

2.4 A hidraulikus energiaátalakítók

A hidraulikus energiaátalakítók szerkezeti felépítésének és működési jellemzőinek részletes ismertetése az Általános Géptan tantárgy feladata, ezért csak a tananyagunk szempontjából lényeges ismeretek közlésére szorítkozunk. A 2.21 fejezetben megállapítottuk, hogy a hidraulikus energiát továbbításban a kinematikai lánc bemenetén a mechanikai energiát hidraulikus energiává kell alakítani, míg a kimenetén a hidraulikus energiát ismét mechanikai energiává szükséges alakítani. Ezen feladatok ellátására szolgál a szivattyúk, illetve a hidraulikus motorok, összefoglaló néven hidraulikus energiaátalakítók. Korábbi fejezetekben már kiemeltük, hogy a kis- és közepes teljesítmények tartományába tartozó szerszámgép hidraulikus rendszerekben a hidrosztatikus rendszereket alkalmazzák. A hidrosztatikus rendszerekben a térfogatkitörítés (hidrosztatikus) szivattyúk és motorok beépítése indokolt. A hidrosztatikus energiaátalakítók közös jellemzője, hogy relatív elmozdulást végző szerkezeti elemek egy vagy több, állandó vagy változatható nagyságú munkateret hoznak létre. Szivattyúban a munkatér megváltozását a bevezetett külső (mechanikus) energia, motorban a hidraulikus energia idézi elő. A munkatér növekedése során a folyadék beáramlása, csökkenésekor pedig a folyadék kiáramlása (térfogatkitörítés) jelenti a munkatér megváltozását. Ezért terjedt el a térfogatkitörítéses energiaátalakító elnevezés.

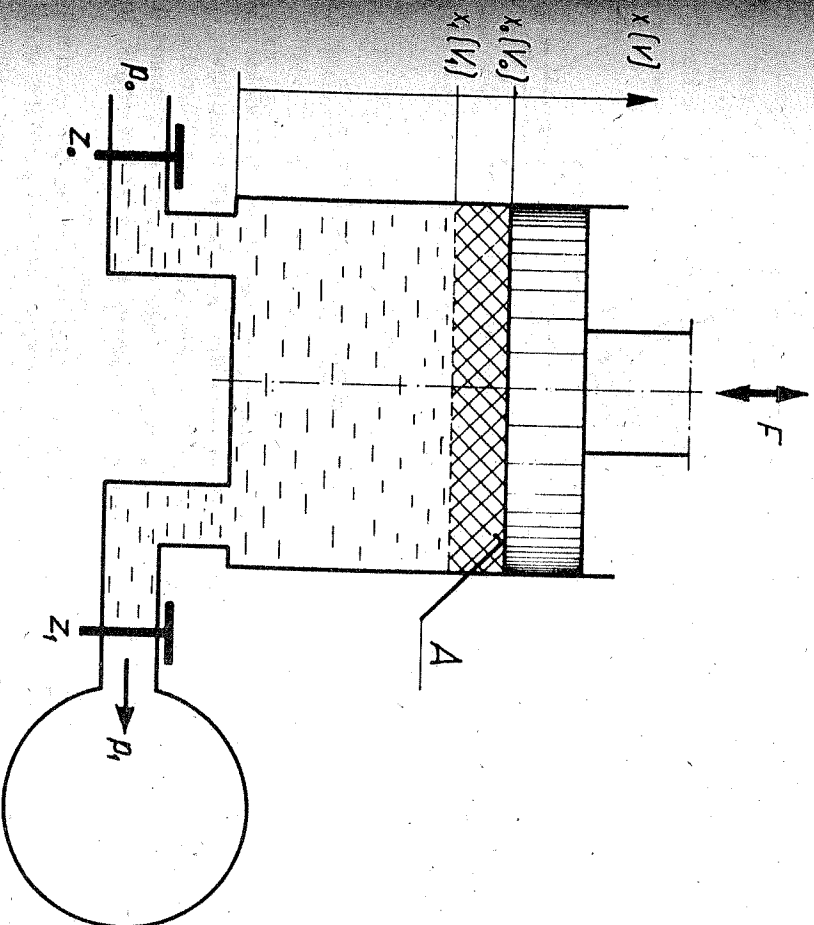
A térfogatkitörítéses elven működő szivattyúk a megfelelő mennyiségű folyadék áramoltatásán kívül képesek a folyadékáramlás újfába helyezett hidraulikus ellenállástól függő, elvileg tetszőleges nyomásenergia létrehozására is. A nyomásenergia tényleges nagyságát természetesen korlátozzák - a szivattyú konstrukciós kialakításától függően - szilárdsági és veszteségi (pl. volumetrikus veszteségek) tényezők.

Elvileg bármilyen felépítésű térfogati szivattyú alkalmas arra, hogy a bevezetett folyadék nyomási energiáját mechanikai energiává alakítsa, tehát motorként működjék. A szivattyúk ilyen felhasználása természetesen csak jelentős hatásfokcsökkenés árán lehetséges. Ennek következtében a hidraulikus motorok - felépítésüket tekintve - eltérést mutatnak a szivattyútól, annak ellenére, hogy működési alapelvük, ti. a térfogati jelleg azonos. Megjegyezzük, hogy a motorok szivattyúként való felhasználásának sincs elvi akadály, azonban a hatásfok csökkenésével ebben az esetben is számolni kell.

A fenti rövid áttekinthető ismertetésből is kitűnik a térfogati elven működő szivattyúk és motorok közötti szoros kapcsolat. Vizsgálatainkat a továbbiakban ennek megfelelően végezzük, figyelembe véve az azonos konstrukciós kialakítású energiaátalakítók (szivattyúk, motorok) elvi megegyezőségét.

2.41 A hidraulikus energiaátalakítók főbb jellemzői

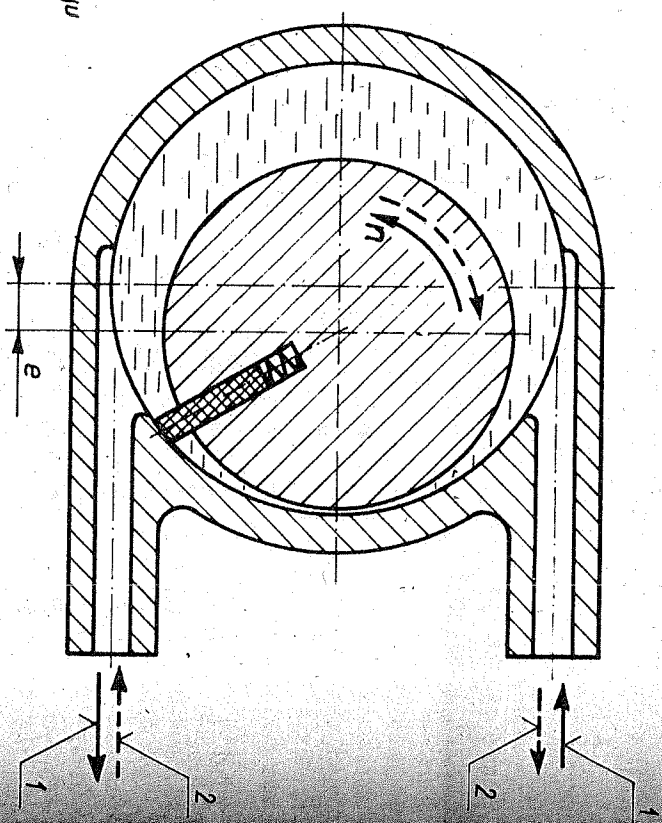
A térfogatkitörítésű energiaátalakítók működésének folyamataát vázlatosan a 2.12 ábra alapján fogjuk ismertetni. Szivattyúnál a munkatérrel határoló elemek relatív elmozdulása ($x_0 - x_1$) a munkatérrel először növeli, a nyomás csökkenése miatt feltöltődik a szivattyú (z_0 szelep nyitott, z_1 sze-



2.12 ábra

Térfogatkitörítésű hidraulikus energiaátalakító működési elve

lép zár). Az ily módon megírt szivótérből a z_0 szelep elzárása, illetve a z_1 szelep kinyitása után - a dugattyú ellenételes mozgása következtében - a folyadék kiszorul, a nyomótérbe (p_1) jut. A szivattyúk valóságos kivitele lehet forgómozgású is, a leirtak lényegében ezekre is érvényesek (2.13 ábra). A forgó mozgást végző hidraulikus motornál lezajló folyamat a fentivel



- 1 szivattyú
- 2 motor
- e excentricitás

2.13 ábra
Forgó mozgású hidraulikus energiaátalakító működési elve

éppen ellentétes értelmű. A nyomási energiával rendelkező folyadékot a motor nyomóvezetékekén keresztül annak nyomóoldali munkatérébe juttatjuk, amely a nyomás hatására - a teret határoló elemek relatív elmozdulása következtében - növekszik. (Közben a motor tengelye, melyre a munkatér térfogatváltozását megfelelő mechanizmuson keresztül átszarmaztatjuk, természetesen elfordul.)

A tengely elmozdulása során a folyadékkal telt nyomótér maximális térfogatának elérése után átkerül a kifolyótérbe, melyben a relatív elmozdulási végző elemek a tengely elfordulása következtében a teret csökkenti, és a benne levő folyadékot kiszorítják a kifolyóágba, ahonnan a folyadék - esetleg néhány, a vezérléshez tartozó elemek keresztül - a lápegy-

ség tartályába áramlik. Látható, hogy a motor tengelyének egy körülfordulása alatt is meghatározott folyadék áramlik keresztül a motoron, melynek értéke a motor kialakításánál függvénye.

A szivattyúk által időegység alatt szállított folyadéktérfogatot folyadékhozamnak a szivattyú tengelyének egy körülfordulása alatt szállított folyadéktérfogatot pedig fajlagos folyadékhozamnak nevezünk. A folyadékhozam elméleti értéke a következő alakban írható:

$$Q_{sz} = q_{sz} \cdot n_{sz} \quad (2.25)$$

ahol

- Q_{sz} - a szivattyú folyadékhozama, tehát a szivattyú időegység alatt szállított folyadékmennyisége (térfogatárama)
- q_{sz} - a szivattyú fajlagos folyadékhozama;
- n_{sz} - a szivattyú tengelyének fordulatszámja.

A fajlagos folyadékhozam csak attól függ, hogy milyen a szivattyú munkatérének kialakítása. A hidraulikus motorokon időegység alatti keresztirányú folyadéktérfogatot folyadéknyelésnek nevezünk. A motortengely egy fordulatra eső folyadéktérfogatot a motor fajlagos folyadéknyelése. A motorra felírható egyenlet tehát:

$$Q_m = q_m \cdot n_m \quad (2.26)$$

ahol

- Q_m - a motor időegység alatti folyadéknyelése;
- q_m - a motor fajlagos folyadéknyelése;
- n_m - a motor fordulatszámja.

A mechanikában tanultak alapján az n fordulatszámú és M nyomatékot szolgáltató tengely által leadott teljesítmény nemzetközi SI mértékegységben (watt-ban)

$$P_t = 2\pi M n \quad (2.27)$$

ahol

- M - a nyomaték Nm-ben
- n - a fordulatszám 1/s-ban

Az áramló folyadék teljesítménye (lásd 2.12 ábrát is):

$$P_f = (p_1 - p_0) \frac{1}{t} = (p_1 - p_0) Q$$

Amennyiben p_0 atmoszférikus nyomás, akkor fennáll:

$$p_1 - p_0 = p \text{ és az átvitt teljesítmény (hidraulikus teljesítmény):}$$

$$P_f = p \cdot Q \quad (W) \quad (2.28)$$

ahol

Q - az áramló folyadékmennyiség m^3/s -ben
 p - a nyomáskülönbség N/m^2 -ben.

Ha a veszteségektől eltekintünk, a hidromotor által kifejehető nyomatlék a (2.27) és (2.28) összefüggések egyenlővé tétele után kifejezhető:

$$M = \frac{1}{2\pi} \frac{Q}{n} p \quad (2.29)$$

Megjegyezzük, hogy az energiaátalakítók egy részénél a fajlagos folyadékozam, illetve folyadéknyelés meghatározott tartományban változtatható. A fenti összefüggések értelemszerűen ezekre is alkalmazhatók.

2.42 Az energiaátalakítók veszteségei

Előző vizsgálatunk "vesztettség nélküli" energiaátalakítókra vonatkozott. A valóságban ilyen energiaátalakító nem létezik. A hidraulikus teljesítmény-átvitel a valóságos folyadék sűrűdése, a relatív elmozdulást végző elemek tömítésének tökéletlensége, valamint az egyes géprészek mechanikai sűrűdése miatt csak veszteségesen valósítható meg. Az energiaátalakítóban fellépő teljesítményvesztések az alábbiak:

1. Hidraulikus teljesítményvesztés
2. Volumetrikus (térfogati) teljesítményvesztés
3. Mechanikai teljesítményvesztés.

Az energiaátalakítóba (hidraulikus rendszerbe, berendezésbe) bevezetett teljesítmény a következő részekre oszlik meg:

$$P_b = P_h + P_{vol} + P_{hidr} + P_{mech}. \quad (2.30)$$

ahol P_b - az energiaátalakítóba bevezetett teljesítmény (szivattyunál mechanikai, motornál hidraulikus teljesítmény);

P_h - az energiaátalakító által leadott teljesítmény (szivattyunál hidraulikus, motornál mechanikai teljesítmény);

$P_{vol} = \Delta p Q_{vol}$ - a volumetrikus teljesítményvesztés;

p - az energiaátalakítóban fellépő nyomáskülönbség;

Q_{vol} - az energiaátalakítóban fellépő ún. részvesztés

$$P_{hidr} = \Delta p_{hidr} \cdot Q_0$$

Q_0 - az energiaátalakítón időegység alatt keresztüláramló folyadékmennyiség (folyadékozam vagy folyadéknyelés);

Δp_{hidr} - a Q_0 folyadékmennyiség áramlása folytán az energiaátalakítóban fellépő nyomásesés. Ez a következő alakban írható:

$$\Delta p_{hidr} = R_h \cdot Q_0^2$$

ahol R_h - az energiaátalakító belső hidraulikus ellenállása

$$P_{mech} = 2\pi M_s \cdot n - \text{a mechanikai teljesítményvesztés}$$

M_s - az energiaátalakító belső sűrűdónyomatéka;

n - az energiaátalakító fordulatszám.

Az egyes veszteségeket hatásfokkal szokás számszerűsíteni. A teljesítményátvitel teljes hatásfoka:

$$\eta_0 = \frac{P}{P_b} = \eta_{vol} \eta_{hidr} \eta_{mech} \quad (2.31)$$

ahol η_0 - az összhatásfok

η_{vol} - volumetrikus hatásfok

η_{hidr} - hidraulikus hatásfok

η_{mech} - mechanikai hatásfok.

A gyakorlatban a hidraulikus és a mechanikai hatások külön-külön nem mérhető, mivel a mechanikai veszteség is nyomásesést okoz. A szivattyúk és motorok vizsgálatkor általában csak az össz- és a volumetrikus hatások mérését végzik el, ez is elegendő az energiaátalakító minőségének jellemzésére.

A veszteségeket és a hatásfokokat részletesen a [22.] irodalom elemzi. Mi itt csupán utalunk arra, hogy a hidraulikus hatásfokot két nyomás, a volumetrikus hatásfokot pedig két térfogatáram hányadosára lehet visszavezetni:

A hidraulikus hatások:

$$\eta_{\text{hidr}} = \frac{P_k}{P_b} = \frac{P_b - \Delta p_v}{P_b} = 1 - \frac{\Delta p_v}{P_b} \quad (2.32)$$

ahol P_k - az elem kimenetén mért nyomás;

P_b - az elem bemenetén mért nyomás;

Δp_v - a nyomásvesztés.

Energiaátalakítókra alkalmazva az összefüggést szivattyú esetén:

P_b - a munkatér nyomása;

P_k - a nyomóvezetékben mérhető nyomás, illetve motornál:

P_b - a beömlőágban levő nyomás;

P_k - a motor munkatérében mérhető nyomás.

A volumetrikus hatások

$$\eta_{\text{vol}} = \frac{Q_k}{Q_b} = 1 - \frac{\Delta Q_v}{Q_b} \quad (2.33)$$

ahol Q_k - az elem kimenetén mérhető térfogatáram;

Q_b - az elem bemenetén mérhető térfogatáram;

ΔQ_v - a résvesztés térfogatárama.

Szivattyúra alkalmazva a (2.33) összefüggést:

$$\eta_{\text{vol sz}} = \frac{Q_k}{Q_b} = 1 - \frac{\Delta Q_v}{Q_b}$$

$Q_k = Q_t$ - a szivattyú tényleges folyadékhozama;

$Q_b = Q_{\text{elm}}$ - a szivattyú elméleti folyadékhozama.

2.43 A teljesítményvesztés hőhatása

Minden hidraulikus rendszerben a folyadék által átvitt energia egy része a fogyasztónak adódik át, míg másik része hővé alakul át. Egy forgácsoló szerszámgépen pl. az előtöltő hajtómű által leadott teljesítmény a forgácsolás folyamán hővé alakul. Már néhány hidraulikus működterésű gép teljesítményviszonyainak vizsgálata is felvilágosítást nyújt arról, hogy a tápegységől nyert teljesítmény miként oszlik el. A forgácsoló megmunkálást végző gépek legtöbbször használt fojtásos körfolyamataival szerelt tapasztalatok azt mutatják, hogy a teljesítmény döntő hányadát a tápegység és annak elemei hő formájában leadják, és csak elenyésző rész az, amely a hasznos munkavégzés során válik hővé.

Ebből kifolyólag igen kis hibát követünk el, ha a körfolyam termikus viszonyait csupán a tápegységre vonatkoztatjuk, feltételezve azt, hogy a tápegység egy külön önálló egység, valamint azt, hogy a rajta kívül található hidraulikus elemek és szerelvek hőleadása elenyésző. (Ez utóbbi feltétel többnyire teljesül, mivel a lokálisan termelt hő nagy része az illető elemről az olajjal a tápegységbe jut, ott bizonyos ideig lényegében nyugvialomban van, így legjelentősebb mértékben ott történik hőleadás.) A hővé alakuló veszteségi teljesítmény:

$$P_v = \Delta p \cdot Q_v \quad (2.34)$$

ahol Δp - az energiátvitel során fellépő nyomásvesztés;

Q_v - a Δp nyomáseséssel áramoltatott folyadék térfogatárama.

Termikusan zárt rendszerben, ha nincs hőelvonás, a folyadék hőfoknövekedése is meghatározható:

$$\Delta \theta = \frac{\Delta p}{\rho \cdot c_{ol}} \quad (2.35)$$

ahol ρ - a folyadék sűrűsége;

c_{ol} - a folyadék fajhője.

A keletkező hőmennyiség egy részét minden hidraulikus rendszer termeléses uton (sugárzással, hővezetéssel és hőcserélődéssel) adja át környezetnek. A hidraulikus berendezések hőátadási viszonyait úgy kell kiaknálni, hogy 40...60 °C hőmérsékleten termikus egyensúly következék be. Ha a munkafolyadék hőmérséklete ennél nagyobb, a viszkozitás lényegesen lecsökken, s ennek következtében romlik a folyadék kenőképessége, hirtelen megnő a résvesztés, a különböző anyagok eltérő hőtágulási tényezői