

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	Funkentstörungen _____	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 Fehlerstrom- 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	Nachtstrom-Speicheröfen (Innenschaltung)	60
3.7.2	Nachtstrom-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-Wendeschaltung	100
8.4.2	Stern-Dreieck-Wendeschaltung	101
8.5.1	Polumschaltung (getrennte Wicklungen), Netzanschluss und Schaltzustände	102
8.5.2	Polumschaltung (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 (Schaltungen) ..	115
9.2.1	Motoren mit Hilfswicklung	116
9.2.2	Motoren mit Kondensatorhilfswicklung	117
9.3.1	Wendeschaltungen (Schaltzustände)	118
9.3.2	Wendeschaltungen	119

10 Schützschtaltungen 120 bis 149

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 Hilfsschütz (Schaltzustände)	126
10.4.2	Schalten eines Schützes mit Hilfsschütz	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	Wendeschtzue (Schaltzustände)	132
10.7.2	Wendeschtzue	133
10.8.1	Begrenzungsschaltungen (Schaltzustände)	134
10.8.2	Begrenzungsschaltungen	135
10.9.1	Automatische Stern-Dreieck-Schaltung (Schaltzustände)	136
10.9.2	Automatische Stern-Dreieck-Schaltung	137
10.10.1	Stern-Dreieck-Wendeschtzung (Schaltzustände)	138
10.10.2	Stern-Dreieck-Wendeschtzung	139
10.11.1	Bremswächterschaltungen (Schaltzustände)	140
10.11.2	Bremswächterschaltungen	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 Netzumschaltung (Schaltzustände)	146
10.14.2	Selbsttätige Netzumschaltung	147
10.15.1	Schrittschaltsteuerung (Schaltzustände)	148
10.15.2	Schrittschaltsteuerung (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 mithilfe 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 Erneuerbare Energien**244 bis 259**

17.1.1	Grundlagen (Kraft – Druck – Energie)	244
17.1.2	Grundlagen (Arbeit – Leistung)	245
17.2.1	Elektrische Energie (Bereitstellung und Verteilung)	246
17.2.2	Elektrische Energie (Kraft-Wärme-Kopplung)	247
17.3.1	Nutzung der Sonnenenergie	248
17.3.2	Nutzung der Wärmeenergie aus Erde, Wasser und Luft	249
17.4.1	Generator – Windkraftanlagen	250
17.4.2	Generator – Erzeugung elektrischer Energie	251
17.5.1	Einspeisung elektrischer Energie ins öffentliche Netz (Synchronisation)	252
17.5.2	Einspeisung elektrischer Energie ins öffentliche Netz (Synchronisation)	253
17.6.1	Wechselrichter	254
17.6.2	Wechselrichter (Blockschaltbild)	255
17.7.1	Vom Smart Metering zum Smart Grid	256
17.7.2	Smart Metering (Anschluss eHz, Blockschaltbild MUC)	257
17.8.1	Smart Metering – Elektronischer Haushaltszähler (eHz)	258
17.8.2	Smart Metering – Elektronischer Haushaltszähler (Funktionsprinzip)	259

18 Berechnungen**260 bis 273**

18.1.1	Flächen und Körper	260
18.1.2	Mechanische Größen	261

18.2.1	Ohm'sches Gesetz, Leiterwiderstand, Widerstandsschaltungen	262
18.2.2	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	263
18.3.1	Chemische Spannungsquellen	264
18.3.2	Zuleitungen, Spannungs- und Leistungsverlust	265
18.4.1	Elektrisches und magnetisches Feld, Induktion, Wechselspannung	266
18.4.2	Kapazität und Induktivität, kapazitiver und induktiver Widerstand	267
18.5.1	Komplexe Schaltungen mit zwei Widerständen	268
18.5.2	Komplexe Schaltungen mit drei Widerständen	269
18.6.1	Stern- und Dreieckschaltung	270
18.6.2	Motoren und Antriebe	271
18.7.1	Transformatoren und Netzkompensation	272
18.7.2	Lichttechnik	273

19 Tabellen

274 bis 285

19.1.1	Zeit-Strom-Kennlinien von Sicherungen	274
19.1.2	Leitungsschutzschalter, Leistungsschalter	275
19.2.1	Mindestquerschnitte von Leitungen	276
19.2.2	Querschnitte für Potenzialausgleichs-, Erdungsleiter und Erder	277
19.3.1	Schutzarten und Schutzklassen	278
19.3.2	Leiterkennzeichnung; Sicherungsbaugrößen	279
19.4.1	Kennzeichnungen von Betriebsmitteln (DIN 40719) (veraltet)	280
19.4.2	Strukturierungsprinzipien zur Kennzeichnung von Betriebsmitteln (DIN 61346)	281
19.5.1	Typenbezeichnung von Halbleiterbauelementen	282
19.5.2	Bauformen und Anschlüsse von Halbleiterbauelementen	283
19.6.1	Höchstzulässige Leitungslängen bei Kurzschlüssen	284
19.6.2	Spannungsfall und höchstzulässige Leitungslänge	285

20 Grafische Symbole für Schaltungsunterlagen

286 bis 299

20.1.1	Allgemeines	286
20.1.2	Symbolelemente und Kennzeichen für Schaltzeichen	287
20.2.1	Schaltzeichen für Leiter und Verbinder	289
20.2.2	Schaltzeichen für passive Bauelemente	289
20.2.3	Schaltzeichen für Halbleiter und Elektronenröhren	290
20.2.4	Schaltzeichen für Erzeugung und Umwandlung elektrischer Energie	291
20.3.1	Schaltzeichen für Schalt- und Schutzeinrichtungen	292
20.4.1	Schaltzeichen für Mess-, Melde- und Signaleinrichtungen	295
20.4.2	Schaltzeichen für die Nachrichtentechnik: Vermittlungseinrichtungen	296
20.4.3	Schaltzeichen für die Nachrichtentechnik: Übertragungseinrichtungen	296
20.4.4	Schaltzeichen für Netze und Elektroinstallation	296
20.4.5	Schaltzeichen für binäre Elemente	297
20.4.6	Konturen	298
20.4.7	Schaltzeichen für analoge Informationsverarbeitung	299
20.4.8	Schaltzeichen für speicherprogrammierte Steuerungen	299

Sachwortverzeichnis	300
----------------------------	------------