

1. Zadatak: Trofaznom četvoropolnom asinhronom motoru sledećih podataka: 380 V, 50 Hz, $R_s = 2,75 \Omega$, $R_r = 2,25 \Omega$, $X_{ls} = X_{lr} = 6,77 \Omega$, sprega Y, reguliše se brzina prema $U/f = const$ zakonu. Odrediti:

a.) Odnos struja i momenata pri polasku, pri napajanju od 20 Hz i od 50 Hz.

b.) Prevalna klizanja i prevalne momente pri 20 Hz i pri 50 Hz.

Zanemariti granu magnećenja i promenu mehaničkih gubitaka.

REŠENJE:

Cilj ovog zadatka je da se prikaže ponašanje motora u pogonu, pri napajanju $U/f = const$. Napajanje sniženom frekvencijom ima uticaj na startne karakteristike motora. Kako je već napomenuto, pri korišćenju U/f upravljanja, fluks u motorima manje snage ne ostaje na nominalnom nivou, jer pad napona na otporu R_s postaje relativno velik kako se smanjuje amplituda napona. Zbog toga prevalni moment opada u motorskom, ali zato raste u generatorskom režimu rada.

Prvo ćemo, radi lakše notacije, uvesti odnos radne i nominalne frekvencije, koji je:

$$a = \frac{f_1}{f_n} = \frac{20}{50} = 0,4 \quad (1.1)$$

Pri promeni frekvencije, smanjuje se amplituda napona, ali i reaktanse, koji su takodje a puta manji od svojih nominalnih vrednosti :

$$U_1 = a \cdot U_n \quad ; \quad X_{k1} = a \cdot X_{kn} \quad (1.2)$$

a) **Polazak:** Polazeći od izraza za razvijeni moment,

$$M_e = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{\frac{R_r}{s}}{\left(R_s + \frac{R_r}{s}\right)^2 + (X_{ls} + X_{lr})^2} \quad (1.3)$$

za polazni moment treba uvrstiti $s = 1$, tako da je pri nominalnom napajanju

$$M_{pol50} = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{R_r}{(R_s + R_r)^2 + X_k^2} \quad (1.4)$$

a pri napajanju sniženim naponom i frekvencijom :

$$M_{pol20} = \frac{3}{a\omega_s} a^2 U_f^2 \frac{R_r}{(R_s + R_r)^2 + a^2 X_k^2} \quad (1.5)$$

Odnos polaznih momenata dobija se kad se podeli (1.5) sa (1.4) :

$$\frac{M_{pol20}}{M_{pol50}} = \frac{a}{(R_s + R_r)^2 + a^2 X_k^2} \cdot \frac{(R_s + R_r)^2 + X_k^2}{1} \quad (1.6)$$

$$\frac{M_{pol20}}{M_{pol50}} = \frac{0,4}{5^2 + 0,4^2 13,54^2} \cdot \frac{5^2 + 13,54^2}{1} = \frac{0,4 \cdot 208,33}{54,333} = 1,534 \quad (1.7)$$

Ako se razmatraju apsolutne vrednosti, imaju se polazni momenti od :

$$M_{pol50} = \frac{3}{50\pi} 219,4^2 \frac{1}{(2,75 + 2,25)^2 + 13,54^2} = 9,93 \text{ Nm} \quad (1.8)$$

$$M_{pol20} = \frac{3}{20\pi} (0,4 \cdot 219,4)^2 \frac{1}{(2,75 + 2,25)^2 + (0,4 \cdot 13,54)^2} = 15,23 \text{ Nm} \quad (1.9)$$

Na sličan način se dobija i odnos polaznih struja :

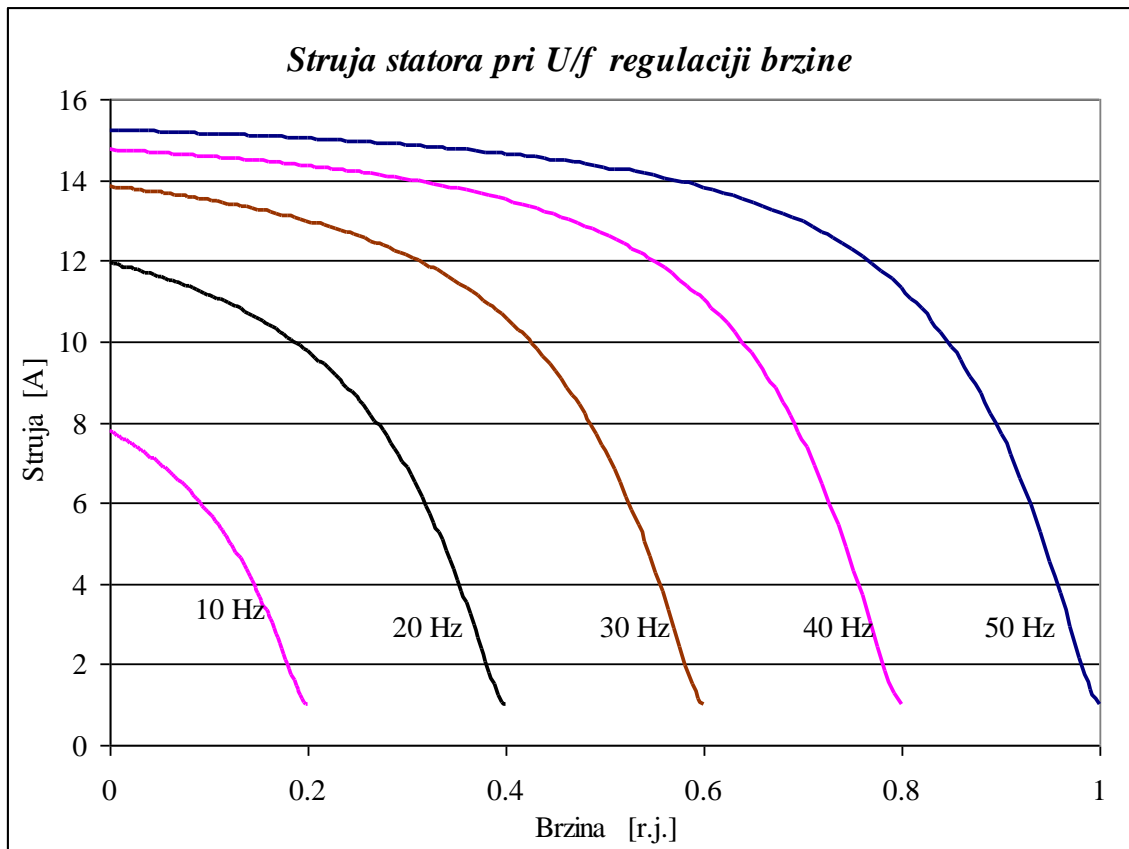
$$I_{pol50} = \frac{U_f}{\sqrt{(R_s + R_r)^2 + X_k^2}} \quad (1.10)$$

$$I_{pol20} = \frac{a \cdot U_f}{\sqrt{(R_s + R_r)^2 + a^2 X_k^2}} = \frac{U_f}{\sqrt{\frac{(R_s + R_r)^2}{a^2} + X_k^2}} \quad (1.11)$$

$$\frac{I_{pol20}}{I_{pol50}} = \frac{\sqrt{(R_s + R_r)^2 + X_k^2}}{\sqrt{\frac{(R_s + R_r)^2}{a^2} + X_k^2}} = \frac{\sqrt{5^2 + 13,54^2}}{\sqrt{\left(\frac{5}{0,4}\right)^2 + 13,54^2}} = \sqrt{\frac{208,33}{339,58}} = 0,7832 \quad (1.12)$$

U apsolutnim vrednostima, polazne struje iznose :

$$I_{pol50} = \frac{219,4}{\sqrt{5^2 + 13,54^2}} = 15,2 \text{ A} \quad ; \quad I_{pol20} = \frac{0,4 \cdot 219,4}{\sqrt{5^2 + (0,4 \cdot 13,54)^2}} = 11,9 \text{ A} \quad (1.13)$$



Slika 1.1. Promena struje asinhronog motora u funkciji klizanja pri .

Promene struja u zavisnosti od klizanja, za napajanja od 10, 20, 30, 40 i 50 Hz, prikazane su na slici 1.1. Vrednosti polaznih struja su 7,78 A, 11,95 A, 13,84 A, 14,75 A i 15,23 A, respektivno.

Treba napomenuti da su ovo struje koje se dobijaju uz korišćenje aproksimacije da je struja magnećenja konstantna. Ovim pristupom se dobijaju mala odstupanja pri malim klizanjima, ali su pri većim strujama i pri polasku ($s = 1$) razmatranja vrlo tačna.

ZAKLJUČAK : Startovanje sniženim naponom i frekvencijom smanjuje polaznu struju. Pri 20 Hz imaće se oko 78% u odnosu na polaznu struju pri 50 Hz ; dakle umesto tipičnih $6 I_n$ imaće se oko $4,5 I_n$. U isto vreme, polazni moment raste za oko 53 %. Objašnjenje za ovakve odnose leži u faktoru snage – pri sniženoj frekvenciji induktivnosti opadaju a omski otpori su ostali nepromenjeni, pa je faktor snage značajno povećan.

$$\cos \varphi_{k50} = \frac{5}{\sqrt{5^2 + 13,54^2}} = 0,346 \quad ; \quad \cos \varphi_{k20} = \frac{5}{\sqrt{5^2 + (0,4 \cdot 13,54)^2}} = 0,678 \quad (1.14)$$

b) Prevalno klizanje i prevalni moment

Postoji nekoliko načina da se razmatraju maksimalni (prevalni) momenti. Prvi pristup koji je predstavljen ovde je precizan i možda jednostavan nekim čitaocima, a drugi, sa detaljnim izvodjenjem, je nešto manje precizan.

Prvi pristup:

Prvo se izvodi izraz za prevalno klizanje. U uprošćenom izrazu za elektromagnetni moment u funkciji klizanja, (1.3), i brojilac i imenilac se mogu pomnožiti sa kvadratom klizanja:

$$M_e = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{\frac{R_r}{s}}{R_s^2 + 2R_s \frac{R_r}{s} + \frac{R_r^2}{s^2} + X_k^2} \cdot \frac{s^2}{s^2} \quad (1.15)$$

dobija se

$$M_e = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{sR_r}{s^2(R_s^2 + X_k^2) + s(2R_s R_r) + R_r^2} \quad (1.16)$$

Ako se traži maksimum momenta po klizanju, može se prepoznati da je ova funkcija vrlo sličnog oblika kao zavisnost stepena iskorišćenja od struje:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma P_g} = \frac{kI}{kI + A + BI + CI^2} \quad (*)$$

gde je pokazano da se maksimum ima kad se izjednače nezavisni i kvadratno zavisni član.

$$s^2(R_s^2 + X_k^2) = R_r^2 \quad (1.17)$$

Dakle, :

$$s_{pr} = \pm \frac{R_r}{\sqrt{R_s^2 + X_k^2}} \quad (1.18)$$

Pozitivan predznak označava motorski a negativan generatorski režim rada. Pri napajanju različitim frekvencijama, induktivnosti se menjaju, pa će brojčane vrednosti biti :

$$s_{pr50} = \frac{2,25}{\sqrt{2,75^2 + 13,54^2}} = 0,1628 \quad ; \quad s_{pr20} = \frac{2,25}{\sqrt{2,75^2 + (0,4 \cdot 13,54)^2}} = 0,37 \quad (1.19)$$

Kada se ove dve vrednosti uvrste u izraz (1.3), dobijaju se motorski prevalni momenti:

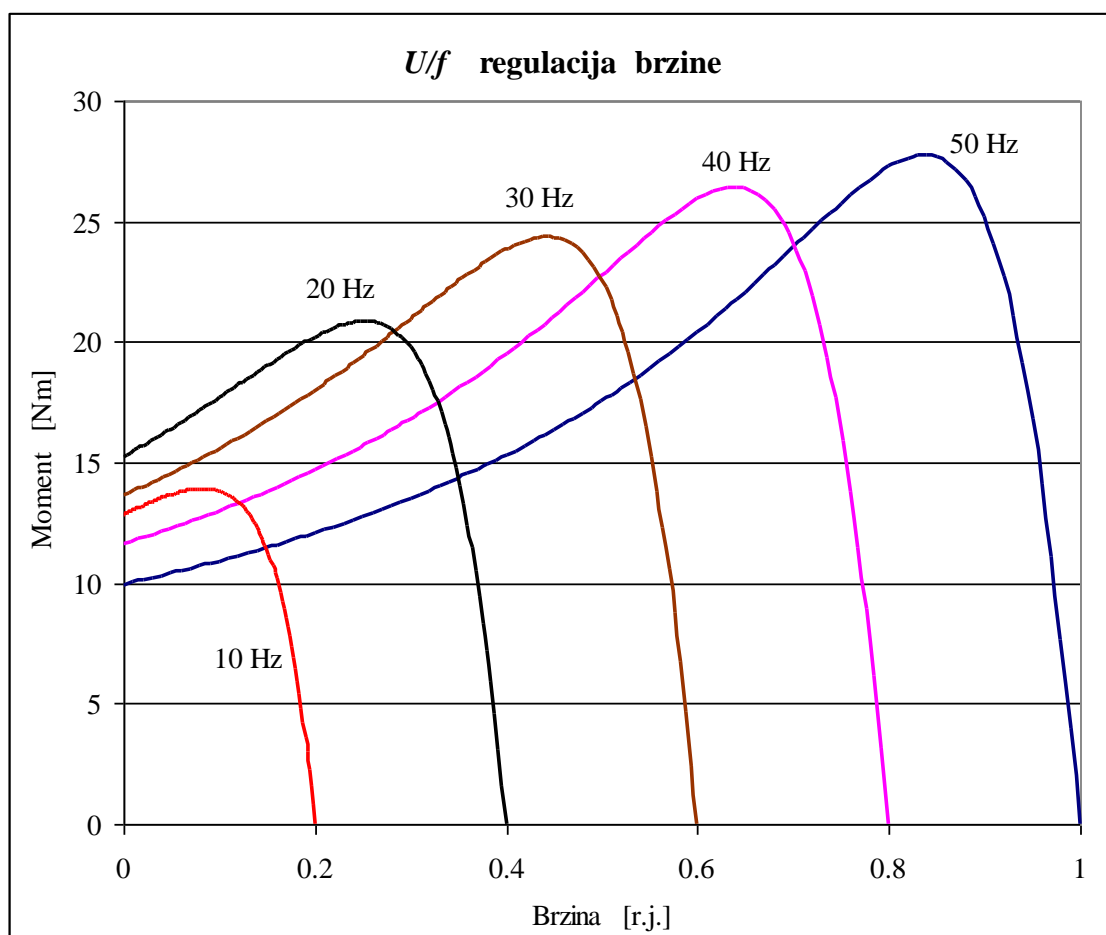
$$M_{pr50} = \frac{3}{157,08} 219,4^2 \frac{\frac{2,25}{0,1628}}{\left(2,75 + \frac{2,25}{0,1628}\right)^2 + 13,54^2} = 27,75 \text{ Nm} \quad (1.20)$$

$$M_{pr20} = \frac{3}{0,4 \cdot 157,08} (0,4 \cdot 219,4)^2 \frac{\frac{2,25}{0,37}}{\left(2,75 + \frac{2,25}{0,37}\right)^2 + (0,4 \cdot 13,54)^2} = 20,84 \text{ Nm} \quad (1.21)$$

$$\frac{M_{pr20}}{M_{pr50}} = \frac{20,84}{27,75} = 0,751 \quad (1.22)$$

ZAKLJUČAK: Prevalni moment (a time i preopteretljivost) motora se smanjuje za oko 25%.

Promene momenata u zavisnosti od klizanja, za napajanja od 10, 20, 30, 40 i 50 Hz, prikazane su na slici 1.2. Vrednosti prevalnih momenata su 13,9 Nm, 20,84 Nm, 24,35 Nm, 26,4 Nm i 27,75 Nm, respektivno.



Slika 1.2 Momentne karakteristike asinhronog motora pri U/f napajanju

Drugi pristup:

Radi lakšeg izvodjenja, a uz prihvatljivo malu grešku, pri malim i umerenim vrednostima klizanja, može se usvojiti da je :

$$\frac{R_r}{s} \gg R_s \quad (1.23)$$

te se ima

$$M_e \approx \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{\frac{R_r}{s}}{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + X_k^2} \quad (1.24)$$

Maksimalni moment nastaje kada je prvi izvod po klizanju jednak nuli :

$$\frac{dM_e}{ds} = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{-\frac{R_r}{s^2} \left(\left(\frac{R_r}{s} \right)^2 + X_k^2 \right) - \frac{R_r}{s} \left(-2 \frac{R_r^2}{s^3} \right)}{\left(\left(\frac{R_r}{s} \right)^2 + X_k^2 \right)} \quad (1.25)$$

Dakle, prevalno klizanje je :

$$\frac{R_r^3}{s^4} + \frac{R_r}{s^2} X_k^2 - 2 \frac{R_r^3}{s^4} = 0 \quad (1.26)$$

$$\frac{R_r}{s^2} X_k^2 = \frac{R_r^3}{s^4} \quad (1.27)$$

$$s_{pr} = \pm \frac{R_r'}{X_k} \quad (1.28)$$

U nominalnom režimu napajanja, pri 50 Hz, prevalno klizanje je :

$$s_{pr50} = \pm \frac{2,25}{13,54} = \pm 0,166 \quad (1.29)$$

Zbog promene frekvencije menja se reaktansa rasipanja , pa će se promeniti i prevalno klizanje:

$$s_{pr20} = \pm \frac{R_r}{a \cdot X_k} = \pm \frac{s_{pr20}}{a} = \pm \frac{0,166}{0,4} = \pm 0,415 \quad (1.30)$$

Razmatrajući izraze za prevalni moment pri napajanju nominalnim naponom i frekvencijom,

$$M_{pr50} = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{\frac{R_r}{s_{pr50}}}{\left(R_s + \frac{R_r}{s_{pr50}} \right)^2 + X_k^2} \quad (1.31)$$

i pri napajanju sniženim naponom i frekvencijom, gde su napon, frekvencija i reaktansa manji a puta , a prevalno klizanje veće a puta :

$$M_{pr20} = \frac{3}{a\omega_s} (aU_f)^2 \frac{a \frac{R_r}{s_{pr20}}}{\left(R_s + \frac{R_r}{s_{pr20}} \right)^2 + (aX_k)^2} \quad (1.32)$$

$$M_{pr20} = \frac{3}{a\omega_s} (aU_f)^2 \frac{a \frac{R_r}{s_{pr50}} \cdot \frac{1}{a^2}}{\left(R_s + a \frac{R_r}{s_{pr50}}\right)^2 + (aX_k)^2 \frac{1}{a^2}} \quad (1.33)$$

$$M_{pr20} = \frac{3}{\omega_s} U_f^2 \frac{\frac{R_r}{s_{pr50}}}{\left(\frac{R_s}{a^2} + \frac{R_r}{s_{pr50}}\right)^2 + X_k^2} \quad (1.34)$$

Odnos prevalnih momenata se dobija kad se podeli (1.34) sa (1.31) :

$$\frac{M_{pr20}}{M_{pr50}} = \frac{\left(R_s + \frac{R_r}{s_{pr50}}\right)^2 + X_k^2}{\left(\frac{R_s}{a^2} + \frac{R_r}{s_{pr50}}\right)^2 + X_k^2} \quad (1.35)$$

Kad se uvrste brojne vrednosti, ima se :

$$\frac{M_{pr20}}{M_{pr50}} = \frac{\left(2,75 + \frac{2,25}{0,166}\right)^2 + 13,54^2}{\left(\frac{2,75}{0,4} + \frac{2,25}{0,166}\right)^2 + 13,54^2} = \frac{16,3^2 + 13,54^2}{20,43^2 + 13,54^2} = 0,7475 \quad (1.36)$$

Apsolutni iznosi su :

$$M_{pr50} = \frac{3}{157,08} 219,4^2 \frac{\frac{2,25}{0,166}}{\left(2,75 + \frac{2,25}{0,166}\right)^2 + 13,54^2} = 27,74 \text{ Nm} \quad (1.37)$$

$$M_{pr20} = \frac{3}{0,4 \cdot 157,08} (0,4 \cdot 219,4)^2 \frac{\frac{2,25}{0,415}}{\left(2,75 + \frac{2,25}{0,415}\right)^2 + (0,4 \cdot 13,54)^2} = 20,74 \text{ Nm} \quad (1.38)$$

KOMENTAR: Kao što je već rečeno, izraz (1.28) je približan, jer je (1.3) aproksimiran sa (1.24). Poređenjem vrednosti dobijenih prvim i drugim pristupom, vidljiva razlika se jedino dobija u s_{pr20} i M_{pr20} , kao i u odnosu prevalnih momenata.

2. Zadatak: Kliznokolutni trofazni asinhroni motor, sprega Y, $2p = 6$, opterećen je radnom mašinom konstantnog otpornog momenta $M_{RM} = 70 \text{ Nm}$. Grana magnećenja i mehanički gubici mogu se zanemariti. Odrediti :

- klizanje i struju u ovom radnom režimu,
- struju i moment pri polasku,
- struju i moment pri polasku, ako se u kolo rotora priključi i dodatni otpornik vrednosti $R_{dod} = 1 \text{ } \Omega/\text{fazi}$
- vrednost dodatnog otpornika da bi se ostvario polazak sa maksimalnim momentom, kao i struju i moment pri takvom polasku.

Podaci : $R_s = 0,46 \text{ } \Omega$; $R_r = 0,54 \text{ } \Omega$; $X_{ls} = 2,24 \text{ } \Omega$; $X_{lr} = 2,16 \text{ } \Omega$; $U_n = 380 \text{ V}$; $f_n = 50 \text{ Hz}$

REŠENJE:

a.) Stacionarno stanje će nastati kada se izjednače pogonski moment i moment radne mašine, koji je u zadatku stalan i iznosi 70 Nm .

$$m_c = M_{RM} = 70 \text{ Nm} \quad (2.1)$$

Električni moment (moment konverzije) koji razvija asinhroni motor u stacionarnom stanju se može izraziti kao funkcija snage obrtnog polja, jer su mehanički gubici zanemareni.

$$m_c = \frac{P_{ob}}{\omega_s} = \frac{3}{\omega_s} \cdot U_f^2 \cdot \frac{\frac{R_r}{s}}{\left(R_s + \frac{R_r}{s}\right)^2 + X_k^2} \quad (2.2)$$

Sinhrona brzina je :

$$\omega_s = \frac{2\pi}{p} \cdot f = \frac{2\pi}{3} \cdot 50 = 104,72 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (2.3)$$

S obzirom da je motor vezan u spregu Y,

$$U_{nf} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ V} \quad (2.4)$$

Uvrštavajući dobijene brojne vrednosti u izraz (2.2) i uvažavajući (2.1), dobija se jednačina u kojoj je samo klizanje s nepoznato.

$$70 = \frac{3}{104,72} \cdot 219,4^2 \cdot \frac{0,54}{\left(0,46 + \frac{0,54}{s}\right)^2 + (2,24 + 2,16)^2} \quad (2.5)$$

Gornji izraz se svodi na :

$$\left(0,46 + \frac{0,54}{s}\right)^2 + 4,4^2 = \frac{3}{104,72} \cdot \frac{219,4^2}{70} \cdot \frac{0,54}{s} \quad (2.6)$$

Množenjem sa s^2 i razvijanjem, dobija se :

$$s^2(0,46^2 + 4,4^2) + s \cdot 2 \cdot 0,46 \cdot 0,54 + 0,54^2 = 10,638 \cdot s \quad (2.7)$$

što se svodi na kvadratnu jednačinu oblika:

$$19,5716 \cdot s^2 - 10,1412 \cdot s + 0,2916 = 0 \quad (2.8)$$

Ova jednačina ima dva rešenja: $s_1 = 0,03056$ i $s_2 = 0,4876$. Klizanje kod asinhronih motora se kreće u intervalu od 2% do 10%, tako da drugo od dva dobijena rešenja nije realno. Bira se:

$$s = s_1 = 0,03056 = 3,056 \% \quad (2.9)$$

Prevalno klizanje je :

$$s_{pr} = \frac{R_r}{\sqrt{R_s^2 + X_k^2}} = \frac{0,54}{\sqrt{0,46^2 + 4,4^2}} = 0,122 \quad (2.10)$$

Momentna karakteristika ovog režima rada prikazana je na slici 2.1 i označena je krivom (a). Radna tačka je označena sa 1.

Struja u ovom režimu rada je:

$$I_1 = \frac{U_{nf}}{\sqrt{\left(R_s + \frac{R'_r}{s}\right)^2 + X_k^2}} = \frac{219,4}{\sqrt{\left(0,46 + \frac{0,54}{0,03056}\right)^2 + 4,4^2}} = 11,76 \text{ A} \quad (2.11)$$

b.) Start

Pri startovanju motora, brzina nije konstantna u vremenu, tj. motor treba da ubrzava. Mehanički gubici na trenje i ventilaciju su i dalje zanemareni, te je jednačina mehaničke ravnoteže :

$$m_c - M_{RM} = J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.12)$$

Polazna struja i polazni moment se izračunavaju izrazima (2.11) i (2.2) uz činjenicu da je klizanje jednako jedinici $s = 1$.

$$I_{pol1} = \frac{U_{nf}}{\sqrt{(R_s + R_r)^2 + X_k^2}} = \frac{219,4}{\sqrt{(0,46 + 0,54)^2 + 4,4^2}} = 48,62 \text{ A} \quad (2.13)$$

$$M_{pol1} = \frac{3}{\omega_s} \cdot U_{nf}^2 \cdot \frac{R_r}{(R_s + R_r)^2 + X_k^2}$$

$$M_{pol1} = \frac{3}{104,72} \cdot 219,4^2 \cdot \frac{0,54}{(0,46 + 0,54)^2 + 4,4^2} = 36,57 \text{ Nm} \quad (2.14)$$

Da bi motor uopšte startovao, motor pri polasku mora razviti moment koji je veći od otpornog momenta radne mašine $M_{RM} = 70 \text{ Nm}$. Pošto je $M_{pol1} < M_{RM}$, nije zadovoljen uslov za start pod datim opterećenjem, te motor ne može startovati.

c.) Dodatni otpornik

Da bi se struja pri startu smanjila, a ujedno i povećao polazni moment, u kolo rotora se povezuje dodatni otpornik R_{dod} . Vrednosti otpornika prikazane u ovom zadatku su vrednosti otpora svedene na stator, na isti način kako se u ekvivalentnoj šemi rotorske veličine svode na stator. Ukupna otpornost u rotorskom kolu će tada biti:

$$R_{uk2} = R_r + R_{dod} = 0,54 + 1 = 1,54 \Omega \quad (2.15)$$

Polazna struja I_{pol2} i polazni moment M_{pol2} će sada biti:

$$I_{pol2} = \frac{U_{nf}}{\sqrt{(R_s + R_{uk2})^2 + X_k^2}} = \frac{219,4}{\sqrt{(0,46 + 1,54)^2 + 4,4^2}} = 43,56 \text{ A} \quad (2.16)$$

$$M_{pol2} = \frac{3}{\omega_s} \cdot U_{nf}^2 \cdot \frac{R_{uk2}}{(R_s + R_{uk2})^2 + X_k^2} \quad (2.17)$$

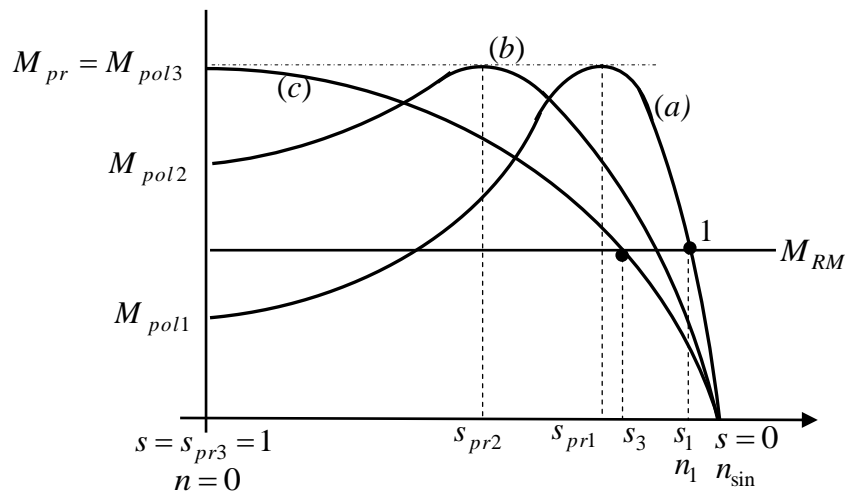
$$M_{pol2} = \frac{3}{104,72} \cdot 219,4^2 \cdot \frac{1,54}{(0,46 + 1,54)^2 + 4,4^2} = 83,73 \text{ Nm} \quad (2.18)$$

Sa ovim dodatnim otporom u kolu rotora polazni moment je povećan, a prevalni, maksimalni moment koji mašina razvija, je ostao isti, samo je pomeren ka nižim brzinama $s_{pr2} > s_{pr1}$.

Vrednost prevalnog klizanja je sada:

$$s_{pr2} = \frac{R_{uk2}}{\sqrt{R_s^2 + X_k^2}} = \frac{1,54}{\sqrt{0,46^2 + 4,4^2}} = 0,348 \quad (2.19)$$

Moment koji se razvija na vratilu motora pri klizanju jednakom jedinici je polazni. Momentna karakteristika ovog motora sa dodatnim otpornikom R_{dod} od 1Ω označena je sa (b) na slici 2.1. Sada motor može da startuje, jer je $M_{pol2} > M_{RM}$.



Slika 2.1. Momentna karakteristika klizno-kolutnog asinhronog motora sa različitim vrednostima dodatnog otpora u kolu rotora.

d.) Polazak sa maksimalnim momentom

Da bi prevalni moment bio jednak polaznom, mora se dodati otpornik takve vrednosti da prevalno klizanje postane $s_{pr} = 1$.

$$R_{uk3} = 1 \cdot \sqrt{R_s^2 + X_k^2} = \sqrt{0,46^2 + 4,4^2} = 4,424 \Omega \quad (2.20)$$

Dakle, vrednost dodatnog otpornika je :

$$R_{dod3} = \sqrt{R_s^2 + X_k^2} - R_r = 4,424 - 0,54 = 3,884 \Omega \quad (2.21)$$

Polazna struja I_{pol3} i polazni moment M_{pol3} će sada biti :

$$I_{pol3} = \frac{U_{nf}}{\sqrt{(R_s + R_{uk})^2 + X_k^2}} = \frac{219,4}{\sqrt{(0,46 + 4,424)^2 + 4,4^2}} = 33,37 \text{ A} \quad (2.22)$$

$$M_{pol3} = \frac{3}{\omega_s} \cdot U_f^2 \cdot \frac{R_{uk}}{(R_s + R_{uk})^2 + X_k^2} \quad (2.23)$$

$$M_{pol3} = \frac{3}{104,72} \cdot 219,4^2 \cdot \frac{4,424}{(0,46 + 4,424)^2 + 4,4^2} = 141,167 \text{ Nm} \quad (2.24)$$

Sa ovim dodatnim otporom u kolu rotora polazni moment je maksimalan, jednak prevalnom, a prevalno klizanje je sada $s_{pr3} = 1$. Momentna karakteristika motora sa dodatnim otpornikom R_{dod3} označena je sa (c) na slici 2.1. Motor može da startuje i ima značajnije ubrzanje, pa će zalet biti kraći. Treba primetiti da će se pogon zaleteti do brzine n_3 , tj. do klizanja s_3 .

Uobičajeno je da je dodatni otpor koji omogućuje lakše startovanje klizno-kolutnih asinhronih motora višestepen. Pri priključenju na mrežu, dodatni otpor se postavi na najveću potrebnu vrednost, a potom se smanjuje sve dok se sasvim ne isključi.

Korišćenjem ovog višestepenog dodatnog otpornika omogućuje se i regulacija brzine klizno-kolutnog asinhronog motora. Dodavanjem otpora u kolo rotora, menja se klizanje, tj. brzina, a prevalni moment ostaje isti. To omogućuje veći opseg regulacije nego metodom promene napona napajanja. Ovakav način regulacije brzine ima efekta samo za radne mašine sa približno konstantnim momentom opterećenja.

Nedostatak ovog načina regulacije brzine je što mora postojati uređaj kojim se podešava vrednost dodatnog otpora. Povećavaju se i gubici u bakru u rotorskom kolu. Međutim, ovi gubici ostaju izvan mašine, jer je R_{dod} izvan mašine, što je povoljna okolnost.

Zadaci za vežbanje

3. Zadatak: Motor iz prvog zadatka se napaja iz trofaznog izvora promenljive amplitude i frekvencije. Odrediti brzinu obrtanja, struju i faktor snage pri napajanju sa 190 V , 25 Hz .

4. Zadatak: Motor iz prvog zadatka opterećen je radnom mašinom konstantnog otpornog momenta i pri nominalnom napajanju ima klizanje $s_1 = 2,4\%$.

a.) Odrediti moment, struju i faktor snage.

b.) Na koju vrednost treba smanjiti napon da bi se imala brzina obrtanja $n_2 = 1410\text{ o/min}$?
Zatim odrediti struju i faktor snage.

Zanemariti granu magnećenja, kao i promene P_{gm} .