

TADEUSZ CHMIELNIAK

technologie energetyczne



**Wydawnictwo WNT
Warszawa**

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	13
SPIS PODSTAWOWYCH OZNACZEŃ	17
1. ZASOBY PALIW I ENERGII	21
1.1. Rodzaje i postacie energii	21
1.2. Zasoby paliw	22
1.2.1. Węgiel kamienny i brunatny	23
1.2.2. Gaz ziemny i ropa naftowa	24
1.2.3. Paliwa rozszczepialne	25
1.2.4. Paliwa energii syntezy	26
1.2.5. Zasoby energii rzek	27
1.2.6. Inne zasoby wód	27
1.2.7. Energia promieniowania elektromagnetycznego Słońca	28
1.2.8. Ogólna charakterystyka światowych i polskich zasobów biomasy energetycznej	31
1.2.9. Energia geotermalna	40
1.2.10. Energia wiatru	41
1.3. Struktura zużycia pierwotnych źródeł energii	42
1.4. Tempo wyczerpywania się zasobów	45
Literatura	46
2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PALIW	48
2.1. Wprowadzenie	48
2.2. Węgiel	48

2.3.	Biomasa	52
2.4.	Paliwa ciekłe i gazowe.	58
	Literatura	64

3. ENERGETYKA A ŚRODOWISKO 65

3.1.	System energetyczny	65
3.2.	Podsystem elektroenergetyczny	66
3.3.	Oddziaływanie technologii energetycznych na środowisko. Rodzaje i miary emisji	71
	Literatura	77

4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROCESÓW KONWERSJI ENERGII 78

4.1.	Wprowadzenie	78
4.2.	Obieg termodynamiczny. Pojęcia sprawności	80
4.3.	Zespół maszyn (urządzeń) przepływowych pracujących w układzie otwartym	85
4.4.	Rodzaje obiegów silników turbinowych	88
	Literatura	93

5. BILANSE SUBSTANCJI I ENERGII 94

5.1.	Bilans substancji.	94
5.2.	Równanie zachowania energii	95
	Literatura	100

6. SIŁOWNIE KONDENSACYJNE 101

6.1.	Analiza parametryczna układów siłowni.	101
6.1.1.	Prosta siłownia kondensacyjna. Definicje sprawności obiegu porównawczego	101
6.1.2.	Entalpowa analiza obiegów siłowni parowych.	103
6.1.3.	Entropowa analiza obiegów siłowni parowej	107
6.1.4.	Ewolucja obiegów siłowni parowych	109
6.2.	Struktury technologiczne siłowni z paleniskami pyłowymi.	143
6.2.1.	Układ nawęglania.	144
6.2.2.	Elementy układu zasilania paliwem i układu odprowadzenia spalin (układ paliwo–powietrze–spaliny)	147
6.2.3.	Urządzenia i elementy układu cieplnego	153

6.2.3.1. Kotły pyłowe	153
6.2.3.2. Turbiny parowe	158
6.2.3.3. Skraplacze i układy chłodzenia	171
6.3. Kotły z paleniskami fluidalnymi	180
6.3.1. Klasyfikacja palenisk fluidalnych	180
6.3.2. Cyrkulacyjne kotły fluidalne	183
6.4. Ograniczenie emisji gazów z technologii energetycznych	185
6.4.1. Generacja tlenków azotu w procesie spalania	185
6.4.2. Ograniczenie emisji tlenków azotu z instalacji spalania	187
6.4.3. Ograniczenie emisji związków siarki	191
6.5. Modelowanie układów siłowni kondensacyjnych	195
6.6. Kierunki rozwoju siłowni kondensacyjnych	204
Literatura	211

7. STACJONARNE INSTALACJE TURBIN GAZOWYCH 213

7.1. Wprowadzenie	213
7.2. Klasyfikacja instalacji turbin gazowych	214
7.3. Prosta instalacja turbiny gazowej	215
7.3.1. Metoda entalpowa	215
7.3.2. Metoda entropowa	223
7.3.3. Analiza obiegów standardowych turbin gazowych	225
7.4. Złożone układy turbin gazowych	233
7.4.1. Instalacja z chłodzeniem w procesie sprężania z podwójną komorą spalania	233
7.4.2. Układ turbiny gazowej z regeneracją	236
7.4.3. Instalacje turbin gazowych z wtryskiem wody i pary	238
7.5. Maszyny i urządzenia tworzące układ turbiny gazowej	239
7.5.1. Sprężarki	242
7.5.2. Komory spalania	244
7.5.3. Turbiny	250
7.5.4. Układy pomocnicze. Inne moduły składowe	254
7.6. Podstawowe charakterystyki układów turbin gazowych	262
7.7. Turbiny gazowe małej mocy	263
Literatura	266

8. HIERARCHICZNE UKŁADY ENERGETYCZNE 267

8.1. Układy gazowo-parowe	267
8.1.1. Podstawowe definicje i klasyfikacja	267
8.1.2. Sprawność energetyczna układu gazowo-parowego	269
8.1.3. Struktury technologiczne podstawowych układów gazowo-parowych	273
8.1.4. Modelowanie układów gazowo-parowych	278

8.1.5.	Wybrane zagadnienia eksploatacyjne	284
8.1.6.	Układ Chenga	295
8.2.	Układy gazowo-parowe z kotłami fluidalnymi	297
8.3.	Układy gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem węgla i odpadów ..	304
8.3.1.	Technologie zgazowania	304
8.3.2.	Ogólna charakterystyka procesów oczyszczania gazu	310
8.3.3.	Analiza parametryczna układów gazowo-parowych zintegrowanych ze zgazowaniem węgla	313
8.3.4.	Przykłady instalacji	316
8.3.5.	Kierunki rozwoju technologii	318
8.4.	Układy wielopaliwowe	321
8.4.1.	Klasyfikacja	321
8.4.2.	Modelowanie równoległych układów dwupaliwowych	325
	Literatura	329

9. SKOJARZONA PRODUKCJA CIEPŁA I ELEKTRYCZNOŚCI 331

9.1.	Elektrociepłownie parowe	331
9.1.1.	Układy technologiczne	331
9.1.2.	Bilanse energetyczne i sprawności	333
9.1.3.	Wpływ liczby wymienników na efektywność elektrociepłowni	338
9.2.	Elektrociepłownie z turbiną gazową	340
9.2.1.	Układy technologiczne i pojęcia sprawności	340
9.2.2.	Wpływ dopalania na efektywności elektrociepłowni gazowej	344
9.3.	Elektrociepłownie gazowo-parowe	346
9.3.1.	Bilanse energetyczne i sprawności	346
9.3.2.	Stosunek mocy turbin i wskaźnik skojarzenia	351
9.4.	Oszczędność energii chemicznej paliwa	353
9.5.	Modelowanie elektrociepłowni gazowych i gazowo-parowych	357
	Literatura	361

10. ENERGETYKA ATOMOWA 362

10.1.	Podstawy fizyki reaktorów jądrowych	362
10.1.1.	Atomy i nukleony	362
10.1.2.	Defekt masy i energia wiązania	363
10.1.3.	Reakcje jądrowe	365
10.1.4.	Stopień rozpadu radioaktywnego	368
10.1.5.	Reakcje neutronów z jądrami atomowymi	369
10.1.6.	Cykl neutronowy. Reaktor krytyczny	374
10.2.	Moc termiczna reaktora	378
10.3.	Reaktory i siłownie energetyczne	382

10.3.1. Klasyfikacja reaktorów energetycznych	382
10.3.2. Układy jednokonturowe oraz reaktory kanałowe	384
10.3.3. Układy dwukonturowe	387
10.3.4. Układy trójkonturowe	391
10.3.5. Siłownie z reaktorami wysokotemperaturowymi	394
10.3.6. Sprawność energetyczna siłowni jądrowych	395
10.3.7. Parametry początkowe i końcowe w konturze turbinowym	397
10.3.8. Separacja wody i przegrzew międzystopniowy	399
10.3.9. Reaktory ciepłownicze	399
10.4. Współczesne tendencje konstrukcyjne w budowie reaktorów	403
10.5. Odpady z elektrowni jądrowych	404
Literatura	407

11. SIŁOWNIE WIATROWE 408

11.1. Wprowadzenie	408
11.2. Charakterystyki kinematyczne i energetyczne wiatru	409
11.3. Istota działania turbin wiatrowych	414
11.3.1. Maksymalna moc turbiny wiatrowej	414
11.3.2. Związek między mocą turbiny a charakterystykami aerodynamicznymi płatów wirnika	417
11.4. Charakterystyki turbin wiatrowych	424
11.5. Konwersja energii mechanicznej w elektryczną. Układy elektryczne	430
11.6. Ogólna charakterystyka rozwiązań konstrukcyjnych turbin wiatrowych. Charakterystyki ekologiczne	432
Literatura	436

12. ENERGETYKA SŁONECZNA 437

12.1. Analityczny opis charakterystyk promieniowania	437
12.1.1. Kąty ustalające położenie Słońca. Czas słoneczny	438
12.1.2. Korelacje między składowymi promieniowania słonecznego	439
12.1.3. Promieniowanie padające na pochyloną płaszczyznę w stosunku do powierzchni Ziemi	441
12.2. Bezpośrednia konwersja promieniowania elektromagnetycznego Słońca w ciepło	445
12.2.1. Rodzaje kolektorów słonecznych	445
12.2.2. Bilans energii i sprawność kolektora	447
12.2.3. Kolektory słoneczne w instalacjach produkcji ciepła	450
12.2.4. Elektrownie słoneczne	452
12.3. Ogniwa fotowoltaiczne	455
12.3.1. Wprowadzenie	455

12.3.2. Zasada działania ogniwa fotowoltaicznego	457
12.3.3. Ogólny opis konstrukcji ogniw	461
12.3.4. Charakterystyki ogniw fotowoltaicznych	463
12.3.5. Sprawność ogniwa fotowoltaicznego	467
12.3.6. Systemy (moduły) ogniw słonecznych	467
12.3.7. Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych	469
Literatura	472

13. ENERGETYKA WODNA 473

13.1. Rodzaj elektrowni wodnych	473
13.2. Moc i energia generowana w elektrowni wodnej	475
13.3. Turbiny wodne	475
13.4. Funkcje elektrowni wodnych w podsystemie elektroenergetycznym i ich wpływ na środowisko naturalne	479
13.5. Energetyka wodna w Polsce	479
Literatura	481

14. OGNIWA PALIWOWE 482

14.1. Ogólna klasyfikacja ogniw paliwowych	482
14.2. Istota działania ogniwa paliwowego. Bilans energetyczny	483
14.3. Potencjał standardowy ogniwa	485
14.4. Zależność potencjału ogniwa od ciśnienia i temperatury	490
14.5. Model przemian elektrochemicznych	491
14.5.1. Straty potencjału w rzeczywistym ogniwie	491
14.5.2. Równanie Butlera–Volmera	492
14.6. Sprawność ogniwa paliwowego	493
14.7. Bilanse substancji i energii dla ogniwa paliwowego	496
14.8. Ogólna charakterystyka technologiczna stosowanych ogniw (instalacji) paliwowych	504
14.9. Przygotowanie paliwa dla ogniw paliwowych	512
14.10. Energetyczne zastosowanie ogniw	515
Literatura	519

15. GEOENERGETYKA 520

15.1. Wykorzystanie energii gruntu do celów ogrzewania i przygotowania wody użytkowej	521
15.2. Układy pozyskiwania ciepła z wód geotermalnych	521
15.3. Układy kombinowane i elektrownie geotermalne	524

15.4. Wykorzystanie źródeł geotermalnych w Polsce	525
Literatura	526

16. TECHNOLOGIE ENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA BIOMASY

527

16.1. Ogólna klasyfikacja technologii	527
16.2. Układy proste ze spalaniem biomasy	529
16.3. Współspalanie biomasy z innymi paliwami	535
16.4. Jedno- i wielopaliwowe układy ze spalaniem zewnętrznym biomasy	538
16.4.1. Jednopaliwowe układy turbin gazowych ze spalaniem zewnętrznym biomasy	538
16.4.2. Układy wielopaliwowe ze spalaniem zewnętrznym biomasy	539
16.4.3. Inne układy dwupaliwowe ze spalaniem biomasy	543
16.5. Układy gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem biomasy	545
16.5.1. Ogólna charakterystyka technologii zgazowania biomasy	545
16.5.2. Generacja ciepła i elektryczności z silnikiem tłokowym	548
16.5.3. Instalacje turbiny gazowej z biomasą jako paliwem	549
16.6. Aspekty ekonomiczne	555
Literatura	556

SKOROWIDZ

559