

Elektromotorni pogoni

Osnovne relacije:

Translacijsko gibanje		Rotacijsko gibanje	
Udaljenost	s m	Kutni pomak	α rad
Brzina	$v = \frac{ds}{dt}$ m/s	Kutna brzina	$\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ rad/s
Ubrzanje	$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$ m/s ²	Kutno ubrzanje	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ rad/s ²
Masa	m kg	Moment tromosti	J kgm ²
Sila	$F = ma = m \frac{dv}{dt}$ N	Zakretni moment ili moment vrtnje	$M = J\varepsilon$ Nm
Mehanički rad	$W = \int F ds$ Nm	Mehanički rad	$W = \int M d\alpha$ Nm
Kinetička energija	$W_k = \frac{1}{2}mv^2$ Js	Kinetička energija	$W_k = \frac{1}{2}J\omega^2$ Js
Snaga	$P = \frac{dW}{dt} = Fv$ W	Snaga	$P = \frac{dW}{dt} = M\omega$ W

Lorentzova sila : $\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$

\mathbf{F} – sila

\mathbf{E} – vektor električnog polja

\mathbf{v} – vektor brzine

\mathbf{B} – vektor gustoće magnetske indukcije

Vodič u magnetskom polju : $U = (\mathbf{v} \times \mathbf{B})L$

U – inducirani napon

L – duljina vodiča

Vodič protječan strujom : $\mathbf{F} = I(\mathbf{L} \times \mathbf{B})$

I – struja kroz vodič

Istosmjerni strojevi :

Inducirani napon stroja : $E = k_e \Phi n$

Nezavisna uzbuda

Brzina vrtnje motora: $n = \frac{U - I_a(R_a + R_p) - \Delta U_\zeta}{k_e \Phi}$

Moment motora: $M_m = k_m \Phi I_a$

Vanjska karakteristika: $n = \frac{U}{c_e} - M_m \frac{R_a + R_p}{c_e c_m}$

Prazni hod: $M_t = 0, I_a = 0, E = U$

Brzina vrtnje P.H. : $n_0 = \frac{U}{k_e \Phi}$

Kratki spoj: $n = 0, E = 0$

Konstante : $c_e = \frac{2\pi}{60} c_m, c_{e/m} = k_{e/m} \Phi$

$k_e = \frac{pz}{60a}, k_m = \frac{pz}{2\pi a}, \Delta U_\zeta = 2V$

p – broj pari polova

a – broj pari paralelnih grana

z – broj vodiča armature

Serijska uzbuda

Brzina vrtnje motora: $n = \frac{U - I_a(R_a + R_p + R_u) - \Delta U_\zeta}{k_e \Phi}$

Na nižem opterećenju: $\Phi = k_\Phi I_a, M_m = k_m k_\Phi I_a^2$

$$n = \frac{U}{k_e \sqrt{\frac{k_\Phi}{k_m} M_m}} - \frac{R_a + R_p + R_u}{k_e k_\Phi}$$

Na većem opterećenju (zasićenje):

$$n = \frac{U}{k_e \Phi_z} - \frac{M_m(R_a + R_p + R_u)}{k_e k_m \Phi_z^2}$$

R_u – otpor uzbuđenog namota

R_a – otpor armature

R_p – predotpor

Izmjenični strojevi:

Inducirani napon: $E = 4.44Nf\Phi$

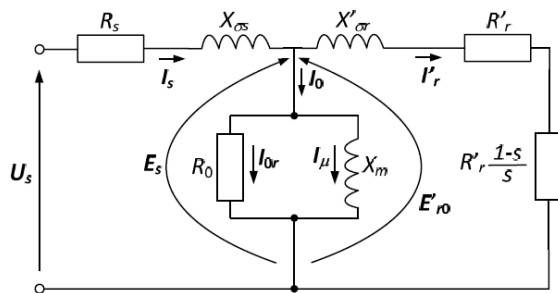
Sinkrona brzina: $n_s = \frac{60f}{p}$

Snaga motora: $P = 3U_f I_f \cos(\varphi)$

Asinkroni motor

Klizanje: $s = \frac{n_s - n}{n_s}$

Nadomjesna shema AM:



Momentna karakteristika:

$$M = \frac{m_s U_s^2 R'_r}{\omega_s s \left[\left(R_s + \sigma_s \frac{R'_r}{s} \right)^2 + (X_{\sigma s} + \sigma_s X'_{\sigma r})^2 \right]}$$

$$\sigma_s = \frac{X_{\sigma s} + X_m}{X_m}$$

Klossova formula:

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2 + \beta}{\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s} + \beta}$$

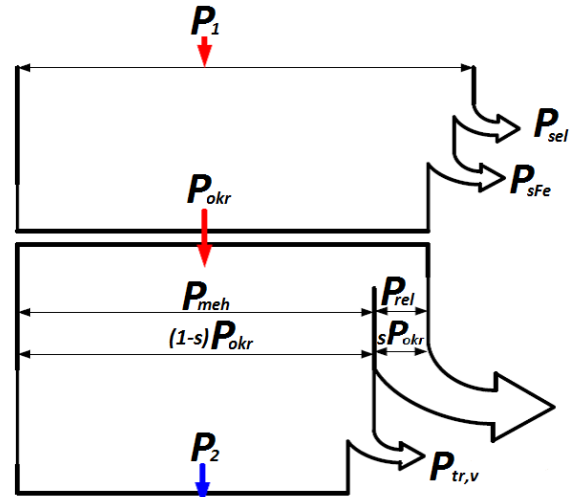
$$\beta = \frac{2R_s}{\sqrt{R_s^2 + (X_{\sigma s} + \sigma_s X'_{\sigma r})^2}}$$

uvršćavanjem $\beta = 0$ dobije se pojednostavljena Klossova formula.

N – broj zavoja

m_s – broj faza statora

Energetska bilanca AM:



Korisnost: $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

Inducirani napon rotora: $E_r = E_{0r} s$

Frekvencija rotorskih struja: $f_r = f_s s$

Preračunavanje rotorskih veličina na stator:

$$L_m = \frac{3}{2} L_{xsxs}, \quad x = a, b \text{ ili } c$$

$$\omega_s = 2\pi f_s$$

$$U'_r = \frac{N_s f_{ns}}{N_r f_{nr}} U_r$$

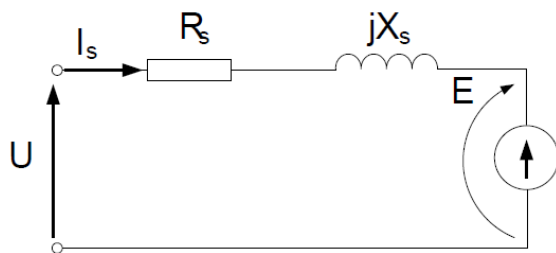
$$I'_r = \frac{m_r}{m_s} \frac{N_r f_{nr}}{N_s f_{ns}} I_r$$

$$R'_r = \frac{m_s}{m_r} \left(\frac{N_s f_{ns}}{N_r f_{nr}} \right)^2 R_r$$

$$L'_{\sigma r} = \frac{m_s}{m_r} \left(\frac{N_s f_{ns}}{N_r f_{nr}} \right)^2 L_{\sigma r}$$

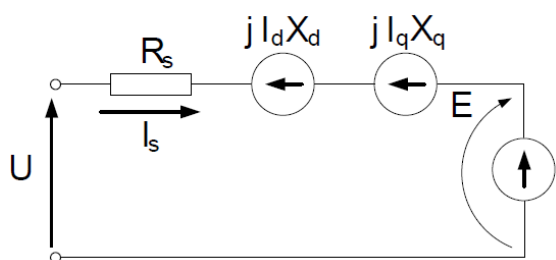
Sinkroni motor

Nadomjesna shema SM s cilindričnim rotorom:



$$U = I_s R_s + j I_s X_s + E$$

Nadomjesna shema SM s istaknutim polovima:



$$U = I_s R_s + j I_d X_d + j I_q X_q + E$$

Sinkrona snaga: $P_s = 3 \frac{UE}{X_d} \sin(\delta)$

Sinkroni moment: $M_s = \frac{P_s}{\omega_s}$

Reaktivna snaga: $P_r = 3 \frac{U^2 \sin(2\delta)}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right)$

Reaktivni moment: $M_r = \frac{P_r}{\omega_s}$

Snaga i moment SM s cilindričnim rotorom:

$$P = P_s$$

$$M = M_s$$

Snaga i moment SM s istaknutim polovima:

$$P = P_s + P_r$$

$$M = M_s + M_r$$

Dinamičko kočenje pogona sa sinkronim motorom

$$k_\omega = \frac{\omega_m}{\omega_s}$$

Struja kočenja: $I_k = \frac{k_\omega E}{\sqrt{R_k^2 + (k_\omega X_s)^2}}$

Snaga kočenja: $P_k = 3 I_k^2 R_k$

Moment kočenja: $M_k = \frac{3 k_\omega E^2}{\omega_s (R_k^2 + (k_\omega X_s)^2)} R_k$

za $R_k \ll X_s$ vrijedi: $M_k = \frac{3 E^2}{\omega_s X_s^2} R_k$

δ – kut opterećenja

R_s – statordi otpor

R_k – otpornik za kočenje

X_d – reaktancija u direktnoj osi

X_q – reaktancija u poprečnoj osi

ω_m – brzina motora

ω_s – sinkrona brzina