

Nyomás szenzorok kalibrálása és kalibrálási nehézségei –

Pressure measuring sensors calibrating and calibration difficulties

Kozma Dávid Márk¹, Sándor Tamás²

¹Műszertechnikai és Automatizálási Intézet, Óbudai Egyetem
[1084 Budapest, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország],
kozmadavidmark@gmail.com

²Műszertechnikai és Automatizálási Intézet, Óbudai Egyetem
[1084 Budapest, Tavaszmező utca 17., Budapest, Magyarország],
sandor.tamas@uni-obuda.hu

Absztrakt: Napjainkban nagyon sok területen használnak nyomásmérő szenzorokat, amelyeket adott időközönként kalibrálni kell. Jelenleg a piacon nincs nagy választék ilyen eszközökből, és általában csak egyetlen egy típus kalibrálására alkalmasak az adott berendezések. A cikkben ismertetni fogok egy olyan általam kidolgozott rendszert, ami alkalmas különböző típusú nyomásmérő szenzorok kalibrálására, ezzel a piac számára széleskörű alkalmazást kínálva. A leírásban bemutatom a piacon fellelhető eszközöket és ezek felhasználhatóságát. Továbbá ismertetem az általam megvalósított nyomáskalibráló rendszert. A cikk végén kitérek az eszközöm felhasználhatóságának határaitra.

Kulcsszavak :Automatizálás, Nyomásszenzor kalibráció, Kalibráció

Abstract: Nowadays pressure measuring sensors are used in many areas and need to be calibrated from time to time. There is currently not large scale of such calibration devices on the market, and they are usually only suitable for calibrating a single type. In the article I will describe a system that I have developed that is suitable for calibrating various pressure measuring sensors, offering a wide range of applications for the market.

In the paper I present the devices that is on the market and their usability. After that I submit the pressure calibration system that I implemented. At the end of the article, I submit limits of applicability of my devices.

Keywords: Automation, Pressure sensor calibration, Calibration

Bevezetés

Napjainkban sok nyomásmérő szenzort használnak a különböző iparágakban a kalibrációjuk nehézkes és bonyolult, de szükséges, ha joghatással járó méréseket végeznek vele.

A kalibrálási folyamatok egyszerűsítésére fejlesztettem ki eszközümet, ami eredetileg egy a levegő minőség ellenőrző rendszer belső nyomásmérő szenzorainak kalibrálásához készült, de használható más szenzorok kalibrálására is, amit a továbbiakban mutatok be.

Az első fejezetben ismertetem a nyomásmérő szenzorokra vonatkozó általános kalibrálási eljárást és a jelenleg hatályos szabványokat, amik a fejlesztés alapját képezték. A második részben kitérek a piacon kapható eszközökre, és miért is fontos egy új eszköz létrehozása. Azt követően bemutatom a saját fejlesztésű eszközümet és bevizsgálását. Végül összefoglalom a kutatásom eredményeit.

1. Nyomásmérő szenzorok kalibrálása és vonatkozó szabványok

Az eszközüm tervezéséhez és specifikálásához három fontosabb szabványt kellett megismernem, melyek pontosan leírják, hogyan történik a szenzor kalibrálása és milyen problémák merülhetnek fel mérés és kalibrálás közben.

Az MSZ EN 472:2002 szakszótár amiben pontosan definiálásra kerülnek a különböző nyomásmérő szenzor típusok, az őket felépítő elemek, valamint a méréshez szükséges fogalmak.[1]

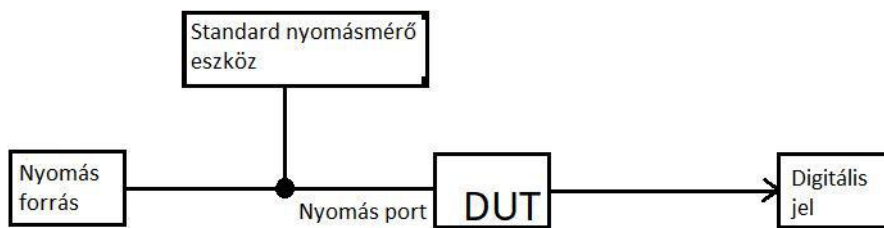
MSZ EN 837-3:1998 a membrános és szelencés nyomásmérők méreteit, követelményeit és általános leírását tartalmazza. Pontosán ismertetésre kerül benne az is, hogy milyen osztályok vannak ezen szenzortípusok esetén és milyen hibái lehetnek, ha nem a kívánt tartományon működtetik őket.[2]

A kutatásom során a harmadik tanulmányozott szabvány az MSZ EN IEC 62828-2:2018 amiben pontosan ismertetésre kerül, hogyan is kell kalibrálni az ipari távadós nyomásmérő szenzorokat. Leírásra kerülnek benne a különböző kompenzációs mérési eljárások is, amikkel javítani lehet a kalibrálás pontosságát. [3]

1.1 Kalibrálás folyamata

A kalibrálás folyamatát az MSZ EN IEC 62828-2:2018 írja le a legpontosabban, de nem részletezi, hogy a nyomás előállítása mivel történik.

A kalibrálás megkezdése előtt, **szükséges tudni, a szükséges mérési tartományt**, amin belül a vizsgálandó szenzornak dolgoznia kell. Miután meghatározásra került a tartomány, **fell kell venni a mérési pontokat amiknél a szenzort ellenőrizni szükséges**. A szabvány szerint leglább öt mérési pontot kell felvenni úgy, hogy tartalmazzon a tartomány határai közelében is értéket (Ha lehetséges akkor határértéket kell megválasztani, de ha nem, akkor a közvetlen közelében($\pm 10\%$) legyen).[3] A mérési pontok meghatározása után kezdődhet a **mérés, első lépésként beállítjuk a legkisebb nyomás értéket**. A beállítás után egy kis időt várunk, majd **feljegyezzük a mért értékeket és beállítjuk az új mérési pontot lehetőleg úgy, hogy ne lendüljünk túl rajta**, mert ez kalibrációs hibát okoz. Ezt a folyamatot megismételjük minden mérési pontra.[3]



Ábra 1
Nyomásmérő kalibrálási elrendezése

A levegő nyomását mérő eszközök esetén a nyomás forrást gyakran egy precíziós fecskendővel helyettesítik. A hátránya ennek a megoldásnak, hogy hosszadalmas és lassú a különböző mérési pontok előállítása, és nehéz tartani a kívánt nyomás értéket, kis nyomás tartomány esetén.

A mérés kiértékelése azonos elven történik mint minden más kalibrálás esetén is (A beállított nyomás értékből kivonjuk a mért nyomás értéket és megkapjuk az eltérést).

A teljes tartományra számított mérési hiba meghatározása: [3]

$$TPE = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2}; \quad (1)$$

A: pontosság,

B: hőmérsékleti hiba,

C: null és tartományhiba,

D: hosszú távú stabilitás

1.2 Kalibrálás nehézségei

Egy szenzor kalibrálása során a mérésből, vagy az eljárás hibájából adódóan több probléma merülhet fel, amiket kompenzálni kell. Az MSZ EN IEC 62828-2:2018 szabvány ezekre is pontosan kitér.

A leggyakrabban előforduló hiba amivel szinte minden mérés során találkozhatunk az a **hiszterézis hiba**. Természetesen ez a hiba a nyomásmérő szenzoroknál is jelentkezik. A mérés végrehajtása során, ezért kell mindig a legkisebb mérési pont felől a legnagyobb felé haladni és kerülni a túllövést. [3]

Amikor nyomásmérő szenzorokat kalibrálunk **figyelnünk kell** arra is hogy a **referencia hőmérséklettől (20°C-tól) ne térjünk el jobban mint ±2%**, mert ebben az esetben a szenzor nem a kívánt értéket fogja mutatni. [2][3] Ha mégis eltérünk a referencia nyomástól akkor az alábbi képlettel lehet korrigálni a mérés eredményét: [2]

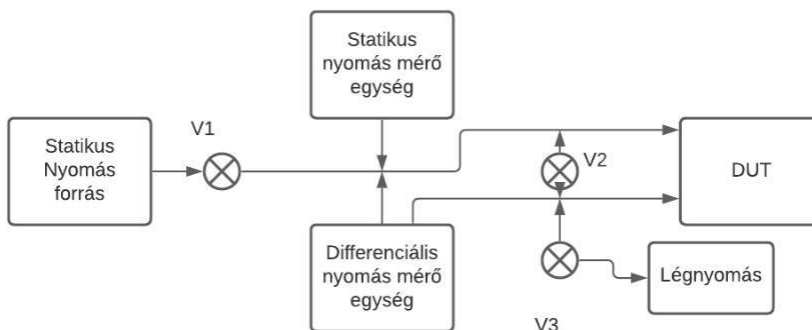
$$\pm 0,06 \cdot (t_2 - t_1) - \text{Szelenccés nyomásmérők esetén} \quad (2)$$

$$\pm 0,08 \cdot (t_2 - t_1) - \text{Membrános nyomásmérők esetén} \quad (3)$$

t_2 : az aktuális hőmérséklet

t_1 : referencia hőmérséklet (20°C)

A **differentiál nyomásmérő szenzorok kalibrálásakor jelentős problémát okoz a külső légnyomás hatása**. Ezért bizonyos esetekben fontos lehet ennek a meghatározása. Az MSZ EN IEC 62828-2:2018 szabvány pontosan bemutatja ennek folyamatát. A 2. ábrán a légnyomás hatásának meghatározásához ajánlott mérési elrendezése látható. [3]



Ábra 2
Légnyomás hatásának meghatározása

2. Piacon kapható eszközök és új eszköz szükségessége

A piacon nem nagy a választék a különböző típusú nyomásmérő szenzort kalibráló eszközök között. Hat nagyobb cég eszközei között vizsgáldtam, de azt tapasztaltam, hogy a vizsgált eszközök **nagyrészen csak a nyomás érték pontos vissza mérésére képesek és nem tudnak refferencia nyomást előállítani.**

Tudtam, hogy a mérést, kalibrációt csak abban az esetben lehet egyszerűsíteni, ha a kalibráló rendszer nem csak a nyomás érték visszamérésére alkalmas, hanem a kívánt nyomást is előállítja. Ennek a kritériumnak már csak három cég termékei feleltek meg a FLUKE-é, a Beamex-é és a Wikai-é.



Ábra 3
Fluke 729



Ábra 4
Wikai CPC6050

A FLUKE a termékei mellé egy pumpás tartályos rendszert biztosít, amivel könnyedén elő lehet állítani a kívánt nyomást. Ezzel szemben a Beamex és a Wikai termékei már sokkal jobbak, mert ők a kívánt nyomás értéket DC pumpával állítják elő, de ennek a hátránya, hogy a szabályzást nagyon bonyolult létrehozni és nehéz a kis differenciál nyomás előállítása.

Légszenyezetség mérők kalibrálása során, szembesültünk vele , hogy hiába van a piacon több fajta kalibráló eszköz nem tudnak refferencia nyomást előállítani, ezért gondoltam egy új nyomásmérő szenzort kalibráló rendszer létrehozására.

3. Nyomásmérő szenzort kalibráló rendszer

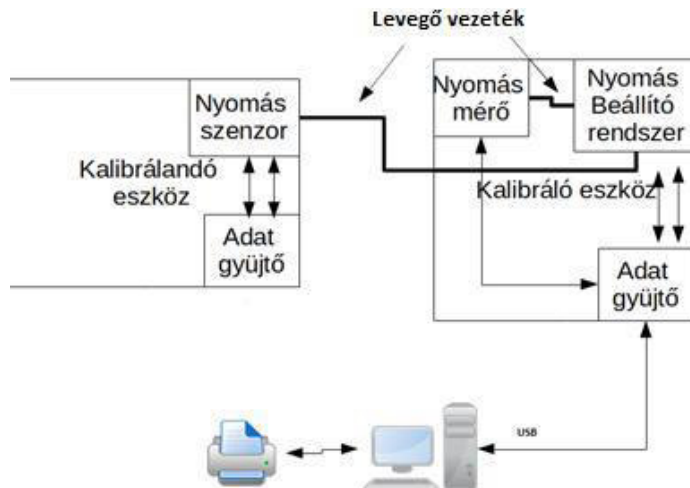
3.1 Specifikáció

A cél egy olyan eszköz létrehozása ami alkalmas különböző Légszennyezettség mérő berendezésekben található nyomásmérő szenzorok kalibrálásához. A kalibrálást úgy végiz el, hogy nincs szükség külső mérő műszerre, mert helyettesíti a nyomás forrást és a standard nyomás mérő eszközt is.

Az eszköz képes differenciál és abszolút nyomásmérő szenzor kalibrálására, a mérésekhez szükséges etalont az eszköz belső szenzorai szolgáltatják. A mérési tartomány differenciál nyomásmérő szenzor kalibrálása esetén 0-20mBar, abszolút nyomásmérő szenzor kalibrálása esetén 400 -1400 mBar. A rendszertől elvárt kalibrálási pontosság $\pm 2\%$.

Az eszközhöz szükséges egy számítógépes program melynek segítségével könnyebben lehet vezérelni a mérést és a mérés végén mérési jegyzőkönyvet készít.

3.2 Az eszköz felépítése és működése



Ábra 5

Eszköz felépítése

A rendszer logikailag két főbb egységre bontható fel. Az adatgyűjtő egységre és a mérést végző egységre, ami áll a nyomás mérőből és a nyomás beállító rendszerből.

Az adatgyűjtő rendszer feladata a felhasználóval és a számítógéppel való kapcsolattartás. A mérést vezérlő rendszer feladata a nyomás érték beállítása és a nyomásértékek vissza mérése.

A nyomásbeállítás a rendszerben egy fecskendő és három szelep segítségével történik. A kívánt nyomás előállítását a fecskendő dugatyujának léptető motorral történő mozgatásával és a megfelelő szelepek nyitásával, vagy zárásával érjük el. A szelepek beépítése azért volt fontos, hogy szükség esetén a levegőből plussz levegőt lehessen a rendszerbe injektálni, vagy eltávolítani.

Az eszközben a normál működésen kívül kialakításra került egy szerviz menü is aminek segítségével az eszköz különböző beállításaihoz és kálibrációjához lehet hozzá férni.

Az eszköz működése egyszerű, bekapcsolás után egy öntesztel, majd egy vezérlési mód választással (Manuális / számítógépes) indul, ezután a kezelő kiválaszthatja a mérés típusát (Abszolút / Differenciális). A mérés típus megadása után következik a kívánt nyomás érték beállítása, majd ezután elindul a mérés.

3.3 Az eszköz bevizsgálása és tesztelése

3.3.1 A tesztelése során tapasztalt problémák

Az eszközt több tesztelésnek is alávettem annak érdekében, hogy meggyőződjek arról, hogy megfelelően működik és használható kalibrálásra. Ezek során különböző megoldandó problémák merültek fel, ezek közül a három legfontosabbat emelném ki.

Első nehézség, ami megnehezítette a rendszer megfelelő működését, a fecskendő mozgatásának hatására jelentkező gyors nyomás érték változások. A probléma megoldásához be kellett vezetnem egy toleranciasávot amin belül a motor mozgatását megállítom és tartom a beállított értéket. Ezt a sávot 1%-ra választottam mert a szenzor teljes tartományú hibája is 1%.

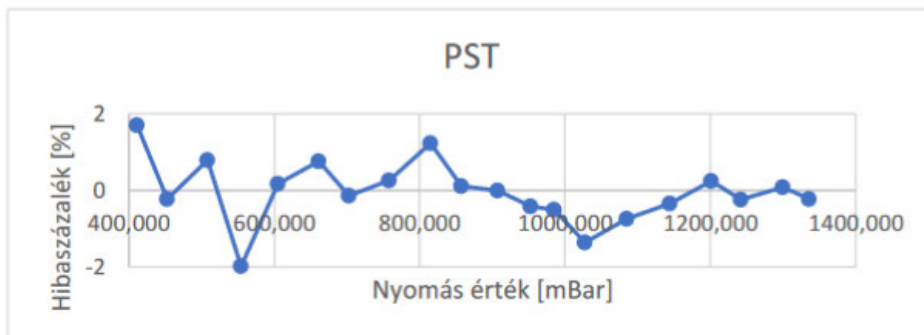
Gondot jelentet a határnyomás értékek beállítása is (400 mBar és 1400 mBar) ez több dologból származott. Az egyik ok a szivárgás, amit a tömítéssel és a szelepek nyitási és zárási idejének megfelelő beállításával tudtam korrigálni. A levegő beszívásból és kifújásból is származott probléma, mert amikor a fecskendőt megtöltöttem újra levegővel, akkor légnyomáson került be a levegő a rendszerbe és amikor rá engedtem a nyomás szenzorra, akkor a beállított nyomás érték módosult a légnyomás irányába. Ezt a problémát csak a csőhöz megnövelésével tudtam megoldani, hiszen így csökkent az a levegő mennyiség ami légnyomáson került be a rendszerbe.

A harmadik nagyobb problémát a kis differenciális nyomás érték beállítása okozta. A 0 mBar és 0,75 mBar közötti értékeket nem lehetett beállítani a kívánt tűrésen belül. A probléma oka a szenzor kvantálási hibája volt, ami jóval nagyobb mint az adatlapban szereplő teljes tartományra megadott hiba ami $\pm 1\%$ -a. Ezt a hibát csak úgy tudom javítani, ha kicserélem a szenzort egy pontosabb szenzorra.

3.3.2. Az eszköz bevizsgálása

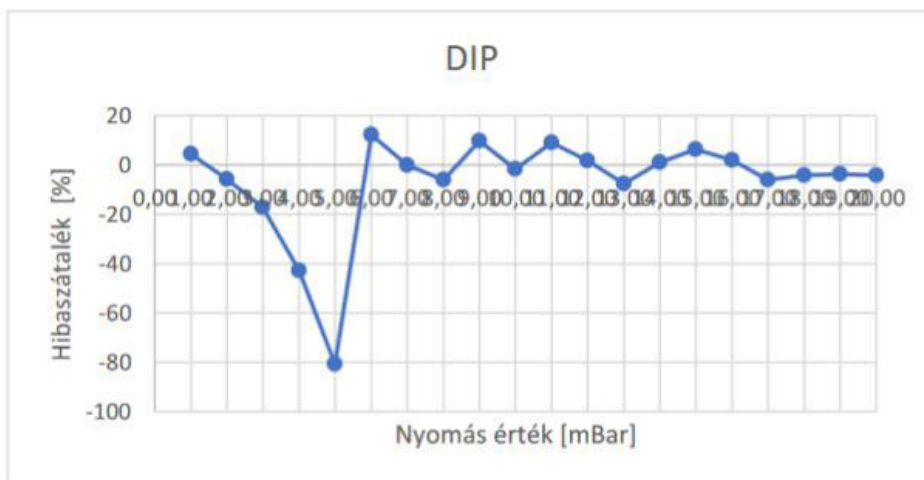
Az eszközt mielőtt használatba vennénk fontos a szenzorok bevizsgálása és annak bizonyítása, hogy a mérés megfelelő.

A mérés alapját az MSZ EN IEC 62828-2:2018 szabvány képezte.



Ábra 6

Abszolút nyomásmérő szenzornyomás mérési eredmény



Ábra 7

Differenciál nyomásmérő szenzor mérési eredménye

A mérési eredmények alapján elmondható, hogy az eszköz működő képes és használható, de még a differenciál nyomásmérő szenzort be kell szabályozni. A mérés során azt tapasztaltam, hogy az eszközön a nyomás értékek nagyon gyorsan változtak ezért szükséges a jelenlegi átlagolási idő növelése és ezért a szabályozás időállandókat is módosítani kell.

4. Összefoglalás

A kutatásom során megismertem a kalibrálás folyamatát és a közben felmerülő hibákat. A **hiszterézis hibát**, a **hőmérséklet hibát** ami növelheti vagy csökkentheti a gáz nyomását attól függően milyen irányban térünk el a refferencia nyomástól. A **légnyomás hatását** a differenciál nyomás mérésére, amit egy komplexebb mérési elrendezéssel meg lehet mérni.

Az előzőekben bemutatott új eszközőm képes refferencia nyomás előállítására és annak vissza mérésére is. Az eszköz elkészült és a kívánt paraméterek mellett használható. A tesztelés során további olyan hibákat fedeztem fel, ami befolyásolják a nyomás ellőállítását. Ilyen az **érték gyors változása**, ami egy tollerancia sáv bevezetvéssel és átlagolással csökkenthető. A **kis és nagy nyomás értékek** beállítása, amit a beszívott, kifűjt levegő okozott. A harmadik befolyásoló tényező a **szenzorok kvantálási hibája**.

Remélem cikkem felkeltette a szakemberek érdeklődését, kutatási anyagom és mérőeszközőm használható lesz számukra a további mérések során.

Köszönöm a támogatást és az ötletet Sándor Tamásnak.

Források:

- [1]. MSZ EN 472:2002
- [2]. MSZ EN 837-3:1998
- [3]. MSZ EN IEC 62828-2:2018