

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Istota mechatroniki</b>	<b>9</b>
1.1	Synergia różnych zasad działania urządzeń zintegrowanych w systemie mechatronicznym	12
1.2	Systemowe podejście podczas projektowania urządzeń i systemów mechatronicznych	17
1.3	Przykłady urządzeń i systemów mechatronicznych	21
1.4	Znaczenie mechatroniki dla rozwoju gospodarczego kraju	27
<b>2</b>	<b>Bezpieczeństwo i higiena pracy</b>	<b>31</b>
2.1	<b>Człowiek jest miarą</b>	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	<b>Warunki bezpiecznej pracy</b>	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	<b>Praca z urządzeniami elektrycznymi</b>	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 podczas wykonywania 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 nieziemione, lokalne połączenia wyrównawcze	52
2.4	<b>Praca z urządzeniami pneumatycznymi</b>	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

<b>2.5</b>	<b>Praca z urządzeniami hydraulicznymi</b>	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
<b>2.6</b>	<b>Bezpieczna praca z urządzeniami i systemami mechatronicznymi</b>	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**

<b>3.1</b>	<b>Wprowadzenie do elektrotechniki</b>	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
<b>3.2</b>	<b>Obwody prądu stałego</b>	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
<b>3.3</b>	<b>Obwody prądu przemiennego</b>	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
<b>3.4</b>	<b>Obwody trójfazowe .....</b>	<b>124</b>
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
<b>4</b>	<b>Układy elektroniczne .....</b>	<b>129</b>
<b>4.1</b>	<b>Podstawowe pojęcia z zakresu budowy układów elektronicznych .....</b>	<b>129</b>
4.1.1	Element i układ elektroniczny .....	129
4.1.2	Elementy bierne 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
<b>4.2</b>	<b>Półprzewodnikowe elementy i układy elektroniczne .....</b>	<b>136</b>
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
<b>4.3</b>	<b>Układy logiczne .....</b>	<b>211</b>
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
<b>4.4</b>	<b>Układy cyfrowe</b>	<b>235</b>
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**

<b>5.1</b>	<b>Fizyczne podstawy zachowania sprężonego powietrza</b>	<b>308</b>
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
<b>5.2</b>	<b>Budowa układu pneumatycznego</b>	<b>314</b>
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 beztłoczyskowego	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
<b>5.3</b>	<b>Podstawowe układy sterowania siłownikiem pneumatycznym .....</b>	<b>334</b>
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
<b>6</b>	<b>Układy hydrauliczne .....</b>	<b>340</b>
<b>6.1</b>	<b>Fizyczne podstawy zachowania cieczy pod ciśnieniem .....</b>	<b>340</b>
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
<b>6.2</b>	<b>Budowa układu hydraulicznego .....</b>	<b>343</b>
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 waporowy) .....	346
6.2.3	Siłownik hydrauliczny .....	346
6.2.3.1	Budowa siłownika tłokowego .....	347
6.2.3.2	Budowa siłownika nurnikowego 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 serwozaworu 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
<b>6.3</b>	<b>Podstawowe układy sterowania siłownikowymi i silnikowymi napędami hydraulicznymi .....</b>	<b>355</b>
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
<b>Skorowidz .....</b>	<b>361</b>	
<b>Wykaz firm i instytucji .....</b>	<b>371</b>	