

Spis treści

<b>Przedmowa</b>	<b>9</b>
<b>Wykaz ważniejszych oznaczeń</b>	<b>11</b>
<b>1. Wstęp</b>	<b>13</b>
1.1. Uwagi wstępne	13
1.2. Rozwój układów hydrostatycznych	14
1.3. Zalety i wady układów hydrostatycznych	17
<b>2. Hydrostatyka i hydrodynamika cieczy lepkich</b>	<b>19</b>
2.1. Hydrostatyka. Prawo Pascala	19
2.2. Hydrodynamika	22
2.2.1. Równanie Bernoulliego	23
2.2.2. Nagrzewanie się cieczy przy przepływie	24
2.2.3. Bezwładność słupa cieczy	26
2.2.4. Rodzaje przepływów	26
2.3. Liniowe straty ciśnienia	29
2.3.1. Przepływ laminarny w rurze. Prawo Stokesa	29
2.3.2. Natężenie przepływu laminarnego w rurze. Wzór Hagen-Poiseuille'a	31
2.3.3. Liniowe straty ciśnienia. Wzór Darcy'ego-Weisbacha	32
2.3.4. Liniowe straty ciśnienia przy przepływie turbulentnym	34
2.3.5. Zależność strat ciśnienia od natężenia przepływu	38
2.3.6. Zależność strat ciśnienia od lepkości cieczy	39
2.3.7. Zalecane prędkości przepływu	40
2.4. Miejscowe straty ciśnienia	41
2.4.1. Obliczanie strat miejscowych	41
2.4.2. Odcinek początkowy rury jako opór miejscowy	44
2.4.3. Przepływ przez dławik	46
2.5. Straty ciśnienia w obiegu hydraulicznym	49
2.6. Przepływ w szczelinach	51
2.6.1. Przepływ przez szczelinę płaską o stałej wysokości i ściankach nieruchomych	52
2.6.2. Przepływ przez szczelinę płaską promieniową.	55
2.6.3. Przepływ przez szczelinę płaską o zmiennej wysokości	56
2.6.4. Przepływ przez szczelinę płaską o małej szerokości	57
2.6.5. Przepływ przez szczelinę pierścieniową	58
2.6.6. Przepływ przez szczelinę pierścieniową mimośrodową	59
2.6.7. Przepływ przez szczelinę pierścieniową przy skośnym ustawieniu	

tłoka	60
2.6.8. Wpływ względnego ruchu powierzchni tworzących szczelinę	61
2.6.9. Wpływ nieizotermiczności przepływu w szczelinach	63
2.6.10. Ustawianie się tłoka w otworze	68
2.6.11. Zalecane wysokości szczelin i tolerancje wykonania tłoków i otworów	71
<b>3. Elementy układów hydraulicznych</b>	<b>75</b>
3.1. Ciecze hydrauliczne	75
3.1.1. Właściwości i rodzaje hydraulicznych cieczy roboczych	75
3.1.1.1. Rodzaje stosowanych hydraulicznych cieczy roboczych	76
3.1.1.2. Lepkość	79
3.1.1.3. Ścisłość	83
3.1.1.4. Rozszerzalność cieplna	87
3.1.1.5. Ciepło właściwe i przewodnictwo cieplne	88
3.1.1.6. Starzenie się olejów mineralnych	88
3.1.1.7. Czystość hydraulicznych cieczy roboczych	90
3.1.1.8. Obliteracja	95
3.1.2. Powietrze w układzie hydrostatycznym	96
3.1.2.1. Rodzaje i miejsca występowania powietrza w układzie	96
3.1.2.2. Mieszanka powietrza z olejem	98
3.1.2.3. Roztwór powietrza i innych gazów w oleju	100
3.1.2.4. Kawitacja	103
3.1.2.5. Ścisłość cieczy zapowietrzonych	106
3.1.2.6. Odpowietrzanie układów hydrostatycznych	107
3.2. Pompy	112
3.2.1. Klasyfikacja i ogólna charakterystyka pomp	118
3.2.2. Pompy zębate	120
3.2.3. Pompy śrubowe	128
3.2.4. Pompy łopatkowe	132
3.2.5. Pompy wielotłoczkowe promieniowe	140
3.2.6. Pompy wielotłoczkowe osiowe	152
3.3. Silniki obrotowe	178
3.3.1. Klasyfikacja i ogólna charakterystyka silników	180
3.3.2. Wolnoobrotowe silniki tłokowe	182
3.4. Siłowniki	199
3.4.1. Klasyfikacja siłowników	205
3.4.2. Siłowniki jednostronnego działania	205
3.4.3. Siłowniki teleskopowe	206
3.4.4. Siłowniki dwustronnego działania	208
3.4.5. Siłowniki precyzyjne	210
3.4.6. Siłowniki wahliwe	212
3.5. Zawory	216
3.5.1. Rozdzielacze	218
3.5.2. Zawory zwrotne i odcinające	233

3.5.3. Zawory sterujące ciśnieniem	236
3.5.4. Zawory sterujące natężeniem przepływu	249
3.5.5. Zawory proporcjonalne i serwo	261
<b>4. Układy hydrostatyczne</b>	<b>274</b>
4.1. Układy sterowania prędkością silnika (przełożeniem przekładni hydrostatycznej)	274
4.1.1. Układy objętościowe	275
4.1.1.1. Przekładnia hydrostatyczna z pompą o zmiennej wydajności pracująca w obiegu otwartym	275
4.1.1.2. Przekładnia hydrostatyczna z silnikiem o zmiennej chłonności pracująca w obiegu otwartym	278
4.1.1.3. Przekładnia hydrostatyczna o zmiennej objętości roboczej pompy i silnika pracująca w obiegu otwartym	280
4.1.1.4. Przekładnia z silnikiem o ruchu prostoliniowo-zwrotnym (siłownikiem)	281
4.1.1.5. Przekładnia hydrostatyczna dwupompowa	283
4.1.1.6. Wpływ strat energetycznych na charakterystyki przekładni objętościowych	286
4.1.1.7. Kompensacja wpływu strat objętościowych w przekładni z siłownikiem	289
4.1.2. Układy dławieniowe	292
4.1.2.1. Układ z dławieniem na dopływie	292
4.1.2.2. Układ z dławieniem na odpływie	295
4.1.2.3. Układ z dławieniem równoległym	298
4.1.2.4. Stabilizacja przepływu przez dławik	300
4.2. Układy o różnym przeznaczeniu	310
4.2.1. Sterowanie nawrotem	311
4.2.2. Różnicowe układy z siłownikiem	319
4.2.3. Układy wykonujące ruchy robocze i przyśpieszone	321
4.2.4. Układy z akumulatorem hydraulicznym	324
4.2.5. Blokady hydrauliczne	327
4.2.6. Sterowanie według zasady stałej mocy	329
4.2.7. Układy nadążne	332
4.2.8. Układy proporcjonalne	337
4.2.9. Układy z wieloma odbiornikami	341
4.2.9.1. Układy konwencjonalne	341
4.2.9.2. Układy ze sprzężeniem zwrotnym od obciążenia (Load Sensing)	345
<b>5. Bilans energetyczny układów hydrostatycznych</b>	<b>351</b>
5.1. Sprawność układów hydrostatycznych	351
5.1.1. Bilans energetyczny układów objętościowych	352
5.1.1.1. Straty objętościowe	353
5.1.1.2. Straty ciśnieniowe	357
5.1.1.3. Straty mechaniczne	358

5.1.1.4. Sprawność układu objętościowego dwupompowego	360
5.1.1.5. Sprawność układu objętościowego jednopompowego	360
5.1.1.6. Analiza sprawności układu objętościowego	361
5.1.2. Bilans energetyczny układów dławieniowych	365
5.1.2.1. Sprawność układu z dławieniem szeregowym	368
5.1.2.2. Sprawność układów z regulatorami przepływu	371
<b>Literatura</b>	<b>375</b>
<b>Skorowidz</b>	<b>377</b>

oprac. BPK