

|            |                                      |           |
|------------|--------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Das Projekt</b>                   | <b>17</b> |
| <b>2</b>   | <b>Sichere Energieversorgung</b>     | <b>35</b> |
| <b>2.1</b> | <b>TN-System</b>                     | <b>35</b> |
|            | Belastung des N-Leiters              | 39        |
|            | Oberschwingungen                     | 39        |
|            | Messung der Oberschwingungen         | 41        |
| <b>2.2</b> | <b>Fehlerstrom-Schutzeinrichtung</b> | <b>41</b> |
|            | RCD-Typen                            | 41        |
|            | Bezeichnungen                        | 43        |
|            | RCD und Leistungselektronik          | 44        |
| <b>2.3</b> | <b>TT-System</b>                     | <b>45</b> |
| <b>2.4</b> | <b>IT-System</b>                     | <b>46</b> |
| <b>2.5</b> | <b>Schaltanlagen</b>                 | <b>47</b> |
|            | Trennschalter                        | 47        |
|            | Erdungsschalter                      | 47        |
|            | Lasttrennschalter                    | 47        |
|            | Sicherungslasttrennschalter          | 48        |
|            | Leistungsschalter                    | 48        |
|            | HH-Sicherungen                       | 48        |
|            | Selektivität                         | 49        |
| <b>2.6</b> | <b>Erdungsanlagen</b>                | <b>53</b> |
| <b>2.7</b> | <b>Blindleistungskompensation</b>    | <b>55</b> |
|            | Blindleistungsregler                 | 56        |
|            | Kompensationsarten                   | 57        |
|            | Verdrosselte Kondensatoren           | 58        |
| <b>2.8</b> | <b>Überspannungsschutz</b>           | <b>59</b> |
|            | Innerer Blitzschutz                  | 62        |
| <b>2.9</b> | <b>Erneuerbare Energiequellen</b>    | <b>66</b> |

|             |                                                 |            |
|-------------|-------------------------------------------------|------------|
| <b>2.10</b> | <b>Elektromagnetische Verträglichkeit .....</b> | <b>73</b>  |
|             | Elektromagnetische Störung .....                | 73         |
|             | Galvanische Kopplung .....                      | 73         |
|             | Kapazitive Kopplung .....                       | 74         |
|             | Induktive Kopplung .....                        | 75         |
|             | Strahlungskopplung .....                        | 75         |
|             | Leitungsschirmung .....                         | 76         |
|             | Filter .....                                    | 77         |
|             | Schaltschrank .....                             | 80         |
| <br>        |                                                 |            |
| <b>2.11</b> | <b>Schutzmaßnahmenprüfung .....</b>             | <b>82</b>  |
|             | Erstprüfung DIN VDE 0100-600 .....              | 82         |
|             | Besichtigung .....                              | 83         |
|             | Erproben und Messen .....                       | 83         |
|             | Niederohmmessung .....                          | 83         |
|             | Isolationswiderstandsmessung .....              | 83         |
|             | Schleifenimpedanzmessung .....                  | 85         |
|             | Erdungswiderstandsmessung .....                 | 86         |
|             | Netzzinnenwiderstandsmessung .....              | 88         |
|             | Prüfung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ..... | 89         |
|             | Dokumentation, Prüfbericht .....                | 91         |
| <br>        |                                                 |            |
| <b>2.12</b> | <b>Wiederkehrende Prüfungen .....</b>           | <b>91</b>  |
| <br>        |                                                 |            |
| <b>2.13</b> | <b>Prüfung elektrischer Geräte .....</b>        | <b>94</b>  |
|             | Besichtigung .....                              | 96         |
|             | Messung .....                                   | 83         |
|             | Schutzleiterwiderstand .....                    | 96         |
|             | Isolationswiderstandsmessung .....              | 97         |
|             | Schutzleiterstrommessung .....                  | 97         |
|             | Berührungsstrommessung .....                    | 98         |
|             | Ersatz-Ableitstrommessung .....                 | 99         |
|             | Funktionsprüfung .....                          | 100        |
|             | Bewertung und Dokumentation .....               | 100        |
| <br>        |                                                 |            |
| <b>3</b>    | <b>Baugruppen .....</b>                         | <b>101</b> |
| <br>        |                                                 |            |
| <b>3.1</b>  | <b>Feldeffekttransistoren .....</b>             | <b>101</b> |
| <br>        |                                                 |            |
| <b>3.2</b>  | <b>Operationsverstärker .....</b>               | <b>104</b> |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| Inhalt                                         | 7   |
| 3.3 Thyristoren                                | 110 |
| Einrichtungs-Thyristordiode (Vierschichtdiode) | 110 |
| Zweirichtungs-Thyristordiode (Diac)            | 111 |
| Zweirichtungsdiode                             | 111 |
| Einrichtungs-Thyristortriode                   | 112 |
| Zweirichtungsthyristor                         | 114 |
| Phasenanschnittsteuerung                       | 115 |
| Antiparallelschaltung von Thyristoren          | 117 |
| Nullspannungsschalter                          | 118 |
| Elektronisches Lastrelais                      | 119 |
| Schwingungspaketsteuerung                      | 120 |
| 3.4 Stromrichter                               | 121 |
| Gesteuerte Stromrichter                        | 122 |
| Gesteuerte Einpuls-Mittelpunktschaltung        | 122 |
| Gesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung           | 123 |
| Gesteuerte Dreipuls-Mittelpunktschaltung       | 124 |
| Drehstrom-Brückenschaltung                     | 128 |
| Halbgesteuerte Stromrichter                    | 130 |
| Ungesteuerte Stromrichter                      | 133 |
| 4 Elektrische Maschinen und Antriebe           | 135 |
| 4.1 Transformator                              | 135 |
| Unbelasteter Transformator                     | 135 |
| Belasteter Transformator                       | 136 |
| Kurzschlussspannung                            | 137 |
| Kurzschlussstrom                               | 138 |
| Einschaltstrom                                 | 138 |
| Wirkungsgrad                                   | 138 |
| Drehstromtransformator                         | 140 |
| Schaltgruppen                                  | 143 |
| Parallelschaltung                              | 144 |
| Leistungsschild                                | 145 |
| Kühlung                                        | 145 |
| Spartransformator                              | 145 |
| Messwandler                                    | 146 |
| 4.2 Elektromotoren                             | 148 |
| Magnetisches Drehfeld                          | 148 |
| Drehfelddrehzahl                               | 149 |
| Kurzschlussläufermotor                         | 150 |

|            |                                                                |            |
|------------|----------------------------------------------------------------|------------|
|            | Gleichstrommotoren .....                                       | 157        |
|            | Schaltung von Gleichstrommotoren .....                         | 161        |
|            | Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren .....                 | 163        |
|            | Synchronmotor .....                                            | 164        |
|            | Spaltpolmotor .....                                            | 167        |
|            | Universalmotor .....                                           | 167        |
|            | Schrittmotor .....                                             | 168        |
|            | Servomotor .....                                               | 169        |
|            | Servoantrieb .....                                             | 171        |
|            | Linearmotor .....                                              | 177        |
| <b>4.3</b> | <b>Elektrische Antriebstechnik .....</b>                       | <b>178</b> |
|            | Drehmoment .....                                               | 179        |
|            | Bremsen von Drehstrommotoren .....                             | 180        |
|            | Anlassen von Elektromotoren .....                              | 183        |
|            | Sanftanlaufgerät .....                                         | 184        |
|            | Frequenzumrichter .....                                        | 189        |
|            | Frequenzumrichter und Motor .....                              | 196        |
|            | Auswahl des Frequenzumrichters .....                           | 196        |
|            | Parametrierung des Frequenzumrichters .....                    | 197        |
| <b>5</b>   | <b>Elektrische Anlagen .....</b>                               | <b>203</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Beleuchtungstechnik .....</b>                               | <b>203</b> |
|            | Größen der Lichttechnik .....                                  | 203        |
|            | Lampen .....                                                   | 205        |
|            | Berechnung der Beleuchtungsanlage .....                        | 210        |
|            | Leuchten .....                                                 | 213        |
| <b>5.2</b> | <b>Brandmeldeanlagen .....</b>                                 | <b>216</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Gebäudesystemtechnik .....</b>                              | <b>224</b> |
|            | Linien und Bereiche .....                                      | 225        |
|            | Physikalische Adresse .....                                    | 230        |
|            | Gruppenadresse .....                                           | 231        |
|            | Wichtige Buskomponenten .....                                  | 231        |
|            | TX-Funk KNX .....                                              | 240        |
| <b>5.4</b> | <b>Betriebsstätten, Anlagen und Räume besonderer Art .....</b> | <b>242</b> |
|            | Elektrische Betriebsstätten .....                              | 242        |
|            | Trockene Räume .....                                           | 242        |
|            | Feuchte Bereiche .....                                         | 242        |

|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| <b>Inhalt</b>                                          | <b>9</b>   |
| Nasse Räume .....                                      | 242        |
| Anlagen im Freien .....                                | 242        |
| Baustellen .....                                       | 242        |
| Feuergefährdete Betriebsstätten .....                  | 243        |
| Explosionsgefährdete Bereiche .....                    | 243        |
| <b>5.5 Leitungen und Kabel .....</b>                   | <b>246</b> |
| <b>6 Anlagen automatisieren .....</b>                  | <b>249</b> |
| <b>6.1 Steuerungstechnik .....</b>                     | <b>261</b> |
| Aufbau der Hardware .....                              | 261        |
| Binäre Verknüpfungssteuerungen .....                   | 262        |
| Ablaufsteuerungen .....                                | 273        |
| Strukturierte Programmierung .....                     | 281        |
| Sprachelemente, Datentypen und Variablen .....         | 282        |
| Instanziierung .....                                   | 285        |
| Quellorientierte Programmierung .....                  | 288        |
| Pneumatikstanze .....                                  | 294        |
| Programmierung mit anwendererstellten Bausteinen ..... | 298        |
| Wortverarbeitung .....                                 | 300        |
| Lade- und Transferoperationen .....                    | 300        |
| Arithmetische Funktionen .....                         | 303        |
| Vergleichsfunktionen .....                             | 304        |
| Sprungfunktionen .....                                 | 305        |
| Projekt Karusselllager .....                           | 309        |
| Strukturierter Text .....                              | 318        |
| Analogwertverarbeitung .....                           | 321        |
| <b>6.2 Sensoren .....</b>                              | <b>331</b> |
| Temperatursensoren .....                               | 331        |
| Sensoren für geometrische Messgrößen .....             | 333        |
| Füllstandsmessung .....                                | 336        |
| Durchflussmessung .....                                | 337        |
| Induktive Näherungssensoren .....                      | 337        |
| Abstandssensoren .....                                 | 340        |
| Magnetfeldsensoren .....                               | 340        |
| Kapazitive Näherungssensoren .....                     | 340        |
| Ultraschallsensoren .....                              | 342        |
| Optoelektronische Sensoren .....                       | 343        |
| Dehnungsmessstreifen .....                             | 344        |
| Drucksensoren .....                                    | 345        |

|            |                                               |            |
|------------|-----------------------------------------------|------------|
| <b>6.3</b> | <b>Regelungstechnik</b>                       | <b>347</b> |
|            | Regelstrecken                                 | 348        |
|            | Stetige Regler                                | 354        |
|            | Kombinierte stetige Regler                    | 357        |
|            | Regelkreis                                    | 360        |
|            | Unstetige Regler                              | 360        |
|            | Digitale Regler                               | 361        |
| <b>6.4</b> | <b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b>   | <b>365</b> |
|            | Netzanschluss                                 | 365        |
|            | Hauptschalter                                 | 366        |
|            | Steuerstromkreise                             | 367        |
|            | Steuertransformator                           | 367        |
|            | Steuerspannung                                | 368        |
|            | Not-Befehlseinrichtung                        | 368        |
|            | Zusätzliche Stromkreise                       | 369        |
|            | Sicherheitsrelais (Not-Halt-Relais)           | 372        |
|            | Sicherheitsbezogene Steuerungen               | 375        |
| <b>6.5</b> | <b>Bussysteme</b>                             | <b>379</b> |
|            | Feldbussysteme                                | 380        |
|            | Datenübertragung im Bussystem                 | 381        |
|            | Netzwerktopologien                            | 382        |
|            | Aktor-Sensor-Interface (ASI)                  | 383        |
|            | PROFIBUS                                      | 386        |
|            | PROFIBUS-FMS                                  | 386        |
|            | PROFIBUS-PA                                   | 386        |
|            | PROFIBUS-DP                                   | 386        |
|            | Systemkonfiguration                           | 388        |
|            | PROFINET                                      | 390        |
|            | PROFINET IO                                   | 394        |
|            | Gerätebeschreibung                            | 394        |
|            | Kommunikationsbeziehungen                     | 394        |
|            | Adressierung                                  | 394        |
|            | Netzaufbau                                    | 395        |
|            | Ethernet                                      | 396        |
| <b>7</b>   | <b>Instandhaltung und Qualitätsmanagement</b> | <b>399</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Instandhalten und Ändern</b>               | <b>399</b> |
|            | Wartung                                       | 399        |
|            | Inspektion                                    | 400        |

|                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| Instandsetzung .....                                                   | 400        |
| Vorbeugende Instandhaltung .....                                       | 400        |
| Strategien der Instandhaltung .....                                    | 401        |
| <br>                                                                   |            |
| <b>7.2 Qualitätsmanagement .....</b>                                   | <b>406</b> |
| Qualitätsmerkmale .....                                                | 406        |
| Qualitätssicherungsmaßnahmen .....                                     | 406        |
| Produktqualität .....                                                  | 407        |
| Prozessregelkarten .....                                               | 409        |
| Prozessverläufe .....                                                  | 411        |
| Der betriebliche Auftrag .....                                         | 414        |
| Projektmanagement .....                                                | 415        |
| Nutzereinweisung .....                                                 | 417        |
| Arbeitssicherheit .....                                                | 417        |
| Produktsicherheitsgesetz .....                                         | 417        |
| Gefahrstoffverordnung .....                                            | 418        |
| Sicherheitszeichen .....                                               | 420        |
| Persönliche Schutzausrüstung .....                                     | 421        |
| Systematische Fehlersuche .....                                        | 422        |
| <br>                                                                   |            |
| <b>8 Englische Aufgaben .....</b>                                      | <b>424</b> |
| <br>                                                                   |            |
| <b>9 Aufgabensätze zur Wiederholung und Prüfungsvorbereitung .....</b> | <b>429</b> |
| Aufgabensatz 1 .....                                                   | 429        |
| Aufgabensatz 2 .....                                                   | 432        |
| Aufgabensatz 3 .....                                                   | 436        |
| Aufgabensatz 4 .....                                                   | 438        |
| Aufgabensatz 5 .....                                                   | 441        |
| Aufgabensatz 6 .....                                                   | 444        |
| Aufgabensatz 7 .....                                                   | 451        |
| Aufgabensatz 8 .....                                                   | 455        |
| Aufgabensatz 9 .....                                                   | 459        |
| <br>                                                                   |            |
| <b>Sachwortverzeichnis .....</b>                                       | <b>465</b> |