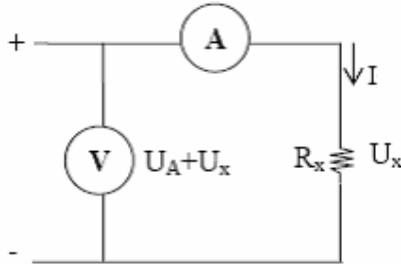


# CHƯƠNG 3: ĐO ĐIỆN TRỞ

## 3.1 Đo điện trở bằng Vôn\_kế và Ampe\_kế

Đây là phương pháp đo “nóng” điện trở đang hoạt động. Có hai cách mắc:

### 3.1.1 Cách mắc Volt kế trước-Ampe kế sau (cách mắc rẽ dài):



Hình 3.1: Cách mắc V-A

Giá trị của U cho bởi số chỉ trên vôn\_kế:  $U = U_A + U_x$

Giá trị của I cho bởi số chỉ trên ampe\_kế.

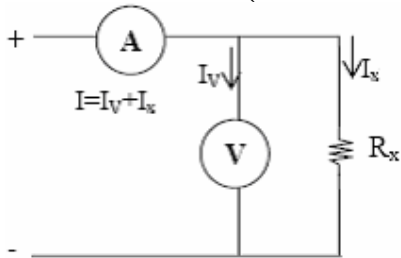
Giá trị  $R_x$  được xác định bởi:  $R_x = \frac{U}{I}$

Giá trị thực của điện trở cần đo là:  $R'_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U - U_A}{I} = \frac{U}{I} - \frac{U_A}{I} = R_x - R_A$

Sai số của phép đo:  $\Delta R = |R_x - R'_x| = R_A$

Sai số của phép đo phụ thuộc nội trở của ampe kế  $R_A$ , nếu  $R_A \ll R_x$  thì ảnh hưởng của nội trở ampe kế không đáng kể, phép đo càng chính xác.

### 3.1.2 Cách mắc ampe kế trước volt kế sau (cách mắc rẽ ngắn):



Hình 3.2: Cách mắc A-V

Giá trị của U cho bởi số chỉ trên vôn\_kế.

Giá trị của I cho bởi số chỉ trên ampe\_kế:  $I = I_v + I_x$

Giá trị  $R_x$  được xác định bởi:  $R_x = \frac{U}{I}$

Giá trị thực của điện trở cần đo là:  $R'_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U}{I - I_v} = \frac{1}{\frac{I}{U} - \frac{I_v}{U}} = \frac{1}{\frac{1}{R_x} - \frac{1}{R_v}} = \frac{R_x R_v}{R_v - R_x}$

Sai số của phép đo:  $\Delta R = |R_x - R'_x| = R_x \left| 1 - \frac{R_v}{R_v - R_x} \right| = \frac{R_x^2}{R_v - R_x}$

Sai số của phép đo phụ thuộc điện trở nội của vôn kế  $R_v$ , nếu  $R_v \gg R_x$  thì ảnh hưởng của nội trở vôn kế không đáng kể, phép đo càng chính xác.

Ví dụ 1:

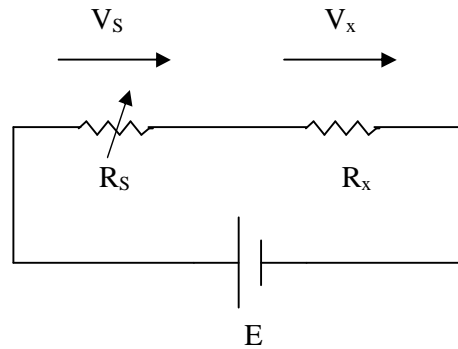
Cho mạch đo điện trở theo cách mắc rẽ dài, vôn\_kế chỉ 500V, ampe\_kế có nội trở 10 chỉ 0.5A. Xác định điện trở  $R_x$  theo phép đo và giá trị thực của nó?

Ví dụ 2:

Cho mạch đo điện trở như ví dụ trên nhưng đổi từ cách mắc rẽ dài sang rẽ ngắn, vôn\_kế có độ nhạy  $1k\Omega/V$  ở tầm đo 600V. Giá trị đọc được trên vôn\_kế và ampe\_kế là bao nhiêu? Xác định điện trở  $R_x$  theo phép đo và so sánh kết quả đo bằng hai phương pháp?

### 3.2 Đo điện trở dùng phương pháp đo điện áp và biến trở

Mạch đo được mắc như sau:



Hình 3.3: Mạch đo điện áp bằng phương pháp biến trở

Nguồn E tạo ra dòng điện I chạy qua các điện áp  $R_S$  và  $R_x$  tạo ra các điện áp  $V_S$  và  $V_x$ .

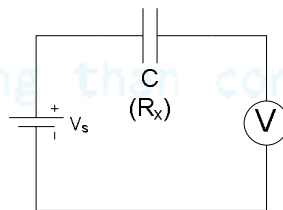
Ta có:

$$\frac{V_x}{V_S} = \frac{R_x I}{R_S I} = \frac{R_x}{R_S} \Rightarrow R_x = R_S \frac{V_x}{V_S}$$

Đo điện trở bằng phương pháp này không phụ thuộc vào dòng điện I cung cấp cho mạch đo.

Bài tập:

Đo điện trở rì của tụ C bằng mạch đo như hình. Vôn\_kế có tầm đo 50V, độ nhạy  $20k/V$  chỉ thị 10V. Biết nguồn  $V_s = 300V$ , xác định điện trở rì của tụ.



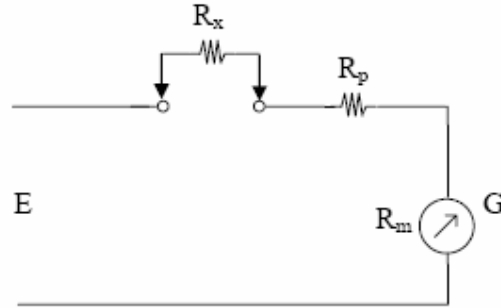
Hình 3.4: Đo điện trở rì của tụ

### 3.3 Mạch đo điện trở trong Ohm\_kế

Trong các VOM có phần đo điện trở được kí hiệu:  $\Omega$  Đo điện trở bằng cách này gọi là phương pháp đo “ngược”.

#### 3.3.1. Nguyên lý đo

Mạch nguyên lý đo điện trở trong Ohm\_kế như hình 3.5. Nếu giữ điện áp E không thay đổi mà chỉ dựa vào sự thay đổi dòng điện qua mạch khi điện trở thay đổi, người ta đo dòng điện được khắc độ theo điện trở  $R_x$  và có thể đo trực tiếp điện trở  $R_x$ .



Hình 3.5: Mạch nguyên lý của Ohm-kế

Theo sơ đồ này  $R_x$  mắc nối tiếp với cơ cấu đo.

$R_p$  dùng để đảm bảo sao cho khi  $R_x = 0$  thì dòng điện qua cơ cấu đo là lớn nhất (nghĩa là lệch hết thang đo) và bảo vệ cơ cấu đo.

$$\text{Khi } R_x = 0: I_m = I_{\max} = \frac{E}{R_m + R_p}$$

$$\text{Khi } R_x \neq 0: I_m = \frac{E}{R_m + R_p + R_x}$$

$$\text{Khi } R_x \rightarrow \infty : I_m \rightarrow 0$$

Nhận xét:

- Ta thấy thang đo của Ohm\_kế ngược với thang đo của ampe\_kế.
- Ohm\_kế phụ thuộc rất nhiều vào nguồn cung cấp (pin acquy) vì khi E thay đổi sẽ gây sai số lớn.

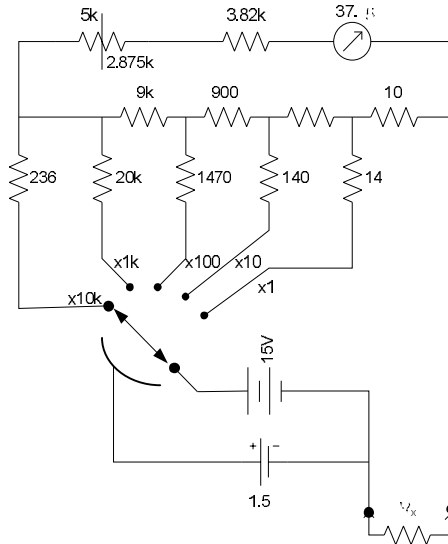
Cách khắc phục: dùng biến trở  $R_p$  để chỉnh “0” trước mỗi lần đo để khi nguồn cung cấp E thay đổi thì  $R_x$  vẫn không bị thay đổi nhiều. (Chỉnh “0”: cho  $R_x \rightarrow 0$ ,

điều chỉnh  $R_p$  sao cho:  $I_m = \frac{E}{R_p + R_m} = I_{\max}$ )

Ví dụ: Cho mạch đo điện trở như hình 3.5, biết nguồn  $E = 3V$ . Cơ cấu chỉ thị có nội trở  $1k$  dòng điện tối đa cho phép là  $100\mu A$ . Xác định giá trị của biến trở chỉnh “0”  $R_p$  và giá trị của điện trở cần đo  $R_x$  khi kim chỉ thị  $\frac{1}{2}$  thang đo,  $\frac{1}{4}$  thang đo và  $\frac{3}{4}$  thang đo?

Ví dụ: Cho mạch đo như ví dụ trên nhưng nguồn E suy giảm còn 2.5V. Xác định giá trị của điện trở cần đo  $R_x$  khi kim chỉ thị  $\frac{1}{2}$  thang đo,  $\frac{1}{4}$  thang đo và  $\frac{3}{4}$  thang đo với giá trị của biến trở  $R_p$  như ví dụ trên và giá trị của  $R_p$  sau khi chỉnh “0” lại? So sánh hai trường hợp?

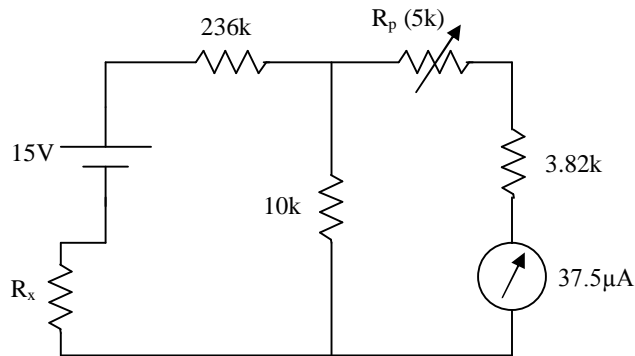
### 3.3.2. Mạch đo điện trở trong Ohm\_kế thực tế



Hình 3.6: Mạch đo điện trở nhiều tầm đo

Khi thay đổi tầm đo (x1, x10 hoặc x100 ...) dòng điện qua cơ cấu chỉ thị  $I_m$  vẫn bằng nhau nhưng trị số đọc được trên thang đo được nhân với giá trị tầm đo.

Mạch tương đương khi thang đo là x10k:



Hình 3.7: Mạch tương đương khi thang đo là x10k:

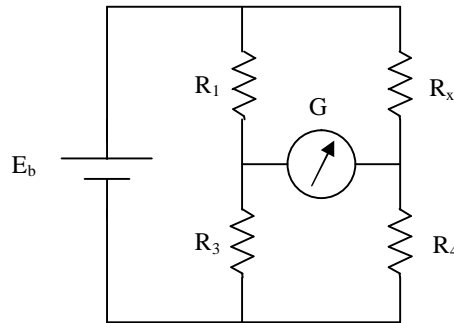
Ví dụ: Hãy xác định giá trị của biến trở chỉnh “0”?

Bài tập: Hãy vẽ mạch tương đương khi thang đo là x1 và định giá trị của biến trở chỉnh “0” tương ứng?

### 3.4 Cầu Wheatstone đo điện trở

#### 3.4.1 Cầu Wheatstone cân bằng:

Sơ đồ mạch:



Hình 3.8: Cầu Wheatstone cân bằng

$R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$  là các điện trở mẫu (ít nhất một trong các điện trở này phải thay đổi được)  
 $R_x$  là điện trở cần đo

Khi cầu cân bằng dòng điện qua chỉ thị  $G$  bằng 0, lúc này:  $U_1 = U_x$ ;  $U_3 = U_4$

Giả sử dòng điện đi qua  $R_1$  và  $R_3$  là  $I_1$ ; qua  $R_x$  và  $R_4$  là  $I_2$ .

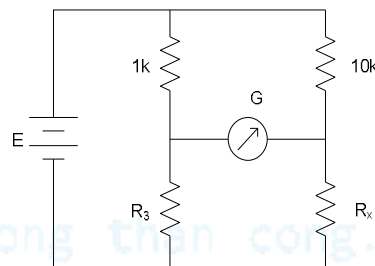
$$\text{Khi đó: } \begin{cases} I_1 R_1 = I_2 R_x \\ I_1 R_3 = I_2 R_4 \end{cases} \Rightarrow \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_x}{R_4} \Rightarrow R_x = \frac{R_1 R_4}{R_3}$$

$R_x$  sẽ được xác định khi biết chính xác  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$ . Kết quả đo  $R_x$  không phụ thuộc vào nguồn cung cấp  $E_b$  vì khi  $E_b$  thay đổi không ảnh hưởng kết quả đo.

Độ chính xác của  $R_x$  phụ thuộc độ nhạy của  $G$  và độ chính xác của các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$ .

Ví dụ:

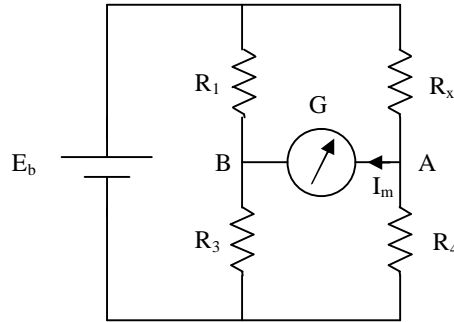
Cho cầu Wheatstone như hình.  $R_3$  là một biến trở 10k được điều chỉnh tới giá trị 6.2k thì cầu cân bằng. Hãy xác định giá trị của điện trở cần đo  $R_x$ ?



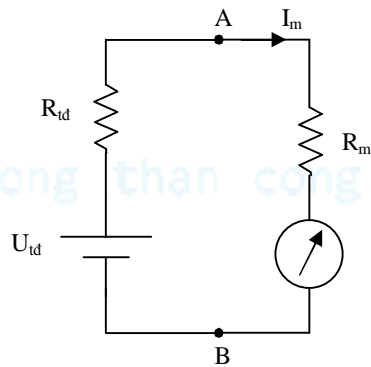
Hình 3.9

### 3.4.2 Cầu Wheastone không cân bằng:

Trong công nghiệp, việc thay đổi các giá trị điện trở dễ dẫn đến sai số lớn do đó người ta sử dụng cầu wheastone không cân bằng. Cầu Wheastone không cân bằng đo điện trở của phần tử đo nhờ điện áp hoặc dòng điện ở ngõ ra của cầu. Phương pháp này cần nguồn cung cấp ổn định vì điện áp ra phụ thuộc nguồn cung cấp. Ngoài ra còn phụ thuộc vào độ chính xác của các phần tử trong cầu.



Hình 3.10: Cầu Wheastone không cân bằng



Hình 3.11: Sơ đồ tương đương Thevenin cầu wheatstone không cân bằng.

Giải mạch bằng sơ đồ tương đương Thevenin nhìn từ hai điểm A, B:

$$U_{td} = U_{hAB} = E_b \left( \frac{R_4}{R_x + R_4} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right)$$

$$R_{td} = \frac{R_x R_4}{R_x + R_4} + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$$

Dòng điện  $I_m$  qua điện kế:  $I_m = \frac{U_{td}}{R_{td} + R_m}$

Với  $R_m$  là nội trở của điện kế.

Tìm mối quan hệ giữa điện trở cần đo  $R_x$  và dòng điện qua điện kế  $I_m$ :

$$I_m = \frac{E_b \left( \frac{R_4}{R_x + R_4} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right)}{\frac{R_x R_4}{R_x + R_4} + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_m} = \frac{E_b [R_4(R_1 + R_3) - R_3(R_x + R_4)]}{R_x R_4 (R_1 + R_3) + R_1 R_3 (R_x + R_4) + R_m (R_1 + R_3)(R_x + R_4)}$$

$$I_m = \frac{E_b [R_1 R_4 - R_x R_3]}{R_x R_4 (R_1 + R_3) + R_x R_1 R_3 + R_x R_m (R_1 + R_3) + R_1 R_3 R_4 + R_m R_4 (R_1 + R_3)}$$

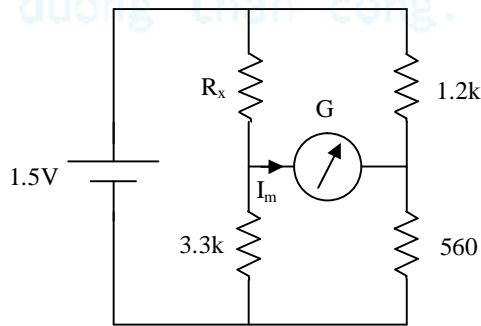
$$I_m = \frac{E_b [R_1 R_4 - R_x R_3]}{R_x [(R_1 + R_3)(R_m + R_4) + R_1 R_3] + R_1 R_3 R_4 + R_m R_4 (R_1 + R_3)}$$

$$R_x [(R_1 + R_3)(R_m + R_4) + R_1 R_3] + R_1 R_3 R_4 + R_m R_4 (R_1 + R_3) = \frac{E_b [R_1 R_4 - R_x R_3]}{I_m}$$

$$\Rightarrow R_x [(R_1 + R_3)(R_m + R_4) + R_1 R_3] + R_1 R_3 R_4 + R_m R_4 (R_1 + R_3) = \frac{E_b}{I_m} R_1 R_4 - \frac{E_b}{I_m} R_x R_3$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{\frac{E_b}{I_m} R_1 R_4 - R_1 R_3 R_4 - R_m R_4 (R_1 + R_3)}{\frac{E_b}{I_m} R_3 + (R_1 + R_3)(R_m + R_4) + R_1 R_3}$$

Bài tập: Cho cầu Wheatstone như hình, biết dòng điện qua điện kế là  $19\mu\text{A}$ . Hãy vẽ mạch tương đương Thevenin và xác định giá trị điện trở cần đo  $R_x$ ?



Hình 3.12