

ÖRVÉNYSZIVATTYÚ MÉRÉSE „A” berendezés

1. A mérés célja

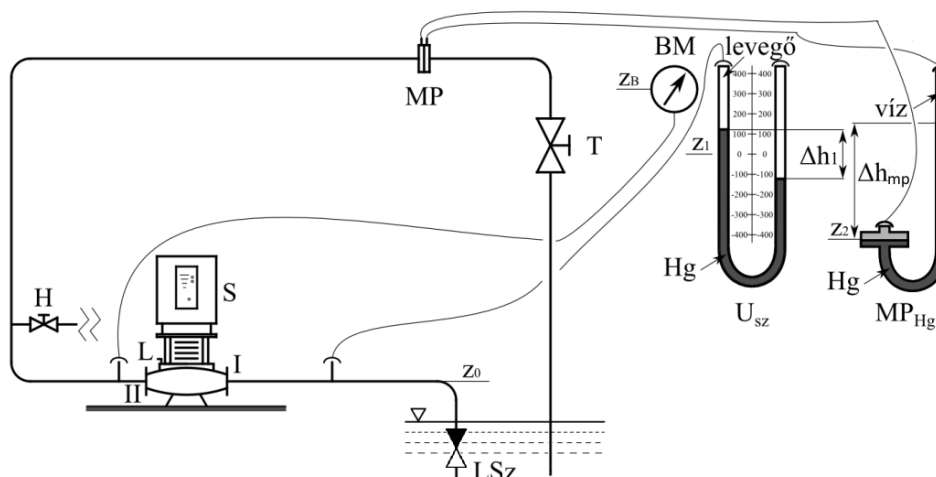
A mérés célja egy egyfokozatú örvényszivattyú jelleggörbéinek felvétele. Az örvényszivattyú jellemzői a Q térfogatáram, a H szállítómagasság, a $P_{\dot{O}}$ bevezetett teljesítmény, az η hatásfok és az n fordulatszám. A mérés során két fordulatszám mellett az alábbi függvénykapcsolatokat határozzuk meg:

$$\begin{aligned} H &= f_1(Q) && \text{szállítómagasság a térfogatáram függvényében,} \\ P_{\dot{O}} &= f_2(Q) && \text{bevezetett teljesítmény a térfogatáram függvényében és} \\ \eta &= f_3(Q) && \text{a szivattyú hatásfoka a térfogatáram függvényében.} \end{aligned}$$

A fent említett függvényeket a honlapon megtalálható Online jegyzet 4. fejezetében lévő 4.1. ábra jellegre helyesen mutatja. A fordulatszám változtatásának hatását a 4.2. fejezetben található 4.2.a. ábra szemlélteti.

2. A berendezés leírása

A berendezés vázlatát az 1. ábrán láthatjuk. A vizet az S jelű szivattyú-villanymotor-frekvenciaváltó gépcsoport a csatornából szívja, majd az MP jelű mérőperemen és a T jelű tolózárón keresztül nyomja vissza a csatornába.



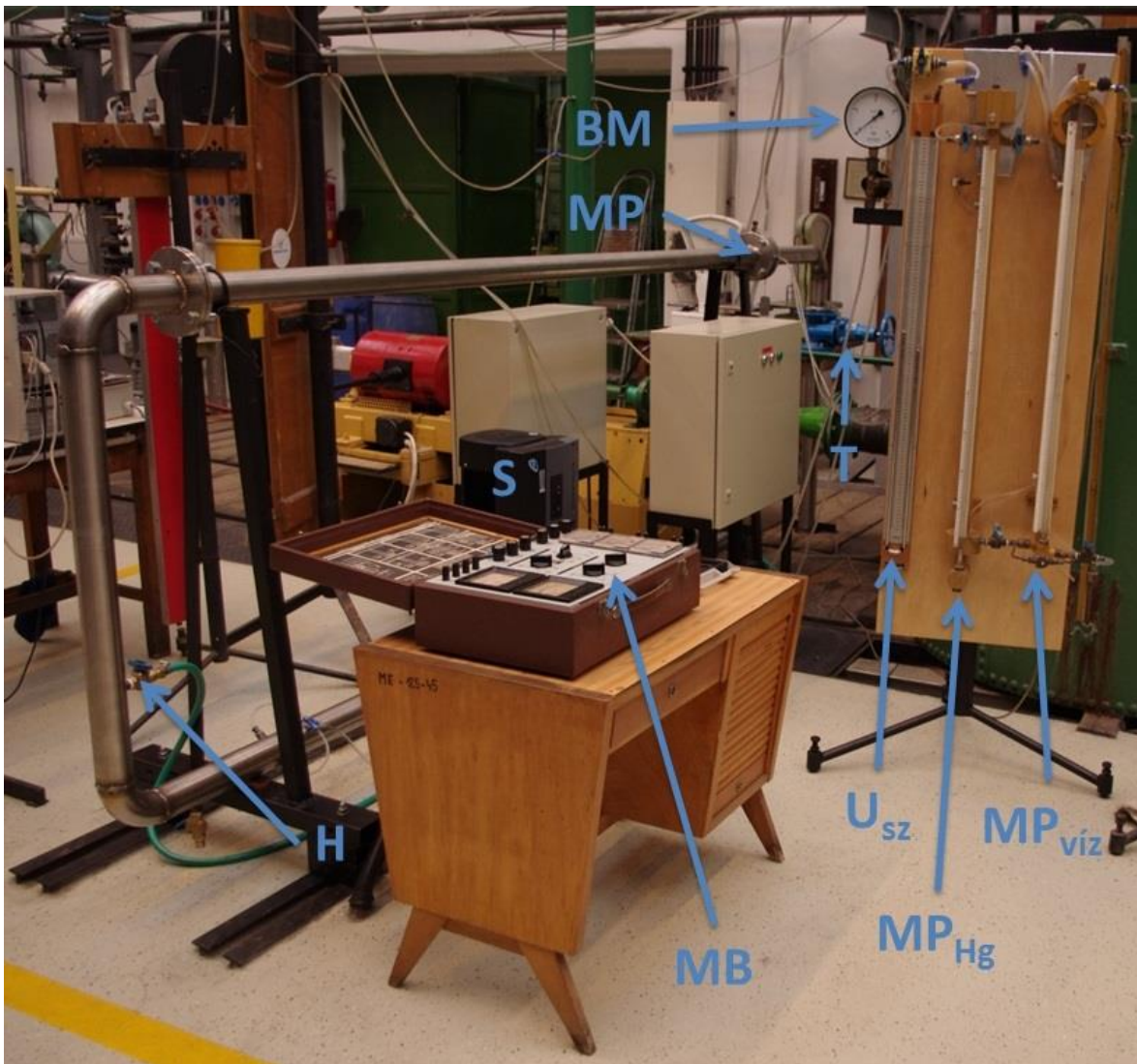
1. ábra. Örvényszivattyú „A” berendezés és műszerezésének vázlata

A szivattyú szállítómagasságának meghatározásához mind a szívó-, mind a nyomóoldalon nyomásmegcsapolási pontok találhatóak, melyekre rendre az U_{sz} jelű U-csöves higanytöltésű manométer, valamint a BM jelű Bourdon-csöves manométer vannak bekötve. A térfogatáram az MP jelű mérőperemen mért nyomásesésből határozható meg, mely nyomásesés az MP_{Hg} jelű, egycsöves higanytöltésű manométerről olvasható le. A bevezetett teljesítményt a frekvenciaváltó elé kötött, MB jelű villamos mérőbőrönd mutatja.

A munkapontot (térfogatáramot) a T tolózárrel vagy az S frekvenciaváltóval – a szivattyút hajtó villanymotor fordulatszámával – állíthatjuk be.

A szívóvezetéken a vízfelszín alatt egy lábszelep található (LSz az 1. ábrán), mely biztosítja, hogy kikapcsolás után is víz alatt maradjon a szivattyú. Mivel a szivattyú tömitése csúszógyűrűs (mely szárazonfutás esetén néhány másodperc alatt tönkremegy), indítás előtt fontos ellenőriznünk, hogy a szivattyú valóban vízzel fedett-e. Erre az L jelű szelep szolgál. A szivattyú bekapcsolása előtt a szelep megnyitásával győződjünk meg arról, hogy a szivattyú valóban vízzel fedett! Amennyiben nem (pl. a lábszelep meghibásodása, szivárgása miatt a szívóvezeték kiürült), úgy a H jelű, ivóvízhálózatra kötött gömbcsap segítségével töltjük fel a rendszert.

A 2. és 3. ábra mutatja az „A” berendezés egészét és egyes részleteit.



2. ábra. Örvényszivattyú „A” berendezés és műszerezése



3. ábra. bal oldal: örvényszivattyú-villanymotor-frekvenciaváltó gépcsoport, jobb oldal: csigaház légtelenítő szelepe

3. A berendezés műszaki adatai, anyagjellemzők

A csővezeték belső átmérője (D)	72 mm
A szűkítő nyílás legkisebb átmérője (d)	52 mm
A szivattyú-villanymotor-frekvenciaváltó gépegység típusa	Grundfos TPE 65-340/2
Mérőbőrönd gyári száma	4 028 456
Fordulatszám mérő típusa, gyári száma	Voltcraft DT-30LK Gy.sz.:150706632
A víz sűrűsége szobahőmérsékleten ($\rho_{\text{víz}}$)	1000 kg/m ³
A víz kinematikai viszkozitása szobahőmérsékleten ($\nu_{\text{víz}}$)	10 ⁻⁶ m ² /s
A higany sűrűsége szobahőmérsékleten (ρ_{Hg})	13600 kg/m ³

4. A jelleggörbéken szereplő mennyiségek mérése és számítása

4.1. Térfogatáram mérés (Q)

A térfogatáram-mérés sarokmegcsapolású, gyűrűkamrás mérőperemmel történik. Ez az eszköz szabványosított, az ISO 5167-1 szabvány tartalmazza a folyadékáram-mérés előírásait. A mérőperemen átáramló Q térfogatáram arányos az MP mérőperem két megcsapolása között mérhető Δp_{mp} nyomáskülönbség gyökével:

$$Q = \alpha \frac{d^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p_{mp}}{\rho_{víz}}} \quad (1)$$

ahol:

d a mérőperem legszűkebb átmérője,

α az átfolyási szám,

Δp_{mp} a nyomáskülönbség a mérőperem megcsapolásai között.

Az α átfolyási szám az ISO 5167-1 szabvány szerint az alábbi alakú:

$$\alpha = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \quad (2)$$

Itt $\beta = d / D$ az átmérő-viszony és C az átfolyási tényező. Az átfolyási tényezőt a Stolz-féle formulával kell kiszámítani:

$$C = 0,5959 + 0,0312 \cdot \beta^{2,1} - 0,184 \cdot \beta^8 + 0,0029 \cdot \beta^{2,5} \cdot \left(\frac{10^6}{Re} \right)^{0,75} \quad (3)$$

A Re Reynolds-szám a c átlagsebesség, a D csőátmérő és a ν kinematikai viszkozitás felhasználásával számolható:

$$Re = \frac{c \cdot D}{\nu} \quad (4)$$

A fenti összefüggések felhasználásával a térfogatáram meghatározása iteratív módszerrel történik, az alábbiak szerint.

Az induláshoz felvesszünk egy folyadéksebességet, legyen pl. $c = 1$ m/s. Ekkor ki tudjuk számolni a Re értékét a (4) összefüggéssel, majd a C sebességi tényező értékét a (3) formulával. Ismerve a β értékét, az α átfolyási szám is kiszámítható a (2) képlettel. Ezzel meg tudjuk határozni a Q értékét az (1) összefüggéssel. Ebből az első közelítő értékből ismét kiszámítjuk a c folyadéksebességet, majd ismét a Re , a C és végül újra a módosított Q következik. Ezt az iterációt addig folytatjuk, amíg a két egymást követő Q térfogatáram

között 1%-nál kisebb lesz az eltérés (3-4 lépés alatt ez bekövetkezik). A tan-
széki honlapon elérhető, a tantárgyhoz kapcsolódó feladatgyűjtemény 13.
fejezetében lévő kidolgozott példa megtekintése segítséget nyújt a számítás-
hoz.

A mérőperemen mérhető nyomáskülönbség meghatározására a nyomásmeg-
csapolásokra kötött egycsöves, higanytöltésű manométer szolgál. E műszer
segítségével a

$$\Delta p_{mp} = \Delta h_{mp} \cdot (\rho_{Hg} - \rho_{vz}) \cdot g \quad (5)$$

összefüggéssel határozhatjuk meg a nyomáskülönbséget.

4.2. A szállítómagasság (H)

Definíció szerint a szivattyú szállítómagassága:

$$H = \frac{p_{II} - p_I}{\rho \cdot g} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2 \cdot g} + (h_{II} - h_I) \quad (6)$$

A (7) összefüggésben p a nyomást, c a sebességet, h a geodetikus ma-
gasságot, az I jelű index a szívócsonkot, a II jelű index a nyomócsonkot jelzi
(l. az 1. ábrát). A következőkben a szivattyú csonkjait a nyomásmegcsapolá-
sokkal összekötő csőszakaszok veszteségétől eltekintünk.

p_{II} (túlnyomás) értékét a BM Bourdon-csőves manométer egyensúlyi
egyenletéből kapjuk, ahol p_{BM} a manométer által mutatott érték, valamint
figyelembe vesszük, hogy a nyomásközvetítő közeg víz:

$$p_{II} = p_{BM} + (z_B - z_0) \cdot \rho_{vz} \cdot g \quad (7)$$

p_I (túlnyomás) értékét az U_{sz} U-csőves manométer egyensúlyi egyenle-
téből számíthatjuk a nyomásközvetítő közeg (levegő) sűrűségét elhanyagolva
(jelölések, mint az 1. ábrán):

$$p_I = -\Delta h_1 \cdot \rho_{Hg} \cdot g \quad (8)$$

Mivel a szivattyú szívó- és nyomócsonkja azonos átmérőjű, valamint
ugyanolyan magasságban fekszenek, ezért a szállítómagasság képlete (6), (7)
és (8)-ból:

$$H = \frac{p_{BM}}{\rho_{vz} \cdot g} + (z_B - z_0) + \Delta h_1 \cdot \frac{\rho_{Hg}}{\rho_{vz}} \quad (9)$$

A szállítómagasság kiértékeléséhez a dobozos manométer és a szívócső ma-
gasságkülönbségét ($z_B - z_0$) a helyszínen kell megmérni.

4.3. Bevezetett teljesítmény (P_0)

Jelen mérőberendezésben a bevezetett teljesítmény mérésére mérőbőrönd szolgál, mely a teljes (szivattyú-villanymotor-frekvenciaváltó) gépcsoport által felvett villamos teljesítményt méri. A műszer által osztásban kijelzett érték ($P_{leolvasott}$) megszorozandó a műszerállandóval (C_w):

$$P_{\dot{o}} = P_{leolvasott} \cdot C_w \quad (10)$$

4.4. Hasznos teljesítmény (P_h)

Az örvényszivattyú hasznos teljesítménye:

$$P_h = Q \cdot \rho_{víz} \cdot g \cdot H \quad (11)$$

4.5. Hatásfok (η)

A gépcsoport összhatásfoka a szivattyú hasznos teljesítményének és a bevezetett teljesítménynek a hányadosa:

$$\eta = \frac{P_h}{P_{\dot{o}}} \quad (12)$$

5. Előkészületek és a mérési pontok felvétele

A mérés tárgya egy korszerű, csúszógyűrűs tengelytömítéssel szerelt egyfokozatú, fűtési körű örvényszivattyú. A csúszógyűrű előnye a régebbi, tömszelencés tömitésekkel szemben a jó tömitőképesség (szinte csurgalékmentes üzem), a karbantartás szükségtelensége és a könnyű szerelhetőség. Szárazon járva azonban ez a tömitéstípus akár másodperceken belül elkopik, ezért ilyen tengelytömítéssel szerelt szivattyú esetén (napjainkban gyakorlatilag az összes fűtési körű szivattyú ilyen) **indítás előtt ellenőrizni kell, hogy a csigaház légmentesen fel van-e töltve vízzel.**

A mérés megkezdése előtt a hallgatók:

- a H jelű gömbcsap nyitásával megkezdik a csigaház feltöltését vízzel,
- eközben az L jelű szelepet kinyitják, hogy a levegő szabadon távozhasson a csigaházból. Ha a szelepen folyamatosan víz áramlik ki, a szelep elzárható.
- Ezután zárják a H jelű gömbcsapot, majd megkérlik az oktatót, hogy indítsa el a gépegységet.
- A motor üzemi fordulatra állása után a mérésvezető oktatói segítséggel beállítja a méréshez szükséges fordulatszámot.

A mérés során egy-egy munkapontra a T jelű tolózár állításával állunk be, majd leolvassuk a korábban ismertetett műszerek (mérőbőrönd, Bourdon-csőves manométer, U-csőves manométer, egycsöves manométerek) által kijelzett értékeket és megmérjük a szivattyút hajtó villanymotor fordulatszámát. A leolvasott értékeket a mérésvezető mérőtáblázatban rögzíti, majd be rajzolja a munkapontot az ellenőrző diagramba. A mérés végeztével a mérőberendezés leállítását az oktató végzi.

Mérés közben ellenőrző diagramon ábrázoljuk a $\sqrt{\Delta h_{mp}}$ mennyiség (a térfogatárammal egyenesen arányos) függvényében a nyomóoldali manométerkitérést p_{BM} (mely a szivattyú szállítómagasságával arányos).

6. A mérési eredmények feldolgoása

A tanszéki honlapon, a tárgy adatlapján az alaki és a tartalmi követelmények (mérési eredmények feldolgoása, hibaszámítás, stb.) egyaránt megtalálhatók.

7. Felkészülés a méréshez

A mérési gyakorlatra az alábbiak szerint kell előkészülni.

- Ismerni kell ezt a mérési tájékoztatót. A mérési tájékoztató ismeretét a mérés kezdetekor ellenőrizzük.
- A mérési adatok feljegyzéséhez elő kell készíteni egy táblázat-űrlapot.
- Milliméterpapírt kell hozni az ellenőrző diagram rajzolásához.

8. Felkészülést ellenőrző kérdések

- Ismertesse a mérés célját és a meghatározandó mennyiséget!
- Vázolja és ismertesse a mérőberendezést!
- Ismertesse a térfogatáram meghatározását (mérés elve, mért mennyiségek, számítás)!
- Ismertesse a szállítómagasság definícióját, valamint meghatározását (mérés elve, mért mennyiségek, számítás)!
- Ismertesse a hatásfok meghatározásának menetét!
- Milyen mérőműszereket használunk a mérés során? Soroljon fel legalább 4-et, és írja fel a mért mennyiségeket és azok mértékegységeit!
- Milyen mennyiségek szerepelnek az ellenőrző diagramon és mik a mértékegységeik?
- Mit kell ellenőrizni a mérőberendezés bekapcsolása előtt, és hogyan kell ezt megtenni?

9. Örvényszivattyú egyéni feladat

1) A

- a) legnagyobb fordulatszámon elvégzett mérés alapján
 - b) legkisebb fordulatszámon elvégzett mérés alapján
- számítsa ki a gép jellemző fordulatszámát és a csővezetékrendszer geometriai kialakítása alapján határozza meg annak egyenértékű

hosszát teljesen nyitott tolózárállás esetén (a csősúrlódási tényező becsült értéke 0.02). Vesse össze a számított egyenértékű hosszt a csővezeték valós hosszával és indokolja az eltéréseket!

- 2) A legnagyobb fordulatszámon elvégzett mérés alapján becsülje meg, hogy adott n fordulatszám mellett milyen teljesítményű motorra van szükség a gép üzemeltetéséhez. Válasszon is villanymotort! (A motor adatlapját a melléklethez csatolni kell!)
 - a) $n = 2900/\text{min}$
 - b) $n = 1450/\text{min}$

- 3) A legnagyobb fordulatszámon elvégzett mérés alapján határozza meg a gép szükséges fordulatszámát, ahhoz, hogy a $H = A + BQ^2$ egyenletű csővezetéken adott Q térfogatáramot szállítson.
 - a) $Q = 6,171/\text{s}$, $A = 12\text{m}$, $B = 3,41 \times 10^5 \text{ s}^2/\text{m}^5$
 - b) $Q = 71/\text{s}$, $A = 3\text{m}$, $B = 4,38 \times 10^5 \text{ s}^2/\text{m}^5$