

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Schaltgeräte und Grundschaltungen	11
1.1 Bedeutung der Schaltzeichen	11
1.2 Schaltgeräte	24
1.2.1 Schaltkontakte	24
1.2.2 Bemessungsdaten von Schaltgeräten	32
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	42
1.2.4 Meldeleuchten	57
1.2.5 Relais	59
1.2.5.1 Zeitrelais	60
1.2.5.2 Stromstoßschalter (Stromstoßrelais)	63
1.2.5.3 Stromrelais (Stromwächter)	63
1.2.5.4 Spannungsrelais (Spannungswächter)	64
1.2.5.5 Phasenüberwachungsrelais (Phasenwächter)	64
1.2.5.6 Isolationsüberwachungsrelais (Isolationswächter)	64
1.2.5.7 Druckwächter	66
1.2.5.8 Temperaturwächter	66
1.2.5.9 Drehzahlwächter	67
1.2.6 Wächter und Begrenzer	68
1.2.7 Schütze	68
1.2.7.1 Aufbau und Wirkungsweise	68
1.2.7.2 Lebensdauer	73
1.2.7.3 Ölschütze	73
1.2.7.4 Remanenzschütze	73
1.2.7.5 Elektronikschütze	74
1.2.8 Steckvorrichtungen	75
1.2.8.1 Schutzkontakt(Schuko)-Steckvorrichtung	76
1.2.8.2 Perilex-Steckvorrichtung	77
1.2.8.3 Industrie-Steckvorrichtungen nach VDE 0623 (CEE-Steckvorrichtung)	78
1.2.9 Schutzeinrichtungen	80
1.2.9.1 D- und DO-System DIN VDE 0636-3 (VDE 0636-3) Dezember 2013	81
1.2.9.2 Geräteschutz-Sicherungssystem (DIN VDE 0820)	88
1.2.9.3 Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH-Sicherungen) nach DIN VDE 0636-2 (VDE 0636-2) September 2014	89
1.2.9.4 Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641 bzw. 0660	91
1.2.9.5 Selektive Haupt-Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0641-21 (VDE 0641-21) September 2018	100
1.2.9.6 Motorschutzschalter (Motorstarter)	102
1.2.9.7 Leistungsschalter	106
1.2.9.8 Thermisches Überstromrelais (Bimetallrelais)	108
1.2.9.9 Motorvollschutz	110
1.3 Stromkreise	111
1.3.1 Hauptstromkreis (Laststromkreis)	111
1.3.2 Steuer- und Meldestromkreise	112

1.3.3	Bestimmungen für Steuerungsanlagen nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Juni 2019; Sicherheit von Maschinen	114
1.3.3.1	Allgemeine Anforderungen	115
1.3.3.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	116
1.3.3.3	Abweichungen bei der Anwendung der Schutzmaßnahmen	116
1.3.3.4	Leitungen und Kabel	117
1.3.3.5	Unterspannungsschutz	120
1.3.3.6	Schutz bei Spannungsausfall	120
1.3.3.7	Start-/Stopp-Funktion	120
1.3.3.8	Handlungen im Notfall (Not-Aus, Not-Halt bzw. Gefahrschalter)	121
1.3.3.9	Zuleitung und Netztrenneinrichtung (alt: Hauptschalter)	122
1.3.3.10	Schutz gegen nichtelektrische Gefahren im Fehlerfall	125
1.3.3.11	Steuerstromkreise, Steuerspannung	128
1.3.3.12	Prüfungen	130
1.3.3.13	Technische Unterlagen	131
1.3.3.14	Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen wie im Anhang B der DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Juni 2007	132
1.4	Schaltungsunterlagen (DIN EN 61346)	132
1.4.1	Zeichenregeln	134
1.4.2	Übersichtsschaltplan	138
1.4.3	Stromlaufpläne	139
1.4.3.1	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (der frühere Wirkschaltplan)	140
1.4.3.2	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (der frühere Stromlaufplan)	140
1.4.4	Geräteverdrahtungsplan	144
1.4.5	Anschlussplan	144
1.4.6	Verbindungsplan	145
1.4.7	Anordnungsplan	146
1.4.8	Aderzahlermittlung mit Hilfe von Potentialzahlen	146
1.5	Funktionsbeschreibung	149
1.6	Steuerungsentwurf mit Grundsaltungen	150
1.6.1	Allgemein	150
1.6.2	Grundsaltungen	152
1.6.2.1	Tippbetrieb	152
1.6.2.2	Haltegliedsteuerung	152
1.6.2.3	Folgeschaltung	153
1.6.2.4	Verzögerungsfolgeschaltungen	153
1.6.2.5	Verriegelungsschaltungen	154
1.6.2.6	Kontrollschaltungen	156
1.6.2.7	Sonderschaltungen für Gleichstrombetrieb	157
1.6.2.8	Schaltungsaufbau mit einem Steuertransformator	158
1.7	Steuerungsbeispiele	159
1.7.1	Kühlanlage	160
1.7.2	Kusa-Schaltung (Kurzschlussläufermotor-Sanftanlauf)	161
1.7.3	Automatische Δ - Δ -Anlassschaltung	163
1.7.4	Dahlander-Schützschtaltung	164
1.7.5	Begrenzungssteuerung (Wendeschtzschaltung)	166
1.7.6	Kaskadenschaltung	166
1.7.7	Schleifringläufer-Selbstanlasserschaltung	167
1.7.8	Bremswächterschaltung	170
1.7.9	Selbsttätige Netzumschaltung	170
2	Darstellung von Steuerungen mit Schaltzeichen für binäre Schaltungen	
2.1	Binäre Steuerungen	171
2.1.1	Signalpegel	171

2.1.2	Wahrheitstabelle	172
2.1.3	Grundform des Schaltzeichens für binäre Schaltungen	172
2.1.4	Negierung von Signalen	173
2.1.5	Binäre Verknüpfungsglieder	174
2.1.5.1	Und-Verknüpfung	174
2.1.5.2	Oder-Verknüpfung	174
2.1.5.3	Nicht-Funktion	175
2.1.5.4	Nand-Funktion	176
2.1.5.5	Nor-Funktion	176
2.1.5.6	Speicherglieder	177
2.1.5.7	Verzögerungsglieder	181
2.2	Steuerungsdarstellung durch Funktionspläne	182
2.2.1	Darstellung von Verknüpfungssteuerungen	183
2.2.2	Darstellung von Aktionen	184
2.2.2.1	Unterschiede zwischen den Normen DIN EN 61131 und DIN EN 60848	185
2.2.2.2	Unterschiede bei Transitionen	185
2.2.2.3	Unterschiede bei Aktionen	185
2.3	Ablaufsteuerungen	190
3	Speicherprogrammierbare Steuerungen	197
3.1	Allgemein	197
3.2	Funktion speicherprogrammierbarer Steuerungen	198
3.3	Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	199
3.3.1	Stromversorgung	201
3.3.2	Digitale Eingabebaugruppen	201
3.3.3	Digitale Ausgabebaugruppen	202
3.3.4	Zentralbaugruppe	205
3.3.5	Zeitbaugruppen	205
3.3.6	Bussystem	206
3.3.7	Speicherbaugruppen	206
3.3.8	Baugruppen für besondere Anwendungen	209
3.4	Programmierung speicherprogrammierbarer Steuerungen	210
3.4.1	Aufbau einer Anweisung	210
3.4.2	Logische Grundverknüpfungen	211
3.4.3	Zähler	213
3.4.4	Programmeingabe in speicherprogrammierbare Steuerungen	221
4	Grundlagen der Leistungselektronik	229
4.1	Grundbegriffe der Stromrichtertechnik	229
4.1.1	Steuern der Energieflussrichtung	230
4.1.2	Einteilung der Stromrichter nach der Art der Kommutierung	231
4.1.3	Schutz von Stromrichtern	231
4.1.4	Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	234
4.1.4.1	1-Puls-Schaltung (1-Weg-Schaltung) M1	234
4.1.4.2	2-Puls-Mittelpunktschaltung M2	235
4.1.4.3	2-Puls-Brückenschaltung B2	235
4.1.4.4	3-Puls-Mittelpunktschaltung M3	236
4.1.4.5	6-Puls-Brückenschaltung (Drehstrom-Brückenschaltung) B6	236
4.1.5	Dimensionierungshinweise für Gleichrichterschaltungen	237
4.1.5.1	Spannungsbeanspruchung der Dioden	238
4.1.5.2	Strombeanspruchung der Dioden	238
4.1.5.3	Sicherungsauslegung	238
4.2	Gesteuerter Stromrichter	239
4.2.1	Gesteuerte 1-Puls-Mittelpunktschaltung M1C	239
4.2.1.1	M1C-Schaltung mit Widerstandslast	240
4.2.1.2	M1C-Schaltung mit induktiver Last	240
4.2.2	Gesteuerte 3-Puls-Mittelpunktschaltung M3C	242

4.2.2.1	M3C-Schaltung mit Widerstandslast	242
4.2.2.2	M3C-Schaltung mit induktiver Last	242
4.2.2.3	M3C-Schaltung mit aktiver Last	245
4.2.2.4	Kommutierungsvorgang	249
4.2.3	Gesteuerte 6-Puls-Brückenschaltung B6C	251
4.2.3.1	B6C-Schaltung mit ohmscher Last	251
4.2.3.2	B6C-Schaltung mit induktiver Last	252
4.2.4	Gesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2C	253
4.2.5	Halbgesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung B2H	256
4.2.5.1	Spannungs- und Strombildung	256
4.2.6	Blindleistungsbetrachtung bei gesteuerten Stromrichtern	258
4.2.6.1	Stromüberschwingungen	258
4.2.6.2	Blindleistungssparende Schaltungen	260
4.2.7	Steuerkennlinien	262
4.3	Stromrichter für Gleichstrommotoren	263
4.3.1	Aufbau eines typischen 1-Quadrant-Antriebes	264
4.3.1.1	Leistungsteil	264
4.3.1.2	Steuer- und Regelungsteil	264
4.3.1.3	Ankerspannungsregelung	267
4.3.2	Aufbau von 4-Quadrant-Antrieben	268
4.3.2.2	4-Quadrant-Antrieb mit 2 gegenparallel geschalteten Stromrichtern (kreisstromfrei)	270
4.3.2.3	Kreisstrombehaftete Gegenparallelschaltung	271
4.4	Gleichstromumrichter (Gleichstromsteller)	273
4.4.1	Gleichstromsteller mit Transistoren	273
4.4.2	Steuerverfahren von Gleichstromstellern	274
4.4.2.1	Impulsbreitensteuerung	275
4.4.2.2	Impulsfolgesteuerung (Frequenzsteuerung)	275
4.4.3	Thyristor-Gleichstromsteller	275
4.4.4	Mehrquadrant-Gleichstromsteller	277
4.4.4.1	Energierückspeisung mit einem Gleichstromsteller	277
4.4.4.2	4-Quadrant-Gleichstromsteller	278
4.5	Wechselstromsteller	280
4.5.1	Wechselstromsteller mit induktiver, ohmsch-induktiver Last	280
4.6	Drehstromsteller	281
4.6.1	Spannungsbildung eines Drehstromstellers mit ohmscher Last	282
4.7	Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren	283
4.7.1	Motorauslegung und Kühlung des Motors	285
4.7.2	Drehzahlverstellung mit Zwischenkreisumrichtern	286
4.7.2.1	Spannungszwischenkreisumrichter (U-Umrichter)	287
4.7.2.2	Stromzwischenkreisumrichter (I-Umrichter)	293
4.7.2.3	Stromrichtermotor	298
4.7.2.4	Direktumrichter	300
4.8	Entwicklungstendenzen in der Leistungselektronik	303
4.8.1	Digitale Steuerung und Regelung	305
4.8.2	Einbindung von Antriebssystemen in übergeordneten Automatisierungssystemen	307
Literaturverzeichnis		309
Stichwortverzeichnis		311