

Хидраулика и пнеуматика

Вентили притиска - 09

Машински факултет Универзитет у Београду



доц. др Милан Раковић
Катедра за механику флуида

9.1 Увод

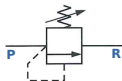
- притисак у систему зависи од спољашњег оптерећења, како је више пута речено, ипак помоћу посебних вентила може се утицати на вредност притиска
- улога **вентила притиска** је да утичу на вредност притиска у деловима хидрауличног система или у целом систему
- на основу задатка који обављају **вентили притиска** се деле на:

(9.2) вентили за ограничење притиска (сигурносни)

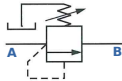
(9.3) редоследни (укључно-искључни) вентили

(9.4) регулатори притиска (редукциони вентили)

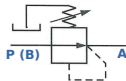
(9.2)



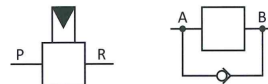
(9.3)



(9.4)



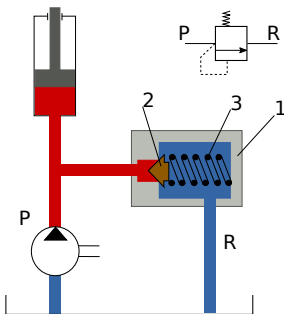
- радни елементи у вентилима могу бити: кугла, конус, плоча (диск), цилиндрични клип
- према начину управљања вентили притиска се деле на:
 - директно управљани (обични)
 - индиректно управљани (са предуправљањем)
- додаци на шематским ознакама могу представљати:
 - индиректно управљање
 - обилазни вод преко неповратног вентила



- лекција ће бити подељена на ове три целине

9.2 Вентили за ограничење притиска

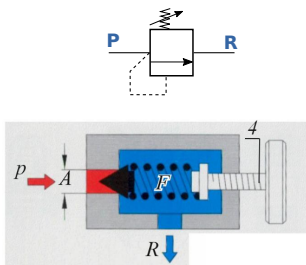
- имају задатак да **ограниче максималну вредност притиска** у целом хидрауличком систему или у одређеном његовом делу
- називају се још *сигурносни* или *растеретни вентили*
- симбол говори да је вентил нормално у затвореном положају
- да ли ће бити отворен или затворен зависи од односа сила и то: силе опруге и силе притиска коју ствара притисак испред вентила



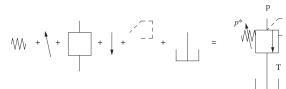
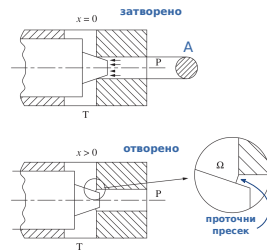
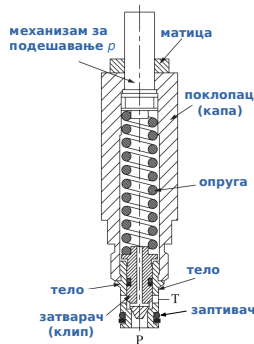
- принцип рада је приказан на слици. Притисак у систему зависи од оптерећења ХЦ
- у паралелној вези са ХЦ се налази вентил за ограничење притиска који има тело (1), затварач (2) и опругу (3). Комора у којој се налази опруга је повезана са резервоаром
- притисак система делује на конусни затварач стварајући силу притиска која тежи да отвори вентил
- томе се противи сила опруге. Опруга је изабрана тако да је за њено отварање потребан притисак у систему који је за $(5 \div 15) \%$ већи од максималног предвиђеног радног притиска
- тај притисак се назива притисак сигурносног вентила и означава се са p_{sv} или p^*
- све компоненте система су прорачуната за тај притисак и преоптерећење би их могло оштетити
- због тога се користи вентил за ограничење притиска, који ће се у том случају отворити. Систем ће бити заустављен али ће компоненте бити сачуване од оштећења

9.2 Вентили за ограничење притиска

- најчешће вентил има могућност подешавања преднапрезања опруге, тј. подешавања силе потребне за отварање вентила, тј. **подешавања притиска сигурносног вентила** p_{sv} или p^*
- то се на симболу означава стрелицом преко опруге
- омогућено је завртњем (4). У телу вентила постоји навој у који је увијен завртањ (4), па се обртно кретање претвара у транслаторно

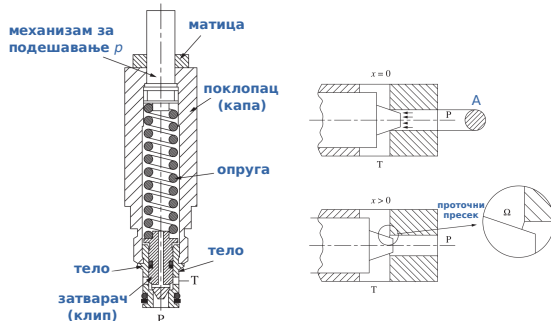


- пресек директно управљаног (обичног) вентила за ограничење притиска, са могућношћу подешавања p^* је приказан на слици



- притисак система делује на површину A , па је сила коју ствара pA . Њој се супротставља сила опруге F_0
- када притисак достигне **притисак сигурносног вентила** $p^* = F_0/A$, клип се подиже, сабија опругу и остварује се веза $P \rightarrow T$
- док је $p < p^*$, вентил је **затворен**
- када је $p \geq p^*$, вентил је **отворен**

9.2 Вентили за ограничење притиска

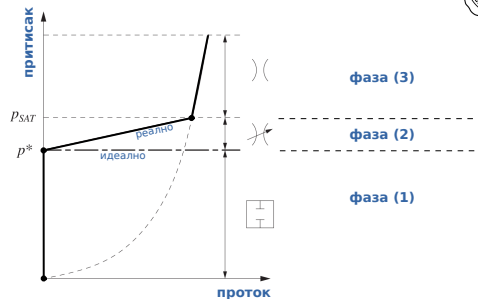


Да ли вентил обезбеђује да притисак система увек буде $p < p^*$?

- понашање вентила, тј. зависност протока и притиска се може приказати графички. Ту се препознају три фазе:

(1) $p < p^*$ - вентил је затворен, нема протока

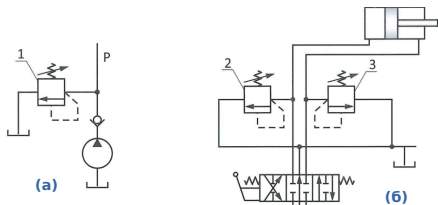
(2) $p^* < p < p_{sat}$ - вентил се отвара, опруга се сабија. Делимичним сабијањем опруге повећава се њена сила F_0 , па је сада потребан нешто већи притисак од p^* да би се она даље сабила. У овој фази се мења величина проточног пресека. Вентил се понаша као пригушница променљивог попречног пресека



- (3) $p > p_{sat}$ - вентил је максимално отворен, клип је достигао своју спољну зауставну тачку. Даље није могуће сабити опругу и померити клип, тј. није могуће повећати проточни пресек. Каже се да је достигнут притисак засићења p_{sat} . Вентил се сада понаша као пригушница фискне површине отвора. Даље повећање Q се може остварити екстремним повећањем p . Вентил треба изабрати тако да се не достигне тачка засићења!
- понашање вентила (опруге) се од реалног може приближити ка идеалном смањењем крутости опруге. Ово је у супротности са захтевом да p^* има високу вредност (што ће касније бити важно)

9.2 Вентили за ограничење притиска

Примери места уградње вентила за ограничење притиска



(б) помоћни вентили за ограничење притиска помоћу којих се дефинише максимална могућа вредност притиска у клипној и клипњачиној комори. Често се користе у мобилној хидраулици. Ови вентили могу бити интегрисани у разводни вентил. На овај начин се обезбеђује да спољашње оптерећење неће створити прекомерни притисак у овом делу система

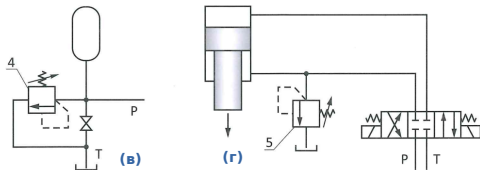
(в) заштита хидроакумулатора од преоптерећења

(г) систем садржи хидроцилиндар значајних димензија. Клип има велики пречник да би биле остварене велике силе потребне за пресовање

Ако за време пресовања из неког разлога дође до затварања вода клипњачине коморе дошло би до великог повећања притиска у њој

Однос активних површина клипа са једне и друге стране дефинише однос притисака клипне и клипњачине коморе

Као мера заштите уграђује се вентил за ограничење притиска клипњачине коморе

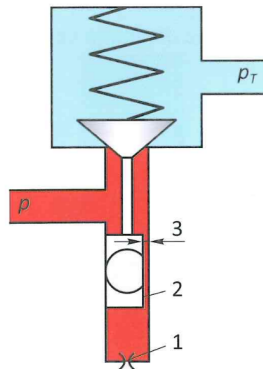


(а) ограничење притиска у целом систему, уобичајена употреба

9.2 Вентили за ограничење притиска

Осцилаторно кретање затварача

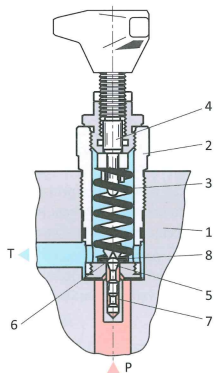
- протицање уља кроз седиште вентила није равномерно. При отварању вентила за микро тренутак ће истећи одређена количина уља, па долази до краткотрајног пада притиска у систему што ће накратко затворити вентил
- међутим, пумпа и даље потискује нову количину уља и притисак се повећава, што отвара вентил. Процес се понавља са јако великом фреквенцом. Поред тога, систем има осцилаторно својство маса-опруга
- наведене појаве доводе до вибрација у систему, које резултују вибрацијама притиска у систему, динамичким деструктивним ударима затварача у седиште и непријатних шума
- да би се то избегло, предузимају се мере за спречавање вибрација
- додаје се цилиндар за пригушење
- у њему се налази клип са одговарајућим зазором. Кретање затварача проузрокује кретање клипа
- кретање клипа у оваквом цилиндру ће довести до поља притиска у уљу које ће створити силу такву да се противи кретању клипа
- ова сила се преноси на затварач и проузрокује пригушење



- у клипној комори цилиндра се може поставити пригушница. Да би се вентил затворио он мора потиснути клип кроз цилиндар, што ће изазвати струјање уља кроз пригушницу
- овакво струјање ће пружити отпор кретању клипа и затварача и тако пригушити осцилације. Слично је при отварању затварача

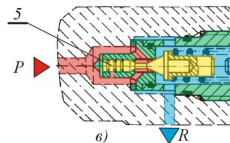
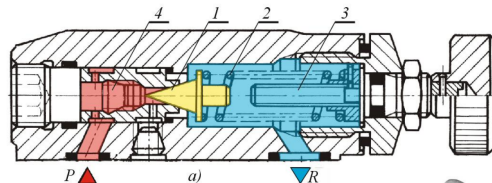
9.2 Вентили за ограничење притиска

- механизам за пригушење осцилација се види на следећем примеру увртног вентила за ограничење притиска



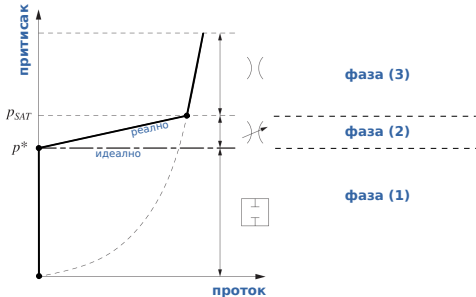
- вентил се као целина уврће у отвор у блоку (1)
- вентил има механизам (4) за подешавање притиска отварања p^* , на тај начин што се мења преднапрезање опруге (3)

- затварач (5) се налази у вези са клипом за пригушење (7)
- клип се налази у цилиндру. Између њих постоје прописани зазори
- на дну цилиндра за пригушење могла би се изградити пригушница као још једно решење за пригушење осцилација (она није коришћена у овом случају)
- још једна конструкција без (а) и са (в) клипом за пригушење је приказана на слици



9.2 Вентили за ограничење притиска

- предности вентила за ограничење притиска су брз одзив, једноставна и поуздана конструкција
- квалитет вентила за ограничење притиска се одређује на основу следећих критеријума:
 - зависност притиска и протока (већ приказано)
 - проток кроз вентил при p_{sat}
 - динамичко понашање вентила

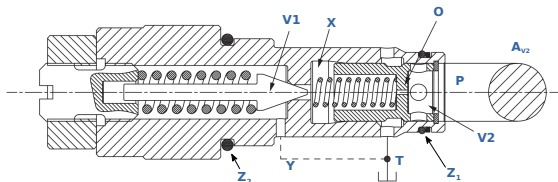


- идеална крива би се постигла ако би вентил увек радио при $p < p_{\text{sat}}$ (фаза 3 не би постојала) и ако би опруга била мале крутости па би се при p^* вентил отворио до краја (фаза 2 не би постојала)

- други захтев је у супротности са захтевом да p^* има високе вредности
- са претходних цртежа се може видети да су коришћене масивне опруге, значајне крутости (да би издржале силе притиска све док је $p < p^*$)
- ово посебно долази до изражаја када се од вентила очекује да може пропустити **значајне протоке**
- да би то било могуће отвор мора бити веће површине, па следствено и клип (затварач)
- услед веће површине главног клипа, сила притиска ће бити већа, па је потребно користити опругу значајно већих димензија и крутости
- ово доводи до проблема као што су повећање фазе 2, значајно повећања димензија вентила...
- проблем се решава коришћењем **предуправљаних** или **индиректно управљаних вентила за ограничење притиска**
- као што ће бити приказано, они имају једну опругу велике крутости и једну опругу мале крутости, чиме су испуњени контрадикторни задаци који се стављају пред овај вентил

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

- Индиректно управљани вентили за ограничење притиска имају две опруге и два покретна елемента (клипа) и то главни **V2** и предуправљани **V1**



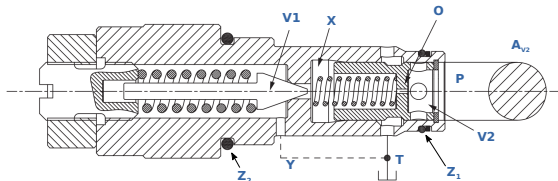
- са десне стране се налази прикључак повезан са пумпним водом **P**
- притисак пумпе делује на главни клип **V2** на велику активну површину **A_{V2}**
- положајем главног клипа регулише се да ли је вод **P** повезан са водом **T** (резервоаром) кроз бочне отворе на главном клипу и телу вентила (приказан је затворени положај)
- главни клип у себи има отвор - блену **O**
- са леве стране на главни клип делује **опруга мале крутости**

- када је вентил у затвореном положају, уље мирује и поље притиска p_p се кроз бленду из пумпног вода преноси и у комору **X**
- притисак p_p делује са обе стране главног клипа па се ове силе поништавају
- преостаје сила опруге мале крутости. Ова мала сила држи главни клип у затвореном положају
- Речено је да се поље притиска p_p преноси у комору **X**. Сила притиска делује на предуправљани клип **V1**
- однос ове силе притиска и силе коју ствара **опруга велике крутости** дефинише да ли је вентил отворен или не
- притисак вентила p^* се подешава предсабијањем опруге велике крутости
- ако би се изоставили делови десно од предуправљаног клипа, конструкција би представљала директно управљани вентил за ограничење притиска
- треба приметити заптивни прстен **Z1** који са спољашње стране раздваја поља притиска p_p и p_T
- заптивач **Z2** раздваја простор отвора у блоку у који се вентил уврће од спољашњости

Како се понаша вентил када се достигне p^* ?

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

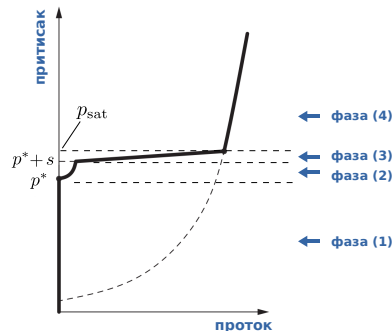
Како се понаша вентил када се достигне p^* ?



- притисак p^* који влада у обе коморе испред и иза главног вентила, делује и на предуправљани вентил **V1**, савладава силу у опрузи велике крутости и отвара вентил **V1**
- пумпни вод **P** се спаја са водом **Y** и даље водом **T**. Овим путем може бити пропуштен само мали проток. То је споредна последица отварања предправљаног вентила, главна је што постојање протока доводи до промене притиска у комори **X**
- проток кроз бленду **O** је праћен падом притиска (према једначини бленде), што значи да сада важи $p_x < p_p$!
- ова разлика притисака лако савладава опругу мале крутости, сабија је и долази до отварања главног клипа **V2**, чиме је омогућен велики проток у смеру **P-T**

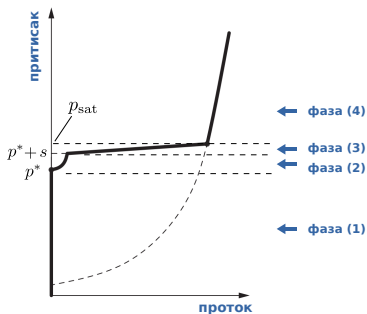
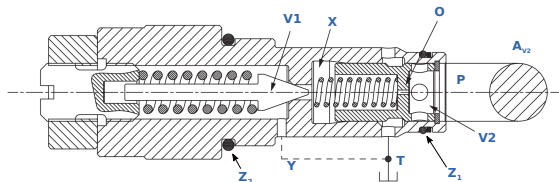
- када притисак у комори p_x опадне испод p^* предуправљани вентил **V1** се затвара
- проток кроз бленду **O** престаје, па се према једначини бленде изједначају притисци са леве и десне стране главног клипа **V2**
- у оваквим околностима опруга мале крутости може да затвори главни клип

Фазе у току рада индиректно управљаног вентила за ограничење притиска



9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

Фазе у току рада индиректно управљаног вентила за ограничење притиска



- (1) $p_p < p^*$ - оба вентила су затворена. Нема протока кроз бленду $p_x = p_p$

- (2) $p^* < p_p < p^* + s$ - предуправљани вентил **V1** је отворен и мали проток се одводи ка резервоару кроз вод **Y**

Притисак у комори **X** је ограничен предуправљаним вентилом и износи $p_x = p^*$

Постоји мали проток кроз бленду, па је $p_x < p_p$, али ова разлика још увек није довољна да сабије опругу главног вентила

$$p_p A_{V2} < p^* A_{V2} + F_s$$

Проток зависи од коефицијента бленде **O** и разлике притисака $p_p - p^*$

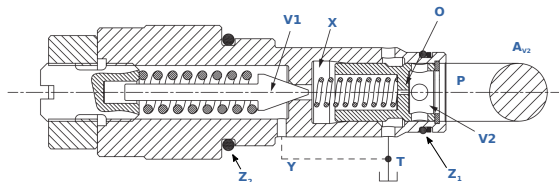
- (3) $p_p > p^* + s$ - достигнута је разлика притисака са једне и друге стране главног клипа која ће савладати силу опруге мале крутости (са s је означена сила опруге изражена у [Pa] преко површине A_{V2} : $s = \frac{F_s}{A_{V2}}$)

Оба вентила су отворена. Главни клип се налази у равнотежи (F_s зависи од деформације опруге)

$$p_p A_{V2} = p^* A_{V2} + F_s$$

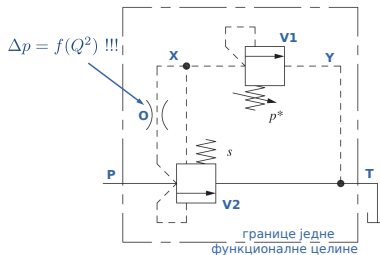
- (4) случај када главни клип достигне своју спољну зауставну тачку, отвор је потпуно слободан али вентил не може да пропусти довољан проток да би растеретио систем. Притисак нагло расте. Ово би значило да вентил није добро димензионисан. Фаза (4) не сме бити достигнута

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

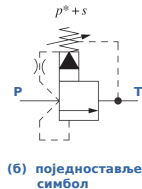


- опруга главног клипа је мале крутости да би разлика притисака p^* и $p^* + s$ била што мања, тј. да би се главни клип што лакше отворио
- истовремено, мала крутост ове опруге омогућава да карактеристика вентила у фази (3) буде блиска идеалној (скоро хоризонтална линија), за разлику од директно управљаних вентила (што је раније приказано)
- опруга предуправљаног клипа је велике крутости да би обезбедила заптивање све до достизања великог притиска p^*
- контрадикторни задаци стављени пред сигурносни вентил се овде испуњавају коришћењем две опруге различитих крутости, што је једна од предности индиректно управљаних вентила за ограничење притиска

Шематска ознака



(а) детаљан симбол

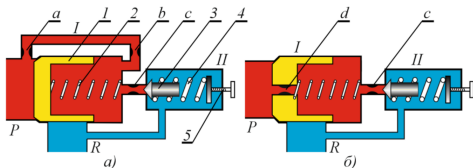


(б) поједностављен симбол

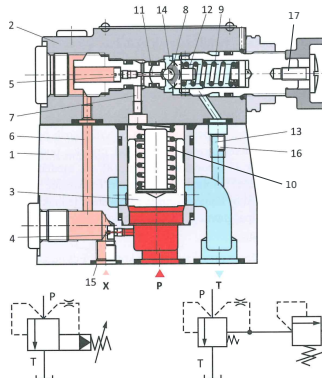
- шематска ознака верно представља конструкцију вентила са леве стране
- нпр. јасно се види да на главни клип **V2** са једне стране делује притисак p_p и тежи да га отвори, а са друге притисак p_x и опруга теже да га држе у затвореном положају
- положај предуправљаног вентила **V1** зависи од односа силе притиска p_x и силе опруге велике крутости чије преднапрезање се може подешавати
- види се да отварањем вентила **V1** долази до протока кроз бленду **O**, што ће имати већ описане последице

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

- на претходно приказаној конструкцији вентила постоји једна бленда **O** без које вентил не би могао да обави свој задатак
- често у вентилу има више бленди



- у случају (б) бленда **d** је исто што и бленда **O** са претходног примера, док бленда **c** до сада није била присутна
- она има задатак да спречи вибрације предуправљаног затварача (клипа), а тиме и главног клипа
- на примеру (а) улогу бленде **O** обављају заједно редно везане бленде **a** и **b**
- још једна конструкција вентила са три бленде је приказана на следећој слици



(1) и (2) тело главног и предуправљаног вентила

(3) главни клип

(4) (5) и (11) бленде

(6) (7) (13) канали за управљачко уље

(8) кугла - затварач предуправљаног вентила

(9) и (10) опруге

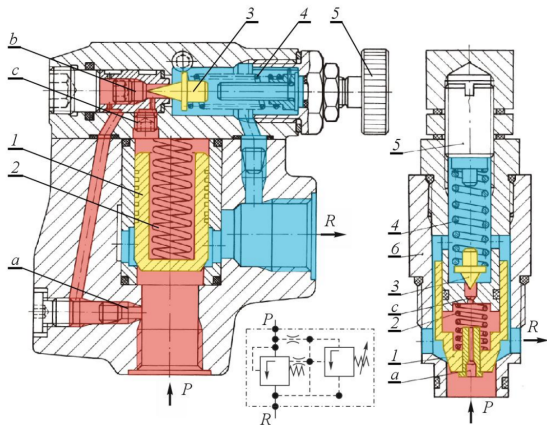
(12) (14) коморе испред и иза затварача управљачког вентила

(15) (16) чепови који се постављају или не зависно да ли је развођење управљачког уља интерно или екстерно

(17) механизам за подешавање p^*

- бојама је приказано поље притиска. Да ли боје са слике одговарају отвореном или затвореном положају?
- какве би боје биле у супротном случају? Образложити

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска



- објаснити принцип рада и распоред поља притиска
- како се мењају боје при отварању вентила?



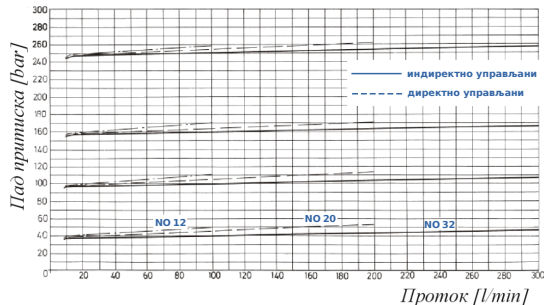
са могућношћу протока
у супротном смеру кроз НВ



виђено у лекцији 5

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

- речено је да се вентил отвара при притиску p^* , а да је потпуно отворен при притиску p_{sat} , при чему достизање другог треба избећи
- радна крива вентила за ограничење притиска** представља зависност протока и пада притиска на вентилу управо између овде две вредности



- то је већ приказано као фаза 2 код директно управљаних и фаза 3 код индиректно управљаних вентила
- идеалан случај би подразумевао хоризонталну криву, али у стварности услед тога што сила опруге расте са њеним сабијањем постоји нагиб

- он зависи од крутости опруге
- из већ описаних разлога индиректно управљани вентили ће имати бољу карактеристику (мањи нагиб)
- чешћи је приказ радне криве на $Q - p$ дијаграму (као што је овде дато), али се у литератури неретко може срести приказ радних кривих за различите хидрауличке компоненте на $p - Q$ дијаграму

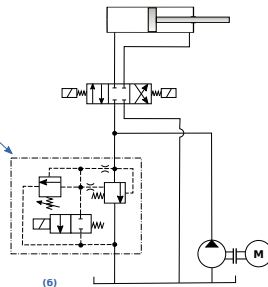
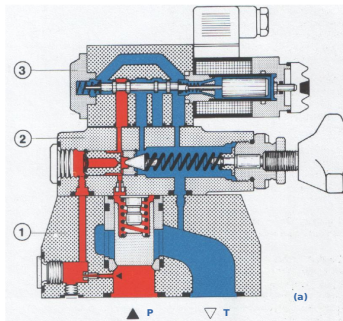
ИУВОП са разводником за растеређење пумпе

- на претходном дијаграму се види колико може износити разлика притисака испред и иза вентила за ограничење притиска. Види се и при којим протоцима
- производ пада притиска и протока представља хидрауличку снагу која се на вентилу губи
- то може бити велика снага, а систем у том тренутку не врши никакав користан рад. Уместо тога дешава се непожељно загревање уља
- ово се нпр. догађа када разводник хидрауличног система има потпуно затворен центар
- овај проблем се може решити тако што се на вентил за ограничење притиска додаје **разводник за растеређење пумпе**

9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

ИУВОП са разводником за растерећење пумпе

- на већ описани вентил уграђује се разводник 2/2
- његов притисни прикључак је везан за простор непосредно испред предуправљаног вентила, док је повратни прикључак, преко повратног вода вентила повезан са резервоаром
- разводник је управљан електромагнетом и у неутралном положају (при искљученом електромагнету) разводник је затворен (не утиче на рад система)
- електромагнет овог разводника биће искључен док год је укључен иједан електромагнет главног разводника (сл. 6)
- при искључењу оба електромагнета на разводнику 4/3, аутоматски се укључује електромагнет разводника 2/2 на вентилу сигурности. Котва помера клип разводника на леву страну и он преспаја притисни прикључак са резервоаром
- ово ће тренутно растеретити простор испред клипа предуправљаног разводника, а тиме и простор око опруге главног клипа (дешава се исто, као да се отворио предуправљани вентил)

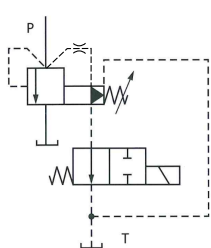


- на тај начин затварач главног вентила престаје да буде у притисној равнотежи, отвара се и пропушта уље (велики проток) ка резервоару
- актуатор ће бити закочен у разводнику 4/3, док ће пумпа радити на празном ходу, претачући уље кроз вентил уз притисак не већи од $\approx 3\text{bar}$ и минималне енергетске губитке
- проток који протиче кроз вентил је исти, али је пад притиска вишеструко мањи, па и хидрауличка санга која се губи, што је био циљ

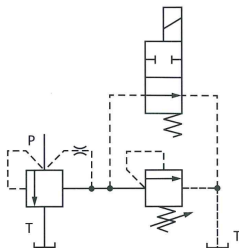
9.2 Индиректно управљани вентили за ограничење притиска

ИУВОП са разводником за растеређење пумпе

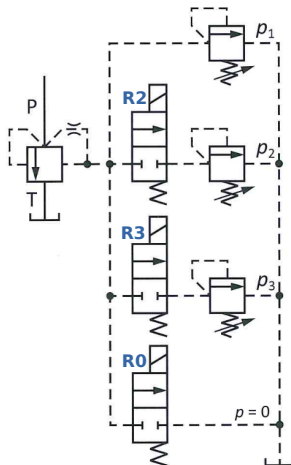
- на следећем примеру разводник за растеређење је у неутралном положају отворен
- када електромагнет није под напонам пумпа је растеређена, а када се електромагнет стави под напон, онда је притисак у систему ограничен на p^*



упрошћени симбол



детаљни симбол



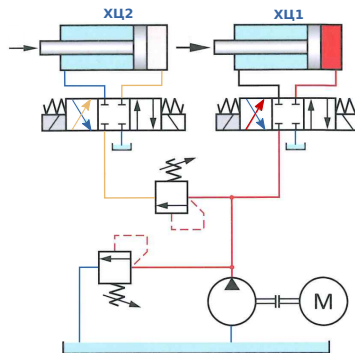
- на главни вентил за ОП паралелно су везана три предуправљана вентила
- постављена су и три разводника 2/2
- на овај начин може се врло брзо мењати (бирати) вредност притиска сигурносног вентила p^*
- ако су сва три разводника у неутралном положају (затворена) тада је $p^* = p_1$
- ако се под напон стави електромагнет разводника **R2** биће $p^* = p_2$, при чему је $p_2 < p_1$
- слично **R3**, биће $p^* = p_3$, при чему је $p_3 < p_2 < p_1$
- ако је под напонам електромагнет разводника **R0** тада је $p^* = 0$, тј. систем је растеређен

9.3 Редоследни вентили (притисни укључни и искључни)

- постоји сличност редоследних вентила са вентилима за ограничење притиска у погледу конструкције и симбола
- задатак редоследних вентила је да по достизању одређеног притиска **испред њих** укључе или искључе део хидрауличног система који се налази **иза њих**

Пример 1

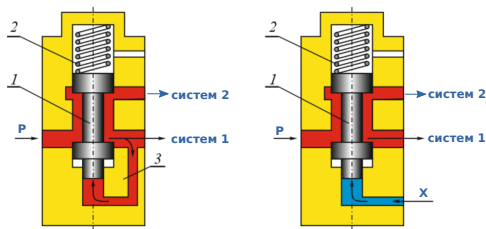
- размотримо хидраулички систем који контролише рад велике стубне бушилице
- између осталих елемената систем има два ХЦ, од којих први (**ХЦ1**) обавља улогу хидрауличке стеге, тј. треба да стегне и држи обрадак на којем се врши операција бушења, а други (**ХЦ2**) треба да стезну главу са бургијом потискује ка материјалу за бушење (обратку)
- део оваквог система је приказан на слици
- важно је да операција бушења на почне пре него што се обрадак стегне прописаном силом, која ће бити обезбеђена притиском p_1 у клипној комори **ХЦ1**
- тек по достизању притиска p_1 у **ХЦ1** треба покренути **ХЦ2**. Ово се постиже помоћу **редоследног вентила** који ће бити затворен (део система иза њега ће бити изолован) све док се испред њега не достигне p_1



- у почетном периоду пумпа потискује уље у **ХЦ1** клипњача се извлачи и долази до обратка. У том периоду важи $p < p_1$, што значи да је редоследни вентил затворен (ово стање је приказано на слици)
- клипњача **ХЦ1** стеже обрадак и притисак расте до p_1 . Тада је он стегнут прописаном силом. Овај притисак отвара редоследни вентил, усмерава уље у други део система и тада се укључује **ХЦ2**

9.3 Редоследни вентили (притисни укључни и искључни)

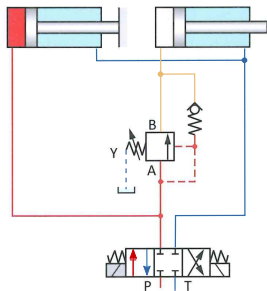
- конструкција редоследног вентила која обезбеђује овакав начин функционисања је приказана на слици



- у почетном периоду пумпа потискује флуид у систем 1, док је систем 2 затворен клипом
- на клип са једне стране делује опруга (2), а са друге стране притисак уља **иза вентила**, које кроз управљачки канал (3) долази до чела клипа
- порастом притиска у систему 1 повећава се сила на челу клипа. Када притисак порасте до захтеване вредности, сила на челу клипа савладава опругу, потискује клип, и уље пролази до система 2 и активира га

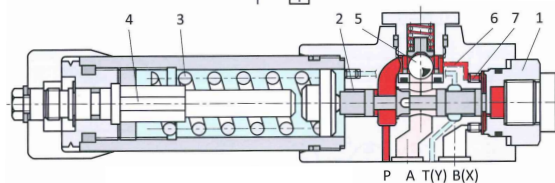
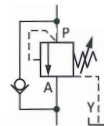
- притисак при којем ће доћи до активирања система 2 зависи од силе у опрузи и може се подешавати
- лево је приказан интерно управљани редоследни вентил, а десно екстерно управљан
- овај вентил је једносмеран, или је затворен или пропушта уље у само једном смеру (ка ХЦ2)
- он може бити коришћен у претходном примеру јер је постављен испред разводника (при чему сваки ХЦ има свој разводник)
- ако би се користио у другом систему, где је постављен након разводника, он мора имати могућност да пропусти уље и у другом смеру (повратни ход ХЦ2), што се обезбеђује уградњом неповратног вентила у опточни вод

9.3 Редоследни вентили (притисни укључни и искључни)



- када је активиран леви електромагнет, уље се најпре шаље у леви ХЦ, а редоследни вентил је затворен
- тек по достизању притиска редоследног вентила (који се подешава помоћу опруге) он се отвара и уље се шаље у десни ХЦ

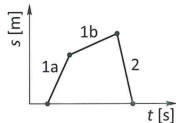
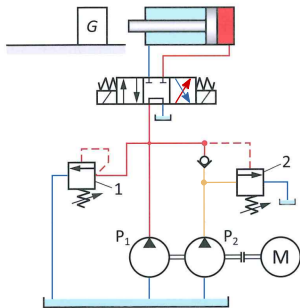
- активирањем десног ЕМ разводника обе клипне коморе се растеређују, а у обе клипњачине коморе се доводи уље под притиском
- оба ХЦ врше повратни ход. То је могуће јер се уз редоследни вентил налази и неповратни који се овом приликом отвара
- попречни пресек редоследног вентила са могућношћу повратног струјања је приказан на слици
- уље из вода **P** преко канала (6) долази са десне стране клипа (2) и делује силом која се супротставља сили опруге (3) (сила опруге се подешава механизмом 4)



- по достизању задатог притиска отварања, клип (2) се помера улево и спајају се водови P и A
- када вод **P** изгуби притисак и потребно је остварити повратно струјање A→P, клип (2) се враћа у затворени положај (под дејством опруге), али се отвара неповратни вентил (5)
- овде је управљање интерно, а за потребе екстерног управљања користи се вод **X**. Тада се чеп премешта на позицију (7)
- прикључак (1) оставља могућност повезивања манометра који би дао информацију о вредности притиска управљачког уља

9.3 Редоследни вентили (притисни укључни и искључни)

Пример 2



- редоследни вентили могу бити коришћени и за **искључивање** одређених компоненти (делова хидрауличног система)
- задатак система је да се ХЦ креће у две брзине, најпре већом брзином док се не приближи терету (празан ход без оптерећења), а затим мањом брзином када врши хоризонтално померање терета (рад под оптерећењем)
- овакав случај је често присутан код преса (брзо приближавање отпреску и спорије пресовање)

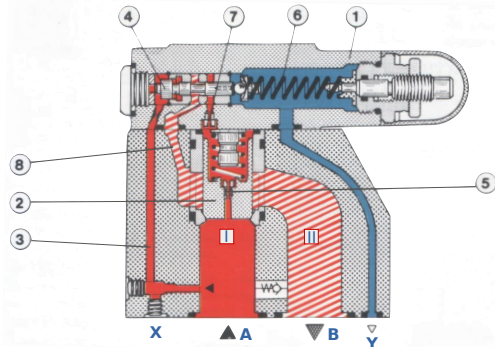
- шта се разликује у ова два режима? Разликује се **притисак** (јер зависи од оптерећења) и то ће бити искоришћено за управљање радом система
- брзина кретања ХЦ зависи од протока па се у систем уграђују две пумпе. Пумпа P1 је мањег капацитета и предвиђена је за више притиске
- у систему постоји вентил за **ограничење притиска (1)** који је подешен на вредност $p^* = p_1$, као и **редоследни вентил (2)** који је подешен на притисак p_2
- у току празног хода (приближавање терету) радни притисак је $p < p_2 < p_1$, па су оба вентила затворена и обе пумпе шаљу уље у ХЦ ($Q = Q_1 + Q_2$)
- по доласку у додир са теретом притисак расте ($p > p_2$), редоследни вентил се отвара и пумпа P2 је растеређена
- потискивање терета наставља само пумпа P1, мањом брзином (јер је $Q = Q_1$), при већем притиску
- управљање редоследним вентилом је **екстерно** јер се управљачко уље доводи из вода након неповратног вентила
- на шта ово утиче? Шта би било да се оно доводи из вода непосредно испред редоследног вентила?
- десно је дат дијаграм позиције клипњаче s у току времена. Са 1 је означен радни ход, а са 2 повратни

9.3 Редоследни вентили (притисни укључни и искључни)

- сви до сада приказани редоследни вентили су имали **директно управљање**
- међутим, они се не могу користити када је потребно пропустити велике протоке из познатих разлога:
 - веће су димензије отвора и клипа, па и веће силе притиска на клип, што захтева коришћење несразмерно велике и круте опруге
 - нагле промене притиска - хидроудари (то се догађа са већим запреминама уља у коморама). Нема пригушница које би ублажиле ове промене
- у тим случајевима користе се:

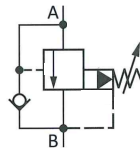
Индиректно управљани редоследни вентили

- састоји је од главног и индиректно управљаног вентила
- прикључак А је везан са системом I, а прикључак В са системом II
- притисак система I делује на обе стране главног клипа 2 јер у његовој оси постоји пригушница (бленда) кроз коју се преноси поље притиска
- услед притисне равнотеже и деловања опруге главног клипа, он се налази у затвореном положају, раздвајајући системе I и II
- притисак система I кроз управљачки канал 3 делује на чело предуправљаног клипа 4

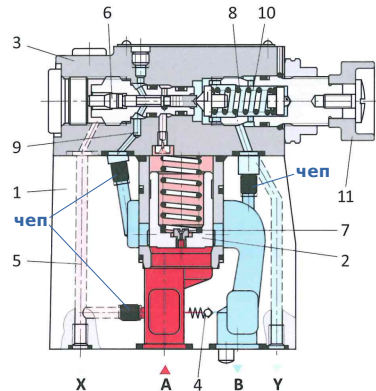
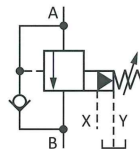


- када притисак система I достигне вредност при којој треба укључити систем II, он сабија опругу 6, потискује клип 4 и спаја опружну комору главног клипа са системом II, што доводи до пада притиска у њој (комора се растеређује кроз пригушницу 7 и канал 8)
- главни клип више није у притисној равнотежи, отвара се и уље под притиском одлази у систем II
- пригушница 5 спречава изједначавање притисака испред и иза главног клипа (постоји проток кроз њу), а пригушница 7 спречава вибрације оба клипа

- слично претходној конструкцији следе примери предуправљаних редоследних вентила, најпре са **интерним** довођењем и одвођењем управљачког уља, а затим са **екстерним**



- растерећење опружне коморе главног клипа (спајање са водом В) се врши кроз канал 9

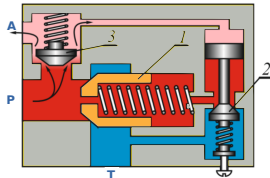


- растерећење опружне коморе главног клипа се врши спајањем са опружном комором 10 кроз отвор у управљачком клипу 6
- даље, уље из коморе 10 одлази у вод Y

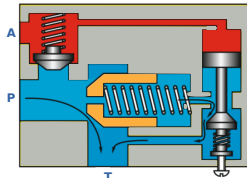
9.3 Редоследни вентили (притисни укључни и искључни)

Индиректно управљани искључни вентил

- типичан пример примене искључних редоследних вентила је за ограничење максималног радног притиска хидроакумулатора



пуњење ХА у току



ХА напуњен и затворен - достигнут максимални радни притисак ХА

- задатак вентилу је да омогући пуњење ХА док притисак у њему не достигне предвиђену вредност, а затим да прекине доток уља ка ХА и да растерети пумпу
- максимални радни притисак ХА се подешава опругом предуправљаног клипа 2
- притисак ХА делује на чело овог клипа 2 и докле год је сила притиска ХА мања од силе опруге клип 2 ће бити затворен

- затворен клип 2 омогућава да главни клип 1 буде у притисној равнотежи и захваљујући опрузи да буде затворен
- по достизању максималног радног притиска ХА, овај притисак ће сабити опругу предуправљаног вентила 2 и отворити га (велика је површина на вентилу 2 на коју делује притисак ХА)
- (на вентил 2 делује и притисак пумпе из опружне коморе главног клипа, али он делује на две супротно оријентисане површи и делимично се поништава)
- по отварању вентила 2 долази до растеређења опружне коморе главног клипа и то доводи до његовог отварања, па је пумпа растеређена
- сада ће притисак ХА и опруга заједно затворити неповратни вентил 3 и изоловати ХА
- нису означене пригушнице (бленде), где се оне налазе и коју улогу врше?

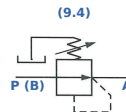
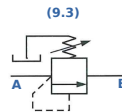
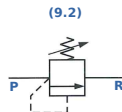
9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

- познато је да се притисак мења у току рада хидрауличног система, међутим некад је потребно одржавати константан притисак у делу система
- **регулатори притиска (редукциони вентили)** имају задатак да у делу система низструјно од њих одржавају притисак на тачно задатој вредности, без обзира на виши притисак испред вентила
- другим речима, имају задатак да притисак на излазу вентила има константну вредност, без обзира на то како се мења виши притисак на улазу вентила
- вентили за ограничење присика су нормално затворени и осетљиви су на притисак испред вентила. За разлику од њих, регулатори притиска су нормално отворени и осетљиви су на притисак иза вентила (о чему сведочи положај сигналног вода)
- подсетимо се:

(9.2) вентили за ограничење притиска (сигурносни)

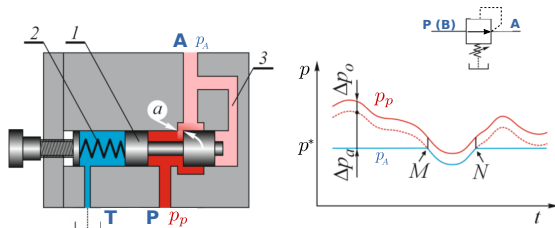
(9.3) редоследни (укључно-искључни) вентили

(9.4) регулатори притиска (редукциони вентили)



- регулатор притиска ради као аутоматска пригушница, која улазни притисак смањује на подешену, редуковану вредност p^*
- зато се често ови вентили називају вентилима за смањење притиска или редукционим вентилима

9.4 Регулатори pritiska (редукциони вентили)

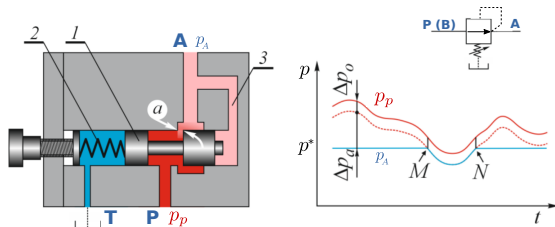


$$p_A = \frac{F_o}{A_v} = p^*$$

- у телу вентила се налази клип 1, опруга 2 и канал 3
- види се да притисак p_p не утиче на аксијално померање клипа! Притисак p_p делује на две исте површине и те силе се поништавају
- на његово померање утиче излазни притисак p_A (који је доведен кроз канал 3) и сила у опрузи која се може подешавати
- ово се јасно види на симболу регулатора притиска
- равнотежно стање клипа значи $\sum \vec{F} = 0$, тј. $F_o = p_A A_v$, где је A_v површина чела клипа на који се кроз канал 3 доводи излазни притисак p_A
- слиди да је излазни притисак приближно константан јер зависи од једне константне величине A_v и једне приближно константне F_o

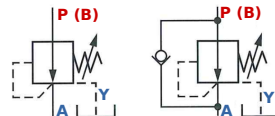
- излазни притисак $p_A = p^*$ се подешава помоћу механизма за преднапрезање опруге
- претходна једначина показује да ће излазни притисак бити исти без обзира на промене улазног притиска p_p , рецимо ако се он повећа 20%. Како је ово могуће?
- флуид под притиском p_p улази у вентил. Ако би он био потпуно отворен пад притиска би износио Δp_o , међутим ако вентил није потпуно отворен већ постоји пригушни пролаз **a**, на њему ће се догодити додатни пад Δp_a
- шта се догађа при повећању p_p ?
- то ће привремено довести до повећања притиска p_A , па ће сила притиска на чело клипа савладати силу опруге
- то ће нарушити равнотежу клипа и довести до његовог померања улево, сабијајући опругу и **смањујући пригушни пролаз a**
- овим се повећава пад притиска на вентилу све док излазни притисак не опадне на p_A , када ће клип опет доћи у равнотежни положај
- клип се помера тако да пригушни пролаз обара притисак увек до вредности p_A

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)



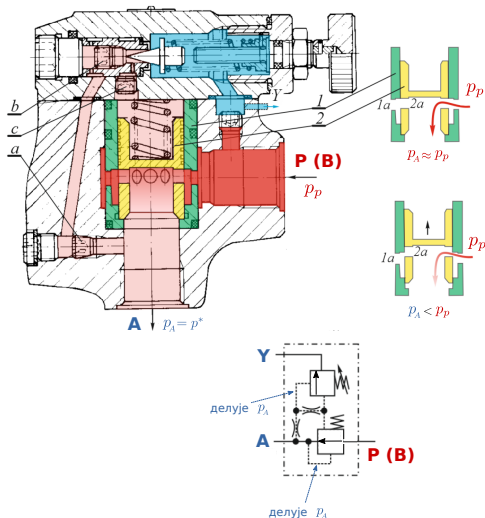
- дакле, повећање p_p ће довести до повећања пада притиска Δp_a , а изlazни притисак $p_A = p^*$ се неће променити! То се види на дијаграму
- увек ће бити задовољено: $p_A = p_p - \Delta p_o - \Delta p_a$
- ако притисак p_p опadne испод задате вредности p^* , он не може бити повећан у вентилу, па ће бити $p_A < p^*$ (простор између тачака M и N)
- приказани вентил се назива **двограни, директно управљани регулатор притиска**
- његова мана је што не може да растерети део система иза вентила

- ако би се услед деловања спољашњег оптерећења повећао притисак p_A , он би деловао на чело клипа и потпуно затворио пригушни пролаз **a**
- тада би било неопходно уградити додатни вентил за ограничење притиска у део система низструјно од вентила. Ово се још може решити коришћењем трограних регулатора притиска, што ће касније бити приказано
- други проблем је прошуштање великих протока при високим притисцима. Овај проблем се као и код ранијих врста вентила притиска решава коришћењем **предуправљаних** (или индиректно управљаних) вентила
- да би се омогућио проток у супротном смеру поставља се и неповратни вентил. Приказан је пример симбола директно управљаног двограног регулатора притиска без неповратног вентила и са њим



9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

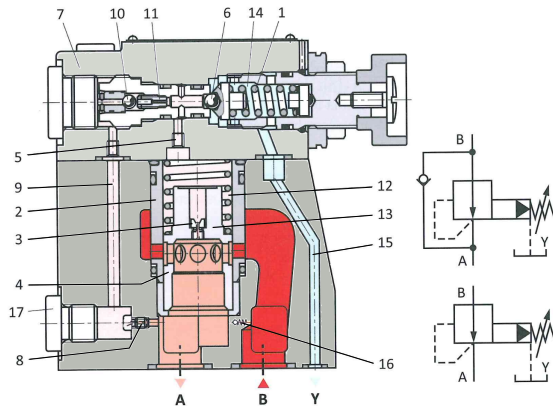
Индиректно управљани двограни регулатори притиска



- Индиректно управљани двограни регулатор притиска се састоји од главног и предуправљаног вентила. На прикључак A је повезан потрошач који захтева константан притисак $p_A = p^*$
- клип 2 главног вентила је нормално отворен. Када је предуправљани вентил затворен, тада исти притисак p_A делује са обе стране клипа 2, па га опруга држи у максимално отвореном положају. Тада је $p_A \approx p_p$
- ако притисак p_p порасте и као последица тога буде $p_A > p^*$, притисак p_A који преко обилазног канала делује на предуправљани вентил довешће до његовог отварања
- услед струјања кроз пригушнице (a, b) долази до пада притиска па клип 2 више није у притисној равнотежи. Притисак p_A сабија опругу главног клипа 2 и смањује пригушни пролаз
- услед овог локалног отпора смањује се вредност излазног притиска p_A до задате вредности p^*
- у току регулације притиска, део протока кроз предуправљани вентил одлази у резервоар, што представља губитак хидрауличке снаге. Ово је мана предуправљаних регулатора притиска
- када би се десило повећање притиска p_A услед деловања спољашњег оптерећења, проток у супротном смеру не би био могућ. Висок притисак p_A би отворио предправљани вентил, услед присуства пригушница (a, b) притисак у опружној комори главног клипа би био мањи од p_A , па би дошло до подизања главног клипа 2 и затварања отвора ка прикључку P (B)

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

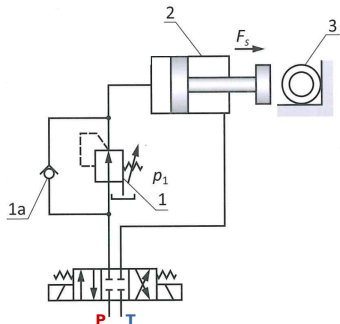
Индиректно управљани двограни регулатори притиска



- ако је потребно омогућити проток и у супротном смеру уграђује се неповратни вентил, као што је на слици означено бројем 16
- приказани су и поједностављени шематски симболи без неповратног вентила и са њим
- када се отвори предуправљани вентил, уље струји кроз пригушнице 3, 8 и 11, што доводи до разлике притисака са страна главног клипа 13
- осим позиције пригушнице 3 и уградње неповратног вентила 16, све остало је исто као на претходно приказаној конструкцији вентила

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Пример 1

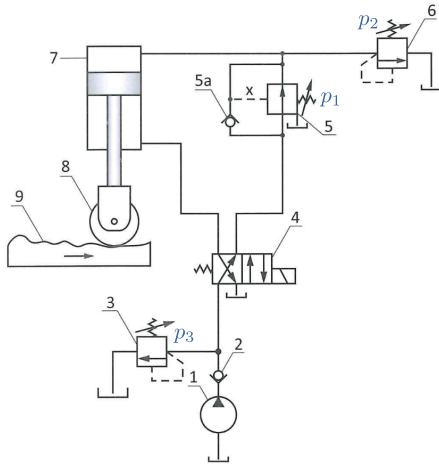


- приказан је део хидрауличког система у којем се налази ХЦ 2 који има задатак да стегне цев 3
- да не би дошло до нежељене деформације цеви услед стезања превеликом силом треба ограничити силу стезања на прописану вредност F_s , а то се постиже ограничењем притиска на вредност $p_1 = p^*$

- зато је уграђен двограни, директно управљани регулатор притиска
- у току празног хода (приближавање клипа) притисак ХЦ је мали и свакако мањи од p^* , па је регулатор притиска потпуно отворен и сав проток одлази у ХЦ
- када клип дође у додир са цеви и почне њено стезање притисак у клипној комори ХЦ расте. Када он достигне вредност p^* која обезбеђује жељену силу стезања, регулатор притиска се затвара и тако се онемогућава даљи пораст притиска у ХЦ
- притисак иза регулатора притиска је ограничен, али притисак испред њега расте до достизања притиска сигурносног вентила који овде није приказан
- повратни ход је могућ јер регулатор притиска има неповратни вентил
- спољашње оптерећење овде не прети да у делу иза регулатора притиска прекомерно повећа притисак, али у другим ситуацијама то може бити потенцијална опасност - Пример 2

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Пример 2

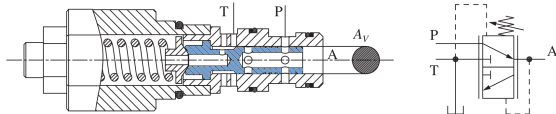


- приказан је систем у којем се налази ХЦ 7 који треба да преко точка 8 да делује **константном силом** на нераву површину покретне траке 9

- та сила се обезбеђује тиме што у клипној комори ХЦ треба да влада притисак p_1
- размотримо три случаја:
 - када точак прелази преко равног дела
 - када точак наилази на удубљење
 - када наилази на брег
- потребни притисак p_1 обезбеђује пумпа, а прекорачење притиска у области ХЦ је спречено затварањем регулатора притиска 5. Притисак испред регулатора расте до достизања притиска p_3 на који је подешен сигурносни вентил 3 ($p_3 > p_1$)
- у том тренутку на кратко опада притисак у клипној комори ХЦ, клип и точак се спуштају. Нижи притисак иза регулатора притиска обезбеђује да се он налази у отвореном положају. Пумпа подиже притисак до вредности p_1 и регулатор се затвара
- ово прети преоптерећењу горњег дела система. Клип тежи да се подигне, повећава притисак клипне коморе. Двограни регулатор притиска је затворен, али има неповратни вентил. Уље под притиском може кроз њега отићи до главног сигурносног вентила 3 и тиме се избећи преоптерећење. Међутим ово растерећење се не извршава довољно брзо. Због тога се уграђује додатни сигурносни вентил 6 који је подешен на вредност p_2 , при чему је $p_1 < p_2 < p_3$
- још боље решење је коришћење **трограног регулатора притиска**

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Директно управљани Трограни регулатори притиска



- назива се **трограни** јер има три прикључка (три гране): **P** кроз који се доводи уље под притиском, **A** у којем се контролише вредност притиска и **T** који је спојен са резервоаром
- на аксијално померање клипа не делује притисак p_P , али делује притисак p_A и опруга силом F_o
- важно је да је комора у којој се налази опруга повезана са резервоаром (то се види и на симболу)
- пригушни отвор ($P \rightarrow A$) овде представља радијалне пролазе у клипу који се преклапају или не преклапају са отворима у телу вентила, зависно до померања клипа
- притисак који се регулише делује на површину клипа A_v
- основна разлика трограних у односу на двогране регулаторе притиска је у томе што овде постоји могућност да се успостави веза ($A \rightarrow T$) кроз други ред радијалних отвора на клипу

- то се догађа при додатном померању клипа улево. Тада се врши растеређење вода A
- због тога се за трогране регулаторе притиска каже да су они уједно и растеретни вентили
- вентил је управљан притиском p_A , па су могућа следећа стања:

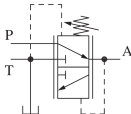
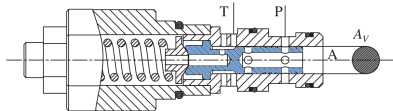
- (1) $p_A < p^*$ - $p_A A_v < F_o$, опруга држи клип у крајњем десном положају, вентил је потпуно отворен и понаша се као пригушница константног попречног пресека (слика)
- (2) $p_A = p^*$ - вентил врши смањење (редукцију) притиска p_P на излазну вредност $p_A = p^*$ помоћу пригушења на воду $P \rightarrow A$. Клип аутоматски заузима међуположај који ће ово обезбедити и налази се у равнотежи $p_A A_v = F_o$
- (3) $p_A > p^*$ - овде се види разлика двограних и трограних вентила. Спољашње оптерећење доводи до пораста притиска p_A па сила $p_A A_v$ савладава опругу и помера клип улево. Веза $P \rightarrow A$ се потпуно прекида, клип наставља да се креће улево и долази до остваривања везе $A \rightarrow T$

Сада се врши пригушење на вези $A \rightarrow T$ и то тачно тако да притисак p_A буде оборен до вредности p^* . Само при том услову клип ће се налазити у равнотежи

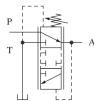
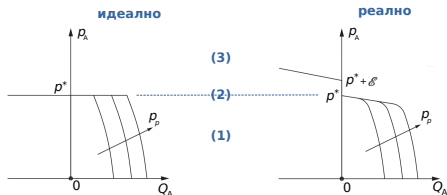
Проток се одвија у супротном смеру па се на дијаграму означава као негативан

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Директно управљани Трограни регулатори притиска



- претходно поменуте три фазе су приказане на дијаграму. Дата је зависност протока кроз вентил Q_A и притиска p_A у грани А који треба регулисати

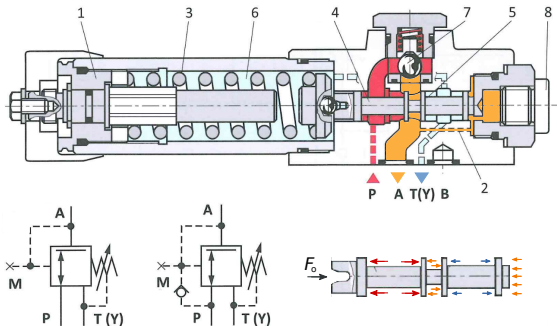


- приказане су три криве, свака за одређену вредност p_p . Ако се прати једна од њих ($p_p = \text{const}$) зашто опада проток кроз вентил Q_A са порастом притиска p_A ?

- разлика реалног и идеалног случаја - регилација се не врши по хоризонталној линији (константном притиску p^*) јер се услед сабијања опруге повећава њена сила
- ова разлика је мања што је крутоост опруге мања (смањење крутоости опруге би било у супротности са захтевом за рад при високим вредностима притиска)
- разлика између p^* и $p^* + \varepsilon$ је због постојања позитивног преклапања на вентилу, тј. након потпуног затварања везе $P \rightarrow A$, клип треба да се додатно помери улево да би почела да се остварује веза $A \rightarrow T$
- позитивно преклапање спречава опасност да се успостави директна веза $P \rightarrow T$
- пошто клип треба да пређе додатни пут и додатно сабије опругу, потребно је да притисак порасте још за вредност ε
- ако је постојање позитивног преклапања важно за функционисање система, оно се представља на симболу испрекиданим линијама
- шематска ознака (симбол) је све време представљен као пропорционални вентил 3/2
- симбол може бити приказан и другачије што се види на следећем примеру

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Директно управљани Трограни регулатори притиска

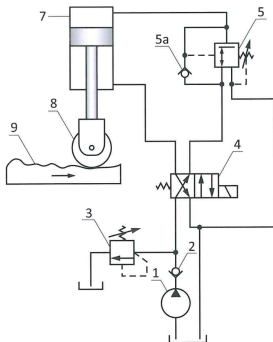


- 1 је маханизам за подешавање силе опруге 3. Она делује на клип 4
- ако је $p_p < p^*$ вентил ће бити потпуно отворен услед деловања силе опруге (клип померен удесно). Тада је $p_A \approx p_p$
- са порастом p_p расте и p_A . Ако је $p_p > p^*$ вентил треба да изврши пригушење, тј. смањење притиска тако да буде $p_A = p^*$

- клип се аутоматски поставља у положај при којем ће се у пригушном отвору догодити пад притиска са p_p на $p_A = p^*$
- боје са слике представљају расподелу притиска у оваквом режиму рада - пригушивање, тј. редуковање притиска
- положај клипа 4 је одређен односом силе опруге F_o и силе притиска која делује на десну чеону површину клипа $p_A A_v$
- ако услед деловања спољашњег оптерећења дође до пораста притиска $p_A > p^*$, сила притиска која делује са десне стране ће надвладати силу опруге 3 и проузороковати кретање клипа 4 улево
- веза $P \rightarrow A$ се потпуно затвара, а отвара се веза $A \rightarrow T$ кроз нови пригушни отвор
- на тај начин се врши разтерећење вода А, и вентил у овом случају делује као вентил за ограничење притиска у воду А
- на месту 8 се може поставити манометар за праћење вредности регулисаног притиска p_A . Кмора 6 је спојена са резервоаром
- постављен је и неповратни вентил 7 који омогућава струјање у супротном смеру. Он се отвара када је $p_A > p_p$ (нпр. главни разводник шаље уље у прикључак А, а вод Р је спојен са резервоаром - пример)

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

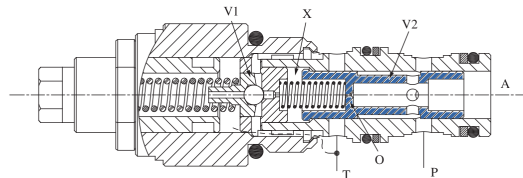
- коришћењем трограног уместо двограног регулатора притиска, систем приказан у Примеру 2 се поједностављује



- растеређење клипне коморе је могуће у самом вентилу 5, а неповратни вентил служи за омогућавање подизања клипа ХЦ када се разводни вентил 4 доведе у десни положај

Индиректно управљани Трограни регулатори притиска

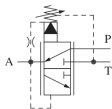
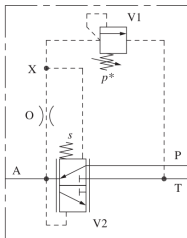
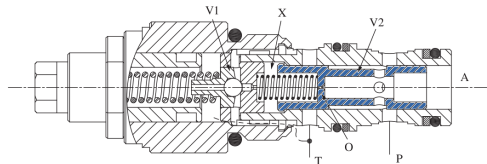
- и трограни регулатори притиска могу бити индиректно управљани. Они се користе када је потребно да пропусте велике протоке и да раде при високим притисцима



- регулатор има главни клип **V2** на који делује опруга мале крутости, и предуправљани клип **V1** са опругом велике крутости
- главни вентил има три прикључка **P, A, T**. Битна разлика у односу на директно управљани регулатор је што главни клип у себи има пригушницу - бленду **O**
- опружна комора главног клипа је означена са **X** и са леве стране је ограничена непокретном плочом, која је уједно седиште предуправљаног вентила

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Индиректно управљани Трограни регулатори притиска



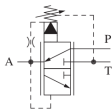
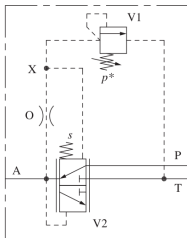
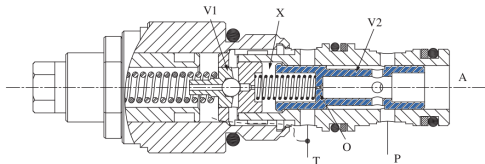
- опружна комора предуправљаног вентила је спојена са резервоаром. Његова опруга је подешена тако да се предуправљани вентил отвара при притиску p^*

Размотримо следећа 4 случаја:

- $p_A < p^*$ - предуправљани вентил је затворен, кроз бленду **O** нема протока па је притисак у комори **X** такође $p_X = p_A$. Главни вентил је потпуно отворен
- $p^* < p_A < (p^* + s)$ - притисак p_A је премашио p^* што је довело до отварања предуправљаног вентила. Он је подешен тако да је притисак у комори **X** ограничен на вредност p^* . Кроз бленду **O** сада постоји проток, па и пад притиска $p_A > p^*$. Разлика притисака $p_A - p^*$ још увек није довољна да савлада опругу главног вентила, па је он и даље потпуно отворен
- $p_A = (p^* + s)$ - режим у којем регулатор притиска врши свој основни задатак, а то је ограничење притиска p_A на вредност $p^* + s$ без обзира на даље повећање притиска p_p . Разлика притисака са страна главног клипа савладава силу опруге мале крутости и главни клип се помера улево. Он ће вршити пригушење протока и зауставиће се у положају при којем је $p_A = (p^* + s)$. Предуправљани вентил је све време отворен

9.4 Регулатори притиска (редукциони вентили)

Индиректно управљани Трограни регулатори притиска



- (4) $p_A \geq (p^* + s)$ - притисак p_A не може бити повећан због повећања притиска у воду **P**, али може као последица деловања спољашњег оптерећења које је повезано са водом **A**. Тада се нарушава притисна равнотежа главног клипа и он се помера улево, потпуно затвара везу $P \rightarrow A$, а затим отвара везу $A \rightarrow T$. Главни клип ће вршити пригушење тако да се у воду **A** одржи притисак $p_A = (p^* + s)$. Притисак у комори **X** је све време p^*

- као што се може видети, у сваком осим у првом случају предупровљани вентил је отворен. Кроз њега одлази проток Q_y
- то је део протока који у регулатор улази под притиском p_p . Овај проток се одводи у резервоар, што значи да је изгубљена хидрауличка снага

$$P_g = Q_y p_p$$

- ово може значајно утицати на степен корисности целог хидрауличног система, па где је могуће треба користити директно управљане регулаторе притиска