

# Inhalt

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Vorwort . . . . .            | 5  |
| Inhaltsverzeichnis . . . . . | 6  |
| Vorbemerkung . . . . .       | 11 |

## I. Grundgesetze des räumlich engbegrenzten Gleichstromkreises

|   |    |
|---|----|
| 1. Ladung . . . . .   | 13 |
| 2. Spannung . . . . .   | 13 |
| 3. Stromquellen . . . . .   | 14 |
| 4. Die Elektromotorische Kraft (EMK) . . . . .                            | 14 |
| 5. Stromkreis . . . . .   | 15 |
| 6. Stromstärke . . . . .  | 15 |
| 7. Das Ohmsche Gesetz . . . . .   | 15 |
| 8. Der elektrische Widerstand . . . . .                                   | 17 |
| 9. Temperaturabhängigkeit des Widerstandes . . . . .                      | 19 |
| 10. Der 1. Kirchhoffsche Satz . . . . .                                   | 20 |
| 11. Der 2. Kirchhoffsche Satz . . . . .                                   | 21 |
| 12. Schaltung von Widerständen . . . . .                                  | 21 |
| a) Reihenschaltung . . . . .  | 21 |
| b) Parallelschaltung . . . . .  | 21 |
| 13. Schaltung von Stromquellen . . . . .                                  | 22 |
| a) Reihenschaltung . . . . .  | 22 |
| b) Parallelschaltung . . . . .  | 22 |
| 14. Erweiterung des Meßbereichs von Strom- und Spannungsmessern . . . . . | 22 |
| a) Spannungsmesser . . . . .  | 22 |
| b) Strommesser . . . . .  | 22 |
| 15. Die Spannungsverteilung im Stromkreis . . . . .                       | 23 |
| 16. Gegen-EMK im Stromkreis . . . . .                                     | 24 |
| 17. Parallelschaltung von 2 Stromquellen . . . . .                        | 25 |
| 18. Stromentnahme aus einem Spannungsteiler . . . . .                     | 27 |
| 19. Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung . . . . .     | 29 |
| a) Für kleine Widerstände . . . . .                                       | 29 |
| b) Für hohe Widerstände . . . . .   | 29 |
| 20. Widerstandsmessung mit einem Spannungsmesser . . . . .                | 29 |
| 21. Die Wheatstonesche Brücke . . . . .                                   | 29 |
| 22. Stromlose Spannungsmessung (Kompensator) . . . . .                    | 30 |



|  |    |
|--|----|
| 23. Elektrische Leistung . . . . .   | 30 |
| 24. Elektrische Arbeit . . . . .   | 31 |
| 25. Wärmearbeit (Joulesches Gesetz) . . . . .  | 32 |
| 26. Stromdichte und Leistung bei Gleichstromspulen in Abhängigkeit von<br>Übertemperatur . . . . . | 33 |
| 27. Berechnung einlagiger Drahtwiderstände . . . . .   | 34 |
| 28. Mechanische Arbeit und Leistung . . . . .  | 35 |

## II. Das elektrische Feld

|   |    |
|---|----|
| A. Das elektrische Feld im Dielektrikum . . . . .                   | 37 |
| 1. Grundgesetze des elektrischen Feldes . . . . .                   | 37 |
| 2. Elektrische Feldstärke . . . . .                                 | 38 |
| 3. Dielektrische Verschiebung und Verschiebungsdichte . . . . .     | 39 |
| 4. Verschiebungsfluß . . . . .                                      | 41 |
| 5. Kapazität . . . . .  | 42 |
| 6. Berechnung von Kapazitäten . . . . .                             | 43 |
| a) Kapazität des ebenen Plattenkondensators . . . . .               | 43 |
| b) Kapazität des konzentrischen Kabels . . . . .                    | 45 |
| c) Kapazität einer Doppelleitung . . . . .                          | 48 |
| d) Kapazität zweier konzentrischer Kugeln . . . . .                 | 52 |
| 7. Parallelschaltung von Kondensatoren . . . . .                    | 54 |
| 8. Reihenschaltung von Kondensatoren . . . . .                      | 54 |
| 9. Elektrische Arbeit des Kondensators . . . . .                    | 55 |
| 10. Anziehungskraft der Platten eines ebenen Kondensators . . . . . | 56 |
| 11. Kondensatoren mit veränderbarer Kapazität . . . . .             | 57 |
| a) Kreisplatten-Drehkondensator . . . . .                           | 57 |
| b) Nierenplattenkondensator . . . . .                               | 58 |
| 12. Aufladung eines Kondensators . . . . .                          | 60 |
| 13. Entladung eines Kondensators . . . . .                          | 65 |
| B. Das elektrische Feld im Leiter . . . . .                         | 67 |
| 1. Feldstärke im Leiter . . . . .                                   | 67 |
| 2. Stromdichte im Leiter . . . . .                                  | 68 |
| 3. Das Ohmsche Gesetz in der Elementarform . . . . .                | 68 |
| 4. Das Ohmsche Gesetz in der eingangs gezeigten Form . . . . .      | 69 |
| 5. Der elektrische Widerstand . . . . .                             | 70 |
| 6. Verluste im Leiter . . . . .                                     | 73 |

## III. Das magnetische Feld

|  |    |
|--|----|
| A. Das magnetische Feld in Luft . . . . .                                  | 75 |
| 1. Das magnetische Feld elektrischer Ströme . . . . .                      | 75 |
| 2. Die magnetische Spannung . . . . .                                      | 77 |
| 3. Die magnetomotorische Kraft (MMK) und das Durchflutungsgesetz . . . . . | 77 |



|  |     |
|--|-----|
| 4. Die magnetische Feldstärke einiger Leiteranordnungen . . . . .  | 78  |
| a) Langer, geradliniger Leiter . . . . .   | 78  |
| b) Ringspule . . . . .   | 79  |
| c) Zylinderspule . . . . .   | 80  |
| 5. Magnetische Induktion . . . . .   | 81  |
| 6. Magnetischer Fluß . . . . .   | 82  |
| 7. Das „Ohmsche Gesetz“ des magnetischen Kreises . . . . .   | 84  |
| B. Das magnetische Feld in Eisen . . . . .   | 84  |
| 1. Permeabilität . . . . .   | 84  |
| 2. Magnetische Hysteresis . . . . .  | 85  |
| 3. Magnetisierungskurve . . . . .  | 89  |
| C. Feldübergang von Eisen in Luft . . . . .  | 90  |
| 1. Brechung magnetischer Feldlinien . . . . .  | 90  |
| 2. Streuung . . . . .  | 91  |
| D. Durchrechnung magnetischer Kreise . . . . .   | 92  |
| 1. Der magnetische Kreis eines dynamischen Lautsprechers . . . . .   | 92  |
| 2. Berechnung der Erregerspule eines Magnetsystems . . . . .   | 95  |
| 3. Der magnetische Kreis und die Selbstinduktion einer Drosselspule mit<br>Gleichstrom-Vormagnetisierung . . . . .           | 98  |
| a) Berechnung der Gleichstrom-Magnetisierungskurve . . . . .   | 99  |
| b) Berechnung der Selbstinduktion . . . . .  | 102 |
| 4. Ermittlung der Eiseninduktion einer Drossel bei gegebener Ampere-<br>windungszahl . . . . .                               | 103 |
| 5. Ermittlung der wirksamen Kernpermeabilität einer vormagnetisierten<br>Eisendrossel mit Luftspalt . . . . .                | 108 |
| a) Konstruktion der Steilheit der Magnetisierungskurve einer Drossel<br>mit Luftspalt . . . . .                              | 108 |
| b) Ermittlung der reversiblen Permeabilität . . . . .  | 111 |
| c) Ermittlung der wirksamen Kernpermeabilität . . . . .  | 113 |
| 6. Der tatsächliche Wert der Selbstinduktion einer vormagnetisierten<br>Eisendrossel bei kleinen Stromschwankungen . . . . . | 114 |
| E. Energieverhältnisse des magnetischen Feldes . . . . .   | 115 |
| 1. Energie des magnetischen Feldes . . . . .   | 115 |
| 2. Die Ummagnetisierungsarbeit (Hysteresearbeit) . . . . .   | 116 |
| 3. Ummagnetisierungsleistung . . . . .   | 117 |
| 4. Zugkraft eines Magneten . . . . .   | 117 |
| F. Wirkungen im magnetischen Feld . . . . .  | 119 |
| 1. Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter im magnetischen Feld . . . . .  | 119 |
| 2. Stromdurchflossene Leiter . . . . .   | 121 |
| 3. Das Induktionsgesetz . . . . .  | 122 |
| 4. Selbstinduktion . . . . .   | 126 |
| a) Selbstinduktion mit konstantem $\mu$ . . . . .  | 127 |
| b) Selbstinduktion mit veränderlichem $\mu$ . . . . .  | 128 |



|   |     |
|---|-----|
| 5. Berechnung von Selbstinduktionen . . . . .                               | 128 |
| a) Die Selbstinduktion einer Streifenleitung . . . . .                      | 128 |
| b) Die Selbstinduktion einer Ring- und Zylinderspule . . . . .              | 129 |
| c) Die Selbstinduktion eines konzentrischen Kabels . . . . .                | 130 |
| d) Die Selbstinduktion einer Doppelleitung . . . . .                        | 132 |
| 6. Zeitlicher Stromverlauf beim Einschalten einer Selbstinduktion . . . . . | 133 |
| 7. Zeitlicher Stromverlauf beim Abschalten einer Selbstinduktion . . . . .  | 137 |
| 8. Gegenseitige Induktion . . . . .   | 140 |
| a) Gegeninduktivität bei konstanter Permeabilität . . . . .                 | 141 |
| b) Gegeninduktivität bei veränderlicher Permeabilität . . . . .             | 141 |
| 9. Magnetische Energie der Gegeninduktivität . . . . .                      | 142 |
| 10. Zusammenhang zwischen Selbstinduktion und Gegeninduktivität . . . . .   | 143 |
| 11. Berechnung von Gegeninduktivitäten . . . . .                            | 143 |
| a) Die Gegeninduktivität zweier konzentrischer Zylinderspulen . . . . .     | 143 |
| b) Die Gegeninduktivität zweier paralleler Doppelleitungen . . . . .        | 144 |
| 12. Schaltung von Induktivitäten . . . . .                                  | 146 |
| a) Reihenschaltung ohne gegenseitige Kopplung . . . . .                     | 146 |
| b) Parallelschaltung ohne gegenseitige Kopplung . . . . .                   | 146 |
| c) Reihenschaltung mit gegenseitiger Kopplung . . . . .                     | 147 |
| d) Parallelschaltung mit gegenseitiger Kopplung . . . . .                   | 147 |

#### IV. Vorgänge in weit ausgedehnten Stromkreisen

|  |     |
|--|-----|
| 1. Mechanismus des Stromes weit ausgedehnter Stromkreise . . . . .                           | 149 |
| a) Strommechanismus eng begrenzter Stromkreise . . . . .                                     | 149 |
| b) Strommechanismus ausgedehnter Stromkreise . . . . .                                       | 149 |
| c) Allgemeine Definition des Stromes . . . . .   | 151 |
| d) Fortpflanzungsgeschwindigkeit . . . . .   | 152 |
| 2. Energieübertragung längs einer verlustfreien Leitung . . . . .                            | 154 |
| a) Das elektrische Feld als Energieträger . . . . .  | 154 |
| b) Leistungsaufnahme beim Einschalten einer Leitung . . . . .                                | 157 |
| c) Leistungsaufnahme einer unendlich langen Leitung . . . . .                                | 160 |
| d) Zusammenhänge zwischen den Feldern einer reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung . . . . . | 160 |
| 3. Energieübertragung längs einer Leitung mit Verlusten . . . . .                            | 167 |
| a) Energieverluste in den Leitern . . . . .  | 167 |
| b) Energieverluste im Dielektrikum . . . . .   | 169 |
| c) Energiestrom längs einer Leitung mit Verlusten . . . . .                                  | 171 |

#### V. Kettenleiter

|  |     |
|--|-----|
| 1. Allgemeines . . . . .                                   | 179 |
| 2. Die $\pi$ -Schaltung . . . . .                          | 181 |
| 3. Die T-Schaltung . . . . .                               | 185 |
| 4. Vergleich der $\pi$ - und T-Schaltung . . . . .         | 189 |
| 5. Verbindung der Einzelglieder zum Kettenleiter . . . . . | 189 |