

# SPIS TREŚCI

Zestawienie podstawowych wielkości fizycznych .....	7
Przedmowa .....	9
<b>1. PODSTAWOWE POJĘCIA .....</b>	<b>11</b>
1.1. Warunki eksploatacji i pomiarów .....	11
1.2. Parametry i jednostki .....	13
1.2.1. Definicja i jednostki ciśnienia .....	13
1.2.2. Definicje i jednostki strumienia przepływu .....	14
1.3. Wybrana terminologia .....	15
<b>2. WPROWADZENIE DO NAPĘDÓW PŁYNOWYCH .....</b>	<b>21</b>
2.1. Technika napędów płynowych .....	21
2.2. Mechatronika w napędach płynowych .....	23
2.3. Rozwój napędów płynowych .....	25
2.4. Komputerowe projektowanie napędów płynowych .....	28
2.4.1. Biblioteki bloków dynamicznych .....	32
2.4.2. Biblioteki bloków hydraulicznych w środowisku Matlab/Simulink .....	33
<b>3. PODSTAWY TEORETYCZNE NAPĘDÓW HYDROSTATYCZNYCH .....</b>	<b>41</b>
3.1. Charakterystyka napędów hydrostatycznych .....	41
3.2. Ciecz robocza jako nośnik energii .....	43
3.2.1. Lepkość cieczy roboczej .....	44
3.2.2. Gęstość cieczy roboczej .....	48
3.2.3. Ścisłość cieczy roboczej .....	49
3.2.4. Właściwości cieplne cieczy roboczej .....	51
3.3. Zasada zachowania energii .....	52
3.3.1. Równanie zachowania energii .....	52
3.3.2. Analogie energetyczne .....	55
3.3.3. Akumulacja energii potencjalnej .....	59
3.3.4. Akumulacja energii kinetycznej .....	60
3.3.5. Uderzenie hydrauliczne .....	61
3.3.6. Prawo „równowagi” w napędach hydrostatycznych .....	63
3.3.7. Transformacja energii .....	64
3.4. Zasada zachowania masy .....	66
3.4.1. Równanie ciągłości przepływu .....	66
3.4.2. Przepływ związany ze ścisłością cieczy .....	70
3.5. Straty energii .....	73
3.5.1. Dyssypacja energii, sprawność termiczna .....	73
3.5.2. Straty ciśnienia .....	77
3.5.3. Przepływ przez otwory hydrauliczne .....	83
3.5.4. Charakterystyki statyczne oporów czynnych .....	87

3.6. Zasada zachowania pędu .....	92
3.6.1. Siła hydrodynamiczna .....	92
3.6.2. Siła hydrodynamiczna w suwaku sterującym .....	94
3.7. Bilans energii .....	97
3.7.1. Straty mocy napędu hydrostatycznego .....	97
3.7.2. Bilans cieplny napędu hydrostatycznego .....	102
<b>4. PODSTAWY TEORETYCZNE NAPĘDÓW PNEUMATYCZNYCH .....</b>	<b>107</b>
4.1. Charakterystyka napędów pneumatycznych .....	107
4.2. Podstawy fizyczne sprężonego powietrza .....	109
4.2.1. Właściwości sprężonego powietrza .....	109
4.2.2. Procesy termodynamiczne sprężonego powietrza .....	115
4.2.3. Bilans energii dla siłownika pneumatycznego .....	122
4.2.4. Sprężystość powietrzna (sprężyna pneumatyczna) .....	126
4.2.5. Siłownik ze sprężyną pneumatyczną .....	128
4.2.6. Prędkość dźwięku w powietrzu .....	129
4.3. Zasada zachowania masy .....	130
4.3.1. Bilans przepływu masowego .....	130
4.3.2. Napełnianie i opróżnianie zbiornika .....	133
4.3.3. Równanie ciągłości przepływu czynnika ściśliwego .....	134
4.4. Straty energii w instalacji pneumatycznej .....	135
4.4.1. Przepływ lepki powietrza .....	135
4.4.2. Przepływ ściśliwy powietrza .....	138
4.4.3. Straty ciśnienia w instalacji pneumatycznej .....	140
4.5. Przepływ sprężonego powietrza .....	144
4.5.1. Wypływ swobodny sprężonego powietrza .....	144
4.5.2. Przepływ sprężonego powietrza przez krótki otwór .....	151
4.5.3. Przepływ sprężonego powietrza przez zawory .....	155
<b>5. METODY OBLICZANIA NAPĘDÓW HYDROSTATYCZNYCH .....</b>	<b>165</b>
5.1. Sterowanie objętościowe .....	165
5.1.1. Prasa hydrauliczna .....	165
5.1.2. Podnośnik hydrauliczny .....	166
5.1.3. Przekładnia hydrostatyczna o ruchu liniowym .....	167
5.1.4. Przekładnia hydrostatyczna o ruchu obrotowym .....	169
5.1.5. Równoległe połączenie silników hydraulicznych .....	172
5.1.6. Szeregowe połączenie silników hydraulicznych .....	173
5.1.7. Transformator hydrauliczny .....	174
5.2. Sterowanie dławieniowe .....	176
5.2.1. Układ z dławieniem na dopływie silnika .....	176
5.2.2. Układ z dławieniem na dopływie siłownika .....	178
5.2.3. Układ z dławieniem na odpływie silnika .....	180

5.2.4. Układ z dławieniem na odgałęzieniu silnika .....	181
5.2.5. Układ z dławieniem na odgałęzieniu siłownika .....	183
5.2.6. Sterowanie z dławieniem czynnym .....	185
5.2.7. Szeregowe połączenie oporów hydraulicznych .....	188
5.2.8. Równoległe połączenie oporów hydraulicznych .....	190
5.2.9. Oporo hydrauliczne w półmostku hydraulicznym .....	191
5.3. Obliczanie siłowników hydraulicznych .....	192
5.3.1. Sztywność komory siłownika hydraulicznego .....	192
5.3.2. Częstotliwość drgań własnych siłownika serwonapędu .....	193
5.3.3. Amortyzacja ruchu tłoka siłownika hydraulicznego .....	195
5.3.4. Siła tarcia w siłownikach hydraulicznych .....	198
5.4. Dobór akumulatora hydraulicznego .....	202
5.4.1. Dobór parametrów akumulatora gazowego .....	202
5.4.2. Optymalny dobór akumulatora gazowego .....	206
<b>6. METODY OBLICZANIA NAPĘDÓW PNEUMATYCZNYCH .....</b>	<b>211</b>
6.1. Dobór siłownika pneumatycznego .....	211
6.1.1. Ruch tłoka siłownika .....	211
6.1.2. Równania ruchu tłoka siłownika .....	215
6.1.3. Sprawdzenie tłoczyska na wyboczenie .....	222
6.1.4. Obliczanie zużycia powietrza w siłownikach .....	225
6.1.5. Amortyzacja ruchu tłoka siłownika pneumatycznego .....	228
6.2. Dobór średnicy instalacji pneumatycznej .....	230
6.3. Dobór zbiornika sprężonego powietrza .....	233
6.4. Dobór zaworów pneumatycznych .....	237
Literatura .....	245
Streszczenia .....	249