

Der Bildungsprofil für Technik

**Christiani**

Technisches Institut für  
Aus- und Weiterbildung

Paul Müller · Gert Meyer

**Christiani – basics**

**Elektrotechnik**



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG  
www.christiani.de

## Inhalt

5

|            |                                          |           |
|------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Das Projekt</b>                       | <b>15</b> |
| <b>2</b>   | <b>Grundqualifikationen</b>              | <b>23</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Der elektrische Stromkreis</b>        | <b>23</b> |
|            | Elektrische Ladung                       | 23        |
|            | Technische Größen des Stromkreises       | 24        |
|            | Der Potenzialbegriff                     | 25        |
|            | Spannungsfall                            | 25        |
|            | Ohmsches Gesetz                          | 27        |
|            | Widerstandsmessung                       | 28        |
| <b>2.2</b> | <b>Widerstandsänderung bei Erwärmung</b> | <b>30</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Schaltung von Widerständen</b>        | <b>32</b> |
|            | Parallelschaltung                        | 32        |
|            | Reihenschaltung                          | 34        |
|            | Gruppenschaltung                         | 36        |
|            | Vorwiderstand                            | 37        |
|            | Unbelasteter Spannungsteiler             | 38        |
|            | Belasteter Spannungsteiler               | 38        |
|            | Brückenschaltung                         | 41        |
| <b>2.4</b> | <b>Energieumsatz im Stromkreis</b>       | <b>42</b> |
|            | Wärme                                    | 42        |
|            | Arbeit                                   | 42        |
|            | Leistung                                 | 44        |
|            | Wirkungsgrad                             | 44        |
| <b>2.5</b> | <b>Elektrische Leitungen</b>             | <b>48</b> |
|            | Leiterwiderstand                         | 48        |
|            | Spannungsfall                            | 48        |
|            | Leistungsverlust                         | 50        |
|            | Stromdichte                              | 50        |
|            | Strombelastbarkeit                       | 51        |
|            | Überstromschutzorgane                    | 51        |
|            | Schmelzsicherungen                       | 52        |
|            | Leitungsschutzschalter                   | 55        |

## 6

## Inhalt

|              |                                                            |            |
|--------------|------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2.6</b>   | <b>Spannungsversorgung .....</b>                           | <b>57</b>  |
|              | Anpassungsformen .....                                     | 58         |
|              | Schaltung von Spannungsquellen .....                       | 59         |
|              | Elektrochemische Spannungsquellen .....                    | 60         |
| <b>2.7</b>   | <b>Elektrisches Feld .....</b>                             | <b>65</b>  |
|              | Kondensator .....                                          | 65         |
|              | Elektrische Feldstärke .....                               | 66         |
|              | Isolierstoff im elektrischen Feld .....                    | 67         |
|              | Schaltung von Kondensatoren .....                          | 68         |
|              | Energie des elektrischen Feldes .....                      | 70         |
|              | Kondensator an Gleichspannung .....                        | 71         |
|              | Zeitlicher Verlauf von Kondensatorspannung und Strom ..... | 72         |
|              | Kennwerte von Kondensatoren .....                          | 73         |
|              | Bauformen von Kondensatoren .....                          | 73         |
| <b>2.8</b>   | <b>Magnetisches Feld .....</b>                             | <b>75</b>  |
|              | Magnetische Feldgrößen .....                               | 77         |
|              | Magnetischer Kreis .....                                   | 81         |
|              | Kraft im Magnetfeld .....                                  | 83         |
|              | Elektromagnetische Induktion .....                         | 85         |
|              | Selbstinduktion .....                                      | 86         |
|              | Schaltung von Induktivitäten .....                         | 89         |
|              | Energie des magnetischen Feldes .....                      | 89         |
|              | Spule im Gleichstromkreis .....                            | 90         |
| <b>2.9</b>   | <b>Wechselstromtechnik .....</b>                           | <b>93</b>  |
|              | Wichtige Kenngrößen .....                                  | 94         |
|              | Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen .....            | 96         |
|              | Darstellung sinusförmiger Wechselgrößen .....              | 97         |
| <b>2.9.1</b> | <b>Einfache Wechselstromkreise .....</b>                   | <b>99</b>  |
|              | Wechselstromkreis mit ohmschem Widerstand .....            | 99         |
|              | Wechselstromkreis mit Spule .....                          | 101        |
|              | Wechselstromkreis mit Kondensator .....                    | 104        |
| <b>2.9.2</b> | <b>Zusammengesetzte Wechselstromkreise .....</b>           | <b>106</b> |
|              | RL-Reihenschaltung .....                                   | 106        |
|              | RL-Parallelschaltung .....                                 | 109        |
|              | RC-Reihenschaltung .....                                   | 110        |
|              | RC-Parallelschaltung .....                                 | 112        |
|              | RLC-Reihenschaltung .....                                  | 113        |
|              | RLC-Parallelschaltung .....                                | 116        |
|              | Resonanz .....                                             | 117        |

**Inhalt****7**

|            |                                                             |            |
|------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 2.9.3      | Dreiphasen-Wechselstromtechnik .....                        | 119        |
|            | Erzeugung und Darstellung .....                             | 119        |
|            | Verkettung .....                                            | 120        |
|            | Sternschaltung .....                                        | 120        |
|            | Dreieckschaltung .....                                      | 124        |
|            | Leistung im Dreiphasen-Wechselstromsystem .....             | 126        |
| <b>3</b>   | <b>Steuerungen analysieren, ändern und entwickeln .....</b> | <b>129</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Steuerungsaufbau .....</b>                               | <b>129</b> |
|            | Schütze .....                                               | 129        |
|            | Relais .....                                                | 132        |
|            | Befehlsgeräte .....                                         | 133        |
|            | Leuchtmelder .....                                          | 134        |
|            | Grenztaster .....                                           | 134        |
| <b>3.2</b> | <b>Motorschutz .....</b>                                    | <b>135</b> |
|            | Motorschutzrelais .....                                     | 135        |
|            | Motorschutzschalter .....                                   | 136        |
|            | Motorvollschutz .....                                       | 138        |
| <b>3.3</b> | <b>Analyse der Bandsteuerung .....</b>                      | <b>139</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Darstellung von Steuerungen .....</b>                    | <b>139</b> |
|            | Stromlaufpläne .....                                        | 139        |
|            | Betriebsmittelanschlüsse und Leitungsverbindungen .....     | 140        |
|            | Klemmen und Klemmverbindungen .....                         | 141        |
| <b>3.5</b> | <b>Grundlagen der Pneumatik .....</b>                       | <b>143</b> |
|            | Pneumatikzylinder .....                                     | 144        |
|            | Drossel und Drosselrückschlagventil .....                   | 144        |
|            | Wegeventile .....                                           | 145        |
|            | Lesen von Pneumatikplänen .....                             | 145        |
|            | Positionsschalter (Reed-Kontakte) .....                     | 146        |
| <b>3.6</b> | <b>Hubeinheit der Prüfstation .....</b>                     | <b>147</b> |
|            | Grenztaster .....                                           | 147        |
|            | Induktiver Näherungssensor .....                            | 147        |
|            | Kapazitiver Näherungssensor .....                           | 147        |
| <b>3.7</b> | <b>Erweiterungsauftrag .....</b>                            | <b>149</b> |

## 8

## Inhalt

|             |                                            |            |
|-------------|--------------------------------------------|------------|
| <b>3.8</b>  | <b>Logische Verknüpfungen</b>              | <b>150</b> |
|             | UND-Verknüpfung                            | 147        |
|             | ODER-Verknüpfung                           | 147        |
|             | NICHT-Verknüpfung                          | 147        |
| <b>3.9</b>  | <b>Speicherprogrammierung</b>              | <b>152</b> |
|             | Darstellung bei Schützsteuerungen          | 152        |
|             | Vorrangiges Ausschalten                    | 153        |
|             | Vorrangiges Einschalten                    | 153        |
| <b>3.10</b> | <b>Speicherprogrammierbare Steuerungen</b> | <b>153</b> |
|             | Beschaltung der SPS                        | 154        |
|             | Programmierung der SPS                     | 154        |
|             | Programmiersprachen                        | 156        |
|             | Programmbearbeitung                        | 159        |
|             | Programmierung mit Merkern und Klammern    | 160        |
|             | Programmierung von Speicherfunktionen      | 161        |
|             | Zeitfunktionen                             | 162        |
|             | Flankenauswertung                          | 165        |
| <b>3.11</b> | <b>Ablaufsteuerungen</b>                   | <b>168</b> |
|             | Transitionen                               | 168        |
|             | Befehle, Aktionen                          | 169        |
|             | GRAFCET                                    | 170        |
| <b>3.12</b> | <b>Kleinststeuerungen</b>                  | <b>173</b> |
| <b>3.13</b> | <b>Sicherheit von Steuerungen</b>          | <b>177</b> |
|             | Not-Aus-Einrichtung                        | 177        |
|             | Risikobetrachtung                          | 177        |
|             | Sicherheitsschaltung                       | 177        |
|             | Redundanz                                  | 178        |
|             | Handlungen im Notfall                      | 179        |
|             | Fehlerarten                                | 179        |
|             | Wichtige Sicherheitsbestimmungen           | 179        |
|             | Erdung des Steuerstromkreises              | 179        |
| <b>3.14</b> | <b>Änderung Prüfstation</b>                | <b>180</b> |

**Inhalt****9**

|            |                                                       |            |
|------------|-------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b>   | <b>Elektrische Installationen.....</b>                | <b>189</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Netzsysteme .....</b>                              | <b>189</b> |
|            | TN-C-System .....                                     | 189        |
|            | TN-C-System .....                                     | 190        |
|            | TN-C-S-System .....                                   | 190        |
|            | TT-System .....                                       | 190        |
| <b>4.2</b> | <b>Schutzmaßnahmen .....</b>                          | <b>190</b> |
|            | Fehlerstromkreis .....                                | 192        |
|            | Die fünf Sicherheitsregeln .....                      | 193        |
|            | Schutz gegen elektrischen Schlag .....                | 194        |
|            | Schutz durch Kleinspannung .....                      | 195        |
|            | Schutz durch verstärkte und doppelte Isolierung ..... | 196        |
|            | Schutztrennung .....                                  | 196        |
|            | Potenzialausgleich .....                              | 198        |
|            | Schutzmaßnahmen im TN-System .....                    | 200        |
|            | Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....                   | 202        |
|            | Schutzmaßnahmen im TT-System .....                    | 204        |
|            | Schutzmaßnahmen im IT-System .....                    | 205        |
| <b>4.3</b> | <b>Prüfung von Schutzmaßnahmen .....</b>              | <b>207</b> |
|            | Niederohmige Durchgängigkeit des Schutzleiters .....  | 209        |
|            | Isolationswiderstand .....                            | 210        |
|            | Spannungsmessungen .....                              | 212        |
|            | Prüfung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....       | 212        |
|            | Drehfeldrichtung .....                                | 213        |
| <b>4.4</b> | <b>Installationsschaltungen .....</b>                 | <b>214</b> |
|            | Stromkreis mit Steckdosen .....                       | 214        |
|            | Ausschaltung .....                                    | 214        |
|            | Serienschaltung .....                                 | 215        |
|            | Wechselschaltung .....                                | 215        |
|            | Kreuzschaltung .....                                  | 215        |
|            | Stromstoßschaltung .....                              | 215        |
| <b>4.5</b> | <b>Leuchtstofflampen .....</b>                        | <b>217</b> |
|            | Hallenbeleuchtung .....                               | 219        |

## 10

## Inhalt

|            |                                                 |            |
|------------|-------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b>   | <b>Elektrische Antriebe</b>                     | <b>221</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Drehstrom-Asynchronmotor mit Käfigläufer</b> | <b>221</b> |
|            | Drehrichtungsumkehr von Drehstrommotoren        | 227        |
|            | Stern-Dreieck-Anlassschaltung                   | 228        |
|            | Drehzahländerung                                | 229        |
|            | Dahlanderschaltung                              | 231        |
|            | Drehstrommotor am Einphasennetz                 | 232        |
| <b>5.2</b> | <b>Kondensatormotor</b>                         | <b>233</b> |
| <b>6</b>   | <b>Transformator</b>                            | <b>237</b> |
|            | Aufbau des Transformators                       | 237        |
|            | Wirkungsweise des Transformators                | 237        |
|            | Übersetzungsverhältnis                          | 238        |
|            | Kurzschlussspannung                             | 238        |
|            | Kleintransformatoren                            | 240        |
|            | Sicherheitstransformatoren                      | 241        |
| <b>7</b>   | <b>Multimeter</b>                               | <b>243</b> |
| <b>8</b>   | <b>Grundlagen der Elektronik</b>                | <b>247</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Festwiderstände</b>                          | <b>248</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Potenziometer</b>                            | <b>250</b> |
|            | Trimpotenziometer                               | 252        |
|            | Hochlastwiderstände                             | 252        |
| <b>8.3</b> | <b>Nichtlineare Widerstände</b>                 | <b>253</b> |
|            | Kaltleiter                                      | 253        |
|            | Heißleiter                                      | 257        |
| <b>8.4</b> | <b>Lichtabhängige Widerstände</b>               | <b>260</b> |
| <b>8.5</b> | <b>Spannungsabhängige Widerstände</b>           | <b>261</b> |

## Inhalt

11

|            |                                                |            |
|------------|------------------------------------------------|------------|
| <b>8.6</b> | <b>Dioden</b> .....                            | <b>262</b> |
|            | Dotierung .....                                | 262        |
|            | Wirkungsweise der Diode .....                  | 263        |
|            | PN-Übergang .....                              | 264        |
|            | Anwendung von Dioden .....                     | 265        |
|            | Sperrdioden .....                              | 265        |
|            | Verpolschutzdioden .....                       | 265        |
|            | Dioden in Gleichrichterschaltungen .....       | 265        |
| <b>8.7</b> | <b>Z-Dioden</b> .....                          | <b>271</b> |
|            | Anwendung von Z-Dioden .....                   | 271        |
|            | Spannungskonstanter .....                      | 272        |
| <b>8.8</b> | <b>Leuchtdioden</b> .....                      | <b>273</b> |
| <b>8.9</b> | <b>Transistoren</b> .....                      | <b>275</b> |
|            | NPN-Transistor als Schalter .....              | 275        |
|            | Transistor als Gleichspannungsverstärker ..... | 280        |
|            | Transistor als verstellbarer Widerstand .....  | 281        |
|            | Längsregelung mit Längstransistor .....        | 282        |
|            | Festspannungsregler .....                      | 283        |
|            | Gleichspannungsnetzteil .....                  | 284        |
| <b>9</b>   | <b>Abschlussprüfung Teil 1</b> .....           | <b>289</b> |
| <b>10</b>  | <b>Englische Aufgaben</b> .....                | <b>296</b> |
|            | <b>Sachwortverzeichnis</b> .....               | <b>299</b> |

### *Dieses Buch ist anders!*

Das primäre Ziel der Ausbildung, den erfolgreichen Abschluss der Prüfung, steht im Vordergrund. Dies gilt für Theorie und Praxis, sofern diese beiden Teile bei den aktuellen Prüfungen überhaupt noch voneinander zu trennen sind.

Erkennbar ist dies vor allem an der Vielzahl von prüfungsrelevanten Aufgabenstellungen, deren Lösungen unter [www.christiani.berufskolleg.de](http://www.christiani.berufskolleg.de) zu finden sind.

Kein technisches Verständnis ohne Quantifizierung. Viele ausführliche Beispiele vermitteln ein Gefühl für Größenordnungen, ein häufig erkennbares Defizit, vor allem in den situativen Gesprächsphasen.

Konsequente Einbindung des Tabellenbuches von Anfang an. Besonders wichtig, weil das Tabellenbuch in Prüfungen als Informationsquelle uneingeschränkt zur Verfügung steht. Die Erarbeitung technischer Inhalte ohne Tabellenbuch ist daher ineffektiv. Vorbereitung auf die situativen Gesprächsphasen der Prüfung. Die eindeutige Verknüpfung von Theorie und Praxis. Hier kann der Prüfungsbewerber den Prüfern Fachkompetenz vermitteln, wodurch das Prüfungsergebnis sicherlich ganz wesentlich beeinflusst wird.

Der am Ende des Buches vorgestellte mögliche Prüfungsablauf ermöglicht eine optimale Vorbereitung hierauf.

*Dieses Buch ist anders!* Neben der anschaulichen Vermittlung der unumgänglichen „basics“ als Rüstzeug für konkrete technische Anwendungen steht immer der Anwendungsbezug (man kann auch sagen die Prüfungsrelevanz) im Vordergrund. Ein Lehrbuch also, bei dem immer erkennbar ist, warum man sich den Lehrstoff erschließen muss.

### **Bedeutung der Piktogramme**

|                                                                                     |                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Projekt:</b> Konkreter Arbeitsauftrag, für den die Informationen relevant sind.                            |
|  | <b>Information:</b> Kurze zumeist strukturierte Übersicht.                                                    |
|  | <b>Praxis:</b> Praxisrelevante Inhalte.                                                                       |
|  | <b>Tabellenbuch:</b> An dieser Stelle sollte bzw. muss unbedingt auf das Tabellenbuch zurückgegriffen werden. |
|  | <b>Beispiel:</b> Dient im Wesentlichen der Quantifizierung und Vertiefung.                                    |
|  | <b>Englisch:</b> Wichtige Fachbegriffe werden übersetzt.                                                      |

## 24

## Grundqualifikationen

■ **Spannungsquelle (Symbol)**■ **Spannungspfeil**

Spannungsquelle: Vom Pluspol zum Minuspol  
Verbrauchsmittel: Pfeil weist in Richtung des Stromflusses



Elektrische Spannung ist das Ausgleichsbestreben getrennter Ladungen.

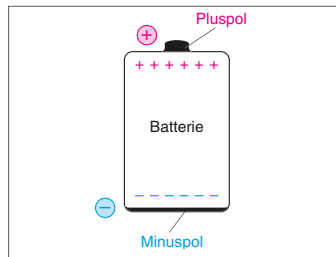


Bild 1 Ladungstrennung bei einer Batterie

Dabei wird wieder Energie frei. Ein Teil des „Spannungszustandes“ wurde dabei abgebaut.

Allgemein:

- **Ladungstrennung** → elektrische Spannung
- **Ladungsausgleich** → elektrischer Strom

### Technische Größen des Stromkreises



Nach der Projektbesprechung → 15 fragt die Auszubildende ihren Meister, was denn eigentlich unter dem Begriff **elektrischer Widerstand** oder kurz **Widerstand** zu verstehen ist.

Der Meister nimmt ein **Multimeter** und stellt es auf den **Widerstandsmessbereich** ein. Dieser Bereich ist mit  $\Omega$  gekennzeichnet.

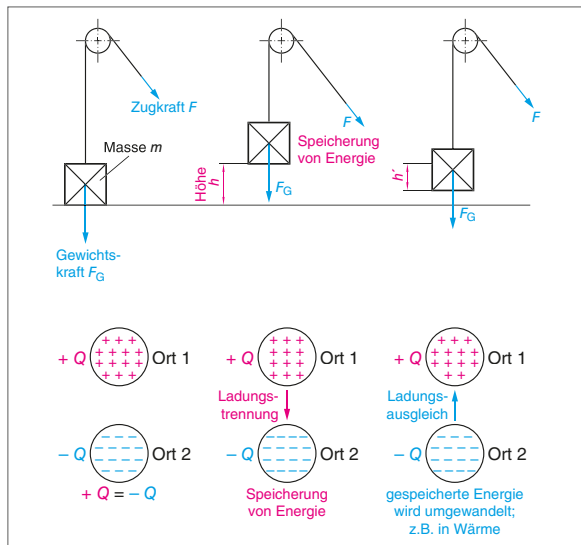
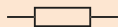


Bild 2 Ladungstrennung und Ladungsausgleich

■ **Elektrischer Widerstand (Symbol)**■ **Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten**

1 mA = 0,001 A =  $10^{-3}$  A  
1  $\mu$ A = 0,000001 A =  $10^{-6}$  A

1 k $\Omega$  = 1000  $\Omega$  =  $10^3$   $\Omega$   
1 M $\Omega$  = 1000000  $\Omega$  =  $10^6$   $\Omega$

Grob vergleichbar ist der Vorgang mit dem Anheben und Absenken einer Masse  $m$  (Bild 2).

*Linke Abbildung:* Masse  $m$  steht auf der Unterlage (Ausgleichszustand).

*Mittlere Abbildung:* Masse  $m$  wurde durch Zugkraft  $F$  auf die Höhe  $h$  angehoben. Die dabei aufgewendete Energie ist in der Masse gespeichert („Spannungszustand“).

*Rechte Abbildung:* Seil wird losgelassen, Masse  $m$  wird um die Höhe  $h$  abgesenkt.



Bild 3 Multimeter im Widerstandsmessbereich

Widerstandsmessungen werden **nur im spannungsfreien Zustand** durchgeführt!

Vier Widerstandsmessungen werden unter Aufsicht des Ausbilders durchgeführt (Bild 4)

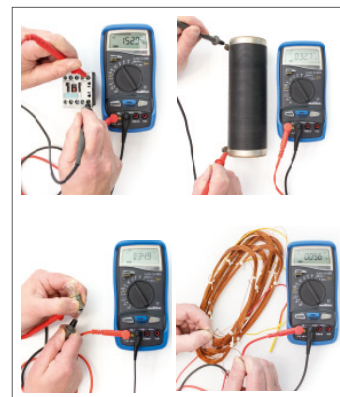


Bild 4 Messungen mit dem Multimeter

## Magnetisches Feld

83

Die beiden magnetischen Widerstände werden berechnet.

$$R_{mFe} = \frac{l_{Fe}}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A_{Fe}} \quad \text{z.B.}$$

$$R_{mFe} = \frac{0,6 \text{ m}}{1,256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 3000 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_{mFe} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$$

$$R_{mL} = \frac{l_L}{\mu_0 \cdot A_L}$$

$$R_{mL} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1,256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_{mL} = 1,81 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$$

Berechnung des magnetischen Gesamtwiderstandes:

$$R_{mg} = R_{mFe} + R_{mL}$$

$$R_{mg} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{A}}{\text{Vs}} + 1,81 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$$

$$R_{mg} = 2,21 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$$

Der magnetische Fluss  $\Phi$  (die Summe der Feldlinien) ist in Eisen und Luftspalt gleich groß.

$$\Phi = \frac{\Theta}{R_{mg}} = \frac{I \cdot N}{R_{mg}}$$

$$\Phi = \frac{1 \text{ A} \cdot 1000}{2,21 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}} = 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$$

## Kraft im Magnetfeld

Im Magnetfeld wirken Kräfte.

Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab, ungleichnamige Magnetpole ziehen sich an.

## Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter

Ein stromdurchflossener Leiter umgibt sich mit einem **konzentrischen Magnetfeld** (Seite 75).

Wenn ein solcher Leiter in ein Magnetfeld gebracht wird, kommt es zu einer **Kraftwirkung**. Der Leiter wird in **Richtung der Feldschwächung** abgedrängt (Bild 106).

Feldlinien haben das Bestreben, sich zu **verkürzen**. Auf den Leiter in Bild 106 wird also eine **Kraft nach links** ausgeübt.

Für die **Kraftrichtung** gilt eine **Linke-Hand-Regel** (Bild 105).

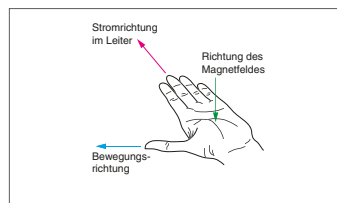


Bild 105 Linke-Hand-Regel

## Kraft auf stromdurchflossenen Leiter

$$F = B \cdot I \cdot l$$

$F$  Kraftwirkung auf Leiter in N

$B$  magnetische Flussdichte in  $\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$

$I$  Stromstärke im Leiter in A

$l$  Leiterlänge im Magnetfeld in m

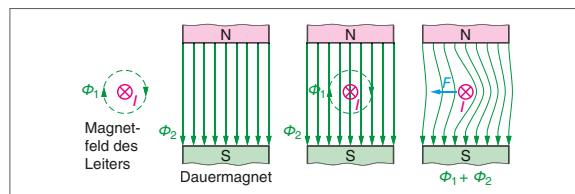


Bild 106 Kraftwirkung im Magnetfeld, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter

## Steuerungsaufbau

133

## Relais

Die **Relais** zählen zu den elektromagnetischen Schaltgeräten. Ihre **Schaltleistung** ist allerdings *geringer* als die von Schützen.

## Monostabile Relais

Nach Abschalten des Spulenstromes fallen die Kontakte durch *Federkraft* in ihre Ruhelage zurück.

## Bistabile Relais

Behalten ihren Schaltzustand nach einem **Steuerimpuls** durch **Remanenz** des Eisenkerns bei.

- **Relais mit einer Spule**  
Umschaltung mit **Impulsen** entgegengesetzter Polarität.
- **Relais mit zwei Spulen**  
Eine Spule dient dem **Setzen** (Einschalten), die andere Spule dem **Rücksetzen** (Ausschalten).

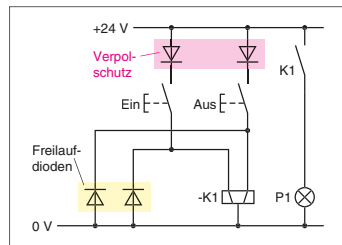


Bild 9 Bistabiles Relais, Schaltung

## Wechselstrombetätigtes Relais

Das Eisen des magnetischen Kreises ist zwecks Verminderung der **Wirbelstromverluste** aus **Elektroblech** gefertigt.

## Reed-Relais

**Kontaktzungen** sind paarweise in Glasröhrchen (Vakuum oder Edelgas) eingeschmolzen. Das Glasröhrchen ist von einer zylinderförmigen **Magnetspule** umschlossen.

Die Spule *magnetisiert* die Kontaktfedern, die sich gegenseitig anziehen und den Kontakt damit betätigen.

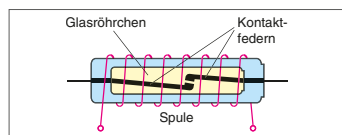


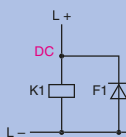
Bild 10 Reed-Relais, Prinzip



## Schutzbeschaltung von Magnetspulen

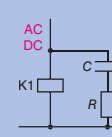
Schutz vor hohen Induktionsspannungen, Verringerung der Kontaktbelastung. Nachteilig ist die Beeinflussung des Zeitverhaltens durch die Schutzbeschaltung (verzögerter Abfall).

## Freilaufdiode



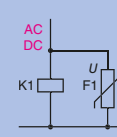
- nur einsetzbar in Gleichstromkreisen
- Abschaltspannung 0,7 V bei Si-Dioden
- preisgünstig
- platzsparend

## RC-Glied



- einsetzbar bei DC und AC
- hohe Stromspitzen
- hoher Platzbedarf

## Varistor



- einsetzbar bei DC und AC
- große Überspannung
- hoher Platzbedarf

## Befehlsgeräte

Wichtige Befehlsgeräte in der Steuerungstechnik sind **Drucktaster** und **Steuerungsschalter**.

**Drucktaster** dienen der gezielten Befehls-gabe. Sie werden *von Hand*, also *willentlich* betätigt.

Sie müssen *leicht* und *gefahrlos erreichbar* sein und Festlegungen bezüglich **Farbe**, **Symbolen** und **Anordnung** genügen.

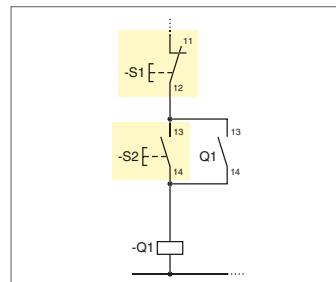


Bild 11 Drucktaster in einer Schaltung

## Vorsicht!

Die Farbe **Rot** darf nur dann für **Stopp-/Aus-**Funktionen verwendet werden, wenn in unmittelbarer Nähe kein Bedienteil zum Ausschalten oder Stillsetzen im Notfall installiert ist (z. B. Hauptschalter mit den Farben Rot-Gelb).

Die Druckknöpfe können auch Symbole tragen (0 – I – II).

## ■ Remanenz

Restmagnetismus

## ■ bistabil

zwei stabile Zustände (EIN/AUS)

## ■ Wirbelstrom

→ 226

## @ Interessante Links

Löschglieder

- weg.net
- moeller.net

## ■ Elektroblech

Eisenkern besteht aus geschichteten Blechstreifen mit isolierender Zwischenlage.

Dadurch werden die Wirbelstromverluste verringert.

## 7 Multimeter

Im Allgemeinen werden **Digitalmultimeter** verwendet. Diese können *Spannungen*, *Stromstärken*, *Widerstände*, Frequenzen und Kapazitäten messen.

Die Messwerte werden auf einem **LCD-Display** angezeigt, sodass ein **Ablesefehler** nicht auftreten kann. Viele Digitalmultimeter haben zusätzlich noch eine **Balkenanzeige** im Display, wodurch die Beurteilung *schwankender Messwerte* erleichtert wird.

### Vorteile digitaler Multimeter

- Wenig störanfällig, da keine mechanischen oder bewegten Teile
- Fehlerfreie Ablesung
- Relativ hohe Genauigkeit bei geringem technischen Aufwand
- Speicherung der Messergebnisse

Messungen mit Digitalmultimetern werden (mit Ausnahme der Frequenzmessung) auf die **Spannungsmessung** zurückgeführt.

Die *analoge Messgröße Spannung* wird für die digitale Anzeige in eine *binäre Signalfolge* umgewandelt.

Im Allgemeinen verfügen Multimeter über **Auto-Range**. Messbereiche müssen dann nicht gewählt werden.



Bild 1 Messung mit dem Digitalmultimeter

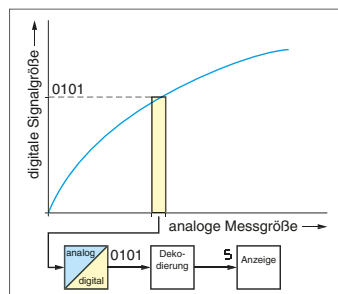


Bild 2 Prinzip der digitalen Messung

Die analoge Messgröße wird in eine endliche Anzahl von Teilen (Quanten) eingeteilt. Das analoge Signal wird **quantifiziert** (Bild 3).

Zwei Messgrößen, die zwischen MG1 und MG2 liegen, führen zur Anzeige der gleichen Signalgröße A1. Das deutet auf einen erheblichen Fehler hin. Aber nur dann, wenn die einzelnen „Stufen“ sehr breit sind. In der Praxis ist dies allerdings nicht der Fall.

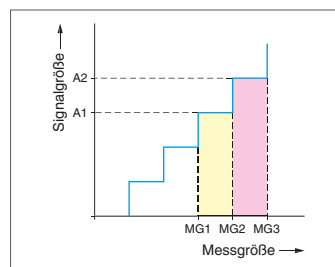


Bild 3 Quantisierung der Signalgröße

Wird z. B. der Messbereich 1 Volt in 1000 Stufen aufgeteilt, dann ist jede Stufe nur noch  $1 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 1 \text{ mV}$  breit.

### ■ Vorsicht!

Niemals die angegebenen zulässigen Grenzwerte überschreiten.

Niemals eine unbenutzte Klemme des Multimeters berühren.

Stets den höchsten Messbereich wählen, wenn der Wert der Messgröße nicht zuvor genau bekannt ist.

Vor Umschalten der Messart die Messleitungen vom Messkreis abklemmen.

## Christiani – basics Elektrotechnik

Viele für die theoretische und praktische Prüfung relevante **Fragestellungen und Aufgaben**. Zusätzlich werden prüfungsbegleitende Gespräche simuliert

Begleitendes Projekt im Sinne eines prüfungsrelevanten Auftrages

Die **Randspalte** umfasst Hinweise, zusätzliche Erläuterungen und Querverweise

Verweise auf das **Tabellenbuch**. Die Einbindung des Tabellenbuches ist in Hinblick auf die Prüfung von großer Bedeutung

Englische Begriffe

Gleiche Aufmachung wie das Tabellenbuch Elektrotechnik – keine Umgewöhnung für den Nutzer

Die **Randspalte** umfasst Hinweise, zusätzliche Erläuterungen und Querverweise

Besonders wichtige Inhalte werden optisch gut erkennbar hervorgehoben (Merksätze)

Strukturierte und zusammenfassende **Übersichten** ermöglichen den Schnellzugang zu relevanten Inhalten

**Schaltung von Widerständen**

Reihenschaltung an Beispiel der Parallelschaltung. Gegeben sind die Reihenschaltung ermittelt → Entwerferentwurf der Parallelschaltung bestimmen (Bild 25).

Wenn eine Leuchte LED für einen Leuchtwinkel an der Betriebsspannung 24 V eingesetzt werden soll, so ein direkter Anschluss nicht möglich. Die Betriebsspannung wäre viel zu hoch. Um dennoch an der Stromerzeugung 24 V eingesetzt werden zu können, muss die LED-Spannung durch einen Vorwiderstand  $R_V$  mit 1,8 V reduziert werden.

Es handelt sich um eine Reihenschaltung von Vorwiderstand  $R_V$  und LED. In der Reihenschaltung ist der Strom an allen Stellen gleich groß.

$R_V$  wird also auch von 20 mA durchfließen. Bei 24 V Betriebsspannung und 1,8 V LED-Spannung muss ein Vorwiderstand  $R_V$  24 V - 1,8 V = 22,2 V abfallen.

**Vorwiderstand**  
Die zur Bemessung eines Vorwiderstandes ist nicht nur der Widerstandswert, sondern auch die Verknüpfung des Vorwiderstandes zu beachten.  
Der Widerstand muss für die Verknüpfung geeignet sein, zum Beispiel 5,1 kΩ, 100 mΩ.

**Aufgabenstellung**

**Prüfung**

1. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand. Wie groß ist die Strom? Welche Spannung liegt an der Parallelschaltung?

2. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand. Berechnen Sie die Strom. Welche Spannung kann an  $R_4$  gemessen werden?

**Vorwiderstand**  
Eine Leuchtdiode (LED) hat folgende technischen Daten: 1,8 V/20 mA.

**LED mit Vorwiderstand**

**Checkliste zum Strukturanalyse**

| Handlung       | Reaktion                                                           |
|----------------|--------------------------------------------------------------------|
| SS = 1         | M1 = 1 (Meldelampe ein)                                            |
| SS = 1, BK = 1 | K1 = 1, M1 = 1 (Zylinderstange fährt aus)                          |
| SS = 0         | keine Reaktion (Impulsventil)                                      |
| SS = 1         | K2 = 1, K3 = 1 (Schiebehaltung), M2 = 1 (Zylinderstange fährt ein) |
| SS = 0         | K2 = 0                                                             |
| SS = 1         | keine Reaktion                                                     |
| SS = 0         | K1 = 0, K3 = 0                                                     |

**3.8 Logische Verknüpfungen**

Grundlage jeder steuerungstechnischen Problemlösung sind logische Verknüpfungen. Und zwar unabhängig von der Art der Verknüpfung (Schaltentwurf, SPS).

**Zum Beispiel:**  
Dabei die Spule M1 an Spannung liegt, müssen mehrere Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein (Bild 31).

- M1 eingeschaltet
- K1 geschlossen
- K3 abgeschlossen
- B5 betriebsbereit

Diese Bedingungen lassen sich als UND-Verknüpfung formulieren. Sie müssen alle erfüllt sein (Bedingung 1 UND Bedingung 2 UND die Bedingung 3 usw.).

**Reihenschaltung (UND)**  
Schaltentwurf nach ist die UND-Verknüpfung eine Reihenschaltung. Nur wenn C1 und C2 alle beide betriebsbereit sind, erhält A1 Spannung.

**Schaltfunktion (UND)**  
 $A1 = C1 \cdot C2$   
(Bei A1 = F1 UND F2)

**Wahrheitstabelle**

| C2 | C1 | A1 |
|----|----|----|
| 0  | 0  | 0  |
| 0  | 1  | 0  |
| 1  | 0  | 0  |
| 1  | 1  | 1  |

**Alternative Darstellung**  
Da die Schaltschaltung nur eine Möglichkeit der Verknüpfung ist, wird eine allgemeine Darstellung der UND-Verknüpfung benötigt.

**Signalzustände**  
Spannung vorhanden: 1° Signal, Signalzustand „1“  
Keine Spannung: 0° Signal, Signalzustand „0“

**Leuchtdiode**  
(Lichtemission diode)

**Logische Verknüpfungen**  
Die Reihenschaltung bedeutet aus den logischen Verknüpfungen. (Übersichtlich, da sie mit Schützen oder mit SPS verwirklicht sein kann).  
Die logischen Grundverknüpfungen sind:

- UND
- ODER
- NICHT

**UND-Verknüpfung**  
Reihenschaltung

**Strukturanalyse**  
Strukturanalyse ist eine Funktion, die die UND-Verknüpfung (UND) darstellt. Die UND-Verknüpfung ist eine Funktion, die die UND-Verknüpfung (UND) darstellt.

**Strukturanalyse**  
Strukturanalyse ist eine Funktion, die die UND-Verknüpfung (UND) darstellt. Die UND-Verknüpfung ist eine Funktion, die die UND-Verknüpfung (UND) darstellt.

## Sachwortverzeichnis

**A**

Ablaufsteuerung 168  
 —, mit Speichern 170  
 Ableitstrom 211  
 Ablesefehler 246  
 Abluftdrosselung 145  
 Abschaltvermögen 137  
 Abschaltzeiten, IT-System 205  
 —, TN-System 200  
 —, TT-System 204  
 Abschlussprüfung, Teil 1 289  
 AC 93  
 AC-Schütz 130  
 Akkumulator 62  
 Aktionen 169  
 Aktive Teile 191  
 Aktiver Fehler 179  
 Analoganzeige 245  
 Analyse, Istzustand 21  
 Anfangsschritt 168  
 Anlaufkondensator 233  
 Anordnungsplan 19  
 Anpassungsformen 58  
 Anschlussplan 142  
 —, SPS 155  
 Antriebe 221  
 Anweisungsliste 158  
 Anzugsmoment 225  
 Aräometer 63  
 Arbeit 42  
 —, Kosten 43  
 Arbeitsmessung 43  
 Arbeitspreis 43  
 Arbeitspunkt 225  
 Asynchronmotor 221  
 Atom 23  
 Augenblickswert,  
 Wechselspannung 98  
 Auslösecharakteristik,  
 LS-Schalter 55  
 Auslösekennlinie, Motorschutzrelais  
 136  
 —, Motorschutzschalter 137  
 Auslösezeit, Schmelzsicherung 52  
 Ausschaltung 214

Ausschaltverzögerung 165  
 Außenleiterspannung 120  
 Außenleiterstrom 124  
 Auto-Range 243  
 AWL 158

**B**

B2-Schaltung 269  
 Baby 61  
 Back-up-Schutz 6  
 Balkenanzeige 243  
 Bandbreite 117  
 Basis 275  
 Basisschutz 194  
 Basisspannungsteiler 280  
 Basisvorwiderstand 280  
 Befehle 169  
 Befehlsgeräte 133  
 Befehlswirkung 169  
 Bemessungs-Differenzstrom 202  
 Bemessungskapazität 73  
 Bemessungsmoment 225  
 Bemessungsspannung 73  
 Bereitstellungspreis 43  
 Berührungsspannung 191, 192  
 Beschaltung, SPS 178  
 Besichtigung 207  
 Bestimmungszeichen 169  
 Betriebskennlinie 225  
 Betriebsklassen,  
 Schmelzsicherungen 53  
 Betriebskondensator 232, 233  
 Betriebsmessgeräte 245  
 Betriebsmittelanschlüsse 140  
 Betriebszustandsanzeige 217  
 Bimetall 136  
 Bimetallauslöser 55  
 Bistabile Relais 133  
 Blätterung 226  
 Bleiakkumulator 63  
 Blindleistung 107  
 Blindleistung, induktive 103  
 —, kapazitive 105  
 Blindleistungsfaktor 107

Blindleistungskompensation 115  
 Blindleitwert 109, 112  
 Bogenmaß 95  
 Bolzenanschlussklemmen 142  
 Brückenschaltung 41, 269  
 Brummspannung 267  
 B-Typ 55  
 Bypass 285

**C**

Checkliste 188  
 Collector 275  
 C-Typ 55

**D**

Dahlandermotor 231  
 Dahlanderschaltung 231  
 DC 93  
 DC-Schütz 130  
 Diazed 53  
 Dielektrikum 67  
 Digitale Messung 243  
 Diode 262  
 —, Durchlasskennlinie 264  
 Dipolbildung 65, 67  
 Dipole, magnetische 76  
 Doppeltunterbrechung 131  
 DO-System 53  
 Dotierung 262  
 Drahtbruchsicherheit 135, 177  
 Dreheisenmesswerk 245  
 Drehfeld 222  
 Drehfelddrehzahl 229  
 Drehfeldrichtung 213  
 Drehmoment 223  
 Drehmomentkennlinie 225  
 Drehpotenziometer 250  
 Drehrichtungsumkehr 227  
 Drehstromleistungen 126  
 Drehstrommotor, Leistungen 226  
 —, Schaltungen 226  
 Drehzahl 221  
 Drehzahländerung 229

## 300

## Sachwortverzeichnis

Dreieckschaltung 124, 228  
 Dreileiter-Drehstromnetz 121  
 Dreiphasen-Wechselstrom 119  
 Drossel 44  
 Drosselrückschlagventil 144  
 Drucktaster 133  
 D-System 53  
 D-Typ 55  
 Durchflutung 78  
 Durchlasskennlinie, Diode 264

## E

E24-Reihe 248  
 E-Block 61  
 Effektivwert 99  
 Eigensichere Motorschutzschalter 137  
 Einsatzklassen 44  
 Einschaltverzögerung 63  
 —, speichernd 164  
 Einweggleichrichtung 266  
 Eisenfeilspäne 75  
 Eisenkern 79, 237  
 Eisenverluste 226  
 Elektrisches Feld 65  
 Elektrizitätsmenge 23  
 Elektroblech 133  
 Elektrofachkraft 177, 193  
 Elektrolyt 62  
 Elektromagnetischer Auslöser 55  
 Elektron 23  
 Elektronendrift 30  
 Elektronik 247  
 Elementarladung 23  
 Elementarströme 76  
 Emitter 275  
 Endlagendämpfung 144  
 Energie 43  
 —, des magnetischen Feldes 89  
 —, elektrisches Feld 70  
 Entladevorgang, Kondensator 71  
 Erdschluss 179, 192  
 Erdschlussicherheit 180  
 Erdung, Steuerstromkreis 180  
 Erdungswiderstand 204  
 Erprobung 208  
 Ersatzkapazität 70

Ersatzwiderstand 32  
 Ersteinstieg 168  
 Erstprüfung 207  
 Erwärmung, Widerstandszunahme 31  
 EVG 218

## F

Fachgespräch 289  
 Farad 65  
 Fehler 245  
 —, aktiver 179  
 —, passiver 179  
 Fehlerarten 179  
 Fehlerschutz 194  
 Fehlerspannung 192  
 Fehlerstrom 192  
 Fehlerstromkreis 192  
 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung 202  
 Feinmessgeräte 245  
 Feinsicherungen 54  
 Feld, elektrisches 65  
 —, magnetisches 75  
 Feldkonstante, magnetische 79  
 Feldlinien, elektrische 65  
 —, magnetische 75  
 Feldstärke, elektrische 66  
 —, magnetische 78  
 Feldverstärkung 79  
 Festspannungsregler 283  
 Festwiderstände 248  
 Fingersicherheit 195  
 Flanke, negative 166  
 —, positive 165  
 Flankenbewertung 165  
 Fliehkraftschalter 233  
 Fluss, magnetischer 77  
 Flusssichte, magnetische 78  
 Folgeschaltung 163  
 Freiauslösung 55  
 Freilaufdiode 133  
 Freischalten 193  
 Fremde leitfähige Teile 191  
 Frequenz 94  
 Funkenlöschung 132  
 Funktionsplan 156

Funktionsplandarstellung 157  
 FUP 156

## G

Galvanische Trennung 237  
 Ganzbereichssicherungen 53  
 Gebrauchskategorie 131  
 Gebrauchslage 245  
 Gefahren des Stromes 190  
 Generatorprinzip 86  
 Geräteschutzsicherungen 54  
 Geräteverdrahtungsplan 42  
 Gesamtwiderstand 35  
 Glättung 247  
 Glättungskondensator 266  
 Gleichrichterdiode 265  
 Gleichrichtung 247  
 Gleichrichtwert 101  
 Gleichspannungsanteil 267  
 Gleichspannungsnetzteil 265, 284  
 Gleichspannungsverstärker 280  
 Gradmaß 95  
 GRAFCET 170  
 Grenztaster 134, 147  
 Gruppenschaltung 36

## H

Handbereich 195  
 Hauptschaltglieder 131  
 Hauptschutz 129  
 Heißeiter 257  
 Heißeiterkennlinie 257  
 Henry 88  
 Hilfsschaltglieder 129, 131  
 Hilfsschutz 130  
 Hochlastwiderstand 252  
 HSÖ-Tabelle 143  
 Hystereseurve 80

## I

Impulsmerker 168  
 Impulsventil 147  
 Inbetriebnahme 290  
 Induktion 85  
 Induktion der Bewegung 86

## Sachwortverzeichnis

301

Induktion der Ruhe 86  
 Induktionsgesetz 85  
 Induktionsspannung 85, 97  
 Induktiver Widerstand 102  
 Induktivität 88  
 Initialisierungsschritt 168  
 Innenwiderstand 58  
 Ion 23  
 Isolation 49  
 Isolationswiderstand, Messung 210  
 Isolierstoff 67  
 Ist-Zustand 15  
 Istzustand, Analyse 21  
 IT-System 190  
 IT-System, Abschaltzeiten 205

## K

Käfigläufermotor 221  
 Kaltleiter 30, 253  
 Kapazität, Kondensator 68  
 —, Spannungsquelle 61  
 Kapazitätsmessung 244  
 Kapazitiver Widerstand 104  
 Kelvin 31  
 Kennlinienfeld, Transistor 277  
 Kennzahl, Schütz 131  
 Kippmoment 225  
 Kirchhoffscher Satz, erster 33  
 Klammern 160  
 Kleinspannung 195  
 Kleinststeuerungen 173  
 Kleintransformator 240  
 Klemmen 141  
 —, Übergangswiderstand 141  
 Klemmenspannung 58  
 Klemmverbindungen 141  
 Knotenpunkt 33  
 Knotenpunktregel 33  
 Kollektor 275  
 Kompaktsteuerung 154  
 Kondensator 65  
 Kondensator an Gleichspannung 71  
 —, Bauformen 73  
 —, Ladung 68  
 Kondensatorkapazität 65, 68  
 Kondensatormotor 233

Kondensatorspannungsänderung 72  
 Kontaktbezeichnung, Schütz 129  
 Kontaktplan 158  
 Kontakttablette 143  
 Kontaktvervielfachung 130  
 KOP 158  
 Körper 191  
 Körperimpedanz 190  
 Körperschluss 192  
 Körperstrom 190  
 Kosten, elektrische Arbeit 43  
 Kraft im Magnetfeld 83  
 Kreis, magnetischer 81  
 Kreisfrequenz 95  
 Kreisströme 76  
 Kreuzschaltung 215  
 Kristallgitter 30  
 K-Typ 55  
 Kurzschluss 192  
 Kurzschlussfestigkeit 241  
 Kurzschlusschutz 51  
 Kurzschlussspannung 238  
 Kurzschlussstrom 328  
 KVG 218

## L

Ladekondensator 266  
 Ladevorgang, Kondensator 71  
 Ladung 23  
 —, Kondensator 68  
 Ladungsausgleich 23  
 Ladungsmenge 23  
 Ladungstrennung 23, 24  
 Längsregler 282  
 Längstransistor 282  
 Lastenheft 17  
 Lastschütz 129  
 Läuferfrequenz 224  
 Läuferstrom 224  
 Läuferverluste 226  
 LCD-Display 243  
 LDR 260  
 LED 273  
 Leerlaufspannung 58  
 Leistung 44  
 —, Dreiphasensystem 126

Leistung, Messung 44  
 —, negative 103  
 —, positive 103  
 —, Spule 102  
 Leistungen, Drehstrommotor 226  
 —, Wechselstrom 110  
 Leistungsanpassung 58  
 Leistungsfaktor 107  
 Leistungskurve 107  
 Leistungsschild 222  
 Leistungsverlust, Leitungen 50  
 Leiterschluss 192  
 Leiterwiderstand 48  
 Leitfähigkeit, elektrische 25  
 Leitungen, elektrische 48  
 —, Leistungsverlust 50  
 —, Spannungsfall 48  
 Leitungsschutz 49  
 Leitungsschutzschalter 55  
 Leitungsverbindungen 140  
 Leitwert 33  
 Leitwertdreieck 109  
 Leuchtdiode 273  
 Leuchtdrucktaster 234  
 Leuchtmelder 134  
 Leuchtstofflampen 217  
 Lichtabhängiger Widerstand 260  
 Lichtbogenlöschkammer 55, 131  
 Liniendiagramm 97  
 Linienmuster 65  
 Loch 263  
 Logische Verknüpfungen 150  
 Luftspalt 82  
 Luftspule 78

## M

M1-Schaltung 266  
 Magnetfeldenergie 89  
 Magnetfluss 97  
 Magnetische Feldkonstante 79  
 — Feldstärke 78  
 — Flusssdichte 78  
 — Pole 77  
 Magnetischer Fluss 77  
 — Kreis 82  
 Magnetisches Feld 75  
 Magnetisierungskurven 80

## 302

## Sachwortverzeichnis

Magnetpole 84  
 Meilensteine 16  
 Merker 156, 160  
 Messergebnis 245  
 Messfehler 244  
 Messung, Arbeit 43  
 —, digitale 243  
 —, Isolationswiderstand 210  
 —, Leistung 44  
 —, Niederohmigkeit 209  
 Mignon 61  
 Minuspol 26  
 Mittelwert 94  
 Modulare Steuerung 154  
 Mono 61  
 Monostabile Relais 133  
 Motor, polumschaltbar 230  
 Motorschutz 135  
 —, Stern-Dreieck 229  
 Motorschutzrelais 135  
 Motorschutzschalter 136  
 —, eigensichere 137  
 Motorvollschutz 138, 257  
 Multimeter 24, 243

## N

Nadelimpuls 168  
 Näherungssensor 147  
 Negative Flanke 166  
 Nennschaltabstand 148  
 Neozed 53  
 Netzsysteme 189  
 Neukurve 81  
 Neutron 23  
 NH-Sicherung 53  
 NICHT 151  
 Niederohmmessung 209  
 Niederspannungssicherungen 53  
 Not-Aus-Einrichtung 177  
 NPN-Transistor 275  
 NTC-Widerstand 257  
 Nutzleistung 45

## O

ODER 151  
 ODER-vor-UND 160

Öffner 140, 151  
 —, Abfrage 162  
 Ohmsches Gesetz 27  
 Operandenteil 156  
 Operationsteil 156  
 Optokoppler 154

## P

Parallelschaltung, Induktivitäten 89  
 —, Kondensatoren 68  
 —, Spannungsquellen 59  
 —, Widerstände 32  
 Parallelschwingkreis 118  
 Passiver Fehler 179  
 Passing 52  
 Passschraube 52  
 PELV 195  
 PEN-Leiter 189  
 Periode 94  
 Periodendauer 94  
 Permeabilität 79  
 Pflichtenheft 17  
 Plattenkondensator 65  
 Pluspol 26  
 Pneumatik 143  
 Pneumatikzylinder 144  
 PN-Übergang 264  
 Pol 23  
 Polarisierung 67  
 Pole, magnetische 77  
 Polpaare 221  
 Polpaarzahlen 222  
 Polumschaltbarer Motor 230  
 Positionsschalter 146  
 Positive Flanke 165  
 Potenzial, elektrisches 25  
 Potenzialangaben 27  
 Potenzialausgleich 198  
 Potenzialdifferenz 25  
 Potenzialtrennung 175  
 Potenziometer 250  
 Primärelement 61  
 Primärwicklung 237  
 Programmabarbeitung, SPS 159  
 Projekt 15, 18  
 Projektarbeit 18  
 Projektgruppe 15

Projektleiter 18  
 Projektmanagement 15  
 Projektphasen 18  
 Proton 23  
 Prozessabbild 159  
 Prüfkörper 65, 76  
 Prüfung, RCD 212  
 —, Schutzmaßnahmen 207  
 —, Teil 1 289  
 —, Vorbereitung 289  
 Prüfungsablauf 291  
 Pt100 253  
 PTC-Widerstand 253  
 Pt-Sensoren 254  
 Pulldown 250  
 Pullup 250  
 Push-In-Klemmen 142

## Q

Qualität 16  
 Qualitätsförderung 18  
 Qualitätslenkung 18  
 Qualitätsmanagement 16  
 Qualitätsplanung 18  
 Qualitätsprüfung 18  
 Qualitätsregelkreis 18  
 Qualitätssicherungsmaßnahmen 18  
 Quantisierung 243  
 Quantisierungsfehler 244  
 Querstromfaktor 39

## R

RCD 202  
 —, Prüfung 212  
 RC-Glied 133  
 Rechtsschraubenregel 76  
 Redundanz 178  
 Reedkontakt 146  
 Reed-Relais 133  
 Regeldifferenz 283  
 Reihenschaltung, Induktivitäten 89  
 —, Kondensatoren 69  
 —, Spannungsquellen 59  
 —, Widerstände 34  
 Reihenschwingkreis 117  
 Rekombination 263

## Sachwortverzeichnis

303

Relais 132  
 Relaiskontakte 132  
 Relative Kurzschlussspannung 239  
 Remanenz 80  
 Resonanz 117  
 Resonanzfrequenz 117  
 Restmagnetismus 80  
 Risikobetrachtung 177  
 Rücksetzeingang 161  
 Ruhestromprinzip 177

## S

SA 165  
 Sattelmoment 225  
 Sättigung 80  
 Schaltabstand 148  
 Schalterbeleuchtung 217  
 Schaltfolgediagramm 131  
 Schaltfunktion 150  
 Schalthäufigkeit, LS-Schalter 56  
 Schaltschloss 137  
 Schaltungen, Drehstrommotor 226  
 Schaltvermögen, LS-Schalter 55  
 Schaltwege 131  
 Scheinleistung 107  
 Scheinleitwert 109, 112  
 Scheinwiderstand 106  
 Scheitelfaktor 100  
 Scheitelwert 94  
 Schleifenimpedanz 200  
 Schließer 140  
 Schlupf 224  
 Schlupfdrehzahl 223, 224  
 Schmelzeinsatz 52  
 Schmelzsicherung 52  
 —, Auslösezeit 52  
 Schnellanschlussklemmen 142  
 Schraubkappe 52  
 Schraubklemmen 141  
 Schritt 168  
 Schrittkettenprinzip 168  
 Schutz gegen elektrischen Schlag 194  
 Schütz, Kenndaten 130  
 —, Kontaktbezeichnung 129  
 —, Spulenanschlüsse 131  
 Schutzbeschaltung, Spulen 133

Schutzisolierung 196  
 Schutzklasse II 196  
 Schutzklassen 194  
 Schutzmaßnahmen 190  
 —, Prüfung 207  
 Schutzpotenzialausgleich 198  
 Schutztrennung 196  
 Schützverriegelung 227  
 SE 163  
 Sekundärelement 62  
 Sekundärwicklung 237  
 Selbsthaltung 152  
 —, Prinzip 139  
 Selbstinduktion 86  
 Selbstinduktionskoeffizient 88  
 Selbstinduktionsspannung 87  
 Selektivität 56  
 SELV 195  
 Senkwaage 63  
 Sensoren 148  
 Serienschaltung 215  
 Setzeingang 161  
 Sicherheitsprüfung 207  
 Sicherheitsregeln 193  
 Sicherheitsschaltung 177  
 Sicherheitsstromkreis 177  
 Sicherheitstransformatoren 241  
 Signal, statisches 165  
 Signalspeicherung 152  
 Signalwechsel 165  
 Signalzustand „0“ 161  
 Signalzustände 150  
 Situative Gesprächsphasen 290  
 Soll-Zustand 15  
 Spannung, elektrische 23, 25  
 Spannungsabhängiger Widerstand 261  
 Spannungsanpassung 58  
 Spannungsbegrenzung 271  
 Spannungsfall 25  
 —, Leitungen 48  
 Spannungsfehlerschaltung 29  
 Spannungshart 240  
 Spannungskonstanter 272  
 Spannungsmessung 26, 212  
 Spannungspfeil 24  
 Spannungsquellen 24, 60  
 Spannungsregler 281

Spannungsreihe 60  
 Spannungsresonanz 117  
 Spannungsteiler 249, 251  
 —, belastet 38  
 —, unbelastet 38  
 Spannungsteilerregel 35  
 Spannungsversorgung 57, 247  
 Spannungsweich 239  
 Speicher 161  
 Speicherfunktion 161  
 Speicherprogrammierbare Steuerungen 153  
 Sperrdiode 265  
 Sperrschicht 263  
 Spezifischer Widerstand 48  
 Spiegelskala 246  
 Spitze-Spitze-Wert 100  
 Sprungkontakt 135  
 SPS 153  
 —, Anschlussplan 155  
 —, Aufbau 154  
 —, Beschaltung 154, 178  
 —, Programmabarbeitung 159  
 —, Programmierung 154  
 —, Steueranweisung 156  
 Spule im Gleichstromkreis 90  
 —, mit Eisen 79  
 Spulenanschlüsse, Schütz 131  
 SS 164  
 Stabilisierung 247, 272  
 Stabilisierungsfaktor 273  
 Ständerwicklungsschaltungen 226  
 Statisches Signal 165  
 Steckdosenstromkreis 214  
 Steinmetzschaltung 232  
 Stern-Dreieck, Motorschutz 229  
 Stern-Dreieck-Anlasser 228  
 Sternschaltung 120, 228  
 Steueranweisung, SPS 156  
 Steuerstromkreis 129  
 Steuerungsaufbau 129  
 Steuerungsschalter 133  
 Strang 119  
 Strangspannungen 119  
 Strangstrom 124  
 Streufluss 239  
 Streuung 239  
 Strom, elektrischer 25

## 304

## Sachwortverzeichnis

Strom, Gefahren 190  
 Stromanpassung 59  
 Strombelastbarkeit 49, 51  
 Stromdichte 49, 50  
 Stromempfindlichkeit 198  
 Stromfehlerschaltung 29  
 Stromfluss 26  
 Stromkreis 23  
 Stromlaufpläne 139  
 Strommessung 26, 244  
 Stromresonanz 118  
 Stromrichtung 25  
 Stromschlag 191  
 Stromstärke 26  
 Stromstoßschaltung 216  
 Stromverstärkung 279  
 Strom-Zeit-Kennlinien 53  
 Stückliste 21  
 Summenstromwandler 202  
 Symmetrische Belastung 121

## T

Tasterverriegelung 227  
 Teilbereichssicherungen 53  
 Temperaturdifferenz 31  
 Temperaturkoeffizient 31  
 Thermistoren 253  
 TN-C-S-System 190  
 TN-C-System 190  
 TN-S-System 189  
 TN-System, Abschaltzeiten 200  
 Toleranz 28, 73  
 Trägheitsgrad 137  
 Transformator 237  
 Transformatorprinzip 86  
 Transistor 275  
 —, als Schalter 275  
 —, Kennlinienfeld 277  
 Transition 168  
 Trimpotenzimeter 252  
 TT-System 190  
 TT-System, Abschaltzeiten 204

## U

Übergangswiderstand,  
 Klemmen 141

Überlastschutz 51, 255  
 Übersetzungsverhältnis 238  
 Überspannungsschutz 261  
 Überstromschutz 255  
 Überstromschutzorgane 51  
 Ummagnetisierungsverluste 226  
 UND 150  
 UND-vor-ODER 160  
 Unsymmetrische Belastung 122,  
 127  
 Unterwiesene Person 193

## V

Varistor 133, 261  
 VDR 261  
 Verbindungsplan 142  
 Verbindungsprogrammierte  
 Steuerung 153  
 Verbraucher 26  
 Verkettung 120  
 Verkettungsfaktor 121  
 Verknüpfungen, logische 150  
 Verknüpfungsergebnis 159  
 Verluste, Motor 226  
 Verlustleistung 45  
 Verpolschutzdiode 265  
 Verrechnungspreis 43  
 VKE 159  
 Voltsekunde 77  
 Vorbereitung, Prüfung 289  
 Vorrangiges Ausschalten 153  
 — Einschalten 153  
 Vorschaltgerät 217  
 Vorsteuerventil 145  
 Vorwiderstand 37, 249  
 VPD 153  
 VVG 218

## W

Wahrheitstabelle 150  
 Wärme 42  
 Wärmekapazität, spezifische 42  
 Wärmemenge 42  
 Wärmeschwingungen 30  
 Warmwiderstand 31  
 Weber 77

Wechselschaltung 215  
 Wechselspannungserzeugung 96  
 Wechselstromgröße 94  
 Wechselstromleistungen 99, 110  
 Wechselstromtechnik 93  
 Wechselstromwiderstand 102  
 Wegeventil 145  
 Welligkeit 267  
 Wendeschaltung 227  
 Widerstand, elektrischer 24, 25  
 —, induktiver 102  
 —, kapazitiver 104  
 —, magnetischer 82  
 —, spezifischer 48  
 Widerstände, Parallelschaltung 32  
 —, Reihenschaltung 34  
 Widerstandsbestimmung 29  
 Widerstandsmessung 24, 28, 244  
 Widerstandsthermometer 253  
 Wiederholungsprüfung 207  
 Wirbelstrom 226  
 Wirbelstromverluste 226  
 Wirkleistung 103, 107  
 Wirkleistungsfaktor 107  
 Wirkleitwert 109, 112  
 Wirkungsgrad 44  
 Wirkwiderstand 99

## Z

Zählerkonstante 43  
 Z-Diode 271  
 Zeigerausschlag 245  
 Zeigerdiagramm 97  
 Zeitfunktionen 162  
 Zeitkonstante, LR 90  
 —, RC 72  
 Z-Spannung 271  
 Zugfederklemmen 141  
 Zündvorgang 218  
 Zuordnungsliste 155  
 Zusätzlicher Potenzialausgleich 198  
 Zusatzschutz 203  
 Zwangsführung 135  
 Zwangsöffnung 135  
 Zweiphasenbetrieb 122  
 Zykluszeit 159