

UTICAJ KARAKTERISTIČNIH VELIČINA I PARAMETARA NA KARAKTERISTIKE MOTORA

Posmatraćemo samo one veličine i parametre koji su značajni za podešavanje brzine:

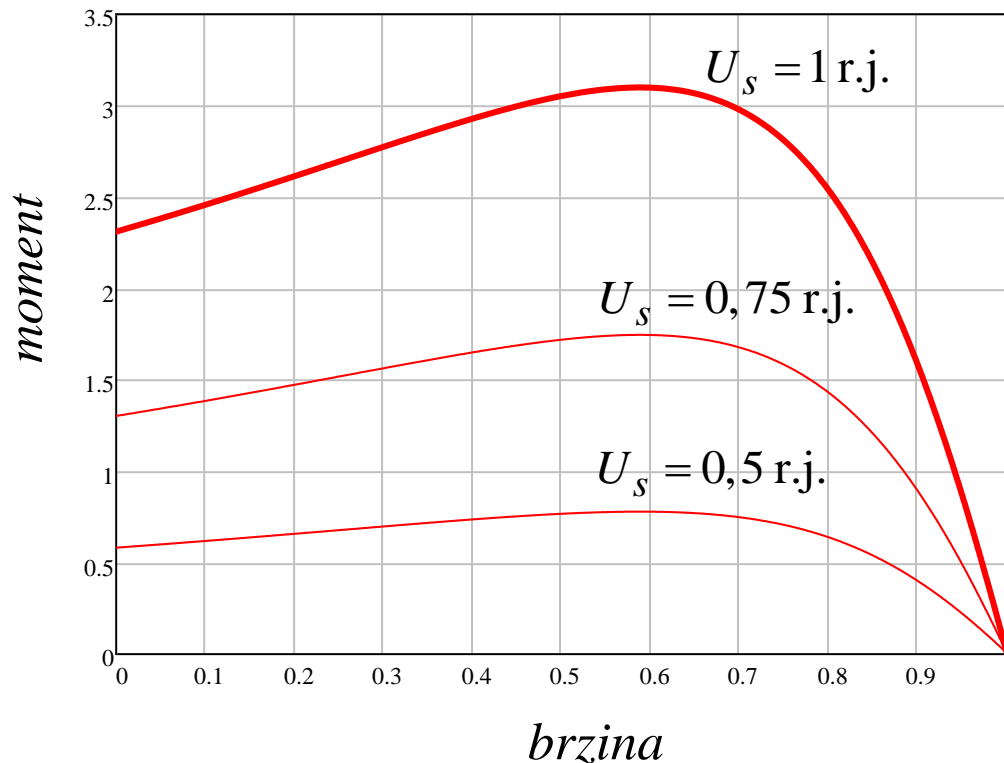
- Promena napona statora – naponsko napajanje;
- Promena struje statora – strujno napajanje;
- Promena rotorske otpornosti (simetrično uključenje dodatog otpora);
- Promena statorske učestanosti (naponsko napajanje);
- Promena statorske učestanosti (strujno napajanje);

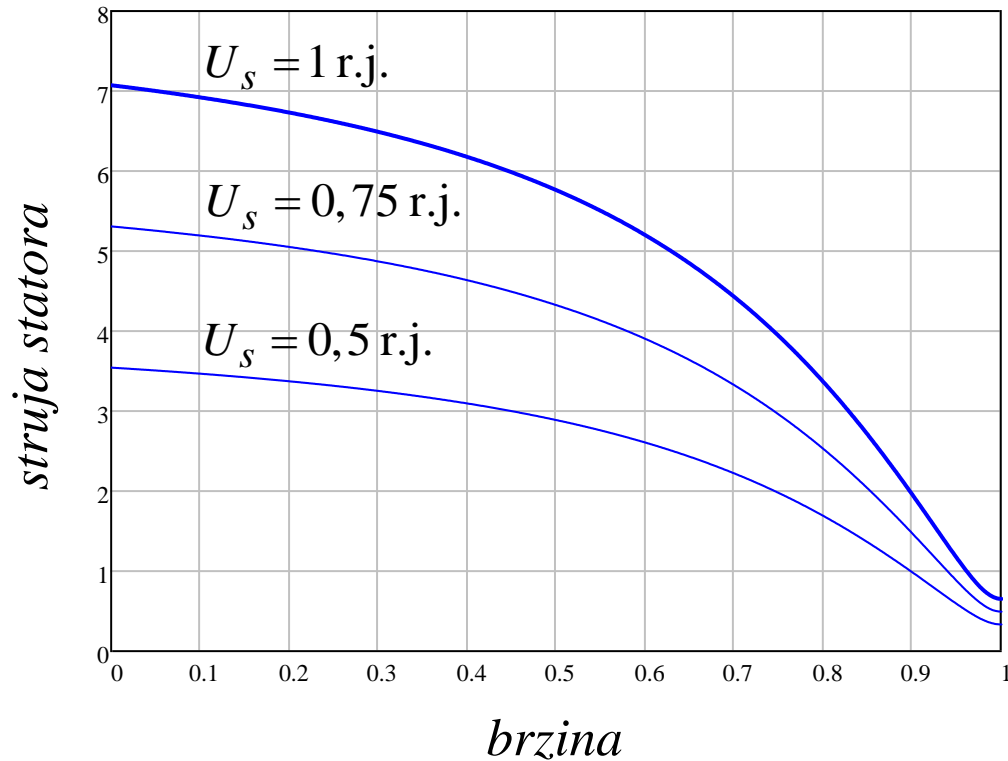
Promena napona statora pri konstantnoj učestanosti

Na osnovu ekvivalentne šeme i izraza za moment:

$$M_e = M_e(U_s^2); \quad M_{pol} = M_{pol}(U_s^2); \quad M_{pr} = M_{pr}(U_s^2);$$

$$I_s = I_s(U_s), \quad s_{pr} \neq s_{pr}(U_s)$$



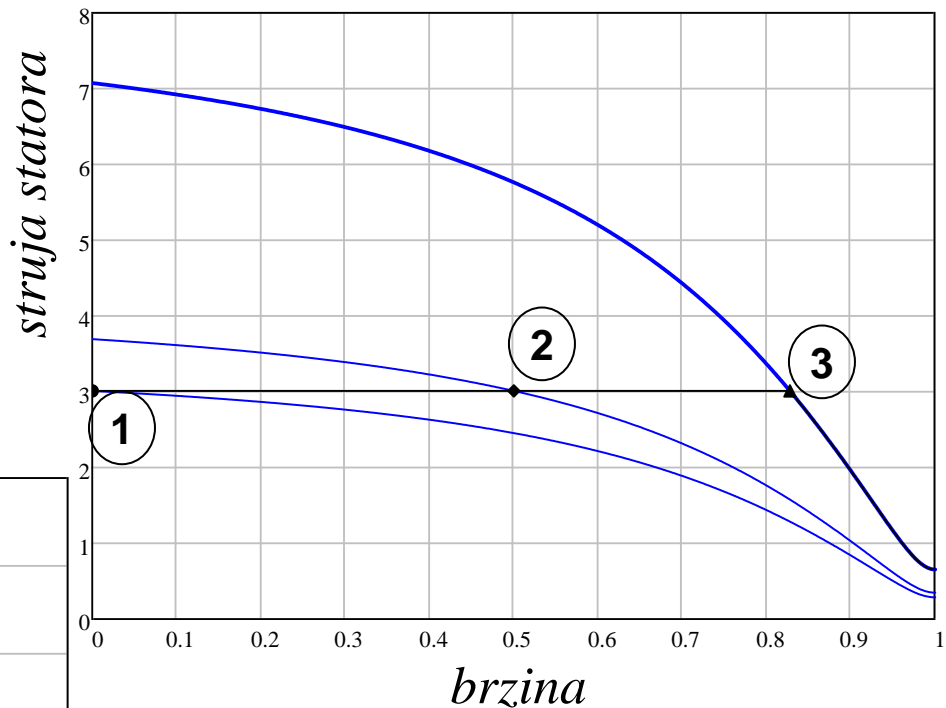
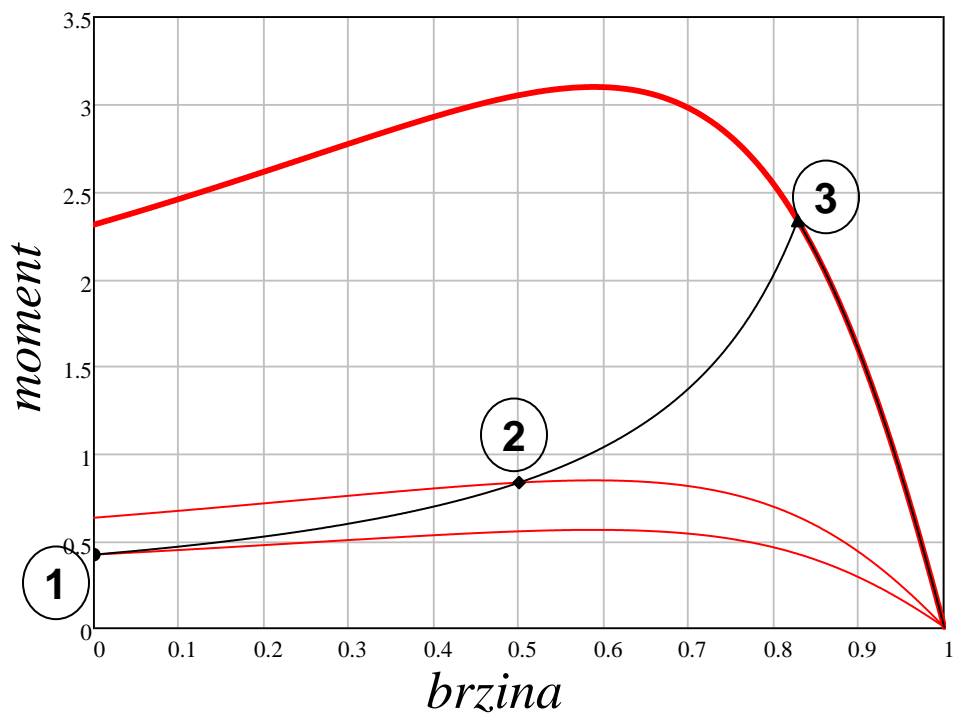


Promene na karakteristikama su važne zbog:

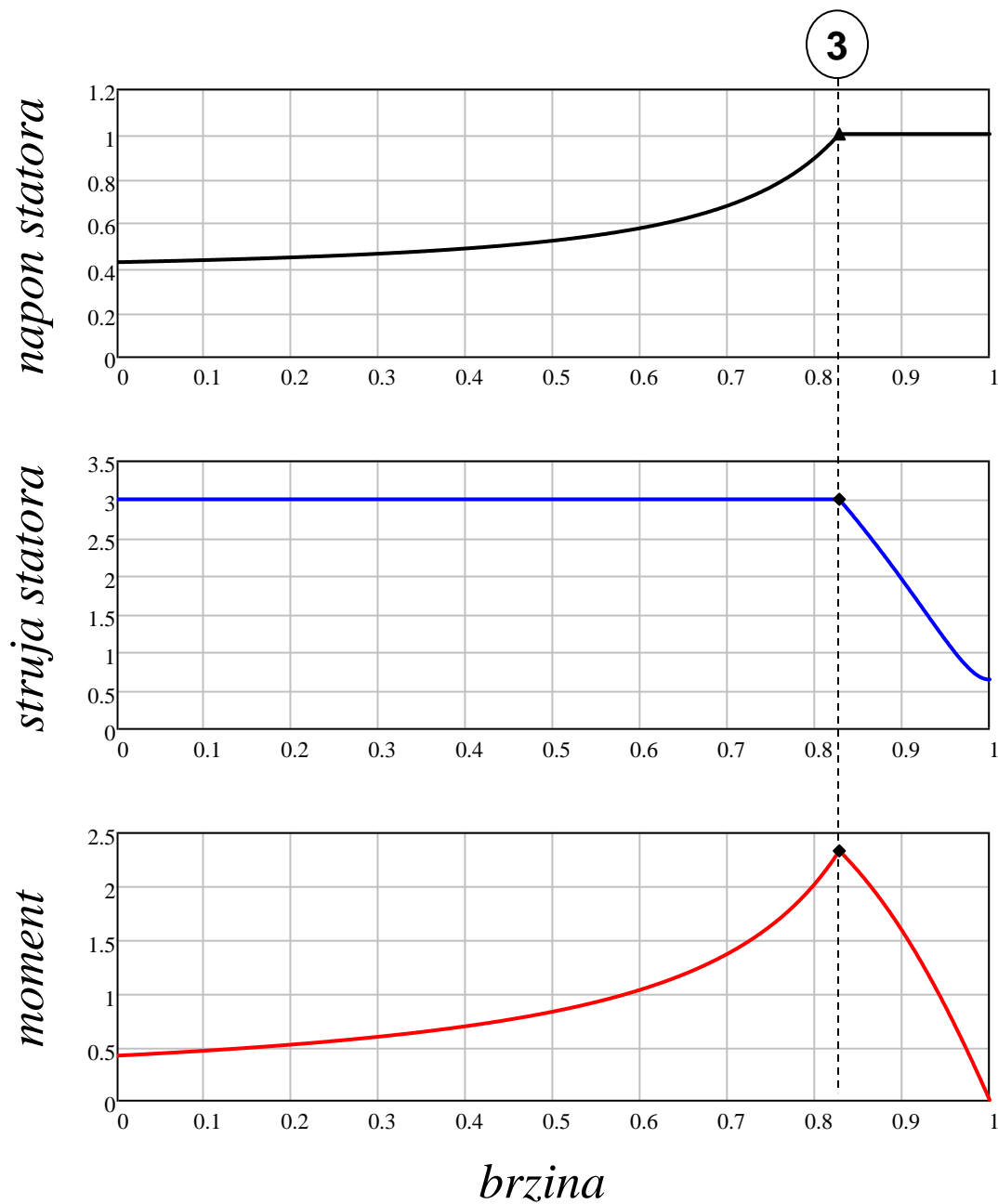
1. Slučajnih varijacija napona u mreži;
2. Puštanja motora u rad pri sniženom naponu;
3. Podešavanje brzine (ograničeni opseg, zavisi od oblika mehaničke karakteristike opterećenja).

Prilikom puštanja motora u rad sa sniženim naponom, koristi se ograničenje struje do izlaska na prirodnu karakteristiku (nominalni napon).

- ① $U_s = 0,424$ r.j. $\omega = 0$ $I_s = 3$ r.j.
- ② $U_s = 0,521$ r.j. $\omega = 0,5$ r.j. $I_s = 3$ r.j.
- ③ $U_s = 1$ r.j. $\omega = 0,828$ $I_s = 3$ r.j.



Puštanje motora u rad sa
sniženim naponom (sa
ograničenom strujom)

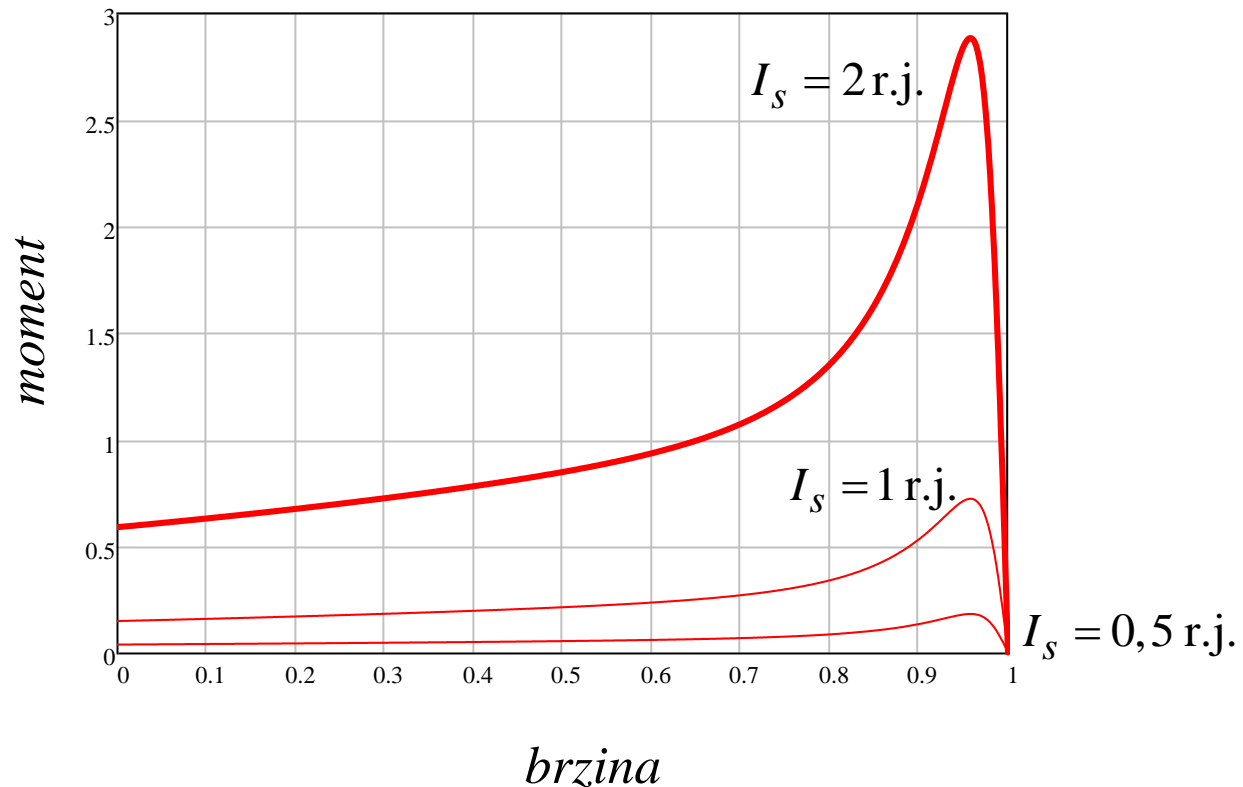


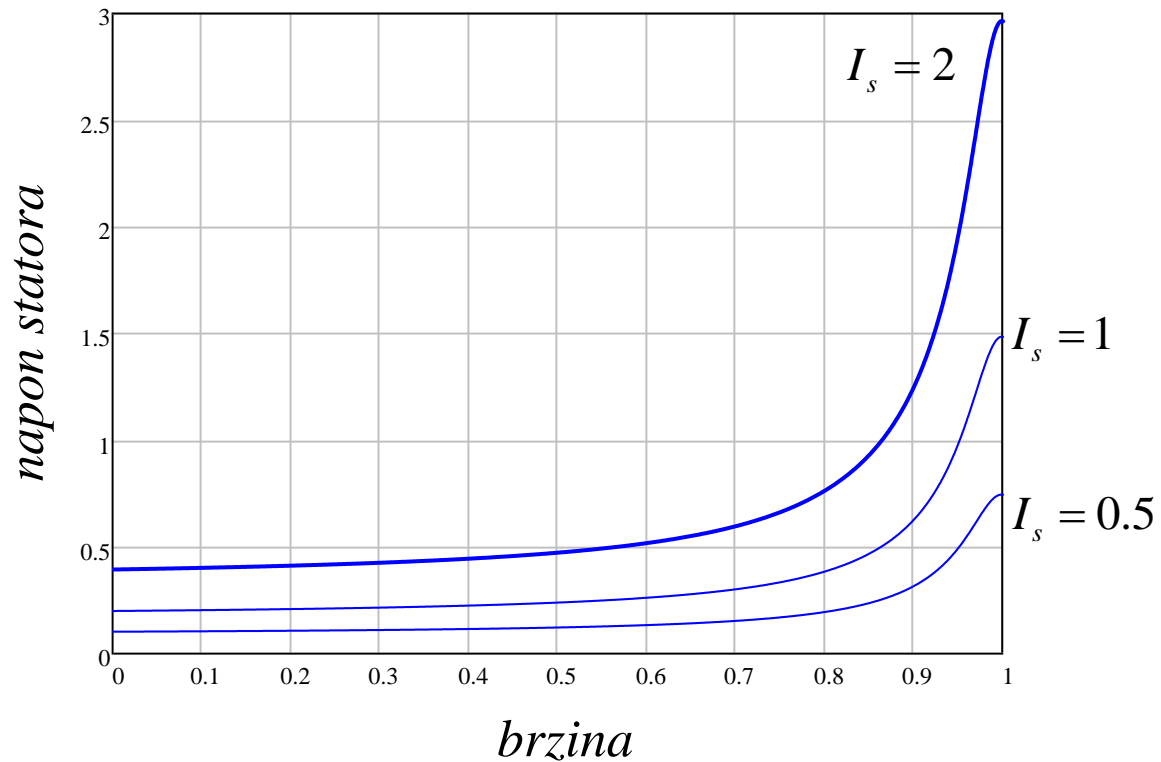
Promena struje statora pri konstantnoj učestanosti

Pomoću izvedenih relacija:

$$M_e = M_e(I_s^2) \quad \text{i} \quad U_s = U_s(I_s)$$

Mogu se dobiti dijagrami:





Ove karakteristike su značajne zbog regulisanih pogona sa asinhronim motorima napajanim iz **STRUJNIH INVERTORA**.

Promena rotorske otpornosti

(simetrično uključenje dodatog otpora)

Može se primenjivati samo kod asinhronih mašina sa namotanim rotorom.

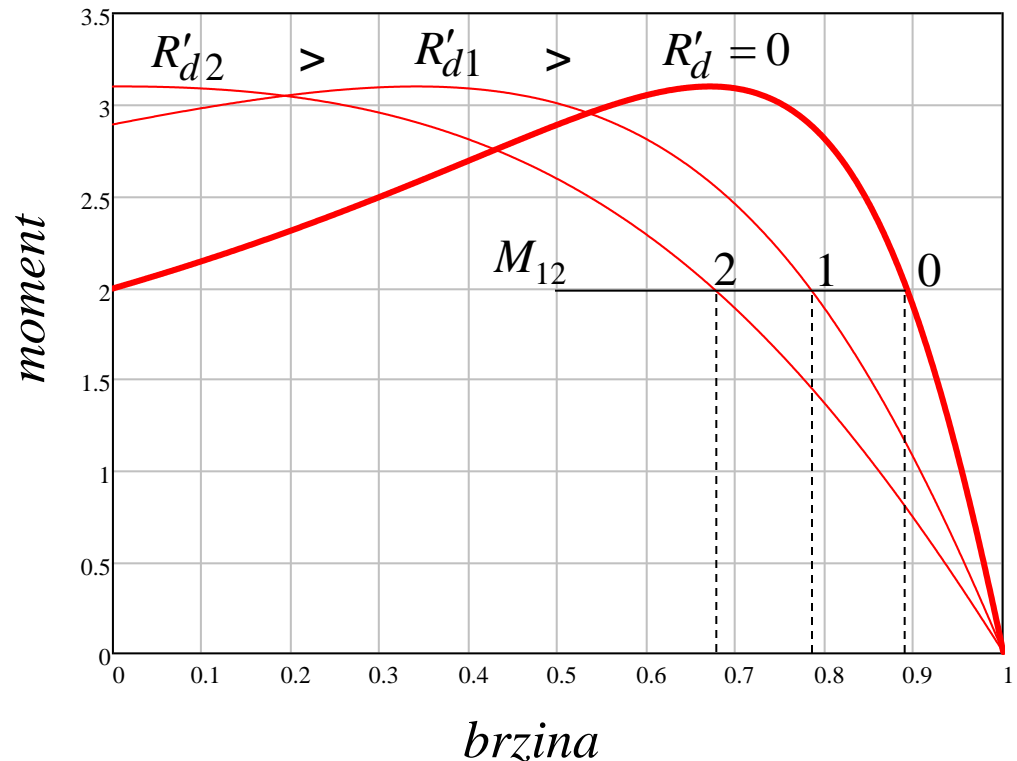
$M_{pr} \neq M_{pr} (R'_r + R'_d)$ - bez obzira na napon napajanja!

$s_p = s_p (R'_r + R'_d)$ - važno!

$I_s = I_s (R'_r + R'_d)$ - važno!

$$R'_{d1} = R'_r$$

$$R'_{d2} = 2 \cdot R'_r$$



Polazeći od *Kloss* – ove jednačine može se dobiti:

$$s_1 = s_p (R'_r + R'_{d1}) \cdot \left(v - \sqrt{v^2 - 1} \right)$$

$$s_2 = s_p (R'_r + R'_{d2}) \cdot \left(v - \sqrt{v^2 - 1} \right)$$

gde je $v = M_p / M_{12} = \text{const.}$

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{s_{p1}}{s_{p2}} = \frac{R'_r + R'_{d1}}{R'_r + R'_{d2}}$$

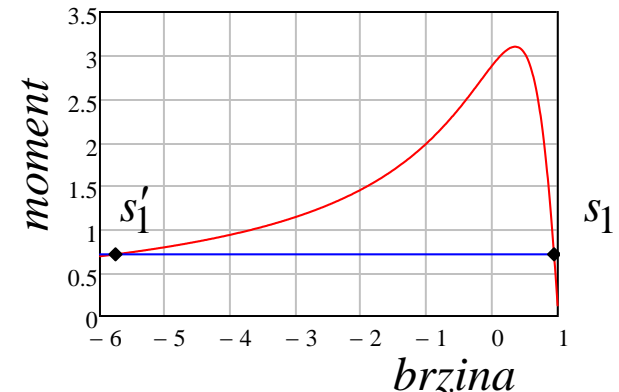
Ne treba zaboraviti da postoji i drugo rešenje:

$$s'_1 = s_p (R'_r + R'_{d1}) \cdot \left(v + \sqrt{v^2 - 1} \right)$$

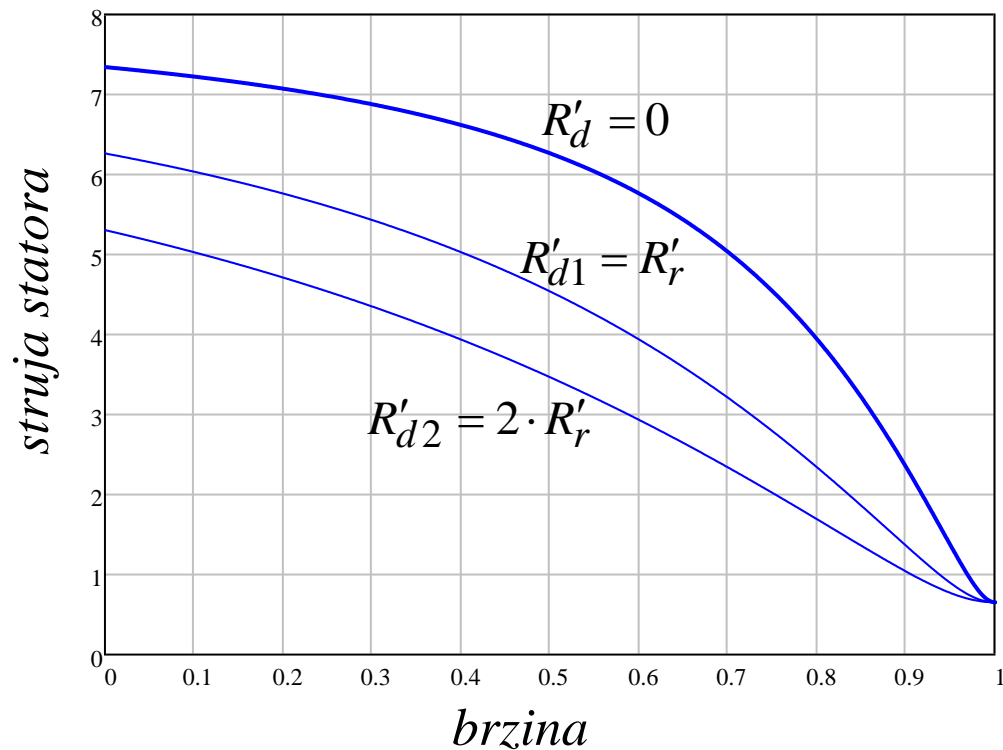
$$s'_2 = s_p (R'_r + R'_{d2}) \cdot \left(v + \sqrt{v^2 - 1} \right)$$

Očigledno je da i sada važi odnos:

$$\frac{s'_1}{s'_2} = \frac{s_{p1}}{s_{p2}} = \frac{R'_r + R'_{d1}}{R'_r + R'_{d2}}$$



Uticaj rotorskog otpora na struju statora prikazan je na slici:



Primena ovih osobina:

1. Puštanje u rad velikih motora sa ograničenom strujom.
2. Kratkotrajno podešavanje brzine (gubici!).

Promena statorske učestanosti (naponsko napajanje)

U najjednostavnijem slučaju, $E = \text{const.}$

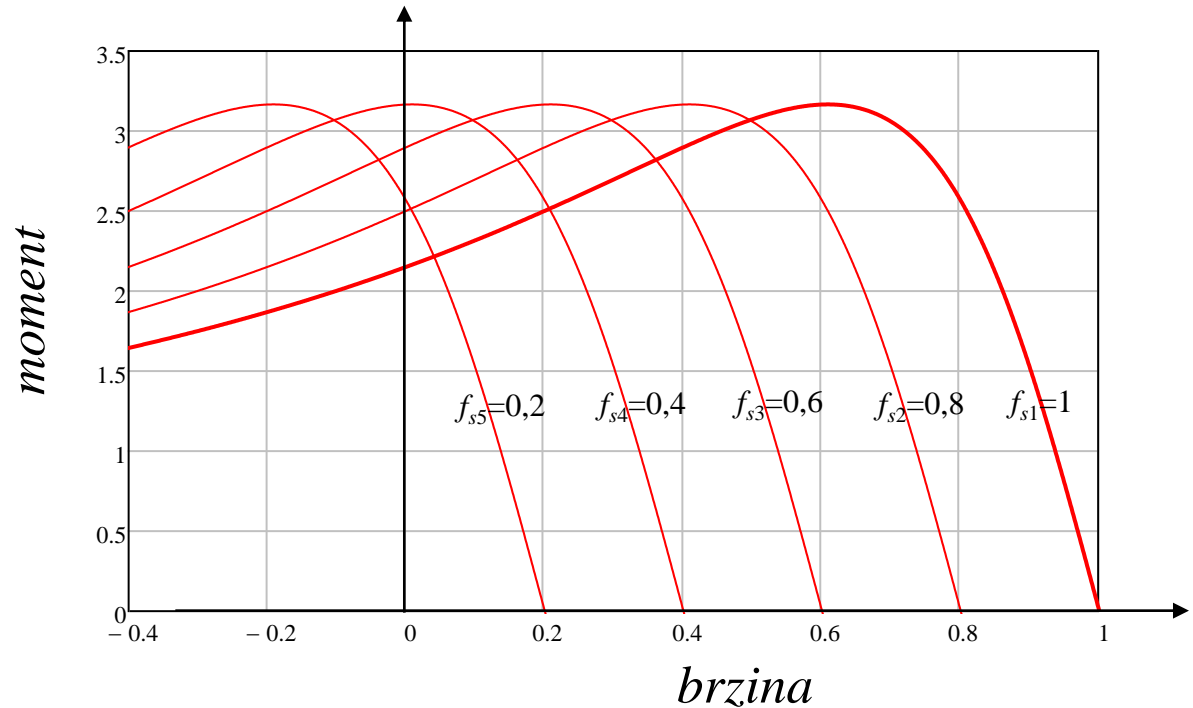
$$M_e(\omega_r) = 3 \cdot P \cdot \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2 \frac{\omega_r \cdot R'_r}{(R'_r)^2 + (\omega_r \cdot \lambda'_r)^2}$$

$$M_p = \pm \frac{3 \cdot P}{2} \cdot \frac{1}{\lambda'_r} \cdot \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2 \quad \omega_{rp} = \pm \frac{R'_r}{\lambda'_r} = \text{const.}$$

Ako je:

$$\frac{E}{\omega_s} = \psi = \text{const.} \Rightarrow M_p = \text{const.}$$

Familija
karakteristika
data je na slici:



Polazeći od izraza za moment
u ovom slučaju:

$$M_e(\omega_r) = 3 \cdot P \cdot \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2 \cdot \frac{\omega_r \cdot R'_r}{(R'_r)^2 + \omega_r^2 \cdot \lambda'_r{}^2}$$

Može se zaključiti da je za $M_e = \text{const.} \Rightarrow \omega_r = \text{const.}$

Ovaj slučaj odgovara i slučaju sa $\frac{U_s}{\omega_s} = \frac{U_{sn}}{\omega_{sn}} = \text{const.}$ uz zanemarenje $R_s = 0$.

U realnijem slučaju: $R_s \neq 0, P_{Fe} = 0, M \rightarrow \infty$

$$M_p = \pm \frac{3 \cdot P}{2} \cdot \frac{U_s^2}{\omega_s} \frac{1}{\sqrt{R_s^2 + \omega_s^2 \cdot (\lambda_s + \lambda'_r)^2 \pm R_s}} = f(U_s, \omega_s)$$

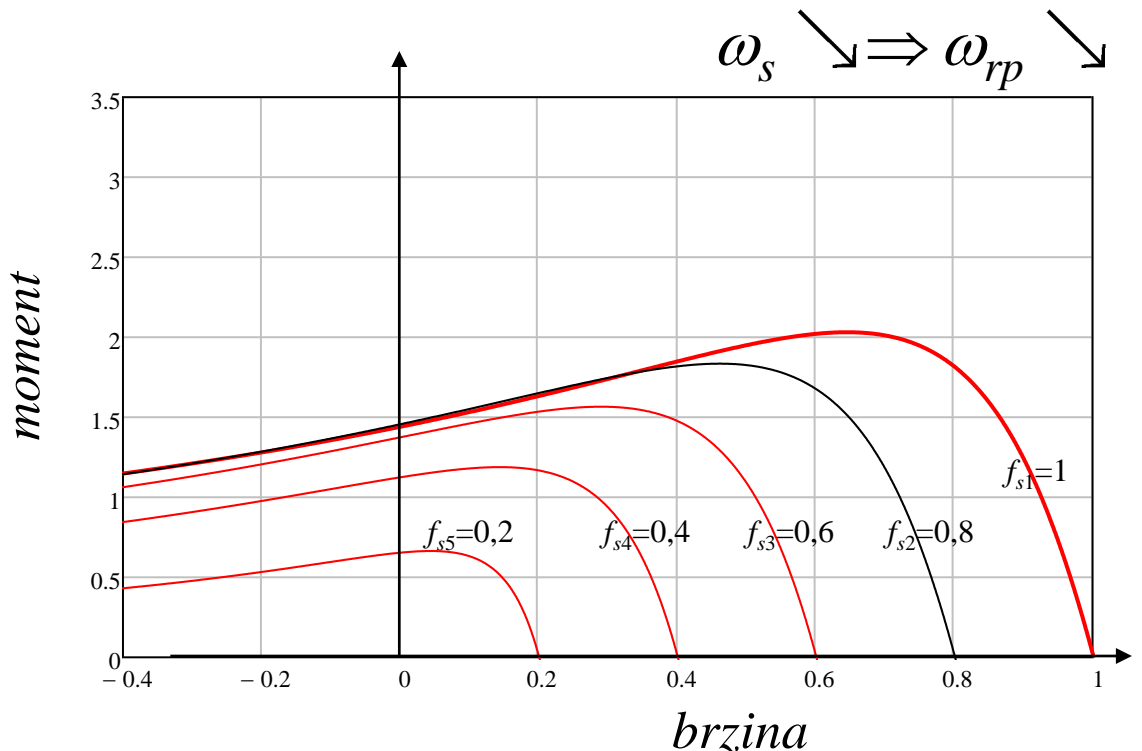
$$s_p = \pm \frac{R'_r}{\sqrt{R_s^2 + \omega_s^2 \cdot (\lambda_s + \lambda'_r)^2}} = f(\omega_s)$$

$$\omega_{rp} = \pm \frac{R'_r}{\sqrt{\frac{R_s^2}{\omega_s^2} + (\lambda_s + \lambda'_r)^2}} = f(\omega_s)$$

Ako se u ovom slučaju obezbedi

$$\frac{U_s}{\omega_s} = \frac{U_{sn}}{\omega_{sn}} = \text{const.}$$

dobijaju se karakteristike prikazane na slici desno.



Povoljniji oblik mehaničkih karakteristika dobija se odstupanjem od održavanja odnosa napona i učestanosti na konstantnoj vrednosti.

$$\frac{U_s}{f_s} = \frac{U_{sn}}{f_{sn}} = \text{const.}$$

Zavisnost napona od učestanosti (naponska kompenzacija)

$$U_s = f(\omega_s)$$

određuje se po različitim kriterijumima.

U posmatranom slučaju kada se želi održati konstantan prevalni momenat, pri svim učestanostima manjim od nominalne ova zavisnost je:

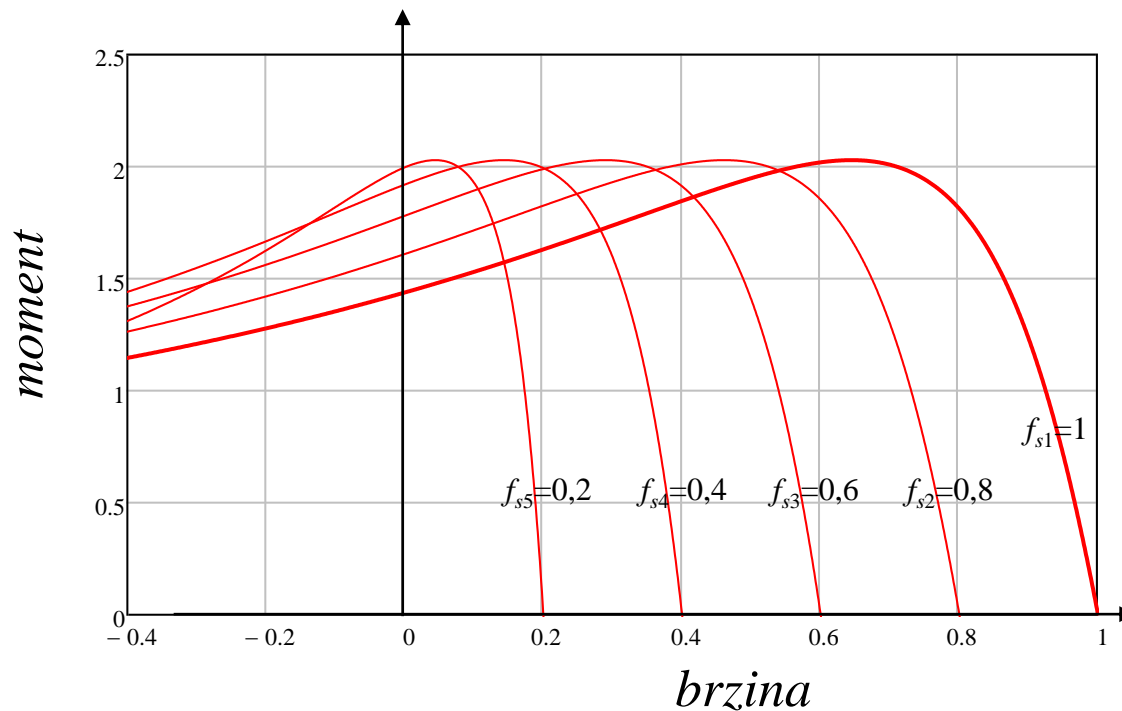
[N:]

$$U_{sk} = \sqrt{\frac{2}{3 \cdot P} \cdot M_p \cdot \omega_s \cdot \left(\sqrt{R_s^2 + \omega_s^2 \cdot (\lambda_s + \lambda_r')^2} + R_s \right)} = f(\omega_s)$$

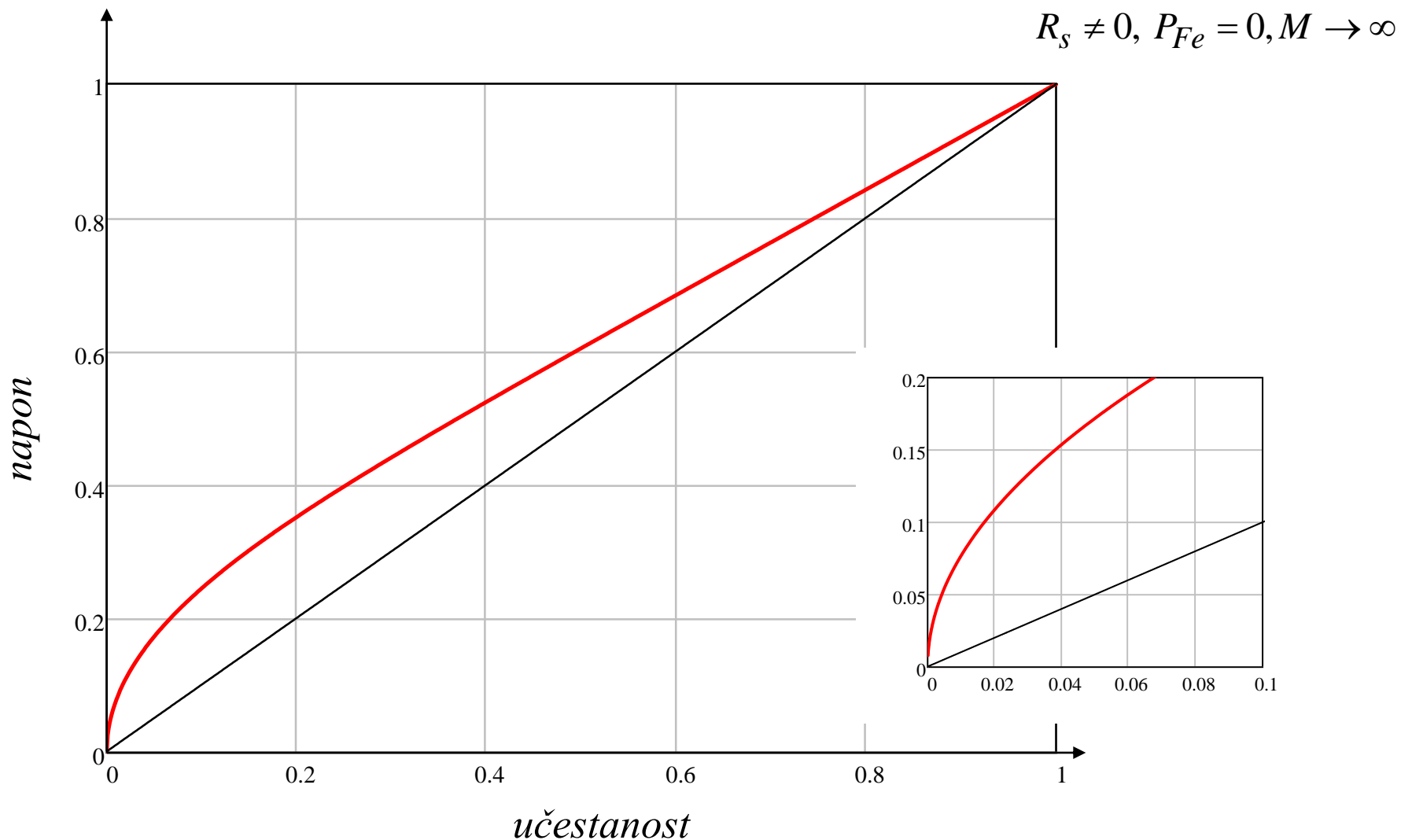
Mehaničke karakteristike uz primenjenu kompenzaciju napona su:

$$R_s \neq 0, P_{Fe} = 0, M \rightarrow \infty$$

$$U_{sk} = \sqrt{\frac{2}{3 \cdot P} \cdot M_p \cdot \omega_s \cdot \left(\sqrt{R_s^2 + \omega_s^2 \cdot (\lambda_s + \lambda'_r)^2} + R_s \right)} = f(\omega_s)$$



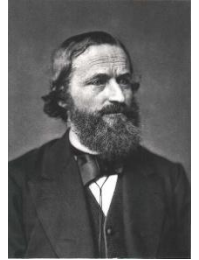
Zavisnost napona od učestanosti uz kompenzaciju kojom se obezbeđuje isti prevalni moment



Razmotrimo sada i slučaj analize rada asinhronog motora u kojoj se mora uzeti u obzir uticaj grane magnećenja, uz zanemarene gubitke u gvožđu.

$$(P_{Fe} \approx 0)$$

Postavljajući odgovarajuće jednačine po drugom Kirhofovom zakonu može se dobiti izraz za struju rotora:



Gustav Robert
Kirchhoff
(1824-1887)

[N:]

$$\vec{I}'_r(U_s, \omega_s, \omega_r) = \frac{U_s}{j \cdot \omega_s \cdot M - \left(\frac{R'_r + j \cdot \omega_r \cdot (\lambda'_r + M)}{j \cdot \omega_r \cdot M} \right) (R_s + j \cdot \omega_s \cdot (\lambda_s + M))}$$

Moment motora se sada može odrediti:

[N:]

$$M_e(U_s, \omega_s, \omega_r) = 3 \cdot P \cdot \frac{R'_r}{\omega_r} \cdot \left| \vec{I}'_r(U_s, \omega_s, \omega_r) \right|^2$$

Rešavanjem jednačine:

$$\frac{\partial}{\partial \omega_r} M_e(U_s, \omega_s, \omega_r) = 0$$

po ω_r za različito ω_s dobija se $\omega_{rp} = \omega_{rp}(\omega_s)$.
Ova zavisnost nije funkcija napona statora.

Rešavanjem jednačine:

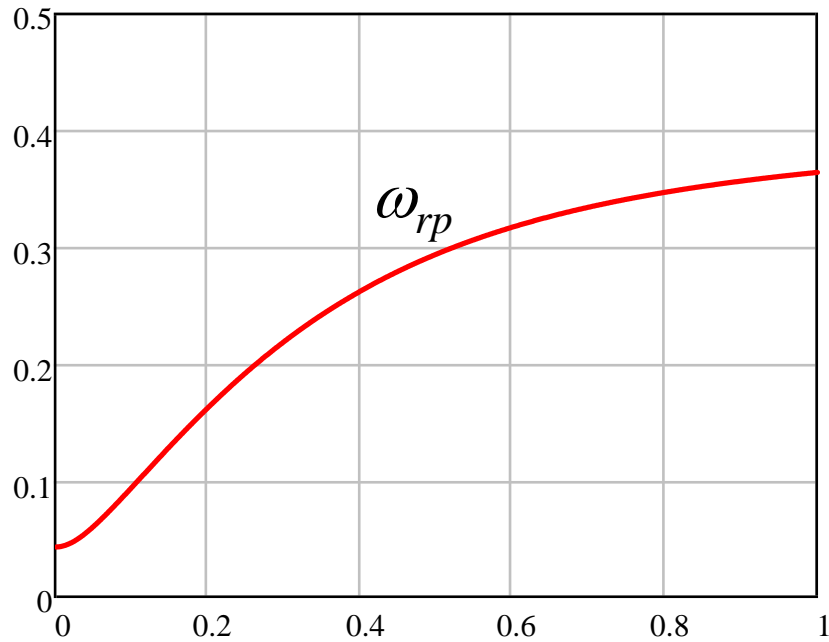
$$M_e(U_s, \omega_s, \omega_{rp}(\omega_s)) = M_e(U_{sn}, \omega_{sn}, \omega_{rpn})$$

po U_s dobija se zavisnost $U_s = f(\omega_s)$

koja će obezbediti isti prevalni moment pri svim učestanostima, kao pri nominalnoj učestanosti i naponu.

Zavisnost prevalne učestanosti u rotoru

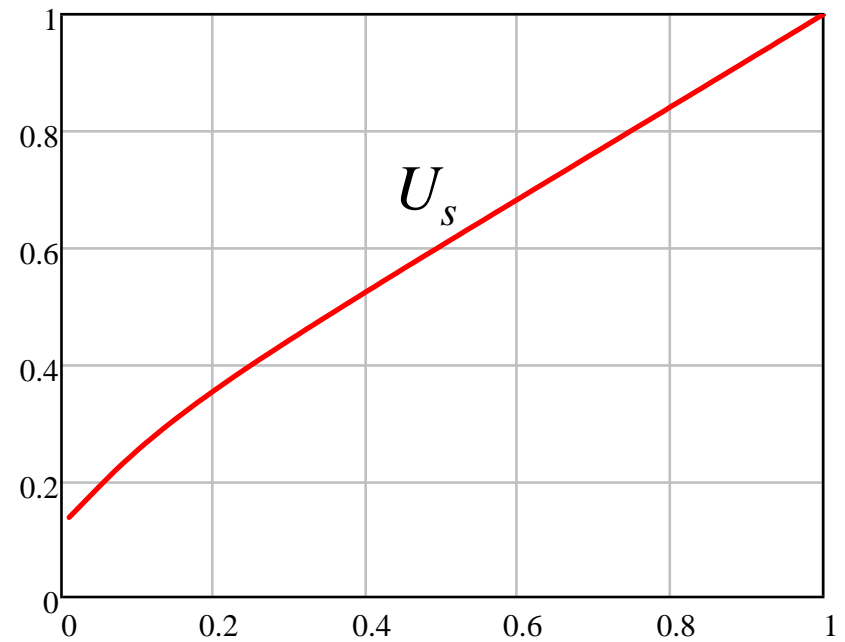
[r.j.]



učestanost [r.j.]

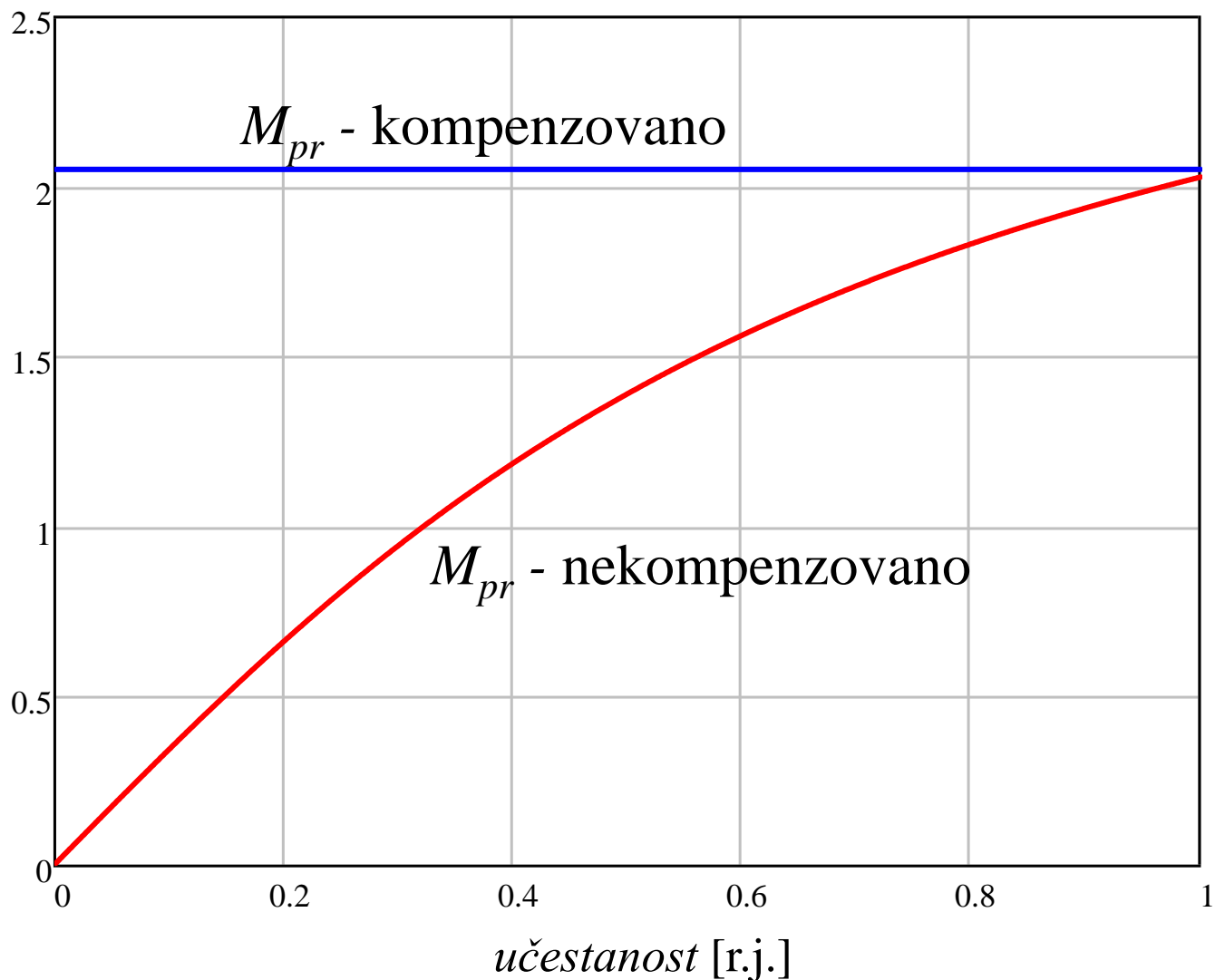
Zavisnost napona od učestanosti

[r.j.]

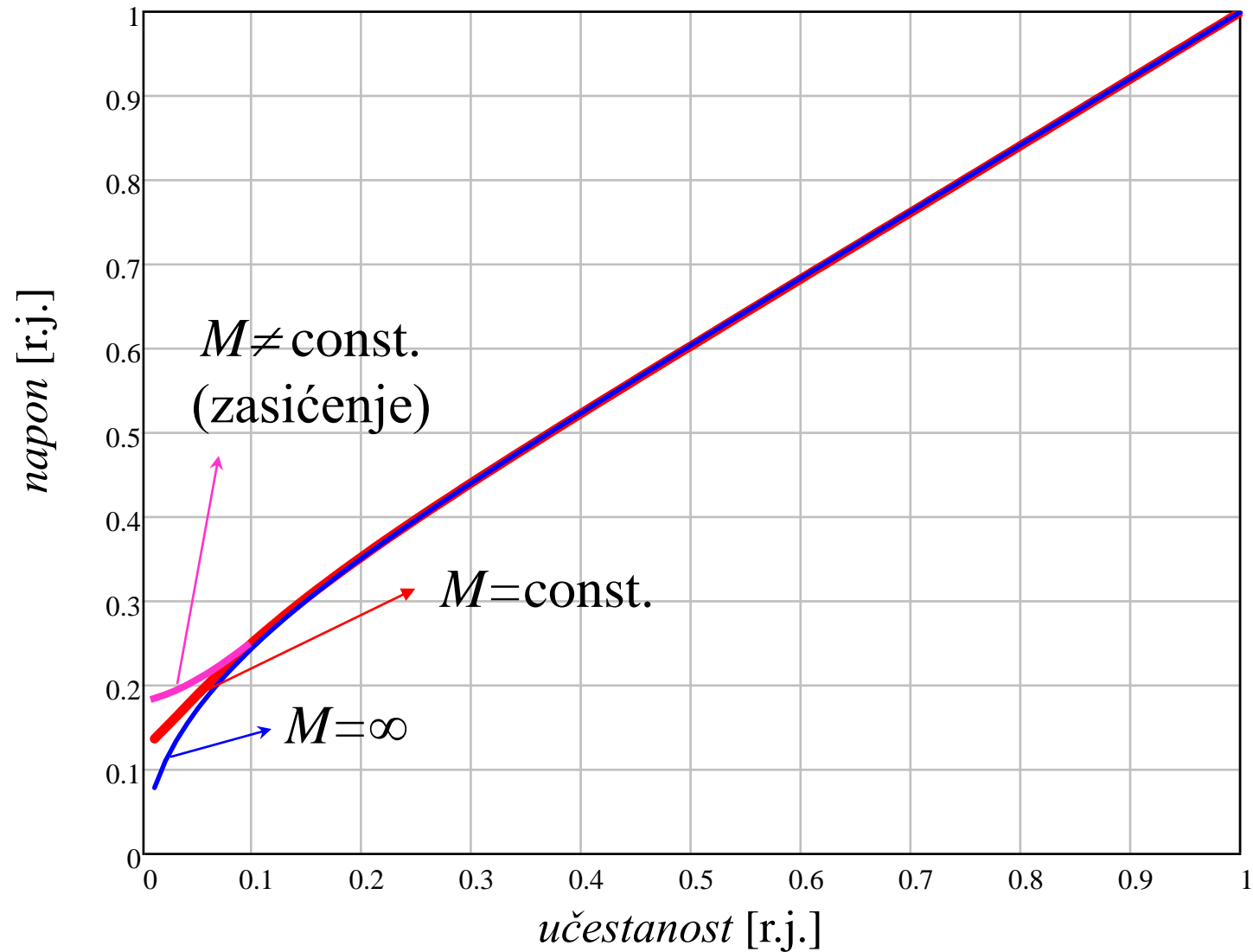


učestanost [r.j.]

Dijagrami prevalnog momenta u funkciji učestanosti kada se održava $U_s / f_s = \text{const.}$ (nekompenzovan slučaj), i kada se uvažava izvedena zavisnost $U_s = f(f_s)$ (kompenzovan slučaj).

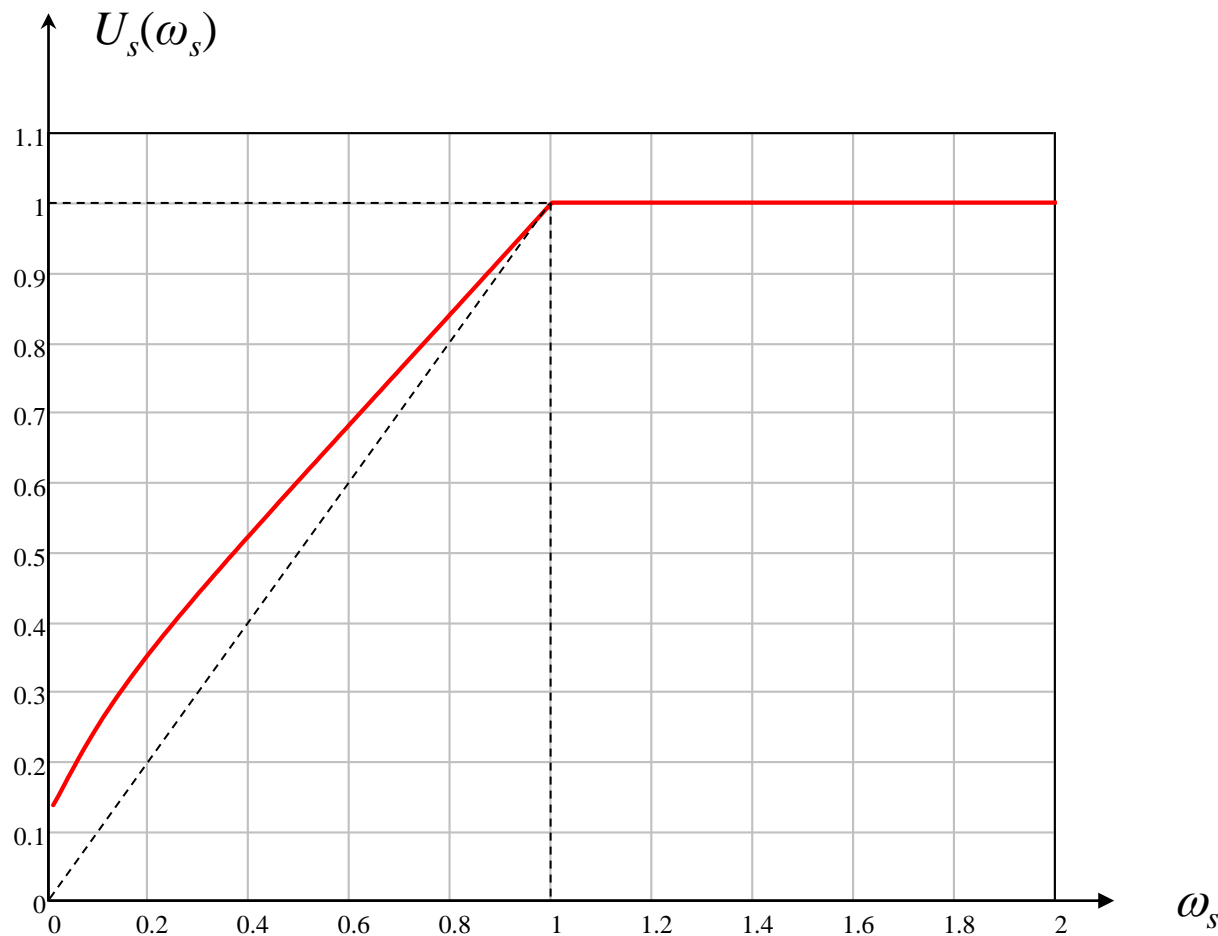


Zavisnosti napona od učestanosti izračunate za tri različita pristupa proračunu.



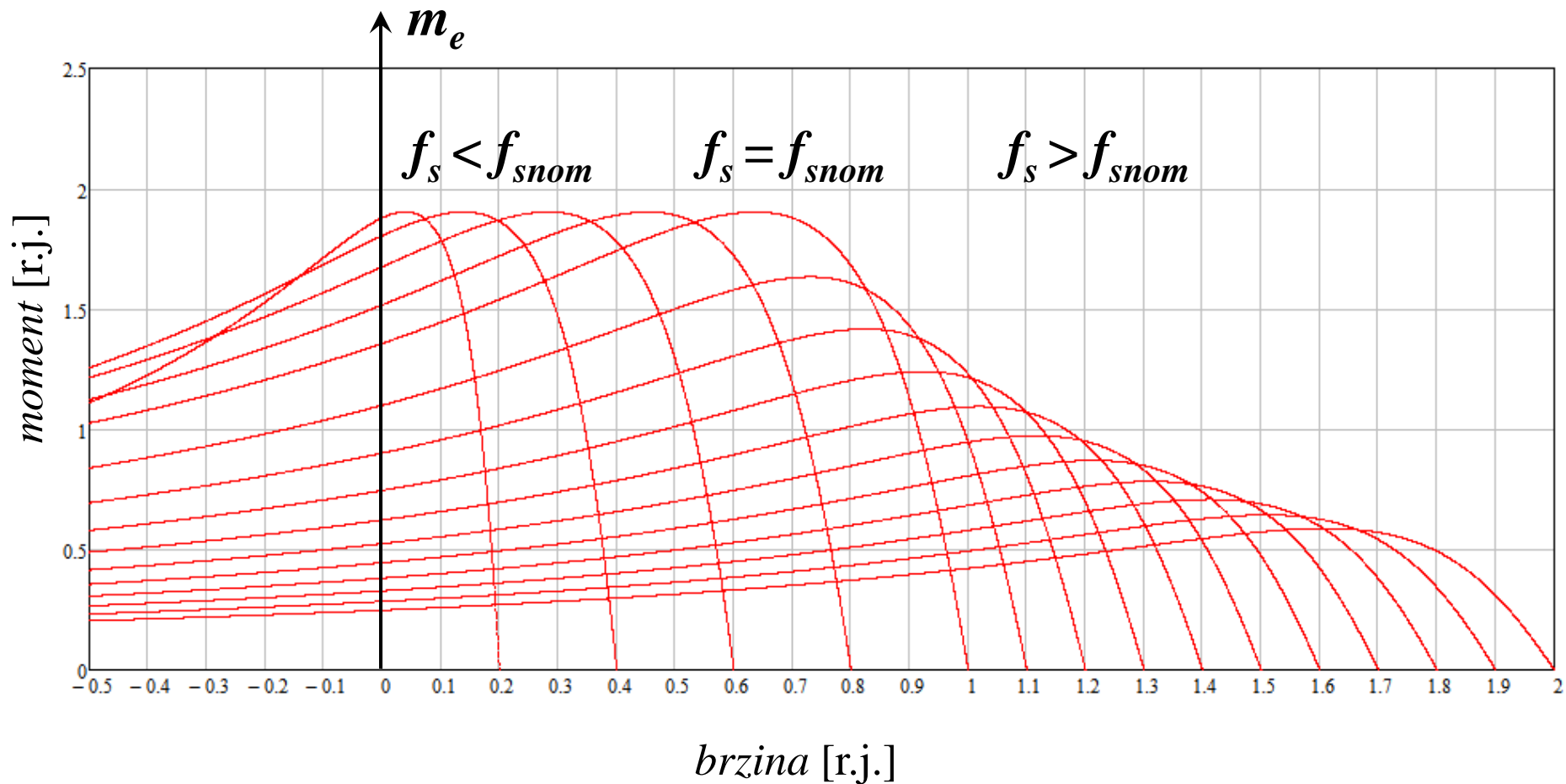
Za učestanosti veće od nominalne napon se ne može povećavati preko nominalnog:

$$U_s = U_{nom} = \text{const.}$$



To se naravno odražava na smanjenje prevalnog momenta.

Familija statičkih karakteristika sa promenljivom učestanošću



Promena statorske učestanosti (strujno napajanje)

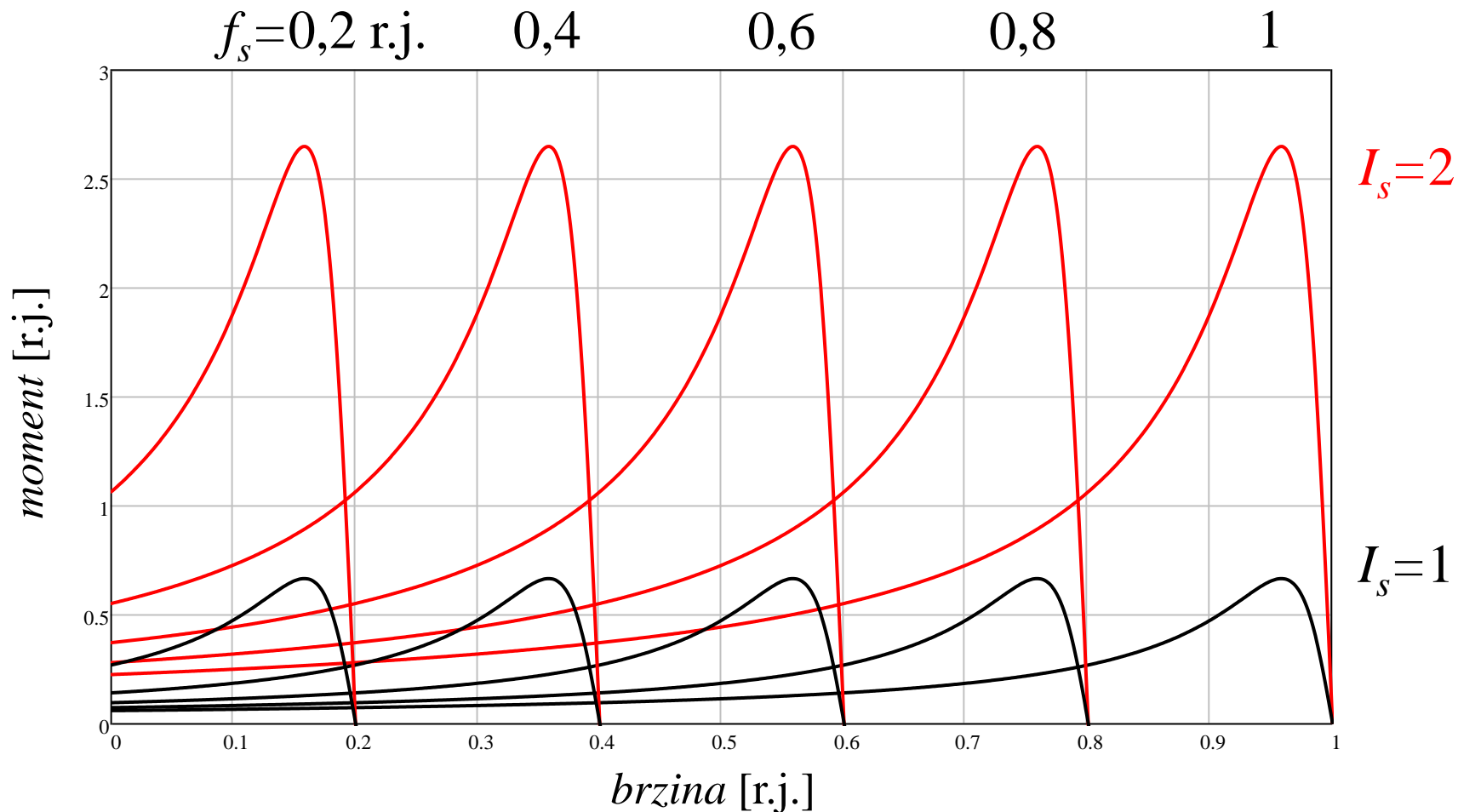
$$M_e = 3 \cdot P \cdot \frac{\omega_r \cdot R'_r \cdot M^2}{(R'_r)^2 + \omega_r^2 \cdot (M + \lambda'_r)^2} \cdot |\vec{I}_s|^2 = f(\omega_r, I_s)$$

$$M_p = \pm \frac{3 \cdot P}{2} \cdot |\vec{I}_s|^2 \cdot \frac{M^2}{M + \lambda'_r} \quad \omega_{rp} = \pm \frac{R'_r}{M + \lambda'_r}$$

Na osnovu gore navedenih relacija može se zaključiti:

$$M_p \neq f(\omega_s); \quad \omega_{rp} \neq f(\omega_s)$$

$$M_p = f(I_s); \quad \omega_{rp} = \text{const.} \neq f(I_s)$$



Karakteristike pokazuju pogodnosti ovog načina napajanja u pogledu podešavanja brzine. Nedostatak je činjenica da je povoljnija radna tačka na delu karakteristike gde je rad pogona statički nestabilan (bolji stepen iskorišćenja i manja valovitost momenta i buka kod nesinusnog napajanja).

Ovaj problem se rešava odgovarajućim upravljačkim sistemom.