

# Spis treści

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Wstęp</b> ..... | 9 |
|--------------------|---|

## **ROZDZIAŁ 1**

### **Mechanizacja, automatyzacja**

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| <b>i robotyzacja procesów produkcyjnych</b> ..... | 13 |
|---------------------------------------------------|----|

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Proces produkcyjny .....                                         | 13 |
| 1.2. Definicje podstawowych pojęć .....                               | 15 |
| 1.3. Zakres automatyzacji i robotyzacji .....                         | 16 |
| 1.4. Stopień automatyzacji i podatność procesu na automatyzację ..... | 19 |
| 1.5. Rozwój automatyzacji .....                                       | 22 |
| 1.6. Systemy wytwórcze jako systemy mechatroniczne .....              | 24 |
| Pytania kontrolne .....                                               | 27 |

## **ROZDZIAŁ 2**

### **Struktura funkcjonalna sterowania numerycznego**

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| <b>i automatycznej regulacji</b> ..... | 28 |
|----------------------------------------|----|

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Proces produkcyjny a sposób sterowania maszynami, robotami<br>i złożonymi strukturami technologicznymi ..... | 28 |
| 2.2. Struktura układu sterowania automatycznego: układ otwarty i układ zamknięty .....                            | 32 |
| 2.3. Podstawy sterowania cyfrowego .....                                                                          | 37 |
| 2.3.1. Wprowadzenie .....                                                                                         | 37 |
| 2.3.2. Sterowanie cyfrowe: struktura blokowa, pętle sprzężenia zwrotnego w układach ....                          | 43 |
| 2.3.3. Obrabiarkowe i robotowe sterowanie typu NC, CNC i bezpośrednie DNC .....                                   | 48 |
| 2.3.4. Sterowanie numeryczne obrabiarkowe: punktowe, odcinkowe i ciągłe .....                                     | 50 |
| 2.3.5. Sterowanie numeryczne robotowe: punktowe PTP i ciągłe CP .....                                             | 53 |
| 2.3.6. Klasyfikacja układów sterujących .....                                                                     | 55 |
| 2.3.7. Układy automatycznego nadzoru i diagnostyki .....                                                          | 60 |
| 2.4. Proces produkcyjny jako obiekt regulacji .....                                                               | 62 |
| 2.4.1. Obiekt regulacji i jego otoczenie .....                                                                    | 62 |
| 2.4.2. Złożoność systemowa procesu przemysłowego i jego struktura hierarchiczna .....                             | 64 |
| Pytania kontrolne .....                                                                                           | 68 |

**ROZDZIAŁ 3****Sygnały w ciągłych i dyskretnych układach automatyki**

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Obserwowalność systemu technologicznego – dyskretność i ciągłość procesu technologicznego | 70  |
| 3.2. Sygnał jako podstawowy nośnik informacji w układach sterowania                            | 74  |
| 3.3. Transmisja informacji w układach automatycznego sterowania procesami technologicznymi     | 84  |
| 3.3.1. Położenie jako wartość zadana układu sterowania                                         | 85  |
| 3.3.2. Tworzenie informacji o położeniu                                                        | 91  |
| 3.3.3. Regulacja położenia i jego wielkości charakterystyczne – serwonapędy maszyn i robotów   | 99  |
| 3.3.4. Źródła sygnałów w układach sterowania i regulacji – czujniki i diagnostyka procesu      | 103 |
| Pytania kontrolne                                                                              | 110 |

**ROZDZIAŁ 4****Techniczne możliwości systemów automatyzacji**

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Możliwości realizacji napędu i sterowania w układach automatyzacji procesów produkcyjnych | 111 |
| 4.2. Systemy napędowe w zautomatyzowanych liniach wytwórczych                                  | 125 |
| 4.2.1. Napędy elektryczne                                                                      | 125 |
| 4.2.2. Serwonapędy                                                                             | 133 |
| 4.2.3. Napędy pneumatyczne                                                                     | 139 |
| 4.2.4. Napędy hydrauliczne                                                                     | 155 |
| 4.3. Zawory sterujące funkcyjne i ich wpływ na pracę układu                                    | 157 |
| 4.4. Pneumatyczne zespoły zasilania                                                            | 164 |
| 4.5. Charakterystyka napędów, możliwości i zakres ich stosowania                               | 171 |
| Pytania kontrolne                                                                              | 173 |

**ROZDZIAŁ 5****Struktura i funkcje zautomatyzowanych systemów produkcyjnych**

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 5.1. Struktura układu sterowania           | 175 |
| 5.2. Etapy projektowania układu sterowania | 177 |
| 5.3. Rola sterowników PLC w technice       | 181 |
| 5.3.1. Układy stycznikowo-przełącznikowe   | 181 |
| 5.3.2. Ogólne właściwości sterowników PLC  | 182 |
| 5.3.3. Zastosowanie sterowników PLC        | 184 |
| 5.4. Budowa sterownika PLC                 | 186 |
| 5.5. Zasada działania sterownika PLC       | 192 |
| 5.5.1. Rodzaje sygnałów                    | 192 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.5.2. Cykl pracy sterownika .....                                                    | 196 |
| 5.6. Projektowanie systemu sterowania z zastosowaniem sterowników PLC .....           | 203 |
| 5.6.1. Sformułowanie zadania i określenie wyniku sterowania .....                     | 203 |
| 5.6.2. Określenie sygnałów wejściowych i wyjściowych .....                            | 206 |
| 5.6.3. Określenie algorytmu procesu sterowania .....                                  | 208 |
| 5.6.4. Opracowanie tabeli przyporządkowującej i właściwego programu sterującego ..... | 211 |
| 5.6.5. Analiza poprawności rozwiązania i testowanie programu sterującego .....        | 212 |
| 5.6.6. Planowanie obwodów bezpieczeństwa dla urządzenia .....                         | 213 |
| Pytania kontrolne .....                                                               | 227 |

## ROZDZIAŁ 6

### Typowe układy automatycznego

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>systemu wytwórczego</b> .....                                                                   | 228 |
| 6.1. Podsystem maszyn i urządzeń .....                                                             | 229 |
| 6.1.1. Urządzenia obróbcze .....                                                                   | 229 |
| 6.1.2. Zespoły i podsystemy nowoczesnego centrum frezarskiego CNC .....                            | 232 |
| 6.2. Podsystemy transportu .....                                                                   | 247 |
| 6.2.1. Rodzaje systemów transportowych przystanowiskowych (obrobiarkowych)<br>i wydziałowych ..... | 247 |
| 6.2.2. Środki transportowe .....                                                                   | 252 |
| 6.2.3. Pozycjonery .....                                                                           | 255 |
| 6.3. Podsystem magazynowania .....                                                                 | 256 |
| 6.3.1. Wprowadzenie .....                                                                          | 256 |
| 6.3.2. Magazyny narzędzi, wyrobów i surowców .....                                                 | 259 |
| 6.3.3. Systemy magazynowe (stanowiskowe, wydziałowe) i magazynowe środki<br>transportowe .....     | 262 |
| 6.4. Podsystem manipulacji i orientowania .....                                                    | 263 |
| 6.4.1. Wprowadzenie .....                                                                          | 263 |
| 6.4.2. Zmieniające palet i narzędzi .....                                                          | 265 |
| 6.4.3. Manipulatory i roboty przemysłowe .....                                                     | 267 |
| 6.5. Podsystem mocowania i wykonawczy .....                                                        | 269 |
| 6.6. Podsystem kontroli i diagnostyki .....                                                        | 273 |
| 6.7. Podsystem sterowania .....                                                                    | 278 |
| Pytania kontrolne .....                                                                            | 284 |

## ROZDZIAŁ 7

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Elastyczność systemów automatycznych</b> .....                  | 285 |
| 7.1. Elastyczność w systemach produkcyjnych .....                  | 285 |
| 7.1.1. Pojęcie i elementy elastycznego systemu produkcyjnego ..... | 285 |
| 7.1.2. Elastyczny moduł produkcyjny .....                          | 289 |
| 7.1.3. Elastyczne gniazdo produkcyjne .....                        | 290 |
| 7.1.4. Elastyczna linia produkcyjna .....                          | 292 |
| 7.1.5. Elastyczne sieci produkcyjne .....                          | 293 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1.6. Elastyczne systemy montażowe .....                                        | 296 |
| 7.2. Rodzaje elastyczności .....                                                 | 298 |
| 7.2.1. Elastyczność technologiczna .....                                         | 299 |
| 7.2.2. Elastyczność organizacyjna .....                                          | 301 |
| 7.2.3. Elastyczność produkcyjna .....                                            | 302 |
| 7.3. Wybór stopnia automatyzacji i robotyzacji .....                             | 302 |
| 7.4. System planowania i sterowania w elastycznych systemach produkcyjnych ..... | 305 |
| 7.4.1. Hierarchiczny system planowania i sterowania produkcją .....              | 305 |
| 7.4.2. Rozproszony system sterowania produkcją .....                             | 307 |
| 7.5. Niezawodność i eksploatacja systemów automatycznych i zrobotyzowanych ..... | 311 |
| Pytania kontrolne .....                                                          | 315 |

## ROZDZIAŁ 8

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| <b>Znaczenie automatyzacji i robotyzacji .....</b> | <b>317</b> |
| 8.1. Skutki organizacyjne .....                    | 318        |
| 8.2. Skutki społeczne .....                        | 319        |
| 8.3. Skutki ekonomiczne .....                      | 321        |
| Pytania kontrolne .....                            | 322        |

## ROZDZIAŁ 9

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Nowe tendencje w automatyzacji i robotyzacji procesów technologicznych .....</b> | <b>323</b> |
| 9.1. Kierunki rozwoju elementów wykonawczych, sterujących i pomiarowych .....       | 323        |
| 9.2. Zaawansowane algorytmy sterowania .....                                        | 326        |
| 9.3. Sieci przemysłowe sygnałowe i informatyczne .....                              | 332        |
| Pytania kontrolne .....                                                             | 341        |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>Bibliografia .....</b> | <b>342</b> |
|---------------------------|------------|

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>Spis rysunków i tablic .....</b> | <b>347</b> |
|-------------------------------------|------------|