

# Obsah

<b>Předmluva</b> .....	7
<b>1.0 Úvod</b> .....	7
<b>2.0 Matematický model asynchronního motoru</b> .....	9
2.1 Prostorové fázory .....	13
2.2 Transformace do pravouhlých souřadnic .....	14
2.3 Transformace do rotujících souřadnic .....	16
2.4 Matematický model asynchronního motoru v komplexním tvaru a obecném souřadném systému .....	18
2.5 Matematický model asynchronního motoru ve složkovém tvaru pro různé typy transformace .....	20
2.6 Matematický model asynchronního motoru v synchronně rotujících souřadnicích .....	21
2.7 Matematický model asynchronního motoru napájeného z proudového zdroje .....	23
2.8 Matematický model asynchronního motoru napájeného z napětového zdroje .....	24
2.9 Obecně platné náhradní schéma asynchronního motoru .....	26
2.10 Moment asynchronního motoru .....	27
<b>3.0 Napájení asynchronních motorů</b> .....	28
3.1 Přímé měniče kmitočtu .....	28
3.2 Nepřímé měniče kmitočtu .....	31
3.3 Používané výkonové polovodičové součástky .....	34
3.4 Porovnání výkonových prvků IGBT a IGCT .....	35
3.5 Řízení spínání výkonových prvků v polovodičových měničích .....	36
3.5.1 Obdélníkové řízení .....	36
3.5.2 Pulsně šířková modulace .....	37
3.5.3 Komparační sinusová PWM .....	40
3.5.4 Vektorová PWM .....	40
3.5.5 Kmitočtové spektrum výstupního signálu střídače .....	42
3.6 Frekvenční měniče a jejich elektromagnetická kompatibilita .....	43
3.6.1 Rušivé vlivy na výstupu měniče .....	44
3.6.2 Rušivé vlivy na vstupu měniče .....	44
<b>4.0 Řízení asynchronního motoru</b> .....	46
4.1 Skalární řízení asynchronního motoru .....	46
4.1.1 Oblast konstantního momentu .....	47
4.1.2 Oblast konstantního výkonu .....	48
4.2 Řídicí struktury skalárního řízení .....	49
4.2.1 Frekvenčně napětové řízení s otevřenou smyčkou .....	49
4.2.2 Frekvenčně napětové řízení s uzavřenou smyčkou .....	50
4.2.3 Skalární kmitočtové proudové řízení .....	51
4.2.4 Skalární řízení s nezávislou regulací momentu a magnetického toku .....	52
4.2.5 Skalární řízení asynchronního motoru napájeného ze zdroje napětí .....	53

4.2.6	Skalární řízení asynchronního motoru napájeného ze zdroje proudu .....	57
<b>5.0</b>	<b>Základní struktury regulačních obvodů vektorového řízení .....</b>	<b>58</b>
5.1	Vektorové řízení s orientací na $\bar{\Psi}_1$ a s nepřímým řízením polohy prostorového fázoru statorového proudu .....	60
5.2	Vektorové řízení s orientací na $\bar{\Psi}_2$ a s přímým řízením polohy prostorového fázoru statorového proudu .....	62
5.3	Vektorové řízení s orientací na $\bar{\Psi}_1$ a s přímým řízením polohy prostorového fázoru statorového napětí .....	64
5.4	Nepřímé měření magnetických toků .....	65
5.4.1	Model $U_1 - I_1$ .....	65
5.4.2	Model $I_1 - \vartheta$ .....	66
5.4.3	Model $I_1 - n$ .....	67
5.5	Vektorové řízení s orientací na konstantní magnetizační proud .....	68
5.5.1	Vektorové řízení využívající odzavení s orientací na sprážený tok rotoru .....	68
5.5.2	Model odhadu magnetizačního proudu $\bar{I}_{mr}$ na základě znalosti statorového proudu a rychlosti otáčení rotoru .....	71
5.5.3	Model odhadu $\bar{I}_{mr}$ odvozený na základě znalosti statorového napětí a statorového proudu .....	72
5.5.4	Model odhadu $\bar{I}_{mr}$ odvozený na základě znalosti statorového proudu a úhlu natočení rotoru .....	73
5.5.5	Rovnice rotoru v různých souřadných systémech .....	73
<b>6.0</b>	<b>Vektorové řízení asynchronního motoru bez použití snímače otáček .....</b>	<b>75</b>
6.1	Matematický popis vektorového řízení bez použití snímače otáček .....	76
6.2	Výpočet synchronní rychlosti $\omega_1$ , úhlu $\vartheta_s$ a mechanické rychlosti $\omega$ .....	77
<b>7.0</b>	<b>Přímé řízení momentu .....</b>	<b>80</b>
7.1	Přímé řízení momentu pomocí metody vyvinuté Manfredem Depenbrockem .....	83
7.2	Přímé řízení momentu pomocí metody vyvinuté Isao Takahashim .....	86
7.3	Porovnání vektorového řízení a přímého řízení momentu .....	88
<b>8.0</b>	<b>Synchronní motor s budičím vinutím .....</b>	<b>89</b>
8.1	Napěťové rovnice synchronního motoru s vyniklými póly na rotoru v komplexním tvaru a v pevných souřadnicích statoru .....	92
8.2	Napěťové rovnice synchronního motoru s vyniklými póly na rotoru v komplexním tvaru a v souřadnicích rotujících rychlostí $\omega$ .....	95
8.3	Napěťové rovnice synchronního motoru s vyniklými póly na rotoru ve složkovém tvaru a v souřadnicích rotujících rychlostí $\omega$ .....	96
8.4	Rovnice synchronního motoru s hladkým rotorem v komplexním tvaru a v souřadnicích rotujících rychlostí $\omega$ .....	100
8.5	Momentová charakteristika synchronního stroje s budičím vinutím .....	101

8.6	Řídicí struktura pohonu se synchronním motorem regulovaným na maximální účinník .....	102
8.7	Řídicí struktura pohonu se synchronním motorem regulovaným na maximální moment .....	105
<b>9.0</b>	<b>Synchronní motor s permanentními magnety .....</b>	<b>108</b>
9.1	Matematický model synchronního motoru s permanentními magnety .....	108
9.2	Napětové rovnice v komplexním tvaru a v pevných souřadnicích statoru .....	109
9.3	Napětové rovnice v komplexním tvaru rotujících rychlostí $\omega$ v souřadnicích .....	109
9.4	Napětové rovnice ve složkovém tvaru rotujících rychlostí $\omega$ v souřadnicích .....	110
9.5	Řídicí struktura pohonu se synchronním motorem v rotujících souřadnicích .....	111
9.6	Permanentní magnety .....	114
<b>10.0</b>	<b>Elektronicky komutovaný DC motor .....</b>	<b>116</b>
10.1	Matematický model elektronicky komutovaného DC motoru .....	117
10.2	Řídicí struktury elektronicky komutovaného DC motoru .....	120
<b>11.0</b>	<b>Elektronicky komutovaný AC motor .....</b>	<b>122</b>
11.1	Matematický model elektronicky komutovaného AC motoru .....	123
11.2	Řídicí struktury elektronicky komutovaného AC motoru .....	125
	<b>Literatura .....</b>	<b>127</b>
	<b>Seznam použitých veličin .....</b>	<b>128</b>

pohonu hlavně z hlediska dostupnosti a vzhledu, na rozdíl od řídicího systému (snadné nastavení parametrů měniče) a pro komutaci v distribuovaných řídicích strukturách. Dále se rozvíjejí metody automatické identifikace parametrů pohonu a následnou optimalizaci a adaptaci parametrů regulátorů. Na rozdíl od řízení stejnosměrných motorů střídavé regulování pohonu vyžadují docílit náročné řízení, které lze realizovat pouze s využitím moderní mikroprocesorové techniky (používají se rychlé signálové procesory). Řízení výstupních signálových procesorů a implementace složitéjších algoritmů umožňuje dosáhnout robustnosti a zanedbatelné závislosti na měnících se parametrech motoru. Řízení elektrickým pohonem navazuje elektromechanický systém, sestávající z elektrického pohonu, setažů, řídicího systému a někdy i vhodné průmyslové komunikační sítě. Jeho úkolem je nejen pro uvedení řízeného stroje do pohybu a umožňují také pohyb inteligentně řídit.

Pro řízení elektrických pohonů se v současnosti stále používají následující základní způsoby řízení:

Skalární řízení umožňuje jednoduchým způsobem řídit otáčky elektrických pohonů s asynchronním a synchronním motorem, ale umožňuje dosáhnout špičkových dynamických parametrů těchto pohonů. Zajiňuje chod v optimálních podmínkách pouze v ustáleném stavu. Většina průmyslových aplikací regulace pohonů s asynchronními motory je realizována skalárním řízením v ustáleném stavu. Pro zvýšení přesnosti se používá skalární řízení s uzavřenou smyčkou. U skalárního řízení pohonu s asynchronním motorem se