

OBSAH

Předmluva	5
I. Úvod	15
1. Všeobecné údaje o stavbě elektrických strojů a přístrojů	15
2. Technologické údaje o elektrických strojích a přístrojích	16
3. Hospodářská hlediska při výrobě elektrických strojů a přístrojů	17
4. Pracnost výrobku	19
5. Druhy výroby a závodů na elektrické stroje a přístroje	20
6. Struktura závodů	22
7. Výrobní budovy	27
8. Technologicky účelné konstrukce	27
9. Nové výrobní způsoby	28
II. Vývojové úkoly v silnoproudé elektrotechnice	34
10. Izolace vyšších teplotních tříd a jejich význam při stavbě elektrických strojů a přístrojů	35
10.1 Otázka izolace a chlazení při zvyšování výkonu a zmenšování váhy elektrických strojů a přístrojů	35
10.2 Výhodné a nevýhodné použití izolantů vyšší teplotní třídy	37
10.3 Důvody pro zavedení izolantů vyšších teplotních tříd	38
10.4 Dvě cesty při vývoji izolantů vyšších teplotních tříd	39
11. Vývojové problémy ve stavbě turboalternátorů pro velké výkony a vysoké napětí	40
11.1 Aktivní materiál	41
11.2 Umělé chlazení	42
11.3 Vývoj izolace	43
11.4 Posouvání izolace	44
11.5 Řešení v zahraničí	45
12. Náhrada mědi a olova hliníkem v elektrotechnice	45
12.1 Národohospodářské a jiné důvody k náhradě mědi hliníkem	45
a) Otázka ekonomická	46
b) Otázka technická	49
c) Úloha normalizace	50
12.2 Materiálové otázky při náhradě mědi hliníkem v elektrotechnice	50
12.3 Spojování hliníkových vodičů	53
12.4 Úspora barevných kovů u kabelů a vodičů	54
a) Jádra silnoproudých kabelů	54
b) Hliníkové pláště	54
c) Celoplastové kabely	54
d) Sdělovací kabely	54
e) Silnoproudé vodiče	55

12.5	Hliník ve výrobě elektrických strojů točivých	55
a)	U stejnosměrných strojů	55
b)	U synchronních strojů	56
c)	U asynchronních motorů	56
d)	U komutátorových strojů střídavých	57
12.6	Použití hliníku u elektrických strojů netočivých	57
a)	U malých a středních transformátorů	57
b)	U velkých transformátorů	58
c)	U reaktorů, tlumivek a břemenových magnetů	60
12.7	Úspory barevných kovů u elektrických přístrojů	60
13.	Tropikalizace elektrických strojů, přístrojů a zařízení	62
13.1	Základní zásady pro konstrukci a výrobu elektrických strojů a přístrojů do tropů	63
13.2	Impregnace, povrchová ochrana vinutí a izolantů a použití fungicidů	67
a)	Vliv tropické impregnace na navlhání a změny elektrických vlastností vinutí nebo izolantů	67
b)	Mechanické zpevnění vinutí a odvod tepla	69
c)	Speciální požadavky na tropickou impregnaci	70
d)	Použití fungicidů	71
13.3	Točivé elektrické stroje	72
13.4	Netočivé elektrické stroje	75
13.5	Elektrické přístroje pro tropy	76
III.	Magnetické obvody elektrických strojů a přístrojů	81
14.	Plechý, prostřihovadla a strojní vybavení lisovny	81
14.1	Transformátorové a dynamové plechy a pásy	81
a)	Plechý válcované za tepla	81
b)	Plechý válcované za studena	82
14.2	Doprava, skladování a manipulace s plechy	83
14.3	Vliv manipulace s plechy a jejich zpracování na velikost magnetických ztrát	84
14.4	Vliv žhánání a různých ochranných atmosfér na velikost magnetických ztrát	85
14.5	Izolování plechů	88
a)	Polepování plechů papírem	88
b)	Lakování plechů	89
c)	Oxidování a fosfátování plechů	90
d)	Nátěr plechů anorganickými látkami	90
14.6	Druhy prostřihovadel	92
a)	Jednoduchá prostřihovadla	92
b)	Sloučená (bloková, sdružená, kompletní) prostřihovadla	93
c)	Postupová prostřihovadla	95
d)	Konstrukce, přesnost zhotovení a trvanlivost prostřihovadel	96
14.7	Strojní nůžky, lisy a rychloběžné drážkovačky, odbrušovačky	97
a)	Strojní tabulové, kotoučové a kruhové nůžky na plech	97
b)	Lisy	99
c)	Rychloběžné drážkovačky (rychlodrážkovačky, prostřihovací lisy)	101
d)	Odstranění otrpů po lisování a stříhání	103
14.8	Automatizace prostřihování a obsluha několika strojů	106
a)	Automatizace podávání	106

b) Automatizace odběru	106
c) Automatizace prostřihování	107
14.9 Uspořádání lisoven	107
a) Zařízení lisovny	107
b) Odpady	109
c) Sklad	109
d) Úrazová zábrana	110
15. Prostřihování plechů elektrických strojů a přístrojů	111
15.1 Technologie prostřihování plechů točivých strojů	111
a) Prostřihování plechů pro malý počet strojů do průměru asi 300 mm	111
b) Prostřihování plechů pro malý počet strojů většího vnějšího průměru	112
c) Prostřihování plechů pro stroje s velmi velkým průměrem	113
d) Prostřihování plechů pro hromadnou (sériovou) výrobu	113
e) Prostřihování pólových plechů	114
f) Prostřihování plechů pro statory turboalternátorů a rotorové věnce hydroalternátorů	114
g) Technologie prostřihování plechů točivých strojů z orientovaných anizotropních pásů	115
15.2 Technologie stříhání a prostřihování transformátorových plechů	119
a) Menší a malé plechy	119
b) Větší a velké plechy	119
c) Orientované plechy	122
15.3 Prostřihování plechů pro skládaná jádra elektrických přístrojů na střídavý proud	122
16. Sestavování magnetických obvodů elektrických strojů a přístrojů	123
16.1 Všeobecné úkoly při skládání plechů	125
a) Elektrická a magnetická izolace plechů	125
b) Vějíř vytvořený při skládání plechů	126
c) Tlak při slisování a počet slisování	126
d) Zařízení pro slisování	127
e) Přesnost skládání plechů	128
f) Přípravné práce	130
g) Kraje a ventilační plechy a jejich vyztužování	131
16.2 Magnetické obvody u elektrických strojů točivých	133
a) Póly	133
b) Skládání satorových plechů	136
c) Skládání rotorových plechů	141
16.3 Magnetické obvody transformátorů	142
a) Magnetické obvody skládané z plechů	143
b) Magnetické obvody skládané z orientovaných plechů	146
c) Transformátory s radiálním jádrem	147
d) Navíjená jádra	147
e) Spirálová jádra	150
16.4 Magnetické obvody elektrických přístrojů	152
a) Magnetické obvody přístrojů na stejnosměrný proud	152
b) Magnetické obvody přístrojů na střídavý proud	153
IV. Výroba komutátorů a sběracích kroužků	158
17. Výroba komutátorů	153
17.1 Rozdělení komutátorů	158

17.2	Technické a provozní požadavky na komutátory	160
17.3	Materiál pro komutátory	160
a)	Měděné lamely	160
b)	Komutátorový mikanit	161
c)	Mikanitové manžety	161
d)	Stahovací konstrukce	161
17.4	Příprava materiálu	161
a)	Příprava měděných lamel	161
b)	Příprava mikanitových vložek	162
c)	Třídění hotových měděných a mikanitových lamel	162
d)	Příprava stahovací konstrukce	163
17.5	Výroba komutátorů	163
a)	Skládání lamelového věnce	163
b)	Stažení lamelového věnce	163
c)	Vypékání lamelového věnce	164
d)	Obrábění lamelového věnce staženého v pomocných zděřích	165
e)	Montáž a vypékání rybinových komutátorů	165
f)	Montáž zděřových komutátorů (turbokomutátorů)	166
17.6	Výroba malých zalisovaných a nýťovaných komutátorů	167
a)	Zalisované komutátory	167
b)	Nýťované komutátory	167
17.7	Umělé stárnutí komutátorů	168
17.8	Nasazování komutátorů na hřídel	170
17.9	Dokončovací práce na zhotoveném komutátoru	170
a)	Pájení vinutí a soustružení povrchu	170
b)	Prořezávání mikanitové izolace	170
c)	Broušení a leštění povrchu	171
d)	Zajišťování kraje mikanitových manžet	171
18.	Výroba sběracích kroužků	171
V.	Výroba kondenzátorů, kontaktů a odporových článků	174
19.	Výroba kondenzátorů	174
19.1	Rozdělení kondenzátorů	174
19.2	Vzduchové kondenzátory	174
19.3	Papírové kondenzátory	175
19.4	Kondenzátory se stlačeným plynem	177
19.5	Slídové kondenzátory	177
19.6	Kondenzátory s umělými fóliemi	177
19.7	Keramické kondenzátory	177
19.8	Elektrolytické kondenzátory	178
19.9	Použití kondenzátorů	179
20.	Výroba kontaktů	180
20.1	Materiál a rozdělení kontaktů	180
20.2	Kontakty z drátů, tyčí a kulatin	180
20.3	Kontakty z tvarových tyčí	182
20.4	Kontakty ražené z pásů a plechů	182
20.5	Kartáčové kontakty	183
20.6	Kontakty s kontaktními nýty ze stříbra, spékaných kovů apod.	185
20.7	Lité kontakty	186

21. Výroba odporových článků	186
21.1 Články z drátů a pásů vinutých bez kostry	186
21.2 Drátové a pásové meandrovité (vlnové) články bez kostry	187
21.3 Drátové a pásové články vinuté na tuhou kostru	187
21.4 Odporové články vinuté pásem na vysoko	189
21.5 Ražené odporové články	189
21.6 Litinové (lité) odporové články	190
21.7 Zavěšené odporové články	191
21.8 Nekovové odporové články	192
21.9 Rozdělení odporových článků z hlediska použití	192

VI. Výroba vinutí a izolace elektrických strojů a pří- strojů 194

22. Vodivý materiál, přípravné práce pro vinutí, přípravy a navíjecí stroje	195
22.1 Vodivý materiál	195
22.2 Zámečnické práce s mědí	195
a) Rovnání a řezání	196
b) Ohýbání vodičů	197
c) Žihání a moření	201
d) Odstraňování přírůstků v ohybech na vysoko	202
e) Pevná a ohebná elektrická spojení	202
f) Čištění konců cívek a spojovacích vodičů	205
g) Cínování, pájení a svařování	206
22.3 Navíjecí stroje	206
a) Požadavky na navíjecí stroje a jejich princip	207
b) Automatizace u navíjecích strojů	209
c) Přesné navíjecí stroje	211
d) Stroje na navíjení rotorů	214
e) Stroje na navíjení drobných statorů	215
f) Navíjecí stroje pro hrubé dráty	218
g) Zajištění stálého napnutí vodiče	221
22.4 Přípravy pro navíjení cívek na strojích	221
23. Výroba vinutí zhotovovaného mimo stroj u elektrických strojů točivých	222
23.1 Výroba vinutí stejnosměrných strojů	222
a) Vinutí kotev	222
Šablonové vinutí	223
Tyčové vinutí	225
b) Vinutí hlavních pólů	226
c) Vinutí pomocných (komutačních) pólů	227
d) Kompenzační vinutí	228
23.2 Výroba vinutí střídavých strojů	228
a) Statorové vinutí	229
Vinutí svařované	229
Vinutí vkládané	230
Vinutí šablonové	230
Vinutí tyčové	230
b) Statorové vinutí velkých střídavých strojů na vysoké napětí	231
Statorové vinutí turboalternátorů	231
Statorové vinutí hydroalternátorů	234
Statorové vinutí velkých asynchronních strojů	235
c) Rotorové vinutí střídavých strojů	235
Vinutí vyjádřených pólů synchronních strojů	235

Výroba rotorového vinutí turboalternátorů	237
Výroba rotorového vinutí asynchronních motorů	237
24. Výroba vinutí pro transformátory	237
24.1 Rozdělení vinutí	237
a) Vinutí válcové	237
b) Vinutí kotoučové	238
24.2 Porovnání válcového a kotoučového vinutí	239
24.3 Materiál na výrobu vinutí	239
24.4 Výroba vinutí	239
a) Válcové cívky	240
b) Deskové cívky	240
c) Dvojdeskové cívky	241
d) Kombinovaná cívka	241
e) Jednopolohové válcové cívky ve tvaru šroubovice	241
f) Cívkové vinutí	242
g) Plynulá (přesmyknutá) vinutí	243
h) Polohové vinutí	243
ch) Balená izolace u polohového vinutí	244
25. Výroba vinutí pro elektrické přístroje	245
25.1 Cívky navinuté pásovým vodičem	246
a) Cívky navinuté pásem na plocho	246
b) Cívky navinuté pásem na vysoko	246
25.2 Cívky zhotovené rozřezáváním	246
25.3 Lité cívky	247
25.4 Mnohozávitové cívky navinuté dynamovým vodičem	247
26. Izolace při vinutí elektrických strojů a přístrojů	250
26.1 Izolační materiály	250
26.2 Přípravné práce	251
26.3 Vodičová, závitová, polohová, vnitřní a vnější izolace	252
26.4 Izolování tkanic a páskou	253
a) Poloha tkanice nebo pásky na vodiči nebo cívce	254
b) Způsoby ovíjení	254
26.5 Výroba součástí s vrstvenou izolací	256
a) Konstrukční prvky	256
b) Postup výroby trubek a válců a ožehlování součástí kruhového průřezu	257
c) Postup výroby pouzder a ožehlování součástí nekruhového průřezu	258
Ruční práce	258
Žehlicí stroje	258
Vypékačí lis	259
d) Výroba tvarových součástí	261
Izolační vložky a korýtko	261
Mikanitové manžety pro komutátory	263
Izolační manžety pro transformátory	263
26.6 Nepřetržitě a odstupňované, nestejnorodé a stejnorodé provedení izolace	263
26.7 Problém koróny v izolaci točivých strojů vysokého napětí	264
26.8 Izolování vinutí točivých elektrických strojů	265
26.9 Izolování vinutí transformátorů	266
26.10 Izolování vinutí elektrických přístrojů	269

VII. Sušení; impregnace lakem, pryskyřicemi bez rozpouštědla, kompaundem a olejem; lakování	272
27. Postup a účel impregnace a používané impregnační látky	272
27.1 Typický výrobní postup při impregnaci vinutí	272
27.2 Účel impregnace	273
27.3 Impregnační látky	273
a) Impregnační a povrchové izolační laky	273
b) Impregnační pryskyřice a kompaundy	274
c) Izolační oleje	274
28. Impregnování lakem a zařízení impregnační dílny	274
28.1 Sušení	276
a) Sušicí pece používané v praxi nejčastěji	276
b) Tři hlavní způsoby sušení	276
28.2 Máčení	278
a) Máčení prosté	279
b) Máčení za vakua v kotli	279
c) Máčení za vakua a tlaku	279
d) Impregnace drobných a malých vinutí a motorů při výrobě hromadné a ve velkých sériích	280
28.3 Odkapávání přebytečného laku	280
28.4 Odpaření (evaporace) ředidla	280
28.5 Vytvrzování laku	281
28.6 Impregnační zařízení typu Maxei	281
28.7 Opětovaná (několikanásobná) impregnace	282
29. Impregnace tekutými, termosetickými pryskyřicemi bez rozpouštědla (polyestery a epoxidy)	284
30. Impregnace kompaundem	284
30.1 Kompaundační zařízení	284
30.2 Dva druhy kompaundování	286
30.3 Pracovní postup při kompaundování	286
31. Impregnace a plnění transformátorů	287
31.1 Sušení jednotlivých cívek a jejich impregnace lakem	287
31.2 Sušení smontovaného transformátoru bez nádoby	287
31.3 Plnění transformátorů olejem	288
31.4 Transformátorový olej a jeho úprava	289
32. Povrchová úprava krycími laky nebo smalty	289
33. Bezpečnostní a zdravotní opatření v impregnační dílně	289
VIII. Práce na statoru a na rotoru	291
34. Vkládání statorového vinutí	291
34.1 Ruční vkládání vinutí statoru při polouzavřené drážce	291
a) Vinutí protahované nebo prošívání	292
b) Vinutí svařované	293
c) Vinutí šablonové vsypávané	293
d) Tyčové vinutí	294
34.2 Strojní navíjení drobných statorů	295
34.3 Vkládání vinutí do otevřených drážek statorů	295
a) Vkládané vinutí	295

b) Šablonové (cívkové) vinutí	295
c) Tyčové vinutí	296
35. Vkládání rotorového vinutí	297
35.1 Příprava a izolování rotorových plechů pro navíjení a vkládání	297
a) Izolace rotorových drážek	297
b) Izolování čelních ploch plechů	298
c) Izolování podpěrných kruhů vinutí	298
35.2 Strojní navíjení rotorů	298
35.3 Ruční vkládání vinutí u rotorů s komutátory	298
35.4 Ruční vkládání vinutí u rotorů se sběracími kroužky	299
35.5 Klecové vinutí u asynchronních motorů s rotorem nakrátko	299
35.6 Zakládání vinutí rotorů pro turboalternátory	301
35.7 Spájení rotorového vinutí	305
36. Upevnění vinutí rotorů	307
37. Montáž rotorů a statorů	309
37.1 Montáž vinutých rotorů	309
37.2 Montáž rotorů s vyjádřenými póly	310
37.3 Montáž statorů s póly	310
38. Vyvažování rotorů	311
38.1 Statické vyvažování	311
38.2 Dynamické vyvažování	311
39. Zkoušky rotorů na průběžné otáčky (odstředování)	313
IX. Montáž, nátěr, obal a doprava	315
40. Montáž elektrických strojů a přístrojů	315
40.1 Různé montážní postupy	315
40.2 Usnadnění a mechanizace montážních prací	317
40.3 Několik připomínek k montáži elektrických strojů a přístrojů	317
40.4 Montáž elektrických strojů točivých	318
40.5 Montáž transformátorů	318
40.6 Montáž elektrických přístrojů	321
41. Nátěr povrchu elektrických strojů a přístrojů	325
42. Obal a doprava	326
Použitá literatura	329