

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Układy sterowania elektrycznego</b>	<b>9</b>
<b>1.1.</b>	<b>Zasilanie elektryczne urządzeń i systemów mechatronicznych</b>	<b>9</b>
1.1.1	Transformatory	9
1.1.1.1	Budowa i sposób działania	9
1.1.1.2	Warunki pracy transformatorów	12
1.1.1.3	Transformatory trójfazowe	13
1.1.1.4	Transformatory specjalne	14
1.1.2	Prostowniki	16
1.1.2.1	Układy prostownikowe	17
1.1.2.2	Układy stabilizujące	18
1.1.3	Zabezpieczenie przeciążeniowe i przeciwzwarceniowe	19
1.1.3.1	Bezpieczniki instalacyjne i niskonapięciowe mocy	20
1.1.3.2	Bezpieczniki aparaturowe	23
1.1.3.3	Nadmiarowe wyłączniki instalacyjne	24
1.1.4	Baterie i akumulatory	25
<b>1.2.</b>	<b>Napędy elektryczne</b>	<b>28</b>
1.2.1	Silniki elektryczne	28
1.2.1.1	Zasada działania	29
1.2.1.2	Właściwości silników	30
1.2.1.3	Rodzaje ochrony silników	31
1.2.1.4	Rodzaje pracy silników	32
1.2.2	Silniki prądu przemiennego	33
1.2.2.1	Asynchroniczne silniki trójfazowe	36
1.2.2.2	Sterowanie prędkością obrotową silników trójfazowych	41
1.2.2.3	Asynchroniczne silniki trójfazowe z przelączaną liczbą biegunów	43
1.2.2.4	Silnik trójfazowy zasilany jednofazowo	44
1.2.2.5	Synchroniczne i asynchroniczne silniki trójfazowe z elektroniczną komutacją	45
1.2.2.6	Silniki jednofazowe	47
1.2.3	Liniowe silniki prądu przemiennego	49
1.2.3.1	Budowa silnika liniowego, indukcyjnego	50
1.2.3.2	Zasada działania silnika liniowego	51
1.2.4	Silniki prądu stałego	52
1.2.4.1	Silnik obcowzbudny	55
1.2.4.2	Silnik samowzbudny bocznikowy	55
1.2.4.3	Silnik szeregowy	56
1.2.4.4	Silnik samowzbudny szeregowo-bocznikowy	57
1.2.4.5	Nastawianie prędkości obrotowej i zmiana kierunku wirowania	57
1.2.5	Przekładnie ruchu silników elektrycznych	58
1.2.5.1	Przekładnie obrotowe o stałym przełożeniu	60
1.2.5.2	Przekładnie liniowe o stałym przełożeniu	65
1.2.5.3	Przekładnie nastawialne	67
1.2.5.4	Przekładnie o zmiennym przełożeniu	72
1.2.5.5	Przekładnie z ruchem przerywanym	74
1.2.6	Elektromagnesy i sprzęgła elektromagnetyczne	75
1.2.7	Zabezpieczenie przeciążeniowe silników elektrycznych	76
1.2.7.1	Wyłączniki silnikowe	76
1.2.7.2	Przełączniki termiczne silników	76
1.2.7.3	Termistorowe zabezpieczenie silników	77
<b>1.3.</b>	<b>Projektowanie i realizacja elektrycznych układów sterowania</b>	<b>79</b>
1.3.1	Elementy stykowych układów sterowania elektrycznego	85

1.3.1.1	Łączniki	85
1.3.1.2	Przełączniki	87
1.3.1.3	Styczniki	88
1.3.2	Zasady rysowania schematów układów elektrycznych	89
1.3.3	Zasady projektowania elektrycznych układów sterowania	91
1.3.3.1	Projektowanie z wykorzystaniem diagramów drogowych	92
1.3.3.2	Projektowanie z wykorzystaniem diagramów stanu	93
1.3.4	Realizacja elektrycznych układów sterowania	94
1.3.4.1	Układy łącznikowe	96
1.3.4.2	Układy sygnalizacji stanu	98
1.3.4.3	Układy z obwodami sterującymi i roboczymi (energetycznymi)	98
1.3.4.4	Układy stycznikowe	99
1.3.4.5	Układy kolejnościowe i układy z blokadami	100
1.3.5	Przykłady projektowania i zastosowania elektrycznych układów sterowania	101
1.3.5.1	Układy sterowania załączaniem silników trójfazowych (układ gwiazda-trójkąt)	101
1.3.5.2	Układ sterowania silnikami trójfazowymi o dwóch prędkościach obrotowych (układ Dahlandera)	102
1.3.5.3	Układ sterowania sekwencyjnego urządzeniem technologicznym (wiercenie)	102
1.3.5.4	Układ sterowania sekwencyjnego manipulatorem podajnikowym	103
1.3.6	Warunki pracy i wykonania obwodów układów sterowania elektrycznego	105

## **2 Układy sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego 109**

<b>2.1</b>	<b>Wytwarzanie, rozprowadzanie i przygotowanie sprężonego powietrza</b>	110
2.1.1	Budowa instalacji pneumatycznej	110
2.1.2	Wytwarzanie sprężonego powietrza	111
2.1.2.1	Metody osuszania sprężonego powietrza	113
2.1.2.2	Sprężarki	115
2.1.3	Rozprowadzanie sprężonego powietrza	117
2.1.4	Przygotowanie sprężonego powietrza	119
<b>2.2</b>	<b>Silniki i siłowniki pneumatyczne</b>	122
2.2.1	Silniki pneumatyczne	122
2.2.2	Siłowniki pneumatyczne	125
2.2.3	Siłowniki pneumatyczne wahadłowe	127
2.2.4	Specjalne siłowniki pneumatyczne	128
2.2.5	Parametry siłowników pneumatycznych i zasady doboru siłowników	130
<b>2.3</b>	<b>Zawory pneumatyczne</b>	134
2.3.1	Cechy funkcjonalne zaworów rozdzielających, symbolika zaworów	134
2.3.2	Typowe konstrukcje zaworów rozdzielających	137
2.3.3	Inne zawory sterujące kierunkiem przepływu	139
2.3.4	Zawory sterujące natężeniem przepływu	141
2.3.5	Zawory sterujące ciśnieniem i zawory odcinające	142
2.3.6	Zawory elektropneumatyczne	143
2.3.7	Elektropneumatyczne zawory proporcjonalne	144
2.3.7.1	Proporcjonalne zawory ciśnieniowe	145
2.3.7.2	Proporcjonalne zawory rozdzielające	145
<b>2.4</b>	<b>Zasady projektowania pneumatycznych układów sterowania</b>	148
2.4.1	Zasady rysowania schematów układów pneumatycznych	148
2.4.2	Diagramy funkcyjne	150
2.4.2.1	Diagram drogowy	151
2.4.2.2	Diagram stanów	151
2.4.2.3	Projektowanie i realizacja przebiegu procesu sterowania pneumatycznego z wykorzystaniem diagramów stanów	152

2.4.3	Przykłady projektowania i zastosowania pneumatycznych układów sterowania	154
2.4.3.1	Sterowanie ruchem siłownika pneumatycznego	154
2.4.3.2	Sterowanie prędkością ruchu siłownika pneumatycznego	159
2.4.3.3	Sterowanie z uwzględnieniem wartości ciśnienia	162
2.4.3.4	Realizacja zależności czasowych	164
2.4.3.5	Sterowanie taktowo-stopniowe	166
<b>2.5</b>	<b>Elektropneumatyczne układy sterowania</b>	<b>168</b>
2.5.1	Elementy elektryczne układów elektropneumatycznych	169
2.5.1.1	Elementy operatorskie	169
2.5.1.2	Sensory	170
2.5.1.3	Przetworniki pneumoelektryczne i przekaźniki ciśnienia	170
2.5.2	Projektowanie i realizacja przebiegu procesu sterowania elektropneumatycznego	171
<b>2.6</b>	<b>Urządzenia pneumohydrauliczne</b>	<b>174</b>
2.6.1	Pneumatyczne zespoły napędowe z hamulcami hydraulicznymi	175
2.6.2	Napędy pneumohydrauliczne	176

### **3 Układy sterowania hydraulicznego i elektrohydraulicznego 180**

<b>3.1</b>	<b>Sterowanie energią hydrauliczną</b>	<b>180</b>
<b>3.2</b>	<b>Hydrauliczne stacje zasilające</b>	<b>185</b>
3.2.1	Ciecze hydrauliczne	186
3.2.2	Pompy hydrauliczne	188
3.2.3	Akumulatory hydrauliczne	191
3.2.4	Zbiorniki i filtry cieczy roboczej	193
3.2.5	Osprzęt łączeniowy instalacji hydraulicznej	194
<b>3.3</b>	<b>Napędy hydrauliczne</b>	<b>196</b>
3.3.1	Silniki hydrauliczne	196
3.3.2	Siłowniki hydrauliczne	197
3.3.3	Zasady doboru i parametry silników i siłowników hydraulicznych	198
<b>3.4</b>	<b>Zawory hydrauliczne i elektrohydrauliczne</b>	<b>199</b>
3.4.1	Zawory ciśnieniowe	200
3.4.2	Zawory rozdzielające	202
3.4.3	Zawory odcinające	203
3.4.4	Zawory sterujące natężeniem przepływu	204
3.4.5	Elektrohydrauliczne zawory proporcjonalne	205
3.4.6	Serwozawory elektrohydrauliczne	206
3.4.7	Elektronika zaworów proporcjonalnych i serwozaworów	207
<b>3.5</b>	<b>Zasady projektowania układów elektrohydraulicznych</b>	<b>213</b>
3.5.1	Zasady budowy układów elektrohydraulicznych	214
3.5.2	Przykłady realizacji układów elektrohydraulicznych	214
3.5.2.1	Elektrohydrauliczny układ sterowania posuwem	215
3.5.2.2	Elektrohydrauliczny układ napędowy manipulatora	217

### **4 Sterowniki programowalne (PLC) 219**

<b>4.1</b>	<b>Konwencjonalne i programowalne układy automatyki</b>	<b>219</b>
<b>4.2</b>	<b>Rodzaje sterowników programowalnych</b>	<b>220</b>
<b>4.3</b>	<b>Budowa sterownika programowalnego</b>	<b>226</b>
<b>4.4</b>	<b>Zasada działania sterowników PLC</b>	<b>230</b>
<b>4.5</b>	<b>Programowanie sterowników PLC</b>	<b>233</b>
4.5.1	Języki programowania sterowników PLC	233

---

4.5.2	Budowa programu .....	236
4.5.3	Podstawowe funkcje logiczne (AND, OR, NOT) .....	239
4.5.4	Kolejność wykonywania funkcji logicznych .....	243
4.5.5.	Funkcje wprowadzania i przekazania .....	243
4.5.6	Funkcje pamięci – przerzutniki RS i SR .....	245
4.5.7	Funkcje detekcji zbocza sygnału .....	246
4.5.8	Funkcje czasowe – timery .....	247
4.5.9	Funkcje zliczające – liczniki .....	248
<b>4.6</b>	<b>Programowanie sterowników nano-PLC .....</b>	<b>250</b>
<b>4.7</b>	<b>Projektowanie układów sterowania sekwencyjnego .....</b>	<b>252</b>
4.7.1	Projektowanie metodą Grafset .....	252
4.7.2	Projektowanie w języku SFC .....	256
<b>4.8</b>	<b>Wymagania bezpieczeństwa pracy sterowników programowalnych .....</b>	<b>260</b>
	Skorowidz .....	263
	Słownik angielsko-polsko-niemiecki wybranych terminów mechatroniki .....	268
	Wykaz firm i instytucji .....	292