

Méréstechnika labor

2. előadás

- i.) Mérési bizonytalanság, hitelesítés
- ii.) Mérési alapelvek

Cserey György
2018. 09. 21.

A mérés technika alapelvei, alfogalmak

- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

Minden mérésnek bizonytalansága van!

- A mérési bizonytalanság becslése – metrológia

$$X_T - \Delta X \leq X \leq X_T + \Delta X \quad \Pr(X_0 - u \leq X \leq X_0 + u) = 1 - \alpha$$

- Komponensei:

- Korrigálható hiba
- Véletlen bizonytalanság
- Pontatlan mérőeszköz illetve a mérési módszer bizonytalansága
- A vizsgált jelenség tökéletlen modellje okozta bizonytalanság
- Mérési tévedés (validációval javítható) → megbízhatóság?

- ISO: „Guide to the expression of uncertainty in measurement” – 1993

A mérési bizonytalanságok eredete

B-típusú hiba (Rendszeres hiba vagy rendszerhiba)

- csak egy értéke lehet,
- ez az érték meghatározható,
- ezért korrigálni lehet,
- a rendszerhiba egyik fajtája a műszerhiba (hitelesítéssel javítható)
- a rendszerhiba másik fajtája a módszerhiba vagy modellhiba (nem alkalmas műszer vagy a mérés megzavarja a mérendő objektumot)

A-típusú hiba (Véletlen hiba)

- leolvasás hibája
- mérési körülmények változása (hőmérséklet, hálózati feszültség, légnyomás ingadozása)
- zaj, külső zavaró jel

A-típusú hiba

- Egy mérés tökéletes megismétlése azért lehetetlen, mert a mérőeszköz, vagy a mérendő (vagy mindkettő) ki van téve kontrolálhatatlan, apró zavaroknak a mérési környezetben. Ilyen változások lehetnek például az elektromos interferenciák, mechanikai rezgések, hőmérsékletváltozás, stb.
- Azon **fluktuáló hibákat**, amelyek a fenti okok miatt lépnek fel, de a mi feltételezésünk szerint azonos kondíciókkal ismételtük meg mérésünket, véletlen hibáknak nevezzük..

Table 4.1. *Voltage values as displayed by a DMM and difference from the mean voltage of $2.889\ \mu\text{V}$*

DMM indication (μV)	Differences from mean (μV)
2.87	-0.019
2.91	+0.021
2.89	+0.001
2.88	-0.009
2.87	-0.019
2.88	-0.009
2.86	-0.029
2.95	+0.061
2.88	-0.009
2.90	+0.011

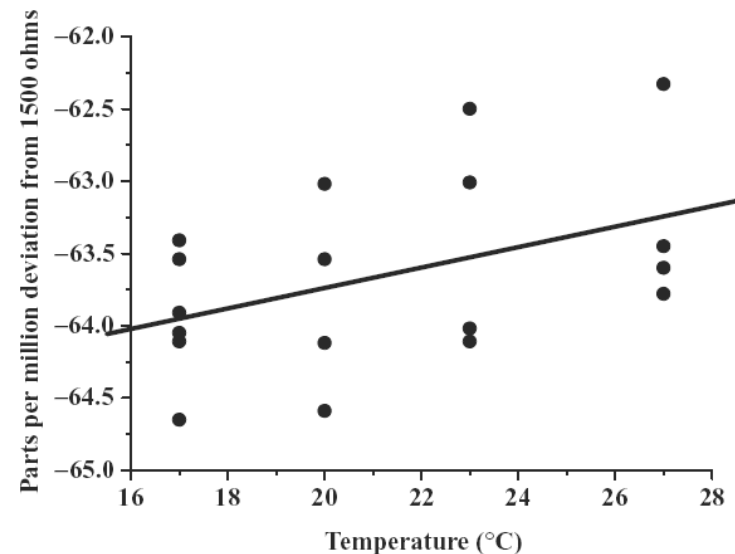


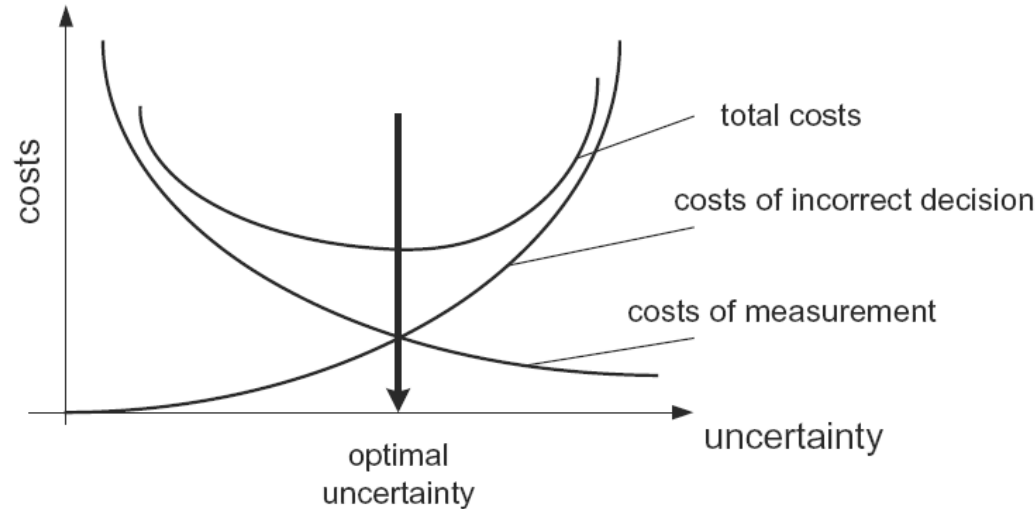
Figure 4.1. Random errors when measuring the temperature coefficient of a resistor (courtesy of the National Measurement Institute of Australia).

B-típusú hiba

- Vannak hibák, amelyek azonos kondíciókkal megismételt mérések esetén **konstans értékkel lépnek fel**. Egy példa erre a mérőműszer konstans additív vagy szubsztraktív offset hibája.
- **Javítás:** i) rendszeres kalibráció. ii) a mérés áthelyezése más környezetbe (ezzel kivédhető a lassan változó természeti folyamat)
- Mit cseréljünk:
 - Cseréljük le a műszert egy azonos pontossági osztályú, de lehetőleg más gyártó termékére.
 - Végezze el egy másik személy is a mérést.
 - Egy új mérési módszer (illetve modell), ami bizonyíthatóan pontosabb eltérő eredményt adhat.
 - Nagypontosságú elektromos méréseknél cseréljük a fémcsatlakozókat a termikus zaj csökkentése érdekében.

A hiba becslése

- A típusú bizonytalanság becslés
 - Statisztika alapú becslés, a mérés megfelelő számú ismétlésével a hiba csökken
- B típusú bizonytalanság becslés



A hiba becslése= a mérés bizonytalansága

- A bizonytalanság egy olyan paraméter, amely leírja egy érték szóródását.
 - **Példa:** Ha egy tömeg adott (1.24 ± 0.13) kg alakban, akkor ez azt jelenti, hogy a valódi értéke nagy valószínűséggel valahol 1.11 kg és 1.37 kg között van. A bizonytalanság 0.13 kg, és hasonlóan a szóráshoz pozitív mennyiség (ellenben a hiba lehet pozitív és negatív is).
- Két típusú bizonytalanságot különböztetünk meg:
 - A típusú és
 - B típusú bizonytalanság.

A-típusú bizonytalanság

- Általában egy mérési sorozat eredményei csak kis mértékben különböző értékek lesznek (a véletlen hiba miatt), amelyeknek kiszámolható az átlaga és az egyedi mérések és ezen átlag különbségei. Ezen különbségek szóródása jól jelzi a mérés bizonytalanságát: minél nagyobb a szóródás, annál nagyobb egy mérésnek a bizonytalansága.
- Az átlag számítása, azaz a mérési sorozat tagjainak összegzése és osztása a számukkal, a legegyszerűbb statisztikai analízis. Ugyanakkor rendelkezésre állnak szofisztikáltabb statisztikai eszközök is.
- **Példa:** az ellenállás hőmérséklet koefficiensének meghatározásánál lineáris regressziós egyenes illesztése

B-típusú bizonytalanság

- A B típusú bizonytalanság meghatározható a

- műszerek specifikációiból, és
- kalibrációs riportjából,

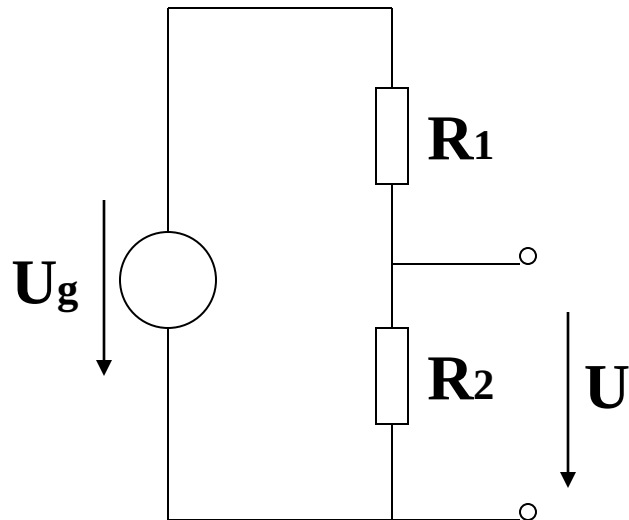
ebből becsülhető a bizonytalanság, és ezzel a rendszer hiba kiküszöbölhető (ha a becslésünk elég pontos).

A mérés technika alapelvei, alapfogalmai

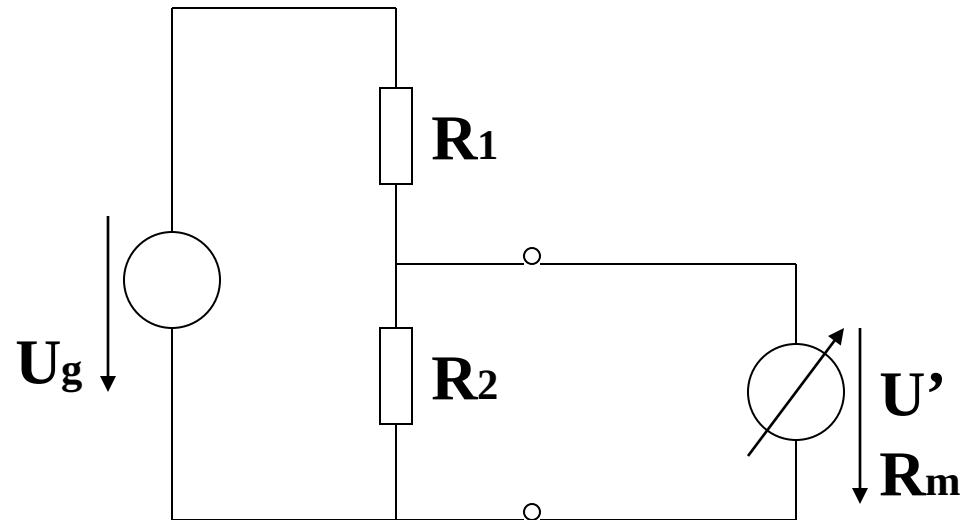
- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.

Példa: feszültség mérése valóságos voltmérővel



$$U = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$U' = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_1 \frac{R_2}{R_m}}$$

A mérés technika alapelvei, alfogalmak

- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

Hitelesítés

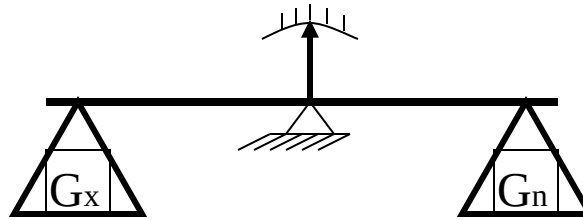
- A hitelesítés célja annak az elbírálása, hogy a **mérőeszköz megfelel-e a mérésügyi követelményeknek**. A hitelesítés mérésügyi hatósági tevékenység, melyet csak feljogosított hitelesítő végezhet.
- A hitelesítés fázisai:
 - annak a megállapítása, hogy a hitelesítendő mérőeszköz az engedélyezett **típusnak** megfelel-e,
 - méréssel történő vizsgálata annak, hogy a mérőeszköz **pontossága** megfelel-e a hitelesítési hibahatár követelményének és
 - a hitelesség tanúsító jellel és/vagy okirattal történő igazolása (**tanúsítás**).

Általános mérési módszertani elvek

- Közvetlen összehasonlítás
- Közvetett összehasonlítás
- Differencia módszer
- Helyettesítő módszer
- Felcserélési módszer
- Analóg és digitális módszer

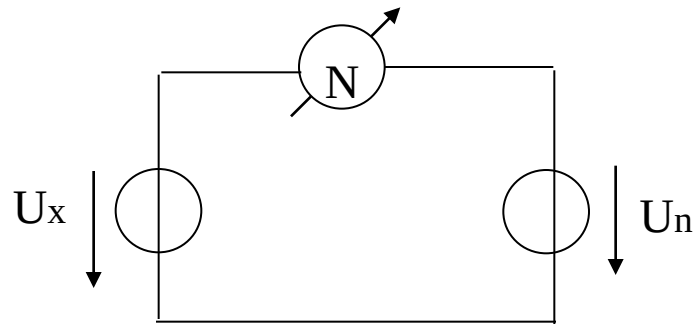
Közvetlen összehasonlítás

■ Súlymérés



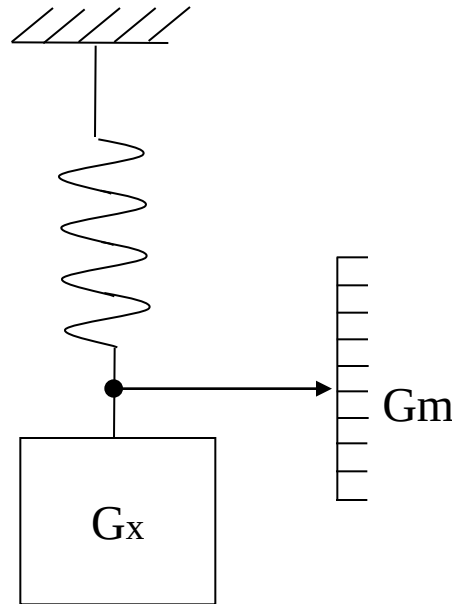
Egyensúlyi állapotban: $G_x = G_n$

■ Feszültségmérés



A nullindikátor zérus jelzésekor: $U_x = U_n$

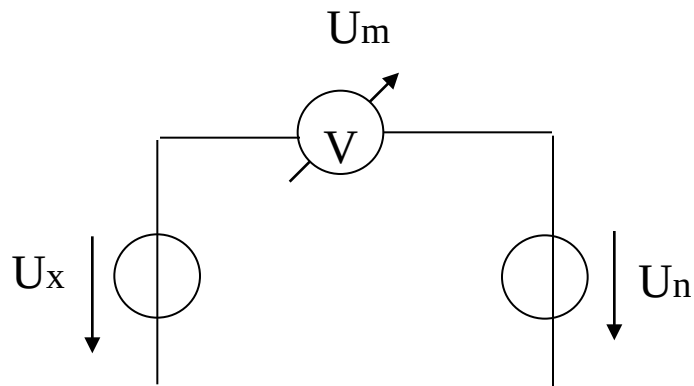
Közvetett összehasonlítás



Megjegyzés:

- Közvetett, mert méréskor az etalon nincs jelen
- Az etalonra visszavezetés - hitelesítéskor
- Pontos működés feltétele: érzékenység (rugóállandó) állandósága

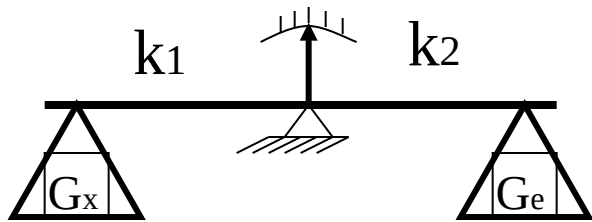
Differencia módszer



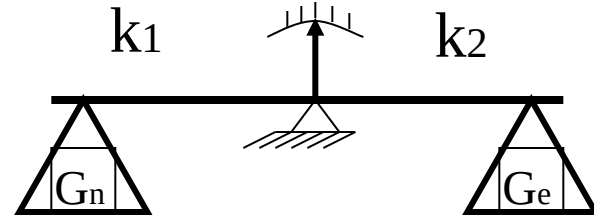
$$U_x = U_n + U_m$$

$$U_m \ll U_n$$

Helyettesítő módszer



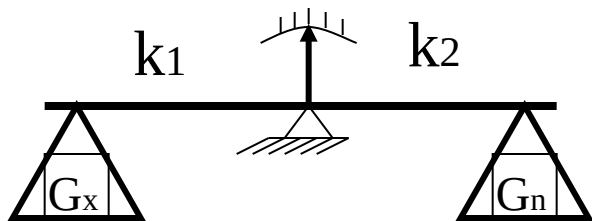
$$G_x k_1 = G_e k_2$$



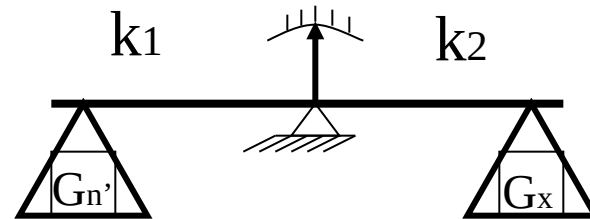
$$G_n k_1 = G_e k_2$$

$$G_x = G_n$$

Felcserélési módszer



$$G_x = G_n \frac{k_2}{k_1}$$



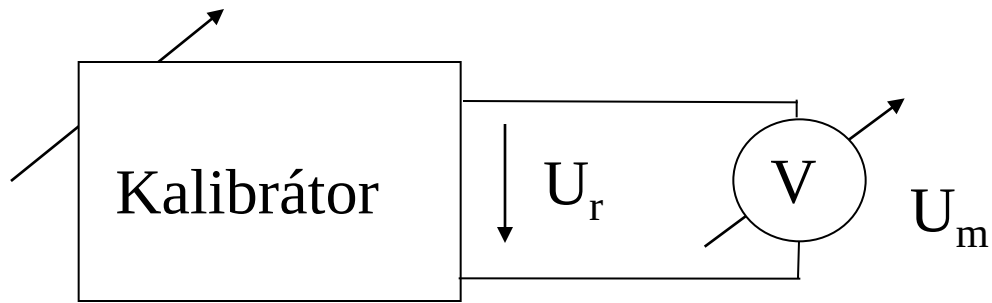
$$G_x = G_n' \frac{k_1}{k_2}$$

$$G_x = \sqrt{G_n G_n'}$$

Kalibráció

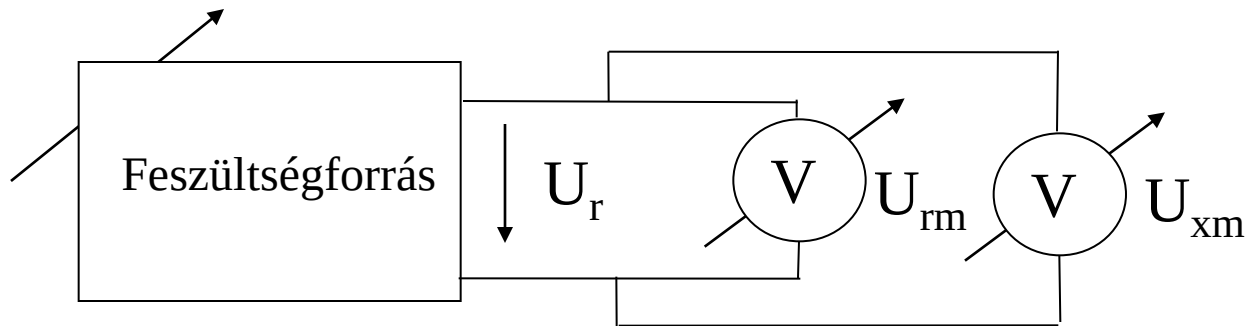
- Mérési eredmény visszavezethetősége: folytonos kalibrációs láncon keresztül egészen a nemzetközi etalonig (dokumentáltan)
- Versenypiacon létkérdés!

Direkt kalibrálás feszültségmérőnél



$$\text{Hiba} = U_m - U_r$$

Indirekt kalibrálás feszültségmérőnél



$$\text{Hiba} = U_{xm} - U_{rm}$$

Feszültségforrás követelményei:

- Beállíthatóság (széles tartományban)
- stabilitás
- tisztaság

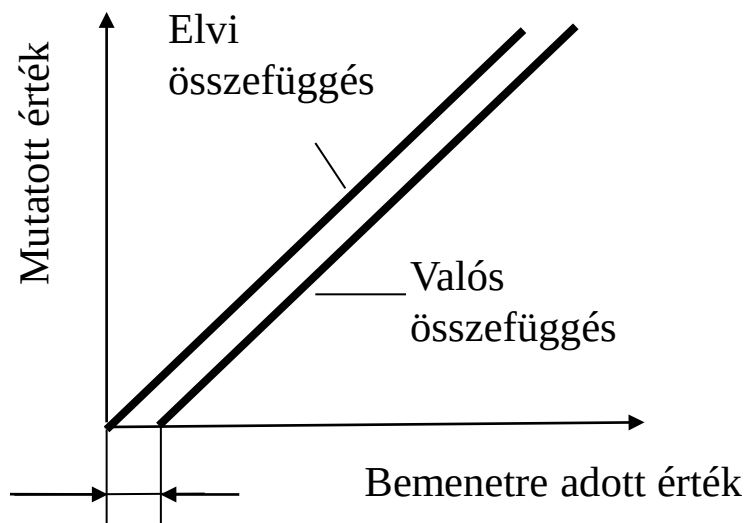
Önkalibrálás felcserélési módszerrel

Digitális voltmérő feltételezett hibája:

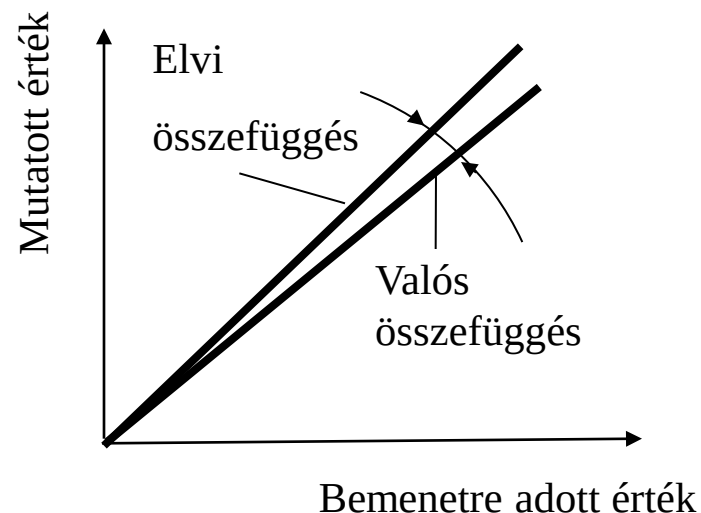
➤ offset

➤ erősítéshiba

Nullponthiba (offset)

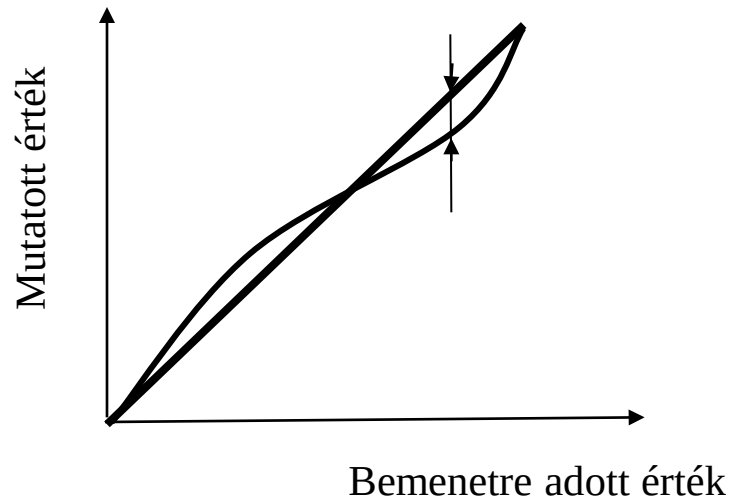


Erősítéshiba

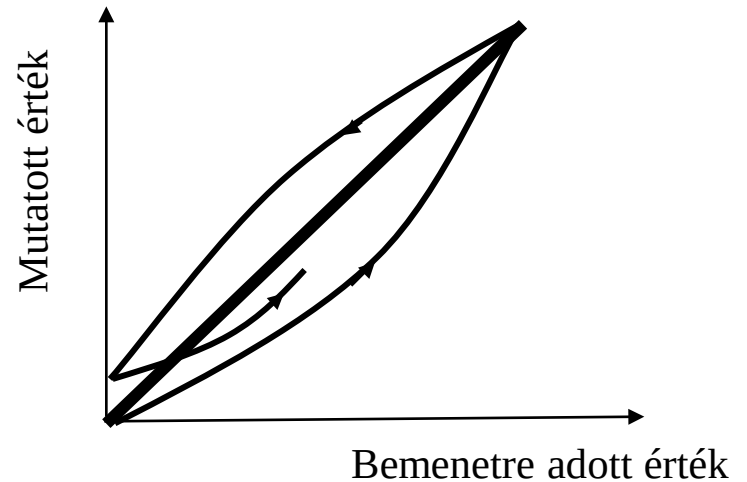


Még néhány jellegzetes hiba

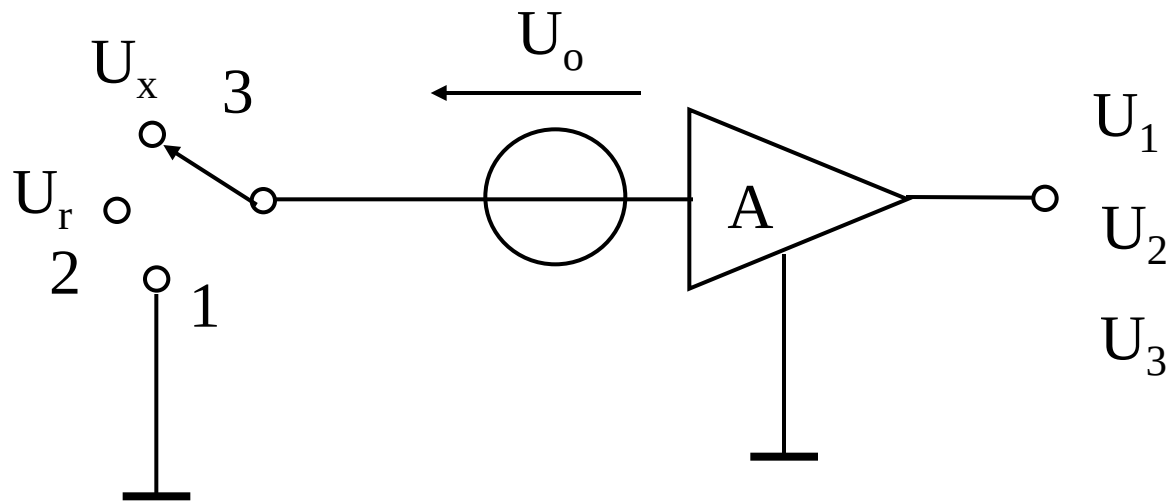
Linearitási hiba



Hiszterézishiba



Önkalibrálás felcserélési módszerrel



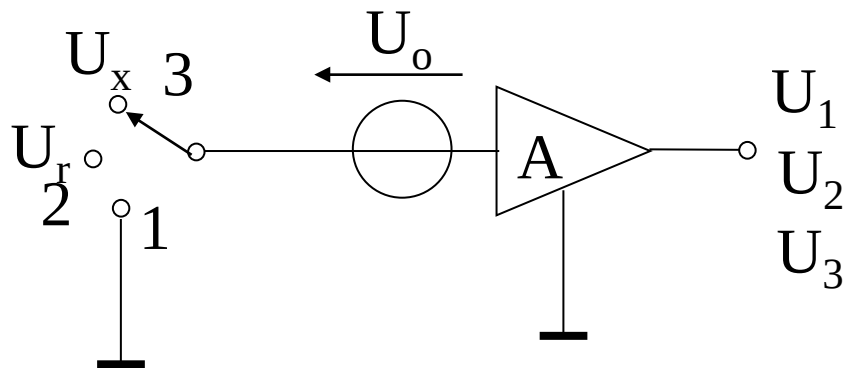
1. állásban $U_1 = U_o A$

2. állásban $U_2 = (U_r + U_o) A$

3. állásban $U_3 = (U_x + U_o) A$

Önkalibrálás felcserélési módszerrel (2)

3 egyenlet,
ismeretlen U_x , U_o , A



$$\frac{U_x}{U_r} = \frac{U_3 - U_1}{U_2 - U_1}$$

Tehát sem offset, sem erősítés
nem szerepel benne

Vége az 2. előadásnak

- i.) Mérési bizonytalanság, hitelesítés
- ii.) Mérési alapelvek

Cserey György
2018. 09. 21.