

	VIETTEL AI RACE	TD030
	TỤ ĐIỆN	Lần ban hành: 1

## 1. Tụ điện (Capacitor)

### 1.1 Giới thiệu về tụ điện (Introduction to Capacitors)

#### 1.1.1 Tụ điện là gì?

Tụ điện là linh kiện thụ động có khả năng tích trữ năng lượng điện trường dưới dạng điện tích khi áp một điện áp tĩnh (Static Voltage) trên các bản cực (plates) của nó. Tụ điện tích trữ năng lượng điện tương tự như một pin sạc nhỏ.

Có rất nhiều loại tụ điện khác nhau, từ các tụ điện rất nhỏ được sử dụng trong các mạch cộng hưởng, lọc nguồn, lọc tín hiệu, cho đến các tụ điện lớn dùng để bù công suất. Tuy khác nhau về kích thước và ứng dụng, tất cả đều có chức năng tương tự là lưu trữ điện tích.

#### 1.1.2 Cấu tạo tụ điện cơ bản

Trong dạng cơ bản, một tụ điện bao gồm hai hoặc nhiều tấm dẫn điện (kim loại) đặt song song, không nối hoặc chạm vào nhau. Để cách ly về điện, người ta sử dụng không khí hoặc các vật liệu cách điện tốt như giấy, sáp, mica, gỗ, nhựa hoặc một số dạng gel lỏng dùng trong tụ điện phân cực. Lớp cách điện giữa các tấm thường được gọi là điện môi (Dielectric).

Do lớp cách điện này, dòng điện một chiều (DC) không thể chảy qua tụ điện; nó chỉ cho phép tạo ra điện áp trên các tấm dưới dạng điện tích (electrical charge). Các tấm kim loại dẫn điện của tụ điện có thể có hình vuông, hình tròn, hình chữ nhật, hoặc hình trụ, hình cầu. Hình dạng, kích thước và cấu trúc tấm song song phụ thuộc vào ứng dụng và mức điện áp của tụ điện.

#### 1.1.3 Nguyên lý hoạt động

Khi được sử dụng trong mạch điện một chiều (DC), tụ điện sẽ sạc lên đến điện áp cung cấp nhưng chặn dòng điện chạy qua nó do điện môi không dẫn điện.

Có hai loại điện tích: điện tích dương (+) dưới dạng proton và điện tích âm (-) dưới dạng electron. Khi một điện áp DC được đặt trên tụ điện, điện tích dương tích lũy trên một tấm, trong khi điện tích âm tích lũy trên tấm còn lại. Các tấm giữ điện tích cân bằng, tạo ra sự khác biệt điện áp giữa hai tấm. Khi đạt trạng thái ổn định, dòng điện không thể chảy qua tụ điện.

	VIETTEL AI RACE	TD030
	TỤ ĐIỆN	Lần ban hành: 1

Khi kết nối với dòng điện xoay chiều (AC), dòng điện có thể đi qua tụ điện nhờ sự thay đổi liên tục điện áp. Dòng electron vào các tấm tụ điện được gọi là dòng điện sạc, chảy cho đến khi điện áp trên cả hai tấm bằng với điện áp cung cấp  $V_{cV\_c}$ . Khi đó tụ điện được gọi là “fully charged”.

## 1.2 Các tham số chính của tụ điện (Main Parameters of the Capacitor)

### 1.2.1 Điện dung của tụ điện

Điện dung là thước đo khả năng tụ điện lưu trữ điện tích giữa hai tấm của nó. Đơn vị điện dung là Farad (F), đặt theo tên nhà vật lý người Anh Michael Faraday.

Điện dung CC được tính bằng:

$$C = Q/V$$

Trong đó:

- CC: điện dung, đơn vị Farad (F)
- QQ: điện lượng (coulomb), là điện tích tích trên tụ
- VV: điện áp (volt), là điện áp cấp cho tụ

### 1.2.2 Đơn vị tiêu chuẩn của điện dung

Do Farad là đơn vị lớn, các bội số thường dùng là:

- Microfarad ( $\mu F$ ) :  $1\mu F = 10^{-6} F$
- Nanofarad (nF) :  $1nF = 10^{-9} F$
- Picofarad (pF) :  $1pF = 10^{-12} F$

### 1.2.3 Điện dung của tụ điện phẳng (Parallel Plate Capacitor)

Điện dung của tụ điện phẳng tỷ lệ thuận với diện tích AA ( $m^2$ ) của hai tấm và tỷ lệ nghịch với khoảng cách dd (m) giữa hai tấm:

$$C = \epsilon A/d = \epsilon_r \epsilon_0 A/d$$

Trong đó:

- C: điện dung (F)
- $\epsilon_r$ : hằng số điện môi tương đối của vật liệu
- $\epsilon_0$ : hằng số điện môi chân không,  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} F/m$

	VIETTEL AI RACE	TD030
	TỤ ĐIỆN	Lần ban hành: 1

- A: diện tích bản cực ( $m^2$ )
- d: khoảng cách giữa hai tấm (m)

### 1.3 Các loại tụ điện (Types of Capacitors)

Tùy theo vật liệu điện môi và cấu tạo, tụ điện được phân loại như sau:

#### 1.3.1 Tụ gốm (Ceramic Capacitor)

- Điện môi: gốm.
- Điện dung: thường nhỏ, từ vài pF đến vài  $\mu F$ .
- Ứng dụng: lọc tín hiệu, mạch công hưởng, mạch cao tần.
- Ưu điểm: nhỏ gọn, chịu nhiệt tốt, giá rẻ.
- Nhược điểm: điện dung thay đổi theo nhiệt độ và điện áp.

#### 1.3.2 Tụ phim (Film Capacitor)

- Điện môi: nhựa polyester, polypropylene, polystyrene.
- Điện dung: từ vài nF đến vài  $\mu F$ .
- Ứng dụng: lọc nguồn, mạch bảo vệ, mạch công suất.
- Ưu điểm: điện dung ổn định, chịu được điện áp cao.
- Nhược điểm: kích thước lớn hơn tụ gốm cùng điện dung.

#### 1.3.3 Tụ hóa (Electrolytic Capacitor)

- Điện môi: chất điện phân.
- Điện dung: lớn, từ vài  $\mu F$  đến vài mF.
- Ứng dụng: lọc nguồn, bù công suất, lưu trữ năng lượng tạm thời.
- Ưu điểm: dung lượng cao, giá rẻ.
- Nhược điểm: điện áp làm việc thấp hơn, tuổi thọ ngắn, phân cực (+, -) rõ ràng.

#### 1.3.4 Tụ tantalum (Tantalum Capacitor)

- Điện môi: tantalum oxide.
- Điện dung: từ vài  $\mu F$  đến vài trăm  $\mu F$ .
- Ứng dụng: mạch điện tử nhạy, nguồn xung.
- Ưu điểm: dung lượng ổn định, kích thước nhỏ.
- Nhược điểm: nhạy cảm với quá áp, giá cao hơn tụ nhôm.

	VIETTEL AI RACE	TD030
	TỤ ĐIỆN	Lần ban hành: 1

### 1.3.5 Tụ siêu điện (Supercapacitor / Ultracapacitor)

- Điện dung: rất lớn, từ vài F đến vài nghìn F.
- Ứng dụng: lưu trữ năng lượng tạm thời, backup nguồn, hệ thống hybrid/EV.
- Ưu điểm: lưu trữ năng lượng lớn, tuổi thọ dài.
- Nhược điểm: điện áp thấp, giá cao, kích thước lớn.

## 1.4 Ứng dụng của tụ điện (Applications of Capacitors)

### • Lọc nguồn (Power Supply Filtering)

Tụ điện dùng để lọc nhiễu và ổn định điện áp DC. Chúng loại bỏ các xung AC còn sót lại sau khi chỉnh lưu từ AC sang DC.

### • Lưu trữ năng lượng tạm thời

Trong mạch xung hoặc hệ thống hybrid, tụ điện có thể cung cấp dòng điện lớn trong thời gian ngắn.

### • Mạch cộng hưởng và lọc tín hiệu

Kết hợp với cuộn cảm (inductor), tụ điện tạo mạch LC dùng để chọn tần số hoặc loại bỏ tần số không mong muốn.

### • Bù công suất (Power Factor Correction)

Trong các mạch điện công nghiệp, tụ điện được dùng để cải thiện hệ số công suất, giảm tổn thất điện năng.

### • Khởi động động cơ (Motor Start)

Tụ điện khởi động giúp động cơ chạy êm và đạt mô-men xoắn ban đầu cao.

## 1.5 Lưu ý khi sử dụng và bảo quản tụ điện (Precautions and Storage)

### • Điện áp

Không vượt quá điện áp làm việc, đặc biệt với tụ phân cực. Quá áp có thể gây đánh thủng điện môi.

### • Nhiệt độ

Bảo quản và vận hành trong phạm vi nhiệt độ cho phép để tránh giảm tuổi thọ hoặc hỏng tụ.

### • Phân cực

Với tụ điện phân cực (electrolytic, tantalum), chú ý cực (+/-) khi lắp mạch, lắp sai có thể gây nổ.

### • Lão hóa

Một số tụ điện (như tụ hóa) mất điện dung theo thời gian; cần kiểm tra định kỳ nếu dùng lâu năm.

### • Bảo quản

	VIETTEL AI RACE	TD030
	TỤ ĐIỆN	Lần ban hành: 1

- Tránh ẩm ướt, bụi bẩn.
- Không để gần nguồn nhiệt cao.
- Tụ siêu điện và tụ hóa nên xả điện trước khi bảo quản lâu dài.

## 2. Bài tập mẫu (Sample Problem)

Một tụ điện có  $A=10 \text{ m}^2$ ,  $d=5 \text{ m}$ , điện môi là không khí. Tính điện dung C.

## 3. Hướng dẫn giải (Tutorial)

Điện dung được tính bởi công thức:

$$C = \epsilon_0 A/d = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 A/d$$

Điện dung của tụ điện thay đổi theo vật liệu điện môi. Các vật liệu điện môi thường là cách điện, tấm kim loại dẫn điện có thể làm bằng đồng, nhôm; điện môi có thể là giấy, sáp, mica, gốm, polyme, gel. Theo thời gian, vật liệu lão hóa dẫn đến giảm điện dung. Sai số tụ điện có thể dao động từ -20% đến +80% so với giá trị danh định.

### 3.1 Điện áp làm việc (Working Voltage)

Điện áp làm việc là mức điện áp tối đa DC hoặc AC mà tụ điện chịu được mà không bị hỏng. Giá trị này thường được in trên thân tụ.

Điện áp AC và DC khác nhau do AC đề cập đến giá trị hiệu dụng; điện áp cực đại AC =  $1.414 \times$  điện áp hiệu dụng. Khi chọn tụ điện, điện áp làm việc nên cao hơn điện áp mạch ~30%.

Ví dụ: mạch 12V → chọn tụ 16V.

### 3.2 Nhiệt độ làm việc (Working Temperature)

Nhiệt độ ảnh hưởng điện dung do thay đổi tính chất điện môi. Phạm vi làm việc bình thường:  $-30^\circ\text{C}$  đến  $+125^\circ\text{C}$ , điện áp danh định. Nhiệt độ làm việc không quá  $+70^\circ\text{C}$  đối với tụ nhựa.

#### Lưu ý:

- Tụ phân nhôm: trên  $85^\circ\text{C}$  chất lỏng điện phân có thể bay hơi; thân tụ có thể biến dạng hoặc rò rỉ.

	<b>VIETTEL AI RACE</b>	TD030
	<b>TỤ ĐIỆN</b>	Lần ban hành: 1

- Tụ phân không dùng ở dưới  $-10^{\circ}\text{C}$  do chất điện phân đóng băng.