

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| Vorwort .....   | V         |
| Schreibweisen, Formelzeichen und Einheiten .....                                    | XI        |
| <b>1 Physikalische Grundbegriffe der Elektrotechnik .....</b>                       | <b>1</b>  |
| <b>2 Gleichstromtechnik .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1 Der unverzweigte Stromkreis .....   | 4         |
| 2.1.1 Der Grundstromkreis .....   | 4         |
| 2.1.2 Zählpfeilsysteme .....  | 6         |
| 2.1.3 Die Reihenschaltung von Widerständen .....                                    | 6         |
| 2.1.4 Anwendungen der Reihenschaltung von Widerständen .....                        | 6         |
| 2.1.5 Die Reihenschaltung von Spannungsquellen .....                                | 7         |
| 2.2 Der verzweigte Stromkreis .....   | 7         |
| 2.2.1 Die Maschenregel .....  | 7         |
| 2.2.2 Die Knotenpunktregel .....  | 7         |
| 2.2.3 Die Parallelschaltung von Widerständen .....                                  | 8         |
| 2.2.4 Anwendungen der Parallelschaltung von Widerständen .....                      | 8         |
| 2.2.5 Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle .....                             | 9         |
| 2.2.6 Die Parallelschaltung von Spannungsquellen .....                              | 11        |
| 2.2.7 Messung von Widerständen .....  | 12        |
| 2.2.8 Der belastete Spannungsteiler .....   | 13        |
| 2.2.9 Kompensationsschaltungen .....  | 14        |
| 2.2.10 Umwandlung einer Dreieckschaltung in eine Sternschaltung und umgekehrt ..... | 15        |
| 2.3 Verfahren zur Netzwerkberechnung .....  | 16        |
| 2.3.1 Netzwerkberechnung mit Hilfe der Kirchhoffschen Sätze .....                   | 16        |
| 2.3.2 Netzwerkberechnung mit Hilfe des Überlagerungssatzes .....                    | 17        |
| 2.3.3 Netzwerkberechnung mit Hilfe der Zweipoltheorie .....                         | 18        |
| 2.3.4 Netzwerkberechnung nach dem Maschenstromverfahren .....                       | 21        |
| 2.3.5 Netzwerkberechnung nach dem Knotenspannungsverfahren .....                    | 22        |
| 2.4 Elektrische Energie und elektrische Leistung .....                              | 23        |
| 2.4.1 Energie und Leistung .....  | 23        |
| 2.4.2 Energieumwandlungen .....   | 23        |
| 2.4.3 Messung der elektrischen Energie und Leistung .....                           | 23        |
| 2.4.4 Wirkungsgrad in Stromkreisen .....  | 25        |
| 2.4.5 Anpassung .....   | 26        |
| <b>3 Das elektromagnetische Feld .....</b>  | <b>27</b> |
| 3.1 Der Begriff des Feldes .....  | 27        |
| 3.2 Das elektrische Strömungsfeld .....   | 29        |
| 3.2.1 Wesen des elektrischen Strömungsfeldes .....                                  | 29        |
| 3.2.2 Elektrischer Strom und elektrische Stromdichte .....                          | 29        |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 3.2.3   | Elektrische Spannung und elektrische Feldstärke, elektrischer Widerstand und spezifischer Widerstand .....                            | 31  |
| 3.3     | Das elektrostatische Feld .....   | 33  |
| 3.3.1   | Wesen des elektrostatischen Feldes .....  | 33  |
| 3.3.2   | Verschiebungsfluss und Verschiebungsflossdichte .....   | 33  |
| 3.3.3   | Elektrische Spannung und elektrische Feldstärke, Kapazität und Permittivität (Dielektrizitätskonstante) .....                         | 35  |
| 3.3.4   | Verschiebstrom – Strom im Kondensator .....   | 41  |
| 3.3.5   | Energie und Kräfte des elektrostatischen Feldes .....   | 42  |
| 3.3.6   | Das Verhalten des elektrostatischen Feldes an der Grenze zwischen Stoffen verschiedener Dielektrizitätskonstanten .....               | 43  |
| 3.4     | Das magnetische Feld .....  | 44  |
| 3.4.1   | Wesen des magnetischen Feldes .....   | 44  |
| 3.4.2   | Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte .....  | 44  |
| 3.4.3   | Durchflutung, magnetische Spannung und magnetische Feldstärke (magnetische Erregung), magnetischer Widerstand und Permeabilität ..... | 47  |
| 3.4.4   | Das Verhalten des magnetischen Feldes an der Grenze zwischen Stoffen verschiedener Permeabilitäten .....                              | 53  |
| 3.4.5   | Berechnung magnetischer Kreise .....  | 54  |
| 3.4.5.1 | Berechnung geschlossener magnetischer Kreise .....  | 54  |
| 3.4.5.2 | Berechnung des nichteisengeschlossenen magnetischen Kreises einer Doppelleitung und mehrerer paralleler Leiter .....                  | 60  |
| 3.4.5.3 | Berechnung magnetischer Kreise mit Dauermagneten .....  | 61  |
| 3.4.6   | Elektromagnetische Spannungserzeugung – das Induktionsgesetz ...  | 63  |
| 3.4.6.1 | Bewegte Leiter in einem zeitlich konstanten Magnetfeld – die Bewegungsinduktion .....   | 63  |
| 3.4.6.2 | Zeitlich veränderliches Magnetfeld und ruhende Leiter – die Ruheinduktion .....   | 67  |
| 3.4.7   | Selbstinduktion und Gegeninduktion .....  | 70  |
| 3.4.7.1 | Die Selbstinduktion .....   | 70  |
| 3.4.7.2 | Die Gegeninduktion .....  | 73  |
| 3.4.7.3 | Haupt- und Streuinduktivitäten, Kopplungs- und Streufaktoren .....  | 81  |
| 3.4.8   | Magnetische Energie und magnetische Kräfte .....  | 82  |
| 3.4.8.1 | Magnetische Energie .....   | 82  |
| 3.4.8.2 | Magnetische Kräfte .....  | 83  |
| 4       | Wechselstromtechnik .....   | 84  |
| 4.1     | Wechselgrößen und sinusförmige Wechselgrößen .....  | 84  |
| 4.2     | Berechnung von sinusförmigen Wechselgrößen mit Hilfe der komplexen Rechnung .....   | 86  |
| 4.3     | Wechselstromwiderstände und Wechselstromleitwerte .....   | 91  |
| 4.4     | Praktische Berechnung von Wechselstromnetzen .....  | 101 |
| 4.5     | Die Reihenschaltung und Parallelschaltung von ohmschen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten .....                             | 102 |
| 4.5.1   | Die Reihenschaltung von Wechselstromwiderständen – die Reihen- oder Spannungsresonanz .....   | 102 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.5.2 | Die Parallelschaltung von Wechselstromwiderständen – die Parallel- oder Stromresonanz .....  | 107 |
| 4.6   | Spezielle Schaltungen der Wechselstromtechnik .....  | 112 |
| 4.6.1 | Schaltungen für eine Phasenverschiebung von 90° zwischen Strom und Spannung .....  | 112 |
| 4.6.2 | Schaltungen zur automatischen Konstanthaltung des Wechselstroms – die Boucherot-Schaltung .....  | 113 |
| 4.6.3 | Wechselstrom-Messbrückenschaltungen .....  | 113 |
| 4.7   | Die Leistung im Wechselstromkreis .....  | 116 |
| 4.7.1 | Augenblicksleistung, Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung und komplexe Leistung .....   | 116 |
| 4.7.2 | Die Messung der Wechselstromleistung .....   | 120 |
| 4.7.3 | Verbesserung des Leistungsfaktors – Blindleistungskompensation .....   | 122 |
| 4.7.4 | Wirkungsgrad und Anpassung .....   | 123 |
| 5     | Ortskurven .....   | 124 |
| 5.1   | Begriff der Ortskurve .....  | 124 |
| 5.2   | Ortskurve „Gerade“ .....   | 125 |
| 5.3   | Ortskurve „Kreis durch den Nullpunkt“ .....  | 125 |
| 5.4   | Ortskurve „Kreis in allgemeiner Lage“ .....  | 126 |
| 5.5   | Ortskurven höherer Ordnung .....   | 126 |
| 6     | Der Transformator .....  | 127 |
| 6.1   | Übersicht über Transformatoren .....   | 127 |
| 6.2   | Transformatorgleichungen und Zeigerbild .....  | 127 |
| 6.3   | Ersatzschaltbilder mit galvanischer Kopplung .....   | 130 |
| 6.4   | Messung der Ersatzschaltbildgrößen des Transformators .....  | 132 |
| 6.5   | Frequenzabhängigkeit der Spannungsübersetzung eines Transformators ....  | 134 |
| 7     | Mehrphasensysteme .....  | 135 |
| 7.1   | Die m-Phasensysteme .....  | 135 |
| 7.2   | Symmetrische verkettete Dreiphasensysteme .....  | 136 |
| 7.3   | Unsymmetrische verkettete Dreiphasensysteme .....  | 138 |
| 7.4   | Messung der Leistungen des Dreiphasensystems .....   | 143 |
| 8     | Ausgleichsvorgänge in linearen Netzen .....  | 144 |
| 8.1   | Grundlagen für die Behandlung von Ausgleichsvorgängen .....  | 144 |
| 8.2   | Berechnung von Ausgleichsvorgängen durch Lösung von Differentialgleichungen .....  | 145 |
| 8.3   | Berechnung von Ausgleichsvorgängen mit Hilfe der Laplace-Transformation .....  | 150 |
| 8.3.1 | Grundlagen für die Behandlung der Ausgleichsvorgänge mittels Laplace-Transformation .....  | 150 |
| 8.3.2 | Lösungsmethoden für die Berechnung von Ausgleichsvorgängen Zusammenfassung der Laplace-Operationen und der Laplace-Transformierten (Korrespondenzen) ..... | 153 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>9 Fourieranalyse von nichtsinusförmigen periodischen Wechselgrößen und nichtperiodischen Größen .....</b>  | 163 |
| 9.1 Fourierreihenentwicklung von analytisch gegebenen nichtsinusförmigen periodischen Wechselgrößen .....     | 163 |
| 9.2 Reihenentwicklung von in diskreten Punkten vorgegebenen nichtsinusförmigen periodischen Funktionen: ..... | 170 |
| 9.3 Anwendungen der Fourierreihen .....   | 176 |
| 9.4 Die Darstellung nichtsinusförmiger periodischer Wechselgrößen durch komplexe Reihen .....                 | 178 |
| 9.5 Transformation von nichtsinusförmigen nichtperiodischen Größen durch das Fourierintegral .....            | 178 |
| <b>10 Vierpoltheorie .....</b>  | 180 |
| 10.1 Grundlegende Zusammenhänge der Vierpoltheorie .....  | 180 |
| 10.2 Vierpolgleichungen, Vierpolparameter und Ersatzschaltungen .....   | 180 |
| 10.3 Vierpolparameter passiver Vierpole .....   | 185 |
| 10.4 Betriebskenngrößen von Vierpolen .....   | 188 |
| 10.5 Leistungsverstärkung und Dämpfung .....  | 190 |
| 10.6 Spezielle Vierpole .....   | 191 |
| 10.7 Zusammenschalten zweier Vierpole .....   | 192 |
| 10.7.1 Grundsätzliches über Vierpolzusammenschaltungen .....  | 192 |
| 10.7.2 Die Parallel-Parallel-Schaltung zweier Vierpole .....  | 193 |
| 10.7.3 Die Reihen-Reihen-Schaltung zweier Vierpole .....  | 194 |
| 10.7.4 Die Reihen-Parallel-Schaltung zweier Vierpole .....  | 195 |
| 10.7.5 Die Parallel-Reihen-Schaltung zweier Vierpole .....  | 197 |
| 10.7.6 Die Ketten-Schaltung zweier Vierpole .....   | 198 |
| 10.8 Die Umrechnung von Vierpolparametern von Dreipolen .....   | 199 |
| 10.9 Die Wellenparameter passiver Vierpole .....  | 200 |
| <b>Sachwortverzeichnis .....</b>  | 201 |