

## Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen dieses Buches.....	8	<b>5 Verhalten von Transformatoren</b>	
Indizes und Zeichen für Formelzeichen dieses Buchs .....	9	<b>5.1 Idealer Transformator .....</b>	98
Formelzeichen für drehende elektrische Maschinen .....	10	<b>5.2 Realer Transformator im Leerlauf .....</b>	100
<b>1 Grundlagen</b>		<b>5.3 Realer Transformator unter Last .....</b>	102
<b>1.1 Stromstärke, Widerstand, Spannung .....</b>	11	<b>5.4 Ersatzschaltungen von Transformatoren .....</b>	104
<b>1.2 Schaltungen von Zweipolen .....</b>	14	<b>5.5 Zeigerdiagramm des belasteten Transformators .....</b>	106
<b>1.3 Bezugspfeile .....</b>	16	<b>5.6 Kurzschlussstrom und Einschaltstrom .....</b>	107
<b>1.4 Leistung, Arbeit, Energie, Wärme .....</b>	18	<b>5.7 Wirkungsgrad und Arbeitsgrad von Transformatoren .....</b>	109
<b>2 Elektrisches Feld</b>		<b>5.8 Besondere Transformatoren .....</b>	110
<b>2.1 Elektrische Ladung .....</b>	24	<b>5.8.1 Spartransformator .....</b>	110
<b>2.2 Elektrische Feldstärke .....</b>	25	<b>5.8.2 Übertrager .....</b>	111
<b>2.3 Elektrische Flussdichte .....</b>	26	<b>5.8.3 Elektronische Transformatoren .....</b>	112
<b>2.4 Kapazität .....</b>	26	<b>6 Transformatoren im Netz</b>	
<b>2.5 Kapazitiver Blindwiderstand .....</b>	26	<b>6.1 Anschlusskennzeichnung .....</b>	113
<b>2.5.1 Ladung und Stromstärke .....</b>	26	<b>6.2 Kleintransformatoren .....</b>	114
<b>2.5.2 Kondensatorstrom bei Sinusspannung .....</b>	27	<b>6.3 Lichtbogen-Schweißtransformatoren .....</b>	119
<b>2.5.3 Kapazitive Blindleistung .....</b>	28	<b>6.4 Messwandler .....</b>	121
<b>2.5.4 Kondensator als Blindwiderstand .....</b>	28	<b>6.4.1 Spannungswandler .....</b>	121
<b>2.6 Elektrisches Feld als Energiespeicher .....</b>	29	<b>6.4.2 Nicht induktive Spannungswandler .....</b>	123
<b>2.7 Gleichstrom-Schalten von Kondensatoren .....</b>	29	<b>6.4.3 Stromwandler .....</b>	123
<b>3 Magnetisches Feld</b>		<b>6.4.4 Messen mit Zangen-Stromwandlern .....</b>	127
<b>3.1 Arten magnetischer Stoffe .....</b>	31	<b>6.5 Einphasentransformatoren für Drehstrom .....</b>	129
<b>3.2 Elektrische Durchflutung .....</b>	32	<b>6.5.1 V-Schaltung .....</b>	129
<b>3.3 Magnetische Feldstärke und Flussdichte .....</b>	33	<b>6.5.2 Transformatorenengruppe .....</b>	129
<b>3.4 Magnetischer Fluss und Verkettungsfluss .....</b>	35	<b>6.6 Drehstromtransformatoren .....</b>	131
<b>3.5 Lorentzkraft .....</b>	36	<b>6.6.1 Allgemeines .....</b>	131
<b>3.6 Induktion .....</b>	37	<b>6.6.2 Eisenkern .....</b>	131
<b>3.7 Induktiver Blindwiderstand .....</b>	41	<b>6.6.3 Wicklung .....</b>	132
<b>3.8 Magnetisches Feld als Energiespeicher .....</b>	45	<b>6.6.4 Ölkessel .....</b>	134
<b>3.9 Gleichstrom-Schalten von Spulen .....</b>	45	<b>6.7 Schaltungen von Drehstromtransformatoren .....</b>	135
<b>3.10 Grundlagen des Transformators .....</b>	47	<b>6.7.1 Schaltungen der Wicklungsstränge .....</b>	135
<b>4 Versorgung mit elektrischer Energie</b>		<b>6.7.2 Schaltgruppen .....</b>	137
<b>4.1 Ströme in öffentlichen Netzen .....</b>	50	<b>6.7.3 Parallelschalten von Transformatoren .....</b>	138
<b>4.1.1 Stromarten für die Stromversorgung .....</b>	50	<b>6.7.4 Drehtransformator .....</b>	140
<b>4.1.2 Erzeugung von Drehstrom .....</b>	50	<b>6.7.5 Transformatoren für mehr als drei Phasen .....</b>	141
<b>4.1.3 Spannungen beim Drehstromnetz .....</b>	51	<b>7 Drehende elektrische Maschinen</b>	
<b>4.1.4 Schaltungen bei Drehstrom .....</b>	52	<b>7.1 Einteilung .....</b>	143
<b>4.1.5 Leistungen bei Drehstrom .....</b>	53	<b>7.2 Isolierstoffklassen .....</b>	144
<b>4.1.6 Unsymmetrische Belastung bei 3AC .....</b>	54	<b>7.3 Betriebsarten .....</b>	145
<b>4.2 Grundlagen der Stromversorgung .....</b>	55	<b>7.3.1 Allgemeines .....</b>	145
<b>4.3 Wärmekraftwerke .....</b>	56	<b>7.3.2 Dauerbetrieb S1 .....</b>	145
<b>4.3.1 Verbrennungskraftwerke .....</b>	56	<b>7.3.3 Kurzzeitbetrieb S2 .....</b>	145
<b>4.3.2 Kernkraftwerke (Atomkraftwerke) .....</b>	59	<b>7.3.4 Aussetzbetriebsarten .....</b>	146
<b>4.4 Regenerative Stromerzeugung .....</b>	61	<b>7.3.5 Ununterbrochene periodische Betriebsarten .....</b>	147
<b>4.4.1 Wasserkraftwerke .....</b>	61	<b>7.4 Bauformen von drehenden elektrischen Maschinen .....</b>	149
<b>4.4.2 Regenerative thermische Stromerzeugung .....</b>	62	<b>7.5 Effizienz von elektrischen Antrieben .....</b>	150
<b>4.4.3 Windkraftwerke .....</b>	64	<b>7.5.1 Wirkungsgrade nach DIN EN 60034 .....</b>	150
<b>4.4.4 PV-Stromerzeugung .....</b>	68	<b>7.5.2 Leistungsschild .....</b>	151
<b>4.4.5 Stromerzeugung mit Brennstoffen .....</b>	71	<b>7.6 Instandhaltung von elektrischen Antrieben .....</b>	152
<b>4.4.6 Ausgleich schwankender Stromerzeugung .....</b>	73	<b>7.6.1 Maßnahmen .....</b>	152
<b>4.5 Stromtransport .....</b>	76	<b>7.6.2 Elektrische Prüfungen .....</b>	152
<b>4.5.1 Zweck der Spannungstransformation .....</b>	76	<b>7.6.3 Mechanische Prüfungen .....</b>	157
<b>4.5.2 Spannungsebenen .....</b>	76	<b>7.7 Schutzarten .....</b>	161
<b>4.5.3 Umspannwerke .....</b>	77	<b>7.8 Grundgleichungen der drehenden elektrischen Maschinen .....</b>	163
<b>4.5.4 Leitungen und Kabel .....</b>	80	<b>7.9 Anschlussbezeichnung von drehenden elektrischen Maschinen .....</b>	164
<b>4.5.5 Bemessungsstromstärke von Lasten .....</b>	83		
<b>4.5.6 Spannungsfall an Leitungen .....</b>	85		
<b>4.5.7 Leistungsverlust in Leitungen .....</b>	88		
<b>4.5.8 Strombelastbarkeit von Installationsleitungen .....</b>	89		
<b>4.5.9 Überstromschutz von Leitungen .....</b>	92		
<b>4.5.10 Leistungsberechnung .....</b>	94		
<b>4.5.11 Leistungsberechnung bei Oberschwingungen .....</b>	95		

<b>8</b>	<b>Maschinen mit bewegtem Magnetfeld</b>	
8.1	Erzeugung des Drehfeldes .....	169
8.2	Drehstrom-Synchronmaschinen .....	172
8.2.1	Synchrongenerator .....	172
8.2.2	Synchronmotoren für Drehstrom .....	177
8.2.3	Reluktanzmotoren .....	179
8.3	<b>Einphasen-Synchronmaschinen .....</b>	<b>181</b>
8.3.1	Einphasengeneratoren .....	181
8.3.2	Synchronmotoren für Einphasenwechselstrom .....	181
8.4	<b>Gleichstrommotoren mit Magnetläufern .....</b>	<b>182</b>
8.4.1	Arten der Schrittmotoren .....	182
8.4.2	Ansteuerschaltungen von Schrittmotoren ..	187
8.4.3	Betriebsverhalten der Schrittmotoren .....	187
8.4.4	EC-Motor .....	188
8.5	<b>Maschinen mit Kurzschlussläufern .....</b>	<b>190</b>
8.5.1	Aufbau des Kurzschlussläufers .....	190
8.5.2	Wirkungsweise des Asynchrongenerators ..	191
8.5.3	Wirkungsweise des Kurzschlussläufermotors .....	192
8.5.4	Kurzschlussläufermotoren für Einphasenwechselstrom .....	195
8.6	<b>Schleifringläufermaschinen .....</b>	<b>197</b>
8.7	<b>Sonstige Motoren mit bewegtem Magnetfeld .....</b>	<b>200</b>
8.7.1	Wirbelstromläufermotoren .....	200
8.7.2	Polumschaltbare Motoren .....	201
8.7.3	Spannungsumschaltbare Motoren .....	203
8.8	<b>Linearantriebe .....</b>	<b>203</b>
8.8.1	Linearantrieb mit drehendem Motor .....	203
8.8.2	Wechselstrom-Linearmotoren .....	204
8.8.3	Linearschrittmotoren .....	206
8.8.4	Schwingankermotoren .....	207
8.8.5	Piezomotoren .....	207
8.8.6	Gleichstrom-Linearmotoren .....	209
8.9	<b>Wechselstromwicklungen .....</b>	<b>210</b>
8.9.1	Drehstromwicklungen .....	210
8.9.2	Einphasenwicklungen .....	214
8.9.3	Umwickeln von Wechselstromwicklungen ..	216
8.10	<b>Fehler bei Drehfeldmaschinen .....</b>	<b>217</b>
<b>9</b>	<b>Stromwendermaschinen</b>	
9.1	<b>Aufbau von Gleichstrommaschinen .....</b>	<b>219</b>
9.2	<b>Wirkungsweise von Gleichstrommaschinen .....</b>	<b>221</b>
9.2.1	Kurvenform der induzierten Spannung .....	221
9.2.2	Wirkungsweise bei der Spannungserzeugung .....	222
9.2.3	Fremderregte Gleichstrommaschine .....	222
9.2.4	Weitere Gleichstrommaschinen .....	223
9.3	<b>Ankerquerfeld .....</b>	<b>225</b>
9.3.1	Entstehung des Ankerquerfelds .....	225
9.3.2	Wendepole .....	226
9.3.3	Kompensationswicklung .....	226
9.3.4	Querfeldgeneratoren .....	228
9.3.5	Ankerquerfeld beim Motor .....	228
9.4	<b>Gleichstrommaschine als Motor .....</b>	<b>229</b>
9.4.1	Wirkung des Ankers .....	229
9.4.2	Drehmoment und Anzugsstrom .....	230
9.4.3	Einstellen der Umdrehungsfrequenz .....	231
9.5	<b>Schaltungen von Gleichstrommotoren .....</b>	<b>231</b>
9.5.1	Fremderregter Motor .....	232
9.5.2	Reihenschlussmotor .....	233
9.6	<b>Stromwendermotoren für Wechselstrom .....</b>	<b>234</b>
9.6.1	Aufbau .....	234
9.6.2	Einphasen-Reihenschlussmotor .....	235
9.6.3	Repulsionsmotor .....	236
9.6.4	Linearmotor mit Stromwender .....	237
9.6.5	Stromwendermotoren für Drehstrom .....	237
9.7	<b>Fehler bei Stromwendermaschinen .....</b>	<b>238</b>
9.8	<b>Wicklungen von Stromwendermotoren .....</b>	<b>240</b>
9.8.1	Ständerwicklung von Gleichstrommaschinen .....	240
9.8.2	Ankerwicklung von Stromwendermaschinen .....	240
9.9	<b>Kleinmotoren mit Kommutierung .....</b>	<b>244</b>
9.9.1	Mechanische Kommutierung .....	244
9.9.2	Elektronische Kommutierung .....	245
9.9.3	Getriebe für Kleinmotoren .....	246
<b>10</b>	<b>Umformer</b>	
10.1	<b>Motorgenerator .....</b>	<b>247</b>
10.2	<b>Asynchrone Frequenzumformer .....</b>	<b>247</b>
10.3	<b>Sonstige Umformer .....</b>	<b>248</b>
<b>11</b>	<b>Sensoren, Steuern, Regeln</b>	
11.1	<b>Sensoren .....</b>	<b>249</b>
11.1.1	Prinzip von Sensoren .....	249
11.1.2	Sensoren der Steuerungstechnik .....	249
11.1.3	Einsatzgebiete von Sensoren .....	250
11.1.4	Aufbau eines Sensors .....	250
11.1.5	Sensorelemente .....	250
11.1.6	Beispiele von Sensoren .....	252
11.1.7	Lichtschranken .....	255
11.1.8	Wegmessung, Winkelmessung .....	256
11.2	<b>Steuern und Regeln .....</b>	<b>258</b>
11.2.1	Steuern .....	258
11.2.2	Regeln .....	259
11.2.3	Schaltende Regeleinrichtungen .....	261
11.2.4	Stetige Regeleinrichtungen .....	261
11.2.5	Kennzeichnung der Regelstrecke .....	262
11.2.6	Steuern und Regeln mit dem PC .....	263
11.2.7	Regeln mit digitalen Kompaktreglern .....	264
11.2.8	GRAFCET .....	266
11.3	<b>Kleinsteuerungen .....</b>	<b>269</b>
11.3.1	Elemente von LOGO! .....	269
11.3.2	Bearbeiten eines LOGO!-Projektes .....	271
11.3.3	Erweiterter Ausbau einer LOGO! .....	271
11.4	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen .....</b>	<b>273</b>
11.4.1	SPS-Grundlagen .....	273
11.4.2	Erstellung von SPS-Programmen .....	274
11.4.3	TIA-Portal .....	275
11.4.4	Funktionen einer SPS .....	276
11.4.5	Ablaufsteuerungen mit SPS .....	278
11.4.6	Bussysteme für SPS .....	279
11.4.7	PROFINET .....	280
11.4.8	Eingabe-Ausgabe-Einheiten .....	281
11.4.9	Fehlersichere Kommunikation .....	282
11.5	<b>Maschinensicherheit .....</b>	<b>284</b>
11.5.1	Sicherheitsschaltgeräte .....	284
11.5.2	Funktionale Sicherheit – Performance-Level ..	286
11.5.3	Funktionale Sicherheit nach SIL .....	287
11.6	<b>Weitere Komponenten für Steuerungen .....</b>	<b>289</b>
11.6.1	Nockenschalter .....	289
11.6.2	Schütze .....	290
11.6.3	Hilfsstromkreise .....	293
11.6.4	Halbleiterbauelemente .....	296
11.6.5	Halbleiterbaugruppen .....	302
<b>12</b>	<b>Antriebstechnik</b>	
12.1	<b>Anlassen von Drehfeldmotoren .....</b>	<b>306</b>
12.1.1	Allgemeine Bestimmungen .....	306

12.1.2	Anlassschaltungen für Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren . . . . .	306	13.4.2	Netzaufbau . . . . .	379
12.1.3	Einfache Schützschaltungen . . . . .	308	13.4.3	Elektrische Wirkung auf die Umgebung . . . . .	380
12.1.4	Polumschaltungen . . . . .	311	<b>13.5</b>	<b>Hochspannungsnetze</b> . . . . .	<b>381</b>
12.1.5	Stern-Dreieck-Schützschaltungen . . . . .	313	13.5.1	Bemessungsspannung, Aufgaben . . . . .	381
12.1.6	Anlassschaltungen für Schleifringläufermotoren . . . . .	314	13.5.2	Netzaufbau beim 110-kV-Netz . . . . .	381
12.1.7	Allgemeine Schützschaltung . . . . .	315	13.5.3	Netzaufbau der Höchstspannungsnetze . . . . .	383
12.1.8	Elektronische Motorstarter . . . . .	316	13.5.4	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung HGÜ . . . . .	384
<b>12.2</b>	<b>Anlasserberechnung beim Schleifringläufermotor.</b> . . . . .	<b>319</b>	<b>13.6</b>	<b>Erdungsanlagen</b> . . . . .	<b>386</b>
<b>12.3</b>	<b>Bremsen von Drehstrom-Asynchronmotoren</b> . . . . .	<b>320</b>	<b>13.7</b>	<b>Isolatoren, Armaturen</b> . . . . .	<b>388</b>
12.3.1	Mechanisches Bremsen mit elektrischer Steuerung . . . . .	320	13.7.1	Isolatoren . . . . .	388
12.3.2	Elektrische Bremsen . . . . .	321	13.7.2	Armaturen . . . . .	390
12.3.3	Verlustwärme beim Anlauf und Bremsen . . . . .	324	<b>13.8</b>	<b>Beeinflussung der Netze</b> . . . . .	<b>393</b>
<b>12.4</b>	<b>Steuerung von Stromwendermotoren</b> . . . . .	<b>325</b>	13.8.1	Blindleistung . . . . .	393
<b>12.5</b>	<b>Motorschutz</b> . . . . .	<b>329</b>	13.8.2	Oberschwingungen . . . . .	396
<b>12.6</b>	<b>Stromrichter zur Drehzahlsteuerung</b> . . . . .	<b>331</b>	13.8.3	Stromqualität . . . . .	399
12.6.1	Drehzahlsteuerung beim Universalmotor . . . . .	331	13.8.4	Kompensation von Oberschwingungen . . . . .	400
12.6.2	Drehzahlsteuerung beim fremderregten Motor . . . . .	332	13.8.5	Regelung der Netzspannung . . . . .	401
12.6.3	Drehzahlsteuerung mit Gleichstromsteller . . . . .	334	13.8.6	Regelung der Netzfrequenz . . . . .	404
12.6.4	Umrichter . . . . .	335	<b>13.9</b>	<b>Intelligente Stromnetze (Smart Grids)</b> . . . . .	<b>405</b>
12.6.5	Stromzwischenkreis-Umrichter . . . . .	337	<b>13.10</b>	<b>Messen von Oberschwingungen</b> . . . . .	<b>406</b>
12.6.6	Umrichter mit Pulsamplitudenmodulation . . . . .	337	<b>13.11</b>	<b>Stromhandel</b> . . . . .	<b>408</b>
<b>12.7</b>	<b>Servomotoren</b> . . . . .	<b>347</b>	<b>14</b>	<b>Maßnahmen für die Betriebssicherheit</b>	
12.7.1	Anforderungen an Servomotoren . . . . .	347	<b>14.1</b>	<b>Sicherheit beim Arbeiten in elektrischen Anlagen</b> . . . . .	<b>410</b>
12.7.2	Drehstrommotoren als Servomotoren . . . . .	348	<b>14.2</b>	<b>Systemformen im Niederspannungsnetz</b> . . . . .	<b>414</b>
12.7.3	Gleichstrommotoren als Servomotoren . . . . .	352	<b>14.3</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b> . . . . .	<b>416</b>
<b>12.8</b>	<b>Antriebssysteme betreiben</b> . . . . .	<b>354</b>	14.3.1	Berührungsarten . . . . .	416
12.8.1	Informationsbeschaffung . . . . .	354	14.3.2	Stromgefährdung . . . . .	416
12.8.2	Auftragsplanung . . . . .	354	14.3.3	Basissschutz . . . . .	417
12.8.3	Auftragsdurchführung . . . . .	355	14.3.4	Maßnahmen für zugleich Basissschutz und Fehlerschutz . . . . .	417
12.8.4	Auftragskontrolle . . . . .	358	14.3.5	Fehlerschutz . . . . .	418
<b>12.9</b>	<b>Elektromobilität</b> . . . . .	<b>359</b>	14.3.6	Zusätzlicher Schutz . . . . .	423
12.9.1	Hybridantriebe . . . . .	359	14.3.7	Koordination elektrischer Betriebsmittel mit Schutzfunktionen . . . . .	424
12.9.2	Elektrische Antriebe für die Elektromobilität	362	14.3.8	Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen . . . . .	425
12.9.3	Stromversorgung von Elektrofahrzeugen . . . . .	364	<b>14.3.9</b>	<b>Schutzleiter und Schutspotenzialausgleichsleiter</b> . . . . .	<b>426</b>
<b>13</b>	<b>Übertragungsnetze</b>		<b>14.4</b>	<b>Prüfungen</b> . . . . .	<b>427</b>
<b>13.1</b>	<b>Netzformen</b> . . . . .	<b>366</b>	14.4.1	Schutzklassen der Betriebsmittel . . . . .	427
<b>13.2</b>	<b>Niederspannungsnetze</b> . . . . .	<b>367</b>	14.4.2	Betätigungslemente in der Nähe berührungsgefährlicher Teile . . . . .	427
13.2.1	Netzaufbau . . . . .	367	14.4.3	Prüfungen der Elektroinstallation . . . . .	428
13.2.2	Niederspannungs-Freileitungen . . . . .	369	14.4.4	Durchführung der Prüfungen . . . . .	433
13.2.3	Tragmaste . . . . .	369	<b>14.5</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit EMV</b> . . . . .	<b>435</b>
13.2.4	Endmaste . . . . .	372	<b>14.6</b>	<b>SSV-Anlagen</b> . . . . .	<b>442</b>
13.2.5	Abspannmaste . . . . .	373	<b>14.7</b>	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> . . . . .	<b>447</b>
13.2.6	Abgespannte Maste . . . . .	373	14.7.1	Anwendungsbereich . . . . .	447
13.2.7	Winkelmaste . . . . .	373	14.7.2	Begriffe . . . . .	447
13.2.8	Winkeltragmaste . . . . .	374	14.7.3	Allgemeine Anforderung . . . . .	447
13.2.9	Sondermaste . . . . .	374	14.7.4	Netzanschlüsse, Trenneinrichtung und Schalter . . . . .	449
<b>13.3</b>	<b>Hausanschluss</b> . . . . .	<b>375</b>	14.7.5	Schutz gegen elektrischen Schlag . . . . .	450
13.3.1	Ausführung des Hausanschlusses . . . . .	375	14.7.6	Schutz der Ausrüstung . . . . .	451
13.3.2	Bemessen der Leitungen bis zu den Stromkreisverteilern . . . . .	376	14.7.7	Potenzialausgleich . . . . .	452
<b>13.4</b>	<b>Mittelspannungsnetze</b> . . . . .	<b>379</b>	14.7.8	Steuerstromkreise . . . . .	453
13.4.1	Bemessungsspannung und Aufgaben . . . . .	379	14.7.9	Bedienerschnittstellen . . . . .	455
			14.7.10	Anordnung der Schaltgeräte . . . . .	455
			14.7.11	Leiter, Leitungen, Kabel . . . . .	455
			14.7.12	Verdrahtungstechnik . . . . .	456
			14.7.13	Sonstige Anforderungen . . . . .	457

<b>14.8 Klimatisierung . . . . .</b>	<b>458</b>	<b>16.1.3 Firewall-Systeme . . . . .</b>	<b>482</b>
14.8.1 Funktion von Klimatisierungsgeräten . . . . .	458	16.2 <b>Digitalisierung . . . . .</b>	<b>483</b>
14.8.2 Klimatisierung von Schaltschränken . . . . .	459	16.2.1 Anwendungen . . . . .	483
<b>14.9 Umweltbelastungen der Elektrotechnik . . . . .</b>	<b>461</b>	16.2.2 RFID-Transponder . . . . .	484
<b>15 Planung von elektrischen Anlagen</b>		<b>16.3 Smart Home . . . . .</b>	<b>485</b>
<b>15.1 Betriebsorganisation . . . . .</b>	<b>463</b>	<b>17 Vertiefende Bereiche</b>	
<b>15.2 Projektmanagement . . . . .</b>	<b>465</b>	<b>17.1 Theorie der Asynchronmaschine . . . . .</b>	<b>487</b>
<b>15.3 Lastenheft, Pflichtenheft . . . . .</b>	<b>466</b>	17.1.1 Oberschwingungen . . . . .	487
<b>15.4 Projektende . . . . .</b>	<b>466</b>	17.1.2 Ersatzschaltung der Asynchronmaschine . .	489
<b>15.5 Projektieren einer Gebäudeinstallation . . . . .</b>	<b>467</b>	17.1.3 Ortskurve . . . . .	491
15.5.1 Planungsgrundlagen . . . . .	467	17.1.4 Leerlaufversuch und Kurzschlussversuch .	492
15.5.2 Leitungsführung in Wohngebäuden . . . . .	469	17.1.5 Auswertung der Ortskurve . . . . .	493
15.5.3 Kommunikationsanlagen . . . . .	470	17.1.6 Rechengang beim Kreisdiagramm . . . . .	495
15.5.4 Elektrische Energieeffizienz . . . . .	471	<b>17.2 Weitere Drehstromwicklungen . . . . .</b>	<b>497</b>
<b>15.6 Projektieren einer Maschinenausrüstung . . . . .</b>	<b>472</b>	17.2.1 Einschichtwicklungen . . . . .	497
15.6.1 Auswahl eines Elektromotors . . . . .	472	17.2.2 Zweischichtwicklungen . . . . .	498
15.6.2 Stromversorgung, Schutzeinrichtungen . . . . .	474	17.2.3 Polumschaltbare Wicklungen . . . . .	500
15.6.3 Steuerleitungen . . . . .	475		
15.6.4 Schaltungsaufbau . . . . .	476		
15.6.5 Weg zur sicheren Maschine . . . . .	477		
15.6.6 EU-Maschinenrichtlinie . . . . .	479		
<b>16 Internet und Digitalisierung</b>		<b>18 Anhang</b>	
<b>16.1 Internet . . . . .</b>	<b>480</b>	<b>18.1 Größen und Einheiten . . . . .</b>	<b>501</b>
16.1.1 Internet-Kommunikation . . . . .	480	18.2 Wichtige Normen . . . . .	503
16.1.2 Gefahren durch das Internet . . . . .	481	18.3 Teile von VDE 0100 . . . . .	506
		18.4 Kurzformen von Fachbegriffen . . . . .	508
		Literaturhinweise . . . . .	510
		Sachwortverzeichnis . . . . .	511
		Firmen und Dienststellen . . . . .	519