

Obsah

Zoznam použitých skratiek a symbolov.....	8
Predslov.....	10
1. Parametre točivých elektrických strojov.....	11
1.1 Indukčnosti.....	11
1.1.1 Magnetizačná indukčnosť.....	12
1.1.2 Rozptylová indukčnosť.....	14
1.1.2.1 Rozptylová indukčnosť zošikmenia drážok.....	15
1.1.2.2 Rozptylová indukčnosť vzduchovej medzery.....	16
1.1.2.3 Rozptylová indukčnosť drážky.....	17
1.1.2.4 Rozptylová indukčnosť hláv zubov.....	22
1.1.2.5 Rozptylová indukčnosť čiel vinutia.....	24
1.2 Odpory.....	26
1.3 Vplyv skin efektu na odpor a indukčnosť vinutia.....	27
1.3.1 Vplyv skin efektu na odpor vinutia.....	27
1.3.2 Vplyv skin efektu na indukčnosť vinutia.....	30
2. Všeobecná teória elektrických strojov.....	33
2.1 Úvod do všeobecnej teórie elektrických strojov.....	33
2.2 Konštrukčné usporiadanie a základné rovnice univerzálneho elektrického stroja vo všeobecnej teórii.....	35
2.2.1 Napäťové rovnice v sústave $d,q,0$	36
2.2.2 Výkon v sústave $d,q,0$ a elektromagnetický moment univerzálneho stroja.....	40
2.3 Aplikácia všeobecnej teórie na jednosmerné stroje.....	41
2.3.1 Jednosmerný stroj s cudzím buđením.....	43
2.3.1.1 Jednosmerný motor s cudzím buđením.....	45

2.3.1.2 Simulačné výsledky konkrétneho jednosmerného motora s cudzím budením.....	46
2.3.1.3 Dynamo s cudzím budením	48
2.3.1.4 Simulačné výsledky konkrétneho dynama s cudzím budením	49
2.3.2 Jednosmerný stroj s derivačným budením.....	50
2.3.2.1 Simulačné výsledky konkrétneho jednosmerného derivačného motora	51
2.3.2.2 Derivačné dynamo.....	53
2.3.2.3 Simulačné výsledky konkrétneho jednosmerného derivačného dynama	53
2.3.3 Jednosmerný sériový stroj.....	55
2.3.3.1 Sériový motor	56
2.3.3.2 Simulačné výsledky konkrétneho jednosmerného sériového motora (JSMS)	57
2.3.3.3 Sériové dynamo	58
2.3.3.4 Simulačné výsledky jednosmerného sériového dynama	59
2.3.4 Kompaudné stroje	60
2.3.5 Jednofázové komutátorové sériové motory	60
2.4 Transformácia trojfázovej sústavy abc do sústavy dq0.....	61
2.4.1 Úvod	61
2.4.2 Rovnice Parkovej transformácie abc do dq0.....	62
2.4.3 Vzťahy pre transformáciu m -fázovej sústavy	63
2.5 Spätná transformácia dq0 do abc	64
2.6 Vyjadrenie rovníc lineárnej transformácie pomocou priestorových vektorov napätia a prúdu	65
2.6.1 Transformácia statorových veličín	66
2.6.2 Transformácia rotorových veličín.....	67
2.7 Napäťové rovnice vinutí trojfázových strojov	67

2.8 Trojfázový výkon a moment v sústave $d,q,0$	69
2.8.1 Trojfázový výkon v sústave $dq0$	69
2.8.2 Elektromagnetický moment trojfázových strojov v sústave $dq0$	70
2.8.3 Platnosť princípu invariantnosti výkonov.....	72
2.9 Vlastnosti transformovaných sínusových veličín.....	73
2.10 Voľba uhla ϑ_k a polohy vzťažnej k -tej sústavy	76
2.11 Asynchrónny stroj a jeho indukčnosti	82
2.12 Rovnice spriahnutých magnetických tokov asynchrónneho stroja vo všeobecnej teórii elektrických strojov.....	86
2.13 Napäťové rovnice ASM po transformácii do k -tej sústavy s osami $d,q,0$	90
2.14 Asynchrónny motor a jeho rovnice v sústave $\alpha\beta 0$	91
2.15 Riešenie prechodových javov konkrétnych asynchrónnych motorov.....	94
2.15.1 Asynchrónny motor s kotvou nakrátko	94
2.15.2 Asynchrónny motor s kotvou vinutou	97
2.16 Synchronný stroj a jeho indukčnosti	100
2.17 Napäťové rovnice synchronného stroja po transformácii do k -tej sústavy s osami $d,q,0$	106
2.18 Rovnice spriahnutých magnetických tokov synchronného stroja vo všeobecnej teórii elektrických strojov.....	106
2.19. Výkon a elektromagnetický moment synchronného stroja	110
2.20 Synchronný stroj v sústave $d,q,0$	111
2.20.1 Súvis s parametrami náhradnej schémy	112
2.20.2 Vzťahy pre svorkové napätia statorových vinutí.....	115
2.20.3 Pohybová rovnica pre mechanické veličiny	117
2.21 Riešenie prechodových dejov synchronného motora v sústave $d-, q-, 0$..	117
2.22 Prechodové deje synchronného stroja s permanentnými magnetmi.....	120
2.23 Prechodové deje konkrétneho synchronného motora.	121

2.23.1	Synchrónny motor s budiacim vinutím	121
2.23.2	Synchrónny motor s PM	122
3.	Analýza elektrických strojov použitím metódy konečných prvkov	125
3.1	Fyzikálny základ výpočtov programu FEMM	126
3.1.1	Výpočet síl a momentov pomocou MKP	129
3.1.2	Výpočet indukčností pomocou MKP	130
3.1.3	Postup pri použití MKP	131
3.2	Analýza parametrov elektromagnetu	134
3.3	Analýza parametrov jednofázového transformátora.....	142
3.3.1	Simulácia stavu naprázdno jednofázového transformátora	144
3.3.2	Simulácia stavu nakrátko jednofázového transformátora	150
3.4	Analýza parametrov asynchrónneho motora.....	155
3.4.1	Simulácia stavu naprázdno ASM	158
3.4.2	Simulácia stavu nakrátko ASM	166
3.4.3	Výpočet menovitého momentu ASM.....	170
3.4.4	Výpočet zvlňenia momentu ASM	173
3.5	Analýza parametrov synchrónneho stroja	174
3.5.1	Synchrónny stroj s vinutým rotorom a vyjadrenými pólmi.....	174
3.5.1.1	Simulácia stavu naprázdno synchrónneho stroja.....	177
3.5.1.2	Výpočet indukovaného napätia pomocou prúdu zo strany statora	179
3.5.1.3	Výpočet synchrónnych reaktancií X_d a X_q	180
3.5.1.4	Výpočet elektromagnetického momentu synchrónneho stroja ..	183
3.5.2	Reluktančný synchrónny stroj	186
3.5.2.1	Výpočet synchrónnych reaktancií X_d a X_q	187
3.5.2.2	Výpočet elektromagnetického momentu vo vzduchovej medzere	189

3.5.3	Synchronný stroj s permanentnými magnetmi	191
3.5.3.1	Výpočet indukovaného napätia v stave naprázdno	193
3.5.3.2	Výpočet synchronných reaktancií X_d a X_q	194
3.5.3.3	Výpočet elektromagnetického momentu vo vzduchovej medzere	196
3.5.3.4	Výpočet cogging momentu vo vzduchovej medzere.....	197
3.6	Analýza parametrov spínaného reluktančného motora	198
3.6.1	Výpočet spriahnutého magnetického toku	201
3.6.2	Výpočet indukčnosti jednej fázy.....	202
3.6.3	Výpočet koenergie.....	203
3.6.4	Výpočet statického momentu SRM.....	204
	Zoznam použitej literatúry	207
	Príloha A – Simulačné schémy pre JSM.....	209
	Príloha B - Simulačné schémy pre ASM.....	215
	Priloha C - Simulačné schémy pre SM	220
	Priloha D - Program Lua-Skript pre výpočet statických parametrov SRM.....	224