

Literatura

- [1] Bašta, J.; Chládek J.; Mayer, I.: Teorie elektrických strojů. SNTL Alfa Praha 1968
- [2] Kalčík K.: Modernizace elektrického příměstského vlaku SM 488.0 (dle ČD 560) XXIX.konference o el.pohonech Plzeň 14.-16.6.2005
- [3] Lexa, V.; Bernat, F.: Ložiskové proudy v moderních pohonných systémech. Elektro, 10 (2000), č.6, s.14-16
- [4] Podrapský J.: Napájecí jednotky frekvenčních měničů Siemens. XXX.celostátní konference o elektrických pohonech. Plzeň 2007, str.160-166
- [5] Skala, B.; Žížek, F.: Měření a zkoušení elektrických zařízení : využití počítače pro řízení experimentů a sběr dat ,Skripta ZČU Plzeň 2004
- [6] Suchánek V.: DIODA, TRANZISTOR A TYRISTOR NÁZORNĚ - SNTL 1989
- [7] http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25552
- [8] http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23821
- [9] Zásady pro navrhování pohonů v souladu s požadavky EMC
<http://www.adtec.cz/cz/pohony/downloads-ep.php>
- [ARP] Zeman K.; Peroutka Z.; Janda M.: Automatická regulace pohonů s asynchronními motory. Skripta ZČU Plzeň 2004
- [ETR3] Danzer, J.: Elektrická trakce 3. Skripta ZČU Plzeň 2009
- [ETR5] Danzer, J.: Elektrická trakce 5. Skripta ZČU Plzeň 2001
- [NFR] Kůs, V. : Nízkofrekvenční rušení. Skripta ZČU Plzeň 2003
- [VE1] Vondrášek F.: Výkonová elektronika I. Svazek 1. ZČU Plzeň 1994
- [VE1] Vondrášek F.: Výkonová elektronika I. Svazek 2. ZČU Plzeň 2001
- [VE2] Vondrášek F.: Výkonová elektronika. Svazek 3. Skripta ZČU Plzeň 2003
- [VE4] Vondrášek F.; Langhammer, J.; Peroutka, A.; Měsíček J.; Molnár J.: Projektování výkonových polovodičových měničů-vybrané stati. Skripta ZČU Plzeň 2008

Obsah

Odkazy, vzorce, obrázky a grafy	3
Poznámka k poznámkám pod čarou.....	4
1. Měniče pro elektrické pohony	5
Vstupní předpoklady z předcházejícího studia („vstupní znalosti“)	5
Těžiště problematiky („nejdůležitější znalosti“).....	5
Stručný popis následujících podkapitol	5
1.1 Druhy výkonových polovodičových součástek (VPS).....	5
1.1.1 Poznámka k vypínatelným VPS	6
1.1.2 Poznámka k „obyčejným tyristorům“	7
1.1.3 Poznámka k vlastnostem VPS v „závěrném směru“.....	7
1.1.4 Spínací režim VPS	8
1.2 Druhy výkonových polovodičových měničů (VPM).....	8
1.2.1 Použití pulsních měničů	9
1.2.2 Typy a použití střídačů	10
1.2.3 Usměřňovače - typy a použití	11
1.2.4 Typy a použití měničů kmitočtu	16
1.2.5 Střídavé měniče napětí – základní vlastnosti	18

1.3	<i>Střídavé měniče napětí</i>	18
1.3.1	Použití a základní vlastnosti měničů napětí	18
1.3.2	Fázové nebo cyklové řízení.....	19
1.3.3	Jednofázový měnič napětí s fázovým řízením a ohmická zátěž.....	19
1.3.4	Jednofázový měnič napětí s fázovým řízením a RL-zátěží	21
1.3.5	Jednofázový měnič napětí s fázovým řízením a L-zátěží	23
1.3.6	Poznámky k vlivu střídavého měniče napětí na síť.....	25
1.4	<i>Komutace vlastní, vnější atd</i>	26
1.5	<i>Praktická realizace měničů</i>	27
2.	Stejnosemřný motor a střídavá síť	28
	Vstupní předpoklady z předcházejícího studia („vstupní znalosti“).....	28
	Těžiště problematiky („nutné znalosti“).....	28
	Stručný popis následujících podkapitol.....	28
2.1	<i>Úvod k pohonům se stejnosměrným motorem</i>	28
2.1.1	Možnosti buzení.....	29
2.1.2	Moment motoru.....	30
2.1.3	Indukované napětí	31
2.1.4	Práce obecného pohonu v jednotlivých kvadrantech	32
2.1.5	Příklad chování pohonu během změn rychlosti	33
2.1.6	Pohon se stejnosměrným motorem - kvadranty.....	34
2.2	<i>Matematický popis stejnosměrného motoru</i>	35
2.2.1	Momentová charakteristika	36
2.3	<i>Jednofázové diodové a tyristorové usměrňovače</i>	38
2.3.1	Schéma zapojení jednofázového můstkového usměrňovače	39
2.3.2	Příklad usměrňovače v uzlovém zapojení	41
2.3.3	Zjednodušený popis funkce řízeného usměrňovače	43
2.3.4	Zjednodušený popis výstupního napětí při NP.....	44
2.3.5	Skutečný průběh komutace VPS jednofázového usměrňovače	49
2.3.6	Neuskutečněná komutace a nebezpečí invertorového zkratu	56
2.3.7	Vznik přerušovaného proudu PP.....	60
2.4	<i>Usměrňovače pro průmyslové pohony</i>	63
2.4.1	Schéma zapojení a základní stavy sepnutí VPS	63
2.4.2	Střední hodnota výstupního napětí usměrňovače	65
2.4.3	Řídicí charakteristika usměrňovače.....	68
2.4.4	Zatěžovací charakteristika usměrňovače	70
2.4.5	Reverzační měničové skupiny.....	77
2.5	<i>Další typy měničů pro stejnosměrný motor</i>	80
2.5.1	Usměrňovače s vyšší pulsností (12,18,24-pulsní)	80
2.5.2	Usměrňovače s nulovou diodou	80
2.5.3	Usměrňovače s postupným řízením	81
2.5.4	Usměrňovače polořízené.....	82
2.5.5	Řízení napětí na střídavé straně a diodový usměrňovač.....	83
2.5.6	Usměrňovač a snižovací pulsní měnič na stejnosměrné straně	84
2.5.7	Pulsní usměrňovač napěťového typu	85
2.5.8	Pulsní usměrňovač proudového typu.....	85
2.6	<i>Kvadranty pohonu s reverzační měničovou skupinou</i>	86
2.7	<i>Reverzace v obvodu kotvy</i>	88
2.7.1	Silové schéma	88
2.7.2	Ustálené stavy pohonu.....	89
2.7.3	Přechod motor/brzda.....	94
2.7.4	Přechod brzda/motor	100

2.7.5	Porovnání přechodového děje motor/brzda a brzda/motor	106
2.7.6	Poznámka k době přechodového děje.....	107
2.8	<i>Reverzace v obvodu buzení</i>	113
2.8.1	Silové schéma.....	113
2.8.2	Ustálené stavy.....	114
2.8.3	Přechodový děj motor/brzda při reverzaci buzením	115
3.	Stejnoseměrný motor a stejnoseměrný zdroj	118
	Vstupní předpoklady z předcházejícího studia („vstupní znalosti“)	118
	Těžiště problematiky („nutné znalosti“)	118
	Stručný popis následujících podkapitol	118
3.1	<i>Stejnoseměrný rozvod pro pohony</i>	118
3.2	<i>Pulsní měnič pro snižování napětí typu Buck</i>	121
3.2.1	Použití pulsního měniče pro snižování napětí	121
3.2.2	Zjednodušený popis pulsního měniče pro snižování napětí	122
3.2.3	Dosažitelná provozní oblast.....	127
3.2.4	Rekapitulace taktů pulsního měniče pro snižování napětí	128
3.2.5	Způsoby řízení pulsního měniče pro snižování napětí	128
3.3	<i>Pulsní měnič pro zvyšování napětí typu Boost</i>	130
3.3.1	Použití pulsního měniče pro zvyšování napětí.....	130
3.3.2	Zjednodušený popis pulsního měniče pro zvyšování napětí.....	130
3.3.3	Dosažitelná provozní oblast.....	133
3.3.4	Rekapitulace taktů zvyšovacího pulsního měniče.....	134
3.4	<i>Kombinace snižovacího a zvyšovacího pulsního měniče</i>	134
3.4.1	Zapojení a základní vlastnosti	135
3.4.2	Dosažitelné kvadranty.....	136
3.4.3	Poznámka k řízení půlmůstku	136
3.4.4	Půlmůstek napájený z troleje.....	137
3.5	<i>Pohon s půlmůstkem a stejnoseměrným motorem</i>	138
3.5.1	Chování v režimu „ jízda tahem“	138
3.5.2	Chování v režimu „brzda“	143
3.5.3	Poznámka k rekuperaci do troleje nebo do odporu	146
3.6	<i>Čtyř-kvadrantový pulsní měnič</i>	148
3.6.1	Vlastnosti a použití čtyř-kvadrantového pulsního měniče.....	149
3.6.2	Řízení čtyřkvadrantového pulsního měniče	150
3.7	<i>Další varianty pohonu se stejnoseměrným motorem</i>	154
3.7.1	Další měniče mezi napájecím zdrojem a pulsním měničem.....	155
3.7.2	Pulsní měnič s reverzačními napětí, zapojení se zkříženými diodami	157
4.	Měniče pro kmitočtově řízené pohony	163
	Vstupní předpoklady z předcházejícího studia („vstupní znalosti“).....	163
	Těžiště problematiky („nutné znalosti“)	163
	Stručný popis následujících podkapitol	163
4.1	<i>Napěťový střídač VSI</i>	165
4.1.1	Základní vlastnosti	165
4.1.2	Silové schéma.....	165
4.1.3	Stavy sepnutí VPS v půlmůstkem	167
4.1.4	Princip PWM-modulace	170
4.1.5	Poznámky k realizaci PWM	173
4.1.6	Spínání třífázového střídače.....	178
4.1.7	Chování v oblasti extrémně nízkých hodnot frekvencí	187
4.1.8	Chování v oblasti vysokých hodnot výstupní frekvence.....	187

4.1.9	Chování v oblasti vysokých hodnot výstupního napětí	188
4.2	<i>Nepřímý měnič s napěťovým střídačem</i>	192
4.2.1	Stručný popis nejčastější realizace	193
4.2.2	Poznámky k připojení měniče	193
4.2.3	Použití jednofázového napájení	195
4.2.4	Další speciální typy usměrňovačů	198
4.2.5	Poznámky k realizaci kapacity v stejnosměrném meziobvodu	199
4.2.6	Přednabíjení kapacit v stejnosměrném meziobvodu	202
4.3	<i>Stručně k vlivům měniče kmitočtu na napájecí síť</i>	204
4.4	<i>Stručný popis ostatních druhů měničů kmitočtu</i>	205
4.4.1	Střídače proudového typu CSI-souhrnné vlastnosti	205
4.4.2	Proudový střídač s PWM-modulací	208
4.4.3	Proudový střídač s mezifázovou komutací	209
4.4.4	LCI invertor s komutací od zátěže	212
4.4.5	Realizace zdroje proudu pro proudové střídače	217
4.4.6	Přímý měnič kmitočtu s vnější komutací	220
4.4.7	Přímý maticový měnič	222
4.5	<i>Druhy měničů z hlediska možností rekuperace</i>	226
4.5.1	Napěťový střídač v režimu motor a v režimu brzda	227
4.5.2	Proudový střídač v režimu motor/brzda	228
4.5.3	Přímý měnič v režimu motor/brzda	229
4.6	<i>Brzdění pohonu s napěťovým střídačem</i>	229
4.6.1	„Rekupační“ brzda do brzděného odporu	229
4.6.2	Realizace měniče s možností rekuperace	234
4.6.3	Brzdění bez rekuperace	245
4.7	<i>Poznámky k realizaci měniče pro stejnosměrný zdroj</i>	246
4.7.1	Realizace zařízení běžných výkonů	246
4.7.2	Napájení z velkého stejnosměrného napětí	247
4.7.3	Stejnosemné napájení z hlediska rekuperace	248
4.8	<i>Další problémy při použití měničů kmitočtu</i>	249
4.8.1	Vysoká strmost napěťových pulsů	250
4.8.2	Degradace izolace motoru	250
4.8.3	Kapacitní proudy	251
4.8.4	Nebezpečí vzniku ložiskových proudů	252
4.8.5	Jevy na dlouhém vedení	253
4.8.6	Jiné pracovní rychlosti motoru	253
4.8.7	Vyšší harmonické z napájecí sítě	253
4.8.8	Vysokofrekvenční rušení	254
4.8.9	Pulsující moment motoru	254
4.8.10	Vyšší harmonické v motoru	254
4.8.11	Poznámky praktického rázu	255
Literatura		256