

OBSAH

SEZNAM ZNAČEK	9
SEZNAM INDEXŮ	14
ÚVOD	15
1. ZÁKLADNÍ POJMY	17
1.1. Pojetí elektrických pohonů	17
1.2. Metody studia systémů elektrických pohonů	18
1.3. Vzájemné vztahy mezi částmi elektrického pohonu	21
1.4. Požadavky na elektrický pohon	23
1.5. Třídění elektrických pohonů	23
1.6. Názvosloví	26
2. POHYBOVÁ ROVNICE	27
2.1. Typy pohybových rovnic	27
2.2. Metody sestavování pohybových rovnic	30
2.2.1. Metoda uvolňování	30
2.2.2. Metoda Lagrangeových rovnic II. druhu	31
2.2.3. Metoda redukce sil a hmotností	34
2.2.4. Metoda mechanicko-elektrických obvodů	35
2.3. Mechanické vlastnosti pohonu	36
2.3.1. Mechanické charakteristiky motorů	36
2.3.2. Mechanické charakteristiky pracovních mechanismů	42
2.3.3. Pracovní režimy pohonů	49
2.3.4. Statická stabilita pohonu	54
2.4. Spojení motoru s pracovním mechanismem	55
2.4.1. Tuhé spojení	55
2.4.2. Pružné spojení	56
2.4.3. Spojení s převodem	59
2.4.4. Spojení třením	61
3. ELEKTROMECHANICKÉ PŘECHODNÉ DĚJE	64
3.1. Řešení pohybové rovnice	64
3.1.1. Řešení při stálém dynamickém momentu	64
3.1.2. Řešení při lineárně závislém dynamickém momentu	65
3.1.3. Řešení při nelineárním dynamickém momentu	67
3.2. Kinematika elektrického pohonu	71
3.2.1. Druhy pohybů	71
3.2.2. Pracovní diagramy kinematických veličin	73
3.2.3. Fázové trajektorie pohybu	75
3.3. Spouštění pohonu	76
3.3.1. Spouštění změnou parametrů obvodu motoru při lineárním dynamickém momentu	77
3.3.2. Spouštění spojitým nárůstem napájecí veličiny	78

3.4.	Brzdění pohonu	81
3.4.1.	Brzdění pohonu změnou parametru obvodu motoru	81
3.4.2.	Brzdění spojitou změnou napájecí veličiny	82
3.5.	Mechanické přechodné děje při různých časových změnách zatížení	84
3.5.1.	Ojedinelý momentový ráz	84
3.5.2.	Cyklické zatížení	86
3.5.3.	Vicestupňové zatížení s konstantním, po úsecích proměnlivým momentem	87
3.5.4.	Mechanické přechodné děje soustavy s pružnou mechanickou vazbou	87
4.	ZTRÁTY V ELEKTRICKÉM POHONU	89
4.1.	Ztráty v ustálených stavech motorů	90
4.1.1.	Ztráty při chodu na přirozených charakteristikách	90
4.1.2.	Ztráty při chodu na řídicích charakteristikách	92
4.2.	Ztráty při přechodných dějích	97
4.2.1.	Ztrátová energie při chodu naprázdno	98
4.2.2.	Ztrátová energie při přechodných dějích se zatížením	100
4.2.3.	Zmenšení ztrátové energie při přechodných dějích	101
5.	URČENÍ VÝKONU MOTORU	104
5.1.	Obecně k volbě typové velikosti motoru	104
5.2.	Tepebné vlastnosti motorů	109
5.3.	Metody tepelné ekvivalence	111
5.3.1.	Metoda ekvivalentních ztrát	111
5.3.2.	Metoda ekvivalentního proudu	114
5.3.3.	Metoda ekvivalentního momentu	117
5.3.4.	Metoda ekvivalentního výkonu	119
5.4.	Metody tepelné přetížitelnosti	120
5.4.1.	Určení výkonu motoru při krátkodobém chodu	120
5.4.2.	Určení výkonu motoru při přerušovaném chodu a zatížení	124
5.5.	Metoda tepelné rovnováhy	127
5.6.	Určení výkonu motoru pro rázové zatížení	129
5.7.	Vliv teploty okolí	131
6.	POZNÁMKY K ŘÍZENÍ ELEKTRICKÝCH POHONŮ	133
6.1.	Struktury regulačních pohonů	133
6.2.	Metody řešení struktur regulačních obvodů elektrických pohonů	137
7.	POHONY SE STEJNOSMĚRNÝMI MOTORY S CIZÍM BUZENÍM	142
7.1.	Matematický model motoru	142
7.2.	Matematický model usměrňovače	149
7.3.	Matematický model pohonu	153
7.4.	Řízení rychlosti pohonu	154
7.4.1.	Řízení rychlosti napětím kotvy	154
7.4.2.	Řízení rychlosti budícím proudem	157
7.5.	Řízení pohonu s jedním měničem	158
7.6.	Řízení pohonu s měničovou skupinou	164
7.6.1.	Řízení měničů s okruhovými proudy	165
7.6.2.	Měničové skupiny	169
7.7.	Regulace rychlosti	172
7.7.1.	Podřazená proudová regulační smyčka	172
7.7.2.	Regulace rychlosti napětím kotvy motoru	176

7.7.3.	Struktury regulace rychlosti reverzačních pohonů	179
7.8.	Regulace polohy	183
7.8.1.	Sledovací regulace polohy	184
7.8.2.	Cílová regulace polohy	185
7.9.	Přifazení měniče k motoru	188
7.9.1.	Proudové dimenzování tyristorů a diod	188
7.9.2.	Napěťové dimenzování tyristorů a diod	193
7.9.3.	Určení typového výkonu transformátoru	193
7.10.	Vliv usměrňovače na motor	194
7.10.1.	Zvlnění usměrňovacího napětí	194
7.10.2.	Zvlnění usměrňovacího proudu	196
7.10.3.	Dimenzování tlumivek	197
8.	POHONY SE STEJNOSMĚRNÝMI MOTORY SE SÉRIOVÝM BUZENÍM	199
8.1.	Matematický model motoru	199
8.2.	Spouštění	203
8.2.1.	Spouštění odporovým spouštěčem v obvodu kotvy	203
8.2.2.	Spouštění zvyšováním napětí	205
8.3.	Brzdění	206
8.3.1.	Protiproudové brzdění	206
8.3.2.	Brzdění do rezistoru	208
8.4.	Řízení rychlosti	211
8.4.1.	Řazení do hospodárných skupin	211
8.4.2.	Rezistor paralelně ke kotvě	211
8.4.3.	Řízení rychlosti odbuzováním	213
8.5.	Reverzace	214
9.	POHONY S PULSNÍMI MĚNIČI	216
9.1.	Pulsní měniče	216
9.1.1.	Jednokvadrantové pulsní měniče pro práci v prvním kvadrantu	219
9.1.2.	Jednokvadrantové rekuperační pulsní měniče	221
9.1.3.	Dvoukvadrantové pulsní měniče pro obě polaroty proudu	222
9.1.4.	Dvoukvadrantové pulsní měniče pro obě polaroty napětí	223
9.1.5.	Čtyřkvadrantové pulsní měniče	226
9.2.	Matematický model pulsního měniče	226
9.3.	Způsoby řízení pulsních měničů	227
9.4.	Zatěžovací charakteristiky pohonu s pulsním měničem	229
9.4.1.	Jednokvadrantový pulsní měnič pro práci v prvním kvadrantu	229
9.4.2.	Jednokvadrantový rekuperační pulsní měnič	232
9.4.3.	Dvoukvadrantový pulsní měnič pro obě polaroty proudu	234
9.4.4.	Dvoukvadrantový pulsní měnič pro obě polaroty napětí	234
9.4.5.	Čtyřkvadrantový pulsní měnič	235
9.5.	Pohony s paralelním řazením pulsních měničů s přesazeným řízením	236
9.6.	Struktury regulace pohonů s pulsními měniči	237
9.7.	Určení parametrů filtru a vyhlazovací tlumivky pohonu s-pulsním měničem	239
10.	POHONY S ASYNCHRONNÍMI MOTORY	242
10.1.	Matematický model asynchronního motoru	242
10.2.	Statické vlastnosti	249
10.2.1.	Motor napájený ze zdroje konstantního napětí a frekvence	250
10.2.2.	Motor napájený ze zdroje konstantního proudu a frekvence	256

10.3.	Spouštění	257
10.3.1.	Spouštění přímým připojením na síť	258
10.3.2.	Spouštění sníženým napětím	258
10.3.3.	Spouštění impedancí v rotoru	262
10.4.	Brzdění a reverzace	266
10.4.1.	Protiproudové brzdění	266
10.4.2.	Rekuperační brzdění	268
10.4.3.	Brzdění stejnosměrným proudem	268
10.4.4.	Brzdění v jednofázovém spojení	273
10.5.	Řízení rychlosti	273
10.5.1.	Řízení rychlosti změnou počtu pólových dvojic	273
10.5.2.	Řízení rychlosti změnou napětí statoru	277
10.5.3.	Asynchronní kaskády	280
10.5.4.	Řízení rychlosti změnou frekvence	285
10.5.5.	Vektorově orientované řízení	299
11.	POHONY SE SYNCHRONNÍMI MOTORY	304
11.1.	Matematický model synchronního motoru	304
11.2.	Základní vlastnosti v ustáleném stavu	308
11.2.1.	Elektromagnetický moment	308
11.2.2.	Chování synchronního motoru při změně budicího proudu	309
11.3.	Přechodné děje	310
11.3.1.	Elektromechanický přechodný děj při změně zatížení	311
11.3.2.	Přechodný děj při synchronizaci	312
11.4.	Budicí soustavy synchronních motorů	313
11.5.	Spouštění	315
11.5.1.	Spouštění zvětšenou reaktancí	316
11.5.2.	Spouštění autotransfornátorem	317
11.6.	Brzdění	318
11.7.	Řízení rychlosti	319
11.8.	Vektorově orientované řízení	326
11.9.	Struktury regulace rychlosti	327
12.	MNOHOMOTOROVÉ POHONY	331
12.1.	Elektrická vazba	333
12.1.1.	Polohová a rychlostní synchronizace regulačními prostředky	333
12.1.2.	Synchronizace elektrickým hřídelem	334
12.2.	Tuhá mechanická vazba	341
12.3.	Poddajná mechanická vazba	344
12.3.1.	Pružná mechanická vazba	344
12.3.2.	Navíječky	348
12.3.3.	Plastická mechanická vazba	350
	LITERATURA	353
	NORMY	354
	REJSTŘÍK	355