



MJ1 mérés – Nyomástávadó kalibrálása

Kalibrálás

1. Mérés célja

A mérés célja egy nyomástávadó **kalibrálási egyenletének** meghatározása és a **konfidencia sáv** felvétele.

2. Mérés leírása

A nyomástávadó egy olyan nyomás –mint fizikai mennyiség- mérésére szolgáló eszköz, ami a nyomással arányos feszültség jelet ad kimenő jelként. A mérés során egy kalibráló berendezésre felszerelt, 0-16 bar nyomástartományú, túlnyomás távadó kalibrálása történik. A távadók egy 24 V-os tápról üzemelnek, kimenő jelüket számítógéppel gyűjtjük.

A mérés során a kalibráló berendezések tényezőire ismert tömegeket helyezünk; 0-10 bar tartományban, 27 pontban (19 pontot 0,5 kg-onkénti felterheléssel 1-10 kg-os tartományban, 8 pontot pedig 1 kg-onkénti tehermentesítéssel 9,5-1,5 kg-os tartományban), $T=5$ s-on keresztül, $f_m=100$ Hz mintavételi frekvencia mellett rögzítjük a nyomásjelet LabView program segítségével.

Minden ilyen adatsor tartalmazza a két kalibráló időjelét (dátum, idő, jel1, jel2 formátumban). Az egy-egy beállításhoz tartozó adatokból átlagot számolunk.

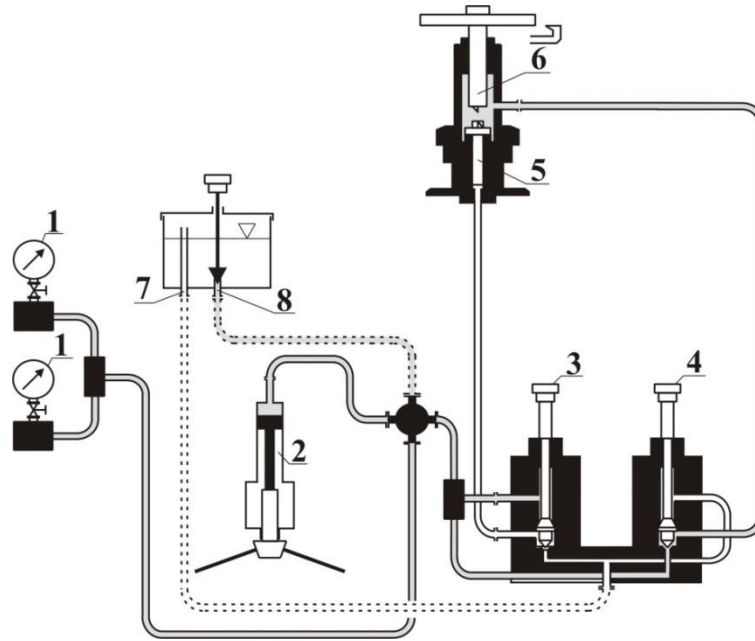
A hallgatók az eredményeket referencianyomás (0-10 bar) – mért feszültség (2-10 V) diagramban ábrázolják ($U=f(p)$) és elvégzik hozzá a lineáris regressziót a legkisebb négyzetek módszerével. Meghatározzák a konfidenciasávot, majd a függvény inverzét ($p=g(U)$) is előállítják.

A kalibráló berendezés vázlatát az 1. ábra tartalmazza, amely működésének összefoglalása a következőkben olvasható.

Zárt térben egy olajtöltésű hengerbe nyúló 6 jelű dugattyút a tárcsára helyezett súlyokkal ismert erővel terhelünk. A mérés megkezdése előtt a kézi kerékkel mozgatható 2 jelű dugattyút óramutató járásával ellentétes irányban ütközésig alaphelyzetbe állítjuk. Ebben a helyzetben a kiegyenlítő tartály folyadék felszíne fölött a szelep nyitásával légköri nyomást hozunk létre. A szelep lezárásával a kiegyenlítő tartály és az olajjal töltött zárt tér szétválasztását követően a mérési pont beállításához tartozó nyomást a 2 jelű dugattyú kézi kerékkel történő mozgatásával úgy állítjuk be, hogy a 6 jelű dugattyú alaptárcsájának alsó síkja a mellette lévő szintmutatóval azonos magasságban legyen. Ekkor a falon keletkező súrlódó erő a függőleges középvonalú forgó dugattyú miatt vízszintes irányú lesz. A vizsgálandó nyomástávadó (és egy csak ellenőrzésre szolgáló Bourdon csöves manométer) a kalibráló berendezés 1 jelű helyén került beépítésre. A 3 és 4 jelű szelepek ábrabeli felső állásában a kalibrálható manométerek felső nyomáshatára 50 bar. A 6 jelű dugattyú póttömeg nélküli alaptömege 1 kg, a 3 és 4 jelű szelepek keresztmetszete 1 cm^2 , így a beállított alapnyomás:

$$p = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 98100 \text{ Pa} = 0,981 \text{ bar}.$$

Amennyiben a 3 és 4 jelű szelepeket az ábrán láthatótól eltérő alsó vég helyzetbe állítják, úgy a keresztmetszet $0,1 \text{ cm}^2$, ezzel egy nagyságrenddel nagyobb mérés határú manométer kalibrálható azonos terhelő tömegekkel.



1. ábra A kalibráló berendezés vázlata.

3. Mért értékek

A mérés során, minden egyes terhelésnél (minden tömegnél) felvettünk egy-egy adatfájlt. Minden fájl két csoport feszültségjelét tartalmazza, ezek találhatóak az utolsó két oszlopban. Értelmszerűen mindenki csak a saját csoportjának megfelelő oszloppal számoljon. A saját oszlopot átlagolva kapjuk meg az adott terheléshez (nyomáshoz) tartozó feszültség értéket. Így tehát egy adatfájlból 1 pontpárunk lesz a következők szerint:

$$p_i = \frac{m_i g}{A},$$

ahol m_i az adott mérési pontban a terhelő tömeg, $A = 1 \text{ cm}^2$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, továbbá

$$U_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M U_{i,j},$$

ahol M a mintavételezett jel hossza ($M = f_m \cdot T$).

4. Az eredmények feldolgozása

Az így előállt 27 pontpárra a legkisebb négyzetek módszerével egyenest illesztünk. A vízszintes tengelyen szerepeljen p , mert az a „pontosabban” mért érték. Az egyenes együtthatóit számoljuk ki a Gauss-féle normálegyenletekből és ellenőrizzük az Excel beépített trendvonaljával! Ábrázoljuk a mérési pontokat és az illesztett egyenest ($U(p)$ és $U_{ill}(p)$, lásd 2. ábra)!

Ezután rajzoljuk meg az illesztett egyenes alsó és felső konfidencia sávját (részletes magyarázat előadáson, itt csupán a számítás menete található). A maradék szórás



$$s^2 = \frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^N (U_i - U_{ill,i})^2,$$

ahol N a mért pontok száma, $N - 2$ a szabadsági fokok száma (a maradék szórás esetén).

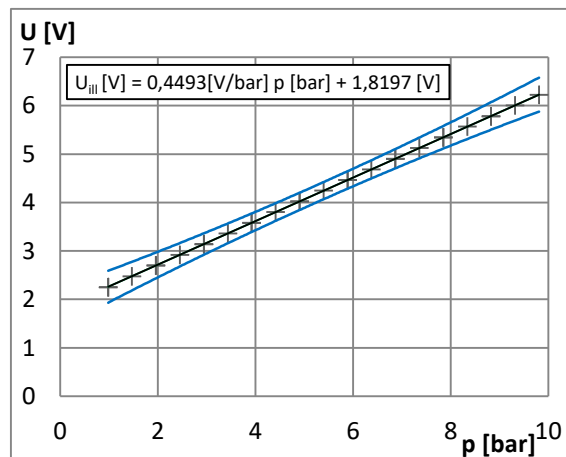
Az illesztett feszültség értékek szórása a mért pontokban

$$D_i^2(U_{ill}) = \frac{s^2}{N} + s^2 \frac{(p_i - \bar{p})^2}{\sum_{j=1}^N (p_j - \bar{p})^2}.$$

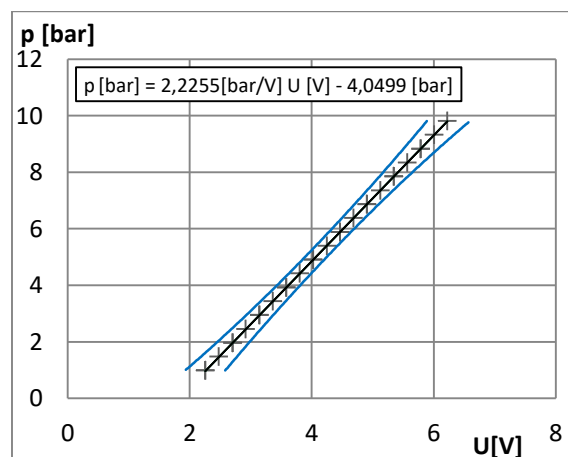
Így a konfidencia sáv sugara $a = \pm \lambda_{st}(p, N - 1)D_i(U_{ill})$. λ_{st} a Student-együttható adott valószínűségi szintre (p) és adott szabadsági fok mellett ($N - 1$). Excelben az INVERZ.T függvény adja meg a Student-együtthatót, viszont eltérően a megszokott használattól, az Excelben attribútumként $1 - p$ és $N - 1$ paramétereket kell megadni. Mivel a mérés túl pontos, a sávok láthatatlanul kicsik lesznek. Ezért a diagramban való ábrázoláshoz, de **csak** ahhoz, számoljunk a λ_{st} értékének 200 szorosával, hogy látható sávokat kapjunk.

Utolsó lépésként cseréljük fel tengelyeket, hogy immáron a feszültség függvényében kapjuk meg a nyomást ($p = g(U)$, 3. ábra).

Figyelem: itt már nem illesztünk újra egyenest!



2. ábra Nyomástávodón mért feszültség a nyomás függvényében.



3. ábra Nyomástávodó kalibrálási diagram.



A kiértékelés során a hallgatók azt tapasztalják, hogy nagyon szűk a konfidencia sáv. Ez nem hiba, hanem azt mutatja, hogy pontos a műszer és jó a kalibrálási módszer is.

A jegyzőkönyvben a mérésről nem kérünk bőséges leírást, csak a kiértékelésről és az eredményekről. A jegyzőkönyvnek a szokásos követelmények mellett tartalmaznia kell:

- az alkalmazott matematikai módszer ismertetését és
- a kalibrálási diagramot.

A jegyzőkönyv a beadáskor meg kell, hogy feleljen a formai és tartalmi követelményeknek (lásd honlap.)

5. A kalibrált nyomástávadó adatai

- a. gyártmánya: Keller Druckmesstechnik
- b. típusszáma: PA-21SR/80520.3
- c. gyári száma (0-ás távadó): 222140.0006/05/07
- d. gyári száma (1-es távadó): 222140.0006/03/07
- e. nyomástartomány: 0-16 bar