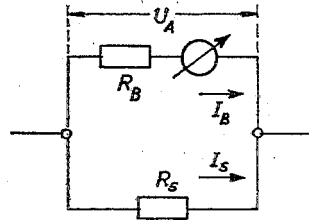


Ha a műszerünket áramerősség mérésére alkalmazzuk, méréshatárát a vele párhuzamosan kapcsolt sönt-ellenállással tudjuk kiterjeszteni (1. ábra).

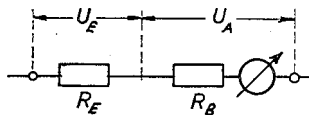


1. ábra

Maximálisan  $I_{\max} = 0,1$  A áramot kívánunk mérni. Ekkor a sönt-ellenálláson  $I_s = I_{\max} - I_A$  áram folyik, ahol  $I_A = 50 \mu A$  az alpműszer végkiterését okozó áram. Ebből:

$$(1) \quad R_s = \frac{U_A}{I_s} = \frac{R_B I_A}{I_s} \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \Omega.$$

$U_{\max} = 10$  V végkiterésű feszültségmérő készítésére a műszerrel egy előtétellenállást kapcsolunk sorba (2. ábra).



2. ábra

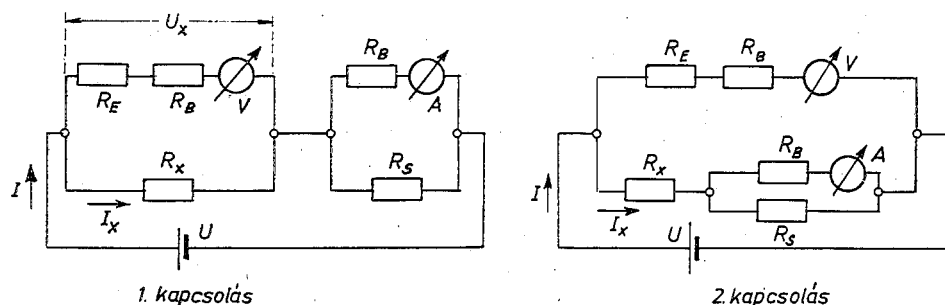
Maximális kitérésnél az  $R_E$  előtétellenálláson

$$U_E = U_{\max} - U_A = U_{\max} - R_B I_A$$

feszültség esik, ahonnan:

$$(2) \quad R_E = \frac{U_E}{I_A} = \frac{U_{\max}}{I_A} - R_B \approx 2 \cdot 10^5 \Omega.$$

A fentiekben számolt sönt- és előtét-ellenállás értékeket használva vizsgáljuk meg, hogy a feladatban szereplő két kapcsolás közül melyiket mikor célszerű alkalmazni ismeretlen ellenállás mérésére (3. ábra)!



3. ábra

Az első kapcsolásnál az  $R_x$ -en eső feszültséget pontosan mérjük, míg az árammérő műszer az  $R_x$  és  $R_E$  ellenálláson együttesen folyó áramot mutatja. Az ellenállást az

$$R_{\text{mért}} = U_{\text{mért}} / I_{\text{mért}}$$

Ohm törvényből számoljuk; a hibát az  $R_E$  ellenálláson folyó többletáram okozza. Ez akkor lesz kicsi, ha  $R_E \gg R_x$ , azaz az első kapcsolás kis ellenállások mérésére alkalmasabb. (Mivel  $I_{\text{mért}} > I_x$ , a ténylegesnél kisebb értéket kapunk.)

A második kapcsolásnál az áramot mérjük pontosan, a mért feszültség viszont az ampermérőn eső feszültséggel több. Ez a többletfeszültség akkor kicsi, ha  $R_s \ll R_x$ ; a második kapcsolás tehát nagy ellenállások mérésére alkalmasabb. ( $U_{\text{mért}} > U_x$ ; a mért ellenállásérték a valódinál nagyobb lesz.)

A  $100 \Omega$  nagyságrendű ellenállás mérésére a fenti kvalitatív becslés alapján nem tudjuk megmondani, hogy melyik kapcsolás alkalmasabb, hiszen mindkét feltétel teljesül. Pontosán kiszámíthatjuk tehát, hogy adott  $R_x$  ellenállásnál mi lesz a mért érték.

Az 1. kapcsolásnál:

$$U_{\text{mért}} = U_x, \quad I_{\text{mért}} = I_x + \frac{U_x}{R_E + R_B},$$

ahonnan

$$(3) \quad R_{\text{mért}} = \frac{U_x}{\frac{U_x}{R_x} + \frac{U_x}{R_E + R_B}} = \frac{R_E + R_B}{R_E + R_B + R_x} R_x.$$

A hiba

$$(4) \quad \Delta R_1 = R_x \left( 1 - \frac{R_E + R_B}{R_E + R_B + R_x} \right).$$

A 2. kapcsolásnál:

$$I_{\text{mért}} = I_x, \quad U_{\text{mért}} = U_x + I_x \frac{R_s R_B}{R_s + R_B},$$

ahonnan

$$(5) \quad R_{\text{mért}} = R_x + \frac{R_s R_B}{R_s + R_B}.$$

A hiba

$$(6) \quad \Delta R_2 = \frac{R_s R_B}{R_s + R_B}.$$

Vizsgáljuk meg, hogy mekkora ellenállást célszerű az első kapcsolással megmérni. Tehát nézzük meg, mikor teljesül az alábbi egyenlőtlenség:

$$\Delta R_1 < \Delta R_2, \quad R_x \left( 1 - \frac{R_E + R_B}{R_E + R_B + R_x} \right) < \frac{R_s R_B}{R_s + R_B}.$$

Ez  $R_x$ -re egy másodfokú egyenlőtlenség:

$$(7) \quad R_x^2 - R_x \frac{R_s R_B}{R_s + R_B} - \frac{(R_E + R_B) R_s R_B}{R_s + R_B} < 0.$$

A már korábban kiszámolt sönt- és előtétellenállás értékeit behelyettesítve a megoldás:

$$(8) \quad R_x < 22 \Omega.$$

22  $\Omega$  alatti ellenállások mérésére az 1., nála nagyobbakra a 2. kapcsolás alkalmasabb. Mind a 100  $\Omega$ , mind a 10 k $\Omega$  nagyságrendű ellenállást célszerű tehát a 2. kapcsolással mérni.

A (3) és (5) összefüggésekkel egyúttal választ adtunk az első kiegészítő kérdésre is. A mért értékből vissza tudunk számolni a tényleges  $R_x$  ellenállásra, ha ismerjük a műszer belső ellenállását. A (3) és (4) egyenletekből kifejezve  $R_x$ -et: az első kapcsolásnál

$$(9) \quad R_x = \frac{R_E + R_B}{R_E + R_B - R_{\text{mért}}} R_{\text{mért}},$$

a második kapcsolásnál

$$(10) \quad R_x = R_{\text{mért}} - \frac{R_s R_B}{R_s + R_B}.$$

Ha  $R_x = 500 \Omega$  és  $U = 4,5 \text{ V}$ , az első kapcsolásban az eredő ellenállás:

$$\frac{R_x(R_E + R_B)}{R_x + R_E + R_B} + \frac{R_s R_B}{R_s + R_B} \approx 498,75 \Omega.$$

Az ampermérő a főágban folyó áramot mutatja:

$$(11) \quad I = 4,5/498,75 \text{ A} = 9,02 \text{ mA},$$

míg a voltmérő az 500  $\Omega$ -os ellenálláson eső feszültséget:

$$(12) \quad U = IR_x \approx 4,5 \text{ V}.$$

A második kapcsolásban az ampermérő az  $R_x$ -en keresztülfolyó

$$(13) \quad I = U \frac{(R_E + R_B) \left( R_x + \frac{R_s R_B}{R_s + R_B} \right)}{R_E + R_B + R_x + \frac{R_s R_B}{R_s + R_B}} \approx 8,89 \text{ mA}$$

áramot mutatja, a voltmérő pedig pontosan a telepfeszültség

$$(14) \quad U = 4,5 \text{ V}$$

értékét.

500  $\Omega$ -os ellenállást mérve, az ideális műszerekkel nyerhető 9 mA és 4,5 V eredményektől való eltérés elhanyagolhatóan kicsi.

*Juhász Imre* (Pannonhalma, Bencés Gimn. IV. o. t. )

*Kerekes Csaba* (Kalocsa, I. István. Gimn. IV. o. t. )

dolgozata alapján