

## 4. EGYENÁRAMÚ MÉRÉSEK

### A gyakorlat célja:

Ismerkedés az áram- és feszültségmérő műszerekkel; áramkör összerakása kapcsolási rajz alapján; potenciométer használata; feszültségosztó és kompenzációs feszültségmérés megértése.

### Előismeret:

Elektromos áram, potenciál, feszültség, ellenállás. Az Ohm-törvény. Kirchhoff-törvények.

Ellenállások soros és párhuzamos kapcsolása.

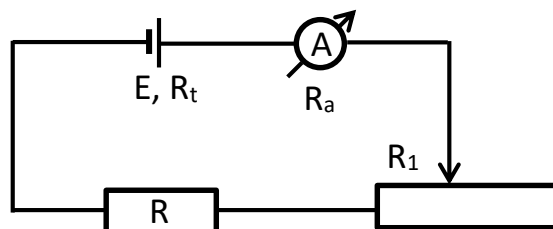
Telep elektromotoros ereje és belső ellenállása, kapocsfeszültség.

Műszerek bekötése, belső ellenállása.

## ELMÉLET

### 4.1. Soros áramkörszabályozás

Az 1. ábrán látható áramkörben az R ellenálláson (a „fogyasztón”) átfolyó áram nagyságát (és a rajta eső feszültséget és a teljesítményt) tudjuk változtatni a vele sorosan kötött R<sub>1</sub> változtatható ellenállás állításával:



1. ábra: Soros áramkörszabályozás

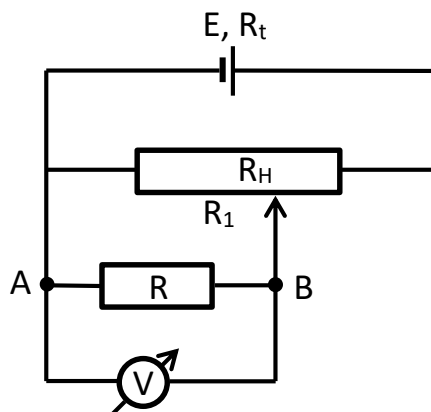
Az R<sub>1</sub> ellenállás értékét változtatva megváltozik az áramkör összellenállása, így tudjuk szabályozni az R ellenálláson átfolyó áram nagyságát. Az áramkörben folyó áram nagysága:

$$I = \frac{E}{R_1 + R + R_t + R_a}, \quad (1)$$

ahol E a telep elektromotoros ereje, R<sub>t</sub> a telep, R<sub>a</sub> pedig az ampermérő belső ellenállása.

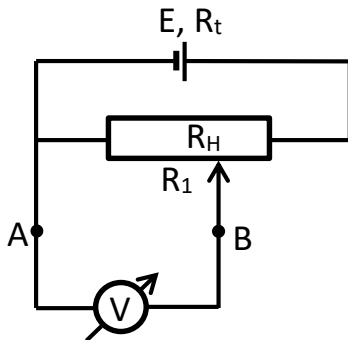
### 4.2. Potenciometrikus feszültség szabályozás, feszültségosztó

A 2. ábrán látható áramkörben az R ellenálláson eső U<sub>AB</sub> feszültség nagyságát (és a rajta átfolyó áramot és a teljesítményt) tudjuk változtatni a vele párhuzamosan kötött változtatható ellenállással:

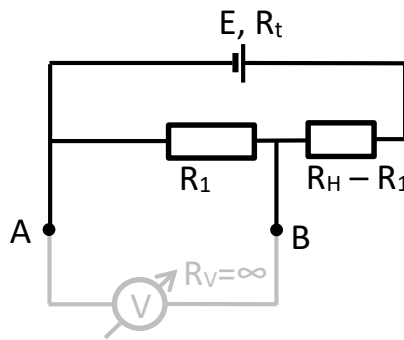


2. ábra: Potenciometrikus feszültség szabályozás

Ha nem lenne ellenállás bekötve az A és B pontok közé (azaz az A és B pontok közötti ellenállás  $R = \infty$  lenne), és ideális (végtelen belső ellenállású) feszültségmérővel mérnénk az  $U_{AB}$  feszültséget, akkor az  $U_{AB}$  feszültség az  $R_1$  növelésével lineárisan nőne:



**3. ábra:** Potenciometrikus feszültség szabályozás  $R$  terhelő ellenállás nélkül



**4. ábra:** A 3. ábra áramköre átrajzolva: a helipotot a csúszka két ellenállásra vágja, átrajzolható két ellenállásként; az ideális voltmérőn nem folyik áram.

Mivel az A és B pontok közé nincs bekötve terhelő  $R$  ellenállás, és az ideális voltmérő ellenállása végtelen, ezért ilyenkor áram csak a telepen és a helipoton folyik át. Az áram nagysága

$$I = \frac{E}{R_1 + (R_H - R_1) + R_t} = \frac{E}{R_H + R_t}, \quad (2)$$

látható, hogy az  $R_1$  értékétől független. Az  $R_1$  ellenálláson eső feszültség ekkor

$$U_{AB}(R_1, \infty) = I R_1 = \frac{E}{R_H + R_t} R_1, \quad (3)$$

vagyis terhelő ellenállás nélkül az  $U_{AB}$  feszültség az  $R_1$ -nek lineáris függvénye.

A potenciometrikus áramkörrel terhelő  $R$  ellenállás nélkül tehát az A és B pontok közötti feszültséget az  $R_1$  állításával lineárisan tudjuk változtatni (ld. az 5. ábrán az egyenest).

Az A és B pontok közé  $R$  ellenállást bekötve viszont  $R_1$  állításával változik a kör eredő ellenállása:

$$R_e = \frac{R_1 R}{R_1 + R} + (R_H - R_1) + R_t, \quad (4)$$

és változik a telepen átfolyó áram nagysága is:

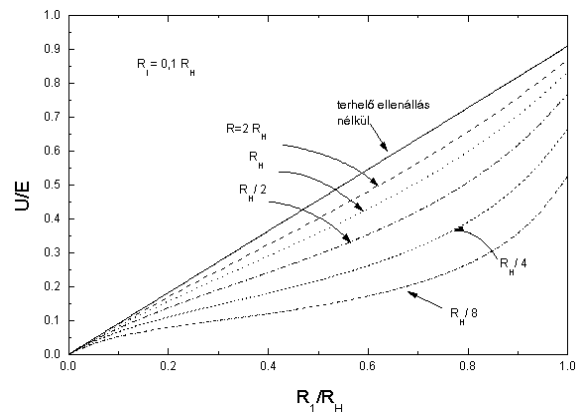
$$I = \frac{E}{R_e} = \frac{E}{\frac{R_1 R}{R_1 + R} + (R_H - R_1) + R_t}. \quad (5)$$

Az  $R$  ellenálláson eső feszültséget ekkor az alábbi függvény írja le:

$$U_{A,B}(R_1, R) = I \frac{R_1 R}{R_1 + R} = E \frac{\frac{R_1 R}{R_1 + R}}{\frac{R_1 R}{R_1 + R} + (R_H - R_1) + R_t} \quad (6)$$

Ez  $R_1$ -nek nemlineáris függvénye, ilyenkor az A és B pontok közti feszültség adott  $R$ -nél a helipot  $R_1$  ellenállásának növelésével monoton módon, de nem lineárisan változik (ld. az 5. ábrát).

Minél nagyobb az  $R$  terhelő ellenállás értéke, annál jobban megközelíti a függvény a (3) egyenest, amit akkor kapunk, ha  $R$  értéke "végtelen" nagy.



**5. ábra:** Potenciometrikus szabályozás terhelő ellenállás nélkül (egyenes), ill. különböző nagyságú terhelő ellenállásokkal (görbék). (Ezen az ábrán a tengelyeken relatív mennyiségek szerepelnek.)

### 4.3. Kompenzációs feszültségmérés (Ehhez egy rövid közös mérési feladat kapcsolódik)

Voltmérővel úgy mérjük meg a hálózat két pontja között a feszültséget, hogy párhuzamosan kötjük a voltmérőt a mérendő elemmel, ill. hálózatrésszel. Ilyenkor a voltmérő része lesz az áramkörnek, tulajdonképpen egy új ágat nyitunk a mérendő hálózatrésszel párhuzamosan, az áramkör megváltozik, és így a mért feszültség különbözni fog attól az értéktől, melyet mérni akartunk. Ideális voltmérő belső ellenállása végtelen, vagyis nem folyik át rajta áram. A mérésnél használt digitális voltmérőnk belső ellenállása több tíz MΩ, emiatt egy kicsi áram folyik át a voltmérőn, és az ebből eredő eltérés pontos méréseknél nem hanyagolható el.

Az olyan aktív kétpólus esetében (pl. galvánelem), melynek nagy a belső ellenállása, vagy csak nagyon kis áramerősséggel terhelhető, különben „kimerül” (pl. elektrokémiában az **elektródpotenciálok mérésénél**), olyan módszert kellene választani feszültségméréshez, melynél nem folyik áram a mérendő feszültségforráson keresztül. Erre ad lehetőséget a **kompenzációs elv**, amikor a mérendő feszültséget egy ismert feszültséggel hasonlítjuk össze.

Általánosan a kompenzációs elven való mérés azt jelenti, hogy a mérendő mennyiséget összehasonlítjuk egy tetszőlegesen változtatható mennyiséggel, és a változtatható mennyiséget addig változtatjuk, amíg azt nem detektáljuk, hogy a két mennyiség egyenlő, ekkor leolvassuk a változtatott mennyiséget (ilyen pl. a kétkarú mérleggel történő „kompenzációs” tömegmérés). Az ilyen méréshez nincs szükség skálázott mérőeszközre, csak egy nulldetektorra, ami az egyenlőséget jelzi (pl. a mérleg nyelve).

A kompenzációs feszültségmérés azt jelenti, hogy a mérendő feszültségforrással szembe egy változtatható feszültségű forrást kötünk, melynek a feszültségét úgy állítjuk be, hogy az áramerősség nulla legyen, amit egy érzékeny ampermérővel (galvanométerrel) detektálunk. A kompenzált (árammentes) állapotban a kompenzátorral előállított feszültség és a mérendő feszültség nagysága megegyezik. **Nagyon fontos, hogy a feszültségosztó telepének és a mérendő feszültségforrásnak az azonos előjelű pólusai érintkezzenek**, különben a két feszültség összeadódik, és nem lehet kompenzálni a kört (vagyis nem érhető el az az állapot, hogy nem folyik áram).

A változtatható feszültséget a potenciometrikus szabályozásnál megismert feszültségosztó áramkörrel állíthatjuk elő. A 6. ábrán látható a kapcsolás vázlata.

Ha elég pontosan ismerjük a feszültségosztó telepének a feszültségét, akkor a (3) képlettel tudjuk kiszámolni a beállított feszültséget. Általában azonban a kompenzátor telepének  $E_s$  elektromotoros ereje nem ismert olyan pontossággal, mint amilyen pontos mérésre a helipot lehetőséget adna, ezért egy ismert  $E_0$  elektromotoros erejű feszültségétalon segítségével növelhetjük a mérés pontosságát. Először beállítjuk az árammentes állapotot a feszültségétalonnal, ekkor

$$E_0 = \frac{E_s}{R_H + R_t} R_{1,0} = \frac{E_s}{R_H + R_t} \cdot \frac{n_0}{1000} R_H, \quad (7a)$$

majd a mérendő  $E_x$  feszültséggel is, ekkor

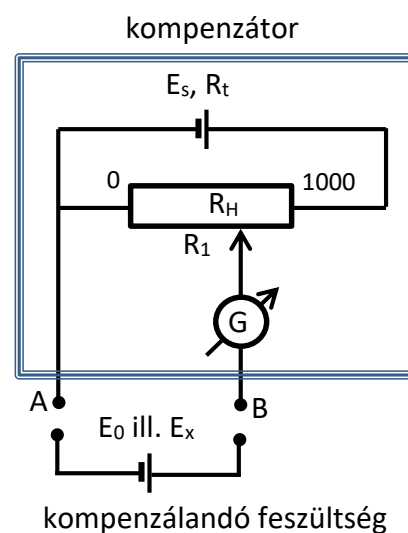
$$E_x = \frac{E_s}{R_H + R_t} R_{1,x} = \frac{E_s}{R_H + R_t} \cdot \frac{n_x}{1000} R_H. \quad (7b)$$

Az  $n$  értékeket (skálárészeket) ld. később a 6. oldalon a (9) képletben.

A két egyenletet elosztva egymással  $E_s$ ,  $R_t$  és  $R_H$  kiesik:

$$\frac{E_x}{E_0} = \frac{R_{1,x}}{R_{1,0}} = \frac{n_x}{n_0}, \quad (8)$$

tehát a számoláshoz a helipoton beállított ellenállások / skálárészek arányát használhatjuk fel.



6. ábra

**JEGYZŐKÖNYV BEVEZETÉS**

a mérés elvégzésének tényleges dátuma	az együtt dolgozó hallgatók neve	csoporszá- szám
<b>4. EGYENÁRAMÚ MÉRÉSEK</b>	a mérésvezető neve	

**4.1. Soros áramkörszabályozás**

Rajzolja le az áramkör kapcsolási rajzát és nevezze meg az egyes áramköri elemeket.

Írja le, hogy mit kell állítani és mi a leolvasandó mennyiség.

Mi a mérés célja, azaz milyen mennyiségek lesznek kiszámolva?

**4.2. Potenciometrikus feszültségszabályozás**

Rajzolja le az áramkör kapcsolási rajzát és nevezze meg az egyes áramköri elemeket.

Írja le, hogy mit kell állítani és mi a leolvasandó mennyiség.

Mi a mérés célja, azaz milyen mennyiségek lesznek kiszámolva?

**4.3. Kompenzációs feszültségmérés**

Ehhez nem kell semmit írni.

## MÉRÉSEK

### A szükséges eszközök:

- Mérőszinórok banándugóval

- **M** Digitális kijelzésű univerzális mérőműszer

A műszert két vezetékkel kötjük be, az egyiket mindig a COM jelű lyukba tesszük, a másik bemenetet a mérendő mennyiségnek megfelelően választjuk ki.

A kijelzett értéket mindig a méréshatárnál jelzett prefixummal és mértékegységgel együtt olvassuk le.

A műszer egyenfeszültség esetén a mért áramot és feszültséget előjellel együtt mutatja (ami akkor pozitív, ha a COM bemenet van a negatívabb potenciálon).

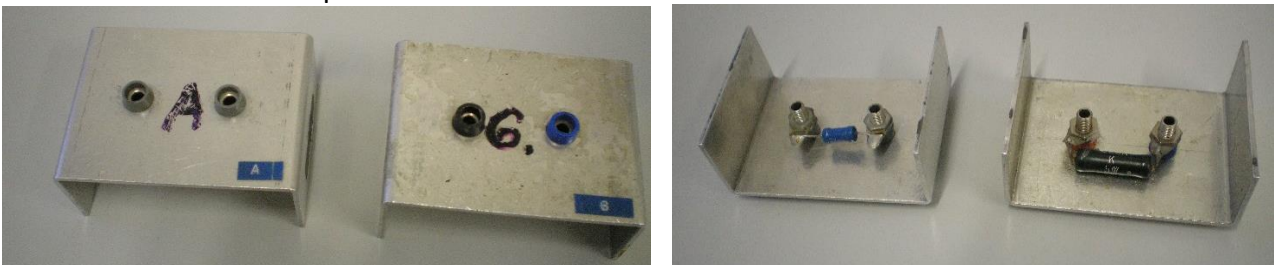
Mindig a lehető legkisebb méréshatáron mérjük. Viszont mérési sorozat felvétele közben (különösen árammérés esetén) ne változtassuk a méréshatárt, mert ezzel megváltozik a műszer belső ellenállása, és ez befolyásolhatja a mérési eredményt. Ha a mérendő érték nem fér bele az aktuális méréshatárba, azt a kijelzőn megjelenő „1” jelzi.

A műszeren levő HOLD és \* gombok ne legyenek benyomva (a HOLD-ot benyomva a műszer az aktuális mérés helyett a legutoljára mért értéket mutatja, a \* gomb a kijelző világítását kapcsolja be).



7. ábra: Univerzális mérőműszer

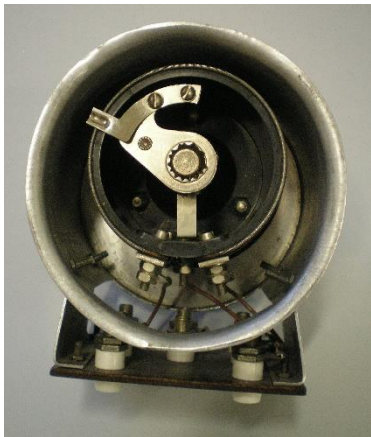
- **R** Állandó ellenállások panelra szerelve



8. ábra: Állandó ellenállások

• **H Helipot (azaz helikális potenciométer)**

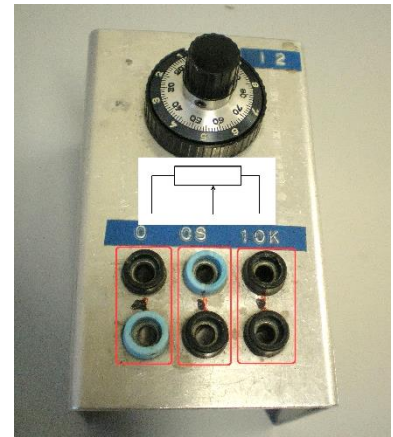
A potenciométer egy olyan ellenállás, aminek nem csak a két végén van egy-egy kivezetése, hanem van egy harmadik is – a csúszó érintkező, vagy röviden „csúszka” –, amelynek helyzete állítható egy tekerővel az ellenállás két vége között tetszőleges helyzetbe.



9. ábra: Potenciométer



10. ábra: Helipot belseje



11. ábra: Helipot panelre szerelve

A helipot olyan potenciométer, ahol a csúszka egy henger palástján, csavarvonalban halad.

A helipot panelra van szerelve. A panelon mindhárom kivezetés (a helipot két vége és a csúszka) meg van duplázva (az egymás alatti kivezetések össze vannak kötve a panel hátoldalán), hogy megkönnyítsék az elágazások szerelését.

A szélső kivezetések a helipot végpontjaihoz, a középső kivezetések a helipot csúszkájához csatlakoznak.

A helipot el van látva egy 10 fordulatú, fordulatonként 100-as osztású (azaz 0-tól 1000-ig állítható) értékállítóval (ún. mikrodiállal).



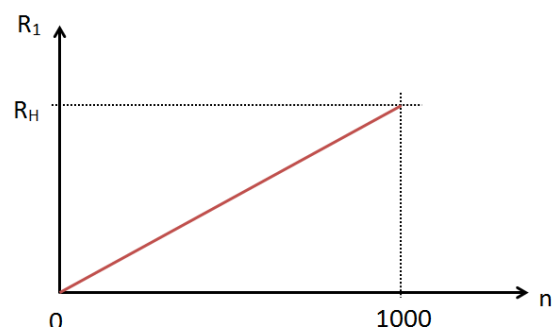
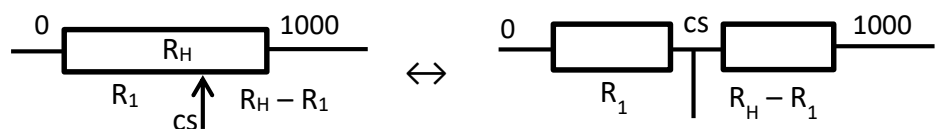
12. ábra: A mikrodiál 230-ra állítva

A csúszó érintkező a teljes ellenállást két részre osztja. Mivel  $R = \rho \ell/A$ , a potenciométer (helipot) csúszkája és vége között az ellenállás egyenesen arányos a két pont közötti ellenállás  $\ell$  hosszával (mivel a  $\rho$  fajlagos ellenállás és az  $A$  keresztmetszet konstansok).

A helipot összellenállását a két vége között  $R_H$ -val, a 0-hoz kötött vége és a csúszkája közötti ellenállást pedig  $R_1$ -gyel jelöljük.

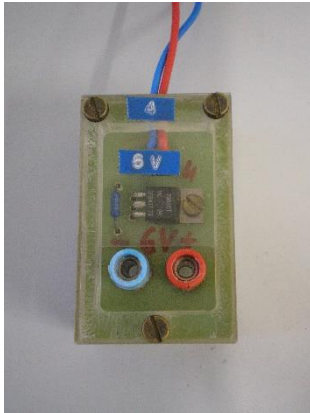
$R_1$  egyenesen arányos az értékállítón leolvasott  $n$  skálarésszel:

$$R_1 = \frac{n}{1000} R_H \quad (9)$$



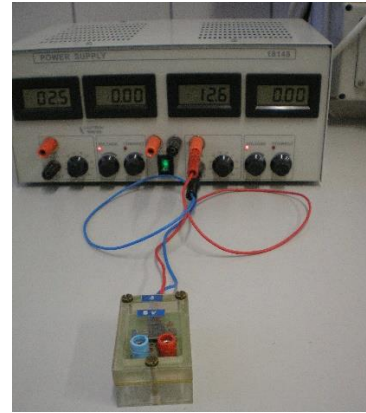
• **T Tápegység**

Kb. 6 V egyenfeszültséget szolgáltató reális (állandó  $R_t$  belső ellenállású) feszültségforrás. Ezt az áramkörbe bekötött tápegységet egy egyenfeszültségű tápegységről üzemeltetjük (kb. 9 V-ról), és onnan a feszültséget csak akkor kapcsoljuk rá, amikor az áramkör helyesen össze van rakva.



**13. ábra:**

Az áramkörbe bekötendő tápegység



**14. ábra:**

A kis tápegységet tápláló nagy tápegység

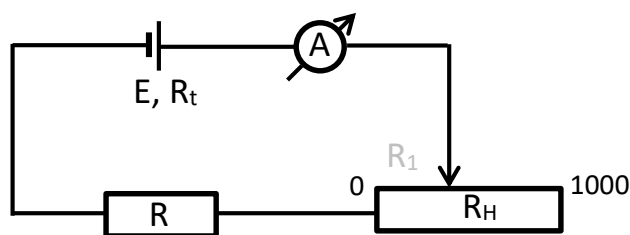
Az áramkörbe bekötendő tápegység fekete banándugós vezetékét kössük a nagy tápegység fekete bemenetére. Ez a gyakorlat alatt végig rákötve maradhat, ilyenkor a kis tápegység még nincs feszültség alatt. A mérés előtt csatlakoztassuk a kis tápegység piros banándugós vezetékét a fekete bemenet fölötti piros bemenetre, ezzel tudjuk feszültség alá helyezni a tápegységet és a rákötött áramkört.

**Ismerkedés az eszközökkel**

- Mérje meg mindenki a saját ellenállását az univerzális műszerrel (ehhez először a legnagyobb méréshatárt válasszuk; mérjen többféle bőrfelületen is, szárazon/nedvesen is).
- Mérje meg a két állandó ellenállás értékét, és írja fel a jelüket (betű-, ill. számjel) és a mért értékeket az adatlapra.
- Mérje meg a helipot összellenállását (a műszerre kötött két vezetékét a helipot két fix végéhez kötve), és írja fel a jelét és a mért  $R_H$  értéket az adatlapra. Próbálja ki, mi történik, ha változtatja az értékállító állását. Ezután tegye át az egyik vezetékét a csúszka kivezetéséhez, a másikat hagyja a 0 jelnél, és ismét változtassa az értékállító állását. Olvassa le az értékállítót és a mért ellenállásértéket, és ellenőrizze az  $R_1 = (n/1000) \cdot R_H$  összefüggést. Ezután tegye át a vezetékét a 0 oldalról az 1000 oldalra, és figyelje meg, mi történik az értékállító állításával.
- Mérje meg a tápegység feszültségét (20 V-os egyenfeszültség méréshatárt választva).

#### 4.1. Soros áramkör szabályozás

**Eszközök:** tápegység; helipot; számjeles ellenállás; mérőműszer; vezetékek.



15. ábra: Soros áramkör. Az R egy számjeles ellenállás.

#### Mérési feladat:

- Állítsa össze a 15. ábrán látható kapcsolást! Az univerzális műszert ampermérőként kösse be (kis áramot fogunk mérni, a „mA” jelű bemenetet válassza).
- Az áramkör összeállítása után adja rá a feszültséget a tápegységre.
- A helipot értékállítójának forgatásával (az  $R_1$  ellenállás változtatásával) állítsa be az adatlapon megadott 11 értéket, és mérje az áramot! Az adatokat írja a mérésvezető által kiosztott táblázatba.

#### Kiértékelés:

Számolja ki az  $R_1$  ellenállás értékét a (9) képlettel.

Meg akarjuk határozni a körben lévő tápegység  $E$  elektromotoros erejét, a tápegység  $R_t$  és az ampermérő  $R_a$  belső ellenállását. Tudjuk, hogy az áramkörben folyó áram nagysága

$$I = \frac{E}{R_1 + R + R_t + R_a} \quad (1)$$

Ebből a függvényből nemlineáris illesztéssel meghatározható  $E$  és  $R_t + R_a$  értéke, ez szorgalmi feladatként elvégezhető (a Görbeillesztés gyakorlaton megismert módon).

A kötelező kiértékelési feladat az  $I - R_1$  függvény linearizálásával végzendő. Vesszük az (1) egyenlet reciprokát:

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{E} R_1 + \frac{R + R_t + R_a}{E} \quad (10)$$

Látható, hogy az áram reciproka  $R_1$ -nek lineáris függvénye, ahol az  $1/I - R_1$  függvény meredeksége  $1/E$ , tengelymetszete  $(R + R_t + R_a)/E$ .

Az  $R_t$  és  $R_a$  belső ellenállásoknak csak az összegét fogjuk tudni meghatározni, jelöljük ezt  $R_m$ -mel:

$$R_m = R_t + R_a \quad (11)$$

A fentiek alapján tehát a meredekségből az elektromotoros erő:

$$E = 1/a, \quad (12)$$

és a tengelymetszetből a belső ellenállások összege:

$$R_m = b \cdot E - R = b/a - R. \quad (R \text{ a számjeles ellenállás értéke}) \quad (13)$$

Ábrázolja  $1/I$ -t  $R_1$  függvényében A4-es mm-papíron vagy Excelben.

Az  $1/I - R_1$  egyenes meredekségének és tengelymetszetének meghatározása többféleképpen végezhető:

- Excelben a trendvonal egyenletéből kiolvastva (min. 4 értékes jegyre);
- az Excel beépített függvényeit használva;
- egyéb függvényillesztő programmal;
- a honlapon található lineáris regressziós képletek felhasználásával, a számításokat számológéppel vagy Excellel végezve.



Segítség a lineáris regressziós képletek alkalmazásához:

Az  $y = ax + b$  egyenes paraméterei a következő képletekkel számolhatók:

$$a = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad \text{és} \quad b = \bar{y} - a \bar{x}.$$

Jelen esetben  $x := R_1$ ,  $y := (1/l)$ ,  $a = 1/E$ ,  $b = (R + R_m)/E$ ,

$$\text{tehát } a = \frac{\overline{R_1 \cdot (1/l)} - \bar{R}_1 \cdot \overline{(1/l)}}{(\overline{R_1^2}) - \bar{R}_1^2} = \frac{1}{E} \rightarrow E = \dots; \quad \text{és } b = \overline{(1/l)} - a \bar{R}_1 = \frac{R + R_m}{E} \rightarrow R_m = \dots.$$

Számológéppel számolva az adatlapra kell írni a számolásokat. A táblázatot 4 értékes jegyre kerekítve kell kitölteni.

Excelt használva a fájlt kérjük feltölteni a Moodleba, úgy, hogy minden cellánál legyen követhető, hogy az milyen értéket tartalmaz. (Nem elég a fájlról készült képernyőfotó!) A meredekség és tengelymetszet értékét másolja be az adatlapra.

Ne feledkezzen el a mértékegységekről!

### **Szorgalmi feladat:**

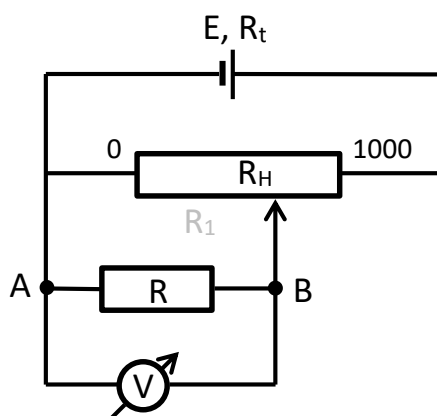
Ezeket a szorgalmi feladatokat azok tudják elvégezni, akik már részt vettek előtte a Görbeillesztés gyakorlaton, de aki azt később végzi el, beadhatja ezeket a számításokat utólag is.

**1.** Határozza meg  $E$  és  $R_m$  értékét az  $I(R_1, E, R_m)$  hiperbola illesztésével! A SciDAVis fájlt töltsse fel a Moodleba úgy, hogy látszódjon nem csak az illesztett függvény képe, hanem az illesztett függvényalak is. Az illesztett paraméterek értékét írja be a jegyzőkönyvbe, és hasonlítsa össze a linearizált alakból kapott értékekkel.

**2.** Az illesztett egyenes meredekségének és tengelymetszetének hibájából hibaterjedéssel határozza meg  $E$  és  $R_m$  meghatározásának hibáját.

## **4.2. Potenciometrikus feszültség szabályozás, feszültségosztó**

**Eszközök:** tápegység; helipot; betűjeles ellenállás; mérőműszer; vezetékek.



**16. ábra:** Potenciometrikus áramkör. Az R egy betűjeles ellenállás.

### **Mérési feladat:**

– Állítsa össze a 16. ábrán feltüntetett kapcsolást! Az univerzális műszert voltmérőként kösse be. Az áramkör összeállítás után adja rá a feszültséget a tápegységre.

- A helipot értékállítójának forgatásával (az  $R_1$  ellenállás változtatásával) állítsa be az adatlapon megadott 15 értéket, és mérje a feszültséget! Az adatokat írja a mérésvezető által kiosztott táblázat  $U_{AB}(R_1, R)$  oszlopába.

- Távolítsa el a terhelő  $R$  ellenállást (ezzel az  $R$  ellenállás értékét "végtelenre" növeltük) és mérje meg a feszültséget a táblázatban megjelölt 3 mikrodialállásnál! Az adatokat írja a mérésvezető által kiosztott táblázat  $U_{AB}(R_1, \infty)$  oszlopába.

### **Kiértékelés:**

Számolja ki az  $R_1$  ellenállás értékét a (9) képlettel.

Ábrázolja a mért  $U_{AB}(R_1, R)$  és  $U_{AB}(R_1, \infty)$  értékeket az  $R_1$  ellenállás függvényében, közös koordináta-rendszerben A4-es mm-papíron vagy Excelben. Mindkét mérési sorozat pontjait kösse össze a (3) ill. a (6) függvénynek megfelelően.

A terhelő ellenállás nélkül végzett mérésből meghatározandó a telep  $R_t$  belső ellenállása. A (3) összefüggés szerint az  $U_{AB}(R_1, \infty) - R_1$  függvény egy origón átmenő egyenes, melynek meredeksége

$$a = \frac{E}{R_t + R_H},$$

tehát az egyenes meredekségéből  $R_H$  értékének és a **4.1.** feladatban kiszámolt  $E$  értéknek ismeretében kiszámolható  $R_t$ .

Az  $U_{AB}(R_1, \infty) - R_1$  egyenes meredekségének meghatározása többféleképpen végezhető:

- Excelben a trendvonal egyenletéből kiolvastva (min. 4 értékes jegyre);
- az Excel beépített függvényét használva;
- egyéb függvényillesztő programmal;
- a honlapon található lineáris regressziós képletek felhasználásával, a számításokat számológéppel vagy Excellel végezve.

A számolásnál figyelembe kell venni, hogy a (3) összefüggés alapján tudjuk, hogy ez az egyenes zérus tengelymetszetű egyenes!

Segítség a lineáris regressziós képlet alkalmazásához:

$$\text{az } y = ax \text{ egyenes meredeksége } a = \frac{\overline{x \cdot y}}{\overline{x^2}}$$

$$\text{Jelen esetben } x := R_1, \quad y := U_{AB}(R_1, \infty), \quad a = \frac{E}{R_t + R_H},$$

$$\text{tehát } a = \frac{\overline{R_1 \cdot U_{AB}(R_1, \infty)}}{\overline{(R_1)^2}} = \frac{E}{R_t + R_H} \rightarrow R_t = \dots$$

Számológéppel számolva az adatlapra kell írni a számolásokat. A táblázatot 4 értékes jegyre kerekítve kell kitölteni.

Excelt használva a fájlt kérjük feltölteni a Moodleba, úgy, hogy minden cellánál legyen követhető, hogy az milyen értéket tartalmaz. (Nem elég a fájlról készült képernyőfotó!) A meredekség értékét másolja be az adatlapra. Ne feledkezzen el a mértékegységekről!

Számolja ki az ampermérő  $R_a$  belső ellenállását a **4.1.** feladatban kiszámolt  $R_m$  értéket felhasználva.

Ha  $R_a$  negatívra jön ki, ne adja meg végeredményként, mert negatív ellenállás nem létezik! Azért kaphatunk negatív értéket  $R_a$ -ra, mert ez az ellenállás nagyon kicsi az áramkörben levő többi ellenálláshoz képest, és a nagyobb ellenállások mérési hibával terhelt értékeinek különbsége könnyen átcsúszik negatívba.

### 4.3. Kompenzációs feszültségmérés

#### DEMONSTRÁCIÓ, CSOPORTOS MÉRÉSI FELADAT

##### Eszközök:

- a segédáramkörben alkalmazandó feszültségforrás (asztali tápegység 9 V-ra állítva)
- $n = 1000$  beosztású értékállítóval ellátott helipot
- kapcsolóval és kiiktatható védőellenállással ellátott galvanométer
- feszültségetalon: Weston-féle normálem
- ismeretlen elektromotoros erejű és belső ellenállású telep (a méréshez használt telep)

A mérésünkben feszültségetalonként ún. *Weston-féle normálemet* használunk. Ez egy kadmium-normálem, melynek elektromotoros ereje csak kissé függ a hőmérséklettől, 20 °C-on 1,01865 V. Speciális felépítése miatt gyakorlatilag sohasem "merül ki", mivel nempolározódó elektródokkal rendelkezik. (Anódja  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  péppel fedett higany, a katód kadmium amalgám  $\text{CdSO}_4$ -tal fedve, az elektrolit kadmiumsulfát telített vizes oldata). Csak 10  $\mu\text{A}$ -nél kisebb áramerősséggel terhelhető.

A galvanométeren van egy kapcsoló, ami kikapcsolt állapotban rövidre zárja a műszer sarkait, ezzel védi a műszert. Ennek a szereléskor kikapcsolt állapotban kell lennie, és áramméréskor is először csak egy pillanatra szabad bekapcsolni. Ha azt látjuk, hogy a mutató kiugrik a skálából, akkor gyorsan ki kell kapcsolni a kapcsolót! Állítani kell a helipoton, újra meg kell próbálni bekapcsolni, stb., stb. A kapcsolót csak akkor szabad bekapcsolva hagyni, ha a mutató már a skálán belül marad. Így beállíthatjuk a nulla áramot. A műszer viszont ebben az állapotában még egy védőellenállással mér, ami miatt egyrészt kevésbé sérülékeny, de másrészt kevésbé érzékeny. A pontos méréshez a nulla áram közelébe érve a védőellenállást kiiktató nyomógombot lenyomva kell tartani, úgy kell a tükrös skálát nézve pontosan beállítani a nulla áramot.

A kompenzátorral sem tudunk tökéletes árammentességet biztosítani, a galvanométer leolvasási hibájánál kisebb áram még folyhat az áramkörben (ez  $\mu\text{A}$  nagyságrendű áram).

**Demonstráció, közös mérés:** A mérésvezető összeállítja a kompenzátort. A helipot "0" pontját a segédtelep negatív pólusával kötjük össze, ehhez a ponthoz fogjuk kötni a kikompenzálendő feszültségek negatív pólusát. (Hasznos segítség lehet a vezeték színével követhetővé tenni a pólusokat.) Bekötjük a Weston-elemet és a fent leírt módon megkeressük az árammentes állapotot. Jegyezzük fel  $n_0$  értékét, majd mérjük meg közvetlenül is a helipot  $R_{1,0}$  ellenállását (feszültségmentes állapotban).

##### **Saját mérési feladat:**

Kössük rá a méréshez használt tápegységünket ismeretlen elektromotoros erejű telepként a kompenzátorra, figyelve a polaritásra! Itt is keressük meg az árammentes állapotot, olvassuk le és jegyezzük fel a csúszó  $n_x$  helyzetét az értékállítón, és mérjük meg a helipot  $R_{1,x}$  ellenállását.

##### **Kiértékelés:**

Az

$$\frac{E_x}{E_0} = \frac{R_{1,x}}{R_{1,0}} = \frac{n_x}{n_0} \quad (8)$$

képlettel számoljuk ki a tápegységünk elektromotoros erejét, és hasonlítsuk össze a **4.1.** pontban meghatározott értékkel.  $E_0$  a Weston-elem elektromotoros ereje, ami a doboz tetejéből kiolvasható.

#### 4.4. SZORGALMI MÉRÉSI FELADAT

Állítsa össze a mérésvezető által adott kapcsolási rajznak megfelelő áramkört, végezze el a megjelölt áram- és feszültségméréseket, és értékelje ki azokat.

**KÉRDÉSEK, GYAKORLÓ FELADATOK**

Az alábbi kérdésekre, feladatokra, ill. hasonlóakra lehet számítani a beugró kiszárthelyiben.

**MINIMUMKÉRDÉSEK:**

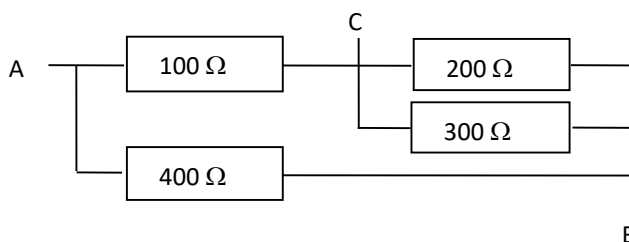
A soros és potenciometrikus mérések kapcsolási rajza az egyes áramköri elemek megnevezésével; mit kell állítani, mi a leolvasandó mennyiség; milyen mennyiségek lesznek kiszámolva a kiértékeléskor. (A kompenzációs feszültségmérés nem szerepel a zh-ban.)

**FOGALMAK, KÉPLETEK**

- Ohm-törvény
- Kirchhoff-törvények
- soros és párhuzamos kapcsolás; eredő ellenállás
- $R = \rho \ell / A$
- telep elektromotoros ereje, belső ellenállása, kapocsfeszültsége
- áram- ill. feszültségmérő bekötése; ideális műszerek

**SZÁMOLÁSI FELADATOK**

1. Mennyi az eredő ellenállás az **a) A és B;** **b) A és C;** **c) B és C** pontok között?



*Megoldás:*

**a)** A 100 Ω-os ellenállás sorosan van kötve 200 Ω-os és a 300 Ω-os ellenállás párhuzamos eredőjével, és az egész párhuzamosan van kötve a 400 Ω-os ellenállással:

$$\frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = 120 \, \Omega, \quad 120 + 100 = 220 \, \Omega, \quad R_{AB} = \frac{220 \cdot 400}{220 + 400} = 141,9 \, \Omega.$$

**b)** Hasonlóan az A–B pontok közötti útvonalhoz, most is két ágon indulhatunk el A-ból C felé: az egyikén a 100 Ω-os ellenállás van, a másikon a 400 Ω-os ellenállás, és utána sorosan a 200 Ω-os és a 300 Ω-os ellenállások párhuzamosan kötve. Tehát most a 400 Ω-os ellenállás sorosan van kötve 200 Ω-os és a 300 Ω-os ellenállás párhuzamos eredőjével, és az egész párhuzamosan van kötve a 100 Ω-os ellenállással:

$$\frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = 120 \, \Omega, \quad 120 + 400 = 520 \, \Omega, \quad R_{AC} = \frac{520 \cdot 100}{520 + 100} = 83,87 \, \Omega.$$

**c)** B-ből indulva három ágon juthatunk el C-be: egyikén a 200 Ω-os, másikon a 300 Ω-os ellenállás van, a harmadikon pedig a 400 Ω-os és a 100 Ω-os ellenállás sorosan kötve, tehát

$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{400 + 100} \rightarrow R_{BC} = 96,77 \, \Omega.$$

2. Sorosan kötünk egy  $E = 36 \text{ V}$  elektromotoros erejű, ismeretlen  $R_t$  belső ellenállású telepet, egy  $R = 180 \Omega$ -os állandó ellenállást, egy  $R_H = 1 \text{ k}\Omega$ -os helipotot változtatható ellenállásként bekötve, és egy ideális ampermérőt. Amikor a helipot csúszkáját középre állítjuk, az ampermérőn leolvasható áram nagysága  $45 \text{ mA}$ .

- Határozza meg a telep belső ellenállását.
- Mekkora feszültség esik az állandó ellenálláson ennél a csúszkaállásnál?
- Mekkora feszültség esik a változtatható ellenálláson ennél a csúszkaállásnál?
- Számolja ki a telep kapocsfeszültségét ennél a csúszkaállásnál.
- Számolja ki, mekkora lehet az áramkörben folyó áram maximális és minimális értéke.
- Számolja ki, hogy a maximális áramnál mekkora feszültség esik az állandó ellenálláson, ill. a változtatható ellenálláson, és mekkora a telep kapocsfeszültsége.
- Számolja ki, hogy a minimális áramnál mekkora feszültség esik az állandó ellenálláson, ill. a változtatható ellenálláson, és mekkora a telep kapocsfeszültsége.

*Megoldás:*

- a) Az áramkör eredő ellenállása:

$$R_e = E / I = 36 \text{ V} / 45 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 800 \Omega.$$

A helipot középre van állítva, tehát a változtatható ellenállás értéke  $R_1 = R_H/2 = 0,5 \text{ k}\Omega = 500 \Omega$ ; az ampermérő ideális, azaz  $R_a = 0$ ,

tehát az eredő ellenállás

$$R_e = R_t + R + R_H/2,$$

amiből a telep belső ellenállása

$$R_t = R_e - R - R_H/2 = 800 - 180 - 500 = 120 \Omega.$$

- b) Ohm törvényét felírva az állandó ellenállásra:

$$U_R = I R = 45 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 180 \Omega = 8,1 \text{ V}.$$

- c) Ohm törvényét felírva a változtatható ellenállásra:

$$U_{R1} = I R_1 = 45 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 500 \Omega = 22,5 \text{ V}.$$

- d) A kapocsfeszültséget kétféleképpen is kiszámolhatjuk:

- Tudjuk, hogy zárt hurokban a potenciálkülönbségek összege zérus (huroktörvény, Kirchhoff második törvénye), vagyis az ellenálláson eső feszültségek (potenciálesések) összege egyenlő a potenciálnövekedéssel, vagyis a telep kapocsfeszültségével:

$$U_k = U_R + U_{R1} = 8,1 + 22,5 = 30,6 \text{ V}.$$

- A telep sarkain eső feszültség annyival kisebb az  $E$  elektromotoros erejénél, amekkora feszültség esik az  $R_t$  belső ellenállásán:

$$U_k = E - I R_t = 36 \text{ V} - 45 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 120 \Omega = 30,6 \text{ V}$$

e) Maximális áram akkor folyik a körben, amikor az eredő ellenállás a legkisebb, azaz a helipot 0-ra van állítva,  $R_1 = 0$ , ekkor

$$I_{\max} = E / R_{t,\min} = E / (R_i + R + 0) = 36 / (120+180) = 0,12 \text{ A} = 120 \text{ mA.}$$

Minimális áram akkor folyik a körben, amikor az eredő ellenállás a legnagyobb, azaz a helipot a maximumra van állítva,  $R_1 = R_H = 1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$ , ekkor

$$I_{\min} = E / R_{t,\max} = E / (R_i + R + R_H) = 36 / (120+180+1000) = 0,02769 \text{ A} = 27,69 \text{ mA.}$$

f)  $I_{\max} = 0,12 \text{ A}$ :

$$U_R = I_{\max} R = 0,12 \cdot 180 = 21,6 \text{ V,}$$

$$U_{R1} = I_{\max} R_1 = 0,12 \cdot 0 = 0 \text{ V,}$$

$$U_k = U_R + U_{R1} = 21,6 + 0 = 21,6 \text{ V; vagy } U_k = E - I_{\max} R_t = 36 - 0,12 \cdot 120 = 21,6 \text{ V.}$$

g)  $I_{\min} = 0,02769 \text{ A}$ :

$$U_R = I_{\min} R = 0,02769 \cdot 180 = 4,985 \text{ V,}$$

$$U_{R1} = I_{\min} R_1 = 0,02769 \cdot 1000 = 27,69 \text{ V,}$$

$$U_k = U_R + U_{R1} = 4,985 + 27,69 = 32,68 \text{ V; vagy } U_t = E - I_{\min} R_t = 36 - 0,02769 \cdot 120 = 32,68 \text{ V.}$$

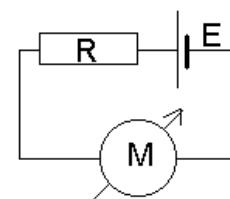
3. A telep elektromotoros ereje  $E = 9 \text{ V}$ , belső ellenállása  $R_t = 200 \Omega$ ;  $R = 300 \Omega$ ; M egy univerzális digitális műszer.

a) Mekkora áramerősséget mutat a műszer, ha ampermérőként kötjük be, és 20 mA-es méréshatárú árammérő állásba kapcsoljuk, ahol a belső ellenállása 100  $\Omega$ ?

b) Mit mutatna ugyanebben az áramkörben egy ideális ampermérő?

c) Mit mutat a műszer voltmérőként bekötve, ha a belső ellenállása 10 k $\Omega$ ?

d) Mit mutatna ugyanebben az áramkörben egy ideális voltmérő?



*Megoldás:*

Az áramkör eredő ellenállása

$$R_e = R_t + R + R_M = 200 + 300 + R_M = 500 + R_M [\Omega],$$

az áramkörben folyó áram nagysága

$$I = E / R_e = 9 / (500 + R_M) [\text{A}],$$

a műszeren eső feszültség

$$U_M = I R_M = 9 \cdot R_M / (500 + R_M) [\text{V}].$$

a)  $R_M = R_A = 100 \Omega$ ,  $R_e = 500 + 100 = 600 \Omega$ ,  $I = 9 / 600 = 0,015 \text{ A} = 15 \text{ mA}$ .

b)  $R_M = R_A = 0$ ,  $R_e = 500 + 0 = 500 \Omega$ ,  $I = 9 / 500 = 0,018 \text{ A} = 18 \text{ mA}$ .

Vagyis a 100  $\Omega$  belső ellenállású ampermérő 3 mA-rel (16,67%-kal) kevesebb áramot mér, mint amekkora áram az ampermérő nélküli körben folyik.

c)  $R_M = R_A = 10 \text{ k}\Omega = 10000 \Omega$ ,  $R_e = 500 + 10000 = 10500 \Omega$ ,

$$I = 9 / 10500 = 8,955 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 0,08955 \text{ mA,}$$

$$U = 8,955 \cdot 10^{-5} \cdot 10000 = 8,955 \text{ V.}$$

d) Ha M ideális voltmérő, akkor nem folyik áram a körben, és a műszer a telep elektromotoros erejét mutatja, azaz 9 V-ot (a többi ellenálláson nem esik feszültség).