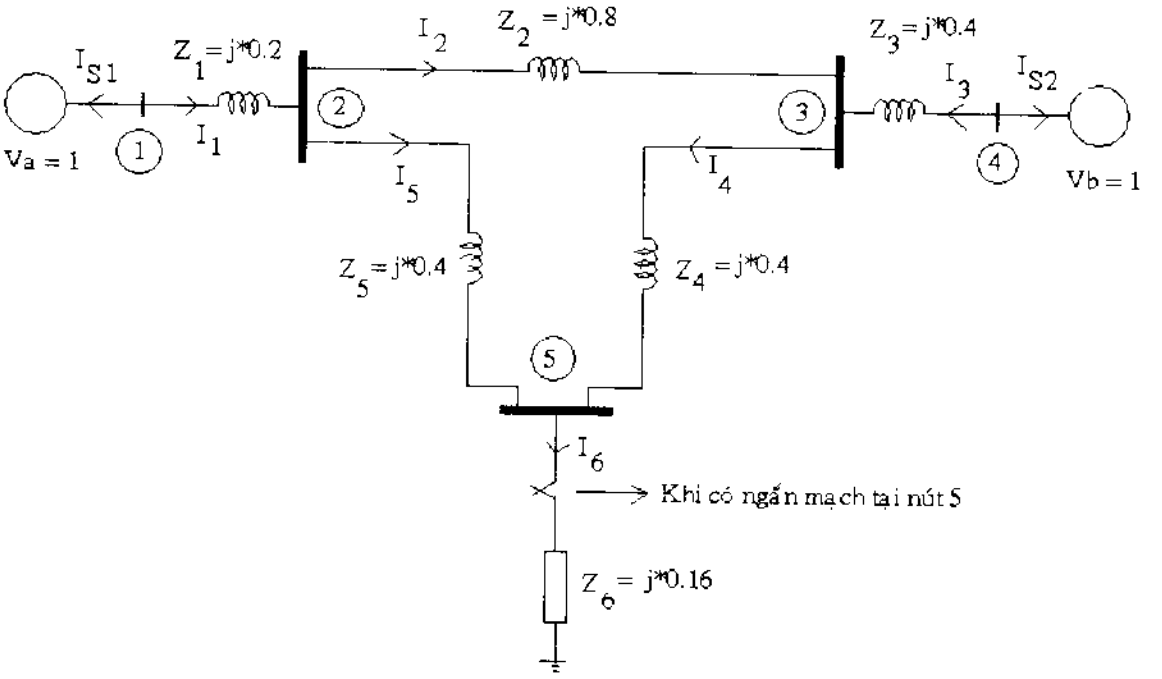
Hình 7-23

+ Đổi tất cả sang dạng tương đối bằng cách chia các tổng trở và công suất Sa, Sb , Sc cho 100

+ Chọn điện áp tại nút 1 là V1 = Va = 1.0 + j*0

7-6- Bài toán ngắn mạch :

Xét mạch điện Hình 7_24 :



Hình 7_24

+ Trong điều kiện bình thường nút 5 để hở.
+ Khi có sự cố ngắn mạch xảy ra tại nút 5 thì xem như có tổng trở Z6 nối từ nút 5 xuống mass.
+ Tính phân bố điện thế và dòng điện chạy trong mạch trước và sau khi có sự cố ngắn mạch xảy ra.

Cách tính :

-Thành lập ma trận A khi chưa có sự cố và tính kết quả :

$$Y = A \backslash b$$

-Thành lập ma trận A khi có sự cố bằng cách thêm vào phương trình căn bản tại nút xảy ra sự cố

Asc = A_array(i , j, val,A);

Với :
i và j là chỉ số của nút có xảy ra sự cố ngắn mạch.
val là tổng dẫn tại nhánh đó.
A là ma trận được thành lập trước đó khi chưa có sự cố.

Tính nghiệm

$$Y_{sc} = A_{sc} \backslash b$$

-Tính phân bố dòng điện bằng cách bỏ qua phương trình căn bản tại nút có xảy ra sự cố.

```
%Tập tin H7_24a.m
function H7_24a
clc
syms Z1 Z2 Z3 Z4  Z5 Z6 Va  Vb
A = sym(zeros(5));
A = A_array(1,2,1/Z1,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_array(2,5,1/Z5,A);
A = A_array(3,4,1/Z3,A);
A = A_array(3,5,1/Z4,A);
%Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc (6,1,0,A) ;
%Thêm phương trình căn bản cho Vb
A = A_Vsrc (7,4,0,A) ;
A = A_Phanbo (8,1,2,Z1,A);%Dòng điện  I1
A = A_Phanbo (9,2,3,Z2,A); %Dòng điện  I2
A = A_Phanbo (10,4,3,Z3,A);  %Dòng điện  I3
A = A_Phanbo (11,3,5,Z4,A) ; %Dòng điện  I4
A = A_Phanbo (12,2,5,Z5,A);  %Dòng điện  I5
%A = A_Phanbo (13,5,0,Z6,A);  %Dòng điện  I6 được bỏ qua
%Ma trận b
b = sym(zeros(12 ,1));
b(6,1) = Va;
b(7,1) = Vb ;
%Khi không có sự cố xảy ra
Y =  A\b;
%Ma trận A khi có sự cố
Asc = A_array(5,0,1/Z6,A); %Phương trình căn bản khi có sự cố tại nút 5
Ysc =  Asc\b;
%Thay giá trị vào
Z1 = j*0.2 ;  Z2 = j*0.8 ; Z3  = j*0.4 ;  Z4  = j*0.4 ;  Z5  = j*0.4 ; Z6  = j*0.16 ;
Va  = 1 ;  Vb  = 1 ;
Y = eval(Y);
Ysc = eval(Ysc);
disp('%%% Phân bố  trước và sau khi có sự cố %%%'), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 5)
     V(i) = Y(i);
      bd(i) = abs(V(i)); % Tính biên độ
      goc(i) = angle(V(i))*180/pi ; % Tính pha
      disp(['Khi chưa có sự cố thì điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', ' ',  num2str(V(i)), ' =  ', ...
         num2str(bd(i)) , '  (Biên độ) ', ' -> ',num2str(goc(i)) , '(Độ)'  ]), disp(' ')
      %Khi có sự cố
      Vsc(i) = Ysc(i);
      bdsc(i) = abs(Vsc(i)); % Tính biên độ

      gocsc(i) = angle(Vsc(i))*180/pi ; % Tính pha
```

```
    disp(['Khi có sự cố thì điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', ' ', num2str(Vsc(i)), ' = ', ...
      num2str(bdsc(i)) , ' (Biên độ) ', ' -> ',num2str(gocsc(i)) , '(Độ)' ]), disp(' ')
  end
  if ( i == 6) ||( i == 7)
    IS(i) = - Y(i);
    bd(i) = abs(IS(i)); % Tính biên độ
    goc(i) = angle(IS(i))*180/pi ; % Tính pha
    disp(['Khi chưa có sự cố thì dòng điện IS' ,num2str( i- 5), ' = ', ' ', num2str(IS(i)), ' = ', ...
      num2str(bd(i)) , ' (Biên độ) ', ' -> ',num2str(goc(i)) , '(Độ)' ]), disp(' ')
    %Khi có sự cố
    ISsc(i) = - Ysc(i);
    bdsc(i) = abs(ISsc(i)); % Tính biên độ
    gocsc(i) = angle(ISsc(i))*180/pi ; % Tính pha
    disp(['Khi có sự cố thì dòng điện IS' ,num2str( i- 5), ' = ', ' ', num2str(ISsc(i)) , ...
      ' = ', num2str(bdsc(i)) , ' (Biên độ) ', ' -> ',num2str(gocsc(i)) , '(Độ)' ]), disp(' ')
  end
  if ( i > 7)
    I(i-7) = Y(i);
    bd(i) = abs(I(i-7)); % Tính biên độ
    goc(i) = angle(I(i-7))*180/pi ; % Tính pha
    disp(['Khi chưa có sự cố thì dòng điện I' ,num2str( i- 7), ' = ', ' ', num2str(I(i-7)), ' = ',...
      num2str(bd(i)) , ' (Biên độ) ', ' -> ',num2str(goc(i)) , '(Độ)' ]), disp(' ')
    %Khi có sự cố
    Isc(i-7) = Ysc(i);
    bdsc(i) = abs(Isc(i-7)); % Tính biên độ
    gocsc(i) = angle(Isc(i-7))*180/pi ; % Tính pha
    disp(['Khi có sự cố thì dòng điện I' ,num2str( i- 7), ' = ', ' ', num2str(Isc(i-7)), ' = ' , ...
      num2str(bdsc(i)) , ' (Biên độ) ', ' -> ',num2str(gocsc(i)) , '(Độ)' ]), disp(' ')
  end
end
%Tổng quát cho cả hai trường hợp trước và sau sự cố ta tính I6 = I(4) + I(5);
I6 = I(4) + I(5);
bd = abs(I6); % Tính biên độ
goc = angle(I6)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Khi chưa có sự cố thì dòng điện I6 = ', ' ', num2str(I6), ' = ', ...
  num2str(bd) , '(Biên độ) ', ' -> ',num2str(goc) , '(Độ)' ]), disp(' ')
I6sc = Isc(4) + Isc(5); %Khi có sự cố
bdsc = abs(I6sc); % Tính biên độ
gocsc = angle(I6sc)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Khi có sự cố thì dòng điện I6 = ', ' ', num2str(I6sc), ' = ', ...
  num2str(bdsc) , '(Biên độ) ', ' -> ',num2str(gocsc) , '(Độ)' ]), disp(' ')
```

7-7- Cơ sở dữ liệu :

Đối với mạch điện có nhiều màng hay nút thì vấn đề lưu giữ kết quả là rất cần thiết, vì vậy trong mục này sẽ trình bày phương pháp nhúng Excel vào Matlab.

Một số hàm cơ bản để liên kết với Excel như sau :

+Tạo liên kết và Excel :

```
hExcel = actxserver('excel.application');
hExcelWorkbooks = get(hExcel,'Workbooks');
hExcelw = invoke(hExcelWorkbooks, 'Add');
```

+Đổi Font chữ và kích thước giao diện nếu cần

```
set(hExcel,'StandardFont','VNI-Times')
set(hExcel,'StandardFontSize',12)
set(hExcel,'DisplayFullScreen',0)
```

+Chuẩn bị làm việc với Excel

```
set(hExcel,'Visible',1)
```

+Tạo bảng

+Tạo hàng và cột

```
hExcelRange = Range(hExcel,'A1:C1');
```

+Định kích thước hàng và cột

```
set(hExcelRange,'RowHeight',15)
set(hExcelRange,'ColumnWidth',15)
```

+Nhập giá trị vào bảng

```
set(hExcelRange,'Value',{'Dòng điện', 'Biên độ', 'Góc pha'});
```

+Mặc định không yêu cầu save

```
set(hExcelw,'Saved',1);
```

+Sau khi làm việc xong thì xoá kết nối :

```
release(hExcelw)
Quit(hExcel)
delete(hExcel);
```

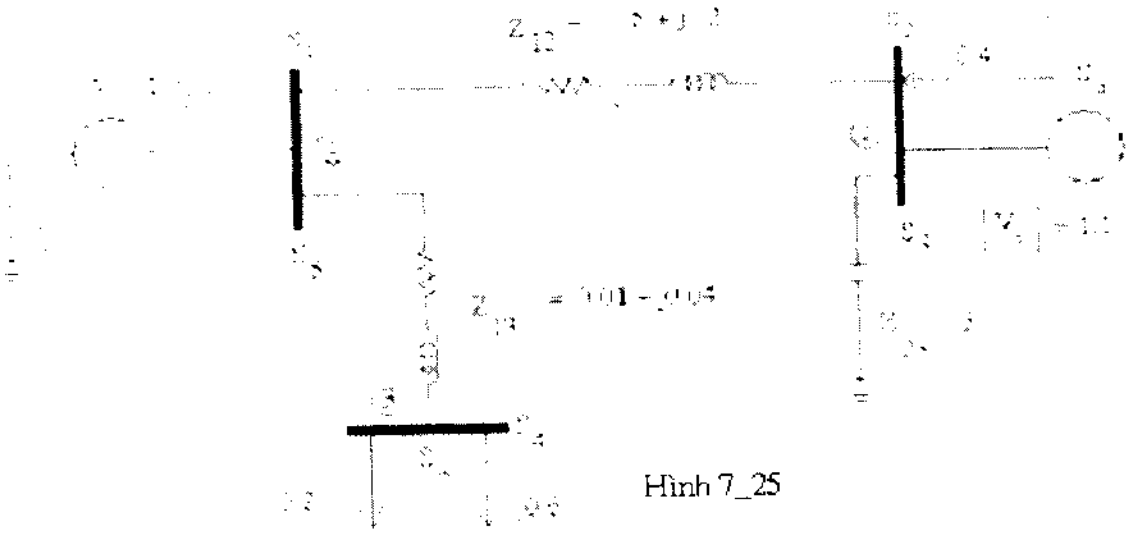
+ Thực hiện lại bài hình 7_24 với kết quả được lưu vào bảng :

```
%Tập tin H7_24b.m
function H7_24b
clc
syms Z1 Z2 Z3 Z4  Z5 Z6 Va  Vb
A = sym(zeros(5));
A = A_array(1,2,1/Z1,A); A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_array(2,5,1/Z5,A);  A = A_array(3,4,1/Z3,A);
A = A_array(3,5,1/Z4,A);
A = A_array(5,0,1/Z6,A); %Phương trình căn bản khi có sự cố tại nút 5
%Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc (6,1,0,A) ;
%Thêm phương trình căn bản cho Vb
A = A_Vsrc (7,4,0,A) ;
A = A_Phanbo (8,1,2,Z1,A);%Dòng điện  I1
A = A_Phanbo (9,2,3,Z2,A); %Dòng điện  I2
```

```
A = A_Phanbo (10,4,3,Z3,A);  %Dòng điện  I3
A = A_Phanbo (11,3,5,Z4,A) ; %Dòng điện  I4
A = A_Phanbo (12,2,5,Z5,A);  %Dòng điện  I5
A = A_Phanbo (13,5,0,Z6,A);  %Dòng điện  I6
b = sym(zeros(13 ,1)); %Ma trận b
b(6,1) = Va;
b(7,1) = Vb ;
Ysc =  A\b;
%Thay giá trị vào
Z1 = j*0.2 ;  Z2 = j*0.8 ; Z3  = j*0.4 ;  Z4  = j*0.4 ;  Z5  = j*0.4 ; Z6  = j*0.16 ;
Va  = 1 ;  Vb  = 1 ;
Ysc = eval(Ysc);
Ysc = Ysc(6 : length(Ysc));
for i = 1 : length(Ysc)
   if i<=2
       %Khi có sự cố
      Isc(i) = - Ysc(i);
   else
      Isc(i) =  Ysc(i);
   end
      bdsc(i) = abs(Isc(i)); % Tính biên độ
      gocsc(i) = angle(Isc(i))*180/pi;  % Tính pha
end
%%%%% Phần cơ sở dữ liệu : liên kết với Excel %%%%%
hExcel = actxserver('excel.application');
hExcelWorkbooks = get(hExcel,'Workbooks');
hExcelw = invoke(hExcelWorkbooks, 'Add');
set(hExcel,'StandardFont','VNI-Times')
set(hExcel,'StandardFontSize',12)
set(hExcel,'DisplayFullScreen',0)
set(hExcel,'Visible',1)
%Nhập tựa đề
hExcelRange = Range(hExcel,'A1:C1');
set(hExcelRange,'Value',{'Dòng điện' , 'Biên độ', 'Góc pha'});
hExcelRange = Range(hExcel,'A2 :A9');
Etitle = {'Dòng IS1','Dòng IS2', 'Dòng I1' , 'Dòng I2' , 'Dòng I3' ,'Dòng I4' ,'Dòng I5' , 'Dòng I6'};
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập biên độ
hExcelRange = Range(hExcel,'B2 : B9');
set(hExcelRange,'Value', bdsc' );
%Nhập góc pha
hExcelRange = Range(hExcel,'C2 : C9');
set(hExcelRange,'Value', gocsc' );
%Xoá kết nối
release(hExcelw)
delete(hExcel);
```

Thí dụ :

Tính phân bố công suất và tổn thất trên đường dây của mạng điện sau :



Hình 7_25

```
%Tập tin H7_25.m
function H7_25
clc
syms Z12  Z13   Z20   Sa   Sb  Vo  V2  V3 Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,1/Z12,A);
A = A_array(1,3,1/Z13,A);
A = A_array(2,0,1/Z20,A);
%Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ;
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z12/conj(Vo),A);
A = A_Phanbo (6,2,1,Z12/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,0,Z20/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (8,3,1,Z13/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (9,1,3,Z13/conj(Vo),A);
%Ma trận b
b = sym(zeros(9,1));
b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b);
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo;
% nghiệm
Y =  A\b;
%Biểu thức V2  và Sa
Qa = Tinh_Q(2,1,Z12,2,0,Z20) ;
Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa;
Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
%Thay giá trị vào
Z12 =  0.05 + j*0.2 ;  Z20 = 3.0 ; Z13  = 0.01 + j*0.04 ; Vo  = 1.0 + j*0 ; Va = 1.1;
```

```
Sb = 0.8 + j*0.6 ; Sa = 0.4 + j*0;
%Chọn điện áp để lặp
V3 = 1+ j*0 ; V2= 1.1+ j*0;
n = 0; V1 = eval(Y(1));
while(1)
   n = n + 1;
   V3 = eval(Y(3));%Tính V3
   Sa = eval(Pt_Sa);%Tính Sa
   V2 = eval(Pt_V2);%Tính V2
   %Tính sai số
  ValV2(n) =V2;
  ValV3(n) =V3;
  if (n >= 3)
    SSV2(n - 1) = ValV2(n) - ValV2(n - 1);
    SSV3(n - 1) = ValV3(n) - ValV3(n - 1) ;
    if (abs(SSV2(n -1)) - abs(SSV2(n - 2)) == 0) && (abs(SSV3(n -1)) - abs(SSV3(n - 2)) == 0)
        SSV2 = abs(SSV2(n -1)) - abs(SSV2(n - 2));
        SSV3 = abs(SSV3(n -1)) - abs(SSV3(n - 2));
        break;
      end
  end
end
%Tính kết qủa
Y = eval(Y)
disp('%%%%%%%%%%%% %%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh là ', num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 = ', num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 = ', num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
       V(i) = Y(i) ;
    end
   if ( i > 4)
     S(i-4) = 100*conj(Y(i));
   end
end
%disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
So = S(1) + S(5) ;
Sa = S(2) + S(3) ;
Sb = S(4) ;
%disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
Nhanh_1_2 = S(1) + S(2);
Nhanh_3_1 = S(4) + S(5);
%%%%% Phần cơ sở dữ liệu %%%%%
%Tạo Liên kết với Excel
hExcel = actxserver('excel.application');
```

```
hExcelWorkbooks = get(hExcel,'Workbooks');
hExcelw = invoke(hExcelWorkbooks, 'Add');
set(hExcel,'StandardFont','VNI-Times')
set(hExcel,'StandardFontSize',12)
set(hExcel,'DisplayFullScreen',1)
set(hExcel,'Visible',1)
%Nhập điện thế
hExcelRange = Range(hExcel,'A1 : C1');
set(hExcelRange,'Value',{'  Điện thế các nút','      Phần thực ', '      Phần ảo '});
set(hExcelRange,'ColumnWidth',15)
hExcelRange = Range(hExcel,'A2  : A4');
Etitle = {'        V1', '        V2', '        V3' };
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực điện thế
hExcelRange = Range(hExcel,'B2 : B4');
set(hExcelRange,'Value', real(V.'));
%Nhập phần ảo điện thế
hExcelRange = Range(hExcel,'C2 : C4');
set(hExcelRange,'Value', imag((V.')));
%Nhập công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'E1 : G1');
set(hExcelRange,'Value',{'      Công suất ', '      Phần thực ', '      Phần ảo '});
hExcelRange = Range(hExcel,'E2  : E7');
Etitle = {'            So', '            S1', '            S2', '            S3', '            S4', '            S5'};
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực  công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'F2 : F7');
set(hExcelRange,'Value', [real(So) ; real(S.')]);
%Nhập phần ảo  công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'G2  : G7');
set(hExcelRange,'Value', [imag(So) ;    imag(S.')]);
%Nhập tổn thất công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'A10 : C10');
set(hExcelRange,'Value',{' Tổn thất công suất ', '      Phần thực ', '      Phần ảo '});
set(hExcelRange,'ColumnWidth',16)
hExcelRange = Range(hExcel,'A11 :A12');
Etitle = {' Nhánh 1 ------> 2', ' Nhánh 3 ------> 1' };
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực
hExcelRange = Range(hExcel,'B11 :B12');
set(hExcelRange,'Value', [real(Nhanh_1_2 ) ,real(Nhanh_3_1) ]');
%Nhập phần ảo
hExcelRange = Range(hExcel,'C11 :C12');
set(hExcelRange,'Value', [imag(Nhanh_1_2 ) ,imag(Nhanh_3_1) ]');
%Tổng công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'E10 : G10');
set(hExcelRange,'Value',{'  Tổng công suất', '      Phần thực', '      Phần ảo'});
```

```
set(hExcelRange,'ColumnWidth',16)
hExcelRange = Range(hExcel,'E11 : E13');
Etitle = {'          So', '          Sa', '          Sb'};
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực
hExcelRange = Range(hExcel,'F11 : F13');
set(hExcelRange,'Value', [real(So); real(Sa) ; real(Sb)]);
%Nhập phần ảo
hExcelRange = Range(hExcel,'G11 : G13');
set(hExcelRange,'Value', [imag(So); imag(Sa) ; imag(Sb)]);
%Xoá kết nối
release(hExcelw)
delete(hExcel);
```

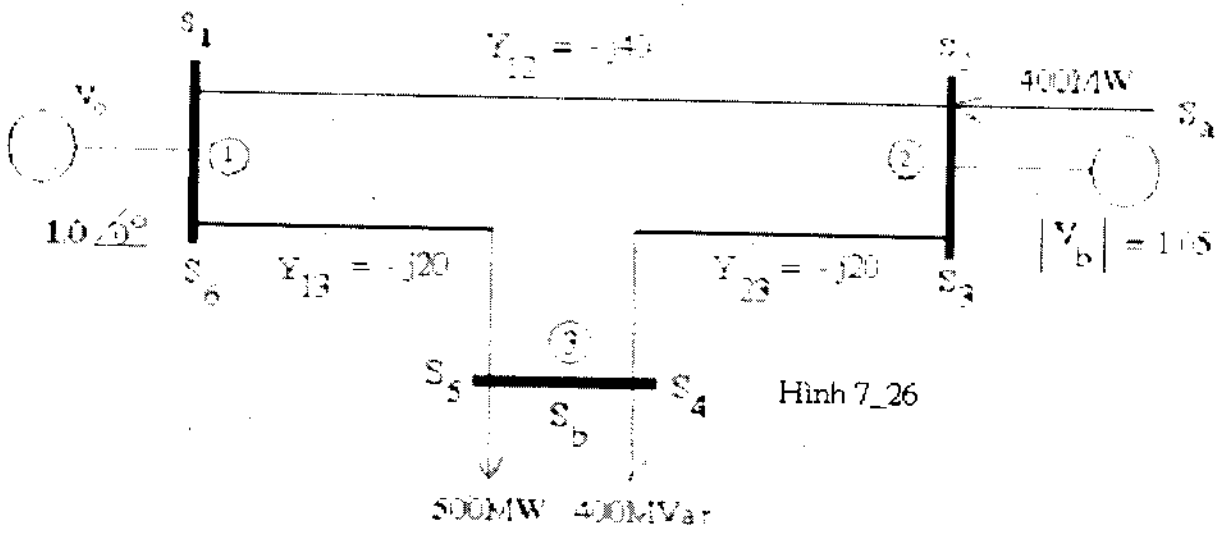
Tóm lại :

+ Mạch có chứa nút P, Q thì hội tụ theo tiêu chuẩn 1 (hoặc có thể theo tiêu chuẩn 2).

+ Mạch có chứa nút P, V thì thường hội tụ theo tiêu chuẩn 2.

Bài tập :

Dựa vào các điều kiện hội tụ hãy tính phân bố công suất và tổn thất trên đường dây của các mạng điện sau :



Hình 7_26

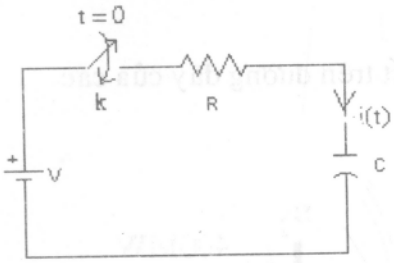
Chương 8

Giải tích mạch điện bằng Simulink

8-1-Mạch không tích trữ năng lượng ban đầu :

8-1-1-Mạch chứa RC :

Xét mạch điện hình 8_1



Hình 8_1

$V = 2V,\ R = 1\Omega,\ C = 1F$

Biết tụ C không tích trữ năng lượng ban đầu

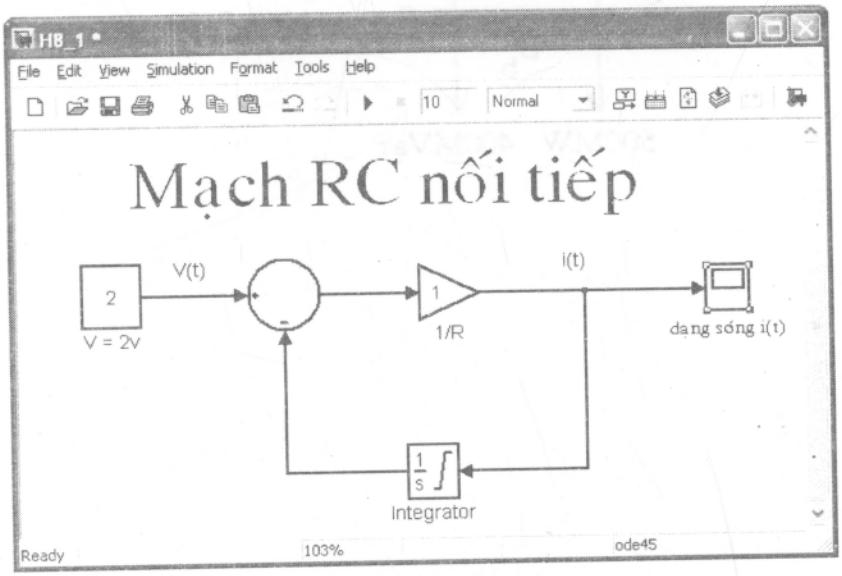
Tại $t = 0$ đóng khóa k , Tìm dòng điện $i(t)$ tại $t > 0$.

+Giải :

-Tại t = 0, đóng khoá k, phương trình vi phân mô tả mạch điện khi t > 0 là :

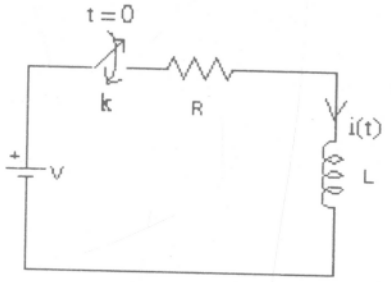
$$V = R\,i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt \Rightarrow i(t) = \frac{1}{R}[V(t) - \frac{1}{C}\int i(t)dt] \quad (1)$$

Từ phương trình (1) , ta có :



8-1-2-Mạch chứa RL :

Xét mạch điện hình 8_2



Hình 8_2

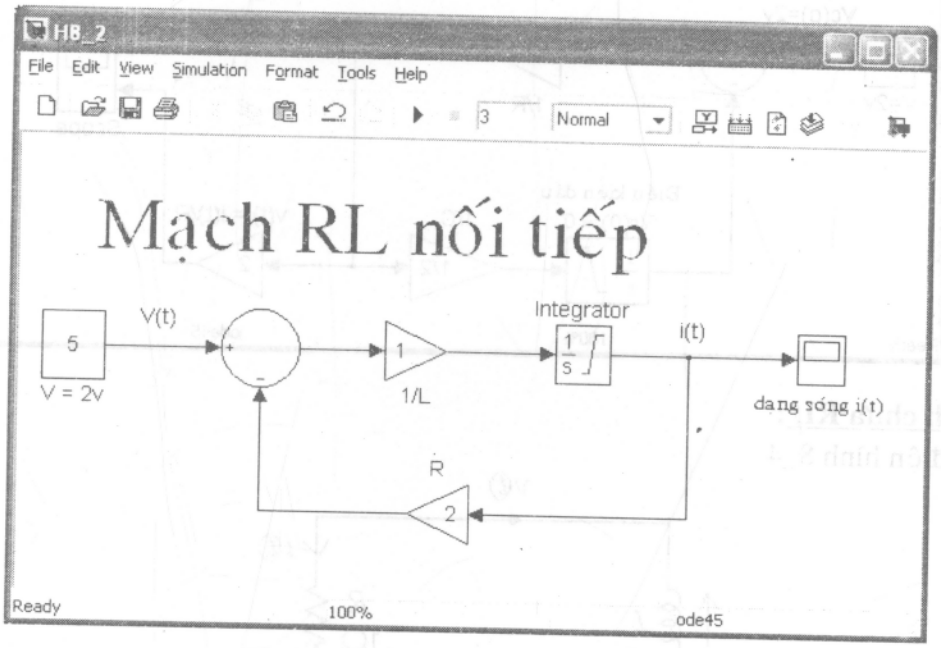
V = 5V, $R = 2\Omega$, $L = 1H$, cuộn L không tích trữ năng lượng ban đầu, tại t = 0 đóng khoá k. Tìm dòng điện i(t) tại t > 0.

+Giải :

-Tại t = 0, đóng khoá k, phương trình vi phân mô tả mạch điện khi t > 0 là :

$$L\frac{d}{dt}i(t) + R\,i(t) = V \Rightarrow \frac{d}{dt}i(t) = \frac{1}{L}[\,V(t) - Ri(t)] \quad (2)$$

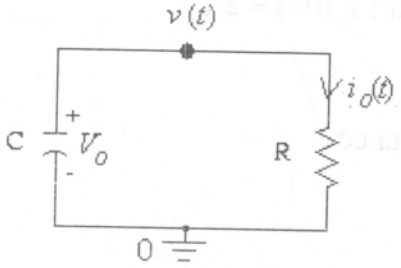
Từ phương trình (2) , ta có :



8-2-Mạch tích trữ năng lượng ban đầu :

8-2-1-Mạch chứa RC :

Xét mạch điện hình 8_3



Hình 8_3

-Tụ C nạp điện trước đó đến giá trị ban đầu là : $v_C(t) = V_O$

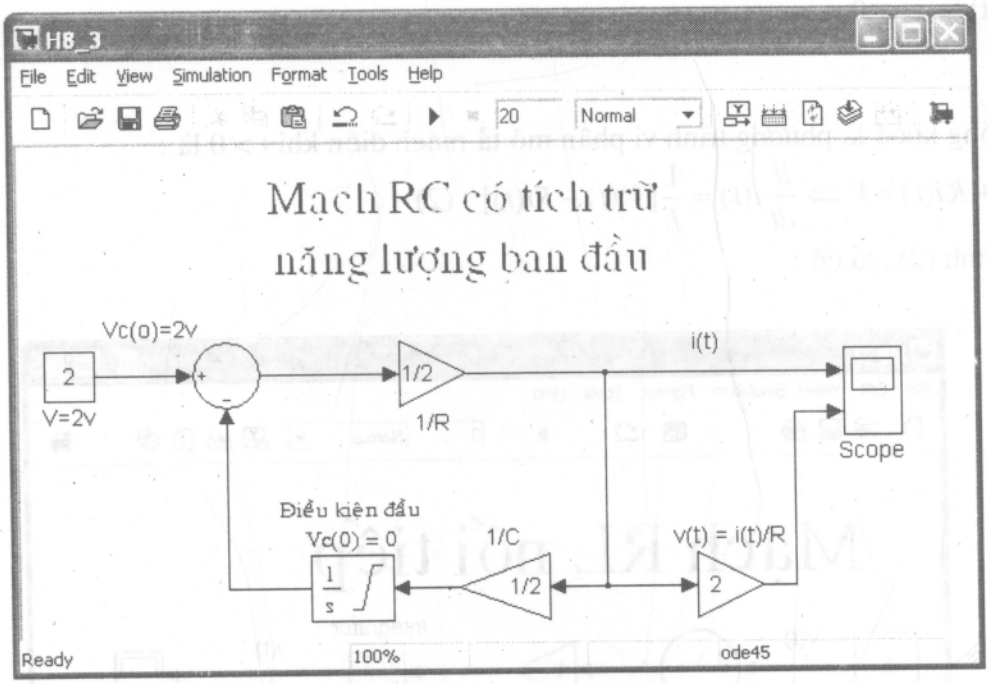
Cho $V_0 = 2V, R = 2\Omega, C = 2F$ .Tìm dòng điện i(t) tại t > 0.

+Giải :

-Tại t > 0 áp dụng KCL, ta có :

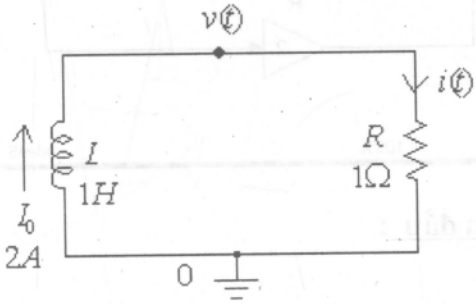
$$i(t) = \frac{1}{R}[V_o - \frac{1}{C}\int i(t)dt] \quad (3)$$

Từ phương trình (3) , ta có :



8-2-2-<u>Mạch chứa RL</u> :

Xét mạch điện hình 8_4



Hình 8_4

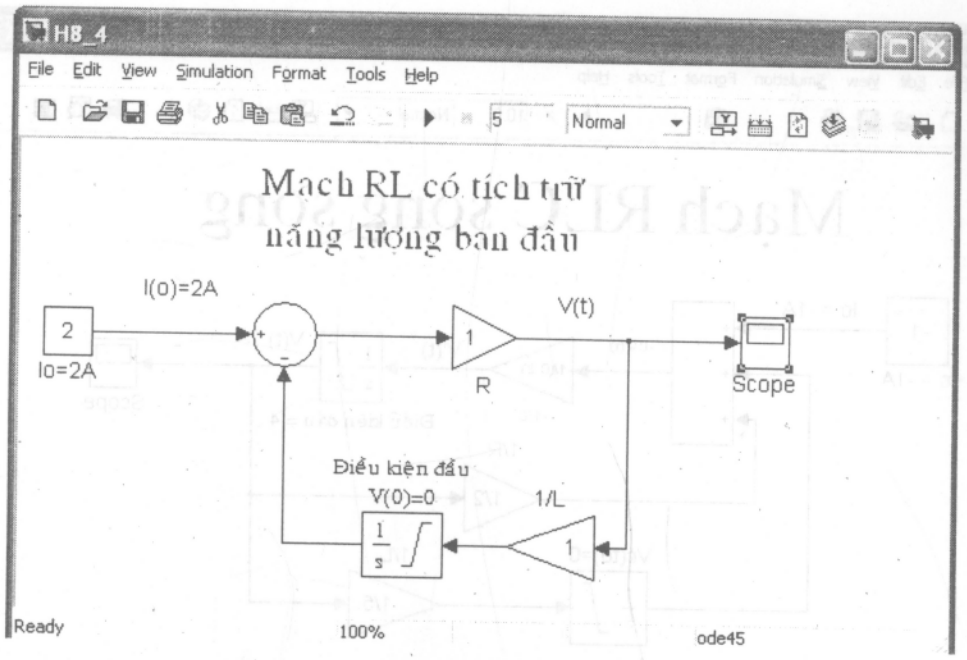
-Cuộn dây tích trữ năng lượng ban đầu là : $i_L(0-) = 2A$

+Giải :

-Tại t = 0, áp dụng KVL cho mạch điện ta có :

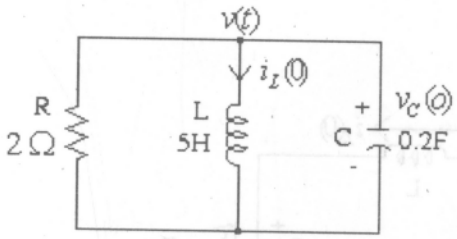
$$V(t) = R[I_o - \frac{1}{L}\int V(t)dt] \quad (4)$$

Từ phương trình (4) , ta có :



8-3-<u>Mạch chứa RLC song song</u> :

Xét mạch điện hình 8_5



Biết điều kiện ban đầu

$i_L(0) = -1A$

$v_C(0) = 4V$

Tìm điện thế v(t)

Hình 8_5

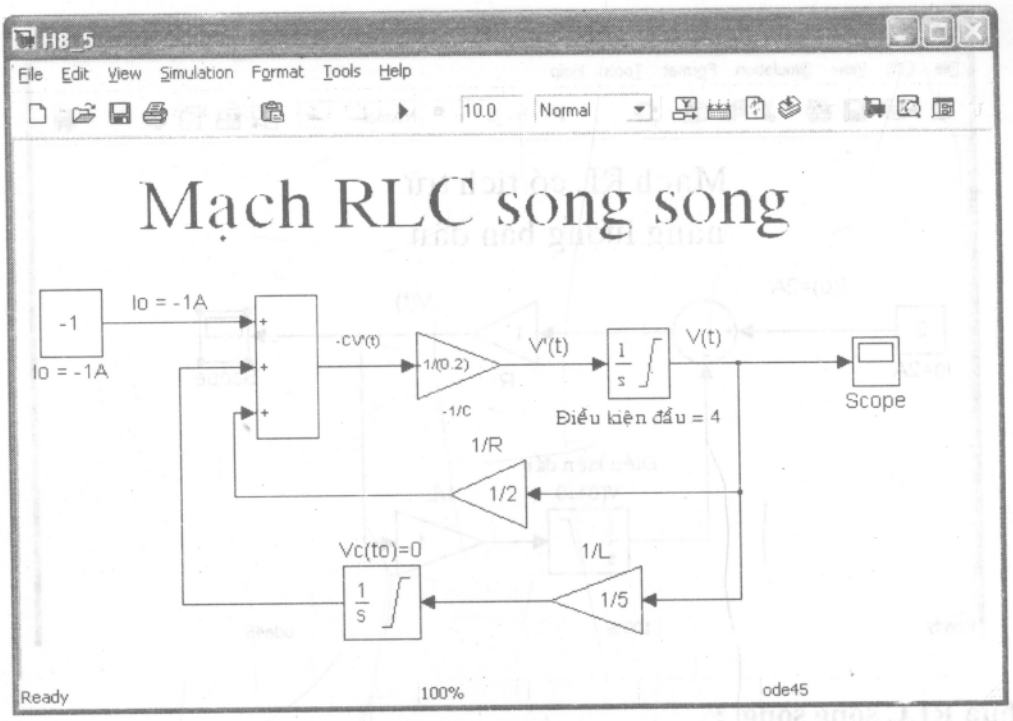
+*Giải :*

-Áp dụng KCL cho nút duy nhất :

$$\frac{1}{R}v(t) + \frac{1}{L}\int v(t)dt + i_L(0) + C\frac{d}{dt}v(t) = 0$$

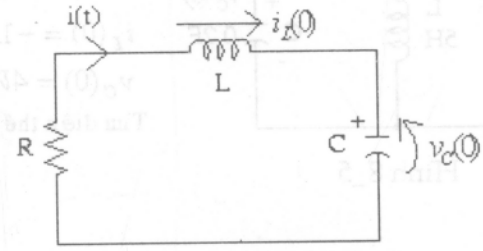
$$\Rightarrow \frac{d}{dt}v(t) = -\frac{1}{C}[\frac{V(t)}{R} + \frac{1}{L}\int v(t)dt + i_L(0)] \qquad (5)$$

Từ phương trình (5) , ta có :



8-4-Mạch chứa RLC nối tiếp :

Xét mạch điện hình 8_6



Hình 8_6

Cho mạch RLC nối tiếp như hình 8_6, biết

$R = 6\Omega,\ L = 1H,\ i_L(0) = 4A,\ v_C(0) = -4V,\ C = 0.04F$

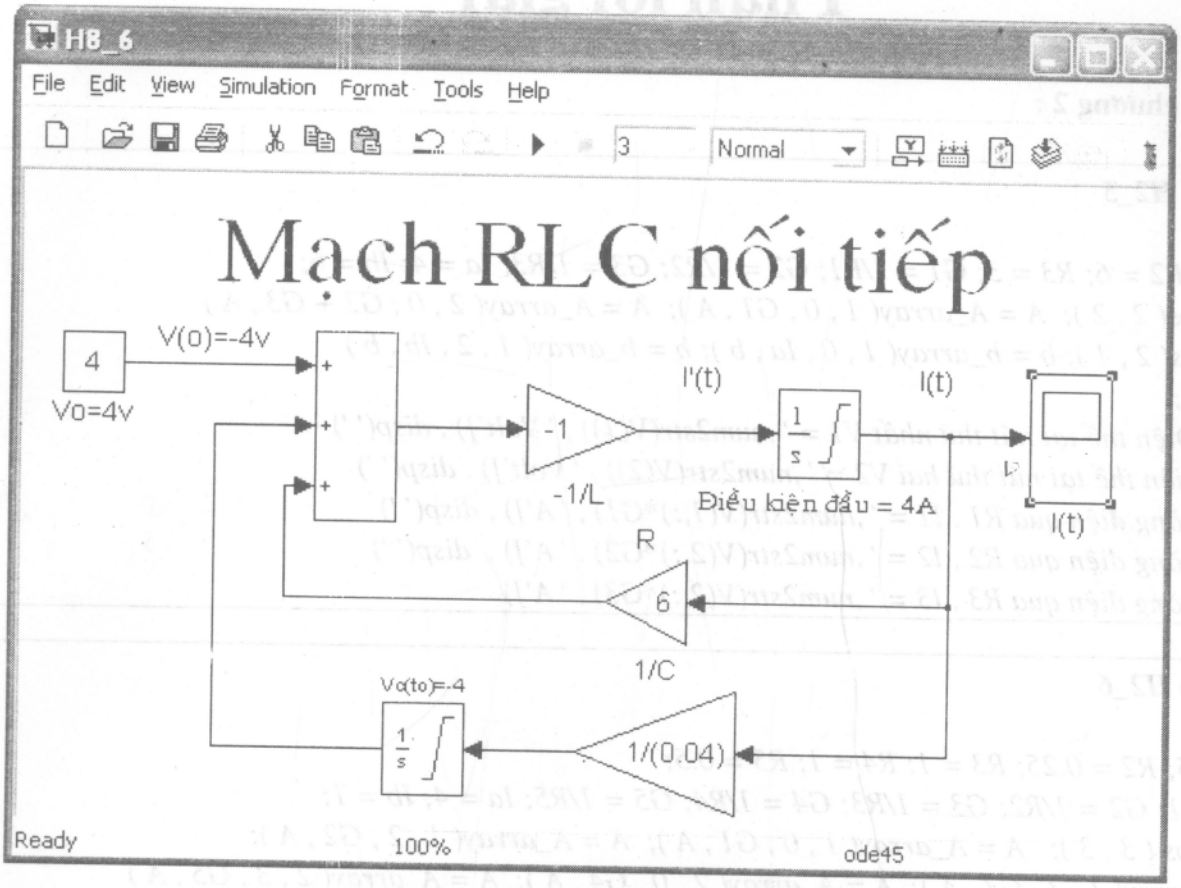
Tìm dòng điện i(t) và điện thế ngang hai đầu tụ C

+Giải :

-Áp dụng KCL cho nút duy nhất :

$$Ri(t) + L\frac{d}{dt}i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt + V(0) = 0 \Rightarrow \frac{d}{dt}i(t) = -\frac{1}{L}[Ri(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt + V(0)] \quad (6)$$

Từ phương trình (6) , ta có :



Phần lời giải

Lời giải chương 2 :

```
function H2_5
clc
R1 = 2; R2 = 6; R3 = 3; G1 = 1/R1; G2 = 1/R2; G3 = 1/R3; Ia = 4; Ib = 6;
A = zeros( 2 , 2 ); A = A_array( 1 , 0 , G1 , A ); A = A_array( 2 , 0 , G2 + G3 , A )
b = zeros( 2 , 1 ); b = b_array( 1 , 0 , Ia , b ); b = b_array( 1 , 2 , Ib , b )
V = A\b ;
 disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện qua R1 , I1 = ',num2str(V(1,:)*G1) , ' A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện qua R2 , I2 = ',num2str(V(2,:)*G2) , ' A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện qua R3 , I3 = ',num2str(V(2,:)*G3) , ' A'])
```

```
function H2_6
clc
R1 = 0.5; R2 = 0.25; R3 = 1; R4 = 1; R5 = 0.5;
G1=1/R1; G2 = 1/R2; G3 = 1/R3; G4 = 1/R4; G5 = 1/R5; Ia = 4; Ib = 1;
A = zeros ( 3 , 3 ); A = A_array( 1 , 0 , G1 , A ); A = A_array( 1 , 2 , G2 , A );
A = A_array( 1 , 3 , G3 , A ); A = A_array( 2 , 0 , G4 , A ); A = A_array( 2 , 3 , G5 , A )
b = zeros( 3 , 1 ); b = b_array( 0 , 1 , Ia , b ); b = b_array( 3 , 0 , Ib , b )
V = A\b ;
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(V(3)) , ' Volt'])
```

```
function H2_7
clc
R1 = 2; R2 = 2; R3 = 2; R4 = 1; R5 = 1;
G1 =1/R1; G2 = 1/R2; G3 = 1/R3; G4 = 1/R4; G5 = 1/R5; Ia = 2; Ib = 6;
A = zeros ( 3 , 3 ); A = A_array( 1 , 0 , G1 , A ); A = A_array( 1 , 2 , G2 , A );
A = A_array( 2 , 0 , G3 , A ); A = A_array( 2 , 3 , G4 , A ); A = A_array( 3 , 0 , G5 , A )
b = zeros( 3 , 1 ); b = b_array( 1 , 0 , Ia , b ); b = b_array(1 , 2 , Ib , b )
V = A\b;
 disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V3 = ',num2str(V(3)) , ' Volt']) , disp(' ')
```

```
function H2_8
clc
R1 = 2; R2  = 2; R3 = 1; R4 = 2; R5 = 1; R6 = 1;
G1 = 1/R1; G2 = 1/R2; G3 = 1/R3; G4 = 1/R4; G5 = 1/R5; G6 = 1/R6; Ia = 6; Ib = 2;
A = zeros( 3 , 3 );  A = A_array( 1 , 0 , G1 + G2 , A );  A = A_array( 1 , 2 , G3 , A );
A = A_array( 2 , 0 , G4 , A );  A = A_array( 2 , 3 , G5 , A );  A = A_array( 3 , 0 , G6 , A )
b = zeros( 3 , 1 );  b = b_array( 0 , 1 , Ia , b );  b = b_array( 2 , 1 , Ib , b )
V = A\b;
 disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(V(1)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(V(2)) , ' Volt']) , disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V3 = ',num2str(V(3)) , ' Volt']) , disp(' ')
```

```
function H2_9a
clc
G1 = 1; G2 = 1; G3 =1; G4 = 1; G5 = 1; G6 = 1; G7 = 1; G8 = 1; G9 = 1;
G10 = 1; G11 = 1; G12 = 1;
A = zeros( 7 , 7 );  A = A_array( 1 , 0 , G1 , A );  A = A_array(1 , 2 , G2 , A );
A = A_array(1 , 5 , G10 , A );  A = A_array( 2 , 3 , G3 , A );  A = A_array( 2 , 6 , G11 , A );
A = A_array( 3 , 0 , G4 , A );  A = A_array( 3 , 7 , G12 , A );  A = A_array( 4 , 0 , G9 , A );
A = A_array( 4 , 5 , G5 , A );  A = A_array( 4 , 7 , G8 , A );  A = A_array( 5 , 6 , G6 , A );
A = A_array( 6 , 7 , G7 , A )
b(: , 1) = b_array( 0 , 6 , 1 , zeros( 7 , 1 ) );  b(: , 2 ) = b_array( 0 , 2 , 1 , zeros( 7 , 1 ) );
b(: , 3 ) = b_array( 0 , 1 , 1 , zeros( 7 , 1 ) )
V = A\b;
disp('Trường hợp a '),disp(' ') ,
Va = V(: , 1 )
disp('') ,  disp('Trường hợp b '),disp(' ')
Vb = V (: , 2 )
disp(' ') ,  disp('Trường hợp c '),disp(' ')
Vc = V( : , 3)
```

```
function H2_9b
clc
R1 = 2; R2 = 1; R3 = 4; G1=1/R1;G2 =1/R2; G3 = 1/R3; Ia = 4; Ib = 8;
A = zeros ( 2 , 2 );
A = A_array( 1 , 0 , G1 , A );
A = A_array( 1 , 2 , G2 , A );
A = A_array( 2 , 0 , G3 , A )
b = zeros( 2 , 1 );
b = b_array( 0 , 1 , Ia , b );
b = b_array( 0 , 2 , Ib , b )
V = A\b;
disp(['Điện thế Vo = ',num2str(V(2)) , ' Volt'])
```

```
function H2_13a
clc
R1 = 3; R2 = 6 ; R3 = 1; R4 = 3; V1 = 24; V2 = 12;
A = zeros( 2 , 2 ); A = A_array( 1 , 0 , R1 , A );
A = A_array( 1 , 2 , R2 , A ); A = A_array( 2 , 0 , R3 + R4 , A )
b = zeros( 2 , 1 ); b = b_array(1 , 0 , -( V1 + V2 ) , b ); b = b_array( 2 , 0 , V2 , b )
I = A\b;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'mA']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'mA']) , disp(' ')
disp(['Điện thế Vo = ',num2str(I(2,:)*R4) , 'V'])
```

```
function H2_13b
clc
R1 = 2; R2 = 4; R3 = 2; R4 = 8; V1 = 24; V2 = 12;
A = zeros( 2 , 2 ); A = A_array(1 , 0 , R1 + R4 , A );
A = A_array(1 , 2 , R3 , A ); A = A_array( 2 , 0 , R2 , A )
b = zeros( 2 , 1 ); b = b_array(1 , 0 , V1 , b ); b = b_array(2 , 0 , V2 - V1 , b )
I = A\b;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Điện thế Vo = ',num2str((I(1,:)-I(2,:))*R3) , 'V'])
```

```
function H2_14a
clc
R1 = 1; R2 = 0.5; R3 = 1; R4 = 1/3; R6 = 1/3; R5 = 0.25; V1 = 6; V2 = 12;
A = zeros( 4 , 4 ) ; A = A_array( 1 , 0 , R1 , A ); A = A_array(1 , 2 , R3 , A );
A = A_array( 2 , 3 , R4 , A ); A = A_array( 3 , 0 , R5 , A );
A = A_array( 4 , 0 , R6 , A ); A = A_array(4 , 3 , R2 , A )
b = zeros( 4 , 1 ); b = b_array(1 , 0 , -V1 , b );
b = b_array( 2 , 0 , -V2 , b ); b = b_array( 4 , 0 , V2 , b ) , I = A\b;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I3 = ',num2str(I(3,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I4 = ',num2str(I(4,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Điện thế Vo = ',num2str(I(3,:)*R5) , 'V'])
```

```
function H2_14b
clc
R1 = 6e3; R2 = 3e3; R3 = 1e3; R4 = 4e3; R5 = 2e3; R6 = 3e3; R7 = 6e3; V1 = 72;
A = zeros( 3 ); A = A_array( 1 , 0 , R1 + R4 , A ); A = A_array( 3 , 0 , R2 + R3 , A );
A = A_array(1 , 2 , R6 , A ); A = A_array( 1 , 3 , R5 , A ); A = A_array( 2 , 3 , R7 , A )
b = zeros( 3 , 1 ); b = b_array(1 , 0 , -V1 , b )
I = A\b;
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(I(1,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I2 = ',num2str(I(2,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện I3 = ',num2str(I(3,:)) , 'A']) , disp(' ')
disp(['Điện thế Vo = ',num2str(I(3,:)*R3) , 'V'])
```

Lời giải chương 3 :

```
function H3_3a
clc
% Tạo A(4 x 4)
A = zeros( 4 ); A = A_array( 1 , 2 , 1 , A ); A = A_array( 2 , 0 , 1 , A );
A = A_array( 3 , 0 , 1/2 , A ); A = A_array( 3 , 4 , 1/2 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 1 , 0 , A ); %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 1 và 0 có nguồn độc lập 6v
A = A_Vsrc ( 6 , 3 , 2 , A ); %Thêm vào hàng 6 ,giữa nút 2 và 3 có nguồn độc lập -12v
A = A_Vsrc ( 7 , 4 , 0 , A ) %Thêm vào hàng 7 ,giữa nút 4 và 0 có nguồn độc lập 4v
%Tìm b(4 x 1)
b = zeros( 4 , 1 );
b( 5 , 1 ) = 6 ; %Thêm vào hàng 5 có nguồn 6V
b( 6 , 1 ) = 12; %Thêm vào hàng 6
b( 7 , 1 ) = 4 %Thêm vào hàng 7
Y = A\b; %Tìm nghiệm
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']) ,,disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 ngang qua nguồn điện thế độc lập V1 = ',num2str(Y(5,:)) , ' mA']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is2 ngang qua nguồn điện thế độc lập V2 = ',num2str(Y(6,:)) , ' mA']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is3 ngang qua nguồn điện thế độc lập V3 = ',num2str(Y(7,:)) , ' mA'])
```

```
function H3_3b
clc
G1 = 1; G2 = 2; G3 = 1; G4 = 3; G5 = 4; G6 = 3; Vs1 = 6; Vs2 = 4;
A = zeros( 4 ); A = A_array( 1, 2 , G1 , A ); A = A_array( 2, 0 , G3 , A ) ;
A = A_array( 2, 4 , G6 , A ); A = A_array( 3, 0 , G4 , A ); A = A_array( 3, 4 , G2 , A );
A = A_array( 4 ,0 , G5 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 1 , 0 , A ); %Thêm vào hàng 5 có nguồn Vs1
A = A_Vsrc ( 6 , 3 , 2 , A ); %Thêm vào hàng 6 có nguồn Vs2
%Tìm b
b = zeros( 4 , 1 );
b( 5 , 1 ) = Vs1; %Thêm vào hàng 5
b( 6 , 1 ) = Vs2; % Thêm vào hàng 6
Y = A\b;
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 = ',num2str(Y(5,:)) , ' A']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is2 = ',num2str(Y(6,:)) , ' A'])
```

```
function H3_3c
clc
A = zeros( 4 ); % Tạo A(4 x 4)
A = A_array( 1 , 2 , 1, A ); A = A_array( 2 , 0 , 1, A );
A = A_array( 3 , 0 , 1/2, A ); A = A_array( 3 , 4 , 1/2, A );
A = A_Vsrc ( 5 , 3 , 2 , A ) %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 3 và 2 có nguồn độc lập -12v
%Tìm b(4 x 1)
b = zeros( 4 , 1 ); b = b_array( 0 , 1 , 2 , b ); b = b_array( 4 , 0 , 3 , b );
b( 5 , 1 ) = 12 %Thêm vào hàng 5 có nguồn -12
Y = A\b; %Tìm nghiệm
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 ngang qua nguồn điện thế độc lập -12v = ',num2str(Y(5,:)) ,'mA']) , disp(' ')
```

```
function H3_3d
clc
R1 = 4 ; R2 = 12 ; R3 = 6 ; R4 = 2 ; R5 = 1 ; Va = 12 ;
A = zeros( 4 ); % Tạo A(4 x 4)
A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A ); A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A ); A = A_array( 3 , 0 , 1/R3 , A );
A = A_array( 3 , 4 , 1/R4 , A ); A = A_array( 4 , 0 , 1/R5 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 2 , 3 , A ) %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 2 và 3 có nguồn độc lập Va
b = zeros( 5 , 1 ); %Tìm b(5 x 1)
b( 5 , 1 ) = Va %Thêm vào hàng 5 có nguồn Va
Y = A\b; %Tìm nghiệm
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']) , disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 ngang qua nguồn điện thế độc lập 12v = ',num2str(Y(5,:)) , ' A']) , disp(' ')
```

```
function H3_3e
clc
R1 = 2 ; R2 = 4 ; R3 = 2 ; R4 = 3 ; R5 = 4 ; R6 = 2 ; Va = 48 ;
% Tạo A(4 x 4)
A = zeros( 4 ); A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A ); A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A );
A = A_array( 2 , 3 , 1/R3 , A ); A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );
A = A_array( 3 , 4 , 1/R5 , A ); A = A_array( 4 , 0 , 1/R6 , A );
%Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 1 và 0 có nguồn độc lập Va
A = A_Vsrc ( 5 , 1 , 0 , A )
%Tìm b(5 x 1)
b = zeros( 5 , 1 );
%Thêm vào hàng 5 có nguồn Va
b(5,1) = Va
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
```

```
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 ngang qua nguồn điện thế độc lập 12v  = ',num2str(Y(5,:)) , ' A']) ,  disp(' ')
```

```
function H3_3f
clc
R1 = 4 ; R2 = 12 ; R3 =  6 ; R4 = 2 ; R5 = 3 ; R6 = 1 ; Va = 12 ; Vb = 24 ;
% Tạo A(4 x 4)
A = zeros( 4 );  A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A );  A = A_array( 2 , 0 , 1/R2  + 1/R3, A );
A = A_array( 2 , 3 , 1 /R3 , A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );  A = A_array( 3 , 4 , 1/R5 , A );
A = A_array( 4 , 0 , 1/R6 , A );
A = A_Vsrc ( 5, 1 , 0 , A ) %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 1 và 0 có nguồn độc lập Va
A = A_Vsrc ( 6 , 3 , 0 , A ) %Thêm vào hàng 6 ,giữa nút 3 và 0 có nguồn độc lập Vb
%Tìm b(5 x 1)
b =  zeros( 5 , 1 );
b( 5 , 1 ) = Va %Thêm vào hàng 5 có nguồn  Va
b( 6 , 1 )  = Vb %Thêm vào hàng 6 có nguồn  Vb
Y = A\b; %Tìm nghiệm
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']),  disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 ngang qua nguồn điện thế độc lập Va  = ',num2str(Y(5,:)) , ' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is2 ngang qua nguồn điện thế độc lập Vb  = ',num2str(Y(6,:)) , ' A'])
```

```
function H3_5a
clc
syms R1 R2  R3  Ia  h
A = sym(zeros( 2 ) ); %Tìm A(2 x 2)
%A= A_array(1,0,1/R1,A); Bỏ vì có dòng mà nó phụ thuộc có dòng I1
A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );  A = A_array( 2 , 0 , 1/R3 , A );
A = A_V_Isrc ( 3, 1 , 0 , R1  , 2 , 0 , h , A ) %Tìm hai phương trình thêm vào
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 4 , 1 ) );   b = b_array(0 , 1 , Ia , b );
Y = A\b; %Tìm các nghiệm
R1 = 2; R2 = 3; R3 = 5;  Ia = 4;  h  = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(Y(3,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(4,:)) , 'A'])
```

```
function H3_5b
clc
syms R1 R2  R3 R4 R5 R6 V1  Ia  h
%Tìm A(4 x 4)
A = sym(zeros( 4 ) );   A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A );
%A= A_array(1,4,1/R6,A); Bỏ vì có dòng phụ thuộc Ix
A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );   A = A_array( 2 , 0 , 1/R3 , A );
A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );  A = A_array( 3 , 4 , 1/R5 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 4 , 0 , A ); %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 4 và0 có nguồn độc lập V1
A = A_V_Isrc ( 6 , 1 ,  4 , R6 , 2 , 3 , h , A ) %Tìm hai phương trình thêm vào
b = sym(zeros( 7 , 1 ) );  b = b_array( 0 ,1 , Ia , b ); %Tìm ma trận b
b( 5 , 1 ) = V1 ; %Thêm vào hàng 5 có nguồn  V1  độc lập
Y = A\b; %Tìm các nghiệm V1,V2,V3,V4,I1,Ix,Is
R1 = 20; R2 = 5; R3 = 4; R4 = 10; R5 = 15 ; R6 = 2; Ia = 5;V1 = 10; h = 10; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(Y(5,:)) , ' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Ix = ',num2str(Y(6,:)) , ' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(7,:)) , ' A']), disp(' ')
```

```
function H3_5c
clc
syms R1 R2  R3  Ia h
%Tìm A(2 x 2)
A = sym(zeros(2));   A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A );    A = A_array( 2 , 0 , 1/R3 , A );
%A = A_array(1,2,1/R2,A); Bỏ vì có dòng I1
A = A_V_Isrc ( 3, 1 , 2 , R2 , 0 , 2 , h , A ) %Tìm hai phương trình thêm vào
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 4 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 1 , Ia , b );
Y = A\b; %Tìm các nghiệm
R1 = 1; R2 = 1; R3 = 1;  Ia = 4; h = 4; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(3,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is qua nguồn phụ thuộc = ',num2str(Y(4,:)) , 'A'])
```

```
function H3_5d
clc
syms R1 R2  R3 R4  Vs  h
A = sym(zeros(4)); %Tìm A(4 x 4)
A =  A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A ); A = A_array( 2 , 3 , 1/R2 , A );  A = A_array( 4 , 0 , 1/R4 , A );
%A = A_array(2,4,1/R3,A); Bỏ vì có dòng Ix là biến cần tìm
A = A_Vsrc ( 5 , 3 , 0 , A ); %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 3 và0 có nguồn độc lập Vs
```

```
A = A_V_Isrc ( 6 , 2 , 4 , R3 , 1 , 0 , h , A )  %Tìm hai phương trình thêm vào
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 7 , 1 ) );  b( 5 , 1 ) = Vs
Y = A\b; %Tìm các nghiệm
R1 = 2 ; R2 = 4; R3 = 2; R4 = 4; Vs = 12; h = 2;  %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế Vo = V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is qua nguồn độc lập Vs  = ',num2str(Y(5,:)) , 'mA']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Ix  = ',num2str(Y(6,:)) , 'mA']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 qua nguồn phụ thuộc  = ',num2str(Y(7,:)) , 'mA'])
```

```
function H3_5e
clc
syms R1 R2  R3  V  h
%Tìm A(3 x 3)
A = sym(zeros(3));  A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A );  A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A );
%A = A_array(3,0,1/R3,A); Bỏ vì có dòng Ix
A = A_Vsrc ( 4 , 3, 2 , A ); %Thêm vào hàng 4 ,giữa nút 3 và 2 có nguồn độc lập V
A = A_V_Isrc ( 5 , 3 , 0 , R3 , 1 , 0 , h , A ) %Phương trình cho nguồn phụ thuộc
b = sym(zeros( 6 , 1 ))  ;  b( 4 , 1 ) = V %Tìm ma trận b
Y = A\b; %Tìm các nghiệm  V1,V2,V3,Ix = Is, Is1
R1 = 2; R2 = 4; R3 = 2; V = 24; h = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is qua nguồn độc lập  = ',num2str(Y(4,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Ix  = ',num2str(Y(5,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is1 qua nguồn phụ thuộc  = ',num2str(Y(6,:)) , 'A'])
```

```
function H3_9a
clc
syms R1 R2  R3 R4  Ia e
%Tìm A(3 x 3)
A = sym(zeros(3));  A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A );   A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );
A = A_array( 2 , 3 , 1/R3 , A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );
A = A_V_Vsrc ( 4 , 2 , 1 , 1 , 0 , e , A ) %Tìm phương trình thêm vào cho nguồn phụ thuộc
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 4 , 1 ) );   b = b_array( 0 , 2 , Ia , b )
Y = A\b; %Tìm các nghiệm V1,V2,V3,Is
R1 = 1e+3; R2 = 1e+3 ; R3 = 1e+3; R4 = 1e+3; Ia = 2e-3;  e = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
```

```
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(4,:)) , 'A'])
```

```
function H3_9b
clc
syms R1 R2  R3 R4  Ia V e
%Tìm A(4 x 4)
A = sym(zeros(4));  A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A );  A = A_array( 2 ,0 , 1/R2 , A );
A = A_array( 3 , 4 , 1/R3 , A );  A = A_array( 4 , 0 , 1/R4 , A );
%Tìm phương trình thêm vào cho nguồn độc lập V
A = A_Vsrc ( 5, 1 , 0 , A ); %Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 1 và0 có nguồn độc lập V
A = A_V_Vsrc ( 6 , 1 , 2 , 3 , 2 , e ,  A ) %Tìm phương trình thêm vào cho nguồn phụ thuộc
b = sym(zeros( 6 , 1 ) );   b = b_array( 0 , 3 , Ia , b ); %Tìm ma trận b
b(5,1) = V %Cho nguồn V độc lập
Y = A\b; %Tìm các nghiệm V1,V2,V3,V4 và I,Is
R1 = 1e+3; R2 = 1e+3 ; R3 = 1e+3; R4 = 1e+3; Ia = 2e-3; V = 12; e = 2; %Thay các giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V4 = ',num2str(Y(4,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I = ',num2str(Y(5,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(6,:)) , 'A'])
```

```
function H3_12a
clc
syms gm R1   R2   R3   Ia
A = sym(zeros(2,2)); A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A ); A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );
A = A_array( 2 , 0 , 1/R3 , A )  A = A_I_Vsrc ( 3, 1 , 0 , 2 , 0 , gm , A )
b = sym(zeros( 3 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 1 , Ia , b )
Y = A\b;
gm = 2; R1 = 2;  R2 = 4;  R3 = 5;    Ia =  3;
Y =  eval(Y) ;
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc Ia = ',num2str(Y(3,:)) , 'A'])
```

```
function H3_12b
clc
syms gm R1   R2   R3  R4  Ia
A = sym(zeros(3)) ;  A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A );  A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );
A = A_array( 2 , 3 , 1/R3 , A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A )
A = A_I_Vsrc ( 4 , 1 , 0 , 0 , 3 ,  gm , A )
b = sym(zeros( 4 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 2 , Ia , b )
Y = A\b;
gm = 2 ; R1 = 1;  R2  = 1;  R3 = 2; R4 = 1;   Ia =  4;
Y =  eval(Y) ;
```

```
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc Ia = ',num2str(Y(4,:)) , 'A'])
```

```
function H3_12c
clc
syms gm R1  R2  R3  R4 Ib Va
A = sym(zeros(3));  A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A ) ; A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A );
 A = A_array( 2 , 3 , 1/R3 , A ); A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );  A = A_Vsrc( 4 , 1 , 2 , A )
A = A_I_Vsrc( 5 , 2 , 0 , 0 , 1 , gm , A )
b = sym(zeros( 5 , 1 ) );  b = b_array( 3 , 0 , Ib , b );  b(4,1)  =  Va
Y = A\b;
gm = 2; R1 = 4;  R2 = 2;  R3 = 6; R4 = 8;  Ib = 1;Va = 2;
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế V1 = ',num2str(Y(1,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V2 = ',num2str(Y(2,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Điện thế V3 = ',num2str(Y(3,:)) , ' V']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(4,:)) , 'A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc Ia = ',num2str(Y(5,:)) , 'A'])
```

```
function H3_13
clc
syms  R1 R2 R3 R4  Ia Ib Va gm
%Nút 1
A = sym(zeros( 4 , 4 ) );  A = A_array( 1 , 4 , 1/R1 , A );  A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );
A = A_array( 2 , 3 , 1/R3, A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );
%Thêm phương trình cơ bản cho nguồn độc lập Va
A = A_Vsrc ( 5 , 4 , 0 , A )
%Thêm phương trình cơ bản cho nguồn phụ thuộc
A = A_I_Vsrc( 6 , 2 , 3 , 2 , 0 , gm , A )
% Tìm b
b = sym(zeros( 6 , 1) );  b = b_array( 2 , 1 , Ia , b );  b = b_array( 0 , 3 , Ib , b );  b(5,1) = Va
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R1 = 2; R2 = 1 ; R3 = 0.5;   R4 = 1;   Ia = 4;Ib = 5;Va = 10; gm = 3; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y)
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ tư V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua nguồn độc lập = ',num2str(Y(5)) , ' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua nguồn phụ thuộc = ',num2str(Y(6)) , ' A'])
```

```
function H3_14
clc
syms gm gpi go gmu Gc1 Gc2 Ge2 Gf2 Ia
%Nút 1
A = sym(zeros(4,4)); A = A_array( 1 , 0 , gpi , A );
A = A_array( 1 , 2 , gmu , A ); A = A_array( 1 , 3 , Gf2 , A );
%Nút 2
A = A_array( 2 , 0 , Gc1 , A ); A = A_array( 2 , 3 , gpi , A ); A = A_array( 2 , 4 , gmu , A );
%Nút 3
A = A_array( 3 , 0 , Ge2 , A ); A = A_array( 3 , 4 , go , A );
%Nút 4
A = A_array( 4 , 0 , Gc2 , A );
%nguồn phụ thuộc thứ 1
A = A_I_Vsrc( 5 , 1 , 0 , 2 , 0 , gm , A ) ;
%nguồn phụ thuộc thứ 2
A = A_I_Vsrc( 6 , 2 , 3 , 4 , 3 , gm , A )
% Tìm b
b = sym(zeros( 6 , 1 ) ); b = b_array( 0 , 1 , Ia , b )
Y = A\b; %Tìm nghiệm
gm = 40e-3; gpi = 1/2.5e3; go = 1/100e3; gmu = 1/1e7; Gc1 = 1/10e3; Gc2 = 1/8e3;
Ge2 = 1/1.3e3; Gf2 = 1/10e3; Ia = 1e-3; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ tư V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc thứ nhất = ',num2str(Y(5)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện phụ thuộc thứ hai = ',num2str(Y(6)) , ' Volt'])
```

```
function H3_16a
clc
syms R1 R2 R3 R4 R5 Ia F
A = sym(zeros(3,3)); A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 , A );
%A=A_array(1,2,1/R2,A); Bỏ đ hàng này vì có chứa biến Io
A = A_array( 2 , 0 , 1/R3, A ); A = A_array( 2 , 3 , 1/R4 , A ); A = A_array( 3 , 0 , 1/R5 , A );
A = A_I_Isrc( 4 , 1 , 2 , R2 , 2 , 3 , F , A) %Xác định phương trình căn bản
b = sym(zeros( 4 , 1 ) ); b = b_array( 0 , 1 , Ia , b ) %Tìm b(4,1)
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R1 = 1; R2 = 2 ; R3 = 4; R4 = 2; Ia = 2; R5 = 6 ; F = 2; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(4)) , ' Ampe'])
```

```
function H3_16b
clc
syms R1 R2 R3 R4 Va Vb F
A = sym(zeros(4));
%A=A_array(1,2,1/R1,A); % Bỏ vì có dòng Ix
A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A );  A = A_array( 3, 4 , 1/R3 , A );  A = A_array( 4 , 0 , 1/R4 , A );
A = A_Vsrc (5 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc ( 6 , 3 , 2 , A ); %Phương trình căn bản cho Vb
A = A_I_Isrc( 7 , 1 , 2 , R1 , 3 , 0 , F , A ) %Xác định phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc
b = sym(zeros( 7 , 1 ) );  b( 5 , 1 ) = Va;  b( 6 , 1 ) = Vb %Tìm b(7,1)
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R1 = 1; R2 = 1 ; R3 = 1;   R4 = 1; Va = 6;  Vb = 12 ; F = 1; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y)
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua Va = ',num2str(Y(5)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua Vb = ',num2str(Y(6)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(7)) , ' Ampe'])
```

```
function H3_16c
clc
syms R1 R2 R3 R4 Ia F
A = sym(zeros(2));
% A=A_array(1,0,1/R1,A); Bỏ hàng này vì có chứa dòng Io
A = A_array( 1 , 2 , 1/R2 , A );  A = A_array( 2 , 0 , 1/R3 + 1/R4 , A );
%Phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc
A = A_I_Isrc( 3 , 1 , 0 , R1 , 1 , 2 , F , A )
b = sym(zeros( 3 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 1 , Ia , b )
Y = A\b;
 R1 = 1; R2 = 2; R3 = 4; R4 =2; Ia = 2; F = 2;
 Y = eval(Y);
 disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(3)) , ' Ampe'])
```

```
function H3_16d
clc
syms R1 R2 R3 R4   Va F
A = sym(zeros(3));
%A=A_array(1,2,1/R1,A); %loại vì có Is là dòng mà nó phụ thuộc
A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A );  A = A_array( 2 , 3 , 1/R3 , A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );
A = A_Vsrc ( 4 , 1 , 0 , A );%Thêm vào hàng 4 ,giữa nút 1 và 0 có nguồn độc lập V
%Thêm vào hàng 5 ,giữa nút 2 và 1 có nguồn mà nó phụ thuộc
A = A_I_Isrc( 5 , 2 , 1 , R1 , 0 , 3 , F , A )
%Tìm b
```

```
b = sym(zeros( 5 , 1 ) );  b(4,1) = Va
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R1  = 1; R2 = 2; R3 = 2; R4 = 1; Va = 12; F = 2;
Y = eval(Y);
 disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(4)) , ' Ampe']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Io = ',num2str(Y(5)) , ' Ampe'])
```

```
function H3_18a
clc
syms G1 G2 Gs  Ge1  Gl Vs E F
A = sym(zeros(5));  A = A_array( 1 , 2 , Gs , A );  A = A_array( 2 , 3 , G1 , A );
A = A_array( 4 , 0 , Ge1 , A ) ; A = A_array( 5 , 4 , G2 , A );  A = A_array( 5 , 0 , Gl , A );
A = A_Vsrc ( 6 , 1 , 0 , A ); %Thêm vào hàng 6 ,giữa nút 1 và0 có nguồn độc lập Vs
%Thêm vào hàng 7 giữa nút 3 và 4 có nguồn điện thế phụ thuộc
A = A_V_Vsrc( 7 , 5 , 4 , 3 , 4 , E , A );
A = A_I_Isrc( 7 , 3 , 0 , 0 , 5 , 4 , F , A )     %Cộng vào hàng 7 hệ số F
%Tìm b
b = sym(zeros( 7 , 1 ) );  b(6,1) = Vs;  b(7,1) = 0
Y = A\b; %Tìm nghiệm
G1 = 1; G2  = 1/100; Gs = 1;  Ge1 = 1;  Gl = 0.2; Vs = 1; E = 1e-3;  F = 50;
Y = eval(Y);
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ tư V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ tư V5 = ',num2str(Y(5)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện Is = ',num2str(Y(6)) , ' A']), disp(' ')
disp(['Dòng điện I1 = ',num2str(Y(7)) , ' A'])
```

```
function H3_18b
clc
syms R1 R2 R3 R4 Va Vb F
A = sym(zeros(4)); A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A );  A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 , A );
A = A_array( 3 , 4 , 1/R3 , A ); A = A_array( 4 , 0 , 1/R4 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Va
A = A_Vsrc ( 6 , 3 , 2 , A ); %Phương trình căn bản cho Vb
%Xác định phương trình căn bản cho nguồn phụ thuộc
A = A_I_Isrc( 6 , 3 , 2 , 0 , 3 , 0 , F , A )
b = sym(zeros( 6 , 1 ) );  b(5,1) = Va;  b(6,1) = Vb %Tìm b
Y=A\b; %Tìm nghiệm
R1 = 1; R2 = 1 ; R3 = 1;   R4 = 1; Va = 6;  Vb = 12 ; F = 1; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y)
disp(['Điện thế tại nút thứ nhất V1 = ',num2str(Y(1)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ hai V2 = ',num2str(Y(2)) , ' Volt']), disp(' ')
```

```
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V3 = ',num2str(Y(3)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Điện thế tại nút thứ ba V4 = ',num2str(Y(4)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua Va = ',num2str(Y(5)) , ' Volt']), disp(' ')
disp(['Dòng điện qua Vb = ',num2str(Y(6)) , ' Volt'])
```

```
function H3_21a
clc
syms R1  R2  Vin1   Vin2 Vin3 Vin4
%Xác định ma trận A
A = sym(zeros(6)); A = A_array( 1 , 5 , 1/R1 , A ); A = A_array( 2 , 5 , 1/R1 , A );
A = A_array( 3 , 5 , 1/R1 , A ); A = A_array( 4 , 5 , 1/R1 , A ); A = A_array( 5 , 6 , 1/R2 , A );
%Bốn phương trình căn bản cho hai ngõ vào
A = A_Vsrc ( 7 , 1 , 0 , A ); A = A_Vsrc ( 8 , 2 , 0 , A );
A = A_Vsrc ( 9 , 3 , 0 , A ); A = A_Vsrc ( 10 , 4 , 0 , A );
A=A_OpAmp( 11 ,  0 ,  5  , 6 ,  A ) %Phương trình căn bản cho Op_Amp
b =sym(zeros( 11 , 1 ) ); %Xác định ma trận b
b(7,1) = Vin1; b(8,1) = Vin2; b(9,1) = Vin3; b(10,1) = Vin4
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = simple(Y(6)); %Điện thế ra
disp(['Điện thế ngõ ra Vout = ', ' ', char(Vout)])
%Độ lợi khuếch đại
V1 = Y( 1 ); V2 = Y( 2 ); V3 = Y( 3 ); V4 = Y( 4 );
Av =  simple(Vout/( V1 + V2 + V3 + V4 ) );
disp(['Độ lợi khuếch đại Av = ', ' ', char(Av)])
```

```
function H3_21b
clc
syms R1  R2  Vin1   Vin2 Vin3 Vin4
%Xác định ma trận A
A = sym(zeros(7)); A = A_array( 1 , 5 , 1/R1 , A ) ;
A = A_array( 2 , 5 , 1/R1 , A ); A = A_array( 3 , 5 , 1/R1 , A ); A = A_array( 4 , 5 , 1/R1 , A );
A = A_array( 6 , 0 , 1/R1 , A ); A = A_array( 6 , 7 , 1/R2 , A );
%Bốn phương trình căn bản cho hai ngõ vào
A = A_Vsrc ( 8 , 1 , 0 , A ); A = A_Vsrc ( 9 , 2 , 0 , A );
A = A_Vsrc ( 10 , 3 , 0 , A ); A = A_Vsrc ( 11 , 4 , 0 , A );
A = A_OpAmp( 12 ,  5 , 6  , 7 ,  A ) %Phương trình căn bản cho Op_Amp
%Xác định ma trận b
b = sym(zeros( 12 , 1 ) ); b( 8 , 1 ) = Vin1; b( 9 , 1 ) = Vin2; b( 10 , 1 ) = Vin3; b( 11 , 1 ) =
Vin4
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = simple(Y(7)); %Điện thế ra
disp(['Điện thế ngõ ra Vout = ', ' ', char(Vout)])
%Độ lợi khuếch đại
V1 = Y( 1 ); V2 = Y( 2 ); V3 = Y( 3); V4 = Y( 4 ) ;
Av =  simple(Vout/( V1 + V2 + V3 + V4 ) );
disp(['Độ lợi khuếch đại Av = ', ' ', char(Av)])
```

```
function H3_21c
clc
syms R1  R2 R3 R4 R5 R6   Vin1   Vin2   Vout   R2 = R1;  R4 =  R3;
A = sym(zeros( 7 ) );
%OpAm  1
A = A_array( 1 , 4 , 1/R1 , A );  A = A_array( 4 , 5 , 1/R3 , A );
A = A_array( 2 , 3 , 1/R2 , A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/R4 , A );
%OpAm  2
A = A_array( 5 , 6 , 1/R5 , A );  A = A_array( 6 , 7 , 1/R6 , A );
A = A_Vsrc ( 8 , 1 , 0 , A );  A = A_Vsrc ( 9 , 2 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho hai ngõ vào
%Phương trình căn bản cho hai Op_Amp
A = A_OpAmp( 10 , 3 , 4 , 5 ,  A );  A = A_OpAmp( 11 , 0 ,  6  , 7 ,  A )
b = sym(zeros( 11 , 1 ) );  b( 8 , 1 )  = Vin1;  b( 9 , 1)   = Vin2;
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = simple(Y(7)); %Điện thế ra
disp(['Điện thế ngõ ra Vout = ', blanks(1), char(Vout)])
%Độ lợi khuếch đại
V1 = Y( 1 );
V2 = Y( 2 );
Av =  simple(Vout/( V1 - V2 ) );
disp(['Độ lợi khuếch đại Av = ', ' ', char(Av)])
```

```
function H3_21d
clc
syms   R  a    Vs
A = sym(zeros(6));
A = A_array( 1 , 2 , 1/R , A );  A = A_array( 2 , 3 , 1/( a*R ) , A );
A = A_array( 2 , 5 , 1 / ( ( 1 - a ) * R ) , A );  A = A_array( 3 , 4 , 1/R , A );
A = A_array( 4 , 5 , 1/R , A );  A = A_array( 5 , 6 , 1/R , A);
%Phương trình căn bản cho Vs
A = A_Vsrc ( 7 , 1 , 0 , A );
%Phương trình căn bản cho hai Op_Amp
A = A_OpAmp( 8 ,  0 , 3 , 4 , A );
A = A_OpAmp( 9, 0 , 5 , 6 , A )
b = sym(zeros( 9 , 1 ) );
b(7,1) = Vs
```

Lời giải chương 4 :

```
function H4_14
clc
syms R1  R2  R3  C s  Vs  t
Zr1 = R1; Zr2 = R2; Zr3 = R3;  Zc = 1/( C*s);
%Tìm A
A = sym(zeros(2));
A = A_array( 1 , 0 , Zr1 + Zc , A );
A = A_array( 1 , 2 , Zc , A );
```

```
A = A_array( 2 , 0 , Zr2 + Zr3 , A )
%Tìm b
b = sym(zeros( 2 , 1 ) );
b = b_array( 1 , 0 , -Vs , b )
Y = A\b; %Tìm nghiệm
%Thay giá trị vào
R1 = 6e3 ; R2 = 4e3 ;
R3 = 8e3 ; C = 100e-6 ;
Vs = laplace(9*t*(heaviside( 1 - t ) ))
Y  = eval(Y);
I2 =  Y(2); %Tìm I2(s)
Vos  = I2* R3; %Nghiệm Vo(s)
Vot = ilaplace(Vos); %Tìm nghiệm theo thời gian v(t)
Vot =  vpa(Vot,2) %Đơn giản biểu thức
```

```
function H4_16
clc
syms R  L s  C h t
Zl = ( L*s );  Zc = 1/(  C*s );
Vs = laplace( 12*( heaviside( t ) ))
A = sym(zeros(2));   A = A_array( 1 , 0 , 1/R , A );   A = A_array( 2 , 0 , 1/Zc , A );
A = A_Vsrc ( 3 , 2 , 0 , A ) %Phương trình căn bản cho Va
%Xác định phương trình căn bản cho nguồ phụ thuộc
A = A_I_Isrc( 4 , 1 , 2 , Zl , 0 , 1 , h , A )
%Tìm b
b = sym(zeros( 4 , 1 ) );   b( 3 , 1 ) = Vs
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R = 2;  L = 2;  C = 1/2; h = 2; %Thay giá trị vào
V1 = eval(Y(1) );
V1 = ilaplace( V1 ); %Tìm nghiệm trong miền thời gian
disp(['Điện thế ra trong miền thời gian Vot = ',' ', char(V1)])
fplot(char( V1 ) , [ 0 , 20 ] ) , grid %Vẽ hình
title('Đáp ứng ngõ ra','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
xlabel('Miền thời gian','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
ylabel('Biên độ','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

```
function H4_17a
clc
syms t s R  L
Vin = 100*sin( 500*t );  Z = s*L; %biến đổi laplace mạch điện , ta có :
Vs = laplace( Vin )
A = sym(zeros( 1 ) );  A = A_array( 1 , 0 , R + Z , A )
b = sym(zeros( 1 , 1 ) );  b = b_array( 1 , 0 , -Vs , b )
Y = A\b;
R = 5; L= 0.01;
Y = eval( Y );
I = ilaplace( Y ); I = vpa( I , 3 )
```

```
function H4_17b
clc
syms R1  R2  L s  C  t
%biến đổi laplace mạch điện , ta có :
Zl =  ( L*s );  Zc = 1/(  C*s );  Vin = 100*sin( 500*t );  Vs = laplace( Vin )
A =  sym(zeros(2));  A=A_array( 1 , 0 , R1 , A );  A=A_array( 1 , 2 , Zc , A );
A = A_array( 2 , 0 , R2 + Zl , A )
b = sym(zeros( 2 , 1 ) );   b = b_array( 1 , 0 , -Vs , b )
Y = A\b;
R1 = 5;  R2 = 5; L= 2;C = 2;
Y = eval( Y );  I = ilaplace( Y );
I =  vpa( I , 3 )
```

```
function H4_18
clc
syms t s R1 R2  L C
Vs = laplace( 4*( heaviside( t ) ));  Zc = 1/( s*C );  ZL = s*L;
VL = 1;  Vc = 1/s;
A = sym(zeros(2)); A = A_array( 1 , 0 , R1 + ZL , A );  A = A_array( 1 , 2 , ZL , A );
A = A_array( 2 , 0 , R2 + Zc , A )
b = sym(zeros( 2 , 1 ) );  b = b_array( 1 , 0 , -( VL + Vs ) , b );  b = b_array( 2 , 0 , VL + Vc , b )
Y = A\b;
Vos = Y(2)*Zc + Vc;
R1 = 1; R2 = 1; L =  1; C =  0.5;
Vos = eval(Vos)
Vot = ilaplace(Vos);
Vot = simple(vpa(Vot,2))
```

```
function H4_18c
clc
syms t s R1 R2  C1  C2 C3  g
Zc1 = 1/(s*C1);  Zc2 = 1/(s*C2);  Zc3 = 1/(s*C3);
Ias = laplace((heaviside(t)))
%Tìm A
A = sym(zeros(2));  A = A_array( 1 , 0 , 1/R1 + 1/Zc1 , A );
A = A_array( 1 , 2 , 1/Zc2 , A );  A = A_array( 2 , 0 , 1/R2 + 1/Zc3 , A );
A = A_I_Vsrc ( 3, 1 , 0 , 2 , 0 , g , A ) %Tạo phương trình căn bản
b = sym(zeros( 3 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 1 , Ias , b )
Y = A\b;
R1 = 1; R2 = 1; C1 =  1; C2 =  1; C3 =  1; g =2;
Y = eval(Y); V2s = Y(2)
V2t = ilaplace(V2s);  Vot = simple(vpa( V2t , 2 ) )
```

```
function H4_26a
clc
syms Zr1 Zr2 Zr3 Zr4  ZL1 ZL2  ZC1 ZC2   w  t  pha biendo
Vs  =  biendo*exp(i*pha) %Đổi điện thế Va sang dạng phức a + jb
%Áp dụng KVL tìm ma trận A
A = sym(zeros(3,3));  A = A_array( 1 , 0 , Zr1 , A );  A = A_array( 1 , 2 , ZC1 , A );
A = A_array( 2 , 0 ,  Zr2 + ZL1 , A );  A = A_array( 2 , 3 , Zr3, A ) ;
A = A_array( 3 , 0 , Zr4 + ZL2 + ZC2 , A )
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 3 , 1 ) ); b = b_array( 0 , 1 , Vs , b );
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Zr1 = 10; Zr2 = 5; Zr3 = 4; Zr4 = 8; ZL1 = 2*j;  ZL2 = 5*j; %Thay giá  trị vào
ZC1  = -5*j ; ZC2  = -2*j ;  w =2*pi*50;  pha  = 100*pi/180;  biendo = 90;
Y =  eval(Y);
Io = Y(2)-Y(3);
bdIo = abs(Io); % Tính biên độ
gocIo = angle(Io)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Biểu diễn trong miền tần số  Io =  ',blanks(1), num2str(bdIo),' ' , ...
        ' -> ',num2str(gocIo)]), disp(' ')
Io = vpa(bdIo*cos(w*t+gocIo),4); %Trong miền thời gian
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Io =  ',blanks(1), char(Io)]), disp(' ')
```

```
function H4_26b
clc
syms Zr1 Zr2 Zr3 ZL1 ZL2  ZC  w  t  pha biendo
V = biendo*exp(i*pha) %Đổi điện thế Va sang dạng phức a + jb
%Áp dụng KVL tìm ma trận A
A = sym(zeros( 3 , 3 ) );  A = A_array( 1 , 0 ,  Zr1 + ZL1 , A );  A = A_array( 1 , 2 ,  Zr2 , A );
A = A_array( 2 , 3 ,  ZC , A );  A = A_array( 3 , 0 ,  Zr3 + ZL2 , A );
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 3 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 2 , V, b );
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Zr1 = 2; Zr2 = 1;Zr3 = 2; ZL1 =2*j; ZL2 =2*j; ZC  = -1*j ; %Thay giá  trị vào
w =2*pi*50;  pha  = 0*pi/180;  biendo = 24;
Y =  eval(Y);
Vo = Y( 3 )* Zr3;
bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Biểu diễn trong miền tần số  Vo =  ', blanks(1), num2str(bdVo),blanks(1) , ...
        ' -> ',num2str(gocVo)]), disp(' ')
Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4);   %Trong miền thời gian
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo =  ', blanks(1), char(Vo)]), disp(' ')
```

```
function H4_26c
clc
syms Zr1 Zr2 Zr3 ZL1 ZL2  ZC  w  t  phaV biendoV phaI biendoI
Va = biendoV*exp(i*phaV) %Đổi điện thế Va sang dạng phức a + jb
Ia = biendoI*exp(i*phaI) %Đổi điện thế Ia sang dạng phức a + jb
A = sym(zeros(4));  A = A_array( 1 , 0 , 1/ Zr1 , A );  A = A_array( 1 , 2 , 1/ZL1 , A );
A = A_array( 2 , 3 , 1/Zr2 , A );  A = A_array( 3 , 0 ,  1/ZC , A );  A = A_array( 3 , 4 ,  1/ZL2 , A );
A = A_array( 4 , 0 ,  1/1/Zr3 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 1 , 0 , A ) %Phương trình căn bản cho Va
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 5 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 2 , Ia , b );  b( 5 , 1 ) = Va
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Zr1 = 1; Zr2 = 1;Zr3 = 1; ZL1 =2*j; ZL2 =2*j; ZC  = -1*j ; %Thay giá  trị vào
w =2*pi*50;  phaV  = 45*pi/180;  biendoV = 2; phaI  = 0*pi/180;  biendoI = 4;
Y =  eval(Y); Vo = Y(4);
bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Biểu diễn trong miền tần số  Vo =  ',' ', num2str(bdVo),blanks(1) , ' -> ',num2str(gocVo)])
disp(' ')
Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4); %Trong miền thời gian
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo =  ', blanks(1), char(Vo)]), disp(' ')
```

```
function H4_26d
clc
syms Zr1 Zr2 Zr3 Zr4 Zr5  ZL  ZC  w  t  pha biendo
Ia = biendo*exp(i*pha) %Đổi dòng điện Ia sang dạng phức a + jb
%Áp dụng KCL tìm ma trận A
A = sym(zeros(4));  A = A_array( 1 , 0 , (1/Zr1) , A );  A = A_array( 1 , 2 ,  1/Zr2 , A );
A = A_array( 1 , 3 , 1/ZL , A ); A = A_array( 2 , 0 , 1/Zr3, A );  A = A_array( 2 , 3 , 1/Zr4 , A );
A = A_array( 3 , 4 , 1/ZC , A );  A = A_array( 4 , 0 , 1/Zr5 , A )
%Tìm ma trận b
b = sym(zeros( 4 , 1 ) );  b = b_array( 0 , 2 , Ia, b);
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Zr1 = 6; Zr2 = 2 ; Zr3 = 2; Zr4 = 2;  Zr5 = 1; ZL = 3*j;  ZC  = -1*j ; %Thay giá trị vào
w =2*pi*50;  pha  = 0*pi/180;  biendo = 12;
Y =  eval(Y);
Vo = Y(4);
bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
disp(['Biểu diễn trong miền tần số  Vo =  ',  blanks(1), num2str(bdVo), blanks(1) , ...
        ' -> ',num2str(gocVo)]), disp(' ')
Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4); %Trong miền thời gian
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo =  ', blanks(1), char(Vo)]), disp(' ')
```

```
function ve_bode
clc
num = input('Vào tử số hàm truyền : ' ) ;
den = input('Vào mẫu số hàm truyền : ' ) ;
logw =  input('Vào giá trị log(w) : ' ) ;
E =  input('Vào hàm trễ : ' ) ;
g =  tf(num  , den,'inputdelay',E)
zpk(g)
bode( g , [ logw( 1 ) : logw( 2 ) ] ) , grid
```

Lời giải chương 5 :

```
function H5_4a
clc
syms  ZL1 ZL2  ZM  R1 R2  R3 Zc  w   pha biendo  t
Vin  = biendo*exp(i*pha); %Đổi điện thế Vin sang dạng phức a + jb
A = sym(zeros(4));
A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A ) ;
A = A_array( 3 , 4 , 1/( R2 + Zc ) , A );  A = A_array( 4 , 0 , 1/R3 , A );
A = A_Vsrc ( 5 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_LMsrc( 6 , 2 , 0 , 3 , 0 , ZL1 ,  ZL2 , ZM , A ) %Phương trình căn bản cho biến thế
b = sym(zeros( 7 , 1 ) );   b(5,1) = Vin
Y = A\b; %Tìm nghiệm
ZL1  = j*10 ; ZL2 = j*8 ;  ZM = j*1 ; R1 = 12 ;  R2 = 16;  %Thay giá trị vào
R3 = 4; Zc = -j*4;    w = 2*pi*50;
pha  = 0; biendo  = 220;
Y = eval(Y);
Vo = Y(4)
 bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
 gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
 disp(['Biểu diễn trong miền tần số  Vo =  ',' ', num2str(bdVo), blanks(1) , ' -> ',num2str(gocVo)]),
disp(' ')
%Trong miền thời gian
Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4);
disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo =  ', blanks(1) , char(Vo)]), disp(' ')
%Vẽ đồ thị
t = linspace(-2,2);
Vo = eval(Vo);
plot(t,Vo) , grid on
title('Đồ thị Vo','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
xlabel('Thời gian (s)','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
ylabel('Biên độ (vol) ','FontSize',15,'Fontname','VNI-Times','color','r')
```

```
function H5_4b
clc
syms  ZL1 ZL2  ZM  R1 R2 Zc  w   pha biendo  t
%Đổi điện thế Vin sang dạng phức a + jb
Vin  = biendo*exp(i*pha);
A = sym(zeros(3)); A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A );  A = A_array( 3 , 0 , 1/( R2 + Zc ) , A );
A = A_Vsrc ( 4 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_LMsrc( 5 , 2 , 0 , 3 ,  0 , ZL1 ,  ZL2 , ZM , A ) %Phương trình căn bản cho biến thế
b = sym(zeros( 6 , 1 ) ); b(4,1) = Vin
%Tìm nghiệm
Y = A\b;
ZL1  = j*4 ; ZL2 = j*4 ;  ZM = j*2 ; R1 = 2 ;  R2 = 2;  %Thay giá trị vào
Zc = -j*2;   w = 2*pi*50;
pha  = 0; biendo  = 220;
Y = eval(Y);
Vo = Y(4)
 bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
 gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
 disp(['Biểu diễn trong miền tần số  Vo =  ',blanks(1), num2str(bdVo), blanks(1) , ...
        ' -> ',num2str(gocVo)]), disp(' ')
 Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4); %Trong miền thời gian
 disp(['Biểu diễn trong miền thời gian  Vo =  ', blanks(1), char(Vo)]), disp(' ')
 %Vẽ đồ thị
 t = linspace(-2,2);
 Vo = eval(Vo);
 Vin = 220*cos(w*t);
 plot(t,Vo,t,Vin) , grid on
 legend( 'Vo' , 'Vin' )
```

```
function H5_11
% Giải với n = 2
clc
syms     R1  R2  R3  R4 C1 C2  n   w   pha biendo  t
Vin  = biendo*exp(i*pha); %Đổi điện thế Vin sang dạng phức a + jb
s = j*w;  Zc2 = 1/(s*C2);  Zc1 = 1/(s*C1);
A = sym(zeros(6));
A = A_array( 1 , 2 , 1/R1 , A );  A = A_array( 2 , 3 , 1/R3 , A ); A = A_array( 5 , 0 , 1/Zc1 , A );
A = A_array( 6 , 0 , 1/R2 , A ); A = A_array( 3 , 4 , 1/Zc2 , A ); A = A_array( 4 , 0 , 1/R4 ,A )
A = A_Vsrc ( 7 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_LTsrc( 8 , 2 ,  5 , 3 , 6 , n , A ) %Phương trình căn bản cho biến thế
%Tìm b
b = sym(zeros( 8 , 1 ) );  b( 7 , 1 ) = Vin
Y = A\b; %Tìm nghiệm
R1 =1 ; R2 = 1;R3 = 1;R4 = 0.5e3;  n = 2 ;C1 = 1e-6; C2 = 1000e-6;  %Thay giá trị vào
w = 2*pi*50; pha = 0; biendo = 12;
Y =  eval(Y);
Vo = Y(4); %Điện  thế Vo
```

```
bdVo = abs(Vo); % Tính biên độ
gocVo = angle(Vo)*180/pi ; % Tính pha
Vo = vpa(bdVo*cos(w*t+gocVo),4);
disp(['Điện thế ra Vo = ',' ', char(Vo),' (V)']), disp(' ')
```

function H5_14a

```
clc
syms   s  R1  R2   C
Vin =1;
Vsin = laplace(sym(Vin))  ,  Zc = 1/(s*C);
A = sym(zeros( 3 )); A = A_array( 1 , 2  , 1/R2 , A ); A = A_array( 2 , 3 , (1/R1) + (1/Zc) , A );
A = A_Vsrc ( 4 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_OpAmp( 5 ,  0 , 2 , 3 , A ) %Phương trình căn bản cho op-amp
%Tìm b
b = sym(zeros( 5 , 1 ) );  b( 4 , 1 ) = Vsin
Y = A\b %Tìm nghiệm
Vout = Y( 3 );
Av = Vout/Vsin  %Tìm hàm truyền đạt
Av= ilaplace( Av )
```

function H5_14b

```
clc
syms   s  R  C1 C2
Vin =1;
Vsin = laplace(sym(Vin))
Zc1 = 1/(s*C1);   Zc2 = 1/(s*C2);
A = sym(zeros(3)); A = A_array( 2 ,0 , 1/Zc1 , A );  A = A_array( 2 , 3 , (1/R) + (1/Zc2) , A );
A = A_Vsrc ( 4 , 1 , 0 , A ); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_OpAmp(5, 1, 2 ,3, A) %Phương trình căn bản cho op-amp
b = sym(zeros( 5 , 1 ) );   b( 4 , 1 ) = Vsin %Tìm b
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = Y(3);
Av = Vout/Vsin %Tìm hàm truyền đạt
```

function H5_15a

```
clc
syms   s  R1 R2 R3  C1 C2
Vin = 1; Vsin = laplace(sym(Vin)); Zc1 = 1/(s*C1);   Zc2 = 1/(s*C2);
A = sym(zeros(4)); A = A_array(1,2 ,1/R1,A);  A = A_array(2,0,1/R3,A);
A = A_array(2,3,1/Zc2,A); A = A_array(2,4,1/Zc1,A); A = A_array(3,4,1/R2,A);
A = A_Vsrc (5,1,0,A); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_OpAmp(6, 0, 3 ,4, A) %Phương trình căn bản cho op-amp
b = sym(zeros(6,1)); b(5,1) = Vsin %Tìm b
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = Y(4);
Av = Vout/Vsin; %Tìm độ lợi điện thế
R1 = 1e3;  R2 = 10e3;  R3 = 0.5e3; C1 = 0.1e-6 ; C2 = 0.1e-6 ;  %Thay giá trị vào
```

```
Av = eval(Av); Av = vpa(Av,2)
[num , den]= numden(Av)
num = -sym2poly(num); %Tách các hệ số của đa thức tử và mẫu
den = sym2poly(den);
bode(num,den) , grid
%Qua hình vẽ của Bode thì loại này là mạch lọc băng
```

```
function H5_15b
clc
syms s R1 R2 R3 C1 C2 C3 t
Vin =12*cos(t); Vsin = laplace(sym(Vin)); Zc1 = 1/(s*C1); Zc2 = 1/(s*C2); Zc3 = 1/(s*C3);
A = sym(zeros(5)); A = A_array(1,2 ,1/Zc1,A); A = A_array(2,3,(1/R1)+1/Zc2,A);
A = A_array(2,5,1/R3,A);A = A_array(3,4,1/R2,A);
A = A_array(4,5,1/Zc3,A);
A = A_Vsrc (6,1,0,A); %Phương trình căn bản cho Vin
A = A_OpAmp(7, 0, 2 ,3, A); %Phương trình căn bản cho op-amp 1
A = A_OpAmp(8, 0, 4 ,5, A) %Phương trình căn bản cho op-amp 2
b = sym(zeros(8,1)); b(6,1) = Vsin %Tìm b
Y = A\b; %Tìm nghiệm
Vout = Y(5);
Av = Vout/Vsin; %Tìm độ lợi điện thế
R1 = 100; R2 = 100; R3 = 100; C1 = 100e-6 ; C2 = 50e-6 ; C3 = 100e-6 ; %Thay giá trị vào
Av = eval(Av); %Av = vpa(Av,4)
[num , den]= numden(Av)
num = sym2poly(num); %Tách các hệ số của đa thức tử và mẫu
den = sym2poly(den);
bode(num,den); grid
%Qua hình vẽ của Bode thì loại này là mạch lọc băng
```

Lời giải chương 6 :

```
function H6_3a
clc
R = 2; C = 100e-6; V = 10; Tc = R*C;
It = dsolve( ' DIt + (1/Tc) * It = 0 ', ' It( 0 ) = V/R' )
%Vẽ hình
t = linspace( 0 , 5*Tc ); y = eval(It);
subplot(2,1,1),plot(t,y) , grid on
title('Mạch RC','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
xlabel('Trục thời gian t','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
ylabel('Dòng điện It','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
Vo = V - R*It , y = eval(Vo);
subplot(2,1,2), plot(t,y),grid on
xlabel('Trục thời gian t','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
ylabel('Điện thế vo(t)','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
```

```
function H6_3b
clc
R = 5; L = 2; V = 12; TL = L/R;
It = dsolve( ' DIt + (R/L) * It = V/L ' ,  ' It(0) = 0 ' )
%Ve hinh
t = linspace( 0 , 5*TL ); y = eval(It);
subplot( 2 , 1 , 1 ) , plot( t , y ) , grid on
title('Mạch RL','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
xlabel('Trục thời gian t','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
ylabel('Dòng điện It','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
Vo = R*It ,  y = eval(Vo);
subplot(2,1,2), plot(t,y),grid on
xlabel('Trục thời gian t','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
ylabel('Điện thế vo(t)','FontSize',15,'color','r','Fontname','VNI-Times')
```

```
function H6_6
clc
R1 = 3e+3; R2 = 4e+3 ; R3 = 2e+3 ;C = 100e-6; V = 12; Rth = R3+R2; Tc = Rth*C;
Vo = V* ( R3 + R2 ) /( R1  +  R2 + R3 );
Vt = dsolve( ' DVt + (1/Tc) * Vt = 0 ', ' Vt(0) = Vo ' )
Vot = Vt*sym( ' R3/( R2 + R3 ) ' )
t = linspace( 0 , 5*Tc );  Vt = eval(Vt);
Vot = eval(Vot);  plot( t , Vt , t , Vot ,'r' ) ,  grid on  legend( ' v(t) ' , ' vo(t) ' )
```

```
function H6_9
clc
R1 = 6; R2 = 12; L = 2; V = 12; Rth = (R1+R2);
TL = L/Rth ; Io1 = V/R2; Io2 = -Io1;
I1t = dsolve( ' DI1t + (1/TL) * I1t  = 0 ' , ' I1t(0) = Io1 ' ); %Tìm dòng điện i1(t)
I2t = dsolve( ' DI2t + (1/TL) * I2t = 0 ' ,' I2t(0) = Io2 ' ); %Tìm dòng điện i2(t)
%Vẽ hình
t = linspace( 0 , 5*TL );
y1 = eval( I1t );
y2 = eval( I2t );
plot( t , y1 , t , y2 ,'r' ), grid on ,  legend(char(sym(I1t)),char(sym(I2t)))
title(' Dòng điện i1(t)  và i2(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

```
function  H6_11
clc
R1 = 1; R2 = 2; R3 = 2; R4 = 2; Vs1 = 12; Vs2 = 8;
R = zeros(2);  R = A_array(1,0,R1+R2,R);  R = A_array(1,2,R3,R); R = A_array(2,0,R4,R);
Vs = zeros(2,1) ; Vs = b_array(1,0,-Vs1+Vs2,Vs); Vs = b_array(2,0,-Vs2,Vs);
I = R\Vs;
i1 = I(1 , : );    i2 = I( 2 , : );
Vc = i1*R2 + ( i1 - i2 ) * R3 + Vs2;
Vo = i2*R4;
RR = 1/R1 +1/(R2+R4);
```

```
Rth = 1/RR;
Tc = 2*Rth;    Vs1/(2*R1);
Vt = dsolve( ' DVt + (1/1.6)*Vt - 6 = 0 ', ' Vt(0) = 10 ' );  pretty(Vt)
Vo = Vt*R4/(R2+R4);  pretty(Vo)
t = linspace(0,10*Tc);  Vo = eval(Vo);
plot(t,Vo) , grid on ,  title('Điện thế Vo(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

```
function H6_15
clc
C = 0.04;
It = dsolve( ' D2It + 6*DIt + 25*It = 0 ',' DIt(0) = -20 ', ' It(0) = 4 ' );  pretty(It)
Vt = (1/C)*int(It);  pretty(Vt)
subplot( 2 , 1 , 1 ),  fplot(char(It) , [0 , 2 ] , 'r' ) ,  grid on
title('Dòng điện i(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
subplot( 2 , 1 , 2 ) , fplot( char(Vt) , [ 0 , 2 ]) ,  grid on
title('Điện thế v(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

```
function H6_16
R1 = 10; R2 = 8; L = 2; C = 1/8; Io = 1/2; Vco = 1;
Vt = dsolve( ' D2Vt + 6*DVt + 9*Vt = 0 ', ' DVt(0) = 3 ', ' Vt(0) = 1' );  pretty(Vt)
It = C*diff(Vt) + (1/R2)*Vt;  pretty(It)
subplot( 2 , 1 , 1 ) , fplot(char(It) , [ 0 , 3 ] ),  grid on
title('Dòng điện i(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
subplot( 2 , 1 , 2 ),  fplot(char(Vt) , [ 0 , 3 ] ) ,  grid on
title('Điện thế v(t)','FontSize',15,'color','r','FontName','VNI-Times')
```

Lời giải chương 7 :

```
function H7_3
syms Z1 Z2 Z3 Z4 Z5  Z6  Ia Ib
A = sym(zeros(4)); %Ma trận A
A = A_array(1,0,1/Z1,A);  A = A_array(1,2,1/Z2,A);  A = A_array(1,3,1/Z6,A);
A = A_array(2,0,1/Z3,A);  A = A_array(2,3,1/Z4,A;  A = A_array(3,4,1/Z5,A);
%Phương trình phân bố dòng
A = A_Phanbo (5,1,0,Z1,A);%Dòng điện  I1
A = A_Phanbo (6,1,2,Z2,A); %Dòng điện  I2
A = A_Phanbo (7,2,0,Z3,A);  %Dòng điện  I3
A = A_Phanbo (8,2,3,Z4,A) ; %Dòng điện  I4
A = A_Phanbo (9,3,4,Z5,A) ; %Dòng điện  I5
A = A_Phanbo (10,3,1,Z6,A)  %Dòng điện  I6
b = sym(zeros(10,1));  b = b_array(0,1,Ia,b);  b = b_array(0,2,Ib,b); %Ma trận b
Y =  A\b; %Ma trận nghiệm
Z1 = 1*j; Z2 = 0.4*j; Z3 = 0.8*j; Z4 = 0.2*j;
Z5 =   0.08*j ;  Z6 = 0.2*j ; Ia =  - 1.1*j ;  Ib =  - 1.25*j;
Y = eval(Y); % Thay giá trị vào
 for n = 1 : length(Y)
```

```
    if(n<=4)
        V(n) = Y(n);
        disp(['Điện thế V' ,num2str((n)), ' = ', blanks(1) ,  num2str(V(n)) , ' (pu)']), disp(' ')
        bd(n) =  abs(V(n) );   pha(n) = angle(V(n))*180/pi ;
       disp(['Biểu diễn trong miền tần số  V ' ,num2str((n)) , ' = ', num2str(bd(n)), ' (pu)',  ...
              ' -> ',num2str(pha(n)), ' (Độ)']), disp(' ')
    else
        I(n - 4) = Y(n);
        disp(['Dòng điện I' ,num2str((n-4)), ' = ', blanks(1) ,  num2str(I(n-4)) , ' (pu)']), disp(' ')
        bd(n-4) =  abs(I(n-4));   pha(n-4) = angle(I(n-4))*180/pi ;
       disp(['Biểu diễn trong miền tần số  I ' ,num2str((n-4)) , ' = ', num2str(bd(n-4)), ' (pu)',  ...
              ' -> ',num2str(pha(n-4)), ' (Độ)']), disp(' ')
    end
end
```

```
function H7_4
clc
syms Z1 Z2 Z3  Ia Ib Ic
%Ma trận A
A = sym(zeros(3)); A = A_array(0,1,1/Z1,A); A = A_array(1,2,1/Z2,A); A = A_array(1,3,1/Z3,A);
%Phương trình phân bố dòng
A = A_Phanbo (4,0,1,Z1,A);%Dòng điện  I1
A = A_Phanbo (5,1,2,Z2,A); %Dòng điện  I2
A = A_Phanbo (6,1,3,Z3,A)  %Dòng điện  I3
%Ma trận b
b = sym(zeros(6,1));  b = b_array(1,0,Ia,b); b = b_array(2,0,Ib,b);  b = b_array(3,0,Ic,b)
Y =  A\b; %Ma trận nghiệm
Z1 = 1; Z2 = 2;Z3 = 3; Ia = 10; Ib = 10+j*5; Ic = 5+j*5;  %Thay giá trị vào
Y = eval(Y);
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3)
      V(i) = Y(i);
      bd(i) = abs(V(i)); % Tính biên độ
      goc(i) = angle(V(i))*180/pi ; % Tính pha
     disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', blanks(1) ,  num2str(V(i)), ' = ', num2str(bd(i)) '(A)',...
              ' -> ',num2str(goc(i)) , ' (Độ)'  ]), disp(' ')
   else, disp(['Dòng điện I' ,num2str(i-3), ' = ', blanks(1) ,  num2str(Y(i))]), disp(' '),  end
end
```

```
function H7_5
clc
syms Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Ia Ib  Ic
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));  A = A_array(1,0,1/Z1,A);  A = A_array(1,2,1/Z2,A);
A = A_array(2,3,1/Z3,A);  A = A_array(3,0,1/Z4,A);  A = A_array(0,2,1/Z5,A);
%Phương trình phân bố dòng
A = A_Phanbo (4,0,1,Z1,A);%Dòng điện  I1
```

```
A = A_Phanbo (5,1,2,Z2,A); %Dòng điện  I2
A = A_Phanbo (6,3,2,Z3,A);  %Dòng điện  I3
A = A_Phanbo (7,0,3,Z4,A) ; %Dòng điện  I4
A = A_Phanbo (8,0,2,Z5,A) ; %Dòng điện  I5
%Ma trận b
b = sym(zeros(8,1));  b = b_array(0,1,Ia,b); b = b_array(0,2,Ib,b);  b = b_array(0,3,Ic,b)
Y =  A\b; %Nghiệm
Z1 = 1; Z2 = 2;Z3 = 4; Z4 = 3; Z5 = 5 ;Ia = 1;Ib = 2;Ic = 3; %Thay giá trị vào
Y = eval(Y);
for i = 1 : length(Y)
   if(i<=3), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(i)) , ' KV']), disp(' ')
   else, disp(['Dòng điện I' ,num2str((i-3)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(i)) , ' KV']), disp(' ')
   end
end
```

```
function H7_11
clc
format long
syms Y12   Sa   Vo  V2
%Ma trận A
A = sym(zeros(2));  A = A_array(1,2,Y12,A);
A = A_Vsrc (3,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Phanbo (4,1,2,(1/Y12)/conj(Vo),A); %Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,2,1,(1/Y12)/conj(V2),A);
%Ma trận b
b = sym(zeros(5 ,1));  b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b);   b(3,1) = Vo;
Y =  A\b; % nghiệm
Y12 = 2.8 - j*9.6 ; Vo = 1.0;  %Thay giá trị vào
Sa =  (150 + j*50)/100 ;  V2  = 1+ j*0 ; %Chọn điện áp để lặp
for n = 1:23
   V2 = eval(Y(2)); %Tính V2
end
Y =  eval(Y) %Tính nghiệm
disp('%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 2), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']) ,  disp(' ')
   end
   if  ( i == 3
     So = 100*Vo*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =   ' ,num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
   end
   if  ( i  >  3)
     S(i-3) = 100*conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-3), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(S(i-3)),' (MW)']) , disp(' ')
   end
```

```
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1   =   ', num2str(S(1)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2   =   ', num2str(S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ', num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
format short
```

```
function H7_12
clc
format long
syms Z12   Sa   Vo  V2
%Ma trận A
A = sym(zeros(2)); A = A_array(1,2,1/Z12,A);
A = A_Vsrc (3,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Phanbo (4,1,2,(Z12)/conj(Vo),A); %Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,2,1,(Z12)/conj(V2),A);
%Ma trận b
b = sym(zeros(5 ,1)); b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b);
b(3,1) = Vo;
Y =  A\b; % nghiệm
Z12 = 0.12 + j*0.16 ; Vo = 1.0; Sa =  (100  +  j*50)/100 ;   %Thay giá trị vào
V2  = 1+ j*0 ;   %Chọn điện áp để lặp
for n = 1:46
   V2 = eval(Y(2));    %Tính V2
end
Y =  eval(Y)
disp('%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 2), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']),  disp(' ')
   end
   if  ( i == 3)
     So = 100*Vo*conj(-Y(i));  disp(['Công suất So =    ',num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
   end
   if  ( i  >  3)
     S(i-3) = 100*conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-3), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(S(i-3)),' (MW)']) ,  disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1   =   ',  num2str(S(1)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2   =   ',  num2str(S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' '), format short
```

```
function H7_13
clc
format long
syms Z12   Sa   Vo  V2
A = sym(zeros(2));  A = A_array(1,2,1/Z12,A);
A = A_Vsrc (3,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
A = A_Phanbo (4,1,2,(Z12)/conj(Vo),A); %Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,2,1,(Z12)/conj(V2),A);
b = sym(zeros(5 ,1));  b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b);  b(3,1) = Vo; %Ma trận b
Y =  A\b; % nghiệm
Z12 = 0.006 + j*0.05 ; Vo = 1.0; %Thay giá trị vào
Sa =  (1  +  j*0.6) ;  V2  = 1+ j*0 ; %Chọn điện áp để lặp
for n = 1:14
   V2 = eval(Y(2));    %Tính V2
end
Y =  eval(Y) %Tính kết qủa
disp('%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần lặp là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 2), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' ,blanks(1),  num2str(Y(i)) ,'   (pu)']), disp(' ')
   end
   if  ( i == 3)
     So = 100*Vo*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =   ' ,num2str(So),'   (MW)']), disp(' ')
   end
   if  ( i  >  3)
     S(i-3) = 100*conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-3), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(S(i-3)),'  (MW)']) ,   disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1   =   ',  num2str(S(1)), '  (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2   =   ',  num2str(S(2)), '  (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)), '  (MW)']), disp(' ')
format short
```

```
function H7_14
clc
format long
syms Z1  Z2  Z3  V2  V3  Sa  Sb   Va
A = sym(zeros(3));  A = A_array(1,2,1/Z1,A);  A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ;  %Thêm phương trình căn bản cho Vo
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Va),A); A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
```

```
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A); A = A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A); A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Va),A);
b = sym(zeros(10 ,1)); b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b); b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Va; %Ma trận b
Y = A\b; % nghiệm
Z1 = j*(1/30); Z2 = j*0.05 ; Z3 = j*0.0125 ; Va = 1.0 + j*0 ; %Thay giá trị vào
Sa = 4 + j*3.2 ; Sb = 3 + j*2.7 ; V2 = 1 + j*0 ; V3 = 1 + j*0 ;%Chọn điện áp để lặp
for n = 1:18
   V2 = eval(Y(2)); V3 = eval(Y(3));
end
Y = eval(Y)
disp('%%%%%%%%%%%% %%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh là ', num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 = ', num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 = ', num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3) , disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', blanks(1) , num2str(Y(i)) ,' (pu)']), disp(' ')
   end
   if ( i == 4)
    So = 100*Va*conj(-Y(i)) ; disp(['Công suất So = ',num2str(So),' (MW)']), disp(' ')
   end
   if ( i > 4)
      S(i-4) = 100*conj(Y(i));
      disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ', blanks(1) , num2str(S(i-4)),' (MW)']), disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S6 = ', num2str(S(1) + S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 +S3 = ', num2str(S(2) + S(3)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 +S5 = ', num2str(S(4) + S(5)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 = ', num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 = ', num2str(S(3) + S(4)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 = ', num2str(S(5) + S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
format short
```

```
function H7_15
clc
syms Z1 Z2 Z3 Sa Sb Vo V2 V3 Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3)); A = A_array(1,2,1/Z1,A); A = A_array(1,3,1/Z3,A);
A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Vo),A); A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
```

```
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A);  A = A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3) , A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A);  A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Vo),A);
b = sym(zeros(10 ,1));  b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b);   b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo; %Ma trận b
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V2  và Sb
Qa = Tinh_Q(2,1,Z1,2,3,Z2) ;  Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa;  Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
Z1 = j*0.05 ;  Z2 = j*0.025 ; Z3  = j*0.025 ;  Vo  = 1.025 + j*0 ; Va = 1.03;  %Thay giá trị vào
Sb =  (400  +  j*200)/100 ;  Sa =  3 + j*0;
V3  = 1+ j*0 ; V2= 1.03+ j*0; %Chọn điện áp để lặp
V1 = eval(Y(1)) ;

for n = 1: 45
   V3 =  eval(Y(3)); Sa =   eval(Pt_Sa); V2 =  eval(Pt_V2); %Tính V3, Sa ,V2
end
Y =  eval(Y);
disp('%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(Y(i)) ,'   (pu)']), disp(' ')
   end
   if  ( i == 4)
     So = 100*Vo*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =   ' ,num2str(So),'   (MW)']), disp(' ')
   end
   if  ( i  >  4)
     S(i-4) = 100*conj(Y(i));
      disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(S(i-4)),'   (MW)']), disp(' ')
   end
end

disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S6  =   ',  num2str(S(1) + S(6)), '  (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 +S3  =   ',  num2str(S(2) + S(3)), '  (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 +S5  =   ',  num2str(S(4) + S(5)), '  (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)), '  (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =   ',  num2str(S(3) + S(4)), '  (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =   ',  num2str(S(5) +S(6)), '  (MW)']), disp(' ')
disp('%%%%%  Công suất  dương là từ nút đi ra và ngược lại%%%% ') , disp(' ')
```

```
function H7_16
clc
format long
syms Z1 Z2 Z3  Sa  Sb  Vo  V2  V3 Vb
A = sym(zeros(3)); %Ma trận A
A = A_array(1,2,1/Z1,A);  A = A_array(1,3,1/Z3,A);  A = A_array(2,3,1/Z2,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z1/conj(Vo),A);  A = A_Phanbo (6,2,1,Z1/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,Z2/conj(V2),A);  A = A_Phanbo (8,3,2,Z2/conj(V3) , A);
A = A_Phanbo (9,3,1,Z3/conj(V3),A);  A = A_Phanbo (10,1,3,Z3/conj(Vo),A);
b = sym(zeros(10 ,1));  b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b) ;   b = b_array(0,3, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo; %Ma trận b
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V3  và Sb
Qb = Tinh_Q(3,2,Z2,3,1,Z3) ;  Pt_Sb = real(Sb) + j*Qb;  Pt_V3 = Tinh_V(Y(3),Vb);
Z1 = 0.02+j*0.04 ;  Z2 = 0.0125+j*0.025 ; Z3  = 0.01+j*0.03 ;  %Thay giá trị vào
 Vo  = 1.05 + j*0 ; Vb = 1.04; Sa =  (400  +  j*250)/100 ;  Sb =  2 + j*0;
V2  = 1+ j*0 ; V3= 1.04+ j*0; %Chọn điện áp để lặp
V1 = eval(Y(1));
for n = 1:30
    V2 = eval(Y(2)); Sb = eval(Pt_Sb); V3  =  eval(Pt_V3) ; % Tính V2, Sb, V3
end
Y =  eval(Y) %Tính nghiệm
disp('%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1)  ,  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']), disp(' ')
   end
   if  ( i == 4)
     So = 100*Vo*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =   ' ,num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
   end
   if  ( i  >  4)
     S(i-4) = 100*conj(Y(i));
      disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ' , blanks(1) ,  num2str(S(i-4)),'  (MW)']), disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S6  =   ',  num2str(S(1) + S(6)),  ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 +S3  =   ',  num2str(S(2) + S(3)),  ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 +S5  =   ',  num2str(S(4) + S(5)),  ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)),  ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =   ',  num2str(S(3) + S(4)),  ' (MW)']), disp(' ')
```

```
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =  ', num2str(S(5) +S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%%% Công suất dương là từ nút đi ra và ngược lại%%%% ') , disp(' ')
format short
```

```
function H7_17
clc
format long
syms Z12 Z13  Z20  Sa  Sb  Vo  V2  V3 Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3)); A = A_array(1,2,1/Z12,A); A = A_array(1,3,1/Z13,A);
A = A_array(2,0,1/Z20,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,Z12/conj(Vo),A); A = A_Phanbo (6,2,1,Z12/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,0,Z20/conj(V2),A); A = A_Phanbo (8,3,1,Z13/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (9,1,3,Z13/conj(Vo),A);
b = sym(zeros(9 ,1)); b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b); b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo; %Ma trận b
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V2  và Sa
Qa = Tinh_Q(2,1,Z12,2,0,Z20) ; Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa; Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
Z12 =  0.05 + j*0.2 ;  Z20 = 3.0 ; Z13  = 0.01 + j*0.04 ;  %Thay giá trị vào
Vo  = 1.0 + j*0 ; Va = 1.1; Sb =  0.8  +  j*0.6 ;  Sa =  0.4 + j*0;
V3  = 1+ j*0 ; V2= 1.1+ j*0; %Chọn điện áp để lặp
V1 = eval(Y(1));
for n = 1:21
   V3 = eval(Y(3)); Sa =  eval(Pt_Sa); V2 = eval(Pt_V2); %Tính V3, Sa ,V2
end
Y =  eval(Y)
disp('%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ', num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ', num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ', num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', blanks(1) ,  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']), disp(' ')
   end
   if ( i == 4)
     So = 100*Vo*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =   ',num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
   end
   if ( i  >  4)
     S(i-4) = 100*conj(Y(i));
      disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ', blanks(1) ,  num2str(S(i-4)),'  (MW)']), disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S5  =  ', num2str(S(1) + S(5)), ' (MW)']), disp(' ')
```

```
disp(['Công suất Sa = S2 +S3 =  ', num2str(S(2) + S(3)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4  =  ', num2str(S(4)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' )
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =  ', num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =  ', num2str(S(4) +S(5)), ' (MW)']), disp(' ')
format short
```

```
function H7_18
clc
format long
syms Y12 Y23  Y13  Sa  Sb  Vo  V2  V3 Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3)); A = A_array(1,2,Y12,A); A = A_array(1,3,Y13,A); A = A_array(2,3,Y23,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Them phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,(1/Y12)/conj(Vo),A); A = A_Phanbo (6,2,1,(1/Y12)/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,(1/Y23)/conj(V2),A); A = A_Phanbo (8,3,2,(1/Y23)/conj(V3) , A);
 A = A_Phanbo (9,3,1,(1/Y13)/conj(V3),A); A = A_Phanbo (10,1,3,(1/Y13)/conj(Vo),A) ;
b = sym(zeros(10 ,1)); b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b);
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b); b(4,1) = Vo; %Ma trận b
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V2  và Sa
Qa = Tinh_Q(2,1,(1/Y12),2,3,(1/Y23)) ;Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa; Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
Y12 =  - j*40 ;  Y23 = - j*20 ; Y13  =  - j*20 ;  Vo  = 1.0 + j*0 ; Va = 1.05;  %Thay giá trị vào
Sb =  (500  +  j*400)/100 ;  Sa =  4 + j*0;
V3  = 1+ j*0 ; V2= 1.05+ j*0; %Chọn điện áp để lặp
V1 = eval(Y(1));
for n = 1:27
   %Tính V3,  Sa và V2
   V3 = eval(Y(3));  Sa = eval(Pt_Sa);  V2 =eval(Pt_V2);
end
Y =  eval(Y) %Nghiệm
disp('%%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ', num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =  ', num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =  ', num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
  if (i<= 3), disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', blanks(1) , num2str(Y(i)) ,'  (pu)']) , disp(' ')
  end
  if  ( i == 4)
    So = 100*Vo*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =  ',num2str(So),'  (MW)']), disp(' ')
  end
  if  ( i  >  4)
    S(i-4) = 100*conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-4), ' = ', blanks(1) , num2str(S(i-4)),'  (MW)']), disp(' ')
  end
```

```
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S6  =  ', num2str(S(1) + S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 +S3  =  ', num2str(S(2) + S(3)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 +S5  =  ', num2str(S(4) + S(5)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =  ', num2str(S(1) + S(2)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =  ', num2str(S(3) + S(4)), ' (MW)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =  ', num2str(S(5) +S(6)), ' (MW)']), disp(' ')
disp('%%%%% Công suất dương là từ nút đi ra và ngược lại%%%% ') , disp(' ')
```

```
function H7_22
clc
format long
syms  Z12 Z24  Z23 Z13  Z34  Sa   Sb   Sc  Va   V2  V3 V4
%Ma trận A
A = sym(zeros(4));
A = A_array(1,2,1/Z12,A);
A = A_array(1,3,1/Z13,A);
A = A_array(2,3,1/Z23,A);
A = A_array(2,4,1/Z24,A);  A =
A_array(3,4,1/Z34,A);
A = A_Vsrc (5,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (6,1,2,Z12/conj(Va),A); % S1
A = A_Phanbo (7,2,1,Z12/conj(V2),A); % S2
A = A_Phanbo (8,2,3,Z23/conj(V2),A); % S3
A = A_Phanbo (9,2,4,Z24/conj(V2),A); %S4
A = A_Phanbo (10,4,2,Z24/conj(V4),A);%S5
A = A_Phanbo (11,4,3,Z34/conj(V4),A);%S6
A = A_Phanbo (12,3,4,Z34/conj(V3),A);%S7
A = A_Phanbo (13,3,2,Z23/conj(V3),A);%S8
A = A_Phanbo (14,3,1,Z13/conj(V3),A);%S9
A = A_Phanbo (15,1,3,Z13/conj(Va),A);%S10
%Ma trận b
b = sym(zeros(15 ,1));
b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b); %Nguồn dòng điện độc lập
b = b_array(0,3, conj(Sc/V3),b);
b = b_array(0,4, conj(Sb/V4),b);
b(5,1) = Va  ; %Nguồn điện thế độc lập
Y =  A\b; % nghiệm
Z12 = 0.05 + j*0.15 ; Z13 = 0.1 + j*0.3 ;   %Thay giá trị vào
Z24 = 0.1 + j*0.3 ;Z23 = 0.15 + j*0.45 ;  Z34 = 0.05 + j*0.15 ;Va  = 1.04 + j*0 ;
Sa =  0.5  -  j*0.2;  Sb = 0.3  -  j*0.1 ; Sc = -1  +  j*0.5 ;
V2  = 1+ j*0 ; V3= 1+ j*0;  V4 = 1+ j*0; n = 0; %Chọn điện áp để lặp
while(1)
   n = n+1 ;
```

```
  V2 = eval(Y(2)) ;
  V3 = eval(Y(3)) ;
  V4 = eval(Y(4)) ; %Tính V2, V3 , V4
  ValV2(n) =V2;
  ValV3(n) =V3; %Tính sai số
  ValV4(n) =V4;
 if (n >= 3)
   SSV2(n - 1) =  ValV2(n) - ValV2(n - 1); SSV3(n - 1) =  ValV3(n) - ValV3(n - 1) ;
   SSV4(n - 1) =  ValV4(n) - ValV4(n - 1) ;
   if (abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2)) == 0) && (abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2)) == 0)
       && (abs(SSV4(n -1)) -  abs(SSV4(n - 2)) == 0)
       SSV2 = abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2));
      SSV3 = abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2));
       SSV4 = abs(SSV4(n -1)) -  abs(SSV4(n - 2));
       break;
     end
 end
end
Y =  eval(Y);
disp('%%% Hội tụ theo tiêu chuẩn 2 %%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n )]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V4 =   ',  num2str(V4 - Y(4))]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V2 =   ',  num2str(SSV2)]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V3 =   ',  num2str(SSV3)]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V4 =   ',  num2str(SSV4)]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
  if (i<= 4
      disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ', blanks(1)  ,  num2str(Y(i)) ,'  (pu)']) ,  disp(' ')
  end
  if (i== 5)
     So = Va*conj(-Y(i));  disp(['Công suất So =   ',num2str(So),'  (pu']), disp(' ')
  end
  if  ( i  >  5)
    S(i-5) = conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-5), ' = ', blanks(1)  ,  num2str(S(i-5)),'  (pu)']),  disp(' ')
  end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 +S10  =   ',  num2str(S(1) + S(10)), '  (pu)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 + S3 + S4  =   ',  num2str(S(2) + S(3) + S(4)), '  (pu)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S5 +S6  =   ',  num2str(S(5) + S(6)), '  (pu)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sc = S7 + S8 + S9  =   ',  num2str(S(7) + S(8)  + S(9)), '  (pu)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)), '  (pu)']), disp(' ')
```

```
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =  ', num2str(S(3) + S(8)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 4 =  ', num2str(S(2) +S(4)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 4 =  ', num2str(S(6) +S(7)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =  ', num2str(S(9) +S(10)), ' (pu)']), disp(' ')
disp('%%%%% Công suất dương là từ nút đi ra và ngược lại%%%% ') , disp(' ')
format short
```

```
function H7_23
%Chuyển sang dạng tương đối bằng cách chia tất cả các tổng trở và công suất Sa, Sb , Sc cho
100
%Chọn điện thế tại nút 1 = Va = 1.0 + j*0
clc
format long
syms  Z12 Z13  Z14 Z23  Z34  Sa  Sb  Sc  Va  V2  V3 V4
%Ma trận A
A = sym(zeros(4));
A = A_array(1,2,1/Z12,A);
A = A_array(1,3,1/Z13,A);
A = A_array(1,4,1/Z14,A);
A = A_array(2,3,1/Z23,A);
A = A_array(3,4,1/Z34,A);
A = A_Vsrc (5,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (6,1,2,Z12/conj(Va),A); % S1
A = A_Phanbo (7,2,1,Z12/conj(V2),A); % S2
A = A_Phanbo (8,2,3,Z23/conj(V2),A); % S3
A = A_Phanbo (9,3,2,Z23/conj(V3),A); %S4
A = A_Phanbo (10,3,1,Z13/conj(V3),A);%S5
A = A_Phanbo (11,3,4,Z34/conj(V3),A);%S6
A = A_Phanbo (12,4,3,Z34/conj(V4),A);%S7
A = A_Phanbo (13,4,1,Z14/conj(V4),A);%S8
A = A_Phanbo (14,1,4,Z14/conj(Va),A);%S9
A = A_Phanbo (15,1,3,Z13/conj(Va),A);%S10
b = sym(zeros(15 ,1)); %Ma trận b
b = b_array(2,0, conj(Sa/V2),b); %Nguồn dòng điện độc lập
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b); b = b_array(4,0, conj(Sc/V4),b);
b(5,1) = Va  ; %Nguồn điện thế độc lập
Y =  A\b; % nghiệm
%Thay giá trị vào  đổi sang trị tương đối
Z12 = (10 + j*20)/100 ; Z13 = (20 + j*40)/100 ; Z14  = (10 + j*20)/100 ; Z23  = (5 + j*10)/100 ;
Z34  = (6 + j*12)/100 ; Sa =  (10  +  j*5)/100;  Sb = (30  +  j*20)/100 ; Sc = (10  +  j*5)/100 ;
Va  = 1.0 + j*0 ; %Chọn điện áp tại nút 1
V2  = 1+ j*0 ; V3= 1+ j*0;  V4 = 1+ j*0; n = 0;%Chọn điện áp để lặp
while(1)
   n = n+1 ;
   V2 = eval(Y(2)) ;
   V3 = eval(Y(3)) ;
```

```
  V4 = eval(Y(4)) ;   %Tính V2 , V3 và V4
  ValV2(n) =V2;
  ValV3(n) =V3;
  ValV4(n) =V4;  %Tính sai số
 if (n >= 3)
   SSV2(n - 1) =  ValV2(n) - ValV2(n - 1);
  SSV3(n - 1) =  ValV3(n) - ValV3(n - 1) ;
   SSV4(n - 1) =  ValV4(n) - ValV4(n - 1) ;
   if (abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2)) == 0) && (abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2)) == 0)
         && (abs(SSV4(n -1)) -  abs(SSV4(n - 2)) == 0)
        SSV2 = abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2));
        SSV3 = abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2));
        SSV4 = abs(SSV4(n -1)) -  abs(SSV4(n - 2));
        break;
      end
 end
end
Y =  eval(Y);
disp('%%% Hội tụ theo tiêu chuẩn 2 %%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n )]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V4 =   ',  num2str(V4 - Y(4))]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V2 =   ',  num2str(SSV2)]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V3 =   ',  num2str(SSV3)]), disp(' ')
disp(['Hai lần sai số liên tiếp của V4 =   ',  num2str(SSV4)]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 4)
      disp(['Điện thế V' ,num2str((i)), ' = ' , blanks(1)  ,  num2str(Y(i)) ,' (pu)']) ,  disp(' ')
   end
   if (i== 5) , So = 100*Va*conj(-Y(i)); disp(['Công suất So =   ',num2str(So),'  (pu']), disp(' ')
   end
   if  ( i  >  5)
     S(i-5) = 100*conj(Y(i));
     disp(['Công suất S' ,num2str(i-5), ' = ' , blanks(1)  ,  num2str(S(i-5)),' (pu)']) ,  disp(' ')
   end
end
disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
disp(['Công suất So = S1 + S9 + S10  =   ',  num2str(S(1) + S(9) + S(10)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sa = S2 + S3  =   ',  num2str(S(2) + S(3)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sb = S4 + S5 + S6  =   ',  num2str(S(4) + S(5) + S(6)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Công suất Sc = S7 + S8  =   ',  num2str(S(7) + S(8)), ' (pu)']), disp(' ')
disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 1---> 2 =   ',  num2str(S(1) + S(2)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 2---> 3 =   ',  num2str(S(3) + S(4)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 4 =   ',  num2str(S(6) +S(7)), ' (pu)']), disp(' ')
```

```
disp(['Tổn thất ở nhánh 3---> 1 =  ', num2str(S(5) +S(10)), ' (pu)']), disp(' ')
disp(['Tổn thất ở nhánh 4---> 1 =  ', num2str(S(9) +S(8)), ' (pu)']), disp(' ')
disp('%%%%%% Công suất dương là từ nút đi ra và ngược lại%%%% ') , disp(' ')
format short
```

```
function H7_26
clc
format long
syms Y12 Y23 Y13  Sa  Sb  Vo  V2  V3 Va
%Ma trận A
A = sym(zeros(3));
A = A_array(1,2,Y12,A);
A = A_array(1,3,Y13,A);
A = A_array(2,3,Y23,A);
A = A_Vsrc (4,1,0,A) ; %Thêm phương trình căn bản cho Va
%Phương trình phân bố công suất
A = A_Phanbo (5,1,2,(1/Y12)/conj(Vo),A);
A = A_Phanbo (6,2,1,(1/Y12)/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (7,2,3,(1/Y23)/conj(V2),A);
A = A_Phanbo (8,3,2,(1/Y23)/conj(V3) , A);
A = A_Phanbo (9,3,1,(1/Y13)/conj(V3),A);
A = A_Phanbo (10,1,3,(1/Y13)/conj(Vo),A);
b = sym(zeros(10 ,1)); %Ma trận b
b = b_array(0,2, conj(Sa/V2),b); %Nguon dong doc lap
b = b_array(3,0, conj(Sb/V3),b);
b(4,1) = Vo;
Y =  A\b; % nghiệm
%Biểu thức V2  và Sa
Qa = Tinh_Q(2,1,(1/Y12),2,3,(1/Y23)) ;
Pt_Sa = real(Sa) + j*Qa;
Pt_V2 = Tinh_V(Y(2),Va);
Y12 =  - j*40 ;  Y23 = - j*20 ; Y13  =  - j*20 ;  Vo  = 1.0 + j*0 ; Va = 1.05;  %Thay giá trị vào
Sb =  (500  +  j*400)/100 ;  Sa =  4 + j*0;  n = 0;
V3  = 1+ j*0 ; V2= 1.05+ j*0; %Chọn điện áp để lặp
V1 = eval(Y(1));
while(1)
   n = n+1 ;
  %Tính V3 , Sa và V2
   V3 = eval(Y(3));
   Sa = eval(Pt_Sa);
   V2 =eval(Pt_V2);
  %Tính sai số
   ValV2(n) =V2;
   ValV3(n) =V3;
  if (n >= 3)
    SSV2(n - 1) =  ValV2(n) - ValV2(n - 1);
    SSV3(n - 1) =  ValV3(n) - ValV3(n - 1) ;
```

```
    if (abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2)) == 0) && (abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2)) == 0)
        SSV2 = abs(SSV2(n -1)) -  abs(SSV2(n - 2));
        SSV3 = abs(SSV3(n -1)) -  abs(SSV3(n - 2));
        break;
      end
  end
end
Y =  eval(Y) %Tính kết quả và in nghiệm
disp('%%%%%%%%%%%% %%%%%%%% ') , disp(' ')
disp(['Ứng với 15 số lẻ thì số lần hiệu chỉnh  là  ',  num2str(n)]), disp(' ')
disp(['Sai số của V2 =   ',  num2str(V2 - Y(2))]), disp(' ')
disp(['Sai số của V3 =   ',  num2str(V3 - Y(3))]), disp(' ')
disp('%%%% Sự phân bố điện thế và công suất %%%%' ), disp(' ')
for i = 1 : length(Y)
   if (i<= 3) , V(i) = Y(i) ;  end
   if  ( i  >  4), S(i-4) = 100*conj(Y(i));  end
end
%disp('%%%% Tổng công suất %%%%' ), disp(' ')
So = S(1) + S(6) ; Sa = S(2) ;  S(3) ;  Sb = S(4) + S(5)  ;
%disp('%%%% Tổn thất công suất trên đường dây %%%%' ), disp(' ')
Nhanh_1_2 = S(1) + S(2);  Nhanh_2_3 = S(3) + S(4);  Nhanh_3_1 = S(5) + S(6);
%%%%% Phần cơ sở dữ liệu %%%%%
%Tạo Liên kết với Excel
hExcel = actxserver('excel.application');
hExcelWorkbooks = get(hExcel,'Workbooks');
hExcelw = invoke(hExcelWorkbooks, 'Add');
set(hExcel,'StandardFont','VNI-Times')
set(hExcel,'StandardFontSize',12)
set(hExcel,'DisplayFullScreen',1)
set(hExcel,'Visible',1)
%Nhập điện thế
hExcelRange = Range(hExcel,'A1:C1');
set(hExcelRange,'Value',{' Điện thế các nút ','      Phần thực ', '      Phần ảo '});
set(hExcelRange,'ColumnWidth' ,15)
hExcelRange = Range(hExcel,'A2 :A4');
Etitle = {'        V1' , '        V2' , '        V3' };
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực điện thế
hExcelRange = Range(hExcel,'B2 : B4');
set(hExcelRange,'Value', real(V.'));
%Nhập phần ảo điện thế
hExcelRange = Range(hExcel,'C2 : C4');
set(hExcelRange,'Value', imag((V.')));
%Nhập công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'E1:G1');
set(hExcelRange,'Value',{'      Công suất' , '      Phần thực', '      Phần ảo'});
set(hExcelRange,'ColumnWidth' ,15)
```

```
hExcelRange = Range(hExcel,'E2 :E8');
Etitle = {'        So' , '        S1' , '        S2' , '        S3' , '        S4' , '        S5', '        S6'};
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực  công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'F2 : F8');
set(hExcelRange,'Value', [real(So) ; real(S.')]);
%Nhập phần ảo  công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'G2 : G8');
set(hExcelRange,'Value', [imag(So) ;    imag(S.')]);
%Nhập tổn thất công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'A10:C10');
set(hExcelRange,'Value',{' Tổn thất công suất ' , '      Phần thực ', '        Phần ảo '});
set(hExcelRange,'ColumnWidth' ,16)
hExcelRange = Range(hExcel,'A11 :A13');
Etitle = {'  Nhánh 1 ------> 2' ,   '  Nhánh 2 ------> 3' '  Nhánh 3 ------> 1' };
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực
hExcelRange = Range(hExcel,'B11 : B13');
set(hExcelRange,'Value', [real(Nhanh_1_2 ) , real(Nhanh_2_3) , real(Nhanh_3_1) ]');
%Nhập phần ảo
hExcelRange = Range(hExcel,'C11 : C13');
set(hExcelRange,'Value', [imag(Nhanh_1_2 ) , imag(Nhanh_2_3) , imag(Nhanh_3_1) ]');
%Tổng công suất
hExcelRange = Range(hExcel,'E10 : G10');
set(hExcelRange,'Value',{'  Tổng công suất' , '        Phần thực', '        Phần ảo'});
hExcelRange = Range(hExcel,'E11 : E13');
Etitle = {'        So' , '        Sa' , '        Sb' };
set(hExcelRange,'Value', Etitle');
%Nhập phần thực
 hExcelRange = Range(hExcel,'F11 : F13');
set(hExcelRange,'Value', [real(So); real(Sa) ; real(Sb)]);
%Nhập phần ảo
hExcelRange = Range(hExcel,'G11 : G13');
set(hExcelRange,'Value', [imag(So); imag(Sa) ; imag(Sb)]);
%Xoákết nối
release(hExcelw)
delete(hExcel);
```

Mục lục

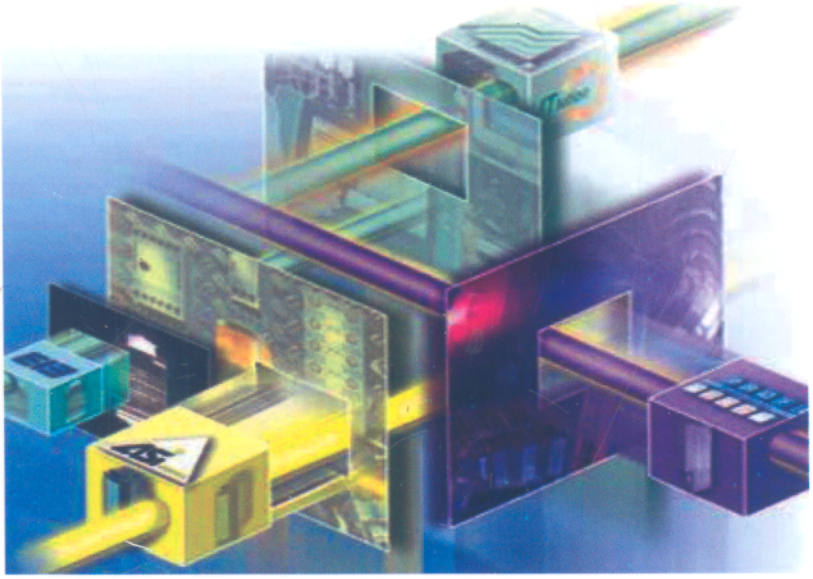
■ GIẢI TÍCH MẠNG BẰNG PHƯƠNG TRÌNH CĂN BẢN
Chịu trách nhiệm xuất bản: Quang Thắng
Biên tập nội dung: Viên Phương
Sửa bản in: Thiện Nhân
Bìa: Vinh Quang
In 1.000 cuốn, khổ 19x27cm
tại Cty TNHH Một thành viên in Người Lao động
131 Cống Quỳnh, Quận 1, TP. Hồ Chí Minh
Số đăng ký kế hoạch xuất bản:
586-2007/CXB/98-17/PĐ
Cục xuất bản ký ngày 24 tháng 07 năm 2007
In xong và nộp lưu chiểu tháng 09 năm 2007

NGUYỄN VINH QUANG
BIÊN SOẠN

GIẢI TÍCH MẠNG
BẰNG PHƯƠNG TRÌNH CĂN BẢN

DÀNH CHO SINH VIÊN CAO ĐẲNG
ĐẠI HỌC CHUYÊN NGÀNH & KỸ SƯ

- ĐIỆN
- ĐIỆN TỰ ĐỘNG
- ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG
- TỰ ĐỘNG HÓA



Giá : 75.000đ