

Tantárgyi dosszié

Tárgy: VILLAMOS MÉRÉSEK
Tárgyjegyző: Szabó Norbert mesteroktató
Szak: BSc Alapszak

Tárgykód: GEVEE085-B
félév: 1. (ősz)
Szak: (BSc)
Szakirány: közös tárgy
Kredit: 2 kredit
ETF: nincs

a) Tantárgyprogram

Előadások ütemterve

Hét	Előadás (szerda 8.00-10.00)
1 (37)	Laboratóriumi rend és balesetvédelmi oktatás, csoportbeosztás, követelmények ismertetése
2 (38)	Sportnap
3 (39)	Méréstechnika tárgyköre. Mértékegység rendszerek. Mérési hiba. Mérőműszerek hibái.
4 (40)	1 Műszer 2 Teljesítmény
5 (41)	Áram és feszültség mérés hagyományos analóg módszerei. Elektromechanikus műszerek.
6 (42)	1 Teljesítmény 2 Műszer
7 (43)	Nemzeti ünnep
8.(44)	1 RUI, 2 Oszilloszkóp
9 (45)	DMM felépítése alkalmazása. DMM mérési hibáinak kiszámítása Függvénygenerátorok oszcilloszkópok
10 (46)	1 Oszilloszkóp, 2 RUI,
11 (47)	Teljesítmény mérés, energia mérés, impedancia mérés. (Wheatstone híd)
12 (48)	ZH írása
13 (49)	Pótmérés
14. (50)	pót ZH

Rövidítés	Mérés leírása	Követelmény	Értékelés
Műszer	Műszer ellenőrzés. Deprez műszer. Wheatston híd mérése.	Mérés elvégzése Jegyzőkönyv	osztályzat
RUI	Ellenállás, fesz, áram mérés	Házi feladat elkészítése Mérés elvégzése Jegyzőkönyv	osztályzat
Teljesítmény	Egyfázisú teljesítmény mérés.	Mérés elvégzése Jegyzőkönyv	osztályzat
Oszilloszkóp	Jelgenerátor és oszcilloszkóp kezelése, beállítása.	Mérés elvégzése a gyakorlatvezető vezetésével.	osztályzat

b) Ajánlott irodalom:

- 1, Zoltán István: Méréstechnika, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- 2, Horváth Elek: Méréstechnika, KKMF-1161. 1997.
- 3, Uray V. – dr. Szabó Sz.: Elektrotechnika, Tankönyvkiadó Bp. 1981.

c) Félévi követelmények:

A tantárgy lezárásának módja:

aláírás, gyakorlati jegy

Félév elismerésének módja:

Az aláírás megszerzésének feltétele:

1. A félév során mind a műszeres mérések, legalább elégséges szintű teljesítése.
2. A nagy zárthelyi dolgozat legalább elégséges minősítésű teljesítése. Időpontja 12.(48.) hét, időtartama 60 perc, értékelése 0-40pont. Elégséges szint 50% (20 pont).

Laboratóriumi eszközök használatának feltétele:

Laboratóriumi mérési gyakorlaton csak az a hallgató vehet részt, aki balesetvédelmi oktatásban részesült.

Laboratóriumi méréseken csak az a hallgató vehet részt, aki a mérés anyagát ismeri, és a méréshez tartozó feladatokat (számításokat) előre kidolgozta.

A hallgató csak a saját gyakorlatán vehet részt.

Az elégtelenre értékelt laboratóriumi mérés pótlására csak az utolsó oktatási héten van lehetőség.

Kettőnél több elégtelen mérés esetén a mérések nem pótolhatóak.

A laboratóriumi mérések beosztása

A mérőcsoport beosztás az első előadáson kihirdetésre kerül.

A gyakorlati jegy kiszámításának módja:

A zárthelyi dolgozaton 40 pont szerezhető, mérési gyakorlatokon szerezhető pontok összesen $(4 \times 10) = 40$ pont.

Ígytárgy teljesítése során összesen 80 pont szerezhető:

<i>Elégtelen</i>	<i>0 - 39 pont</i>
<i>Elégséges</i>	<i>40 - 49 pont</i>
<i>Közepes</i>	<i>50 - 59 pont</i>
<i>Jó</i>	<i>60 - 69 pont</i>
<i>Jeles</i>	<i>70 - 80 pont</i>

Pótlások

A laboratóriumi mérések pótlására a szorgalmi időszak 10. és 13. hetében 1-1 alkalommal van lehetőség.

A zárthelyi a szorgalmi időszak 12. hetében kerül megírásra. A sikertelen zárthelyi az utolsó héten pótzárthelyi keretében pótolható. Ha ekkor is sikertelen, akkor az aláírás pótlás keretében a vizsgaidőszakban pótolható.

Aláírás és gyakorlati jegy pótlása

*Pótolni csak a nem megfelelőre minősített műszeres mérést kell. Ha a jegyzőkönyv volt nem megfelelő minősítésű, akkor azt a vizsgaidőszak első hetéig pótolni lehet. A vizsgaidőszakban **nincs lehetőség mérési feladatok pótlására!***

Pótolni csak a sikertelen zárthelyit lehet, de annak ekkori teljesítésekor, már csak elégséges gyakorlati jegy szerezhető.

d) Zárthelyi minta:

Villamos mérések, zárthelyi dolgozat
GEVEE085-B tárgy hallgatói számára

A

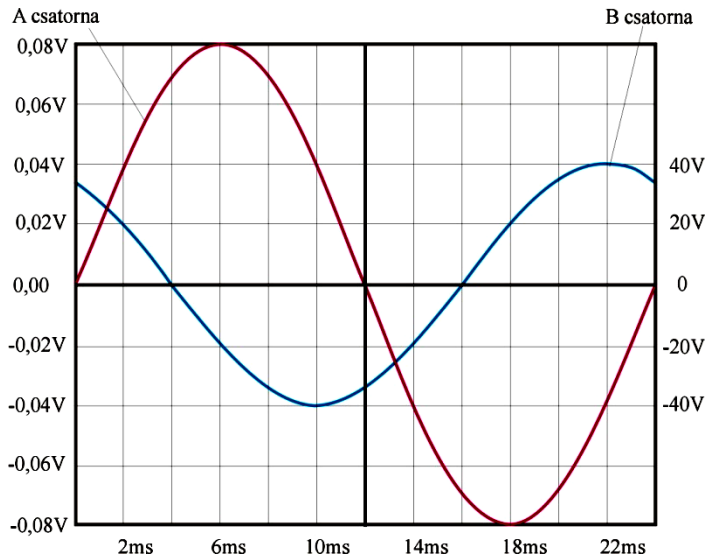
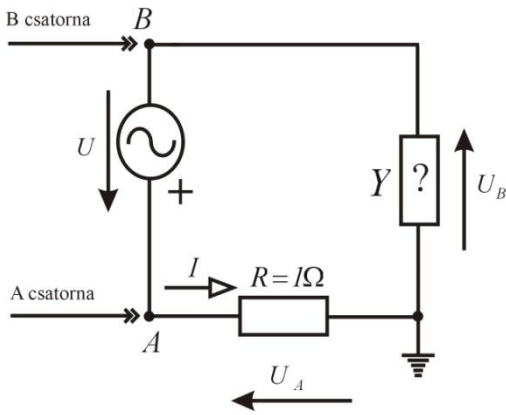
.....

Név, Neptun kód

- 1., Írja fel a feszültség osztót, ha ismert három sorosan kapcsolt ellenállás (R_1, R_2, R_3 .) amelyek végpontjaira U feszültséget kapcsolunk és a közülük csak az R_2 -en eső U_2 feszültséget szeretnénk tudni! (4 pont)
- 2., Rajzolja le egy szinuszosan váltakozó feszültség jelalakjának legalább 1 periódusát és jelöljön be rajta 6 különböző a függvényre jellemző tanult értéket! (6 pont)
3. Egy rezgésmérő műszerrel mért érték $177 \pm 7 \text{ Hz}$. Mekkora a műszer osztálypontossága, ha a végkitérése 600 Hz ? (2 pont)

4., Wheastone-hidas mérés esetén az R_X ellenállás egy (Pt 100-as) hőellenállás. Ennek ellenállása 20°C -on 100Ω , továbbá $R_2 = 1k\Omega$, $R_3 = 1k\Omega$. Határozza meg R_N értékét úgy, hogy a híd kiegyenlített legyen 26°C -on. A hőmérsékleti tényező $(\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}})$. Rajzolja fel a kapcsolást! (8 pont)

5., Az ábrán látható egy ismeretlen doboz aminek admittanciája Y , amiben két párhuzamosan kapcsolt elem van, illetve van velük sorosan kötve, egy 1Ω -os mérő ellenállás. A másik ábrán, az oszcilloszkóp képernyője látható. Leolvasható a kapcsoláson mért feszültségek nagysága. Határozza meg a két elem jellegét és nagyságát! (8 pont)

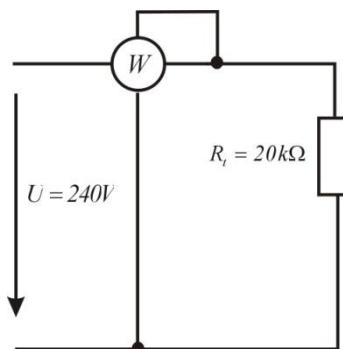
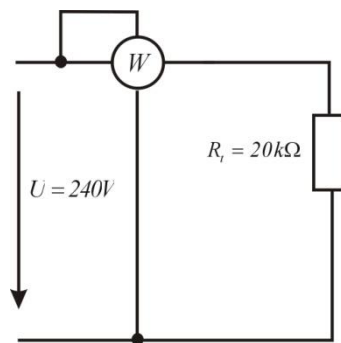


$id\ddot{o}/oszt\acute{a}s = 2ms$

$V/oszt\acute{a}s(U_A) = 0,02V$

$V/oszt\acute{a}s(U_B) = 20V$

6., Egy $R_l = 20k\Omega$ -os ellenálláson teljesítménymérést végzünk elektrodinamikus wattmérővel. $U_V = 240V$, $R_{\text{álló}} = 1\Omega$, $R_{\text{engő}} = 5k\Omega$. Melyik kapcsolást érdemes használni?
a.) Adja meg a mérés relatív hibáját százalékos értékben mindkét esetben. (8 pont)



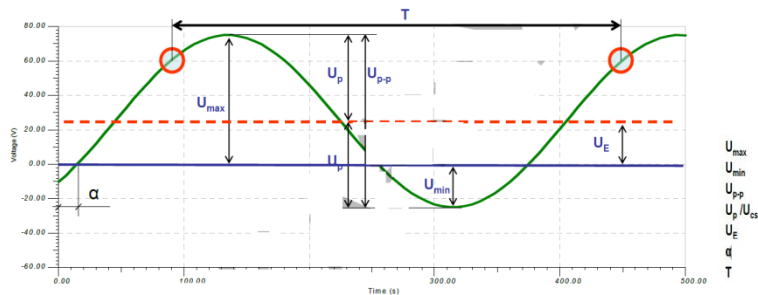
7., Legyen egy digitális műszer méréshatára 200V és mutasson 1,346V-ot. Számítsa ki az érték abszolút hibáját 3 tizedes pontossággal! a műszer éppen
A műszer pontossági adatai: $h_{fs} = 0,05\%$ és $D=1$ (4 pont)

ZH Megoldás:

1., Írja fel a feszültség osztót, ha ismert három sorosan kapcsolt ellenállás (R_1, R_2, R_3 .) amelyek végpontjaira U feszültséget kapcsolunk és a közülük csak az R_2 -en eső U_2 feszültséget szeretnénk tudni! (4 pont)

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

2., Rajzolja le egy szinuszosan váltakozó feszültség jelalakjának legalább 1 periódusát és jelöljön be rajta 6 különböző a függvényre jellemző tanult értéket! (6 pont)



U_{max}	A jel legmagasabb potenciálú pontja	$(U_{max} = 75 \text{ V})$
U_{min}	A jel legalacsonyabb potenciálú pontja	$(U_{min} = -25 \text{ V})$
U_{p-p}	A jel szélsőértékeinek különbsége	$(U_{p-p} = 100 \text{ V})$
U_p / U_{cs}	A jel váltakozóáramú összetevőjének amplitúdója	$(U_p = 50 \text{ V})$
U_E	A jel egyenáramú összetevője	$(U_E = 25 \text{ V})$
α	A $t=0$ időhöz tartozó szög	$(\alpha = -45^\circ)$
T	Két azonos helyzetű pont időbeni távolsága	$(T = 365 \text{ s})$

Egy teljes hullám lezajlásának ideje

3. Egy rezgésmérő műszerrel mért érték $177 \pm 7 \text{ Hz}$. Mekkora a műszer osztálypontossága, ha a végkitérése 600 Hz ? (2 pont)

Az osztálypontosság a végkitérésre vonatkoztatott hiba maximális értéke, felkeresítve a legközelebbi szabványos értékre.

A mérés bizonytalansága = a mérés abszolút hibájával, azaz $\pm 7 \text{ Hz}$.

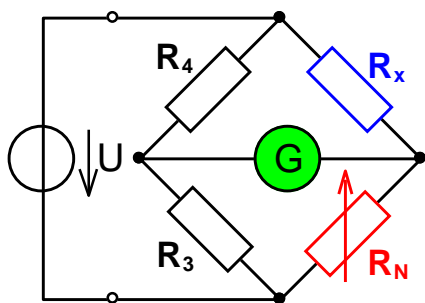
A végkitérésre vonatkoztatott relatív hiba:

$$h_v = \frac{H_i}{x_v} \cdot 100[\%] = \frac{7 \text{ Hz}}{600 \text{ Hz}} \cdot 100 = 1,16\%$$

Szabványos osztálypontossági értékek: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5.

A mért hibahatárt fel kell kerekíteni a legközelebbi szabványos értékre, azaz 2,5-re.

- 4., Wheastone-hidas mérés esetén az R_X ellenállás egy (Pt 100-as) hőellenállás. Ennek ellenállása 20°C -on 100Ω , továbbá $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$. Határozza meg R_N értékét úgy, hogy a híd kiegyenlített legyen 26°C -on. A hőmérsékleti tényező $(\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ \text{C}})$. Rajzolja fel a kapcsolást! (8 pont)



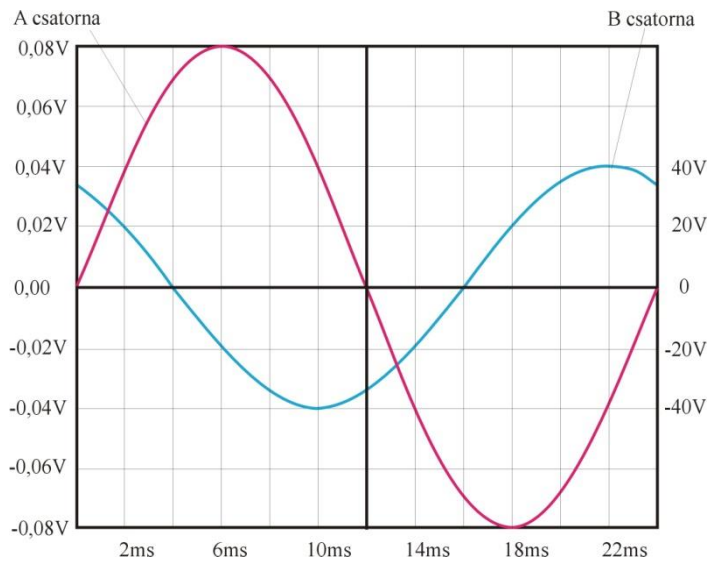
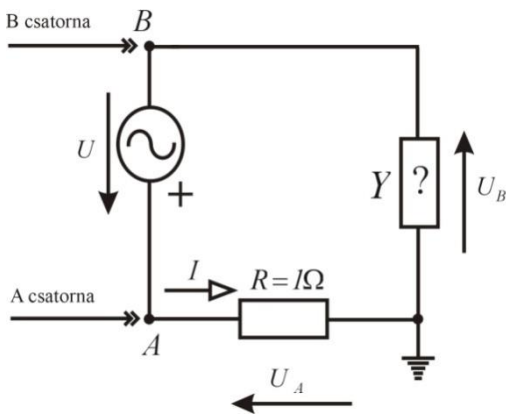
A híd kiegyenlített (a galvanométer nullát mutat), ha a szemben lévő hídágak ellenállásai-nak szorzata megegyezik: $R_X \cdot R_3 = R_N \cdot R_4$

$$R_{26} = R_{20} \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot 6) = 102,4 \Omega$$

$$\frac{R_X}{R_4} = \frac{R_N}{R_3}$$

$$R_N = \frac{1000 \cdot 102,4}{1000} = 102,4 \Omega$$

- 5., Az ábrán látható egy ismeretlen doboz aminek admittanciája Y , amiben két párhuzamosan kapcsolt elem van, illetve van velük sorosan kötve, egy 1Ω -os mérő ellenállás. A másik ábrán, az oszcilloszkóp képernyője látható. Leolvasható a kapcsoláson mért feszültségek nagysága. Határozza meg a két elem jellegét és nagyságát! (8 pont)



$$idő/osztás = 2ms$$

$$V/osztás(U_A) = 0,02V$$

$$V/osztás(U_B) = 20V$$

Az 1Ω -os ellenállás és a rajta eső feszültség szorzata lesz a kör bemenő árama:

$$U_{Amax} = 4osztás \cdot 0,02 \frac{V}{osztás}$$

$$I = \frac{U_{Amax}}{\sqrt{2}} \cdot R = \frac{0,08V}{\sqrt{2}} \cdot 1\Omega = 0,056 A$$

A dobozra jutó feszültség:

$$U_B = \frac{U_{Bmax}}{\sqrt{2}} = \frac{2 \cdot 20V}{\sqrt{2}} = 28,28V$$

A kijelzőn az U_B feszültség fordított polaritással jelenik meg mivel a mérést így egyszerű elvégezni, mert így tudunk mérni egy közös földponthoz képest.

$$\text{A fáziseltolás a két jel között: } \phi = 2osztás \frac{180^\circ}{6osztás} = 60^\circ$$

Az I vektort választva referencia vektornak: $\vec{I} = 0,05657 \angle 0^\circ A$ adódik. Tehát látható, hogy a feszültség siet az áramhoz képest -60° -ot.

$$\vec{U}_B = 28,28 \angle -60^\circ V$$

Az Ohm törvény alapján:

$$\vec{Y} = \frac{\vec{I}}{\vec{U}_B} = \frac{0,05657 \angle 0^\circ A}{28,28 \angle -60^\circ V} = 0,002 \angle 60^\circ S = 0,001 + j0,001732S$$

Mivel 2 párhuzamos elemről van szó, Y értékéből látszik, hogy van konduktancia tehát lesz frekvencia független „ R ” tag. A másik mivel siet az áram a feszültséghez képest ezért, kondenzátor lesz.

$$\vec{Y} = 0,001 + j0,001732S = G + jB_C = \frac{1}{R} + j\omega C$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{12osztás \cdot 2 \cdot 10^{-3} \frac{s}{osztás}} = 261,8 \frac{rad}{s}$$

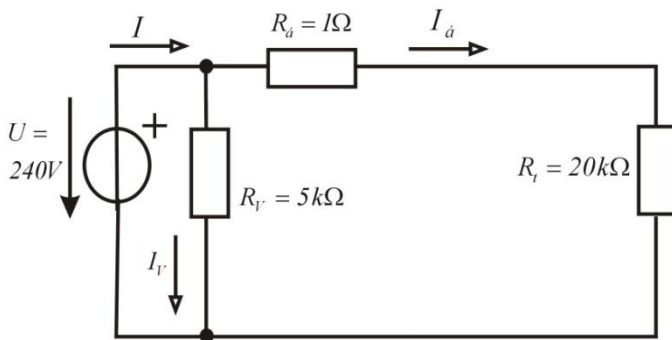
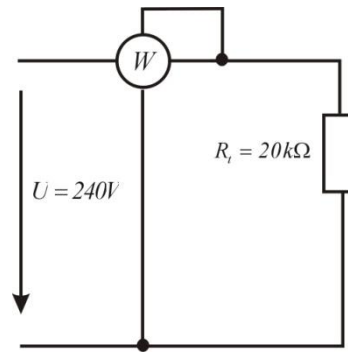
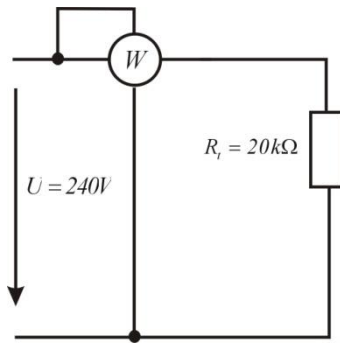
$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0,001S} = 1000\Omega$$

$$\omega \cdot C = B_C = 0,001732S$$

$$C = \frac{B_C}{\omega} = \frac{0,001732S}{261,8 \frac{rad}{s}} = 6,62\mu F$$

6., Egy $R_t = 20k\Omega$ -os ellenálláson teljesítménymérést végzünk elektrodinamikus wattmérővel. $U_V = 240V$, $R_{álló} = 1\Omega$, $R_{lengő} = 5k\Omega$. Melyik kapcsolást érdemes használni?

a.) Adja meg a mérés relatív hibáját százalékos értékben mindkét esetben. (8 pont)



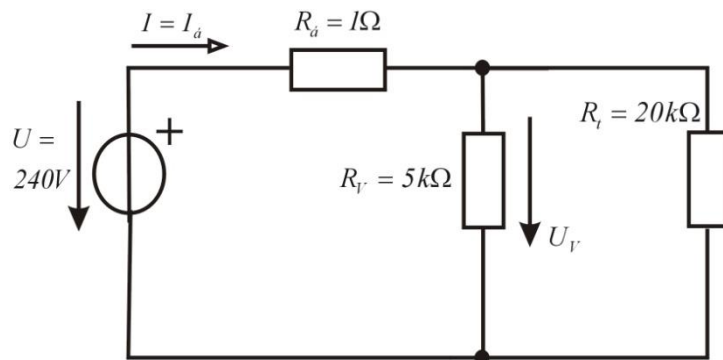
$$P_t = \frac{U^2}{R_t} = \frac{240^2 V^2}{20.000 \Omega} = 2,88W$$

$$I_A = \frac{U}{R_a + R_t} = \frac{240V}{20.001 \Omega} = 0,01199A = 11,99mA$$

$$P_w = U \cdot I = 240V \cdot 11,99 \cdot 10^{-3} = 2,8798W$$

$$h_{\%} = \frac{(m - p)}{p} \cdot 100\% = \frac{(P_w - P_t)}{P_t} \cdot 100\% = 0,00499\% \cong 0,005\%$$

b.) Ha a wattmérő áramtekercsét elé kiszámítása másképp alakul.



kötjük a hiba

$$I = \frac{U}{R_a + (R_v \times R_t)} = \frac{U}{R_a + \frac{R_v \cdot R_t}{R_v + R_t}} = \frac{240V}{1 + \frac{5000 \Omega \cdot 20.000 \Omega}{5000 \Omega + 20.000 \Omega}} = \frac{240V}{4001 \Omega} = 0,05998A$$

$$U_V = U - I \cdot R_a = I (R_v \times R_t) = 0,05998A \cdot 4.000 \Omega = 239,94V$$

$$P_w = U_V \cdot I_A = 239,94V \cdot 0,05998A = 14,39W$$

$$P_t = \frac{U^2}{R_t} = \frac{240^2 V^2}{20.000 \Omega} = 2,88W$$

$$H = m - p = P_w - P_t = 11,51W$$

$$h_{\%} = \frac{(m - p)}{p} \cdot 100\% = \frac{(P_w - P_t)}{P_t} \cdot 100\% = \frac{(14,39W - 2,88W)}{2,88W} \cdot 100\% = 3,99\% \cong 4\%$$

7., Legyen egy digitális műszer mérés határa 200V és mutasson a műszer éppen 1,346V-ot. Számítsa ki az érték abszolút hibáját 3 tizedes pontossággal!

A műszer pontossági adatai: $h_{fs} = 0,05\%$ és $D=1$

(4 pont)

Mérés határra vonatkoztatott relatív hiba: $h'_{rdg} = h_{fs} \frac{U_{fs}}{U_{rdg}} = \pm 0,05\% \cdot \frac{200V}{1,346V} = 0,07429\%$

Számlálási hiba: $h_{sz} = \frac{1}{1346} \cdot 100\% = \pm 0,074\%$

Összevont relatív hiba: $h = \pm |0,07429 + 0,074| \% = 0,14869\%$

Abszolút hiba: $H = \frac{h}{100\%} \cdot U_{rdg} = \frac{0,148169}{100} \cdot 1,346 = 0,001996 \approx 2mV$

e) Lehetséges mérési feladatok, minimumkérdések:

1. RUI mérési feladat

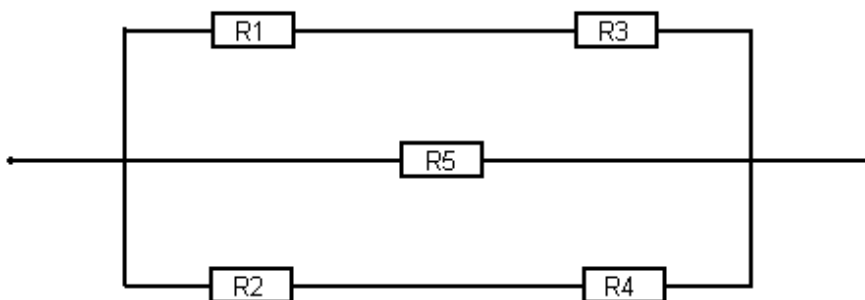
Megjegyzés:

A mérés végén a mellékelt formátumnak megfelelő mérési jegyzőkönyvet kell leadni, amely tartalmazza a számolási és mérési eredményeket is.

1. feladat:

Számítással határozza meg az alábbi kapcsolás **eredő ellenállásának** értékét,

- Méréssel igazolja az eredményt és indokolja meg a kettő közötti különbséget!
- **Számolja ki a mérés abszolút hibáját, relatív hibáját!**



$R_1 = 27k\Omega$

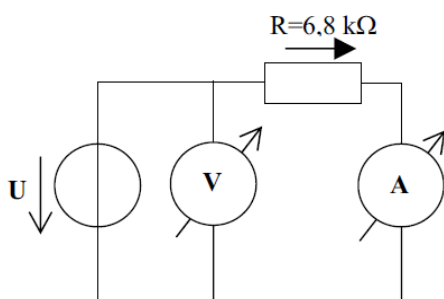
$R_2 = 8,2k\Omega$

$R_3 = 27k\Omega$

$R_4 = 12k\Omega$

$R_5 = 6,8k\Omega$

2. feladat:

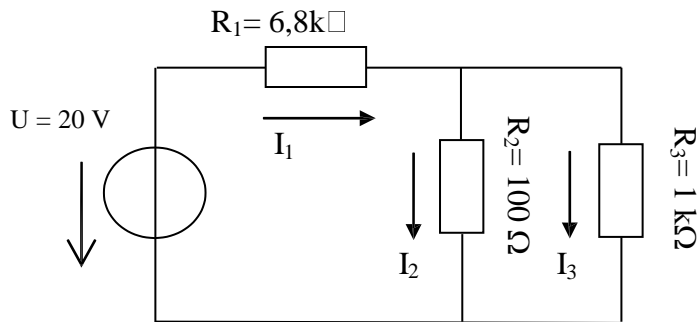


a.) A kapcsolás összeállítása után, a feszültség 5 V-os lépésként való változtatása mellett (5-25 [V]) mérje a feszültség és áram **pontos értékét** (mért értékek) és azt jegyezze fel táblázatban! Mérje meg a 6,8kΩ-os ellenállás pontos értékét!

b.) **HÁZI:** Töltse ki a táblázatot! Számítsa ki a mért értékekből az ellenállás értékét és számítson abszolút és relatív hibát a felhasznált 6,8kΩ-os ellenálláshoz képest! Mit tapasztal?

$U_{mért}$ [V]					
$I_{mért}$ [mA]					
$R_{mért}$ [kΩ]					
$R_{számított}$ [kΩ]					
H [kΩ]					
h [%]					

3. feladat:

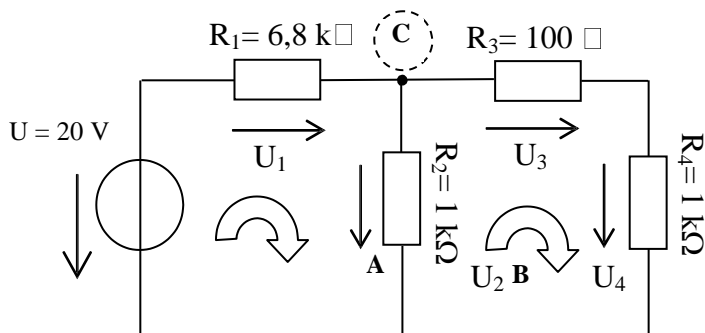


A feladat megkezdésekor mérje meg a bemeneti (U) feszültséget is és jegyezze azt fel a jegyzőkönyvben!

- Számolja ki, majd mérje meg a kapcsolásban jelenlévő összes ellenállás feszültségét!
- Ellenőrizze számítással, majd méréssel csomóponti törvényt a kapcsolás R_1 - R_2 - R_3 ellenállás találkozásánál lévő csomópontban.

Minden esetben számolja ki a mérések abszolút hibáját, relatív hibáját!

4. feladat (pótfeladat, szorgalmi feladat)



A feladat megkezdésekor mérje meg a bemeneti (U) feszültséget is és jegyezze azt fel a jegyzőkönyvben!

- Számolja ki, majd mérje meg az R_2 ellenállás feszültségét!
- Számolja ki, majd mérje meg az R_2 ellenállás áramát!

Minden esetben számolja ki a mérések abszolút hibáját, relatív hibáját!

3. Műszer ellenőrzés és Wheatstone híd mérése

Megjegyzés:

A mérés végén a mellékelt formátumnak megfelelő mérési jegyzőkönyvet kell leadni, amely tartalmazza a számolási és mérési eredményeket is.

1. Feladat: műszer ellenőrzés

Ellenőrizendő műszer: pultba épített Deprez műszer

Ellenőrző műszer: a mérő párnak kell kiválasztania a rendelkezésre álló műszerek közül

Feladatok:

- Tanulmányozza a pultba épített Deprez műszert és a választott ellenőrző mérőműszert is. Olvassa le a hitelesítéshez szükséges jellemzőket! (O_p , mérési tartomány, típus)
- Ellenőrizze le, hogy teljesülnek-e a hitelesítés feltételei és jegyezze fel jegyzőkönyvbe!

$O_p = ?$ (a hitelesítendő műszer osztálypontossága)

$x_v = ?$ (a hitelesítendő műszer végkitérése)

$O_{p0} = ?$ (a hitelesítést végző mérőműszer)

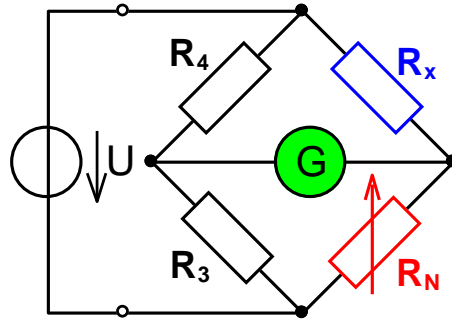
$x_{v0} = ?$ (a hitelesítést végző mérőműszer végkitérése)

- Amennyiben teljesülnek a hitelesítés feltételei, úgy folytassa a mérést. A mérőpultba épített egyenfeszültségű tápegység kimenetét 2V-os lépésenként vizsgálja. Állítson be feszültségértékeket (0-30V). Minden beállítás alkalmával mérje meg a feszültségeket az ellenőrző műszerrel, és jegyezze fel a leolvasott értékeket!

$U_{\text{Generátor}} [V]$	$U_{\text{Mért}} [V]$
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	

- A mérés után, a jegyzőkönyv készítésekor, rajzoljon fel léptékhelyes hibagörbét és vonjon le következtetéseket a műszer ellenőrzés folyamatáról. (Szükség esetén használjon mm-papírt is.)

2. feladat: Wheatstone híd mérése



a) Állítsa össze a kapcsolást, hogy:

$$U = 20V,$$

$$R_4 = R_3 = R_x = 27k\Omega,$$

$$R_N = 12k\Omega$$

Ezután számolja ki, majd mérje meg az R_4 ellenállás áramát és feszültségét!

Mérje meg a G-vel jelölt feszültségmérő feszültségét! Vesse össze a mért és a számított értékeket!

Számítsa ki mekkora R_N ellenállást kellene beállítania, hogy a híd kiegyenlített legyen?

(Mérje meg a betáplálás, azaz az U feszültséggenerátor feszültségét is!)

b) Állítsa össze úgy a kapcsolást, hogy az R_N ellenállás értékét változtatja!

Minden esetben mérje meg az UAB feszültséget és vesse össze a számított elméleti adatokkal!

1. $R_N = 100k\Omega$
2. $R_N = 12k\Omega + 6,8k\Omega$ (sorbakapcsolva)
3. $R_N = 12k\Omega + 6,8k\Omega + 8,2k\Omega$ (sorbakapcsolva)
4. $R_N = 12k\Omega + 6,8k\Omega + (10k\Omega \text{ potenciómétert})$ (sorbakapcsolva). A potencióméter segítségével G voltmérő által mutatott feszültséget állítsa be nullára! Majd mérje meg az így kapott soros kapcsolás ellenállásának értékét digitális műszerrel!

A kiértékelésben térjen ki a G-vel jelölt feszültségmérő feszültség változásának okára!

c) A **jegyzőkönyvben írja le** a Wheatstone-híd kiegyenlítésének feltételét az alábbi kapcsolásra vonatkoztatva!

d) Aki hamarabb készen van a méréssel, annak **szorgalmi feladat**: Az alábbi kapcsolásban az R_x egy Pt 100-as hőellenállás. Az R_x ellenállás értéke $20^\circ C$ -on 100Ω .

$$R_4 = R_3 = 1k\Omega$$

Határozza meg az R_N ellenállás értékét úgy, hogy a híd kiegyenlített legyen!

Elméletben hogyan kell változtatni a híd kiegyenlítő elemeinek (R_N) értékét ahhoz, hogy $20^\circ C$ -

on a híd továbbra is kiegyenlített legyen? Hőmérsékleti tényező: $\alpha = 4 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ C}$

4. Műszer és egyfázisú teljesítmény mérés

Mérési feladatok

1. Univerzális mérőműszer használata

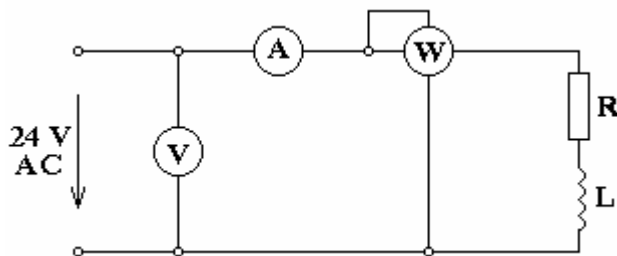
Ismerkedjen meg az univerzális műszerek (analóg és digitális) jellemzőivel, üzemmódjaival, csatlakoztatási lehetőségeivel, kezelő szerveinek feladatával.

Figyelem! A továbbiakban hálózatra csatlakozáskor valamennyi esetben a 42/24V-os névleges feszültségű, háromfázisú rendszer valamelyik 24V-os fázisfeszültségét használja fel! Ellenállásmérő üzemmód esetén mindig ellenőrizze a műszer működését szakadás/rövidzár üzemállapotban! (/0 ellenállás).

- 1.1. Ellenőriztetés után mérje meg párhuzamosan kötött analóg és digitális műszerrel egyidejűleg a tápfeszültséget! Figyelje meg a hálózati feszültség ingadozását, ennek hozzávetőleges mértékét!
- 1.2. Mérje meg a kondenzátor áramát egyidejűleg, sorba kapcsolt analóg és digitális műszerekkel.
- 1.3. Mérje meg az izzó/induktivitás/kondenzátor ohmos ellenállását ohmmérő üzemmódban!
- 1.4. Állítsa össze az izzó, az áram és feszültségmérő 24V-ra kötött áramkörét, majd mérje meg az ohm törvény alkalmazásával a hálózatra kapcsolt izzó "meleg" ellenállását!
- 1.5. Mérje meg a két keze közti ellenállás értékének nagyságrendjét analóg/digitális műszerrel!
- 1.6. Mérje meg a wattmérő feszültségtekercsének ellenállását!

2. Egyfázisú teljesítmény mérése

- 2.1. Állítsa össze az ábrán látható kapcsolást, a sorbakapcsolt izzóval (R) és a vasmagos fojtótekercssel (L), mint induktív jellegű fogyasztóval!



- 2.2. Állítsa be a megfelelő méréshatárokat, ellenőriztesse a kapcsolást a mérésvezetővel, majd végezze el a mérést!
- 2.3. Határozza meg a fogyasztó hatásos, meddő és látszólagos teljesítményét, valamint a teljesítmény-tényezőjét!
- 2.4. Számítsa ki a fogyasztó impedanciáját és fázisszögét!
- 2.5. Az R – L impedancia helyett kösse be fogyasztóként a kondenzátort és ismételje meg a 2.2., 2.3. és 2.4. feladatokat!
- 2.6. Határozza meg a kondenzátor veszteségi ellenállását párhuzamos R_p -C áramköri modellből.
- 2.7. Határozza meg az L induktivitást/C kapacitást!