

## Modulul II

### MOTORUL ASINCRON

#### II.1.Calculul datelor principale ale motorului asincron

**Date nominale de catalog:**

Tipul motorului :1LA9 183-4AA..

Frecvența statorică nominală:  $f_{sN} := 50$  [Hz]

Turația de sincronism:  $n_{0N} := 1500$  [rot/min]

Numărul de perechi de poli:  $z_p := 2$

$n_{0N}$ (rot/min)	3000	1500	1000	750	600	500
$z_p$	1	2	3	4	5	6

Puterea nominală la arbore:  $P_{arbN} := 26$  [kW]

Turația nominală:  $n_N := 1460$  [rot/min]

Randamentul nominal:  $\eta_N := 90.5$  [%]

Factorul de putere:  $\cos\varphi := 0.83$

Tensiunea nominală de fază:  $U_{sN} := 230$  [V]

Curentul nominal de fază:  $i_{sN} := 50$  [A]

Cuplul nominal la arbore:  $m_{arbN} := 170$  [Nm]

Cuplul critic nominal raportat:  $\lambda_N = \frac{m_{kN}}{m_{arbN}} = 3.2$   $\lambda_N := 3.2$

Momentul de inerție:  $J := 0.15$  [ $kgm^2$  ]

#### **Mărimi calculate**

1) Viteza unghiulară nominală:

$$\omega_N := \frac{\pi \cdot n_N}{30} \quad [2.1.1]$$

$$\omega_N := \frac{\pi \cdot 1.46 \cdot 10^3}{30} = 152.891 \quad [\text{rad/s}]$$

2) Viteza unghiulară de sincronism:

$$\omega_{0N} := \frac{\pi \cdot n_{0N}}{30} \quad [2.1.2]$$

$$\omega_{0N} := \frac{\pi \cdot (1.5 \cdot 10^3)}{30} = 157.08 \quad [\text{rad/s}]$$

3 ) Alunecarea nominală:

$$s_N := \frac{n_{0N} - n_N}{n_{0N}} = \frac{\omega_{0N} - \omega_N}{\omega_{0N}} \quad [2.1.3]$$

$$s_N := \frac{157.08 - 152.891}{157.08} = 0.027$$

4) Puterea absorbită:

$$P_{abs} := \frac{P_{arbN}}{\eta_N} \quad [2.1.4]$$

$$P_{abs} := \frac{26000}{0.905} = 2.873 \cdot 10^4 \quad [\text{W}]$$

5) Calculul rezistenței statorice

$$R_s i_{sN} := 0.01 \cdot U_{sN} \quad [2.1.5]$$

$$R_s i_{sN} := 0.01 \cdot 230 = 2.3 \quad [\text{V}]$$

Din această cădere de tensiune se calculează se va calcula rezistența statorică:

$$R_s := \frac{0.01 \cdot U_{sN}}{i_{sN}} \quad [2.1.6]$$

$$R_s := \frac{0.01 \cdot 230}{50} = 0.046 \quad [\Omega]$$

6) Puterea electromagnetică:

$$P_{em} := P_{abs} - 3 \cdot R_s \cdot i_{sN}^2 \quad [2.1.7]$$

$$P_{em} := 2.873 \cdot 10^4 - 3 \cdot 0.046 \cdot 50^2 = 2.839 \cdot 10^4 \quad [\text{W}]$$

7) Cuplul electromagnetic nominal:

$$m_{emN} := \frac{P_{abs} - 3 \cdot R_s \cdot i_{sN}^2}{\omega_{0N}} \quad [2.1.8]$$

$$m_{emN} := \frac{2.873 \cdot 10^4 - 3 \cdot 0.046 \cdot 50^2}{157.08} = 180.704 \quad [\text{Nm}]$$

8) Puterea mecanică:

$$P_{mec} := m_{emN} \cdot \omega_N \quad [2.1.9]$$

$$P_{mec} := 180.704 \cdot 152.891 = 2.763 \cdot 10^4 \quad [\text{W}]$$

9) Cuplul de mers în gol nominal:

$$m_0 := m_{emN} - m_{arbN} \quad [2.1.10]$$

$$m_0 := 180.704 - 170 = 10.704 \quad [\text{Nm}]$$

*Verificare:*

$$0.02 \cdot m_{emN} < m_0 < 0.1 \cdot m_{emN} \quad 0.02 \cdot m_{emN} \quad 0.02 \cdot 180.704 = 3.614$$

$$0.1 \cdot m_{emN} \quad 0.1 \cdot 180.704 = 18.07$$

$$m_0 = 10.704 \quad (\text{adevarat})$$

10) Cuplul critic nominal:

$$m_{kN} := \lambda_N \cdot m_{arbN} \quad [2.1.11]$$

$$m_{kN} := 3.2 \cdot 170 = 544 \quad [\text{Nm}]$$

11) Alunecarea critică nominală:

$$s_{kN} := s_N \cdot \left( \lambda_N + \sqrt{\lambda_N^2 - 1} \right) \quad [2.1.12]$$

$$s_{kN} := 0.027 \cdot \left( 3.2 + \sqrt{3.2^2 - 1} \right) = 0.168$$

## II.2. Ridicarea caracteristicilor mașinii asincrone

### Considerații teoretice

Expresia generală a caracteristicii mecanice a motorului asincron (Formula lui Kloss simplificată):

- pentru reprezentarea  $m=f(s)$

$$m = \frac{2 \cdot m_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

unde  $m_k$  reprezintă cuplul critic, iar  $s_k$  reprezintă alunecarea critică pe caracteristică.

- pentru reprezentarea  $\omega = f(m)$

$$m = \frac{2 \cdot m_k}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0 - \omega_k} + \frac{\omega_0 - \omega_k}{\omega_0 - \omega}}$$

unde  
 -alunecarea absolută:  $\Delta\omega = \omega_0 - \omega$   
 -alunecarea critică absolută:  $\Delta\omega_k = \omega_0 - \omega_k$

Viteza unghiulară critică se calculează conform:  $\omega_k = \omega_0 - (1 - s_k)$

### A) Ridicarea caracteristicii naturale:

**A.1)** Se va ridica caracteristica naturală în alunecare  $m = f(s)$  utilizând Formula lui Kloss simplificată, particularizată pentru caracteristica naturală cu ajutorul relației:

$$m = \frac{2 \cdot m_{kN}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}}$$

unde  $m_{kN}$  este cuplul critic nominal iar  $s_{kN}$  reprezintă slunecarea critică nominală naturală.

Valorile cuplului pe caracteristică se vor calcula pentru valori ale alunecării  $s$  care ia valori în intervalul  $s = (0.00001 \dots 1)$ . (se va evita valoarea  $s = 0$  din cauza împărțirii cu zero)

$$s := 0.00001$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{kN}}{s + \frac{s_{kN}}{s}}}{\frac{0.00001}{0.168} + \frac{0.168}{0.00001}} = 0.065 \quad [Nm]$$

**A.2)** Se va ridica caracteristica naturală în viteza unghiulară  $\omega = f(m)$  cu ajutorul relației

$$m = \frac{\frac{2 \cdot m_{kN}}{\omega_{0N} - \omega} + \frac{\omega_{0N} - \omega_{kN}}{\omega_{0N} - \omega_{kN}}}{\frac{\omega_{0N} - \omega_{kN}}{\omega_{0N} - \omega}}$$

unde  $\Delta\omega = \omega_{0N} - \omega$  reprezintă alunecarea absolută pe caracteristica naturală

$\Delta\omega_{kN} = \omega_{0N} - \omega_{kN}$  reprezintă alunecarea critică nominală absolută pe caracteristica naturală

$\omega_{kN} = \omega_{0N} - (1 - s_{kN})$  reprezintă viteza unghiulară critică nominală pe caracteristica naturală

Caracteristica se va ridica luând valori pentru  $\omega$  în intervalul  $\omega = (0 .. \omega_{0N})$

$$\omega_{0N} := 157.08 \quad [\text{rad/s}] \quad m_{kN} = 544 \quad [Nm] \quad s_{kN} = 0.168$$

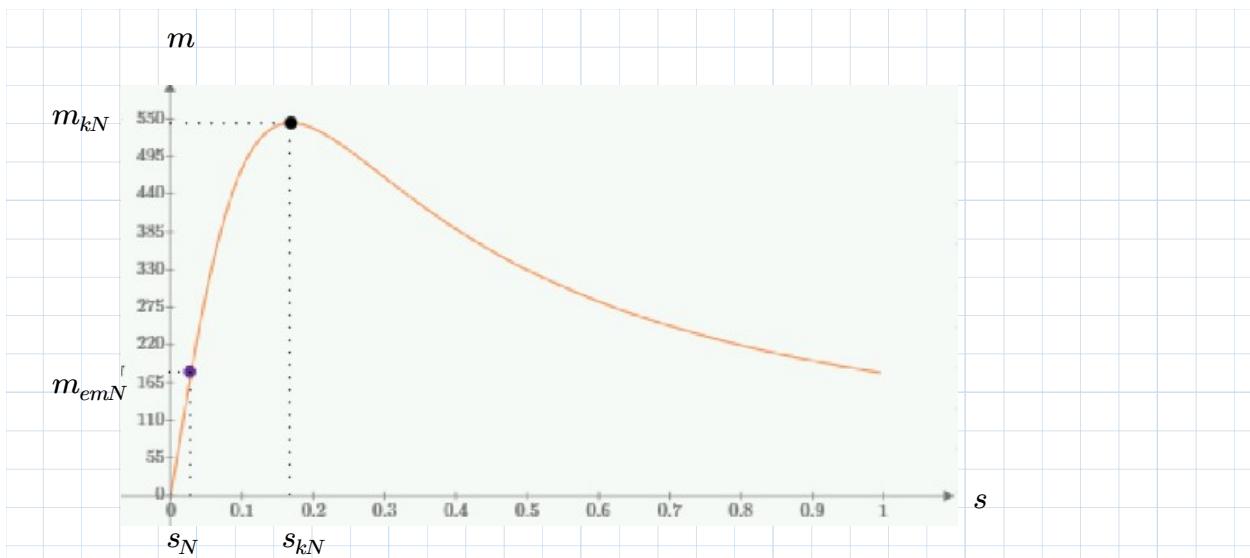
$$\omega := (0 .. 157.08) \Rightarrow \omega := 1$$

$$\omega_{kN} := \omega_{0N} \cdot (1 - s_{kN})$$

$$\omega_{kN} := 157.08 \cdot (1 - 0.168) = 130.691 \quad [\text{rad/s}]$$

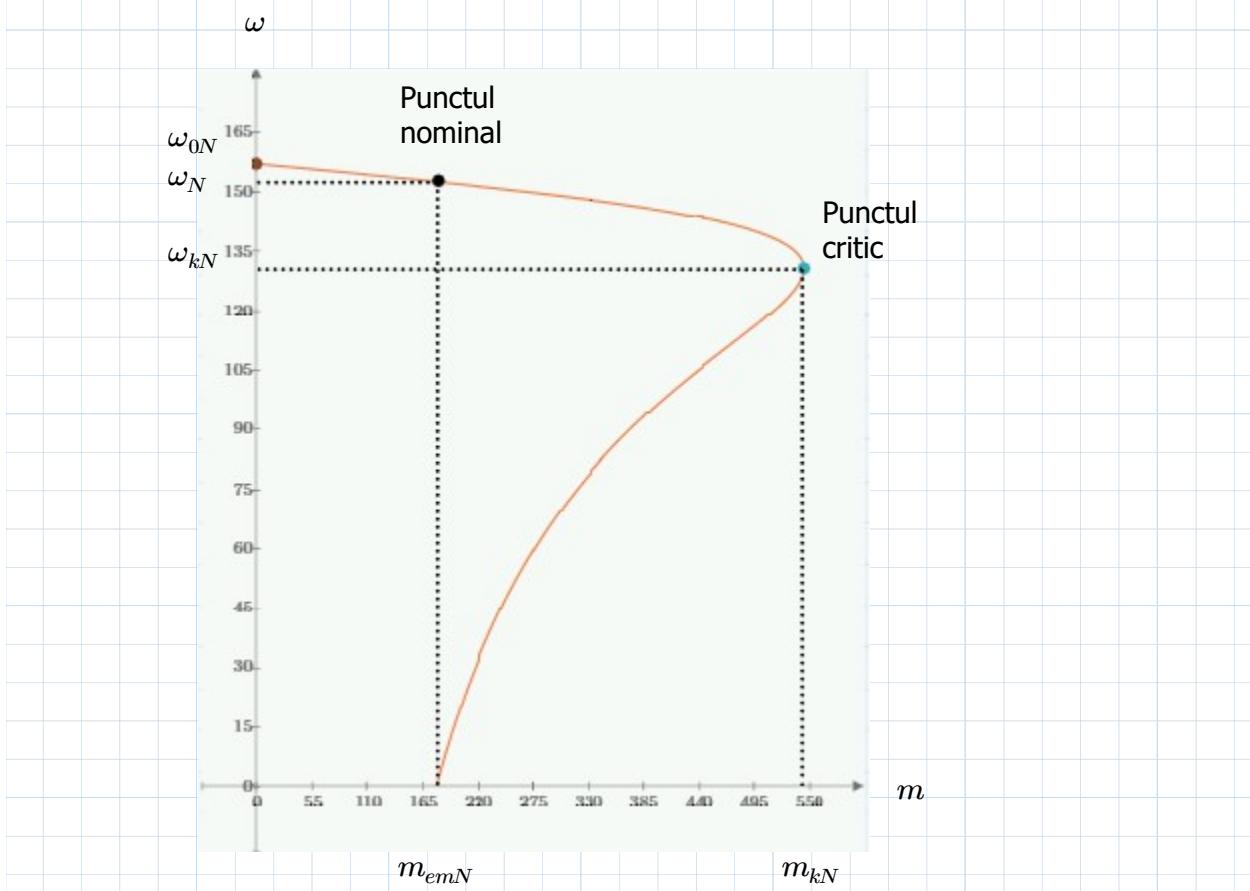
$$m := \frac{\frac{2 \cdot 544}{157.08 - 1} + \frac{157.08 - 130.691}{157.08 - 1}}{\frac{157.08 - 130.691}{157.08 - 1}} = 178.84 \quad [Nm]$$

$$s := 0.00001, 0.00501 \dots 1 \quad m(s) := \frac{\frac{2 \cdot m_{kN}}{s + \frac{s_{kN}}{s}}}{\frac{0.00001}{0.168} + \frac{0.168}{0.00001}}$$



a) Caracteristica cuplu/alunecare  $m=f(s)$

$$\omega(s) := \omega_{0N} \cdot (1 - s)$$



b) Caracteristica viteza/cuplu  $\omega=f(m)$

## B) Caracteristicile artificiale la tensiune variabilă a motorului asincron

### Considerații teoretice

Modificarea tensiunii de alimentare statorice determină modificarea cuplului critic  $m_k$

Astfel, **cuplul critic** pe o caracteristică artificială determinată de modificarea tensiunii de alimentare este **diferit față de cea de pe caracteristica naturală** și se calculează conform relației:

$$m_k = m_{kN} \cdot \left( \frac{U_s}{U_{sN}} \right)^2$$

Fiecare caracteristică va avea valori diferite pentru cuplul critic  $m_k$ .

**Alunecarea critică** la modificarea tensiunii de alimentare **nu se modifică** față de valoarea de pe caracteristica naturală: ( $s_k = s_{kN}$ )

**B.1)** Se vor ridica caracteristicile  $m = f(s)$  pe baza relației (2.2.1) luându-se valori pentru alunecarea  $s$  în intervalul  $s = (0.00001 \dots 1)$ , pentru următoarele valori ale tensiunii de alimentare:

Pentru  $U_{s1} = U_{sN}$ :

$$s := 0.00001$$

$$m_{k1} := m_{kN} \cdot \left( \frac{U_{sN}}{U_{sN}} \right)^2 \Rightarrow m_{k1} := 544 \cdot \left( \frac{230}{230} \right)^2 = 544 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k1}}{s}}{\frac{s_{kN}}{s}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 544}{0.00001}}{\frac{0.168}{0.00001}} = 0.065$$

Pentru  $U_{s2} = 0.8 * U_{sN}$ :

$$m_{k2} := m_{kN} \cdot \left( \frac{0.8 \cdot U_{sN}}{U_{sN}} \right)^2 \Rightarrow m_{k2} := 544 \cdot \left( \frac{230 \cdot 0.8}{230} \right)^2 = 348.16 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k2}}{s}}{\frac{s_{kN}}{s}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 348.16}{0.00001}}{\frac{0.168}{0.00001}} = 0.041$$

Pentru  $U_{s3} = 0.6 * U_{sN}$ :

$$m_{k3} := m_{kN} \cdot \left( \frac{0.6 \cdot U_{sN}}{U_{sN}} \right)^2 \Rightarrow m_{k3} := 544 \cdot \left( \frac{230 \cdot 0.6}{230} \right)^2 = 195.84 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k3}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}} \Rightarrow m := \frac{2 \cdot 195.84}{\frac{0.00001}{0.168} + \frac{0.168}{0.00001}} = 0.023$$

Pentru  $U_{s4} = 0.4 * U_{sN}$ :

$$m_{k4} := m_{kN} \cdot \left( \frac{0.4 \cdot U_{sN}}{U_{sN}} \right)^2 \Rightarrow m_{k4} := 544 \cdot \left( \frac{230 \cdot 0.4}{230} \right)^2 = 87.04 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k4}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}} \Rightarrow m := \frac{2 \cdot 87.04}{\frac{0.00001}{0.168} + \frac{0.168}{0.00001}} = 0.01$$

Frecvența de alimentare este egală cu cea nominală:  $f_s = f_{sN} = 50$  Hz, ca atare viteza de sincronism este de asemenea egală cu viteza nominală de sincronism:  $\omega_0 = \omega_{0N}$

Cuplurile critice  $m_k$  se calculează conform relației (2.2.8), iar alunecarea critică absolută  $\Delta \cdot \omega_k$  pe baza relației (2.2.4).

$$m_1(s) := \frac{2 \cdot m_{k1}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}}$$

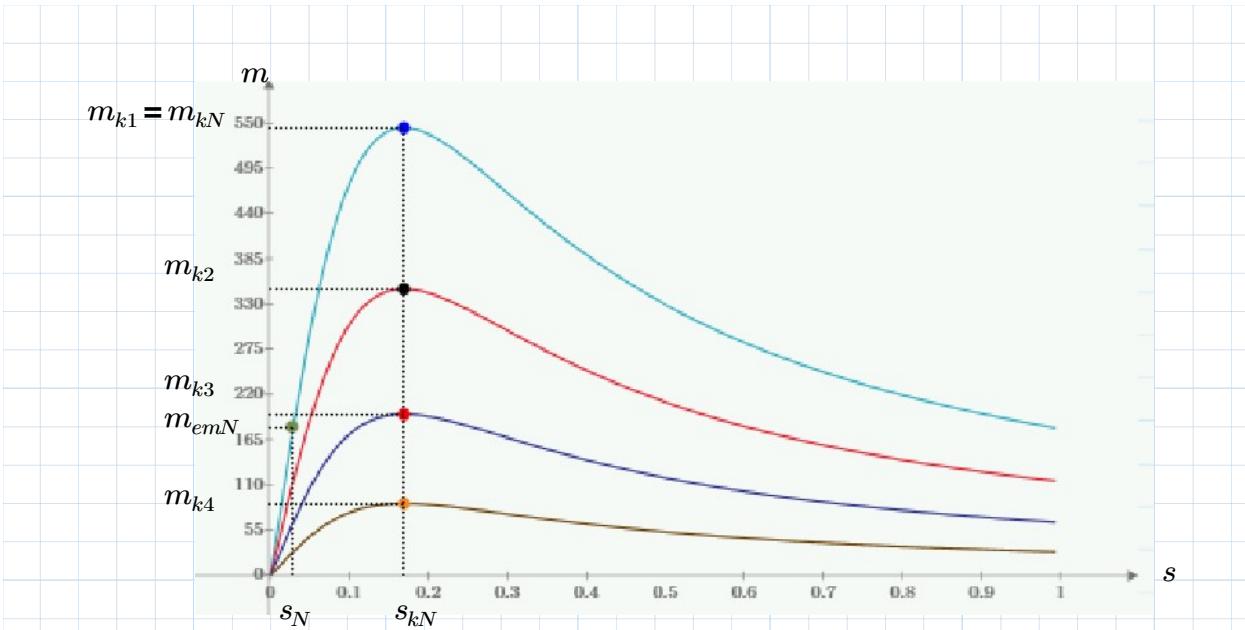
$$m_3(s) := \frac{2 \cdot m_{k3}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}}$$

$$m_2(s) := \frac{2 \cdot m_{k2}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}}$$

$$m_4(s) := \frac{2 \cdot m_{k4}}{\frac{s}{s_{kN}} + \frac{s_{kN}}{s}}$$

$$s := 0.00001, 0.00501..1$$

$$m_{emN} = 180.704 \quad [Nm]$$



a) Caracteristicile cuplu/alunecare  $m=f(s)$

**B.2)** Se vor ridica caracteristicile în viteza unghiulară  $\omega=f(m)$  utilizând relația (2.2.2), pentru cele 4 valori ale tensiunii de la punctul B.1.

Frecvența de alimentare este egală cu cea nominală:  $f_s = f_{sN} = 50$  Hz

Cuplurile critice  $m_{k1}$ ,  $m_{k2}$ ,  $m_{k3}$  și  $m_{k4}$  sunt identice cu cele calculate la punctul B.1., alunecarea critică absolută se calculează cu relația (2.2.4.) iar viteza unghiulară critică  $\omega_k$  se calculează cu relația (2.2.5).

Caracteristicile se vor ridica luând valori pentru  $\omega$  în intervalul  $\omega = (0 .. \omega_{0N})$ .

$$s := 0.00001, 0.00501..1$$

$$\Delta_{\omega kN} := \omega_{0N} - \omega_{kN} = 26.389$$

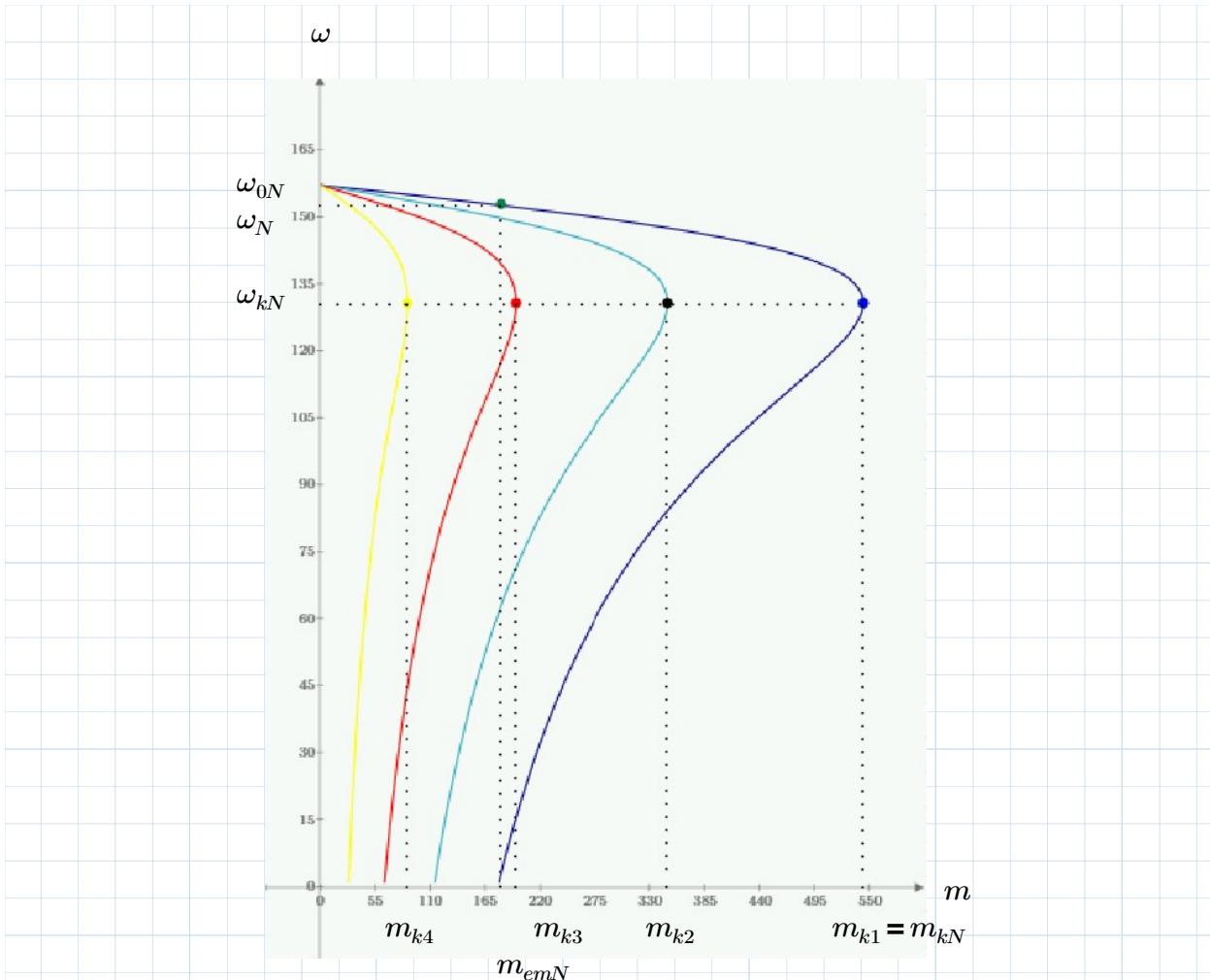
$$\omega_1(s) := \omega_{0N} \cdot (1 - s)$$

$$m_1(s) := \frac{2 \cdot m_{k1}}{\frac{\omega_{0N} - \omega(s)}{\Delta_{\omega kN}} + \frac{\Delta_{\omega kN}}{\omega_{0N} - \omega(s)}}$$

$$m_2(s) := \frac{2 \cdot m_{k2}}{\frac{\omega_{0N} - \omega(s)}{\Delta_{\omega kN}} + \frac{\Delta_{\omega kN}}{\omega_{0N} - \omega(s)}}$$

$$m_3(s) := \frac{2 \cdot m_{k3}}{\frac{\omega_{0N} - \omega(s)}{\Delta_{\omega kN}} + \frac{\Delta_{\omega kN}}{\omega_{0N} - \omega(s)}}$$

$$m_4(s) := \frac{2 \cdot m_{k4}}{\frac{\omega_{0N} - \omega(s)}{\Delta_{\omega kN}} + \frac{\Delta_{\omega kN}}{\omega_{0N} - \omega(s)}}$$



b) Caracteristicile viteză/cuplu  $\omega=f(m)$

### C) Caracteristicile mecanice artificiale la frecvență variabilă a motorului asincron

#### Considerații teoretice

- Viteza de sincronism  $\omega_0$  se modifică direct proporțional cu frecvența tensiunii de alimentare:

$$f_s := f_{sN}$$

$$\omega_0 := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_s}{z_p} \Rightarrow \omega_0 := \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157.08 \text{ [rad/s]}$$

- Alunecarea critică se modifică invers proporțional cu frecvența:

$$s_k := \frac{f_{sN} \cdot s_{kN}}{f_s} \quad s_k := \frac{50 \cdot 0.168}{50} = 0.168$$

unde  $f_{sN} = 50$  Hz și  $s_{kN}$  sunt frecvența statorică respectiv alunecarea nominală (pe caracteristica naturală) iar  $f_s$  respectiv  $s_k$  sunt frecvența respectiv alunecarea critică pe o caracteristică artificială. Alunecarea critică  $s_k$  va fi diferită pentru fiecare caracteristică

- Cuplul critic se modifică invers proporțional cu pătratul frecvenței:

$$m_k = m_{kN} \left( \frac{f_{sN}}{f_s} \right)^2$$

$$m_k := 544 \cdot \left( \frac{50}{50} \right)^2 = 544 \quad [Nm]$$

Cuplul critic  $m_k$  va fi diferit pentru fiecare caracteristică.

**C.1.)** Se vor ridica caracteristicile artificiale  $m = f(s)$  conform relației (2.2.1.) luându-se valori pentru alunecarea  $s$  în intervalul  $s = (0.00001 \dots 1)$  pentru următoarele valori ale frecvenței:

$$f_{s1} := 30$$

$$s_{k1} := \frac{f_{sN} \cdot s_{kN}}{f_{s1}}$$

$$s_{k1} := \frac{50 \cdot 0.168}{30} = 0.28 \quad s := 0.00001$$

$$m_{k1} := m_{kN} \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s1}} \right)^2$$

$$m_{k1} := 544 \cdot \left( \frac{50}{30} \right)^2 = 1.511 \cdot 10^3 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k1}}{s} + \frac{s_{k1}}{s}}{s_{k1}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 1.511 \cdot 10^3}{0.00001} + \frac{0.28}{0.00001}}{0.28 + \frac{0.28}{0.00001}} = 0.108$$

$$f_{s2} := 40$$

$$s_{k2} := \frac{f_{sN} \cdot s_{kN}}{f_{s2}}$$

$$s_{k2} := \frac{50 \cdot 0.168}{40} = 0.21$$

$$m_{k2} := m_{kN} \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s2}} \right)^2 = 850 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k2}}{\frac{s}{s_{k2}} + \frac{s_{k2}}{s}} \Rightarrow m := \frac{2 \cdot 850}{\frac{0.00001}{0.21} + \frac{0.21}{0.00001}} = 0.081$$

$$f_{s3} := 50$$

$$s_{k3} := \frac{f_{sN} \cdot s_{kN}}{f_{s3}}$$

$$s_{k3} := \frac{50 \cdot 0.168}{50} = 0.168$$

$$m_{k3} := m_{kN} \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s3}} \right)^2$$

$$m_{k3} := 544 \cdot \left( \frac{50}{50} \right)^2 = 544 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k3}}{\frac{s}{s_{k3}} + \frac{s_{k3}}{s}} \Rightarrow m := \frac{2 \cdot 544}{\frac{0.00001}{0.168} + \frac{0.168}{0.00001}} = 0.065$$

$$f_{s4} := 60$$

$$s_{k4} := \frac{f_{sN} \cdot s_{kN}}{f_{s4}}$$

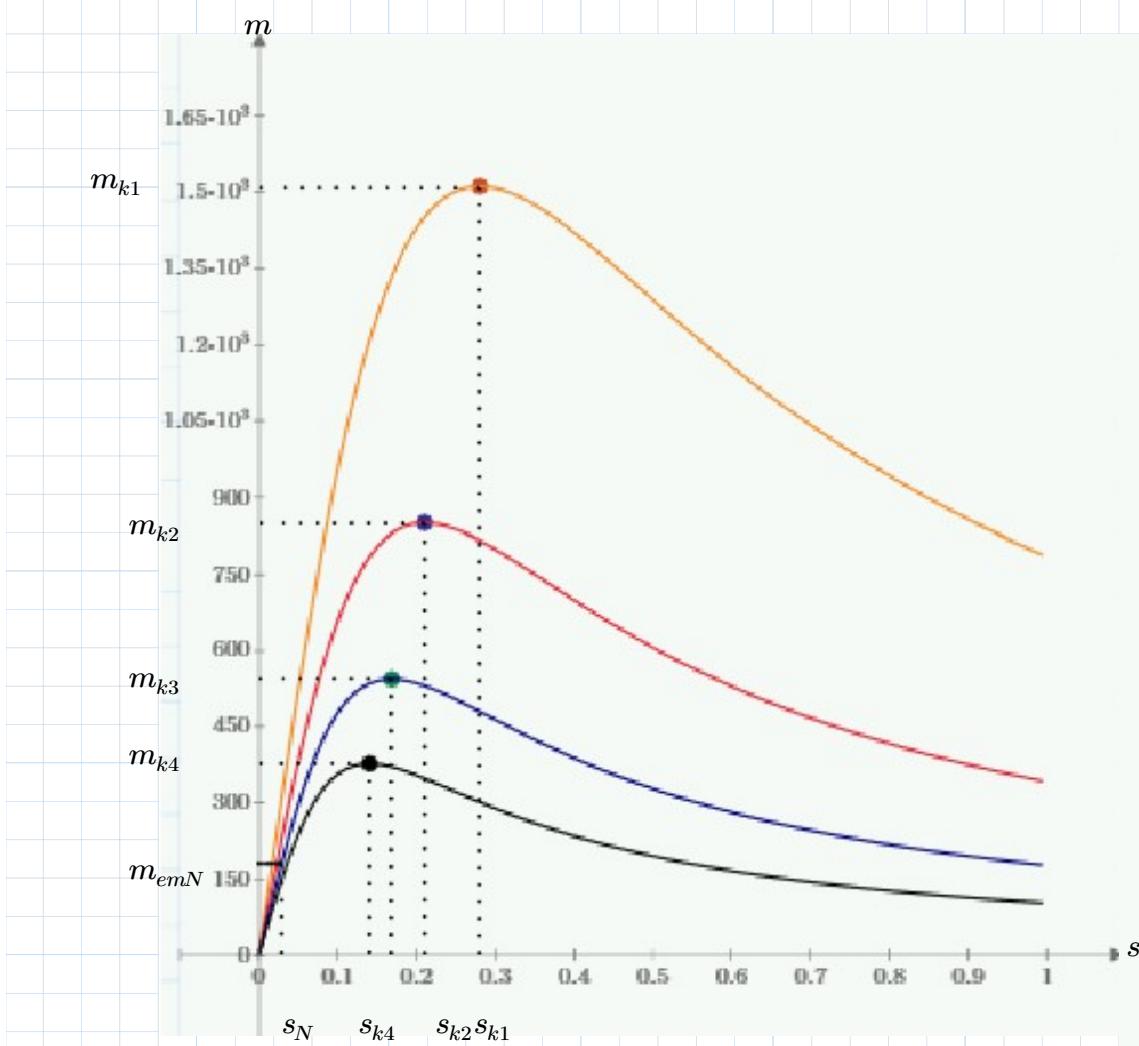
$$s_{k4} := \frac{50 \cdot 0.168}{60} = 0.14$$

$$m_{k4} := m_{kN} \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s4}} \right)^2$$

$$m_{k4} := 544 \cdot \left( \frac{50}{60} \right)^2 = 377.778 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k4}}{\frac{s}{s_{k4}} + \frac{s_{k4}}{s}} \Rightarrow m := \frac{2 \cdot 377.778}{\frac{0.00001}{0.14} + \frac{0.14}{0.00001}} = 0.054$$

$$s := 0.00001, 0.00501..1$$



$$s_{k3} = s_{kN}$$

a) Caracteristicile cuplu/alunecare  $m=f(s)$

**C.2.)** Se vor ridica caracteristicile în viteza unghiulară  $\omega = f(m)$  utilizând relația (2.2.2), pentru cele 4 valori ale frecvenței de la punctul C.1.

Vitezele unghiulare de sincronism se vor calcula conform relației (2.2.9), și anume:

$$z_p = 2$$

$$\omega_{01} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s1}}{z_p} \quad \omega_{02} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s2}}{z_p} \quad \omega_{03} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s3}}{z_p} \quad \omega_{04} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s4}}{z_p}$$

$$\omega_{01} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 30}{2} = 94.248 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad \omega_{03} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157.08 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$\omega_{02} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 40}{2} = 125.664 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad \omega_{04} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 60}{2} = 188.496 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

Valorile cuplurilor critice  $m_k$  sunt identice cu cele calculate la punctul C.1.

Alunecările critice absolute  $\Delta \cdot \omega_k$  se calculează pe baza relației (2.2.4) iar viteza unghiulară critică  $\omega_k$  este dată de relația (2.2.5).

Caracteristicile se vor ridica luând valori pentru  $\omega$  în intervalul  $\omega = (0 .. \omega_0)$  unde se va lăsa în considerare faptul că valorile  $\omega_0$  diferă de la o caracteristică la alta.

$$m_{k1} = 1.511 \cdot 10^3$$

$$\omega_{k1} := \omega_{01} \cdot (1 - s_{k1})$$

$$\omega_{k1} := 94.248 \cdot (1 - 0.28) = 67.859 \quad [\text{rad/s}]$$

$$\omega = (0 .. \omega_0)$$

$$\omega := 1$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k1}}{\frac{\omega_{01} - \omega}{\omega_{01} - \omega_{k1}} + \frac{\omega_{01} - \omega_{k1}}{\omega_{01} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 1.511 \cdot 10^3}{\frac{94.248 - 1}{94.248 - 67.859} + \frac{94.248 - 67.859}{94.248 - 1}} = 791.806 \quad [\text{Nm}]$$

$$m_{k2} = 850$$

$$\omega_{k2} := \omega_{02} \cdot (1 - s_{k2})$$

$$\omega_{k2} := 125.664 \cdot (1 - 0.21) = 99.275 \quad [\text{rad/s}]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k2}}{\frac{\omega_{02} - \omega}{\omega_{02} - \omega_{k2}} + \frac{\omega_{02} - \omega_{k2}}{\omega_{02} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 850}{\frac{125.664 - 1}{125.664 - 99.275} + \frac{125.664 - 99.275}{125.664 - 1}} = 344.424 \quad [\text{Nm}]$$

$$m_{k3} = 544$$

$$\omega_{k3} := \omega_{03} \cdot (1 - s_{k3}) = 130.69 \quad [\text{rad/s}]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k3}}{\frac{\omega_{03} - \omega}{\omega_{03} - \omega_{k3}} + \frac{\omega_{03} - \omega_{k3}}{\omega_{03} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 544}{\frac{157.08 - 1}{157.08 - 130.69} + \frac{157.08 - 130.69}{157.08 - 1}} = 178.846 \quad [\text{Nm}]$$

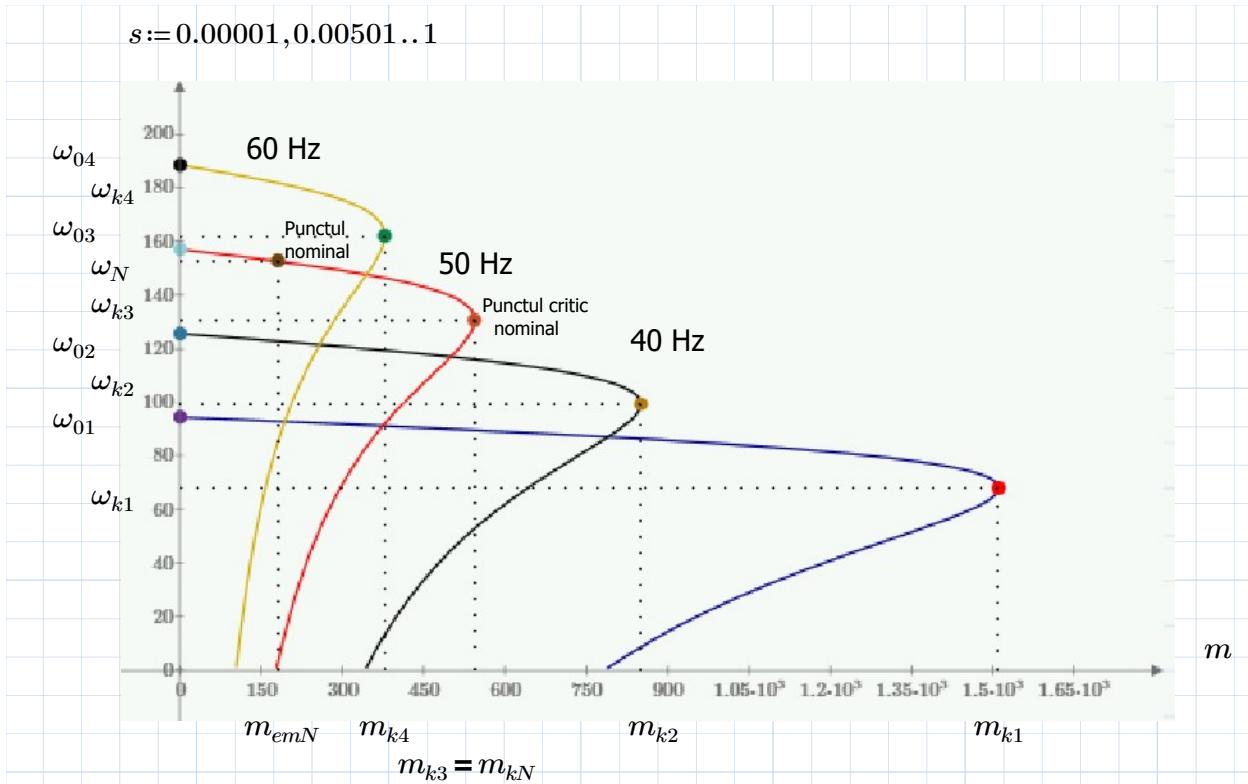
$$m_{k4} = 377.778$$

$$\omega_{k4} := \omega_{04} \cdot (1 - s_{k4})$$

$$\omega_{k4} := 188.496 \cdot (1 - 0.14) = 162.107 \quad [\text{rad/s}]$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k4}}{\frac{\omega_{04} - \omega}{\omega_{04} - \omega_{k4}} + \frac{\omega_{04} - \omega_{k4}}{\omega_{04} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 102.083}{\frac{188.496 - 1}{188.496 - 162.107} + \frac{188.496 - 162.107}{188.496 - 1}} = 28.177 \quad [\text{Nm}]$$



b) Caracteristile viteza/cuplu  $\omega = f(m)$

**D) Reglajul la  $\frac{U}{f} = ct.$  al motorului asincron**

#### Considerații teoretice

La acest mod de reglaj cuplul critic se menține constant la valoarea:  $m_k = m_{kN}$  alunecarea critică  $s_k$  modificându-se datorită variației frecvenței tensiunii de alimentare. În funcție de frecvența de alimentare tensiunea de alimentare se calculează conform:

$$U_s := f_s \cdot \frac{U_{sN}}{f_{sN}}$$

Cuplul critic pe caracteristica artificială va fi:

$$m_k = m_{kN} \left( \frac{U_s}{U_{sN}} \right)^2 \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_s} \right)^2$$

Deoarece variația tensiunii respectiv a frecvenței se anulează reciproc, ca și efect asupra cuplului critic, rezultă **cuplul critic pe caracteristicile artificiale egal cu cel de pe caracteristica naturală** ( $m_k = m_{kN}$ ).

Alunecarea critică pe caracteristica artificială:

$$s_k := s_{kN} \cdot \frac{f_{sN}}{f_s} \quad m = f(s)$$

**D.1.)** Se vor ridica caracteristicile  $m = f(s)$  la  $\frac{U}{f} = ct$ . Conform relației (2.2.1)

pentru alunecarea  $s$  variind în intervalul  $s=(0.00001 \dots 1)$ , pentru următoarele valori ale frecvenței de alimentare:

Pentru  $f_{s1} = 20$  Hz  $s := 0.00001$

$$s_{k1} := s_{kN} \cdot \frac{f_{sN}}{f_{s1}} \Rightarrow s_{k1} := 0.168 \cdot \frac{50}{20} = 0.42$$

$$U_{s1} := f_{s1} \cdot \frac{U_{sN}}{f_{sN}} \Rightarrow U_{s1} := 20 \cdot \frac{230}{50} = 92 \quad [V]$$

$$m_{k1} := m_{kN} \cdot \left( \frac{U_{s1}}{U_{sN}} \right)^2 \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s1}} \right)^2 \Rightarrow m_{k1} := 544 \cdot \left( \frac{92}{230} \right)^2 \cdot \left( \frac{50}{20} \right)^2 = 544 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k1}}{s} + \frac{s_{k1}}{s}}{\frac{s_{k1}}{s}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 544}{0.00001} + \frac{0.42}{0.00001}}{0.42} = 0.026$$

Pentru  $f_{s2} = 30$  Hz

$$s_{k2} := s_{kN} \cdot \frac{f_{sN}}{f_{s2}} \Rightarrow s_{k2} := 0.168 \cdot \frac{50}{30} = 0.28$$

$$U_{s2} := f_{s2} \cdot \frac{U_{sN}}{f_{sN}} \Rightarrow U_{s2} := 30 \cdot \frac{230}{50} = 138 \quad [V]$$

$$m_{k2} := m_{kN} \cdot \left( \frac{U_{s2}}{U_{sN}} \right)^2 \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s2}} \right)^2 \Rightarrow m_{k2} := 147 \cdot \left( \frac{138}{230} \right)^2 \cdot \left( \frac{50}{30} \right)^2 = 147 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k2}}{s} + \frac{s_{k2}}{s}}{\frac{s_{k2}}{s}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 147}{0.00001} + \frac{0.28}{0.00001}}{0.28} = 0.01$$

Pentru  $f_{s3} = 40$  Hz

$$s_{k3} := s_{kN} \cdot \frac{f_{sN}}{f_{s3}} \Rightarrow s_{k3} := 0.168 \cdot \frac{50}{40} = 0.21$$

$$U_{s3} := f_{s3} \cdot \frac{U_{sN}}{f_{sN}} \Rightarrow U_{s3} := 40 \cdot \frac{230}{50} = 184 \quad [V]$$

$$m_{k3} := m_{kN} \cdot \left( \frac{U_{s3}}{U_{sN}} \right)^2 \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s3}} \right)^2 \Rightarrow m_{k3} := 544 \cdot \left( \frac{184}{230} \right)^2 \cdot \left( \frac{50}{40} \right)^2 = 544 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k3}}{s}}{\frac{s}{s_{k3}} + \frac{s_{k3}}{s}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 544}{0.00001}}{\frac{0.21}{0.21} + \frac{0.21}{0.00001}} = 0.052$$

Pentru  $f_{s4} = 50$  Hz

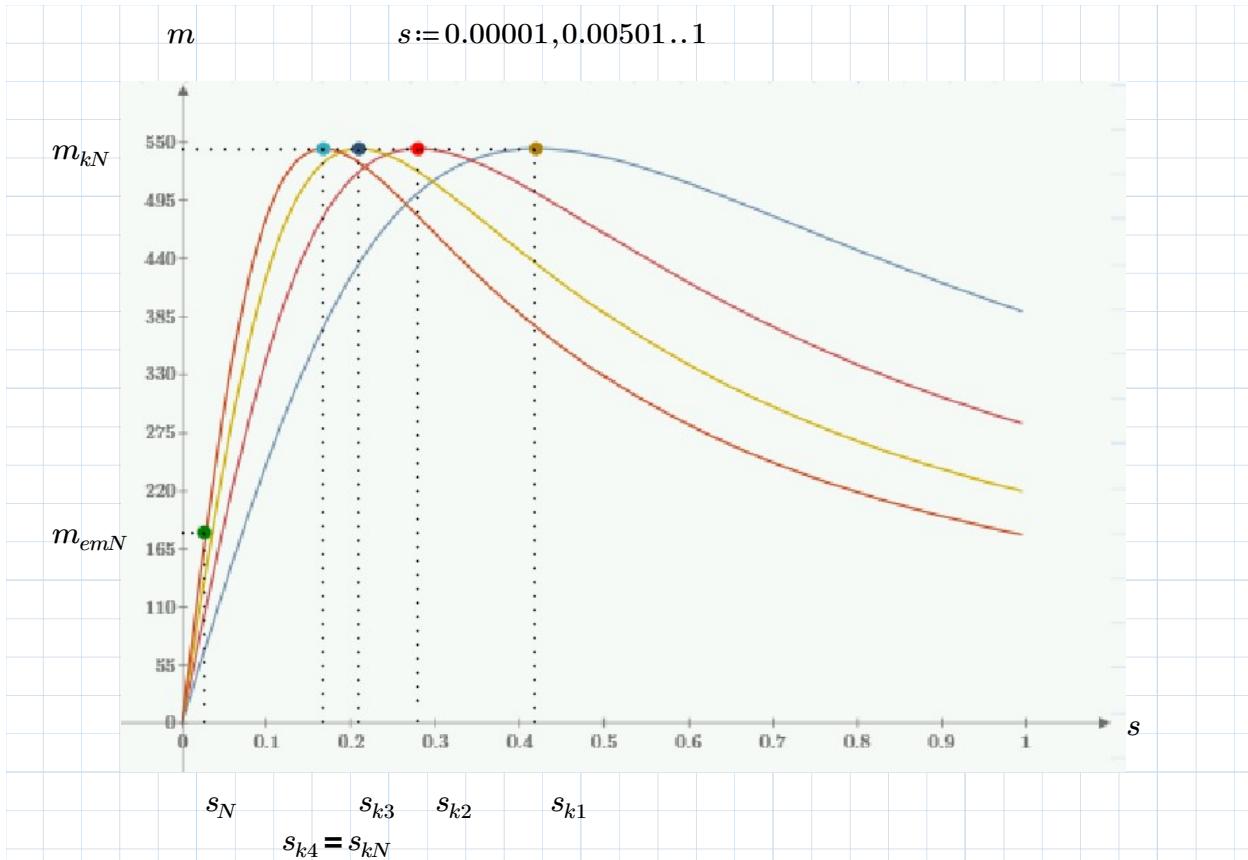
$$s_{k4} := s_{kN} \cdot \frac{f_{sN}}{f_{s4}} \Rightarrow s_{k4} := 0.168 \cdot \frac{50}{50} = 0.168$$

$$U_{s4} := f_{s4} \cdot \frac{U_{sN}}{f_{sN}} \Rightarrow U_{s4} := 50 \cdot \frac{230}{50} = 230 \quad [V]$$

$$m_{k4} := m_{kN} \cdot \left( \frac{U_{s4}}{U_{sN}} \right)^2 \cdot \left( \frac{f_{sN}}{f_{s4}} \right)^2 \Rightarrow m_{k4} := 544 \cdot \left( \frac{230}{230} \right)^2 \cdot \left( \frac{50}{50} \right)^2 = 544 \quad [Nm]$$

$$m := \frac{\frac{2 \cdot m_{k4}}{s}}{\frac{s}{s_{k4}} + \frac{s_{k4}}{s}} \Rightarrow m := \frac{\frac{2 \cdot 544}{0.00001}}{\frac{0.168}{0.168} + \frac{0.168}{0.00001}} = 0.065$$

- Se vor calcula pentru fiecare caracteristică în parte valoarea tensiunii de alimentare  $U_s$  conform relației (2.2.12).
- Se vor calcula pentru fiecare caracteristică cuplurile critice  $m_k$  conform relației (2.2.13) iar alunecările critice  $s_k$  conform (2.2.14).



a) Caracteristicile cuplu/alunecare  $m = f(s)$

**D.2.)** Se vor ridica caracteristicile în viteză unghiulară  $\omega = f(m)$  pentru cele 4 frecvențe de la punctul D.1.

unde valorile  $\omega_0$  ale vitezelor de sincronism vor fi diferite pentru fiecare frecvență, și anume:

$$\omega_{01} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s1}}{z_p} \quad \omega_{02} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s2}}{z_p} \quad \omega_{03} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s3}}{z_p} \quad \omega_{04} := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{s4}}{z_p}$$

Pentru  $z_p = 2$        $\omega_{01} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 20}{2} = 62.832$  [rad/s]

$$\omega_{02} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 30}{2} = 94.248$$
 [rad/s]

$$\omega_{03} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 40}{2} = 125.664$$
 [rad/s]

$$\omega_{04} := \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157.08$$
 [rad/s]

Pentru  $f_{s1} = 20 \text{ Hz}$

$$U_{s1} = 92 \text{ [V]}$$

$$m_{k1} = 544 \text{ [Nm]}$$

$$\omega_{k1} := \omega_{01} \cdot (1 - s_{k1})$$

$$\omega_{k1} := 62.832 \cdot (1 - 0.42) = 36.443 \text{ [rad/s]}$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k1}}{\frac{\omega_{01} - \omega}{\omega_{01} - \omega_{k1}} + \frac{\omega_{01} - \omega_{k1}}{\omega_{01} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 544}{\frac{62.832 - 1}{62.832 - 36.443} + \frac{62.832 - 36.443}{62.832 - 1}} = 392.796 \text{ [Nm]}$$

Pentru  $f_{s2} = 30 \text{ Hz}$

$$U_{s2} = 138 \text{ [V]}$$

$$m_{k2} = 147 \text{ [Nm]}$$

$$\omega_{k2} := \omega_{02} \cdot (1 - s_{k2})$$

$$\omega_{k2} := 94.248 \cdot (1 - 0.28) = 67.859 \text{ [rad/s]}$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k2}}{\frac{\omega_{02} - \omega}{\omega_{02} - \omega_{k2}} + \frac{\omega_{02} - \omega_{k2}}{\omega_{02} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 147}{\frac{94.248 - 1}{94.248 - 67.859} + \frac{94.248 - 67.859}{94.248 - 1}} = 77.032 \text{ [Nm]}$$

Pentru  $f_{s3} = 40 \text{ Hz}$

$$U_{s3} = 184 \text{ [V]}$$

$$m_{k3} = 544 \text{ [Nm]}$$

$$\omega_{k3} := \omega_{03} \cdot (1 - s_{k3})$$

$$\omega_{k3} := 125.664 \cdot (1 - 0.21) = 99.275 \text{ [rad/s]}$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k3}}{\frac{\omega_{03} - \omega}{\omega_{03} - \omega_{k3}} + \frac{\omega_{03} - \omega_{k3}}{\omega_{03} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 147}{\frac{125.664 - 1}{125.664 - 99.275} + \frac{125.664 - 99.275}{125.664 - 1}} = 59.565 \text{ [Nm]}$$

Pentru  $f_{s4} = 50$  Hz

$$U_{s4} = 230 \text{ [V]}$$

$$m_{k4} = 544 \text{ [Nm]}$$

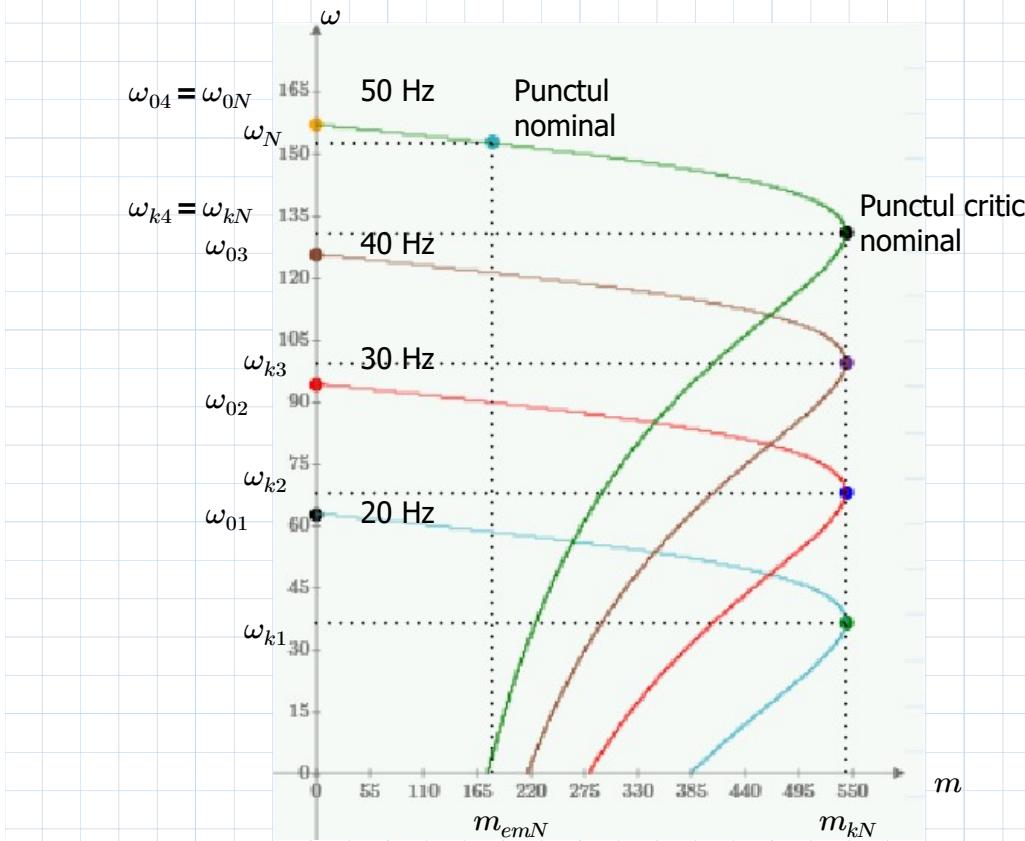
$$\omega_{k4} := \omega_{04} \cdot (1 - s_{k4})$$

$$\omega_{k4} := 157.08 \cdot (1 - 0.168) = 130.691 \text{ [rad/s]}$$

$$m := \frac{2 \cdot m_{k4}}{\frac{\omega_{04} - \omega}{\omega_{04} - \omega_{k4}} + \frac{\omega_{04} - \omega_{k4}}{\omega_{04} - \omega}}$$

$$m := \frac{2 \cdot 544}{\frac{157.08 - 1}{157.08 - 130.691} + \frac{157.08 - 130.691}{157.08 - 1}} = 178.84 \text{ [Nm]}$$

$$s := 0.00001, 0.00501..1$$



b) Caracteristile viteza/cuplu  $\omega = f(m)$

## II.3. Ridicarea caracteristicilor motorului asincron la flux rotoric constant și calculul instalației de ridicat și reprezentarea caracteristicii mașinii de lucru.

### II.3.1. Considerații teoretice

La flux rotoric constant ( $\Psi_r = ct.$ ), caracteristicile mecanice ale mașinii asincrone devin liniare (devin asemănătoare cu cea a caracteristicii motorului de curent continuu cu excitație separată).

Pentru circuitul rotoric al motorului asincron cu rotor în scurtcircuit ecuația de tensiune:

$$U_r = R_r + I_r + j \cdot \Delta \cdot \omega \cdot \Psi_r = 0$$

rezultând

$$I_r = \frac{\Delta \cdot \omega \cdot \Psi_r}{R_r}$$

Cuplul electromagnetic se poate exprima ca:

$$m_{em} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \Psi_r \cdot I_r = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{\Psi_r^2}{R_r} (\omega_0 - \omega)$$

unde:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_s}{z_p}$$

$m_{em}$  - cuplul electromagnetic nominal

$z_p$  - numărul de perechi de poli (vezi date de catalog)

$\Psi_r$  - fluxul rotoric

$I_r$  - curentul rotoric

$\omega_0$  - viteza unghiulară de sincronism

$\omega$  - viteza unghiulară a rotorului

### II.3.2. Calculul și reprezentarea cuplurilor la o instalație de ridicat

Cuplul rezistent

Se consideră o acționare de 2 cadrane, reprezentată în figura 1.:

- Regim de motor, Cadr. I: ridicarea greutății
- Regim de generator (frână), Cadr. IV: coborârea greutății.

**Ipoteze de calcul:**

- Componenta reactivă (de frecări) a cuplului rezistent:  $m_{rR} = 2 \cdot m_0$  (unde  $m_0$  este cuplul de mers în gol al motorului asincron)
- În **cadrul I**. Masina funcționează în regim de motor, la un Cuplul de sarcină total:

$$m_{rR} = m_{emN} \quad \text{unde } m_{emN} \text{ este cuplul electromagnetic nominal}$$

$$m_{rR} := 2 \cdot m_0 \quad m_{rR} := 2 \cdot 10.704 = 21.408 \quad [\text{Nm}]$$

$$m_{rM} := m_{emN} \quad m_{rM} := 180.704 \quad [\text{Nm}]$$

Să se calculeze, luând în considerare ipotezele de calcul:

**a) Cuplul rezistent activ  $m_{rA}$  generat de greutatea G:**

$$m_{rA} := m_{rM} - m_{rR}$$

$$m_{rA} := 180.704 - 21.408 = 159.296 \quad [\text{Nm}]$$

**b) Cuplul de frânare** în regim de generator, **Cadr. IV**)

$$m_{rG} := m_{rA} - m_{rR}$$

$$m_{rG} := 159.296 - 21.408 = 137.888 \quad [\text{Nm}]$$

Cuplul rezistent se încadrează în categoria cuplurilor rezistente constante.

### II.3.3. Calculul caracteristicilor la flux rotoric constant

Pe baza relației (II.3.3), se va calcula raportul  $\frac{\Psi_r^2}{R_r}$ , în relația dată înlocuind valorile nominale ale mărimilor, (se particularizează relația pentru punctul nominal de pe **caracteristica naturală**) astfel:

$$\frac{\Psi_r^2}{R_r} = \frac{2}{3} \cdot \frac{m_{emN}}{z_p (\omega_{0N} - \omega_N)} \quad (\text{II.3.8})$$

Se va nota

$$\frac{\Psi_r^2}{R_r} = \beta$$

iar valoarea acestuia va fi aceeași, pentru orice caracteristică (fie ea cea naturală, fie artificială).

$$\beta := \frac{2}{3} \cdot \frac{m_{emN}}{z_p \cdot (\omega_{0N} - \omega_N)}$$

$$\beta := \frac{2}{3} \cdot \frac{180.704}{2 \cdot (157.08 - 152.891)} = 14.379$$

Relația (II.3.8) va deveni:

$$m_e := \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \beta \cdot (\omega_0 - \omega) \quad (\text{II.3.10.})$$

$$m_e := \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 14.379 \cdot (157.08 - 1) = 6.733 \cdot 10^3$$

Din relația II.3.10. se exprimă viteza unghiulară  $\Omega$ :

$$\omega := \omega_0 - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega := 157.08 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 6.733 \cdot 10^3 = 0.996$$

Pe baza relației II.3.11 se vor calcula următoarele puncte, care vor determina câte o caracteristică, calculând vitezele ungiulare rotorice  $\omega$  pentru următoarele valori ale cuplului:

- $m_e = -m_{emN}$
- $m_e = 0$  (corespunzător vitezei de sincronism  $\omega_0$ )
- $m_e = m_{emN}$
- pentru caracteristicile care trec și prin cadranul IV se va calcula și pentru  $m_e = m_{rG}$  (cazurile 4, 5 și 6)

Caracteristicile obținute se vor reprezenta pe același grafic conform modelului prezentat în figura II.3.1.

#### II.3.4. Ridicarea caracteristicile mecanice $\omega=f(m)$ ale motorului asincron la flux rotoric constant

##### Cazul 1.

Caracteristica având viteza de sincronism  $\omega_{01} = \omega_{0N}$

$$\omega_{01} := \omega_{0N} = 157.08 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := -m_{emN} = -180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{x1} := \omega_{0N} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{x1} := 157.08 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot -180.704 = 161.269 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := 0 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{y1} := \omega_{0N} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{y1} := 157.08 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 0 = 157.08 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := m_{emN} = 180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{z1} := \omega_{0N} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{z1} := 157.08 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 180.704 = 152.891 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

## Cazul 2.

Caracteristica având viteza de sincronism  $\omega_{02} = \frac{\omega_{0N}}{2}$

$$\omega_{02} := \frac{\omega_{0N}}{2} \Rightarrow \omega_{02} := \frac{\omega_{0N}}{2} = 78.54 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := -m_{emN} = -180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{x2} := \frac{\omega_{0N}}{2} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{x2} := 78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot (-180.704) = 82.729 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := 0 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{y2} := \frac{\omega_{0N}}{2} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{y2} := 78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 0 = 78.54 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := m_{emN} = 180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{z2} := \frac{\omega_{0N}}{2} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{z2} := 78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 180.704 = 74.351 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

### Cazul 3

$\omega_{03} = \omega_{0G}$  - oprirea greutății, pentru cazul în care caracteristica care trece prin punctul având coordonatele  $(m_{rA}, 0)$

La această caracteristică se cunoaște viteza rotorului în punctul de funcționare, și anume  $(\omega_3 = 0)$ , viteza de sincronism fiind necunoscută

Se va calcula în primă fază viteza de sincronism  $\omega_{03} = \omega_{0G}$  exprimată din relația (II.3.11),

$$\omega_3 := 0 \quad m_e := m_{rA} = 159.296 \quad [Nm]$$

$$\omega_{03} := \omega_3 + \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{03} := 0 + \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 159.296 = 3.693 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

Calculând astfel  $\omega_{03}$  se va trece la ridicarea caracteristicii pe baza relației (II.3.11).

$$\omega_{0G} := \omega_{03} = 3.693 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$m_e := -m_{emN} = -180.704 \quad [Nm]$$

$$\omega_{x3} := \omega_{03} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{x3} := 3.693 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot -180.704 = 7.882 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$m_e := 0 \quad [Nm]$$

$$\omega_{y3} := \omega_{03} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{y3} := 3.693 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot \beta} \cdot 0 = 3.693 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$m_e := m_{emN} = 180.704 \quad [Nm]$$

$$\omega_{z3} := \omega_{03} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e = -0.496$$

$$\omega_{z3} := 3.693 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 180.704 = -0.496 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

#### Cazul 4

Caracteristica având viteza de sincronism  $\omega_{04} := 0$

Să se calculeze și valoarea vitezei  $\omega_4$ .

$$m_e := -m_{emN} = -180.704 \quad [Nm]$$

$$\omega_{x4} := \omega_{04} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{x4} := 0 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot -180.704 = 4.189 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$m_e := 0 \quad [Nm]$$

$$\omega_{y4} := \omega_{04} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{y4} := 0 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 0 = 0 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$m_e := m_{emN} = 180.704 \quad [Nm]$$

$$\omega_4 := \omega_{04} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_4 := 0 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 180.704 = -4.189 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$m_e := m_{rG} = 137.888 \quad [Nm]$$

$$\omega_{z4} := \omega_{04} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_{rG}$$

$$\omega_{z4} := 0 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 137.888 = -3.197 \quad \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

### Cazul 5

$$\text{Caracteristica având viteza de sincronism } \omega_{05} := -\frac{\omega_{0N}}{2} = -78.54 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := -m_{emN} = -180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{x5} := \omega_{05} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{x5} := -78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot -180.704 = -74.351 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := 0 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{y5} := \omega_{05} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{y5} := -78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 0 = -78.54 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := m_{emN} = 180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_5 := \omega_{05} - \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_{emN}$$

$$\omega_5 := -78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 180.704 = -82.729 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := m_{rG} = 137.888 \quad [\text{Nm}]$$

$$m_e := \omega_{05} - \frac{2}{3 \cdot \beta \cdot z_p} \cdot m_{rG}$$

$$m_e := -78.54 - \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 137.888 = -81.737 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

## Cazul 6

Viteza unghiulară de sincronism  $\omega_{06}$ , este cea corespunzătoare caracteristicii care trece prin punctul având coordonatele  $(m_{rG}, -\omega_N)$

Se va calcula valoarea vitezei de sincronism urmând procedura de calcul prezentată la cazul 3, cu diferența că se vor efectua înlocuirile  $\omega = \omega_6 = -\omega_N$  respectiv  $m_e = m_{rG}$

$$\omega_6 := -\omega_N = -152.891 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := m_{rG} = 137.888 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{06} := \omega_6 + \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_{rG}$$

$$\omega_{06} := -152.891 + \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 137.888 = -149.694 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := -m_{emN} = -180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{x6} := \omega_{06} + \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{x6} := -149.694 + \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot -180.704 = -153.883 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$m_e := 0 \quad [\text{Nm}]$$

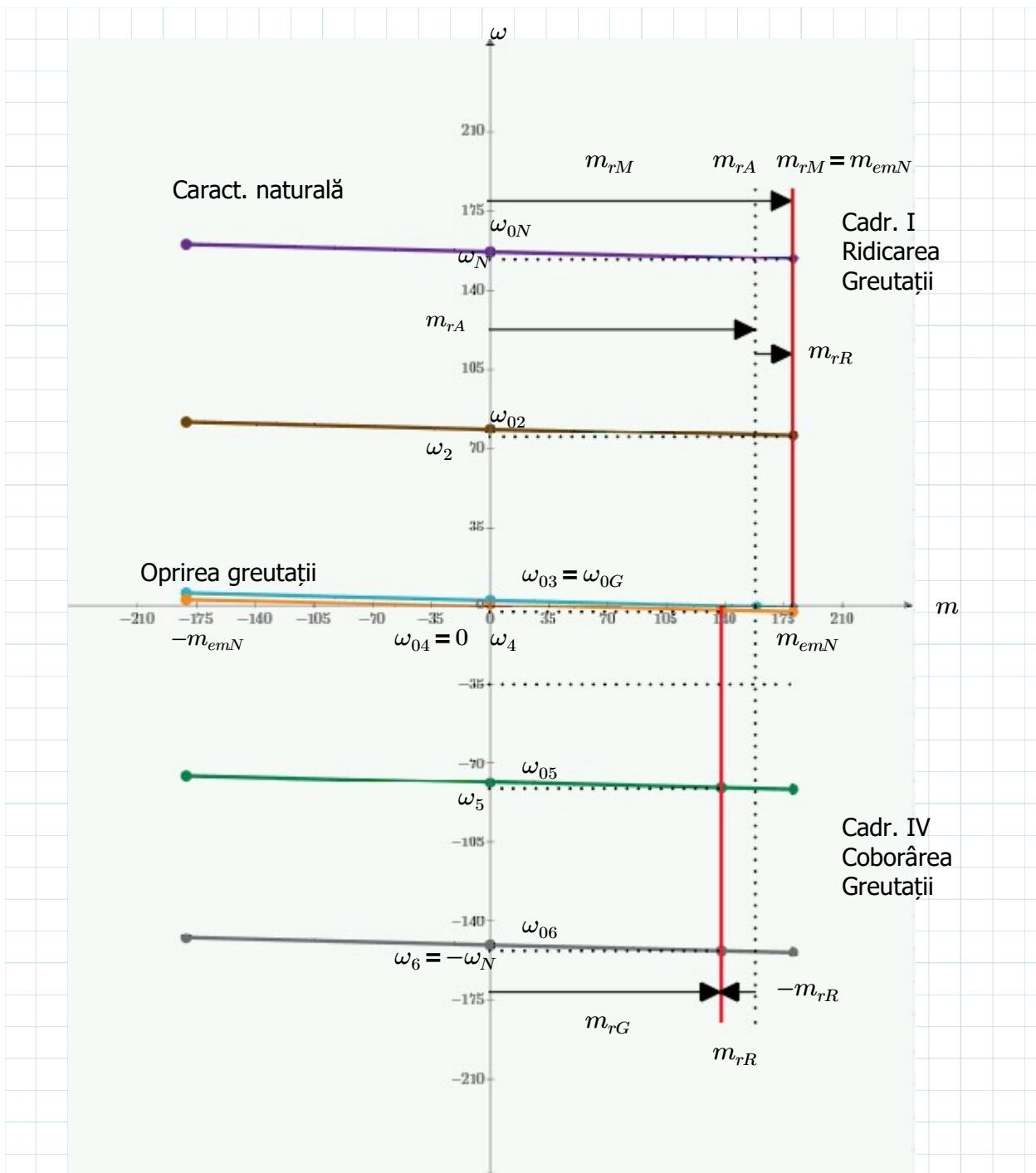
$$\omega_{y6} := \omega_{06} + \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{y6} := -149.694 + \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 0 = -149.694 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

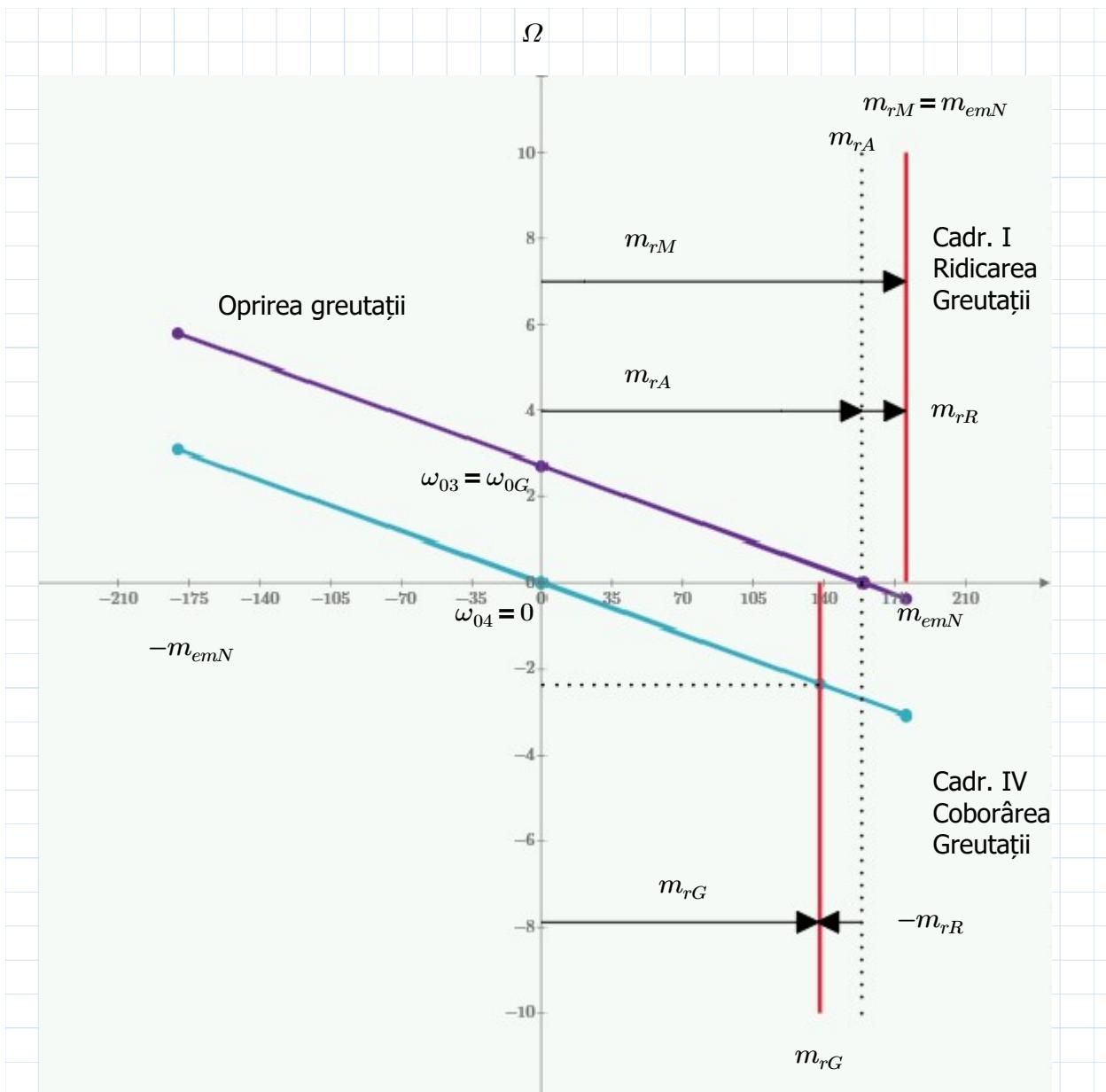
$$m_e := m_{emN} = 180.704 \quad [\text{Nm}]$$

$$\omega_{z6} := \omega_{06} + \frac{2}{3 \cdot z_p \cdot \beta} \cdot m_e$$

$$\omega_{z6} := -149.694 + \frac{2}{3 \cdot 2 \cdot 14.379} \cdot 180.704 = -145.505 \quad \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$



**Figura II.3.1**  
Characteristicile mecanice ale masinii asincrone la flux rotoric  
constant si caracteristica masinii de lucru



**Figura II.3.2**

Caracteristicile mecanice ale masinii asincrone la flux rotoric constant si caracteristica masinii de lucru: evidențierea caracteristicilor la oprirea greutății ( $\omega_{03}$ ), respectiv la frecvența zero ( $\omega_{04}$ )