

VUČNE KARAKTERISTIKE VOZILA SA HIDRODINAMIČKIM PRENOSNICIMA SNAGE

- **Uvodne napomene
(Hidrodinamičko-mehanički prenosnici snage)**
- **Hidrodinamička spojnica**
- **Hidrodinamički menjač (pretvarač)**
- **Vučnodinamičke karakteristike vozila sa
hidrodinamička prenosnicima snage**
- **Zaključni komentari**

- Uvodne napomene (Hidrodinamičko-mehanički prenosnici snage)

Težnje ka pojednostavljenju upravljanja motornim vozilom, odnosno automatizacije što većeg broja radnji, kako bi vozač **svu pažnju i koncentraciju posvetio poštovanju propisa**, saobraćajne signalizacije i, pre svega, tuđe i svoje bezbednosti. Komfor u ovom smislu je posebno zastupljen sa stanovišta razvoja automatskih i kontinualnih menjačkih prenosnika.

Hidrodinamičko-mehanički menjački prenosnik još uvek je jedan od najzastupljenijih konstrukcionih rešenja automatskog menjačkog prenosnika. Pored putničkih vozila, primenjuje se i na radnim mašinama i teretnim vozilima.

Hidrodinamičko-mehanička transmisija sastoji se od **hidrodinamičkog prenosnika snage** i mehaničkog **menjačkog prenosnika sa pokretnim osama** vratila koji može biti redno ili paralelno vezan sa hidrodinamičkim prenosnikom.

Hidrodinamički prenosnici snage spadaju u grupu hidrauličkih prenosnika, koji pored mehaničkih elemenata **za prenos snage koriste i kinetičku energiju fluida** koji je, najčešće, mineralno ulje.

Danas se u motornim vozilima, posebno onim sa automatskim transmisijama, koriste dve vrste hidrodinamičkih prenosnika: hidrodinamička spojnica (HDS) i hidrodinamički pretvarač (HDP) obrtnog momenta ili hidrodinamički menjač, kako se još naziva.

Kada je reč o kontinualnim menjačkim prenosnicima **promena prenosnih odnosa se ostvaruje kontinualno**, po određenom zakonu (nasuprot prenosnicima snage kod kojih se promena prenosnih odnosa ostvaruje u skokovima – klasični stepenasti menjački prenosnici snage). Ovo omogućava da se **prenosni odnosi uvek usklađuju** sa realnim potrebama zavisno od režima kretanja, odnosno zakona **promene spoljnih otpora** i **spoljne brzinske karakteristike** motora. Ove osobine kontinualnih menjačkih prenosnika naročito dolaze do izražaja ukoliko je promena stepeni prenosa **automatska**.

Radni fluid se javlja kao prenosnik energije između jedne pumpe (primarni deo prenosnika) i jedne ili više turbina (sekundarni deo prenosnika), pri čemu se fluid kreće velikom brzinom pri relativno niskim pritiscima. Mehanička energija dovedena od izvora energije pretvara se **u pumpnom delu u kinetičku energiju fluida**. Ova se dalje uvodi **u turbinu, gde se ponovo pretvara u mehaničku energiju** koja se distribuira dalje transmisijom. Fluid ubrzan od strane pumpnog kola **predaje dobijenu energiju turbinskom kolu uz usporavanje u njemu**.

Obrtni moment turbinskog kola hidrodinamičkog prenosnika **zavisan je od vrednosti usporenja** mase radnog fluida, što znači da:

- ako se **pumpno kolo obrće konstantnim brojem obrtaja**,
- na turbinskom vratilu će se **uspostaviti broj obrtaja koji je zavisan od njegovog trenutnog opterećenja**.

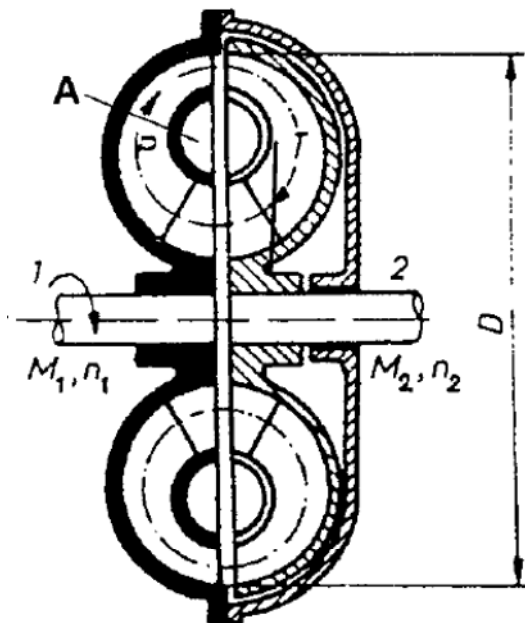
Razlika između momenta dovedenog na pumpno kolo i momenta odvedenog sa turbinskog kola, **predaje se reaktorskom (sprovodnom) kolu**, čime se u stvari vrši **transformacija** obrtnog momenta.

• Hidrodinamička spojnica

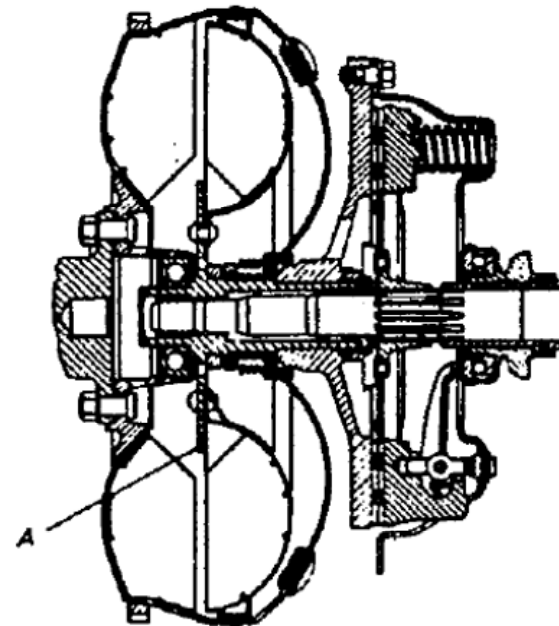
Hidrodinamička spojnica (**HDS**) se sastoji iz dva osnovna elementa (kola): pumpnog (**P**) i turbinskog (**T**), smeštenih u zajedničkom kućištu (slika S1). Kućište se najčešće spaja sa pumpnim kolom, a preko njega sa kolenastim vratilom motora (1), dok se turbinsko kolo spaja sa izlaznim vratilom spojnice (2).

Na praznom hodu moment nošenja spojnice treba da je što manji, a uz povećanje brzine obrtanja pumpnog kola moment treba da ima brži porast kako bi se obezbedile što bolje startne karakteristike uz mala klizanja, a samim tim i veća ekonomičnost u potrošnji goriva.

U cilju potpunog odvajanja motora od transmisije, HDS se primenjuju u kombinaciji sa frikcionom, spojnicom (slika S2). Međutim, da bi se ovo postiglo i bez primene frikcione spojnice, grade se HDS kod kojih se vrši pražnjenje ulja, čime se ostvaruje „čisto“ odvajanje motora od transmisije.



Slika S1



Slika S2

Opšte relacije:

- Hidrodinamička spojnica je prenosnik snage koji ostvaruje prenos snage pri konstantnom obrtnom momentu. Drugim rečima, obrtni moment pumpnog i turbinskog kola su međusobno jednaki $M_P = M_T$.
- Nasuprot ovome, prenos snage se vrši pri različitim ugaonim brzinama dva hidrodinamička kola, pumpnog i turbinskog $\omega_P \neq \omega_T$. Odnos ovih ugaonih brzina se naziva hidraulički prenosni odnos i_h .
- Klizanje hidrodinamičke spojnice λ se naziva relativna razlika ugaone brzine pumpnog i turbinskog kola u odnosu na ugaonu brzinu pumpnog kola:

$$\lambda = \frac{\omega_P - \omega_T}{\omega_P} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\omega_T}{\omega_P}\right) \cdot 100 = (1 - i_h) \cdot 100$$

- Stepen korisnosti hidrodinamičke spojnice η je određen izrazom: *Napomena:* $\mu \ll \epsilon > K$

$$\eta = \frac{P_T}{P_P} = \frac{M_T \cdot \omega_T}{M_P \cdot \omega_P} = \frac{\omega_T}{\omega_P} = \lambda$$

Stepen korisnosti hidrodinamičke spojnice može biti napisan u obliku: $\eta = (1 - \lambda)$

- Klizanje ove spojnice odnosno veličina hidrauličkog prenosnog odnosa zavisi od više činilaca: stepena punjenja radnog prostora fluida, ugaone brzine pumpnog kola opterećenja unutrašnjih gubitaka

- Obrtni moment koji prenosi ova spojnica je određen: $M_P = M_T = m_P \cdot \gamma \cdot \omega_P^2 \cdot D^5$

m_p – je koeficijent obrtnog momenta (proporcionalnosti) na pumpnom ivodećem vratilu.

γ – gustina radnog fluida.

D – najveći prečnik kruga cirkulacije radnog kola.

$$M_1 = K \omega_1^2 D^5$$

- K - faktor koji uzima u obzir: oblik poprečnog preseka struje fluida i lopatica (njihove ulazne i izlazne uglove), položaj pumpnog, turbinskog i reaktorskog kola, specifičnu gustinu fluida, i klizanje pumpnog i turbinskog kola.

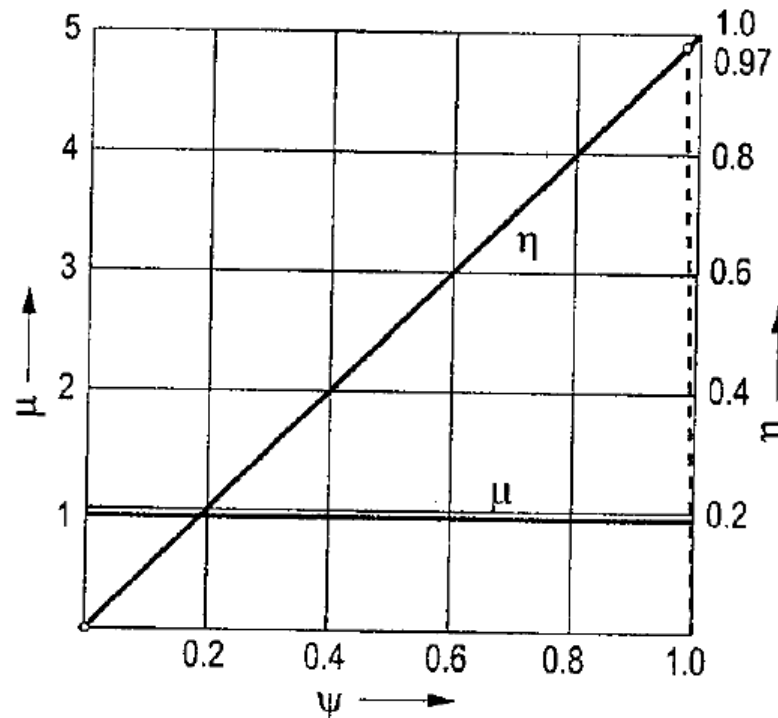
Uopšte, **povećanjem punjenja povećava se snaga i moment** koji HDS može da prenese, ali se punjenje zbog širenja ulja **ograničava na 80 ÷ 85%** radne zapremine. Normalno **proklizavanje spojnice pri nominalnom obrtnom momentu motora i ugaonoj brzini nije veće od 2 ÷ 3%** za date vrednosti punjenja.

Tipična **spoljašnja karakteristika HDS** - a predstavlja **bezdimenzionu zavisnost** faktora prenošenja spojnice (μ) i stepena iskorišćenja (η) od broja obrtaja turbine pri konstantnom broju obrtaja pumpe (slika 3) Za spojnicu važe sledeće relacije:

$$M_2 = M_1, \quad \lambda = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad \mu = \frac{M_2}{M_1} \quad \eta = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 - \lambda \quad \eta = (1 - \lambda)$$

gde su:

- η - stepen korisnosti,
- i_h - hidraulički prenosni odnos,
- λ - klizanje i
- ψ - odnos ugaone brzine turbinskog i pumpnog kola.



Slika S3

Napomena: $\mu \leq 1$

Na spoljašnjoj bezdimenzionoj karakteristici HDS postoji **singularna tačka**, jer kada je **ugaona brzina pumpe jednaka ugaonoj brzini turbine**, **nema prenošenja energije**, pa je $\eta = 0$. Najčešće se tok steper korisnog dejstva spojnice predstavlja kao prava do vrednosti od približno $\eta = 0,97$ kada dostiže maksimum i onda pada na vrednost 0 pri $\frac{\omega_1}{\omega_2} = 1$.

Rad hidrodinamičke spojnice karakterišu dve osnovne veličine: **stepen korisnosti** i **koeficijent proporcionalnosti**. Koeficijent obrtnog momenta zavisi od konstrukcijskih karakteristika pumpnog i turbinskog kola i od oblika radnog prostora. Ove dve osnovne veličine se **isključivo određuju eksperimentalnim putem** za određenu konstrukciju spojnice. One se često prikazuju u zavisnosti od hidrauličkog prenosnog odnosa odnosno klizanja.

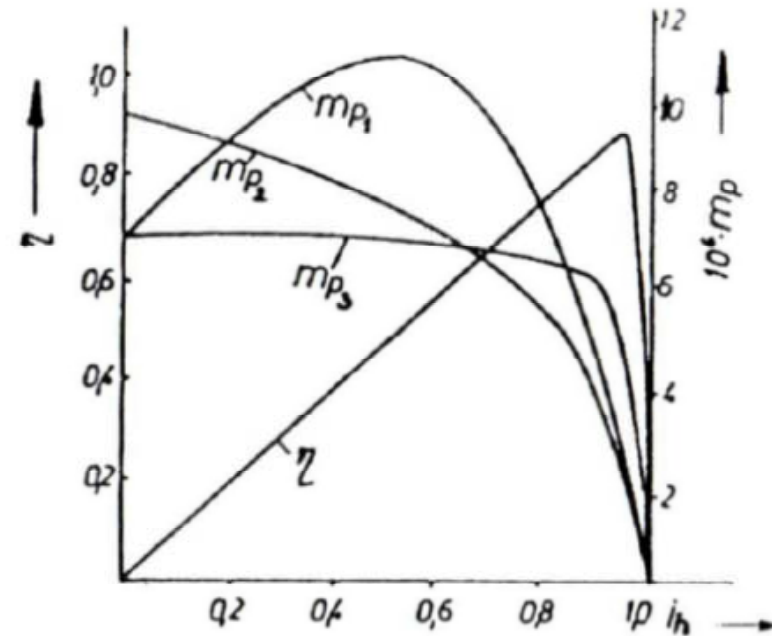
□ Pri polasku iz mesta, kada je ugaona brzina turbinskog kola jednaka 0, stepen korisnosti, takođe, je 0 a klizanje 100%.

□ Pri povećanju ugaone brzine turbine tj. pri pokretanju vozila iz mesta, klizanje se smanjuje a stepen korisnosti raste i to po pravolinijskih zavisnosti da bi u nekom trenutku ostvario svoju maksimalnu vrednost.

□ Veličina stepena korisnosti **ne zavisi od dimenzionih karakteristika spojnice (prečnik D) već samo od njihovog međusobnog odnosa**.

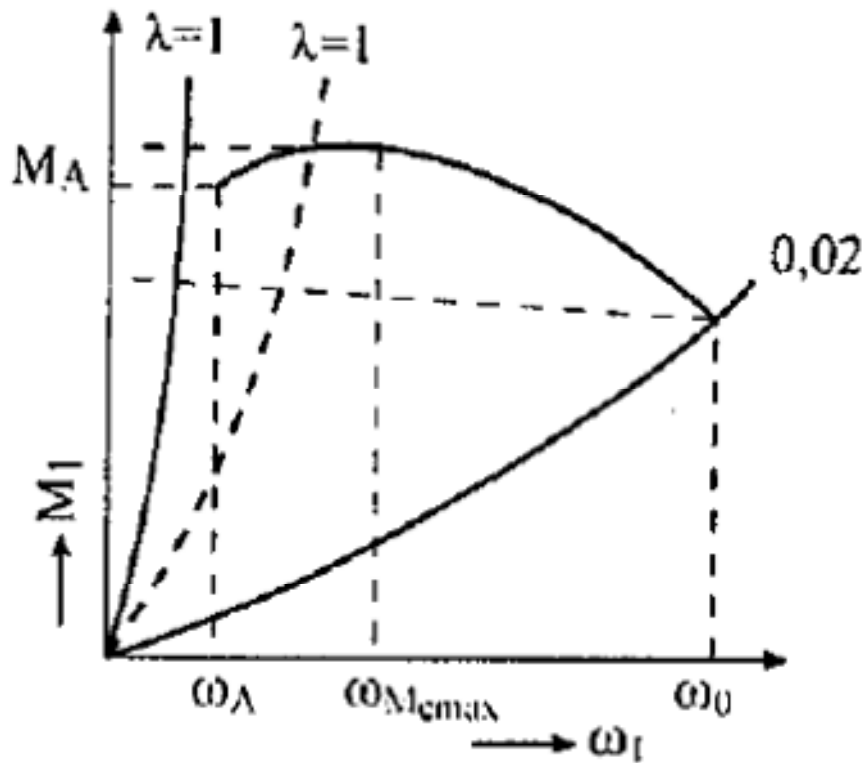
□ To znači da sve spojnice koje su **geometrijski slične** stepen korisnosti ima istu vrednost.

□ Koeficijent proporcionalnosti **m_p** zavisi od **konstrukcije, odnosno oblika pumpnog i turbinskog kola**.

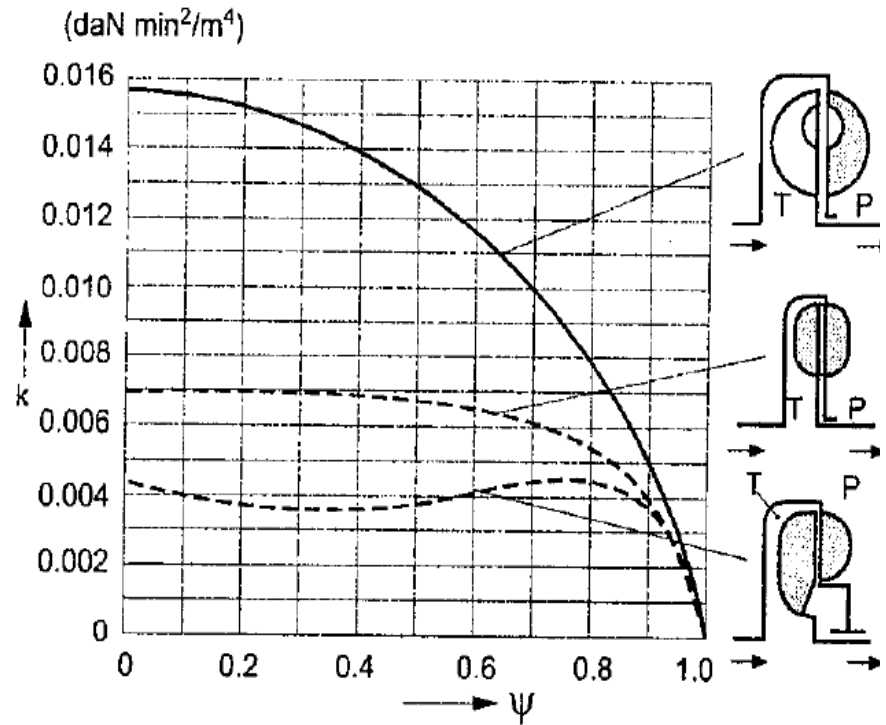


Pri izboru HDS-a za određeno motomo vozilo, odnosno motor sa unutrašnjim sagorevanjem, **na raspolaganju**, najčešće, stoji njegova **spoljna brzinska karakteristika obrtnog momenta** (slika S4.), kao za određeni oblik spojnice - **kriva faktora obrtnog momenta**. (slika S5.). **Osnovni je zadatak da se odredi prečnik D spojnice** a najčešće se koristi pristup u kome **obrti momenti koji odgovara maksimalnoj snazi motora** spojnica treba da prenese pri **$\eta = 0,98$** i klizanju **$\lambda = 0,02$** (slika S4).

Maksimalna snaga, maksimalne brzine, **nužan visok stepen korisnosti**



Slika S4



Slika S5

Napomena (zajednički rad HDS sa pogonskim agregatom):

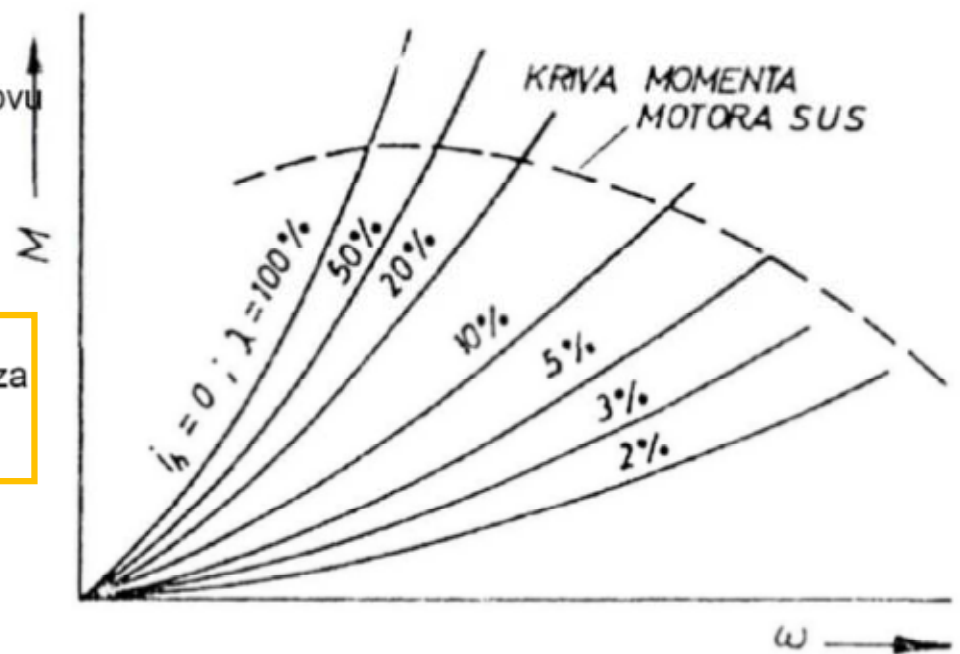
- Poznavanje bezdimenzionih karakteristika je nedovoljno da bi se dala ocena o zajedničkom radu sa pogonskim agregatom tj. MSUS.
- Zato je pored poznavanja bezdimenzionih karakteristika hidrodinamičke spojnice neophodno odrediti i karakteristiku zajedničkog rada spojnice i pogonskog agregata tj. spoljna karakteristika

□ Prema izrazu za obrtni moment spojnice, na osnovu brzinske karakteristike pogonskog agregata i bezdimenzionih karakteristika spojnice, može se konstruisati spoljna karakteristika zajedničkog rada.

□ Za određivanje spoljne brzinske karakteristike potrebno je da se, koristeći bezdimenzionu karakteristiku, odrede koeficijenti proporcionalnosti za različite vrednosti klizanja ili hidrodinamičkog prenosnog odnosa.

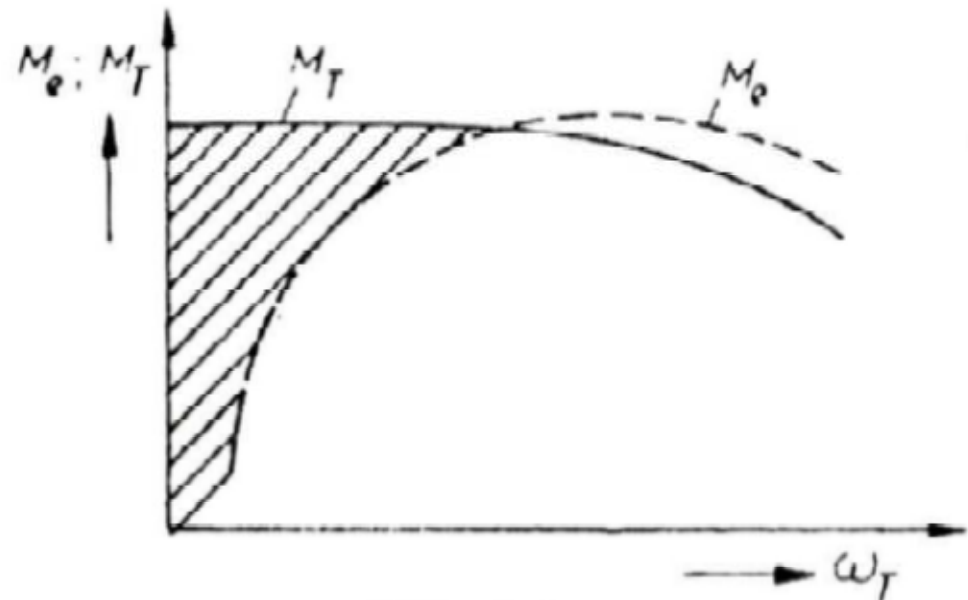
□ Pomoću izraza za obrtni moment se određuje njegova veličina.

$$M_P = M_T = m_P \cdot \gamma \cdot \omega_P^2 \cdot D^5$$



■ Dobilene vrednosti momenta se nanose na brzinsku karakteristiku motora. Tačke preseka ovih krivih opterećenja sa krivom ometnog momenta motora određuje veličinu momenta i ugaone brzine kolenastog vratila pri zajedničkom radu hidrodinamičke spojnice a za različite vrednosti klizanja.

□ Koristeći hidraulički prenosni odnos pri čemu je ugaona brzina pumpnog kola jednaka ugaonoj brzini kolenastog vratila, moguće je nacrtati krivu promene obrtnog momenta na turbinskom vratilu pri zajedničkom radu.



Imajući u vidu karakteristike zajedničkog rada motora i HDS-a, mogu se istaći sledeće **osnovne prednosti** njenog korišćenja u vozilu:

- pri zaustavljanju vozila nije potrebno odvajanje transmisije od motora,
- omogućava **smanjenje broja** promena stepena prenosa,
- **eliminiše udarna opterećenja** i **torzione oscilacije** u sistemu za prenos snage pri polascima vozila i promeni stepena prenosa (**smanjenje krutosti transmisije** i **prigušuje promenljiva opterećenja** koja se prenose na motor, **smanjujući inercijalna opterećenja u transmisiji** , odnosno reducirajući promenljivost opterećenja u transmisiji),
- **povećava vek** transmisije i motora i
- omogućava **jednostavan polazak** (npr. polazak na uzbrdici sa prikolicom).

Nedostaci hidrodinamičke spojnice ogledaju se u:

- velikoj masi i gabaritima,
- smanjenom efektu **kočenja motorom** ,
- promenljivom (smanjenom) **stepenu korisnosti** (najbitnije).

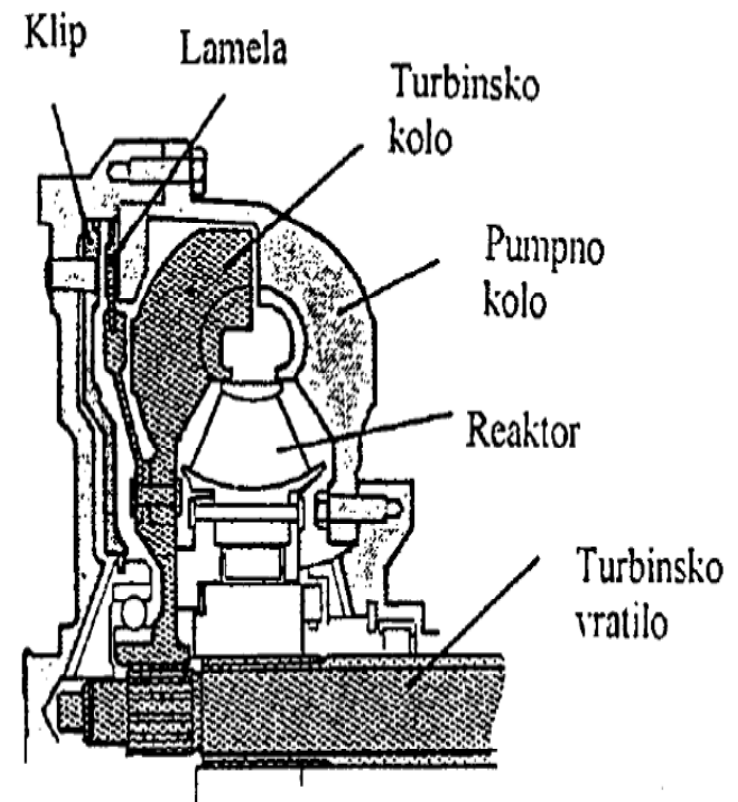
• Hidrodinamički menjač (pretvarač)

Za razliku od HDS-a hidrodinamički pretvarač (**HDP**), sastoji se od, **najmanje, tri radna kola**: pumpno, turbinskog i reaktorskog, sl. M1. Pumpno kolo vezano je za kolenasto vratilo motora, a turbinsko kolo za vratilo transmisije. Danas se **naičešće** koriste HDP-i kod kojih je reaktorsko kolo spojeno sa kućištem preko jednosmerne spojnice (**Trilok princip**). Ovakva veza reaktorskog kola sa kućištem obezbeđuje **rad HDP-a u dva režima** kao pretvarača obrtnog momenta i kao hidrodinamičke spojnice. Takvi pretvarači nazivaju se **kompleksnim**. **Pritisak ulja u HDP** se održava u granicama **1,5 ÷ 4 bara**.

Pumpno kolo gonjeno motorom, transformiše mehaničku energiju motora u kinetičku energiju ulja koje se usmerava na lopatice turbinskog kola, **koje svojim oblikom menjaju pravac kretanja ulja usporavajući ga**, pa se kinetička energija ulja u ovom kolu ponovo transformiše u mehaničku energiju - obrtni moment na izlaznom vratilu. Po izlasku iz turbinskog kola ulje prolazi kroz **reaktorsko kolo** na čijim lopaticama ostvaruje moment jednak razlici momenata na pumpnom i turbinskom kolu.

$$M_{tu} = M_{pu} + M_r$$

Pri kretanju ulja u lopatičnom prostoru radnih kola **HDP-a** ono nailazi na otpore, pa se kao rezultat javljaju **lokalni gubici energije** (na udar, trenje, gubici koji proističu iz oblika međulopatičnog prostora). Snaga motora koja se ne predaje turbinskom kolu i koja je potrebna za savlađivanje ovih gubitaka prelazi u toplotu. **zagrevajući ulje** u pretvaraču. Ova snaga iznosi **10 ÷ 25 %** snage motora, što **zavisi od režima rada** pretvarača. Zbog oslobođene količine toplote neophodno je **hlađenje ulja**.



Slika M1



Hidrodinamički pretvarač (menjač, HDP) razlikuje se od hidrodinamičke spojnice po tome što, pored pumpnog i turbinskog, sadrži i nepokretno **reaktorsko kolo**, zbog kojeg HDP može vršiti **kontinualnu transformaciju parametara snage**. HDP realizuje **beskonačno mnogo prenosnih odnosa** u određenom dijapazonu, a promena istih vrši se **automatski, bez prekida** toka snage i, što je neobično važno, modulacija prenosnog odnosa vrši se **na osnovu opterećenja** turbinskog kola, a to znači na osnovu otpora kretanja vozila (**UNUTRAŠNJA POVRATNA SPREGA**).

Prilikom kretanja radnog fluida prema turbinskom kolu, dolazi do **strujnog skretanja na reaktorskom kolu**, odnosno do **povećanja ili smanjenja momenta količine kretanja** struje fluida, usled čega dolazi do pojave **aktivnog momenta** na reaktorskom kolu. Izlazni moment HDP-a tj moment na turbinskom kolu:

$$M_{tu} = M_{pu} + M_r.$$

Usled povećanja opterećenja turbine tj. njenog **kašnjenja za pumpnim kolom**, povećava se aktivni moment na reaktoru i moment na turbini se povećava.

Pad opterećenja uzrokuje **smanjenje aktivnog momenta reaktora**, moment na turbini se smanjuje, a broj obrtaja turbine se povećava i teži broju obrtaja pumpnog kola. **Odnos momenata na turbinskom i pumpnom kolu naziva se koeficijent transformacije momenta:**

$$k = \frac{M_{tu}}{M_{pu}}$$

Vrednost koeficijenta transformacije momenta, u **nominalnom režimu** rada menjačkog prenosnika (režim u kojem je **opseg stepena korisnosti prihvatljiv**), kreće se u **granicama** $k = (1,2 \div 1,4)$. Kako se **opterećenje turbine povećava**, a njena ugaona brzina smanjuje ispod nominalne vrednosti, **vrednost koeficijenta transformacije raste** i kreće se u **granicama** $k = (2,5 \div 4,5)$.

Opšte relacije:

■ Za razliku od hidrodinamičkih spojnica, prenos snage hidrodinamičkim menjačima ostvaruje se uz **promenu odnosno povećanje obrtnog momenta**. Ova promena se ostvaruje **samoregulisanjem** u zavisnosti od režima kretanja i promene radnih otpora.

■ Stepen promene obrtnog momenta zavisi pre svega od konstrukcije menjača a naročito broja turbinskih i reaktivnih kola. Osim toga, promena obrtnog momenta zavisi i od promene ugaone brzine turbinskog kola. Stepen korisnosti ovakvog menjača je određen izrazom:

$$\eta = \frac{P_T}{P_P} = \frac{M_T \cdot \omega_T}{M_P \cdot \omega_P} = K \cdot i_h$$

$$K = \frac{M_T}{M_P}$$

□ i_h – hidraulički prenosni odnos, K – koeficijent povećanja obrtnog momenta

□ Na osnovu momenta koji prenosi pumpno i turbinsko kolo, koeficijent K se može odrediti:

$$K = \frac{M_T}{M_P} = \frac{m_T}{m_P}$$

m_T – koeficijent obrtnog momenta na turbinskom vratilu, m_P – koeficijent obrtnog momenta na vodećem pumpnom vratilu,

□ Kako je klizanje hidrodinamičkog menjača,

$$\lambda = \frac{\omega_P - \omega_T}{\omega_P} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\omega_T}{\omega_P}\right) \cdot 100 = (1 - i_h) \cdot 100$$

hidraulički prenosni odnos se može odrediti

$$i_h = 1 - \lambda = \frac{\omega_T}{\omega_P}$$

Napomena: $\mu \Leftrightarrow K$

Sposobnost povećanja obrtnog momenta

- Sposobnost povećanja obrtnog momenta se ogleda u sposobnosti menjača da menja obrtni moment i ugaone brzine pumpnog i turbinskog kola.
- Svojstva povećanja obrtnog momenta se najbolje ocenjuju na osnovu zavisnosti $K=K(i_h)$.
- Sa povećanjem koeficijenta povećanja obrtnog momenta smanjuje se maksimalni stepen korisnosti i odgovarajući prenosni odnos. Za slučaj malih prenosnih odnosa vrednosti koeficijenta povećanja obrtnog momenta su veće (mali stepen korisnosti).
- Menjač koji sa promenom opterećenja na turbinskom kolu tj. pogonskim točkovima ne izaziva promenu opterećenja na pumpnom kolu, naziva se **neproзраčnim**. U tom slučaju režim rada motora se može promeniti promenom punjenja pogonskog agregata.
- Menjački kod kojih se promena opterećenja na vratilu turbinskog kola prenose i na vratilo pumpnog kola tj. pogonskog agregata nazivaju se **prozračnim**.
- Idealno prozračna je samo mehanička transmisija.
- Hidrodinamički menjači mogu biti upravno, obrnuto i kombinovano prozračni.

Bezdimenziona karakteristika hidrodinamičkog menjača (pretvarača)

■ Kod upravne prozračnosti sa povećanjem opterećenja na vratilu turbine odnosno sa smanjenjem ugaone brzine dolazi i do povećanja obrtnog momenta tj. smanjivanje ugaone brzine i na ulaznom pumpnom vratilu.

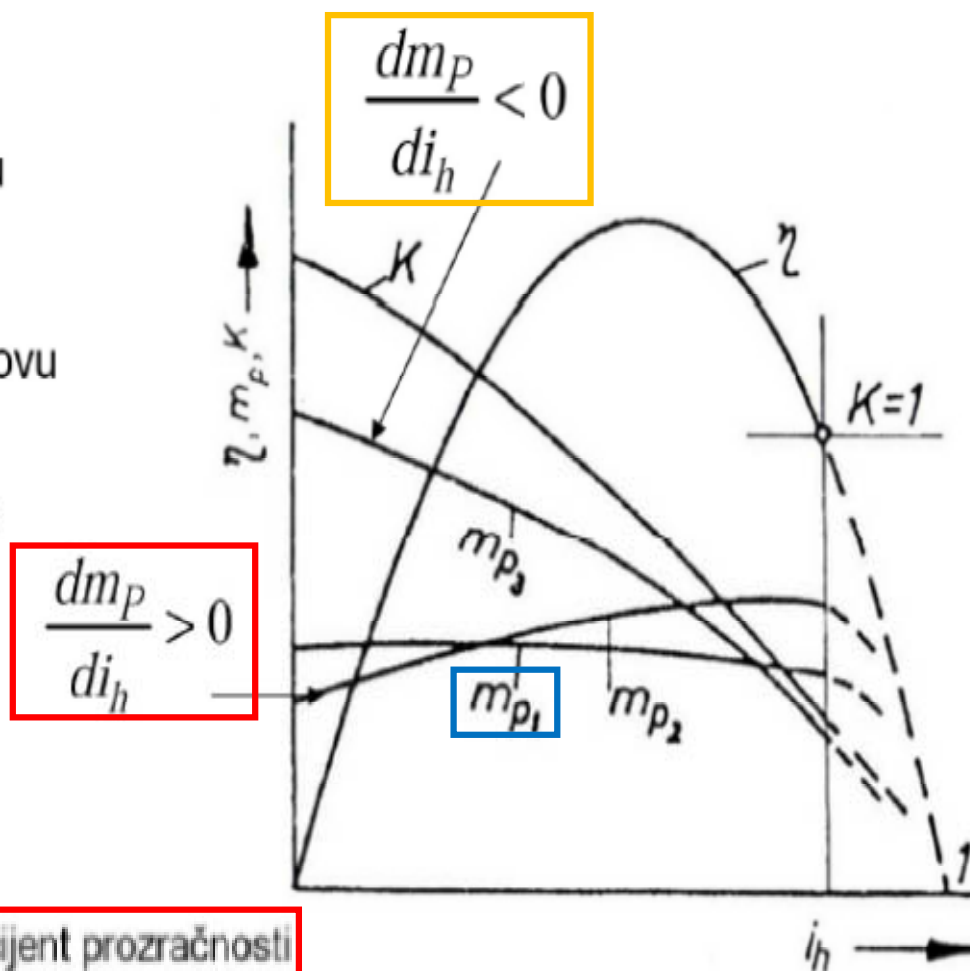
■ Obrnuto prozračni menjač pri povećanju opterećenja na vratilu turbinskog kola izazivaju smanjenje obrtnog momenta na ulaznom vratilu odnosno povećavaju njegovu ugaonu brzinu.

■ Kombinovani objedinjuju obe pomenute mogućnosti.

$$P = \frac{m_{P(K_{\max})}}{m_{P(K=1)}} = \frac{M_p (\omega_T = 0)}{M_p (M_p = M_T)}$$

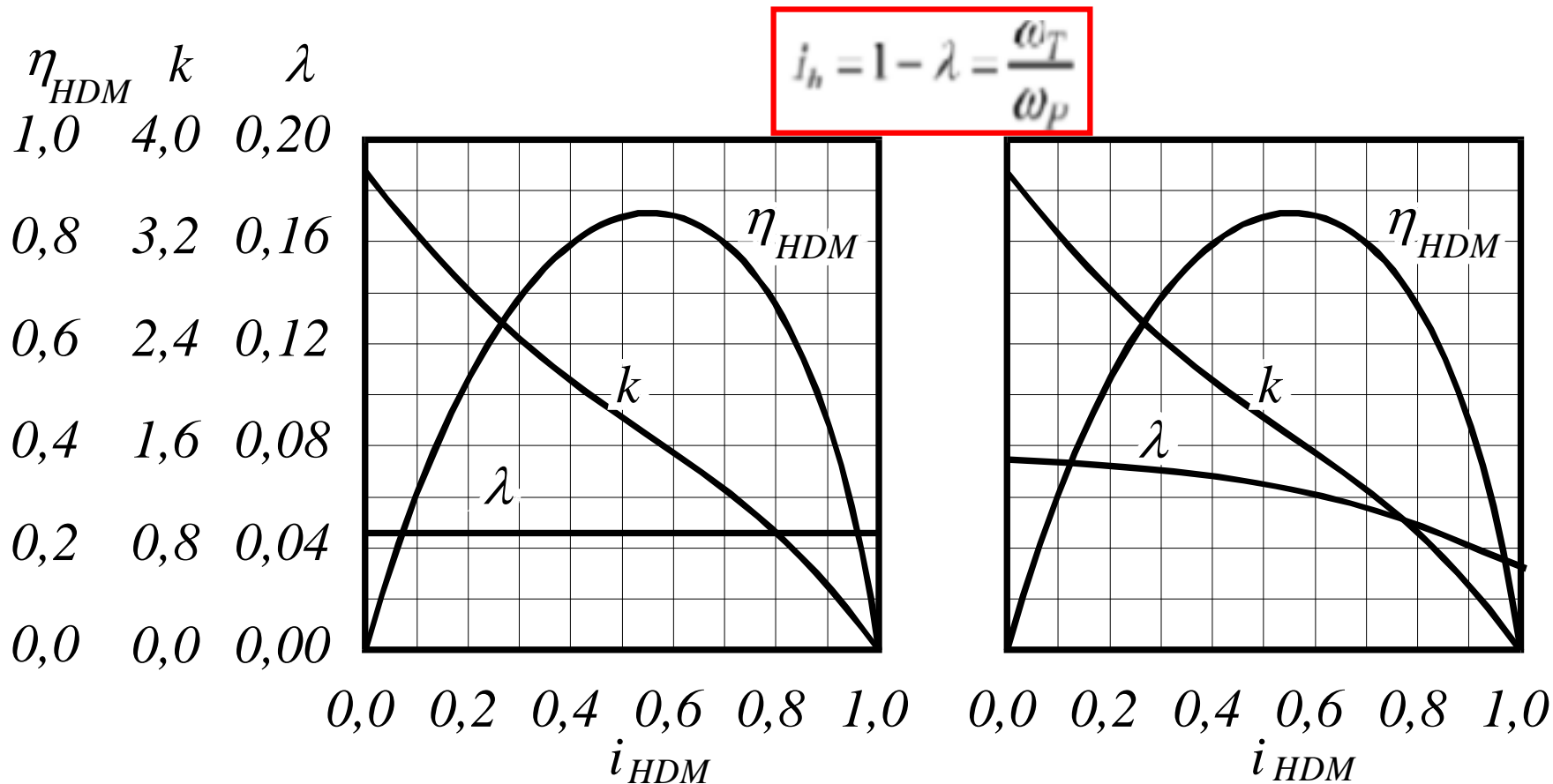
■ Ako je P veće od 1,2 – prozračni ako je $P=0,9-1,2$ onda je neprozračan.

Koeficijent prozračnosti



Na slici 3 prikazane su karakteristike jednog **prozračnog** i jednog **neproзраčnog** HDM-a.

- Kod **prozračnog** pretvarača, **opterećenje turbinskog kola utiče na opterećenje motora** i na njegov rad (slika M3.b), što je očigledno iz promenljive karakteristike momenta, odnosno klizanja.
- Konstantna karakteristika momenta na slici 3.a pokazuje da **opterećenje turbinskog kola ne utiče r opterećenje motora**, te za takve hidrodinamičke menjače kažemo da su **neproзраčni**.



Slika M3. Bezdimenziona karakteristika hidrodinamičkog menjača
 a) **neproзраčni**
 b) **prozračni**

Već je navedeno da je jedan od **najvećih nedostataka** hidrodinamičkih prenosnika snage, upravo **promenljiv i nizak stepen korisnosti.**

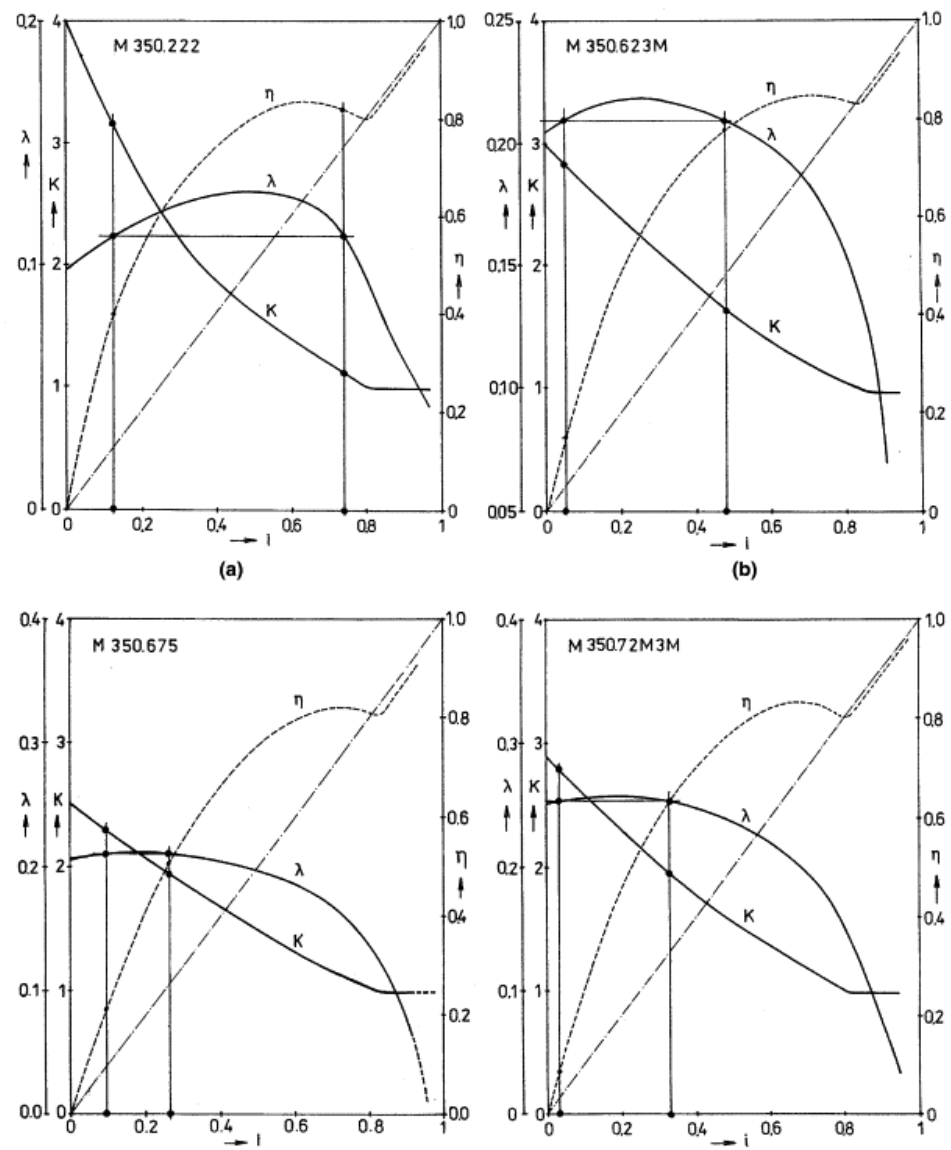
Sa povećanjem prenosnog odnosa (i_h) HDM-a **klizanje tj. kašnjenje** turbinskog kola za pumpnim se **smanjuje**, a moment na turbinskom (M_{tu}) kolu **opada**. Kao posledica smanjenja klizanja dolazi do **promene pravca strujanja ulja u odnosu na lopatice reaktora**, što pri manjim klizanjima dovodi do **promene smeru opterećenja reaktora**. U ovom slučaju **koeficijent transformacije pada ispod jedinice**, što znači da je moment na turbinskom kolu manji od momenta na pumpnom ($M_{tu} < M_{pu}$).

Problem ovog tipa rešava se tako što se u prenosnik ugrađuje **jednosmerna spojnica**, koja prenosi moment samo u jednom pravcu, u drugom je slobodna. Na taj način, u slučaju **kada dođe do promene pravca strujanja fluida i pada stepena korisnosti**, jednosmerna spojnica omogućava reaktorskom kolu obrtno kretanje, pa **HDM počinje da radi u režimu spojnice HDS (manji gubitci pri većim brzinama - većim i_h)**.

Kod nekih konstrukcijskih realizacija unutar prenosnika se **ugrađuje frikciona spojnica koja spaja pumpno i turbinsko kolo, čijim uključivanjem se isključuje HDM** (Zbog povećanja stepena korisnosti transmisije, odnosno zbog **smanjenja gubitaka pri većim brzinama**, kada i nisu neophodne pogodnosti NDM).

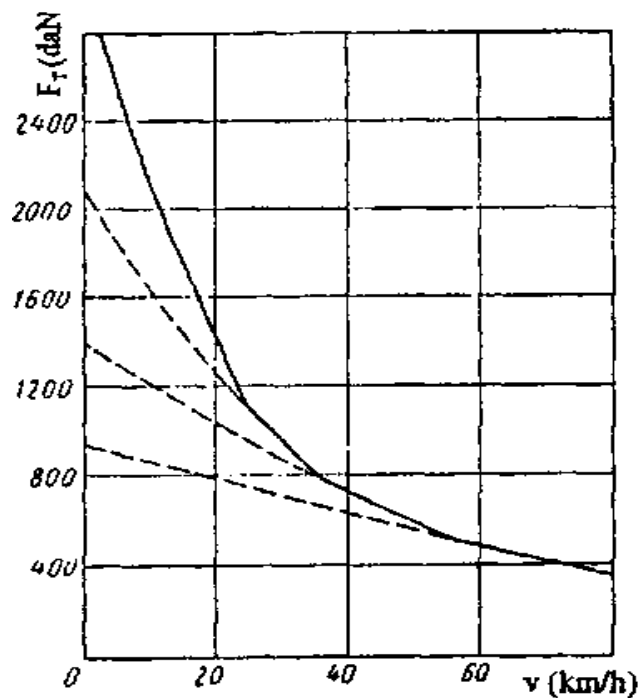
Dijapazon prenosnih odnosa sa visokim stepenom korisnosti se povećava i ugradnjom više reaktorskih i turbinskih kola, a po pravilu, uvek je **jedno** pumpno kolo.

Hidrodinamički menjački prenosnici, koji imaju jednosmernu spojnicu ili više turbinskih ili reaktorskih kola, nazivaju se **složeni ili kompleksni HDM**. Na slici M4. prikazane su karakteristike četiri različita kompleksna HDM-a sa različitim karakteristikama momenta, koeficijenta transformacije i sa proširenim dijapazonom visokog stepena korisnosti.

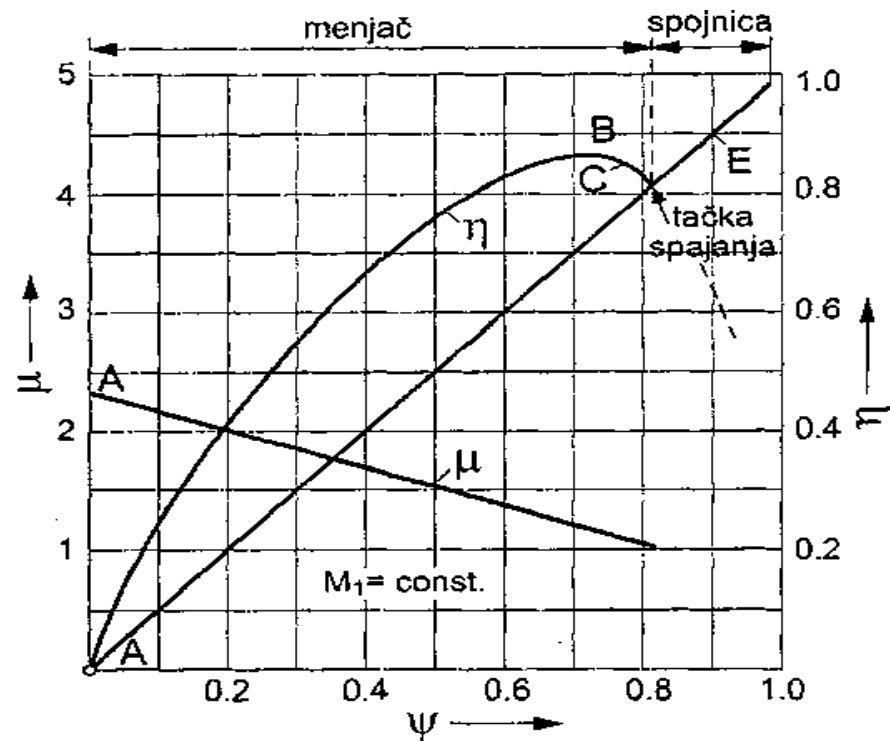


Slika M4. Različite karakteristike **kompleksnih** hidrodinamičkih menjačkih prenosnika

Vučne karakteristike vozila sa četvorostepenim HDMP



Osnovne karakteristike Trilok pretvarača

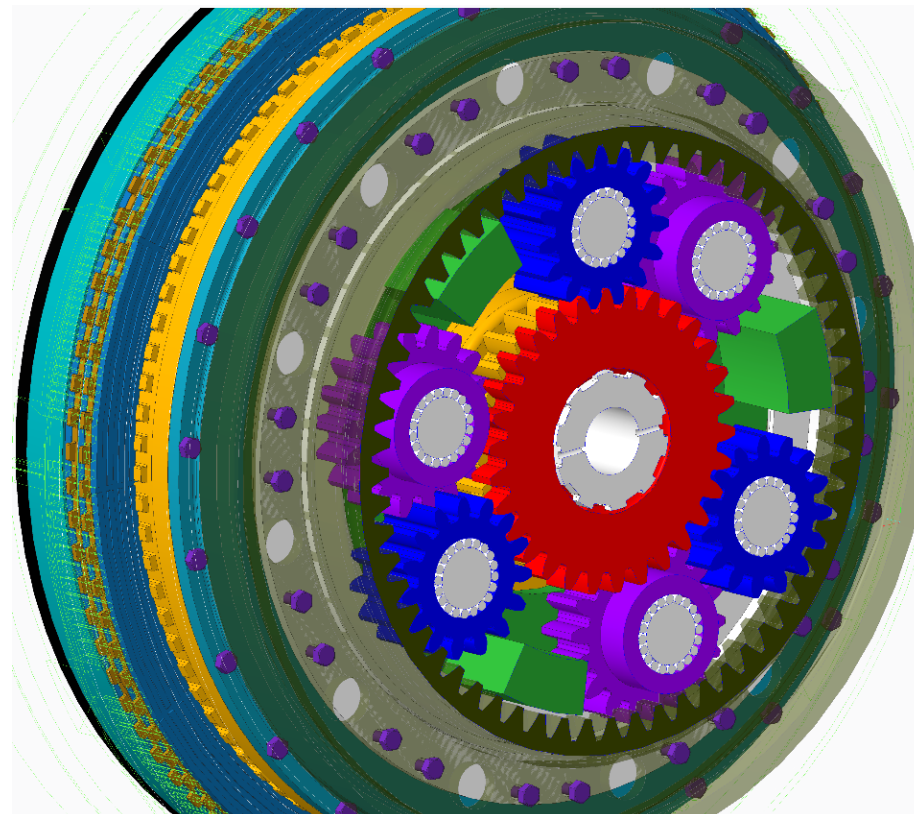


Napomena:

Radi povećanja diapazona prenosnog odnosa. HDP se kombinuje sa mehaničkim meniačkim prenosnikom.

U hidrodinamičko-mehaničke automatske transmisije ugrađuje se **mehanički menjački prenosnik** kako bi se **ublažili nedostaci** hidrodinamičkih prenosnika kao što su **nizak stepen korisnosti** i **mali dijapazon prenosnih odnosa**.

Takvi mehanički menjački prenosnici realizuju se **sa pokretnim osama vratila**, odnosno sa **planetarnim redovima**.



Mehatronički sistem

Osim **hidrodinamičkog** i **mehaničkog** prenosnika, za rad ovog tipa menjača neophodan je sistem koji će omogućiti **upravljanje** ovim menjačkim prenosnikom, što preciznije „**razumevanje**“ **zahteva vozača i pravovremenu promenu stepena prenosa**. Ovaj sistem se sastoji od kompleta različitih **davača**, **upravljačke jedinice** i **izvršnih elemenata** (aktuatora).

Po stepenu automatizacije, automatske transmisije dele se na **jednoimpulsne, dvoimpulsne, troimpulsne i višeimpulsne**, a u zavisnosti od **broja parametara na osnovu kojih se vrši automatska promena stepena prenosa**.

Kod **jednoimpulsnih** automatskih transmisija, promena stepena prenosa vrši se **samo na osnovu brzine** kretanja vozila, što je čini **nemogućom za primenu kod Oto motora**, kod kojih dolazi do **pomeranje krive momenta na parcijalnim karakteristikama**, jer dolazi do značajnih **gubitaka** u vučnoj sili i **udarnih opterećenja** pri promeni stepena prenosa.

Dvoimpulsne transmisije su znatno **češće**, jer one, **pored brzine** kretanja vozila, promenu stepena prenosa vrši **i na osnovu režima rada motora**. Informacija o režimu rada motora se najčešće dovodi **sa regulacionog organa za napajanje motora gorivom, odnosno smešom goriva i vazduha**. Na taj način obezbeđuje se **povoljna kriva promene** stepena prenosa **na spoljno brzinskoj karakteristici**, kao i na **parcijalnim karakteristikama**, ali ovo rešenje **ne obezbeđuje rešavanje udarnih opterećenja** pri promeni stepena prenosa.

Troimpulsne i višeimpulsne transmisije su preciznije jer, pored osnovnih, promenu stepena prenosa vrše pomoću dodatnih parametara, najčešće **ubrzanja vozila**, a često i na osnovu **prenosnog odnosa HDP-a**.

METODE PROJEKTOVANJA AUTOMATSKOG MENJAČA

Kako bi se ušlo u postupak izrade proračuna elemenata automatske transmisije, potrebno je **poznavati osnovne zahteve i namenu vozila** koje se projektuje. Ovi zahtevi mogu biti različiti, a najčešći su zahtevi za **maksimalnu brzinu** vozila, **ukupnu i korisnu masu** vozila, **maksimalni uspon** koje vozilo treba da savlada.

- **Odabir pogonskog agregata**

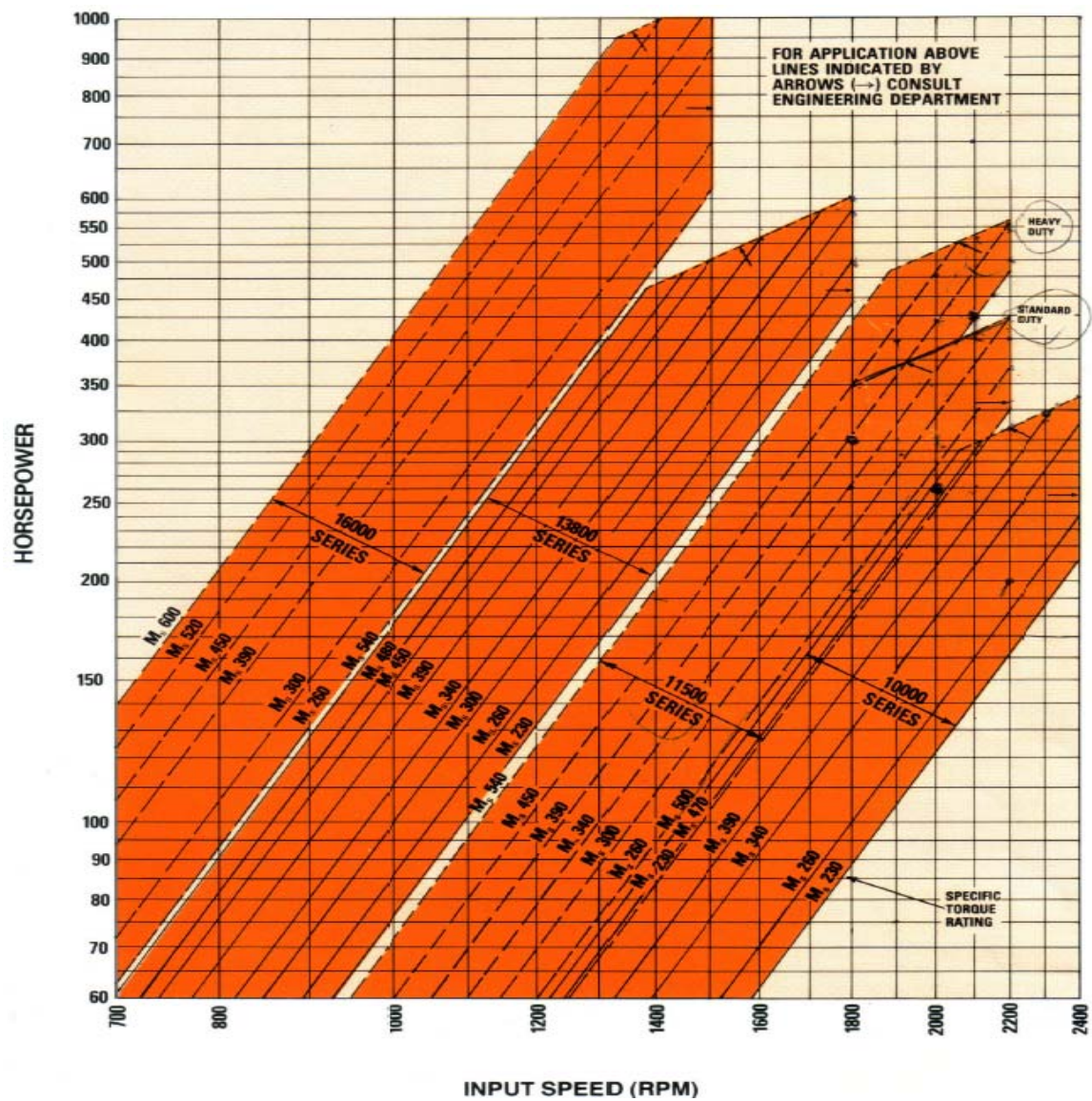
Pre početka projektovanja i proračuna automatske transmisije, potrebno je poznavati njene **ulazne parametre**, odnosno **izlazne ili efektivne parametre snage pogonskog agregata**, kao i **parametre mase i položaja težišta**. Odabir pogonskog agregata je uvodni deo vučno dinamičkog proračuna vozila i u ovom radu neće biti obrađivan. Potrebne **karakteristike pogonskog agregata su sadržane u spoljno-brzinskoj karakteristici**.

- **Izbor hidrodinamičkog menjačkog prenosnika (pretvarača)**

Kao prva komponenta automatske transmisije, biće analiziran hidrodinamički menjački prenosnik (**HDM**). Za odabir ove komponente, potrebno je poznavati **maksimalni broj obrtaja motora**, odnosno **ulazni broj obrtaja hidrodinamičkog menjača**, kao i **maksimalnu snagu motora**. Sa ovim podacima, može se izvršiti **izbor poluprečnika cirkulacije** hidrodinamičkog menjača. Poluprečnik cirkulacije usvaja se **na osnovu dijagrama koji se dobija od proizvođača**, kao na primer, slika M5.

Nakon odabira poluprečnika cirkulacije hidrodinamičkog menjača, **iz kataloga odabranog proizvođača** može se dobiti informacija:

- **O bezdimenzionalnoj karakteristici** hidrodinamičkog menjača, koja ima suštinski značaj za dalji proračun automatske transmisije.
- Kao dodatna, a bitna informacija, dobija se i **gustina radnog fluida**.



Slika M1. Dijagram izbora odgovarajućih poluprečnika cirkulacije

Zajednički rad motora SUS i hidrodinamičkog menjača

■ Svaki hidrodinamički menjač je određen bezdimenzionom karakteristikom tj. zavisnošću promena stepena korisnosti, koeficijenta povećanja obrtnog momenta i koeficijenta obrtnog momenta – koeficijenta proporcionalnosti.

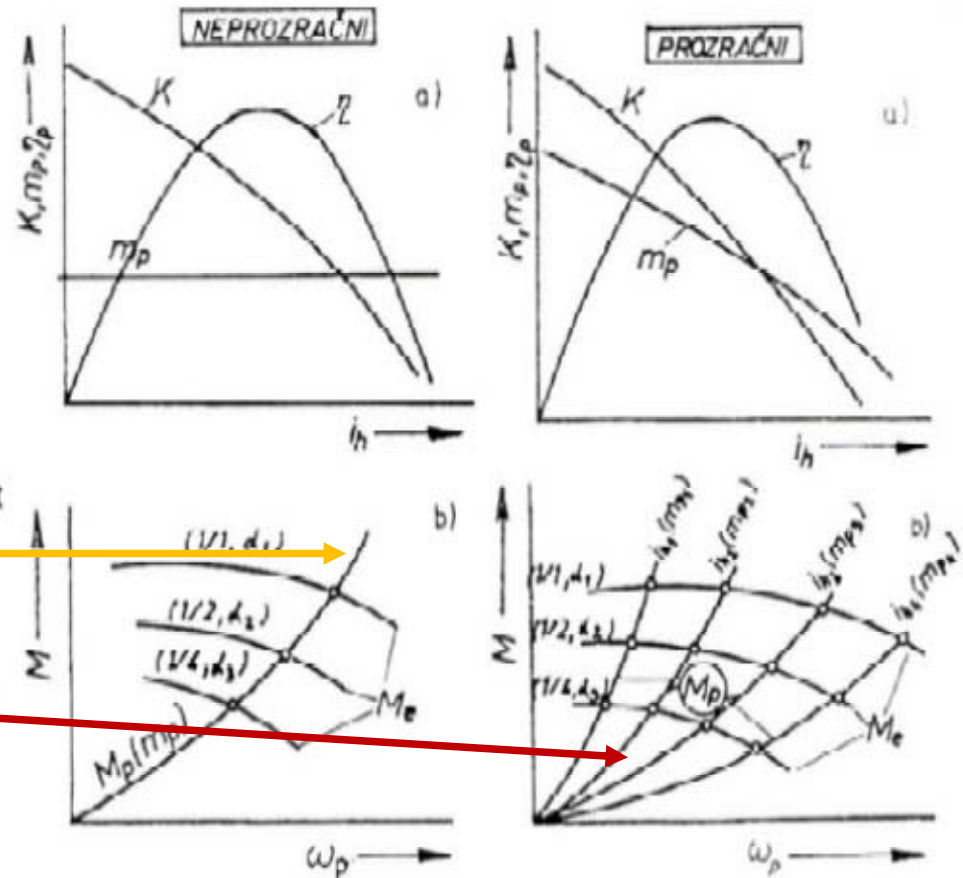
■ Zajednički rad je određen spoljnom karakteristikom opterećenja. Ova karakteristika predstavlja krive promene momenta opterećenja pogonskog agregata, na pumpnom kolu menjača, a u zavisnosti od ugaone brzine kolenastog vratila pogonskog agregata.

■ Svaka kriva momenta opterećenja je određena za odgovarajući hidrodinamički prenosni odnos. Tačka preseka krivih opterećenja sa krivama obrtnog momenta određuje zajednički rad pogonskog agregata i hidrodinamičkog menjača.

■ Kod neprozračnog hd menjača koeficijent proporcionalnost konstantan, opterećenje pogonskog agregata karakteriše jedna kriva. Za bilo koju vrednost hidrauličkog prenosnog odnosa odnosno ugaone brzine turbinskog kola.

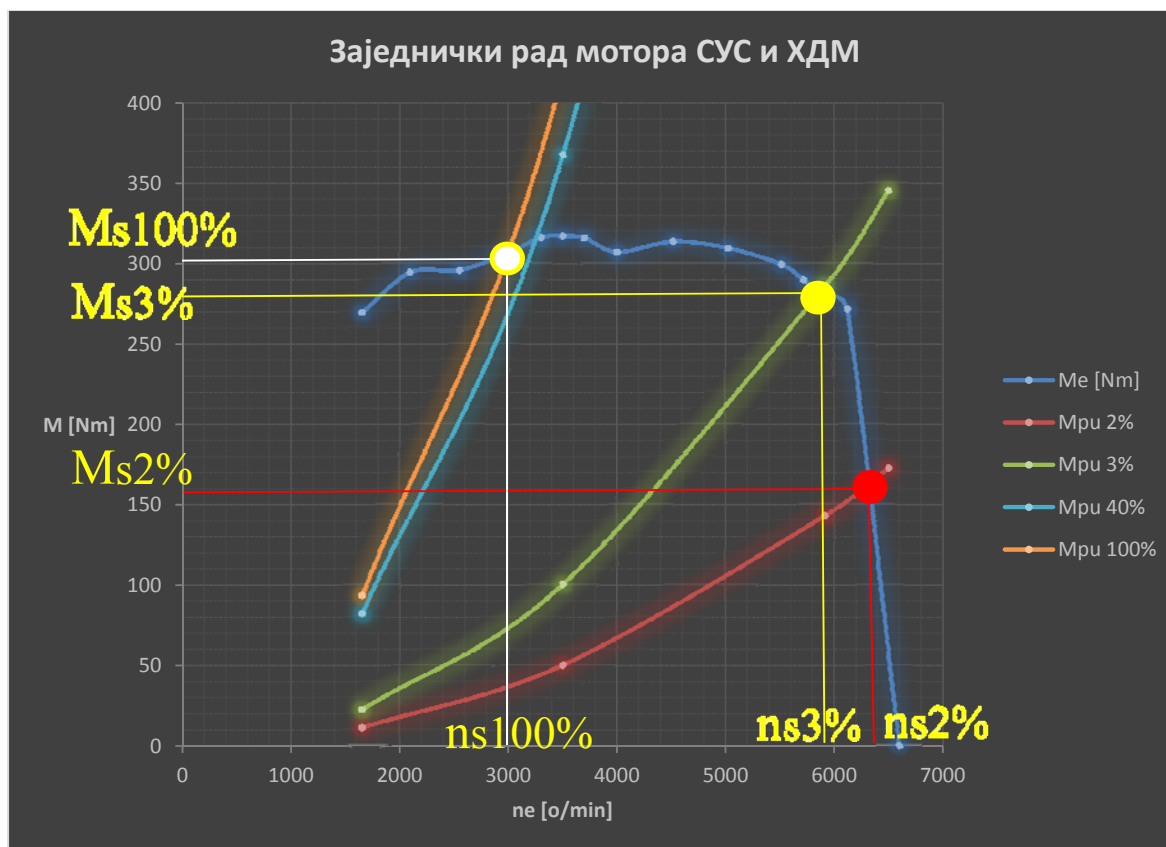
■ Kod prozračnih hd menjača usvaja se nekoliko hidrauličkih prenosnih odnosa, za svaki od njih je potrebno, koristeći bezdimenzionu karakteristiku, odrediti veličinu koeficijenta proporcionalnosti m_p .

$$M_p = m_p \gamma \omega_p^2 D^5$$



Prvi korak u proračunu, nakon odabira hidrodinamičkog menjača, jeste **određivanje karakteristika zajedničkog rada motora SUS i HDM**, tačnije, **određivanje onih tačaka** na spoljno-brzinskoj karakteristici koje su **određene preciznim proklizavanjem** u HDM.

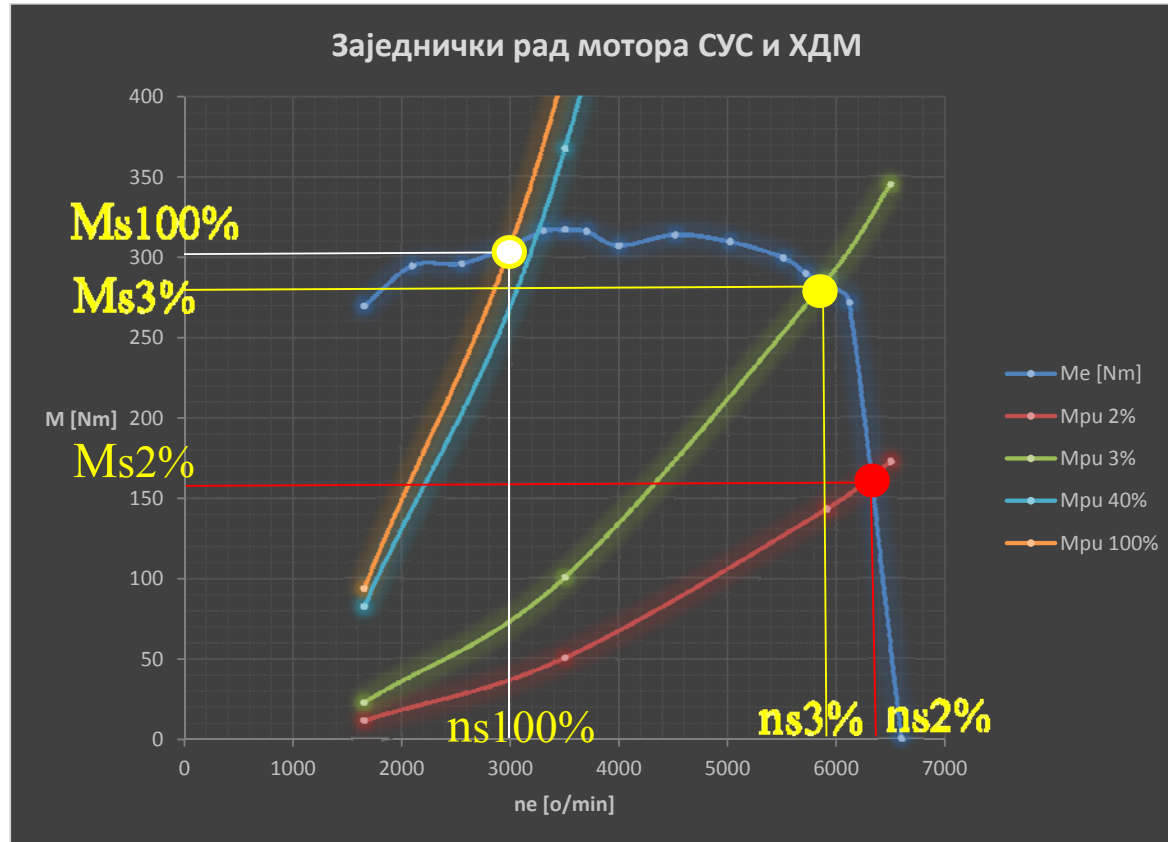
Drugi korak: Za određena **karakteristična klizanja** (npr. **2%, 3%, 6%...100%**), sa bezdimenzionim karakteristike HDM-a, **očitavaju se vrednosti $\lambda, K i \eta$** , pa se za **različite vrednosti broja obrtaja pumpnog kola** unose u jednačinu momenta na pumpnom kolu **$M_1 = M_p = m_p \cdot \gamma_1 \cdot \omega_1^2 \cdot D^5 = K \cdot \omega_1^2 \cdot D^5$**



Slika M6 Kriva zajedničkog rada motora SUS i HDM-a

Treći korak: Krive dobijenih momenata na pumpnom kolu se nanose na spoljno-brzinsku karakteristik

NAPOMENA : Tačke preseka krivih momenta na pumpnom kolu i krive momenta spoljno-brzinske karakteristike, predstavljaju vrednosti efektivnog momenta motora pri kojima dolazi do definisanc proklizavanja u hidrodinamičkom menjaču



Slika M6 Kriva zajedničkog rada motora SUS i HDM-a

Treći korak: Krive dobijenih momenata na pumpnom kolu se nanose na spoljno-brzinsku karakteristiku

NAPOMENA : Tačke preseka krivih momenta na pumpnom kolu i krive momenta spoljno-brzinske karakteristike, predstavljaju vrednosti efektivnog momenta motora pri kojima dolazi do definisanog proklizavanja u hidrodinamičkom menjaču



Slika M6 Kriva zajedničkog rada motora SUS i HDM-a

Dobijene vrednosti momenta u presečnoj tački M_s i vrednosti njima odgovarajućih broja obrtaja n_s su polazne veličine za izračunavanje izlaznih parametara iz hidrodinamičkog menjača, odnosno ulaznih parametara u mehanički menjački prenosnik.

Parametri snage na turbinskom kolu, odnosno izlazni parametri snage HDM-a, definisanisu sledećom relacijom:

$$M_{tu} = M_s \cdot k$$

$$n_{tu} = n_s \cdot i_{HDM}$$

NAPOMENA: Indeks „s“ za vrednosti pri zajedničkom radu motora SUS i HDM-a

$$P_{tu} = M_{tu} \cdot n_{tu} =$$

$$= M_s \cdot k \cdot n_s \cdot i_{HDM} =$$

$$= P_{1s} \cdot \eta_{HDM}$$



Slika M7 Dijagram izlaznih parametara HDM (na turbinskom kolu)

Dobijeni parametri snage na izlazu HDM-a, predstavljaju ulaznu karakteristiku za mehanički menjački prenosnik, koja je vrlo kompatibilna sa vučno-brzinskim dijagramom, tačnije kriva izlaznog momenta HDM (označena plavim tačkama, slika M7) vrlo je slična hiperboli idealne vuče motornog vozila sa klasičnom mehaničkom transmisijom. Izlazna snaga označena je tačkama narandžaste boje.

Dalji postupak proračuna VDK je **identičan** kao i za sve ostale vrste transmisija.

Analizom toka snage kroz **mehanički deo menjača i ostatak transmisije**, dobijamo vrednost **vučne sile** (obimne sile na pogonskom točku), **za svaki stepen prenosa**, a grafički prikaz njene zavisnosti od brzine kretanja vozila predstavlja vučnobrzijsku karakteristiku vozila (**vučni dijagram**).



Slika M7 Dijagram izlaznih parametara HDM (na **turbinskom** kolu)

Rezime:

Vučna sila na pogonskim točkovima vozila i **brzina vozila** pri datoj vučnoj sili na pogonskom točku izračunava se pomoću izraza:

$$F_T = \frac{M_T i_o i_m \eta_m}{r}$$

$$v = \frac{r \omega_T}{i_o i_m}$$

gde su:

- i_o - prenosni odnos u glavnom prenosniku,
- i_m - prenosni odnos u menjaču,
- η_m - stepen korisnosti mehaničkog dela transmisije i
- r - poluprečnik pogonskog točka.

Vučnu silu vozila moguće je odrediti **koristeći direktno bezdimenzionu karakteristiku** i **karakteristiku zajedničkog rada motora i pretvarača**, **bez formiranja izlazne karakteristike**. U ton slučaju su:

$$F_T = \frac{M_p \mu i_o i_m \eta_m}{r}$$

$$v = \frac{r \omega_p \psi}{i_o i_m}$$

Zadatak:

Za **izabran** stepen prenosa uključiti **usvojen hidrodinamički prenosnik snage** i **prokomentarisati** efekte koji se ostvaruju sa stanovišta **vučnodinamičkih karakteristika vozila**.

