



Pohonné agregáty - pohony hydraulické

Hydraulické pohonné systémy sa v súčasnej dobe stali neoddeliteľnou súčasťou strojov v dopravnej technike, stavebníctve, lesníctve, poľnohospodárstve a v mnohých iných odvetviach.





Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

Hydraulické agregáty tvoriace pohonný systém umožňujú kvalitnú reguláciu výkonových parametrov, zabezpečujú prenos veľkého výkonu vzhľadom na zastavovacie rozmery a ponúkajú možnosť vývoja a výskumu ako súčasť autonómnych pohonov.



Energia prúdiacej kvapaliny je daná súčtom energie polohovej, tlakovej, deformačnej, kinetickej a tepelnej.

$$W = W_g + W_p + W_d + W_k + W_T$$

V oblasti pohonov sa vždy používa len jeden druh energie. Použitie kvapaliny v hydraulických pohonoch je nasledovné:

- energia polohová - W_h hydroelektrárne – využíva sa vodný stĺpec na pohon turbín,
- energia deformačná - W_d ... táto energie sa využíva len čiastočne, hlavne v hydraulických akumulátoroch,
- energia tepelná - W_T ... v prevádzke pohonov je nepoužiteľná, skôr ju považujeme za energiu stratovú,
- energia kinetická - W_k použitie v hydrodynamických mechanizmoch, energia je daná

$$\text{vzťahom: } W_k = \frac{1}{2} m v^2 \text{ [J]}$$

- energia tlaková - W_p ... používa sa v hydrostatických mechanizmoch, niekedy sa označuje ako energia objemová a je daná vzťahom $W_p = p V$ [J]

Hydrostatické mechanizmy sú špecifické určitými vlastnosťami a k ich výhodám patrí:

- prenos výkonu a krútiaceho momentu jednoduchým spôsobom na vzdialenejšie odberné miesto, pri ľubovoľnom priestorovom usporiadaní.
- jednoduché riadenie parametrov (tlak, prietok, otáčky, rýchlosť, moment, výkon) v širokom regulačnom rozsahu (1:10 až 1:2000);
- hydraulické mechanizmy sú schopné pracovať s veľkou plošnou hustotou prenášaného výkonu h_p - napr. pri tlaku $p = 35 \text{ MPa}$ a rýchlosti prúdenia kvapaliny $v = 10 \text{ m.s}^{-1}$ je hustota prenášaného výkonu $h_p = p.v = 35 \cdot 10^6 \cdot 10 = 35 \cdot 10^7 \text{ W.m}^{-2} = 35 \text{ kW.cm}^{-2}$ - to vede na menší rozmery a menší hmotnosti pohyblivých častí, čo priaznivé ovplyvňuje dynamiku mechanizmu.



Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

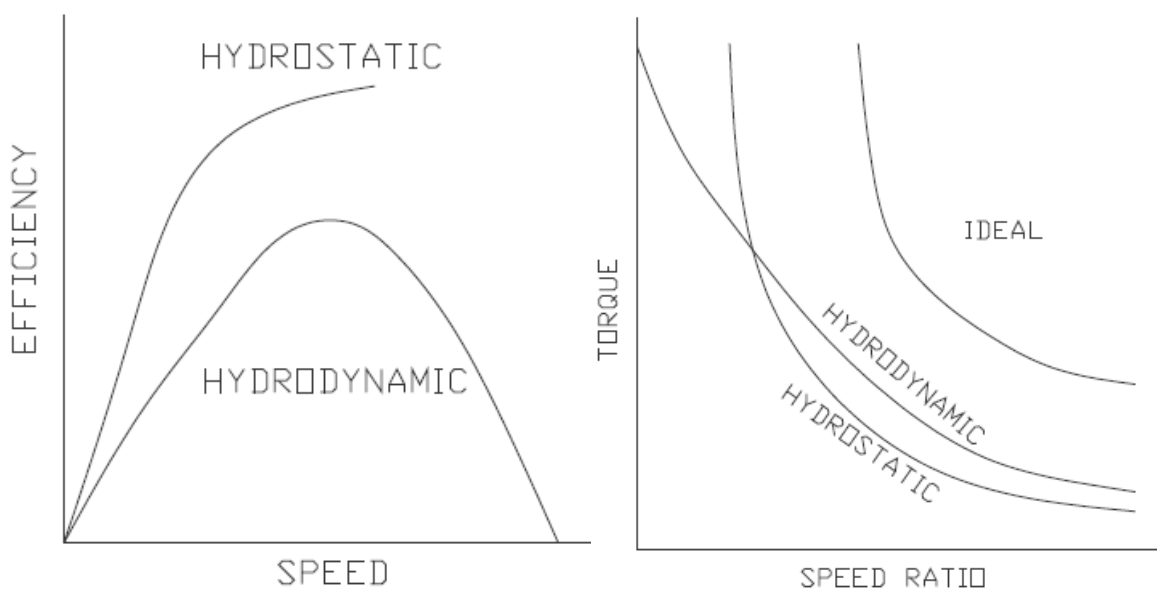
U pneumatických mechanizmov, kde je ako tekutina využívaný stlačený vzduch je plošná hustota prenášaného výkonu výrazne nižšia– napr. pre tlak $p = 600 \text{ kPa}$ a rýchlosť prúdiaceho média $v = 25 \text{ m.s}^{-1}$ je hustota prenášaného výkonu $h_p = p.v = 6 \cdot 10^5 \cdot 25 = 15 \cdot 10^6 \text{ W.m}^{-2} = 1,5 \text{ kW.cm}^{-2}$;

- jednoduchá ochrana proti preťaženiu,
- u hydraulických mechanizmu kde sa používa ako prenosová kvapalina olej je zabezpečené dokonalé mazanie pohyblivých častí,
- malá citlivosť na preťaženie,
- jednoduchý odvod tepla pracovnou kvapalinou,
- možnosť vytvárať rôzne štruktúry pohonov s využitím malého počtu prvkov,

Nevýhody hydraulických mechanizmov:

- relatívne veľké straty, vyplývajúce s nízkej účinnosti,
- vysoké požiadavky na presnosť výroby jednotlivých komponentov,
- vysoká citlivosť na nečistotu v systéme pohonu,
- závislosť vlastností mechanizmu na vlastnostiach kvapaliny,
- horľavosť a chemické vlastnosti kvapalín.

Porovnanie charakteristík účinnosti a krútiaceho momentu hydrodynamických a hydrostatických mechanizmov je na obr.





Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

Pri návrhu a prevádzke hydraulických mechanizmov je potrebné navrhnuť a vypočítať charakteristické parametre ktoré ovplyvňujú základné vlastnosti pohonu. Pôjde predovšetkým o:

Tlak p [Pa]

Objem V [m^3]

Objemový prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$]

$$Q = \frac{dV}{dt}$$

Geometrický objem V_0 [m^3] Jedná sa o charakteristický parameter hydromotorov a hydrogenerátorov. Je to objem zaplňovaný kvapalinou pri otočení rotačného hydrogenerátora alebo hydromotora o 1 otáčku. U priamočiarych hydromotorov je to objem zaplňovaný kvapalinou po jednej strane hydraulického valca.

Prietok u rotačných hydrogenerátorov a hydromotorov

$$Q = V_0 \cdot n \text{ [} m^3 \cdot s^{-1} \text{]}$$

Pohybová frekvencia – pre rotační pohyb je zhodná s otáčkami hydromotora resp. (hydrogenerátora), pre posuvný pohyb sa určí zo vzťahu

$$f = \frac{v}{2 \cdot h}$$

kde: v - rýchlosť posuvného pohybu [$m \cdot s^{-1}$]

h - zdvih piestu [m]

Sila na pieste priamočiareho motora

$$F = \Delta p \cdot S \text{ [N]}$$

kde: Δp tlakový spád na priamočiareho motora [Pa]

S činná plocha piestu [m^2]

Krútiaci moment na hriadeľi rotačného hydrogenerátora (hydromotora)

$$M_k = \frac{P}{\omega} = \frac{Q \cdot \Delta p}{2\pi n} = \frac{p \cdot V_0}{2\pi}$$

kde: Δp tlakový spád na rotačnom hydromotore (hydrogenerátore) [Pa]

ω uhlová frekvencia rotačného pohybu [$rad \cdot s^{-1}$]

Výkon – pre rotačné hydrogenerátory (hydromotory)

$$P = Q \cdot \Delta p = M_k \cdot \omega = \Delta p \cdot \frac{V_0}{2\pi} \cdot 2\pi n = \Delta p \cdot V_0 \cdot n \text{ [W]}$$

Pre priamočiare hydromotory

$$P = Q \cdot \Delta p = F \cdot v = \Delta p \cdot S \cdot v \text{ [W]}$$



Hydraulické straty

Hydraulické straty vznikajú pri prúde skutočných kvapalín. Podľa fyzikálnej podstaty je ich rozdelenie na straty trením a straty miestne.

Hydraulické straty trením sú spôsobené viskozitou kvapaliny, ktorá vyvolá trenie pri obtekaní plôch. Charakteristickým znakom je, že sa zväčšujú s rastúcou dĺžkou potrubia.

Straty trením:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{v_s^2}{2}$$

Miestne straty vznikajú v miestach kde dochádza k zmene veľkosti rýchlosti prúdenia kvapaliny, zmenou prierezu, zmenou smeru prúdenia, alebo k zakriveniu potrubia. Podstatou vzniku miestnych strát, je že v inkriminovaných miestach vzniká vírenie kvapaliny.

Miestne straty:

$$\Delta p_{zm} = \xi_m \cdot \rho \cdot \frac{v_s^2}{2}$$

ξ_m - súčiniteľ miestnych strát

Pri prekonávaní hydraulických odporov dochádza ku premene časti energie na tepelnú energiu, ktorá sa prejaví zvýšením teploty kvapaliny. Pre vlastný proces je táto energia ďalej nepoužiteľná a preto ju označujeme ako disipatívnu energiu. Hydraulické straty je vhodné vyjadriť cez úbytok tlaku.

Potom tlakovú stratu môžeme určiť ako: $\Delta p = p_z$.

Odpory pôsobiace pri prenose energie

Jednotlivé prvky hydraulických obvodov si môžeme v podstate predstaviť ako odpory na ktorých dochádza k zmene časti energie na inú formu.

Odpory pôsobiace pri prenose energie rozdeľujeme do troch skupín:

1. odpory proti zrýchleniu nositeľa energie (H – odpory) – dochádza k premene tlakovej energie na pohybovú. Prevrátená hodnota sa nazýva hybnosť ($L = H-1$)
2. odpory proti pohybu nositeľa energie (R – odpory) – časť tlakovej energie sa premieňa na energiu tepelnú. Prevrátená hodnota sa nazýva priepustnosť ($Z = R-1$).
3. odpory proti deformácii nositeľa energie (D – odpory) - dochádza k premene tlakovej energie na deformačnú. Prevrátená hodnota sa nazýva kapacita ($C = D-1$).



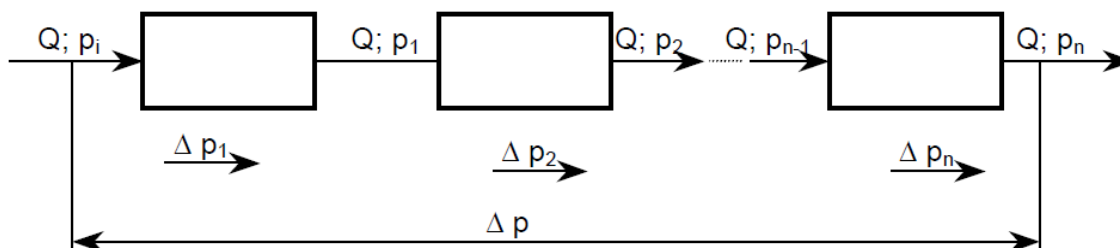
Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

Sériové radenie odporov

Pri stanovení hodnoty ekvivalentného odporu sa vychádza z podmienky, že celkový tlakový spád „n“ je určený súčtom tlakových spádov na jednotlivých odporoch.



$$\Delta p = \sum_{i=1}^n \Delta p_i$$

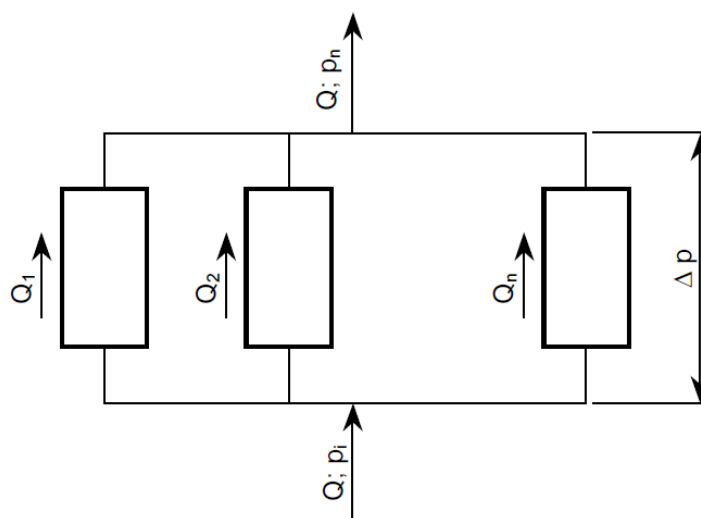
$$H_e = \sum_{i=1}^n H_i$$

$$R_e = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$D_e = \sum_{i=1}^n D_i$$

Paralelné radenie odporov

Pri paralelnom radení odporov je tlakový spád na všetkých odporoch rovnaký. Pri stanovení hodnoty ekvivalentného odporu sa vychádza z podmienky, že celkový prietok reťazcom odporov je určený súčtom dielčích prietokov k jednotlivými odporom.





$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$\frac{1}{H_e} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{H_i}$$

$$\frac{1}{R_e} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{1}{D_e} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i}$$

Kapacita

$$C_e = \sum_{i=1}^n C_i$$

Pre kompletný výpočet hydraulických obvodov sa používajú Kirchhoffove zákony, podobne ako v elektrotechnike.

Základné hydrostatické obvody

Základné rozdelenie hydraulických obvodov je na základe usporiadania hydraulických prvkov:

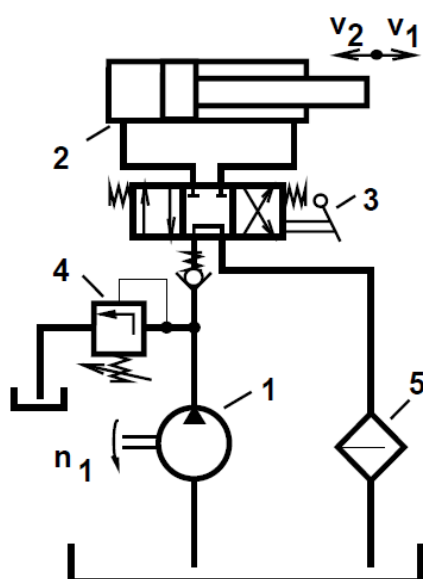
- na otvorené (nádrž kvapaliny je sériovo zaradená medzi HM a HG),
- alebo uzavreté (nádrž je paralelne pripojená k vedeniu medzi HG a HM).

Podľa pohybu výstupného prvku sú rozlišované obvody pre vykonávanie:

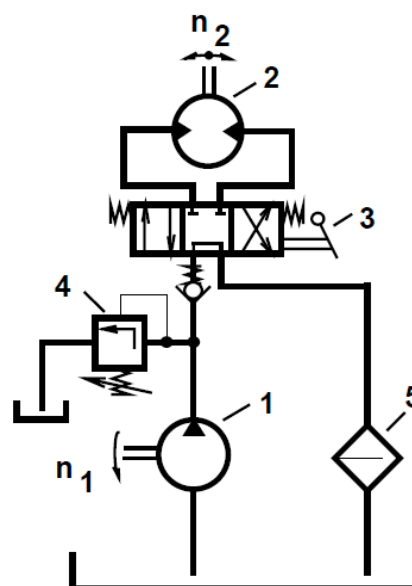
- posuvného pohybu,
- rotačného pohybu.

Otvorené hydrostatické obvody

Otvorené obvody sú charakteristické zaradením nádrže kvapaliny sériovo medzi HM a HG. Nasatá kvapalina z nádrže prechádza hydrogenerátorom a následne odovzdáva svoju energiu jednotlivým spotrebičom, následne sa vracia naspäť do nádrže.



a) s přímočarým hydromotorem



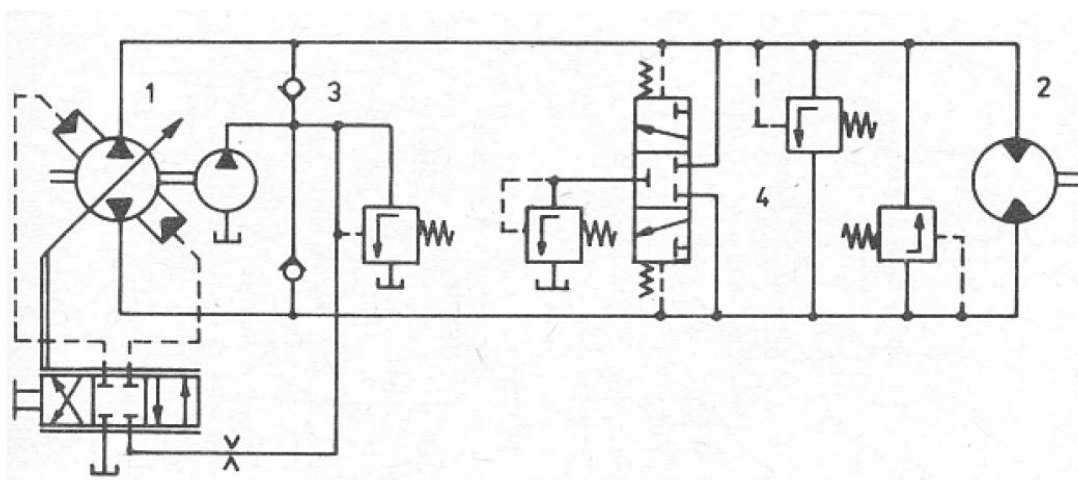
b) s rotačným hydromotorem

1 - hydrogenerátor, 2 - hydromotor, 3 - rozváděč, 4 - pojistný ventil, 5 - filtr

Veľkosť nádrže je obvykle o 200 až 400 % väčšia ako je max. prietok v obvode. V otvorených obvodoch sa zvyčajne používa neregulačný hydrogenerátor a hydromotor, ktorý je riadený a regulovaný pomocou rozvádzačov.

Uzatvorené hydrostatické obvody

V uzavretých hydraulických obvodoch sa zvyčajne používa regulačný hydrogenerátor ktorým sa riadi poháňaný hydromotor. Pracovné priestory hydrogenerátora a hydromotora nie sú dokonale tesné a preto vykazujú určité straty. Objemové straty uzatvoreného obvodu je potrebné dopĺňať prídavným pomocným hydrogenerátorom určeným na krytie objemových strát.



1 - hydrogenerátor, 2 - hydromotor, 3 - plnící a řídicí část obvodu, 4 - vyplachovací ventil



Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

Prednášajúci: prof.Ing. Robert Grega, PhD.

Výhody a nevýhody uzavretého a otvoreného obvodu

V otvorenom obvode nie je možno zmeniť zmysel zaťaženia, t.j. nie je možné brzdiť pri zámene funkcie hydrogenerátora a hydromotora. Otáčky hydrogenerátora sa pohybujú na hranici schopnosti nasávať a vznikajúceho javu kavitácie.

Uzatvorený obvod nemá nevýhody otvoreného obvodu. Uzavretosť systému však prináša veľkú nevýhodu vo zníženej schopnosti odvodu tepla. Preto musí byť do obvodu zaradený chladič. Uzatvorené obvody sa používajú predovšetkým ako podjazdové obvody v mobilnej, stavebnej, poľnohospodárskej a inej technike.

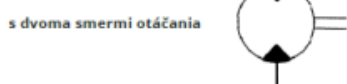
Hydraulické prvky

Schematické znázornenie hydraulických prvkov definuje norma STN ISO 1219-1

Hydrogenerátory

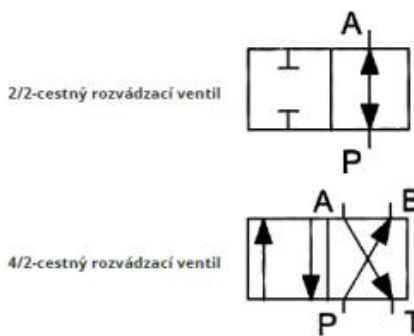


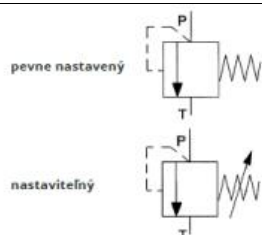
Hydromotory s konštantným objemovým výtlakom



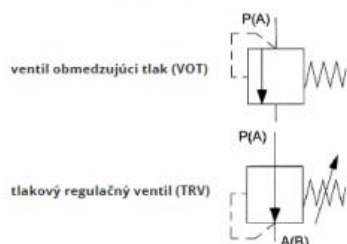
Značky rozvádzačích ventilov

Prvé číslo udáva počet prípojok, druhé číslo uvádza počet spínacích polôh.





Tlakové ventily podľa použitia



Prietokové ventily so štrbinou

2-cestný nastaviteľný prietokový ventil s pevnou štrbinou



Uzatváracie ventily

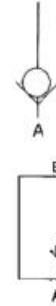
spätný ventil s pritlačnou pružinou



spätný ventil bez pritlačnej pružiny



riadený spätný ventil



uzatvárací ventil

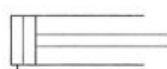


odvzdušňovací ventil



Jednočinné valce

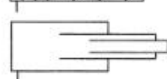
jednočinný valec s nastavením do spätnej polohy pôsobením vonkajších síl



jednočinný valec s vratnou pružinou



jednočinný teleskopický valec

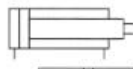


Dvojčinné valce

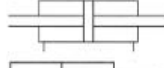
dvojčinný valec s jednostrannou piestnou tyčou



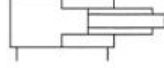
diferenciálny valec



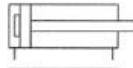
dvojčinný valec s obojstrannou piestnou tyčou (synchronný)



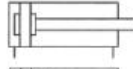
dvojčinný teleskopický valec



dvojčinný valec s jednostranným koncovým tlmením



dvojčinný valec s obojstranným koncovým tlmením

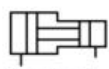


dvojčinný valec s obojstranným nastaviteľným koncovým tlmením



Pre špeciálne použitie

multiplikátor (menič tlaku)



tandemový



hydraulický zdroj



elektrický motor



spalovací motor



potrubí



řidicí potrubí



hadice



spojené potrubí



nespojené potrubí



odvzdušnění



rychl spojka



nádrž



filtr



chladič



ohříváč





Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

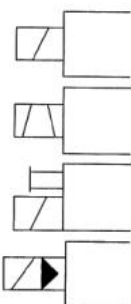
Priklady značiek rozvádzačich ventilov v e-hydraulike

elektromagnet s jedným vinutím

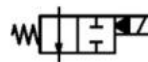
elektromagnet s dvoma vinutiami, ktoré pôsobia proti sebe

elektromagnet s ručným núdzovým (pomocným) ovládaním

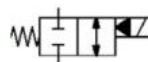
dvojstupňový (predregulovaný (s pomocným ovládaním) ventil; predregulovaný rozvádzač ventil je ovládaný elektromagneticky



2/2-cestný ventil dvojstupňový, normálne otvorený



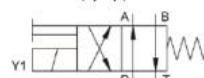
2/2-cestný ventil dvojstupňový, normálne zatvorený



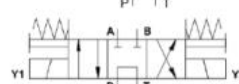
4/2-cestný ventil elektricky ovládaný



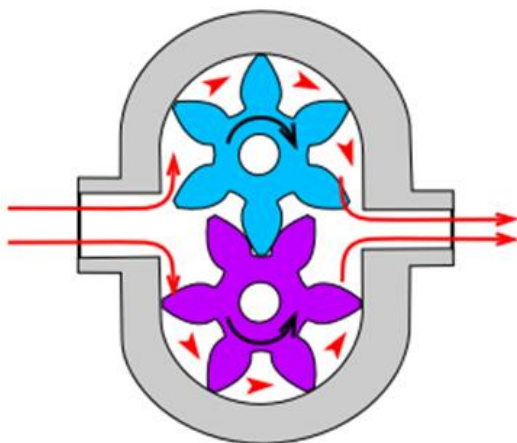
4/2-cestný ventil elektricky a ručne ovládaný



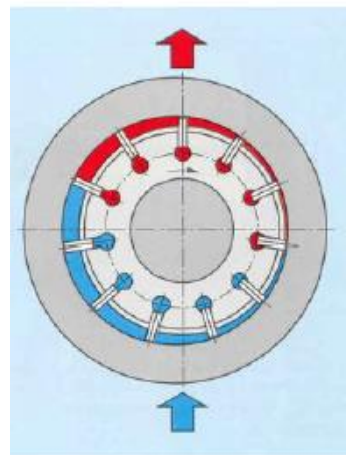
4/3-cestný ventil elektricky a ručne ovládaný, s obtokovou stredovou polohou



Hydrogenerátory



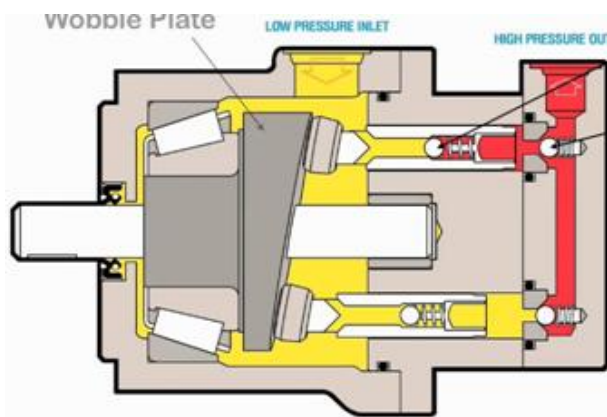
Zubový hydrogenerátor



Lamelový hydrogenerátor

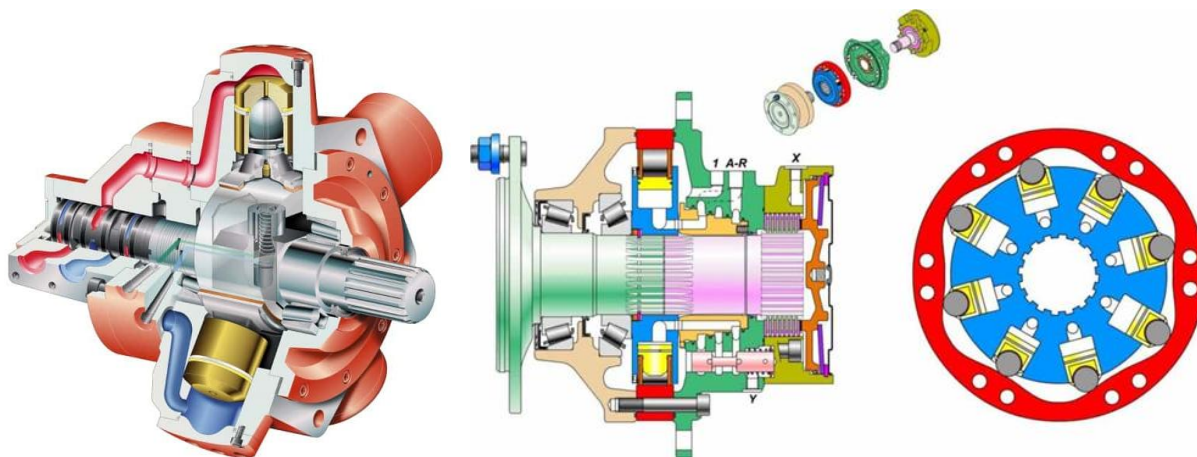


A) s nakloneným blokom



B) s naklonenou doskou - regulačný

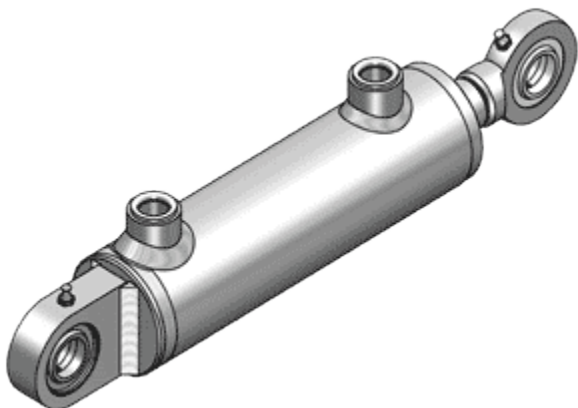
Axiálny piestový hydrogenerátor



Radiálny piestový hydrogenerátor

Hydromotory

Podľa zmyslu pohybu delíme hydromotory na rotačné, ich konštrukcia je obdobná ako je konštrukcia hydrogenerátorov, priamočiare a kývne.



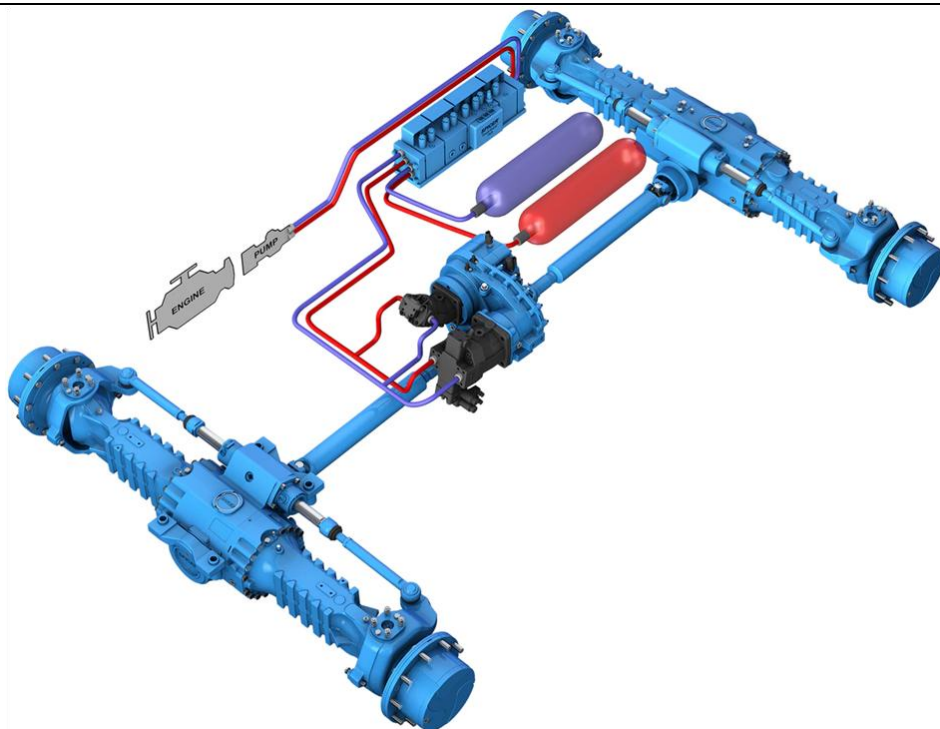
A) dvojčinný



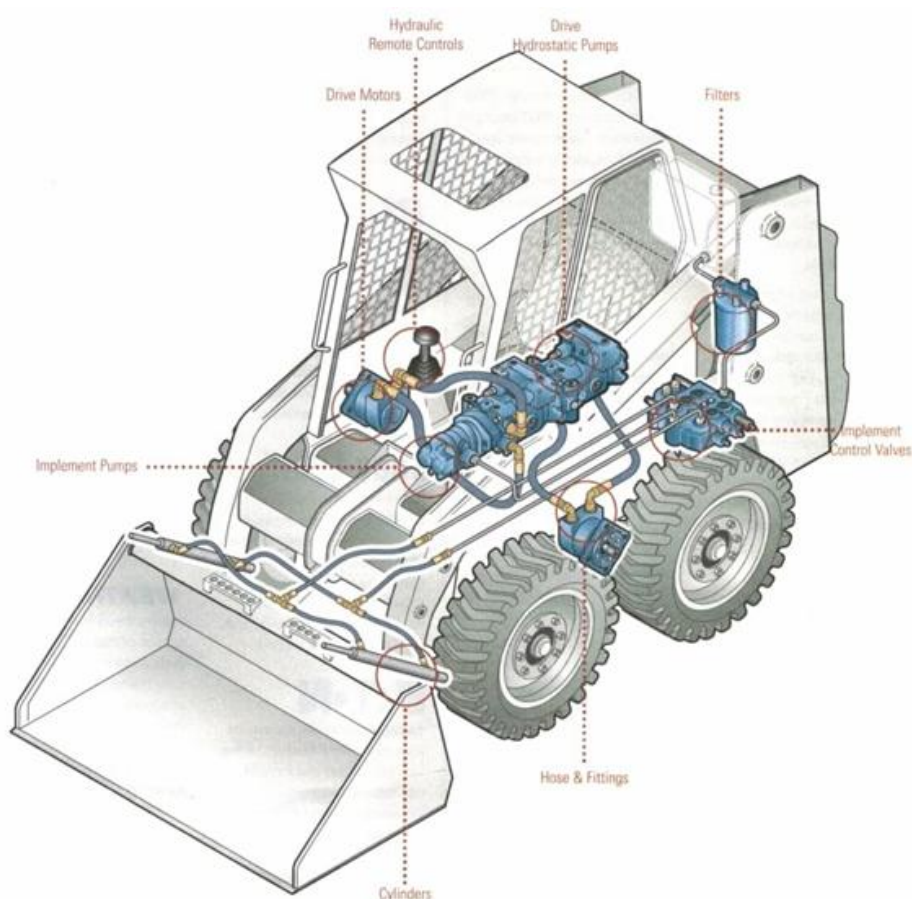
B) teleskopický jednočinný
Priamočiary hydromotor



Umiestnenie hydraulického zámku



Hydraulické akumulátory v hydraulickom obvode



Rozmiestnenie hydraulických prvkov v stavebnom stroji



Hydrodynamický mechanizmus

Hydrodynamický mechanizmus je definovaný ako zariadenie v ktorom sa prenos energie medzi motorom a spotrebičom realizuje pomocou kinematickej energie kvapaliny.

Teda prenos energie je možné definovať:

$$W_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot v^2$$

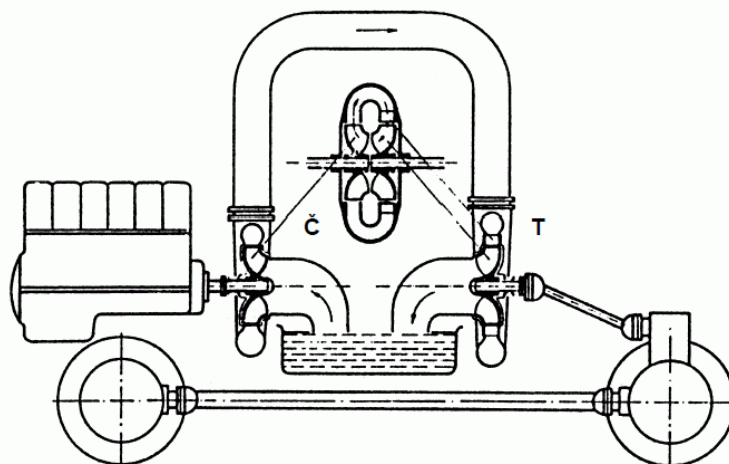
kde:

ρ ... hustota kvapaliny,

V ... objem kvapaliny,

v ... rýchlosť prúdenia kvapaliny.

Konštrukcia najjednoduchšieho hydrodynamického mechanizmu je na obr. Spaľovací motor poháňa čerpadlo, ktoré dopravuje k turbíne kvapalinu o nízkom tlaku ale vysokej rýchlosti. Turbína potom ďalej roztáča ďalšie zariadenia k nej pripojené.



Č - čerpadlo T - turbína

Takéto zariadenie však pracuje s veľkými stratami. Tieto straty je možné znížiť spojením čerpadla a turbíny do jedného celku. Po takomto spojení vytvoríme najjednoduchší hydrodynamický mechanizmus ktorý nazývame hydrodynamická spojka.

Druhy hydrodynamických mechanizmov

Podľa konštrukčného usporiadania lopatkových koloies a zmeny parametrov rozdeľujeme hydrodynamické mechanizmy na tri druhy:

Hydrodynamické spojky.

Hydrodynamické brzdy (retardéry).

Hydrodynamické meniče krútiaceho momentu.

Výhody hydrodynamických mechanizmov:

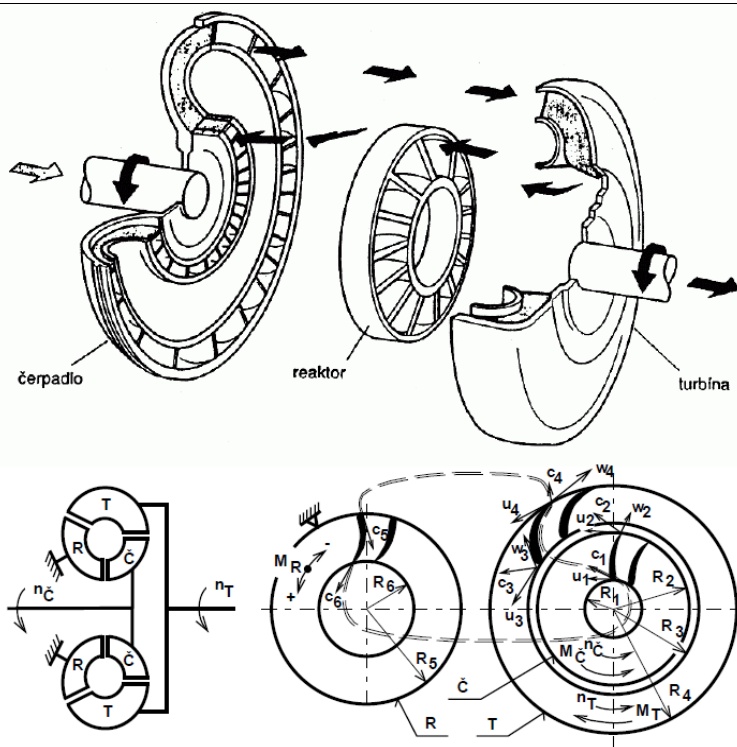
- plynulá zmena parametrov, otáčok a krútiaceho momentu,
- plynulý rozjazd,
- bránia preťaženiu spaľovacieho motora,
- tlmia rázy,



Pohonné systémy automobilov

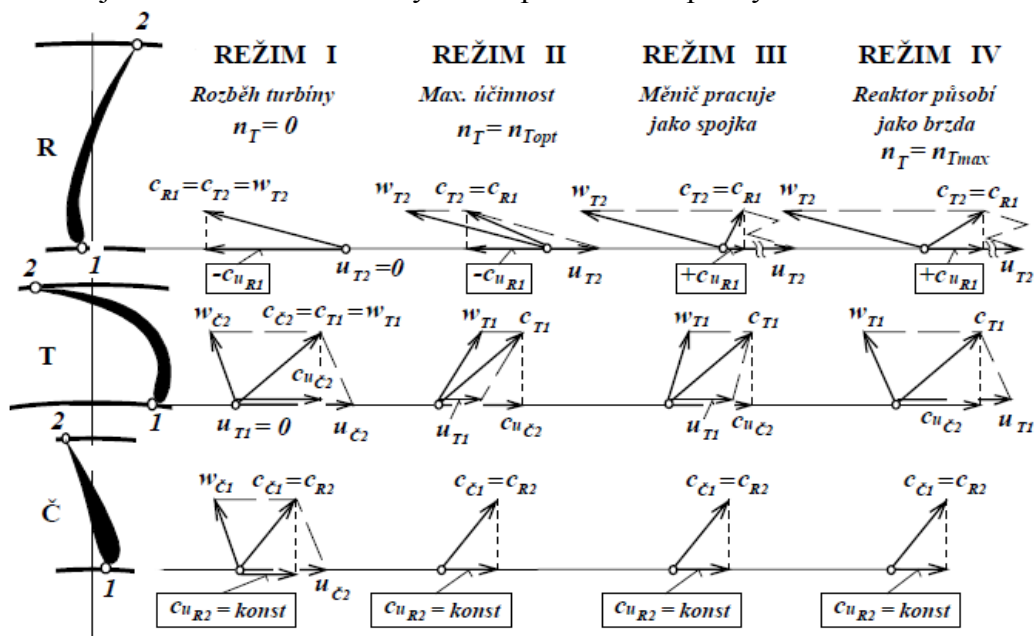
Blok č: 7

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.



Č - čerpadlo, T - turbína, R - reaktor

Zmena momentu je dosahovaná zmenou rýchlosti prúdenia kvapaliny v reaktore obr.



Č - čerpadlo, T - turbína, R - reaktor, u - unášivá rychlost kapaliny, w - relativní rychlost kapaliny, c - absolutní rychlost kapaliny, 1 - vnitřní poloměr kola, 2 - vnější poloměr kola



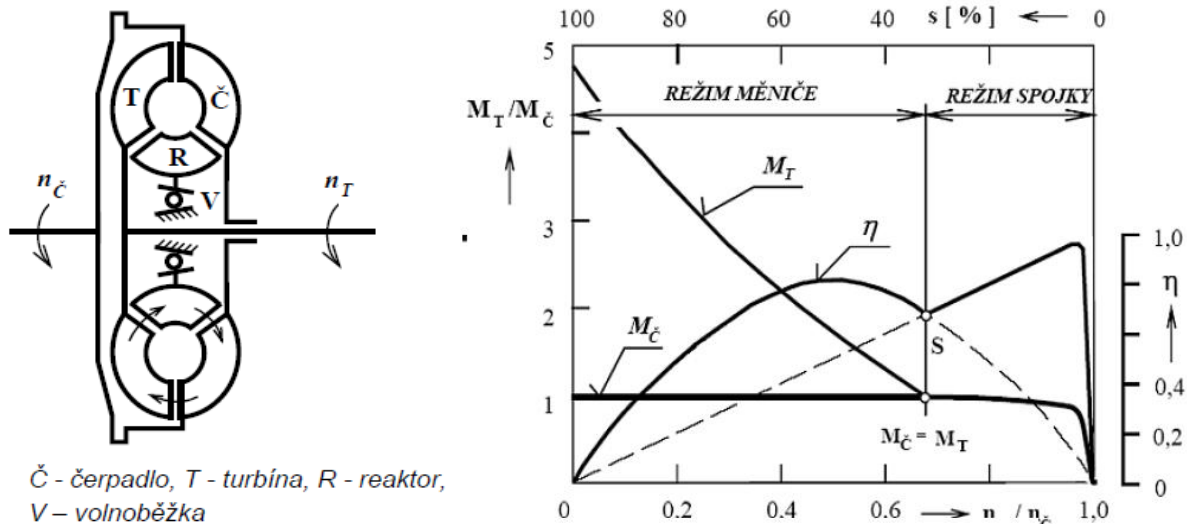
Pohonné systémy automobilov

Blok č: 7

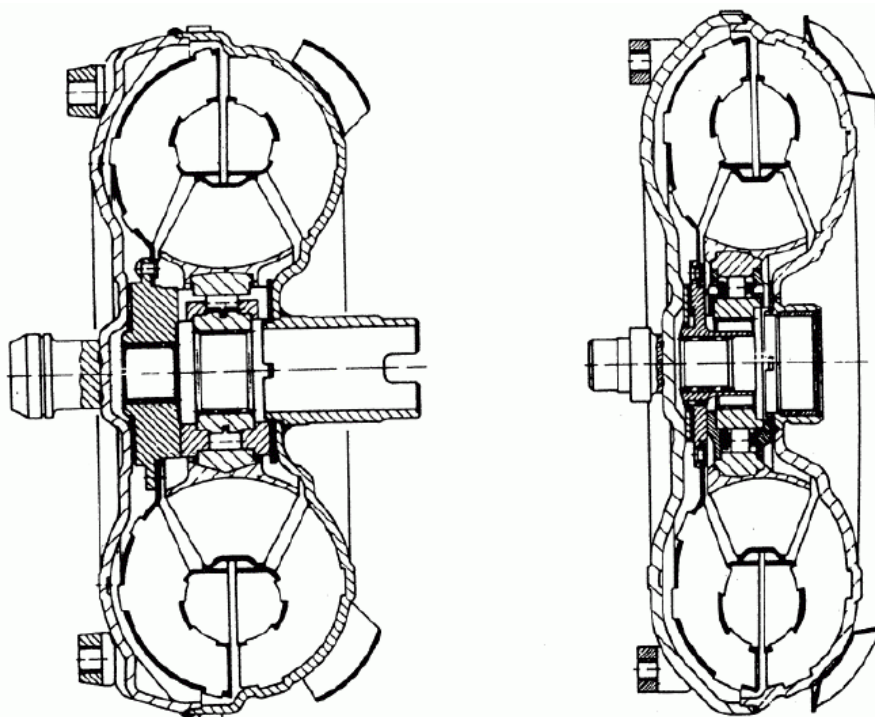
Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Spojkový menič

Rozdiel je predovšetkým v upevnení reaktora. Pri spojkovom meniči je reaktor voľne uložený na voľnobežnej spojke obr. Pracovný režim takéhoto spojkového meniča je na obr.



Pri vysokých otáčkach meniča nedochádza k znižovaniu účinnosti vplyvom reaktora, lebo ten sa začne pretáčať spoločne s čerpadlom a turbínou a menič pracuje ako hydrodynamická spojka. Bodom zmeny režimu je bod "S" na obr.



Hydrodynamický menič s reaktorom uloženým na voľnobežke

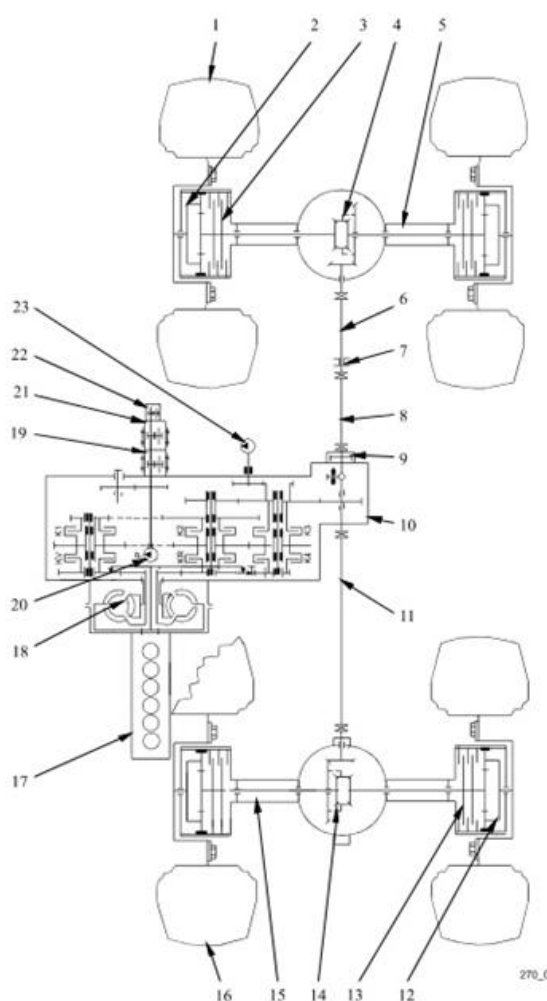
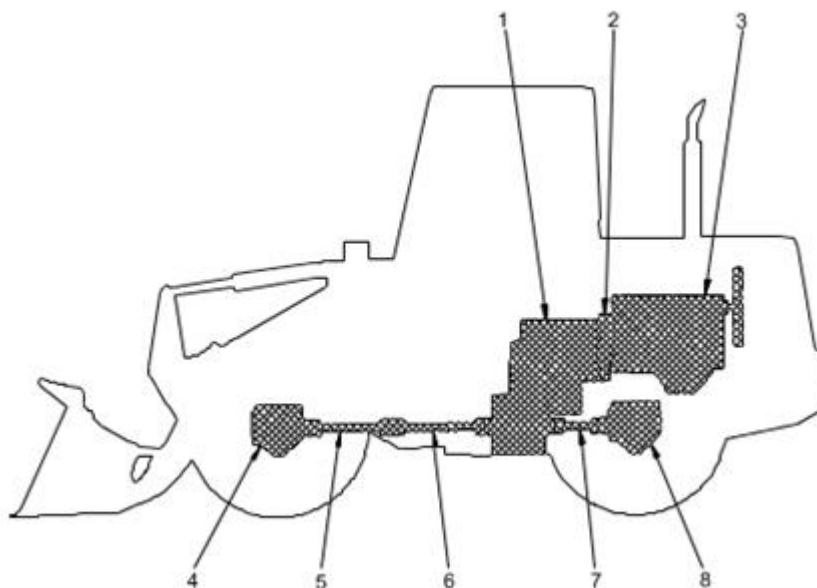
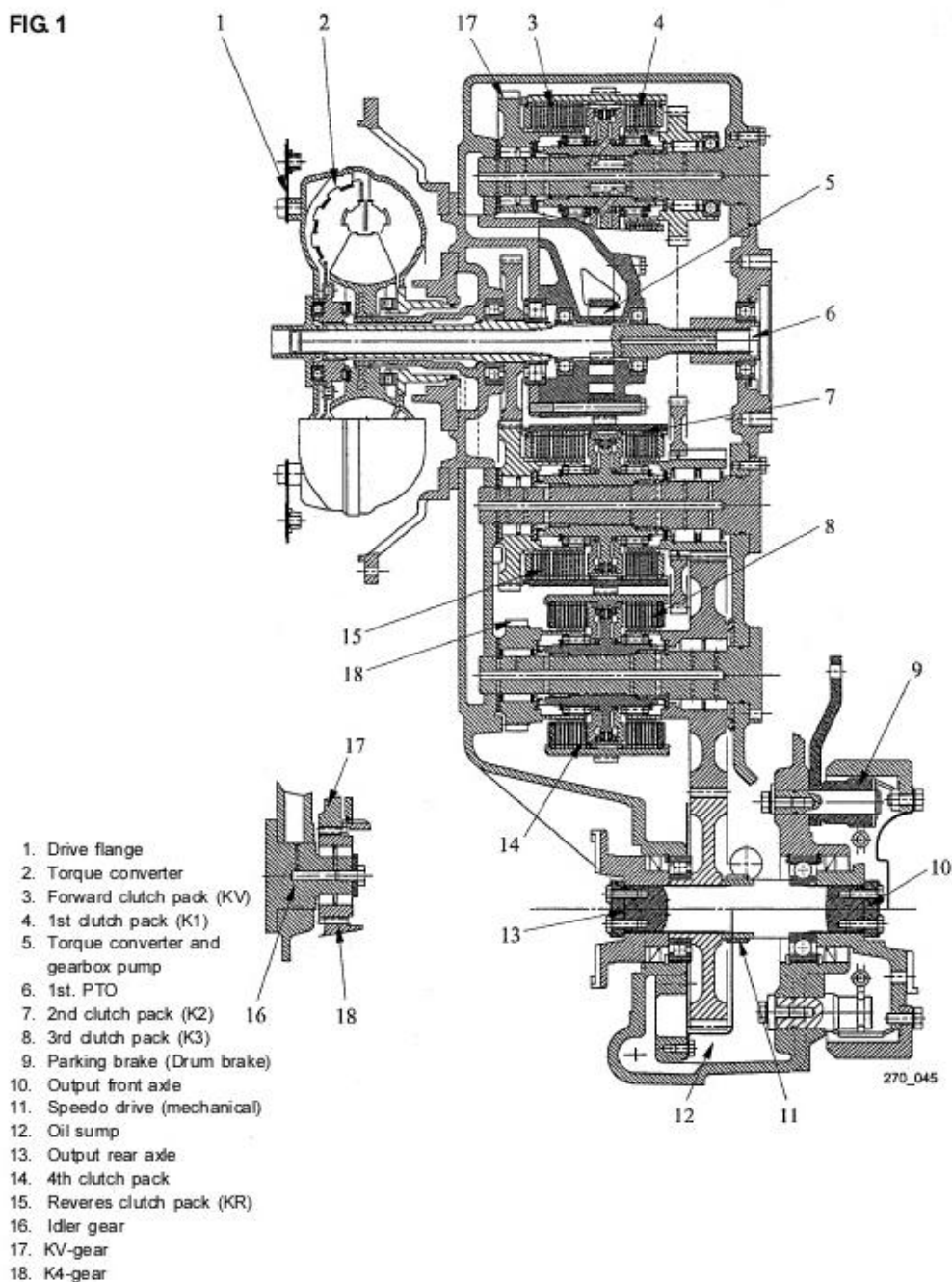


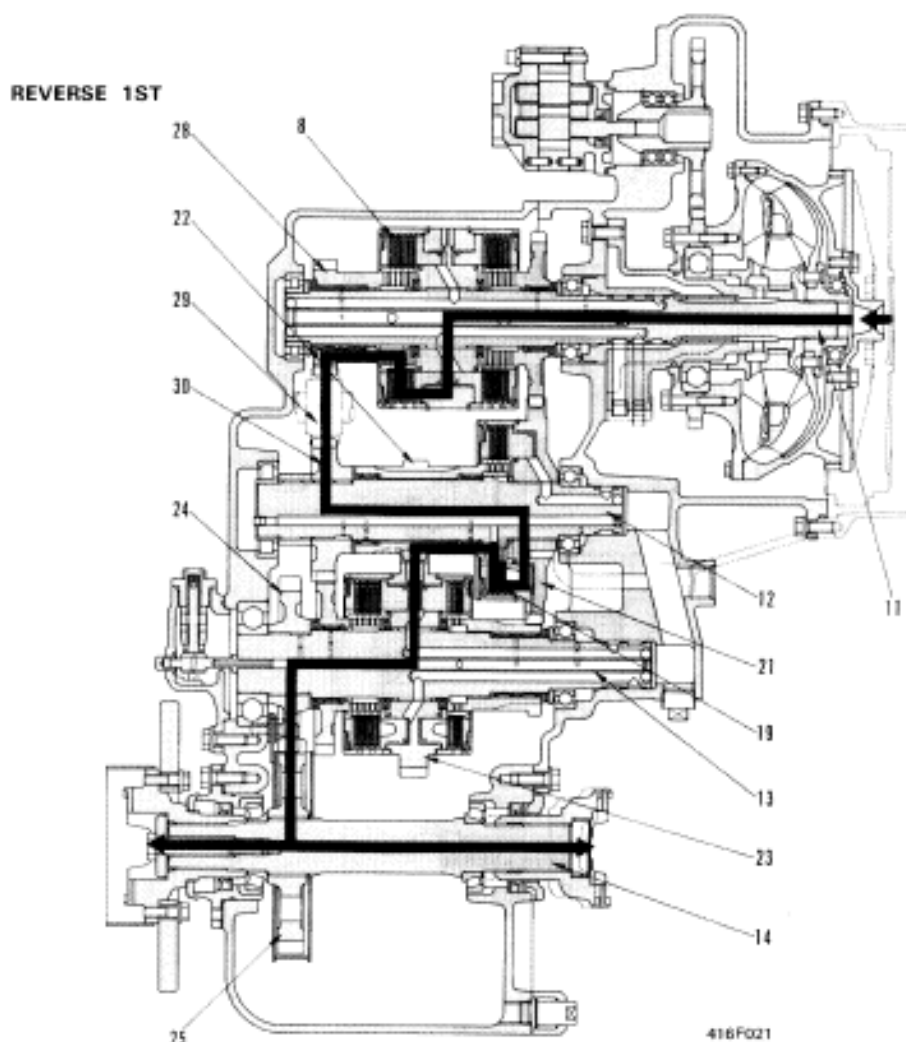
Schéma hydrodynamického pohonu v kombinácii s mechanickou prevodovkou



FIG. 1



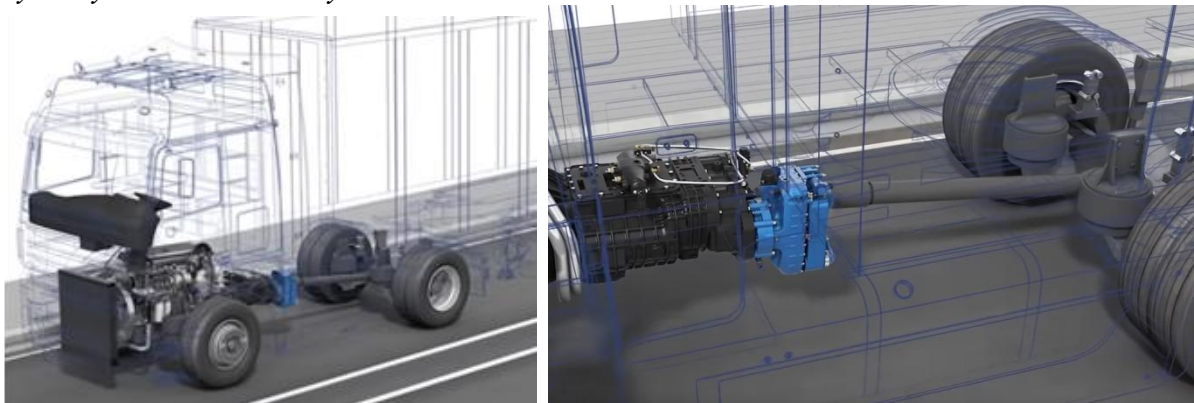
Mechanická reverzačná prevodovka v kombinácii s hydrodynamickým meničom



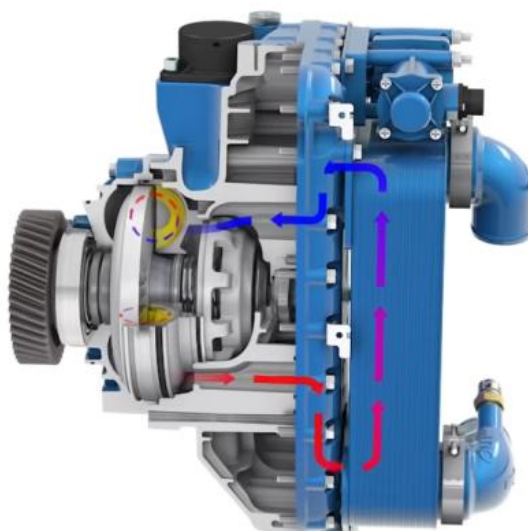
OPERATION

- In REVERSE 1st, REVERSE clutch (8) and 1st clutch (19) are engaged. The motive force transmitted to input shaft (11) from the torque converter is transmitted to output shaft (14).
- The clutch discs of REVERSE clutch (8) and 1st clutch (19) are held by the hydraulic pressure applied to the clutch piston.
- The motive force from torque converter is transmitted from input shaft (11) through REVERSE clutch (8) to REVERSE gear (28). The direction of rotation is reversed by idler gear (29) and the motive force is then transmitted through idler gear (30) and the 1st shaft (12).
- The 1st clutch is engaged, so the motive force transmitted to 1st shaft (12) is then transmitted through the 1st clutch and goes from 1st gear (22) to 2nd and 3rd cylinder gear (23). The motive force then goes through 2nd and 3rd shaft (13), idler gear (24), and output gear (25), and is transmitted to output shaft (14).

Princíp reverzacie pri hydrodynamických pohonoch



Umiestnenie hydrodynamického retardéra



Rez hydrodynamickým retardérom