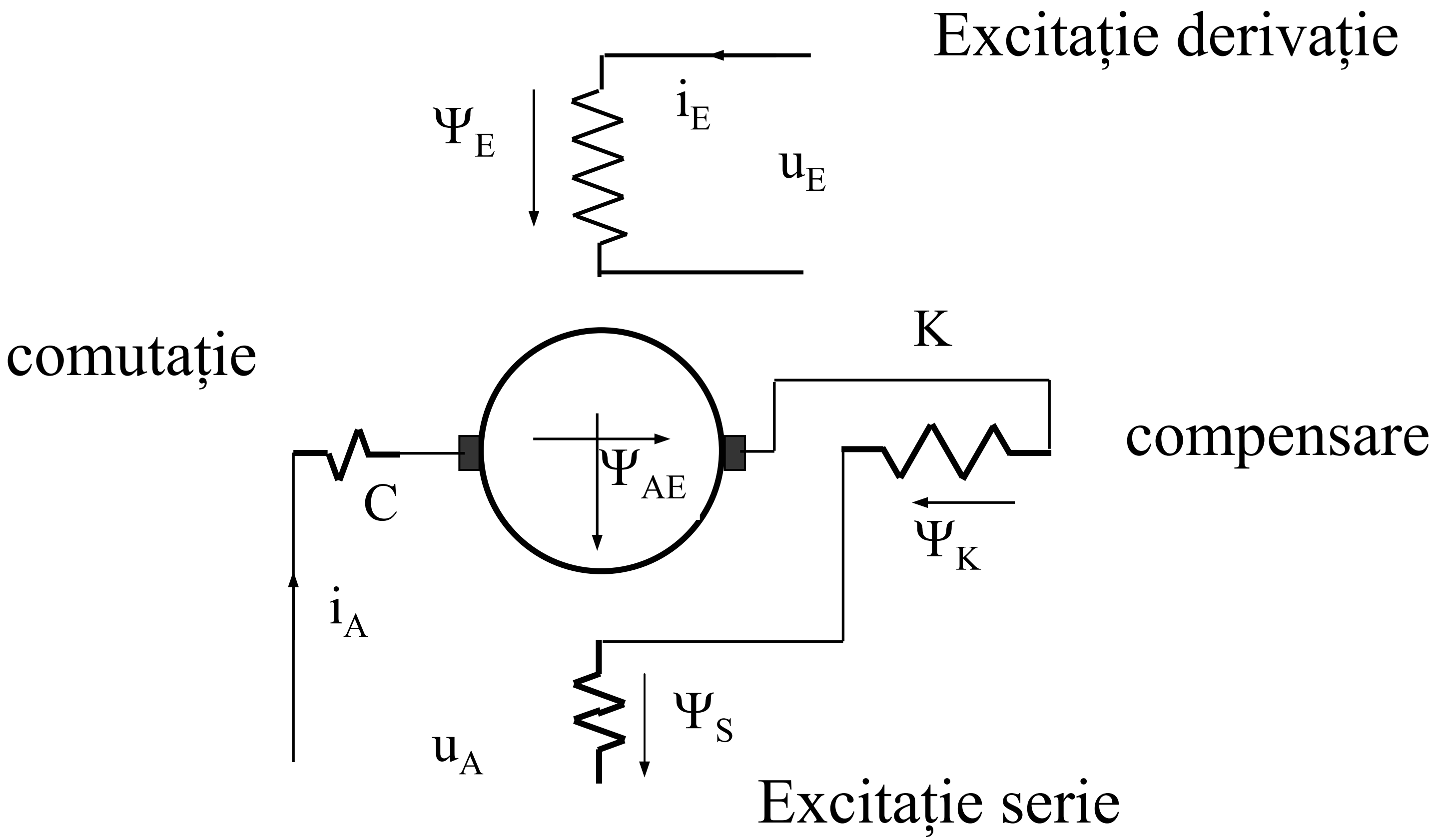
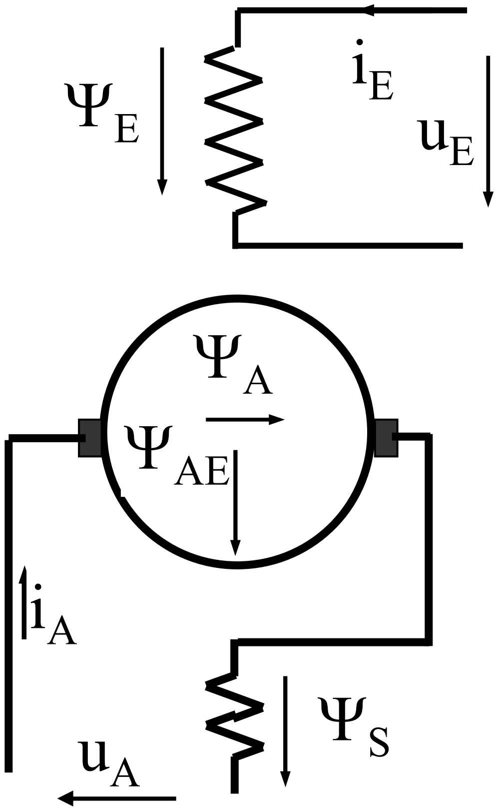
Regimurile masinii de curent continuu

Caracteristici de functionare in regim de generator si motor

Schema electrică a maşinii de curent continuu



Ecuaţiile maşinii cu excitaţie mixtă



Expresiile fluxurilor

$$\Psi_E = L_E \cdot i_E \pm M_{ES} \cdot i_A$$

$$\Psi_{AE} = M_{AE} \cdot i_E \pm M_{AS} \cdot i_A$$

$$\Psi_S = L_S \cdot i_A \pm M_{SE} \cdot i_E$$

$$\Psi_A = L_A \cdot i_A$$

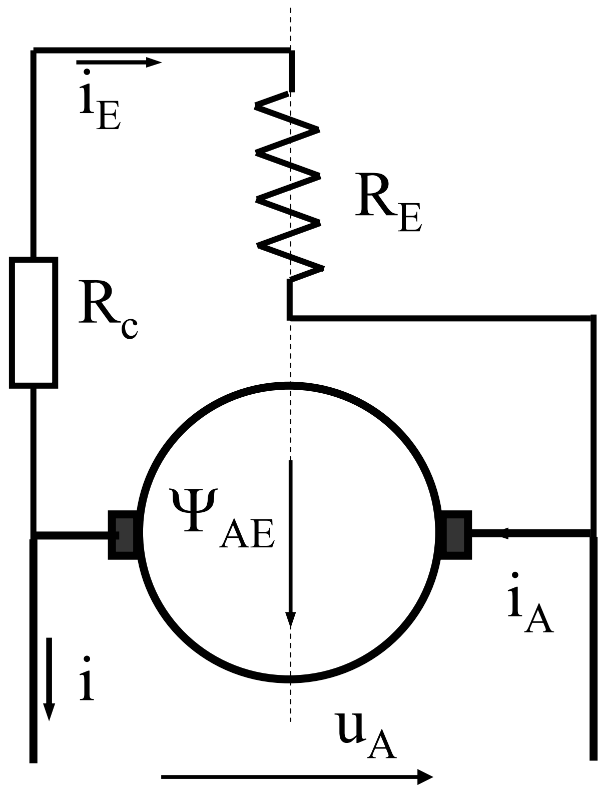
Ecuatia de tensiune

$$U_A = -R_A \cdot i_A - \Delta U_p + E$$

Expresia t.e.m.

$$E = \omega \cdot \left(M_{AE} \cdot i_E \pm M_{AS} \cdot i_A \right)$$

Ecuatiile masinii cu excitatie derivatie.



generator $\Omega = ct.$

$$U_A = (R_C + R_E) \cdot I_E$$

$$U_A = E - R_A \cdot I_A - \Delta U_p$$

$$E = k_u \cdot \Phi \cdot \Omega = k_e \cdot \Phi \cdot n$$

$$I = I_A - I_E$$

Ecuatia sarcinii:

$$U_A = R_s \cdot I$$

Pierderile în maşini de curent continuu

Pierderi de trecere au loc în rezistența de contact

$$p_t = \Delta U_p \cdot I_A$$

Pierderi în înfăşurarea rotorului

$$p_A = R_A \cdot I_A^2$$

Pierderi în fierul rotoric datorită variației cu frecvență de rotație a fluxului

$$p_{Fe} = k \cdot n^{\alpha} \cdot B_{\delta}^{\beta}$$

Pierderi în înf. de excitație

$$p_E = R_E \cdot I_E^2$$

Pierderi mecanice şi de ventilație

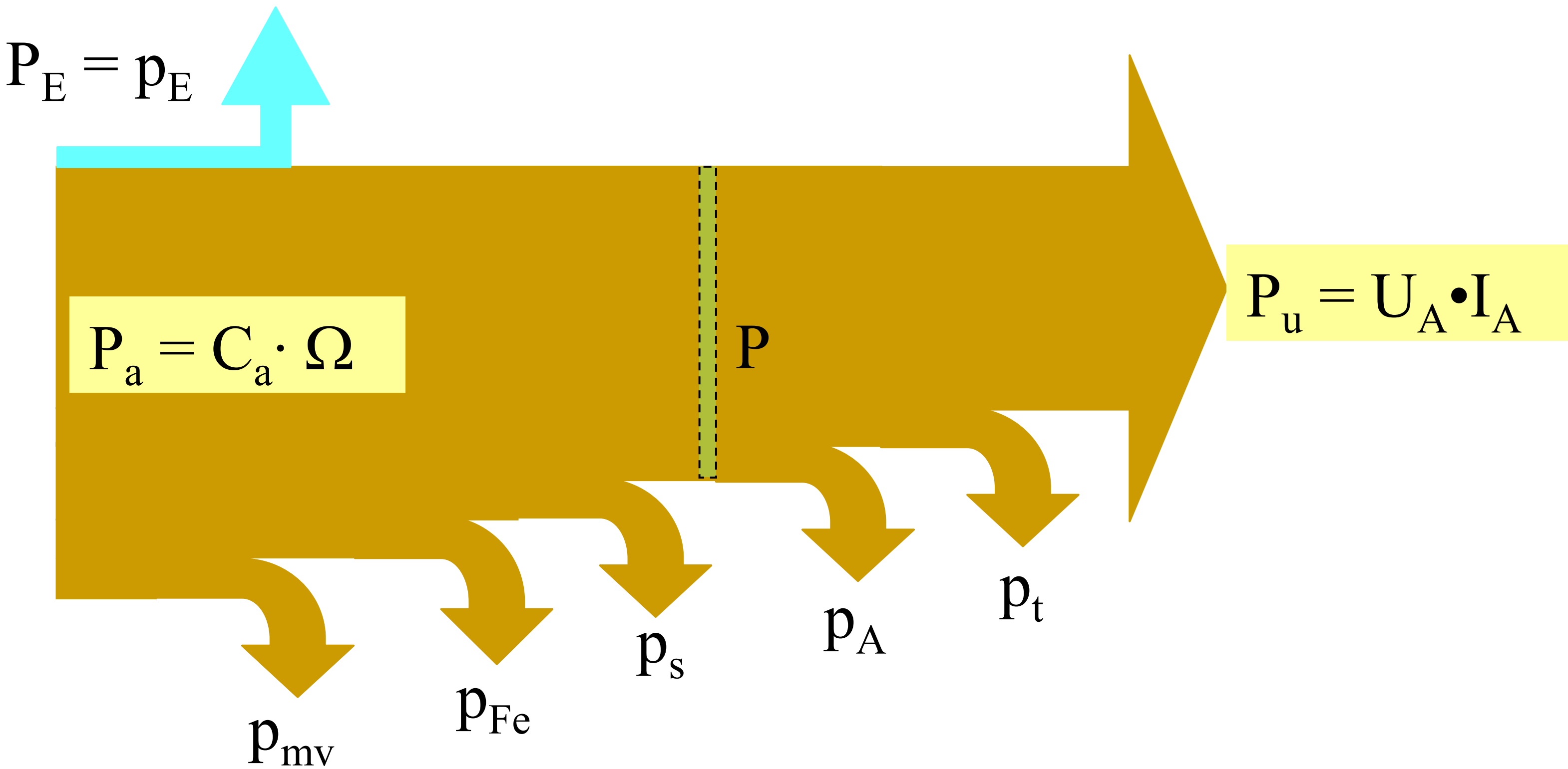
$$p_{mv} = k \cdot n^2$$

Pierderi suplimentare

$$p_s \cong 0.005 \cdot P_a$$

Regimul de generator al masinii de c.c.

Bilantul energetic



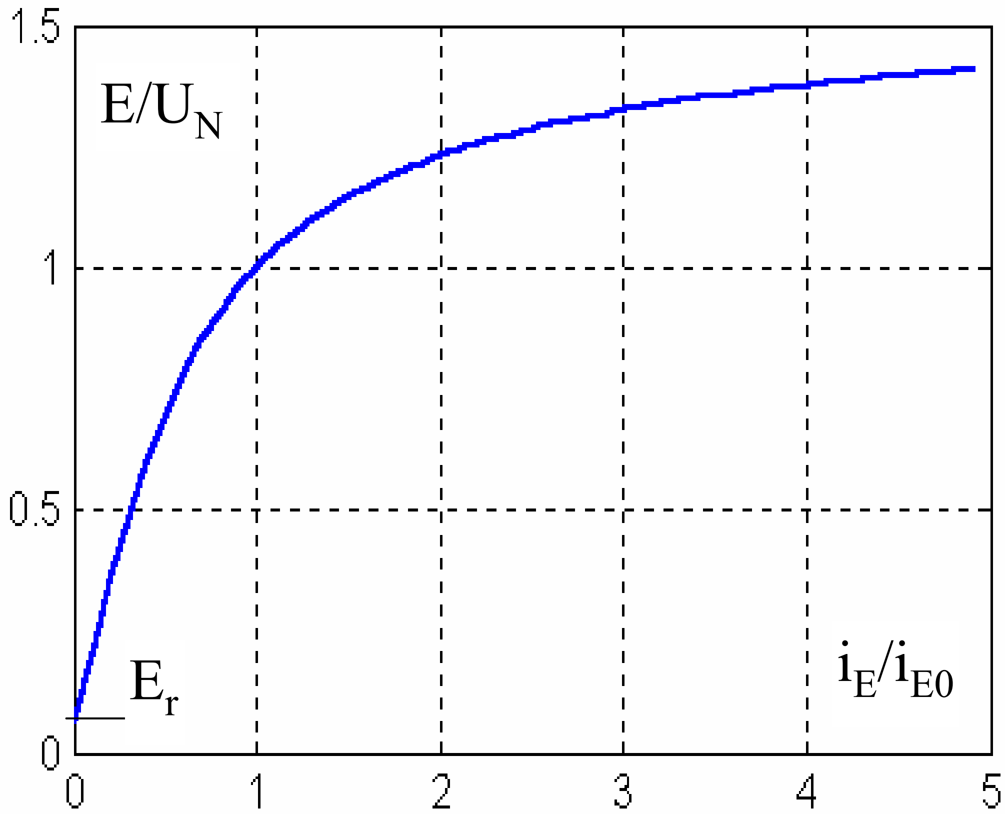
Regim de generator independent

Regim de generator cuplat la retea

Caracteristica de mers în gol.

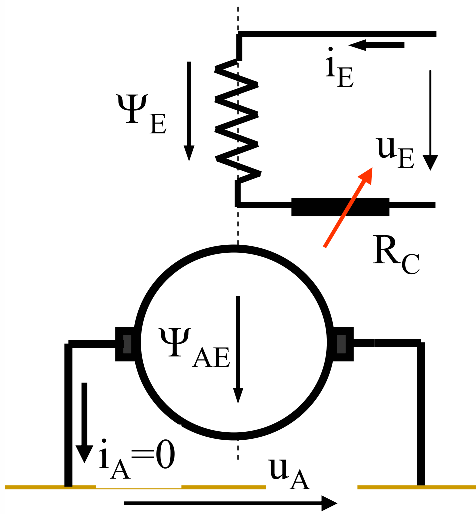
$$E = f(i_E) \qquad la \quad I = 0 \qquad \Omega = ct.$$

Nu se poate determina la maşina cu excitaţie serie



E_r - t.e.m. remanentă

Se determină numai cu excitaţie separată.

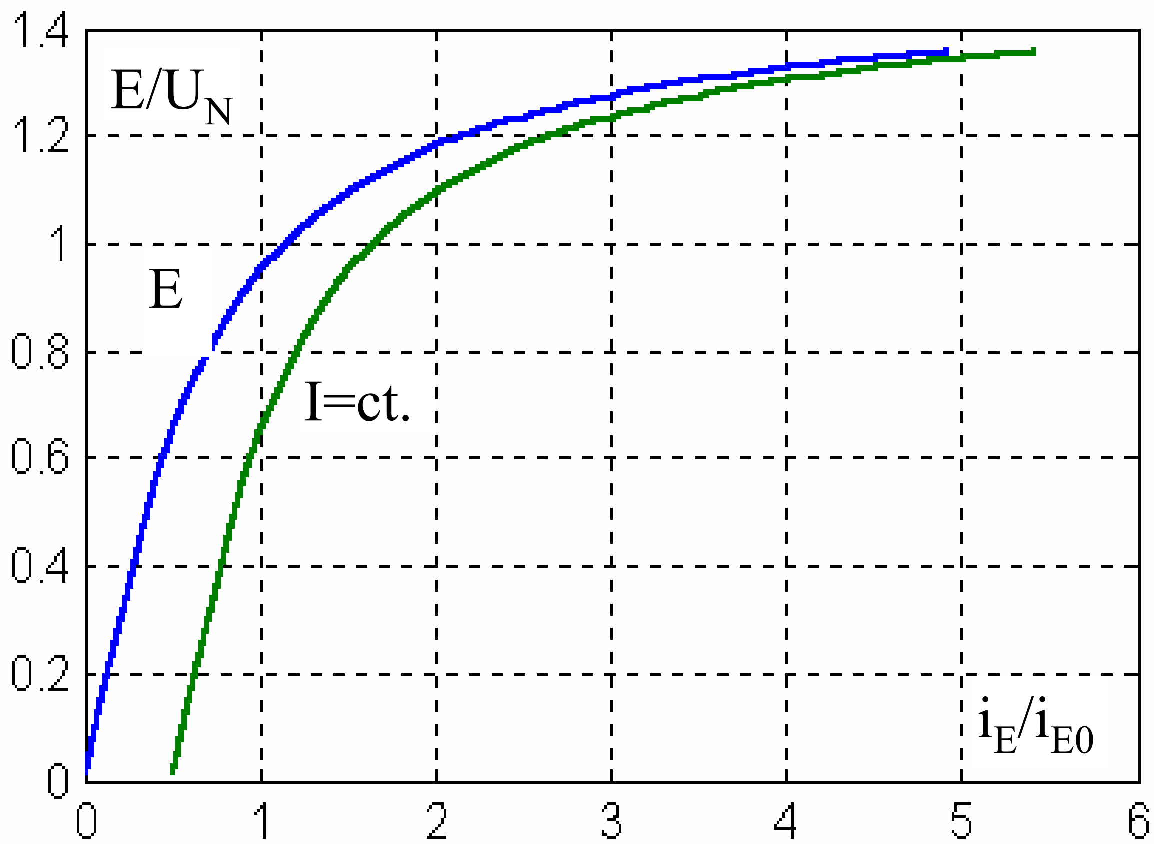


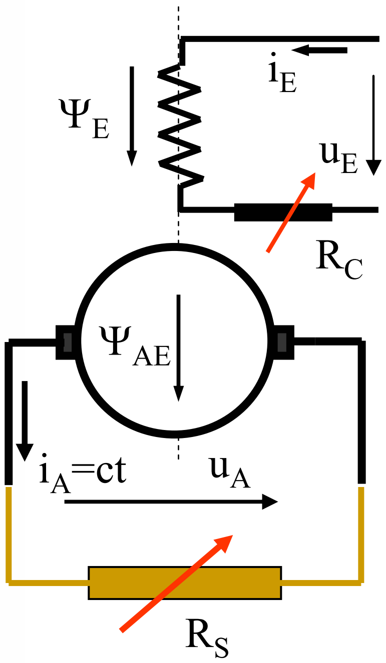
Regim de generator independent

Caracteristica de mers în sarcină

$$U = f(i_E) \quad la \quad I = ct. \qquad \Omega = ct.$$

Nu se poate determina la maşina cu excitaţie serie





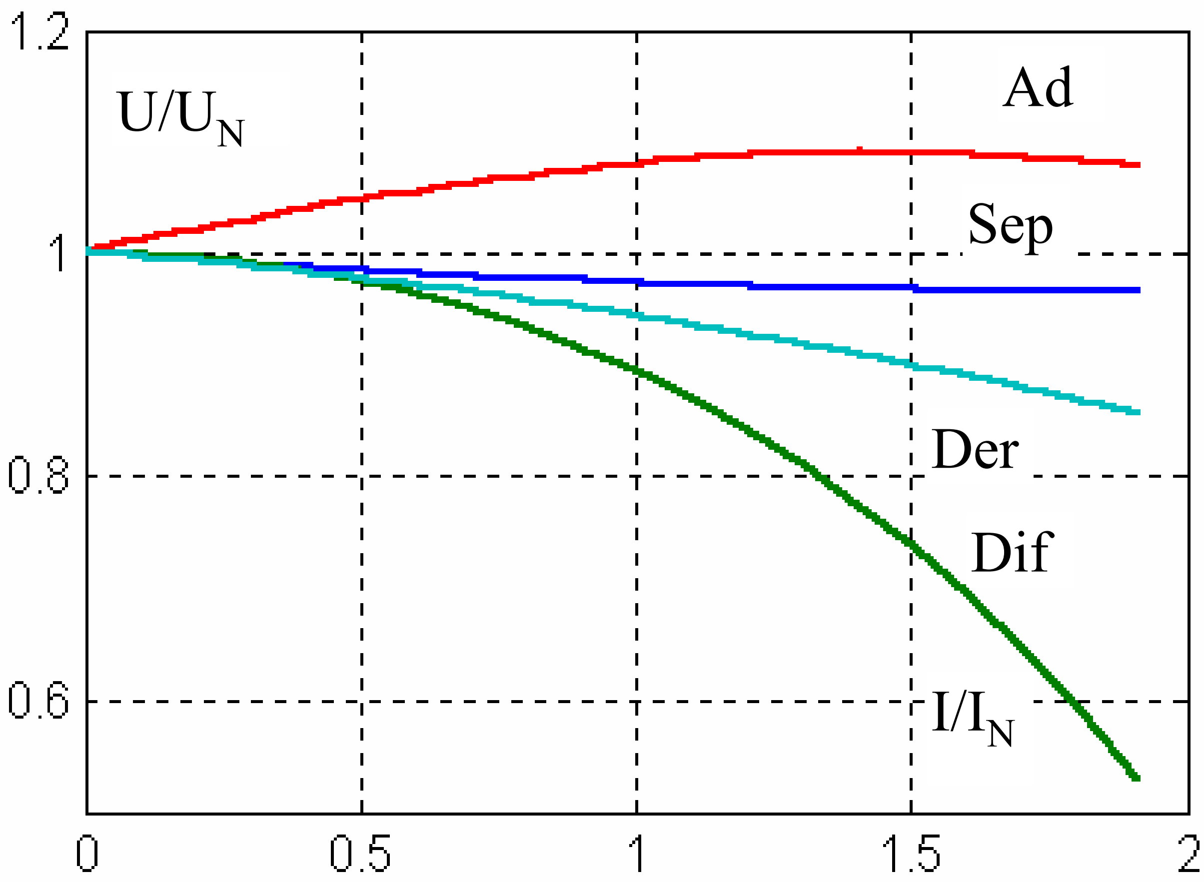
Regim de generator independent

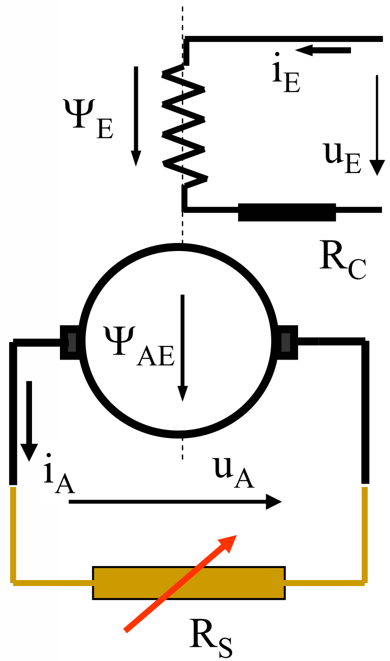
Caracteristica externă

$$U = f(I) \quad la \quad i_E = ct. \quad \Omega = ct.$$

$$R_C = ct.$$

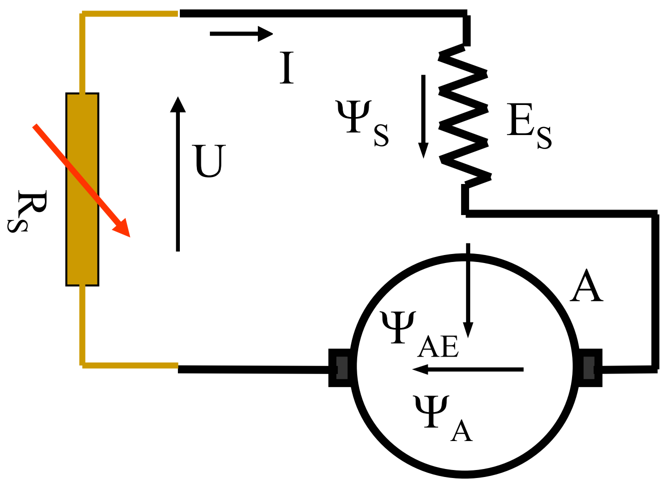
La generatoarele cu excitație derivație



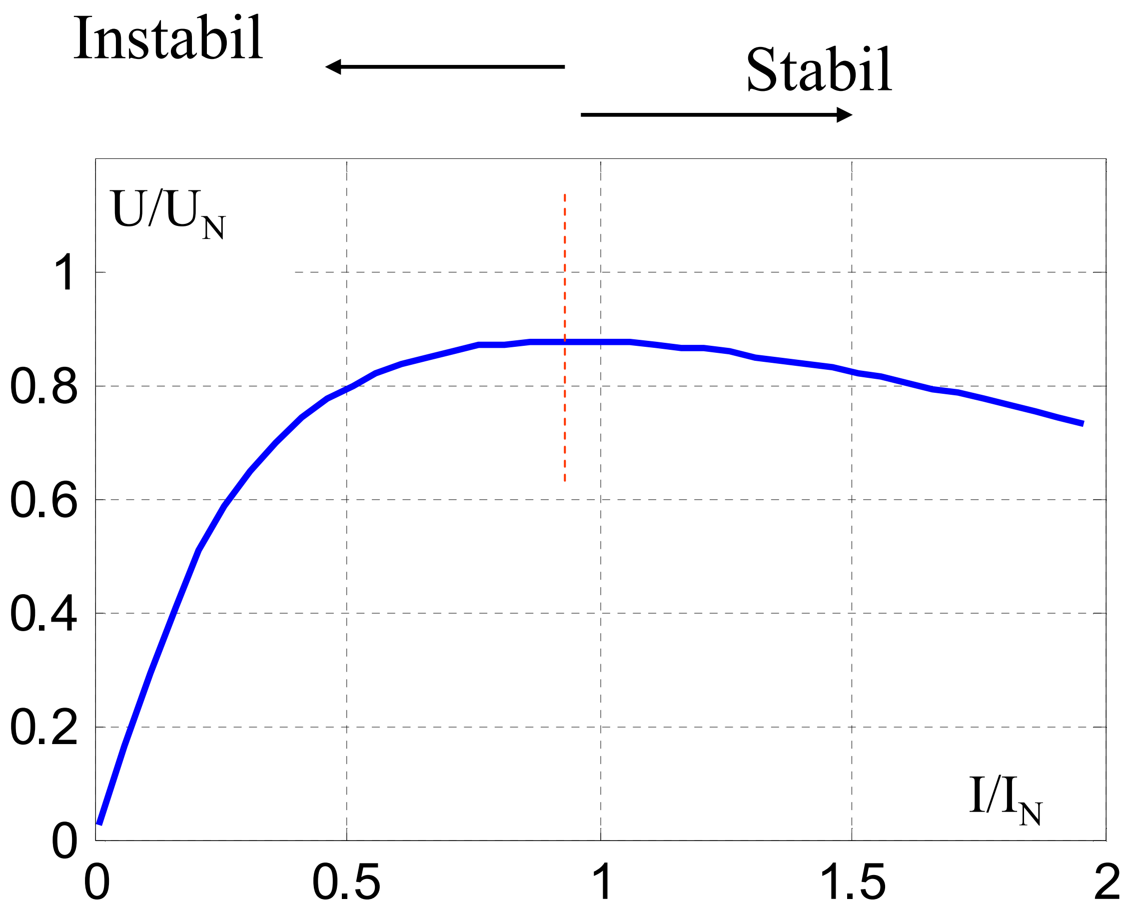


Regim de generator independent

Caracteristica externă a generatorului cu excitatie serie



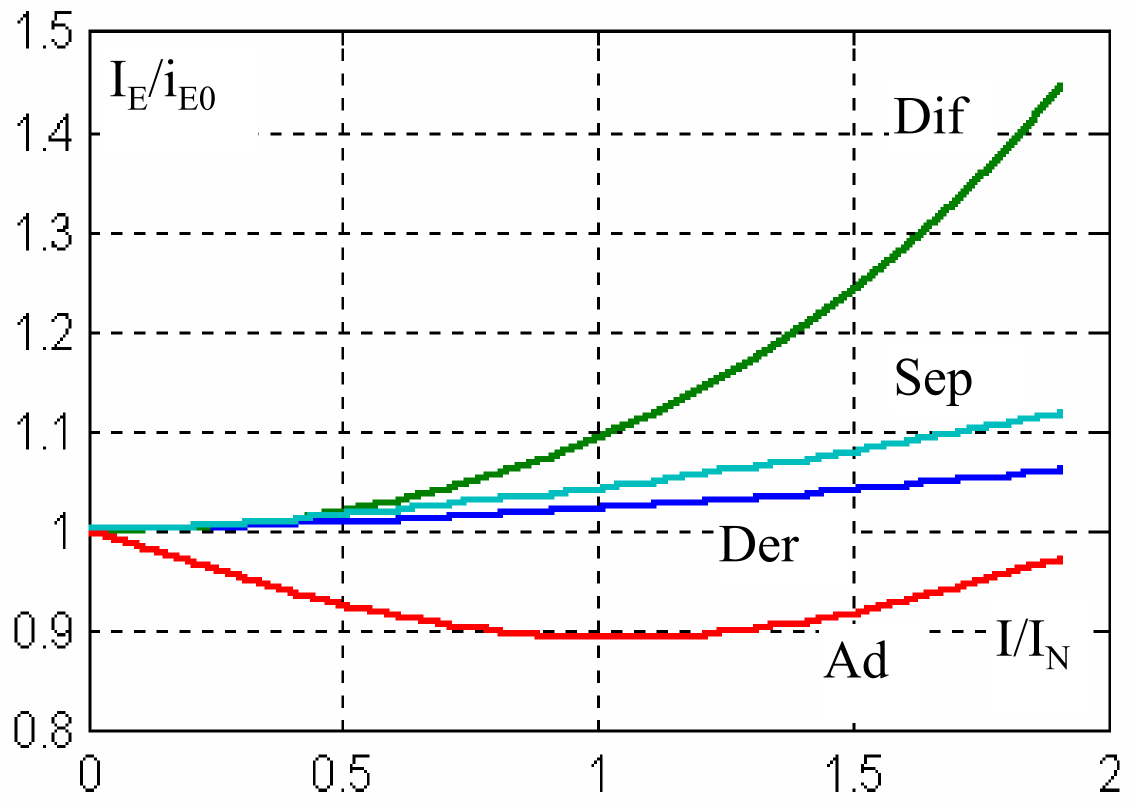
Regim de generator independent

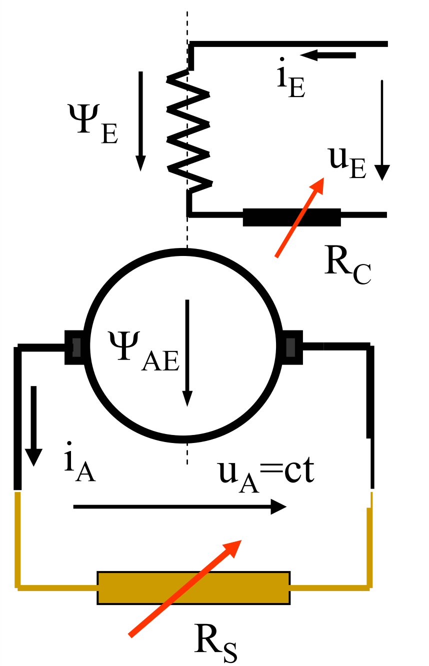


Caracteristica de reglare

$$i_E = f(I) \qquad la \quad U = ct. \qquad \Omega = ct.$$

Nu se poate determina la maşina cu excitaţie serie

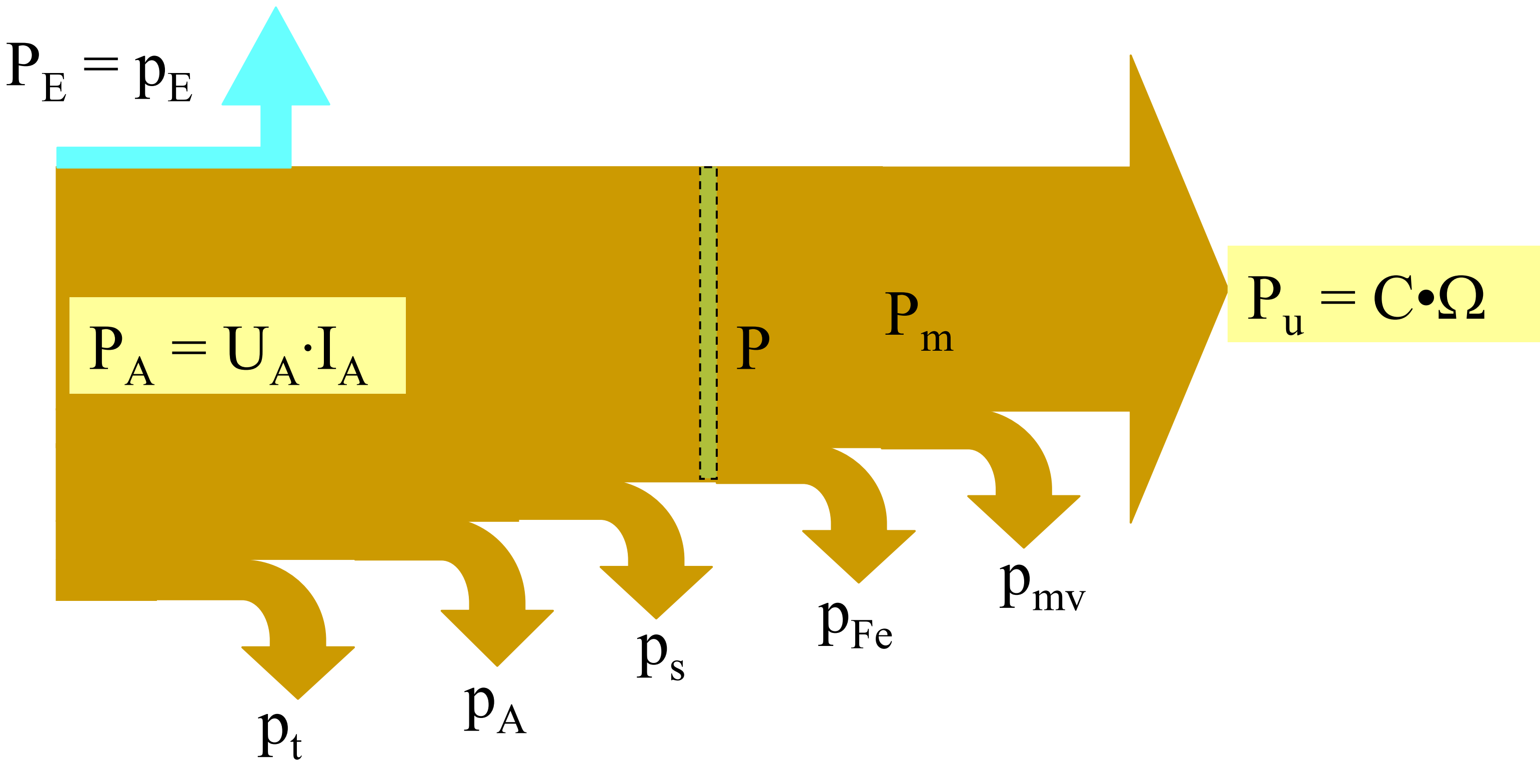




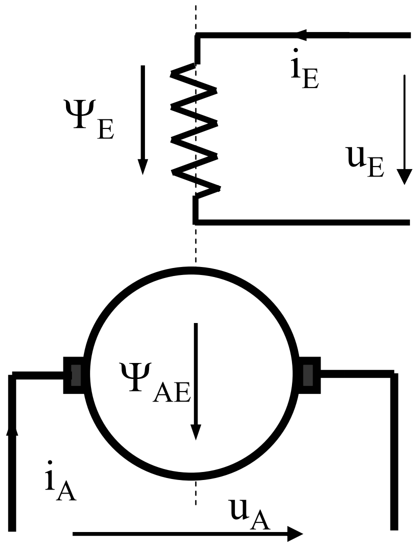
Regim de generator independent

Regimul de motor

Bilanțul energetic



Ecuatiile in regim stationar.



$$U_E = R_E \cdot I_E$$

$$U_A = R_A \cdot I_A + \Delta U_p - E$$

Expresia t.e.m. induse

$$E = -k_u \cdot \Phi \cdot \Omega = -k_e \cdot \Phi \cdot n$$

Expresia cuplului

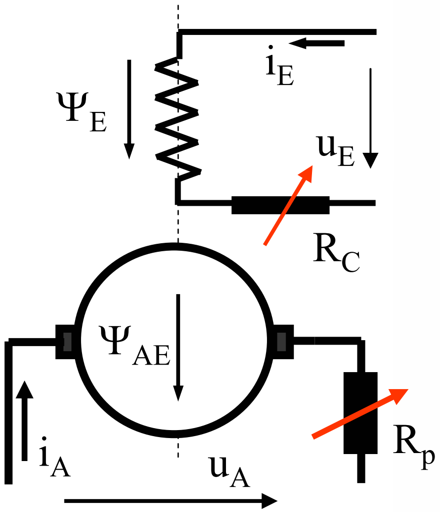
$$C = p \cdot \Psi_{AE} \cdot I = k_c \cdot \Phi \cdot I$$

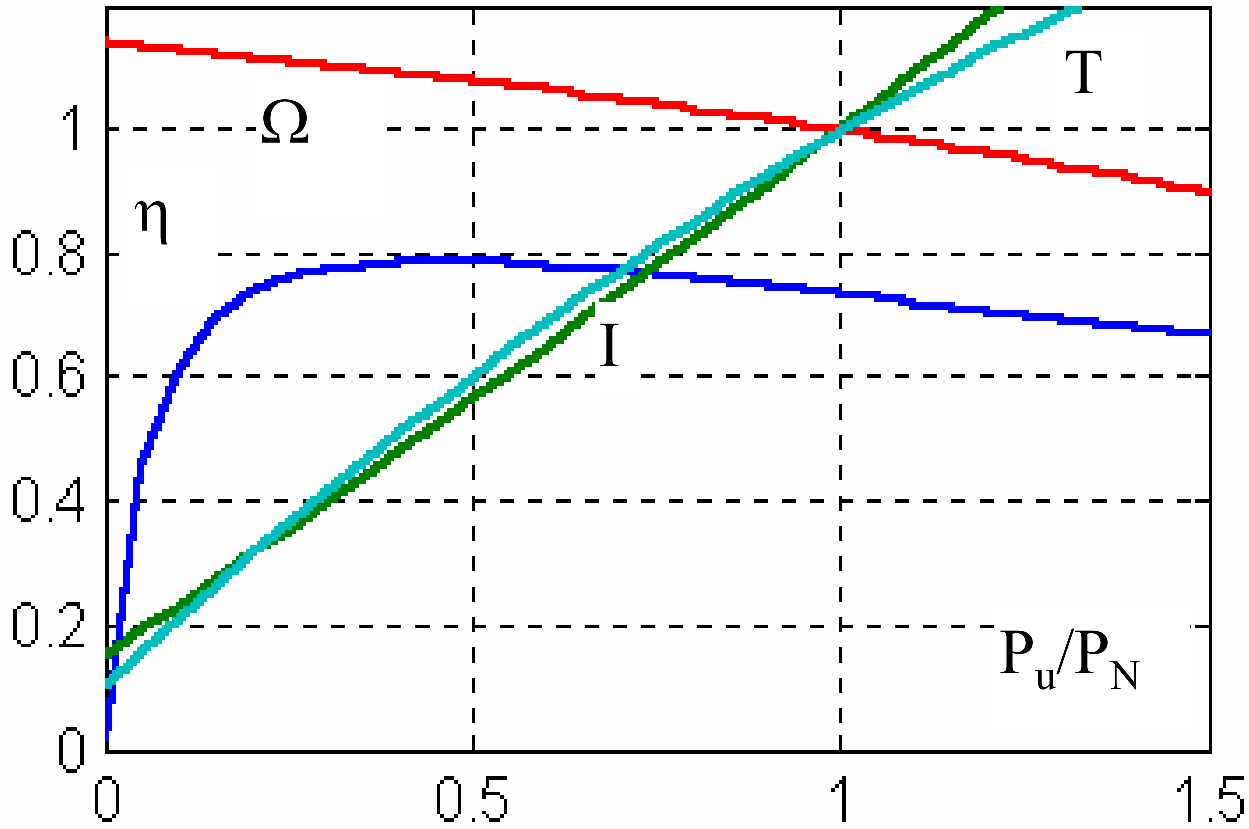
Ecuatia de miscare

$$\frac{J}{p}\frac{d\omega}{dt} = C - C_s - k_f \cdot \omega$$

Caracteristici de funcționare

Motoare cu excitație separată și derivație

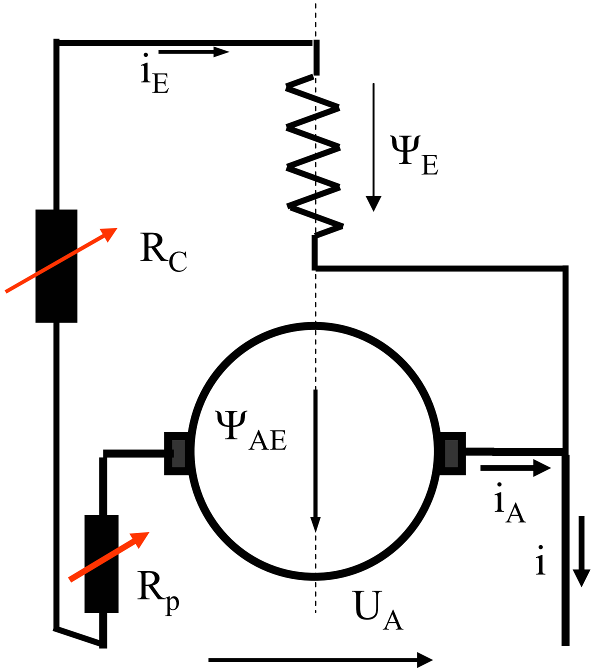


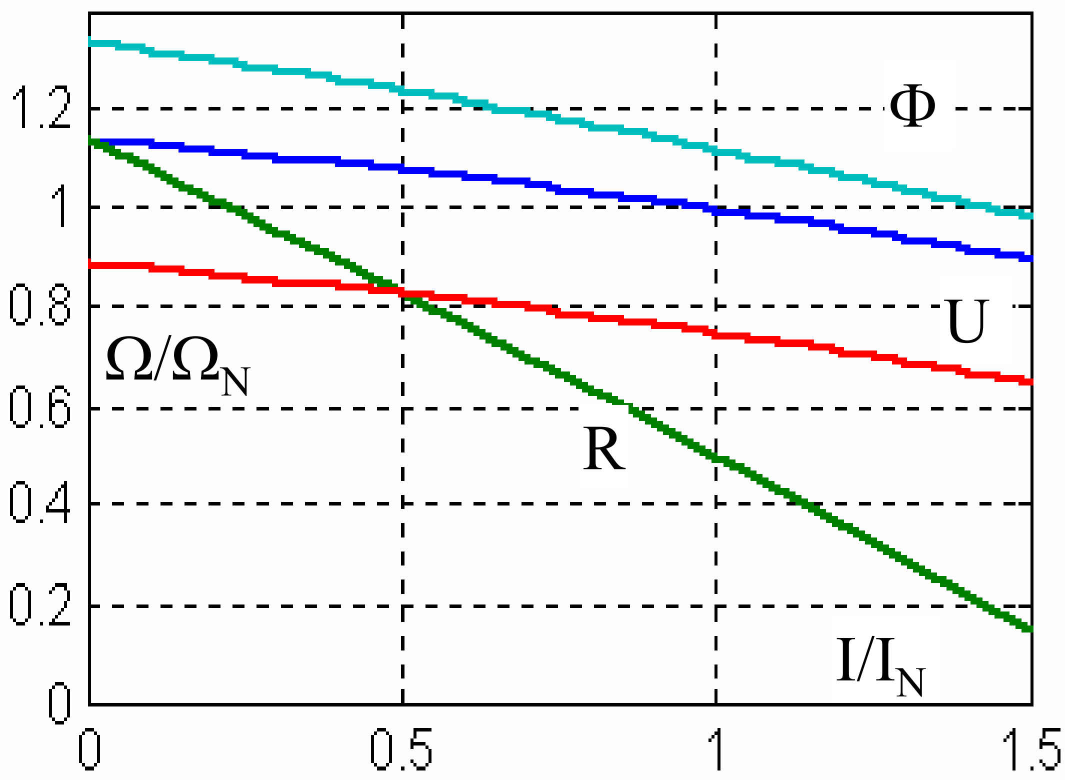


Caracteristici mecanice

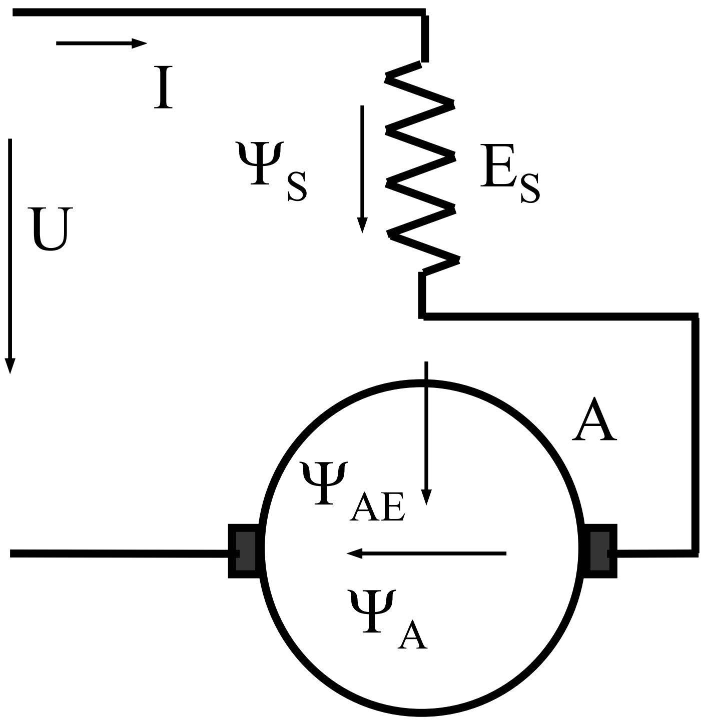
Motoare cu excitatie separata si derivatie

$$\Omega = \frac{U - \Delta U_p}{C \cdot \Phi} - \frac{R \cdot I}{C \cdot \Phi} = \Omega_0' - \Delta\Omega$$





Ecuaţiile maşinii cu excitaţie serie.



motor

$$U = \left(R_S + R_A\right)\cdot I + \Delta U_p - E$$

$$E = -\omega \cdot M_{AE_s} \cdot I$$

$$M_{AE_s} = f(I)$$

Tensiunea electromotoare

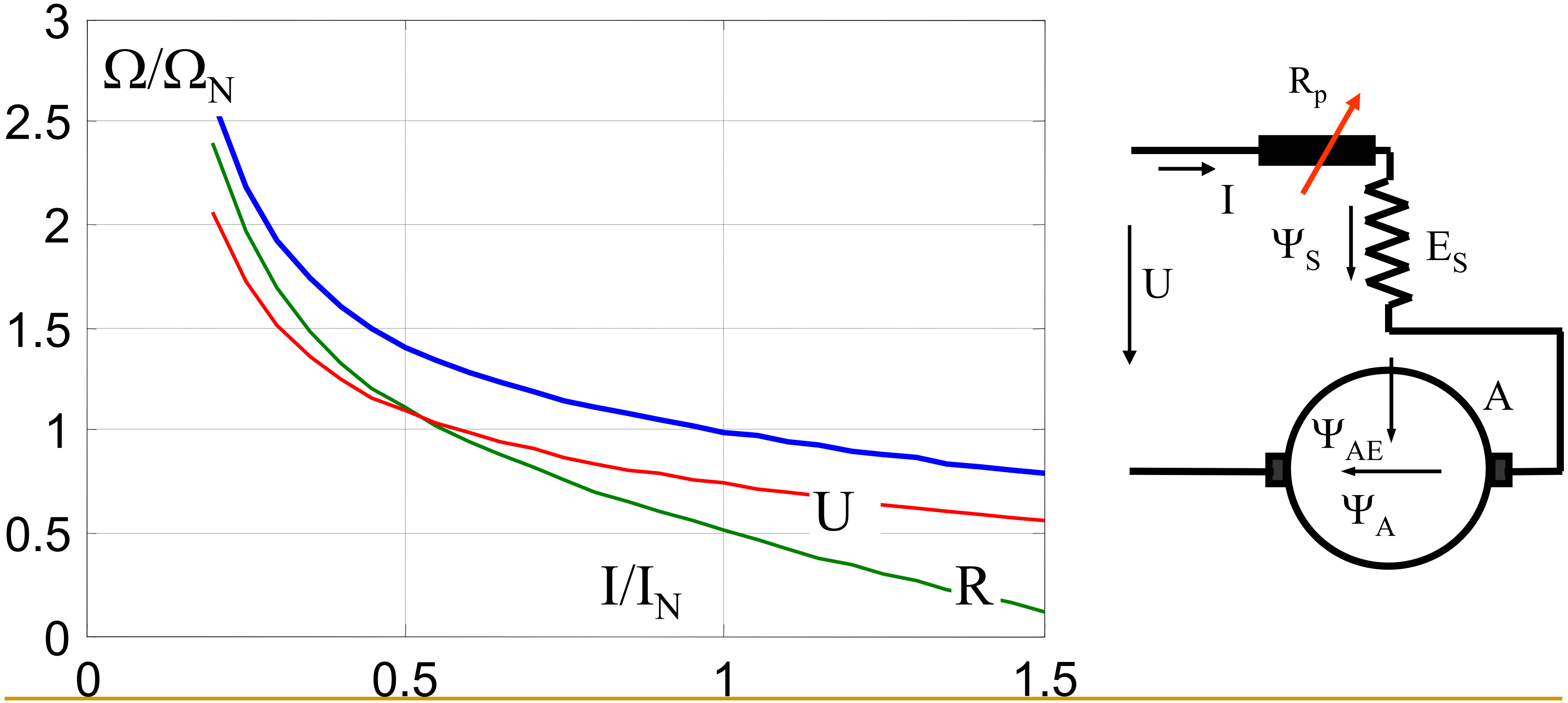
$$E = -p \cdot M_{AE} \cdot I \cdot \Omega = k_\Phi \cdot I \cdot \Omega$$

Cuplul electromagnetic

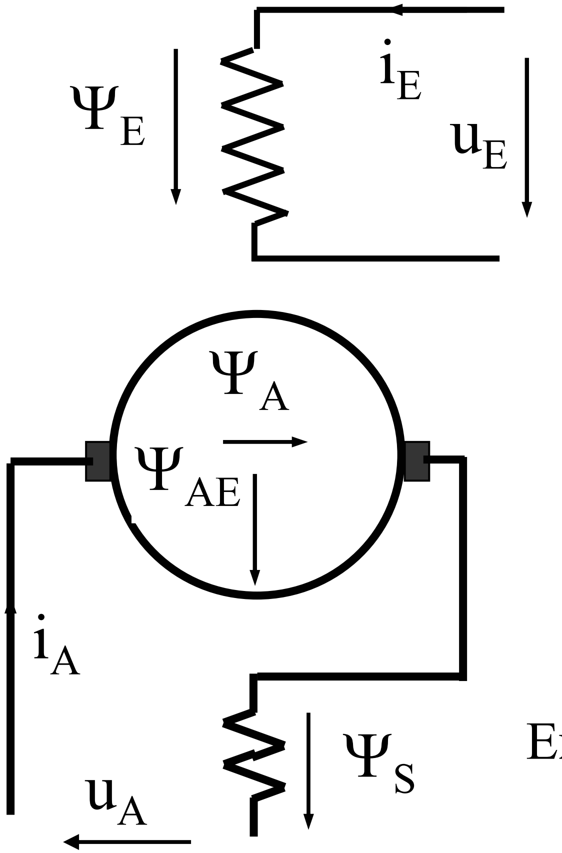
$$C = p \cdot M_{AE_s} \cdot I^2 = k_\Phi \cdot I^2$$

Motorul cu excitatie serie

$$\Omega = \frac{U - \Delta U_p}{p \cdot M_{AE} \cdot I} - \frac{R}{p \cdot M_{AE}}$$



Maşina cu excitaţie mixtă. (motor)



Aditional.

Ecuatia de tensiune

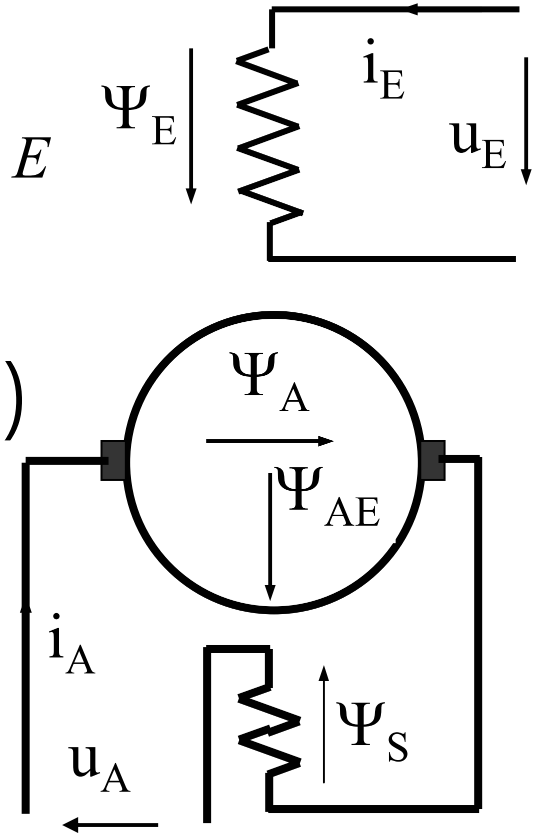
$$U = (R_S + R_A)\cdot I + \Delta U_p - E$$

Expresia t.e.m.

$$E = \omega\cdot(M_{AE}\cdot i_E \pm M_{AS}\cdot i_A)$$

Expresia cuplului

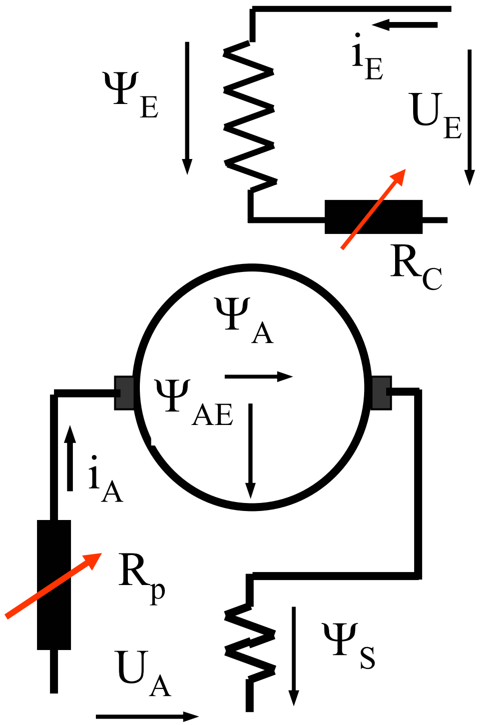
$$C = p\cdot(M_{AE}\cdot i_E \pm M_{AS}\cdot i_A)\cdot i_A$$

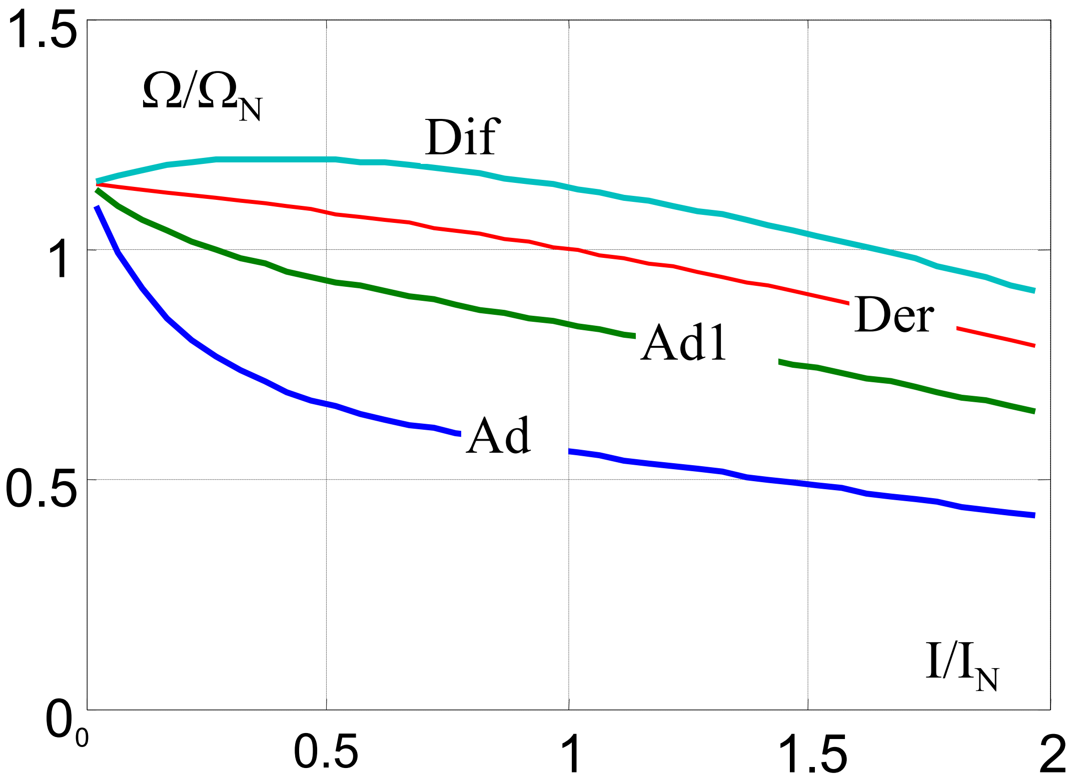


Diferential

Motorul cu excitaţie mixtă

$$\Omega = \frac{U - \Delta U_p}{p \cdot (M_{AE} \cdot I_E + M_{AS} \cdot I)} - \frac{R \cdot I}{p \cdot (M_{AE} \cdot I_E + M_{AS} \cdot I)}$$





Adiţional

.

Masina de curent continuu

Probleme

Problema 1

Rotorul unei masini de curent continuu. se roteste cu viteza n = 1450 r/min si are:

Z = 24 crestaturi

diametrul D = 0,42 m,

lunginea L = 0,22 m si

un colector cu K = 48 lamele la care se leaga infasurarea buclata

multipla de ordinul m = 2 realizata cu N = 384 conductoare

pentru 2p = 4 poli.

Talpa polului are o deschidere relativa α_i=0,7 si asigura

in intrefier δ' = 1,12 mm

inductia magnetica B = 0,75 Te

la un curent de excitatie i_E = 2 A.

viteza unghiulara de rotatie

$$\Omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1450}{60} = 151{,}843 \quad r/s$$

pasul polar

$$\tau = \frac{\pi \cdot D}{2p} = \frac{\pi \cdot 0{,}42}{4} = 0{,}33 \quad m$$

Problema 1

numarul cailor de curent al infasurarii buclate cu m = 2

$$2 \cdot a = 2 \cdot p \cdot m = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$$

constanta masinii

$$k_u = \frac{N}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} = \frac{384}{2\pi} \cdot \frac{2}{4} = \frac{96}{\pi}$$

fluxul fascicular al masinii

$$\phi = \alpha_i \cdot \tau \cdot L_i \cdot B_\sigma = 0{,}7 \cdot 0{,}33 \cdot 0{,}22 \cdot 0{,}75 = 38{,}1 \quad mWb$$

t.e.m. de rotatie

$$E = k_u \cdot \phi \cdot \Omega = \frac{96}{\pi} 38{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{145}{3} \pi = 176{,}8 \quad V$$

Problema 1

unghiul electric dintre doua lamele vecine

$$\alpha = p\frac{360}{48} = 15^0$$

frecventa tensiunii -frecventa de rotatie

$$f = p \cdot n = 2 \cdot \frac{1450}{60} = 48{,}33 \quad Hz$$

perioada comutatiei

$$T_K = \frac{\alpha}{p \cdot \Omega} = \frac{2\pi \cdot p \cdot 60}{K \cdot p \cdot 2\pi \cdot n} = \frac{60}{K \cdot n} = \frac{60}{48 \cdot 1450} = 0{,}862 \quad ms$$

frecventa de comutatie

$$f_K = \frac{1}{T_K} = \frac{10^3}{0{,}862} = 1160\ Hz$$

Problema 1

pulsatia tensiunii

$$\Delta E = tg^2 \frac{\alpha}{4} = tg^2 3^0 45' = 0{,}0043$$

$$\Delta E = 0{,}43\%$$

inductivitatea de cuplaj stator-rotor

$$M_{AE} = \frac{C_u \cdot \phi}{I_E} = \frac{96}{\pi} \cdot \frac{38{,}1 \cdot 10^{-3}}{2} = 0{,}582 H$$

inductanta proprie a infasurarii rotorice

$$L_A = 2 \cdot p \cdot \mu_0 \cdot W^2 \frac{1}{\delta'} \tau_p \frac{\alpha_i^2}{3} =$$

$$2 \cdot 2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \left(\frac{384}{2 \cdot 8} \right)^2 \frac{10^3}{1{,}12} 0{,}33 \cdot \frac{0{,}73}{3} = 81{,}95 \quad mH$$

Problema 2

Un motor de curent continuu cu excitatie separata, compensat, avind:

puterea nominala P_N = 4 kW:

tensiunea nominala U_N = 220 V;

curentul nominal I_N = 22 A;

turatia nominala n_N = 1500 rot/min:

rezistenta circuitului rotoric R_A = 0,82 Ω;

constanta de timp a circuitului rotoric T_A= 19,42 ms;

momentul de inertie J = 0,232 Ws^3

dezvolta cuplul electromagnetic C = 20 Nm.

Calculul bilantului energetic la sarcina nominala

constanta de flux

$$k_u\phi = \frac{U_A - R_A \cdot I_A}{\Omega} = \frac{220 - 22 \cdot 0,82}{\frac{\pi \cdot 1500}{30}} = 1,285 \quad Vs$$

puterea absorbita

$$P_a = U_A \cdot I_A = 220 \cdot 22 = 4840 \quad W$$

pierderi - nominale

$$\sum p = P_a - P_N = 4840 - 4000 = 840 \quad W$$

In infasurari

$$p_{bN} = R_A \cdot I_N^2 = 0,82 \cdot 22^2 = 397 \quad W$$

de trecere

$$p_t = \Delta U_p \cdot I_N = 2 \cdot 22 = 44 \quad W$$

Calculul bilantului energetic la cuplul C=20 Nm

mecanice si in fier

$$p_m + p_{Fe} = \sum p - p_{bN} - p_t = 840 - 441 = 399 \quad W$$

Curentul de sarcina

$$I_A = \frac{M}{C\phi} = \frac{20}{1,285} = 15,56 \quad A$$

pierderi in rotor

$$p_b = R_A \cdot I_A^2 = 0,82 \cdot 15,56^2 = 198,6 \quad W$$

de trecere

$$p_t = \Delta U_p \cdot I_A = 2 \cdot 15,56 = 31 \quad W$$

pierderi totale

$$\sum p = 399 + 31 + 198,6 = 628,6 \quad W$$

Calculul bilantului energetic la cuplul C=20 Nm

Puterea absorbita

$$P_a = U_A \cdot I_A = 220 \cdot 15{,}56 = 3423{,}2 \quad W$$

Puterea utila

$$P_u = P_a - \sum p = 3423{,}2 - 628{,}6 = 2794{,}6 \;\; W$$

randamentul

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{2794{,}6}{3423{,}2} = 0{,}816$$

Viteza unghiulara de rotatie

$$\Omega = \frac{U}{k_u \phi} - \frac{R_A \cdot M}{(k_u \phi)^2} = \frac{220}{1{,}285} - \frac{0{,}82 \cdot 20}{1{,}285^2} = 161{,}27 \quad r/s$$

Problema 3

La un motor de curent continuu cu excitatie separata s-au masurat la mersul in gol :

Tensiunea $U_A = 440$ V;
curentul $I_{A0} = 2,2$ A;
Turatia $n_0 = 2485$ rot/min.
rezistenta circuitului rotoric $R_A = 1,48\ \Omega$;
caderea de tensiune la perii $\Delta U_p = 2$ V;
pierderile mecanice $p_m = 1,2\ p_{Fe}$
curentul de sarcina $I_A = 33$ A .

Puterea absorbita de motor la mers in gol

$$P_{a0} = U_A \cdot I_{A0} = 440 \cdot 2{,}2 = 968\ W$$

pierderi in circuitul rotoric: pierderi in infasurari

$$p_{b0} = R_A \cdot I_{A0}^2 = 1{,}48 \cdot 2{,}2^2 = 7.2\ W$$

Determinarea pierderilor din datele de mers in gol

pierderi de trecere

$$p_{t0} = \Delta U_p \cdot I_A = 2 \cdot 2,2 = 4,4 \;\; W$$

pierderi mecanice si in fier

$$p_m + p_{Fe} = P_{a0} - p_{b0} - p_{t0} = 968 - 7.2 - 4.4 = 956.4 \;\; W$$

deoarece

$$p_m = 1,2 \cdot p_{Fe}$$

rezulta separat pierderile

$$p_{Fe} = \frac{956,4}{1 + 1,2} = 434,7 \;\; W$$

$$p_m = 1,2 \cdot p_m = 1,2 \cdot 434,7 = 521,7 \;\; W$$

Caracteristica mecanica

constanta de flux

$$k_u \cdot \phi = \frac{U_A - R_A \cdot I_A}{\Omega} = \frac{440 - 33 \cdot 1{,}48}{\frac{\pi \cdot 2485}{30}} = 1{,}503 \quad Vs$$

Caracteristica mecanica

$$\Omega = \frac{U - \Delta U_p}{k_u \cdot \Phi} - \frac{R \cdot I}{k_u \cdot \Phi} = \frac{440 - 2}{1{,}503} - \frac{1{,}48 \cdot 33}{1{,}503} = 291{,}42 - 0{,}985 \cdot I$$

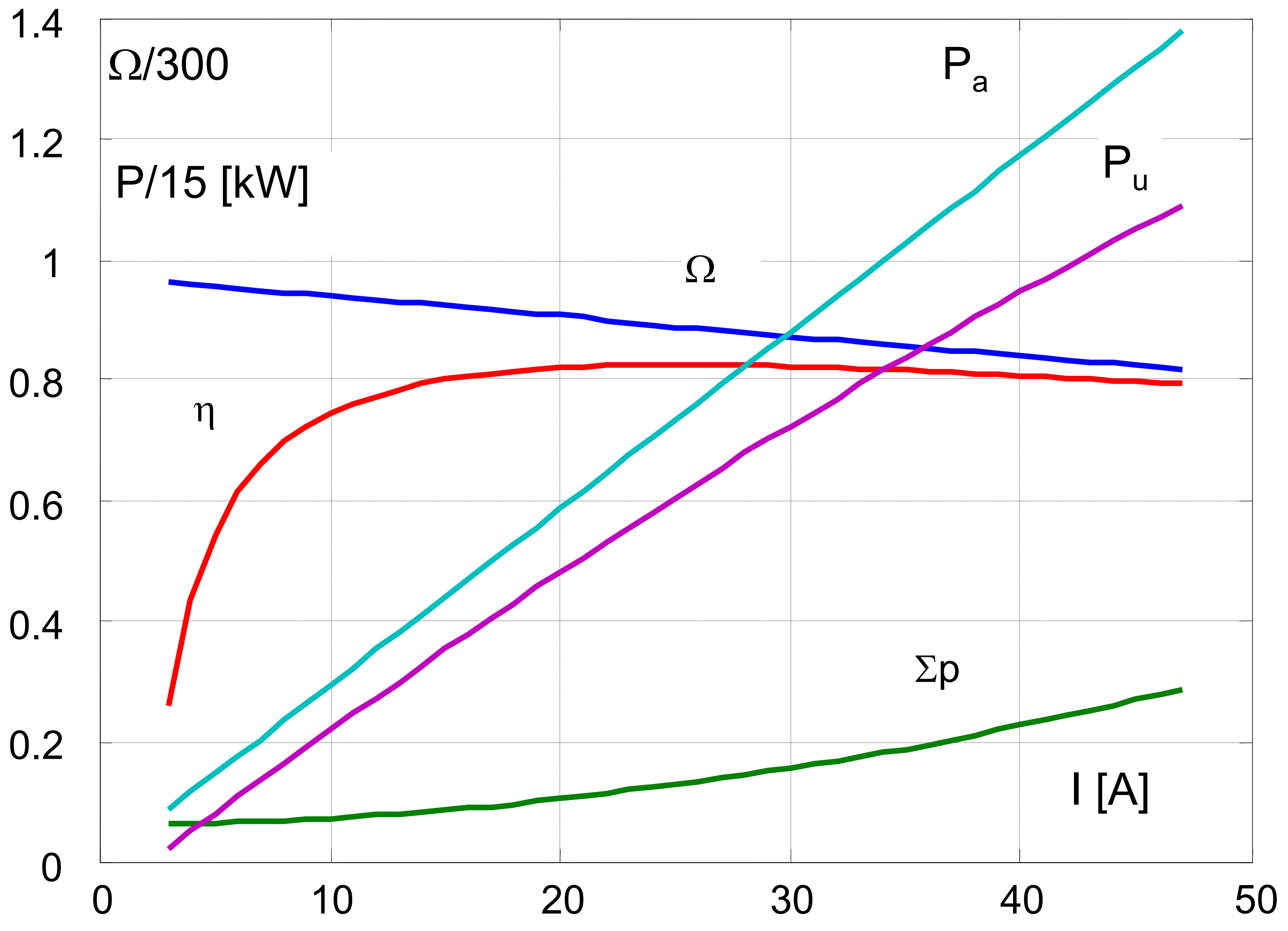
pierderile

$$\sum p = 434{,}7 + 521{,}7 + 2 \cdot I + 1{,}48 \cdot I^2$$

randamentul

$$\eta = \frac{U \cdot I - \sum p}{U \cdot I} = \frac{440 \cdot I - 956{,}4 - 2 \cdot I - 1{,}48 \cdot I^2}{440 \cdot I} = 0{,}9954 - \frac{2{,}1736}{I} - 0{,}003363 \cdot I$$

Caracteristici de functionare



Problema 4

Un motor serie de curent continuu avand:

$2p = 4$ poli ,

tensiunea $U_N = 220$ V;

rezistenta $R_A + R_E = (0{,}8+0{,}4)\ \Omega$ are

caracteristica de mers in gol ridicata in regim de generator la turatia

$n = 1500$ rot/min

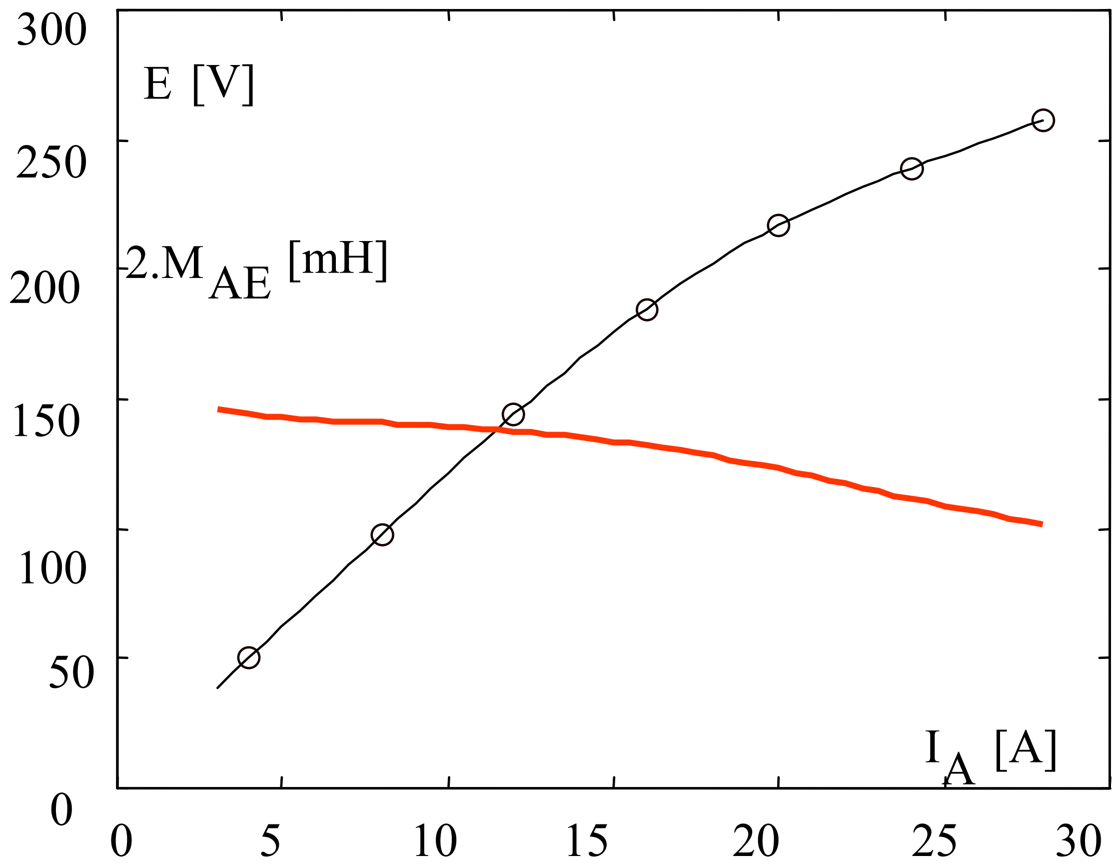
E [V]	50	98	144	185	217	239	258
i_E [A]	4	8	12	16	20	24	28

inductivitatea de cuplaj pentru 20 A

$$pM_{AE} = \frac{E}{\Omega \cdot I_E} = \frac{217}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60} \cdot 20} = 0{,}069 \quad H$$

Problema 4

caracteristica de mers in gol, pe baza datelor din tabela , si variatia inductivitatii de cuplaj.



Problema 4

- t.e.m. a motorului in cazul alimentarii cu tensiunea U_N la un curent $I_A = 20$ A

$$E = U_N - R \cdot I = 220 - 1,2 \cdot 20 = 196 \quad V$$

- viteza unghiulara sau turatia masinii in acest caz $I_A = I_E$

$$\Omega = \frac{U - R \cdot I_A}{pM_{AE} \cdot I_E} = \frac{220 - 1,2 \cdot 20}{0,069 \cdot 20} = 141,87 \quad rad/s$$

$$n = \frac{60 \cdot \Omega}{2\pi} = 1354,8 \quad rot/\min$$

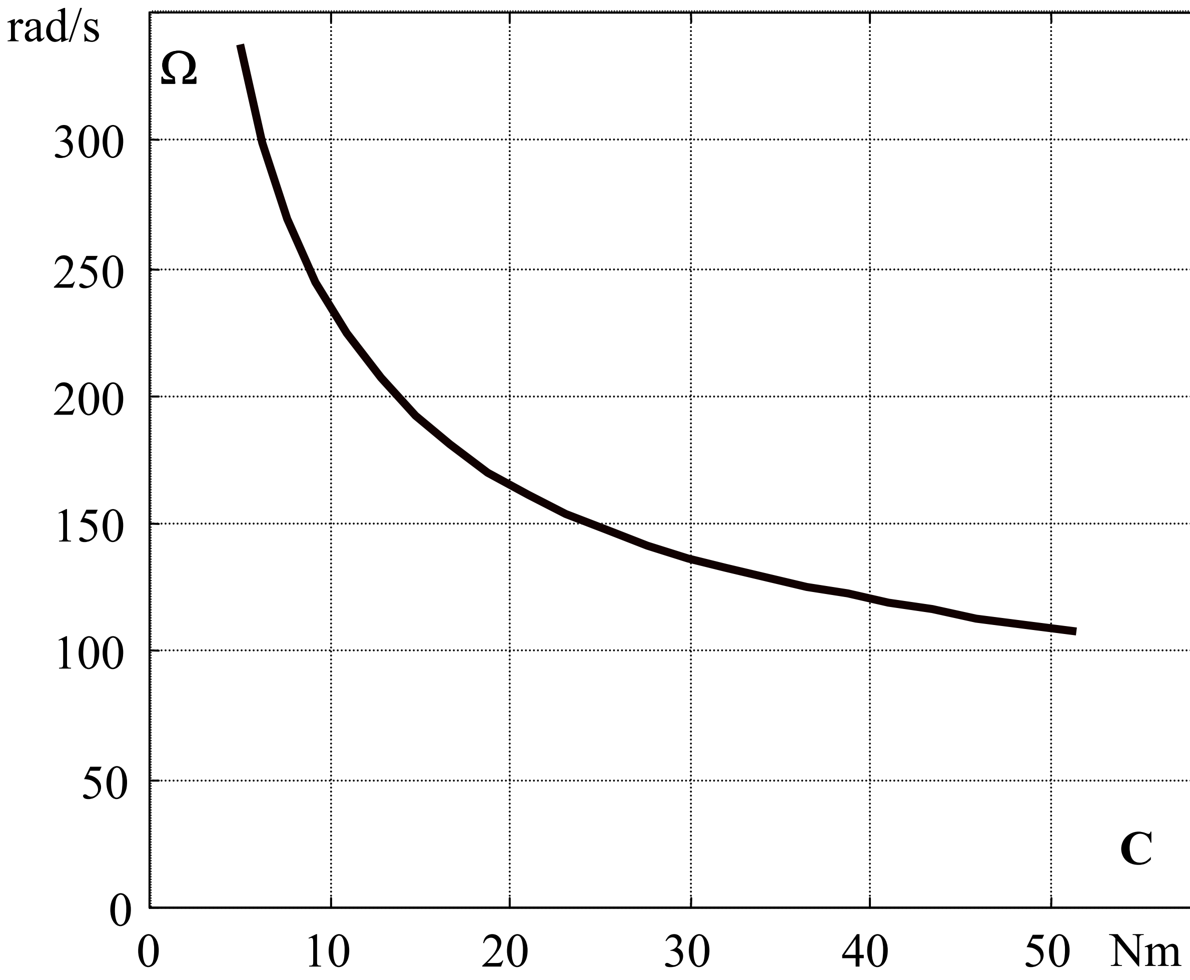
- cuplul electromagnetic

$$C = pM_{AE} \cdot I_E \cdot I_A = 0,069 \cdot 20 \cdot 20 = 27,6 \quad Nm$$

Tabelul cu rezultatele calculelor

i_E [A]	4	8	12	16	20	24	28
pMAE[mH]	79.6	78.0	76.4	73.6	69.1	63.4	58.7
E [V]	215.2	210.4	205.6	200.8	196.0	191.2	186.4
Ω [r/s]	676.07	337.24	224.27	170.49	141.87	125.66	113.48
C [Nm]	1.27	4.99	11.00	18.84	27.62	36.51	45.99

Caracteristicile mecanice



.