

Strömungsmaschinen

Von Professor Dipl.-Ing. Klaus Menny, Hannover

2., überarbeitete Auflage

Mit 225 Bildern, 37 Tabellen und 48 Beispielen

HLuHB Darmstadt



13166404



B. G. Teubner Stuttgart 1995

Inhalt

1 Gemeinsame Grundlagen der Strömungsmaschinen

1.1	Einleitung	9
1.1.1	Definition	9
1.1.2	Einteilung	10
1.1.3	Vergleich mit Kolbenmaschinen	12
1.2	Hydromechanische und thermodynamische Grundlagen	12
1.2.1	Kontinuitätssatz	12
1.2.2	Bernoullische Gleichung	13
1.2.3	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	13
1.2.4	Ideales Gas	15
1.2.5	Idealer Dampf	17
1.2.6	Theorie der Düsenströmung	19
1.2.7	Carnotscher Kreisprozeß	23
1.3	Energieumsetzung im Laufrad	25
1.3.1	Absolut- und Relativgeschwindigkeit, Geschwindigkeitspläne	25
1.3.2	Spezifische Stutzenarbeit und Wirkungsgrade	27
1.3.3	Impulssätze der stationären Strömung	31
1.3.4	Die Eulersche Hauptgleichung	32
1.3.5	Anwendung des Energieerhaltungssatzes auf Strömungen in rotierenden Kanälen	33
1.3.6	Gleichdruck- und Überdruckprinzip	34
1.3.7	Reaktionsgrad und Beaufschlagungsgrad	36
1.4	Ähnlichkeitsbeziehungen und Kennzahlen	38
1.4.1	Modellgesetze	38
1.4.2	Kennzahlen	40
1.5	Mehrstufigkeit und Mehrflutigkeit	44
1.6	Kavitation	44

2 Wasserturbinen

2.1	Einleitung	46
2.2	Typenübersicht und Einsatzgebiete	48
2.3	Pelton-Turbinen	49
2.3.1	Wirkungsweise und Bauformen	49
2.3.2	Betriebsverhalten	53
2.3.3	Festlegung der Hauptabmessungen	56

2.4	Francis-Turbinen	58
2.4.1	Allgemeine Übersicht	58
2.4.2	Zusammenhang zwischen Radform und Schnellläufigkeit	61
2.4.3	Laufradberechnung	63
2.4.4	Betriebsverhalten	65
2.5	Kaplan-Turbinen	68
2.5.1	Bauformen	68
2.5.2	Laufradberechnung	72

3 Dampfturbinen

3.1	Einleitung	78
3.2	Der Dampfkraftprozeß	82
3.2.1	Der einfache Clausius-Rankine-Prozeß	82
3.2.2	Speisewasservorwärmung	84
3.2.3	Zwischenüberhitzung	87
3.2.4	Der wirkliche Prozeß	89
3.2.5	Der Sattedampfprozeß	92
3.3	Übersicht über Turbinenbauarten	93
3.3.1	Kammerturbinen und Trommelturbinen	93
3.3.2	Kraftwerksturbinen	95
3.3.3	Industrieturbinen	98
3.3.4	Schiffsturbinen	102
3.3.5	Kleinturbinen	104
3.4	Theorie der Einzelstufe	105
3.4.1	Einleitung	105
3.4.2	Eindimensionale Theorie der Axialstufe	106
3.4.3	Kenngrößen von Turbinenstufen	109
3.4.4	Curtis-Stufen	114
3.4.5	Das radiale Gleichgewicht der Strömung	118
3.4.6	Naßdampfstufen	122
3.4.7	Gitterwirkungsgrade	124
3.4.8	Weitere Stufenverluste	128
3.5	Auslegung mehrstufiger Turbinen	134
3.5.1	Rückgewinn	134
3.5.2	Stufeneinteilung	137
3.5.3	Verluste und Wirkungsgrade	141
3.5.4	Labyrinthdichtungen	143
3.5.5	Axialschub und Schubausgleich	146
3.5.6	Betrieb	149

4 Gasturbinen

4.1	Einleitung	155
-----	------------	-----

4.2	Kreisprozesse	156
4.2.1	Idealprozesse	156
4.2.2	Offener und geschlossener Prozeß	161
4.2.3	Verbrennung und Verbrennungsgas	162
4.2.4	Reale Prozesse	165
4.2.5	Kombinierte Gas-Dampf-Prozesse	169
4.3	Baugruppen	174
4.3.1	Turbinen	174
4.3.2	Verdichter	177
4.3.3	Brennkammern	177
4.4	Anwendungen	179
4.4.1	Elektrische Energieversorgung	179
4.4.2	Pumpen- und Verdichterantrieb	180
4.4.3	Abgasturbolader	180
4.4.4	Fahrzeugturbinen	182
4.4.5	Schiffsantriebe	182
4.4.6	Flugzeugtriebwerke	183
5	Kreiselpumpen	
5.1	Einleitung	186
5.2	Bauformen	187
5.2.1	Schnellläufigkeit und Laufradform	187
5.2.2	Mehrstufige und mehrflutige Pumpen	188
5.2.3	Weitere Konstruktionsformen	191
5.3	Berechnung radialer und halbaxialer Laufräder	194
5.3.1	Meridianform	194
5.3.2	Geschwindigkeitsdreiecke	197
5.3.3	Relativer Kanalwirbel	199
5.3.4	Minderleistung	200
5.3.5	Festlegen des Schaufelverlaufs	202
5.3.6	Doppelt gekrümmte Laufschaufeln	205
5.4	Berechnung weiterer Einzelteile	209
5.4.1	Radiale Leitapparate	209
5.4.2	Spiralgehäuse	211
5.4.3	Axiale Schaufelgitter	214
5.4.4	Axialschub und Schubausgleich	218
5.5	Betriebsverhalten	221
5.5.1	Theoretisch berechnete Kennlinie	221
5.5.2	Das tatsächliche Verhalten der Pumpe	224
5.5.3	Haltedruckhöhe und Kavitation	226
5.5.4	Zusammenarbeit von Pumpe und Rohrleitung	230
5.5.5	Änderung des Betriebspunktes	231
5.5.6	Verhalten der Pumpe außerhalb des normalen Betriebszustandes	235
5.5.7	Pumpspeicherkraftwerke, Pumpenturbinen	237

6 Ventilatoren und Verdichter

6.1	Einleitung	241
6.2	Ventilatoren	242
6.2.1	Radialventilatoren	242
6.2.2	Axialventilatoren	247
6.2.3	Querstromventilatoren	251
6.3	Verdichter	251
6.3.1	Zwischenkühlung	251
6.3.2	Bauformen von Verdichtern	254
6.3.3	Wellendichtungen	258
6.3.4	Elementare Theorie der Verdichterstufe	259
6.3.5	Kennlinien	264

7 Hydrodynamische Kupplungen und Wandler

7.1	Einleitung	267
7.2	Föttinger-Kupplungen	268
7.2.1	Funktionsweise und Kennlinien	268
7.2.2	Zusammenarbeit mit der Antriebsmaschine	270
7.2.3	Maßnahmen zur Beeinflussung der Kennlinie	271
7.2.4	Kupplungen mit veränderlicher Füllung	272
7.3	Föttinger-Drehmomentwandler	274
7.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	274
7.3.2	Kennlinien	275
7.3.3	Stellwandler	278
7.3.4	Hydrodynamische Getriebe	281

8 Windräder und Propeller

8.1	Einleitung	284
8.2	Windräder	284
8.2.1	Vorbemerkung	284
8.2.2	Windradtheorie	285
8.2.3	Bauformen	288
8.3	Propeller	291
8.3.1	Strahltheorie des Propellers	291
8.3.2	Schraubenpropeller	292
8.3.3	Voith-Schneider-Propeller	294

9 Anhang 295

Schrifttum	302
----------------------	-----

Sachverzeichnis	304
---------------------------	-----