

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: (Ezekről van egy összefoglaló a fájl végén a zh-anyagnál.)

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

Ellenállások soros és párhuzamos kapcsolása.

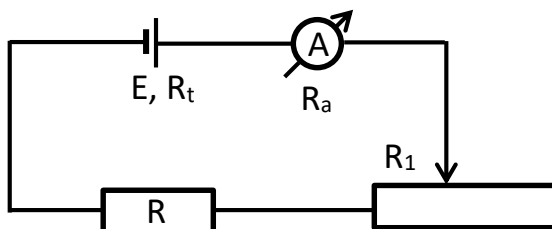
Telep elektromotoros ereje és belső ellenállása, kapocsfeszültség.

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_1 változtatható ellenállás állításával:



1. ábra: Soros áramkörszabályozás

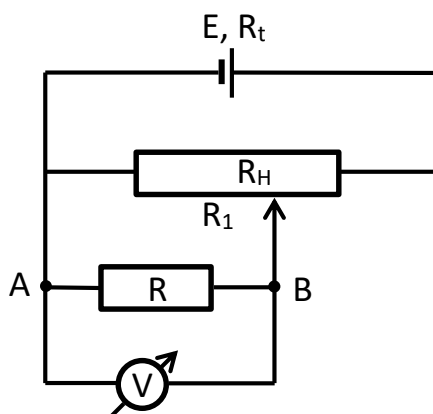
Az R_1 ellenállás értékét változtatva megváltozik az áramkör összellenállása, így tudjuk szabályozni az R ellenálláson átfolyó áram nagyságát. Az áramkörben folyó áram nagysága:

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

ahol E a telep elektromotoros ereje, R_t a telep, R_a pedig az ampermérő belső ellenállása.

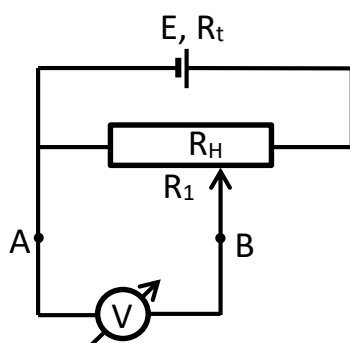
4.2. Potenciometrikus feszültségszabályozás, feszültségosztó

A 2. ábrán látható áramkörben az R ellenálláson eső U_{AB} feszültség nagyságát (és a rajta átfolyó áramot és a teljesítményt) tudjuk változtatni a vele párhuzamosan kötött változtatható ellenállással:

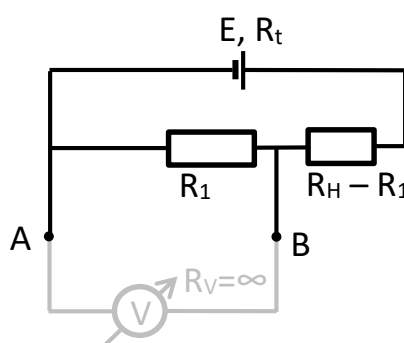


2. ábra: Potenciometrikus feszültségszabályozás

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:

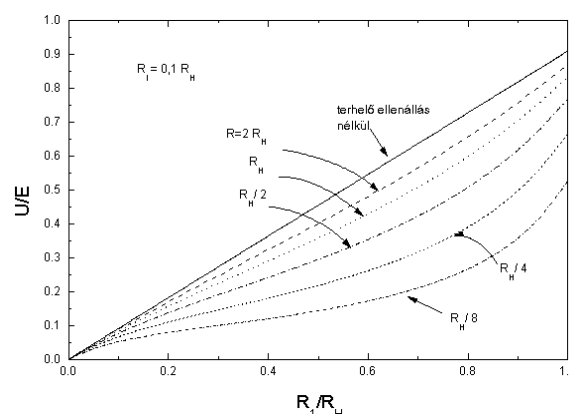
$$I = \frac{E}{R_e} = \frac{E}{\frac{R_1 R}{R_1 + R} + (R_H - R_1) + R_t}. \quad (5)$$

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 (göbök). (Ezen az ábrán a tengelyeken relatív mennyiségek szerepelnek.)

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

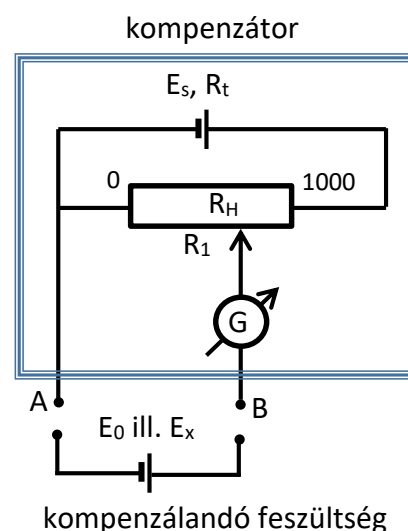
Voltmérővel úgy mérjük meg a hálózat két pontja között a feszültséget, hogy párhuzamosan kötjük a voltmérőt a mérendő elemmel, ill. hálózatrésszel. Ilyenkor a voltmérő része lesz az áramkörnek, tulajdonképpen egy új ágat nyitunk a mérendő hálózatrésszel párhuzamosan, az áramkör megváltozik, és így a 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 mérőeszközt, 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.



6. ábra

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 feszültségetalon segítségével növelhetjük a mérés pontosságát. Először beállítjuk az árammentes állapotot a feszültségetalonnal, 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.

JEGYZŐKÖNYV BEVEZETÉS

a mérés elvégzésének tényleges dátuma	az együtt dolgozó hallgatók neve	csoport- szám
4. EGYENÁRAMÚ MÉRÉSEK	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).

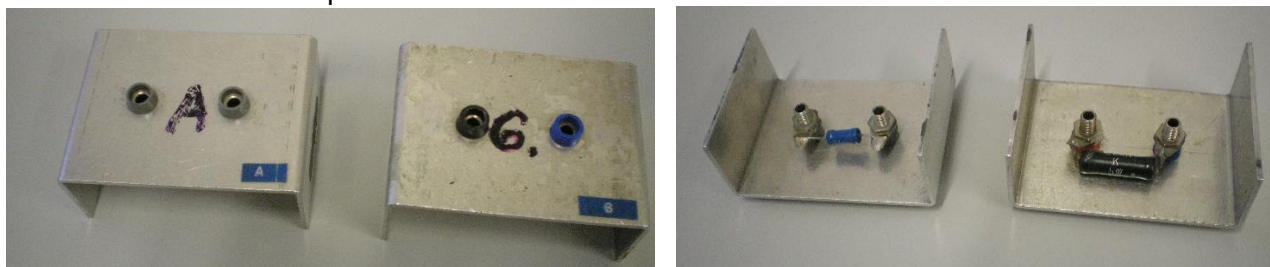
Mindig a lehető legkisebb méréshatáron mérjük. Viszont mérési sorozat felvétele közben (különösen árammérés esetén) ne változtassuk a méréshatárt, mert ezzel megváltozik a műszer belső ellenállása, és ez befolyásolhatja a mérési eredményt. Ha a mérendő érték nem fér bele az aktuális méréshatárba, azt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

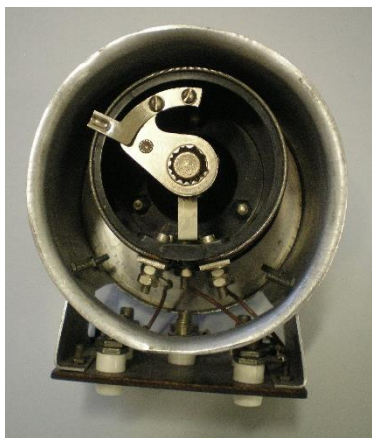
- **R** Állandó ellenállások panelra szerelve



8. ábra: Állandó ellenállások

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

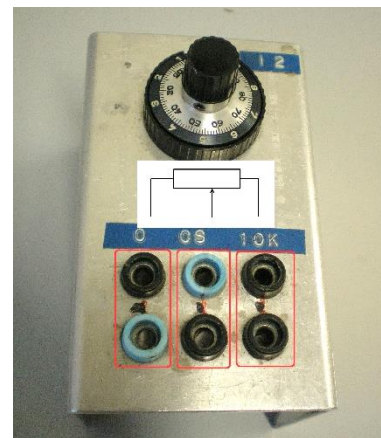
A potenciométer egy olyan ellenállás, aminek nem csak a két végén van egy-egy kivezetése, hanem van egy harmadik is – a csúszó érintkező, vagy röviden „csúszka” –, amelynek helyzete állítható egy tekerővel az ellenállás két vége között tetszőleges helyzetbe.



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. mikrodiall).



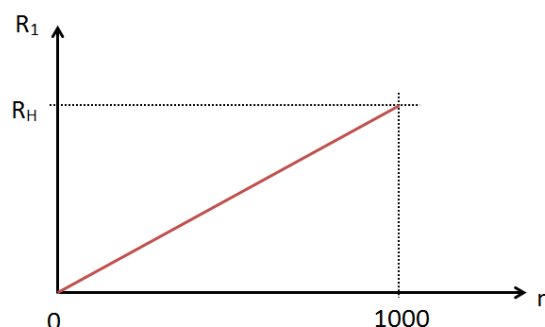
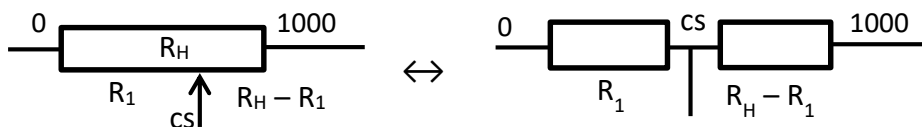
12. ábra: A mikrodiall 230-ra állítva

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 ℓ hosszával (mivel a ρ 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.

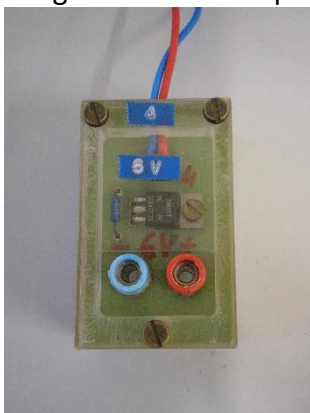
R_1 egyenesen arányos az értékállítón leolvasott n skálarésszel:

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



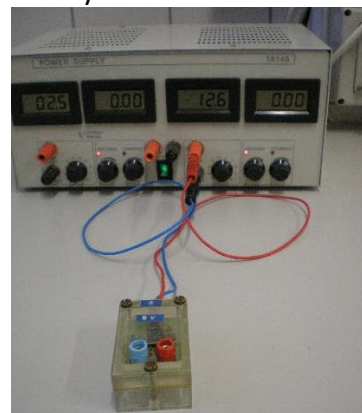
• **T Tápegység**

Kb. 6 V egyenfeszültséget szolgáltató reális (állandó R_t belső ellenállású) feszültségforrás. Ezt az áramkörökbe 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

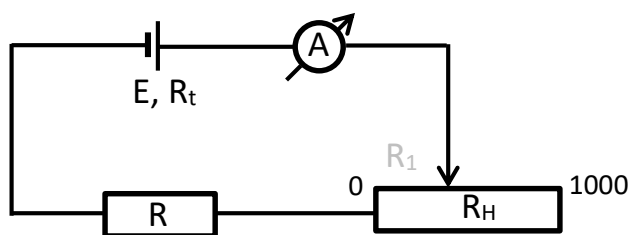
Az áramkörbe bekötendő tápegység fekete banándugós vezetékét kössük a nagy tápegység fekete bemenetére. Ez a gyakorlat alatt végig rákötve maradhat, ilyenkor a kis tápegység még nincs feszültség alatt. A mérés előtt csatlakoztassuk a kis tápegység piros banándugós vezetékét a fekete bemenet fölötti piros 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 ellenállás-értéket, 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 $x := R_1$, $y := (1/I)$, $a = 1/E$, $b = (R + R_m)/E$,

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

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:

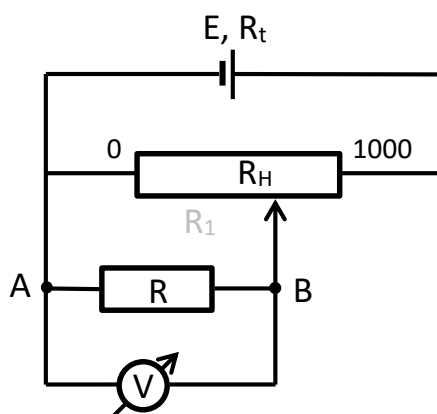
Ezeket a szorgalmi feladatokat azok tudják elvégezni, akik már részt vettek előtte a Görbeillesztés gyakorlaton, de aki azt később végzi el, beadhatja ezeket a számításokat utólag is.

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; vezeték.



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 mikrodiallállásnál! 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 Hg_2SO_4 péppel fedett higany, a katód kadmium amalgám CdSO_4 -tal fedve, az elektrolit kadmiumsulfát telített vizes oldata). Csak 10 μA -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 μA nagyságrendű áram).

Demonstráció, közös mérés: A mérésvezető összeállítja a kompenzátor. A helipot "0" pontját a segédtelep negatív pólusával kötjük össze, ehhez a ponthoz fogjuk kötni a kikompenzálandó 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, ill. hasonló kérdésekre 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

Mindegyik kérdésnél adja meg, hogy a képletekben szereplő betűk milyen mennyiséget jelölnek, és a mennyiségek mértékegységét is.

- **Ohm-törvény**

$$U = I R,$$

ahol U a feszültség [V],

I az áramerősség [A],

R az ellenállás értéke [Ω].

- **Az ellenállás értékének függése a geometriai adatoktól és az anyagától**

$$R = \rho \ell / A$$

ahol ρ a fajlagos ellenállás (anyagi jellemző és hőmérsékletfüggő) [$\Omega \text{ m}$],

ℓ az ellenállás hossza [m],

A az ellenállás keresztmetszete [m^2].

- **Soros és párhuzamos kapcsolás; eredő ellenállás**

Sorosan kapcsolt áramköri elemek között nincs elágazás (nincs csomópont), ezért ugyanaz az áram folyik át rajtuk.

Sorosan kapcsolt ellenállások eredője az egyes ellenállások összege: $R_s = R_1 + R_2$.

Párhuzamosan kapcsolt áramköri elemek úgy vannak összekötve, hogy mindkét végüket olyan vezeték köti össze, amin nincs más áramköri elem, ezért ugyanakkora feszültség esik rajtuk.

Párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredőjének a reciproka az egyes ellenállások

reciprokának összege:
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

(A párhuzamos eredő mindig kisebb, mint a kisebbik ellenállás.)

- **Áram- ill. feszültségmérő bekötése; ideális műszerek ellenállása**

Az ampermérőt sorosan kötjük be abba az ágba, ahol az áramot mérni szeretnénk; ideális ampermérő ellenállása nulla.

A voltmérőt párhuzamosan kötjük rá arra a két pontra, ami között a feszültséget mérni szeretnénk; ideális voltmérő ellenállása végtelen.

- **Kirchhoff-törvények**

Kirchhoff I. törvénye: csomóponti törvény: egy csomópontba befolyó áramok összege megegyezik a kifolyó áramok összegével.

Kirchhoff II. törvénye: huroktörvény: a hálózatban bármely zárt hurokban körbemenve a feszültségek előjeles összege nulla.

- **Telep elektromotoros ereje, belső ellenállása, kapocsfeszültsége**

$$U_k = E - I R_t,$$

ahol E a telep elektromotoros ereje [V],

U_k a telep kapocsfeszültsége [V],

R_t a telep belső ellenállása [Ω].