

Chương 6

ĐO ĐIỆN DUNG, ĐIỆN CẢM, HỒ CẢM

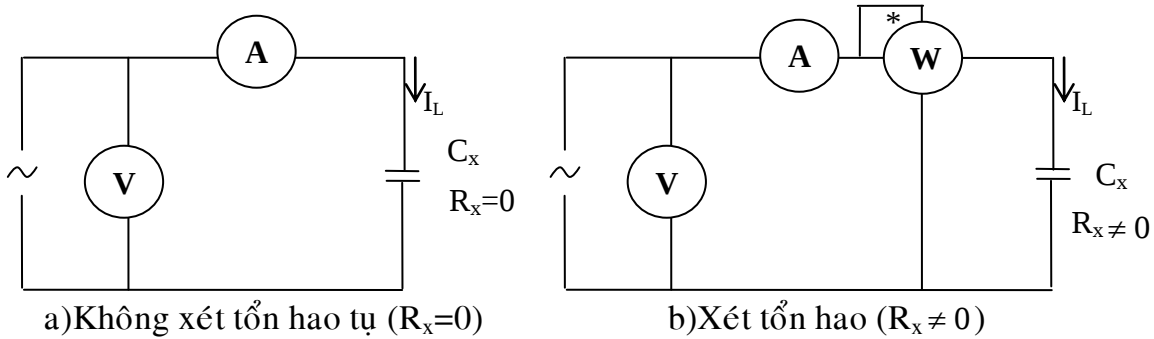
6.1 Đo điện dung, điện cảm và hồ cảm bằng volt kế và ampe kế:

6.1.1 Đo điện dung [F]:

Trong thực tế, dòng điện I qua tụ điện không lệch pha 90° đối với điện áp rơi trên tụ điện vì tổn hao bên trong tụ điện. Nguyên nhân do điện trở rỉ (nội trở) ngoài giá trị điện dung thực, nghĩa là tụ điện không cách điện hoàn toàn.

Khi tụ điện không có xét đến tổn hao do nội trở gây ra gọi là tụ điện lý tưởng.

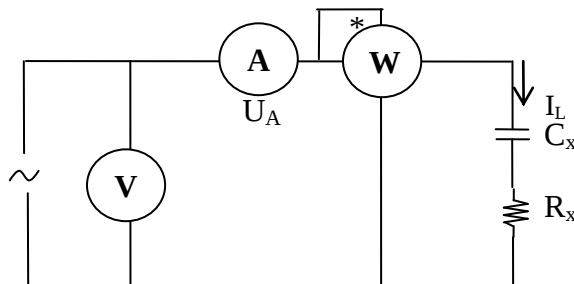
Xét hai mạch đo điện dung như hình vẽ sau:



Hình 6.1: Mạch đo điện dung

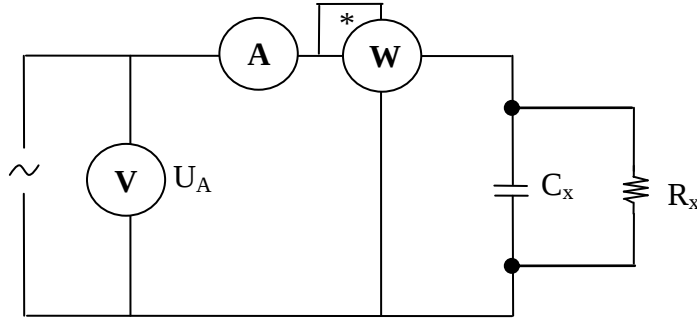
Trong trường hợp có xét tổn hao tùy thuộc vào góc mất δ :

+ Nếu δ nhỏ (tụ điện có điện môi là không khí, tụ Mica, tụ Polystyrene...) thì sơ đồ mạch tương đương của tụ điện có tổn hao là tụ C_x mắc nối tiếp với điện trở nội R_x , xem hình 6.2.



Hình 6.2: Mạch đo điện dung với δ nhỏ

+ Nếu δ lớn (tụ giấy) thì sơ đồ mạch tương đương của tụ điện có tổn hao là tụ C_x mắc song song với điện trở nội R_x , xem hình 6.3



Hình 6.3: Mạch đo điện dung với δ lớn

Lưu ý: nguồn cung cấp cho mạch đo phải là tín hiệu hình sin có độ méo dạng nhỏ (hoạ tần được xem không đáng kể). Biên độ và tần số của tín hiệu phải ổn định.

- Cách xác định giá trị R_x , hình 5.1b:

$$R_x = \frac{P}{I^2} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (6.1)$$

P là số chỉ công suất [W], I là số chỉ ampe kế [A].

- Tổng quát, cách xác định giá trị Z_c hình 5.1:

$$Z_c = \frac{U}{I} = \sqrt{R_x^2 + \left(\frac{1}{\omega C_x}\right)^2} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (6.2)$$

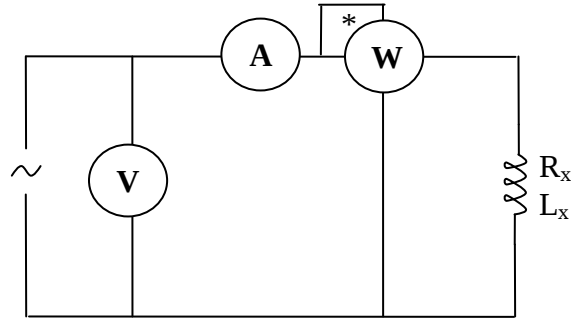
U là số chỉ của volt kế [V]

$$\Rightarrow C_x = \frac{1}{\omega \sqrt{Z_c^2 - R_x^2}} \text{ [F]} \quad (6.3)$$

Nhận xét:

- Phương pháp dùng Watt kế không chính xác khi xác định những điện dung có góc mất nhỏ. Để đo tụ điện có góc mất nhỏ dùng phương pháp cầu đo.

6.1.2 Đo điện cảm [H]:



Hình 6.4: Mạch đo điện cảm.

Mạch đo điện cảm được mắc như hình 5.4, tổng trở Z_L của điện cảm được xác định:

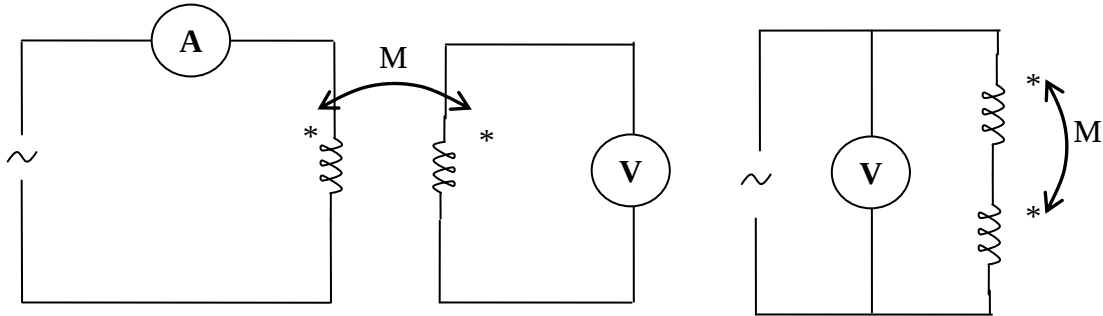
$$Z_L = \frac{U}{I} = \sqrt{R_x^2 + (L_x \omega)^2} \quad [\Omega] \quad (6.4)$$

Điện cảm được tính:
$$L_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_L^2 - R_x^2} \quad [H]$$

(6.5)

Trong đó: R_x được xác định trước, U và I lần lượt là số chỉ của Volt kế và ampe kế. Công suất tổn hao của cuộn dây được xác định bằng Watt kế.

6.1.3 Đo hồ cảm:



Hình 6.5: Mạch đo hồ cảm.

Hệ số hồ cảm M giữa hai cuộn dây (do tương tác gây ra) được xác định bởi:

$$\omega M = \frac{U}{I} \Rightarrow M = \frac{U}{\omega I} \quad (6.6)$$

Trong đó: $\omega = 2\pi f$, U và I lần lượt là số chỉ Volt kế và Ampe kế.

Ngoài ra, người ta tính hệ số hồ cảm M theo công thức sau:

$$M = \frac{n_1 n_2}{R} \quad (6.7)$$

Trong đó, n_1 và n_2 lần lượt là số vòng dây cuộn 1 và 2 tương ứng, R là từ trở của mạch từ.

* Xét trường hợp 2 cuộn dây mắc nối tiếp cùng cực tính (nghĩa là đầu cuối cuộn 1 nối với đầu cuộn 2) và trên cùng 1 mạch từ. Khi đó, tổng điện cảm của 2 cuộn dây được xác định:

$$L_a = L_1 + L_2 + 2M = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_a^2 - (R_1 + R_2)^2} \quad (6.8)$$

Z_a tổng trở của hai cuộn dây: $Z_a = \frac{U}{I}$, U và I lần lượt là số chỉ của Volt kế và ampe kế.

R_1 và R_2 là điện trở của cuộn dây 1 và 2.

* Xét trường hợp hai cuộn được mắc nối tiếp khác cực tính (nghĩa là đầu cuối cuộn 1 nối tiếp với đầu cuối cuộn 2) và trên cùng một mạch từ, khi đó điện cảm được xác định:

$$L_b = L_1 + L_2 - 2M = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_b^2 - (R_1 + R_2)^2} \quad (6.9)$$

Z_b tổng trở của hai cuộn dây: $Z_b = \frac{U}{I}$, U và I lần lượt là số chỉ của Volt kế và ampe kế.

Lưu ý: đầu cuộn dây bao giờ cũng được biểu thị bằng dấu chấm tròn trên sơ đồ mạch.

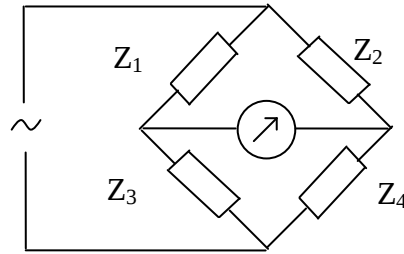
Từ phương trình 6.8 và 6.9 ta tính hệ số hồ cảm M như sau:

$$M = \frac{L_a - L_b}{4} \quad [H] \quad (6.10)$$

6.2 Đo điện dung và điện cảm bằng cầu đo:

Có hai loại cầu đo: cầu đo đơn giản và cầu đo phổ quát được dùng để đo điện dung và điện cảm. Cả hai loại này đều dựa vào nguyên lý cầu đo Wheatstone. Trong cầu đo phổ quát có xét đến hệ số tổn hao D của tụ điện cũng như hệ số phẩm chất Q của cuộn dây.

6.2.1 Cầu Wheastone:



Hình 6.6: Cầu Wheastone

Z_1, Z_2, Z_3 và Z_4 là tổng trở tương ứng, có thể là số thực hay số phức bất kỳ.

Số phức là số bao gồm thành phần thực và thành phần ảo: $Z = A + jB$

A là thành phần thực, B là thành phần ảo. Ví dụ: $Z = 2 + j3 \text{ } [\Omega]$

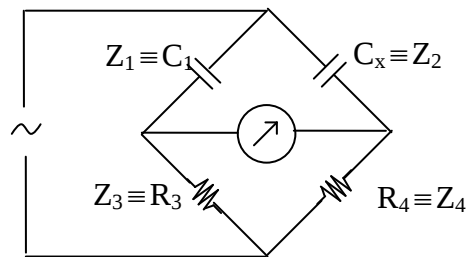
Cầu Wheastone cân bằng, nghĩa là kim điện kế G chỉ số 0, tương ứng với điều kiện:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad (6.11)$$

Công thức (5.11) áp dụng theo quy tắc anpha.

6.2.2 Cầu đo đơn giản:

6.2.2.1 Đo điện dung:



Hình 6.7: Đo điện dung.

R_3 và R_4 lần lượt là các điện trở mẫu có thể thay đổi được.

C_1 là tụ điện mẫu có thể thay đổi được.

C_x là tụ điện cần đo.

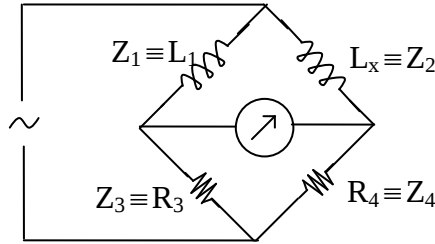
Nguồn cung cấp là tín hiệu hình sin (với độ méo dạng nhỏ) $f = 1 \text{ KHz}$ (tần số âm tần) hay tần số điện lưới 50Hz.

Khi cầu đo cân bằng, áp dụng công thức (5.11), ta có:

$$\frac{1}{j\omega C_1} R_4 = \frac{1}{j\omega C_x} R_3$$

$$C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1 \quad [F] \quad (6.12)$$

6.2.2.2 Đo điện cảm:



Hình 6.8: Đo điện cảm.

L_1 : điện cảm mẫu có giá trị thay đổi được.

L_x : điện cảm cần đo.

R_3 và R_4 lần lượt là các điện trở mẫu có thể thay đổi được.

Khi cầu đo cân bằng, áp dụng công thức 5.11, ta có:

$$j\omega L_1 R_4 = j\omega L_x R_3$$

$$L_x = \frac{R_4}{R_3} L_1 \quad (6.13)$$

✎ Nhận xét:

Phương pháp cầu đo đơn giản chỉ xác định giá trị C_x hay L_x thuần túy mà chưa xét được sự tổn hao trên tụ điện hay cuộn dây tương ứng.

6.2.3 Cầu đo phổ quát (universal bridge):

6.2.3.1 Đo điện dung:

Trong thực tế mạch tương đương của tụ điện dung có 2 dạng tùy theo sự hao mất của điện dung. Do đó chất lượng của điện dung được đánh giá qua hệ số D của tụ điện.

Trường hợp điện dung có hao mất nhỏ, nghĩa là trị số D nhỏ ($D < 0.1$) thì sơ đồ mạch tương đương bao gồm C_x mắc nối tiếp R_x , giá trị D_{nt} được tính:

$$D_{nt} = \tan \delta = \frac{\text{Re}\{Z_x\}}{\text{Im}\{Z_x\}}$$

Trong đó: $Z_x = R_x + \frac{1}{j\omega C_x}$

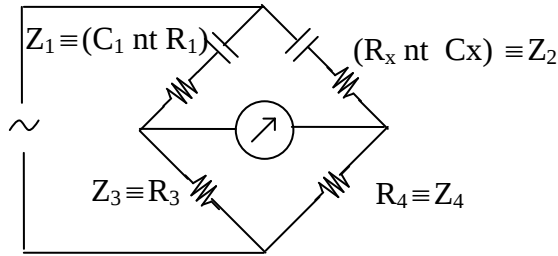
Vậy D được tính theo công thức sau: $D_{nt} = \frac{R_x}{1/\omega C_x} = R_x C_x \omega$

(6.14)

Trường hợp ngược lại, điện dung có hao mất lớn, D lớn ($D > 0.1$) thì sơ đồ mạch tương đương bao gồm C_x mắc song song với R_x , giá trị D_{ss} được tính:

$$D_{ss} = \frac{1/R_x}{\omega C_x} = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{D_{nt}} \quad (6.15)$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với điện dung có tổn hao nhỏ ($D < 0.1$):



Hình 6.9: Cầu Sauty ($D < 0.1$)

Khi cầu Sauty cân bằng, ta được:

$$\frac{R_1 - \frac{j}{\omega C_1}}{R_3} = \frac{R_x - \frac{j}{\omega C_x}}{R_4}$$

Cân bằng phần thực: $R_x = \frac{R_1}{R_3} R_4 \quad (6.16)$

Cân bằng phần ảo: $C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1 \quad (6.17)$

Hệ số tổn hao: $D_{nt} = \omega R_x C_x = \omega R_1 C_1 \quad (6.18)$

Lưu ý: các giá trị C_x và R_x không phụ thuộc tần số.

Bài tập:

Cho cầu đo Sauty, biết $C_1 = 0.1 \mu F$, $R_3 = 10 K \Omega$, $R_4 = 14.7 K \Omega$ người ta điều chỉnh giá trị điện trở mẫu $R_1 = 125 \Omega$ thì thấy cầu cân bằng. Hãy xác định các giá trị C_x , R_x và D biết rằng tần số tín hiệu là 100Hz.

Bài giải:

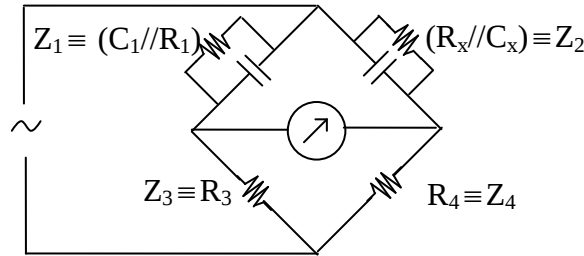
Áp dụng công thức cầu cân bằng Sauty, ta được:

$$C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1 = \frac{10K\Omega}{14.7K\Omega} 0.1\mu F = 0.068\mu F$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_4 = \frac{125\Omega}{10K\Omega} 14.7K\Omega = 183.3\Omega$$

$$\text{Hệ số tổn hao: } D_{nt} = \omega R_x C_x = \omega R_1 C_1 = 2\pi f R_1 C_1 = 2\pi 100 * 125 * 0.1 * 10^{-6} = 0.008$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với điện dung có tổn hao lớn ($D > 0.1$):



Hình 6.10: Cầu Nernst ($D > 0.1$)

Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$R_3 \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right) = R_4 \left(\frac{1}{R_x} + j\omega C_x \right)$$

$$\text{Cân bằng phần thực: } R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} \quad (6.19)$$

$$\text{Cân bằng phần ảo: } \omega C_1 R_3 = \omega C_x R_4$$

$$\Rightarrow C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1 \quad (6.20)$$

$$\text{Hệ số tổn hao: } D_{ss} = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{\omega R_1 C_1} = \frac{1}{D_{nt}} \quad (6.21)$$

6.2.3.2 Đo điện cảm:

Phẩm chất của cuộn dây có điện cảm L_x được xác định bởi hệ số Q .

$$\text{Công thức tính hệ số phẩm chất } Q: Q = \frac{\text{Im}\{Z_x\}}{\text{Re}\{Z_x\}}$$

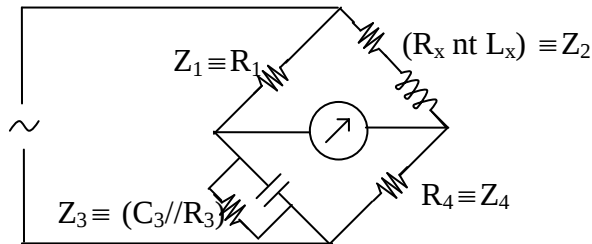
* Nếu cuộn dây có sự hao mất nhỏ $Q < 10$ (điện trở của cuộn dây nhỏ) thì có mạch tương đương R_x nối tiếp L_x , hệ số phẩm chất Q được tính theo công thức sau:

$$Q_{nt} = \frac{\text{Im}\{Z_x\}}{\text{Re}\{Z_x\}} = \frac{L_x \omega}{R_x} \quad (6.22)$$

* Nếu cuộn dây có sự hao mất lớn $Q > 10$ (điện trở của cuộn dây lớn) thì mạch tương đương R_x mắc song song với L_x , hệ số phẩm chất Q được tính theo công thức (6.23):

$$Q_{ss} = \frac{\text{Im}\{Z_x\}}{\text{Re}\{Z_x\}} = \frac{\frac{1}{L_x \omega}}{\frac{1}{R_x}} = \frac{R_x}{\omega L_x} \quad (6.23)$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với cuộn dây có hệ số phẩm chất nhỏ $Q < 10$:



Hình 6.11: Phương pháp cầu đo Maxwell-Wien

Lưu ý: ít dùng điện cảm mẫu trong cầu đo vì chúng dễ gây nhiễu ảnh hưởng đến nhau, không chính xác, khó cân bằng.

Khi cầu cân bằng:

$$R_1 \left(\frac{1}{R_3} + j\omega C_3 \right) = \frac{R_x + j\omega L_x}{R_4}$$

$$\text{Cân bằng phần thực: } R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} \quad (6.24)$$

$$\begin{aligned} \text{Cân bằng phần ảo: } \omega C_3 R_1 &= \frac{\omega L_x}{R_4} \\ \Rightarrow L_x &= C_3 R_1 R_4 \end{aligned} \quad (6.25)$$

$$\text{Hệ số phẩm chất: } Q_{nt} = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_3 R_3 \quad (6.26)$$

Bài tập:

Cho cầu đo Maxwell-Wien, biết $C_3=0.1 \mu F$, $R_1=1.26K\Omega$, $R_3=470\Omega$, $R_4=500\Omega$ thì thoả mãn cầu cân bằng. Hãy xác định các giá trị L_x , R_x và Q biết rằng tần số tín hiệu là 200Hz.

Bài giải:

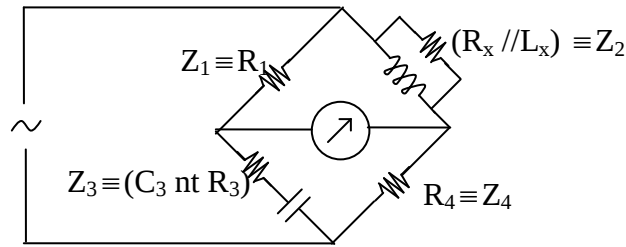
Khi cầu cân bằng:

$$R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} = \frac{1.26K\Omega}{470\Omega} 500\Omega = 1.34K\Omega$$

$$L_x = C_3 R_1 R_4 = 0.1 * 10^{-6} * 1.26 * 10^3 * 500 = 63mH$$

$$\text{Hệ số phẩm chất: } Q_{nt} = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_3 R_3 = 2\pi * 200 * 0.1 * 10^{-6} * 470 = 0.06$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với cuộn dây có hệ số phẩm chất lớn $Q > 10$:



Hình 6.12: Cầu Hay.

Khi cầu cân bằng:

$$R_1 R_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_x} - \frac{j}{\omega L_x}} \left(R_3 - \frac{j}{\omega C_3} \right)$$

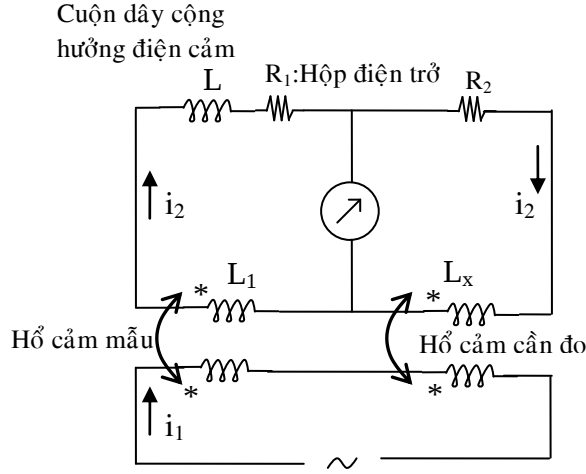
$$\text{Cân bằng phần thực: } R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} \quad (6.27)$$

$$\begin{aligned} \text{Cân bằng phần ảo: } \frac{R_1 R_4}{\omega L_x} &= \frac{1}{\omega C_3} \\ \Rightarrow L_x &= C_3 R_1 R_4 \end{aligned} \quad (6.28)$$

$$\text{Hệ số phẩm chất: } Q_{ss} = \frac{R_x}{\omega L_x} = \frac{1}{\omega C_3 R_3} = \frac{1}{Q_{nt}}$$

6.3 Đo hồ cảm:

6.3.1 Cầu đo Maxwell:



Hình 6.13: Cầu Maxwell đo hồ cảm.

Trong mạch trên chúng ta có: M_1 là hồ cảm mẫu (có thể thay đổi được), M_x là hồ cảm cần đo, R_1 là hộp điện trở và L là cuộn dây thêm vào để cân bằng điện cảm trong mạch.

Khi cầu cân bằng:

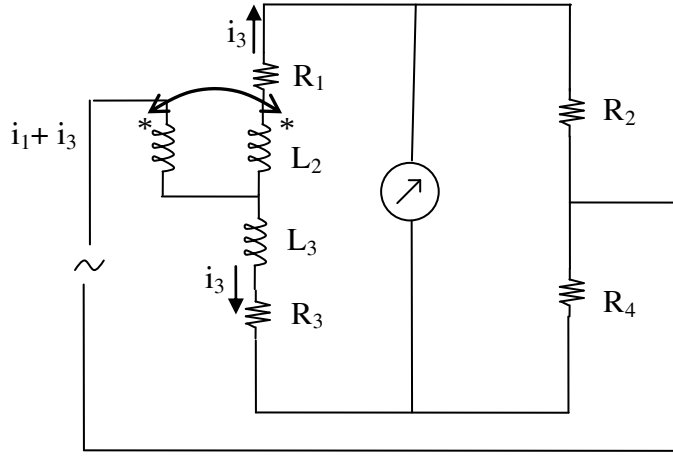
$$j\omega M_1 i_1 = j\omega(L_1 + L)i_2 + R_1 i_2 \quad (6.29)$$

$$j\omega M_x i_1 = j\omega L_x i_2 + R_2 i_2 \quad (6.30)$$

Chia (6.30) cho (6.29), ta được:
$$\frac{M_x}{M_1} = \frac{j\omega L_x + R_2}{j\omega(L_1 + L) + R_1}$$

Cân bằng phần thực và phần ảo, ta được:
$$\frac{M_x}{M_1} = \frac{L_x}{L_1 + L} = \frac{R_2}{R_1} \quad (6.31)$$

6.3.2 Cầu Heavyside:



Hình 6.14: Cầu Heavyside

Trong mạch trên M là hồ cảm cần đo của 2 cuộn dây, cuộn dây thứ cấp có điện cảm là L_2 .

Khi cầu cân bằng:

$$R_4 i_3 = R_2 i_1 \quad (6.32)$$

$$(R_3 + j\omega L_3) i_3 = (R_1 + j\omega L_2) i_1 - j\omega M (i_1 + i_3) \quad (6.33)$$

Chia phương trình (5.32) cho (5.33), ta được:

$$R_2 (R_3 + j\omega L_3) = R_4 [R_1 + j\omega (L_2 - M - \frac{MR_2}{R_4})] \quad (6.34)$$

$$\text{Cân bằng phần thực: } R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4} \quad (6.35)$$

$$\text{Cân bằng phần ảo: } M = \frac{L_2 R_4 - L_3 R_2}{R_2 + R_4} \quad (6.36)$$

Chương 7

ĐO ĐIỆN ÁP VÀ ĐO DÒNG ĐIỆN

7.1 Đo dòng điện DC:

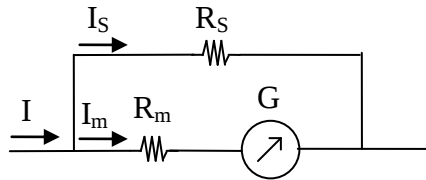
7.1.1 Nguyên lý đo:

Các cơ cấu đo điện từ, từ điện và điện động đều hoạt động được với dòng điện DC cho nên chúng được dùng làm bộ chỉ thị cho ampe kế DC.

Muốn đo được các giá trị đo khác nhau ta cần phải mở rộng tầm đo cho thích hợp.

7.1.2 Mở rộng tầm đo:

7.1.2.1 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo từ điện: dựa vào điện trở R_s



Hình 7.1: Cách mở rộng tầm đo cơ cấu đo từ điện

R_s điện trở shunt.

R_m điện trở nội của cơ cấu đo.

Dòng điện đo: $I = I_m + I_s$

Trong đó: I_m dòng điện đi qua cơ cấu đo

I_s dòng điện đi qua điện trở shunt.

Cách tính điện trở shunt R_s :

$$R_s = \frac{I_{\max} R_m}{I_c - I_{\max}} \quad (7.1)$$

$I_{\max}$ dòng điện tối đa của cơ cấu đo.

I_c dòng điện tối đa của tầm đo.

Bài tập 1:

Cho sơ đồ mạch hình 7.1, biết $I_{\max} = 50\mu A$ và $R_m = 1K\Omega$ và $I_c = 1mA$, hãy tính R_s .

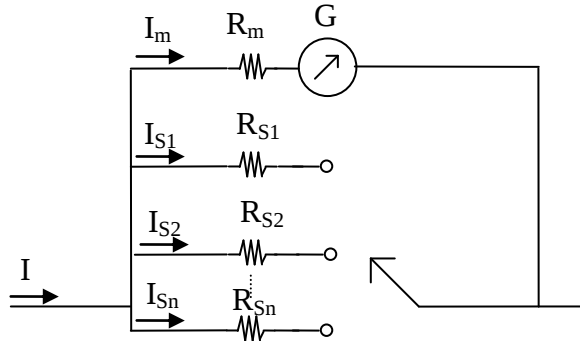
Giải

Áp dụng công thức (6.1), ta có $R_s = \frac{50 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{10^{-3} - 50 \cdot 10^{-6}} = 52.6 \Omega$

Bài tập 2:

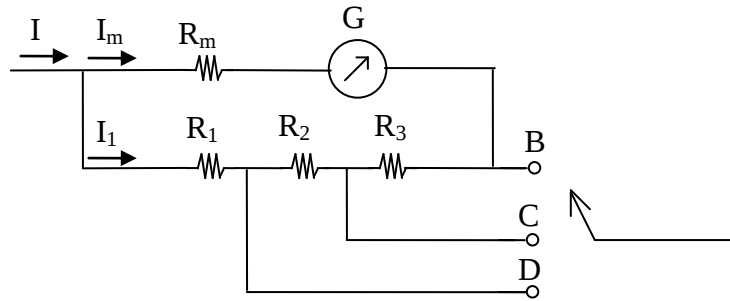
Cho sơ đồ mạch hình 7.1, biết $I_{\max} = 2.5 \text{mA}$ và $R_m = 1 \text{k}\Omega$ và $I_c = 100 \text{mA}$, hãy tính R_s .

Đối với ampe kế có nhiều tầm đo thì dùng nhiều điện trở shunt để mở rộng tầm đo khi chuyển tầm đo là chuyển điện trở shunt như hình 7.2.



Hình 7.2: Cách mở tầm rộng tầm đo dùng nhiều điện trở shunt.

* Cách mở rộng tầm đo theo mạch Ayrton:



Hình 7.3: Cách mở rộng tầm đo theo mạch Ayrton.

Điện trở shunt ở B: $R_{sb} = R_1 + R_2 + R_3$

Điện trở shunt ở C: $R_{sc} = R_1 + R_2$ còn điện trở R_3 nối tiếp với cơ cấu chỉ thị.

Điện trở shunt ở D: $R_{sD} = R_1$ còn điện trở R_2 và R_3 nối tiếp với cơ cấu chỉ thị.

Bài tập 3:

Cho sơ đồ mạch Ayrton, $R_m=1K\Omega$ và $I_{\max}=50\mu A$. Hãy xác định giá trị điện trở R_1 , R_2 , R_3 biết rằng ở tầm đo B dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 1mA, tầm đo C dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 10mA và tầm đo D dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 100mA.

Giải

Ở vị trí B: $I_{\max}=50\mu A$, $I_c=1mA$:

Áp dụng công thức (7.1), ta có:

$$R_s = \frac{50.10^{-6}.10^3}{10^{-3} - 50.10^{-6}} = R_1 + R_2 + R_3 = 52.6\Omega \quad (a)$$

Ở vị trí C: $I_{\max}=50\mu A$, $I_c=10mA$:

Áp dụng công thức (7.1), ta có:

$$R_s = \frac{50.10^{-6}.(1K\Omega + R_3)}{10.10^{-3} - 50.10^{-6}} = R_1 + R_2 = \frac{1K\Omega + R_3}{199} \quad (b)$$

Ở vị trí D: $I_{\max}=50\mu A$, $I_D=100mA$:

Áp dụng công thức (7.1), ta có:

$$R_s = \frac{50.10^{-6}.(1K\Omega + R_3 + R_2)}{100.10^{-3} - 50.10^{-6}} = R_1 = \frac{1K\Omega + R_3 + R_2}{1999} \quad (c)$$

Giải 2 phương trình (a), (b) ta được:

$$\frac{1K\Omega + R_3}{199} = 52.6 - R_3$$

$$\Rightarrow R_3 = 47.237\Omega$$

thay R_3 vào (c), tính được $R_1=0.526\Omega$

Từ (1) suy ra giá trị $R_2 = 4.737\Omega$

7.1.2.2 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện từ:

Thay đổi số vòng dây cho cuộn dây cố định sao cho lực từ của cuộn dây khi có dòng điện chạy qua tác dụng lên lõi sắt của phần động không đổi, tức là:

$$F = n_1 I_1 = n_2 I_2 = n_3 I_3 \dots \quad (7.2)$$

 Bài tập 4:

Cho $F=300[\text{Ampe-vòng}]$, tính số vòng cho 3 tầm đo có cường độ dòng điện lần lượt là: $I_1=1A$, $I_2=5A$ và $I_3=10A$.

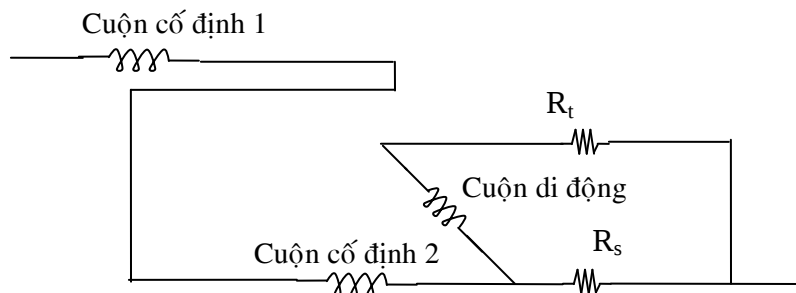
Giải

Áp dụng công thức (7.2), ta có $n_1=300$ vòng.

$n_2 = 60$ vòng.

$n_3 = 30$ vòng.

7.1.3 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện động:



Hình 7.4: Cách mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện động.

Cuộn cố định có đặc điểm sợi to, ít vòng.

Cuộn di động có đặc điểm sợi nhỏ, nhiều vòng.

Mắc điện trở shunt song song với cuộn dây di động, cuộn dây cố định được mắc nối tiếp với cuộn di động.

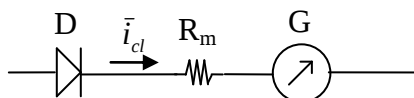
Cách xác định điện trở shunt tương tự như ampe kế kiểu cơ cấu đo từ điện đã nêu ở phần a)

7.2 Đo dòng điện AC:

7.2.1 Nguyên lý đo:

Các cơ cấu đo điện từ và cơ cấu đo điện động đều hoạt động được với dòng điện AC. Riêng cơ cấu đo từ điện cần phải biến đổi dòng điện AC thành dòng điện DC trước khi sử dụng.

7.2.1.1 Mạch chỉnh lưu bằng Diode:



Hình 7.5: Mạch chỉnh lưu bằng diode dùng trong cơ cấu đo từ điện.

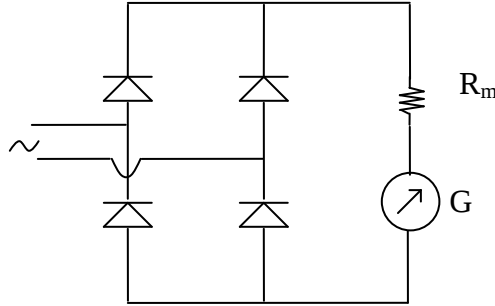
Dòng điện qua diode mắc nối tiếp với cơ cấu đo từ điện có giá trị trung bình được xác định bởi:

$$\bar{i}_{cl} = \frac{1}{2\pi} \int_0^T i_{cl} dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\pi} I_m = 0.318 I_m = 0.318 \sqrt{2} I_{hd} \quad (7.3)$$

Lưu ý: dòng điện AC có dạng hàm sin tuần hoàn.

Nếu dòng điện AC có dạng bất kỳ thì $\bar{i}_{cl}$ phụ thuộc vào dạng tần số của tín hiệu.

7.2.1.2 Mạch chỉnh lưu bằng cầu diode:



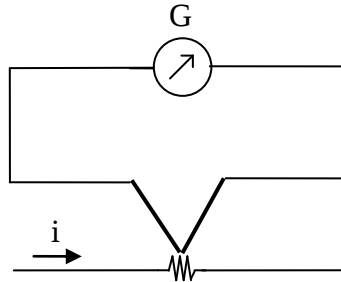
Hình 7.6: Mạch chỉnh lưu bằng cầu diode dùng trong cơ cấu đo từ điện.

Khi dùng cầu diode thì dòng điện AC được chỉnh lưu ở hai nửa chu kỳ và giá trị trung bình được xác định:

$$\bar{i}_{cl} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_{cl} dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{2}{\pi} I_m = 0.636 I_m = 0.636 \sqrt{2} I_{hd} \quad (7.4)$$

7.2.1.3 Dùng phương pháp biến đổi nhiệt điện:

Phương pháp biến đổi nhiệt điện bao gồm một điện trở đốt nóng và một cặp nhiệt điện. Điện trở được đốt nóng bởi dòng điện AC cần đo. Chính nhiệt lượng này cung cấp cho cặp nhiệt điện và sẽ tạo ra điện áp DC cung cấp cho cơ cấu đo từ điện.



Hình 7.7: Phương pháp biến đổi nhiệt điện.

Tính chất của phương pháp biến đổi nhiệt điện: không phụ thuộc tần số và dạng của tín hiệu, nhưng cần quan tâm đến sự thay đổi nhiệt độ của môi trường.

Nhiệt lượng: $E = K_T R I^2$

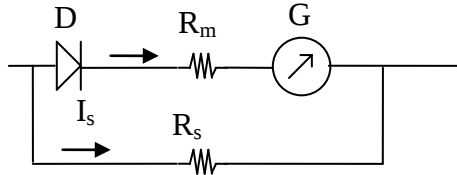
K_T hằng số đặc trưng của cặp nhiệt điện.

R điện trở dây đốt nóng.

I giá trị hiệu dụng của dòng điện cần đo.

7.2.2 Cách mở rộng tầm đo:

7.2.2.1 Dùng điện trở shunt:



Hình 7.8: Mở rộng tầm đo dùng cho cơ cấu đo điện từ.

Diode mắc nối tiếp với cơ cấu đo từ điện, do đó dòng điện chỉ lưu qua cơ cấu đo, dòng điện qua R_s là dòng AC.

I_m dòng điện qua cơ cấu đo.

$I_{m\max}$ dòng điện cực đại.

$I_{\max}$ dòng điện cực đại cho phép qua cơ cấu đo.

$$\bar{i}_{cl} = 0.318 I_{m\max} = 0.318 \sqrt{2} I_m \leq I_{\max}$$

Giá trị dòng điện hiệu dụng của dòng điện AC qua R_s :

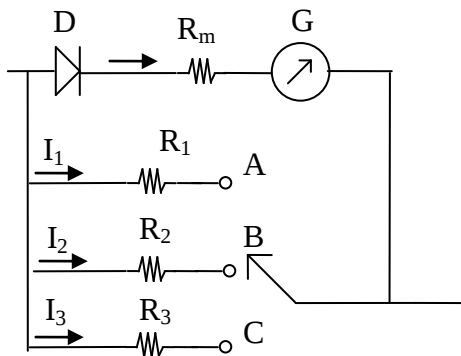
$$I_s = I_c - \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}} \quad I_c \text{ là dòng điện cần đo.}$$

Điện trở R_s được xác định:

$$R_s = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_s} [\Omega] \quad (7.5)$$

Bài tập 5:

Cho sơ đồ mạch hình 7.9, $R_m = 1K\Omega$ và $I_{\max} = 50\mu A$. Hãy xác định giá trị điện trở R_1 , R_2 , R_3 biết rằng ở tầm đo A dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 250mA, tầm đo B dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 500mA và tầm đo C dòng điện tối đa qua cơ cấu đo 750mA. Lưu ý: diode loại 1N4007.



Hình 7.9: Mở rộng tầm đo dòng điện AC bằng cách dùng điện trở mắc song song

Giải

Diode loại 1N4007, chọn điện thế dẫn cho diode là $U_D=0.6V$

Áp dụng công thức (7.5), cho các tầm đo:

Tại tầm đo A, $I_{SA} = 250mA$:

$$R_1 = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_{sA}} = \frac{0.6 + 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0.318\sqrt{2}}}{250 \cdot 10^{-3}} = 2.84\Omega$$

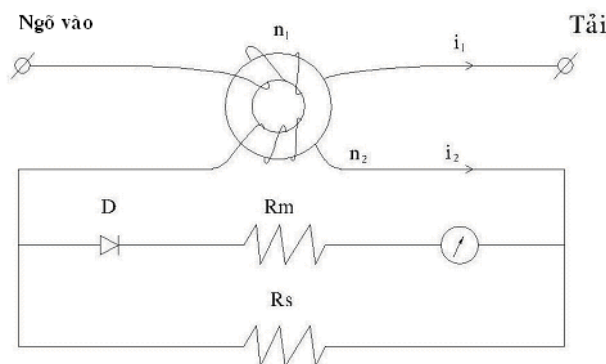
Tại tầm đo B, $I_{SB} = 500mA$:

$$R_2 = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_{sB}} = \frac{0.6 + 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0.318\sqrt{2}}}{500 \cdot 10^{-3}} = 5.68\Omega$$

Tại tầm đo C, $I_{SC} = 750mA$:

$$R_3 = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_{sC}} = \frac{0.6 + 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0.318\sqrt{2}}}{750 \cdot 10^{-3}} = 8.52\Omega$$

7.2.2.2 Dùng phương pháp biến dòng:



Hình 7.10: Dùng phương pháp biến dòng

Nguyên tắc hoạt động của biến dòng dựa trên hiện tượng hồ cảm.

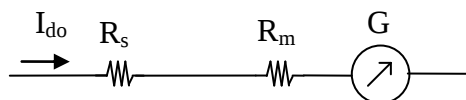
$$n_1 i_1 = n_2 i_2 \quad (7.6)$$

i_1 là dòng điện tải cần đo.

i_2 là dòng điện qua cơ cấu đo.

7.3 Đo điện áp DC:

7.3.1 Nguyên lý đo:



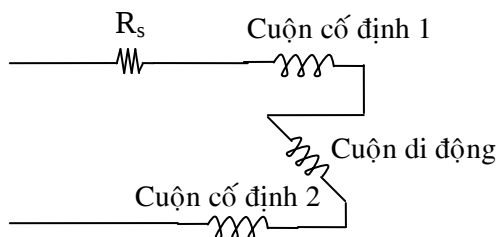
Hình 7.11: Mạch đo điện áp DC

Điện áp cần đo chuyển thành dòng điện đo đi qua cơ cấu chỉ thị

$$I_{do} = \frac{V_{do}}{R_s + R_m} \leq I_{\max} \quad (7.7)$$

Các cơ cấu đo từ điện, điện từ và điện động được dùng làm volt kế đo DC bằng cách nối thêm điện trở R_s để hạn dòng.

Riêng đối với cơ cấu đo điện động cuộn dây cố định và cuộn dây di động được mắc nối tiếp.



Hình 7.12: Mở rộng tầm đo:

Đối với cơ cấu đo từ điện bằng cách mắc nối tiếp thêm điện trở R_s để mở rộng tầm đo. Nghĩa là, thay đổi tổng trở vào càng lớn thì tầm đo điện áp càng cao cho nên người ta thường dùng trị số độ nhạy Ω/V_{DC} để xác định tổng trở vào của mỗi tầm đo.

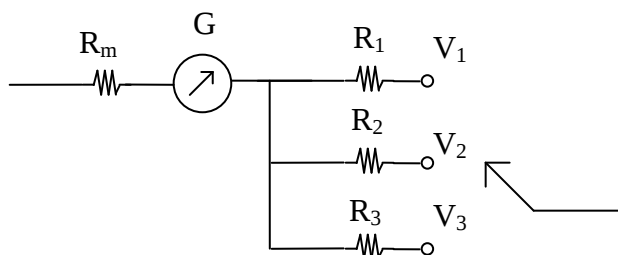
Bài tập 6:

Volt kế có độ nhạy $20 K\Omega/V_{DC}$ thì ở tầm đo 2.5V có tổng trở vào là bao nhiêu?

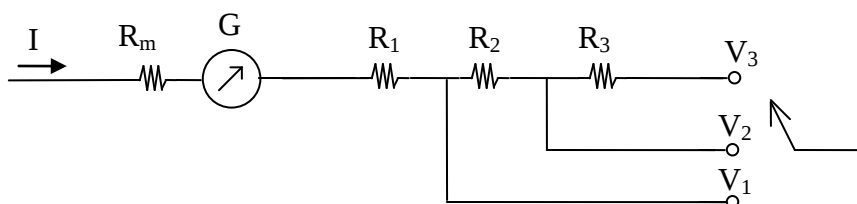
Giải

Tổng trở vào của Volt kế là $Z_v = 2.5V * 20 K\Omega/V = 50 K\Omega$.

Lưu ý: nội trở Volt kế càng cao thì giá trị đo càng chính xác.



Hình 7.13: Cách mở rộng tầm đo.



Hình 7.14: Cách mở rộng tầm đo theo kiểu Ayrton.

Bài tập 7:

Cho sơ đồ mạch hình 7.13, biết Volt kế dùng cơ cấu từ điện có $R_m = 1K\Omega$ và $I_{max} = 100\mu A$. Ở 3 tầm đo $V_1 = 2.5V$, $V_2 = 20V$, và $V_3 = 50V$. Hãy tính các điện trở còn lại.

Giải

$$\text{Ở } V_1=2.5V, \text{ ta có: } R_1 + R_m = \frac{V_1}{I_{\max}} = \frac{2.5}{100 \cdot 10^{-6}} = 25K\Omega \quad (d)$$

Mà $R_m = 1K\Omega$ nên $R_1 = 24 K\Omega$.

$$\text{Ở } V_2=20V, \text{ ta có: } R_2 + R_1 + R_m = \frac{V_2}{I_{\max}} = \frac{20}{100 \cdot 10^{-6}} = 200K\Omega \quad (e)$$

Từ (d) và (e) suy ra $R_2 = 175 K\Omega$.

$$\text{Ở } V_3=50V, \text{ ta có: } R_3 + R_2 + R_1 + R_m = \frac{V_3}{I_{\max}} = \frac{50}{100 \cdot 10^{-6}} = 500K\Omega \quad \text{Suy ra } R_3 = 300 K\Omega.$$

Lưu ý để Volt kế có độ chính xác càng cao nên chọn sai số $R_1, R_2, R_3 \leq 1\% \Omega/V_{DC}$ của volt kế.

 Bài tập 8:

Volt kế dùng cơ cấu đo điện từ có cuộn dây cố định, dòng $I_{\max} = 50mA$ và $R_m = 100\Omega$, tầm đo $0 \div 300V$. Xác định R nối tiếp với cơ cấu đo và công suất P.

Giải

$$\text{Ta có, } R + R_m = \frac{V}{I_{\max}} = \frac{300}{50 \cdot 10^{-3}} = 6K\Omega$$

Mà $R_m = 100\Omega$ nên $R = 5.9 K\Omega$.

$$\text{Công suất P: } P = RI_{\max}^2 = 5.9000 * (50 \cdot 10^{-3})^2 = 14.75W$$

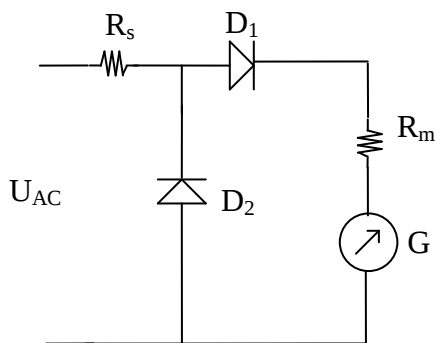
7.4 Đo điện áp AC:

7.4.1 Nguyên lý đo:

Tương tự như đo dòng điện AC, đối với cơ cấu đo điện động và điện từ thì phải mắc điện trở nối tiếp với cơ cấu đo như trong Volt kế DC, vì hai cơ cấu đo này hoạt động với giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.

Riêng đối với cơ cấu đo từ điện thì phải dùng cầu chỉnh lưu diode hay bộ biến đổi nhiệt điện.

7.4.2 Mạch đo điện áp bằng cơ cấu đo từ điện:



Hình 7.15: Mạch đo điện áp AC bằng cơ cấu đo từ điện.

D_1 chỉnh lưu dòng điện AC ở nửa chu kỳ dương.

D_2 cho dòng điện ở nửa chu kỳ âm qua (không đi qua cơ cấu đo) và điện áp nghịch không rơi trên D_1 và cơ cấu đo, tránh điện áp nghịch lớn khi đo điện áp AC có giá trị lớn.

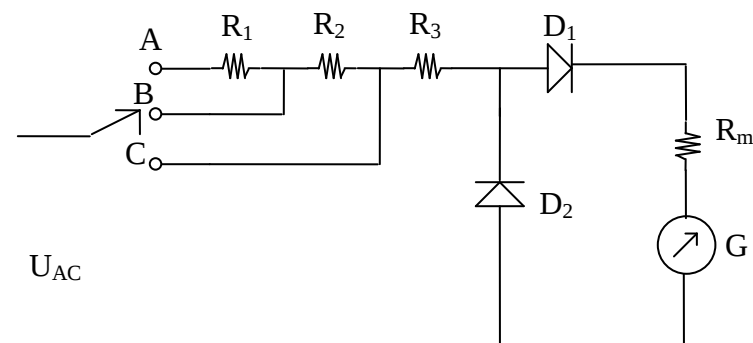
Điện trở R_s nối tiếp ở tầm đo điện áp U_{AC} được xác định:

$$U_{AC} = (R_s + R_m)I_m + U_D$$

$$\Rightarrow R_s + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} \quad (7.8)$$

📖 Bài tập 9:

Cho hình 7.16, $R_m = 1K\Omega$ và $I_{\max} = 50\mu A$. Hãy xác định giá trị điện trở R_1 , R_2 , R_3 biết rằng ở tầm đo C điện áp tối đa là 5VAC, tầm đo B điện áp tối đa là 10VAC và tầm đo A điện áp tối đa 20VAC. Lưu ý: các diode loại 1N4007.



Hình 7.16: Mở rộng tầm đo điện áp AC dùng các điện trở mắc nối tiếp.

Giải

Diode loại 1N4007, chọn điện thế dẫn cho diode là $U_D=0.6V$

Áp dụng công thức (7.8), cho các tầm đo:

Tại tầm đo C, $U_{AC} = 5V$:

$$R_3 + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} = \frac{5 - 0.6}{50 \cdot 10^{-6} / 0.318\sqrt{2}} = 39.5K\Omega$$

$$\Rightarrow R_3 = 39.5 - R_m = 39.5 - 1 = 38.5K\Omega$$

Tại tầm đo B, $U_{AC} = 10V$:

$$R_2 + R_3 + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} = \frac{10 - 0.6}{50 \cdot 10^{-6} / 0.318\sqrt{2}} = 84.5K\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 84.5 - R_m - R_3 = 84.5 - 1 - 38.5 = 45K\Omega$$

Tại tầm đo A, $U_{AC} = 20V$:

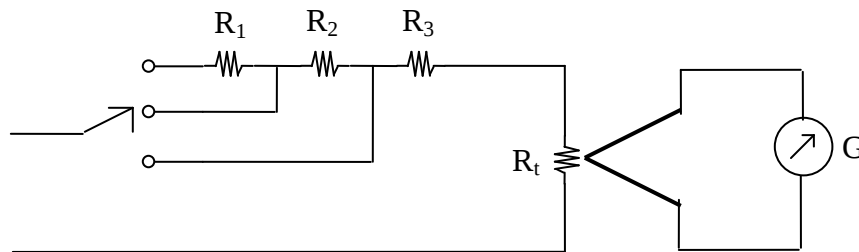
$$R_1 + R_2 + R_3 + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} = \frac{20 - 0.6}{50 \cdot 10^{-6} / 0.318\sqrt{2}} = 174.5K\Omega$$

$$\Rightarrow R_1 = 174.5 - R_m - R_3 - R_2 = 84.5 - 1 - 38.5 - 45 = 90K\Omega$$

7.4.3 Mạch đo điện áp AC dùng biến đổi nhiệt điện:

Thang đo của Volt kế AC ghi theo giá trị hiệu dụng mặc dù sử dụng phương pháp chỉnh lưu trung bình. Riêng phương pháp dùng bộ biến đổi nhiệt điện thì gọi là volt kế AC có giá trị hiệu dụng thực.

Volt kế AC sử dụng bộ biến đổi nhiệt điện không phụ thuộc tần số và dạng tín hiệu.



Hình 7.17: Mạch đo điện áp AC dùng biến đổi nhiệt điện.

R_t là điện trở nhiệt cần đo điện áp. Các điện trở R_1 , R_2 và R_3 là các điện trở mở rộng tầm đo.

Ôn tập cuối chương 7

7.1) Cho sơ đồ mạch hình 7.12, biết Volt kế dùng cơ cấu từ điện có $R_m=1K\Omega$ và $I_{max} = 50\mu A$. Ở 3 tầm đo $V_1=2.5V$, $V_2=20V$, và $V_3 = 50V$. Hãy tính các điện trở còn lại.

7.2) Cho sơ đồ mạch hình 7.13, biết Volt kế dùng cơ cấu từ điện có $R_m=1K\Omega$ và $I_{max} = 50\mu A$. Ở 3 tầm đo $V_1=0.5V$, $V_2=2.5V$, và $V_3 = 10V$. Hãy tính các điện trở còn lại.

7.3) Cho sơ đồ mạch hình 7.9, $R_m=1K\Omega$ và $I_{max} = 50\mu A$. Hãy xác định giá trị điện trở R_1 , R_2 , R_3 biết rằng ở tầm đo A dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 250mA, tầm đo B dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 500mA và tầm đo C dòng điện tối đa qua cơ cấu đo 750mA. Lưu ý: diode loại 1N4007.

7.4) Cho hình 7.16, $R_m=1K\Omega$ và $I_{max} = 50\mu A$. Hãy xác định giá trị điện trở R_1 , R_2 , R_3 biết rằng ở tầm đo C điện áp tối đa là 50VAC, tầm đo B điện áp tối đa là 250VAC và tầm đo A điện áp tối đa 1000VAC. Lưu ý: các diode loại 1N4007.

Chương 8

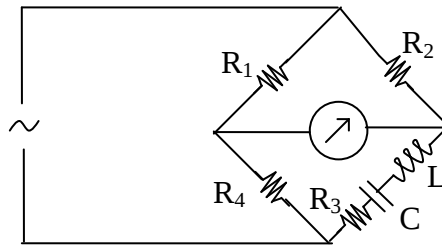
ĐO TẦN SỐ

Tần số là số chu kỳ của một dao động trong một đơn vị thời gian, đơn vị tần số là Hz.

Trong kỹ thuật vô tuyến, đo tần số được dùng trong các trường hợp như khắc độ và chuẩn lại các máy tạo tín hiệu đo lường, máy phát, máy thu; xác định tần số cộng hưởng của các mạch dao động; xác định dải thông của bộ lọc, mạng bốn cực, kiểm tra mức độ lệch tần số của các thiết bị đang công tác,...

8.1 Đo tần số bằng các mạch điện có thông số phụ thuộc tần số

8.1.1 Phương pháp cầu:



Hình 8.1: Đo tần số bằng mạch điện phụ thuộc tần số.

Khi cầu đo cân bằng: $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$

Hay $R_1 Z_3 = R_2 R_4$ (*)

$$Z_3 = R_3 + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (8.1)$$

Thế (1) vào phương trình (*) và cân bằng phần ảo, ta được:

$$\begin{aligned} \omega_x L &= \frac{1}{\omega_x C} \\ \Rightarrow f_x &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{aligned} \quad (8.2)$$

Tiếp tục điều chỉnh nhánh cộng hưởng nối tiếp số cần đo f_x , khi đó $\omega_x L = \frac{1}{\omega_x C}$ và trở kháng của mạch thuần trở R_1 là:

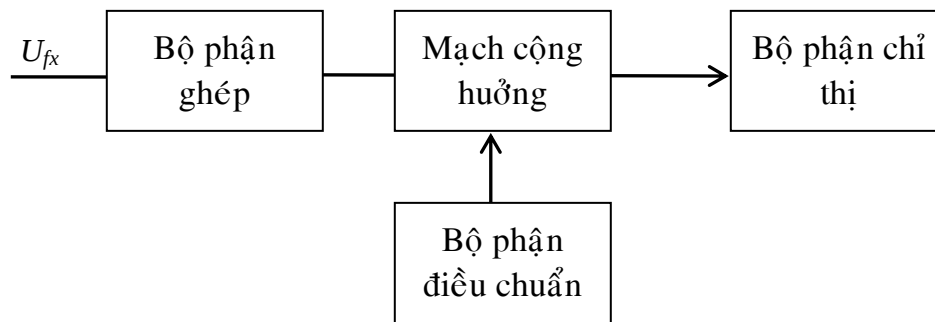
$$R_1 R_3 = R_2 R_4 \quad (8.3)$$

➤ **Cách đo:** nhánh cộng hưởng được điều chỉnh bằng cách thay đổi giá trị của tụ điện C, thang đo có thể trực tiếp khắc độ theo đơn vị tần số. Mở rộng tầm đo tần số bằng cách thay đổi cuộn L. Bộ chỉ thị cân bằng dùng volt kế chỉnh lưu.

➤ **Nhược điểm:** khó chế tạo được cuộn cảm ở tần số thấp, khó thực hiện chỉ thị 0 do có tác động của từ trường lên cuộn điện cảm.

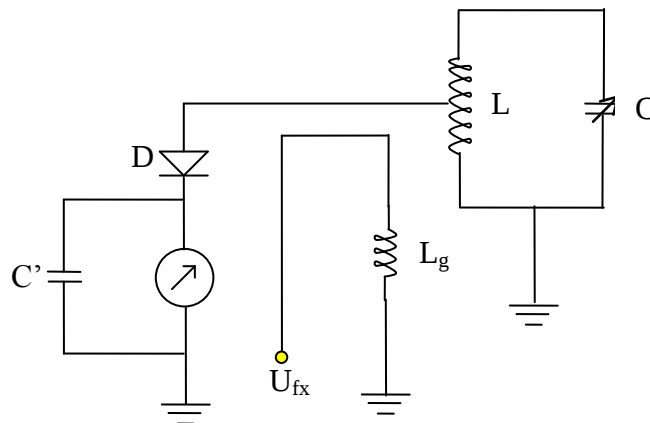
8.1.2 Phương pháp cộng hưởng:

Đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng dựa trên nguyên lý chọn lọc tần số của mạch cộng hưởng.



Hình 8.2: Sơ đồ khối đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng.

Điện dung và điện cảm là các linh kiện có thông số tập trung L, C. Bộ phận điều chuẩn chính là tụ điện biến thiên C, có thang độ được khắc độ theo đơn vị tần số. Vì tụ C có hệ số biến đổi ($C_{\max}/C_{\min}$) không lớn lắm, cho nên muốn mở rộng dải tần số thì tần số kế còn phải thay đổi cả cuộn L.



Hình 8.3: Mạch đo cộng hưởng tần số.

Mạch cộng hưởng được kích hoạt bằng dao động lấy từ nguồn cần đo thông qua cuộn dây ghép L_g . Sự chỉ thị cộng hưởng của mạch điện tại tần số đo được thực hiện bằng bộ tách sóng và cơ cấu đo từ điện.

Khi mạch cộng hưởng thì chỉ thị của đồng hồ là cực đại.

8.2 Đo tần số bằng dao động kí (phương pháp so sánh):

Đo tần số bằng dao động kí được thực hiện bằng phương pháp so sánh tần số cần đo với tần số chuẩn của bộ dao động chuẩn thông qua các đường cong Lissajou. Muốn tạo được các đường cong Lissajou thì đưa tần số cần đo vào một cặp bản làm lệch, tần số chuẩn vào cặp bản làm lệch còn lại. Điều chỉnh tần số chuẩn sao cho đường cong Lissajou đứng yên.

Hình dáng của đường cong Lissajou phụ thuộc vào tỉ số giữa các biên độ, tần số và pha ban đầu của tín hiệu chuẩn và tín hiệu cần đo. Đường Lissajou sẽ đứng yên nếu tần số chuẩn và tần số cần đo bằng nhau và bằng tỉ số của các số nguyên:

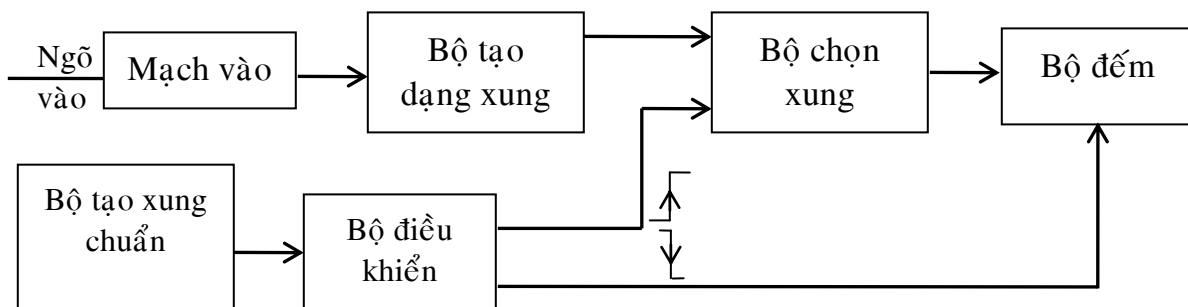
$$\frac{f_x}{f_0} = \frac{n_d}{n_n} \quad (8.4)$$

n_d, n_n là các số nguyên bằng số điểm tiếp tuyến của đường Lissajou với trục đứng và trục ngang.

8.3 Đo tần số bằng phương pháp đếm:

Tần số kế cấu tạo theo phương pháp đếm có sơ đồ như hình vẽ, bao gồm: mạch vào chính, bộ phận tạo dạng xung, bộ tạo xung có thời gian chuẩn, bộ điều khiển, bộ chọn xung theo thời gian, bộ đếm xung.

Bộ tạo dạng xung: tần số cần đo f_x đi qua mạch vào đến bộ tạo dạng xung có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu điện áp dạng điều hòa thành dạng tín hiệu xung. Các xung này có cùng cực tính và có chu kì đúng bằng chu kì của tín hiệu điều hòa cần đo.



Hình 8.4: Sơ đồ khối đo tần số bằng phương pháp đếm

Bộ tạo xung chuẩn có chức năng tạo nên các xung thời gian chuẩn có tính ổn định cao, bao gồm các bộ phận: bộ tạo dao động thạch anh, các bộ chia/nhân tần số, bộ tạo dạng xung. Đầu ra của bộ này có nhiều tần số khác nhau như bộ dao động thạch anh 100KHz thì các tần số chia là 10KHz, 1KHz, 100Hz, 10Hz, 1Hz, 0.1Hz tương ứng với các tần số chuẩn này là thời gian chuẩn bằng chu kỳ của chúng 0.0001s, 0.001s, 0.01s, 0.1s, 1s, 10s.

Bộ điều khiển làm nhiệm vụ điều khiển quá trình đo với 2 chức năng chính tạo chu trình thời gian “mở” và “xóa” để đưa bộ đếm về trạng thái ban đầu.

Nguyên lý làm việc: tần số cần đo có dạng tín hiệu điều hòa được đưa qua mạch vào đến bộ tạo dạng xung. Qua bộ này tín hiệu hình sin biến thành tín hiệu xung có cùng tần số. Các xung này được đưa đến bộ chọn xung rồi chuyển tới bộ đếm trong những khoảng thời gian tương ứng xung mở cửa, tức là chỉ cho xung qua bộ đếm trong khoảng thời gian “mở”, “đóng” tương tự như mạch AND có 2 đầu vào 1 đầu ra. Chỉ khi nào cả 2 đầu vào bộ chọn xung có tín hiệu thì đầu ra mới có tín hiệu.

Số xung qua bộ chọn xung được bộ đếm xung ghi lại, khi đó tần số f_x cần đo:

$$f_x = \frac{n}{\Delta T_{ch}} \quad (8.5)$$

n : số lượng xung đếm

ΔT_{ch} khoảng thời gian mở cửa cũng chính là chu kỳ của xung chuẩn.

Vì f_{ch} đã biết nên kết quả chỉ thị số của bộ đếm có thể trực tiếp biểu thị đại lượng tần số.

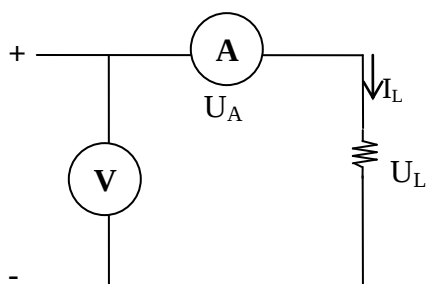
Chương 9

ĐO CÔNG SUẤT

9.1 Đo công suất bằng volt kế và ampe kế:

9.1.1 Đo công suất một chiều:

Cách mắc Volt kế trước-Ampe kế sau:



$$U = U_A + U_L$$

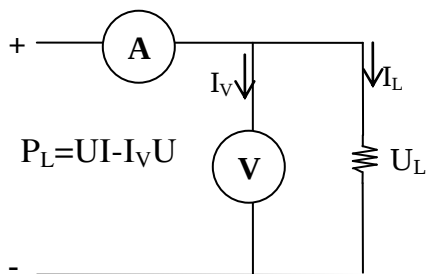
$$P_L = I_L U_L = I_L (U - U_A)$$

$$P_L = UI_L - R_A I_L^2$$

Hình 9.1: Đo công suất bằng cách mắc V-A

⚠ *Nhận xét:* theo cách mắc này việc xác định công suất P_L có sai số do điện trở nội của ampe kế.

Cách mắc Ampe kế trước-Volt kế sau:



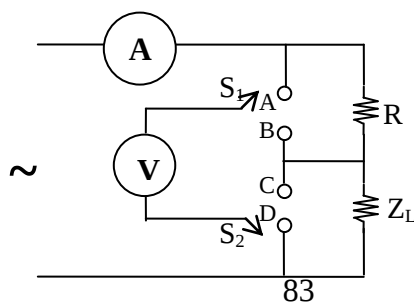
$$I = I_V + I_L$$

$$P_L = I_L U = U (I - I_V)$$

Hình 9.2: Đo công suất bằng cách mắc A-V

⚠ *Nhận xét:* theo cách mắc này việc xác định công suất P_L có sai số do điện trở nội của volt kế.

9.1.2 Đo công suất xoay chiều một pha:



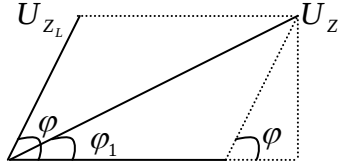
Hình 9.2: Đo công suất xoay chiều một pha bằng Volt kế và Ampe kế.

Khi khóa S_1, S_2 ở vị trí A và C thì volt kế cho giá trị U_R .

Khi khóa S_1, S_2 ở vị trí B và D thì volt kế cho giá trị U_{ZL} , điện áp này lệch pha với dòng điện tải một góc φ .

Khi khóa S_1, S_2 ở vị trí A và D thì volt kế cho giá trị U_Z , điện áp này lệch pha so với dòng điện là φ_1 .

Theo giản đồ vector, ta có:



$$U_{ZL}^2 = U_Z^2 + U_R^2 - 2U_R U_Z \cos \varphi_1$$

$$U_{ZL} \cos \varphi = U_Z \cos \varphi_1 - U_R$$

$$\cos \varphi = \frac{U_Z \cos \varphi_1 - U_R}{U_{ZL}}$$

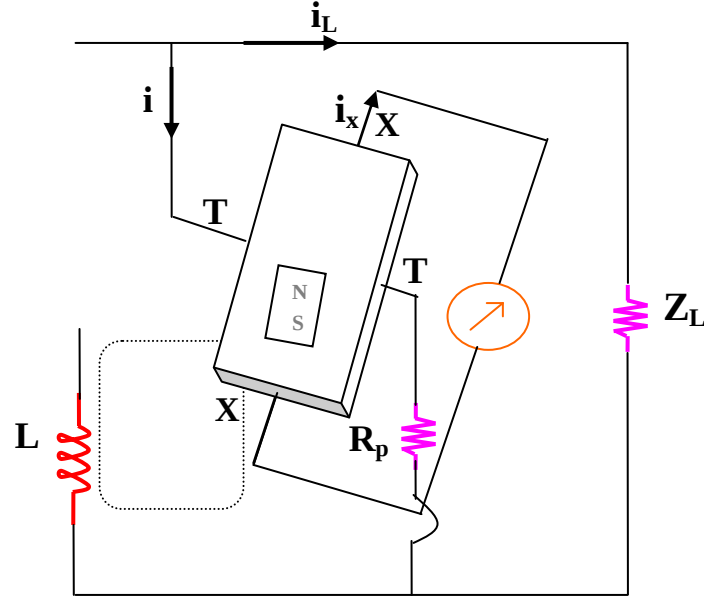
Hình 9.4: Giản đồ vector

Công suất của tải được xác định bởi:

$$P_L = U_{ZL} I \left[U_Z \frac{(U_Z^2 + U_R^2 - U_{ZL}^2) - 2U_R^2}{2U_R U_Z U_{ZL}} \right]$$

$$P_L = I \frac{U_Z^2 - U_{ZL}^2 - U_R^2}{2U_R}$$

9.2 Đo công suất bằng hiệu ứng Hall:



Hình 9.5: Đo công suất bằng phương pháp hiệu ứng Hall

Đặt cảm biến Hall vào khe hở của nam châm điện. Dòng điện đi vào cuộn hút L chính là dòng điện đi qua phụ tải Z_L . Dòng điện đi qua 2 cực T-T tỉ lệ với điện áp đặt lên phụ tải Z_L . Điện trở phụ R_p để hạn dòng. Thế điện động Hall được xác định bởi:

$$U_H = kW$$

trong đó

$$B = k_i i, \quad W = k_u u$$

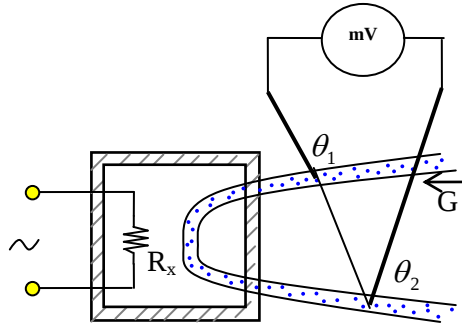
$$U_H = k k_i i u = k' u i = k' P$$

k' là hệ số tỉ lệ đặc trưng của cảm biến phụ thuộc vào vật liệu, kích thước, hình dáng của cảm biến, nhiệt độ tác động.

U_H hiệu điện thế Hall được đo bằng mV kế.

☞ *Nhận xét:* Watt kế loại này cho phép đo công suất xoay chiều có tần số đến hàng trăm MHz, không có quán tính, có cấu tạo đơn giản, bền và tin cậy.

9.3 Đo công suất bằng nhiệt lượng kế:



Hình 9.6: Đo công suất bằng nhiệt lượng kế.

Watt kế dùng phương pháp nhiệt lượng kế được chế tạo theo nguyên tắc xác định công suất theo nhiệt độ của môi trường nhiệt lượng kế.

Công suất P_x do phụ tải R_x tiêu thụ được xác định theo hiệu nhiệt độ của chất lỏng (vật mang nhiệt) ở đầu ra và đầu vào của nhiệt lượng kế. Hiệu nhiệt độ được đo bằng cặp nhiệt điện và mV kế khi chất lỏng luôn không đổi.

$$P_x = CG(\theta_2 - \theta_1)$$

θ_2 là nhiệt độ của lưu lượng ra khỏi hộp đo công suất.

θ_1 là nhiệt độ của lưu lượng trước khi vào hộp đo công suất.

C: dung lượng nhiệt thể tích riêng của chất lỏng.

G: lưu lượng thể tích của chất lỏng.

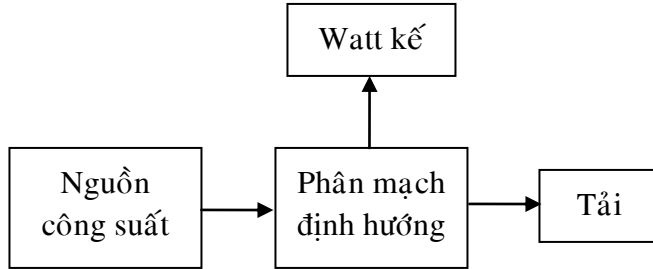
✎ *Nhận xét:* phương pháp nhiệt lượng kế thường bị sai số do sự thay đổi nhiệt độ môi trường xung quanh cũng như do sự biến động của các đặc tính nhiệt và nhiệt độ của vật mang nhiệt.

9.4 Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.

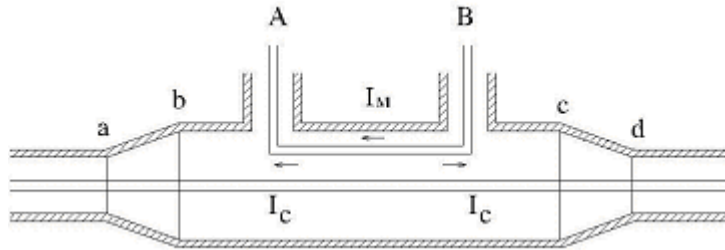
Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng ứng dụng để đo công suất truyền thông giữa nguồn công suất và tải. Trong truyền thông luôn tồn tại phản xạ một phần công suất trở về nguồn phát từ phía tải. Công suất phản xạ làm hư nguồn công suất hay máy phát, nếu có phối hợp trở kháng tốt thì hiện tượng này sẽ bị loại bỏ hay ít ảnh hưởng máy phát.

Công suất được hấp thụ trên tải sẽ là hiệu số công suất phát ra của nguồn và công suất phản xạ.

Phương pháp đo công suất bằng cách phân mạch định hướng còn gọi là phương pháp *phản xạ mét*. Với cách ghép này ta có khả năng phân biệt được năng lượng truyền từ nguồn đến tải, cũng như năng lượng từ tải phản xạ trở về.



a) Sơ đồ khối đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.



b) Cấu trúc bên trong mạch đo công suất định hướng.

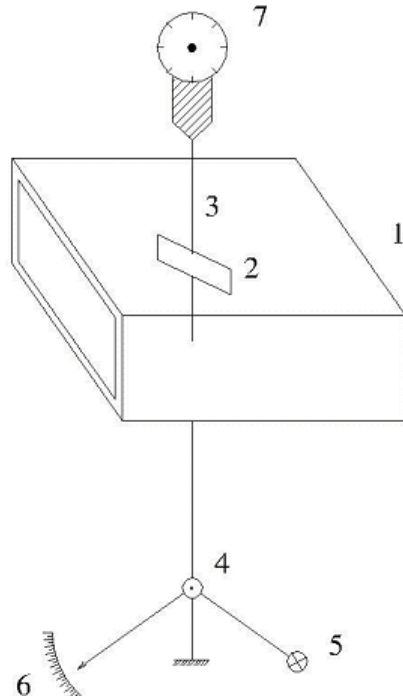
Hình 9.7: Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.

Bộ phận phân mạch định hướng dùng dây đồng trục, đoạn dây dc và vòng dây ghép U cấu thành bộ phân mạch định hướng. Đoạn ab, cd là các đoạn dây biến đổi trở kháng của đường dây truyền để cho trở kháng của đường dây truyền phối hợp được với bộ phân mạch định hướng. Vòng dây ghép U có kích thước nhỏ so với chiều dài của bước sóng, có ghép điện dung và điện cảm với đường dây truyền làm xuất hiện dòng I_C về 2 phía I_M . Nếu kích thước của vòng dây U và khoảng cách từ vòng dây U đến trục đường dây đồng trục thỏa $I_C = I_M$ thì tại đầu ra A của bộ phân mạch năng lượng điện, còn đầu B không có vì tại nửa vòng dây ghép này dòng điện khử lẫn nhau. Tại đầu A có mắc Watt kế để đo công suất và nếu biết được hệ số ghép ra của bộ phân mạch thì có thể tính được công suất truyền thông trên dây đồng trục.

9.5 Đo công suất bằng phương pháp đo áp suất sóng điện từ:

Cũng như ánh sáng, sóng điện từ truyền trên dây truyền sóng gây ra áp suất cơ học. Áp suất này tác động lên bề mặt thành ống sóng khi sóng điện từ lan truyền trong ống. Khi đặt một vật vào trong ống dẫn sóng có sóng điện từ lan truyền thì cũng chịu áp lực của sóng. Cường độ của áp lực này tỉ lệ với modun của vector U_{mop} -pointing, tức là tỉ lệ với công suất của sóng điện từ. Do vậy, công suất của sóng điện từ lan

truyền được xác định thông qua áp lực của sóng điện từ tác động lên vật. Thang độ của áp lực có thể chuyển đổi trực tiếp thành thang độ theo đơn vị công suất.



Hình 9.8: Đo công suất bằng cách đo áp suất sóng điện từ.

Giá trị của áp suất này rất nhỏ, chẳng hạn công suất của sóng điện từ lan truyền là 1mW thì áp suất khoảng 10^{-12}N/cm^2 cho nên không thể đo trực tiếp mà phải thông qua bộ biến đổi phân tử áp điện, tụ vi chỉnh, đồng hồ đo áp suất cơ học.

Cơ cấu đo gồm ống dẫn sóng (1) để truyền dẫn năng lượng cần đo, sợi dây thạch anh (3) có đường kính rất mảnh (khoảng $10 \mu\text{m}$) bên trong ống dẫn sóng, nối với gương phản xạ (4). Bản kim loại được đặt nghiêng 45° so với chiều của sóng điện từ lan truyền. Dưới tác dụng của điện từ bản kim loại quay và làm xoắn dây treo, góc quay của bản kim loại được xác định bằng vị trí chỉ thị của điểm sáng phát ra từ nguồn sáng (5) được phản chiếu trên gương (4) và đập lên thang chia độ (6).

➤ *Ưu điểm:* dải đo công suất rộng từ vài %W đến vài trăm KW, không gây tổn hao công suất nhiều, dễ phối hợp với nguồn đo, rất ít bị quá tải, ít quán tính, sai số khoảng 5%.

➤ *Nhược điểm:* rất nhạy với chấn động cơ học, yêu cầu chính xác cao đối với các chi tiết dụng cụ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Ngọc Tân-Kỹ Thuật Đo, NXB KHKT, Hà Nội-1998
- [2] Nguyễn Trọng Quế-Dụng cụ đo cơ điện-NXB KHKT, Hà Nội, 1980.
- [3] Phạm Thượng Hàn- Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý, Tập 1 và 2-NXB GD, Hà Nội-1996.
- [4] Vũ Quý Điềm – Cơ sở kỹ thuật đo lường vô tuyến điện-NXB ĐH&TCCN, Hà Nội-1978.

MỤC LỤC

Chương 1 NHỮNG KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG.....	1
1.1 Định nghĩa và phân loại phép đo.....	1
1.1.1 Định nghĩa	1
1.1.2 Phân loại các cách thực hiện phép đo	2
1.2 Các đặc trưng của kỹ thuật đo lường.....	2
1.2.1 Đại lượng đo hay còn gọi là tín hiệu đo	3
1.2.2 Điều kiện cần đo.....	5
1.2.3 Đơn vị đo	5
1.2.4 Thiết bị đo và phương pháp đo	5
1.2.5 Người quan sát	6
1.2.6 Kết quả đo	6
1.3 Phương pháp đo.....	8
1.3.1 Phương pháp đo biến đổi thẳng	8
1.3.2 Phương pháp đo kiểu so sánh.....	9
1.4 Phân loại các thiết bị đo	10
1.5 Các đặc tính cơ bản của thiết bị đo	11
1.6 Sai số của phép đo và cách trình bày kết quả đo	12
Chương 2 CƠ CẤU ĐO	14
2.1 Cơ cấu đo từ điện.....	14
2.1.1 Cấu tạo	14
2.1.2 Nguyên lý hoạt động	15
2.1.3 Ứng dụng	15
2.2 Cơ cấu đo điện từ.....	15
2.2.1 Cấu tạo	15
2.2.2 Nguyên lý hoạt động	16
2.2.3 Ứng dụng	16
2.3 Cơ cấu đo điện động.....	16
2.3.1 Cấu tạo	16
2.3.2 Nguyên lý hoạt động	17
2.3.3 Ứng dụng	17
2.4 Bảng kí hiệu.....	18
Chương 3 THIẾT BỊ PHÁT TÍN HIỆU ĐO LƯỜNG	19
3.1 Khái niệm về đo lường.....	19

3.1.1	Mục đích – ý nghĩa	19
3.1.2	Đại lượng đo lường	19
3.1.3	Cấp chuẩn hoá.	20
3.2	Khái niệm chung về thiết bị phát tín hiệu	20
3.2.1	Khái niệm.....	20
3.2.2	Phân loại	20
3.3	Máy phát tín hiệu tần số thấp	21
3.3.1	Các đặc tính	21
3.3.2	Sơ đồ khối của máy phát tín hiệu đo lường	22
3.3.3	Máy phát LC	23
3.3.4	Máy phát trộn tần số	23
3.3.5	Máy phát RC	24
3.4	Máy phát xung	25
3.4.1	Đặc tính máy phát xung	25
3.4.2	Sơ đồ khối	26
3.5	Máy phát sóng quét.....	27
Chương 4	THIẾT BỊ QUAN SÁT VÀ GHI TÍN HIỆU	29
4.1	Dao động ký điện tử một tia	29
4.1.1	Khái niệm.....	29
4.1.2	Cấu tạo và nguyên lý hoạt động.....	29
4.1.3	Ống phóng tia điện tử (CRT: Cathode Ray Tube).....	29
4.1.4	Tín hiệu quét ngang.....	31
4.1.5	Sơ đồ khối dao động ký một tia	32
4.2	Dao động ký hai tia	33
4.3	Ứng dụng của dao động ký điện tử trong đo lường	34
4.3.1	Ứng dụng để quan sát tín hiệu	34
4.3.2	Đo điện áp của tín hiệu	34
4.3.3	Đo tần số bằng dao động ký:	35
4.3.4	Đo góc lệch pha bằng dao động ký điện tử 2 tia	35
4.4	Các loại dao động kí điện tử	36
4.4.1	Dao động kí có chức năng thông dụng	36
4.4.2	Dao động kí vạn năng	36
4.4.3	Dao động kí tốc độ nhanh	36
4.4.4	Dao động kí lấy mẫu	36
4.4.5	Dao động kí có nhớ.....	37
4.4.6	Dao động kí đặc trưng	37
4.4.7	Dao động kí số:	37

Chương 5 ĐO ĐIỆN TRỞ.....	44
5.1 Đo điện trở bằng volt kế và ampe kế.....	44
5.1.1 Cách mắc Volt kế trước-Ampe kế sau	44
5.1.2 Cách mắc ampe kế trước volt kế sau	44
5.2 Đo điện trở bằng Ohm kế.....	45
5.2.1 Ohm kế với sơ đồ nối tiếp.....	45
5.2.2 Ohm kế với sơ đồ song song	47
5.3 Đo điện trở bằng cầu Wheastone	48
5.3.1 Cầu Wheastone cân bằng.....	48
5.3.2 Cầu Wheastone không cân bằng	49
5.4 Đo điện trở có giá trị nhỏ bằng cầu đôi Kelvin	50
5.5 Đo điện trở có giá trị lớn.....	51
5.5.1 Đo điện trở bằng volt kế và micro-ampe kế.....	51
5.5.2 Đo điện trở có giá trị lớn bằng MegaOhm kế chuyên dùng	51
Chương 6 ĐO ĐIỆN DUNG, ĐIỆN CẢM , HỖ CẢM.....	54
6.1 Đo điện dung, điện cảm và hỗ cảm bằng volt kế và ampe kế	54
6.1.1 Đo điện dung [F]	54
6.1.2 Đo điện cảm [H]	56
6.1.3 Đo hỗ cảm	56
6.2 Đo điện dung và điện cảm bằng cầu đo.....	57
6.2.1 Cầu Wheastone.....	58
6.2.2 Cầu đo đơn giản.....	58
6.2.3 Cầu đo phổ quát (universal bridge)	59
6.3 Đo hỗ cảm	64
6.3.1 Cầu đo Maxwell.....	64
6.3.2 Cầu Heavyside.....	65
Chương 7 ĐO ĐIỆN ÁP VÀ ĐO DÒNG ĐIỆN	66
7.1 Đo dòng điện DC	66
7.1.1 Nguyên lý đo.....	66
7.1.2 Mở rộng tầm đo	66
7.1.2.1 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo từ điện: dựa vào điện trở R_s	66
7.1.2.2 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện từ	68

7.1.3	Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện động.....	69
7.2	Đo dòng điện AC	69
7.2.1	Nguyên lý đo.....	69
7.2.2	Cách mở rộng tầm đo	71
7.3	Đo điện áp DC	73
7.3.1	Nguyên lý đo.....	73
7.4	Đo điện áp AC	75
7.4.1	Nguyên lý đo.....	75
7.4.2	Mạch đo điện áp bằng cơ cấu đo từ điện	76
7.4.3	Mạch đo điện áp AC dùng biến đổi nhiệt đổi	77
Chương 8 ĐO TẦN SỐ.....		79
8.1	Đo tần số bằng các mạch điện có thông số phụ thuộc tần số.....	79
8.1.1	Phương pháp cầu.....	79
8.1.2	Phương pháp cộng hưởng	80
8.2	Đo tần số bằng dao động kí (phương pháp so sánh).....	81
8.3	Đo tần số bằng phương pháp đếm	81
Chương 9 ĐO CÔNG SUẤT.....		83
9.1	Đo công suất bằng volt kế và ampe kế	83
9.1.1	Đo công suất một chiều.....	83
9.1.2	Đo công suất xoay chiều một pha.....	83
9.2	Đo công suất bằng hiệu ứng Hall	85
9.3	Đo công suất bằng nhiệt lượng kế	86
9.4	Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.....	86
9.5	Đo công suất bằng phương pháp đo áp suất sóng điện từ.....	87
Tài liệu tham khảo.....		84