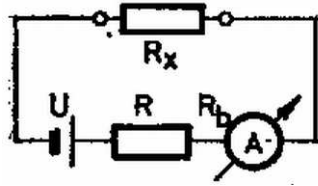


Legyen  $U$  a telep feszültsége ( $U = 10 \text{ V}$ ),  $R$  a beépítendő ellenállás,  $R_x$  a mérendő ellenállás,  $R_b$  pedig az alapműszer belső ellenállása. Ez utóbbit a rendelkezésre álló adatokból kiszámíthatjuk:

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

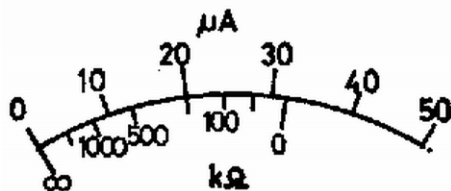
A mérendő  $R_x$  és a hozzá tartozó  $I$  értékek kiszámolására itt is nézzünk meg néhány példát az (1) szerint:

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

Még három áramerősséget kiszámítva megrajzolhatjuk a skálát:

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

(l. a 2. ábrát).

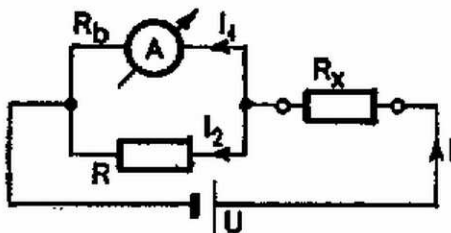


2. ábra

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

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

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  $50 \text{ mV}$ , így ez elhanyagolható a  $10 \text{ V}$  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  $100 \text{ }\Omega$  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:

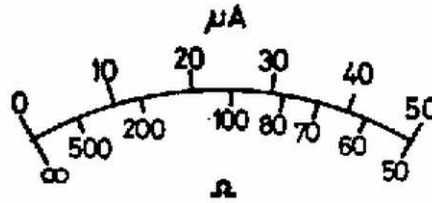
$$(5) \quad I_1 = \frac{RI}{R + R_b}$$

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,  $50 \Omega$ . A skálát a 4. ábrán rajzoltuk meg.

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

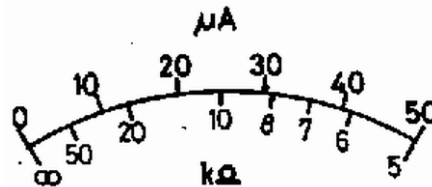
$$I = U/R_x = 10 \text{ V}/10 \text{ k}\Omega = 1000 \mu\text{A}.$$

(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.

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



5. ábra

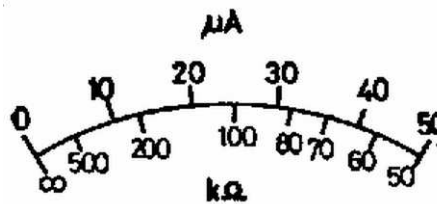
c)  $R_x = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $I_1 = 25 \mu\text{A}$ ,

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

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

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

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

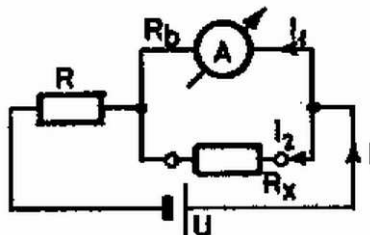


6. ábra

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

(7) alapján

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

Ezért

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

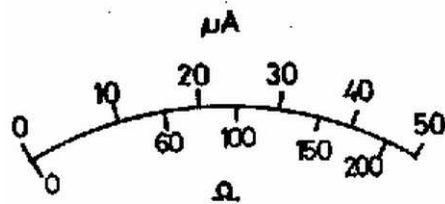
$$R = U/I = 10 \text{ V} / 275 \mu\text{A} = 36,3 \text{ k}\Omega.$$

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  $200 \Omega$  már majdnem az  $50 \mu\text{A}$ -es végkitérést jelenti. A műszer skáláját a 8. ábra mutatja.

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

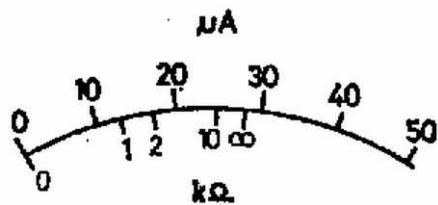
(7) alapján

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

(6) szerint  $I = 27,5 \mu\text{A}$ , 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



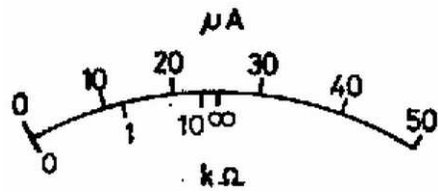
9. ábra

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

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

(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  $\Omega$  körüli értékek mérhetőek.