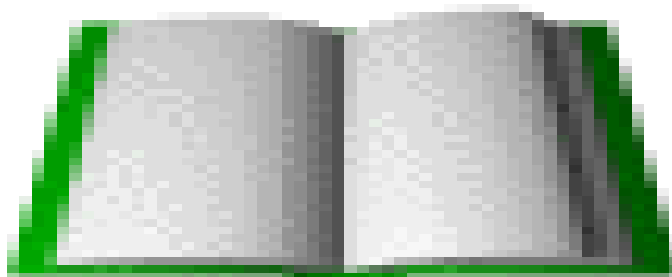


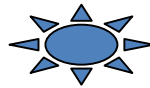
CHƯƠNG 6

ĐO CÁC THAM SỐ MẠCH ĐIỆN
ĐO CÁC THAM SỐ MẠCH ĐIỆN
R, L, C
R, L, C



Bài 1: Giới thiệu

Bài 2: Đo điện trở



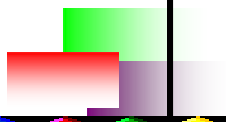
Bài 3: Đo điện dung và tổn hao trong tụ điện



Bài 4: Đo điện cảm và hệ số phẩm chất Q

Bài 5: Đo điện cảm, điện dung bằng Q mét

BÀI 1. GIỚI THIỆU



1. Tham số mạch điện.

Tham số của mạch điện R, L, C, G

+ Điện trở: R

+ Điện cảm: L, r, Q (hệ số phẩm chất)

+ Điện dung: C, r, tgδ (góc tổn hao tụ điện)

2. Phương pháp đo.

Đo gián tiếp

Đo trực tiếp

BÀI 2. ĐO ĐIỆN TRỞ

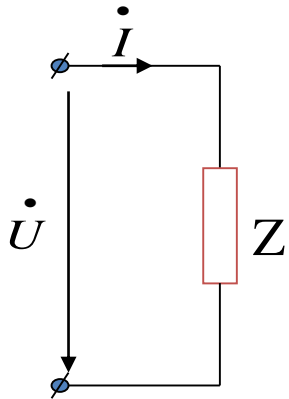
I. Giới thiệu

1. Nguyên lý chung:

Biến đổi điện trở sang dòng điện hoặc điện áp.

Thực hiện đo dòng hoặc đo áp thông qua các dụng cụ đo dòng hay áp có khắc độ theo thang đo điện trở.

2. Tổng trở trong mạch xoay chiều



$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}}$$

\dot{U}, \dot{I} Điện áp, dòng điện hiệu dụng phức

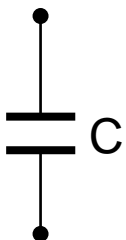
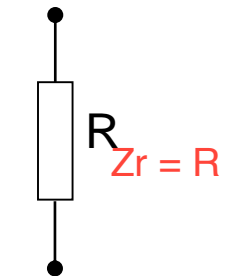
Z Tổng trở phức

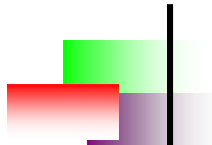
R Điện trở

X Điện kháng

$$Z = R + jX$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \quad |Y| = \frac{1}{|Z|} \quad \text{— Tổng dẫn phức}$$



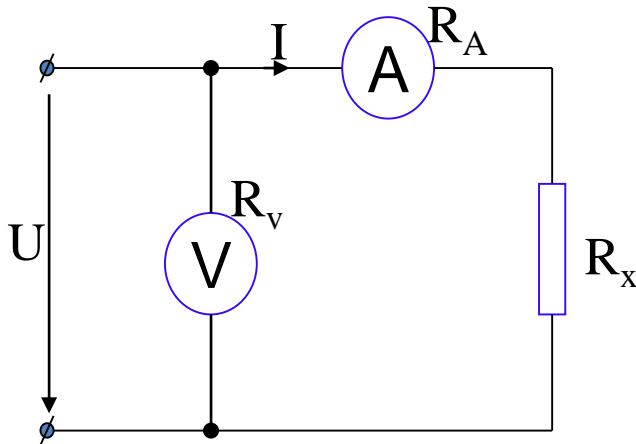


II. Đo điện trở trong mạch điện một chiều.

1. Phương pháp Ampe met - Vôn met .

a. Sơ đồ mắc Vôn mét trước.

*Sơ đồ



*Tính sai số: $\gamma = \frac{\Delta R}{R_{th}} = \frac{R_{\vec{d}} - R_{th}}{R_{th}}$

$$R_{th} = R_x$$

$$R_{\vec{d}} = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U}{I} = R_A + R_x$$

$$\gamma = \frac{(R_A + R_x) - R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$$

*Nhận xét:

- + Để phép đo đạt giá trị chính xác cao thì R_A càng nhỏ càng tốt ($R_A \ll R_x$).
- + Sơ đồ thường dùng để đo điện trở R_x lớn

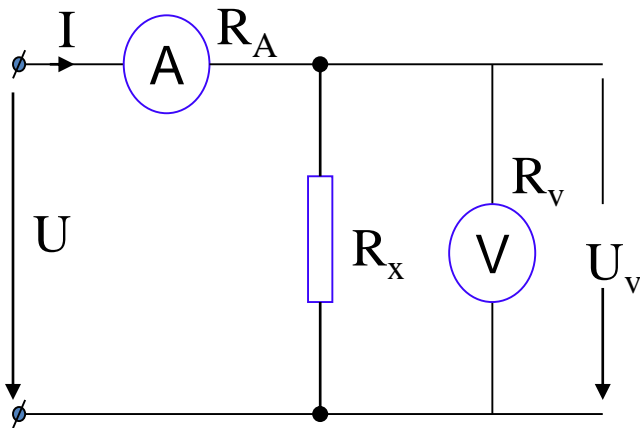
BÀI 2. ĐO ĐIỆN TRỞ

II. Đo điện trở trong mạch điện một chiều.

1. Phương pháp Ampe met và Vôn met.

b. Sơ đồ mắc Vôn mét sau.

*Sơ đồ



*Tính sai số: $\gamma = \frac{\Delta R}{R_{th}} = \frac{R_d - R_{th}}{R_{th}}$

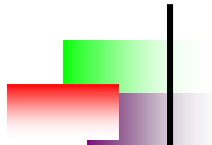
$$R_{th} = R_x$$

$$R_d = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_V}{I} = \frac{I \cdot (R_x // R_V)}{I} = R_x // R_V = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V}$$

$$\gamma = \frac{\frac{R_x R_V}{R_x + R_V} - R_x}{R_x} = \frac{R_V}{R_x + R_V} - 1 = -\frac{R_x}{R_x + R_V}$$

*Nhận xét:

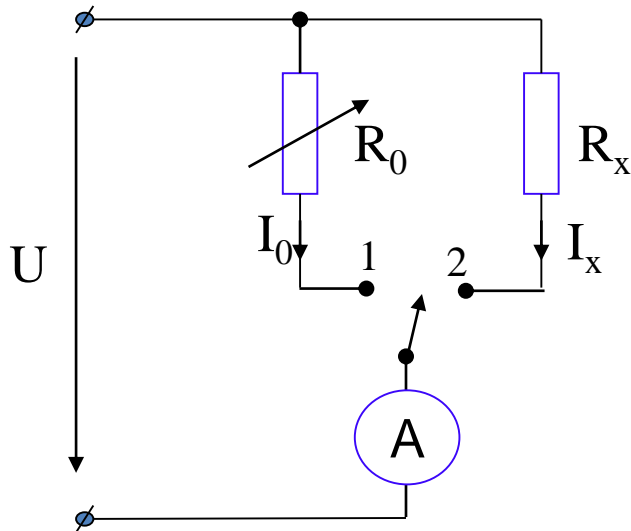
- + Để phép đo đạt giá trị chính xác cao thì R_V càng lớn càng tốt $R_x \ll R_V \rightarrow \gamma \approx -\frac{R_x}{R_V}$
- + Sơ đồ thường dùng để đo điện trở R_x nhỏ



II. Đo điện trở trong mạch điện một chiều.

2. Phương pháp so sánh với điện trở mẫu.

*Sơ đồ



R_x : điện trở đo

R_0 : điện trở mẫu

*Xác định R_x

Dòng điện qua điện trở mẫu: $I_0 = \frac{U}{R_0}$

Dòng qua điện trở đo: $I_x = \frac{U}{R_x}$

$$\frac{I_x}{I_0} = \frac{R_0}{R_x} \rightarrow R_x = \frac{I_0}{I_x} \cdot R_0$$

Sai số của phép đo bằng tổng sai số của Ampemet và điện trở R_0 mẫu.

BÀI 2. ĐO ĐIỆN TRỞ

II. Đo điện trở trong mạch điện một chiều.

3. *Đo điện trở bằng cầu một chiều.*

Cầu được phát minh bởi SH.christie năm 1833, tuy nhiên ít sử dụng

Đến năm 1847 Ông Charles Wheatstone phát hiện ra mạch này đo điện trở rất chính xác → tên là cầu Wheatstone.



Charles Wheatstone
(1802-1875)

Vật lý-Anh

Cầu đơn
(Wheatstone)

Cầu kép
(Kelvin)

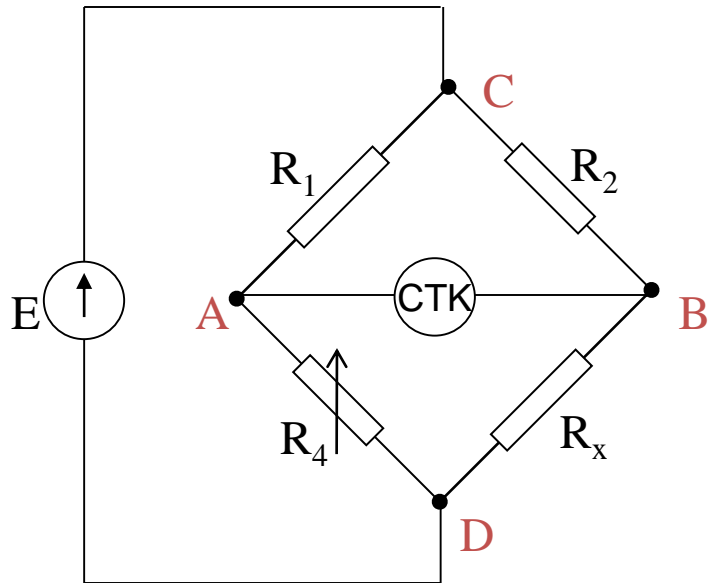
Dùng nhiều trong công nghiệp, cấp chính xác 0,1% .

BÀI 2. ĐO ĐIỆN TRỞ

3. Đo điện trở bằng cầu một chiều.

a. Cầu đơn (Wheatstone)

*Sơ đồ



CD _ đường chéo nối tới nguồn một chiều.

AB _ đường chéo chỉ thị, mắc một chỉ thị không.

R_x _ điện trở cần đo

R_1, R_2 _ là các điện trở cố định làm bằng vật liệu

Manganin có độ chính xác cao.

R_4 _ chiết áp (điện trở mẫu)

Điều chỉnh biến trở R_4 để chỉ thị chỉ không \rightarrow cầu cân bằng ($U_{AB} = 0$)

$$R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R_4$$

(Tích điện trở của các nhánh đối diện bằng nhau)

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_4 \quad \text{Đặt } k = \frac{R_2}{R_1} = \text{const} \quad \text{gọi là hệ số nhân} \rightarrow R_x = k \cdot R_4$$

BÀI 2. ĐO ĐIỆN TRỞ

3. Đo điện trở bằng cầu một chiều.

b. Cầu kép (Kilvin)

Đọc thêm giá trình T- 153

Ví dụ1:

Tính R_x trong mạch cầu đơn khi cho $R_1=12K$, $R_2=15K$, $R_4=32K$,
giả sử dòng chạy qua chỉ thị = 0.

Đáp án: $R_x=40k$

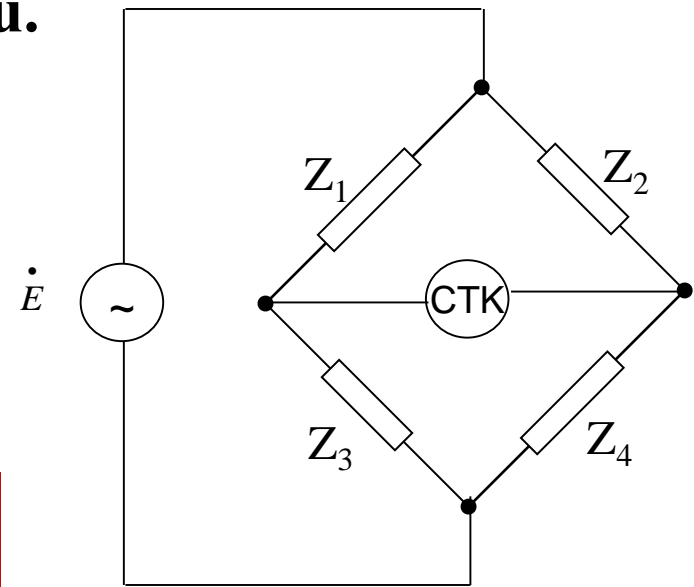
BÀI 2. ĐO ĐIỆN TRỞ



III. Đo điện trở trong mạch điện xoay chiều.

1. Sơ đồ

- + Cầu 4 nhánh: điện trở phức Z_1, Z_3, Z_2, Z_4
- + Nguồn cung cấp: nguồn xoay chiều tần số công nghiệp ($50 - 60\text{Hz}$), âm tần hoặc cao tần từ máy phát tần.



2. Phương trình

$$Z_2 \cdot Z_3 = Z_1 \cdot Z_4$$

Tích tổng trở phức của các nhánh đối diện bằng nhau.

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2$$

$$Z_3 = R_3 + jX_3$$

$$Z_4 = R_4 + jX_4$$

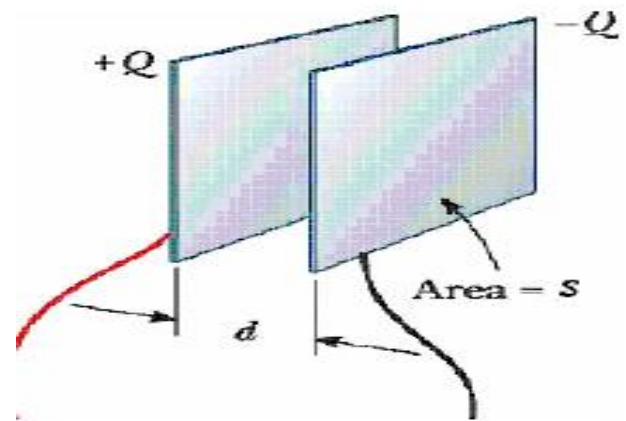
$$\Rightarrow \begin{cases} |Z_1||Z_4| = |Z_2||Z_3| & \text{Cân bằng biên độ} \\ \varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3 & \text{Cân bằng pha} \end{cases}$$

Trong thực tế tính toán, điều kiện cân bằng cầu \leftrightarrow
điều kiện cân bằng phần thực và điều kiện cân
bằng phần ảo

BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỠN HAO TỤ ĐIỆN

1. Giới thiệu.

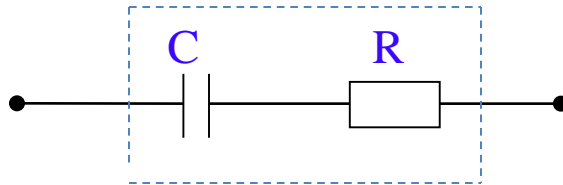
- +Tụ điện lý tưởng là tụ không tiêu thụ công suất
- +Trong thực tế vẫn có thành phần dòng rò đi qua lớp điện môi và công suất bị tổn hao trên bản cực → trong tụ có sự tổn hao công suất
- + Đặc trưng cho sự tổn hao này người ta sử dụng thông số **tgδ** của **góc tổn hao**.



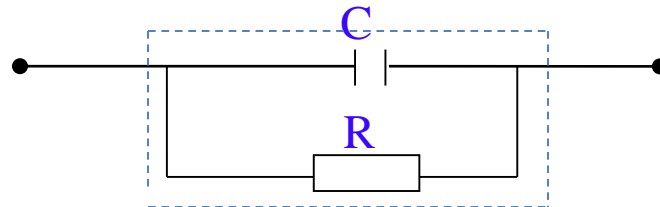
BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỔN HAO TỤ ĐIỆN

1. Giới thiệu.

+ Tụ điện có tổn hao nhỏ có tg góc tổn hao: $\operatorname{tg} \delta = R\omega C$



+ Tụ điện có tổn hao lớn có tg góc tổn hao: $\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{R\omega C}$



Trong đó R, C là điện trở tổn hao và điện dung của tụ điện.

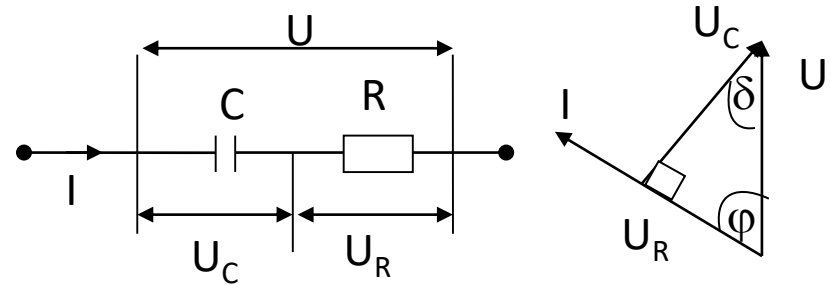
BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỔN HAO TỤ ĐIỆN

I. Giới thiệu.

Chứng minh $\tan \delta = R \cdot \omega \cdot C$

$$U_R = I \cdot R \quad U_C = \frac{I}{\omega C}$$

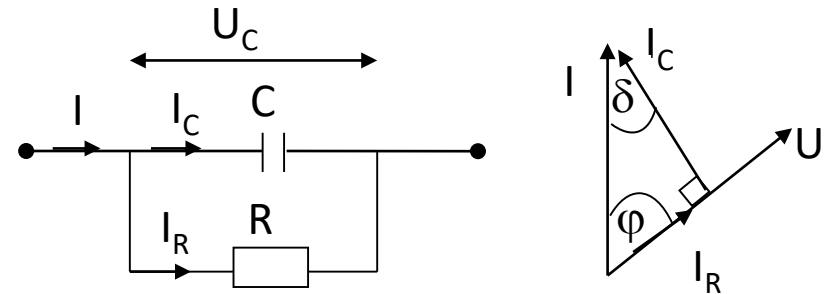
$$\tan \delta = \frac{U_R}{U_C} = \frac{I \cdot R}{\frac{I}{\omega C}} = R \omega C$$



Chứng minh $\tan \delta = 1 / R \cdot \omega \cdot C$

$$I_R = \frac{U}{R} \quad I_C = U \omega C$$

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{\frac{U}{R}}{U \omega C} = \frac{1}{R \omega C}$$



2. Cầu đo tham số tụ điện tổn hao nhỏ

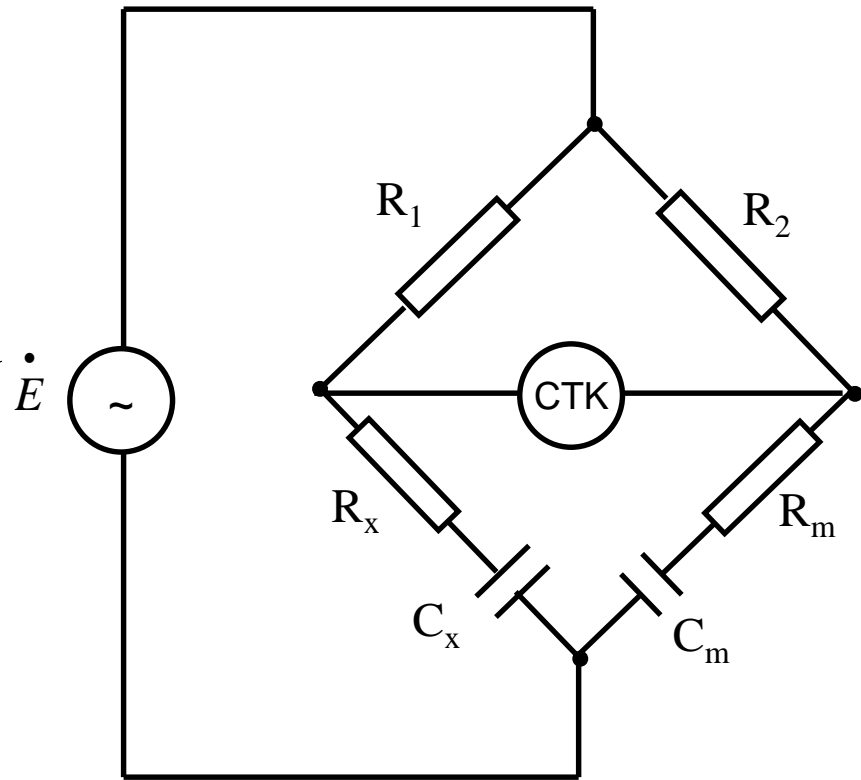
Là tụ điện có tgδ từ vài phần trăm - vài phần chục

a. Sơ đồ.

C_x, R_x – nhánh tụ điện cần đo.

C_m, R_m – nhánh tụ điện mẫu.
điều chỉnh được

R_1, R_2 – các điện trở.

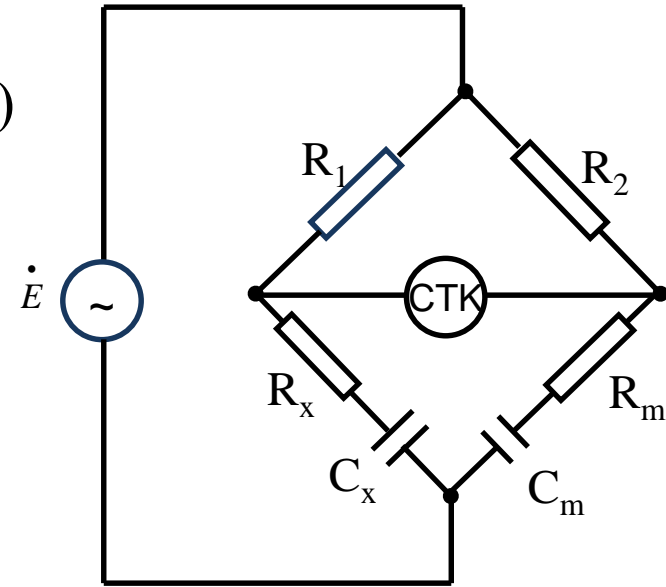


BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỒN HAO TỤ ĐIỆN

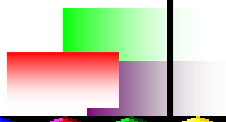
b. Xác định tham số.

Điều chỉnh C_m , R_m để cầu cân bằng (chỉ thị không)

$$Z_1 \cdot Z_m = Z_2 \cdot Z_x$$



BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỔN HAO TỤ ĐIỆN



2. Cầu đo tham số tụ điện tổn hao nhỏ

c. tg góc tổn hao δ .

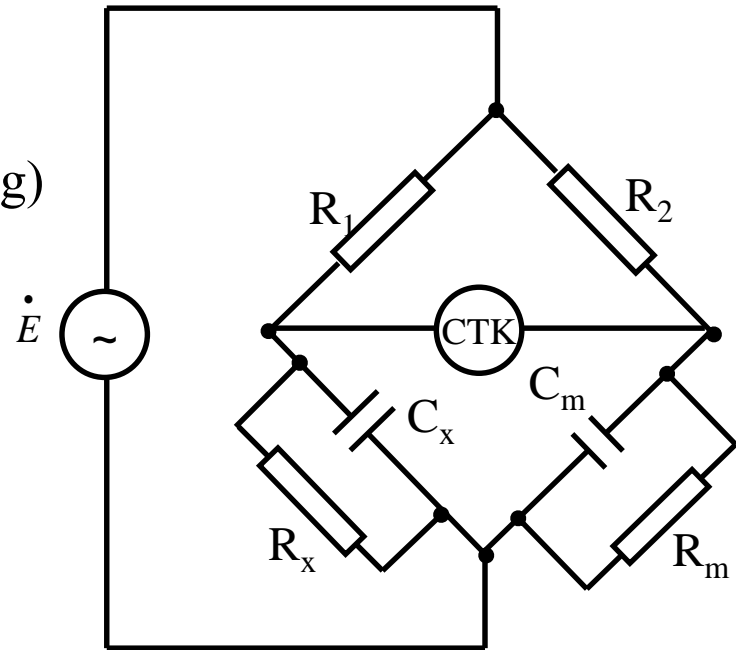
BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỖN HAO TỤ ĐIỆN

3. Cầu đo tham số tụ điện tổn hao lớn

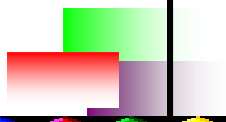
a. Sơ đồ.

b. Xác định các tham số.

Điều chỉnh C_m , R_m để cầu cân bằng (chỉ thị không)



BÀI 3. ĐO ĐIỆN DUNG VÀ GÓC TỔN HAO TỤ ĐIỆN

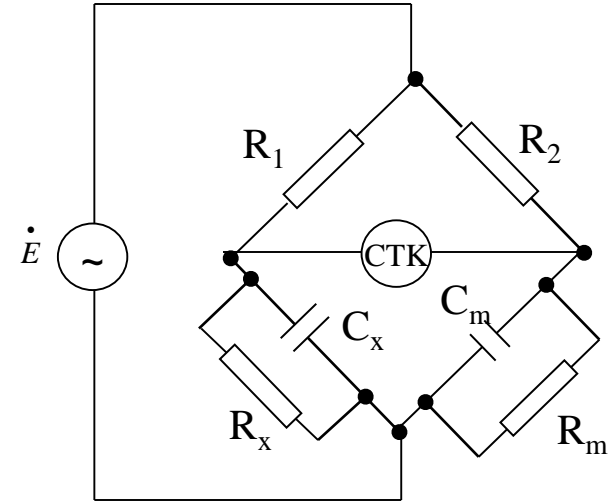


3. Cầu đo tham số tụ điện tổn hao lớn

c. tg của góc tổn hao δ

Ví dụ: Cho cầu điện dung tổn hao lớn thành phần mẫu $C_m = 0,1\mu\text{F}$; $R_m = 1,5\text{k}\Omega$.
Biết cầu cân bằng khi $f = 100\text{Hz}$; $R_1 = 12\Omega$ và $R_2 = 14,7\Omega$ Xác định các tham số
và tổng trở của tụ điện?

Gợi ý:



1. Giá trị điện trở tổn hao:

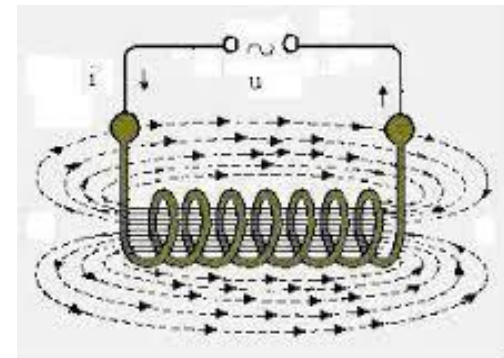
2. Giá trị tụ điện tổn hao:

3. tgδ của góc tổn hao :

4. Tổng trở :

1. Giới thiệu.

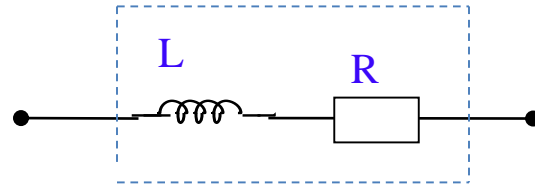
- + Cuộn cảm lý tưởng là cuộn cảm chỉ có thành phần điện kháng ($X_L = L$) hay chỉ thuần khiết là điện cảm L
- + Trong thực tế các cuộn cảm bao giờ cũng có một điện trở tổn hao nhất định
- + Điện trở tổn hao càng lớn phẩm chất Q của cuộn cảm càng kém



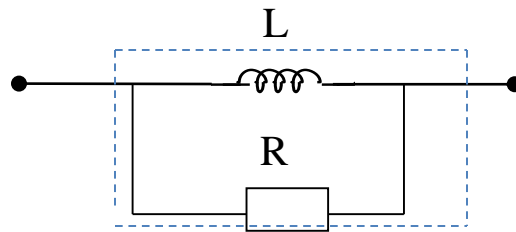
BÀI 4. ĐO ĐIỆN CẢM VÀ HỆ SỐ PHẨM CHẤT Q

1. Giới thiệu.

+ Cuộn cảm có hệ số phẩm chất lớn: $Q = \frac{\omega L}{R}$



+ Cuộn cảm có hệ số phẩm chất nhỏ: $Q = \frac{R}{\omega L}$





2. Cầu điện cảm Maxwell (dùng tụ điện mẫu)

Trên thực tế việc chế tạo tụ điện mẫu dễ hơn nhiều so với việc chế tạo cuộn cảm mẫu.

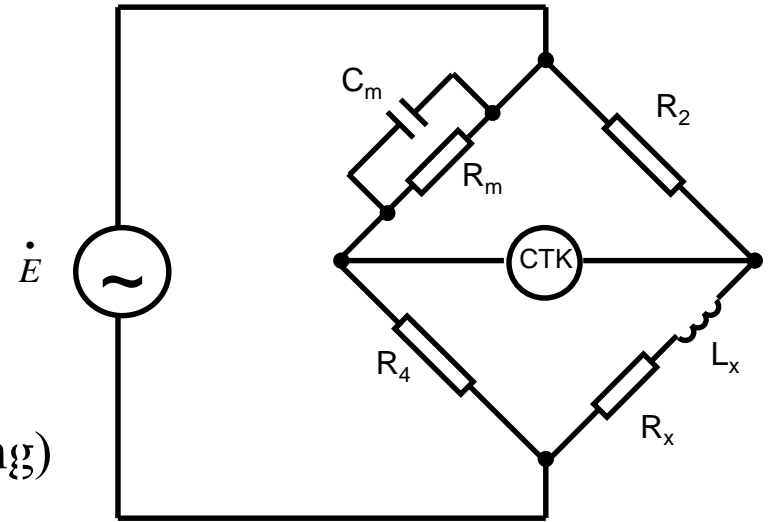
a. Sơ đồ

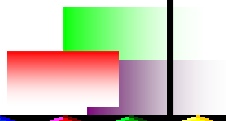
+ Mạch cầu so sánh các đại lượng cần đo L_x , R_x với đại lượng mẫu C_m và R_m .

+ R_2 , R_4 – các điện trở

b. Xác định các tham số

Điều chỉnh C_m , R_m để cầu cân bằng (chỉ thị không)





2. Cầu điện cảm Maxwell

c. Hệ số phẩm chất của cuộn cảm Q

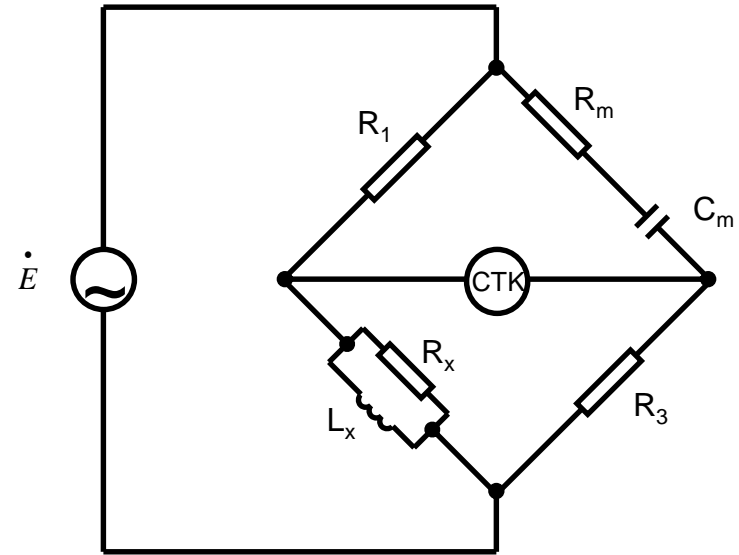
BÀI 4. ĐO ĐIỆN CẢM VÀ HỆ SỐ PHẨM CHẤT Q

3. Cầu điện cảm Hay.

a. Sơ đồ

b. Xác định các tham số

Điều chỉnh C_m , R_m để cầu cân bằng (chỉ thị không)



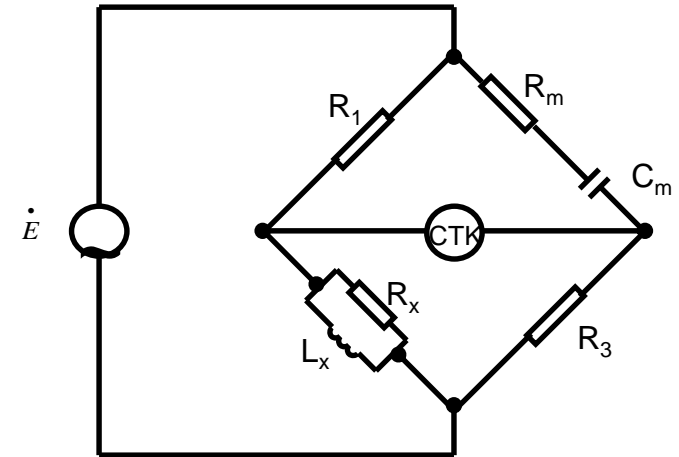


2. Cầu điện cảm Hay

c. Hệ số phẩm chất của cuộn cảm Q

Ví dụ: Cho mạch cầu Hay, xác định các tham số và tổng trở cuộn cảm khi cầu ở trạng thái cân bằng, $R_1 = 2\text{k}\Omega$, $R_m = 5\text{M}\Omega$, $R_3 = 1\text{k}\Omega$, $C = 1\mu\text{F}$ và $\omega = 3\text{rad/s}$.

Gợi ý:



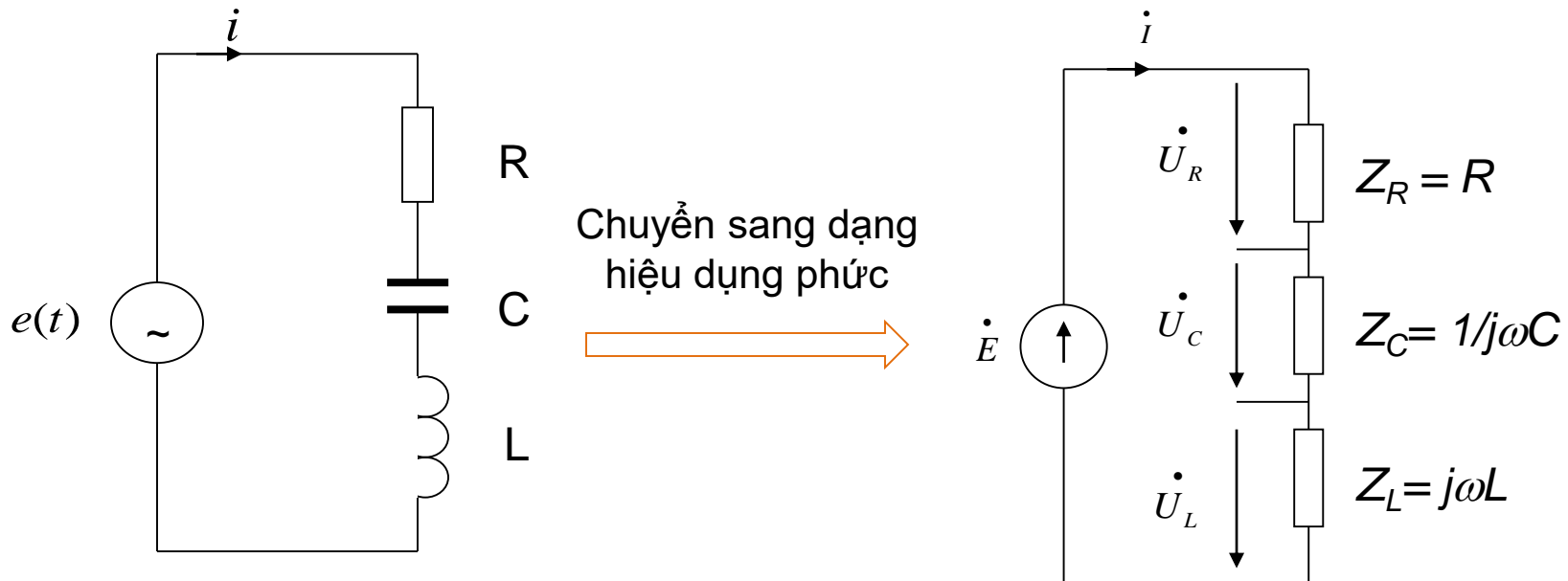
1. Giá trị điện trở tổn hao:
2. Giá trị điện cảm tổn hao:
3. Hệ số phẩm chất cuộn dây:
4. Tổng trở:

BÀI 5. ĐO ĐIỆN CẢM, ĐIỆN DUNG BẰNG Q MÉT

1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp.

Đo thông số mạch điện thông qua hiện tượng cộng hưởng.

Xét mạch cộng hưởng nối tiếp:



$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$e(t) = \sqrt{2}E \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\dot{E} = E e^{j\varphi}$$

BÀI 5. ĐO ĐIỆN CẢM, ĐIỆN DUNG BẰNG Q MÉT

1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp.

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{Z_R + Z_C + Z_L} = \frac{\dot{E}}{R + \frac{1}{j\omega C} + j\omega L} = \frac{\dot{E}}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

Tại tần số cộng hưởng $\omega = \omega_0 \leftrightarrow \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$

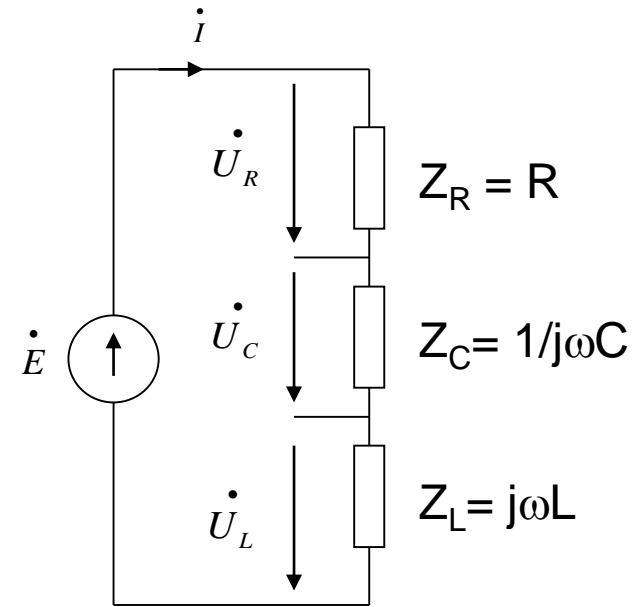
$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \rightarrow \dot{I} = \frac{\dot{E}}{R} \text{ hay } I = \frac{E}{R}$$

$$U_C = U_L = I \cdot |Z_C| = I \cdot |Z_L| = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{E}{R} \cdot \omega_0 L$$

$$\text{hay } U_L = U_C = E \cdot Q \quad \text{Với } Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$$

$$Q = \frac{U_C}{E}$$

Là hệ số phẩm chất

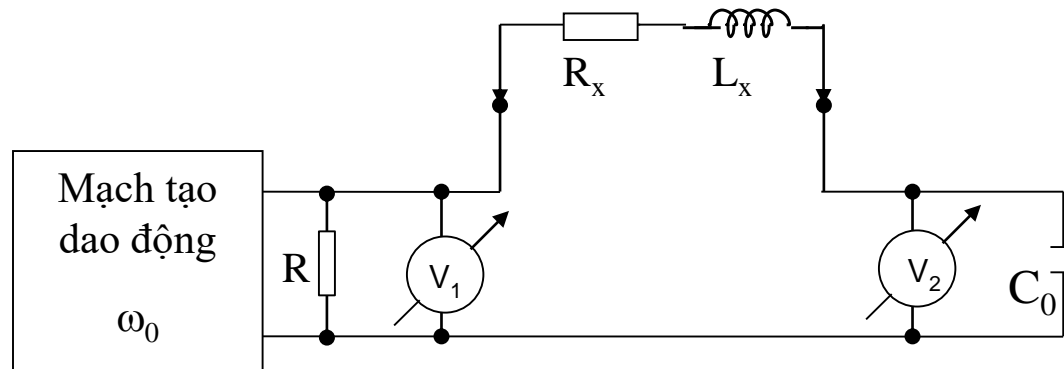


Khi cộng hưởng trị hiệu dụng điện áp trên điện cảm = trị hiệu dụng điện áp trên điện dung và gấp Q lần trị hiệu dụng điện áp vào.

BÀI 5. ĐO ĐIỆN CẢM, ĐIỆN DUNG BẰNG Q MÉT

2. Q mét

a. Sơ đồ



Thành phần:

- + Mạch tạo dao động tần số ω_0 có thể điều chỉnh được trong một dải tần số rộng.
- + Mạch dao động mắc nối tiếp gồm cuộn cảm cần đo tham số (L_x và R_x) và mắc nối tiếp với C_0 (tụ điện mẫu)
- + Một điện trở có giá trị nhỏ để điện áp đầu ra mạch dao động ổn định.
- + Vôn mét V_1 dùng để đo điện áp đầu ra mạch dao động, V_2 đo điện áp trên tụ mẫu.



Q mét
tương tự



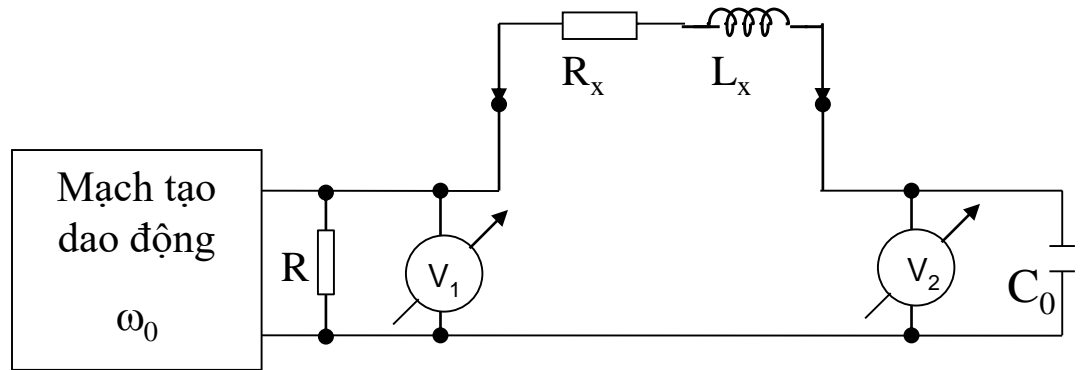
Q mét số

BÀI 5. ĐO ĐIỆN CẢM, ĐIỆN DUNG BẰNG Q MÉT

2. Q mét

b. Xác định tham số

Xác định L_x và Q_x :



Điều chỉnh tần số mạch tạo dao động để mạch L, C mắc nối tiếp cộng hưởng

$$U_1 = IR_x; U_2 = \frac{I}{\omega C_0} \rightarrow U_2 = \frac{U_1}{\omega R_x C_0} = \frac{U_1}{R_x} \omega L_x = U_1 Q_x$$

$$\rightarrow Q_x = \frac{U_2}{U_1}$$

nếu $U_1 = \text{const}$ thì U_2 sẽ chỉ thị trực tiếp hệ số Q_x .

Khi cộng hưởng: $\omega L_x = \frac{1}{\omega^2 C_0}$

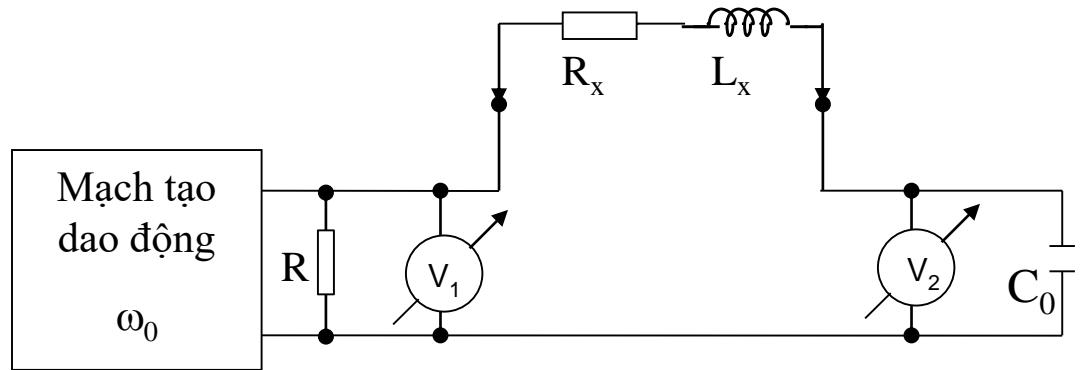
$$\rightarrow L_x = \frac{1}{\omega^2 C_0}$$

BÀI 5. ĐO ĐIỆN CẢM, ĐIỆN DUNG BẰNG Q MÉT

2. Q mét

b. Xác định tham số

Xác định C_x và $\text{tg}\delta$:



+ Khi chưa mắc C_x vào mạch đo, điều chỉnh tần số mạch dao động để mạch cộng hưởng khi đó ta có C_{01} và Q_1 .

+ Khi mắc C_x vào mạch đo song song với tụ C_0 , giữ nguyên tần số máy phát điều chỉnh tụ C_0 sao cho mạch cộng hưởng lần 2, khi đó ta có C_{02} và Q_2 .

$$C_x = C_{01} - C_{02} \quad Q_x = \frac{Q_1 Q_2 (C_{01} - C_{02})}{(Q_1 - Q_2) C_{01}} \quad \text{tg} \delta = \frac{1}{Q_x}$$

2. Q mét

c. Nhận xét:

- + Sai số phụ thuộc vào sự ổn định của tần số bộ tạo dao động.
- + Có thể đo được các trị số rất nhỏ do tần số của nguồn đo lớn tới hàng trăm MHz.



BÀI TẬP CHƯƠNG 6

BT1: Cho cầu điện dung có tổn hao nhỏ thành phần mẫu $C_m = 0,2\text{nF}$; $R_m = 5\text{k}\Omega$. Biết cầu cân bằng khi $f = 100\text{Hz}$; $R_1 = 470\text{k}\Omega$ và $R_2 = 100\text{k}\Omega$. Hãy tìm các tham số và tổng trở của tụ điện?

BT2: Sử dụng cầu điện dung có tổn hao lớn. Xác định các tham số và tổng trở của tụ điện biết cầu cân bằng khi $C_m = 6,2\text{nF}$, $R_m = 46,3\text{ k}\Omega$, $R_1 = 94,1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 53,6\text{ k}\Omega$ và tần số nguồn $f_n = 100\text{Hz}$



BT3: Cho mạch cầu Maxwell để đo điện cảm, biết $C_m = 1\mu\text{F}$, $R_m = 470\text{k}\Omega$, $R_2 = 5,1\text{k}\Omega$, $R_4 = 100\text{k}\Omega$ và $f = 100\text{Hz}$. Tính các tham số và tổng trở của cuộn cảm.

BT4: Cho mạch cầu Hay đo tổng trở của cuộn cảm. Tính R_x , L_x , Q_x , Z_L khi cầu ở trạng thái cân bằng, $R_1 = 2\text{k}\Omega$, $R_3 = 10\text{k}\Omega$, $R_m = 1\text{k}\Omega$, $C_m = 1\mu\text{F}$ và $f = 100\text{Hz}$.