

BÀI 5

QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ MẠCH TUYẾN TÍNH

A. MỤC ĐÍCH :

Bài thí nghiệm giúp sinh viên hiểu được một số đặc tính quá độ ở mạch tuyến tính, gồm các mạch : R-C ; R-L và mạch R - L - C . Thông qua các đặc tính này , sinh viên có thể kiểm nghiệm được các phương pháp phân tích mạch quá độ đã học ở phần lý thuyết , và hiểu thêm được một số quá trình vật lý xảy ra trong các mạch quá độ thực tế.

B. ĐẶC ĐIỂM :

Quá trình quá độ là quá trình xuất hiện khi mạch chuyển từ một chế độ xác lập này sang chế độ xác lập khác (xem thêm lý thuyết về phân tích mạch miền thời gian: chương 6 – giáo trình Mạch Điện II). Thông thường thời gian quá độ rất ngắn nên để quan sát quá trình quá độ người ta có thể sử dụng nguồn kích thích chu kỳ có biên độ biến thiên đột ngột (đóng mở theo **chu kỳ đủ lớn** cho phép theo dõi được quá trình quá độ diễn ra trong mạch).

C. PHẦN THÍ NGHIỆM :

I. Thông số mạch thí nghiệm:

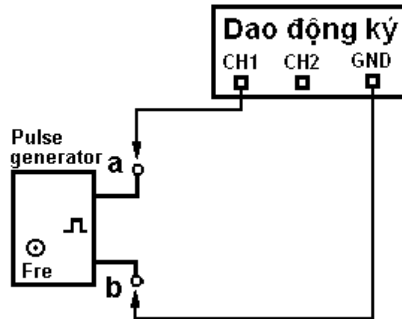
Thông số trong các mạch thí nghiệm của bài này cho trong bảng sau, trong đó R_L là điện trở trong mô hình nối tiếp của cuộn dây.

Phần tử	Giá trị danh định
L	100 mH
R_L	300 Ω
C_{1st}	0,047 μ F (473)
C_{2nd}	0,1 μ F (104)
C_{3rd}	0,01 μ F (103)
R_0	100 Ω
R_{ss}	2,2 k Ω

II. Mạch quá độ cấp I RC:

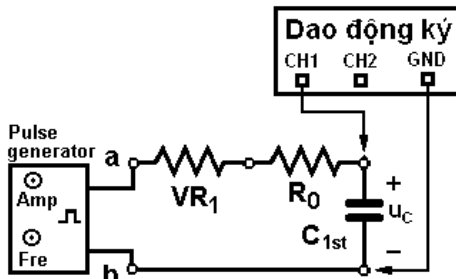
- a) Chỉnh dạng sóng vào mạch: Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.5.1. Dùng dao động ký, quan sát dạng xung vuông từ nguồn xung trên hộp thí nghiệm. Chỉnh máy phát xung vuông lưỡng cực đối xứng (duty cycle = 50),

biên độ 2 V, tần số 500 Hz (nếu chọn Time/div = 0.5 ms thì chỉnh nút Fre để tín hiệu có chu kỳ là 4 ô). Ghi lại dạng sóng khảo sát quá độ $u_{ab}(t)$.



Hình 1.5.1: Chỉnh dạng xung tác động

- b) Quan sát dạng tín hiệu áp trên tụ dùng mạch Hình 1.5.2. Ghi nhận lại dạng sóng u_c trên dao động ký ứng với $VR_1 = 2\text{ k}\Omega$ (chọn giá trị cho VR).



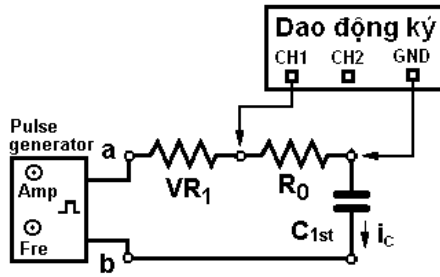
Hình 1.5.2: Quan sát dạng áp trên tụ

- c) Quan sát dạng tín hiệu dòng điện qua tụ dùng mạch Hình 1.5.3. Ghi nhận lại dạng sóng $i_c(t)$ trên dao động ký ứng với $VR_1 = 2\text{ k}\Omega$. Lưu ý các giá trị dòng điện tính thông qua áp trên R_0 .

Kiểm chứng tính toán lý thuyết: Giả sử quá trình $u_{ab} = -2\text{ V}$ là xác lập. Tại $t = 0$, u_{ab} thay đổi từ -2 V đến 2 V : Dùng **tích phân kinh điển** hay **toán tử Laplace**, cho biết dạng điện áp trên tụ và dòng qua tụ ở mạch quá độ cấp I RC khi $t > 0$ có biểu thức :

$$u_c(t) =$$

$$i_c(t) =$$



Hình 1.5.3: Quan sát dạng dòng điện qua tụ

- d) Đo hằng số thời gian (thời hằng) của mạch quá độ cấp I RC:
 Thời hằng của mạch quá độ cấp I RC xác định theo công thức :

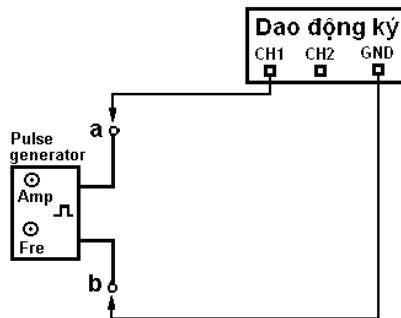
$$\tau_c [s] = R[\Omega].C[F]$$

Đại lượng này có thể đo được khi dùng mạch thí nghiệm Hình 1.5.2. Thế $t = \tau_c$ vào các biểu thức ở phần c) sẽ cho ta giá trị $i_c(\tau_c)$, giúp ta đọc được τ_c khi dựa vào dạng sóng $i_c(t)$ trên màn hình dao động ký (bằng số ô theo chiều ngang và giá trị nút chỉnh Time/div, nhớ chỉnh các biến trở VAR về CAL). Hoàn thành bảng số liệu ứng với $VR_1 = 2 \text{ k}\Omega$ và $VR_2 = 4 \text{ k}\Omega$.

u_{ab} (thay đổi)	τ_c tính toán		$i_c(\tau_c)$		τ_c đo được	
	VR_1	VR_2	VR_1	VR_2	VR_1	VR_2
Từ -2V → 2V						

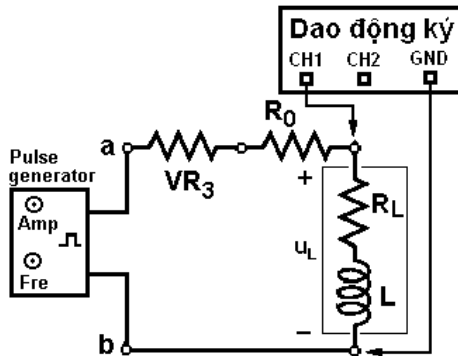
III. Mạch quá độ cấp I RL:

- a) Chỉnh dạng sóng vào mạch: Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.5.4. Dùng dao động ký, quan sát dạng xung vuông từ nguồn xung trên hộp thí nghiệm. Chỉnh máy phát xung vuông lưỡng cực đối xứng (duty cycle = 50), biên độ 2 V, tần số 500 Hz (nếu chọn Time/div = 0.5 ms thì chỉnh nút Fre để tín hiệu có chu kỳ là 4 ô). Ghi lại dạng sóng khảo sát quá độ $u_{ab}(t)$.



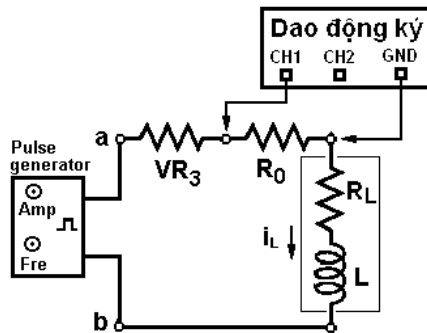
Hình 1.5.4: Chỉnh dạng sóng thí nghiệm

- b) Quan sát dạng tín hiệu áp trên cuộn dây dùng mạch Hình 1.5.5. Ghi nhận lại dạng sóng trên dao động ký ứng với $VR_3 = 100 \Omega$.



Hình 1.5.5: Quan sát dạng áp trên cuộn dây

- c) Quan sát dạng tín hiệu dòng điện qua cuộn dây dùng mạch Hình 1.5.6. Ghi nhận lại dạng sóng trên dao động ký ứng với $VR_3 = 100 \Omega$.



Hình 1.5.6: Quan sát dạng dòng điện qua cuộn dây

Kiểm chứng tính toán lý thuyết: Giả sử quá trình $u_{ab} = -2V$ là xác lập. Tại $t = 0$, u_{ab} thay đổi từ $-2V$ đến $2V$: Dùng **tích phân kinh điển** hay **toán tử Laplace**, cho biết dạng điện áp và dòng trên cuộn dây ở mạch quá độ cấp I RL khi $t > 0$ có biểu thức :

$$u_L(t) =$$

$$i_L(t) =$$

- d) Đo hằng số thời gian (thời hằng) của mạch quá độ cấp I RL:
 Thời hằng của mạch quá độ cấp I RL xác định theo công thức :

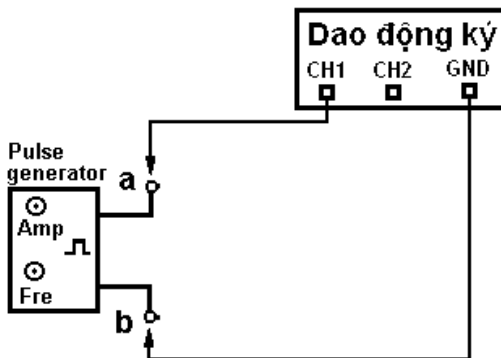
$$\tau_L [s] = L[H]/R[\Omega]$$

Đại lượng này có thể đo được khi dùng mạch thí nghiệm Hình 1.5.6. Thế $t = \tau_L$ vào các biểu thức ở phần c) sẽ cho ta giá trị $i_L(\tau_L)$, giúp ta đọc được τ_L khi dựa vào dạng sóng $i_L(t)$ trên màn hình dao động ký (bằng số ô theo chiều ngang và giá trị nút chỉnh Time/div, nhớ chỉnh biến trở VAR về CAL). Hoàn thành bảng số liệu ứng với $VR_3 = 100 \Omega$ và $VR_4 = 400 \Omega$.

u_{ab} (thay đổi)	τ_L tính toán		$i_L(\tau_L)$		τ_L đo được	
	VR_3	VR_4	VR_3	VR_4	VR_3	VR_4
Từ -2V \rightarrow 2V						

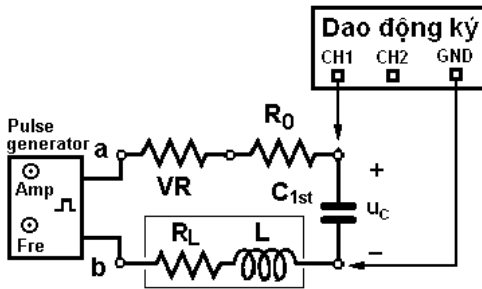
IV. Mạch quá độ cấp II RLC :

- a) Chỉnh dạng sóng vào mạch: Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.5.7. Dùng dao động ký, quan sát dạng xung vuông từ nguồn xung trên hộp thí nghiệm. Chỉnh máy phát xung vuông lưỡng cực đối xứng (duty cycle = 50), biên độ 2 V, tần số 500 Hz (nếu chọn Time/div = 0.5 ms thì chỉnh nút Fre để tín hiệu có chu kỳ là 4 ô). Ghi lại dạng sóng khảo sát quá độ $u_{ab}(t)$.



Hình 1.5.7: Chỉnh dạng sóng vào mạch

- b) Đo điện trở tới hạn của mạch quá độ cấp II: Dùng mạch thí nghiệm như trên Hình 1.5.8. Từ giá trị $VR = 500 \Omega$, tăng từ từ VR (mỗi bước 100Ω , chỉnh tinh dùng biến trở 10Ω) và quan sát tín hiệu $u_C(t)$ trên dao động ký cho tới khi đạt chế độ tới hạn. Ghi số liệu.

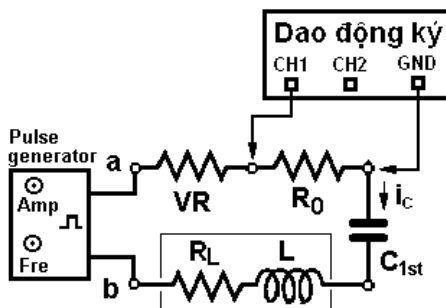


Hình 1.5.8: Đo điện trở tới hạn

Công thức lý thuyết tính điện trở tới hạn là : $R_{th} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ (Ω)

R_{th} tính theo lý thuyết	R_{th} đo được	% sai số

- c) Quan sát dạng tín hiệu áp trên tụ điện dùng mạch Hình 1.5.8. Quan sát dạng tín hiệu dòng qua tụ điện dùng mạch Hình 1.5.9. Cho biết mạch quá độ đang làm việc ở chế độ nào và ghi nhận lại dạng sóng trên dao động ký ứng với các chế độ đó.



Hình 1.5.9: Quan sát dạng dòng điện qua tụ

i. $V_R = 500 \Omega$:
+ Mạch quá độ ở chế độ: ...
+ Dạng áp trên tụ đo được: Dạng dòng qua tụ đo được:

ii. $V_R = R_{th} - 400\Omega$:
+ Mạch quá độ ở chế độ: ...
+ Dạng áp trên tụ đo được: Dạng dòng qua tụ đo được:

iii. $V_R = 4 k\Omega$:
+ Mạch quá độ ở chế độ: ...
+ Dạng áp trên tụ đo được: Dạng dòng qua tụ đo được:

d) **Kiểm chứng tính toán lý thuyết:** Giả sử quá trình $u_{ab} = -2V$ là xác lập. Tại $t = 0$, u_{ab} thay đổi từ $-2V$ đến $2V$: Dùng **tích phân kinh điển** hay **toán tử Laplace**, cho biết dạng điện áp và dòng qua tụ điện ở mạch quá độ cấp II RLC khi $t > 0$ có biểu thức :

i) **Mạch ở chế độ dao động:**

$$u_L(t) =$$

$$i_L(t) =$$

ii) **Mạch ở chế độ tới hạn:**

$$u_L(t) =$$

$$i_L(t) =$$

iii) **Mạch ở chế độ dao động:**

$$u_L(t) =$$

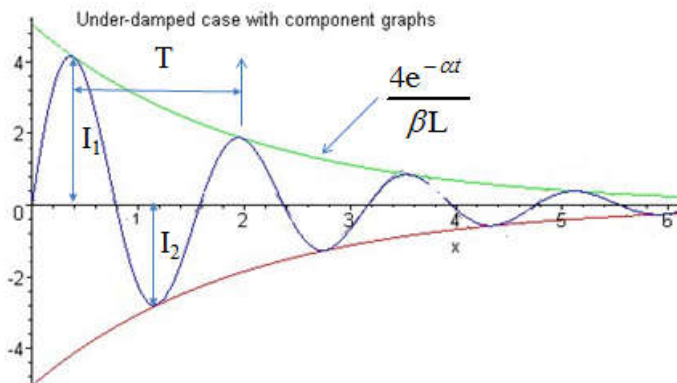
$$i_L(t) =$$

e) Xác định các thông số đặc trưng cho chế độ dao động: Theo kết quả ở phần d), khi mạch quá độ cấp II ở chế độ dao động, phương trình đặc trưng của mạch có dạng:

$$s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$$

$$\text{Nghiệm phức: } s_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm j\sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} = -\alpha \pm j\beta$$

Dòng điện qua tụ có biểu thức: $i_C(t) = \frac{4e^{-\alpha t}}{\beta L} \sin(\beta t)$ và dạng tín hiệu dòng như hình 1.5.10.



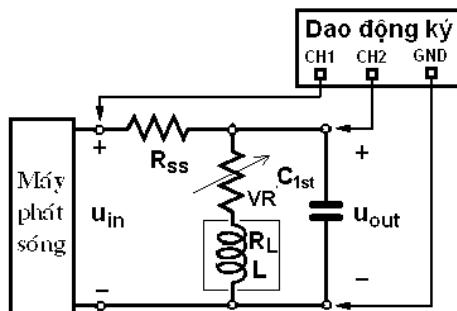
Hình 1.5.10: Dạng dòng qua tụ chế độ dao động

Ta có: $T = \frac{2\pi}{\beta}$ và $\frac{I_1}{I_2} = e^{\frac{\pi}{\beta}}$.

Đọc giá trị T và I_1, I_2 trên màn hình dao động ký ứng với $VR = 500\Omega$. Từ đó suy ra α và β . So sánh giá trị tính theo thông số mạch ?

	Giá trị đo được	Giá trị tính được
α		
β		

- f) Đo điện trở tối hạn của mạch quá độ cấp II RLC song song: Dùng mạch thí nghiệm như trên Hình 1.5.11. Từ giá trị $VR = 100 \Omega$, tăng từ từ VR (mỗi bước 100Ω , chỉnh tinh dùng biến trở 10Ω) và quan sát tín hiệu $u_{out}(t)$ của mạch song song trên dao động ký cho tới khi đạt chế độ tới hạn. Ghi số liệu. Cho biết giá trị này tính theo thông số mạch ?



Hình 1.5.11: Đo R_{th} của mạch cấp II RLC song song

D. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM:

- Hộp thí nghiệm.
- Module bài thí nghiệm số 5.
- Dao động ký .
- DMM và cầu đo RLC.
- Dây nối.