

ÚVOD-----3**LITERATURA**-----4**1 ELEKTRICKÝ POHON**-----8**1.1 ZÁKLADNÍ POJMY [8],[10],[16],[27],[28],[35]**-----8

1.1.1 OVLÁDÁNÍ – REGULACE - ŘÍZENÍ-----8

1.1.2 POŽADAVKY NA MODERNÍ POHON-----9

1.1.3 KRITÉRIA ROZDĚLENÍ POHONŮ PODLE-----9

1.1.4 ANALOGIE FYZIKÁLNÍCH SYSTÉMŮ-----10

1.2 MECHANIKA ELEKTRICKÉHO POHONU-----11

1.2.1 PŘEVOD ZATÍŽENÍ NA OSU MOTORU-----11

1.2.2 MECHANICKÉ CHARAKTERISTIKY PRACOVNÍCH STROJŮ-----14

1.3 DYNAMIKA ELEKTRICKÉHO POHONU-----14

▪ VÝPOČET DOBY PŘECHODOVÉHO DĚJE-----15

2 STEJNOSMĚRNÉ MOTORY-----16**2.1 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR CIZE BUZENÝ (SSMCB)**-----16

2.1.1 ZÁKLADNÍ ROVNICE CIZE BUZENÉHO MOTORU-----16

2.1.2 MECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA $M(\omega)$ CIZE BUZENÉHO MOTORU-----17

2.1.3 MODIFIKACE MECHANICKÝCH CHARAKTERISTIK (ŘÍZENÍ MOTORU)-----18

2.1.4 VYUŽITÍ MODIFIKACE MECHANICKÝCH CHARAKTERISTIK V PRAXI-----18

2.1.5 ZTRACENÁ ENERGIE BĚHEM PŘECHODOVÉHO STAVU-----20

2.2 STEJNOSMĚRNÝ SÉRIOVÝ MOTOR-----21

2.2.1 MATEMATICKÝ MODEL SÉRIOVÉHO MOTORU-----21

2.2.2 MECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA SÉRIOVÉHO MOTORU $M(\omega)$ -----22

2.2.3 MODIFIKACE MECHANICKÝCH CHARAKTERISTIK SÉRIOVÉHO STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU-----22

2.2.4 VYUŽITÍ MODIFIKACE CHARAKTERISTIK SÉRIOVÝCH MOTORŮ V PRAXI-----23

2.3 STEJNOSMĚRNÉ MOTORY S PERMANENTNÍMI MAGNETY-----24

2.3.1 PERMANENTNÍ MAGNETY-----24

2.3.2 POUŽITÍ PM U STEJNOSMĚRNÝCH STROJŮ-----25

2.4 ZDROJE NAPÁJENÍ STEJNOSMĚRNÝCH MOTORŮ-----25

2.4.1 USMĚRŇOVAČE-----25

2.4.2 MĚNICOVÉ SKUPINY, UMOŽŇUJÍCÍ REVERZACI A BRZDĚNÍ-----28

2.4.3 STEJNOSMĚRNÉ PULSNÍ MĚNIČE (SCHÉMA SNIŽOVAČIHO A ZVYŠOVAČIHO SPÍNAČE)-----29

2.4.4 ČTYŘ-KVADRANTOVÝ PULSNÍ MĚNIČ, NAPÁJENÝ Z USMĚRŇOVAČE-----30

3 REGULACE ELEKTRICKÝCH POHONŮ-----31**3.1 PRVKY REGULAČNÍCH OBVODŮ**-----31

3.1.1 ČIDLA-----31

3.1.2 REGULÁTORY-----35

3.2 DYNAMIKA STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU CIZE BUZENÉHO-----39

3.2.1 MATEMATICKÝ MODEL STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU CIZE BUZENÉHO-----39

3.2.2 BLOKOVÉ SCHÉMA TRVALE NABUZENÉHO STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU-----39

3.2.3 PŘENOS ZDROJE NAPÁJENÍ	40
3.3 REGULACE RYCHLOSTI:	40
3.4 REGULACE RYCHLOSTI: V OBOU ROZSAZÍCH	42
3.5 REGULACE ÚHLU OTOČENÍ ROTORU (POLOHY, DRÁHY)	42
3.5.1 CÍLOVÁ REGULACE POLOHY S PEVNÝM CÍLEM	43
3.5.2 CÍLOVÁ REGULACE POLOHY S POHYBLIVÝM CÍLEM	45
3.5.3 SLEDOVACÍ REGULACE S PEVNÝM POČÁTKEM ODMĚŘOVÁNÍ (VZTAŽNÝM BODEM)	47
3.5.4 SLEDOVACÍ REGULACE S POHYBLIVÝM POČÁTKEM ODMĚŘOVÁNÍ [28]	48
3.6 REGULAČNÍ OBVODY POHONŮ SE STŘÍDAVÝMI STROJI	49

4 ÚVOD K ŘÍZENÍ STŘÍDAVÝCH STROJŮ ----- **49**

4.1 POJEM „PROSTOROVÝ FÁZOR“	49
4.1.1 PROSTOROVÝ FÁZOR PROUDU STATORU \vec{i}_s	50
4.1.2 SOUŘADNÉ SYSTÉMY	50
4.1.3 PROSTOROVÝ FÁZOR PROUDU ROTORU	51
4.1.4 VÝSLEDNÁ VLNA MMS A FÁZOR MAGNETIZAČNÍHO PROUDU	51
4.1.5 FÁZOR SPŘAŽENÉHO TOKU STATORU	52
4.1.6 FÁZOR SPŘAŽENÉHO TOKU ROTORU:	52
4.1.7 DERIVACE FÁZORŮ MAGNETICKÝCH TOKŮ STATORU (ROTORU)	53
4.1.8 ELEKTROMAGNETICKÝ MOMENT:	53

5 POHONY S ASYNCHRONNÍMI MOTORY ----- **54**

5.1.1 ZÁKLADNÍ VZTAHY	54
• OBECNĚ PLATNÉ NÁHRADNÍ SCHÉMA AM V SYNCHRONNĚ ROTUJÍCÍM SS:	54
• ELEKTRO-MAGNETICKÝ MOMENT MOTORU	54
• ROVNOST MOMENTŮ NA HŘÍDELI MOTORU	54
5.2 USTÁLENÝ STAV AM	55
5.2.1 ROVNICE ASYNCHRONNÍHO MOTORU VE SPOLEČNÉM SS SYNCHRONNĚ ROTUJÍCÍM:	55
5.2.2 USTÁLENÝ STAV ASYNCHRONNÍHO MOTORU	55
5.2.3 MECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA $M(\Omega)$	56
5.2.4 NÁHRADNÍ SCHÉMA AM V SSI, PLATNÉ PRO USTÁLENÝ STAV	56
5.2.5 MODIFIKACE MOMENTOVÝCH CHARAKTERISTIK PŘI SYMETRICKÝCH ZPŮSOBECH PRÁCE	57
5.2.6 ROZBĚH ASYNCHRONNÍHO MOTORU	58
5.2.7 BRZDĚNÍ ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ	60
5.3 NAPÁJENÍ ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ	61
5.3.1 KOMPARAČNÍ ŠÍRKOVĚ – PULSNÍ MODULACE	61
5.3.2 VEKTOROVÁ ŠÍRKOVĚ – PULSNÍ MODULACE	62
5.3.3 PŘENOS STŘÍDAČE	63
5.4 ŘÍZENÍ RYCHLOSTI ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ	64
5.4.1 KLASICKÉ ŘÍZENÍ RYCHLOSTI AM (VENTILOVÁ KASKÁDA)	64
5.4.2 NEVEKTOROVÉ ŘÍZENÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU	64
5.4.3 VEKTOROVÉ ŘÍZENÍ AM	65
5.4.4 SOUŘADNÝ SYSTÉM, SPOJENÝ S FÁZOREM SPŘAŽENÉHO MAGNETIZAČNÍHO TOKU	66
5.4.5 ŘÍZENÍ AM, NAPÁJENÉHO Z NAPĚŤOVÉHO STŘÍDAČE	67
5.4.6 MODEL ODHADU MAGNETIZAČNÍHO PROUDU i_{mr} A JEHO ÚHLU Θ_r	69
5.4.7 VEKTOROVÁ REGULACE POLOHY S ORIENTOVANÝM ŘÍZENÍM NA TOK ROTORU ([56]):	71
5.5 PŘÍMÉ ŘÍZENÍ MOMENTU	71
5.5.1 DEPENDENČNÍ VERZE S PŘIROZENÝM VZORKOVÁNÍM	71
5.5.2 REGULACE MOMENTU A TOKU S POUŽITÍM PWM S PEVNOU SPÍNACÍ PERIODOU [17]	72
5.6 POZNÁMKY	74

6	POHONY SE SYNCHRONNÍMI MOTORY	74
6.1	SYNCHRONNÍ MOTOR S VYNIKLÝMI PÓLY	75
6.1.1	MOŽNOSTI INTERPRETACE SYNCHRONNÍHO MOTORU (SM)	75
6.2	ZÁKLADNÍ ROVNICE SYNCHRONNÍHO MOTORU S VYJÁDRĚNÝMI PÓLY, BEZ TLUMIČE	76
6.2.1	SOUŘADNÝ SYSTÉM STATORU (SSS) - $\Omega_k = 0$:	76
6.2.2	SOUŘADNÝ SYSTÉM POLE (SSP) - $\Omega_k = \Omega_1$:	76
6.2.3	ZÁKLADNÍ ROVNICE SM S VYJÁDRĚNÝMI PÓLY (SSP)	76
6.3	ROVNICE SM, PLATNÉ PRO USTÁLENÝ STAV	77
6.4	SYNCHRONNÍ MOTORY S PERMANENTNÍMI MAGNETY	78
6.4.1	ZÁKLADNÍ VZTAHY SM S PERMANENTNÍMI MAGNETY (SMPM)	79
6.4.2	NÁHRADNÍ SCHÉMA SMPM	79
6.4.3	ORIENTOVANÉ ŘÍZENÍ SMPM	81
6.5	ZDROJE NAPÁJENÍ SYNCHRONNÍCH MOTORŮ	83
6.5.1	NEPŘÍMÉ MĚNIČE FREKVENCE S VNĚJŠÍ KOMUTACÍ	83
6.5.2	VENTILOVÝ SYNCHRONNÍ MOTOR	83
7	ELEKTRONICKY KOMUTOVANÉ SERVO MOTORY	84
7.1	ELEKTRONICKY KOMUTOVANÝ SERVO MOTOR (DC)	84
7.1.1	INDUKCE, SPŘAŽENÝ TOK A INDUKOVANÉ NAPĚTÍ V PROSTORU MOTORU S PLNÝM PÓLOVÝM KRYTÍM	84
7.1.2	SCHÉMA REGULAČNÍHO OBVODU EKDC MOTORU	85
7.1.3	POPIS EKDC MOTORU MEZI DVĚMA KOMUTACEMI	85
7.2	ELEKTRONICKY KOMUTOVANÝ SERVO MOTOR AC	86
8	KROKOVÉ MOTORY	88
8.1	DRUHY KM	89
8.1.1	RELUKTANČNÍ KROKOVÉ MOTORY	89
8.1.2	KROKOVÉ MOTORY S PERMANENTNÍMI MAGNETY	89
8.1.3	HYBRIDNÍ KROKOVÉ MOTORY (HYKM)	90
8.2	NAPÁJENÍ STATORU KM	90
8.3	POZNÁMKY K UŽITÍ KM	91
8.3.1	ŠTÍTEK KM	91
8.3.2	PRŮBĚH PROUDU 2FÁZOVÉHO MOTORU	91
8.3.3	START - STOP CHARAKTERISTIKA	92
8.3.4	URČENÍ PŘESNOSTI POLOHOVÁNÍ	92
8.3.5	STATICKÝ A PŘÍDRŽNÝ MOMENT KM	93
8.3.6	VÝBĚR KM	93
9	SPÍNANÉ RELUKTANČNÍ MOTORY	94
9.1	SPÍNANÝ RELUKTANČNÍ MOTOR (SRM)	94
9.2	ZÁKLADNÍ ROVNICE SRM	95
9.3	NAPÁJENÍ	96
9.3.1	SPÍNACÍ OBVODY	96
9.3.2	CELKOVÉ SCHÉMA NAPÁJECÍHO OBVODU SRM:	96
9.4	VLASTNOSTI SRM	96
9.5	APLIKOVATELNOST	97

10 POHONY S LINEÁRNÍMI MOTORY ----- 98

10.1 ÚVOD -----	98
10.1.1 KONSTRUKČNÍ PŘEVODĚNÍ LINEÁRNÍCH MOTORŮ -----	98
10.1.2 ZDROJE NAPÁJENÍ -----	99
10.1.3 SÍLY, PŮSOBÍCÍ U LSMPM V USTÁLENÉM STAVU -----	99
10.2 LINEÁRNÍ SYNCHRONNÍ MOTOR S PERMANENTNÍMI MAGNETY (LSM-PM) -----	100
10.2.1 POROVNÁNÍ ROTAČNÍCH A LINEÁRNÍCH MOTORŮ SYNCHRONNÍHO TYPU -----	100
10.2.2 ZÁKLADNÍ VZTAHY LSM-PM -----	100
10.2.3 ROVNICE LSMPM -----	100
10.2.4 ZÁVISLOST $F(v)$ PRO USTÁLENÝ STAV -----	101
10.2.5 VEKTOROVÝ DIAGRAM -----	101
10.2.6 POZNÁMKY -----	102
10.3 LINEÁRNÍ MOTOR ASYNCHRONNÍHO TYPU (LAM) -----	102
10.3.1 KONSTRUKCE -----	102
10.3.2 MECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA [70] -----	103
10.3.3 POROVNÁNÍ ČASOVÝCH KONSTANT [70]: -----	103
10.4 LINEÁRNÍ KROKOVÝ MOTOR -----	104

11 EML – ELEKTROMAGNETICKÁ LOŽISKA ----- 105

11.1 LEVITAČNÍ SÍLA -----	105
11.2 KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ -----	107
11.3 PRINCIP REGULACE -----	107
11.4 POUŽITÍ ML -----	107

12 DIMENZOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH POHONŮ ----- 108

12.1 VLIV PŘEVODĚNÍ MOTORU NA JEHO DIMENZOVÁNÍ -----	108
12.2 ROVNICE TEPELNÉ ROVNOVÁHY -----	108
12.3 DRUHY ZATÍŽENÍ -----	109
12.4 METODY DIMENZOVÁNÍ MOTORŮ -----	111
12.4.1 METODA STŘEDNÍCH ZTRÁT -----	111
12.4.2 METODA EFEKTIVNÍHO PROUDU -----	112
12.4.3 METODA EFEKTIVNÍHO MOMENTU -----	112
12.4.4 METODA EFEKTIVNÍHO VÝKONU -----	112
12.5 PŘEDSTAVITELÉ SPÍNACÍCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK -----	113

ZÁVĚR ----- 114