Méréstechnika

Dr. Nemes József

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Méréstechnika

Dr. Nemes József

Szerzői jog © 2012 Nyugat-magyarországi Egyetem

E könyv kutatási és oktatási célokra szabadon használható. Bármilyen formában való sokszorosítása a jogtulajdonos írásos engedélyéhez kötött.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Tartalom

1. Méréselméleti alapok, mérési hibák 1
    1.1 Méréstechnikai alapfogalmak 1
        1.1.1 Mérés csoportosítása: 1
        1.1.2 Mérési hibák 3
        1.1.3 Mérőműszerek mérési hibájának számítása, megadása: 4
2. Jelek és mértékegységek 9
    2.1 Jelek 9
        2.1.1 Periodikus jelek és jellemzőik 13
    2.2 Mértékegységek: SI (Système International d'Unités) 14
3. Mechanikai mérőműszerek 17
    3.1 Mérőléc 17
    3.2 Derékszög 17
    3.3 Mozgószáras szögmérő 18
    3.4 Furatmérő eszközök 20
    3.5 Tolómérő 21
        3.5.1 A tolómérő használata 22
        3.5.2 A szimuláció használata 24
        3.5.3 A tolómérő ellenőrzése: 24
    3.6 Mikrométer 25
        3.6.1 A szimuláció használata 27
    3.7 Mérőórák 27
4. Villamos mérőműszerek csoportosítása 30
    4.1 Csoportosítás felépítés szerint: 30
    4.2 Csoportosítás a mért mennyiség szerint: 30
        4.2.1 A mérőműszerek általános jellemzői: 30
    4.3 Elektronikus mérőműszerek általános felépítése 31
        4.3.1 A műszer és környezet kapcsolata 31
    4.4 Analóg műszerek 32
        4.4.1 Analóg árammérő 34
        4.4.2 Analóg feszültségmérő 35
        4.4.3 Analóg ellenállásmérő 36
5. Analóg alapműszerek 40
    5.1 A mérések (műszerek) osztályozása 40
    5.2 Az alapműszer és a skáláján alkalmazott jelölések 41
        5.2.1 A pontossági osztály jelölését a skálalapon 41
        5.2.2 Használati helyzet 42
        5.2.3 Áramnem 42
        5.2.4 Szigetelési feszültség 43
    5.3 Deprez-műszer (lengő- vagy forgótekercses műszer): 46
    5.4 Lágyvasas műszer: 47
    5.5 Ellenállásmérés multiméterrel és univerzális műszerekkel 47
        5.5.1 Kis értékű ellenállás mérése 48
        5.5.2 Nagy értékű ellenállás mérése 49
        5.5.3 Ellenállásmérés Wheatstone-híddal 49
6. Digitális műszerek 51
    6.1 Digitális multiméter 51
        6.1.1 Hétszegmenses kijelző 52
    6.2 Digitális feszültségmérők 53
        6.2.1 Közvetlen átalakító 54
        6.2.2 Integráló A/D átalakító 57
        6.2.3 Feszültség-frekvencia átalakító 58
7. Mérő-átalakítók 59
    7.1 Szenzorok fogalma, csoportosítása 59
        7.1.1 Alapfogalmak 59
        7.1.2 Szenzorok csoportosítása 59

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

7.1.3 Szenzorok tipikus kimeneti jelek szerint 60
7.1.4 Helyzetérzékelők csoportosítása 60
7.2 Ellenállás változáson alapuló érzékélők 61
7.2.1 Nyúlásmérő ellenállások 61
7.3 Hőmérsékletérzékelők 64
7.3.1 Ellenállás változáson alapuló hőérzékelők 64
7.4 Ellenállás-hőmérők fémből 65
7.4.1 Hőmérsékletérzékelő félvezető ellenállások 67
7.4.2 Félvezetők, mint hőmérséklet-érzékelők 71
Ellenőrző kérdések 71
8. Kapacitív érzékelők 73
8.1 Szenzor típusok 74
8.1.1 Detektálandó tárgy anyagi minőségének hatása 74
8.1.2 Kapacitív érzékelők jellemzői 75
8.1.3 Alkalmazások 75
9. Induktív mérő-átalakítók 77
9.1 Bevezetés 77
9.2 Alapkonstrukció 78
9.3 Mozgás irányának felismerése 79
9.3.1 NAMUR mérő-átalakítók 80
9.3.2 Analóg induktív szenzorok 80
9.3.3 Biztonság és védelem 81
9.3.4 Busz kapcsolat 81
9.3.5 A kapcsolási távolságot befolyásoló tényezők 82
10. Ultrahang érzékelők 84
10.1 Hanghullámok terjedése levegőben 84
10.1.1 Környezeti hatások 85
10.1.2 Ultrahang hullám átalakítók 85
10.1.3 Ultrahang érzékelők jellemzői 86
10.2 Alkalmazások 87
10.3 Ultrahangos áramlásmérő 88
11. Oszcilloszkóp 89
11.1 Az oszcilloszkóp működési elve, alkalmazhatósága 89
11.2 Az oszcilloszkóp felépítése 89
11.3 Működési elv 90
11.4 Elektronsugárcső 90
11.4.1 A függőleges erősítő 90
11.4.2 A vízszintes eltérítőrendszer 91
11.5 Többjelű oszcilloszkópok 93
11.5.1 Kétcsatornás oszcilloszkóp 93
11.6 Kétsugaras oszcilloszkóp 93
11.7 Oszcilloszkópos mérések 93
11.7.1 Feszültségmérés 93
11.7.2 Időmérés 93
11.7.3 Frekvenciamérés 94
11.7.4 Fázisszögmérés 94
11.7.5 Az oszcilloszkópok segéd és kiegészítő eszközei 95
12. Elektronikus jelgenerátorok 97
12.1 Jelgenerátor felépítése, kezelőszervei 98
13. Számítógéppel vezérelt mérések 99
13.1 A PC alapú mérőrendszerek struktúrája 100
13.2 PC alapú mérőrendszerekben alkalmazott szabványos kommunikációs protokollok 101
13.2.1 Soros jelátvitel szabványos protokoll: RS232, RS422, RS485 101
13.2.2 Párhuzamos jelátvitel szabványos protokoll: IEEE488 103
13.2.3 USB (Universal Serial Bus) 103
13.2.4 FireWire (IEEE 1394) 104
13.2.5 Ethernet 105

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

13.3 Számítógéppel vezérelt mérőrendszer általános felépítése 105
13.4 Adatgyűjtő berendezések 106
14. Számítógépes mérések vezérlőszoftverei 109
14.1 Bevezetés a LabView szoftver alkalmazásába 109
14.1.1 A LabView működése 109
14.1.2 A Panel 120
14.1.3 A Diagram 120
15. A minőség biztosítása és a méréstechnika kapcsolata 121
15.1 Mi a minőség? 121
16. Villamos mérések szabályai 128

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

1. fejezet - Méréselméleti alapok, mérési hibák

1.1 Méréstechnikai alapfogalmak

Mérés: Információszerzés - a megismerés eszköze. Fizikai mennyiség összehasonlítása a mértékegységgel (annak egységnyi mennyiségével). A mértékegységet gyakran szimbólumok helyettesítik.

A mérések célja, hogy a mérés tárgyáról (a fizikai mennyiségről, állapotról, folyamatról stb.) megbízható és leírható információt szerezzünk. Ezt az információt a mérés eredményének nevezzük.

A fizikai jellemzőket két fő csoportba osztjuk:

- Villamos mennyiségek, tehát eredendően villamos jelek, (U; I; P_{vill}).
- Nem villamos mennyiségek, (hőmérséklet, nyomás, szint, áramlás, elmozdulás, stb,).

A nem villamos mennyiségeket részben segédenergia nélkül, részben villamos segédenergia igénybevételével mérjük.

A segédenergia nélküli mérés hátránya, hogy a mérési eredmény szállítása, tárolása, feldolgozhatósága körülményes. Ezért az ilyen módon történő mérés eredménye tájékoztató jellegű, pl. manométer.

1. ábra Manométer

A villamos segédenergiával történő mérés során a nem villamos mérendő jeleket, mérő-átalakítókkal villamos jelváltozássá alakítjuk. Ezek a jelek jól szállíthatóak, tárolhatóak és feldolgozásuk lényegesen könnyebb, mint a nem villamos jeleké.

1.1.1 Mérés csoportosítása:

1. **Közvetlen** mérés: a mérendő mennyiséget közvetlenül a mértékegység egységnyi mennyiségével hasonlítjuk össze, pl. kétkarú mérleg, tolómérő.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

2. ábra Tolómérő metrikus skálával.

3. ábra Tolómérő metrikus skálával.

1. **Közvetett** mérés: a mérendő mennyiséget egy szimbólummal, vagy egy, a mérendő mennyiség mértékegységétől eltérő mértékegység egységnyi mennyiségével hasonlítjuk össze, és ezután alakítjuk át (akár több szinten is) a megkívánt mértékegységnek megfelelő mennyiséggé, pl. ha két furat közötti falvastagságot kell meghatározni, azt a mérőeszközről leolvashatjuk. Méréskor az eredményt vagy közvetlenül a mérőeszközről olvassuk le, vagy mérést és számítást kell végezni a helyes eredmény meghatározásához. Ilyen eset fordul elő, ha két furat távolságát kell megállapítani, mivel furattávolságon a két furat középpontjának egymástól mért távolságát értjük, ekkor mérni és számolni kell. Külön-külön mérjük a furatátmérőket, majd a közöttük lévő távolságot, utána az adatokból számítással jutunk el a furattávolság meghatározásához.
2. **Analóg** mérés: időben folytonos mérést és mérési eredményt biztosít. Az analóg érzékelők kimenetén folytonos jel jelenik meg. Az analóg mérő-műszerek kijelzője mutató, ami időben folyamatos módon mutatja a mért értéket.

4. ábra Analóg időjárásjelző

1. **Digitális** mérés: időben diszkrét eredményeket adó mérést biztosít, meghatározott időpillanatokban mért értékeket raszterekbe osztva ad mérési eredményt, pl. számkijelzős műszerek.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

5. ábra Digitális időjárásjelző

Mérési módszer: Az elv, amely szerint a mérést megtervezzük és elvégezzük.

Mérési eljárás: A módszer, az eszköz és a mérést végző személy együttes tevékenysége.

1.1.2 Mérési hibák

Minden mérési eredmény kisebb nagyobb hibát tartalmaz, ezért a mérendő mennyiség valódi értékét teljes biztonsággal nem lehet meghatározni.

A mérés során természetesen arra kell törekedni, hogy a valódi érték legjobb becslését megtaláljuk. A legjobb becsléssel meghatározott értéket helyes értéknek nevezzük.

Ha a mérési hiba kicsi, akkor az esetleg elhanyagolható. Ha túl nagy a mérés hibája, akkor esetleg egy jobb mérési módszer alkalmazásával érhetjük el a kívánt pontosságot.

De mikor nagy és mikor elhanyagolható egy mérés hibája?

Egyáltalán hogyan becsülhető meg a mérési hiba nagysága?

Ahhoz, hogy egy mérés során a helyes értéket meg tudjuk határozni, és a hiba nagyságát jól becsülve a fenti kérdésekre válaszolni tudjunk, közelebbről meg kell ismerni a mérési hibák eredőit és jellemzőit.

1.1.2.1 A mérési hibák csoportosítása

A mérési hibákat jellegük szerint három csoportba sorolhatjuk:

1. rendszeres hibák
2. véletlen hibák
3. durva hibák

Rendszeres hiba

Rendszeres hibáknak azokat a hibákat nevezzük, amelyek nagysága és előjele meghatározható, amelyekkel így a mérési eredményt pontosítani lehet.

A rendszeres hibák felismerése, a hibák nagyságának és előjelének megállapítása - a mérőberendezések rendszeres hitelesítése mellett - különös figyelmet és nagy szakértelmet igényel. A rendszeres hiba meghatározása technikai és gazdasági kérdés is lehet. Bizonyos rendszeres hibák olyan kismértékűek, hogy elhanyagolhatóak, mások pontos meghatározása gazdaságosan nem lehetséges, s vannak olyan rendszeres hibák is, amelyek pontos meghatározása mindenképpen szükséges, ellenkező esetben torz mérési eredményt kapunk.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Véletlen hiba

Véletlen hibáknak azokat a hibákat nevezzük, amelyeknek a pontos értékét nem tudjuk meghatározni, sőt időben is mutathatnak változó hatást, ezért az általuk létrehozott mérési hiba nagysága is és előjele is (adott határok között) megváltozhat. Így a véletlen hibák nagyságát és előjelét nem ismerjük. Meg kell jegyezni, hogy a véletlen hibáknak is konkrét okai vannak, de ezeket az okokat nem ismerjük, vagy nem tudjuk kiküszöbölni.

A véletlen hibákat egy olyan ± σ szélességű intervallummal lehet megadni, amelyben az általunk előírt valószínűséggel (a mérnöki tudományokban legtöbbször 99,74%-os valószínűség) benne van a véletlen hibától mentes valódi érték. Ezt az intervallumot meg-bízhatósági intervallumnak, vagy konfidencia intervallumnak nevezik.

A mérési eredmények a véletlen hibák miatt kis ingadozást mutatnak. A mérési sorozat és az így kapott mérési eredmények ismeretében a matematikai statisztika segítségével meghatározható a várható érték jó becslése, továbbá az a ± σ intervallum, amelybe az elvégzendő mérések eredményei az általunk előírt valószínűséggel beleesnek.

Véletlen hibának tekintjük azokat a rendszeres hibákat is, amelyek elvileg meghatározhatók ugyan, de a hiba meghatározása túlságosan bonyolult, költséges stb.

Durva hiba

Durva hibának az erős környezeti hatásból eredő vagy személyi tévedés következtében fellépő hibákat nevezünk, amelyben a relatív hiba akár 50-100%-ot is elérhet. Forrása - rossz mérési elv, mérés elvi hibája, pontatlanság. A mérés során vagy kiértékeléskor a durva hiba általában felfedezhető, és a hibaforrással együtt a durva hiba is megszüntethető (meg KELL szüntetni!).

Mérési hibák helyett gyakran a mérés pontosságáról beszélünk. A pontosság a hiba ellentétes (inverz) fogalma. Azt mutatja meg, hogy a mért érték mennyire van közel a valódi értékhez. Minél nagyobb a hiba, annál kisebb a pontosság.

A rendszeres hibák elhanyagolása, figyelembe nem vétele a mérés eredményét torzította, a véletlen hibák elhanyagolása pedig a mérés eredményét bizonytalanná teszik.

A gondos mérést az jellemzi, hogy a rendszeres hibákat (a lehetőség határain belül) meghatározzuk és korrigáljuk, így a mérési végeredményben csak a véletlen hibák miatti bizonytalanság szerepel.

1.1.3 Mérőműszerek mérési hibájának számítása, megadása:

A mindenkori mért érték x_m és a helyes érték x_h közötti különbség a méréseredmény abszolút hibája H_a.

$$H_a = x_m - x_h$$

Az abszolút hiba lehet pozitív vagy negatív. Pozitív hibáról beszélünk, ha a mért érték nagyobb, mint a helyes érték.

Ha a mérési hibát a mérendő mennyiségre vonatkoztatjuk, akkor azt relatív - vagy viszonylagos hibának nevezzük.

A relatív hiba jele: h_r

$$h_r = \frac{H_a}{x_h}$$

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A relatív hiba százalékban megadva:

$$h\% = \frac{H_a}{x_h} \cdot 100\ \%$$

Méréshatárra vonatkoztatott relatív hiba:

$$h_v = \frac{H_a}{x_v} \cdot 100\ \%$$

ahol x_v a végkitéréshez (méréshatárhoz) tartozó pontos érték.

Hibahatár:

Analóg mérőműszerek esetében a hibahatárt felkerekítik egy szabványos értékre, és ezt un. osztálypontosság (Op) formájában adják meg a műszeren. A szabványos osztálypontosságok: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1; 1.5; 2.5; 5.

- laboratóriumi műszer: 0.05; 0.1; 0.2
- laboratóriumi, üzemi műszer 0.5
- üzemi műszer 1.0; 1.5; 2.5; 5.0

A méréshatárra vonatkoztatott hiba egy katalógusban megadott állandó érték, a műszerek/érzékelők abszolút hibája a méréstartomány teljes szélességén azonos:

$$H = O_p \cdot \frac{x_v}{100}\ \%$$

A relatív hiba a mutató kitérésével/mért értékkel csökken, vagyis annál pontosabb a mérés, minél nagyobb a mutató kitérése. Ezért a méréstechnika egyik alapszabálya, hogy analóg műszerrel, vagy érzékelővel az adott tartomány felső harmadában érdemes mérni!

Skálahiba és leolvasási hiba:

Olcsóbb műszerek skálájának csak néhány pontját - leggyakrabban végkitérését - hitelesítik összehasonlító méréssel. Precíziós műszereken is csak 10-15 pontot határoznak így meg, a többit pedig a skála bizonyos törvényszerűség szerinti (pl. egyenletes) felosztásával nyerik. Ez hibát okozhat még akkor is, ha a hiteles műszerrel felvett pontok pontosak. Ha a mutatóra nem a skálára merőleges irányból tekintünk, akkor leolvasási- vagy parallaxishiba lép fel. Ezt kiküszöbölendő, késél alakúra képezik ki a mutatók végét, és tükröt helyeznek el alatta. Az ilyen műszert úgy kell leolvasni, hogy a mutató teljes egészében elfedje a tükörképét.

Mechanikai hibák és beállási viszonyok:

Az elektromechanikus műszerekben a vizsgált mennyiség olyan hatásait használjuk fel, amelyek a műszer lengőrészére erőt, vagy nyomatékot képesek kifejteni. Ez a hatás leggyakrabban az áram mágneses hatása. A lengőrész lehet egy vagy több tekercs (lengőtekercses műszerek), lágyvas (lágyvasas műszerek), ritkán kis állandó mágnes (lengő mágneses műszer). Forgó mutatós egytekercses műszerekben a lengőrészre a súrlódáson kívül két nyomaték hat: a mérendő mennyiséggel valamilyen (pl. arányos) kapcsolatban lévő villamos nyomaték (*Mv*) és a rugóerőből eredő nyomaték (*Mr*). Egyensúlyban e két nyomaték eredője zérus.

Példák mérési hibák számolására:

1. Egy analóg feszültségmérő műszer pontossági osztálya 1.5 és a méréshatára 250V. Mekkora a megengedett hiba?

$$H_{max} = 250V \cdot 1.5\% = 3.75V$$

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Amikor mérést végzünk a mutató 45V értéket mutat. Mekkora a mérés maximális relatív hibája?

$$h = \frac{3.75}{(45 \pm 3.75)} \cdot 100 =$$

2. Egy voltmérő pontossági osztálya 1.5. A végkitérése 150V. Mérést végzünk és a mutató 45V-ot mutat.

a. Mekkora a mérés abszolút hibája?

H=150 V*1.5/100=2.25V

b. Mekkora a mérés maximális relatív hibája?

h=2.25/(45±2.25)*100%

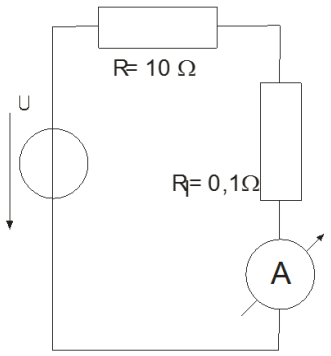
a nagyobb értéket figyelembe véve:

h=2.25*100/42.75 = 5.26%

c. Mekkora a mérés maximális végkitérésre vonatkoztatott relatív hibája?

1.5%

3. Mérjük az R ellenálláson átfolyó áramot. Az ellenállás 10 Ω, az ampermérő belső ellenállása 0,1 Ω, az osztálypontossága 1,5, a végkitérése 1 A, a műszer 0,65 A-t mutat.



6. ábra A feladat kapcsolási rajza

- O_P=1,5
- I_V=1 A
- I_m=0,65

a.) Mekkora a mérés rendszeres hibája?

b.) Mekkora a mérés véletlen hibája?

Határozza meg a hibákat abszolút és relatív értékben is!

Megoldás:

a.) A rendszeres hibát a műszer belső ellenállása okozza.

A rendszeres hiba számítása, relatív értékben kifejezve:

A mért érték: $\frac{U}{R+R_1}$

A pontos érték: $\frac{U}{R}$

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

$$h = \frac{\frac{U}{R+R_1} - \frac{U}{R}}{\frac{U}{R}} = \frac{\frac{1}{R+R_1} - \frac{1}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{1}{1+\frac{R_1}{R}} - 1 = \frac{1}{1+\frac{0,1}{10}} - 1 = 0,0099 = 0,99\%$$

Relatív értékben kifejezve a rendszeres hiba nem függ a mért értéktől, és a feszültség értékétől.

A rendszeres hiba abszolút hiba formájában kifejezve:

$$H = 0,65 - 0,65\frac{10+0,1}{10} = -0,0065A$$

b.) A véletlen hiba a műszer osztálypontosságából határozható meg:

Abszolút hiba:

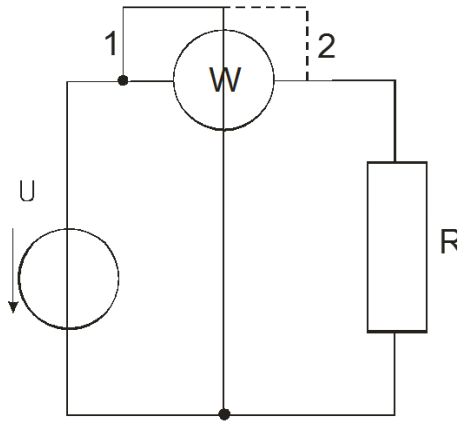
$$H = \frac{O_p \cdot I_v}{100} = \frac{1,5 \cdot 1}{100} = \pm 0,0015A$$

Relatív hiba:

$$h = \frac{O_p \cdot I_v}{I_m} = 2,3\%$$

Feszültség mérésekor minden esetben ismerjük a műszer belső ellenállását, hiszen az katalógus adat, pontosan meghatározható az ebből adódó rendszeres hiba, de a mérések 99%-ában ez elhanyagolható mértékű, ezért nem számolunk vele. Méréstechnikai ismereteink alapján azonban meg kell tudnunk határozni azokat a ritka eseteket, amikor a műszerek belső ellenállása nem hanyagolható el, mert az nagy mértékben befolyásolja a mérésünk eredményét. Nézzünk erre egy egyszerű példát:

Mérjük meg egy ellenállás teljesítményét elektrodinamikus műszerrel. A feszültségtekercset kapcsolhatjuk az áramtekercs egyik, vagy másik végpontjára:



7. ábra

Melyik kapcsolást használná?

Megoldás:

Legyen a műszer feszültségtekercsének belső ellenállása R_U, az áramtekercs belső el-lenállása R_I.

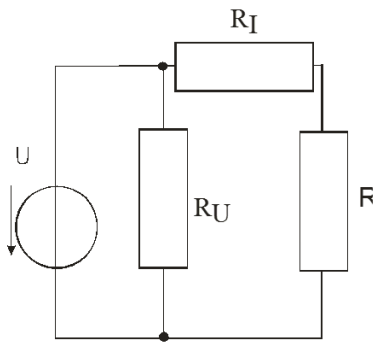
Az esetek igen nagy %-ában teljesen mindegy, hogy melyik kapcsolást használjuk, mert egyszerre teljesül az a két feltétel, hogy

$$R_I << R \text{ és } R_U >> R.$$

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Ha azonban valamelyik feltétel nem teljesül, vagyis vagy túl kicsi, vagy túl nagy ellenállás teljesítményét mérjük, akkor el kell dönteni, hogy melyik kapcsolással érünk el pontosabb eredményt.

Nézzük az 1. kapcsolást:



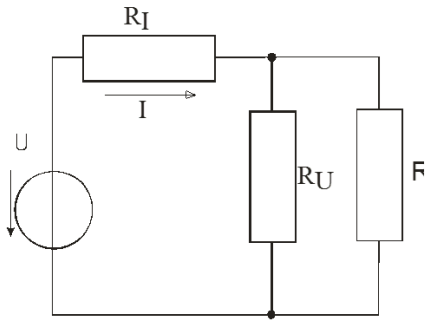
8. ábra

Írjuk fel a mérés relatív hibáját:

$$h = \frac{P_{mért} - P_{pontos}}{P_{pontos}} = \frac{U_{mért} \cdot I_{mért}}{U_{pontos} \cdot I_{pontos}} = \frac{U \cdot \frac{U}{(R_I + R)} - U \cdot \frac{U}{R}}{U \cdot \frac{U}{R}} = -\frac{R_I}{R_I + R}$$

A relatív hiba értéke tehát csak az R_I és az R arányától függ, vagyis a tört értéke akkor lesz kicsi, ha $R_I << R$. Ez azt jelenti, hogy kis ellenállások mérésére a kapcsolás nem alkalmas.

A másik kapcsolásra ugyanígy végezzük el a számítást.



9. ábra

$$h = \frac{P_{mért} - P_{pontos}}{P_{pontos}} = \frac{U_{mért} \cdot I_{mért} - U_{pontos} \cdot I_{pontos}}{U_{pontos} \cdot I_{pontos}} = \frac{I \cdot \frac{R}{R_U + R)} \cdot R_U \cdot I - I^2 \cdot R}{I^2 \cdot R} = \frac{R}{R_U + R}$$

Ez a relatív hiba csak az R_U és az R viszonyától függ, és akkor kicsi, ha $R_U >> R$

Ellenőrző kérdések:

1. Mi jellemzi a rendszeres és mi a véletlen hibákat?
2. Milyen művelet a kalibrálás, hogyan közöljük ennek eredményét?
3. Mit értünk hitelesítés alatt?
4. Hogyan határozható meg a közvetlenül mért mennyiségek és az ezekből számított mennyiségek hibakorlátja?
5. Melyek a méréshatár növelését szolgáló tartozékok kiválasztásának legfontosabb szabályai?

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

2. fejezet - Jelek és mértékegységek

Ebben a szakaszban összefoglaljuk a jel- és a rendszerelmélet néhány fontos alapfogalmát. A fogalmak tárgyalásánál elsősorban a méréselméleti vonatkozásokat emeljük ki. Ezt azért tartjuk szükségesnek kihangsúlyozni, mivel ezek a fogalmak meglehetősen általánosak, és ennélfogva sokféle szempont szerint értelmezhetők.

Jel: általában egy konkrét jelenség olyan jellemzője, mely információt hordoz valamilyen objektumra vonatkozóan. Bármilyen természetű legyen is a jel, végső soron mindig objektumok valamilyen kölcsönhatása révén jön létre.

Rendszer: kölcsönhatások és kölcsönös összefüggések által összekapcsolt objektumok halmaza. Egy ilyen halmaz elemeit és határait a figyelembe vett kölcsönhatások és kölcsönös összefüggések jelölik ki.

A jel és rendszer fogalmának méréselméleti jelentősége nyilvánvalóvá válik, ha arra gondolunk, hogy méréseink során mérőeszközünk mindig kölcsönhatásba lép valamilyen objektummal, tehát rendszerrel van dolgunk, továbbá a kölcsönhatás következtében a kívánt információ mindig jel segítségével jut el hozzánk.

A mérési eljárások tervezése során többnyire a jelek és rendszerek matematikai modelljét használjuk. A matematikai modell elkészítése során a jeleket, ill. a rendszert azzal identifikáljuk, hogy megadjuk jellemzőit, ill. jellemző változóinak kapcsolatát és azok mennyiségi viszonyait. Matematikai fogalmakkal élve azt mondhatjuk, hogy a rendszer absztrakt reláció. Fizikai rendszerek esetén ez a reláció fizikai törvények által meghatározott kölcsönhatásokat hordoz matematikai formában. Egy impedancia feszültségének és áramának eleget kell tennie az Ohm törvényének, a villamos hálózatok belső kapcsolatait a Kirchhoff-törvények írják le. A jel- és rendszerelméleti modell megalkotásakor ezeket a törvényszerűségeket használjuk fel.

2.1 Jelek

A természetben lezajló műszaki-fizikai folyamatok jel-változó függvény-kapcsolatokkal írhatók le matematikai úton. A jelen általában olyan jellemzőt értünk, ami információt hordoz valamely objektumra vonatkozóan. Ez a villamos gyakorlatban bármely villamos jellemző lehet (pl. áram, feszültség, impedancia, stb.). A változó idő vagy a frekvencia. Néhány gyakorlati példa:

a) egy akkumulátor feszültségének vagy töltőáramának változása az idő függvényében a töltés során (u(t)),

b) egy erősítő erősítésének változása a frekvencia függvényében (A(f) vagy A(ω)), stb.

Jelhordozó: minden mérhető fizikai/kémiai állapothatározó.

Jellemzők: azok a jelhordozók, amelyek az irányított folyamat állapotát jellemzik vagy befolyásolják.

Jel: valamely állapothatározó minden olyan értéke vagy értékváltozása, amely egy egyértelműen hozzárendelt információ szerzésére, továbbítására vagy tárolására alkalmas.

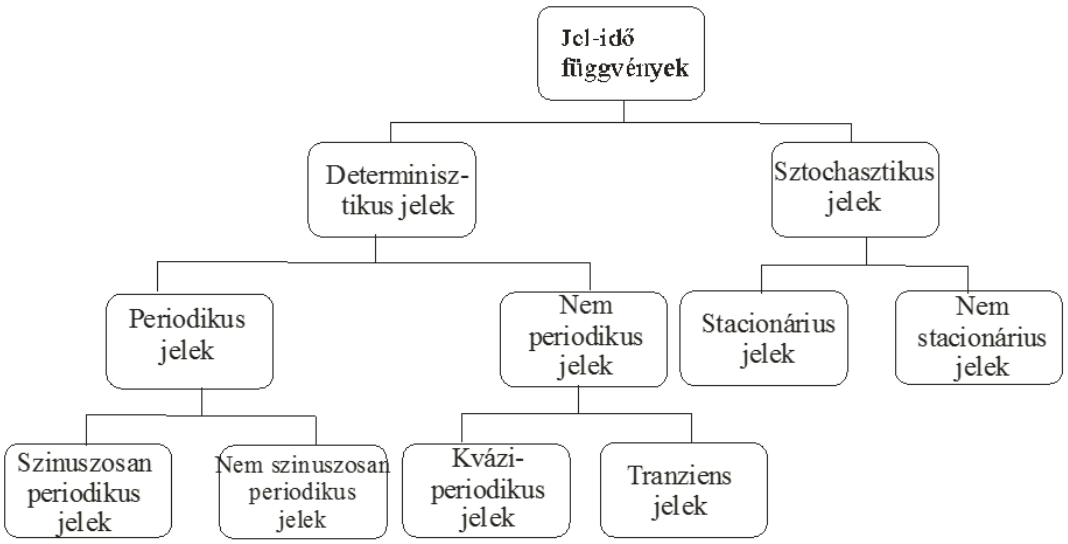
A jelek csoportosításának jellemzői:

a. értékkészlet szerint:
   i. folytonos, a jelet hordozó fizikai mennyiség tetszőlegesen sűrűn, végtelen sok értéket felvehet,
   ii. diszkrét: a jelet hordozó fizikai mennyiség csak néhány előre meghatározott értéket vehet fel,
b. időbeli lefolyás szerint:
   i. folyamatos: minden időpillanatban létezik,
   ii. szakaszos: csak periodikusán meghatározott pillanatokban létezik,
c. információ megjelenítési módja szerint:

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

i. analóg jel: fizikai mennyiség folytonos változása a hozzá tartozó információt folytonosan változtatja,
ii. digitális jel: a fizikai mennyiséghez tartozó információ csak diszkrét, egyedi értékeket vehet fel. Ha a fizikai mennyiséghez tartozó információ csak kettő különböző értéket vehet fel, akkor bináris digitális jelről beszélünk,

d. meghatározottság szerint:
i. determinisztikus: a jel jövőbeli változásai viszonylag jól megjósolhatóak,
ii. Sztochasztikus (véletlenszerű) a jövőbeli értékek nem jelezhetőek előre.



10. ábra

Determinisztikus jelek: ha viselkedésük matematikailag egyértelműen leírható, jelenkori viselkedésükből a jövőbeli viselkedésük egyértelműen meghatározható. Vannak esetek, amikor ez a definíció nem alkalmazható szigorúan, de mivel a jelek jövőbeli viselkedése nagy valószínűséggel meghatározható, ezért ezeket a jeleket is determinisztikus jelekként kezeljük. Az ipari gyakorlat számára ezek a jelek kiemelkedő jelentőségűek.

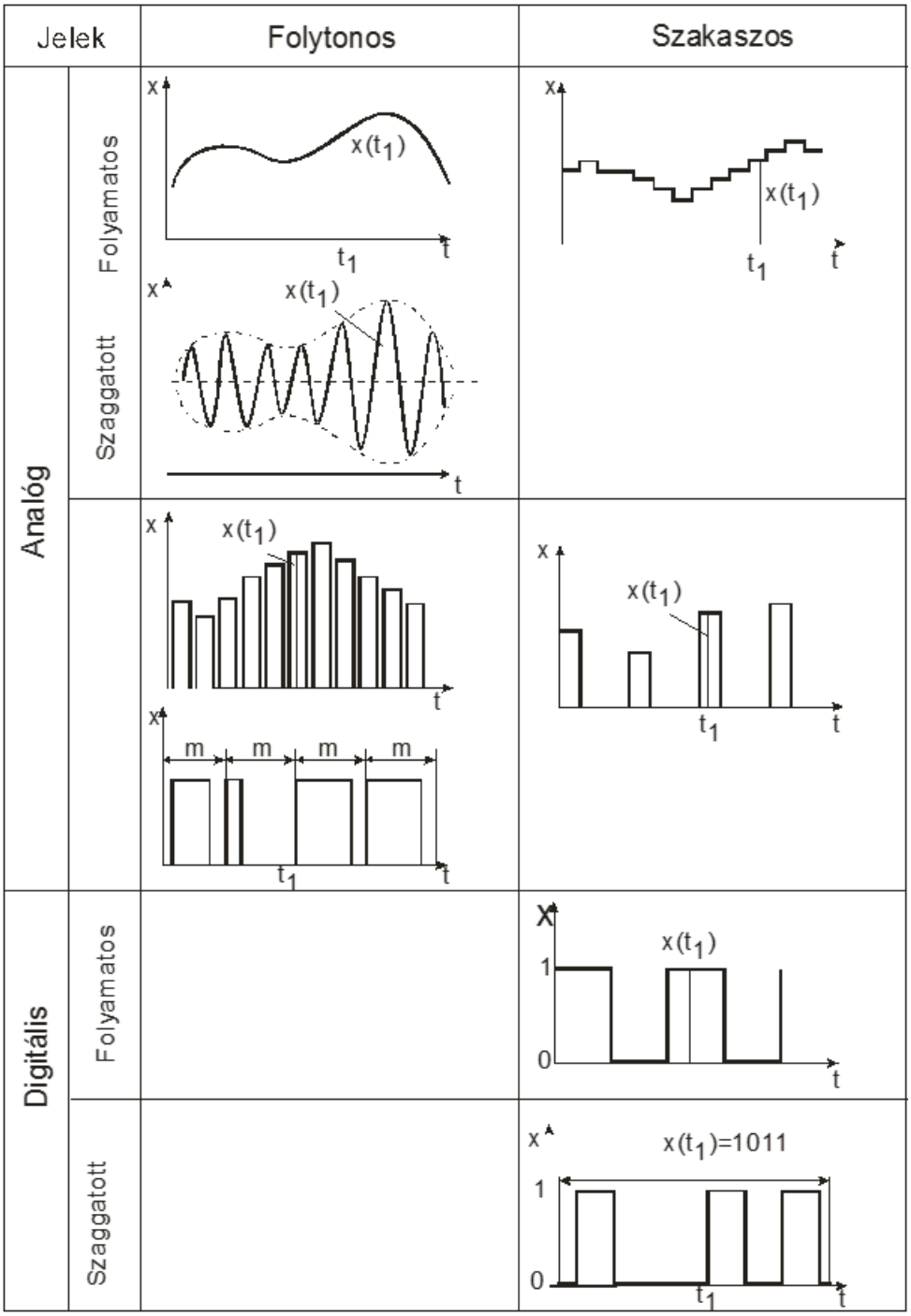
Sztochasztikus jelek viselkedése csak a matematikai statisztika módszereivel írható le. A gyakorlat számára is fontos és jelentős zajok, zavarok, stb. ide sorolhatók. Kiemelkedő jelentőséggel bírnak az adatátvitel és jelfeldolgozás területén. Bár ezek a jelek a mindennapi gyakorlatban nagyon fontosak, speciális kezelésük miatt a tárgy keretében nem tárgyaljuk.

Folytonos jelek:

Determinisztikus
periodikus
szinuszos
összetett (nem szinuszosan periodikus)
nem periodikus
- kvázi-periodikus
- tranziens.

Sztochasztikus
stacionárius
nem stacionárius

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

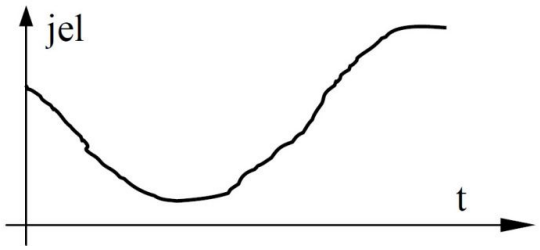


11. ábra Jelek felosztása

Csoportosítás az értéktartományok folytonossága alapján

a) Analóg jel: mind a jel, mind az idő értéktartománya folytonos és korlátlan.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

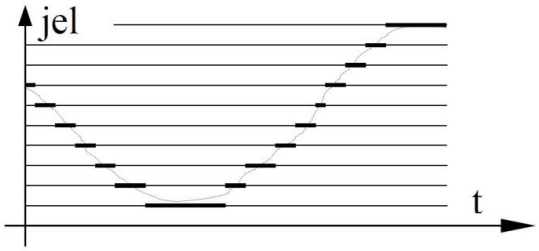


12. ábra Analóg jel

b) Analóg diszkrét jel: a jel értéktartománya folytonos, de az idő csak meghatározott diszkrét értékeket vehet fel (ez a mintavételezés után kapott jel esete)

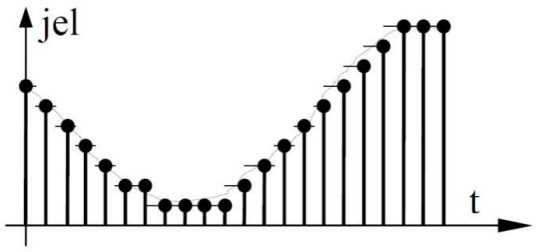
13. ábra Analóg diszkrét jel

c) Kvantált jel: a jel meghatározott értékeket vehet fel (a jel értéktartománya diszkrét), az idő értéktartománya folytonos.



14. ábra Kvantált jel

d) Mintavételezett és kvantált jel: Mind a jel, mind az idő meghatározott értékeket vehet csak fel (mindkét értéktartomány diszkrét).



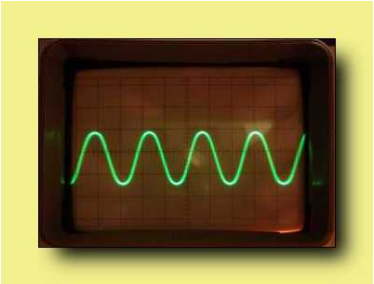
15. ábra Mintavételezett és kvantált jel

A kvantálás és a mintavételezés szabályait, tulajdonságait az analóg-digitális (A/D) és a digitális-analóg (D/A) konverziókkal foglalkozó fejezet tartalmazza.

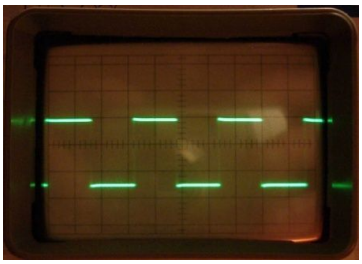
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

2.1.1 Periodikus jelek és jellemzőik

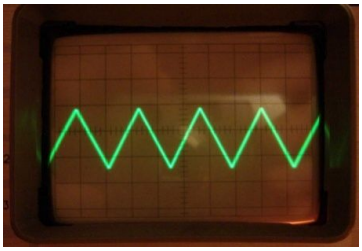
A vizsgálat szempontjából legegyszerűbb az időben állandó jel, amelynek pillanatértéke megegyezik időbeli átlagával. Egyszerű periodikus jelek például az időben szinuszosan változó, a négyszög, a háromszög és a fűrészfog alakú jel. Egy periodikus jel alakja azonban általában bármilyen lehet. A továbbiakban definiált jellemzők a jelalaktól függetlenül jellemzik az adott jelet. A periodikus jel pillanatértékét *x(t)*-vel, csúcsértékét X_m-el, periódusidejét pedig T_p-vel jelöljük. A periódusidő reciproka a frekvencia (*f*), amelynek *2π*-szerese a körfrekvencia (*ω*). Az x(t) szinuszos jelet pl. $x(t) = X_m \cdot \cos(\omega t)$ alakban adhatjuk meg. A T_p periódusidő alatt egy teljes periódus játszódik le, amelyhez radiánban *2π* szög tartozik, vagyis $\omega \cdot T_p = 2\pi$. Innen $\omega = {}^{2\pi}/_{T_p} = 2\pi f$.



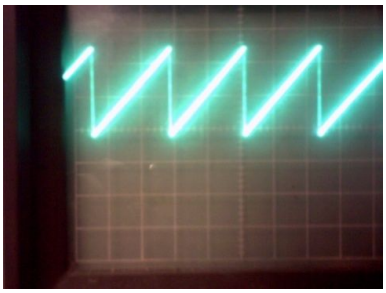
16. ábra Szinusz jel



17. ábra Négyszögjel



18. ábra Háromszögjel



19. ábra Fűrészjel

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A periodikus jeleket különböző időbeli átlagértékükkel szokás jellemezni. Egyrészt azért, mert ezeknek fizikai tartalom adható, másrészt, mert a műszerek felépítésüktől függően ezek egyikét mérik. A definíció mellett az egyes átlagértékek szemléletes fizikai jelentését is megadjuk. A felsorolt jellemzőket alkalmazhatjuk tetszőleges *x(t)* periodikus mennyiségekre, pl. feszültségre, fluxusra, indukcióra stb. Az *x(t)* mennyiséget az alábbiakban *i(t)* áramnak tekintjük.

2.2 Mértékegységek: SI (Système International d'Unités)

SI alapegységek			
név	**jel**	**mennyiség**	**mennyiség jele**
méter	**m**	hossz	**l** (kis L)
kilogramm*	**kg**	tömeg	**m**
másodperc	**s**	idő	**t**
amper	**A**	elektromos áramerősség	**I** (nagy i)
kelvin	**K**	abszolút hőmérséklet	**T**
mól	**mol**	anyagmennyiség	**n**
kandela	**cd**	fényerősség	$\mathbf{I}_{\mathbf{v}}$

Dimenzió nélküli származtatott egységek

Név	**Jel**	**Mennyiség**	**Definíció**
radián	**rad**	szög	1 radián a sugárnyi hosszúságú körívhez tartozó középponti szög. 2π radián egy teljes kör.
szteradián	**sr**	térszög	1 szteradián az a térszög, amely alatt az *r* sugarú gömb felületén elhelyezkedő r^2 nagyságú terület a gömb középpontjából látszik. 4π szteradiánból áll a gömb.

Nem használható egységek: q, kp, kp/cm^2 (at), mmHg, LE, cal

Az SI mértékegység-rendszer mellett korlátozás nélkül, illetve néhány szakterületre korlátozottan további mértékegységek is használhatók. Ezek közül a leggyakrabban és legáltalánosabban használt mértékegységek az alábbiak:

celsius-fok	°C
liter	l
tonna	t
perc	min
óra	h
nap	d
hét	-
hónap	-
év	-
kilométer per óra	km/h
wattóra	Wh
ívmásodperc	-

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

ívperc	′
fok	o
voltamper	VA (szakterületen)
var	var (szakterületen)
elektronvolt	eV (szakterületen)
bar	bar (szakterületen)

Származtatott mennyiségek:

Mennyiség neve	Jele	Egység neve	Kifejezés más egységekkel
Frekvencia	f	hertz, Hz	$f = \frac{1}{T};\ \left[\frac{1}{s}\right]$
Erő	F	newton, N	$F = m \cdot a;\ [mkgs^{-2}]$
Munka, energia, hőmennyiség	W	joule, J	$W = F \cdot s$; [Nm]= $[Ws]$
Teljesítmény	P	watt, W	$P = \frac{W}{t};\ \left[\frac{J}{s}\right]$
Vill. töltés	Q	coulomb, C	$Q = \int idt;\ [As]$
Vill. feszültség	U	volt, V	$U = \frac{P}{I};\ \left[\frac{W}{A}\right]$
Ellenállás	R	ohm, Ω	$R = \frac{U}{I};\ \left[\frac{V}{A}\right]$
Vill. vezetés	G	siemens, S	$G = \frac{1}{R};\ \left[\frac{A}{V}\right]$
Kapacitás	C	farad, F	$C = \frac{Q}{U};\ \left[\frac{As}{V}\right]$
Mágneses fluxus	Φ	weber, Wb	$U_i = -N \cdot \frac{d\emptyset}{dt} \rightarrow \emptyset = -\frac{1}{N}\int Udt; [Vs]$
Mágneses indukció	B	tesla, T	$B = \frac{\emptyset}{A};\ \left[\frac{Vs}{m^2}\right] = \left[\frac{Wb}{m^2}\right]$
Induktivitás	L	henry, H	$L = \frac{N \cdot \emptyset}{I};\ \left[\frac{Vs}{A}\right]$

SI prefixumok:

Név	Jel	Érték
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
hekto	h	10^{2}
deka	da (dk)	10

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	µ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	aA	10^{-18}

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

3. fejezet - Mechanikai mérőműszerek

3.1 Mérőléc

A mérőléc (más néven mérővonalzó) a legegyszerűbb mérőeszköz. A hosszméretek közelítő megállapítására használatos a mérőszalaggal együtt. A mérték beosztása 1 mm. Ez közelítőleg 0,5 mm-es mérési pontosságot biztosít.

Anyaga a fémiparban a tartósság érdekében általában acél.

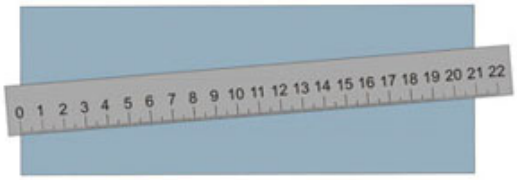
A mérés a mérőléccel:

A mérőlécet a mérendő munkadarabra fektetjük, és a mérendő felület két végpontjának távolságát a skálán leolvassuk. Szükség esetén a milliméter tized részeit becsléssel állapítjuk meg.

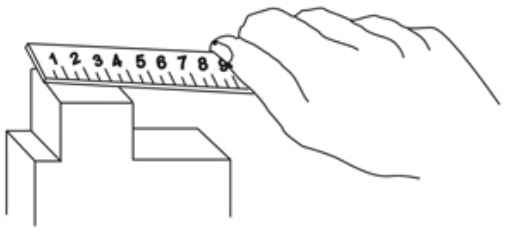
A pontos mérés feltétele:

- a mérce sértetlen legyen,
- a homlokfelület merőleges legyen a hosszanti élre,
- a „0” vonalat jelző homlokfelület egybe essék a mérendő munkadarabrész homlokfelületével.

Gyakori mérési hibák:



20. ábra A vonalzó ferdén fekszik a mérendő felületen, ezért a valós és a mért érték különbözik.



21. ábra A vonalzó nem fekszik fel teljesen a mérendő felületen.

3.2 Derékszög

A műszaki szerkesztések során gyakran találkozunk a negyed kör által bezárt szöggel, amit derékszögnek nevezünk. Értéke 90°.

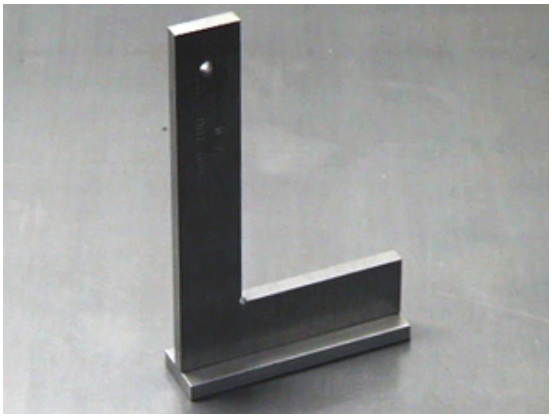
Az állandó mértékű szögmérők a gyakran előforduló szögméretek (90°, 120°) ellenőrzésére szolgálnak. A leggyakrabban alkalmazott mérőeszköz a derékszög.

A különböző kialakítású derékszögek segítségével két felület egymáshoz való merőlegességét ellenőrizhetjük.

A derékszög kialakítását tekintve lehet:

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

a. Lapos
b. Talpas
c. Ütközős



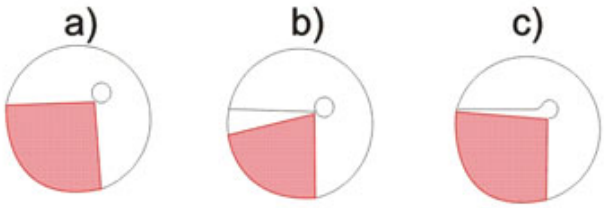
22. ábra Talpas derékszög

Alkalmazási terület:

a. A lapos derékszöget ütköztetés nélküli ellenőrzéseknél alkalmazzuk.
b. A talpas derékszög talp kiképzése stabil ütköztetést, megvezetést biztosít, így előrajzolásnál merőleges felületek határoló vonalának kijelöléséhez a leggyakrabban alkalmazott eszköz.
c. Az ütközős derékszög a széles talpfelülete eredményeként a talpán felfektethető. Olyan helyeken alkalmazzuk, ahol a merőlegesség ellenőrzése ütköztetést igényel.

Ellenőrzés derékszöggel:

1. A munkadarabot az egyik kézben, a derékszöget a másikban tartva emelje szemmagasságba, és forduljon a fény felé.
2. A derékszöget helyezze a munkadarabra úgy, hogy a hosszabbik szárát a bázisfelülethez ütközteti, és a munkadarabon lefelé csúsztatja addig, míg a rövidebbik szár az ellenőrzendő felülethez ér.
3. Állapítsa meg, hogy a derékszög és az ellenőrzendő felület érintkezésénél van-e fényrés.



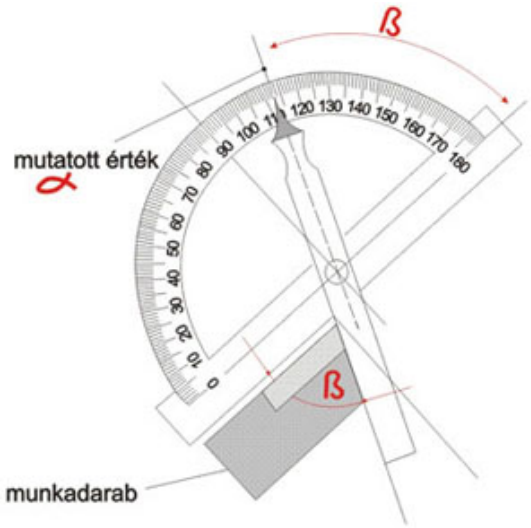
23. ábra A munkadarab akkor megfelelő, ha fényrés nincs.

3.3 Mozgószáras szögmérő

A változtatható mértékű szögmérőkkel a szögek közvetlenül mérhetők. Kisebb pontossági igényű szögmérési feladatokra kiválóan alkalmas az egyszerű mozgószáras szögmérő.

Mérési szögtartománya 0-180°, mérési pontossága 1° (mivel a mérőskála 1° beosztású). A mutatott érték nem mindig felel meg a mért értéknek. Ez utóbbit gyakran számítani kell.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

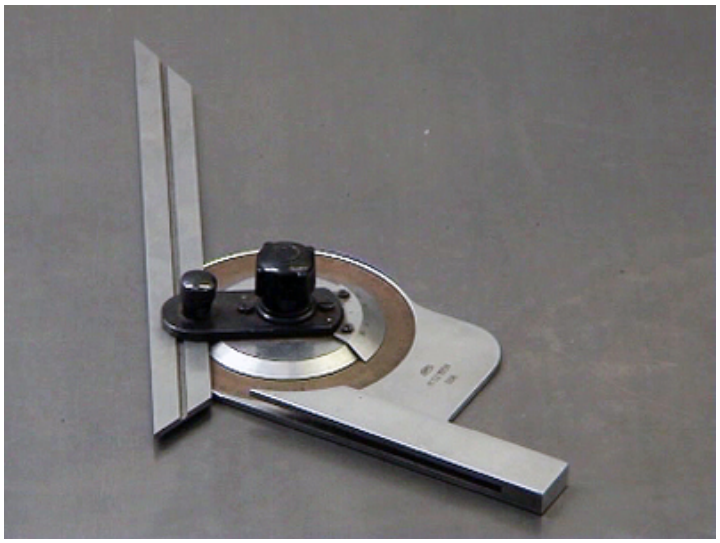


24. ábra Mérés mozgószáras szögmérővel

Mérés az egyszerű mozgószáras szögmérővel:

1. A mérőeszközt az ábra szerint kell a munkadarab szöget bezáró felületeihez illeszteni.
2. A felfektetést úgy kell végezni, hogy a mozgó mérőszár és a szögmérő talpa fogja közre a mérendő szöget.
3. A megmérni kívánt kérdéses szöget (β) úgy kapjuk, hogy a mutatott értéket **180°-ból ki kell vonni.** A számítás az alábbi összefüggés felhasználásával tehát: ß=180-α

Nagyobb pontosságú szögmérési feladatokra az egyetemes (vagy univerzális) szögmérőt alkalmazzuk. Két, azonos tengely körül elforduló szára van. Az egyik szár a körosztással van összekötve, ennek középpontja egybe esik a forgástengellyel. A másik szár a leolvasási pontosságot növelő nóniusszal áll szilárd kapcsolatban.



25. ábra Egyetemes szögmérő

A **főskála** négy, egyenként 90°-os szögtartományra van osztva. Erről az egész szögek olvashatók le. A 0 vonalaktól jobbra és balra egy nóniusz skála helyezkedik el. A **szögnóniusz** egy 23°-os ívdarab, amely 12 egyenlő részre van osztva. A szögnóniusz egy osztása 1°55’.

A leolvasás pontossága: 5’.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Mérés az egyetemes szögmérővel:

1. A munkadarab szöget bezáró felületeit a mozgó szárak közé kell befogni.
2. A kérdéses szöget a nóniusz segítségével kell leolvasni:
3. A főskálán 0-tól kiindulva a nóniusz nulla vonaláig meg kell számolni a fokokat, majd ugyanabban az irányban haladva kell a nóniusz fedőosztását megkeresni. A fedőosztás adja meg, hogy hányszor 5 percet kell a fokokhoz hozzáadni.

A mérési eredmény előállítása:

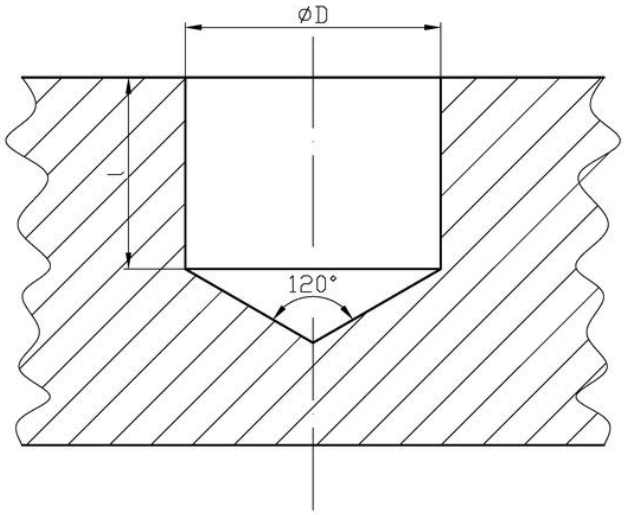
- **Hegyesszögeknél** (0-90°) a mért érték közvetlenül a mérési eredményt adja.
- **Tompaszögeknél** (90°-180°) a mérési eredmény úgy áll elő, hogy a leolvasott értéket levonjuk 180°-ból.

3.4 Furatmérő eszközök

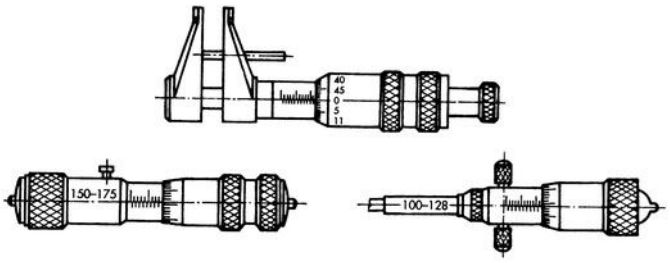
Furatok mérését két részre kell bontani: - furatátmérő és –furatmélység mérésére. Mérhetjük tolómérővel: egyetemes tolómérőnél mélységmérő léccel, mélységmérő tolómérővel. Pontosabb furatmérést végezhetünk furatmérő mikrométerrel. Gyakoribb típusai: - belső mikrométer, - furatmikrométer, - cserélhető betétes furatmikrométer. A furatmikrométeren nincs finomállító, a megfelelő mérőnyomás a mérést végző személy mérési gyakorlatától függ.

A furat kezdetétől a végéig mért távolságot furatmélységnek (furathossznak) nevezzük.

A furatnak a legfőbb méretét, ami a kör keresztmetszet nagyságára vonatkozik, furatátmérőnek nevezzük.



26. ábra Furatok jellemző paraméterei



27. ábra Furatmérő mikrométerek

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

3.5 Tolómérő

A tolómérők a legelterjedtebben alkalmazott, közbenső mérésre alkalmas mérőeszközök. A tolómérő egy elmozdulás elvén működő mechanikus nagyítást végző mérőeszköz. Alkalmasak külső, belső, mélységi és magassági méretek mérésére, ellenőrzésére. A tolómérők mérési tartománya 150-200-300-500 stb. mm, leolvasási pontosságuk 0,1-0,05-0,02mm. Az utóbbi években nagy fejlődésen mentek keresztül, így ma már mérőórás tolómérővel és elektronikus digitális kijelzésű tolómérőkkel is találkozunk.

A tolómérő kialakítása szerint lehet:

- Mélységmérő
- Univerzális
- Magasságmérő

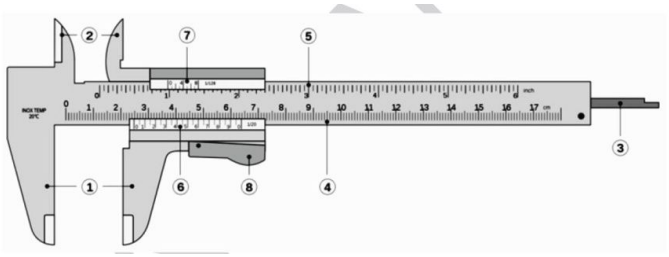
Kijelzése szerint:

- Analóg (Nóniusz skálás, mérőórás)
- Digitális (LCD kijelző, PC)

A tolómérőn a mechanikus nagyítást a nóniusz skála végzi (analóg nóniusz skálás tolómérő esetén). A nóniusz skála két fajta lehet a tolómérő mérési pontosságától függően:

- 50µm-es pontossággal mérő a tolómérő
- 20µm-es pontossággal mérő a tolómérő

A gyakorlatban a legtöbbet az univerzális tolómérővel találkozhatunk. A nevében is benne van, hogy több fajta méret mérésére alkalmas eszköz. Nevezik még zseb- vagy műhelytolómérőnek is. Az univerzális tolómérő részei:

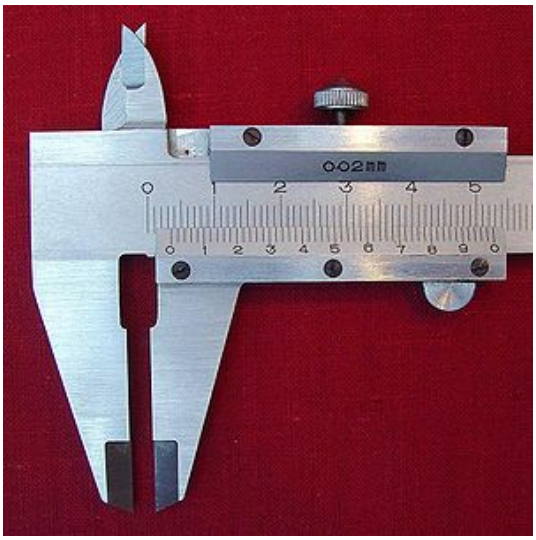


28. ábra 150mm/0,02mm-es analóg tolómérő

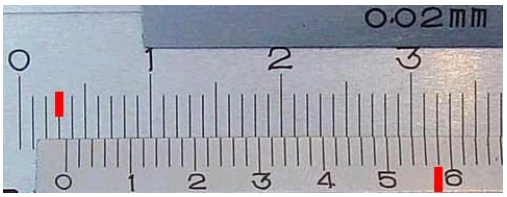
1. Külső mérőpofa: külső méretek mérésére használatos
2. Belső pofa: belső méretek mérésére használatos
3. Mélységmérő: mélység mérésére használatos
4. Fő beosztás (mm)
5. Fő beosztás (hüvelyk)
6. Nóniusz (mm)
7. Nóniusz (hüvelyk)
8. Rögzítő: a mozgó rész rögzítésére szolgál a pontos leolvasás megkönnyítése céljából

A nóniusz olyan skála, mely lehetővé teszi a leolvasás pontosságának növelését hosszmérő és szögmérő műszereknél. A nóniusz az egyenletes alapbeosztás mellé helyezett eltolható segéd skála. Ez a skála az alapbeosztástól eltérő, de szintén egyenletes beosztással készül. Az emberi szem felbontása nem teszi lehetővé egy bizonyos távolságnál (kb. 1 mm) kisebb távolság további beosztását, de két egymás mellé helyezett skála vonásainak egybeesését még ennél sokkal kisebb távolságon is biztonsággal meg tudja állapítani. Ezt a képességünket használja ki a nóniusz a leolvasási pontosság növelésére. Egyenes skálájú nóniuszt lehet alkalmazni hosszmérő műszereknél és körskálájú nóniuszt szögmérő eszközöknél.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



29. ábra Tolómérő nóniusza 3,58 mm-t mutat



30. ábra A fenti ábra kinagyítása – 3,58 mm

A nóniusz skálát úgy szerkesztik, hogy beosztása kicsit kisebb legyen a fő skáláénál, N osztás a nóniuszon legyen egyenlő N-1 osztással a fő skálán, például a fő skála 9 osztása legyen egyenlő hosszú a nóniusz skála 10 osztásával, vagyis, ha a két skála 0 pontja egybeesik, a nóniusz 10. osztása essen egybe a fő skála 9. osztásával.

3.5.1 A tolómérő használata

A műszaki szólás szerint: „egy mérés nem mérés”, ezért a gyakorlatban több mérés átlagolásával szokás a méreteket meghatározni. A mérés megkezdése előtt a tolómérőt összetolva, tartsuk a fény felé. Pontos a tolómérő, ha a mérőfelületek között nem észlelünk fénycsíkot. Ha a mérőfelületek között bárhol fénycsíkot észlelünk, úgy a tolómérő pontatlan, ilyet ne használjunk. A mélységmérő tolómérő pontosságának ellenőrzéséhez sík felületre – mérőasztal, síklap, egyengetőlap stb. – van szükség. A mélységmérő szárát kihúzva a tolókát a síkfelületre szorítjuk. Ezután a betolt mérőszárat a rögzítő csavarral rögzítjük. A leolvasott értéknek pontosan zérust kell mutatnia, különben a mélységmérő pontatlan. Az ellenőrzések után végrehajtjuk a mérést. A mért adatokat táblázatban rögzítjük és a számított átlagokat is beírjuk. Mérési szabály, hogy a műhelyrajzra beírt méreteket kell mérni. Vagyis a gyakorlatban nem szabad a nem beméretezett méreteket mérni.

Külső méret meghatározása a tolómérővel:

1. A munkadarab méretének megállapításához a munkadarabot az egyik kézbe, a tolómércét a másikba fogjuk;
2. A munkadarabot az álló mérőpofának ütköztetjük;
3. A mozgó mérőpofát a munkadarabhoz ütköztetjük;
4. A nóniusz „0” vonala a száron lévő osztásra mutatva az egész milliméretereket adja;
5. Az e fölötti 0,1 vagy a 0,05, 0,02 mm-eket a nóniusznak az a vonása mutatja, amelyik pontosan egybe esik a szár bármelyik osztásával.

A tolómérce mérésre alkalmas állapota:

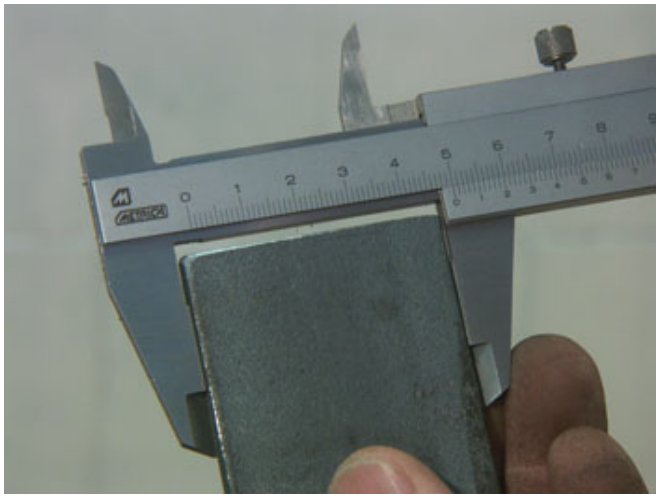
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- tiszta mérőpofák,
- a mérőpofákat a fény felé fordítva összetolt állapotban nincs fényrés,
- a tolóka a száron játékmentesen tolható.

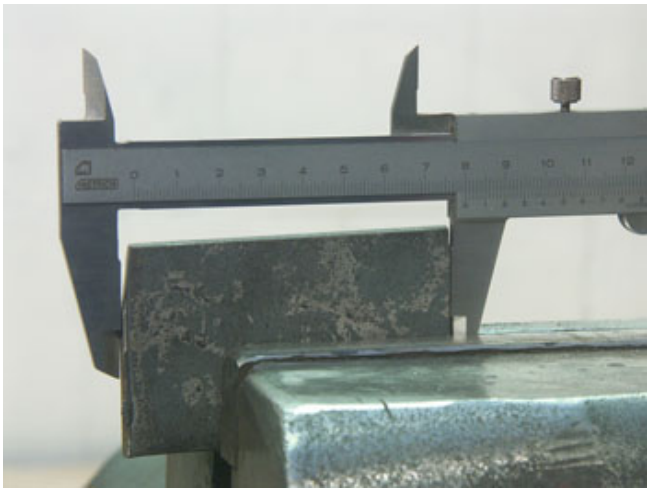
A mérőpofákra a mágneses hatás következtében az apró vasreszelék könnyen felrakódik, ami a mérési eredményt meghamisítja. Ügyelni kell a rendszeres tisztításra!

Gyakorlati szabályok a tolómérő kezeléséhez:

- A mozgó mérőpofát megfelelően szétnyitva kell a munkadarabra rátolni, enyhe nyomással, érzéssel.
- Méréskor a munkadarabot a pofák tövébe kell helyezni.
- A horonymérő él csak bevágás, horony mérésére használatos.
- A belső méret mérésre szolgáló mérőpofát ne használja karcolásra.
- Mélység és távolságméréshez a mélységmérőt használja.
- A tolómérőt fölösleges rögzített pofákkal lehúzni a munkadarabról a méret leolvasásához, mivel a feszítés, erőltetés fokozott kopást eredményez.

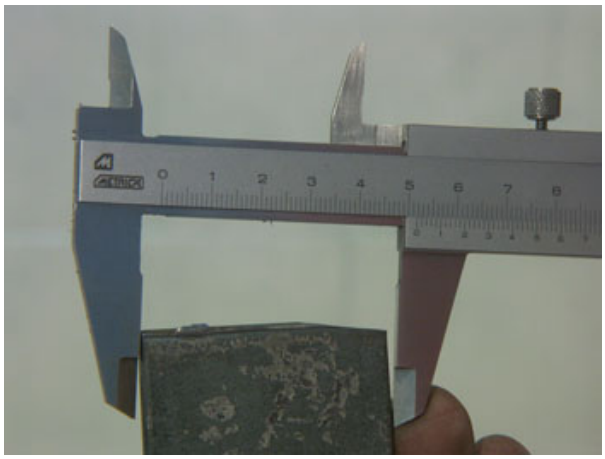


31. ábra Munkadarab helyes befogása



32. ábra Nem teljes felületű közrefogás

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



33. ábra Ferde közrefogás

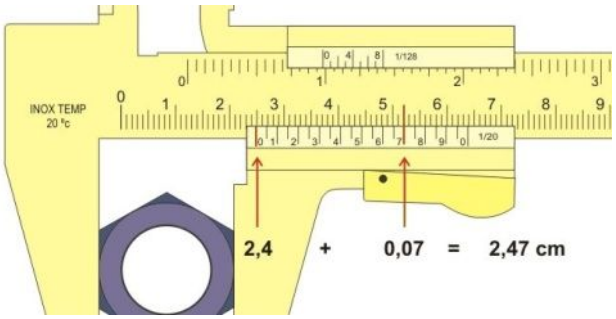
Az alábbi szimuláció alapján valószínűleg mindenki egyből megérti a használatát, melynek célja a nóniuszleolvasás gyakoroltatása.

3.5.2 A szimuláció használata

Ragadjuk meg a kurzorral a tolómérő mozgatóját ◄►, és húzzuk jobbra-balra. A méretek mm-ben értendők.

A nagyítóval váltogathatunk két nézet között. [..//F:/automat/vernier-caliper-pachymeter-calliper-simulator-millimeter-05-mm_HU.exe]

A fenti szimuláció jogtulajdonosa © Prof. Eduardo J. Stefanelli.



34. ábra Hatlapfejű csavaranya méretének meghatározása

A tolómérő használata során garantálni kell mérőfelületek megfelelő pontosságú párhuzamosságát, ugyanakkor a tolókát mozgathatóan kell illeszteni a tolómérő szárán. Ezt úgy oldják meg, hogy a szár felülete a bázis, ehhez illeszkedik a tolóka hornyának belső felülete, és erre merőlegesen készítik el a tolóka és az állópofa mérőfelületeit. A tolóka hornyának rögzítő csavar felőli részébe egy bronz laprugót helyeznek, ami a tolókát állandóan a szár felületéhez feszít. Mérés közben olyan irányú mérőerőt kell kifejteni, amelynek egyik összetevője a szár felületéhez nyomja a tolókát. A tolómérők anyaga általában ötvözetlen, nemesíthető acél, de készül rozsdaálló acélból is. A szár keménysége min. 30HRC, a mérőfelületé 50HRC.

3.5.3 A tolómérő ellenőrzése:

- A tolómérő pontossága legegyszerűbben ismert méretű mérőhasáb megmérésével állapítható meg.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- A mérőfelületek párhuzamosságát a zárt mérőpofák illeszkedő felületei közötti fényréssel tudjuk ellenőrizni. Ha a megfelelő részek között nem tapasztalható fényérés, és a főskála 0-s illetve a nóniusz skála 0-ás osztása egybeesik, akkor megfelelő a tolómérő.

3.6 Mikrométer

A mikrométer a hosszmérés eszköze. Működési elve azon alapszik, hogy a mérőelemet nagypontosságú menetelem párral mozgatjuk. Az orsó egy teljes fordulata a menetemelkedés értékének megfelelő nagyságú, tengelyirányú elmozdulást eredményez, ill. minden tengelyirányú hosszúsághoz tartozik egy meghatározott egész tört értékű orsóelfordulás.

Az orsót megfelelően nagy kerületű (átmérőjű) dobbal egybeépítve lehetővé válik az egy fordulathoz tartozó kerület nagypontosságú beosztása. Általában a tengelyirányú vonatkoztatási vonal felett az egész-, alatta a fél milliméteres osztások vannak. A kengyel alakú váz nagy merevséget és kedvező irányt ad hőtágulás okozta méretváltozásnak.

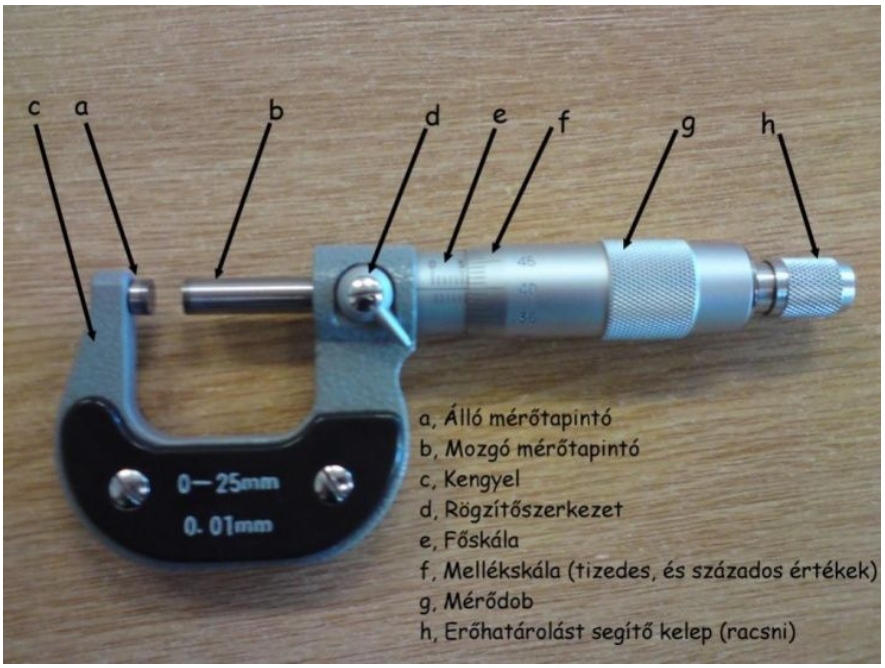
A mikrométerek fajtái kijelző rendszere szerint:

- számlálós
- mérődobos
- nóniuszos
- digitális

Kialakítás szerint:

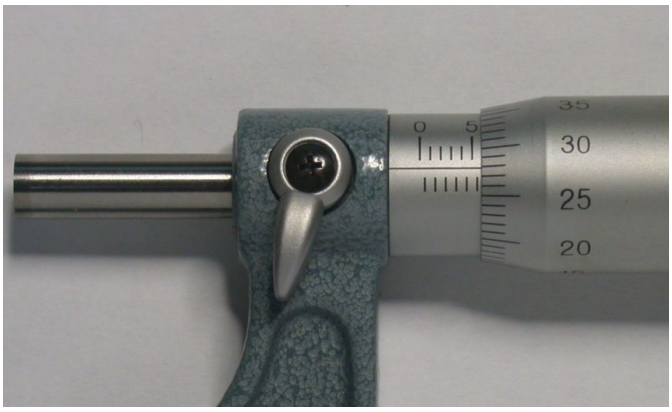
- Kengyeles mikrométer
- Furatmérő mikrométer
- Kábelmérő mikrométer
- Csőfal vastagságmérő mikrométer.

A leggyakrabban a kengyeles mikrométert használjuk a gyakorlatban.



35. ábra Mikrométer részei

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



36. ábra Egyszerű mikrométer: leolvasott méret: 5,78 mm

37. ábra Mikrométer nóniusz skálával :leolvasott méret: 5,783 mm

A hagyományos mikrométer leolvasásakor előfordul, hogy a fél milliméteres osztásvonalat figyelmen kívül hagyjuk, ami durva hibának számít. Célszerű a kérdéses méretet előbb tolómérővel megmérni, így egészen biztosak lehetünk abban, hogy ilyen hibát nem vétünk.

A kengyeles, külső mikrométer vizsgálata. A mérés pontossága érdekében nagyon fontos, hogy a mikrométer mérőfelületei egymással párhuzamosak és tökéletesen síkfelületűek legyenek. A mérőfelületek síktól való eltérését síkpárhuzamos üvegkorongokkal vizsgáljuk. A menetemelkedés és a dob osztási hibáját mérőhasábokkal ellenőrizzük.

Mérőhasáb használata

A mérőhasábok a nagy pontosságú mérések legfontosabb mérőeszközei. Olyan téglatest alakú lapok, amelyek két egymással szembefekvő tükrösített mérőfelülete közötti távolság a névleges méret előírt pontosságú meghatározására szolgál. A mérőhasáb egymértékű mérőeszköz, minden mérőhasáb csak egy távolságot határoz meg. Két párhuzamos felület távolságát úgy a legegyszerűbb mérni mérőhasábokkal, ha azokból olyan méretet állítunk össze, ami „húzósan” becsúsztatható a két felület közé. Így mérjük például ékhornyok szélességét, villás idomszerek mérőfelületeinek távolságát. Gyakori feladat a magasságmérés.

A mérés a következők szerint végezhető el: állítsuk össze hasábokból az alsó- és felső határértéket. Helyezzük először az alsó határértéket a munkadarabra, fektessünk a tetejére élvonalzót. Ha az élvonalzó

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

éle éppen érinti a mérőhasáb felületét, akkor a munkadarab megfelel. Így a méret az alsó mérethatárra készült. Ha a mérőhasáb megemeli az élvonalzót, a munkadarab selejtes, mert az alsó mérethatárnál kisebb a méret. Ha fényrést észlelünk az élvonalzó és mérőhasáb között, akkor a méret az alsó mérethatárnál nagyobb. Hasonló módon hajtjuk végre a felső mérethatárra összeállított mérőhasábokkal a mérést. Ha fényrést észlelünk a mérőhasáb és az élvonalzó között, akkor a méret nagyobb a felső mérethatárnál, a munkadarab javítható. Megfelelő a munkadarab, ha az élvonalzó éppen érinti a mérőhasábot vagy az megemeli az élvonalzót.

Szimuláció: Nóniuszos mikrométer 0,001 mm-es leolvasási pontossággal

3.6.1 A szimuláció használata

A felső nagy rajzon a mérődob ◄► fel-le tekerésével tudjuk állítani a mérőscsúcsok helyzetét, amelyeknek méréskor rá kell illeszkedniük a mérendő tárgy felületére. Az igazi mikrométeren a dob nem arra való, hogy végig azzal mozgassuk az orsót: az utolsó tekeréseket a racsnis finombeállítóval végezzük, hogy ne erőltessük túl a műszert.

A szimuláció gyors átállításához ragadjuk meg a kurzorral az alsó rajz mérődobját, és huzigáljuk jobbra-balra.

A méretek mm-ben értendők.

Szimuláció indítása. [..//F:/automat/aka-micrometer-caliper-outside-millimetre-hundredth_HU.exe]

A fenti szimuláció jogtulajdonosa © Prof. Eduardo J. Stefanelli.

3.7 Mérőórák

A mérőóra vagy indikátoróra egy gépipari mechanikus hosszmérő műszer, melyet általában 0–10 mm hosszú elmozdulások 0,1-0,01 mm pontosságú mérésére használnak. Egyes mérőórák pontossága 0,001 mm is lehet. A mérőóra érzékelő csapjának elmozdulását fogaskerekes áttétel nagyítja fel, és körskálán olvasható le az elmozdulás 0–1 mm közötti része. Az elmozdulás milliméternél nagyobb részét az óra számlapján belül elhelyezkedő kis skálán lehet leolvasni. Mivel a megfelelő pontosságú méretleolvasás viszonylag egyszerű és szinte minden speciális mérési feladat elvégzésére nagy a kínálat a különböző mérőórás eszközökből. Működési elvük a fogasléc-fogaskerék, fogaskerék-fogaskerék, csiga csigakerék áttételeken, vagy ezek kombinációján alapszik.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

38. ábra Mérőóra

Gyártanak digitális kijelzésű mérőórákat is. Ezek könnyebb leolvasást és akár 0,1 µm pontosságú mérést biztosítanak. Lehetőség van továbbá a mért adatok tárolására és összehasonlítására is.

A mérőóra használata

A mérőórát mindig állványra szerelve használják, az állvány vagy mereven befogott, vagy csúsztatható talpon áll. A szokásos állványok alaptestébe erős állandó mágnest szerelnek, mely egy kar segítségével az alapsíkhoz közelíthető vagy távolítható. A mágnes segítségével erősen hozzáfogható acél alaphoz.

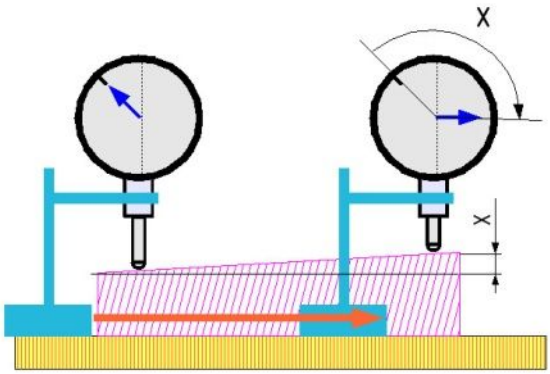
39. ábra Univerzális mérőasztal mérőóra befogási lehetőséggel

Mérőórával kis elmozdulásokat lehet mérni, az elmozdulásokból lehet következtetni az ugyancsak kis hosszméretekre. Az ábrákon két egyszerű alkalmazás vázlata látható.

Az egyik egy tengely ovalitásának (egészen pontosan az úgynevezett ütésének) mérését szemlélteti. A mérés úgy történik, hogy az óra állását leolvassuk a beállított helyzetben, majd kikeressük a legkisebb méretű helyet a tengely elforgatásával. Itt a mérőóra elforgatható számlapját „0” állásba forgatjuk, majd megkeressük a legnagyobb kitérés helyét. Ha a két helyzet közötti szög 90°, valóban ovalitásról van szó, ha 180°, excentricitásról, más szög esetén körkörösségtől való eltérésről.

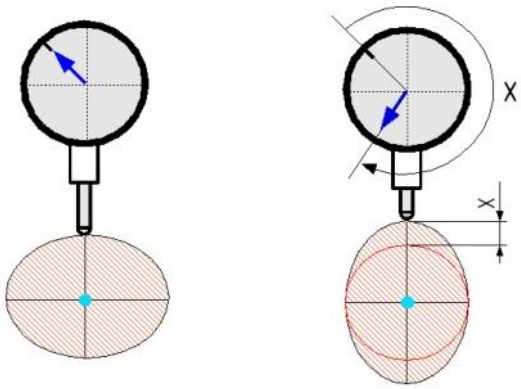
A másik kép két sík párhuzamosságának vizsgálatát mutatja. A mérőórát állványra szerelik, mely elcsúsztatható a vonatkozási sík felületen. A másik felület párhuzamosságának ettől való eltérését a mérőórán le lehet olvasni.

Ha két tengely (például elektromos motor és tengelyének) egytengelyűségét vizsgáljuk, az egyik tengelyre erősítjük a mérőórát a másik tengelyre merőlegesen. A két tengelyt együtt forgatva az indikátorórán a forgástengelyek egytengelyűségi hibájának kétszerese olvasható le az alkatrészek esetleges ovalitásától illetve körkörösségi hibájától vagy excentricitásától függetlenül.



40. ábra A síktól eltérés mérése

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



41. ábra Ovalitás mérése

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

4. fejezet - Villamos mérőműszerek csoportosítása

4.1 Csoportosítás felépítés szerint:

A villamos mérőműszereket alapvetően a digitális- és az analóg műszerek csoportjára oszthatjuk.

Analóg mérőműszerek

Analóg műszerekben a mérés eredménye folytonos elmozdulás vagy elfordulás. Elektromechanikus kivitel esetén a mérendő mennyiség által létesített villamos nyomaték vagy erő, rugóerő ellenében hoz létre elmozdulást. Az elektronikus kivitel egyik képviselője az oszcilloszkóp, amelyben a mérendő jel egy elektronsugarat térít el, amely az ernyőn megfigyelhető, és elmozdulása mérhető. Az analóg mérőműszereket négy csoportra oszthatjuk:

- mutatós-, vagy fénymutatós műszerek,
- rezonancia műszerek,
- regisztráló műszerek és
- oszcilloszkópok.

Digitális mérőműszerek

A digitális műszerek a mérendő jel nagyságát számszerűen jelzik ki. A legkisebb mérhető mennyiség (Δx) a műszer felépítésétől függ. Ennél nagyobb mérendő jel esetén a műszer azt vizsgálja, hogy a mérendő mennyiség hányszorosa (n) a legkisebb mérhető mennyiségnek. A kijelzőn a két szám szorzata ($n\Delta x$) jelenik meg.

4.2 Csoportosítás a mért mennyiség szerint:

A mért mennyiség szerint megkülönböztetünk:

- feszültségmérőket
- áramerősség-mérőket
- teljesítménymérőket
- frekvenciamérőket és
- egyéb speciális célú műszereket (fázissorrendmérők, impedanciamérők, ellenállásmérők stb.).

A mért mennyiség jellege szerint megkülönböztetünk:

- egyenáramú
- váltakozóáramú és
- univerzális műszereket.

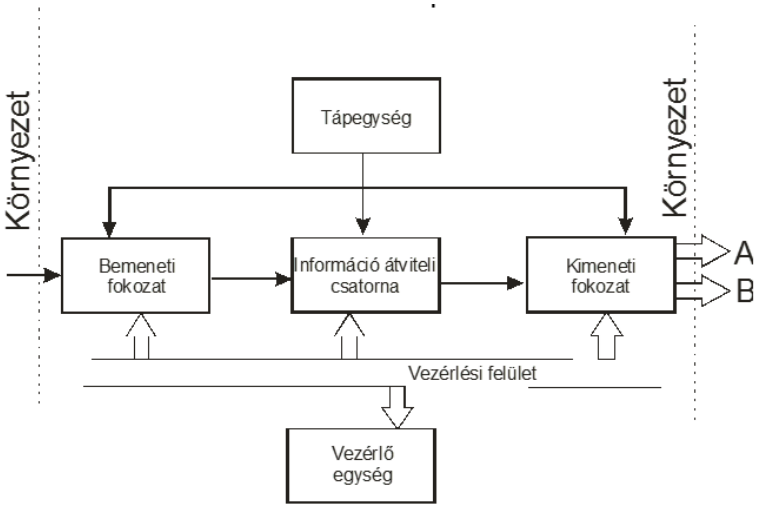
4.2.1 A mérőműszerek általános jellemzői:

- Érzékenység – Sensitivity
- Felbontóképesség - Resolution
- Pontosság – Accurancy
- Linearitás - Linearity
- Stabilitás (rövid- és hosszúidejű) - Stability (Short- and long-time)
- Reagálási sebesség - Speed of response
- Túlterhelhetőségi jellemzők - Overload characteristics
- Hiszterézis – Hysteresis
- Érzéketlenségi sáv - Dead band

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- Műveleti idő - Processing time
- Szelektivitás - Selectivity
- Kimeneti jelforma - Output format
- Környezeti jellemzők - Enviromental conditions
- Költség, méret, súly - Cost, size, weight

4.3 Elektronikus mérőműszerek általános felépítése



42. ábra Elektronikus mérőműszerek általános felépítése

A: Kimenet gép felé

B: Kimenet ember felé

4.3.1 A műszer és környezet kapcsolata

A műszer és a környezet kapcsolatrendszerének elemei:

- mérőműszer – mérendő objektum
- mérőműszer – kezelő
- mérőműszer – mérőrendszer.

4.3.1.1 Bemeneti fokozat:

Feladata: kapcsolat teremtése a mérőműszer és a mérendő objektum között.

A bemeneti fokozatokkal szemben általánosan is megfogalmazható néhány követelmény:

- A műszer bemenete ne terhelje a mérendő kört, illetve a mérőműszer alkalmazása ne okozzon változást a mérendő fizikai paraméterekben vagy magában a fizikai folyamatban.
- Lehetőleg minél szélesebb tartományban biztosítsa az adott fizikai paraméter mérhetőségét, azaz növelje a műszer dinamikai tartományát.
- A méréshatás vagy az üzemmód helytelen megválasztása se eredményezze a műszer tönkremenetelét.
- Járulékos igényként jelentkezik, hogy a műszer mérőrendszerbe illeszthető legyen, ami adott esetben azt jelenti, hogy a bemeneti fokozat paraméterei villamos jelekkel vezérelhetők legyenek.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

4.3.1.2 Kimeneti fokozat

Feladata: A mérési információ olyan átalakítása, hogy alkalmas legyen további emberi vagy gépi feldolgozásra. Az első esetben megjelenítőről beszélünk, ami lehet elektroncső, mutatós műszer, LCD/LED display.

Tágabb értelemben azonban az illesztő fokozathoz kell sorolnunk az egész előlapot, amelyen keresztül a kezelő személy és a műszer közötti teljes információforgalom lezajlik. Automatikus mérőrendszerekben az illesztő fokozatokon keresztül zajlik le a műszer és a rendszer többi tagjai között az információcsere.

Az információátviteli csatorna funkciója egyértelműen a felhasználási terület függvénye, feladatát képezi a mérendő jel – elvileg végtelen nagy – információtartalmából a mérni kívánt – általában egy – információ kiválasztása és valamilyen szintű feldolgozása. Az esetek nagy részében a műszer elnevezése is az információátviteli csatorna által kiválasztott jelparaméterhez kötődik.

4.3.1.3 Az elektronikus műszerek villamos vezérlési felülete

Az elektronikus műszerek egyre jelentősebb részére jellemző, hogy laboratóriumi mérőrendszerekbe is illeszthetők, ami azt jelenti, hogy egyrészt a műszer kezelőszerveinek hatásával ekvivalens villamos vezérlési/programozási felülettel rendelkezik, másrészt a mérési eredmények, esetleg státuszinformációk nemcsak a vizuális kijelzőn jelennek meg, hanem kódolt formában általában TTL szinten is rendelkezésre állnak.

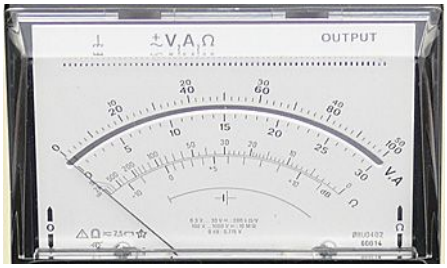
A villamos vezérlési felületen keresztül tehát információátvitel történik, amely szervezését tekintve három kategóriába sorolható:

- teljesen párhuzamos:
  - ha az információ minden egyes bitje azonos időpontban egyszerre kerül átvitelre.
- soros – párhuzamos:
  - az átvitel időmultiplex módon zajlik, azaz a több byte-ból álló adatok rendre egymás után kerülnek továbbításra, míg egy byte-on belül az átvitel párhuzamos.
- soros
  - ha az információ minden egyes bitje időben sorra egymás után kerül továbbításra.

Az intelligens µP-s műszerek egyre nagyobb hányadára jellemző, hogy részben számítógépes perifériákkal, részben a hierarchia magasabb szintjén álló számítógéppel közvetlen összekapcsolható. Ez a fajta rendszerkialakítás gyakran soros, ill. párhuzamos információ átviteli felület kialakítását igényli.

4.4 Analóg műszerek

Analóg: a mért értéket analóg módon, azaz a mért értékkel arányos kitéréssel (mutatós műszereknél) vagy kitérítéssel (oszcilloszkóp) jelzik. A mért értéket ezekben az esetekben skálán kell leolvasni. A leolvasás pontossága a skála és a mutató pontosságától, valamint a leolvasó gyakorlottságától függ, főleg a közbenső értékek becslésekor.



43. ábra Ganzuniv-2 skálalapja

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Az analóg műszerek leolvasásának pontossága

Már kitértünk arra, hogy a méréshatár alkalmas megválasztásával csökkenthetjük a mérőmű szerkezetének tökéletlenségéből adódó mérési hibákat, és így növelhetjük a mérési pontosságot.

Mérési hibát azonban maga a mérést végző személy is okozhat a műszer pontatlan leolvasásával: rosszul becsüli meg, hogy a mutató a műszerskála melyik pontjára mutat.

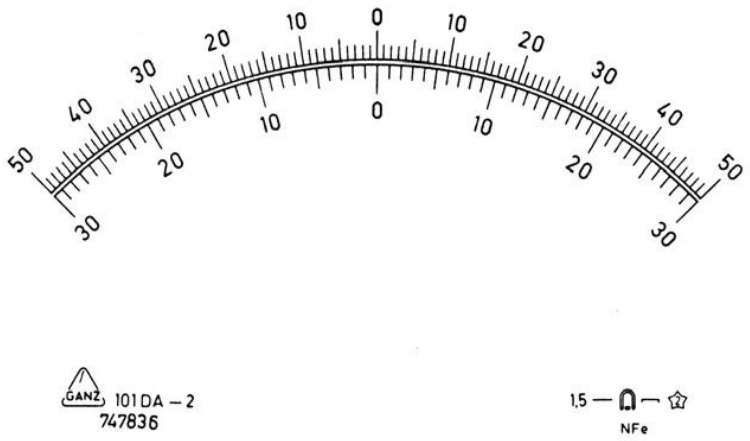
Miért kell „megbecsülni” a mutató helyzetét?

1. mert a mutató szélessége nem 0,
2. mert a mutató nem a skálával egy síkban, hanem fölötte mozog,
3. mert a mutató két skálaosztás között is megállhat.

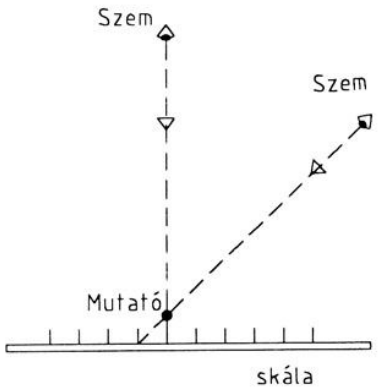
a) A mutató véges szélessége miatt a skála egy kis részét letakarja, ez pedig bizonytalanságot okozhat a mutató helyének megállapításában. Minél keskenyebb a mutató, annál pontosabb lehet a leolvasás.

Ezért (ameddig a kevéssé pontos, pl. táblaműszereknél a távolról is jó leolvashatóság érdekében vastag, „dárdában” végződő mutatót alkalmaznak), nagy pontosságú műszereknél a mutatót keskenyre készítik (vagy a skálalapra merőlegesen álló vékony fémcsíkból, vagy kis átmérőjűre húzott üvegszálból készítik a mutatót).

b) A 2. ábra a műszerskála síkját, a ráfestett skálaosztásokat, és a skála fölött álló mutatót mutatja.

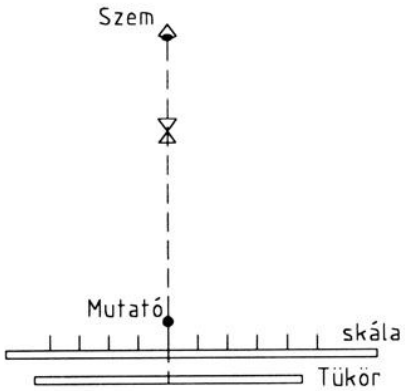


44. ábra 101DA-2 műszer skálalapja



45. ábra

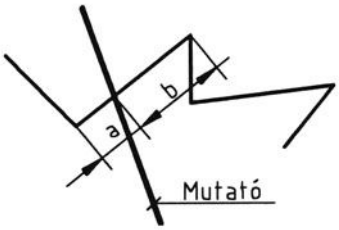
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



46. ábra Parallaxishiba keletkezése és kiküszöbölése

Látható, hogy ha a leolvasást végző személy nem a műszerskálára merőleges irányból végzi el a leolvasást, tévesen azt olvashatja le, hogy a mutató a szomszédos skálaosztásra mutat. Ezt a hibát nevezik parallaxis hibának. A parallaxishiba kiküszöbölésének megkönnyítésére precíziós (1-es vagy kisebb pontossági osztályú) műszerek skáláján egy 2-3 mm. széles tükörívet helyeznek el. A tükör segítségével ellenőrizhető, hogy a leolvasás merőleges irányú-e, ti. ekkor a szem, a mutató és annak tükörképe egy egyenesbe esik, azaz a mutató eltakarja saját tükörképét.

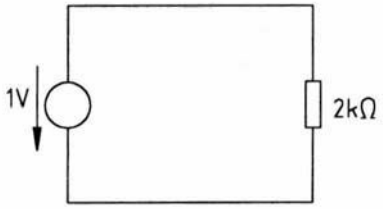
c) A skálaíven legfeljebb 100 (precíziós műszeren 200) osztást szoktak feltüntetni, a mutató azonban két osztás között is megállhat. Ilyen esetben a mérést végző személy gyakorlottságán múlik, hogy a mutató helyzetét milyen pontosan tudja megállapítani. Precíziós műszerek skáláján alkalmazzák a 5. ábra szerinti megoldást: a két szomszédos skálaosztást ferde vonallal kötik össze. A megoldás előnye az, hogy könnyebb megbecsülni, hogy a mutató milyen arányban osztja két részre a ferde vonalat, mint hogy hol áll két skálaosztás között. A leolvasás pontossága (akár van ferde vonal a skálaosztások között, akár nincs) nagyban függ a leolvasást végző személy gyakorlatától.



47. ábra Precíziós műszer skálarészlete

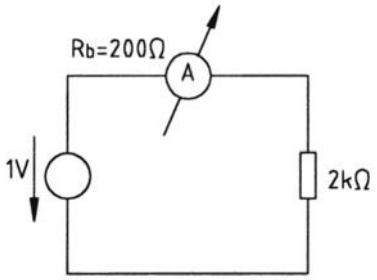
4.4.1 Analóg árammérő

Az árammérőt a mérendő áram útját megszakítva, sorosan kapcsoljuk az áramkörbe (8. ábra). Így a mérendő áram a mérőműszeren is átfolyik.



48. ábra Az áramkör árammérő nélkül

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



49. ábra Árammérő beiktatása az áramkörbe

A 7. ábrán látható áramkörben 1V generátorfeszültség hatására 1V / 2 kΩ = 0,5 mA áram folyik. Ezt az áramot a 20/b ábra szerint beiktatott árammérővel, 1 mA-es méréshatárban mérhetjük.

Tegyük fel, hogy az árammérőt (100 µA-es, 2 kΩ belső ellenállású alapműszerből 222,2 Ω-os sönt felhasználásával kialakított) árammérő műszerrel mérjük. Árammérő műszerünk belső ellenállása akkor

$R_b = R_a \times R_s$

lesz, azaz jelen esetben

$R_b = 2\ k\Omega \times 222{,}2\ \Omega = 200\ \Omega$

értékű lesz.

A probléma abból adódik, hogy műszerünknek az áramkörbe történt beiktatásával 200 Ω-os belső ellenállása sorba kapcsolódott az áramkörben eredetileg lévő 2 kΩ-os ellenállással. Így az áramkörben lévő összes ellenállás

$R_ö = R_m + R = 2{,}2\ k\Omega$

lesz, ennek hatására pedig

$I = U / R_ö = 1V / 2{,}2\ k\Omega = 0{,}4545\ mA$ adódik.

Ez azt jelenti, hogy az árammérő műszer beiktatása következtében az áramkörben az áram a korábbi 0,5 mA-ról 0,4545 mA-ra (azaz 9,1 %-al) csökkent. Tehát, ha műszerünk tökéletes pontossággal jelzi is az átfolyó áramot, akkor is 0,4545 mA-t jelez ki, holott a műszer beiktatása nélkül az áram nagysága 0,5 mA lenne.

Ez az a mérési hiba, amelyet az árammérő műszernek az áramkörbe történő beiktatása okoz.

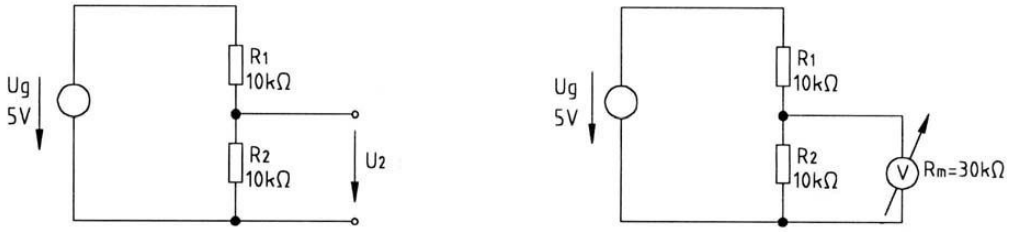
A hiba nem lépne fel, ha az árammérő műszer belső ellenállása 0 volna. Minél kisebb az árammérő műszer belső ellenállása, annál kisebb a műszer beiktatása miatt keletkező hiba.

4.4.2 Analóg feszültségmérő

A feszültségmérő beiktatása az áramkörbe

A feszültségmérőt a mérendő feszültség két végpontja közé, párhuzamosan kapcsoljuk az áramkörbe, amint az 50. ábra mutatja.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



50. ábra Feszültségmérő bekötése U_2 feszültség méréséhez

A 9. ábra áramkörében a cél R_2=10 kΩ-os ellenálláson a feszültség megmérése. Az 50 ábra szerinti eredeti kapcsolásban U_2 feszültség

$$U_2 = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5V \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} = 2{,}5V$$

értékű lesz.

Vizsgáljuk meg, hogy mi történik a 50/b ábra szerinti feszültségmérő bekapcsolásakor.

Legyen feszültségmérőnk az előbbi példában méretezett

U_m = 3V méréshatárú,

Ia = 100 µA-es végkitérésű, R_a = 2 kΩ belső ellenállású alapműszerrel épített műszer.

Műszerünk belső ellenállása az alapműszer 2 kΩ-os, és az előtét ellenállás 28 kΩ-os ellenállásának soros eredője azaz 30 kΩ.

A probléma most az, hogy műszerünk R_m = 30 kΩ-os eredő ellenállása párhuzamosan kapcsolódik R2 ellenállással, azaz a műszer bekapcsolása után a feszültségosztó alsó ellenállása R_2 = 10 kΩ helyett

$R_e = R_2 \times R_m$ = 30 kΩ x 10 kΩ = 7,5 kΩ lesz.

Így a leosztott feszültség sem 2,5 V lesz, mint a műszer bekapcsolása előtt, hanem az eredő ellenállással számolva

$$U_2 = 5V \frac{7{,}5k\Omega}{10k\Omega + 7{,}5k\Omega} = 2{,}14V$$

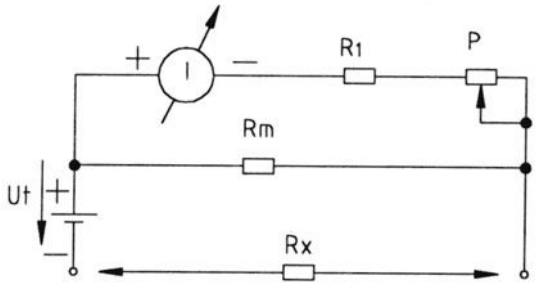
azaz a feszültségmérő műszer beiktatása miatt kb. 17% mérési hiba keletezett.

Nem keletkezne ez a hiba, ha a feszültségmérő műszerünk belső ellenállása végtelen lenne. Ezért a feszültségmérő műszerünk annál jobb (beiktatása annál kisebb hibát okoz), minél nagyobb a belső ellenállása.

4.4.3 Analóg ellenállásmérő

Az általánosan használt univerzális mérőműszer több méréshatárú feszültségmérőn és árammérőn kívül több méréshatárú ellenállásmérőt is tartalmaz. Az ellenállás értéke ugyan Ohm törvénye alapján kiszámítható a rajta eső feszültségből és az átfolyó áramból, de a mérést a közvetlen ellenállásértéket mutató ohmmérő műszer alkalmazása nagyon leegyszerűsíti és gyorsítja.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



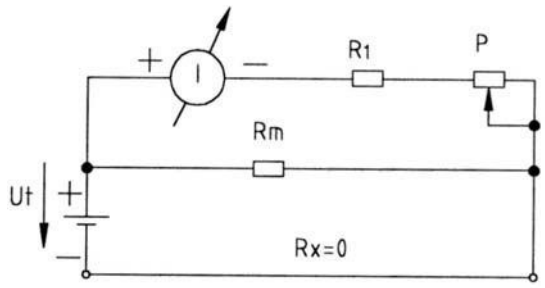
51. ábra

A „hideg” feszültség- és árammérő műszerektől eltérően (melyek a méréshez szükséges energiát a mérendő áramkörből vonják el) az ellenállásméréshez a műszerbe épített feszültségforrás (jelen esetben U_t feszültségű telep) szolgáltatja az energiát.

Készenléti állapotban, amikor R_x mérendő ellenállás nincs a műszerhez csatlakoztatva (vagyis ekkor R_x = végtelen), a telep negatív pólusánál az áramkör megszakad, ezért a műszer ilyenkor nem fogyaszt. (Telepes műszereknél a telep kímélése céljából ez a szokásos gyakorlat: az ellenállásmérő csak a mérés rövid idejére vesz fel áramot.) Természetesen, ha nem folyik áram, az árammérő műszer sem tér ki, a mutató a skála alaphelyzetére mutat.

Az ohmmérő skáláján a mutató alaphelyzetének felel meg a végtelen jelölés.

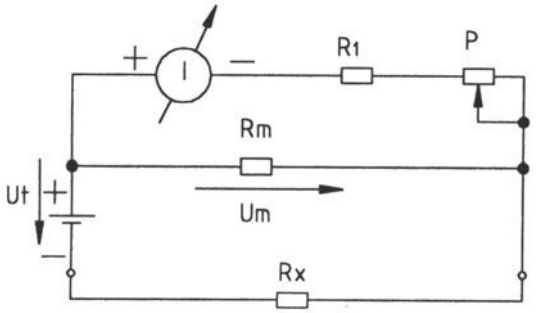
Az I árammérő R_1 és P előtét-ellenállásokkal olyan feszültségmérőt alkot, amelynek végkitéréshez tartozó feszültsége éppen U_t telepfeszültség. (P potenciométerre azért van szükség, mert a telep feszültsége nem állandó: használatba vételétől kimerüléséig a kapocsfeszültsége folyamatosan csökken. A telep pillanatnyi feszültségétől függ a feszültségmérőhöz szükséges előtét-ellenállás értéke, melyet P változtatásával minden mérés előtt pontosan be kell állítani.)



52. ábra Az ohmmérő „nullázása”

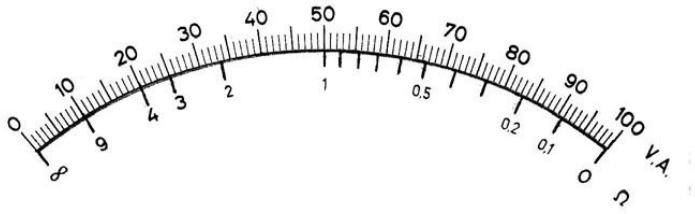
A mérés kezdetekor tehát első lépés a feszültségmérő előtét-ellenállásának pontos beállítása. Ehhez a mérendő ellenállás R_x kapcsait rövidre zárjuk (azaz 0 Ohm ellenállás kapcsolunk be, 52. ábra). Ilyenkor a teljes telepfeszültség R_m mérőellenállásra kapcsolódik, ezt a feszültséget méri az I árammérőből, R_1 és P előtét-ellenállásokból felépített feszültségmérő. P potenciométerrel beállítjuk, hogy a feszültségmérő mutatója éppen végkitérésbe kerüljön. Mivel 0 Ohm bekapcsolásakor a műszer végkitérésbe kerül, az ohmmérő skáláján a végkitéréshez 0 jelölés fog tartozni.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



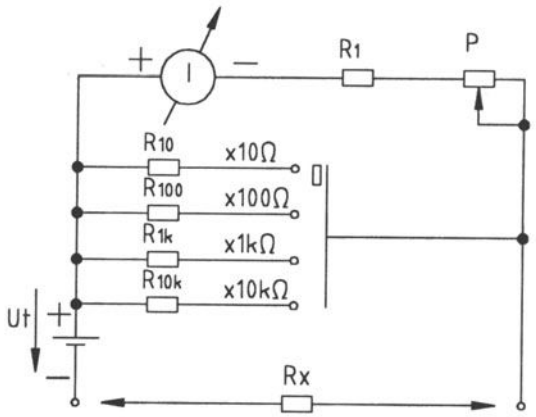
53. ábra Ellenállásmérés

Ha R_x mérendő ellenállást a műszer kapcsaihoz csatlakoztatjuk (53. ábra), az áramkör záródik, és U_t feszültség megoszlik R_x és R_m ellenálláson.



54. ábra Ohmmérő műszerskálája

Több méréshatáros ohmmérőnél méréshatár-váltáskor R_m, és ez által R_p értékét változtatják úgy, hogy R_p az egyes méréshatároknál 10Ω, 100Ω, 1kΩ, 10kΩ stb. legyen. Így az ohmmérő skálája minden méréshatárban azonos jellegű lesz, azonban a skála középső (50% kitérés) osztása mindig az adott méréshatárban bekapcsolt R_p-vel megegyező mérendő ellenállásnak felel meg. A méréshatárváltó fokozatkapcsoló egyes állásaihoz azt az ellenállásértéket írják, amellyel az adott méréshatárban a skálán kijelzett értéket szorozni kell. A műszerskálát a 54. ábra, a több méréshatárú ohmmérő kapcsolását a 55. ábra mutatja.



55. ábra Több méréshatárú ohmmérő kapcsolása

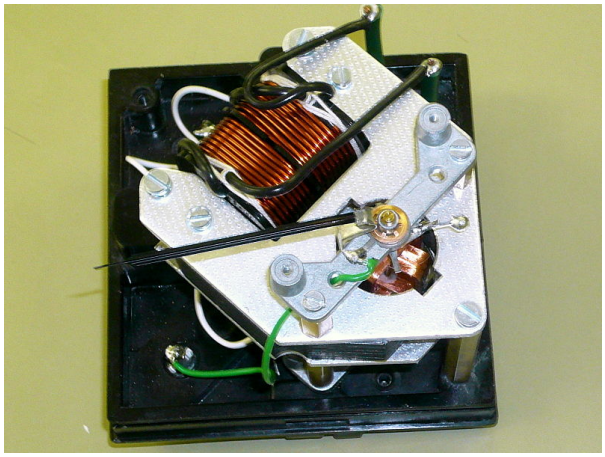
Digitális: a mért eredményt többnyire dekadikus számokkal adják meg. A mért eredményt a mutatott értékre analóg-digitál (A/D) átalakító alakítja át. A mérési eredményt gyakorlatlanok is pontosan leolvashatják. A leolvasási pontosság a kijelző decimális helyiérték számától függ, de a mérési pontosságot lényegében az analóg-digitál átalakító szabja meg.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

56. ábra Digitális műszer kijelzője

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

5. fejezet - Analóg alapműszerek



57. ábra Ferrodinamikus kereszttekercses műszer

5.1 A mérések (műszerek) osztályozása

A villamos méréseket több féle szempont alapján osztályozhatjuk. Néhány szempont:

a) A mért mennyiség szerint:

- egyenáramú mérések
- váltakozóáramú mérések

Egyenáramú mérésről akkor beszélünk, ha a mérés tartama alatt a mért mennyiség nem változik meg (vagy megváltozása olyan kis mértékű, hogy az a mérési eredményt nem befolyásolja). A mért mennyiség mérés alatti változatlansága lehetővé teszi, hogy a mérési eredményt egyetlen számmal adjuk meg, ezért mérőműszerünkön is ezt a számot kell kijelezni, leolvasni.

Váltakozó áramú mérés esetén a mért mennyiség nagysága a mérés alatt is változhat.

b) A méréshez felhasznált műszerek kijelzésük módja szerint lehetnek

- analóg, vagy
- digitális műszerek.

c) A műszerek működtetése energiát igényel. Aszerint, hogy ezt az energiát a műszer honnan nyeri, lehet

- „hideg” műszer
- elektronikus műszer.

A hideg „műszer” a működéséhez szükséges energiát magából a mért áramkörből vonja el. Ebből következik, hogy az ilyen mérőműszernek az áramkörbe való beiktatása némileg megváltoztatja az áramköri viszonyokat, azaz magát a mért mennyiséget is. Így (hacsak a műszer folyamatos mérés céljából nem marad állandóan az áramkörbe beépítve) újabb mérési hiba keletkezik. (A hiba annál nagyobb, minél nagyobb a műszer által az áramkörből elvont energia. A jó minőségű hideg műszer működtetéséhez csekély energia elegendő.) Hideg műszer alkalmazásakor ezért különös figyelemmel kell lenni arra, hogy a műszer beiktatása ne befolyásolja jelentősen a mért mennyiséget, illetve - az áramkör és a műszer jellemzőit figyelembe véve - tisztában kell lenni azzal, hogy a műszer beiktatása milyen mérési hibát okozott. Hideg műszer csak analóg kijelzésű lehet (a digitális műszer elektronikáinak működtetésére mindig külső energiaforrást alkalmaznak). A hideg műszerek előnye olcsóságuk (volt,

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

mivel ma már a gyártott kis darabszám miatt a jó minőségű hideg műszer jóval drágább, mint a nagy sorozatban gyártott elektronikus/digitális).

Az elektronikus műszerek működtetéséhez az energiát külső forrásból (telep, akkumulátor vagy hálózati tápegység) nyerik. Így lehetőség van a műszert úgy kialakítani, hogy a mérendő áramkörbe történő beiktatása a lehető legkevesebb (elhanyagolható) változást okozzon a mért mennyiség nagyságában.

Ebbe a csoportba sorolható a ma már csak muzeális értékű csővoltmérő (CSVM) (angolul VTVM = Vacuum Tube Volt Meter), amely elektroncsöves erősítőt tartalmazott. A ma alkalmazott univerzális műszerek ritkábban analóg multiméterek, és igen elterjedten digitális multiméterek (DMM = Digital MultiMeter). Ezek a műszerek asztali (angolul: bench-) vagy hordozható (angolul: hand-held) kivitelben készülnek. A hordozható kivitelűek általában telepes, az asztali kivitelűek hálózati (vagy telepről és külső DC forrásból is) táplálhatóak.

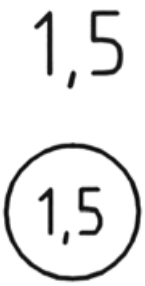
(Megjegyzés: a „multiméter” sok méréshatárú, feszültség, áram, ellenállás mérésére szolgáló univerzális műszer.)

5.2 Az alapműszer és a skáláján alkalmazott jelölések

Az alapműszer (mérőmű) a műszernek az az alkatrésze, amely a mért eredményt kijelzi. Egyszerű, egy méréshatárú feszültség- vagy árammérő műszernek az alapműszeren kívül nincs is más lényeges alkatrésze.

Az alapműszerek működési elvüktől függően feszültséget vagy áramot mérnek. Van műszer, amely egyenfeszültséget (egyenáramot), és van, amely váltakozófeszültséget (váltakozóáramot) is. Az alapműszerek pontossága szintén működési elvüktől és kivitelüktől függ. A leginkább elterjedt (egyenáramot mérő) lengőtekercses (Deprez-) mérőmű.

5.2.1 A pontossági osztály jelölését a skálalapon



58

. ábra Pontossági osztály jelölés

A műszerek laboratóriumi kivitelben 0,2 és 0,5 pontossági osztályban, üzemi kivitelben legtöbbször 1, 1,5 és 2,5 pontossági osztályban készülnek. Az un. indikátor műszerek pontossága olyan csekély, hogy csak a feszültség/áram értékének hozzávetőleges megállapítására alkalmasak.

A mérőmű típusa

Minden mérőmű típusnak van egy egyezményes rajzjele, melyet a műszer skálalapján megadnak. A Deprez mérőmű rajzjelét a 59. ábra mutatja

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

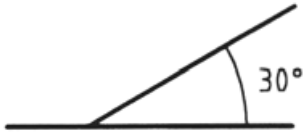
59. ábra Lengőtekercses (Deprez) műszer

5.2.2 Használati helyzet

A mérőmű kiegyensúlyozása csak egy használati helyzetben biztosítja a műszer megfelelő pontosságát. Ezért az előírt használati helyzetet a mérőmű skáláján is megjelölik. Ez lehet: függőleges (60. ábra), vízszintes (61. ábra), illetve a vízszintessel megadott szöget bezáró (62. ábra, kezelőpultok ferde asztallapjaira szerelhető).

60. ábra Függőleges

61. ábra Vízszintes használati helyzet megjelölése



62. ábra Vízszintessel szöget bezáró

5.2.3 Áramnem

Vannak mérőművek, amelyek csak egyen, és vannak, amelyek váltakozó áram/feszültség mérésére alkalmasak. Jelölés a skálalapon:

63. ábra Csak egyenáram mérésére

64. ábra Csak váltakozóáram mérésére

65. ábra Egyen- és váltakozó áram mérésére

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

5.2.4 Szigetelési feszültség

Az alapműszereket általában műanyag házban szállítják, melyet csavarokkal vagy más úton lehet a műszer előlapjához erősíteni. A felerősítő szerelvény fém részei a műszer előlapjával azonos potenciálra kerülnek. A skálalapon megadják azt a maximális feszültséget (kV), amely a műszer előlapja és a mérőmű elektromos csatlakozási pontjai között megengedett:

66. ábra Szigetelési feszültség

67. ábra Szigetelési feszültség-régi jelölés

Az analóg műszerek leolvasásának pontossága

Már kitértünk arra, hogy a méréshatár alkalmas megválasztásával csökkenthetjük a mérőmű szerkezetének tökéletlenségéből adódó mérési hibákat, és így növelhetjük a mérési pontosságot.

Mérési hibát azonban maga a mérést végző személy is okozhat a műszer pontatlan leolvasásával: rosszul becsüli meg, hogy a mutató a műszerskála melyik pontjára mutat.

Miért kell „megbecsülni” a mutató helyzetét?

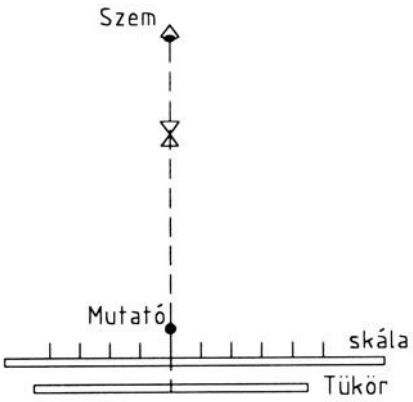
1. mert a mutató szélessége nem 0,
2. mert a mutató nem a skálával egy síkban, hanem fölötte mozog,
3. mert a mutató két skálaosztás között is megállhat.

a) A mutató véges szélessége miatt a skála egy kis részét letakarja, ez pedig bizonytalanságot okozhat a mutató helyének megállapításában. Minél keskenyebb a mutató, annál pontosabb lehet a leolvasás.

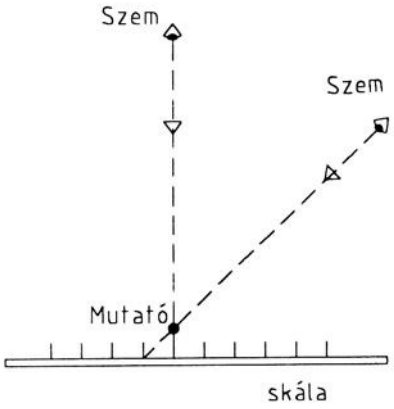
Ezért (ameddig a kevéssé pontos, pl. táblaműszereknél a távolról is jó leolvashatóság érdekében vastag, „dárdában” végződő mutatót alkalmaznak), nagy pontosságú műszereknél a mutatót keskenyre készítik (vagy a skálalapra merőlegesen álló vékony fémcsíkból, vagy kis átmérőjűre húzott üvegszálból készítik a mutatót).

b) A 68. ábra a műszerskála síkját, a ráfestett skálaosztásokat, és a skála fölött álló mutatót mutatja.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



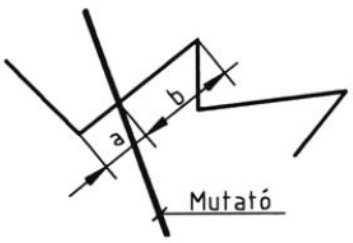
68. ábra Parallaxishiba kiküszöbölése



69. ábra Parallaxishiba keletkezése

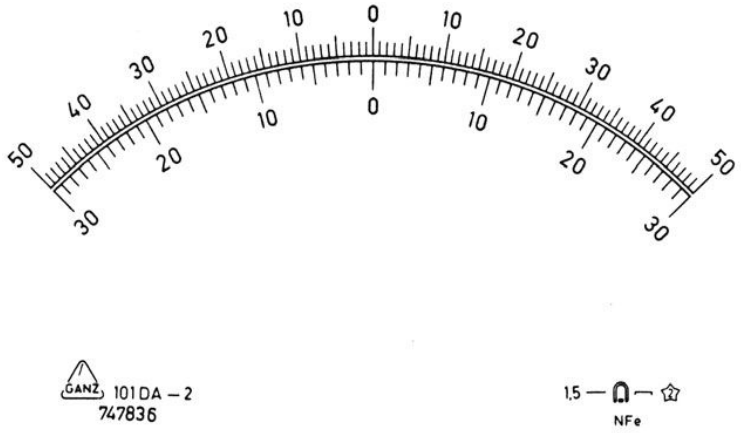
Látható, hogy ha a leolvasást végző személy nem a műszerskálára merőleges irányból végzi el a leolvasást, tévesen azt olvashatja le, hogy a mutató a szomszédos skálaosztásra mutat. Ezt a hibát nevezik parallaxis hibának. A parallaxishiba kiküszöbölésének megkönnyítésére precíziós (1-es vagy kisebb pontossági osztályú) műszerek skáláján egy 2-3 mm széles tükörívet helyeznek el. A tükör segítségével ellenőrizhető, hogy a leolvasás merőleges irányú-e, ti. ekkor a szem, a mutató és annak tükörképe egy egyenesbe esik, azaz a mutató eltakarja saját tükörképét.

c) A skálaíven legfeljebb 100 (precíziós műszeren 200) osztást szoktak feltüntetni, a mutató azonban két osztás között is megállhat. Ilyen esetben a mérést végző személy gyakorlottságán múlik, hogy a mutató helyzetét milyen pontosan tudja megállapítani. Precíziós műszerek skáláján alkalmazzák a 70. ábra szerinti megoldást: a két szomszédos skálaosztást ferde vonallal kötik össze. A megoldás előnye az, hogy könnyebb megbecsülni, hogy a mutató milyen arányban osztja két részre a ferde vonalat, mint hogy hol áll két skálaosztás között. A leolvasás pontossága (akár van ferde vonal a skálaosztások között, akár nincs) nagyban függ a leolvasást végző személy gyakorlatától.



XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

70. ábra Precíziós műszer skálarészlete



71. ábra 101DA-2 műszer skálalapja

A vizsgált alapműszer Deprez rendszerű, +/- 50 µA mérésére szolgáló középállású műszer. A skálán a +/- 50 -esen kívül egy +/- 30-as osztású skálát is találunk.

Mutató kitérés: Az analóg műszereknek általában egy állórésze és egy, a mutatóval összekapcsolt forgórésze van, amelyre a mért értékkel arányos kitérítő nyomaték hat. A mutató kitérését a visszatérítő nyomaték határozza meg, amely többnyire spirálrugótól származik. A visszatérítő nyomaték az α mutatókitéréssel lineárisan nő. Ha a két nyomaték egyenlő egymással, hatásuk kiegyenlítődik, és a mutató kitérését leolvashatjuk a skálán.

Csillapítás: A mért érték miatt felgyorsított mutató (mozgórész) túllendül a mért értéken, és egy meghatározott ideig leng körülötte, ami nehezíti a mért érték leolvasását. Az analóg műszereket ezért csillapítással látják el, ami a mutatót lengésmentessé teszi, és a mért értéknek megfelelő kitérést rövid idő alatt beállítja.

Légcsillapításnál a mutatóval összekapcsolt szárny a levegőt az egyik kamrarészből a másikba tereli és ezzel csillapítja a mozgását.

Örvényáramú csillapítás esetén a mérőmű forgórésze az állandómágneses mezőben feszültséget indukál, aminek örvényáram a következménye. Ez a forgatónyomatékkal szemben gátló hatású, és csillapítja a mutató mozgását.

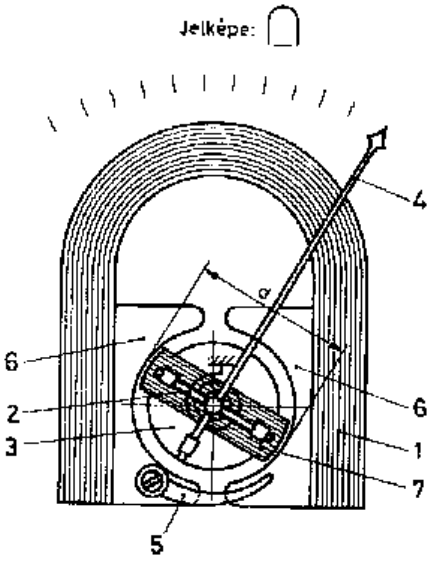
Mutató: A pontos leolvasás és a parallaxishiba elkerülése érdekében többnyire kés alakú mutatókat használnak. A parallaxishiba úgy keletkezik, hogy a szemünk – a helyes érték helyett – ferde irányban más értéket olvas le, mint merőlegesen. A tükörskála javítja a leolvasási pontosságot.

Fénymutató esetében a mérőműre rögzített kis tükörről a skálára fényjelet vetítenek.

Csapágyazás: A mérőmű mutatójának (mozgórészének) csapágyazásánál tűs, csapos és szalagrugós csapágyazást különböztetünk meg. Szalagrugós csapágyazáskor a mozgórészt rövid, feszes szalagok tartják. Kitéréskor a szalagok elcsavarodnak és ezzel visszatérítő nyomatékot hoznak létre.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

5.3 Deprez-műszer (lengő- vagy forgótekercses műszer):



72. ábra

A lengőtekercses (Deprez-) műszer szerkezete[1]

- állandómágnes;
- spirálrugó;
- lágyvas mag;
- mutató;
- mágneses sönt;
- lágyvas pólussaruk;
- lengőtekercs.

A lengőtekercset (7) - amelyet, egy álló ferromágneses henger (3) alkotója irányában csévélnek fel - egy állandó mágnes (1) fogja körül. Az áramot általában a visszatérítő rugókon (2) át vezetik be a tekercsbe. A tekercs közel homogén mágneses térben van, így az egy vezetőre ható erő integrálás nélkül számítható a Lorentz törvényből: $F = B \cdot I \cdot l$, ahol: B az állandó mágnes által létesített indukció, I a tekercsben folyó mérendő egyenáram, l a hatásos vezetőhossz. Egy négyzet alapú hasábra tekercselt cséve esetén azok az egymással szemben fekvő oldalon lévő vezetők tekintendők hatásosaknak, amelyek mozgásuk közben az indukcióvonalakra mindig merőlegesek. A villamos nyomaték:

$$M_v = 2 \cdot N \cdot B \cdot I \cdot l \cdot r = k_1 \cdot I,$$

ahol N a tekercs menetszáma, r a tekercs közepes sugara. Legyen a rugó nyomatéka:

$$M_r = k_2 \cdot \alpha,$$

így a kitérés:

$$\alpha = \frac{k_2}{k_1} \cdot I,$$

[1] http://vili.pmmf.hu/jegyzet/meres/23.html

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

ahol k_1, k_2 a felépítéstől függő állandók.

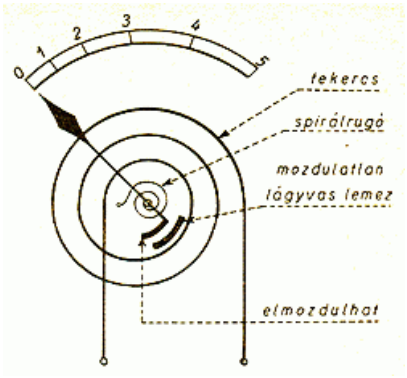
Mivel a kitérés arányos az árammal, a skála beosztása egyenletes. A Deprez-műszer tehát egyenáram vagy váltakozó áram átlagértékének (egyenáramú összetevőjének) mérésére alkalmas. Ez utóbbi esetben vigyázni kell arra, hogy a tekercset az áram effektív értéke melegíti, de a kitérés az átlagértékkel arányos. Ha az effektív érték lényegesen meghaladja a méréshatárt, akkor a tekercs tönkremehet, annak ellenére, hogy az átlagértékkel arányos kitérés kicsi, mert a nyomaték váltakozó komponensét a műszer - a lengőrész tehetetlensége miatt - nem követi.

5.4 Lágyvasas műszer:

A lágyvasas műszer elvi felépítése a 73. ábrán látható. Működése azon alapszik, hogy ha egy tekercs (1) mágneses terébe vasdarabot (2) helyezünk, akkor arra erő hat. Egy vasdarab felületén a mágneses erőhatásból származó felületegységre ható p_m erő megegyezik a felülethez kapcsolódó levegő térfogategységében tárolt w_m mágneses energiával:

$$p_m = w_m = \frac{1}{2\mu_0} \cdot B^2$$

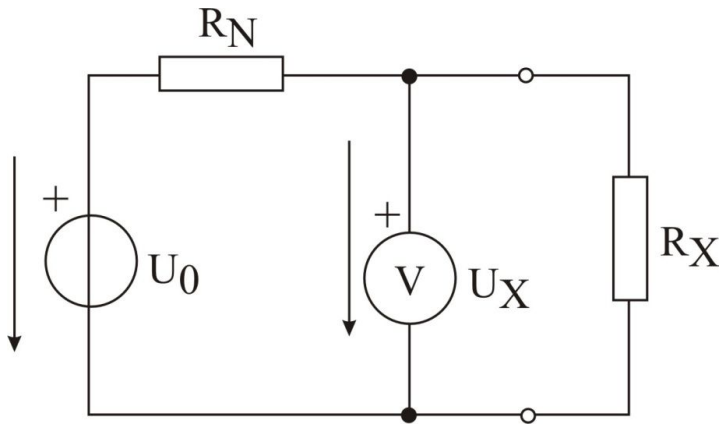
ahol B a vas felületére merőleges indukció, μ_0 a vákuum permeabilitása. $[p_m]=N/m^2$.



73. ábra

5.5 Ellenállásmérés multiméterrel és univerzális műszerekkel

Ezek a műszerek az ellenállásmérést általában feszültségmérésre vezetik vissza. A mérési elvet az 74. ábra szemlélteti.



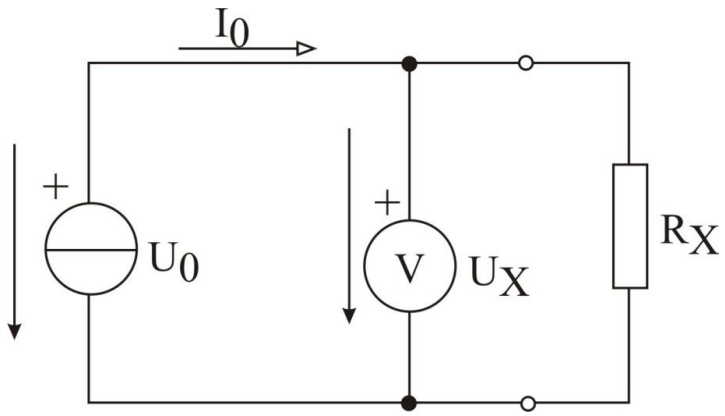
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

74. ábra Multiméter ellenállásmérési elve feszültségosztás törvény alkalmazásával

A feszültségosztás törvényének felhasználásával az R_x ellenálláson mérhető feszültség:

$$U_X = \frac{R_X}{R_x+R_N} \cdot U_0$$

Ha $R_X << R_N$, akkor U_X egyenesen arányos R_X értékével, tehát a feszültségmérőt ellenállás értékre lehet skálázni. A mérés hibája R_X és R_N arányától függ. A méréshatár váltását R_N más értékre való átkapcsolásával lehet megoldani.



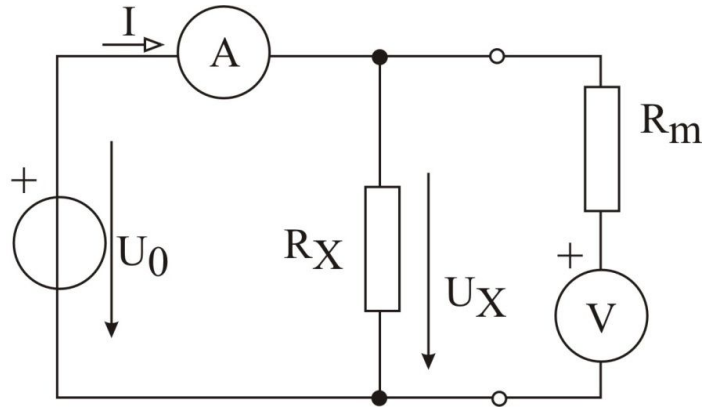
75. ábra Ellenállásmérési elv Ohm törvény alkalmazásával

A xxx ábra az Ohm-törvény alkalmazását mutatja. Az áramgenerátor árama, amely az adott méréshatárban állandó értékű, feszültségesést hoz létre a mérendő ellenálláson. Ohm törvényéből következik, hogy a feszültségesés nagysága az ellenállás értékével egyenesen arányos, ha az áramerősség állandó:

$$U_X = R_X \cdot I_0$$

5.5.1 Kis értékű ellenállás mérése

A mérést feszültség- és áramerősségmérővel végezzük. A mérési elrendezést a 76. ábrán láthatjuk. A mérés annál pontosabb, minél kisebb a mérendő ellenállás a mérőműszer R_m belső ellenállásánál.



76. ábra Kis értékű ellenállás mérése

A kis ellenállásérték a feszültségmérő belső ellenállásához viszonyítva értendő R_X értéke a mért feszültségből és áramerősségből számítható:

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

$$R_X = \frac{U_X}{I}$$

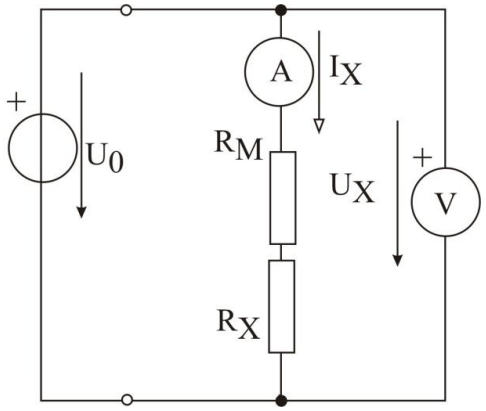
ha $R_X << R_m$, ahol R_m a mérőműszer belső ellenállása. A mérés hibájának számításához ismernünk kell a feszültségmérő belső ellenállását az adott méréshatárban.

5.5.2 Nagy értékű ellenállás mérése

Ennél a mérési módszernél is Ohm-törvényét alkalmazzuk. A mérés elve a 77. ábrán látható. Itt a nagy érték az áramerősség-mérő belső ellenállásához viszonyítva értendő. A méréshez ugyancsak feszültségmérő és áramerősség-mérő szükséges a tápfeszültség-forráson kívül. A mért eredményekből az ellenállás értéke:

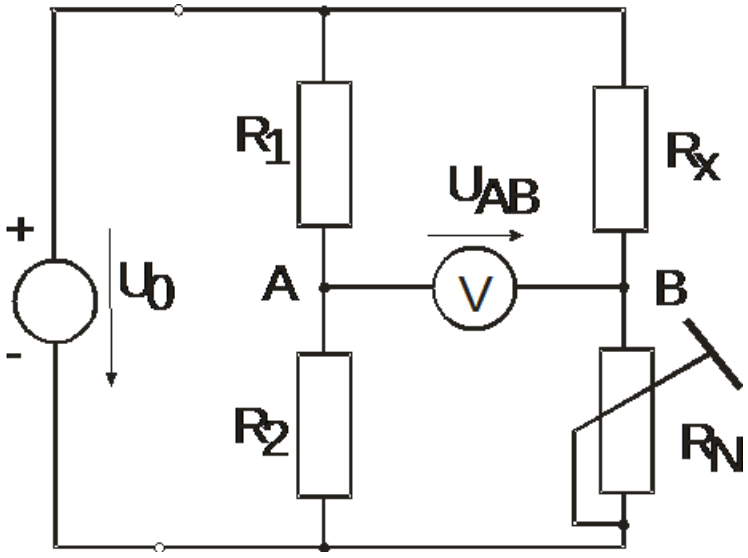
$$R_X = \frac{U_X}{I_X}$$

összefüggésből számítható. Az áramerősség-mérő belső ellenállásának ismeretében a mérőműszer által okozott hiba kiszámítható.



77. ábra Nagy értékű ellenállás mérése

5.5.3 Ellenállásmérés Wheatstone-híddal



78. ábra Ellenállásmérés hídkapcsolással

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Az ellenállás mérésének elvi elrendezését a 17 ábra szemlélteti. A mérési elv megértéséhez ismernünk kell a hídkapcsolás kiegyenlítési feltételét. A hídkapcsolás akkor kiegyenlített, ha az A és B pontok közötti feszültség-különbség nulla. Ennek feltétele, hogy a szemben lévő ellenállások szorzatai azonosak legyenek, vagyis

$$R_X \cdot R_2 = R_N \cdot R_1$$

Ebből kifejezve az R_X ismeretlen ellenállás értékét:

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_N$$

A mérési elrendezésben R_1 és R_2 ismert, állandó értékű ellenállások, R_N változtatható értékű, megfelelő pontosságú ellenállás.

A mérést úgy végezzük, hogy R_X ellenállást csatlakoztatjuk a hídkapcsolásba, majd rákapcsoljuk a hídra a feszültséget. R_N értékét úgy változtatjuk, hogy a hídkapcsolás keresztágában a feszültségkülönbség nulla legyen. R_1, R_2 és R_N ismeretében R_X ellenállás értéke az előző összefüggéssel kiszámítható. A hídkapcsolás alkalmazásának korlátai: nehézkes alkalmazás, a nullindikálás pontatlansága, a pontos dekádellenállások viszonylag magas ára.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

6. fejezet - Digitális műszerek

6.1 Digitális multiméter

A digitális multiméter több méréshatárú feszültségmérőt, árammérőt és ellenállásmérőt tartalmaz (sőt, sok esetben más mennyiségek pl. frekvencia, tranzisztorok áramerősítési tényezője, hőmérséklet stb. mérésére is alkalmas).

A digitális multiméter is tartalmaz egy „mérőművet”, amely azonban az analóg műszertől eltérően nem mechanikus, hanem elektronikus berendezés. A digitális „mérőmű” feszültséget mér, és az eredményt digitális kijelzőn jeleníti meg. Az elektronikát úgy készítik, hogy bemenő ellenállása igen nagy legyen, azaz a mérendő áramkört minél kisebb mértékben terhelje. A működtetéshez szükséges energiát minden esetben külön feszültségforrás (telep vagy hálózati tápegység) szolgáltatja.

A kijelzett digitek száma

A digitális multiméter fontos jellemzője a kijelzett „digitek” (számjegyek) száma. Az általánosan alkalmazott digitális multiméterek 3 1/2 („három és fél”) digitesek. Ez azt jelenti, hogy a három kisebb helyiértéken kijelzett „teljes értékű” digiten kívül a legnagyobb helyiértéken is ki tudnak jelezni, ezen a helyiértéken a kijelzett érték azonban csak „1” lehet (vagy ezen a digiten nincs kijelzés). A kijelzőn ezen kívül „-” jel is megjelenhet, ez arra utal, hogy a mért feszültség (áram) negatív értelmű (azaz a műszer „+” bemenetére a mért feszültség „-” pólusa kapcsolódik). Szintén megjelenhet a kijelzőn a digitek közötti tizedespont, az akku kimerülésére utaló és más üzemi jelzés is.

A 3 1/2 digites műszer által kijelzett

- legkisebb érték „-1999”
- legnagyobb érték „+1999” lehet.

Ha a műszer bemenetére nem kapcsolunk feszültséget, a kijelzett érték „000”.

Jellemzően a 3 1/2 digites „mérőmű” a legnagyobb kijelzett értéket a bemenetére kapcsolt 199,9 mV feszültség hatására mutatja. Ezért a 3 1/2 digites digitális multiméterek legkisebb méréshatára általában 200 mV, többi méréshatárai pedig 2V, 20V, 200V, 1000V. (Ténylegesen azonban a legnagyobb kijelzett érték csak 199,9mV, 1999mV, 19,99V stb. lehet!) A legnagyobb méréshatár tulajdonképpen 2000V lenne, azonban 1000V-nál nagyobb feszültség mérését (érintésvédelmi okból ill. az átütések elkerülése céljából) nem szokták megengedni.

A technikai fejlődés nyomán megjelentek a „3 3/4” digites kijelzők is, melyeknél a legnagyobb kijelzett mennyiség nem 1999, hanem 2400, 3200 vagy újabban 4200 stb. Ezek, a még az olcsóbb kategóriába tartozó műszerek lehetővé teszik, hogy a 240, 320 vagy 420 mV-os feszültséget azonos felbontásban (0,1 mV) jelezzék ki, mint a 199,9 mV-ot. Természetesen a jobb felbontás a többi méréshatárban (a kijelezhető maximális érték tízszerese, százszorosa stb.) is érvényesül.

A digitális műszer felbontása alatt a legkisebb helyiértéken kijelzett mennyiséget értjük.

A preciziós digitális műszerek 4 1/2 (vagy annál több) digites kijelzésűek. A 4 1/2 digites kijelző által kijelzett

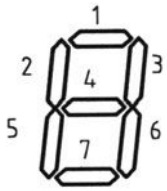
- legkisebb érték „-19999”
- legnagyobb érték „+19999” lehet.

A 200 mV méréshatárú 4 1/2 digites műszer felbontása 0,01 mV. (Max. kijelzett érték: 199,99 mV).

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

6.1.1 Hétszegmenses kijelző

A digiteket (számjegyeket) leggyakrabban hétszegmenses kijelzőn jelenítik meg. A hétszegmenses kijelző (30. ábra) bármilyen számjegyet egy vagy több szegmensének működtetésével ábrázol. A 31. ábrán példát látunk az 1...0 számjegyek kijelzésére. A kijelző illetve a kijelzőt meghajtó áramkörtől függően kisebb változások lehetségesek, pl. a „6” , „7” vagy „9” számjegyek ábrázolásában (32. ábra).



79. ábra Hétszegmenses kijelző

80. ábra Számjegyek ábrázolása a hétszegmenses kijelzőn

Megjegyzés:

Korszerű műszereknél, ha a kijelző számokon kívül betűk kijelzésére is szolgál, a hétszegmenses kijelző helyett pontmátrixként kialakított kijelzőt használnak. Ezen a megfelelő pontok működtetésével alakítják ki a kijelzendő karaktert.

A kijelző típusa

A korszerű műszerekben általában két fajta kijelzőt alkalmaznak:

1. LCD (Liquid Crystal Display = folyadékkristályos kijelző)
2. LED (Light Emitting Diode = fényemittáló dióda)

LCD kijelző

Az LCD kijelző működése azon alapszik, hogy a folyadékkristályok fényáteresztési tulajdonságai elektromos erőtér hatására megváltoznak. Így elektromos térrel befolyásolható, hogy a kijelző valamely szegmense átlátszó-e vagy nem. A folyadékkristályos kijelzők nem bocsátanak ki önálló fényt, ezért leolvasásukhoz külső fény szükséges (viszont leolvashatóságuk erős külső fény hatására sem romlik). Nagy előnyük, hogy teljesítményigényük minimális (3...150 µW/cm2), ezért igen alkalmasak telepes v. akkumulátor üzemű műszerekben kijelzőnek. Az LCD kijelzővel épített korszerű multiméterek tápáramfelvétele csupán néhány száz mikroamper, azaz egy teleppel 100 óra nagyságrendű az üzemidejük.

Az LCD kijelzőn a digitekhez tartozó szegmenseken kívül elhelyezhetők a „bar graph” pontjai, az éppen aktuális méréshatár kijelzője, a mért mennyiség (V, A, Ω stb.) kijelzője, az alacsony telepfeszültségre utaló felirat (LO BAT = low battery) vagy ábra, tehát igényesebb kivitelű műszer a saját céljaira gyártatott LCD kijelzőt használhat.

Ha az LCD kijelzőt hálózati táplálású (asztali kivitelű, bench) műszerben használják, ahol a kis áramfelvételnek nincs jelentősége, a műszer tartalmazhat a kijelzőt megvilágító berendezést is.

LED kijelző

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A LED fényemittáló dióda, amely az átfolyó áram hatására - a dióda típusától függő színű és intenzitású - fényt bocsát ki. A hétszegmenses LED kijelző szegmenseit ilyen diódákból alakítják ki. Műszerekben általában vörös fényű LED kijelzőket alkalmaznak. A LED kijelző tehát fényt bocsát ki, ezért sötétben is jól leolvasható, de erős külső fény (pl. a kijelzőre eső napfény) leolvashatóságot erősen csökkenti.

A LED kijelzőknek (az LCD kijelzőhöz viszonyítva) jelentős a teljesítményigényük (0,5W/cm2), így csak hálózati táplálású műszerben gazdaságos az alkalmazásuk.

A műszer LED kijelzőjét egyedi 7 szegmenses LED kijelzőkből szokás összeállítani, tehát itt speciális jelzések (akku ábra, stb.) csak nagyon igényes műszereken fordulnak elő.

6.2 Digitális feszültségmérők

Olyan analóg-digitális átalakítóval rendelkező műszer, amely a mért feszültség értékét decimálisan jeleníti meg.

DVM előnye az analóg feszültségmérőkkel szemben:

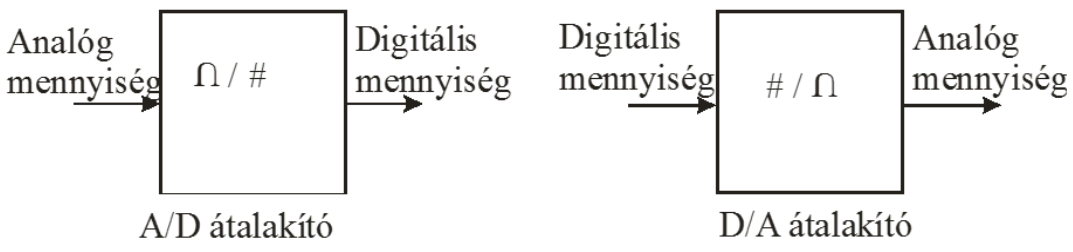
- lényegesen nagyobb pontosság érhető el, mivel analógműszereknél a kijelző mechanikus műszer hibája korlátozza a mérési pontosságot.
- az analóg műszerek beállási ideje 1s körüli érték, viszont digitális műszerekkel megvalósítható néhányszor 1000 mérés/sec mérési sebesség is.
- analóg műszereknél a leolvasás szubjektív lehet, ezzel szemben a digitális műszerek kijelzése egyértelmű. Digitális műszereknél a kijelzett jegyek számának összhangban kell lenni a műszer adott méréshatárra vonatkozó pontosságával.
- digitális műszerekkel jóval nagyobb érzékenység érhető el, mint analóg műszerekkel, így alsó méréshatáruk is kisebb lehet.
- digitális műszereknél a mért érték tárolható, az adatok más digitális berendezésekben információveszteség nélkül továbbíthatók.
- a digitális műszerek automatizálhatók. Ez kiterjedhet az öntesztelésre, hitelesítésre, nullázásra, méréshatár váltásra.
- digitális műszerek számítógéppel egybeépítve a mért adatok elsődleges feldolgozása is megvalósítható.
- digitális műszerek megfelelő kialakítás esetén mérőrendszerbe illeszthetők.

DVM hátránya:

- az analóg műszerek előnye a könnyű szemlélhetőség, mivel a mérendő mennyiség változásának jellege jól követhető.
- a pontosabb digitális feszültségmérők bonyolultabbak, bár ez függ az áramkör integráltságának mértékétől is.

Analóg-digitális átalakítók

Különféle fizikai mennyiségek mérésekor a mérőátalakítók a mérés eredményét általában analóg feszültség vagy áramerősség formájában szolgáltatják. A mért adatok kijelzése, továbbítása, tárolása és feldolgozása céljából a mért mennyiségeket igen gyakran digitális formába szükséges átalakítani. Az erre alkalmas eszközök neve: analóg-digitális átalakító (A/D átalakító, A/D konverter, ADC)



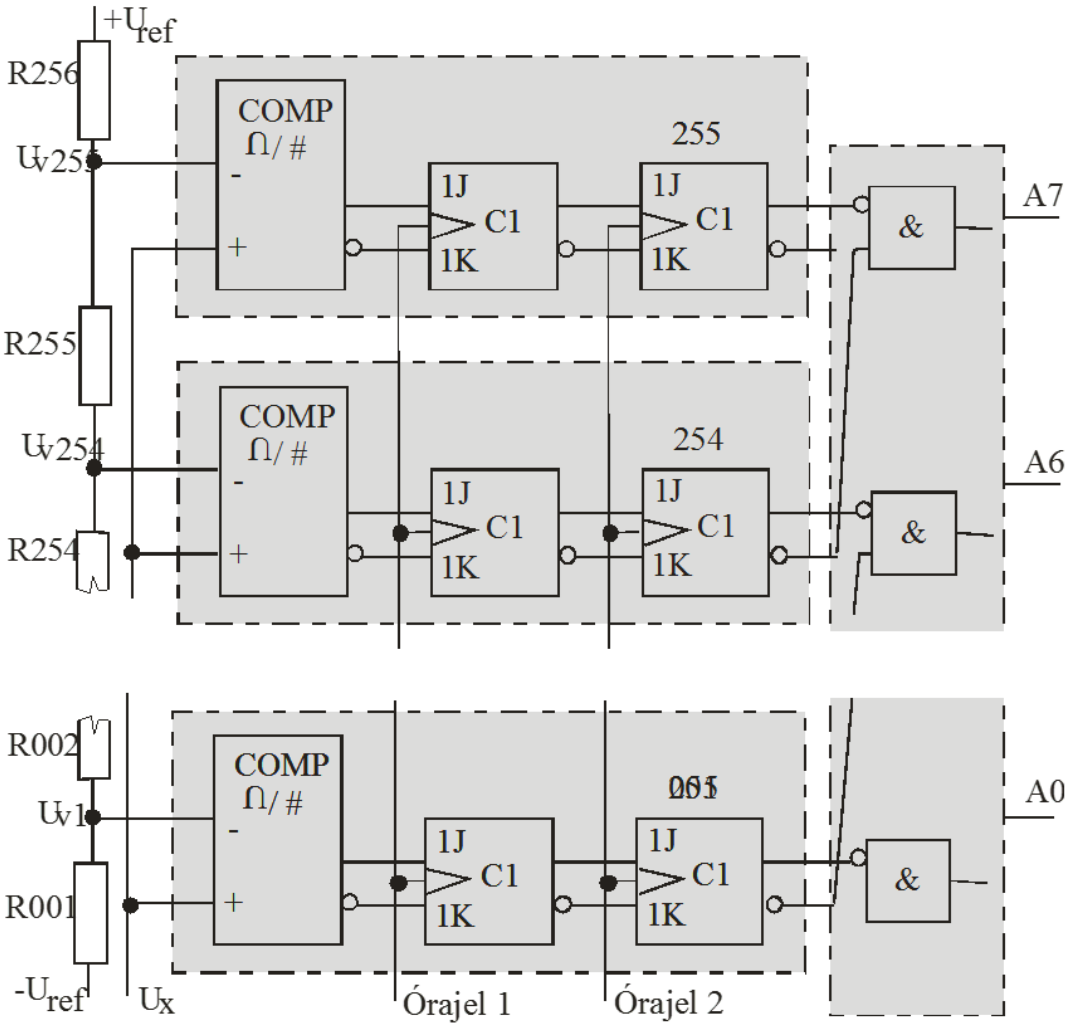
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

81. ábra A/D és D/A átalakító

6.2.1 Közvetlen átalakító

A közvetlen átalakítókban a bemeneti feszültségből meghatározott időpontokban mintát vesznek, és ezt alakítják át számmá. Az integrálóátalakítókban egy hosszabb mintavételi intervallumban mért jel átlagát alakítják át számértékké.

A párhuzamos komparátorokkal történő átalakítás során az átalakítandó Ux feszültséget – az analóg jelet – ismert és pontos mérőfeszültségekkel (Uv) hasonlítják össze. Egy 8 bites átalakítóhoz 255 Uv feszültség és 255 komparátor szükséges.



82. ábra Közvetlen komparátor elvű A/D átalakító elvi kapcsolása

A mérőfeszültségek előállításához stabilizált feszültségforrásról (U_{ref}) működő feszültségosztót alkalmaznak.

Az átalakítandó analóg feszültséget a komparátorok neminvertáló bemeneteire, a pontos mérőfeszültségeket pedig az invertálóbemenetekre kapcsoljuk. A mérendő Ux feszültség értékétől függően mindazon komparátorok kimeneti feszültsége pozitív, amelyeknél Ux<Uv; ahol viszont Ux>Uv, a kimenet feszültsége negatív. A komparátorok kimenőjeleit – az órajelek ütemében – tárolók rögzítik.

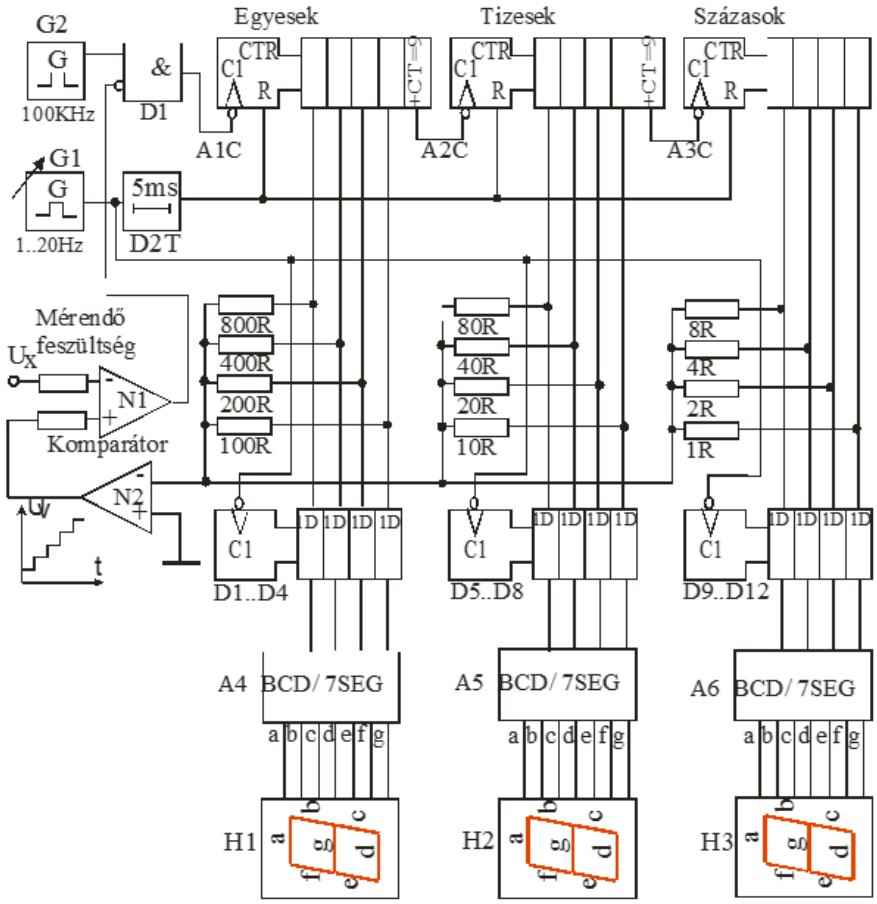
A tárolókhoz csatlakozó kódolóhálózat adja meg annak a komparátornak a „helyét”, amelyik azt érzékeli, hogy a mérőfeszültség nagyobb lett Ux-nél. Ez a kódoló ÉS kapukból áll, amelyek a

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

mérőfeszültségek sorrendjében lévő tárolók kimenőjeleit hozzák kapcsolatba. További kódolással a 255 ÉS kapu kimenőjelei 8 bites bináris kóddá alakíthatók.

Ez a kód jelenik meg az A0-A7 kimeneteken. A párhuzamos komparátorokkal történő A/D átalakítás 100 MHz feletti működési frekvenciát tesz lehetővé. Ilyen átalakítókat kell alkalmazni pl. videojelek digitalizálására, ha a tv-képeket digitálisan akarjuk tárolni. Ezen az elven működő ún. flash-átalakítók (flash: gyors) integrált áramkörök formájában is léteznek.

Másik gyakran alkalmazott eljárás A/D átalakításra az Ux feszültségnek egy lépcsőfeszültséggel történő összehasonlítása (számláló típusú közvetlen A/D átalakító). Az egyik ilyen elven kialakított áramkörben a lépcsőfeszültség létrehozását és a lépcsők azonosítását számlálók vezérlik, ill. végzik.



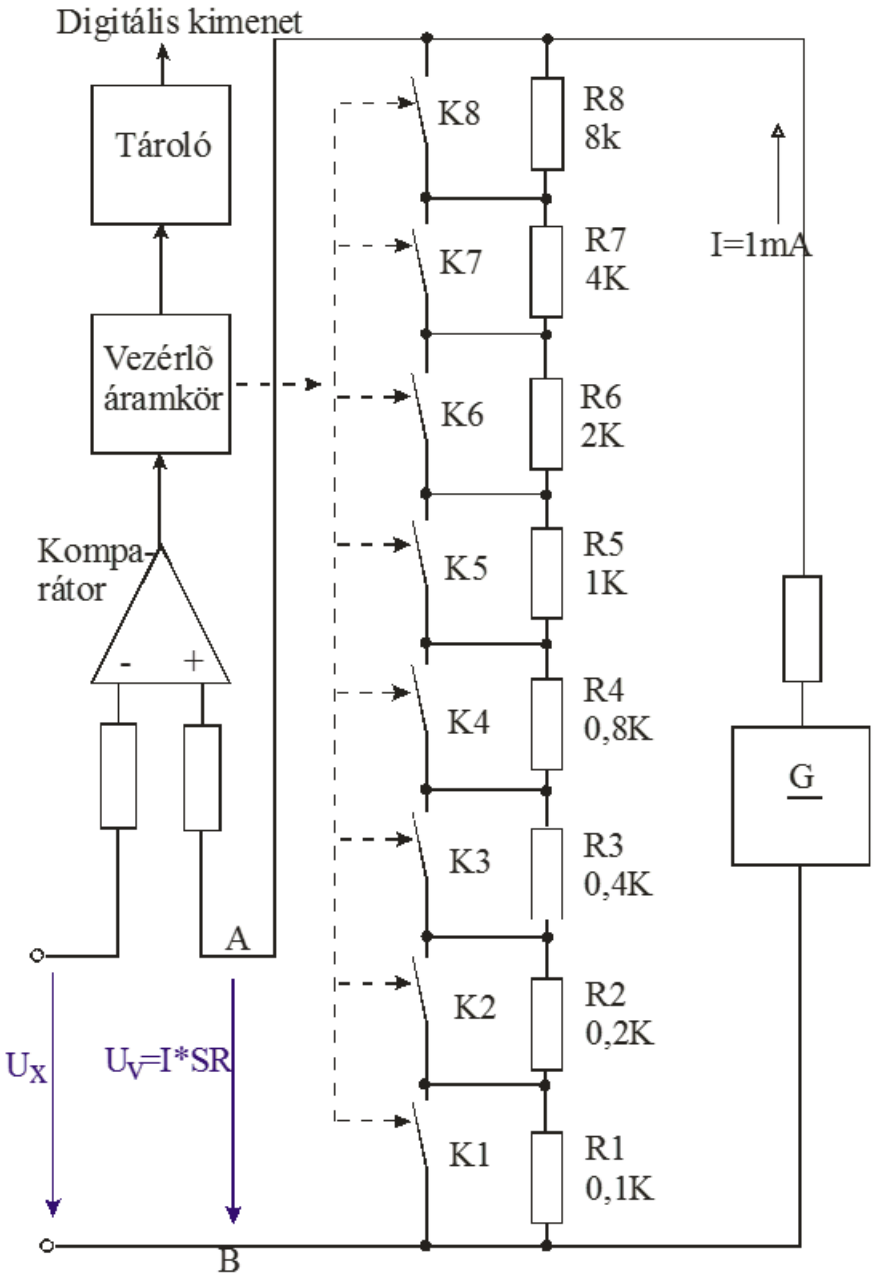
A1C-A3C	számlálók
G1	generátor
G2	impulzusgenerátor
N1	komparátor
N2	összegzőerősítő
D1-D12	tárolók
A4-A6	kódátalakítók
H1-H3	kijelzők
D2T	késleltető

83. ábra A/D átalakítás elve lépcsőfeszültséggel történő összehasonlítással

A G2 impulzusgenerátor, az A1C-A3C számlálók és a számlálók kimeneteihez csatlakozó ellenállás-hálózat hozza létre a fokozatosan növekvő Uv mérőfeszültséget, amelyet az N2 összegzőerősítő felerősít. Az erősített jel az N1 komparátor neminvertáló bemenetére kerül. A komparátor invertálóbemenetére kapcsoljuk az Ux feszültséget. Abban a pillanatban, amikor a növekvő mérőfeszültség eléri a mérendő feszültség értékét, a komparátor kimenőjele pozitívvá válik (H szint), és a D1 ÉS kapu letiltja a

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

számlálást. A számlálók kimenetén és a D1-D12 tárolósor bemenetén most a számláló pillanatnyi állásának megfelelő szintek vannak. A G1 generátor kimeneti feszültségének következő negatív éle ezt az állapotot írja be a D1-D12 tárolósorba. A tárolók kimeneteihez csatlakozó A4-A6 kódátalakítók a bináris kódot 7 szegmenses kóddá alakítják, és a keletkezett számértéket a kijelzők kijelzik. Abban a pillanatban, amikor a tárolók átveszik a számlálók állapotát, a D2T késleltető is vezérlést kap. A késleltetési idő leteltekor az összes számláló törlődik, és a feszültségek összehasonlítása újrakezdődik. A G1 kimenőjelének következő lefutó éléig a kijelzők az előző állapotot mutatják. Szintén lépcsőfeszültséggel, de más elven működik az ellenállásláncal kialakított A/D átalakító. Ebben az áramkörben a lépcsőfeszültséget állandó árammal meghajtott ellenálláslánc szolgáltatja. A lánc egyes elemeit elektronikusan vezérelt kapcsolókkal lehet rövidre zárni, így az ellenállások soros eredőjét, azaz a láncon keletkező feszültséget fokozatosan változtatni.



84. ábra A/D átalakítás elve ellenálláslánccal

Alaphelyzetben minden áthidalás aktív, azaz minden ellenállás rövidre van zárva. Az áramkör működési ciklusa a legnagyobb ellenállásértékkel kezdődik. A rövidzárt a vezérlés kikapcsolja és rátér a következő – kisebb – ellenállásra. Ha bármelyik rövidzár megszüntetésekor a mérőfeszültségnél (U_v>U_x), a

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

vezérlés ezt a rövidzárt visszakapcsolja, és csak ezután tér rá a következő ellenállásra. Ha az összes áthidalás vizsgálata és beállítása lezajlott, az átalakítás tulajdonképpen már kész. Az áramkör tárolja a K1-K8 kapcsolók állását, és ez átkódolás után kijelezhető. Az ellenállásértékek megfelelő megválasztásával az átalakító egyébként közvetlenül a kívánt kódot is szolgáltathatja.

A lépcsőfeszültséggel működő A/D átalakítók az átalakítandó feszültséget egy folyamatosan növekvő értékű lépcsőfeszültséggel hasonlítják össze.

Az ellenállásláncal felépített lépcsőfeszültséggel dolgozó átalakító a digitális eredményt nagyon rövid idő alatt állítja elő.

1**. táblázat Összehasonlítási folyamat a fenti ábra szerinti kapcsolásban**

Helyiérték	Kapcsolási állapot	$U_v > U_x$	Bináris érték
8	K8 nyit	igen	0
	K8 zár	nem	
4	K7 nyit	nem	1
	K7 nyit		
2	K6 nyit	nem	1
	K6 nyit		
1	K5 nyit	nem	1
	K5 nyit		
0,8	K4 nyit	igen	0
	K4 zár	nem	
0,4	K3 nyit	igen	0
	K3 zár	nem	
0,2	K2 nyit	nem	1
	K2 nyit		
0,1	K1 nyit	nem	1
	K1 nyit	$U_v=U_x=7,3V$	

Az U_x=7,3 V egyenfeszültséget a 6. ábra szerinti áramkörrel kell digitális információvá alakítani. Az eredmény 8421 BCD kódú legyen. Írjuk le lépésről lépésre az átalakítási folyamatot.

Megoldás:

Kiinduló állapotban az áthidalások aktívak, tehát az ellenállások rövidre zárt állapotban vannak. Az átalakítási folyamat a K8 kapcsoló nyitásával kezdődik. Az R8 ellenálláson ekkor a feszültségesés U_v=8kΩ*1mA=8V. Nyitott K8 mellett tehát U_v nagyobb, mint U_x, zárt K8 mellett kisebb, mint U_x. A 8-as helyértékhez tartozó kimeneten ezért a 0 bináris számjegy jelenik meg. Ezután a K8 ismét záródik, és a K7 nyit. Az R7 ellenálláson 4V-os mérőfeszültség jelenik meg. Mivel ez kisebb, mint a mérendő feszültség, K7 nyitva marad, és a 4-es helyértéket képviselő kimeneten bináris 1 lesz. A következő lépésben K6 nyit ki. Az eredmény itt is 1, és a kapcsoló nyitott állása. A mérőfeszültség most 4+2=6 V. A folyamat a legkisebb helyérték (0,1) eléréséig hasonló módon folyik tovább.

6.2.2 Integráló A/D átalakító

Az integráló A/D átalakítók a mérendő feszültségnek egy meghatározott időtartamra vonatkozó középértéket adják meg digitális kimenőjelként. Az átalakító – integrálóhatása révén – a mérendő feszültség rövid időtartamú változásait és a zajfeszültségeket elnyomja. Az átalakító működése lényegesen lassúbb, mint a közvetlen átalakítóé; leggyakrabban a digitális multiméterekben alkalmazzák.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Az integráló A/D átalakítók kimenőjele a mérendő feszültség átlagértéke.

A dual-slope átalakítóban a mérendő feszültséggel egy integrátor kondenzátorát töltjük meghatározott ideig, majd a kisütési idő mérésével kapjuk az eredményt.

6.2.3 Feszültség-frekvencia átalakító

A mérendő U_x feszültséget egy azzal arányos impulzusfrekvenciává alakítják át. Ezután meghatározott, konstans időtartam alatt megszámlálják az impulzusok számát. A számlálási időtartam (integrálási idő) megfelelő megválasztásával az impulzusok száma közvetlenül a mérendő feszültség értékét adhatja.

A konstans integrálási időt pl. egy kvarcvezérelt impulzusgenerátor szolgáltatja. Ennek frekvenciáját egy osztó úgy osztja le, hogy az megfeleljen a kívánt integrálási időnek. Az átalakítók többségénél az integrálási idő változtatható, tipikus értékek pl. 0,01s, 0,1s, 1s. A nagyobb integrálási idők – a leszámlált impulzusok nagyobb száma révén – az átalakítás pontosságát növelik, természetesen ez az időegységenként végzett mérések (mintavétel a mérendő feszültségből) számát csökkenti.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

7. fejezet - Mérő-átalakítók

A mérő-átalakítók feladata, hogy a nem villamos mennyiségeket érzékelve, azzal arányos jelet állítsanak elő, pl.: U; I; R, stb.

A mérő-átalakítóknak a folyamat jellemzőkkel érintkező részét primer érzékelőknek nevezzük. Különleges szerkezeti és anyagjellemző igény, pl.: savas közeg mérése esetén.

A mérő-átalakítók primer érzékelői két részre oszthatók:

- Passzív átalakítók, működésük minden esetben segédenergiát igényel.
- Aktív átalakítók, működésük nem mindig igényel segédenergiát.

85. ábra Blokkvázlat

Mérő-átalakítók csoportosítása

- Ellenállásos
- Kapacitív
- Induktív
- Félvezető alapú
- Kristály alapú

7.1 Szenzorok fogalma, csoportosítása

7.1.1 Alapfogalmak

Szenzor: Olyan eszköz, amely egy fizikai mennyiséget (pl. hőmérséklet, távolság, nyomás) a vezérlés- és szabályozástechnikában jobban felhasználható, jobban kiértékelhető jellé alakít át. (elektromos jel, pneumatikus jel)

Szenzorelem: A szenzornak az az elemi része, amely lényegében a fizikai jellemzőt érzékeli, de önmagában az irányítástechnikában nem alkalmazható, még további elemekkel kell kiegészíteni. (jelátalakítás, jelfeldolgozás, csatlakozók, illesztők, ház, rögzítőelemek, stb.)

Szenzorrendszer: Több mérő és kiértékelő komponensből álló rendszer. (a komponensek gyakran moduláris felépítésűek, egy gyártmánycsaládon belül cserélhetőek)

Multiszenzorrendszer: Több különböző szenzor egy készülékbe, egy rendszerbe beépítve. (pl. hőmérséklet + relatív páratartalom + légnyomásmérő egy készülékben; különböző elven működő közelítéskapcsolók egy rendszerbe építve a munka-darab anyagának felismerése érdekében.)

7.1.2 Szenzorok csoportosítása

Bináris szenzorok:

- helyzetérzékelők, közelítéskapcsolók
- nyomáskapcsolók
- kapcsoló-hőmérők , stb.

Analóg szenzorok: - erő- és nyomatékmérők

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- nyomásmérők,
- áramlásmérők
- hőmérsékletmérő szenzorok
- útmérők, hosszmérők, elfordulásérzékelők
- optikai mennyiségek érzékelői
- akusztikai mennyiségek érzékelői, stb.

7.1.3 Szenzorok tipikus kimeneti jelek szerint

Bináris

- közelítéskapcsoló
- nyomáskapcsoló
- szintjelző kapcsoló, stb.

Imulzuskövető

- inkrementáló hossz illetve szög(elfordulás) mérő eszközök

Analóg

- szenzorelemek a rendszerbe integrált erősítő és jelátalakító elektronika nélkül. Közvetlenül nem felhasználható, kisértékű jelet adnak. (mV tar-tományban) – nyúlásmérő bélyeg, Pt-100 termoellenállás, termoelem, Hall generátor, térlemez, stb.

Analóg

- szenzorok a rendszerbe integrált erősítő és jelátalakító elektronikával. Közvetlenül felhasználható jelet adnak.

Szokásos tartományok:

- 0 … 10 V 0 … 20 mA
- 1 … 5 V 4 … 20 mA
- -5 … +5 V -10 … +10 mA

Szabványos csatoló - szabványos jelkimeneti csatlakozással ellátott szenzorrendszerek

- RS-232, RS-422, profibusz

7.1.4 Helyzetérzékelők csoportosítása

- analóg helyzetérzékelők …
- bináris helyzetérzékelők
  - mechanikus helyzetkapcsolók, végálláskapcsolók
  - mágnessel működtetett közelítéskapcsolók
    - érintkezővel működő (Reed) kapcsolók
    - érintkező nélkül működő (magnetoinduktív) kapcsolók
  - pneumatikus jelet adó mágneses érzékelők
  - induktív közelítéskapcsolók
  - kapacitív közelítéskapcsolók
  - optikai érzékelők
  - fénysorompó
    - egyutú
    - reflexiós (tükrös)
    - tárgyreflexiós (fényvezetővel kiegészítve vagy anélkül)
  - ultrahanggal működő közelítéskapcsolók
    - ultrahang-sorompó
    - reflexiós

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- pneumatikus közelítéskapcsolók
  - torlónyomás jeladó
  - gyűrűs légsugárérzékelő (reflexszem)
  - légsorompó

7.2 Ellenállás változáson alapuló érzékelők

7.2.1 Nyúlásmérő ellenállások

A nyúlásmérő ellenállásokat már évtizedek óta használnak, rugalmas deformációval terhelt szerkezetekben fellépő feszültségek mérésére. A mérés elve azon alapul, hogy az l hosszúságú, q keresztmetszetű fém huzal ellenállása húzó-, illetve nyomóigénybevétel hatására megváltozik. Vagyis

$$R = \rho \cdot \frac{1}{q} \ [\Omega]$$

ahol

ρ a fajlagos ellenállás.

Hogy a szerkezetben fellépő kis alakváltozás hatására is megfelelő nagyságú ellenállás-változás jöjjön létre, kis keresztmetszetet és nagy hosszúságot érdemes kialakítani. Deformáció – húzás, nyomás – hatására az alapellenállás megváltozik, értéke:

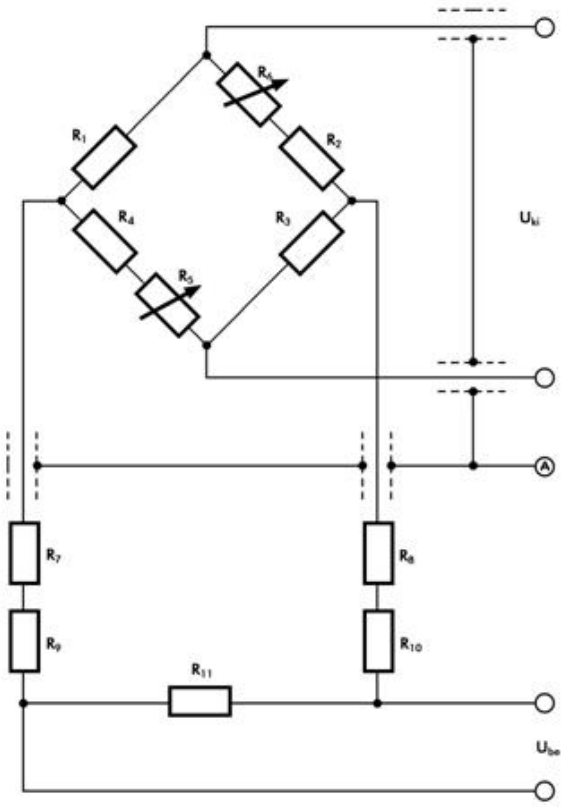
$$R_{\Delta l} = \frac{n(1 \pm \Delta l)}{q \pm \Delta q}$$

A gyakorlatban ezeket kizárólag fólia alakban készítik, amelyeket a megfelelő számítások alapján a mérendő felületre ragasztanak.

Ha a kapott adatokat nem egyszeri mérésre akarjuk felhasználni, hanem bármikor feldolgozható információra van szükség, pl. erő, tömeg, nyomásmérésnél, az ellenállásokat mérőcellában helyezik el, ahol már figyelembe veszik az üzemi körülményeket is.

A mérőcellák villamos kapcsolása Wheatstone-hidas, egy szokványos mérőcella belső kapcsolását az 86. ábrán mutatjuk be.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



86. ábra

Mint látható a Wheatstone-híd felépítése némileg eltér az elméletitől, melynek technológiai oka van. A nyúlásmérő bélyegek nem készülhetnek elég szűk tűrésűre, és még a felragasztási technológia is ront a két ág szimmetriáján. Ezért vált szükségessé az R5 és R6 hídkiegyenlítő ellenállás beépítése. A hídon az R1 és R3 húzásra, az R2 és R4 bélyegek nyomására igénybevett felületre vannak felragasztva. A további öt ellenállásból R 7 és R 8 a hőmérséklet kiegyenlítésére szolgáló ellenállások, R9 és R10 a cellatényezőt beállító, az R11 pedig bemeneti ellenállást beállító ellenállások. A hőmérsékletkompenzáló ellenállásokat olyan felületre helyezik el, amelyek a terhelés hatására nem deformálódnak. A mérőcellák legfontosabb paramétere a cellatényező, amelynek segítségével, a tápfeszültség és a kimeneti jelfeszültség ismeretében az ismeretlen erő, tömeg meghatározható. A kimeneti feszültség:

$$U_{ki} = U_t C \frac{F}{F_N} \; [mV]$$

ahol

- U_t [V] - tápfeszültség
- C [mV/V] - a cellatényező
- F_N [N] - a cella hitelesítő terhelése
- F [N] - a mért erő vagy tömeg.

Beépítésnél számtalan technológiai előírást kell figyelembe venni amelyek részletes ismerete nem e tárgykör tartalma.

A félvezető technológiák rohamos fejlődése a nyúlásmérő ellenállások alkalmazásának új ágait hozta létre. Mint az előbbiekben láttuk az ellenállás-változást a geometriai méretek (l, q) változása hozta létre. Ha adalékolt félvezető kristályt külső erőforrással deformálnak, ellenállása megváltozik. Belátható, hogy a kristály deformációja folytán a szabad töltéshordozók számára kisebb, vagy nagyobb tér áll rendelkezésre. Ez gátoltabb vagy szabadabb áramlást tesz lehetővé, ami fajlagos ellenállás-növekedést

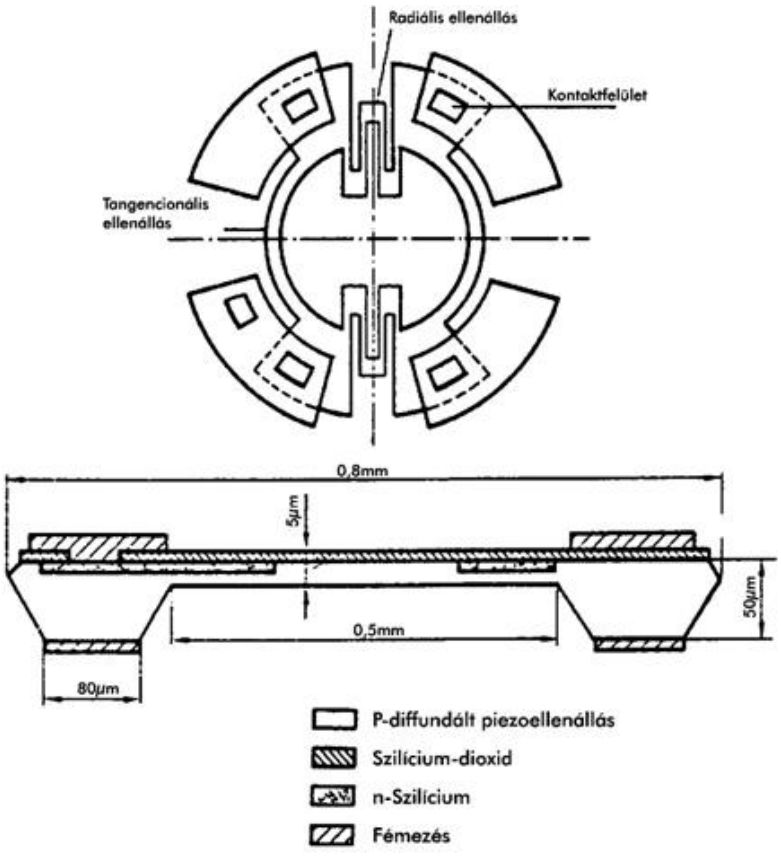
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

vagy csökkenést hoz létre. A kristály ellenállás-változása exponenciális. A félvezetőkben, amelyek polikristályos szilícium vagy germánium anyagúak, a deformáció hatására a fajlagos ellenállásukat megváltoztatják, oly mértékben, hogy a kimenő jel értékében 50–60 szoros változás érhető el a fém ellenállásokhoz képest. Ezeket az ellenállásokat piezorezisztív ellenállásoknak nevezzük.

A piezorezisztív ellenállások félvezető gyártástechnológiával gyárthatók, ezért integrált áramköri elemként kialakíthatók. Mivel e technológiánál több kapcsolási elem nem jelent több alkatrészt, de még lényegében nagyobb árat sem, szinte kizárólagos a hídkapcsolású piezorezisztív érzékelő kialakítás.

A gyakorlatban készített szilícium piezorezisztív érzékelők felépítése sokféle. Közös vonásuk, hogy a Wheatstone-hidat membránként képezik ki, és ezt ragasztják rá a rugalmas mérőtest deformálódó felületére.

A szilícium membránt alkalmas kialakítással gázok, vagy folyadékok közvetlen érzékelésére is használhatjuk. A nyomásmérő membránján kiképezett tangenciális és radiális ellenállások Wheatstone-hidas kapcsolásúak, a membrán vastagsága az érzékelendő nyomás nagyságától függ. Az 87. ábrán egy, a Siemens cég által kifejlesztett nyomásérzékelő felépítése látható.



87. ábra

A szilícium membránt planár technológiával állítják elő, amely olcsóvá teszi az igényes mérőelemet. A szilíciummembránt a szubsztrát alapon képezik ki, majd a nyomás nagyságához illő membránvastagságot speciális technológiával, az érzékelő másik oldaláról lemaratják. A nyomásintervallum tág, 16mbar – 400bar határok között találunk nyomásmérőket.

A monolitikus érzékelő jó műszaki paraméterekkel rendelkezik, kivételt képez a hőmérséklet-függése. Ezen egy mellé integrált segédáramkörrel segítenek. Ha ugyanis a cella tápfeszültségét a hőmérséklet függvényében változtatják, akkor kompenzálni lehet a piezorezisztív ellenállások hőmérséklet-függését.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A nyomásérzékelőket a jelfeldolgozó egységektől és a kezelőszemélyektől általában nagyobb távolságra szokás elhelyezni. A híd kimenet kicsiny feszültségjele néhány 10 méter távolságra zavarmentesen nem továbbítható. Ezért a kimenőjelet erősítik, rendszerint a lapkán elhelyezett erősítőfokozattal. Az illesztő erősítő készülhet feszültség- vagy áramkimenettel. A feszültség kimenetű nyomásmérőket transzduktoroknak nevezik, ezek kimenőjele kb. 200 mV. Az áramkimenetű, úgynevezett transzmitterszenzor többnyire 4–20 mA áram leadására képes. A transzmitter jele két vagy három vezetéken már nagyobb távolságra is elvezethető.

7.3 Hőmérsékletérzékelők

A hőmérsékletmérő eszközök a mérendő közeggel közvetlenül, vagy közvetve találkozhatnak. Ha az érzékelő és a közeg között közvetlen kapcsolat van – ide értendő a védőburkolatokon, védőcsöveken keresztüli kapcsolat is – kontakthőmérőknek nevezik. Ha ezt a kapcsolatot a mérőközeg magas hőmérséklete, vagy más fizikai, kémiai tulajdonsága nem teszi lehetővé, közvetett, vagy már a mérési elvre utalóan, sugárzáson alapuló eszközöknek hívjuk.

A hőmérsékletérzékelők viselkedését általában két alapvető jelleggörbével jellemzik, amelyből számos meghatározó paraméter olvasható ki.

A statikus jelleggörbe az a grafikusan leíró módszer, amely megmutatja az érzékelő, érzékelő-átalakító viselkedését, vagyis a változó bemenő jelre, milyen kimenő jellel válaszol. A jellege bármilyen lehet, pozitív (növekvő) vagy negatív (csökkenő), lineáris, vagy függvény szerint változó, de lehet folytonos vagy diszkrét lefolyású is. Ezeket a jelleggörbéket, a hozzájuk tartozó leíró egyenleteket, a belőlük származtatható eltéréseket, hibákat stb. az eszközök részletes tárgyalásánál mutatjuk be. A hőmérsékletérzékelők nagyon fontos jelleggörbéje a dinamikus jelleggörbe, amely az eszköz időbeli viselkedését írja le. A kontakthőmérők valamennyi típusánál az a cél, hogy a hőmérő érzékelő része a mérendő testtel azonos hőmérsékletű legyen. Azonban a hőmérő ezt a hőmérsékletet elvben csak végtelen hosszú idő múlva éri el, ezért a gyakorlatban megelégszenek egy korlátozott pontossággal, így ez az idő véges értékű.

Ha egy tetszőleges kontakt hőmérőt T_0 abszolút hőmérsékletű közegből, mérés céljából áthelyezünk a T_1 abszolút hőmérsékletű térbe, akkor a mérendő T_1 hőmérsékletű közeg és a hőérzékelő között hőcsere indul meg, az m tömegű hőmérő dt idő alatt

$$dQ = \alpha A(T_1 - T)dt$$

hőt vesz fel. Itt a T a hőmérő pillanatnyi hőmérséklete, a a hőmérő és a közeg közötti hőátadási tényező, A hőátadási felület.

A hőmérő a felvett hőt tárolja, amely

$$dQ = mcdT$$

nagyságú, c a hőmérő fajhője.

7.3.1 Ellenállás változáson alapuló hőérzékelők

Hőellenállásnak akkor nevezünk egy villamos áramtól átjárt vezetőt (félvezetőt) ha a mérés céljára azt a tulajdonságát használjuk fel, hogy ellenállása a hőmérséklettől függ. A mérés során a hőellenállás hőmérsékletét a környezettel folytatott hőcsere termikus egyensúlya szabja meg.

Az ellenállás-hőmérők anyaguk szerint lehetnek fém, vagy félvezető alapanyagúak.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

7.4 Ellenállás-hőmérők fémből

A fémeknek általában pozitív hőmérsékleti tényezőjük (α) van, ami azt jelenti, hogy fajlagos ellenállásuk (ρ) a hőmérséklet növekedésével nő. Fémek esetében a ρ(T) nem lineáris, emiatt a függvényt végtelen sorának első két tagjával közelítjük:

$$\rho_T = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)$$

Ahol a 0 index egy alapállapotot, a T index egy tetszőleges abszolút hőmérsékleti állapotot jelez.

$\alpha, \left[\frac{1}{K}\right]$ - hőmérsékleti tényező.

Az összefüggés csak egy határozott tartományban ad kielégítő közelítést, azaz a különböző tartományokban más-más érték érvényes. A gyakorlatban a hőmérsékleti tényezőt a következő képlettel számítjuk:

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{R_{100} - R_0}{100},$$

amelyben R_0 és R_{100} a fém ellenállása két, egymástól 100 K-nel különböző hőmérsékleten.

Az értéke az illető fém vagy ötvözet tulajdonságaira (tisztaságára) jellemző, minél nagyobb az értéke, a hőmérő annál jobb, értékesebb.

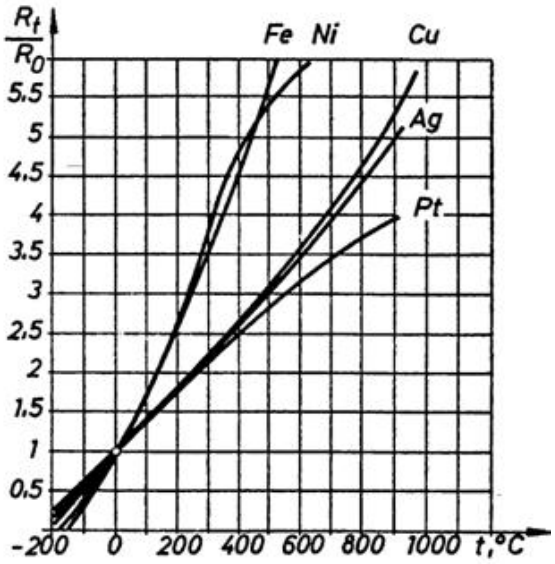
A leggyakrabban alkalmazott ellenállás-hőmérő anyagok a platina, a réz és a nikkel.

A platina ellenállás-hőmérő igen pontos eszköz, mert a platina nagy vegyi tisztaságban állítható elő, oxidációval szemben ellenálló. Hátránya, hogy redukáló közegben az ellenállása megváltozik. A mérési tartománya széles, -200 °C – + 800 °C (egyes esetekben + 1000 °C) határok között alkalmazható. Hitelesítő és kompenzáló mérésekre kiválóan alkalmas.

A nikkel ellenállásmérőt főleg üzemi hőmérőként alkalmazzák, az összes fém közül a legmagasabb a hőmérsékleti tényezője. Hátránya, hogy jelleggörbéje csak -60 °C – + 180 °C közötti tartományban lineáris, az anyagban 350 °C körül molekuláris változások lépnek fel. Nem lehet kémiailag tisztán előállítani, ezért minden esetben egyedi hitelesítést igényel.

A réz ellenállás-hőmérőket csak -50 °C – + 200 °C lehet alkalmazni, főleg villamos áramkörökben kompenzációra használják. Az xxx ábrán néhány anyag statikus jelleggörbéjét látjuk, azaz a hőmérséklet függvényében a statikus ellenállást.

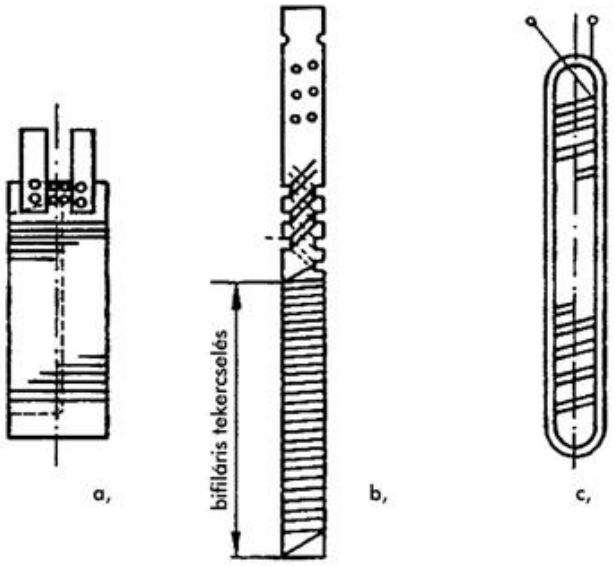
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



88. ábra

Az érzékelők felépítése az alkalmazási területtől függ. Pontszerű mérésekre nem alkalmasak.

Az érzékelő általában huzalból készül, kb. 0,1–.0,6 mm átmérőben, a mért hőmérséklettől függően. Az alapellenállást általában szabványos 100Ω értékre választják és Pt100 jelöléssel látják el. A huzalt csévetestre tekercselik, vagy védőfelületben helyezik el. Néhány ilyen kivitelt az 89. ábrán láthatunk.



89. ábra

A csévetest anyagát is a hőmérséklet függvényében választják meg, az egyszerű papíralapú szigetelőktől a kerámia testig. Az egyszerűbb igényű érzékelőknél (pl.: a. ábra) prespán alapra, Ni ellenálláshuzalt csévéltek fel, egymás utáni tekercseléssel. A b. és c. ábrán a kerámia illetve üvegtestre úgynevezett bifiláris (indukciószegény) tekercs biztosítja az érzékelést. A tekercset védőburkolattal látják el, így laboratóriumi mérésekre alkalmasak.

Ipari hőmérsékletérzékelőként szabványos fémtokba helyezik, melynek anyaga, átmérője, hossza függ az alkalmazási hely jellemzőitől. A tokozott hőmérők időállandója nagy, ezzel együtt a reprodukálási

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

idő is nagy. (A reprodukálási idő az az idő, amely szükséges ahhoz, hogy a mért közegből eltávolított hőmérő mennyi idő után kerül ismét mérési alaphelyzetbe.)

A fém ellenállás hőérzékelőket integrált kivitelben is gyártanak. Réz és platina alapanyagúak, egy integrált felületre kerülnek, a hőmérsékletet, illetve más fizikai jellemzőket érzékelő elemre. Funkciójuk általában hőmérsékletkompenzáció, vagy referencia hőmérséklet előállítása. Ilyen esetben a platina-ellenállás értéke 1000W (Pt 1000).

7.4.1 Hőmérsékletérzékelő félvezető ellenállások

A gyakorlatban nagy szükség van a szobahőmérséklet körüli tartományban hőmérséklet-mérésre. A félvezetős hőmérséklet-érzékelő ellenállások három fajtája terjedt el, a negatív karakterisztikájú (NTK), a pozitív karakterisztikájú (PTK) és a terjedési ellenállás alapú szilícium hőmérsékletérzékelők.

A tiszta félvezető anyagban meglévő mozgékony elektronok koncentrációja a hőmérséklettől függ és a következő tapasztalati képlettel írható le:

$$R(T) = R_0 e^{B/T}$$

Ahol:

- R_0 - alapellenállás
- B - termisztorállandó
- T - abszolút hőmérséklet.

Az összefüggésből látható, hogy a jelleggörbéje negatív meredekségű, exponenciális görbe. A negatív jelleg magyarázata az, hogy az anyag melegítése energiaközvetítést jelent, az elektronok gerjesztődnek és egyre több elektron lép ki a vegyértéksávból a vezetési sávba, és részt vesz a vezetésben. Ez egyértelműen fajlagos ellenállás-csökkenést eredményez.

Adalékolással az anyag villamos tulajdonságai megváltoztathatók. Az adalékolás során ugyanis megnő a mozgékony töltéshordozók koncentrációja, ami az adalékolás arányában csökkenti a fajlagos ellenállást. A hőmérséklet emelkedésével nő a bázisanyag mozgékony töltéshordozóinak koncentrációja, de az adalékolással bevitt töltéshordozók koncentrációja nem változik, ami a negatív hőmérsékleti együtthatót (TK) még tovább csökkenti. Ez jellemző a kis és közepesen adalékolt félvezető érzékelőkre. Az adagolási mérték további növelésével a hőmérsékleti együttható pozitívvá válik, mert az atomi hőmozgás egyre jobban gátolja a szabad töltéshordozók irányított mozgását.

Az NTK (negatív hőmérsékleti együtthatójú) termisztorok fém-oxidok keverékéből szintereléssel készülnek. Ez a technológia lehetővé teszi a kiviteli formák sokféleségét, az olcsó, nagy tömegű gyártást.

Többféle kivitelben készülnek: gyöngytermisztorok, tárcsatermisztorok, rúdtermisztorok, morzsatermisztorok stb.

Az egyes termisztorfajták között, de a fajtákon belül is jelentős méreteltérések vannak. A gyöngytermisztorban például gombostűfejnyi nagyságú termisztor massza van, többnyire védő üvegcsőbe forrasztva. A tárcsatermisztorok különböző átmérőjű és vastagságú oxidpasztillák, amelyek kivezetéssel, védőlakk burkolattal vagy fémszerelvénnyel kiegészítve készülnek. A rúdtermisztorok hossza és átmérője is tág határok között változhat. A morzsatermisztorok ónozott kontaktusfelületű, apró hasáb alakú alkatrészek, amelyeket főleg hibrid integrált, és felületen szerelt (SMD) áramkörök használnak fel.

A termisztorok viselkedését jelleggörbéik ismertetésével lehet követni. A legfontosabb az ellenállás-hőmérséklet jelleggörbe. Az NTK termisztorok ellenállását hőmérsékleti hatással kétféle módon lehet befolyásolni:

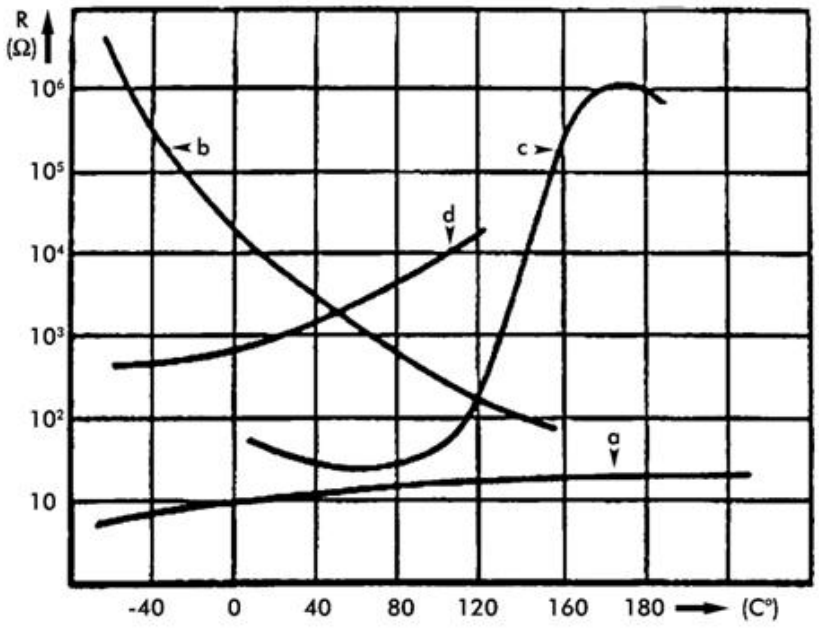
- a környezeti hőmérséklet változtatásával,

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- a termisztorba betáplált teljesítmény (az átfolyó áram) növelésével

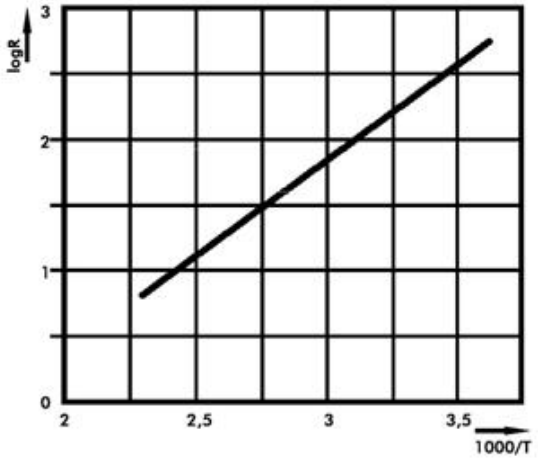
Egészen kis áramerősség az NTK termisztort nem melegíti észrevehetően a környezetnél magasabb hőmérsékletre. Ilyen feltételek mellett kell felvenni a termisztor terheletlen ellenállását. A különböző hőmérsékleteken mért terheletlen ellenállások összefüggése az ellenállás-hőmérséklet jelleggörbe.

Az 90. ábrán tüntettük fel az NTK termisztor (b jelű), a PTK termisztor (c jelű), a terjedési ellenállás alapú szilíciumérzékelő (d jelű) és összehasonlításul a platina ellenállás hőmérő (a jelű) jelleggörbéit.



90. ábra Hőmérséklet-érzékelő ellenállások jelleggörbéi a. platina ellenállás-hőmérő b. NTK termisztor c. PTK termisztor d. terjedési ellenállás alapú szilíciumérzékelő

A gyakorlatban sok esetben az exponenciális jelleggörbét átalakítják egy sokkal könnyebben kezelhető összefüggéssé, vagyis a log R-t ábrázolva, 1/T segítségével közel egyenest kapunk, amelynek meredeksége a B termisztor állandóval arányos (91. ábra).

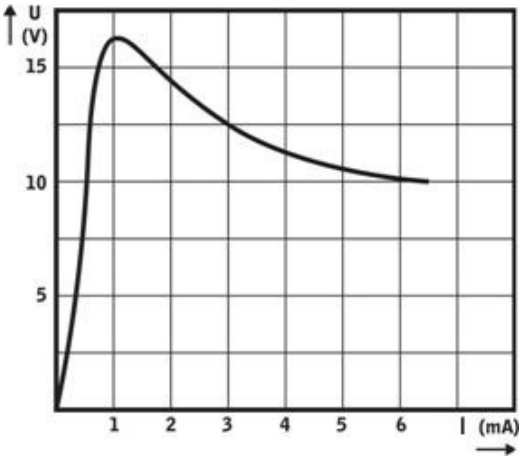


91. ábra Az NTK termisztor jelleggörbéje logaritmikus léptékben

Az ellenállás-hőmérséklet jelleggörbe lefutása alapján az NTK termisztorokat hőmérséklet-mérési, szabályozási és kompenzálási feladatok megoldásainál érzékelőként lehet felhasználni. Ez utóbbi feladatra való alkalmasságát a feszültség-áramerősség jelleggörbe mutatja meg. Ha egy NTK termisztort egyre növekvő árammal terhelünk, és eközben állandóan mérjük a sarkain fellépő feszültséget, azt

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

tapasztaljuk, hogy kis áramerősségeknél a feszültség az áramerősséggel egyenes arányban nő, vagyis ezen a szakaszon az Ohm-törvény érvényes. Az áramerősséget tovább növelve, a feszültség növekedése elmarad, egy bizonyos jellemző áramerősséget meghaladó áramnál a feszültség csökkenni kezd.



92. ábra Az NTK termisztor feszültség-áramerősség jelleggörbéje lineáris léptékben

A jelleggörbe jellegzetes tulajdonságait hasznosítják működésük közben az NTK termisztort tartalmazó feszültség stabilizátorok, parametrikus erősítők, kisfrekvenciás oszcillátorok, szintszabályzók stb.

A termisztorok fontos paramétere még a termikus időállandó. A termisztor saját, és szerelvényeinek tömege, hőszigetelő tulajdonságai miatt csak késéssel reagál a hőmérsékletét megváltoztató hatásokra. A termikus hőtehetetlenségét a termikus időállandó jellemzi: τ_{th} . Az időállandó azt az időt jelenti, amely szükséges ahhoz, hogy a termisztor és a környezete közötti hőmérséklet-különbség a 63,2%-ot elérje. Az időállandó nagyságát a termisztor hőtehetetlenségén kívül a környezeti hatások is befolyásolják. Emiatt nem szükségképpen azonos a lehűlési és a felmelegedési időállandó értéke. A katalógusokban megadott érték nyugvó levegőben mért lehűlési idő, amely néhány másodperctől száz másodpercig terjedhet.

Szabályozástechnikai célokra használt NTK termisztoroknál az áramkör működése szempontjából az a döntő, hogy mennyi idő alatt ér el a kikapcsolt termisztor ellenállása egy olyan értéket, amelynél a folyamatot újra lehet indítani. Ebben az esetben hasznos tájékoztatást ad az úgynevezett feléledési idő.

A feléledési idő az az időtartam, amennyi idő ahhoz szükséges, hogy a megengedett maximális terheléssel üzemelő, a környezetével termikus egyensúlyban lévő NTK termisztor kikapcsolása után arra a hőmérsékletre hűljön le, amelyen ellenállásának értéke eléri a szobahőmérsékleten mért ellenállása értékének felét.

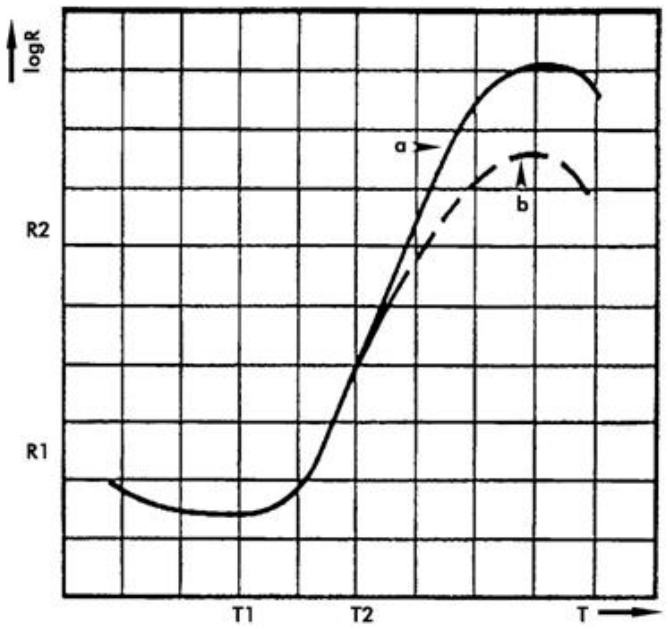
A pozitív hőmérsékleti tényezőjű (PTK) termisztorok alapanyaga polikristályos báriumtitanát, amelyet kis mennyiségű fém-dioxid adalékok tesznek félvezetővé. Leggyakrabban használt adalékanyagok a stroncium és titán-oxidok.

A PTK termisztorok legfontosabb tulajdonsága, hogy egy meghatározott hőmérséklet-tartományban ellenállásuk több nagyságrendnyit növekszik a hőmérséklet emelkedésével, vagyis nagy pozitív hőmérsékleti tényezőjűek. A hőmérséklet-tartomány, amelyben az ellenállás-növekedés fellép, mintegy 30°C – 50°C és alsó határa az egyes PTK termisztorokra jellemző. A félvezető bárium-titanát alapú kerámiáknak ez a tulajdonsága az anyag ferroelektromos természetén és polikristályos szerkezetén alapul. A polikristályos anyag szemcsefelületein az előállítási technológia során záróréteges alakulnak ki, amelyek potenciálgátat jelentenek a vezetési elektronok számára. A potenciálgátak magassága nem számottevő a Curie-pont alatti hőmérséklet-tartományban, így itt az egész anyag kisellenállású félvezető. A Curie-pont felett azonban csökken a permittivitása, ennek következtében a potenciálgátak magassága rohamosan nő, ez az anyag villamos ellenállásának hirtelen emelkedésével jár.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A PTK termisztorok úgy készülnek, hogy az alkatrészek porából rúd, tárcsa, henger, stb. formát préselnek, majd szinterelnek. Az égetés 1000°C – 1400°C-on történik. A lehűlt elemekre fémezéssel viszik fel a hozzávezető elektródákat, majd védőréteggel látják el.

A PTK termisztorok legfontosabb jellemzője az ellenállás-hőmérsékleti karakterisztika, amely az 93. ábrán látható**.**



93. ábra PTK termisztor ellenállás – hőmérséklet karakterisztikája

Megfigyelhető, hogy az eszköznek kis hőmérsékleti tartományban negatív hőmérsékleti együtthatója van, majd nagy meredekségű pozitív jellegre vált. A jelleggörbe ezen szakasza logaritmikus léptékben egyenesnek látszik, majd egy telítési tartomány következik. Az ábrán látható, hogy külső térerősség hatására az eszköz meredeksége csökken (varisztorhatás). A katalógusok megadják a PTK termisztorok kiválasztásához szükséges értékeket, többek között a meredek szakasz min. ellenállás (R_{min}) és max. ellenállás (R_{max}) értékét, a hozzá tartozó hőmérséklet értékekkel (T_{min}, T_{max}) együtt.

A PTK termisztorokra is jellemző az áram-feszültség jelleggörbe, mely hasonló lefolyású, mint az NTK termisztoroké. A PTK termisztorok ellenállása frekvenciafüggő. A polikristályos termisztor ugyanis, mint parányi p-n átmenetekből felépült félvezető eszköz, nem tisztán rezisztív, hanem kapacitív is. Ennek megfelelően váltakozó áramú körben impedanciája csökken a frekvencia növekedésével.

A PTK termisztorok, mint a legtöbb félvezető eszköz ugyanolyan exponenciális jelleggel veszi fel a környezeti hőmérsékletet, amelynek jellemzője az időállandó (τ_{th}).

A PTK termisztor egyik tipikus alkalmazási területe a termikus védelem. A speciálisan ilyen alkalmazásra gyártott termisztorokhoz hozzárendelik még a feléledési időt (t_r), amely alatt a PTK termisztor eléri azt az ellenállásértéket, amelyre a hozzá kapcsolt vezérlőelektronika (feldolgozó-elektronika) működésbe lép. A termisztorok kivitele alkalmazkodik a felhasználási területhez, villamos motor, csapágy, hengertest, gépalkatrész, stb. termikus védelmére.

A félvezető alapú ellenállásos hőmérséklet-érzékelők harmadik csoportját a terjedési ellenállás elvén alapuló eszközök képezik.

Ezen hőmérséklet-érzékelők anyaga adalékolt szilícium. Nagy előnye a termisztorokkal szemben, hogy hasonló meredekség mellett linearitása lényegesen jobb, és olcsóbb. Az olcsó árat az biztosítja, hogy planáris technológiával gyártható, ha tetszik monolitikus integrált áramkör alakítható ki vele. Az eszköz további előnye, hogy a hozzávezetések helyének megváltoztatásával az ellenállás értéke széles határok

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

között megváltoztatható. A terjedési ellenállás elvén alapuló hőmérséklet-érzékelőkre érvényes a fém ellenállás-hőmérőknél ismert összefüggés:

$$T_{T2} = R_{T1}[1 + \alpha(T_2 - T_1)$$

A hőmérsékleti tényező értéke a szobahőmérséklet körüli tartományban elsősorban az elektronok mozgékonyságának hőmérsékletfüggésétől függ. Az érzékelők kevésbé lineárisak a fémhuzal hőmérőknél, de sok esetben nincs is erre szükség. Az érzékelőket 200–400K hőmérséklettartományban gyártják, tokozott kivitelben.

7.4.2 Félvezetők, mint hőmérséklet-érzékelők

Hőmérsékletérzékelőként felhasználhatók a diódák és tranzisztorok is. Ezekben az érzékelőkben a félvezető elem ellenállás jellegű viselkedését tapasztalhatjuk, és nem lineáris jelleggörbéje ellenére passzív elemként működik.

Az egyszerű p-n átmenet (többnyire rétegdióda) legkézenfekvőbb tulajdonsága a hőmérséklet-érzékenység, így hőmérséklet-érzéklelő készítésére alkalmas. Az egyszerű diódás hőmérséklet-érzékelőket széles körben használják, mert olcsók, és a *-50..+ 150 C* -os hőmérsékleti tartományt elfogadható linearitással és üzem-biztosan mérik. Az érzékelő időállandója a dióda hőtehetetlenségétől függ és hűtőborda segítségével szinte tetszőlegesre növelhető. A p-n átmenet nyitóirányú feszültsége és záróárama hőmérsékletfüggő, amelyeket az alábbi összefüggésekkel lehet leírni.

A nyitó irányú áram nagysága:

$$i_F = i_0(T)exp\left[\frac{U_F \cdot e_0}{mkT}\right]$$

ahol,

- $i_0(T)$ - hőmérsékeltfüggő záróáram
- U_F - nyitóirányú feszültség
- e_0 - elemi töltés $1{,}6*10^{-19}$ C,
- k - Boltzmann állandó $1{,}38*10^{-23}$ Ws/K
- T - abszolút hőmérséklet K
- m - korrekciós tényező, diódánál 1-2, diódának kapcsolt tranzisztornál 1 körüli érték.

Ellenőrző kérdések

1. Milyen fizikai jellemző változása használható fel rugalmas deformáció hatásának érzékelésére?
2. Milyen villamos kapcsolásba helyezik el az ellenállásokat és hogyan kompenzálják a környezeti hőmérséklet változását?
3. Mi a cellatényező?
4. Mi a piezorezisztív ellenállás?
5. Milyen előnyei vannak a piezorezisztív alapú mérőcelláknak, a fémellenállású cellákkal szemben?
6. Hogyan kompenzálják a piezorezisztív ellenállás hőmérséklet-függését?
7. Milyen fizikai jellemzők érzékelésére alakítottak ki mérőcellákat?
8. Mik a kontakt és a sugárzáson alapuló hőmérséklet-érzékelők jellemzői?
9. Milyen jelleggörbékkel írhatók le a kontakt hőmérők viselkedése? (Vázoljon!)
10. Mi az időállandó?
11. Fém hőmérséklet-érzékelők esetén milyen jellemző változása használható fel mérésre?
12. Melyek a leggyakrabban alkalmazott ellenállás-anyagok?
13. Hogyan viselkednek a hőmérséklet-változás hatására?
14. Melyik ellenállás-hőmérőt alkalmazzák hitelesítési célra? Ismertesse a felépítését!
15. Mit jelent a linearitási hiba?
16. Ha a platina ellenállást integrált kivitelben készítik, mekkora az alapellenállása, és miért?

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

17. Milyen villamos kapcsolásba helyezik az ellenállásokat? Hogyan kompenzálják a környezet hőmérsékletét?
18. A félvezetők mely tulajdonságát lehet hőmérséklet mérésre használni?
19. Melyek az NTK termisztorok? Milyen alakban vásárolhatók?
20. Mi az ellenállás hőmérsékleti tényezője?
21. Mi a feléledési idő? Milyen gyakorlati jelentősége van?
22. Milyen főbb jellemzői vannak a PTK termisztoroknak? Milyen intervallumban használhatók?
23. A diódák és tranzisztorok milyen jellemzőit lehet hőmérséklet-érzékelésre alkalmazni? Ismertesse működésüket! Milyen a hőmérsékleti együtthatójuk?

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

8. fejezet - Kapacitív érzékelők

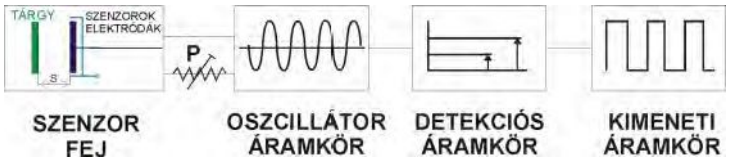
94. ábra

A kapacitív érzékelők elektromos mező segítségével működési tartományukon belül elhelyezkedő tárgyak észlelésére alkalmasak. Az induktív érzékelőkkel ellentétben nem-fémes tárgyakat, például műanyagot is észlelnek. A kapacitív szenzor nem-vezető réteg mögött elhelyezkedő tárgyak detektálására is alkalmas, így gyakran alkalmazzák tartály falán keresztül folyadékok vagy pelletek észlelésére. A kapacitív érzékelőket általában közelítésérzékelőként használjuk, de a tárgy szenzortól mért távolságával arányos jel létrehozására is alkalmasak. Az ilyen érzékelők észlelési távolsága igen kicsi, kb. 30 mm, de léteznek speciális berendezések is, melyeknél ez 60 mm is lehet.

Ha egy fémes tárgy vagy dielektrikum megjelenik a szenzor észlelőfelületének közelében, az a kimeneti állapotának KI/BE vagy BE/KI váltásával reagál.

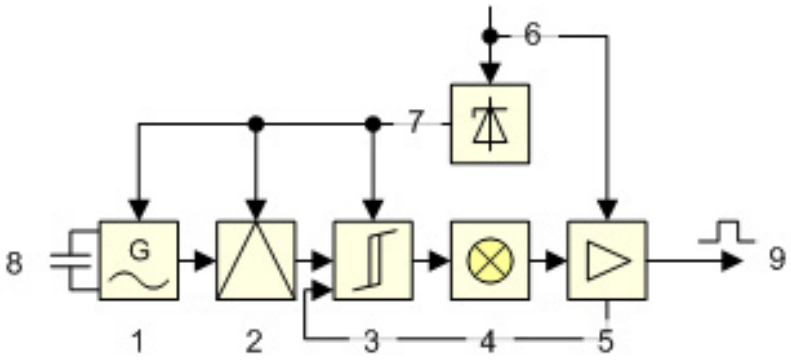
A kapacitív érzékelő a következő alkotóelemekből áll:

- fej elektródával,
- potenciométer (P),
- oszcillátor,
- detektáló áramkör,
- kimeneti áramkör.



95. ábra Kapacitív szenzor blokk vázlata

A kapacitív szenzor aktív komponense két fém elektróda, mely nyitott kondenzátort alkot. Ha egy tárgy közelít ehhez a kondenzátorhoz, annak megváltozik a kapacitása. A kondenzátor teljes kapacitása, mely meghatározza a kimeneti jel szintjét, a szenzor alap kapacitás és a detektált tárgy által okozott kapacitásváltozás összege.



96. ábra A kapacitív érzékelő működési sémája

1. Oszcillátor

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

2. Demodulátor
3. Trigger-fokozat
4. Kapcsolási állapot jelzése (LED)
5. Kimeneti fokozat védőkapcsolással
6. Tápfeszültség
7. Belső feszültségstabilizátor
8. Aktív zóna (kondenzátor)
9. Kapcsolási kimenet.

8.1 Szenzor típusok

A kapacitív szenzorok általában mint hengeres vagy kocka alakú közelítésérzékelők léteznek, melyek aktív oldala az egyik lapos felület. A hengeres érzékelők két típusa használatos. Az egyik típus árnyékolt, tehát a működési tartomány a szenzor előlapjánál kezdődik. Az ilyen típusok fémbe vagy más anyagba süllyesztve szerelhetők. A másik típus esetén a szenzor kiáll a házból. Ezek az érzékelők különösen jól használhatók, amikor az észlelendő anyag közvetlenül érintkezik az aktív felülettel (pl. ömlesztett anyagok vagy folyadékok szintjének figyelése). Ekkor az érzékelési tartomány 50%-al nagyobb. Léteznek speciális készülékek is, melyeket vízszintes vagy görbült felületek esetén használhatunk.

8.1.1 Detektálandó tárgy anyagi minőségének hatása

A kapacitív szenzorok kapcsolási távolsága széles tartományban változik. A legnagyobb távolságot vezető anyagok esetén érjük el, és mint azt korábban már említettük, az a földeléstől is függ.

Vezető tárgyaknál az anyagi minőség nem befolyásolja az érzékelési távolságot. Szigetelők esetén azonban a kapcsolási távolság a dielektromos állandó függvénye, azaz minél nagyobb a dielektromos állandó, annál nagyobb a kapcsolási távolság. A kapacitív érzékelők működési tartománya a detektálandó tárgy dielektromos állandójával csökken. A következő táblázat a különböző szigetelők dielektromos állandóját tartalmazza.

A szerves anyagok, azaz a fa, különböző magvak, stb. detektálásának távolsága nagyban függ azok víztartalmától. Ez a víz nagyon magas dielektromos állandójára ($\varepsilon_{víz} = 80$) vezethető vissza.

Anyag	ε_r
Alkohol	25,8
Bakelit	3,6
Benzin	2,2
Cellulóz	3,0
Fa	2…7
Puha gumi	2,5
Szilikon gumi	2,8
Vulkanizált gumi	4
Márvány	8
Csillámpala	6
Transzformátor olaj	2,2
Papír	2,3
Keménypapír	4,5
Paraffin	2,2
Plexi	3,2
Poliamid	5

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Polyethylene	2,3
Polypropylene	2,3
Polystyrene	3
Porcelán	4,4
Üveg	5
Teflon	2
Levegő, vákuum	1
Víz	80

A katalógusban található névleges érzékelési távolság (S_n) szabványos fémes tárgy esetén érvényes. A szenzor valós érzékelési tartományának (S_r) meghatározásához a nominális értéket az adott anyagra vonatkozó redukciós tényezővel kell megszorozni.

Valós érzékelési tartományának (S_r) = S_n redukciós tényező.

8.1.2 Kapacitív érzékelők jellemzői

Kapacitív érzékelők műszaki jellemzői

(tipikus kialakítások)

Üzemi feszültség	10 … 30 V =
	20 … 250 V ~
Névleges kapcsolási távolság	5 … 20 mm
	max. 60 mm
Maximális áramerősség	500 mA
Környezeti hőmérséklet	- 25 ^{o}C … +70 oC
Kapcsolási frekvencia	max. 300 Hz
Érzékenység szennyeződésekre	érzékeny
Élettartam	nagyon magas
Alak	hengeres (pl. M18x1, M30x1)
	hasábalakú

A kapacitív érzékelők igen érzékenyek a szennyeződésekre, vízre. Nedves környezetben zavart okozhat a lecsapódó pára. Vékony (nem fém) falon keresztül is érzékel (s < 4 mm), ha az anyag legalább 4-szeres dielektromos állandójú, mint a fal anyaga. Fémek érzékelésére általában az induktív érzékelőket használják kedvezőbb áruk és a szennyezésekkel szembeni érzéketlenségük miatt. Nem fémek esetén gyakoribb az optikai érzékelők használata.

A kapacitív közelítéskapcsolók is készülnek síkba építhető és síkba nem építhető változatban.

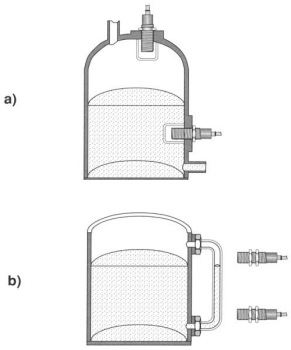
8.1.3 Alkalmazások

Karakterisztikájuk és egyszerű felépítésüknek köszönhetően a kapacitív szenzorokat számos területen alkalmazzák. Ilyen például:

- tartály folyadékszintjének figyelése,
- granulátum szintjének ellenőrzése,
- vezető és szigetelő tárgyak számlálása,
- üres terek felismerése a csomagoláson keresztül,
- károsodás felismerése.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

97. ábra Kapacitív érzékelők



98. ábra Folyadékszint figyelése

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

9. fejezet - Induktív mérő-átalakítók

99. ábra

9.1 Bevezetés

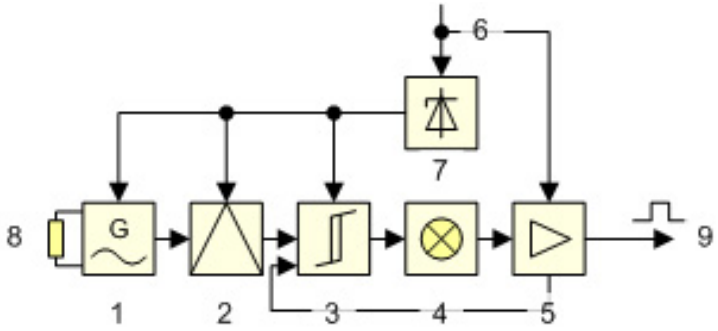
Az induktív érzékelők (szenzorok) az automatizálásban a helyzet és a transzlációs mozgás ellenőrzésére és vezérlésére leginkább elterjedt érzékelők. Sok alkalmazás esetén ez a szenzor a legjobb választás, hiszen egyszerű és kompakt felépítése mellett nagy megbízhatóság és egyszerű beszerelhetőség jellemzi.

Az induktív érzékelők olyan jelátalakítók, melyek kimenetük állapotváltozásával jelzik fémes tárgyak jelenlétét érzékelési területükön belül, anélkül hogy direkt kontaktus alakulna ki.

Egy induktív szenzor az alábbi alapvető építőelemekből áll:

- vasmagos indukciós tekercset tartalmazó fej,
- szinuszos feszültséget kibocsátó jelgenerátor,
- érzékelő rendszer (komparátor) és egy kimeneti erősítő.

A tekercsből és vasmagból álló indukciós rezgőkör egy változó, nagy frekvenciás mágneses teret indukál a szenzor körül. Ez a mező minden, a szenzor közelében található fémes tárgyban örvényáramokat hoz létre. Ezek az örvényáramok az induktív áramkör terheléséhez vezetnek, melynek eredménye a rezgési amplitúdó csökkenése. A változás mértéke a fémes tárgy és a szenzor távolságának függvénye. A szenzor kimenetének megváltozása annak karakterisztikájától függően a fémes tárgy egy adott távolságon belül történő elhelyezkedése esetén következik be. Analóg szenzorok esetén a kimeneti jel szintje fordítottan arányos a tárgy szenzortól való távolságával.



100. ábra Az induktív érzékelő működési sémája

1. Oszcillátor
2. Demodulátor
3. Trigger-fokozat
4. Kapcsolási állapot jelzése (LED)
5. Kimeneti fokozat védőkapcsolással
6. Tápfeszültség
7. Belső feszültségstabilizátor
8. Aktív zóna (tekercs)
9. Kapcsolási kimenet

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

9.2 Alapkonstrukció

Működési elv

Az induktív szenzor aktív része egy vasmagra tekert, változó mágneses terű tekercs. A mag szerepe nyitott mágneses kör esetén a tekercs mágneses mezejének felerősítése, és annak a mérési terület felé irányítása.

A mágneses mező változása mindig elektromos mező keletkezését vonja maga után (örvényáram). Ha a változó mágneses mezőben egy vezető jelenik meg, az elektromos mező erővonalai mentén örvény mágneses mező keletkezik. Ez a mező ellentétes a tekercs mágneses mezejével, és elveszi a rezonancia-kör energiájának egy részét.

Ez azt jelenti, hogy a rezonancia-kör veszteségeiben változás lép fel, ami befolyásolja a jósági tényezőt és a rezgés amplitúdója csillapodik. A csillapítás addig lép fel, amíg a vezető tárgy ki van téve a tekercs mágneses mezejének. Ha a tárgyat eltávolítjuk a mezőből, a rezonancia csillapítása megszűnik, és a rezgés amplitúdója visszatér kiindulási értékére.

A szenzor elektromos áramköre az amplitúdó csillapodása alapján meghatározza a tárgytól való távolságot, és létrehozza a kimeneti jelet. A kimeneti jel általában kétállapotú: a tárgy a szenzor munkaterületén belül vagy kívül helyezkedik el. Előfordulhat azonban analóg jel is, mely fordítottan arányos a tárgy szenzortól mért távolságával.

Az induktív szenzorok változó mágneses teret létrehozó LC generátora nagyfrekvenciás (HF) generátor, mely tipikus tartománya 100 kHz és 1 MHz között van. A tekercs átmérőjének növelésével nő a szenzor maximális terhelési áram kapacitása, azonban csökken a működési frekvencia.

Az átlagos induktív szenzorok mérési területe nem haladja meg a 60 mm-t. A szenzorok háza eltérő lehet, léteznek hengeres (fém) és prizmás (műanyag) házak, így a szenzor működési helyén optimálisan installálható.

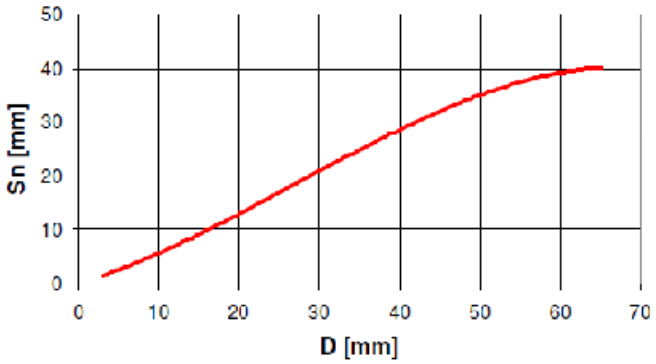
A szenzor előlapjától a tárgynak az áramkör átváltását előidéző távolságát névleges érzékelési távolságnak (Sn) nevezzük. Ez az érték szerepel a katalógusokban, értékét az EN 60947-5-2 szabvány szerint egy négyzet alakú acéllemezzel (St37) határozzák meg, melynek oldalhossza megegyezik a szenzor átmérőjével, és vastagsága 1 mm.

A valós érzékelési távolságot (Sr) a gyártás során határozzák meg, ez némileg eltérhet a névleges érzékelési távolságtól. Névleges működési feszültség és nominális környezeti hőmérséklet esetén $0,9\ Sn \leq Sr \leq 1,1\ Sn$.

A szenzor működésének megbízhatósága növelése érdekében az ajánlott működési tartomány tovább csökken: az üzemi érzékelési távolság $Sa \leq 0,8 \leq Sn$. Ez a távolság a fémes tárgytól való azon biztonságos távolságnak felel meg, mely esetén a külső hőmérséklet és a hálózati feszültség teljes változási tartománya esetén is hibátlan működés garantálható.

A szenzor Sn névleges érzékelési távolsága függ a ház D átmérőjétől, pontosabban a tekercs átmérőjétől és a mag tulajdonságaitól. Így tehát kisebb házba beépített szenzorok működési tartománya kisebb, mint a nagyobb méretű szenzoroké. Léteznek azonban speciális szenzor kivitelezési típusok, melyek növelik a működési tartományt.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



101. ábra A szenzor átmérje és a névleges működési tartomány kapcsolata

Minden szenzor műszaki specifikációja nyújt információt a kimenet maximális átváltási frekvenciáját illetően, mivel ez az adott szenzor jellemzője. A szenzor kimeneti állapotának átváltását jellemzi, ha egy St37-es acélból készült tárgy ciklikusan be-, majd kilép az érzékelési távolságból. A frekvencia meghatározása az EN 50 010/IEC 60947-5-2 szabvány alapján történik.

102. ábra Induktív érzékelő

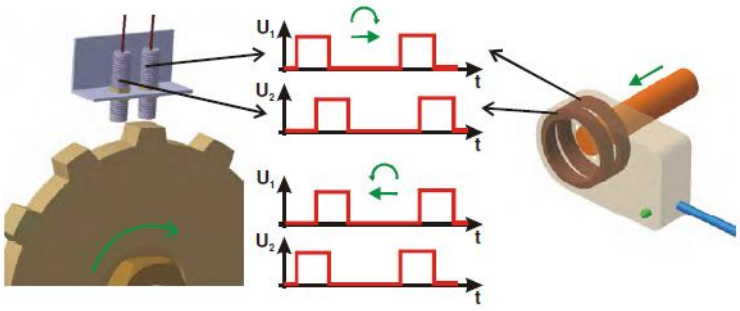
9.3 Mozgás irányának felismerése

A transzlációs vagy rotációs mozgás irányának felismeréséhez egy szenzorpár szükséges. Rotációs mozgás esetén a kimeneti jel átváltásáért felels elem lehet például egy fogas kapcsoló.

Az induktív érzékelő jele a fázis-diszkriminátorba (két jel fázisának különbségét felismerő berendezés) kerül. Ha a mozgás balra irányul, az 1-es jel megelőzi a 2-est, ekkor az L (left=bal) kimeneti állapotot állítja be a berendezés. Jobb felé irányuló mozgás esetén a helyzet fordított, ekkor a 2-es jel előzi meg az 1-es jelet, ekkor a rendszer az R (right=jobb) kimeneti állapotot állítja be. Hasonlóan történik a lineáris mozgás irányának meghatározása is, ekkor bistabil gyűrű-érzékelőt alkalmazunk. Ez az érzékelkét, sorba kapcsolt, de különböző generátorok által ellátott tekercset tartalmaz. A szenzor felépítése lehetővé teszi az egyes tekercseken átfolyó áramok megkülönböztetését.

Minden adott időpillanatban egyszerre csak egy generátor működhet. Ha egy tárgy balról jobbra érkezik, az első tekercs rezgése csillapul először, majd csak ezután a második. Ellentétes irányú mozgás esetén a helyzet fordított. A tekercseken folyó áramok elemzésével egy mérőrendszer megállapítja a mozgás irányát.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



103. ábra Mozgás irányának meghatározása két hagyományos szenzorral és egy bistabil érzékelővel

9.3.1 NAMUR mérő-átalakítók

A NAMUR induktív szenzorok olyan két vezetékes érzékelők, melyek belső ellenállása fémes tárgy érzékelésekor megváltozik: a „nincs fémes tárgy” helyzethez kicsi, a „fémes tárgy detektálva” helyzethez pedig nagy ellenállás tartozik. Ezek az érzékelők külső erősítőkkel működnek.

A NAMUR induktív érzékelők kimeneti jelei szigorúan definiált tartományban mozoghatnak. AZ EN 60947-5-6 (korábban EN 50227) szabvány szerint ez a tartomány 1,2 mA-től 2,1 mA-ig terjed. Minden DC erősítőről táplált NAMUR érzékelő áramkarakterisztikája megegyezik, és a szigorúan definiált átváltási hiszterézis 0,2 mA.

A NAMUR induktív érzékelők egy részlegesen csillapított tekerccsel rendelkező oszcillátorból és egy demodulátorból állnak. A detektált tárgy és a szenzor távolságának változása a kiadott áram változásává alakul, melyet a külső erősítő kétállapotú jellé alakít.

A NAMUR szenzorok robbanásveszélyes környezetben csak szikraálló jelváltó erősítővel használhatók. Lehetséges a szenzor biztonsági előírásoknak nem megfelelő erősítővel való használata is, ám ekkor az erősítőnek a veszélyes tartományon kívül kell elhelyezkednie.

A 0,15 mA-t meg nem haladó áramot a külső erősítő „nincs jel” állapotként értelmezi, a 6 mA-nél nagyobb áramokat pedig rövidzárlatként.

9.3.2 Analóg induktív szenzorok

A hagyományos érzékelőkkel ellentétben, melyek csak az érzékelést vagy nem-érzékelést regisztrálják, az analóg kimenetű induktív szenzorok teljes mérési tartományukon belül képesek egy tárgy pozíciójának meghatározására. Egy tárgy távolságának Sn-ről nullára változása a kimeneti jel 0-ról 20 mA-re való változásának felel meg.

Az analóg kimeneti jel szenzorok a közelítésérzékelőkhöz hasonlóan működnek. A rezonancia áramkör által létrehozott változó mágneses mezőt a szenzor érzékelési távolságán belül jelenlévő fémes tárgy csillapítja. A csillapítás a tárgy szenzorhoz való közeledésével erősödik.

A speciális oszcillátor-tervezés lehetővé teszi a rezonanciakör csillapítását a távolság változásának, azaz a jósági tényezőváltozásának függvényében. Ezt a rendszer kimeneti jellé alakítja, ami a linearizációs rendszernek köszönhetően csaknem lineáris. Az alábbi ábrán látható diagramok és számértékek egy St37-es acélból készült tárggyal készült mérések eredményei, mivel ezen anyag esetén az érzékelési tartomány maximális.

Más mágneses permeabilitású fémek esetén redukciós tényezőket kell használnunk. A jelenleg kapható érzékelők legtöbbje gyakorlatilag a teljes mérési tartományban lineáris karakterisztikával rendelkezik (az ábrán szürkére satírozott terület).

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

9.3.3 Biztonság és védelem

Az érzékelők egyik legfontosabb tulajdonsága az installáció során fellépő esetleges hibák kiküszöbölésének lehetősége. Ez elektromos védő elemek segítségével biztosítható, melyek a szenzor belső áramköreit védik. A legtöbb állandó áramú érzékelő esetén a kimenetek az alábbi negatív következményekkel járó események ellen védettek:

- a tápfeszültségre történő téves irányú csatlakoztatás
- a kikapcsolást követő túlfeszültség a kimeneten
- rövid és nem-ciklikus impulzusok a tápvezetéken keresztül
- túlzott kimeneti áram és rövidzárlat

Az egyenáramú szenzorok elektromos áramköreinek rövidzárlata magát a szenzort nem károsítja, még ismételt és tartós esetben sem, mivel a rövidzárlat alatt a szenzor diódái kikapcsolt állapotban vannak. A rövidzár kiküszöbölése után az érzékelő hibátlanul működik.

Fém házban található érzékelők esetén, amennyiben azok tápfeszültsége az emberre veszélyes, földelésre van szükség.

Ha egy közelítéskapcsoló KI állapotban van, az áramkörben szivárgási áram jelenik meg, mely az érzékelhibás működését eredményezheti. Ennek elkerülése végett egy további R_p ellenállást kapcsolunk párhuzamosan magával a terheléssel. Ez az ellenállás felveszi a szivárgási áramot, mivel értéke kisebb, mint az ellenállás működéséhez szükséges áram. Az R_p ellenállás és ennek P teljesítménye az alábbiak alapján számítható:

$$R_p = \frac{U}{I_{min}}; \quad P = \frac{U^2}{R_p}$$

9.3.4 Busz kapcsolat

Az érzékelők és vezérlőelemek kapcsolatát manapság modern kommunikációs hálózatok segítségével biztosítjuk. Ez a megoldás a régi, nagy kábeligényű megoldást váltotta fel.

A hálózati megoldások lényege, hogy a jeleket egy köztes berendezés érzékeli, majd egy buszon keresztül továbbítja őket a fő egységnek. Ez lehetővé teszi

- a költségek jelents csökkentését
- a szenzor és a meghajtó közötti távolság növelését
- a szenzor kalibrációjával és karakterisztikájával kapcsolatos adatok átvitelét

A legnépszerűbb megoldás ma a nyitott hálózat (open network), mely szabványokon alapulva különböző gyártók termékei közötti kapcsolatot is lehetővé tesz. A leggyakrabban használt kommunikációs protokollok: Ethernet, Profibus, DeviceNet, Modbus, CAN, AS-I.

A hálózatok segítségével elosztott vezérlő rendszereket hozhatunk létre, melyek lehetővé teszik a jelfeldolgozás egy részének alacsonyabb szintjeire, azaz a folyamathoz közelebb kerülését.

Az alapvető hálózati berendezések bemeneti és kimeneti (input/output, azaz I/O) modulok, melyek az adott típusú hálózathoz illő interfészt tartalmaznak. A modult egy adott hálózati címen egy fő egység észleli, mely lehetővé teszi az adatok nagy sebességű továbbítását. Ez különösen fontos az érzékelők esetén, hiszen itt a jeleket gyakran bonyolult eljárásokkal kell feldolgozni, azonban a döntéshozatalra rövid idő áll csak rendelkezésre.

Induktív közelítéskapcsolók műszaki jellemzői

(tipikus kialakítások)

A jelzett objektumok anyaga: fémek

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Működtető feszültség:	10 V … 30 V
Névleges kapcsolási távolság:	0,8 … 10 mm
	max. 250 mm
Max. áramerősség:	75 … 400 mA
Megengedett környezeti hőmérséklet:	- 25 … +70 °C
Megengedett vibráció:	10 … 50 Hz
	1 mm amplitúdó
Érzékenység szennyeződésekre:	nem érzékeny
Élettartam:	nagyon magas
Kapcsolási frekvencia:	10 … 5000 Hz
	max. 20 kHz
Alak:	hengeres, hasábalakú
Méretek (pl.):	M8x1, M12x1, M18x1
	M30x1, ∅4 mm … ∅30 mm
	25 mm x 40 mm x 80 mm

Az induktív érzékelő energia-felvétele néhány mikrowatt. Ez az alábbi előnyökkel jár:

- Nincs mágnesező hatása a jelzett fémtárgyra
- Nem okoz rádióvételi zavarokat
- Nem melegszik a jelzett fémtárgy

9.3.5 A kapcsolási távolságot befolyásoló tényezők

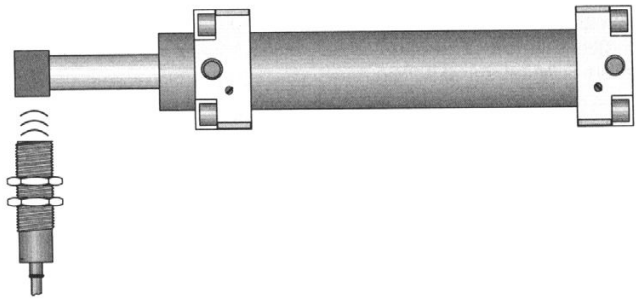
A kapcsolási távolság függ a fémtárgy anyagának elektromos vezetőképességétől, mivel a kisebb ellenállás kisebb örvényáram-veszteséget okoz. A névleges kapcsolási távolságot egy szabványos, 1mm vastag St37 -es acéllemez próbatesttel határozzák meg. A lemez négyzet alakú, oldalhosszúsága vagy az érzékelő aktív felületének átmérőjével, vagy a névleges kapcsolási távolság háromszorosával egyenlő. A két érték közül a nagyobbat kell figyelembe venni a próbatest méretének megválasztása során. Az acéltól eltérő anyagoknál úgynevezett redukciós tényezőt alkalmazunk.

A fém fajtája	Vezetőképesség m/Ω.mm^2	Redukciós tényező
Réz	56	0,25 – 0,4
Alumínium	33	0,35 – 0,5
Sárgaréz	15	0,35 – 0,5
Króm-nikkel ötvözet	1	0,70 – 0,9

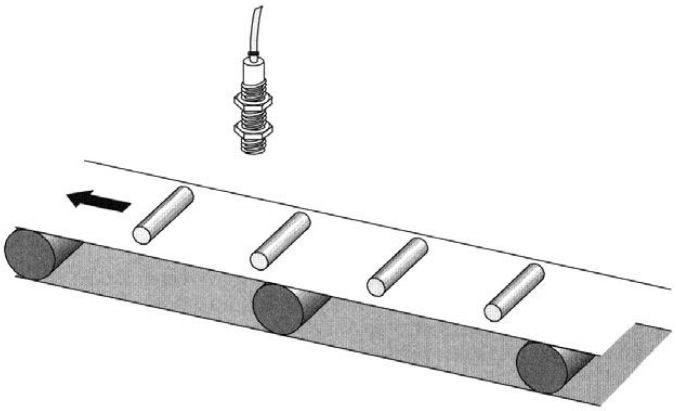
A kapcsolási távolságra hatással van a tekercs átmérője (nagyobb átmérőjű tekercs esetén nagyobb a kapcsolási távolság), valamint a szkínhatás. (Annál erőteljesebben érvényesül minél nagyobb a frekvencia és az anyag mágneses permeabilitása illetve elektromos vezetőképessége.)

Alkalmazási példák

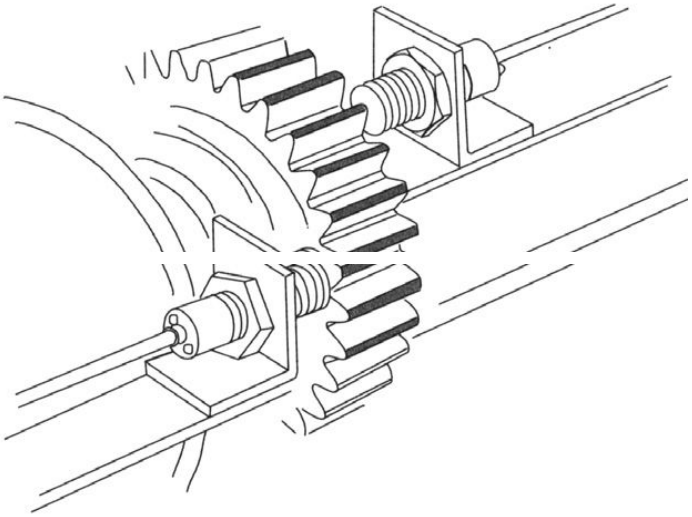
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



104. ábra Pneumatikus illetve hidraulikus munkahenger helyzetének jelzése



105. ábra Acélcsapok számlálása szállítószalagon



106. ábra Fordulatszám és forgásértelem meghatározása

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

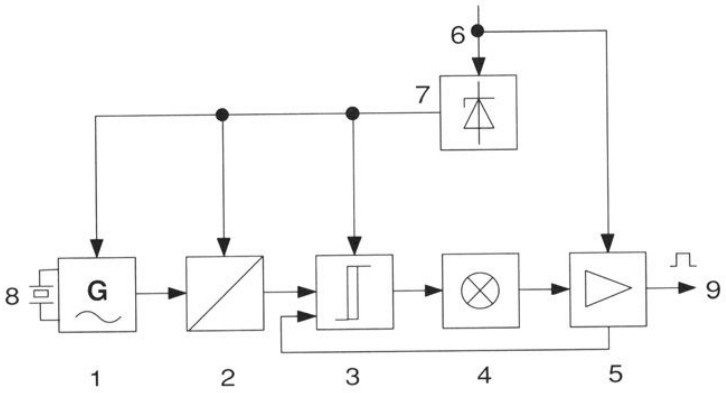
10. fejezet - Ultrahang érzékelők

Az ultrahangos érzékelőket az anyag minőségétől és színétől függetlenül, átlátszó és átlátszatlan folyadékok szintjének meghatározására használjál. Elsősorban nagy portartalmú, magas szennyezettség helyeken alkalmazzuk őket, mivel itt optikai érzékelők nem használhatók. Az érzékelők egy ultrahang-váltóval működnek, mely ultrahang sugarat bocsát ki, majd méri az emittált és a sugár útjában elhelyezkedő tárgyról visszavert sugár érkezése között eltelt időt. Ez az idő arányos a szenzor és a tárgy közötti távolsággal. Az ilyen szenzorok átváltási frekvenciája, működési elvük miatt más szenzorokhoz képest alacsony (néhány Hz-től kb. 100 Hz-ig).

Az ultrahangos szenzorok akusztikus hullámokat hoznak létre, melyek frekvenciája (>20 kHz) kívül esik a hallható frekvenciákon.

Az érzékelők magas működési frekvenciájuk miatt gyakorlatilag érzéketlenek a külső hangokból adódó interferenciával szemben.

Az ilyen érzékelők az alábbi fő komponensekből épülnek fel:



107. ábra Ultrahang érzékelő elvi kapcsolása

1. Oszcillátor
2. Kiértékelő egység
3. Trigger fokozat
4. Kapcsolási állapot jelzése (LED)
5. Kimeneti fokozat védőkapcsolással
6. Külső feszültségforrás
7. Feszültség stabilizálás
8. Aktív zóna
9. Kapcsoló kimenet

10.1 Hanghullámok terjedése levegőben

A hanghullámok különböző közegekben (gázok, folyadékok, szilárd anyagok) az adott közeg részecskéinek kölcsönös reakciói folytán terjednek. A levegőben ezek longitudinális hullámok, melyek terjedése a szomszédos, vibrációs állapotba gerjesztett molekulák ütközése folytán lehetséges. Ennek következtében a hanghullám terjedése a vibráló részecskék transzlációs mozgása nélkül lehetséges.

A hanghullám hullámhossza az a távolság, amit a hullám egy periódus alatt megtesz. Az f vibrációs frekvencia a másodpercenkénti periódusok száma, mértékegysége a Hertz (Hz).

A hang V terjedési sebessége a közeg fizikai tulajdonságaitól (sűrűség, mechanikus rugalmasság) függ. A hang sebességének alapvető képlete:

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

$$V = \lambda \cdot f$$

ahol:

- f hang frekvenciája [Hz]
- λ hang hullámhossza [m]

A hullámok valamely akadályról részlegesen vagy teljesen visszaverődhetnek.

A hang levegőbeli sebességét ismerve, a visszaverődő hullám (visszhang) visszatérési idejéből meghatározhatjuk a szenzor és a tárgy távolságát:

$$S = V \cdot \frac{t}{2}$$

ahol:

- V hang terjedésének sebessége levegőben (343m/s, T=20^{o}C hőmérsékleten)
- t a hullám kibocsátásától annak visszatéréséig eltelt idő [s]
- S a szenzor és a tárgy távolsága [m]

10.1.1 Környezeti hatások

A hang terjedésének távolsága, eloszlása és sebessége részben a környezettől is függ. A közeg (levegő) fizikai tulajdonságainak véletlenszerű változásai befolyásolhatják a távolságmérés pontosságát. Ilyen környezeti változások lehetnek az alábbiak:

Hőmérséklet: a levegő hőmérsékletének változása megváltoztatja a hanghullám sebességét. A változás mértéke hozzávetőlegesen 17%/°K. A legtöbb érzékelő belső hőmérséklet kiegyenlítővel van ellátva, mely a hőmérséklet ingadozás hatását nagymértékben (kb. 2/3 részben) eliminálja.

Nyomás: Az atmoszférikus nyomás ±5%-os változása a hang sebességének ±6%-os változását eredményezi.

Páratartalom: A levegő páratartalmának növekedése a hang sebességének 2%-os változását eredményezi (száraz levegőhöz képest).

Légáramlatok: A légáramlatok hatása azok irányától és intenzitásától függ. Erős, 50 km/h-t meghaladó, a hang terjedésének irányában fújó szél számottevően befolyásolhatja a hang sebességét. A terjedés irányára merőleges szél a hanghullámokat el is térítheti.

Szennyeződés: A levegő nagymértékű szennyezettsége az ultrahang-emitter felületének elszennyeződéséhez vezet, ami az emittált hullám tartományát akár 30%-al is csökkentheti.

10.1.2 Ultrahang hullám átalakítók

Az ultrahang-hullámokat jelátalakítók hozzák létre, melyek manapság leggyakrabban piezoelektromos elven működnek. A piezoelektromos hatás speciális kristályok esetén jön létre, melyekben nyomás/feszültség hatására elektromos töltések keletkeznek.

Piezoelektromos kristályok például a kvarc, vagy a lítiumszulfát. Speciális viselkedésük oka az elemi cellák kristályrácsban való spirális elhelyezkedése. Az effektus reverzibilis, tehát elektromos feszültség hatására a kristály eldeformálódik. Az effektus két fajtája létezik:

- közvetlen piezoelektromos hatás, mely során a mechanikai hatások (pl. nyomás) elektromos jelekké alakulnak,
- fordított piezoelektromos hatás, mely során az elektromos jel mozgássá, vagy mechanikai rezgéssé alakul.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A ferromágneses anyagok csoportjába tartozó kerámiák szintén rendelkeznek piezoelektromos tulajdonságokkal. A ferromágnesség egyik alapvető tulajdonsága, hogy a dipólusokat permanens módon átrendezik, azaz a változás az elektromos mező eltávolítása után is fennmarad. Ez a tulajdonság a kerámiák speciális szerkezetéből adódik.

Erős elektromos mező hatására a véletlenszerűen orientált elektromos dipólusok az átalakító felületével 45°-os szögbe rendeződnek, mégpedig permanensen. A lap felületére feszültséget kapcsolva, a dipólusok az ellentétes pólusok elve alapján elfordulnak, azaz a hasonló (+ és +, vagy – és -) taszítják, az ellentétesek (+ és -) pedig vonzzák egymást. A dipólusok mozgása az átalakító vastagságának Δl növekedését vagy csökkenését – a feszültség előjelétől függően – okozza.

A piezoelektromos tulajdonságok magas hmérsékleten megszűnnek. Kvarc átalakító maximális működési hőmérséklete 200°C, a kerámia jelátalakítóé 100°C.

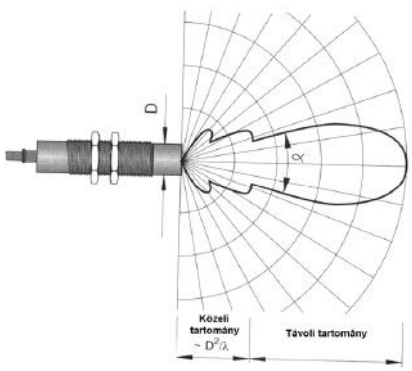
Az elektromos energia mechanikai energiává alakításának hatásfoka kerámia átalakító esetén többször nagyobb, mint kvarc átalakító esetén.

10.1.3 Ultrahang érzékelők jellemzői

Ultrahang közelítéskapcsolók műszaki jellemzői

Üzemi feszültség	24 V =
Kapcsolási távolság	100 mm … 1 m (tipikus)
(többnyire állítható)	max. 10 m
Maximális áramerősség	100 … 400 mA
Érzékelhető objektum	bármilyen objektum függetlenül az anyagtól, formától, színtől (folyékony ill. por alakú is lehet)
Környezeti hőmérséklet	0^oC … $+70^oC$
	vagy $–10^oC$ … $+70^oC$
Ultrahang frekvenciája	40kHz … 220 kHz
Kapcsolási frekvencia	1 Hz … 125 Hz
Érzékenység szennyeződésekre	mérsékelten érzékeny (poros, párás, füstös környezetben is használható)
Élettartam	magas
Alak	henger, hasáb

Kis tárgyak esetén a környezet tárgyai jobban zavarhatnak, kísérletezve kell beállítani. Gond lehet a hangot jól elnyelő anyagokkal is. (habszivacs, szövet, kőgyapot, stb.) Ebben az esetben ultrahangsorompó alkalmazása jöhet szóba. Megfelelő méretű lappal a hanghullámok iránya megtörhető (tükörként funkcionál), „sarokban” lévő tárgyak is érzékelhetők. A környezeti zajok kevésbé, a felhevült levegő viszont erősebben megzavarhatja működését.



XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

108. ábra Ultrahang érzékelő kapcsolási tartománya

109. ábra Ultrahang szenzor egy adott kialakítása

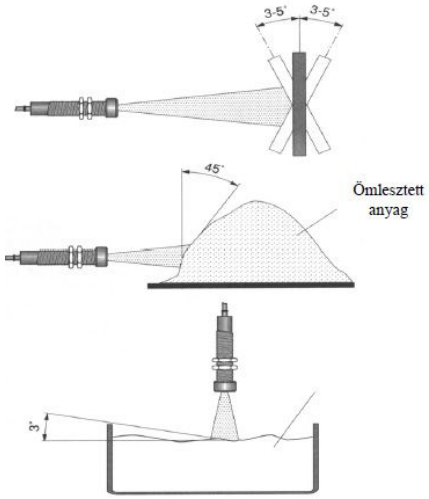
10.2 Alkalmazások

Az ultrahangos érzékelőket számos területen alkalmazzák, mivel érzéketlenek a mérési tartományban esetlegesen fellépő zavaró hatásokra és a szenzor elemeinek elszennyeződésére. Az ilyen érzékelőkkel lehetséges különböző tárgyak észlelése függetlenül

- azok anyagától (fém, műanyag, fa, karton, stb.),
- fizikai megjelenésétől (szilárd, folyékony, granulátum, stb.),
- színétől,
- átlátszóságának mértékétől.

Ipari alkalmazások eseten ezeket az érzékelőket használhatjuk többek között az alábbiak megfigyelésére:

- berendezés pozíciója,
- tárgyak sora futószalagon,
- különböző színű folyadékok szintje tartályokban,
- granulátum szintje.



110. ábra Ultrahang érzékelő speciális alkalmazási lehetőségei

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

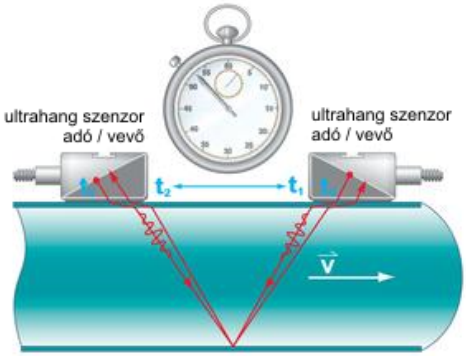
10.3 Ultrahangos áramlásmérő

Az ultrahangos elven működő áramlásmérők mérőcsövében az áramlási iránnyal azonos, majd ellentétes irányban átküldött ultrahangcsomagok nem azonos idő alatt futják be a piezoelven működő adó-vevők közti távolságot.

A futásidő-különbség a közeg áramlási sebességével, egy adott áramlási profil és csőkeresztmetszet esetén a térfogatáram nagyságával lineárisan arányos, 0,5%-os tipikus mérési pontossággal.

A cső átellentétes faláról visszaverődő hangot az egység párja veszi, és mindkét egység adni is tud, így biztosítható az ellentétes irányú adás.

Az ultrahangos elvű áramlásmérők előnye, hogy a mérés független a folyadékban bekövetkezett hőmérséklet-, sűrűség-, nyomás- és vezetőképesség-változástól. Ha a mérendő folyadék nem tiszta, zavaros emulziók vagy szennyvíz áramlásmérése esetén Doppler-elvű mérőfej ad megbízható mérési eredményt.



111. ábra

Fő alkalmazási területe: erőművi sótalanított vizek mérése, távfűtő rendszerek, hőmennyiségmérők, petrokémiai ipar.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

11. fejezet - Oszcilloszkóp

Célkitűzés:

- Az oszcilloszkóp − mint mérőeszköz − felépítésének és kezelésének megismerése.
- Az oszcilloszkópos méréstechnika alapvető ismereteinek alkalmazása.

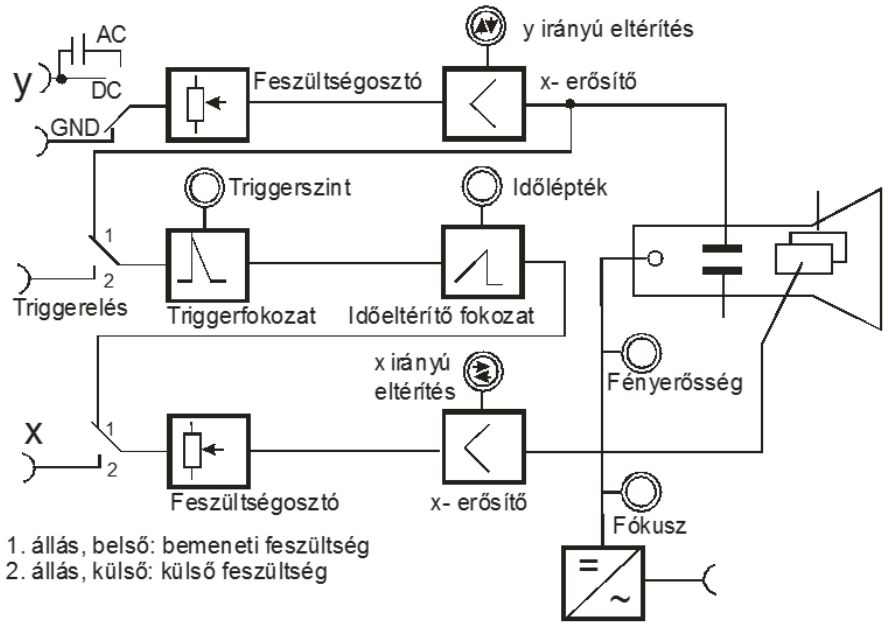
11.1 Az oszcilloszkóp működési elve, alkalmazhatósága

Az oszcilloszkópok feszültség vagy bármilyen feszültséggé átalakítható mennyiség időbeli változásának vizsgálatára alkalmas mérőműszerek. Kijelzőjükön a vizsgált feszültség értékének a függőleges irányú kitérés felel meg, míg az időtengely menti változást a vízszintes kitérés képviseli. A kétirányú kitérítés által létrehozott jelalak kijelzésével az oszcilloszkópok sokkal több információt adnak a vizsgált jelről, mint amit a számszerű mérési eredményt adó műszerek esetében kaphatunk. Oszcilloszkóp felhasználásával közvetlenül mérhetők a jel olyan jellemző adatai, mint amplitúdó, jelalak, frekvencia, fázis. A megjelenítés gyakorlatilag információveszteség nélküli.

A feszültség mérésére szolgáló egyéb, analóg vagy digitális műszerek általában a feszültség effektív értékét mérik a csúcsértékből kiindulva. ez a mérés csak tiszta szinuszos jelek esetén ad pontos eredményt, ha a jelalak ettől eltér, a kijelzett eredmény is eltér a valódi értéktől.

Az oszcilloszkópok akkor is pontos mérést tesznek lehetővé ha nemkívánatos hatások (zaj, gerjedés stb.) torzítják el a jelalakot. Az oszcilloszkópokkal végzett mérések többségében természetesen nem számszerű értékek megállapítása a cél. Analóg vagy digitális áramkörök vizsgálatakor – pl. hibák keresése során – egy-egy torz, a megszokottól eltérő jelalak olyan útbaigazítást jelenthet a vizsgáló szakember számára, amely semmilyen számszerű méréssel nem pótolható.

11.2 Az oszcilloszkóp felépítése



112. ábra

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

11.3 Működési elv

A vizsgálandó jelet a függőleges erősítő bemenetére kapcsolva leosztás ill. megfelelő értékű erősítés után az elektronsugárcső függőleges eltérítő elektródáira vezetjük, és ez vezérli az elektronsugár függőleges (Y) irányú eltérítését. A vízszintes (X) irányú eltérítés különböző forrásból származhat, annak megfelelően, hogy a vizsgálandó jel időfüggvényét kívánjuk-e felrajzoltatni az ernyőre, vagy két különböző jel együttes vizsgálatát végezzük-e el X-Y koordináta-rendszerben.

A belső eltérítés indítása az indítóáramkör feladata. A K kapcsoló jelöli ki a kijelzést indító jel (triggerjel) forrását. Ezt a jelet az időeltérítő generátorról kapjuk, amelyet a feszültség alakja után fűrészjel-generátornak is neveznek. Ahhoz, hogy az elektronsugár minden képváltáskor azonos helyről induljon és állóképet kapjunk, a mért jel és a fűrészfeszültség között szinkronizálásra van szükség.

Az oszcilloszkóp három fő funkcionális részre osztható fel:

- függőleges eltérítő rendszer,
- vízszintes eltérítő rendszer,
- alapkészülék
  - elektronsugárcső,
  - tápegység,
  - kalibráló áramkör.

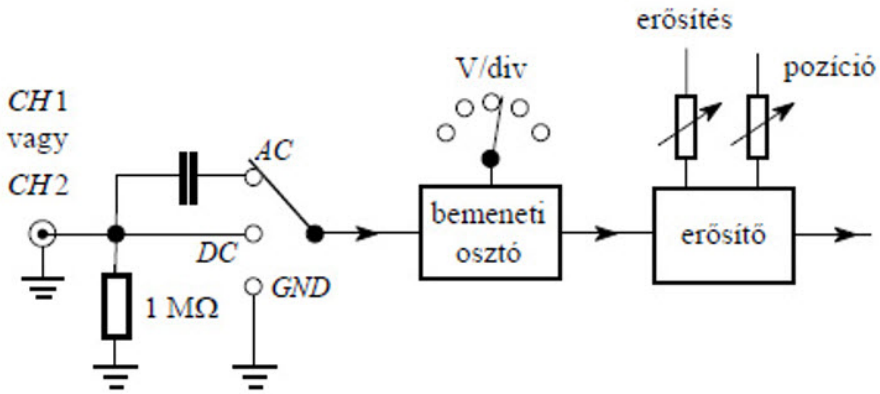
11.4 Elektronsugárcső

11.4.1 A függőleges erősítő

Feladata, hogy a bemenőjelet oly mértékben erősítse (vagy csillapítsa), hogy a katódsugárcső érzékenységi mutatójának megfelelően, azt teljes mértékben kivezérelje. (A csillapításról a bemeneti osztó gondoskodik.)

A függőleges erősítő egy több feladatot ellátó, sávszélességén belül frekvencia-függetlennek tekinthető erősítőlánc. (Véges sávszélessége következtében viszont az impulzusok fel- vagy lefutó élei torzítva jelennek meg a képernyőn.) Itt történik a fényvonal függőleges pozicionálása is.

A bemeneten váltakozófeszültség (*AC*), egyenfeszültség (*DC*) és föld (*GND* vagy 0) között lehet választani xxx. ábra):



113. ábra

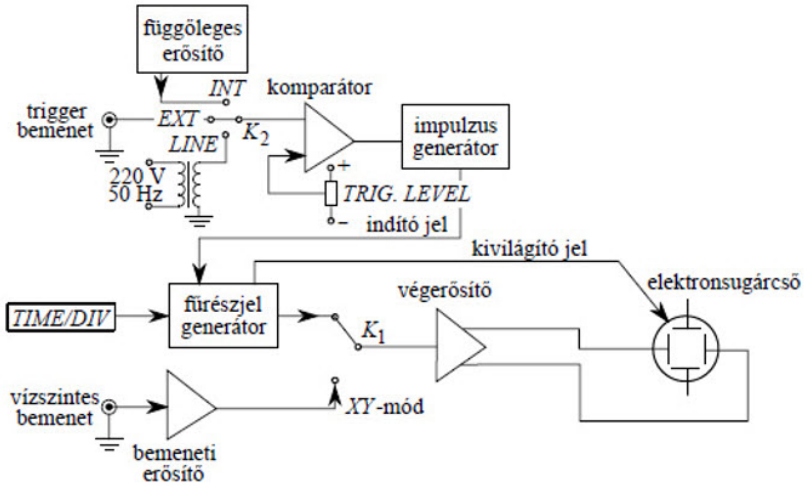
- AC csatolással leválasztjuk a mérendő jel egyenáramú összetevőjét,
- DC csatolás használatakor a bemeneti csatlakozóra vezetett jelek változás nélkül kerülnek a függőleges erősítő bemenetére,

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- a bemeneti csatlakozóegység GND vagy 0 állásában a függőleges erősítő bemenete földpotenciálra kerül anélkül, hogy a meghajtó-generátor kimenetét (a vizsgálandó jel forrását) rövidre zárná. Jól használható ez az állás pl. a referenciaszint beállítására.
- A bemeneti osztóegység segítségével az oszcilloszkóp függőleges erősítőjének érzékenysége − ennek állítására szolgáló körkapcsolóval − változtatható. Az érzékenységet VOLTS/DIV (vagy VOLT/osztás) egységekben állíthatjuk be. A kapcsoló mellett általában egy szabályozó potenciométer is található, amellyel az érzékenység folyamatosan állítható (VARIABLE). A potenciométer egyik szélső helyzetét CAL jelzéssel különböztetik meg, ebben az állásban tekinthető hitelesnek a beállított érzékenység.

11.4.2 A vízszintes eltérítőrendszer

A vízszintes eltérítőrendszer feladata, hogy a görbét rajzoló képpontot vízszintesen az idővel arányosan mozgassa.



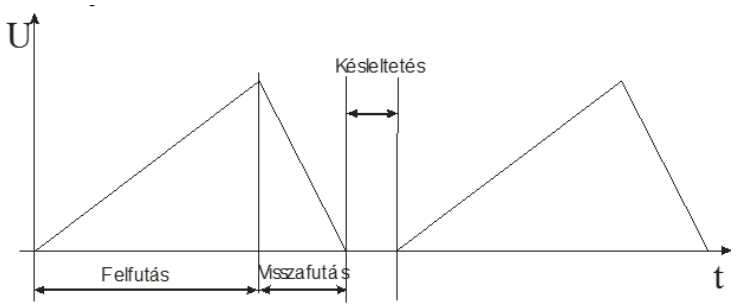
114. ábra

Az oszcilloszkópnak két alapvető üzemmódja van. Az egyik, ritkábban használt üzemmódja az, amelyben két különböző jelet vezetünk az X és Y eltérítő-lemezekre, így azok egymás függvényében vizsgálhatók (X-Y üzemmód).

A másik, a gyakorlatban leggyakrabban használt üzemmódban a vizsgált jelek időbeli lefutását vizsgáljuk. Ebben az esetben az elektronsugár vízszintes (X) irányú eltérítésére időben lineárisan változó feszültséget, ún. fűrészfeszültséget használunk (6. ábra). A fűrészjelet, amelynek felfutási szakaszának időtartama határozza meg az oszcilloszkópernyőn látható jelrészlet időtartamát, a vízszintes eltérítőrendszerhez tartozó fűrészjel-generátor állítja elő.

A fűrészjelen három tartományt különböztetünk meg, az ún. felfutást, a visszafutást és a kivárást. A felfutásnak lineárisnak, a visszafutásnak minél rövidebb idejűnek kell lennie. Az ún. kivárási idő az áramköri elemek nyugalmi helyzetbe történő visszaállását, a fűrészjel alaphelyzetből történő indulását biztosítja (a kivárás alatt várakozunk az indítójelre). A fűrészjel generátor vezérli a kivilágító jelkeltőt, amely az elektronsugarat a visszafutás és a kivárás ideje alatt kioltja.

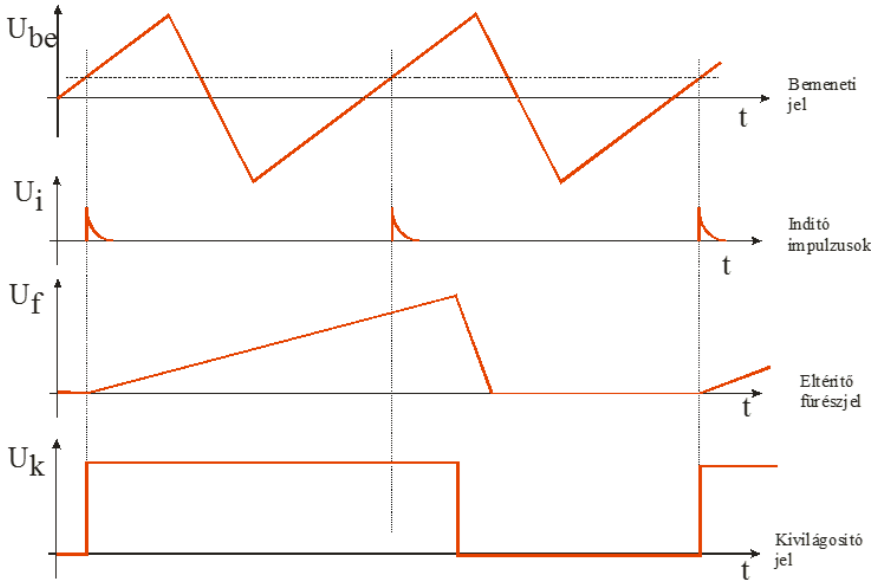
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



115. ábra

Az eltérítési idő, amely az eltérítő fűrészjel lineárisan felfutó élének idejével azonos, a K1 kapcsoló INT állásában, az oszcilloszkóp előlapján lévő forgókapcsolóval változtatható. Ezzel az idő/osztás (TIME/DIV) értékben kalibrált kapcsolóval választhatjuk ki a vizsgálandó jelnek legjobban megfelelő eltérítési sebességet. Az idő/osztás kapcsoló mellett ez az egység is rendelkezik az eltérítési sebességet folyamatosan szabályozó (VARIABLE), valamint az elektronsugár vízszintes pozicionálását biztosító potenciométerekkel, amelyek funkciója hasonló az 1.2. pontban leírtakéhoz.

Tekintettel arra, hogy az elektronsugár által keltett fény csak rövid ideig áll fenn, és a vizsgálandó jelek (feszültségek) igen gyorsan változnak, hogy azt jól láthassuk, szükséges a periodikus jeleket újból és újból felrajzoltatni. Ha ezek az egymás után felrajzolt jelek nem „fedik egymást”, a képernyőn jobbra vagy balra futó képet láthatunk, ami az ábrát kiértékelhetetlenné teszi. Tehát arra van szükség, hogy az időeltérítő fűrészjel a vizsgálandó jelnek mindig ugyanabban a pillanatában induljon. Ez a szinkronizálás az indító-, vagy más néven a triggeráramkör feladata.



116. ábra

A xxx. ábrán látható a függőleges jel által indított fűrészjel lefutása. Az ábrából azt is láthatjuk, hogy az indítójel után elindult fűrészjeleket nem lehet befolyásolni, az lefut és vár a következő triggerimpulzus érkezéséig.

Az indítójel különböző forrásokból származhat. Belső indításnál (INT.TRIG) az indítójel magából a vizsgálandó jelből származik. Külső indítást (EXT.TRIG) akkor használunk, ha van olyan külső indítójel, amely kijelöli a vizsgálni kívánt szakasz kezdetét. Hálózati indításnál (LINE.TRIG) az indítójel a hálózati 50 Hz-es váltakozófeszültségből keletkezik. A megfelelő triggerforrás kiválasztása mellett az indítás üzemmódját, a trigger-üzemmódot is meg kell választani.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Egyszerű indított üzemmódban (NORM) az indítási szint megválasztása dönti el, hogy az eltérítő fűrészjel a vizsgált jel melyik pontjáról (mekkora feszültség elérésekor) indul. Az indítási szint szabályozó általában közös áramkörben van a +/− átkapcsolóval, amely meghatározza, hogy a jel pozitív vagy negatív polaritású (felfutó él/lefutó él) része indítson.

11.5 Többjelű oszcilloszkópok

Gyakran célszerű a kijelzőn egyszerre több feszültséget megjelenítetni. Pl. a bemeneti és kimeneti feszültségek oszcillogramjából következtetni lehet a kapcsolás amplitúdó, jelalak és a fázisátvitelére.

11.5.1 Kétcsatornás oszcilloszkóp

Egysugaras elektroncsövet használnak. Az ilyen oszcilloszkópok függőleges eltérítőrendszerében egy elektronikus kapcsoló felváltva kapcsolja az Y bemenetre vezetett jeleket a függőleges végerősítő bemenetére. Szaggatott (chopped) üzemmódban, az elektronsugár 1 MHz frekvenciával szaggatva, kis szegmensekből rajzolja fel a két jelalakot. A másik váltakozó (alternate) üzemmódban az elektronsugár először az egyik jelalakot, majd a következő eltérítési periódus alatt a másikat rajzolja ki az ernyőre.

A legtöbb oszcilloszkóp egyaránt használható szaggatott és váltakozó üzemmódban. A vízszintes eltérítés sebessége határozza meg, hogy a két üzemmód közül melyiket válasszuk.

11.6 Kétsugaras oszcilloszkóp

Ennél az oszcilloszkópnál kétsugaras katódsugárcsövet használnak. Az ilyen csövekben két különálló sugárforrás és eltérítőrendszer van közös burába építve. a két sugarat egymástól teljesen függetlenül lehet fokuszálni, fényerősségüket pedig változtatni.

11.7 Oszcilloszkópos mérések

Az oszcilloszkópos méréstechnikában alapvetően két jellemzőt lehet mérni: feszültséget és időt. A következőkben feszültség- és időmérés mellett frekvencia- valamint fázisszög mérésével is foglalkozunk.

11.7.1 Feszültségmérés

Periodikusan ismétlődő jelek amplitúdójának mérése nem jelent nehézséget. Általában csúcstól csúcsig terjedő feszültséget (Ucs-cs) szokás mérni. A mért feszültség:

$$U_{cs-cs} = \frac{Y}{osztás} \cdot y$$

ahol Y/osztás a függőleges eltérítés érzékenysége (V/osztás, mV/osztás) a folyamatos osztó hiteles (CAL) állásában, y a függőleges osztások száma, azaz a jel alsó és felső csúcsa közti távolság ernyőskála osztásokban mérve. (Osztáson a négyzetháló négyzeteinek oldala értendő.)

11.7.2 Időmérés

Időméréskor a vizsgált jelnek az időtengelyen megjelölt két pontja közötti időtartamát mérjük:

$$t = \frac{X}{osztás} \cdot x$$

ahol X/osztás az eltérítési idő (s/osztás, ms/osztás, µs/osztás egységben) a TIME/osztás kapcsoló hiteles (CAL) állásában, x a leolvasott vízszintes osztások száma.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

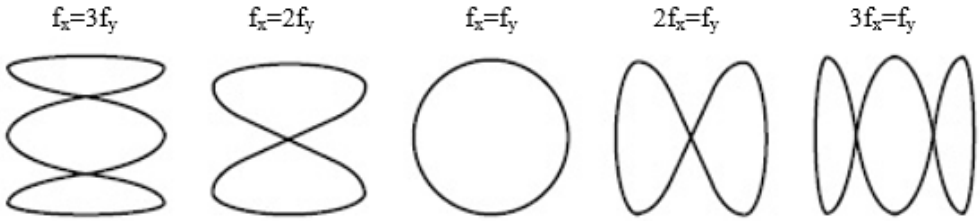
11.7.3 Frekvenciamérés

Periodikus jelek frekvenciájának mérése − tekintettel arra, hogy a periódusidő és a frekvencia között az

$$f = \frac{1}{T}$$

összefüggés áll fenn − időmérésre vezethető vissza.

Lissajous-ábrák felhasználásával közvetett, összehasonlító módszerrel mérhetünk frekvenciát. Ekkor, a külső vízszintes eltérítéssel működtetett oszcilloszkóp függőleges (Y) bemenetére az ismeretlen frekvenciájú szinuszos mérendő jelet, a vízszintes (X) bemenetére a változtatható frekvenciájú, kalibrált skálájú szinuszgenerátor jelét vezetjük. Az ernyőn megjelenő Lissajous-görbékből a xxx. ábra segítségével meghatározhatjuk az ismeretlen frekvenciát.



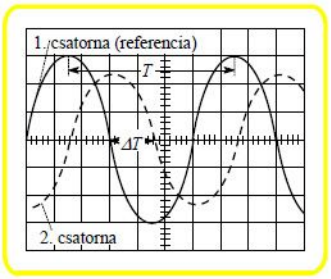
117. ábra

11.7.4 Fázisszögmérés

Az oszcilloszkóppal végzett fázisszögmérések egy része időmérésre vezethető vissza, és számítással kell a kapott időértékeket fázisszög értékké átszámítani. Fáziskülönbséget legegyszerűbben kétsugaras oszcilloszkóppal lehet mérni. Az egyik csatorna bemenetére visszük azt a jelet, amelyhez képest a mérést végezzük, a másik csatornára pedig a vizsgálandót.

A tényleges fázisszöget (117. ábra) a teljes periódus idejének megfelelő távolság és a két jel közötti időkülönbségnek megfelelő távolság arányaiból lehet meghatározni:

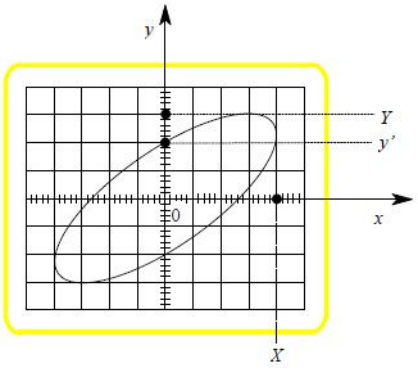
$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\varphi}{360^o}$$



118. ábra

További lehetőség XY üzemmódban a fázisviszonyok mérése Lissajous-görbe segítségével. Ha a két egyenlő frekvenciájú jel között fáziskülönbség van, a görbe általában ellipszis. Legyen az elektronsugár vízszintes kitérése

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



119. ábra

$$x = X \cdot sin\omega \cdot t,$$

függőleges kitérése

$$y = Y \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi).$$

A szögek összegképletét felhasználva:

$$y = Y\left(\frac{x}{X} \cdot cos\varphi + \sqrt{1 - \frac{x^2}{X^2}} \cdot sin\varphi\right).$$

Az ellipszis egyenessé fajul, ha ϕ = 0°, illetve ϕ = 180°. (Ekkor $y = \frac{Y}{X} \cdot x$ illetve $y = -\frac{Y}{X} \cdot x$)

Ezzel a módszerrel rezonanciafrekvenciát kereshetünk meg.

X=Y-nál és ϕ = 90°, illetve ϕ = 270° esetén kör lesz az ernyőn megjelenő ábra.

Más szögek esetében x = 0-nál y = y' figyelembevételével kapjuk a

$$sin\varphi = \pm\frac{y'}{Y}$$

összefüggést, amelyből a keresett fázisszög meghatározható(l. 4. ábra). A ± előjel a fázissietésre, illetve késésre utal, ugyanis a görbe alakja nem különbözik azonos nagyságú fáziskésés, illetve sietés esetén, csak az elektronsugár-folt körülfutási iránya ellentétes.

11.7.5 Az oszcilloszkópok segéd és kiegészítő eszközei

Mérőfejek

A vizsgálandó pont feszültségét a mérőfejek juttatják el az oszcilloszkóp bemenetére.

Feladata:

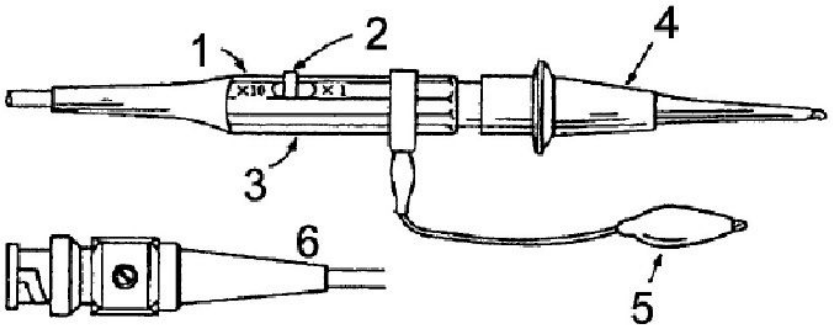
- A mérési hely és az oszcilloszkóp között a mérővezeték árnyékolása és villamos zavarótér, valamint zavarfeszültség ellen.
- Az oszcilloszkóp bemeneti ellenállásának növelése.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

120. ábra

A mérőfejek részei:

- a tapintásra használt kézi szonda, végén tapintótűvel,
- szabványos csatlakozóval ellátott 1…3 m hosszúságú koaxiális kábel.



121. ábra

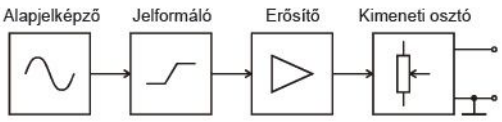
1. x1, x10 kijelzés,
2. választókapcsoló,
3. markolat,
4. visszahúzható kampós csiptető,
5. földelő kapocs,
6. kapacitás helyesbítő hangoló elem.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

12. fejezet - Elektronikus jelgenerátorok

Feladata: különböző hullámformájú, amplitúdójú és frekvenciájú jelek előállítása.

Általános felépítése:



122. ábra

A jelgenerátor főbb részegységei.

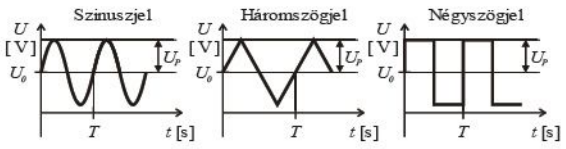
- Alapjelképző: a jelforrás, amelyen a kívánt jel frekvenciája beállítható.
- Jelformáló: a szükséges jelalak kialakítását végzi elektronikus úton.
- Erősítő: a jel amplitúdóját állítja be.
- Kimeneti osztó: a felhasználó számára kívánt jelszint beállítását teszi lehetővé.

Generátor típusai:

- jelek szerint:
  - nem szinuszos
  - szinuszos
- frekvencia tartomány szerint:
  - infragenerátor
  - hangfrekvenciás generátor
  - szélessávú generátor
  - nagyfrekvenciás generátor
- pontosság szerint:
  - üzemi (n*1%)
  - labor (n*0,1%)
  - normália

A jelgenerátorokkal leggyakrabban előállított jelalakok:

- szinusz jel,
- négyszögjel,
- háromszögjel.



123. ábra Függvénygenerátorok jellemző jelalakjai.

A mérőjelek legfontosabb jellemzői a 123. ábra alapján.

- az U_0 egyenszint, amely a jel átlagértéke;
- az U_p amplitúdó, amely a jel legnagyobb pillanatértéke;
- T- periódusidő, amely az azonos fázishelyzetű pillanatértékek időbeli távolsága;
- f - frekvencia, ami a periódusidő reciprok értéke.

Generátorok jellemző paraméterei:

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- működési frekvencia tartomány
- frekvencia pontosság és stabilitás
- kimeneti szint pontossága
- kimeneti ellenállás
- kimeneti teljesítmény
- jelalakhűség:
  - szinuszos jelnél: azt mutatja meg, hogy hogyan viszonyul a felharmonikus jel a teljes jeltartományhoz. Jele: k (klirr factor), U_0: alapharmonikus (f_0), U_1: felharmonikus ($f_1=2f_0$)

$$k = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \cdots U_N^2}}{\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \cdots U_N^2}}$$

  - - fűrészjelnél: linearitási hiba.

12.1 Jelgenerátor felépítése, kezelőszervei

A jelgenerátor a változó mennyiségek méréséhez szükséges jelformájú periodikus jeleket állítja elő. Az elektronikus elven működő műszert függvénygenerátornak is nevezik, mert többféle függvénykapcsolatnak megfelelő jelalakot képes szolgáltatni.

A függvénygenerátor tömbvázlata. Az alapjelképző a jelforrás, amelyen a kívánt frekvencia állítható. A jelformáló a szükséges jelalak kialakítását végzi elektronikus módszerrel, az erősítő a jel amplitúdóját hozza létre, a kimeneti osztó a felhasználó számára kívánt jelszint beállítását teszi lehetővé és állandó kimeneti ellenállás mellett biztosítja a hiteles osztást.

A jelgenerátorok legtöbb típusa a kimeneti jel frekvenciájának és jelszintjének mérésére alkalmas mérőműszert is tartalmaz.

A leggyakoribb jelalakok a szinusz jel, háromszögjel és négyszögjel. A mérőjelek legfontosabb jellemzői a jelalakon kívül az U0 egyenszint, amely a jel átlagértéke, az Up amplitúdó, amely a jel pillanatnyi értékének legnagyobb eltérése az átlagtól, a T periódusidő, amely az azonos fázishelyzetű pillanatértékek időbeli távolsága. A periodikus jelek frekvenciája a periódusidő reciprok értéke: f=1/T.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

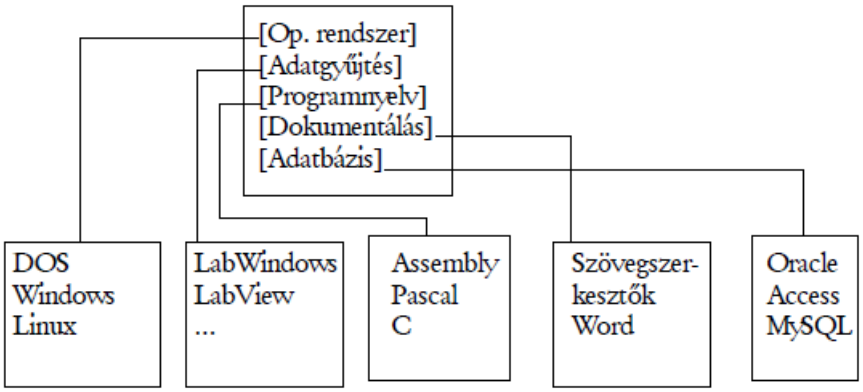
13. fejezet - Számítógéppel vezérelt mérések

Számítógéppel támogatott mérőrendszer feladatai

A számítógép a méréstechnikában csakúgy, mint a legtöbb számítástechnikai területen a rendszer olyan eszköze, amelynek a feladata az információ összegyűjtése, feldolgozása, összegzése és rendszerezése. A számítógép alkalmazása a méréstechnika területén is sokszorosára növelte a hatékonyságot. Feladata a mérőrendszerben röviden az alábbiakban foglalható össze:

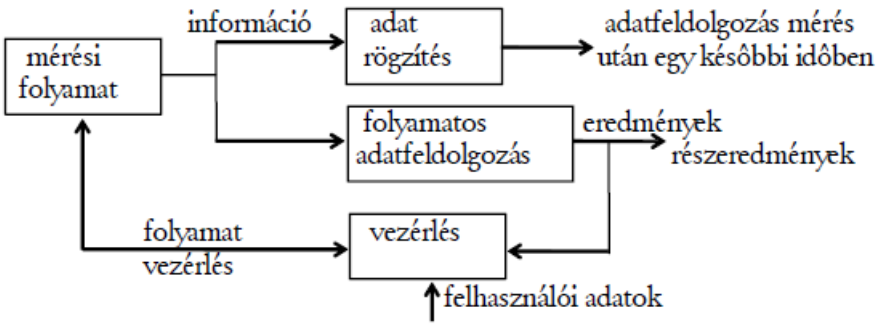
- adatkezelés: gyűjtés, tömörítés, egyszerűsítés, kiértékelés, tárolás,
- műszerek, egyéb perifériák, folyamatok vezérlése,
- mérési folyamat fejlesztés,
- dokumentálás.

A számítógép lehetséges feladatait figyelembe véve az xxx. ábra tömören összefoglalja egy mérőrendszer alkalmazásához szükséges és lehetséges szoftver hátteret.



124. ábra Számítógépes (PC alapú) mérőrendszer feladatait ellátó software háttér

Általában a számítógéppel támogatott méréstechnikában az adatokat kétféle módon kezelhetjük, un. off-line vagy on-line üzemben. A mérőrendszer adatfeldolgozásának egyszerűsített modelljét mutatja be a 125 ábra.



125. ábra Adatfeldolgozás a számítógépes mérőrendszerben

Amennyiben nincs szükség egy adott feladatnál arra, hogy a mért adatok alapján a folyamatba azonnal beavatkozzunk, vagyis elég ha a mérés elvégzése után dolgozzuk fel az adatokat, akkor a mérőrendszer

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

a mérés során egyszerű adatrögzítést végez. A mért adatok feldolgozása a mérés elvégzése után külön utasításra történik meg. Ezt off-line adatfeldolgozásnak nevezzük.

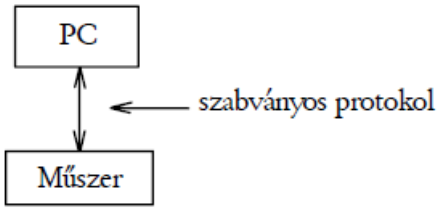
Olyan esetekben, amikor a kísérlet során a mért értékek alapján azonnal be akarunk avatkozni a folyamatba, pl. megváltoztatni bizonyos paramétereket, akkor a mérőrendszer adatokat gyűjt és dolgoz fel folyamatosan és a feldolgozott adatok alapján a vezérlő módosítja a kísérlet folyamatát. Ezt on-line vagy real-time adatfeldolgozásnak nevezzük.

Ebben az esetben a mérőrendszerrel szemben támasztott egyik legfontosabb kritérium a sebesség, vagyis az, hogy a vezérlőrendszernek a szükséges időintervallumon belül képes legyen adatot szolgáltatni.

13.1 A PC alapú mérőrendszerek struktúrája

A mérőberendezések és a PC funkcionális szervezését, a mérőpark (nevezzük így a mérőrendszerben található mérőberendezések és PC-k együttesét) elrendezését az adott mérési feladat szabja meg. Az elrendezés függ attól, hogy hány mérőműszerre van szükség, hogy mennyire gyors-, flexibilis rendszerre van szükség, stb.

A legegyszerűbb mérőpark struktúra (126. ábra) az 1 PC-ből és 1 műszerből álló rendszer, a kettő között egy szabványos protokoll szerint, pl. RS232, történik az adattovábbítás.



126. ábra 1 PC-ből és 1 műszerből álló mérőpark

Az ilyen elrendezésű mérőpark, különösen soros kommunikáció esetén igen korlátozott formában alkalmas real-time feladatok ellátására. Ennek az oka, hogy a PC és a műszer közötti kommunikáció lefoglalja a rendszert, és meglehetősen kevés idő marad egyéb feladatok (adatfeldolgozás) ellátására.

A műszerek és számítógépes méréstechnika fejlődésével új struktúrák alakultak ki, amelyek lényegesen több feladat elvégzésére tették alkalmassá a mérőparkokat.

Az egyik ilyen egyszerű elrendezés lehetővé teszi, hogy egy PC több műszert kezeljen (3-4. ábra). A PC és a műszerek között a kommunikáció szabványos protokoll szerint történik, pl. IEEE488, és a PC egy a protokollt támogató egységgel van ellátva.

Ez az elrendezés bizonyos mértékig flexibilis, új műszerek könnyen, és egyszerűen illeszthetőek a rendszerhez. Az elrendezésnek a protokolltól függően meghatározott korlátai vannak, amely a III.4. fejezetben részletesen megtalálható. A rendszer működési sebessége a műszerek számának növekedésével elérhet egy olyan igényszintet, amelyet a PC már nem tud teljesíteni, ezért ilyen esetben a sebesség növelésének az egyik módja az lehet, hogy a mérőparkba további PC-ket kapcsolunk be (3-5. ábra) Ezzel az egy PC-re jutó műszerszám csökken, a vezérlésre több idő jut. További előnyt jelent, hogy a PC-k egymás közötti kommunikációjával a rendszer rugalmassága tovább növelhető. A PC-k kommunikációja osztott csatornán (shared communication channel) történhet, amely azt jelenti, hogy a processzorok egy közös kommunikációs csatornán forgalmazzák az információkat. Ez a kommunikáció akkor lehet gyors a processzorok között, ha az, egy kimondottan erre a célra dedikált buszon keresztül történik. A kommunikációs csatorna egy másik formája lehet ennél az elrendezésnél az un. LAN (Local Area Network), amely egy helyi kommunikációs hálózat. Ezen keresztül a processzorok közötti kommunikáció általában lassabb, mivel a rendszernek illeszkednie kell a LAN szabványos kommunikációjához is, és a különböző installációk közötti áttérés időt vesz igénybe.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

13.2 PC alapú mérőrendszerekben alkalmazott szabványos kommunikációs protokollok

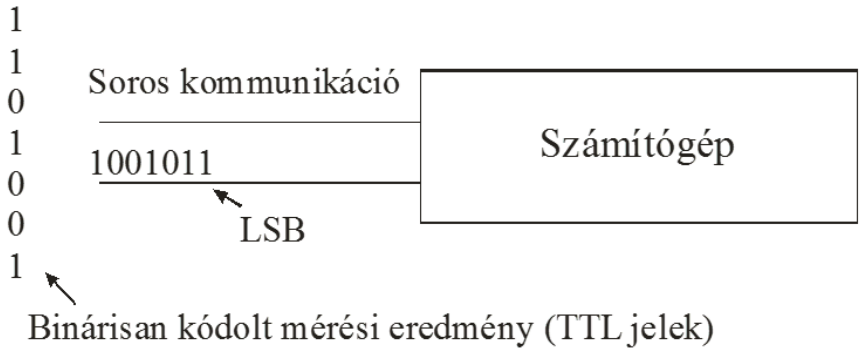
Ahhoz, hogy az egy mérőrendszerbe foglalt PC-k és műszerek kommunikálni tudjanak egymással, meg kell határozni egyrészt a hardware feltételeket (pl. egységes csatlakozók), és szoftver feltételeket, amelyek meghatározzák az adatközlés rendjét, tehát a berendezéseknek “meg kell érteniük” egymást. Ezt szolgálják az un. szabványos protokollok.

A számítógéppel támogatott műszerezés fejlődésével szükségessé vált a műszerek és PC-k egymás közötti kommunikációjának (mind hardware mind software) szabványosítása. Ma a legegyszerűbb műszerpark struktúrától a legbonyolultabb folyamat műszerezésig, sokféle elrendezésben, még többféle feladatokat látnak el a műszerparkok. Ennek megfelelően a forgalmazott adatok struktúrája is nagyon széles körben változik és nehéz egységes feltételeket meghatározni az adatok továbbítására vonatkozóan. Ma a műszerezés gyakorlatában számtalan protokollt alkalmaznak a kommunikációra. Ebben az anyagban az egyszerű mérőrendszerek struktúrájában leggyakrabban alkalmazott protokollok kerülnek röviden bemutatásra.

13.2.1 Soros jelátvitel szabványos protokoll: RS232, RS422, RS485

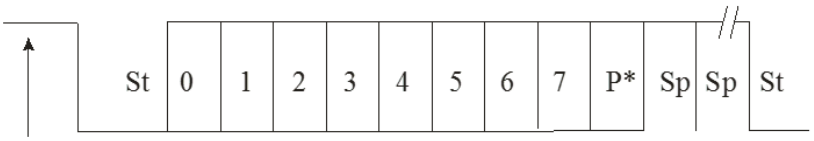
Az RS232, és továbbfejlesztett változatai, főként az RS485, a gyakorlatban széles körben alkalmazott protokoll, gazdaságos megoldást nyújt olyan esetekben, amikor a feladat nem követel nagy működési sebességet. Mindemellett meg kell jegyezni, hogy az Ethernet hálózat terjedésével jelentősen visszaszorulóban van a fejlődése.

Az RS232 egy vezetékes kommunikáció. Mivel egy vezetéken adatokat csak egymás után sorban küldhetünk, ezt soros kommunikációnak nevezzük (illusztráció a 46. ábrán).



127. ábra Soros kommunikáció a PC és egy műszer között

Az RS232 tipikusan az egy PC-ből és egy műszerből álló mérőpark elrendezéshez alkalmazható protokoll. Ebben a rendszerben 1 adó (terminal) és 1 vevő (receiver) van földátvitellel (single-ended data transmission) a kettő között. Az elérhető maximális adatátviteli sebes-ség 15m-re 20kbps (kilobit per sec). Az RS 232 struktúráját a 3-10. ábra mutatja be.



A karakterek közötti logikai “1” szint jelzi, hogy nincs adatforgalom

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

128. ábra Soros RS232 protokoll formátuma

Az “St” alacsony szintű (logikai “0”) start bit, ami az adatközlés kezdetét jelzi. A 0,1...7 bitek az adatbitek, a *-gal jelzett bitek opcionálisak. A “P” un. paritás bit, amely az eset-leges hibafelismerést teszi lehetővé. Az egyes bitek “szélessége”, vagyis, hogy időben milyen hosszú az adott bit az un. “baud periódus” fejezi ki. Az “Sp” az adatközlés végét jelző magas (logikai “1”) szintű jel 1, vagy annál több baud periódus ideig jelenik meg.

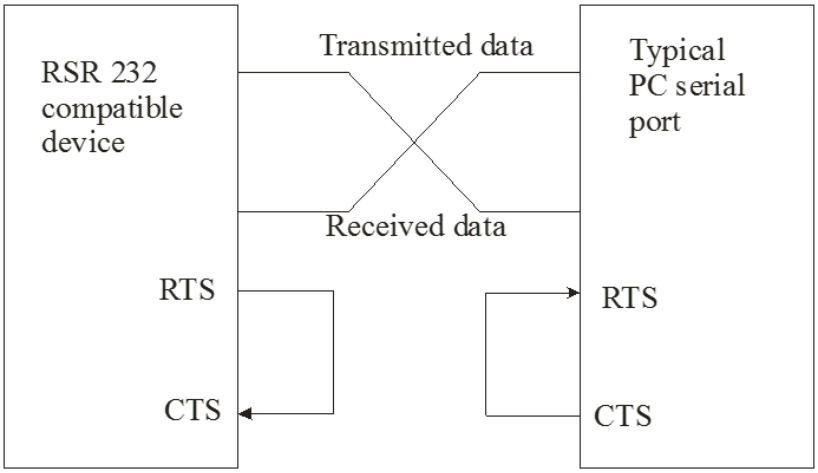
Az RS232 szabványt a rendszerigények növekedésével továbbfejlesztették.

Az RS422 már differenciál jelátvitelt tesz lehetővé, ahol nincs földátvitel, az adó és a vevő külön földre van kötve.

Az RS 422 alapvető jellemzői:

- maximális sebesség: 10Mbps (10m-re)
- maximális kábelhossz: 1200m (100kbps)
- adók száma: 1
- vevők száma max.: 10

Az RS 485 szabvány szerint kétirányú kommunikáció (half-duplex) valósítható meg, amelyben már a vevők száma 32-re emelhető. A maximális sebesség 35Mbps-ra növekedett.



129. ábra Kétirányú kommunikáció soros porton

130. ábra RS-232 csatlakozó

EIA szabvány	RS-232	RS-422	RS-485
Működési mód	aszimmetrikus átvitel	szimmetrikus átvitel	szimmetrikus átvitel
Meghajtók és vevők száma egy vonalon	1 meghajtó 1 vevő (pont-pont)	1 meghajtó 10 vevő (pont-pont)	32 meghajtó 32 vevő (multidrop)
Max. kábelhosszúság	15 m	1200 m	1200 m
Max. adatsebesség	20 kBd	10 MBd	10 MBd

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Max. Common Mode	nincs megadva	+ 7 V - - 7 V	+ 12 V - - 7 V
Meghajtó feszültség	±5 V tól ±15 V	± 2 V min	± 1.5 V min
meghajtó terhelés	3kΩ tól 7 kΩ	100Ω min	60 Ω min
Meghajtó Slew Rate	30 V/µs	Nincs megadva	Nincs megadva
Meghajtó kimeneti rövidzárási áram limit	500 mA V_{cc} vagy test felé	150 mA Test felé	150 mA Test felé 250 mA V_{cc} felé
Vevő érzékenység	±3 V	± 200 mV	± 200 mV
Vevő hiszterézis	1.15 V	50 mV	50 mV
Vevő bemeneti ellenállás	3 kΩ – 7 kΩ	4 kΩ	12 kΩ

13.2.2 Párhuzamos jelátvitel szabványos protokoll: IEEE488

Soros jelátvitelkor a vezérlő utasítások és adatok egy vezetékpáron, egymás után, szigorúan meghatározott sorrendben követik egymást, míg párhuzamos jelátvitel esetén a vezérlő utasítások és adatok külön-külön vonalon, párhuzamosan kerülnek továbbításra. Ez utóbbi rendszerrel a jelátviteli sebesség jelentősen növelhető, viszont nagy távolságokra nehéz gazdaságosan alkalmazni ezt a módszert.

Az IEEE488, és változatai a legelterjedtebb párhuzamos kommunikációs protokoll, amelyet 1972-ben a Hewlett Packard Corporation fejlesztett ki és jelentetett meg GPIB (General Purpose Interface Bus) elnevezéssel, majd 1975-ben szabványosították (IEEE488).

A GPIB hálózatorientált rendszer, amely nagy átviteli sebességet és nagyszámú műszer-parkot tesz lehetővé. A rendszerbe kapcsolható berendezéseket 3 kategóriába sorolhatjuk: vevő (listener), adó (talker) vezérlő (controller).

A vevő adatokat kap, az adó adatokat küld, de vannak vegyes üzemű műszerek is, amely lehet adó ill. vevő is. A vezérlő nem kizárólag, de legtöbbször egy PC, amely figyeli a hálózatot, és kérésre “összekapcsolja” az adót és a vevőt, vagy ha úgy szükséges, un. party-line kapcsolatot hoz létre, amelyben 1 adótól több vevő is kap adatot egyszerre. A GPIB half-duplex kommunikációt tesz lehetővé.

Az IEEE488 szabvány egy sor olyan formátumot nem határozott meg, ami a későbbiek-ben szükségessé vált, így 1987-ben átdolgozták és az IEEE488.2 szabványban rögzítették a vezérlők és adatok formátumára, helyzetjelzésekre, vezérlési feltételekre, stb. vonatko-zó előírásokat.

A National Instruments cég továbbfejlesztette a GPIB-t. Az új szabvány 2003-ban jelent meg IEEE-488.1-2003 néven, ami a IEEE-488.1 verzióval kompatibilis, de attól 8-szor gyorsabb (maximális adatátviteli sebessége 8 Mbyte/s).

13.2.3 USB (Universal Serial Bus)

Az USB (1995) az Universal Serial Bus – univerzális soros busz – rövidítése, amiből következik, hogy az adatok itt is csak sorosan áramolnak.

Az USB-t egy szabványosított interfésznek tervezték, amin keresztül könnyedén lehet eszközöket kapcsolni a számítógéphez annak újraindítása nélkül. Másik fontos elvárás az volt, hogy az alacsony fogyasztású berendezéseket ellássa a működésükhöz szükséges energiával úgy, hogy azokhoz ne legyen szükség külső tápellátásra. Az USB így nem csak adatok szállítására alkalmas, hanem árammal is elláthatja azokat az eszközöket, amelyek áramfelvétele nem nagyobb 500mA-nél. Különböző elosztok (HUB) segítségével egy USB kapura akár 127 egységet is csatlakoztathatunk.

Az USB 1.0-ás specifikációját 1995 novemberében mutatták be, amit az Intel, Microsoft, Philips és az US-robotics fejlesztett ki. Az 1.0-ás verzió 12 Mbps-os sebessége kevésnek mutatkozott, így a

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC, és a Philips 2000-ben létrehozta az USB 2.0, ami már 480 Mbps-ot biztosít.

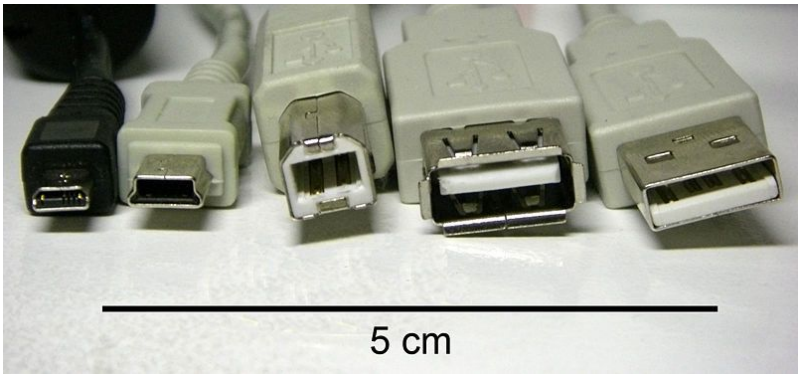
USB által támogatott adatátviteli sebességek:

- Alacsony sebesség – Low Speed (1.1, 2.0 verziónál): 1,5 Mbps (192 KB/s), billen-tyűzetek, egerek és játékvezérlők ezzel a sebességgel működnek.
- Teljes Sebesség – Full Speed (1.1, 2.0 verziónál): 12 Mbit (1,5 MB/s), a legnagyobb sebesség volt az USB 2.0 előtt.
- Megemelt sebesség – Hi-Speed (2.0 verziónál): 480 Mbps (60 MB/s)

Az USB 90 csavart érpárt használ, amivel half-duplex adattovábbítást valósít meg. 0,0-0,3 volt felel meg az alacsony jelnek és 2,8-3,6 volt a magas jelnek alacsony és teljes sebességnél. Megemelt sebességnél +- 400 mV-hoz tartozik a két jelszint. A kábel megengedett hosszúsága 5 méter, mivel ebben az esetben a várakozási idő nem haladja meg az előírt 1500 ns-ot.

USB lábkiosztása:

- VCC +5V
- D− Data –
- D+ Data +
- GND Ground

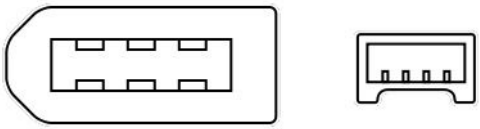


131. ábra USB csatlakozótípusok

13.2.4 FireWire (IEEE 1394)

A szabványt az Apple alkotta meg 1995-ben. Az USB-hez hasonló, kevésbé elterjedt, nagy sebességű soros kommunikáció szabvány. Maximálisan 63 berendezést lehet hozzácsatlakoztatni és az USB-hez hasonlóan ez is elláthatja árammal a berendezést.

- FireWire 400 (IEEE 1394a): 100, 200, vagy 400 Mbps
- FireWire 800 (IEEE 1394b): maximum 800 Mbps.



132. ábra FireWire csatlakozótípusok

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

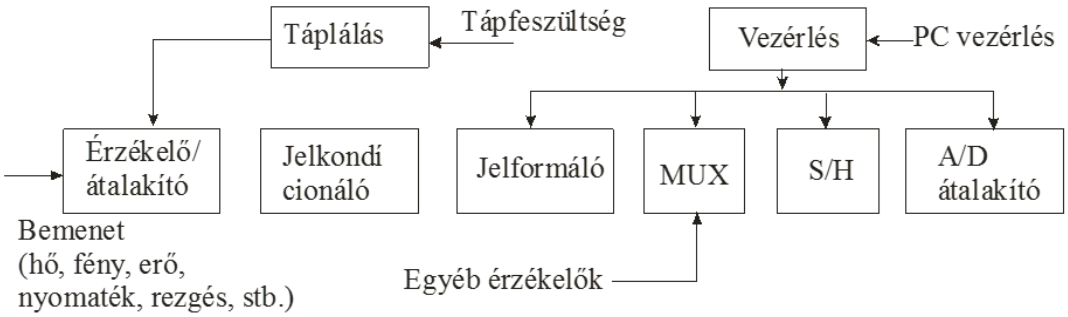
13.2.5 Ethernet

Manapság használatos helyi hálózati technológia. Eredeti verziója mintegy 10MB/s körüli adatátviteli sebességet tett lehetővé, de megjelent azóta Fast Ethernet (100MB/s) és Gigabit Ethernet technológiák (1000MB/s). Az Ethernet átviteli közegként koaxiális kábel, sodort érpár és optikai kábel egyaránt használható. Az Ethernet hálózatok busz és csillagtipológia mentén kialakíthatók.

133. ábra Sodrott érpár

13.3 Számítógéppel vezérelt mérőrendszer általános felépítése

A számítógéppel vezérelt mérőrendszer alapfunkciója, hogy egy fizikai/kémiai mennyiséget fogadjon, azt a számítógép által használható formára (bináris) alakítsa, szükség szerint archiválja, esetleg továbbítsa. Az 3-22. ábra egy mérőrendszer funkcionális felépítését mutatja be. Minden egységnek jól meghatározható feladata van a rendszerben, jóllehet a különböző alkalmazásoknál egyik vagy másik egység hiányozhat.



134. ábra Számítógéppel vezérelt mérőrendszer funkcionális felépítése

Érzékelő/átalakító: Fizikai/kémiai mennyiséget érzékel és azt valamilyen ismert törvényszerűség szerint átalakítja az adatgyűjtés számára alkalmas, általában feszültségjel formára. Egyes érzékelőknek külső energiaforrásra is szükségük lehet a működésükhöz. Bizonyos érzékelők az érzékelésen túl a mérőkör leválasztását is megoldják. Ez különösen a villamos mennyiségek mérésénél lehet lényeges, mert ha például egy esetleges meghibásodás miatt túl nagy mérendő mennyiség jelenne meg az érzékelő bemenetén, akkor védelem nélkül a számítógép bemenetére olyan szintű feszültség juthat, amely a berendezés meghibásodásához vezetne. Ezért a mérőkört mindig megfelelő módon célszerű leválasztani a mérendő körtől.

Jelkondicionáló: Az átalakító kimeneti jele a számítógép analóg bementére kapcsolható olyan feszültség jel, melyet sok esetben a megfelelő pontosságú, minőségű átalakítás el-érése érdekében “kezelni”, un. kondicionálni kell. A jelkondicionálás legtipikusabb példája a szűrés és erősítés. A mért jelek általában zajosak és mindig tartalmaznak olyan egyéb, nem hasznos összetevőt, amit a feldolgozás előtt szükséges

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

kiszűrni. Gyakran fordul elő, hogy a jel nagysága nem elegendő a digitalizáláshoz. Ha például a jel a maximális bemeneti tartományhoz képest túl kicsi, akkor digitalizálásnál az A/D átalakító csak az alsó néhány bitet használja fel, ami az átalakítás pontosságát nagy mértékben csökkenti. A leggyakrabban alkalmazott analóg jelkondicionálók: erősítő, osztó, zajszűrő, antialiasing szűrő.

Jelformáló: Vannak olyan esetek, amikor a mért jelen a szükséges átalakításokat érdemes még a "számítógépen kívül" elvégezni. Ez főleg akkor hasznos, ha processzoridőt kívánunk megtakarítani, amivel a rendszer sebessége jelentősen növelhető. Processzoridőt takaríthatunk meg például egy integráló áramkör beiktatásával, vagy jelformáló lehet egy egy-chipes számítógép, amely segítségével a processzor terhelése jelentősen csökkenthető.

Mintavevő/tartó (Sample and hold-S/H): A rendszernek ez az egysége végzi az adatgyűjtő berendezés analóg bemeneti csatornájára kapcsolt jel mintavételezését. A mintavételezett analóg feszültségértéket gyakran „várakoztatni" kell, amíg az feldolgozásra kerül, ezért szükség van egy olyan áramkörre, amely a jelet a szükséges ideig „tartja".

MUX (Multiplexer): Ha több bemenő jelet akarunk egyidőben a számítógépbe vinni, akkor vagy több A/D átalakítót kell alkalmazni, vagy a jeleket valamilyen sorrendben, csatornánként kell behívni és átalakítani. Mindkét megoldást alkalmazzák, többségében azonban az A/D átalakítók magas ára miatt olyan sorrend kapcsolókat, un. multiplexereket alkalmaznak, amelyek több csatornát képesek fogadni, a jeleket sorba rendezni, vezérelni és továbbítani az A/D átalakító bementére.

A/D átalakító: A mintavételezett analóg feszültségértéket digitális (bináris) formára alakítja át. Működési elvük, felbontásuk, sebességük, stb. szerint nagyon sokféle A/D átalakító van forgalomban, ezek között a legelterjedtebb az un. fokozatos közelítéses (succesive approximation) elven működő átalakítók, melyek mind sebességüket, pontosságukat, mind az árukat figyelembe véve gazdaságos megoldást kínálnak a legtöbb mérési feladathoz.

13.4 Adatgyűjtő berendezések

Többfunkciós mérésadatgyűjtő kártyák

A PC-be helyezhető általános felhasználású adatgyűjtők többsége rendelkezik analóg bemeneti csatornákkal, analóg kimeneti csatornákkal, digitális be-és kimenettel, valamint számlálókkal/időzítőkkel.

Egy, a gyakorlatban leginkább elterjedt 12 vagy 16 bites fokozatos közelítés elvén működő adatgyűjtővel, a nem különleges követelményű mérési feladatok általában gazdaságosan megoldhatóak. Egy ilyen adatgyűjtő kártya elvi blokk vázlatát mutatja be a 54. ábra.[1]

135. ábra Többfunkciós mérésadatgyűjtő kártya elvi blokkvázlata

Az adatgyűjtő PC interfész busz áramköre cím- és adat buszt, DMA buszt, IRQ vonalakat és vezérlő jeleket foglal magába.

A bemutatott adatgyűjtő 16 közös földpontú és 8 differenciál bemenettel rendelkezik. A jeleket két ±45V túlfeszültség védelemmel ellátott CMOS analóg bemenetű multiplexer fogadja. Az egyik 16 csatornás, a 0 - 15 csatornákhoz, a másik az 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 és 15. csatornákhoz van kötve a differenciál bemenetű jelek fogadásához. A beépített programozható erősítő segítségével a jelek erősítését csatornánként szoftverből lehet beállítani, így minden csatornán elérhető a maximális konvertálási pontosság. Az A/D átalakító egy 12 bites fokozatos közelítéses átalakító, amely alapkiépítésben 0 - +5V feszültségtartományt bont fel 4096 kvantumra. Egy kiegészítő áramkör teszi lehetővé a ±5V-os és 0 - +10V-os bementi tartományokat.

[1] http://www.ni.com/pdf/manuals/320266.pdf

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

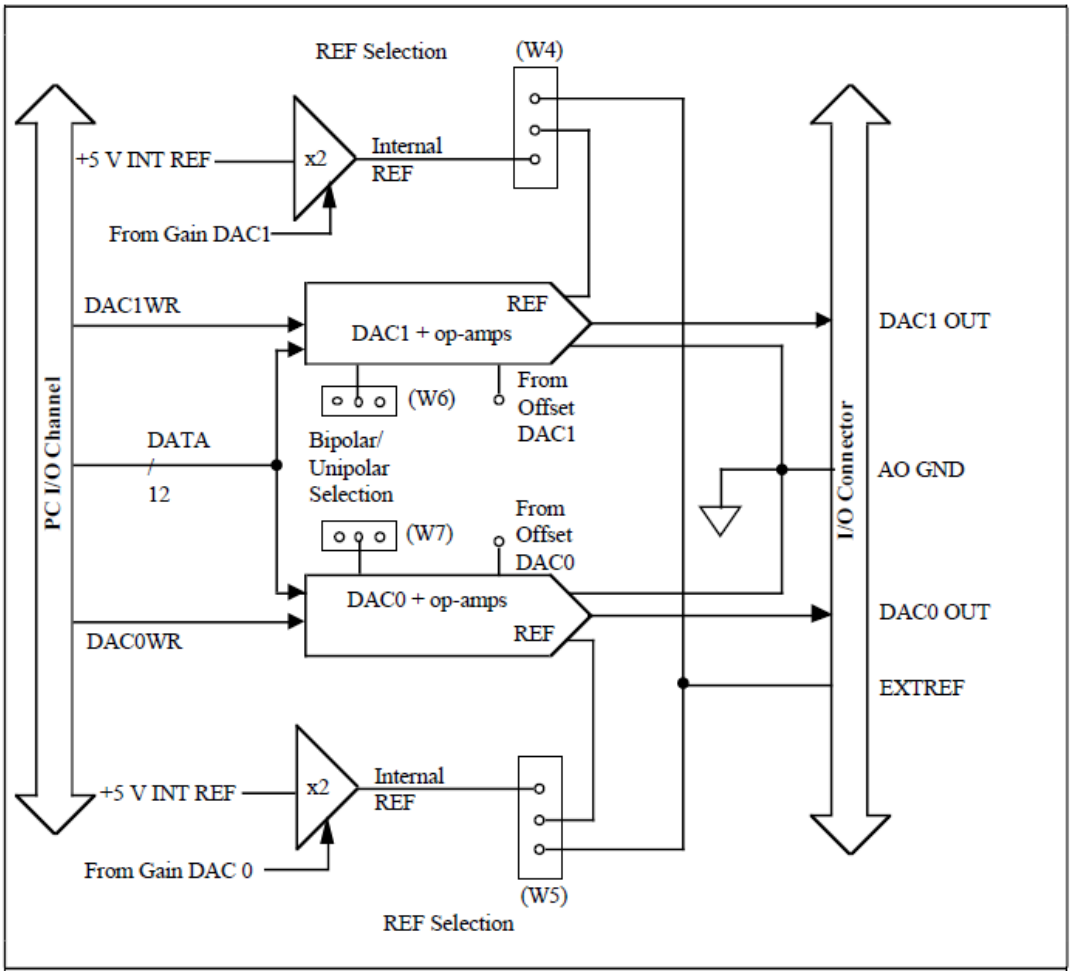
136. ábra Analóg bemenet és A/D átalakító elvi blokkvázlata

Analóg bementi egység jellemzői összefoglalva:

- Felbontás (12 bites, 16 bites)
- Bemeneti feszültség tartomány (± 5V; 0-10V)
- Erősítési fokozatok (0.5 – 100)
- Mintavételezési sebesség (<5MHz)
- Csatornaszám (16, 32)
- Bemenetek referencia pontja (közös, független) (Single-ended; Differential)
- Pontossági jellemzők (linearitás, stb.)
- Bemeneti impedancia (nagy).

Analóg kimenet

Az analóg kimeneti csatornák szintén 12 bites felbontásból generált analóg jeleket szolgáltatnak. Az analóg jelet a rendszer úgy generálja, hogy a D/A konverter bemenő digitális kódját szorozza egy referencia feszültséggel. Az egyen vagy váltó (unipolar, bipolar) üzemmódot kapcsolóval lehet állítani. Egyentartományban az 1 LSB-nek megfelelő feszültségszint = Uref/4096, a váltakozófeszültség tartományban 1 LSB=Uref /2048.



137. ábra Analóg kimeneti egység elvi blokkvázlata

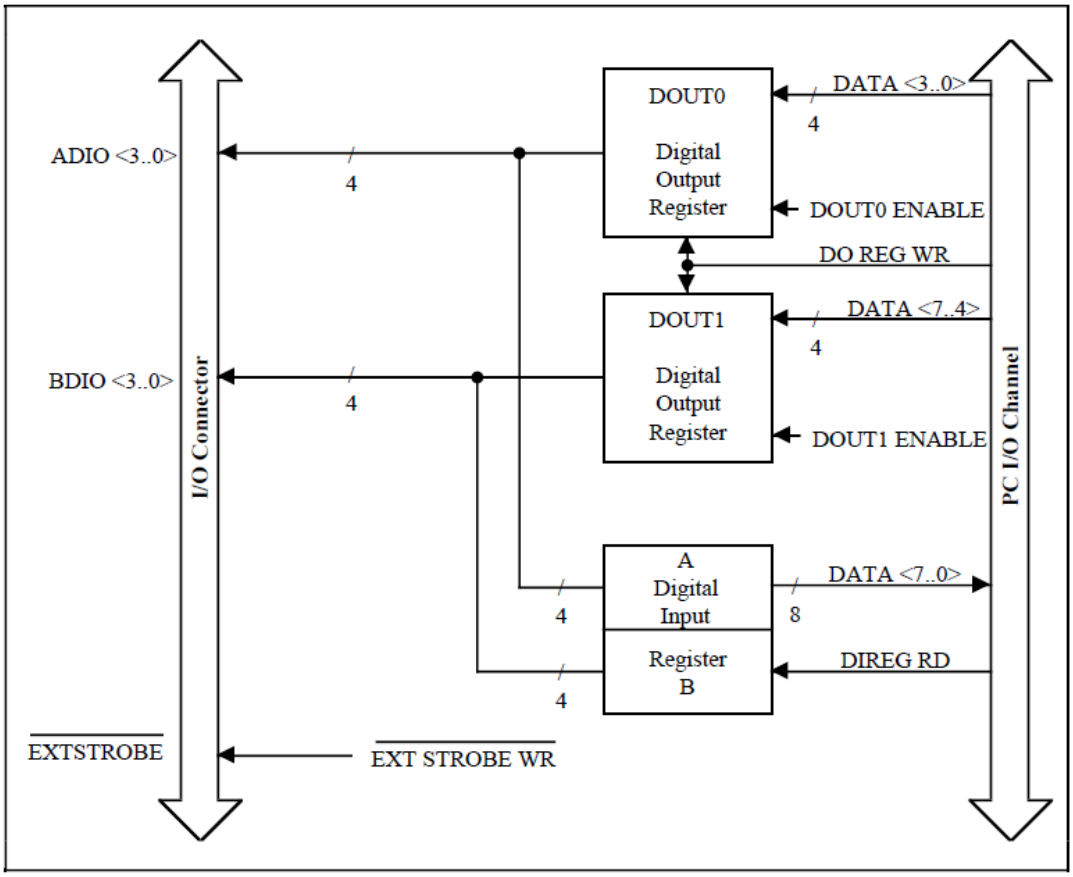
Analóg kimeneti egység jellemzői összefoglalva:

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- Felbontás (12 bites, 16 bites)
- Kimeneti feszültség tartomány (± 5 V; 0 - 10 V)
- Beállási idő
- Csatornaszám (1, 2, 4)
- TERHELHETŐSÉG (±2 mA)
- Pontossági jellemzők (linearitás, stb.)
- Kimeneti impedancia (kicsi)

Digitális be- és kimenet

Az AT-MIO-16F-5 típusú adatgyűjtő kártya két, egyenként 4 bites digitális be- és kimenettel rendelkezik. A digitális portok TTL kompatibilis jeleket fogadnak és küldenek.



138. ábra Digitális be - és kimeneti egység elvi blokkvázlata

DIO jellemzői összefoglalva:

- Portok száma
- TTL jelek
- Terhelhetőség (±10 μA).

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

14. fejezet - Számítógépes mérések vezérlőszoftverei

Az elmúlt időszakban nemzetközi viszonylatban is, de Magyarországon különösen nagy mértékben nyert teret a LabView fejlesztő szoftver rendszere a mérés- és automatizálási feladatok megoldásában, ezért a tananyag elsősorban ennek a fejlesztőkörnyezetnek az ismertetését tűzte ki célul. A LabView gyakorlatilag minden olyan ipari vállalat teszt-mérnökségén megtalálható, ahol számítógéppel vezérelhető mérőrendszereket alkalmaznak, és a magyar műszaki felsőoktatás méréstechnikai kurzusai is elsősorban erre a szoftverre épülnek.

14.1 Bevezetés a LabView szoftver alkalmazásába

A LabView egy grafikus programfejlesztő, amely elsősorban méréstechnikai és a hozzá-kapcsolódó jelfeldolgozási feladatok megoldására szolgál, de alkalmas más, pl. szimulációs munkákra is. A grafikus programozás egy látványos, könnyen követhető programo-zási módot jelent, amelyet könnyen sajátíthatnak el a hagyományos programnyelveket nem ismerő szakemberek is. Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy a programozás alap-vető jellemzői (változók deklarálása, ciklusok) teljes mértékben a C programnyelvhez hasonlóan, illetve azzal analóg módon történnek, ezért bármilyen hagyományos programnyelv alapszintű ismerete sokat segít a kezdeti lépésekben. Természetesen az, hogy mi az integer, vagy double típusú változó, vagy hogyan használható a for és while ciklus, gyorsan megtanulható apróságok, ezért valóban ajánlható a LabView mindenkinek, aki gyorsan és egyszerűen szeretne saját mérőprogramot készíteni. Ez az ismertető elsősorban azoknak készül, akik legalább alapszinten ismernek valamilyen hagyományos programozási nyelvet, ezért a fentebb említett ismereteket itt nem tárgyaljuk.

14.1.1 A LabView működése

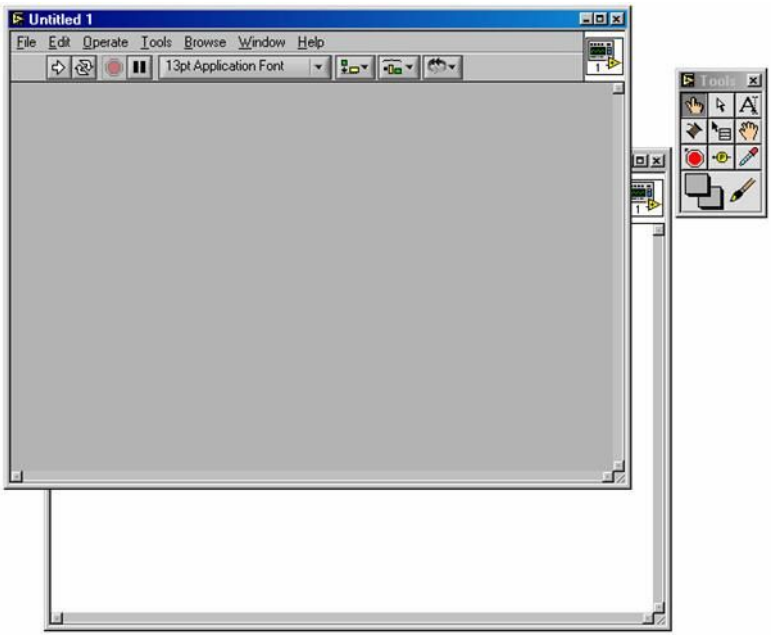
Mivel a rendszer virtuális műszerezésre szolgál, így az elkészült forrásprogramok „vi” (virtual instrument) kiterjesztést kapnak. A vi programok speciális könyvtárakba - VI Library – rendezhetőek. A VI library a Windows intézőben egy file-ként jelenik meg „llb” kiterjesztéssel, de LabVew környezetben egy VI library természetesen több vi programot is tartalmazhat.

Ha LabView-ban programozunk, akkor a legegyszerűbb esetben kétfajta ablakot használunk: a felhasználói kezelőfelület ablakát (Front Panel) és a grafikus program ablakát (Block Diagram).

A LabVIEW indítása után a következő három ablak jelenik meg a képernyőn

- A szürke Front Panel, a virtuális műszerünk előlapja, erre helyezzük majd el a kezelőszerveket és a különböző numerikus és grafikus kijelzőket.
- Az előlap mögött a fehér Diagram Panel bújik meg, amely tulajdonképpen a műszerünk belseje, erre a lapra kell felépítenünk a műszer „motorját” adó grafikus programot.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



139. ábra A LabVIEW indítása után a következő három ablak jelenik meg a képernyőn

E két ablak mellett feltűnik egy kisebb is, Tools felirattal. Az itt található eszközök közül az alábbiak a fontosabbak:

Kiválasztásakor az egérrel kis kezet mozgatunk, amellyel a Front Panelen ki-be tudjuk kapcsolni a nyomógombokat, meg tudjuk változtatni a bemeneti értékeket, egyszóval a vezérlő egységek értékeit tudjuk beállítani. Alkalmas még a grafikus kijelzők skálázásának megváltoztatására is. A Diagram Panelen az objektumok címkéjére (nevére) rákattintva átírhatjuk azt.

Segítségével jelölhetjük ki, mozgathatjuk, méretezhetjük át (ha mód van rá) az objektumokat a Front- illetve Diagram Panelen.

Mindkét panelen a címkék átírására szolgál, és egyéb feliratokat is elhelyezhetünk vele.

A Diagram Panelen az objektumok ki- és bemeneteinek összekötésére (- huzalozására) szolgál. A Front Panelen is használható, de a gyakorlataink során egyelőre nem vesszük hasznát.

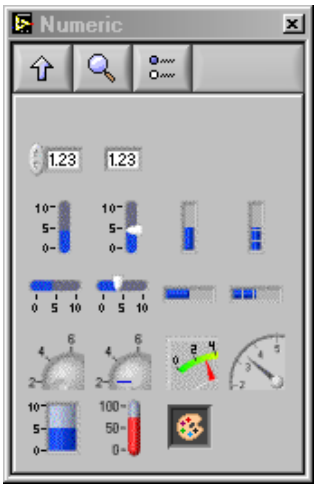
Kattintsunk bárhol a Front Panelen az egér jobb gombjával! A Controls Panel jön elő, amelyet a fejlécében található kis rajzszögre kattintva le is rögzíthetünk, így a Front Panel aktivizálásával mindig látható lesz (xxx. ábra). A Controls Panelen választhatjuk ki a vezérlő egységeinket illetve kijelzőinket.

140. ábra

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Az elemeket a jellegük szerint csoportosították. Az ikonok fölé húzva az egeret, a fejléc alatt megjelenik a csoportok neve is (Numeric, Boolean stb). Egy kis böngészés során az elemek rengeteg fajtájával találkozhatunk.

Válasszuk ki a numerikus típusúakat! (xxx. ábra)



141. ábra

Az első elem a Digital Control (digitális vezérlő), a második a Digital Indicator (digitális kijelző).

Fontos szabály! A Front Panelen kétféle elemet helyezhetünk el (a dekorációkat kivéve): controlt, tehát vezérlőt, illetve indicatort, tehát kijelzőt. A control elemek a program bemenetei, értéküket manuálisan változtatható, míg az indicatorok a program kimenetei, értéküket a program futása során nyerik.

Az elemek típusa utólagosan is megváltoztatható, ha jobb gombbal rájuk klikkelve a legördülő menüből a Change to Controlt illetve Change to Indicatort választjuk.

Térjünk most át a Diagram Panelre! Jobb egér-klikkelésre a Functions Panel ugrik elő, a programozáshoz szükséges függvényekkel és eljárásokkal. A Structures konténerben például a szöveg-alapú programozásban is megtalálható ciklusokat, struktúrákat találjuk, a Numericben az egyszerűbb matematikai operátorokat, függvényeket, és így tovább.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

142. ábra

A Front- illetve Diagram Paneleken a menük alatt néhány ikon található. Lássuk a fontosabbakat:

Az elkészült programunkat futtathatjuk vele.

Ha a programunkban valamilyen hiba van, a fenti nyíl helyett jelenik meg. Ha rákattintunk, futás helyett a hibalista (Error List) jön elő, a hibák részletes felsorolásával és részletezésével. Ha a hibalistában valamelyik hibaleírásra kétszer rákattintunk, a Diagram Panelen pontosan megmutatja a jelenséget.

Folyamatos futtatás; a programunk a befejeződése után automatikusan újraindul.

A futó program leállítására szolgál.

Szünetelteti a program futását.

A Diagram Panelen található. Aktivizálása esetén nyomkövető módra váltunk, mely során az adatok terjedését láthatjuk a diagramunkban (nagyon szemléletes!).

Rendkívül hasznos szolgáltatás, főként a Diagram Panelen, a Help menüben a Show Context Help menüpont. Ha rákattintunk, egy kis súgó ablak ugrik elő, amelyben az objektumokat kiválasztva vagy az egeret föléjük mozgatva azonnal részletes leírást kapunk az adott elem ki- és bemeneteiről és funkciójáról. Ha egy vezetékre -kurzorral mutatunk rá, a súgó ablak megmutatja annak típusát.

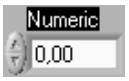
Néhány egyszerű programozási gyakorlat

I. A lehető legegyszerűbb feladatként adjunk össze két számot! Ezáltal megismerkedhetünk a vezérlők és kijelzők fontosabb tulajdonságaival.

Tegyünk ki a Front Panelre egy Digital Controlt; ezen keresztül adjuk majd meg az egyik összeadandó számot:

Jobb klikk a Front Panelen, mire kiugrik a Controls Panel (ha még nem volt ott); a Numeric típusúak közül az első lesz a Digital Control. Kattintsunk rá, majd még egyszer valahova a Front Panelen. Az objektum megjelenik:

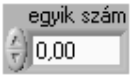
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



143. ábra

A címkéje fekete, amivel fölajánlja, hogy egyből meg is változtassuk. Írjuk át egyik szám-ra! Klikkeljünk a panelen valahova máshová, és a címke beíródik. Aki véletlenül már kattintott egyet, mielőtt megváltoztatta volna a címkét, az eszközök közül az

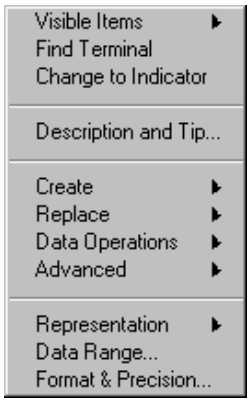
kurzort kiválasztva és a címkére kattintva utólag megteheti ezt.



144. ábra

A kurzorral tetszőleges helyre mozgathatjuk az elemet.

Kattintsunk a vezérlőre a jobb egérgombbal! A következő menü gördül le:



145. ábra

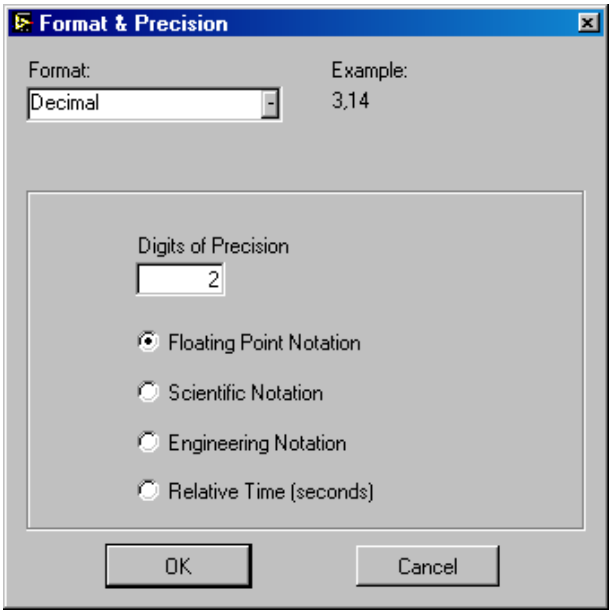
Fókuszáljunk a Representation menüpontra! Újabb menü nyílik meg:

146. ábra

Itt adhatjuk meg a vezérlő típusát. A felső sorban a lebegőpontos típusok (extended, double, single) találhatók, alatta az egészek (32, 16 és 8 biten ábrázolt integer), majd az előjel nélküli egészek következnek. A legalsó sor számunkra egyelőre nem lényeges. A felkínált típus a double, ami megfelel, ne változtassunk rajta!

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A főmenüben a Representation menüpont alatt a Format & Precision zárja a sort. Rákattintva a 68. ábrán látható ablak nyílik meg. Itt a kijelzés formátumát és pontosságát állíthatjuk be. A belső számábrázolás pontosságától mindez független!

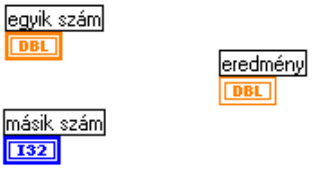


147. ábra

Helyezzünk el még egy Digital Controlt a Front Panelen, nevezzük el másik számnak, és a típusát a Representation menüben állítsuk be i32-nek (32 biten ábrázolt egész)! A tizedes jegyek eltűnnek.

Rakjunk föl egy Digital Indicatort (Controls Panel, Numerics csoport, a második elem a Digital Control mellett) a Front Panelre! Nevezzük el eredménynek! Itt jelenik majd meg a két szám összege.

Most térjünk át a Diagram Panelre! Három objektumot látunk: a két Controlt és az Indicatort:



148. ábra

Könnyedén azonosíthatjuk őket a címkéjük alapján, leolvashatjuk a típusukat is. A Diagram Panelen a vezérlőknek és kijelzőknek illetve a vezetékeknek a színe is megmutatja a típusukat:

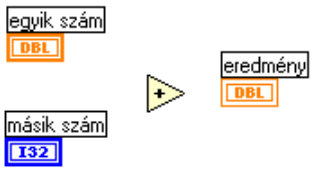
- narancs: lebegőpontos szám
- kék: egész
- zöld: Boolean
- bíbor: string
- stb.

A vezérlőket úgy tudjuk első ránézésre megkülönböztetni a kijelzőktől, hogy vastag kerettel vannak határolva, míg a kijelzők vékonnyal.

Mivel össze akarjuk adni a két számot, keressük ki az összeadás ikont a függvények közül:

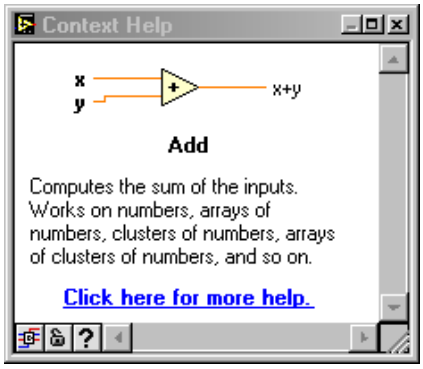
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Jobb klikk, Functions Panel, a legelső a Numeric csoportban. Helyezzük a Front Panelnél megismert módon valahova a vezérlők és az kijelző közé:



149. ábra

Ha aktivizáljuk a Help menüben a Show Context Help parancsot, a súgó ablakban láthatjuk az összeadó bekötési módját és a működését:



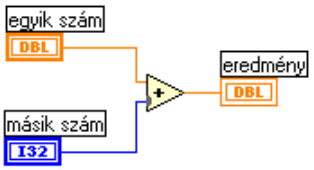
150. ábra

Már csak az elemek összekötése van hátra:

A -kurzorral az egyik vezérlőre kattintva egy vezetéket húzhatunk ki belőle, ami a mozgatással egyszer automatikusan megtörik, de a panel fehér hátterére kattintva további irányváltoztatásokat is eszközölhetünk. Vigyük a vezeték szabad végét az összeadó egyik bemenete fölé (a bemenetek mindig a bal oldalon vannak, a kimenetek a jobbon)! Ha villogni kezd a bemenet, kattintsunk a baloldali egér-gombbal! Hogyha a vezeték színes lett, a bekötés sikerült. Ha továbbra is fekete szaggatott vonal maradt, akkor nem értük el a célt. A jobb egér-gombra kattintással megszüntethetjük a megkezdett vezetéket.

Ha rosszul kötünk be egy vezetéket (például két kimenetet kötünk össze), az fekete szaggatott vonallal jelzett marad. A CTRL+B betűkombinációval az összes hibás vezetéket egy mozdulattal el lehet távolítani.

Kössük össze a másik vezérlőt az összeadó másik bemenetével, illetve a kijelzőt a kimenetével!



151. ábra

Az összeadó egyik bemeneténél egy kis pontot láthatunk. Ez típuskonverziót jelent, hiszen az egyik bemenetre lebegőpontos, a másikra egész szám került.

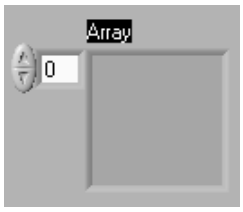
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Ha nem rontottunk el semmit, menüsor alatt a ikont látjuk. Váltsunk át a Front Panelre, a -kurzorral adjunk értéket a vezérlőknek és indítsuk el a programot. Az eredmény azonnal megjelenik és a program futása befejeződik. Ha a ikonnal indítunk, a program végtelen ciklusban automatikusan újraindul. Ebben az esetben a kurzor magától -ra vált, amivel a vezérlők értékét bármikor megváltoztathatjuk, és máris megkapjuk az eredményt. A program futását a ikonra kattintva állíthatjuk meg.

II. Nézzük meg, hogyan hozhatunk létre és kezelhetünk a LabVIEW-ban tömböket! A példán keresztül megismerkedünk a ciklusok automatikus indexelési lehetőségével is.

Hozzunk létre egy tömböt!

Helyezzünk el a Front Panelen egy Array (tömb) elemet az Array & Cluster csoportból!



152. ábra

A tömb még üres, mert még nem adtuk meg, hogy milyen elemekből álljon. A Controls Panelről helyezzünk az üres négyzetbe egy Digital Controlt! A szokásos módon beállíthatjuk a típusát és a formátumát is. Ez az elem lesz tehát a tömb alapegysége.

153. ábra

A baloldali kis mezőben láthatjuk az aktuális indexet, a jobb oldaliban az adott indexű elem értékét.

A jobboldali mező jobb alsó sarkát a -kurzorral megragadva lefelé vagy jobbra ki is bővíthetjük a látható elemek számát. Az index mindig a legelső látható elemre vonatkozik. Ha valamelyik elem értékét megváltoztatjuk, a kijelzése aktívvá válik.

154. ábra

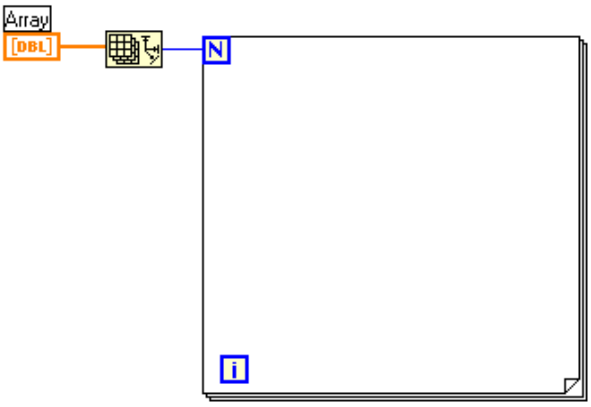
A tömb hosszát nem kell előre megadni, automatikusan változik a bevitt elemek számának megfelelően.

Több dimenzióssá úgy tehetjük a tömböt, ha az index-mezőt a fenti módon lefelé kettő vagy több eleművé bővítjük. Ekkor két dimenzióssá is széthúzhatjuk a látható elemek ablakát.

Írjunk programot, amely összeadja a tömbünk összes elemének értékét!

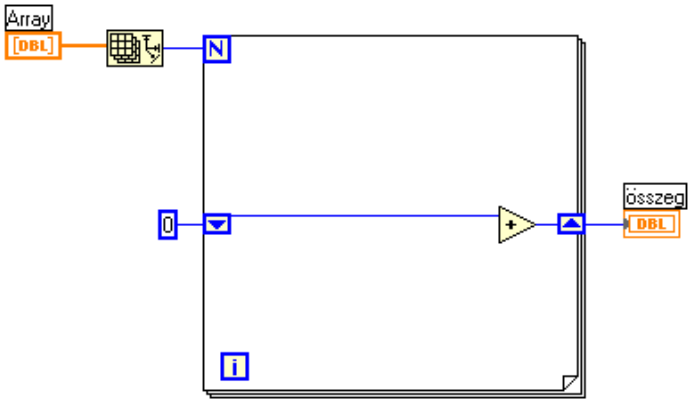
Hozzunk létre a Diagram Panelen egy for-ciklust. A ciklus annyiszor kell, hogy lefusson, ahány eleme van a tömbnek. Ezt a Fuctions Panel Array csoportjának a Array Size elemével tudhatjuk meg. Bemenetére a tömböt kell kapcsolni, kimenetén a tömb mérete jelenik meg.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



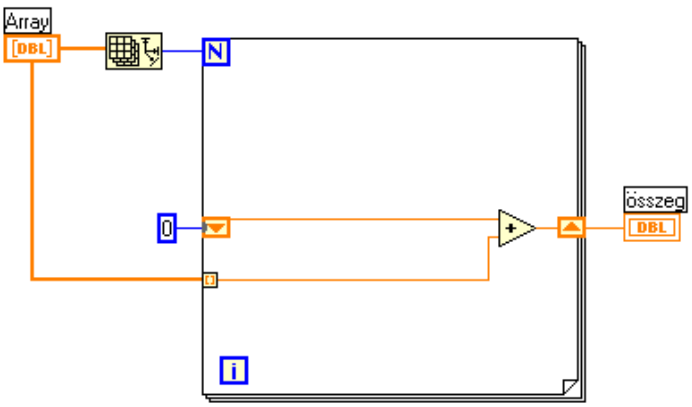
155. ábra

Az elemek összeadását az előző feladatban látott regiszteres módszerrel végezzük el. Ehhez hozzunk létre egy kijelzőt a Front Panelen és állítsuk össze a következő kacsolást:



156. ábra

Az összeadó másik bemenetére a tömb *i*-ik elemét kell kötni. Ehhez semmi mást nem kell csinálni, mint a cikluson kívül levő tömböt összekötni az összeadóval. A vezetéken ugyanis a ciklusba való belépéskor automatikus indexelés történik, tehát a tömb *i*-ik eleme megy csak tovább a vezetéken. Ez látszik a vastagságán is: a tömb összes elemét szállító vezeték vastag vonallal jelzett, míg az egyetlen értéket szállító vékonnyal. Ezzel elkészült a programunk.

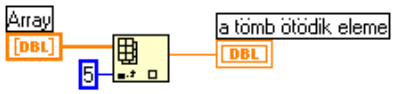


157. ábra

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Az automatikus indexelést – ha a feladat azt kívánja meg –, ki is lehet kapcsolni a vezeték és a ciklushatár metszésénél látható kis négyzetre való jobb egér-kattintással, ahol a legördülő menüből a Disable Indexing menüpontot kell választani. Ekkor az egész tömb továbbhalad a cikluson belülre.

A tömb *i*-ik elemét az Index Array nevű elem felhasználásával is megkaphatjuk:



158. ábra

Az imént megírt programot csak a gyakorlás kedvéért készítettük el. A numerikus függvények között található az Add Array Elements nevű függvény, amely elvégzi helyettünk a tömb elemei összegének kiszámítását:

Legvégül nézzünk 2 példát a grafikus kijelzők használatára! A LabVIEW-ban sokféle grafikus megjelenítő közül válogathatunk, rengeteg paraméter-beállítási lehetőséggel. Ezek közül kettő, a Waveform Chart (hullámforma diagram) és a Waveform Graph (hullámforma grafikon) használatának rövid bemutatása következik.

A Waveform chart egymás után bejövő számokat vár a bemenetén, melyekből görbét rajzol. Valamilyen cikluson belül kell tehát elhelyezni. Legyen a példánk egy szinusz hullám megjelenítése.

Szinusz hullám generálására mi magunk is írhatnánk programot, de szerencsére a LabVIEW alkotói ezt már megtették helyettünk. A Functions Panel Analyze csoportjában található a Signal Processing alcsoport. Ezen belül a Signal Generation alcsoportot kell választani, ahol a Sine Pattern elemet keressük:

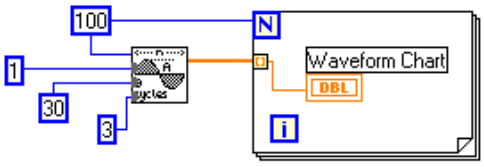
159. ábra

Ez a függvény az n, A, Q, cycles nevű bemeneteire adott értékek szerint n darab mintából, A amplitudóval, Q fáziskésleltetéssel cycles ciklusszámú szinusz hullámot állít elő a kimenetén, egy lépésben, egy n méretű tömb alakjában. Helyezzük el a Diagram Panelen és adjunk a bemeneteire tetszőleges értékeket (pl. a xxx. ábra szerint)!

Hozzunk létre egy for-ciklust, amely annyiszor fut le, ahány mintából áll a szinusz hullám (n-szer)!

A Front Panelre helyezzünk el egy Waveform Chart elemet a Controls Panel Graph csoportjából kiválasztva. Váltsunk át a Diagram Panelre és a kijelző szimbólumát mozgassuk a for-cikluson belülre.

Már csak annyi van hátra, hogy a szinusz hullámot generáló elem kimenetét összekössük a kijelzővel. Az automatikus indexelés elintézi nekünk a tömb elemekre bontását. Ezek után valahogy így néz ki a diagramunk:



160. ábra

El is indíthatjuk a programot, s a görbe kirajzolódik. Ha a Front Panelen jobb egér-gombbal rákattintunk a grafikus diagramra, egy menü gördül le, ahol a kijelző több paramétere átállítható. Ezek közül a

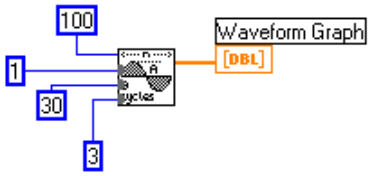
XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

legfontosabbak az X scale illetve Y scale menüpontokban található AutoScale X és AutoScale Y funkciók, amelyek automatikus skálázást biztosítanak X és Y irányban. Ha a kijelzőhöz csatolt Plot 0 feliratú kis egységnek hívjuk le ugyanilyen módon a menüjét, ott az ábrázolás tulajdonságait (szín, pontok összekötése stb.) állíthatjuk be.

Indítsuk újra a programunkat úgy, hogy az AutoScale X be van állítva! Azt vesszük észre, hogy a hullámok száma megduplázódik. Ez azért van, mert a kijelzőt nem töröltük le a futtatás előtt. Ez a legördülő menü Data Operations almenüjének Clear Chart pontjával megtehető.

A Waveform Graph a Charttal szemben egy tömböt vár a bemenetére, s a tömbben tárolt görbét jeleníti meg.

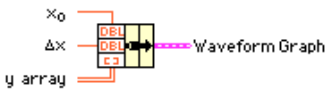
A szinusz hullám kirajzolásához nem is kell mást tennünk, mint egyszerűen összekötni a két elemet:



161. ábra

A programocska futásra kész. Újbóli futtatás során a hullámforma diagramnál tapasztaltakkal szemben nem kell letörölni a grafikont, mert a Graph minden egyes aktivizálásakor az éppen aktuális bemenetet jeleníti csak meg.

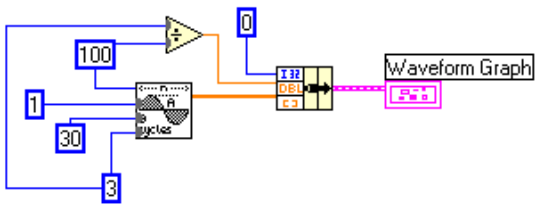
Az eddigiek során kicsit pongyolán kezeltük a kijelző vízszintes tengelyén érvényes egységeket. Bár a skálázás alatt a Time feliratot látjuk, valójában csak a minták egyszerű számolásáról van szó. A Waveform Graph használata lehetőséget nyújt arra, hogy a megfelelő értékek jelenjenek meg a vízszintes tengelyen. Ehhez a Diagram Panelen a grafikon elé egy Bundle elemet kell kötni a függvények Cluster csoportjából (bővebb magyarázatára most nincs szükség), aminek bemenetein megadhatjuk a kirajzolás kezdőpontjának időpillanatát és a minták közötti időkülönbséget. A harmadik bemenetre magát a kirajzolandó függvényt tartalmazó tömböt kell kapcsolni:



162. ábra

Amikor a Bundle elemet elhelyezzük a panelen, csak két bemenete van, pedig háromra lenne szükségünk. A -kurzorral a jobb alsó sarkát megragadva és lefele húzva tetszőleges számú bemenetűre átméretezhetjük.

Befejezésül – némi gondolkodással – meg kell határozni Δt értékét. Ha a hullám frekvenciája mondjuk 1 Hz, akkor 3 ciklussal és 100 mintavétellel a következő értékeket kell a bemenetekre kötni:



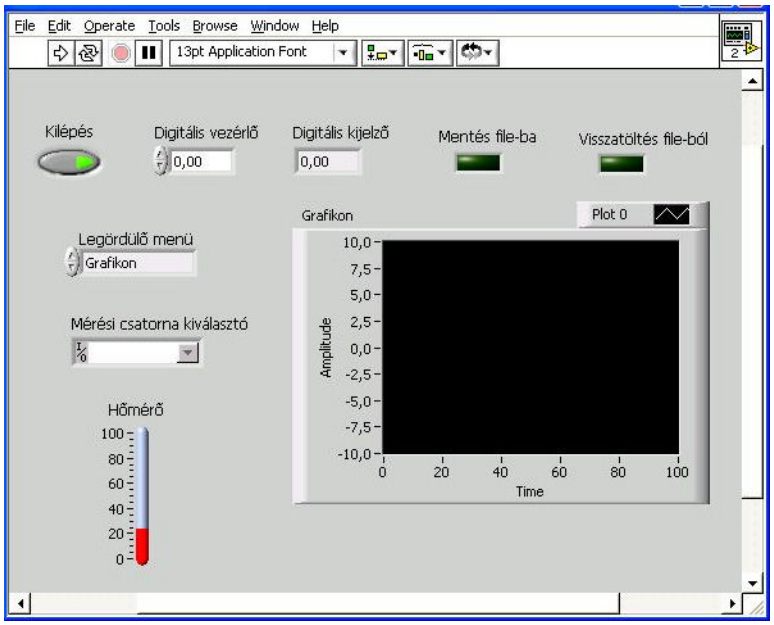
163. ábra

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Ezek után indításkor valóban a megfelelő értékeket látjuk mindkét tengelyen.

14.1.2 A Panel

A felhasználói ablak jelenik meg az elkészült *.exe program futtatásakor a képernyőn. Ezen az ablakon vannak elhelyezve a programot vezérlő nyomógombok, kapcsolók, (pl. kilépés a programból, mérés indítása, file-ba mentés, visszatöltés, stb.), értékmegadó mezők (pl. mintavételi frekvencia beállítása, csatornák számának megadása, stb.), különböző kijelzők, grafikonok, vagy legördülő típusú menük, vagyis amit a program használója lát. A program fejlesztése közben a LabView fejlesztő környezetéből történő futtatás során is ezen a képernyőn tesztelhető a program.



164. ábra

Felhasználói kezelőfelület

14.1.3 A Diagram

A Panelen elhelyezett objektumok névvel ellátva automatikusan megjelenek a grafikus program ablakában. Itt tervezzük meg a program futását. Tulajdonképpen olyan ez, mint a szokásos programnyelvekben (Pascal, C) a szöveges formátumú forrásnyelvű program, csak itt nem a szövegesen beírt sorok futnak le sorba egymás után, hanem a grafikus jelekkel meghatározott műveletek, függvények, a köztük lévő vezetékezésnek megfelelően.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

15. fejezet - A minőség biztosítása és a méréstechnika kapcsolata

15.1 Mi a minőség?

A minőség nemzetközi meghatározása szerint "…egy termék vagy szolgáltatás jellemzőinek és sajátosságainak összessége, amelyek hatással bírnak kinyilvánított vagy vélelmezett szükségletek kielégítésére." (ISO 8402-1986). E meghatározásnak az alapján lehetséges a termékek és szolgáltatások értékelése mind "a felhasználói követelmények kielégítése", mind "a célnak megfelelőség" szempontjából. Ennek alapján jogosan mondhatjuk, hogy a minőség egy cél elérésének az eszköze, nevezetesen az ügyfél (customer) elégedettségének az elnyerése egy termék vagy szolgáltatás minden tekintetében.

A minőség mindent áthat. Bele kell épülnie az információrendszerekkel kapcsolatos termékek és szolgáltatások tervezésébe, kiválasztásába és irányításába, ha ezeknek egy előírt szintet meg kell ütniük. A helyes tennivalók megfelelő kivitelezése (doing the right things right) a cselekvés leginkább költségtakarékos módja. Harrison szerint "…a minőség és az értékarányosság egymástól elválaszthatatlan fogalmak".

A minőség, ennélfogva stratégiai kérdés mind a közszolgálat, mind a privát szféra szervezetei számára. Olyan szervezeti szemléletmód (business ethos) kialakításához járul hozzá, amely kiterjed az ügyfelek elégedettségére, a megtérülésre és hatékonyságra, és átfogja a szakmák és mesterségek széles körének a követelményeit.

Miért fontos a minőség?

A minőséget az emberek munkájukkal érik el, amelynek során rendszereket, információkat, eszközöket és technikákat használnak fel az ügyfelek elvárásainak megfelelő és a szervezeti célkitűzéseket elérő minőségi termékek készítésére és szolgáltatások nyújtására. A minőség olyan elérhető, mérhető és költségtakarékos cél, amelyet be lehet vezetni egy szervezetbe feltéve, hogy a fogalmak megértése és az elkötelezettség a szervezetben rendelkezésre áll.

Az olyan szervezetek, amelyek minőségügyi kezdeményezéssel élnek, általában törekednek az ügyfelek elégedettségének elérése és keresik az adminisztratív, technikai és működtetési költségek csökkentésének módjait. Ennek eredményeképpen költségcsökkentés az alábbiakból származhat:

- kevesebb átdolgozásból, a pazarlás elkerüléséből,
- a javítást szolgáló erőforrások jobb kiosztásából,
- a beszállítók és tanácsadók javuló értékeléséből és ellenőrzéséből,
- a működési rezsiköltségek csökkentéséből,
- hatékonyabb tervezésből, fejlesztésből és működtetésből,
- a termékek és a szolgáltatások időben történő, terv szerinti és becslés szerinti költségeken való szállításából.

A mérés

A minőség az igény kielégítés mértékét és módját jelenti, amit a tervezéskor, a gyártás során és a végterméken is ellenőrizni, igazolni kell. Ahhoz, hogy a jellemzők ellenőrizhetők legyenek célértékeket (minőségi előírásokat) kell maghatározni. A vevői igények lefordítása általában számszerűsíthető értékekkel történik, és az ilyen célértékek méréssel ellenőrizhetők.

A minőségellenőrzésben használt mérési módszerek a következők:

- numerikus módszerek, amikor a megfelelőség számértékkel kifejezhető,
- minősítő módszerek, amikor a megfelelőség összehasonlító objektív, vagy szubjektív módszerekkel történik, az értékelés egy ítélet (megfelelő, jó, nem jó, stb.).

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A méréssel megállapított értékeknek, helyesnek és általánosan elfogadhatónak, más mért értékekkel összehasonlíthatónak kell lenni, amit csak a mérésügy országos és nemzetközi szabályozás a tud biztosítani.

A mérésügy

Magyarországon az 1991. évi XLV. törvény szabályozza a mérésügyet, amelyben az Országos Mérésügyi Hivatalt jelöli meg, mint a mérésügy országos hatáskörű irányító, felügyelő és ellenőrző szervét.

A törvény rögzíti a törvényes mértékegység rendszert, amely a nemzetközi mértékegységrendszer (SI) alkalmazását jelenti.

Az SI hét alapegységre épül, amit a származtatott és az SI-n kívül használatos mértékegységek egészítenek ki.

Lásd a xxx oldalt.

A törvény meghatározza a joghatással járó mérések használhatóságát:

A törvény 2.§- a szerint:

- A mérésügy a mérésekkel kapcsolatos tevékenységkörnek az a része, amelyet a mérések hazai és nemzetközi egységességnek és pontosságának biztosítása céljából a jog eszközeivel kell szabályozni, és amelynek ellátásáról az állam gondoskodik.

- A mérésügy országos hatáskörű, központi irányító, felügyeleti és ellenőrző szerve az Országos Mérésügyi Hivatal (a továbbiakban: OMH), mely a Kormány felügyelete alatt áll, és önálló költségvetési szerv. Felügyeletét a Kormány által megbízott miniszter gyakorolja.

A törvény 4.§ (1)/b szerint:

- Meghatározza az egyes mérőeszközök minőségügyi követelményeit, kibocsájtja a hitelesítési eljárásokat, előkészíti a mérésügyi szabályokat, és kidolgozza a műszaki irányelveket, ellátja a mérésügyi engedélyezési feladatokat, elvégzi a típusvizsgálatokat, a használati mérőeszközök hitelesítését, feljogosítja (akkreditálja) a kalibráló laboratóriumokat, gondoskodik a törvény és végrehajtására kiadott mérésügyi jogszabályok megtartásának ellenőrzéséről.

A törvény 6.§ szerint (Joghatással járó mérés és eszközei)

"Joghatással jár a mérés, ha annak eredménye az állampolgárok és/vagy jogi személyek jogát vagy jogi érdekeit érinti, különösen, ha a mérési eredményt mennyiség és/vagy minőség tanúsítására - vagy hatósági ellenőrzésre és bizonyításra használják fel; továbbá az élet- és egészségvédelem, a környezetvédelem és a vagyonvédelem területén.

Joghatással járó mérést a mérési feladat elvégzésére alkalmas hiteles mérőeszközzel vagy használati etalonnal ellenőrzött mérőeszközzel kell végezni.

Hiteles a mérőeszköz

a) amelyet a mérésügyi szervek hitelesítettek,

b) amelynek külföldi hitelesítését az OMH első belföldi hitelesítésként elismerte."

Tehát mások számára mérési eredményt csak olyan mérőeszközzel végzett mérés alapján szabad megtenni, amelynek a megfelelősége igazolt.

A mérőképesség igazolásának módjaként a törvény a hitelesítést és a kalibrálást (használati etalonnal történő ellenőrzés) határozza meg.

1.3.2. A hitelesítés

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

A mérőeszköz hitelesítés célja, annak elbírálása, hogy a mérőeszköz megfelel-e a vele szemben támasztott mérésügyi előírásoknak. A kormányrendelet (127/1991 (X. 9.) és az ezt módosító 41/1995 (IV. 18.) előírja a hitelesítésre kötelezett mérőeszközök és használati etalonok metrológiai ellenőrzését és hitelesíttetését.

A hitelesítés hatósági tevékenység, így azt csak az OMH végezheti el!

A mérőeszköz hitelesítésének ki kell terjednie az engedélyezett mérőeszköz típussal való azonosságnak, a mérőeszköz műszaki jellemzői megfelelőségének, valamint a mérőeszköz helyes működésének a vizsgálatára.

Amennyiben az ellenőrzött mérőeszköz megfelel a vonatkozó előírásoknak, az OMH hitelesítési bizonyítványt ad ki és megjelöli a mérőeszközt.

A jelölés két részből áll: egy koronás jel egy kódszámmal (ami a hitelesítő azonosítására szolgál) és egy érvényességi dátumot tartalmazó bélyeg.

165. ábra Mérőeszköz minősítését tanúsító fémzár (plomba)

Mérőeszközt hitelesíteni csak hitelesítési engedély alapján lehetséges, amit az OMH ad ki a mérőeszköz típusvizsgálata alapján. Amennyiben az adott mérőeszközre nézve nincs hitelesítési engedély, azt a mérőeszköz felhasználójának kell megrendelnie, ami még nem hitelesítés, hanem annak igazolása, hogy a mérőeszköz az adott mérési feladat végzésére használható.

A mérőeszközök mérésre való alkalmasságának igazolásának módját a xxx. sz. táblázat mutatja be.

xxx. sz. táblázat: A mérőeszközök mérésre való alkalmasságának igazolása

	A mérőeszköz a kormányrendeletben mint kötelező hitelesítésű mérőeszköz	
	szerepel	nem szerepel
A mérőeszköz ellenőrzését az OMH végzi	Kötelező hitelesítés	Fakultatív hitelesítés
A mérőeszköz ellenőrzését nem az OMH végzi	Hitelesítést helyettesítő minősítés	Saját kalibrálás Akkreditált laboratóriumi kalibrálás

A hitelesítést helyettesítő minősítésről akkor beszélünk, ha az OMH feljogosít más szerveket a kötelező hitelesítésű mérőeszközök minősítésére (akkreditált laboratórium). A feljogosítás alapján végzett mérőeszköz minősítés az eszköz időszakos és javítás utáni hitelesítését helyettesíti.

A fakultatív minősítésről akkor beszélünk, ha a mérőeszköz használója olyan mérőeszköz hitelesítését rendeli meg, ami nem szerepel a kormányrendeletben (a mérőeszközt egyébként csak kalibrálni kellene).

A hitelesítések érvényességének (meghibásodás nélküli) időtartamát a kormányrendelet rögzíti.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Néhány mérőeszköz hitelesítési érvényessége:

Kereskedelmi méterrúd,	korlátlan
Súlyok, 2/ pontossági osztályban	2 év
Közúti kerék- és tengely terhelésmérők	1 év
Vízmérők 5 m^3/h terhelhetőségig	4 év
Közúti ellenőrző sebességmérők	1 év

Lejárt hitelesítésű mérőeszközt használni tilos, azaz mért értéknek nem lehet joghatása!

Meg kell ismételni a hitelesítést:

- ha az érvényességi idő lejárt,
- a mérőeszközön javítást végeztek,
- a mérőeszköz méréstechnikai tulajdonságai megváltoztak,
- az ellenőrző etalonnal végzett mérés nem megfelelő eredményt ad.

A kalibrálás

A kalibrálás azoknak a műveleteknek az összessége, amelyekkel - meghatározott feltételek mellett - megállapítható az összefüggés a mérőműszer vagy mérőrendszer értékmutatása, illetve a mérték, a hiteles anyagminta által megtestesített vagy használati etalonnal megvalósított érték (helyes érték) között.

A kalibráláshoz használt használati etalonnak érvényes hitelesítéssel kell rendelkeznie, és pontosabbnak kell lennie a vele ellenőrzött mérőeszköznél.

A mennyiben a mérőeszköz tulajdonosa rendelkezik hitelesített (a mérőeszköz ellenőrzésére alkalmas) használati etalonnal, van megfelelő képzettségű szakembere, a kalibrálást a saját mérőeszközein maga is elvégezheti.

Fenti feltételek hiányában a kalibrálást az OMH által akkreditált vizsgálólaboratóriumoknál kell megrendelni.

A kalibrálásról kalibrálási bizonyítványt kell kiállítani, és a mérőeszközt meg kell jelölni.

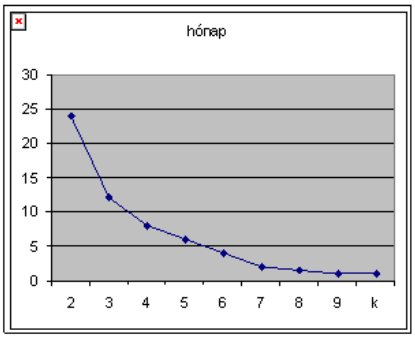
A kalibrálási időközöket nem szabályozza jogszabály, azt a felhasználónak kell megállapítani.

Néhány mérőeszköz ajánlott kalibrálási periódusa:

Mikrométerek, tolómérők	2 hónap
Idomszerek	3 hónap
Nyomásmérők	2-3 hónap
Mérlegek	6 hónap
Súlysorozatok	12 hónap
Minősítő eszközök	6 hónap

Az itt megadott irányértékek mellet figyelembe kell venni a mérőeszköz használatának üzemi körülményeit, a használati gyakoriságot.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/



166. ábra A kalibrálási idő becslése az igénybevétel alapján

A "k" kockázati tényezők összegzése révén az xxx. ábra alapján lehet a kalibrálási időszakokat megbecsülni.

Kialakult gyakorlat, hogy az előzetesen felvett kalibrálási időszakkal végzett kalibrálási eredmény alapján növelik, vagy csökkentik a kalibrálási időszakokat.

A mérőeszköz kezelés és nyilvántartás

MSZ EN ISO 9001-7.6. A megfigyelő és mérőeszközök kezelése.

A szervezetnek meg kell határoznia, hogy milyen figyelemmel kíséréseket és méréseket kell végezni, és milyen megfigyelő- és mérőeszközre van szükség annak igazolásához, hogy a termék megfelel a meghatározott követelményeknek.

A szervezetnek olyan folyamatokat kell bevezetnie, amelyekkel biztosítja, hogy a figyelemmel kísérés és a mérés elvégezhető legyen, és úgy is történjen, hogy összhangban legyen a figyelemmel kísérés és a mérés követelményeivel.

Ha gondoskodni kell az eredmények érvényességéről, a mérőeszközöket:

1. meghatározott időszakonként vagy használat előtt kalibrálni vagy hitelesíteni kell olyan mérési etalonokkal való összehasonlítás útján, amelyek visszavezethetők nemzetközi vagy nemzeti etalonokra; ha ilyen etalonok nincsenek, akkor a kalibrálás vagy hitelesítés alapját fel kell jegyezni.
2. be kell szabályozni, vagyis a szükséghez képest újra be kell szabályozni;
3. azonosítani kell, hogy a kalibrált/hitelesített állapotot meg lehessen állapítani;
4. meg kell védeni olyan beállításoktól, amelyek érvényteleníthetik a mérési eredményeket;
5. meg kell védeni a károsodástól és állapotuk romlásától a kezelés, karbantartás és tárolás alatt.

Ezeken túlmenően a szervezetnek ki kell értékelnie és *fel kell jegyeznie* az előző mérési eredmények érvényességét, ha úgy találták, hogy a berendezés nem felel meg a követelményeknek. A szervezetnek meg kell tennie a megfelelő intézkedéseket a berendezésre és az érintett termékre. A kalibrálás és hitelesítés eredményeiről készült feljegyzéseket meg kell őrizni.

MSZ ISO/TS 16949:2002 (QS 9000 helyett)

Kalibrálási/igazolási (verifikálási) feljegyzések

Minden idomszerre, mérő- és vizsgálóberendezésre vonatkozó - beleértve a munkatársak és a vevő tulajdonában lévő berendezéseket is - kalibrálási/igazolási (verifikálási) feljegyzéseknek, amelyek ahhoz szükségesek, hogy bizonyítani lehessen a termék megfelelőségét a meghatározott követelményeknek, tartalmazniuk kell:

- a berendezés azonosítását, beleértve annak a mérési etalonnak az azonosítását, amelyet a berendezés kalibrálásához használtak,
- a műszaki tervezésben végrehajtott módosítások után végzett felülvizsgálatokat,

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

- minden olyan kalibrálás/igazolás során kapott értéket, amely eltérést mutat az előírástól,
- az előírás feltételeitől való eltérés hatásának értékelését,
- az előírásnak való megfelelésre vonatkozó nyilatkozatokat a kalibrálás/igazolás (verifikálás) után, valamint
- a vevő értesítését, ha az a gyanú merült fel, hogy nem megfelelő termék vagy anyag került kiszállításra.

ISO 10012 (Mérőeszközökkel szemben támasztott minőségbiztosítási követelmények)

A főbb követelmények:

- a mérőeszköz azonosítása,
- szabályozási rendszer kiépítése,
- a rendszer ellenőrzése,
- mérések tervezése,
- hibaforrások felderítése, mérések bizonytalanságának meghatározása,
- kalibrálás, hitelesítés,
- nyilvántartás vezetés,
- nem megfelelő állapot kezelése,
- a kalibrált állapot azonosítása (jelölés a mérőeszközön),
- kalibrációs időszak felügyelete, dinamizálása,
- zárjegyek alkalmazása,
- külső szolgáltatások igénybevétele (hitelesítés, kalibrálás),
- visszavezethetőség és leszármaztatás igazolása,
- környezeti feltételek szabályozása,
- vizsgáló személyzettel szembeni elvárások meghatározása.

A termelési folyamat bonyolultságától, az alkalmazott mérőeszközök számától függően külön mérőeszköz felügyelőt célszerű megbízni a mérésügyi feladatok koordinálásával.

A mérőeszköz felügyelő általános feladatai:

- A szervezet működése szempontjából fontos mérőeszközök kijelölése (azon mérőeszközök, amely esetén a mért érték felhasználásáról a rendszer dokumentumai valamilyen formában rendelkeznek).
- A kijelölt mérőeszközök beszerzése és nyilvántartása.
- A mérőeszközök mérőképességének igazolása (hitelesítés, kalibrálás).
- A mérőeszközök minősítése- megfelelőségének meghatározás-, azaz a kalibrálási vagy hitelesítési bizonyítványokban közölt tényleges metrológiai jellemzők összehasonlítása a specifikációkkal.
- Az eszközök megfelelőségének igazolása, a megfelelőség jelölése.
- A meghibásodott mérőeszközök további felhasználásának megakadályozása, gondoskodás a javításról és az újbóli ellenőrzésről.
- Gondoskodás a mérőeszközök szakszerű tárolásáról és karbantartásáról.

Nemzeti akkreditálási rendszer

Az 1995. évi XXIX. törvény a laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálásáról meghatározza a nemzeti akkreditálás rendszerét, továbbá a jogi személyek és a jogi személyiséggel nem rendelkező szervezetek vizsgáló- és kalibráló laboratóriumai, tanúsító és ellenőrző szervezetei akkreditálásának feltételeit.

A nemzeti akkreditálás rendszerének keretében, a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvényben foglaltak figyelembevételével, a következő szervezetek akkreditálhatók:

1. vizsgálólaboratóriumok,
2. kalibráló laboratóriumok,
3. terméktanúsító szervezetek,
4. minőségügyi rendszert tanúsító szervezetek,
5. személyzettanúsító szervezetek,
6. ellenőrző szervezetek.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

Magyarország nemzeti akkreditáló szervezete e törvény felhatalmazása alapján a Nemzeti Akkreditáló Testület.

A minőségügy és mérésügy szervezeti és intézményi rendszere

A minőségügyi és mérésügyi nemzetközi és európai szervezetek listáját, a magyar minőségügy és mérésügy intézményrendszere, valamint a társadalmi, tudományos és műszaki egyesületek, társaságok, bizottságok és érdekképviseleti szervezetek ismertetőjét az alábbiakban közöljük.

1.3.1 Minőségügyi és mérésügyi nemzetközi és európai szervezetek

- Méteregyezmény (Convention du Métre), 1875
- Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal (Bureau International des Poids et Mesuers, BIPM)
- Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság (Comité International des Poids et Mesuers, CIPM)
- Nemzetközi Mérésügyi Szervezet, (Organization Internationale de Métrologie Légale, OIML), 1955
- Nemzetközi Szabványügyi Szervezet, (International Organization for Standarization, ISO), 1947
- Nemzetközi Elektronikai Bizottság, (International Elekrotechnical Commission, IEC), 1906
- Nemzetközi Laboratórium akkreditálási együttműködés, (Int.Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC)
- Minőségügyi Világtanács (World Quality Council, WQC)

- International Measurement Confederation, IMEKO

- Európai Regionális Metrológiai Együttműködés (EUROMET), 1987
- Nyugat- Európai Mérésügyi Együttműködés (WELMEC), 1990
- Európai Laboratórium Akkreditálási Együttműködés. (European Cooperation for Accredetation of Laboratories, EAL), 1994
- Európai Minőségügyi Szervezet, (European Organization for Quality, EOQ)
- Európai Vizsgálati és Tanúsító Szervezet (EOTC)
- Európai Szabványügyi Bizottság, (European Committee for Standardization, CEN), 1961, 1975
- Európai Elektronikai Szabványügyi Bizottság, (CENELEC), 1961, 1975
- Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI), 1987
- Minőségi Rendszereket Tanúsítók Európai Hálózata (IQNet)
- Nyugat. Európai Kalibrációs Együttműködés (WECC), 1975
- Nyugat-Európai Laboratórium Akkreditáló Együttműködés, (West European Laboratory Accreditation Cooperation WELAC)
- Európai Vizsgálólaboratóriumi Szervezet (EUROLAB).

Magyar Minőségügy és Mérésügy Intézményrendszere

- Országos Mérésügyi Hivatal (OMH)
- Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)
- Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT)

Minőségi követelmények előírási módjai

A minőségi követelményeket előírhatják jogszabályok, pl. törvény, kormányrendelet.

Ezek mindig kötelező érvényűek.

A normatív utasítás szintű előírás, mint a szabvány, műszaki előírás, műszaki irányelv, szabályzat, műszaki szabályzat előírása már általában nem kötelező, de kötelezővé tehető. Ugyanez vonatkozik az eljárások, előírások követelményeire is.

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/

16. fejezet - Villamos mérések szabályai

A mérés során használt műszereknek és segédeszközöknek biztonságosnak kell lenni, meg kell felelni a villamos biztonsági és tűzvédelmi szabályoknak. A felhasználónak pedig be kell tartani a szakszerű és biztonságos használatra vonatkozó előírásokat. A mérőtermek megfelelnek a villamos berendezések létesítésére vonatkozó MSZ 1600-as szabvány előírásainak. A mérőműszerek gyártása és vizsgálata az IEC 348 biztonsági követelményeinek vagy a korábbi szabványnak megfelelően történt.

A mérőműszereket használatbavétele előtt tanulmányozzuk a kezelési utasítást vagy a műszerkönyvet! Mindig tartsuk be az áramnemekre és a feszültség-határértékekre vonatkozó előírásokat! Mérések előtt ellenőrizzük a mérőeszközök és vezetékek épségét. Ne dolgozzunk törött, szakadt, sérült szigetelésű vezetékekkel! Megfelelő csatlakozókat használjunk, lehetőleg a kéziműszerek eredeti mérővezetékeivel és mérőcsúcsaival mérjünk.

A mérési feladat elvégzésének szabályai

- A mérésvezető tanár feladata a mérés előkészítése, a munka megkezdése előtt a tanulók/hallgatók kioktatása. Köteles a villamos biztonsági előírásokat betartani, a tanulókkal/hallgatókkal betartatni és ellenőrizni.
- A mérési feladat ismertetése után készítsünk vezetékezési vázlatot!
- A tanár engedélyével válasszuk ki a szükséges műszereket, segédeszközöket!
- Végezzük el a mérendő körön belüli vezetékek csatlakozását, ügyelve arra, hogy ez a feszültségre való csatlakoztatás előtt történjen (a tápfeszültség csatlakozóit ne kössük be)!
- Ha szükséges, a védővezetőt is csatlakoztassuk!
- A mérendő áramkört a teljes összeállítás után a mérésvezető tanárral ellenőriztessük!
- Ha szükséges, a védővezetőt is csatlakoztassuk!
- A mérendő áramkört a teljes összeállítás után a mérésvezető tanárral ellenőriztessük!
- Először állítsuk be a feszültségeket a tápegységen, és csak ezután csatlakoztassuk a mérendő áramkört! A tápfeszültséget bekapcsolni csak a mérésvezető tanár engedélyével szabad.
- A kapcsolásban változtatásokat végezni, áram- vagy teljesítménymérőt csatlakoztatni, nagyáramú méréshatárt váltani csak feszültségmentes állapotban lehet.
- A mérés során ügyeljünk a műszerek, az áramkör, ill. az alkatrészek terhelhetőségére!
- Helyhez kötött (hálózati) készüléket más mérőhelyre átvinni csak a tanár utasítására lehet.
- Rendellenes zaj, fény, füst stb. vagy hibás működés, ill. baleset esetén az áramkört azonnal ki kell kapcsolni, a mérésvezető tanár közreműködésével minden szükséges intézkedést meg kell tenni!
- A mérés befejezése után kapcsoljuk ki a mérőkészülékeket!
- A feltöltött kondenzátorokon kikapcsolás után is maradhat feszültség! Ha szükséges az ilyen kondenzátorokat ellenálláson keresztül süssük ki!
- A tanár engedélyével bontsuk szét a kapcsolásunkat, az eszközöket, műszereket, mérőzsinórokat tegyük a helyükre!

XML to PDF by RenderX XEP XSL-FO F ormatter, visit us at http://www.renderx.com/