

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 szeregowo 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 unipolarne 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