

Хидраулика и пнеуматика

Хидраулички акумулатори (хидроакумулатори) - 12

Машински факултет Универзитет у Београду



доц. др Милан Раковић
Катедра за механику флуида

- речено је да постоје **основни** и **помоћни** елементи хидрауличких система

Основни елементи хидрауличких система:

- пумпе,
- радни флуид (уље),
- цеви и црева за равођење,
- вентили за управљање и контролу рада система,
- извршни органи: хидромотори и хидроцилиндри.

Помоћни елементи хидрауличких система не учествују у преносу или трансформацији снаге, нити у управљању радом система, али су важни за поуздан и правилан рад хидрауличног система. У ову групу спадају:

- резервоари,
- хладњаци и грејачи,
- филтери,
- елементи за праћење и надгледање рада система (манометри, термометри, протокомери),
- елементи за складиштење хидрауличке енергије (**хидроакумулатори**)

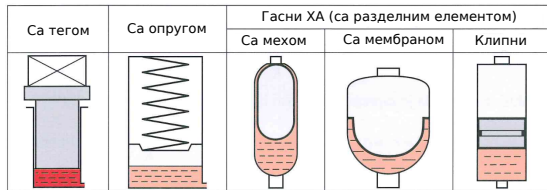
Улоге хидроакумулатора у хидрауличком систему:

- основни задатак ХА је да прихвати одређену запремину уља под притиском, да га складишти одређено време, и да га врати систему када се за то укаже потреба
- уштеда енергије услед избора пумпе мањег капацитета од максимално потребног
- да се обезбеди додатна количина уља под притиском услед ванредне ситуације (нпр. отказ пумпе) - **безбедносне операције**
- да се надокнади изгубљена количина хидрауличног уља услед процуривања
- амортизација хидрауличких и механичких удара у систему (нпр. нагло затварање вентила)
- да се смање пулзације притиска у систему услед примене запреминских пумпи
- да се надокнади запремина хидрауличног уља услед промене радне температуре и притиска

12.2 Врсте хидроакумулатора и принцип рада

- у зависности од начина акумулирања уља под притиском, хидроакумулатори се деле у три групе:

- (1) хидроакумулатори са тегом
- (2) хидроакумулатори са опругом
- (3) гасни (хидро-пнеуматски) хидроакумулатори



- (1) у овом случају, хидрауличка енергија коју ХА прима од система се претвара у потенцијалну енергију подигнутог терета, који својим деловањем преко клипа обезбеђује константан притисак систему

због мана као што су споро реаговање, велика маса и димензије, оваква конструкција се скоро уопште не користи

- (2) овде примљена хидрауличка енергија врши рад и сабија опругу. Сабијена опруга преко клипа обезбеђује притисак систему, који сада није константан, већ зависи од положаја опруге

- оваква конструкција има ограничену примену у случајевима када је потребно складиштити малу количину уља, нпр. ABS (anti-lock braking system) на аутомобилима



12.2 Врсте хидроакумulatora и принцип рада

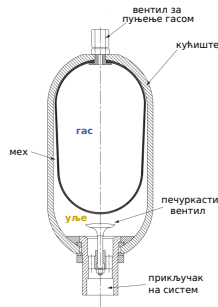
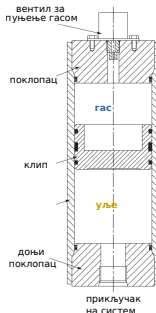
(3) Гасни (хидро-пнеуматски) ХА

- за разлику од уља које има веома малу стишљивост, гасови су веома стишљиви и та особина се може користити за директно складиштење енергије
- енергија коју ХА прима од система се чува у виду сабијеног флуида
- сабијени гас (најчешће азот) обезбеђује притисак систему када је то потребно
- у зависности од тога на који начин су у ХА раздвојени гас и уље, постоје три конструкције:
 - (а) гасни ХА са клипом
 - (б) гасни ХА са мехом
 - (в) гасни ХА са мембраном

(а) за разлику од случаја (1) овде се енергија складишти сабијањем гаса, а не подизањем клипа

- клип је овде лак и служи само да пренесе притисак са једног флуида на други

- мане су: инертност клипа, релативно велико трење између клипа и цилиндра, несавршено заптивање између ова два елемента - веома ретко се користи
- да би се обезбедило потпуно заптивање између гаса и уља, користи се деформатилни елемент који их потпуно раздваја, а који преноси поље притиска
- тако настају конструкције гасног ХА са **мехом (б)** и са **мембраном (в)**



12.2 Врсте хидроакумулатора и принцип рада

Како се врши складиштење енергије сабијањем гаса?

- ако се посматра компресија гаса од запремине V_0 , при притиску p_0 , до запремине V при вишем притиску p , израз за енергију која се акумулира током овог процеса компресије је:

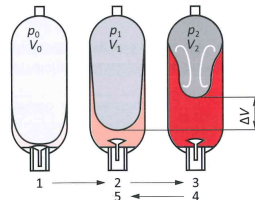
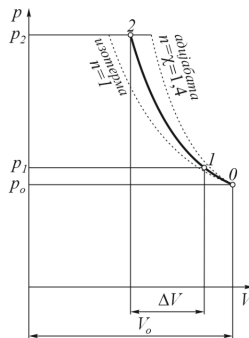
$$E_g = - \int_{V_0}^V p dV$$

(негативан предзнак јер се запремина смањује $dV < 0$)

- важно је разликовати следеће притиске:
 - p_0 - притисак претпуњења хидроакумулатора
 - p_1 - минимални радни притисак хидроакумулатора
 - p_2 - максимални радни притисак хидроакумулатора
- притисак претпуњења најчешће износи $p_0 \approx 0,9 p_1$. Ово ограничење постоји да се избегне чест додир меха са вентилом
- ако се ХА користи да ублажи пулзације притиска у систему, тада је $p_0 \approx 0,7 p_{sys}$
- постоји ограничење за однос p_2/p_0 да би се избегла превелика деформација меха/мембране:
 - ХА са мехом $p_2/p_0 < 4$
 - ХА са мембраном $p_2/p_0 < 8$

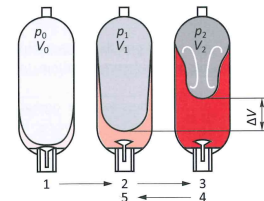
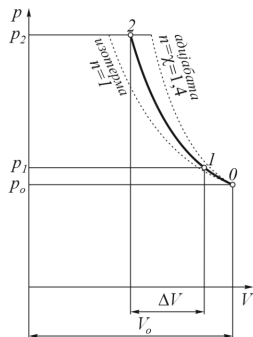
- при различитим притисцима гас има различиту запремину $p \nearrow V \searrow$
- процес компресије гаса је описан једначином:

$$p_0 V_0^n = p_1 V_1^n = p_2 V_2^n = \text{const}$$



дијаграм промене стања

12.2 Врсте хидроакумулатора и принцип рада

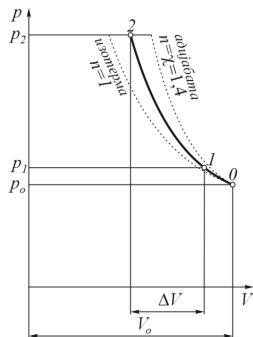


дијаграм промене стања

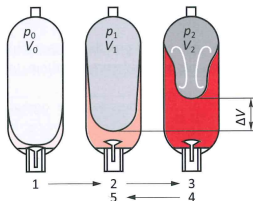
- у зависности од врсте процеса компресије експонент n има вредност у распону од 1 до 1,4 (важи за азот)
- (ређе се користи и аргон, али не и ваздух јер би изазвао оксидацију гуме, проблеме са корозијом, а спој уља и ваздуха под притиском и температуром може довести до експлозије)

- ако се процес сабијања одвија споро, сматра се да има довољно времена да се обави размена топлоте (настале услед сабијања) са околином и да температура гаса буде уједначена са температуром околине. Тада је процеса сабијања **изотермски** и важи $n = 1$
 - за брз процес сабијања, сматра се да нема времена да се обави размена топлоте и да је такав процес **адијабатски**, за њега важи $n = 1,4$
 - између ова два случаја налазе се **политропске промене** сања гаса, за које важи да експонент политропе има вредност $1 < n < 1,4$
-
- у пракси се примењује следеће правило везано за време трајања једног циклуса рада хидроакумулатора:
 - $T > 3 \text{ min}$ - изотермски процес, $n = 1$
 - $1 < T < 3 \text{ min}$ - политропски процес, $1 < n < 1,4$
 - $T < 1 \text{ min}$ - адијабатски процес, $n = 1,4$

12.2 Врсте хидроакумulatora и принцип рада



дијаграм промене стања



- запремина уља коју ХА прими из система у процесу сабијања је $\Delta V = V_1 - V_2$
- политропска промена стања идеалног гаса (исправна претпоставка за $p < 200 \text{ bar}$) описана је једначином

$$p_0 V_0^n = p_1 V_1^n = p_2 V_2^n = \text{const}$$

- на основу које се може показати да важи:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_0 \left[\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_2} \right)^{\frac{1}{n}} \right]$$

- притисци p_1 , p_2 и испоручена запремина ΔV зависе од задатка који ХА преба да обави у систему, тако да на основу претходне једначине конструктор може извршити димензионисање и избор ХА:

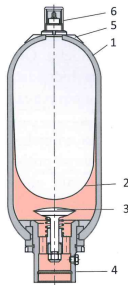
$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_2} \right)^{\frac{1}{n}}}$$

Димензионисање ХА

- подразумева одређивање оптималне запремине ХА V_0 и притиска претпуњења p_0
- при минималном радном притиску p_1 гас има запремину V_1 , а при максималном радном притиску p_2 гас има запремину V_2

12.2 Врсте хидроакумулатора и принцип рада

Хидроакумулатори са мехом



Основни делови:

- 1 - челична боца
- 2 - гумени мех
- 3 - печуркасти вентил
- 4 - прикључак на систем
- 5 - поклопац
- 6 - вентил за пуњење гасом

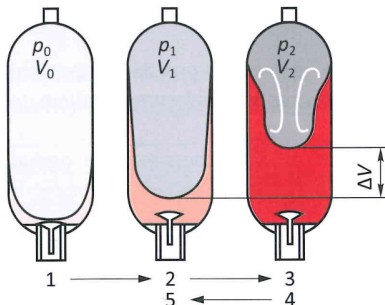
- унутар акумулатора се налазе две коморе: за уље и за компримовани гас. Пре почетка рада система притисак гаса се подешава на притисак претпуњења p_0
- када у току рада система притисак уља достигне најмањи радни притисак p_1 , уље се доводи у ХА и почиње да сабија гас у меху и да повећава његов притисак
- када притисак у хидроакумулатору достигне највећу вредност p_2 , ХА је напуњен и привремено се прекида његова веза са системом
- у ХА се успоставља равнотежа - када притисак гаса једнак је притиску уља
- **Запремински капацитет хидроакумулатора** V_a се дефинише као запремина хидрауличног уља које се доведе у хидроакумулатор током његовог пуњења (повећања притиска од p_1 до p_2)

$$V_a = V_1 - V_2 = V_0 \left[\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_2} \right)^{\frac{1}{n}} \right]$$

- ту запремину уља хидроакумулатор испоручује систему током пражњења (смањења притиска од p_2 до p_1)
- печуркасти вентил управља везом ХА са системом и својим обликом спречава да мех прође у хидраулички вод приликом пражњења ХА и тако се оштети
- ХА са мехом се израђују у свим димензијама, капацитета **(1 ÷ 500) lit**

12.2 Врсте хидроакумulatora и принцип рада

Фазе у току једног радног циклуса хидроакумulatora са мехом



Постоје следеће фазе:

- 1 - вентил је затворен, хидроакумulator није повезан са системом. У гасу влада притисак претпуњења p_0
- 2 - притисак у систему достиже најмањи радни притисак p_1 , вентил се отвара, хидроакумulator се повезује са системом и почиње његово пуњење током којег притисак расте

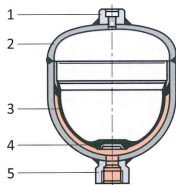
- 3 - притисак достиже највећи радни притисак хидроакумulatora p_2 , при којем се пуњење завршава, он се искључује са система. У овом тренутку у њему је акумулирана енергија,
 - 4 - притисак у систему је опао испод највећег радног притиска хидроакумulatora p_2 , вентил се отвара и почиње пражњење хидроакумulatora. Током истицања уља под притиском из њега, гас у меху се шири и његов притисак опада
 - 5 - када притисак опадне до најмањег радног притиска хидроакумulatora p_1 , ХА је испоручио ускладиштену количину енергије и сада се вентил поново затвара и ХА постаје искључен са система. Овим је завршен један радни циклус
-
- да би се избегла превелика деформација меха, често се ограничава однос највећег и најмањег радног притиска према услову $p_2/p_1 \leq (3 \div 4)$

12.2 Врсте хидроакумulatora и принцип рада

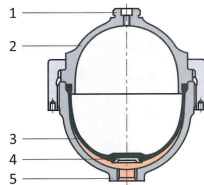
Хидроакумulator са мембраном



a)



b)



c)

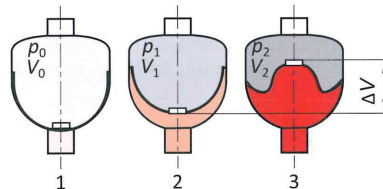
Основни делови:

- 1 - вентил за пуњење гасом
- 2 - челична боца
- 3 - мембрана
- 4 - печуркасти вентил
- 5 - прикључак на систем

- два дела челичне боце могу бити заварена или спојена завртњевима (тада је могућа замена мембране)
- мембрана може бити гумена или од валовитог лима (за мање запремине)

- принцип рада је исти као у претходном случају, само што се овде уместо меха користи мембрана да раздвоји комору за гас од коморе за уље
- уобичајена кугласта форма металног суда (која се овде користи) има двоструко мање напоне од цилиндричне форме при истом притиску
- мада цилиндрична форма може бити погоднија за смештај у оквиру машине, нарочито за веће запремине
- оваква конструкција ХА се израђује за мање запремине, до 5 lit. Могуће су више вредности односа p_2/p_0 него код ХА са мехом

Фазе у току једног радног циклуса хидроакумulatora са мембраном

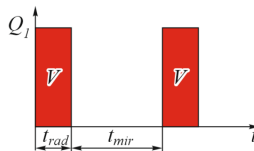


12.3 Примери примене хидроакумулатора

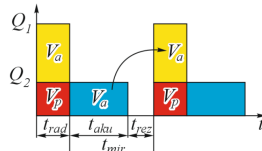
Пример 1

Избор пумпе мањег капацитета од максимално потребног

- хидраулички систем поседује један ХЦ. који обавља једну операцију у трајању од t_{rad} , након чега мирује t_{mir}
- у кратком временском периоду цилиндру је потребан велики проток Q_1 (слика а)
- иако је време ангажовања кратко, пумпа мора имати велики капацитет да би испоручила потребан проток
- после тога, она је дуже време неискоришћена, тј. уље се враћа у резервоар, без обављања било каквог корисног задатка
- овакав рад система није економичан. Ефикасност система се може побољшати уградњом ХА који омогућава коришћење пумпе значајно мањег капацитета
- идеја је (слика б) да током периода стајања цилиндра, пумпа напуни ХА, а потом ће, за рад хидроцилиндра, један део протока Q_1 обезбедити пума, а други део ХА
- за пуњење хидроакумулатора, предвиђа се време нешто краће од времена мировања хидрауличног цилиндра ($t_{aku} < t_{min}$), да би се обезбедило резервно време (t_{rez}) за пуњење акумулатора



а)



б)

Колико износи проток мање пумпе која ради заједно са ХА (б) у односу на проток веће пумпе без ХА (а) ?

- запремина коју је потребно испоручити ХЦ је

$$V = Q_1 t_{rad}$$

- она се решењем (б) обезбеђује мањом пумпом и ХА

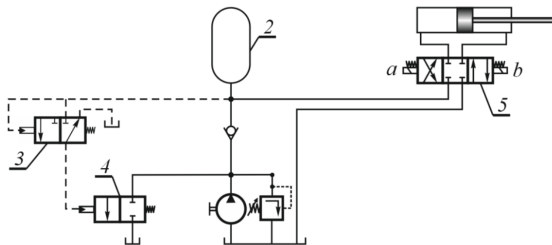
$$V = V_p + V_a = Q_2 t_{rad} + Q_a t_{aku} = Q_2 (t_{rad} + t_{aku})$$

- изједначавањем запремина добија се

$$Q_2 = \frac{t_{rad}}{t_{rad} + t_{aku}} Q_1 \quad \Rightarrow \quad Q_2 \ll Q_1 \quad q_{p2} \ll q_{p1}$$

12.3 Примери примене хидроакумулатора

- на овај начин користи се мања (јефтинија) пумпа, и смањено је време током ког она не врши користан рад (са t_{mir} на t_{rez})
- на слици је приказан један овакав систем

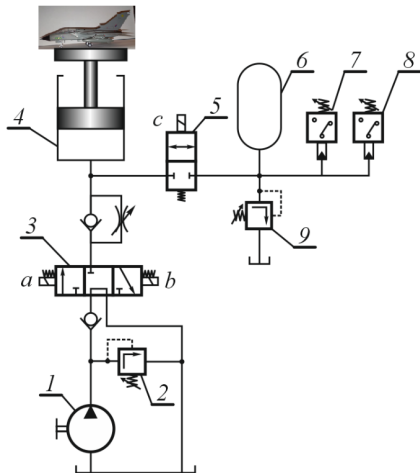


- за време мировања цилиндра, притисак у потисном воду пумпе расте, када достигне минимални радни притисак ХА (p_1), пумпа (1) почиње да пуни хидроакумулатор (2)
- **Подсетник значање линија:**
 - **пуна** - напојни вод (цевовод за транспорт уља)
 - **испрекидана** - сигнални вод или одвод (дренажа)

- по достизању највишег радног притиска (p_2) активира се хидраулички управљан разводник (3) и притисак у сигналном воду ка разводнику за растерећење пумпе (4) расте, сабија опругу и отвара разводник (4)
- активирањем овог разводника растеређује се пумпа (њен потисни вод се повезује са резервоаром), и њен даљи рад сводиће се на претакање уља ка резервоару, без озбиљнијих енергетских губитака
- у акумулатору је сачувана одређена количина енергије. Притисак ХА ће затворити неповратни вентил и истовремено држати активирањем разводник 3
- када дође до потребе за радом ХЦ, разводни вентил (5) се пребацује у радни положај, уље из ХА одлази ка разводнику
- хидраулички управљан вентил (3) се затвара услед пада притиска у његовом сигналном воду
- сигнални вод ка разводнику (4) за растерећење пуме више није под притиском па услед дејства опруге долази до затварања разводника (4)
- пумпа отвара неповратни вентил и заједно са ХА шаље уље у ХЦ
- по превођењу разводника (5) у неутрални положај и заустављању ХЦ, цео процес се понавља

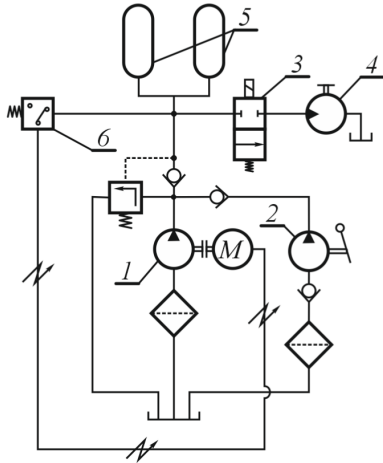
12.3 Примери примене хидроакумулатора

Пример 2 Уштеда енергије



- приказан је хидраулички систем који служи за подизање великог терета
- спуштање терета се одвија под силом теже
- уградњом **ХА** може се уштедети значајна количина енергије
- систем се састоји од пумпе (1), хидроцилиндра (4), акумулатора (6) у паралелној линији и управљачких и регулационих елемената
- спуштање терета почиње када се под напон стави електромагнет с разводника (5), чиме се он доводи у отворен положај
- терет почиње да се спушта и потискује уље из цилиндра у **ХА** (6)
- када се у акумулатору достигне највиши радни притисак, електрохидраулички вентил (8) искључује електромагнет с и истовремено ставља под напон електромагнет b разводника (3)
- разводник спаја хидроцилиндар са резервоаром и преостало уље се кроз неповратни пригушни вентил контролисано враћа у резервоар
- за подизање терета се под напон стављају електромагнети а и с , чиме се уље из пумпе и **ХА** доводи у хидроцилиндар
- уколико притисак у акумулатору падне испод притиска који је подешен на електрохидрауличком прекидачу (7), он ставља ван погона електромагнет с. Разводник (5) се затвара, па подизање до краја наставља сама пумпа
- искоришћена је потенцијална енергија великог терета, она је помоћу **ХЦ** претворена у хидрауличку енергију и акумулирана је у **ХА**

Обављање специфичне операције
(покретање бродског мотора)

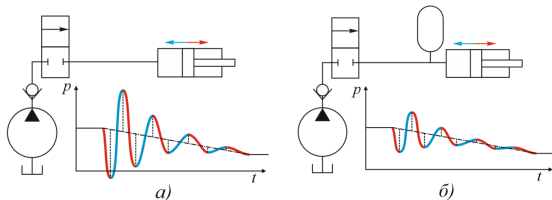


- Коришћење гидроакумулатора за обављање једне операције приказано је на примеру старта бродског мотора
- укључивањем електромагнета разводника (3) пропушта се уље под притиском из гидроакумулатора (5) ка хидромотору (4) и покреће га
- хидромотор је у кинематичкој вези са коленастим вратилом мотора СУС, па га својим окретањем покреће
- када мотор СУС почне самостално да ради, електромагнет разводника се искључује, чиме се разводник (3) враћа у затворен положај, а хидромотор престаје да ради
- када се притисак у акумулатору спусти на ниво претпњуења, електрохидраулички прекидач (6) укључује електромотор и пумпу (1) која врши пуњење гидроакумулатора
- на цртежу је приказана и ручна пумпа (2), која служи као замена електрично погоњене пумпе у случају њеног отказа.

12.3 Примери примене хидроакумулатора

Пример 4

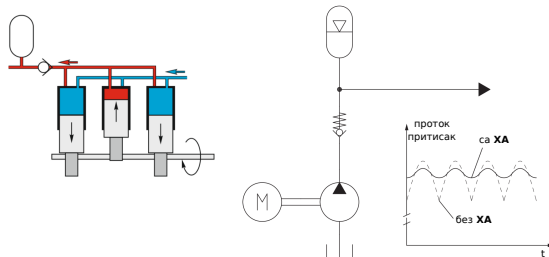
Амортизација хидрауличног удара



- раније је објашњено да ће при затварању разводника у водовима актуатора доћи до значајних осцилација притиска (слика а)
- осцилације настају услед инерцијалног кретања нагло заустављених покретних маса и самог флуида
- уградњом **XA** (слика б), може се знатно ублажити осциловање притиска
- осцилације и ударна оптерећења настала затварањем разводника, прихватиће и амортизовати гас и флуид у хидроакумулатору

Пример 5

Смањење пулзација притиска и протока

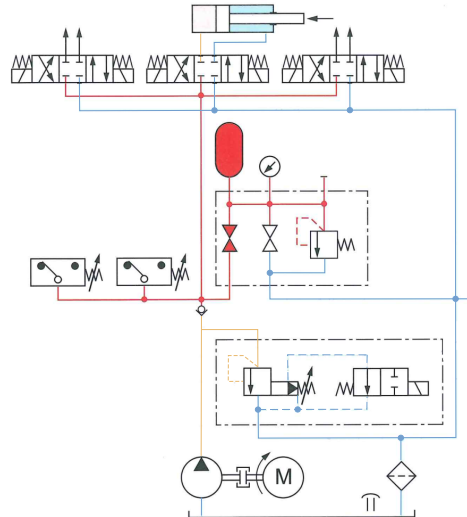
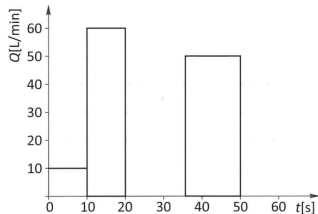


- прихватање и амортизација ударних оптерећења у инсталацији, без обзира на узрок њиховог настанка, је још једна од врло честих намена **XA**
- све пумпе раде са мањим или већим пулзацијама притиска и протока, ова неравномерност је већа што има мање радних елемената (зуба, крилаца, клипова и сл.)
- уградњом **XA** непосредно иза пумпе ове пулзације ће се значајно ублажити. Њих ће прихватити гас и флуид у **XA**, па ће проток и притисак на излазу бити знатно равномернији

12.3 Примери примене хидроакумулатора

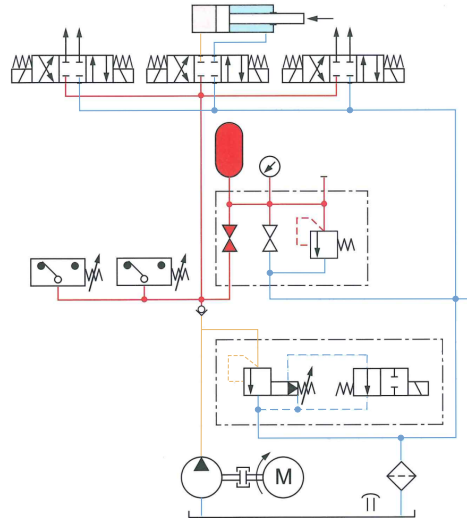
Пример 6: Складиштење енергије

- Пример примене ХА за складиштење енергије на машини за бризгање пластике која има хидраулички погон
- код ове машине су за обављање појединих функција потребни вишеструко различити протоци
- нпр. највећи проток је потребан код брзог кретања (затварања) алата - калупа за бризгање, а најмањи проток је потребан за померање механизма за бризгање
- у току радног циклуса постоје и паузе када нема потребе за протоком, нпр. када је комад у калупу хлади
- потреба система за протоком уља у току једног радног циклуса је приказана на дијаграму



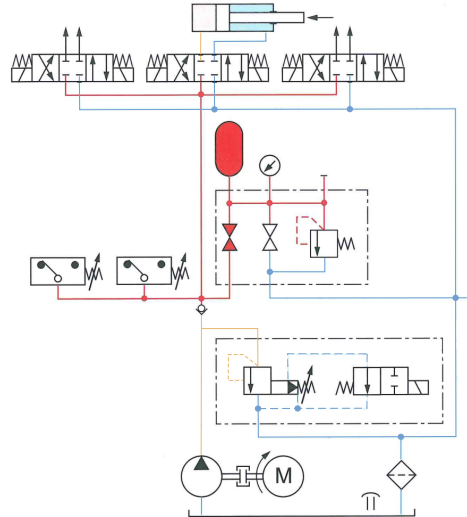
12.3 Примери примене хидроакумулатора

- економски није оправдано димензионисати пумпу према максималном протоку који је потребан кратак временски период
- због тога се у систем уграђује ХА
- када пумпа обезбеђује проток који је већи од захтева система, или систем не захтева никакан проток, тада уље под притиском одлази у ХА и пуни га
- када извршни органи захтевају већи проток од оног који пумпа може да оствари, тада се ХА празни а уље под притиском се усмерава ка извршним органима
- у склопу акумулаторског уређаја постављени су сигурносни вентил и славина за растерећење од притиска
- са леве стране су постављени електрохидраулички прекидачи са мерењем две вредности притиска (најмање p_1 и највећег p_2). Они одређују када је ХА прикључен на систем, а када не



12.3 Примери примене хидроакумулатора

- све док је притисак у ХА $p < p_2$, а систем захтева мањи проток од Q_p или не захтева проток, електромагнет растеретног вентила пумпе је под напоном, пумпа отвара неповратни вентил и потискује уље у ХА
- када се достигне p_2 ХА је пун
- електромагнет растеретног вентила пумпе више није под напоном и пумпа је растерећена (шаље уље у резервоар), а неповратни вентил је затворен
- када се укаже потреба за већим протоком уља од оног који обезбеђује пумпа, тада се електромагнет растеретног вентила пумпе ставља под напон, пумпа шаље уље ка извршним органима, а истовремено и ХА шаље уље под притиском како би извршни органи добили потребан проток

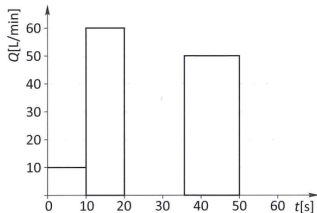


12.3 Примери примене хидроакумулатора



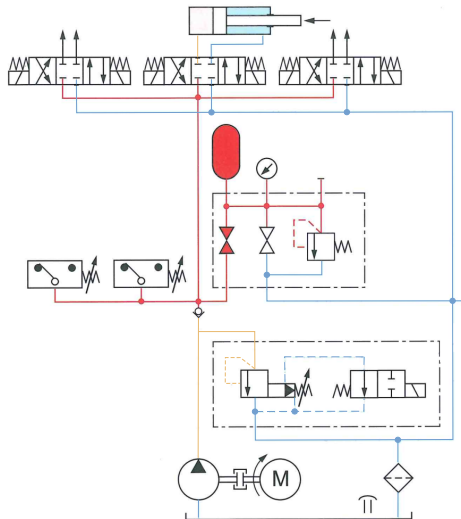
Пример 6: Задатак 1

Хидраулички систем ради у циклусима чије је трајање 60 s. Потребан проток уља током радног циклуса је дат на слици.



Максимални радни притисак током радног циклуса је 140 bar. У хидраулички систем је уграђена пумпа константног капацитета. Занемарујући запреминске и хидромеханичке губитке унутар пумпе, одредити захтевани проток и снагу пумпе у следећим случајевима:

- када у систем није уграђен ХА,
- када је у систем уграђен ХА, ако је највећи дозвољени притисак 200 bar.

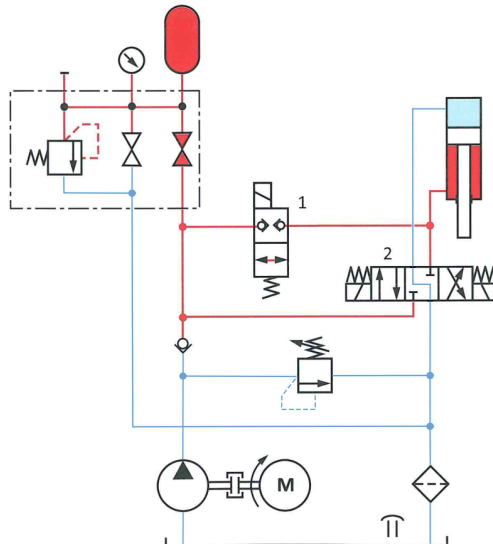


12.3 Примери примене хидроакумулатора



Пример 7: Сигурносне операције

- приказани ХА са припадајућом опремом има задатак да у случају нестанка електричне енергије обави сигурносну операцију увлачења клипњаче хидроцилиндра
- приликом нестанка струје пумпа више не ради и не остварује притисак. У горњем делу система, који је од доњег одвојен неповратним вентилом, притисак одржава ХА
- приликом нестанка струје, електромагнети разводника више нису под напоном, што значи да ће њихов положај одредити опруге
- разводник 1 ће опруга довести у отворен положај, при којем је ХА спојен са клипњачином комором хидроцилиндра. Уље под притиском које долази из ХА тежи да подичне клип, тј. да увуче клипњачу
- то је могуће само ако уље из клипне коморе има где да оде
- опруге разводника 2 ће га довести у неутралан положај, при којем је клипна комора ХЦ spoјена са резервоаром и омогућава отицање уља у резервоар
- ХА ће обавити сигурносну операцију увлачења клипњаче хидроцилиндра

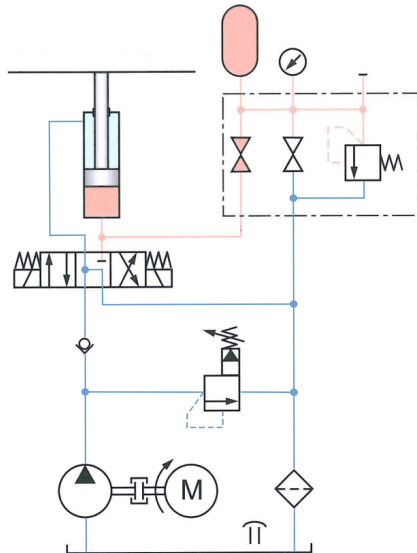


12.3 Примери примене хидроакумулатора



Пример 8: Одржавање константног притиска - допуна дренажних губитака

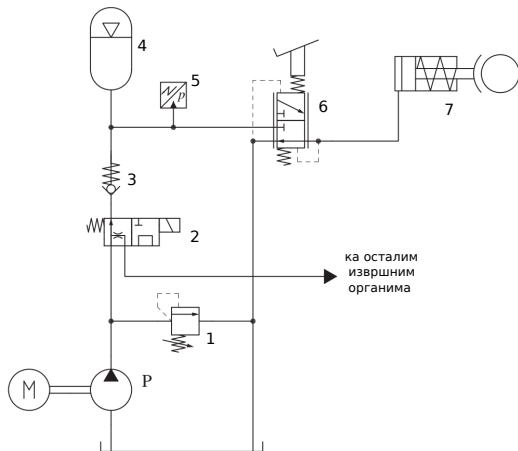
- у неким случајевима је потребно одржавати константан притисак у делу хидрауличног система током одређеног времена
- запремински губици, нпр. услед процуривања кроз зазоре у разводницима, доводе до пада притиска током времена
- ако је ово потребно избећи, може се уградити ХА који ће надокнадити исцурело уље и одржавати потребан притисак
- убијачени пример је држање клипа хидроцилиндра са теретом у задатом положају одређени временски период
- терет и клип стварају велики притисак у клипној комори што током времена доводи до исцуривања уља
- ову количину уља ће надокнадити ХА
- да нема њега пумпа би морала да ради под пуним оптерећењем тако да одржава притисак у клипној комори (уз помоћ пригушнице), а вишак уља да иде у резервоар преко сигурноског вентила (пумпа ради под највећим оптерећењем што је непожељно)



12.3 Примери примене хидроакумулатора

Пример 9: Поједностављен систем хидрауличке кочнице

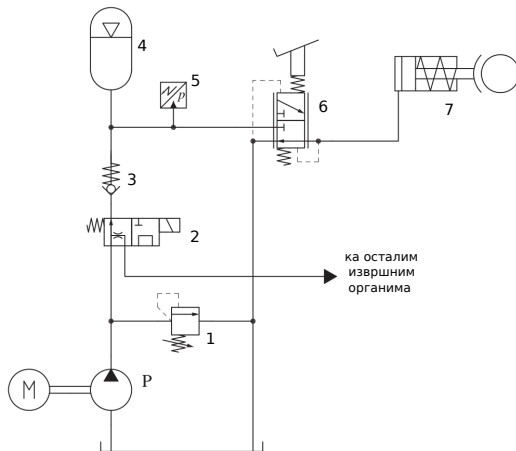
- пумпа снабдева ХА кроз разводни вентил (2) ознаке 3/2 и кроз неповратни вентил (3)
- пумпа снабдева и друге потрошаче, тај део хидрауличног система није приказан
- електрохидраулички прекидач (5) управља електромагнетом разводника (2)
- када у ХА влада $p < p_2$ електромагнет је без напајања и разводни вентил (2) је у неутралном положају, пумпа снабдева оба дела система, мада је проток ка другим потрошачима редукован. Примарно се снабдева ХА (пуни се)
- када се достигне највиши радни притисак p_2 , електрохидраулички прекидач (5) ставља под напон електромагнет разводника (2) и он заузима други положај
- ХА је напуњен и притисак у њему затвара неповратни вентил (3) који спречава цурење
- у делу система изнад неповратног вентила (3) ХА одржава притисак, док пумпа сав проток преусмерава ка другим потрошачима



12.3 Примери примене хидроакумулатора

Пример 9: Поједностављен систем хидрауличке кочнице

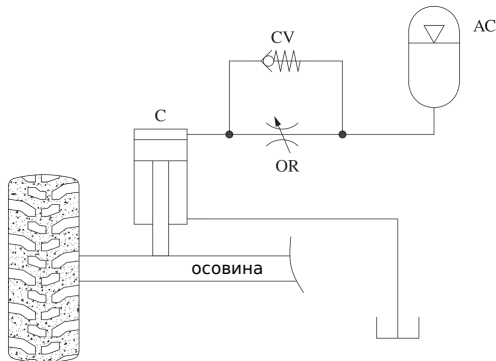
- ХА снабдева уљем под притиском пропорционални разводник (6), који функционише као вентил за регулацију притиска, при чему његово подешавање зависи од положаја папучице кочнице (механичко управљање)
- деловањем на папучицу прорушта се уље под притиском ка хидроцилиндру (7) који извршава кочење
- у питању је ХЦ једносмерног дејства. По престанку деловања на папучицу, опруга враћа пропорционални разводник у неутрални положај. Клипна комора се спаја са резервоаром, а повратни ход се извршава дејством опруге
- сваким притиском на кочницу одређена количина уља напушта ХА и притисак у њему опада
- када опадне до најмањег радног притиска p_1 , електрохидраулички прекидач (5) искључује напајање електромагнета и разводник (2) се враћа у неутралан положај, чиме опет почиње пуњење ХА



12.3 Примери примене хидроакумулатора

Пример 10: Амортизација удара

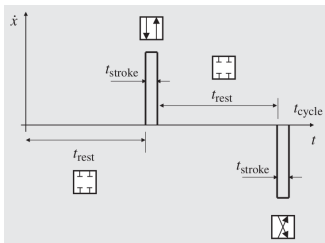
- проблем вешања на теренским возилима се може решити применом хидрауличког система
- хидроцилиндар повезује шасију возила и осовину
- када точак удари у избочину неравног терена клипњача хидроцилиндра прихвата ударно оптерећење и шаље уље под притиском у ХА. Проток се остварује кроз отворени неповратни вентил
- након савладавања препреке, притисак у ХА потискује уље кроз пригушницу назад у ХЦ (неповратни вентил је затворен)
- без примене пригушнице уље би наизменично мењало смер кретања и систем би осциловао, што би се неповољно одразило на стабилност возила
- пригушница има задатак да пригуши ове осцилације



12.3 Примери примене хидроакумулатора

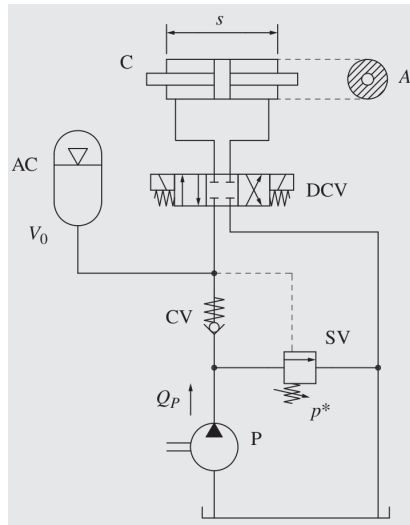
Пример 11: Задатак 2

Извршни орган приказаног хидрауличног система је ХЦ са двостраном клипњачом, активне површине клипа $A = 200 \text{ cm}^2$. Систем ради у поновљивим циклусима чије је трајање 60 s . У сваком радном циклусу након паузе од 27 s клип изврши цео радни ход удесно за време од 3 s , затим опет следи пауза од 27 s и циклус се завршава ходом улево у трајању од 3 s , што је приказано на следећој слици:



Ход износи $s = 250 \text{ mm}$. При кретању у оба смера се савладава спољашња сила (увер је усмерена супротно од смера кретања) која износи $F = 300 \text{ kN}$. Проток који остварује пумпа је $Q = 181 \text{ l/min}$, а сигурносни вентил (редоследни вентил) је подешен на $p^* = 200 \text{ bar}$.

- (a) Димензионисати ХА који је неопходан да систем са слике изврши описани задатак. Колико износи исталасана снага са ХА, а колико би износила без њега?
- (б) На дијаграму приказати како се у току једног радног циклуса мењају притисак пумпе и хидроакумулатора (p_p , p_{ac}), ако и протоци које испоручују пумпа и ХА (Q_p , Q_{ac}) и проток који прихвата ХЦ (Q_c).



12.3 Примери примене хидроакумулатора

решење задатка под (6)

