

PAVAROS

Mechaninės pavaros perduoda energiją nuo variklio darbiniam elementams, pakeisdamos greičius, perduodamų apkrovų dydžius, judesio pobūdį. Mašinų gamyboje plačiausiai naudojamos mechaninės, hidraulinės, pneumatinės, elektrinės pavaros. Šioje disciplinoje bus nagrinėjamos pagrindinės mechaninės pavaros.

Mechaninės pavaros skirstomos į:

- trinties – frikcinės ir diržinės (išskyrus krumpliuito diržo) pavaros;
- susikabinimo – sraigto-veržlės, krumpliuito diržo, grandininės, krumplinės, sliekinės pavaros.

Pagrindinės pavaros charakteristikos, kurių pakanka pavaros projektiniam skaičiavimui:

- varančiojo elemento galingumas P_1 ir linijinis v_1 arba kampinis ω_1 (sukimosi dažnis n_1) greitis;
- varomojo elemento galingumas P_2 ir linijinis v_2 arba kampinis ω_2 (sukimosi dažnis n_2) greitis.

Be pagrindinių charakteristikų naudojamos ir išvestinės charakteristikos:

- pavaros naudingumo koeficientas: $h = \frac{P_2}{P_1}$;
- pavaros perdavimo santykis: $i = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$. Pavaros, kurių $i > 1$, vadinamos lėtinančiomis (pvz., reduktoriai), o kai $i < 1$ – greitinančiomis;
- pavaros perdavimo skaičius: $u = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ arba $u = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$. Jis visada yra didesnis už 1.

Pavaros būna su pastoviu arba kintamu perdavimo santykiu. Perdavimo santykį galima keisti nuosekliai arba diskretiškai (šuoliškai).

Projektuojant pavaras naudojamos tokios priklausomybės tarp įvairių parametru:

$$P = F v \quad \text{arba} \quad P = T \omega = \frac{P T n}{30};$$

$$T_2 = T_1 h i;$$

čia F – apskritiminė jėga; v – linijinis greitis; T – sukimo momentas; ω – kampinis greitis; n – sukimosi dažnis.

Pavaros būna vienalaipsnės ir daugialaipsnės. Daugialaipsnės sudarytos iš kelių vienalaipsnių pavarų. Kai atskiri pavaros laipsniai sujungti nuosekliai, tai pavaros perdavimo santykis ir naudingumo koeficientas lygūs atskirų laipsnių perdavimo santykių ar naudingumo koeficientų sandaugai, t.y.:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_m = \prod_{j=1}^m i_j;$$

$$h = h_1 \cdot h_2 \cdot h_3 \cdot \dots \cdot h_m = \prod_{j=1}^m h_j;$$

čia m – pavaros laipsnių skaičius.

Elektros variklio parinkimas. Daugumą pavarų varo elektros varikliai. Todėl labai svarbu teisingai parinkti elektros variklį. Jei parenkamas nepakankamo galingumo variklis, tai jis nepajėgs išjudinti pavaros. Jei parenkamas per didelio galingumo variklis, tai gaunami didesni energijos nuostoliai.

Daugumoje atvejų parenkant elektros variklį nėra žinoma pavarų inerciniai parametrai, todėl parinkto elektros variklio darbingumą reiktų patikrinti atlikus pavarų projektavimą. Elektros variklis, kai nežinomas lėtinamosios elektromechaninės pavaros perkrovimo koeficientas K_{per} , o pavara paleidžiama, stabdoma retai (t.y. neskaičiuojant variklio išilimo), parenkamas taip:

- apytiksliai nustatomas elektromechaninės pavaros naudingumo koeficientas h ;
- apskaičiuojamas reikalingas didžiausias nominalusis darbinės grandies galingumas $P = T \omega$;
- apskaičiuojamas elektromechaninės pavaros perdavimo santykis i ;
- apskaičiuojamas reikiamas elektros variklio sukimosi dažnis n ;
- minimalus reikiamas elektros variklio galingumas $P_{ev \min} = P / h$;
- pagal $P_{ev \min}$ ir n parenkamas elektros variklis. Variklio nominalusis galingumas turi būti ne mažesnis už $P_{ev \min}$ ($P_{ev \text{nom}} > P_{ev \min}$), o sukimosi dažnis n_{ev} – artimiausias n ;
- patikslinamas elektromechaninės pavaros perdavimo santykis i ;
- paskaičiuojamas apytikslis elektromechaninės pavaros masės inercijos momentas, redukuotas į elektros variklio veleną J_R . Lėtinančiam įrenginiui $J_R \approx (1.2 \dots 1.5) J_{ev}$; čia J_{ev} – elektros variklio masės inercijos momentas;
- apskaičiuojamas dinaminis momentas $T_{din} = T (T_{ev \text{pal}} / T_{ev \text{nom}})$; čia $T_{ev \text{pal}} / T_{ev \text{nom}}$ – elektros variklio charakteristika; $T = 30 P / (\pi n_{ev} h i)$ – reikalingas elektros variklio sukimo momentas;
- reikalingi minimalūs išibėgėjimo t_{is} ir stabdymo t_{st} laikai (yra įrengimų, kuriems t_{is} ir (arba) t_{st} nėra svarbus). Kai judesys yra horizontalus arba vertikalus į viršų:

$$t_{is} \geq \frac{(J_{ev} + J_R/h) w_{ev}}{T_{din} - T} = \frac{p (J_{ev} + J_R/h) n_{ev}}{30 (T_{din} - T)} \quad \text{ir} \quad t_{st} \geq \frac{(J_{ev} + J_R h) w_{ev}}{T_{st} + T h} = \frac{p (J_{ev} + J_R h) n_{ev}}{30 (T_{st} + T h)},$$

o kai judesys yra vertikalus žemyn –

$$t_{is} \geq \frac{(J_{ev} + J_R/h) w_{ev}}{T_{din} - T h} = \frac{p (J_{ev} + J_R/h) n_{ev}}{30 (T_{din} - T h)} \quad \text{ir} \quad t_{st} \geq \frac{(J_{ev} + J_R h) w_{ev}}{T_{st} - T h} = \frac{p (J_{ev} + J_R h) n_{ev}}{30 (T_{st} - T h)};$$

čia T_{st} – stabdymo momentas (kai nenaudojamas stabdis galima imti $T_{st} \approx T_{ev nom}$).

Kai elektros variklis paleidžiamas, stabdomas ar reversuojamas retai ir $t_{is} (t_{st}) < 2.0$ s, rekomenduojama imti $t_{is} (t_{st}) = 2.0$ s;

- išibėgėjimo, stabdymo pagreitis $e = \max(w_{ev} / t_{is}; w_{ev} / t_{st})$;
- reikalingas elektros variklio sukimo momentas paleidimo, stabdymo metu $T_{per} = T + (J_{ev} + J_R / h) e$;
- reikalingas elektros variklio galingumas paleidimo, stabdymo metu $P_{per} = w_{ev} T_{per} = p n_{ev} T_{per} / 30$;
- turi būti tenkinama sąlyga $0.85 P_{ev nom} (T_{ev pal} / T_{ev nom}) \geq P_{per}$.

Jei parenkant variklį yra žinomi įrenginio inerciniai parametrai, tai pavaros masės inercijos momentas, redukuotas į elektros variklio veleną:

$$J_R = J_{R1} + J_{R2} + J_{R3} + \dots = \sum_{j=1}^m J_{Rj};$$

čia: J_{Rj} – skirtingais greičiais judančių elektromechaninės pavaros elementų masės inercijos momentai, redukuoti į elektros variklio veleną. Jie apskaičiuojami iš sąlygos, kad redukuoto ir tikrojo elemento kinetinė energija yra tokia pat.

Kai judančio elektromechaninės pavaros elemento judesys slenkamasis, tai redukuotas inercijos momentas:

$$J_{Rj} = m_j \left(\frac{v_j}{w_{ev}} \right)^2 = m_j \left(\frac{30 v_j}{p n_{ev}} \right)^2,$$

o kai judesys sukamasis –

$$J_{Rj} = J_j \left(\frac{w_j}{w_{ev}} \right)^2 = J_j \left(\frac{n_j}{n_{ev}} \right)^2;$$

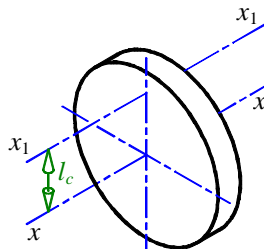
čia: m_j ir v_j – slenkamąjį judesį atliekančio elemento masė ir linijinis greitis; J_j ir w_j (arba n_j) – sukamąjį judesį atliekančio elemento masės inercijos momentas apie jo sukimosi ašį ir kampinis greitis (arba sukimosi dažnis).

Kai elektromechaninė pavara yra lėtinamoji, tai kuo „toliau“ nuo elektros variklio bus judamas elementas, tuo mažesnis bus v_j / w_{ev} ar w_j / w_{ev} santykis. Todėl preliminariniuose skaičiavimuose galime daryti prielaidą, kad redukuotas į elektros variklio veleną, pavaros inercijos momentas sudaro tik nedidelę elektros variklio masės inercijos momento dalį, t. y. $J_R \approx (1.2 \dots 1.5) J_{ev}$.

Tipinių elementų masės inercijos momentai pateikti 12.0 lentelėje. Kai yra žinomas elemento masės inercijos momentas apie ašį x , kuri eina per elemento svorio centrą, tai šio elemento masės inercijos momentas apie bet kurią ašį x_1 , kuri yra lygiagreči ašiai x , apskaičiuojamas taip (žr. 12.0 pav.):

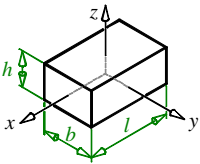
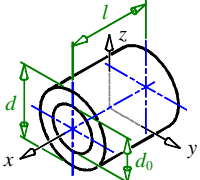
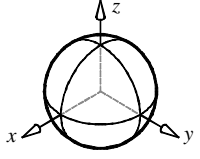
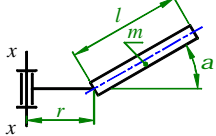
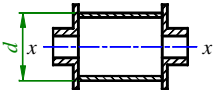
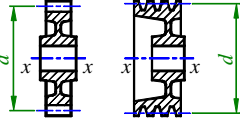
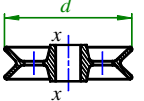
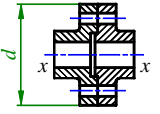
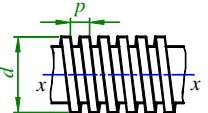
$$J_{x1} = J_x + m l_c^2,$$

čia: J_x – elemento masės inercijos momentas apie ašį x , kuri eina per elemento svorio centrą; m – elemento masė; l_c – atstumas tarp lygiagrečių ašių x ir x_1 .



12.0 pav. Redukuoto masės inercijos momento tarp lygiagrečių ašių skaičiavimo schema

12.0 lentelė. Tipinių elementų, kurių masė yra m , masės inercijos momentai

Tipinio elemento pavadinimas	Eskizas	Masės inercijos momentas apie ašis, kertančias elemento svorio centrą
Stačiakampis gretasienis		$J_x = \frac{m(b^2 + h^2)}{12}; \quad J_y = \frac{m(h^2 + l^2)}{12}; \quad J_z = \frac{m(b^2 + l^2)}{12}$
Cilindras ($d_0 = 0$) arba tuščiaaviduris cilindras		$J_x = \frac{m(d^2 + d_0^2)}{8}; \quad J_y = J_z = \frac{m[3(d^2 + d_0^2) + 4l^2]}{48}$
Rutulys, kurio skersmuo d		$J_x = J_y = J_z = \frac{m d^2}{10}$ (ašys x, y ir z eina per rutulio svorio centrą)
Strypas		$J_x = \frac{m[l^2 \cos^2 a + 3r(r + l \cos a)]}{3}$ (ašis x nekerta strypo m svorio centro)
Būgnas		$J_x \approx \frac{1,4 m d^2}{8}$
Krumpliaratis ar skriemulys		$J_x \approx \frac{1,2 m d^2}{8}$
Skridinys		$J_x \approx \frac{1,1 m d^2}{8}$
Mova		$J_x \approx \frac{0,9 m d^2}{8}$
Sraigtas		$J_x \approx \frac{m d^2}{8} \left[1 - 1,8 \frac{p}{d} \left(1 - \frac{p}{d} \right) \right]$