

Spis treści

1. Wprowadzenie	9
2. Przejawy automatyzacji pracy wybranych maszyn roboczych	14
2.1. Narodziny zjawiska	14
2.2. Intensywność występowania zjawiska i jego zasięg	16
2.3. Przejawy automatyzacji w jednozaczyniowych koparkach hydraulicznych	17
2.3.1. Systemy wzajemnej kontroli silnika i układu hydraulicznego	18
2.3.2. Układy precyzyjnej realizacji założonego ruchu osprzętu	23
2.3.3. Układy zapewniające bezawaryjną i bezkolizyjną pracę	31
2.4. Przejawy automatyzacji w koparko-ładowarkach	37
2.4.1. Systemy sterowania zespołem silnika i układu hydraulicznego	37
2.4.2. Układy precyzyjnej realizacji założonego ruchu osprzętu	38
2.4.3. Układy zapewniające bezawaryjną i bezkolizyjną pracę	39
2.5. Przejawy automatyzacji w innych, masowo produkowanych maszynach roboczych	39
2.5.1. Systemy sterowania zespołem silnika, pomp i przekładni głównej	40
2.5.2. Automatyczne systemy wielofunkcyjnego sterowania	41
2.5.3. Układy zapewniające bezawaryjną i bezkolizyjną pracę	42
2.5.4. Układ automatycznej stabilizacji wysięgnika w czasie jazdy	44
2.5.5. Układ automatycznej kontroli procesu ładowania urobku	44
2.6. Przewidywane kierunki rozwoju automatyzacji w maszynach roboczych	45
3. Metodyka tworzenia modeli funkcjonalnych maszyn roboczych	46
3.1. Wprowadzenie	46
3.2. Kinematyka pracy maszyny	46
3.2.1. Wiadomości wstępne	46
3.2.2. Pole pracy koparki	49
3.2.3. Siły w polu pracy	51
3.2.4. Podsumowanie	55
3.3. Proces roboczy – urabianie gruntów	56
3.3.1. Wiadomości wstępne	56
3.3.2. Siły w procesie urabiania	59
3.3.3. Algorytmy sterowania procesem skrawania	61
3.3.4. Maksymalna siła skrawająca	62
3.4. Optymalizacja wielokryterialna w procesach roboczych koparek hydraulicznych	64
3.5. Budowa strukturalna maszyn	66
3.5.1. Silnik spalinowy	66
3.5.2. Układ hydrauliczny	67
3.5.3. Układ elektryczny	70
3.5.4. Układ mechaniczny	70

3.6.	System diagnostyczny koparki	70
3.6.1.	Parametry diagnostyczne systemu	71
3.6.2.	Wymagania dotyczące warunków pracy układu diagnostycznego	71
3.6.3.	Określenie parametrów pomiarowych (symbole)	71
3.6.4.	Obwody czujnikowe	72
3.7.	Podsumowanie	74
3.8.	Literatura	74
4.	Projektowanie układów hydraulicznych sterowanych i regulowanych z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów	76
4.1.	Wstęp	76
4.2.	Wprowadzenie do projektowania układów hydraulicznych sterowanych i regulowanych z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów	76
4.3.	Etapy studium projektowania złożonego systemu	77
4.4.	Podstawy teoretyczne projektowania napędu i sterowania hydraulicznego	80
4.4.1.	Podstawy działania układów hydraulicznych	80
4.4.2.	Pompy	91
4.4.3.	Odbiorniki hydrauliczne	92
4.4.4.	Elementy sterujące	92
4.4.5.	Układy hydraulicznego zasilania w samojezdnych maszynach roboczych	99
4.4.6.	Czujniki pomiarowe	109
4.5.	Od sterowania do regulacji układu hydraulicznego	113
4.5.1.	Wiadomości wstępne	113
4.5.2.	Tor sterowania	114
4.5.3.	Układ regulacji	115
4.6.	Metoda projektowania sterowania układem hydraulicznym	116
4.6.1.	Wiadomości wstępne	116
4.6.2.	Modele funkcjonalne systemów sterowania	117
4.6.3.	Wymagania dotyczące wyposażenia manipulatora ratowniczego	118
4.6.4.	Etapy pracy podczas usuwania materiałów niebezpiecznych	119
4.6.5.	Podstawowe rodzaje napędów stosowane w manipulatorach ratowniczych	120
4.6.6.	Napęd hydrauliczny	121
4.7.	Przykład zrealizowanego układu hydraulicznego mechanizmu obrotu	152
4.7.1.	Opis stanowiska badawczego mechanizmu obrotu manipulatora sterowanego cyfrowo, z napędem silnikiem hydraulicznym	153
4.7.2.	Opis użytych elementów hydraulicznych badanego układu	156
4.7.3.	Opis programu sterującego	162
4.7.4.	Wyniki badań	166
4.8.	Podsumowanie	171
4.9.	Literatura	172
5.	Technologie i projektowanie komputerowych systemów pokładowych dla maszyn roboczych	175
5.1.	Wprowadzenie	175
5.2.	Podstawowe pojęcia i problemy	175
5.2.1.	Systemy cyfrowe, komputerowe, informatyczne	175
5.2.2.	Systemy cyfrowe w przemyśle (produkcyjnym)	176
5.2.3.	Systemy cyfrowe w pojazdach	177
5.2.4.	Maszyny robocze i ich specyfika	177
5.3.	Systemy informatyczne w automatyzacji i sterowaniu (w tym w maszynach roboczych)	179
5.3.1.	Rola sprzętu i oprogramowania	179
5.3.2.	System wbudowany	180
5.3.3.	System reaktywny	180
5.3.4.	System czasu rzeczywistego	181
5.3.5.	System rozproszony	182
5.4.	Technologia sprzętu komputerowego w systemach wbudowanych	183
5.4.1.	Sprzęt dedykowany a komercyjny	183
5.4.2.	Wymagania związane z warunkami pracy i niezawodnością	184
5.4.3.	Budowa komputerów przemysłowych	185

5.4.4.	Komunikacja	188
5.4.5.	Sensory i aktuatory oraz układy wejścia-wyjścia	192
5.4.6.	Komunikacja człowiek-maszyna, czyli interfejs dla operatora, diagnosty i in.	194
5.5.	Oprogramowanie	195
5.5.1.	Oprogramowanie systemowe i aplikacyjne	196
5.5.2.	Systemy operacyjne czasu rzeczywistego (RTOS)	196
5.5.3.	Środowisko kodowania, uruchamiania i testowania oprogramowania	200
5.5.4.	Języki programowania (kodowania) systemów czasu rzeczywistego	201
5.6.	Projektowanie systemów wbudowanych	203
5.6.1.	Wprowadzenie	203
5.6.2.	Modele projektowania w informatyce	203
5.6.3.	Inżynieria oprogramowania i inżynieria systemów	204
5.6.4.	Projektowanie architektury przez modelowanie (MDA)	206
5.6.5.	UML i SysML	208
5.7.	Eksperymentalny system dla koparki hydraulicznej	211
5.7.1.	Założenia	212
5.7.2.	Budowa systemu eksperymentalnego	212
5.7.3.	Zadania i procesy w systemie	214
5.7.4.	Struktura oprogramowania systemu	214
5.7.5.	Uwagi końcowe	215
5.8.	Podsumowanie	216
5.9.	Rozwinięcia skrótów i akronimów	216
5.10.	Literatura	217
6.	Modelowanie dynamiczne maszyn roboczych	219
6.1.	Uwagi ogólne	219
6.2.	Kinematyka koparki	220
6.2.1.	Wprowadzenie	220
6.2.2.	Współrzędne opisujące ruch koparki	221
6.2.3.	Funkcje opisujące położenie punktów koparki	223
6.2.4.	Prędkość i przyspieszenie punktów koparki	225
6.2.5.	Kinematyka ostrza łyżki	228
6.2.6.	Kinematyka siłowników	231
6.2.7.	Kinematyka ruchu obrotowego	240
6.2.8.	Kinematyka podwozia	243
6.3.	Statyka koparki	246
6.3.1.	Statyka siłowników	246
6.3.2.	Siły nacisku na podłoże	249
6.4.	Dynamika koparki	252
6.4.1.	Wprowadzenie	252
6.4.2.	Wyznaczanie uogólnionej siły bezwładności metodą Lagrange'a	252
6.4.3.	Wyznaczanie uogólnionej siły bezwładności metodą Gaussa	255
6.4.4.	Opis siły bezwładności według metody Newtona-Eulera	257
6.4.5.	Siły obciążające koparkę	259
6.4.6.	Dynamika napętniania i rozładowania łyżki koparki	262
6.5.	Podsumowanie	263
6.6.	Literatura	265
7.	Problemy konfiguracji toru pomiarowego	266
7.1.	Wprowadzenie	266
7.2.	Realizacja fizyczna toru pomiarowego	271
7.3.	Parametry toru pomiarowego	272
7.3.1.	Właściwości statyczne toru pomiarowego	273
7.3.2.	Właściwości dynamiczne toru pomiarowego	274
7.4.	Wpływ struktury toru pomiarowego na błąd	278
7.5.	Zasilanie układów pomiarowych	279
7.6.	Przesyłanie informacji	282
7.6.1.	Przesyłanie sygnałów elektrycznych	282
7.6.2.	Transmisja radiowa	285
7.6.3.	Sieci wymiany danych	285

7.7.	Podsumowanie	286
7.8.	Literatura	286
8.	Algorytmy sterowania maszynami roboczymi	287
8.1.	Automatyczny system diagnostyczny	287
8.1.1.	Budowa systemu	287
8.1.2.	Testy	290
8.1.3.	Obwody czujnikowe	292
8.1.4.	Algorytm działania systemu diagnostycznego	297
8.2.	Automatyczny system pozycjonowania	297
8.3.	Podsumowanie	310
8.4.	Literatura	311
9.	Komunikacja człowiek-maszyna robocza	312
9.1.	Wprowadzenie	312
9.2.	Podstawowe zasady projektowania interfejsów HMI	314
9.2.1.	Standaryzacja interfejsów HMI	315
9.2.2.	Podstawowe zasady projektowania interfejsów HMI	315
9.3.	System wspomagania operatora koparki	323
9.4.	System diagnostyczny koparki BRAWAL	327
9.4.1.	Automatyczny system diagnostyczny	327
9.4.2.	System automatycznego pozycjonowania	329
9.5.	Symulator diagnostyki koparki z interfejsem operatora	332
9.5.1.	Schemat funkcjonalny	333
9.5.2.	Sygnały diagnostyczne	334
9.5.3.	Selekcja i hierarchizacja wyświetlanych informacji	335
9.5.4.	Projekt interfejsu	335
9.5.5.	Program sterujący interfejsem	355
9.6.	Podsumowanie	363
9.7.	Literatura	364
10.	Praktyczne zastosowania systemów automatyzujących pracę maszyn roboczych	365
10.1.	Wprowadzenie	365
10.2.	System Wspomagania Operatora Maszyny Roboczej	366
10.3.	Automatyzacja ruchów roboczych minikoparki	371
10.4.	Badania energooszczędnych procesów urabiania	380
10.4.1.	Wprowadzenie	380
10.4.2.	Metoda przygotowania ośrodka gruntowego	380
10.4.3.	Procedura badań procesu urabiania	381
10.4.4.	Przygotowanie wzorcowej trajektorii	381
10.4.5.	Narzędzie do weryfikacji trajektorii	385
10.4.6.	Badania wpływu kąta skrawania na opory urabiania	387
10.4.7.	Podsumowanie	390
10.5.	Zdalne sterowanie pracą koparki	392
10.6.	Zastosowanie sieci CAN w sterowaniu maszyn roboczych	397
10.7.	Modularny zautomatyzowany system sterowania agregatem ciągnikowym	404
10.7.1.	Wprowadzenie	404
10.7.2.	Model funkcjonalny układu ciągnik-narzędzie-podłoże	406
10.7.3.	Model komputerowy agregatu ciągnikowego	409
10.7.4.	Budowa systemu sterowania agregatu ciągnikowego	413
10.7.5.	Modularny system sterowania	415
10.7.6.	Podsumowanie wyników badań	427
10.7.7.	Podsumowanie aplikacji sterowania agregatem ciągnikowym	428
10.8.	Literatura	430
11.	Podsumowanie	433
12.	Literatura uzupełniająca	438