

17. OBSAH

1.	Úvod	3
1.1	Místo elektrického pohonu v elektroenergetice	3
1.2	Definice elektrického pohonu	4
1.3	Výhody a nevýhody elektrického pohonu	5
1.3.1.	Výhody elektrického pohonu:	5
1.3.2.	Nevýhody elektrického pohonu:	5
1.4	Třídění elektrických pohonů	5
2.	Mechanika elektrického pohonu	8
2.1	Pohybová rovnice	8
2.2	Metoda redukce sil a hmotností	9
2.3	Metoda uvolňování	11
2.4	Moment hnací	13
2.5	Moment zátěžný	14
2.5.1.	Hoblovková charakteristika	15
	Hoblovková charakteristika je charakteristika, pro kterou je $a=0$, $k_i=0$, $b_i = b_0$. Potom dosazením do (2.39) dostaneme	15
2.5.2.	Kalandrová charakteristika	16
2.5.3.	Ventilátorová charakteristika	16
2.5.4.	Navíječková charakteristika	16
2.6	Moment dynamický	17
2.7	Rozbor pracovních stavů pohonu	19
3.	Elektromechanické přechodné děje	21
3.1	Statická stabilita pohonu	21
3.2	Stanovení doby rozběhu pro jednoduché případy	24
3.2.1.	$M_d = \text{konst.}$	24
3.2.2.	$M_d = K * (\Omega - \Omega_0)$	24
3.2.3.	$M_d = K * (1 - ((\Omega - \Omega_0) / (\Omega_\infty - \Omega_0))^2)$	25
3.2.4.	Rozběh asynchronního motoru s konstantním zatěžovacím momentem	26
3.3	Obecné řešení elektromechanického přechodného děje	27
3.3.1.	Metoda numerické integrace	27
3.3.2.	Metoda grafické integrace	28
3.4	Normální doba rozběhu	29
4.	Ztrátová energie a ztráty v elektrickém pohonu	30
4.1	Ztráty při ustáleném chodu	31
4.2	Ztráty při přechodných dějích	32
4.2.1.	Ztráty při přechodných dějích bez zatěžovacího momentu	33
4.2.2.	Ztráty při přechodných dějích se zátěžným momentem	34
4.2.3.	Zmenšení ztrát při přechodných dějích	34
5.	Dimenzování elektrických pohonů	35
5.1	Určení štítkových výkonů jednotlivých komponentů	35
5.2	Tepelné chování komponentů pohonu v přechodných stavech	36
5.3	Druhy zatížení	38
5.3.1.	Trvalé zatížení - S1	38
5.3.2.	Krátkodobý chod - S2	39
5.3.3.	Přerušovaný chod - S3	41

5.3.4.	Přerušované zatížení - S6	42
5.3.5.	Přerušovaný chod se spínacími ztrátami při rozběhu - S4	42
5.3.6.	Přerušovaný chod se spínacími ztrátami při rozběhu a elektrickém brzdění - S5 ..	42
5.3.7.	Přerušované zatížení se spínacími ztrátami při změně rychlosti - S7	42
5.3.8.	Přerušované zatížení se spínacími ztrátami při reverzacích - S8	43
5.4	Metody ekvivalentních veličin	43
5.4.1.	Metoda středních ztrát	44
5.4.2.	Metoda ekvivalentního momentu	45
5.4.3.	Metoda ekvivalentního proudu	45
5.4.4.	Metoda ekvivalentního výkonu	45
5.5	Dimenzování při rázovém zatížení	46
5.6	Vliv pracovního prostředí na dimenzování motoru	47
6.	Řízení elektrických pohonů	48
6.1	Základní pojmy	48
6.2	Logické řízení	49
6.2.1.	Postup při zpracování úlohy logického řízení	49
6.2.2.	Typy schémat a obvodů logického řízení	51
6.3	Spojité řízení	52
6.4	Analýza regulačních soustav	55
6.5	Přenosy bloků užívaných v elektrických pohonech	57
6.5.1.	Proporcionální člen - blok	57
6.5.2.	Zpožďující člen prvního řádu	57
6.5.3.	Zpožďující člen druhého řádu	58
6.5.4.	Zpožďující člen n -tého řádu	59
6.5.5.	Integrační člen	59
6.5.6.	Derivační člen	60
6.5.7.	Dopravní zpoždění	60
6.5.8.	Proporcionálně - integračně - derivační (PID) člen	61
6.5.9.	Blok "Rampa"	62
6.5.10.	Nelinearity	62
6.6	Řešení složitých regulačních soustav	64
6.6.1.	Sériové zapojení několika přenosů	64
6.6.2.	Paralelní zapojení několika přenosů	64
6.6.3.	Zpětnovazební zapojení přenosů	65
6.6.4.	Statické chování regulační soustavy	66
6.6.5.	Dynamické chování soustav	66
6.7	Nastavování a optimalizace regulátorů	68
6.8	Značky pro bloková schémata regulačních soustav	71
7.	Pohony se stejnosměrnými cize buzenými motory	72
7.1	Stejnosměrný motor s cizím buzením	72
7.1.1.	Obvodové schéma	72
7.1.2.	Matematický model	73
7.1.3.	Přenos stejnosměrného motoru s cizím buzením	74
7.1.4.	Blokové schéma stejnosměrného motoru s konstantním buzením	74
7.1.5.	Statické charakteristiky stejnosměrného motoru s cizím buzením	75
7.1.6.	Rozběh stejnosměrného cize buzeného motoru	76
7.1.7.	Brzdění stejnosměrného cize buzeného motoru	78
7.1.8.	Řízení úhlové rychlosti Ω	80

7.2	Řízený zdroj stejnosměrného napájecího napětí	81
7.2.1.	Obvodové schéma	81
7.2.2.	Matematický model.....	82
7.2.3.	Přenos	84
7.2.4.	Blokové schéma	86
7.2.5.	Statické charakteristiky	87
7.3	Napájení stejnosměrného cize buzeného motoru z tyristorového usměrňovače	88
7.3.1.	Napájení z nereverzačního tyristorového usměrňovače.....	88
7.3.2.	Napájení z nereverzačního tyristorového usměrňovače se stykačovou reverzací v budicím obvodě.....	90
7.3.3.	Napájení z nereverzačního tyristorového usměrňovače se stykačovou reverzací v obvodu kotvy.....	91
7.3.4.	Napájení z nereverzačního tyristorového usměrňovače s reverzačním usměrňovačem v budicím obvodě.....	92
7.3.5.	Napájení z reverzačního tyristorového usměrňovače a s konstantním budicím proudem 93	
7.4	Dimenzování jednotlivých silových komponent pohonu	95
7.4.1.	Určení technických údajů motoru	96
7.4.2.	Určení parametrů vyhlazovací tlumivky	96
7.4.3.	Volba a základní dimenzování napájecího usměrňovače.....	98
7.4.4.	Volba a základní dimenzování transformátoru	99
7.5	Regulátor pohonu se stejnosměrným cize buzeným motorem	101
7.5.1.	Blokové schéma regulace nereverzačního pohonu	101
7.5.2.	Blokové schéma regulace reverzačního pohonu s reverzací v buzení	102
7.5.3.	Blokové schéma regulace reverzačního pohonu s reverzací v obvodu kotvy bez okruhových proudů	103
7.5.4.	Blokové schéma regulace reverzačního pohonu s reverzací v obvodu kotvy s okruhovými proudy	103
7.5.5.	Blokové schéma regulace reverzačního pohonu s reverzací v obvodu kotvy s odbuzováním.....	104
8.	Pohony se stejnosměrnými sériově buzenými motory	106
8.1	Stejnoseměrný motor se sériovým buzením	107
8.1.1.	Obvodové schéma	107
8.1.2.	Matematický model.....	107
8.1.3.	Přenos stejnosměrného motoru se sériovým buzením	108
8.1.4.	Blokové schéma stejnosměrného motoru se sériovým buzením.....	109
8.1.5.	Statické charakteristiky stejnosměrného motoru se sériovým buzením.....	109
8.1.6.	Rozběh stejnosměrného sériově buzeného motoru	114
8.1.7.	Brzdění stejnosměrného sériově buzeného motoru.....	116
8.1.8.	Řízení úhlové rychlosti Ω	118
8.1.9.	Reverzace úhlové rychlosti Ω	119
8.2	Řízený zdroj stejnosměrného napájecího napětí	119
8.2.1.	Obvodové schéma	119
a)	Stejnoseměrné dynamo	119
8.3	Dimenzování jednotlivých silových komponent pohonu	122
8.3.1.	Základy dimenzování vyhlazovací tlumivky L_{dp}	123
8.3.2.	Základy dimenzování filtrační tlumivky L_f a filtračního kondenzátoru C_f	123

8.4	Regulátor pohonu se stejnosměrným sériově buzeným motorem.....	125
8.4.1.	Blokové schéma regulace pohonu vozidla MHD.....	125
8.4.2.	Blokové schéma regulace pohonu lokomotivy	126
9.	Pohony s asynchronními motory.....	127
9.1	Asynchronní motor	127
9.1.1.	Matematický model třífázového asynchronního motoru	127
b)	Sestavení základních rovnic	129
9.1.2.	Obvodové schéma asynchronního motoru	134
9.1.3.	Přenos asynchronního motoru	134
9.1.4.	Náhradní obvodové schéma pro sinusové napájení v ustáleném stavu.....	134
9.1.5.	Statické charakteristiky asynchronního motoru	136
9.1.6.	Rozběh asynchronních motorů.....	138
9.1.7.	Brzdění asynchronních motorů	143
9.1.8.	Řízení otáčivé rychlosti asynchronních motorů	145
9.2	Řízený zdroj střídavého napájecího napětí	155
9.2.1.	Obvodové schéma	155
9.2.2.	Matematický model.....	157
9.2.3.	Přenos.....	161
9.3	Regulační struktury střídačů	161
9.3.1.	Skalární metoda řízení.....	161
9.3.2.	Vektorově orientovaná metoda řízení	162
9.3.3.	Přímé řízení momentu	164
9.3.4.	Asynchronní ventilový pohon	166
10.	Pohony se synchronními motory.....	170
10.1	Synchronní motor	170
10.1.1.	Matematický model třífázového synchronního motoru	170
10.1.2.	Obvodové schéma synchronního motoru	172
10.1.3.	Přenos synchronního motoru.....	172
10.1.4.	Statické charakteristiky	172
10.1.5.	Asynchronní rozběh synchronního motoru	175
10.1.6.	Frekvenční rozběh synchronního motoru.....	178
10.2	Budicí soustavy	178
10.2.1.	Budicí soustava s rotačním budičem na hřídeli.....	179
10.2.2.	Budicí soustava s diodovým usměřňovačem	179
10.2.3.	Statická budicí soustava s tyristorovým usměřňovačem.....	180
10.2.4.	Budicí kompaundační soustava.....	180
10.2.5.	Střídavý budič a rotující usměřňovač.....	181
10.2.6.	Rotační transformátor a diodový usměřňovač	181
10.2.7.	Budicí soustava s budičem s protiběžným polem	182
10.2.8.	Dimenzování budicího usměřňovače	182
10.2.9.	Blokové schéma standardní regulační části budicí soustavy	182
10.3	Měníče frekvence a jejich vlastnosti	183
10.3.1.	Přímý měnič frekvence.....	183
10.3.2.	Nepřímé měniče frekvence s vnější komutací.....	184
10.4	Řízení rychlosti změnou napájecí frekvence	186
10.4.1.	Synchronní generátor, poháněný turbinou s proměnnými otáčkami.....	186
10.4.2.	Synchronní generátor, poháněný jiným elektrickým motorem.....	186

10.4.3.	Polovodičový měnič frekvence s napěťovým meziobvodem.....	186
10.4.4.	Polovodičový měnič frekvence s proudovým meziobvodem	186
10.4.5.	Metody určování okamžiku vyslání zapínacího impulsu.....	186
10.4.6.	Řízení ventilového pohonu.....	189
10.4.7.	Určení počáteční polohy rotoru.....	190
10.5	Dimenzování komponentů pohonu	190
10.5.1.	Pohon s konstantními otáčkami.....	190
10.5.2.	Pohon s proměnnou rychlostí otáčení	191
11.	Elektrický hřídel	193
11.1	Elektrický vyrovnávací hřídel	194
11.2	Elektrický pracovní hřídel.....	196
11.3	Zjednodušený elektrický hřídel	197
12.	Speciální typy elektrických pohonů.....	199
12.1	Pohony s krokovými motory.....	199
12.2	Pohony s motory s permanentními magnety	200
12.2.1.	Stejnoseměrné motory s permanentními magnety (DC-motory).....	201
12.2.2.	Synchronní motory s permanentními magnety (AC-motory)	201
12.2.3.	Synchronní motory s permanentními magnety (EC motory).....	203
12.3	Pohony s reluktančními motory.....	204
12.4	Piezomotory.....	207
12.5	Pohony s lineárními motory	207
12.5.1.	Asynchronní lineární motor	208
12.5.2.	Synchronní lineární motory.....	208
13.	Uvádění elektrických pohonů do provozu.....	209
13.1	Etapy realizace zakázky.....	209
13.1.1.	Typické profesní rozdělení zaměstnanců v dodavatelské firmě.....	209
13.1.2.	Typický průběh realizace zakázky	209
13.2	Vlastní uvádění do provozu	210
13.2.1.	Chování při uvádění do provozu	210
13.2.2.	Prostředky pro uvádění do provozu	211
13.2.3.	Vlastní postup při uvádění do provozu	211
14.	Poměrné jednotky	213
15.	Závěr.....	216
16.	Seznam použité literatury.....	217
17.	Obsah	218

