

Spis treści

Wstęp	9
1. Chłodnictwo konwencjonalne	13
1.1. Podstawowy sprężarkowy obieg chłodniczy	14
1.2. Rozwinięte układy sprężarkowe	18
1.2.1. Wykorzystanie regeneratora	18
1.2.2. Układy dwustopniowe z wewnętrzną chłodnicą między- stopniową	19
1.2.3. Układy z dwoma poziomami temperatury odparowania	20
1.2.4. Układy chłodnicze typu booster	21
1.2.5. Układy kaskadowe	22
1.3. Sterowanie urządzeniami chłodniczymi	23
1.4. Czynniki chłodnicze	24
1.5. Podsumowanie	26
2. Chłodnictwo magnetokaloryczne	27
2.1. Materiały magnetokaloryczne	30
2.2. Obiegi realizowane przez układy magnetyczne	31
2.2.1. Obieg Carnota	31
2.2.2. Obieg Brytona	33
2.2.3. Obieg Ericssona	33
2.2.4. Obiegi kaskadowe	34
2.3. Fizyczne realizacje obiegów magnetycznych	35
2.3.1. Urządzenia tłokowe z regeneratorem	35
2.3.2. Urządzenia obrotowe	37
2.3.3. Czynniki robocze stosowane w urządzeniach magnetycznych ...	38
3. Chłodnictwo sorpcyjne	39
3.1. Urządzenia absorpcyjne	39
3.1.1. Efektywność chłodnicza urządzeń absorpcyjnych	45
3.2. Urządzenia adsorpcyjne	46
4. Chłodnictwo termoelektryczne	51
4.1. Efekt Peltiera	52
4.2. Efektywność chłodnicza układów Peltiera	53

4.3.	Materiały wykorzystywane w układach Peltiera	54
4.4.	Zastosowanie urządzeń termoelektrycznych do chłodzenia	56
4.4.1.	Chłodziarki termoelektryczne	57
4.4.2.	Chłodzenie elektroniki	59
4.4.3.	Klimatyzacja w samochodach	60
4.4.4.	Chłodzenie baterii w samochodach	61
4.4.5.	Stacjonarne systemy klimatyzacji	62
5.	Wykorzystanie strumienia w chłodnictwie	63
5.1.	Zasada działania strumienicy	63
5.2.	Obiegi strumienicowe	65
5.2.1.	Podstawowy obieg strumienicowy	66
5.2.2.	Układ z podgrzewaczem i chłodnicą wstępną	68
5.2.3.	Układ łączony z turbiną	69
5.2.4.	Układy grawitacyjne	70
5.2.5.	Układ z dwoma strumienicami	71
5.2.6.	Układy wielostrumienicowe	71
5.3.	Efektywność układów strumienicowych	73
5.4.	Czynniki chłodnicze stosowane w układach strumienicowych	74
5.5.	Podsumowanie	74
6.	Chłodzenie próżniowe	75
6.1.	Mechanizm chłodzenia próżniowego	75
6.2.	Produkty poddawane chłodzeniu próżniowemu	78
6.3.	Wymiana ciepła i masy w procesie chłodzenia próżniowego	80
6.3.1.	Zmiana temperatury materiału	82
6.4.	Rozwiązania techniczne chłodzenia próżniowego	83
6.5.	Podsumowanie	85
7.	Chłodziarki Stirlinga	87
7.1.	Zasada działania chłodziarek Stirlinga	87
7.2.	Podstawowe rozwiązania konstrukcyjne	89
7.3.	Nowoczesne konstrukcje urządzeń chłodniczych wykorzystujące obiegi Stirlinga	91
7.3.1.	Urządzenia z tłokami cieczowymi	96
7.3.2.	Układy wielostopniowe	97
7.4.	Ograniczenia pracy urządzeń Stirlinga	98
8.	Rury pulsacyjne	99
8.1.	Rury pulsacyjne pierwszej generacji	99
8.2.	Rury pulsacyjne drugiej generacji	101

8.3.	Rury pulsacyjne trzeciej generacji	102
8.4.	Konstrukcje rur pulsacyjnych	103
8.5.	Zastosowanie rur pulsacyjnych	106
8.5.1.	Chłodzenie i mrożenie żywności	106
8.5.2.	Zastosowania w kriogenice	106
8.6.	Podsumowanie	107
9.	Termoakustyczne urządzenia chłodnicze	109
9.1.	Zasada działania	109
9.2.	Podstawowe parametry opisujące urządzenia termoakustyczne	111
9.3.	Sposób napędu urządzeń termoakustycznych	112
9.4.	Urządzenia z falą stojącą	113
9.5.	Urządzenia z falą biegnącą	114
9.6.	Podsumowanie	118
10.	Rurki ciepła	119
10.1.	Cylindryczne rurki ciepła	120
10.1.1.	Grawitacyjne rurki ciepła	120
10.1.2.	Rurki ciepła ze strukturą kapilarną	121
10.2.	Zapętlone rurki ciepła	121
10.3.	Pulsacyjne rurki ciepła	122
10.4.	Rurki ciepła o zmiennej przewodności cieplnej	123
10.5.	Obrotowe rurki ciepła	124
10.6.	Limit transportu ciepła rurkami ciepła	125
10.6.1.	Limit różnicy temperatury	127
10.7.	Materiały	128
10.7.1.	Materiał wypełnienia struktury kapilarnej	128
10.7.2.	Czynniki robocze rurek ciepła	129
10.8.	Podsumowanie	129
11.	Chłód sieciowy	131
11.1.	Trójgeneracja	133
11.1.1.	System rozproszony	133
11.1.2.	System scentralizowany ze zdecentralizowaną generacją chłodu	134
11.1.3.	System scentralizowany	135
11.2.	Współpraca z pompami ciepła	136
11.3.	Chłód odpadowy	137
11.4.	Przegląd instalacji chłodu sieciowego	138
11.5.	Podsumowanie	140
	Bibliografia	141