
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	26
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	36
1.2.10. Energia wiatru	37
Literatura	38
2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PALIW	39
2.1. Paliwa stałe	39
2.1.1. Węgiel	39
2.1.2. Biomasa	42
2.2. Paliwa ciekłe i gazowe	48
2.3. Wodór	55
Literatura	62

3.	ENERGETYKA A ŚRODOWISKO	63
3.1.	System energetyczny	63
3.2.	Podsystem energetyczny	64
3.3.	Oddziaływanie technologii energetycznych na środowisko. Rodzaje i miary emisji	70
	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.	BILANS SUBSTANCJI I ENERGII	94
5.1.	Bilans substancji	94
5.2.	Równanie zachowania energii	95
	Literatura	99
6.	SIŁOWNIE KONDENSACYJNE	100
6.1.	Analiza parametryczna układów siłowni	100
6.1.1.	Prosta siłownia kondensacyjna. Definicje sprawności obiegu porównawczego	100
6.1.2.	Entalpową analizę obiegów siłowni parowych	102
6.1.3.	Entropową analizę obiegu siłowni parowej	106
6.1.4.	Ewolucja obiegów siłowni parowych	108
6.2.	Struktury technologiczne siłowni z paleniskami pyłowymi	134
6.2.1.	Układ nawęglania	135
6.2.2.	Elementy układu zasilania paliwem i układu odprowadzenia spalin (układ paliwo-powietrze-spaliny)	137
6.2.3.	Urządzenia i elementy układu cieplnego	143
6.3.	Kotły z paleniskami fluidalnymi	162
6.3.1.	Klasyfikacja palenisk fluidalnych	162
6.3.2.	Cyrkulacyjne kotły fluidalne	165
6.4.	Ograniczenie emisji gazów z technologii energetycznych	168

6.4.1.	Generacja tlenków azotu w procesie spalania	168
6.4.2.	Ograniczenie emisji tlenków azotu z instalacji spalania	170
6.4.3.	Ograniczanie emisji związków siarki	176
6.5.	Modelowanie układów siłowni kondensacyjnych	180
6.6.	Aktualny stan technologiczny bloków kondensacyjnych	189
6.6.1.	Wzrost sprawności	189
6.6.2.	Separacja ditlenku węgla	192
	Literatura	199

7. STACJONARNE INSTALACJE TURBIN GAZOWYCH 201

7.1.	Wprowadzenie	201
7.2.	Klasyfikacja instalacji turbin gazowych	202
7.3.	Prosta instalacja turbiny gazowej	203
7.3.1.	Metoda entalpowa	203
7.3.2.	Metoda entropowa	210
7.3.3.	Analiza obiegów standardowych turbin gazowych	212
7.4.	Złożone układy turbin gazowych	220
7.4.1.	Instalacja z chłodzeniem w procesie sprężania i z podwójną komorą spalania	220
7.4.2.	Układ turbiny gazowej z regeneracją	223
7.4.3.	Instalacje turbin gazowych z wtryskiem wody i pary	225
7.5.	Maszyny i urządzenia tworzące układ turbiny gazowej	226
7.5.1.	Sprężarki	228
7.5.2.	Komory spalania	232
7.5.3.	Turbiny	237
7.5.4.	Układy pomocnicze. Inne moduły składowe	240
7.6.	Podstawowe charakterystyki układów turbin gazowych	248
7.7.	Klasyfikacja zespołów turbin gazowych. Przegląd konstrukcji [10]	249
7.7.1.	Turbiny stacjonarne dużej i średniej mocy	249
7.7.2.	Turbiny lotniczopochodne	252
7.7.3.	Turbiny gazowe małej mocy	254
7.7.4.	Turbiny wodorowe [11]	257
	Literatura	258

8. HIERARCHICZNE UKŁADY ENERGETYCZNE 260

8.1.	Układy gazowo-parowe	260
8.1.1.	Podstawowe definicje i klasyfikacja	260
8.1.2.	Sprawność energetyczna układu gazowo-parowego	263
8.1.3.	Struktury technologiczne podstawowych układów gazowo-parowych	266
8.1.4.	Modelowanie układów gazowo-parowych	272

8.1.5.	Wybrane zagadnienia eksploatacyjne	278
8.2.	Układy gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem węgla i innych substancji	285
8.2.1.	Technologie zgazowania	285
8.2.2.	Ogólna charakterystyka procesów oczyszczania gazu	289
8.2.3.	Analiza parametryczna układów gazowo-parowych zintegrowanych ze zgazowaniem węgla	292
8.2.4.	Przykłady instalacji	295
8.2.5.	Kierunki rozwoju technologii	295
8.3.	Inne układy hierarchiczne	298
8.3.1.	Układy gazowo-powietrzne [13]	298
8.3.2.	Układy wielopaliwowe	301
	Literatura	307

9. SKOJARZONA PRODUKCJA CIEPŁA I ELEKTRYCZNOŚCI 309

9.1.	Elektrociepłownie parowe	309
9.1.1.	Układy technologiczne	309
9.1.2.	Bilanse energetyczne i sprawności	311
9.2.	Elektrociepłownie z turbiną gazową	316
9.2.1.	Układy technologiczne i pojęcia sprawności	316
9.2.2.	Wpływ dopalania	320
9.3.	Elektrociepłownie gazowo-parowe	322
9.3.1.	Bilanse energetyczne i sprawności	322
9.3.2.	Stosunek mocy turbin i wskaźnik skojarzenia	326
9.4.	Oszczędność energii chemicznej paliwa	329
9.5.	Modelowanie elektrociepłowni gazowych i gazowo-parowych	330
	Literatura	333

10. ENERGETYKA ATOMOWA 335

10.1.	Podstawy fizyki reaktorów jądrowych	335
10.1.1.	Atomy i nukleony	336
10.1.2.	Defekt masy i energia wiązania	336
10.1.3.	Reakcje jądrowe	337
10.1.4.	Stopień rozpadu radioaktywnego	339
10.1.5.	Reakcje neutronów z jądrami atomowymi	340
10.1.6.	Cykl neutronowy. Reaktor krytyczny	345
10.2.	Moc termiczna reaktora	349
10.3.	Reaktory i siłownie energetyczne	351
10.3.1.	Klasyfikacja reaktorów energetycznych	351
10.3.2.	Układy jednokonturowe oraz reaktory kanałowe	352

10.3.3. Układy dwukonturowe	355
10.3.4. Układy trójkonturowe	359
10.3.5. Siłownie z reaktorami wysokotemperaturowymi	362
10.3.6. Sprawność energetyczna siłowni jądrowych	363
10.3.7. Parametry początkowe i końcowe w konturze turbinowym	365
10.3.8. Separacja wody i przegrzew międzystopniowy	367
10.4. Stan upowszechnienia poszczególnych rodzajów reaktorów	369
10.5. Odpady z elektrowni jądrowych	371
Literatura	373

11. SIŁOWNIE WIATROWE

374

11.1. Wprowadzenie	374
11.2. Charakterystyki kinematyczne i energetyczne wiatru	375
11.3. Istota działania turbin wiatrowych	380
11.3.1. Maksymalna moc turbiny wiatrowej	380
11.3.2. Związek między mocą turbiny a charakterystykami aerodynamicznymi płatów wirnika	384
11.4. Charakterystyki turbin wiatrowych	390
11.5. Konwersja energii mechanicznej w elektryczną. Układy elektryczne	396
11.6. Charakterystyki ekologiczne i niezawodnościowe	398
11.7. Współczesne turbiny wiatrowe dużej mocy	403
Literatura	405

12. ENERGETYKA SŁONECZNA

406

12.1. Podstawowe informacje z zakresu promieniowania cieplnego	406
12.1.1. Fotony i ich energia	406
12.1.2. Intensywność promieniowania. Prawo Stefana-Boltzmann'a	407
12.1.3. Równanie stanu	409
12.1.4. Prawo Kirchhoffa	411
12.2. Maksymalny potencjał konwersji promieniowania w elektryczność i ciepło	414
12.3. Składowe natężenia promieniowania słonecznego	418
12.4. Bezpośrednia konwersja promieniowania elektromagnetycznego Słońca w ciepło	419
12.4.1. Rodzaje kolektorów słonecznych	419
12.4.2. Bilans energii i sprawność kolektora	421
12.4.3. Kolektory słoneczne w instalacjach produkcji ciepła	425
12.5. Elektrownie słoneczne	426
12.6. Ogniwa fotowoltaiczne	431
12.6.1. Wprowadzenie	431
12.6.2. Zasada działania ogniwa fotowoltaicznego	433

12.6.3. Ogólny opis konstrukcji ogniw	436
12.6.4. Charakterystyki ogniw fotowoltaicznych	437
12.6.5. Sprawność ogniwa fotowoltaicznego	442
12.6.6. Algorytm identyfikacji 5-parametrowej charakterystyki	442
12.6.7. Systemy (moduły) ogniw słonecznych	445
12.6.8. Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych	447
Literatura	449

13. ENERGETYKA WODNA 451

13.1. Rodzaje elektrowni wodnych	451
13.2. Moc i energia generowana w elektrowni wodnej	452
13.3. Turbiny wodne	453
13.4. Funkcje elektrowni wodnych w podsystemie elektroenergetycznym i ich wpływ na środowisko naturalne	456
13.5. Energetyka wodna w Polsce	458
Literatura	459

14. OGNIWA PALIWOWE 460

14.1. Ogólna klasyfikacja ogniw paliwowych	460
14.2. Istota działania ogniwa paliwowego	461
14.3. Bilans energii dla ogniwa [12]	463
14.4. Siła elektromotoryczna ogniwa	465
14.5. Zależność potencjału ogniwa od ciśnienia i temperatury	468
14.6. Ogólna charakterystyka strat potencjału w rzeczywistym ogniwie	469
14.7. Sprawność ogniwa paliwowego	471
14.8. Ogólna charakterystyka technologiczna stosowanych ogniw paliwowych	476
14.9. Energetyczne zastosowanie ogniw	485
Literatura	493

15. GEOENERGETYKA 496

15.1. Wykorzystanie energii gruntu do celów ogrzewania i przygotowania wody użytkowej	497
15.2. Układy pozyskiwania ciepła z wód geotermalnych	498
15.3. Układy kombinowane i elektrownie geotermalne	500
15.4. Wykorzystanie źródeł geotermalnych w Polsce	501
Literatura	502

**16. TECHNOLOGIE ENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA
BIOMASY**

503

16.1.	Ogólna klasyfikacja technologii	503
16.2.	Układy proste ze spalaniem biomasy	505
16.3.	Współspalanie biomasy z innymi paliwami	511
16.4.	Jedno- i wielopaliwowe układy ze spalaniem zewnętrznym biomasy	514
16.4.1.	Jednopaliwowe układy turbin gazowych ze spalaniem zewnętrznym biomasy	514
16.4.2.	Układy wielopaliwowe ze spalaniem zewnętrznym biomasy	516
16.5.	Ogólna charakterystyka technologii zgazowania biomasy	516
Literatura		522