

## 2.5 Hidraulikus irányítóelemek

A hidraulikus, elsősorban a fojtásos körfolyamok előírt működéséhez a hidraulikus energiát szolgáltató szivattyún, valamint a folyadék nyomási energiáját mechanikai energiává alakító hidraulikus motoron kívül számos különféle rendeltetésű és kialakítású ún. irányítóelem szükséges. Ezek az irányítóelemek gondoskodnak a körfolyam meghatározott pontjain előírt nyomások fenntartásáról, a körfolyam adott szakaszain időegység alatt átáramló folyadék mennyiségéről, a nyomási energiát közvetítő folyadék áramlási irányáról stb.

A végzett feladat természetének megfelelően az irányítóelemeket az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

1. Nyomásirányító elemek.
2. Áramirányító (mennyiségirányító elemek).
3. A folyadékáramlás útját irányító elemek.

A fenti besorolás egyes csoportjai tartalmaznak olyan elemeket is, amelyek feladatukat tekintve eltérnek a csoport alapvető jellemzőjétől, mivel a működésüket kiváló paraméter azonban a csoportbeosztásnak megfelelő, vizsgálatukat ennek megfelelően célszerű végezni.

### 2.51 Nyomásirányító szelepek

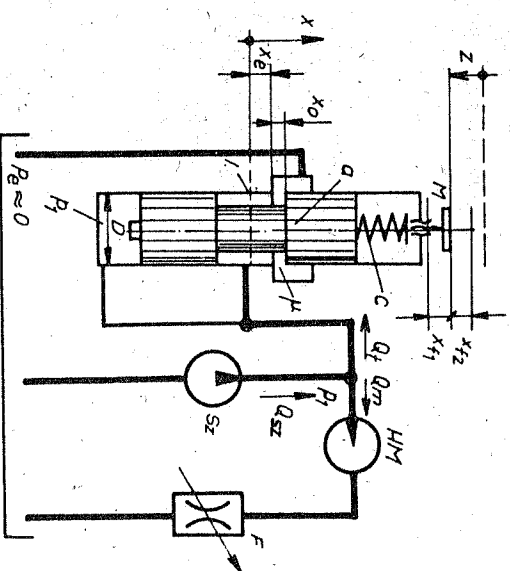
A nyomásirányító elemek csoportjába a következő elemek sorolhatók:

1. Tulfolyószelep (bintonsági szelep).
2. Ellenállászelep.
3. Előfeszítőszelep.
4. Tehermentesítő szelep.
5. Nyomáscsökkenítő szelep.
6. Nyomáskapcsoló.

### 2.51.1 Tulfolyószelep, biztonsági szelep

Az állandó folyadékhozamu szivattyúval táplált körfolyamok jelentős része ún. fojtásos körfolyam. Ezekre jellemző, hogy a körfolyamba bevezetett energiának csak meghatározott hányadát használják fel; a felhasznált és az összenergia viszonya a körfolyam üzemeltetése során az időben erőteljes ingadozást mutat. Az ingadozás az időegység alatt felhasznált folyadékmenyiség változásában jelenkezik úgy, hogy közben a körfolyam névleges nyomása - tápnyomása - gyakorlatilag állandó. A körfolyam által pillanatnyilag fel nem használt folyadékmenyiséget még a körfolyamba lépés előtt vissza kell vezetni a tápegység tartályába.

Azt az elemet, amely állandó tápnyomást biztosítva a körfolyam számára pillanatnyilag felesleges folyadékmenyiséget a tartályba visszavezeti, tulfolyószelepek nevezünk. A tulfolyószelep elvi vázlatát az elemi körfolyamban a 2.21 ábrán látható.



2.21 ábra  
Tulfolyószelep elvi vázlat

Az állandó folyadékhozamu szivattyú  $Q_{sz}$  térfogatárama két részre oszlik: egy része a HM hidromotorba áramlik, amely a folyadék nyomási energiáját mechanikai energiává alakítja, tehát hasznos munkát végez; a másik része a tulfolyószelepen keresztül hasznos munkavégzés nélkül visszaszáramlik a tartályba. A motoron időegység alatt átáramló folyadékmenyiséget az F fojtószeleppel lehet beállítani, amely végső soron a fordulatszámát determinálja.

$$n_{\text{mot}} = \frac{Q_m}{q} \quad (2.46)$$

ahol  $q$  - a motor fajlagos folyadékfelvétele. A körfojattal szemben támasztott követelmény az, hogy a motor igen széles fordulatszám-tartományban ugyanazt a nyomatkot adja le. Mindez azt jelenti, hogy a  $Q_m$  felhasznált folyadék, következőképpen a tulfolyószelepen elvezetett  $Q_t$  folyadékmennyiségnek igen széles tartományban úgy kell változnia, hogy közben a motor bemenőágában uralkodó nyomás - a tápnyomás - csak minimális, egykorlatilag elhanyagolható mértékben ingadozzék, mivel az állandó fajlagos folyadékfelvétel miatt a motor csak így fog állandó nyomatkot szolgáltatni.

A fentiekben leírt feladatának a tulfolyószelep a következőképpen tesz eleget: a szivattyú beindítása pillanatában a tulfolyószelep tolattyuja alsó helyzetében felülközik, és az a vezérlőelől a I. helyzetet foglalja el, tehát nyitott átömleési keresztmetszet nincs. Tételezzük fel, hogy a tolattyu ezen helyzetében a csavarral állítható rugóelőfeszítése zérus. Feltételezzük továbbá azt, hogy az indítás pillanatában a motoron a későbbiekben  $Q_m = Q_{sz}/2$  folyadékmennyiség áramoljék keresztül.

Az indítást követően a tértogatáramlás megindul, amely a motorból és fojtószelepből álló rendszeren mint hidraulikus ellenálláson nyomásesést hoz létre: emiatt a  $p_1$  nyomás zérusról növekedni kezd. A  $p_1$  nyomás hat a tulfolyószelep tolattyujának alsó felületére is, aminek hatására az a rugóerő ellenében mindaddig elmozdul felfelé, amíg a tolattyura ható erők egyensúlya kialakul. Ez annál a nyomásnál következik be, amelynél a tolattyu a vezérlő éle olyan nyitott keresztmetszetet hoz létre, amelyen keresztül a szóban forgó nyomás mellett a rendszer számára felesleges  $Q_t = Q_{sz}/2$  folyadékmennyiség keresztül tud áramolni.

A villamos analógia miatt érvényes a "hidraulikus csomóponti" törvény azaz az elágazásnál levő csomópontba befolyó tértogatáramok összege és a "kifolyó" tértogatáramok összege megegyezik; esetünkben:

$$Q_{sz} = Q_m + Q_t \quad (2.47)$$

Ha csökkentjük a motor fordulatszámát, csökken a  $Q_m$ , növekszik a  $Q_t$ , kissé megnő a  $p_1$  nyomás, a tolattyu ennek megfelelően kissé elmozdul felfelé, az új egyensúlyi állapot eléréséig. A  $Q_m$  folyadékmennyiség növekedése a fentivel analóg, de ellentett értelmű változást, és így egyensúlyi állapotot idéz elő.

A tulfolyószelep működéséből következik, hogy képes a szivattyú egész folyadékhozamának elvezetésére, illetve az áteresztett folyadékmennyiség

minimálisra csökkentésére, de csupán a  $Q_m = Q_{sz}$ , tehát  $Q_t = 0$  elméletileg létező határig. (Feltételezve azt, hogy a szivattyú folyadékhozama és a tulfolyószelep névleges áteresztései folyadékmennyisége jó közelítéssel megegyeznek.)

A tulfolyószelep felépítéséből következik, hogy a rugóelőfeszítés változtatásával változik annak a nyomásnak az értéke, amelyen a szelep nyit. Ez egyértelmű a tápnyomás adott intervallumban történő beállításának lehetőségével. Vizsgáljuk meg a tulfolyószelep  $p_1 = f(Q_m)$  karakterisztikáját, tehát azt, hogy a  $Q_m$  folyadékmennyiségtől hogyan függ a  $p_1$  tápnyomás értéke, a 2.21 ábrán látható egyszerű tulfolyószelep esetén. Induljunk ki abból az állapottól, amikor a tulfolyószelep a szivattyú folyadékhozamát teljes egészében elvezeti, tehát

$$Q_m = 0,$$

$$Q_t = Q_{sz}$$

Tartozzék ehhez az állapothoz  $x_0$  tolattyurés, amely az összetartozó vezérlőpár között mérhető, és  $p_{10}$  nyomás. Tételezzük fel, hogy a tolattyu alsó, ütközletett helyzetében a rugóelőfeszítés éppen zérus, és hogy a tolattyu elmozdulása alsó helyzetéből a vezérlőel nyitásáig  $x_e$ .

A Bernoulli-egyenletheől is nyerhető Torricelli-egyenlet a tértogatáram, az átömleési keresztmetszet és a nyomáskülönbség közötti összefüggést határozza meg. A tolattyu egy általános, de nyitott állapotára felírva:

$$Q_t = \mu D \pi x \sqrt{\frac{2g}{g} (p_1 - p_0)} \quad (2.48)$$

ahol

$\mu$  - a tolattyu ún. átfolyási tényezője, mely állandónak tekinthető;

$D$  - a tolattyuátmérő;

$x$  - a tolattyu pillanatnyi nyitása, az élek fedési helyzetétől mérve;

$g$  - a nehézségi gyorsulás;

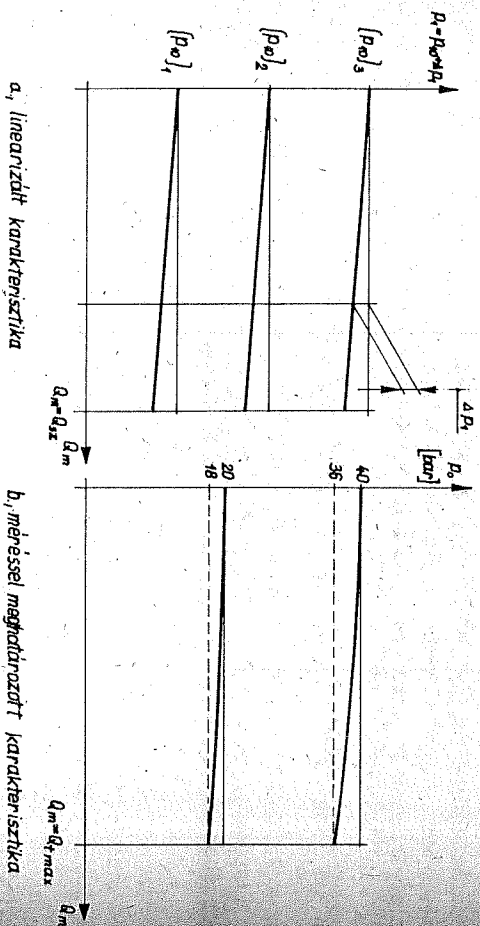
$g$  - a munkafolyadék fajsúlya;

$p_1$  - a szivattyú nyomóágában uralkodó nyomás;

$p_0$  - a tulfolyószelep visszafolyóágában fellépő nyomás, amelyet a tolvábiakban zérusnak tekintünk.

A tulfolyószelep  $p_1 = f(Q_m)$  karakterisztikáját a 2.22. a) ábrán szemléltetjük. A részletes levezetés a [22.] irodalomban megtalálható. A tulfolyószelep lineárizált jelleggörbéjéből leolvasható, hogy a különböző  $(p_{10})$

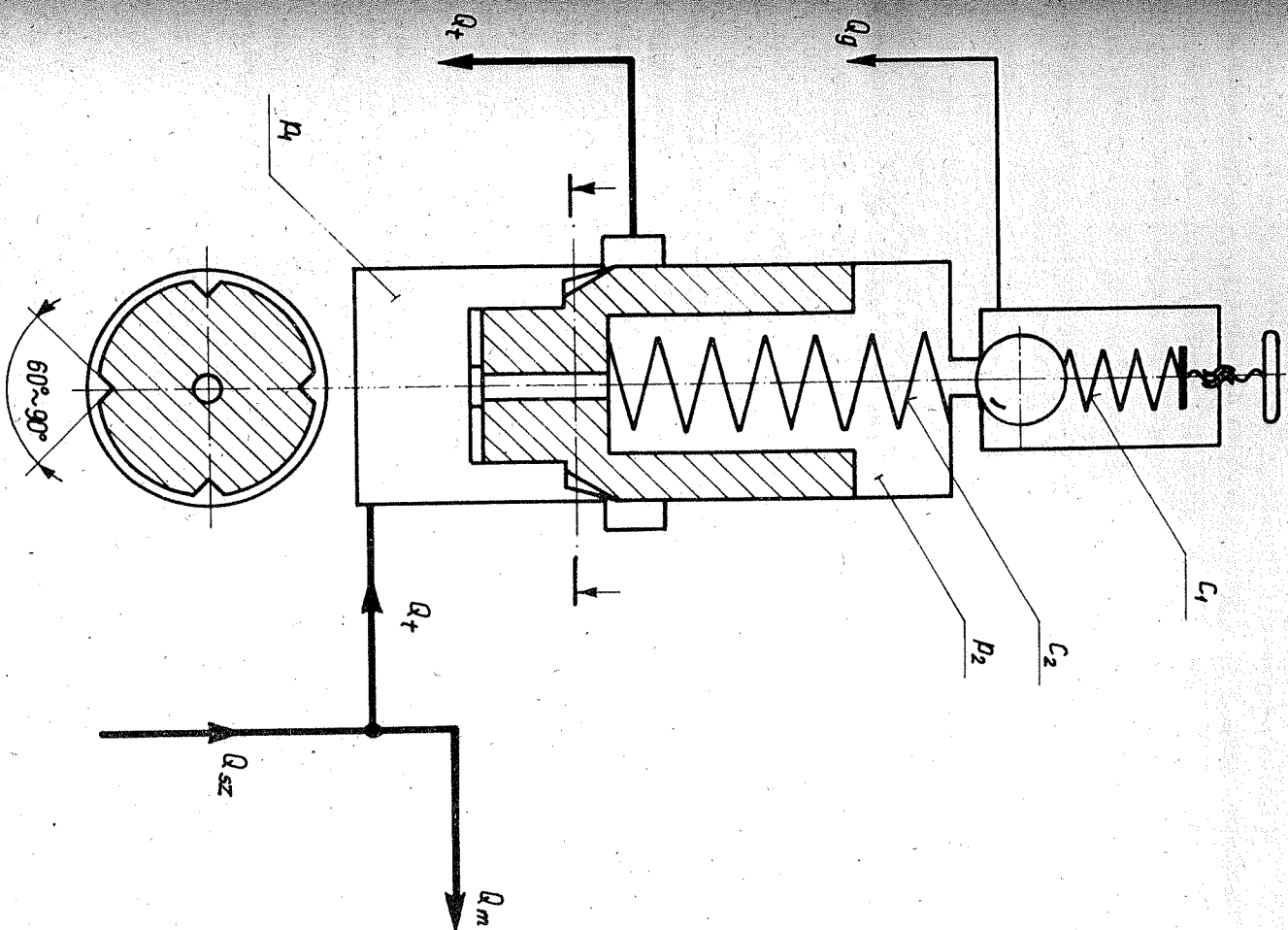
nyomásérték a (2.48) egyenlet értelmében egy bizonyos  $\Delta p_1$  értékkel csökken, amely  $\Delta p_1$  a  $Q_m$  térfogatáramtól is függ.



2.22 ábra  
Tulufolyószelep karakterisztikái

A tulufolyószelep kívánt  $(p_{101})$  tápnyomása az M menetes orsóval állítható be a c rugó megfelelő előfeszítése révén. A 2.21 ábrán látható tulufolyószelep csak a legegyszerűbb kialakítású tápegységekben használható, mert lengésmentes működés csak nagy statikus hibával érhető el.

Egy fokozott követelmények kielégítésére alkalmas jó statikus karakterisztikájú ún. segédkörfolyamos tulufolyószelep vázlatát szemlélteti a 2.23 ábra. A szelep felső részén elhelyezkedő  $c_1$  rugóval előfeszített golyószelep nyomásmérésre, a tolatlyu pedig a  $Q_1$  pillanatnyi térfogatáram elvezetésére szolgál. A szivattyu indításának pillanatában, amikor  $Q_{sz} = 0$ , mindkét áramlási keresztmetszet zárt. A térfogatáramlás megindulása után ( $Q_{sz} > 0$  és  $Q_m > 0$ ) kialakuló  $p_1$  nyomás hat a tolatlyu alsó homlokfelületére, valamint a tolatlyu kialakított furaton keresztül a golyóra. A tulufolyószelepen térfogatáramlás még nincs, így  $p_1 = p_2$  összefüggés áll fenn. A  $p_2$  nyomásnak kitett golyó a  $c_1$  rugóval beállított nyomás felépésekor nyit, és térfogatáramlás ( $Q_g$ ) indul meg, amely a tolatlyuban levő fojtáson (kis furaton) nyomásesést hoz létre, megszűnik a nyomások egyenlősége;  $p_2 < p_1$ , nyomásviszony keletkezik.



2.23 ábra  
Segédkörfolyamos tulufolyószelep elvi vázlata

A tolatlyu egyensulyi állapotának visszanyerése miatt felfelé elmozdul mindaddig, amig a  $C_2$  rugóerő-változása a  $\Delta p = p_1 - p_2$  nyomáskülönbségből származó erőhatást ki nem egyenlíti. A tolatlyu nyit, és a pillanatnyilag felesleges  $Q_t$  térfogatáramot elvezeti. Ha megváltozik a motorban felhasznált  $Q_m$  térfogatnyelés, a szintén megváltozó  $Q_t$  (lásd a (2.47) összefüggést is) térfogatáram szükségszerűen megváltoztatja a szelep helyzetét is. Könnyen belátható, hogy ha a  $Q_t$  térfogatáram pl. csökken, akkor a  $p_1$  és vele együtt a  $p_2$  nyomás is lecsökken, a golyószelep nyitása csökken, a rajta és a tolatlyuban kialakított résen a térfogatáram csökken, emiatt csökken - az előző állapothoz viszonyítva - a  $\Delta p = p_1 - p_2$  nyomásesés is. A nyomásesés megváltozása miatt a tolatlyu lefelé mozdul el, ezzel az átmenetben a keresztmetszet szűkülése következik be az új statikus egyensulyi helyzetben. A vázlatos leírásból is látható, hogy a segédkörfolyamos szelep működése a 2.21 ábrán látható szelep működésénél lényegesen bonyolultabb, ugyanakkor a statikus és a dinamikus pontossága előzőénél sokkal jobb. Szemléltetésül a 2.22. b) ábrán mutatjuk be a méréssel meghatározható karrakterisztikát, amelyből látható, hogy a statikus hiba maximális értéke mintegy 8...10%. A túlfolyószelep kiválasztásánál az alábbi közelítő összefüggés betartása célszerű:

$$1,5 Q_{tn} \geq Q_{sz} \quad (2.49)$$

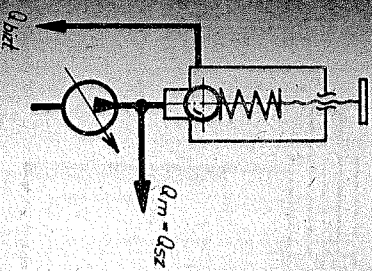
ahol  $Q_{tn}$  - a túlfolyószelep névleges térfogatáramára;

$Q_{sz}$  - a szivattyu névleges térfogatáramára.

A túlfolyószelep ún. biztonsági szelepként is alkalmazható. Ha ugyanis a túlfolyószelep rugóját olyan mértékben előfeszítik, hogy a körfolyam legnagyobb üzemi nyomása (pl. a maximális terhelés, ill. üzemszavar esetén) fellépésekor se nyisson, akkor csupán biztonsági szelepkörként tölt be. A relatíve drága túlfolyószelep ilyen feladatra történő felhasználása nem indokolt, mert a biztonsági funkció ellátható egyszerű kialakítású golyószeleppel is. Ilyen biztonsági szelepet szemléltet a 2.24 ábra.

### 2.51.2. Ellenállásszelep

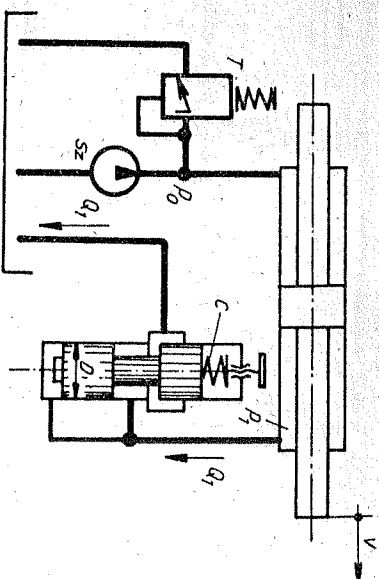
Az ellenállásszelep kialakításában megegyezik a túlfolyószelep kialakításával, csupán a hidraulikus rendszerhez való csatlakozásában van eltérés. A 2.25 ábrán feltüntetett ellenállásszelep tolatlyujának alsó homlokfelületére a munkahenger kiömlőterében uralkodó  $p_1$  nyomás hat. A  $p_1$  nyomás hatására a tolatlyu addig mozdul el, amig a rugóerővel a nyomóerő



2.24 ábra

A biztonsági szelep

vázlata



2.25 ábra

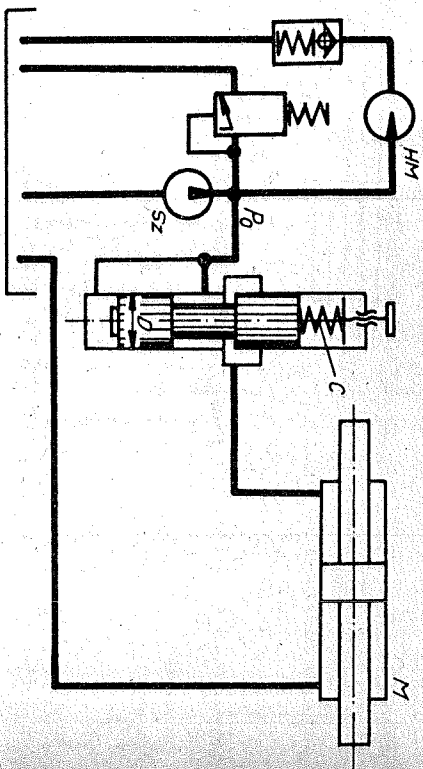
Az ellenállásszelep bekötési módja

egyensulyba nem kerül. A tolatlyu nyugalmi helyzetében létrejövő résen keresztül áramlik a folyadék a tartályba. Az ellenállásszelep fontos szerepet tölt be a hidraulikus körfolyamatokban; a kiömlőterben egy előírt  $p_1$  nyomást tart fenn, és ennek eredményeként a munkafolyadék még a dugattyu megállása esetén (leállításakor) sem tud eltávozni. A hidraulikus rendszer tökéletes indításának előfeltétele egy bizonyos  $p_1$  ellenállás biztosítása.

A kőfolyóági ellennyomás beállítása a rugó előfeszítésével történik. Az ellenállásszelep működésének részletes ismertetésétől eltekintünk, mert az a túlfolyószelep működése ismertetésénél leírtak alapján könnyen megérthető.

### 2.51.3. Előfeszítő szelep

Felépítése azonos az ellenállásszelepevel, de a hidraulikus körfolyamban betöltött szerepe eltérő. Alkalmazására mutat példát a 2.26 ábrán látható hidraulikus rendszer. Az előfeszítő szelep feladata az, hogy a munkahenger csak a tápnyomás meghatározott értékénél működjék, míg ezen nyomás alatt nyugalmi állapotban legyen. A HM hidraulikus motor gyorsmenetben a szivattyu teljes folyadékhozamát felemészti, a túlfolyószelep teljesen lezár, így a  $p_0$  nyomás nagyságát a hidromotor és a vele sorbakapcsolt egyéb elemek, pl. visszacsapószelep eredő hidraulikus ellenállása határozza meg: az előfeszítőszelep ekkor lezárt állapotban van, és a munkahenger nem működik. Ha a gyorsmenetről pl. munkaelőállításra kapcsolunk át, akkor valamely módon - az ábrán nincs feltüntetve - megnöveljük a hidromotor eredő hidraulikus ellenállását, ami a nyomás növekedését és a hidromotoron átáramló folyadékmennyiség csökkenését idézi elő. A nyomás megha-



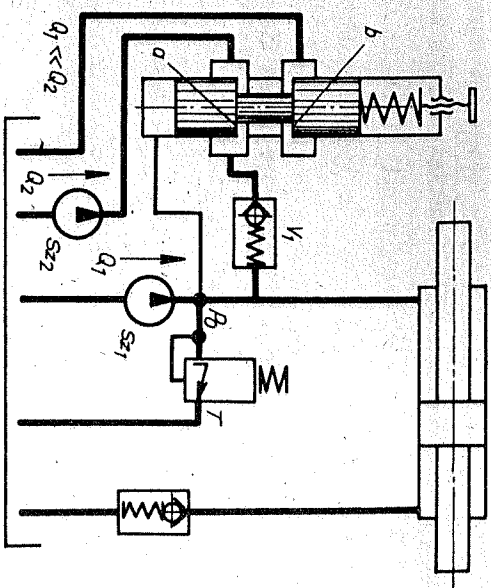
2.26 ábra  
Az előfeszítő szelep bekötési módja

tározott értékénél az előfeszítő szelep nyit, és a dugattyú elmozdul, pl. egy szorítófékzüléket működtet. A szelep működéséhez tartozó nyomás értékeit a szelep c rugójának előfeszítésével állítják be. Az előfeszítő szelepek sorbakötésével sorrendvezérlési feladatok is megoldhatók, mert a dugattyú mozgása csak egy előírt  $p_0$  nyomás elérése után indul meg, azaz a sorrendileg előbb álló feladat teljesítését követően.

#### 2.51.4 Tehermentesítő szelep

Az állandó folyadékhozamu szivattyúval táplált körfolyamok jelentős részénél a végrehajtószerv gyorsfutásához szükséges térfogatáram általában többszöröse a legnagyobb munkameneti előfótlás térfogatáramának. A teljesítményvesztés korlátozása végett szokás az ilyen körfolyamot két, állandó térfogatáramú szivattyúval táplálni, melyek együttesen a gyorsmenetet biztosítják: munkameneben az egyik, kisebb térfogatáramú szivattyú dolgozik a névleges tápnyomást biztosítva, míg a nagyobb szivattyú térfogatára egy kis hidraulikus ellenálláson keresztül a tartályba kerül vissza. Egy két szivattyús hidraulikus körfolyamot mutat a 2.27 ábra. A munkamenet és a gyorsjárat biztosításához a két szivattyún kívül szükséges egy nyomásirányító szelep, az ún. tehermentesítő szelep is.

Munkamenebnél a  $p_0$  nyomású munkafolyadék a  $V_1$  visszacsapószelepet zárva tartja. A tehermentesítő szelep alsó felületére  $p_0$  nyomás hat, amely a rugóelőfeszítés ellenében nyitja a tolatyú a és b vezérlőleleit, így az  $Sz_2$  szivattyú teljes  $Q_2$  térfogatára a tartályba jut vissza.



2.27 ábra  
Tehermentesítő szelep felépítése és bekötési módja

Gyorsmeneti előfótlásnál a munkafolyadék  $p_0$  nyomása csökken a munkahenger az  $Sz_1$  szivattyú teljes  $Q_1$  térfogatáramát felveszi. A  $p_0$  nyomás csökkenése a tehermentesítő szelep tolatyujának "érfelé" történő elmozdulását, s ezzel együtt a b vezérlőlel lezárását eredményezi. A nyomásviszonyok megváltozása miatt  $V_1$  visszacsapószelep nyit, és az  $Sz_2$  szivattyú teljes  $Q_2$  térfogatára is a munkahengerbe kerül, a munkahenger teljes térfogatnyelése:

$$Q_{gy} = Q_1 + Q_2$$

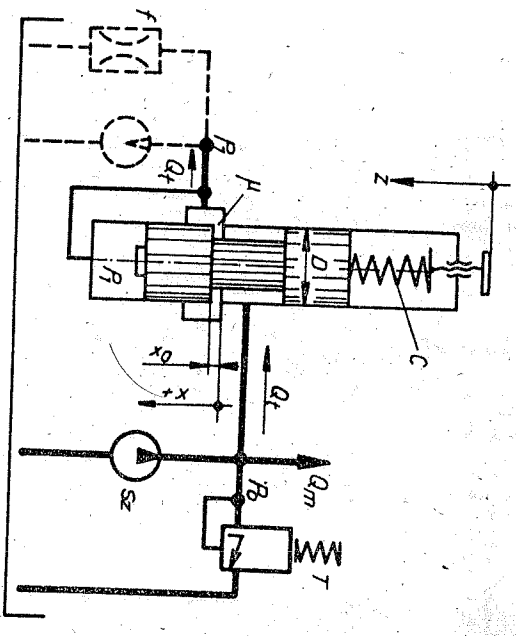
lesz. A tehermentesítő szelep, ill. a 2 szivattyú alkalmazásával a növelt gyorsmeneti sebesség biztosítható. A "gyorsmenet" megszűnéskor ismét növekedni kezd  $p_0$  nyomás, ezáltal  $V_1$  szelep ismét zárt állapotba kerül. A lezajló folyamatot előzőekben részletesen ismertettük.

#### 2.51.5 Nyomáscsökkentő szelep

A különféle körfolyamoknál gyakran szükséges több olyan energiaátalakító működtetése, melyek nem azonos tápnyomásúak. Egy automatizált esztergánál pl. a szegnyeret általában kisebb nyomással kell üzemeltetni, mint az előfótló berendezést. Ilyen esetekben általában nem célszerű és gazdaságos több, egymástól független folyadékör kialakítása: az opti-

mális megoldást az ún. nyomáscsökkentő szeleppel lehet biztosítani. Ez a nyomás-irányítóelem a tápegység névleges nyomását -  $p_0$  - az energiátalalkító által megszabott nyomásra -  $p_1$  - csökkenti. Tehát az ilyen felépítésű rendszer működésének alapfeltétele:  $p_1 < p_0$ . A nyomáscsökkentő szelep a redukált nyomást gyakorlatilag állandó értéken tartja az átáramló térfogatáramnál szélesebb tartományában, valamint a  $p_0$  tápnyomás kismértékű változása ellenére is, mivel csak így biztosítható a redukált nyomással működő energiátalalkító kedvező üzeme.

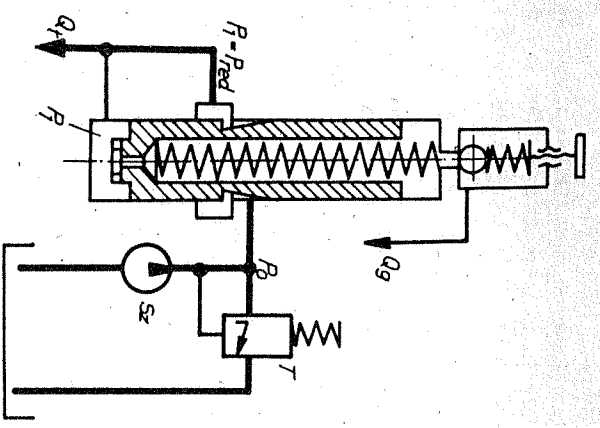
A nyomáscsökkentő szelep elvi vázlatát a 2.28 ábra szemlélteti.



2.28 ábra  
Nyomáscsökkentő szelep felépítésének elve és be-  
kötési módja

Működése a következő: Tétélezzük fel, hogy a  $p_0 = \text{const}$  nyomás hatására  $Q_t$  térfogatáram jut el a tolatyru vezérlőéle által létesített  $x_0$  nagyságú résen (munkapontnak tekinthető állapot). Ha pl. a  $Q_t$  a munkaponti állapothoz képest csökken, a  $p_1$  nyomás kis mértékben megnő, a tolatyru felfelé elmozdul, az  $x_0$  rés szűkül, azaz megnő a hidraulikus ellenállás. Előzőek miatt a  $p_1$  nyomás gyakorlatilag alig változik meg. A 2.28 ábrán látható nyomáscsökkentő szelep rugója és tolatyru átmérője erősen befolyásolják a szelep statikus hibáját, ezért a gyakorlat követelményeinek kielégítésére

jobb alkalmas ún. segédkörfolyamos nyomáscsökkentő szelep alkalmazása előnyösebb (2.29 ábra). A segédkörfolyamos nyomáscsökkentő szelep beépítése különösen indokolt, ha a redukált  $p_1$  nyomással működő



2.29 ábra  
Segédkörfolyamos nyomáscsökkentő szelep felépítése és bekötési módja

telet végrehajtó elemek csak időlegesen végeznek mozgást (tehát térfogatnyelésük is szakaszos), de ugyanakkor állandó szorítóerő kell kifejteniük. Működésének alapelve azonos a 2.28 ábrán látható szelep működésének alapelvevel; a gölyösszelep feladata megegyezik a túlfolyószelepnél leírt feladattal (ld. a 2.23 ábrát is), ezért a működését nem részletezzük. Csupán a  $Q_t = 0$  üzemi állapot (szorítás esete) nyomásviszonyaira térünk ki.

A  $p_1 = p_{\text{red}}$  nyomást a szelep úgy biztosítja, hogy  $Q_t = 0$  esetén is fenntartja a térfogatáramlást a tolatyru vezérlőélénél 'levő résen', ill. a tolatyruban kialakított furaton és a gölyösszelepen keresztül ( $Q_g$ ).

2.51.6 Nyomáskapcsoló szelep

Az eddig megismert nyomásirányító szelepek közül az előfeszítő- és a tehermentesítő szelep meghatározott kapcsolási feladatok végrehajtására alkalmazhatók. A kapcsolást a hidraulikus nyomás váltotta ki, ha az előírt megszabott értékre növekedett. A nyomáskapcsoló szelep ugyancsak egy előre megszabott nyomáshatár elérésekor működik, a "kapcsoló" jel azonban nem hidraulikus, hanem villamos jel. Egy nyomáskapcsoló elvi vázlatát mutatja a 2.30 ábra. A  $d$  átmérőjű dugattyúra ható  $p_1$  nyomás hatására a dugattyu  $x$  irányban elmozdul mindaddig, amíg a  $c$  rugó által kifejtett erővel egyensúlyba nem jut. Ha a dugattyuelmozdulás elegendően nagy, az érinkezőpár zárt állapotú lesz, azaz a szelep villamos jelet ad. Gyakori igény, hogy a nyomáskapcsoló rövid idejű, de a névleges nyomásértéket elérő nyomásimpulzus hatására ne működjék, csak akkor, ha ez a nyomáshatár huzamosabb ideig fennáll. A 2.30 ábrán látható nyomáskapcsoló gyors működésű (időállandója kicsiny), késleltetését egy fojtás bekapcsolásával lehet megoldani (2.31 ábra). A késleltetett működésű nyomáskapcsolók