

Tudor SAJIN

TERMOECONOMIE

**(METODE DE ANALIZĂ ȘI OPTIMIZARE A SISTEMELOR
TERMOENERGETICE)**



**Editura ALMA MATER
BACĂU**

2002

CUPRINS

INTRODUCERE.....	9
CAPITOLUL 1. ELEMENTE FUNDAMENTALE DE TERMODINAMICĂ	
AVANSATĂ.....	11
1.1. Observații introductive.....	11
1.2. Termodinamică generală.....	12
1.2.1. Cinematica: condițiile de instantaneitate în timp.....	12
1.2.2. Sistemul.....	12
1.2.3. Proprietatea.....	13
1.2.4. Starea.....	13
1.3. Dinamica: variația stării în timp.....	13
1.3.1. Ecuația mișcării.....	13
1.3.2. Interacțiuni și procese.....	14
1.4. Energia și bilanțul de energie.....	14
1.5. Primul principiu al termodinamicii.....	14
1.5.1. Definiția energiei.....	15
1.5.2. Bilanțul energetic.....	15
1.5.3. Bilanțul masic.....	15
1.6. Tipuri de stare.....	16
1.7. Stabilitatea stărilor de echilibru. Principiul doi al termodinamicii.....	17
1.8. Principiul doi al termodinamicii.....	17
1.8.1. Imposibilitatea creării unui perpetuum mobile de speța a doua.....	17
1.9. Disponibilul adiabatic.....	17
1.9.1. Procese reversibile și ireversibile.....	18
1.10. Disponibilul adiabatic generalizat.....	18
1.11. Disponibilul adiabatic al unui sistem. Rezervorul.....	18
1.12. Echilibrul stabil comun.....	19
1.13. Rezervorul.....	19
1.14. Energia disponibilă.....	19
1.15. Energia disponibilă generalizată.....	19
1.15.1. Relații de calcul al energiei și al energiei libere disponibile.....	20
1.16. Entropia. Bilanțul de entropie.....	20
1.16.1. Definiția entropiei.....	21

1.16.2. Bilanțul de entropie.....	21
1.17. Stările de echilibru stabil. Principiul de stare.....	22
1.18. Relația fundamentală.....	22
1.19. Temperatura. Potențialul chimic. Presiunea.....	23
1.20. Diagrama energie-entropie.....	24
1.21. Principiul trei al termodinamicii.....	26
1.22. Interacțiunile.....	26
1.23. Utilizarea practică a bilanțurilor.....	27
CAPITOLUL 2. CALITATEA PROCESELOR ENERGETICE	29
2.1. Considerații generale.....	29
2.2. Capacitatea de transformare a energiei.....	29
2.3. Exergia și anergia căldurii.....	31
2.4. Exergia și anergia agenților termici în curgere staționară.....	33
2.5. Exergia și anergia agenților termici în procesele fără curgere.....	34
2.6. Expresia generală a variației exergiei.....	35
2.7. Pierderi de exergie.....	36
2.8. Teorema Gouy-Stodola.....	38
2.9. Indici de apreciere calitativă a proceselor energetice.....	40
2.9.1. Randamentul energetic.....	41
2.9.2. Randamentul exergetic.....	42
2.9.3. Principalii indicatori de eficiență ai proceselor și aparatelor de schimb de căldură.....	43
2.9.3.1. Randamentul termic.....	43
2.9.3.2. Randamentul termodinamic.....	43
2.9.3.3. Coeficientul de reținere a căldurii.....	44
2.9.3.4. Eficiența procesului de încălzire (răcire).....	44
2.9.3.5. Eficiența termică.....	45
2.9.3.6. Pierdere specifică de presiune.....	46
2.9.3.7. Indici economici de calitate.....	47
CAPITOLUL 3. GENERAREA ENTROPIEI ÎN SISTEMELE TERMODINAMICE..	49
3.1. Sisteme închise.....	49
3.2. Sisteme deschise.....	52
3.3. Lucrul disponibil distrus.....	56
3.4. Procese ireversibile caracteristice.....	58

CAPITOLUL 4. METODE AVANSATE DE ANALIZĂ ȘI OPTIMIZARE A SISTEMELOR DE PRODUCERE A ENERGIEI.....	63
4.1. Condițiile de producere a puterii maxime.....	64
4.1.1. Raportul optim de temperatură.....	65
4.1.2. Randamentul motorului termic în cazul producerii puterii maxime.....	66
4.1.3. Distribuția optimă a ariilor echipamentelor de schimb de căldură.....	67
4.1.4. Aplicație la un ciclu Brayton ideal.....	68
4.2. Ireversibilități externe.....	72
4.3. Ireversibilități interne.....	76
4.3.1. Încălzitorul.....	77
4.3.2 Turbina.....	78
4.3.3. Răcitorul.....	79
4.3.4. Pompa de apă.....	80
4.3.5. Importanța relativă a ireversibilităților interne.....	81
4.4. Metode de îmbunătățire a randamentului instalațiilor de turbine cu abur.....	81
4.5. Instalații de turbine cu gaze	82
4.5.1. Ireversibilități interne și externe.....	82
4.5.2. Metode de îmbunătățire a performanței ciclului de turbină cu gaze.....	85
4.6. Cicluri combinate de turbină cu abur și turbină cu gaze.....	86
CAPITOLUL 5. METODE DE ANALIZĂ ȘI OPTIMIZARE A SISTEMELOR TERMOENERGETICE.....	87
5.1. Noțiuni introductive.....	87
5.2. Teoria generală a optimizării sistemelor complexe.....	87
5.2.1. Metode de optimizare bazate pe calculul diferențial.....	88
5.2.2. Metode de optimizare bazate pe calculul variațional.....	89
5.2.3. Metode avansate de optimizare.....	90
5.2.3.1. Programarea liniară.....	91
5.2.3.2. Programarea neliniară.....	94
5.2.3.3. Modelele teoriei avansate de optimizare.....	94
5.3. Modele specifice de optimizare în termoeenergetica.....	96
5.3.1. Modele matematice ale optimizării stocurilor.....	96
5.3.2. Modele de așteptare.....	97
5.3.3. Modele de echipamente.....	98
5.3.4. Modele matematice ale ordonanțării optime.....	98

5.3.5. Modele de aplicare optimă în practică a ingineriei umane și modele matematice cu normarea și retribuirea muncii, inclusiv cele legate de transportul intern.....	99
5.3.6. Modele matematice de prognoză.....	100
5.3.7. Modele de preluarea riscului.....	100
5.3.8. Modele ale teoriei căutării.....	101
5.3.9. Modele pentru aplicarea în practică a ingineriei și analizei valorii.....	102
5.3.10. Modele de decizie.....	102
5.3.11. Costul specific actualizat al produsului și gradul de organizare a sistemului în care el este conceput.....	103
5.4. Modelul de optimizare a bilanțului termoeenergetic.....	104
5.5. Metode de prognoză a purtătorilor de energie.....	105
5.6. Modele pentru transformarea unui bilanț termoeenergetic real într-un bilanț cvasioptim.....	106
5.7. Elaborarea bilanțurilor termoeenergetice momentane în baza teoriei cazurilor.....	111
CAPITOLUL 6. METODA TERMOECONOMICĂ DE ANALIZĂ A SISTEMELOR ENERGETICE.....	113
6.1. Analiza exergoeconomică.....	113
6.2. Problema unității de măsură a exergiei.....	115
6.3. Optimizarea cost-calitate.....	115
6.4. Metoda termoeconomică de evaluare a rentabilității utilizării instalațiilor de depoluare.....	117
BIBLIOGRAFIE.....	121