

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Schaltgeräte und Grundschaltungen</b> .....	<b>13</b>
1.1 Bedeutung der Schaltzeichen .....	13
1.2 Schaltgeräte .....	26
1.2.1 Schaltkontakte .....	26
1.2.2 Bemessungsdaten von Schaltgeräten .....	33
1.2.3 Schalter und deren Einteilung .....	39
1.2.3.1 Schalter in der Einteilung nach dem Schaltvermögen .....	41
1.2.3.2 Schalter in der Einteilung nach dem Verwendungszweck .....	43
1.2.4 Meldeleuchten .....	56
1.2.5 Relais .....	57
1.2.5.1 Zeitrelais .....	57
1.2.5.2 Stromstoßschalter (Stromstoßrelais) .....	60
1.2.5.3 Stromrelais (Stromwächter) .....	61
1.2.5.4 Spannungsrelais (Spannungswächter) .....	61
1.2.5.5 Phasenüberwachungsrelais (Phasenwächter) .....	62
1.2.5.6 Isolationsüberwachungsrelais (Isolationswächter) .....	62
1.2.5.7 Druckwächter .....	62
1.2.5.8 Temperaturwächter .....	63
1.2.5.9 Drehzahlwächter .....	64
1.2.6 Wächter und Begrenzer .....	64
1.2.7 Schütze .....	65
1.2.7.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	65
1.2.7.2 Lebensdauer .....	70
1.2.7.3 Ölschütze .....	70
1.2.7.4 Remanenzschütze .....	70
1.2.7.5 Elektronikschütze .....	70
1.2.8 Steckvorrichtungen .....	72
1.2.8.1 Schutzkontakt (Schuko)-Steckvorrichtung .....	72
1.2.8.2 Perilex-Steckvorrichtung .....	73
1.2.8.3 Industrie-Steckvorrichtungen nach VDE 0623 (CEE-Steckvorrichtung) .....	74
1.2.9 Schutzeinrichtungen .....	76
1.2.9.1 D- und DO-System DIN VDE 0636-3 (VDE 0636-3) Dezember 2013 .....	77
1.2.9.2 Geräteschutz-Sicherungssystem (DIN VDE 0820) .....	83
1.2.9.3 Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH-Sicherungen) nach DIN VDE 0636-2 (VDE 0636-2) September 2014 .....	84
1.2.9.4 Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641 bzw. 0660 .....	86
1.2.9.5 Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21) September 2018 .....	93
1.2.9.6 Motorschutzschalter (Motorstarter) .....	95

1.2.9.7	Leistungsschalter	99
1.2.9.8	Thermisches Überstromrelais (Bimetallrelais)	100
1.2.9.9	Motorvollschutz	102
1.3	Stromkreise	103
1.3.1	Hauptstromkreis (Laststromkreis)	103
1.3.2	Steuer- und Meldestromkreise	104
1.3.3	Bestimmungen für Steuerungsanlagen nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Juni 2019; Sicherheit von Maschinen	106
1.3.3.1	Allgemeine Anforderungen	107
1.3.3.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	108
1.3.3.3	Abweichungen bei der Anwendung der Schutzmaßnahmen	108
1.3.3.4	Leitungen und Kabel	109
1.3.3.5	Unterspannungsschutz	111
1.3.3.6	Schutz bei Spannungsausfall	111
1.3.3.7	Start-/Stopp-Funktion	111
1.3.3.8	Handlungen im Notfall (Not-Aus, Not-Halt bzw. Gefahrenschalter)	112
1.3.3.9	Zuleitung und Netztrenneinrichtung (alt: Hauptschalter)	116
1.3.3.10	Schutz gegen nichtelektrische Gefahren im Fehlerfall	119
1.3.3.11	Steuerstromkreise, Steuerspannung	121
1.3.3.12	Prüfungen	124
1.3.3.13	Technische Unterlagen	124
1.3.3.14	Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen wie im Anhang B der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Juni 2019	125
1.4	Schaltungsunterlagen (DIN EN 61346)	125
1.4.1	Zeichenregeln	128
1.4.2	Übersichtsschaltplan	130
1.4.3	Stromlaufpläne	132
1.4.3.1	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (der frühere Wirkschaltplan)	132
1.4.3.2	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (der frühere Stromlaufplan)	133
1.4.4	Geräteverdrahtungsplan	136
1.4.5	Anschlussplan	136
1.4.6	Verbindungsplan	136
1.4.7	Anordnungsplan	138
1.4.8	Aderzählermittlung mit Hilfe von Potentialzahlen	138
1.5	Funktionsbeschreibung	140
1.6	Steuerungsentwurf mit Grundsaltungen	142
1.6.1	Allgemein	142
1.6.2	Grundsaltungen	143
1.6.2.1	Tippbetrieb	143
1.6.2.2	Haltegliedsteuerung	143
1.6.2.3	Folgeschaltung	144
1.6.2.4	Verzögerungsfolgeschaltungen	144
1.6.2.5	Verriegelungsschaltungen	144
1.6.2.6	Kontrollschaltungen	146

1.6.2.7	Sonderschaltungen für Gleichstrombetrieb	147
1.6.2.8	Schaltungsaufbau mit einem Steuertransformator	149
1.7	Steuerungsbeispiele	149
1.7.1	Kühlanlage	150
1.7.2	Kusa-Schaltung (Kurzschlussläufermotor-Sanftanlauf)	152
1.7.3	Automatische $\Delta$ -Anlassschaltung	153
1.7.4	Dahlander-Schützschtung	153
1.7.5	Begrenzungssteuerung (Wendeschützschtung)	157
1.7.6	Kaskadenschaltung	157
1.7.7	Schleifringläufer-Selbstanlasserschaltung	158
1.7.8	Bremswächterschaltung	158
1.7.9	Selbsttätige Netzumschaltung	160
<b>2</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen</b>	<b>161</b>
2.1	Allgemein	161
2.2	Funktion speicherprogrammierbarer Steuerungen	162
2.3	Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	163
2.3.1	Zentralbaugruppe	164
2.3.2	Stromversorgung	165
2.3.3	Digitale Eingabebaugruppen	166
2.3.4	Digitale Ausgabebaugruppen	167
2.3.5	Zeitbaugruppen	169
2.3.6	Bussystem	170
2.3.7	Speicherbaugruppen	170
2.3.8	Baugruppen für besondere Anwendungen	172
2.4	Arbeitsweise der Zentraleinheit	173
2.4.1	Steuerwerk	173
2.4.2	Zykluszeit	174
2.4.3	Merker	175
2.5	Programmtechnischer Aufbau	175
<b>3</b>	<b>Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen</b>	<b>177</b>
3.1	Engineering Software zur Programmierung von Steuerungen	177
3.2	TIA-Portal	177
3.2.1	Projekt anlegen und Hardware-Konfiguration erstellen	177
3.3	CoDeSys	181
3.3.1	Hardware-Konfiguration mit CoDeSys	181
3.4	Steuerungsanweisungen	184
3.4.1	Aufbau einer Anweisung	184
3.4.2	Logische Grundverknüpfungen	184
3.4.3	Zeitfunktionen	190
3.4.4	Zähler	193
3.4.5	Programmeingabe in speicherprogrammierbare Steuerungen	196
3.5	Ablaufsteuerungen	201
3.5.1	Unterschiede zwischen den Normen DIN EN 61131 und DIN EN 60848	201
3.5.2	Unterschiede bei Transitionen	201
3.5.3	Unterschiede bei Aktionen	202

3.6	Eigenschaften von Ablaufsteuerungen	207
3.7	Wortverarbeitung	216
3.7.1	Byte	216
3.7.2	Wort	217
3.7.3	Doppelwort	217
3.7.4	Zahlenformate	218
3.7.4	Aufgabe: Zweipunktregler	218
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Leistungselektronik</b>	<b>221</b>
4.1	Grundbegriffe der Stromrichtertechnik	221
4.1.1	Steuern der Energieflussrichtung	222
4.1.2	Einteilung der Stromrichter nach der Art der Kommutierung	222
4.1.3	Schutz von Stromrichtern	223
4.1.4	Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	225
4.1.4.1	1-Puls-Schaltung (1-Weg-Schaltung) M1	226
4.1.4.2	2-Puls-Mittelpunktschaltung M2	226
4.1.4.3	2-Puls-Brückenschaltung B2	227
4.1.4.4	3-Puls-Mittelpunktschaltung M3	227
4.1.4.5	6-Puls-Brückenschaltung (Drehstrom-Brückenschaltung) B6	227
4.1.5	Dimensionierungshinweise für Gleichrichterschaltungen	228
4.1.5.1	Spannungsbeanspruchung der Dioden	229
4.1.5.2	Strombeanspruchung der Dioden	229
4.1.5.3	Sicherungsauslegung	229
4.2	Gesteuerter Stromrichter	230
4.2.1	Gesteuerte 1-Puls-Mittelpunktschaltung M1C	230
4.2.1.1	M1C-Schaltung mit Widerstandslast	231
4.2.1.2	M1C-Schaltung mit induktiver Last	231
4.2.2	Gesteuerte 3-Puls-Mittelpunktschaltung M3C	233
4.2.2.1	M3C-Schaltung mit Widerstandslast	233
4.2.2.2	M3C-Schaltung mit induktiver Last	233
4.2.2.3	M3C-Schaltung mit aktiver Last	235
4.2.2.4	Kommutierungsvorgang	239
4.2.3	Gesteuerte 6-Puls-Brückenschaltung B6C	241
4.2.3.1	B6C-Schaltung mit ohmscher Last	241
4.2.3.2	B6C-Schaltung mit induktiver Last	243
4.2.4	Gesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2C	243
4.2.5	Halbgesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2H	243
4.2.5.1	Spannungs- und Strombildung	245
4.2.6	Blindleistungsbetrachtung bei gesteuerten Stromrichtern	247
4.2.6.1	Stromberschwingungen	247
4.2.6.2	Blindleistungssparende Schaltungen	249
4.2.7	Steuerkennlinien	251
4.3	Stromrichter für Gleichstrommotoren	252
4.3.1	Aufbau eines typischen 1-Quadrant-Antriebes	253
4.3.1.1	Leistungsteil	253
4.3.1.2	Steuerungs- und Regelungsteil	253
4.3.1.3	Ankerspannungsregelung	256

4.3.2	Aufbau von 4-Quadrant-Antrieben . . . . .	256
4.3.2.1	4-Quadrant-Antrieb mit elektromechanischer Umschaltung . . . . .	257
4.3.2.2	4-Quadrant-Antrieb mit 2 gegenparallel geschalteten Stromrichtern (kreisstromfrei). . . . .	258
4.3.2.3	Kreisstrombehaftete Gegenparallelschaltung . . . . .	260
4.4	Gleichstromumrichter (Gleichstromsteller) . . . . .	261
4.4.1	Gleichstromsteller mit Transistoren . . . . .	262
4.4.2	Steuerverfahren von Gleichstromstellern . . . . .	262
4.4.2.1	Impulsbreitensteuerung . . . . .	262
4.4.2.2	Impulsfolgesteuerung (Frequenzsteuerung) . . . . .	262
4.4.3	Thyristor-Gleichstromsteller . . . . .	264
4.4.3.1	Thyristor-Gleichstromsteller mit Umschwingkreis . . . . .	264
4.4.4	Mehrquadrant-Gleichstromsteller . . . . .	265
4.4.4.1	Energierückspeisung mit einem Gleichstromsteller . . . . .	265
4.4.4.2	4-Quadrant-Gleichstromsteller . . . . .	266
4.5	Wechselstromsteller . . . . .	267
4.6	Drehstromsteller . . . . .	269
4.7	Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren . . . . .	271
4.7.1	Motorauslegung und Kühlung des Motors . . . . .	272
4.7.2	Drehzahlverstellung mit Zwischenkreisumrichtern . . . . .	273
4.7.2.1	Spannungszwischenkreisumrichter (U-Umrichter) . . . . .	274
4.7.2.2	Stromzwischenkreisumrichter (I-Umrichter) . . . . .	280
4.7.2.3	Stromrichter motor . . . . .	283
4.7.2.4	Direktumrichter . . . . .	287
4.8	Entwicklungstendenzen in der Leistungselektronik . . . . .	289
4.8.1	Digitale Steuerung und Regelung . . . . .	289
4.8.2	Einbindung von Antriebssystemen in übergeordneten Automatisierungssystemen . . . . .	289
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>		<b>295</b>
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>		<b>297</b>