

Spis treści

Przedmowa	11
Zestawienie ważniejszych oznaczeń	13
Rozdział I. Wprowadzenie w zagadnienia dynamiki elementów i układów hydraulicznych	15
Rozdział II. Dynamika złożonych układów maszyn i urządzeń hydraulicznych	18
1. Zdalne sterowanie maszyn	18
2. Sterowanie za pomocą przewodów elektrycznych	20
3. Sterowanie za pomocą prądów wysokiej częstotliwości	21
4. Sterowanie za pomocą fal radiowych	23
5. Sterowanie za pomocą układu laserowego	25
6. Hydrauliczne złożone układy sterowania	29
Rozdział III. Budowa modeli dynamicznych hydraulicznych układów napędowych i sterowniczych	35
1. Budowa modeli matematycznych	38
2. Model stochastyczny	39
3. Modele rozgrywające	39
4. Modele adaptacyjne	40
5. Rozwiązywanie modeli matematycznych	40
5.1. Metoda analityczna	40
5.2. Metody analogii bezpośrednich	41
5.3. Symulacja dynamiki układów za pomocą maszyn matematycznych	41
5.4. Modelowanie analogowe	42
5.5. Modelowanie na maszynie cyfrowej	44
5.6. Modelowanie hybrydowe (stymulacja hybrydowa)	44
Rozdział IV. Odwzorowanie modelowania układów hydraulicznych	45
1. Odwzorowanie modelowania za pomocą schematów montażowych	45
2. Odwzorowanie modelowania za pomocą schematu ideowego	46
3. Odwzorowanie modelowania dynamicznego za pomocą schematów funkcjonalnych	48
4. Odwzorowanie modelowania dynamicznego za pomocą schematów konstrukcyjnych	49
5. Odwzorowanie modelowania dynamicznego serwo mechanizmów za pomocą schematów blokowych	49
5.1. Podstawowe pojęcia stosowane w schematach blokowych	50
5.1.1. Elementarne składniki schematów blokowych	50
5.1.2. Węzły informacyjne w schematach blokowych	51
5.1.3. Węzły sumujące w schematach blokowych	51
5.1.4. Metody przekształcania schematów blokowych	53
5.1.5. Przekształcanie schematów wieloblokowych do jednego (zastępczego)	59

6. Grafy przepływu sygnałów w zastosowaniach do badań dynamiki modeli hydraulicznych układów sterujących i napędowych	60
6.1. Zastosowanie grafów w dynamicznym modelowaniu układów	60
6.1.1. Podstawowe pojęcia z teorii grafów	61
6.1.2. Grafy izomorficzne	62
6.1.3. Klasy grafów	63
6.1.4. Działania na grafach – suma mnogościowa	64
6.1.5. Funkcje macierzowe grafów	66
6.1.6. Grafy stosowane do zagadnień syntezy układów hydraulicznych	66
6.1.7. Graf zerowy	67
6.1.8. Systemy grafów stosowane w układach hydraulicznych	67
6.1.9. Budowa grafu dla różnych układów fizycznych	68
6.1.10. Konstrukcja grafu przepływu Coatesa na podstawie schematu strukturalnego	69
6.1.11. Kanoniczna postać grafu układu	71
6.1.12. Przykłady tworzenia grafu w układach hydraulicznych	74
6.2. Grafy więzów	78
6.2.1. Modelowanie za pomocą grafu więzów	78
Rozdział V. Równania układów hydraulicznych	82
1. Ciecz doskonała	82
2. Siły działające na ciecz	82
3. Naprężenia w cieczach	83
4. Siły lepkości	83
5. Siły i sztywności	84
5.1. Definicje i znaki	84
5.2. Znak niektórych sztywności	85
5.3. Sztywność elementów mechanicznych	85
5.4. Wnioski	85
6. Siły występujące w elementach hydraulicznych	86
6.1. Inne siły hydrauliczne statyczne	86
6.2. Określenie powierzchni efektywnej, membran, przepon i mieszka sprężystego	86
6.2.1. Pojęcie powierzchni efektywnej i nachylenie charakterystyk	87
7. Siły działające na suwak rozdzielacza	88
7.1. Siła zależna od masy związanej z tłokiem	89
7.2. Siła tarcia lepkiego	89
7.3. Siła hydrodynamiczna strumienia cieczy w rozdzielaczach	90
7.4. Siła tarcia Coulomba	90
7.5. Siła tarcia uszczelnień	90
7.6. Siła sprężyny	91
8. Układ równań	91
8.1. Równania systemów hydraulicznych	91
8.2. Charakter równań	91
8.3. Równania sił lub momentów	92
8.3.1. Przypadek ogólny	92
8.3.2. Przypadek równań liniowych	92
9. Równania natężeń przepływu	93
9.1. Równanie natężeń przepływu (masowe)	93
9.2. Przepływ wywołany ściśliwością	94
9.3. Przepływ wywołany zmianą objętości	95
10. Linearyzacja	96
10.1. Równanie liniowe równoważne	97
10.2. Pierwsze przybliżenie równania liniowego równoważnego	97
10.3. Linearyzacja harmoniczna	99
11. Przykład układania równań dzielnika hydraulicznego i ich linearyzacja	101

Rozdział VI. Statyka i dynamika podstawowych członów liniowych	105
1. Człon proporcjonalny	106
1.1. Przykłady członów proporcjonalnych	108
2. Człon całkujący (idealny)	109
2.1. Przykłady członów całkujących	111
3. Człon różniczkujący	113
3.1. Przykłady członów różniczkujących	115
4. Człon z opóźnieniem	116
4.1. Przykłady członów z opóźnieniem	118
Rozdział VII. Elementy i układy hydrauliczne	120
1. Układy napędowe, sterujące i automatyczne	120
2. Systematyka pomp, zasada działania, podstawowe wielkości	122
2.1. Pompa zębata o ząbieniu zewnętrznym	122
2.2. Pompa wielotłoczkowa osiowa	124
2.3. Pompa wielotłoczkowa promieniowa	128
2.4. Pompa łopatkowa pojedynczego działania	129
2.4.1. Pompa łopatkowa podwójnego działania z wirującymi łopatkami	130
2.5. Elektroniczne systemy sterowania pomp	130
2.5.1. Elektroniczny system sterowania ciśnieniem i wydajnością pomp	131
3. Systematyka zaworów	132
3.1. Rozdzielacze	132
3.2. Charakterystyki statyczne rozdzielaczy suwakowych	134
3.3. Określenie charakteru przepływu czynnika roboczego przez szczeliny sterujące rozdzielacza	137
3.4. Wyznaczenie współczynnika przepływu w kanałach sterujących rozdzielacza	143
3.5. Badania symetrii szczelin w rozdzielaczach suwakowych	153
Rozdział VIII. Wskaźniki charakteryzujące właściwości dynamiczne układów hydraulicznych	156
1. Jakość dynamiczna	156
2. Wskaźniki jakości dynamicznej	158
2.1. Czas regulacji	158
2.2. Przeregulowanie	159
2.3. Maksymalne dynamiczne odchylenie regulacji (uchyb maksymalny początkowy)	159
2.4. Oscylacyjność	160
2.5. Współczynnik nadwyżki dynamicznej (współczynnik przewyższenia)	160
2.6. Ustalony uchyb regulacji	160
2.7. Wskaźniki dotyczące przebiegu charakterystyk częstotliwościowych	162
2.7.1. Zapas fazy i amplitudy	162
3. Kryteria całkowite z odchyleniami w czasie	163
3.1. Kryterium całkowite	163
3.2. Kryterium całki z kwadratu odchylenia w czasie	164
3.3. Kryterium całki z bezwzględnej wartości odchylenia w czasie	165
3.4. Kryterium z bezwzględnej wartości odchylenia dla danych czasów t	166
Rozdział IX. Charakterystyki skokowe i impulsowe	167
1. Wymuszenie ciągłe i dyskretne	167
2. Związki między charakterystykami skokowymi i impulsowymi	169
Rozdział X. Charakterystyki dynamiczne układów hydraulicznych	174
1. Dynamiczne charakterystyki czasowe	175
2. Charakterystyki impulsowe	176

3. Wyznaczanie charakterystyk dynamicznych przy wymuszeniach skokowych	177
4. Dynamiczne charakterystyki czasowe układów inercyjnych z opóźnieniem	179
5. Dynamiczne charakterystyki czasowe układu oscylacyjnego rzędu drugiego z opóźnieniem	181
6. Obiekty statyczne i astatyczne	184
6.1. Charakterystyki skokowe obiektów statycznych	184
6.2. Charakterystyki skokowe obiektów astatycznych	185
7. Wyznaczanie współczynników równań na podstawie charakterystyk czasowych	186
Rozdział XI. Dynamika układów hydraulicznych	189
1. Równania dynamiki układów hydraulicznych z regulacją prędkości silnika przez dławienie przepływu w rozdzielaczu	189
2. Dynamika układów hydraulicznych z regulacją prędkości silnika przez zmianę objętości skokowej pompy	193
Rozdział XII. Dynamika stochastyczna liniowych układów hydraulicznych	197
1. Procesy przypadkowe	197
2. Dystrybucja, funkcja rozkładu prawdopodobieństwa	199
3. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa	200
4. Wartość średnia procesu stochastycznego	200
5. Wariancja (dyspersja) procesu stochastycznego	201
6. Funkcja korelacyjna procesu stochastycznego	203
7. Podział procesów stochastycznych	203
7.1. Funkcja korelacji wzajemnej $X(t)$, $Y(t)$	206
8. Własności ergodyczności procesów stochastycznych	206
9. Związki gęstości (spektralnej) widmowej mocy na wejściu i wyjściu	208
10. Charakterystyki dynamiczne układów hydraulicznych liniowych stacjonarnych wyznaczone metodą funkcji korelacyjnych	212
11. Procesy stochastyczne wektorowe	214
12. Wyznaczenie charakterystyk dynamicznych na stanowisku badawczym metodami stochastycznymi	216
13. Stanowisko do wyznaczania charakterystyk dynamicznych metodą wymuszeń stochastycznych	219
Rozdział XIII. Urządzenia wymuszeń skokowych w badaniach układów hydraulicznych	224
1. Wielkości wejściowe i wyjściowe	224
2. Elementy urządzeń wymuszeń skokowych	226
3. Urządzenia wymuszeń skokowych	226
3.1. Hydrauliczne urządzenia wymuszeń skokowych z zaworem dławiąc-zwrotnym	227
3.2. Hydrauliczne urządzenia wymuszeń skokowych z dźwigniowym przełożeniem	228
3.3. Hydrauliczne urządzenie wymuszeń skokowych z regulatorem przepływu	230
3.4. Hydrauliczne urządzenie wymuszeń skokowych z regulatorem przepływu z dwustronnym zasilaniem	231
3.5. Pneumatyczne urządzenie wymuszeń skokowych	232
3.6. Pneumohydrauliczne urządzenie wymuszeń skokowych	233
3.7. Elektromagnetyczne urządzenie wymuszeń skokowych z jednostronnym przemieszczeniem suwaka rozdzielacza	235
3.8. Elektromagnetyczne urządzenie wymuszeń skokowych z podwójnym uzwojeniem	235
3.9. Krzywkowe urządzenie wymuszeń skokowych	236
3.10. Sprężynowe urządzenie wymuszeń skokowych	237

Rozdział XIV. Dynamika elementów hydraulicznych	239
1. Dynamika zaworów	239
1.1. Dynamika zaworów zwrotnych	240
1.2. Model zaworu zwrotnego	240
1.3. Przykłady zastosowań zaworów zwrotnych w układach hydraulicznych	244
Rozdział XV. Dynamika mechanizmów maszyn	246
1. Założenia upraszczające	246
2. Model mechanizmu podnoszenia	247
2.1. Charakterystyki statyczne silnika hydraulicznego	248
2.2. Charakterystyki mechaniczne silnika hydraulicznego	248
2.3. Stany przejściowe przekładni hydraulicznej	250
2.4. Stany przejściowe przekładni hydraulicznej podczas hamowania dławieniowego	254
2.5. Model przekładni hydraulicznej podczas hamowania dławieniowego	254
2.6. Stany przejściowe przekładni hydraulicznej występujące podczas hamowania strumieniem przeciwnym do ruchu normalnego	256
2.7. Przebiegi przejściowe przekładni hydraulicznej występujące podczas zmiany obciążenia silnika	258
Rozdział XVI. Modele fizyczne mechanizmów maszyn i urządzeń hydraulicznych	260
1. Badania wstępne	260
1.1. Warunki pomiarów	261
1.2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych	261
1.3. Zakres pomiarów	261
1.4. Dobór aparatury kontrolno-pomiarowej	262
2. Badania stanów przejściowych modelu fizycznego mechanizmu podnoszenia	262
2.1. Model fizyczny mechanizmu podnoszenia	263
2.2. Badania stanów przejściowych modelu fizycznego mechanizmu podnoszenia	264
Rozdział XVII. Badania maksymalnych przeciążeń dynamicznych w mechanizmie podnoszenia wysięgnika ładowarki	267
1. Zasada działania mechanizmu podnoszenia wysięgnika ładowarki	268
1.1. Warunki badań eksperymentalnych układu hydraulicznego mechanizmu podnoszenia	269
1.2. Wskaźniki charakteryzujące właściwości dynamiczne mechanizmu podnoszenia	272
1.3. Badania eksperymentalne układu rzeczywistego mechanizmu	273
Rozdział XVIII. Dynamika maszyn i urządzeń podczas prac montażowych	276
1. Mechanizm zwodzenia wieży żurawia	276
2. Badania maksymalnych impulsów ciśnień podczas opuszczania wieży do pozycji transportowej	277
3. Składanie wieży żurawia do pozycji transportowej	279
Rozdział XIX. Mikrohydraulika w maszynach, urządzeniach i manipulatorach	281
1. Wstęp	281
2. Zastosowanie mikrohydrauliki w manipulatorach i robotach przemysłowych	281
3. Mikrohydraulika w manipulatorach i robotach przemysłowych	290
4. Model stanowiska do badań stanów przejściowych w mikromechanizmach	291
5. Badania maksymalnych impulsów ciśnień podczas podnoszenia obciążnika	293
Rozdział XX. Awarie elementów i układów hydraulicznych	296
1. Badania przewodów elastycznych	296
1.1. Model stanowiska do badań przewodów elastycznych	298
1.2. Badania maksymalnych impulsów w przewodach elastycznych	299
1.3. Stanowisko do badań wytrzymałości doraźnej przewodów elastycznych	301
Rozdział XXI. Tendencje rozwoju badań statycznych i dynamicznych	305
Literatura	307