

Хидраулика и пнеуматика

Хидраулички разводници - 11

Машински факултет Универзитет у Београду



доц. др Милан Раковић
Катедра за механику флуида

11.1 Намена, поделе и приказивање разводника

- спадају у групу **разводних и регулационих компоненти**, тј. у групу елемената за управљање и регулацију хидрауличног система
- основна намена им је развођење радног флуида у складу са принципа рада система: врше отварање и затварање протока (укључивање и искључивање појединих компоненти), усмеравање протока и промену његове вредности

Поделе хидрауличких разводника:

- (1) подела према конструкцији разводног елемента и врсти кретања које он изводи
 - клипни разводници са уздужним кретањем клипа
 - разводници са ротационим кретањем разводног елемента (клипа)
 - вентилски разводници
 - плочасти разводници
- (2) према броју спољних прикључака

- (3) према начину активирања и управљања деле се на разводнике са:

- механичким управљањем
- електричним управљањем
- хидрауличким управљањем
- пнеуматским управљањем
- комбинованим управљањем

- (4) према принципу коришћења спољног управљачког сигнала постоје

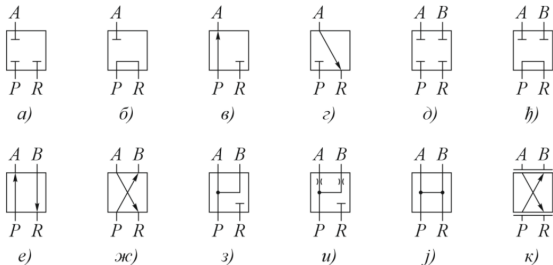
- **директно управљани разводници**, код којих се улазни сигнал директно користи за померање разводног елемента
- **индиректно управљани разводници**, код којих управљачки сигнал делује само на управљачки разводник, а овај хидраулички активира основни разводник

- (5) према дискретности помака разводног елемента

- **дискретни разводници**, чији разводни елемент може да заузме тачно одређен број положаја. Не могу да заузму неки међуположај
- **пропорционални разводници** (аналогни), чији разводни елемент може да заузме одређен број дефинисаних положаја и **бесконачно много међуположаја**

11.1 Намена, поделе и приказивање разводника

- разводници се обележавају ознаком a/b , где је a - број прикључака, док је b - број радних положаја. На пример, разводник $4/3$ има четири прикључка и три радна положаја
- у хидрауличким шемама разводници се приказују **симболима**
- без обзира на конструкцију и врсту разводника, његов **симбол** је правоугаоник подељен на онолико поља колико разводник има радних положаја. У сваком пољу линијама и стрелицама уцртани су токови уља кроз разводник у том радном положају
- на пољу које одговара почетном положају уцртани су и прикључци којим је разводник спојен са другим елементима система. Уобичајене су ознаке:
 - P - пумпа
 - R (T) - резервоар
 - A, B, C ... - спојеви са извршним елементима
- при цртању шеме уређаја, разводник се приказује у **нултом, почетном положају**. То не мора бити положај који искључује актуаторе. То је, заправо, положај у коме се налази разводник када су искључени сви елементи који га активирају

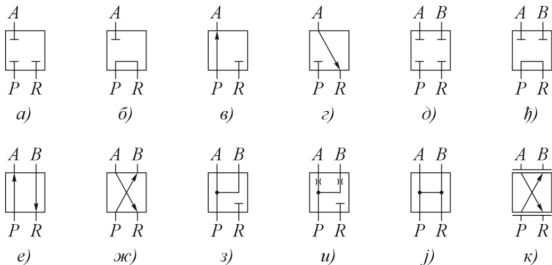
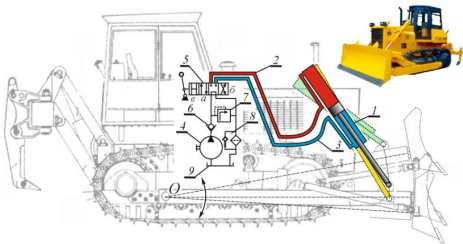


Симболи најчешће коришћених радних положаја су приказани на слици

- сва три прикључка су блокирана, актуатор је у закоченом стању. Прикључак пумпе је блокиран, што може довести до великог повећања притиска и употребе сигурносног вентила. Овакав режим рада је неповољан
- поново је актуатор у закоченом стању, али су сада спојени пумпа и резервоар. Ово је боље решење са аспекта утrophка енергије
- радни ход актуатора
- повратни ход актуатора

11.1 Намена, поделе и приказивање разводника

- са симболима (д), (ђ), (е), (ж), смо се сусретали до сада
- (з) пумпа је повезана са обе коморе актуатора (**диференцијални цилиндар**, регенерација)
- (и) исто што и у претходном случају, са додатком пригушења ових токова у самом разводнику
- (ј) **отворени центар** - сви прикључци су међусобно спојени. Актуатор не добија погон (хидрауличку енергију), али није укочен, већ се може кретати под дејством спољног оптерећења. Потисна и повратна комора су међусобно спојене, па ће се уље преливати из једне коморе актуатора у другу. Пример примене на багеру



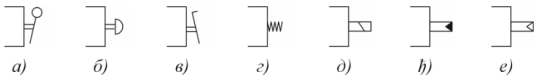
кретањем уназад багер „вуче“ за собом раоник, који се креће, пратећи неравнине терена („плива“) и на тај начин својом леђном страном поравнава земљиште

- (к) приказан је радни положај **пропорционалног разводника** (разводни елемент може да заузме одређен број дефинисаних положаја и бесконачно много међуположаја)

- приказани су положаји у својству **почетног положаја**, који се одигравају уколико није укључен ни један уређај за активирање разводника. На то упућују цртице ван квадрата које симболизују прикључак на инсталацију

11.1 Намена, поделе и приказивање разводника

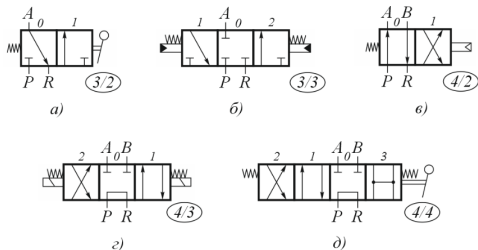
- уколико на цртежу нема тих цртица, онда је реч о неком од радних положаја, који се добијају укључењем активационих елемената
- пored приказаних радних положаја, на симболима разводника се обавезно приказује и **начин активирања** разводника



- (а) повлачењем ручице
- (б) притиском на дугме
- (в) притиском педале
- (г) механичко активирање (опругом)
- (д) електромагнетом
- (ђ) хидраулички (уљем под притиском)
- (е) пнеуматски (ваздухом под притиском)

- разводник се најчешће ставља под дејство две опруге (центрирајуће опруге), које по престанку дејства активатора враћају разводник у **централни, почетни положај**
- до сада су приказани **директно управљани разводници**. Управљање може бити и **индиректно**. У том случају, користе се два разводника. Један је **основни разводник**, који преусмерава уље ка извршном елементу. Његово управљање је хидрауличко. Уље под притиском које има задатак да помери основни разводник долази из другог разводника који се назива **управљачки**
- на основу до сада реченог могу се разумети симболи следећих разводника

11.1 Намена, поделе и приказивање разводника

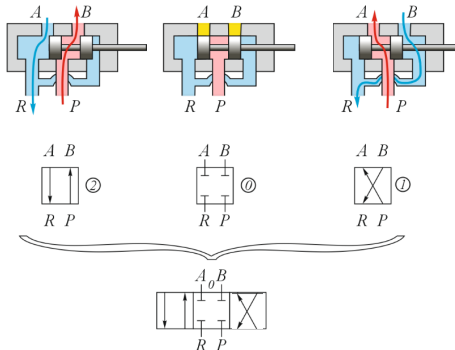


- (a) приказан је разводник 3/2 ручно активiran и опружно центриран. У нултом положају актуатор је спојен са резервоаром и његово кретање (празњење радне коморе) се одиграва под дејством оптерећења (или уграђене опруге). Деловањем на ручицу разводник се преводи у положај 1, актуатор се спаја са пумпом и изводи радни ход. Престанком деловања на ручицу, опруга разводника враћа разводни елемент у нулти положај

- (б) разводник 3/3 чији су радни положаји 1 и 2 идентични претходним, али је дограђен и нулти положај у коме је терет укочен. Сви отвори су блокирани, што захтева решавање растеређења пумпе. Разводник се из нултог, укоченог стања преводи у рад дејством уља под притиском са једне или друге стране, а враћа се у њега дејством опруга
- (в) разводник 4/2 који нултим положајем остварује кретање актуатора у једном смеру, док радни положај 1 покреће актуатор у другом смеру. Постизање тог другог смера изводи се сабијеним ваздухом, а повратак у нулти положај се обезбеђује опругом
- (г) разводник је 4/3 и по функцији је идентичан претходном, с тим што су му у нултом положају оба прикључка према актуатору затворена (закочен актуатор), а пумпа је директно спојена са резервоаром (растеређена). Овај централни положај се назива **тандем центар**. Разводник из нултог положаја изводе два електромагнета, а у нулти положај га враћају две опруге
- (д) разводник је 4/4 и осим ручног активирања, од претходног се разликује само по томе што има положај 3 који је потпуно отворен

11.2 Клипни разводници са уздужним кретањем клипа

- клипни разводници са уздужним кретањем клипа су **најзаступљенија** **врста разводника** у хидрауличким системима



- Конструкција и принцип рада су једноставни. **Чаура** разводника има облик цилиндра на коме је избушен одређен број отвора (канала) са прикључцима, којима се она спаја са инсталацијом. **Клип разводника** има на себи одређен број појасева, којима належа на унутрашњу површину чауре и одређен број прстенастих жлебова

- појасеви и жлебови на клипу су тако распоређени да у одређеним положајима клипа спајају одређене канале на чаури или их затварају, усмеравајући ток радног флуида у одређеном правцу и смеру
- клип са слике има на себи два појаса
- у **централном положају (0)** појасеви клипа затварају канале A и B на које је прикључен актуатор (актуатор је закочен). Истовремено појасеви ограничавају и заптивају централни простор који је у вези са пумпом, као и просторе са бочних страна клипа, који су у вези са резервоаром
- при померању клипа у десну страну (**положај 2**), прикључни канал B се спаја са пумпом и радне коморе актуатора добијају уље под притиском. Истовремено се повратне коморе актуатора, везане за канал A, повезују са резервоаром па флуид из њих неометано истиче, што доводи до кретања актуатора у једном смеру
- уколико се клип разводника помери у крајњи леви **положај (1)**, канал B се повезује са резервоаром, а канал A са пумпом, што резултује кретањем актуатора у супротном смеру

11.2 Клипни разводници са уздужним кретањем клипа

- предности клипних разводника:
 - једноставна конструкција
 - ниска цена
 - поуздан рад
 - захваљујући једноставном принципу рада могу се пројектовати сложене вишепозиционе конструкције разводника
 - једна од ретких мана је та што разводник не обезбеђује потпуно заптивање. То значи да ће при укоченом положају извршног претварача, који је под дејством спољашњег оптерећења, ипак постојати мала процуривања, што у одређеном временском периоду може довести до померања извршног претварача
-
- најважнији захтеви који се постављају пред конструкцију овог типа разводника односе се на смањење запреминских и хидромеханичких губитака
 - **запремински губици** су проузроковани процуривањем кроз зазор између појаса клипа и чауре разводника. Радијални зазор има вредност

$$s = \frac{D_c - D_k}{2} = (2 \div 10) \mu\text{m}$$

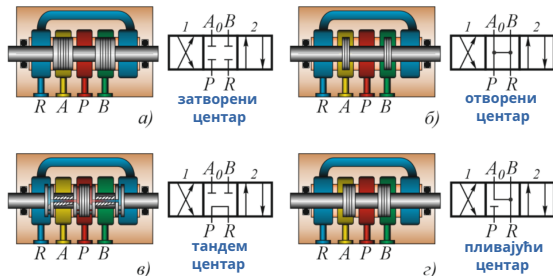
- овде је важно водити рачуна о топлотном ширењу
- **хидраулички губици** настају услед кретања течности кроз сужене пресеке, које формирају канали у чаури и прстенасти жлебови на клипу (струјни простор врло неповољног облика)
- ограничавајући параметар на основу којег се дефинише потребна проточна површина разводника A_p је максимална дозвољена брзина уља при пуној површини пролаза $v_{\max} = (6 \div 8) \text{ m/s}$

$$A_p = \frac{Q}{v_{\max}}$$

- треба водити рачуна да не дође до хабања делова клипа, што би за последицу имало појаву чврстих честица у зазорима и заривавање клипа

11.2 Клипни разводници са уздужним кретањем клипа

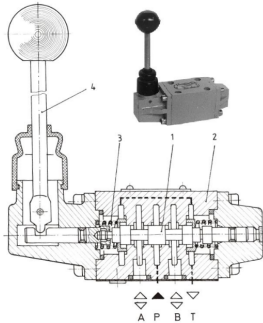
- до сада се видело да постоје положаји разводника код којих је међусобно спојено више прикључака. Овакве положаје не може да обезбеди разводник са претходне слике (нпр. пливајући положај)
- ови радни положаји се најчешће јављају у неутралном положају разводника (0) и најефикасније се остварују различитим ширинама појаса на клипу, тј. **различитим преклапањем појаса и отвора у телу разводника**
- на слици је приказан разводник познате конструкције, с тим што у различитим варијанатама (а, б, в, г) има различите дужине појаса



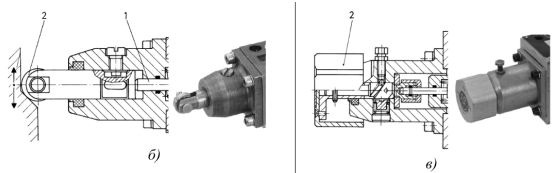
- појасеви на клипу су дужи од отвора на кућишту и у потпуности их прекривају - **позитивно преклапање отвора**. У неутралном положају сви прикључци су затворени - „**потпуно затворен центар**“. Потребно је решити растеређење пумпе. Пумпа може снабдевати неки други паралелно постављени потрошач
- појасеви клипа су краћи од отвора на телу - **негативно преклапање**. Сви прикључци су спојени у разводнику („**потпуно отворени центар**“). Актуатор не добија погон, нити је закочен, већ његово кретање дефинише оптерећење. Пумпа је растеређена и не би могла да покреће паралелно спојени потрошач
- кроз осне отворе у клипу остварена је веза Р и R. Овај положај се назива „**тандем центар**“. Актуатор је закочен, а пумпа је растеређена. Паралелно везан склоп не би добијао притисак, али је овај разводник погодан за серијске везе, јер искључење једног склопа не прекида проток ка следећем актуатору у серији.
- „**пливајући центар**“ - прикључци актуатора су међусобно спојени и везани за резервоар. У тим водовима нема притиска, па ће актуатор „пливати“ зависно од терета, као и код отвореног центра. За разлику од претходног случаја овде је пумпни вод под притиском, па се може користити за погон неког другог уређаја

11.2 Управљање клипним разводницима - ручно

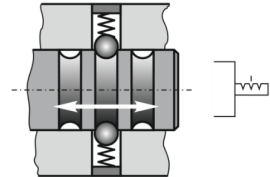
- на слици је приказан разводник са **ручним управљањем** и опружним центрирањем, какав се често користи на мобилним машинама



- закретањем ручице 4, клип 1 се уздужно помера унутар чауре (кућишта) 2. По престанку дејства силе на ручицу 4, опруге 3 враћају клип у централни положај
- на наредној слици су приказани још неки начини за активирање клипа (наилазак брегасте површине и закретање елемента 2 за 90°)

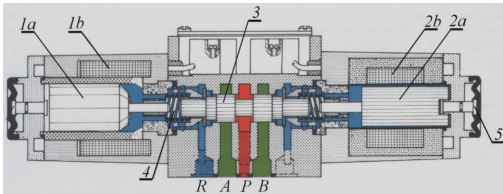


- често се при примени ручног активирања разводника јавља потреба да клип остане фиксиран у датом положају без трајног деловања силе руке на полугу. Решење је приказано на наредној слици. При доласку клипа у одређену позицију, куглица под дејством опруге улази у ободни канал, који се тренутно нађе испод ње и задржава клип у том положају. На слици је дат и симбол овог склопа



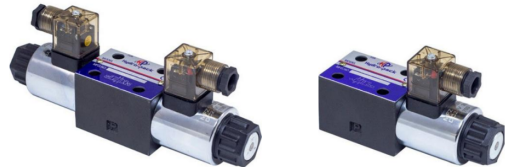
11.2 Управљање клипним разводницима - електромагнетно

- при потреби учесталог и аутоматизованог активирања користи се **електронагнетно управљање**
- то могу бити електромагнети једносмерне и наизменичне струје, са сувим кућиштима или са кућиштима која су испуњена уљем
- брзина реаговања им је изузетно велика: $20 \div 100 \text{ ms}$ при укључивању и $10 \div 60 \text{ ms}$ при искључивању



- на слици је као пример (такво управљање не постоји) приказан разводник где се са леве стране налази електромагнет једносмерне струје, а са десне електромагнет наизменичне струје
- са (б) су означени намотаји, а са (а) котве електромагнета

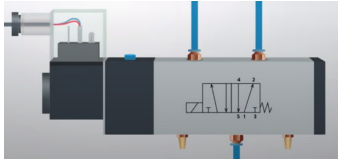
- када намотај добије струјни импулс, електромагнетна сила помера котву ка средишту разводника
- на слици је приказано дугме (5), преко кога се разводник може активирати руком, уколико је неки од електромагнета неисправан



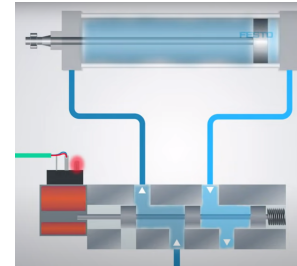
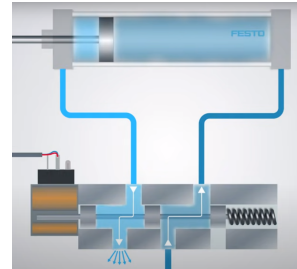
- електромагнетно управљање се користи и у **пнеуматским системима**
- основна разлика у односу на разводнике коришћене у хидрауличким системима је што овде не постоји резервоар, већ се ваздух испушта у атмосферу

11.2 Управљање клипним разводницима - електромагнетно

- разводник приказан на слици служи за управљање пнеуматским цилиндром

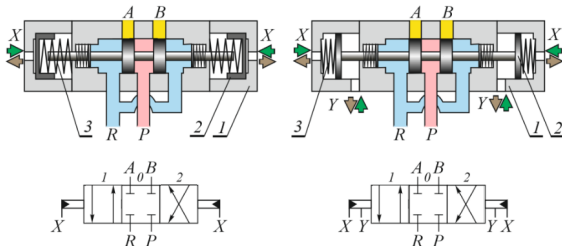


- његова ознака је 5/2
- са десне стране се налази опруга која дефинише положај разводника када електромагнет са леве стране није под напонам
- ваздух под притиском одлази у клипну комору и проузрокује извлачење клипњаче
- стављањем електромагнета под напон, котва се креће удесно, сабија опруку и помера клип разводника
- ваздух се преусмерава у клипњачину комору и долази до увлачења клипњаче пнеуматског цилиндра



11.2 Управљање клипним разводницима - хидраулично

- ако је за активирање разводника потребна велика сила, често се користи **хидраулично управљање**
- силу која помера клип разводника обезбеђује уље под притиском из другог, управљачког система



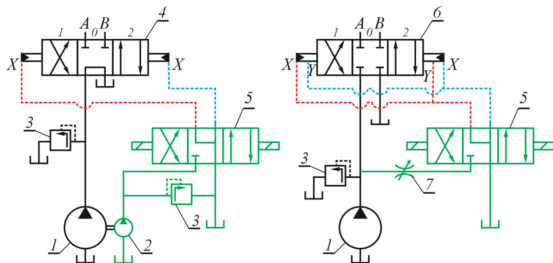
- на слици се могу уочити сви познати елементи разводника (клип, кућиште, центрирајуће опруге, прикључци P, R, A и B)
- поред ових елемената, на кућишту је са леве и десне стране постављен по један **једносмерни хидроцилиндар (1)** (лева слика)

- у њему се креће клип (2). Када кроз управљачки прикључак X доспе уље под притиском, клип креће ка својој УМТ, сабија опругу (3) и потискује клип разводника
- по престанку деловања управљачког притиска, повратна опруга (3) враћа клип хидроцилиндра у почетни положај истискујући уље из њега, а мање опруге разводника доводе клип разводника у централни положај
- исто ће се десити при доласку уља кроз управљачки прикључак X на другој страни разводника

- на **десној слици** приказан је разводник, чији клип покрећу два **двосмерна хидроцилиндра**
- у овом случају, управљачко уље под притиском се доводи на X прикључак (клипна комора) једног хидроцилиндра и Y прикључак (клипњачина комора) цилиндра на супротној страни.
- са обе стране разводника уље делује на клип. Тиме ће сила на њему бити знатно већа него код примене једносмерних цилиндара
- двосмерни цилиндар се ретко примењује, изузев код потребе стварања екстремно велике силе на клипу разводника

11.2 Управљање клипним разводницима - хидраулично

- дакле, за хидраулично управљање потребно је постојање два разводника
- **Главни разводник** служи за управљање извршним елементом (актуатором). Њему се доводи уље из пумпе које служи за покретање актуатора
- поред тога, доводи му се и уље из **управљачког разводника**, које служи само за померање клипа главног разводника
- ова два разводника се могу налазити један уз друге или удаљени и повезани цревима

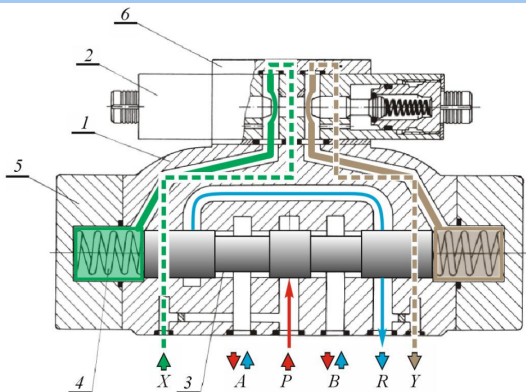


- уље за управљање разводником се може добијати из помоћне пумпе (**екстерно управљање** - лева слика)
- или се може добијати из главне пумпе, која уједно снабдева актуаторе уљем под притиском (**интерно управљање** - десна слика)

Где постоји потреба за хидрауличким управљањем?

- када је потребно остварити велике протоке, због ограничења максималне брзине струјања уља потребно је користити цеви и разводнике већих димензија
- то значи да ће и површине клипова разводника бити велике и да ће сила притиска на њих такође бити велика
- некада електромагнети не могу остварити довољну силу да савладају силу притиска радног флуида (или би такви електромагнети били несразмерно велики)
- отуда идеја да се искористи уље под притиском да обави посао померања клипа разводника
- електромагнети могу управљати мањим управљачким разводником јер су силе на њему значајно мање

11.2 Управљање клипним разводницима - хидраулично

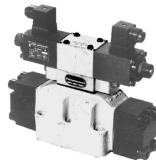
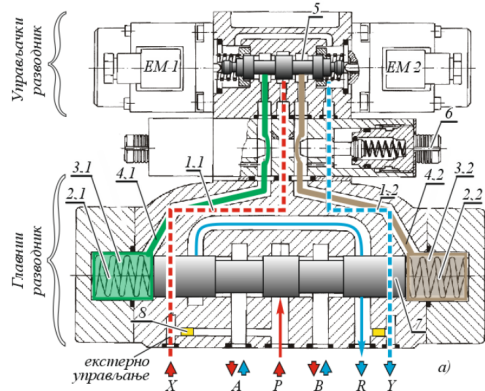


- пресек хидраулички управљаног разводника 201 ППТ Трстеник
- величина NO 16, NO 20 и NO 32 (називни пречници)
- предвиђен за протоке до 500 lit/min и притиске 320 bar
- у кућишту (1) налази се клип (3) на који делују опруге за центрирање (4)

- поред прикључака P, R, A, B на кућишту постоје и прикључци X и Y
- управљачким разводником (који није приказан) уље под притиском се усмерава на један од њих (нпр. на X)
- уље каналима пролази кроз кућиште склопа и долази до коморе у којој се налази опруга (обојено зеленом бојом)
- уље потискује клип разводника, спајајући прикључке P-A и R-B
- истовремено на другој страни сабија опругу и из коморе истискује уље, које се кроз канале у кућишту (браон боја) преко Y прикључка враћа у резервоар
- уколико управљачким разводником усмеримо уље на прикључак Y, процес ће се одвијати на описани начин, само на супротним странама
- пролазећи кроз канале кућишта, уље пролази кроз **пригушни вентил (2)**. Реч је о сужењу (пригушењу), чија проточна површина може да се подешава закретањем вијака на поклопцима склопа
- подешавањем овог пригушења могуће је регулисати брзину кретања клипа разводника и на тај начин обезбедити мекше укључење и искључење актуатора
- ово је додаток, који хидраулички управљан разводник може, а не мора да има

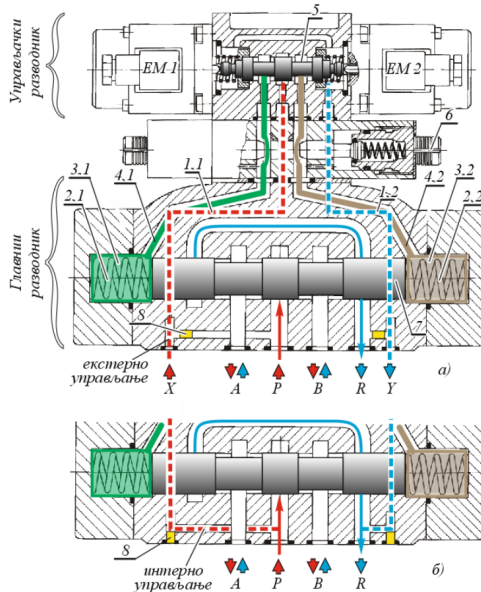
11.2 Управљање клипним разводницима - хидраулично

- главни и управљачки разводник могу бити удаљени један од другог, а ако се ова два разводника интегришу у једну целину, добија се разводник који је приказан на слици
- главни разводник је приказан на претходној слици. Тамо је уместо управљачког разводника била плоча (6)
- уље за поретање актуатора долази у главни разводник кроз вод Р. Где ће даље отићи зависи од положаја клипа главног разводника
- његов положај се одређује помоћу **управљачког разводника**. Уље за **(екстерно)** управљање долази на прикључак Х и пролази до управљачког разводника
- помоћу електромагнета се управља положајем управљачког разводника. Он шаље уље најпре кроз пригушни вентил, а онда до главног разводника
- уље за управљање ће померити клип главног разводника у жељеном смеру, чиме ће се омогућити снабдевање актуатора уљем под притиском



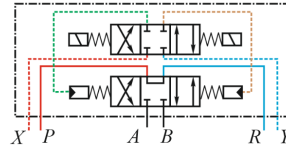
11.2 Управљање клипним разводницима - хидраулично

- главни и управљачки разводник могу бити удаљени један од другог, а ако се ова два разводника интегришу у једну целину, добија се разводник који је приказан на слици
- главни разводник је приказан на претходној слици. Тамо је уместо управљачког разводника била плоча (6)
- уље за поретање актуатора долази у главни разводник кроз вод Р. Где ће даље отићи зависи од положаја клипа главног разводника
- његов положај се одређује помоћу **управљачког разводника**. Уље за **(екстерно)** управљање долази на прикључак Х и пролази до управљачког разводника
- помоћу електромагнета се управља положајем управљачког разводника. Он шаље уље најпре кроз пригушни вентил, а онда до главног разводника
- уље за управљање ће померити клип главног разводника у жељеном смеру, чиме ће се омогућити снабдевање актуатора уљем под притиском
- важан је чеп (8) који омогућава екстерно управљање. Ако је потребно остварити **интерно управљање**, чеп (8) треба пребацити на позицију Х (видети слику)
- и одвод управљачког уља је интерни, други чеп је пребачен на позицију Y

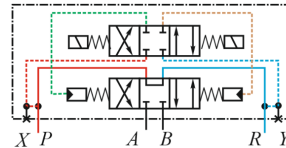
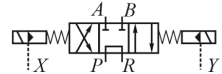


11.2 Управљање клипним разводницима - хидраулично

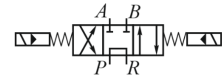
- На слици дати су симболи индиректно управљаних разводника са:
 - (а) екстерним управљањем
 - (б) интерним управљањем
- управљачки разводници су на овим симболима постављени изнад главних разводника, али то не говори да ли се у стварности управљачки разводници налазе уз главне разводнике или удаљено од њих
- правоугаоници (црта тачка црта) означавају да све што се налази унутар њих представља једну функционалну целину
- десно су дати упрошћени симболи који се често користе у шемама
- ови разводници, у духу упрошћених симбола, често се називају „електро-хидраулички“ разводници



а)



б)



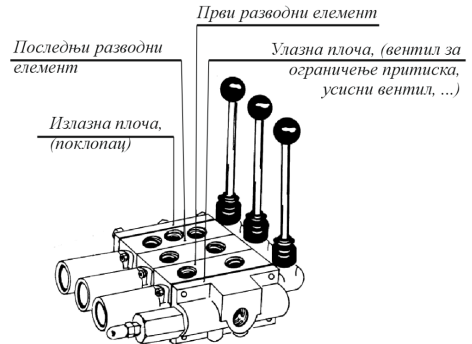
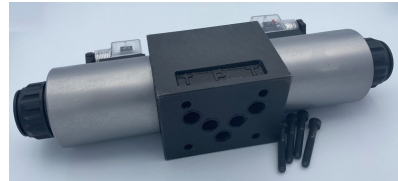
Груписање и повезивање разводника

- најчешће хидраулички систем има више извршних претварача, па је потребна уградња више различитих разводника (за сваки актуатор по један)
- било би непрактично те разводнике постављати појединачно на различитим местима, па се приступа њиховом груписању и повезивању
- то је технички оправдано, јер разводници онда могу имати један заједнички прикључак, заједнички сигурносни вентил
- може постојати заједничко кућиште у којем се налази више разводника
- може се на **основну плочу** поставити више разводника. Основна плоча је повезана са пумпом и резервоаром и на њој се често налази заједнички сигурносни вентил и манометар
- разводници се завртњевима причвршћују на основну плочу, на којој постоје прикључци за довод и одвод уља на тачно одређеним местима



Груписање и повезивање разводника

- разводници се завртњевима причвршћују на основну плочу, на којој постоје прикључци за довод и одвод уља на тачно одређеним местима
- **секциони разводник** повезује више разводних секција (разводника), који су вијцима повезани између улазне и излазне плоче
- у овим плочама су смештени сви елементи хидрауличног круга, који су, овим решењем, заједнички
- у самом секционом разводнику, моноблоку или основној плочи, разводници могу бити међусобно повезани редно, серијски, паралелно или комбиновано

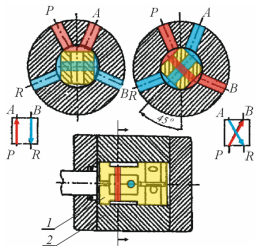


11.3 Остале конструкције разводника

- поред клипних разводника који се најчешће користе, постоје и друге врсте разводника

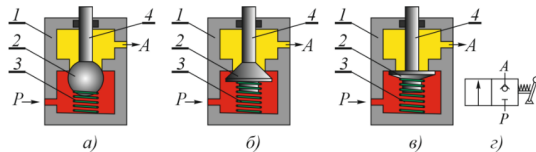
Разводници са обртним кретањем разводног елемента

- разводник са слике има два радна положаја и четири прикључка



- у кућишту (2) цилиндричног облика окреће се разводни елемент (1) облика четворостране призме са заобљеним бочним ивицама
- на њему су избушена два канала који се мимоилазе. У положају са леве слике спојени су P-A и (кроз један од канала) B-R. Закретањем разводног елемента за 45° (скица десно) спајају се P-B и A-R

Вентилски разводници



- вентилски разводници разводе флуид тако што се врши отварање и затварање вентила и на тај начин се омогућава или спречава проток
- једноставна и поуздана конструкција. Недостатак им је то што не могу да остваре већи број радних положаја и већи број прикључака. Предност им је што остварују потпуну заптивеност, за разлику од других разводника који имају зазоре.
- управљани актуатор се може сматрати потпуно закоченим под оптерећењем. Зато се ова врста вентила скоро редовно користи код машинских система од којих се очекују да дужи време под оптерећењем не промене положај терета (дизалице, кочни системи и сл.).