

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Beispiele</b> . . . . .	<b>XVI</b>
<b>1 Grundbegriffe</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>1.1 Normen, DIN, VDE</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>1.2 Elektrische Ladung</b> . . . . .	<b>1</b>
1.2.1 Erklärung, Einheit und Elementarladung . . . . .	<b>1</b>
1.2.2 Eigenschaften von Ladungen . . . . .	<b>2</b>
<b>1.3 Elektrische Spannung</b> . . . . .	<b>2</b>
1.3.1 Erklärung und Einheit . . . . .	<b>2</b>
1.3.2 Definition der elektrischen Spannung . . . . .	<b>2</b>
1.3.3 Polarität . . . . .	<b>3</b>
1.3.4 Spannungarten . . . . .	<b>3</b>
1.3.5 Periodendauer und Frequenz . . . . .	<b>3</b>
<b>1.4 Elektrischer Strom</b> . . . . .	<b>4</b>
1.4.1 Erklärung und Einheit . . . . .	<b>4</b>
1.4.2 Definition des elektrischen Stromes . . . . .	<b>4</b>
1.4.3 Eigenschaften des elektrischen Stromes . . . . .	<b>4</b>
<b>1.5 Elektrische Leistung und Arbeit</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>1.6 Elektrischer Widerstand</b> . . . . .	<b>5</b>
1.6.1 Erklärung und Schaltzeichen . . . . .	<b>5</b>
1.6.2 Definitionen . . . . .	<b>5</b>
1.6.3 Einheiten . . . . .	<b>5</b>
1.6.4 Materialien . . . . .	<b>6</b>
1.6.5 Berechnung des Widerstandsbetrags . . . . .	<b>6</b>
1.6.6 Temperaturverhalten von Widerständen . . . . .	<b>7</b>
1.6.7 Supraleitfähigkeit . . . . .	<b>7</b>
<b>1.7 Das Ohmsche Gesetz</b> . . . . .	<b>8</b>
<b>1.8 Nenndaten</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>2 Komponenten elektrischer Anlagen</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2.1 Verbindungselemente</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2.2 Stromwege</b> . . . . .	<b>10</b>
2.2.1 Erklärung . . . . .	<b>10</b>
2.2.2 Belastbarkeit . . . . .	<b>10</b>
2.2.3 Stromdichte . . . . .	<b>12</b>
2.2.4 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	<b>12</b>
<b>2.3 Überstrom- und Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen</b> . . . . .	<b>12</b>
2.3.1 Erklärung . . . . .	<b>12</b>
2.3.2 Sicherungen . . . . .	<b>13</b>
2.3.3 Schutzschalter (Automaten) . . . . .	<b>14</b>
2.3.4 Vergleich: Sicherung – Schutzschalter . . . . .	<b>15</b>
2.3.5 Einfluß auf die Stromkreisberechnung . . . . .	<b>16</b>

<b>2.4 Schalter</b> . . . . .	16
2.4.1 Schalterkategorien . . . . .	16
2.4.2 Kontakte . . . . .	16
2.4.3 Große Schaltleistungen . . . . .	17
2.4.4 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	17
<b>2.5 Spulen</b> . . . . .	18
2.5.1 Erklärung und Schaltzeichen . . . . .	18
2.5.2 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	18
<b>2.6 Kondensatoren</b> . . . . .	18
2.6.1 Erklärung und Schaltzeichen . . . . .	19
2.6.2 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	19
<b>2.7 Halbleiterbauelemente</b> . . . . .	19
2.7.1 Erklärung . . . . .	19
2.7.2 Leitungsmechanismen bei Halbleitern . . . . .	19
2.7.3 p-n-Übergänge . . . . .	21
2.7.4 Dioden und Sperrsichten . . . . .	23
2.7.5 Transistoren . . . . .	24
2.7.6 Thyristor . . . . .	26
2.7.7 Triac . . . . .	27
2.7.8 Diac . . . . .	27
2.7.9 Zusammenfassung der Sperrsichtenbauelemente . . . . .	28
2.7.10 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	28
<b>2.8 Meßgeräte mit Zeigern und Ziffern</b> . . . . .	28
2.8.1 Allgemeines . . . . .	28
2.8.2 Technische Daten . . . . .	30
2.8.2.1 Klassengenauigkeit . . . . .	30
2.8.2.2 Innenwiderstand . . . . .	30
2.8.2.3 Empfindlichkeit . . . . .	30
2.8.2.4 Die wichtigsten Meßschaltungen . . . . .	31
2.8.2.5 Skalenauswertung . . . . .	31
2.8.2.6 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	32
<b>2.9 Oszilloskop</b> . . . . .	32
2.9.1 Erklärung . . . . .	32
2.9.2 Meßmöglichkeiten . . . . .	32
2.9.3 Auswertung . . . . .	32
2.9.4 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	33
<b>2.10 Quellen</b> . . . . .	33
2.10.1 Generatoren . . . . .	34
2.10.2 Galvanische Elemente . . . . .	34
2.10.3 Sonnenzellen . . . . .	34
2.10.4 Schadquellen . . . . .	35
2.10.5 Einfluß auf die Berechnung . . . . .	35
<b>3 Elektrische Stromkreise</b> . . . . .	36
3.1 Erklärung . . . . .	36
3.2 Das Ersatzschaltbild . . . . .	36
3.3 Technischer Stromrichtungssinn . . . . .	37
3.4 Erzeuger-, Speicher- und Verbraucher-Kriterium . . . . .	37

<b>4 Gleichstromkreise mit linearen Komponenten</b> . . . . .	38
<b>4.1 Erklärung</b> . . . . .	38
<b>4.2 Reihenschaltung</b> . . . . .	38
4.2.1 Ersatzwiderstand . . . . .	38
4.2.2 Strom . . . . .	38
4.2.3 Teilspannungen; Spannungsabfälle . . . . .	39
4.2.4 Verallgemeinerung . . . . .	39
4.2.5 Klemmenspannung . . . . .	39
<b>4.3 Parallelschaltung</b> . . . . .	51
4.3.1 Spannungen . . . . .	51
4.3.2 Ströme . . . . .	51
4.3.3 Stromverhältnisse . . . . .	52
4.3.4 Stromaufteilung . . . . .	52
4.3.5 Ersatzwiderstands-Berechnung . . . . .	52
4.3.6 Verallgemeinerung . . . . .	53
<b>4.4 Gemischte Schaltungen</b> . . . . .	56
4.4.1 Gemischte Schaltungen mit einer Quelle . . . . .	56
4.4.2 Wheatstonesche Meßbrücke; $R$ -Messung; Druckaufnehmer . . . . .	63
4.4.3 Gemischte Schaltungen mit mehreren Quellen . . . . .	64
4.4.3.1 Helmholtzscher Überlagerungssatz . . . . .	65
4.4.3.2 Maschenmethode . . . . .	66
<b>5 Gleichstromkreise mit nichtlinearen Komponenten</b> . . . . .	70
<b>5.1 Reihenschaltungen nichtlinear</b> . . . . .	71
5.1.1 Linear-nichtlinear gemischte Schaltungen . . . . .	71
5.1.2 Rein nichtlineare Reihenschaltungen . . . . .	73
<b>5.2 Parallelschaltungen nichtlinear</b> . . . . .	73
<b>5.3 Gemischte Schaltungen nichtlinear</b> . . . . .	73
<b>6 Felder</b> . . . . .	77
<b>6.1 Allgemeines</b> . . . . .	77
<b>6.2 Grundgrößen und Richtungsnormen</b> . . . . .	77
6.2.1 Ausgangsgröße und Repräsentant des Feldes . . . . .	77
6.2.2 Typische Feldbilder; Spulenfluß $\psi$ . . . . .	78
6.2.3 Polaritäten . . . . .	78
<b>6.3 Felddichte</b> . . . . .	79
<b>6.4 Feldstärke</b> . . . . .	79
<b>6.5 Feldkonstante</b> . . . . .	80
<b>6.6 Verknüpfungen</b> . . . . .	81
<b>6.7 Ohmsches Gesetz</b> . . . . .	81
<b>6.8 Kapazität und Induktivität</b> . . . . .	82
<b>6.9 Ladestrom und Induktionsvorgang</b> . . . . .	83
<b>6.10 Schaltungen von Kondensatoren</b> . . . . .	83
6.10.1 Reihenschaltungen von Kondensatoren . . . . .	83
6.10.2 Parallelschaltung von Kondensatoren . . . . .	84
<b>6.11 Schaltungen von Spulen</b> . . . . .	85
6.11.1 Reihenschaltung von Spulen . . . . .	85
6.11.2 Parallelschaltung von Spulen . . . . .	85

<b>6.12 Schaltvorgänge</b> . . . . .	86
<b>6.13 Zeitkonstante</b> . . . . .	87
<b>6.14 Induktionsvorgänge</b> . . . . .	88
<b>6.15 Kräfte im magnetischen Feld</b> . . . . .	97
6.15.1 Kräfte zwischen magnetischen Polen mit Eisenkern . . . . .	97
6.15.2 Stromkräfte im Magnetfeld . . . . .	98
6.15.3 Magnetische Kräfte zwischen zwei Strömen . . . . .	98
<b>7 Wechselstromkreise</b> . . . . .	100
<b>7.1 Allgemeines</b> . . . . .	100
<b>7.2 Darstellungsarten, Formalien und Vereinbarungen</b> . . . . .	100
7.2.1 Liniendiagramm und mathematische Beschreibung . . . . .	100
7.2.2 Zeigerdiagramm . . . . .	101
7.2.3 Phasenlage . . . . .	101
7.2.4 Rechnen mit Zeigern . . . . .	102
7.2.5 Zählpfeile . . . . .	103
<b>7.3 Wechselstromleistung; Effektivwert</b> . . . . .	103
7.3.1 Allgemeines . . . . .	103
7.3.2 Wechselstromenergie; mittlere Leistung . . . . .	104
7.3.3 Effektivwert der Wechselstromgrößen . . . . .	104
<b>7.4 Wechselstromverbraucher einzeln</b> . . . . .	105
7.4.1 Rein ohmscher Verbraucher; Wirkwiderstand . . . . .	105
7.4.2 Blindwiderstände; Reaktanzen . . . . .	106
<b>7.5 Wechselstromverbraucher in Reihe</b> . . . . .	107
<b>7.6 Wechselstromverbraucher in Parallelschaltung</b> . . . . .	114
<b>7.7 Wechselstromverbraucher in gemischter Schaltung</b> . . . . .	115
<b>7.8 Wirk-, Blind- und Scheinleistung; graphische Darstellung</b> . . . . .	117
<b>7.9 Wirk-, Blind- und Scheinleistung; rechnerische Behandlung</b> . . . . .	118
<b>7.10 Blindleistungskompensation</b> . . . . .	121
<b>7.11 Spannungsabfall auf elektrischen Stromwegen</b> . . . . .	123
<b>7.12 Drosselpulen</b> . . . . .	124
7.12.1 Erklärung . . . . .	124
7.12.2 Transformatoren-Hauptgleichung . . . . .	125
<b>7.13 Einschaltvorgänge bei Drosselpulen</b> . . . . .	129
7.13.1 Einschalten im Spannungsmaximum . . . . .	129
7.13.2 Einschalten im Spannungsnulldurchgang; Rusheffekt . . . . .	129
<b>8 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)</b> . . . . .	131
<b>8.1 Entstehung; Allgemeines</b> . . . . .	131
<b>8.2 Schaltungen allgemein</b> . . . . .	132
<b>8.3 Sternschaltung (Y-Schaltung)</b> . . . . .	132
8.3.1 Spannungen . . . . .	132
8.3.2 Ströme	132
8.3.2.1 Ströme bei symmetrischer Belastung . . . . .	133
8.3.2.2 Ströme bei unsymmetrischer Belastung . . . . .	133
<b>8.4 Dreieckschaltung (Δ-Schaltung)</b> . . . . .	133
8.4.1 Spannungen . . . . .	133
8.4.2 Ströme . . . . .	134

8.5	Netzstromvergleich zwischen Y- und $\Delta$ -Schaltung	134
8.6	Drehstromleistung	135
8.6.1	Quantitative Betrachtung	135
8.6.2	Qualitative Betrachtung	136
8.7	Zulässige Schaltungen	137
8.8	Spannungsabfall bei Drehstrom	138
8.9	Die wichtigsten Schutzmaßnahmen nach DIN 57100/VDE 0100	139
8.9.1	Nullung	139
8.9.2	Schutzisolierung	141
8.9.3	Fehlerstromschutzschalter	141
8.9.4	Vergleich der Schutzmaßnahmen; Vor- und Nachteile	141
8.10	Blindleistungskompensation bei Drehstromanlagen	144
9	Transformator (Trafo, Umspanner)	147
9.1	Aufgabe, Aufbau und Bauformen	147
9.2	Wirkungsweise	147
9.3	Übersetzung	148
9.4	Belastung	148
9.5	Kenndaten	148
9.6	Kurzschluß	149
9.7	Spannungsabfall bei Belastung	149
9.8	Spezielle Aufgabenstellungen von Trafos	152
10	Stromrichter	153
10.1	Erklärung	153
10.2	Gleichrichter	153
10.3	Wechselrichter	154
10.4	Umrichter	156
10.4.1	Direktumrichter	156
10.4.2	Zwischenkreisumrichter	156
11	Elektrische Maschinen allgemein	157
11.1	Übersicht über die einzelnen Maschinenarten	157
11.2	Mechanische Gemeinsamkeiten bei elektrischen Maschinen	158
11.2.1	Baugruppen an Maschinen	158
11.2.2	Bauformen	158
11.2.3	Schutzarten	158
11.2.4	Lager	159
11.2.5	Wellenenden	160
11.2.6	Kühlung	160
11.2.6.1	Oberflächengekühlte Maschinen	161
11.2.6.2	Innengekühlte Maschinen	161
11.2.6.3	Maschinen mit Konvektionskühlung	161
11.2.6.4	Maschinen mit Fremdkühlung	161
11.2.7	Material der aktiven Teile	162
11.2.7.1	Ständer- und Läufereisen	162
11.2.7.2	Wicklungen	162

11.2.8	Normmotoren . . . . .	163
11.2.9	Explosionsgeschützte Maschinen . . . . .	164
<b>11.3</b>	<b>Gemeinsamkeiten bei Motorkennlinien . . . . .</b>	<b>166</b>
11.3.1	Betriebsdrehzahl . . . . .	166
11.3.2	Drehzahlstabilität . . . . .	167
11.3.3	Drehzahlcharakteristiken . . . . .	167
<b>11.4</b>	<b>Elektrische Gemeinsamkeiten . . . . .</b>	<b>168</b>
11.4.1	Leistungsschild . . . . .	168
11.4.2	Genormte Spannungen . . . . .	168
11.4.3	Leistungsbilanz . . . . .	169
11.4.4	Leistungsverluste . . . . .	170
11.4.4.1	Reibungsverluste . . . . .	170
11.4.4.2	Eisenverluste . . . . .	170
11.4.4.3	Kupferverluste . . . . .	171
11.4.4.4	Beurteilung der Verluste . . . . .	171
11.4.5	Drehmomentbildung . . . . .	172
11.4.5.1	Stromwendermaschinenfall . . . . .	172
11.4.5.2	Asynchronmaschinenfall . . . . .	172
11.4.5.3	Synchronmaschinenfall . . . . .	172
11.4.6	Quadrantenbegriffe . . . . .	173
11.4.7	Generatorbetrieb . . . . .	174
11.4.8	Pendelmaschine (Drehmomentwaage) . . . . .	174
<b>11.5</b>	<b>Gemeinsamkeiten bei Fehlbedienung . . . . .</b>	<b>175</b>
<b>12</b>	<b>Gemeinsamkeiten bei Drehfeldmaschinen . . . . .</b>	<b>177</b>
<b>12.1</b>	<b>Drehfelder . . . . .</b>	<b>177</b>
12.1.1	Erklärung . . . . .	177
12.1.2	Dreiphasiges Drehfeld . . . . .	177
12.1.2.1	Dreiphasig zweipoliges Drehfeld . . . . .	177
12.1.2.2	Dreiphasig vierpoliges Drehfeld . . . . .	178
12.1.3	Beziehung zwischen Dreh- und Wechselfeldern . . . . .	179
<b>12.2</b>	<b>Ständerwicklungen von Drehfeldmaschinen . . . . .</b>	<b>179</b>
12.2.1	Zweipoliges Drehfeld in sechs Nuten . . . . .	179
12.2.2	Zweipoliges Drehfeld in zwölf Nuten . . . . .	180
12.2.3	Vierpoliges Drehfeld in zwölf Nuten . . . . .	181
<b>12.3</b>	<b>Umsteuern von Drehfeldmaschinen . . . . .</b>	<b>181</b>
<b>12.4</b>	<b>Wanderfeld . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>13</b>	<b>Asynchronmaschine (Induktionsmaschine) . . . . .</b>	<b>183</b>
<b>13.1</b>	<b>Konstruktive Abgrenzung . . . . .</b>	<b>183</b>
13.1.1	Ständer . . . . .	183
13.1.1.1	Drehstromausführung . . . . .	183
13.1.1.2	Konische Ständerausführung (Bremsmotor) . . . . .	183
13.1.1.3	Einphasenausführung (Kondensatormotor) . . . . .	184
13.1.1.4	Spaltpolmotor . . . . .	186
13.1.2	Luftspalt . . . . .	186
13.1.3	Läufer . . . . .	186
13.1.3.1	Schleifringläufer . . . . .	186
13.1.3.2	Kurzschluß- oder Käfigläufer . . . . .	187

<b>13.2 Wirkungsweise der Asynchronmaschine</b> . . . . .	191
13.2.1 Drehmomentbildung . . . . .	191
13.2.2 Drehzahlbereiche . . . . .	192
13.2.3 Schlupf . . . . .	192
13.2.4 Leistungsbilanz der Asynchronmaschine . . . . .	193
13.2.5 Kreisdiagramm der Asynchronmaschine . . . . .	194
13.2.6 Betriebskennlinien der Asynchronmaschine . . . . .	197
13.2.7 Besonderheiten beim Schleifringläufer . . . . .	200
13.2.7.1 Transformatorbetrieb . . . . .	200
13.2.7.2 Periodenumformer (Frequenzwandler) . . . . .	200
13.2.7.3 Elektrische Welle (Ferndreherwelle) . . . . .	203
13.2.7.4 Läufereinspeisung . . . . .	203
<b>13.3 Anlauf der Asynchronmaschine</b> . . . . .	203
13.3.1 Auswirkungen . . . . .	203
13.3.1.1 Problem aus der Sicht des Motors . . . . .	204
13.3.1.2 Problem aus der Sicht der Arbeitsmaschine . . . . .	204
13.3.1.3 Problem aus der Sicht des Netzes . . . . .	204
13.3.2 Anlaufhilfen . . . . .	205
13.3.2.1 Spannungsherabsetzung am Ständer . . . . .	205
13.3.2.2 Y-Δ-Anlaufverfahren . . . . .	206
13.3.2.3 Anlauf bei kleinerer Drehzahl . . . . .	209
13.3.2.4 Spezielle Maschinen . . . . .	209
13.3.2.5 Schleifringläufer . . . . .	210
13.3.2.6 Schaltkupplungen . . . . .	211
13.3.2.7 Sonstige Methoden . . . . .	212
<b>13.4 Drehzahlsteuerung von Asynchronmaschinen</b> . . . . .	212
13.4.1 Frequenzsteuerung; Stellgröße: $f_1$ . . . . .	213
13.4.2 Polumschaltung; Stellgröße: $p$ . . . . .	214
13.4.3 Drehfeldsteuerung; Stellgröße: $\Phi_D$ . . . . .	215
13.4.4 Schleifringläufervorwiderstände; Stellgröße: Vorwiderstand $R_V$ . . . . .	216
<b>13.5 Bremsen der Asynchronmaschine</b> . . . . .	218
13.5.1 Bremsen durch Drehzahlverstellung . . . . .	218
13.5.2 Gegenstrombremsen . . . . .	218
13.5.3 Gleichstrombremsung . . . . .	218
<b>13.6 Vom Nennbetrieb abweichende Betriebsdaten</b> . . . . .	219
13.6.1 Abweichende Spannung . . . . .	219
13.6.1.1 Zu hohe Betriebsspannung . . . . .	219
13.6.1.2 Zu niedrige Betriebsspannung . . . . .	220
13.6.2 Abweichende Netzfrequenz . . . . .	220
13.6.2.1 Zu hohe Frequenz . . . . .	220
13.6.2.2 Zu niedrige Frequenz . . . . .	220
<b>14 Synchronmaschine</b> . . . . .	228
<b>14.1 Konstruktive Abgrenzung</b> . . . . .	228
14.1.1 Ständerkonstruktionen . . . . .	229
14.1.1.1 Turbo-Ständer . . . . .	229
14.1.1.2 Schenkelpol-Ständer . . . . .	230
14.1.1.3 Klauenpol-Ständer . . . . .	230
14.1.2 Luftspalt . . . . .	231
14.1.3 Läuferkonstruktionen . . . . .	231
14.1.3.1 Turbo-Läufer (Vollpol-Läufer) . . . . .	232

14.1.3.2 Schenkelpol-Läufer . . . . .	233
14.1.3.3 Klauenpol-Läufer . . . . .	233
14.1.3.4 Dämpferwicklung . . . . .	233
<b>14.2 Wirkungsweise der Synchronmaschine . . . . .</b>	<b>234</b>
14.2.1 Generator . . . . .	234
14.2.1.1 Leerlauf . . . . .	234
14.2.1.2 Belastung . . . . .	235
14.2.2 Motor . . . . .	235
14.2.2.1 Leerlauf; Anlauf . . . . .	235
14.2.2.2 Belastung des Synchronmotors . . . . .	236
14.2.2.3 Abbremsen eines Synchronmotors . . . . .	238
<b>14.3 Phasenschieberbetrieb . . . . .</b>	<b>238</b>
<b>14.4 Generator-Inbetriebnahme; Synchronisierung . . . . .</b>	<b>239</b>
<b>15 Gemeinsamkeiten bei Stromwendermaschinen . . . . .</b>	<b>245</b>
15.1 Ständer von Stromwendermaschinen . . . . .	245
15.1.1 Maschinen mit ausgeprägten Polen . . . . .	245
15.1.2 Maschinen mit verteilter Ständerwicklung . . . . .	246
15.2 Läufer von Stromwendermaschinen . . . . .	246
15.3 Ankerrückwirkung . . . . .	248
15.4 Ankerrückwirkung . . . . .	251
15.5 Schaltungen und Klemmenbezeichnungen von Stromwendermaschinen . . . . .	251
15.6 Umsteuern von Stromwendermaschinen . . . . .	252
<b>16 Gleichstrommaschine . . . . .</b>	<b>253</b>
16.1 Erklärung und Aufbau . . . . .	253
16.2 Wirkungsweise . . . . .	255
16.2.1 Generator . . . . .	255
16.2.1.1 Tachogenerator . . . . .	255
16.2.1.2 Bordnetzgenerator . . . . .	256
16.2.1.3 Erregergenerator . . . . .	256
16.2.1.4 Leonardgenerator . . . . .	256
16.2.1.5 Innere Motor-Gegenspannung . . . . .	257
16.2.2 Motor . . . . .	258
16.3 Betrieb . . . . .	258
16.3.1 Ankerstrom . . . . .	258
16.3.1.1 Fremd- und Nebenschlußerregung . . . . .	258
16.3.1.2 Reihen- oder Hauptschlußerregung . . . . .	259
16.3.2 Drehzahlverstellung . . . . .	260
16.3.2.1 Fremderregte Gleichstrommaschine . . . . .	260
16.3.2.2 Nebenschlußerregte Gleichstrommaschine . . . . .	262
16.3.2.3 Reihenschlußerregte Maschine . . . . .	263
16.3.2.4 Doppelschlußerregte Gleichstrommaschine . . . . .	264
16.3.3 Bremsen der Gleichstrommaschine . . . . .	265
<b>17 Wechselstrom-Stromwendermaschine . . . . .</b>	<b>270</b>
17.1 Erklärung . . . . .	270
17.2 Wirkungsweise . . . . .	271

17.2.1	Drehmomentbildung . . . . .	271
17.2.1.1	Universal- und Lokomotivmotor . . . . .	271
17.2.1.2	Repulsionsmotor . . . . .	272
17.2.2	Stromwendung bei Einphasenwechselstrommaschinen . . . . .	273
<b>18</b>	<b>Drehstrom-Stromwendermaschine . . . . .</b>	<b>275</b>
18.1	<b>Läufergespeister Drehstromnebenschlußmotor (LDNM) . . . . .</b>	<b>275</b>
18.1.1	Aufbau des LDNM . . . . .	276
18.1.1.1	Läufer . . . . .	276
18.1.1.2	Ständer . . . . .	276
18.1.2	Wirkungsweise des LDNM . . . . .	277
18.1.3	Betriebseigenschaften . . . . .	277
18.1.4	Typische Anwendungsbiete des LDNM . . . . .	277
18.2	<b>Sonstige Drehstrom-Stromwendermaschinen . . . . .</b>	<b>278</b>
<b>19</b>	<b>Mechanik des elektrischen Antriebs . . . . .</b>	<b>279</b>
19.1	<b>Typische Lastkennlinien der Arbeitsmaschinen . . . . .</b>	<b>279</b>
19.2	<b>Typische Antriebskennlinien . . . . .</b>	<b>279</b>
19.3	<b>Trägheitsmoment . . . . .</b>	<b>280</b>
19.4	<b>Beschleunigungsmoment . . . . .</b>	<b>281</b>
19.5	<b>Anfahrzeit . . . . .</b>	<b>281</b>
<b>20</b>	<b>Thermik der elektrischen Maschine . . . . .</b>	<b>283</b>
20.1	<b>Nennleistung . . . . .</b>	<b>283</b>
20.1.1	Konstante Betriebsdaten . . . . .	284
20.1.2	Schwankende Betriebsdaten . . . . .	284
20.2	<b>Betriebsarten . . . . .</b>	<b>286</b>
20.2.1	Belastungs-Leistungs-Kurve . . . . .	286
20.2.2	Temperaturverlaufs-Kurve . . . . .	286
20.3	<b>Besondere Betriebsbedingungen . . . . .</b>	<b>288</b>
<b>21</b>	<b>Steuerungen . . . . .</b>	<b>290</b>
21.1	<b>Erklärung, Aufgaben, Ziele . . . . .</b>	<b>290</b>
21.2	<b>Komponenten elektrischer Steuerungen . . . . .</b>	<b>292</b>
21.2.1	Taster . . . . .	293
21.2.2	Schütze . . . . .	293
21.2.2.1	Leistungsschütze . . . . .	293
21.2.2.2	Hilfsschütze . . . . .	294
21.2.2.3	Zeitrelais . . . . .	294
21.3	<b>Schaltpläne . . . . .</b>	<b>295</b>
21.4	<b>Systematik der Stromlaufplanerstellung . . . . .</b>	<b>296</b>
<b>22</b>	<b>Steuerungen durch mikroelektronische Baugruppen . . . . .</b>	<b>302</b>
<b>23</b>	<b>Sicherheit elektrischer Anlagen . . . . .</b>	<b>304</b>
<b>Literaturangaben</b>	<b>306</b>	
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>307</b>	