

1 Teoria

1.1 Fizyka. Wiadomości ogólne

- 1.1.1 Struktura materii 10
- 1.1.2 Molekuła i różne stany materii 10

1.2 Jednostki fizyczne

- 1.2.1 Ciśnienie 11
- 1.2.2 Temperatura 11
- 1.2.3 Pojemność cieplna 11
- 1.2.4 Praca 13
- 1.2.5 Moc 13
- 1.2.6 Objętościowy współczynnik przepływu 13

1.3 Termodynamika

- 1.3.1 Podstawowe zasady 13
- 1.3.2 Prawa dotyczące gazów 14
- 1.3.3 Wymiana ciepła 14
- 1.3.4 Zmiana stanu 16
 - 1.3.4.1 Przemiana izochoryczna 16
 - 1.3.4.2 Przemiana izobaryczna 16
 - 1.3.4.3 Przemiana izotermiczna 17
 - 1.3.4.4 Przemiana izentropowa 17
 - 1.3.4.5 Przemiana politropowa 17
- 1.3.5 Przepływ gazu przez dyszę 18
- 1.3.6 Przepływ gazu przez rury 18
- 1.3.7 Przepustnice 18

1.4 Powietrze

- 1.4.1 Uwagi ogólne 19
- 1.4.2 Powietrze wilgotne 19

1.5 Typy sprężarek

- 1.5.1 Dwie podstawowe zasady 20
- 1.5.2 Sprężarki wyporowe 20
- 1.5.3 Schemat sprężania dla sprężarek wyporowych 20
- 1.5.4 Sprężarki dynamiczne 22
- 1.5.5 Sprężanie w kilku stopniach 23
- 1.5.6 Porównanie sprężarek wyporowych i dynamicznych 23

1.6 Elektryczność

- 1.6.1 Podstawowe pojęcia i definicje 24
- 1.6.2 Prawo Ohma dla prądu zmiennego 24
- 1.6.3 System trójfazowy 25
- 1.6.4 Moc 25
- 1.6.5 Silnik elektryczny 27
 - 1.6.5.1 Prędkość obrotowa 27
 - 1.6.5.2 Sprawność 27
 - 1.6.5.3 Klasa izolacji 27
 - 1.6.5.4 Klasa zabezpieczenia 27
 - 1.6.5.5 Sposoby chłodzenia 27
 - 1.6.5.6 Sposoby instalacji 28

- 1.6.5.7 Połączenia w gwiazdę (Y) i w trójkąt (Δ) 28
- 1.6.5.8 Moment obrotowy 29

2 Sprężarki i wyposażenie dodatkowe

2.1 Sprężarki wyporowe

- 2.1.1 Uwagi ogólne dotyczące sprężarek wyporowych 32
- 2.1.2 Sprężarki tłokowe 32
- 2.1.3 Bezolejowe sprężarki tłokowe 32
- 2.1.4 Sprężarki membranowe 34
- 2.1.5 Dwuwirnikowe sprężarki śrubowe 34
 - 2.1.5.1 Bezolejowe sprężarki śrubowe 34
 - 2.1.5.2 Sprężarki śrubowe z wtłakiem płynu 37
- 2.1.6 Sprężarki zębate 37
- 2.1.7 Sprężarki spiralne 38
- 2.1.8 Sprężarki łopatkowe 40
- 2.1.9 Dmuchawy Rootsa 40

2.2 Sprężarki dynamiczne

- 2.2.1 Uwagi ogólne dotyczące sprężarek dynamicznych 41
- 2.2.2 Sprężarki odśrodkowe 41
- 2.2.3 Sprężarki osiowe 43

2.3 Inne sprężarki

- 2.3.1 Pompy próżniowe 43
- 2.3.2 Sprężarki czołowe 43
- 2.3.3 Doprażacz 44

2.4 Uzdatnianie sprężonego powietrza

- 2.4.1 Suszenie sprężonego powietrza 44
 - 2.4.1.1 Chłodnica końcowa 45
 - 2.4.1.2 Osuszacz ziębniczy 46
 - 2.4.1.3 Nadkompresja 47
 - 2.4.1.4 Osuszanie absorpcyjne 47
 - 2.4.1.5 Osuszanie adsorpcyjne 47
 - 2.4.1.6 Osuszacze typu membranowego 50
- 2.4.2 Filtry 50

2.5 Systemy sterowania i regulacji

- 2.5.1 Uwagi ogólne dotyczące regulacji 52
- 2.5.2 Zasady regulacji dla sprężarek wyporowych 53
 - 2.5.2.1 Upust ciśnienia 53
 - 2.5.2.2 Przewód obejściowy 54
 - 2.5.2.3 Przepustnica przy wlocie powietrza 54
 - 2.5.2.4 Upust ciśnienia i przepustnica przy wlocie powietrza 54
 - 2.5.2.5 Start/stop 54
 - 2.5.2.6 Regulacja prędkości obrotowej 54

2.5.2.7 Zmienna wielkość portu wylotowego	55	3.2 Uzdatnianie powietrza	72
2.5.2.8 Odciażanie zaworu ssawnego	55	3.2.1 Uwagi ogólne	72
2.5.2.9 Pełne dociążenie – odciażenie – stop	55	3.2.2 Para wodna w sprężonym powietrzu	72
2.5.3 Zasady regulacji dla sprężarek dynamicznych	56	3.2.3 Olej w sprężonym powietrzu	73
2.5.3.1 Regulacja przy wlocie powietrza	56	3.2.4 Mikroorganizmy w sprężonym powietrzu	74
2.5.3.2 Regulacja przy wylocie powietrza	56	3.2.5 Filtry	74
2.5.3.3 Dociażanie – odciażanie – stop	56	3.2.6 Chłodnica końcowa	75
2.5.3.4 Regulacja prędkości obrotowej	56	3.2.7 Separator wody	75
2.5.4 Sterowanie i monitorowanie	57	3.2.8 Separacja oleju / wody	75
2.5.4.1 Uwagi ogólne	57	3.2.9 Powietrze do zastosowań medycznych	76
2.5.4.2 Dociażanie – odciażanie – stop	57	3.3 Układy chłodzenia	77
2.5.4.3 Regulacja prędkości obrotowej	58	3.3.1 Sprężarki chłodzone wodą	77
2.5.5 Monitorowanie danych	58	3.3.1.1 Uwagi ogólne	77
2.5.5.1 Pomiar temperatury	58	3.3.1.2 Układy otwarte bez systemu cyrkulacji wody	77
2.5.5.2 Pomiar ciśnienia	58	3.3.1.3 Układy otwarte z systemem cyrkulacji wody	77
2.5.5.3 Monitorowanie	59	3.3.1.4 Układy zamknięte	78
2.5.6 Kompleksowe systemy sterowania	60	3.3.2 Sprężarki chłodzone powietrzem	78
2.5.6.1 Sekwencyjny wybierak uruchomień	60	3.4 Odzyskiwanie energii	79
2.5.7 Sterowanie centralne	61	3.4.1 Uwagi ogólne	79
2.5.8 Zdalne sterowanie	61	3.4.2 Obliczanie potencjału odzyskiwania energii	81
2.6 Sprężarki przewoźne	63	3.4.3 Metody odzyskiwania energii	82
2.6.1 Uwagi ogólne	63	3.4.3.1 Uwagi ogólne	82
2.6.2 Poziom hałasu i emisja spalin	63	3.4.3.2 Systemy chłodzenia powietrzem	82
2.6.3 Elastyczność działania	64	3.4.3.3 Systemy chłodzenia wodą	82
3 Wymiarowanie i instalacje		3.5 Sprężarkownia	84
3.1 Wymiarowanie instalacji sprężarkowych	66	3.5.1 Uwagi ogólne	84
3.1.1 Uwagi ogólne	66	3.5.2 Projektowanie	85
3.1.1.1 Obliczanie ciśnienia roboczego	66	3.5.3 Fundamenty	85
3.1.1.2 Obliczanie poboru powietrza	67	3.5.4 Powietrze wlotowe	85
3.1.1.3 Pomiar poboru powietrza	68	3.5.5 Wentylacja sprężarkowni	86
3.1.2 Centralizacja lub decentralizacja	69	3.6 Budowa sieci sprężonego powietrza	89
3.1.2.1 Uwagi ogólne	69	3.6.1 Uwagi ogólne	89
3.1.2.2 Scentralizowana instalacja sprężarkowa	69	3.6.1.1 Zbiornik powietrza	89
3.1.2.3 Zdecentralizowana instalacja sprężarkowa	69	3.6.2 Projekt sieci sprężonego powietrza	90
3.1.3 Wymiarowanie instalacji na dużych wysokościach nad poziomem morza	69	3.6.3 Wymiarowanie sieci sprężonego powietrza	90
3.1.3.1 Uwagi ogólne	69	3.6.4 Pomiar przepływu	93
3.1.3.2 Wpływy warunków otoczenia na sprężarkę	70	3.7 Instalacje elektryczne	94
3.1.3.3 Źródło zasilania	71	3.7.1 Uwagi ogólne	94
3.1.3.3.1 Silniki elektryczne	71	3.7.2 Silniki	94
3.1.3.3.2 Silniki spalinowe	71	3.7.3 Metody uruchamiania	94
		3.7.4 Napięcie sterowania	95
		3.7.5 Zabezpieczenie przed zwarcie	95
		3.7.6 Kable	95
		3.7.7 Kompensacja faz	96

3.8 Akustyka	96	5.4 Inne obliczenia	118
3.8.1 Uwagi ogólne	96	5.4.1 Obliczenie ilości kondensatu	118
3.8.2 Absorpcja	97	5.4.2 Wymagania dotyczące wentylacji w sprężarkowni	118
3.8.3 Stała dla pomieszczenia	97	5.5 Szczególny przypadek: Duża wysokość nad poziomem morza	119
3.8.4 Pogłos	97	5.6 Szczególny przypadek: Okresowy wydatek sprężonego powietrza	120
3.8.5 Relacja między ciśnieniem akustycznym i mocą akustyczną	98	5.7 Szczególny przypadek: System odzyskiwania energii działający w oparciu o wodę	121
3.8.6 Pomiar dźwięku	98	5.7.1 Założenie	121
3.8.7 Interakcja kilku źródeł dźwięku	99	5.7.2 Obliczenie przepływu wody chłodzącej w układzie odzyskiwania energii	122
3.8.8 Redukcja hałasu	99	5.7.3 Równowaga energii w wymienniku ciepła	122
3.8.9 Hałas emitowany przez instalację sprężarek	100	5.7.4 Podsumowanie	122
4 Ekonomia		5.8 Szczególny przypadek: Spadek ciśnienia w orurowaniu	123
4.1 Ekonomia	102	6 Załączniki	
4.1.1 Koszt produkcji sprężonego powietrza	102	6.1 Układ SI	126
4.1.1.1 Uwagi ogólne	102	6.2 Oznaczenia na rysunkach	128
4.1.1.2 Podział kosztów	103	6.3 Diagramy i tabele	130
4.2 Gdzie można zaoszczędzić	103	6.4 Zbiór aktualnych standardów i norm	135
4.2.1 Pobór mocy	103	6.4.1 Uwagi ogólne	135
4.2.2 Ciśnienie robocze	103	6.4.2 Normy	135
4.2.3 Pobór powietrza	104	6.4.3 Zestawienie	135
4.2.4 Metody regulacji	105	6.4.3.1 Bezpieczeństwo pracy maszyny	135
4.2.5 Jakość powietrza	106	6.4.3.2 Bezpieczeństwo urządzeń ciśnieniowych	136
4.2.6 Odzyskiwanie energii	107	6.4.3.3 Środowisko	136
4.2.7 Konserwacja	108	6.4.3.4 Bezpieczeństwo pracy układów elektrycznych	136
4.2.7.1 Planowanie czynności konserwacyjnych	108	6.4.3.5 Wyroby medyczne	136
4.2.7.2 Osprzęt dodatkowy	108	6.4.3.6 Standaryzacja	136
4.3 Koszt cyklu życia (LCC)	109	6.4.3.7 Specyfikacje i testy	137
4.3.1 Uwagi ogólne	109		
4.3.2 LCC (Koszt Cyklu Życia)	110		
5 Przykłady obliczeń			
5.1 Przykład obliczenia instalacji sprężonego powietrza	114		
5.2 Dane wejściowe	114		
5.2.1 Wymagania dotyczące poboru sprężonego powietrza	114		
5.2.2 Warunki zewnętrzne (obliczanie)	114		
5.2.3 Pozostałe czynniki	114		
5.3 Dobór sprzętu	115		
5.3.1 Obliczenia dla sprężarki	115		
5.3.2 Ostateczny dobór sprężarki	116		
5.3.3 Obliczanie pojemności zbiornika powietrza	116		
5.3.4 Obliczenia dla osuszacza	116		
5.3.5 Założenia dla dalszych obliczeń	117		
5.3.6 Obliczenia kontrolne	117		