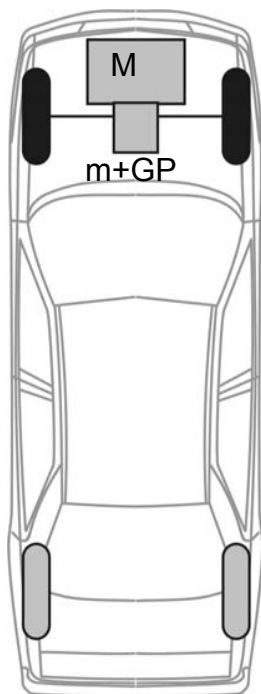


Stepen korisnosti transmisije

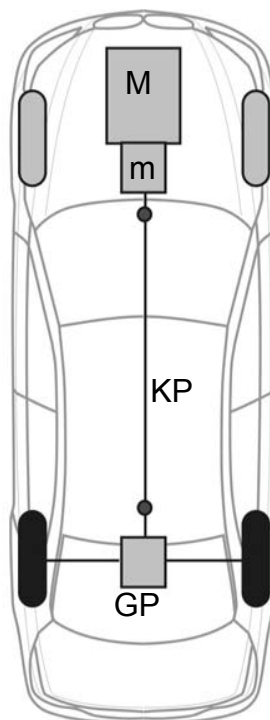
Otpori transmisije – “unutrašnji” otpori kretanja

Šeme transmisije

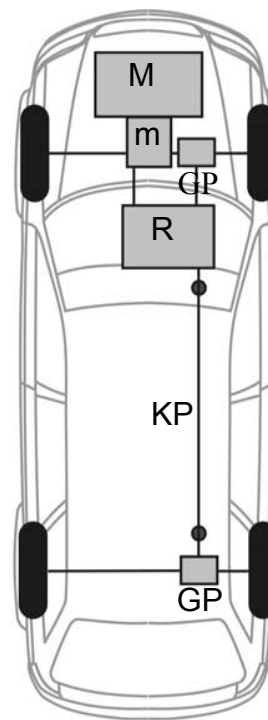
POGON NAPRED



POGON NAZAD



4X4

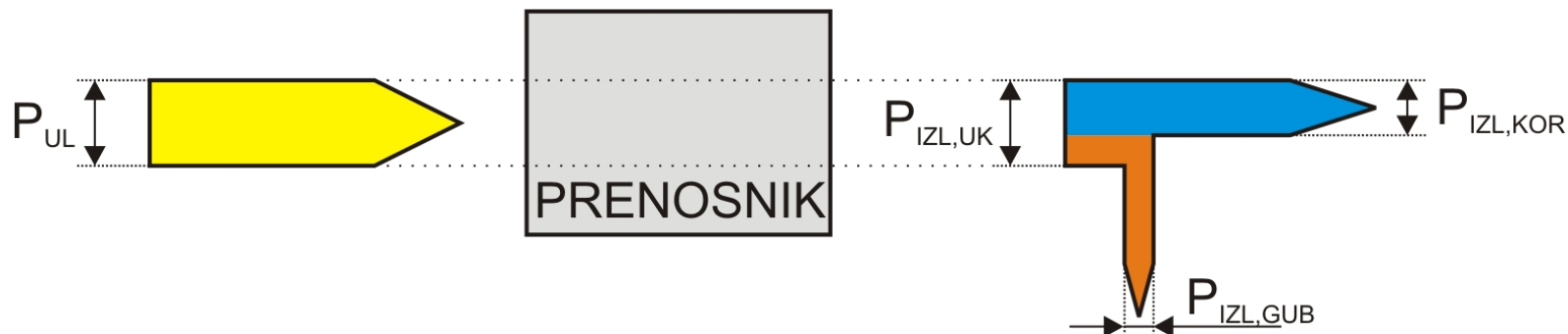


Transmisija
= sistem
mehaničkih
prenosnika

M – motor, m – menjač, GP – glavni prenosnik, KP – kardanski prenosnik,
R – razvodnik snage

Stepen korisnosti transmisije

Gubici snage u transmisiji: opšti oblik bilansa snage mehaničkih prenosnika



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

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

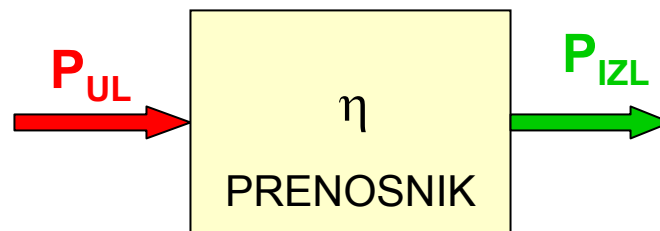
OZNAČAVANJE: $P_{IZL,KOR} \rightarrow P_{IZL}$

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

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

Stepen korisnosti transmisije

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

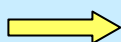


$$P_{IZL} = P_{UL} - P_{GUB}$$

Primer:

$$\eta = 0.95$$

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



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

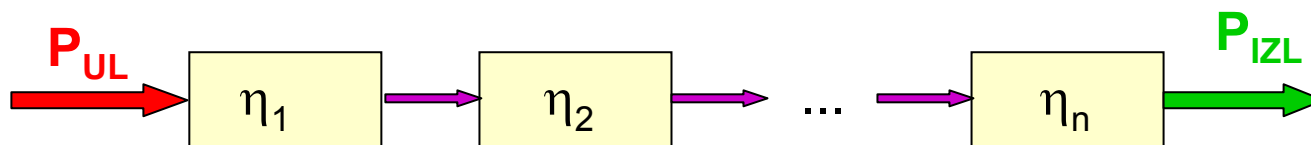
$$P_{GUB} = 5 \text{ kW}$$

P_{GUB}

Otpori kulonovog trenja, viskozni otpori

Zupčanici, ležajevi, zaptivni pstenovi...

Stepen korisnosti sistema sačinjenog od više komponentata:

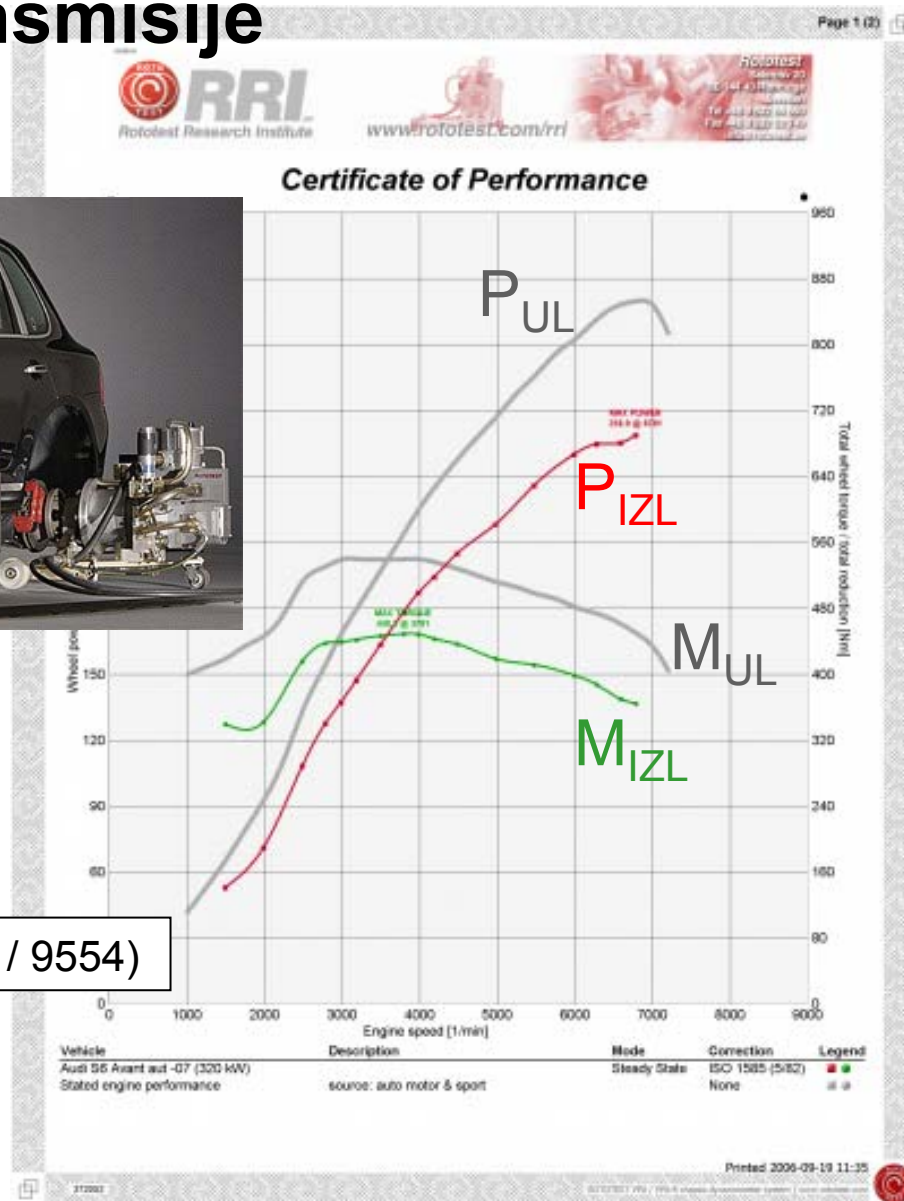


Ukupni stepen korisnosti transmisije

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

Stepen korisnosti transmisije

IZVOR: WWW.RRI.SE



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

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

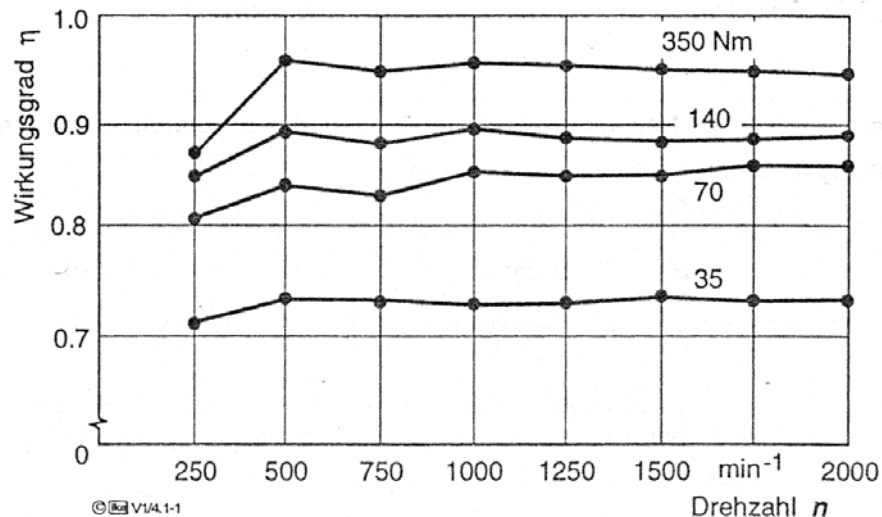
$$M_{IZL} = M_{UL} - M_{GUB}$$

Stepen korisnosti transmisije

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 transmisije

PRIMERI

IZVOR: 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 η_{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.)

Stepen korisnosti transmisije

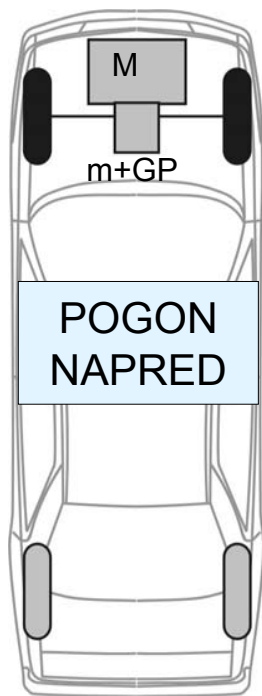
Stepeni korisnosti pojedinih komponenata transmisije

- 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 transmisije:

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

Stepen korisnosti transmisije



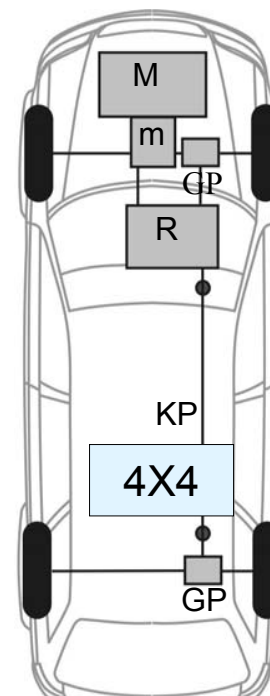
$$\underline{1.} \eta_{TR} = \eta_m \eta_{GP}$$

$\sim 0,93$



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

$\sim 0,9$



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

$\sim 0,87$

Vrste pogonskih sistema

Motor SUS + menjački prenosnik

Elektromotor (eventualno sa menjačkim prenosnikom)

Hibridni pogon: Motor SUS + elektromotor ili KERS (hidraulika, zamajac...)

Itd.

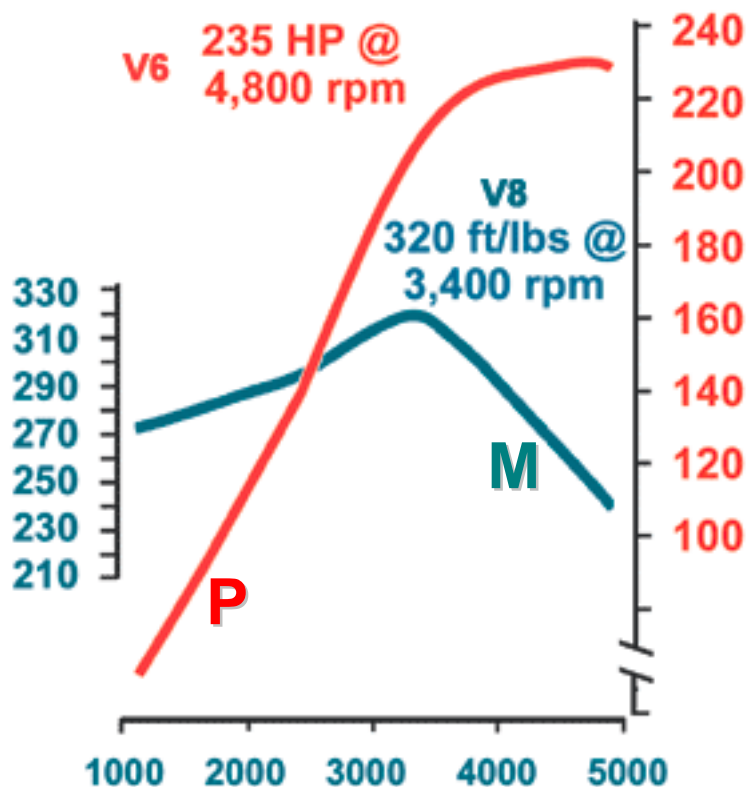
Neke od značajnih karakteristika:

- **Snaga i obrtni moment: maksimalne vrednosti i brzinska karakteristika**
- Potreba za transmisijom
- Dimenzije, masa
- Energetska efikasnost (~potrošnja goriva) i emisija
- Način skladištenja pogonske energije i vreme punjenja
- Karakteristike i raspoloživost pogonskog goriva, način dobijanja i skladištenja
- Gustina energije i snage
- Autonomija vožnje
- Pouzdanost, vek trajanja, pogodnost za održavanje
- Udobnost, buka, vibracije
- Itd.

**Predlog
teme za
BSc**

Brzinska karakteristika motora

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



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

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

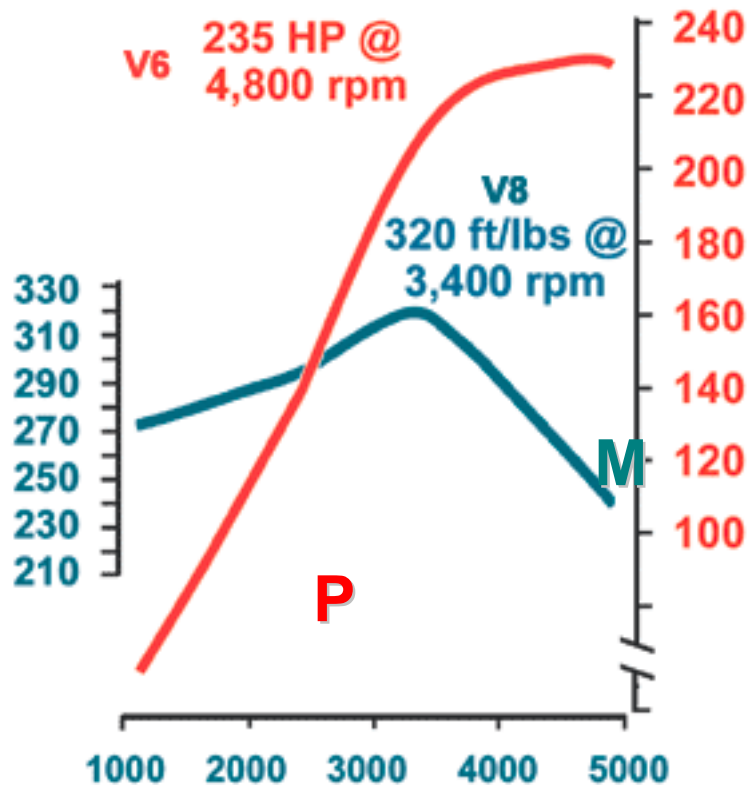
$$P = M \cdot n / 9554 \quad (\text{kW})$$

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

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

Brzinska karakteristika motora

Kako razlikovati krivu snage od krive momenta?



$$P = M \cdot \omega$$

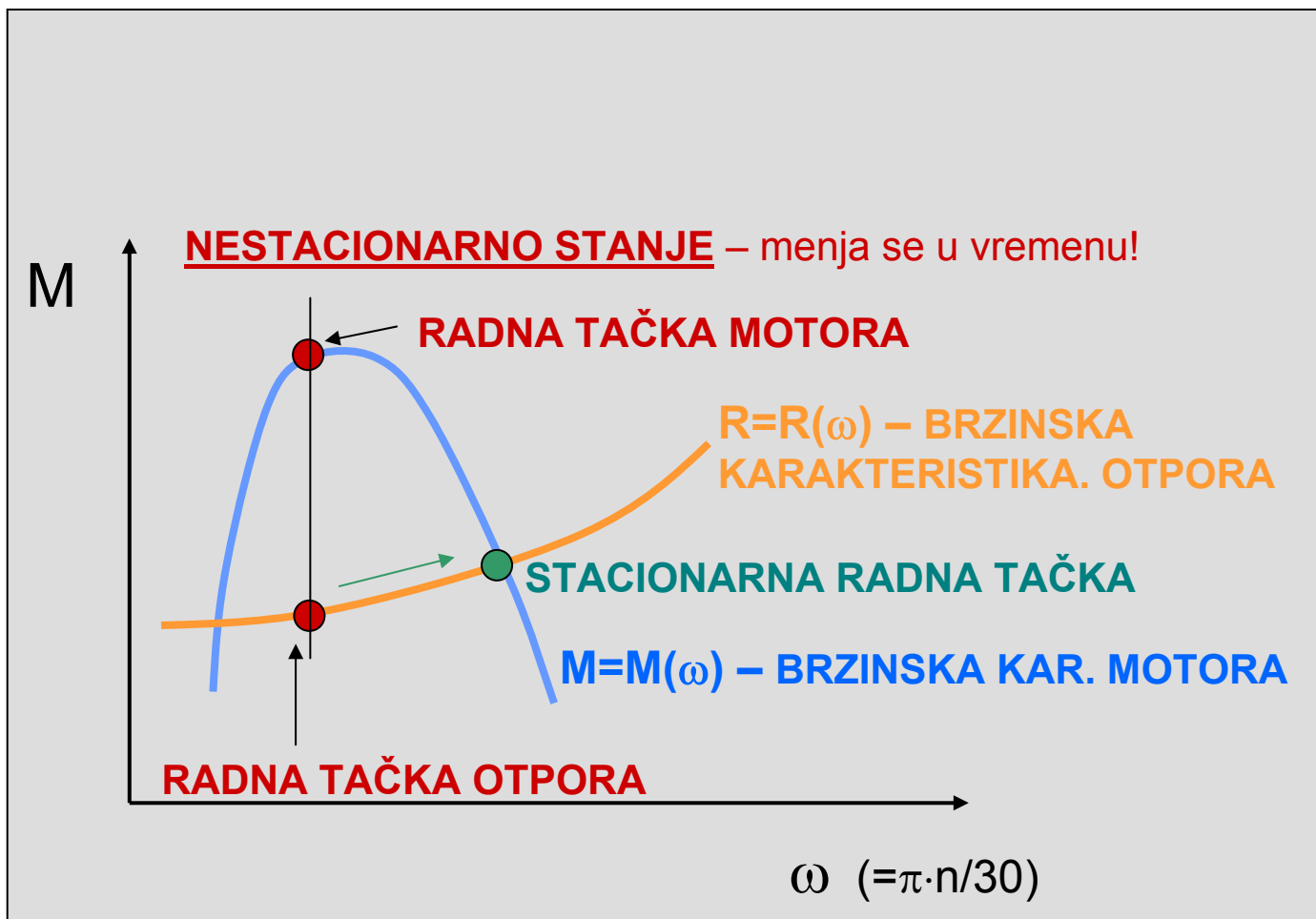
Moment mora imati maksimum na manjem broju obrtaja nego snaga!

Pošto je $P = M \cdot \omega$ moment ne može da raste nakon što je snaga dostigla svoj maksimum!

Radni režim motora – M ili P, n

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

Šta određuje snagu tj. moment i broj obrtaja motora?

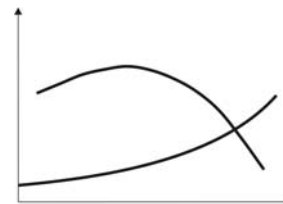


Brzinska karakteristika motora

Kako se snima brzinska karakteristika?

1. Način određivanja radne tačke motora

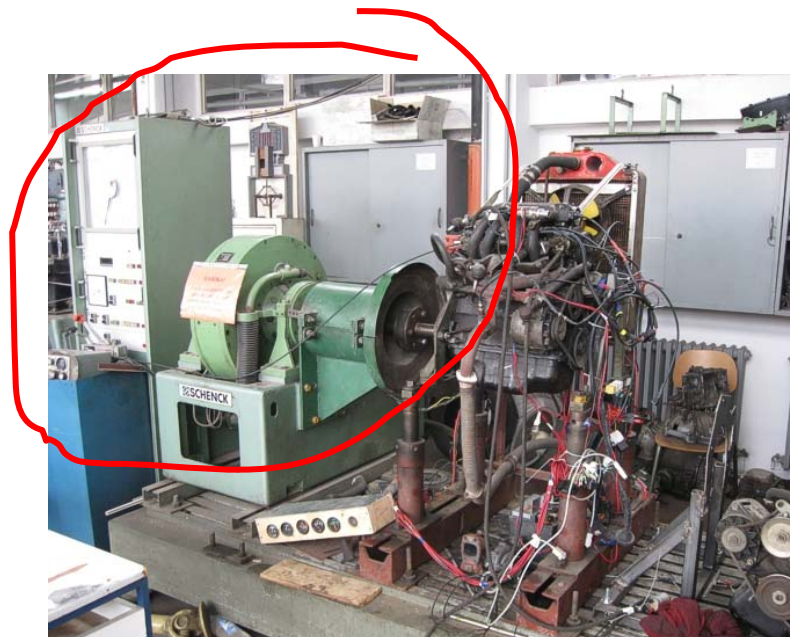
Mora se znati karakteristika potrošača!
Ne može se razmatrati odvojeno!



2. Način snimanja brzinske karakteristike

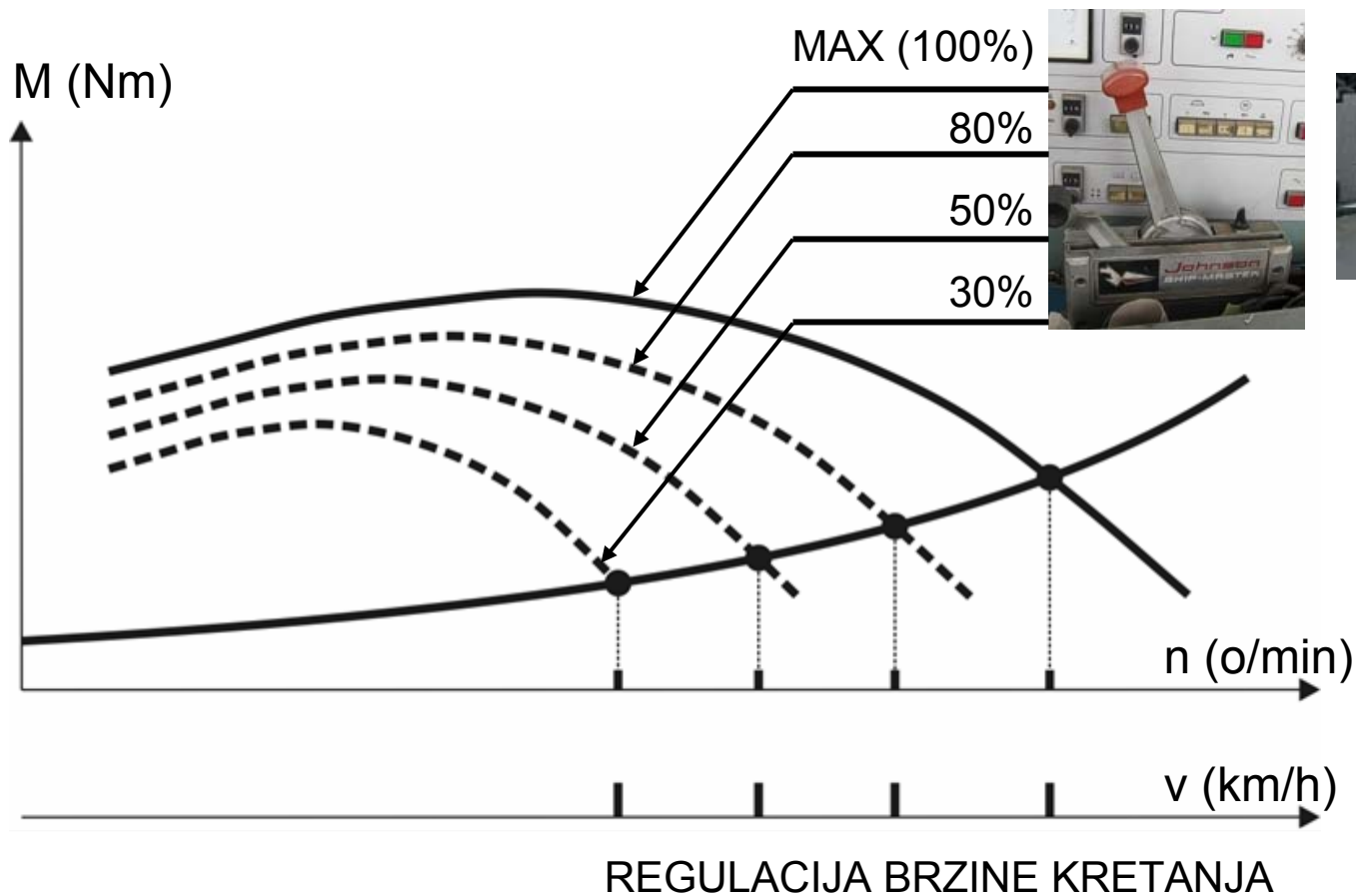


KONSTANTAN POLOŽAJ!



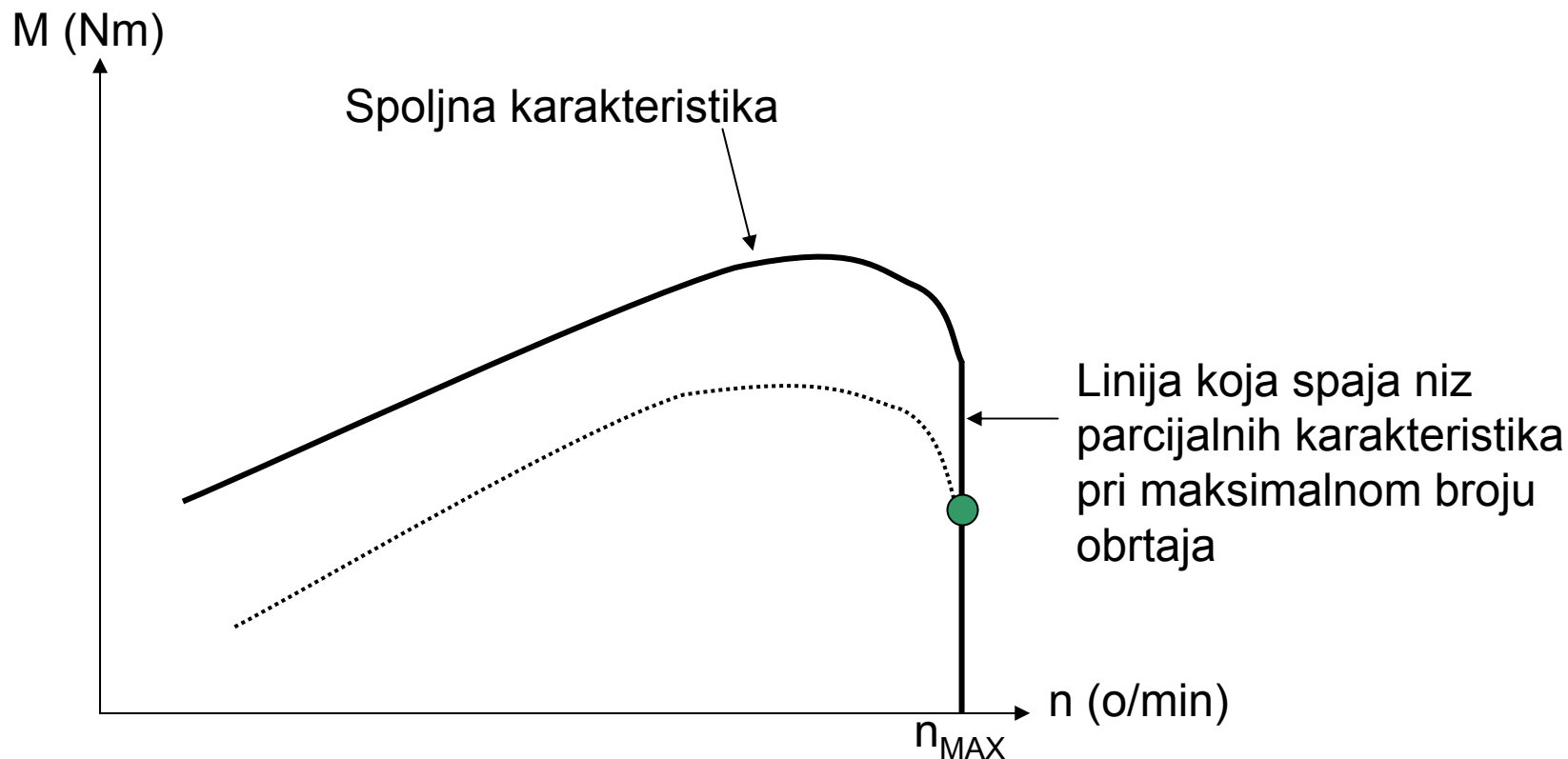
Brzinska karakteristika motora

Spoljna karakteristika i parcijalne karakteristike

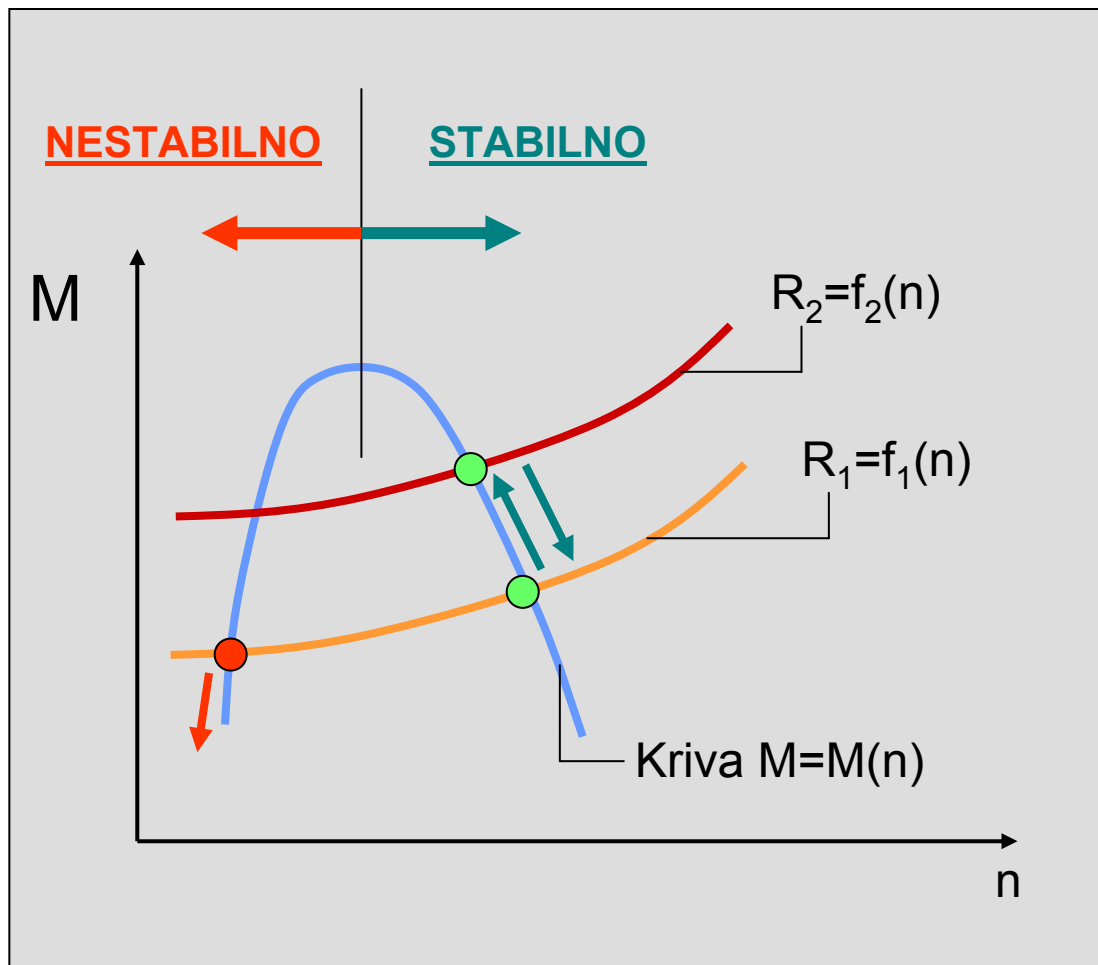


Brzinska karakteristika motora

Maksimalni broj obrtaja – delimično opterećenje



Stabilnost radnog režima



$$J_0 \cdot \frac{d\omega}{dt} = \sum M_i$$

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

MOTOR UBRZAVA

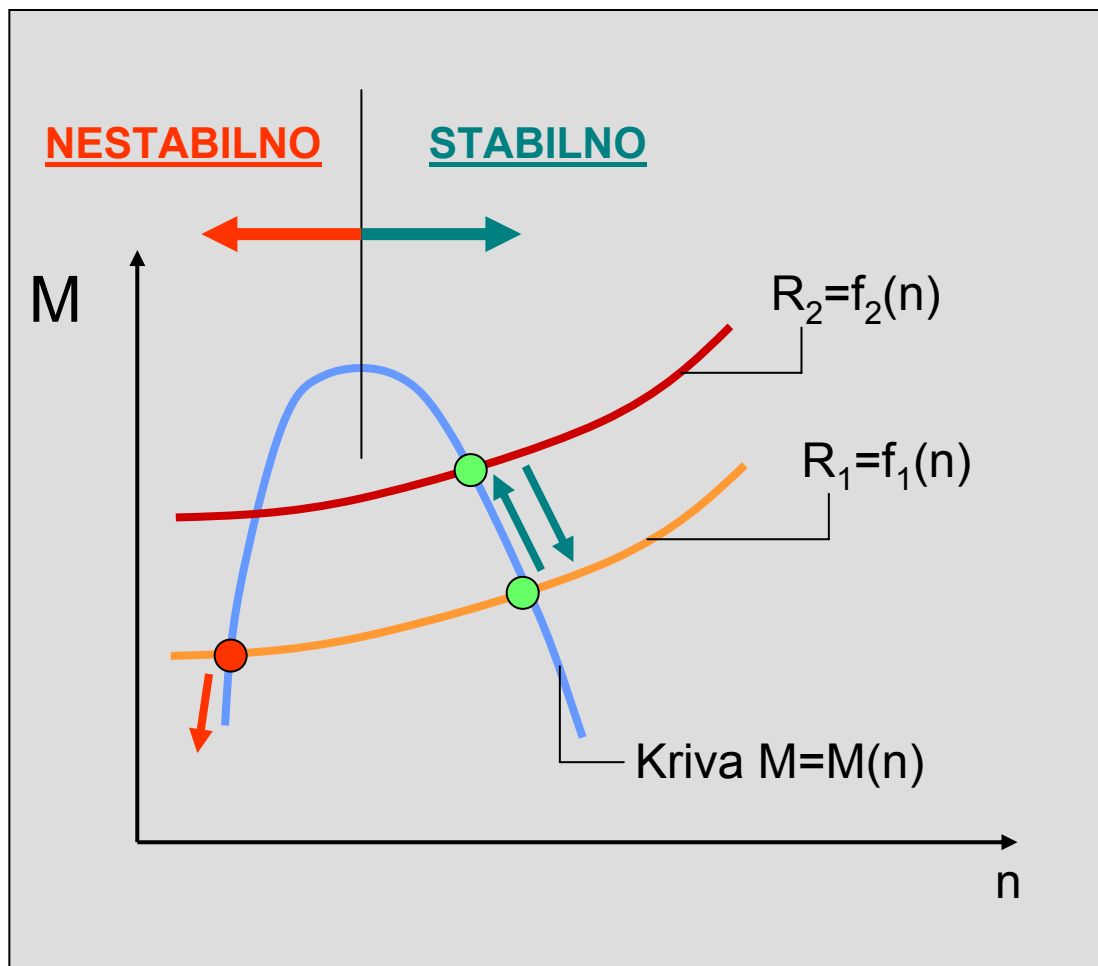
$$\sum M_i = 0 \Rightarrow \frac{d\omega}{dt} = 0$$

STACIONARNO STANJE

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

MOTOR USPORAVA

Stabilnost radnog režima



$$\frac{\Delta M}{\Delta n} < 0 \Rightarrow \text{STABILAN REŽIM}$$

Koeficijent stabilnosti:

$$\left| \frac{\Delta M}{\Delta n} \right|$$

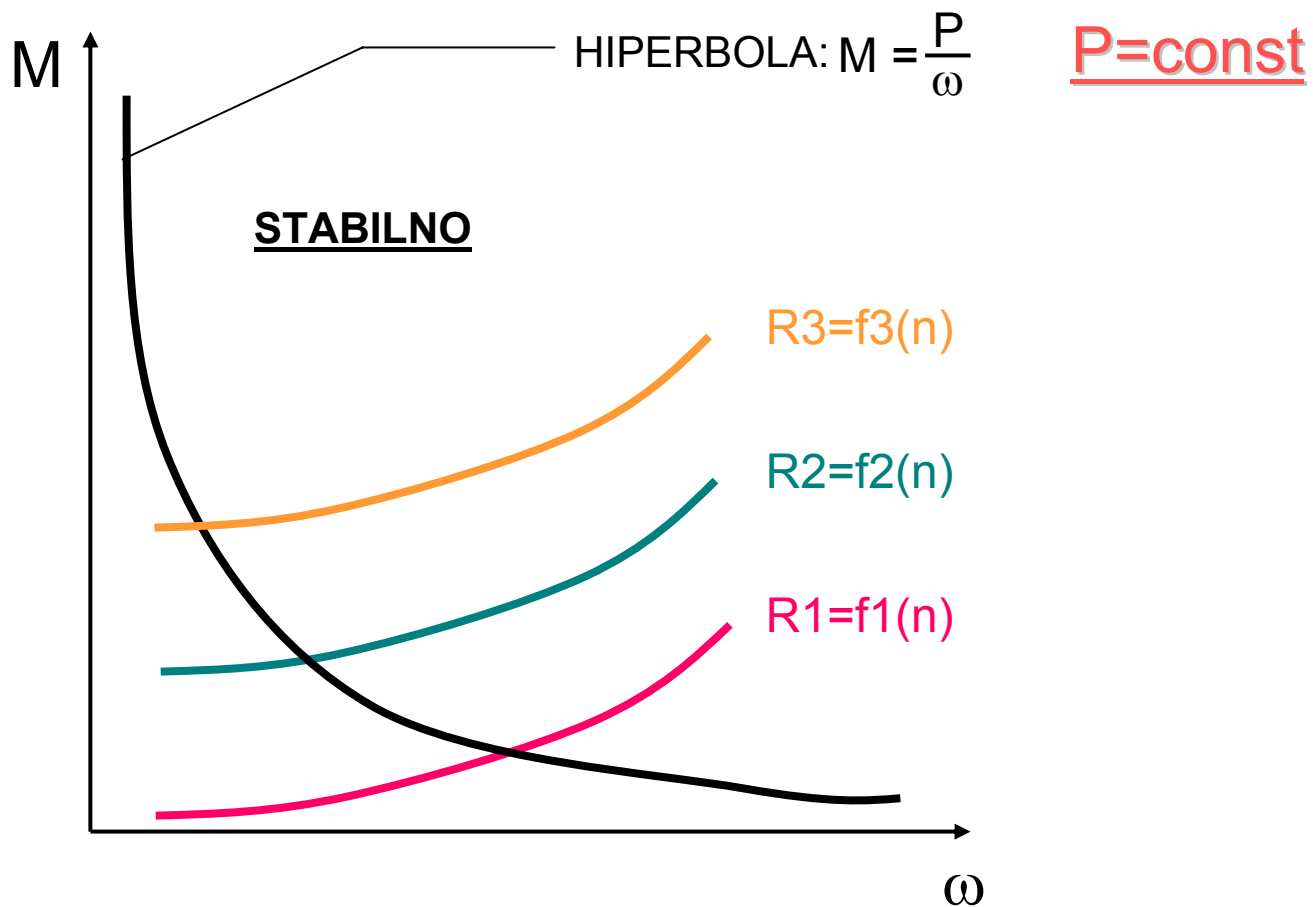
“Strmija” kriva

\Rightarrow

VEĆA STABILNOST

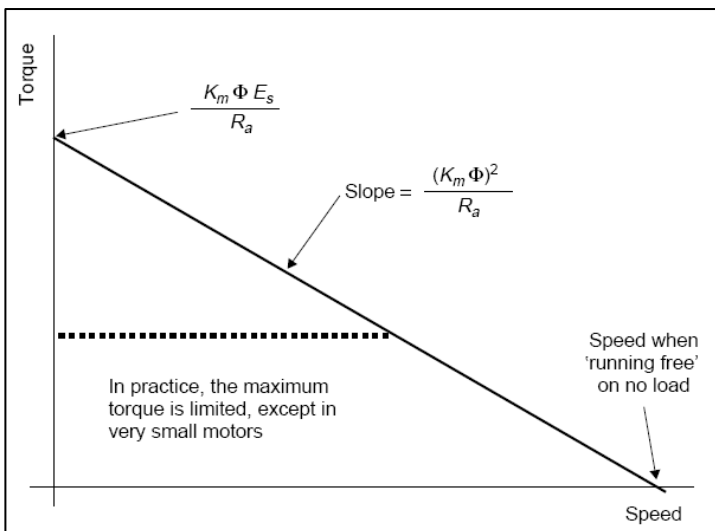
Misli se na stabilnost broja obrtaja \rightarrow tj. u kojoj meri se menja broj obrtaja pri promeni spoljnog opterećenja!

Idealna pogonska karakteristika - hiperbola



Brzinske karakteristike elektromotora

Jednosmerni motor

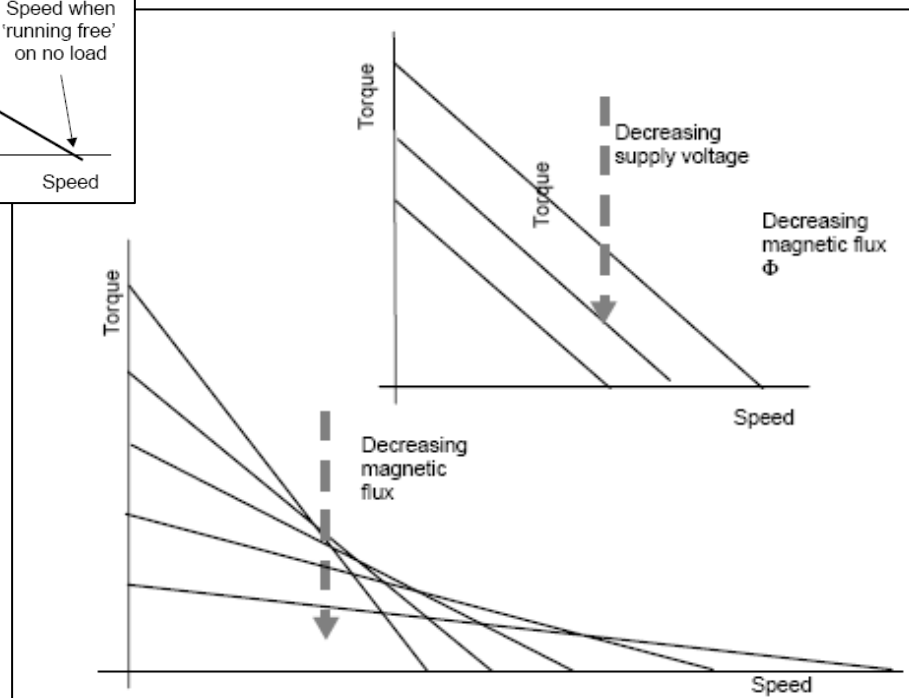


INFORMATIVNO

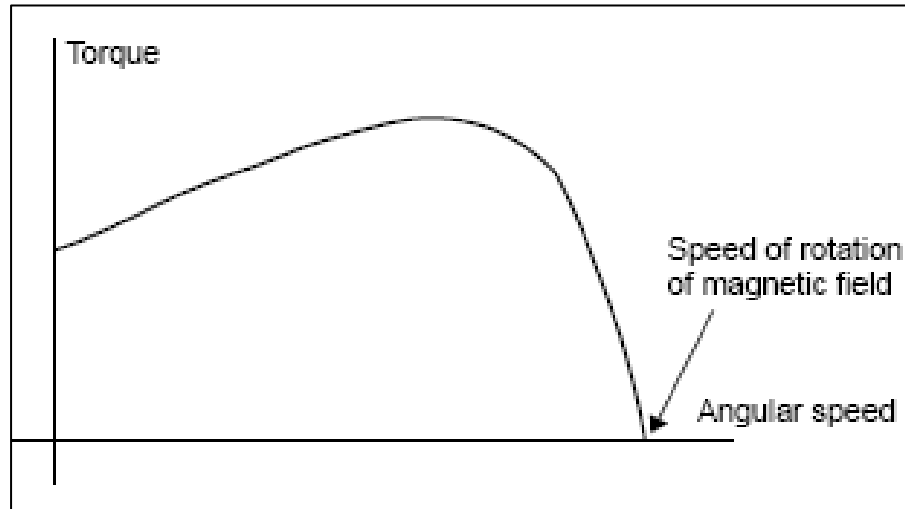
Izvor: *J. Larminie*

BLDC motori → slična karakteristika

(DC napajanje, elektronska regulacija promenljive frekvencije, AC princip)



Brzinske karakteristike elektromotora



INFORMATIVNO

Indukcioni motor

Zahteva AC napajanje (baterija → inverter)

Izvor: *J. Larminie*

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



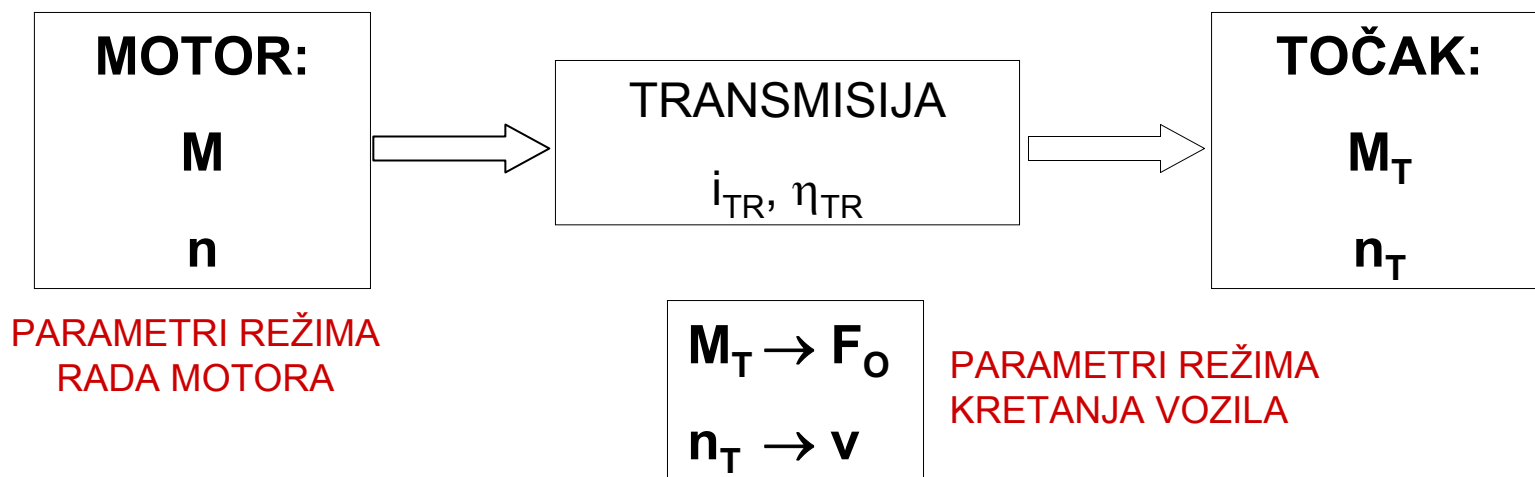
TRANSFORMACIJA PARAMETARA, UZ GUBITKE

Svrha: prilagođavanje parametara motora uslovima kretanja

Prenos snage na pogonske točkove

ZA ZADATI REŽIM MOTORA (M, n)

TREBA ODREDITI F_o I v



Zavisnost (M, n)

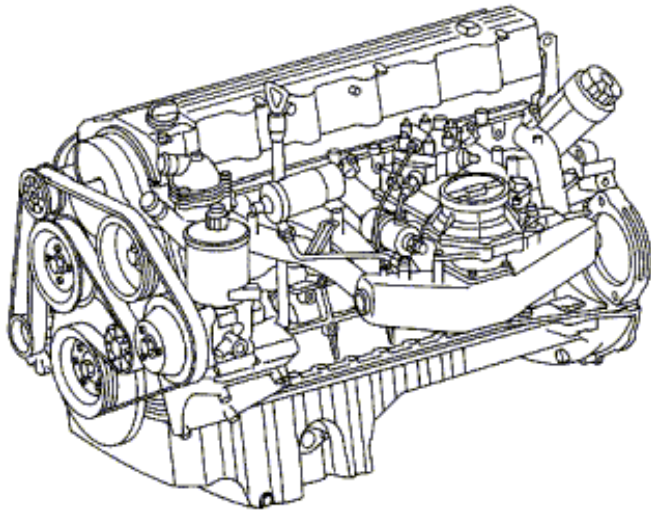
= Brzinska karakteristika motora

Zavisnost (F_o, v)

= Vučno-brzinska karakteristika vozila

Prenos snage na pogonske točkove

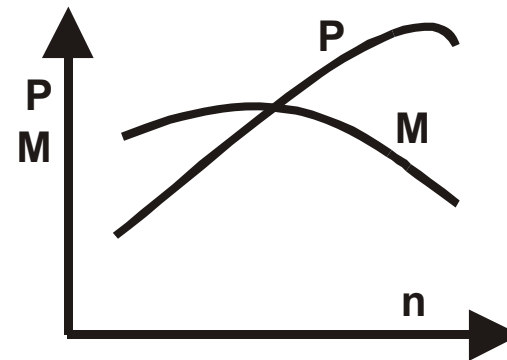
1. Parametri snage pogonskog motora - ULAZ



POGONSKI MOTOR

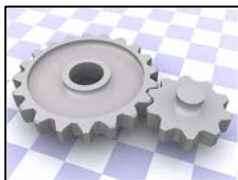
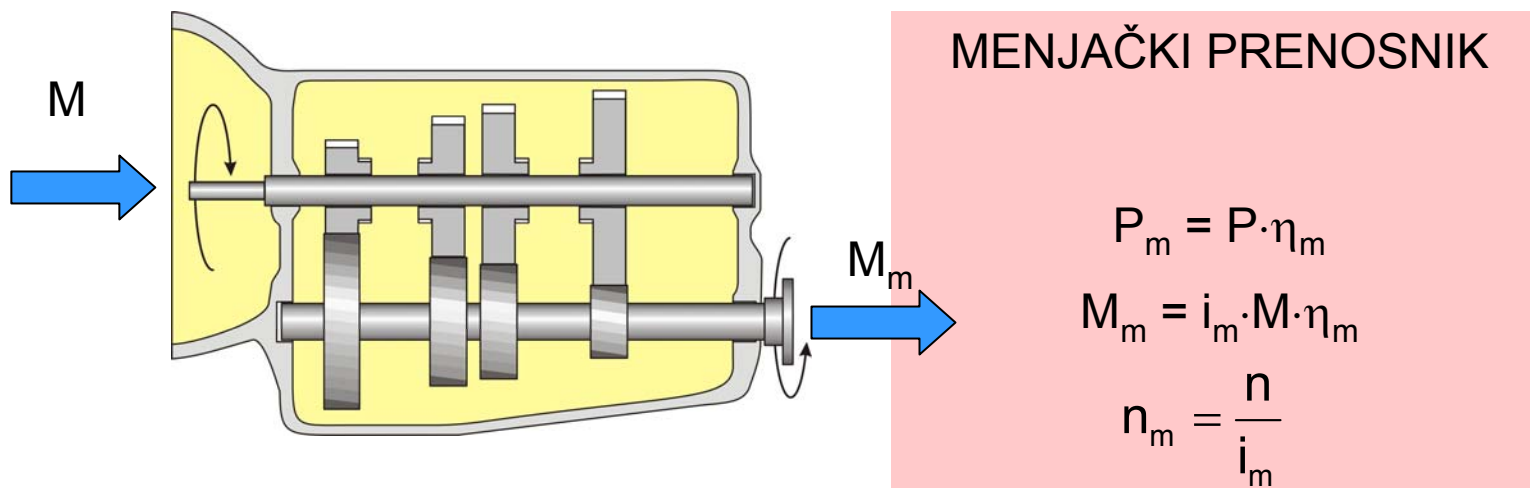
P

M, n



Prenos snage na pogonske točkove

2. Transformacija parametara snage u menjaču



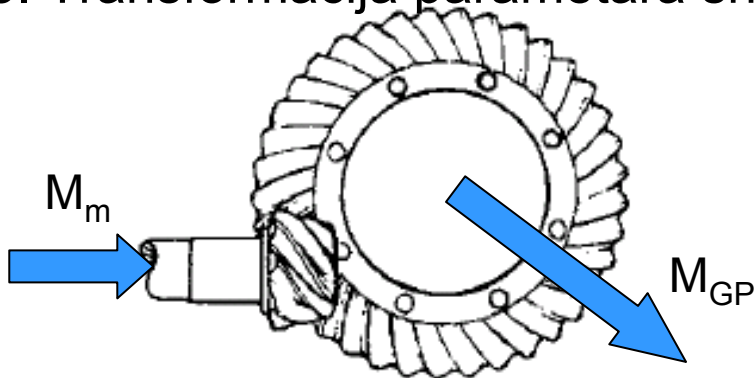
$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

→ PRENOSNI ODNOS

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

Prenos snage na pogonske točkove

3. Transformacija parametara snage u glavnom prenosniku



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

→ **UKUPNI PRENOSNI
ODNOS TRANSMISIJE**
(za posmatrani slučaj)

GLAVNI PRENOSNIK

$$P_{GP} = P_m \cdot \eta_{GP}$$

$$M_{GP} = i_{GP} \cdot M_m \cdot \eta_{GP}$$

$$n_{GP} = \frac{n_m}{i_{GP}}$$

$$M_{GP} = i_{GP} \cdot i_m \cdot M \cdot \eta_{TR}$$

$$M_{GP} = i_{TR} \cdot M \cdot \eta_{TR}$$

$$n_{GP} = \frac{n}{i_{TR}}$$

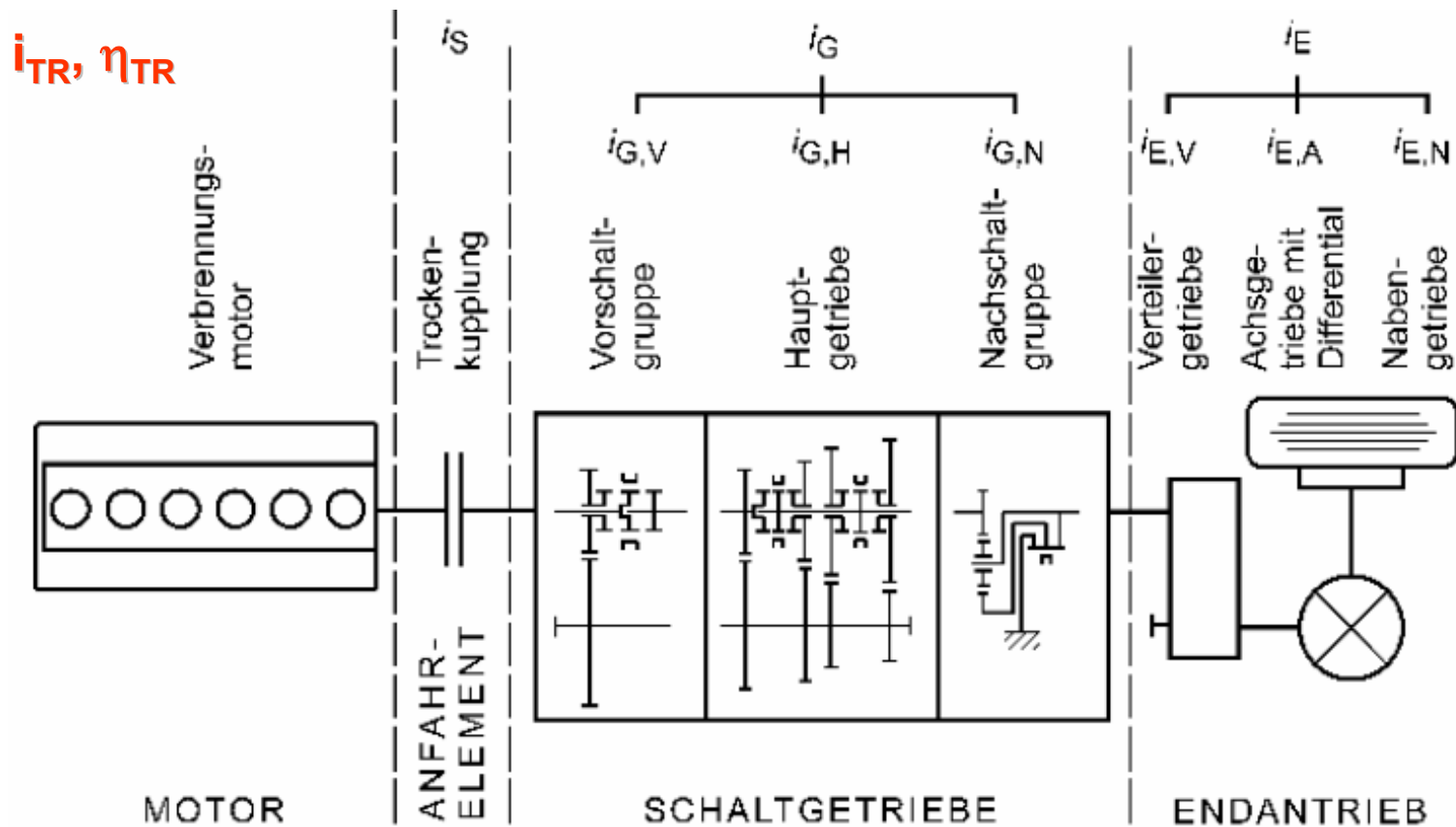
Veći broj stepeni transformacije parametara snage i izvora gubitaka postoji kod:

- Kamiona, autobusa, traktora: dva ili tri menjačka prenosnika, bočni reduktor
- Vozila sa pogonom na više osovina: razvodnik snage
- Vozila sa hidrodinamičkim menjačem

$$i_{TR} = i_{m1} \cdot i_{m2} \cdot i_{m3} \cdot i_R \cdot i_{BR} \cdot i_{GP}$$

Prenos snage na pogonske točkove

Podsetnik: opšta koncepcija transmisije



Izvor: *Fahrzeuggetriebe*

Prenos snage na pogonske točkove

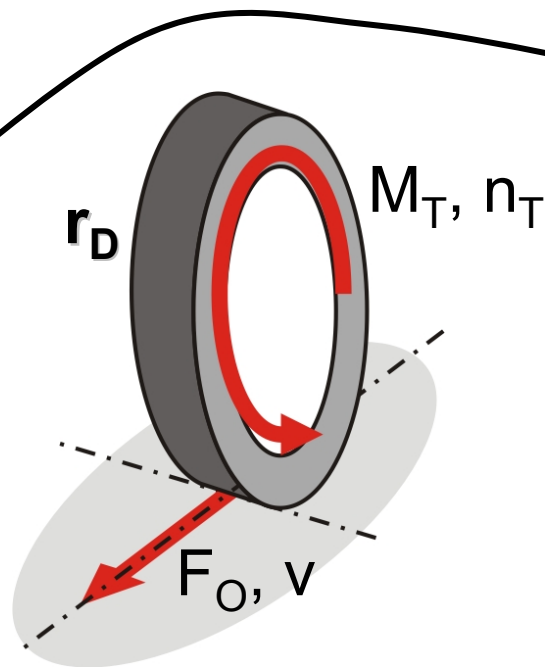
4. Transformacija momenta i broja obrtaja u vučnu silu i brzinu

Bez bočnog red.:

$$P_T = P_{GP}$$

$$M_T = M_{GP}$$

$$n_T = n_{GP}$$



TOČAK

$$P_T = \eta_{TR} \cdot P = M_T \cdot n_T = F_O \cdot v$$

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

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

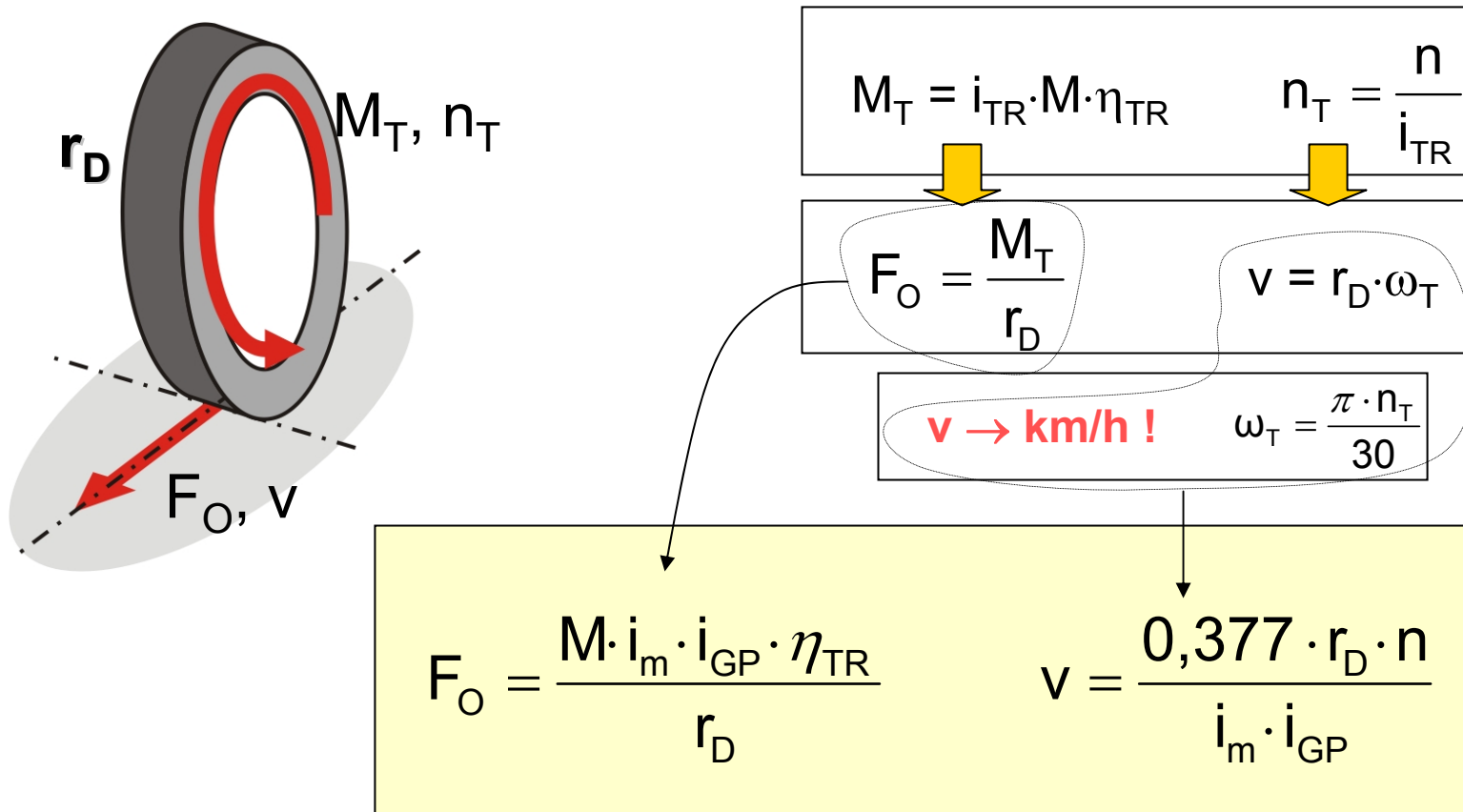
$$v = r_D \cdot \omega_T \quad F_O = \frac{M_T}{r_D}$$

PODSETNIK: Stvarna rezultanta je $R_x = F_O - F_f$!

NAPOMENA: $v = r_D \cdot \omega_T$, dakle i $M_T \cdot n_T = F_O \cdot v$, važi kada se zanemari klizanje pogonskog točka!

Prenos snage na pogonske točkove

4. Transformacija momenta i broja obrtaja u vučnu silu i brzinu



$$i_m \cdot i_{GP} = i_{TR} - \text{UKUPNI PRENOSNI ODNOS TRANSMISIJE}$$

Prenos snage na pogonske točkove

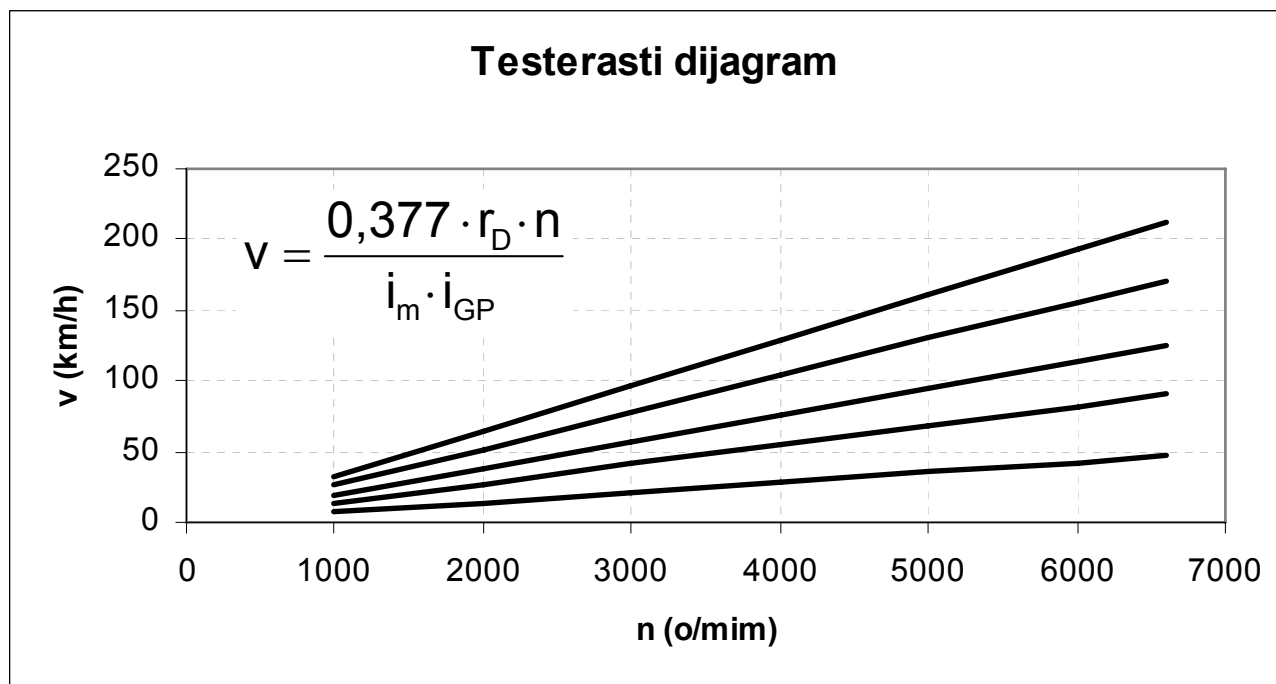
Testerasti dijagram – kinematička relacija između broja obrtaja motora i brzine kretanja vozila u pojedinim stepenima prenosa

$$v = r_D \cdot \omega_T \text{ odnosno } v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_m \cdot i_{GP}}$$

⇒ linearna relacija između n_T i v

Prenos snage na pogonske točkove

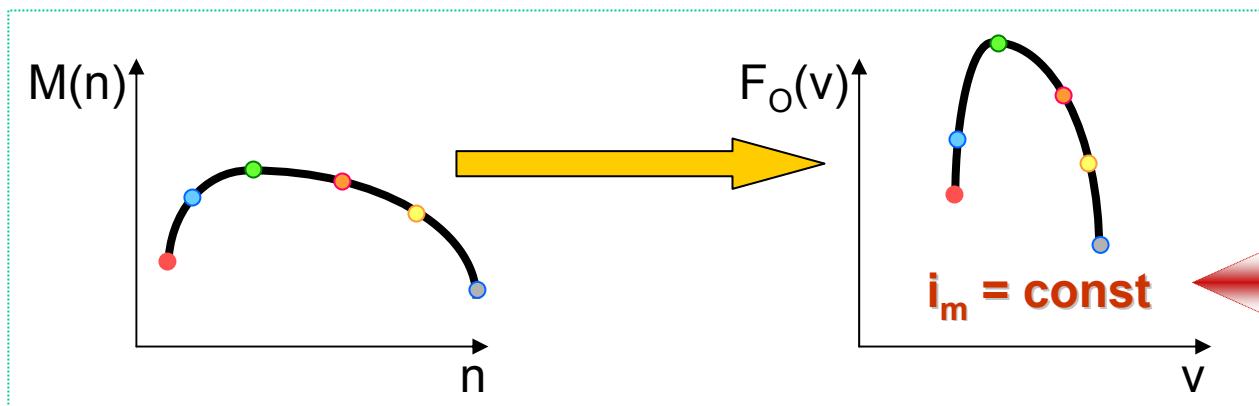
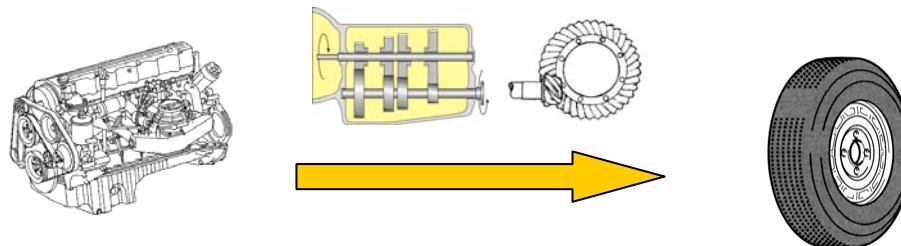
Testerasti dijagram – kinematička relacija između broja obrtaja motora i brzine kretanja vozila u pojedinim stepenima prenosa



$$v = C \cdot n$$

Viši stepeni prenosa: $i_m \searrow \Rightarrow C \nearrow$

“Preslikavanje” karakteristike sa motora na točak



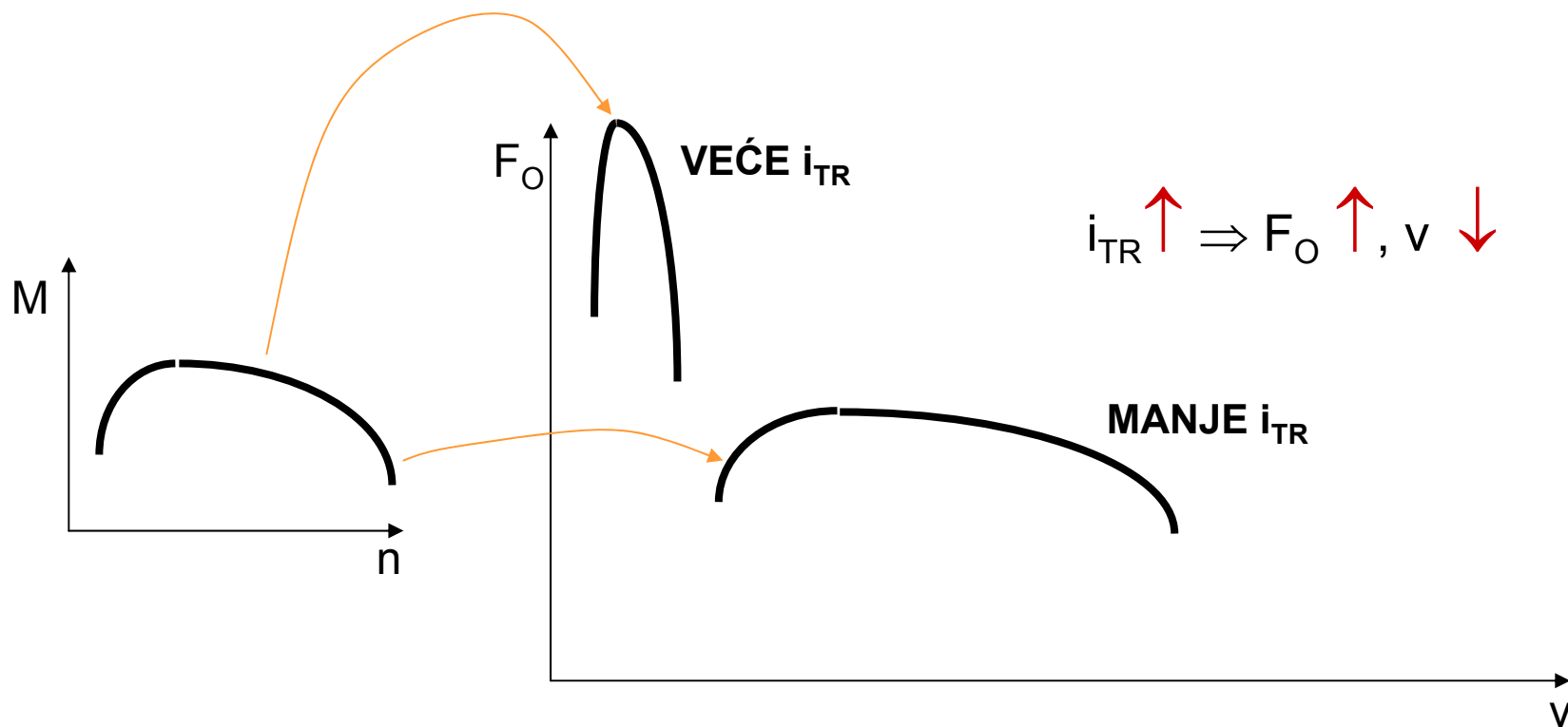
$$F_O = \frac{M \cdot i_m \cdot i_{GP} \cdot \eta_{TR}}{r_D} \quad v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_m \cdot i_{GP}}$$

$n \Rightarrow M$
\Downarrow
$v \Rightarrow F_O$

VUČNO-BRZINSKA KARAKTERISTIKA

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

“Preslikavanje” karakteristike sa motora na točak

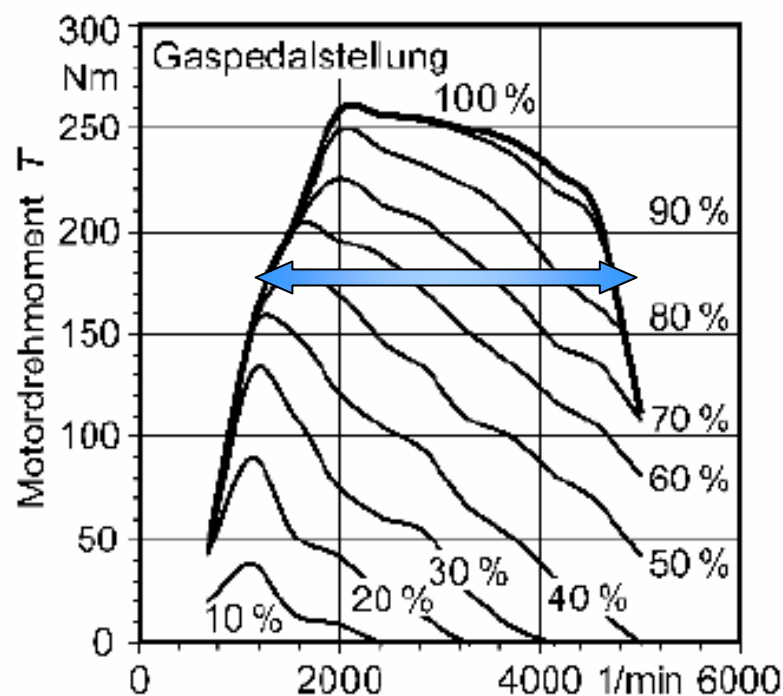
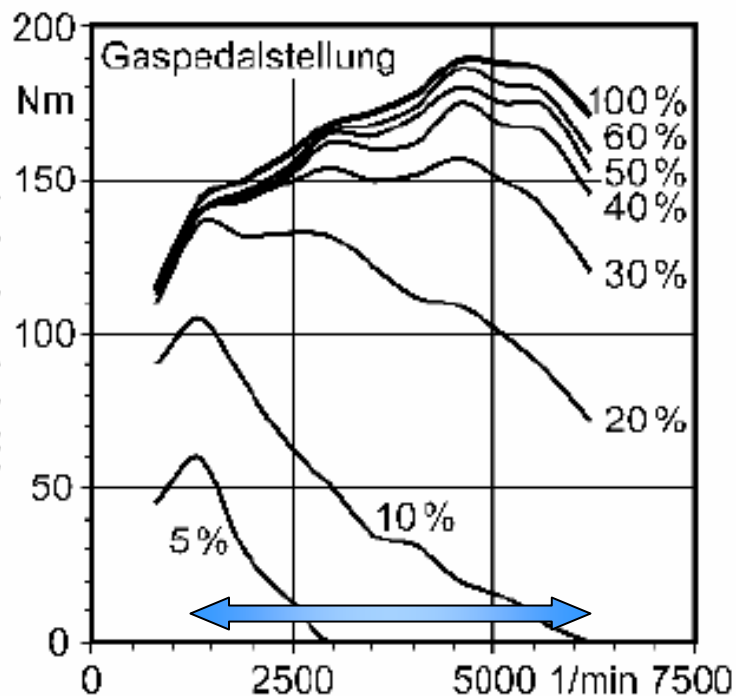


$$F_O = \frac{M \cdot i_m \cdot i_{GP} \cdot \eta_{TR}}{r_D}$$

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

Širina radnog intervala motora SUS

Izvor: *Fahrzeuggetriebe*



Širina radnog intervala motora SUS:

$n_{\text{MIN}}:n_{\text{MAX}} \cong 1:10$ – Oto motor

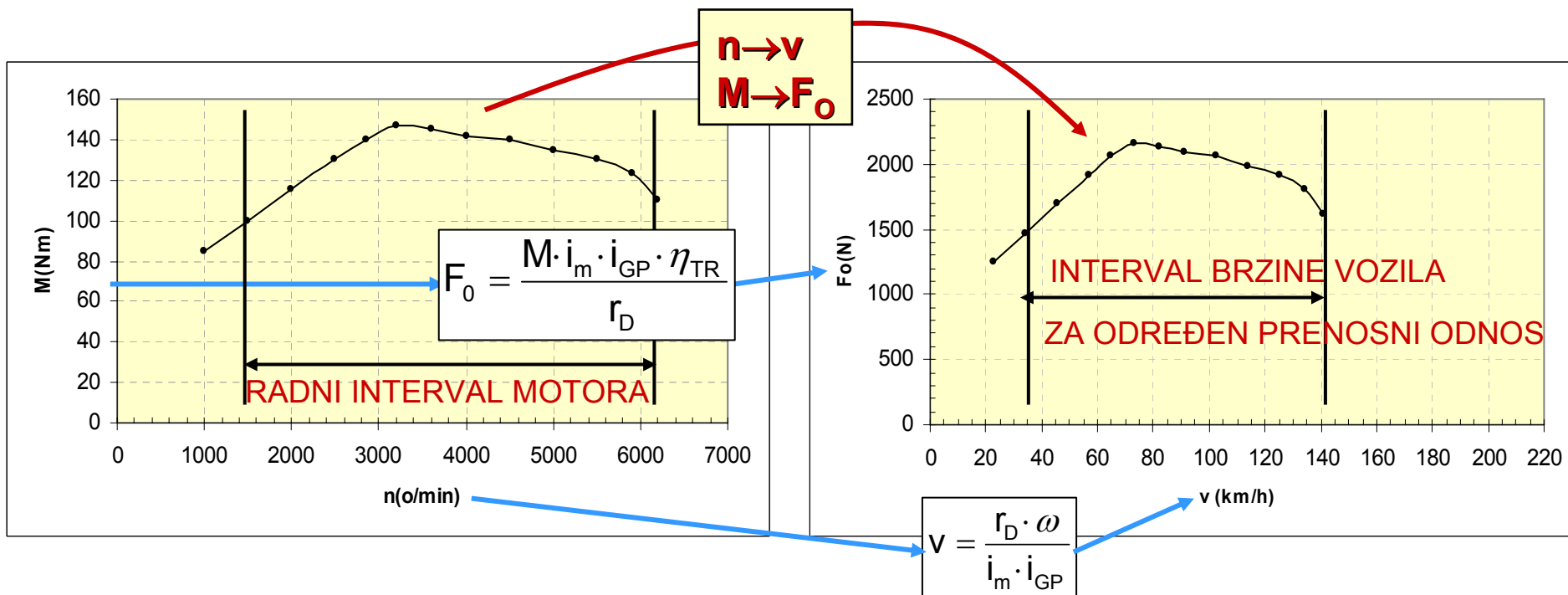
$n_{\text{MIN}}:n_{\text{MAX}} \cong 1:6$ – Dizel motor

Širina intervala brzina kretanja motornog vozila:

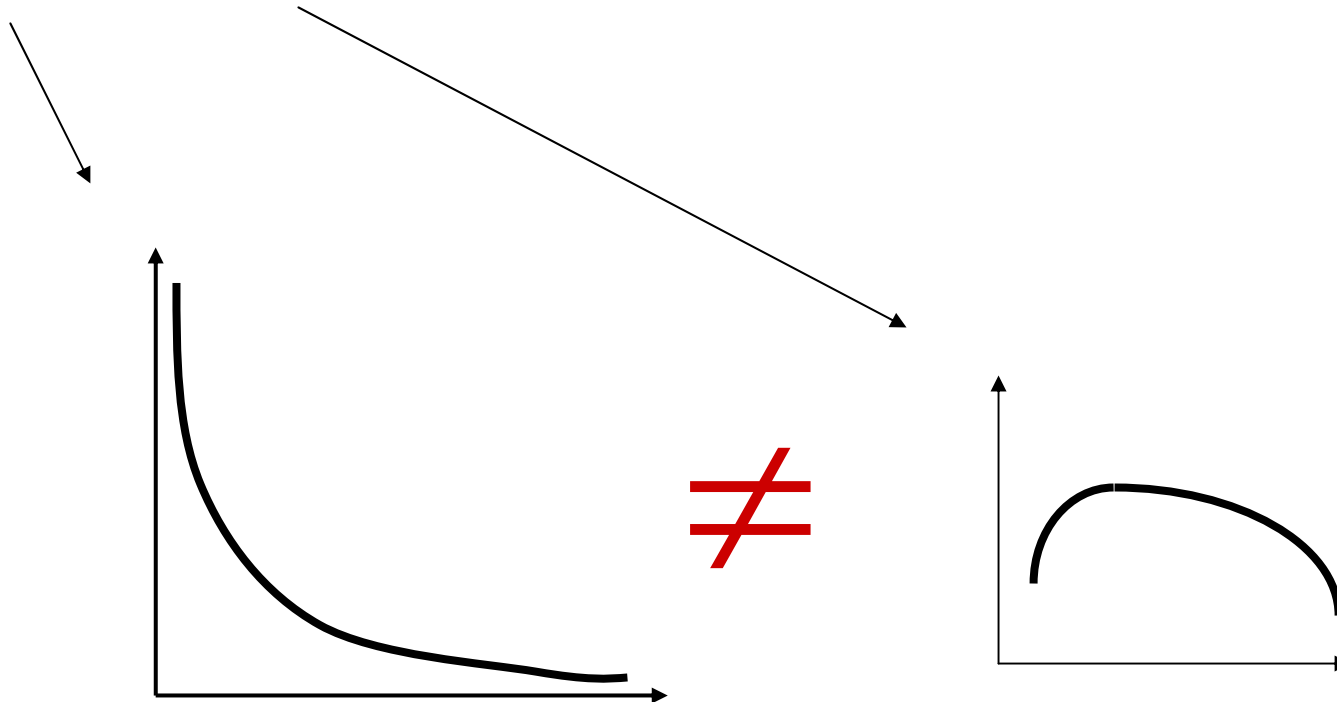
$v_{\text{MIN}}:v_{\text{MAX}} \cong 1:30$

“Preslikavanje” karakteristike sa motora na točak

Primer: $i=3,42 \cdot 1,38$; $r_D=0,285\text{m}$;



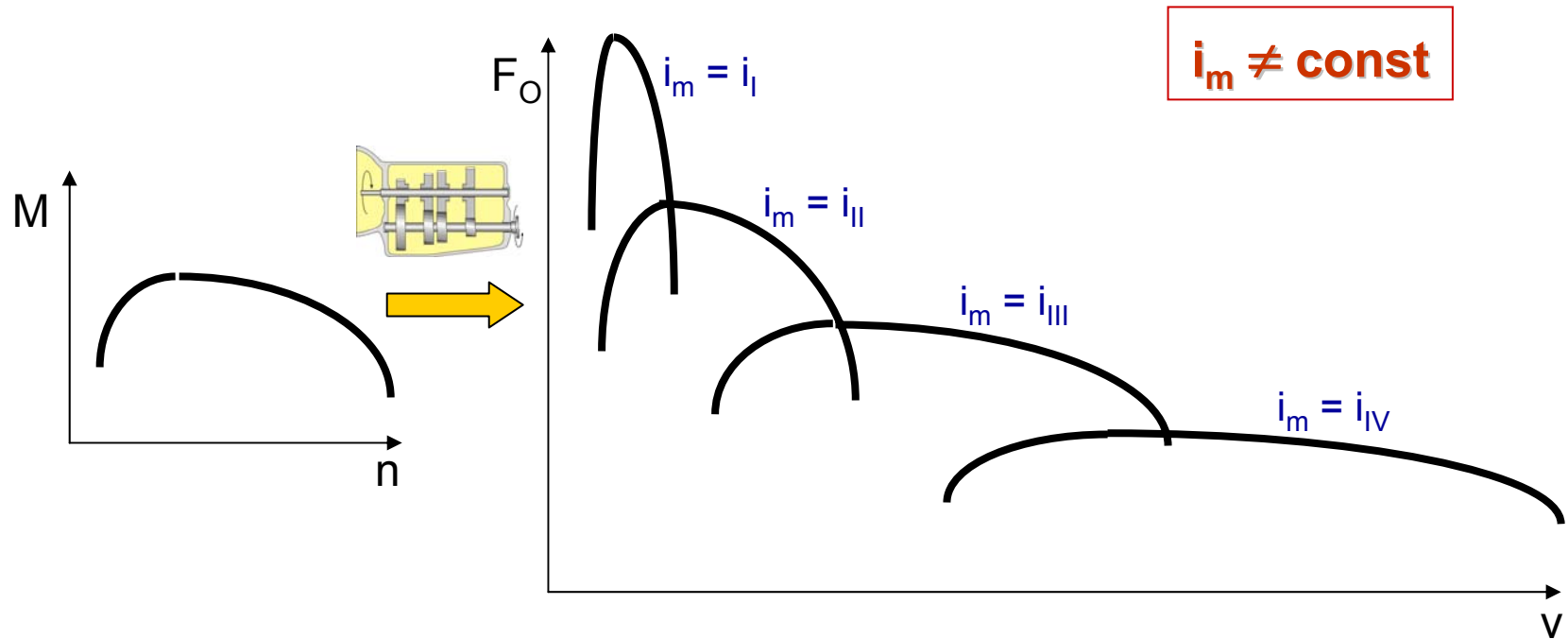
Idealna i stvarna pogonska karakteristika



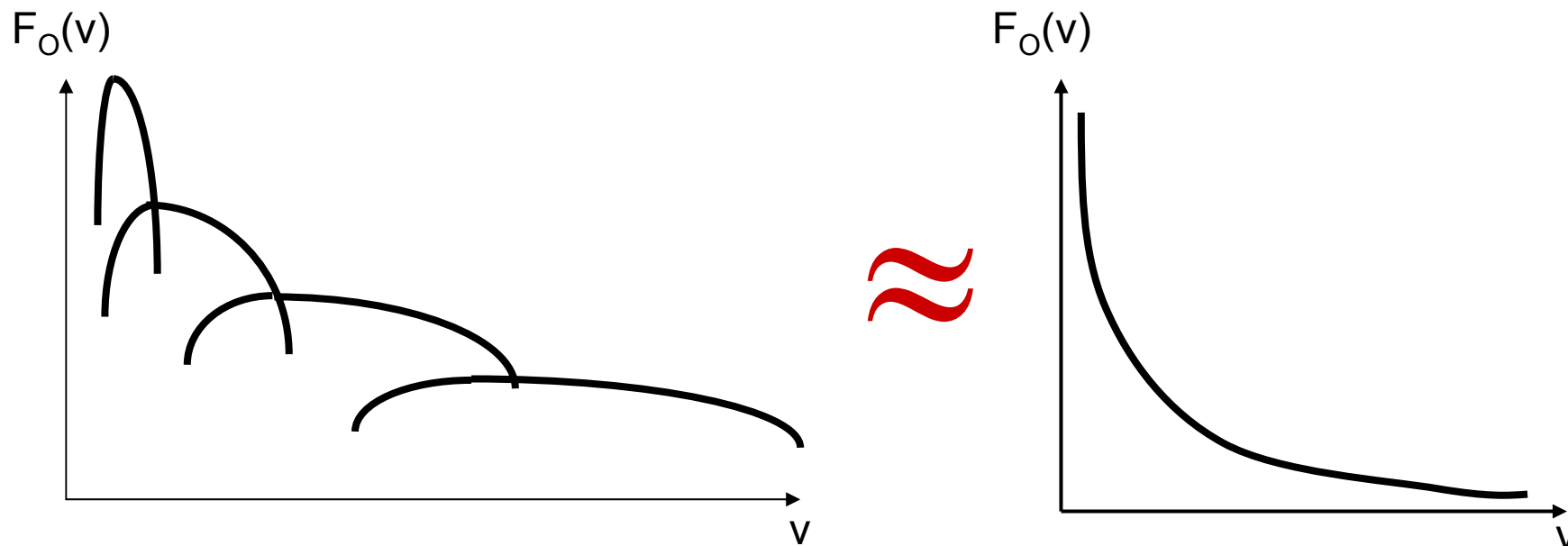
Dakle:

- 1) Nedovoljna širina radnog intervala motora SUS
 - 2) Nepovoljan oblik karakteristike
- (dve interpretacije istog problema – jedno proizilazi iz drugog)

Karakteristika zajedničkog rada motora SUS i menjačkog prenosnika



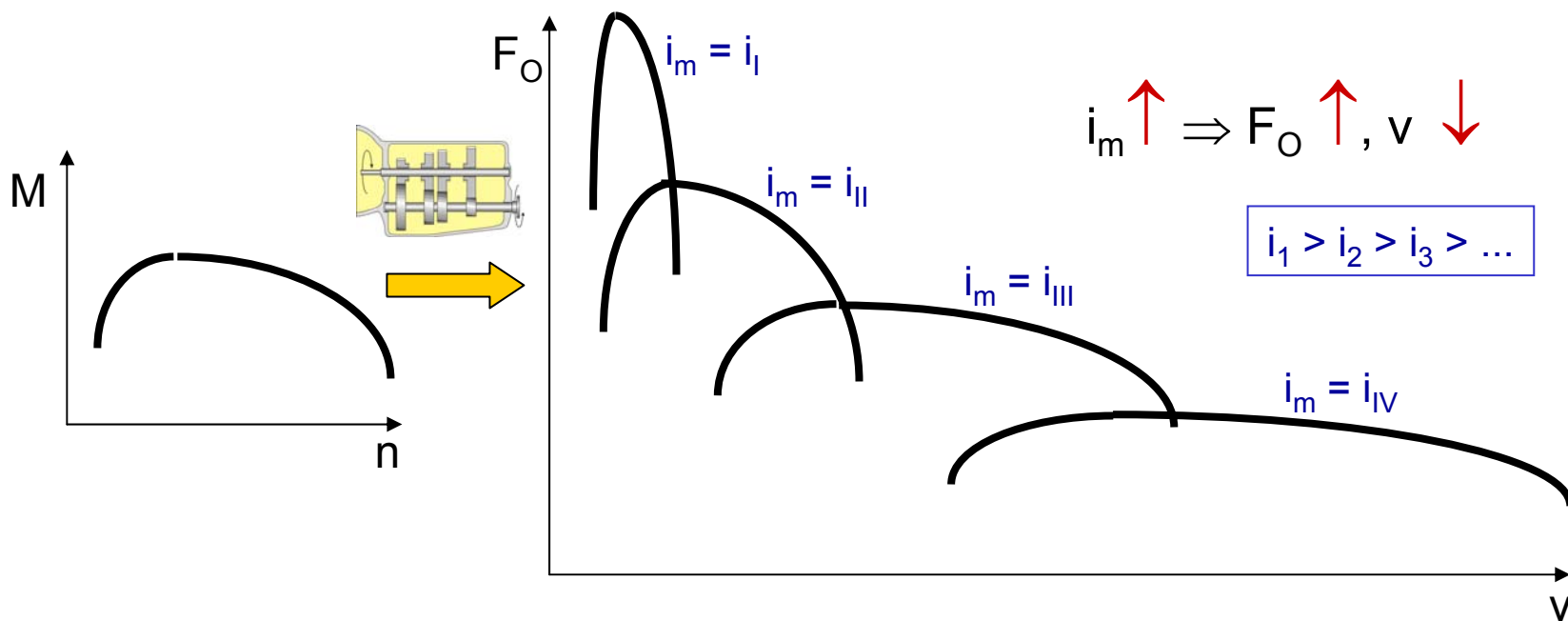
Karakteristika zajedničkog rada motora SUS i menjačkog prenosnika



Vučno-brzinska karakteristika



Raspoloživa vučna sila na točku u funkciji brzine kretanja vozila

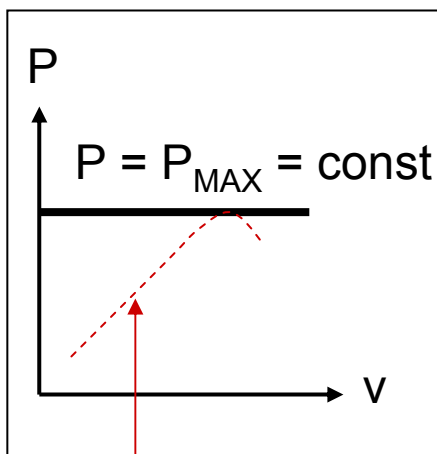
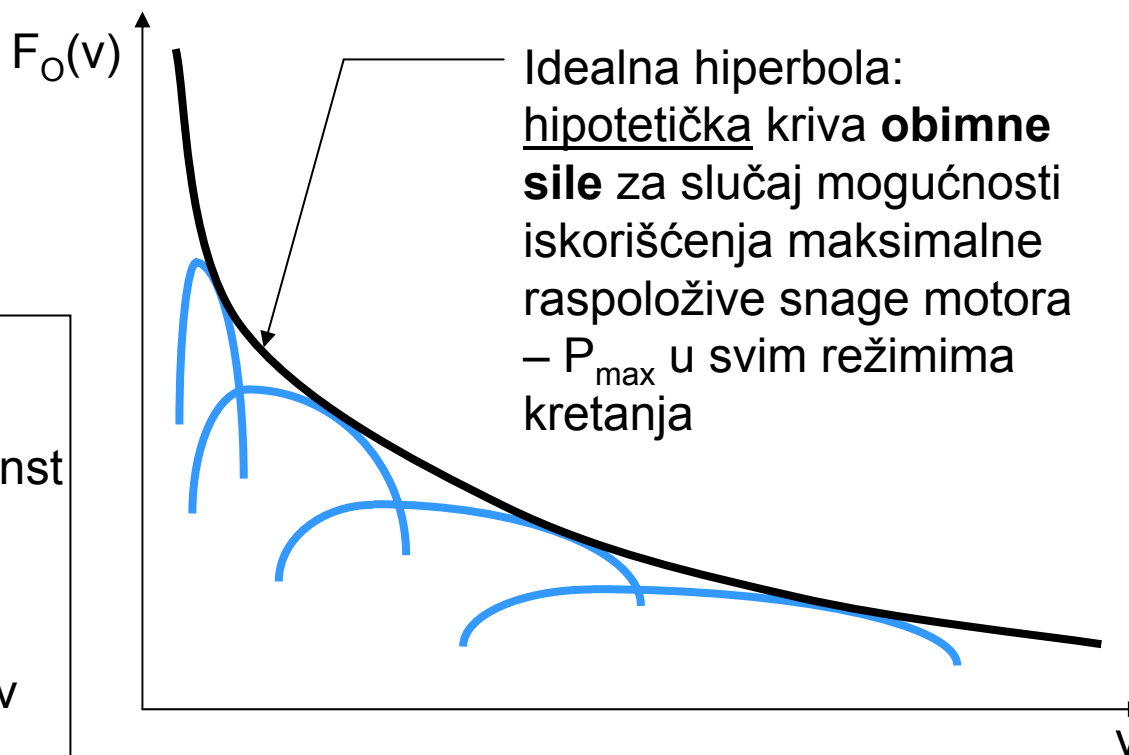


VUČNO-BRZINSKA KARAKTERISTIKA – VUČNI DIJAGRAM

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

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

Idealna hiperbola vuče



Stvarna kriva $P(v)$

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

$$P_{\text{T}} = F_{\text{O}} \cdot v$$

(W, N, m/s)

↓

$$P_{\text{T}} = \frac{F_{\text{O}} \cdot v}{3600}$$

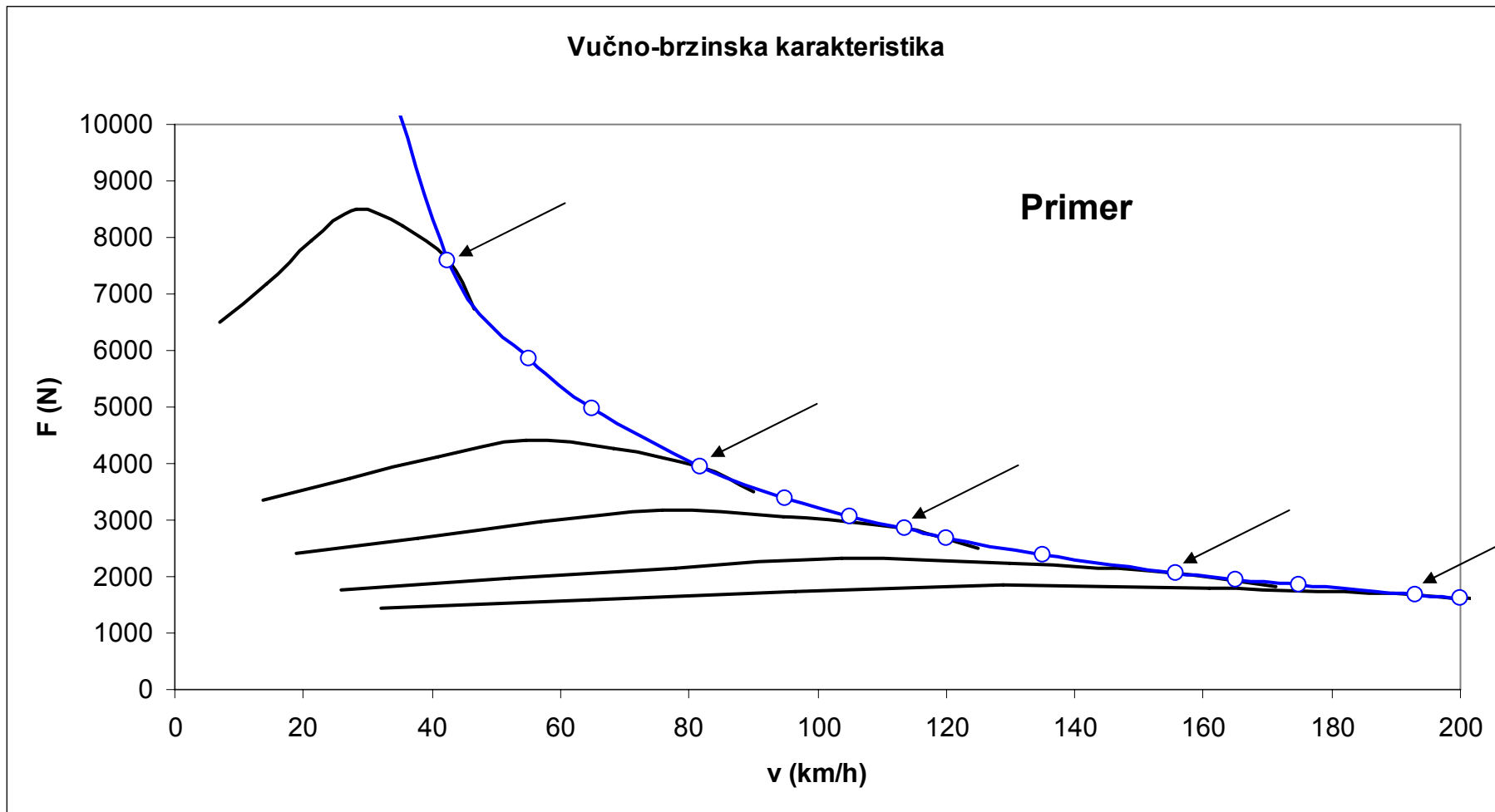
(kW, N, km/h)

↓

$$F_{\text{O}} = \frac{3600 \cdot P_{\text{T}}}{v}$$

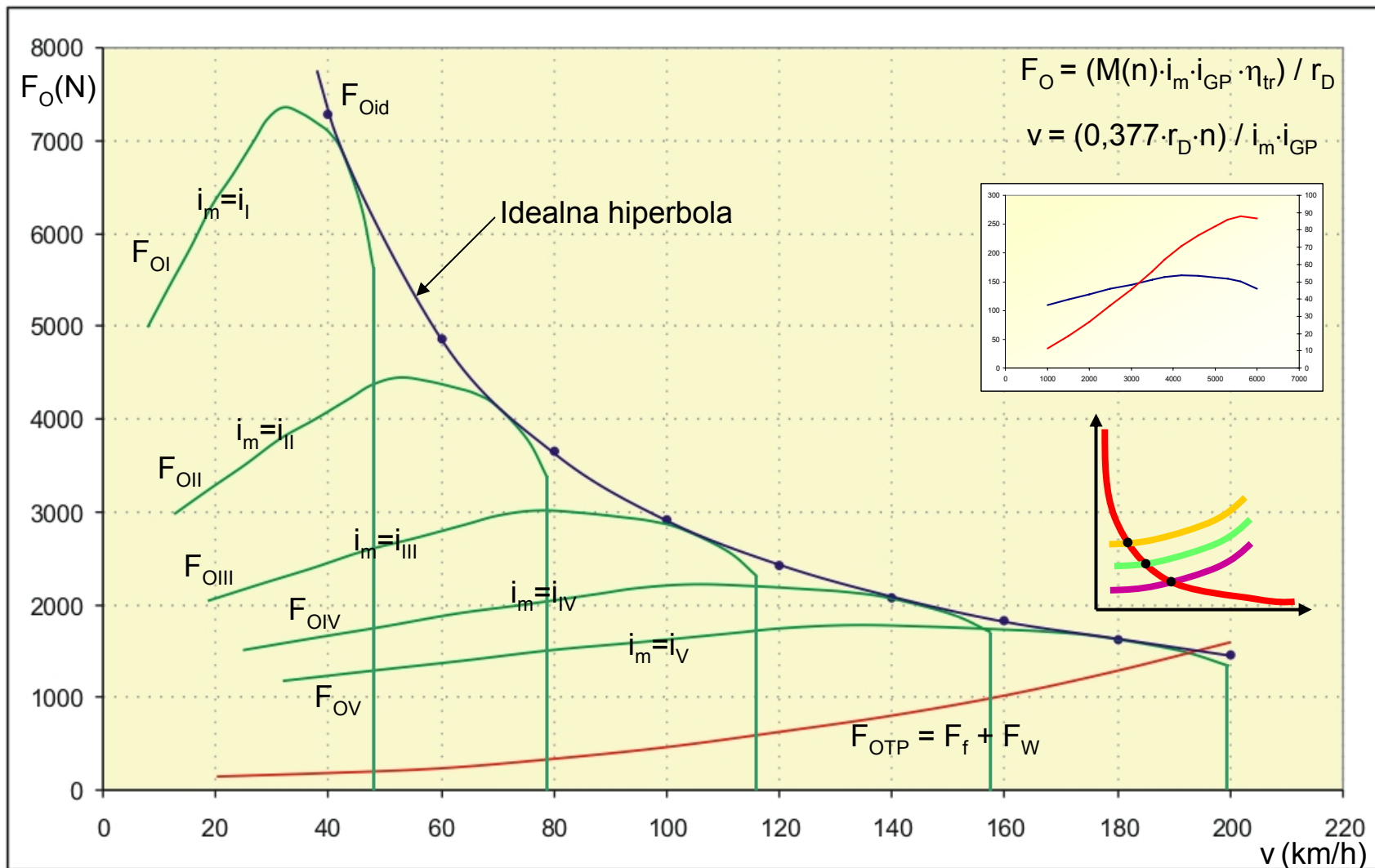
$$P_{\text{T}} = P_{\text{TMAX}}$$

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



$$F_O = (M(n) \cdot i_m \cdot i_{GP} \cdot \eta_{tr}) / r_D$$

$$v = (0,377 \cdot r_D \cdot n) / i_m \cdot i_{GP}$$

VUČNI DIJAGRAM

Vučno-brzinska karakteristika

Vučno-dinamičke karakteristike vozila:

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