4. Kísérletek váltakozó áramú körökkel, transzformátor

Tartalom

Kulcstartalmak 2
1. Hétköznapi elektromosságtan 3
a) Fázis, fázisceruza 4
b) Kismegszakító 5
2. A transzformátor és áttételi viszonyainak mérése 8
3. Zárási- és nyitási jelenség bemutatása induktív tagot tartalmazó áramkörben 9
a) A bekapcsolási jelenség demonstrálása párhuzamosan kapcsolt ohmos, ill. induktív tagot tartalmazó ágak zsebizzóinak megfigyelésével 9
b) A kikapcsolási jelenség demonstrálása vasmagos tekerccsel párhuzamosan kapcsolt glimmlámpa felvillanásával (FIGYELEM: A kísérlet veszélyes lehet!) 11
4. Tekercs (1200 menetes iskolai transzformátortekercs) önindukciós együtthatójának számolása ohmos ellenállásának és impedanciájának mért adataiból 12
5. Kondenzátor kapacitásának számolása az impedancia mérésével 15
6. Feszültségrezonancia bemutatása soros RLC áramkörben 16
7. Kondenzátor töltése és kisütése ohmos ellenálláson át 18
a) A töltő- és a kisütőáram irányának és időfüggésének demonstrálása 19
b) HÉT KÍSÉRLETE: A kisütőáram időfüggésének mérése és grafikus ábrázolása 20

Kulcstartalmak

- Fázis, nulla, földelés. Földelés szerepe
- Faraday-féle indukciós törvény, transzformátor
- Bekapcsolási és kikapcsolási jelenségek áramjárta tekercs esetén
- Önindukciós együttható
- Induktív és kapacitív ellenállás, impedancia
- Feszültség rezonancia (RLC kör)

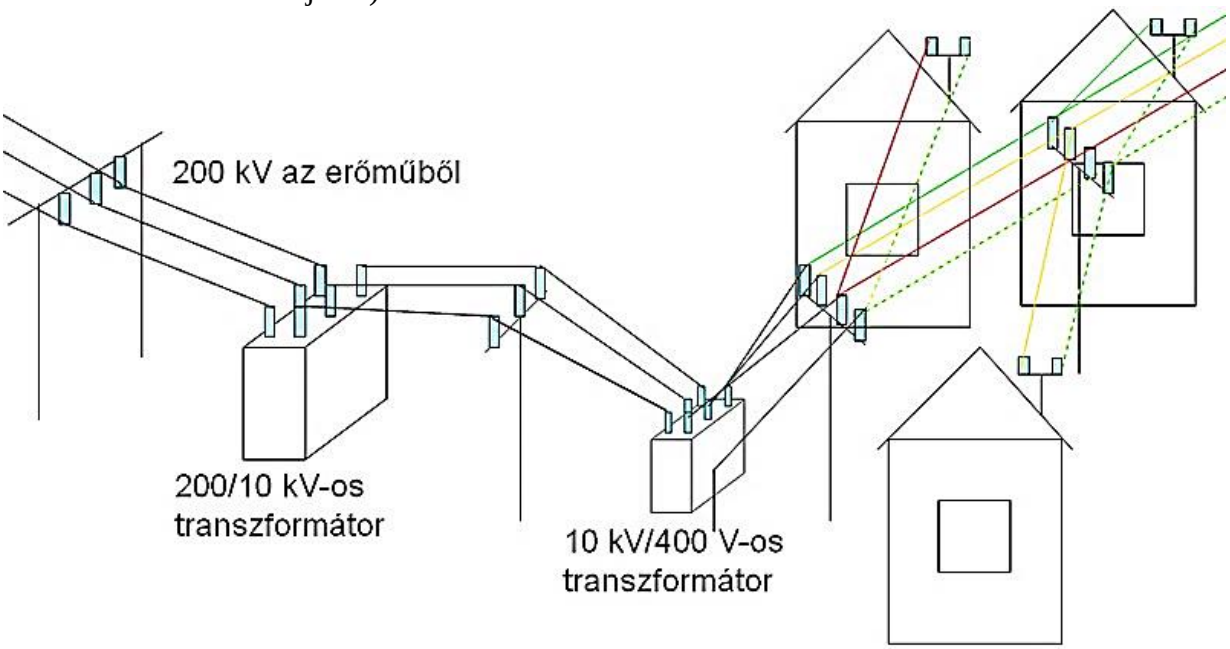
1. Hétköznapi elektromosságtan

A kísérletek célja

Bár mindennap számtalanszor használjuk az elektromos berendezéseinket, túl sokszor nem gondolunk utána működésüknek. Emellett – fizikatanárként – hasznosnak tűnik, hogy a hálózatban bekövetkező esetleges hiba esetére, főleg a lehetséges balesetek elkerülése céljából, rendelkezzünk a szükséges minimális alapismeretekkel. A továbbiakban az otthon is megtalálható eszközök működését, és azokhoz csatlakozó egyszerű kísérleteket mutatunk be. A fejezet célja annak bemutatása, hogy egyszerű eszközökkel, minimális ismeretekkel és kellő odafigyeléssel teljesen biztonságosan dolgozhatunk váltóárammal a fizikaórákon is.

Elméleti bevezetés

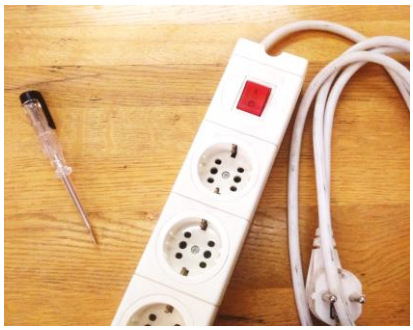
Bevezetésként az ábrán nagyon leegyszerűsítve látható, hogyan lesz a 200 kV háromfázisú nagyfeszültségű rendszerből a lakásokban 230 V feszültségű egyfázisú rendszer a konnektorokban. (A zöld, sárga és piros vonalak az egyes fázisokat a zöld-sárga szaggatott vonal a nulla vezetéket jelzi.)



(Forrás: világlex.hu)

Ha megnézünk egy ilyen légvezeték oszlopot azon általában 4 vezetékszál látható. A három fázisvezeték és a nulla vezeték (amit összekötnek a földeléssel). Az is látható, hogy általában egy-egy házba a nulla és a három fázis valamelyike van bekötve. (A földelést helyben alakítják ki.) Ez 230 V-os feszültséget ad. A lakásokban – és a fizika termekben is – az alábbi konnektor típus található meg: a „lyukak” valamelyikében a fázis vagy a nulla, a „kinyúló” kivezetésen a földelés található.

a) Fázis, fázisceruza



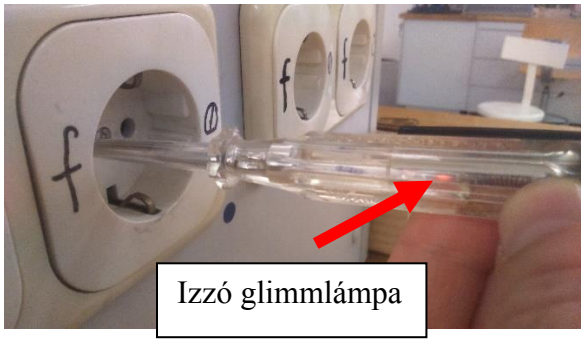
Szükséges anyagok, eszközök

- 230 V konnektor
- Fázisceruza
- Hálózati elosztó kapcsolóval (hosszabbító vezetékkel)

Leírás

Egy konnektor két kivezetése („lyuk”) közül csak az egyik van feszültség alatt, ez az ún. fázisvezeték. A másik vezetékben a földhöz képest nincs feszültség, ezt nulla vezetéknek nevezzük. A manapság használt konnektorokban van még földelésérintkező is, amely hibás működés esetén elvezeti a fölös töltéseket, így védve a felhasználót.

Hogy egy konnektor feszültség alatt van-e, egy ún. fázisceruzával ellenőrizhető. Az eszköz első látásra csavarhúzónak tűnik, ám műanyag nyelébe egy nagy ellenállást és miniatűr gázkisülési csövet (ún. glimmlámpa) építettek, sorba kötve. A soros tag egyik vége a csavarhúzó résszel, másik vége a nyél végén kiképzett fém lezárócsavarral érintkezik. A csavarhúzós részt a 230 V-hoz (a fázishoz) érintve és a fém zárócsavart kezünkkel érintve, testünk csekély átvezetését kihasználva a hálózati feszültség egy része (kb. 100V) megjelent a glimmlámpa két vége között, s az vöröses színben felfénylik.



Vigyázat!

Fázisceruzával sajnos sosem lehetünk teljesen biztosak, hogy a vizsgált eszköz tényleg feszültségmentes. Előfordulhat, hogy az eszközön és a vizsgáló személyen valamilyen okból nem folyik át az áram a földbe, ekkor a glimmlámpa nem világít. A konnektorba mindig csak a fázisceruzát dugja bele, más tárgyat ne, és figyeljen arra, hogy a másik végét mérésnél megérintse, de más fém részhez ne érjen!

Feladatok

- Ellenőrizze egy fázisceruza segítségével a Demonstrációs Laborban bizonyos konnektoroknál jelzett fázis-nulla jelzések helyességét!
- Egy kapcsolós elosztót dugjon be egy ismert fázis-nulla elosztású konnektorba. Vizsgálja meg az elosztót ki- és bekapcsolt állapotban a fázisceruzával! Miután megvizsgálta az elosztót, fordítsa meg annak dugalját a konnektorban és ismételje meg a vizsgálatot! Mit állíthatunk az elosztó kapcsolójának működéséről: mindkét szálat (fázis és nulla) megszakítja a kapcsoló, vagy csak az egyiket a kettő közül? Válaszát indokolja!

Elméleti és módszertani kérdések

- Hibás működés esetén miért a földelésen folyik inkább az áram, mint egy emberen keresztül? Adjon középiskolai szintű választ!
- Mekkora a fázis és a nulla között mérhető maximális feszültség értéke? Mit jelent a konnektorban levő váltófeszültség effektív értéke?
- Milyen anyagból készült cipőt viselve fordulhat elő, hogy a fázisceruza hibásan nem jelez feszültséget?
- Normál működés esetén maximum mekkora áram folyik át rajtunk, ha a glimmlámpa felvillan? (Az előtét ellenállás értéke 250kΩ, a vizsgáló személy ellenállásától eltekinthetünk.)

b) Kismegszakító

Elméleti bevezetés

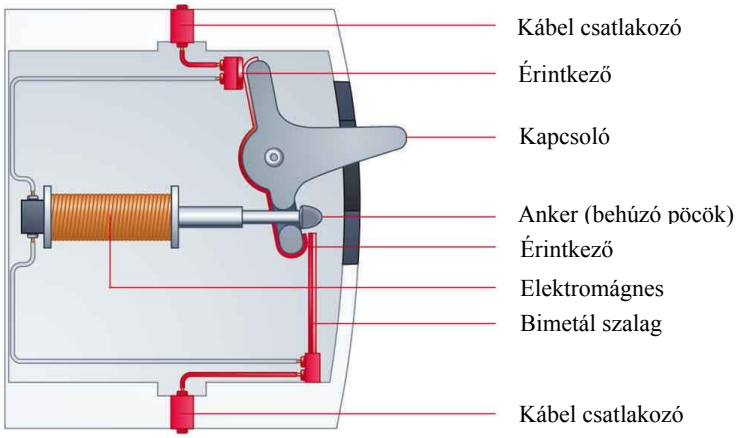
Viszonylag kis – kb. 30 mA áramerősségű – áramok is már nagyon veszélyesek lehetnek. A biztonságos használathoz éppen ezért a már alacsony áramerősségű szivárgó áram esetén is biztonsági kioldó, ún. FI-relé (áramvédelmi relé) használata javasolt.

Azonban nem szivárgó áramok (pl. rövidzárak) is előállhatnak, melyek jelentős (15+ A) áramerősségűek, így puszta hőtermelésükkel is veszélyesek a falban futó vezetékekre és csatlakozásaikra, vagy a hibásan működő fogyasztókra, s okozhatnak rossz esetben akár tüzet is. A túl nagy áramok ellen védekezhetünk olvadó biztosítékokkal, melyekben egy vékony vezetőszál túl nagy áram esetén egyszerűen elolvad, így szakítva meg az áramkört. Az ilyen biztosítékok használata egyszerű, de költséges lehet, és persze időigényes is, ha épp nincs elérhető tartalék biztosíték.

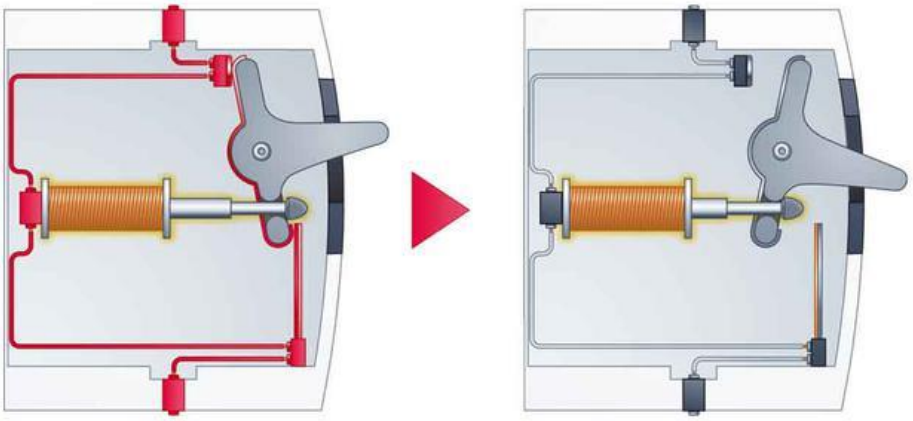
Éppen ezért a háztartásokban elterjedtebb az ún. automata biztosíték vagy kismegszakító, melyek túláram esetén leoldanak, de ha megszűntetjük a túláram okát – pl. mikrohullámú sütő, vízforraló és mosógép együttes vagy egy hibás, zárlatos eszköz (rövidzár) használatát –, akkor újra visszakapcsolható az áramkör.

A kismegszakító működési elvét az alábbi ábrákon szemléltethetjük.

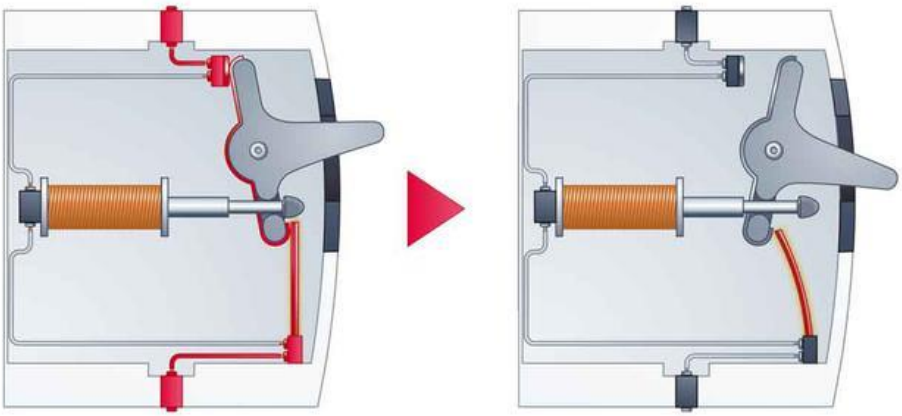
Kismegszakító felépítése: a villanyórából jövő fázist a kábel csatlakozókra kell kötni, majd onnan továbbvezetni a háztarás felé. A kapcsolóval zárjuk az áramkört (azaz helyezzük áram alá a fogyasztókat), mely túláram esetén nyitja az áramkört.



Rövidzár / zárlatos fogyasztó esetén nagyon nagy áram (30+ A) folyhat. Ilyenkor a kapcsolóval párhuzamosan kötött áramkörben levő elektromágnes magához vonzza az ankert, ami a kapcsolót elforgatva nyitja az áramkört.



Túlterhelés esetén (típustól függően 5A, 10A 15A esetén) a bimetál szalag felmelegszik, elgörbül, elforgatja a kapcsolót, mely nyitja az áramkört.



Megjegyzés:

A kismegszakítók különböző karakterisztikákkal rendelkeznek. Például egy „B” karakterisztikával rendelkező túláram-védelmi készülék esetében a késleltetés nélküli elektromágneses gyors kioldó a névleges áram 3-5-szörösére van állítva. Vagyis egy B10-es kismegszakító esetében azt fogja jelenteni, hogy a késleltetés nélküli pillanatkioldó 30A és 50A közötti tartományban fog megszólalni. Jellemzően ohm-os fogyasztók túláram védelmére

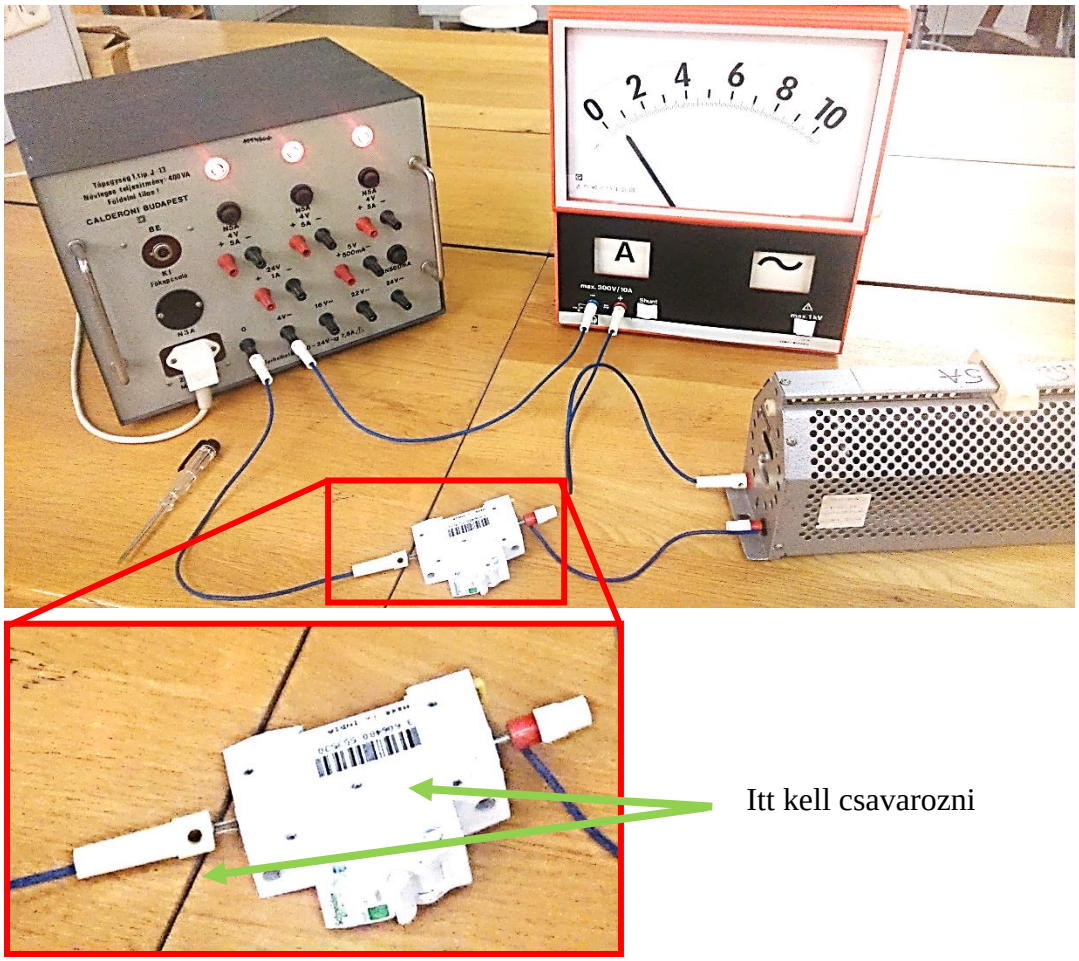
alkalmazhatóak, mint például elektromos tűzhely, hőtárolós vízmelegítő vagy elektromos fűtőkészülékek stb. Egy „C” karakterisztikával rendelkező kismegszakító késleltetés nélküli gyors kioldója a névleges áram érték 5-10-szerese, melyeket olyan esetben szoktak bekötni, mikor a fogyasztó normál működés esetén is rövid ideig nagy áramot használ (pl. indukciós tűzhely).

Szükséges eszközök

- Tápegység (Tanért 1, váltóáramú feszültségforrás (max. 4 V, 7,5 A))
- 2A névleges maximális áramerősségű kismegszakító (C típusú)
- Vezetékek
- 10A méréshatárú áramerősségmérő (Leybold)
- Változtatható ellenállás (11 ohm, 5A)

Leírás

Készítsen egy soros kapcsolást az alábbi elemekből: tápegység (4 V váltófeszültséggel), 11 ohmos tolóellenállás (középállásban), kismegszakító, áramerősségmérő műszer (10 A méréshatás, váltóáram), lásd következő ábra!



A fázisceruzával csavarozza be a kábelek banándugóját a kismegszakító érintkező csatlakozójába. Fokozatosan, lassan állítsa a tolóellenállás értékét egyre kisebbre, így növelve az átfolyó áram erősségét.

Feladat

- Állítsa össze az áramkört és növelje lassan (néha 5-10 másodperces szünetet tartva), a készüléken az áramerősséget 2A → 3A → 4A stb. értékekre, míg a kismegszakító megszakítja az áramkört. Mekkora áramerősségnél oldott ki a megszakító?

Elméleti és módszertani kérdések

- A kísérletben elvégzett lassú áramerősség-növelésekor az áram mely hatására, illetve a kismegszakító mely alkatrésze hatására kapcsolt le a biztosíték?
- Magyarázza meg (középiskolás szinten), hogy miért lehetséges, a kísérletben egyenárammal is működne az amúgy váltóáramra tervezett kismegszakító!

2. A transzformátor és áttételi viszonyainak mérése

A kísérlet célja

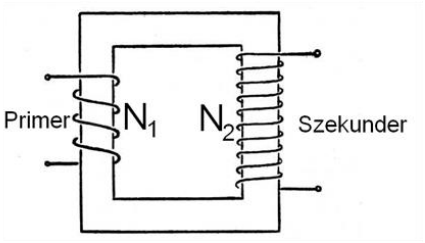
Az elektromos energia nagy távolságokba történő eljuttatásához nélkülözhetetlen az elektromos áram feszültségének változtatása, transzformálása. Ennek a fontos jelenségnek a bemutatására láthatunk az alábbiakban egy egyszerű példát.

Szükséges anyagok, eszközök

- Tápegység
- Közös vasmagos tekercsek (menetszámok: 300, 600, 1200)
- Kábelek
- Feszültségmérő műszer

Leírás

Helyezzünk közös vasmagra iskolai tekercseket, az ábrán látható módon, így megépítve egy transzformátor modellt. A primer tekercsre kapcsoljunk 4 V váltófeszültséget! Változtassuk a primer (N_1) és szekunder (N_2) tekercs menetszámát a táblázatban látható módon és mérjük a szekunder tekercs feszültségét! Érdemes a bemeneti feszültséget is mérni. A feszültségméréshez használjuk a piros, Leybold demonstrációs feszültségmérőt (váltófeszültség üzemmódban, 10 V méréshatárral)!



Feladat

- Mérései alapján töltse ki a táblázatot!

N_1	300	600	1200	300
N_2	300	300	300	600
U (V)				

- Milyen törvényszerűséget lehet felfedezni az adatok alapján?
- Mi történik, ha a vasmag felső záró darabját eltávolítjuk, és úgy végezzük el a mérést? Magyarázzuk a jelenséget!

Elméleti és szakmódszertani kérdések

- Mit nevezünk ideális transzformátornak?
- Hogyan változik az áramerősség adott menetszámok, illetve a feszültség arányában? Adjon középiskolai magyarázatot az áramerősség változására, ideális transzformátor esetére!
- Hogyan befolyásolja az áramerősség a fogyasztón termelődött hőteljesítményt?

3. Zárási- és nyitási jelenség bemutatása induktív tagot tartalmazó áramkörben

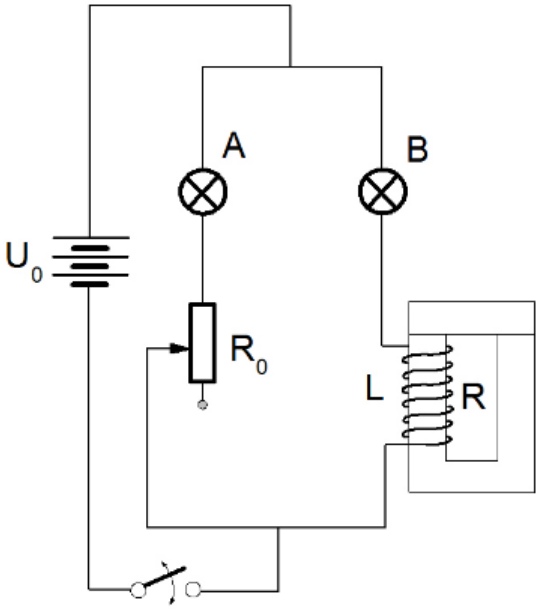
A kísérlet célja

Az ohmikus ellenállás után az első komolyabb absztrakciós lépés az áram erősségét befolyásoló áramköri elemek közül a tekercs induktív ellenállása. Az induktív ellenállást természetesen magyarázhatjuk a Faraday-féle indukciós és a Lenz-féle törvénnyel, ám tényleges hatását az alábbi kísérletekben látványosan szemléltethetjük is.

a) A bekapcsolási jelenség demonstrálása párhuzamosan kapcsolt ohmos, ill. induktív tagot tartalmazó ágak zsebizzóinak megfigyelésével

Szükséges anyagok, eszközök

- 105 ohmos tolóellenállás
- Vasmagos tekercs (N = 1200, illetve két 600 menetes)
- Zseblámpa izzók
- Morse-kapcsoló
- Zsebtelep
- Kábelek

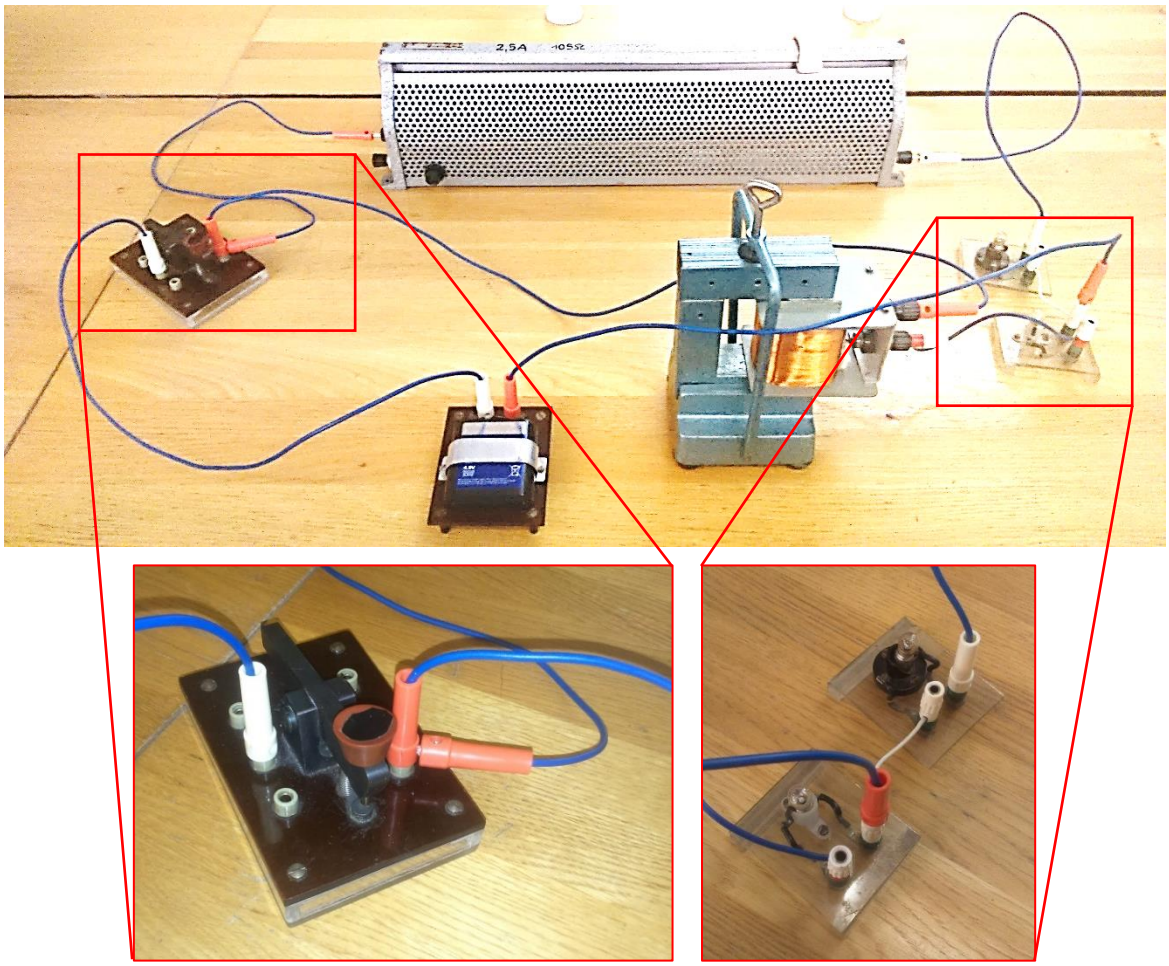


Leírás

Az induktivitást tartalmazó áramkörben az áram a feszültségforrás bekapcsolása után késéssel éri el stacionárius értékét. A jelenség bemutatására alkalmas összeállítást az ábra (+ következő oldal is) mutatja.

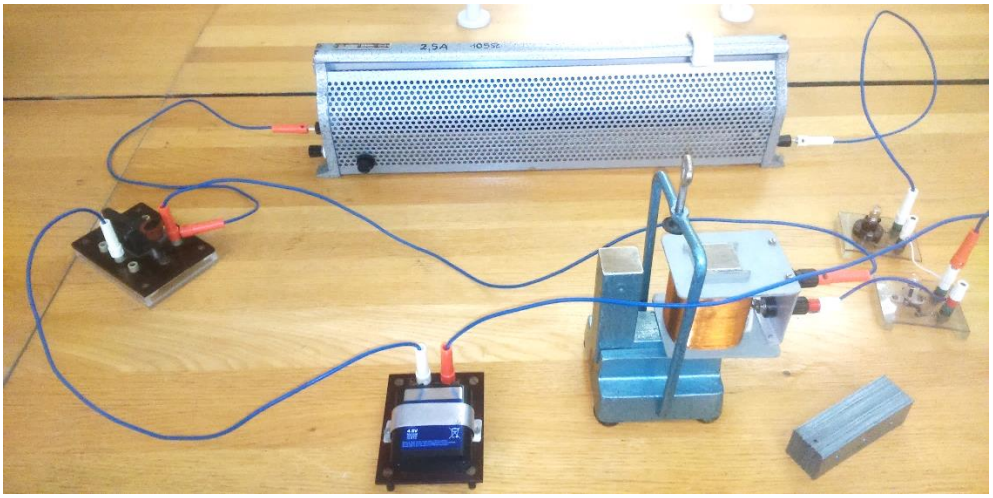
Célszerű adatok: U_0 = 4,5 V (zsebelem) 'A' és 'B' egy-egy 2,5 V, 0,3 A névleges értékű zseblámpaizzó, L egy 1200 menetes (kb. R = 18 Ω ellenállású) tekercs zárt vasmagon, R_0 = 105 ohmos totóellenállás.

Az alábbi ábrák a párhuzamos kapcsolás csomópontjainak egy lehetséges megvalósítását kinagyítva is mutatják. Zárjuk az áramkört, és várjuk meg míg mindkét lámpa felgyullad. Szabályozzuk be a tolóellenállást úgy, hogy az „A” lámpa ugyanolyan fényesen világítson, mint a „B”!



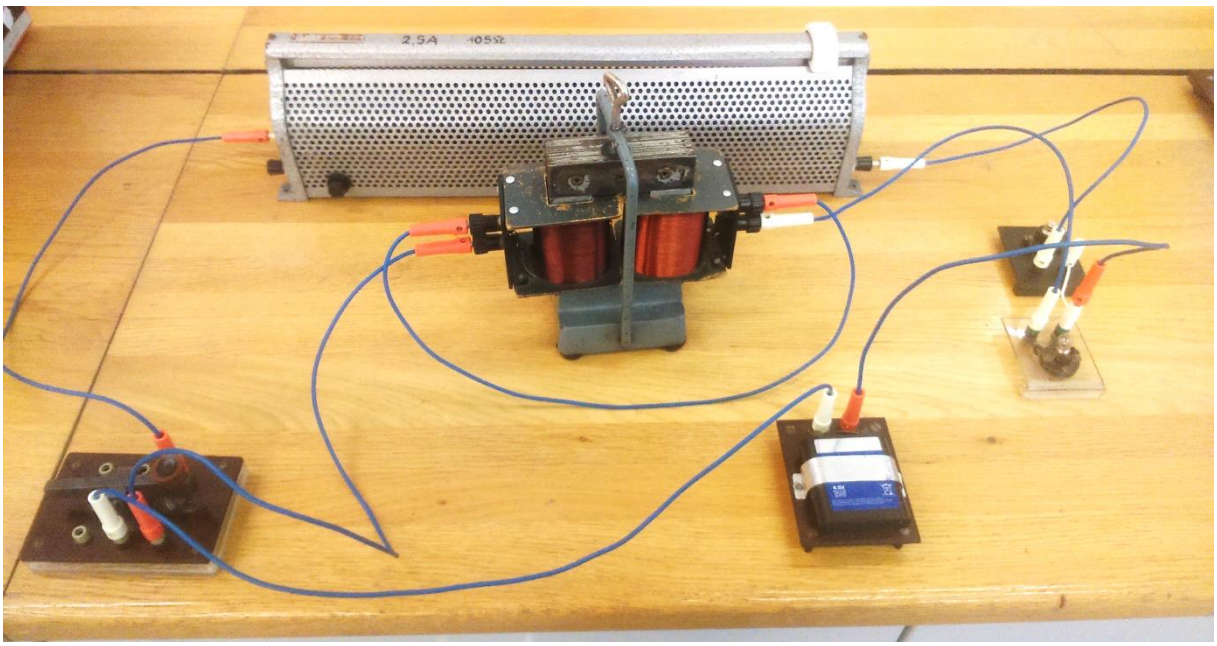
Feladat

- Most jön a jelenség bemutatása. Nyomjuk le a K kapcsolót! Az 'A' lámpa azonnal felizzik, a 'B' lámpa csak késéssel veszi fel az állandó áramerősséget.
- Vegyük le a záróvasat, és így ismételjük meg a kísérletet! A 'B' lámpa "késése" alig vehető észre.



- EXTRA FELADAT: Cseréljük ki az 1200 menetes tekercset -közös vasmagra húzott- két sorba kötött 600 menetesre. Ha a tekercseket azonos csévélési értelemben sikerült sorba kötni, akkor (a kapcsolót lenyomva) az áram késése jól látható. Ha a tekercseket

ellentétes polaritással kötjük sorba, akkor mágneses terük lerontja egymást, nincs fluxusváltozás, nincs (késleltető) indukciós feszültség. (Ez egy modell-kísérlet az önindukció mentes bifiláris tekercselésre.)



Megjegyzés:

A kísérlet sikere érdekében a kapcsolási elemek paramétereit össze kell hangolni. Ezért az itt ajánlott értékektől esetenként el kell térni. Valószínű, hogy konkrét esetben a két 600 menetes tekercs ohmos ellenállásának összege jóval kisebb, mint egyetlen 1200 menetesé. Ekkor a 4,5 V hatására az ajánlott paraméterű 'B' izzó túl erős fénnyel világít, és az áramkésés a szem számára nem lesz jól követhető. A jelenség akkor látható jól, ha az izzók -stacionárius állapotukban- csak kis fényerővel világítanak. Az optimális áramerősség beállítására szabályozható áramforrást használhatnánk, vagy a főágba újabb (változtatható) ellenállást iktathatnánk, de ez csak bonyolítaná az amúgy sem egyszerű összeállítás.

Elméleti és módszertani kérdések

- Magyarázza középiskolai szinten, hogy a zárt vasmag helyetti nyílt vasmag esetén miért csökken jelentősen a bemutatni kívánt effektus!

b) A kikapcsolási jelenség demonstrálása vasmagos tekerccsel párhuzamosan kapcsolt glimmlámpa felvillanásával (FIGYELEM: A kísérlet veszélyes lehet!)

A kísérlet célja

A változó mágneses fluxus hatására létrejött indukció egyszerűen demonstrálható az alábbi kísérletben, melynek különlegessége, hogy 4,5 V egyenfeszültséget használva, akár több száz volt feszültséget is létrehozhatunk!

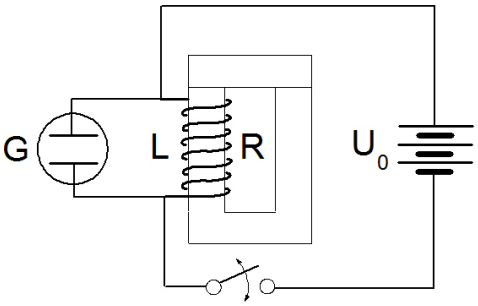
Figyelem: Mivel a kikapcsoláskor keletkezett feszültség nagy lehet – még ha áramerőssége kicsi is – megcsípheti a figyelmetlen demonstrátort. A keletkezett áram „csípés” inkább csak ijedtséget okozhat, de abból is lehetnek balesetek!

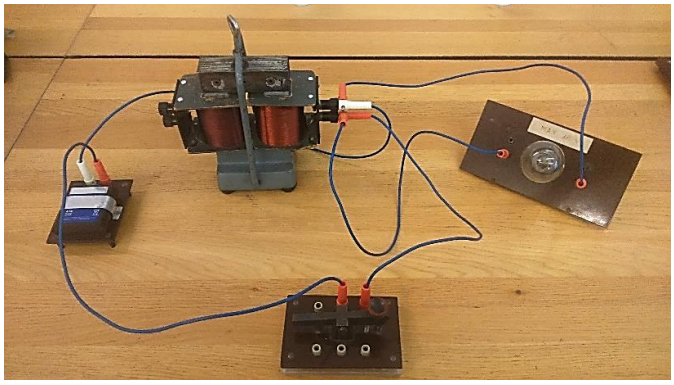
Szükséges eszközök

- 4,5 V feszültségű zsebtelep (laposelem)
- Vasmagos tekercs (600 menetes)
- Kapcsoló, Glimmlámpa, Kábelek

Leírás és feladat

Állítsuk össze az ábrán látható kapcsolást! U= 4,5 V (zsebelem), 600 menetes tekercs L zárt vasmagon, G ún. "kosaras", 110V-ra méretezett glimmlámpa (ködfénylámpa). Nyomjuk le a kapcsolót! A glimmlámpa nem "ég", hiszen a telep 4,5V feszültsége jóval a glimm gyújtófeszültsége (kb. 80 V) alatt van. Kis várakozás után - amikor a stacionárius állapot már beállt- szakítsuk meg hirtelen az áramkört! A glimmlámpa - az áramerősség gyors csökkenése miatt indukálódó (a gyújtófeszültséget meghaladó) önindukciós feszültség hatására felvillan.





Megjegyzés

Azt, hogy a glimmlámpa gyújtófeszültsége mekkora, megmérhetnénk a 230 Voltos hálózat segítségével. Érintésvédelmi okból azonban elégedjünk meg annyival, hogy a glimmlámpát az iskolai tápegység 24V-os kimenetére kötve, bemutatjuk, hogy a gyújtófeszültség 24V-nál nagyobb.

Elméleti és szakmódszertani kérdések

- Indokolja középiskolás szinten – a Faraday-féle indukciós törvény felhasználásával – a létrejött indukált feszültség nagyon magas értékét!
- A glimmlámpa helyettesíthető lenne fázisceruzával? Válaszát indokolja!

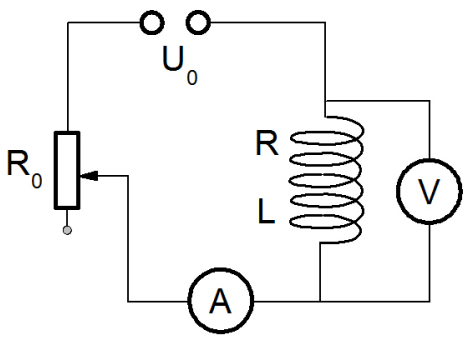
4. Tekercs (1200 menetes iskolai transzformátortekercs) önindukciós együtthatójának számolása ohmos ellenállásának és impedanciájának mért adataiból

A kísérlet célja

Az induktív ellenállást könnyen mérhetjük, konkrét értéket rendelve adott esetben ehhez a nem könnyű fogalomhoz.

Szükséges anyagok, eszközök

- Tápegység (Tanért 1)
- 105 ohmos tolóellenállás
- Tekercs (N = 1200)
- Vasmag
- Áram- és feszültségmérő műszer
- Kábelek
- Zsebtelep (4,5 V)



Leírás

Az R ohmikus ellenállású, L önindukciós együtthatójú tekercs az ω körfrekvenciájú (szinuszosan) váltakozó árammal szemben

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$$

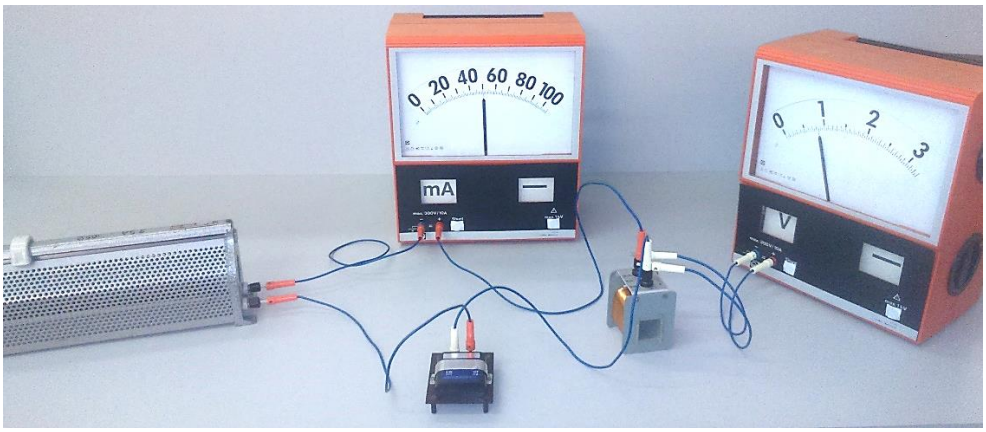
impedanciát (váltóáramú ellenállást) képvisel. Ha tehát megmérjük a tekercs ohmikus ellenállását és ismert (pl. az 50 Hz hálózati) frekvenciához tartozó impedanciáját, akkor önindukciós együtthatóját (induktivitását) a fenti formulából kiszámíthatjuk.

Határozzuk meg a szétszedhető iskolai transzformátorkészlet 1200 menetes tekercsének önindukciós együtthatóját!

A tekercs ohmos ellenállását (R) a fenti kapcsolás szerinti összeállításban célszerű mérni. Az áramerősséget egy 105 ohmos (2,5 A-rel terhelhető) tolóellenállással szabályozzuk! A tekercsen átfolyó I áram ill. a tekercsen eső U feszültség mérésére állítsuk a műszereket (egyenfeszültség üzemmódban!) 100 mA ill. 3V méréshatárra, feszültségforrásként egy 4,5V-os zsebelemet használjunk.

Feladat

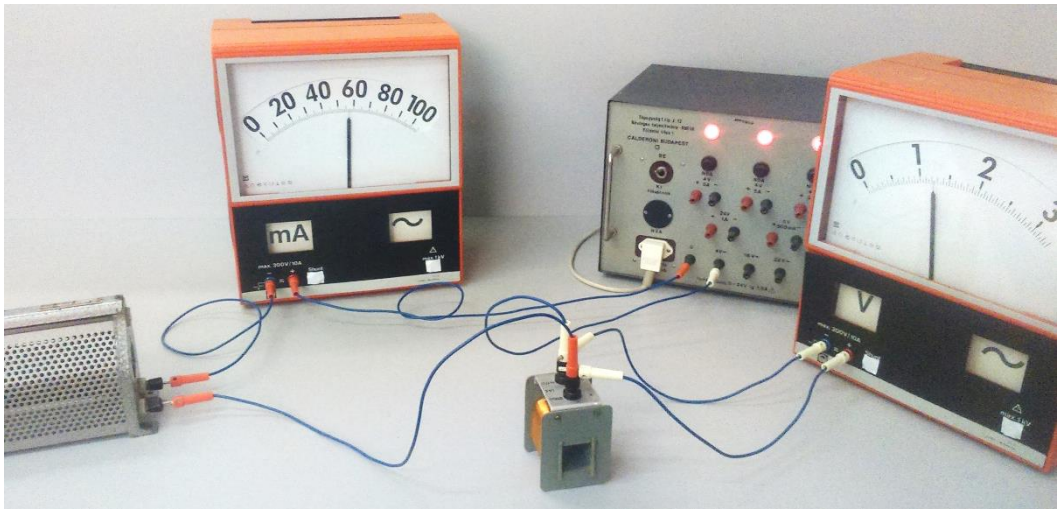
- Állítsunk be a tolóellenállás beállításával 0 és 4 V között néhány 5 különböző áram, ill. feszültség értéket! Foglaljuk ezeket táblázatba és számítsuk ki a <u>tekercs ohmos ellenállását</u>!



U = (V)				
I = (mA)				
R (Ω)				

Mért átlagos R érték: _____Ω (pontosabb a mérés, ha a feszültséget ábrázoljuk az áramerősség függvényében és az egyenest illesztünk az adatokra)

Az impedancia mérésére az előbbi összeállítást kissé módosítjuk: a zsebelemet ismert frekvenciájú (50 Hz) 4V VÁLTÓFESZULTSÉGŰ forrásra (pl. a "TÁPEGYSÉG 1" 4V-os kimenetére) cseréljük, a műszereket váltófeszültségű üzemmódra állítjuk. (A méréshatárok változatlanok maradnak.)



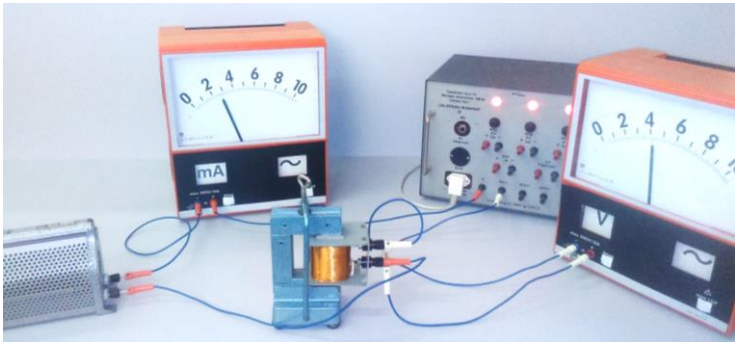
Feladat

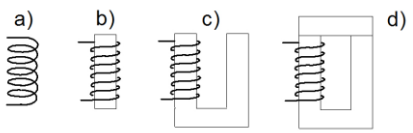
- Az előző mérési eljárást megismételve kiszámítjuk a tekercs Z_1 impedanciáját és L_1 önindukciós együtthatóját.

$U_{\sim}$ (V)				
$I_{\sim}$ (mA)				
Z_1 (Ω)				

Mért átlagos Z_1 érték: _____Ω, ez alapján számított L_1 érték: _____ mH.

- Helyezzünk a tekercsbe egyenes vasmagot b) és ismételjük meg a méréssorozatot! Az eredmény: nő a tekercs impedanciája (Z_2) és önindukciós együtthatója (L_2). U alakú vasmaggal c) az impedancia tovább növekedik (Z_3), legnagyobb értékét -változatlan menetszám és tekercsalak mellett - zárt vasmag d) esetében éri el (Z_4)





Tájékoztatásul közöljük az üres, az egyenes-vasmagos, az U-vasmagos és a zárt-vasmagos 1200 menetes TANÉRT tekercs impedanciáját és önindukciós együtthatóját kerekített ohm ill. henry egységben.

$Z_1 = 20$ $\quad Z_2 = 65$ $\quad Z_3 = 100$ $\quad Z_4 = 4000$

$L_1 = 0{,}04$ $\quad L_2 = 0{,}2$ $\quad L_3 = 0{,}3$ $\quad L_4 = 13$

Feladat

- Végezzen demonstrációs mérést (ne méréssorozatot) L_2, L_3 és L_4 becslésére!

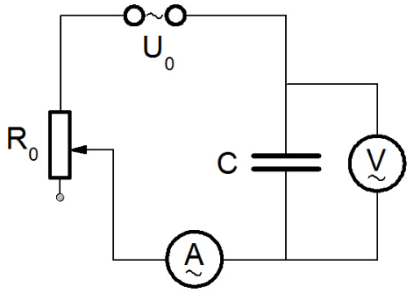
5. Kondenzátor kapacitásának számolása az impedancia mérésével

A kísérlet célja

Az induktív ellenállás mellett természetesen a kondenzátorok kapacitív ellenállása is megjelenik váltakozó áramok esetén (is). Ennek a szintén absztrakt fogalomnak a konkrétabbá, kézzelfoghatóbbá tételéhez lehet hasznos az alábbi kísérlet.

Szükséges anyagok, eszközök

- Tápegység (Tanért 1)
- Áram- és feszültségmérő műszerek
- Iskolai kondenzátor sorozat
- 320 ohmos tolóellenállás
- Kábelek

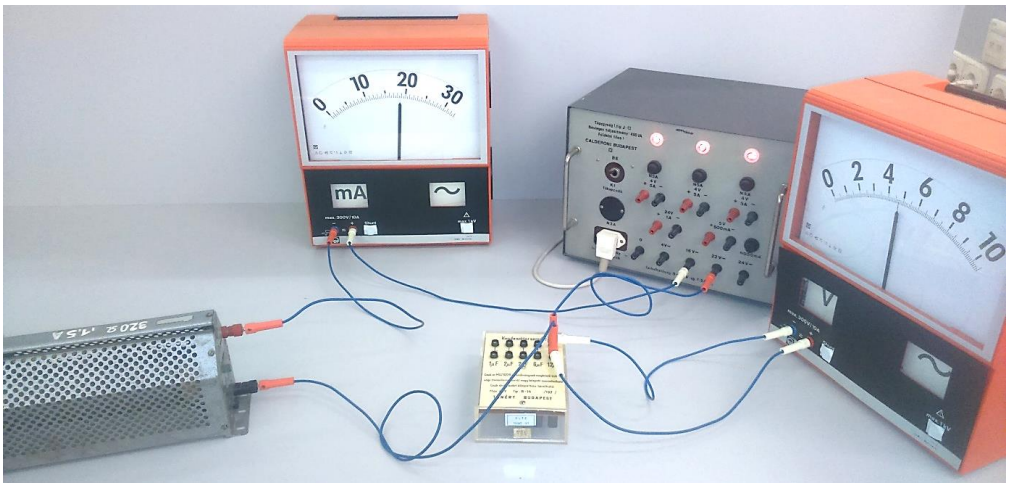


Leírás

A C kapacitású kondenzátor az (ω) körfrekvenciájú (szinuszosan) váltakozó árammal szemben

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

impedanciát (váltóáramú ellenállást) képvisel. Ha tehát megmérjük a kondenzátor ismert (pl. az 50 Hz hálózati) frekvenciához tartozó impedanciáját, akkor kapacitását a fenti formulából kiszámíthatjuk. Állítsa össze az ábrákon látható kapcsolást!



Feladatok

- Határozzuk meg az iskolai kondenzátor sorozat C = 12 μF névleges értékű tagjának kapacitását! A mérést az ábra szerint célszerű elvégezni. Az áramerősséget egy 320 ohmos tolóellenállással szabályozzuk.
- A kondenzátor *I* áramának ill. a kondenzátoron eső *U* feszültségnek mérésére állítsuk a műszereket (váltófeszültségű üzemmódban) 30 mA ill. 10V méréshatárra! Feszültségforrásként a tápegység 6V-os (váltó)feszültséget adó kimenetét használjuk!
- Állítsunk be a tolóellenállással néhány (4-5) különböző áram- ill. feszültség értéket! Foglaljuk ezeket táblázatba és számítsuk ki a kondenzátor X_C impedanciáját, és *C* kapacitását!

U (V)				
I (mA)				
X_C (Ω)				

Mért átlagos X_C érték: _____Ω, ez alapján számított C érték: _____ μF.

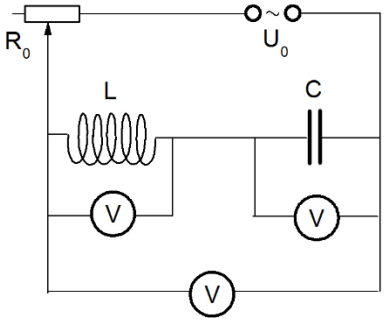
6. Feszültségrezonancia bemutatása soros RLC áramkörben

A kísérlet célja

A lenti ábrákon látható kapcsolás egy olyan feszültségosztó, amelyet nem két ellenállás, hanem egy ellenállás és egy soros rezgőkör (tekercs és kondenzátor) alkot, ahol a kimeneti feszültség a soros rezgőkör feszültsége. Ha a bemeneti feszültség frekvenciája a rezgőkör rezonancia frekvenciájával egyezik meg, akkor a rezgőkör impedanciája minimális lesz. A soros rezgőkört a rezonancia frekvenciájával megegyező frekvencia kiválasztására (pl. rádiók) vagy kiszűrésére használjuk. Az alábbi kísérlet egy egyszerű RLC kör feszültségviszonyait demonstrálhatjuk.

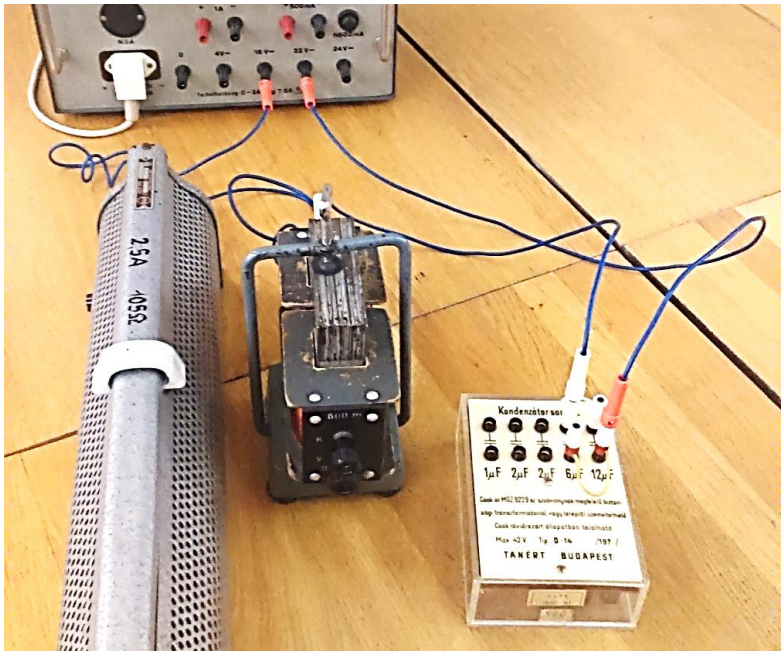
Szükséges eszközök

- 3 db mérőműszer (Leybold)
- Vasmagos tekercs (N = 600)
- Iskolai kondenzátor sorozat
- Tolóellenállás 105 ohm
- „Tápegység 1”
- Kábelek



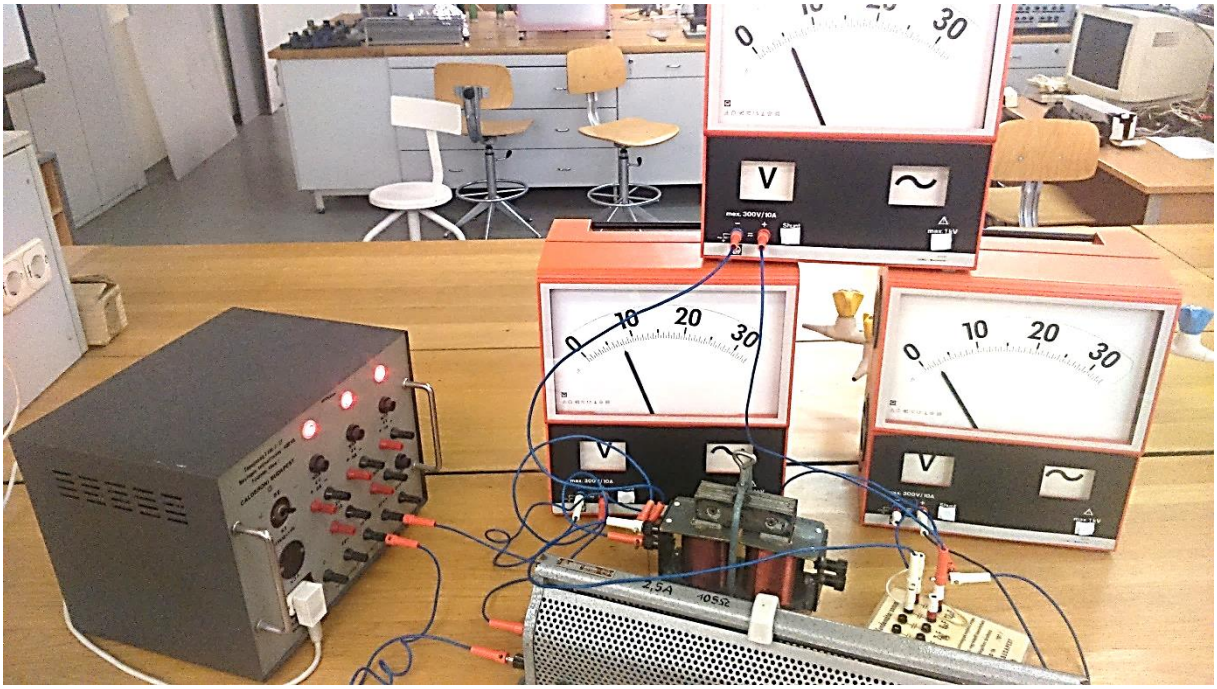
Leírás

Kapcsoljunk a tápegység 6V váltófeszültségű kimenetére egy R_0 = 105 ohmos tolóellenállást, ezzel sorba egy zártvasmagos N = 600 menetes tekercset (a szétszedhető iskolai transzformátor készletből) és egy C = 18 μF kapacitású kondenzátort (a tanulókísérleti kondenzátor sorozatból a 12 μF és a 6 μF párhuzamos kapcsolásával)! A kondenzátorok kapcsolása a kinagyított ábrán látható. A kért kapcsolás a mérőműszerek nélkül a következőképp néz(het) ki:

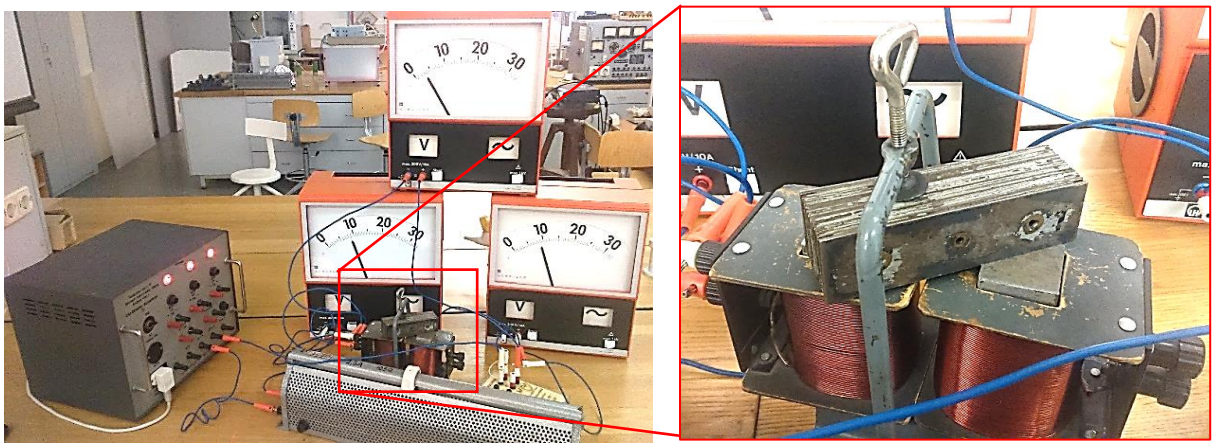


Feladatok

- Mérjük a tekercsen, a kondenzátoron és ezek soros együttesén eső feszültséget! A műszerek váltófeszültségű üzemmódban 30V méréshatárra legyenek állítva!



- Olvassuk le a feszültségeket! Jelöljük a tekercsen ill. a kondenzátoron eső feszültséget U_T ill. U_C-vel, az eredő feszültséget U-val! *Megjegyzés:* Ne feledjük, hogy a tekercsen eső U_T feszültség a tekercs ohmikus ellenállásán eső U_R és induktív ellenállásán eső U_L feszültségek "vektori" összege.
- Változtassuk a tekercs záróvasának helyzetét! Ezzel megváltozik a tekercs impedanciája, a soros kör ellenállása és a körben folyó áram erőssége. A műszerek a megváltozott feszültségeket mutatják. A záróvas alkalmasan választott helyzetében (értsd: a tekercs egy jól definiált impedanciájánál) az eredő U feszültség minimum értéket vesz fel, a tekercs U_T és a kondenzátor U_C feszültsége egymással közel egyenlővé (és az eredőnek többszörösévé) válik.



- Olvassuk le a feszültségeket a feszültségrezonancia állapotában! Vegyük észre, hogy most a tekercsen eső U_T feszültség $U_{L'}$ induktív komponense - hibán belül - a kondenzátoron eső U_C feszültséggel egyenlő.

Megjegyzések:

Az R_0 tolóellenállás a kör áramának alkalmas beszabályozására szolgál. A beállítás akkor optimális, ha a rezonancia esetben a tekercsen és a kondenzátoron eső feszültséget mérő két műszer mutatója végkitérés közelében (tehát jól leolvasható helyzetben) van, de a záróvas tologatása során sem megy túl azon. Az optimális beállítás próbálkozással történik. R_0 kezdőértéke a maximális legyen.

A fényképeken két tekercs van a zárt vasmagon. Vegyük észre, hogy az egyik nincs bekötve, így jelenléte nem fontos. Csak azért érdemes ott hagyni, hogy az egyes kísérletek között ne kelljen állandóan megbontani a zárt vasmagot.

7. Kondenzátor töltése és kisütése ohmos ellenálláson át

A kísérletek célja

Nemlineáris folyamatok, mint pl. a radioaktív sugárzás, egyszerű bemutatására szolgálhat egy kondenzátor feltöltése, illetve kisütése. Az alább bemutatott kísérletek kifejezetten alkalmasak órai demonstrációra, melynek keretében az egész osztályt bevonhatjuk az aktív munkába.

Elméleti bevezetés

Ha egy kondenzátort megpróbálunk egyenáram segítségével feltölteni, idővel az áram egyre csökkenni fog, hiszen az egyre jobban töltött kondenzátor „ellenállása“ egyre nagyobb lesz. A töltött kondenzátor R ellenálláson történő kisütésekor hasonlóan kezdetben gyorsan csökken az áramerősség, majd egyre kevésbé, hiszen egyre kisebb lesz a kondenzátoron a töltések mennyisége, ezáltal a feszültsége, így a folyamat „meghajtó ereje“ csökken. Ezek a folyamatok az időben exponenciálisan leírható feszültség és áramerősség értékeket eredményeznek az áramkörben.

Azt az időt, ami alatt egy kisülő kondenzátor feszültsége – illetve a miatta folyó áramerőssége a kezdeti érték – felére csökken, az áramkör felezési idejének T_F nevezzük, melyet az alábbi összefüggéssel határozhatunk meg:

$$T_F = R \cdot C \cdot ln2$$

ahol az $R \cdot C = \tau$ szorzatot az áramkör időállandójának is nevezik.

Ha a C kapacitású kondenzátort R ohmos ellenálláson keresztül U_0 (egyen)feszültségű telepre kapcsoljuk, akkor a kondenzátor felé $I_0 = U_0/R$ induló értékű, az időben lecsengő áramerősség indul meg.

Áramerősség-idő-függvény a kondenzátor feltöltéskor:

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}, \text{illetve } I(t) = I_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_F}}$$

Áramerősség-idő függvény a kondenzátor kisütéskor a töltőárammal ellenkező irányú áramot határoz meg:

$$I(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}, \text{illetve } I(t) = -I_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_F}}$$

Szükséges eszközök

- C = 0,01 F kapacitású elektrolit kondenzátor (FONTOS: a + és – kivezetések nem felcserélhetők!)
- Zseblámpa izzó

- 4,5 V zsebtelep
- Áramerősségmérő
- Morse-kapcsoló
- Kábelek
- Ellenállásszekrény (régi, fadoboznak tűnő egység, sok kis kihúzható „akasztóval”)

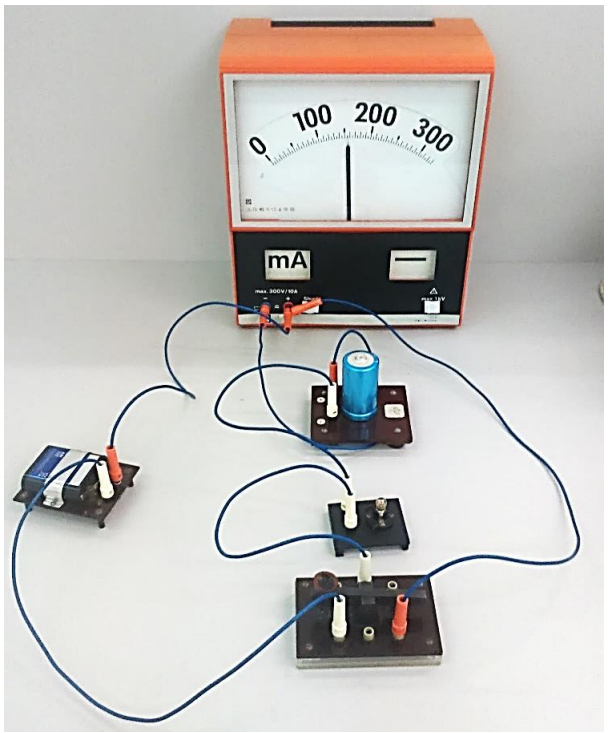
a) A töltő- és a kisütőáram irányának és időfüggésének demonstrálása

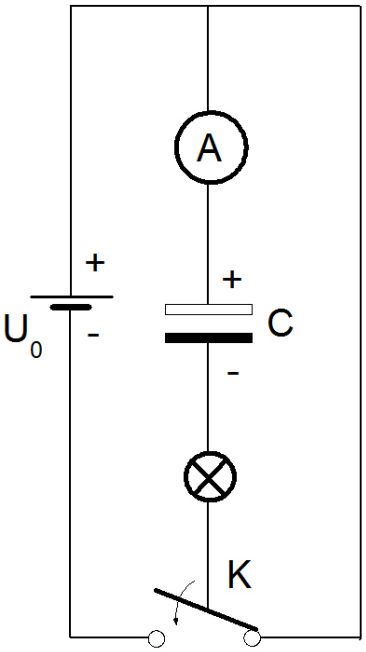
Leírás

A töltéskor meginduló, majd zérusra csökkenő, valamint a kisütéskor ellentétes irányú, és ugyancsak zérusra csökkenő áramerősség változást az alábbi ábra szerinti összeállításban demonstrálhatjuk. A feszültségforrás egy zsebelem (U = 4,5 V), a műszer KÖZÉPNULLÁS, 300mA méréshatáron.

Megjegyzés: (A piros Leybold műszerek a mutató középre állításával (kis fekete tekerő lent oldalt) középnullás műszerként használhatóak).

A kondenzátor kapacitása C = 10^{-2} F (elektrolit kondenzátor, PÓLUSHELYES bekötésére ügyelni!). Az ellenállást egy 2,5 V, 0,3 A névleges értékű zsebizzó képviseli, ellenállása üzemi hőmérsékleten kb. 8 ohm, hidegen kb. 1 ohm. Az így kialakított soros RC-kör időállandója tehát századmásodperc nagyságrendű, a töltés és a kisütés gyorsan megy végbe. Így, a K Morse-kapcsolót lenyomva a műszer mutatója hirtelen kibillen, és hirtelen visszaáll nullára. A kapcsolót elengedve ugyanez ismétlődik a másik irányba. A töltő- és a kisütő áramot a lámpa felvillanása is érzékelteti.





Elméleti és szakmódszertani kérdések

- Hogyan változik a folyamat, ha egy izzó helyett két vagy három izzót alkalmazunk?

b) HÉT KÍSÉRLETE: A kisütőáram időfüggésének mérése és grafikus ábrázolása

Leírás

A kondenzátor feltöltése:

Csatlakoztassuk le a zsebelemet. Cseréljük ki a zsebizzót egy R = 500 ohmos ellenállásra (így viszonylag gyorsan feltöltődik a kondenzátor)! Ehhez használjuk a TANÉRT tanulókísérleti ellenállásszekrényét! Az RC-kör időállandója ezzel kb. 5 másodpercre növekszik.

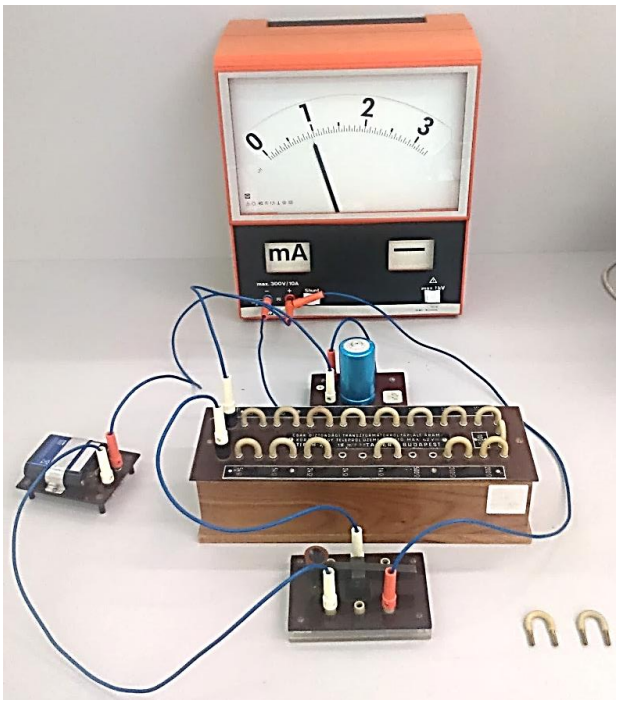
Állítsuk át a középnullás műszer méréshatárát 3mA-re, kapcsoljuk vissza (PÓLUSHELYESEN!) a zsebelemet! Amennyiben nincsen direkt középállású műszer, állítsa a Leybold-műszert a kis tekerő segítségével középre!

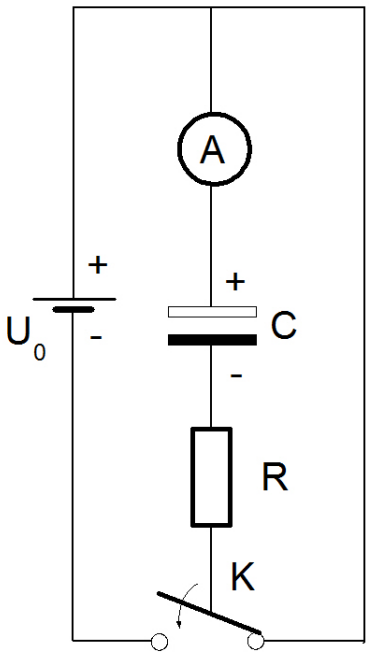
Nyomjuk le a K kapcsolót! A műszer mutatója hirtelen kitér, és csak lassan áll vissza a nullára. Mozgása jól érzékelhetően lassuló.

Tartsa továbbra is lenyomva a kapcsolót!

A kondenzátor kisülése:

A jelenség jobban demonstrálható, ha a kisülés viszonylag lassú: A kisütési ellenállást cserélje 2500 ohmra! Ehhez az ellenállás szekrényből húzzuk ki a 2 kΩ felíratnál lévő hidat. Nullára állás után a kapcsolót elengedve a folyamat ellentétes irányban megy végbe.





Feladat

- Olvassa le a maximális I_0 áramerősséget! Jegyezze fel ezt az értéket!
- Választott paramétereink mellett a folyamat elég lassú ahhoz, hogy az áramerősség időfüggését mérni lehessen. Ehhez mobiltelefon stopperóráját figyelve olvassuk le egyenlő időközönként az áramerősség pillanatnyi értékét, készítsünk erről táblázatot. (Pontosabb méréshez természetesen többször érdemes a kísérletet elvégezni.)

Áramerősség					
Mérés 1: Idő (sec)					

- Ábrázoljuk az összetartozó idő - áramerősség értékeket, és illesszünk a pontokra exponenciális függvényt! Másik eljárás lehet az áramerősség logaritmusát ábrázolni az idő függvényében. Ebben az esetben egy egyenes mentén kell az adatoknak szórni.

Elméleti és szakmódszertani kérdések

- Vessük össze a függvényről leolvasható időállandót, ill. felezési időt a kondenzátor és az ellenállás névleges értekéből számított időállandóval, ill. felezési idővel!