

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Formeln	XV
Einleitung	XIX
1 Allgemeine Maschinenprüfung	1
1.1 Widerstandsmessung	1
1.1.1 Drehstromwicklungen	2
1.1.2 Gleichstromwicklungen	3
1.1.3 Wicklungen der Ein- und Mehrphasenkommutatormaschinen	4
1.2 Isolationsfestigkeit	5
1.2.1 Wicklungsprobe	5
1.2.2 Sprungwellenprobe	5
1.2.3 Hochfrequenzprüfung	6
1.2.4 Windungsprobe	7
1.2.5 Isolationswiderstand	7
1.3 Wickelsinn und Wickelachse	7
1.3.1 Feldwicklungen von Gleichstrommaschinen	9
1.3.2 Feldwicklung von Synchronmaschinen	10
1.3.3 Ankerwicklung von Kommutatormaschinen	11
1.3.4 Wicklungen von Synchron- und Asynchronmaschinen für Drehstrom	12
1.3.5. Ausmessung der gegenseitigen Lage von Primär- und Sekundärwicklungen	13
1.4 Leerlaufversuch	15
1.4.1 Motorverfahren	15
1.4.2 Generatorverfahren	17
1.4.3 Schleuderprobe	18
1.4.4 Mechanischer Lauf	18
1.5 Belastungsversuch	19
1.5.1 Belastungskennlinien	19
1.5.2 Erwärmungsprobe (Dauerlauf)	19
1.5.3 Erwärmungsmessungen	19
1.5.4 Praktische Durchführung des Dauerlaufs	22
1.5.5 Grenzleistung	24

1.5.6	Belüftungsmessungen	25
1.5.6.1	Luftmengenmessung	26
1.5.6.2	Luftwiderstandsmessung und Leistungsbedarf des Lüfters	26
1.6	Kurzschlußversuch	27
1.6.1	Kurzschlußkennlinie	27
1.6.2	Kurzschlußdrehmoment	28
1.6.3	Kurzschlußzusatzverluste	29
1.7	Hochlaufversuch	30
1.7.1	Auswertung	31
1.8	Auslaufversuch	34
1.8.1	Auswertung	34
1.8.2	Bestimmung des Trägheitsmoments	36
1.8.3	Messung und Trennung der Verluste	38
1.9	Wirkungsgrad	39
1.9.1	Direkte Wirkungsgradbestimmung	39
1.9.2	Indirekte Wirkungsgradbestimmung	40
1.9.3	Rückarbeitsverfahren	40
1.9.3.1	Gleichstrommaschinen	41
1.9.3.2	Synchronmaschinen	42
1.9.4	Einzelverlustverfahren	45
1.9.4.1	Wirkungsgradkennlinie	46
1.10	Belastungsverfahren	48
1.11	Pendelmaschine	49
1.11.1	Wirkungsweise	50
1.11.2	Aufbau	50
1.11.3	Aufnahme von Belastungskennlinien	52
1.11.4	Bestimmung des Wirkungsgrads	52
1.11.5	Bestimmung des Korrekturdrehmoments	53
1.12	Drehmoment-Drehzahlkennlinien von Antriebs- und Belastungsmaschinen	55
1.12.1	Gleichstrommaschinen	55
1.12.2	Synchronmaschinen	57
1.12.3	Stabilität und Instabilität	59
2	Besondere Maschinenprüfung	60
2.1	Transformatoren	61
2.1.1	Schaltgruppen	61
2.1.2	Parallelarbeit	62
2.1.3	Transformatordiagramme	64
2.1.4	Spannungsänderung	67
2.1.5	Berechnung des Wirkungsgrads	67
2.1.6	Prüfung des unbewickelten Kerns	68
2.1.7	Prüfung des fertigen Transformators mit ölgefülltem Kessel	75

2.1.8	Erwärmungslauf	76
2.1.9	Transformatoren in Sparschaltung	78
2.1.10	Toleranzen	80
2.2	Asynchronmaschinen	80
2.2.1	Drehstromasynchronmotor	83
2.2.1.1	Leerlaufversuch	84
2.2.1.2	Kurzschlußversuch	86
2.2.1.3	Hochlaufversuch	91
2.2.1.4	Belastungsversuch	93
2.2.1.5	Schlupf	94
2.2.1.6	Belastungskennlinien	97
2.2.1.7	Dauerlauf	98
2.2.1.8	Wirkungsgrad	99
2.2.1.9	Gewährleistung und Toleranzen	103
2.2.2	Kreisbild der Drehstromasynchronmaschine mit Phasenanker	104
2.2.2.1	Zeichnung des Kreisbilds	104
2.2.2.2	Bestimmung des Schlupfs	107
2.2.2.3	Bestimmung von Anlaßwiderständen und Regelwiderständen	109
2.2.2.4	Allgemeine Beziehungen	110
2.2.3	Polumschaltbare Asynchronmaschinen	111
2.2.4	Asynchrongenerator	113
2.2.5	Einphasenasynchronmotor	115
2.2.5.1	Diagramm des Einphasenmotors ohne Hilfswicklung	116
2.2.5.2	Kurzschlußdiagramm des Motors mit Hilfsphase	118
2.2.5.3	Erzielung des höchsten Anfahr Drehmoments	120
2.2.6	Periodenwandler	120
2.2.6.1	Prüfung	122
2.2.7	Synchronisierte Asynchronmaschine	123
2.2.7.1	Schaltung	123
2.2.7.2	Diagramm	124
2.2.7.3	Überlastbarkeit	126
2.2.8	Elektrische Welle	127
2.2.8.1	Wirkungsweise	128
2.2.9	Stromrichter gespeiste Asynchronmaschinen	129
2.2.9.1	Asynchronmotor mit Pulsumrichter	130
2.3	Synchronmaschinen	133
2.3.1	Streuprobe ohne Induktor	134
2.3.2	Leerlaufversuch	134
2.3.3	Spannungskurve	135
2.3.4	Kurzschlußversuch	136
2.3.5	Stoßkurzschlußversuch	138
2.3.6	Hochlaufversuch	140
2.3.7	Synchronisierung	141
2.3.7.1	Dunkelschaltung	142
2.3.7.2	Hellschaltung	142
2.3.7.3	Kontrollmöglichkeit	143

2.3.8	Belastungseinstellung	144
2.3.8.1	Belastungskennlinien	146
2.3.8.2	Bestimmung von Erregerstrom und Spannungsänderung nach den schwedischen Normalien	149
2.3.8.3	Bestimmung von Erregerstrom und Spannungsänderung nach den amerikanischen Normalien	150
2.3.8.4	Ortskurven und Diagramme	151
2.3.9	Charakteristische Größen von Synchronmaschinen	156
2.3.9.1	Kurzschlußverhältnis	156
2.3.9.2	Synchrone Reaktanz	156
2.3.9.3	Subtransiente Reaktanz	158
2.3.9.4	Transiente Reaktanz	160
2.3.9.5	Gegenläufige Reaktanz und Nullreaktanz	161
2.3.9.6	Potierreaktanz	162
2.3.9.7	Eigenschwingungszahl	163
2.3.10	Drehmomente von Synchronmaschinen	165
2.3.10.1	Synchrones Moment	164
2.3.10.2	Synchronisierendes Moment	165
2.3.10.3	Außertrittfallmoment	167
2.3.11	Dauerlauf	167
2.3.12	Wirkungsgrad	168
2.4	Gleichstrommaschinen	171
2.4.1	Aufbau und Schaltschema	171
2.4.2	Ankerrückwirkung	172
2.4.3	Kennlinien	175
2.4.4	Parallellauf und Lastverteilung	185
2.4.5	Stromwendung	187
2.4.5.1	Mechanische Untersuchung der Stromwendung	192
2.4.5.2	Elektrische Untersuchung der Stromwendung	193
2.4.6	Leerlaufversuch	196
2.4.7	Selbsterregung	198
2.4.8	Kurzschlußversuch	201
2.4.9	Belastungsversuch	202
2.4.9.1	Korrektur der Leerlauf- oder der Lastdrehzahl	203
2.4.9.2	Dauerlauf	204
2.4.9.3	Feldkurven	205
2.4.9.4	Welligkeit der Gleichspannung	206
2.4.9.5	Wirkungsgrad	206
2.4.10	Selbsterregter Nebenschlußgenerator	211
2.4.11	Kompoundgenerator	211
2.4.12	Fremderregter Generator	212
2.4.13	Gegencompoundgenerator	213
2.4.14	Hauptstromgenerator	214
2.4.15	Krämermaschine (Dreifeldmaschine)	215
2.4.16	Nebenschlußmotor	215
2.4.16.1	Drehzahlregelung	217

2.4.16.2	Nebenschlußmotor mit zusätzlicher Hauptstromwicklung (Kompondmotor)	219
2.4.17	Hauptschlußmotor	219
3	Ein- und Mehrphasenkommutatormaschinen	222
3.1	Einphasen-Reihenschlußmotor (Bahnmotor)	222
3.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	222
3.1.2	Kreisdiagramm	223
3.1.3	Stromwendung	224
3.1.4	Prüfung	227
3.2	Mehrphasenkommutatormaschinen	230
4	Prüffeld und Betriebsmessungen mit Flußmesser und Hall-Sonde	231
4.1	Flußmesser	232
4.2	Hallsonde	237
4.2.1	Messung der Stromstärke	245
4.2.2	Messung des Stromquadrats	245
4.2.3	Messung der Leistung	246
4.3	Prüfung von Synchronmaschinen	247
4.3.1	Aufnahme der Feldkurve	247
4.3.2	Untersuchung im Stillstand mit Flußmesser	250
4.3.3	Versuch im Stillstand zur Bestimmung der V-Kurve	253
4.4	Prüfung von Gleichstrommaschinen	255
4.4.1	Feldkurve	256
4.4.2	Magnetisierungskurve	257
4.4.3	Ankerrückwirkung	259
4.4.4	Ankerrückwirkung bei Großmaschinen	263
4.4.5	Hauptpole	264
4.4.6	Wendepole	267
4.4.6.1	Flußverteilung im Wendepol	271
4.4.6.2	Dynamisches Verhalten der Wendepole	272
4.4.7	Betriebsmessungen	274
4.4.7.1	Hauptpole	275
4.4.7.2	Wendepole	277
4.4.7.3	Elektrische Messungen	278
4.5	Förstersonde	278
4.6	Magneto-resistive Sonden	282
5	Meßgeräte und Verfahren	284
5.1	Messung elektrischer Größen	284
5.1.1.	Messung von Strom, Spannung und Leistung bei Gleichstrom	286

5.1.2	Messung von Strom, Spannung und Leistung bei Wechselstrom technischer Frequenz (15–100 Hz)	289
5.1.2.1	Strommessung	289
5.1.2.2	Spannungsmessung	291
5.1.2.3	Leistungsmessung	292
5.1.3	Leistungsfaktormessung	303
5.1.4	Frequenzmessung	305
5.1.5	Messung von Ohmschen Widerständen	308
5.1.5.1	Strom-Spannungsverfahren	308
5.1.5.2	Thomsonbrücke	309
5.1.5.3	Wheatstonebrücke	311
5.1.6	Messung des induktiven Widerstands und der Induktivität	311
5.1.7	Messung des kapazitiven Widerstands und der Kapazität	313
5.2	Messung mechanischer Größen	313
5.2.1	Drehzahlmessung	313
5.2.1.1	Tachogeneratoren	319
5.2.1.2	Impulsverfahren	316
5.2.2	Schwingungsmessungen	317
5.2.3	Geräuschmessungen	320
5.2.3.1	Rotierende Maschinen	321
5.2.3.2	Transformatoren	324
5.2.4	Temperaturmessungen	325
5.2.5	Drehmomentmessungen	330
Literaturverzeichnis		336
Sachverzeichnis		341