

### 3. EGYENÁRAMÚ MÉRÉSEK

*Az egyenáramú hálózatszámításhoz szükséges alapismeretek az „Egyenáramú hálózatszámítás” c. részben vannak összefoglalva.*

A gyakorlatban gyakran van szükség az áramerősség vagy feszültség szabályzására (pl. hangszóró hangerejének beállítása, fűtésszabályzás, stb.). Erre a célra szolgálnak a *potenciométerek*. Ezek olyan ellenállások, ahol az ellenállás-vezetéken egy csúszó kontaktus mozdítható el, ami szintén ki van vezetve az ellenállás két vége mellett. A potenciométer egyik vége és a csúszó kontaktus közötti ellenállás nullától a potenciométer teljes ellenállásáig változtatható. A mérés témája a potenciométer alkalmazásainak bemutatása.

#### **Szükséges eszközök:**

**Tápegység:** kb. 6 V egyenfeszültséget szolgáltat. A tápegységeket egy központi egyenfeszültségű tápegységről üzemeltetjük. A tápegységet az elektromotoros erejével (**E**) és belső ellenállásával (**R<sub>t</sub>**) jellemezzük.

**Állandó ellenállások (R)** szám- ill. betűjellel ellátva.

**Digitális kijelzésű univerzális mérőműszer (M):** A műszerrel egyen- (DC) és váltó- (AC) feszültséget ill. áramot, valamint ellenállást tudunk mérni. A műszer „COM” és „mA” bemenetét használjuk árammérésnél, a COM és V/Ω bemenetet feszültség- és ellenállásmérésnél. Állítsuk a műszert a megfelelő funkcióra és olyan méréshatárra, ami feltétlenül nagyobb a mérendő mennyiségnél! Mérési sorozat felvétele közben ne változtassuk a méréshatárt, mert ezzel megváltozik a műszer belső ellenállása, és ez befolyásolja a mérési eredményt! A digitális multiméter belső ellenállása voltméter funkcióban kb. 50 MΩ, de mA árammérőként használva néhány száz Ω.

**Helikális potenciometer, azaz helipot (H):**

A potenciométer egy hárompólus: egy olyan ellenállás, aminek nem csak a két végén van egy-egy kivezetése, hanem van egy harmadik is –a csúszó érintkező, röviden „csúszka”–, amelynek helyzete állítható a két vége között tetszőleges helyzetbe. A csúszó érintkező a teljes ellenállást két részre osztja.

A helipot olyan potenciométer, ahol a csúszó egy henger palástján, csavarvonalban halad, ami pontosabb állítást tesz lehetővé. R<sub>H</sub> a helipot összellenállása. A helipot 10 fordulatú, 100-as osztású (azaz 0-tól 1000-ig állítható) értékállítóval -ún. mikrodiállal- van ellátva, az ezen leolvasott 'n' skálarésszel egyenesen arányos a helipot egyik (0-hoz kötött) vége és a csúszója közötti ellenállás, R<sub>1</sub>:  $R_1 = (n/1000) \cdot R_H$

A helipot panelra van szerelve. 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 csúszójához csatlakoznak.

**Mérőszinórok.**

A kompenzációs méréshez: (szorgalmi feladat)

**Galvanométer (G):** Nagy érzékenységű Deprez-rendszerű analóg műszer.

Mikroamper nagyságrendű áramerősségek detektálására alkalmas.

**Weston-féle normáleben:** 1,01865 V elektromotoros erejű feszültség-etalon.

**Ismeretlen elektromotoros erejű feszültségforrás.**

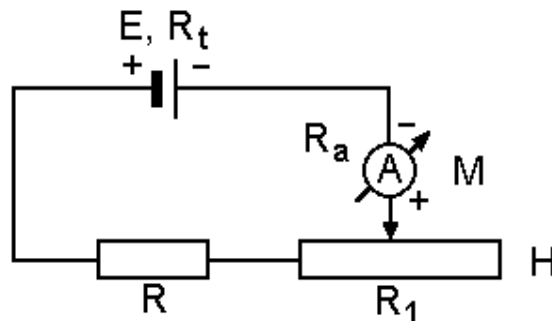
Jegyezzük fel a kiadott eszközök adatait: a multiméter típusát, a galvanométer adatait, a tápegység számát, az ellenállások és a helipot jelét.

Mérjük meg

- az ellenállások (betűs és számos) értékét,
- a helipot összellenállását és
- a terheletlen tápegység feszültségét.

### 3.1. Soros áramkörszabályozás

A 3.1. ábrán látható áramkörben a potenciométer csúszójának változtatásával (azaz az áramkörbe bekötött  $R_1$  ellenállásának változtatásával) tudjuk szabályozni a vele sorba kötött  $R$  ellenálláson átfolyó áram nagyságát (és a rajta eső feszültséget, és a teljesítményt):



3.1. ábra. Soros szabályozás

Az áramkör eredő ellenállása

$$R_e = R_1 + R_t + R_a + R,$$

ahol  $R_t$  a feszültségforrás,  $R_a$  pedig az ampermérő belső ellenállása.

Az áramkörben folyó áram:

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

#### Mérési feladat:

- Állítsuk össze a 3.1. ábrán látható kapcsolást!
- Az  $R_1$  ellenállás változtatásával (a helipot mikrodiáljának forgatásával) változtassuk az áramkörben folyó áramot és mérjük 11 különböző  $R_1$  értéknél!

#### A mérés kiértékelése:

- A helipot  $R_H$  ellenállásának és a mikrodiállásnak ismeretében számoljuk ki  $R_1$  értékét!
- Foglaljuk táblázatba az összetartozó  $R_1 - I - 1/I$  adatokat!
- Ábrázoljuk  $1/I$ -t  $R_1$  függvényében!

Ez a függvény lineáris:

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{E} R_1 + \frac{R + R_t + R_a}{E}, \quad (2)$$

meredeksége az elektromotoros erő reciproka, tengelymetszete pedig  $(R_t + R_a + R) / E$ .

- Határozzuk meg az ábrázolt egyenes meredekségéből az elektromotoros erőt, tengelymetszetéből pedig a körben lévő állandó ellenállást, illetve ebből az ismert  $R$  ellenállás értékét kivonva a telep és a mA mérő belső ellenállásának összegét, azaz  $R_t + R_a$ -t!

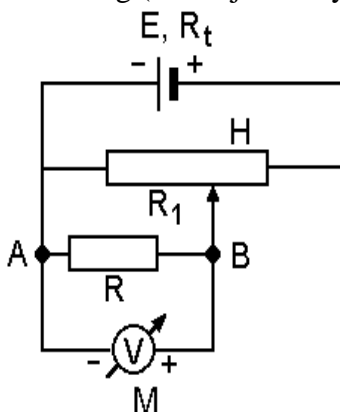
*Szorgalmi feladat: illesszünk egyenest a legkisebb négyzetek módszerével!*

#### Beadandó:

- az  $R_1 - I - 1/I$  táblázat,
- az  $1/I - R_1$  grafikon a mérési pontokhoz illesztett egyenessel, és az egyenesből meghatározott
- $E$  elektromotoros erő és
- $R_t + R_a$ , a belső ellenállások összege.

### 3.2. Potenciometrikus feszültség szabályozás

A 3.2. ábrán látható áramkörben a helipot csúszójának állításával változtatható az A,B pontok közé kötött R ellenálláson eső  $U_{AB}$  feszültség (és a rajta átfolyó áram, ill. a teljesítmény):



3.2. ábra. Potenciometrikus feszültség szabályozás

A voltmérőt ideálisnak (végtelen nagy ellenállásúnak) tekintve a telepet terhelő eredő ellenállás:

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

és a telepen átfolyó áram  $I = E / R_e$ .

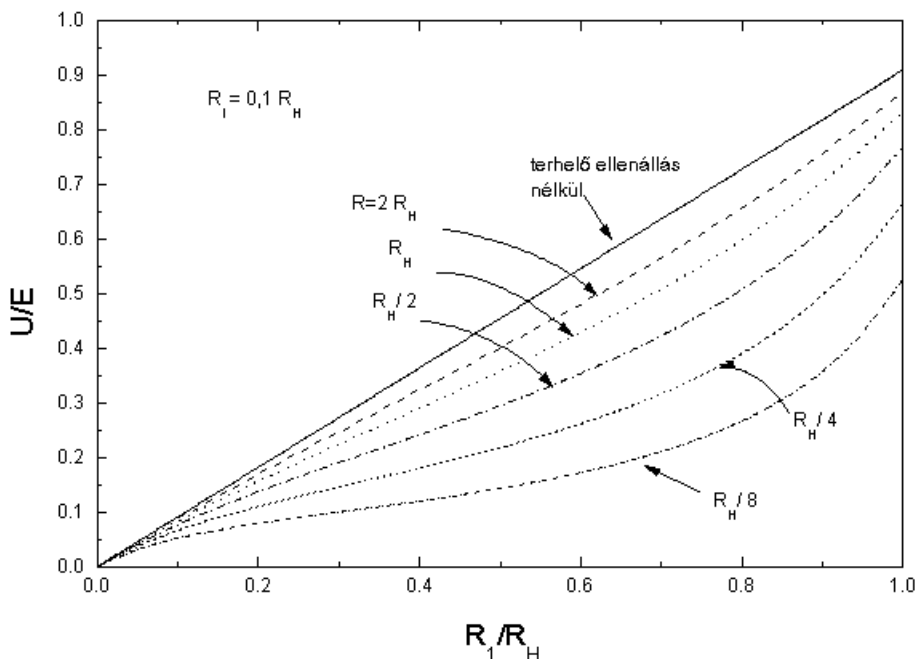
Az R terhelésen az  $U_{AB}$  feszültség ennek az áramnak és az a párhuzamosan kötött  $R_1$  és R ellenállások eredőjének szorzata. :

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

Az A,B pontok közti feszültség a helipot  $R_1$  ellenállásának növelésével monoton, de nem lineárisan nő. Minél nagyobb az R terhelő ellenállás értéke, annál jobban megközelíti a függvény az egyenest, amit akkor kapunk, ha R értéke "végtelen" nagy:

$$U_{AB}(R_1, \infty) = E \frac{R_1}{R_t + R_H} \quad (4)$$

Ekkor ugyanis a kör eredő ellenállása  $R_1$  értékétől függetlenül  $R_e = R_t + R_H$ .



**Mérési feladat:**

- Állítsuk össze a 3.2. ábrán feltüntetett kapcsolást!
- Mérjük az R állandó ellenálláson eső feszültséget 15 különböző  $R_1$  értéknél: 50 skálárész lépésekben 400 skálárészig, utána 100 skálárészekként) ( $U_{AB}(R_1, R)$ )!
- Távolítsuk el az R ellenállást (ezzel az R ellenállás értékét "végtelenre" növeltük) és mérjük meg az  $U_{AB}$  feszültséget az értékállító két szélső és középső állásánál!

**A mérés kiértékelése:**

- Ábrázoljuk a mért  $U_{AB}(R_1, R)$  feszültségértékeket  $R_1$  értékének függvényében!
  - Tüntessük fel a grafikonon az R ellenállás eltávolításával mért 3  $U_{AB}(R_1, \infty)$  értéket is!
  - Húzzunk origón átmenő egyenest a 3  $U_{AB}(R_1, \infty) - R_1$  pontra! Olvassuk le az egyenes meredekségét és számoljuk ki belőle  $R_t$  értékét! (Az E elektromotoros erő értékét a soros áramkör szabályozásnál már meghatároztuk.)
  - A soros szabályozásnál megkaptuk a műszer és a telep belső ellenállásainak összegét, most pedig a telep ellenállását. Számoljuk ki ezekből az ampermérő  $R_a$  belső ellenállását!
- Szorgalmi feladat: illesszünk egyenest a legkisebb négyzetek módszerével! Vegyük figyelembe, hogy ebben az esetben az egyenes tengelymetszete zérus ( $b=0$ ), így a lineáris regresszió első egyenletéből számolható a meredekség!*

**Beadandó:**

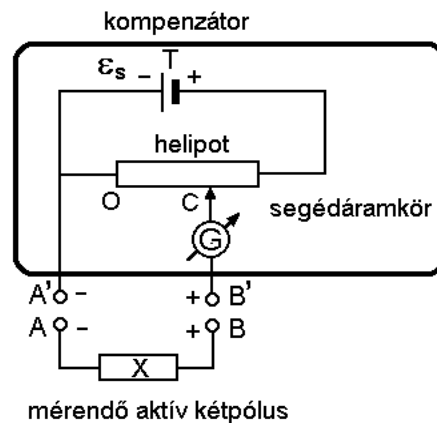
- a mérési eredmények ( $R_1$ ,  $U_{AB}(R_1, R)$ ,  $U_{AB}(R_1, \infty)$ ) táblázatosan és grafikusán, valamint
- $R_t$ , a telep belső ellenállása és
- $R_a$ , a mA-mérő belső ellenállása.

### 3.3. SZORGALMI FELADAT: Kompenzáció

Voltmérővel úgy mérjük meg egy tetszőleges AB kétpóluson eső  $U_{AB}$  feszültséget, hogy párhuzamosan kötjük a voltmérőt a mérendő hálózatrésszel (az A és B pontok közé). A voltmérő véges  $R_v$  ellenállása most része lesz az áramkörnek, egy új ágat nyitunk az AB kétpólussal párhuzamosan, az áramkör megváltozik, és így a mért feszültség különbözni fog attól az  $U_{AB}$  értéktől, melyet mérni akartunk. A hiba annál kisebb, minél nagyobb a voltmérő belső ellenállása. Ideális voltmérő belső ellenállása végtelen. A Deprez-rendszerű analóg műszerek alpműszerének belső ellenállása 1 V méréshatárnál 500-1000 ohm. A mérésnél használt digitális voltmérőnk belső ellenállása kb. 50 M $\Omega$ .

Az olyan aktív kétpóluson, 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, standard feszültséggel hasonlítjuk össze. Ha egy hurokba két azonos elektromotoros erejű telepet kötünk egymással szemben, akkor a hurokban nem folyik áram. A kompenzációs feszültségmérés azt jelenti, hogy a mérendő feszültségforrással szemben egy változtatható feszültségű forrást kötünk, melynek a feszültségét úgy állítjuk be, hogy az áramerősség nulla legyen. Hogy valósítjuk meg ezt a gyakorlatban?

Az előbb láttuk, hogy potenciométerrel tudunk feszültséget szabályozni. Kössük egy telepet a potenciométer két végéhez, akkor a potenciométer zérus pontja és a csúszó egy változtatható feszültségű forrásnak felel meg. Ezekhez a pontokhoz kapcsoljuk a mérendő feszültségforrás AB sarkait úgy, hogy a körbe még egy érzékeny árammérő műszert (galvanométer) iktatunk be (5.3 ábra). Vigyázzunk, hogy a telep és a mérendő feszültségforrás azonos előjelű pólusai érintkezzenek! A csúszó helyének változtatásával elérjük, hogy a galvanométer zérus áramot mutasson: ekkor a csúszó és a 0 pont közötti feszültség megegyezik a mérendő feszültségforrás  $U_{BA}$  feszültségével, és ez a feszültség arányos az  $R_1$  ellenállással és a T telepen folyó árammal,  $I_s$ -sel:  $U_{C0} = R_1 I_s$ .



3.3. ábra. Állandó áramú (Poggendorf) kompenzátor

$I_s$  független a mérendő feszültségtől a kompenzált állapotban, amikor a galvanométeren nem folyik áram.  $I_s$ -t a segédtelep  $\varepsilon_s$  elektromotoros ereje és a segédáramkörben lévő eredő ellenállás határozza meg; az utóbbi magába foglalja a helipot ellenállása mellett a telep belső ellenállását is, mely általában nem ismert.  $I_s$ -t meghatározhatjuk viszont egy ismert elektromotoros erejű feszültségforrás segítségével, pl. *Weston-féle normálemmel*.

Legyen a normálem feszültsége  $\varepsilon_0$ . Kössük az ismeretlen kétpólus helyére, és kompenzáljuk ki a kört. Legyen ekkor az  $R_{OC}$  ellenállás értéke  $R_0$ ; ekkor

$$U_{OC}(\text{normálem}) = \varepsilon_0 = I_s R_0.$$

Kössük most az AB kétpólust a kompenzátorra. Kompenzáljuk ki az áramkört. A helipotról leolvasható ellenállás legyen most  $R_{OC} = R_x$ , és

$$U_{OC}(\text{ismeretlen}) = U_x = I_s R_x.$$

A két egyenletet elosztva  $I_s$  kiesik, és az ismeretlen feszültség

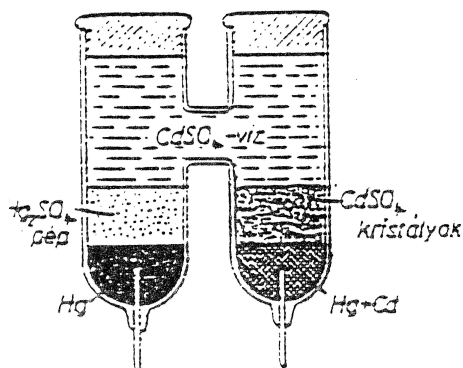
$$U_x = \varepsilon_0 R_x / R_0. \quad (5)$$

A helipot ellenállása arányos a leolvasható skálarészekkel,  $N$ -nel. Ha a normálem esetében  $N_0$  skálarésznel állt a csúszka a kompenzált állapotban, az ismeretlen feszültség mérésénél pedig  $N_x$ -nél, akkor a meghatározandó feszültség

$$U_x = \varepsilon_0 N_x / N_0. \quad (6)$$

### Weston-féle normálem

Feszültségétalonként használatos 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  $\mu A$ -nél kisebb áramerősséggel terhelhető.



A Weston-féle normálem felépítése

### A mérés kivitelezése

- Állítsuk össze a 3.3. ábra szerint az állandó áramú kompenzátort úgy, hogy a helipot "0" pontja a segédtelep negatív pólusával legyen összekötve. Ekkor a helipot csúszójának "0" helyzetében  $U_{AB} = 0$ .
- Hitelesítsük a kompenzátort a Weston-elemmel. Kapcsoljuk az elem negatív sarkát a B ponthoz, pozitív sarkát a galvanométerhez, és a csúszó változtatásával keressük meg az árammentes állapotot. Ekkor iktassuk ki a galvanométer védőellenállását, és ebben az érzékeny állapotban kompenzáljuk ki az áramkört. Olvassuk le az értékállítón a csúszka helyzetét, és jegyezzük fel  $N_0$ -t. Ismételjük meg 5-ször a mérést.
- Most kössük az ismeretlen elektromotoros erejű telepet össze a kompenzátorral, figyelve a polaritásra! Itt is keressük meg az árammentes állapotot és olvassuk le az a csúszó helyzetét az értékállítón ( $N_x$ ). Ezt a mérést is 5-ször ismételjük.

A kompenzátorral sem tudunk árammentességet biztosítani, a galvanométer leolvasási hibájánál kisebb áram még folyhat az áramkörben. Ez  $\mu A$  nagyságrendű.

### **A jegyzőkönyvben beadandó:**

Határozzuk meg  $N_0$  és  $N_x$  átlagát és hibáját. Számítsuk ki az  $\varepsilon_x$  elektromotoros erőt a (6) képlettel, valamint  $\varepsilon_x$  hibáját az  $N_0$  és  $N_x$  mérésének hibájából. Ha a méréssorozat kiértékelésénél fél skálarésznel kisebb hibát kaptunk, számoljunk fél skálarész leolvasási hibával!