

## 5/B. MÉRÉS

### NYOMÁSSZENZOROK KALIBRÁCIÓJA

#### 1. Bevezetés

##### A mérés célja

A mérés célja egy áramkimenetű nyomá szenzor kalibrációjának elvégzése.

##### A mérés rövid leírása:

A Műszaki és Gazdasági adatok elemzése tárgy során már tanulták azt, hogy egy sorozatgyártás során, még ha azt a lehető legpontosabban beállított gépen és legjobb körülmények között végezzük is, az egyes termékek minimálisan, de egy normális eloszlás szerint különbözőek lesznek. Ez ugyanúgy igaz a mérőeszközök esetére. Ebből fakadóan, ha egy műszer kalibrációs görbéje nem ismert, vagy csupán szükséges annak felülvizsgálata, kalibráció elvégzésére van szükség. Ennek során egy általunk megfelelő pontossággal ismert mennyiséget hasonlítunk össze a műszer válaszeljével, így kiszámítva, hogy jelen mérés esetén egy feszültség vagy áramerősség mekkora nyomásértéknek feleltethető meg. A mérés elvégzése egy olajtöltetű nyomá szenzor kalibrátoron történik.

#### 2. Mérés során használt eszközök

##### A méréshez használható berendezés

National Instruments 6001-es adatgyűjtő kártya, lásd NI kártya leírás.

Nyomáskalibráló berendezés.

Saját laptop szükséges a mérés elvégzéséhez, előre telepített szoftverekkel, lásd Labor tudnivalók.

##### A méréshez használható szenzor

##### Keller 21 SR típusú nyomásmérő szenzor

Tápfeszültség: 8V-28V

Kimenet: 4-20 mA

Nyomásmérés határa: 16 bar

Túlterhelés (amit képes elviselni): 25 bar

Pontosság:  $\pm 1$  %

Szenzorok kábelezése:

**Piros:** táp

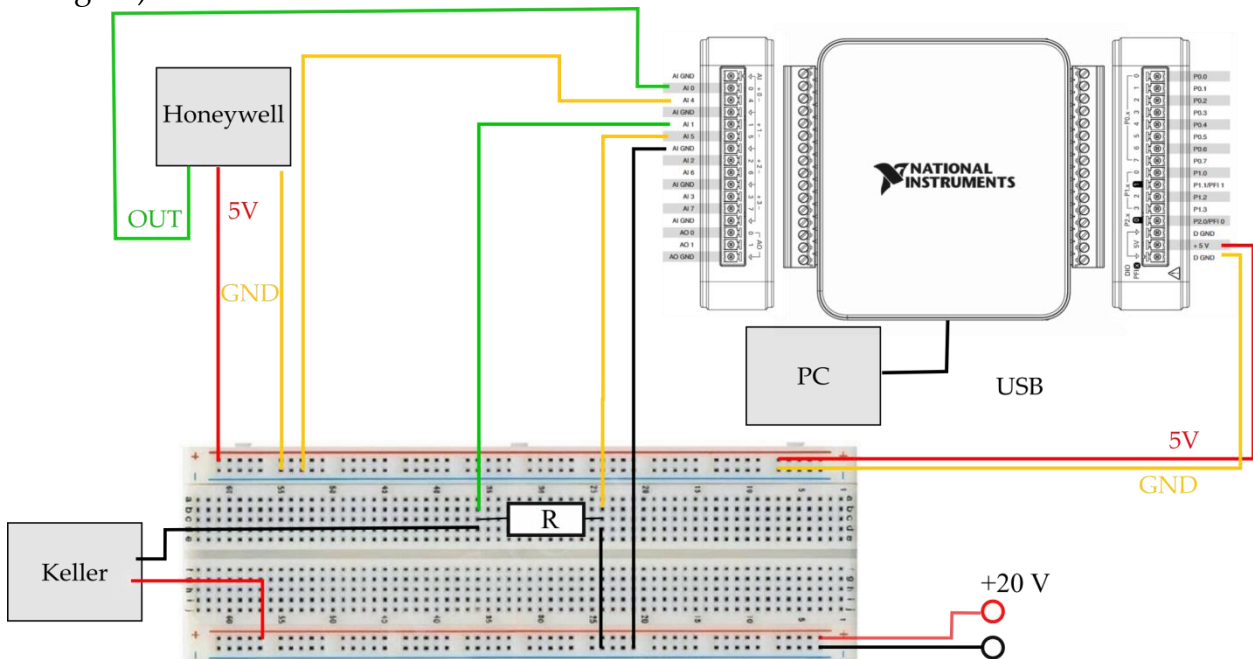
**Fekete:** föld

### 3. A mérés leírása

#### Elektronika összekötése

Első feladat a rendszer szenzorának bekötése az NI adatgyűjtő kártyába. Ehhez egy próbapanelt használunk, amelynek két végén a „+”, illetve „-” sorok vízszintesen vannak összekötve, míg a közepén található csatlakozók függőlegesen. Az alábbi ábra szerint kell elkészíteni a kapcsolást. **Az ábrán megtalálható egy áram (Keller) és egy feszültség (Honeywell) kimenetű szenzor kapcsolása, Önök számára ezek közül a Keller kapcsolási vázlatja releváns.**

A táplálásához egy hálózati kapcsolóüzemű tápot fogunk használni. A táp hajtja meg a szenzort továbbá sorba kell kötnünk vele egy ellenállást is, hogy az ellenálláson eső feszültségből következtetni tudjunk az áramerősségre. Fontos, hogy a szenzor legyen a pozitív tápcsatlakozóra kötve, és csak utána a mérőellenálláson keresztül csatlakoztassuk a negatív tápcsatlakozóhoz. A mérőellenállás végeit egyszerűen kössük az adatgyűjtőkártya valamelyik differenciál bemenetére (pl 1-5 párra). Az ellenállás egy precíziós ellenállás melynek értéke  $464 \Omega$ . Továbbá, mivel a tápcsatlakozó nem földelt, a kapcsolóüzemű táp negatív csatlakozóját össze kell kötni az NI kártya földjével. (Kapcsolóüzemű táp esetén a nagy zaj miatt az előadáson tanult szimmetrikus földelés nem kielégítő.)



1. ábra A szenzorok bekötése

#### Nyomásszenzor kalibrálása

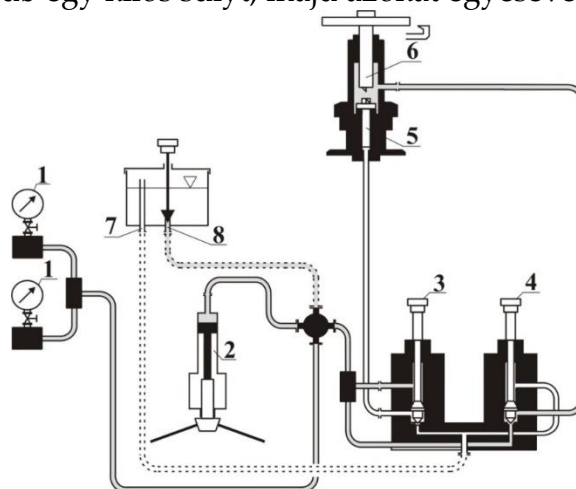
A szenzorok használata előtt szükség van még azok kalibrációs diagramjainak mérésére, vagyis, hogy a szenzor által küldött feszültség jel mekkora nyomásnak feleltethető meg. A kalibráló berendezés vázlatát az alábbi ábra tartalmazza, amely műkö-

désének összefoglalása a következőkben olvasható. Zárt térben egy olajtöltésű hengerbe nyúló 6-os jelű dugattyút a tárcsára helyezett súlyok segítségével ismert erővel terhelünk. A mérés megkezdése előtt a kézi kerékkel mozgatható 2-es 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-es jelű dugattyú kézi kerékkel történő mozgatásával úgy állítjuk be, hogy a 6-os jelű dugattyú alaptárcsájának alsó síkja a mellette lévő szintmutatóval azonos magasságban legyen. Ekkor tárcsa súlyából adódó (a tömeg ismeretében számítható) nyomás van mindenhol a rendszerben így a szenzoron is. A pontosság növelésnek érdekében a tárcsát érdemes megfogatni, ekkor a falon keletkező súrlódó erő a függőleges középvonalú forgó dugattyú miatt vízszintes irányú lesz.

A vizsgálandó nyomá szenzor és egy 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. Ebben a helyzetben a 6 jelű dugattyú póttömeg nélküli alaptömege 1 kg, a 3 és 4 jelű szelepek keresztmetszete 1 cm<sup>2</sup>, így a beállított alapnyomás:

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

A kalibrálás során légköri nyomásról 1 kg-os lépésekkel haladunk felfelé a terheléssel egészen a mérőszenzor felső határáig, amely 16 bar. A légköri nyomás közel 1 bar, vagyis kb. 15 kg-mal terhelhetnénk a szenzort. Viszont mivel, kalibrációnk célja, hogy a szenzorunk majd az 5. mérés során rendelkezék kalibrációs egyenessel, ahol maximum a hálózati víznyomás 6 baros szélső értéke kerül kimérésre, így ez esetben elegendő 7 kg-ig felterhelni a szenzorokat. Innentől lefelé 6,5 kg-tól csökkentjük a terhelést szintén kg-onként, ezzel ellenőrizve a szenzor hiszterézismentességét. (Érdeemes az összes súly egyszerre levenni, majd egy fél kilogrammos súlyt felhelyezni, ezt követően pedig felrakni egyben a plusz 5 db egy kilós súlyt, majd azokat egyesével levenni. )



2. ábra A nyomáskalibráló berendezés elvi rajza

A kalibrálás során rögzítjük a terhelő tömegeket, illetve az ahhoz mért feszültség értékeket. Előbbtől a következő képlet szerint kaphatunk nyomásértékeket:

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

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

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

ahol  $M$  a mintavételezett jel hossza,  $j$  az adott terhelés mellett a különböző nyomásértékek. (Matlab `mean` függvény)

Az mérési pontpárookra legkisebb négyzetek módszerével egyenest illesztünk. A vízszintes tengelyen szerepeljen  $p$ , mert az a „pontosabban” mért érték. Ábrázoljuk a mérési pontokat és az illesztett egyenest ( $U(p)$  és  $U_{ill}(p)$ , lásd ábra alább)! Ezután rajzoljuk meg az illesztett egyenes alsó és felső konfidencia sávját (részletes magyarázat előadáson, itt csupán a számítás menete található). A maradék szórásnégyzet

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

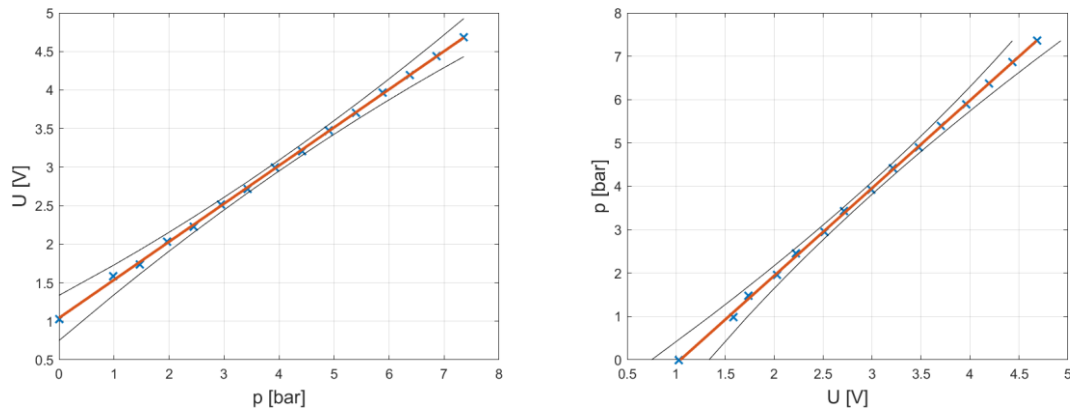
ahol  $N$  a mért pontok száma,  $N-2$  a szabadsági fokok száma (a maradék szórás esetén). Az illesztett feszültségértékek szórása a mért pontokban

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

Így a konfidencia sáv sugara  $a = \pm \lambda_{st}(p_m, N-2) D_i(U_{ill})$ .  $\lambda_{st}$  a Student-együttható adott valószínűségi szintre ( $p_m$ ) és adott szabadsági fok mellett ( $N-2$ ). Matlabban a `tinvt(p_m+1)/2, N-2` függvény adja meg a Student-együtthatót, melynél előbbi argumentum a valószínűség plusz 1 per kettő  $(p_m+1)/2$ , mivel szimmetrikus az eloszlásfüggvény, míg utóbbi a szabadságfok ( $N-2$ ). Általában 95%-os valószínűségi szintre szokták a kalibráció bizonytalanságát megadni.

Mivel a mérés túl pontos, a sávok láthatatlanul kicsik lesznek. Ezért a diagramban való ábrázoláshoz, de **csak** ahhoz, számoljunk a  $\lambda_{st}$  értékének 100-szorosával, hogy látható sávokat kapjunk.

Utolsó lépésként cseréljük fel tengelyeket, hogy immáron a feszültség függvényében kapjuk meg a nyomást ( $p = g(U)$ , 2. ábra). Figyelem: itt már nem illesztünk újra egyenest!



3. ábra Nyomá szenzorok kalibrációs görbéjére minta. Hiba 1000-es nagyításban ábrázolva a láthatóság kedvéért.

#### 4. A jegyzőkönyv tartalma

- Mérési összeállítás, alkalmazott eszközök pontos típusa és sorozatszám.
- Mérés menete.
- Az eredmények összevetése a mérőeszköz adatlapján szereplő értékekkel, vajon a kapott meredekség megegyezik-e a gyári értékkel?

#### 5. Felkészülést segítő és ellenőrző kérdések

- Készítse el a mérőberendezés vázlatát!
- Írja le a mérés menetét!
- Ismertesse a nyomá szenzor kalibrálásának lépéseit!

#### Hasznos hivatkozások

<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/xcov.html>

<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/max.html>

[https://mersz.hu/hivatkozas/m468jelfel\\_23#m468jelfel\\_23](https://mersz.hu/hivatkozas/m468jelfel_23#m468jelfel_23)

(egyetemi hálózatról ingyenesen elérhető)

Honeywell P3X adatlap (PX3AG1BS008BAAAX)