

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Gegenüberstellung üblicher alter und neuer Anschlussbezeichnungen elektrischer Maschinen ..	11
Anschlussbilder für gebräuchliche Anwendungen	14
1 Gleichstrommaschinen	25
1.1 Mechanischer Aufbau	25
1.2 Anschlussbezeichnungen von Gleichstrommaschinen, Feldstellern und Anlassern	28
1.3 Bestimmung der Drehrichtungen von Gleichstrommaschinen	33
1.4 Funktion der Gleichstrommaschinen (Generator bzw. Motor)	35
1.5 Erregerarten der Gleichstromgeneratoren	37
1.6 Betriebsarten	38
1.7 Bauformen und Aufstellung der elektrischen Maschinen (DIN EN 60 034-7)	43
1.8 Schutzarten	51
1.9 IC-Code für das Kühlverfahren (DIN EN 60 034-6)	54
2 Gleichstromgeneratoren	61
2.1 Wirkungsweise	61
2.1.1 Ankerrückwirkung	61
2.1.2 Fremderregter Generator	69
2.1.3 Nebenschlussgenerator	72
2.1.4 Reihenschlussgenerator (Hauptschlussgenerator)	75
2.1.5 Doppelschlussgenerator (Verbund- oder Kompoundgenerator)	77
2.2 Parallelschaltung von Gleichstromgeneratoren	80
2.2.1 Parallelschaltung von Gleichstrom-Nebenschlussgeneratoren	81
2.2.2 Parallelschaltung von Gleichstrom-Doppelschlussgeneratoren	82
2.3 Gleichstrom-3-Leiter-Netz	83
2.3.1 Reihenschaltung von Gleichstromgeneratoren	83
2.3.2 3-Leiter-Generator	85
3 Gleichstrommotoren	87
3.1 Wirkungsweise	87
3.1.1 Stromdurchflossene Leiterschleife im Magnetfeld	87
3.1.2 Anlassen des Gleichstrommotors	88
3.1.3 Nebenschlussmotor	90
3.1.4 Reihenschlussmotor	93
3.1.5 Universalmotor	96
3.1.6 Doppelschlussmotor	99
3.1.7 Fremderregter Motor	102
3.1.8 Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	105
3.1.9 Leonard-Schaltung	105
3.1.10 Leistungsmessungen	107
3.1.11 Verluste und Wirkungsgrade	109
3.2 Funkentstörung	110
3.3 Bremsschaltungen von Gleichstrommaschinen	113
3.4 Scheibenläufermotor	113
4 Transformatoren (Umspanner)	117
4.1 Aufbau mit Schutzeinrichtungen	117
4.1.1 Magnetgestell	117
4.1.2 Wicklungen	119
4.1.3 Ölkessel und Schutzeinrichtung	122
4.2 Wirkungsweise	124
4.2.1 Spannungserzeugung	124
4.2.2 Leerlauf	125
4.2.3 Belastung	127

4.3	Leistungsschild	127
4.3.1	Leistungs- und Spannungsangabe	127
4.3.2	Kurzschlussspannung, Kurzschlussstrom	129
4.3.3	Wirkungsgrad, Verluste	132
4.3.4	Schaltgruppen	133
4.3.5	Zickzackschaltung (z-Schaltung)	135
4.4	Parallelschaltungen	137
4.5	Stelltransformatoren	139
4.5.1	Grundsätzliche Möglichkeiten zur Änderung der Ausgangsspannung	139
4.5.2	Lichtbogen-Schweißtransformatoren	140
4.6	Kleintransformatoren	142
4.6.1	Grundsätzlicher Aufbau	142
4.6.2	Wirkungsweise	144
4.6.3	Grundsätzliches zur Einteilung nach VDE	144
4.7	Spartransformatoren (Autotransformatoren)	146
5	Asynchronmaschinen für 3-Phasen-Wechselstrom (Drehstrom)	149
5.1	Drehfeld (Umlaufendes Magnetfeld)	149
5.1.1	Bemessungsspannung	150
5.2	Schleifringläufermotor	154
5.2.1	Aufbau	154
5.2.2	Wirkungsweise	156
	<i>Anlauf</i>	156
	<i>Betrieb, Betriebsverhalten</i>	157
	<i>Drehmomente</i>	159
5.2.3	Leistungsschild	160
5.3	Kurzschlussläufermotor	161
5.3.1	Aufbau	161
5.3.2	Wirkungsweise	162
	<i>Anlauf</i>	162
	<i>Hochlauf</i>	163
	<i>Betrieb, Betriebsverhalten</i>	164
5.4	Asynchronearmotor	167
5.4.1	Aufbau	167
5.4.2	Wirkungsweise	168
5.4.3	Vor- und Nachteile gegenüber konventionellen, rotierenden Asynchronmotoren	169
5.4.4	Magnetschwebbahn	170
	<i>Elektrodynamisches Schweben (EDS)</i>	170
	<i>Elektromagnetisches Schweben (EMS)</i>	171
5.5	Anlassverfahren der Drehstrom-Asynchronmotoren	171
5.5.1	Kurzschlussläufermotoren	172
5.5.2	Schleifringläufermotoren	176
5.5.3	Allgemeine Bestimmungen über Anlassen von Asynchronmotoren	178
5.6	Elektrische Bremsungen von Drehstrom-Asynchronmotoren	178
5.6.1	Gegenstrombremsung	179
5.6.2	Gleichstrombremsung	179
5.7	Drehzahlsteuerungen von Drehstrom-Asynchronmotoren	180
5.7.1	Drehzahlsteuerung durch Beeinflussung des Schlupfes	180
5.7.2	Drehzahlsteuerung durch Änderung der Frequenz	182
5.7.3	Drehzahlsteuerung durch Änderung der Polpaarzahlen	184
	<i>Polumschaltungen mit getrennten Ständerwicklungen</i>	184
	<i>Polumschaltungen mit Spulengruppen einer Ständerwicklung</i>	184
5.8	Spannungsumschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren	188
5.9	Betriebliche und praktische Gegenüberstellungen von Kurzschlussläufermotoren und Schleifringläufermotoren	190
5.9.1	Vorteile des Kurzschlussläufermotors gegenüber dem Schleifringläufermotor	190
5.9.2	Vorteile des Schleifringläufermotors gegenüber dem Kurzschlussläufermotor	191

5.10	Elektrische Welle	191
5.10.1	Aufbau und Schaltungsweise	191
5.10.2	Wirkungsweise der einfachen Wellenschaltung	191
5.11	Drehtransformator (Asynchronmotor als Stelltransformator)	192
5.11.1	Aufbau	192
5.11.2	Wirkungsweise	193
5.12	Asynchrongeneratoren	194
5.12.1	Schaltung	194
5.12.2	Wirkungsweise	194
6	Asynchronmaschinen für 1-Phasen-Wechselstrom	197
6.1	Aufbau	197
6.2	Wirkungsweise	198
6.2.1	Einschaltmoment	198
6.2.2	Anlauf	198
6.2.3	Betrieb, Betriebsverhalten	201
6.3	Spezieller Hilfsstrang	202
6.4	Spaltpolmotor	203
6.4.1	Aufbau	203
6.4.2	Wirkungsweise, Betriebsverhältnisse	204
6.5	Drehstrom-Asynchronmotor am 1-Phasen-Netz	205
6.5.1	Steinmetzschtaltung	206
7	Synchronmaschinen	209
7.1	Aufbau	209
7.1.1	Außenpolmaschine	209
7.1.2	Innenpolmaschine	209
7.1.3	Dämpferwicklung	212
7.1.4	Erregermaschine	212
7.2	Wirkungsweise des Synchrongenerators	213
7.2.1	Leerlauf	213
7.2.2	Belastung	213
7.3	Parallelschtaltung	216
7.3.1	Synchronisiervorgang	216
7.3.2	Prüfung der Phasenlage	217
	<i>Synchronisier-Lampenschaltungen</i>	217
	<i>Synchronoskop</i>	219
7.3.3	Lastverteilung	220
7.4	Wirkungsweise des Synchronmotors	221
7.4.1	Anlaufbedingungen	221
7.4.2	Betriebsverhalten	221
	<i>Leerlauf</i>	221
	<i>Belastung</i>	222
7.4.3	Phasenschieber (Blindleistungsmaschine)	223
7.5	Synchron-Kleinstmaschinen	224
7.5.1	Synchron-Kleinstmotor	224
	<i>Aufbau</i>	224
	<i>Wirkungsweise</i>	224
7.5.2	Reluktanzmotoren	225
7.6	Schrittmotoren	230
7.6.1	Funktionsbegriff	231
7.6.2	Aufbau	231
7.6.3	Betriebseigenschaften	233
	<i>Ansteuerungsarten</i>	233
	<i>Schrittfrequenz</i>	235
	<i>Schrittwinkel</i>	236
7.6.4	Anwendungen	237
7.7	Servomaschinen	237
7.7.1	Aufbau	239

7.7.2	Gleichstrommaschine	240
7.7.3	Drehfeldmaschinen für Servoantriebe	241
	<i>Asynchron-Servomaschinen – AC-Servomotor</i>	241
	<i>Permanenterregte Synchronmaschine</i>	242
	<i>Feldorientierte Regelung</i>	244
8	Stromwendermaschinen für 1-Phasen-Wechselstrom und 3-Phasen-Wechselstrom (Drehstrom)	247
8.1	Frequenzfragen	247
8.2	Stromwendermaschinen für 1-Phasen-Wechselstrom (Motoren)	248
8.3	Repulsionsmotoren	248
8.3.1	Aufbau	248
8.3.2	Wirkungsweise	249
	<i>Anlaufstellung</i>	249
	<i>Betriebsstellung</i>	250
	<i>Kurzschlussstellung</i>	251
	<i>Anwendung</i>	252
8.4	Stromwendermaschinen für Drehstrom (Motoren)	252
8.4.1	Drehstrom-Reihenschluss-Stromwendermotor	252
	<i>Aufbau</i>	252
	<i>Wirkungsweise</i>	253
8.4.2	Ständergespeister Drehstrom-Nebenschluss-Stromwendermotor	254
	<i>Aufbau</i>	254
	<i>Wirkungsweise</i>	254
8.4.3	Läufergespeister Drehstrom-Nebenschluss-Stromwendermotor	256
	<i>Aufbau</i>	256
	<i>Wirkungsweise</i>	256
9	Umformer	259
9.1	Motorgeneratoren	259
9.1.1	Aufbau	259
9.1.2	Wirkungsweise	259
9.2	Frequenzumformer	260
9.2.1	Asynchroner Frequenzumformer	260
	<i>Aufbau</i>	260
	<i>Wirkungsweise</i>	261
9.3	1-Anker-Umformer (EU)	262
9.3.1	1-Anker-Umformer mit getrennten Läuferwicklungen	262
	<i>Aufbau</i>	262
	<i>Wirkungsweise</i>	263
9.3.2	1-Anker-Umformer mit angezapften Läuferwicklungen	263
	<i>Aufbau</i>	263
	<i>Wirkungsweise</i>	263
10	Gliederung der 1-Phasen-, 3-Phasen-(Drehstrom-) und Gleichstrommaschinen	267
10.1	Energieumformung	267
10.2	Drehfeldmaschinen mit kreisförmigem und elliptischem Drehfeld	268
10.3	Schlupf	269
10.4	Maschinen mit Neben- und Reihenschlusscharakter	270
11	Störungen an elektrischen Maschinen	271
11.1	Störungen an Gleichstrommaschinen	271
11.2	Störungen an 1-Phasen- und 3-Phasen-Motoren	272
	Stichwortverzeichnis	275