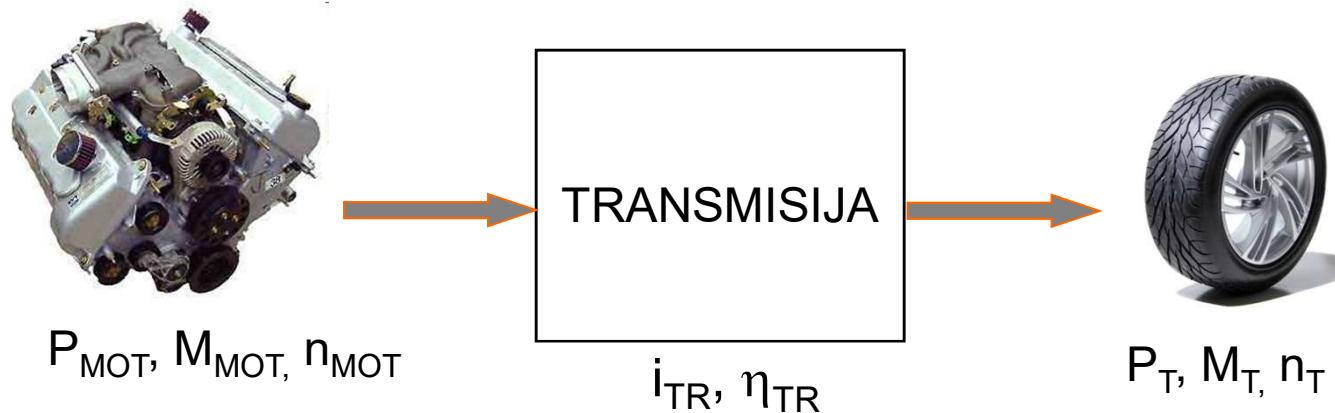
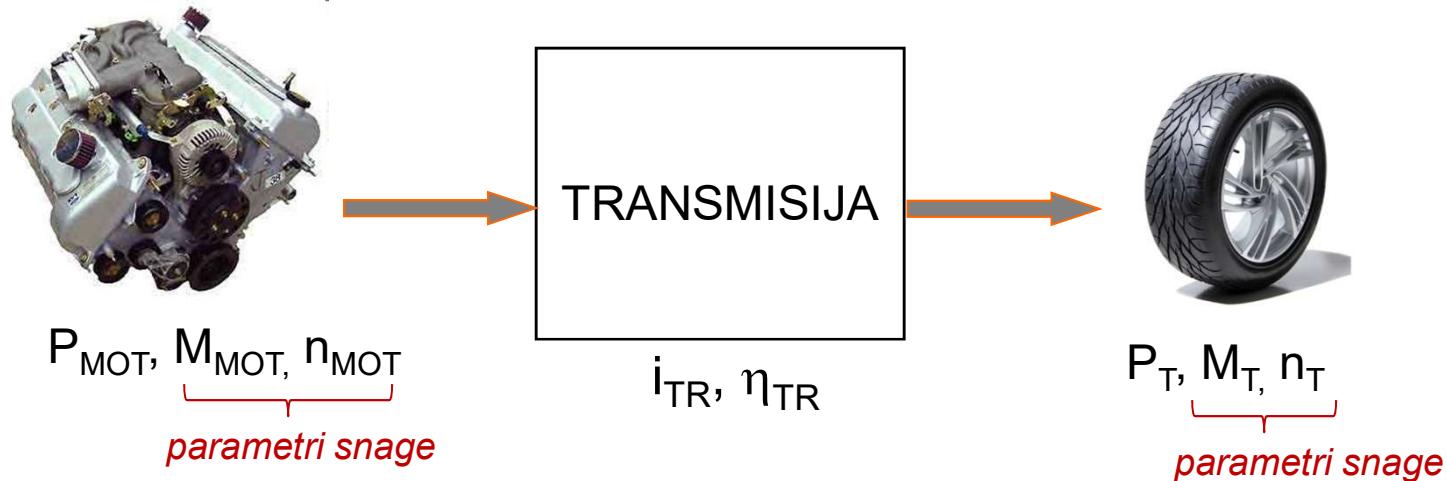


# Prenos snage / momenta na pogonski točak



- Pogonski motor generiše obrtni moment  $M_{MOT}$  pri nekom broju obrtaja  $n_{MOT}$
- Ove veličine se putem transmisije prenose na pogonski točak i tom prilikom se na osnovu prenosnog odnosa transmisije  $i_{TR}$  transformišu u pogonski moment na točku  $M_T$  i broj obrtaja točka  $n_T$ , iz kojih proizilaze pogonska sila  $F_O$  i brzina kretanja vozila  $v$
- Tom prilikom takođe nastaju gubici, iskazani preko stepena korisnosti transmisije  $\eta_{TR} < 1$
- Potrebno je uspostaviti relaciju između  $M_{MOT}, n_{MOT}$  na jednoj i  $M_T, n_T$  na drugoj strani

# Prenos snage / momenta na pogonski točak



## -PODSETNIK-

$$P = M \cdot \omega \rightarrow \text{u osnovnim jedinicama}$$

$$\begin{aligned} P &\rightarrow [\text{kW}] \\ \omega &\rightarrow n [\text{min}^{-1}] \end{aligned}$$

$$P = M \cdot n / 9554$$

# Prenos snage / momenta na pogonski točak

Transmisija  $\Rightarrow$  • transformacija M i n pri prenosu od motora do točka ( $i_{TR}$ )  
• energetski gubici ( $\eta_{TR} < 1$ )

Prenos snage i transformacija njenih parametara – ZADATAK TRANSMISIJE  
Gubici snage pri prenosu – NEŽELJENA NEMINOVNOST

PARAMETRI TRANSMISIJE OD INTERESA SU:

PRENOSNI ODNOS –  $i_{TR}$

STEPEN KORISNOSTI –  $\eta_{TR} < 1$

# Određivanje parametara snage na pogonskom točku



$$i = \frac{n_{UL}}{n_{IZL}}$$

→ PRENOSNI ODNOS (*def.*)

Kod motornih vozila je



ULAZNI ELEMENT (UL) = MOTOR

IZLAZNI ELEMENT (IZL) = TOČAK



$$\begin{aligned} P_{UL}, M_{UL}, n_{UL}: \\ P_{MOT}, M_{MOT}, n_{MOT} \end{aligned}$$

*parametri snage*

TRANSMISIJA

$$i_{TR}, \eta_{TR}$$

$$P_{IZL}, M_{IZL}, n_{IZL}: \\ P_T, M_T, n_T$$

*parametri snage*

$$P_{MOT} = M_{MOT} \cdot \omega_{MOT}$$

n ↔ ω:
$\omega = \pi \cdot n / 30$

$$\begin{aligned} P_T &= F_O \cdot v = M_T \cdot \omega_T = \eta_{TR} \cdot P_{MOT} \\ M_T \cdot \omega_T &= \eta_{TR} \cdot M_{MOT} \cdot \omega_{MOT} \end{aligned}$$

$$M_T \cdot n_T = \eta_{TR} \cdot M_{MOT} \cdot n_{MOT}$$

# Određivanje parametara snage na pogonskom točku



$$M_T \cdot n_T = \eta_{TR} \cdot M_{MOT} \cdot n_{MOT}$$

$$\frac{n_{MOT}}{n_T} = i_{TR}$$


$$M_T = M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}$$

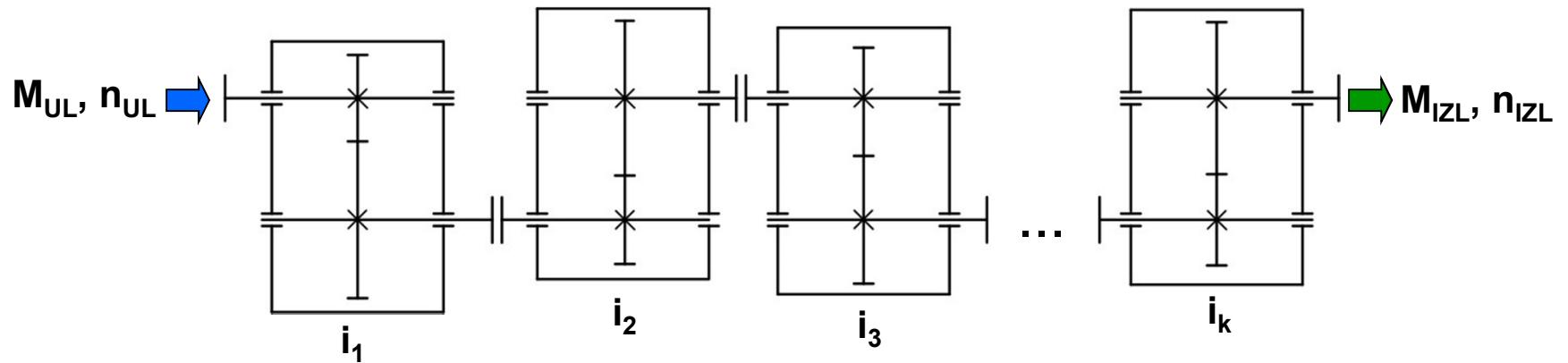
$$n_T = \frac{n_{MOT}}{i_{TR}}$$

*i<sub>TR</sub> ⇒ TRANSFORMACIJA PARAMETARA SNAGE*

# Prenosni odnos transmisiije

UKUPAN PRENOSNI ODNOS TRANSMISIJE SASTAVLJENE OD VIŠE SERIJSKI VEZANIH KOMPONENTA

Koncept:



$$n_{IZL,1} = n_{UL} / i_1;$$

$$n_{UL,2} = n_{IZL,1} = n_{UL} / i_1; \quad n_{IZL,2} = n_{UL,2} / i_2 = n_{UL} / (i_1 \cdot i_2);$$

$$n_{IZL,k} = n_{UL} / (i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_k);$$

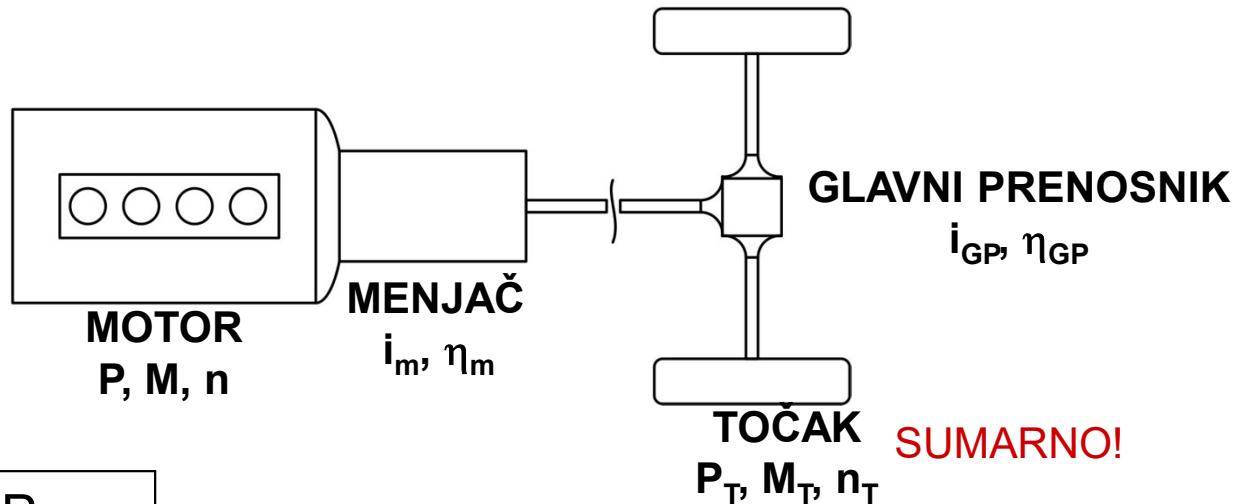
$$i = \frac{n_{UL}}{n_{IZL}}$$

$$i_{UK} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_k$$

# Prenosni odnos transmisiije

## ODREĐIVANJE UKUPNOG PRENOSNOG ODNOSA TRANSMISIJE

Primer 1.



$$P_T = \eta_{TR} \cdot P$$

$$M_T = \eta_{TR} \cdot i_{TR} \cdot M$$

$$n_T = \frac{n}{i_{TR}}$$

$$i_{TR} = i_m \cdot i_{GP}$$

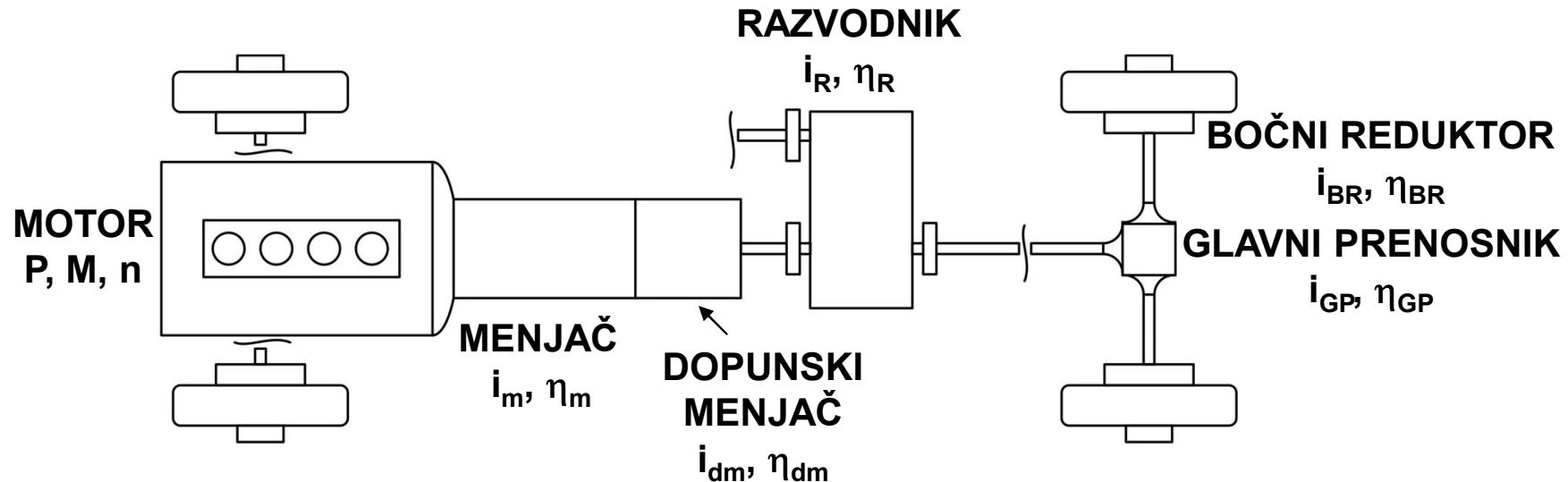
$$\eta_{TR} = \eta_m \cdot \eta_{GP}$$

$$i_m = i_I, i_{II}, i_{III}, \dots$$

# Prenosni odnos transmisiije

## ODREĐIVANJE UKUPNOG PRENOSNOG ODNOSA TRANSMISIJE

Primer 2.



$$P_T = \eta_{TR} \cdot P$$

$$M_T = \eta_{TR} \cdot i_{TR} \cdot M$$

$$n_T = \frac{n}{i_{TR}}$$

$$i_{TR} = i_m \cdot i_{dm} \cdot i_R \cdot i_{GP} \cdot i_{BR}$$

$$\eta_{TR} = \eta_m \cdot \eta_{dm} \cdot \eta_R \cdot \eta_{GP} \cdot \eta_{BR}$$

# Prenosni odnos transmisijske

$i > 1 \rightarrow$  REDUKCIJA

$i < 1 \rightarrow$  MULTIPLIKACIJA

Veće  $i \rightarrow$  "kraći" prenos

Manje  $i \rightarrow$  "duži" prenos

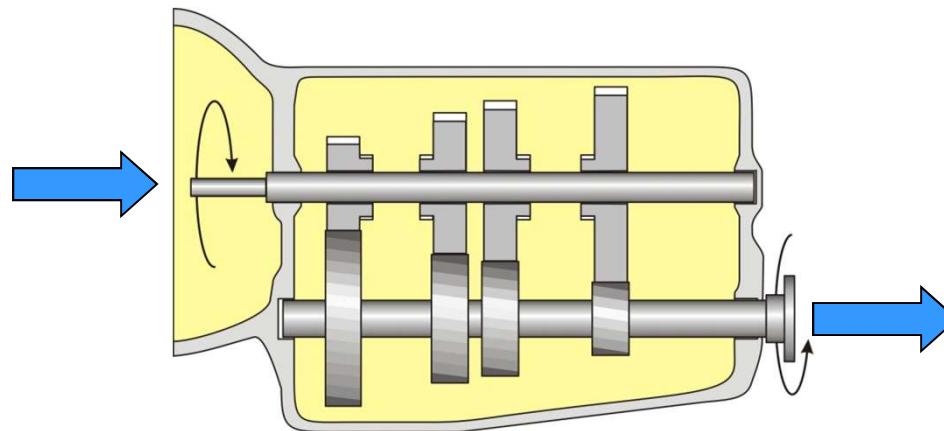
*Odnosi se na izlazni broj obrtaja!*

Veći prenosni odnos ("kraći prenos")  $\rightarrow$  veći momenti, manji brojevi obrtaja

Manji prenosni odnos ("duži prenos")  $\rightarrow$  manji momenti, veći brojevi obrtaja

*Odnosi se na parametre snage na točku!*

# Menjački prenosnik



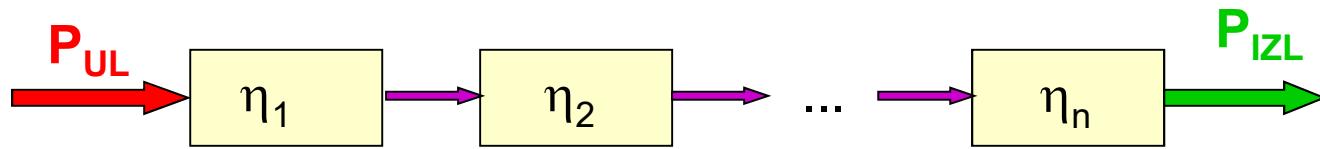
## -PODSETNIK-

$i_m = i_I, i_{II}, i_{III}, i_{IV}, \dots$  – ZA SVAKI STEPEN PRENOSA →  
ODGOVARAJUĆI PRENOSNI ODNOS

NIŽI STEPEN PRENOSA → VEĆI PRENOSNI ODNOS

# Stepen korisnosti transmisiye

STEPEN KORISNOSTI TRANSMISIJE SASTAVLJENE OD VIŠE SERIJSKI VEZANIH KOMPONENTA



$$P_{IWL,1} = \eta_1 \cdot P_{UL};$$

$$P_{UL,2} = P_{IWL,1} = \eta_1 \cdot P_{UL}; P_{IWL,2} = \eta_2 \cdot P_{UL,2} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot P_{UL};$$

Itd.

$$P_{IWL} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n \cdot P_{UL}$$

**Ukupni stepen korisnosti transmisiye**

$$\eta_{TR} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \cdot \eta_n$$

# Stepen korisnosti transmisiye

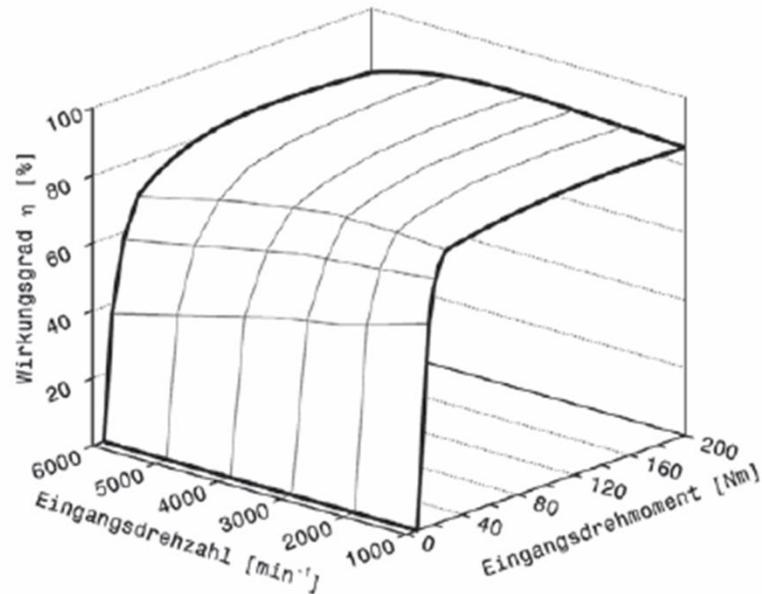
## Okvirne vrednosti stepena korisnosti pojedinih komponenata transmisiye

- menjac  $\eta_m = 0,94 - 0,98$
- kardanski prenosnik:  $\eta_{KP} = 0,98 - 1$
- glavni prenosnik:  $\eta_{GP} = 0,94 - 0,98$
- razvodnik snage:  $\eta_R = 0,96 - 0,98$

**Ukupni stepen korisnosti transmisiye:**

$$\eta_{TR} = \eta_m \cdot \eta_{GP} \cdot \dots itd.$$

# Stepen korisnosti transmisijske

**Bild M-5**

Kennfeld des Gesamtwirkungsgrads eines Antriebsstrangs (Motorausgang bis zu Antriebsräder), nach [M05]. Das Kennfeld gilt für den direkten 4. Gang eines 5-Gang-Handschaltgetriebes. Als Nebenaggregat ist eine Lenkhilfepumpe berücksichtigt.

Izvor: *Rennwagentechnik*

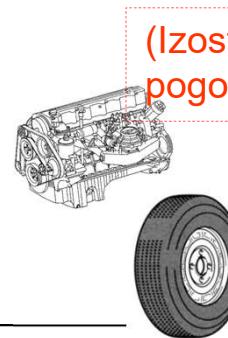
U stvarnosti, stepen korisnosti se menja u zavisnosti od većeg broja pokazatelja radnog režima, pre svega opterećenja, broja obrtaja i sl.

Radi pojednostavljenog izučavanja fundamentalnih pojava i relacija, kao prihvatljiva aproksimacija usvaja se da on ima konstantnu vrednost.

# Transformacija parametara snage u transmisiji motornih vozila - rezime

ULAZNI ELEMENT: MOTOR (P, M, n)

IZLAZNI ELEMENT: TOČAK (P<sub>T</sub>, M<sub>T</sub>, n<sub>T</sub>)



(Izostavljamo indeks "MOT" kod pogonskog motora)

*Podsetnik:*

$$P = M \cdot n / 9554$$

$$n_T = \frac{n}{i_{TR}}$$

$$M_T = \eta_{TR} \cdot i_{TR} \cdot M$$

$$P_T = \eta_{TR} \cdot P$$

NAPOMENA: RELACIJA VAŽI ZA USTALJENO KRETANJE,  
TJ. KAD NEMA UTICAJA INERCIJE OBRTNIH MASA

M<sub>T</sub> tj. P<sub>T</sub> PREDSTAVLJA SUMU SVIH MOMENATA /  
SNAGA DOVEDENIH NA SVE POGONSKE TOČKOVE!

$$i_{TR} = i_m \cdot i_{GP} \cdot \dots$$

$$\eta_{TR} = \eta_m \cdot \eta_{GP} \cdot \dots$$

# Transformacija parametara snage: numerički primer

Primer:

Dati su parametri snage motora:

$$n_{MOT} = 3000 \text{ min}^{-1}$$

$$M_{MOT} = 30 \text{ Nm}$$

$$\eta_{TR} = 0,9$$

$$i_{TR} = 10$$

Izračunavamo parametre snage na točku:

$$n_T = n_{MOT} / i_{TR} = 3000/10 = 300 \text{ min}^{-1}$$

$$M_T = M_{MOT} \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR} = 30 \cdot 10 \cdot 0,9 = 270 \text{ Nm}$$

$$P_{MOT} = M_{MOT} \cdot n_{MOT} / 9554 = 9,42 \text{ kW}$$

$$P_T = M_T \cdot n_T / 9554 = 8,48 \text{ kW}$$

$$P_T = \eta_{TR} \cdot P_{MOT} = 0,9 \cdot 9,42 = 8,48 \text{ kW}$$

# Transformacija parametara snage: numerički primer

## Neobavezna diskusija prethodnog brojčanog primera

Pokušajmo da rekonstruišemo u kakvim uslovima se kreće vozilo pri  $n_{MOT} = 3000 \text{ min}^{-1}$  i  $M_{MOT} = 30 \text{ Nm}$ , za  $i_{TR} = 10$ .

1. Pretpostavimo da je u pitanju putničko vozilo. Iskustveno znamo da prenosni odnos glavnog prenosnika po redu veličine iznosi oko  $\sim 3.5\text{-}4$ , što bi značilo da je u posmatranom slučaju prenosni odnos menjača oko  $\sim 2.5\text{-}2.8$ . Opet, iskustveno, ovo ukazuje da je menjač u drugom stepenu prenosa ( $i_m = i_{||}$ ).
2. Kod putničkih vozila, dinamički radijus pneumatika tipično iznosi okvirno  $r_D \sim 0.3 \text{ m}$ . Obimna sila iznosi:  $F_O = M_T/r_D = 270/0.3 = 900 \text{ N}$ .
3. Kako znamo, obimna sila mora biti jednaka zbiru otpora kretanja. Neka je dati režim ustaljen, tj. vozilo se kreće konstantnom brzinom odnosno nema inercijalne sile,  $F_{IN} = 0$ . Takođe, pošto je vozilo u drugom stepenu prenosa, pretpostavićemo da je brzina kretanja dovoljno mala da otpor vazduha takođe možemo zanemariti,  $F_W \approx 0$ . Preostaju otpor kotrljanja  $F_f$ , i, eventualno, otpor uspona  $F_\alpha$ .
4. Kako je u pitanju putničko vozilo, usvojićemo neku tipičnu vrednost mase vozila zajedno sa putnicima i teretom, npr.  $m = 1500 \text{ kg}$ , što znači da sila otpora kotrljanja iznosi približno  $F_f = f \cdot m \cdot g = f \cdot G = 0.01 \cdot 15000 \text{ N} = 150 \text{ N}$ .

# Transformacija parametara snage: numerički primer

## Neobavezna diskusija prethodnog brojčanog primera

(nastavak)

5. Dobijena vrednost sile otpora kotrljanja (150 N) je manja od pogonske sile (900 N), pa na osnovu prethodne diskusije zaključujemo da postoji otpor uspona (tj. vozilo se kreće užbrdo), i to:  $F_\alpha = 900 - 150 = 750$  N. Odavde takođe možemo proceniti procenat uspona, pošto je  $F_\alpha \approx u \cdot G$ , za usvojenu masu odnosno težinu vozila  $G = 15000$  N sledi  $u \approx 0,05$ , odnosno u pitanju je uspon od približno 5%.
6. Na kraju izračunajmo još brzinu kretanja. Za dobijeni broj obrtaja točka  $n_T = 300 \text{ min}^{-1}$ , koristeći relaciju  $\omega = \pi \cdot n / 30$ , sledi da ugaona brzina točka iznosi  $\omega_T = 31,4 \text{ rad/s}$ , odnosno brzina kretanja  $v = r_D \cdot \omega_T = 0,3 \cdot 31,4 = 9,4 \text{ m/s}$  odnosno oko 33 km/h. Dobijeni rezultat opravdava usvojenu pretpostavku o zanemarivanju sile otpora vazduha (relativno mala brzina kretanja), a takođe, iskustveno je u skladu sa datim brojem obrtaja motora za kretanje putničkog vozila u drugom stepenu prenosa.
7. Brzinu kretanja mogli smo dobiti i na drugi način: za  $r_D = 0,3 \text{ m}$ , obim kotrljanja točka iznosi  $2 \cdot \pi \cdot r_D = 1,885 \text{ m}$  odnosno za jedan obrtaj točka vozilo pređe toliki put. Za 300 obrtaja, u minutu vozilo pređe  $300 \cdot 1,885 = 565,5 \text{ m}$ , odnosno u sekundi  $565,5 / 60 = 9,4$  kao što smo gore izračunali.
8. Naravno, za neke druge parametre (masa, dinamički radijus...) odnosno drugu vrstu vozila, mogli su se dobiti i sasvim drugačiji rezultati.