

# Khảo sát sự phụ thuộc theo thời gian của hiệu điện thế, cường độ dòng điện và công suất tiêu thụ trên tụ khi tụ nạp và phóng điện

Hoàng Thị Lan Hương\*

\*ThS. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Received: 21/12/2023; Accepted: 29/12/2023; Published: 9/01/2024

**Abstract:** The capacitor is a device used to store energy in the form of electrical charge which can be later utilised to supply charge or energy once the power source is disconnected from it. Charging and discharging of capacitors holds importance because it is the ability to control as well as predict the rate at which a capacitor charges and discharges that makes capacitors useful in electronic timing circuits. This article aims to build an experiment to investigate the discharge and charging process of a capacitor when the capacitor is charged and discharged through a resistor.

**Keywords:** Capacitor; resistor; discharge, charge.

## 1. Đặt vấn đề

Tụ điện là một linh kiện điện tử thụ động cấu tạo bởi hai bản cực đặt song song được ngăn cách bởi lớp điện môi. Tụ điện có tính chất cách điện 1 chiều nhưng cho dòng điện xoay chiều đi qua nhờ nguyên lý phóng nạp. Chúng được sử dụng trong các mạch điện tử: mạch lọc nguồn, lọc nhiễu, mạch truyền tín hiệu xoay chiều, mạch tạo dao động... Nguyên lý phóng, nạp của tụ điện là tính chất đặc trưng và cũng là nguyên lý cơ bản trong hoạt động của tụ điện. Bài báo xây dựng một bài thí nghiệm khảo sát quá trình phóng, nạp của tụ điện khi tụ được nạp điện và phóng điện qua điện trở.

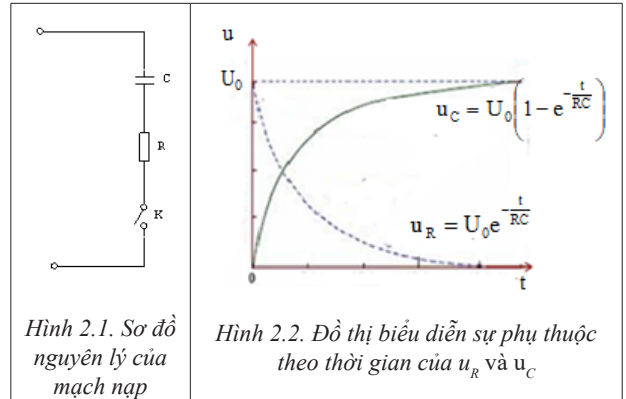
## 2. Nội dung nghiên cứu

**2.1. Mục đích- yêu cầu:** Khảo sát quá trình phóng, nạp của tụ điện, cụ thể khảo sát và vẽ đồ thị biến đổi theo thời gian của hiệu điện thế trên hai đầu tụ điện và điện trở, cường độ dòng điện trong mạch và công suất tiêu thụ trên tụ điện và điện trở khi tụ được nạp điện và phóng điện qua điện trở. Từ đồ thị xác định được hằng số thời gian  $\tau$ .

### 2.2. Cơ sở lý thuyết

**2.2.1. Quá trình nạp:** Mắc nối tiếp điện trở R với tụ điện C, rồi nối với nguồn điện một chiều như hình 2.1.

Tại thời điểm  $t = 0$ , bắt đầu đóng khoá K. Tụ được nạp điện qua điện trở R. Dòng điện ban đầu trong mạch là  $I_0 = \frac{U_0}{R}$ ; ( $U_0$  là điện áp nguồn) và giảm dần theo thời gian, hiệu điện thế trên hai đầu điện trở giảm dần, đồng thời hiệu điện thế trên hai đầu tụ tăng dần đến giá trị  $U_0$ . Áp dụng định luật Ôm ta có:



Hình 2.1. Sơ đồ nguyên lý của mạch nạp

Hình 2.2. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $u_R$  và  $u_C$

$$U_0 - i.R - \frac{q}{C} = 0 \rightarrow i + \frac{q}{RC} = \frac{U_0}{R} \quad (1)$$

Lấy đạo hàm hai vế phương trình (1) theo thời gian và thay  $i = \frac{dq}{dt}$ :

$$\frac{di}{dt} + \frac{i}{RC} = 0 \rightarrow \frac{di}{i} = -\frac{dt}{RC} \quad (2)$$

Lấy tích phân hai vế phương trình (2)

$$\int_{i_0}^i \frac{di}{i} = -\int_0^t \frac{dt}{RC} \rightarrow i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3)$$

Hiệu điện thế trên hai đầu điện trở là:

$$u_R = i.R = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

Hiệu điện thế trên hai bản tụ là:

$$u_R + u_C = U_0 \rightarrow u_C = U_0 - u_R = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (5)$$

Công suất tiêu thụ trên trở:

$$P_R = i.u_R = I_0 U_0 e^{-\frac{2t}{RC}} \quad (6)$$

Tại thời điểm ban đầu  $t = 0$ , công suất đạt giá trị cực đại, khi  $t$  tăng lên công suất giảm theo hàm e mũ.

Công suất tiêu thụ trên tụ:

$$P_C = i.u_C = I_0 U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (7)$$

Tại thời điểm ban đầu công suất bằng 0, sau đó khi  $t$  tăng công suất biến đổi theo hàm e mũ, cụ thể thời gian ngắn ban đầu khi  $t$  tăng công suất tăng theo hàm e mũ, sau đó giảm dần theo hàm e mũ.

### 2.2.2. Quá trình phóng

Xét một mạch điện gồm R mắc song song với tụ C vào một nguồn U như hình 2.3.

Do tụ mắc song song với điện trở nên:

$$u_C = u_R \text{ hay } \frac{q}{C} = i.R \rightarrow i = -\frac{q}{RC} \quad (8)$$

Lấy đạo hàm hai vế phương trình (8) theo thời gian và thay  $i = -\frac{dq}{dt}$ , dấu trừ là do điện tích trên hai bản tụ giảm dần theo thời gian.

$$\frac{di}{dt} = -\frac{i}{RC} \Leftrightarrow \frac{di}{i} = -\frac{dt}{RC} \quad (9)$$

Lấy tích phân hai vế phương trình (9)

$$\int_0^i \frac{di}{i} = -\int_0^t \frac{dt}{RC} \rightarrow i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (10)$$

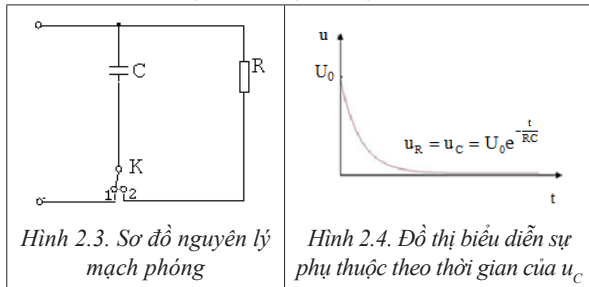
Hiệu điện thế trên hai đầu tụ điện và hiệu điện thế trên hai bản tụ:

$$u_R = u_C = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (11)$$

Công suất tiêu thụ trên tụ:

$$P_C = i.u_C = I_0 U_0 e^{-\frac{2t}{RC}} \quad (12)$$

Tại thời điểm ban đầu  $t = 0$ , công suất đạt giá trị cực đại, khi  $t$  tăng lên công suất giảm theo hàm e mũ.



Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý mạch phóng

Hình 2.4. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $u_C$

**Định nghĩa hằng số thời gian ( $\tau$ ):** là thời gian mà hiệu điện thế trên C (tăng) giảm đi  $e = 2,7$  lần so với thời điểm vừa đóng mạch.

Biểu thức :  $\tau = RC$ .

### 2.3. Dụng cụ thí nghiệm

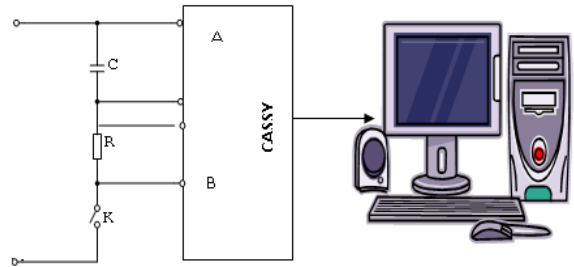
1. Sensor Cassy.
2. Máy tính có cài chương trình Cassy Lab.
3. Bảng mạch.

4. Nguồn một chiều.
5. Các tụ điện, các điện trở
6. Một khoá hai trạng thái.

### 2.4. Trình tự thí nghiệm

#### 2.4.1. Mạch nạp

a. Lắp mạch điện như hình 2.5.



Hình 2.5. Sơ đồ thí nghiệm mạch nạp

b. Khởi động chương trình Cassy Lab: Trong màn hình Desktop của Windows, chọn Start\ Program\ CASSY Lab\ CASSY Lab. Hoặc có thể nhấp đúp chuột vào biểu tượng của Cassy Lab trên màn hình.

Trong cửa sổ CASSY Lab, chọn Activate (khởi động cho Sensor Cassy và Power Cassy).

Nhấn F5 để lựa chọn các thiết bị: cửa sổ Settings hiện ra, chọn General, trong phần Serial Interface Assignment, trong khung COM1, chọn CASSY.

Tiếp tục, trong Setting chọn CASSY, kích hoạt các đầu đo  $A_1$  và  $B_1$  bằng cách nhấp đúp chuột, khi đó hộp hội thoại Sensor Input Settings hiện ra, lần lượt đặt chế độ sau cho cả hai đầu đo A và B: Quantity: Voltage  $U_{A1}$  (Voltage  $U_{B1}$ ).

Meas. Range: -10V..10V.

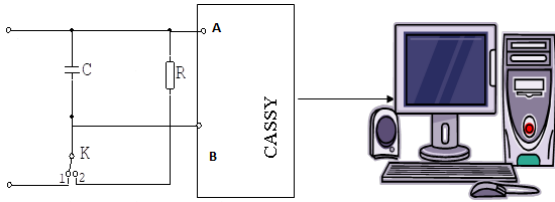
Đặt thời gian cho các phép đo: Trong cửa sổ Settings, nhấp chuột vào Display Measuring Parameters, cửa sổ Measuring Parameters hiện ra, đặt Meas. Time: 10s, chọn chế độ đo Automatic, Append New Meas Series.

c. Tiến hành đo: Ban đầu mở khoá K. Nhấn nút F9 để bắt đầu vẽ đường nạp của tụ điện, **đồng thời nhanh tay đóng khoá K**. Trên màn hình của Cassy Lab sẽ hiện ra đồ thị nạp điện tương ứng của tụ điện và điện trở.

Cách xác định hằng số thời gian: Trong vùng đồ thị của CASSY Lab, nhấp chuột phải, một thực đơn dọc hiện ra chọn Fit Function\ Exponential Function  $e^x$ . Di chuyển chuột từ đầu đến cuối đồ thị hiển thị điện áp trên điện trở. Hằng số thời gian chính là giá trị B hiện lên ở góc dưới trên màn hình (hình 2.7).

#### 2.4.2. Mạch phóng

a. Lắp mạch như hình 2.6.



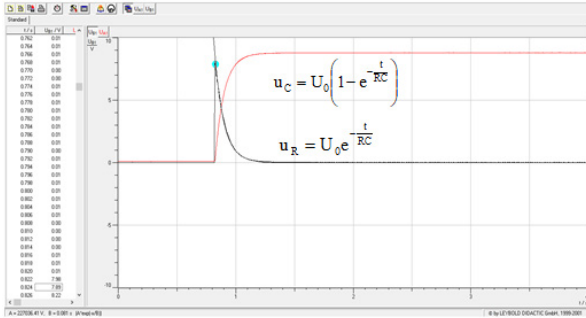
Hình 2.6. Sơ đồ thí nghiệm mạch phóng

b. Tiến hành đo: Ban đầu đóng khoá K sang trạng thái (1) để tụ được nạp điện. Nhấn nút F9 để bắt đầu vẽ đường nạp của tụ điện, sau đó chuyển khoá K sang trạng thái (2) để tụ phóng điện qua điện trở. Trên màn hình của Cassy Lab sẽ hiện ra đồ thị phóng điện tương ứng của tụ điện qua điện trở.

Cách xác định hằng số thời gian: Trong vùng đồ thị của CASSY Lab, nhấn chuột phải, một thực đơn đọc hiện ra chọn Fit Function\ Exponential Function  $e^x$ . Di chuyển chuột từ đầu đến cuối đồ thị hiển thị điện áp trên tụ điện. Hằng số thời gian chính là giá trị B hiện lên ở góc dưới trên màn hình (hình 2.10).

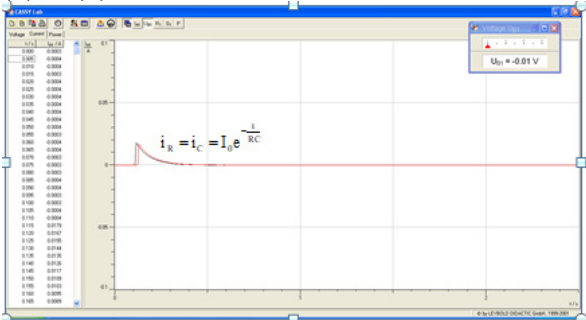
2.5. Kết quả thí nghiệm

2.5.1. Mạch nạp



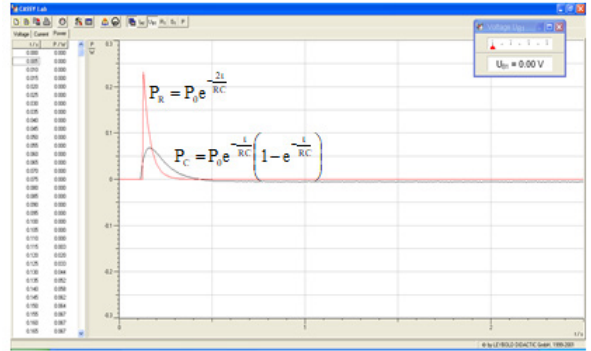
Hình 2.7. Đồ thị thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $u_R$  và  $u_C$

Khi bắt đầu đóng khoá K, hiệu điện thế trên hai đầu điện trở đạt giá trị  $U_0$ , sau đó giảm theo hàm e mũ, và hiệu điện thế trên hai đầu tụ điện tăng dần từ 0 theo hàm e mũ, hoàn toàn phù hợp với công thức (4) và (5).



Hình 2.8. Đồ thị thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $i_R$  và  $i_C$

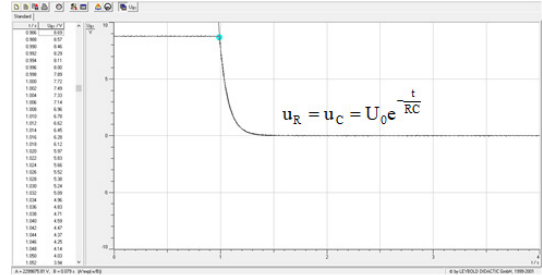
Khi bắt đầu đóng khoá K, cường độ dòng điện  $i_R = i_C$  đạt giá trị  $I_0$ , sau đó giảm theo hàm e mũ, hoàn toàn phù hợp với công thức (3).



Hình 2.9. Đồ thị thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $P_R$  và  $P_C$

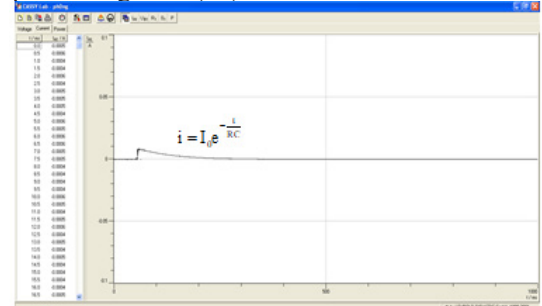
Khi bắt đầu đóng khoá K, công suất tiêu thụ trên điện trở đạt giá trị  $P_0$ , sau đó giảm theo hàm e mũ, và công suất tiêu thụ trên tụ điện tăng dần từ 0 theo hàm e mũ, sau đó giảm dần theo hàm e mũ, hoàn toàn phù hợp với công thức (6) và (7).

2.5.2. Mạch phóng



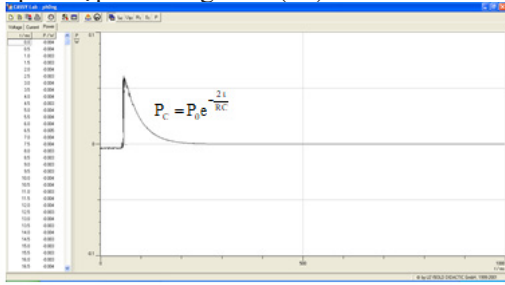
Hình 2.10. Đồ thị thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $u_C$

Khi đóng khoá K sang trạng thái (1), tụ được nạp điện trực tiếp từ nguồn, hiệu điện thế trên hai đầu tụ đạt giá trị  $U_0$ , sau đó chuyển khoá K sang trạng thái (2), tụ bắt đầu phóng điện qua điện trở, hiệu điện thế trên hai đầu tụ giảm theo hàm e mũ, hoàn toàn phù hợp với công thức (11).



Hình 2.11. Đồ thị thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $i_C$

Cường độ dòng điện chạy qua mạch giảm dần theo hàm e mũ khi tụ phóng điện qua điện trở, hoàn toàn phù hợp với công thức (10).



Hình 2.12. Đồ thị thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc theo thời gian của  $P_C$ .

Công suất tiêu thụ trên tụ giảm dần theo hàm e mũ khi tụ phóng điện qua điện trở, hoàn toàn phù hợp với công thức (12).

2.5.3. Xác định hằng số thời gian  $\tau$

Mạch nạp			Mạch phóng		
U(V)	$\tau$ (s)	$\Delta\tau$ (s)	U(V)	$\tau$ (s)	$\Delta\tau$ (s)
5	0,080	0,001	5	0,079	0,000
6	0,081	0,000	6	0,080	0,001
7	0,079	0,002	7	0,078	0,001
8	0,082	0,001	8	0,079	0,000
TB	0,081	0,001	TB	0,079	0,0005

Giá trị của R và C:  $R = 800 \Omega$  ;  $C = 100\mu F$   
 Tính hằng số thời gian theo lý thuyết:  $\tau = 0,08$  s

$$\text{Sai số tương đối: } \delta = \frac{|\tau_{\text{II}} - \tau_{\text{N}}|}{\tau_{\text{II}}} = 1,2\%$$

**3. Kết luận:** Bài báo đã xây dựng được bài thí nghiệm khảo sát được sự thay đổi theo thời gian của hiệu điện thế, cường độ dòng điện và công suất tiêu thụ trên tụ khi tụ được nạp và phóng điện qua điện trở, đồng thời từ đồ thị xác định được hằng số thời gian với sai số so với lý thuyết rất nhỏ 1,25%.

**Tài liệu tham khảo**

1. Lương Duyên Bình (2001). *Giáo trình vật lý đại cương tập 2*. NXB Giáo dục. Hà Nội.
2. Mick Carr, Kenvin Mather, Lin Watts (2002). *Physics and data collection*, Pasco Scientific in U.S.A.
3. Experiments with capacitors, *Laboratory Manuals for Students in Biology and Chemistry - Course PHY127*.
4. Charging and discharging of a capacitor, *First Year B.Tech. Physics Laboratory IIT Delhi*.
5. Charge and Discharge of a Capacitor, (2012) *Advanced Instructional systems, Inc. and North Carolina State University*.

**Dạy học yếu tố thống kê theo hướng phát triển... (tiếp theo trang 79)**

**Biện pháp dạy học 1.** *Giáo viên phân loại bài tập sách giáo khoa theo chủ đề, giúp học sinh rèn luyện thao tác tư duy toán học.*

**Biện pháp dạy học 2.** *Giáo viên thiết kế – sử dụng quy trình tạo tình huống vấn đề, giúp học sinh lập luận giải quyết vấn đề.*

Đánh giá (định tính và định lượng) đầu vào – đầu ra thực nghiệm cho thấy:

- Học sinh thuộc lớp thực nghiệm có hứng thú học tập và học tập tích cực chủ động hơn học sinh lớp đối chứng.

- Năng lực tư duy và lập luận toán học của học sinh tiểu học lớp thực nghiệm đã được cải thiện. Cụ thể là:

$$T = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}} = \frac{|7,3 - 6,4375|}{\sqrt{\frac{29,2,4931 + 31,2,3831}{60} \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{32}\right)}} = 2,1744.$$

- Với mức 0,05, ta có  $t_{0,05} = 1,649$ . Miền bác bỏ:  $(1,649; \infty) \Rightarrow$  Bác bỏ  $H_0$ , vì  $T = 2,1744 > 1,649$ . Kết luận: Bác bỏ giả thuyết  $H_0$ : Hai lớp có năng lực tư duy và lập luận toán học như nhau. Tức là học sinh lớp thực nghiệm có năng lực tư duy và lập luận toán học cao hơn học sinh lớp đối chứng, với độ tin cậy 95%.

**Tài liệu tham khảo**

[1] Bộ Giáo dục và Đào tạo, *Chương trình giáo dục phổ thông – Chương trình tổng thể*, Ban hành kèm theo Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26 tháng 12 năm 2018 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo.

[2] Chương trình giáo dục phổ thông môn Toán (*Ban hành kèm theo thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT, Ngày 26 tháng 12 năm 2018 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo*)

[3] Vũ Quốc Chung (1995), *Góp phần hoàn thiện nội dung và phương pháp dạy học các yếu tố hình học theo hướng bồi dưỡng một số năng lực tư duy cho học sinh các lớp cuối bậc tiểu học*, Luận án Phó tiến sĩ khoa học Sư phạm - Tâm lý, Trường Đại học Sư phạm - Đại học Quốc gia Hà Nội.