

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.

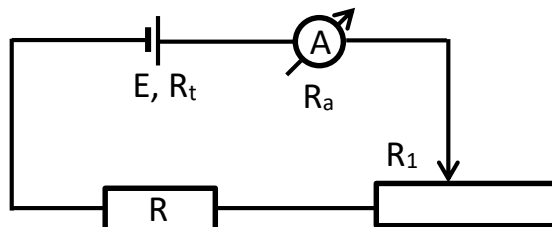
Telep elektromotoros ereje és belső ellenállása, kapocsfeszültség.

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_1 változtatható ellenállás állításával:



1. ábra: Soros áramkörszabályozás

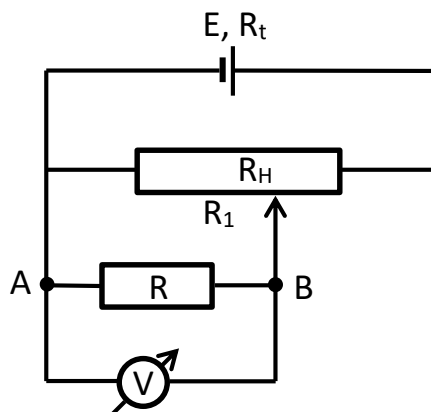
Az R_1 ellenállás értékét változtatva megváltozik az áramkör összellenállása, így tudjuk szabályozni az R ellenálláson átfolyó áram nagyságát. Az áramkörben folyó áram nagysága:

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

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

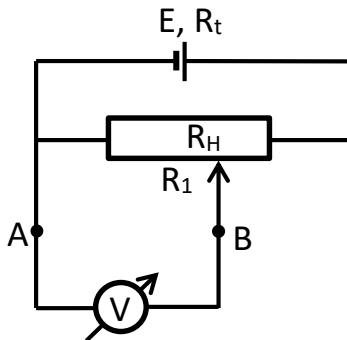
4.2. Potenciometrikus feszültség szabályozás, feszültségosztó

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:

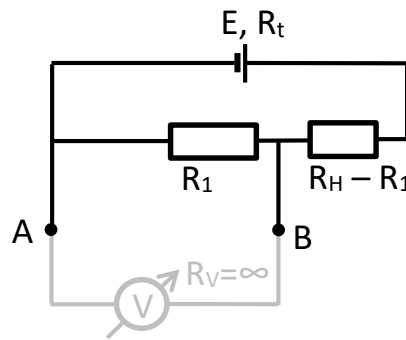


2. ábra: Potenciometrikus feszültség szabályozás

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:

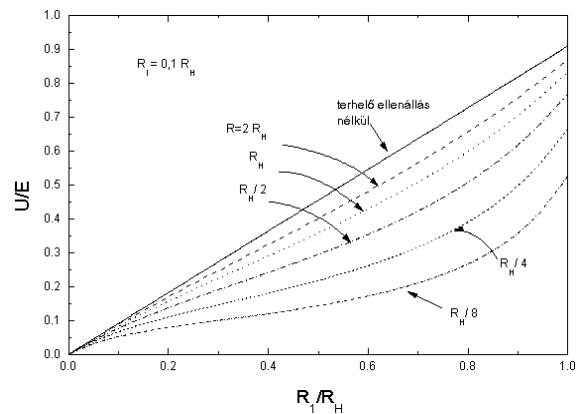
$$I = \frac{E}{R_e} = \frac{E}{\frac{R_1 R}{R_1 + R} + (R_H - R_1) + R_t}. \quad (5)$$

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 (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 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

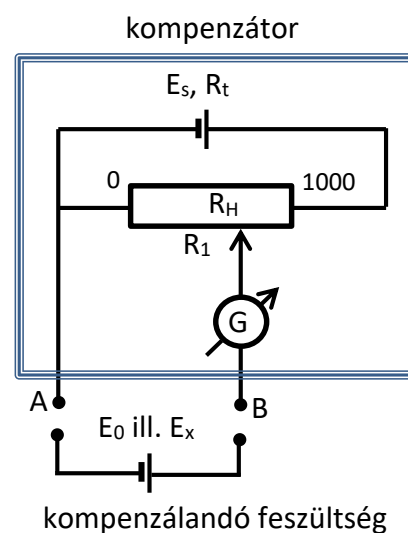
$$E_x = \frac{E_s}{R_H + R_t} R_{1,x} = \frac{E_s}{R_H + R_t} \cdot \frac{n_x}{1000} R_H. \quad (7b)$$

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
4. EGYENÁRAMÚ MÉRÉSEK	a mérésvezető neve	

4.1. Soros áramkör szabályozás

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, milyen mennyiségek lesznek kiszámolva?

4.2. Potenciometrikus feszültség szabályozás

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, milyen mennyiségek lesznek kiszámolva?

4.3. Kompenzációs feszültség mérés

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).

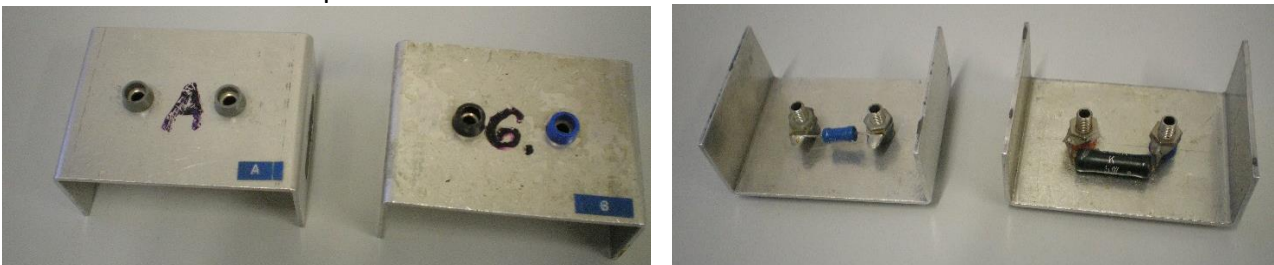
Mindig a lehető legkisebb méréshatáron mérjük. Viszont mérési sorozat felvétele közben (különösen árammérés esetén) ne változtassuk a méréshatárt, mert ezzel megváltozik a műszer belső ellenállása, és ez befolyásolhatja a mérési eredményt. Ha a mérendő érték nem fér bele az aktuális méréshatárba, azt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

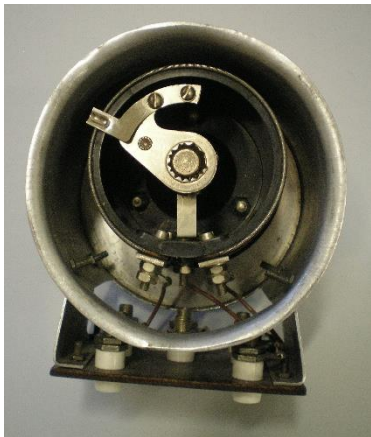
- **R** *Állandó ellenállások panelra szerelve*



8. ábra: Állandó ellenállások

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

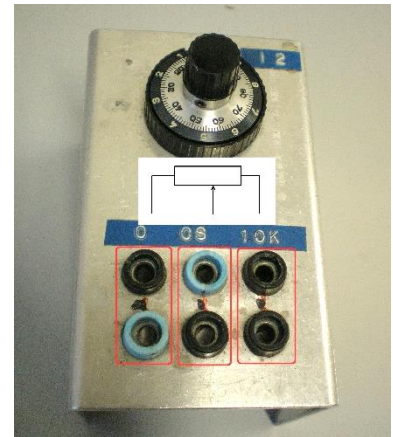
A potenciométer egy olyan ellenállás, aminek nem csak a két végén van egy-egy kivezetése, hanem van egy harmadik is – a csúszó érintkező, vagy röviden „csúszka” –, amelynek helyzete állítható egy tekerővel az ellenállás két vége között tetszőleges helyzetbe.



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).



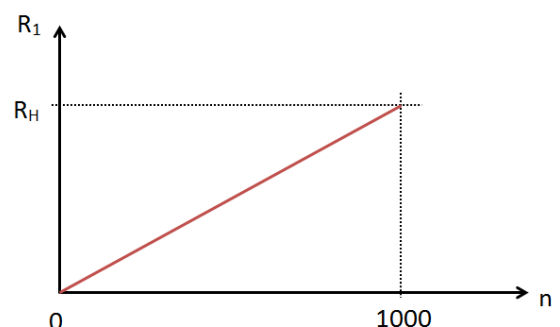
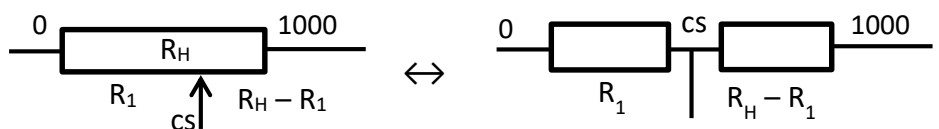
12. ábra: A mikrodiáll 230-ra állítva

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.

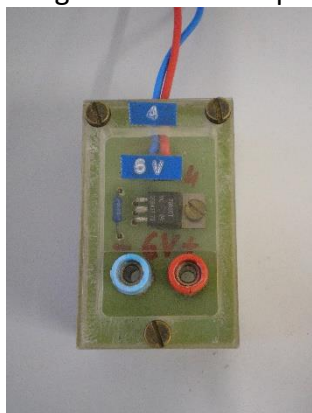
R_1 egyenesen arányos az értékállítón leolvasott n skálarésszel:

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



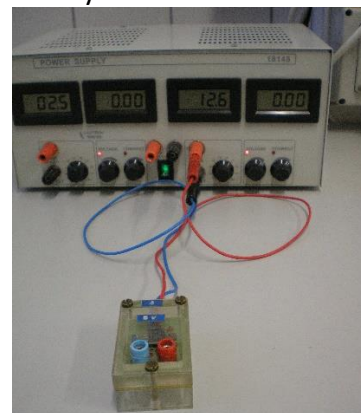
• **T Tápegység**

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

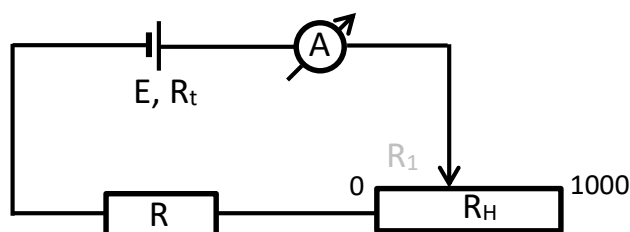
Az áramkörbe bekötendő tápegység fekete banándugós vezetékét kössük a nagy tápegység fekete bemenetére. Ez a gyakorlat alatt végig rákötve maradhat, ilyenkor a kis tápegység még nincs feszültség alatt. A mérés előtt csatlakoztassuk a kis tápegység piros banándugós vezetékét a fekete bemenet fölötti piros 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:

Meg akarjuk határozni a körben lévő tápegység E elektromotoros erejét, a tápegység R_t és a műszer 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 $I(R_1)$ 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:

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

Az $1/I - R_1$ egyenes meredekségét lineáris regresszióval kell kiszámolni.

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

$$a = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad \text{és} \quad b = \bar{y} - a \bar{x} \quad (12)$$

$$\text{Jelen esetben } x := R_1, \quad y := (1/I), \quad a = 1/E, \quad b = (R + R_m)/E \quad (13)$$

A kiértékelés végezhető számológéppel vagy Excellel.

Számológéppel számolva az adatlapra kell írni a számolásokat. Több hasonló számolás esetén elég egyszer leírni a behelyettesítést. A táblázatot 4 értékes jegyre kerekítve kell kitölteni.

- Számolja ki az R_1 és $1/I$ értékeket.
- Ábrázolja $1/I$ -t R_1 függvényében.
- Határozza meg az $1/I - R_1$ egyenes paramétereit lineáris regresszióval.
- Tüntesse fel az illesztett paraméterű egyenest az $1/I - R_1$ grafikonon.
- Számolja ki E és R_m értékét a meredekségből és a tengelymetszetből.

Ne feledkezzen el a mértékegységekről!

Excelt használva is hasonló módon kérjük kiszámolni az egyenes paramétereit (nem elég az Excel beépített függvényeit használni). A fájlt (nem a fájlról készült képernyőfotót!) töltsse fel a Moodleba, úgy, hogy minden cellánál legyen követhető, hogy az milyen értéket tartalmaz. Az R_1 és $1/I$ értékeket és a végeredményeket (azaz a meredekség és a tengelymetszet kiszámolásához szükséges átlagok értékét, a meredekség és a tengelymetszet értékét, valamint az elektromotoros erőt és a belső ellenállások összegét) másolja be az adatlapra.

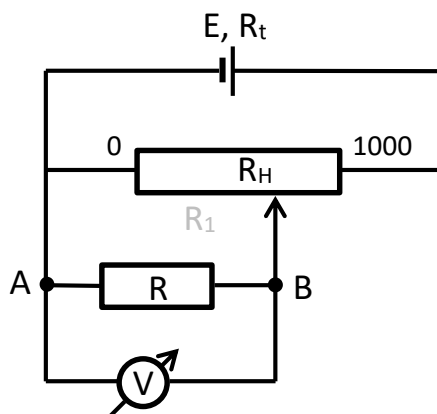
Szorgalmi feladat:

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 feszültszabályozás, 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 összeállítása után adjra 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:

Az ellenállás nélküli mérésből meghatározható a telep R_t belső ellenállása.

A (3) összefüggés szerint az $U_{AB}(R_1, \infty) - R_1$ függvény egy origón átmenő egyenes.

A lineáris regressziós képlet szerint az $y = ax$ (zérus tengelymetszetű) egyenes meredeksége $a = \frac{\overline{x \cdot y}}{\overline{x^2}}$.

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

A kiértékelés végezhető számológéppel vagy Excellel.

– Számolja ki az $U_{AB}(R_1, \infty) - R_1$ egyenes meredekségét lineáris regresszióval.

Ne feledkezzen el a mértékegységekről!

– Számolja ki R_t értékét a meredekségből (felhasználva az E elektromotoros erőnek a **4.1.** feladatban meghatározott értékét).

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

– Ábrázolja a mért $U_{AB}(R_1, R)$ és $U_{AB}(R_1, \infty)$ értékeket az R_1 ellenállás függvényében, közös koordinátarendszerben! Tüntesse fel az illesztett paraméterű egyenest az $U_{AB}(R_1, \infty) - R_1$ mérési sorozatnál, az $U_{AB}(R_1, R)$ mérési sorozat pontjait pedig kösse össze egy görbével! A diagram készíthető mm-papíron vagy számítógéppel (de számítógéppel készítve is össze kell kötni a görbe pontjait).

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 kompenzátorral. 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:

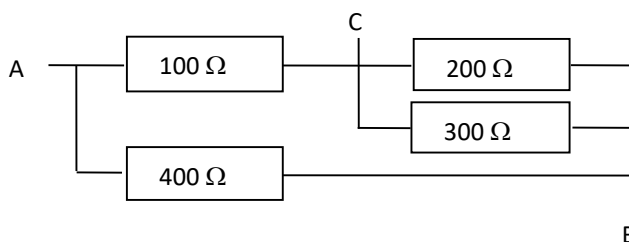
A soros és potenciometrikus mérések kapcsolási rajza az egyes áramköri elemek megnevezésével; mit kell állítani, mi a leolvasandó mennyiség; milyen mennyiségek lesznek kiszámolva a kiértékeléskor. (A kompenzációs feszültségmérés nem szerepel a zh-ban.)

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 egyik 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: egyik 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 $R = 180 \text{ }\Omega$ -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 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:

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

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

tehát az eredő ellenállás

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

amiből a telep belső ellenállása

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

- b) Ohm törvényét felírva az állandó ellenállásra:

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

- c) Ohm törvényét felírva a változtatható ellenállásra:

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

- 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

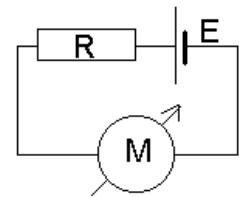
3. A telep elektromotoros ereje $E = 9 \text{ V}$, belső ellenállása $R_t = 200 \Omega$; $R = 300 \Omega$; M egy univerzális digitális műszer.

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

b) Mit mutatna ugyanebben az áramkörben egy ideális ampermérő?

c) Mit mutat a műszer voltmérőként bekötve, ha a belső ellenállása 10 k Ω ?

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 Ω 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).