

Spis treści

1	Istota mechatroniki	9
1.1	Synergia różnych zasad działania urządzeń zintegrowanych w systemie mechatronicznym	12
1.2	Systemowe podejście przy projektowaniu urządzeń i systemów mechatronicznych	17
1.3	Przykłady urządzeń i systemów mechatronicznych	21
1.4	Znaczenie mechatroniki dla rozwoju gospodarczego kraju	27
2	Bezpieczeństwo i higiena pracy	31
2.1	Człowiek jest miarą	31
2.1.1	Ergonomia	31
2.1.1.1	Ergonomiczne stanowisko pracy	32
2.1.1.2	Ergonomiczne urządzenie mechatroniczne	33
2.1.2	Obciążenia wywołane pracą	34
2.1.2.1	Obciążenia spowodowane rodzajem pracy	34
2.1.2.2	Obciążenia wywołane organizacją pracy	35
2.2	Warunki bezpiecznej pracy	36
2.2.1	Obowiązujące przepisy i dyrektywy	37
2.2.1.1	Ustawa o ogólnym bezpieczeństwie produktów	37
2.2.1.2	Przepisy, dyrektywy, normy	37
2.2.1.3	Przepisy o zapobieganiu wypadkom	37
2.2.2	Oznakowania dotyczące bezpieczeństwa pracy	38
2.2.2.1	Oznakowanie materiałów niebezpiecznych	38
2.2.2.2	Znaki bezpieczeństwa	38
2.2.3	Bezpieczne użytkowanie narzędzi i przyrządów	40
2.2.4	Odzież i środki ochrony indywidualnej	40
2.3	Praca z urządzeniami elektrycznymi	41
2.3.1	Ogólne warunki zasilania elektrycznego	41
2.3.2	Podstawowe pojęcia	41
2.3.3	Zagrożenia spowodowane pracą z urządzeniami elektrycznymi	42
2.3.3.1	Działanie prądu elektrycznego na organizm człowieka	43
2.3.3.2	Kompatybilność elektromagnetyczna	44
2.3.4	Bezpieczna praca z urządzeniami elektrycznymi	45
2.3.4.1	Pięć reguł bezpiecznej pracy z urządzeniami elektrycznymi	46
2.3.4.2	Bezpieczna praca w pobliżu instalacji znajdujących się pod napięciem	46
2.3.4.3	Bezpieczna praca przy wykonywaniu robót na instalacji znajdującej się pod napięciem	47
2.3.5	Ochrona przeciwporażeniowa	47
2.3.5.1	Ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim	48
2.3.5.2	Ochrona przez bardzo niskie napięcie	48
2.3.5.3	Ochrona przez ograniczenie energii rozładowania	49
2.3.5.4	Ochrona przeciwporażeniowa w warunkach normalnych (ochrona przed dotykiem bezpośrednim lub ochrona podstawowa)	49
2.3.5.5	Ochrona przeciwporażeniowa w warunkach awaryjnych (ochrona przed dotykiem pośrednim lub ochrona w warunkach zagrożenia)	50
2.3.5.6	Izolacje ochronne	51
2.3.5.7	Ochrona przez izolację pomieszczeń	52
2.3.5.8	Ochrona przez galwaniczne oddzielenie obwodów	52
2.3.5.9	Ochrona przez nieuziemione, lokalne połączenia wyrównawcze	52
2.4	Praca z urządzeniami pneumatycznymi	53
2.4.1	Zagrożenia spowodowane pracą z urządzeniami pneumatycznymi	53
2.4.2	Przepisy dotyczące bezpiecznego użytkowania instalacji i zbiorników ciśnieniowych	54
2.4.3	Bezpieczna praca z urządzeniami pneumatycznymi	55

2.5	Praca z urządzeniami hydraulicznymi	55
2.5.1	Zagrożenia spowodowane pracą z urządzeniami hydraulicznymi	56
2.5.2	Działanie cieczy hydraulicznych na organizm człowieka i jego środowisko	56
2.5.3	Bezpieczna praca z urządzeniami hydraulicznymi	56
2.6	Bezpieczna praca z urządzeniami i systemami mechatronicznymi	57
2.6.1	Przedsięwzięcia usuwające główne zagrożenia	58
2.6.2	Postępowanie powypadkowe	58
2.6.3	Ochrona przeciwpożarowa i postępowanie w przypadku pożaru	59
2.6.4	Postępowanie z materiałami niebezpiecznymi	60
2.6.5	Wytyczne UE dla zapewnienia bezpiecznej pracy urządzeń i systemów	60
3	Obwody elektryczne	62
3.1	Wprowadzenie do elektrotechniki	62
3.1.1	Podstawowe wielkości elektryczne i ich jednostki	62
3.1.2	Ładunek elektryczny	63
3.1.3	Napięcie elektryczne	63
3.1.3.1	Wytwarzanie napięcia elektrycznego	64
3.1.3.2	Rodzaje napięcia elektrycznego	65
3.1.4	Prąd elektryczny	66
3.1.5	Pole elektryczne	67
3.1.6	Pole magnetyczne	68
3.1.6.1	Wielkości charakteryzujące pole magnetyczne	69
3.1.6.2	Materiały magnetyczne	70
3.1.6.3	Obwody magnetyczne	71
3.1.6.4	Prąd elektryczny w polu magnetycznym	73
3.1.7	Indukcja elektromagnetyczna	74
3.2	Obwody prądu stałego	76
3.2.1	Elementy i budowa obwodu prądu stałego	77
3.2.2	Rezystor w obwodzie prądu stałego	78
3.2.2.1	Budowa rezystorów, ich właściwości i oznaczenia	78
3.2.2.2	Łączenie szeregowe rezystorów	81
3.2.2.3	Łączenie równoległe rezystorów	82
3.2.2.4	Szeregowe i równoległe łączenie rezystorów	83
3.2.3	Kondensator w obwodzie prądu stałego	84
3.2.3.1	Budowa kondensatorów, ich właściwości i oznaczenia	85
3.2.3.2	Łączenie szeregowe i równoległe kondensatorów	88
3.2.4	Cewka w obwodzie prądu stałego	89
3.2.5	Obliczanie parametrów obwodów prądu stałego z jednym i kilkoma źródłami napięcia	90
3.2.6	Stany nieustalone w obwodach prądu stałego	93
3.3	Obwody prądu przemiennego	96
3.3.1	Wytwarzanie napięcia przemiennego	96
3.3.2	Podstawowe zjawiska, wielkości i parametry obwodów prądu przemiennego	97
3.3.2.1	Przebiegi sinusoidalne	98
3.3.2.2	Przebiegi niesinusoidalne	100
3.3.2.3	Moce obwodów prądu przemiennego	102
3.3.3	Kondensator w obwodzie prądu przemiennego	105
3.3.4	Cewka w obwodzie prądu przemiennego	106
3.3.4.1	Budowa cewek i ich właściwości	106
3.3.4.2	Reaktancja indukcyjna cewki	107
3.3.4.3	Łączenie szeregowe i równoległe cewek	109
3.3.5	Obliczanie parametrów obwodów prądu przemiennego z rezystorami, kondensatorami i cewkami (obwody RLC)	109
3.3.5.1	Obwody szeregowe RC i RL	110
3.3.5.2	Obwody równoległe RC i RL	112
3.3.5.3	Straty w kondensatorze	113
3.3.5.4	Straty w cewce	114

3.3.5.5	Filtry RC i RL	115
3.3.6	Obwody rezonansowe	118
3.4	Obwody trójfazowe	124
3.4.1	Wytwarzanie napięcia trójfazowego	124
3.4.2	Podstawowe połączenia w obwodach prądu trójfazowego	125
3.4.2.1	Układ gwiazdy	125
3.4.2.2	Układ trójkąta	126
3.4.2.3	Zastosowania układu gwiazdy i trójkąta	126
3.4.3	Układy kompensacji mocy biernej	127
4	Układy elektroniczne	129
4.1	Podstawowe pojęcia z zakresu budowy układów elektronicznych	129
4.1.1	Element i układ elektroniczny	129
4.1.2	Elementy biernie i czynne układów elektronicznych	131
4.1.3	Układy analogowe, binarne i cyfrowe	132
4.1.4	Układy kombinacyjne i sekwencyjne	134
4.1.5	Układy o stałym programie oraz układy programowalne	135
4.2	Półprzewodnikowe elementy i układy elektroniczne	136
4.2.1	Półprzewodniki	136
4.2.1.1	Przepływ prądu w metalach i półprzewodnikach	137
4.2.1.2	Właściwości półprzewodników typu P i N	139
4.2.1.3	Właściwości złącza PN	140
4.2.2	Diody półprzewodnikowe	142
4.2.2.1	Budowa diod półprzewodnikowych i ich oznaczenia	145
4.2.2.2	Diody Zenera i Schottky'ego	146
4.2.2.3	Lasery półprzewodnikowe	149
4.2.3	Tranzystory	152
4.2.3.1	Tranzystory bipolarne typu NPN i PNP	152
4.2.3.2	Tranzystory unipolarne	159
4.2.3.3	Obudowy tranzystorów i ich oznaczenia	166
4.2.3.4	Tranzystor jako łącznik elektroniczny	166
4.2.3.5	Tranzystor jako wzmacniacz niskich częstotliwości	168
4.2.4	Tyrystory	170
4.2.5	Triaki	172
4.2.6	Diaki	173
4.2.7	Elementy optoelektroniczne	174
4.2.8	Chłodzenie elementów półprzewodnikowych	179
4.2.9	Układy scalone	180
4.2.10	Układy prostownikowe	182
4.2.11	Układy stabilizacji napięć i prądów	185
4.2.12	Układy wzmacniające	188
4.2.12.1	Wzmacniacze z tranzystorami bipolarnymi	191
4.2.12.2	Wzmacniacze z tranzystorami unipolarnymi	198
4.2.12.3	Wzmacniacze operacyjne	201
4.2.12.4	Zastosowanie wzmacniaczy operacyjnych	204
4.3	Układy logiczne	211
4.3.1	Sygnały i kody	211
4.3.2	Elementy układów logicznych	212
4.3.2.1	Bramka I (AND)	213
4.3.2.2	Bramka LUB (OR)	214
4.3.2.3	Bramka NIE (NOT)	214
4.3.2.4	Bramka NIE-I (NAND)	215
4.3.2.5	Bramka NIE-LUB (NOR)	216
4.3.2.6	Realizacje i podstawowe parametry bramek w technice scalonej	217
4.3.3	Układy kombinacyjne	218

4.3.3.1	Podstawowe prawa algebry dwuwartościowej	219
4.3.3.2	Podstawy syntezy układów kombinacyjnych	221
4.3.3.3	Minimalizacja liczby bramek w układach kombinacyjnych	223
4.3.3.4	Projektowanie układów kombinacyjnych	224
4.3.4	Układy sekwencyjne	226
4.3.4.1	Asynchroniczne przerzutniki RS	226
4.3.4.2	Synchroniczne przerzutniki JK	227
4.3.4.3	Liczniki asynchroniczne i synchroniczne	230
4.3.4.4	Rejestry	231
4.3.4.5	Projektowanie układów sekwencyjnych	231
4.4	Układy cyfrowe	235
4.4.1	Budowa układu cyfrowego	235
4.4.2	Informacja w układzie cyfrowym	237
4.4.2.1	Reprezentacja liczb	239
4.4.2.2	Reprezentacja znaków	242
4.4.2.3	Reprezentacja instrukcji	244
4.4.3	Elementy układów cyfrowych	246
4.4.3.1	Rejestry przesuwne	246
4.4.3.2	Specjalne elementy układów cyfrowych	249
4.4.3.3	Przetworniki kodów cyfrowych	251
4.4.3.4	Przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe	254
4.4.3.5	Pamięci stałe (ROM)	257
4.4.3.6	Pamięci zapis/odczyt (RAM)	260
4.4.3.7	Mikroprocesory	262
4.4.4	Budowa mikrokomputera	264
4.4.4.1	Architektura i minimalna konfiguracja	264
4.4.4.2	Magistrale	266
4.4.4.3	Wejścia i wyjścia sygnałowe	269
4.4.4.4	Podstawowe tryby pracy mikrokomputera	272
4.4.5	Programowanie mikrokomputera	274
4.4.5.1	Programy użytkowe	275
4.4.5.2	Języki programowania	276
4.4.5.3	Rodzaje adresowania	281
4.4.5.4	Listy instrukcji	283
4.4.5.5	Przykład realizacji prostego programu	285
4.4.6	Współpraca mikrokomputera z urządzeniami zewnętrznymi	291
4.4.7	Przykłady zastosowań mikrokomputerów w urządzeniach mechatronicznych	300
5	Układy pneumatyczne	307
5.1	Fizyczne podstawy zachowania sprężonego powietrza	308
5.1.1	Powietrze jako medium robocze	308
5.1.2	Podstawowe prawa gazowe	310
5.1.3	Rodzaje i parametry przepływu gazu	310
5.1.4	Parametry charakteryzujące stan powietrza roboczego	312
5.2	Budowa układu pneumatycznego	314
5.2.1	Układ wytwarzania sprężonego powietrza	315
5.2.2	Układ przygotowania powietrza roboczego	319
5.2.3	Pneumatyczny układ napędowy	320
5.2.4	Siłownik pneumatyczny	320
5.2.4.1	Budowa siłownika tłokowego	321
5.2.4.2	Budowa siłownika beztłoczkowego	322
5.2.4.3	Budowa siłownika beztłokowego (muskul pneumatyczny)	323
5.2.4.4	Dane techniczne i symbolika oznaczeń siłowników pneumatycznych	324
5.2.5	Zawór pneumatyczny	327
5.2.5.1	Budowa zaworu rozdzielającego tulejowo-gniazdowego	327

5.2.5.2	Budowa zaworu rozdzielającego suwakowego	328
5.2.5.3	Budowa zaworu rozdzielającego talerzowo-gniazdowego	329
5.2.5.4	Zawory rozdzielające sterowane bezpośrednio i pośrednio	329
5.2.5.5	Przegląd i budowa zaworów specjalnego przeznaczenia	330
5.2.5.6	Dane techniczne i symbolika oznaczeń zaworów pneumatycznych	332
5.3	Podstawowe układy sterowania siłownikiem pneumatycznym	334
5.3.1	Dobór siłownika i zaworu rozdzielającego	334
5.3.2	Bezpośrednie sterowanie siłownikiem tłokowym jednostronnego działania	335
5.3.3	Pośrednie sterowanie siłownikiem tłokowym jednostronnego działania	335
5.3.4	Bezpośrednie sterowanie siłownikiem tłokowym dwustronnego działania	336
5.3.5	Pośrednie sterowanie siłownikiem tłokowym dwustronnego działania	337
5.3.6	Przykłady zastosowań układów sterowania siłownikiem pneumatycznym	338
5.3.6.1	Stanowisko produkcyjne realizujące proces montażu przez zagniatanie tulei	338
5.3.6.2	Stanowisko produkcyjne realizujące proces zginania elementów blaszanych	338
6	Układy hydrauliczne	340
6.1	Fizyczne podstawy zachowania cieczy pod ciśnieniem	340
6.1.1	Ciecz stojąca	340
6.1.2	Ciecz płynąca	341
6.1.3	Wytwarzanie ciśnienia i przepływu w cieczy	342
6.1.4	Akumulacja energii w cieczy	342
6.1.5	Parametry charakteryzujące stan cieczy	343
6.2	Budowa układu hydraulicznego	343
6.2.1	Ciecze hydrauliczne	344
6.2.2	Zasady budowy układu hydraulicznego	345
6.2.2.1	Budowa otwarta układu hydraulicznego (układ dławieniowy)	345
6.2.2.2	Budowa zamknięta układu hydraulicznego (układ wyporowy)	346
6.2.3	Siłownik hydrauliczny	346
6.2.3.1	Budowa siłownika tłokowego	347
6.2.3.2	Budowa siłownika nurkowego i teleskopowego	347
6.2.3.3	Budowa siłowników o ruchu wahadłowym	348
6.2.3.4	Dane techniczne i symbolika oznaczeń siłowników hydraulicznych	348
6.2.4	Silniki hydrauliczne – przegląd rozwiązań	349
6.2.5	Zawór hydrauliczny	350
6.2.5.1	Zasady budowy zaworów rozdzielających	350
6.2.5.2	Budowa zaworu rozdzielającego suwakowego	351
6.2.5.3	Budowa zaworu rozdzielającego proporcjonalnego	352
6.2.5.4	Budowa serwowaworu rozdzielającego	352
6.2.5.5	Przegląd i budowa zaworów specjalnego przeznaczenia	353
6.2.5.6	Dane techniczne i symbolika oznaczeń zaworów hydraulicznych	354
6.2.6	Osprzęt układu hydraulicznego	354
6.3	Podstawowe układy sterowania siłownikowymi i silnikowymi napędami hydraulicznymi	355
6.3.1	Układ pompa i silnik hydrauliczny	356
6.3.2	Dobór siłownika, silnika i zaworu rozdzielającego	356
6.3.3	Sterowanie różnicowe siłownika tłokowego z jednostronnym tłoczyskiem	357
6.3.4	Sterowanie siłownikiem o zmiennym obciążeniu	358
6.3.5	Zabezpieczenie napędu hydraulicznego przed przeciążeniem	358
6.3.6	Przykłady zastosowań układów sterowania siłownikiem hydraulicznym	358
6.3.6.1	Hydrauliczna jednostka napędowo-posuwowa	359
6.3.6.2	Stanowisko produkcyjne z siłownikiem mocującym przedmiot obrabiany i siłownikiem posuwowym narzędzia	359
6.3.6.3	Warianty współpracy dwóch siłowników w stanowisku produkcyjnym: synchronizacja działania i wybór prędkości ruchu	359
Skorowidz		361
Wykaz firm i instytucji		371