

Машински факултет Универзитет у Београду

Хидраулика и пнеуматика

Увод у хидрауличке системе - 01



доц. др Милан Раковић
Катедра за механику флуида

- Предмет: **Уљна хидраулика и пнеуматика**
- изборни предмет на позицији 6.4



др Милан М. Раковић, доцент
Катедра за механику флуида
Кабинет: 409
Мејл адреса: ✉ mrakovic@mas.bg.ac.rs
Телефон:



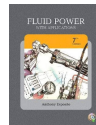
- интернет страница посвећена предмету се налази на адреси <http://fluidi.mas.bg.ac.rs/hip>
- начин полагања испита

- Класична и уљна хидраулика**
Цветко Црнојевић
Машински факултет, Универзитет у Београду



Литература

- Хидраулички и пнеуматски системи**
Зоран Поповић
Универзитет одбране, Војна Академија
- Hydraulic fluid power: fundamentals, applications, and circuit design**
Andrea Vacca and Germano Franzoni, 2021.
- Уљна хидраулика и пнеуматика**
Дарко Кенежевић и група аутора
Универзитет у Бањој Луци, 2018.
- Fluid Power with Applications**
Anthony Esposito
седмо издање, 2008.



Презентације које се користе у настави су направљене тако да представљају скрипту

1.1 Основни термини и дефиниције

- У страној литератури се под појмом Хидраулика (Hydraulics) често сматра научна област која се бави изучавањем струјања нестишљивог флуида ($\rho = \text{const}$)
- У домаћој литератури се под појмом **Хидраулика (уљна хидраулика)** подразумева област која се бави изучавањем система чији је основни задатак **пренос, контрола и трансформација снаге** и извршавање корисног механичког рада, при чему се као посредник у преносу снаге користи флуид - **уље**.
- Пнеуматика се бави системима који имају исти задатак, али код којих је посредник у процесу преноса снаге **ваздух**.
- За овакве системе се у страној литератури користи израз Fluid Power (флуидни погон)

Под хидрауличким системима се подразумевају преносници снаге, који за извршавање своје улоге користе уље као радни флуид.

Основни задатак: пренети снагу од извора до потрошача, управљати њоме и по потреби извршити трансформацију снаге која се преноси.

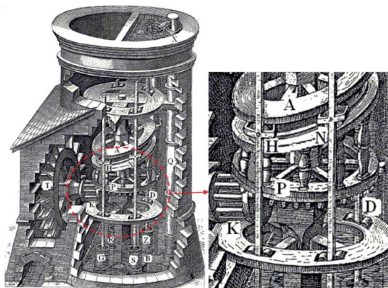
Негде се каже да је задатак пренети енергију. Пренета снага је пренета енергија у јединици времена $W = J/s$

Увод у хидрауличке системе

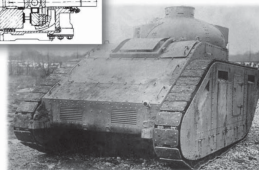
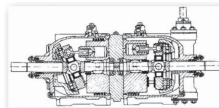
1.2 Историјски преглед

Значајнији развој хидраулике као науке везује се за имена:

- Блез Паскал - 1647. године дефинисао закон хидростатике
- Даниел Бернули - 1738. год. *Хидродинамика*
- И пре тога су постојале различите конструкције пумпи (Архимедова пумпа)
- Прва клипно аксијална пумпа за воду је пројектована 1588. год. (Ramelli) и основни принцип рада није промењен до данас



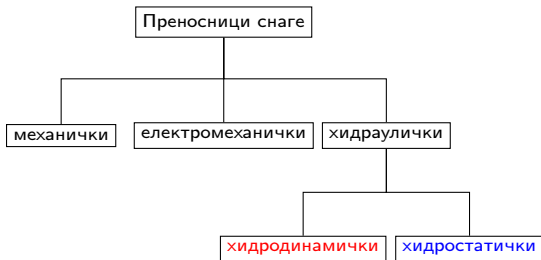
- Прва зупчата пумпа - 1636. год. (Parrenheim)
- Пумпе су коришћене за транспорт воде (права центрифугална пумпа развијена је 1687. год.)
- Прва хидраулична преса 1795. год
- Модерна ера хидраулике почиње увођењем **уља** као радног флуида уместо воде (почетак 20. века)
- Ово је омогућило постизање већих притисака, прва пумпа са уљем као радним флуидом: $Q = 120 \text{ l/min}$, $\Delta p_p = 50 \text{ bar}$, $n_{\max} = 300 \text{ o/min}$, и била је тешка 300 kg (1905. год.)
- Први уљно-хидраулички системи су коришћени у Америци у тенку са слике (1905. год.) и за управљање топом на ратном броду (1906. год.)



- Затим следи период стагнације по питању развоја хидрауличких система
- међутим, пред Други светски рат и у току њега долази до наглог развоја и до серијске производње хидрауличких компоненти
- показало се да су хидраулички системи веома погодни за разне примене у војен сврхе, и постају неизоставни део:
 - тенкова,
 - бродских система,
 - подморница,
 - система за брзо и прецизно управљање тешком артиљеријом,
 - система за управљање летелицама
 - ...
- деценије након завршетка Другог светског рата су познате као златно доба хидраулике
- хидраулички системи налазе своје место у разним гранама индустрије
- развијане су нове компоненте
- у периоду пре примене рачунара поједине једноставне хидрауличке компоненте су нудиле елегантне могућности за управљање системима
- затим долази до све већег заједничког коришћења хидраулике и електронике
- око 1970. год. настају први серво разводници
- надаље непрекидно долзи до развоја постојећих и проналаска нових хидрауличких компоненти које омогућавају све бољу контролу рада хидрауличног система

1.3 Подела преносника снаге

- Поред хидрауличких преносника снаге постоје и механички и електромеханички



- Свака врста преносника снаге има своје предности и мане, о чему ће бити речи касније
- Упштено говорећи, **не постоји** најбољи преносник снаге, већ постоји најбољи преносник за конкретну примену

- Добар пројектант треба да познаје својства различитих врста преносника снаге да би у проблему који решава изабрао преносник снаге који је најбољи за тај случај
- конструктор треба да изабере најбољи преносник снаге за дати проблем узимајући у обзир:
 - функционалност,
 - степен корисности,
 - издржљивост - трајност,
 - поузданост,
 - безбедност
 - цену система,
 - трошкове одржавања
- Основна подела хидрауличких преносника снаге је на **хидродинамичке** и **хидростатичке**
- Имају различите принципе рада, различита подручја примене и различиту конструкцију

1.3.1 Хидродинамички преносници снаге

Састоје се од пумпног и турбинског радног кола која су смештена у заједничко кућиште

Поред тога, на слици се виде погонско и гоњено вратило, као и уље које испуњава простор унутар кућишта

Ток снаге кроз преносник је следећи:

- извор снаге (електромотор или сус мотор) предаје снагу погонском вратилу. Снага на погонском вратилу је $P_1 = M_1 \omega_1$
- На погонско вратило је причвршћено пумпно коло које услед обртања енергију предаје уљу. Овим је извршена трансформација од механичке енергије у хидрауличку енергију уља.

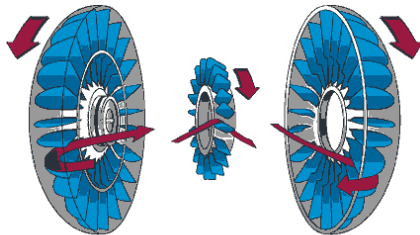
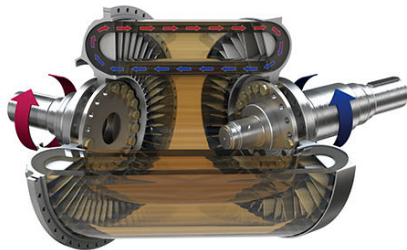
механичка енергија $\Rightarrow$ хидрауличка енергија

- Карактеристично за хидродинамичке преноснике снаге је да се хидрауличка енергија уља углавном налази у облику **кинетичке енергије**.
- Уље је у додиру са лопатицама турбинског кола. Услед њихове интеракције долази до предаје енергије од стране уља ка турбинском радном колу

хидрауличка енергија $\Rightarrow$ механичка енергија

- Турбинско коло је круто повезано на гоњено вратило на које се преноси обртно кретање. Снага на гоњеном вратилу је $P_2 = M_2 \omega_2$

Променом аксијалног растојања пумпног и турбинског радног кола, као и закретањем лопатица статора који се налази између њих, може се мењати преносни однос.



1.3.2 Хидростатички преносници снаге

- Речено је да хидродинамички преносници енергију коју приме од извора претварају у енергију флуида (хидрауличку енергију), при чему она скоро у потпуности има облик **кинетичке енергије**.
- Хидростатички** преносници, такође енергију примљену од извора претварају у енергију флуида, али се сада не повећава брзина флуида већ **притисак**.
- Хидростатички преносници имају потпуно другачију конструкцију и начин рада.
- Укупна енергија флуида се може приказати преко Бернулјевог трочлана, тј. као збир **притисне енергије (потенцијалне енергије притиска)**, **кинетичке енергије** и **потенцијалне енергије положаја**
- Она може бити изражена у различитим димензијама

укупна енергија флуида

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z \quad [\text{m}]$$

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho g z \quad [\text{Pa}]$$

Притисци уља у хидростатичким преносицима снаге могу бити веома велики, док су брзине струјања уља и промене висине мале, тако да се ови чланови могу занемарити. Оправдано се може рећи да се енергија флуида своди на **притисак**.

(учешће кинетичке енергије уља у укупној енергији је $\approx 0,5\%$)

1.3.2 Хидростатички преносници снаге

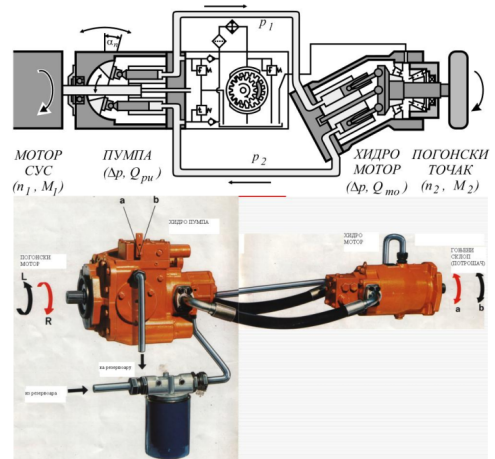
Основна улога хидростатичких преносника снаге је:

- пренос снаге са једног места на друго
- трансформација снаге - повећање кинематичких параметара (брзине v , угаоне брзине ω) на рачун динамичких (силе F , обртног момента M) или обрнуто
- управљање снагом

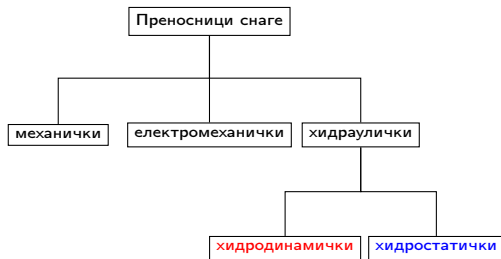
Ток снаге кроз хидростатички преносник

На слици је дат пример преноса снаге од погонског мотора до точка којим се обезбеђује кретање

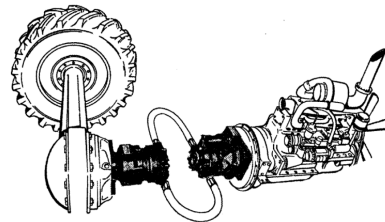
- погонски СУС мотор предаје вратилу механичку енергију обртања (ω_1, M_1)
- погонско вратило покреће хидрауличку пумпу која примљену енергију претвара у хидрауличку енергију уља ($\Delta p, Q_p$)
- системом цеви и црева уље под притиском долази до хидромотора (између се налазе компоненте за управљање и одржавање)
- хидромотор има супротан задатак у односу на пумпу, а то је да хидрауличку енергију ($\Delta p, Q_m$) претвори у механичку енергију обртања (ω_2, M_2) и преда је гоњеном вратилу на којем се налази точак



- Поменуте врсте преносника снаге се могу заједно користити у редним и/или паралелним везама



- Циљ је да се искористе предности сваког од њих и да се повећа укупни степен корисности преносника снаге
- Пример је редна веза хидростатичког и механичког преносника снаге (хидромеханички преносник)



Напомена

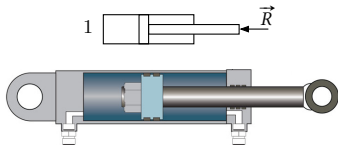
Хидродинамички преносници неће бити предмет разматрања. Надаље ће бити разматрани само хидростатички преносници, тако да ће се под термином **хидраулички преносник (систем)** подразумевати хидростатички преносник (систем).

1.4 Основне компоненте хидрауличког система

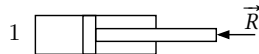


Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Да би било савладано спољашње оптерећење $\vec{R}$ и остварено праволинијско кретање потребан је **хидроцилиндр** ①



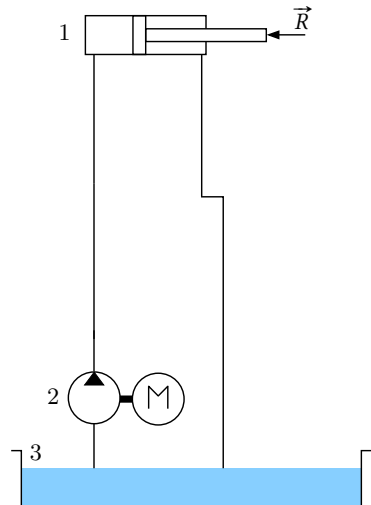
- Основни делови: клип, клипњача, цилиндарска цев са прикључцима, дно цилиндра и глава цилиндра
- Лево се налази клипна комора, а десно клипњачина комора
- Веза са спољашњим оптерећењем се остварује преко клипњаче
- Основна улога **хидроцилиндра** је да хидрауличку енергију уља претвори у механички рад, при томе клипњача може извршити ограничено транслаторно кретање
- Доведена хидрауличка снага се уз одређене губитке претвара у механичку снагу праволинијског кретања клипа и клипњаче (и онога што је са њом повезано) ($F_k \cdot v_k$)



1.4 Основне компоненте хидрауличког система

Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Речено је да своју хидрауличку енергију уље предаје клипу
- Ту хидрауличку енергију уље добија од **пумпе ②**
- Потребно је да у систему постоји пумпа и **резервоар уља ③** (ако је систем отворен). У затвореном систему нема резервоара
- Пумпу покреће извор енергије, што је најчешће мотор СУС или електромотор
- Ток енергије је следећи: хемијска енергија у мотору СУС (или електрична енергија у електромотору) се претвара у механичку енергију обртног кретања излазног вратила мотора
- Вратило које долази од мотора је спојено са радним колом пумпе и предаје му механичку енергију
- Задатак пумпе је да примљену механичку енергију претвори у хидрауличку енергију уља! Пумпа овај задатак извршава са одређеним степеном корисности
- Наглашено је да у укупној енергији флуида притисак има убедљиво највећи удео, тако да се може рећи да је задатак пумпе да повећа **притисак уља**

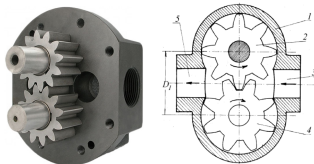


1.4 Основне компоненте хидрауличног система

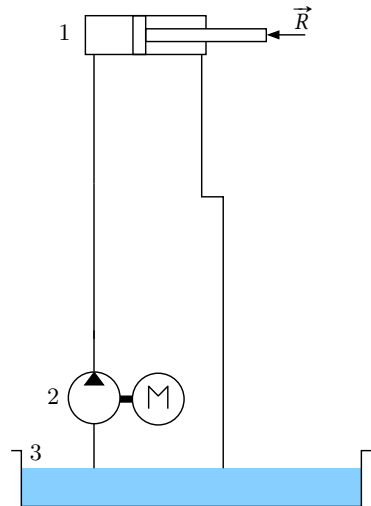


Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Постоје различите конструкције пумпи. Међу најприменљивијим су зупчaste пумпе



- Пумпа усава уље из резервоара 3 и повећава му притисак
- Уље под притиском протиче кроз цевовод и улази у клипну комору хидроцилиндра
- Уље делује на клип силом притиска
- Пумпа повећава притисак све док сила притиска која делује на клип не надвлада спољашње оптерећење
- Тада долази до покретања, тј. до извлачења клипњаче

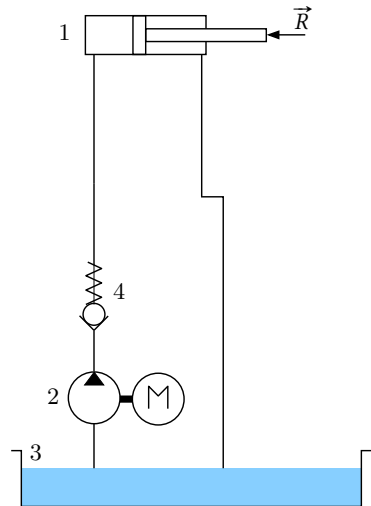


1.4 Основне компоненте хидрауличког система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- У овом случају, кретање клипњаче ће трајати све док клип не удари у главу цилиндра (што је непожељно) или док се пумпа не угаси
- Размотримо други случај: прекид напајања пумпе ће довести до опадања притиска у доводној цеви и клипној комори
- Спољашње оптерећење ће надвладати силу притиска и довешће до кретања клипа улево, тј. до увлачења клипњаче. Уље пролази кроз пумпу (која сада ради као хидромотор) и враћа се у резервоар. Кретање се зауставља када клип удари у дно цилиндра (непожељна појава)
- Да би се избегло враћање уља кроз пумпу при њеном заустављању, у потисној деоници се уграђује **неповратни вентил** ④
- Његов задатак је да пропушта уље само у једном смеру

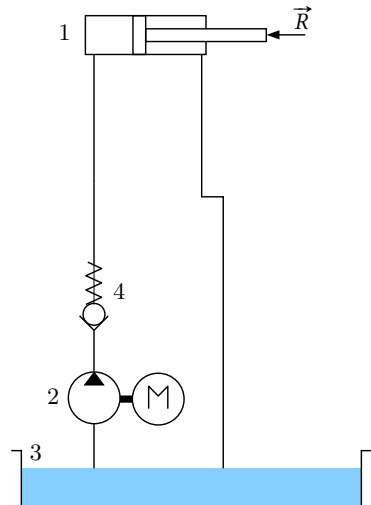
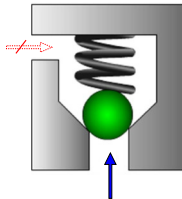


1.4 Основне компоненте хидрауличког система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Шематска ознака говори о принципу рада
- Уље које долази са доње стране делује на куглицу силом притиска. Када онда надвлада силу у опрузи куглица се подиже, вентил се отвара и остварује се струјање
- Без обзира на вредност притиска, струјање у супротном смеру није могуће јер ће сила притиска заједно са силом у опрузи да држи куглицу у затвореном положају
- Пумпа подиже притисак у уљу, оно долази до неповратног вентила. Када притисак достигне потребну вредност, опруга се сабија, куглица се подиже и уље пролази. Током рада пумпе куглица се не враћа у почетни положај.
- Ако се пумпа угаси, уље са горње стране ће затворити куглицу и онемогућити струјање. Притисак у клипној комори неће опасти, тако да неће долазити до даљег померања клипа

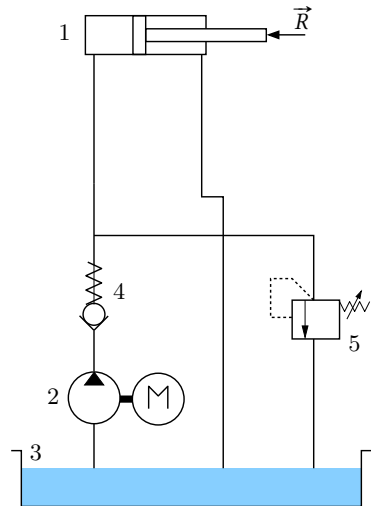


1.4 Основне компоненте хидрауличног система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

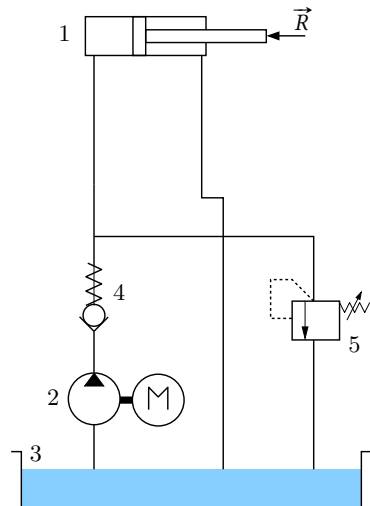
- Показано је да неповратни вентил у овом систему спречава повратно струјање ка пумпи и зауставља клип. Међутим он не спречава до дође до **преоптерећења система**.
- Пумпа шаље уље под притиском у клипну комору. Када се достигне радни притисак (а он зависи од **вредности спољашњег оптерећења**) сила притиска ће надвладати оптерећење $\vec{R}$ и потиснути клип.
- Клипњаћа ће се извући до краја и клип ће ударити у главу цилиндра. Његово даље кретање није могуће
- Уље које потискује пумпа нема где да оде и доћи ће до пораста притиска у потисној деоници и клипној комори
- Оствариће се највећи притисак који пумпа може да оствари $p_{\max}$
- хидрауличке пумпе могу остварити изузетно високе притиске (стотине и хиљаде bar)
- Највећи притисак који остварује пумпа $p_{\max}$ може бити већи од притиска који могу да издрже компоненте хидрауличног система, што може довести до хаварије
- Да до тога не би дошло уграђује се **сигурносни вентил** ⑤



1.4 Основне компоненте хидрауличког система

Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- На месту након неповратног вентила потисна деоница се спаја са резервоаром, а у тој грани се смешта **сигурносни вентил ⑤**
- Његова улога је да **заштити систем од преоптерећења**
- Типична конструкција сигурносног вентила предвиђа да се у њему налази опруга која се сабија при одређеном притиску p_{sv}
- Нпр. опруга је подешена тако да се сабија при притиску од $p_{sv} = 300 \text{ bar}$
- То значи: све док у систему влада притисак $p < 300 \text{ bar}$ ($p < p_{sv}$), опруга се неће сабити и сигурносни вентил ће бити затворен. Проток кроз њега не постоји и хидраулички систем може да ради
- Ако се из неког разлога достигне притисак 300 bar , опруга сигурносног вентила се сабија, он се отвара и омогућава растерећење система, тј. уље под притиском се кроз сигурносни вентил враћа у резервоар
- И шематска ознака вентила показује да ће при сабијању опруге цеви испред и иза вентила бити спојене
- Тиме се спречава да се у систему појави притисак који ће већи од оног при којем се отвара сигурносни вентил p_{sv}
- Вредност овог притиска се може подешавати на самом вентилу

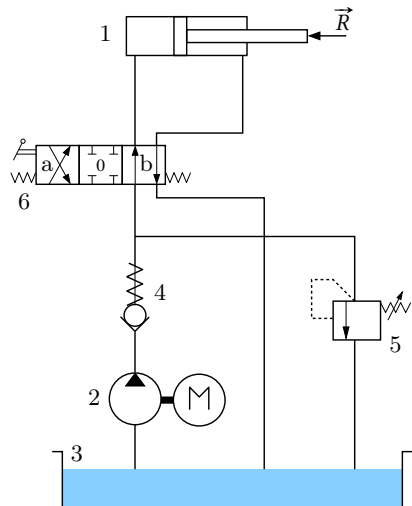


1.4 Основне компоненте хидрауличког система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Коришћењем **неповратног вентила** ④ сигурни смо да се уље неће враћати ка пумпи, коришћењем **сигурносног вентила** ⑤ сигурни смо да се у систему неће појавити притисак већи од p_{sv} , међутим ове две компоненте нам не омогућавају **управљање кретања клипа**
- За **управљање кретања клипа** потребно је у систем увести **хидраулички разводник** ⑥ (**разводни вентил**)
- Приказани разводник има ознаку **4/3**, што значи да има 4 прикључка (два са доње стране и два са горње) и да има 3 положаја
- Положаји разводника су означени са **a**, **0** и **b**
- Присуство разводника омогућава да контролишемо да ли ће се клип и клипњача извлачити (вршити радни ход) или ће се увлачити у цилиндар (вршити повратни ход)
- На слици је приказано да се разводник налази у **положају b**
- У том положају, преко потисног вода (гране) пумпа је спојена са клипном комором и шаље уље у њу $\Rightarrow$ клип се извлачи (радни ход)
- Клип потискује уље из клипне коморе и оно се кроз повратни вод (грану) и разводник враћа у резервоар



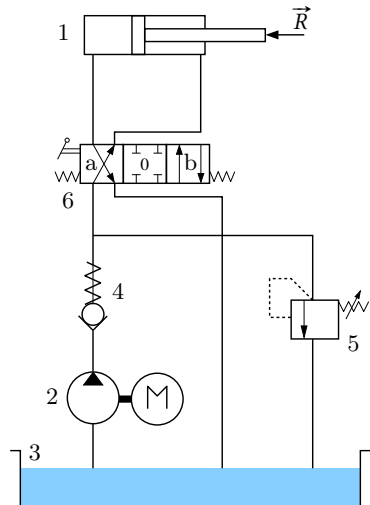
1.4 Основне компоненте хидрауличког система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Разводником се може управљати помоћу полуге која је приказана
- Из положаја b он се пребације у **положај a**
- Овај положај разводника омогућава **повратни ход клипа** јер је сада пумпа преко потисне гране спојена са клипњачином комором и шаље уље под притиском у њу
- Уље силом притиска потискује клип улево, тако да се клип и клипњача увлаче у цилиндар - **повратни ход**
- Клип истискује уље из клипне коморе. Уље пролази кроз разводник и повратну грану и доспева у резервоар

- **Разводник у положају b** - клип врши радни ход (клипњача се извлачи $\rightarrow$)
- **Разводник у положају a** - клип врши повратни ход (клипњача се увлачи $\leftarrow$)

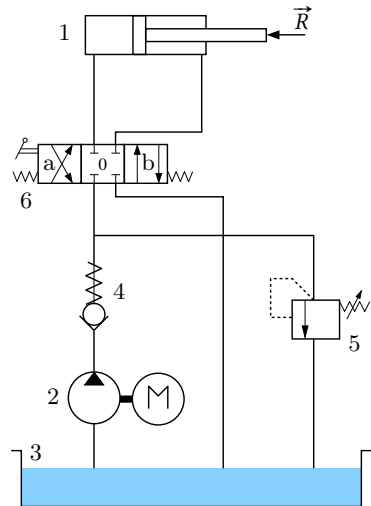


1.4 Основне компоненте хидрауличког система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

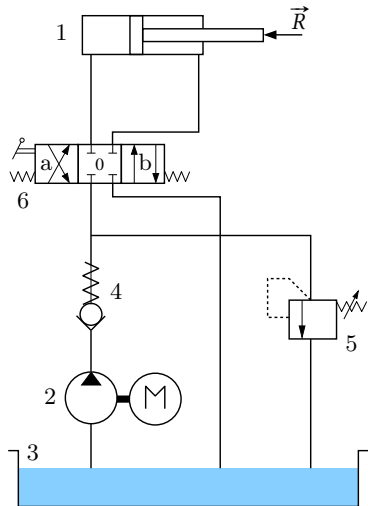
- Помоћу положаја разводника а и b може се управљати клипом тако да врши радни или повратни ход
- Некада је потребно да се клип држи у једном положају и да се не помера без обзира на спољашње оптерећење
- Због тога разводник има **неутрални положај 0**
- При овом положају цеви које су прикључене на клипну и клипњачину комору цилиндра су у разводнику затворене!
- То значи да није могуће да уље напусти или доспе у неку од ових комора
- Спољашње оптерећење $\vec{R}$ делује на клипњачу, сила се преко клипа преноси на уље
- Пошто уље не може да напусти клипну комору оно се сабија, док у клипњачиној комори клип тежи ка вршењу експанзије уља
- Сила притиска којом уље делује на клип уравнотежује спољашње оптерећење и клип се неће кретати



1.4 Основне компоненте хидрауличног система

Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

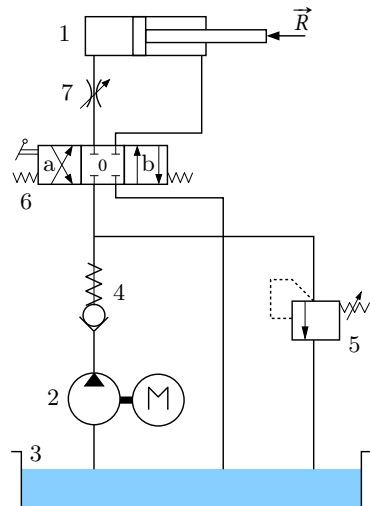
- Дакле, при неутралном положају 0, уље је заробљено у коморама цилиндра. Било какав покушај да се помери клип доводи до сабијања уља, које се овде понаша као опруга велике крутости и онемогућава кретање клипа на једну или другу страну!
- Шта се истовремено догађа са доње стране разводника?
- Пумпа шаље уље под притиском у потисну грану, међутим она је у разводнику затворена и уље не може да прође
- Ово доводи до повећања притиска у потисној грани
- Да ово повећање притиска не би довело до оштећења система, уграђен је сигурносни вентил (5)
- Пристисак је $p > p_{sv}$ и долази до његовог отварања
- Уље из потисне гране пролази кроз сигурносни вентил и доспева у резервоар, одакле га опет усисава пумпа
- Струјање кроз затворено коло се одвија све док се разводник налази у неутралном положају 0
- **Напомена:** Правило налаже да се при цртању хидрауличких шема (функционалних шема) разводник постави у неутрални положај



1.4 Основне компоненте хидрауличног система

Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

- Показано је да разводник омогућава управљање смером кретања клипа, међутим веома је важно управљати **брзином кретања клипа**, а то разводник не омогућава
- Брзина кретања клипа зависи од протока уља које доспева у хидроцилиндар
- Промена протока се може остварити уградњом **регулатора протока** ⑦ (**вентила протока**)
- Стрелица преко регулатора протока (који је по конструкцији вентил) означава могућност промене проточног пресека
- Затварањем вентила $\rightarrow$ смањује се проточни пресек $\rightarrow$ смањује се проток уља $\rightarrow$ смањује се брзина кретања клипа
- Отварањем регулатора протока (вентила) постиже се супротно
- У повратном ходу, регулатор протока утиче на то којим протоком уље може напуштати клипну комору, а тиме утиче на брзину кретања клипа
- На овај начин може се управљати брзином кретања клипа у радном и повратном ходу
- Као што ће касније бити приказано, регулатор протока се може смештати и на другим местима хидрауличног система



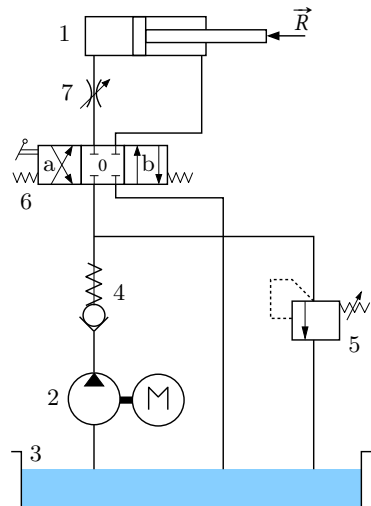
1.4 Основне компоненте хидрауличног система



Које компоненте је потребно да има хидраулички систем за извршавање једноставног задатка? Задатак је савладати спољашње оптерећење у виду силе $\vec{R}$.

Закључак

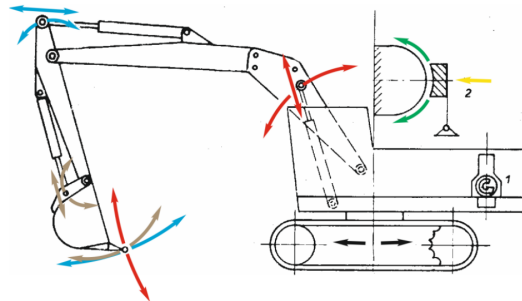
- Одговорено је на питање постављено на почетку
 - Компоненте хидрауличног система су постепено увођене како би се јасније увидела њихова улога
-
- Ради прегледности изабран је веома једноставан хидраулички систем
 - хидраулички системи (па и њихове функционалне шеме) могу бити значајно компликованије, као што се види на следећем примеру



Сложен хидраулички преносни систем багера

Систем обухвата:

- два хидромотора за покретање гусеница
- трећи хидромотор за закретање горњег дела багера
- пар хидроцилиндара за управљање стрелом багера
- хидроцилиндр за управљање руком
- хидроцилиндр за управљање кашиком

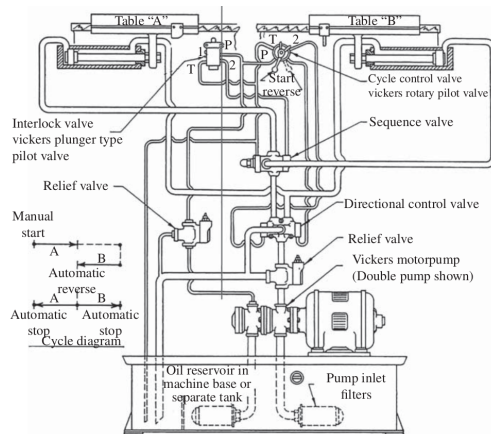
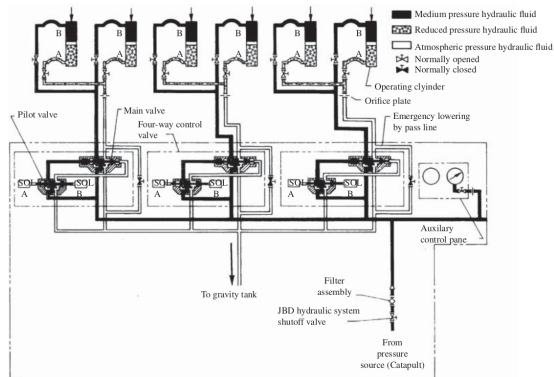


Хидромотор

- Хидромотор је хидрауличка компонента чији је задатак да хидрауличку енергију флуида претвори у механичку енергију обртног кретања (за разлику од хидроцилиндра који хидрауличку енергију претвара у механичку енергију праволинијског кретања)
- По конструкцији је исти или веома сличан хидрауличким пумпама, али је смер протицања снаге супротан
- Излазна снага хидромотора је производ момента и угаоне брзине излазног вратила $M_2 \omega_2$

1.5 Правила цртања хидрауличких шема

Хидраулички системи су се паралелно развијали у различитим деловима света (Русија, Европа, Америка), па су различити произвођачи имали сопствени начин означавања, што је веома отежавало комуникацију и сарадњу



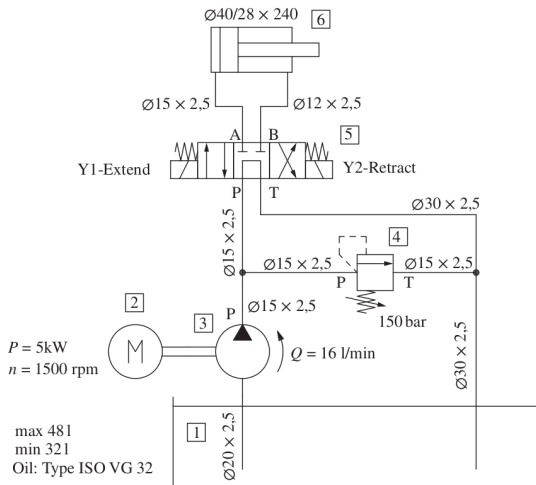
Јавила се потреба за заједничким начином означавања који ће бити прецизно дефинисан стандардом

1.5 Правила цртања хидрауличких шема

- **ISO 1219** (The International Organization for Standardization) је међународни стандард који прецизно дефинише на који начин се обележавају компоненте хидрауличног система и њихова међусобна повезаност

Неки од најважнијих захтева стандарда:

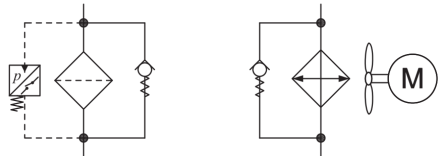
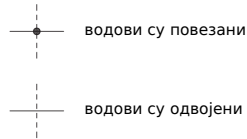
- **што лакше разумевање начина функционисања система** - хидрауличка шема треба јасно да покаже на који начин **функционише систем** и компоненте у њему. Распоред компоненти на шеми је такав да она буде што разумљивија и не представља физички распоред компоненти у стварном систему!
- **симболи** - користе се симболи хидрауличких компоненти који су приказани у стандарду. Симбол је такав да објашњава начин функционисања компоненте, није оптерећен механичким детаљима. Величина симбола не представља стварну величину компоненте.
- **додатне напомене** - уз симбол хидрауличке компоненте се пишу додатне информације као што су: специфична запремина пумпе, димензије клипа и клипаче ХЦ, притисак на који је подешен сигурносни вентил, димензије цевовода...



1.5 Правила цртања хидрауличких шема

- у системима који ће бити приказивани у овом курсу додатне информације се најчешће изостављају ради прегледности
- постоји правило да се компоненте распоређују од доле ка горе, тако да:
 - доле буду приказани резервоар, пумпа, затим
 - у средини елементи за развођење уља и управљање системом,
 - а на врху се приказују извршни органи
- овакво правило је коришћено на претходној шеми
- други начин је да се шема црта са лева на десно, поштујући иста правила редоследа

- напојни вод (хидрауличка снага)
- сигнални вод - или одвод (дренажа)
- ===== механичка снага
- ограда - приказ граница једне целине



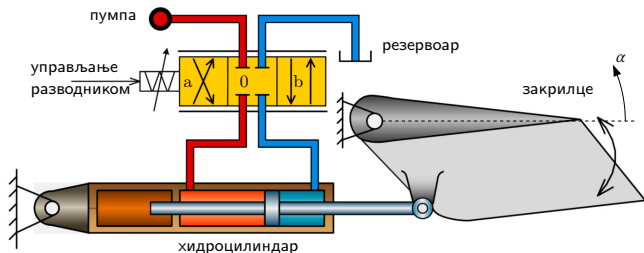
1.6 Области примене хидрауличких система

- Нагли развој хидраулике остварен је у периоду Другог светског рата
- Велика распрострањеност хидрауличких (и пенуматских) система остварена је захваљујући развоју технике и посебно услед аутоматизације појединих технолошких процеса
- Може се рећи да су данас хидраулички и пнеуматски системи широко распрострањени у различитим областима технике

Примери примене хидрауличких система:

- на алатним машинама (пресама, струговима, брусилицама)
- пољопривредним машинама (тракторима, комбајнима, приколицама)
- рударским, грађевинским машинама и војној механизацији
 - за погон и кочење гусеница и точкова
 - управљање радним елементима
 - подизање терета
- у области ваздухопловства и ракетне технике
 - увлачење и извлачење стајних трапова
 - управљање закрилцима (*следи пример*)
 - отварање и затварање кабине и врата на одељењима за смештај бомби
 - напајање мотора авиона горивом
 - покретање по правцу и елевацији ракетних лансера
 - кочење стајних трапова
- у области наоружања
 - окретање купола тенкова и самоходних оруђа
 - покретање по правцу и елевацији и стабилизација топовских цеви тенкова, самоходних оруђа, противавионских и бродских топова
 - позиционирање и стабилизација ракетних лансера
- у области водопривреде и електропривреде
 - управљање бранама, преводницама
 - управљање затварачима великих димензија
 - управљање позицијом лопатица радних кола водених турбина
- у области бродоградње
 - управљање кормилом
 - управљање командним мостовима, лифтовима
 - управљање дизалицама

Хидраулички систем за закретање закрилца авиона



Систем обухвата:

- хидрауличку пумпу
- резервоар уља
- хидраулички разводник
- хидроцилиндар са двостраном клипњачом (код ове специјалне конструкције не постоји клипна и клипњачина комора, јер се клипњача налази са обе стране, па ћемо их разликовати као лева и десна комора)
- управљани елемент - закрилце

У који положај треба поставити разводник да би се излазна ивица закрилца закрнула у смеру угла α ?

- Када је разводник у положају **b**, долази до извлачења клипњаче (померања удесно), тако да се закрилце помера ка **горе**
- Када је разводник у положају **a**, долази до увлачења клипњаче (померања улево), тако да се закрилце помера ка **доле**
- Када је разводник у неутралном положају **0**, заробљено уље у коморама хидроцилиндра ће обезбедити да закрилце чврсто стоји у жељеном положају, тј. при изабраном углу α и да га спољашња сила не може померити из тог положаја

1.7 Предности хидрауличких система

- (1) Погодан однос пренесене снаге и масе уређаја (последично и његових габарита) $4 \div 5 \text{ kW/kg}$

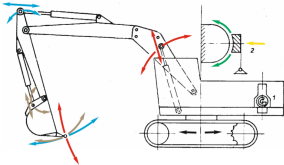


- електромотор има 12 пута већу масу и до 22 веће габарите од хидромотора исте снаге
- максимална снага хидромотора је до 15 пута већа од максималне снаге електромотора
- мање димензије хидромотора не само да значе мањи простор потребан за смештање, већ и мање моменте инерције ротационих делова
- значајан параметар је однос ефективног погонског момента M и момента инерције ротационих делова J
- Код хидромотора он је врло висок што значи да је њему потребно веома кратко време за постизање угаоне брзине (време залета), које може износити само 0,03 s
- код неких пумпи време повећања протока од 0 до $V_{\max}$ није веће од 0,04 s! Ово омогућава веома честу промену смера струјања уља кроз пумпу, чак 500 до 1000 промена у минуту.

- (2) Ови системи су погодни за аутоматизацију процеса и регулацију сила и момената. Једноставна је и заштита система од преоптерећења.
- (3) Олакшано одржавање, јер је подмазивање, као кључ одржавања, садржано у принципу рада. Руковање је такође врло једноставно
- (4) Могућност постизања великих преносних односа без икаквих додатних степенастих преносника
- (5) Могућност континуалног мењања броја обртаја и обртног момента и то у врло широком дијапазону ових величина. Однос минималног и максималног броја обртаја хидромотора креће се и до 1:1000. Хидромотори могу поуздано (без прегревања) да раде са веома малим бројем обртаја $2 \div 3 \text{ o/min}$
- (6) Практична нестишљивост уља резултује са две добре особине: великом брзином реаговања система и високом тачношћу позиционирања, чак до 0,01 mm
- за притиске $p > 120 \text{ bar}$ стишљивост је неопходно узети у обзир
 - притисак се кроз уље преноси брзином звука која износи $c = 1000 \div 1500 \text{ s}$ зависно од врсте уља, притиска и температуре

1.7 Предности хидрауличких система

- (7) Велика слобода у конципирању система - једноставно повезивање компоненти



- Слобода је остварена захваљујући томе што се елементи хидрауличног система повезују цевима. Цевовод се може поставити на произвољан начин
- Ова предност је изражена у односу на механичке преноснике снаге (зупчасти парови, ремени и ланчани преносници) где је важан релативан положај погонског и гоњеног вратила
- У хидрауличким системима пумпа се може поставити код извора енергије, а извршни орган, повезан са пумпом цевима, било где у простору
- Могуће је чак да поједини склопови мењају свој релативни положај, уколико се вежу савитљивим водовима - цревима
- Могуће је цревима пренети енергију и на веће удаљености (до 100 m)

- (8) Једноставно претварање обртног кретања у транслаторно и обрнуто
- (9) Лак и једноставан развод енергије, јер се на један извор може прикључити неколико потрошача без обзира на њихов положај у простору (пример багера)
- (10) Безударна промена смера кретања, која се постиже применом кочнице (пригушења) на крају хода радног хидроцилиндра или адекватним преливним вентилима у цевоводима хидромотора
- (11) Могућност примене стандардних елемената и компонената. Старо правило хидрауличара је да добар хидраулички систем нема специјалних компонената
- (12) Компоненте имају високу поузданост и дуг радни век. Радни век пумпе или мотора под пуним оптерећењем креће се око 20 000 радних часова

- Због свих наведених предности, хидраулички системи су незаменљиви у извршавању одређених задатака
- Поред предности, хидраулички системи имају и мане у односу на друге преноснике снаге

1.8 Мане хидрауличких система

(1) Степен корисности је значајан недостатак

- Део енергије се губи услед трења механичких елемената (које постоји и код других преносника снаге), део енергије се губи услед трења у флуиду (уљу)
- Ови губици су обухваћени **хидромеханичким степеном корисности** $\eta_{hm} = 0,9 \div 0,96$
- Међутим, у хидрауличким системима постоји процуривање уља услед несавршеног заптивања, што значи да постоји и **запремински степен корисности** $\eta_v = 0,96 \div 0,98$ (код других преносника снаге он не постоји)
- Укупан степен корисности је $\eta_{hm} \cdot \eta_v = 0,8 \div 0,82$ што је значајно мање у односу на механичке преноснике снаге
- Степен корисности знатно зависи од радних услова (притиска, броја обртаја, температуре, вискозности уља, броја компоненти у склопу, техничког стања и истрошености система и сл.)
- стари називи за ове степене корисности су *динамички и кинематички*

(2) Велика осетљивост на прљавштину

- Око 80% неправилности и оштећења у хидрауличком систему је последица нечистоће уља
- Због тога се врши пречишћавање уља филтерима са степеном чистоће до $10 \mu m$

(3) Знатан губитак енергије који се претвара у топлоту

- Део енергије флуида се увек претвара у топлоту. Ово је посебно изражено ако се примењује управљање преко пригушења
- Уље одводи топлоту са места где се она ствара и она се најчешће акумулира у резервоару
- Понекад је потребно постојање система који ће хладити уље у резервоару

(4) Ограничење брзине

- брзина струјања уља у систему је ограничена на 10 m/s
- брзина обртања пумпи и хидромотора на 3500 o/min
- разлог је да би се избегао прелазак у турбулентни режим струјања где су губици енергије већи

1.8 Мане хидрауличких система

(5) Могућност продора ваздуха у хидраулички систем

- могу се створити ваздушни чепови
- у систему се више не налази само уље (које пружа велики отпор сабијању) већ и ваздух који се лако сабија па то поништава предност бр. 6
- то може изазвати неједнако и скоковито кретање извршних органа

(6) Опасност због запаљивости и високих притисака

- постоји опасност појаве пожара код система са запаљивим хидрауличким течностима
- у случају пуцања компоненти система уље под великим притиском може да буде опасно по руковаоце у непосредној близини

(7) Висока цена компоненти и одржавања

- захтевана висока прецизност израде делова повећава цену хидрауличких компоненти
- приликом одржавања система, дотрајали делови се морају мењати новим скупим деловима
- одржавање може изводити уско специјализован стручни кадар

(8) Отежано одржавање у теренским условима

- са војног аспекта велики недостатак је немогућност оправке у теренским условима и применом приручних компоненти
- као што је управо речено потребне су нове компоненте и обучено особље које може да изврши одржавање и поправку система

Предности и мане различитих врста преносника снаге дефинишу област њихове примене