

# Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Formeln .....	XV
Einleitung .....	XIX
<b>1 Allgemeine Maschinenprüfung .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Besondere Maschinenprüfung .....</b>	<b>60</b>
2.1	Transformatoren .....	61
2.1.1	Schaltgruppen .....	61
2.1.2	Parallelarbeit .....	62
2.1.3	Transformator diagramme .....	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	Gegenkompoundgenerator .....	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
<b>3</b>	<b>Ein- und Mehrphasenkommutatormaschinen .....</b>	<b>222</b>
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
<b>4</b>	<b>Prüffeld und Betriebsmessungen mit Flußmesser und Hall-Sonde .....</b>	<b>231</b>
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	Magnetoresistive Sonden .....	282
<b>5</b>	<b>Meßgeräte und Verfahren .....</b>	<b>284</b>
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
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>336</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>		<b>341</b>