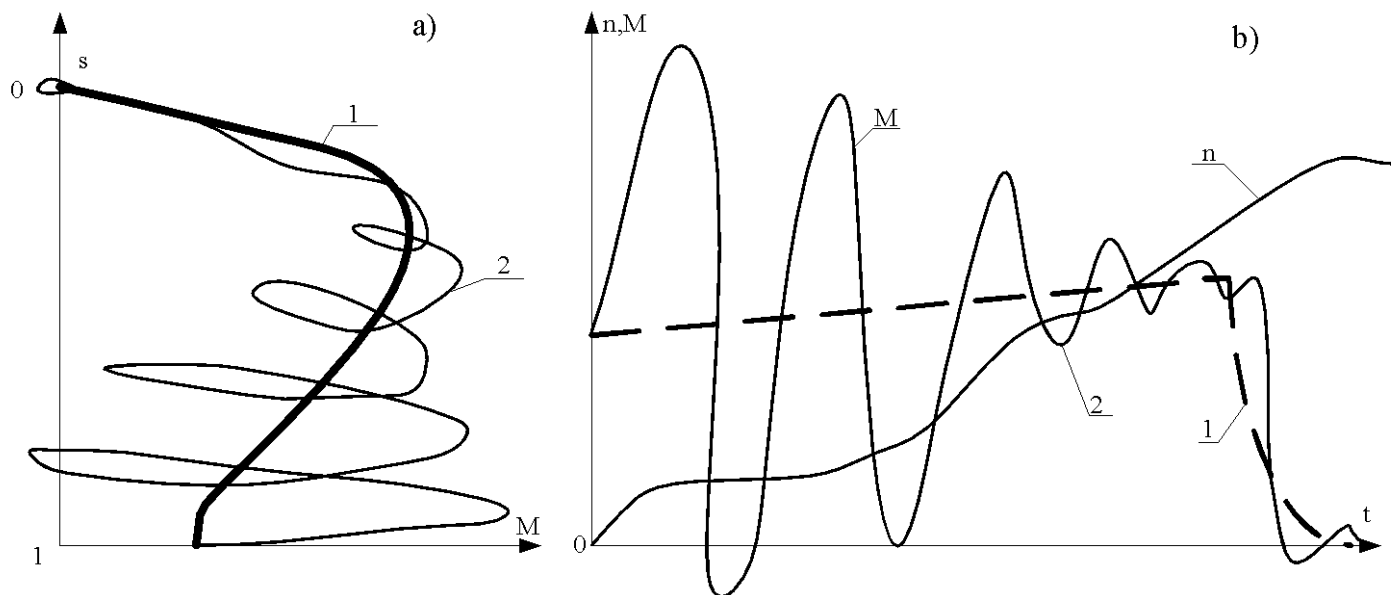


PĀREJAS PROCESI MAIŅSTRĀVAS PIEDZIŅĀ

Elektromagnētiskie pārejas procesi maiņstrāvas piedzinā



Asinhronā dzinēja palaišanas raksturlīknes:

a – statiskā (1) un dinamiskā (2)

Trīsfāzu asinhronās piedziņas palaišana

$$\frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \qquad \frac{dn}{dt} = -n_0 \frac{ds}{dt}$$

$$\frac{2M_K}{\frac{s_K}{s} + \frac{s}{s_K}} = -n_0 \frac{GD^2}{375} \frac{ds}{dt}$$

$$dt = -\frac{T_m}{2} \left(\frac{s_K}{s} + \frac{s}{s_k} \right) ds,$$

$$T_m = \frac{GD^2 n_0}{375 M_K}$$

Integrējot, iegūst dzinēja palaišanas laiku tukšgaitā

$$t_{p0} = \frac{T_m}{2} \int_{S_{\text{beigu}}}^{S_{\text{sāk}}} \left(\frac{S_K}{S} + \frac{S}{S_K} \right) ds.$$

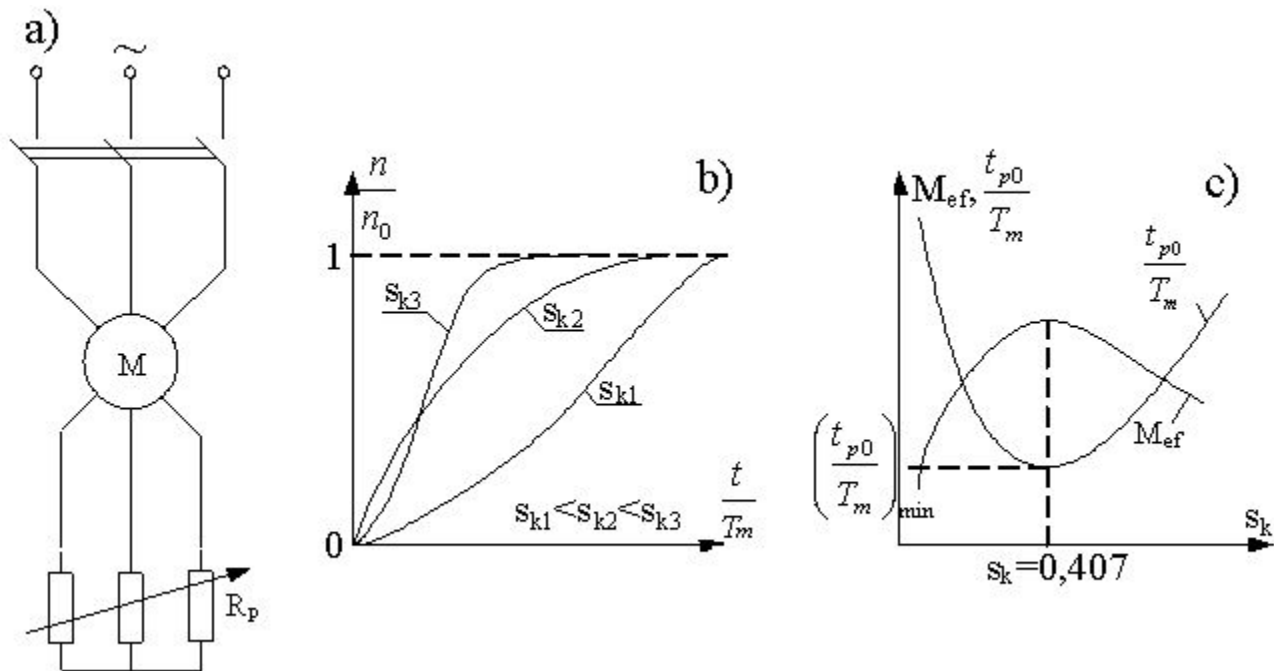
Ja palaiž dzinēju no miera, stāvokļa ($s_{\text{sāk}} = 1$), tad

$$t_{p0} = \frac{T_m}{2} \left(\frac{1 - s^2}{2s_K} + s_K \ln \frac{1}{s} \right)$$

Par beigu slīdi praktiski pieņem $s = 0,05$.

Pie noteiktas s_k vērtības ir minimāla attiecība t_{po}/T_m .

$$\left(\frac{t_{p0}}{T_m} \right)_{\min} = 1,22, \text{ ja } S_k = 0,407$$



Asinhronā dzinēja palaišana: a) slēguma shēma; b) $\frac{n}{n_0} = f\left(\frac{t}{T_m}\right)$ pie dažādām S_k vērtībām;

c) $M_{ef}(S_k)$ un

$$\frac{t_{p0}}{T_m} = f(S_k)$$

$$t_{p0} = \frac{GD^2}{375} \frac{n_0}{M_{ef.p}}$$

$$M_{ef.p} = \frac{GD^2}{375} \frac{n_0}{t_{p0}}$$

Piedziņas pretslēguma pārejas procesu tukšgaitā ($M_{st}=0$) apraksta izteiksme:

$$-\frac{2M_K}{\frac{S_K}{S} + \frac{S}{S_K}} = \frac{GD^2 n_0}{375} \frac{ds}{dt}$$

no $S_{sāk} = 2$ līdz $S_b = 1$, $t_{b0} = T_m(0,345S_K + 0,75/S_K)$.

Bremzēšanas laiks ir minimāls, ja

pie $S_K = 1,47$.

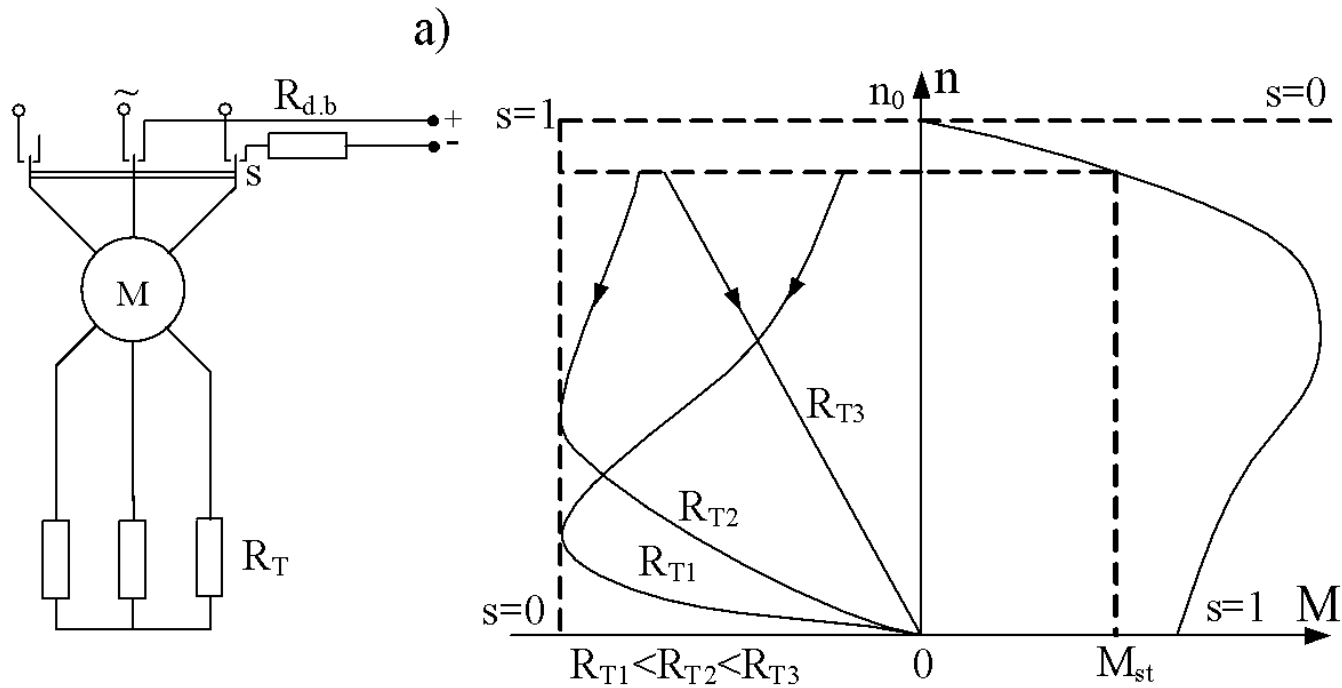
$$\left(\frac{t_{b0}}{T_m}\right)_{\min} = 1,027$$

Efektīvo bremzēšanas momentu nosaka kā

$$M_{ef.b} = M_K S_K / (0,75 + 0,345 S_K^2)$$

$$t_{p.b} = \frac{GD^2}{375} n / (M_{ef.p.b} \boxtimes M_{st})$$

Trīsfāzu asinhronās piedziņas dinamiskā bremzēšana



Asinhronā dzinēja dinamiskā bremzēšanai:
a - slēguma shēma; b - mehāniskās raksturlīknes

$$-\frac{2M_{\max}}{\frac{S_{\max}}{S} + \frac{S}{S_{\max}}} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

kur $s = n/n_0$ - dinamiskās bremsēšanas režīma slīde;

M_{\max} - maksimālais dinamiskās bremsēšanas moments;

S_{\max} - maksimālā dinamiskās bremsēšanas režīma slīdes vērtība

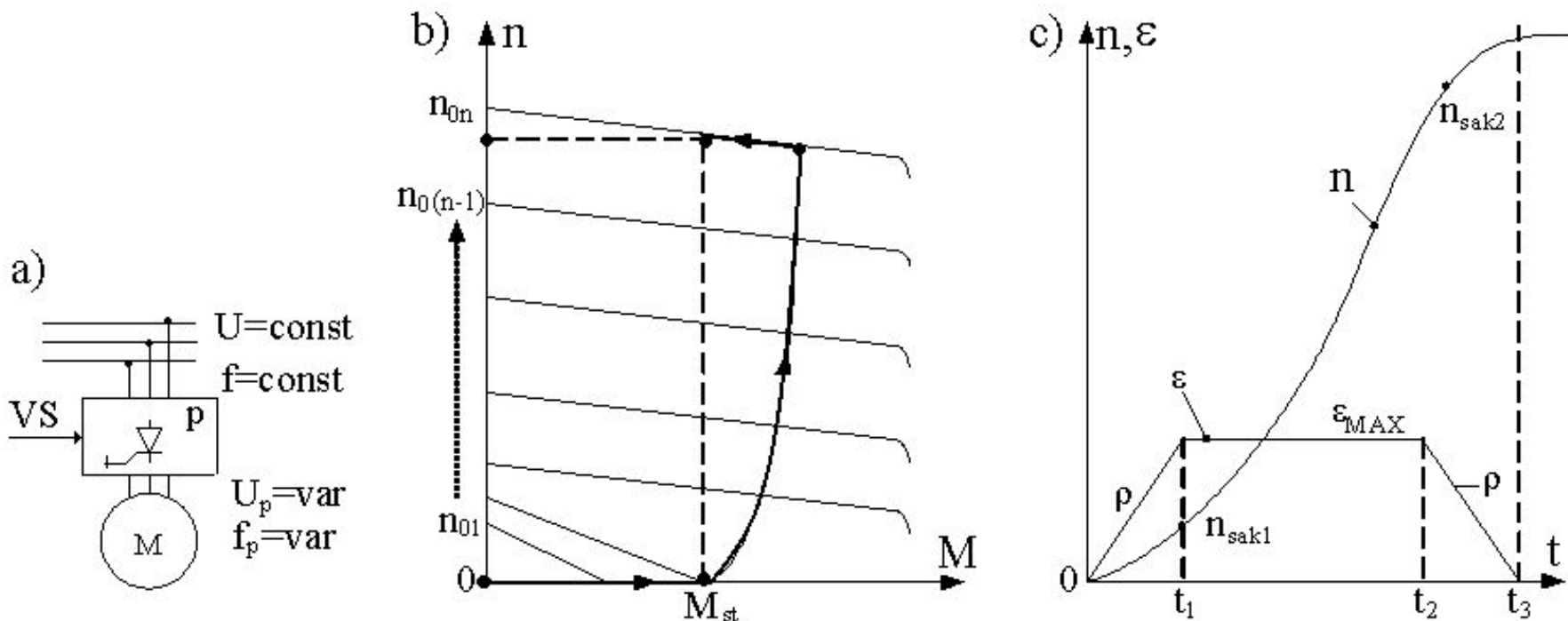
$$t_{d.b.} = \frac{T_m}{2} \left(S_{\max} \ln s + \frac{s^2}{2S_{\max}} \right) \Big|_{S_{\text{beigu}}}^{S_{\text{sāk}}}$$

Ja $S_{\text{sāk}} = 1$, $S_{\text{beigu}} = 0,05$, iegūst $t_{d.b.} = T_m \left(1,5S_{\max} + \frac{1}{4S_{\max}} \right)$,

kur $T_m = \frac{GD^2 n_0}{375M_{\max}}$ - piedziņas elektromehāniskā konstante dinamiskās bremsēšanas režīmā.

$$M_{\text{ef.d.b.}} = M_{\max} S_{\max} (0,25 + 1,5S_{\max}^2).$$

Pārejas procesi trīsfāzu maiņstrāvas piedziņā ar pusvadītāju pārveidotāju



Asinhronās piedziņas palaišana ar pusvadītāju pārveidotāju:
a – slēguma shēma; b – dinamiskā raksturlīkne;
c – palaišanas diagramma pie trapecveidīga piedziņas paātrinājuma

$$f_p = k_f \cdot t, \quad \text{pie kam} \quad \varepsilon_p = \frac{dn_0}{dt} = \frac{2\pi}{p} k_f$$

No 0 līdz t_1 : $\varepsilon = \rho t$ un $n = \rho t^2/2$.

$$n_{\text{nost}}(t) = T_m \frac{dn}{dt} + n = T_m \rho t + \rho \frac{t^2}{2}$$

No t_1 līdz t_2 $\varepsilon = \varepsilon_{\text{max}}$, $n = n_{\text{sāk1}} + \varepsilon_{\text{max}} t$,
 $n_{\text{nost}}(t) = n_{\text{sāk1}} + \varepsilon_{\text{max}} t + T_m \varepsilon_{\text{max}}$,

No t_2 līdz t_3 $\varepsilon = \varepsilon_{\text{max}} - \rho t$
 $n = n_{\text{sāk2}} + \varepsilon_{\text{max}} t - \rho t^2/2$,
 $n_{\text{nost}}(t) = n_{\text{sāk2}} + T_m \varepsilon_{\text{max}} + \varepsilon_{\text{max}} t - T_m \rho t - \rho t^2/2$,
kur $n_{\text{sāk2}} = n_{\text{sāk1}} + \varepsilon_{\text{max}} (t_2 - t_1)$.

Pārejas procesi trīsfāzu mainstrāvas piedziņā ar sinhrono dzinēju

Parasti sinhronos dzinējus izmanto neregulējamās piedziņās ar ilgstošu darba režīmu pie nemainīgas vai pulsējošas slodzes.

Sarežģīts pārejas process notiek dzinējam ievelkoties "sinhronismā", tas ir, kad "saķēdējas" statora un rotora magnētiskie lauki.

$$S_{ie} \leq 0,0564 \sqrt{M_m / J\omega_0}$$

kur M_m ir sinhronā dzinēja maksimālais moments.

Ir attīstījusies regulējama piedziņa ar sinhrono dzinēju un frekvenču pārveidotāju. Ja pārveidotāja izejas sprieguma frekvences maiņa notiek ar laika konstanti, kas lielāka par sinhronā dzinēja elektromehānisko laika konstanti, tad pārejas procesi šādā piedziņā noris tāpat kā līdzstrāvas piedziņā ar pusvadītāju pārveidotāju.

ELEKTRISKĀS PIEDZIŅAS ENERĢĒTIKA

Energētiskie rādītāji

Jēdziens "elektriskās piedziņas enerģētika" ietver sevī jautājumus, kas apskata elektroenerģijas patēriņu un izmantošanu, enerģijas zudumus elektromehāniskajos un pusvadītāju pārveidotājos, aktīvās un reaktīvās enerģijas izmantošanas efektivitāti.

Galvenie elektriskās piedziņas enerģētiskie rādītāji ir:

- ✓ no tīkla uzņemtā jauda P_1 ;
- ✓ no tīkla uzņemtā enerģija A_1 ;
- ✓ lietderīgi izmantotā jauda P_2 ;
- ✓ lietderīgi izmantotā enerģija A_2 ;
- ✓ jaudas zudumi ΔP ;
- ✓ enerģijas zudumi ΔA ;
- ✓ lietderības koeficients η ;
- ✓ jaudas koeficients $\cos\varphi$.

Energijas zudumi līdzstrāvas piedziņā

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_k + \Delta P_v$$

$$\Delta P_k = \Delta P_f + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{meh}$$

$$\Delta P_v = I_a^2 R$$

kur ΔP_k – pastāvīgie zudumi;

ΔP_f – vainīgie zudumi;

ΔP_{Fe} – ierosmes zudumi;

ΔP_{Fe} – zudumi dzelzī;

ΔP_{meh} – mehāniskie zudumi.

$$\Delta P_v = M(\omega_0 - \omega) = M\omega_0 \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = P_{12} \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$$

Enerģijas zudumi asinhronā piedziņā

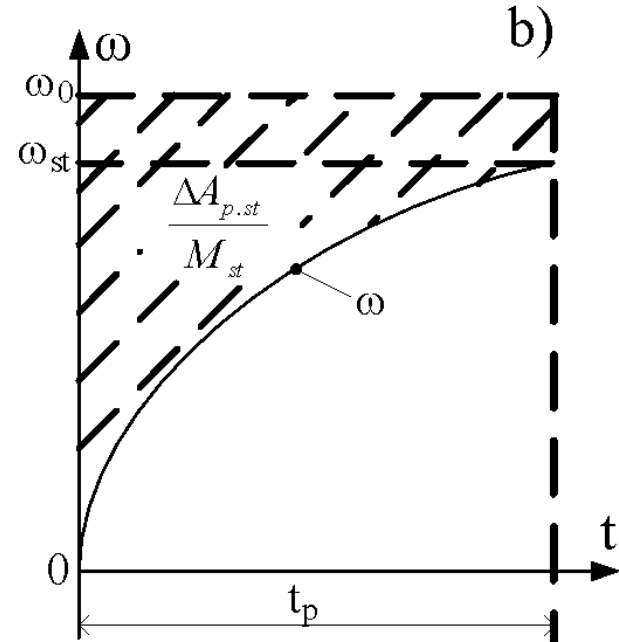
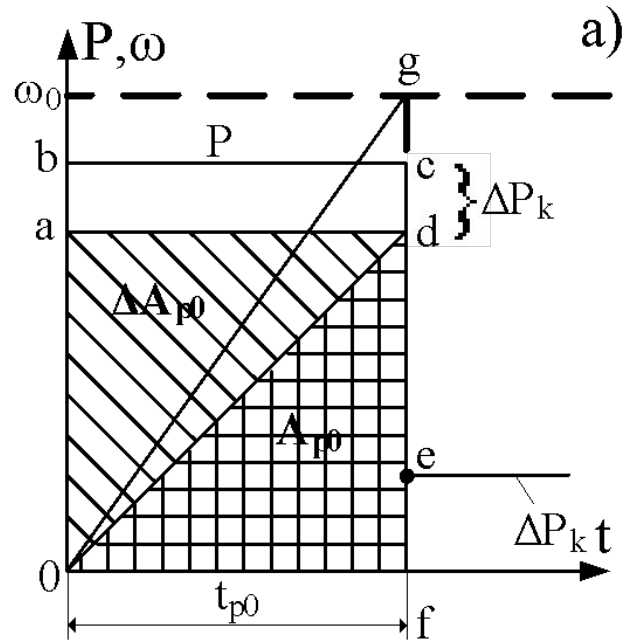
$$\Delta A_{p.p} = \int_0^{t_{p.p}} \Delta P_{\Sigma}(t) dt$$

$$\Delta A_p = \int_0^{t_p} M(\omega_0 - \omega) dt$$

Tukšgaitā $M_{st} = 0$; $dt = Jd\omega/M$, tad $\Delta A_{p0} = \int_0^{\omega_0} J(\omega_0 - \omega) d\omega$

$$\Delta A_{p0} = J\omega_0^2/2$$

$$A_{T.p0} = J\omega_0^2$$



Palaišanas zudumi līdzstrāvas piedziņā:

a - idealizēta palaišana tukšgaitā; b - palaišanas zem slodzes $\omega(t)$

Palaižot dzinēju pie konstantas slodzes, enerģijas zudumi ir:

$$\Delta A_p = \int_0^{t_p} M(\omega_0 - \omega) dt = \int_0^{t_p} (M_{st} + M_{din})(\omega_0 - \omega) dt$$

Tā kā $dt = Jd\omega / M_{din}$, tad

$$\Delta A_p = J(\omega_0 \omega_{st} - \omega_{st}^2 / 2) + M_{st} (\omega_0 t_p - \int_0^{t_p} \omega dt)$$

Enerģijas zudumus līdzstrāvas piedziņā pretslēguma bremzēšanas režīmā tukšgaitā ($M_{st} = 0$):

$$\Delta A_{p.br.0} = \int_{\omega_0}^0 J(-\omega_0 - \omega) d\omega = \int_0^{\omega_0} J(\omega_0 + \omega) d\omega$$

$$\Delta A_{p.br.0} = 3 \cdot J \omega_0^2 / 2$$

Bremzējot pretslēgumā slogotu dzinēju slodzes $M_{st} = \text{const}$, enerģijas zudumi ir

$$\Delta A_{p.br} = J(\omega_0 \omega_{st} + \omega_{st}^2 / 2) - M_{st} \int_0^{t_{br}} (\omega_0 + \omega) dt$$

Līdzstrāvas piedziņas reversēšana tukšgaitā izsauc enerģijas zudumus

$$\Delta A_{r0} = \int_{\omega_0}^{-\omega_0} J(-\omega_0 - \omega)d\omega = \int_{-\omega_0}^{\omega_0} j(\omega_0 + \omega)d\omega = 4 \frac{J\omega_0^2}{2}$$

Dinamiskās bremzēšanas režīmā dzinējam tukšgaitas enerģijas zudumi ir

$$\Delta A_{d.br0} = - \int_{\omega_0}^0 J\omega d\omega = \int_0^{\omega_0} J\omega d\omega = \frac{J\omega_0^2}{2}$$

Ja dinamiski bremzē līdzstrāvas piedziņu pie $M_{st} = \text{const}$, tad

$$\Delta A_{d.br} = J \frac{\omega_{st}^2}{2} - M_{st} \int_0^{t_{br}} \omega dt$$

Enerģijas zudumi asinhronā piedziņā

$$\Delta P_V = 3(I_1^2 R_1 + I_2'^2 R_2')$$

$$\Delta P_V = M\omega_0 s(1 + R_1/R_2') = P_{12} s(1 + R_1/R_2')$$

$$\Delta A_{p.p} = \int_0^{t_{p.p}} \Delta P_{\Sigma}(t) dt$$

Asinhronā dzinējā enerģijas zudumi palaišanas procesā tukšgaitā ir

$$\Delta A_p = \int_0^{t_p} 3I_2'^2 (R_1 + R_2' + R_{2p}') dt$$

Pieņemot, ka $M_{st} = 0$, $dt = -(J\omega_0/M)ds$, un izsakot rotora zudumus kā $3I_2'(R_2' + R_{2p}') = M\omega_s$, pēc pārveidošanas iegūst:

$$\Delta A_p = \int_{S_{\text{beigu}}}^{S_{\text{sāk}}} J\omega_0^2 s \left[1 + \frac{R_1}{R_2' + R_{2p}'} \right] ds$$

Ievērojot, ka $S_{\text{sāk}} = 1$ un S_{beigu} , iegūst

$$\Delta A_{p0} = \frac{J\omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2' + R_{2p}'} \right)$$

kur ω_0 - asinhronā dzinēja sinhronais leņķiskais ātrums;

R_{2p}' - uz statoru reducētā rotora papildpretestība.

Asinhronā dzinēja palaišanas enerģijas zudumus iedala divās daļās:

1. zudumi rotorā kinētiskās enerģijas iegūšanai: $\Delta A_{p02} = J \omega_0^2$;

2. zudumi statorā: $\Delta A_{p01} = J \omega_0^2 / 2 (R'_2 + R'_{2p})$.

Pie konstantas slodzes asinhronā dzinēja **palaišanas** zudumus var aprēķināt no izteiksmes:

$$\Delta A_p = A_{p0} \frac{M_{p.\text{vid}}}{M_{p.\text{vid}} - M_{st}}$$

kur $M_{p.\text{vid}} = (\lambda + k_p) M_N / 2$ - asinhronā dzinēja vidējais palaišanas moments.

$$\lambda = M_K / M_N$$

$$k_p = M_p / M_N$$

Pretslēguma bremzēšanas režīmu aprēķinos ievieto integrēšanas robežas

$S_{\text{sāk}} = 2$ un $S_{\text{beigu}} = 1$. Tad enerģijas zudumi ir

$$\Delta A_{\text{p.b0}} = \frac{3J\omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{R_1}{R'_2 + R'_{2p}}\right)$$

Zudumi asinhronā piedziņā pretslēguma bremzēšanas režīmā pie slodzes

$M_{\text{st}} = \text{const}$ ir:

$$\Delta A_{\text{p.b.}} = \Delta A_{\text{p.b0}} \frac{M_{\text{b.vid}}}{M_{\text{b.vid}} + M_{\text{st}}}$$

kur $M_{\text{b.vid}}$ - asinhronā dzinēja vidējais moments pretstrāvas bremzēšanas režīmā

Dinamiskās bremzēšanas režīmā enerģijas zudumi tukšgaitā asinhronā dzinēja rotorā ir:

$$\Delta A_{d.b.02} = J\omega_0^2/2$$

Šajā gadījumā enerģijas zudumi statorā

$$\Delta A_{d.b.01} = 3I_{EKV}^2 R_1 t_{br}$$

kur I_{EKV} - statora ekvivalentā strāva dinamiskās bremzēšanas režīmā.

Ja dinamiskā bremzēšana notiek pie slodzes $M_{st} = \text{const}$, tad enerģijas zudumus rotorā nosaka

$$\Delta A_{d.b.2} = \Delta A_{d.b.02} \frac{M_{d.b.vid}}{M_{d.b.vid} + M_{st}}$$