
Kamprath-Reihe

Nikolai V. Khartchenko

Umweltschonende Energietechnik

Vogel Buchverlag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Thermodynamische und strömungstechnische Grundlagen der Energietechnik	11
1.1 Energie und Leistung	11
1.2 Hauptsätze der Thermodynamik	12
1.3 Carnot-Kreisprozeß	15
1.4 Strömung und Drosselung	18
1.5 Wärmeübertragung in energietechnischen Anlagen	19
1.5.1 Wärmeleitung	19
1.5.2 Konvektion (Wärmeübergang)	21
1.5.3 Wärmestrahlung	23
1.5.4 Wärmetauscher	25
1.6 Strömungstechnische Grundlagen	28
Brennstoffe und Verbrennung	31
2.1 Zusammensetzung, Heizwert und Brennwert	31
2.2 Verbrennungsrechnung	34
2.2.1 Stöchiometrische Beziehungen	34
2.2.2 Verbrennungsluftbedarf	35
2.2.3 Rauchgasmenge	36
2.3 Verbrennungstemperatur	41
2.4 Kontrolle der Verbrennungsgüte	41
2.5 Schadstoffarme Verbrennung	42
Dampfkraftwerke	45
3.1 Kraftwerksarten	45
3.2 Grundkonzept der Dampfkraftanlage (Aufbau und Analyse)	46
3.3 Leistung der Dampfturbine	51
3.4 Verbesserung der Effizienz von Dampfkraftanlagen	52
3.4.1 Anhebung des Frischdampfzustandes und Senkung des Kondensatordruckes	52
3.4.2 Zwischenüberhitzung	53
3.4.3 Regenerative Speisewasservorwärmung	55
3.4.4 Zwischenüberhitzung und regenerative Speisewasservorwärmung	59
3.5 Klemmenleistung und Gesamtwirkungsgrad eines Dampfkraftwerks	61
3.6 Spezifischer Brennstoff- und Wärmeverbrauch eines Dampfkraftwerks	63
3.7 Eigenbedarf eines Dampfkraftwerks	64
3.8 Fortschrittliche Verfahren zur Kohleverstromung	66
Dampferzeuger	71
4.1 Bauarten	71
4.2 Energiebilanz und Wirkungsgrad	74
4.3 Feuerungen und Brenner	77
4.4 Dampferzeuger mit Wirbelschichtfeuerung	82
4.4.1 Wirbelschichtarten	82
4.4.2 Minderung der Schadstoffemissionen in Wirbelschichtfeuerungen	87
4.5 Auslegung von Heizflächen	89
4.5.1 Energiebilanz der Heizfläche und übertragene Wärmeleistung	89
4.5.2 Gas- und Flammenstrahlung im Feuerraum	91
4.5.3 Äußerer und innerer Wärmeübergang an Heizflächen	93
4.5.4 Wärmeübergang von der Wirbelschicht an die Heizfläche	94
4.5.5 Ermittlung der erforderlichen Heizfläche	96
4.5.6 Auslegung des Regenerativ-Luftvorwärmers	98

8 Inhalt

5	Dampfturbinen, Kondensatoren, Speisewasservorwärmer, Kühlwassersysteme	101
5.1	Eulersche Turbinen- und Hauptgleichung	101
5.2	Arten von Dampfturbinen	102
5.3	Auslegung der Kondensatoren und Speisewasservorwärmer	105
5.4	Kühlwassersysteme	110
6	Minderung der Schadstoffemissionen von Kraftwerken	115
6.1	Spezifische CO ₂ -Emissionen	115
6.2	Entstaubung	117
6.3	Entschwefelung	119
6.3.1	Rauchgasentschwefelung mit Gipserzeugung	120
6.3.2	REA mit Schwefelerzeugung	122
6.4	Entstickung	122
6.4.1	DENOX-Anlagen zur Rauchgasentstickung	124
6.5	Simultane Entschwefelung und Entstickung	127
7	Gasturbinen-Kraftanlagen	129
7.1	Joule-Kreisprozeß	129
7.2	Effizienz	132
7.3	Erhöhung der Leistungsfähigkeit	135
7.3.1	Anhebung des Druckverhältnisses und der Gasturbinen-Eintrittstemperatur	135
7.3.2	Regenerative Luftvorwärmung	136
7.3.2	Zwischenkühlung und Zwischenerhitzung	139
7.4	Bauteile	141
7.4.1	Gasturbosatz	141
7.4.2	Schadstoffarme Brennkammer und Brenner	142
7.5	Vergleich von Gasturbinen- und Dampfkraftwerken	146
8	Kombinierte Gas- und Dampfturbinenanlagen	149
8.1	GUD-Anlagen ohne Zusatzfeuerung	149
8.2	GUD-Anlagen mit Zusatzfeuerung	154
8.3	Kombiprozeß mit integrierter Kohlevergasung	157
8.3.1	Kohlevergasung	157
8.3.2	Vergaser	158
8.3.3	Kombianlagen mit integrierter Kohlevergasung	161
9	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	165
9.1	Kennzahlen der KWK-Anlagen	165
9.2	Heizkraftwerke mit Gegendruck- und Entnahme- Kondensationsturbinen	167
9.3	Auslegung der Heizkraftwerke	169
9.4	Blockheizkraftwerke	174
9.4.1	Blockheizkraftwerke auf der Basis von Verbrennungsmotoren	174
9.4.2	Effizienz der Verbrennungsmotoren für BHKW	175
9.4.3	Energiebilanz und Brennstoffbedarf eines BHKW	179
9.5	KWK-Anlagen mit Gasturbinen	180
9.6	Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit eines BHKW-Einsatzes	182
10	Thermische und photovoltaische Solaranlagen	185
10.1	Sonnenstrahlung, Solarkollektoren und thermische Solaranlagen	185
10.2	Solarthermische Kraftanlagen	191
10.3	Photovoltaik	198
10.3.1	Solarzelle, -modul und -generator	198
10.3.2	Kennlinie und Wirkungsgrad eines PV-Solarmoduls	201
10.3.3	Aufbau und Komponenten der PV-Systeme	204
10.3.4	Auslegung einer PV-Anlage	206
10.3.5	Anwendung und Wirtschaftlichkeit	208
11	Hydroenergie, Windkraft, geothermische Energie, Biomasse	211
11.1	Wasserkraftwerke	211

11.2	Windkraftanlagen	215
11.3	Geothermische Energie	220
11.4	Wellen- und Gezeitenenergie	222
11.5	Energetische Nutzung der Biomasse	222
2	Energiespeicher	225
12.1	Energiespeicherarten und ihre Bewertungsgrößen	225
12.2	Speicher für mechanische und elektrische Energie	226
12.2.1	Schwungradspeicher, Pumpspeicherbecken, Druckluftspeicher	226
12.2.2	Elektrochemische Energiespeicher	228
12.3	Wärmespeicher	229
12.4	Dampfspeicher	235
3	Sparsame und rationelle Energieverwendung	237
13.1	Schonen der Energieressourcen und der Umwelt	237
13.2	Verbesserter Wärmeschutz für Gebäude und Rohrleitungen	237
13.3	Sparsame Heizungsanlagen	241
13.4	Wärmerückgewinnung und Wärmepumpen	243
13.5	Stromerzeugung in Gasentspannungsmaschinen	245
4	Wasserstoff, Brennstoffzellen, thermoelektrischer Generator, MHD-Generator, Fusionsreaktor .	249
14.1	Wasserstoff – Erzeugung und energetische Nutzung	249
14.2	Brennstoffzellen	251
14.2.1	Typen von Brennstoffzellen	253
14.2.2	Konzept eines Brennstoffzellen-Kraftwerks	255
14.3	Thermoelektrische Energieumwandlung	256
14.4	MHD-Generator	258
14.5	Kontrollierte thermonukleare Fusion	260
	Anhang	265
	Formelverzeichnis	279
	Literaturverzeichnis	283
	Stichwortverzeichnis	285