

# OBSAH

1.	Úvod do návrhu elektrických strojů točivých . . . . .	9
1.1.	Všeobecné zásady návrhu . . . . .	9
1.2.	Jmenovité veličiny elektrických strojů . . . . .	10
1.3.	Materiály pro výrobu elektrických strojů točivých . . . . .	11
1.3.1.	Rozdělení . . . . .	11
1.3.2.	Vodiče . . . . .	11
1.3.3.	Magnetické materiály . . . . .	12
1.3.4.	Izolační materiály . . . . .	14
1.3.5.	Konstrukční materiály . . . . .	14
1.3.6.	Označení materiálů ve výrobních podkladech . . . . .	15
1.3.7.	Rozměrové tabulky vodičů pro vinutí . . . . .	24
1.3.8.	Tabulky charakteristických vlastností používaných materiálů . . . . .	24
1.3.9.	Kontrolní otázky . . . . .	24
1.4.	Chlazení elektrických strojů . . . . .	32
1.4.1.	Základní údaje . . . . .	32
1.4.2.	Trvalé zatížení . . . . .	32
1.4.3.	Krátkodobý chod . . . . .	41
1.4.4.	Průběh oteplování a ochlazování . . . . .	42
1.4.5.	Časový výkon . . . . .	45
1.4.6.	Přerušovaný chod . . . . .	47
1.4.7.	Přestup tepla materiálem, ve kterém nevznikají ztráty . . . . .	48
1.4.8.	Náhradní tepelná vodivost . . . . .	51
1.4.9.	Jednosměrné proudění v aktivním materiálu . . . . .	52
1.4.10.	Dovolené oteplení . . . . .	56
1.4.11.	Způsoby chlazení točivých strojů . . . . .	57
1.4.12.	Návrh ventilátoru pro točivý stroj . . . . .	59
1.4.13.	Kontrolní otázky . . . . .	61
1.5.	Mechanický návrh elektrických strojů točivých . . . . .	63
1.5.1.	Návrh hřídele . . . . .	63
1.5.2.	Návrh ložiska . . . . .	68
1.5.3.	Závěsná oka . . . . .	70
1.5.4.	Mechanické namáhání klínů rotorových drážek . . . . .	70
1.5.5.	Návrh bandáže pro rotorové vinutí . . . . .	71

1.5.6.	Konstrukční vypracování elektrických strojů točivých . . . . .	73
1.5.7.	Kontrolní otázky . . . . .	74
<b>2.</b>	<b>Vinutí elektrických strojů točivých . . . . .</b>	<b>79</b>
2.1.	Stejnoseměrná vinutí . . . . .	79
2.1.1.	Základní pojmy . . . . .	79
2.1.2.	Smyčkové (paralelní) vinutí . . . . .	82
2.1.3.	Smyčkové vinutí s větším počtem lamel na drážku . . . . .	86
2.1.4.	Vyrovnávací spojky . . . . .	91
2.1.5.	Vlnové (sériové) vinutí . . . . .	92
2.1.6.	Vlnové vinutí s několika lamelami na drážku . . . . .	95
2.1.7.	Sériověparalelní vinutí . . . . .	98
2.1.8.	Několikanásobné paralelní vinutí . . . . .	102
2.1.9.	Kontrolní otázky . . . . .	105
2.2.	Střídavá vinutí . . . . .	106
2.2.1.	Základní pojmy . . . . .	106
2.2.2.	Vyšetřování průběhu magnetického pole . . . . .	107
2.2.3.	Görgesův diagram . . . . .	110
2.2.4.	Jednovrstvová vinutí . . . . .	112
2.2.5.	Dvouvrstvová vinutí . . . . .	114
2.2.5.1.	Základní pojmy . . . . .	114
2.2.5.2.	Görgesův diagram dvouvrstvových vinutí . . . . .	116
2.2.5.3.	Spojování dvouvrstvových vinutí . . . . .	116
2.2.5.4.	Paralelní větve . . . . .	118
2.2.5.5.	Tyčové vinutí . . . . .	118
2.2.6.	Zlomková vinutí . . . . .	118
2.2.6.1.	Základní pojmy . . . . .	118
2.2.6.2.	Tingleyovo schéma . . . . .	120
2.2.6.3.	Fázorový diagram drážkových napětí . . . . .	123
2.2.6.4.	Dvouvrstvové zlomkové vinutí . . . . .	124
2.2.7.	Činitel vinutí . . . . .	127
2.2.7.1.	Význam . . . . .	127
2.2.7.2.	Grafické určení činitele vinutí $k_p$ . . . . .	128
2.2.7.3.	Určení činitele vinutí $k_p$ z Tingleyova schématu . . . . .	128
2.2.7.4.	Matematické řešení . . . . .	129
2.2.8.	Činitel tvaru . . . . .	132
2.2.9.	Klec jako mnohofázové vinutí . . . . .	133
2.2.10.	Harmonická analýza . . . . .	134
2.2.11.	Vliv vyšších harmonických . . . . .	136
2.2.12.	Diferenční rozptyl . . . . .	138
2.2.13.	Kontrolní otázky . . . . .	142
<b>3.</b>	<b>Postupy při návrhu točivých elektrických strojů . . . . .</b>	<b>143</b>
3.1.	Návrh indukčního motoru . . . . .	143
3.1.1.	Základní údaje . . . . .	143
3.1.2.	Určení hlavních rozměrů motoru s kotvou nakrátko . . . . .	143
3.1.3.	Kontrola návrhu . . . . .	164

3.1.3.1.	Magnetizační proud . . . . .	164
3.1.3.2.	Ztrátový proud . . . . .	173
3.1.3.3.	Výpočet odporu . . . . .	175
3.1.3.4.	Výpočet reaktance . . . . .	176
3.1.3.5.	Impedance . . . . .	183
3.1.3.6.	Proud nakrátko . . . . .	183
3.1.3.7.	Kruhový diagram . . . . .	184
3.1.3.8.	Ztráty . . . . .	184
3.1.3.9.	Účinnost . . . . .	185
3.1.4.	Návrh ventilátoru . . . . .	185
3.1.5.	Výpočet oteplení . . . . .	185
3.1.5.1.	Statorové vinutí . . . . .	185
3.1.5.2.	Statorový svazek . . . . .	186
3.1.5.3.	Rotorové kruhy . . . . .	186
3.1.5.4.	Oteplení vlastního proudu vzduchu . . . . .	187
3.1.5.5.	Výsledné oteplení vzhledem k okolí . . . . .	188
3.1.6.	Mechanický návrh a jeho kontrola . . . . .	189
3.2.	Návrh kroužkového motoru . . . . .	189
3.2.1.	Rotorové napětí . . . . .	189
3.2.2.	Počet drážek na pól a fázi . . . . .	189
3.2.3.	Počet závitů v sérii . . . . .	190
3.2.4.	Rotorový proud . . . . .	190
3.2.5.	Průřez rotorového vinutí . . . . .	190
3.2.6.	Rotorová drážka . . . . .	191
3.2.7.	Kroužky . . . . .	192
3.2.8.	Kartáče . . . . .	193
3.2.9.	Držáky kartáčů . . . . .	194
3.2.10.	Klín rotorové drážky . . . . .	194
3.2.11.	Tvar rotorové cívky . . . . .	194
3.2.12.	Bandáž čel rotorového vinutí . . . . .	194
3.2.13.	Kontrola návrhu . . . . .	194
3.2.14.	Ztráty kroužkového motoru . . . . .	194
3.3.	Návrh stejnosměrného stroje . . . . .	195
3.3.1.	Základní údaje . . . . .	195
3.3.2.	Vnitřní výkon . . . . .	196
3.3.3.	Jmenovitý proud . . . . .	198
3.3.4.	Proud kotvy . . . . .	199
3.3.5.	Průměr kotvy . . . . .	200
3.3.6.	Počet pólů . . . . .	200
3.3.7.	Počet závitů v sérii . . . . .	201
3.3.8.	Počet drážek . . . . .	201
3.3.9.	Počet lamel . . . . .	201
3.3.10.	Volba vinutí kotvy . . . . .	202
3.3.11.	Počet vodičů v drážce . . . . .	202
3.3.12.	Napětí indukované v kotvě . . . . .	203
3.3.13.	Magnetický tok pólu . . . . .	203
3.3.14.	Efektivní délka železa (kotvy) . . . . .	203
3.3.15.	Skutečná délka železa . . . . .	204
3.3.16.	Průřez vinutí kotvy . . . . .	204
3.3.17.	Návrh drážky . . . . .	204
3.3.18.	Jho rotoru . . . . .	207

3.3.19.	Vzduchová mezera . . . . .	207
3.3.20.	Jho hlavního pólu . . . . .	207
3.3.21.	Jho statoru . . . . .	209
3.3.22.	Magnetomotorické napětí (buzení) pro jednu pólovou dvojici . . . . .	209
3.3.23.	Charakteristika naprázdno . . . . .	211
3.3.24.	Budicí vinutí . . . . .	211
3.3.25.	Uspořádání budicího vinutí. . . . .	213
3.3.26.	Pomocný pól . . . . .	214
3.3.27.	Komutátor . . . . .	215
3.3.28.	Vyložení čel vinutí kotvy . . . . .	219
3.3.29.	Ztráty . . . . .	220
3.3.30.	Účinnost . . . . .	222
3.3.31.	Oteplení . . . . .	222
3.3.32.	Ventilátor . . . . .	223
3.3.33.	Konstrukční části . . . . .	223
3.3.34.	Sestava . . . . .	223
3.4.	Návrh synchronního stroje . . . . .	224
3.4.1.	Základní údaje . . . . .	224
3.4.2.	Určení hlavních rozměrů . . . . .	224
	<b>Literatura . . . . .</b>	<b>236</b>