

Inhalt

Grundlagen	11
Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	11
Formelzeichen und Einheiten	13
Mathematische Zeichen	15
Zahlensysteme	16
Rechnen mit Dualzahlen	17
Codes	18
Mathematische Grundlagen	22
Formelumstellung	25
Flächenberechnung	26
Volumenberechnung	27
Physikalische Formeln	28
Mechanik	29
Einfache Antriebe	31
Formeln der Elektrotechnik	32
Gleichstromtechnik	32
Elektrisches Feld	36
Magnetisches Feld	38
Wechselstromtechnik	40
Drehstromtechnik	49
Symbole und Schaltzeichen der Elektrotechnik	55
Bauelemente der Elektrotechnik	62
Elektrische Widerstände	63
Nichtlineare Widerstände	66
Heißleiter	66
Kälteleiter	67
Spannungsabhängige Widerstände	67
Kondensatoren	68
Halbleiterbauelemente	71
Kennzeichnung von Halbleitern	71
Farbcodierung von Dioden	72
Bipolare Transistoren	74
Feldeffekttransistoren	76
Thyristoren	79
Optoelektronische Bauelemente	81
Operationsverstärker	85
Wichtige Kenndaten des Operationsverstärkers	85
Grundschaltungen mit Operationsverstärkern	86
Logische Verknüpfungen	88
NAND- und NOR-Schaltungstechnik	91
Bistabile Kippglieder	91
Zeitverzögerung	93
Schaltalgebra	94
Schaltkreisfamilien	95
Arbeitstabelle	96
Wahrheitstabelle	96
Kühlung von Halbleiterbauelementen	99
Elektrochemische Spannungsquellen	99
Primärelemente	99
Sekundärelemente	101
Akkumulatoren	102
Fotovoltaik	104
Errichtung elektrischer Anlagen	107
Netzsysteme	107
Elektrische Anlagen bis 1000 V, Begriffe	109
Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag	111
Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper	111

Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	111
Schutz durch Kleinspannung – SELV und PELV	111
Schutz durch elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen	112
Schutzklassen	116
Schutzmaßnahmen im TN-System	116
Schutzmaßnahmen im TT-System	117
Schutzmaßnahmen im IT-System	118
Schutztrennung	119
Schutz durch RCD	120
RCD-Typen	120
Leitungen und Kabel	121
Leitungsberechnung	121
Mindestquerschnitte von Kabeln und Leitungen	121
Aderfarben	121
Spannungsangaben	123
Bauartkurzzeichen	123
Harmonisierte Leitungen	125
Isolierte Starkstromleitungen für feste Verlegung	126
Flexible Starkstromleitungen	128
Prüfung von Anlagen und Verbrauchsmitteln	143
Erstprüfung	143
Messung der Durchgängigkeit des Schutzleiters	143
Messung des Isolationswiderstandes	145
Messung der Schleifenimpedanz	147
Messung des Erdungswiderstandes	148
Prüfung des Drehfeldes	149
Prüfung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	149
Spannungsprüfung	151
Schutz gegen Restspannung	151
Prüfung elektrischer Geräte	151
Wiederholungsprüfungen	152
Änderung und Instandsetzung	152
Prüfung nach DIN VDE 0701-702	152
Schutzeiterprüfung	152
Messung des Isolationswiderstandes	153
Messung des Schutzeiterstromes	155
Messung des Berührungsstromes	156
Nachweis der sicheren Trennung bei SELV und PELV	157
Funktionsprüfung	157
Beurteilung, Dokumentation	157
Blindleistungskompensation	157
Berechnung der Kompensationskondensatoren	158
Blindleistungsregler	159
Kompensation von Transformatoren	160
Kompensation von Asynchronmotoren	161
Kompensation von Entladungslampen	161
Überspannungsschutz	161
Schutzkonzept	163
Auswahl der Abreiter	164
Starkstromkabel	166
Steckvorrichtungen	167
Elektrische Maschinen und Antriebe	171
Betriebsarten elektrischer Maschinen	171
Bauformen und Aufstellung	173
IP-Schutzzonen	173
Erwärmung elektrischer Maschinen	179
Betriebswerte von oberflächengekühlten Drehstrommotoren	179
Normmaße von Drehstrommotoren	185
Drehstrom-Asynchronmotoren	187
Gleichstrommotoren	192
Schrittmotor	195

Inhalt

Bremsen von Elektromotoren	196
Servomotoren	197
Motorschutz	198
Standardschaltungen mit Motoren	202
Transformatoren	205
Wichtige Größen des Transformators	205
Kurzschlussspannung	206
Drehstromtransformator	207
Sondertransformatoren	210
Messwandler	211
Auswahl des Antriebsmotors	212
Kühlung	213
Anpassung an die Arbeitsmaschine	213
Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	214
Störungen bei Elektromotoren	215
 Messtechnik und Sensorik	216
Grundbegriffe der Messtechnik	217
Darstellung von Messgrößen	218
Genauigkeitsklasse	218
Sinnbilder zur Beschriftung von Messgeräten	218
Zeigermessgeräte	219
Digitale Multimeter	220
Leistungsmessung	221
Messen mit dem Oszilloskop	222
Sensoren	225
Digitales Sensorsystem	226
Schaltzeichen von Messkettengliedern	226
Temperatursensoren	227
Widerstandsmessfühler	227
Thermoelemente	228
Weg- und Winkelmessung	229
Drehzahlmessung	231
Drehgeber	232
DMS-Bauformen	233
DMS-Messschaltungen	234
Drucksensoren	237
Induktive Näherungsschalter	239
Kapazitive Näherungsschalter	241
Ultraschallsensoren	241
Optoelektronische Sensoren	242
Füllstandsmessung	245
Durchflussmessung	245
 Automatisierungstechnik	246
Grundbegriffe der Steuerungstechnik	247
Schütze	249
Relais	251
Schutzbeschaltung	253
Befehls- und Meldegeräte	254
Farben für Drucktaster, Leuchtdrucktaster und Anzeigen	254
Befehlsgieber und Leuchtmelder	254
Grenztaster	255
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	256
Binäre Verknüpfungen	256
Steueranweisungen	257
Operanden/Zuordnungsliste	258
Programmiersprachen AWL, FUP, KOP	258
Merker – Klammern	260
Abfrage von Öffnern	260
Speicher	261

Zeitfunktionen und Zähler	262
Programmsprung	264
Flankenauswertung	264
Ablaufsteuerung, Schrittsteuerung	265
Befehle, Aktionen	266
Lineare Schrittfolge	268
Verzweigung, Sprung und Schleife	269
GRAFCET	269
Strukturierte Programmierung	271
Programmbausteine	271
Sprachelemente, Datentypen und Variablen	271
Variablen und Variablen Deklaration	272
Strukturierter Text	274
Wortverarbeitung	276
Operationen und Operanden	276
Arithmetische Funktionen	277
Vergleichsfunktionen	277
Analogwertverarbeitung	277
Kleinsteuerung	278
Regelungstechnik	280
Regelkreis	280
Elemente einer Regelstrecke	281
Zeitverhalten von Führungsgrößen	281
Zeitverhalten von Regelkreisgliedern	282
Stetige Regeleinrichtungen	282
Stetige Regeleinrichtungen mit Operationsverstärkern	285
Regelstrecken	286
Zeitverhalten von Regelstrecken	287
Einstellung von Reglern	288
Verlauf eines Regelvorganges	288
Reglereinstellung nach Ziegler und Nichols	288
Reglereinstellung nach Chien, Hrones und Reswick	289
Zweipunktregeleinrichtung	289
Industriebussysteme	290
AS-i-Bus	291
Profibus	294
Interbus	298
CAN-Bus	298
Profinet-Industrial Ethernet	299
Maschinensicherheit	300
Sicherheitskategorien	301
Risikobeurteilung	302
Not-Befehlseinrichtung	302
Not-Aus- und Drahtbruchsicherheit	303
Zweihandverriegelung	303
Beschaltung einer SPS	304
Selbstüberwachende Sicherheitsschaltung	304
Not-Aus-Schaltgerät	305
Erdschlussicherheit	306
Steuertransformator	306
Netzanschluss	307
Toleranzbereich der Versorgungsspannung	307
Elektromagnetische Verträglichkeit	308
EMV-Normen	308
Filtiereinsatz	309
 Kennzeichnung von Stromrichtern	311
Ungesteuerte Stromrichter (Gleichrichter)	312
Gesteuerte Stromrichter	312
Wechselrichter	317
Drehzahlsteuerung von Drehfeldmaschinen	318

Inhalt

Betriebsdiagramm von Stromrichtermotoren	320
Gleichstromsteller	321
Wechselstromsteller	321
Schutz von Halbleitern und Stromrichtern	322
Halbleiterenschütz	323
Softstarter	324
Frequenzumrichter	329
Netz- und Geräteventile	331
Schalschrank und Leitungsführung	331
Spannungsversorgung von Betriebsmitteln	332
Kenndaten von Gleichrichterschaltungen zur Spannungsversorgung	332
Siebschaltungen und Spannungsstabilisierung	333
Schaltnetzzeile	334
Installationstechnik	336
Sicherheitsregeln	337
Arbeiten unter Spannung	337
Zulässiger Spannungsfall	338
Installationsrohre	338
Räume mit elektrischen Anlagen	363
Elektrische Betriebsstätten	363
Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten	364
Batterieräume und Ladestationen	364
Trockene Räume	364
Feuchte und nasse Räume	364
Anlagen im Freien	364
Feuergefährdete Betriebsstätten	365
Räume mit Badewanne oder Dusche	366
Baustellen	369
Explosionsgefährdete Bereiche	370
Technische Dokumentation	376
Normung	377
Technisches Zeichnen	377
Papierformate	377
Beschriftung	378
Maßstäbe	378
Linien	378
Projektionen	378
Körperansichten	378
Bemaßung	380
Gewinde	383
Kennzeichnung von Schaltplänen	383
Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel	384
Stromlaufpläne	387
Regeln für Stromlaufpläne	388
Klemmverbindungen	390
Übergangswiderstand von Klemmen	391
Kontakttabellen	392
Hauptstromkreis und Steuerstromkreis	394
Anschlusstabelle (Klemmenplan)	396
Anordnungsplan	396
Stromkreisverteiler	397
Ortsbezogene Pläne	397
Programmablaufplan (Flussdiagramm)	398
Elementare Programmstrukturen	398
Metalletechnische Bemaßung	374
Spezielle Maße	377
Maßeintragung	378
Toleranzen	380
Toleranzangaben in Zeichnungen	384



Formtoleranzen	385
Lagetoleranzen	386
Allgemeintoleranzen	386
Passungen	389
Auswahl von Passungen	391
System Einheitsbohrung	392
System Einheitswelle	394
Grenzabmaße für Bohrungen	396
Grenzabmaße für Wellen	396
Oberflächenangaben	398
Wärmebehandelte Werkstücke in Zeichnungen	402
Beschichtete Oberflächen	405
Schweißen und Löten	405
Darstellung von Schweißnähten	405
Bemaßung von Schweißnähten	405
Stoß- und Nahtarten	407
Symbole der Schweißtechnik	408
Kennzahlen für Schweiß- und Lötverfahren	409
Schweißpositionen	410
Allgemeintoleranzen für Schweißpositionen	410
Gewindedarstellung	411
Löcher, Schrauben, Niete	413
Darstellung und Bemaßung von Löchern	414
Darstellung und Bemaßung von Gewinden	415
Darstellung und Bemaßung von Senkungen	417
Darstellung von Zentrierbohrungen	419
Rändel	420
Freistiche	421
Schraffuren	421
Werkstückkanten	422
Zahnräder, Sinnbilder für Getriebepläne	425
Dichtelemente	426
Wälzlager	428
Federn	431
Gewindeausläufe, Gewindefreistiche	431
Freistiche, Zentrierbohrungen	431
Senkungen	434

Informationstechnik	418
Anschlüsse eines Personalcomputers	419
Schnittstellen	419
Speichermedien	422
LAN/WLAN	423
Topologien	424
Wireless LAN	424
PC-Netzwerke	425
Netzwerkleitungen	425
Server	427
Netzwerkkomponenten	427
Netzwerkprotokolle	428
Ethernet	428
Echtzeit-Ethernet	429
Industrial Ethernet	429
Datensicherheit	430
Verfahren der Datensicherung	430
Datenschutzstrategie	430
Virenschutz	431
Datenschutz	431
Bundesdatenschutzgesetz	431

Inhalt

Maßnahmen zum Datenschutz	431
Sicherheitskennzeichen	432
Farben und Formen	432
Verbotszeichen	432
Warnzeichen	433
Brandschutzzeichen	434
Gebotszeichen	434
Rettungszeichen	435
Gefahrensymbole	435
Kennzeichen von Druckgasflaschen	436
Prüfzeichen	437
Bezeichnung der besonderen Gefahren (R-Sätze)	437
Sicherheitsratschläge (S-Sätze)	438
GHS/CLP	439
Gefahrenkennzeichnung nach GHS	440
Verhalten in Notfällen	441
Notfall-Rettungskette	441

Anhang

Anhang	466
Spezifischer Widerstand	467
Spezifische Leitfähigkeit	467
Temperaturbeiwert	467
Beziehung zwischen Einheiten	468
Dielektrizitätszahlen fester und flüssiger Stoffe	473
Permeabilitätszahlen von Werkstoffen	474
Koerzitivfeldstärken magnetischer Werkstoffe	474
Eisenblechkerne	475
Dauermagnetwerkstoffe	476
Stoffabscheidung durch Elektrolyse	478
Weichlote	478
Hartlote	478
Kunststoffe	479
Widerstandswerkstoffe	482
Heizeleiterwerkstoffe	482
Kontaktwerkstoffe	482
Wichtige VDE-Vorschriften	483
Instandhaltung	878
Dokumentation	880

Sachwortverzeichnis

885

Shortregister

917