

Mérések

2. Előadás

A mérésel kapcsolatos fogalmak között könnyebben eligazodunk, ha azokat a mérési folyamat jól megkülönböztethető elemei szerint csoportosítjuk:

1. mérendő mennyiség, (merena veličina,)
2. mérőeszköz (merno sredstvo)
3. mérési eljárás (merni proces)
4. mérési eredmények (rezultat merenja)

1. Mérendő mennyiség

Definíciók

- **Mérhető mennyiség** (korábban fizikai mennyiség) jelenség, tárgy vagy anyag minőségileg megkülönböztethető és mennyiségileg meghatározható tulajdonsága.
- **Alapmennyiség** egy mennyiségrendszer olyan mennyiségeinek egyike, amelyeket megállapodás-szerűen egymástól függetlennek tekintünk
- **Származtatott mennyiség** egy mennyiségrendszerben a rendszer alapmennyiségeinek függvényeként definiált mennyiség.

- **Mértékegységek.** A mértékegység megállapodás alapján elfogadott és definiált, skaláris konkrét mennyiség, amellyel az ugyanolyan fajtájú más mennyiségek az e mennyiséghez viszonyított nagyságuk kifejezése céljából összehasonlíthatók.
- **A mértékegységeknek** ugyancsak megállapodással elfogadott neve és jele van.
- **A mennyiség értéke** a mennyiség nagyságát egy számérték (mérőszám) és egy egység (mértékegység) szorzataként megadó kifejezés.

2. Mérőeszközök (Merna sredstva)

A mérőeszköz szabályokban meghatározott karakterisztikákkal rendelkező készülék amely őriz vagy megvalósít egy vagy több mértékegységet.

A mérőeszközök felosztása:

- mérték (materijalizovana mera),
- mérőműszer (merni instrumenti) és
- mérőátalakító (merni pretvarači).

Mérték

Adott mennyiség egy vagy több ismert értékét használata során változatlanul reprodukáló vagy előállító eszköz.

Mérték például: az $R = 1 \Omega$ etalonellenállás,

Az $U = 1,018 \text{ V}$ feszültségelem, egy ellenállásdekád doboz és hasonlóak.

A mérték jellemzői:

- robusztus szerkezet
- egyszerű kezelés
- állandóság a munkában

Egy mértékdől tudni kell:

- névelges értékét,
- az értéke állandóságát,
- a referenciafeltételeket

Mérőeszköz

Önmagában vagy kiegészítő eszközökkel együtt mérésre használt eszköz.

A mérőeszközök lehetnek:

- értékmutató pokazni,
- regisztráló registrujući,
- összegezõ sabirni,
- integráló integratorski,
- stb... itd...,

A megjelenítés illetve a memorizálás lehet analog és digitális

Mérőátalakító

A bemeneti mennyiséggel adott összefüggésben álló kimeneti mennyiséget szolgáltató eszköz.

Különösen fontosak a mérések szempontjából az analog-digitális (A/D) valamint a digitális-analog (D/A) átalakítók amelyek lehetővé teszik a folyamatos nagyságok diszkrét nagyságokká alakítását és fordítva.

3. Mérési eljárás

Egy adott mérés során a mérési módszernek megfelelő módon elvégzendő, részletesen leírt, konkrét műveletek összessége.

Mérési módszer

A mérés elvégzéséhez szükséges, fő vonalakban leírt műveletek logikai sorrendje.

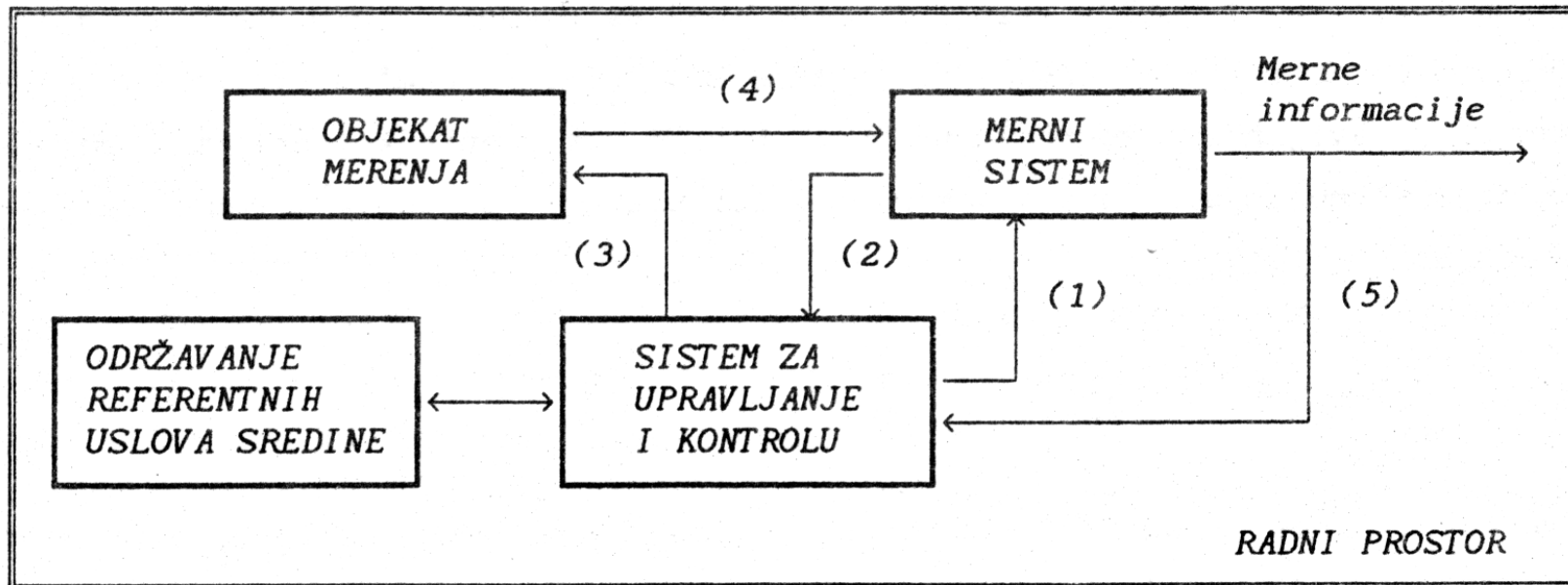
Arra a mérési eljárásra, melynek mérési eredmény a végterméke, mondjuk hogy egy adott mérésmódszer egyedi megvalósítása, ami magába foglalja az adatokat, a felszerelést és a folyamatot. Hogy a mérés folyamata szabályosan folyon le egyfelől biztosítani kell:

- megfelelő mérőrendszert,
- vezérlő és ellenőrző rendszert
- a referens feltételek fenntartásához szükséges rendszert és munkaterületet.

másfelől:

- mérési elvet,
- mérési módszert és
- operatív eljárást.

Minden egyes tényező fontos szerepet játszik a mérési eljárásban, így ezek egyenkénti ismerete, feltétele egy korrektan elvégzett mérési feladatnak.



Slika 2.1. Funkcionalna šema mernog procesa

Mérendő mennyiség, mért mennyiség

A mérés tárgyát képező konkrét mennyiség.

Mérőrendszer

Mérőeszközök és egyéb készülékek meghatározott mérési feladat elvégzésére alkalmas összessége, feladata, hogy a mért nagyságot átvegye a mérés tárgyról, összehasonlítsa azt az azonnemű referens nagysággal és az eredményt mint mérésinformációt közölje a felhasználóval.

A vezérlő és ellenőrző rendszer

Biztosítja a mérési műveletek sorrendjét a mérési eljárás folyamatában.

A referens feltételek fenntartása

A referens feltételek fenntartása a munkatérben alapfeltétele a minőségi méréseknek.

Mérési módszer

A mérés elvégzéséhez szükséges, fő vonalakban leírt műveletek logikai sorrendje

A mérési módszerek többféleképpen osztályozhatók, például:

- **helyettesítési módszer**
- **különbségi módszer**
- **null módszer.**

Emellett a számszerű eredmény megkapásának módjától függően a mérésmódszereket feloszthatjuk:

- **közvetlen módszer**
- **közvetett módszer**

A **közvetlen módszer** olyan módszer amely a számított eredményt a mérendő nagyság közvetlen, és nem más vele funkcionális kapcsolatban lévő nagyság mérésével adja meg.

A **közvetett módszer** olyan módszer, ahol a számított eredményt közvetve, a mért nagysággal funkcionális kapcsolatban lévő nagyságok mérésével kapjuk meg.

Példaként, a közvetett módszerre, megemlíthető az ellenállás mérése feszültség és áramerősség mérése segítségével.

4. Mérési eredmények

A mérendő mennyiségnek tulajdonított, méréssel kapott érték.

A mérési eredményekkel kapcsolatban említést érdemelnek:

- a mérőműszerek hibái,
- a mérés eredménye és hibái,
- statisztikai feldolgozás és
- az ábrázolás.

A mérőműszerek hibái

Fontos különbséget tenni a mérőeszközök hibái és a mérés hibái között, mert a mérőeszköz hibája csak a szemlélt mérőeszközre vonatkozik, míg a hiba definíciója sokkal szélesebb és a mérés eredményére vonatkozik amire kihatással van az összes mérőeszköz amely részt vesz a mérés folyamatában.

Mérőeszköz (értékmutatásának) hibája

A mérőeszköz értékmutatása minusz a megfelelő bemenő mennyiség valódi értéke.

Rendszeres hiba

Az az átlagérték, amely ugyanazon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményéül adódna, mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke.

Torzítás (mérőeszközé)

A mérőeszköz értékmutatásának rendszeres hibája.

Véletlen hiba

A mérési eredmény mínusz az az átlagérték, amely ugyan azon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményéül adódna.

A mérőeszközök véletlen hibáinak szerepe különösen fontos a precíz méréseknél, ahol szükséges ugyanezek statisztikai elemzése. Okai:

- az értékmutatás összehangolatlansága a nagyságok kis értékeinek pontos mérésekor,
- a mérőeszköz bizonyos rendszerbeli hiányosságainak jelenléte és
- a környezet véletlenszerűen változó hatásai.

A mérőeszköz abszolút hibája

Hiba (mérési hiba)

A mérési eredmény mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke.

Ha a (mérési) hibát meg kell különböztetni a relatív hibától, akkor az előbbit gyakran **abszolút mérési hibának** nevezik. Az abszolút mérési hiba nem azonos a **mérési hiba abszolút értékével**.

A **mérték abszolút hibája** egyenlő a mérték névleges értéke és a mérték valós értéke közötti különbséggel.

Az abszolút hiba a mért nagyság mértékegységében kifejezve, a következő kifejezéssel adott:

$$G_a = x - x_0$$

ahol:

x mérték névleges értéke

x_0 a megvalósított nagyság valós értéke

A képletből látszik, hogy az abszolút hiba algebrai nagyság.

A mérőműszer abszolút hibája egyenlő a műszer által megjelenített (mutatott) és a mért nagyság valós értéke közötti különbséggel.

A mérőeszköz relatív hibája

Relatív hiba

A mérési hiba osztva a mérendő mennyiség valódi értékével.

A **mérték relatív hibája** egyenlő a mérték abszolút hibájának és a mérték valós értékének a hányadosával.

A relatív hiba a következő képlettel adott:

$$G_r = \frac{x - x_0}{x_0}$$

amiből látszik, hogy ez a típusú hiba mértékegység nélküli szám.

A mérőműszer relatív hibája egyenlő a mérőműszer abszolút hibájának és a mért nagyság valódi értékének hányadosával.

A mérőeszköz vonatkoztatott hibája

Redukált hiba (mérőeszközé) vonatkoztatott hiba,

A mérőeszköz hibája osztva egy a mérőeszközre előírt értékkel.

Ezt az előírt értéket általában **vonatkoztatási érték**nek nevezik és lehet például a mérőeszköz átfogása vagy skálatartományának felső határa. A vonatkoztatott hiba általában a mérőműszerekre vonatkozik és leginkább százalékokban fejezzük ki. Így a következő aránnyal adott:

$$G_r (\%) = \frac{x - x_0}{x_{\max}} \cdot 100$$

Ahol x_{\max} az átfogása vagy skálatartomány.

Mérési hibák

A mérések célja, hogy megfelelő mérőeszközök segítségével, a mérés eredményeként megkapjuk a mért nagyság valódi értékét.

A nagyság lemért és valós értéke közötti különbséget a mérés hibájának nevezzük. A hiba megjelenítési módjától függően lehet mértékegységgel ellátott vagy mértékegység nélküli szám.

Megkülönböztetünk:

- abszolút és
- relatív hibát.

Hiba (mérési hiba)

A mérési eredmény mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke.

Az **abszolút hiba** a mért nagyság mértékegységében kifejezve, a következő kifejezéssel adott:

$$G_a = x - x_0$$

ahol:

x mérési eredmény

x_0 a mért nagyság valós értéke

A képletből látszik, hogy az abszolút hiba algebrai nagyság, pozitív ha a mért nagyság nagyobb a valós értéknél, és negatív, ha a lemért nagyság kisebb a valós értéknél.

A mérés relatív hibája

Relatív hiba

A mérési hiba osztva a mérendő mennyiség valódi értékével.

A **mérés relatív hibája** egyenlő a mérés abszolút hibájának és a mért nagyság valódi értékének hányadosával.

A relatív hiba a következő képlettel adott:

$$G_r = \frac{G_a}{x_0} = \frac{x - x_0}{x_0}$$

amiből látszik, hogy ez a típusú hiba mértékegység nélküli szám.

A mérés hibáira adott definícióknak nincs gyakorlati jelentősége, mert bár bizonyos hogy a mért nagyság valódi értéke létezik, nincs rá lehetőségünk hogy megismerjük.

A valódi értéket is mérési eljárással állapíthatjuk meg, és a mérés mindig tartalmaz hibát. Ezért a mért nagyság valódi értékét kénytelenek vagyunk megbecsülni azokkal az eszközökkel amelyek a rendelkezésünkre állnak.

Felhasználhatunk etalonokat és a legpontosabb idevágó mérésmódszereket, vagy a sorozatban megismételt mérések értékének aritmetikai középértékét hogy megkapjuk a konvencionális valódi értéket

Konvencionális valódi érték

Valamely konkrét mennyiségnek tulajdonított, gyakran megegyezés alapján elfogadott olyan érték, amely az adott célnak megfelelő bizonytalanságú.

Helyettesítve a valódi értéket a konvencionális valódi értékkel a fenn említett képletek gyakorlati esetekben is alkalmazhatókká válnak.

Ha a konvencionális valódi értéket az aritmetikai középérték segítségével kaptuk meg, akkor az abszolút és relatív hibára a következő képleteket használjuk:

$$G_a = x_i - \bar{x}$$

$$G_r = \frac{G_a}{\bar{x}} = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}}$$

ahol:

x_i egy mérési eredmény a megismételt mérések sorozatából

\bar{x} a mért nagyság méréseredményeinek aritmetikai középértéke

Általában mérés relatív hibáját százalékokban szokták kifejezni mint:

$$G_r (\%) = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100$$

Így a relatív hiba -1 % vagy 0,25 % alakot kap.

Méréshibák fajtái

A mérés hibákhoz vezető okok különbözőségétől függetlenül, azokat három fő csoportba lehet sorolni:

- durva hibák (grube greške merenja),
- rendszeres hibák (sistematske greške merenja) i
- véletlen hibák (slučajne greške merenja).

Durva hibák

- A durva hibák általában a kezelőszemélyzet figyelmetlenségéből erednek a méréseredmények leolvasásakor, a műszerek nem megfelelő kezelése, elírások, téves számítások, vagy hibás mérési metódus kiválasztás, amik szubjektív karakterű hibák, illetve a mérőeszköz vagy a mérőfelszerelés meghibásodása, amik objektív karakterű hibák.

A goromba hibák elkerülhetők a mérést végző személy fokozott figyelemével, a mérőeszközök és módszerek alaposabb ismeretével, valamint mérőeszközök rendszeres karbantartásával és kalibrálásával.

Az ilyen típusú mérés hibák megjelenésének valószínűsége kicsiny, így a mérés eredmények feldolgozásakor nem vesszük őket figyelembe.

Rendszeres hibák

Az az átlagérték, amely ugyanazon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményeül adódna, mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke.

Rendszeres hibák létrejöhetnek:

- a mérés módszerek, mérőeszközök és mértékek tökéletlensége miatt,
- a mérés tárgyának tökéletlensége miatt és
- a környezet és a mérést végző személy előrelátható hatása miatt.

A rendszeres hibák nagy részének állandó az értéke, ezzel az előjele is. Egy kisebb számuk meghatározott törvényszerűség szerint változik a mért fizikai nagyság minden egyes megismételt mérése esetén.

Ahhoz hogy a rendszeres hibákat csökkentsük vagy megszüntessük a következőket kell tenni:

- megfelelő mérésmódszer, mérőeszköz kiválasztásával megszüntetni a hibaokokat, és biztosítani a referens környezeti feltételeket,
- meghatározni és alkalmazni a megfelelő korrekciókat.

Minden korrekten elvégzett mérés feltételezi a rendszeres hibák legtöbbszörének eliminálását a két ismert módszer egyikének alkalmazásával, de elkerülhetetlen hogy a hibák egy része így is megmaradjon, vagy azért, mert nem ismerjük őket, vagy a nem eléggé pontos korrekció miatt. Ezeket nemkompenzált rendszeres hibáknak hívjuk.

Véletlen hibák

A mérési eredmény mínusz az az átlagérték, amely ugyan azon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményeül adódna.

Ha ugyanaz a személy többször megismétel egy mérést ugyanolyan figyelmesen, azonos mérőeszközökkel, ugyanazzal a módszerrel és azonos feltételek mellett, mégis egymástól eltérő eredményeket fog kapni. Az eredmények szóródásához a véletlen hibák vezetnek, melyeket nem lehet előrelátni, sem ellenőrizni, sem pedig korrigálni mert változik az értékük, és az előjelük is.

A rendszeres hibák, a mérés eredményét pontatlanná teszik, a véletlen hibák a mérés eredményét megbízhatatlanná teszik.

A rendszeres hibáktól eltérően a véletlen hibákat nem lehet eliminálni, de a hatásuk csökkenthető.

A megismételt mérések számának növelése, és az eredmények statisztikai feldolgozása jelenti az egyetlen lehetőséget ami itt segíthet.

A mérőeszköz legnagyobb megengedett hibája

A mérőeszköz legnagyobb megengedett hibája: A mérőeszköz legnagyobb hibája az adott mérőeszköz hibáinak specifikációjában, azaz, a megengedett hiba szélsőséges értéke.

A mérőeszköz ezen metrológiai jellemzője több féleképp is megadható, például:

- Tisztán relatív alakban
- Tisztán abszolút alakban
- Összetett alakban

Tisztán relativ (alakban megadott) hiba:

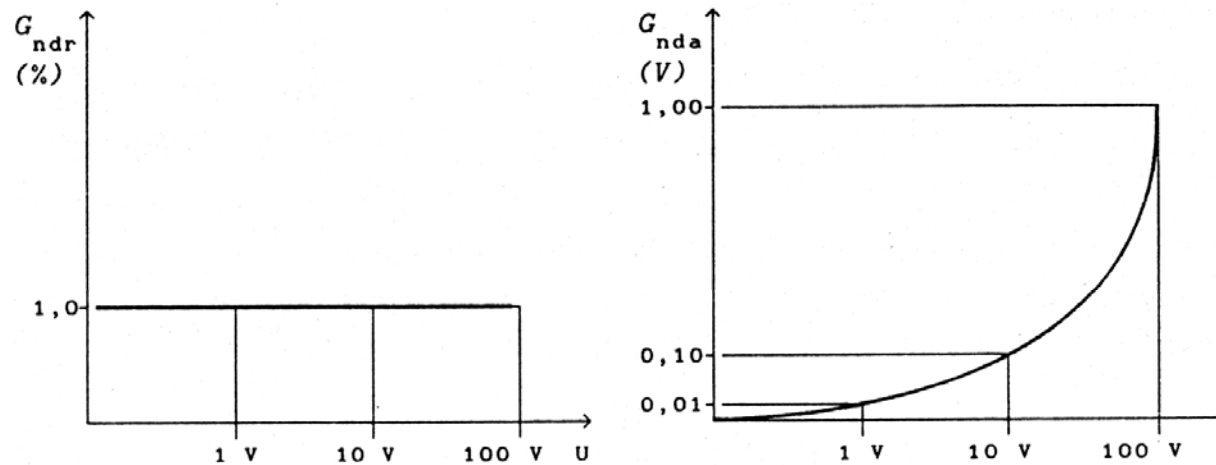
Tisztán relativ (alakban megadott) hiba:

$$G_{nd} = \pm X \% pv$$

ahol a "*pv*" jelölés mérőműszerek esetén, azt jelenti: "a mutatott értékre vonatkoztatva", "a leolvasott értékre vonatkoztatva", vagy a "bemenő értékre vonatkoztatva" generátorok esetén a "beállított értékre vonatkoztatva" mérték esetén viszont "a névleges értékre vonatkoztatva".

Tehát ebben az esetben a legnagyobb megengedett hiba relativ hiba alakjában adott, pontosabban fogalmazva nevezhetjük: a mérőeszköz legnagyobb megengedett relativ hibájának.

- Amennyiben ezt a relatív hibát a mért nagyság minden egyes értékére átszámítjuk abszolút hibává, megkapható a mérőeszköz megfelelő, legnagyobb megengedett abszolút hibája, amely nem állandó a méréstartományon belül, mint a legnagyobb megengedett relatív hiba, hanem változó, és a mért nagysággal arányos. A tartomány elején a legkisebb a végén a legnagyobb.



Slika 3.17. Dijagrami grešaka kod najveće dopuštene greške oblika "X % p_v" (X = 1)

Tisztán abszolút (alakban megadott) hiba

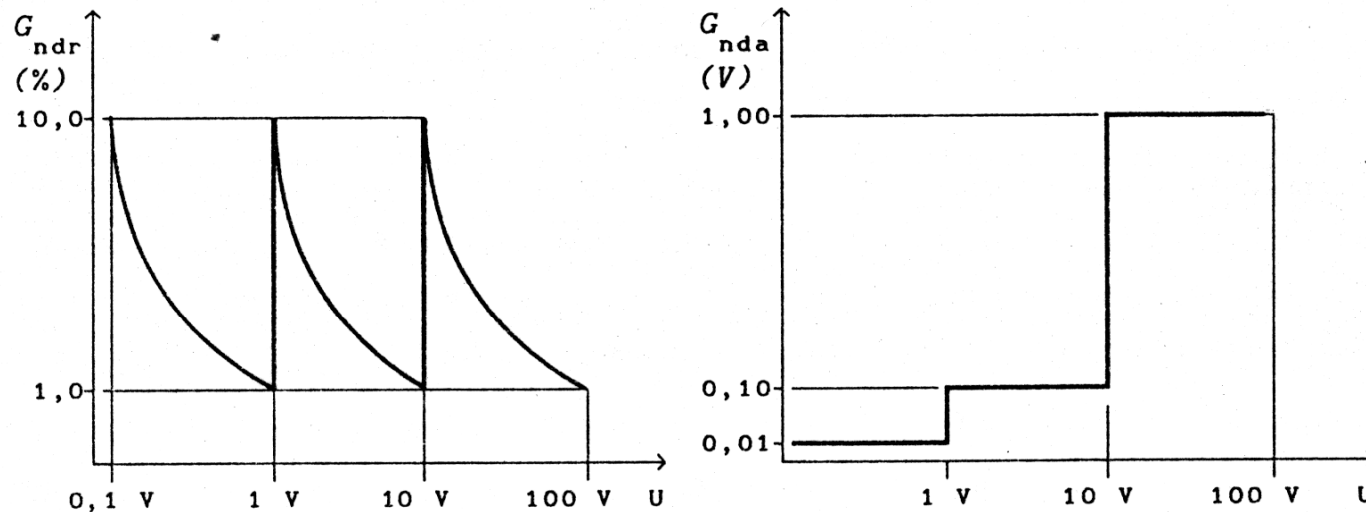
Tisztán abszolút (alakban megadott) hiba:

$$G_{nd} = \pm Y \% ks$$

ahol a "*ks*" jelzés azt jelenti: a "skála végére vonatkoztatva" a "teljes skálára vonatkoztatva" illetve a "mérőtartományra vonatkoztatva".

Tehát ebben az esetben a legnagyobb megengedett hiba kizárólag a mérőeszközön beállított mérőtartománytól függ, és a hiba abszolút értéke egy adott méréstartományon belül állandó.

Miért kell kiszámítani a legnagyobb megengedett relatív hibát százalékos alakban minden egyes mért pontban? Azért, mert a gyártó által megadott megengedett hibák kombinációi alapján, a mérőeszköz felhasználója, nem mindig tudja pontosan felmérni az adott mérőeszköz alkalmasságát, a mérési feladat elvégzésére.



Slika 3.18. Dijagrami grešaka kod najveće dopuštene greške oblika "Y % ks" (Y = 1)

Összetett (alakban megadott) hiba

Összetett (alakban megadott) hiba:

analóg műszerekre (voltmérter):

$$G_{nd} = \pm (X \% pv + Y \% ks + Z_1 mV)$$

digitális műszerekre:

$$G_{nd} = \pm (X \% pv + Y \% ks + Z_2 dig)$$

ahol a legnagyobb megengedett hiba utolsó tagja mindkét relációban azt a legnagyobb adalékos hibát jelenti, amelyet analóg műszereknél a mért nagyság fix számú egységeként, illetve digitális műszereknél fix számú számjegy alakjában, adnak meg.

X, *Y* és *Z* definíciói:

$$X \% pv = \frac{x - x_0}{x_0} \cdot 100$$

$$Y \% ks = \frac{x - x_0}{x_{\max}} \cdot 100$$

$$Z_1 mV = x - x_0 (mV)$$

$$Z_2 dig = x - x_0 (dig)$$

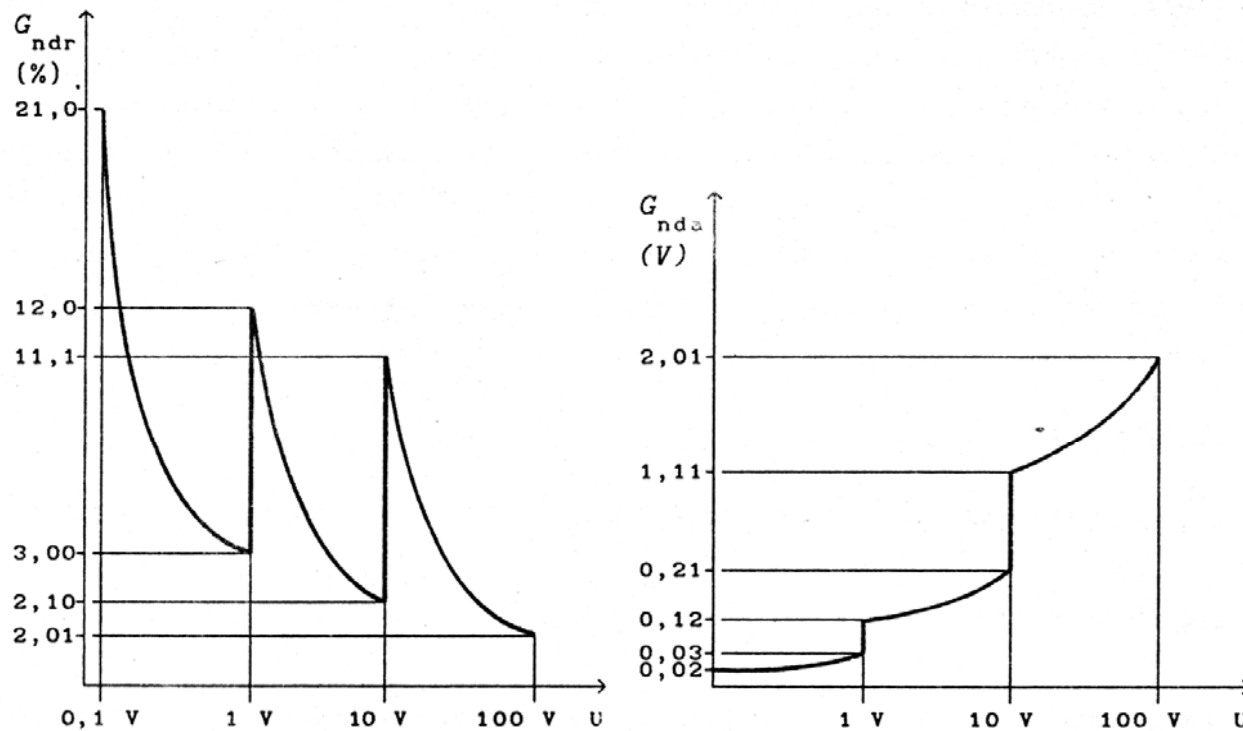
ahol:

x a lemért érték, értékmutatás

*x*₀ a konvencionális valódi érték és

*x*_{max} a mérőskála max. értéke

Feltevődik a kérdés miért pont eképpen van összeállítva a legnagyobb megengedett hiba. Ennek oka, hogy a mérőműszer különböző elemei különbözőképpen járulnak hozzá a mérés hibájához.



Slika 3.20. Dijagrami grešaka kod najveće dopuštene greške oblika
 $"X \% p_v + Y \% k_s + Z_1 \text{ mV}"$ ($X, Y = 1, Z_1 = 10$)

Pontossági osztály

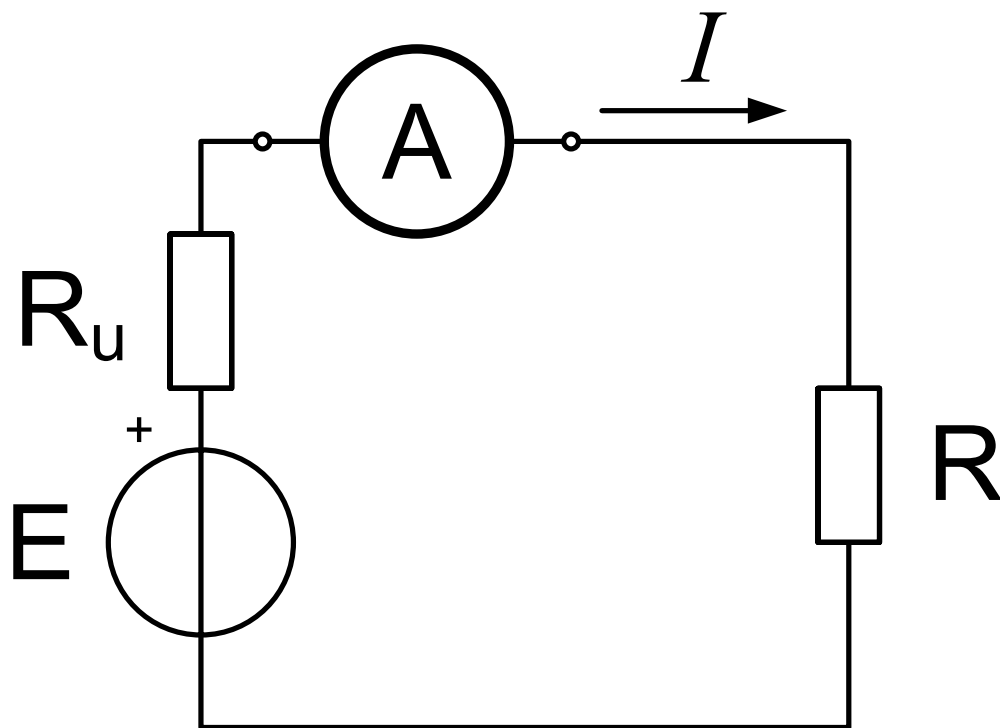
A mérőeszközök olyan csoportja, amely a hibák specifikált határok között tartása céljából meghatározott metrológiai követelményeknek eleget tesz.

Egy adott műszer pontossági osztálya a következő egyenlettel definiálható:

$$K = \left| \frac{G_{nda}}{x_{\max}} \right| \cdot 100$$

például a JUS szabványok szerint az értékmutató műszereket a következő pontossági osztályokba soroljuk: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; i 5. (JUS L.G1.020)

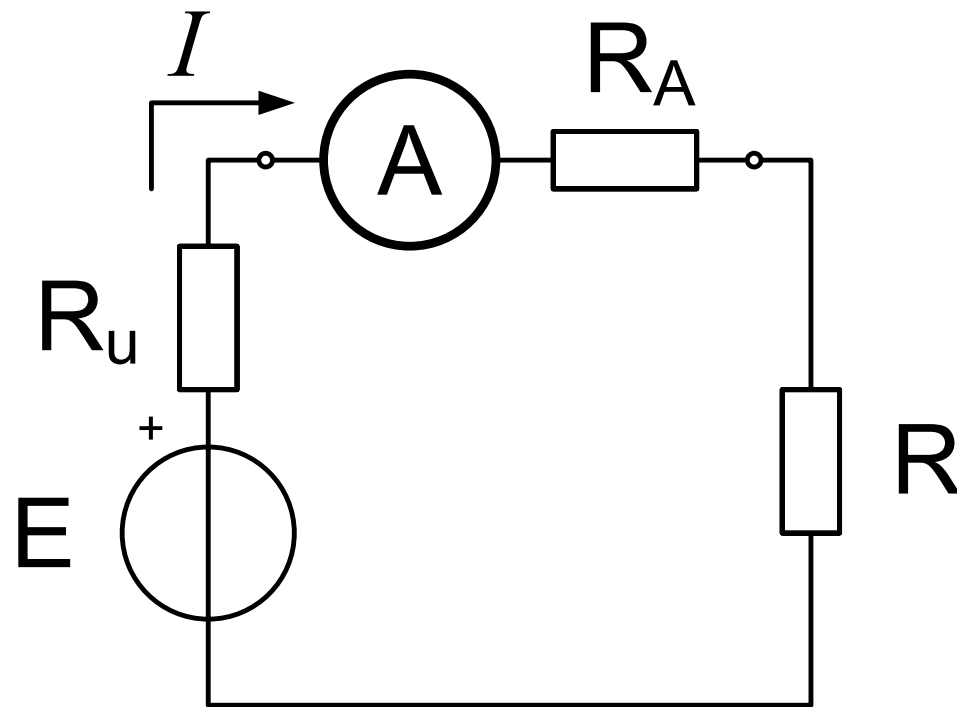
Ideális ampermérő



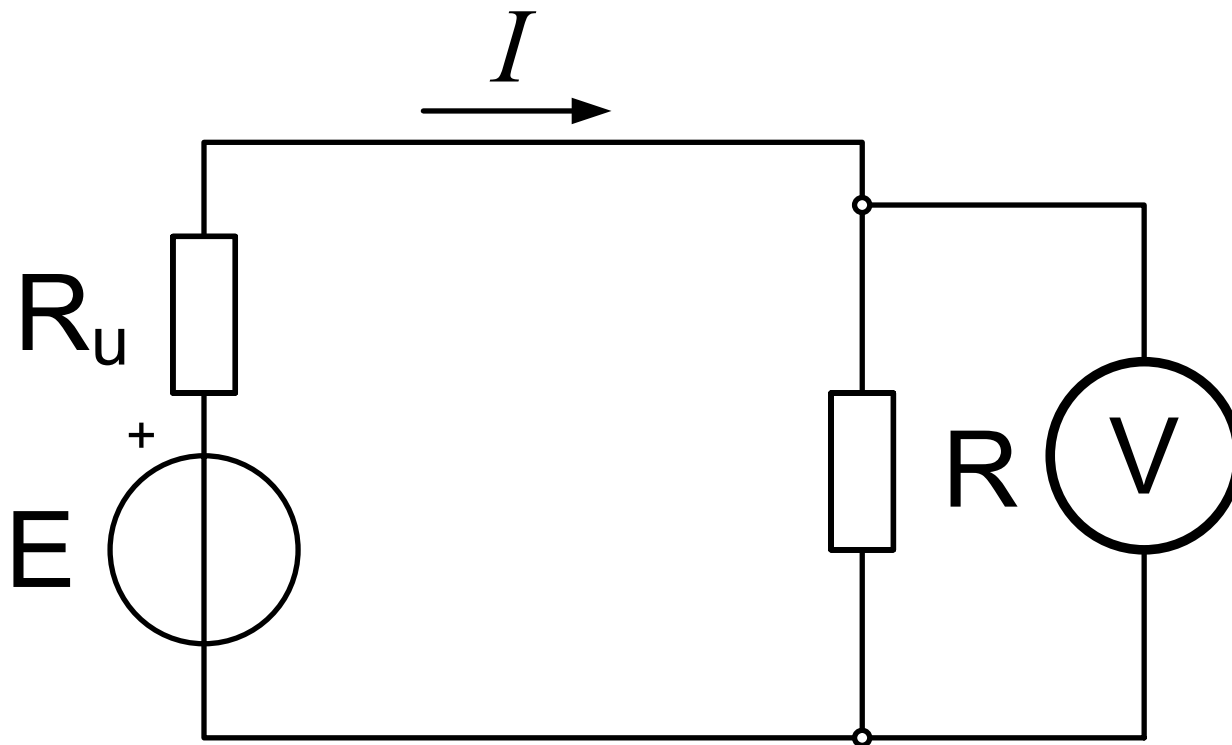
Ampermérő

- Az ampermérő áramerősséget mérő műszer
- Sorbakötjük abban az ágba amely áramát mérjük
- Az ideális ampermérő nem hat ki a hálózat áramaira és feszültségeire, mivel a kapocsfeszültsége nulla
- A valós ampermérő kapcsain van feszültségesés így kihat a hálózat áramaira és feszültségeire

Valós ampermérő



Ideális voltmérő



Voltmérő

- A hálózat két pontja közötti potenciálkülönbséget –feszültséget- méri
- Azokra a pontokra csatlakoztatjuk csatlakoztatóval melyek potenciálkülönbségét mérjük
- Az ideális voltmérő nem változtatja meg a hálózatban a feszültségeket és áramokat, a voltmérőn nem folyik áram
- A valós voltmérő kihatással van a hálózat áramaira és feszültségeire

Valós voltmérő

