

# ỨNG DỤNG MATLAB GIẢI MẠCH ĐIỆN TUYẾN TÍNH Ở CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ

Nguyễn Thị Phương<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

## TÓM TẮT

Quá độ điện từ có thể gây ra những tác động vô cùng lớn với hoạt động của các phần tử cũng như toàn bộ hệ thống điện. Tác động này hầu hết là tác động xấu đến việc vận hành, an toàn và kinh tế của hệ thống điện. Hậu quả của chúng có thể là rất nghiêm trọng như: hỏng hóc, cháy nổ thiết bị, tan rã hệ thống hoặc có thể chỉ là thay đổi chế độ vận hành của hệ thống sang một chế độ xác lập mới. Chính vì vậy, việc mô phỏng và tính toán chính xác các ảnh hưởng của từng quá trình quá độ lên hệ thống là rất cần thiết để có các đánh giá tác động, từ đó xây dựng các biện pháp hạn chế và ngăn chặn tối đa các ảnh hưởng này. Việc giải bài toán ở chế độ quá độ bằng phần mềm Matlab sẽ giúp chúng ta phân tích một cách chính xác ảnh hưởng của chế độ quá độ lên hệ thống. Bài báo này đã đưa ra cách giải mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ bằng Matlab thông qua việc xây dựng hệ phương trình trạng thái của mạch điện, kết hợp với việc sử dụng một số câu lệnh trong Matlab. Tác giả đã xây dựng được lưu đồ thuật toán có thể áp dụng cho mọi bài toán quá độ của mạch tuyến tính. Tác giả cũng đã so sánh để nêu ra được ưu điểm của phương pháp này so với phương pháp ứng dụng Simlink để giải bài toán. Kết quả nghiên cứu đã được áp dụng để giải 2 mạch điện cụ thể trong bài báo.

**Từ khóa:** chế độ quá độ, giải mạch điện, mạch điện tuyến tính, ứng dụng Matlab.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tượng quá độ điện từ là sự thay đổi đột ngột các giá trị điện áp hoặc dòng điện của mạch điện hoặc mạng lưới điện. Sự thay đổi này một phần do thao tác thiết bị đóng cắt hoặc do sự cố xảy ra. Thời gian diễn ra quá độ rất ngắn, chiếm tỉ lệ nhỏ so với thời gian vận hành của mạng điện. Tuy nhiên, các giai đoạn diễn ra quá độ là cực kỳ quan trọng đối với các phần tử mạng điện vận hành với điện áp và dòng điện cực lớn. Điều này có thể dẫn đến hư hỏng thiết bị, thiết bị không khởi động, ngừng hoạt động nhà máy. Việc giải bài toán quá độ của mạch điện có thể giúp chúng ta đánh giá được các thông số của hệ thống trong giai đoạn này, từ đó đưa ra các biện pháp khắc phục hợp lý.

Giải mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ khá phức tạp và thường theo 2 phương pháp: Tích phân kinh điển và Toán tử Lapce (Nguyễn Bình Thành, Lê Văn Bằng, 1971) giải mạch điện theo hai phương pháp này với các phương trình, hệ phương trình vi tích phân là tương đối dài, phức tạp đặc biệt là với những mạch điện nhiều nhánh, nhiều nút.

Ngày nay có nhiều phần mềm, công cụ hỗ trợ người học giải quyết các bài toán kỹ thuật như: Maple, Mathematical, Matlab... trong đó Matlab là phần mềm có khả năng ứng dụng rất cao. Với bài toán mạch điện quá độ Matlab sẽ giải quyết một cách đơn giản, chính xác và hiệu quả. Trên thế giới đã có một số công trình nghiên cứu việc

giải mạch điện bằng Matlab như: Circuit-Analysis-II-with-MATLAB Applications (Steven-T-Kar, 2017), Electronics and Circuit Analysis Using MATLAB (John Okyere Attia, 2004)... Ở Việt Nam cũng đã có một số giáo trình, bài báo nghiên cứu về vấn đề này: Matlab ứng dụng tập 2 ứng dụng trong ngành điện (Trần Quang Khánh, 2013), Ứng dụng Matlab phân tích và giải bài tập lý thuyết mạch (Nguyễn Thị Phương Oanh, 2014), Ứng dụng Matlab giải mạch điện tuyến tính ở chế độ xác lập (Nguyễn Thị Hiền, Ngô Thị Tuyền, 2007). Tuy nhiên các nghiên cứu chủ yếu ứng dụng Matlab phân tích mạch điện tuyến tính ở chế độ xác lập mà chưa nhiều tài liệu phân tích mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ. Bài báo này đã đưa ra cách giải mạch tuyến tính ở chế độ quá độ bằng Matlab nhằm đánh giá được các thông số, đặc tính của hệ thống trong thời gian quá độ từ đó đưa ra cách khắc phục sự ảnh hưởng của quá độ lên hệ thống giúp hệ thống làm việc tốt hơn.

Ta cũng có thể giải quyết bài toán tuyến tính quá độ bằng việc mô phỏng mạch điện tuyến tính quá độ bằng Simulink, tuy nhiên với phương pháp này chỉ cho ta kết quả là những đồ thị dạng sóng của các đáp ứng mà không cho ta bảng kết quả các giá trị của các đáp ứng như ở phương pháp giải mạch trên Matlab.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết: áp dụng định luật Kirchoff 1, 2 trong lý thuyết mạch để

viết phương trình mô tả mạch điện, sử dụng lý thuyết điều khiển tuyến tính để xây dựng hệ phương trình trạng thái của mạch điện kết hợp với việc nghiên cứu câu lệnh trong Matlab từ đó đưa ra được lưu đồ thuật toán để giải mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ.

Phương pháp mô phỏng: sử dụng phần mềm *Matlab Simulink* để lập trình và mô phỏng một số mạch điện cụ thể chứng minh cho thuật toán bài báo đưa ra.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Hệ phương trình trạng thái của mạch điện

Để lập hệ phương trình trạng thái của mạch điện ta phải phân tích mạch điện, dựa vào các phần tử, thông số trong mạch điện để chọn biến trạng thái: biến trạng thái sẽ là điện áp trên tụ điện  $u_C$  hoặc dòng điện qua cuộn cảm  $i_L$ , mỗi cuộn cảm hoặc mỗi tụ điện sẽ tương ứng với 1 biến trạng thái.

Vậy ta cần xác định số biến trạng thái cần phải lập cho mỗi mạch điện bằng cách:

$$n = n_C + n_L - V_{dLC} - V_{dLL} \quad (1)$$

Trong đó:

$n$ : là số biến trạng thái cần lập của mạch điện;

$n_C$ : số tụ điện có trong mạch điện;

$n_L$ : số cuộn cảm có trong mạch điện;

$V_{dLC}$ : số vòng độc lập chỉ chứa tụ điện và nguồn điện;

$V_{dLL}$ : số vòng độc lập chỉ chứa cuộn cảm và nguồn điện (hoặc số nút là giao của 3 cuộn cảm trở lên).

Viết hệ phương trình vi phân mô tả mạch điện ở chế độ xác lập mới: có thể chỉ sử dụng định luật Kirchoff 1 cho các nút hoặc định luật Kirchoff 2 cho các vòng kín hoặc kết hợp cả 2 định luật. Số phương trình cần lập bằng số biến trạng thái đã xác định được của mạch điện. Hệ phương trình vi phân mô tả mạch điện có dạng:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = f(x_1, x_2, x_n, u_k \dots) \\ \frac{dx_2}{dt} = f(x_1, x_2, x_n, u_k \dots) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \frac{dx_n}{dt} = f(x_1, x_2, x_n, u_k \dots) \end{cases} \quad (2)$$

Từ hệ phương trình (2) chuyển về dạng ma trận:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dots \\ \dot{x}_n \end{pmatrix} = [A]_{n \times n} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} + [B]_{n \times k} \cdot \begin{pmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_k \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (4)$$

Trong đó:  $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}$  là véctơ biến trạng thái,

$x_1, \dots, x_n$  là biến trạng thái;

$u = \begin{pmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_k \end{pmatrix}$  là véctơ đầu vào (các

nguồn kích thích) (input vector);

A, B là các ma trận hệ số: A là ma trận vuông cấp n; B là ma trận n hàng, k cột.

Lập hệ phương trình (phương trình) đầu ra. Số biến đầu ra là các thông số mà mạch điện yêu cầu tính, dựa vào yêu cầu của bài ta lập ra được hệ phương trình đầu ra:

$$\begin{cases} y_1 = f(x_1, x_2, x_n, u_k \dots) \\ y_2 = f(x_1, x_2, x_n, u_k \dots) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ y_m = f(x_1, x_2, x_n, u_k \dots) \end{cases} \quad (5)$$

Từ hệ phương trình (5) chuyển về dạng ma trận:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix} = [C]_{m \times n} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} + [D]_{m \times k} \cdot \begin{pmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_k \end{pmatrix} \quad (6)$$

Suy ra:

$$y = Cx + Du \quad (7)$$

Trong đó:

$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix}$  là véctơ đầu ra (output vector);

u là vector các kích thích (excitation);

C, D là các ma trận hệ số: C là ma trận m hàng, n cột; D là ma trận m hàng, k cột;

Sau khi lập được ma trận A, B, C, D ta đưa ra hệ phương trình trạng thái mô tả mạch điện dạng:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad (8)$$

#### 3.2. Giải mạch điện tuyến tính quá độ bằng Matlab

Mỗi hệ thống điện được mô hình hóa bằng một mạch điện. Khi cần phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới hệ thống trong thời gian xảy ra quá độ thì ta có thể xét bài toán mạch điện tuyến tính của hệ thống đó ở chế độ quá độ để tìm ra giá trị và các đặc tính của các đáp ứng, từ đó đưa ra các phương pháp khắc phục phù hợp cho hệ thống. Ta có thể sử dụng Matlab để giải quyết bài toán tuyến tính quá độ thông qua việc giải hệ phương trình trạng thái của mạch điện.

Để giải được mạch điện tuyến tính quá độ trên Matlab đầu tiên ta phải tìm được điều kiện

ban đầu  $x(0)$  (thường là dòng điện qua cuộn cảm L và điện áp trên tụ điện C) của mạch điện ở chế độ xác lập cũ. Tiếp theo là lập hệ phương trình trạng thái của mạch quá độ ở chế độ xác lập mới và tiến hành giải hệ phương trình trạng thái đã lập được bằng Matlab thông qua việc sử dụng một số lệnh sau đây.

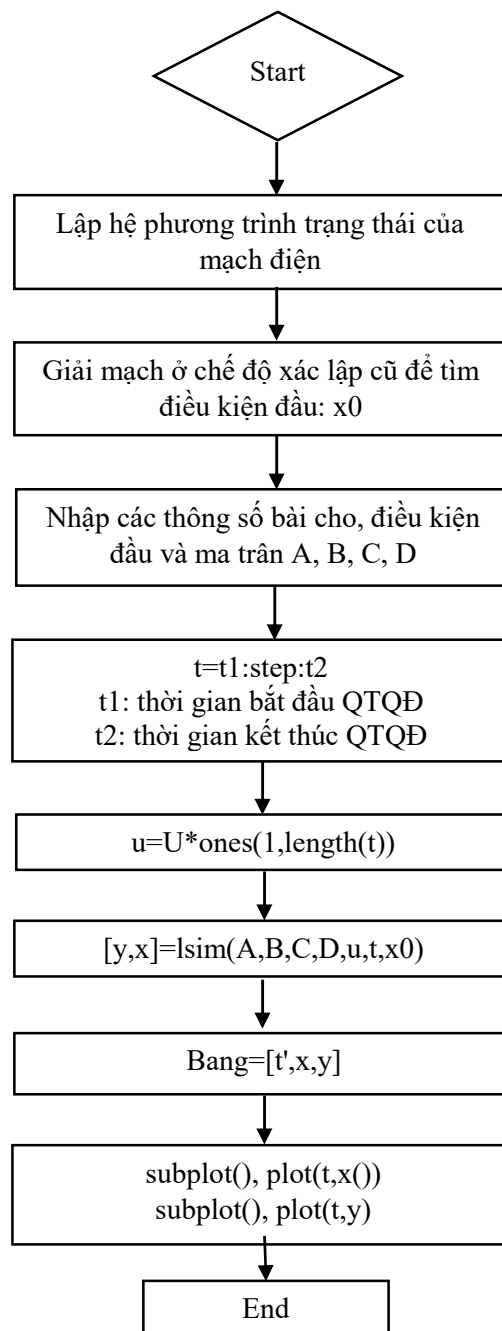
```
t=t1:step:t2
u=U*ones(1,length(t))
[y,x] = lsim(A, B, C, D, u, t, x0)
Bang=[t',x,y]
subplot(),plot(t,x())
```

subplot(), plot(t,y)

\* *Xây dựng lưu đồ thuật toán để giải mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ*

Bài toán tổng quát: Cho mạch điện quá độ với các thông số đã biết trong mạch điện là các kích thích  $e(t)$  hoặc E (DC) và các thông số R, L, C. Yêu cầu tính và vẽ dạng sóng của dòng điện hoặc điện áp quá độ trên một phân tử hoặc một nhánh bất kỳ trong mạch điện.

Để giải quyết một bài toán mạch điện tuyến tính quá độ ta có thể sử dụng lưu đồ thuật toán như hình 1.



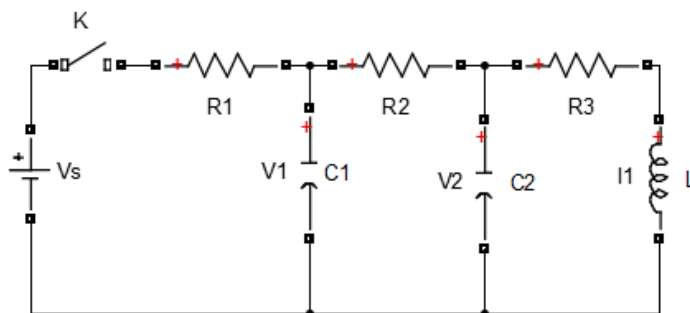
Hình 1. Lưu đồ thuật toán giải mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ bằng Matlab

### 3.3. Bài tập áp dụng

#### 3.3.1. Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình vẽ. Biết:  $R_1 = R_2 = R_3 = 10 (\Omega)$ ;  $C_1 = C_2 = 5 (\mu F)$ ;  $L = 10 (H)$ ;  $V_s =$

10 (V). Khóa K đóng tại vị trí  $t = 0$ . Tìm các nghiệm gần đúng dưới dạng bảng số và vẽ các đường cong  $u_{C1}(t)$ ,  $u_{C2}(t)$ ,  $i_L(t)$  và  $u_{R2}(t)$  trong khoảng thời gian  $t = 0 \div 1,5 (s)$ .



Hình 2. Mạch điện quá độ ví dụ 1

#### a) Lập trình trên Matlab để giải mạch điện

- Lập hệ phương trình trạng thái của mạch điện:

Vì mạch điện có 2 tụ điện  $C_1, C_2$  và 1 cuộn cảm  $L$  nên mạch điện này sẽ có 3 biến trạng thái là  $u_{C1} = V_1$ ,  $u_{C2} = V_2$  và  $i_L = I_1$ , vậy cần lập 3 phương trình vi phân của mạch điện.

Lập 3 phương trình vi phân của mạch điện ở chế độ xác lập mới (K đóng)

+ Phương trình 1: Áp dụng định luật K1 cho nút a ta có:  $i_{R1}(t) = i_{C1}(t) + i_{R2}(t)$

Mà:

$$i_{R1} = \frac{V_s - V_1}{R_1}; \quad i_{C1} = C_1 \frac{dV_1}{dt}; \quad i_{R2} = \frac{V_1 - V_2}{R_2}$$

Suy ra:

$$\begin{aligned} \frac{V_s - V_1}{R_1} &= C_1 \frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1 - V_2}{R_2} \\ \rightarrow \frac{dV_1}{dt} &= \frac{V_s - V_1}{R_1 C_1} - \frac{V_1 - V_2}{R_2 C_1} \\ &= \left( \frac{-1}{R_1 C_1} - \frac{1}{R_2 C_1} \right) V_1 + \frac{V_2}{R_2 C_1} + \frac{V_s}{R_1 C_1} \end{aligned} \quad (1)$$

+ Phương trình 2: Áp dụng định luật K1 cho nút b ta có:  $i_{R2}(t) = i_{C2}(t) + I_1$

$$\text{Mà: } i_L = I_1; \quad i_{C2} = C_2 \frac{dV_2}{dt}; \quad i_{R2} = \frac{V_1 - V_2}{R_2}$$

Suy ra:

$$\begin{aligned} \frac{V_1 - V_2}{R_2} &= C_2 \frac{dV_2}{dt} + I_1 \rightarrow \frac{dV_2}{dt} = \frac{V_1 - V_2}{R_2 C_2} - \frac{I_1}{C_2} = \\ &= \frac{V_1}{R_2 C_2} - \frac{V_2}{R_2 C_2} - \frac{I_1}{C_2} \end{aligned} \quad (2)$$

+ Phương trình 3: Áp dụng K2 cho vòng kín chứa  $C_2 L R_3$  ta có:

$$v_{R3}(t) + v_L(t) - V_2 = 0$$

$$\text{Mà: } v_{R3} = I_1 R_3; \quad v_L = L \frac{di_1}{dt};$$

$$\rightarrow I_1 R_3 + L \frac{di_1}{dt} - V_2 = 0$$

$$\rightarrow \frac{di_1}{dt} = \frac{V_2}{L} - \frac{R_3}{L} I_1 \quad (3)$$

Lập phương trình đầu ra: mạch điện chỉ yêu cầu tính điện áp trên  $R_2$  nên đầu ra chỉ có 1 thành phần  $u_{R2}(t) = y(t)$

Áp dụng định luật K2 cho vòng kín  $R_2 C_1 C_2$  ta có:  $u_{R2}(t) + V_2 - V_1 = 0$

$$\text{Suy ra: } u_{R2}(t) = y(t) = V_1 - V_2 \quad (4)$$

Kết hợp (1), (2), (3), (4) ta có hệ phương trình trạng thái của mạch điện:

$$\begin{pmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \dot{I}_1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-1}{R_1 C_1} - \frac{1}{R_2 C_1} & \frac{1}{R_2 C_1} & 0 \\ \frac{1}{R_2 C_2} & \frac{-1}{R_2 C_2} & \frac{-1}{C_2} \\ 0 & \frac{1}{L} & \frac{-R_3}{L} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ I_1 \end{pmatrix} u + \begin{bmatrix} \frac{1}{R_1 C_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} V_s$$

$$u_{R2} = [1 \quad -1 \quad 0] \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ I_1 \end{pmatrix} + [0] V_s$$

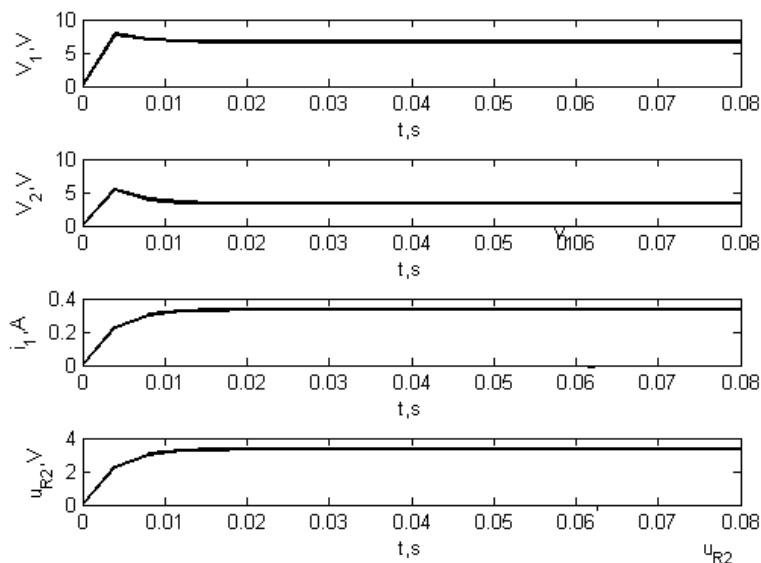
Vậy các ma trận của hệ phương trình trạng thái là:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-1}{R_1 C_1} & -\frac{1}{R_2 C_1} & \frac{1}{R_2 C_1} & 0 \\ \frac{1}{R_2 C_2} & \frac{-1}{R_2 C_2} & \frac{-1}{C_2} & \frac{-1}{L} \\ 0 & \frac{1}{L} & \frac{-R_3}{L} & \frac{-1}{L} \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} \frac{1}{R_1 C_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; C = [1 \quad -1 \quad 0]; D = 0$$

- Chạy chương trình trên Matlab:

```
.t1=0.0; t2=0.08; step=(t2-t1)/20;
x0=[0;0;0];
A=[(-1/(R1*C1))-1/(R2*C1) 1/(R2*C1) 0; 1/(R2*C2) -1/(R2*C2) -1/C2; 0 1/L -R3/L];
B=[1/(R1*C1); 0; 0];
C=[1 -1 0];
D=0;
%Giai mach qua do
t=t1:step:t2;
u=Vs*ones(1,length(t));
[uR2,x]=lsim(A,B,C,D,u,t,x0)
Bang=[t,x,uR2]
subplot(4,1,1), plot(t,x(:,1),'k','linewidth',1.5)
xlabel('t,s')
ylabel('V_1,V')
gtext('V_1')
subplot(4,1,2), plot(t,x(:,2),'k','linewidth',1.5)
xlabel('t,s')
ylabel('V_2,V')
gtext('V_2')
subplot(4,1,3), plot(t,x(:,3),'k','linewidth',1.5)
xlabel('t,s')
ylabel('i_1,A')
gtext('i_1')
subplot(4,1,4), plot(t,uR2,'k','linewidth',1.5)
xlabel('t,s')
ylabel('u_R_2,V')
gtext('u_R_2')
```

Bang =				
t(s)	V <sub>1</sub> (V)	V <sub>2</sub> (V)	I <sub>1</sub> (A)	u <sub>R2</sub> (V)
0	0	0	0	0
0.0040	7.7361	5.4557	0.2313	2.2804
0.0080	6.9786	3.9524	0.3036	3.0262
0.0120	6.7577	3.5139	0.3247	3.2437
0.0160	6.6932	3.3860	0.3308	3.3072
0.0200	6.6744	3.3487	0.3326	3.3257
0.0240	6.6689	3.3378	0.3331	3.3311
0.0280	6.6673	3.3346	0.3333	3.3327
0.0320	6.6669	3.3337	0.3333	3.3331
0.0360	6.6667	3.3334	0.3333	3.3333
0.0400	6.6667	3.3334	0.3333	3.3333
0.0440	6.6667	3.3333	0.3333	3.3333
0.0480	6.6667	3.3333	0.3333	3.3333
0.0520	6.6667	3.3333	0.3333	3.3333

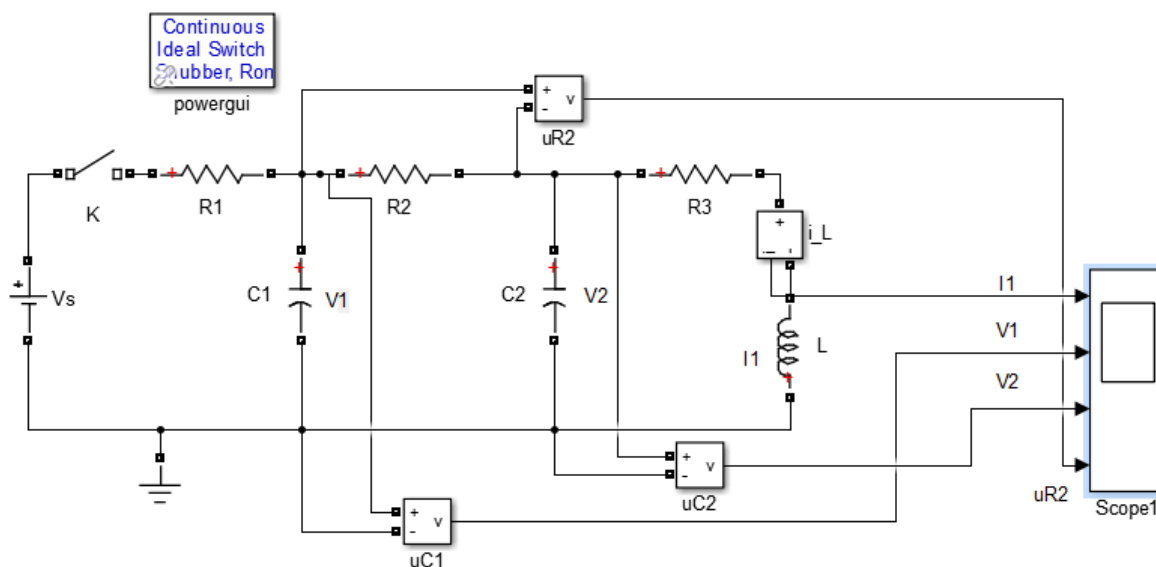


Hình 3. Dạng sóng của các đáp ứng trong mạch điện quá độ ví dụ 1 trên Matlab

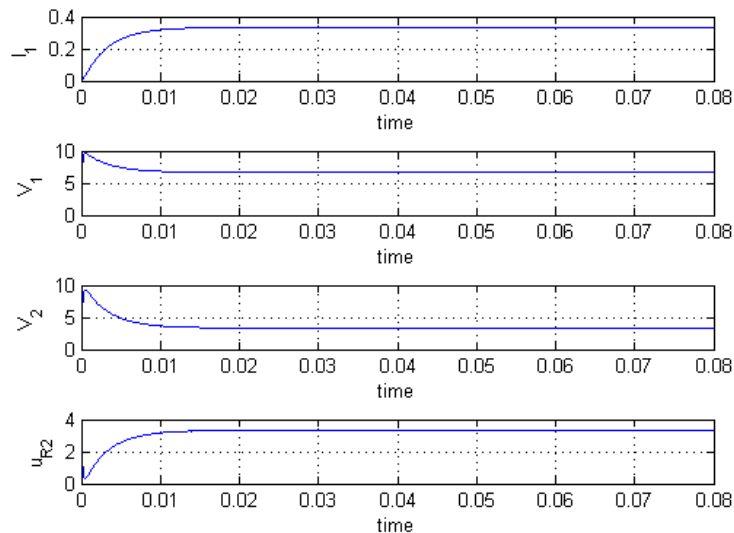
Sau khi giải mạch điện ở ví dụ 1 với nguồn điện một chiều trên Matlab ta có được kết quả là 1 bảng giá trị và dạng sóng dòng điện và điện áp trên các phần tử L, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>. Bảng kết quả cho ta biết giá trị của các đáp ứng ở các thời điểm khác nhau. Đồ thị sóng thu được cho ta biết dạng sóng và thời gian diễn ra quá độ của các đáp ứng. Nhìn vào bảng kết quả và đồ thị sóng trên ta có thể thấy, trong khoảng 0,04s đầu tiên điện áp trên C<sub>1</sub> tăng từ 0 -

7.7361V sau đó giảm xuống và ổn định ở 6.6667V, điện áp trên C<sub>1</sub> tăng từ 0 - 5.4557V rồi giảm xuống và ổn định ở 3.3334V, điện áp trên R<sub>2</sub> tăng từ 0 - 3.3333V, dòng điện trên L tăng từ 0 - 0.3333A. Quá trình quá độ của mạch điện diễn ra trong khoảng từ 0,036s đầu sau đó các giá trị dần đi vào ổn định và mạch điện tiến tới trạng thái xác lập.

**b) Mô phỏng mạch điện bằng Simulink**



Hình 4. Mô phỏng mạch điện quá độ ví dụ 1 trên Simulink



**Hình 5. Dạng sóng mô phỏng của các đáp ứng trong mạch điện ví dụ 1 trên Simulink**

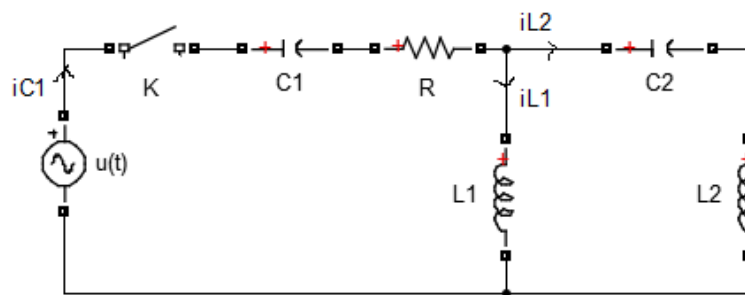
Kết quả thu được của phương pháp này là đồ thị dạng sóng của các đáp ứng trên các phần tử L, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>. Nhìn vào đồ thị ta biết được dạng sóng của đáp ứng, thời gian diễn ra quá độ và giá trị của các đáp ứng.

\* So sánh 2 phương pháp giải mạch điện tuyến tính quá độ ở trên ta thấy, cùng 1 mạch điện với các thông số và yêu cầu giống nhau, kết quả thu được của 2 phương pháp đều là đồ thị dạng sóng của các đáp ứng là tương đối giống nhau. Tuy nhiên, theo phương pháp giải hệ

phương trình trạng thái trên Matlab còn cho ta 1 bảng các giá trị cụ thể của các đáp ứng đó, từ đó có thể dễ dàng đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố trong thời gian quá độ của mạch điện.

**3.3.2. Ví dụ 2**

Cho mạch điện như hình vẽ, biết: R<sub>1</sub> = 3000 (Ω); C<sub>1</sub> = 50 \* 10<sup>-6</sup> (F); C<sub>2</sub> = 12 \* 10<sup>-6</sup> (F); L<sub>1</sub> = 1,2 (H); L<sub>2</sub> = 0,45 (H); u(t) = 100sin10t (V). Tại thời điểm t=0 khóa K đóng. Tính và vẽ đồ thị điện áp và dòng điện quá độ trên các cuộn dây và tụ điện và điện áp quá độ trên điện trở.



**Hình 6. Mạch điện quá độ ví dụ 2**

- Ta lập được hệ phương trình trạng thái của mạch điện như sau:

$$\begin{pmatrix} \dot{i}_{L1} \\ \dot{i}_{L2} \\ \dot{u}_{C1} \\ \dot{u}_{C2} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & -\frac{R_1}{L_1} & -\frac{1}{L_1} & 0 \\ -\frac{R_1}{L_2} & -\frac{R_1}{L_2} & -\frac{1}{L_2} & -\frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_1} & \frac{1}{C_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_2} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} i_{L1} \\ i_{L2} \\ u_{C1} \\ u_{C2} \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ \frac{1}{L_2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$u_R = [R \quad R \quad 0 \quad 0] \begin{pmatrix} i_{L1} \\ i_{L2} \\ u_{C1} \\ u_{C2} \end{pmatrix} + [0]u$$

Vậy các ma trận của hệ phương trình trạng thái là:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & -\frac{R_1}{L_1} & -\frac{1}{L_1} & 0 \\ -\frac{R_1}{L_2} & -\frac{R_1}{L_2} & -\frac{1}{L_2} & -\frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_1} & \frac{1}{C_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_2} & 0 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} \\ \frac{1}{L_2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = [R \quad R \quad 0 \quad 0]; D = 0$$

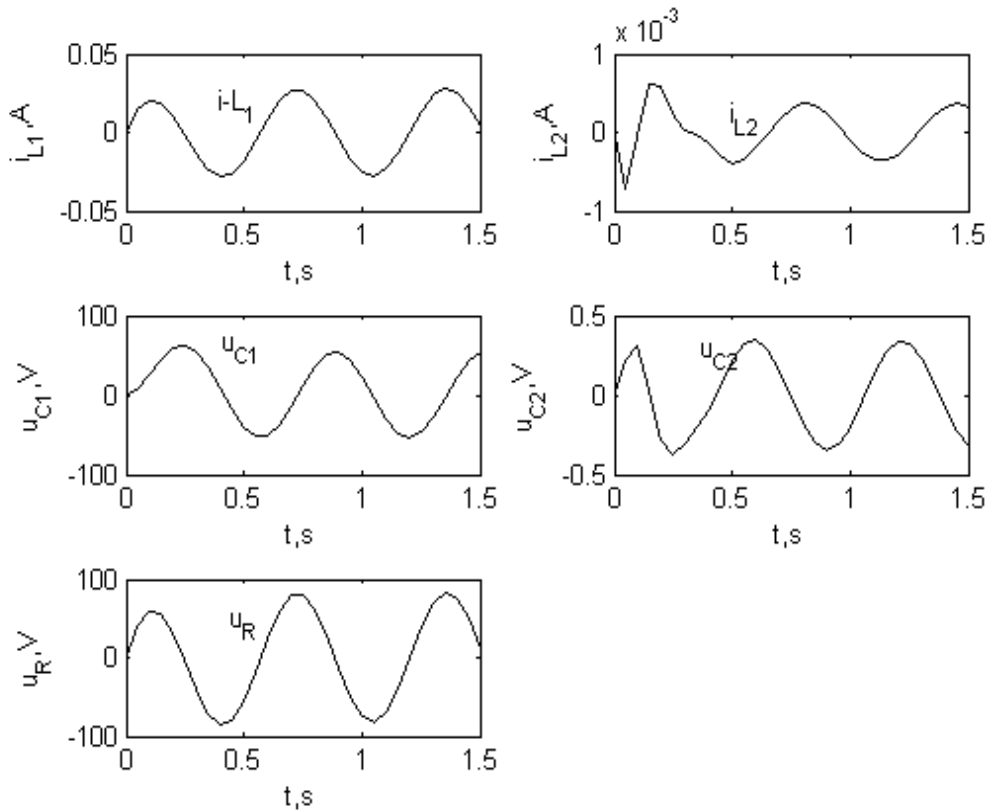
- Chạy chương trình trên Matlab:

```
Vs=100; R1=3000; C1=50*10^(-6); C2=12*10^(-6); L1=1.2; L2=0.45;
t1=0.0; t2=1.5; step=(t2-t1)/30;
x0=[0;0;0;0];
A=[-R1/L1 -R1/L1 -1/L1 0; -R1/L2 -R1/L2 -1/L2 -1/L2; 1/C1 1/C1 0 0; 0 1/C2 0 0];
B=[1/L1; 1/L2; 0; 0];
C=[R1 R1 0 0];
D=0;
%Giai mach qua do
t=t1:step:t2;
u=Vs*sin(10*t);
[y,x]=lsim(A,B,C,D,u,t,x0)
Bang=[t',x',y']
subplot(3,2,1), plot(t,x(:,1),'k')
xlabel('t,s')
ylabel('i_L_1,A')
gtext('i-L_1')
subplot(3,2,2), plot(t,x(:,2),'k')
xlabel('t,s')
ylabel('i_L_2,A')
gtext('i_L_2')
subplot(3,2,3), plot(t,x(:,3),'k')
xlabel('t,s')
ylabel('u_C_1,V')
gtext('u_C_1')
subplot(3,2,4), plot(t,x(:,4),'k')
xlabel('t,s')
ylabel('u_C_2,V')
gtext('u_C_2')
subplot(3,2,5), plot(t,y,'k')
xlabel('t,s')
ylabel('u_R,V')
gtext('u_R')
```



Bang =

t	$i_{L1}$	$i_{L2}$	$u_{C1}$	$u_{C2}$	$u_R$
0	0	0	0	0	0
0.0500	0.0143	-0.0007	7.0746	0.2214	40.6270
0.1000	0.0200	-0.0001	24.0358	0.3103	59.8498
0.1500	0.0182	0.0006	43.4230	0.0365	56.3110
0.2000	0.0104	0.0006	58.1241	-0.2769	33.0542
0.2500	-0.0011	0.0002	62.8525	-0.3779	-2.6630
0.3000	-0.0136	0.0000	55.2435	-0.3133	-40.8333
0.3500	-0.0237	-0.0000	36.2931	-0.2092	-71.1639
0.4000	-0.0284	-0.0001	10.0192	-0.0946	-85.6052
0.4500	-0.0264	-0.0003	-17.5897	0.0525	-80.2136
0.5000	-0.0183	-0.0004	-40.0911	0.2124	-56.0032
0.5500	-0.0059	-0.0003	-52.2031	0.3263	-18.6594
0.6000	0.0078	-0.0002	-51.1233	0.3516	22.8484
0.6500	0.0195	-0.0000	-37.2331	0.2863	58.4713
0.7000	0.0264	0.0001	-14.0166	0.1545	79.5653



Hình 7. Dạng sóng mô phỏng các đáp ứng của mạch điện ví dụ 2

Sau khi giải mạch điện ở ví dụ 2 với nguồn điện xoay chiều hình sin trên Matlab ta có được kết quả là 1 bảng các giá trị và dạng sóng dòng điện và điện áp hình sin trên các phần tử  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R$ . Bảng kết quả cho ta biết giá trị của các đáp ứng ở các thời điểm khác nhau. Đồ thị

sóng thu được cho ta biết dạng sóng và thời gian diễn ra quá độ của các đáp ứng, ở đồ thị sóng trên ta có thể thấy quá trình quá độ của mạch điện diễn ra trong khoảng từ 0,5s đầu, sau đó các giá trị dần đi vào ổn định và mạch điện tiến tới trạng thái xác lập.

#### 4. KẾT LUẬN

- Lưu đồ thuật toán đã xây dựng được thể áp dụng cho mọi mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ. Với hệ phương trình trạng thái của mạch điện, ta rút ra được các ma trận hệ số A, B, C, D, kết hợp với lệnh lsim(A,B,C,D,u,t,x0) trong Matlab ta có thể giải bài toán của mạch điện tuyến tính ở chế độ quá độ một cách đơn giản.

- Lưu đồ thuật toán được áp dụng vào giải 2 mạch điện nhiều nhánh, nhiều nút ở ví dụ 1 và 2, kết quả thu được là một bảng giá trị các đáp ứng nhận được trong 1 khoảng thời gian nhất định  $t_1 - t_2$ : điện áp trên tụ điện  $u_C(t)$ , dòng điện trên cuộn cảm  $i_L(t)$ , điện áp trên điện trở  $u_R(t)$  ở nhiều thời điểm khác nhau và hình ảnh dạng sóng của các đáp ứng đó ở chế độ quá độ, từ đó có thể đưa ra các pháp pháp hạn chế các tác

động xấu của quá trình quá độ đến hệ thống.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bình Thành, Lê Văn Bằng. *Cơ sở lý thuyết mạch (quyển 2)*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp (1971).

2. <https://fr.scribd.com/document/337673266/Circuit-Analysis-II-with-MATLAB-ApplicationsBy-Steven-T-Kar-pdf>

3. John Okyere Attia. *Electronics and Circuit Analysis Using MATLAB*. Published June 11, 2004 by CRC Press.

4. Trần Quang Khánh. *Matlab ứng dụng tập 2*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2013.

5. Nguyễn Thị Phương Oanh. *Ứng dụng Matlab phân tích và giải bài tập lý thuyết mạch*. NXB khoa học và kỹ thuật, 07-2014.

6. Nguyễn Thị Hiên, Ngô Thị Tuyền. *Ứng dụng Matlab giải mạch điện tuyến tính ở chế độ xác lập*. Tạp chí KHKT Nông nghiệp 2007, tập 5 số 2 80-86

## MATLAB APPLICATION DISCOVER LINEAR ELECTRIC CIRCUITS IN TRANSITION MODE

Nguyen Thi Phuong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vietnam National University of Forestry

### SUMMARY

Electromagnetic transients can have enormous impacts on the operation of elements as well as the entire electrical system. This impact is most adversely affecting the operation, safety and economy of the electricity system. They alter the system state parameters, disrupt inherently in the system from the established state. Their consequences can be very serious such as failure, equipment explosion, system disintegration, or possibly just changing the operating mode of the system to a new defined mode. Therefore, accurately simulating and calculating the effects of each process on the system is essential to have impact assessments, thereby building mitigation measures of these effects. This paper has shown how to deselect linear circuits in transient mode by Matlab through the construction of state equations of the circuit, combined with the use of several statements in Matlab. The author has built an algorithmic flowchart that can be applied to all transient problems of linear circuits. The author also compared to given the advantages of this method compared to the Simlink application method to solve the problem. The research results have been applied to solve 2 specific circuits in the paper.

**Keywords:** discover circuits, linear electric circuits, matlab application, transition mode.

Ngày nhận bài : 25/3/2021

Ngày phản biện : 25/4/2021

Ngày quyết định đăng : 10/5/2021