

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Grundbegriffe | 17 |
| 1.1 | Physikalische Größen und Maßeinheiten | 22 |
| 1.2 | Elektrische Ladung | 26 |
| 1.3 | Elektrisches Feld, elektrische Feldstärke, elektrische Spannung | 30 |
| 1.3.1 | Elektrische Feldstärke | 30 |
| 1.3.2 | Elektrische Spannung | 32 |
| 1.3.3 | Maschensatz | 38 |
| 1.4 | Elektrischer Strom. Stromdichte | 40 |
| 1.4.1 | Elektrische Stromstärke | 40 |
| 1.4.2 | Stromdichte | 47 |
| 1.4.3 | Knotensatz | 50 |
| 1.5 | Energie, Arbeit und Leistung im Stromkreis | 55 |
| 1.5.1 | Energie, Arbeit, Leistung | 55 |
| 1.5.2 | Energie und Leistung am Zweipol | 58 |
| 1.5.3 | Wirkungsgrad | 60 |
| | Lernorientierungen, Wiederholungsfragen | 61 |
| 2 | Einfache Stromkreise und ihre Bauelemente. | |
| | Netzwerkelemente | 65 |
| 2.1 | Die Grundelemente elektrischer Stromkreise | 69 |
| 2.1.1 | Unabhängige Quellen | 69 |
| 2.2 | Widerstand. Resistiver Zweipol | 73 |
| 2.2.1 | Linearer Widerstand. Ohmsches Gesetz | 75 |
| 2.2.2 | Einfache Zusammenschaltungen von linearen Widerständen . . | 81 |
| 2.2.3 | Nichtlineare resistive Zweipole | 85 |
| 2.2.4 | Temperatureinfluß auf Widerstandszweipole | 90 |
| 2.3 | Kondensator. Kapazitiver Zweipol | 95 |
| 2.3.1 | Grundprinzip des Kondensators | 95 |
| 2.3.2 | Der lineare kapazitive Zweipol als Netzwerkelement | 99 |
| 2.3.3 | Zusammenschaltungen von linearen Kapazitäten | 103 |

8 Inhalt

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.3.4 | Kondensator als Bauelement | 106 |
| 2.3.5 | Nichtlineare kapazitive Zweipole | 112 |
| 2.4 | Spule. Induktiver Zweipol | 113 |
| 2.4.1 | Grundprinzip der Spule | 113 |
| 2.4.2 | Der lineare induktive Zweipol als Netzwerkelement | 118 |
| 2.4.3 | Zusammenschaltung von linearen Induktivitäten | 123 |
| 2.4.4 | Spule als Bauelement | 124 |
| 2.4.5 | Nichtlineare induktive Zweipole | 130 |
| 2.4.6 | Gegeninduktion. Magnetisch verkoppelte Spulen | 130 |
| 2.5 | Mehrpolelemente | 134 |
| 2.5.1 | Gesteuerte Quellen | 135 |
| 2.5.2 | Passive Mehrpole | 142 |
| | Lernorientierungen, Wiederholungsfragen | 144 |
| 3 | Analyse elektrischer Netzwerke | 148 |
| 3.1 | Zusammenspiel aktiver-passiver Zweipol. Grundstromkreis . . | 149 |
| 3.1.1 | Reale unabhängige Quelle. Ersatzschaltungen des aktiven Zweipols | 149 |
| 3.1.2 | Der Grundstromkreis | 154 |
| 3.1.3 | Nichtlineare Zweipole im Grundstromkreis | 159 |
| 3.1.4 | Graphische Behandlung des nichtlinearen Grundstromkreises . | 162 |
| 3.1.5 | Analytische und numerische Lösungsverfahren | 168 |
| 3.1.6 | Grundstromkreis im Kleinsignalbetrieb | 170 |
| 3.2 | Zweipoltheorie | 177 |
| 3.3 | Überlagerungssatz | 180 |
| 3.4 | Allgemeine Netzwerkanalyse | 182 |
| 3.4.1 | Zweigstromanalyse | 185 |
| 3.4.2 | Maschenstromanalyse | 188 |
| 3.4.3 | Knotenspannungsanalyse | 193 |
| | Lernorientierungen, Wiederholungsfragen | 201 |
| 4 | Netzwerke bei sinusförmiger und zeitveränderlicher Erregung. Wechselstromschaltungen | 205 |
| 4.1 | Harmonische Zeitfunktionen | 208 |
| 4.1.1 | Sinusförmige Zeitfunktion | 208 |
| 4.1.2 | Mittelwerte periodischer Größen | 212 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.1.3 | Addition (Subtraktion) zweier Sinusspannungen gleicher Frequenz | 219 |
| 4.2 | Verhalten der Grundelemente und einfacher Zusammenschaltungen bei Sinusgrößen im Zeitbereich | 221 |
| 4.2.1 | Grundelemente | 221 |
| 4.2.2 | Zusammenschaltung von Grundelementen | 226 |
| 4.3 | Netzwerkanalyse im Frequenzbereich. Transformation in die komplexe Ebene | 228 |
| 4.3.1 | Eigenschaften komplexer Größen, Rechenoperationen | 230 |
| 4.3.2 | Zeigerdarstellung von Spannung und Strom | 235 |
| 4.3.3 | Differentiation und Integration rotierender Zeiger | 238 |
| 4.3.4 | Komplexer Widerstand und Leitwert. Widerstands-, Leitwertoperator | 242 |
| 4.3.5 | Widerstands-/Leitwertoperatoren der Grundelemente <i>RLC</i> | 246 |
| 4.3.6 | Zusammenfassung: Netzwerkanalyse im Frequenzbereich | 254 |
| 4.3.7 | Frequenzgang $F(j\omega)$ | 262 |
| 4.4 | Darstellung von Netzwerkeigenschaften. Netzwerke bei veränderlicher Frequenz | 264 |
| 4.4.1 | Zeigerdarstellung, Zeigerbild | 264 |
| 4.4.2 | Amplitude und Phase des Frequenzganges | 268 |
| 4.4.3 | Scheinwiderstandsdiagramm | 274 |
| 4.4.4 | Ortskurven | 275 |
| 4.5 | Leistung und Energie im Wechselstromkreis | 279 |
| 4.5.1 | Leistungsbegriffe | 279 |
| 4.5.2 | Leistungsanpassung | 286 |
| 4.6 | Typische Wechselstromschaltungen | 288 |
| 4.6.1 | Lineare Vierpole | 290 |
| 4.6.2 | Resonanzkreis | 308 |
| 4.6.3 | Vierpole mit Filtereigenschaften | 314 |
| 4.6.4 | Besondere Wechselstromschaltungen | 326 |
| 4.6.5 | Übertrager, Transformator | 331 |
| 4.7 | Signale und Netzwerke (Systeme) im Frequenzbereich | 337 |
| 4.7.1 | Allgemeine Netzwerkerregungen. Signalbegriff | 343 |
| 4.7.2 | Periodische Signale. Fourierreihe | 349 |
| 4.7.3 | Aperiodische Signale. Fouriertransformation | 354 |
| | Lernorientierungen, Wiederholungsfragen | 364 |

10 Inhalt

| | | |
|----------|--|------------|
| 5 | Ausgleichsvorgänge. Netzwerke bei beliebiger Erregung | 375 |
| 5.1 | Ausgleichs-, Schaltvorgänge im Zeitbereich | 375 |
| 5.1.1 | Netzwerke mit einem Energiespeicher | 380 |
| 5.1.2 | Netzwerke mit einem Energiespeicher und beliebiger Erregerfunktion | 391 |
| 5.1.3 | Netzwerke mit zwei Energiespeichern | 393 |
| 5.2 | Ausgleichsvorgänge im Frequenzbereich. Laplace-Transformation | 398 |
| 5.2.1 | Überblick und Definition | 398 |
| 5.2.2 | Laplace-Transformation und Netzwerkdifferentialgleichung . | 407 |
| 5.2.3 | Laplace-Transformation des Netzwerkes | 408 |
| 5.3 | Die Übertragungseigenschaften von Netzwerken und ihre Beschreibungsmöglichkeiten | 410 |
| 5.3.1 | Beschreibung des Netzwerkes durch die Differentialgleichung . | 411 |
| 5.3.2 | Beschreibung des Übertragungsverhaltens durch Antwortfunktionen | 413 |
| 5.3.3 | Die Übertragungsfunktion als verallgemeinertes Eingangs-/ Ausgangsverhalten im Bildbereich | 420 |
| 5.3.4 | Eigenschaften und Darstellungen der Übertragungsfunktion . | 428 |
| | Lernorientierungen, Wiederholungsfragen | 431 |
| 6 | Das elektromagnetische Feld | 435 |
| 6.1 | Feldbegriff | 435 |
| 6.2 | Elektrisches Feld | 437 |
| 6.2.1 | Elektrische Feldstärke und Potential | 437 |
| 6.2.2 | Das elektrostatische Feld. Feld im Nichtleiter | 441 |
| 6.2.3 | Das Strömungsfeld. Feld im Leiter | 452 |
| 6.3 | Magnetisches Feld. Verknüpfung zwischen elektrischem und magnetischem Feld | 473 |
| 6.3.1 | Feldgrößen des Magnetfeldes. Durchflutungsgesetz | 475 |
| 6.3.2 | Materie im Magnetfeld | 483 |
| 6.3.3 | Integralgrößen des magnetischen Feldes. Magnetischer Kreis . | 486 |
| 6.3.4 | Spule, Induktivität | 493 |
| 6.3.5 | Induktionsgesetz. Verkopplung magnetische \leftrightarrow elektrische Größen | 494 |
| 6.3.6 | Kraftwirkung und Energie des Magnetfeldes | 497 |
| 6.3.7 | Magnetische Energie | 502 |

Inhalt 11

| | | |
|-------|---|-----|
| 6.4 | Elektromagnetische Felder und Wellen | 503 |
| 6.4.1 | Maxwellsche Gleichungen | 504 |
| 6.4.2 | Einteilung elektromagnetischer Felder | 512 |
| 6.4.3 | Elektromagnetische Wellen | 512 |
| | Lernorientierungen, Wiederholungsfragen | 517 |
| | Literaturverzeichnis | 521 |
| | Anhang | 522 |
| | Übungsaufgaben | 524 |
| | Lösungen | 534 |
| | Sachverzeichnis | 548 |