

I. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ TRONG MẠCH LC

1. Sự biến thiên điện tích và dòng điện trong mạch dao động

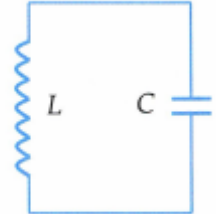
- **Mạch dao động** là một mạch điện khép kín gồm một tụ điện có điện dung C và một cuộn dây có độ tự cảm L , có điện trở thuần không đáng kể nối với nhau.

- Điện tích trên tụ điện C trong mạch dao động biến thiên điều hòa theo phương trình

$$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

- Cường độ dòng điện trên cuộn dây L :

$$i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi) = I_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$



Trong đó $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ và $I_0 = \omega q_0$

- Biến thiên của điện trường và từ trường ở trong mạch trên được gọi là dao động điện từ. Nếu không có tác động bên ngoài thì dao động điện từ này được gọi là dao động điện từ tự do.

- Chu kỳ và tần số riêng của mạch dao động:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Nhận xét

Dòng điện biến thiên điều hòa cùng tần số và sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện tích trong mạch. Điều này tương tự như vận tốc v biến thiên sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với li độ x trong dao động điều hòa.

2. Năng lượng điện từ trong mạch dao động

- Giả sử phương trình của điện tích là $q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$

- Năng lượng điện trường tập trung trong tụ điện

$$W_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \cos^2(\omega t + \varphi)$$

- Năng lượng từ trường tập trung trong cuộn cảm

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot Li^2 = \frac{1}{2} \cdot L\omega^2 q_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \sin^2(\omega t + \varphi)$$

- Năng lượng điện từ toàn phần trong mạch LC là

$$W = W_C + W_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \cos^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{q_0^2}{2C} = \text{const}$$

Nhận xét

+ Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường biến thiên điều hoà với tần số góc $\omega' = 2\omega$ và chu kỳ

$$T' = \frac{T}{2}$$

+ Trong quá trình dao động của mạch, năng lượng từ trường và năng lượng điện trường luôn chuyển hóa lẫn nhau, nhưng tổng năng lượng điện từ là một hằng số không đổi.

3. Các loại dao động điện từ

- **Dao động điện từ tắt dần:** Trong thực tế, các mạch dao động LC luôn có sự tiêu hao năng lượng, do điện trở của cuộn dây thực tế là khác 0. Do đó, dao động sẽ dừng lại sau khi năng lượng bị tiêu hao hết. Biên độ của dao động giảm dần theo thời gian. Hiện tượng này được gọi là dao động điện từ tắt dần.

- **Dao động điện từ duy trì:** Để duy trì dao động, ta phải bù đủ và đúng phần năng lượng bị tiêu hao trong mỗi chu kỳ.

- **Dao động điện từ cưỡng bức:** Khi mắc mạch LC có tần số riêng ω_0 vào nguồn điện có suất điện động biến thiên theo thời $e = E_0 \cos \omega t$, dòng điện trong mạch LC buộc phải dao động với tần số ω của nguồn điện. Quá trình này gọi là dao động điện từ cưỡng bức. Khi $\omega = \omega_0$ thì hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch LC đạt giá trị cực đại, đó là sự cộng hưởng trong dao động điện từ.

4. Sự tương tự giữa dao động điện từ và dao động cơ

Đại lượng cơ	Đại lượng điện
x	q
v	i
m	L
k	$\frac{1}{C}$
F	u
μ	R
W_t	W_C
W_d	W_L

Bảng 3.1: Sự tương tự giữa đại lượng cơ và đại lượng điện.

Dao động cơ	Dao động điện
-------------	---------------

$x'' + \omega^2 x = 0$, với $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$q'' + \omega^2 q = 0$, với $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
$x = A \cos(\omega t + \varphi)$	$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$
$v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$	$i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi)$
$W = \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} kA^2$	$W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \frac{q_0^2}{C}$

Bảng 3.2: Sự tương tự giữa dao động cơ và dao động điện.

II. ĐIỆN TỪ TRƯỜNG - SÚNG ĐIỆN TỪ

1. Điện từ trường

1.1. Giả thuyết của Mác-xoen

- Giả thuyết về từ trường biến thiên

Nếu tại một nơi có từ trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện một điện trường xoáy. Điện trường xoáy là điện trường có các đường sức điện là những đường cong khép kín, bao quanh các đường cảm ứng từ.

- Giả thuyết về điện trường biến thiên

Nếu tại một nơi có điện trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện một từ trường biến thiên. Từ trường này cũng có các đường sức từ là những đường cong khép kín như từ trường tĩnh, bao quanh các đường sức của điện trường.

Như vậy, điện trường biến thiên và từ trường biến thiên cùng tồn tại trong không gian. Chúng chuyên hóa lẫn nhau trong một trường thống nhất gọi là điện từ trường.

Dưới đây là bảng phân biệt giữa điện trường tĩnh và điện trường xoáy để chúng ta hiểu rõ hơn về điện trường tĩnh, điện trường xoáy:

Điện trường tĩnh	Điện trường xoáy
Được sinh ra xung quanh một điện tích đứng yên	Được sinh ra xung quanh một điện tích dao động hoặc xung quanh một từ trường biến thiên
Có đường sức là đường cong hở, đi ra ở điện tích dương và đi vào điện tích âm	Có đường sức là đường cong khép kín, không phân biệt điểm đầu và điểm cuối
Chỉ biến thiên trong không gian, không biến thiên theo thời gian	Biến thiên cả trong không gian và thời gian

Bảng 3.3: Phân biệt giữa điện trường tĩnh và điện trường xoáy

Chú ý

Không thể có từ trường hoặc điện trường tồn tại riêng rẽ

1.2. Dòng điện dẫn và dòng điện dịch

Khi mạch LC đang dao động thì:

Dòng điện dẫn là dòng điện chạy qua dây dẫn sinh ra từ trường có đường sức từ là đường cong khép kín, bao quanh dòng điện.

Theo Mắcxơen, sự biến thiên của điện trường trong lòng tụ điện sẽ sinh ra một từ trường xoáy. Như vậy điện trường biến thiên trong lòng tụ cũng tạo ra từ trường xoáy giống như dòng điện chạy qua dây dẫn. Vì vậy điện trường biến thiên trong lòng của tụ điện được coi như một loại dòng điện. Để phân biệt với dòng điện dẫn chạy qua dây dẫn, điện trường biến thiên trong lòng tụ điện được gọi là **dòng điện dịch**.

Vậy, mạch dao động LC tồn tại hai loại dòng điện: dòng điện dẫn chạy trong dây dẫn của cuộn cảm và dòng điện dịch do điện trường biến thiên trong lòng tụ điện sinh ra.

STUDY TIP

Dòng điện dịch chỉ là một dòng điện mang tính quy ước và không phải là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện

2. Sóng điện từ

Xét một điện tích q dao động điều hòa với tần số f . Cường độ điện trường do điện tích đó sinh ra tại một điểm cố định xung quanh điện tích sẽ biến thiên cùng tần số. Theo Mắcxơen, tại điểm đó có một từ trường xoáy biến thiên, từ trường xoáy biến thiên lại sinh ra một điện trường xoáy biến thiên khác, điện trường xoáy biến thiên lại sinh ra một từ trường xoáy khác,... cứ như vậy quá trình liên tiếp diễn ra và ta nói rằng sóng điện từ được truyền đi.

2.1. Định nghĩa

Sóng điện từ là quá trình lan truyền điện từ trường biến thiên trong không gian

2.2. Đặc điểm

- Sóng điện từ truyền được trong mọi môi trường vật chất, kể cả trong chân không. Đây chính là sự khác biệt giữa sóng điện từ và sóng cơ.
 - Vận tốc lan truyền sóng điện từ trong chân không bằng vận tốc ánh sáng $c = 3.10^8$ (m/s).
 - Sóng điện từ là sóng ngang. Trong quá trình truyền sóng, các vectơ \vec{B} và \vec{E} luôn vuông góc với nhau, và vuông góc với phương truyền sóng \vec{v} . Ba vectơ $\vec{E}, \vec{B}, \vec{v}$ tạo thành một tam diện thuận.
 - Bước sóng của sóng điện từ trong chân không là $\lambda = cT$
- Trong đó: c là tốc độ ánh sáng, T là chu kỳ của dao động điện từ.

STUDY TIP

Các vectơ \vec{B} và \vec{E} biến thiên tuần hoàn theo không gian và thời gian, và luôn cùng pha

2.3. Tính chất

- Sóng điện từ mang theo năng lượng khi lan truyền, tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số. Sóng điện từ có tần số càng cao thì khả năng lan truyền càng xa.
- Sóng điện từ tuân theo các quy luật truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ, giao thoa, nhiễu xạ,...

2.4. Một số chú ý quan trọng

- Khi sóng điện từ truyền đi, điện trường và từ trường biến thiên cùng pha và có phương vuông góc với nhau (chứ không phải vuông pha).
- Điện trường trong lòng tụ điện biến thiên cùng tần số và cùng pha với hiệu điện thế giữa hai

đầu tụ điện: $E = \frac{u}{d}$

Trong đó d là khoảng cách giữa hai tụ.

- Từ trường trong lòng cuộn cảm biến thiên cùng tần số và cùng pha với dòng điện qua cuộn cảm: $B = 4\pi 10^{-7} Li$

Trong đó L là độ tự cảm của cuộn dây.

3. Sóng vô tuyến

3.1. Định nghĩa

Sóng vô tuyến là các sóng điện từ dùng trong vô tuyến, có bước sóng từ vài mét đến vài kilômét.

3.2. Phân loại

Theo tần số và bước sóng, sóng vô tuyến được phân chia thành 4 loại: sóng cực ngắn, sóng ngắn, sóng trung và sóng dài.

Loại sóng	Tần số (MHz)	Bước sóng (m)
Sóng dài	0,003 đến 0,3	10^3 đến 10^5
Sóng trung	0,3 đến 3,0	10^2 đến 10^3
Sóng ngắn	3,0 đến 30	10 đến 10^2
Sóng cực ngắn	30 đến 30000	10^{-2} đến 10

Bảng 3.4: Bảng phân loại sóng vô tuyến

3.3. Đặc tính

Tầng điện li là lớp khí quyển bị ion hóa mạnh bởi ánh sáng Mặt Trời và nằm trong khoảng độ cao từ 80 km đến 800 km, có ảnh hưởng rất lớn đến sự truyền sóng vô tuyến điện.

Sóng dài có năng lượng thấp, bị nước hấp thụ ít nên được dùng để truyền thông tin dưới nước. Sóng dài ít dùng để truyền thông tin trên mặt đất vì năng lượng nhỏ không thể truyền được đi xa.

Sóng trung ban ngày bị tầng điện li hấp thụ mạnh nên không truyền được đi xa. Ban đêm sóng ít bị hấp thụ, tầng điện li phản xạ nên truyền được đi xa. Do đó, vào ban đêm, ta nghe đài sẽ rõ hơn nghe ban ngày.

Sóng ngắn có năng lượng lớn hơn sóng trung, bị tầng điện li phản xạ đi phản xạ lại nhiều lần từ mặt đất đến tầng điện li. Do vậy, một đài phát sóng ngắn có công suất lớn có thể truyền sóng tới mọi điểm trên bề mặt Trái Đất.

Sóng cực ngắn có năng lượng lớn nhất trong 4 loại sóng kể trên, nó không bị tầng điện li hấp thụ và phản xạ, nên sóng cực ngắn có thể truyền đi rất xa theo đường thẳng, xuyên qua tầng điện li. Do đó, sóng cực ngắn được dùng để truyền thông tin vũ trụ.

Chú ý

Vô tuyến truyền hình dùng sóng cực ngắn, không truyền được đi xa trên bề mặt Trái Đất, không bị tầng điện li hấp thụ hay phản xạ. Muốn truyền hình đi xa, phải có vệ tinh nhân tạo hoặc các đài thu phát sóng trung gian

4. Truyền thông bằng sóng điện từ

4.1. Mạch dao động kín, mạch dao động hở

- Trong mạch dao động LC, điện trường biến thiên tập trung ở tụ điện C, từ trường biến thiên tập trung ở cuộn dây L. Điện từ trường hầu như không bức xạ ra bên ngoài, mạch này được gọi là mạch **dao động kín**.

- Trong mạch dao động LC, khi ta tách hai bản cực của tụ điện C và tách xa các vòng dây cuộn cảm, thì vùng không gian có điện trường biến thiên và từ trường biến thiên được mở rộng dần. Mạch như vậy gọi là mạch dao động hở.

STUDY TIP

Trong mạch dao động hở, điện từ trường lan tỏa trong không gian thành sóng điện từ và có khả năng đi rất xa

4.2. Anten

- Anten là một dạng của mạch dao động hở.

- Anten cấu tạo bởi 1 dây dẫn dài, có cuộn cảm ở giữa, đầu trên để hở còn đầu dưới tiếp đất.

4.3. Nguyên tắc phát và thu sóng điện từ

- Để phát sóng điện từ đi xa, người ta mắc phối hợp anten với một máy phát dao động điều hòa (gồm một mạch dao động LC, một tranzito và nguồn điện một chiều để bổ sung năng lượng cho mạch dao động LC). Anten phát ra sóng điện từ với tần số f.

- Để thu sóng điện từ, người ta mắc kết hợp anten với mạch dao động LC có tụ điện có điện dung thay đổi được. Điều chỉnh C để mạch xảy ra hiện tượng cộng hưởng với tần số cần thu, khi đó tín hiệu nhận được là rõ nét nhất, gọi là sự chọn sóng.

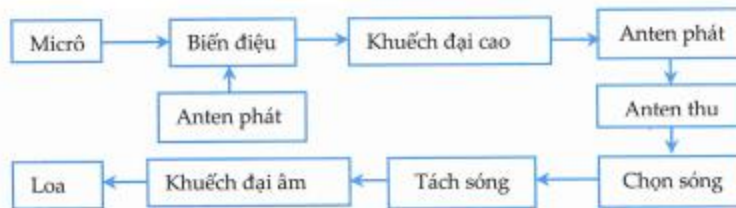
- Bước sóng của sóng điện từ mà mạch phát ra, hay thu được là:

$$\lambda = cT = \frac{c}{f} = 2\pi c\sqrt{LC}$$

4.4. Nguyên tắc truyền thông bằng sóng điện từ

Để truyền được các thông tin như âm thanh, hình ảnh, ... đến những nơi xa, người ta đều áp dụng một quy trình chung là:

- + Biến âm thanh, hình ảnh, ... muốn truyền đi thành các dao động điện, gọi là các tín hiệu âm tần.
- + Dùng sóng điện từ có tần số cao (cao tần), gọi là sóng mang để truyền các tín hiệu âm tần đi xa qua anten phát.
- + Dùng máy thu với anten thu để chọn và thu lấy sóng điện từ cao tần.
- + Tách tín hiệu ra khỏi sóng cao tần, dùng loa để nghe âm thanh đã truyền tới (hoặc dùng màn hình để xem hình).



Sơ đồ khối của một hệ thống phát thanh và thu thanh dùng sóng điện từ

* Hệ thống phát thanh gồm:

- Dao động cao tần: Tạo ra sóng mang.
- Micro: Biến âm thanh ta nói thành dao động điện âm tần.
- Mạch biến điệu: trộn dao động âm tần và dao động cao tần, thành sóng cao tần biến điệu.
- Khuếch đại cao tần: khuếch đại dao động cao tần biến điệu để đưa ra anten phát.
- Anten phát: phát xạ sóng cao tần đã biến điệu đi xa.

* Hệ thống thu thanh gồm:

- Anten thu: thu sóng cao tần biến điệu.
- Chọn sóng: chọn lọc sóng muốn thu nhờ mạch LC có điện dung biến thiên, thay đổi C để xảy ra hiện tượng cộng hưởng, khi đó sẽ thu được sóng muốn thu.
- Tách sóng: lấy ra dao động âm tần từ dao động cao tần biến điệu đã thu được.
- Khuếch đại âm tần: làm cho dao động âm tần đã tách được mạnh lên, rồi đưa ra loa.