

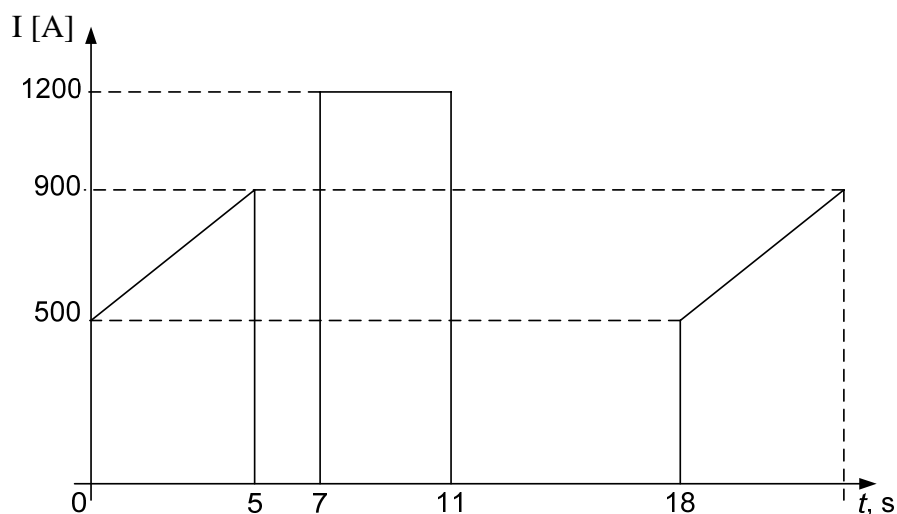
ZADACI ZA PRVU DOMAĆU ZADAĆU

24. travnja 2009.

Studenti A-L

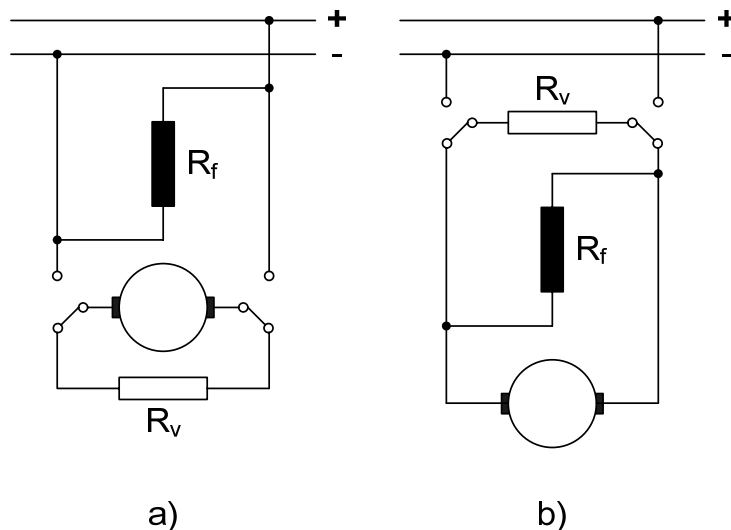
- Nezavisno uzbuđeni istosmjerni motor **10 kW**, **220 V**, **54 A**, **1800 min⁻¹**, radi na pogonu za dizanje i spuštanje tereta. Otpor armaturnog kruga (uključivši četkice) iznosi **0,24 Ω**, a reakcija armature je zanemariva. Moment tereta je potencijalan iznosa **35 Nm**. Moment trenja reduktora je **8 Nm**.
 - Koliko je vlastito trenje motora?
 - Ako motor diže teret nazivnom brzinom vrtnje, koliku struju uzima iz mreže?
 - Kolika je struja iz mreže pri spuštanju tereta brzinom **1200 min⁻¹** u spoju "motor s ukopčanim velikim predotporom"?
 - Koliki je predotpor u slučaju c).
 - Skicirajte karakteristike i označite radne točke za slučajeve b) i c).
- Trofazni asinkroni motor **50 kW**, **400 V**, **50 Hz**, **965 min⁻¹**, diže preko reduktora teret brzinom **1 m/s** pri čemu se vrti nazivnom brzinom vrtnje. Moment vlastitih gubitaka motora je **12 Nm**, a moment gubitaka reduktora je **50 Nm**.
 - Izračunajte vrijednost elektromagnetskog momenta u stacionarnom stanju kojeg mora razviti asinkroni stroj pri podizanje tereta u motorskom radu i spuštanju tereta u generatorskom radu.
 - Izračunajte brzinu spuštanja tereta (u m/s) u generatorskom radu.
 - Skicirajte u istom grafu momentne karakteristike motora i tereta za slučaj podizanja i spuštanja tereta. Navedite u grafu vrijednosti momenta i brzine vrtnje u stacionarnom stanju za oba režima rada i označite te radne točke.

Pretpostavite da momenti gubitaka motora i reduktora ne ovise o brzini vrtnje.
- Ciklus strujnog opterećenja nekog elektromotornog pogona ima oblik prema slici. Koliko iznosi efektivna vrijednost struje jednog ciklusa?



Studenti M-Ž

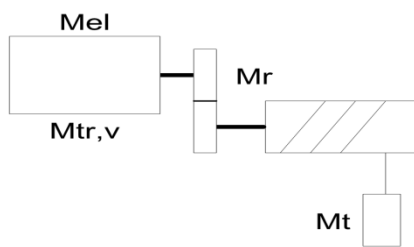
1. Elektrodinamičko kočenje elektromotornog pogona s nezavisno uzbuđenim istosmjernim motorom može se izvesti u dvije varijante spoja, a) i b). Skicirajte kočne karakteristike i obrazložite koja je varijanta prikladnija za kočenje.



2. Trofazni asinkroni kolutni motor **20 kW, 400 V, 50 Hz, 1425 min⁻¹** je kod nazivne brzine opterećen punom snagom. Pokretanje se vrši konstantnim momentom **40%** većim od nazivnog (dodanim otpornikom u rotorskom krugu). Moment tromosti rotora motora i pogonjenog uređaja sve preračunato na osovinu motora iznosi **50 kgm²**. Koliko iznosi vrijeme zaleta motora ako se protumoment tereta mijenja po funkciji **$M_t = k \cdot n$** ?
3. Trofazni kavezni asinkroni motor ima nazivne podatke **1000 kW, 6300 V, 50 Hz, 2970 min⁻¹**. Brzina vrtnje motora se regulira pretvaračem napona i frekvencije. Koristi se skalarna regulacija pri čemu je omjer napona i frekvencije konstantan. Motor je opterećen momentom konstantnog iznos neovisnog o brzini vrtnje.
 - a) Izračunajte nazivni moment i nazivno klizanje motora.
 - b) Ako je sinkrona brzina vrtnje okretnog polja motora **1920 min⁻¹**, koliki je napon na stezaljkama motora i kolika je frekvencija tog napona?
 - c) Ako brzina vrtnje motora uz napon i frekvenciju prema b) dijelu zadatka iznosi **1900 min⁻¹**, izračunajte kolikim momentom je opterećen motor. Skicirajte momentne karakteristike motora pri nazivnoj frekvenciji i frekvenciji iz b), te karakteristiku momenta tereta.
 - d) Koliko iznose gubici u namotu rotora pri momentu tereta iz c) i nazivnoj frekvenciji **50 Hz**, a koliko pri istom momentu, brzini vrtnje **1900 min⁻¹** i frekvenciji u b)? Zanimajte mehaničke gubitke zbog trenja i ventilacije.

Napomena: Riješenu domaću zadaću treba predati tajnici na **5. katu C zgrade** (Zavod za elektrostrojstvo i automatizaciju) do petka **08. svibnja 2009.**

1.) $P=10 \text{ kW}$ $U=220 \text{ V}$ $I_{an}=54 \text{ A}$ $n_n=1800 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ $R_a=0,24 \Omega$ $M_t=35 \text{ Nm}$ $M_r=8 \text{ Nm}$



$$n = \frac{U - I_a \cdot R_a}{c_e} \quad n_n = \frac{U_n - I_{an} \cdot R_a}{c_e} \Rightarrow c_e = \frac{U_n - I_{an} \cdot R_a}{n_n} = \frac{220 - 54 \cdot 0,24}{1800} = 115,02 \cdot 10^{-3}$$

$$c_m = \frac{30}{\pi} c_e = 1,1 \quad M_{el} = c_m \cdot I_a \quad M_{eln} = c_m \cdot I_{an} = 1,1 \cdot 54 = 59,4 \text{ Nm}$$

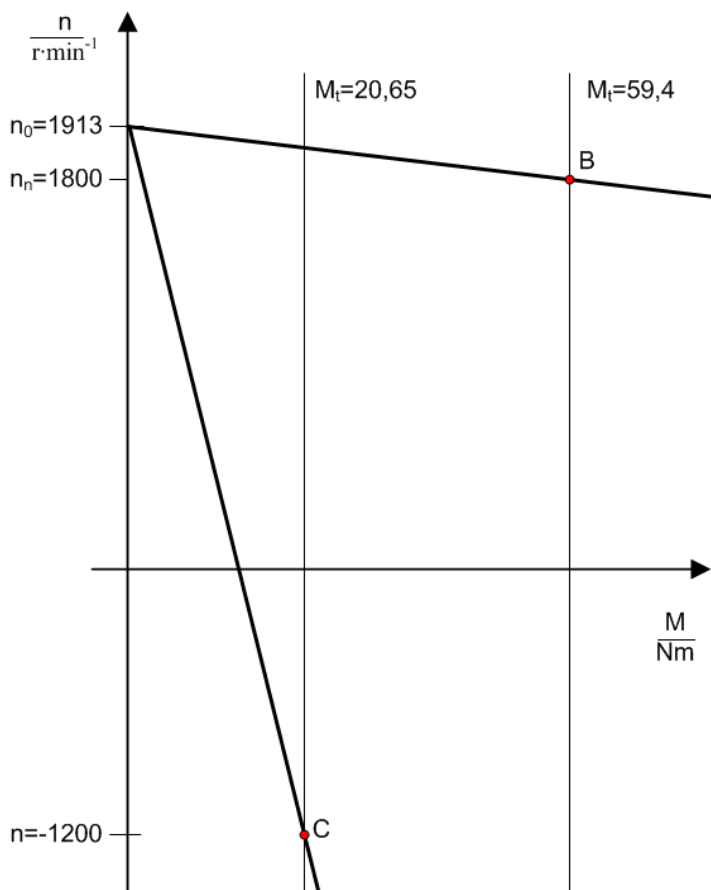
$$M_n = \frac{30P}{\pi n_n} = \frac{30 \cdot 10^4}{\pi \cdot 1800} = 53,05 \text{ Nm} \quad M_n = M_{eln} - M_{tr} \Rightarrow M_{tr} = M_{eln} - M_n = 59,4 - 53,05 = 6,35 \text{ Nm}$$

a) $M_{tr}=6,35 \text{ Nm}$

b) $U_n, n_n \rightarrow I_{an}=54 \text{ A}, M_n, M_{eln} \rightarrow M_{t2}=M_{eln}-M_{tr}-M_r=M_n-M_r=53,05-8=45,05 \text{ Nm} \quad M_{tr}=6,35 \text{ Nm}=\text{konst.}$

c) $n = \frac{U}{c_e} - M_{el} \frac{R_a}{c_e c_m} \quad M_{el} = M_t - M_{tr} - M_r = 35 - 6,35 - 8 = 20,65 \text{ Nm} \quad I_a = \frac{M_{el}}{c_m} = 18,77 \text{ A}$

d) $R_{a2} = \frac{c_e n - U}{-I_a} = \frac{-1200 \cdot c_e - 220}{-18,77} = 19,07 \Omega \quad R_d = R_{a2} - R_a = 19,07 - 0,24 = 18,83 \Omega$



2.) $P_2=50 \text{ kW}$ $U=400 \text{ V}$ $f=50 \text{ Hz}$ $n_n=965 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ $v=1 \text{ ms}^{-1}$ $M_{tr}=12 \text{ Nm}$ $M_r=50 \text{ Nm}$

$$M_n = \frac{30P}{\pi n_n} = \frac{30 \cdot 50 \cdot 10^3}{\pi 965} = 495 \text{ Nm} \quad s_n = 1 - \frac{n_n}{n_s} = 1 - \frac{965}{1000} = 0,035$$

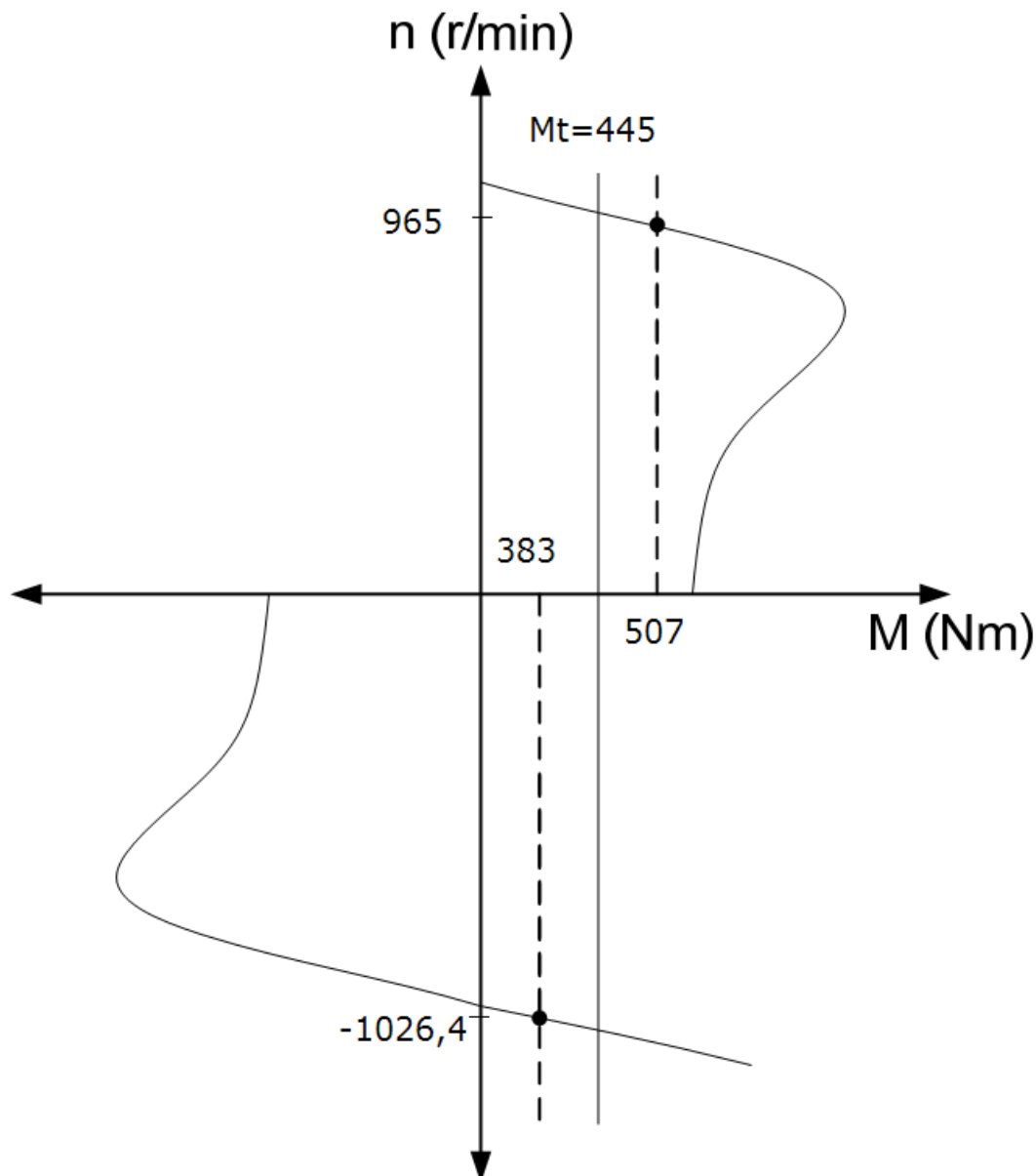
dizanje: $M_{eln}=M_n+M_{tr}=495+12=507 \text{ Nm}$ $M_t=M_n-M_r=445 \text{ Nm}$

spuštanje: $M_{el2}=M_t-M_{tr}-M_r=445-12-50=383 \text{ Nm}$

$$\frac{s_2}{M_{el2}} = -\frac{s_n}{M_{eln}} \Rightarrow s_2 = -\frac{s_n \cdot M_{el2}}{M_{eln}} = -\frac{0,035 \cdot 383}{507} = -2,644 \%$$

$$n_2 = -n_s(1 - s_2) = -1000(1 - (-0,02644)) = -1026,44 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v_2 = v_1 \frac{n_2}{n_n} = 1 \frac{-1026,44}{965} = -1,064 \text{ ms}^{-1}$$



$$\begin{aligned}
3.) \quad i_1 &= 80t + 500 & i_2 &= 1200 & I_{ef} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2 dt} = \\
&= \sqrt{\frac{1}{18} \cdot \left(\int_0^5 (80t + 500)^2 dt + \int_7^{11} (1200)^2 dt \right)} = \\
&= \sqrt{\frac{1}{18} \cdot \left(6400 \frac{t^3}{3} \Big|_0^5 + 80 \cdot 10^3 \frac{t^2}{2} \Big|_0^5 + 250 \cdot 10^3 \frac{t}{1} \Big|_0^5 + 1,44 \cdot 10^6 \frac{t}{1} \Big|_7^{11} \right)} = 678,1 \text{ A}
\end{aligned}$$

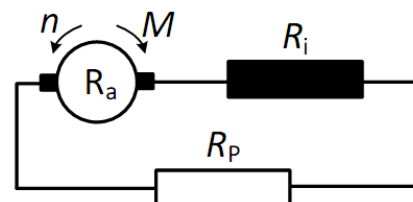
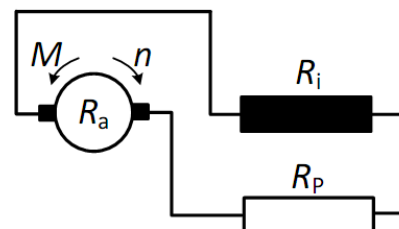
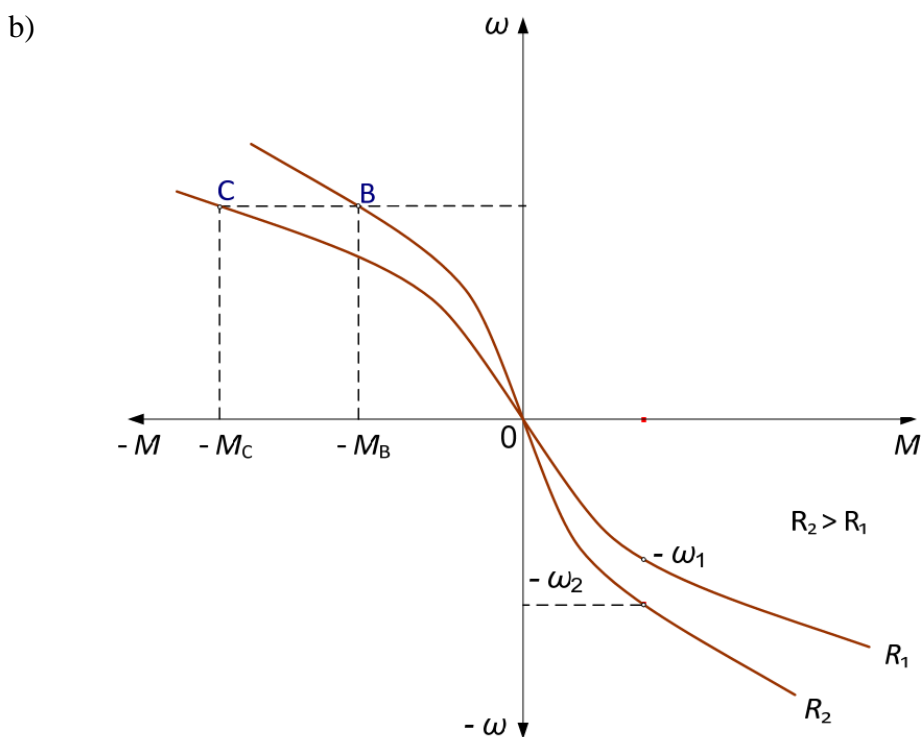
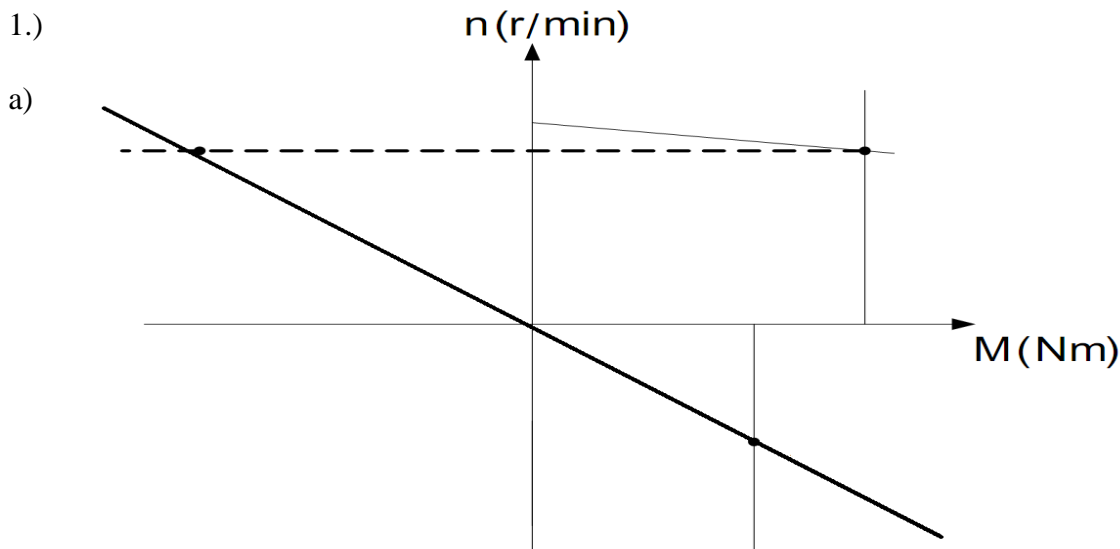
ili:

$$I_{ef} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} \quad I_1 = \sqrt{I_0^2 + 2I_0I_{sr} + I_{11}^2} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T}} \quad I_0 = 500 \quad I_{sr} = \frac{I_{m11}}{2} = \frac{400}{2} \quad I_{11} = \frac{I_{m11}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}}$$

$$I_1 = \sqrt{500^2 + 2 \cdot 500 \cdot 200 + \frac{400^2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{5}{18}} = 374$$

$$I_2 = I_{m2} \sqrt{\frac{T_2}{T}} = 1200 \sqrt{\frac{4}{18}} = 566$$

$$I_{ef} = \sqrt{374^2 + 566^2} = 678$$



Kod B) šeme -> razvija se malen ili nikakav kočni moment pri malim brzinama (pada n -> pada E -> pada tok); potrebna su prekapčanja stezaljki armature ili uzbude u slučaju aktivnog momenta tereta zbog pobjega pogona (razmagnetiranje motora)

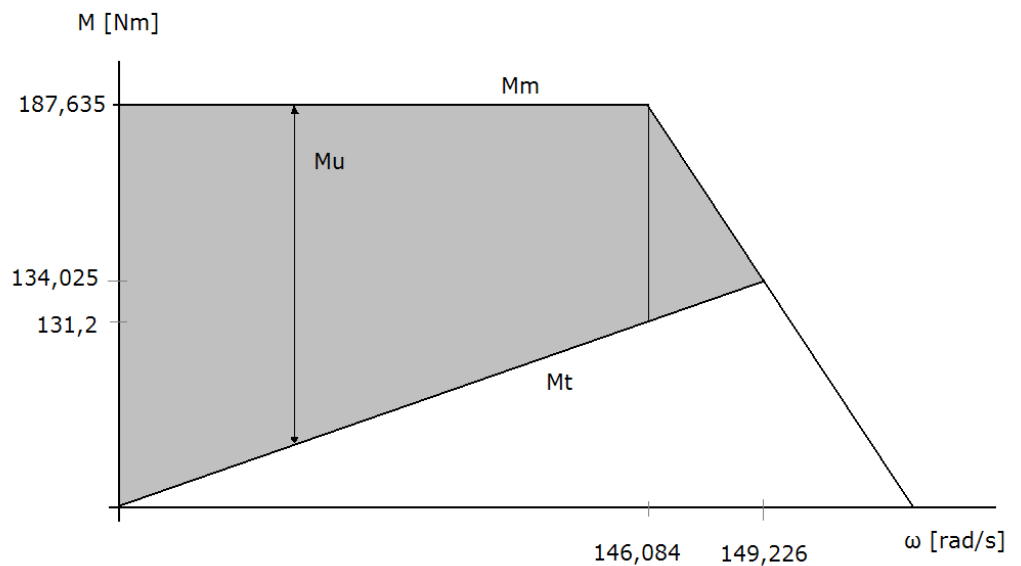
=> bolja A) šema

* za dodatna pojašnjenja vidi Jurkovića str.35. ILI otići na konzultacije kod Tanje :-)

2.)

$$M_u = J \frac{d\omega}{dt}$$

$$t_z = J \int_{\omega_0}^{\omega_n} \frac{d\omega}{M_u}$$



$$M_n = \frac{30P}{\pi n_n} = 134,025 \text{ Nm} \quad M_k = 1,4M_n = 187,635 \text{ Nm} \quad M_t = k\omega = M_n \Rightarrow k = 0,898136$$

ovo moremo računat na dva načina: usrednjiti moment ubrzanja M_u i onda tu konstantnu vrijednost ubaciti u integral za vrijeme zaleta ILI odredit analitički izraz za M_u po odsječcima i ubaciti tu klobasu u neki softver za računati određeni integral npr. matlab, mathematica, neki online integrator, ali to na kraju ispada nepravi integral pa treba integrirati do nešto prije nazivne brzine, gdje je integral konvergentan, a mali ficlek površine koji ostane usrednjiti i tu konstantnu vrijednost ubaciti u integral.

PRVO:

$$P = 0,5 * 56,432 * 3,142 + 0,5 * 131,2 * 146,084 + 146,084 * 56,432 = 17915,575 = M_{sr} * \omega_n \Rightarrow M_{sr} = 120,057 \text{ Nm}$$

$$t_{z1} = (50 / 120,057) * 149,226 = 62,15 \text{ s}$$

DRUGO:

$$M_{u1} = 187,635 - 0,898136\omega$$

$$\text{INT1} = \int_0^{146,084} \frac{d\omega}{M_{u1}} = -1,11342 * \ln(187,635 - 0,898134\omega) \Big|_0^{146,084} = 1,3377322$$

$$M_{u2} = -17,963\omega + 2680,5$$

$$\text{INT2} = \int_{146,084}^{149} \frac{d\omega}{M_{u2}} = -0,05567 * \ln(2680,5 - 17,963\omega) \Big|_{146,084}^{149} = 0,147125$$

$$P = 4,013 * 0,5 * \Delta\omega = M_{sr} * \Delta\omega \Rightarrow M_{sr} = 2,0065$$

$$\int_{149}^{149,226} \frac{d\omega}{M_{u3}} = \frac{1}{M_{sr}} \int_{149}^{149,226} d\omega = \frac{\Delta\omega}{M_{sr}} = \frac{0,226}{2,0065} = 0,11264$$

UKUPNO:

$$t_z = J \int_{\omega_0}^{\omega_n} \frac{d\omega}{M_u} = 50 \cdot (1,5975) \approx 80 \text{ s}$$

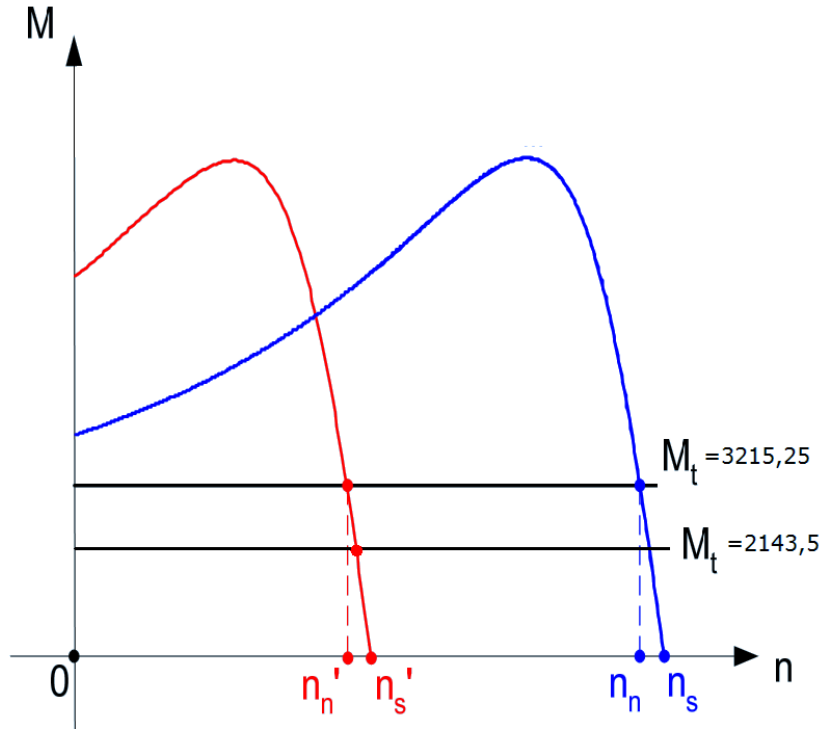
ZAKLJUČAK: $t_{z1} \approx t_{z2}$ druga metoda je točnija jer ipak se M_u smanjuje pred kraj pa treba duže da se zavrti

3.) 3-f AM $P_2=1 \text{ MW}$ $U=6300 \text{ V}$ $f=50 \text{ Hz}$ $n_n=2970 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ $U/f=\text{konst.}$ $2p=2$

a) $M_n = \frac{30P}{\pi n_n} = 3215,25 \text{ Nm}$ $s_n = 1 - \frac{n_n}{n_s} = 0,01$

b) $n_s=1920 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ $n_s=(60*f)/p \Rightarrow f_2=32 \text{ Hz}$ $U/f=\text{konst.}$ $U_n/f_n=U_2/f_2 \Rightarrow U_2=4032 \text{ V}$

c) $M_n/\Delta n_n=M_2/\Delta n_2 \Rightarrow M_2=3215,25*20/30=2143,5 \text{ Nm}$



d) \rightarrow gubici su isti

c) $M_t=2143,5 \text{ Nm}$ $f=50 \text{ Hz}$
 $s_2=s_n*M_2/M_n=6,66\cdot 10^{-3}$
 $n_2=2980 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$
 $P_2=M\omega=669 \text{ kW}$
 $P_g=s_2*P_2/(1-s_2)=4,49 \text{ kW}$

b) $M_t=2143,5 \text{ Nm}$ $f=32 \text{ Hz}$ $n=1900 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$
 $s_2=1-1900/1920=1,0416 \%$
 $P_2=M\omega=426,5 \text{ kW}$
 $P_g=s_2*P_2/(1-s_2)= 4,49 \text{ kW}$