

Hányadosmérő

Két kis ellenállás összemérése hányadosmérővel
Két nagy ellenállás összemérése hányadosmérővel

A közvetlenül mutató ellenállásmérők egyike a hányadosmérő. Az ellenállás egyenáramú mérésére az állandó mágneses hányadosmérő kiválóan alkalmas. A mérésben mindig két ellenállást hasonlítanak össze. Egy jól ismert értékű ellenállást, és egy ismeretlen értékűt. A mérés során arra kell törekedni, hogy a két ellenállás számértéke legalább nagyságrendileg megegyezzen.

Két kis ellenállás összehasonlítása

Két kis ellenállás összehasonlításakor a feszültségesésüket hasonlítják össze. Az R_n és az R_x ellenállás sorba van kapcsolva, és az R_{sz} szabályozó ellenálláson át az U feszültségforrásról van táplálva, ellenőrzésképpen mérve az ellenállásokon átfolyó I áramot, elkerülendő az ellenállások túlterhelését. A kereszttekercses műszer 1 és 2 tekercsét az ábra szerint az R_n és az R_x ellenállás feszültségesése táplálja. A lengő tekercsek ellenállása ρ_1 és ρ_2 , árama i_1 és i_2 , valamint sorba kapcsolunk velük R_1 illetve R_2 szabályozható ellenállást.

Így az összehasonlított ellenállások árama

$I = I - i_1 \cong I - i_2 = I_2$ a feszültségekre pedig

$i_1 \times (R_1 + \rho_1) = (I - i_1) \times R_x$ és $i_2 \times (R_2 + \rho_2) = (I - i_2) \times R_x$ Ebből az ellenállások aránya

$R_x/R_n = i_1/i_2 \times (I - i_2) \times (R_1 + \rho_1) / (I - i_1) \times (R_2 + \rho_2) = a_{1,2} (I - i_2) \times (R_1 + \rho_1) / I \times (R_2 + \rho_2) - (I - i_2) \times a_{1,2} \times R_n$
ahol

$i_1/i_2 = a_{1,2} = f(\alpha)$ a tekercsáramok hányadosa. Ha $I \gg i_2$ és $I \gg i_1$ akkor $I - i_2 \cong I - i_1$ és

$R_x/R_n \cong a_{1,2} \times (R_1 + \rho_1) / (R_2 + \rho_2)$ elérve, hogy $i_1/i_2 = 1$, akkor

$R_x/R_n = (R_1 + \rho_1) / (R_2 + \rho_2)$

A műszer tehát két kis ellenállás hányadosát alakítja át két nagy ellenállás hányadosává, ebből pedig az ismeretlen kiszámítható. A skála közvetlenül ellenállásra is készíthető.

Két nagy ellenállás összehasonlítása

Két nagy ellenállás arányát legegyszerűbben a felvett áramuk arányából lehet meghatározni.

A két ágon a feszültség azonos:

$i_1 \times (R_1 + \rho_1) = i_2 \times (R_2 + \rho_2)$ ebből az ellenállások aránya:

$(R_1 + \rho_1) / (R_2 + \rho_2) = i_2 / i_1 = 1 / a_{1,2}$ Ha az ismert R_2 ellenállás változtatható, akkor elérhető, hogy

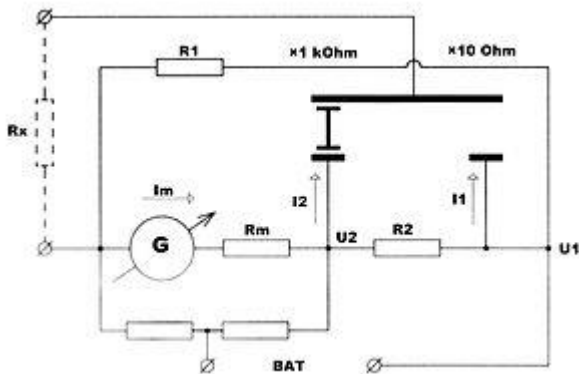
$i_1/i_2 = a_{1,2} = 1$ legyen. Ebben az esetben

$R_1 + \rho_1 = R_2 + \rho_2$ és ezekből az ismeretlen érték kiszámolható.

A gyakorlatban az a legkényelmesebb, ha a számításra nincs szükség. Akár kis ellenállások, akár nagy ellenállások esetén a megfelelő kereszttekercses ohm-mérő skáláját viszonyérték helyett közvetlenül ellenállásértékre lehet beosztani és számozni. A műszer pontossága függ a kitérés szöghelyzetétől. Legkisebb a mutató középállásában (1-2%), míg a szélső állásokban ennél lényegesen nagyobb is lehet (3-6%). Előnye, hogy a feszültség ingadozása nem változtatja meg a mérési eredményt, ugyanakkor a bizonytalansága nő a kelleténél kisebb tápfeszültség, és így a megengedettnél kisebb mérőáram esetében.

Kombinált milliampermérő

Kapcsolótáblába építhető soros ellenállásmérő műszer skálája



Párhuzamos ellenállásmérő elvi kapcsolási rajza



Párhuzamos ellenállásmérő skálája

Soros kapcsolás

A milliampér mérő és voltmérő kombinálásának egyik legegyszerűbb esetében a [lengőtekerceses műszert](#) (Deprez) valamilyen U egyirányú [feszültséggel](#) (pl. telepről) tápláljuk. [Potencióméterrel](#) - rövidrezárt kapcsok – mellett a műszerre jutó feszültséget úgy szabályozzuk, hogy végkitérést mutasson. Méréskor a műszert az R_x mérendő ellenálláson kapcsolják a feszültségre, mire a műszer árama csökken. Feltételezve, hogy a két állapot között az U feszültség nem változik, rövidzárnál: $I_{\text{rövidzár}} = U_m / R_m$, míg mérésnél: $I_{\text{mérés}} = U_m / (R_x + R_m)$. Ebből következően: $I_{\text{rövidzár}} \cdot R_m = I_{\text{mérés}} \cdot (R_x + R_m)$, így $R_x = R_m \cdot (I_{\text{rövidzár}} / I_{\text{mérés}} - 1)$ A műszert közvetlenül ohm skálával lehet készíteni, ennek két pontja független a feszültségtől: a végkitéréshez $R_x=0$, az áramskála kezdőpontjához $R_x=\infty$ ellenállás tartozik. A közbülső pontok számolhatóak az egyenlet alapján.

Kombinált voltmérő

Párhuzamos kapcsolás

A milliampér mérő és voltmérő kombinálásának egyik legegyszerűbb esetében a [lengőtekerceses műszert](#) (Deprez) valamilyen U stabilizált egyirányú [feszültséggel](#) (pl. telepről) tápláljuk. [Potencióméterrel](#) - nyitott kapcsok – mellett a műszerre jutó feszültséget úgy szabályozzuk, hogy végkitérést mutasson. A műszer belső ellenállása például $\times 10 \Omega$ esetén 10Ω , $\times 1 \text{ k}\Omega$ esetén $1 \text{ k}\Omega$.

$\times 10 \Omega$ esetén

Ha a műszer $I_m = 13 \mu\text{A} = 13 \times 10^{-6} \text{ A}$, $R_x = 0$ és az $(R_m + R_2) = 10 \text{ k}\Omega$ akkor $U_1 = 13 \times 10^{-6} \text{ A} \times 10000 \Omega = 0,13 \text{ V}$. Mivel rövidrezárt kapcsoknál ugyanez a feszültség van az R_1 ellenálláson, $I_{\text{összes}} = U_1 / R_{\text{összes}} = 0,13 \text{ V} / 10 \Omega = 0,013 \text{ A}$, ezért $I_{R1} = I_{\text{összes}} - I_m = 0,013 \text{ A} - 0,000013 \text{ A} = 0,012987 \text{ A}$

ezért

$$R_1 = U_1 / I_{R1} = 0,13 \text{ V} / 0,012987 \text{ A} = 10,01001 \Omega$$

×1 kΩ esetén

Mivel $I_m = 13 \mu\text{A} = 0,000013 \text{ A}$

$$R = 1000 \Omega$$

$$R_1 = 10,01001 \Omega \text{ és}$$

$R_m + R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, legyen a mérőáram

$I = 115 \mu\text{A}$ és ha $R_x = 1000 \Omega$, valamint ha a feszültség nem változik, akkor a műszer fél kitérést ad

$U_2 = (R + R_x) \times I / 2 = (1000 \Omega + 1000 \Omega) \times 0,000115 \text{ A} / 2 = 0,115 \text{ V}$ Ugyanez a feszültség van az R_m ellenálláson is, így

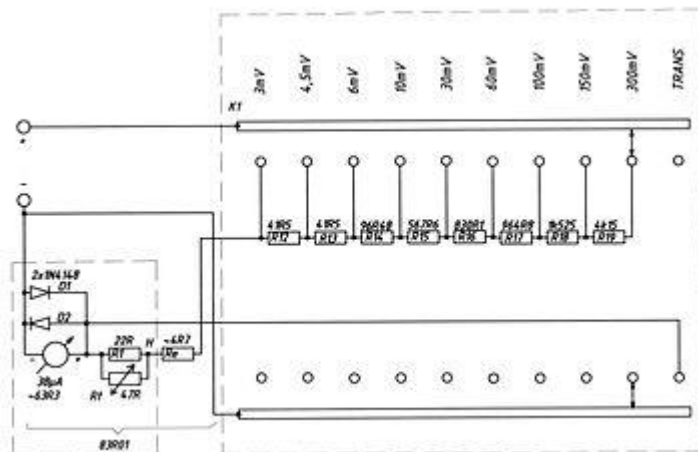
$$R_m = U_2 / I_m = 0,115 \text{ V} / 0,000013 \text{ A} = 8846,154 \Omega \text{ mivel}$$

$$R_2 = 10\,000 \Omega - R_m = 10\,000 \Omega - 8846,154 \Omega = 1117,441 \Omega, \text{ mivel}$$

$$I_{R1-2} = I - I_m = 0,000115 \text{ A} - 0,000013 \text{ A} = 0,000102 \text{ A} \text{ ekkor}$$

$$R_2 = U_2 / I_{R1-2} - R_1 = 0,115 \text{ V} / 0,000102 \text{ A} - 10,01001 \Omega = 1127,45 - 10,01 = 1117,49$$

Mérés mV mérővel



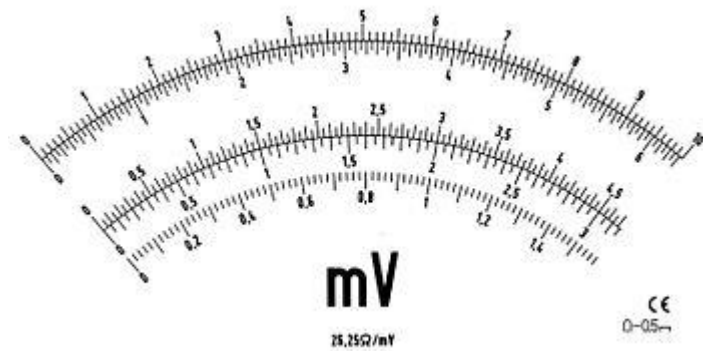
A műszer elvi kapcsolási rajza

Elterjedt még a mV mérővel megvalósított mérés. A feszített szálas kivitelű műszereknél nagy érzékenység érhető el viszonylag kicsi [lengőtekercs](#) ellenállás mellett. A képen látható megoldásnál a mérőmű 38 μA érzékenységéhez ~63,3 Ω ellenállás tartozik. A legkisebb méréshatárhoz tartozó ellenállásérték 83,01 Ω. Így a műszer a hőmérséklet függvényében eltérő eredményeket mutatna. A mérőművel egy légtérben elhelyezett **R1** és **Rt** ellenállások közül az **Rt** ellenállás negatív hőfokfüggő. Az eltérő hőfokon a lengőtekercs ellenállása nő, ugyanakkor a párhuzamosan kötött **R1** és **Rt** ellenállások eredője hasonló mértékben csökken. Így az eredő ellenállásuk változatlan. A műszer [bemenő ellenállása](#) (az 1 V feszültségre viszonyított érték) $= 1 / I_{\text{műszer}} = 1 / 0,000038 \text{ A} = 26315,8 \Omega / \text{V}$. Ezt egy kerekbebb értékre megválasztva legyen 26 250 Ω. Ekkor a műszer érzékenységét ténylegesen $I_{\text{műszer}} = 1 / 26\,250 \Omega = 0,000038095 \text{ A} = 38,1 \mu\text{A}$ -ra kell beállítani. A műszer bekötéséhez használt vezeték szabványos ellenállása 0,035 Ω, ez a mérést a 3 mV-os állásban 0,04%-kal fogja meghamisítani, ami elhanyagolható. Ez a hiba a nagyobb méréshatárokon még csökken.

A mérendő ellenálláson átfolyatva a névleges áramát a műszer az ellenálláson fellépő feszültségesést méri.

A „TRANS” állásban a mérőmű két kivezetése rövidre van zárva. Ha a lengőtekercs szállítás közben elfordul a mágneskörben, a lengőtekercs huzaljait mágneses erővonalak metszik, abban feszültség indukálódik. Mivel a kör zárt, abban áram folyik, mely [Lenz-törvénye](#) értelmében akadályozni igyekszik az őt létrehozó indukáló folyamatot, jelen esetben az elmozdulást. Így megvédi a lengőrészt a szállításkor fellépő esetleges károsodástól.

A méréshatárok megválasztása



mV mérő skálája villamos ellenállás méréséhez

A műszer méréshatárát célszerű úgy megválasztani, hogy a szabványos söntellenállások (50 mV, 60 mV, 100 mV, 150 mV, 300 mV mérésre alkalmas legyen. Másfelől a műszer megengedett hibája a végértékre van vonatkoztatva, így a pontos mérés előfeltétele, hogy a végértékhez minél közelebb essen a mért érték. Ezért nagyon elterjedt, hogy a felírt 3 mV-al szemben a tényleges végérték $10^{0,5}$ mV, illetve ennek többszöröse.

Az előtét ellenállások számítása

Legkisebb méréshatár mV	Szorzó	mV	Bemenő ellenállás Ω/mV	Eredő ellenállás Ω	Előtét Ω
$10^{0,5}$	$\times 1$	3,162	26,250	83,010	83,010
$10^{0,5}$	$\times 1,5$	4,743	26,250	124,515	41,505
$10^{0,5}$	$\times 2$	6,325	26,250	166,020	41,505
$10^{0,5}$	$\times 10^{0,5}$	10,00	26,250	262,500	96,480
$10^{0,5}$	$\times 10$	31,62	26,250	830,098	567,60
$10^{0,5}$	$\times 20$	63,25	26,250	1660,20	830,10
$10^{0,5}$	$\times 1000^{0,5}$	100,00	26,250	2625,00	964,80
$10^{0,5}$	$\times 50$	158,114	26,250	4150,489	1525,49
$10^{0,5}$	$\times 100$	316,20	26,250	8300,98	4150,5

Mérés hídkapcsolásban

Kiegyenlített [Wheatstone-híd](#)



Csúszóhuzalos Wheatstone-híd



Thomson-híd

Négy ellenállás van négyszögbe kapcsolva. A négyszöget két átlós pontján [egyirányú feszültségre](#) kapcsoljuk, a másik átlós pontja közé érzékeny, középnullás [galvanométert](#) ([lengőtekerceses műszer](#)) kapcsolunk. A változtatható hídágakat addig változtatjuk, míg a galvanométer árammentes nem lesz, ekkor $I_{\text{galvanométer}}=0$, a híd ki van egyenlítve, más szóval [egyensúlyban](#) van. A kiegyenlített Wheatstone-hídban az átellenes hídágak ellenállásának szorzatai egymással egyenlőek! $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$. Ha a négy ág közül három ismert, a negyedik kiszámítható. A Wheatstone-híd kis áramok mérésére nem alkalmas! Soha ne mérjünk 4Ω alatti értéket! Lényeges még hogy a galvanométer felől nézve a híd eredő ellenállása nagyobb legyen mint a galvanométer kritikus (határ) ellenállása.

Kiegyenlítetlen Wheatstone-híd

A kapcsolás ugyanaz, mint a kiegyenlített hídnál, de a híd nincs kiegyenlítve, a galvanométeren áram folyik. Az ellenállás értékét közvetlenül a galvanométer skálájáról lehet leolvasni.

Thomson-hidas mérés

A Thomson-híd különösen alkalmas nagyon kicsi ellenállások mérésére. Az ismert, és az ismeretlen ellenállás sorba van kapcsolva, és aránylag nagy [egyenáramot](#) vezet. A két ellenállás [definíciós pontjaira](#) van a négy nagyobb ellenállásból (\mathbf{a} , \mathbf{b} , $\mathbf{\alpha}$, $\mathbf{\beta}$) összeállított mellékáramkör kapcsolva, így az ismeretlen ellenállást öt ismert ellenállásból állapítjuk meg. Valamiképpen, pl. [mechanikai kényszerrel](#) gondoskodunk arról, hogy az ellenállások változtatása során is érvényes legyen ez az egyenlet: $\mathbf{a} / \mathbf{\alpha} = \mathbf{b} / \mathbf{\beta}$ vagy $\mathbf{a} / \mathbf{b} = \mathbf{\alpha} / \mathbf{\beta}$, és ezt a négy ellenállást most addig változtatjuk, míg a galvanométer árammentes nem lesz. A Thomson-híd segítségével tehát két kis ellenállás (\mathbf{A} és \mathbf{B}) arányát két megfelelően nagy

ellenállás: **a** és **b**, illetve α és β arányával fejezzük ki; ez utóbbiak oly nagyok lehetnek, hogy mellettük a csatlakozó vezeték ellenállását bízvást elhanyagolhatjuk. A Thomson-hidas mérés lényeges eleme, hogy a mérendő ellenállásra négy vezetékkel csatlakozunk. Ebből kettő, az áram hozzávezetésre szolgál, kettő pedig, az ellenálláson fellépő [feszültségesés](#) levételére szolgál, és mind a négy vezeték azonos helyekre csatlakozik, így a vezeték ellenállását nem mérjük bele az ellenállás értékébe.

Mérés négyvezetékes méréssel



Négyvezetékes mérés

Mint a hídkapcsolásoknál kifejtésre került, ügyelni kell arra, hogy a méréshez használt csatlakozóvezeték a mérési eredményt ne hamisítsa meg. A képen látható digitális műszer négyvezetékes mérést tesz lehetővé. A négy bekötővezeték közül kettőt-kettőt a mérőpontoknál egyesítjük. Így az **U1-I1** és az **U2-I2** vezetékeket. A műszer az ismeretlen **R_x** ellenálláson az **I1-I2** vezetékeken keresztül stabilizált egyenáramot folytat át. Az ellenálláson fellépő feszültségesés az **U1-U2** vezetékeken keresztül jut a műszerbe. A feszültségbemenetek nagy bemenő ellenállása miatt a bekötővezetékek ellenállása elhanyagolható. A műszer közvetlenül a mért értéket mutatja.

Szigetelési ellenállás mérése



Szigetelésvizsgáló műszer

Egy normál ellenállásméréssel nem mutathatók ki a szivárgó áramok. A szigetelési ellenállás egy nagyon fontos támpontot adhat az esetleges átvezetésekre. Tökéletes szigetelés esetén a szigetelési ellenállás végtelen nagy. Ez azonban csak elméletben létezik; a valóságban a szennyezések, páratartalom, stb. hatására a berendezés-, vagy a vezeték szigetelési ellenállása csökken. A kis mértékű átvezetések $G\Omega$ (gigaohm)^[1] nagyságrendben vannak. Léteznek kis feszültségű szigetelésvizsgáló készülékek is, például 2,5 V vizsgáló feszültség mellett a méréshatár 50 $G\Omega$! Ezt elsősorban rövid vezetékszakaszok mérésére, és/vagy olyan helyeken használják, ahol a magasabb feszültség tönkretenné a vezetéket. A közepes feszültségű szigetelésvizsgálók maximum 1000 V vizsgálófeszültséggel mérnek, míg a magas feszültségűek maximum 5000 V feszültséggel. A mérés folyamán ügyelni kell, hogy a mérőfeszültség a vezetéket (különösen a [koaxiális](#) vezetéket) kondenzátorként feltölti, ezért a mérés közben a mért értéket csak lassan közelíti meg a vizsgáló műszer. A feszültség lekapcsolásakor a mért vezetéken potenciálkülönbség marad, ezért annak megérintése előtt rövidre zárással a töltését el kell távolítani! A szigetelési ellenállás mérők általában telepről vagy akkumulátorról működnek, hogy a mérés ne legyen helyhez kötött. Régebben használtak olyan műszereket, melyben egy beépített áttétel segítségével, egy kart megforgatva a beépített generátor állította elő a vizsgáló feszültséget.