
Inhaltsverzeichnis

Rot: Neu in der 7. Auflage

I Gleichstromlehre

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Elektrische Grundgrößen | 12 |
| 1.1 | Elektrische Ladung | 12 |
| 1.2 | Elektrische Stromstärke | 13 |
| 1.3 | Elektrische Spannung | 16 |
| 1.4 | Elektrischer Gleichstromkreis | 17 |
| 1.5 | Widerstände im elektrischen Stromkreis | 20 |
| 1.5.1 | Bemessungsgleichung | 20 |
| 1.5.2 | Temperaturabhängigkeit | 21 |
| 1.5.3 | Technische Ausführungsformen | 22 |
| 2 | Gesetze zur Berechnung elektrischer Stromkreise | 23 |
| 2.1 | Das OHMSche Gesetz | 23 |
| 2.2 | Die KIRCHHOFFSchen Sätze | 26 |
| 2.2.1 | Maschensatz | 26 |
| 2.2.2 | Knotenpunktsatz | 27 |
| 2.3 | Energiesatz | 28 |
| 3 | Lineare elektrische Gleichstromkreise | 31 |
| 3.1 | Eigenschaften elektrischer Stromkreise | 31 |
| 3.2 | Regeln zur Berechnung passiver Zweipole | 33 |
| 3.2.1 | Reihenschaltung und Spannungsteilerregel | 33 |
| 3.2.2 | Parallelschaltung und Stromteilerregel | 35 |
| 3.3 | Berechnung passiver Zweipole | 38 |
| 3.4 | Elektrische Quellen | 40 |
| 3.5 | Lastfälle im Grundstromkreis | 44 |
| 3.5.1 | Leistung und Wirkungsgrad | 44 |
| 3.5.2 | Anpassungsfall | 45 |
| 3.5.3 | Diskussion von Lastfällen | 47 |
| 3.5.4 | Belasteter Spannungsteiler | 49 |
| 4 | Grundschaltungen der elektrischen Messtechnik | 52 |
| 4.1 | Messbereichserweiterung | 52 |
| 4.2 | Aufnahme von Kennlinien | 54 |
| 4.2.1 | Stromrichtige Messung | 54 |
| 4.2.2 | Spannungsrichtige Messung | 55 |
| 4.3 | Messgeräte mit Nullindikator | 56 |
| 4.4 | Allgemeine Berechnung von Brückenschaltungen | 59 |
| 4.4.1 | Allgemeine Umrechnung in eine Sternschaltung | 59 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4.4.2 | Dreieck-Stern-Transformation | 61 |
| 4.4.3 | Stern-Dreieck-Transformation | 63 |
| 5 | Verfahren zur Berechnung linearer Netzwerke | 65 |
| 5.1 | Netzwerkberechnung nach KIRCHHOFF | 65 |
| 5.2 | Der HELMHOLTZsche Überlagerungssatz | 68 |
| 5.3 | Zweipoltheorie | 70 |
| 5.3.1 | Spannungsquellen-Ersatzschaltung | 71 |
| 5.3.2 | Stromquellen-Ersatzschaltung | 73 |
| 5.4 | Analyseverfahren | 76 |
| 5.4.1 | Umlaufanalyse | 76 |
| 5.4.2 | Knotenanalyse | 80 |
| 6 | Stromkreise mit nichtlinearen Bauelementen | 84 |
| 6.1 | Strom-Spannungs-Kennlinie | 84 |
| 6.2 | Ausgewählte Kennlinien nichtlinearer Bauelemente | 85 |
| 6.3 | Konstruktion von Ersatz-Kennlinien | 89 |
| 6.3.1 | Ersatz-Kennlinien von Elementarschaltungen | 89 |
| 6.3.2 | Idealisierte Kennlinien und Ersatzschaltungen | 90 |
| 6.4 | Grafische Bestimmung des Arbeitspunktes | 91 |
| II | Wechselstromtechnik | |
| 7 | Beschreibung von Wechselgrößen | 94 |
| 7.1 | Periodische Zeitfunktionen | 94 |
| 7.2 | Sinusförmige Zeitfunktionen | 95 |
| 7.3 | Mittelwerte periodischer Zeitfunktionen | 97 |
| 7.3.1 | Arithmetischer Mittelwert | 97 |
| 7.3.2 | Gleichrichtwert | 97 |
| 7.3.3 | Effektivwert | 99 |
| 7.4 | Überlagerung sinusförmiger Zeitfunktionen | 101 |
| 8 | Widerstände im Wechselstromkreis | 106 |
| 8.1 | Elementare Zweipole | 106 |
| 8.1.1 | Ohmscher Widerstand | 106 |
| 8.1.2 | Induktiver Blindwiderstand | 107 |
| 8.1.3 | Kapazitiver Blindwiderstand | 109 |
| 8.2 | Reale Bauelemente | 110 |
| 8.2.1 | Reale Spule | 110 |
| 8.2.2 | Realer Kondensator | 112 |
| 8.3 | Elementarschaltungen | 113 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 8.4 | Zeigerbilder | 115 |
| 8.4.1 | Gemischte RLC-Kombinationen | 115 |
| 8.4.2 | Brückenschaltungen | 118 |
| 9 | Berechnung von Stromkreisen bei sinusförmiger Einspeisung | 120 |
| 9.1 | Berechnung im Zeitbereich | 120 |
| 9.2 | Berechnung im Bildbereich | 122 |
| 9.2.1 | Zeigerdarstellung | 122 |
| 9.2.2 | Rechenregeln | 123 |
| 9.2.3 | Transformationsregeln | 126 |
| 9.2.4 | Komplexer Widerstand | 128 |
| 9.2.5 | Komplexer Leitwert | 130 |
| 9.3 | Gemischte Schaltungen im Wechselstromkreis | 131 |
| 9.3.1 | Rechnerische Lösung im Bildbereich | 131 |
| 9.3.2 | Grafische Lösung im Bildbereich | 135 |
| 9.3.3 | Variation von Betriebsparametern | 137 |
| 9.4 | Spezielle Wechselstromschaltungen | 141 |
| 9.5 | Wechselstrom-Brücken | 143 |
| 9.5.1 | Induktivitätsmessbrücke | 145 |
| 9.5.2 | Kapazitätsmessbrücke | 146 |
| 9.5.3 | Phasendrehbrücke | 147 |
| 9.6 | Verfahren zur Netzwerkberechnung | 149 |
| 9.6.1 | Überlagerungsverfahren | 149 |
| 9.6.2 | Zweipoltheorie | 151 |
| 9.6.3 | Analyseverfahren | 153 |
| 10 | Frequenzabhängigkeit der Wechselstromkreise | 156 |
| 10.1 | Komplexer Frequenzgang | 156 |
| 10.2 | Tief- und Hochpässe | 157 |
| 10.3 | Schwingkreise | 162 |
| 10.4 | Übertragungsvierpole | 174 |
| 10.5 | Modelle für Leitungen | 179 |
| 10.5.1 | Elektrisch kurze Leitung | 179 |
| 10.5.2 | Leitungsgleichungen | 180 |
| 10.5.3 | Wellenmodell | 183 |
| 11 | Leistungsbetrachtungen im Wechselstromkreis | 186 |
| 11.1 | Zeitfunktion der Leistung | 186 |
| 11.2 | Wirk-, Blind- und Scheinleistung | 188 |
| 11.3 | Komplexe Leistung | 189 |
| 11.4 | Leistungsfaktor und seine Verbesserung | 191 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 12 | Dreiphasensysteme | 195 |
| 12.1 | Symmetrischer Drehstromgenerator | 195 |
| 12.2 | Spannungen und Ströme | 196 |
| 12.3 | Belastungsarten | 200 |
| 12.4 | Leistung im Dreiphasensystem | 204 |
| 12.5 | Symmetrische Komponenten | 209 |
| 12.5.1 | Entstehung unsymmetrischer Dreiphasensysteme | 209 |
| 12.5.2 | Zerlegung in symmetrische Komponenten | 211 |
| 12.5.3 | Komponenten-Ersatzschaltungen | 212 |
| | | |
| III | Elektrische und magnetische Felder | |
| | | |
| 13 | Feldbegriff | 214 |
| 13.1 | Begriffsbestimmung | 214 |
| 13.1.1 | Begriff „Feldpunkt“ | 214 |
| 13.1.2 | Begriff „Rechtssystem“ | 215 |
| 13.2 | Einteilung der Felder | 216 |
| 13.3 | Eigenschaften elektrischer und magnetischer Felder | 218 |
| | | |
| 14 | Stationäres elektrisches Strömungsfeld | 221 |
| 14.1 | Eigenschaften des elektrischen Strömungsfeldes | 221 |
| 14.2 | Beschreibung des stationären elektrischen Strömungsfeldes | 226 |
| 14.2.1 | Integrale Größen | 226 |
| 14.2.2 | Ortsbezogene Größen | 226 |
| 14.2.3 | Maschen- und Knotenpunktsatz im Strömungsfeld | 231 |
| 14.2.4 | Überlagerung elektrischer Strömungsfelder | 234 |
| 14.3 | Berechnung elektrischer Strömungsfelder | 234 |
| 14.3.1 | Homogene und einfache inhomogene Strömungsfelder | 234 |
| 14.3.2 | Radialsymmetrische Strömungsfelder | 236 |
| 14.4 | Erderanordnungen | 241 |
| 14.4.1 | Halbkugelerder | 241 |
| 14.4.2 | Vollkugelerder | 245 |
| | | |
| 15 | Elektrostatiches Feld | 250 |
| 15.1 | Eigenschaften des elektrostatischen Feldes | 250 |
| 15.2 | Erscheinungsformen der Ladung | 251 |
| 15.3 | Beschreibung des elektrostatischen Feldes | 253 |
| 15.3.1 | Integrale Größen | 253 |
| 15.3.2 | Ortsbezogene Größen | 255 |
| 15.4 | Berechnung elektrostatischer Felder | 257 |
| 15.4.1 | Homogene und einfache inhomogene elektrostatische Felder | 257 |
| 15.4.2 | Elektrostatische Felder im geschichteten Dielektrikum | 258 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 15.4.3 | Radialsymmetrische elektrostatische Felder | 261 |
| 15.4.4 | Überlagerung elektrostatischer Felder | 264 |
| 15.5 | Energie und Kräfte im elektrostatischen Feld | 267 |
| 15.5.1 | Elektrostatisches Feld als Energiespeicher | 267 |
| 15.5.2 | COULOMBSches Gesetz | 268 |
| 15.5.3 | Kraft auf Trennflächen | 269 |
| 15.5.4 | Influenz und Polarisaton | 272 |
| 16 | Elektrisches Verhalten des Kondensators | 274 |
| 16.1 | Regeln zur Berechnung von Kondensatorschaltungen | 274 |
| 16.1.1 | Reihenschaltung und kapazitiver Spannungsteiler | 274 |
| 16.1.2 | Parallelschaltung und Ladungsteiler | 277 |
| 16.1.3 | Gemischte Kondensatorschaltungen | 280 |
| 16.2 | Schaltvorgänge in RC-Kombinationen | 281 |
| 16.2.1 | Ladevorgang | 281 |
| 16.2.2 | Entladevorgang | 283 |
| 16.2.3 | Umschalten vorgeladener Kondensatoren | 285 |
| 16.3 | Ladungsausgleich | 288 |
| 16.3.1 | Ladungsbilanz | 288 |
| 16.3.2 | Ladungsausgleich in einer Reihenersatzschaltung | 289 |
| 16.3.3 | Ladungsausgleich in einer Parallelersatzschaltung | 294 |
| 16.3.4 | Kapazitive Netzwerke | 295 |
| 17 | Stationäres magnetisches Feld | 298 |
| 17.1 | Eigenschaften des magnetischen Feldes | 298 |
| 17.2 | Beschreibung des magnetischen Feldes | 300 |
| 17.2.1 | Integrale Größen | 300 |
| 17.2.2 | Ortsbezogene Größen | 302 |
| 17.3 | Magnetische Kreise | 304 |
| 17.3.1 | Magnetisierungskennlinie | 304 |
| 17.3.2 | Ersatzschaltungen für magnetische Kreise | 307 |
| 17.3.3 | Berechnung magnetischer Kreise | 309 |
| 17.4 | Magnetische Felder stromdurchflossener Leiter | 313 |
| 17.5 | Energie und Kräfte im magnetischen Feld | 317 |
| 17.5.1 | Magnetische Energie | 317 |
| 17.5.2 | LORENTZ-Kraft | 320 |
| 17.5.3 | Energiedichte und Induktivität einer Leitung | 323 |
| 18 | Zeitlich veränderliches magnetisches Feld | 326 |
| 18.1 | Elektromagnetische Induktion | 326 |
| 18.1.1 | Induktionsgesetz – Bewegungsinduktion | 327 |
| 18.1.2 | Induktionsgesetz – Ruheinduktion | 331 |
| 18.2 | Selbstinduktion und Induktivität | 333 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 18.3 | Gegeninduktion und Gegeninduktivität | 334 |
| 18.4 | Transformatorgleichungen | 340 |
| 19 | Elektrisches Verhalten der Spule | 343 |
| 19.1 | Zusammenschaltung von Induktivitäten | 343 |
| 19.1.1 | Unverkoppelte Induktivitäten | 343 |
| 19.1.2 | Verkoppelte Induktivitäten | 344 |
| 19.1.3 | Transformator-Ersatzschaltungen | 345 |
| 19.2 | Schaltvorgänge an Spulen | 348 |
| 19.2.1 | Einschaltvorgang | 348 |
| 19.2.2 | Ausschaltvorgang | 350 |
| 19.2.3 | Umschalten vormagnetisierter Spulen | 352 |
| 19.3 | Modelle zum Transformator | 355 |
| 19.3.1 | Idealer Transformator | 355 |
| 19.3.2 | Verlustloser und streuungsfreier Transformator | 357 |
| 19.3.3 | Realer Transformator | 359 |
| 20 | Wechselwirkungen | 362 |
| 20.1 | Ladungsbewegungen in leitfähigen und nichtleitfähigen Medien | 362 |
| 20.1.1 | Konvektionsstrom | 362 |
| 20.1.2 | Feldstrom | 363 |
| 20.1.3 | Diffusionsstrom | 364 |
| 20.1.4 | Verschiebungsstrom | 366 |
| 20.2 | MAXWELLSche Gleichungen | 368 |
| 20.2.1 | Durchflutungsgesetz | 368 |
| 20.2.2 | Induktionsgesetz | 369 |
| 20.2.3 | Wirbelfreies Quellenfeld | 370 |
| 20.3 | Wechselseitige Verkopplungen im elektromagnetischen Feld | 371 |
| 20.3.1 | Wirbelverkopplungen bei Änderungen des magnetischen Flusses | 371 |
| 20.3.2 | Wirbelverkopplungen bei schnellen Stromänderungen | 372 |
| 20.3.3 | Parasitäre Effekte im HF-Bereich | 374 |
| 20.4 | Grundlegende Zusammenhänge | 378 |
| | Übungsaufgaben | 379 |
| | Berechnungsbeispiele im Übungsbuch | 402 |
| | Literaturverzeichnis | 407 |
| | Sachwortverzeichnis | 408 |
| | Formelzeichenverzeichnis | |