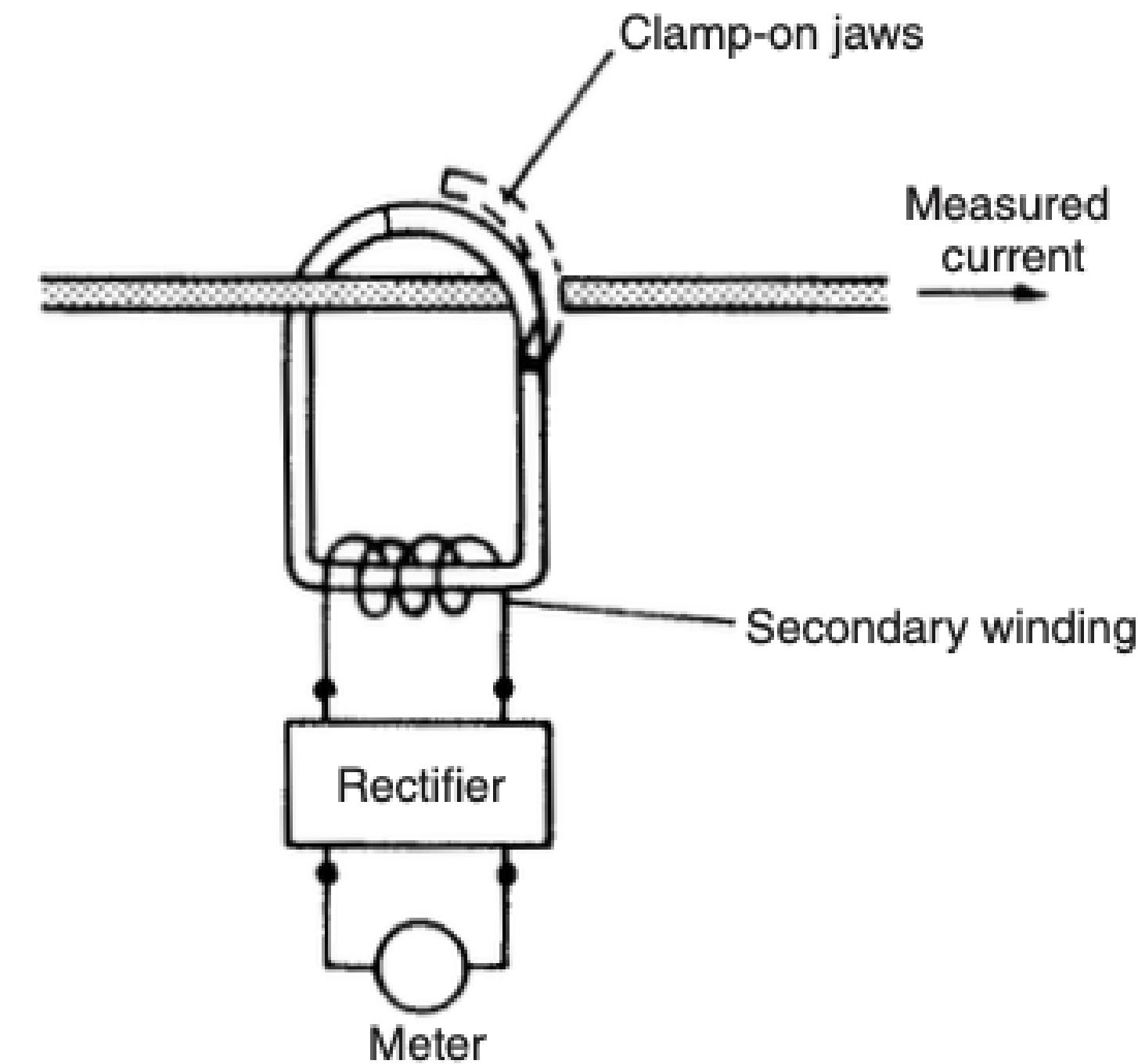


Nội dung buổi 3

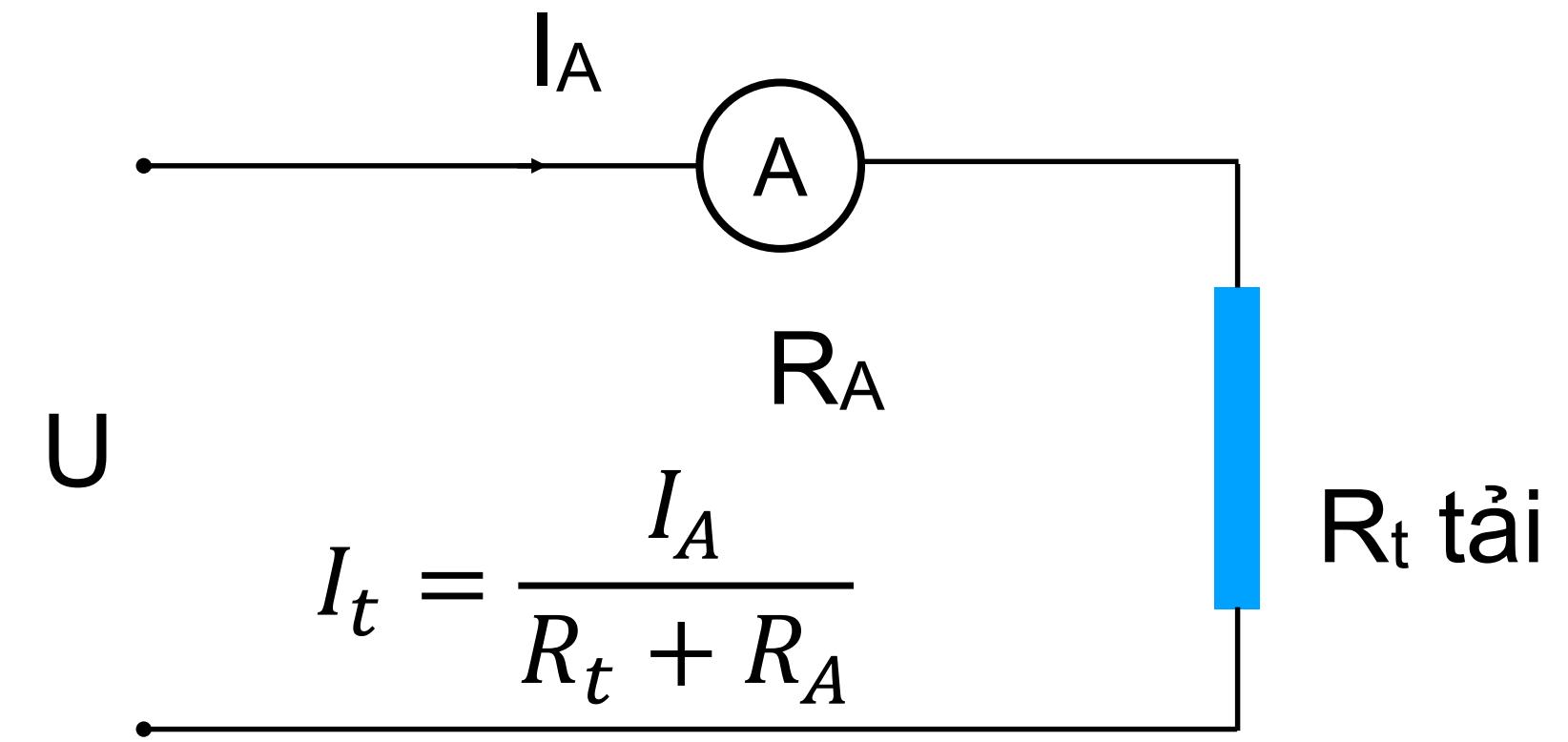
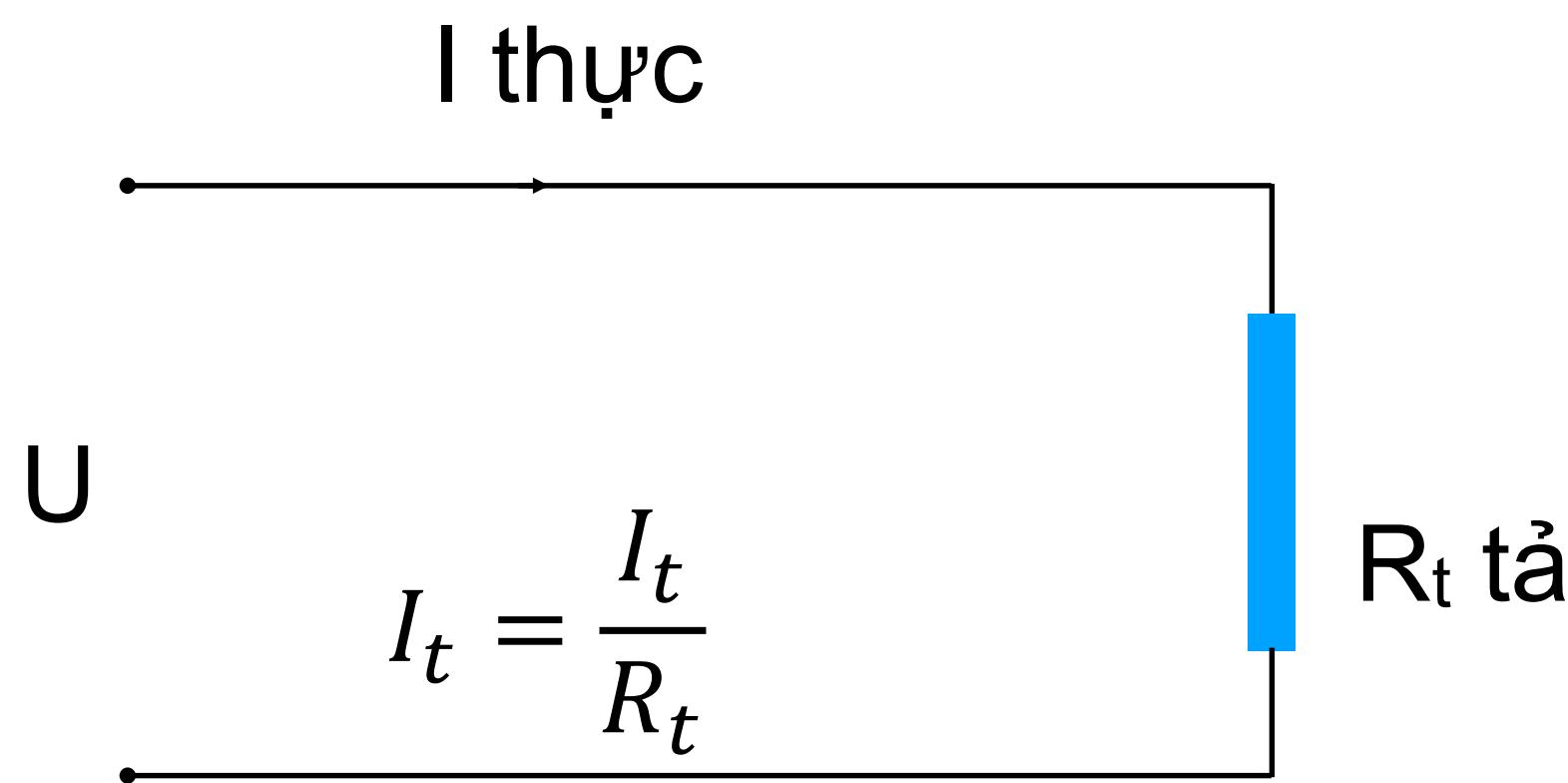
- Đo dòng điện
- Đo điện áp

Phương pháp đo dòng

- Đo trực tiếp sử dụng đồng hồ đo (Ampe kế) → đo các dòng điện nhỏ
- Sử dụng thêm các điện trở Shunt để có thể đo được dòng lớn hơn
- Đo gián tiếp bằng ampe kế kìm



Yêu cầu của Ampe kế



$$\Delta I = I_t - I_d = \frac{I_t}{R_t} - \frac{I_A}{R_t + R_A}$$

Khi $R_A \rightarrow 0$ thì $\Delta I \rightarrow 0$

- Điện trở của Ampe kế càng nhỏ càng tốt
- Đo trực tiếp chỉ có thể đo được dòng rất nhỏ (μA - mA). Muốn đo dòng lớn hơn thì cần mắc với các điện trở hạn dòng - điện trở Shunt (R_s)

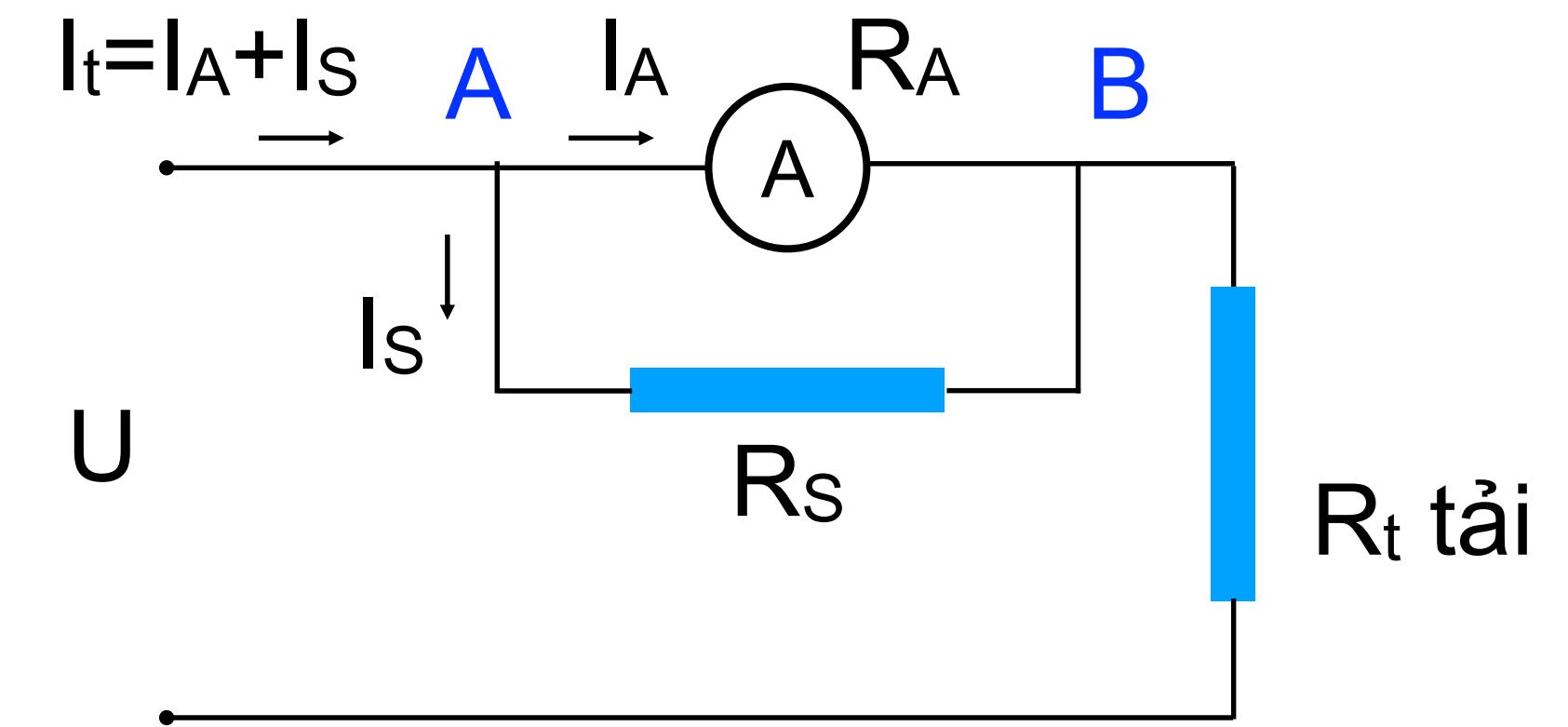
Mắc điện trở Shunt với mạch đo dòng

$$U_{AB} = I_S \cdot R_S = I_A \cdot R_A$$

$$\frac{I_A}{I_S} = \frac{R_S}{R_A} \Leftrightarrow \frac{I_A + I_S}{I_S} = \frac{R_S + R_A}{R_A}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_t}{I_A} = \frac{R_S + R_A}{R_S} = n$$

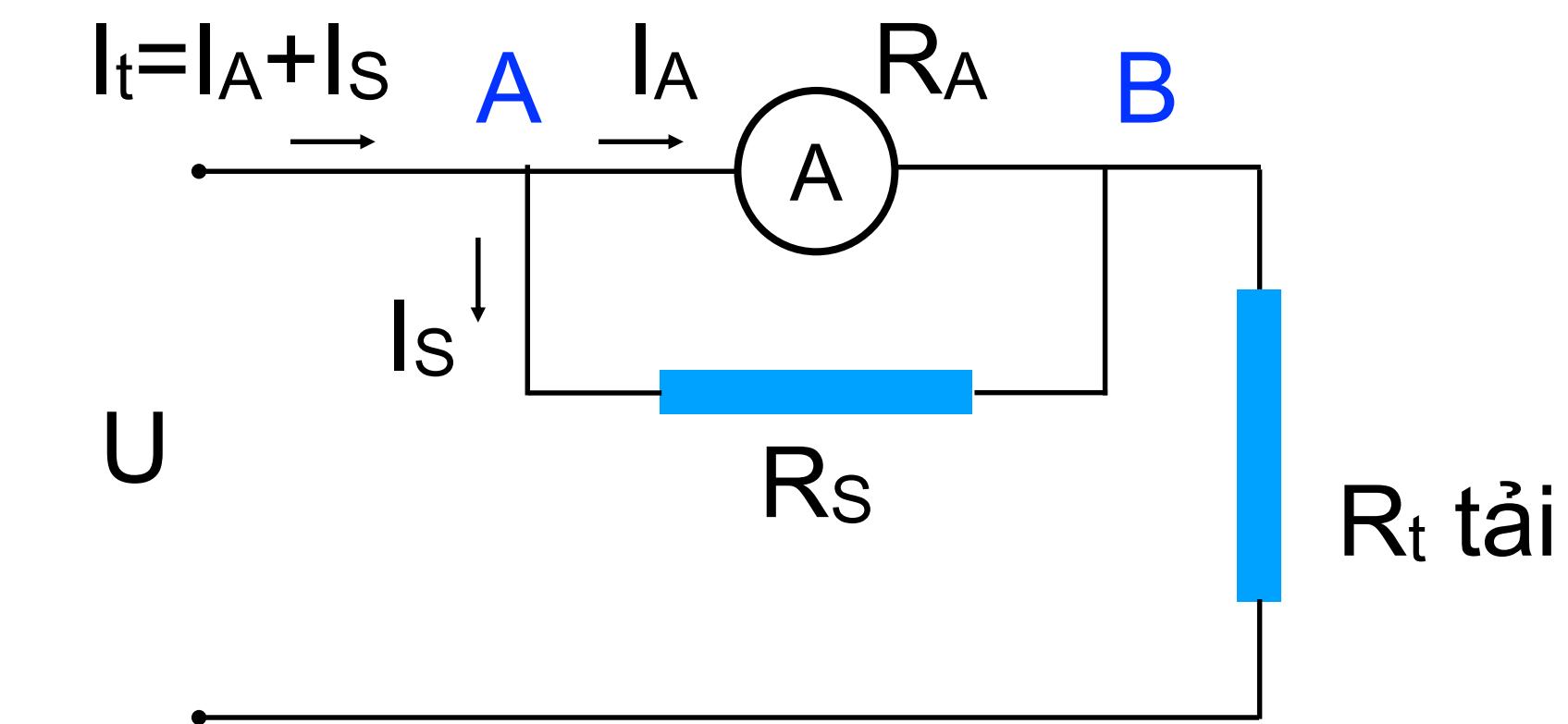
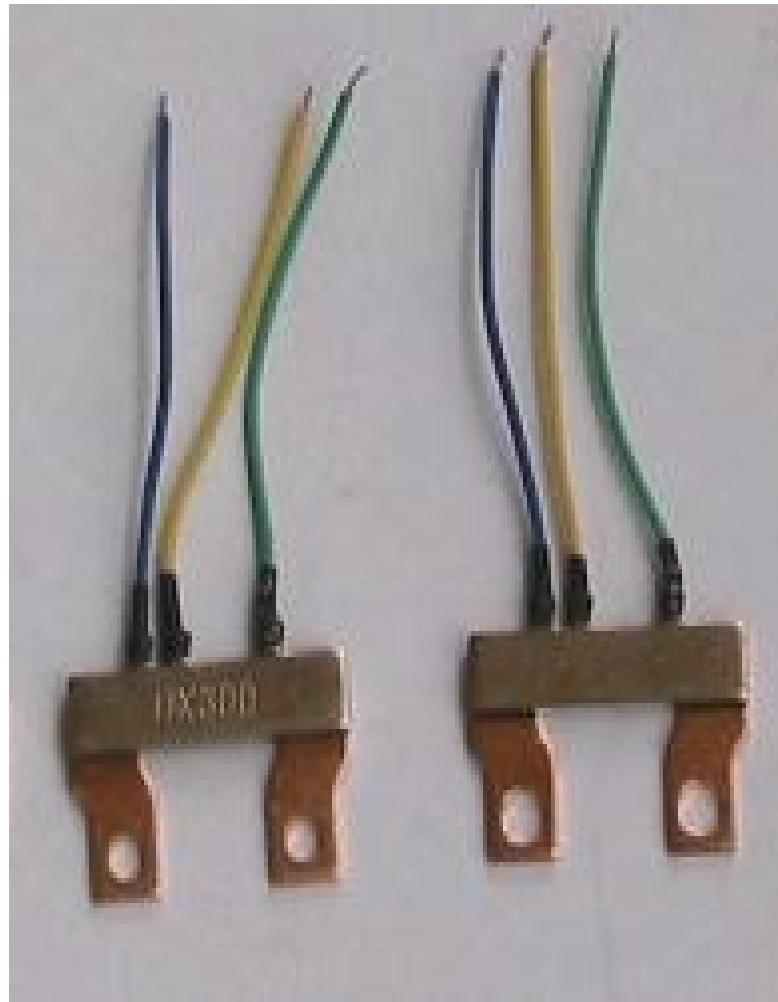
$$R_S = \frac{R_A}{n - 1}$$



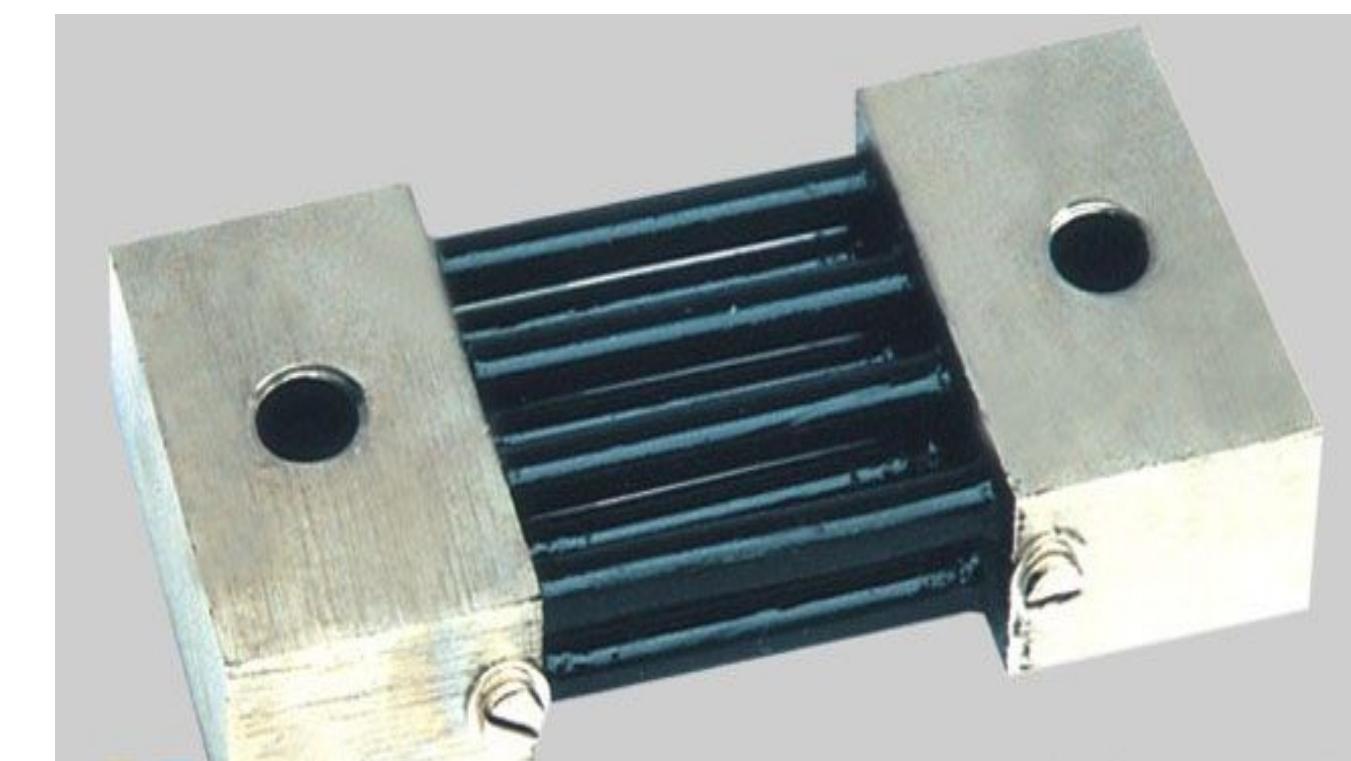
- Khi đo dòng lớn thì $n > 1$. Do vậy điện trở Shunt cần có giá trị nhỏ hơn R_A

Đặc điểm của điện trở Shunt

- Điện trở Shunt mắc song song với cơ cấu chỉ thị
- Có loại mắc trong hoặc mắc ngoài cơ cấu
- Giá trị nhỏ, chịu dòng điện lớn



$$R_s = \frac{R_A}{n - 1}$$



Mở rộng thang đo dòng điện

- Điện trở Shunt mắc song song

$$R_{S1} = \frac{R_A}{n_1 - 1}$$

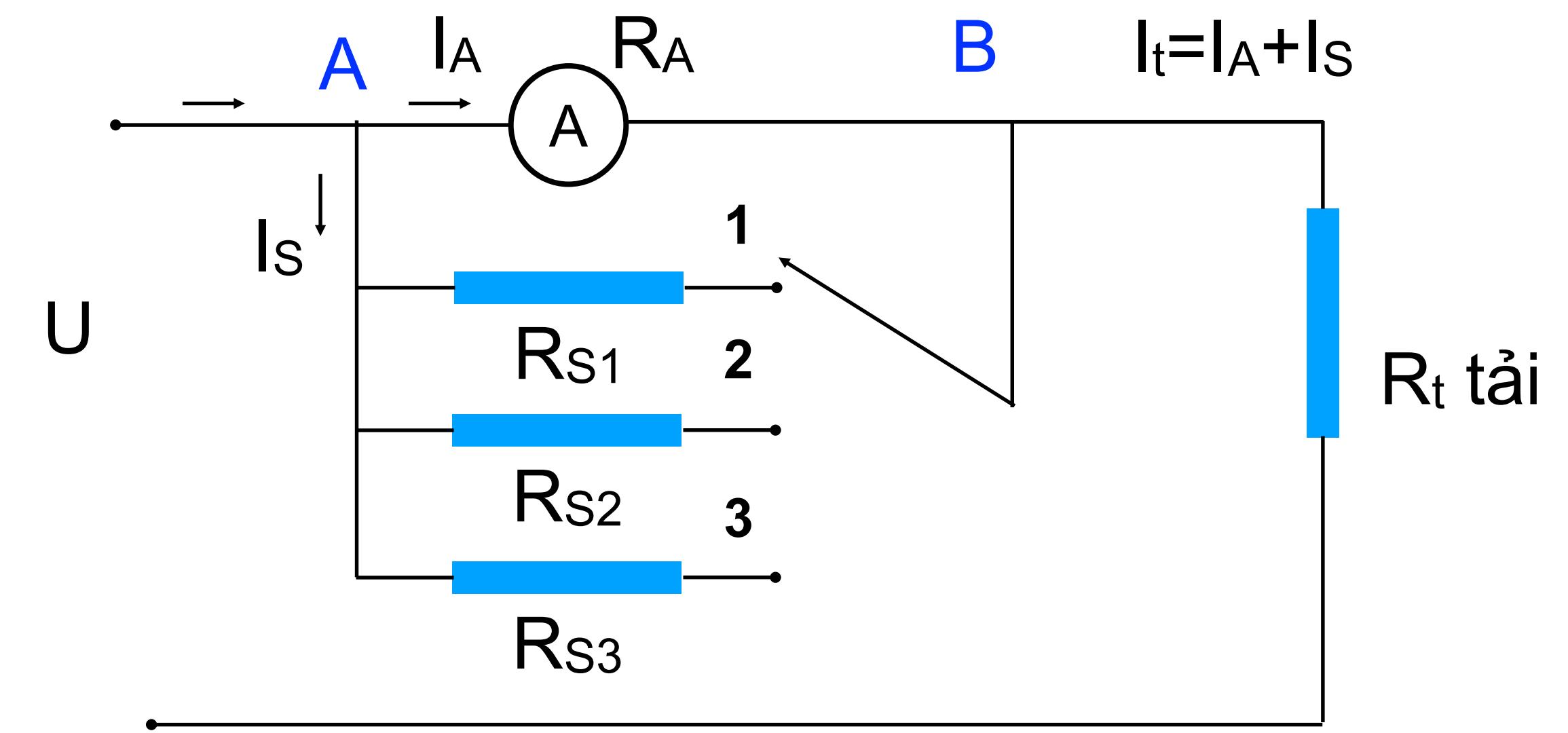
$$R_{S2} = \frac{R_A}{n_2 - 1}$$

$$R_{S3} = \frac{R_A}{n_3 - 1}$$

$$n_1 = \frac{I_1}{I_A}$$

$$n_2 = \frac{I_2}{I_A}$$

$$n_3 = \frac{I_3}{I_A}$$



Cách mắc song song là cách mắc đơn giản nhất.

Giá trị của từng điện trở Shunt là độc lập, tương ứng với từng thang đo

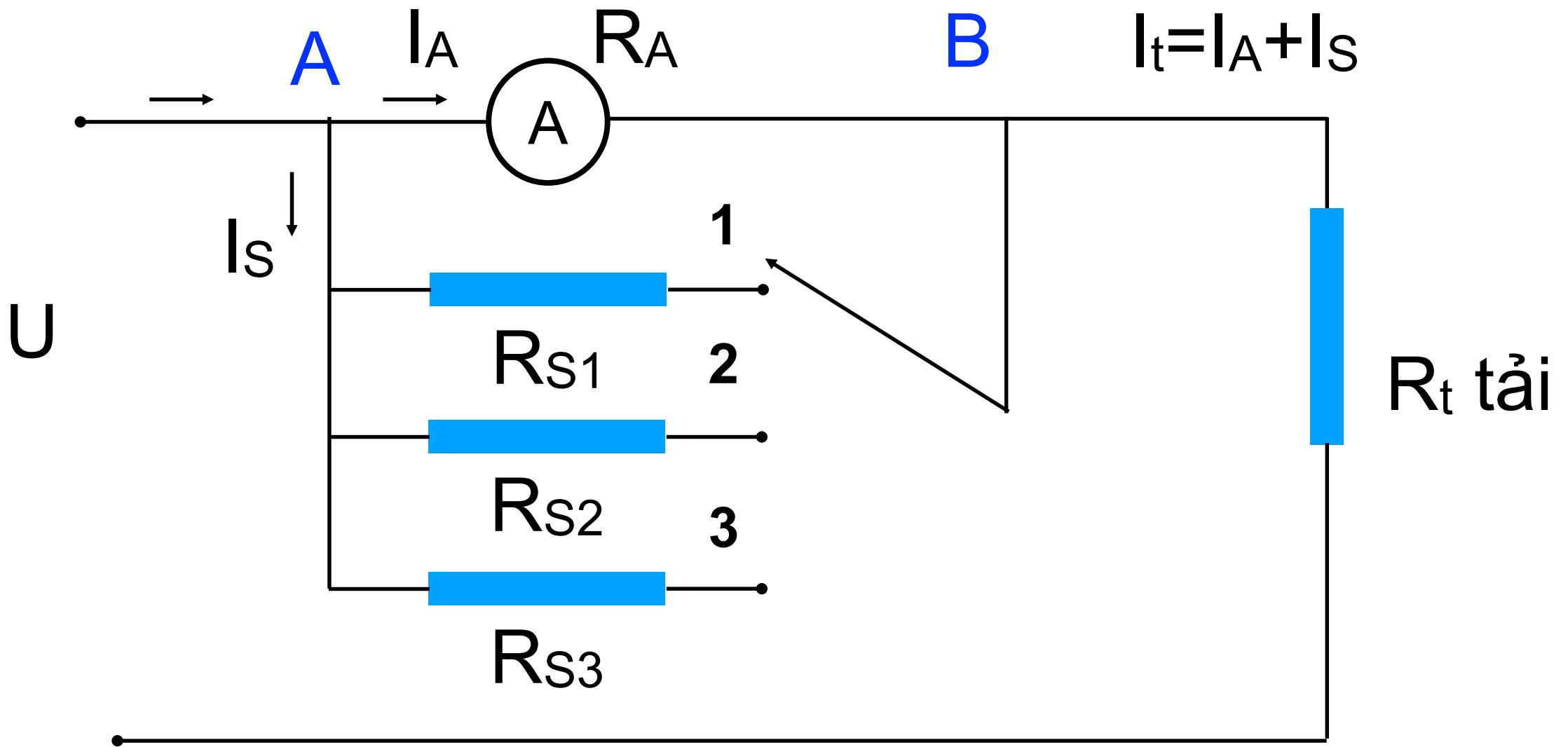
Mở rộng thang đo dòng điện

- Điện trở Shunt mắc song song**

Một cơ cấu chỉ thị chịu được dòng lớn nhất là $50 \mu A$ và có điện trở là 300Ω . Hãy xây dựng hệ thống để có thể đo được các dòng trong khoảng $100 \mu A$, $1 mA$ và $10 mA$

$$I_A = 50mA$$

$$R_A = 300\Omega$$



$$n_1 = \frac{I_1}{I_A} = \frac{100\mu A}{50\mu A} = 2 \quad n_2 = \frac{I_2}{I_A} = \frac{1mA}{50\mu A} = 20 \quad n_3 = \frac{I_3}{I_A} = \frac{10mA}{50\mu A} = 200$$

$$R_{S1} = \frac{R_A}{n_1 - 1} = \frac{300\Omega}{2 - 1} = 300\Omega \quad R_{S2} = \frac{R_A}{n_2 - 1} = \frac{300\Omega}{20 - 1} = 15,789\Omega \quad R_{S3} = \frac{R_A}{n_3 - 1} = \frac{300\Omega}{200 - 1} = 1,507\Omega$$

Mở rộng thang đo dòng điện

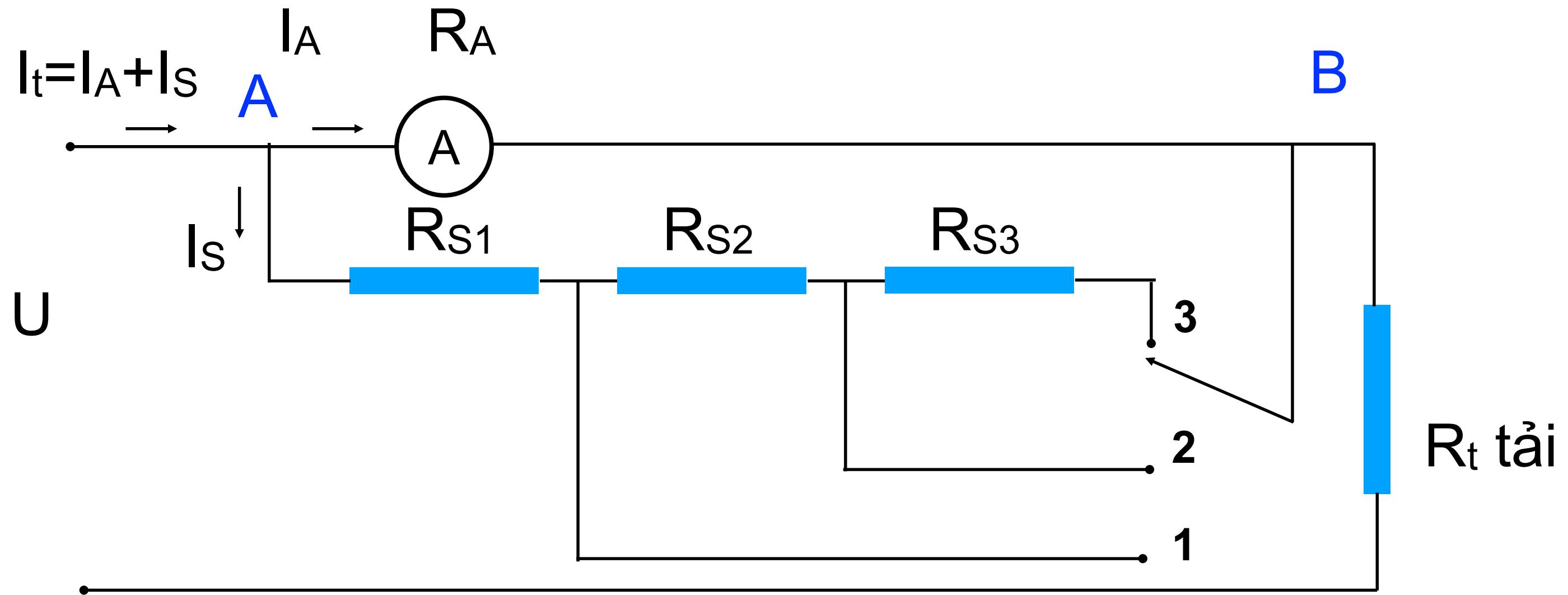
- Điện trở Shunt mắc nối tiếp

$$n_1 = \frac{I_1}{I_A} \quad n_2 = \frac{I_2}{I_A} \quad n_3 = \frac{I_3}{I_A}$$

$$R_{S1} = \frac{R_A}{n_1 - 1}$$

$$R_{S1} + R_{S2} = \frac{R_A}{n_2 - 1}$$

$$R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} = \frac{R_A}{n_3 - 1}$$



Mở rộng thang đo dòng điện

- Điện trở Shunt mắc nối tiếp**

Một cơ cấu chỉ thị chịu được dòng lớn nhất là $50 \mu A$ và có điện trở là 300Ω . Hãy xây dựng hệ thống để có thể đo được các dòng trong khoảng $100 \mu A$, $1 mA$ và $10 mA$

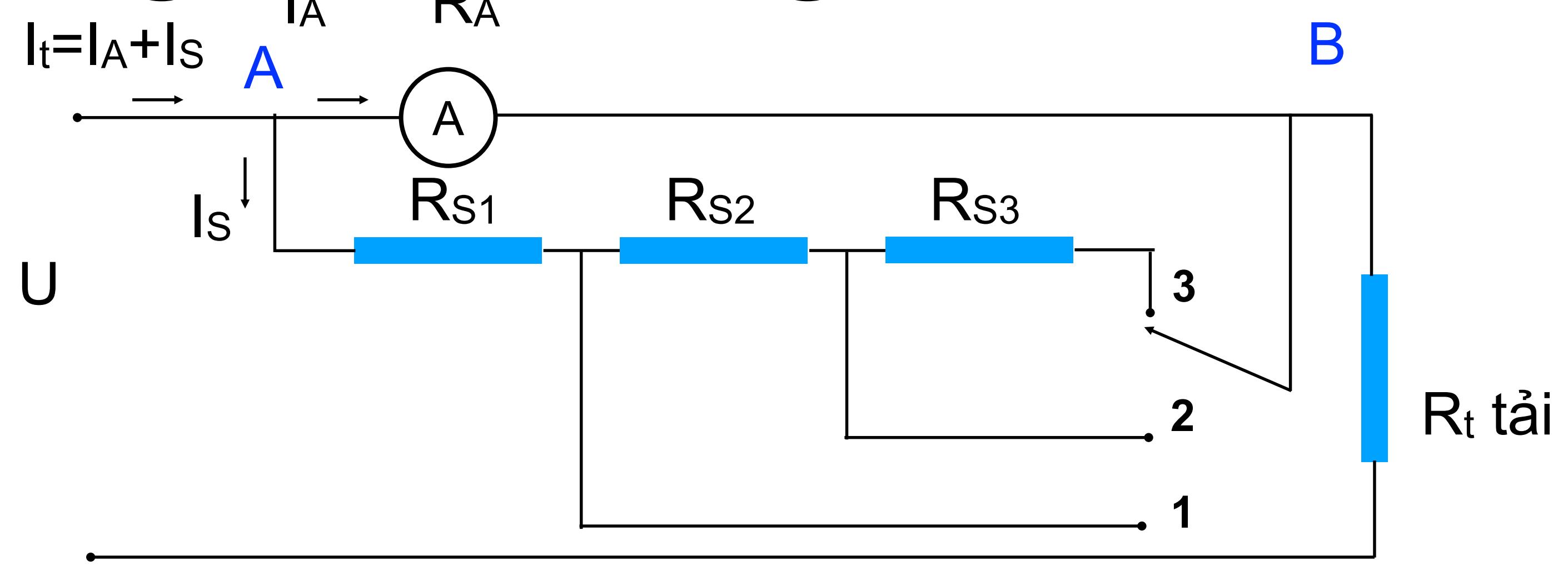
$$I_A = 50mA$$

$$R_A = 300\Omega$$

$$n_3 = \frac{I_3}{I_A} = \frac{100\mu A}{50\mu A} = 2 \quad n_2 = \frac{I_2}{I_A} = \frac{1mA}{50\mu A} = 20 \quad n_1 = \frac{I_1}{I_A} = \frac{10mA}{50\mu A} = 200$$

$$R_{S1} = \frac{R_A}{n_1 - 1} = \frac{300\Omega}{200 - 1} = 1,507\Omega \quad R_{S1} + R_{S2} = \frac{R_A}{n_2 - 1} = \frac{300\Omega}{20 - 1} = 15,789\Omega \Rightarrow R_{S2} = 15,789 - 1,507 = 14,282\Omega$$

$$R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} = \frac{R_A}{n_3 - 1} = \frac{300\Omega}{2 - 1} = 300 \Rightarrow R_{S3} = 300 - 15,789 = 284,211\Omega$$



Mở rộng thang đo dòng điện

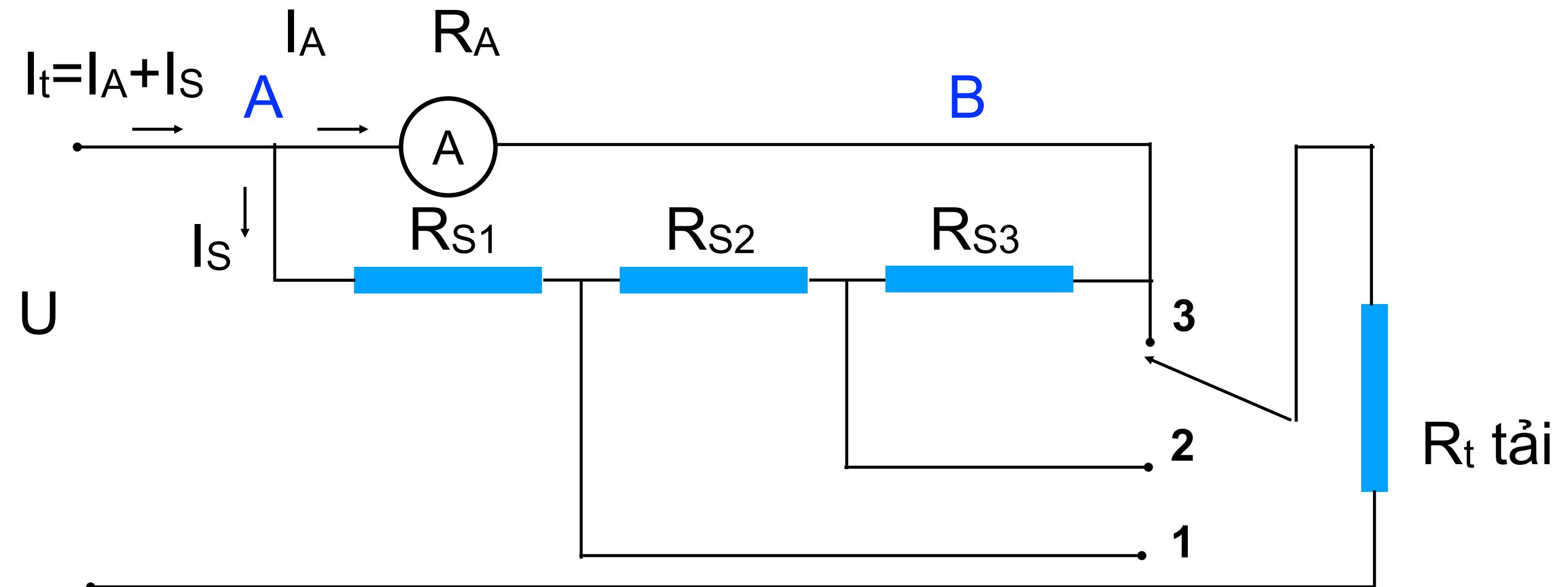
- Điện trở Shunt mắc Ayrton

$$n_1 = \frac{I_1}{I_A} \quad n_2 = \frac{I_2}{I_A} \quad n_3 = \frac{I_3}{I_A}$$

$$R_{S1} = \frac{R_A + R_{S2} + R_{S3}}{n_1 - 1}$$

$$R_{S1} + R_{S2} = \frac{R_A + R_{S3}}{n_2 - 1}$$

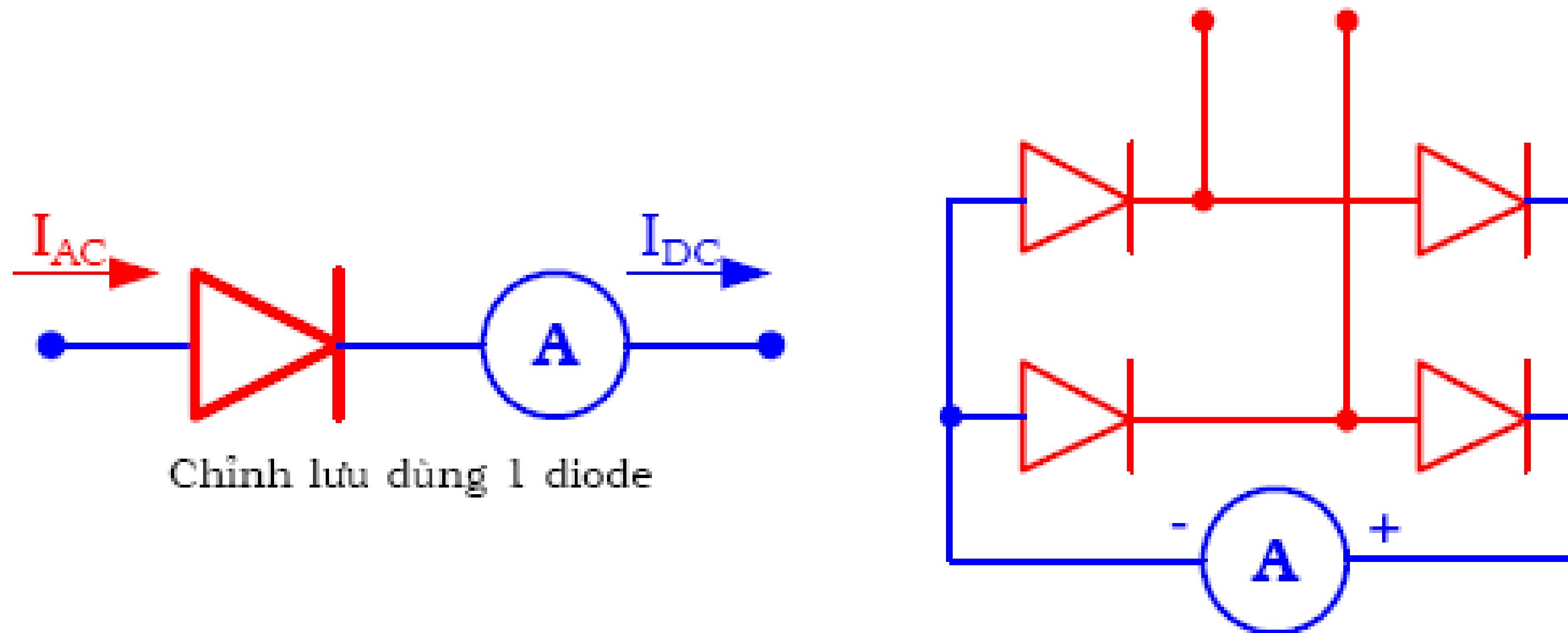
$$R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} = \frac{R_A}{n_3 - 1}$$



Các vấn đề khi đo dòng điện

- Cơ cấu chỉ thị trong các tính toán phía trên thường là cơ cấu chỉ thị từ điện, chỉ có khả năng đo các dòng điện có cường độ nhỏ và là dòng điện 1 chiều
- Để đo dòng xoay chiều
 - Dùng thêm mạch chỉnh lưu với cơ cấu chỉ thị từ điện
 - Sử dụng cơ cấu chỉ thị điện từ hoặc điện động
- Đo dòng cực lớn đôi lúc cần sử dụng thông qua các chuyển đổi khác

Mạch đo dòng AC dùng chỉnh lưu



- Chỉnh lưu nửa chu kì

$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T I_o dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_m \sin \theta d\theta = \frac{I_m}{2\pi} (-\cos \theta) \Big|_0^\pi = \frac{I_m}{\pi} = 0.318 I_m$$

- Chỉnh lưu 2 nửa chu kì

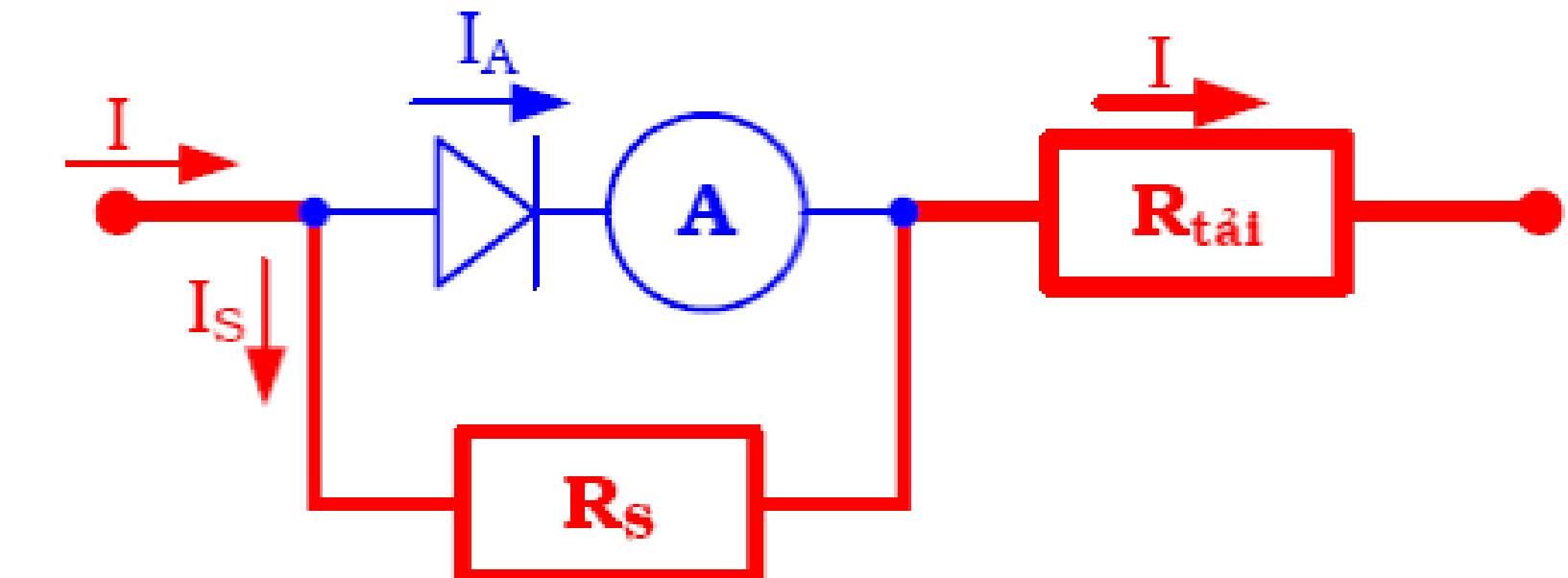
$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T I_o dt = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi I_m \sin \theta d\theta = \frac{I_m}{\pi} (-\cos \theta) \Big|_0^\pi = \frac{2I_m}{\pi} = 0.636 I_m$$

Mạch đo dòng AC dùng chỉnh lưu

- Chú ý khi mắc điện trở Shunt mở rộng thang đo

$$R_s = \frac{V_D + R_A \cdot I_{A(rms)}}{I_{S(rms)}} = \frac{V_D + R_A \cdot I_A / 0,318\sqrt{2}}{I_{S(rms)}}$$

Rms là giá trị hiệu dụng



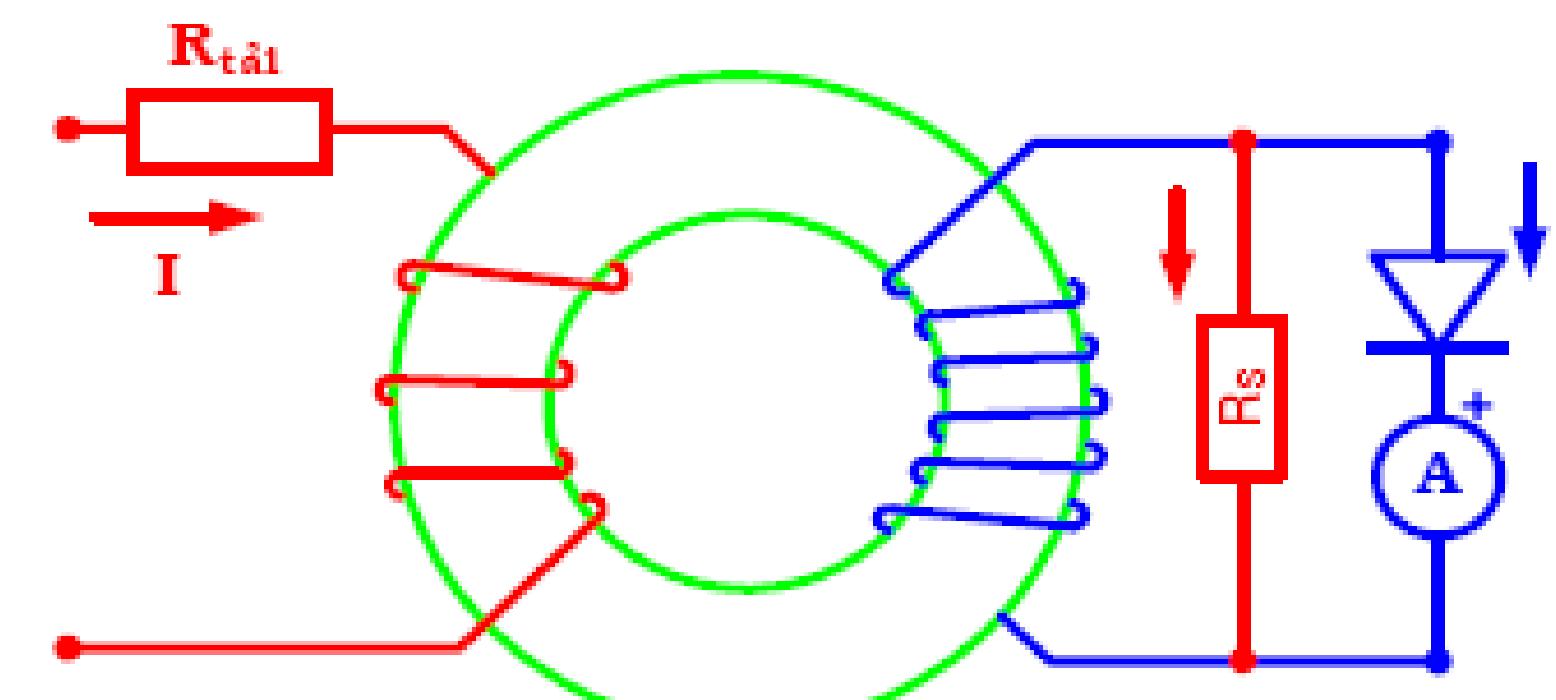
- Mở rộng thang đo dùng biến dòng

Biến dòng lý tưởng

$$I_1 \cdot \omega_1 = I_2 \cdot \omega_2$$

Số vòng dây cuộn sơ cấp thường là $\omega_1=1$

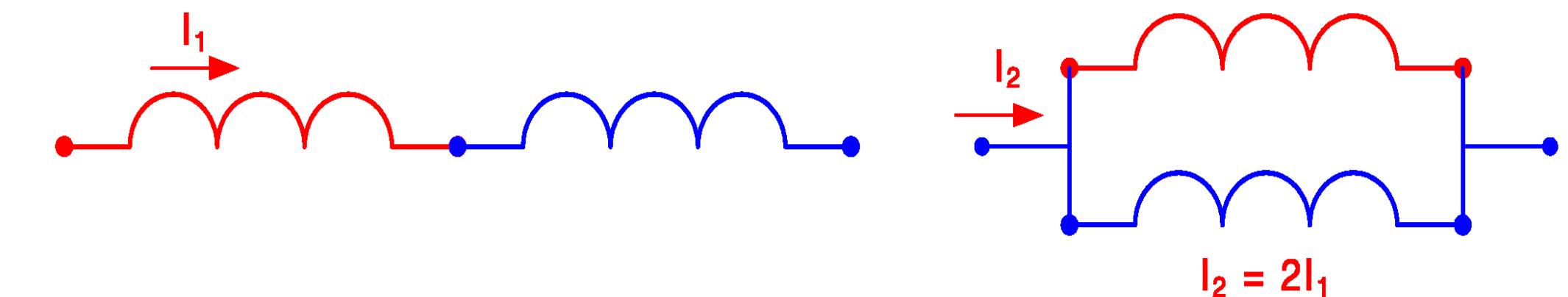
$$I_2 = \frac{I_1}{\omega_2}$$



Mạch đo dòng AC dùng chỉ thị điện từ, điện động

- Ampe kế điện từ

- Được chế tạo với tỉ số I_2/I_1 là hằng số

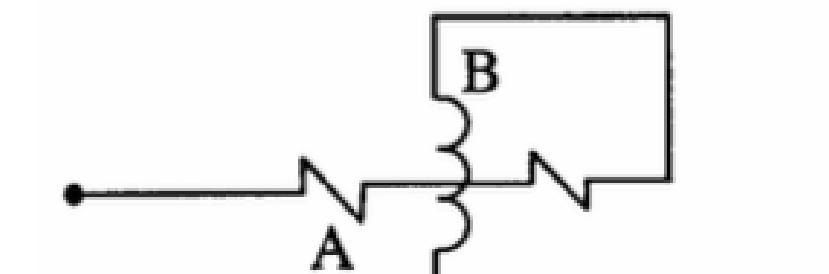


- Có độ chính xác thấp

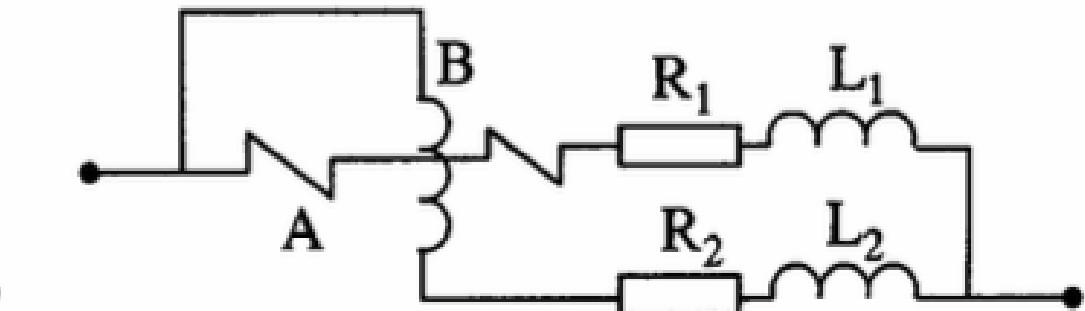
- Để mở rộng thang đo, chia cuộn tĩnh ra thành từng cuộn nhỏ. Bằng cách thay đổi cách nối giữa các cuộn dây đó, ta có thể thu được các thang đo khác nhau

- Ampe kế điện động

- Độ chính xác cao, thường đo dòng AC có tần số cao



Khi đo dòng điện nhỏ hơn 0,5 A

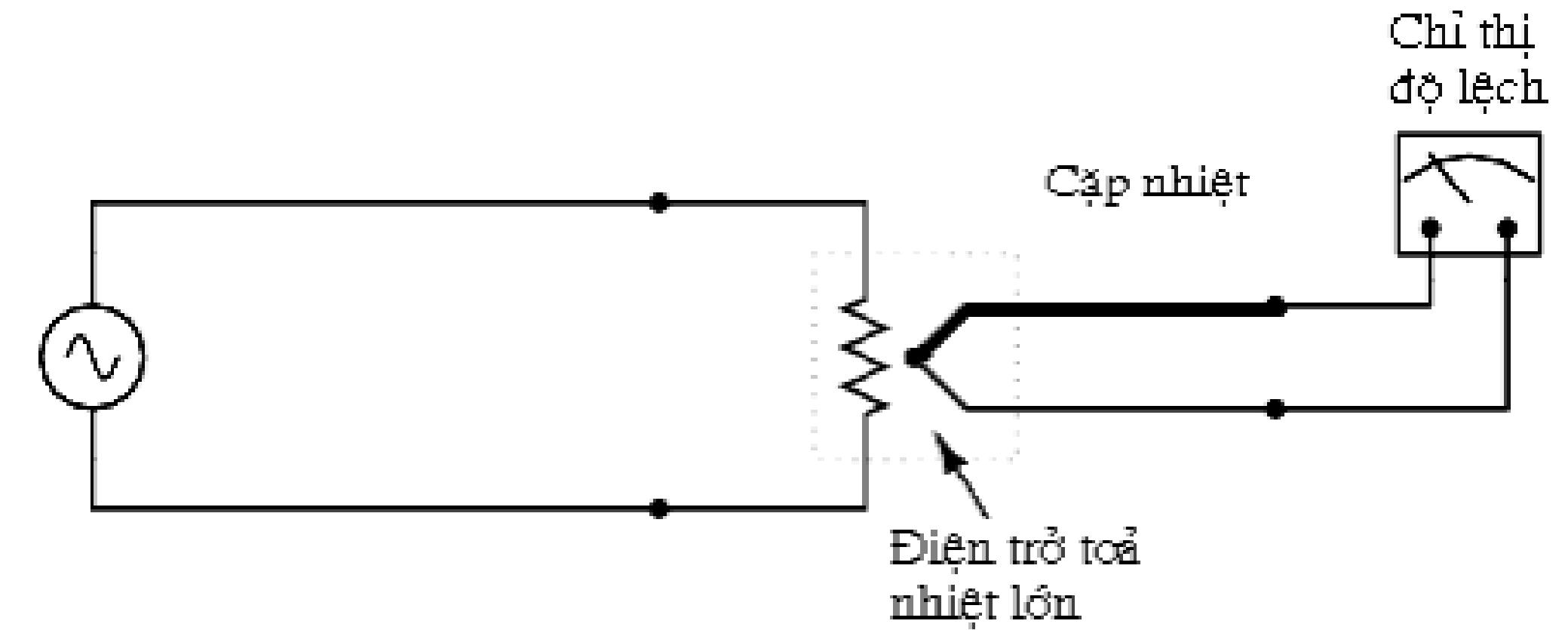


Khi đo dòng điện lớn hơn 0,5A

- Tương tự như cơ cấu điện từ, có thể mở rộng thang đo bằng cách mắc nối tiếp hoặc song song các cuộn dây tĩnh và cuộn dây động

Mạch đo dòng với cường độ cực lớn

- Dòng điện cần đo đốt nóng một điện trở nhiệt
- Nhiệt độ chênh lệch giữa điện trở nhiệt và môi trường phụ thuộc độ lớn dòng điện cần đo; đồng thời
- Xuất hiện suất điện động cảm ứng có độ lớn phụ thuộc độ lớn dòng cần đo
- Dòng chỉnh thị trên đồng hồ đo tỉ lệ dòng điện cần đo (có giá trị lớn)

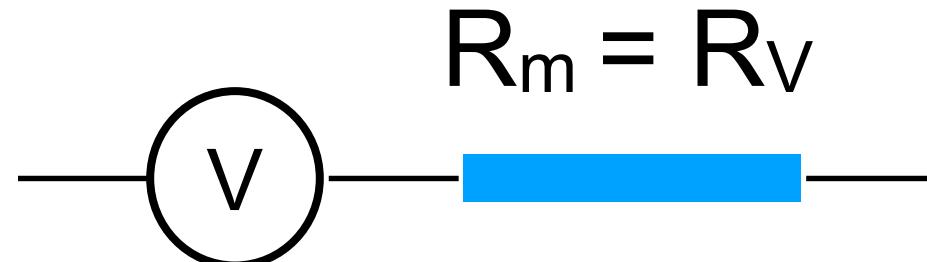


Phương pháp đo điện áp

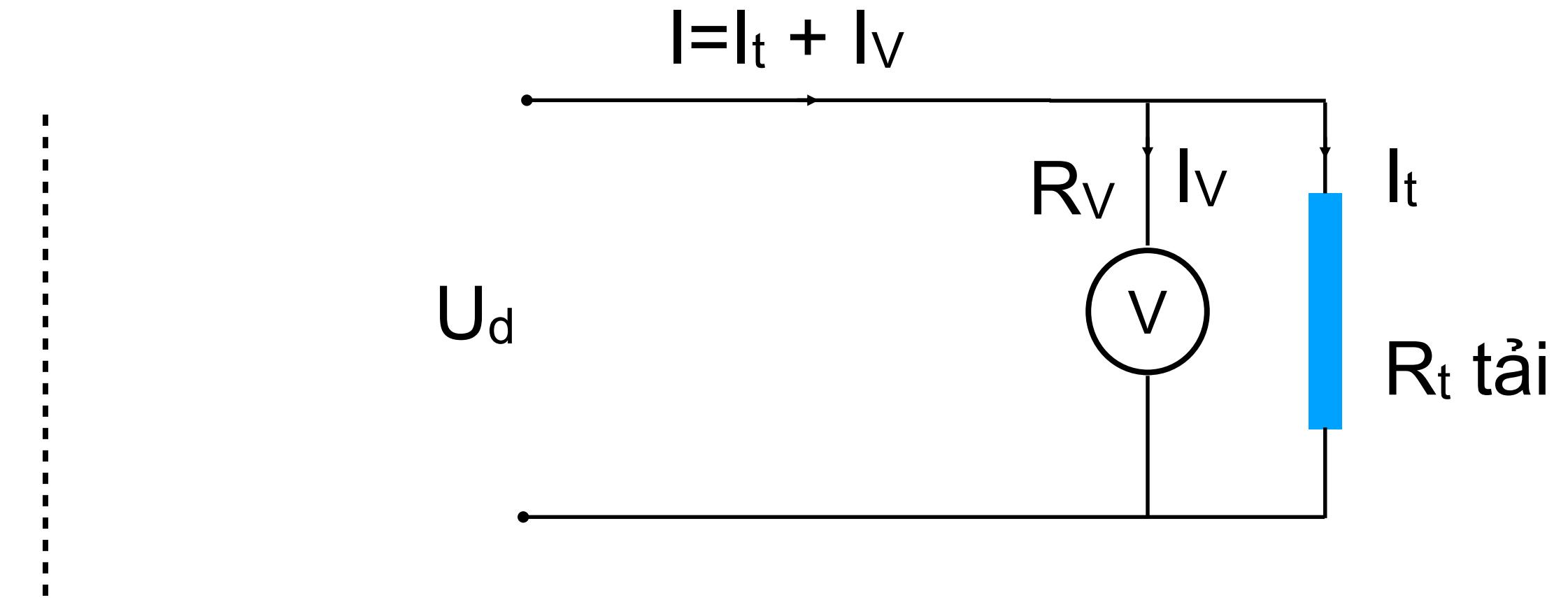
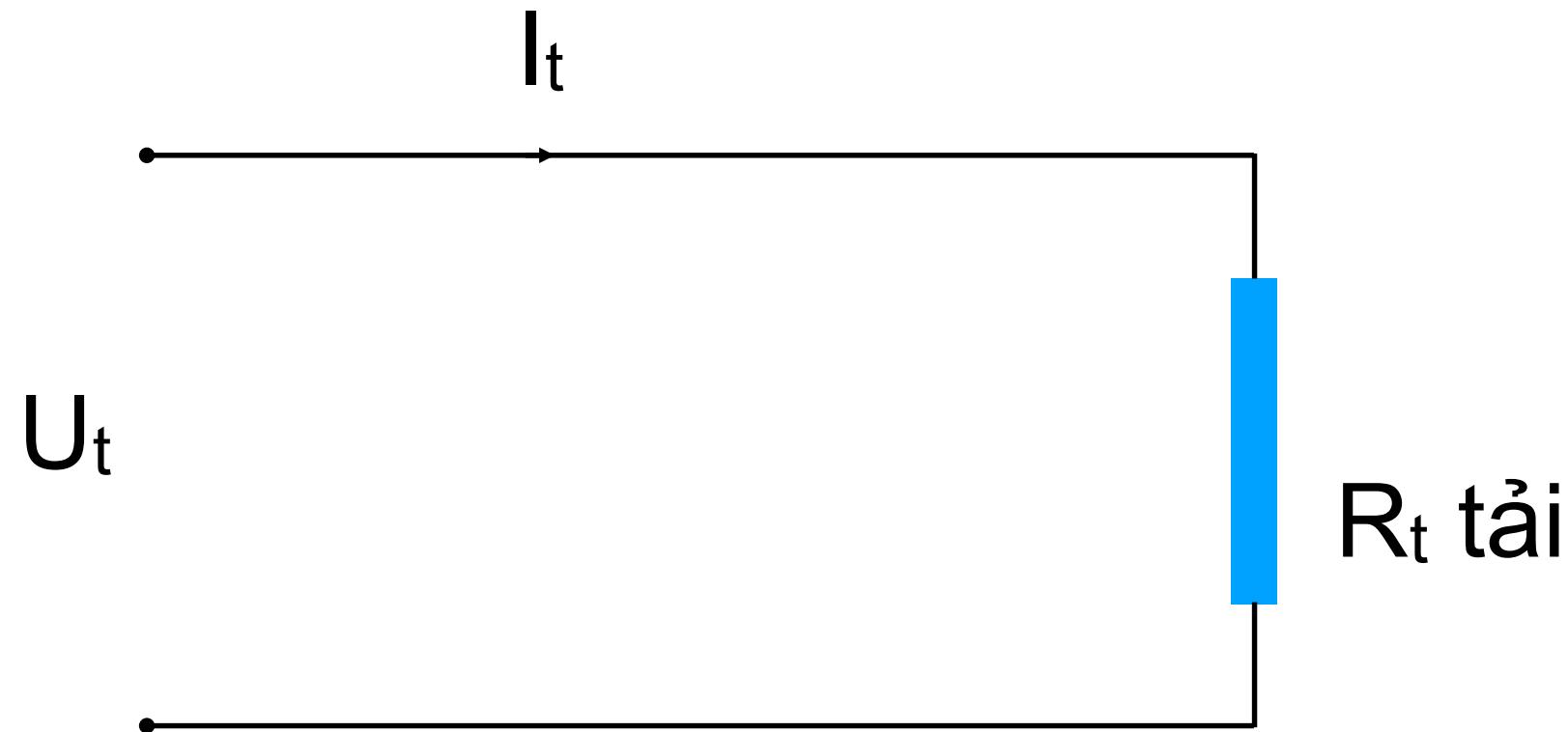
- Đo trực tiếp sử dụng đồng hồ đo (Volt kế) → đo các điện áp nhỏ
- Sử dụng thêm các điện trở Phụ để có thể đo được điện áp lớn hơn
- Sử dụng phép đo so sánh với các điện áp mẫu

Yêu cầu của Volt kế

- Volt kế thường là cơ cấu từ điện được mắc thêm nội trở R_m để hạn chế dòng qua nó



- Dòng điện qua cơ cấu này sẽ phản ánh điện áp đặt vào hai đầu que đo



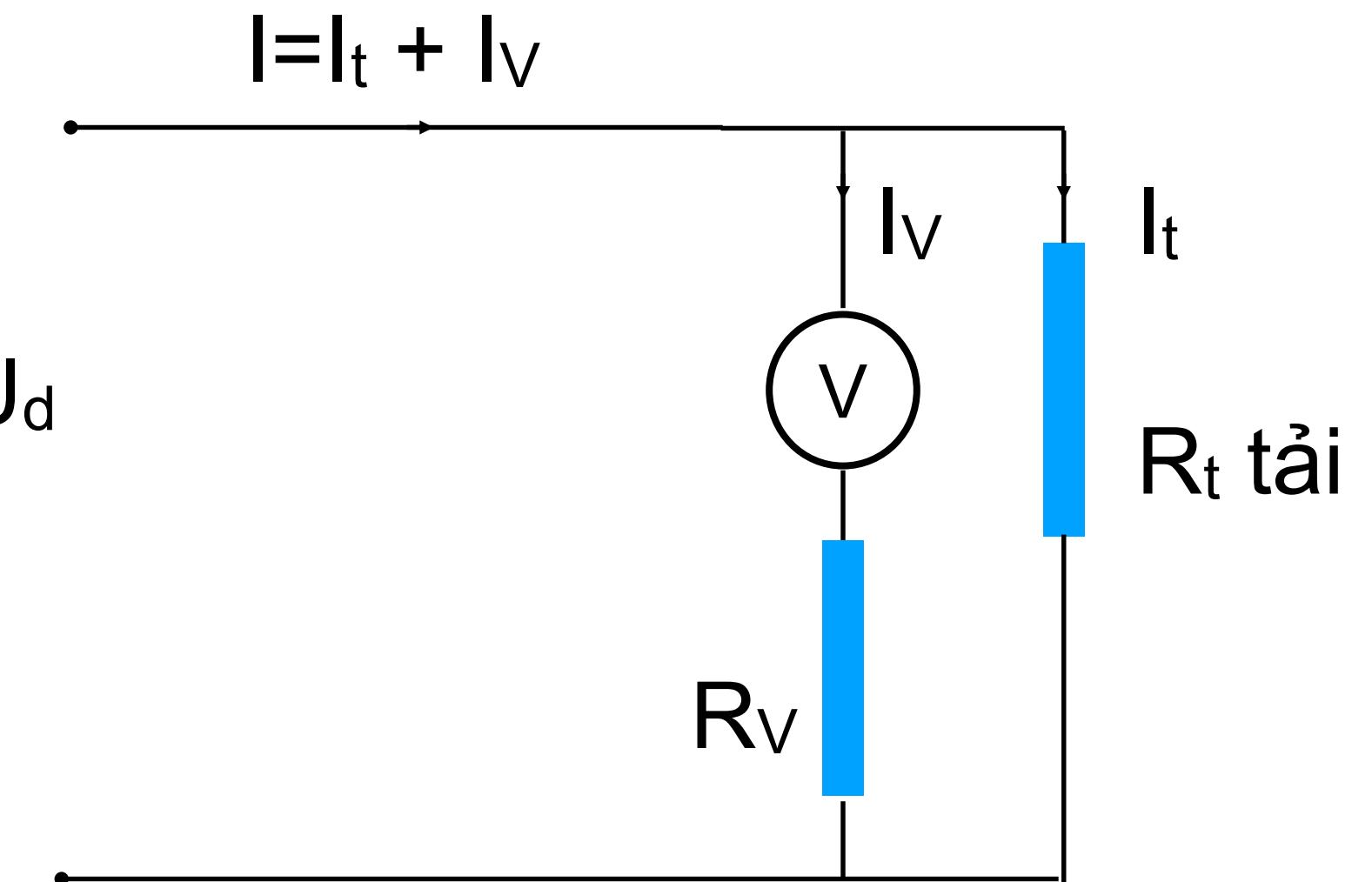
- Khi mắc volt kế vào mạch đo, dòng I_t (không volt kế) khác I_t (có volt kế) nên giá trị đo được sẽ có sai lệch so với giá trị cần đo $U_{\text{thực}}$
- Để khắc phục thì điện trở volt kế có giá trị càng lớn càng tốt

Đo điện áp

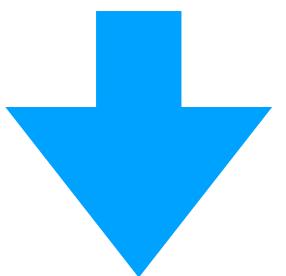
- Đo trực tiếp điện áp

Trong trường hợp này, giá trị đo U_d thường là rất nhỏ.

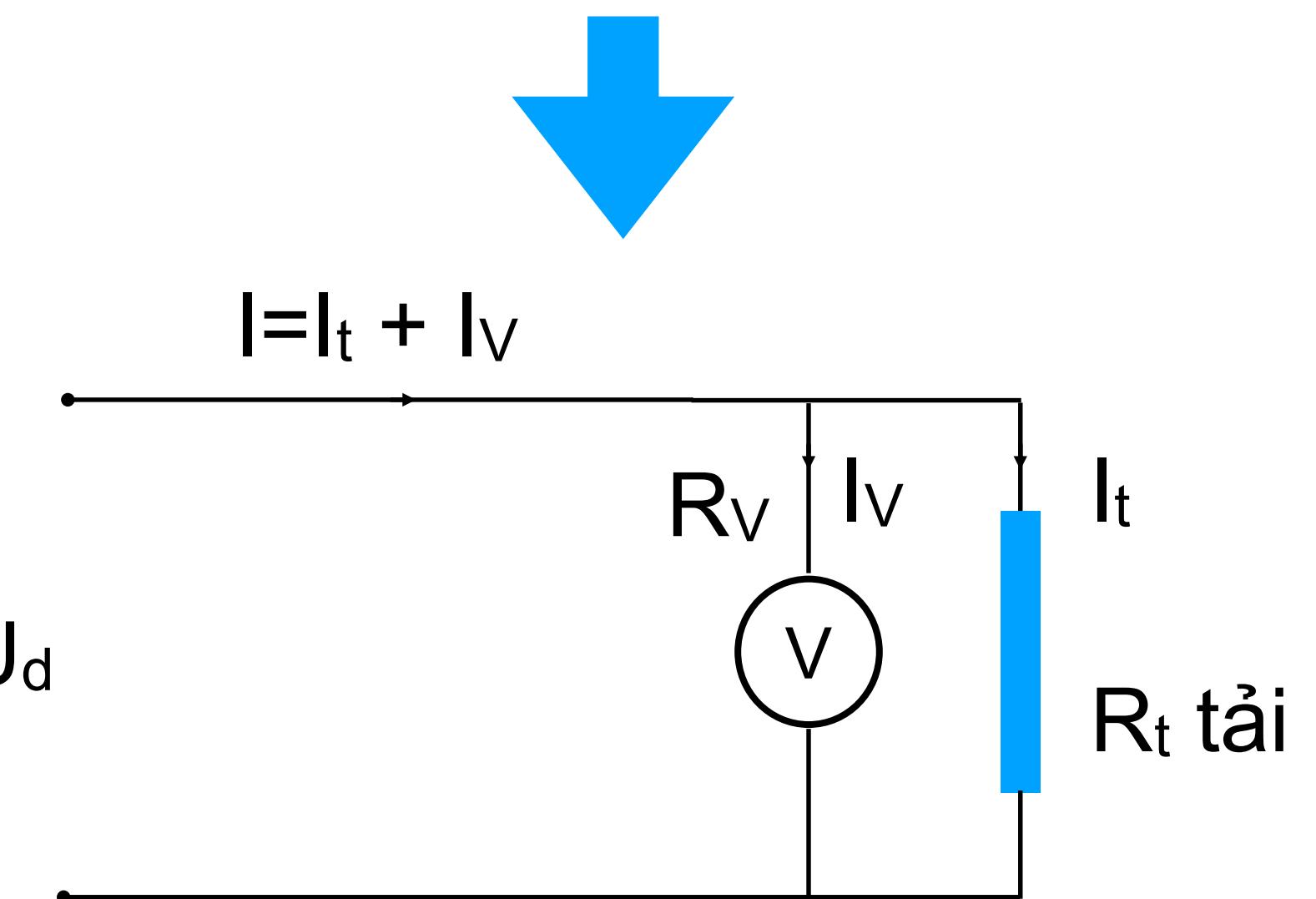
Bởi nếu U_d lớn thì dòng qua cơ cấu điện từ sẽ phá huỷ
cơ cấu đo



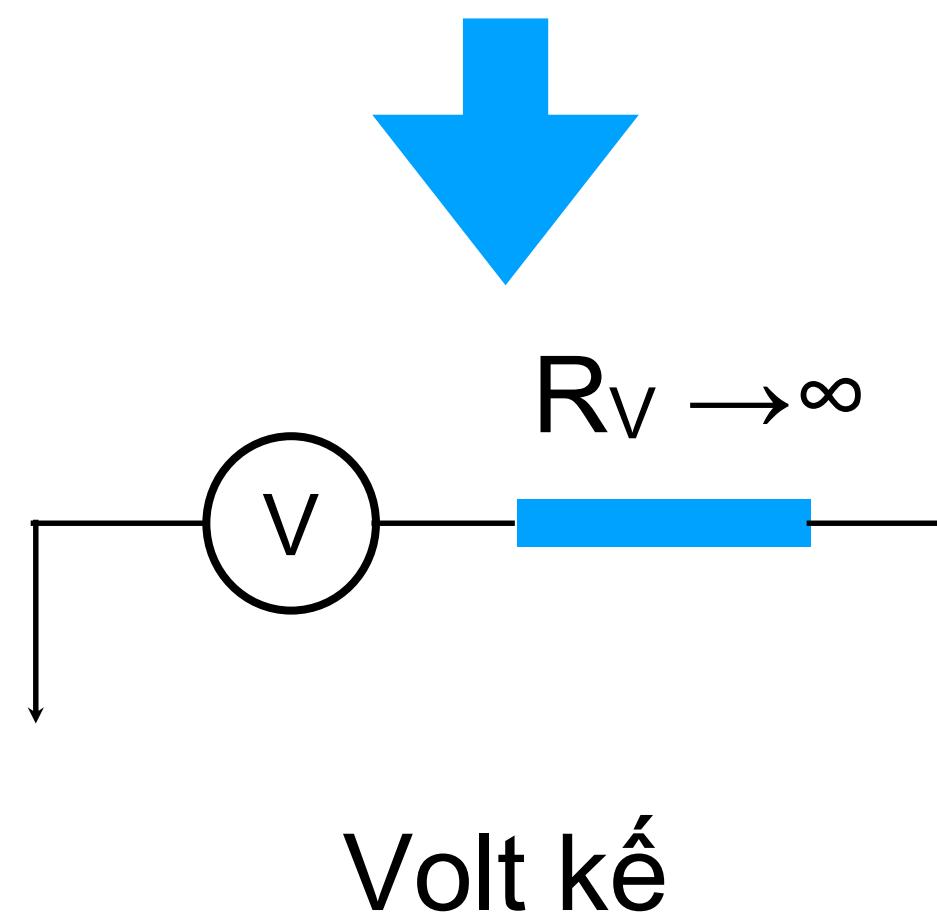
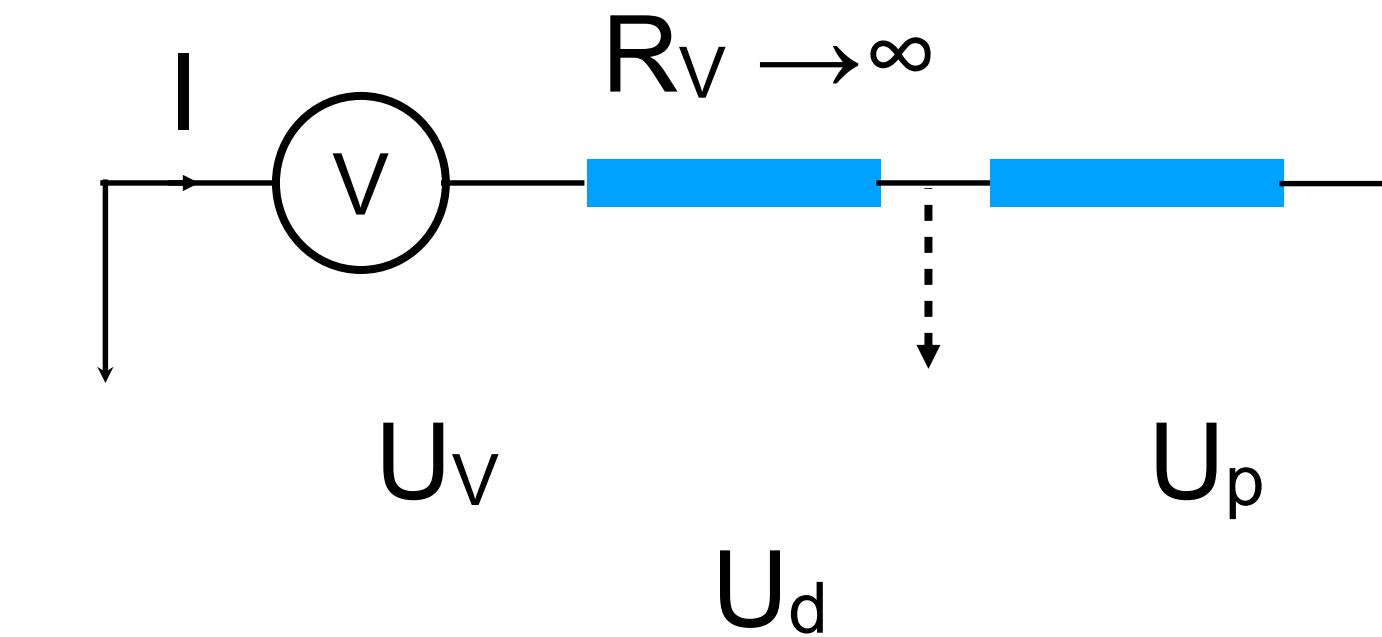
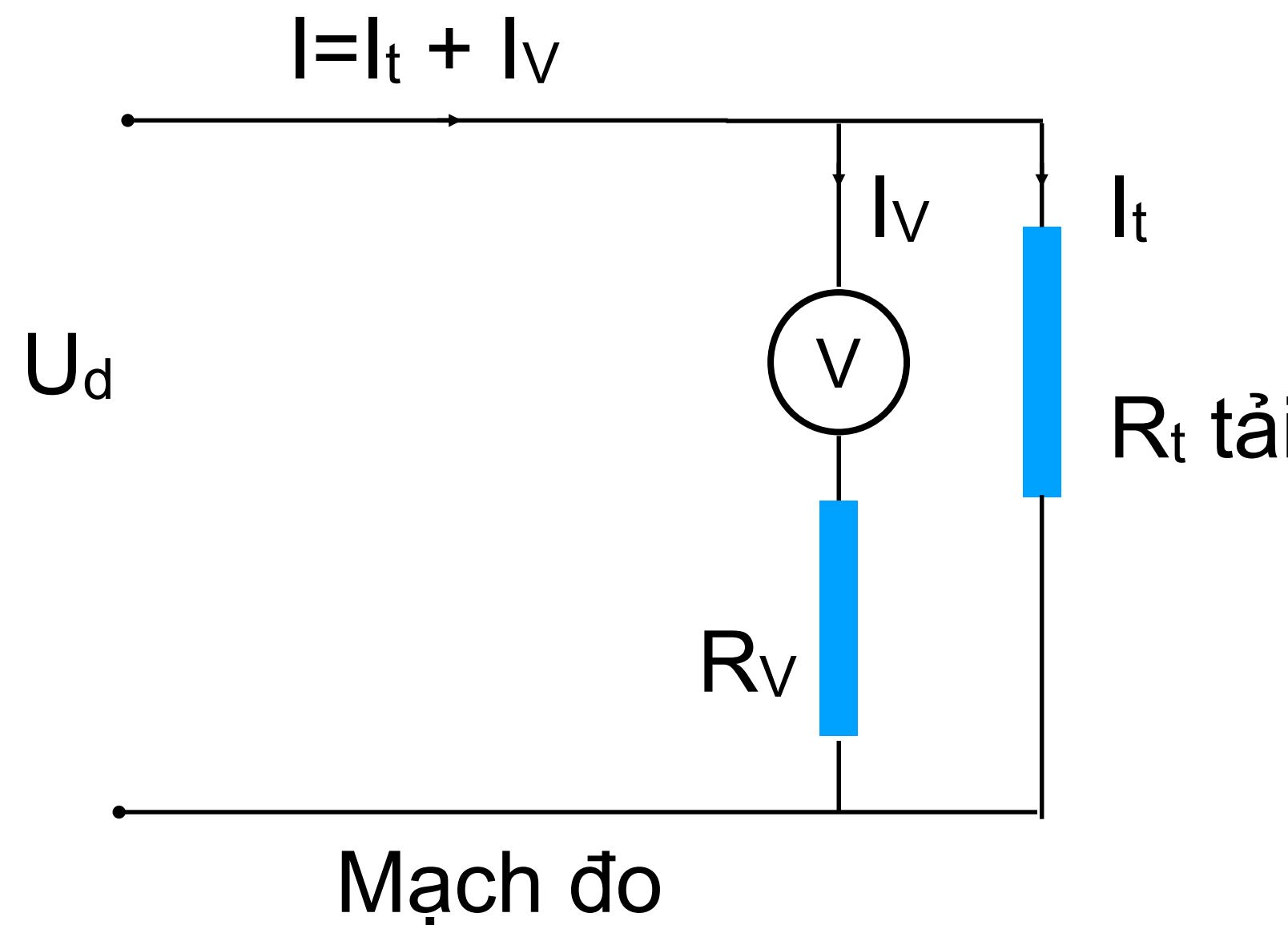
Thông thường giá trị lớn nhất đo được cỡ mV



Mở rộng thang đo bằng cách mắc thêm điện trở phụ



Mở rộng thang đo điện áp



$$I = \frac{U_d}{R_V + R_P} = \frac{U_V}{R_V}$$

$$\Rightarrow \frac{U_d}{U_V} = 1 + \frac{R_P}{R_V}$$

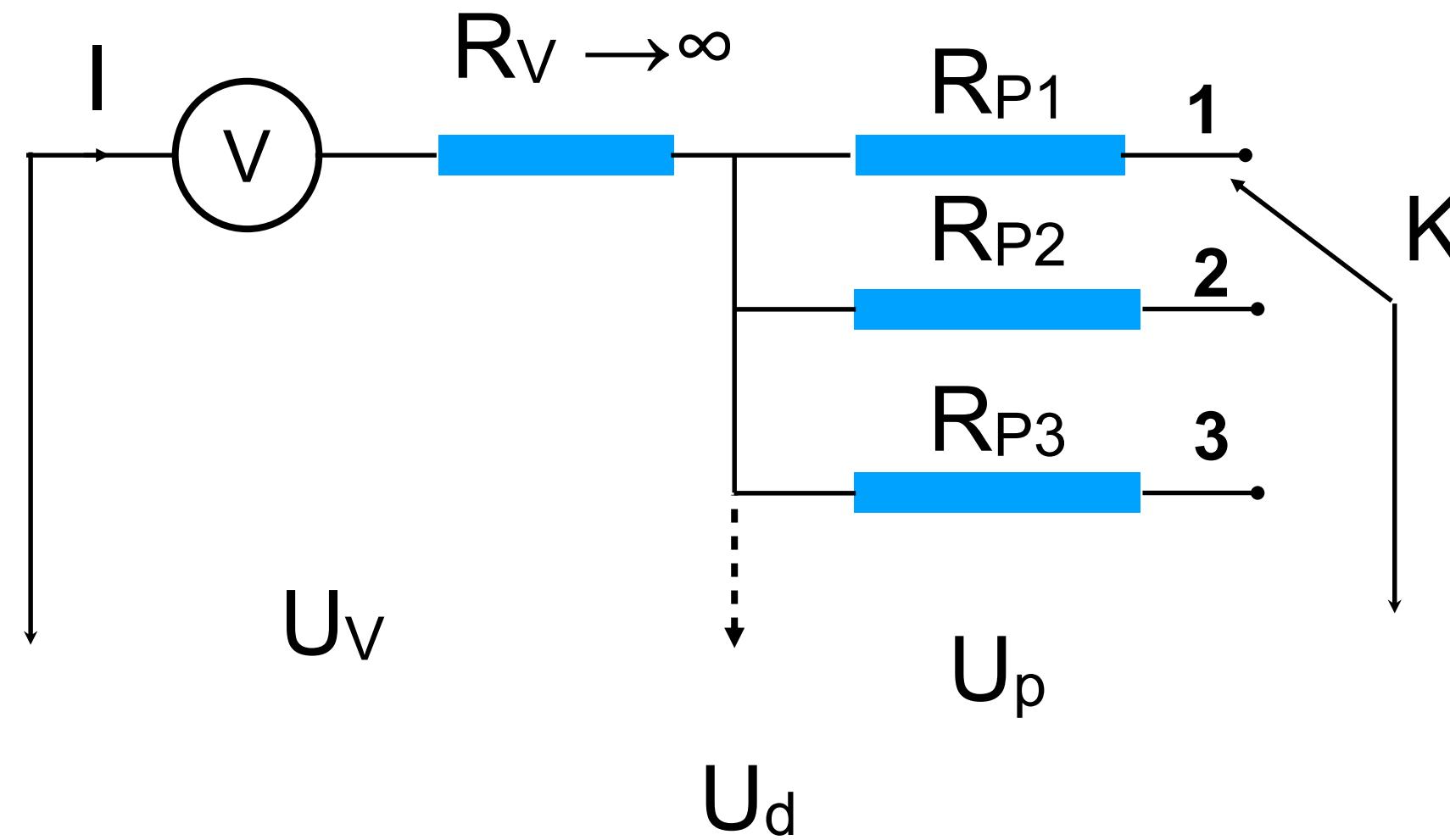
Đặt $\frac{U_d}{U_V} = n$

$$\Leftrightarrow R_P = R_V(n - 1)$$

Công thức mở rộng thang đo volt kế

Mở rộng thang đo điện áp

- Điện trở phụ mắc song song



$$\frac{U_{d1}}{U_V} = n_1$$

$$\frac{U_{d2}}{U_V} = n_2$$

$$\frac{U_{d3}}{U_V} = n_3$$

$$R_{P1} = R_V(n_1 - 1)$$

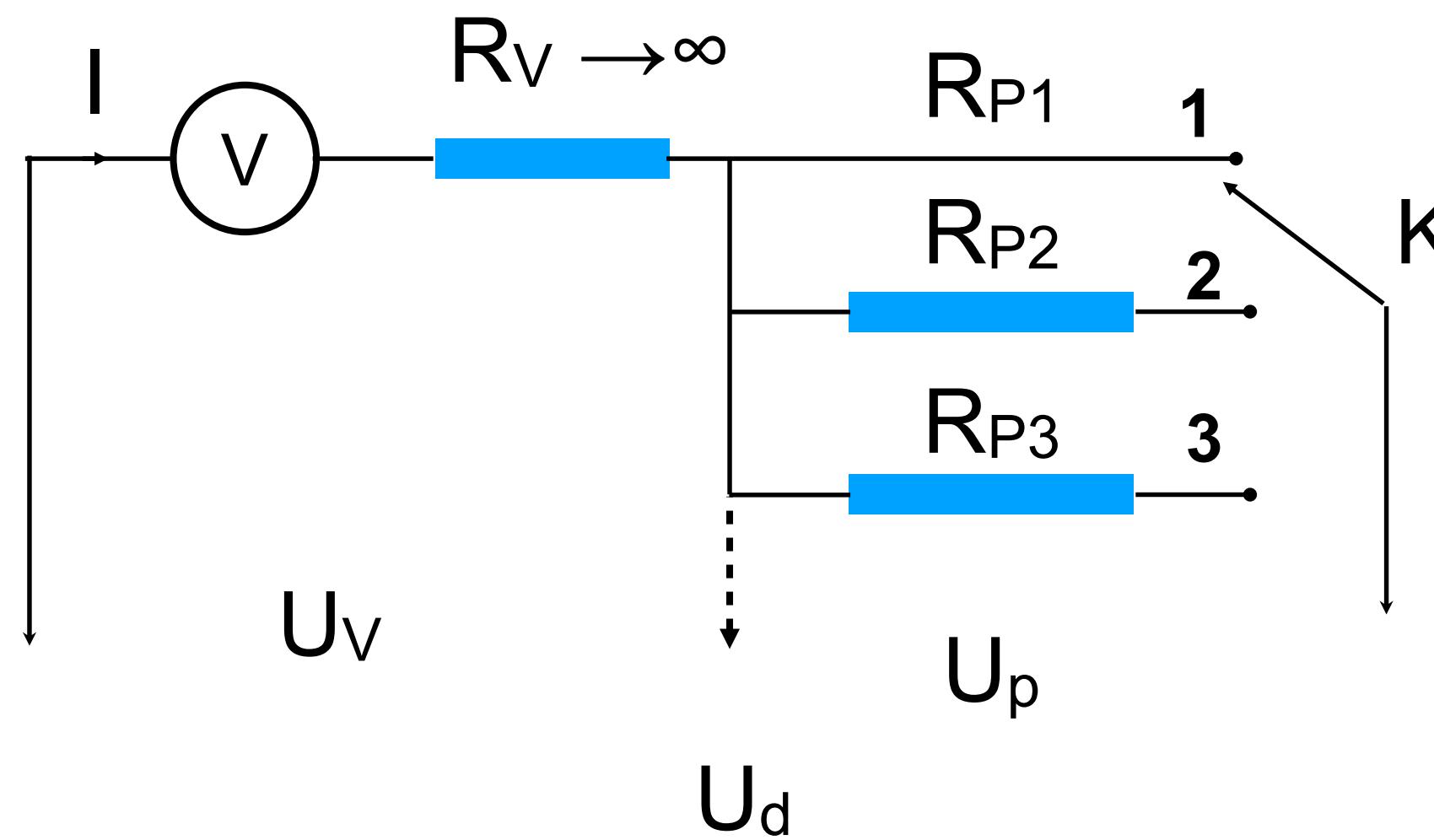
$$R_{P2} = R_V(n_2 - 1)$$

$$R_{P3} = R_V(n_3 - 1)$$

Mở rộng thang đo điện áp

- Điện trở phụ mắc song song

Một volt kế có $R_V = 100k\Omega$, với điện áp đặt vào tối đa $U_V = 100mV$. Xác định các điện trở phụ cần mắc (song song) vào cơ cấu trên để có thể đo được các điện áp với thang đo 100mV, 10V và 100V



$$n_1 = \frac{U_{d1}}{U_V} = \frac{100mV}{100mV} = 1 \quad n_2 = \frac{U_{d2}}{U_V} = \frac{10V}{100mV} = 100$$
$$n_3 = \frac{U_{d3}}{U_V} = \frac{100V}{100mV} = 1000$$

$$R_{P1} = R_V(n_1 - 1) = 100k\Omega \cdot (1 - 1) = 0$$

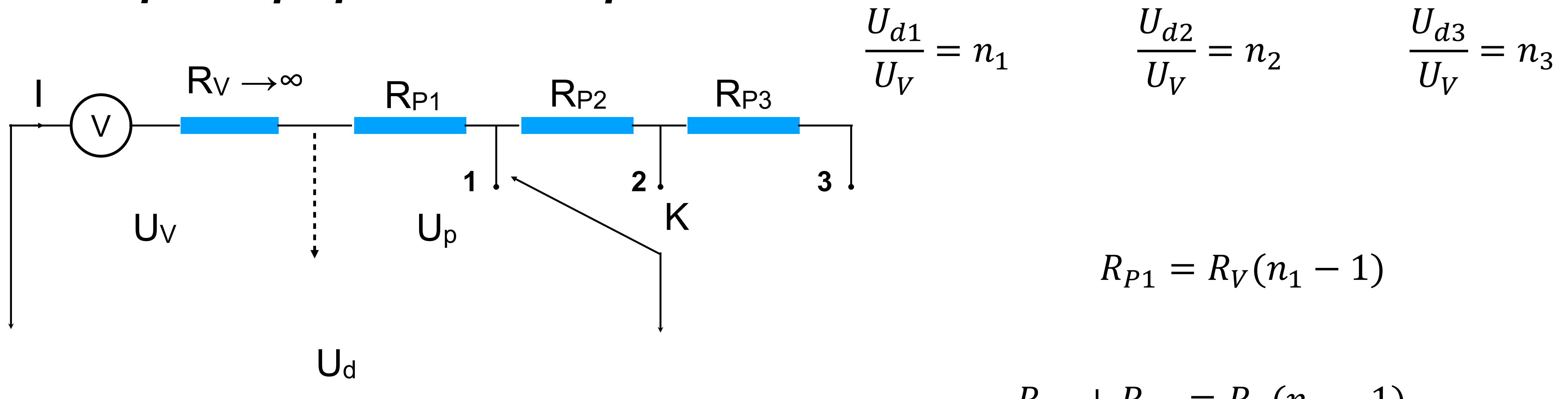
→ Không cần sử dụng điện trở phụ ở nhánh này

$$R_{P2} = R_V(n_2 - 1) = 100k\Omega \cdot (100 - 1) = 9900k\Omega = 9.9M\Omega$$

$$R_{P3} = R_V(n_3 - 1) = 100k\Omega \cdot (1000 - 1) = 99000k\Omega = 99M\Omega$$

Mở rộng thang đo điện áp

- Điện trở phụ mắc nối tiếp



$$R_{P1} = R_V(n_1 - 1)$$

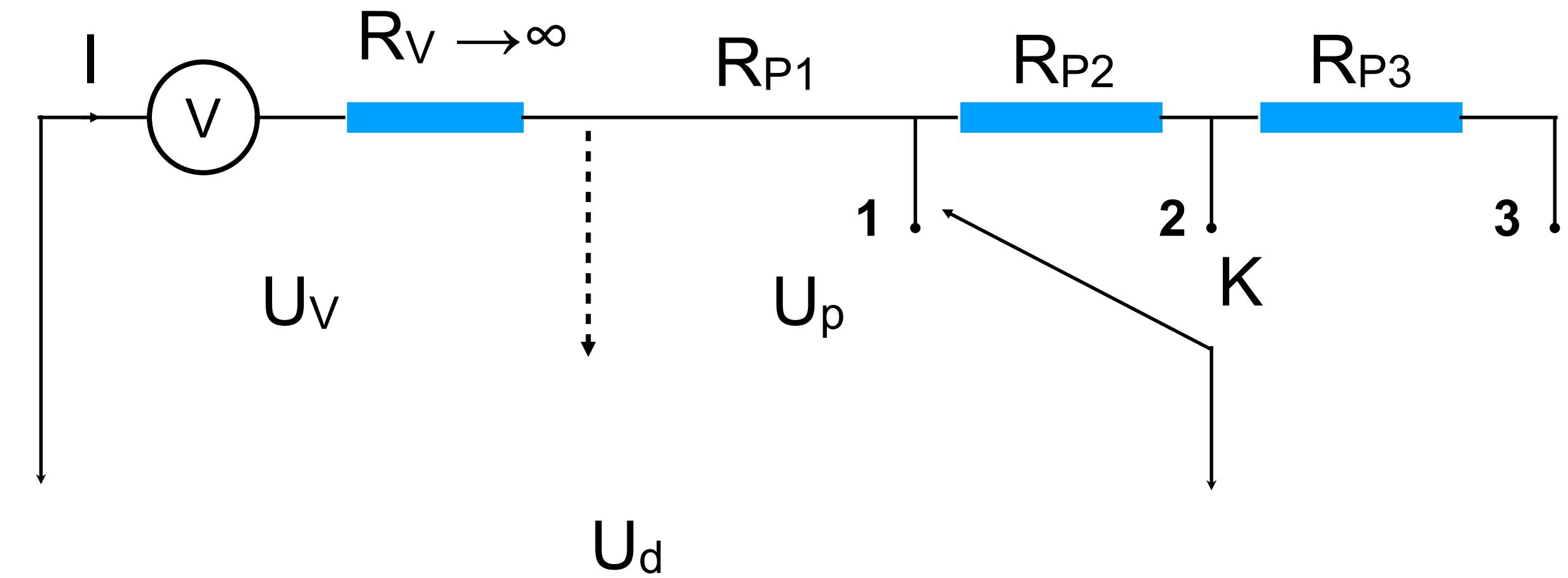
$$R_{P1} + R_{P2} = R_V(n_2 - 1)$$

$$R_{P1} + R_{P2} + R_{P3} = R_V(n_3 - 1)$$

Mở rộng thang đo điện áp

- Điện trở phụ mắc nối tiếp**

Một volt kế có $R_V = 100k\Omega$, với điện áp đặt vào tối đa $U_V = 100mV$. Xác định các điện trở phụ cần mắc (nối tiếp) vào cơ cấu trên để có thể đo được các điện áp với thang đo $100mV$, $10V$ và $100V$



$$n_1 = \frac{U_{d1}}{U_V} = \frac{100mV}{100mV} = 1 \quad n_2 = \frac{U_{d2}}{U_V} = \frac{10V}{100mV} = 100$$

$$n_3 = \frac{U_{d3}}{U_V} = \frac{100V}{100mV} = 1000$$

$$R_{P1} = R_V(n_1 - 1) = 100k\Omega \cdot (1 - 1) = 0$$

→ Không cần sử dụng điện trở phụ ở nhánh này

$$R_{P1} + R_{P2} = R_V(n_2 - 1) \text{ mà } R_{P1} = 0$$

$$R_{P2} = R_V(n_2 - 1) = 100k\Omega \cdot (100 - 1) = 9900k\Omega = 9.9M\Omega$$

$$R_{P1} + R_{P2} + R_{P3} = R_V(n_3 - 1) \Leftrightarrow R_{P3} = R_V(n_3 - 1) - R_{P2}$$

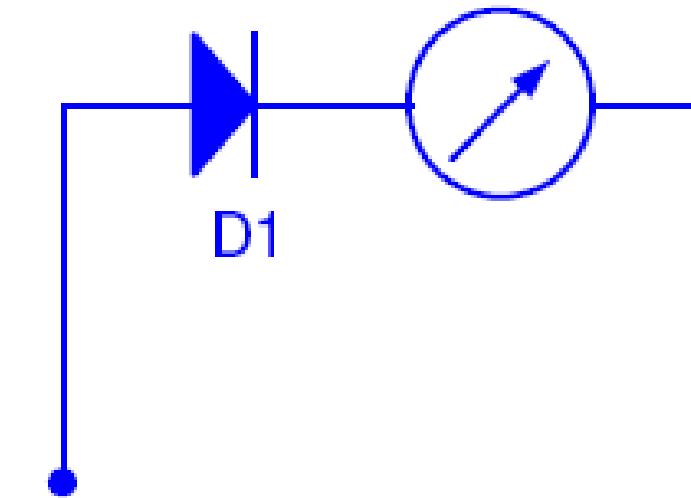
$$R_{P3} = R_V(n_3 - 1) - R_{P2} = 100k\Omega \cdot (1000 - 1) - 9.9M\Omega = 99000k\Omega - 9900k\Omega = 89100k\Omega = 89.1M\Omega$$

Các vấn đề khi đo điện áp

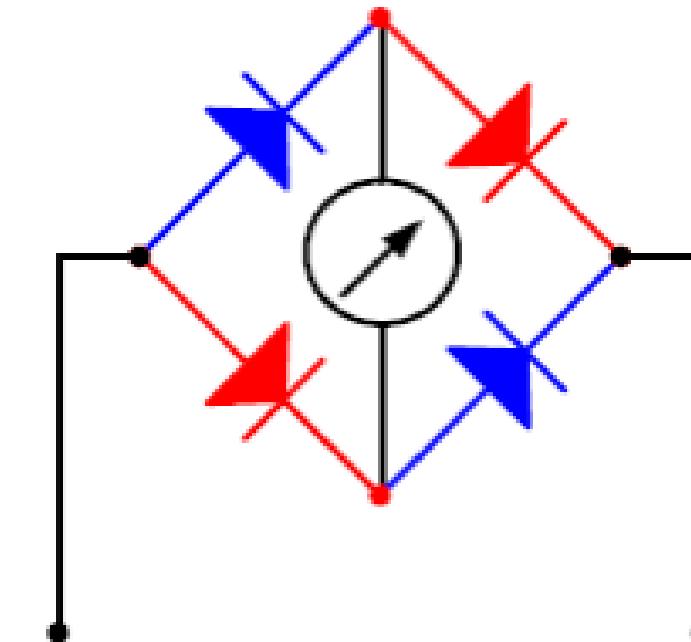
- Để đo điện áp xoay chiều
 - Dùng thêm mạch chỉnh lưu với cơ cấu chỉ thị từ điện
 - Sử dụng cơ cấu chỉ thị điện từ hoặc điện động
- Đo điện áp sử dụng cơ cấu đo với nguyên lý chuyển đổi thời gian
- Đo so sánh với các mạch điện thế kế

Đo điện áp xoay chiều

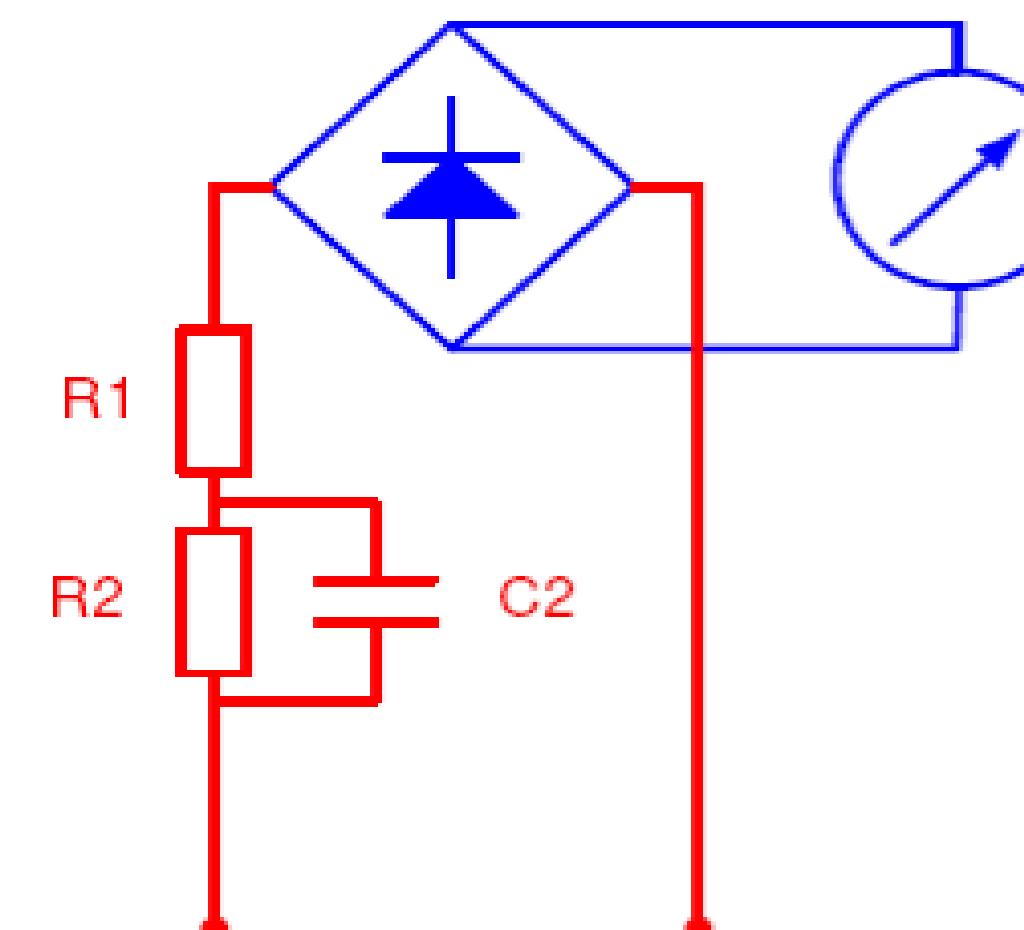
- Dùng mạch chỉnh lưu để chuyển điện áp xoay chiều thành một chiều
- Sử dụng cuộn cảm L hoặc tụ điện C để bù sai số do tần số



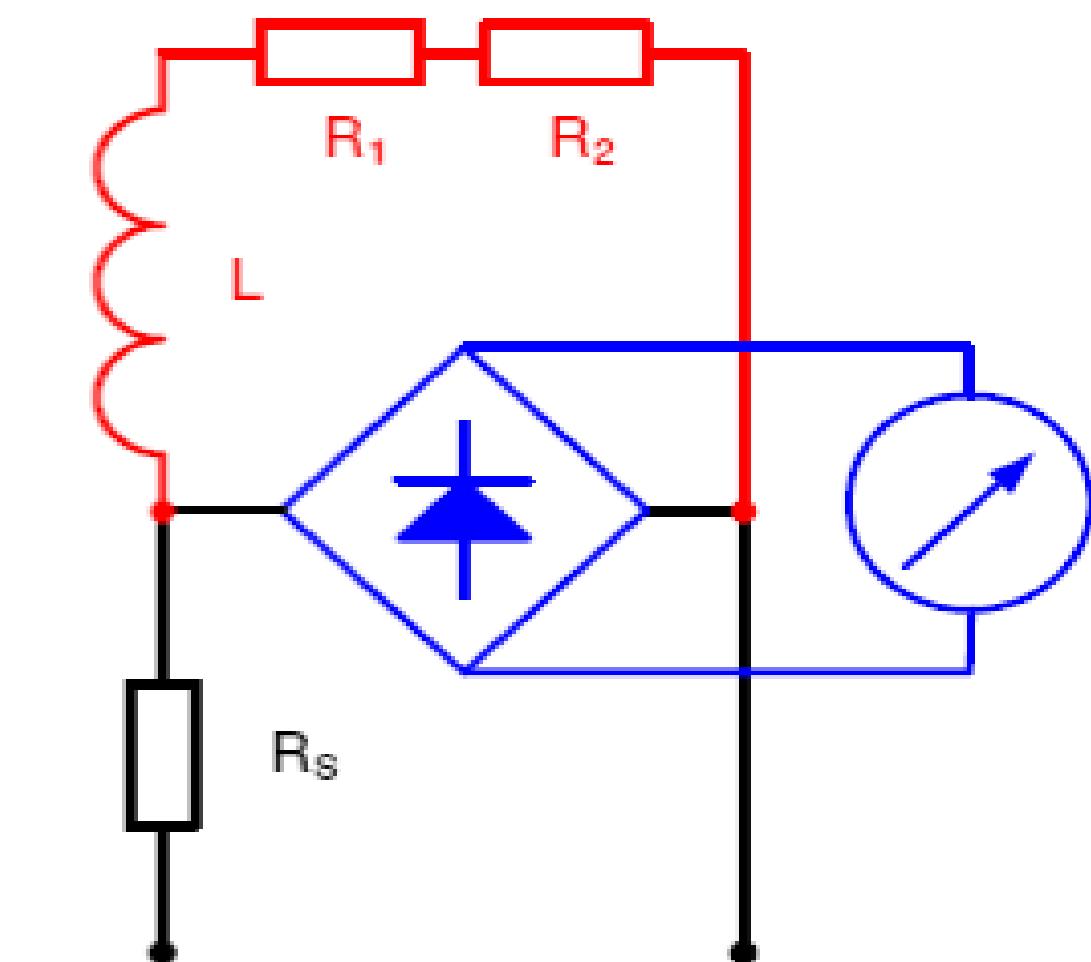
Chỉnh lưu nửa chu kỳ



Chỉnh lưu cầu



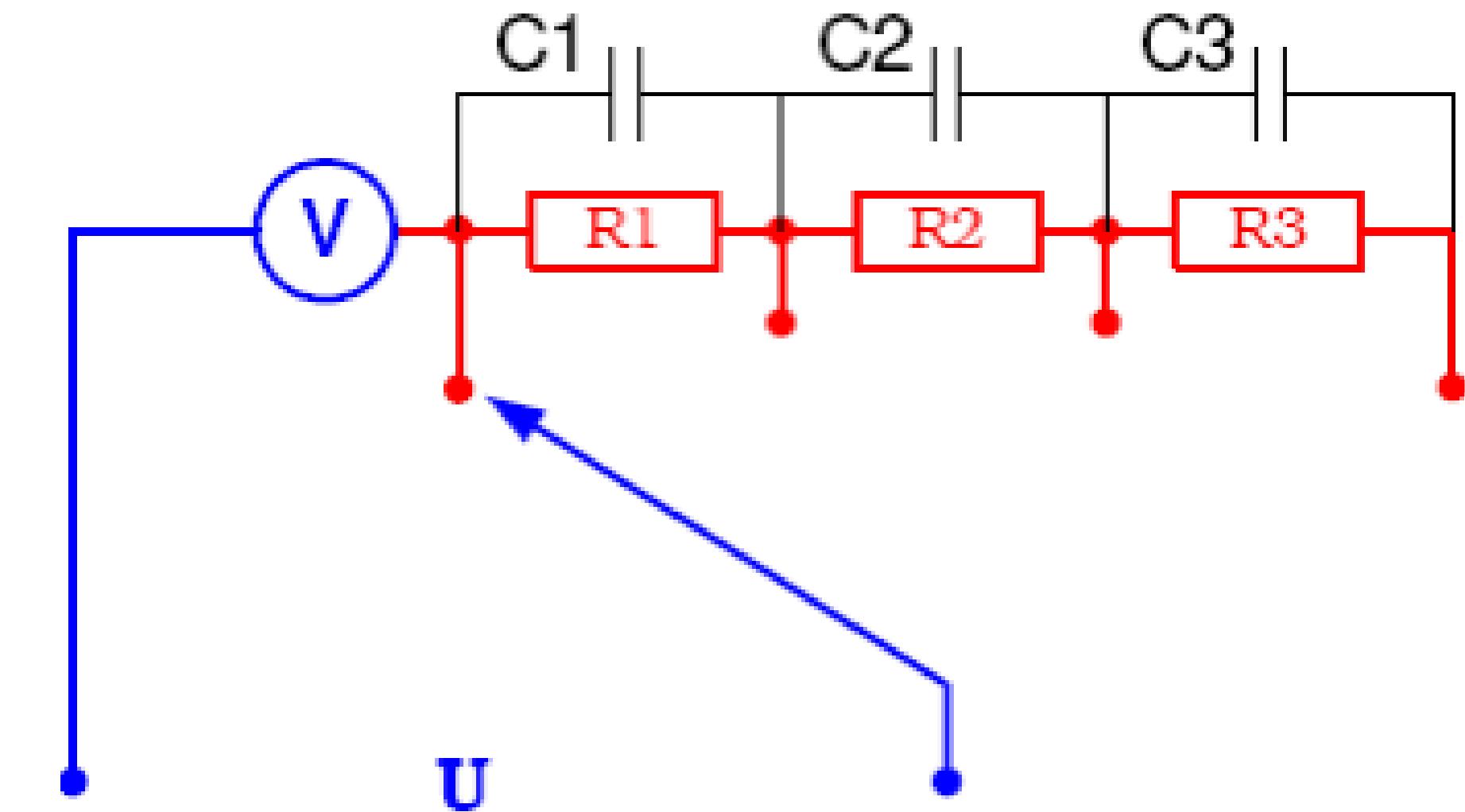
Đo điện áp nhỏ



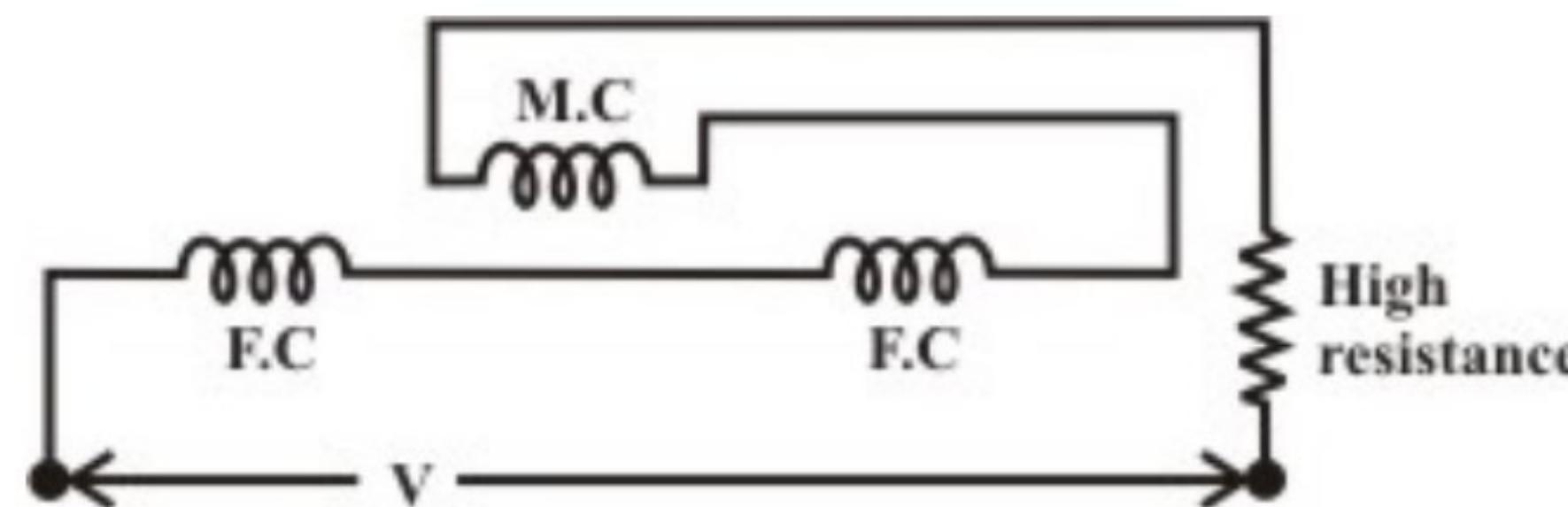
Đo điện áp lớn

Đo điện áp xoay chiều

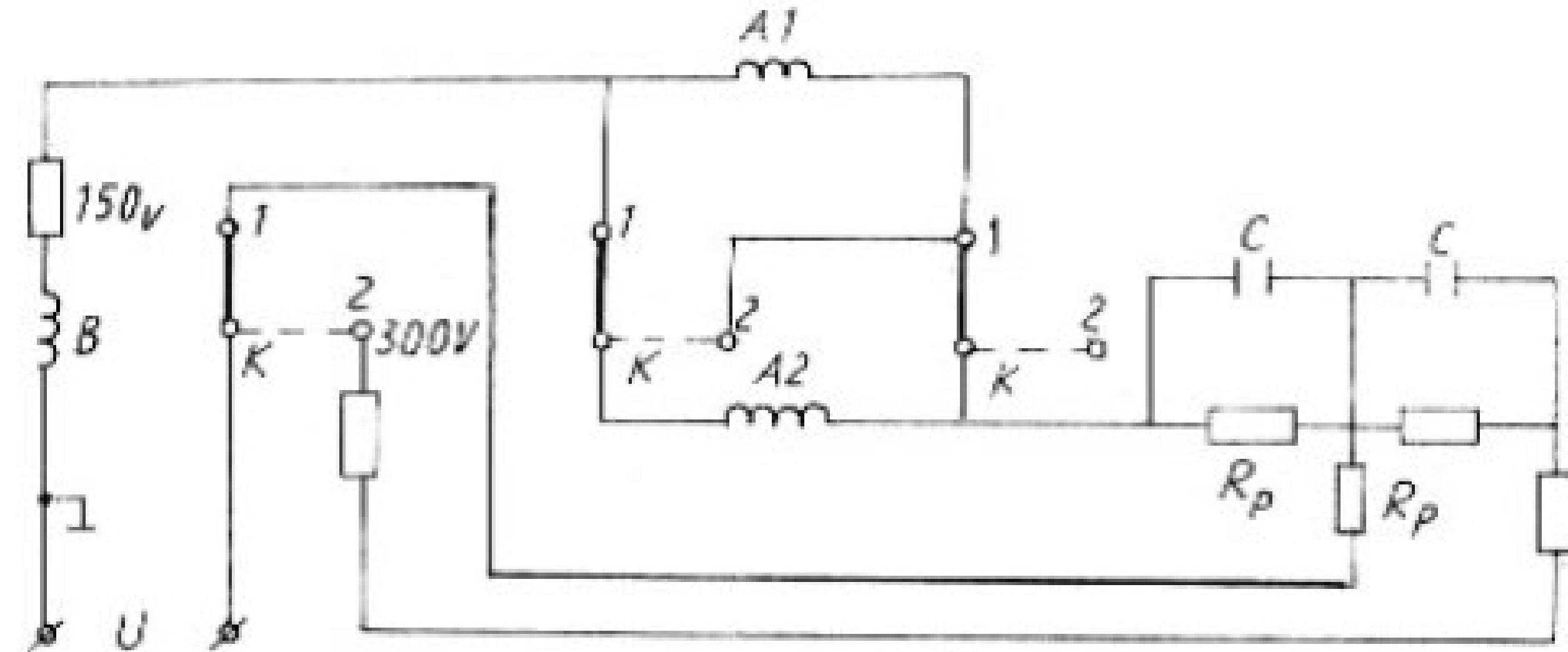
- Sử dụng cơ cấu điện từ
 - Cơ cấu điện từ có thể đo trực tiếp dòng điện hoặc điện áp AC
 - Để điện trở R_v lớn thì số vòng dây phải lớn và tiết diện dây dẫn nhỏ
 - Khi mở rộng thang đo, các tụ điện được mắc thêm để bù sai số do tần số
- Sử dụng cơ cấu điện động
 - Tương tự như cơ cấu điện từ, số lượng vòng dây ở phần tĩnh và tiết diện dây cần nhỏ để R_v lớn
 - Có thể mắc các cuộn dây nối tiếp hoặc song song để mở rộng thang đo



Đo điện áp xoay chiều



Cơ cấu điện động sử dụng làm Volt kế

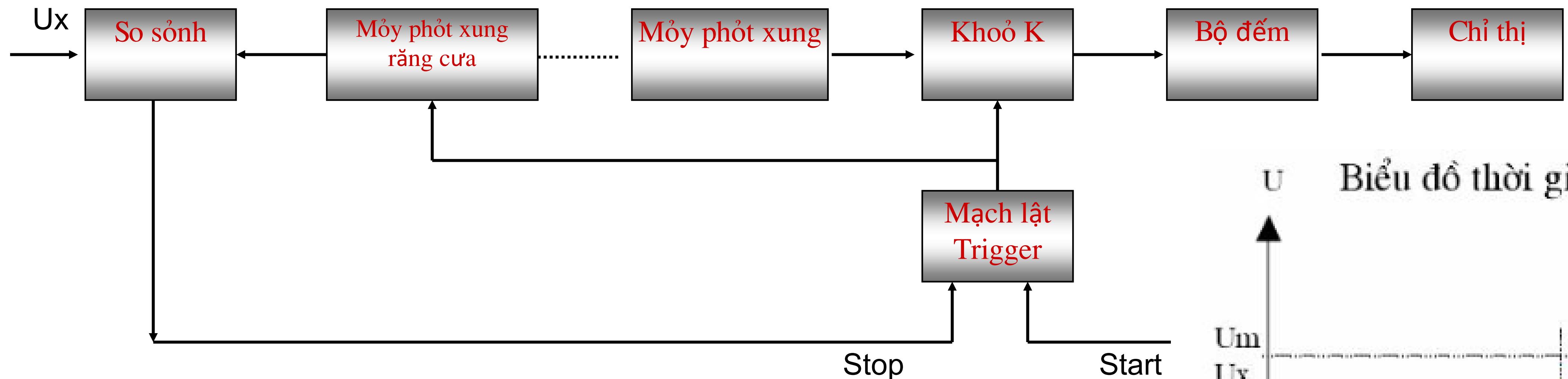


Volt kế điện động 2 thang đo

K tại 1: Hai cuộn dây tĩnh A_1 và A_2 mắc song song với nhau

K tại 2: Hai cuộn dây tĩnh A_1 và A_2 mắc nối tiếp với nhau, nội trở R_V của volt kế tăng lên nên giới hạn đo tăng lên

Đo điện áp bằng CT chuyển đổi thời gian

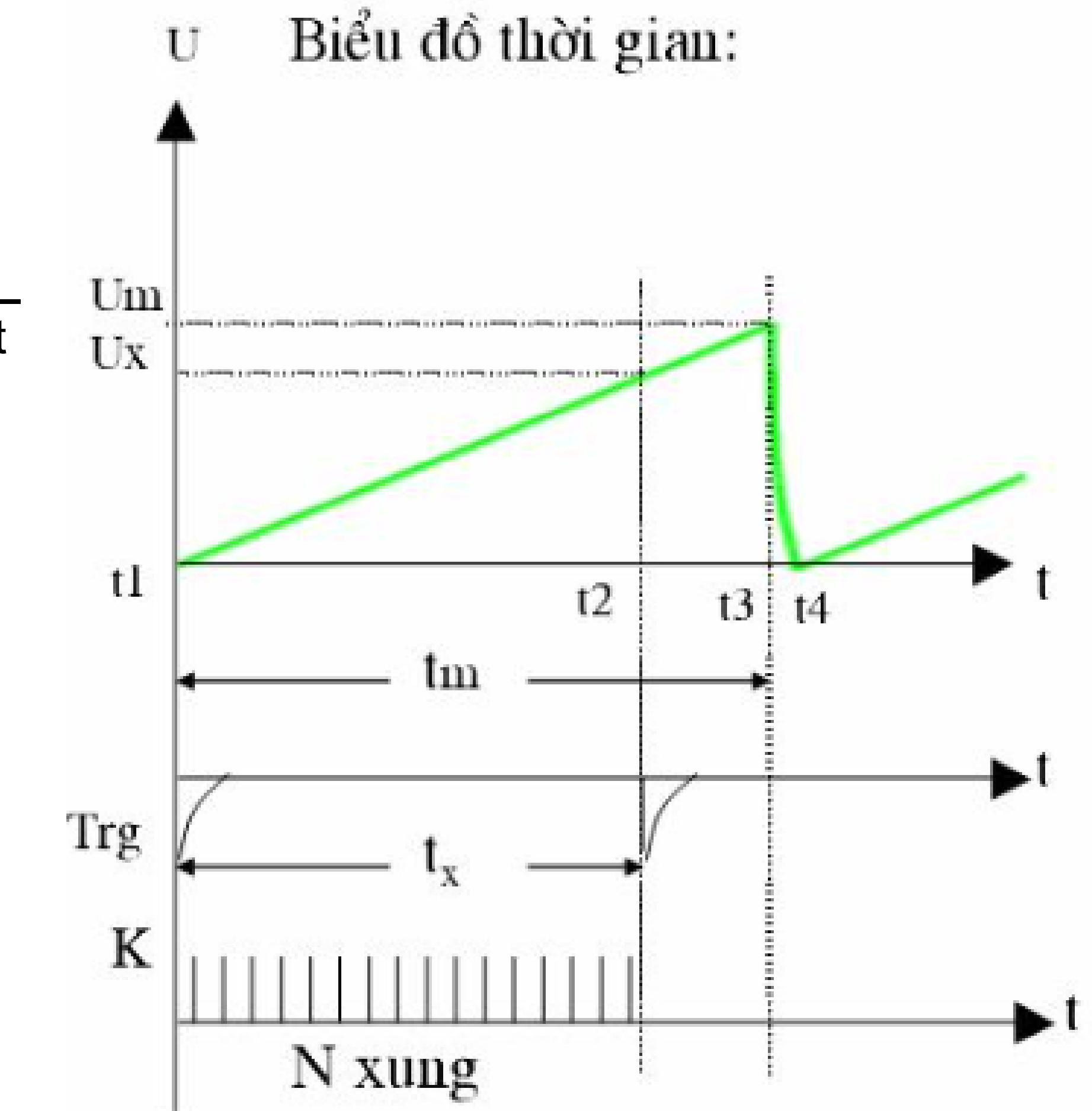


Giá trị cần đo U_x tương ứng với giá trị N xung răng cưa

$$\frac{t_x}{t_m} = \frac{U_x}{U_m} \Leftrightarrow U_x = \frac{U_m}{t_m} \cdot t_x \Leftrightarrow U_x = \frac{U_m}{t_m} \cdot f_0 \cdot N = K \cdot N$$

f_0 là tần số máy phát xung răng cưa

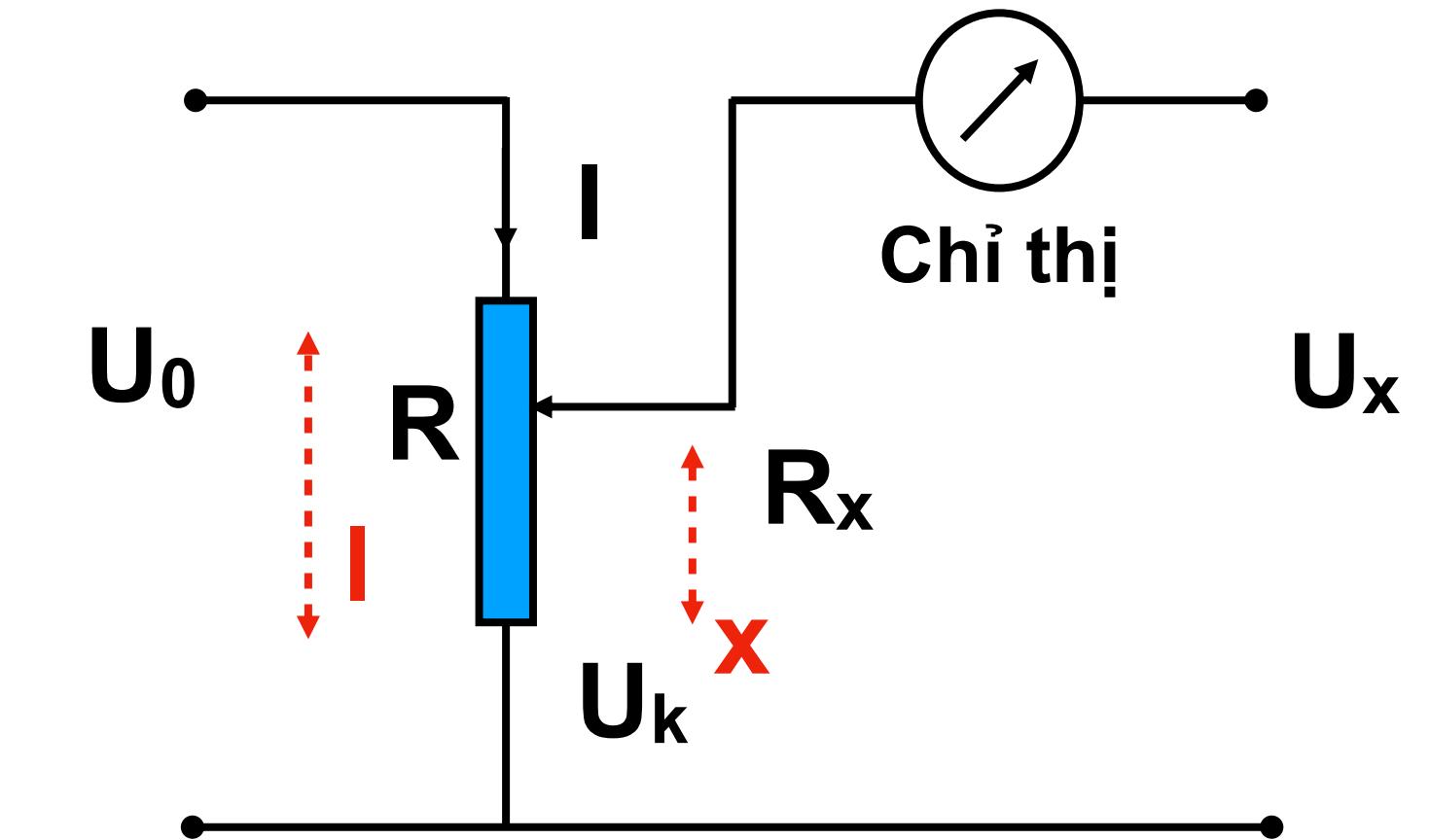
N được xác định từ **Bộ đếm** và được đưa sang khối **chỉ thị**



Đo điện áp kiểu so sánh

- Nguyên tắc cơ bản

- Cơ cấu sử dụng điện áp U_0 là điện áp nguồn chuẩn để tạo ra dòng điện I không đổi trên biến trở có độ chính xác cao
- Khi con trượt của biến trở thay đổi vị trí, điện áp tương ứng U_k cũng thay đổi tương ứng theo
- Điện áp U_k sẽ được so sánh với điện áp cần đo U_x
- Khi Chỉ thị chỉ 0, $U_x = U_k$. Vạch trên thân của biến trở sẽ thể hiện điện áp U_x tương ứng



$$R_x = \frac{R}{l} \cdot x$$

$$U_k = R_x \cdot I = \frac{R}{l} \cdot x \cdot I = \frac{U_0}{l} \cdot x$$

- Đọc kết quả

$$\Delta U = 0 \rightarrow U_x = U_k$$

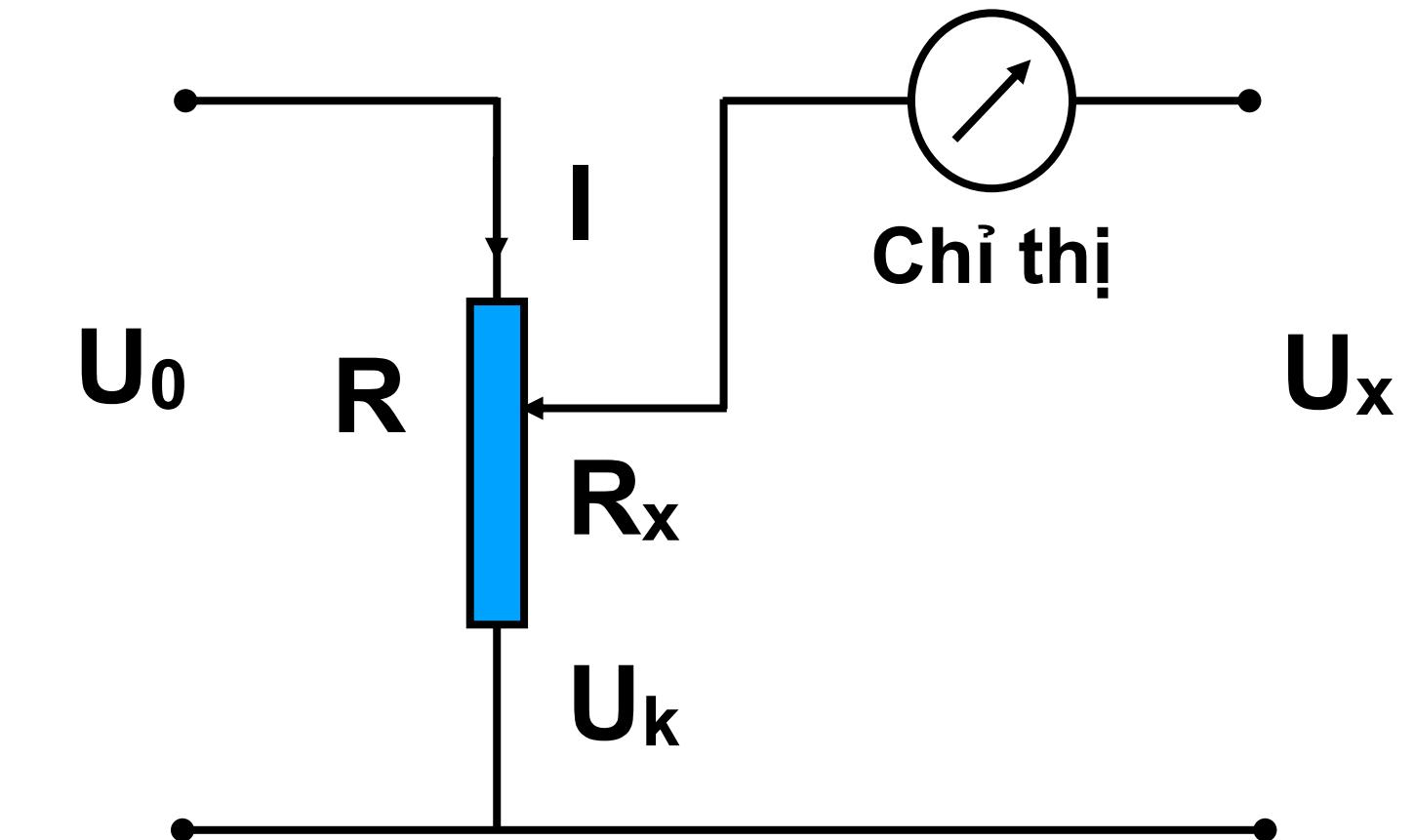
$$\Delta U \neq 0 \rightarrow U_x = U_k \pm \Delta U$$

Đo điện áp kiểu so sánh

- Đọc kết quả

$$\Delta U = 0 \rightarrow U_x = U_k$$

$$\Delta U \neq 0 \rightarrow U_x = U_k \pm \Delta U$$



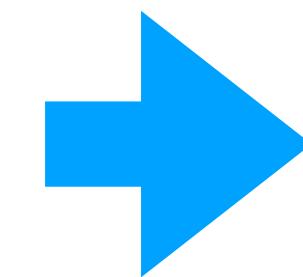
- Đặc điểm

- Độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào độ chính xác của biến trớ
- Theo thời gian, U_0 sẽ bị suy hao \rightarrow giảm độ chính xác

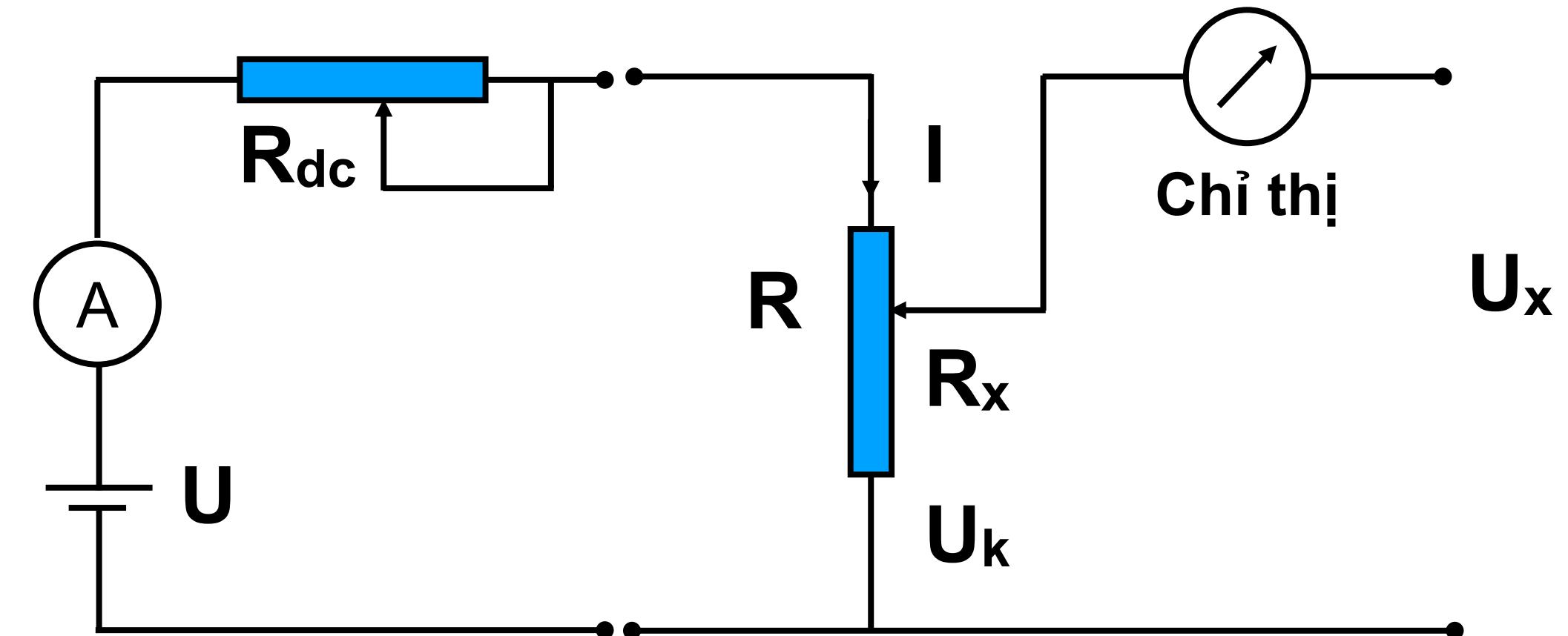
Đo điện áp kiểu so sánh cải tiến

- Nguyên tắc cải tiến

I được tạo từ nguồn
U₀ có thể bị **suy hao**



I được tạo từ nguồn U
và có thể được điều
chỉnh bởi biến trở R_{dc}



$$U_k = R_x \cdot I = \frac{R}{l} \cdot x \cdot I = \frac{R_{dc} \cdot I}{l} \cdot x$$

- Đặc điểm

- Dòng I có thể được điều chỉnh bởi R_{dc} trước khi đo nên suy hao của U không bị ảnh hưởng
- I có thể xác lập ở nhiều giá trị khác nhau → nhiều thang đo
- Mạch sử dụng 2 cơ cấu chỉ thị

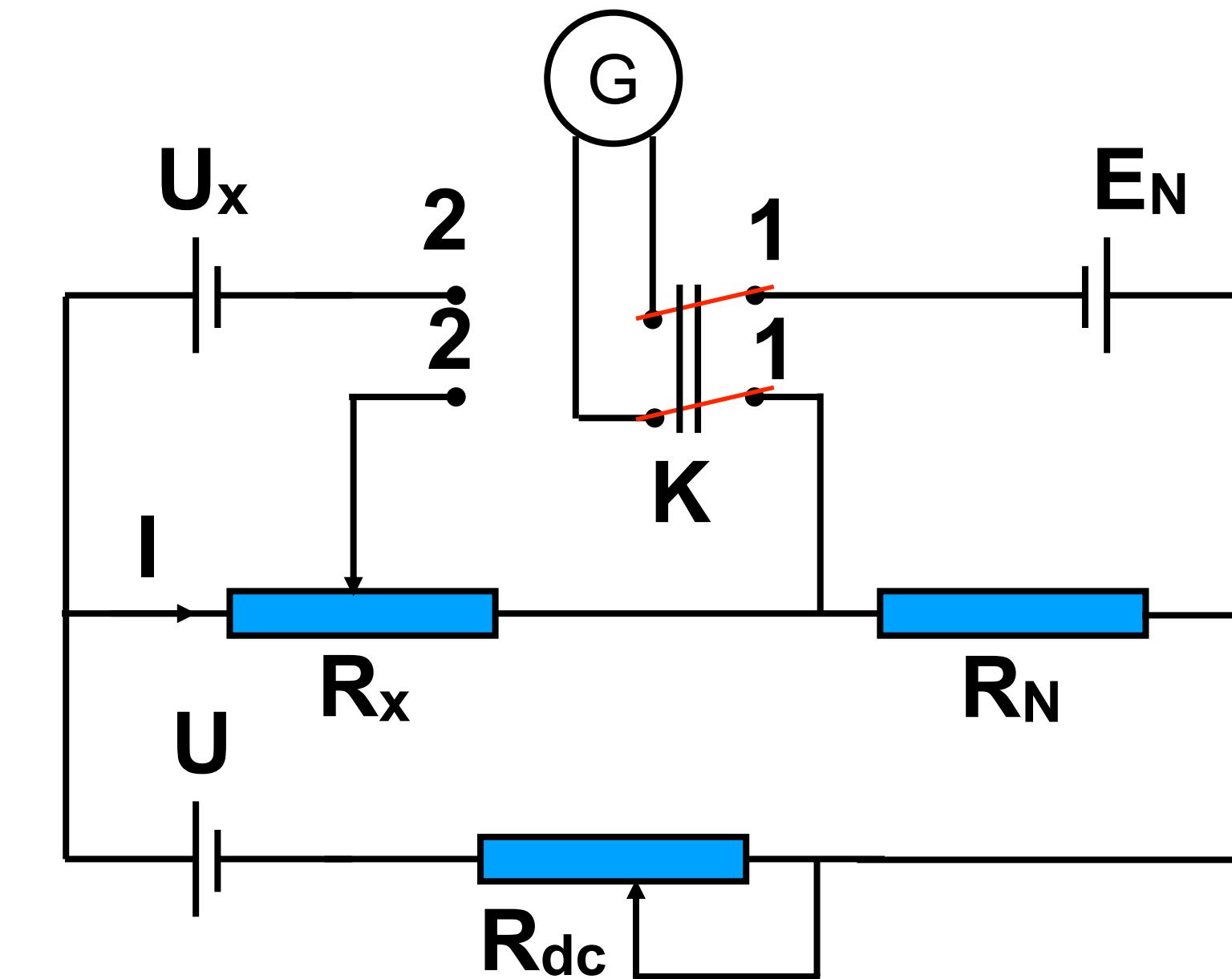
Đo điện áp kiểu so sánh cải tiến

- Nguyên tắc hoạt động

- **Bước 1:** Điều chỉnh dòng công tác I

* K ở vị trí 1-1: Điều chỉnh R_{dc} để điện thế kế G chỉ về 0. Khi đó

$$E_N = U_{R_N} \Leftrightarrow I = \frac{E_N}{R_N}$$



- **Bước 2:** Tiến hành đo điện áp U_x

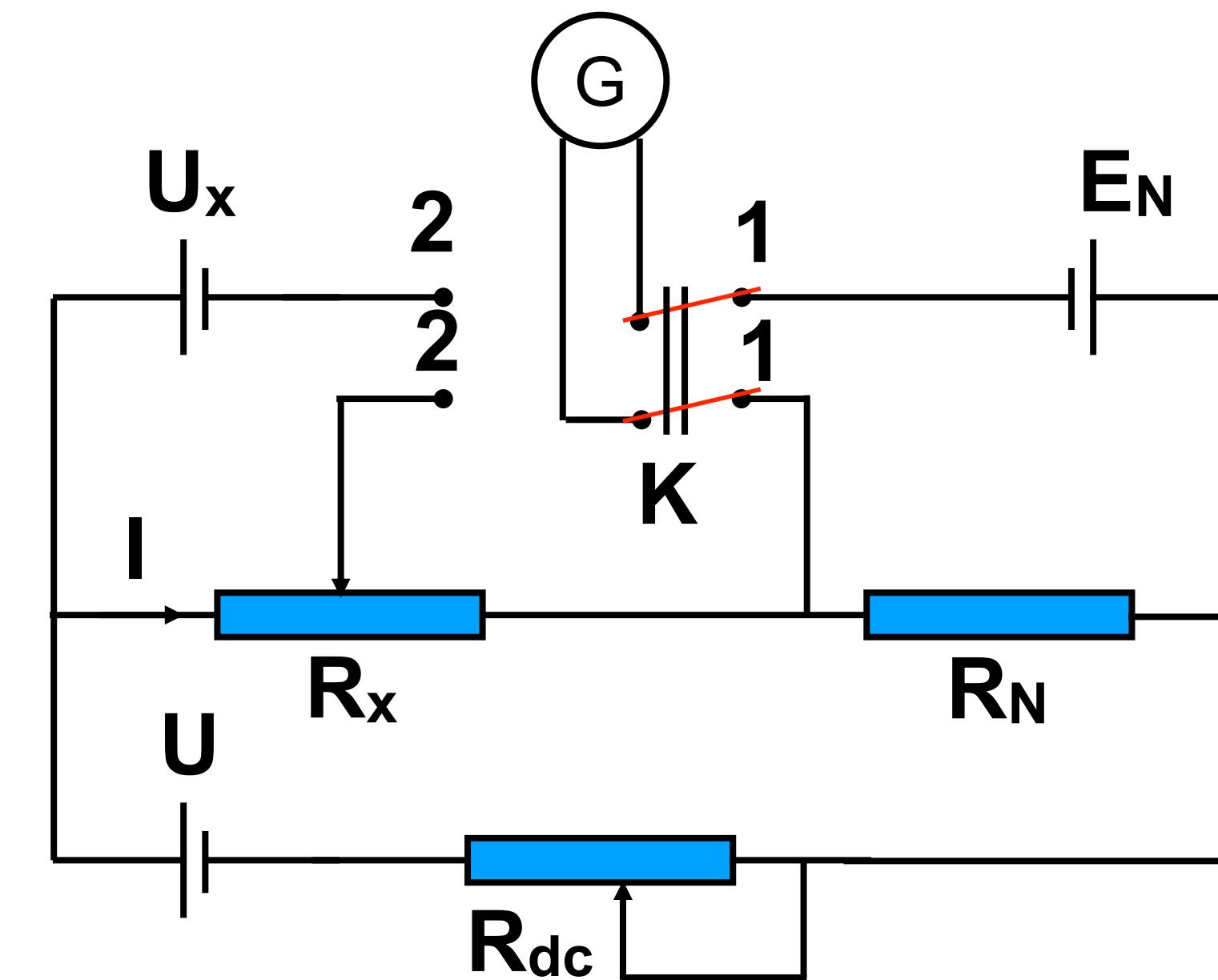
* K ở vị trí 2-2: Điều chỉnh R_x để điện thế kế chỉ 0.

Khi đó

$$U_x = I \cdot R_x \Leftrightarrow U_x = \frac{E_N}{R_N} \cdot R_x$$

Đo điện áp kiểu so sánh cải tiến

- Yêu cầu của E_N và R_N
 - E_N và R_N cần được chế tạo với độ chính xác cao. Thường sai số trong khoảng 0.01-0.001%
 - E_N thường là 1.01863 V
 - Tỉ số E_N/R_N là hằng số. Thường chọn $R_N = 10.1863 \Omega$ để $E_N/R_N = 0.1A$



Bài tập minh họa

1. Một dụng cụ từ điện có dòng cực đại qua chỉ thị là $100\mu A$ và điện trở cuộn dây $R_{CT} = 99 \Omega$. Tính điện trở shunt cần thiết để biến dụng cụ này thành một Ampe kế có độ lệch toàn thang đo là $1mA$ và $100mA$.
2. Một dụng cụ từ điện có độ lệch toàn thang $I_m = 1mA$ và $R_{CT} = 100\Omega$ được dùng như một Volt kế với các khoảng đo $100mV$, $1V$ và $10V$. Tính các giá trị điện trở phụ cần thiết cho các mạch với các điện trở phụ mắc nối tiếp, mắc song song