
1. Informacje podstawowe	7
1.1. Podział silników elektrycznych.....	8
1.2. Parametry silników.....	10
2. Zasady elektronicznego sterowania silników, elementy wykonawcze	13
2.1. Metody załączania i sterowania silników	14
2.1.1. Elektroniczne układy załączania silników.....	14
2.1.2. Układy miękkiego rozruchu i hamowania.....	15
2.1.3. Układy regulacji, stabilizacji i pozycjonowania.....	15
2.2. Pojedynczy klucz tranzystorowy.....	16
2.2.1. Stany nieustalone w obciążeniach indukcyjnych.....	16
2.2.2. Zmniejszanie czasu narastania prądu	17
2.2.3. Zasady doboru elementów.....	19
2.2.4. Sterowanie tranzystorów mocy z wyjść układów cyfrowych.....	19
2.3. Mostek tranzystorowy typu H.....	22
2.3.1. Zasada działania	23
2.3.2. Sterowanie mostka H.....	24
2.3.3. Mostki z tranzystorami komplementarnymi	26
2.3.4. Prostownik synchroniczny, szybkie wygaszanie prądu	27
2.4. Układy z triakami.....	28
2.4.1. Układy załączane w zerze sieci	28
2.4.2. Sterowanie fazowe triaka.....	30
2.5. Zasady łączenia elementów wykonawczych z mikroprocesorami	31
2.5.1. Źródła i eliminacja zakłóceń	31
2.5.2. Rozprowadzenie zasilania i sygnałów sterujących.....	32
2.5.3. Przykłady praktyczne	35
3. Silniki komutatorowe DC	37
3.1. Budowa i właściwości silników komutatorowych.....	38
3.1.1. Silniki komutatorowe z magnesem trwałym.....	39
3.1.2. Silniki komutatorowe szeregowy i bocznikowe.....	41
3.2. Sterowanie obrotami silników komutatorowych DC	42
3.2.1. Metody sterowania.....	42
3.2.2. Układy praktyczne	44
4. Silniki bezszczotkowe z wirującym magnesem (BLDC)	51
4.1. Właściwości i zastosowanie silników BLDC.....	52
4.1.1. Silnik 2-fazowy BLDC – zasada działania.....	53
4.1.2. Sterowanie unipolarnie i bipolarne uzwojeń.....	54
4.1.3. Silnik 3-fazowy BLDC.....	55
4.1.4. Silniki BLDC z wirnikiem wewnętrznym i zewnętrznym	57
4.1.5. Silniki BLDC i krokowe – porównanie	57
4.2. Scalone sterowniki silników BLDC.....	58

4.3.	Regulacja obrotów za pomocą PWM.....	63
5.	Silniki krokowe.....	65
5.1.	Definicja i pojęcia podstawowe.....	66
5.2.	Podział konstrukcyjny silników krokowych.....	67
5.2.1.	Silnik o zmiennej reluktancji	67
5.2.2.	Silnik z magnesem trwałym.....	68
5.2.3.	Silnik hybrydowy	69
5.3.	Sterowanie silników krokowych.....	70
5.3.1.	Sterowanie falowe.....	70
5.3.2.	Sterowanie pełnokrokowe, półkrokowe, mikrokrokowe.....	71
5.3.3.	Sterowanie unipolarne i bipolarne uzwojeń.....	74
5.3.4.	Kontrola prądu uzwojeń.....	75
5.3.5.	Zalety i wady silników krokowych.....	76
5.4.	Scalone sterowniki silników krokowych	78
5.5.	Scalone sterowniki firmy Trinamic.....	81
5.5.1.	Mostkowe stopnie wyjściowe mocy	82
5.5.2.	System bezczujnikowego wykrywania przeszkód StallGuard	84
5.5.3.	Specjalizowane kontrolery ruchu.....	86
5.5.4.	Kontroler <i>all-in-one</i> typu TMC222	91
5.6.	Sterowniki silników krokowych firmy STMicroelectronics*.....	93
5.6.1.	Przegląd rodziny <i>powerSpin</i>	94
5.6.2.	Uwagi aplikacyjne.....	101
5.6.3.	Narzędzia uruchomieniowe.....	101
5.7.	Silniki krokowe wielofazowe.....	102
6.	Silniki liniowe	103
6.1.	Klasyczne silniki liniowe.....	104
6.1.1.	Indukcyjny silnik liniowy	104
6.1.2.	Liniowy silnik krokowy	105
6.2.	Silnik liniowy VCM.....	106
6.3.	Silniki liniowe krokowe z przekładnią	109
7.	Silniki komutatorowe uniwersalne AC.....	111
7.1.	Budowa i właściwości silników uniwersalnych.....	112
7.2.	Sterowanie obrotami silników uniwersalnych	112
7.3.	Regulator obrotów pralki automatycznej.....	114
8.	Silniki asynchroniczne i synchroniczne prądu zmiennego.....	119
8.1.	Opis ogólny, rodzaje silników.....	120
8.2.	Asynchroniczny silnik indukcyjny trójfazowy	121
8.3.	Silniki indukcyjne jednofazowe	125
8.3.1.	Silnik kondensatorowy.....	125

8.3.2.	Silnik ze zwartą fazą rozruchową.....	126
8.3.3.	Silnik z odłączanym uzwojeniem rozruchowym.....	127
8.4.	Silniki synchroniczne	128
8.5.	Elektroniczne sterowanie silnikami indukcyjnymi	128
8.5.1.	Załączanie, zmiana kierunku obrotów.....	128
8.5.2.	Regulacja prędkości obrotowej.....	129
8.6.	Falowniki	132
8.6.1.	Zasada działania	132
8.6.2.	Falownik U/f	134
8.6.3.	Falownik U/f z falą prostokątną	135
8.6.4.	Falownik o stałym poborze mocy	137
8.6.5.	Falownik wektorowy	137
8.6.6.	Mostki wysokonapięciowe	142
8.6.7.	Układy praktyczne falowników.....	145
8.6.8.	Mikrokontrolery do sterowania silnikami serii ST7MC.....	151
8.6.9.	Falownik wektorowy z mikrokontrolerem TMS320F28035	160
8.7.	Hamowanie silników indukcyjnych.....	168
8.8.	Pułapki językowe	169
9.	Stabilizacja obrotów, układy pozycjonowania.....	171
9.1.	Stabilizacja obrotów.....	172
9.1.1.	Regulacja a stabilizacja obrotów	172
9.1.2.	Czujniki obrotów	173
9.1.3.	Wykorzystanie mikroprocesora do stabilizacji obrotów	175
9.2.	Układy pozycjonowania	176
9.2.1.	Układy pozycjonowania z otwartą pętlą	177
9.2.2.	Układy pozycjonowania z zamkniętą pętlą, enkoder inkrementalny	178
9.2.3.	Enkoder absolutny.....	180
9.2.4.	Realizacje praktyczne enkoderów	181
9.2.5.	Enkodery magnetyczne	183
9.2.6.	Inne czujniki pozycji.....	185
9.3.	Pozycjonowanie przestrzenne	186
9.4.	Trajektorie ruchu	188
9.5.	Realizacje praktyczne układów pozycjonowania	190
10.	Osprzęt i zabezpieczenia silników	191
10.1.	Sprzęgła.....	192
10.1.1.	Parametry katalogowe sprzęgieł.....	193
10.1.2.	Rodzaje sprzęgieł	193
10.2.	Przekładnie	197
10.2.1.	Właściwości i parametry przekładni.....	197
10.2.2.	Przekładnie cierne i pasowe	198
10.2.3.	Przekładnie zębate.....	199

10.2.4. Przekładnie z paskami zębatymi	202
10.2.5. Przekładnie obrotowo-liniowe	205
10.3. Zabezpieczenia silników	207
10.3.1. Zabezpieczenia termiczne	207
10.3.2. Zabezpieczenia prądowe	209
10.3.3. Zabezpieczenia napięciowe	211
11. Praktyczne realizacje sterowników	213
11.1. Narzędzia programowe i sprzęt	214
11.2. Sterowanie silnikiem potencjometru obrotowego	217
11.3. Regulacja PWM silnika szeregowego DC	221
11.4. Układ pozycjonowania z silnikiem krokowym	227
11.5. Sterownik TA8435H – przykład obliczeniowy	241
11.6. Wnioski końcowe	247
Dodatek	249
Słownik angielskich terminów i skrótów	262
Literatura	264
Strony Internetowe	265