

Hans-Walter Roemer

Dampfturbinen

Einführung in Bau und Betrieb

VERLAG W. GIRARDET • ESSEN

Inhalt

1.	Prinzipieller Aufbau und Wirkungsweise einer Dampfturbine	1
2.	Grundlagen der Berechnung	4
2.1.	Das Enthalpie-Entropie-Diagramm (*-s-Diagramm).	4
2.2.	Anwendungsbeispiele für das i-s-Diagramm.	9
2.3.	Umwandlung der Wärmeenergie des Wasserdampfes in kinetische Energie.	11
2.4.	Die bei einer Druckdifferenz strömende Düse.	14
2.5.	Der Austrittsquerschnitt	19
2.6.	Mündungen, Düsen.	20
2.6.1.	Mündung	20
2.6.2.	Düse.	20
2.7.	Übungsaufgaben	23
2.8.	Der schräg abgeschnittene Leitkanal	26
2.9.	Beispiel zur Strahlablenkung	29
2.10.	Umsetzung der kinetischen Energie des Dampfes in Arbeit am Laufer.	30
2.11.	Die Kraft auf die Laufschaufel	31
2.12.	Zusammenfassung der Hauptsätze	36
2.13.	Die verlustbehaftete Energieumsetzung in der Dampfturbine	36
2.13.1.	Laufschaufeln	36
2.13.2.	Reaktionsstufen	38
2.13.3.	Laufschaufeln	40
2.13.4.	Stufe mit Reaktion	44
2.13.5.	Austrittsverlust	46
2.13.6.	Spaltverluste	46
2.13.7.	Spaltverlust in der Überdruckstufe	50
2.13.8.	Radreibungs- und Ventilationsverlust	51
2.13.9.	Zusammenfassung der Verluste in einer Stufe	53
2.13.10.	Mechanische Verlustleistung	54
2.13.11.	Stopfbuchsen- und Kolbenverluste	55
2.13.12.	Verluste durch Abstrahlung	57
2.13.13.	Verluste durch Drosselung in den Einlassorganen	58
2.13.14.	Übersicht über die Verluste in der ganzen Kraftwerksanlage	58
2.13.15.	Übersicht über die Einzelverlustrechnung	61

2.14.	Leistungen	62
2.15.	Wirkungsgrade	63
2.16.	Wärme verbrauch, Dampfverbrauch	65
2.17.	Qualität einer Dampfkraftanlage	66
2.18.	Dio Wirkungsgrade einer Stufe	69
2.19.	Laufzahl und Umfangawirkungsgrad bei oiner Gleichdruckstufe	70
2.20.	Laufzahl und Umfangswirkungsgrad bei höherem Reaktions- grad (Überdruckstufe)	74
2.21.	Vergleich der Geschwindigkeitsdreiecke für Gleichdruckstufen und Überdruckstufen	79
2.22.	Wahl der Laufzahl bei beliebiger Reaktion	80
3.	Berechnung der Turbinen	82
3.1.	Einstufige Gleichdruckturbine	82
3.2.	Einstufige Gleichdruckturbine mit mehreren Geschwindigkeits- stufen (keine Reaktion)	88
3.3.	Vorteile der Ci/RTIS-Turbinen und der einstufigen Gleich- druckturbinen	93
3.4.	Einstufige Gleichdruckturbine mit geringer Reaktion	93
3.5.	Einstufige Gleichdruckturbine mit Geschwindigkeitsatufung und Reaktion	94
3.6.	Druckstufenturbinen	96
3.7.	Kammerstufen	96
3.8.	Trommelstufen	98
3.9.	Wärmerückgewinn	100
3.10.	Die Gütezahl (PAESONS-Zahl)	101
3.11.	Neuere Kennwerte der Turbinenstufo	102
3.12.	Wahl der Drohzahl	105
3.13.	Rechnerische Ermittlung der Drehzahl für Industrieturbinon	107
3.14.	Die Grenzleistung einer Dampfturbine	108
3.15.	Wahl des Reaktionsgrades	112
3.16.	Berechnungsgang einer Druckstufenturbine	112
3.16.1.	Regelstufe für Turbinen mit Rogelung durch Toilbeaufsohlung	114
3.16.2.	Dio Stufen hinter der Regelstufe	117
3.17.	Beispiel zur thermodynamischen Berechnung einer Turbine.	123
4.	Radialturbinen	147
4.1.	Die Radialturbinenstufe	147
4.2.	Dio Umfangsarboit	148
4.3.	Einwellige Radialturbine	150
4.4.	Gogenlaufturbiine	152
4.4.1.	Berechnung einer Stufe	153

5.	Sonderfragen	155
5.1.	Das Verhalten der Stufendrücko bei verändertem Dampf- durchsatz	155
5.2.	Der Axialschub	161
5.3.	Die verwundenen Endschaufeln.	164
5.4.	Schaufolprofü.	167
6.	Mechanische und konstruktive Fragen	170
6.1.	Die Festigkeitsrechnung der Schaufeln	170
6.2.	Die Kigenschwingunon. der Schaufbin	178
6.3.	Radscheiben	181
6.3.1.	Berechnung dor Schaufoloinspaimung.	181
6.3.2.	Radkranz an einer Scheibe.	183
6.3.3.	Scheibe	187
6.4.	Kritische Droh/ahlon	207
6.5.	Lagerung der Wellen.	218
6.6.	Die Turbinengehäuse.	223
6.6.1.	Gehäuse für kleine industrieturbinen.	224
6.6.2.	Gehäuse von Kraftwerkstiirbinen.	230
6.6.3.	Topfgehäuse.	241
6.6.4.	Die Isolierung der Gehäuse.	245
7.	Regelung	247
7.1.	Die Regelung der Dampfturbinen.	247
7.2.	Drosselregelung	247
7.3.	Regelung durch Teilbeaufschlagung.	248
7.4.	Regelung durch Überlastdampfeinleitung	249
7.5.	Der Entspannungsverlauf in der geregelten Maschine	249
7.6.	Beispiel.	256
7.7.	Die Ventilerhebungskurven.	259
7.8.	Das Regelschema	261
7.9.	Dor Sichorhcitsrogler (Drehzahlwächter).	266
7.10.	Weitere Ausführungsbeispiele zur Regelung	268
7.10.1.	Drehzahlmoßwerk mit Moßwertumformer.	268
7.10.2.	Regelventil	271
7.10.3.	Schnellschlußrückschlagventil.	272
7.10.4.	Kombination von Schnellschluß- und Regelventil	273
8. ***	Kondensation des Abdampfes.	276
8.1.	Die Kondensatioiisaiilage.	276
8.2.	Auslegung oinos Kondensators.	277

8.3.	Ausführung	280
8.4.	Sonderformen der Kondensatoren.	286
8.5.	Sicherheitseinrichtungen.	286
8.6.	Luftkondensatoren.	287
8.7.	Die Kreiselpumpen der Kondensationsanlage.	290
9.	Anwendungen und Bauarten der Dampfturbinen.	292
9.1.	STKNDWschö Sinnbilder.	292
9.2.	Kondensationsturbinen ohne Zwischenüberhitzung.	293
9.2.1.	Schaltshoma	293
9.2.2.	Kondnsationsturbine kleiner Leistung in Überdruckbauart	295
9.2.3.	Kondonsationsturbine größerer Leistung in Überdruckbauart ,	297
9.2.4.	Eingehäusige Kondensationsturbine in Kammorbauart	298
9.3.	Kondensationsturbinen mit Zwischonüberhitzung.	300
9.3.1.	Turbine mit einfacher Zwischonüberhitzung.	304
9.3.2.	Projekt eines einwilligen Kondensationsturbosatzes mit ein- facher Zwischenüberhitzung, Leistung 1000 MW.	305
9.3.3.	Zweiwillige 1300-MW-Turbine für die USA.	309
9.4.	Kondensationsdarnpfturbinen in Kornkraftwerken.	310
9.5.	Schiffsdampfturbinen.	318
9.6.	Gegendruckturbinen.	319
9.7.	Entnahmeturbinen.	323
9.7.1.	Entnahme-Kondensationsturbine.	323
9.7.2.	Entnahme-Gegondruck-Turbine.	329
9.8.	Radiale Gegenlaufturbinen.	331
10.	Werkstofffragen.	334
11.	Betrieb der Dampfturbine.	338
12.	Vergleich der Dampfturbine mit anderen Strömungsmaschinen	346
	Literatur.	353
	Stichwortverzeichnis.	355