



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

Nagy Bálint

Gépészmérnök MSc, I. évfolyam

**Szakaszos szűrőállomás és szelepkarakterisztika-
mérőkör tervezése és vizsgálata**

Konzulensek:

Dr. Balázs Tibor

Egyetemi docens

Poós Tibor

Tudományos segédmunkatárs

A dolgozat bemutatását a TÁMOP 4.2.2.B-10/1--2010-0009 "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" című program támogatta.

Budapest, 2012. október 29.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulenseim, *Dr. Balázs Tibor* egyetemi docens, és *Poós Tibor* tudományos segédmunkatárs segítségét a dolgozat elkészítése során.

Külön meg szeretném köszönni, hogy bármikor, ha kérdésem volt, szakítottak rám időt, akár saját munkájukat is félretéve.

Tartalomjegyzék

1Bevezetés	1
2Feladat ismertetése	2
3Berendezés tervezése	3
3.1 Tervezési követelmények.....	3
3.2 Lehetséges berendezések	5
3.2.1 Szakaszos szűrő mérés.....	5
3.2.2 Szelepkarakterisztika mérés	7
3.3 Értékelés	7
3.4 Méretezés, elemek kiválasztása	7
3.4.1 Keretes szűrőprés.....	7
3.4.2 Tartályok.....	8
3.4.3 Szivattyú	9
3.4.4 Műszerezés	10
3.4.5 Adatgyűjtés	12
3.4.6 Egyéb.....	13
4A mérőállomás ismertetése.....	14
4.1 Felhasznált anyagok	14
4.2 Rendszerelemek	14
4.3 Rendszer feltöltése, feszültség alá helyezése	16
4.4 Rendszer üzemén kívül helyezése.....	18
4.5 Fontos megjegyzések a megfelelő üzemeltetéshez	19
5Szűrő mérési segédlet	20
5.1 Mérés célja	20
5.2 A mérőberendezés leírása	20

5.3 A mérés elmélete	23
5.4 A mérés menete	27
5.5 Feladat.....	29
6Szelepkarakterisztika mérési segédlet.....	30
6.1 A mérés célja	30
6.2 A mérőberendezés leírása	30
6.2.1 A szelephez tartozó aktuátor ismertetése, kezelése:.....	33
6.3 A mérés elmélete	36
6.3.1 Szelepkarakterisztika.....	36
6.4 A mérés menete	40
6.5 Feladat.....	41
7Javaslatok mérések	42
8Összegzés	43
9Irodalomjegyzék.....	44

Jelölésjegyzék

Latin betűk

Jelölés	Megnevezés (érték)	Mértékegység
a	autoritás	1
b	tengelymetszet (5. fejezet)	s/m ³
k	szeleptényező	m ³ /s
l	iszapvastagság	m
m	meredekség (5. fejezet)	s/m ⁶
p	nyomás	Pa
t	idő	s
w	sebesség	m/s
A	szűrőfelület	m ²
C	szűrési állandó	1/m ²
H	szelepszár elmozdulás	m
K	ágyjellemző	1/m ²
T	hőmérséklet	°C
V	térfogat	m ³

Görög betűk

Jelölés	Megnevezés (érték)	Mértékegys
α	dőlésszög	°
η	dinamikai viszkozitás	Pa s
ρ	sűrűség	kg/m ³

Indexek, kitevők

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
e	egyenértékű
i	iszap
s	nyitott állapotban
v	szelep (k_v) / veszteség (Δp_v)
w	víz
.	időbeni megváltozás
100	nyitott állapot

1 BEVEZETÉS

Tudományos diákköri témám a gépészeti folyamatok során felmerülő szűrés folyamatának, illetve a folyadékok áramlását szabályozó szelepek karakterisztikájának mérésére alkalmas berendezés tervezése. A mérőállomásnak képesnek kell lennie a mért jellemzők adatgyűjtésére. Feladatom további részét képezi a legyártott és beüzemelt rendszer vizsgálata és a mérési segédletek elkészítése.

A szűrés mechanikai szétválasztó művelet, célja a folyadék-szilárd (pl. szennyvíziszap víztelenítése, vagy gyümölcslé rosttartalmának csökkentése), ill. a gáz-szilárd (pl. levegő portartalmának csökkentése) rendszerekben a fázisok szétválasztása.

Legyen szó mennyiségi, vagy minőségi szabályozásról, a folyadék térfogatáramát szelepek segítségével változtatják. A szelep karakterisztikája döntően befolyásolja a rendszer üzemi tulajdonságait, üzemeltethetőségét, ezért ismerete már a tervezés fázisában fontos.

Az Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék számára megtervezett mérőállomás, és a megírt segédletek abban próbálnak segítséget nyújtani, hogy a hallgatók **korszerű műszerezés és adatgyűjtés** mellett sajátíthassák el az elméletben tanultakat.

2 FELADAT ISMERTETÉSE

A feladat elkészítése során első lépésként összeállítom a követelményjegyzéket, mely minden további tervezői munka alapja lesz. A tervezéshez szükséges a konkurrens termékek ismerete, ezeket, és az új kialakítást a követelményjegyzék alapján értékelve lehet meghozni a döntést, hogy szükség van-e egyáltalán új mérőállomás készítésére.

A tervezés befejezte után ismertetésre kerül a mérőállomás. Az ismertető tartalmazza a rendszer általános leírását, a beüzemelés, üzemen kívül helyezés protokollját, ill. azokat az előírásokat, melyek elengedhetetlenek a berendezés biztonságos üzemeltetéséhez.

A berendezés ismertetése után összeállítom az egyes mérésekhez tartozó segédleteket. Mindezt úgy, hogy a hallgató a segédlet áttanulmányozása után tisztában legyen a mérés elméleti hátterével, valamint a mérés és a kiértékelés menetével.

A hallgatói segédletek elkészítése után ismertetetem azokat a lehetséges méréseket, melyek elvégezhetőek a mérőállomáson. Ezek lehetnek olyan mérések is, melyek kiindlási alapot nyújtanak majd egy-egy kutatómunkához.

3 BERENDEZÉS TERVEZÉSE

A berendezés tervezéséhez első lépésként meghatározásra kerültek a működési, és megvalósíthatósági peremfeltételek, melyeket a követelményjegyzék foglal össze.

A követelményjegyzék felállítása után röviden ismertetésre kerülnek azok a már megvalósított mérőberendezések, melyeket oktatási célra használnak.

Mivel a végleges technológiai kapcsolás, és konstrukció egy sok-lépcsős itárálás eredménye, ezért csak a végeredmény kerül ismertetésre, kiemelve azokat a tervezési lépéseket, melyek nem következnek egyértelműen a követelményjegyzékből.

3.1 Tervezési követelmények

A megnyilvánuló és várható igények felmérése alapján az 1. táblázatban látható követelményjegyzék lett összeállítva.

A táblázatban szereplő minősítés oszlopban látható jelölések magyarázata a következő:

- K_A : alap követelmény, ennek az állandó követelménynek mindenképp eleget kell tenni, ha ennek a követelménynek a berendezés nem tesz eleget, akkor el kell vetni azt a konstrukciót
- K_{SZ} : szint követelmény, minden esetben teljesülnie kell, de a teljesítésnek van mértéke
- K_0 : óhaj szintű, a tervezés során lehetőleg figyelembe kell venni.

1. táblázat: Követelményjegyzék
Forrás: [1] alapján

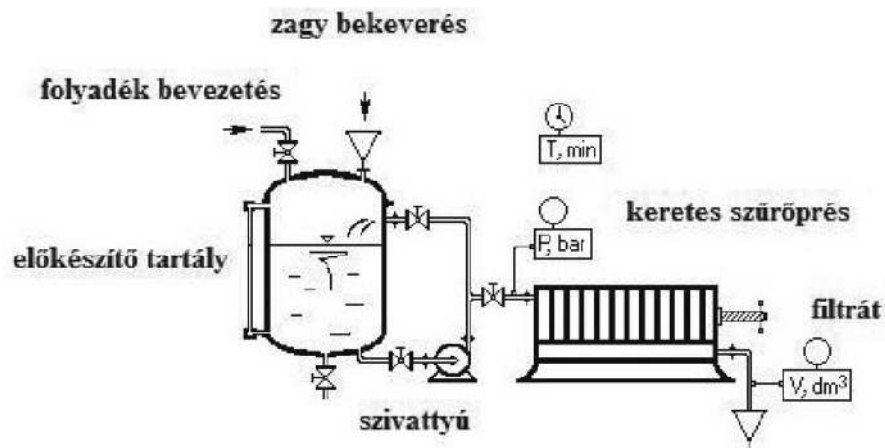
Köv.	Ssz.	Megnevezés	Minősítés	Leírás	Számérték	Súlyozás
Geometria	1	Magasság	K _A	Laborban elérjen	<2500 mm	10
	2	Szélesség	K _A	Laborban elérjen	<2500 mm	10
	3	Hosszúság	K _A	Laborban fordítható	<3000 mm	10
Üzemeltetés	1	Mérések	K _{Sz}	Többféle mérés egy berendezésen		9
	2	Átállás	K _{Sz}	Egyszerű váltás a mérések között		8
	3	Szűrőteltjesítmény	K _A	Szűrési kapacitás	>200 l/h	9
	4	Szelepvizsgálat	K _A	Térfogatáram	>2500 l/h	7
Energia	1	Energiaigény	K _{Sz}		<5 kW	8
	2	Energiacsatlakozás	K _A	Legfeljebb	3x380 V	10
Gyártás	1	Gyárthatóság	K _A	Átlagos felszereltségű műhelyben gyártható		10
	2	Szabványos kialakítás	K _A	Élelmiszeripari szabványok		10
	3	Minőség	K _A	Nagy tűrések		10
	4	Alapanyagok	K _{Sz}	Élelmiszeripari szabványok		8
	5	Alkatrészek	K _O	Szabványos alkatrészek		8
Biztonság	1	Érintésvédelem	K _A	Ér.védelmi osztály	min. IP 44	10
	2	Rögzítés	K _A	A mérés helyén stabilan rögzíthető		10
	3	Munkavédelem	K _A	Ne legyenek kiálló forgó alkatrészek		10
	4	Környezetvédelem	K _A	Zárt rendszer		9
Szállítás	1	Mozgathatóság	K _A	Mobil		10
	2	Stabilitás	K _A	Súlypont alacsonyan		8
Jel	1	Műszerezés	K _O	Korszerű mérőeszközök		7
	2	Visszajelző berendezések	K _{Sz}	Visszajelzés nem tervezett üzemállapotról		8
Ergonómia	1	Hozzáférhetőség	K _O	Kézreálló beavatkozók és könnyen leolvasható műszerek		7
	2	Kiszolgálás módja	K _O	Egyszerű kezelhetőség		7

3.2 Lehetséges berendezések

3.2.1 Szakaszos szűrő mérés

BME-VBK

Az 1. ábrán látható berendezés a BME Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék laboratóriumában található, a hallgatói mérés – többek között- a „Vegyipari műveletek 2.” tárgy keretén belül zajlik [2].



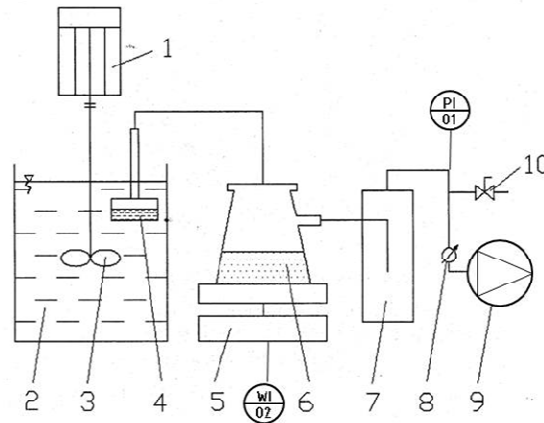
1. ábra: Szűrő mérőállomás – BME VBK

Forrás: [2]

A mérőberendezés működése a következő lépésekből áll: az előkészítő tartályból a zagy egy szivattyú segítségével a keretes szűrőprésbe jut. A szűrőből kilépő filtrát mennyiségét köbözéssel, a szűrőn létrejövő nyomáscsökkenést manométerekkel mérik.

BME-GPK

A 2. ábrán látható berendezés már üzemben kívül van, hallgatói mérések nem folynak rajta. Azért kerül ismertetésre, mert a nyomáskülönbség hajtóerőt itt egy vákuum-szivattyú állítja elő.



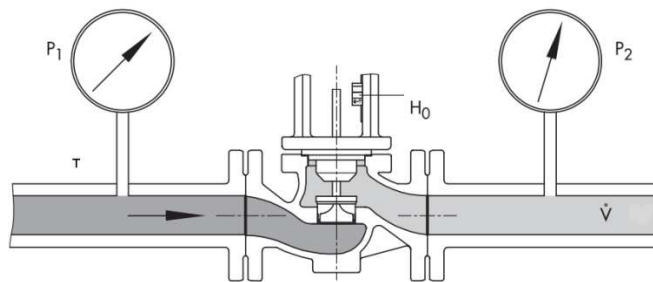
2. ábra: Szűrő mérés - BME GPK

Forrás: [3]

A szuszpenziót a 3 jelű keverő folyamatosan keveri. A 2 jelű tartályból, egy szűrőfejen keresztül (4) jut ki a folyadék, a filtrát a 6 jelű edényben gyúlik össze, tömege az 5-ös mérleggel mérhető. A 7-es jelű egység egy cseppfogó, hogy a szűréshez szükséges nyomáskülönbséget előállító vákuumszivattyúba (9) ne juthasson víz. A szűrési nyomás a 10-es szelepen fojtással szabályozható, mely a 8-as nyomásmérővel mérhető [3].

3.2.2 Szelepkarakterisztika mérés

Szelepkarakterisztika mérésének alapja az összes vizsgált mérőberendezésnél a 3. ábrán látható elv [4], [5], [6]: mérni a térfogatáramot ($\dot{V}$), a szelep előtti (p_1) és utáni (p_2) statikus nyomásokat, valamint a szelepszár-elmozdulást (H_0) – bővebben a 6. fejezetben –.



3. ábra: Szelepkarakterisztika mérés elvi felépítése

Forrás: [7]

A mérőberendezés minden esetben tartalmaz egy nyomáskülönbség-mérési, ill. egy térfogatáram-mérési lehetőséget. A vizsgált szelep előtti és utáni nyomások különbségét manométerek leolvasásával [5], nyomástávadók által szolgáltatott jelek feldolgozásával, illetve nyomáskülönbség-távadó felhasználásával [4] határozzák meg.

3.3 Értékelés

Az 1. táblázatban látható követelményjegyzéknek egy vizsgált berendezés sem tesz eleget, még az alapkövetelményeknek sem, ezért **új konstrukció** kialakítása szükséges.

3.4 Méretezés, elemek kiválasztása

A berendezés folyamat- és műszerezési rajza (P&ID) a 12-SS-000 számú rajzon, a tervezés során elkészített modell a 9. ábrán látható. Az egyes elemek P&ID-n látható rendszer elemeit képezik.

3.4.1 Keretes szűrőprés

A kiválasztott szűrőprés a követelményjegyzékben megadott szűrési kapacitás, és [8] alapján: Paulo Kft. **Hobby II.** típusú szűrőprés.

3.4.2 Tartályok

A tartályok mérete ~ 100 l, ugyanis ekkora mennyiség átszűrése „fér bele” egy hallgatói mérés rendelkezésre álló idejébe ($\sim 1,5$ h, ennek fele a berendezés és az elmélet ismertetése, így kb. 30-40 perc marad a konkrét mérésre). Szelepkarakterisztika-mérésnél a folyadékot keringtetjük, így csak annyi folyadéknak kell a tartályban lennie, hogy a szivattyút mindig ellepje a folyadék, és a melegevése se legyen számottevő.

A tartályok geometriájának meghatározása a kereskedelmi forgalomban kapható tartályfedelek méretei alapján történik.

A tartályfedelek kiválasztásánál az olyan konstrukciókat kell előtérbe helyezni, melyek könnyen leszedhetőek, ill. költséghatékony megoldásnak számítanak. A kiválasztott fedél az **ARAG menetes tartályfedél**. A tartályfedelet egy fedélgyűrűbe lehet csavarni (ld.: 4. ábra). A fedélgyűrű rögzítése a tartályra szegecsekkel történik, a tervezésnél ügyelni kellett a megfelelő tartály-perem kialakításra. A tartályfedél közepén bajonettzáras kis fedél található, melyben egy labirintrendszer légzőként funkcionál.



4. ábra: Tartályfedél és fedélgyűrű
Forrás: [9]

Az „arányos” kialakítás érdekében $d=455$ mm, a forgalmazott legnagyobb átmérőjű tartályfedél került kiválasztásra, ekkor ugyanis a tartály átmérője $D=410$ mm, magassága pedig $L=800$ mm-re adódik (~ 100 l-es tartálytérfogatból kiindulva), vagyis az „ L/D ” arány 2:1.

A V-101 tartálynál lehetőség van a folyadék recirkuláltatására. Mivel a visszaáramló közeg „forgatja” a tartályban lévő folyadékot, folyadéktölcsér kialakulásával kell számolni.

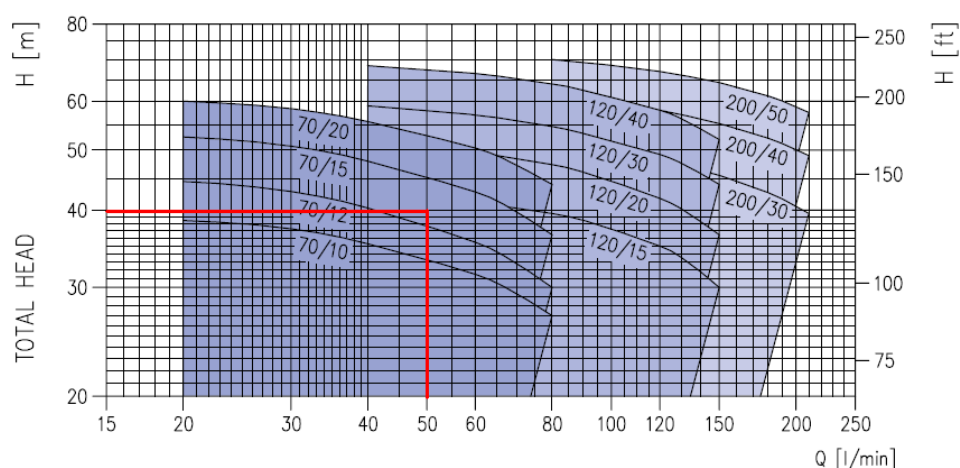
Folyadékátölcser kialakulásakor előállhat olyan üzemállapot, amikor a szivattyú levegőt szív be, ami a szivattyú károsodásához vezethet. Ennek megakadályozására egy hullámtörő lemez lett beépítve.

3.4.3 Szivattyú

A szűrőprés gyártója által megadott, maximálisan gépre terhelhető nyomás 4 bar. Mivel a szűrő ellenállása a szűrőlapok számától és minőségétől függ, a szivattyú kiválasztásánál a legnagyobb gépre engedhető nyomás a mérvadó.

A szállítandó térfogatáram meghatározásánál a követelményjegyzékben látható érték (min. 3000 l/h) a mérvadó.

A kereskedelmi forgalomban kapható szivattyúk értékelése alapján a beépítendő szivattyú: **EBARA 2CDX 70/15**. A szivattyú mérete az 5. ábrán látható nomogram alapján lett kiválasztva.



5. ábra: Szivattyú nomogram

Forrás: [10] alapján

Szűrésnél a jellemző térfogatáram várhatóan kevesebb lesz, mint 3000 l/h, ezért a szivattyú a szűrési műveletre túlméretezett, az üzemeltetésnél ügyelni kell a maximálisan fellépő üzemi nyomásra. Meg kell említeni azt is, hogy a 6. ábrán látható jelleggörbék vízre vonatkoznak, szűrésnél várhatóan a víznél nagyobb viszkozitású közeg fog áramlani, vagyis a túlméretezés indokolt.

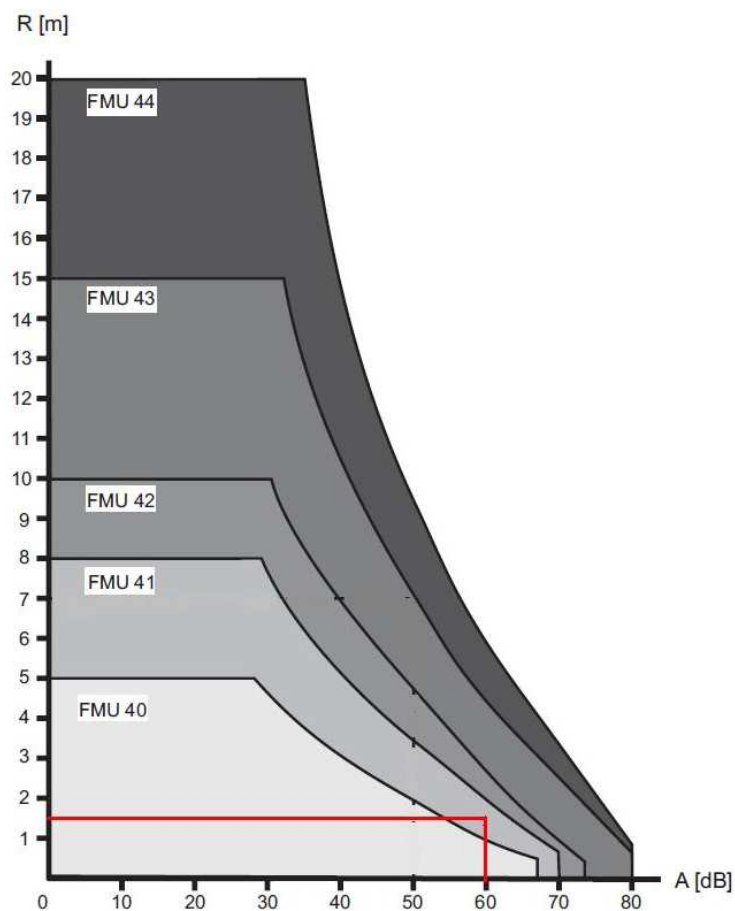
3.4.4 Műszerezés

Szintmérés

Szintmérésre a következő lehetőségek kerülnek kialakításra:

- tartályból kivezetett, áttetsző csövön leolvasható a folyadékszint, a tartályon lévő skála köbözéssel kalibrálva
- ultrahangos szinttávadó, melynek kiválasztása a következők szerint történik:

Felvenni azt a maximális távolságot, melyet a műszerrel mérni szeretnénk, majd megállapítani azokat a zavaró tényezőket, melyek a mérési eredményt csillapítják. A hatótávolság (R) $\sim 1,5$ m, a csillapítás (A) becsült mértéke [11] alapján 60 dB.



6. ábra: Szinttávadó kiválasztó-diagram

Forrás: [11] alapján

A 6. ábra alapján a kiválasztott műszer típusa: **Endress & Hauser FMU 41.**

Térfogatáram mérés

A térfogatáram mérése egy rotaméter segítségével történik, típusa: **Unirota RK-32/6**.

Nyomásmérés

A nyomás mérése három különböző módon történik, a műszerek kiválasztása a legnagyobb lehetséges üzemi nyomás (6 bar), és az elérendő pontosság (távadónál min. 10 kPa) figyelembevételével történt.

a) Statikus nyomás mérése manométerrel

A kiválasztott manométer típusa: **SUKU NG40**, DIN EN 837-1 szabvány szerint. A műszer a relatív statikus nyomást mutatja.

b) Statikus nyomás mérése nyomástávadóval

A kiválasztott nyomástávadó: **Datcon Vegabar 17**. A műszer az abszolút statikus nyomást mutatja.

c) Nyomáskülönbség mérése nyomáskülönbség távadóval

A kiválasztott távadó: **JUMO dTRANS p02**, a műszer segítségével közvetlenül lehet két pont közti nyomáskülönbséget mérni.

Hőmérsékletmérés

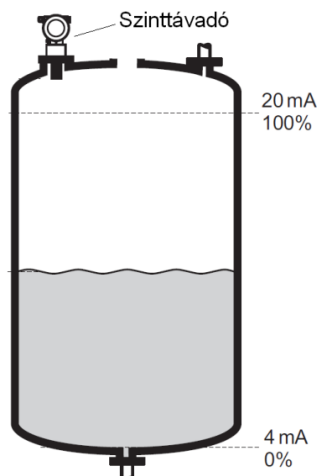
A hallgatói mérésekhez szükséges a folyadék viszkozitásának, ill. sűrűségének ismerete. Mivel ezek függenek a hőmérséklettől, szükséges a hőmérséklet mérése is. A kiválasztott hőmérséklet érzékelő: **TC Direct T** hőelem.

Szabályozószelep pozíció érzékelése és vezérlése

A szelep aktuátorának pozícióját kijelző, és távadó műszer egy terepi hőmérséklettávadóból lett átalakítva, típusa: **Datcon DT 9502**.

3.4.5 Adatgyűjtés

A műszerek kimenőjele 4-20 mA, ez úgy értelmezhető, hogy 4 mA-nél a mért értéknek minimuma, 20 mA-nél pedig maximuma van, ahogy arra a 7. ábra mutat egy példát (szintmérésnél).



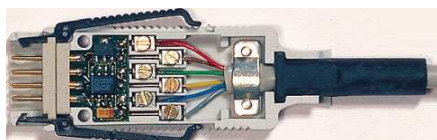
7. ábra: Kimenőjel értelmezése
Forrás: [11] alapján

A távadók száma tehát:

- 1 db szinttávadó,
- 1 db nyomáskülönbség-távadó,
- 1 db hőmérséklettávadó,
- 1 db szelepállás-távadó, és
- 3 db nyomástávadó,

ez összesen 7 db jel, melyet az adatgyűjtőnek fogadnia kell.

A rendelkezésre álló adatgyűjtő típusa: **ALMEMO 3290-8**, [12] alapján megfelel a jelek regisztrálására. A hozzá tartozó csatlakozó felépítése a 8. ábrán látható.



8. ábra: Datcon csatlakozó
Forrás: [13] alapján

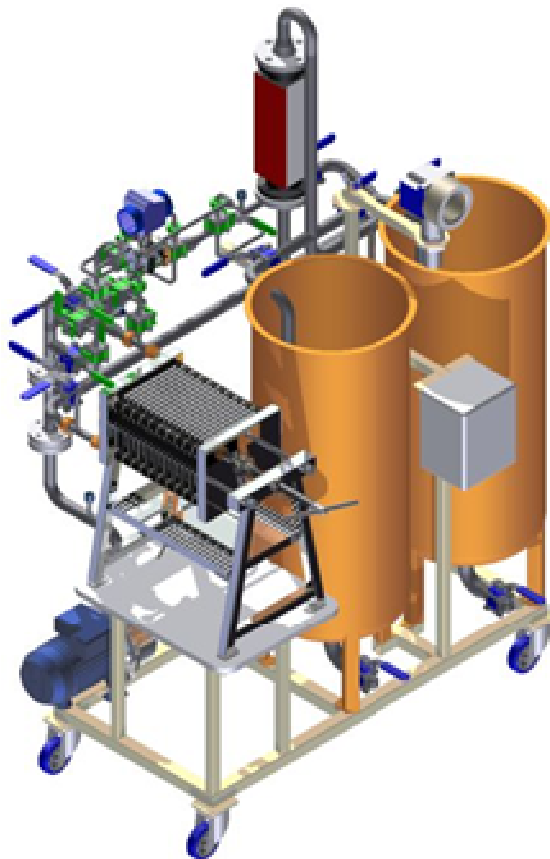
3.4.6 Egyéb

A berendezésnek nemcsak egy laboron belül kell mobilnak lennie, hanem az esetleges épületek közti szállítást is könnyen meg kell tudni oldani, ezért törekedni kell a „kompaktságra”, valamint az egyszerű szét- és összeszerelhetőségre.

A fentiek miatt a rendszerelemek egy közös vázszerkezetre vannak erősítve, az egész szerkezet pedig kerekeken gurítható. Hogy a mérés helyén a berendezés stabilan rögzíthető legyen, két kerék rögzítőfékkel van ellátva.

A frontpanel (a motoros szelep felőli rész) könnyen levehető, így a berendezés szélessége kevés szerelési munkával redukálható. Ez szállításnál, a kisebb méretű ajtóknál lehet előnyös (pl.: liftajtó).

Az elkészült modell a 9. ábrán látható.



9. ábra: Mérőállomás modellje

A modellezésnél külön alrendszerek, és részösszeállítások lettek kialakítva, így ha szükséges, az utólagos módosítás nagyobb hatékonysággal végrehajtható.

4 A MÉRŐÁLLOMÁS ISMERTETÉSE

A mérőállomás folyamatábrája és műszerezése a mellékletben találhatóak meg. A következőkben ismertetésre kerül a berendezés felépítése, beüzemelése, üzemén kívül helyezése, ill. a betartandó protokollok a biztonságos üzemeltetés, és eredményes mérések elvégzése érdekében.

4.1 Felhasznált anyagok

A berendezés fluidummal érintkező részei rozsdamentes acélból készültek, melyek élelmiszeripari minősítéssel rendelkeznek. A vázszerkezet anyaga szerkezeti acél, rozsdamentes bevonattal ellátva.

4.2 Rendszerelemek

A beépített rendszerelemek főbb adatai a 2. számú táblázatban láthatóak. Ezen kívül a melléklet tartalmazza az egyes részegységek:

- fényképeit,
- rajzait,
- adatlapjait,
- használati utasításait.

2. táblázat: Főbb elemek és műszerezés

Jelölés	Megnevezés	Gyártó	Típus	Jellemzők
V-101	Tartály			$V_{névl}=100\text{ l}$
V-102	Tartály			$V_{névl}=100\text{ l}$
P-104	Szivattyú	EBARA	2CDX 70/15	$Q_{max}: 80\text{ l/min}$
				$H_{max}= 56\text{ m}$
				$n= 2850\text{ 1/min}$
F-103	Szűrő	Paulo Kft	Hobby	$A= n \times 20 \times 20\text{ cm}^2$
cv-104-05	Szelep	Danfoss	VRG 2	Szeleplöket: 10 mm
				$K_{vs}= 2,5\text{ m}^3/\text{h}$
	Szelepmozgató	Danfoss	AME 435	Max. löket: 20 mm
				Fzáró= 400 N
FI 104-08	Rotaméter	UNIROTA	RK 32/6	$Q: 500\text{-}5000\text{ l/h}$
				$p_{max}= 6\text{ bar}$
				osztás: 100 l/h
PI 103-01	Manométer	SUKU	6010	Méréshatár: 6bar
				Osztás: 0,1 bar
PI 103-02	Manométer	SUKU	6010	Méréshatár: 6bar
				Osztás: 0,1 bar
PI 104-01	Manométer	SUKU	6010	Méréshatár: 6bar
				Osztás: 0,1 bar
PI 104-03	Manométer	SUKU	6010	Méréshatár: 6bar
				Osztás: 0,1 bar
PI 104-07	Manométer	SUKU	6010	Méréshatár: 6bar
				Osztás: 0,1 bar
TE 104-02	Hőmérsékletszenzor	TC Direct	T	Méréshatár:
				Osztás:
PT 103-02	Nyomástávadó	DATCON	Vegabar 17	Méréshatár: 6 bar
				Pontosság: 0,6 %
PT 104-04	Nyomástávadó	DATCON	Vegabar 17	Méréshatár: 6 bar
				Pontosság: 0,6 %
PT 104-06	Nyomástávadó	DATCON	Vegabar 17	Méréshatár: 6 bar
				Pontosság: 0,6 %
ZTIC 104-05	Szelepszár-helyzet távadó és vezérlő	DATCON	DT 9502	Mérési tartomány:
				Pontosság: 0,1 [%]
LTI 101-02	Ultrahangos szinttávadó	ENDRESS&HAUSER	FMU 41	Max. hatótáv: 8 m
				Pontosság: 0,2 %
PDTI 103-04	Nyomáskülönbség távadó	JUMO	dTrans d02	Méréshatár: -1÷4 bar
				Pontosság: 0,1 %

4.3 Rendszer feltöltése, feszültség alá helyezése

- 1) A mérés helyére toljuk a berendezést ügyelve arra, hogy a váznál fogjuk, majd rögzítjük a kerekeket a 10. ábrán látható módon.



10. ábra: Rögzíthető kerék

- 2) A rendszer feltöltése előtt ellenőrizzük, hogy a tartályokban nem található szennyeződés, valamint a csővezetékekben nincs folyadék (minden csap nyitva), és a berendezés nincs feszültség alatt.
- 3) Ezután lezárjuk a tartályhoz csatlakozó csővezetékek gömbcsapjait.
- 4) Feltöltjük a **V-101** jelű tartályt vízzel (szelepkarakterisztika mérés), ill. szuszpenzióval (szűrő mérés). Megjegyzés: más közeggel is mérhető a szelepkarakterisztika, pl. glikolos vízzel, ekkor gondoskodni kell a közegek megfelelő összekeveréséről.
- 5) A folyadékot a 30 l-rel jelzett szintig töltjük azért, hogy a szivattyú ne szívhasson be levegőt.
- 6) Elzárjuk a szivattyún lévő leeresztőszelepet, majd a **hv-101-03** jelű csap nyitásával feltöltjük a szivattyút.
- 7) Beállítjuk az adott mérésnek megfelelő kiindulási állapotot a mérés leírásánál megadott szelep-állások szerint.
- 8) Ellenőrizzük, hogy a szivattyú motorjának kapcsolója „0” állapotban van (11. ábra).



11. ábra: Szivattyú kapcsoló

- 9) Csatlakoztatjuk az adatgyűjtő kábeleket az adatgyűjtőhöz.
- 10) Feszültség alá helyezzük a berendezést, bekapcsoljuk a főkapcsolót.
- 11) A 12. ábrán látható kapcsolókat értelemszerűen a megfelelő állásba kapcsoljuk. (Azt a műszert kell bekapcsolni, amelyiket használni szeretnénk.)



12. ábra: Műszerek kapcsolása

- 12) Bekapcsoljuk az adatgyűjtőt, és a számítógépet.

4.4 Rendszer üzemén kívül helyezése

- 1) A mérés elvégzése után a 11. ábrán látható kapcsoló segítségével leállítjuk a szivattyút.
- 2) Áramtalanítjuk a rendszert, kihúzzuk a hálózati csatlakozót a konnektorból.
- 3) Megszüntetjük az adatgyűjtő és a műszerek közti kapcsolatot, az adatgyűjtő kábeleket visszahelyezzük a kapcsolószekrényre.
- 4) Megnyitjuk ahhoz a tartályhoz tartozó leeresztő-csapot, amelyikben folyadék van.
- 5) A folyadékot a csatornába, vagy egy gyűjtőedénybe engedjük, a mérést vezető oktató utasítása szerint.
- 6) A rendszer leürülése után megnyitjuk az összes csapot. Vigyázat! A **hv-104-03** jelű csap előtti rövid csőszakaszban folyadék maradhat akkor is, ha a rendszer egyébként leürült. Nyitásakor pár dl folyadék kiömlésére lehet számítani.
- 7) A szivattyú leeresztőcsonkján lévő csapot is megnyitjuk.
- 8) A berendezést a mérést vezető oktató által mondott helyre toljuk, majd rögzítjük.

Megjegyzés:

- Ha szűrő mérése volt, kivesszük a szűrőlapokat, vízzel átmoszuk azokat, és száradni hagyjuk.
- Ha szükséges, tiszta vízzel feltöltjük a rendszert, újra beindítjuk és átmoszuk.

4.5 Fontos megjegyzések a megfelelő üzemeltetéshez

- A szűrőre engedhető maximális nyomás 4 bar!
- A rotaméterrel legfeljebb 5 m³/h térfogatáramot mérjünk!
- A szivattyú indítása mindig a **hv-101-04** és **hv-104-01** jelű szelepek nyitott állása mellett történjen!
- A berendezés mozgatásakor csak a vázszerkezetre fejtsünk ki erőt!
- A berendezést a mérés megkezdésekor, és a mérés után is rögzítsük, lehetőleg vízszintes helyen!
- A berendezés mozgatásakor minden hozzá tartozó kábel legyen kihúzva!
- Kerüljük a levegő rendszerbe való jutását!
- Tartsuk be az általános munkavédelmi előírásokat!

5 SZŰRŐ MÉRÉSI SEGÉDLET

A vegyipari-, élelmiszeripari folyamatokban és a környezetvédelemi eljárások során gyakran alkalmaznak szűrést a fázisok szétválasztására (pl.: gyümölcslé rosttartalmának kiszűrése, füstgáz portartalmának csökkentése, vagy szennyvíziszap víztelenítése).

5.1 Mérés célja

A mérés célja a 13. ábrán látható szűrőhöz, és a szűrt anyaghoz tartozó **szűrési állandók** meghatározása, valamint **szűrési jelleggörbék** felvétele különböző nyomások mellett.



13. ábra: Keretes szűrőprés, nyitott állapotban

5.2 A mérőberendezés leírása

A szuszpenziót a **V-101** tartályból a **P-104** jelű szivattyú juttatja az **F-103** keretes szűrőprésbe. Az innen kilépő filtrát a **V-102** tartályban halmozódik fel.

A térfogatáramot a **hv-101-04** gömbcsap, ill. a **hv-104-01** egyenesszelep segítségével lehet szabályozni. A mérés során a 3. táblázatban látható mérőeszközöket kell felhasználni.

3. táblázat: Szűrésnél felhasznált mérőeszközök

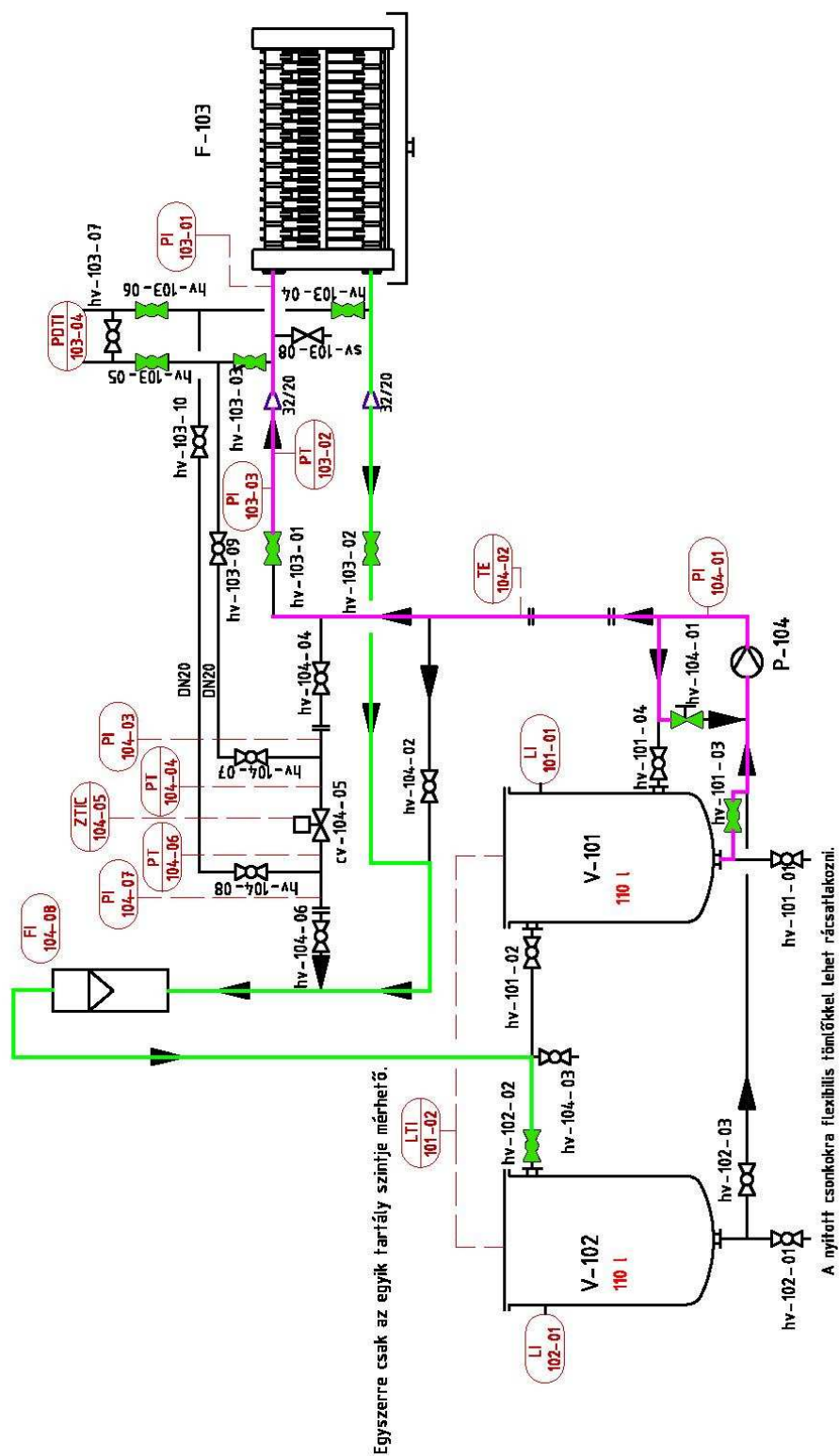
Mérendő paraméter	Műszer jelölése
Üzemi nyomás	PI 104-01
Nyomáskereső a szűrőn	PDTI 103-04
Filtrátmennyiség (szintmérésre visszavezetve)	LI 102-01 vagy LTI 101-02
Filtrátmennyiség (térfogatáram-mérésre visszavezetve)	FI 104-08
Folyadék hőmérséklet	TE 104-02
Idő	stopper
Izapvastagság a szűrőlapon	mérőszalag

Megjegyzés a 3. táblázathoz: az elektromos jellé alakított, mintavételezett adatokat az ALMEMO 3290 adatgyűjtő készülék továbbítja a személyi számítógépbe, itt a WinControl nevű programmal kerülnek a mért értékek regisztrálásra [12], [14].

A beállítandó szerelvény-állásokat a 4. táblázat és a 15. ábra mutatja.

4. táblázat: Szerelvényállások szűrésnél

Szerelvény	Nyitva	Zárva
hv-101-01		X
hv-101-02		X
hv-101-03	X	
hv-101-04	indításnál nyitva	
hv-102-01		X
hv-102-02	X	
hv-102-03		X
hv-103-01	X	
hv-103-02	X	
hv-103-03	X	
hv-103-04	X	
hv-103-05	X	
hv-103-06	X	
hv-103-07		X
sv-103-08		X
hv-103-09		X
hv-103-10		X
hv-104-01	beszabályozás	
hv-104-02		X
hv 104-03		X
hv-104-04		X
hv-104-06		X
hv-104-07		X
hv-104-08		X
cv-104-05		X



14. ábra: Szekaszos szűrő mérés, közegvezetés

5.3 A mérés elmélete

A szűrés mechanikai szétválasztó művelet, hajtóereje a nyomáskülönbség. Célja a folyadék-szilárd (szuszpenziók), illetve gáz-szilárd rendszerek (poros levegő) szétválasztása (szilárd anyag kinyerése, közeg tisztítása, stb.).

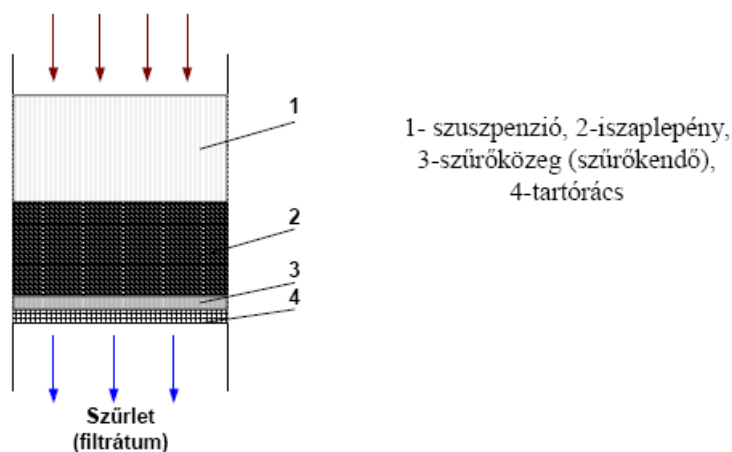
Nyomáskülönbség létrehozható:

- gravitációs, vagy → gravitációs szűrő
- centrifugális erőterrel, ill. → szűrőcentrifuga
- szivattyúval, → nyomószűrő
- vákuumszivattyúval. → vákuumszűrő

A szűrendő közeg egy porózus rétegen van keresztülvezetve, amely a leválasztandó szilárd részecskék jelentős részét visszatartja, a tisztítandó folyadék halmazállapotú közeget pedig átengedi. A leválasztott részecskék méretétől és a szűrő pórusainak méretétől függően a szűrés lehet:

- mélységi, illetve
- felületi szűrés.

Felületi szűrés esetén a leválasztott részecskék nem hatolnak a szűrőközeg belsejébe, hanem annak felületén összefüggő réteget alkotnak, amely a továbbiakban szintén szűrőként viselkedik, ld.: 15. ábra.

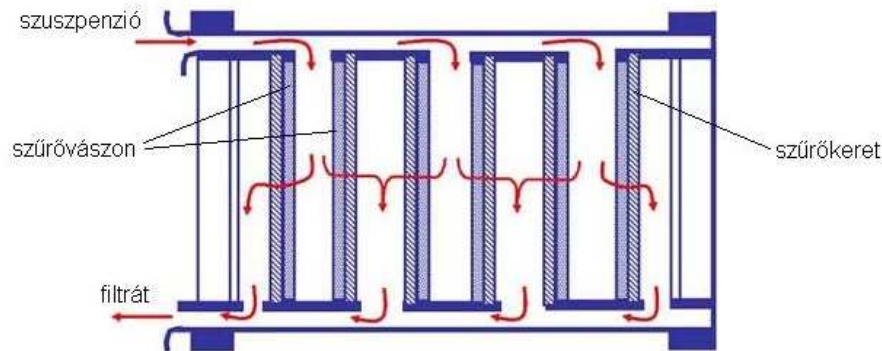


15. ábra: Szűrés modellezése
Forrás [15]

Felületi szűrésnél aszerint, hogy az iszapréteget szakaszosan, vagy folyamatosan távolítják-e el, megkülönböztetünk

- szakaszos, ill.
- folytonos szűrést.

A laborberendezésen alkalmazott szűrő egy ún. keretes szűrőprés, melynek működési elvét a 16. ábra mutatja.



16. ábra: Keretes szűrőprés működési elve
Forrás: [16] alapján

A szűrést befolyásoló tényezők:

- hajtóerőből származó nyomáskülönbség: Δp , [Pa];
- szűrési idő: t , [s];
- a szűrlet dinamikai viszkozitása: η , [Pa·s];
- szűrőfelület: A , [m²];
- szűrlettérfogat: V , [m³];
- szűrőfelületre vonatkozó szűrlettérfogat, azaz szűrési sebesség: $V = \frac{dV}{dt}$;

Szűrés általános differenciálegyenlete:

$$w_f = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta p}{K(l_i + l_e) \cdot \eta} \quad (5.1)$$

Szakaszos üzemű szűrés történhet állandó nyomáseséssel illetve állandó filtrátsebességgel.

Ha Δp -t állandónak tekintjük, és $l_i + l_e = \frac{K_x}{A} \cdot [V + V_e]$, az (5.1) egyenlet egy szétválasztható változójú differenciálegyenlet, így a változók szeparálásával megoldható.

A szűrési idő:

$$t = \frac{K \cdot K_x}{2} \cdot \frac{\eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (V^2 + 2 \cdot V_e \cdot V), \quad (5.2)$$

ahol

$$\frac{K \cdot K_x}{2} = C, \text{ ez az ún. szűrési állandó.}$$

Látható, hogy a $t=f(V)$ függvény négyzetes, ez lineárisra tehető úgy, hogy mindkét oldalt a filtrát térfogattal (V) osztjuk:

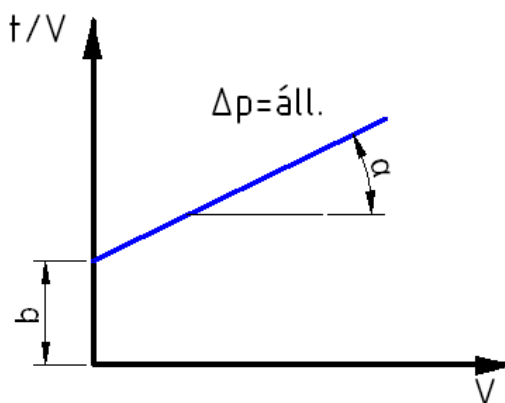
$$\frac{t}{V} = \frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (V + 2 \cdot V_e) \quad (5.3)$$

Az (5.3) függvény egy $y = mx + b$ alakú lineáris függvény (ld.: 17. ábra), melynek meredeksége

$$m = \operatorname{tg}(\alpha) = \frac{C \cdot \eta}{\Delta p \cdot A^2} [s/m^6], \quad (5.4)$$

tengelymetszete pedig

$$b = m \cdot 2V_e [s/m^3] \quad (5.5)$$



17. ábra: Szűrő mért diagram
Forrás: [16] alapján

A diagramról meghatározható a C szűrési állandó az (5.6) egyenlet,

$$C = \frac{A^2 \cdot \Delta p \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}{\eta} \quad [1/m^2] \quad (5.6)$$

valamint a V_e egyenértékű filtrátmennyiség az (5.7) egyenlet segítségével.

$$V_e = \frac{b \cdot A^2 \cdot \Delta p}{2C \cdot \eta} \quad [m^3] \quad (5.7)$$

AK_x az (5.8) egyenlet segítségével, a K ágyjellemző pedig az (5.9) egyenlet segítségével számítható ki. Megjegyzés: az (5.8) egyenlet számításához szükséges az l_i képződött iszapréteg vastagságát is mérni.

$$K_x = \frac{l_i \cdot A}{V_{\text{össz}}} \left[\frac{m^3}{m^3} \right] \quad (5.8)$$

$$K = \frac{2C}{K_x} \quad [1/m^2] \quad (5.9)$$

A szűrők teljesítményét gyakran a szűrési kapacitással adják meg, mely egyenlő az időegység alatt átáramlott szűrlet mennyiségével. Belátható, hogy az iszapréteg vastagságának növekedésével növekszik a szűrő ellenállása, vagyis csökken a szűrési sebesség.

A szűrési művelet teljes ideje az holtidő, és az effektív szűrési idő összege ($t_{\text{össz}} = t_h + t_{sz}$). A holtidő (szűrő tisztítása) állandó, a szűrési idő viszont a filtrátmennyiség négyzetével arányos ((5.2) egyenlet). A levezetést mellőzve megállapítható – levezetés a [15]-ben –, hogy a maximális szűrési kapacitás $t_{sz} = t_h$ egyenlet érvényessége mellett kapható, ezt az időt nevezik optimális szűrési időnek.

5.4 A mérés menete

A mérés megkezdése előtt behelyezzük a szűrőlapokat a gépbe, ennek módja:

- a szűrőpapír bolyhos oldala végzi a szűrést, ennek megfelelően a bolyhos oldal ránéz azokra a keretekre, amelyeknek a bejövő oldalon helyezkednek a szemei
- a kezdő és végelem félablakon zárt, ezek helye fix. A kezdő elem és a fejlap közé, valamint a végelem és a nyomólap közé nem kell szűrőpapírt behelyezni.
- gépen belül csak egy típusú szűrőpapírt használjunk.
- szárazon a szűrőpapír cseppmentesre nem szorítható össze, ezért a szűrőpapírt először tiszta vízbe be kell áztatni.
- Miután a szűrőpapír átnedvesedett, a gép a 18. ábrán látható menetes szár segítségével összehúzható: nem szükséges cseppmentesre összehúzni, kb. 3-4 csepp /10s már megfelel.



18. ábra: Keretes szűrő szorítószár

A szűrő üzembe helyezése a következőképpen történik: a 4. fejezetben leírtak szerint járunk el, majd beállítjuk a 14. ábrán látható szerelvény-állásokat.

Ha a 4. táblázat, és a 14. ábra megegyezik a valóságban beállított állapottal, és ezt a mérést vezető oktató is ellenőrizte, kezdődhet a mérés.

- 1) Elindítjuk a **P-104** jelű szivattyút a 11. ábrán látható kapcsolóval.
- 2) Az üzemi nyomás a **hv-104-01** egyenesszeleppel szabályozható, értéke a **PI 104-01** manométerről olvasható le. Beállítunk egy adott nyomásértéket.
- 3) Megmérjük a folyadék hőmérsékletét, ebből meghatározható a filtrát dinamikai viszkozitása.
- 4) A **PDTI 103-01** jelű nyomáskülönbség távadóról leolvassuk a szűrőn létrejövő nyomásesést.
- 5) A mérés elindítása után azonos időközönként leolvassuk a **V-102** jelű tartályban összegyűlt filtrátmennyiséget.
- 6) Adott mérési idő eltelte leállítjuk a szivattyút.
- 7) A mérés befejeztével több helyen lemérjük a szűrőn kialakult iszapréteg vastagságát, ebből számítunk egy átlagos iszapvastagságot.
- 8) Ábrázoljuk a V -t és $\frac{t}{V}$ - V diagramokat.
- 9) A $\frac{t}{V}$ - V diagram, és az 5.6-5.8. egyenletek segítségével kiszámítjuk a szűrés C , V_e , K jellemzőit.
- 10) A mérést elvégezzük egy másik Δp nyomásesés mellett is, és összehasonlítjuk a kapott eredményeket.

5.5 Feladat

Mérni kell:

- idő (Δt)
- adott időponthoz tartozó filtrátmennyiség (V)
- nyomáskülönbség a szűrő be- és kilépő ága között (Δp)
- iszapvastagság a mérés végén (l_i)
- folyadék hőmérséklet (T_f)
- Diagramon ábrázolni kell:
- $V-t$
- $\frac{t}{V}-V$

Számítani kell:

- szűrési állandó (C)
- egyenértékű filtrátmennyiség (V_e)
- ágyjellemző (K)

Számításhoz szükséges adatok:

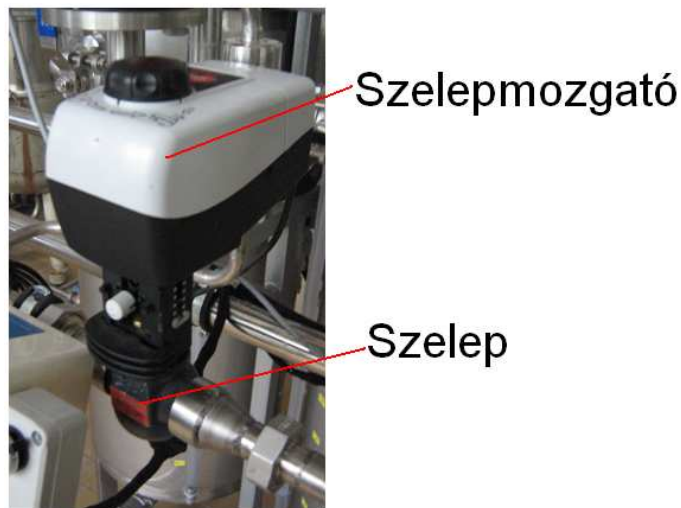
- szűrő felület: $A = \text{szűrőlapok száma} \times (20 \times 20 \text{ cm}) [\text{cm}^2]$
- szűrlet dinamikai viszkozitása T hőmérsékleten: $\eta = \text{ld.: [23]} [\text{Pa s}]$

6 SZELEPKARAKTERISZTIKA MÉRÉSI SEGÉDLET

A folyamatok szabályozását - legyen szó mennyiségi, vagy minőségi szabályozásról - szelepek mozgatásával lehet megoldani. Ahhoz, hogy egy folyamat jól szabályozható legyen, már a tervezési fázisban szükséges a szabályozószelepek karakterisztikájának ismerete. [19]

6.1 A mérés célja

A mérés célja a 19. ábrán látható Danfoss VRG 2 egyutú (kétjártú) **motorosszelep** karakterisztikájának kimérése, és összehasonlítása a gyártó által közzétett jelleggörbével.



19. ábra: Mérendő szelep, szelepmozgató motorral

6.2 A mérőberendezés leírása

A mérőberendezés kapcsolása a 22. ábrán látható. A folyadékot (vizet) a **V-101** tartályból a **P-104** jelű szivattyú szállítja a **cv-104-05** motoros (vizsgált) szabályozószelephez, innen a folyadék a **V-101** tartályba kerül vissza.

A térfogatáram szabályozását a **hv-101-04** gömbcsap, ill. a **hv-104-01** egyenesszelep segítségével lehet megoldani.

A vizsgált szelep és szelepmozgató jellemző adatai:

Szelep

- $K_{vs}=2,5 \text{ m}^3/\text{h}$
- Szeleplöket: 10 mm
- Karakterisztika: egyenszázalékos

Szelepmozgató

- Szelepmozgató löket: 20 mm
- Karakterisztika: lineáris/egyenszázalékos

A mérés során az 5. táblázatban látható mérőeszközöket kell felhasználni.

5. táblázat: Felhasznált műszerek

Mérendő paraméter	Műszer jelölése
Nyomásmérés a szelepen	PDTI 103-04 vagy PI 104-03 és PI 104-07 vagy PT 104-04 és PT 104-06
Térfogatáram	FI 104-08
Folyadék hőmérséklet	TE 104-02

Megjegyzés az 5. táblázathoz: az elektromos jellé alakított, mintavételezett adatokat az ALMEMO 3290 adatgyűjtő készülék továbbítja a személyi számítógépbe, itt a WinControl nevű programmal kerülnek a mért értékek regisztrálásra [12], [14].

A beállítandó szerelvényállásokat a 6. táblázat mutatja.

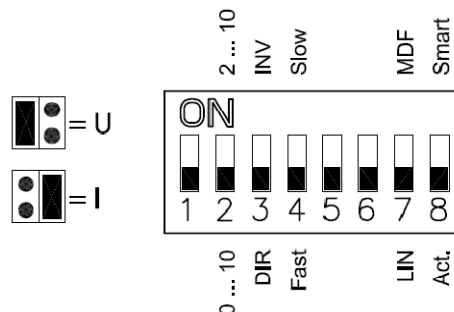
6. táblázat: Szerelvényállások szűrésnél

Szerelvény	Nyitva	Zárva
hv-101-01		X
hv-101-02	X	
hv-101-03	X	
hv-101-04	indításnál nyitva	
hv-102-01		X
hv-102-02		X
hv-102-03		X
hv-103-01		X
hv-103-02		X
hv-103-03		X
hv-103-04		X
hv-103-05	X	
hv-103-06	X	
hv-103-07		X
sv-103-08		X
hv-103-09	X	
hv-103-10	X	
hv-104-01	beszabályozás	
hv-104-02		X
hv-104-03		X
hv-104-04	X	
hv-104-06	X	
hv-104-07	X	
hv-104-08	X	
cv-104-05	vizsgált szelep	

A 6. táblázat alapján beállított szerelvényállások mellett a 22. ábrán látható közegvezetés valósul meg. Az ábráról az is egyértelműen leolvasható, hogy melyik műszerek használatára kerül sor a mérés során.

6.2.1 A szelephez tartozó aktuátor ismertetése, kezelése:

A Danfoss AME 435 szelepmozgató karakterisztikája megválasztható a 20. ábrán szereplő 7-es számú DIP kapcsoló segítségével.



20. ábra: DIP kapcsolók

Forrás: [17]

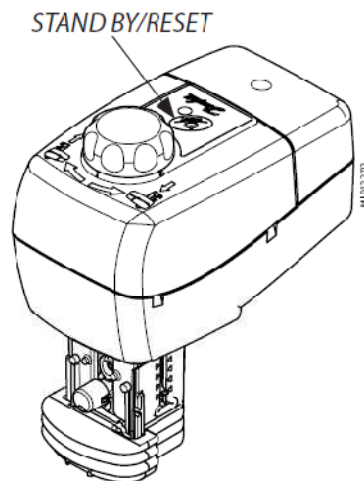
Ha a kapcsoló OFF állásban van, a szelepmozgató karakterisztikája lineáris, egyébként egyenszázalékos.

A berendezésen a lineáris karakterisztika van beállítva, mivel a szelep egyenszázalékos. A beállítás oka a [18]-ban található.

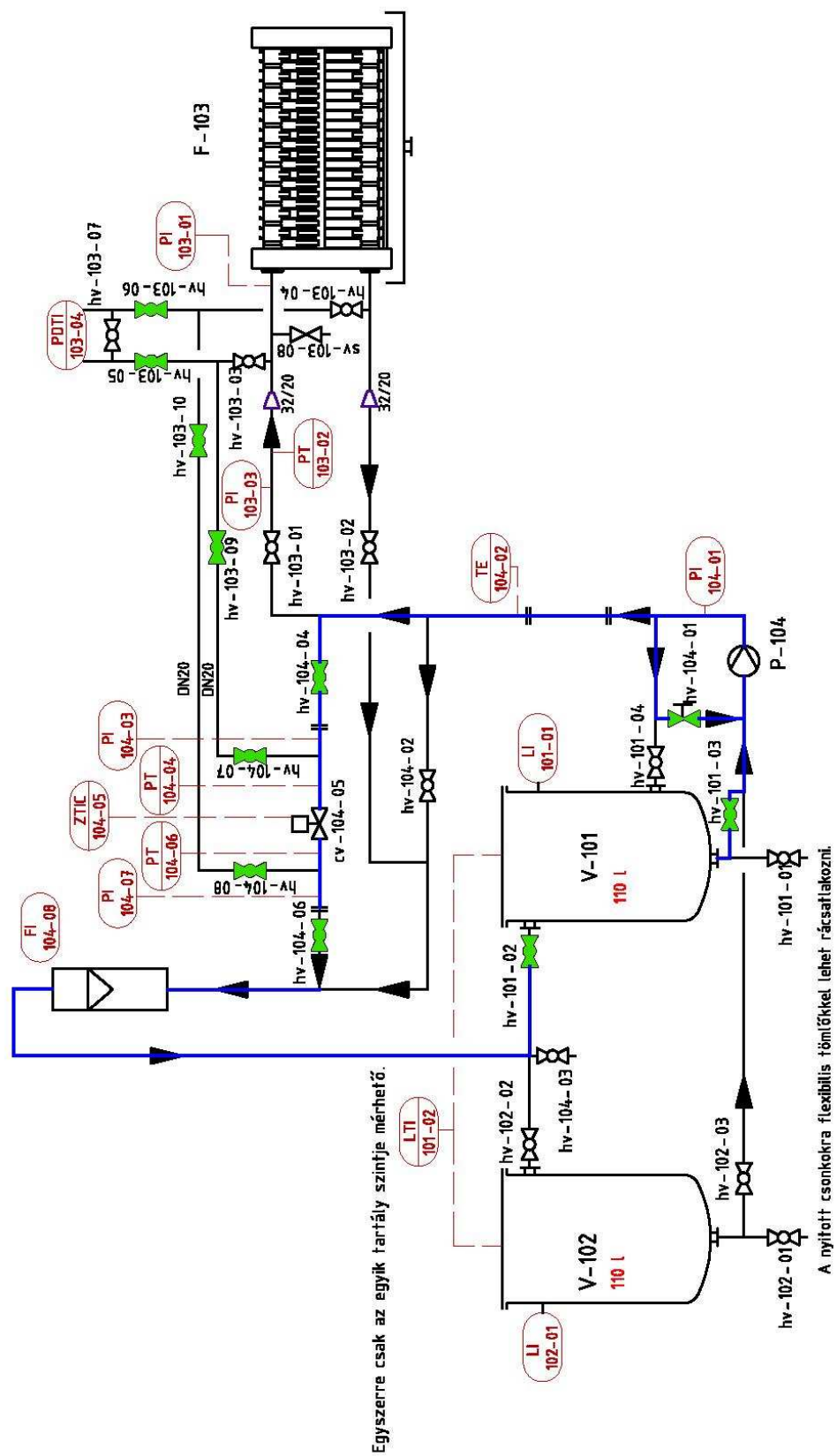
A 19. ábrán látható kapcsolókkal a következőket lehet beállítani [17]:

- Áthidaló: feszültség (U) vagy árambemenet (I)
- 1: nincs használatban
- 2: bemeneti jel tartományának választása (pl. 0-20, vagy 4-20 mA árambemenet esetén)
- 3: direkt, vagy fordított működés (növekvő jel hatására merre mozogjon a szár)
- 4: Sebességválasztó (a szelepmozgási sebesség 7,5 s/mm, vagy 15 s/mm)
- 5: nincs használatban
- 6: nincs használatban
- 7: karakterisztika választás, ahogy az már ismertetésre került
- 8: stabilizáló algoritmus kiválasztása, bővebben: [17]

Az aktuátor első feszültség alá kerülésekor a motor módosítja a löketet a szelepszár véghelyzeteihez (önbeállítás, megnézi, mekkora tartományon tud mozogni). Ez a funkció kézzel is előhívható, a 21. ábrán látható Stand by/Reset gomb 5 másodpercig történő megnyomásával [17].



21. ábra: Szelepszár mozgató
Forrás: [17]



22. ábra: Szelepkarakterisztika mérés, közegvezetés

6.3 A mérés elmélete

Egy rendszer akkor szabályozható jól, ha a rendszerelemek eredője lineáris karakterisztikát ad [19]. Például egy szárítólevegő fűtését kaloriferrel megvalósító kör karakterisztikája a következő elemek eredőjeként adódik: kalorifer, szelepmozgató, és szelep karakterisztika.

6.3.1 Szelepkarakterisztika

A következőkben a beavatkozó-szerv statikus jelleggörbéjéről, vagyis a szelepkarakterisztikáról, és annak torzulásáról lesz szó.

A szelepkarakterisztikából megtudható, hogy adott szelepállás mellett mekkora térfogatáram áramlik a szelepen keresztül.

Mivel ugyanolyan szelepállás mellett, de különböző nyomáskülönbség hajtóerő hatására átáramló térfogatáramok értéke különböző, ezért a gyártók azt adják meg, hogy adott szelepállás mellett, 1 bar állandó nyomáskülönbség hatására mekkora térfogatáram áramlik át a szelepen, adott fluidum-állapotjelzők mellett [21]. Ez az ún. k_v érték. A gyártók által szolgáltatott adatok a következő feltételek mellett érvényesek:

- a szelepen átáramló $\dot{V}$ térfogatáram értéke $\left[\frac{m^3}{h}\right]$ -ban értelmezett,
- az áramló közeg víz, hőmérséklete 5 és 40 °C között van,
- a szelepen létrejövő nyomásesés 1 bar.

Méréssel a k_v érték a (6.1) egyenlet alapján számítható [20].

$$k_v = \dot{V} \sqrt{\frac{\Delta p_{kv}}{\Delta p} \cdot \frac{\rho}{\rho_w}} \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (6.1)$$

Az egyenletben szereplő Δp_{kv} és ρ_w értékek referencia értékek, előbbi a szelepen fellépő 1 bar-os nyomásesés, utóbbi a víz sűrűsége, 1000 kg/m³.

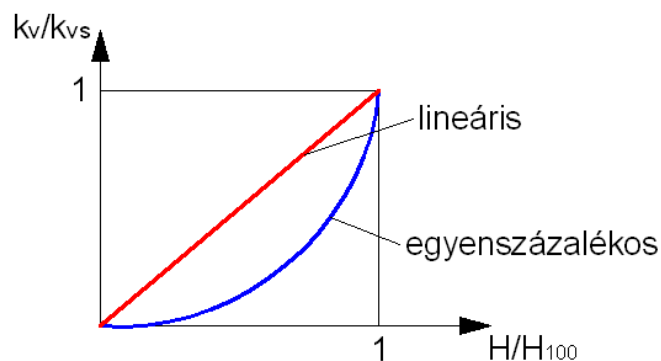
Látható, hogy a folyadék sűrűségének ismeretében, valamint a szelepen átáramló térfogatáram és a rajta fellépő nyomásesés méréseivel a k_v érték számítható.

Szabvány szerint [20] a szelep előtt minimum „2D” távolságban, a szelep után legalább „6D” távolságban lehet a nyomásokat mérni. A mérőcsók kialakítására ugyancsak szabvány vonatkozik [24].

A k_v érték a szelepszár-elmozdulás függvényében különböző értékeket vesz fel, grafikusan ábrázolva kapható a szelepkarakterisztika.

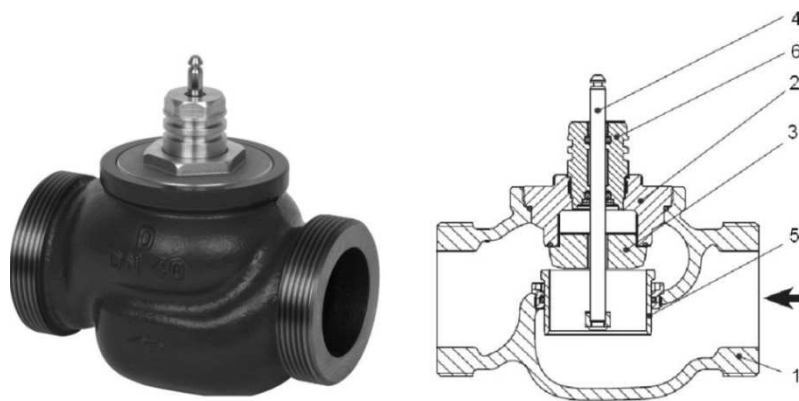
A (6.1) egyenlet alapján számított áramlási tényező teljesen nyitott szelepállás mellett adja az ún. k_{vs} -értéket, ez az érték a szelepek egyik meghatározó paramétere a kiválasztásnál.

Azért, hogy a különböző kivitelű szelepeket össze lehessen hasonlítani egymással, a k_v/k_{vs} , és a H/H_{100} (H az adott szelepszár elmozdulás, H_{100} pedig a névleges szelepszár elmozdulás), összetartozó értékpárokat ábrázolják egy diagramon (ld.: 23. ábra).



23. ábra: Szelepkarakterisztika
Forrás: [21]

A 24. ábrán kettő különböző típusú szelep karakterisztikája látható. Meg kell jegyezni, hogy nem csak ez a két fajta szelepkarakterisztika létezik, belátható, hogy egy gömbcsaphoz alapvetően más karakterisztikát lehet hozzárendelni, mint egy szabályozószelephez.



24. ábra: A vizsgált szelep, és annak felépítése; 1-szeleptest, 2-szelep betét, 3-szelepkúp, 4-szelepszár, 5-mozgó szelepülék, 6-tömszelence

Forrás: [17]

A 23. ábrán látható szelepkarakterisztika jellege a szelep geometriai kialakításától függ. Az befolyásolja a térfogatáram-változást, hogy hogyan változik az átömlési keresztmetszet a 4 jelű szelepszár (24. ábra) mozgásával. A következőkben legyen $H/H_{100}=u$, és $k_v/k_{vs}=v$.

A lineáris szelepkarakterisztikára jellemző, hogy adott szelepszár-elmozduláshoz, egy vele egyenesen arányos térfogatáram tartozik, ezt fejezi ki a (6.2) egyenlet.

$$v = u \quad (6.2)$$

Gyakran alkalmaznak ún. egyenszázalékos karakterisztikát [18], ennek működése a következő: azonos szelepszár elmozduláshoz azonos százalékos k_v -érték változás történik, vagyis:

$$\frac{dy}{y} = n \cdot du \quad (6.3)$$

Megoldva a (6.3) differenciálegyenletet, és behelyettesítve kezdeti értéket (zárt állapotban nincs áramlás a szelepen keresztül), a (6.4) egyenlet adódik.

$$y = u \cdot e^n, \quad (6.4)$$

ahol: n a szelepre jellemző egyenszázalékos állandó.

Fontos megemlíteni, hogy a leírt egyenletek, főként a kis szelepszár-elmozdulású tartományban csak közelítik a valós karakterisztikát, a jelentős mechanikai nemlinearitások, valamint a zárt állapotban bekövetkező szivárgás miatt [18] és [21]. - A gyakorlatban a jelleggörbe nem az origóból indul. -

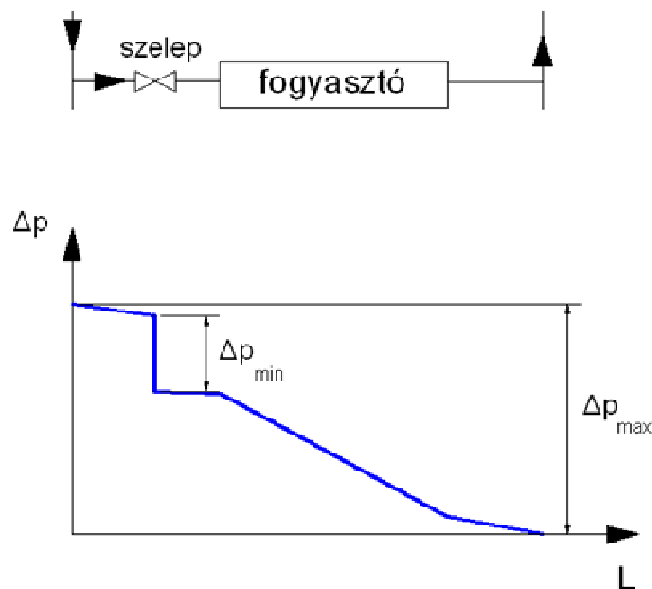
A 23. ábrán látható karakterisztikák csak akkor egyeznek meg a rendszerbe épített, üzemelő szelep jelleggörbéjével, ha a szelepen létrejövő nyomásesés állandó, vagyis értéke a nyitott állapotban mért nyomáseséssel, Δp_{min} -nel. Belátható, hogy a valóságban ez a feltétel nem teljesül, ugyanis a szelep zárásával csökken a térfogatáram a rendszer többi elemén, emiatt csökken az ellenállásuk. Ugyanakkor pl. a szivattyú által előállított nyomáskülönbség nem változik, vagyis a „maradék” nyomásesés a szelepen keresztül következik be. Teljesen zárt állásnál a szelep két oldalán megjelenik a maximális nyomáskülönbség, Δp_{max} [18].

A két érték aránya adja az ún. szelepautoritást, értéke a (6.5) egyenlet alapján számítható.

$$a = \frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_{max}}, \text{ vagy} \quad (6.5)$$

$$a = \frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_{min} + \Delta p_v}, \quad (6.6)$$

ahol Δp_v a változó térfogatáramú körben lévő nyomásesés, teljesen nyitott szelepnél.

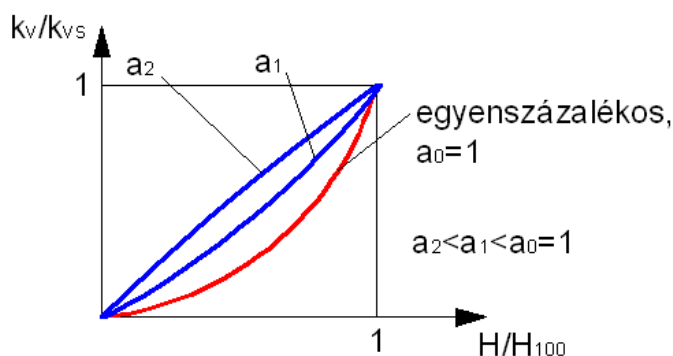


25. ábra: Nyomásesések értelmezése
Forrás: [18] alapján

A 25. ábrán látható „fogyasztó” alatt az áramlási ellenállással rendelkező elemeket kell érteni, (pl: hőcserélő). – Az adott mérőberendezésen fogyasztónak tekinthető a szerelvények, csővezetékek, stb. összessége-.

A (6.5) és (6.6) egyenletek teljesen ekvivalensek egymással, mint ahogy az a 26. ábrából következik. Előbbit meglévő rendszernél az autoritás mérésére, míg utóbbit tervezésnél, az autoritás számítására használják [18], [22].

Az autoritás nagyban befolyásolja a rendszer szabályozását, szabályozhatóságát, mivel torzítja a szelepkarakterisztikát (ld.: 26. ábra) [18].



26. ábra: Autoritás torzító hatása egyenszázalékos szelepre
Forrás: [18] alapján

A mérés során kimért szelepkarakterisztika egy eredő karakterisztika: tartalmazza a szelep „gyári” karakterisztikáját, a szelepmozgató karakterisztikáját, valamint az autoritás torzító hatását.

Megjegyzés: belátható, hogy matematikailag ugyanaz az eredő szelepkarakterisztika adódik, ha: egyenszázalékos szelepet és lineáris szelepmozgatót, vagy lineáris szelepet, és egyenszázalékos szelepmozgatót alkalmazunk.

6.4 A mérés menete

A mérés megkezdése előtt a 4. fejezetben leírtak szerint járunk el. Ezután beállítjuk a 6. táblázatnak megfelelő szerelvény-állásokat.

Ha a 6. táblázat, és a 21. ábra megegyezik a valóságban beállított állapottal, és ezt a mérést vezető oktató is ellenőrizte, kezdődhet a mérés.

- 1) Elindítjuk a **P 104** jelű szivattyút a 12. ábrán látható kapcsolóval.
- 2) Megmérjük a folyadék hőmérsékletét, innen számítható a folyadék sűrűsége.
- 3) Beállítunk egy adott térfogatáramot, leolvassuk a rotaméterről.
- 4) Leolvassuk a nyomáskeresőt közvetlenül (nyomáskülönbség távadó), ill. közvetetten is (nyomástávadók és manométerek).
- 5) Ismételjük a 3), 4) lépéseket, az adatokat rögzítjük.
- 6) Adott mérési pont felvétele után leállítjuk a szivattyút.
- 7) Ábrázoljuk a szelepkarakterisztikát, meghatározzuk a leíró egyenletet (trendvonal felvétele).
- 8) Összehasonlítjuk a kapott eredményeket gyári adatokkal.

6.5 Feladat

Mérni kell:

- Hőmérséklet (T)
- Térfogatáram ($\dot{V}$)
- Szelepen létrejövő nyomáskereső (Δp)
- Szelepállás (H)

Számítani kell:

- k_v érték
- k_{vs} érték

Diagramon ábrázolni kell:

- $k_v/k_{vs}-H/H_{100}$

A számításhoz szükséges:

- Szeleplöket (H_{100}) = 10 mm

7 JAVASLATOK MÉRÉSEK

Folyadékszűrésnél pl. a következőkkel lehetne kiegészíteni a mérést: méréseket végezni az **iszap összenyomhatóságára**, vagy megvizsgálni a szűrőszövet regenerálhatóságát, annak befolyásoló paramétereit.

A szelepkarakterisztika mérőkörön méréseket lehetne végezni arra vonatkozóan, hogy milyen hatással van az eredő jelleggörbére, ha pl. az egyenszázalékos szelephez szintén egyenlő százalékos aktuátor jelleggörbét alkalmazunk.

A mérés tárgyát képezheti, hogy különböző áramlási ellenállások beállítása mellett hogyan alakul a **szelepautoritás**.

Az előbb említett mérések jellemzően a hallgatói mérések kiegészítéseként jelentkezhetnének az oktatásban, míg a következőkben említésre kerülő témákat a hallgatók önálló feladatként (TDK, Szakdolgozat, stb.) választhatnák.

Mivel a rendszerbe épített szeleppozíció-kijelző alkalmas a szelep vezérlésére is, így a **szabályozástechnikára** vonatkozó mérések is megvalósíthatóak a berendezésen. Ilyen mérés lehetne pl. egy folyadékszint-szabályzás. A mérésekkel párhuzamosan el kéne készíteni a rendszer modelljét, és szimulációkat futtatni rajta, majd validálni azokat.

A **mérés- és műszertechnika** témakörén belül vizsgálni lehetne a különböző kommunikációs protokollokat, azok kiépítését, kalibrálni a műszereket, esetleg más mennyiségek mérésére visszavezetni az adott paraméter (pl.: térfogatáram meghatározása a tartályban lévő folyadék szintjének méréséből, vagy nyomásesés mérésére visszavezetett térfogatáram, stb.).

A felsorolt témák csak egy részét képezik a berendezésen elvégezhető mérésekre, innen látható a mérőállomás egyik nagy előnye: a rendszer **rugalmassága**. Rugalmas, mert bármilyen rendszerátalakítás, vagy nagyobb szerelés nélkül át lehet állni különböző mérési feladatokra.

8 ÖSSZEGZÉS

Dolgozatom elsődleges célja egy olyan mérőállomás megtervezése volt, amely könnyen mozgatható, és néhány percnyi munkával át lehet állítani a berendezést szűrő-mérésről szelepkarakterisztika mérésre, vagy fordítva. A berendezésre való igényt az váltotta ki, hogy a két mérésnél vannak közös alkatrészek – mint pl. tartály, szivattyú, műszerezés -, így felesleges ugyanazokat az elemeket dupla mennyiségben beszerezni. Az pedig, hogy az egész mérőállomás mobil legyen, a helykihasználás szempontjából (is) ésszerű gondolat.

Munkám első felében felmértem, milyen követelményeknek kell megfelelnie a berendezésnek. Mivel külön-külön már alkalmaznak mérőberendezéseket az oktatásban, a nehézséget nem magának az eljárásnak a kidolgozása jelentette. Olyan mérőállomás megvalósítása sikerült, mely olyan plusz szolgáltatásokat nyújt, amik kiemelik az országban található, hasonló mérőállomások közül. Csak említés szinten: a rendszer megfelel az élelmiszeripari követelményeknek, nem csak anyagát, hanem kialakítását tekintve is. Továbbá a mérőállomás az iparban is alkalmazott, korszerű műszerezéssel és adatgyűjtéssel van ellátva, mely lehetővé teszi a hallgatók fejlődését.

A feladat végrehajtása során elkészítettem a mérésesekhez szükséges segédleteket, valamint az összes olyan háttéranyagot, mely általánosan a berendezés beüzemeléséhez, biztonságos működtetéséhez szükséges. A kidolgozás során figyelembe vettem azokat az ismereteket, melyeket az alapozótárgyak keretén belül ismertetnek a hallgatókkal.

A dolgozat elkészítésekor végigmentem mindazokon a lépéseken, melyek egy új berendezés/technológia bevezetésénél szükségesek –kevesebb bürokrácia mellett, mint az iparban-. Mint leendő eljárástechnikai gépész, nem tekintettem feladatomnak a villamos kapcsolás megtervezését, ellenben megpróbáltam rendszerbe foglalni a tervezés és üzemeltetés igényeit, és ezek szerint kidolgozni a feladatot. Remélem, ez sikerült.

9 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bercsey T.- Horák P.: Tervezés és gyártás, BME előadásjegyzet, Budapest, 2012.
- [2] <http://kkft.bme.hu/oktatas/vm2>, 2012.06.05.
- [3] Poós Tibor: Szakaszos szűrés oktatói segédlet, BME, Budapest, 2009.
- [4] <http://www.tu-braunschweig.de>, 2012.06.05.
- [5] <http://pmmik.pte.hu>, 2012.06.05.
- [6] <http://host.epgep.bme.hu>, 2012.06.05.
- [7] <http://www.samson.de>, 2012.06.05.
- [8] <http://www.paulokft.hu>, 2012.06.08.
- [9] Interat Zrt.: Termékkatalógus, Bicske, 2012.
- [10] <http://www.pumpsebara.hu>, 2012.06.10.
- [11] <http://www.hu.endress.com>
- [12] AMR Almemo Operating Instruktions
- [13] <http://www.datcon.hu>
- [14] AMR Wincontrol User Manual
- [15] Fonyó Zs.-Fábry Gy.: Vegyipari művelettani alapismeretek, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004.
- [16] <http://szurestechnika.com>
- [17] Danfoss katalógus, Budapest, 2012.
- [18] Vörös Szilárd: Légkezelők hidraulikai kapcsolása, BME ESZO jegyzet, Budapest, 2012.
- [19] Kevicky et al.: Szabályozástechnika, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2007.
- [20] ISO 60534-2-3
- [21] <http://www.siemens.hu> - Az épületgépészeti rendszerek hidraulikája
- [22] Benonysson A.-Boysen H.: Valve characteristics for motorized valves in district heating substitutions
- [23] Perry R.H: Chemical Engineers' Handbook, McGraw Hill, 8th ed. 2008.
- [24] ISO 60534-1
- [25] Albers et al.: Zentralheizungs- und Lüftungsbau für Anlagenmechaniker SHK, Verlag Handwerk und Technik, 2009.

