

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

www.mientayvn.com/chat_box_li.html

Điện từ học

I. Điện tích.

1. Điện tích.

Cường độ của tương tác điện của một hạt với các vật xung quanh phụ thuộc vào điện tích của nó. Điện tích có thể là dương hoặc âm. Các điện tích cùng dấu đẩy nhau và khác dấu thì hút nhau. Một vật có lượng điện tích dương bằng điện tích âm thì trung hoà về điện, còn vật có điện tích dương và âm không cân bằng nhau thì tích điện.

2. Chất dẫn điện.

Các chất dẫn điện là các chất trong đó có một số đáng kể các hạt tích điện (electron trong kim loại) tự do dịch chuyển. Các hạt tích điện trong các chất cách điện hoặc điện môi không chuyển động tự do được. Khi điện tích chuyển động qua một chất, ta nói có một dòng điện tồn tại trong chất đó.

3. Culông và Ampe.

Đơn vị SI của điện tích là culông (C). Nó được định nghĩa dựa trên đơn vị của dòng điện là ampe (A). 1 culông là điện tích đi qua một điểm nào đó trong 1 giây khi dòng 1 ampe chạy qua điểm đó.

4. Định luật Coulomb.

Định luật Culông mô tả lực tĩnh điện giữa các điện tích điểm q_1 và q_2 đứng yên (hoặc gần như đứng yên) và cách nhau một khoảng r :

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{Định luật Coulomb})$$

ở đây $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$ là hằng số điện ;

$$1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2 .$$

Lực hút hoặc lực đẩy giữa các điện tích điểm đứng yên tác dụng dọc theo đường thẳng nối hai điện tích . Nếu có nhiều hơn hai điện tích thì phương trình trên đúng cho mỗi cặp hạt. Lực tổng hợp khi đó sẽ được tìm bằng nguyên lý chồng chất bằng cách lấy tổng vectơ của các lực tác dụng lên mỗi điện tích từ các điện tích khác trong hệ.

Một vỏ có các điện tích phân bố đều hút hoặc đẩy một điện tích điểm nằm ở ngoài vỏ giống hệt như khi tất cả các điện tích của lớp vỏ được đặt tại tâm của nó.

Một vỏ có các điện tích phân bố đều không tác dụng lực tĩnh điện lên hạt mang điện nằm ở bên trong lớp vỏ.

5. Điện tích nguyên tố.

Điện tích bị lượng tử hoá : mọi điện tích đều có thể viết dưới dạng ne , ở đó n là một số nguyên dương hoặc âm và e là một hằng số của tự nhiên được gọi là điện tích nguyên tố (gần bằng $1,60 \times 10^{-19} C$). Điện tích được bảo toàn : Tổng (đại số) điện tích của một hệ cô lập bất kì không thay đổi.

II. Điện trường.

Một cách để giải thích lực tĩnh điện giữa các điện tích là giả thiết mỗi điện tích tạo ra một điện trường trong không gian bao quanh nó. Khi đó lực tĩnh điện tác dụng lên một điện tích nào đó là do điện trường mà các điện tích khác tạo ra ở vị trí đặt nó.

1. Định nghĩa điện trường .

Điện trường \vec{E} ở một điểm nào đó được định nghĩa bằng lực tĩnh điện \vec{F} tác dụng lên một điện tích thử q_0 đặt ở điểm đó :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

2. Đường sức điện trường .

Các đường sức điện cho một phương tiện để biểu diễn trực quan hướng và độ lớn của điện trường . Vectơ điện trường ở một điểm hướng theo tiếp tuyến với một đường sức. Độ mau thưa của các đường sức trong một miền nào đó tỉ lệ với độ lớn của điện trường trong miền đó. Các đường sức bắt đầu từ các điện tích dương và kết thúc ở điện tích âm.

3. Điện trường của một điện tích điểm.

Độ lớn của điện trường \vec{E} của một điện tích điểm q ở cách nó một khoảng r bằng :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Chiều của \vec{E} hướng ra ngoài điện tích nếu đó là điện tích dương và hướng vào điện tích nếu đó là điện tích âm.

4. Điện trường của một lưỡng cực điện .

Một lưỡng cực điện gồm hai hạt điện tích q bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu, cách nhau một khoảng d nhỏ. Mômen lưỡng cực \vec{p} của chúng có độ lớn qd và hướng từ điện tích âm đến điện tích dương. Độ lớn của điện trường do một lưỡng cực tạo ra ở một điểm nằm trên trục của lưỡng cực (đi qua cả hai điện tích) bằng

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}$$

trong đó z là khoảng cách từ điểm đang xét đến tâm của lưỡng cực.

5. Điện trường của một hệ điện tích phân bố liên tục.

Điện trường do một hệ điện tích phân bố liên tục được tìm bằng cách xét các yếu tố điện tích coi như các điện tích điểm rồi cộng các vectơ điện trường tạo ra bởi tất cả các yếu tố điện tích đó nhờ phép tính tích phân.

6. Điện tích điểm trong điện trường .

Khi một điện tích điểm q được đặt trong một điện trường \vec{E} của các điện tích khác, lực tĩnh điện tác dụng lên điện tích điểm bằng

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Trong phương trình vectơ này, q có thể dương hoặc âm. Lực \vec{F} hướng theo \vec{E} nếu điện tích q dương và ngược chiều \vec{E} nếu điện tích q âm.

7. Lưỡng cực trong điện trường .

Khi một lưỡng cực điện có mômen lưỡng cực \vec{p} được đặt trong một điện trường \vec{E} thì trường tác dụng một mômen lực $\vec{\tau}$ lên lưỡng cực

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Lưỡng cực có thế năng U tùy thuộc vào sự định hướng của nó trong điện trường :

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

Thế năng này được chọn bằng không khi \vec{p} vuông góc với \vec{E} : nó nhỏ nhất ($U = -pE$) khi \vec{p} hướng theo chiều của điện trường \vec{E} và lớn nhất ($U = pE$) khi \vec{p} ngược chiều với \vec{E} .

III. Định luật Gauss.

1. Định luật Gauss.

Định luật Gauss và định luật Coulomb, tuy được biểu thị dưới các dạng khác nhau, nhưng là các cách tương đương để mô tả mối quan hệ giữa điện tích và điện trường ở trạng thái tĩnh. Định luật Gauss là

$$\epsilon_0 \phi = q \quad (\text{định luật Gauss})$$

trong đó q là điện tích tổng cộng nằm ở trong một mặt kín tưởng tượng (mặt Gauss) và ϕ là thông lượng tổng cộng của điện trường qua mặt :

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (\text{thông lượng điện qua một mặt Gauss})$$

2. Định luật Coulomb và định luật Gauss.

Định luật Coulomb có thể suy ra từ định luật Gauss. Sự kiểm nghiệm bằng thực nghiệm định luật Gauss – và do đó cả định luật Coulomb – cho thấy số mũ của r trong định luật Coulomb đúng bằng 2 với một sai số thực nghiệm nhỏ hơn 1×10^{-16} .

Dùng định luật Gauss, và trong một số trường hợp sử dụng tính đối xứng, ta có thể suy ra một số kết quả quan trọng trong các tình huống tĩnh điện. Trong số đó có :

1. Điện tích dư trên một vật dẫn cô lập hoàn toàn nằm ở trên mặt ngoài của vật dẫn.
2. Điện trường gần mặt của một vật dẫn tích điện vuông góc với mặt và có độ lớn

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (\text{mặt dẫn điện})$$

3. Điện trường ở một điểm do một đường tích điện dài vô hạn với mật độ điện tích dài λ đều, hướng vuông góc với đường tích điện và có độ lớn

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (\text{đường tích điện})$$

trong đó r là khoảng cách từ đường tích điện đến điểm đang xét.

4. Điện trường do một tấm vô hạn tích điện với mật độ điện tích mặt σ đều thì vuông góc với mặt của bản và có độ lớn

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (\text{tấm tích điện})$$

5. Điện trường ở bên ngoài một vỏ hình cầu tích điện với bán kính R và điện tích tổng cộng q hướng theo các bán kính và có độ lớn

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (\text{vỏ cầu, với } r \geq R)$$

Với các điểm bên ngoài, các điện tích có tính chất như nếu tất cả chúng đều tập trung ở tâm của vỏ cầu. Điện trường bên trong một vỏ cầu tích điện đều đúng bằng 0 :

$$E = 0 \quad (\text{vỏ cầu, với } r < R)$$

6. Điện trường trong một quả cầu tích điện đều hướng theo các đường bán kính và có độ lớn

$$E = \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^3}\right)r$$

IV. Điện thế.

1. Thế năng điện.

Độ biến thiên ΔU của thế năng điện U của một điện tích điểm khi nó chuyển động từ một điểm ban đầu i đến một điểm cuối f trong điện trường bằng

$$\Delta U = U_f - U_i = -W_{if}$$

trong đó công W_{if} là công do điện trường thực hiện lên điện tích điểm. Nếu thế năng được xác định bằng không ở vô cực thì thế năng điện U của điện tích điểm ở một điểm đặc biệt bằng

$$U = -W_{\infty f} \quad (\text{thế năng được định nghĩa})$$

Ở đây $W_{\infty f}$ là công do điện trường thực hiện lên điện tích điểm khi nó dịch chuyển từ vô cực vào điểm đặc biệt đó.

2. Hiệu điện thế và điện thế.

Ta định nghĩa hiệu điện thế ΔV giữa hai điểm trong điện trường bằng

$$\Delta V = V_f - V_i = -\frac{W_{if}}{q_0}$$

(hiệu điện thế được định nghĩa)

q_0 là điện tích thử dương mà điện trường đã tác dụng lên nó và thực hiện công.

Điện thế ở một điểm bằng

$$V = -\frac{W_{\infty f}}{q_0} \quad (\text{điện thế được định nghĩa})$$

Đơn vị SI của điện thế là von : $1 \text{ von} = 1 \text{ jun/C}$

3. Các mặt đẳng thế.

Các điểm trên một mặt đẳng thế đều có cùng một thế. Công được thực hiện lên một điện tích thử, khi dịch chuyển nó từ một mặt đẳng thế sang một mặt khác, không phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và cuối trên các mặt đó và đường nối các điểm đó. Điện trường \vec{E} bao giờ cũng hướng vuông góc với các mặt đẳng thế.

4. Tìm V từ \vec{E} .

Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì bằng

$$V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E} d\vec{s}$$

trong đó tích phân được lấy theo một đường bất kì nối liền hai điểm đó. Nếu i ở vô cực và $V_i = 0$ thì ta có thế ở một điểm nào đó :

$$V = -\int_i^f \vec{E} d\vec{s}$$

5. Thế do các điện tích điểm gây ra.

Thế do một điện tích điểm gây ra ở cách điện tích đó một khoảng r bằng

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

trong đó q có thể dương hoặc âm. Thế do một tập các điện tích điểm gây ra bằng

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$$

6. Thế do một lưỡng cực điện gây ra.

Thế do một lưỡng cực điện với mômen lưỡng cực $p = qd$ gây ra bằng

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos \theta}{r^2}$$

với $r \gg d$

7. Thế do một điện tích liên tục.

Thế do một điện tích liên tục gây ra bằng

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$$

trong đó tích phân được lấy trên toàn bộ sự phân bố.

8. Tính \vec{E} từ V .

Thành phần của \vec{E} theo một hướng nào đó bằng trừ tốc độ biến thiên của điện thế theo khoảng cách dọc theo hướng đó :

$$E_s = -\frac{\partial V}{\partial s}$$

Các thành phần x , y và z của \vec{E} có thể tìm từ

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

9. Thế năng điện của hệ các điện tích điểm.

Thế năng điện của một hệ các điện tích điểm bằng công cần để thiết lập hệ với các điện tích lúc đầu đứng yên và cách nhau vô hạn. Với hai điện tích cách nhau r :

$$U = W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

trong đó q_1 và q_2 có thể dương hoặc âm.

10. Vật dẫn tích điện.

Một điện tích dư trong một vật dẫn khi cân bằng sẽ nằm ở ngoài mặt của vật đó. Các điện tích làm cho toàn vật dẫn, cả mặt ngoài lẫn các điểm bên trong, đều có cùng một thế.

V.Điện dung.

1. Tụ điện ; điện dung.

Một tụ gồm hai vật dẫn cô lập (bản tụ) mang điện tích bằng và trái dấu nhau $+q$ và $-q$. Điện dung C được định nghĩa từ

$$q = CV$$

trong đó V là hiệu điện thế giữa các bản tụ. Đơn vị SI của điện dung là fara (1 fara = 1F = 1C/V).

2. Tính điện dung.

Một cách tổng quát ta xác định điện dung của một loại tụ nào đó bằng cách (1) giả thiết có một điện tích q được đặt lên các bản tụ, (2) tìm điện trường \vec{E} do điện tích đó gây ra, (3) xác định hiệu điện thế V và (4) tính C từ công thức : $q = CV$. Ta có một số kết quả quan trọng sau :

- Tụ điện phẳng :
Một tụ điện phẳng với các bản tụ phẳng với diện tích A , được đặt song song và cách nhau d có điện dung

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (\text{tụ phẳng})$$

- Tụ điện trụ :
Một tụ điện trụ gồm hai hình trụ đồng trục, dài L , bán kính trong và ngoài là a và b có điện dung

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(a/b)} \quad (\text{tụ trụ})$$

- Tụ điện cầu :
Một tụ điện cầu với các bản có dạng cầu, đồng tâm với bán kính trong và ngoài là a và b có điện dung

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a} \quad (\text{tụ cầu})$$

- Quả cầu cô lập :
Nếu ta cho $b \rightarrow \infty$ và $a = R$ trong công thức của tụ cầu, ta được điện dung của một quả cầu cô lập

$$C = 4\pi\epsilon_0 R \quad (\text{quả cầu cô lập})$$

- Các tụ mắc song song và nối tiếp :
Điện dung tương đương C_{td} của các tổ hợp các tụ riêng biệt được mắc song song và nối tiếp bằng

$$C_{td} = \sum_{j=1}^n C_j \quad (\text{n tụ mắc song song})$$

và
$$\frac{1}{C_{td}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j} \quad (\text{n tụ mắc nối tiếp})$$

Các điện dung tương đương đó có thể tổ hợp lại để tính điện dung của các tổ hợp nối tiếp – song song phức tạp hơn.

3. Thế năng và mật độ năng lượng.

Thế năng điện U của một tụ tích điện, được cho bởi

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 \quad (\text{thế năng})$$

Đó là công cần thiết để tích điện cho nó. Năng lượng đó được xem như năng lượng dự trữ trong điện trường \vec{E} do tụ gây ra. Bằng cách ngoại suy ta có thể gắn năng lượng được dự trữ với điện trường một cách tổng quát, không kể nguồn gốc của điện trường từ đâu.

Mật độ năng lượng u , hay thế năng trong một đơn vị thể tích, được cho bởi

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (\text{mật độ năng lượng})$$

trong đó giả thiết điện trường tồn tại trong chân không.

4. Điện dung khi có một chất điện môi.

Nếu không gian giữa các bản tụ được hoàn toàn lấp đầy bởi một chất điện môi, điện dung C được tăng lên một thừa số ϵ , được gọi là hằng

số điện môi, đặc trưng cho vật liệu. Trong một miền được lấp đầy hoàn toàn bởi một chất điện môi, tất cả phương trình tĩnh điện chứa ϵ_0 đều phải thay đổi bằng cách thay $\epsilon\epsilon_0$ cho ϵ_0 .

Các ảnh hưởng của việc thêm một chất điện môi có thể hiểu được, về mặt vật lý, là do tác dụng của điện trường lên các lưỡng cực điện vĩnh cửu hoặc cảm ứng trong tấm điện môi. Kết quả của sự tác dụng đó là làm xuất hiện các điện tích mặt cảm ứng. Đến lượt mình các điện tích này làm yếu điện trường ở bên trong chất điện môi.

5. Định luật Gauss với một chất điện môi.

Khi có một chất điện môi, định luật Gauss có thể được tổng quát hóa như sau

$$\epsilon_0 \oint \epsilon \vec{E} \cdot d\vec{A} = q \quad (\text{định luật Gauss với chất điện môi})$$

ở đây q chỉ là điện tích tự do, điện tích mặt cảm ứng được tính đến thông qua hằng số điện môi ϵ ở trong dấu tích phân.

VI. Dòng điện và điện trở.

1. Dòng điện.

Một dòng điện i trong một vật dẫn được định nghĩa bởi

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Ở đây dq là lượng điện tích (dương) đi qua một mặt cắt ngang vật dẫn trong một đơn vị thời gian dt, chiều của dòng điện là chiều chuyển động của điện tích dương. Đơn vị SI của dòng điện là ampe (A) : 1A = 1C/s.

2. Mật độ dòng.

Dòng (một đại lượng vô hướng) liên hệ với mật độ dòng \vec{J} (một vectơ) bởi

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$$

trong đó $d\vec{A}$ là một vectơ vuông góc với một yếu tố mặt với diện tích dA và tích phân được lấy theo một mặt cắt ngang vật dẫn. Chiều của

\vec{J} ở một điểm nào đó là chiều của một hạt tải điện dương phải chuyển động nếu đặt nó tại điểm đó.

3. Vận tốc trôi trung bình của các hạt tải điện.

Khi một điện trường \vec{E} được thiết lập trong một vật dẫn các hạt tải điện (giả thiết là dương) thu được một vận tốc trôi trung bình v_d theo chiều của \vec{E} : vận tốc \vec{v}_d liên hệ với mật độ dòng bởi

$$\vec{J} = (ne)\vec{v}_d$$

trong đó (ne) là mật độ điện tích.

4. Điện trở của một vật dẫn.

Điện trở : R giữa hai mặt đẳng thế bất kì của một vật dẫn được định nghĩa như là

$$R = V / i \quad (\text{định nghĩa của R})$$

trong đó V là hiệu điện thế giữa các mặt đó và i là dòng điện. Đơn vị SI của điện trở là Ôm (Ω) : $1\Omega = 1V/A$. Các phương trình tương tự định nghĩa điện trở suất ρ và độ dẫn điện σ của vật liệu

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{E}{j} \quad (\text{định nghĩa của } \rho \text{ và } \sigma)$$

trong đó E là điện trường được đặt vào. Đơn vị SI của điện trở suất là ôm-mét ($\Omega.m$). phương trình trên tương ứng với phương trình vectơ

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

Điện trở của một dây dẫn có chiều dài L và tiết diện đều bằng

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

với A là diện tích của tiết diện.

5. Sự thay đổi của ρ theo nhiệt độ.

Điện trở của đa số vật liệu phụ thuộc vào nhiệt độ. Với nhiều vật liệu, trong đó có các kim loại, hệ thức tuyến tính thực nghiệm là

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

Ở đây T_0 là nhiệt độ mốc, ρ_0 là điện trở suất ở T_0 và α là hệ số nhiệt (trung bình) của điện trở suất.

6. Định luật Ohm.

Một vật dẫn nào đó tuân theo định luật Ohm nếu điện trở của nó không phụ thuộc vào hiệu điện thế đặt vào. Một vật liệu nào đó tuân theo định luật Ohm nếu điện trở suất của nó không phụ thuộc vào độ lớn và chiều của điện trường \vec{E} đặt vào.

7. Điện trở suất của một kim loại.

Bằng cách giả thiết các êlectrôn dẫn trong một kim loại được tự do di chuyển như các phân tử trong một chất khí, có thể suy biểu thức cho điện trở suất của một kim loại.

$$\rho = \frac{m}{e^2 n \tau}$$

trong đó n là số êlectrôn trong một đơn vị thể tích, τ là thời gian sống trung bình giữa các va chạm của một êlectrôn với các ion của mạng tinh thể kim loại. Sự việc τ không phụ thuộc vào E giải thích việc các kim loại tuân theo định luật Ohm.

8. Công suất.

Công suất P hay tốc độ chuyển năng lượng trong một dụng cụ điện có hiệu điện thế V được duy trì, bằng

$$P = iV \quad (\text{tốc độ chuyển năng lượng điện})$$

9. Sự tiêu tán do điện trở.

Nếu dụng cụ là một điện trở, ta có thể viết công suất là

$$P = i^2 R = \frac{V^2}{R} \quad (\text{tiêu tán do điện trở})$$

Trong một điện trở, thế năng điện được các hạt tải điện chuyển cho mạng ion và chuyển hoá thành nội năng.

10. Các chất bán dẫn điện.

Các chất bán dẫn là các vật liệu có ít êlectrôn dẫn nhưng có các mức dẫn điện gần (về mặt năng lượng) với các vùng hoá trị của chúng. Các vật liệu đó trở nên dẫn điện hoặc do kích thích nhiệt các êlectrôn hoặc quan trọng hơn là dòng pha tạp vật liệu bằng các nguyên tử tạp chất đóng góp thêm êlectrôn vào vùng dẫn.

11. Các chất siêu dẫn.

Các chất siêu dẫn mất hết điện trở ở nhiệt độ thấp. Việc gần đây đã phát hiện ra các vật liệu siêu dẫn ở nhiệt độ cao đáng ngạc nhiên đã đưa

đến khả năng tạo ra các dụng cụ siêu dẫn làm việc ở nhiệt độ phòng (hoặc, trong trường hợp xấu nhất, ở nhiệt độ nitơ lỏng).

VII. Mạch điện.

1. Sđđ.

Một nguồn điện thực hiện công lên các điện tích để duy trì một hiệu điện thế giữa các đầu ra của nó. Nếu dW là công mà nguồn điện thực hiện để buộc điện tích dương dq đi từ cực âm đến cực dương, thì sđđ (công trên một đơn vị điện tích) của nguồn điện bằng

$$\xi = \frac{dW}{dq} \quad (\text{định nghĩa của } \xi)$$

Vôn là đơn vị SI của sđđ cũng như của hiệu điện thế. Một nguồn điện lí tưởng là một dụng cụ không có điện trở nội nào. Hiệu điện thế giữa các điện cực của nó bằng sđđ. Một nguồn điện thực có điện trở nội. Hiệu điện thế giữa các điện cực của nó bằng sđđ chỉ khi không có dòng chạy qua dụng cụ.

Hai phương pháp tổng quát để phân tích mạch điện là :

- *Phương pháp năng lượng* : năng lượng tổng cộng mà mỗi nguồn điện cung cấp phải được cân bằng bởi năng lượng tiêu tán hoặc dự trữ trong mạch.
- *Phương pháp điện thế* : hiệu điện thế giữa hai điện bất kì trong một mạch bằng tổng đại số của các thay đổi điện thế khi đi theo mạch từ điểm đầu đến điểm cuối theo một đường đi bất kì nào đó.

Sự thay đổi về điện thế khi đi qua một điện trở theo chiều của dòng điện bằng $-iR$, theo chiều ngược lại bằng $+iR$. Sự thay đổi về điện thế khi đi qua một nguồn điện theo chiều của mũi tên sđđ bằng $+\xi$, theo chiều ngược lại bằng $-\xi$.

Phương pháp điện thế dẫn đến quy tắc mạch vòng :

Quy tắc mạch vòng : Tổng đại số của các thay đổi về điện thế gặp phải khi đi một vòng kín theo một mạch điện nào đó phải bằng không.

Sự bảo toàn điện tích cho ta quy tắc nút :

Quy tắc nút : Tổng của các dòng đi vào một nút nào đó phải bằng tổng các dòng rời nút đó.

Dòng trong một mạch đơn vòng chứa một điện trở duy nhất R và một nguồn điện với sđđ ξ và điện trở nội r bằng

$$i = \frac{\xi}{R + r}$$

Hệ thức này rút về $i = \frac{\xi}{R}$ cho một nguồn điện lí tưởng với $r = 0$.

2. Các yếu tố nối tiếp.

Các điện trở được mắc nối tiếp nếu tổng các hiệu điện thế riêng rẽ của chúng bằng hiệu điện thế đặt lên tổ hợp. Điện trở tương đương của tổ hợp nối tiếp bằng

$$R_{td} = \sum_{j=1}^n R_j \quad (\text{n điện trở mắc nối tiếp})$$

Các yếu tố khác của mạch cũng có thể mắc nối tiếp.

3. Các yếu tố song song.

Các điện trở được mắc song song nếu hiệu điện thế riêng rẽ của chúng bằng hiệu điện thế đặt vào. Điện trở tương đương của tổ hợp song song bằng

$$\frac{1}{R_{td}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j} \quad (\text{n điện trở mắc song song})$$

Các yếu tố khác của mạch cũng có thể mắc song song.

4. Các mạch RC.

Khi một sđđ được đặt lên một điện trở và tụ mắc nối tiếp, tụ tích điện, điện tích trên tụ tăng theo quy luật :

$$q = C\xi(1 - e^{-t/RC}) \quad (\text{nạp tụ})$$

trong đó $C\xi = q_0$ là điện tích cân bằng và $RC = \tau$ là hằng số thời gian của mạch.

Trong quá trình nạp, dòng bằng

$$i = \frac{dq}{dt} = (\xi / R)e^{-t/RC} \quad (\text{nạp tụ})$$

Khi một tụ phóng điện qua một điện trở R , điện tích trên tụ giảm theo quy luật :

$$q = q_0 e^{-t/RC} \quad (\text{phóng điện của tụ})$$

Trong quá trình phóng điện, dòng bằng

$$i = \frac{dq}{dt} = -(q_0 / RC)e^{-t/RC} \quad (\text{phóng điện của tụ})$$

VIII. Từ trường.

1. Từ trường B.

Một từ trường \vec{B} được định nghĩa theo lực \vec{F}_B tác dụng lên một điện tích thử q chuyển động trong trường với vận tốc \vec{v} :

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Đơn vị đo B trong hệ SI là tesla (T) : $1T = 1N/A.m = 10^4$ gauss

2. Hiệu ứng Hall.

Khi một dải vật dẫn chiều dài l có dòng điện i chạy qua, và đặt trong từ trường B, thì một số hạt tải điện (có điện tích e) bị đẩy về hai cạnh của vật dẫn. Một hiệu điện thế V được hình thành giữa hai cạnh của dải vật dẫn. Chiều của V cho biết dấu của hạt tải điện, còn mật độ hạt tải thì có thể tính theo công thức :

$$n = \frac{Bi}{Vle}$$

3. Một hạt tích điện chuyển động trong từ trường.

một hạt tích điện, khối lượng m, điện lượng q, chuyển động với vận tốc \vec{v} vuông góc với từ trường \vec{B} , sẽ vạch một đường tròn bán kính bằng

$$r = \frac{mv}{qB} \quad (\text{bán kính})$$

Tần số quay vòng f, tần số góc ω , và chu kì T của nó liên hệ với nhau bằng công thức :

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m} \quad (\text{tần số, chu kì})$$

4. Xiclotron và xanhcrotron.

Xiclotron là một máy gia tốc hạt. Nó dùng từ trường để giữ hạt tích điện trên một quỹ đạo tròn, sao cho một thế gia tốc nhỏ, tác dụng lặp lại

nhiều lần trên hạt tích điện có thể cung cấp cho nó một năng lượng tổng cộng lớn. Vì khi tốc độ của hạt tăng gần đến tốc độ ánh sáng, hạt chuyển động không đồng bộ với máy phát dao động của máy gia tốc, nên năng lượng tạo nên bởi xiclotron có một giới hạn trên. Xanherotron cho ta tránh được nhược điểm ấy. Trong máy này, cả từ trường B lẫn tần số dao động f đều biến đổi tuần hoàn theo chương trình khiến cho hạt chỉ cần chuyển động trên một quỹ đạo có bán kính không đổi cũng thu được năng lượng lớn.

5. Lực từ tác dụng lên dòng điện.

Một sợi dây điện thẳng có dòng điện i chạy qua, đặt trong từ trường đều chịu tác dụng của một lực bằng :

$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$$

Lực tác dụng lên yếu tố dòng điện idL đặt trong từ trường là :

$$d\vec{F}_B = id\vec{L} \times \vec{B}$$

Chiều của nguyên tố độ dài dL là chiều của dòng điện i .

6. Ngẫu lực tác dụng lên cuộn dây có dòng điện chạy qua.

Một cuộn dây có dòng điện chạy qua (diện tích A , dòng điện i , số vòng N) đặt trong một từ trường đều \vec{B} chịu tác dụng một mômen ngẫu lực $\vec{\tau}$ cho bởi công thức

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

ở đây $\vec{\mu}$ là mômen lưỡng cực từ của cuộn dây, có độ lớn $\mu = NiA$ và có chiều xác định bằng quy tắc bàn tay phải. Ngẫu lực này là quy tắc vận hành của động cơ điện và của vôn kế, ampe kế tương tự. Thanh nam châm, phân tử, nguyên tử, các hạt cơ bản (electron, proton, notron v.v..) đều có những tính chất của lưỡng cực từ.

7. Năng lượng định hướng của lưỡng cực từ.

Thế năng từ của một lưỡng cực từ đặt trong từ trường là :

$$U(\theta) = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

IX. Định luật Ampère.

1. Định luật Biot-Savart.

Từ trường do một vật dẫn mang dòng điện có thể tính theo định luật Biot-Savart. Định luật này cho biết phần $d\vec{B}$ mà yếu tố dòng điện ids tham gia vào từ trường do dòng điện sinh ra tại điểm P cách yếu tố đó khoảng r là :

$$d\vec{B} = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) \frac{i\vec{ds} \times \vec{r}}{r^3} \quad (\text{định luật Biot-Savart})$$

ở đây \vec{r} là vectơ hướng từ yếu tố dòng điện đến điểm đang xét.

2. Hằng số thẩm từ μ_0 .

Đại lượng μ_0 , gọi là hằng số thẩm từ có giá trị $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$

$$\approx 1,26.10^{-6} \text{ T.m/A.}$$

3. Dây điện thẳng và dài.

Đối với một dây điện thẳng và dài mang dòng điện i , theo định luật Biot-Savart, từ trường tại một điểm cách sợi dây một khoảng r cho bởi công thức :

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (\text{dây thẳng dài})$$

4. B_{ext} và B_{int}

Nếu dây có dòng điện chạy qua đặt trong từ trường ngoài B_{ext} , sẽ có một lực $\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B}_{ext}$ tác dụng lên nó. Không lên lẫn B_{ext} và B_{int} là từ trường riêng do chính dòng điện chạy trong dây gây ra.

5. Lực tác dụng giữa hai dây thẳng song song.

Hai dây song song có dòng điện cùng chiều chạy qua thì hút nhau. Hai dây có dòng điện ngược chiều đẩy nhau. Cường độ lực tác dụng lên dây chiều dài L là :

$$F_{ba} = i_b L B_a = \frac{\mu_0 L i_a i_b}{2\pi d}$$

trong đó d là khoảng cách giữa hai dây, i_a và i_b là dòng điện chạy trên hai dây.

6. Định luật Ampère.

Khi dòng điện được phân bố một cách đối xứng cao, có thể dùng định luật Ampère

$$\oint \vec{B} ds = \mu_0 i \quad (\text{định luật Ampère})$$

thay cho định luật Biot-Savart để tính từ trường. Trong phương trình này, tích phân đường được tính dọc theo một vòng kín gọi là vòng Ampe. Dòng điện i là dòng điện tổng cộng bị quây bởi vòng kín đó.

7. Ống dây điện thẳng và ống dây điện hình xuyên.

Dùng định luật Ampère có thể chứng minh rằng ở trong một ống dây điện thẳng dài mang dòng điện i_0 , tại một điểm ở gần tâm của nó cho bởi công thức :

$$B = \mu_0 i_0 n \quad (\text{ống dây điện thẳng lí tưởng})$$

trong đó n là số vòng trên đơn vị chiều dài. Tương tự, từ trường B trong ống dây hình xuyên là :

$$B = \frac{\mu_0 i_0 N}{2\pi r} \quad (\text{ống dây hình xuyên})$$

8. Trường của một lưỡng cực từ.

Từ trường do một dòng điện vòng (một lưỡng cực từ) sinh ra tại điểm P nằm trên trục và cách mặt vòng một khoảng z , thì song song với trục ấy và có giá trị bằng :

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\vec{\mu}}{z^3}$$

với $\vec{\mu}$ là mômen lưỡng cực của vòng.

X. Định luật cảm ứng của Faraday.

1. Định nghĩa từ thông.

Từ thông ϕ_B qua một diện tích đặt trong từ trường B theo định nghĩa là :

$$\phi_B = \int \vec{B} d\vec{A}$$

trong đó tích phân được tính với toàn diện tích. Đơn vị SI của từ thông là vêbe, $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T.m}^2$.

2. Định luật Faraday về cảm ứng.

Định luật Faraday về cảm ứng phát biểu rằng nếu ϕ_B đối với một diện tích bao bởi một vòng dây dẫn kín thay đổi theo thời gian, thì sđđ cảm ứng trên vòng dây sẽ cho bởi :

$$\xi = -N \frac{d\phi_B}{dt} \quad (\text{định luật Faraday})$$

3. Định luật Lenz.

Định luật Lenz cho biết chiều của dòng điện cảm ứng trong vòng dây dẫn kín do từ thông thay đổi sinh ra. Định luật đó khẳng định: “Dòng điện cảm ứng trong một vòng dây dẫn điện kín sẽ xuất hiện theo chiều chống lại sự thay đổi đã sản sinh ra nó”. Định luật Lenz là hệ quả của nguyên lý bảo toàn năng lượng.

4. Sđđ và điện trường cảm ứng.

Sđđ cảm ứng tồn tại ngay cả khi vòng mà qua đó từ thông thay đổi – không phải là vật dẫn điện thực, mà chỉ là một đường tưởng tượng. Biến thiên từ thông sinh ra một điện trường E tại mọi điểm của vòng ấy, và sđđ liên hệ với E bằng hệ thức:

$$\xi = \oint \vec{E} d\vec{s}$$

Tích phân được lấy dọc theo vòng đó.

Ta có định luật Faraday dưới dạng tổng quát:

$$\oint \vec{E} d\vec{s} = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad (\text{định luật Faraday})$$

Điểm cốt lõi của định luật này là một từ thông biến đổi $d\phi_B / dt$ cảm ứng một điện trường E.

XI. Độ tự cảm.

1. Cuộn cảm.

Cuộn cảm là một kết cấu có thể dùng để tạo lập một từ trường đã biết trong một miền không gian nhất định. Nếu ta cho dòng điện i qua mỗi vòng trong tổng số N vòng dây của cuộn cảm, thì một từ thông ϕ sẽ liên kết các vòng dây đó. Độ tự cảm của cuộn cảm là

$$L = \frac{N\phi}{i} \quad (\text{định nghĩa độ tự cảm})$$

Đơn vị SI của độ tự cảm là henry (H) với

$$1 \text{ henry} = 1\text{H} = 1\text{Tm}^2 / \text{A}$$

2. Độ tự cảm của ống dây thẳng và ống dây hình xuyên.

Ở gần trung điểm, độ tự cảm trên một đơn vị dài của ống dây điện thẳng tiết diện A, với n vòng trên đơn vị chiều dài là :

$$\frac{L}{l} = \mu_0 n^2 A \quad (\text{ống dây điện thẳng})$$

Độ tự cảm của ống dây hình xuyên tiết diện chữ nhật (cao h, bán kính trong và ngoài là a và b, tổng số vòng là N) là :

$$L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{b}{a} \quad (\text{ống dây điện hình xuyên})$$

3. Hiện tượng tự cảm.

Nếu dòng điện i trong một cuộn dây thay đổi theo thời gian, thì trong cuộn dây sẽ cảm ứng một sđđ. Sđđ tự cảm ấy bằng :

$$\xi_L = -L \frac{di}{dt} \quad (\text{sđđ tự cảm})$$

Chiều của ξ_L được xác định bằng định luật Lenz : sđđ tự cảm chống lại sự thay đổi đã sinh ra nó.

4. Mạch RL nối tiếp.

Nếu ta đưa một sđđ ξ vào một mạch kín đơn có chứa một điện trở R và một cuộn cảm L, thì dòng điện sẽ tăng đến giá trị cân bằng ξ / R theo quy luật :

$$i = \frac{\xi}{R} (1 - e^{-t/\tau_L}) \quad (\text{sự tăng dòng điện})$$

Ở đây $\tau_L = L/R$ điều khiển tốc độ tăng dòng điện, và được gọi là hằng số thời gian tự cảm của mạch. Khi ta bỏ nguồn sđđ không đổi đi, sự suy giảm dòng điện sẽ cho bởi :

$$i = i_0 e^{-t/\tau_L} \quad (\text{sự giảm dòng điện})$$

5. Tôn trữ năng lượng bằng một cuộn cảm.

Áp dụng nguyên lí bảo toàn năng lượng cho sự tăng dòng trong mạch RL, ta suy ra rằng nếu cuộn cảm mang dòng điện i, thì một năng lượng

$$U_B = \frac{1}{2} Li^2 \quad (\text{năng lượng từ})$$

sẽ được tồn trữ trong từ trường của nó.

6. Năng lượng của từ trường.

Áp dụng phương trình ở phần 5 cho một đoạn của một ống dây điện dài, ta rút ra một kết luận tổng quát là nếu từ trường tại một điểm là B thì mật độ năng lượng từ tồn trữ tại đó là :

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (\text{mật độ năng lượng từ})$$

7. Hiện tượng hồ cảm.

Nếu hai cuộn dây để gần nhau, thì sự thay đổi dòng điện trong cuộn này có thể cảm ứng một sđđ trong cuộn kia. Hiện tượng hồ cảm này được mô tả bởi :

$$\varepsilon_2 = -M di_1 / dt$$

và
$$\varepsilon_1 = -M di_2 / dt$$

trong đó M là hệ số hồ cảm của hai cuộn dây tương ứng với cách bố trí đã cho. M tính bằng henry.

XII. Hiệu ứng từ và vật liệu từ.

1. Các cực từ và các lưỡng cực từ.

Không có bằng chứng có đủ sức thuyết phục về sự tồn tại của đơn cực từ (tương đương với các điện tích tự do). Nguồn đơn giản nhất của từ trường là lưỡng cực từ, liên quan đến chuyển động của các electron trong nguyên tử, hoặc spin nội tại của electron, proton và nhiều hạt khác. Mômen lưỡng cực từ liên quan đến chuyển động của electron được đo bằng manhêton Bohr μ_B , trong đó

$$1\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = 9,27 \times 10^{-24} J / T \quad (\text{manhêton Bohr})$$

Mômen lưỡng cực liên quan đến spin nội tại của electron hầu như chính xác bằng $-1\mu_B$; dấu trừ chứng tỏ là vectơ mômen lưỡng cực từ và vectơ mômen động lượng spin có chiều ngược nhau. Mômen lưỡng cực liên quan đến chuyển động quỹ đạo của electron là

$$\mu_{orb} = -\frac{e}{2m} L_{orb}$$

Ở đây μ_{orb} có giá trị bằng bội nguyên của manhêton Bohr.

2. Định lí Gauss cho từ học.

Định luật này,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (\text{định luật Gauss cho từ học})$$

phát biểu là từ thông qua một mặt kín bất kì phải bằng 0. phương trình trên là một phát biểu hình thức của việc quan sát cho thấy rằng không có đơn cực từ.

3. Từ trường của trái đất.

Từ trường của trái đất gần giống từ trường của một lưỡng cực, có mômen lưỡng cực là $8,0 \times 10^{22} \text{ J/T}$ ở gần tâm trái đất. Mômen lưỡng cực tạo một góc $11,5^\circ$ với trục quay của trái đất ; các đường sức đi ra từ nam bán cầu của trái đất. Người ta cho rằng trường được sinh ra bởi các dòng điện vòng tồn tại trong lõi ngoài, lỏng của trái đất. Hướng của từ trường định xứ tại một điểm bất kì trên trái đất được xác định bởi góc từ thiên (trong một mặt phẳng ngang) của trường so với cực bắc thực và góc từ khuynh của nó (trong một mặt phẳng thẳng đứng) so với phương nằm ngang.

4. Hiệu ứng thuận từ.

Tùy theo các phản ứng của chúng đối với từ trường ngoài mà ta có thể chia các vật liệu thành các nhóm là nghịch từ, thuận từ và sắt từ. Vật liệu thuận từ, bị hút (yếu) vào một cực từ ; chúng có các mômen lưỡng cực từ nội tại ; các mômen từ này có xu hướng bị từ trường ngoài định hướng song song nên làm từ trường mạnh lên. Xu hướng này bị nhiễu loạn bởi chuyển động nhiệt. Độ từ hóa M của mẫu là mômen từ của một đơn vị thể tích, được xác định gần đúng bằng định luật Curie :

$$M = C \frac{B}{T} \quad (\text{định luật Curie})$$

Nếu từ trường đủ mạnh hoặc nhiệt độ đủ thấp thì định luật này không còn đúng nữa, vì các lưỡng cực nguyên tử đến gần trạng thái sắp xếp hoàn chỉnh và tạo ra độ từ hóa cực đại

$$M_{\max} = \mu N / V$$

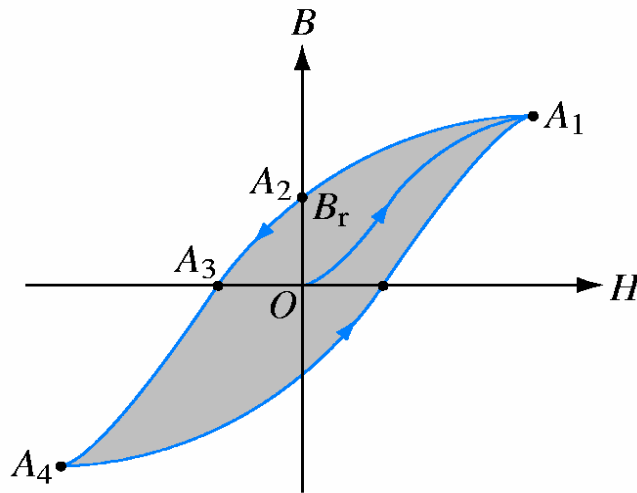
5. Hiệu ứng nghịch từ.

Vật liệu nghịch từ bị đẩy (yếu) khỏi cực của một nam châm mạnh. Các nguyên tử của vật liệu này không có mômen từ nội tại. Tuy nhiên, mômen lưỡng cực có thể được sinh ra bởi từ trường ngoài và có hướng ngược với hướng của trường.

6. Hiệu ứng sắt từ.

Trong các vật liệu sắt từ như sắt, tương tác lượng tử giữa các nguyên tử láng giềng khóa các lưỡng cực nguyên tử ở trạng thái song song vững chắc, mặc dù có xu hướng phá trật tự gây bởi chuyển động nhiệt. Tương tác này đột ngột biến mất tại nhiệt độ Curie, mà cao hơn nhiệt độ này thì vật liệu trở thành chất thuận từ.

7. Hiện tượng từ trễ.



Hình trên cho thấy, đường cong từ hóa sắt từ không vạch lại trùng với chính nó và thể hiện một hiện tượng gọi là từ trễ. Độ xoắn song song của các lưỡng cực vẫn còn được giữ lại một phần nào đó ngay cả khi không còn từ trường ngoài ; kết quả là một nam châm “vĩnh cửu” quen thuộc.

8. Từ tính của hạt nhân.

Hạt nhân của nhiều nguyên tử là những lưỡng cực từ ; điều này có tầm quan trọng nhất định trong nghiên cứu cấu trúc hạt nhân. Đặc trưng này cũng cho ta phát triển các phương pháp tinh vi để định vị và tìm mật độ các nguyên tử đặc biệt ; Tạo hình cộng hưởng từ (MRI) trong y học là ví dụ quan trọng.

XIII. Dao động điện từ.

1. Sự chuyển hóa năng lượng trong mạch LC.

Trong một mạch dao động LC (không có điện trở), năng lượng có thể được dự trữ trong điện trường của tụ điện hoặc trong từ trường của cuộn cảm, với độ lớn bằng

$$U_E = \frac{q^2}{2C} \quad \text{và} \quad U_B = \frac{1}{2} Li^2$$

Năng lượng toàn phần $U (= U_E + U_B)$ của hệ (mạch) giữ nguyên không đổi khi năng lượng dao động qua lại giữa hai yếu tố trên của mạch.

2. Lời giải định lượng.

Nguyên lí bảo toàn năng lượng dẫn đến phương trình vi phân

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0 \quad (\text{dao động của mạch LC})$$

cho các dao động của mạch LC không có điện trở. Nghiệm của phương trình là

$$q = Q \cos(\omega t + \phi) \quad (\text{điện tích})$$

với
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Biên độ của điện tích Q và hằng số pha ϕ được xác định bởi các điều kiện đầu của hệ.

3. Dao động tắt dần.

Các dao động LC tắt dần khi có yếu tố tiêu hao R tồn tại trong mạch. Khi đó nguyên lí bảo toàn năng lượng cho thấy phương trình vi phân của dao động phải là

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad (\text{mạch RLC})$$

Nghiệm của nó là

$$q = Q e^{-\frac{Rt}{2L}} \cos(\omega_1 t + \phi)$$

Ta chỉ xét các trường hợp tiêu tán nhỏ, trong đó ω_1 có thể lấy bằng ω .

4. Dao động cưỡng bức.

Một mạch RLC có thể dao động cưỡng bức ở tần số ω bằng cách đặt sđđ có dạng

$$\xi = \xi_m \sin \omega t$$

Ở đây ta gọi lại tần số góc tự nhiên (không đổi) ($=1/\sqrt{LC}$) của hệ cộng hưởng là ω_0 , để dành ω cho tần số (thay đổi) của sđđ đặt vào. Dòng điện trong mạch bằng

$$i = I \sin(\omega t - \phi)$$

5. Cộng hưởng.

Biên độ I của dòng điện có giá trị cực đại khi $\omega = \omega_0$, được gọi là điều kiện cộng hưởng. Các đỉnh cộng hưởng trở nên nhọn hơn khi điện trở R của mạch giảm xuống.

6. Các bộ dao động thạch anh.

Các bộ dao động tinh thể thạch anh phụ thuộc vào tính chất áp điện của thạch anh : ứng suất do dao động cơ học gây nên điện thế xoay chiều có thể được dùng trong các mạch điện định thời khác nhau.

7. Các bộ dao động có phản hồi.

Các bộ dao động có phản hồi là các mạch khuếch đại có phản hồi dương mạch điện dao động ở tần số cộng hưởng được quy định bởi các tính chất của mạch có phản hồi.

XIV. Dòng điện xoay chiều.

1. Biên độ dòng điện và pha.

Vấn đề cơ bản khi phân tích dòng điện xoay chiều là tìm biểu thức của biên độ dòng điện I và góc lệch pha ϕ trong biểu thức

$$i = I \sin(\omega t - \phi)$$

khi cho tác dụng một sđđ $\xi = \xi_m \sin \omega t$ lên mạch điện. Trong phương trình trên, hằng số pha ϕ là góc mà dòng điện đi trước hoặc đi sau so với sđđ tác dụng vào mạch.

2. Mạch chỉ chứa một linh kiện.

Hiệu điện thế xoay chiều ở hai điện trở có biên độ $V_R = IR$; dòng điện đồng pha với hiệu điện thế. Với tụ điện, $V_C = IX_C$ trong đó

$X_C = 1/C \omega$ là dung kháng của tụ điện. Dòng điện sớm pha hơn hiệu điện thế một góc 90° . Với một cuộn cảm, $V_L = IX_L$, với $X_L = \omega L$ là cảm kháng của cuộn cảm, dòng điện trễ pha hơn hiệu điện thế một góc 90° .

3. Vectơ pha.

Vectơ pha là vectơ quay, một công cụ toán học mạnh để biểu diễn dòng điện và điện áp xoay chiều (và các đại lượng khác có liên quan đến pha). Chúng ta biểu diễn giá trị cực đại (biên độ) của các đại lượng xoay chiều bằng một vectơ quay ngược chiều kim đồng hồ quanh gốc tọa độ, với vận tốc góc ω . Hình chiếu của các vectơ này lên trục thẳng đứng cho ta giá trị tức thời.

4. Mạch RLC nối tiếp.

Ta có phương trình tính dòng điện và hằng số pha trong mạch RLC nối tiếp như sau

$$I = \frac{\xi_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{\xi_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

(biên độ dòng điện)

và
$$\text{tg} \phi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (\text{hằng số pha})$$

Nếu định nghĩa tổng trở Z của mạch bằng :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (\text{tổng trở})$$

Ta có thể viết lại phương trình trên thành :

$$I = \xi_m / Z$$

5. Cộng hưởng.

Từ phương trình tính I ở trên ta thấy cực đại của biên độ dòng điện xảy ra khi $X_L = X_C$ (điều kiện cộng hưởng). Giá trị của nó bằng ξ_m / R . Góc lệch pha ϕ bằng không khi cộng hưởng.

6. Công suất.

Trong mạch RLC nối tiếp, công suất trung bình ở lối ra của máy phát P_{av} được cấp cho điện trở và tỏa ra dưới dạng nhiệt.

$$P_{av} = I_{rms}^2 R = \xi_{rms} \cdot I_{rms} \cos \phi \quad (\text{công suất trung bình})$$

Ở đây chỉ số “rms” để chỉ giá trị toàn phương trung bình. Các giá trị toàn phương trung bình liên quan đến giá trị cực đại bằng hệ thức :

$$I_{rms} = I / \sqrt{2} \quad \text{và} \quad \xi_{rms} = \xi_m / \sqrt{2}$$

Vôn kế xoay chiều và ampe kế xoay chiều có thang chia độ được chỉnh để đọc thẳng ra giá trị toàn phương trung bình. Số hạng $\cos \phi$ trong biểu thức ở trên gọi là hệ số công suất.

7. Máy biến thế.

Máy biến thế là một lõi sắt, quanh đó có cuộn một cuộn sơ cấp gồm N_p vòng và một cuộn thứ cấp có N_s vòng ; Nếu cuộn sơ cấp được nối với máy phát điện xoay chiều thì điện áp ở cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp liên hệ với nhau bằng công thức :

$$V_s = V_p (N_s / N_p) \quad (\text{biến đổi điện áp})$$

Các dòng điện quan hệ với nhau bằng hệ thức :

$$I_s = I_p (N_p / N_s) \quad (\text{biến đổi dòng điện})$$

và điện trở hiệu dụng của mạch nhìn từ phía máy phát là :

$$R_{eq} = (N_p / N_s)^2 R \quad (\text{biến đổi điện trở})$$

trong đó R là điện trở của mạch thứ cấp.

XV. Các phương trình Maxwell.

1. Sự mở rộng định luật Ampère do Maxwell thực hiện.

Các phương trình cơ bản của điện từ học được trình bày trong bảng sau :

SỐ	TÊN	PHƯƠNG TRÌNH
I	Định luật Gauss về điện học	$\oint \vec{E} d\vec{A} = q / \epsilon_0$
II	Định luật Gauss về từ học	$\oint \vec{B} d\vec{A} = 0$
III	Định luật cảm ứng của Faraday	$\oint \vec{E} d\vec{s} = -\frac{d\phi_B}{dt}$
IV	Định luật Ampère	$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 i$

Nghiên cứu các phương trình này theo quan điểm đối xứng, chúng ta thấy rằng muốn làm cho định luật Ampère đối xứng với định luật Faraday, ta phải viết định luật trên như sau :

$$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} + \mu_0 i \quad (\text{định luật Ampère-Maxwell})$$

Số hạng mới ở đầu vế phải nói lên rằng điện trường biến đổi ($d\phi_E / dt$) sinh ra từ trường ($\oint \vec{B} d\vec{s}$). Đó chính là biểu thức đối xứng của định luật Faraday : một từ trường biến đổi ($d\phi_B / dt$) sinh ra một điện trường ($\oint \vec{E} d\vec{s}$).

2. Dòng điện dịch.

Ta định nghĩa dòng điện dịch do một điện trường biến thiên như sau :

$$i_d = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad (\text{dòng điện dịch})$$

Khi ấy phương trình trên trở thành :

$$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 (i + i_d) \quad (\text{định luật Ampère-Maxwell})$$

Bằng cách này ta giữ nguyên được khái niệm về sự liên tục của dòng điện (dòng điện dẫn + dòng điện dịch). Dòng điện dịch liên quan đến sự thay đổi của điện trường mà không gắn với sự truyền của điện tích.

3. Các phương trình Maxwell.

Các phương trình Maxwell được trình bày dưới đây tóm tắt toàn bộ điện từ học, và tạo nên nền tảng của môn này.

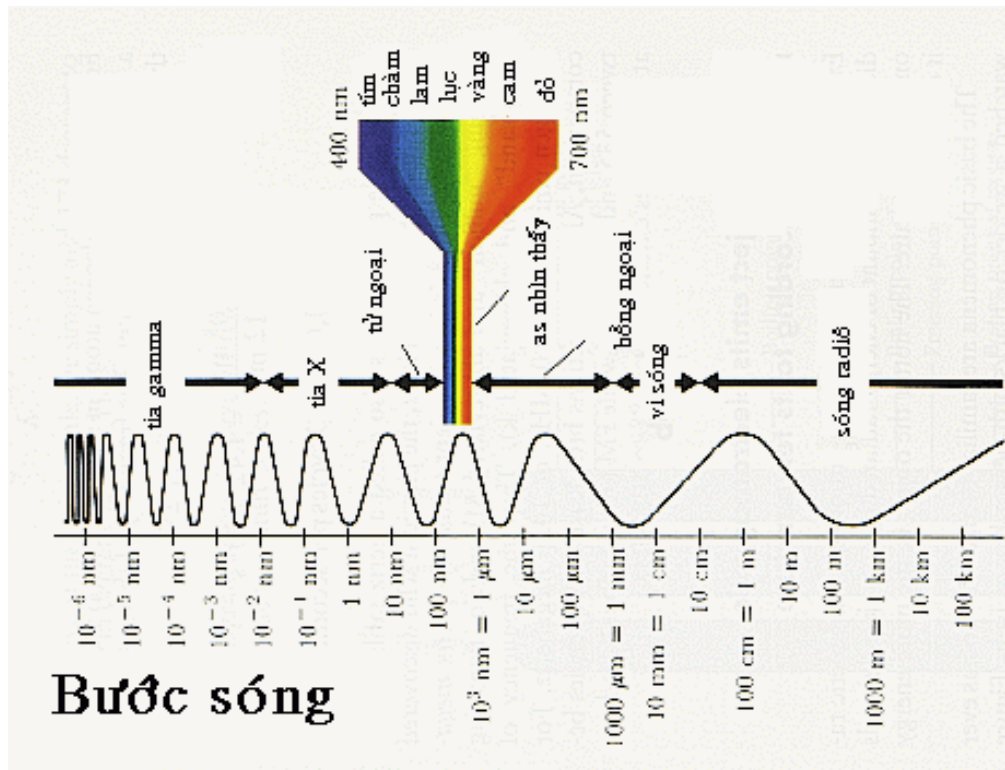
SỐ	TÊN	PHƯƠNG TRÌNH	MÔ TẢ
I	Định luật Gauss về điện học	$\oint \vec{E} d\vec{A} = q / \epsilon_0$	Điện tích và điện trường
II	Định luật Gauss về từ học	$\oint \vec{B} d\vec{A} = 0$	Từ trường

III Định luật Faraday	$\oint \vec{E} d\vec{s} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	Điện trường sinh ra bởi từ trường biến đổi
IV Định luật Ampère	$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} + \mu_0 i$	Từ trường sinh ra bởi điện trường biến đổi bởi dòng điện hoặc bởi cả hai

XVI.Sóng điện từ.

1.Phổ điện từ.

Các phương trình Maxwell tiên đoán sự tồn tại của một phổ các sóng điện từ truyền qua chân không với vận tốc c (xem hình vẽ dưới đây)



2.Các trường.

Các trường điện và từ của sóng điện từ có dạng :

$$E = E_m \sin(kx - \omega t) \text{ và } B = B_m \sin(kx - \omega t)$$

3.Tỉ số độ lớn và tốc độ sóng.

Bằng cách áp dụng các phương trình Maxwell chúng ta có thể chứng minh rằng :

$$\frac{E_m}{B_m} = c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

4. Dòng năng lượng.

Vectơ Poynting được định nghĩa như là :

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \quad (\text{vectơ Poynting})$$

cho năng thông (W/m^2) của một sóng điện từ. Cường độ của sóng (giá trị trung bình của S) là

$$I = \bar{S} = \frac{1}{c\mu_0} E_{rms}^2 \quad (\text{dòng năng lượng sóng phẳng})$$

5. Áp suất bức xạ.

Khi một diện tích tiếp nhận bức xạ điện từ, một lực và một áp suất sẽ tác dụng lên diện tích ấy. Nếu như bức xạ được diện tích hấp thụ hoàn toàn thì lực tác dụng là :

$$F = \frac{IA}{c} \quad (\text{hấp thụ hoàn toàn})$$

Trong đó I là cường độ của bức xạ còn A là diện tích vuông góc với đường truyền của bức xạ. Nếu như bức xạ bị phản xạ toàn phần ngược với đường truyền ban đầu thì lực tác dụng là :

$$F = \frac{2IA}{c} \quad (\text{phản xạ toàn phần ngược với đường truyền ban đầu})$$

Áp suất bức xạ p là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích

$$p_r = \frac{I}{c} \quad (\text{hấp thụ hoàn toàn})$$

và $p_r = \frac{2I}{c}$ (phản xạ toàn phần ngược với đường truyền ban đầu)

6. Sự phân cực.

Một sóng điện từ bị phân cực (hay chính xác hơn bị phân cực phẳng), có nghĩa là mọi vectơ điện trường của sóng đều song song với

nhau. Phương của điện trường E được gọi là phương phân cực, mặt phẳng chứa E và phương truyền sóng được gọi là mặt phẳng dao động.

7.Ánh sáng không phân cực.

Ánh sáng từ một nguồn sáng “thông thường” như mặt trời là ánh sáng không phân cực, năng lượng của nó được bức xạ qua các sóng độc lập với nhau mà mặt phẳng dao động định hướng ngẫu nhiên xung quanh phương truyền.

8.Kính phân cực.

Khi cho ánh sáng không phân cực đi qua một kính phân cực thì ánh sáng đi ra bị phân cực song song với phương phân cực của kính còn cường độ của nó bằng một nửa cường độ ban đầu. Khi ánh sáng phân cực đi qua kính phân tích thì ánh sáng đi ra sẽ bị phân cực theo phương song song với phương phân cực của kính phân tích và cường độ của nó là :

$$I = I_m \cos^2 \theta$$

trong đó I_m là cường độ ban đầu, còn θ là góc giữa phương phân cực của kính phân cực và phương phân cực của ánh sáng ban đầu.

9.Tiên đề của Einstein.

Einstein thừa nhận rằng sự truyền ánh sáng không đòi hỏi môi trường truyền và tốc độ ánh sáng trong chân không có cùng một giá trị c theo mọi phương và đối với mọi hệ quy chiếu quán tính. Sự tiên đoán này được thực nghiệm xác nhận và trực tiếp dẫn đến thuyết tương đối.