

SPIS TREŚCI

Podstawowe wielkości i ważniejsze oznaczenia	9
1. Wstęp	13
1.1. Wprowadzenie	13
1.2. Określenia podstawowe	14
1.3. System budowy oprogramowania oparty na obiektach rzeczywistych	18
1.4. Jednolity standard baz danych	22
2. Podstawy obliczania układów	25
2.1. Podstawowe zależności	25
2.2. Elementy sieci	26
2.2.1. Ogólny model układu	26
2.2.2. Węzły	28
2.2.3. Elementy przepływowe	31
2.2.4. Ciecze	35
2.3. Podstawowe prawa połączeń	36
2.4. Połączenia elementów	37
2.5. Przechowywanie informacji o układzie	43
2.6. Układ pompowy w ujęciu obiektowym	44
2.7. Interfejs graficzny	46
2.8. Obiekty specjalne	47
2.8.1. Przeznaczenie obiektów specjalnych	47
2.8.2. Pompa stałej mocy	48
2.8.3. Pompa stałej wydajności	49
2.8.4. Pompa stałej wysokości podnoszenia	51
3. Obliczanie układów drzewiastych	53
3.1. Definicja układu drzewiastego	53
3.2. Zapis topologii układów drzewiastych	53
3.3. Obliczenia układów drzewiastych	56
3.3.1. Charakterystyki wyjściowe komponentów drzewa	56
3.3.2. Rozwiązanie drzewa	58
3.3.3. Algorytm przechodzenia drzewa	62
3.4. Ogólne procedury obliczania charakterystyk i parametrów	70
3.5. Reprezentacja funkcji przepływu	72
3.5.1. Typy i rodzaje funkcji przepływu	72
3.5.2. Funkcje wielomianowe	72
3.5.3. Funkcje złożone	73
3.5.4. Przybliżenie linią łamaną	74

3.5.5. Funkcje sklepane trzeciego stopnia	74
3.5.6. Funkcja odwrotna charakterystyki przepływu	78
3.5.7. Funkcja Beziera	79
3.5.8. Ekstrapolacja funkcji przepływu poza obszar normalnej pracy pompy	79
3.6. Podstawowe operacje na funkcjach przepływu	81
3.6.1. Sumowanie szeregowo charakterystyk	81
3.6.2. Sumowanie równoległe charakterystyk	84
3.6.3. Obliczanie charakterystyk obiektów specjalnych w układach drzewiastych	86
3.7. Procedura poszukiwania punktu pracy	88
4. Układy pierścieniowe	91
4.1. Definicja układu pierścieniowego	91
4.2. Przegląd metod obliczeń układów pierścieniowych	91
4.3. Podstawy metody gradientowej	92
4.4. Zapis topologii układów pierścieniowych	99
4.4.1. Ogólny zapis struktury układu (macierzowy)	99
4.4.2. Zapis współczynników w obiektach sieci	101
4.4.3. Zapis struktury układu w tablicy elementów przyległych	103
4.5. Obliczenia układu równań	104
4.5.1. Metody rozwiązywania układów równań liniowych	104
4.5.2. Metoda eliminacji Gaussa	105
4.5.3. Metoda faktoryzacji Choleskiego	108
4.6. Porządkowanie zapisu struktury	111
4.6.1. Algorytm porządkowania tablicy współczynników	111
4.6.2. Działanie algorytmu MDO	112
4.7. Zapis macierzy rzadkich do przechowywania danych o topologii połączeń	118
4.7.1. Nieskompresowany zapis struktury układu w macierzy rzadkiej	118
4.7.2. Zapis struktury układu po uporządkowaniu metodą faktoryzacji tablicy elementów przyległych	118
4.7.3. Rozwiązywanie układu równań metodą faktoryzacji Choleskiego z nieskompresowanym zapisem macierzy rzadkiej	120
4.8. Procedury obliczeń współczynników równań	123
4.8.1. Ogólna procedura obliczeń współczynników równań	123
4.8.2. Procedura obliczeń współczynników połączeń standardowych	124
4.8.3. Porządkowanie równań z uwzględnieniem redukcji elementów wielokrotnych	127
4.8.4. Obliczenia współczynników równoległych połączeń wielokrotnych	129
4.8.5. Algorytm obliczeń z uwzględnieniem redukcji elementów równoległych	130
4.9. Mechanizmy wymuszeń stosowane w modelowaniu elementów przepływowych	132
4.9.1. Obliczanie elementów zamkniętych	132
4.9.2. Mechanizm wymuszania wysokości ciśnienia w węzłach	133
4.9.3. Mechanizm wymuszania różnicy ciśnień	135
4.9.4. Mechanizm wymuszania przepływu	136
4.9.5. Wpływ ze złącza	136
5. Transport i wymiana ciepła z otoczeniem	139
5.1. Założenia obliczeń transportu ciepła za pomocą cieczy nośnej	139
5.2. Oznaczenia stosowane w metodzie transportu ciepła	140
5.3. Algorytm obliczeń układów transportu ciepła	145
5.4. Podstawy obliczeń funkcji temperatury	148
5.5. Akumulacja ciepła	150

6. Elementy układów pompowych	153
6.1. Właściwości komponentów sieci	153
6.2. Przechowywanie danych w bazach i projektach	155
6.3. Węzły	157
6.4. Połączenia	160
6.4.1. Podstawy obliczeń funkcji przepływu i funkcji temperatury	160
6.4.2. Rury	161
6.4.3. Termoelementy	171
6.4.4. Pompy realne	174
6.4.5. Zawory	180
6.5. Ciecze	189
6.6. Agregaty	190
6.6.1. Struktura agregatów	190
6.6.2. Trójnik	191
6.6.3. Urządzenia chłodnicze	192
6.6.4. Punkt klimatyzacyjny, węzeł cieplny	194
7. Sterowanie i regulacja pomp oraz układów pompowych	197
7.1. Zasady sterowania parametrami pracy układu pompowego	197
7.2. Regulacja układu	198
7.2.1. Metody regulacji lokalnej układu	198
7.2.2. Analiza pracy agregatu dławnieniowego	201
7.2.3. Analiza pracy agregatu upustowego	202
7.3. Regulacja pomp	204
7.3.1. Charakterystyki regulacyjne pomp wirowych	204
7.3.2. Regulacja przez zmianę prędkości obrotowej	205
7.3.3. Modelowanie rzeczywistych zmian parametrów	207
7.3.4. Regulacja przez zmianę kąta ustawienia łopatek	209
7.3.5. Dopasowanie charakterystyk pomp przez staczanie średnicy zewnętrznej wirnika	209
7.4. Pompy z wewnętrznym modulem sterowania	213
7.4.1. Nadwyżka regulacyjna układu transportu ciepła	213
7.4.2. Warunek stabilności pracy układu z pompą „elektroniczną”	214
7.4.3. Algorytm regulacji bezczujnikowej	215
7.4.4. Algorytm regulacji „na stałe ciśnienie”	217
7.4.5. Algorytm regulacji „na ciśnienie proporcjonalne”	218
7.4.6. Algorytm regulacji „na ciśnienie proporcjonalne” bez pomiaru ciśnienia	219
7.5. Wpływ zmian parametrów cieczy na pracę układu pompowego	220
7.5.1. Wpływ gęstości cieczy na pracę układu pompowego	220
7.5.2. Wpływ lepkości cieczy na pracę układu pompowego	221
8. Diagnostyka i dobór pomp do układu	235
8.1. Modele pracy układu pompowego	235
8.1.1. Model stałoparametrowy statyczny (S1)	235
8.1.2. Model zmiennoparametrowy monotoniczny (stan ustalony + jeden parametr regulacyjny R1)	235
8.1.3. Model zmiennoparametrowy zsynchronizowany (RS)	238
8.1.4. Model zmiennoparametrowy niesynchronizowany (RNS)	239
8.2. Budowa systemu diagnostycznego układu (diagnostyki parametrowej)	240
8.3. Kalibracja modeli	242
8.4. Kryteria oceny energetycznej pracy układu pompowego	244

8.4.1.	Zużycie jednostkowe energii	244
8.4.2.	Sprawność pompy w układzie	245
8.4.3.	Średnia sprawność grupy pomp w układzie pompowym	245
8.4.4.	Wskaźniki dopasowania pompy do układu	246
8.4.5.	Sprawność pompowni (instalacji pompowej)	247
8.4.6.	Wskaźnik jednostkowego zużycia energii w układzie	248
8.4.7.	Wskaźnik struktury układu	249
8.4.8.	Wskaźnik strat hydraulicznych układu	249
8.4.9.	Wskaźniki dopasowania pompy do wymagań technologicznych	250
8.4.10.	Jednostkowe straty hydrauliczne rurociągu	251
8.4.11.	Jednostkowa wymiana ciepła rurociągu	251
8.4.12.	Uśrednione wskaźniki układów zmiennoparametrowych	251
8.5.	Diagnostyka kawitacyjna układu pompowego	251
8.5.1.	Zapás antykawitacyjny ciśnienia	251
8.5.2.	Zapás antykawitacyjny wydajności	252
8.6.	Dobór pomp do układów	253
8.6.1.	Wymagane parametry pomp	253
8.6.2.	Podstawowa procedura doboru pomp	256
8.6.3.	Filtrowanie bazy danych	257
8.6.4.	Ocena doboru pomp do układu	257
8.6.5.	Procedura doboru pomp	258
8.7.	Profil	260
9.	Podsumowanie	263
	Bibliografia	265