

O B S A H

PREDHOVOR	1
OBSAH	2
1. ÚVOD	8
1.1 ELEKTRICKÝ POHON AKO SYSTÉM	8
1.2 POŽIADAVKY A KLASIFIKÁCIA EL. POHONOV	9
1.3 ZÁKLADNÁ STAVBA ELEKTRICKÉHO POHONU	9
1.3.1 Moment motora	10
1.3.2 Zátťažový moment	11
1.3.2.1 Zátťažový moment závislý od uhlovej rýchlosti	11
1.3.2.2 Zátťažový moment závislý na uhle pootočenia	14
1.3.2.3 Zátťažový moment závislý od času	14
1.3.3 Moment dynamický	16
2. MECHANIKA ELEKTRICKÉHO POHONU	17
2.1 ZÁKLADNÉ POHYBOVÉ ROVNICE	17
2.2 PREPOČET MOMENTOV NA HRIADEĽ MOTORA	20
2.3 PRACOVNÉ REŽIMY POHONOV	24
2.4 MECHANICKÉ PRECHODNÉ DEJE	26
3. VÝKONOVÉ POLOVODIČOVÉ MENIČE	30
3.1 ZÁKLADNÉ POJMY	30
3.2 VÝKONOVÉ POLOVODIČOVÉ SÚČIASTKY	31
3.2.1 Dióda	31
3.2.1.1 Voltampérová charakteristika	32
3.2.1.2 Dynamické parametre diódy	33
3.2.2 Tyristor	34
3.2.2.1 Voltampérová charakteristika tyristora	35
3.2.2.2 Dynamické parametre tyristora	37
3.2.2.3 Tyristory so zvláštnymi vlastnosťami a parametrami	40
3.2.3 Ostatné druhy tyristorov	41

3.2.3.1	Vypínací tyristor	41
3.2.3.2	Spätne priepustný tyristor	43
3.2.4	Triak	44
3.2.5	Výkonový bipolárny tranzistor	45
3.2.6	Výkonový MOSFET tranzistor	52
3.2.7	Bezpotenciálové moduly	53
3.2.8	Trendy vo vývoji nových polovodičových súčiastok	54
3.3	USMERŇOVAČE	55
3.3.1	Jednofázový jednoimpulzový riadený usmerňovač	57
3.3.2	Trojfázový uzlový usmerňovač	68
3.3.3	Hodnoty usmernených veličín p- impulzového usmerňovača	70
3.3.4	Mostíkové zapojenia usmerňovačov	76
3.3.4.1	Jednofázový mostíkový usmerňovač	77
3.3.4.2	Trojfázový mostíkový usmerňovač	78
3.3.5	Pomery v sústave riadený usmerňovač - jednosmerný motor	81
3.3.6	Usmerňovač v striedačovom režime	82
3.3.7	Riadiaca a zaťažovacia charakteristika meniča	85
3.3.8	Štvorkvadrantové usmerňovače	87
3.4	STRIEDAVÉ MENIČE NAPÄTIA	90
3.4.1	Jednofázový striedavý menič napätia	90
3.4.2	Trojfázové meniče napätia	92
3.5	JEDNOSMERNÉ MENIČE	93
3.5.1	Jednosmerný polovodičový spínač	95
3.5.1.1	Tyristorový spínač	95
3.5.1.2	Tranzistorový spínač	96
3.5.1.3	Spínač s GTO tyristorom	105
3.5.2	Znižovací impulzový menič	107
3.5.3	Zvyšovací impulzový menič	111
3.5.4	Vlaskvadrantové impulzové meniče	113
3.5.5	Spôsoby riadenia impulzových meničov	115
3.6	NEPRIAME MENIČE FREKVENCIE	117
3.6.1	Nepriame meniče frekvencie s napätiovým striedačom	117
3.6.1.1	Riadenie výstupného napätia striedačov	118

3.6.1.2	Napät'ové striedače	121
3.6.2	Nepriame meniče frekvencie s prúdovým striedačom	125
3.6.2.1	Trojfázový prúdový striedač	126
3.6.2.2	Komutačné obvody prúdových striedačov	128
3.7	PRIAME MENIČE FREKVENCIE	129
4.	JEDNOSMERNÉ ELEKTRICKÉ POHONY S MOTORMI S CUDZÍM BUDENÍM	134
4.1	MECHANICKÉ CHARAKTERISTIKY	134
4.2	SPÚŠŤANIE MOTOROV	137
4.2.1	Odporové spúšťanie	137
4.2.2	Priame pripojenie na sieť	139
4.3	RIADENIE UHLOVEJ RÝCHLOSTI	141
4.3.1	Riadenie uhlovej rýchlosti napätím kotvy	141
4.3.1.1	Jednosmerný pohon napájaný z riadeného usmerňovača	141
4.3.1.2	Jednosmerný pohon napájaný z meniča jednosmerného napätia	146
4.3.2	Riadenie uhlovej rýchlosti budiacim tokom	150
4.3.3	Leonardovo sústrojenstvo	153
4.4	BRZDENIE MOTOROV	154
4.4.1	Generátorické brzdenie	155
4.4.2	Brzdenie do odporu	156
4.4.3	Brzdenie protiprúdom	157
4.5	MATEMATICKÝ MODEL JEDNOSMERNÉHO MOTORA S CUDZÍM BUDENÍM	158
5.	JEDNOSMERNÉ ELEKTRICKÉ POHONY S MOTORMI SO SÉRIOVÝM BUDENÍM	160
5.1	MECHANICKÉ CHARAKTERISTIKY	160
5.2	SPÚŠŤANIE SÉRIOVÉHO MOTORA	161
5.2.1	Odporové spúšťanie	162
5.2.2	Spúšťanie zmenou napájacieho napätia	163
5.3	RIADENIE UHLOVEJ RÝCHLOSTI	164
5.3.1	Riadenie zmenou napätia	164
5.3.2	Riadenie zmenou magnetického toku	164

5.3.3	Riadenie odporom pripojeným paralelne ku kotve	165
5.3.4	Napájanie sériového motora zo sériového generátora	166
5.4	BRZDENIE	167
5.4.1	Brzdenie reverzáciou	167
5.4.2	Brzdenie do odporu	168
5.4.3	Brzdenie protiprúdom	170
6.	POHONY S ASYNCHRÓNNYMI MOTORMI	172
6.1	ZÁKLADNÉ ROVNICE	172
6.2	SPÚŠŤANIE ASYNCHRÓNNYCH MOTOROV	174
6.2.1	Priame pripojenie na sieť	174
6.2.2	Prepínanie hviezda - trojuholník	176
6.2.3	Spúšťanie pomocou transformátora	179
6.2.4	Symetrický statorový spúšťač	180
6.2.5	Nesymetrický statorový spúšťač	183
6.2.6	Spúšťanie s rozbehovým motorom	185
6.2.7	Odporové spúšťanie	186
6.3	RIADENIE UHLOVEJ RÝCHLOSTI ASYNCHRÓNNYCH MOTOROV	189
6.3.1	Riadenie uhlovej rýchlosti zmenou počtu pólov	189
6.3.2	Skľzové riadenie uhlovej rýchlosti	193
6.3.2.1	Asynchrónne kaskády	196
6.3.3	Frekvenčné riadenie uhlovej rýchlosti	198
6.3.4	Vektorové riadenie uhlovej rýchlosti	203
6.4	BRZDENIE ASYNCHRÓNNYCH MOTOROV	207
6.4.1	Brzdenie do siete	207
6.4.2	Brzdenie protiprúdom	208
6.4.3	Brzdenie dynamické	209
7.	ELEKTRICKÉ POHONY SO SYNCHRÓNNYMI MOTORMI	211
7.1	ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI	211
7.2	PRECHODOVÉ DEJE	212
7.3	SPÚŠŤANIE SYNCHRÓNNYCH MOTOROV	215
7.3.1	Spúšťanie tlmivkou	215

7.3.2	Spúšťanie autotransformátorom	216
7.3.3	Spúšťanie prepínaním statorového vinutia hviezda - trojuholník	217
7.4	ZAPOJENIE BUDIACICH OBVODOV	218
7.5	RIADENIE UHLOVEJ RÝCHLOSTI SYNCHRÓNNYCH MOTOROV	218
7.5.1	Frekvenčne vektorovo orientované riadenie	219
7.5.2	Ventilový motor	221
7.5.2.1	Princíp činnosti	222
7.5.2.2	Charakteristiky synchronného ventilového motora	224
7.5.2.3	Princíp činnosti ventilového synchronného motora napájaného priamym meničom frekvencie	228
7.6	BRZDENIE SYNCHRÓNNYCH MOTOROV	229
8.	ENERGETIKA ELEKTRICKÝCH POHONOV	230
8.1	OTEPLŔOVANIE A OCHLADZOVANIE ELEKTRICKÉHO MOTORA PRI ČASOVO NEPREMENNÝCH STRATÁCH	230
8.2	DRUHY ZAŤAŽENIA	233
8.2.1	Trvalé zaťaženie S1	233
8.2.2	Krátkodobý chod S2	234
8.2.3	Prerušovaný chod S3	234
8.2.4	Prerušovaný chod s rozbehom S4	235
8.2.5	Prerušovaný chod s rozbehom a elektrickým brzdením S5	236
8.2.6	Prerušované zaťaženie S6	236
8.2.7	Prerušované zaťaženie s reverzačnou prevádzkou	237
8.2.8	Prerušované zaťaženie so zmenou uhlovej rýchlosti	237
8.3	VOĽBA MOTORA PRI MENIACOM SA ZAŤAŽENÍ	237
8.3.1	Návrh motora na stredné straty	238
8.3.2	Návrh na ekvivalentný prúd, moment a výkon.	242
8.4	STRATY ENERGIE V PRECHODNÝCH DEJOCH	245
8.4.1	Jednosmerný motor s cudzím budením	246
8.4.2	Trojfázový asynchrónny motor	247

9.	SPÄTNÝ VPLYV POLOVODIČOVÝCH MENIČOV NA NAPÁJACIU SIETĚ	249
9.1	ÚČINNÍK MENIČÁ	249
9.2	JALOVÝ VÝKON USMERŇOVAČOV	251
9.3	KOMPENZÁCIA JALOVÉHO VÝKONU MENIČOV	254
10.	ŠTRUKTURÁLNE SCHÉMY REGULOVANÝCH POHONOV	257
10.1	JEDNOSMERNÉ REGULOVANÉ POHONY	257
10.1.1	Regulácia uhlovej rýchlosti	257
10.1.2	Regulácia polohy	262
10.2	STRIEDAVÉ REGULOVANÉ POHONY	266
10.2.1	Regulácia rýchlosti s asynchrónnymi motormi	266
10.2.2	Regulácia rýchlosti synchrónnych motorov	274
	Použitá označenia	282
	Literatúra	284