

Хидростатички преносници снаге

Погонски и ходни системи возила

Универзитет у Београду
Машински факултет
Катедра за моторна возила



УВОД

ХИДРАУЛИЧКИ ПРЕНОСНИЦИ су технички системи, који у општем случају, представљају скуп уређаја способних да врше пренос енергије и информација помоћу хидрауличке течности.

- **Хидраулички преносници претварају механичку енергију у хидрауличку и обратно.**
- Медијум за претварање и преношење енергије у хидрауличким системима је **флуид**, код којег се запремина не сме значајно мењати под деловањем спољне силе (нестисљиви флуиди).

УВОД

Деле се у две велике групе:

- хидродинамички преносници**
- хидростатички преносници.**

Хидродинамички преносници преносе енергију посредством кинетичке енергије струје радне течности. Учешће енергије притиска је занемарљиво мало.

Хидростатички преносници преносе енергију посредством енергије притиска у струји радне течности. Учешће кинетичке енергије при томе је врло мало (испод 0,5%).

Основне компоненте хидростатичких преносника

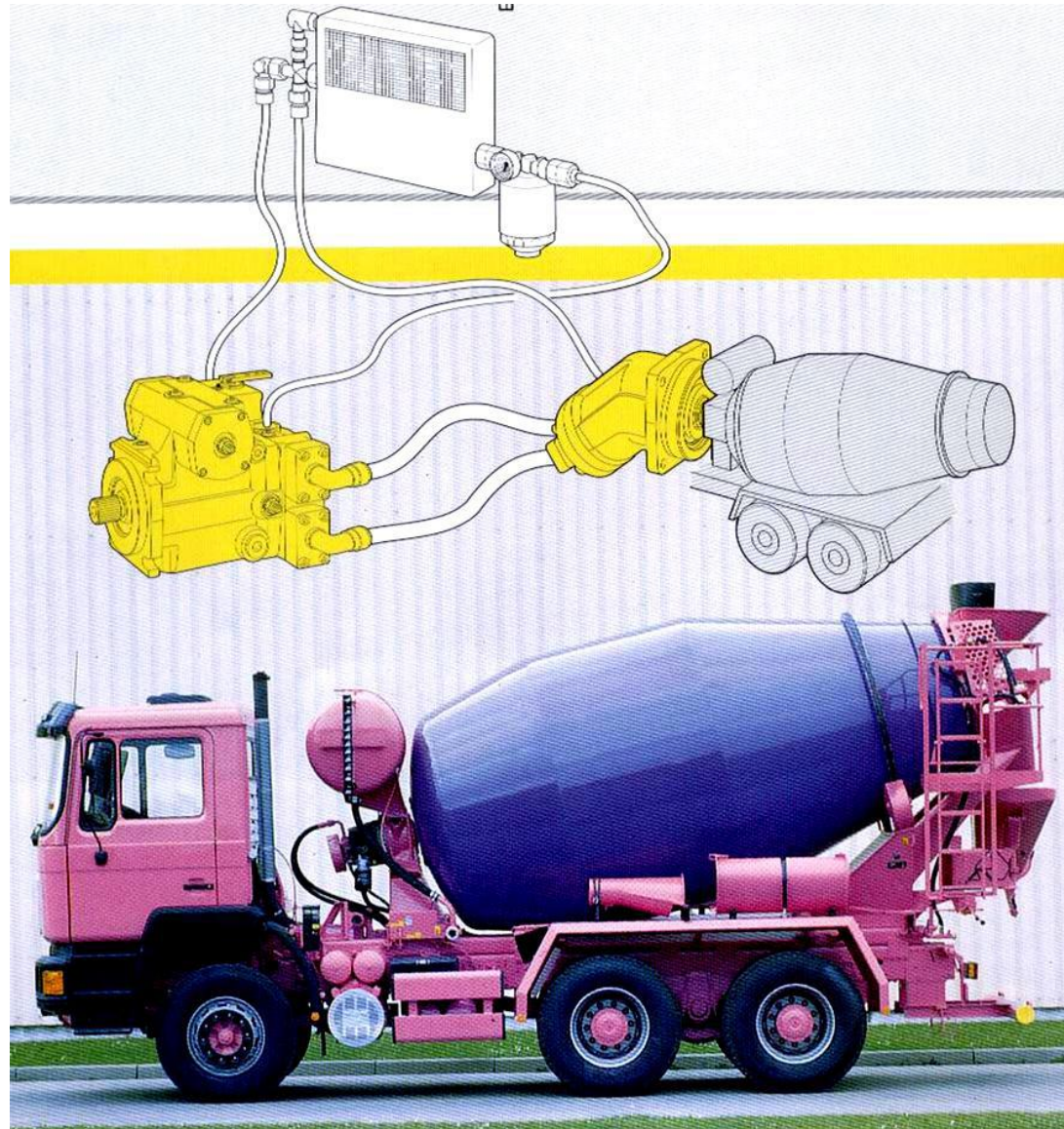
Основне компоненте хидростатичких преносника су:

- генератор хидрауличке енергије (пумпа, акумулатор),
- управљачке компоненте (разводник, серво разводник, регулатор притиска, регулатор протока итд.),
- извршне компоненте (хидромотори, цилиндри) и
- помоћне компоненте (цевоводи, резервоари, филтри, измењивачи топлоте итд.).

Хидрауличка пумпа је уређај који механичку енергију преводи у хидрауличку енергију (енергију притиска).

Хидраулички мотор хидрауличку енергију преводи у механичку енергију.

Основне компоненте хидростатичких преносника



Процес претварања енергије

Погонски мотор

(електромотор или мотор СУС)



Механичка енергија

Пумпа



**Претварање механичке енергије
у енергију притиска радне течности**

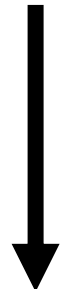


Енергија притиска радне течности

Хидромотор



**Претварање енергије притиска радне
течности у механичку енергију**



Механичка енергија

Терет

Предности и недостаци

Основне предности хидростатичких преносника су:

- веома мала тежина, габарити и моменти инерције,
- једноставна заштита од преоптерећења,
- могућност добијања великих преносних односа без употребе редуктора,
- могућност континуалне промене брзине и смера,
- веома једноставно претварање обртног у транслаторно кретање,
- велика брзина одзива, због практичне нестишљивости хидрауличног уља.

Недостаци су:

- осетљивост на прљавштину,
- губитак енергије, који се претвара у топлоту нарочито код пригушног управљања,
- појава унутрашњих и спољашњих губитака
- могућност продора ваздуха у систем,
- утицај промене температуре на рад система, и др.

Принцип рада хидростатичких преносника

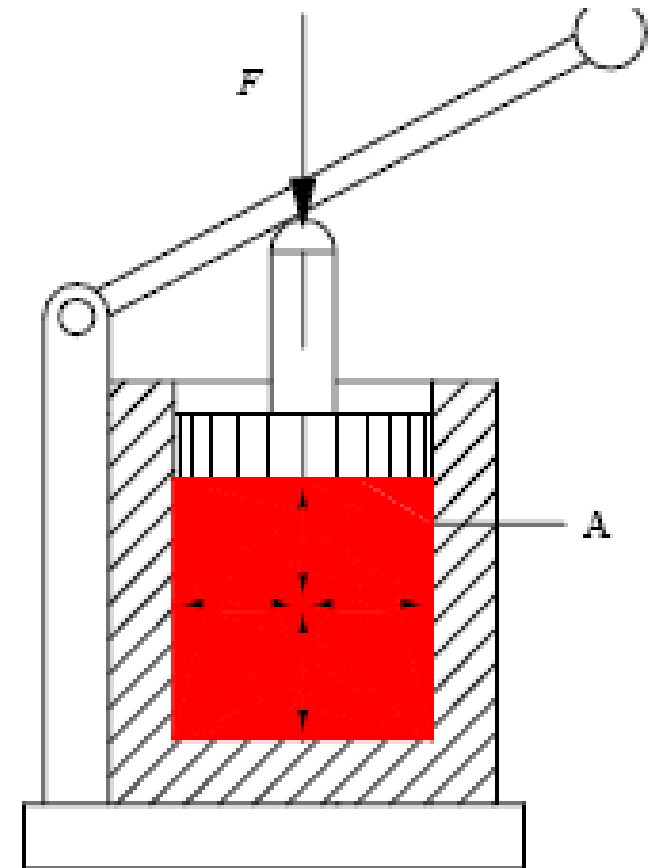
Паскал је установио да се **поремећај** изазван **дејством спољашње силе** на **мирну течност у затвореном суду, протиче** на **све стране једнако** и **има исту вредност** (то важи за сваку честицу течности).

$$p = F/A$$

p [Pa] - притисак,

F [N] – сила,

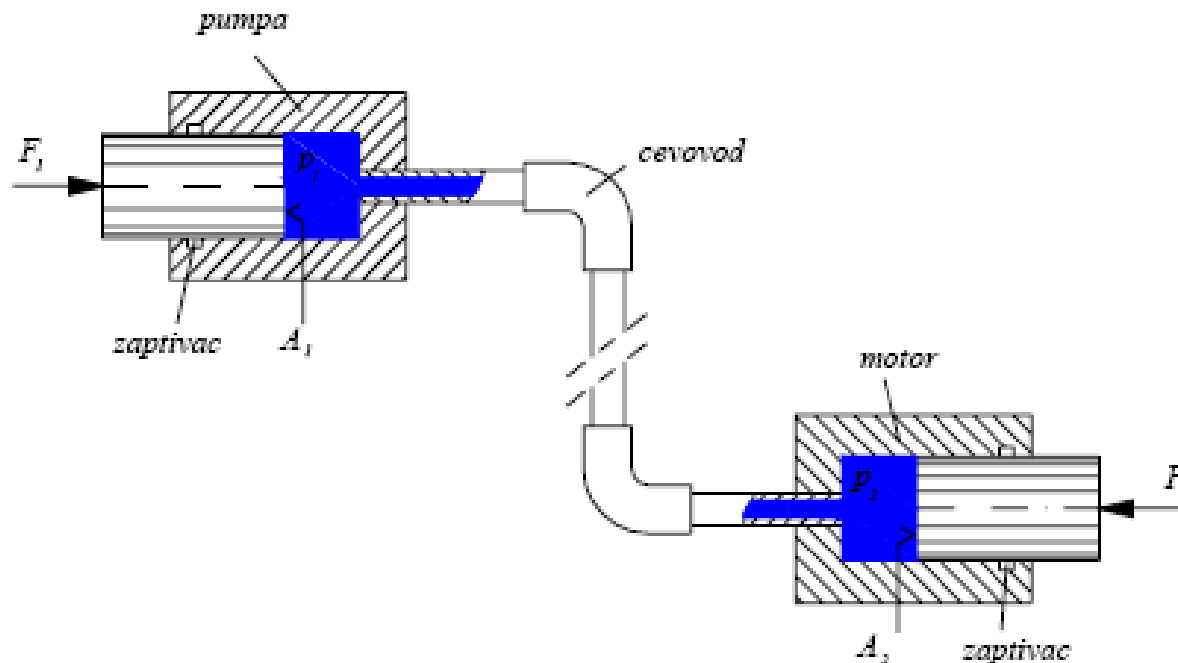
A [m²] - активна површина клипа



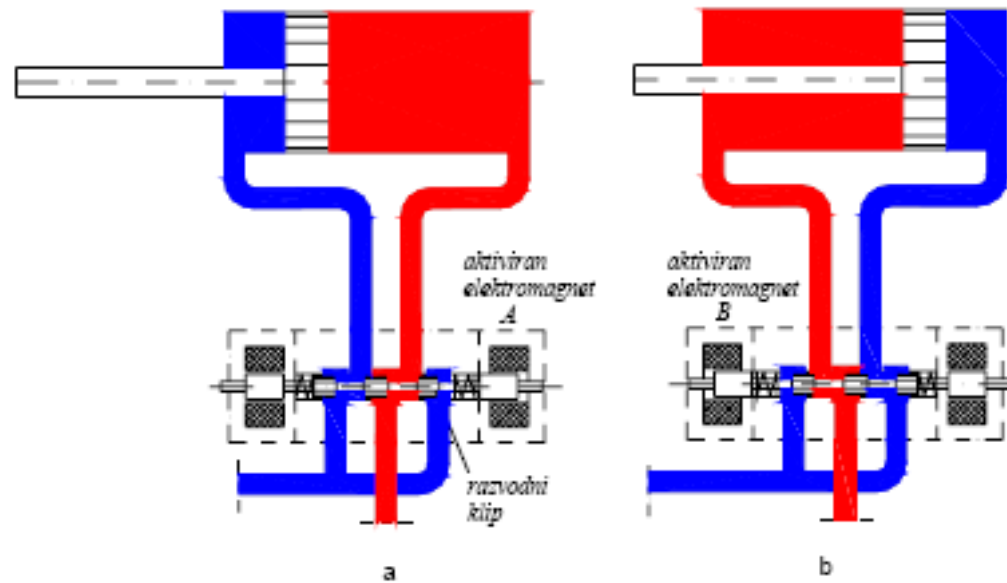
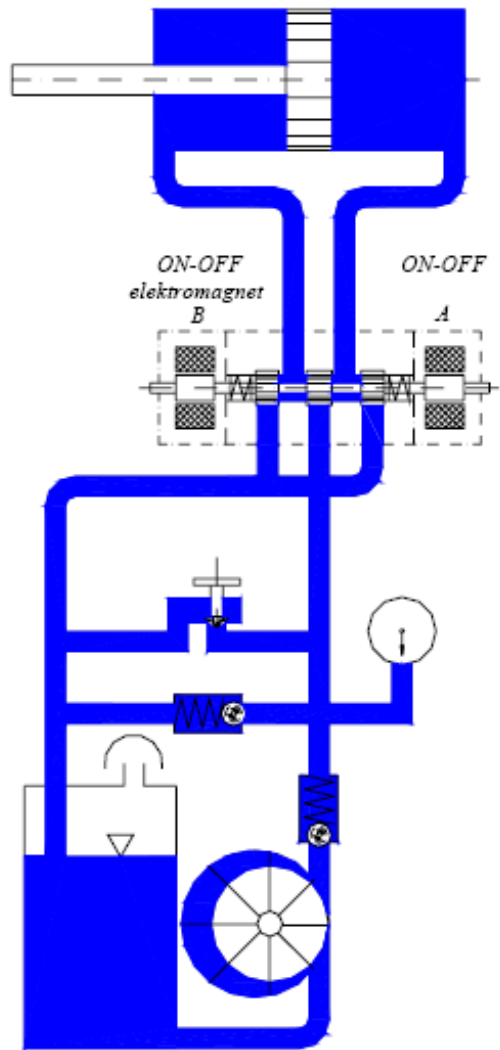
Управљање хидростатичким преносницима

Код хидростатичких преносника реализација управљања хидрауличком енергијом врши се на два начина:

- **пригушивање протока** радне течности пре улаза у хидраулички мотор (пригушно управљање),
- **промена величине радне запремине** хидрауличке пумпе или мотора у току процеса преношења енергије (запреминско управљање).

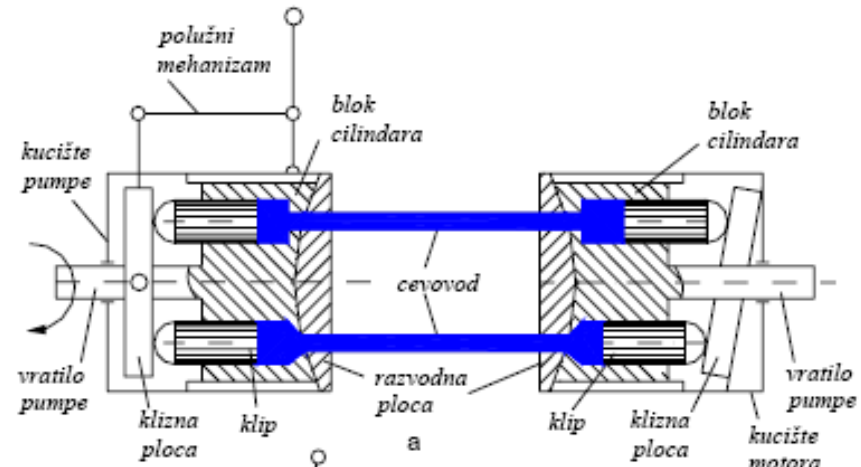


Управљање хидростатичким преносницима

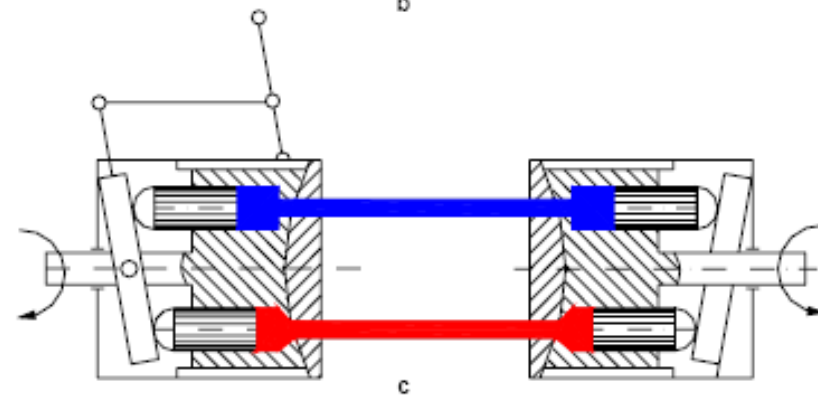
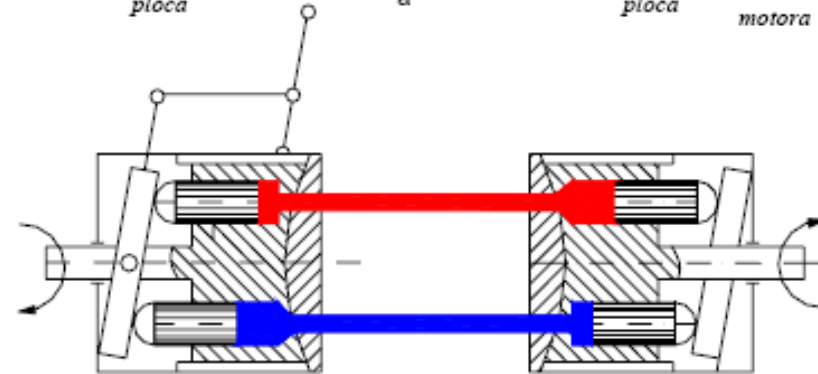


Хидростатички преносник са пригушним управљањем

Управљање хидростатичким преносницима



Хидростатички преносник са
запреминским управљањем



Основне хидрауличке променљиве

Притисак p

$$p = F/A$$

p [Pa] - притисак,
 F [N] – сила,
 A [m²] - активна површина клипа

Запремински проток радне течности Q

$$Q = v \cdot A$$

Q [m³/s] - проток,
 v [m/s] – брзина кретања клипа

Хидрауличка снага P

$$P = Q \cdot p$$

P [W] - хидрауличка снага.

Хидрауличке пумпе

Хидрауличке пумпе претварају механичку у хидрауличку енергију струје радне течности (проток и притисак).

Хидрауличка пумпа је запреминска пумпа, енергију предаје захваћеној запремини течности.

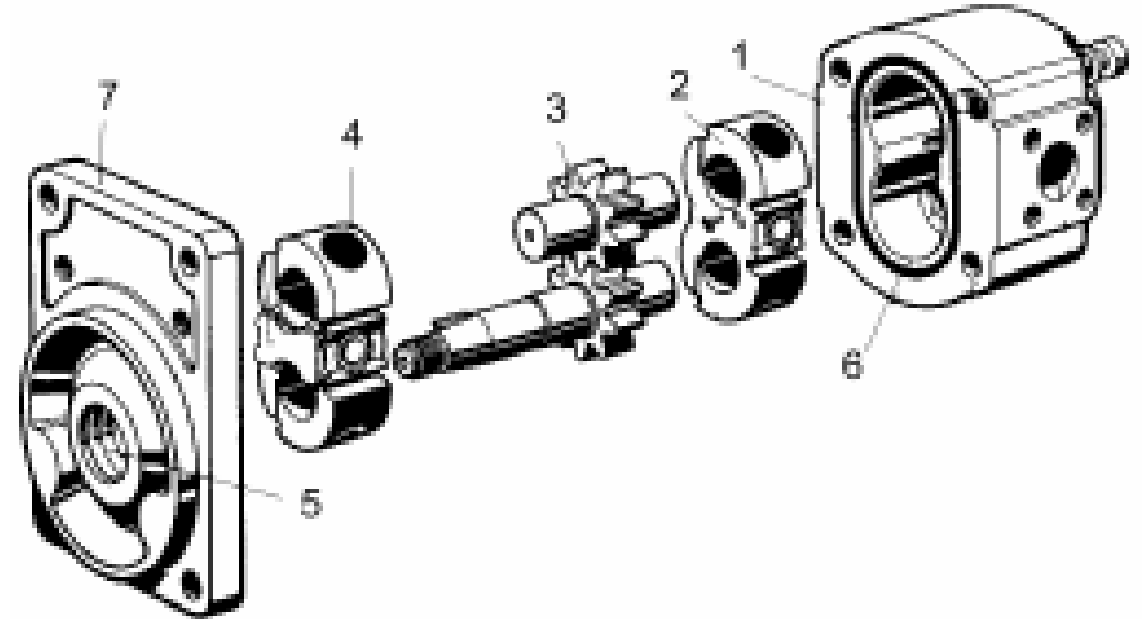
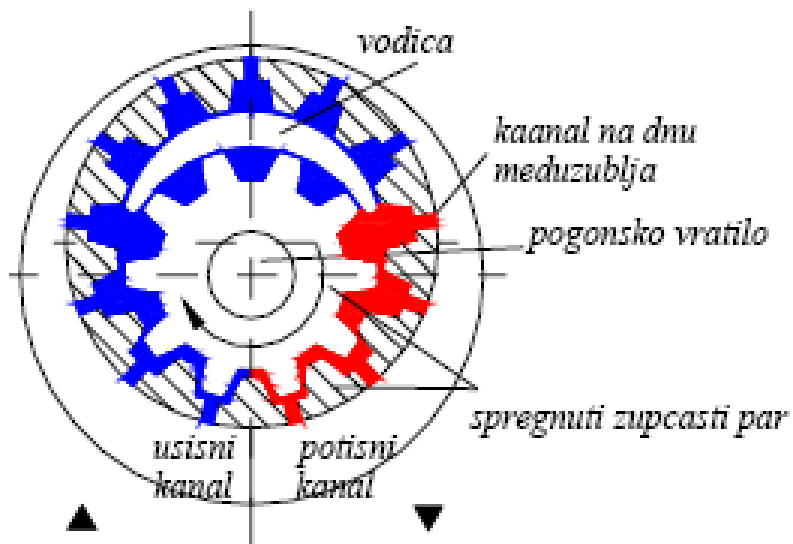
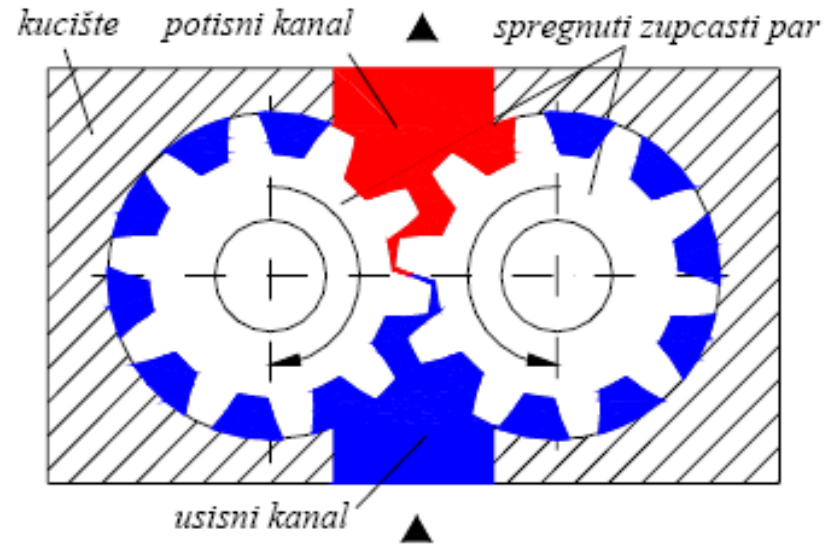
Пумпа има једну или више засебних радних комора, конструисаних тако да периодично могу мењати величину радне запремине. Промена запремине омогућује усисавање, раздвајање (одсецање) и потискивање радне течности.

Хидрауличке пумпе имају:

- механизам за потискивање и
- механизам за развођење.

Хидрауличке пумпе могу поред наведених механизма имати механизам за управљање радних параметара пумпе.

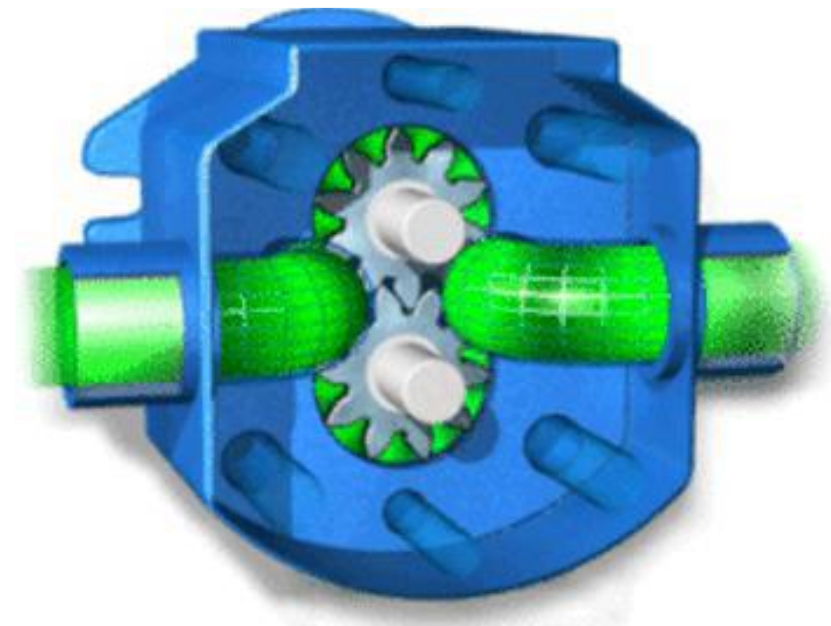
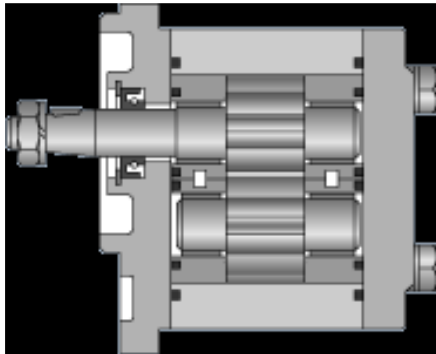
Зупчасте пумпе



1 – кућиште,
2 и 4 – чеоне плоче,
3 – спрегнути зупчасте пар,
5 и 6 – заптивач,
7- поклопац

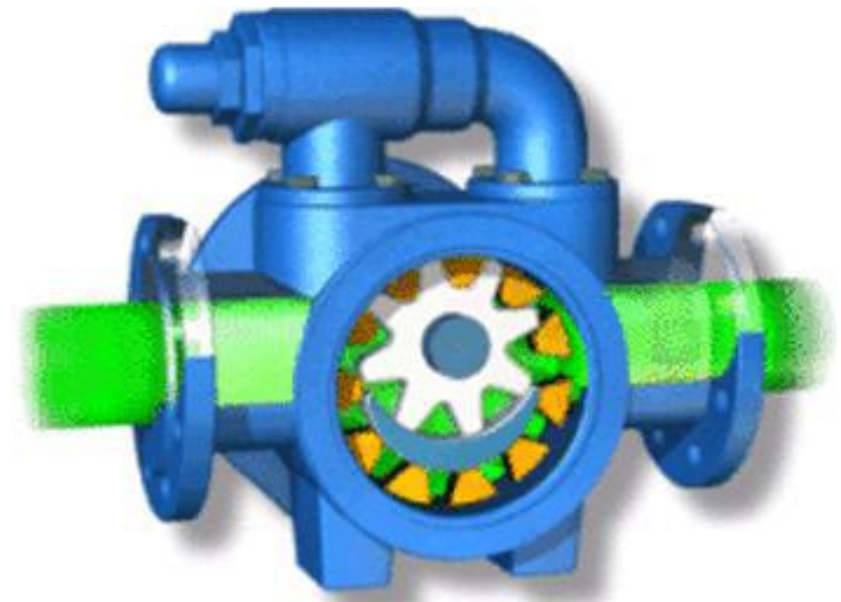
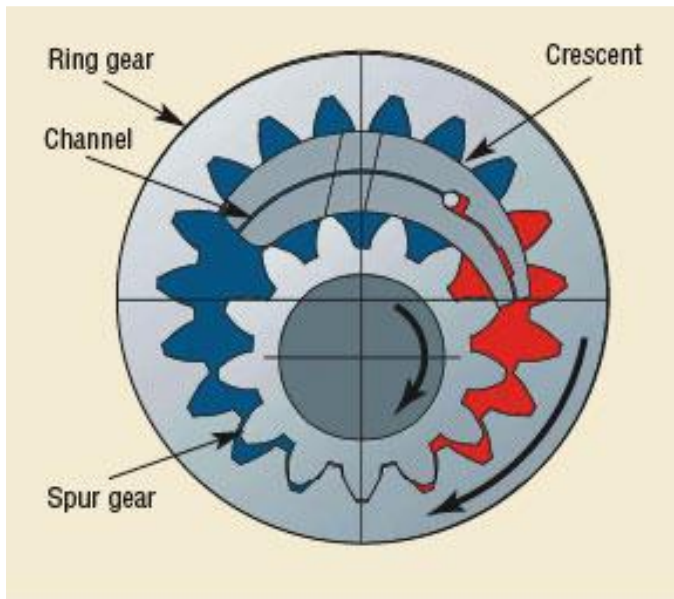
Зупчасте пумпе са спољним озубљењем

Израђују се најчешће с два еволвентна зупчаника с равним зубима. Постоје уређаји и са средњим погонским и два погоњена зупчаника. Због високог нивоа буке који стварају у раду (68-88 dB), израђују се и са косим еволвентним озубљењем са углом зуба 5-8°.



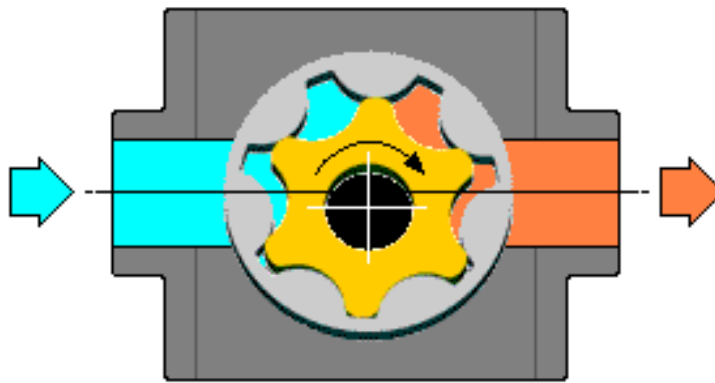
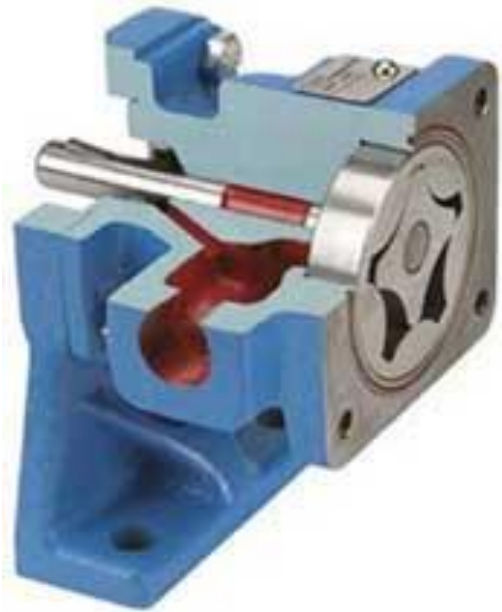
Зупчасте пумпе са унутрашњим озубљењем

Пумпа са састоји од кућишта, зупчаника с унутрашњим озубљењем и зупчаника са спољним озубљењем. Зупчаник са спољним озубљењем је погонски. Зупчаник са унутрашњим озубљењем је смештен у кућишту са извесним зазором. Кретање зупчаника са спољним озубљењем изазива ротацију зупчаника са унутрашњим озубљењем, те они заједно ротирају. При томе на месту где зупчаници излазе из захвата настаје потпритисак, радна течност улази у радну комору, испуњава међузубља и транспортује у потисну комору. Срп је непокретан и служи за раздвајање усисне од потисне коморе.



Зупчасте пумпе са циклоидним озубљењем

Из основне конструкције зубчасте пумпе с унутрашњим озубљењем развила се зубчаста пумпа с циклоидним озубљењем. Кинематика је идентична, али је зупчаник са спољним озубљењем направљен с једним зубом мање од зупчаника с унутрашњим озубљењем. Таква геометрија осигурава потпуно одвајање усисне од потисне зоне, те није потребан додатни елемент (срп) који ће их одвајати.

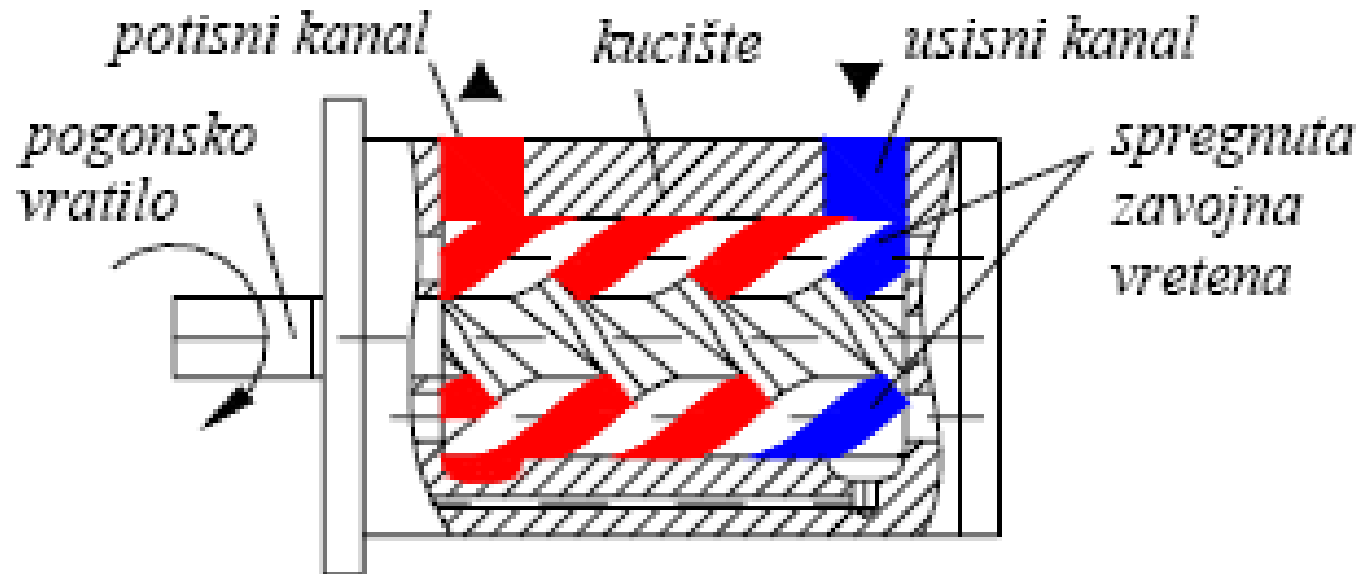


Завојне пумпе

Основу конструкције завојне пумпе чине три спрегнута завојна вретена са циклоидним профилом смештена у једно кућиште, тако да је централно погонско вретено аксијално спрегнуто са два гоњена вретена.

Минимални зазор између бокова спрегнутих завојница омогућава потребно заптивање.

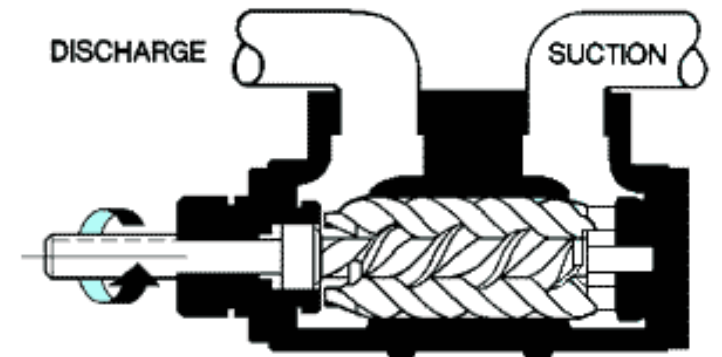
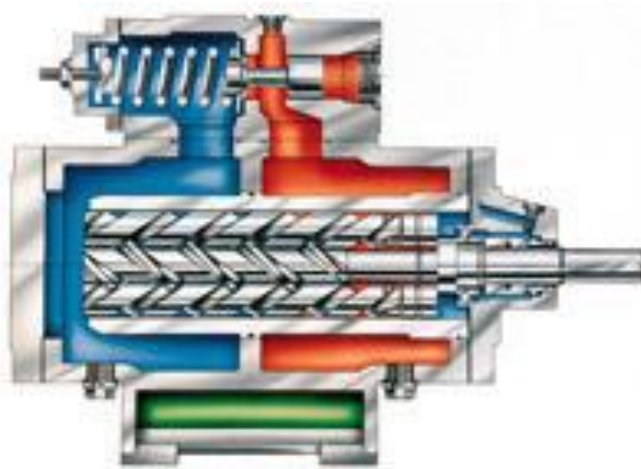
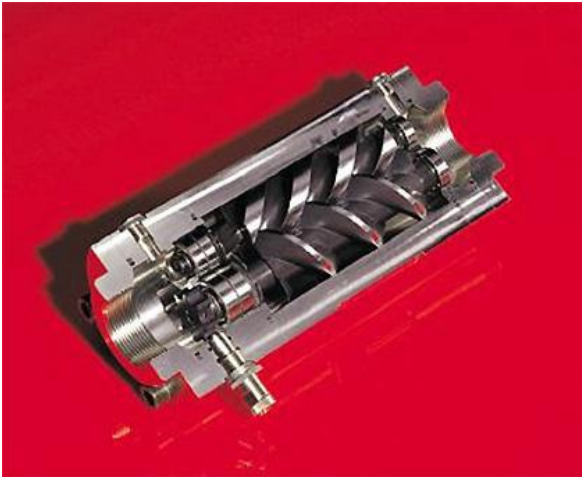
Завојне пумпе одликују се мирним и тихим радом без пулзација притиска и протока.



Завојне пумпе

Ротацијом погонског вретена у једном и гоњеног вретена у супротном смеру, захвата се радна течност на усисној страни у простор између два завоја и транслацијски се потискује према потисној страни.

Заптивање између нископритисне и високопритисне зоне остварује се по линији додира вретена и кућишта.



Завојне пумпе

Немају могућност регулације протока

Предности:

- проток без пулзација,
- миран рад,
- поуздане у раду и дуг век трајања.

Недостаци:

- нижи радни притисци (50-100 bar),
- мала специфична снага,
- релативно висока цена.

Примена:

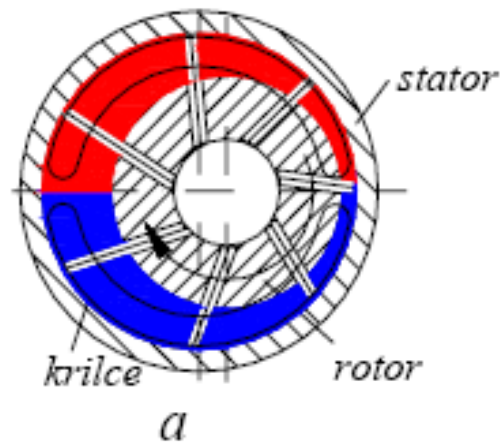
- добавне пумпе за ложишта,
- у системима за подмазивање,
- у процесној индустрији.

Крилне пумпе

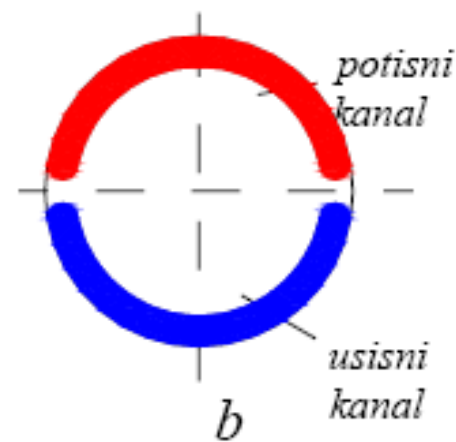
Ротор пумпе са усађеним крилцима смештен је ексцентрично у статор пумпе.

Радне коморе формирају се између два крилца, ротора и статора пумпе и бочних површина.

Закретањем ротора, радна комора се континуирано мења од минималне до максималне величине и обратно.



а - шематски приказ



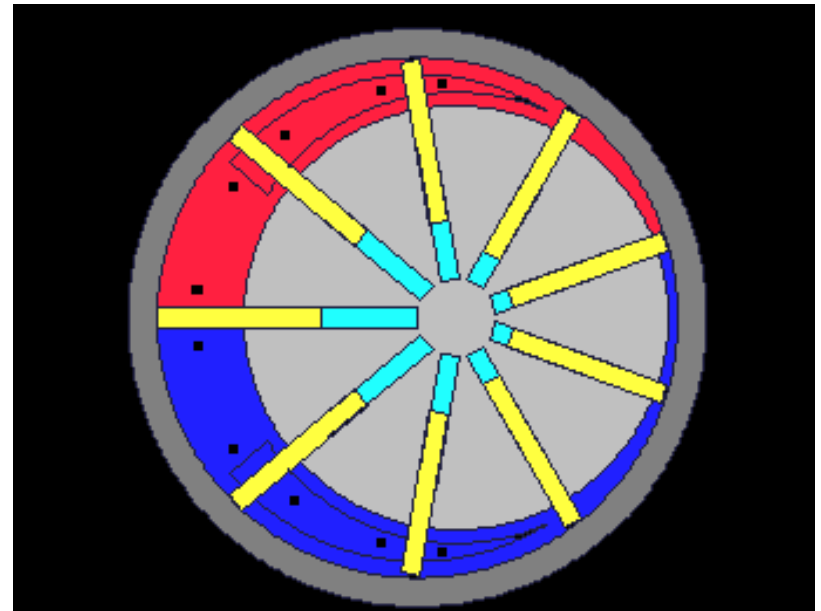
б - разводна плоча

Крилне пумпе

Радни елементи крилних машина су крилца.

Радни елементи обављају ротационо-транслационо кретање.

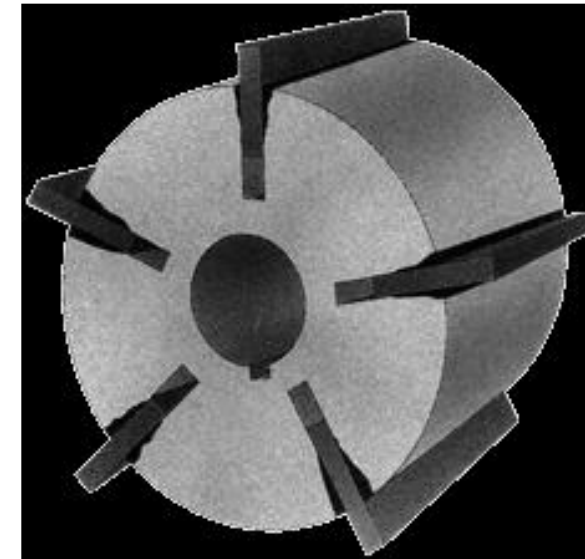
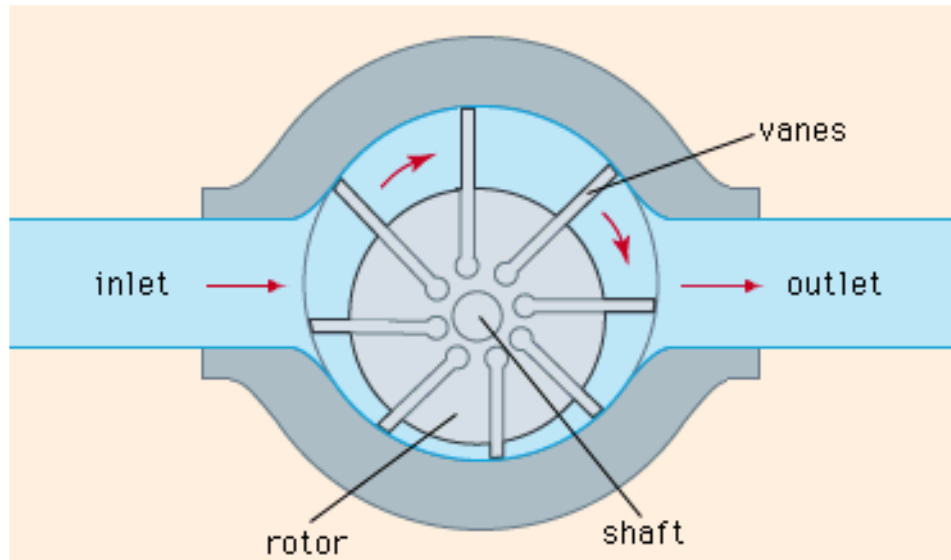
Појединим врстама клипних пумпи може се регулисати проток



Крилне пумпе

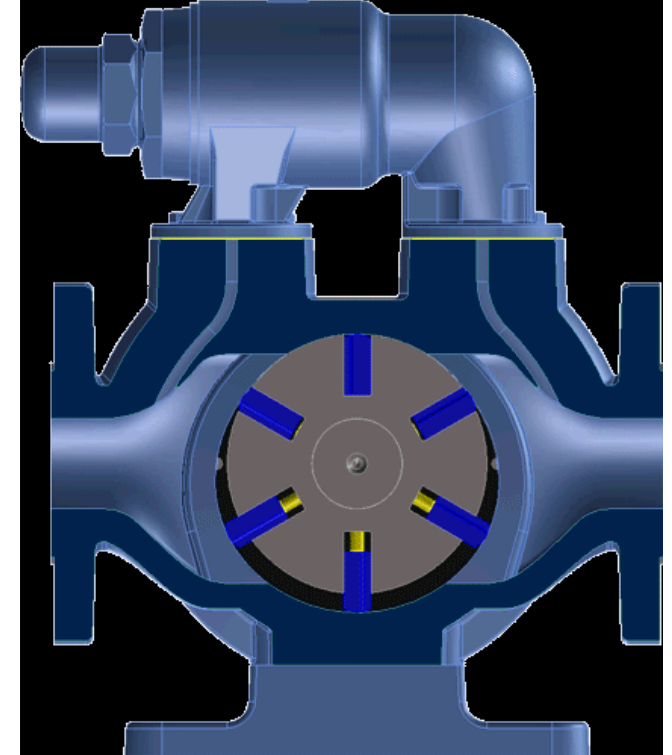
Пумпа је састављена од статора, ротора и крилаца, која су уметнута у жљебове усечене у ротору.

Центар ротора је померен у односу на осу статора за величину ексцентричности (e). Од величине ексцентричности зависи проток пумпе. Због тога су честа извођења пумпи са променљивом величином ексцентричности, односно протока.



Крилне пумпе

Услед деловања центрифугалне силе и силе опруга које су смештене с доње стране крилаца, у подручју повећања зазора, крилца се извлаче из жлебова ротора. Радне коморе, ограничене површинама двају суседних крилаца, бочним странама, као и површинама ротора и статора се повећавају, па се услед створеног подпритиска, коморе пуне радном течношћу. У подручју смањења зазора, крилца се због деловања силе притиска на месту контакта површине статора и крилца увлаче у ротор, па се запремина комора смањује. У том подручју се радни медијум под притиском потискује из пумпе.



Крилне пумпе

Предности:

- мале димензије и компактна конструкција,
- незнатна пулзација протока, мала бука,
- повољан запремински степен искоришћења,
- могућност регулације протока.

Недостаци:

- осетљиви на вршне притиске (лом крилаца),
- неповољан механички и укупан степен искоришћења.

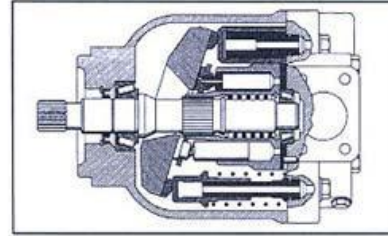
Примена:

- главна примена код алатних машина,
- дозирне пумпе у процесној индустрији.

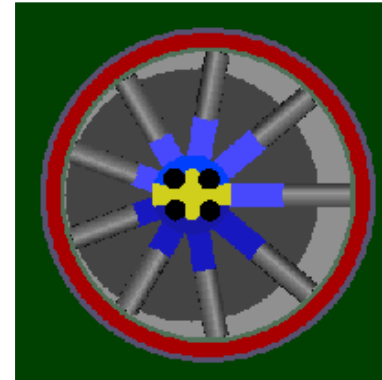
Клипне пумпе

Клипне пумпе се према положају радних елемената у односу на погонско вратило деле на:

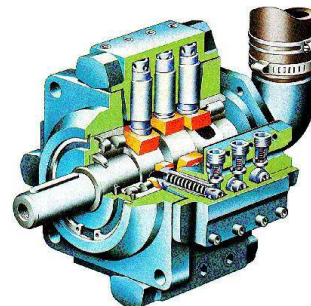
Аксијално клипне



Радијално клипне



Редно клипне



Клипно-аксијалне пумпе

Теоријски сваки уређај може да ради:

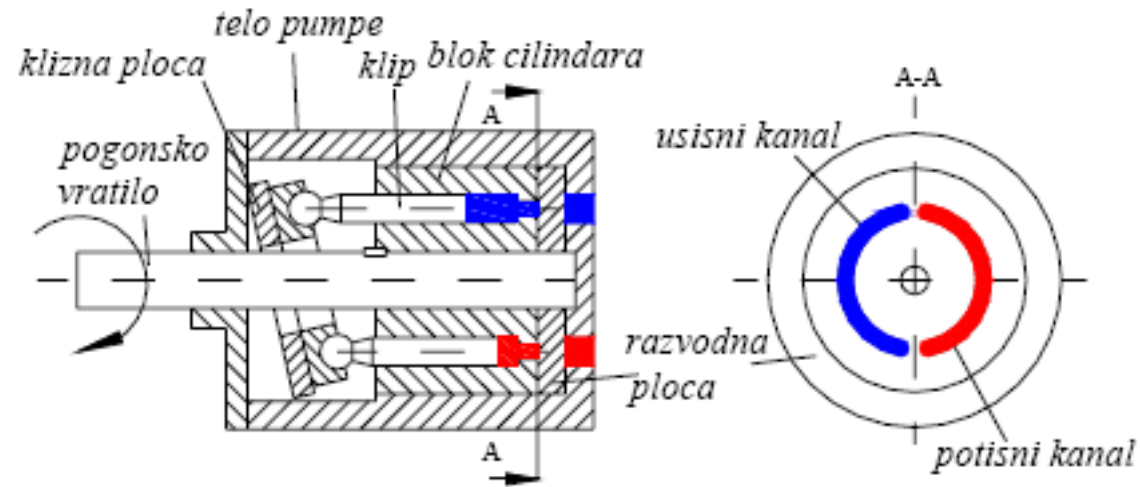
- као пумпа и
- као хидромотор.
- Имају **могућност регулације протока.**
- Максимални радни притисци су им преко **40 МПа.**
- Када раде као хидромотори могу да развијају момент до **3000 Nm.**

Конструкционо решење клипно-аксијалних пумпи темељи се на два принципа претварања ротационог кретања у праволинијско (аксијално) кретање клипова пумпе:

- клизна плоча;
- зглобна веза.

Радне коморе пумпе чине клип и цилиндар (механизам за потискивање). Број цилиндра (радних комора) је 7, 9 или 11. Механизам за развођење је непокретна разводна плоча са два профилисана канала у облику полумесеца.

Клипно-аксијалне пумпе са косом плочом



Механизам за потискивање је склоп цилиндра и клипа. Погонско вратило пумпе је круто везано на блок цилиндара.

Под одређеним углом у односу на вратило постављена је коса плоча.

Клипњаче (клипови) клипно-аксијалне пумпе су преко сферног зглоба ослоњене на непокретну клизну плочу. Блок цилиндара ослања се на разводну плочу. Сваки цилиндар пумпе завршава се спојним каналом преко кога се усисава и потискује радна течност.

Клипно-аксијалне пумпе са косом плочом

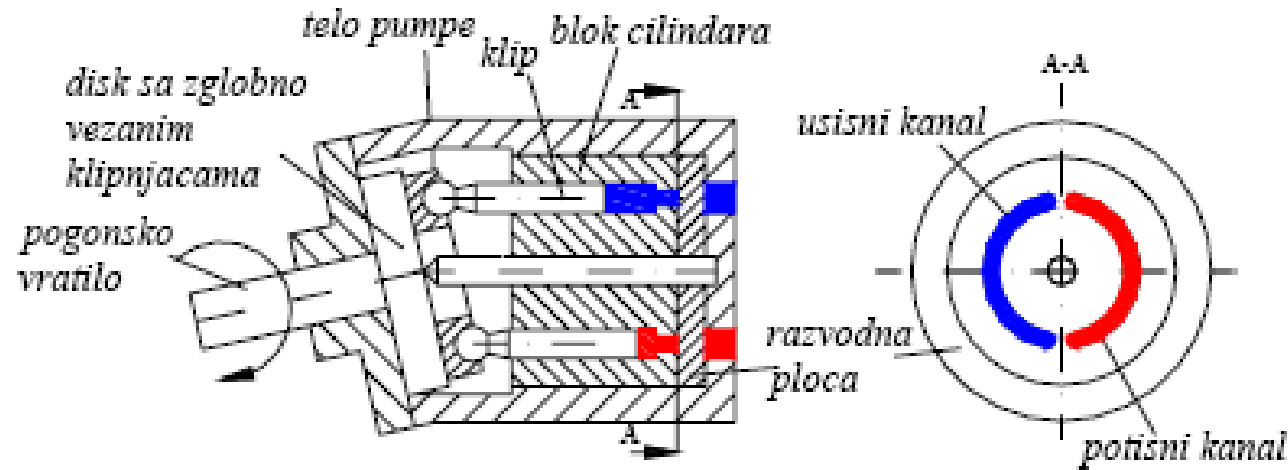
Начин рада пумпе

Покретањем погонског вратила покреће се цилиндарски блок будући да су механички везани. Клипови који су преко клизних папучица наслоњени на косу плочу почињу се извлачити односно увлачити у цилиндрима. У фази извлачења повећава се радни простор те се услед створеног потпритиска течност **усисава**, а када се цилиндар увлачи, смањује се запремина радне коморе те се течност **потискује** под притиском.

Начин рада хидромотора

Из пумпе **долази** радни флуид **под високим притиском**. При томе потискује све цилиндри који су везани за доводни канал разводне плоче. Тангенцијална компонента силе притиска ствара момент који погони цилиндарски блок на ротацију, а исто тако и погонско вратило с њим механички везано. **Излаз** радног флуида из радне коморе цилиндара преко заједничког излазног канала на разводној плочи је под неким **малим притиском**.

Клипно-аксијалне пумпе са зглобном везом



Блок цилиндра је смештен у тело заједно са разводном плочом.

Кугласти зглобови клипњача чине са погонским вратилом пумпе неку врсту карданског зглоба.

Захваљујући томе кружно кретање вратила претвара се у аксијално кретање клипова пумпе.

Клипно-аксијалне пумпе са зглобном везом

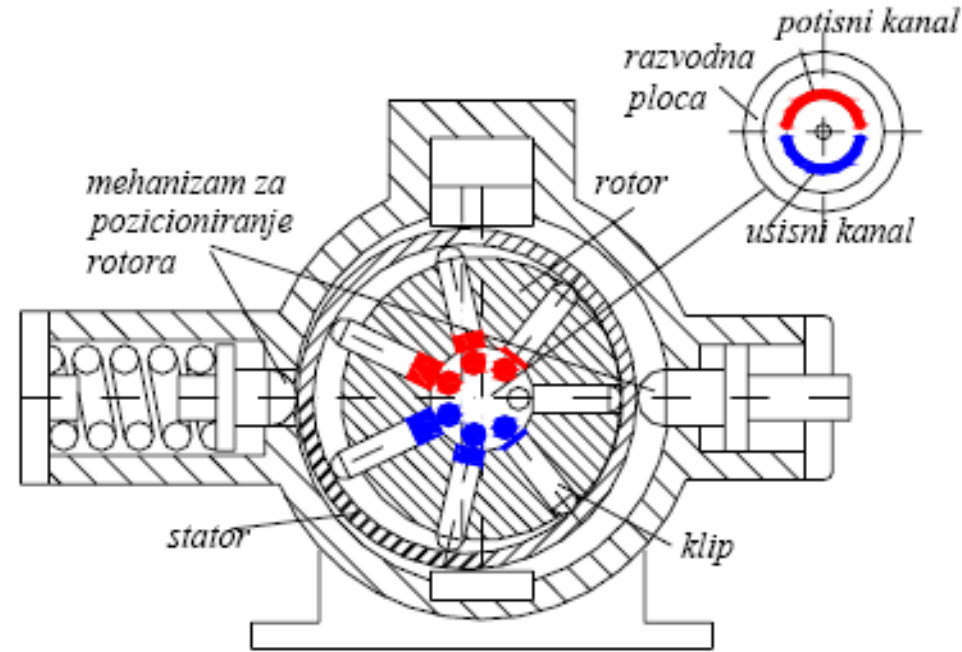
Начин рада пумпе

Закретањем погонског вратила почињу се закретати и клипови који су преко кугличних лежајева везани на прирубницу вратила. Заједно са клиповима почиње ротирати и цилиндарски блок. Због изведеног угла блока, клипови се такође помичу аксијално у цилиндрима. Сви цилиндри у којима се повећава радна комора спојени су на усисни канал разводне плоче и у тој фази они усисавају радну течност. У подручју у којем се клипови приближавају разводној плочи смањује се запремина радних комора, па клипови потискују радну течност у потисни канал разводне плоче.

Начин рада хидромотора

Уље под високим притиском долази у цилиндри који су у том моменту спојени са доводним каналом разводне плоче. Цилиндри бивају потискивани, а тангенцијална компонента сила притиска која се појављује због угла зглоба изазива ротацију цилиндарског блока и погонског вратила. У фази када се клип приближава разводној плочи, уље с минималним притиском одлази из хидромотора.

Клипно-радијалне пумпе



Механизам за потискивање чине склоп цилиндра и клипа, радијално постављен у односу на вратило пумпе.

Пумпа има више клипова и цилиндара (7, 9 или 11).

Ход клипова је одређен ексцентрично постављеним статором пумпе.

Усисна страна пумпе је одвојена од потисне помоћу разводне плоче.

Клипно-радијалне пумпе

Клипно-радијалне пумпе могу да раде и **као пумпе** и **као хидромотори**.

Клипови су им смештени радијално у односу на погонско вратило.

Постоји могућност да се аксијално у смеру погонске осе смести више редова радијално смештених цилиндара.

Могу развијати притиске **до 50 МПа**.

Могу развијати моменте **до 170000 Nm**.

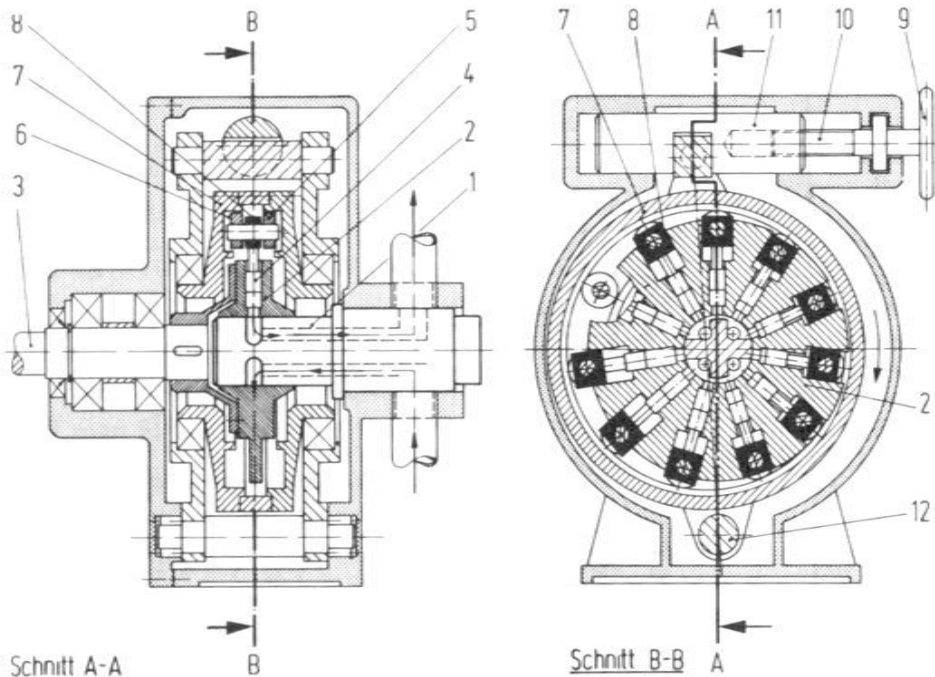
Клипно-радијалне пумпе

Клипно-радијалне пумпе деле се у две групе:

- са клиповима у ротору,
- са клиповима у статору.

Клипно-радијалне пумпе са клиповима у ротору

С погонским вратилом (3) чврсто је спојен ротор (2) у којем су смештени клипови (4). Клипови се помичу радијално у својим цилиндарским просторима због изведене ексцентричности између осе статора (7) и осе ротора. Цилиндри такође ротирају заједно с ротором и притом се ослањају на стазу статора преко ваљчића (5), који се котрљају смештени у жлебовима (6). Да се спрече попречне силе између клипа и цилиндра, клипови и ротор се воде преко ваљкастих лежаја (8).



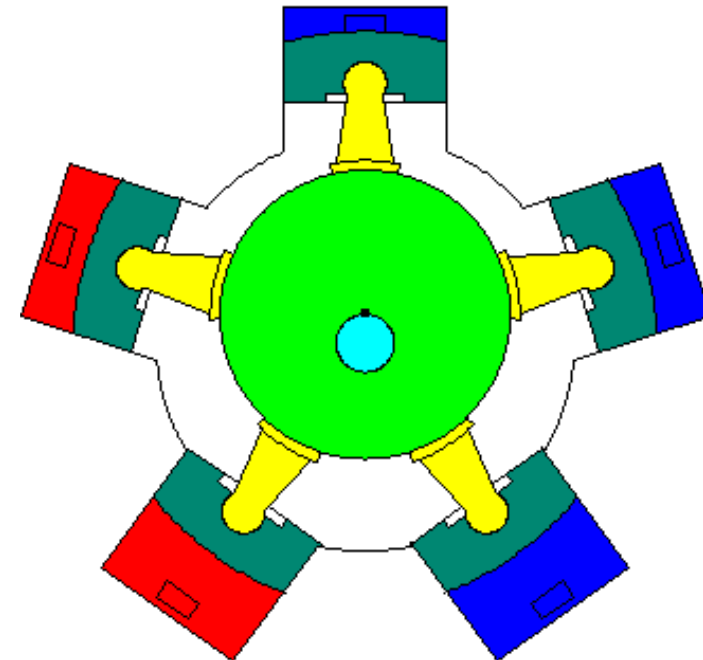
Довод и одвод радне течности обавља се преко разводних канала у прикључку (1).

Уколико постоји могућност да се статор уз помоћ ручног точка (9), навојног вретена (10) и навртке (11) на осовини (12) закрене, тада се промени ексцентричност између статора и ротора. Тако се мења ход клипа у цилиндру, односно мења се проток. Мада се овакви типови машина у пракси најчешће користе као хидромотори, могу радити и као пумпе.

Клипно-радијалне пумпе са клиповима у статору

Спада у групу спороходних машина. Клипови су преко хидростатички компензованих папучица наслоњени на ексцентар погонског вратила.

Довод и одвод радне течности се обавља преко разводника из канала високог и канала ниског притиска, а повезани су са радним простором цилиндара.



Хидромотори

Данас је у техничкој употреби велики број различитих конструкција и типова хидрауличких мотора.

Хидраулички мотори имају:

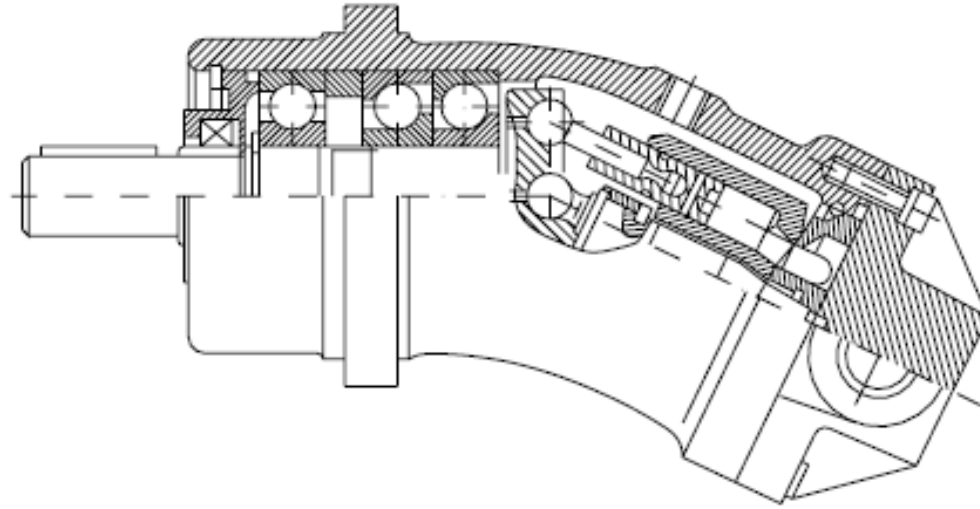
- механизам за потискивање и
- механизам за развођење.

Поред наведених механизма хидраулички мотори могу имати механизам за управљање радним параметрима мотора.

Механизам за потискивање чине радне коморе и покретни механички склоп. Овај механизам претвара доведену хидрауличку енергију у механички рад.

Механизам за развођење течности раздваја зону ниског притиска (на улазу) од зоне високог притиска (на излазу) хидрауличног мотора.

Клипно-аксијални хидромотори

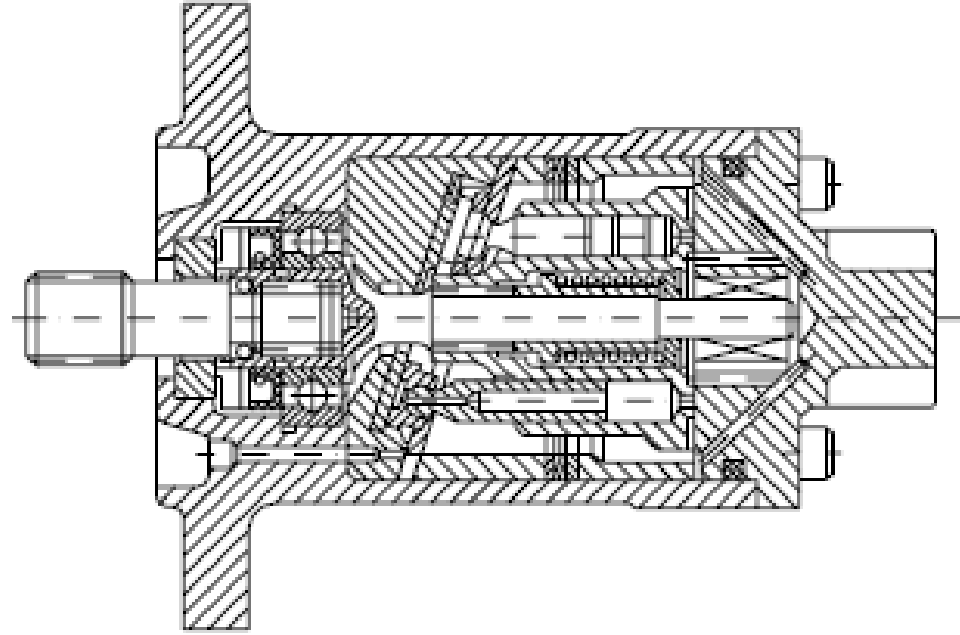


Клипно-аксијални хидромотори са зглобном везом одликују се мирним и тихим радом. Могу постићи високе бројеве обртаја излазног вратила (преко 4000 min^{-1}).

Граде се за радне притиске преко 320 bar.

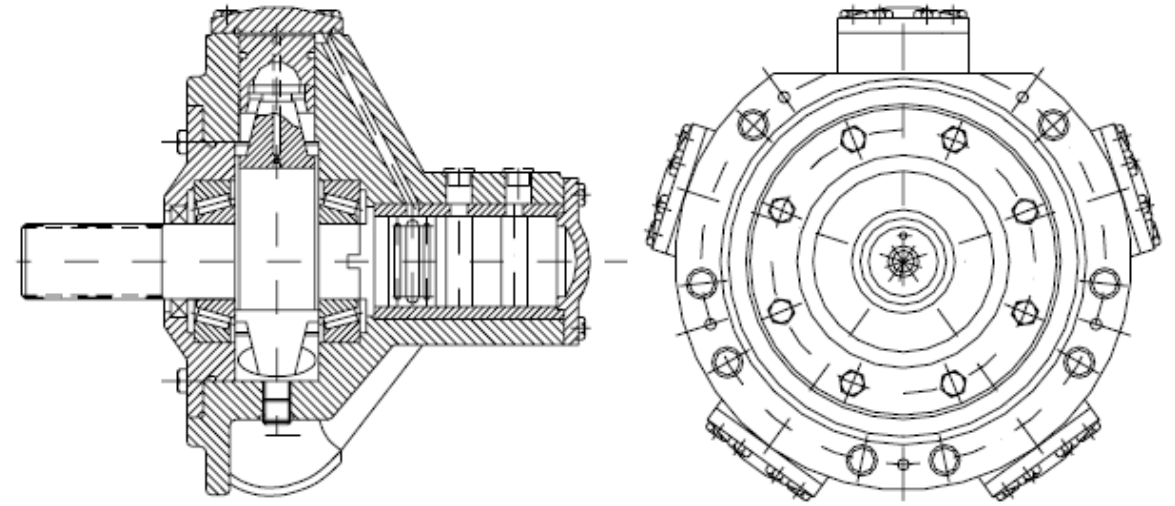
Добре особине овог хидрауличног мотора постигнуте су захваљујући успешној конструкцији склопа излазног вратила, зглобне везе клипњача и вратила као и сферично изведеној разводној плочи.

Клипно-аксијални хидромотори



Клипно-аксијални хидраулички мотори са клизном плочом могу постићи бројеве обртаја излазног вратила преко 10000 min^{-1} .

Радијални хидромотори



Високомоментни клипно-радијални хидромотори имају у ротору смештено 8 до 15 цилиндара, који се ослањају на граничну стазу која је изведена најчешће у облику високе синусоиде. Ослањањем на граничну стазу клипови бивају померани под деловањем притиска из пумпе и враћани онолико пута унутар пуне ротације колико је изведено брегова на граничној стази. На тај се начин хидромотору повећава момент.

Развијени су првенствено за велике обртне моменте у распону радних обртаја. Користе се за позудани погон система великих снага (витла, дизалице). Производе се углавном са константном радном запремином, а управљају се системима изван мотора.

