

3. Elektros variklio parinkimas

Jei į elektromechaninę perdavą įeina sraigtinė perdava, tai **prieš parenkant elektros variklį atliekamas sraigtinės perdavos projektavimas** (žr. 6.6 poskyrį).

Elektros variklis yra vienas iš pagrindinių elektromechaninės perdavos elementų. Nuo variklio parametrų (galingumo, sukimosi dažnio ir t. t.) priklauso elektromechaninės perdavos konstrukciniai ir eksploataciniai rodikliai.

Pramoniniuose įrenginiuose plačiai naudojami servovarikliai, trifaziai asinchroniniai, žingsniniai, ir kt. varikliai. Kursiniame projekte rekomenduojama naudoti trumpai sujungto rotoriaus asinchroninius trifazius elektros variklius.

Elektromechaninės perdavos lėtaeigio (varomojo) veleno sukimosi dažnis yra žinomas arba apskaičiuojamas pagal vieną iš formulių:

$$n_L = \frac{30 \omega}{\pi}, \text{ min}^{-1}; \quad (3.1)$$

$$n_L = \frac{60 \cdot 10^3 z_{lynu} v}{\pi D}, \text{ min}^{-1}; \quad (3.2)$$

$$n_L = \frac{60 \cdot 10^3 v \sin(180^\circ/z_g)}{\pi p_g}, \text{ min}^{-1}; \quad (3.3)$$

$$n_L = \frac{60 \cdot 10^3 v}{p_s z_s}, \text{ min}^{-1}; \quad (3.4)$$

čia: apatinis indeksas „L“ nurodo elektromechaninės perdavos lėtaeigio veleno numerį; ω , s^{-1} arba v , m/s – elektromechaninės perdavos lėtaeigio veleno kampinis greitis arba darbinio elemento linijinis greitis; D – ant elektromechaninės perdavos lėtaeigio veleno pritvirtinto būgno skersmuo, mm ; z_{lynu} – lynų skerspjūvių, ant kurių laikosi svoris F , skaičius (žr. 3.1 pav.); z_g ir p_g , mm – ant lėtaeigio elektromechaninės perdavos veleno pritvirtintos žvaigždutės krumplių skaičius grandinės žingsnis; p_s – sraigtinės perdavos sriegio (ne sraigtinės linijos) žingsnis, mm ; z_s – sraigtinės perdavos sriegio pradžių skaičius.

Jei dabinė apkrova elektromechaninei perdavai perduodama per skridinių sistemą, pateiktą 3.1 pav., tai elektromechaninės perdavos lėtaeigio veleno išvystoma jėga ir linijinis greitis:

$$F_L \approx F \frac{1 - \eta_s}{(1 - \eta_s^{z_{lynu}}) \eta_s^{z_{ks}}}, \text{ ir } v_L = z_{lynu} v; \quad (3.5)$$

čia: η_s – vieno skridinio naudingo darbo koeficientas (skridiniams su slydimo guoliais $\eta_s = 0,94 \dots 0,96$; skridiniams su riedėjimo guoliais $\eta_s = 0,97 \dots 0,98$); z_{ks} – kreipiančiųjų skridinių skaičius (žr. 3.1 pav.).

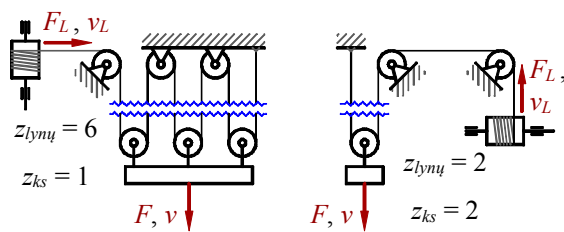
Elektromechaninės perdavos lėtaeigio veleno perduodamas galingumas bus:

$$P_L = F_L v_L, \text{ W} \quad \text{arba} \quad P_L = T_L \omega_L, \text{ W}; \quad (3.6)$$

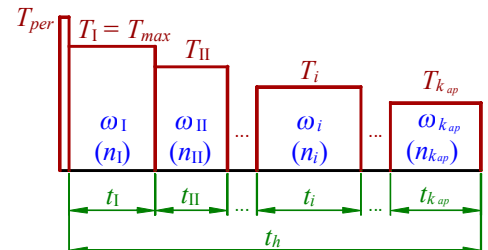
čia: F_L – lėtaeigio veleno traukos jėga, N ; v_L – lėtaeigio veleno juostos, lyno ar grandinės linijinis greitis, m/s ; T_L – lėtaeigio veleno sukimo momentas, Nm ; ω_L – lėtaeigio veleno kampinis greitis, s^{-1} .

Jeigu duotas apkrovos grafikas (žr. 3.2 pav.), tai pagal (3.1) ... (3.5) apskaičiuojamas $n_L = n_1$ ir $T_L = T_1$ (arba $v_L = v_1$ ir $F_L = F_1$), o vietoje (3.6) išraiškos lėtaeigio veleno perduodamam galingumui naudojama sekanti formulė:

$$P_L = \max(T_1 \omega_1; T_{II} \omega_{II}; \dots; T_{kap} \omega_{kap}) \quad \text{arba} \quad P_L = \max(F_1 v_1; F_{II} v_{II}; \dots; F_{kap} v_{kap}).$$



3.1 pav. Skridinių schemas



3.2 pav. Laiptuotas apkrovos grafikas

3.1. Apytikslis elektromechaninės perdavos perdavimo skaičiaus nustatymas

Pirmiausiai parenkami atvirųjų perdavų perdavimo skaičiai $u'_{ij(A)}$:

- atvirųjų krumplinių perdavų perdavimo skaičių vertės rekomenduojamos pasirinkti nuo 3 iki 6, tam, kad prie lėtaeigio krumpliaračio būtų lengviau prijungti kitas detales ar mechanizmus;
- tam, kad per daug nesiskirtų žvaigždučių, skriemulių ir kitų įrenginio elementų matmenys, grandinių ir diržinių perdavų perdavimo skaičius neturėtų viršyti 3,0 (nors gali būti iki 7 ... 10). Rekomenduojamos diržinių perdavų perdavimo skaičių vertės pateiktos 3.1 lentelės pastabose.

Elektromechaninė perdava su standartiniu reduktoriumi. Rekomenduojamas elektros variklio sinchroninis sukimosi dažnis yra 1500 min^{-1} arba 1000 min^{-1} .

Reduktoriaus perdavimo skaičius:

$$u'_R = \frac{n'_{ev}}{n_L u'_A};$$

čia: n'_{ev} – elektros variklio sinchroninis dažnis, min^{-1} ; n_L , min^{-1} ; $u'_A = \prod_1^{k_A} u'_{ij(A)}$ – bendras atvirtųjų perdavų perdavimo skaičius; k_A – atvirtųjų perdavų skaičius; i ir j – velenų, kuriuos jungia perdava, numeriai. Kai elektromechaninėje perdavoje atvirų perdavų nėra, tai $u'_A = 1,0$.

Parenkame standartinį reduktorių, kurio nominalioji perdavimo santykio vertė i_R yra artimiausia u'_R . Standartinių reduktorių parametrai pateikti 4.3 ... 4.5 lentelėse.

Apytikslis elektromechaninės perdavos perdavimo skaičius:

$$u' = u'_A i_R.$$

Elektromechaninė perdava su nestandartiniu reduktoriumi. Pasinaudojus 3.1 lentele parenkamos perdavų perdavimo skaičiaus vertės. Apytikslis elektromechaninės perdavos perdavimo skaičius:

$$u' = u'_A u'_R = \prod_1^{k_A} u'_{ij(A)} \prod_1^{k_R} u'_{ij(R)}; \quad (3.7)$$

čia: u'_A – apytikslė bendra atvirtųjų perdavų perdavimo skaičiaus vertė; u'_R – apytikslė bendra uždarytųjų perdavų (nestandartinio ir standartinio(-ių) reduktorių) perdavimo skaičiaus vertė; $u'_{ij(A)}$ ir $u'_{ij(R)}$ – įvairių atvirtųjų ir uždarytųjų perdavų apytikslės perdavimo skaičiaus vertės; k_A – atvirtųjų perdavų skaičius; k_R – uždarytųjų perdavų skaičius; i ir j – velenų, kuriuos jungia perdava, numeriai.

Kai elektromechaninėje perdavoje be nesantandartinio reduktoriaus dar yra standartinis reduktorius, kurio greitaigio ir lėtaigio velenų numeriai yra c ir d , tai skaičiuojant pagal (3.7) būti imti $u'_{cd(R)} = i_{RT}$.

3.1 lentelė. Perdavų perdavimo skaičiaus vertės

Perdavos tipas	Vidutinė vertė	Didžiausia vertė
Krumplinė perdava:		
uždara cilindrinė tiesiakrumplė	3 ... 4	10
uždara cilindrinė įstrižakrumplė	3 ... 5	10
uždara kūginė	2 ... 3	6,3
greičių dėžės	1 ... 2,5	3,15
atvira	3 ... 7	20
Sliekinė perdava:		
uždara	16 ... 50	100
atvira	10 ... 63	120
Grandininė perdava	1,5 ... 4	10
Diržinė perdava:		
plokščiu diržu	2 ... 4	7
trapeciniu diržu	2 ... 4	7
Atvirąsias krumplines perdas rekomenduojama gaminti tiesiakrumplės. Sliekinių perdavų perdavimo skaičius turi būti ne mažesnis už 5. Jei numatoma naudoti standartinius skriemulius, tai diržinių perdavų perdavimo skaičių rekomenduojama imti iš šios sekos: 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,2; 5,0; 6,3 ir 6,7.		

3.2. Elektromechaninės perdavos naudingumo koeficiento nustatymas

Elektromechaninėse perdavose plačiausiai naudojami šie elementai: movos, mechaninės perdavos (krumplinės, sliekinės, grandininės ir diržinės), hidraulinės (pneumatinės) perdavos, guoliai ir skridiniai.

Vidutinės mechaninių elementų naudingumo koeficientų vertės pateiktos 3.2 lentelėje. Standartinių reduktorių naudingumo koeficientai pateikti 4.3 ... 4.5 lentelėse.

Bendras elektromechaninės perdavos naudingumo koeficientas:

$$\eta = \prod_1^k \eta_{ij};$$

čia: η_{ij} – elektromechaninės perdavos elemento (standartinio reduktoriaus, perdavos, movos ir pan.), jungiančio i ir j velenus, naudingumo koeficientas; k – elektromechaninę perdavą sudarančių elementų, kuriuose gaunami energetiniai nuostoliai, skaičius ($k = k_R + k_A$).

3.2 lentelė. Vidutinės mechaninių perdavų naudingumo koeficiento η_{ij} vertės (nuostoliai guoliuose nevertinami)

Perdavos tipas ir kinematinis žymėjimas	Perdavos konstrukcija	
	Uždara	Atvira
Krumplinė cilindrinė	0,97 ... 0,98	0,95 ... 0,96
Krumplinė kūginė	0,96 ... 0,97	0,94 ... 0,95
Sliekinė perdava, kai sliekas:		
vienapradis ($u_S \geq 30$)	0,70 ... 0,80	$\approx 0,5$
dviapradis ($15 \leq u_S < 30$)	0,75 ... 0,85	$\approx 0,6$
keturapradis ($u_S < 15$)	0,80 ... 0,90	–
Grandininė perdava	0,97 ... 0,98	0,93 ... 0,97
Diržinė perdava:		
plokščiu diržu	–	0,95 ... 0,97
trapeciniu diržu	–	0,94 ... 0,96
krumpliniu diržu	–	$\approx 0,98$
Čia u_S yra sliekinės perdavos perdavimo skaičius. Kitų elementų naudingumo koeficientai:		
• vienos poros riedėjimo guolių – $\eta_g = 0,994 \dots 0,998$;		
• vienos poros slydimo guolių – $\eta_g \approx 0,99$ (esant skystajai trinčiai $\eta_g = 0,995 \dots 0,999$);		
• vienos movos: standžiosios – $\eta_m \approx 0,999$, kompensuojančiosios – $\eta_m \approx 0,99$; tampriosios – $\eta_m \approx 0,98$.		

3.3. Elektromechaninės perdavos elektros variklio parinkimas

Apytikslis elektros variklio sukimosi dažnis (apskaičiuojamas, kai elektromechaninėje perdavoje nėra standartinio reduktoriaus):

$$n'_{ev} = n'_0 = n_L u', \text{ min}^{-1}.$$

Minimalus reikalingas elektros variklio galingumas:

$$P_{ev \min} = \frac{P_L}{\eta}, \text{ W}.$$

Iš 3.3 lentelės parenkamas elektros variklis, kurio nominalusis galingumas P_{ev} yra didesnis arba lygus $P_{ev \min}$ ($P_{ev} \geq P_{ev \min}$), o sukimosi dažnis n_{ev} yra artimiausias n'_{ev} .

Pastoviu darbo režimu dirbančios elektromechaninės perdavos elektros variklio perkrova gali būti iki 5%, o dirbančios kitais darbo režimais – iki 10%. Tai reiškia, kad galima parinkti mažesnio galingumo elektros variklį, jei tenkinama sąlyga $100\% (P_{ev \min} - P_{ev}) / P_{ev} \leq \Delta P$; čia ΔP – leistina elektros variklio perkrova, %.

Nerekomenduojama parinkti gerokai didesnio galingumo variklio, nes tai padidina energijos nuostolius ir perkrovas jį paleidžiant. Jei n'_{ev} yra sukimosi dažnių intervalo viduryje, tai rekomenduojama parinkti variklį su $1\ 500 \text{ min}^{-1}$ arba $1\ 000 \text{ min}^{-1}$ sinchroniniu sukimosi dažniu.

Elektros variklių gabaritiniai matmenys pateikti 3.4 arba 3.5 lentelėje.

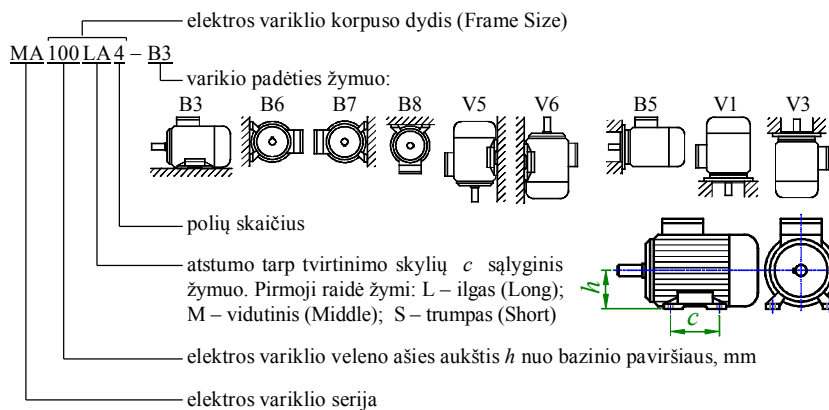
3.3 lentelė. Trumpai sujungto rotoriaus asinchroninių trifazių elektros variklių techniniai duomenys (atitinka IEC EN 60034 ir IEC 60072-1)

Elektros variklio žymuo	Nominalusis galingumas, kW	Esant nominaliai apkrovai			$\frac{T_{pal}}{T_{nom}}$	$\frac{T_{max}}{T_{nom}}$	Masės inercijos momentas, kg m ²	Masė, kg
		Sukimo momentas T, Nm	Sukimosi dažnis, min ⁻¹	η_{ev}				
3 000 min ⁻¹ sinchroninis dažnis (du poliai)								
MA 63 MA2	0,18	0,62	2 760	0,69	2,2	2,3	0,00020	3,5
MA 63 MB2	0,25	0,85	2 790	0,70	2,4	2,6	0,00023	4,0
MA 71 MA2	0,37	1,3	2 730	0,70	2,6	2,7	0,00040	5,5
MA 71 MB2	0,55	1,9	2 730	0,72	2,8	2,8	0,00045	6,3
MA 80 MA2	0,75	2,5	2 830	0,74	2,0	2,3	0,00083	8,0
MA 80 MB2	1,1	3,7	2 840	0,78	2,3	2,5	0,00097	9,6
MA 90 S2	1,5	5,1	2 800	0,79	2,3	2,6	0,0016	12,9
MA 90 L2	2,2	7,4	2 850	0,81	3,0	3,2	0,0022	15,5
MA 100 LA2	3,0	9,9	2 900	0,83	2,3	2,9	0,0050	22,0
MA 112 M2	4,0	13	2 910	0,85	2,1	2,6	0,0063	27,0
MA 132 SA2	5,5	18	2 910	0,86	3,1	3,3	0,016	39,5
MA 132 SB2	7,5	25	2 910	0,87	3,3	3,5	0,019	45,0

Elektros variklio žymuo	Nominalusis galingumas, kW	Esant nominaliai apkrovai			$\frac{T_{pal}}{T_{nom}}$	$\frac{T_{max}}{T_{nom}}$	Masės inercijos momentas, kg m ²	Masė, kg
		Sukimo momentas T, Nm	Sukimosi dažnis, min ⁻¹	η_{ev}				
A4C 160 MA2	11	36	2920	0,88	2,1	2,8	0,030	67
A4C 160 MB2	15	49	2925	0,90	2,4	3,0	0,035	78
A4C 160 L2	18,5	60	2940	0,91	2,6	3,0	0,040	87
A4C 180 M2	22	72	2930	0,91	2,5	3,0	0,048	98
A4C 200 LA2	30	97	2950	0,93	2,4	2,9	0,165	130
A4C 200 LB2	37	120	2950	0,93	2,5	3,0	0,180	148
A4C 225 M2	45	145	2960	0,93	2,4	3,0	0,23	210
A4C 250 M2	55	178	2955	0,93	2,4	3,0	0,25	225
A4C 280 S2	75	242	2960	0,94	2,3	2,7	0,35	335
A4C 280 M2	90	290	2960	0,94	2,3	2,6	0,42	378
B4C 315 S2	110	353	2970	0,94	2,0	2,1	0,95	713
B4C 315 MA2	132	424	2970	0,94	2,0	2,1	0,95	713
B4C 315 MC2	160	513	2975	0,95	2,1	2,1	1,12	780
B4C 315 MD2	200	640	2980	0,95	2,1	2,2	1,30	840
1 500 min ⁻¹ sinchroninis dažnis (keturi poliai)								
MA 63 MA4	0,12	0,84	1370	0,59	2,6	2,6	0,00025	3,5
MA 63 MB4	0,18	1,25	1370	0,63	2,5	2,5	0,00030	3,9
MA 71 MA4	0,25	1,7	1380	0,68	2,5	2,5	0,00050	5,3
MA 71 MB4	0,37	2,6	1380	0,70	2,7	2,7	0,00060	6,0
MA 80 MA4	0,55	3,8	1380	0,72	2,3	2,3	0,0013	8,4
MA 80 MB4	0,75	5,2	1385	0,73	2,8	2,8	0,0016	9,5
MA 90 S4	1,1	7,5	1390	0,77	2,4	2,5	0,0033	12,8
MA 90 L4	1,5	10,3	1395	0,79	2,5	2,5	0,0040	15,0
MA 100 LA4	2,2	15	1420	0,81	2,2	2,4	0,0073	21,0
MA 100 LB4	3,0	20	1420	0,83	2,4	2,6	0,0090	24,8
MA 112 M4	4,0	27	1425	0,84	2,6	2,9	0,0115	31
MA 132 SA4	5,5	36	1440	0,86	2,1	2,5	0,0238	42
MA 132 MA4	7,5	49	1450	0,88	2,5	2,9	0,0300	52
A4C 160 M4	11	72	1460	0,89	2,0	2,1	0,063	74
A4C 160 L4	15	98	1460	0,90	2,3	2,4	0,075	88
A4C 180 M4	18,5	120	1465	0,90	2,3	2,5	0,09	100
A4C 180 L4	22	143	1465	0,91	2,4	2,5	0,11	122
A4C 200 L4	30	195	1465	0,92	2,4	2,8	0,18	146
A4C 225 S4	37	240	1470	0,93	2,3	2,8	0,32	207
A4C 225 M4	45	291	1475	0,93	2,4	2,8	0,41	230
A4C 250 M4	55	356	1475	0,94	2,3	2,6	0,52	264
A4C 280 S4	75	483	1480	0,94	2,3	2,5	0,89	362
A4C 280 M4	90	580	1480	0,95	2,4	2,7	1,06	427
A4C 315 S4	110	709	1480	0,95	2,4	2,6	1,15	455
B4C 315 MA4	132	848	1485	0,95	2,5	2,6	2,10	739
B4C 315 MC4	160	1028	1485	0,95	2,5	2,6	2,50	812
B4C 315 MD4	200	1285	1485	0,95	2,5	2,5	3,10	918
1 000 min ⁻¹ sinchroninis dažnis (šeši poliai)								
MA 80 MA6	0,37	3,8	930	0,67	2,1	2,2	0,0024	8,8
MA 80 MB6	0,55	5,6	930	0,69	2,4	2,5	0,0027	10,3
MA 90 S6	0,75	7,7	930	0,72	2,1	2,2	0,0037	13,4
MA 90 L6	1,1	11,3	930	0,75	2,5	2,6	0,0050	17,5
MA 100 LA6	1,5	15	940	0,75	2,2	2,3	0,010	21,2
MA 112 M6	2,2	22	940	0,78	2,2	2,3	0,015	28,8
MA 132 SA6	3,0	30	950	0,80	2,1	2,1	0,030	39
MA 132 MA6	4,0	40	950	0,81	2,4	2,4	0,038	48
MA 132 MB6	5,5	55	960	0,82	2,6	2,6	0,046	58
A4C 160 M6	7,5	74	965	0,85	2,0	2,3	0,087	67
A4C 160 L6	11	108	970	0,88	2,3	2,5	0,11	86
A4C 180 L6	15	148	970	0,88	2,2	2,3	0,13	110
A4C 200 LA6	18,5	182	970	0,89	2,1	2,3	0,17	125
A4C 200 LB6	22	216	970	0,89	2,4	2,4	0,22	145
A4C 225 M6	30	294	975	0,92	2,4	2,4	0,47	216
A4C 250 M6	37	362	975	0,90	2,6	2,6	0,57	258
A4C 280 S6	45	438	980	0,92	2,3	2,4	0,85	314
A4C 280 M6	55	535	980	0,93	2,5	2,6	1,07	353

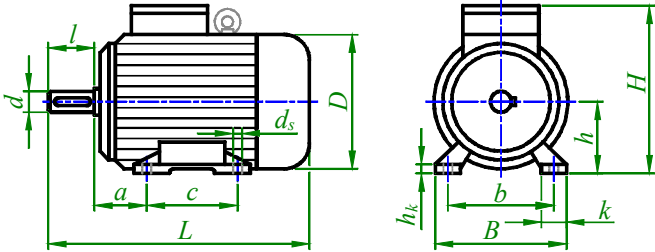
Elektros variklio žymuo	Nominalusis galingumas, kW	Esant nominaliai apkrovai			$\frac{T_{pal}}{T_{nom}}$	$\frac{T_{max}}{T_{nom}}$	Masės inercijos momentas, kg m ²	Masė, kg
		Sukimo momentas T, Nm	Sukimosi dažnis, min ⁻¹	η_{ev}				
A4C 315 S6	75	730	980	0,93	2,3	2,3	1,45	426
B4C 315 MA6	90	872	985	0,94	2,5	2,5	2,60	707
B4C 315 MB6	110	1 065	985	0,94	2,4	2,4	3,00	758
B4C 315 MC6	132	1 278	985	0,94	2,5	2,5	3,60	848
B4C 315 MD6	160	1 550	985	0,95	2,5	2,5	4,40	953
750 min ⁻¹ sinchroninis dažnis (aštuoni poliai)								
MA 90 S8	0,37	5,2	680	0,59	1,9	2,0	0,0037	13,4
MA 90 L8	0,55	7,7	680	0,65	2,0	2,3	0,0050	17,5
MA 100 LA8	0,75	10,2	700	0,72	1,8	2,0	0,0090	19,0
MA 100 LB8	1,1	15,0	700	0,74	2,0	2,1	0,012	24,0
MA 112 M8	1,5	20,4	700	0,73	2,0	2,1	0,017	30,8
MA 132 SA8	2,2	30,0	700	0,75	1,9	2,1	0,038	48
MA 132 MA8	3,0	40,3	710	0,77	1,9	2,0	0,046	58
A4C 160 MA8	4,0	53	720	0,82	1,9	2,1	0,080	62
A4C 160 MB8	5,5	73	720	0,82	1,9	2,1	0,092	70
A4C 160 L8	7,5	99	720	0,85	2,0	2,1	0,11	85
A4C 180 L8	11	145	725	0,87	2,0	2,2	0,16	121
A4C 200 L8	15	197	725	0,87	2,1	2,3	0,22	143
A4C 225 S8	18,5	243	725	0,88	2,2	2,4	0,42	195
A4C 225 M8	22	288	730	0,89	2,2	2,4	0,52	220
A4C 250 M8	30	392	730	0,91	2,3	2,5	0,62	263
A4C 280 S8	37	480	735	0,92	2,5	2,5	1,05	365
A4C 280 M8	45	584	735	0,93	2,5	2,5	1,25	388
A4C 315 S8	55	714	735	0,93	2,0	2,2	1,60	459
B4C 315 MA8	75	973	735	0,94	2,1	2,2	2,80	735
B4C 315 MC8	90	1 168	735	0,94	2,2	2,3	3,50	815
B4C 315 MD8	110	1 428	735	0,95	2,2	2,3	4,00	883

Šioje lentelėje pateikti „MarelliMotori“ firmos variklių parametrai. „MarelliMotori“ firmos elektros variklio ženklėjimas:



3.4 lentelė. Trumpai sujungto rotoriaus asinchroninių trifazių elektros variklių su kojelėmis gabaritiniai ir montavimo matmenys, mm

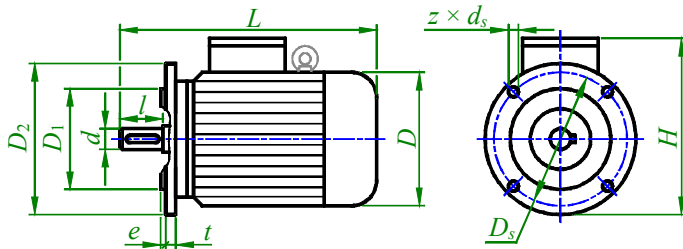
El. variklio korpuso žymuo	Polių sk.	a	b	B	c	d	d_s	D	h	h_k	H	k	L	l
63	2–8	40	100	120	80	11	7	122	63	7	164	23	208	23
71	2–8	45	112	136	90	14	7	137	71	7	178	27	240	30
80	2–8	50	125	155	100	19	9	158	80	8	198	32	270	40
90L	2–8	56	140	174	125	24	9	177	90	10	239	35	320	50
90S	2–8				100									



El. variklio korpuso žymuo	Polių sk.	a	b	B	c	d	d_s	D	h	h_k	H	k	L	l	
100	2-8	63	160	194	140	28	11	197	100	12	259	40	400	60	
112	2-8	70	190	224	140	28	11	197	112	12	271	40	400	60	
132M	4-8	89	216	252	178	38	11	235	132	16	316	44	482	80	
132S	2-8				140										
160L	2-8	108	254	296	254	42	14,5	314	160	20	403	55	648	110	
160M	2-8				210										
180L	4-8	121	279	320	279	48	14,5	354	180	22	443	58	723	110	
180M	2-4			321	241			314			423	60	648		
200L	2-8	133	318	360	305	55	18,5	354	200	24	463	74	723	110	
225M	2	149	356	405	311	55	18,5	411	225	28	508	76	800	110	
225M	4-8				60	830							140		
225S	4-8				286										
250M	2	168	406	465	349	60	22	411	250	28	533	90	830	140	
250M	4-8				65										
280M	2	190	457	540	419	65	24	490	280	40	640	90	959	140	
280M	4-8				75										
280S	2				65										
280S	4-8				75										
315S	2	216	508	590	457	65	27	604	315	45	765	110	1102	140	
315S	4-8				406	80	28	490			675		989	170	
315MA(C)	2				65	27	604	315			45		800	1102	140
315MA(C)	4-8				80									1132	170
315MD	2				70									1102	140
315MD	4-8				90									1132	170

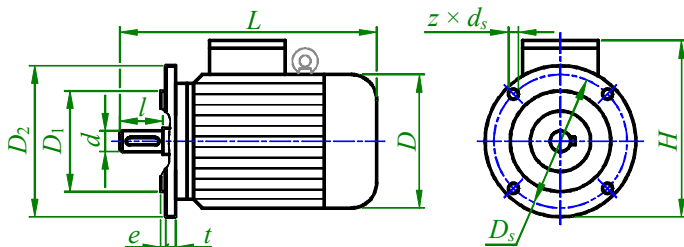
Čia pateikti „MarelliMotori“ firmos variklių parametrai. Kiti variklio veleno kakliuko matmenys pateikti 3.6 lentelėje. Išsamesnę informaciją galima rasti čia: http://www.marellimotori.com/page.asp?p=128&fidcategory=39&*372=39.

3.5 lentelė. Trumpai sujungto rotoriaus asinchroninių trifazių elektros variklių su flanšu gabaritiniai ir montavimo matmenys, mm



$z - \text{skylių } d_s \text{ skaičius}$

El. variklio korpuso žymuo	Polių sk.	d	d_s	D	D_1	D_2	D_3	e	H	L	t	z
63	2-8	11	9	122	95	140	115	3	157	208	10	4
71	2-8	14	9	137	110	160	130	3,5	171	240	10	4
80	2-8	19	11	158	130	200	165	3,5	190	270	12	4
90	2-8	24	11	177	130	200	165	3,5	229	320	12	4
100	2-8	28	14	197	180	250	215	4	247	400	14	4
112	2-8	28	14	197	180	250	215	4	259	400	14	4
132	2-8	38	14	253	230	300	265	4	300	482	14	4
160	2-8	42	14	314	250	350	300	5	383	648	15	4
180L	2-4	48	14	354	250	350	300	5	421	723	14	4
180M	4-8			314					401	648	15	
200L	2-8	55	14	354	300	400	350	5	441	723	15	4
225	2	55	14	411	350	450	400	5	480	800	16	8
225	4-8	60								830		

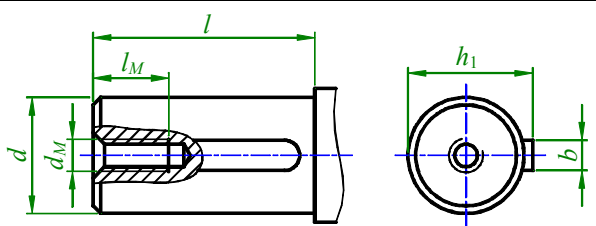


z – skylių d_s skaičius

El. variklio korpuso žymuo	Polių sk.	d	d_s	D	D_1	D_2	D_s	e	H	L	t	z
250M	2	60	14	411	450	550	500	5	505	830	18	8
250M	4-8	65										
280	2	65	18	490	450	550	500	5	600	959	18	8
280	4-8	75										
315S	2	65	22	604	550	660	600	6	780	1 102	22	8
315S	4-8	80		490					690	989		
315MA(C)	2	65		604					780	1 102		
315MA(C)	4-8	80		735					1 132			
315MD	2	70		815					1 102			
315MD	4-8	90		1 132								

Čia pateikti „MarelliMotori“ firmos variklių parametrai. Kiti variklio veleno kakliuko matmenys pateikti 3.6 lentelėje. Išsamesnę informaciją galima rasti čia: http://www.marellimotori.com/page.asp?*p=128&fidcategory=39&t372=39.

3.6 lentelė. Variklio veleno tvirtinimo kakliuko matmenys



d	11	14	19	24	28	38	42	48	55	60	65	70	75	80
	js6			k6			m6							
l	23	30	40	50	60	80	110			140			170	
b h9	4	5	6	8		10	12	14	16	18		20		22
h ₁	12,5	16	21,5	27	31	41	45	51,5	59	64	69	74,5	79,5	85
d _M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16			M20				
l _M	10	12,5	19		22	28	36			42				

Čia pateikti „MarelliMotori“ firmos variklių parametrai.

3.4. Elektros variklio darbingumo patikrinimas

Elektros variklio darbingumo patikrinimas atliekamas tam, kad būtų įsitikinta ar variklis iš rimties būvio išjudins, ar sustabdys įsibėgėjusius elektromechaninės perdavos elementus, ar neperkais esant dažniems paleidimams, stabdymams, sukimosi krypties pakeitimams (reversavimams).

Nemažai pramoninių įrenginių dirba ilgą laiką esant kintamai apkrovai ir nėra dažnai stabdomi, t. y. stabdomi ar reversuojami rečiau nei kartą per valandą. Pavyzdžiui, tai transportavimo įrenginiai, siurblinės ir kt. Tokiu atveju elektros variklių įšilimas netikrinamas. Atliekant šį kursinį darbą ir daroma tokia prielaida. Todėl, patikrinant elektros variklio darbingumą, užtenka žinoti perkrovimo koeficientą K_{per} paleidimo, stabdymo, reversavimo metu.

Variklio darbingumo sąlyga paleidimo, stabdymo, reversavimo metu:

$$0,85 \frac{P_{evnom}}{P_{evmin}} \cdot \frac{T_{pal}}{T_{nom}} \geq K_{per} ; \quad (3.8)$$

čia: K_{per} – perkrovimo koeficientas; T_{pal}/T_{nom} – elektros variklio charakteristika.

Jei (3.8) sąlyga netenkinama, parinktą elektros variklį reikia pakeisti į tokį, kurio T_{pal}/T_{nom} yra didesnis.



Parinkant elektros variklį dažnai nėra žinomi tikslūs elektromechaninės perdavos inerciniai parametrai, todėl parinkto elektros variklio darbingumą reiktų patikrinti atlikus perdavų projektavimą. Elektros variklis, kai nežinomas lėtinamosios elektromechaninės perdavos perkrovimo koeficientas K_{per} , o perdava paleidžiama, stabdoma retai (t. y. neskaičiuojant variklio įšilimo), parenkamas taip:

- apytiksliai nustatomas elektromechaninės perdavos naudingumo koeficientas η ;
- apskaičiuojamas didžiausias reikalingas nominalusis darbinės grandies galingumas P . Kai žinomas įrenginio apkrovos grafikas, žr. **Error!** **Reference source not found.** pav., tai $P = \max(T_1 \omega_1; T_{II} \omega_{II}; \dots; T_{k_{ap}} \omega_{k_{ap}})$;
- apskaičiuojamas elektromechaninės perdavos perdavimo santykis i ;
- apskaičiuojamas reikiamas elektros variklio sukimosi dažnis n ;
- minimalus reikiamas elektros variklio galingumas $P_{ev\ min} = P / \eta$;
- pagal $P_{ev\ min}$ ir n parenkamas elektros variklis. Variklio nominalusis galingumas turi būti ne mažesnis už $P_{ev\ min}$ ($P_{ev\ nom} > P_{ev\ min}$), o sukimosi dažnis n_{ev} – artimiausias n . Pastoviu darbo režimu dirbančios elektromechaninės perdavos elektros variklio perkrova gali būti iki 5%, o dirbančios kitais darbo režimais – iki 10%;
- patikslinamas elektromechaninės perdavos perdavimo santykis i ;
- paskaičiuojamas apytikslis elektromechaninės perdavos 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 $T_{din} = T(T_{ev\ pal} / T_{ev\ nom})$; čia $T_{ev\ pal} / T_{ev\ nom}$ – elektros variklio charakteristika; $T = 30 P / (\pi n_{ev} \eta i)$ – reikalingas elektros variklio nominalusis sukimo momentas;
- reikalingi minimalūs įsibėgėjimo 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:

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

o kai judesys yra vertikalus žemyn –

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

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 $t_{is} (t_{st}) = 1,5 \dots 2,0$ s;

- įsibėgėjimo, stabdymo pagreitis $\varepsilon = \max(\omega_{ev} / t_{is}; \omega_{ev} / t_{st})$;
- reikalingas elektros variklio sukimo momentas paleidimo, stabdymo metu $T_{per} = T + (J_{ev} + J_R / \eta) \varepsilon$;
- reikalingas elektros variklio galingumas paleidimo, stabdymo metu $P_{per} = \omega_{ev} T_{per} = \pi n_{ev} T_{per} / 30$;
- turi būti tenkinamos sąlygos: $0,85 P_{ev\ nom} (T_{ev\ pal} / T_{ev\ nom}) \geq P_{per}$ ir $T_{ev\ pal} / T_{ev\ nom} \geq 1 + \varepsilon (J_{ev} + J_R / \eta) / T_{max}$; čia $T_{max} = \max(T_1; T_{II}; \dots; T_{k_{ap}})$.

Jei parenkant elektros variklį yra žinomi įrenginio inerciniai parametrai, tai perdavos 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 perdavos elementų masės inercijos momentai, redukuoti į elektros variklio veleną. Jie apskaičiuojami iš sąlygos: redukuoto ir tikrojo elemento kinetinė energija yra tokia pat.

Kai judesys slenkamasis, tai redukuotas inercijos momentas:

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

o kai judesys sukamasis –

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

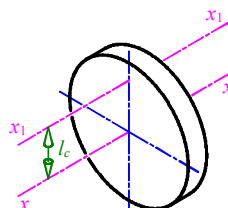
čia: m_j ir v_j – slenkamąjį judesį atliekančio elemento masė ir linijinis greitis; J_j ir ω_j (arba n_j) – sukamąjį judesį atliekančio elemento masės inercijos momentas apie jo sukimosi ašį ir kampinis greitis (arba sukimosi dažnis).

Kai elektromechaninė perdava yra lėtinamoji, tai kuo „toliau“ nuo elektros variklio bus judamas elementas, tuo mažesnis bus v_j / ω_{ev} ar ω_j / ω_{ev} santykis. Todėl preliminariniuose skaičiavimuose galime daryti prielaidą, kad redukuotas į elektros variklio veleną, perdavos 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 3.7 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. 3.3 pav.):

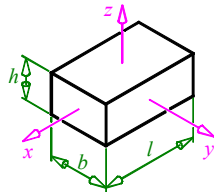
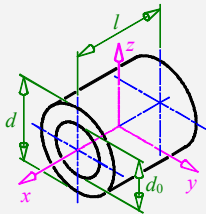
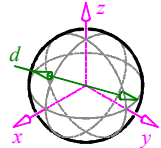
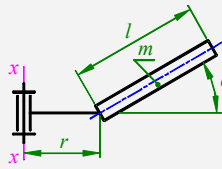
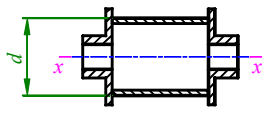
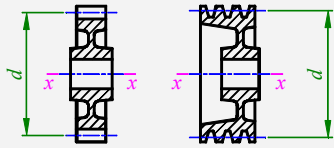
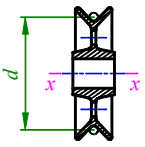
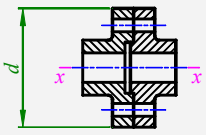
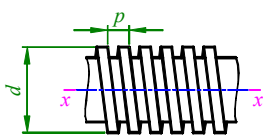
$$J_{x1} = J_x + m l_c^2,$$

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 .



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

3.7 lentelė. Vienalyčių tipinių elementų, kurių masė yra m , masės inercijos momentai

Tipinio elemento pavadinimas	Eskizas	Masės inercijos momentas apie ašis, einančias per 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 tuščiaviduris 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		$J_x = J_y = J_z = \frac{m d^2}{10}$
Strypas		$J_x = \frac{m[l^2 \cos^2 \alpha + 3r(r + l \cos \alpha)]}{3}$ (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		$J_x \approx \frac{m d^2}{8} \left[1 - 1,8 \frac{p}{d} \left(1 - \frac{p}{d} \right) \right]$

