

Předmluva	3
Seznam indexů	9
Úvod	10

A. ZÁKLADY ELEKTRICKÝCH POHONŮ

1. <u>Pracovní stroje</u>	12
1.1 Hlavní druhy pracovních strojů podle zatěžovacího výkonu .	12
1.2 Zatěžovací charakteristiky poháněných strojů	17
1.2.1 Zatěžovací moment závislý na rychlosti a dráze	17
1.2.2 Zatěžovací moment závislý na čase	20
2. <u>Kinematika elektrických pohonů</u>	21
2.1 Druhy přímočarých a otáčivých pohybů	21
2.1.1 Pohyb rovnoměrný	21
2.1.2 Pohyb lineární	22
2.1.3 Pohyb parabolický	23
2.1.4 Pohyb poloparabolický	23
2.1.5 Pohyb kubický	24
2.2 Diagramy rychlosti	24
2.2.1 Diagram rychlosti s nejmenším zrychlením	25
2.2.2 Diagram rychlosti s nejkratší dobou cyklu	26
2.2.3 Rozběh lineární s parabolickými přechody	27
3. <u>Elektrická poháněcí zařízení</u>	28
3.1 Elektromotory	28
3.1.1 Stejnoseměrný cize buzený motor	32
3.1.2 Asynchronní motor	32
3.1.3 Trojfázový derivační komutátorový motor	34
3.1.4 Stejnoseměrný sériový motor	34
3.1.5 Synchronní motor	36
3.2 Základní způsoby řízení rychlosti	36
3.2.1 Motory s derivační (tvrdou) mechanickou charakteristikou	38
3.2.2 Motory se sériovou mechanickou charakteristikou	40
3.3 Odporové spouštění elektromotorů	42
3.3.1 Odporové spouštění motorů s lineárními mechanickými charakteristikami	42
3.3.2 Odporové spouštění asynchronních kroužkových motorů	44
3.3.3 Odporové spouštění stejnosměrných sériových motorů	45
3.4 Brzdění elektromotorů	46
3.4.1 Stejnoseměrné cize buzené motory	46
3.4.2 Asynchronní motory	47
3.4.3 Stejnoseměrné sériové motory	49

	Str.
4. <u>Akční členy</u>	49
4.1 Rotační měniče	50
4.2 Řízené tyristorové usměrňovače	53
4.2.1 Tyristory	53
4.2.2 Druhy spojení usměrňovačů	61
4.2.3 Druhy zatížení	63
4.2.4 Spojení s nulovou diódou	64
4.2.5 Usměrněné napětí a proud	64
4.2.6 Náhradní schéma obvodu měniče s motorem	68
4.3 Měniče stejnosměrného napětí	69
4.3.1 Řízení měničů stejnosměrného napětí	70
4.3.2 Napětí a proud měniče v oblasti spojitých proudů	70
4.3.3 Napětí a proud měniče v oblasti přerušovaných proudů	71
4.3.4 Pulsní frekvence	72
4.4 Měniče střídavého napětí	72
4.4.1 Napětí a proud jednofázového měniče střídavého napětí	73
4.4.2 Činné zatížení	74
4.4.3 Indukční zatížení	75
4.4.4 Řídicí charakteristiky trojfázového měniče střídavého napětí	75
4.5 Měniče kmitočtu	76
4.5.1 Napěťové střídače s nucenou komutací při činném zatížení	78
4.5.2 Indukční zatížení	80
4.5.3 Řízení výstupního napětí měniče kmitočtu	82
4.5.4 Proudové střídače	83
4.5.5 Cyklokonvertory	84
5. <u>Společné působení poháněcího zařízení a pracovního stroje</u>	86
5.1 Pohybová rovnice elektrického pohonu	86
5.2 Ustálený stav	87
5.3 Přechodné děje v elektrických pohonech	89
5.3.1 Mechanické přechodné děje	89
5.3.2 Elektromagnetické přechodné děje	92
5.3.3 Tepelné přechodné děje	94
5.3.4 Metody řešení přechodných dějů	96
6. <u>Základní mechanické vlastnosti elektrického pohonu</u>	96
6.1 Moment setrvačnosti	97
6.2 Elektrické pohony s převodem	99
6.2.1 Rotační pohyb pracovního mechanismu	99
6.2.2 Postupný pohyb pracovního mechanismu	99
6.3 Ztráty v převodech	100
6.4 Volba převodu	102
6.4.1 Účinnost převodu v generátorickém chodu	103
6.4.2 Optimální převod	104
6.5 Mechanické vazby v elektrických pohonech	105
6.6 Pohony s proměnlivým momentem setrvačnosti	108
6.7 Trakční odpory a pohybová rovnice	109
6.8 Přesné zastavení	111
7. <u>Mechanické přechodné děje</u>	112
7.1 Mechanické přechodné děje při spouštění s lineárním dynamickým momentem	112
7.2 Mechanické přechodné děje při brzdění s lineárním dynamickým momentem	113
7.2.1 Brzdění protiproudem	113
7.2.2 Brzdění do odporu, resp. stejnosměrným proudem	114
7.3 Přechodné děje při dvoustupňovém zatížení	115
7.4 Vícestupňové zatížení	117
7.5 Grafické řešení mechanických přechodných dějů při nelineárním dynamickém momentu	118

7.6	Mechanické přechodné děje při spouštění změnou napájecího napětí	119
7.7	Grafické řešení mechanických přechodných dějů při časově nelineárním napájecím napětí	121
8.	<u>Energetika elektrických pohonů</u>	122
8.1	Ztráty v ustáleném stavu při chodu pohonu na přirozené charakteristice	122
8.2	Ztráty v ustáleném stavu při chodu pohonu na řídicích charakteristikách	124
8.2.1	Řídicí charakteristiky odporové	124
8.2.2	Řídicí mechanické charakteristiky se stejným činitelem tvrdosti	125
8.3	Ztráty v přechodných dějích při řízení rychlosti odporem	126
8.3.1	Obecně	126
8.3.2	Ztráty v obvodu kotva základních druhů přechodných dějů při stavu naprázdno	127
8.3.3	Ztráty při zatížení	128
8.3.4	Rozdělení ztrát kotevního obvodu mezi vinutí a předřadný odpor	129
8.4	Zmenšení ztrát v přechodných dějích	130
8.5	Ztrát v přechodných dějích při řízení rychlosti zdrojem	130
9.	<u>Základy řízení elektromotorů</u>	132
9.1	Obecné požadavky	132
9.2	Druhy zatížení	133
9.3	Výkon motoru pro trvalé konstantní zatížení	135
9.4	Výkon motoru pro trvalé proměnlivé zatížení a konstantní rychlost	135
9.5	Výkon motoru pro proměnlivé zatížení i rychlost	137
9.6	Metoda ekvivalentního proudu	138
9.7	Metoda ekvivalentního momentu a výkonu	140
9.8	Výkon motoru při krátkodobém provozu	142
9.9	Výkon motoru při přerušovaném provozu	144
9.10	Přerušovaný spínací režim	147
9.11	Rázové zatížení	149
9.12	Volba výkonu při různém druhu řízení rychlosti motoru	152
B. ELEKTRICKÉ STEJNOSMĚRNÉ POHONY		
10.	<u>Stejnoseměrné cize buzené motory</u>	155
10.1	Úvod	155
10.2	Spouštění přímým připojením na síť	156
10.3	Brzdění cize buzených motorů	159
10.3.1	Brzdění protiproudem	159
10.3.2	Brzdění generátorické	159
10.3.3	Brzdění do odporu	160
10.4	Řízení rychlosti	161
10.4.1	Řízení rychlosti napětím kotvy motoru	161
10.4.2	Řízení rychlosti budícím tokem	162
10.5	Leonardova skupina	166
10.6	Dvoumotorový pohon	169
10.6.1	Paralelní spojení dvou cize buzených stejnosměrných motorů	169
10.6.2	Sériové spojení dvou cize buzených stejnosměrných motorů	171
11.	<u>Stejnoseměrné sériové motory</u>	172
11.1	Úvod	172
11.2	Spouštění	173
11.3	Řízení rychlosti	173
11.3.1	Řízení rychlosti odporem paralelně k budícímu vinutí	174

11.3.2	Rízení rychlosti odporem paralelně ke kotvě	174
11.3.3	Sériový motor napájený sériovým dynamem	175
11.4	Brzdění	176
11.4.1	Brzdění protiproudem	176
11.4.2	Brzdění do odporu	177
11.4.3	Rekupační brzdění	179
12.	<u>Vlastnosti a spojení řízených usměrňovačů</u>	179
12.1	Komutace proudu	179
12.2	Střídačový chod	182
12.3	Jalový výkon	183
12.3.1	Řídicí jalový výkon	184
12.3.2	Komutační jalový výkon	186
12.3.3	Zlepšení účinnku	186
12.4	Vliv polovodičových měničů na motor a na elektrickou síť	188
12.4.1	Zvlnění stejnosměrného napětí	188
12.4.2	Vyšší harmonické síťového proudu	189
12.4.3	Vlivy měničů na motor	190
12.4.4	Vlivy na elektrickou síť	193
12.5	Spojení usměrňovačů ve stejnosměrných pohonech	194
12.5.1	Jednofázové můstkové spojení	194
12.5.2	Trojfázové můstkové spojení	197
12.5.3	Složené spojení	201
13.	<u>Stejnoseměrné pohony jednosměrné</u>	204
13.1	Napájení obvodu kotvy	204
13.1.1	Zatěžovací charakteristika měniče	204
13.1.2	Mechanická charakteristika pohonu	205
13.1.3	Vyhlažovací tlumivka	209
13.2	Napájení budícího obvodu	210
14.	<u>Stejnoseměrné pohony reverzační</u>	211
14.1	Reverzační pohony jednoměničové	212
14.1.1	Reverzace s přepínáním v obvodu kotvy	212
14.1.2	Reverzace s přepínačem v obvodu buzení	212
14.2	Reverzační pohony dvouměničové	213
14.2.1	Princip	213
14.2.2	Okruhový proud	213
14.2.3	Reverzační dvouměničové skupiny bez okruhových proudů	216
14.2.4	Reverzační dvouměničové skupiny s okruhovými proudy	218
14.2.5	Antiparalelní spojení v budícím obvodu	220
15.	<u>Stejnoseměrné pohony s pulsními měniči</u>	221
15.1	Jednokvadrantový měnič s $i > 0$	221
15.2	Brzdění stejnosměrných pohonů s pulsními měniči	223
15.2.1	Rekupační brzdění	223
15.2.2	Brzdění do odporu	226
15.3	Vícekvadrantové spojení	226
15.3.1	Dvoukvadrantový pulsní měnič	227
15.3.2	Čtyřkvadrantový měnič	228
15.4	Komutace pulsních měničů	229
15.4.1	Zapínací proces	230
15.4.2	Vypínací proces	231
C. ELEKTRICKÉ STŘÍDAVÉ POHONY		
16.	<u>Asynchronní motory</u>	233
16.1	Základní vlastnosti	233
16.1.1	Náhradní schéma	233
16.1.2	Rotorový proud	235
16.1.3	Statorový proud	237
16.1.4	Výkony	238
16.1.5	Moment a mechanická charakteristika	239
16.1.6	Vliv vyšších harmonických	242
16.1.7	Energetičtí ukazatelé	242

16.2	Spouštění asynchronních motorů	245
16.2.1	Přímé spouštění	245
16.2.2	Elektromagnetické přechodné děje	246
16.2.3	Spouštění přepínáním hvězda - trojúhelník	249
16.2.4	Spouštění spouštěcím transformátorem	251
16.2.5	Spouštění statorovým spouštěčem	252
16.2.6	Spouštění rozbohovým motorem	255
16.2.7	Nesymetrický rotorový spouštěč	256
16.3	Brzdění asynchronních motorů	257
16.3.1	Brzdění stejnosměrným proudem	257
16.3.2	Brzdění protiproudem	264
16.4	Řízení rychlosti asynchronních motorů	264
16.4.1	Řízení rychlosti změnou počtu pólů	265
16.4.2	Řízení rychlosti napětím	269
16.4.3	Kmitočtové řízení rychlosti	273
17.	<u>Synchronní motory</u>	278
17.1	Základní vlastnosti	278
17.1.1	Chod při $M=k$, $I_b = \text{var}$	279
17.1.2	Chod při $I_b = k$, $M = \text{var}$	280
17.2	Přechodné děje synchronních motorů	280
17.2.1	Přechodný děj při změně zatížení	280
17.2.2	Přechodný děj při synchronizaci	282
17.3	Metody spouštění synchronních motorů	285
17.3.1	Spouštění tlumivkou	285
17.3.2	Spouštění autotransformátorem	286
17.3.3	Spouštění přepínáním z hvězdy do trojúhelníka	287
17.3.4	Zapojení budicího obvodu	287
18.	<u>Trojfázové komutátorové motory</u>	288
18.1	Řízení rychlosti a účinníku	288
18.2	Trojfázový derivační motor rotorově napájený	290
18.3	Trojfázový derivační motor statorově napájený	291
19.	<u>Měníče kmitočtu pro řízení rychlosti střídavých motorů</u>	292
19.1	Komutační obvody střídačů	292
19.2	Řízení rychlosti asynchronních motorů	296
19.2.1	Asynchronní pohon s měničem kmitočtu amplitúdově řízeným	296
19.2.2	Asynchronní pohon s měničem kmitočtu pulsně řízeným	297
19.3	Řízení rychlosti synchronních motorů	298
19.3.1	Pohon s ventilovým motorem	299
20.	<u>Asynchronní kaskády</u>	301
20.1	Řízení rychlosti	302
20.2	Mechanické charakteristiky	303
20.3	Rídící rozsah	305
20.4	Jalový výkon	306
20.5	Dimenzování prvků kaskády	307
20.5.1	Vyhlažovací tlumivka	308
20.5.2	Asynchronní motor	309
20.5.3	Diodový usměrňovač	310
20.5.4	Střídač	310
21.	<u>Elektrický hřídel</u>	311
21.1	Elektrický vyrovnávací hřídel	311
21.1.1	Momenty elektrického vyrovnávacího hřídele	312
21.1.2	Energetika elektrického hřídele	317
21.2	Pracovní elektrický hřídel	319
21.3	Zjednodušený pracovní hřídel	320
21.4	Synchronizace elektrického hřídele	322
Literatura	324