

2. ábra. Matematikai modell

4. KIÖMLÉSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA TURBULENS ÁRAMLÁSNÁL

A kapott összefüggések izotermikus állapotváltozásra lettek kidolgozva. Adiabaticus ill. politrópikus állapotváltozásnál a (2) összefüggés alapján rendkívül bonyolult lenne a számítás. Azonban a kapott eredmények mind adiabaticus, mind pedig politrópikus állapotváltozásra is elfogadhatók, mivel bizonyítható, hogy ugyanolyan térfogatváltozáshoz a p_3-p_2 nyomáskülönbséget csak néhány százalékkal kell megnövelni. Tehát, ha izotermikus változásra kapott eredmény 10%-kal kisebb az előírtnál, akkor a feladat adiabaticus állapotváltozásnál is teljesül.

A gáz pillanatnyi térfogata kiömléskor:

$$V_g = V_3 + dV_g \quad (3)$$

A kiömlési folyamat a

$$dV_g = dV_f = Qdt \quad (4)$$

összefüggés alapján vizsgálható.

A

$$Q = \sqrt{\frac{p - p_2}{R_T}}, \quad (5)$$

összefüggés alapján turbulens áramlást feltételezve a gáztérfogat növekedése:

$$dV_g = \sqrt{\frac{p - p_2}{R_T}} dt \quad (6)$$

A Boyle-Mariotte törvény szerint a gáz pillanatnyi nyomása:

$$p = \frac{V_3 \cdot (p_3 + p_{aT})}{V_g} - p_{aT}, \quad (7)$$

ahol p_{aT} – atmoszférikus nyomás. A (6) összefüggést behelyettesítve (5)-be, kapjuk, hogy:

$$dV_g = \sqrt{\frac{V_3 \cdot (p_3 + p_{aT})}{V_g} - p_{aT} - p_2}{R_T}} dt \quad (8)$$

A (8) alapján az elemi kiürülési idő a gáztérfogat változás függvényében:

$$dt = \frac{\sqrt{R_T}}{\sqrt{\frac{V_3 \cdot (p_3 + p_{aT})}{V_g} - p_{aT} - p_2}} dV_g \quad (9)$$

illetve:

$$\begin{aligned} dt &= \sqrt{R_T} \cdot \sqrt{\frac{V_g}{V_3 \cdot (p_3 + p_{aT}) - V_g \cdot (p_{aT} + p_2)}} dV_g \\ &= A \cdot \frac{\sqrt{V_g}}{\sqrt{B - C \cdot V_g}} \cdot dV_g \end{aligned} \quad (10)$$

A fenti állandók:

$$A = \sqrt{R_T}, B = V_3 \cdot (p_3 + p_{aT}), C = p_{aT} + p_2$$

A kiürítési idő:

$$T = \int_0^T dt = \int_{V_3}^{V_2} A \cdot \frac{\sqrt{V_g}}{\sqrt{B - C \cdot V_g}} dV_g \quad (11)$$

amelyben $V_2 = V_3 + V_{f0}$ a gáz térfogata V_{f0} mennyiségű folyadék kiürülése esetén. Az integrálás eredménye:

$$T = A \cdot C^{-\frac{3}{2}} \cdot \left[\begin{aligned} &B \cdot \arctan \sqrt{\frac{B - C \cdot V_3}{B}} \\ &+ \sqrt{B - C \cdot V_3} \cdot \sqrt{C \cdot V_3} \\ &- B \cdot \arctan \sqrt{\frac{B - C \cdot V_2}{B}} \\ &- \sqrt{B - C \cdot V_2} \cdot \sqrt{C \cdot V_2} \end{aligned} \right] \quad (12)$$

A hidraulikus akkumulátorok gyakori alkalmazása a szükségműködtetés. Ebben az esetben az akkumulátor akkor teljesíti a feladatát, ha a kiürítési idő kisebb az előírtnál:

$$t = \frac{V_{f0}}{Q_a} \leq t_e, \quad (13)$$

ahol V_{f0} a működtetett elem térfogatigénye, Q_a az akkumulátor által szolgáltatott térfogatáram, t_e az előírt működési idő.

5. AKKUMULÁTOR KIVÁLASZTÁSA KIÜRÜLÉSI KÉPLET NÉLKÜL

Egy repülőgép futóművét $t_e = 3$ s alatt kell kinyitni hidraulikus akkumulátorral A működtető henger lö-

kettérfogata: $V_{f0}=0,4 \text{ dm}^3$, a nyitáshoz szükséges nyomás: $p_2=50 \text{ bar}$, a feltöltési nyomás: $p_{\text{amax}}=150 \text{ bar}$. Az összekötő szakasz eredő ellenállása turbulens

áramláskor: $R_T = 9,68 \cdot 10^{13} \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^8}$. A V_1 névleges

térfogatot úgy kell kiválasztani, hogy Q_a a kiürülési folyamat alatt állandó legyen. Ez akkor teljesül, ha nagy névleges térfogatú akkumulátort választunk, ugyanis így kiürülés kezdete és vége között kicsi a nyomásváltozás. A kis nyomásváltozás miatt a kiválasztott akkumulátor térfogata: $V_1=25 \text{ dm}^3$. A V_{f0} folyadékmennyiség kiáramlása után a számított nyomás értéke $p_a=142,45 \text{ bar}$. Így az átlagos nyomás:

$$p_{\text{aátl}} = \frac{p_{\text{amax}} + p_a}{2} = 146,25 \text{ bar} . \quad (14)$$

A keletkező térfogatáram:

$$Q_a = \sqrt{\frac{p_{\text{aátl}} - p_2}{R_T}} = 0,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} . \quad (15)$$

Ebből a kiürítési idő:

$$t = \frac{V_{f0}}{Q_a} = 1,274 \text{ s} < t_e , \quad (16)$$

tehát a választott akkumulátor megfelelő.

6. OPTIMÁLIS AKKUMULÁTOR KIVÁLASZTÁSA IDŐFÜGGVÉNYEL

A kiinduló adatok megegyeznek az 6. fejezetben megadottakkal, kiegészítve a p_1 töltőnyomással, amely:

$$p_1 = \frac{p_2}{1,1} = \frac{50}{1,1} = 45,45 \text{ bar} \quad (17)$$

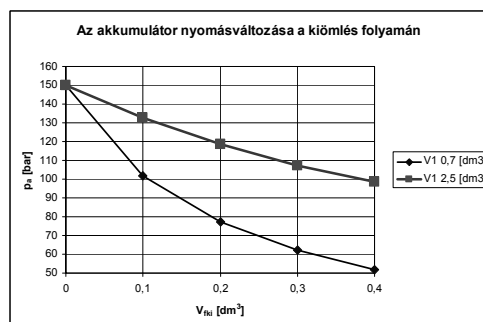
A szükséges tartálméret az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$V_1 = \frac{V_{f0}}{\left(\frac{p_1}{(p_2 + \Delta p_R)} - \frac{p_1}{p_3} \right)} \quad (18)$$

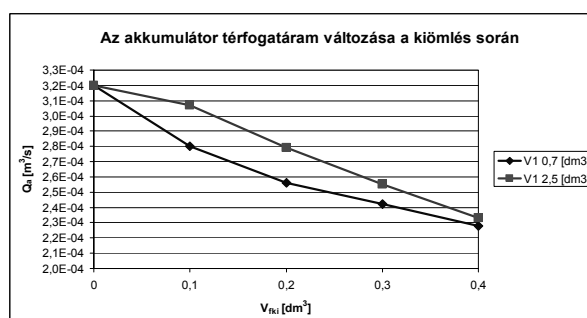
A Δp_R nyomásvesztéget a kiürülés végén kell értelmezni. Ezen nyomáskülönbség hiányában a szükséges olajtérfogat az összekötő vezeték hidraulikus ellenállása miatt nem tud kiürülni. Elméletileg ez végtelen nagy kiürülési időt eredményezne.

A 3. és 4. ábrán látható, hogy az akkumulátor nyomása és a térfogatáram folyamatosan csökken a kiürülés folyamán. Ezért Δp_R értékét nem lehet számítással

meghatározni. A folyamat végén a térfogatáram jelentősen lecsökken, ezért elegendő néhány bar nyomáskülönbséget felvenni a teljes kiürüléshez.



3. ábra. Az akkumulátor nyomásváltozása a kiürülés folyamán



4. ábra. Az akkumulátor térfogatáram változása a kiürülés folyamán

Példánkban a Δp_R értékét 3 bar-ra vettük fel. Behelyettesítve a (18) összefüggésbe kapjuk, a szükséges akkumulátor térfogatát:

$$V_1 = 0,72 \text{ dm}^3 \quad (19)$$

A kereskedelemben kapható legközelebbi névleges méretű akkumulátor 1 dm^3 . A kiürülési idő $T=2 \text{ s}$ -ra adódik.

7. KIÜRLÉSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA LAMINÁRIS ÁRAMLÁSNÁL

Lamináris áramlás esetén a térfogatáram és a nyomáskülönbség közötti kapcsolat lineáris:

$$Q = \frac{p_3 - p_2}{R_L} , \quad (20)$$

ahol R_L az összekötő vezeték ellenállása.

A számítás menete megegyezik a turbulens áramlás számítás menetével. A levezetés részletezése nélkül az alábbi összefüggést kapjuk:

$$T = -\frac{A}{C} \cdot \int_{V_3}^{V_2} \left(1 - \frac{B}{B - C \cdot V_g} \right) dV_g \quad (21)$$

$$T = -\frac{A}{C} \cdot \left[V_g + \frac{B}{C} \cdot \ln(B - C \cdot V_g) \right]_{V_3}^{V_2} \quad (22)$$

amelyben az állandók értékei:

$$A = R_L, \quad B = V_3 \cdot (p_3 + p_{aT}), \quad C = p_{aT} + p_2$$

8. ALKALMAZÁSI PÉLDA LAMINÁRIS ÁRAMLÁSRA

A 2. ábrán látható rendszerben az akkumulátorból a folyadék $d=6$ mm belső átmérőjű csövön áramlik a munkahengerbe. Az előírt működési idő $t_e=6$ s. Kérdés, a választott akkumulátorral teljesíthető-e az előírt működési idő?

A munkahenger adatai: $F=7100$ N, $D=60$ mm, $s=150$ mm. A vezeték hossza $l=10$ m. Az akkumulátor névleges térfogata: $V_1=2$ dm³.

A számítás mellőzésével lamináris áramlásnál,

$R_L = 1734 \cdot 10^7 \frac{Ns}{m^5}$ értékre adódik. A munkahenger

150 mm-es elmozdulásához $V_{f0}=0,424$ dm³ folyadéknak kell kiürülni. A terhelő erő ellenében $p_m=25,1$ bar nyomás szükséges. A feltöltési nyomás a (17) összefüggés alkalmazásával $p_1=22,8$ bar. A legnagyobb üzemi nyomás $p_3=50$ bar. Így a legnagyobb üzemi nyomáshoz tartozó térfogat:

$$V_3 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_3} = \frac{22,8 \cdot 2}{50} = 0,912 \text{ dm}^3, \quad (23)$$

és a folyadék kiürülése utáni térfogat

$$V_2 = V_3 + V_{f0} = 0,912 + 0,424 = 1,332 \text{ dm}^3 \quad (24)$$

Behelyettesítve az adatokat (22)-be kapjuk, hogy a kiürülési idő:

$$T = 4,98 \text{ s} < 5 \text{ s.} \quad (25)$$

Tehát 2l-es tárolóval teljesíthető a feladat.

9. KIVÁLASZTÁS IDŐFÜGGVÉNY NÉLKÜL

A szükséges térfogatáram a (16) egyenlet átalakításával:

$$Q_a = 5,1 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \quad (26)$$

Olyan akkumulátor választása célszerű, amelyben a kiürülés folyamán az 50 bar üzemi nyomás csak kis mértékben változik. Közelítően a keletkező állandó térfogatáram a (19) egyenlet alapján közelítőleg:

$$Q_a = 7,92 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}, \quad (27)$$

Ha $V_1=10$ dm³, a nyomáskülönbség körülbelül 2 bar és 7,866 dm³/min térfogatáramot biztosít, ami nagyobb a szükségesnél, de az akkumulátor mérete 5-ször nagyobb a szükségesnél.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

A kiürülési idő vizsgálata nélkül a szükségesnél nagyobb akkumulátort kell választani azért, hogy a kiürülés folyamán a Q_a térfogatáram közel állandó legyen. A dolgozatban kapott összefüggések alkalmazásával megállapítható, hogy a folytonosan változó térfogatáram ellenére a valóban szükséges névleges akkumulátorral a feladat teljesíthető. Az eredmény egy olcsóbb és kisebb helyigényű akkumulátor választása. A kapott összefüggések valamilyen célszerű program (Excel, Matlab, Maple) alkalmazásával a számítás ideje lerövidíthető.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka a TÁMOP-4.2.1B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] J, PROKES: Pouziti maloobjimovich hydraulich akkumulátoru. Strojirenstvi, 1963.03. p181-186.
- [2] BUTEJEV, I.: Zadacsnyik po gidravlike dlja masinosztoityelnih vuzov. Moszkva, Goszenergoizdat, 1960;