

Inhalt

Vorwort	5
1 Mathematisch-physikalische Grundlagen	13
1.1 Komplexe Rechnung	13
1.2 Symmetrische Komponenten	17
1.3 Vektorrechnung	22
1.4 Physikalische Grundlagen	27
1.4.1 Allgemeines	27
1.4.2 Gleichungen elektrischer und magnetischer Größen	28
1.5 Mathematische Grundlagen	30
2 Transformatoren	33
2.1 Einphasentransformator	33
2.1.1 Aufbau	33
2.1.2 Wirkungsweise	34
2.1.3 Ersatzschaltbilder und Zeigerbilder	36
2.1.4 Transformatorckenngroßen	39
2.1.5 Spannungsverhalten	45
2.2 Drehstromtransformator	47
2.2.1 Aufbau	47
2.2.2 Transformatorckenngroßen	49
2.2.3 Transformatorschaltgruppen	52
2.2.4 Stelltransformatoren	56
2.2.5 Transformatorbank	57
2.3 Stromwandler	60
2.3.1 Aufbau	60
2.3.2 Kenngrößen	60
2.3.3 Schaltung	66
2.4 Spannungswandler	67
2.4.1 Aufbau	67
2.4.2 Kenngrößen	67
2.4.3 Bauformen und Schaltungen	69
2.5 Transformatorschutz	71
2.5.1 Aufbau	71
2.5.2 Temperaturüberwachung	71
2.5.3 Buchholzschutz	72

2.5.4	Differentialschutz	73
2.5.5	Unabhängiger Überstromzeitschutz und Distanzschutz	74
3	Gleichstrommaschinen	77
3.1	Grundlagen	77
3.2	Spannungserzeugung	80
3.3	Kennlinien	85
3.4	Drehmoment	89
3.5	Wirkungsgrad	90
3.6	Ankerrückwirkung	91
3.7	Motorbremsung	92
4	Drehstrommaschinen	95
4.1	Grundlagen	95
4.2	Drehstromasynchronmotor	97
4.2.1	Aufbau	97
4.2.2	Drehmoment	100
4.2.3	Wirkungsgrad	104
4.2.4	Motorsatzschaltung und Zeigerbild	106
4.2.5	Motorschutz	108
4.3	Drehstromsynchronmaschine	111
4.3.1	Aufbau	111
4.3.2	Betriebsarten	112
4.3.3	Leistung und Drehmoment	115
4.3.4	Kenngrößen	117
5	Stromrichter	123
5.1	Grundlagen	123
5.1.1	Einsatzgebiete	123
5.1.2	Leistungshalbleiterbauelemente	124
5.2	Schaltungen	130
5.2.1	Grundlagen	130
5.2.2	Fremdgeführte Stromrichter	131
5.2.3	Selbstgeführte Stromrichter	137
5.3	Probleme beim Stromrichtereinsatz	140
5.3.1	Blindleistung	140
5.3.2	Oberschwingungen der Gleichrichter	141
5.3.3	Oberschwingungen der Wechselrichter-Ausgangsspannung	143
6	Antriebe	147
6.1	Vorbetrachtung	147
6.2	Arbeitsmaschine	147

6.2.1	Kraft und Drehmoment	147
6.2.2	Drehmoment und Drehzahl	155
6.2.3	Betriebsarten	157
6.3	Motorauswahl	158
6.3.1	Drehstromasynchronmotor	159
6.3.2	Gleichstrommotor	161
6.3.3	Servomotor	162
7	Elektrische Leitungen und Netze	165
7.1	Einleitung	165
7.2	Übertragungsmittel und Kennwerte	166
7.2.1	Stromschienen	166
7.2.2	Freileitungen	169
7.2.3	Kabel	172
7.3	Netzarten	173
7.4	Netzberechnung	174
7.4.1	Berechnungsgrundlagen	174
7.4.2	Stichleitung	178
7.4.3	Ringleitung	180
7.5	Leitungsschutz	182
7.6	Hochspannungstechnik	186
7.6.1	Grundlagen	186
7.6.2	Spannungsverteilung an Bauteilen	193
7.6.3	Überspannungen	201
7.6.4	Erzeugung und Messung hoher Spannungen	205
8	Elektrotechnische Geräte und Anlagen	209
8.1	Schaltgeräte	210
8.1.1	Lichtbogenlöschprinzipien	210
8.1.2	Niederspannungsschaltgeräte	212
8.1.3	Mittelspannungsschaltgeräte	216
8.1.4	Hochspannungsschaltgeräte	218
8.2	Schaltanlagen	221
8.2.1	Niederspannungsschaltanlagen	221
8.2.2	Mittelspannungsschaltanlagen	222
8.2.3	Hochspannungsschaltanlagen	223
8.3	Betrieb von Starkstromanlagen	224
8.3.1	Begriffe und allgemeine Anforderungen	224
8.3.2	Bedienen von Starkstromanlagen	227
9	Projektieren von Elektroenergieanlagen	231
9.1	Energiebedarfsermittlung	231

9.1.1	Ermittlung der Höchstleistung	231
9.1.2	Auswahl der Betriebsmittel	234
9.1.3	Energietarife	236
9.2	Blindstromkompensation	238
9.2.1	Grundlagen	238
9.2.2	Blindleistungsbedarf	242
9.2.3	Kompensationsleistung	243
9.3	Kurzschlussstromberechnung	244
9.3.1	Grundlagen	244
9.3.2	Berechnung der Kurzschlussgrößen	246
9.3.3	Berechnung der Impedanzen	250
9.3.4	Kurzschlussstrombegrenzung	255
9.4	Kurzschlussstromfestigkeitsberechnung	256
9.4.1	Mechanische Kurzschlussstromfestigkeit	256
9.4.2	Thermische Kurzschlussstromfestigkeit	261
9.5	Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen	265
9.5.1	Einführung, Gefahren und Definitionen	265
9.5.2	Versorgungssysteme	270
9.5.3	Schutzeinrichtungen	278
9.5.4	Konzept des Schutzes gegen elektrischen Schlag	279
9.5.5	Überprüfung der Schutzmaßnahme	289
9.6	Erdungsanlagen	298
9.6.1	Erdung für Schutz- und Betriebszwecke	298
9.6.2	Erderarten	298
9.6.3	Berechnung des Erdausbreitungswiderstands	300
9.6.4	Messung des Erdausbreitungswiderstands	304
9.7	Schutzmaßnahme in Hochspannungsanlagen	306
10	Beleuchtungsanlagen	313
10.1	Grundlagen	313
10.2	Lampen	317
10.3	Leuchten	320
10.4	Berechnung von Beleuchtungsanlagen	323
10.4.1	Innenraumbelichtung	323
10.4.2	Außenbeleuchtung	331
11	Kraftwerke	335
11.1	Allgemeines	335
11.2	Wärme kraftwerke	337
11.2.1	Fossil befeuerte Kraftwerke	337
11.2.2	Kernkraftwerke	337
11.3	Kraftwerke regenerativer Energiequellen	338

11.3.1	Wasserkraftwerke	338
11.3.2	Windkraftanlagen	349
11.3.3	Photovoltaikanlagen	352
12	Tabellen	363
Literatur		385
Sachwortverzeichnis		393