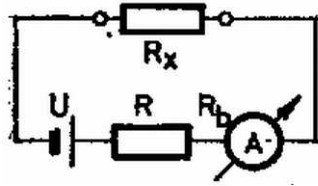


Legyen U a telep feszültsége ($U = 10\text{ V}$), R a beépítendő ellenállás, R_x a mérendő ellenállás, R_b pedig az alapműszer belső ellenállása. Ez utóbbit a rendelkezésre álló adatokból kiszámíthatjuk:

$$R_b = 50\text{ mV}/50\text{ }\mu\text{A} = 1000\text{ }\Omega = 1\text{ k}\Omega.$$

A három ellenállást többféleképpen kapcsolhatjuk.

I. Soros kapcsolás (l. az 1. ábrát).



1. ábra

A három ellenállás eredője $R + R_b + R_x$. Az egész áramkörre Ohm törvényét alkalmazva:

$$(1) \quad I = \frac{U}{R + R_b + R_x},$$

így

$$(2) \quad R = (U/I) - R_b - R_x.$$

A beállításnál az a cél, hogy a megadott háromféle R_x ellenállásnál a műszer mindig középállásban legyen, mert ezek csak hozzávetőlegesen megadott értékek, a mért ellenállások ennél kisebbek és nagyobbak is lehetnek. A műszer végkitérése $50\text{ }\mu\text{A}$, így középállásban $25\text{ }\mu\text{A}$ -t mutat.

$$a) R_x = 100\text{ }\Omega = 0,1\text{ k}\Omega.$$

Ennél az értéknél tehát a műszernek $I = 25\text{ }\mu\text{A}$ -t kell jeleznie. Így (2) alapján már ki tudjuk számítani a beépítendő R ellenállást:

$$R = (10\text{ V}/25\text{ }\mu\text{A}) - 1\text{ k}\Omega - 0,1\text{ k}\Omega \approx 400\text{ k}\Omega.$$

Nézzük meg, hogy ennél az ellenállásnál hogy alakul a műszer skálája.

Legyen pl. $R_x = 10\text{ }\Omega$, akkor (1) alapján:

$$I = \frac{10\text{ V}}{400\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega + 10\text{ }\Omega} \approx 25\text{ }\mu\text{A}.$$

Hasonlóan ha $R_x = 1\text{ k}\Omega$, akkor $I \approx 25\text{ }\mu\text{A}$. Tehát látható, hogy ez a kapcsolás a $100\text{ }\Omega$ körüli ellenállásokat nem tudja jól mérni, hiszen különböző ellenállások esetén a műszer mindig $25\text{ }\mu\text{A}$ -t mutat.

b) $R_x = 10\text{ k}\Omega$ esetén a műszer mutatója szintén középen kell hogy legyen, tehát $I = 25\text{ }\mu\text{A}$. (2) alapján a szükséges ellenállás:

$$R = (10\text{ V}/25\text{ }\mu\text{A}) - 1\text{ k}\Omega - 10\text{ k}\Omega = 389\text{ k}\Omega.$$

Nézzük meg ezekkel az adatokkal a skála alakulását:

$$R_x = 10\text{ k}\Omega \quad I = \frac{10\text{ V}}{389\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega + 50\text{ k}\Omega} = 25,5\text{ }\mu\text{A},$$

$$R_x = 50\text{ k}\Omega \quad I = \frac{10\text{ V}}{389\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega + 50\text{ k}\Omega} = 22,7\text{ }\mu\text{A},$$

$$R_x = 100\text{ k}\Omega \quad I = \frac{10\text{ V}}{389\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega + 100\text{ k}\Omega} = 20,4\text{ }\mu\text{A}.$$

Ez a skála már jobb, mint az előző, de ez a kapcsolás még mindig túl érzékenlen.

$$c) R_x = 100\text{ k}\Omega, \quad I = 25\text{ }\mu\text{A}.$$

Ebben az esetben is kiszámoljuk a beépítendő R ellenállást (2) szerint:

$$R = \frac{10\text{ V}}{25\text{ }\mu\text{A}} - 1\text{ k}\Omega - 100\text{ k}\Omega = 299\text{ k}\Omega.$$

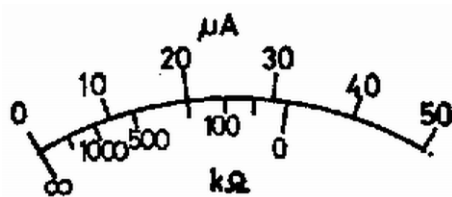
A mérendő R_x és a hozzá tartozó I értékek kiszámolására itt is nézzünk meg néhány példát az (1) szerint:

$$\begin{aligned} R_x = 10\text{ k}\Omega & \quad I = 32,3\text{ }\mu\text{A}, \\ R_x = 500\text{ k}\Omega & \quad I = 12,5\text{ }\mu\text{A}, \\ R_x = 1000\text{ k}\Omega & \quad I = 7,7\text{ }\mu\text{A}. \end{aligned}$$

Még három áramerősséget kiszámítva megrajzolhatjuk a skálát:

$$\begin{aligned} R_x &= 0 \text{ k}\Omega & I &= 33,3 \text{ }\mu\text{A}, \\ R_x &= 50 \text{ k}\Omega & I &= 28,5 \text{ }\mu\text{A}, \\ R_x &= 2000 \text{ k}\Omega & I &= 4,3 \text{ }\mu\text{A}. \end{aligned}$$

(l. a 2. ábrát).

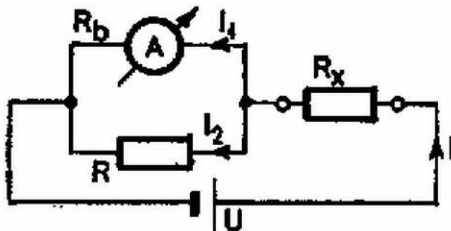


2. ábra

Látható, hogy ez a műszer már alkalmas ellenállásmérésre.

Összefoglalva: ez a kapcsolás a 100 kΩ körüli ellenállásértékek mérésére a legcélszerűbb.

II. A műszert és a beépítendő ellenállást párhuzamosan kapcsoljuk (3. ábra).



3. ábra

Kirchhoff és Ohm törvényei szerint

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2, & \text{így} & & I_2 &= I - I_1, \\ RI_2 &= R_b I_1, & \text{így} & & R &= \frac{R_b I_1}{I_2}, \end{aligned}$$

azaz

$$(3) \quad R = \frac{R_b I_1}{I - I_1}.$$

Az R_x ellenállásra eső feszültséget $U = 10 \text{ V}$ -nak vesszük, mert a műszerre eső maximális feszültség 50 mV, így ez elhanyagolható a 10 V mellett:

$$(4) \quad I = U/R_x.$$

a) $R_x = 100 \text{ }\Omega$ esetén a műszernek középállásban kell lennie, így a rajta átfolyó áram $I_1 = 25 \text{ }\mu\text{A}$. (4) szerint

$$I = U/R_x = 10 \text{ V}/100 \text{ }\Omega = 10^5 \text{ }\mu\text{A} = 0,1 \text{ A}.$$

(3) alapján a beépített ellenállás

$$R = \frac{100 \text{ }\Omega \cdot 25 \text{ }\mu\text{A}}{10^5 \text{ }\mu\text{A} - 25 \text{ }\mu\text{A}} = 0,25 \text{ }\Omega.$$

A skála elkészítéséhez nézzünk 100 Ω körüli értékeket:

$$R_x = 50 \text{ }\Omega \quad I = U/R_x = 0,2 \text{ A}.$$

A műszeren átfolyó áram kiszámításához (3)-ból kifejezzük I_1 -et:

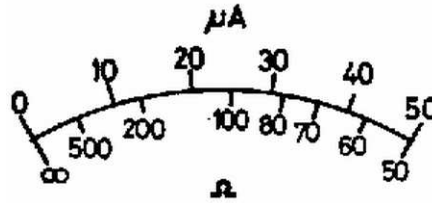
$$(5) \quad I_1 = \frac{RI}{R + R_b}$$

Behelyettesítve:

$$I_1 = 50 \text{ }\mu\text{A}.$$

Hasonló módon kiszámolható még több R_x érték és a hozzá tartozó I_1 . Ezeket most táblázatba foglaljuk:

$R_x \text{ (}\Omega\text{)}$	50	60	70	80	100	200	500
$I_1 \text{ (}\mu\text{A)}$	50	41,7	35,7	31,25	25	12,5	5



4. ábra

Látható, hogy az ellenállás növelésével az áramerősség csökken. A táblázatból kiderül az alsó méréshatár is, hiszen a műszer maximális kitérése $50 \mu\text{A}$, így a legkisebb ellenállás, amit ezzel az összeállítással mérni tudunk, 50Ω . A skálát a 4. ábrán rajzoltuk meg.

b) $R_x = 10 \text{ k}\Omega$, $I_1 = 25 \mu\text{A}$,

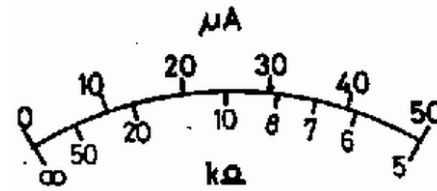
$$I = U/R_x = 10 \text{ V}/10 \text{ k}\Omega = 1000 \mu\text{A}.$$

(3) alapján a beépítendő ellenállás:

$$R = \frac{1000 \Omega \cdot 25 \mu\text{A}}{1000 \mu\text{A} - 25 \mu\text{A}} = 25,6 \Omega.$$

A (4) és (5) képletek alapján ismét kiszámíthatjuk a műszer skáláját (1. az 5. ábrát), a műszer jól használható.

$R_x \text{ (k}\Omega\text{)}$	5	6	7	8	10	50	100
$I_1 \text{ (}\mu\text{A)}$	50	41,7	35,8	31,2	25	5	2,5



5. ábra

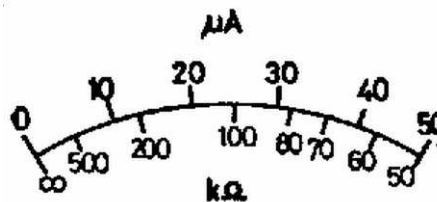
c) $R_x = 100 \text{ k}\Omega$, $I_1 = 25 \mu\text{A}$,

$$I = 10 \text{ V}/100 \text{ k}\Omega = 100 \mu\text{A},$$

$$R = \frac{1000 \Omega \cdot 25 \mu\text{A}}{100 \mu\text{A} - 25 \mu\text{A}} = 333,3 \Omega.$$

Az előzőekhez hasonlóan a műszer skálája (4) és (5) szerint a következőképpen alakul (l. a 6. ábrát)

$R_x \text{ (k}\Omega\text{)}$	50	60	70	80	100	500	1000
$I_1 \text{ (}\mu\text{A)}$	50	41,7	35,7	31,25	25	5	2,5

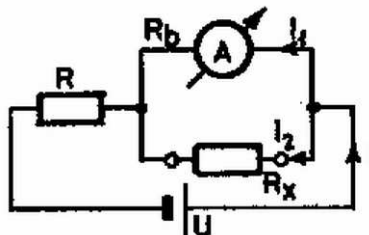


6. ábra

A műszer most is jól használható.

Összefoglalva tehát: ennél a kapcsolásnál különböző beépített ellenállások esetén jól lehet mérni a műszerrel.

III. Most párhuzamosan kapcsoljuk a műszert és a mérendő ellenállást (7. ábra). Hasonlóan a II. esethez



7. ábra

$$(6) \quad I = I_1 + I_2$$

$$(7) \quad R_b I_1 = R_x I_2, \quad \text{így} \quad I_2 = \frac{R_b I_1}{R_x},$$

$$(8) \quad I = U/R, \quad \text{így} \quad R = U/I.$$

$$a) R_x = 100 \, \Omega, \quad I_1 = 25 \, \mu\text{A}.$$

(7) alapján

$$I_2 = \frac{1000 \, \Omega \cdot 25 \, \mu\text{A}}{100 \, \Omega} = 250 \, \mu\text{A}.$$

Ezért

$$I = I_1 + I_2 = 275 \, \mu\text{A},$$

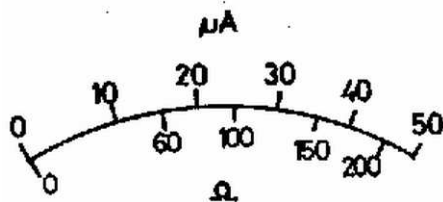
$$R = U/I = 10 \, \text{V}/275 \, \mu\text{A} = 36,3 \, \text{k}\Omega.$$

Nézzük meg, hogy ez az összeállítás milyen skálát eredményez. Ehhez újabb számolás szükséges, hiszen most I_1 lesz a kérdés, ezt a (6) és (7) segítségével adhatjuk meg:

$$I_1 = \frac{R_x I}{R_b + R_x}.$$

Különböző R_x értékek esetén kiszámolva a műszeren átfolyó áramot, a következő skálát kapjuk:

$R_x \, (\Omega)$	60	100	150	200
$I_1 \, (\mu\text{A})$	15,6	25	35,8	45,8



8. ábra

Látható, hogy itt csak szűk méréstartományban használhatjuk a műszert, mert 200 Ω már majdnem az 50 μA -es végkitérést jelenti. A műszer skáláját a 8. ábra mutatja.

$$b) R_x = 10 \, \text{k}\Omega, \quad I_1 = 25 \, \mu\text{A}.$$

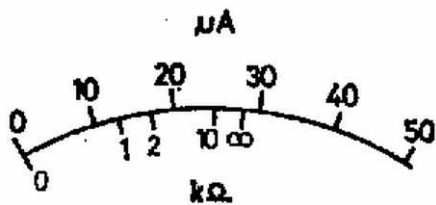
(7) alapján

$$I_2 = \frac{1 \, \text{k}\Omega \cdot 25 \, \mu\text{A}}{10 \, \text{k}\Omega} = 2,5 \, \mu\text{A}.$$

$$(6) \text{ szerint } I = 27,5 \, \mu\text{A}, \text{ így } R = \frac{10 \, \text{V}}{27,5 \, \mu\text{A}} = 363,6 \, \text{k}\Omega.$$

A skála (9. ábra):

$R_x \, (\text{k}\Omega)$	1	2	10	40	100
$I_1 \, (\mu\text{A})$	13,8	18,3	25	26,8	27,2



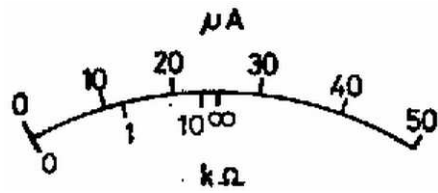
9. ábra

Itt már nagyon sűrűsödnek az árammérőn az értékek, így a mérés elég pontatlan.

$$c) R_x = 100 \, \text{k}\Omega, \quad I_1 = 25 \, \mu\text{A}.$$

(7) alapján $I_2 = 0,25 \, \mu\text{A}$, így $I = 25,25 \, \mu\text{A}$, tehát $R = 396 \, \text{k}\Omega$. A skála (10. ábra):

$R_x \, (\text{k}\Omega)$	1	10	100	300	500
$I_1 \, (\mu\text{A})$	12,6	22,95	25	25,16	25,2



10. ábra

Ezek az értékek már nem olvashatók le megfelelő pontossággal, így ennél az ellenállásnál ez a kapcsolás használhatatlan.

Összefoglalva: a III. kapcsolásnál legjobban a 100 Ω körüli értékek mérhetők.