

## 5. MÉRÉS

### HULLÁMTERJEDÉSI SEBESSÉG MÉRÉSE CSŐVEZETÉKBEN

#### 1. Bevezetés

##### A mérés célja

A mérés célja, hogy a hallgatók egy csővezetékben meghatározzák a hullámterjedési sebességet.

##### A mérés rövid leírása:

Első lépésben egy csővezeték elején és végén elhelyezzük a nyomá szenzorokat, ahol időben nagy felbontásban mintavételezve rögzítjük a nyomásértékeket. A vezeték elején található oldalági csap hirtelen zárásával nyomáshullámokat gerjesztünk. Ez az impulzus végigterjed a vezetéken. Ahogy a hullám elhalad az egyes nyomá szenzorok mellett, úgy a szenzorok a jelet regisztrálják és a generált nyomásjel tárolásra kerül mindkét távadóval. Ezt a mérést többször megismételjük. Keresztkorrelációs függvény segítségével meghatározzuk a jelek időbeli eltolódása. Ennek, illetve a két jeladó közti távolság ismeretében a hullámterjedési sebesség már meghatározható.

#### 2. Mérés során használt eszközök

##### A méréshez használható berendezés

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

KPE csővezeték, csatlakozóelemekkel.

Nyomáskalibráló berendezés.

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

##### A méréshez használható szenzorok

A szenzorok laboratóriumi mérés során:

**Honeywell PX3AG1BS008BAAAX típusú nyomásmérő szenzor**

Tápfeszültség: 5V

Kimenet: 0.5-4.5 V

Nyomásmérés határa: 8 bar

Túlterhelés (amit képes elviselni): 31 bar

Pontosság:  $\pm 1$  %

Szenzorok kábelezése:

**Sárga:** föld, vagy negatív

**Piros:** táp

**Zöld:** jel a földhöz képest

### **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

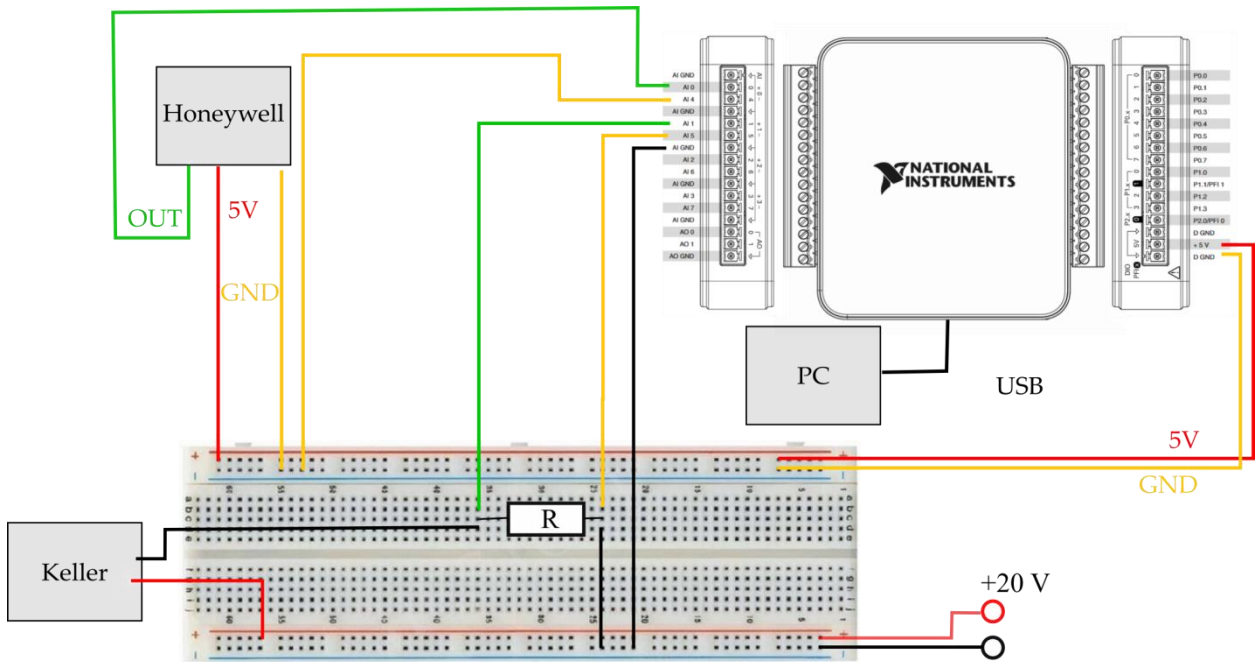
**Fekete:** föld

## **3. A mérés leírása**

### **Elektronika összekötése**

Első feladat a hidraulikai rendszer szenzorainak bekötése az NI adatgyűjtő kártyába. **A mérések során a használt szenzorok már a gyártó által kalibrálásra kerültek, így azok kalibrációs egyenlete már adott.** Ehhez egy próbapanelt használunk, amelynek két végén a „+”, illetve „-” sorok vízszintesen vannak összekötve, míg a középen található csatlakozók függőlegesen. Az alábbi ábra szerint kell elkészíteni a kapcsolást. Az NI kártya jobb odalán található földet (GND) és tápfeszültséget (5V) rákötjük a próbapanelünk negatív és pozitív kapcsaira. Innen fogjuk szolgáltatni a feszültség kimenetű Honeywell szenzor számára szükséges 5V feszültséget. Az adatgyűjtő kártya másik oldalán található a mérő csatlakozók. Ezek közül az egyik pár segítségével (pl 0-4) mérjük a szenzorkimenetét. A szenzornak három vezetéke van, melyek közül a földet és a tápot próbapanel negatív és pozitív sorába kötjük, míg a kimenetet az adatgyűjtőkártyára.

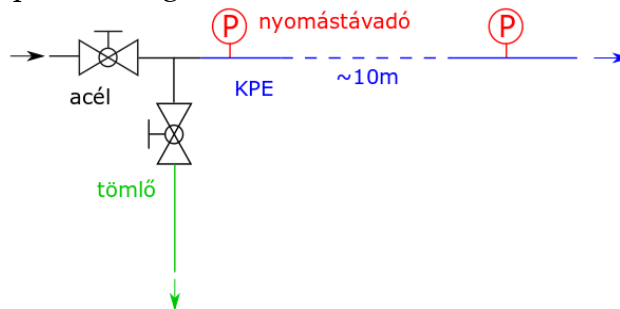
Az áramszensor kimenetének mérése kicsit összetettebb feladat. A táplálásához egy hálózati kapcsolóüzemű tápot fogunk használni. A táp hajtja meg a szenzort továbbá sorba kell kötnünk vele egy ellenállást is, hogy az ellenálláson eső feszültségből következtetni tudjunk az áramerősségre. Fontos, hogy 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

### Hidraulika építése

Utolsó lépésben a hallgatóknak a kalibrált szenzorokat a már megépített a csővezetékre kell telepíteniük, mely elején található egy rövid oldalági leágazás, majd egy nyomástávadó, végül a vezeték vége előtt egy újabb nyomástávadó. A szerelés után fontos, hogy az elektronika (elsősorban saját laptop, telefon) épségének megőrzése érdekében a hallgatók egy nyomáspróba elvégzésével ellenőrizzék a tömítettséget.



2. ábra Az összeállítandó vízvezeték rendszer.

## 4. A mérés kiértékelése

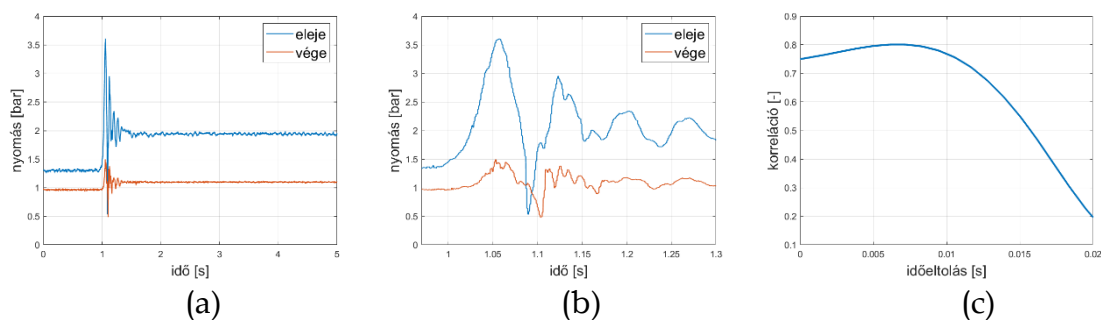
Ha a mérést többször (legalább 10-szer) elvégezzük, akkor a lentebb látható (lásd 3. a ábra) eredményhez hasonlót kapunk. Először ki kell választanunk a tranziens folyamatok szempontjából releváns szakaszt (lásd 3. ábra (a)). Ezután alkalmazzuk a kereszt-korreláció függvényt és meghatározzuk a két jel közötti időtolás. A kereszt-korrelációnak a matematikában több jelentése is elterjedt. Matlabban a kereszt-korreláció számításra használandó  $x_{corr}$  függvény nem vonja ki a jelek átlagát, ami a jelfeldolgozás során fontos lenne. (Részletesebben az előadáson.) Ezt pótolhatjuk a  $mean$  függvény segítségével vagy használhatjuk a kereszt-kovariancia  $x_{cov}$  függvényt is, amiben a Matlab is

levonja az átlagot. A függvény kimenetei a keresztkovariancia értékek és az eltolások, bemenetei a két jel vektoriális alakban, illetve opcionálisan harmadik bemenetként kérhetjük, hogy normálja nekünk a korrelációs értékeket. Például:

```
[R, lags] = xcov(x1, x2, 'normalized');
```

ahol  $R$  a keresztkorrelációs értékek vektora,  $lags$  az eltolások vektora. Fontos, hogy az időkézés függvényében akarjuk megkapni az egyes értékeket, ezt a vektort meg kell szoroznunk a mintavételek közt eltelt idővel.  $x1$  az egyik,  $x2$  a másik nyomásjel értékei. A keresztkorrelációs függvény maximumából könnyedén meghatározható, hogy mennyi volt a két jel közti időkézés, abból pedig a jelterjedési sebesség.

A korreláció maximumának automatikus meghatározásához, érdemes a `max` függvényt használni, amely nem csak a maximum értéket, hanem annak helyét (indexét) is visszaadja. A hely (index) segítségével pedig az eltolás (időkézés) vektor megfelelő elemét könnyedén meg lehet határozni.



3. ábra (a) A nyomástávadókon mért nyomásjelek, (b) a nyomásjelek a zárás közeli része kivágva (c) a kivágott jelek keresztkorrelációs értéke az időeltolás függvényében

## 5. A jegyzőkönyv tartalma

### Minimum követelmény

- Mérési összeállítás, alkalmazott eszközök pontos típusa és sorozatszama.
- Mérés menete.
- Keresztkorrelációs függvény alkalmazása és az egyik mérés diagramja.
- Az összes számolt hullámterjedési sebesség táblázatban, azok átlaga, szórása.

### Extra pontért

- A nyílt csővégről is történik visszaverődés. Egy nyomástávadó jelében megjelenik az oda majd a visszafelé haladó nyomáshullám is. Az eltelt idő autokorrelációval meghatározható. Feladat az eltelt idő és a hullámterjedési sebesség ismeretében a nyomástávadó és a nyílt csővég távolságának meghatározása.
- A jelterjedési sebesség meghatározása nem csak keresztkorrelációval, hanem a két jel Fourier-transzformáltjának fázis spektrumából.

## 6. Felkészülést segítő és ellenőrző kérdések

- Készítse el a mérőberendezés vázlatát!
- Írja le a mérés menetét!
- Ismertesse a keresztkorrelációs függvényt és annak alkalmazását!

### 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)