

Mérések

6. Előadás

Mérések analóg mérőműszerekkel

Állandómágneseű árammérők

A lengőtekercsek anyaga általában réz, melynek a hőmérsékleti együtthatója (0,4 %/K), azaz R_K a tekercs ellenállása 0,4 % -kal növekszik a hőmérséklet 1 K-es emelkedésekor. A gyakorlati hőmérsékletváltozások ennél nagyobbak (10%) így a lengőtekercs ellenállása is néhány százalékkal változik. Ezeket a változásokat kompenzálni kell. Erre szolgál a lengőtekercsel sorbakötött R_g ellenállás melynek ellenállása néhányszor nagyobb a tekercs ellenállásánál és sokkal kisebb a hőmérsékleti állandója. A tekercs és a kompenzációs ellenállás ellenállásának összege a műszer belső ellenállása.

$$R_G = R_g + R_K$$

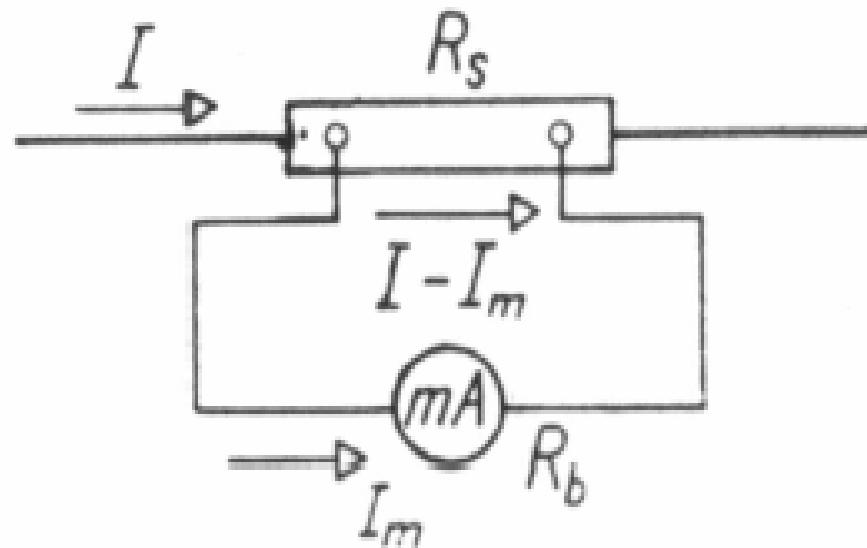
A műszer tekercse vékony rézhuzalból készül, így az ellenállása is nagyon kicsi. A maximális kitérésnek megfelelő áram $10 \mu\text{A}$ tól 1 mA –ig terjed, és csak ritkán éri el a 25 mA -t. A műszer belső ellenállása R_G ennél a típusnál 5 do 5000Ω -g terjed. Hogy nagyobb áramokat is közvetlenül mérhessünk a műszer felső méréshatárát söntöléssel bővítjük. A sönt a műszerrel párhuzamosan kötött a műszer tekercsellenállásánál kisebb ellenállás

Mérési határ kibővítése

- Áramérzékenység növelés
- Lesöntölés

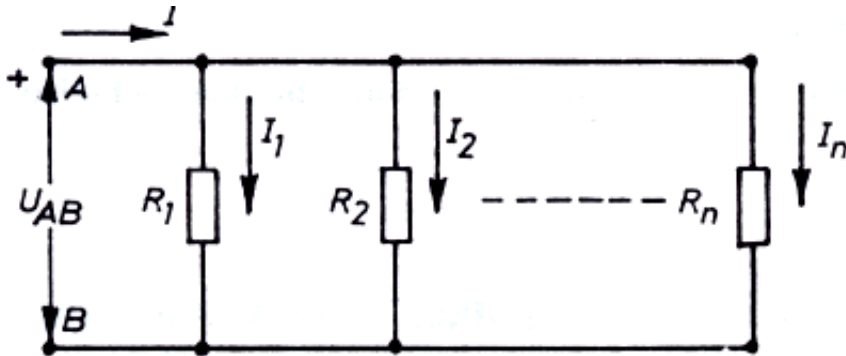
$$R_s(I - I_m) = R_b I_m$$

$$R_s = \frac{I_m}{I - I_m} R_b$$



Az áramosztó

Az ellenállások párhuzamos kapcsolása:



Sl. 13.7 Paralelna veza otpornika.

A kapcsolásfeszültséget a következőképp írhatjuk fel:

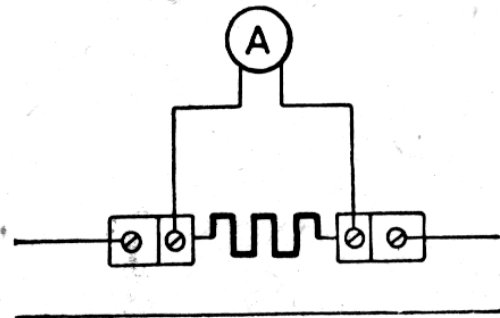
$$U_{AB} = I \cdot R_e \quad \text{vagy} \quad U_{AB} = I_k \cdot R_k$$

Innen kifejezhető bármely ellenállás árama az I áram és a párhuzamos kapcsolást alkotó ellenállások függvényében:

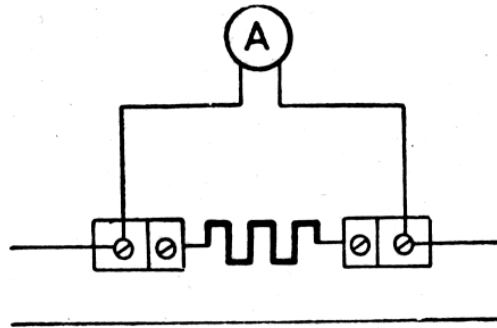
$$I_k = I \cdot \frac{R_e}{R_k}$$
$$I_1 = I \cdot \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

Sönt

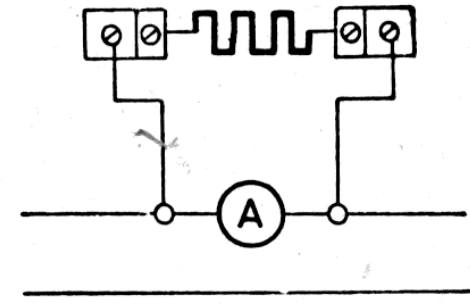
A sönt a műszerrel párhuzamosan kötött ellenállás melynek feladata hogy a mért áramnak csak egy része folyjon a műszeren keresztül.



helyes

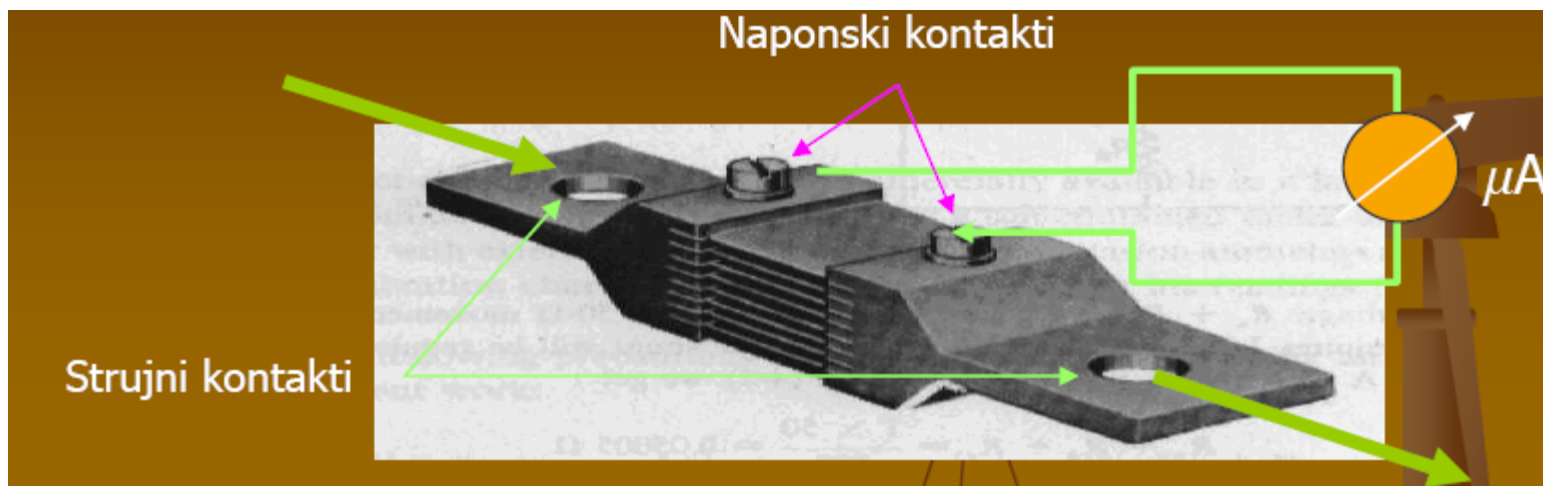


helytelen

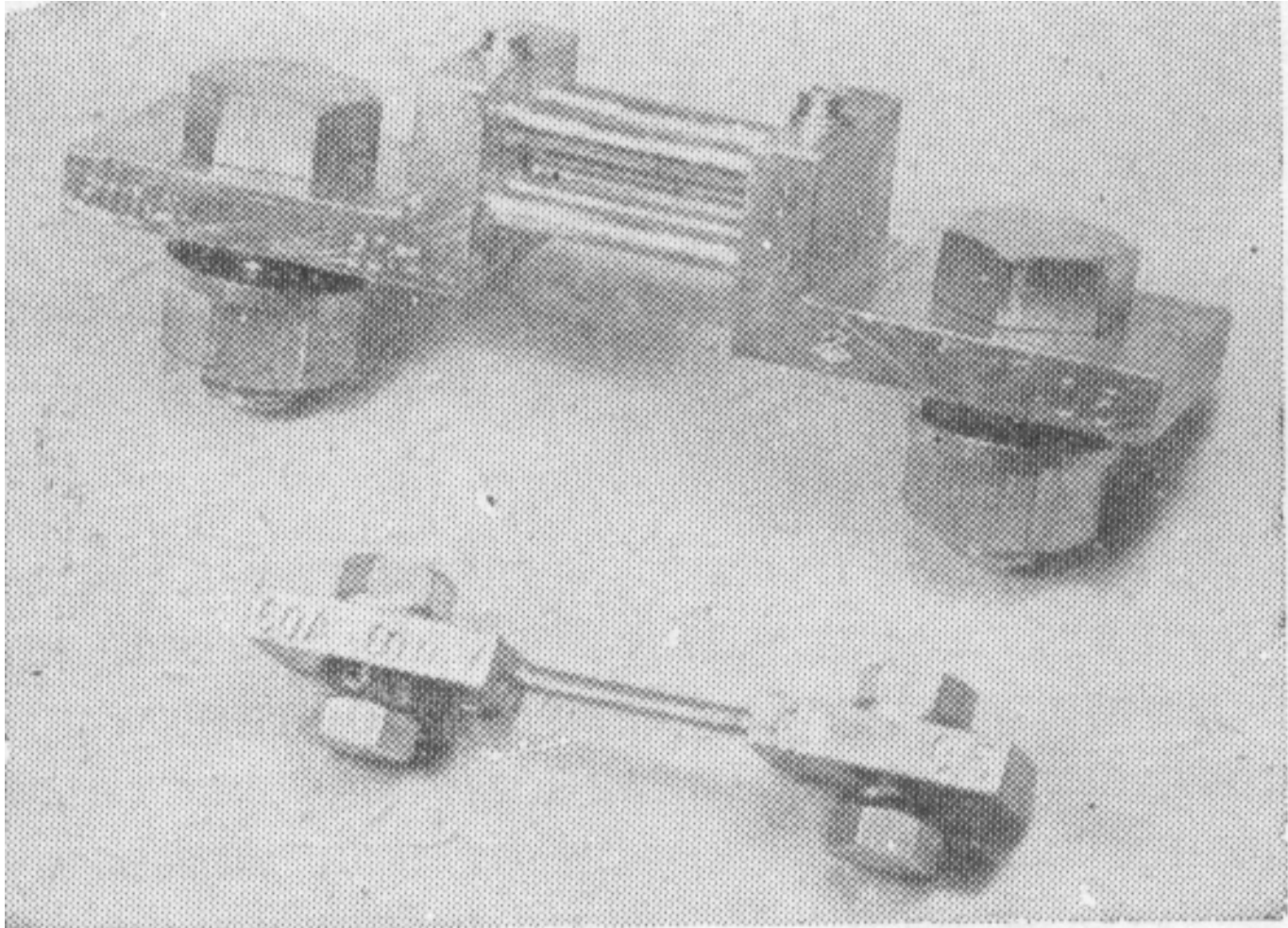


helytelen

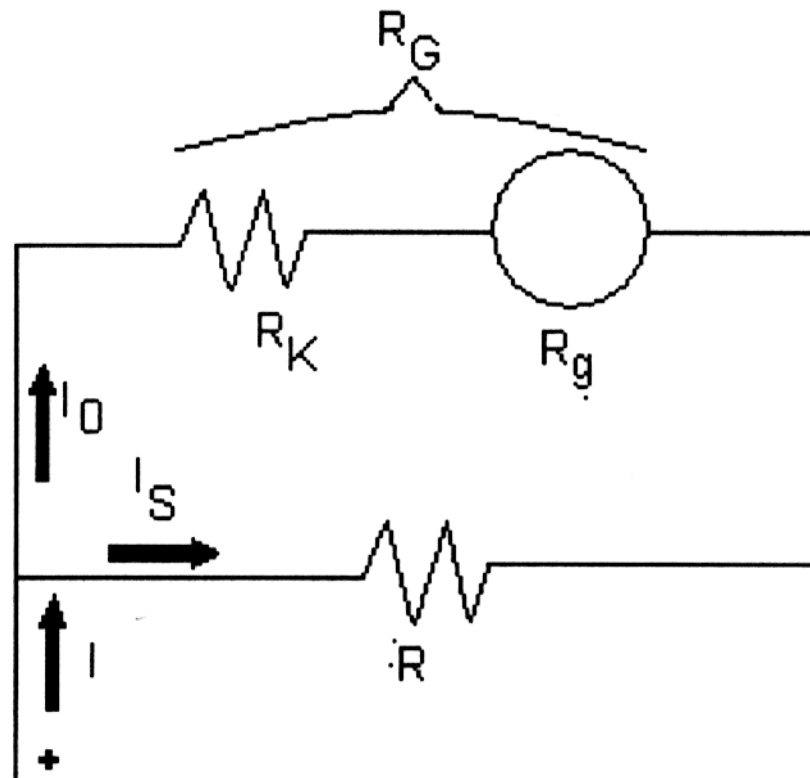
Csatlakozók a feszültség méréséhez



Csatlakozók az áram méréséhez



Az 1. ábrán a lengőtekerceses műszer sémája látható. I_0 a maximális kitérésnek megfelelő áram



1. Ábra: Ampermérő, vele párhuzamosan kötött söntel

R a műszerrel párhuzamosan kötött sönt ellenállása. A sönt ellenállása a mérni kívánt legnagyobb I áram értékével határozható meg:

$$R = \frac{R_G I_0}{I - I_0}$$

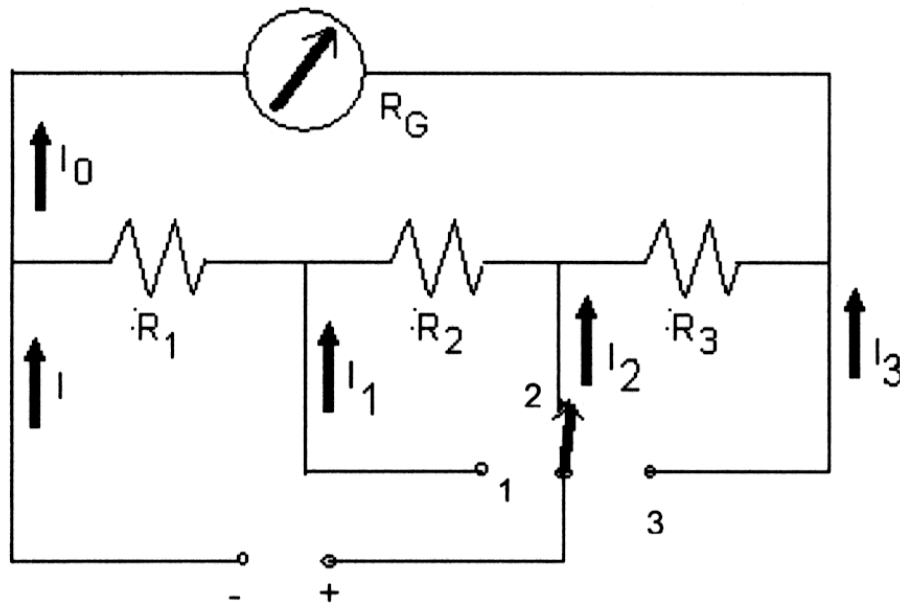
A legőtekercsen folyó áramot a következőképp határozzuk meg:

$$I_0 = I \frac{R}{R + R_G}$$

A műszer kitérése

A mért áram és a műszer kitérése egyenes arányban marad ha a $(R/(R+R_G))$ kifejezés értéke nem változik

Általában a mérőműszereket több, átkapcsolóval választható mérőtartományra készítik. A több ismert kapcsolás közül a 2. ábrán látható Eyrton sönt a legismertebb.



2. Ábra: Az Eyrton sönt

Kirchhoff törvényei alapján egyszerű algebrai műveletekkel meghatározhatók a sönt ellenállások amelyek szükségesek az egyes előre meghatározott méréstartományok megvalósításához.

A műszeren át folyó áram ha a kapcsoló 1. helyzetben van

$$I_{01} = I \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_G}$$

A műszeren át folyó áram ha a kapcsoló 2. helyzetben van

$$I_{02} = I \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_G}$$

A műszeren át folyó áram ha a kapcsoló 3. helyzetben van

$$I_{03} = I \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_G}$$

A fenti egyenletek segítségével, adott I áramértékre, ismerve a műszer R_G belső ellenállását és a maximális kitérés I_0 áramát, meghatározhatók az R_i , $i = 1, 2, 3$. ellenállások.

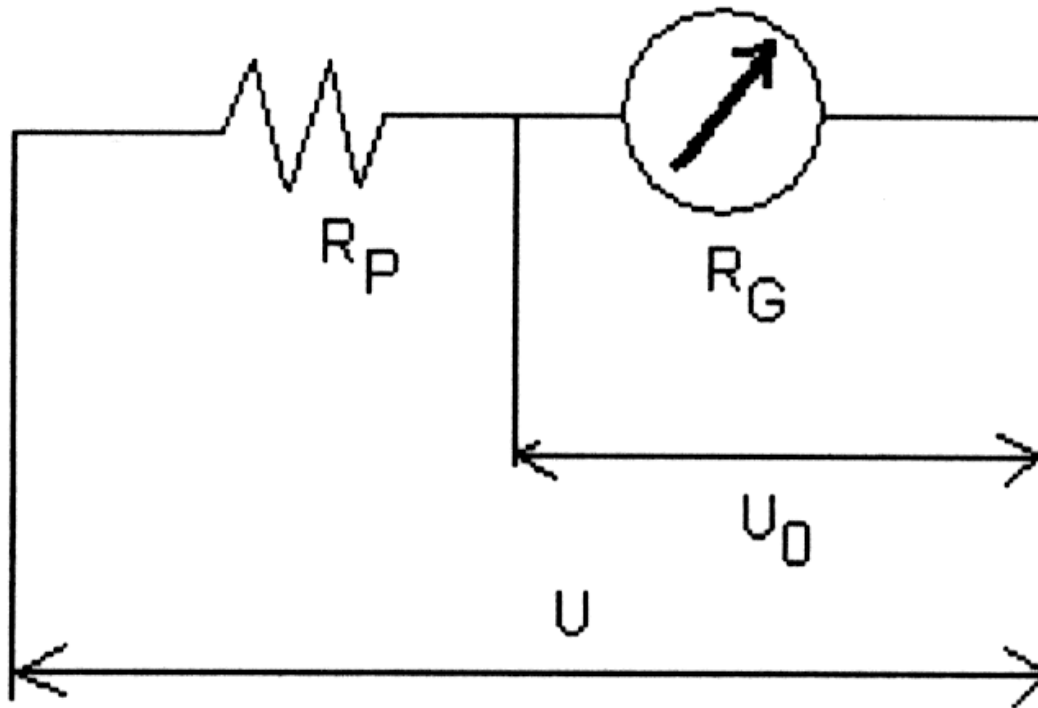
Az áram mérésekor tiszteletben kell tartani az alábbi szabályokat:

- 1. az ampermétert sorosan kell kapcsolni a mérőkörbe,**
- 2. ügyelni a csatlakozások polaritására,**
- 3. a mérés kezdetén az ampermétert a legnagyobb áramú méréshatárra állítani, majd szükség szerint csökkenteni a méréshatárt és**
- 4. a mérést a skála utolsó harmadán végezni.**

Ampermétereket különböző $0,1 \mu\text{A}$ tól 20 A -ig terjedő mérőtartományokra készítene, szükség esetén sokkal nagyobbra is. Nagyobb áramok mérésekor az úgynevezett sönt ellenállást nem a műszer belsejébe építik hanem úgynevezett külső söntöt alkalmaznak. Kisebb áramok mérésére a sönt beépíthető a műszer belsejébe. A lengőtekerceses amperméterek ponossági osztálya $0,1$ től $2,5$ ig terjed.

Állandómágnesű feszültségmérők

(lengőtekerceses voltméterek)



3. Ábra: Voltmérő

Az állandómágneseű lengőtekerceses műszerek közvetlenül csak egyenáram mérésére alkalmasak, ismeretlen feszültség csak közvetve határozható meg oly módon hogy a mérendő feszültséget ismert nagyságú ellenállásra kapcsoljuk és mérjük a rajta átfolyó áramot. Feszültség mérésekor a műszert a fogyasztóval párhuzamosan kötjük. A műszer belső ellenállása sokkal nagyobb kell hogy legyen fogyasztóénál, hogy a fogyasztón folyó áram gyakorlatilag “változatlan” maradjon.

Az amperméterre kapcsolható legnagyobb feszültség

$$U_0 = R_G I_0$$

felhasználva a már említett I_0 maximális kitérés áramát, R_G a műszer belső ellenállását, megkapjuk U_0 , amely kisebb 1 V-nál.

Előtétellenállást alkalmazva kibővíthető a méréstartomány:

$$U = (R_p + R_G) I_0$$

ahonnan könnyen kiszámítható az R_p ellenállás amellyel a mérőtartomány bővíthető.

A 3. ábrán használt jelölésekkel az előbbi egyenlet átalakítható:

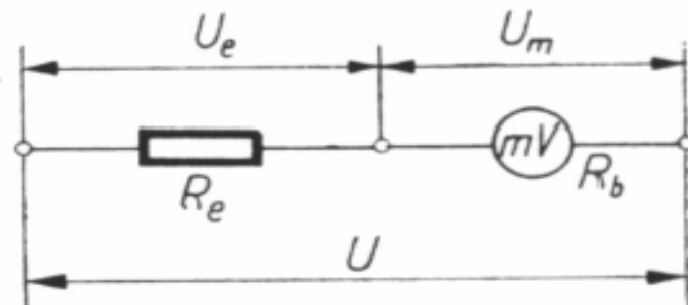
$$R_p = \frac{R_G}{U_0} (U - U_0) \qquad R_p = \frac{U}{I_0} - R_G$$

U_0 az a feszültség, amelynél az egyenáramot mérő állandómágneseű lengőtekerceses amperméter a skála végéig kitér. Az R_G/U_0 hányadost a voltmérő karakterisztikus ellenállásának hívjuk. Ω/V -ban fejezzük ki, és az előtét ellenállás azon értékének felel meg, amelyel a mutató teljes kitérését érjük el 1 V feszültség mellett. A karakterisztikus ellenállás tipikus értékei 200 Ω/V tól 200 $k\Omega/V$ -ig terjednek és 5 mA tól 5 μA -es kitérítő áramnak felelnek meg.

- Feszültségérzékenység növelés

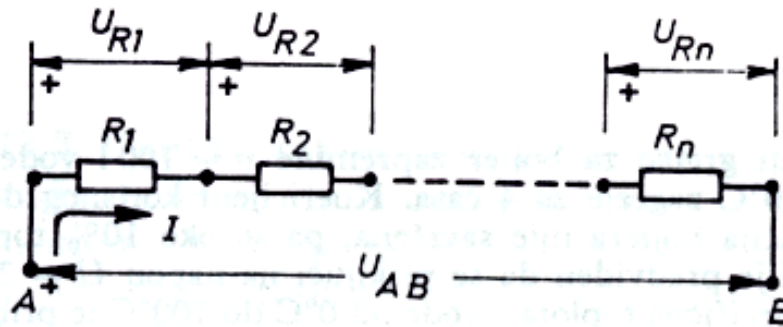
- Előtét-ellenállás használata

$$R_e = \frac{U}{I_m} - R_b$$



A feszültségosztó

Az ellenállások soros kapcsolása:



Sl. 13.6 Redna veza otpornika.

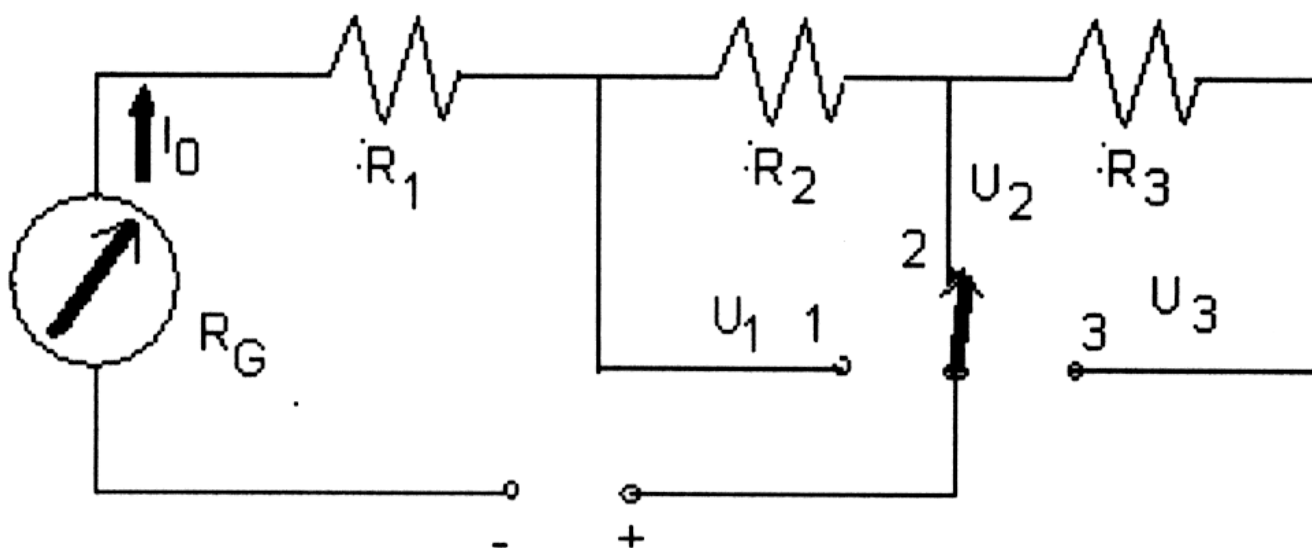
Az áramot a következőképp írhatjuk fel:

$$I = \frac{U_{AB}}{R_e} \quad \text{vagy} \quad I = \frac{U_k}{R_k}$$

Innen kifejezhető bármely ellenállás kapcsolófeszültsége az U_{AB} feszültség és a soros kapcsolást alkotó ellenállások függvényében:

$$U_k = U_{AB} \cdot \frac{R_k}{R_e}$$
$$U_1 = U_{AB} \cdot \frac{R_1}{\sum_{k=1}^n R_k}$$

Az amperméterekhez hasonlóan a voltmétereket is több mérő tartományra gyártják, a 4. ábrán a leggyakoribb kapcsolási séma látható.



4. Ábra: Voltmérő, előtét ellenállásokkal

A feszültségmérőknél a lehető legnagyobb előtétellenállást kell használni, hogy a mért áramkör üzemmódja ne változzon. Megtörténhet, hogy ezáltal a mérést a skála első harmadában kell végezni, ezért a feszültséget több méréstartományban mérjük, és megbecsüljük a hibát amit a feszültségmérő belevisz a mérésbe.

Az egyenáramú feszültséget mérő voltmétereket 50 mV tól 500 V-ig beépített előtétellenállással gyártják, a nagyobb feszültségek mérésére a voltméteren külön csatlakozók vannak, amelyek lehetővé teszik a külső előtétellenállás használatát.

A lengőtekerceses voltméterek ponossági osztálya általában 0,1 től 2,5 ig terjed.

A feszültség mérésekor tiszteletben kell tartani az alábbi szabályokat:

1. a voltmétert párhuzamosan kell kapcsolni a mérőkörbe,
2. ügyelni a csatlakozások polaritására,
3. a mérés kezdetén a voltmétert a legnagyobb feszültségű méréshatárra állítani, majd szükség szerint csökkenteni a méréshatárt,
4. a mérést a skála utolsó harmadán végezni.

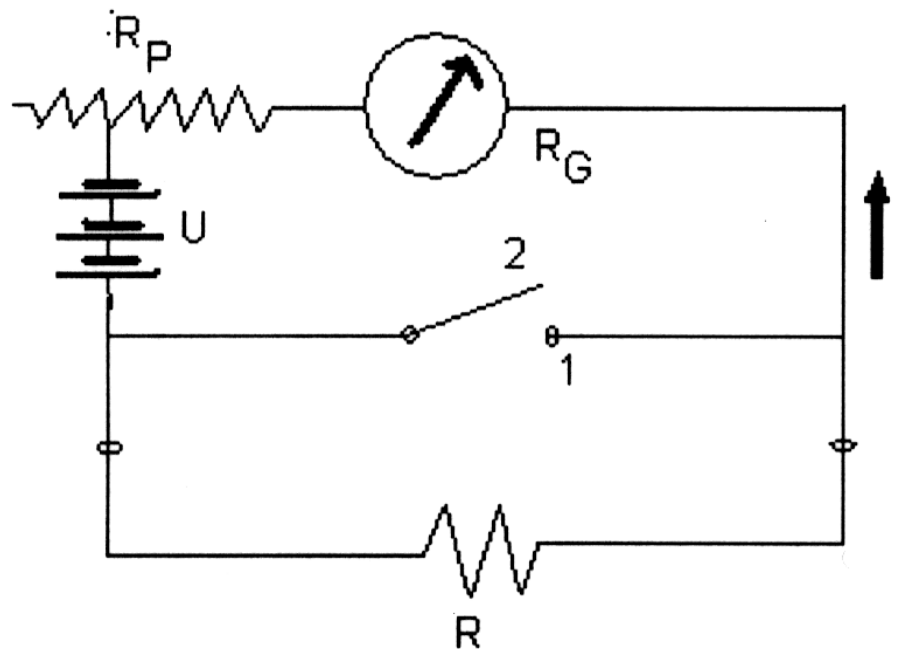
Állandómágneseű ellenállásmérők

Ha egy áramkörben sorba van kötve:

- feszültségforrás mely ideális feszültséggenerátorként viselkedik,
- amperméter, és
- ellenállás

akkor az amperméter mutatójának kitérése csak az ellenállás értékétől függ, mivel az áramkör többi eleme változatlan. A műszer kitérése, azaz a mért áram Ohm törvénye által definiált, $I = U / R$. Ezen tény lehetővé teszi hogy az állandómágneseű lengőtekerceses árammérőt egyenáramú áramkörben ellenállás mérésre használjuk erre kalibrált skálával. Tekintettel arra hogy az ismeretlen ellenállás R értéke fordítottan arányos az árammal, a skála nem lineáris

A műszer $R = 0$ mutat, ha a mérőkör, a feszültségforrással és az amperméterrel rövidre van zárva. Ekkor a műszer maximálisan kitér, azaz a maximális kitérés árama megfelel az $R = 0$ ellenállásnak. A minimális kitérítőáram $I = 0$ nyitott áramkörnek felel meg.



Az ábrán bemutatott egyszerű áramkör magába foglalja az R_p ellenállást és egy kapcsolót is.

A kapcsoló “1” helyzetével olyan soros áramkört alakítunk ki, melyben a változtatható R_p ellenállás beállításával maximális kitérést érünk el, azaz az R_G belső ellenállású árammérőn a maximális kitérés árama folyik. A kapcsoló “1” helyzete megfelel 0Ω , ellenállású, azaz $R = 0$ mért ellenállásnak.

Ha a kapcsolót “2” helyzetbe kapcsoljuk, vagyis kinyitjuk, az áramkörünkben az áram az össz ellenállásnak felel meg, ami magába foglalja az ismeretlen R ellenállást is.

A fenti gondolatmenet alapján a következő egyenleteket kapjuk:

$$I_0 = \frac{U}{R_p + R_G}, \quad I = \frac{U}{R + R_p + R_G}$$

Ha α -val jelöljük az I , (mikor a kapcsoló “2” állapotban van) és az I_0 áramok arányát, $\alpha = I / I_0$, (α a mutató kitérés szöge), és kifejezzük az R_p állítható ellenállás értékét: az áramforrás feszültségén, a maximális kitérés áramán és a műszer belső ellenállásán keresztül (az áramkör változatlan elemei)

$$R_p = \frac{U}{I_0} - R_G > 0$$

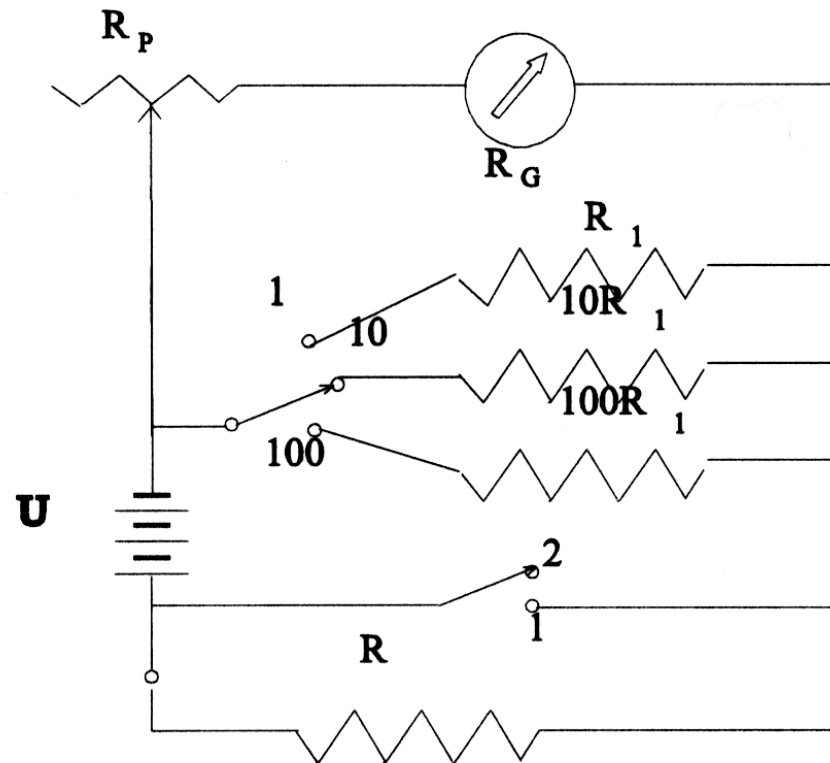
megkapjuk az ismeretlen ellenállás értékének kifejezését

$$R = \frac{U}{I_0} \frac{1 - \alpha}{\alpha}$$

Ezen képlet segítségével meghatározhatjuk (hitelesíthetjük) az állandómágneseű ellenállásmérő skáláját úgy hogy közvetlenül leolvasható a mért ellenállás értéke.

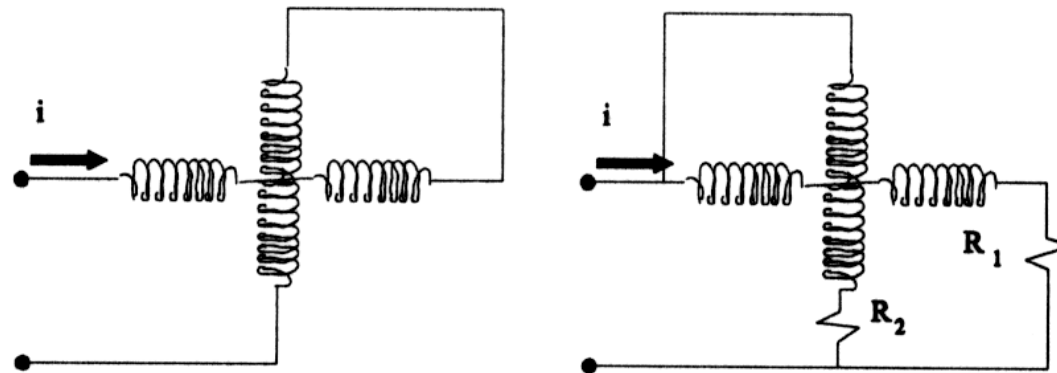
A mérés kezdete előtt a műszert kötelezően be kell állítani, mivel az alkalmazott áramforrás feszültsége az idő folyamán változik.

Az áram- és feszültségmérőkhöz hasonlóan az ellenállásmérők is több méréstartományra készülnek. A három mérőskálával rendelkező ohmméter sematikus rajza.



Elektrodinamikus árammérők

Az elektrodinamikus műszer alkalmas közvetlen árammérésre. Egyszerű ampermérő kapcsoláshoz jutunk, ha a két tekercset sorbakötjük.



sl. 18: Šema elektrodinamičkog ampermetra

Ebben a kapcsolásban a két tekercsben folyó áram megegyezik ($i_1 = i_2 = i$), köztük nincs fáziseltolás $\phi = 0$, így:

$$\alpha = \frac{k}{D} I^2$$

Egyenáram mérése esetén is ugyanez a képlet érvényes. A mutató kitérése arányos a váltakozó nagyság effektív értékének négyzetével. A műszer így milliamperméterként használható.

Nagyobb áramerősségnél az álló és lengőtekercset párhuzamosan kötik, az állótekercs söntöli a lengőtekercset, ezenfelül az álló és lengőtekercsel sorba kötik az R_1 és R_2 ellenállásokat.

Jelöljük az álló tekercs és a vele sorba kötött R_1 összegét R_{11} valamint a lengőtekercs és a vele sorba kötött R_2 összegét R_{22} -vel. A tekercseken az I áram a következőképp oszlik el:

$$I_1 = I \frac{R_{22}}{R_{11} + R_{22}} \quad I_2 = I \frac{R_{11}}{R_{11} + R_{22}}$$

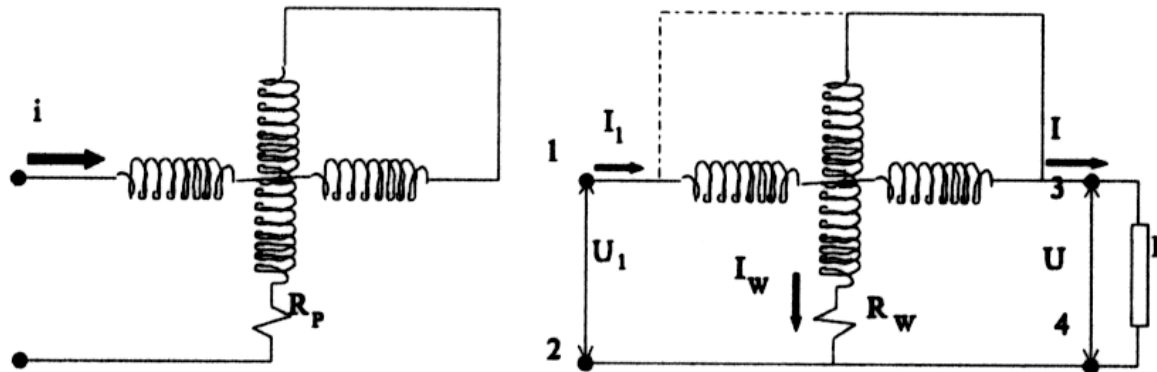
műszer kitérése:

$$\alpha = \frac{k}{D} I \frac{R_{22}}{R_{11} + R_{22}} I \frac{R_{11}}{R_{11} + R_{22}} = \frac{k}{D} \frac{R_{11} R_{22}}{(R_{11} + R_{22})^2} I^2$$

Az elektrodinamikus ampermérők méréstartománya 30 mA tól 20-50 esetleg 100 A-ig. Nagyobb áramokat áramváltók segítségével mérünk.

Elektrodinamikus feszültségmérők

Az elektrodinamikus feszültségmérőt az ábra bal oldalán látható séma szerint valósítjuk meg. A tekercseket sorba kötjük. Az R_p ellenállás feladata hogy növelje a maximális feszültséget, amely a voltméterrel lemérhető.



Az elektrodinamikus feszültségmérő és wattméter

A kitérés szöge a csatolt váltakozó feszültség effektív értékének négyzetével arányos. Ugyanez a képlet egyenáramú feszültségre is érvényes.

$$\alpha = \frac{k U^2}{D R_v^2}, \quad R_v = R_p + R_k$$

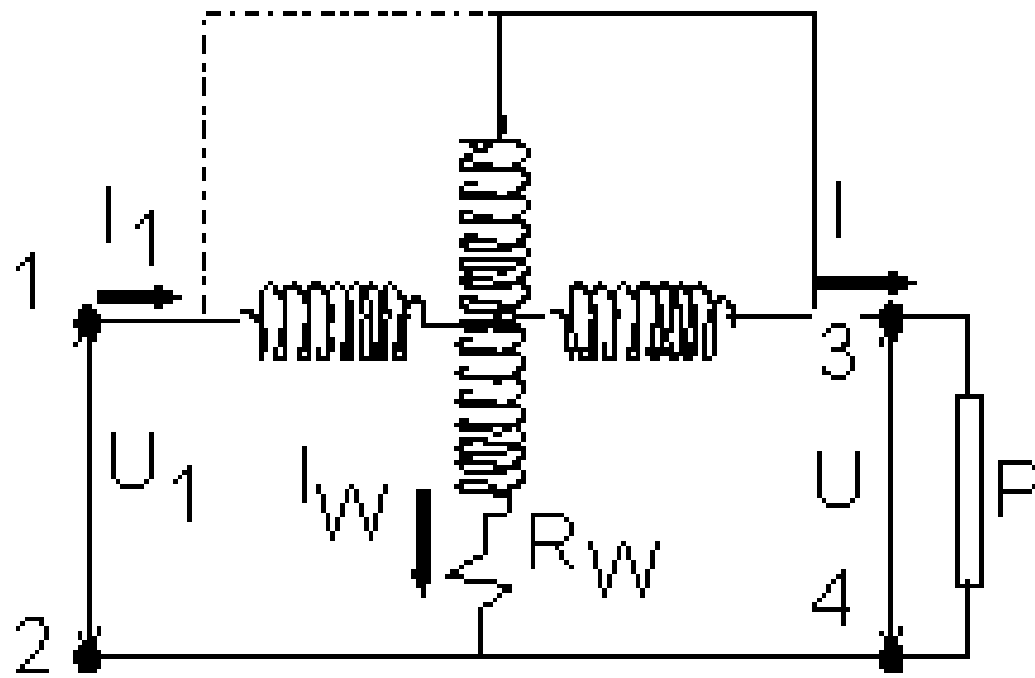
U a mért váltakozó feszültség effektív értéke R_k a tekercs ellenállása, míg R_p a méréshatár kibővítésére szolgáló ellenállás. A csatolt ellenállás a mérőtartomány bővítése mellett még két feladatot lát el: csökkenti a hőmérséklet változás okozta hibát és csökkenti a nagyfrekvenciás váltakozó mennyiségek méréseknél az induktivitások hatását. A műszer méréstartománya 5 től 600 V, a fogyasztás viszont lényegesen nagyobb az állandómágnesű lengőtekercses műszerhez viszonyítva.

Elektrodinamikus teljesítménymérők

Az elektrodinamikus wattméter (a fogyasztók hatásos teljesítményének mérése) a fenti ábra jobb oldalán látható (a voltmérővel együtt). Ezesetben:

$$\alpha = \frac{k}{D} I_1 I_2 \cos \phi = \frac{k}{D} I \frac{U}{R_w} \cos \phi = \frac{k}{D} \frac{1}{R_w} P$$

ami azt jelenti hogy a mutató kitérése a hatásos teljesítménnyel arányos. A műszer skálája lineáris. Ugyanazon megjegyzések érvényesek mint az egyenáramú mérésekre.

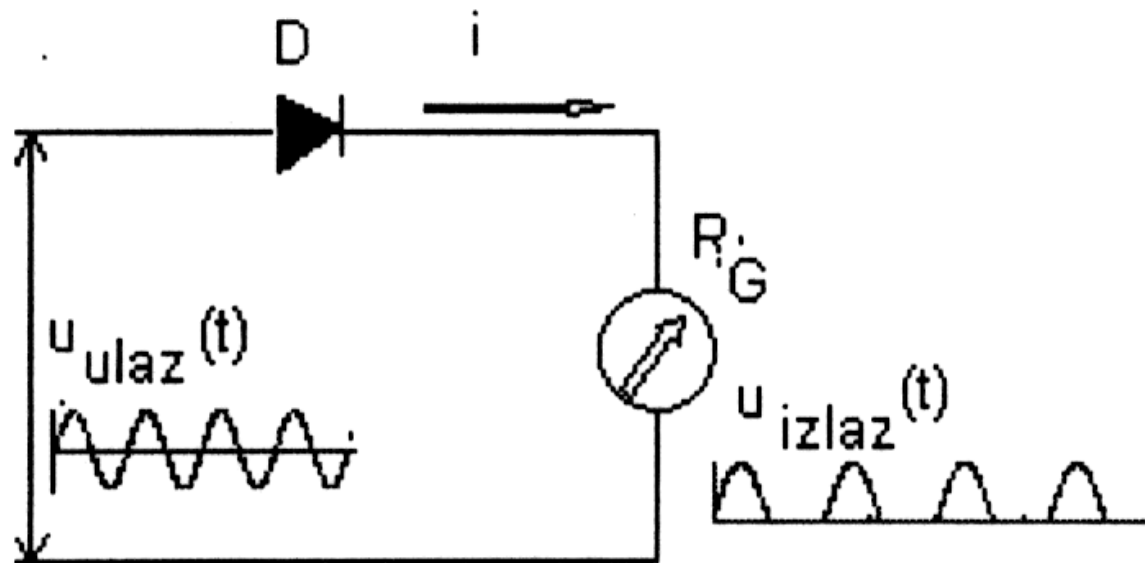


Mérőegyenirányítók

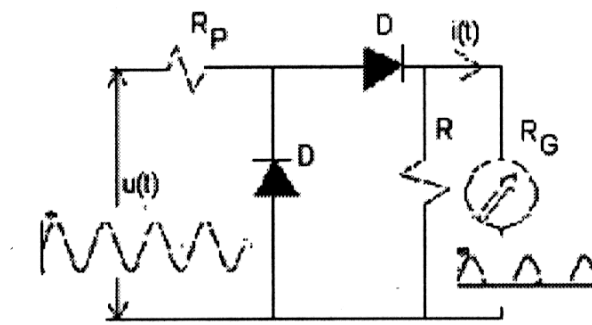
Ahhoz, hogy az állandómágneseű lengőtekercses műszert időben változó nagyságok mérésére használhassuk, a változó mennyiséget, áramot vagy feszültséget, mely időnként változtatja az irányát és állandóan változtatja az intenzitását, át kell alakítani egyenáramú, időben változó nagysággá.

Az ábrán azon ampreméter által regisztrált áram alakja látható amely sorba van kötve egy diódával, és a feszültség változása lassú a lengőtekercses rendszer tehetetlenségi karakterisztikáihoz képest.

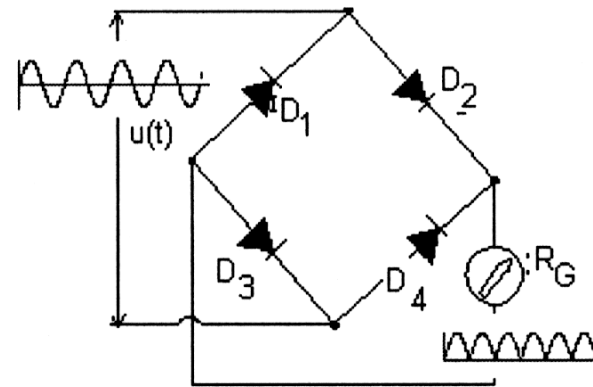
Vegyük észre, hogy ebben az áramkörben az áram a feszültséggel fázisban van, és csak akkor jelentkezik a kimeneten ha mért feszültség $u(t)$ nagyobb a polarizációs feszültségnél.



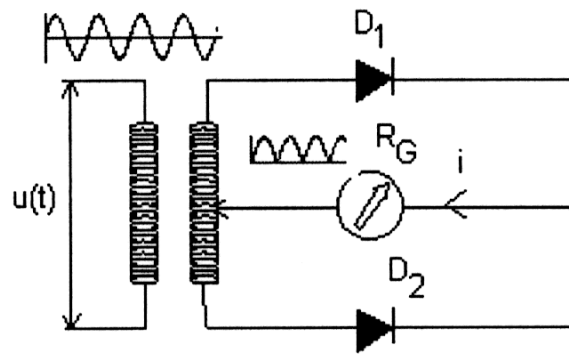
Amennyiben a feszültség váltakozása gyors a műszer tehetetlenségi karakterisztikáihoz képest, a lengőtekerceses műszer az áramkör áramának középértékét fogja mutatni.



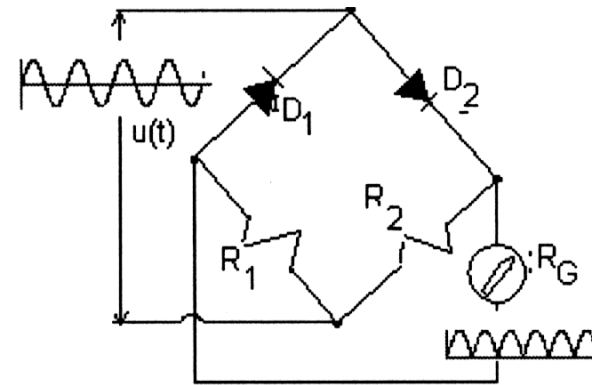
slika 3



slika 4



slika 5



slika 6

3.ábra: Voltmérer váltakozó nagyságok mérésére együtemű egyenirányítóval,

4.ábra: Graetz-kapcsolás négy diodával,

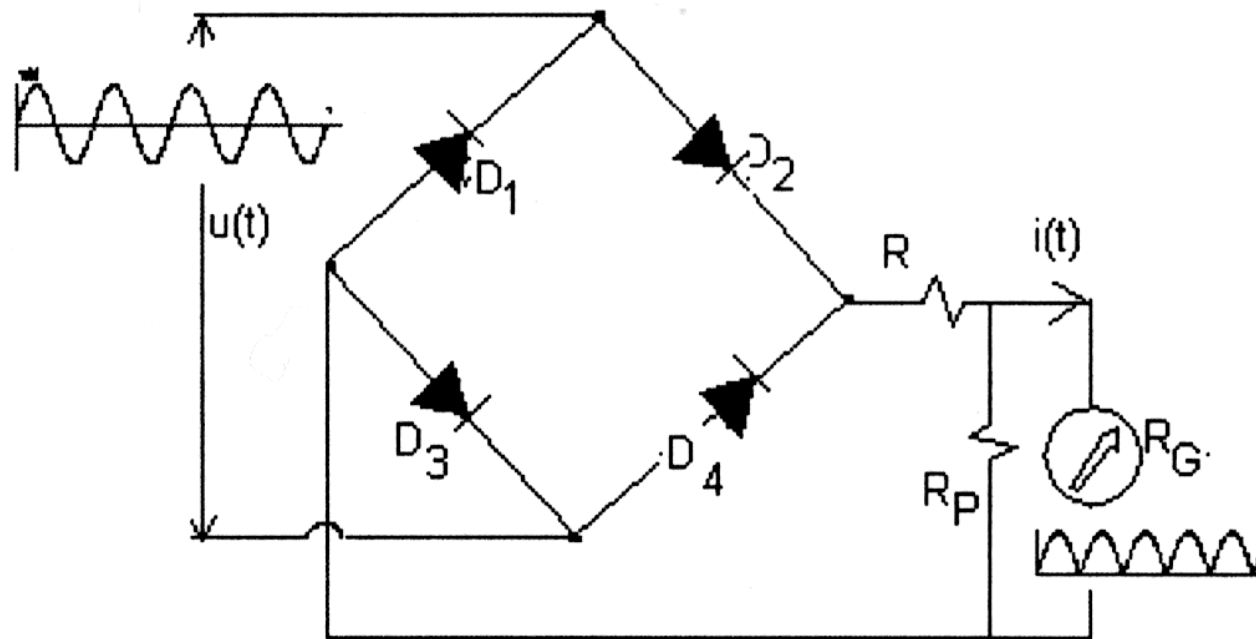
5.ábra: kétütemű egyenirányító két diodával és egy transzformátorral,

6.ábra: kétütemű egyenirányító két diodával és két ellenállással.

Kettő vagy négy dióda egyszerű összekötésével, vagy egy transzformátor és két dióda felhasználásával, vagy Graetz-kapcsolással (négy dióda, vagy két dióda két ellenállás) kihasználhatjuk mindkét félperiodust, (kétütemű egyenirányítás)

A Graetz-kapcsolás lehetővé teszi hogy a pozitív félperiódus alatt egy pár dióda vagy egy dióda és egy ellenállás vezessenek, míg a negatív félperiódus alatt a rendszer maradék elemei. A transzformátoros áramkörben a polarizációtól függően egyik vagy a másik dióda vezet. Mérések alkalmával a Graetz-kapcsolás előnyösebb a másik két megoldásnál, bár feszültségesés lép fel mindkét diódán.

A lenti képen a lengőtekerccses voltméter látható négydiódás Graetz-kapcsolással



sl. 7: Šema voltmetra sa Grecom i instrumentom sa pokretnim kalemom

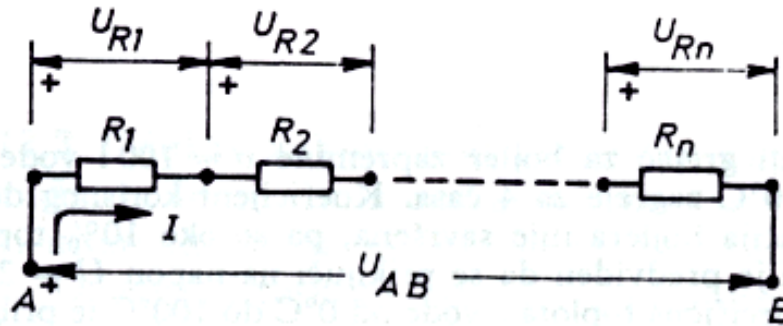
Hasonlóan az egyenáramú műszerekhez a váltakozó áramok mérésére alkalmas lengőtekerceses műszert is több méréstartományra építik. Itt is ellenállásokat használunk amint az előzőekben az egyenáramoknál is. (Eyrton féle sönt).

A kereskedelemben található amperméterek és voltméterek általában 0,1 mA-tól 6 A-ig, valamint 1-től 1000 V-ig mérnek. Ezeknek a műszereknek a frekvenciatartománya kb. 20 kHz-re van korlátozva.

Ezen műszerek legnagyobb hiányossága hogy rendszeres hibát vétenek a nem tisztán szinuszos jelek mérésakor.

A feszültségosztó

Az ellenállások soros kapcsolása:



Sl. 13.6 Redna veza otpornika.

Az áramot a következőképp írhatjuk fel:

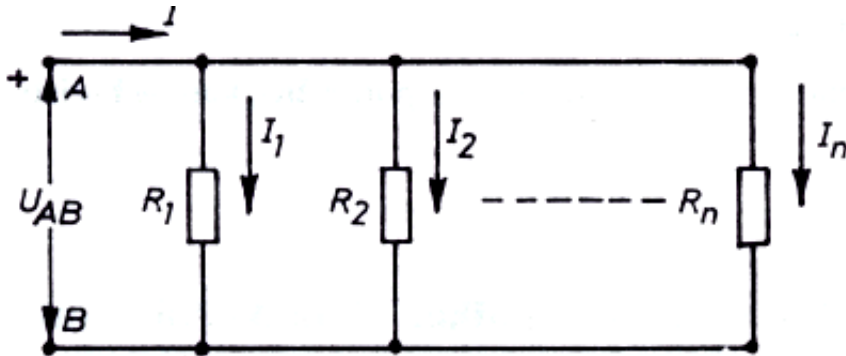
$$I = \frac{U_{AB}}{R_e} \quad \text{vagy} \quad I = \frac{U_k}{R_k}$$

Innen kifejezhető bármely ellenállás kapcsolófeszültsége az U_{AB} feszültség és a soros kapcsolást alkotó ellenállások függvényében:

$$U_k = U_{AB} \cdot \frac{R_k}{R_e}$$
$$U_1 = U_{AB} \cdot \frac{R_1}{\sum_{k=1}^n R_k}$$

Az áramosztó

Az ellenállások párhuzamos kapcsolása:



Sl. 13.7 Paralelna veza otpornika.

A kapcsolásfeszültséget a következőképp írhatjuk fel:

$$U_{AB} = I \cdot R_e \quad \text{vagy} \quad U_{AB} = I_k \cdot R_k$$

Innen kifejezhető bármely ellenállás árama az I áram és a párhuzamos kapcsolást alkotó ellenállások függvényében:

$$I_k = I \cdot \frac{R_e}{R_k}$$
$$I_1 = I \cdot \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$