

INHALTSVERZEICHNIS

1 Leitungen, Anlagen, Schutzmaßnahmen 10 bis 27

1.1.1	Installationszonen	10
1.1.2	Installationsformen	11
1.2.1	Selektiver Netzaufbau	12
1.2.2	Zählerplatz mit Verteilung	13
1.3.1	Zähler- und Verteilerschrank	14
1.3.2	Installationsplan	15
1.4.1	Funkenstörungen	16
1.4.2	Entstörschaltungen	17
1.5.1	Blitzschutz, Auffangeinrichtungen	18
1.5.2	Blitzschutzanlage	19
1.6.1	Verteilungssysteme	20
1.6.2	Schutz durch Abschaltung im TN-System	21
1.7.1	Schutz durch Abschaltung im TT-System	22
1.7.2	Schutz durch Abschaltung im IT-System	23
1.8.1	Prüfung des Isolationszustandes von elektrischen Anlagen	24
1.8.2	Messung des Erdungswiderstandes und Messung des Schleifenwiderstandes	25
1.9.1	Nachweis der Wirksamkeit von Fehlstrom- und Fehlerspannungs- Schutzeinrichtungen	26
1.9.2	Schutzpotenzialausgleich	27

2 Lampenschaltungen 28 bis 47

2.1.1	Ausschaltungen (Schaltzustände)	28
2.1.2	Ausschaltungen	29
2.2.1	Gruppen- und Serienschaltung (Schaltzustände)	30
2.2.2	Gruppen- und Serienschaltung	31
2.3.1	Wechselschaltungen (Schaltzustände)	32
2.3.2	Wechselschaltungen	33
2.4.1	Kreuzschaltung (Schaltzustände)	34
2.4.2	Kreuzschaltung	35
2.5.1	Stromstoßschalter (Schaltzustände)	36
2.5.2	Stromstoßschalter	37
2.6.1	Serienwechselschaltung (Schaltzustände)	38
2.6.2	Serienwechselschaltung	39
2.7.1	Automatische Treppenhausbeleuchtung (Schaltzustände)	40
2.7.2	Automatische Treppenhausbeleuchtung	41
2.8.1	Sicherheitsbeleuchtung (Schaltzustände)	42
2.8.2	Sicherheitsbeleuchtung	43
2.9.1	Leuchtstofflampenschaltungen	44
2.9.2	Duoschaltung, Schaltung für starterlosen Betrieb	45
2.10.1	Elektronisches Vorschaltgerät für Leuchtstofflampen	46
2.10.2	Hochspannungs-Leuchtröhren (Schaltzustände und Betriebsdaten)	47

3 Elektrische Haushaltsgeräte 48 bis 61

3.1.1	Heizlüfter (Schaltzustände)	48
3.1.2	Heizlüfter	49
3.2.1	Warmwassergeräte, Aufbau und Wirkungsweise	50
3.2.2	Elektronisch geregelter Durchlauferhitzer	51
3.3.1	Backöfen	52
3.3.2	Schnellkochplatte	53
3.4.1	Automatikkochplatte (Leistungsregelung)	54
3.4.2	Vierplattenherd mit Backofen und Grill	55

3.5.1	Innenschaltung einer Waschmaschine mit Mikroprozessorsteuerung	56
3.5.2	Programmablaufplan einer mikroprozessorgesteuerten Waschmaschine	57
3.6.1	Kompressor-Kühlschrank	58
3.6.2	Mikrowellenherd	59
3.7.1	Nachstrom-Speicheröfen (Innenschaltung)	60
3.7.2	Nachstrom-Speicherheizung (Tarifumschaltung)	61

4 Signal- und Fernsprechanlagen **62 bis 71**

4.1.1	Klingelanlage mit Türöffner	62
4.1.2	Hausklingelanlage für 6 Wohnungen mit Türöffner	63
4.2.1	Raumschutzanlagen, einfache Ruhestromanlage	64
4.2.2	Ruhestromschaltungen mit Daueralarm	65
4.3.1	Elektronische Raumschutzanlage	66
4.3.2	Elektronische Raumschutzanlage mit RS- Flipflop	67
4.4.1	Türlautsprecheranlagen mit Verstärker	68
4.4.2	Wechselsprechanlage mit Verstärker	69
4.5.1	Gebäudesystemtechnik, Prinzip und Telegramm	70
4.5.2	Gebäudesystemtechnik, Busorganisation	71

5 Transformatoren **72 bis 79**

5.1.1	Einphasentransformatoren	72
5.1.2	Stellbare Transformatoren	73
5.2.1	Mehrphasentransformatoren, Schaltgruppen	74
5.2.2	Mehrphasentransformatoren, bevorzugte Schaltungen	75
5.3.1	Transformatorstation, 6 kV/400 V	76
5.3.2	Parallelbetrieb	77
5.4.1	Spannungswandler	78
5.4.2	Stromwandler	79

6 Gleichrichter **80 bis 85**

6.1.1	Einphasengleichrichter, Betriebszustände	80
6.1.2	Einphasengleichrichter	81
6.2.1	Siebglieder	82
6.2.2	Spannungsvervielfachung	83
6.3.1	Mehrphasengleichrichter	84
6.3.2	Gleichrichterschaltungen (gegenüberstellende Übersicht)	85

7 Gleichstrommaschinen **86 bis 93**

7.1.1	Schaltzeichen	86
7.1.2	Nebenschluss- und Reihenschlussmotor	87
7.2.1	Doppelschlussmotor	88
7.2.2	Anlasser, Stellanlasser und Feldstellanlasser	89
7.3.1	Doppelschlussmotor mit Feldstellanlasser	90
7.3.2	Umschalten der Drehrichtung (Wendeschtaltung)	91
7.4.1	Schalten eines Gleichstrommotors mit Gleichstromschütz	92
7.4.2	Elektronische Steuerung	93

8 Dreiphasen-Wechselstrommotoren **94 bis 113**

8.1.1	Schaltzustände beim direkten Schalten	94
8.1.2	Drehstrom-Käfigläufermotor	95
8.2.1	Handbetätigte Wendeschaltungen	96
8.2.2	Drehrichtungsumkehr eines Drehfeldes	97
8.3.1	Schaltzustände der Stern-Dreieck-Schaltung	98
8.3.2	Stern-Dreieck-Schaltung	99
8.4.1	Schaltzustände der Stern-Dreieck-Wendeschtaltung	100

8.4.2	Stern-Dreieck-Wendeschtaltung	101
8.5.1	Polumschtaltung (getrennte Wicklungen), Netzanschluss und Schaltzustände	102
8.5.2	Polumschtaltung (Dahlander), Netzanschluss und Schaltzustände	103
8.6.1	Schleifringläufermotor, Grundschtaltung	104
8.6.2	Schleifringläufermotor (Schützschtaltung und Walzenschtalter)	105
8.7.1	Elektromechanische Bremsen (Schaltzustände)	106
8.7.2	Elektromechanische Bremsen	107
8.8.1	Gleichstrombremsung (Schaltzustände)	108
8.8.2	Gleichstrombremsung	109
8.9.1	Gegenstrombremsung (Schaltzustände)	110
8.9.2	Gegenstrombremsung	111
8.10.1	Synchronmotor als Generator	112
8.10.2	Asynchronmotor als Generator	113

9 Einphasen-Wechselstrommotoren

114 bis 119

9.1.1	Drehstrom-Kurzschlussläufermotor am Einphasennetz (Drehrichtungen)	114
9.1.2	Drehstrom- Kurzschlussläufermotor am Einphasennetz (Schtaltungen)	115
9.2.1	Motoren mit Hilfswicklung	116
9.2.2	Motoren mit Kondensatorhilfswicklung	117
9.3.1	Wendeschtaltungen (Schaltzustände)	118
9.3.2	Wendeschtaltungen	119

10 Schützschtaltungen

120 bis 150

10.1.1	Netzanschlüsse, Erhöhung der Schaltsicherheit	120
10.1.2	Vermeidung von unbeabsichtigtem Schalten bei Erdschlüssen	121
10.2.1	Stromgesteuerter Motorschutz	122
10.2.2	Temperaturgesteuerter Motorschutz	123
10.3.1	Möglichkeiten für das Schalten eines Schützes	124
10.3.2	Schalten eines Schützes mit Selbsthaltung	125
10.4.1	Schalten eines Schützes mit Hilfsschutz (Schaltzustände)	126
10.4.2	Schalten eines Schützes mit Hilfsschutz	127
10.5.1	Zeitverzögertes Schalten (Schaltzustände)	128
10.5.2	Zeitverzögertes Umschalten, Ausschalten und Einschalten	129
10.6.1	Zeitverzögertes Zuschalten (Schaltzustände)	130
10.6.2	Zeitverzögertes Zuschalten eines zweiten Antriebes	131
10.7.1	Wendeschtätze (Schaltzustände)	132
10.7.2	Wendeschtätze	133
10.8.1	Begrenzungsschtaltungen (Schaltzustände)	134
10.8.2	Begrenzungsschtaltungen	135
10.9.1	Automatische Stern-Dreieck-Schtaltung (Schaltzustände)	136
10.9.2	Automatische Stern-Dreieck-Schtaltung	137
10.10.1	Stern-Dreieck-Wendeschtaltung (Schaltzustände)	138
10.10.2	Stern-Dreieck-Wendeschtaltung	139
10.11.1	Bremswächterschtaltungen (Schaltzustände)	140
10.11.2	Bremswächterschtaltungen	141
10.12.1	Drehstromschleifringläufer-Selbstanlasser (Schaltzustände)	142
10.12.2	Drehstromschleifringläufer-Selbstanlasser	143
10.13.1	Elektronische Motorstarter und Drives	144
10.13.2	Umrüstung eines Dreiphasen-Schleifringläufer-Selbstanlassers auf einen Softstarter	145
10.14.1	Selbsttätige Netzumschtaltung (Schaltzustände)	146
10.14.2	Selbsttätige Netzumschtaltung	147
10.15.1	Schrittschtaltsteuerung (Schaltzustände)	148
10.15.2	Schrittschtaltsteuerung (Blindleistungskompensation)	149

11 Leistungselektronik**150 bis 161**

11.1.1	Steuerbare Dreiphasengleichrichter (fremdgeführt)	150
11.1.2	Steuerbare Dreiphasengleichrichter bei induktiver Last	151
11.2.1	Gleichstromschalter (selbstgeführte Stromrichter)	152
11.2.2	Gleichstromschalter (selbstgeführte Stromrichter)	153
11.3.1	Wechselrichter	154
11.3.2	Wechselrichter in Brückenschaltung	155
11.4.1	Wechselstromsteller	156
11.4.2	Drehstromsteller	157
11.5.1	Umrichter	158
11.5.2	Stromrichter (gegenüberstellende Übersicht)	159
11.6.1	Betriebsbereiche elektromotorischer Antriebe	160
11.6.2	Zwei vollgesteuerte Dreiphasenbrücken in Antiparallelschaltung	161

12 Messgeräte und Messschaltungen**162 bis 171**

12.1.1	Aufbau eines digitalen Vielfachmessgerätes	162
12.1.2	Zweiflanken-A/D-Wandler	163
12.2.1	Messbereichswahlschalter eines digitalen Vielfachmessgerätes	164
12.2.2	Kennlinienaufnahme mit digitalen Vielfachmessgeräten	165
12.3.1	Widerstandsmessung mit Messbrücken, Widerstandsthermometer	166
12.3.2	Leistungsmessungen	167
12.4.1	Arbeitsmessung und Zähleranschlüsse	168
12.4.2	Zählerschaltungen	169
12.6.1	Messen mit dem Oszilloskop	170
12.6.2	Leistungsfaktormessung	171

13 Elektronik**172 bis 204**

13.1.1	Schaltdioden	172
13.1.2	Zenerdioden	173
13.2.1	Thyristor, Thyristorkennlinie	174
13.2.2	Thyristor-Steuerschaltungen (Dimmer)	175
13.3.1	Diac und Triac	176
13.3.2	Dimmerschaltung mit Diac und Triac	177
13.4.1	Temperaturabhängige Widerstände	178
13.4.2	Spannungsabhängige und lichtabhängige Widerstände	179
13.5.1	Bipolare Transistoren	180
13.5.2	Feldeffekttransistoren	181
	Anlagen: Feldeffekttransistoren, Sperrschicht-FET Feldeffekttransistoren, Isolier-Gate-FET	
13.6.1	Schmitt-Trigger	182
13.6.2	Temperaturschalter-Dämmerungsschalter (Anwendungen des Schmitt-Triggers)	183
13.7.1	Bistabile Kippstufe (Gedächtnis, Speicher, Merker, Flipflop)	184
13.7.2	Richtimpuls-, Vorrang-, Verriegelungsschaltung	185
13.8.1	Monostabile Kippstufe (Zeitstufe)	186
13.8.2	Monoflop und Zeitelement	187
13.9.1	Astabile Kippstufe (Multivibrator)	188
13.9.2	Analogverstärker	189
13.10.1	Stabilisierungsschaltungen	190
13.10.2	Operationsverstärker: Anschlüsse, Spannungsversorgung	191
13.11.1	Operationsverstärker: Differenzverstärker	192
13.11.2	Operationsverstärker: invertierender, nichtinvertierender Eingang	193
13.12.1	Operationsverstärker: Offsetspannung	194
13.12.2	Operationsverstärker: Rückkopplung nichtinvertierender Verstärker	195
13.13.1	Operationsverstärker: Rückkopplung invertierender Verstärker	196
13.13.2	Operationsverstärker: Komparatorschaltungen	197

13.14.1	Operationsverstärker: Gegenkopplung, Mitkopplung	198
13.14.2	Operationsverstärker: Summierender Verstärker	199
13.15.1	Operationsverstärker: Integrierender Verstärker	200
13.15.2	Operationsverstärker: Analoge Spannungsstabilisierung (Prinzip)	201
13.16.1	Analoge Spannungsstabilisierung (Stellen der Ausgangsspannung)	202
13.16.2	Getaktete Spannungsstabilisierung (Prinzip)	203
13.17.1	Getaktete Spannungsstabilisierung (Regelvorgang)	204

14 Logische Schaltungen

205 bis 220

14.1.1	Signalsprache	205
14.2.1	UND-Verknüpfung (AND-Element)	206
14.2.2	ODER-Verknüpfung (OR-Element)	207
14.3.1	NICHT-Verknüpfung oder Umkehrfunktion (NOT-Element)	208
14.3.2	UND-Verknüpfung mit negiertem Ausgang (NOT + AND = NAND-Element)	209
14.4.1	ODER-Verknüpfung mit negiertem Ausgang (NOT + OR = NOR-Element)	210
14.4.2	UND-Verknüpfung mit negierten Eingängen (de Morgansches Gesetz)	211
14.5.1	ODER-Verknüpfung mit negierten Eingängen (de Morgansches Gesetz)	212
14.5.2	Speicherelemente: Setzen, Rücksetzen	213
14.6.1	Zeitgenaues Schalten	214
14.6.2	Flipflop (Zweiflankensteuerung)	215
14.7.1	T-Kippelement, Dualzähler	216
14.7.2	Vierstelliger Dualzähler	217
14.8.1	Zählerauswertung, Codierschaltung	218
14.8.2	Multiplexer	219
14.9.1	Demultiplexer	220

15 Speicherprogrammierbare Steuerungen

221 bis 235

15.1.1	Festverdrahtete Steuerung als Vorstufe der SPS	221
15.2.1	Verbindungsprogrammierte Steuerung als Vorstufe der SPS	222
15.2.2	Prinzipieller Aufbau	223
15.3.1	Eingeben eines Programms	224
15.3.2	Programmieren von NICHT-Funktionen	225
15.4.1	Programmieren der Grundfunktionen	226
15.4.2	Problem des Drahtbruchs in der Befehlsgeberleitung	227
15.5.1	Programmierung einer kombinierten UND-ODER-Schaltung	228
15.5.2	Programmieren von Verriegelungsschaltungen	229
15.6.1	Programmieren von Zwischenspeichern (Merkern)	230
15.6.2	Programmieren von Speichern (Ausgangsmerkern)	231
15.7.1	Programmieren einer Einschaltverzögerung	232
15.7.2	Programmieren einer Ausschaltverzögerung	233
15.8.1	Programmieren einer Ausschaltverzögerung mit Hilfe von Merkern und einschaltverzögerten Schaltelementen	234
15.8.2	Logikmodule	235

16 Mikroprozessorsteuerungen

236 bis 243

16.1.1	Blockschaltbild eines Steuerungscomputers	236
16.1.2	Bussystem/CPU/RAM/ROM/EPROM/EEPROM	237
16.2.1	Stromlaufplan eines einfachen Steuerungscomputers	238
16.2.2	Adressdekoder/Zwischenspeicher/Tristate-Technik/serielle Schnittstelle	239
16.3.1	Beschaltung der Eingangsbaugruppen von Steuerungscomputern	240
16.3.2	Beschaltung der Ausgangsbaugruppen von Steuerungscomputern	241
16.4.1	Digital-Analog-Wandler (Funktionsprinzip)	242
16.4.2	Analog-Digital-Wandler (Funktionsprinzip)	243

17.1.1	Flächen und Körper	244
17.1.2	Mechanische Größen	245
17.2.1	Ohm'sches Gesetz, Leiterwiderstand, Widerstandsschaltungen	246
17.2.2	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	247
17.3.1	Chemische Spannungsquellen	248
17.3.2	Zuleitungen, Spannungs- und Leistungsverlust	249
17.4.1	Elektrisches und magnetisches Feld, Induktion, Wechselspannung	250
17.4.2	Kapazität und Induktivität, kapazitiver und induktiver Widerstand	251
17.5.1	Komplexe Schaltungen mit zwei Widerständen	252
17.5.2	Komplexe Schaltungen mit drei Widerständen	253
17.6.1	Stern- und Dreieckschaltung	254
17.6.2	Motoren und Antriebe	255
17.7.1	Transformatoren und Netzkomensation	256
17.7.2	Lichttechnik	257

18.1.1	Zeit-Strom-Kennlinien von Sicherungen	258
18.1.2	Leitungsschutzschalter, Leistungsschalter	259
18.2.1	Mindestquerschnitte von Leitungen	260
18.2.2	Querschnitte für Potenzialausgleichs-, Erdungsleiter und Erder	261
18.3.1	Schutzarten und Schutzklassen	262
18.3.2	Leiterkennzeichnung; Sicherungsbaugrößen	263
18.4.1	Kennzeichnungen von Betriebsmitteln (DIN 40719) (veraltet)	264
18.4.2	Strukturierungsprinzipien zur Kennzeichnung von Betriebsmitteln (DIN 61346)	265
18.5.1	Typenbezeichnung von Halbleiterbauelementen	266
18.5.2	Bauformen und Anschlüsse von Halbleiterbauelementen	267
18.6.1	Höchstzulässige Leitungslängen bei Kurzschlüssen	268
18.6.2	Spannungsfall und höchstzulässige Leitungslänge	269

19.1.1	Allgemeines	270
19.1.2	Symbolelemente und Kennzeichen für Schaltzeichen	271
19.2.1	Schaltzeichen für Leiter und Verbinder	272
19.2.2	Schaltzeichen für passive Bauelemente	273
19.2.3	Schaltzeichen für Halbleiter und Elektronenröhren	274
19.2.4	Schaltzeichen für Erzeugung und Umwandlung elektrischer Energie	275
19.3.1	Schaltzeichen für Schalt- und Schutzrichtungen	276
19.4.1	Schaltzeichen für Mess-, Melde- und Signaleinrichtung	277
19.4.2	Schaltzeichen für die Nachrichtentechnik: Vermittlungseinrichtungen	278
19.4.3	Schaltzeichen für die Nachrichtentechnik: Übertragungseinrichtungen	279
19.4.4	Schaltzeichen für Netze und Elektroinstallation	280
19.4.5	Schaltzeichen für binäre Elemente	281
19.4.6	Konturen	282
19.4.7	Schaltzeichen für analoge Informationsverarbeitung	283
19.4.8	Schaltzeichen für speicherprogrammierte Steuerungen	284