

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	9
PREDSLOV	13
3 PRINCÍP ČINNOSTI STRIEDAVÝCH TOČIVÝCH ELEKTRICKÝCH STROJOV	15
3.1 Analytické riešenie točivého magnetického poľa	15
3.1.1 Magnetické napätie jednej sústredenej cievky.....	16
3.1.2 Magnetické napätie trojfázového rozloženého vinutia	18
3.1.3 Magnetické napätie priestorových harmonických zložiek.....	21
3.1.4 Určenie magnetizačného prúdu striedavých strojov s trojfázovým vinutím.....	23
3.1.5 Reaktancia točivých striedavých elektrických strojov na viacfázový prúd	25
3.1.5.1 Magnetizačná reaktancia.....	26
3.1.5.2 Rozptylová reaktancia	27
3.2 Grafická analýza vzniku točivého magnetického poľa a zmeny smeru jeho otáčania.....	29
3.3 Vinutia striedavých strojov	36
3.3.1 Základné pojmy	36
3.3.2 Návrh striedavého vinutia.....	38
3.3.2.1 Príklad 1	39
3.3.2.2 Príklad 2	42
3.3.2.3 Príklad 3	44
3.3.2.4 Príklad 4	45
3.3.3 Koeficient rozloženia vinutia.....	47
3.3.4 Koeficient kroku	49
3.3.5 Koeficient vinutia	50
3.3.6 Indukované napätie vo vinutí striedavých točivých strojov.....	50
3.3.7 Indukované napätie pri neharmonickom magnetickom poli.....	52
3.3.8 Základné druhy vinutia	57

- 3.3.9 Priebeh magnetického napätia vo vzduchovej medzere 3-fázového rozloženého vinutia s rovnakým počtom vodičov v drážke, s konečným počtom drážok po obvode stroja.....58

4 ASYNCHRÓNNE STROJE63

- 4.1 Konštrukčné usporiadanie, princíp činnosti a základné pojmy63
- 4.2 Princíp rotorového sklzu65
- 4.3 Hlavné oblasti momentovej charakteristiky indukčného stroja67
- 4.4 Frekvencia indukovaného napätia a prúdu rotora68
- 4.5 Náhradná schéma indukčného motora69
- 4.5.1 Transformátorový model náhradnej schémy indukčného motora.....69
- 4.5.2 Úprava rotorového obvodu s frekvenciou f_r na obvod s frekvenciou f_s 71
- 4.5.2.1 Indukované napätie72
- 4.5.2.2 Rozptylová reaktancia72
- 4.5.2.3 Prúd v rotorovom vinutí72
- 4.5.3 Prepočet rotorových veličín na statorové napätie74
- 4.5.3.1 Prepočet napätia74
- 4.5.3.2 Prepočet prúdov75
- 4.5.3.3 Prepočet odporov76
- 4.5.3.4 Prepočet reaktancie77
- 4.5.3.5 Prepočet impedancie77
- 4.5.4 Úplná náhradná schéma indukčného motora77
- 4.6 Tok výkonov a strát indukčného motora.....82
- 4.6.1 Straty v železe, straty mechanické, straty rotačné83
- 4.7 Elektromagnetický moment indukčného motora85
- 4.7.1 Maximálna hodnota elektromagnetického momentu86
- 4.7.2 Určenie tvaru momentovej charakteristiky, Klossov vzťah.....89
- 4.7.3 Stabilita chodu indukčného motora91
- 4.7.4 Mechanický výkon na hriadeli.....92
- 4.8 Prevádzkové stavy indukčného stroja93
- 4.8.1 Indukčný regulátor.....93

4.8.2	Motorický režim	96
4.8.2.1	Stav nakrátko	96
4.8.2.2	Stav naprázdno	97
4.8.2.3	Stav pri zaťažení	98
4.8.3	Generátorický režim prevádzky	99
4.8.4	Oblasť prevádzky brzdy	99
4.8.5	Rotačný menič frekvencie	99
4.9	Zmena tvaru momentovej charakteristiky	99
4.9.1	Žiadaný tvar momentovej charakteristiky	100
4.9.2	Zmena tvaru momentovej charakteristiky so zmenou rotorového odporu	101
4.9.2.1	Indukčný motor s vinutou kotvou	101
4.9.2.2	Indukčný motor s klieťkou nakrátko	102
4.9.3	Klieťková kotva a jej možnosti dosiahnuť ideálnu charakteristiku ...	104
4.9.3.1	Triedy klieťkových kotiev podľa NEMA	104
4.9.3.2	Analýza vlastností jednotlivých druhov klieťkových kotiev podľa NEMA aj podľa slovenskej terminológie	106
4.9.3.3	Tvary charakteristík IM s klieťkou nakrátko podľa STN	110
4.9.4	Parametre klieťkovej kotvy	112
4.10	Prevádzkové vlastnosti indukčných motorov	114
4.10.1	Rozbeh indukčných motorov	115
4.10.1.1	Priame pripojenie na sieť	115
4.10.1.2	Zníženie záberového prúdu	115
4.10.2	Zmena rýchlosti indukčných motorov	119
4.10.2.1	Zmena rýchlosti otáčania synchronnou rýchlosťou	120
4.10.2.2	Zmena rýchlosti zmenou sklzu	126
4.10.3	Brzdienie indukčných motorov	127
4.10.3.1	Brzdienie protiprúdom	127
4.10.3.2	Brzdienie generátorickým chodom pri frekvenčnej regulácii rýchlosti	128
4.10.3.3	Brzdienie jednosmerným prúdom	129
4.10.3.4	Brzdienie jednofázovým prúdom	129
4.11	Reverzácia indukčných motorov	129

4.12	Kruhový diagram indukčného stroja.....	129
4.13	Indukčný generátor.....	132
4.13.1	Indukčný generátor na tvrdej sieti	132
4.13.2	Indukčný generátor v ostrovnej prevádzke (pracujúci samostatne)..	133
4.13.2.1	Charakteristika naprázdno.....	134
4.13.2.2	Vonkajšia charakteristika	135
4.13.2.3	Zmena frekvencie indukčného generátora v závislosti od záťaže..	136
4.13.3	Použitie indukčného generátora.....	138
4.14	Jednofázové indukčné motory.....	138
4.14.1	Teória dvojitého točivého poľa.....	138
4.14.2	Rozbeh jednofázových indukčných motorov.....	140
4.14.2.1	Motory s odporovou pomocnou fázou	140
4.14.2.2	Motory s kondenzátorom v pomocnej fáze.....	142
4.14.2.3	Motory s tienenými pólmi.....	144
4.14.3	Porovnanie jednofázových motorov	144
4.14.4	Zmena rýchlosti jednofázových motorov	145
4.14.5	Úplná náhradná schéma jednofázových motorov	145
4.14.6	Trojfázový indukčný motor na jednofázovej sieti	148
4.15	Parazitné momenty asynchrónneho motora	148
4.15.1	Vplyv vyšších priestorových harmonických na moment indukčného motora a na činnosť striedavých strojov	148
4.15.1.1	Zlomkové vinutie (fractional slot winding)	151
4.15.1.2	Zošikmenie vodičov (skewed rotor conductors)	151
4.15.2	Vplyv priestorových harmonických zložiek na moment indukčného motora.....	153
4.15.2.1	Asynchrónne parazitné momenty.....	154
4.15.2.2	Synchrónne parazitné momenty	154
4.15.3	Magnetický hluk klieťkových motorov.....	155
4.15.4	Výber vhodného počtu drážok indukčného motora.....	156
4.16	Prevádzka indukčného motora s neharmonickým napätím z polovodičových meničov	158

4.16.1	Analýza vlastností indukčného motora pri neharmonickom napájaní	162
5	SYNCHRÓNNE STROJE	165
5.1	Základné pojmy a konštrukcia	165
5.1.1	Generátor v stave naprázdno	166
5.1.2	Generátor pri zaťažení	166
5.1.3	Konštrukčné usporiadanie rotorov synchronných strojov	167
5.1.3.1	Rotor s vyjadrenými pólmi	167
5.1.3.2	Konštrukcia hladkého valcového rotora	168
5.1.4	Nové trendy v konštrukcii budiacich obvodov	169
5.1.5	Interakcia dvoch točivých magnetických polí (magnetických napätí) synchronného stroja	169
5.1.6	Prepočet statorových veličín na rotorové (a naopak)	170
5.2	Teória synchronného stroja s hladkým rotorom	171
5.2.1	Náhradná schéma synchronného stroja s hladkým rotorom	171
5.2.1.1	Matematický model synchronného stroja	174
5.2.2	Fázorový diagram synchronného stroja s hladkým rotorom na tvrdej sieti	175
5.2.2.1	Skratový pomer a jeho ekonomický význam	178
5.2.2.2	Fázorový diagram synchronného generátora s induktívnym charakterom záťaže	179
5.2.2.3	Moment synchronného stroja s hladkým rotorom	180
5.2.2.4	Synchronizačný moment synchronného stroja	185
5.2.2.5	Stabilita chodu a kývanie synchronného stroja	186
5.3	Prevádzkové stavy synchronného generátora	188
5.3.1	Synchronný generátor v stave naprázdno	189
5.3.2	Synchronný generátor v stave nakrátko	190
5.3.3	Vnútorý fázový posun	193
5.3.3.1	Vnútorý fázový posun $\psi = -\pi/2$	194
5.3.3.2	Vnútorý fázový posun $\psi = 0$	194
5.3.3.3	Vnútorý fázový posun je $\psi = +\pi/2$	194
5.3.4	Indukčná charakteristika synchronného stroja	195

5.4	Spôsoby prevádzky synchronných strojov.....	196
5.4.1	Samostatne pracujúci synchronný generátor (ostrovná prevádzka)..	197
5.4.2	Paralelný chod dvoch a viacerých synchronných generátorov	198
5.4.3	Práca synchronného stroja na tvrdej sieti, fázovanie	198
5.4.3.1	Prebudený synchronný stroj	201
5.4.3.2	Podbudený synchronný stroj	201
5.4.4	Regulácia činného a jalového výkonu na tvrdej sieti.....	202
5.4.4.1	Regulácia činného a jalového výkonu pri konštantnom budení.....	202
5.4.4.2	Práca s konštantným výkonom, t. j. $I_a \cos \varphi = \text{konšt.}$	203
5.4.4.3	V-krivky synchronného stroja	205
5.4.4.4	Prevádzka synchronného generátora na tvrdej sieti	206
5.4.4.5	Práca s konštantným účinníkom, t. j. $\cos \varphi = \text{konšt.}$	208
5.4.4.6	Regulačné charakteristiky synchronného stroja $I_b = f(I_a)$ pri $\cos \varphi = \text{konšt.}$	210
5.5	Teória synchronného stroja s vyjadrenými pólmi	210
5.6	Synchronný motor	216
5.7	Kompenzácia účinníka	219
5.8	Prechodové deje, náhle skraty na synchronnom generátore	221
5.9	Tvar magnetického poľa vo vzduchovej medzere synchronného stroja.....	225
5.9.1	Hladký rotor.....	226
5.9.1.1	Tvar budiaceho magnetického poľa hladkého rotora.....	226
5.9.1.2	Tvar magnetického poľa reakcie kotvy	230
5.9.2	Rotor s vyjadrenými pólmi	230
5.9.2.1	Tvar budiaceho magnetického poľa	231
5.9.2.2	Tvar magnetického poľa reakcie kotvy	233
5.10	Zoznam použitej literatúry	239