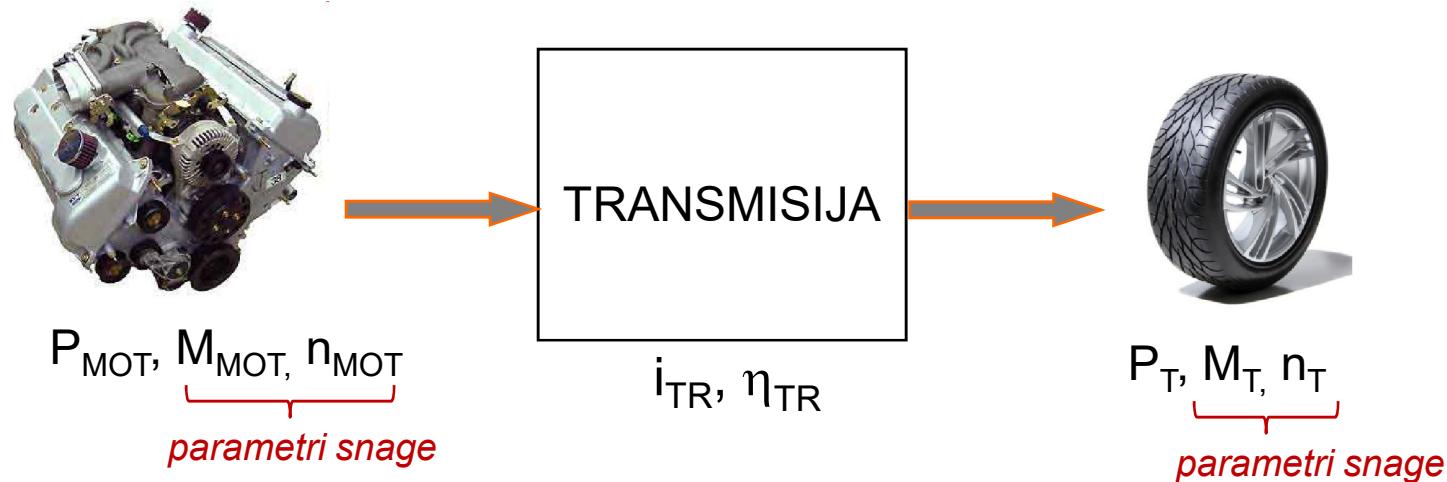


# Prenos snage / momenta na pogonski točak



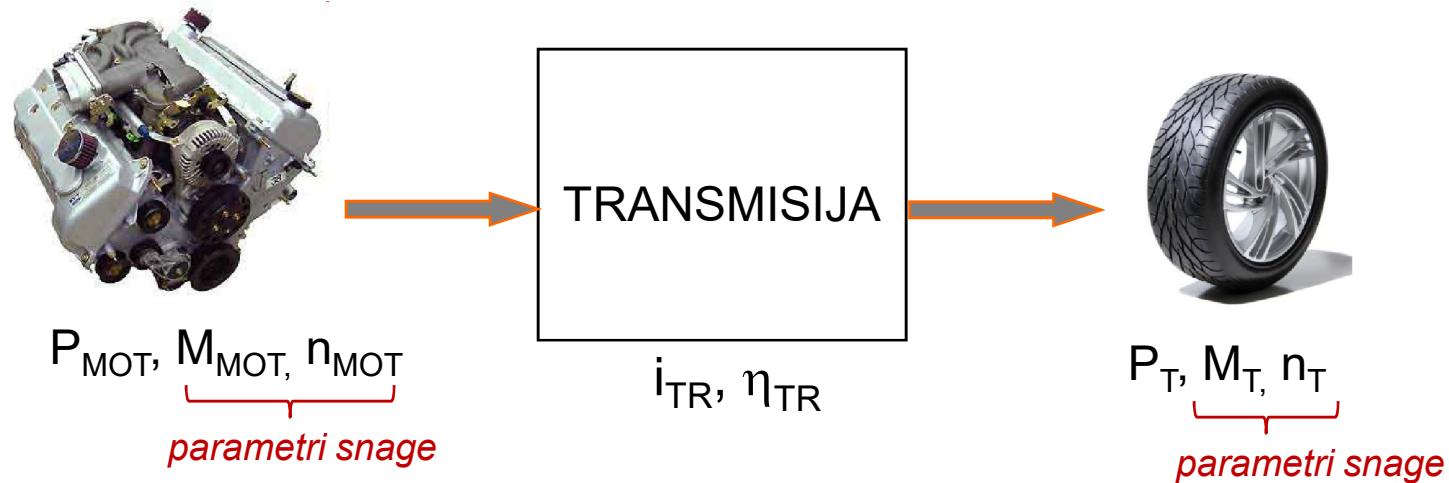
Transmisijsa  $\Rightarrow$

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

**NE BRKATI  $i_{TR}$  I  $\eta_{TR}$  !!**

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

# Prenos snage / momenta na pogonski točak



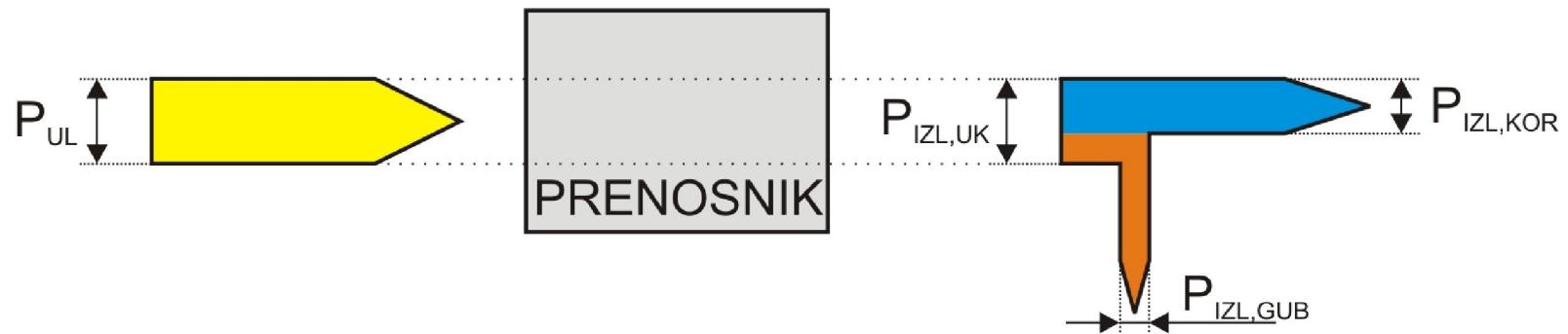
PARAMETRI TRANSMISIJE:

PRENOSNI ODNOS –  $i_{TR}$

STEPEN KORISNOSTI –  $\eta_{TR} < 1$

# Stepen korisnosti transmisijske

Gubici snage u transmisijskoj: opšti oblik bilansa snage mehaničkih prenosnika



$$P_{UL} = P_{IZL,UK}!!!$$

$$P_{IZL,UK} = P_{IZL,KOR} + P_{IZL,GUB}$$

ZAKON  
ODRŽANJA  
ENERGIJE!

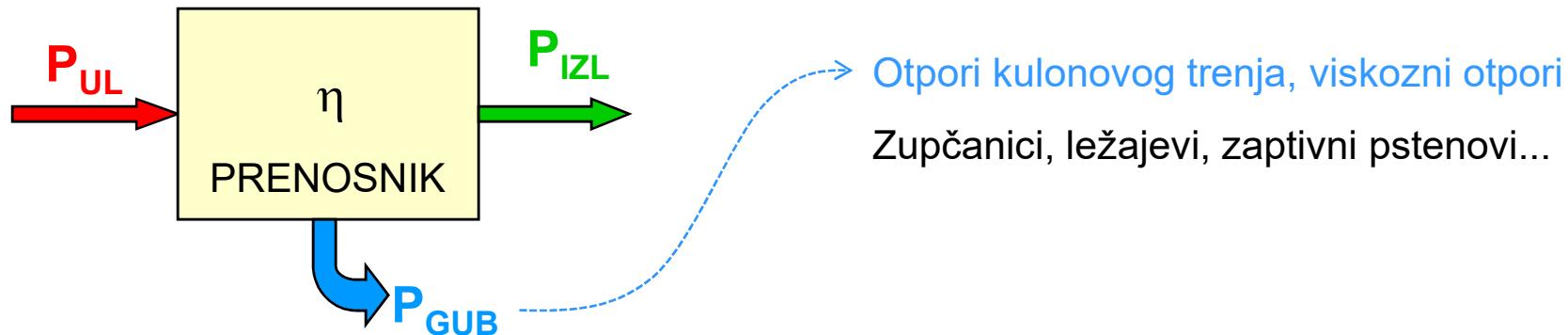
OZNAČAVANJE:  $P_{IZL,KOR} \rightarrow P_{IZL}$

$$P_{IZL} < P_{UL}$$

$$P_{IZL} = \eta \cdot P_{UL}, \quad \eta < 1$$

# Stepen korisnosti transmisije

Otpori transmisije – “unutrašnji” otpori kretanja



$$P_{IZL} = P_{UL} - P_{GUB}$$

(ovaj oblik obično nije prikladan za praktičnu primenu)

U praksi se koristi relacija:

$$\eta = \frac{P_{IZL}}{P_{UL}}$$

$\eta$  - karakteristika prenosnika

Primer:

$$\eta = 0.95$$

$$P_{UL} = 100 \text{ kW}$$

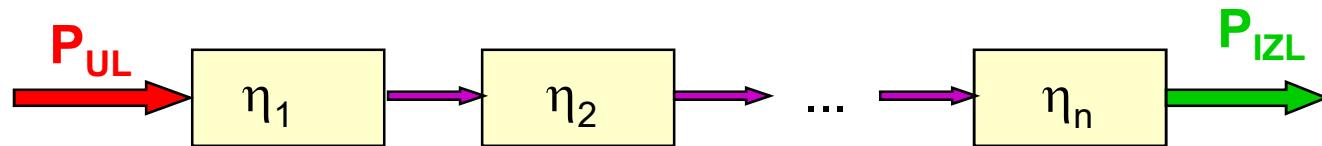
$$P_{IZL} = 95 \text{ kW}$$

$$(P_{GUB} = 5 \text{ kW})$$

→ podatak od interesa

# Stepen korisnosti transmisijske sklopke

Stepen korisnosti sistema sastavljenog od više serijski vezanih komponenata:



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

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

Itd.

Ukupni stepen korisnosti transmisijske sklopke

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

# Stepen korisnosti transmisijske

## Stepeni korisnosti pojedinih komponenata transmisijske

- menjač  $\eta_m = 0,94 - 0,98$
- 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 transmisijske:**

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

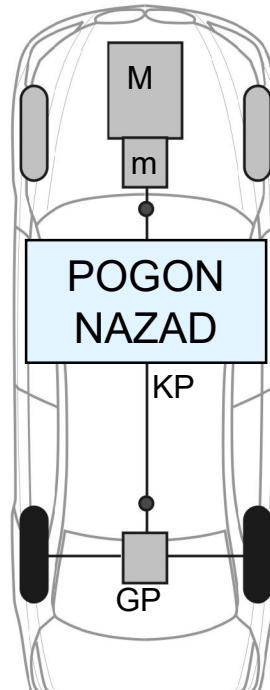
# Stepen korisnosti transmisijske

Ukupni stepen korisnosti transmisijske – neki primeri:



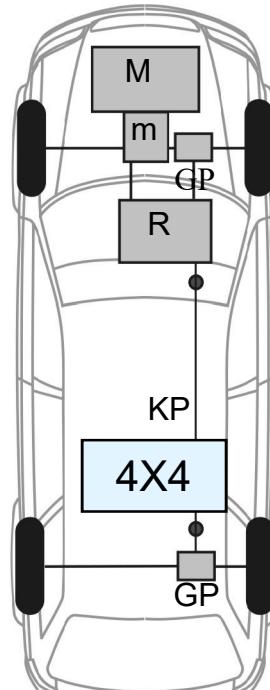
$$\underline{1.} \eta_{TR} = \eta_m \eta_{GP}$$

$\sim 0,93$



$$\underline{2.} \eta_{TR} = \eta_m \eta_{GP} \eta_{KP}$$

$\sim 0,9$



$$\underline{3.} \eta_{TR} = \eta_m \eta_{GP}^2 \eta_R \eta_{KP}$$

$\sim 0,87$

# Stepen korisnosti transmisiye

Ulagni element: motor  $\rightarrow P_{UL} = P_{MOT}$

Izlagni element: točak  $\rightarrow P_{IZL} = P_T$

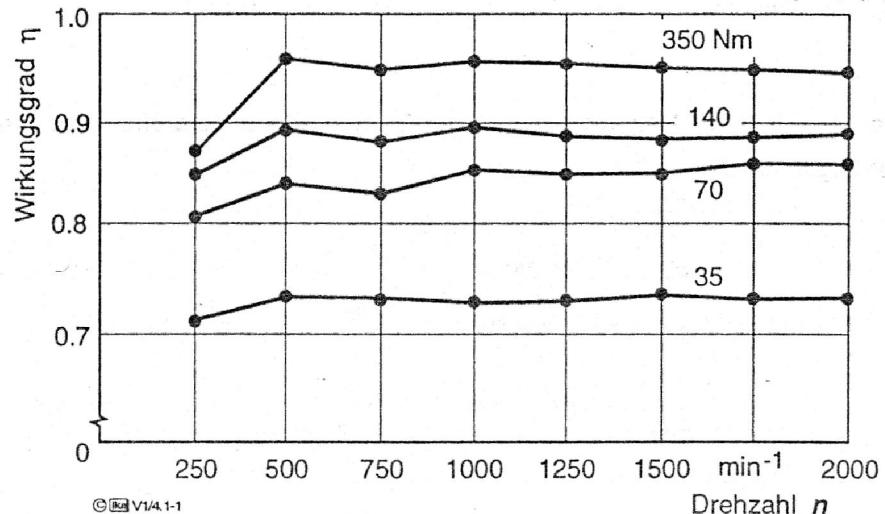
$$P_{IZL} = \eta \cdot P_{UL} \Rightarrow P_T = \eta_{TR} \cdot P_{MOT}$$

# Stepen korisnosti transmisijske

## UTICAJNI FAKTORI:

- Opterećenje
- Brzina / broj obrtaja }
- Temperatura
- Prenosni odnos
- Konstruktivne karakteristike
- Karakteristike materijala
- Karakteristike maziva
- Itd.

$$\eta = \frac{P_{IZL}}{P_{UL}}$$



PRIMER (ZA III STEPEN PRENOSA,  
PUTNIČKO VOZILO)

POJEDNOSTAVLJENJE PRI ANALIZI VUČNO-BRZINSKIH  
PERFORMANSI (VUČNI PRORAČUN):  $\eta = \text{CONST}$

# Stepen korisnosti transmisiye

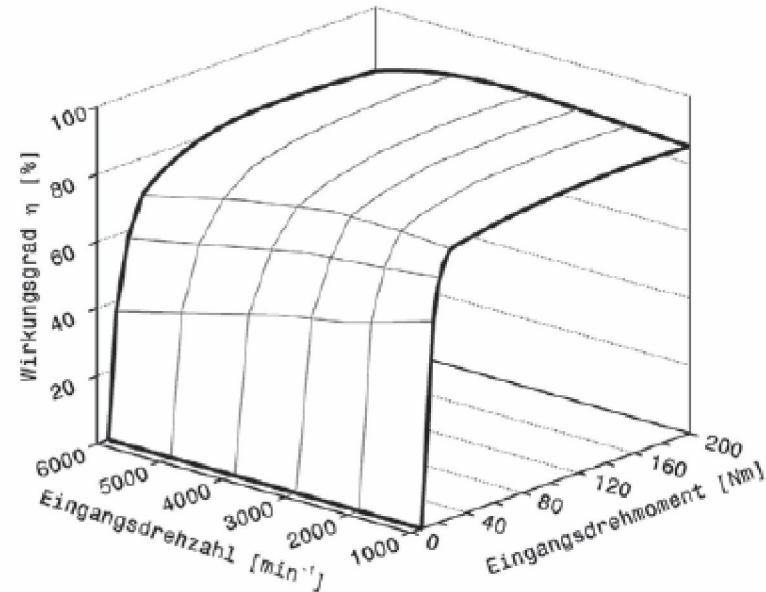


Bild M-5

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*

# Stepen korisnosti transmisije

Ukupni stepen korisnosti transmisije – primeri za neka vozila:

## PRIMERI

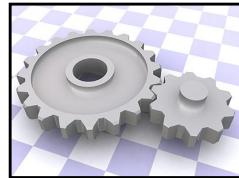
IZVOR: [WWW.RRI.SE](http://WWW.RRI.SE)

AUDI A4 2.0 MULTITRONIC	0,87
AUDI A4 3.0 QUATTRO	0,87
BMW 320 D	0,90
BMW 530i Automatic	0,83
BMW X5 Automatic	0,83
CITROEN BERLINGO 1,8	0,93
FIAT GRANDE PUNTO 1,4	0,88
HONDA ACCORD ('06.)	0,93
NISSAN PRIMERA 2.0 CVT	0,77
PEUGEOT 307	0,90
RENAULT MEGANE SPORT ('05.)	0,95
GOLF V 1,6	0,91

Gubici transmisije rastu, odnosno  $\eta_{TR}$  opada, kada:

- je transmisija kompleksnija (sadrži veći broj komponenata – npr. vozila 4x4)
- se koriste pojedinačne komponente nižeg stepena korisnosti (frikcioni i hidrodinamički prenosnici, pužni parovi itd.)

# Prenosni odnos transmisije



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

→ PRENOSNI ODNOS (*def.*)

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

Kod motornih vozila je

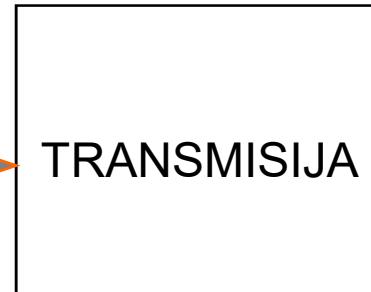
ULAZNI ELEMENT (UL) = MOTOR

IZLAZNI ELEMENT (IZL) = TOČAK



$P_{UL}, M_{UL}, n_{UL}$ :  
 $P_{MOT}, M_{MOT}, n_{MOT}$

*parametri snage*



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



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

*parametri snage*

# Prenosni odnos transmisije

Transformacija parametara snage

$$\text{Snaga motora: } P_{\text{MOT}} = M_{\text{MOT}} \cdot \omega_{\text{MOT}}$$

$$\text{Snaga na pogonskim točkovima: } P_T = F_O \cdot v = M_T \cdot \omega_T$$

$$P_T = \eta_{\text{TR}} \cdot P_{\text{MOT}}$$

$$M_T \cdot \omega_T = \eta_{\text{TR}} \cdot M_{\text{MOT}} \cdot \omega_{\text{MOT}}$$

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

$$\omega = \pi \cdot n / 30$$

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



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

$i_{\text{TR}} \Rightarrow \text{TRANSFORMACIJA PARAMETARA SNAGE}$

# Prenosni odnos transmisiije

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



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

$i_{TR} \Rightarrow$  TRANSFORMACIJA PARAMETARA SNAGE

$i > 1 \rightarrow$  REDUKCIJA

$i < 1 \rightarrow$  MULTIPLIKACIJA

*Odnosi se na izlazni broj obrtaja!*

Veće i  $\rightarrow$  "kraći" prenos

Manje i  $\rightarrow$  "duži" prenos

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!*

# Prenosni odnos transmisiye

Primer:

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

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

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

$$i_{TR} = 10$$

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

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

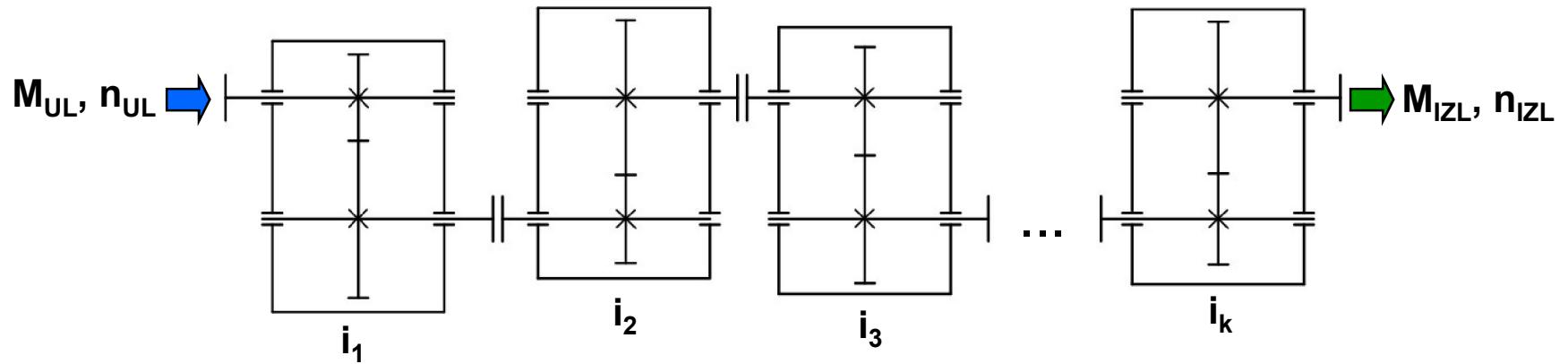
$$P_{MOT} = M_{MOT} \cdot n_{MOT} / 9554 = 9,42 \text{ kW}$$

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

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

# Prenosni odnos transmisiije

Ukupan prenosni odnos transmisije sastavljen od više serijski vezanih komponenata:



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

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

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

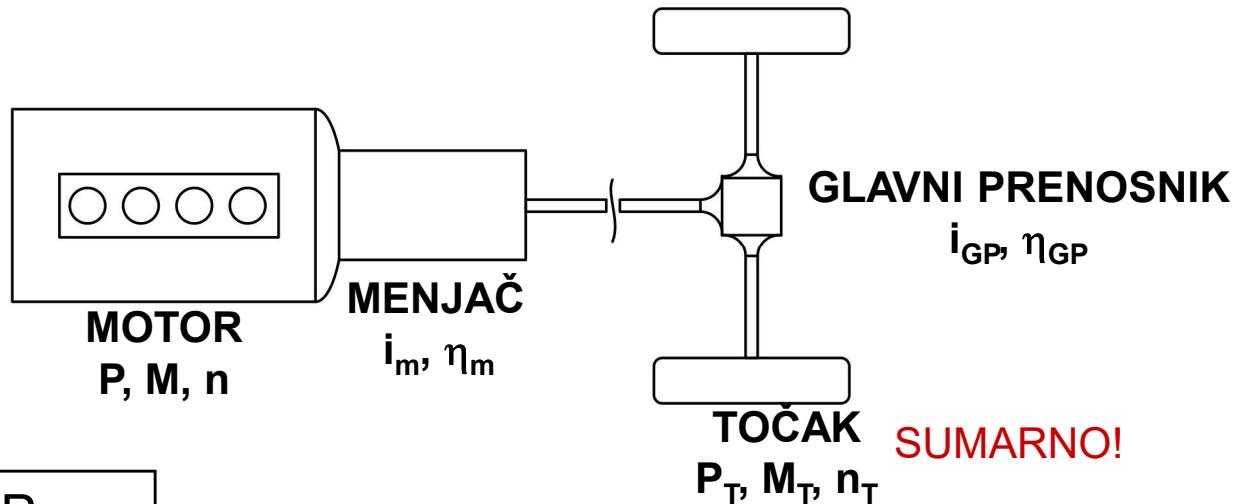
$$i = \frac{n_{UL}}{n_{IZL}}$$

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

# Prenosni odnos transmisiije

## ODREĐIVANJE UKUPNOG PRENOSNOG ODNOSA TRANSMISIJE

Primer 1.



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

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

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

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

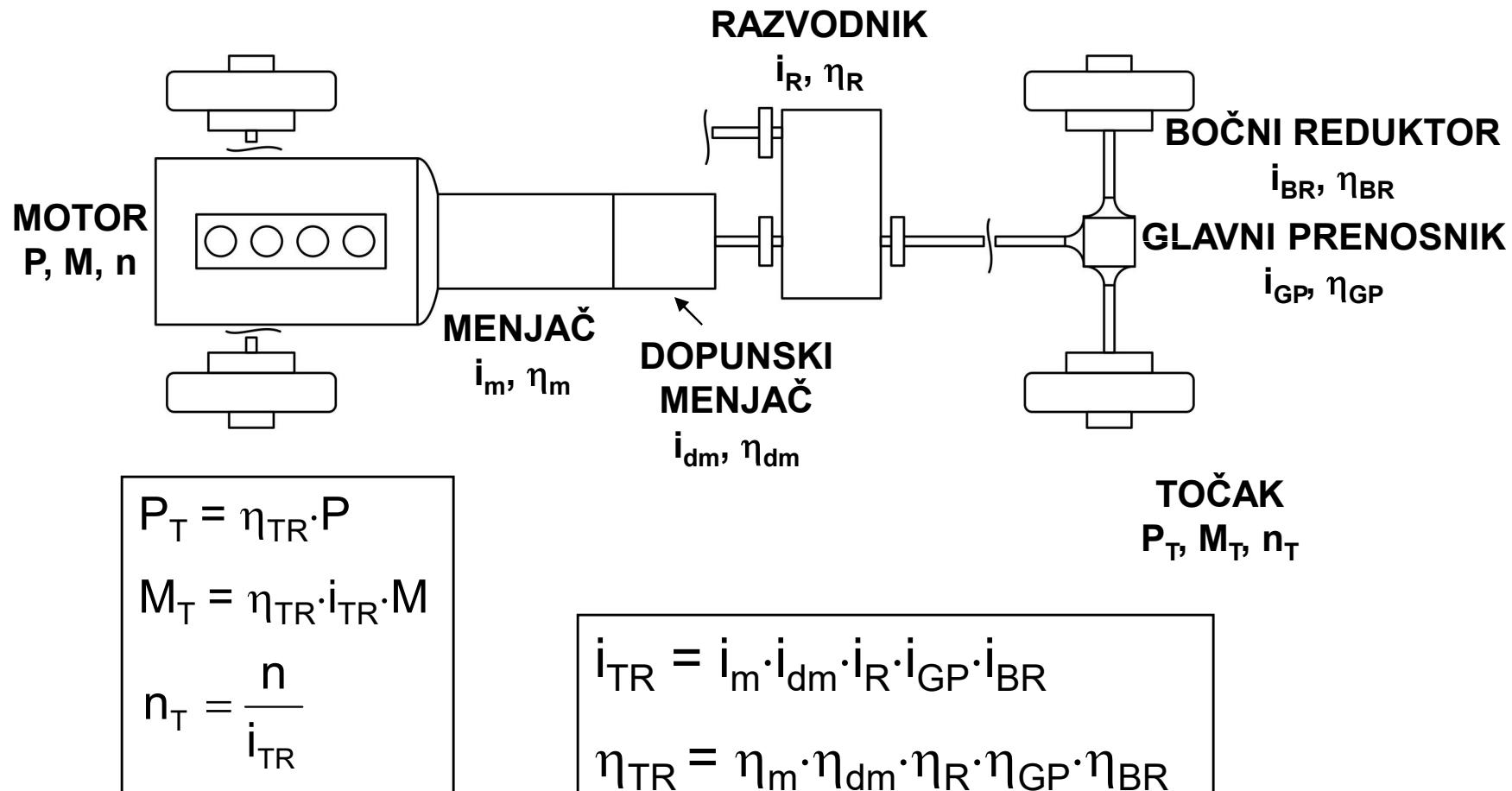
$$\eta_{TR} = \eta_m \cdot \eta_{GP}$$

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

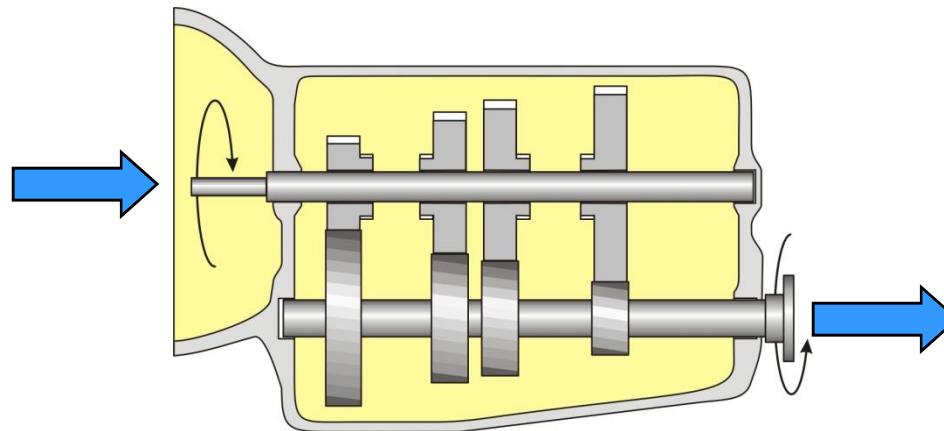
# Prenosni odnos transmisiije

## ODREĐIVANJE UKUPNOG PRENOSNOG ODNOSA TRANSMISIJE

Primer 2.



# Menjački prenosnik

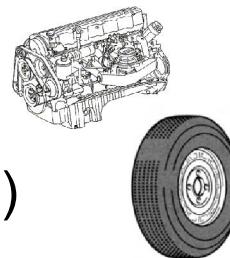


$i_m = i_1, i_2, i_3, i_4, \dots$  – ZA SVAKI STEPEN PRENOSA →  
ODGOVARAJUĆI PRENOSNI ODNOS

NIŽI STEPEN PRENOSA → VEĆI PRENOSNI ODNOS

# 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>)

*Podsetnik:*

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

$$n_T = \frac{n}{i_{TR}} \quad M_T = \eta_{TR} \cdot i_{TR} \cdot M \quad P_T = \eta_{TR} \cdot P$$

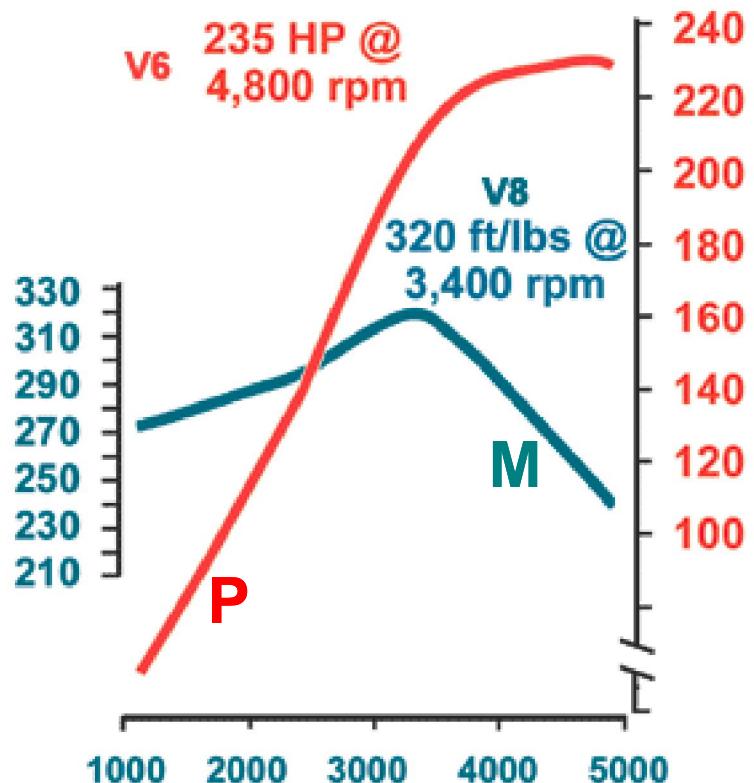
M<sub>T</sub> tj. P<sub>T</sub> PREDSTAVLJA SUMU SVIH MOMENATA /  
SNAGA DOVEDENIH NA SVE POGONSKE TOČKOVE!

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

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

# Brzinska karakteristika motora

Zavisnost izlaznih parametara ( $P$ ,  $M$ ,  $g_h$ ...) od broja obrtaja motora  $n$ .



$$P = M \cdot \omega \quad (\text{W, Nm, rad/s})$$

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ \quad \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$P = M \cdot n / 9554 \quad (\text{kW})$$

Kada je: broj obrtaja motora  $n=n_1 \Rightarrow$

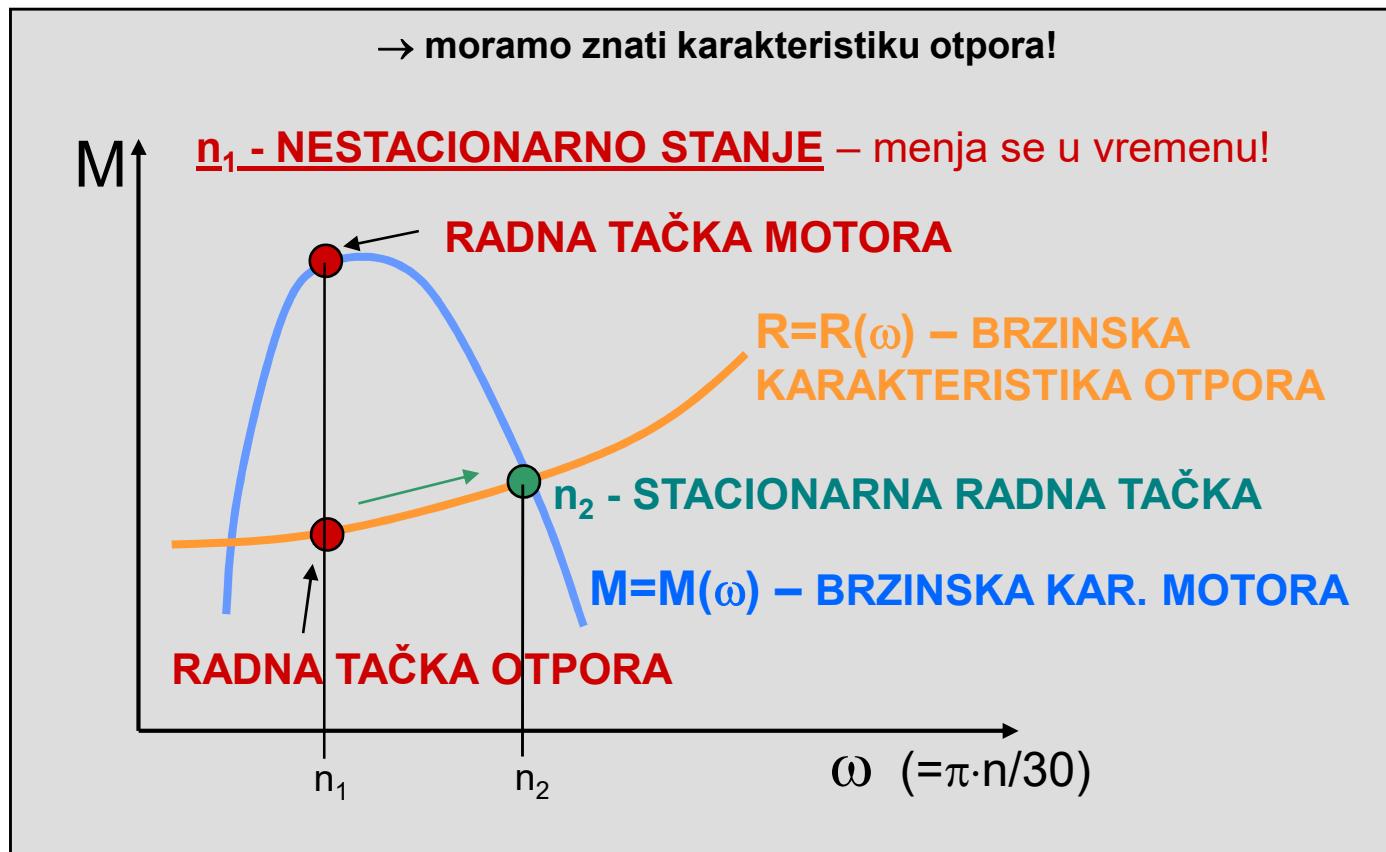
tada je: obrtni moment koji motor može da proizvede:  $M=M_1$

# Radni režim motora – M ili P, n

RADNI REŽIM MOTORA = trenutna vrednost broja obrtaja (n) i momenta (M) odnosno snage (P)

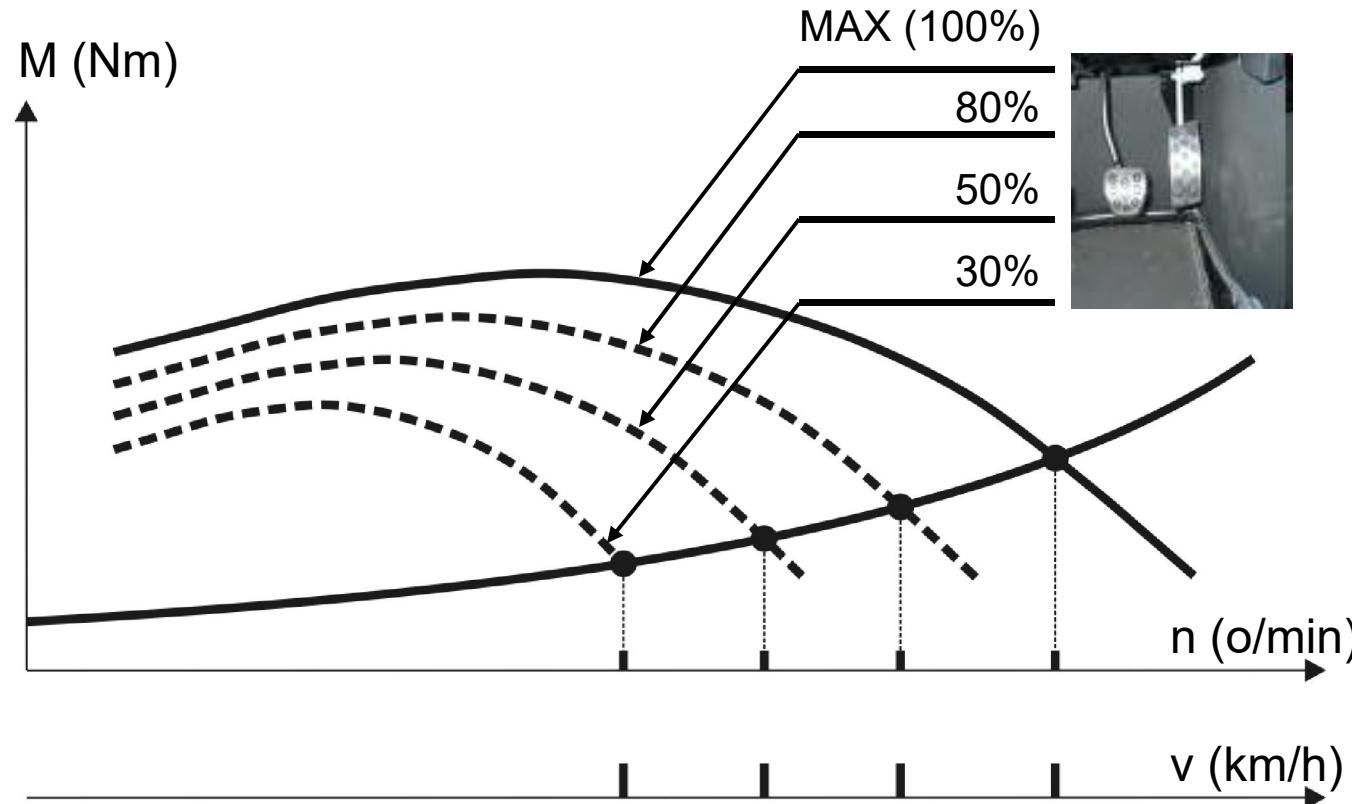
Motor nema jednu vrednost za brzinu i snagu, nego se one menjaju u nekom intervalu!

Šta određuje trenutnu snagu tj. moment i broj obrtaja motora?



# Brzinska karakteristika motora

## Spoljna karakteristika i parcijalne karakteristike

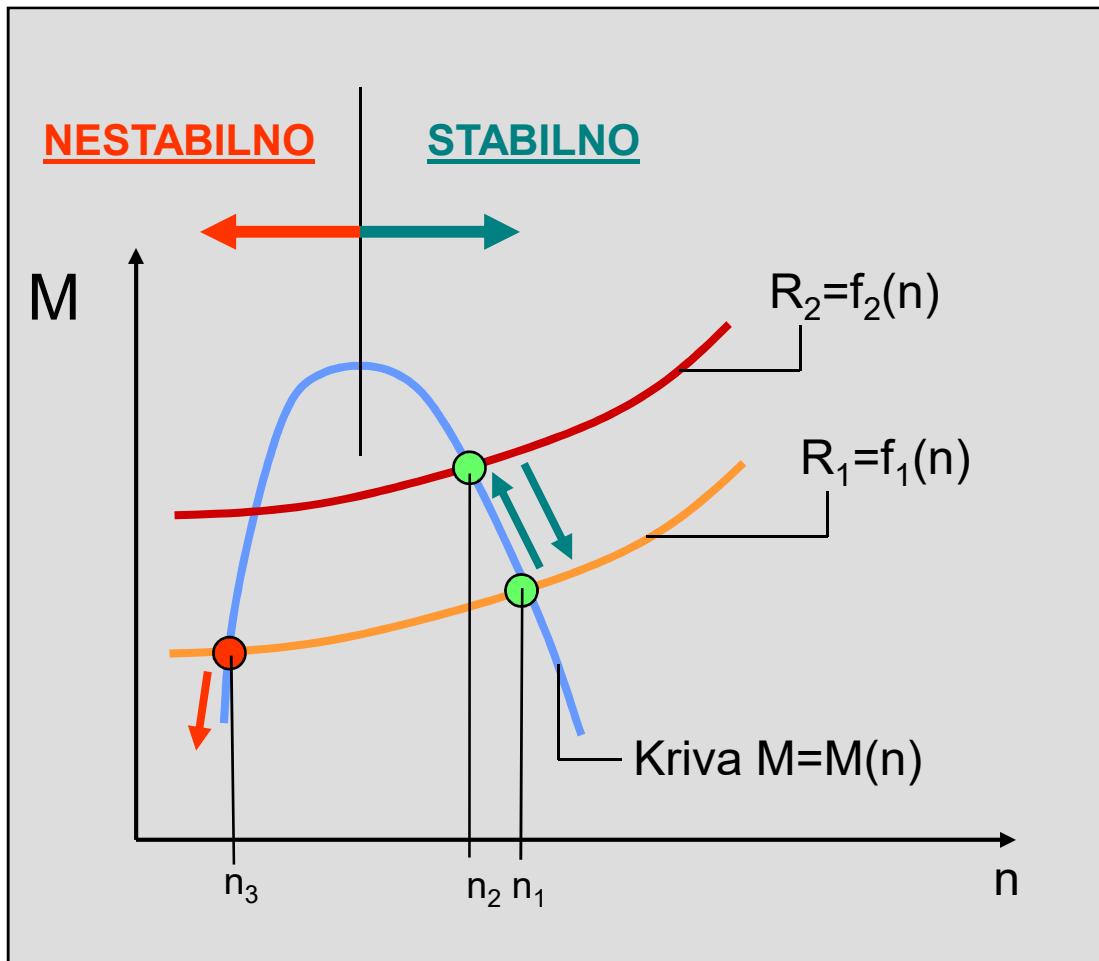


Režim rada motora određuju:

1. Komanda rukovaoca (izbor karakteristike!)
2. Karakteristika spoljašnjeg opterećenja

REGULACIJA BRZINE KRETANJA

# Stabilnost radnog režima



$$\text{Jo} \cdot \frac{d\omega}{dt} = \sum M_i$$

$$\sum M_i > 0 \Rightarrow \frac{d\omega}{dt} > 0$$

MOTOR UBRZAVA

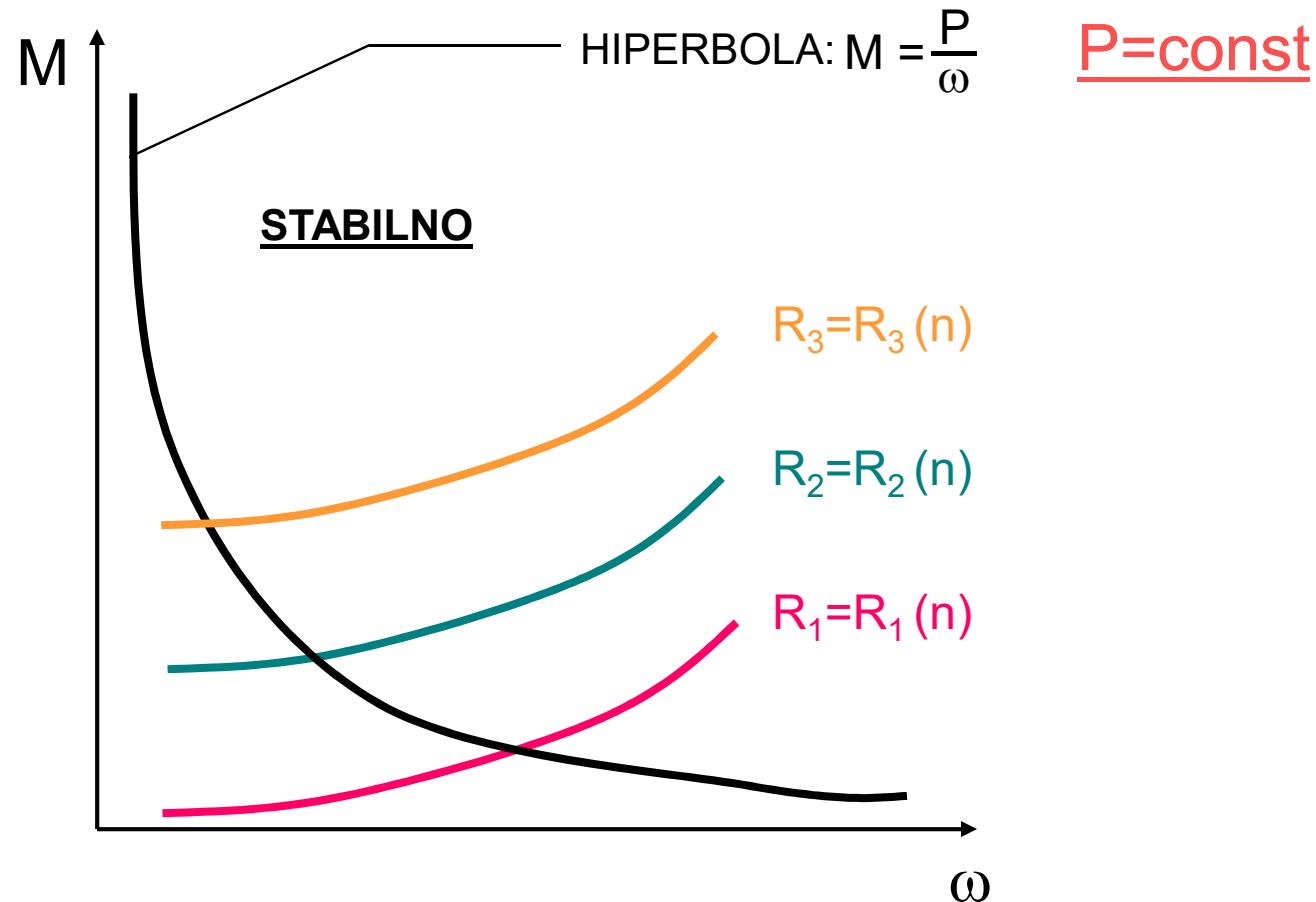
$$\sum M_i = 0 \Rightarrow \frac{d\omega}{dt} = 0$$

STACIONARNO STANJE

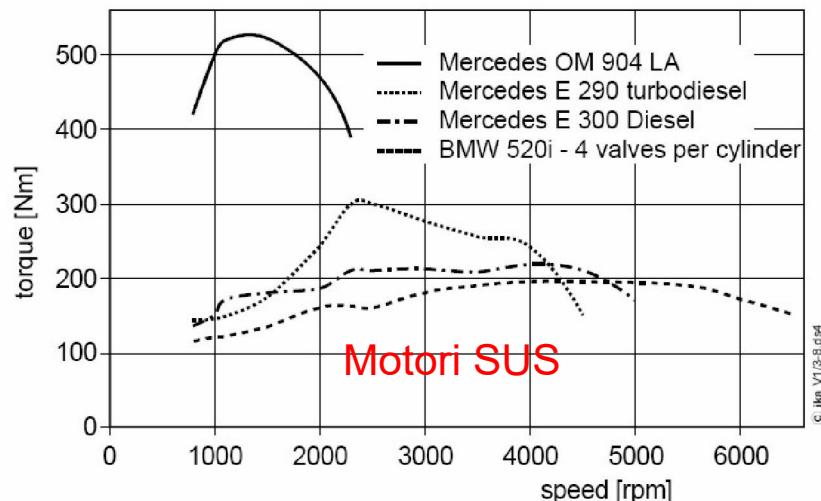
$$\sum M_i < 0 \Rightarrow \frac{d\omega}{dt} < 0$$

MOTOR USPORAVA

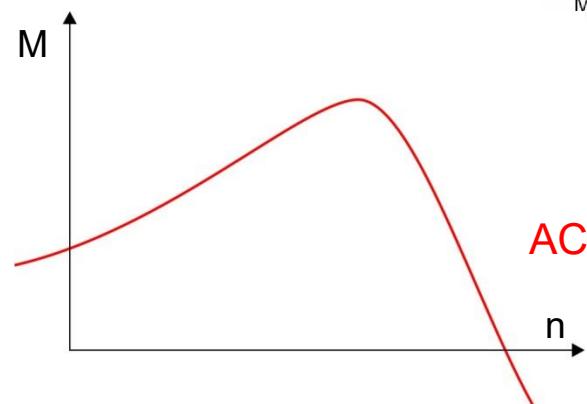
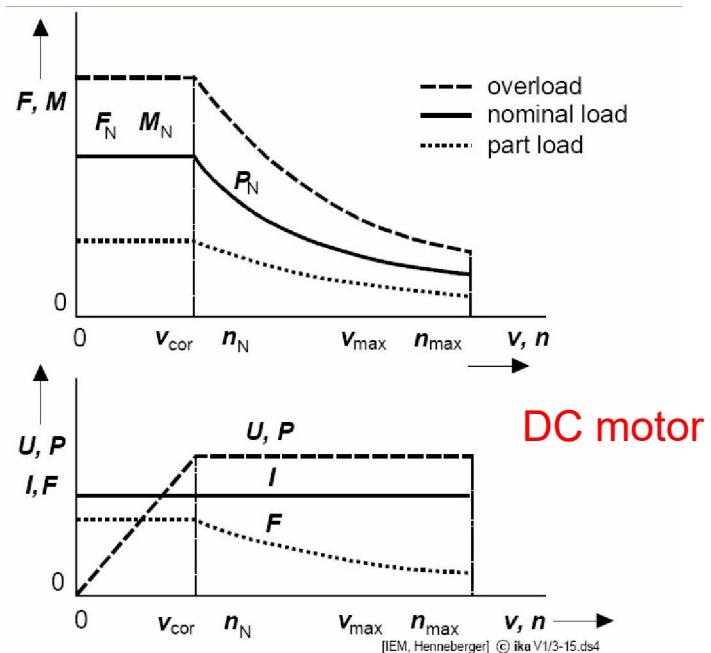
# Idealna pogonska karakteristika - hiperbola



# Primeri brzinskih karakteristika nekih pogona



Izvor: Wallentowitz Lngsd. 2004

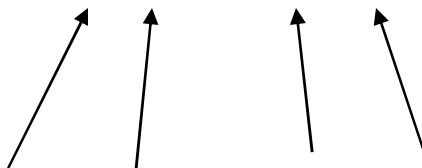


AC motor - asinhroni

# Prenos snage na pogonske točkove

PODSETNIK:

$$P = F \cdot v = M \cdot \omega$$



$$P_{IZL} = \eta \cdot P_{UL}$$

**PARAMETRI SNAGE**

**PRENOŠENJE SNAGE OD MOTORA SUS DO POGONSKOG TOČKA**



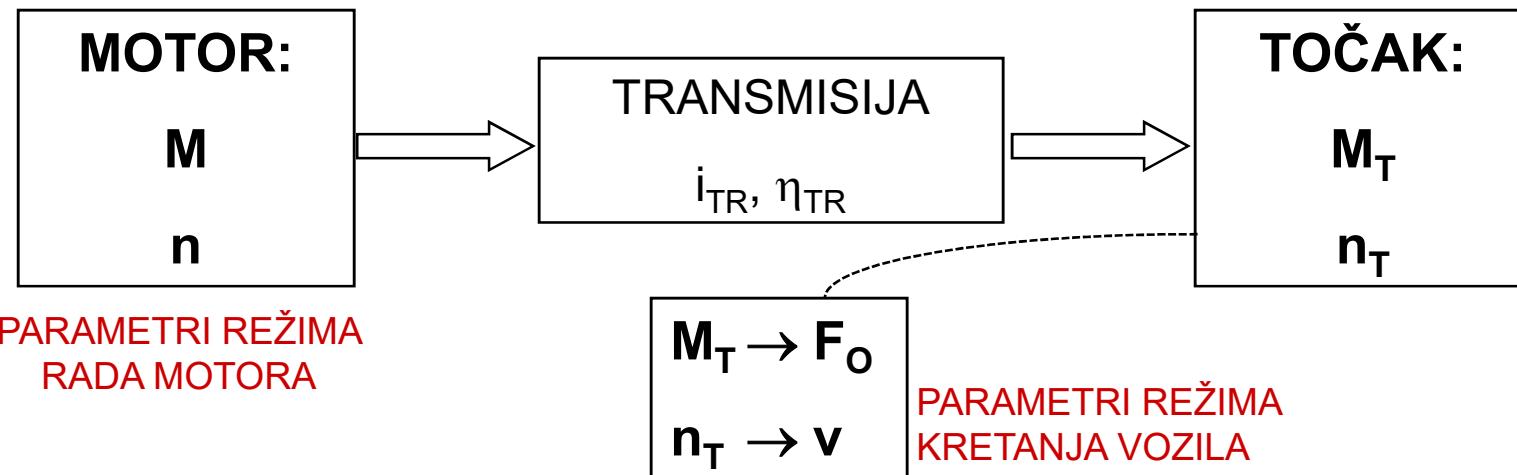
**TRANSFORMACIJA PARAMETARA, UZ GUBITKE**

Svrha: prilagođavanje parametara motora uslovima kretanja

# Prenos snage na pogonske točkove

ZA ZADATI REŽIM MOTORA ( $M, n$ )

TREBA ODREDITI REŽIM KRETANJA VOZILA ( $F_O, v$ )



**Zavisnost ( $M, n$ )**

= Brzinska karakteristika motora

**Zavisnost ( $F_O, v$ )**

= Vučno-brzinska karakteristika vozila

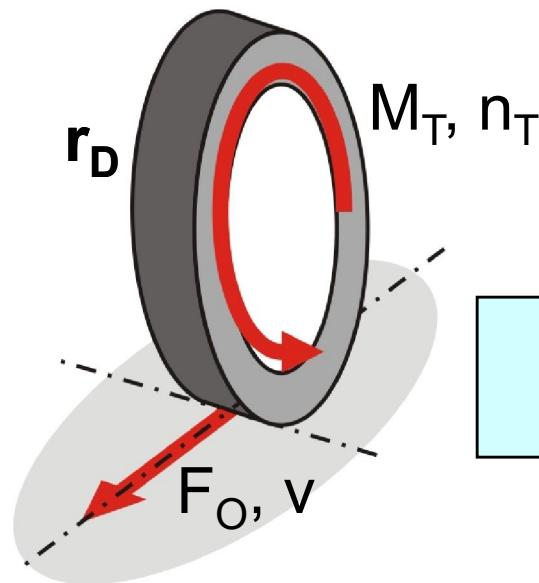
# Prenos snage na pogonske točkove

## TRANSFORMACIJA MOMENTA I BROJA OBRTAJA U VUČNU SILU I BRZINU

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

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

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



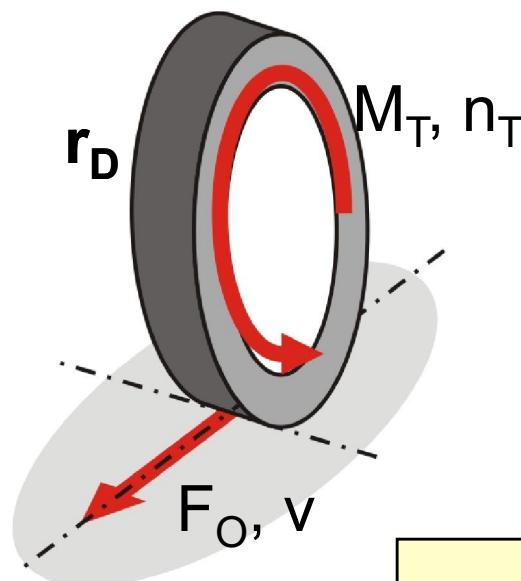
$$v = r_D \cdot \omega_T \quad F_O = \frac{M_T}{r_D}$$

**PODSETNIK 1:** Stvarna tangencijalna reakcija je  $R_x = F_O - F_f$ !

**PODSETNIK 2:**  $F_O = F_f + F_W + F_\alpha + F_{IN}$

# Prenos snage na pogonske točkove

## TRANSFORMACIJA MOMENTA I BROJA OBRTAJA U VUČNU SILU I BRZINU

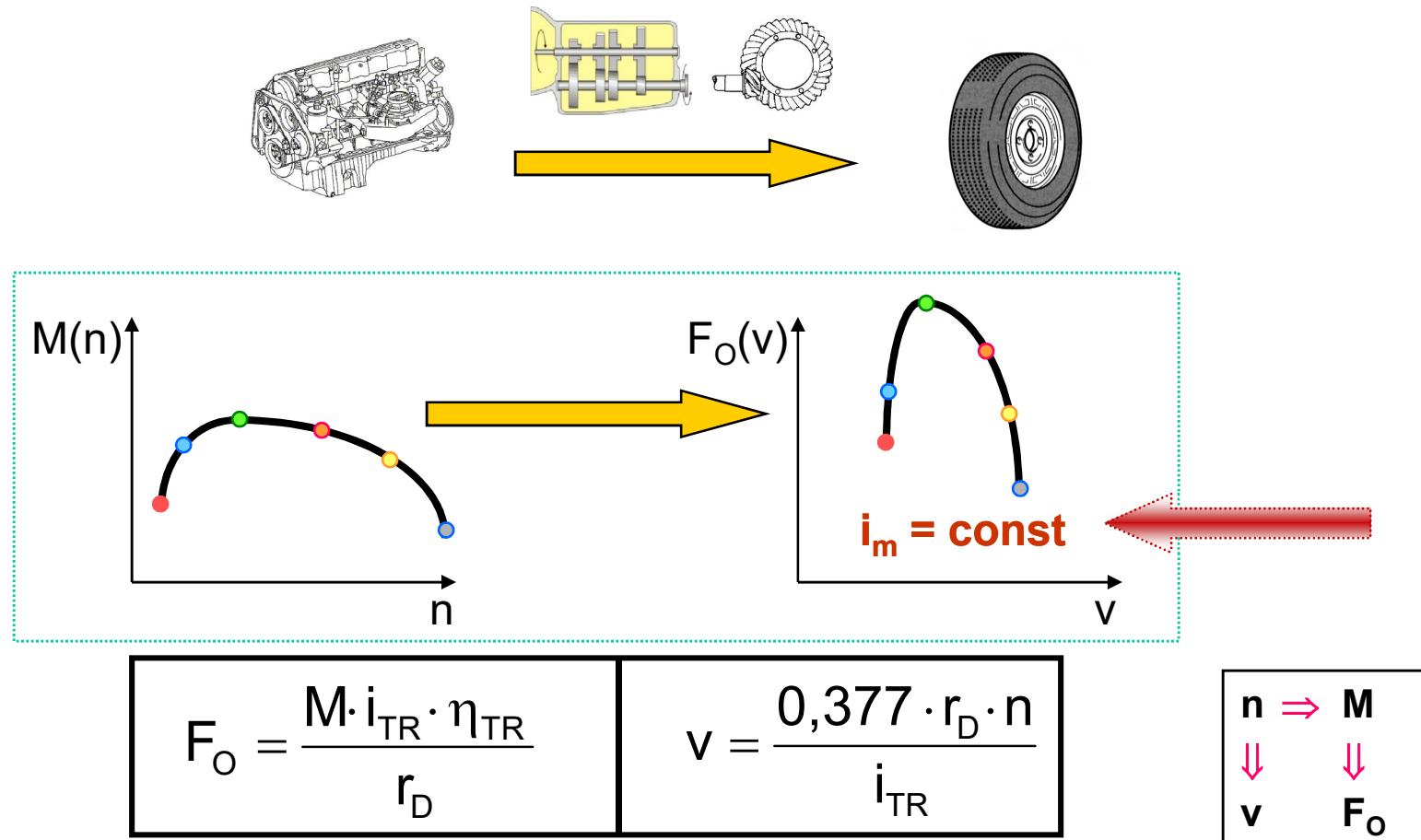


$$\begin{array}{c}
 M_T = i_{TR} \cdot M \cdot \eta_{TR} \quad n_T = \frac{n}{i_{TR}} \\
 \\ 
 F_O = \frac{M_T}{r_D} \quad v = r_D \cdot \omega_T \\
 \\ 
 v \rightarrow \text{km/h !} \quad \omega_T = \frac{\pi \cdot n_T}{30} \\
 \\ 
 \boxed{F_O = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D} \quad v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}}
 \end{array}$$

M, n – parametri motora!

$M_T, n_T$  – parametri točka!

## “Preslikavanje” karakteristike sa motora na točak



### VUČNO-BRZINSKA KARAKTERISTIKA

Jedina nezavisno promenljiva  $\rightarrow n!$  ( $M = M(n) \Rightarrow F_O = F_O(n)!$ )

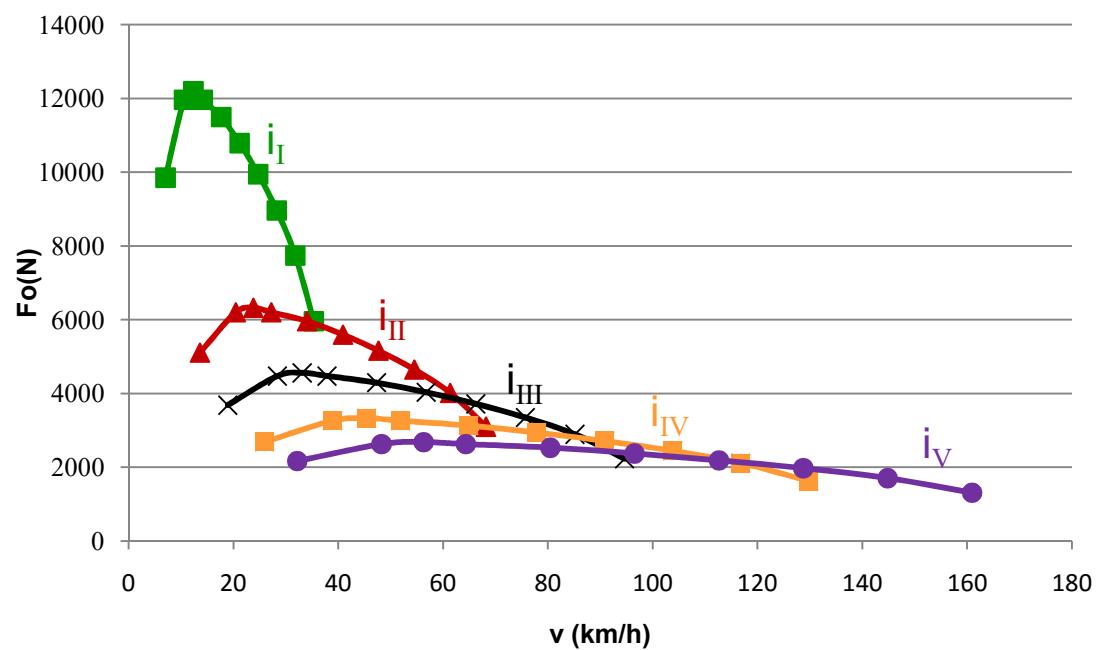
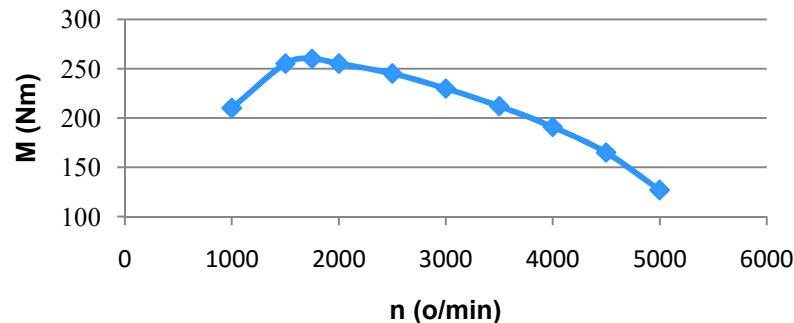
# Određivanje vučno-brzinske karakteristike - primer

Karakteristika motora												
		n (o/min)	1000	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
	i <sub>GP</sub> =	M (Nm)	210	255	260	255	245	230	212	191.08	165	127
	4.1											
i <sub>1</sub> =	4.55	v1	7.073171	10.60976	12.37805	14.14634	17.68293	21.21951	24.7561	28.29268	31.82927	35.36585
		Fo1	9849.84	11960.52	12195.04	11960.52	11491.48	10787.92	9943.648	8962.416	7739.16	5956.808
i <sub>2</sub> =	2.36	v2	13.63683	20.45525	23.86446	27.27367	34.09208	40.9105	47.72892	54.54733	61.36575	68.18417
		Fo2	5108.928	6203.698	6325.339	6203.698	5960.416	5595.493	5157.584	4648.638	4014.158	3089.685
i <sub>3</sub> =	1.7	v3	18.93113	28.3967	33.12948	37.86227	47.32783	56.7934	66.25897	75.72453	85.1901	94.65567
		Fo3	3680.16	4468.766	4556.389	4468.766	4293.52	4030.651	3715.209	3348.595	2891.554	2225.621
i <sub>4</sub> =	1.24	v4	25.95397	38.93096	45.41945	51.90795	64.88493	77.86192	90.83891	103.8159	116.7929	129.7699
		Fo4	2684.352	3259.57	3323.483	3259.57	3131.744	2940.005	2709.917	2442.505	2109.134	1623.394
i <sub>5</sub> =	1	v5	32.18293	48.27439	56.32012	64.36585	80.45732	96.54878	112.6402	128.7317	144.8232	160.9146
		Fo5	2164.8	2628.686	2680.229	2628.686	2525.6	2370.971	2185.417	1969.762	1700.914	1309.189

$$F_o = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D} \quad v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

$n \Rightarrow M$
$\downarrow \quad \downarrow$
$v \quad F_o$

# Određivanje vučno-brzinske karakteristike - primer

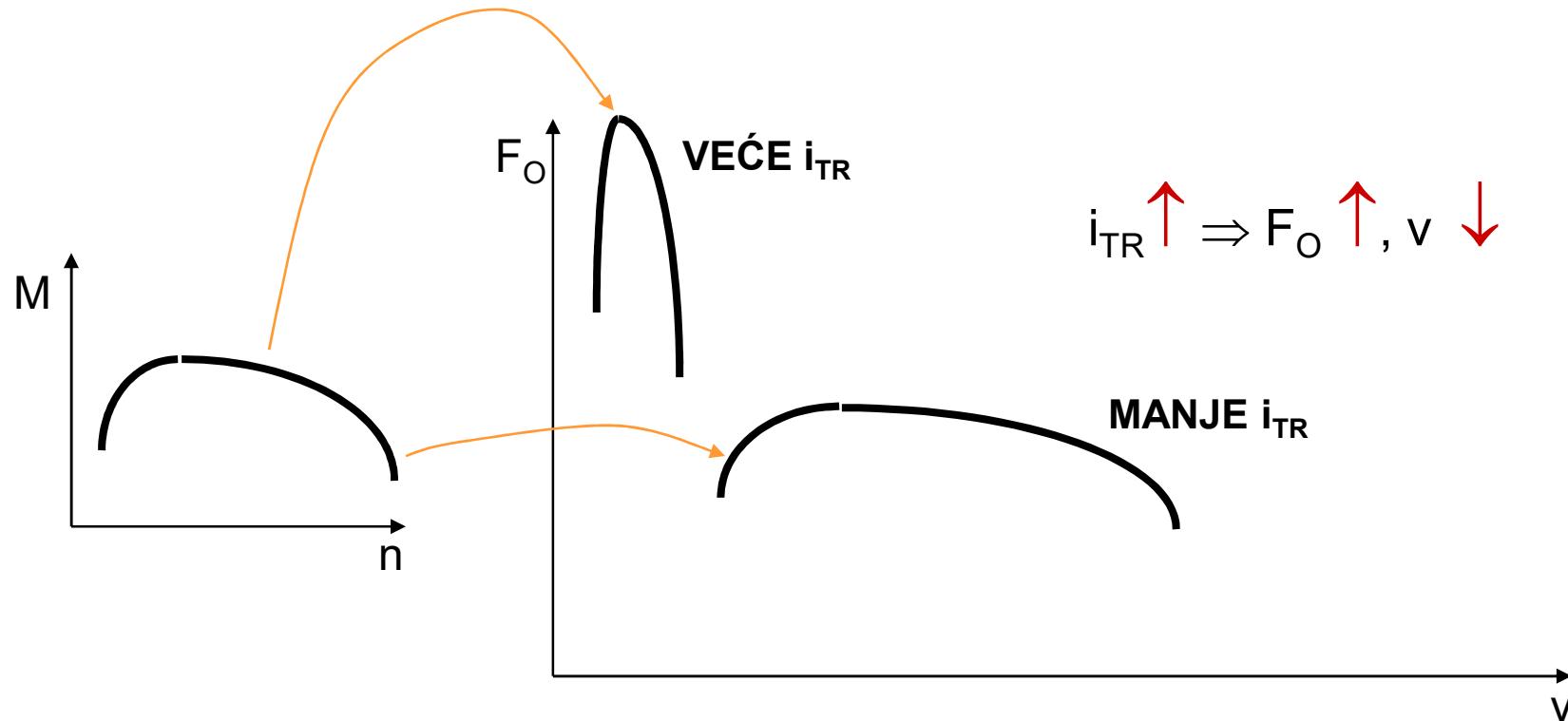


$$F_o = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

$$v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

$n \Rightarrow M$
$\Downarrow$
$v \Rightarrow F_o$
$\Downarrow$

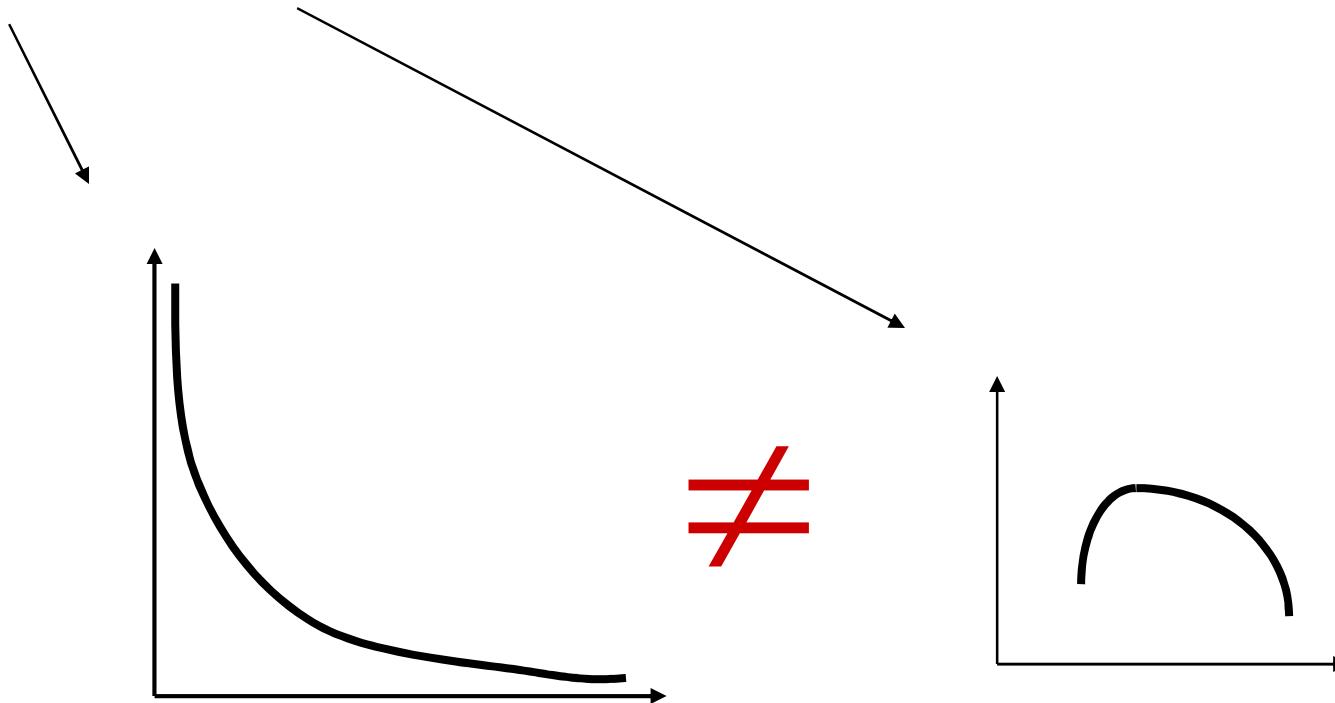
## “Preslikavanje” karakteristike sa motora na točak



$$F_O = \frac{M \cdot i_{TR} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

$$v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_{TR}}$$

## Idealna i stvarna pogonska karakteristika



Motor SUS:

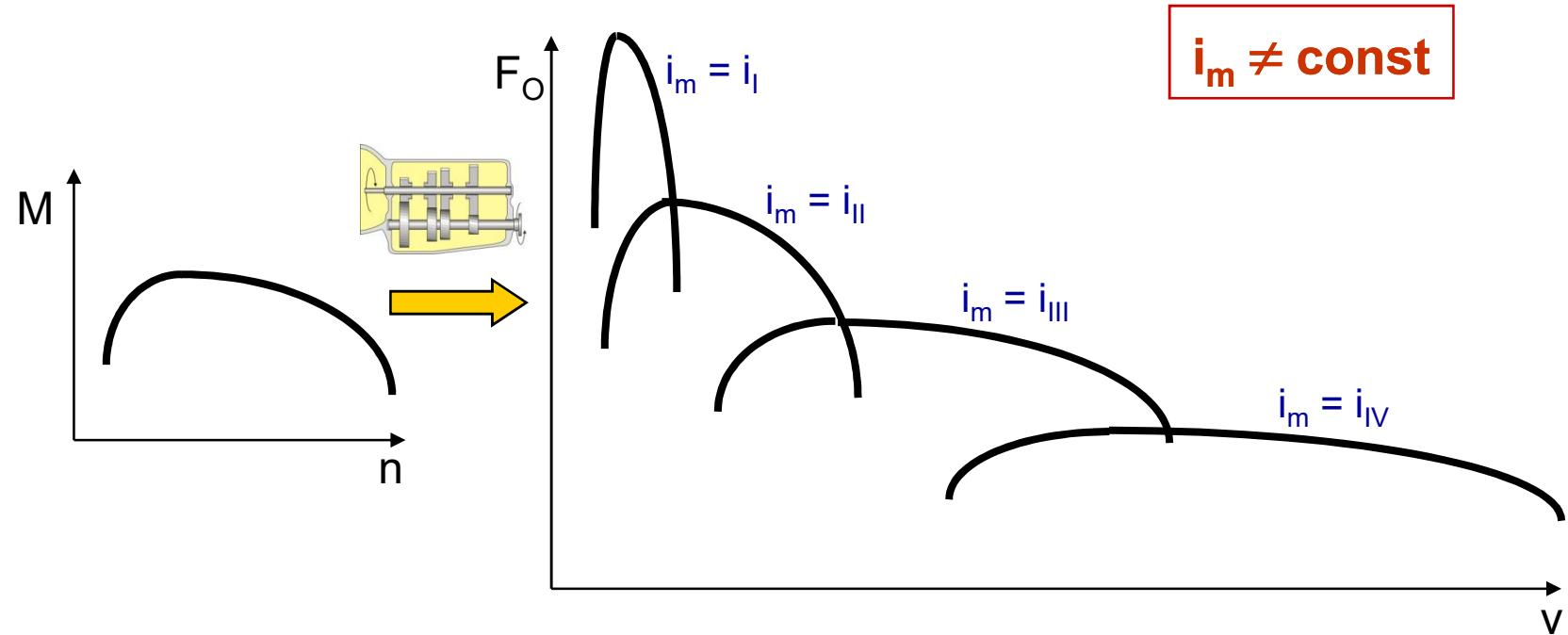
Nedovoljna širina radnog intervala, nepovoljan oblik karakteristike

VOZILO:  $v \sim (5 \div 150) \text{ km/h} \rightarrow \text{širina intervala } 1:30$

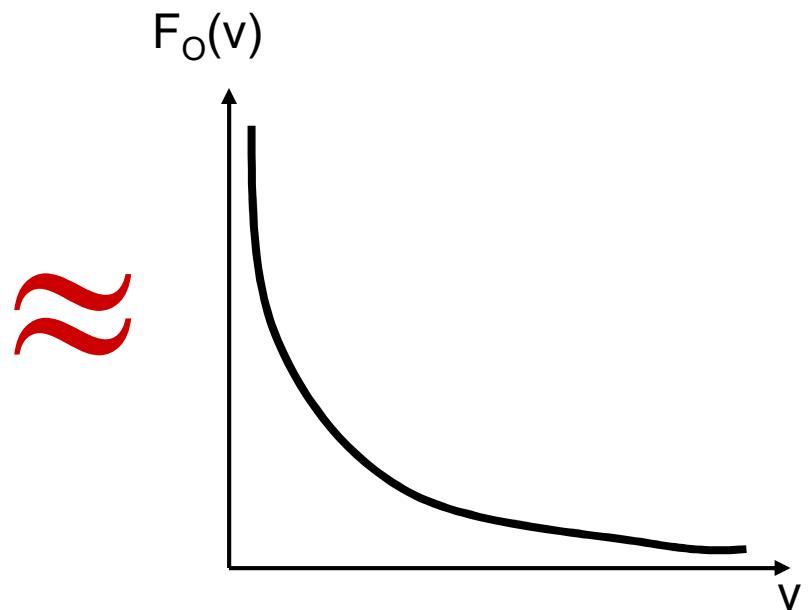
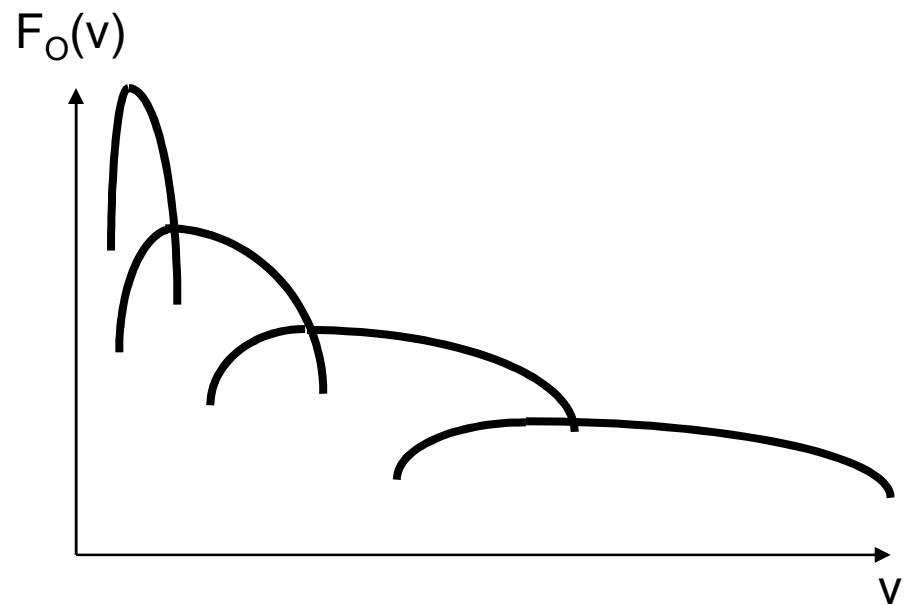
MOTOR SUS:  $n \sim (1000 \div 5000) \text{ km/h} \rightarrow \text{širina intervala } 1:5$

*OKVIRNO  
(primer)*

## Karakteristika zajedničkog rada motora SUS i menjačkog prenosnika



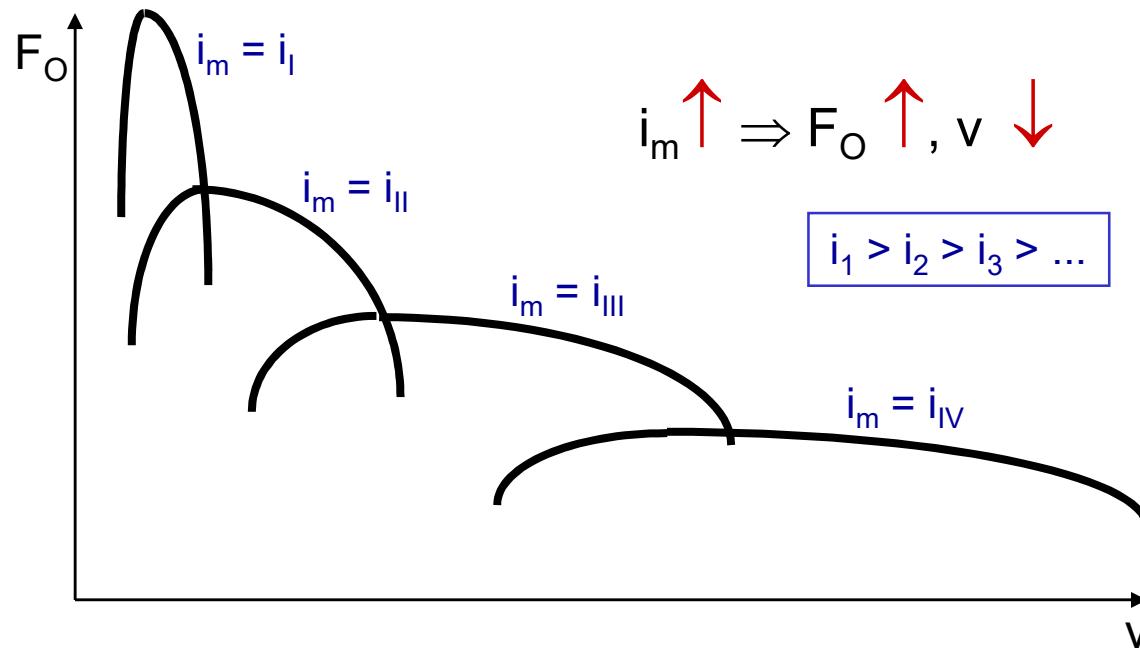
## Karakteristika zajedničkog rada motora SUS i menjačkog prenosnika



# Vučno-brzinska karakteristika

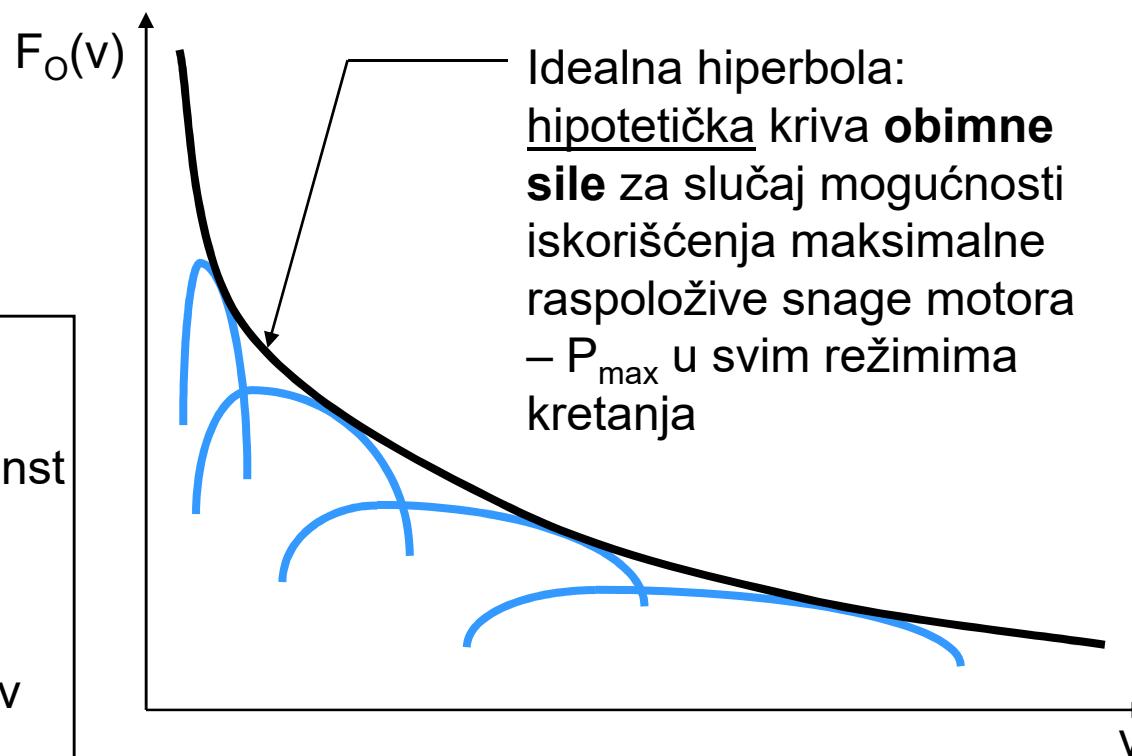
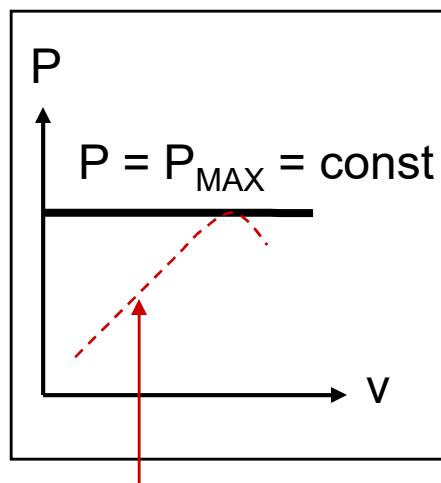


Raspoloživa vučna sila na točku u funkciji brzine kretanja vozila



**VUČNO-BRZINSKA KARAKTERISTIKA – VUČNI DIJAGRAM**

# Idealna hiperbola vuče



$$P_T = F_o \cdot v$$

$\downarrow$

$$P_T = \frac{F_o \cdot v}{3600}$$

(kW, N, km/h)

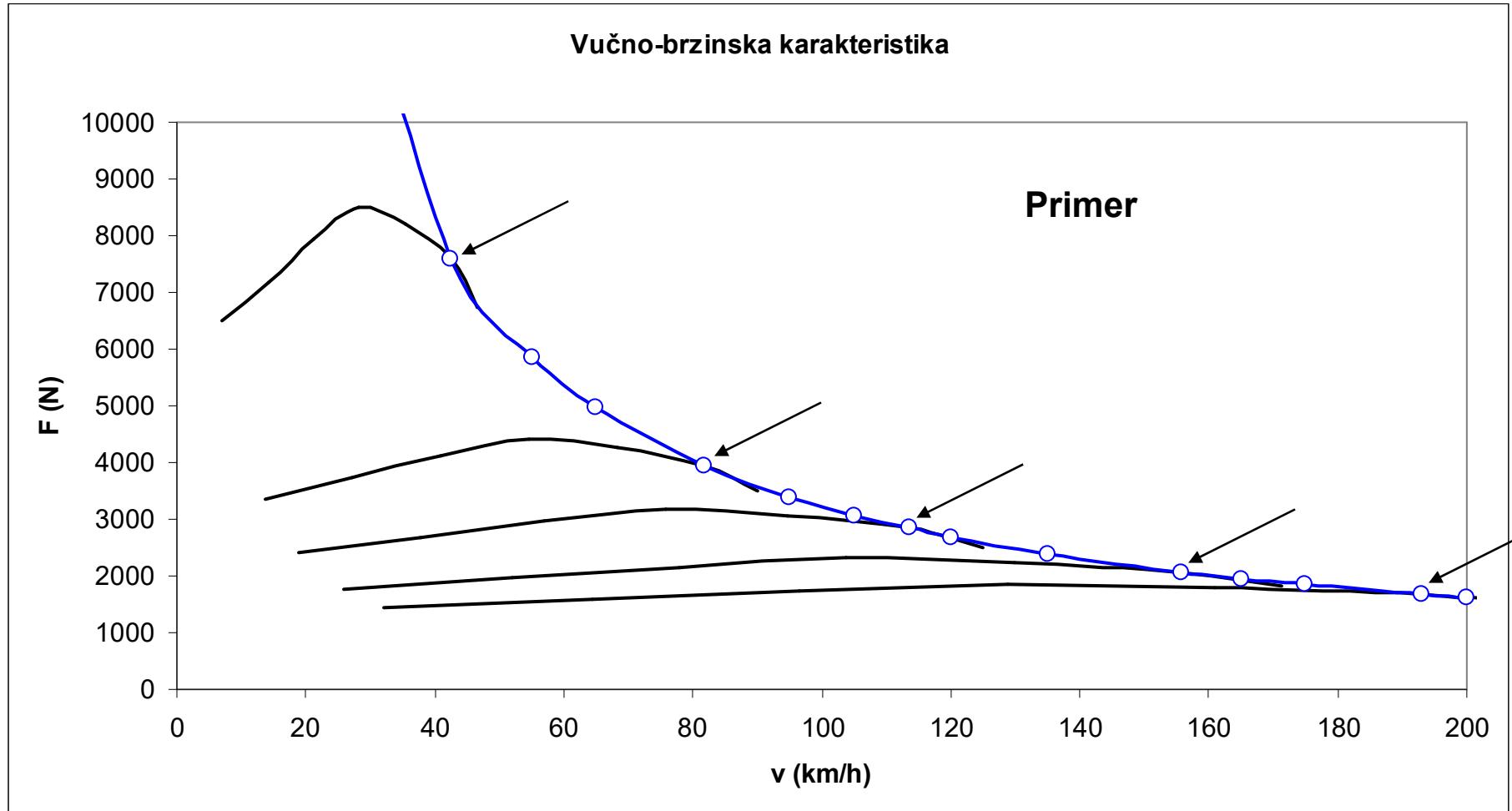
$\downarrow$

$$F_o = \frac{3600 \cdot P_T}{v}$$

$$P_T = P_{TMAX}$$

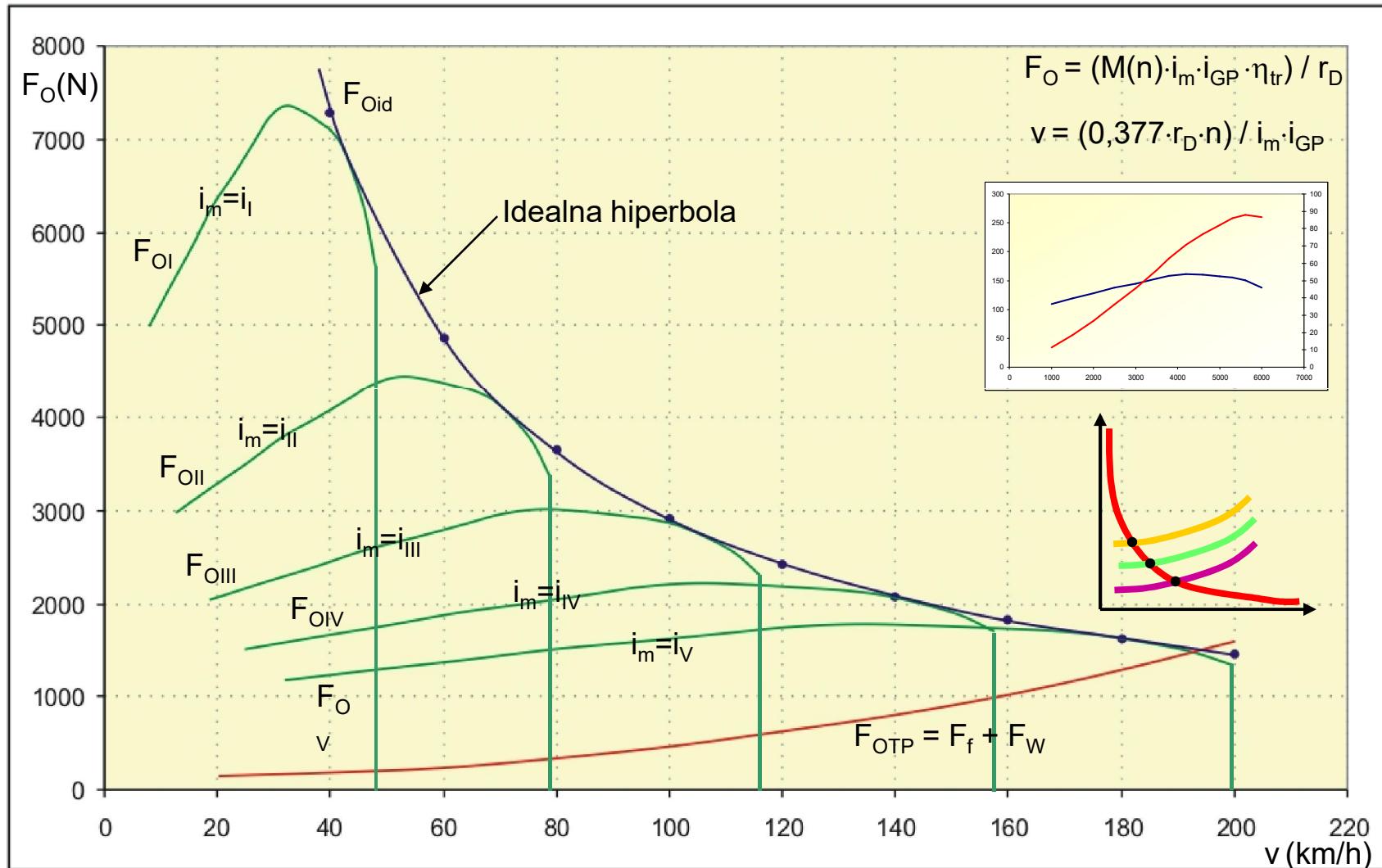
$$F_{Oid} = \frac{3600 \cdot \overbrace{P_{MAX}}^{P_{TMAX}} \cdot \eta_{TR}}{v}$$

# Idealna hiperbola vuče



Važna osobina: idealna hiperbola tangira stvarne krive vuče u tačkama koje odgovaraju broju obrtaja  $P_{MAX}$  – tu je ispunjen uslov prema kom je idealna hiperbola definisana!

# Vučno-brzinska karakteristika



VUČNI DIJAGRAM

# Vučno-brzinska karakteristika

## **Vučno-dinamičke karakteristike vozila:**

- Maksimalna brzina
- Mogućnost savlađivanja uspona
- Ubrzanje, vreme i put zaleta