

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrische Maschinen	15
1.1	Gleichstrommaschinen	15
1.1.1	Mechanischer Aufbau der Gleichstrommaschinen	15
1.1.2	Anschlußbezeichnungen von Gleichstrommaschinen, Feldstellern und Anlassern	18
1.1.3	Bestimmung der Drehrichtungen von Gleichstrommaschinen	23
1.1.4	Funktion der Gleichstrommaschinen	25
1.1.5	Erregerarten der Gleichstromgeneratoren	27
1.1.6	Betriebsarten	28
1.1.7	Bauformen der elektrischen Maschinen	31
1.1.8	Schutzarten	31
1.2	Gleichstromgeneratoren	35
1.2.1	Wirkungsweise <i>Ankerrückwirkung 35, Fremderregter Generator 42, Nebenschlußgenerator 45, Reihenschlußgenerator (Hauptschlußgenerator) 47, Doppelschlußgenerator (Verbund- oder Compoundgenerator) 48</i>	35
1.2.2	Parallelschaltung von Gleichstromgeneratoren <i>Parallelschaltung von Gleichstromnebenschlußgeneratoren 52, Parallelschaltung von Gleichstromdoppelschlußgeneratoren 52</i>	50
1.2.3	Gleichstrom-Dreileiternetz <i>Reihenschaltung von Gleichstromgeneratoren 54, Dreileitergenerator 55</i>	54
1.3	Gleichstrommotoren	57
1.3.1	Wirkungsweise <i>Stromdurchflossene Leiterschleife im Magnetfeld 57, Anlassen des Gleichstrommotors 58, Nebenschlußmotor 60, Reihenschlußmotor 63, Universalmotor 64, Doppelschlußmotor 66, Fremderregter Motor 68, Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren 70, Leonardschaltung 71, Leistungsmessungen 73, Verluste und Wirkungsgrade 74</i>	57
1.3.2	Funkentstörung	76
1.3.3	Bremsschaltungen von Gleichstrommotoren	78
1.3.4	Scheibenläufermotor	79
1.4	Transformatoren (Umspanner)	81
1.4.1	Aufbau mit Schutzeinrichtungen <i>Magnetgestell 81, Wicklungen 83, Ölkessel und Schutzeinrichtungen 86</i>	81
1.4.2	Wirkungsweise <i>Spannungserzeugung 88, Leerlauf 88, Belastung 89</i>	88
1.4.3	Leistungsschild <i>Leistungs- und Spannungsangabe 91, Kurzschlußspannung, Kurzschlußstrom 92, Schaltgruppen 96, Zickzackschaltung 97</i>	91
1.4.4	Parallelschaltungen	100
1.4.5	Stelltransformatoren <i>Grundsätzliche Möglichkeiten zur Änderung der Ausgangsspannung 102, Lichtbogen-Schweißtransformator 102</i>	102
1.4.6	Kleintransformatoren <i>Grundsätzlicher Aufbau 105, Wirkungsweise 107</i>	105

1.4.7	Spartransformatoren	108
1.5	Asynchronmaschinen für Dreiphasenwechselstrom	111
1.5.1	Drehfeld	111
1.5.2	Schleifringläufermotor	112
	<i>Aufbau 112, Wirkungsweise 113, Leistungsschild 118</i>	
1.5.3	Kurzschlußläufermotor	118
	<i>Aufbau 118, Wirkungsweise 120</i>	
1.5.4	Asynchronlinearmotor	125
	<i>Aufbau 125, Wirkungsweise 126, Magnetschwebbahn 127</i>	
1.5.5	Anlaßverfahren der Drehstrom-Asynchronmotoren	129
	<i>von Kurzschlußläufermotoren 129, von Schleifringläufermotoren 133, allgemeine Bestimmungen über Anlassen von Asynchronmotoren 133</i>	
1.5.6	Elektrische Bremsungen von Drehstrom-Asynchronmotoren	135
	<i>Gegenstrombremsung 135, Gleichstrombremsung 136</i>	
1.5.7	Drehzahlsteuerungen von Drehstrom-Asynchronmotoren	136
	<i>durch Beeinflussung des Schlupfes 137, durch Änderung der Frequenz 138, durch Änderung der Polpaarzahlen nach konventioneller bzw. nach neuester Methode (PAM-Wicklungen) 139</i>	
1.5.8	Spannungsumschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren	145
1.5.9	Betriebliche und praktische Gegenüberstellungen von Kurzschlußläufermotoren und Schleifringläufermotoren	146
	<i>Vorteile des Kurzschlußläufermotors gegenüber dem Schleifringläufermotor 146, Vorteile des Schleifringläufermotors gegenüber dem Kurzschlußläufermotor 147</i>	
1.5.10	Elektrische Welle	147
	<i>Aufbau und Schaltungsweise 147, Wirkungsweise der einfachen Wellenschaltung 147</i>	
1.5.11	Drehtransformator	148
	<i>Aufbau 148, Wirkungsweise 149</i>	
1.5.12	Asynchrongeneratoren	150
	<i>Schaltung 150, Wirkungsweise 151</i>	
1.6	Asynchronmaschinen für Einphasenwechselstrom	151
1.6.1	Aufbau	151
1.6.2	Wirkungsweise	153
	<i>Einschaltmoment 153, Anlauf 153, Betrieb, Betriebsverhalten 155</i>	
1.6.3	Spezieller Hilfsstrang	157
1.6.4	Spaltpolmotor	158
	<i>Aufbau 158, Wirkungsweise, Betriebsverhältnisse 158</i>	
1.6.5	Drehstrom-Asynchronmotor am Einphasennetz	160
	<i>Anlaßmöglichkeiten am Einphasennetz 160, Steinmetzschtaltung 160</i>	
1.7	Synchronmaschinen	162
1.7.1	Aufbau	162
	<i>Außenpolmaschine 162, Innenpolmaschine 162, Dämpferwicklung 163, Erregermaschine 165</i>	
1.7.2	Wirkungsweise des Synchrongenerators	166
	<i>Leerlauf 166, Belastung 167</i>	
1.7.3	Parallelschaltung	169
	<i>Synchronisiervorgang 169, Prüfung der Phasenlage 170, Lastverteilung 173</i>	
1.7.4	Wirkungsweise des Synchronmotors	173
	<i>Anlaufbedingungen 173, Betriebsverhalten 174, Phasenschieber 175</i>	
1.7.5	Synchron-Kleinstmaschinen	177
	<i>Synchron-Kleinstmotor 177, Drehstrom-Reluktanzmotor 178</i>	

1.7.6	Schrittmotoren	179
	Funktionsbegriff 179, Aufbau 181, Betriebsverhalten 182, Anwendungen 185	
1.8	Stromwendermaschinen für Einphasenwechselstrom	186
	Stromwendermaschinen für Dreiphasenwechselstrom	186
1.8.1	Frequenzfragen	186
1.8.2	Stromwendermaschinen für Einphasenwechselstrom (Motoren)	186
1.8.3	Repulsionsmotoren	187
	<i>Aufbau 187, Wirkungsweise 188</i>	
1.8.4	Stromwendermaschinen für Drehstrom (Motoren)	191
	<i>Drehstrom-Reihenschluß-Stromwendermotor 191, Ständergespeister Drehstrom-Nebenschluß-Stromwendermotor 193, Läufergespeister Drehstrom-Nebenschluß-Stromwendermotor 195</i>	
1.9	Umformer	196
1.9.1	Motorgeneratoren	196
	<i>Aufbau 197, Wirkungsweise 197</i>	
1.9.2	Frequenzumformer	197
	<i>Asynchroner Frequenzumformer 197</i>	
1.9.3	Einankerumformer	199
	<i>Einankerumformer mit getrennten Läuferwicklungen 199, Einankerumformer mit angezapften Läuferwicklungen 201</i>	
1.10	Gliederung der Einphasen-, Dreiphasen-(Drehstrom-) und Gleichstrommaschinen	203
1.10.1	Energieumformung	203
1.10.2	Drehfeldmaschinen mit kreisförmigem und elliptischem Drehfeld ...	203
1.10.3	Schlupf	204
1.10.4	Maschinen mit Neben- und Reihenschlußcharakter	205
1.11	Störungen an elektrischen Maschinen	206
1.11.1	Störungen an Gleichstrommaschinen	206
1.11.2	Störungen an Einphasen- und Drehstrommotoren	207
2	Schalt- und Steuertechnik	209
2.1	Bedeutung der Schaltzeichen	209
2.2	Schaltgeräte	212
2.2.1	Schaltkontakte	212
2.2.2	Nennangaben von Schaltgeräten	216
2.2.3	Schalter und deren Einteilung	219
2.2.3.1	Schalter in der Einteilung nach dem Schaltvermögen	219
2.2.3.2	Schalter in der Einteilung nach dem Verwendungszweck	221
	<i>Steuerschalter — Nockenschalter 221, Walzenschalter 222, Momentschalter (Mikroschalter) 224, Tastschalter — Druckknopftaster 225, Grenzaster oder Endtaster 227, Programmgeber 229</i>	
2.2.4	Meldeleuchten	230
2.2.5	Relais	230
	<i>Zeitrelais 230, Stromstoßschalter 231, Stromrelais 232</i>	
2.2.6	Wächter und Begrenzer	232
	<i>Druckwächter 233, Temperaturwächter 234, Drehzahlwächter 234</i>	
2.2.7	Schütze	235
	<i>Aufbau und Wirkungsweise 235, Lebensdauer 237, Ölschütze 237, Remanenzschütze 238</i>	
2.2.8	Steckvorrichtungen	238
	<i>Schutzkontakt-(Schuko-)Steckvorrichtung 239, Perilex-Steckvorrichtung 240, CEE-Steckvorrichtung 240</i>	

2.2.9	Schutzeinrichtungen	242
	<i>Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzsicherungen (LS-Sicherungen) 242, Gerätesicherungen (G-Sicherungen) 248, Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH-Sicherungen) 248, Leitungsschutzschalter 250, Motorschutzschalter 253, Leistungsschalter 255, Thermisches Überstromrelais – Bimetallrelais 256, Motorvollschutz 258</i>	
2.3	Stromkreise	259
2.3.1	Hauptstromkreis	259
2.3.2	Hilfsstromkreis	260
2.3.3	Steuerspannung	262
2.3.4	Steuertransformator	262
2.3.5	Bestimmungen nach VDE 0113	263
2.4	Schaltungsunterlagen	264
2.4.1	Zeichenregeln	266
2.4.2	Übersichtsschaltplan	266
2.4.3	Stromlaufpläne	269
2.4.3.1	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung	269
2.4.3.2	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung	270
	<i>Allgemein 270, Darstellungsgrundsätze 271</i>	
2.4.4	Geräteverdrahtungsplan	273
2.4.5	Anschlußplan	273
2.4.6	Verbindungsplan	273
2.4.7	Anordnungsplan	274
2.4.8	Aderzahlermittlung mit Hilfe von Potentialzahlen	276
2.5	Funktionsbeschreibungen	277
2.6	Steuerungsentwurf mit Grundsaltungen	279
2.6.1	Allgemein	279
2.6.2	Grundsaltungen	280
	<i>Tippbetrieb 280, Haltegliedsteuerung 280, Folgeschaltung 281, Verzögerungsfolgeschaltung 282, Verriegelungsschaltungen 282, Kontrollschaltungen 285, Sonderschaltungen für Gleichstrombetrieb 285</i>	
2.7	Steuerungsbeispiele	286
2.7.1	Kühlanlage – Verdichtersteuerung	286
2.7.2	Kusa-Schaltung	287
2.7.3	Automatische Υ - Δ -Anlaßschaltung	288
2.7.4	Dahlander-Schützsicherung	291
2.7.5	Begrenzungssteuerung (Garagentor)	292
2.7.6	Kaskadenschaltung (Transportband)	292
2.7.7	Schleifringläufer-Selbstanlasserschaltung	295
2.7.8	Bremswächterschaltung	295
2.7.9	Selbsttätige Netzsicherung	296
2.7.10	Feuerungsanlage (Brennersteuerung)	296
2.8	Darstellung von Steuerungen mit Schaltzeichen für binäre Schaltungen	299
2.8.1	Binäre Steuerungen	299
2.8.1.1	Signalpegel	299
2.8.1.2	Wahrheitstabelle	300
2.8.1.3	Grundform des Schaltzeichens für Binärschaltungen	300
2.8.1.4	Negierung von Signalen	301
2.8.1.5	Binäre Verknüpfungsglieder – Schaltzeichen und Funktion	301
2.8.2	Steuerungsdarstellung durch Funktionspläne	308
2.8.2.1	Darstellung von Verknüpfungssteuerungen	308
2.8.2.2	Darstellung von Ablaufsteuerungen	309

2.9	Speicherprogrammierbare Steuerungen	313
2.9.1	Allgemein	313
2.9.2	Funktion speicherprogrammierbarer Steuerungen	314
2.9.3	Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	315
2.9.3.1	Stromversorgung	317
2.9.3.2	Digitale Eingabebaugruppen	317
2.9.3.3	Digitale Ausgabebaugruppen	319
2.9.3.4	Zentralbaugruppe	319
2.9.3.5	Zeitbaugruppen	321
2.9.3.6	Bus-System	321
2.9.3.7	Speicherbaugruppen	321
2.9.3.8	Baugruppen für besondere Anwendungen	323
2.9.4	Programmierung speicherprogrammierbarer Steuerungen	324
2.9.4.1	Aufbau einer Anweisung	325
2.9.4.2	Operationsvorrat speicherprogrammierbarer Steuerungen	325
2.9.4.3	Programmierung der Grundverknüpfungen als Anweisungsliste	328
2.9.4.4	Programmeingabe in speicherprogrammierbare Steuerungen	334
3	Drehzahlverstellung elektrischer Antriebe	339
3.1	Grundbegriffe der Stromrichtertechnik	339
3.1.1	Steuern der Energieflußrichtung	340
3.1.2	Einteilung der Stromrichter nach der Art der Kommutierung	340
3.1.3	Schutz von Stromrichtern	341
3.1.4	Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	343
3.1.4.1	Einpulschaltung (Einwegschaltung) M 1	344
3.1.4.2	Zweipuls-Mittelpunktschaltung M 2	344
3.1.4.3	Zweipuls-Brückenschaltung B 2	345
3.1.4.4	Dreipuls-Mittelpunktschaltung M 3	345
3.1.4.5	Sechspuls-Brückenschaltung (Drehstrom-Brückenschaltung) B 6	346
3.1.5	Dimensionierungshinweis für Gleichrichterschaltungen	346
3.1.5.1	Spannungsbeanspruchung der Dioden	346
3.1.5.2	Strombeanspruchung der Dioden	348
3.1.5.3	Sicherungsauslegung	348
3.2	Gesteuerte Stromrichter für Gleichstrommotoren	348
3.2.1	Impulssteuersatz	349
3.2.2	Halb- und vollgesteuerte Stromrichterschaltungen	349
3.2.3	Gleichrichterbetrieb	350
3.2.4	Wechselrichterbetrieb	351
3.2.5	Wechselrichtertrittgrenze	351
3.2.6	Zweipulsige vollgesteuerte Brückenschaltung B 2	353
3.2.7	Sechspulsige Brückenschaltung B 6	353
3.2.8	Halbgesteuerte Brückenschaltung B 2 HZ	355
3.2.9	Aufbau eines geregelten Stromrichters	356
3.2.10	Zusammenwirken von Stromrichter und Motor	357
3.2.10.1	Gleichstrom-Nebenschlußmotor	357
3.2.10.2	Motor und Stromrichter	359
3.2.10.3	Drehrichtungs- und Momentenumkehr mit Stromrichtern	360
3.2.11	Einsatzbereich von Gleichstrom-Nebenschlußmotoren	369
3.2.12	Gleichstromumrichter (Gleichstromsteller)	369
3.2.12.1	Funktion eines Gleichstromstellers	371
3.2.12.2	Steuerung der Ausgangsspannung	371
3.2.12.3	Einsatz von Gleichstromstellern	372
3.2.12.4	4-Quadranten-Betrieb mit mechanischer Umschaltung	372

3.2.12.5	Betriebsquadranten von Gleichstromstellern ohne mechanische Umschaltung	373
3.3	Drehzahlsteuerung des Drehmotors	375
3.3.1	Wechsel- und Drehstromsteller für Induktionsmotoren	377
3.3.1.1	Steller für Wechselstrommotoren	378
3.3.1.2	Steller für Drehstromkurzschlußläufermotoren	380
3.3.2	Drehzahlsteuerung beim Drehstrom-Schleifringläufermotor	382
3.3.2.1	Untersynchrone Stromrichter-kaskade (USK)	382
3.3.3	Umrichter mit Zwischenkreis	383
3.3.3.1	Umrichter mit Stromzwischenkreis	384
3.3.3.2	Umrichter mit Spannungszwischenkreis	386
3.3.3.3	Pulsumrichter (Umrichter mit konstanter Zwischenkreisspannung) ..	388
	Stichwortverzeichnis	393