

Grundlagen der Elektrotechnik & Elektronik

anwendungsbezogen, umfassend, verständlich dargestellt

Prof. Dr.-Ing. Paul Waldner

Werner Verlag

Inhaltsverzeichnis

Materie und Elektrizität.....	Seite 1 bis 4
Einführung • Die Elemente • Die Elemente und das Atom • Das Atom und der elektrische Strom • Entdeckung des Elektrons, des <u>negativen</u> Atombauteils • Entdeckung des Protons, des <u>positiven</u> Bauteils des Atoms • Das Neutron, als neutrales „Füllmaterial“ des Atomkerns • Weitere subatomare Teilchen • Die Struktur des Atoms • Aufbau des Atoms • Ähnlichkeiten des Atoms mit dem Sonnensystem • Das magnetische Feld des Atomkerns und der Elektronen • Die Kräfte im Atomkern • Die Mängel des Rutherford'schen Modells • Das Bohrsche Modell und die Planck-Konstante	
Kein Quark, die Quarks.....	Seite 5 bis 7
Einführung.« Die Teilchen mit den merkwürdigen Namen • Die vorerst kleinsten Bausteine: die Quarks • Quarks und elektrische Ladung • Quarks leben in Dreierbeziehungen • Woraus besteht nun die gesamte, uns umgebende Materie? • Die stärksten Kernkräfte die es gibt, die Farbkraft • Was hält die Quarks zusammen • Die Quanten-Chromo-Dynamik: und die Gluonen • Das Gummiblasenmodell • Die Kernkraft und die Quarks • Nukleonen halten sich gegenseitig auf Distanz • Zusammenstellung aller Atomkräfte	
Die Grundbegriffe des Stromflusses.....	Seite 7 bis 10
Einführung • Leiter und Isolatoren - das Energiebändermodell des Atoms • Das Elektronengas im Leitungsband • Ionen, Ionisierung und der elektrische Strom • Stromleitung in gut leitenden Metallen • Stromleitung bei weniger gut leitenden Metallen • Der Bandabstand und seine Bedeutung • Geschwindigkeit der Elektronen und des elektrischen Stroms • Die Fließrichtung des elektrischen Stromes • Elektrischer Strom in Elektrolyten: die Elektrochemie • Elektrische Ladungsträger durch Aufspaltung der Moleküle • Wandernde Substanzen: Kationen und Anionen	
Elektrischer Strom in Isolatoren.....	Seite 11
Einführung • Der Leck- und der Kriechstrom • Der polarisierte Isolator • Strom auch im idealen Isolator? • Katastrophales Ende eines Isolators	
Elektrischer Strom in Gasen.....	Seite 12
Einführung • Lawinenartige Stromleitung in einem gasförmigen Isolator • Zähmung der lawinenartig ansteigenden Entladung • Elektrischer Strom im leeren Raum	
Der Sonderfall der Halbleiter.....	Seite 13 bis 16
Einführung • Eigenleitende und dotierte Halbleiter • Was ist ein „eigenleitender“ Halbleiter? • Stromleitung durch das Schwingen des Kristallgitters • Stromleitung durch gezieltes Verunreinigen des Kristallgefüges • Zwischenatomare Beziehungen • Das Kristallgitter von Halbleitern • Schwingende Atome und Eigenleitung • Paarbildung im Halbleiterkristall • Das bewegliche Loch • Wandernde Elektronen und Löcher • Der dotierte Halbleiter • Die „n“-Dotierung • Die n-Leitung • Die „p“-Dotierung • Kurze Zusammenfassung der wichtigsten Unterschiede zwischen Metallen und Halbleitern	
Die Supraleitfähigkeit.....	Seite 17 bis 19
Einführung • Wie erreicht man Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt • BCS -die Theorie der Supraleitung • Die zwei Formen der Wärme • Die Phononenschwingung des Gitters • Das Magnetfeld und die weiche Supraleitung • Harte Supraleiter • Praktische Anwendung der Supraleitfähigkeit • Hochtemperatur-Supraleiter (HTS/H-Tc-Leiter) • Erwartungen an H-Tc-Supraleiter • Anwendungen der H-Tc-Supraleiter	
Die Basiseinheiten.....	Seite 20
Einführung • 1. Länge • 2. Masse • 3. Zeit • 4. Stromstärke • 5. Temperatur • 6. Stoffmenge • 7. Lichtstärke	
Abgeleitete Größen und Einheiten.....	Seite 21 bis 23
Einführung • Elektrische Ladung oder Elektrizitätsmenge • Definition der Ladung über den Strom und die Stromflußdauer • Das Coulomb als Einheit der Ladung Q • Elektrodynamische und physikalische Definition des Ampers • Chemische Definition des Ampers • Technische Definition des Ampers • Elektrische Spannung, elektrische Energie • Vom Elektronenvolt zur Wattsekunde und zum Volt Das Volt als Einheit der Spannung • Elektrische Leistung	
Das Ohmsche Gesetz.....	Seite 23 bis 24
Einführung • Das Ohmsche Gesetz und die U/I-Kennliniensteigung • Ohm als Einheit des elektrischen Widerstandes • Nichtlineare Widerstände • Wichtige Zusammenhänge zwischen Widerstand R, Spannung U und Strom I • Wichtige Zusammenhänge zwischen Widerstand R, Spannung U, Strom I und Leistung P • Wichtige Zusammenhänge: 1. zwischen Widerstand R, Spannung U, Strom I und Arbeit (Energie) W	
Stromquellen für die Lieferung eines Dauerstroms.....	Seite 25 bis 26
Einführung • Stromquellen für begrenzten Dauerstrom: Akkumulatoren • Kurzzeitstromquellen: Kondensatoren und Induktivitäten • Trennarbeit in Stromquellen • Der Stromfluß innerhalb der Stromquelle • Zusammenstellung der wichtigsten Stromquellen (Elektrodynamisch, chemisch, photovoltaisch, thermoelektrisch, piezoelektrisch, durch Reibung, magneto-hydrodynamisch)	
Die Stromarten, ihre Haupteigenschaften und Normwerte.....	Seite 27 bis 28
Einführung, • Grundstromart Gleichstrom • Grundstromart Wechselstrom • Grundstromart Drehstrom • Bevorzugte Spannungswerte für sinusförmigen Starkstrom • Mischstrom • Grundstromart Impulsstrom	

Inhaltsverzeichnis

Die wichtigsten Meßgeräte und ihre Schaltungen.....	Seite 28 bis 31
Einführung» Bauarten elektrischer Meßgeräte • Mechanische und elektronische Meßwerke • Welche Eigenschaften des elektrischen Stromes werden für die Messung genutzt? • Feinmechanische Probleme bei Meßgeräten • Verfälschung des Meßwertes durch den Eigenverbrauch • Die Meßgenauigkeit • Genauigkeitsklassen der Meßgeräte • Beispiel für eine Fehlerrechnung • Die wichtigsten Meßgeräte und ihre Bauweisen	
Das Drehspul-Meßwerk wird am häufigsten verwendet.....	Seite 31 bis 33
Einführung • Auch bei Spannungsmessung mißt man den Strom • Anzeigen des Drehwinkels und Dämpfung • Wechselspannungsmessung und Eigenverbrauch • Vielfachmeßgeräte • Meßbereichserweiterung bei Voltmetern • Berechnung des Vorwiderstandes bei einem Voltmeter • Meßbereichserweiterung bei Amperemetern • Berechnung des Nebenwiderstandes (des Shunts) • Messung von Wechselströmen	
Die robusten Weicheisenmeßgeräte.....	Seite 33 bis 34
Einführung • Das Tauchankerprinzip findet Anwendung in Schutzautomaten • Das Dreheisen-Meßgerät	
Das vielseitige elektrodynamische Meßwerk.....	Seite 34 bis 35
Einführung • Wattmessung mit dem elektrodynamischen Meßwerk • Leistungsmessung bei Wechselstrom • Eisen- und luftgeschlossenes elektrodynamisches Meßwerk	
Strommessung durch Ausdehnung bei Erwärmung.....	Seite 35
Einführung • Das Hitzdrahtinstrument, ein ertümliches Strommeßgerät • Das Bimetall-Meßwerk, langsam, aber drehmomentstark • Bimetallmeßwerke auch in Sicherungsautomaten	
Schreibende Meßgeräte.....	Seite 36 bis 38
Einführung • Schreibende Meßgeräte mit langsamem Vorschub • x-y-Koordinatenschreiber • Schnellschreibende Meßgeräte • Sehr schnell schreibende Meßgeräte • Das Oszilloskop zeigt die Spur eines Elektronenstrahls • Aufbau und Funktion der Kathodenstrahlröhre • Aus zwei Strichen wird eine Sinuskurve • Zweistrahlloszilloskop • Ohne Oszilloskop keine Fernsehreparatur »1001 Anwendungen des Oszilloskops • Strommessungen mit dem Oszilloskop	
Zählende Meßgeräte (Elektrizitätszähler).....	Seite 39
Einführung • Der Zähler, ein summierendes Wattmeter • Induktionszähler, eigentlich sind es gebremste Wirbelstrom-Motoren	
Meßbrücken und Kompensatoren - näher dazu S. 58 bis 62.....	Seite 40
Einführung mit Wasserwaage • Meßbrücken und Kompensatoren • Digitale Meßgeräte (Geräte mit Ziffernanzeige)	
Kurzzeichen, Vorsätze und Sinnbilder an Meßgeräten.....	Seite 41
Einführung • Kurzzeichen der Einheiten, Vorsätze und Vorsatzzeichen, Sinnbilder an Meßgeräten	
Der elektrische Widerstand.....	Seite 42 bis 47
Einführung • Verschiedene Widerstandsarten in der Elektrotechnik • Das Ohmsche Gesetz, wie es Ohm formulierte • Wie ging Ohm bei der Schaffung seines Gesetzes vor? • Der elektrische Strom im Leiter • Endlich das Ohmsche Gesetz • Die schwere Geburt der Einheit Ohm • Volt, Ampere und Ohm • Der elektrische Leitwert, weniger oft verwendet, aber nützlich • Metalle leiten unterschiedlich! • Die elektrische Leitfähigkeit K • Bestimmung der Einheit der elektrischen Leitfähigkeit • Der spezifische Widerstand ρ • Die spezifische Leitfähigkeit ist leichter zu merken • Allgemeine Anmerkungen zu Leiterwerkstoffen • Spezifischer Widerstand ρ und spezifische Leitfähigkeit K einiger Werkstoffe bei 20° C	
Der Widerstand und Temperatur: das schwingende Kristallgitter.....	Seite 47 bis 48
Einführung • Schnelle Elektronen in der Kälte • Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Widerstand • Bestimmung der Widerstandsänderung bei metallischen Leitern (bei geringen und großen Temperaturänderungen) • Nutzung der Widerstandsänderungen für Temperaturmessungen • Vergleich „normaler“ Metalleiter mit Widerstandswerkstoffen.	
Einfache Leitungsberechnungen.....	Seite 49
Einführung • Voraussetzung für den Stromfluß: der Spannungsfall • Dimensionierung der Leitung • Werkstoffe für Leitungen • Widerstand einer Leitung (Hin- und Rückleiter) • Spannungsverlust (Spannungsfall) AU auf Leitungen • Leistungsverlust AP_{Leitung} auf Leitungen • Strombelastbarkeit und Stromdichte	
Die Elektrowärme.....	Seite 50
Einführung • Die Wärmewirkung des elektrischen Stromes an einem Widerstand • Wärme, nicht nur am stromdurchflossenen Widerstand • Wie bestimmt man die Erwärmung eines Körpers • Spezifische Wärmekapazität c einiger Substanzen	
Der Widerstand R als „passiver Zweipol" - I/U-Kennlinie.....	Seite 51
Einführung • Der ohmsche Widerstand R als passiver Zweipol • Die überaus wichtige I/U-Kennlinie • I/U-Kennlinie mit geradlinigem Verlauf- ohmscher Widerstand-» nichtlineare I/U-Kennlinie • differentieller Widerstand	
Stromquellen als aktive Zweipole.....	Seite 52
Einführung • Stromquelle als aktiver Zweipol • Der Innenwiderstand R_i der Stromquelle • die Gleichung des einfachen (linearen) aktiven Zweipols • Die I/U-Kennlinie des linearen aktiven Zweipols • Arbeitspunktbestimmung bei aktivem und passiven Zweipol!	

Inhaltsverzeichnis

Die Kirchhoffschen Gesetze.....	Seite 53
Einführung • Das Erste Kirchhoffsche Gesetz, das „Knotenpunktgesetz“ • Das Zweite Kirchhoffsche Gesetz: das „Maschengesetz“ • Die „Zählpfeile“, eine wichtige Hilfe bei Maschenrechnungen	
Alle hintereinander: Die Reihenschaltung von Widerständen.....	Seite 54
Einführung • Reihenschaltung linearer (ohmscher) Widerstände • Reihenschaltung linearer und nichtlinearer Widerstände • 1. Gleichstromwiderstand bei festgelegtem Arbeitspunkt • 2. Berechnung über den differentiellen Widerstand r_{diff} • 3. Grafische Bestimmung für beliebige Widerstände	
Wichtige und nützliche Reihenschaltungen für viele Anwendungen.....	Seite 55 bis 56
Einführung • Der Vorwiderstand zur Spannungs- oder Stromreduzierung «-Berechnung des Vorwiderstandes für die Stromreduzierung • Der Spannungsteiler, eine Schaltung für zahllose Anwendungen • Der Grundgedanke des Spannungsteilers • Unbelasteter Spannungsteiler • unbelasteter und belasteter Spannungsteiler • Das Potentiometer, umgangssprachlich „Poti“ genannt • Die Stellkennlinien des Potentiometers • Lineare und logarithmische Stellkennlinie	
Umsetzung von Widerstandsmeßwerten in Spannungsmeßwerte.....	Seite 57
Einführung • Das Messen einer Widerstandsänderung • Temperaturmessung mit dem Pt100	
Brücken- und Kompensatorschaltungen.....	Seite 58 bis 62
Einführung • Was ist eine Vergleichsschaltung? • Brückenschaltungen • Die gute, alte Wheatstonebrücke -> Wie funktioniert die Wheatstonebrücke • Der optimale Arbeitspunkt der Meßbrücke • Die Brücke zu allen Regelungen und Steuerungen • Vier vorteilhafte Eigenschaften der <u>abgeglichenen</u> Brückenschaltung • Praktische Brückenkunde, aufgezeigt an einer Kochplatte • Was ist das Regel- oder Nutzsignal einer Brückenschaltung? • Wieviel Information braucht eine Automatik-Kochplatte? • Praktischer Aufbau der Temperaturmeßbrücke • Bestimmung des R1/R2-Spannungsteilers (vorgesehener Istwert) • Die Sollwerteneinstellung (R3/R4-Spannungsteiler) • Von der Schiffsbrücke aus mit einer Brücke steuern • Außentemperaturmessende Heizung als vergleichende Regelung • Näheres zur Brücke für eine vergleichende Regelung • Besonders wirksam: Brücken mit mehreren Meßwiderständen • Halbbrücken liefern das zweifache Signal • Vollbrücken liefern das vierfache Signal • Kraftmessung mit Dehnungsmeßstreifen (DMS)	
Kompensatoren vergleichen Unbekanntes mit Bekanntem.....	Seite 63
Einführung • Wie funktioniert ein Kompensator? • Vorteil des Kompensators gegenüber dem normalen Meßgerät • Wie erzeugt man eine exakte Vergleichsspannung? • Poggendorf-Kompensator als Beispiel für viele ähnliche Lösungen	
Analog-Digitalumsetzer: Vom Meßwert zur Ziffer.....	Seite 64
Einführung • Der Analog-Digitalumsetzer nach dem Sägezahnverfahren • Die scheinbare Meßgenauigkeit digitaler Meßgeräte • Der schnelle A-D-Umsetzer nach dem Stufenumsetzverfahren .	
Die Stromaufteilung bei parallelschalteten Widerständen.....	Seite 65 bis 66
Einführung • Das Knotenpunktgesetz ist das Grundgesetz der Parallelschaltung • Wie verhält sich der Strom bei parallelgeschalteten Widerständen? • Bestimmung des Ersatzwiderstandes bei Parallelschaltung • Der Umgang mit Leitwerten • Der Standardfall: 2 parallelgeschaltete, lineare Widerstände • Stromaufteilung bei 2 parallelgeschalteten linearen Widerständen • Parallelschaltung linearer und nichtlinearer Widerstände • Vorteile der grafischen Lösung mit I/U-Kennlinien	
Netzwerke - Kombinierte Reihen-Parallelschaltungen.....	Seite 67
Einführung • Probleme bei der Berechnung von Netzwerken • Umwandlung einer Dreieckschaltung in eine Sternschaltung • Formeln für die Dreieck => Stern-Umwandlung • Wie geht man nach der Dreieck-Stern-Umwandlung weiter vor?	
Stromquellen: praktische Details für Experten.....	Seite 68 bis 72
Einführung • Warum schaltet man Stromquellen in Reihe • Anmerkung zur Reihenschaltung von Stromquellen? • Warum schaltet man Stromquellen parallel? • Anmerkungen zu parallelgeschalteten Stromquellen • Stromaufteilung bei ungleichen Innenwiderständen • Der kreisende Strom bei ungleichen Leerlaufspannungen • Kreisstrombestimmung durch Superposition • Das Problem mit den Achsen bei grafischer Zweipoldarstellung • Die nützliche U/I-Kennlinie bei Stromquellen • Bestimmung des Innenwiderstandes aus der U/I-Kennlinie • Absinken der Klemmenspannung bei Belastung • Konstantspannungsquellen • Elektronische Spannungsstabilisierung bei Netzgeräten • Konstantstromquellen • Wozu benötigt man Konstantstromquellen • Konstanter Strom durch Prägung mit großem Vorwiderstand • Elektronische Stromstabilisierung.«.Definition des Wirkungsgrades einer Stromquelle • Höchster Wirkungsgrad durch (Wirkungsgrad)-Unteranpassung .«.Höchste Leistung durch Anpassung • Minimale Dämpfung durch Überanpassung	
Wechselstrom: Vor- und Nachteile.....	Seite 73
Einführung • Nachteile des Wechselstromes gegenüber dem Gleichstrom • Vorteile des Wechselstroms gegenüber dem Gleichstrom	
Was ist Wechselstrom.....	Seite 74 bis 75
Einführung • Der Augenblickswert der harmonischen Sinusschwingung • Die Kreisfrequenz ω • Die Phasenverschiebung um den Winkel φ • Die Ursache der Phasenverschiebung bei Wechselstrom	

Inhaltsverzeichnis

Arithmetischer Mittelwert (Gleichrichtwert) und Effektivwert	Seite 75 bis 77
Einführung • Arithmetischer Mittelwert (Gleichrichtwert) einer Sinus-Halbwellen • Arithmetischer Mittelwert für eine volle Sinuswellen • Der überaus populäre Effektivwert des Wechselstromes »Arbeit (Energie) ist immer mit dem Widerstand R verbunden • Flächenvergleich von Gleichstrom- und Wechselstromenergie • Berechnung des Effektivwertes I_{effektiv} und U_{effektiv} • Praktische Bedeutung des Scheitelfaktors • Amplitude und Effektivwert des technischen Wechselstroms • Der Formfaktor verknüpft Effektiv- und Gleichrichtwert • Beispiel für die Anwendung des Formfaktors • Scheitelfaktor und Formfaktor für verschiedene Wellenformen	
Sinuswellen, Zeiger und imaginäre Darstellungen	Seite 78 bis 79
Einführung • Die Uhrzeiger als Vektoren • Die Sinuskurve als rotierender Zeiger • Umgang mit wellenförmigen Spannungen und Strömen • Die komplexe Rechnung - eine imaginäre Angelegenheit • Die komplexen Zahlen in der Elektrotechnik • Imaginärer Wert: nicht i sondern j • Vektoraddition nach den Regeln der ebenen Trigonometrie • Das Prinzip der Vektoraddition durch Zerlegung der Vektoren • Beispiel: Addition zweier phasenverschobener Ströme	
Einfache Wechselstromkreise, Kreis mit ohmschem Widerstand	Seite 80
Einführung • Kreis mit rein ohmschem Widerstand R - Wirkwiderstand • Phasenverschiebung im Kreis mit ohmschem Widerstand	
Kreis mit einer Induktivität L als Energiespeicher	Seite 80 bis 82
Einführung • Woran erkennt man das Vorhandensein eines Magnetfeldes • Das Magnetfeld und der Wechselstrom • Überlegungen zum Stromfluß • Induktivität L und induktiver Widerstand X_L • Praktische Fassung des Ohmschen Gesetzes für Induktivitäten	
Kreis mit einer Kapazität als Energiespeicher	Seite 82 bis 84
Einführung • Kennzeichen einer Kapazität im Stromkreis • Der Lade- und Entladestrom eines Kondensators • Überlegungen zur Gegenspannung bei Laden und Entladen • Die Kapazität (der Kondensator) und der Wechselstrom • Überlegungen zum Stromfluß durch den Kondensator • Kapazität C und kapazitiver Widerstand X_C • Praktische Fassung des Ohmschen Gesetzes für Kapazitäten	
Die Fachbegriffe für Wechselstromwiderstände	Seite 84
Einführung • Was ist blind am Blindwiderstand • Reaktanz, Induktanz, Kapazitätz, Resistanz, Impedanz	
Der schwierige Begriff der Impedanz, des Scheinwiderstandes	Seite 85 bis 86
Einführung • Die Impedanz einer L-C-Reihenschaltung ist leicht zu bestimmen • Die Impedanz z bei Reihenschaltung von R , L und C • Das ohmsche Gesetz und der Scheinwiderstand Z • Der Phasenwinkel, eine wichtige Aussage zum Wechselstrom. • Wie bestimmt man den Phasenwinkel φ_p • Kompensationsvorgänge in LC-Kreisen	
Das Phänomen der Resonanz bei einer L-C.-Reihenschaltung	Seite 86 bis 91
Einführung • Bestimmung der elektrischen Resonanzfrequenz f_0 • Resonanzvorgänge in anderen Gebieten der Technik • Mechanisches Modell der elektrischen Reihenresonanz • Das Phänomen der Resonanz am mechanischen Federpendel • Was passiert in einem Resonanz-Schwingkreis • Ein nützlicher Kurzschluß und eine Frequenzweiche • Oberwellen, die Netzbeschmutzer • Der Saugkreis, eine Oberwellenfalle • Saugkreis als Frequenzweiche für die Fernsteuerung • Die rauhe Wirklichkeit - der ohmsche Dämpfungswiderstand • Aus dem LC-Schwingkreis wird ein RLC-Schwingkreis • Was begründet die Bezeichnung Spannungsresonanz? • Was bedeutet Güte für einen Elektrotechniker? • In der Elektrotechnik läßt sich Güte berechnen? • Wie im echten Leben: die Dämpfung, als Kehrwert der Güte • Die glockenförmige Kurve der Resonanz • Die praktische Definition der Glockenkurve: die Bandbreite • Beispiel für die Berechnung der Bandbreite B	
Die Parallelschaltung von R-, L- und C-Gliedern	Seite 91 bis 93
Einführung • Die reichlich verwirrenden Namen der verschiedenen Leitwerte • Berechnung des Gesamtstromes aus Spannung und Scheinleitwert • Wie läßt sich der Umgang mit Leitwerten vereinfachen • Wie zerlegt man den Gesamtstrom I in Teilströme? • Wie berechnet man den Gesamtstrom I aus den Teilströmen? • Wie bestimmt man den Phasenwinkel φ_p ? • Wie berechnet man I , Z und U bei einer RLC-Parallelschaltung	
Das Phänomen der Resonanz bei einer LC-Parallelschaltung	Seite 93 bis 97
Einführung • Ströme die sich aufheben : LC-Parallelschaltung • Das Phänomen der Resonanz bei einer LC-Parallelschaltung • Die Resonanzfrequenz f_0 bei LC-Parallelresonanzkreisen • Eine nützliche Durchgangssperre: der Sperrkreis • Die wirksame Filterkombination: Saugkreis + Sperrkreis • Milliardenfach im Radio und Fernsehen • Aufbau eines (sehr) einfachen 2-Kreis-Rundfunkempfängers • Auch beim Parallelschwingkreis bremsen der Widerstand R . • Bestimmung der Güte Q eines Parallelschwingkreises • Der Kehrwert der Güte: die Dämpfung • Die Resonanzkurve: wie eine Glocke • Die Resonanzkurve und ein kleiner Trick • Der LC-Parallelresonanzkreis in Oszillatoren • Die Bandbreite, ein wichtiger Begriff. • Vergleich zwischen Reihen- und Parallelschwingkreis • Kompensation - eine angenäherte Resonanz	
Von der Reihen- zur Parallelschaltung und zurück	Seite 97
Einführung: • Umrechnung einer RL-Reihenschaltung in eine RL-Parallelschaltung • Umrechnung einer RL-Parallelschaltung in eine RL-Reihenschaltung	

Inhaltsverzeichnis

Leistung und Arbeit im Wechselstromkreis.....	Seite 98 -100
Einführung • Die pulsierende Leistung bei rein ohmschen Abnehmern • Keine Wirkleistung bei rein induktiven Abnehmern • Warum nimmt eine ideale Induktivität keine Wirkleistung auf? • Blindleistung und Blindarbeit bei ohmsch-induktiven Abnehmern • Keine Wirkleistung bei rein kapazitiven Abnehmern • Warum nimmt eine ideale Kapazität keine Wirkleistung auf? • Blindleistung und Blindarbeit bei ohmsch-kapazitiven Abnehmern • Die gegenseitige Versorgung: von Induktivität und Kapazität • Induktivitäten sind kapazitive Stromquellen und umgekehrt • Abnehmer mit Widerstand R, Induktivität L und Kapazität C	
Zusammenfassung der Leistungs- und Arbeitsbegriffe des Wechselstrom.....	Seite 101 bis 103
Einführung • Wirkleistung, Blindleistung Scheinleistung, Leistungsfaktor • Messen der Leistung bei Wechselstrom • Wirkenergie, Blindenergie, Scheinenergie • Das Messen der elektrischen Arbeit mit Zählern	
Ein genialer Trick für Praktiker: der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$).....	103 bis 104
Einführung • Näheres zum Leistungsfaktor $\cos \varphi$ • Bestimmung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ • Übersicht der einzelnen Belastungsarten und der Phasenwinkel φ • Auswirkungen eines niedrigen Leistungsfaktors $\cos \varphi$ • Ursachen schlechter Leistungsfaktoren • Blindleistungskompensation mit Kondensatoren • Bestimmung der zur Kompensation benötigten Kondensatorengröße	
Der Drehstrom, eine nahezu ideale Einsatzform des Wechselstroms.....	Seite 105 bis 109
Einführung • Die Verkettung, oder Ströme heben sich gegenseitig auf • Zwei Vorteile der Verkettung von Stromkreisen • Zwei weitere Vorteile der Verkettung • Verkettung von Wechselströmen zu Dreileitersystemen • Verkettung von Wechselströmen zum Drehstrom • Die Sternschaltung - die wichtigste Drehstromschaltung • Fachbezeichnungen bei Drehstromschaltungen • Ableitung des Verkettungsfaktors $\sqrt{3}$ bei der Sternschaltung • Symmetrische und asymmetrische (ungleichmäßige) Belastung • Die Dreiecksschaltung, hier werden Ströme addiert • Leistung des Drehstroms bei Sternschaltung • Leistung des Drehstromes bei Dreiecksschaltung • Ähnliche Formeln für Stern- und Dreiecksschaltung • Drehstromleistung bei ungleichmäßiger Phasenbelastung • Wie wird Drehstrom erzeugt • Umformung des Drehstroms in Transformatoren	
Nichtsinusförmige Wechselströme stören im Netz.....	Seite 109 bis 112
Einführung • Fourier und die Oberwellen • Wo verwendet man Fourierreihen? • Praktische Oberwellenkunde • Klirrfaktor Null ist ideal • Ungeradzahlige Oberwellen in der Praxis • Gleichrichter zerschneiden die Sinuskurve • Fourier-Analyse bei Einpuls (Einweg-Gleichrichtern • Wechselstromanteil im Gleichstrom des Einweggleichrichters • Die Fourier-Analyse beim Zweipuls- oder Zweiweg-Gleichrichter • Wechselstromanteil im Gleichstrom des Zweiweggleichrichters • Geradzahlige Oberwellen im 230-V-Niederspannungsnetz • Auswirkung der Oberwellen und Gleichströme im Netz	
Nichtlineare Widerstände.(unipolare Halbleiter).....	Seite 113
Einführung • Unipolare HalbleiterGeradlinigkeit muß keine Tugend sein • Was bedeutet „unipolarer“ Halbleiter?	
Der Heißleiter oder NTC-Widerstand.....	Seite 113 bis 118
Einführung • Temperaturmessung mit Heißleitern (NTC-Widerstände) • Berechnung des Heißleiter-Widerstandswertes • Vorgehen bei sehr kleinen Temperaturänderungen des NTC • Vor- und Nachteile von Heißleitern als Temperaturmeßwiderstände • Zwei ungewöhnliche Benennungen: Fremd- und Eigenbeheizung: • Die hakenschlagende UI-Kennlinie des Heißleiters • Wie verhindert man die Selbsterstörung des Heißleiters? • Wie bestimmt man die Selbsterwärmung ΔT eines Heißleiters? • Der thermische Widerstand R^{θ} , ist <u>kein</u> ohmscher Widerstand • Selbsterwärmungsberechnung des NTC: einfach und schnell • Temperaturmessen braucht Zeit: die thermische Zeitkonstante • Umsetzung der Widerstandsänderung des NTC in ein Meßsignal • Immer die gleiche Leistung: die Temperaturkompensation • Die Linearisierung: Das „Geradebiegen“ von Kennlinien: • Mit NTC-Anlaßheißleitern stoßfrei einschalten • Der NTC als einfacher Zeitschalter • NTC-Schaltung zum Nachlaufen einer Belüftung in Toiletten • NTC-Temperaturkompensation für Elektronikschaltungen	
Der Kaltleiter oder PTC-Widerstand.....	Seite 119 bis 123
Einführung • Der Kaltleiter oder PTC-Widerstand • Warum steigt der Widerstand des PTC bei Erwärmung? • Wichtige Widerstands- und Temperaturbegriffe des Kaltleiters • Der Temperaturkoeffizient des Kaltleiters • Die Spannungsabhängigkeit des PTC-Widerstandes • Die Frequenzabhängigkeit des PTC-Widerstandes • Die Spannungs-Stromkennlinie des Kaltleiters • Bestimmung der Eigenerwärmung des Kaltleiters • Kaltleiter als Temperaturfühler für den Motorschutz (Thermopille) • Kaltleiter als Temperaturregler z. B. für ein Heizkissen • Mit Kaltleitern Fließgeschwindigkeiten und Pegelstände messen • Kaltleiter schützen bei Kurzschlüssen in Halogenleuchten • Heißleiter schalten weich, Kaltleiter stoßartig • Silizium-Kaltleiter als Temperatur-Meßfühler • Was sollte man über Silizium-Temperatursensoren wissen, • Wie legt man einen Silizium-Temperatursensor aus • Signalgewinnung mit gleichzeitiger Linearisierung der Kennlinie	
Fotowiderstände (LDR) sehen sogar in tiefer Dunkelheit.....	Seite 124 bis 125
Einführung • Wie sind Fotowiderstände aufgebaut? • Farbempfindlichkeit von LDR und menschlichem Auge • Anwendungen von Fotowiderständen für sichtbares Licht • Anwendungen von Fotowiderständen für infrarote Strahlung• Der Kennlinienverlauf des Fotowiderstandes • Auslegung von Fotowiderständen • Die UI-Kennlinie eines Fotowiderstandes • Schaltung zur Steuerung einer Straßenbeleuchtung • Umsetzung der Widerstandsänderung in eine Spannungsänderung	

Inhaltsverzeichnis

Das Messen magnetischer Felder mit Feldplatten.....	Seite 126 bis 127
Einführung • Der Magnetfeldsensor, der Halleffekt und die Lorentzkraft • Wie bestimmt man die Lorentzkraft • Die Lorentzkraft ist linkshändig • Messung der Magnetflußdichte mit der Feldplatte • Wie vervielfacht man den Effekt der Stromwegverlängerung? • Wie bestimmt man die Widerstandserhöhung der Feldplatte? • Die Anwendung von Feldplatten und Feldplattenführern	
Das Messen magnetischer Felder mit Hallgeneratoren.....	Seite 128 bis 130
Einführung • Beschreibung des Hallgenerators (der Hallsonde) • Bestimmung der Hallspannung U_H • Ferrit-Hallgeneratoren • Hallgeneratoren für Meßzwecke • Meßfehler durch Thermospannungen • Hallgeneratoren als Signal-Lagegeber • Mit dem Hallgenerator große Gleichströme messen • Mit dem Hallgenerator analog Multiplizieren • Mit dem Hallgenerator Briefe sortieren:	
Sensoren für das Tasten, Berühren, Wiegen und Hören.....	Seite 131 bis 132
Einführung • Druck- und Zug mit piezoelektrischen Sensoren messen • Hören und Platten abspielen mit piezoelektrischen Abnehmern • Druck- und Zug messen mit piezoresistiven Drucksensoren • Eine Druck-Meßbrücke aus einem einzigen Kristallplättchen • Praktische Anwendungen des piezoresistiven Drucksensors • Die druckempfindliche Kohle • Hören über Kohlekörner: das Kohlemikrofon	
Überspannungen bekämpfen mit Varistoren.....	Seite 133 bis 134
Einführung • Schluckt Überspannungen: der Varistor • Aufbau des Varistors • Wie funktioniert ein Varistor? • Wo werden Varistoren eingesetzt? • Auslegung von Varistorschaltungen • Die wichtigsten Fachbenennungen der Varistoren	
Der Feldeffektransistor wird durch ein elektrisches Feld gesteuert.....	Seite 135 bis 140
Einführung • Transistoren, die steuerbaren Widerstände • Der Feldeffektransistor (FET) • Namen und Bezeichnungen bei Feldeffekttransistoren • Kennlinien des Feldeffekttransistors • Die Übertragungskennlinie • Die Ausgangskennlinie • Besonderheiten der Ausgangskennlinie • Die einfachste Schaltung für einen Feldeffekttransistor • Beispiel eines FET als spannungsgesteuerter Vorwiderstand • Das Besondere an der Steuerung des Feldeffekttransistors • Grundbegriffe der Verstärker, aufgezeigt am FET • Die Spannungsverstärkung des FET • Die nützliche Verlusthyperbel in der Ausgangskennlinie des FET • Der verbotene Bereich des Feldeffekttransistors • Der FET arbeitet vorwiegend als Schalter - die Leistungselektronik • Wie wird der Feldeffekttransistor geschaltet? • Dem Transistor wird es heiß: die Schaltverluste • Der Durchgangswiderstand $R_{DS(on)}$ sollte möglichst klein sein • Die Impulssteuerung - eine praktisch verlustfreie Leistungsregelung • Zwei Kanalarten, ein Transistortyp • Der leitende Kanal wird reicher oder ärmer • Der FET: überspannungsmäßig ein Sensibelchen	
Die verschiedenen Bauarten des Feldeffekttransistors.....	Seite 141
Einführung • Sperrschicht FET mit n-Kanal • Isolierschicht FET mit n-Kanal, Verarmungstyp, selbstleitend • Isolierschicht-FET mit n-Kanal, Anreicherungstyp, selbstsperrend • Feldeffekttransistoren mit p-Kanal	
Praktischer Einsatz von Feldeffekttransistoren.....	Seite 142 bis 143
Einführung • Mit FETs schalten, stellen und verstärken • Springt beim Schalten hin und her • Das Ansteuern des FET für das Schalten • Mit dem FET den Strom auf den gewünschten Wert (ein)stellen • Wie erzeugt man die Hilfsspannung zur Arbeitspunkteinstellung • Der Arbeitspunkt-Spannungsteiler wird zum Meßsignalgeber • Wechselspannungsverstärker	
Bipolare Halbleiter mit einer positiv-negativen (pn)-Grenzschicht.....	Seite 144 bis 145
Einführung • Die erstaunliche pn-Grenzschicht • Die Besonderheiten des Stromflusses durch die p/n-Grenzschicht • Das Ohmsche Gesetz und die bipolaren Halbleiter • Die stromsperrende n/p-Grenzschicht • Diode als Gleichrichter und Schalter • Nobody is perfect: der Sperrstrom • Etwas Geschichte: Kupferoxydul- und Selengleichrichter	
Einfache Berechnungen von Diodenschaltungen.....	Seite 146 bis 147
Einführung • Grafische Bestimmung aus der Durchlaßkennlinie • Rechnerische Bestimmung nach Katalogdaten • Erwärmung der Diode bei Belastung • Auswirkung der Temperatur auf die Diodeneigenschaften • Vorgänge beim Anlegen einer Spannung in Sperrrichtung • Reihen- und Parallelschaltung von Dioden • Eine gleichmäßige Belastung läßt sich notfalls erzwingen	
Gleichrichter: Aus Wechselstrom wird Gleichstrom.....	Seite 147 bis 150
Einführung • Der pulsierende Mischstrom muß noch geglättet werden • Einpuls-Mittelpunktschaltung • Zweipuls-Mittelpunktschaltung • Zweipuls-Brückenschaltung • Sechspuls-Brückenschaltung • Spannungsverdoppelnde Gleichrichterschaltung • Kein Radio ohne Hochfrequenzgleichrichter • HF-Spitzendioden werden von der Hochfrequenz nicht umgangen • Der Detektor - ein fast 100 Jahre alter Spitzengleichrichter • Die Schottky-Diode, eine verbesserte Spitzendiode • Schaltdioden treffen logische Entscheidungen • Schaltüberspannungen sind für Halbleiter besonders gefährlich • Freilaufdioden lassen den Strom kreisen	

Inhaltsverzeichnis

Zener-Dioden (Z-Dioden) wirken wie Überläufe am Wasserbehälter.....Seite 150 bis 153
Einführung • Z-Dioden für jede Spannung und Verlustleistung • Reihen- und Parallelschaltung von Z-Dioden • Spannungsstabilisierung mit der Z-Diode • Je rechtwinkliger der Knick, desto besser die Stabilisierung • Grafisch ist die Z-Dioden-Auslegung noch am einfachsten • Rechnerische Dimensionierung einer Z-Diodenschaltung • Die Z-Diode erwärmt sich im Dienst der Sache • Ein „intelligenter“ Vorwiderstand R_v - der Transistor • Z-Dioden als Vergleichsspannungserzeuger • Z-Dioden als Überspannungswächter • Genauer ablesen durch Nullpunktunterdrückung mit Z-Diode

Triggerdioden schalten schlagartig.....Seite 153 bis 154
Einführung • Dreischichtdioden haben Zacken in der UI-Kennlinie • Kein Dimmer ohne Zweiwegschaltdiode (DIAC) • Fünf schichten schalten schlagartiger als drei: die Fünfschichtdiode

Kapazitätsdioden - ein Mangel wird zum Funktionsprinzip.....Seite 154 bis 156
Einführung • Die Diode wird zur steuerbaren Kapazität • Anwendungen der Kapazitätsdioden • Rechnerische Auslegung von Kapazitätsdioden • Auslegung der Kapazitätsdiode nach der C/U-Kennlinie • Warum Hochfrequenz und Gleichstrom sich gegenseitig stören? • Entkopplung, oder wie trennt man Gleich- und Wechselstrom

Tunneldioden erzeugen Schwingungen.....Seite 156 bis 157
Einführung • Die Tunneldiode als Verstärker - nicht besonders leicht zugänglich • Einsatz der Tunneldiode als Oszillator • Die Tunneldiode als „Backwarddiode“

Die PIN-, CCR- und Schalterdioden.....Seite 158
Einführung • Elektronische Schalter und Widerstände • Aufbau der PIN-Dioden • Anwendung als HF-Schalter

Strom unmittelbar aus Wärme: die Thermoelektrizität.....Seite 159-162
Einführung • Der Thomson-Effekt: ein heißer Draht erzeugt Spannung • Die komplizierten Vorgänge im stromdurchflossenen Leiter • Der Seebeck-Effekt und die Kontaktstelle. • Strom aus dem Kontakt:- die Thermokraft • Die thermoelektrische Spannungsreihe • Die Umkehrung des Seebeck-Effektes: der Peltier-Effekt • Schon Ohm nutzte die thermoelektrische Stromerzeugung • Der Carnot-Wirkungsgrad - die Geißel der Kraftwerker • Mit Thermoelementen die größtmögliche Energie erzeugen • Praktisch realisierte thermoelektrische Stromerzeuger. • Endgültiger Wirkungsgrad eines thermoelektrischen Generators • Peltierelemente: pumpen Wärme thermoelektrisch • Temperaturmessung mit Thermoelementen • Dunkelblau bedeutet Eisen/Konstantan: genormte Thermopaare • Das Thermoelemente in der Thermometertasche • Die Vergleichstemperatur: bekannt und konstant

Eigentlich leuchten hier Verluste: die Leuchtdioden (LED, IRED).....Seite 163-165
Einführung • Leucht- oder Lumineszenzdioden (LED) • Blaue LEDs sind auf dem Markt, UV-LED in der Entwicklung • Praktisch jede Bauweise der Leuchtdiode ist möglich • LEDs mögen es kühl und leben lange • Leuchtdioden leuchten in Kerzenstärken • Die Schaltung von Leuchtdioden • Kann Wechselspannung zur Stromversorgung verwendet werden? • Grafische Auslegung einer LED-Schaltung • Rechnerische Auslegung einer LED-Schaltung. • Typische Werte für die Durchlaßspannung von Leuchtdioden» Infrarot strahlende Lumineszenzdioden (IRED)

Leuchtdioden mit synchronisierter Strahlung: die Halbleiterlaser.....Seite 166 bis 167
Einführung • Laser sind universell einsetzbar • Laserdioden und Leuchtdioden • Aufbau von GaAl-As-Oxid-Streifenlaserdioden • Die Laserdioden i CD-Spieler und CD-ROM • Weitere Einsatzmöglichkeiten von Laserdioden

Der nützliche Sperrstrom: Fotodiode, Fotoelement, Solarzelle.....Seite 168 bis 171
Einführung • Der Sperrstrom wird nützlich: die Fotodiode • Strom aus Licht: das Fotoelement • Energie aus Licht: die Solarzelle • Einsatzbereich und Eigenschaften von Fotodioden • Die Fotodiode „sieht“ im Hellen und Dunkeln • Schaltung einer Fotodiode als Lichtempfänger • Fotoelemente, die vergrößerte Ausgabe der Fotodioden • Strom aus der Sonne: die Photovoltaik • Sonne, die unerschöpfliche Energiequelle • Solarzellen - die große Chance • Die U/I-Kennlinie der Solarzelle • Wie erreicht man die größte Leistung der Solarzelle • Berechnung eines einfachen Stromkreises mit Solarzelle • Grafische Bestimmung eines einfachen Stromkreises • Laden eines Akkumulators mit Solarzellen

Optische Signalübertragung.....Seite 172 bis 173
Einführung • Mit Lichtsignalen regeln und steuern • Nicht nur für Banken: Lichtschranken • Reflexlichtschranken schauen in den Spiegel • Optokoppler, die schnellen, optischen Relais» Die wichtigsten Schaltungen der Optokoppler • Wichtig für Experten: die Kenngrößen

Nachrichtenübertragung mit Lichtwellenleitern (LWL).....Seite 174 bis 176
Einführung • Das nennt man sparen: 500 Partner sprechen über 2 Leiterpaare • 10 000 Partner sprechen über einen Draht im Rohr • Licht wird über große Entfernungen geleitet: Lichtwellenleiter »Wie funktioniert die Signalübertragung mit Licht • Vorteile von Lichtwellenleitern gegenüber Kupferkabeln • Ein Haar wird gesteckt und geschweißt • nach 2 bis 100 km darf sich das Signal erholen • Ein Glasstab führt das Licht: der Lichtwellenleiter • Drei verschiedene Lichtleitertypen, einer besser als der andere

Inhaltsverzeichnis

Balken werden gelesen: die Strichcode-Lesetechnik	Seite 177 bis 178
Einführung • Der lesende • Laser • Wie liest der Laser • Nicht Buchstaben und Zahlen, sondern Balken: die Barcodes • Code 2/5 Industrie, Code 2/5 Überlappt, Code39, EAN-Code, Codabar	
Der bipolare Transistor mit pnp oder npn-Grenzschicht	Seite 179 bis 181
Einführung • Der bipolare Transistor und sein Schaltsymbol • Der moderne bipolare Flächentransistor • Altes Symbol, neuer Transistor • Wie funktioniert der bipolare pnp-Flächentransistor? • Die unterschiedlichen Brüder: npn- und pnp-Transistoren • Komplementärtransistoren, die ungleichen Zwillinge • Bipolarer-(BT) und Feldeffekttransistor (FET) im Wettstreit» Die unerwünschte Erwärmung beim BT und FET • Der IGBT-Transistor, die Kombination von FET und BT • Unterschiedliche Bezeichnungen beim BT und FET	
Die Steuerung des bipolaren Transistors	Seite 181 bis 186
Einführung • Die Stromverstärkung des bipolaren Transistors • Die wichtige Stromsteuerkennlinie (Übertragungskennlinie) • Die temperaturberücksichtigende Stromverstärkungskennlinie • Kaum einer ist wie der andere: die Exemplarstreuung • Es geht nicht beliebig schnell: die Grenzfrequenz • Schneller geht es nicht: die Transitfrequenz • Die zweite Steuerkennlinie: die Spannungssteuerkennlinie • Eine steile Kennlinie bedeutet hohe Verstärkung • Wie eine Diode: der differentielle Eingangswiderstand • Die Eingangskennlinie vereinfacht die Berechnung • Strom stellen mit bipolarem Transistor als Widerstand R_T • Die Ausgangskennlinie: sieht abschreckend aus ist aber nützlich • Das merkwürdige Verhalten des Transistors als Widerstand • Was steckt noch in der Ausgangskennlinie • Zweipole: Der aktive Transistor und der passive Abnehmer • Grafische Lösung der Zusammenschaltung von Zweipolen • Was läßt sich noch aus der Kennlinie ablesen? • Aufheizung und Kühlung des Transistors • Die Verlusthyperbeln definieren Punkte gleicher Temperatur • Die Verlusthyperbeln und die Ausgangskennlinie • Transistoren als Ein-Aus-Schalter • Die Betriebszustände des Transistors als Schalter	
Die Grundsaltungen des bipolaren Transistors	Seite 187 bis 191
Einführung • Der Transistoreingang wird mit Strom oder Spannung gesteuert • Der für Verstärker nutzlose Sperrbereich • Die wichtige Einstellung des Arbeitspunktes bei Verstärkern • Einstellung des Arbeitspunktes mit einem einzigen Widerstand • Emitter-, Kollektor- und Basisschaltung • Beispiel einer Sonderanwendung: der Impedanzwandler • Wechselspannungsverstärkung mit dem Transistor • Wie trennt man Wechsel- und Gleichspannungen? • Wechselspannungsverstärker mit Übertragerkopplung • Wie überträgt ein Transformator • Verstärker mit Übertragerkopplung • Wechselspannungsverstärker verbrauchen unnötig viel Strom • Gegentaktverstärker: teuer aber gut • Was versteht man unter Gegen- und Rückkopplung? • Phasenlage der Eingangs- und Ausgangsspannung am Transistor • Vor- und Nachteile der Gegenkopplung • Die Mitkopplung (Rückkopplung) führt leicht zum Schwingen • Oszillatoren, die schwingenden Schaltungen • Der Meißner-Oszillator schwingt am verständlichsten	
Der Fototransistor: viel empfindlicher als Photodioden	Seite 192
Einführung • Die lichtempfindliche Basis dominiert den Aufbau • Die Kennlinien des Fototransistors • Die Fotopin-Diode ist der schnellste lichtempfindliche Widerstand	
Der Unijunction-Transistor (UJT) ist eigentlich kein Transistor	Seite 192 bis 193
Einführung • Was kippt eigentlich im Kippgenerator? • Die höckrige Kennlinie des UJT • Der synchronisierte Kippgenerator	
Dioden werden steuerbar: die Thyristoren	Seite 194 bis 197
Einführung • Wo werden steuerbare Dioden eingesetzt? • Steuerbare Dioden früher und heute • Grundgedanke des Thyristors : mehr als eine pn-Schicht • Der „rückwärtssperrende“ p-Gate-Vierschicht-Thyristor • Die wichtigsten Kennlinien des Thyristors • Nicht nur Zünden sondern auch Halten • Wie zündet man Thyristoren bei Wechselstrom? • Die Feinheiten der Phasenanschnittsteuerung • Der Thyristor liebt scharfe Kommandos • Wie schaltet man auch die negative Halbwelle? • Leiten rückwärts die volle Halbwelle: RCT und ASCR •	
Gleichstromschalter, ein wichtiger Teil der Leistungselektronik	Seite 197 bis 200
Einführung • Das Zünden ist bei Gleichstrom einfacher als Löschen • Wie zwingt man einen Gleichstrommotor zum langsamen Drehen? • Einfache (!) Zerhackerschaltung mit Thyristoren • Ein bißchen Ruhe muß sein: die Freiwerdezeit • Lassen sich mit Stromstoß löschen: GTO und MCT-Thyristoren • Flüchtig aber gefährlich: die Überspannungen • Hoch schneller wäre zuviel: kritische Strom & Spannungssteilheiten • Durchlaßkennlinie und differentieller Widerstand US Thyristors • Strombelastbarkeit und Erwärmung des Thyristors • Richtig zünden: der Zündkreis • Rechnerische Auslegung eines Thyristors aus Katalogdaten • Es geht auch anders: der anodenseitig angesteuerte Thyristor	
Wie wird ein Schaltbild in eine Schaltung umgesetzt?	Seite 201 bis 204
HinÜhrung • Immer noch besser als Einzelverdrahtung: Die Lochrasterplatte • Der Fortschritt: die gedruckte Leiter itette • Keine Bohrungen mehr: die SMD-Technik • Ein riesiger Fortschritt : die Integrierten Schaltungen • Die Herstellung integrierter Schaltungen • Vier Klassen von Integrationsgraden • Es gibt zahllose IC-Bausteine, und es forien jeden Tag mehr • Grobaufteilung in Analog-und. Digitaltechnik • Aufteilung nach der Leistung • Standard litl : kundenspezifische Schaltungen • Angaben zur Halbleitertechnik: MOS- & CMOS-Schaltungen • Der IC: S iberspannungsmäßig ein Sensibelchen • Fit ist nicht Fitneß: Zuverlässigkeit von Halbleiterbauelementen	

Inhaltsverzeichnis

Steuerung & Regelung: nur einfache Geräte kommen ohne sie aus:.....Seite 205 bis 208
Einführung • Verstärker für die Steuer- und Regelungstechnik • Wie sieht ein idealer Gleichspannungs-Verstärker aus? • Sie nutzen den Unterschied: Differenzverstärker • Nobody is perfect: die Offset-Spannung • Einspeisung in gleichem Takt • Der Verstärker: ein aktiver Vierpol • An sich einfach: Fachbezeichnungen für aktive Vierpole • Die leicht verwirrenden Dämpfungsbegriffe bei passiven Vierpolen • Wann ist der Begriff des „passiven Vierpols“ nützlich? • „Einfacheres“ Rechnen durch logarithmische Darstellung • Schwer verständlich aber leicht handhabbar: Bei und deziBel • Jeder ordentliche Verstärker hat sie: die Gegenkopplung:

Operare bedeutet arbeiten: die Operationsverstärker.....Seite 209 bis 213
Einführung • Was verlangt man von einem Operationsverstärker? • Der berühmte Operationsverstärker -741 • Die Verstärkung des OP erkennt man an der Kennliniensteigung • Die Verstärkung wird mit zwei Widerständen eingestellt • Minus bedeutet invertierend: die Bezeichnungen am OP • Wie funktioniert der Operationsverstärker -741 • Ohne Stromversorgung läuft beim OP nichts • Ein geschickter Bastler schafft mit dem -741 praktisch alles • Grundschaltungen des Operationsverstärkers • Invertierender Verstärker • Nichtinvertierender Verstärker • Summierer • Subtrahierer • Differenzierer • Integrierer • Der OP als empfindlicher Null-Anzeiger mit Ja/Nein-Aussage • Vom Null-indikator zum Komparator mit Sollwert • Nullindikator mit Hysterese (Zweipunktregler, Schmitt-Trigger) • Wie funktioniert der Schmitt-Trigger mit OP? • Zweipunktregler mit Sollwert - eine wichtige Ergänzung • NichtStabilität ist sein Prinzip: der astabile Multivibrator • Bistabile Kipperschaltung, Flip-Flop, 1-Bit-Speicher

Digitaltechnik - die technische Revolution des 20. Jahrhunderts.....Seite 214 bis 219
Einführung • Die ersten Digitalbausteine waren elektromechanische Relais • Anwendungsgebiete elektromechanischer Relais • Elektromagnetische Relais: immer noch sehr wichtig • Das schaltende Röhrrchen: Reedrelais • Elektrodynamische Relais haben ein lineares Verhalten • Induktionsrelais erzeugen ein Drehmoment in einer Scheibe • Thermische Relais arbeiten langsam, aber mit großer Kraft • Monostabiles, Bistabiles und Remanenzrelais (gepoltes Relais) • Schließ-, Öffner-, Wisch- und Wechselkontakte • Was erwartet man von einem guten Kontakt? • Relais für jeden Zweck • Die Spezialisten: Meß- und Schutzrelais • Die etwas verwirrenden Fachbegriffe bei Relais • Die (auch nicht einfachen) Fachbegriffe der Digitaltechnik • Die Gliederung digitaler Schaltungen • Auch höhere Logik nur mit ja und nein • Die logischen Grundfunktionen der Booleschen Algebra • Ein wichtiges Mittel der Booleschen Algebra: die Wahrheitstabelle • Logische Verknüpfungen mit Schaltrelais • High und Low anstelle von Eins und Null • Logische UND /ODER/NICHT-Relais-Gatter

Digitaltechnik mit Halbleiterbausteinen.....Seit220 bis 222
Einführung • Dioden-Logik (DL) • Oder-(OR)-Dioden-Gatter: eine leichtverständliche Schaltung • UND-(AND)-Dioden-Gatter: schon schwerer zu verstehen • Dioden-Transistor-Logik (DTL): der Transistor invertiert • Transistor-Transistor-Logik (TTL), inzwischen gute, alte Technik • Das exakte Umschalten und die fans der TTLs • Die berühmte Serie 74.. als Mutter aller TTLs und ihre Töchter • Grundschaltungen: TTL-NAND-Gatter vom Typ SN 7400 • 2 x SN 7400 als AND-Gatter • TTL-NOR-Gatter vom Typ SN 7402 • SN 7402 als NOT-Gatter • 2 x SN 7402 als OR-Gatter • 2 x 7402 (NOR-Gatter) als Flip-Flop (RS-Kippglied, 1 bit-Speicher)

Grundbegriffe der Rechnertechnik.....Seite 223 bis 229
Einführung • Ein Bit bietet 2, ein Byte bietet 64 Möglichkeiten • Schwieriger als Kisuaheli: die Programmiersprachen • Anweisungen, Befehle und Adressen • Kein Rechner ohne Speicher und Register • Schreibt und liest an jeder Stelle: der RAM • Speichern nur kurzzeitig: statische und dynamische RAM • Gespeichert für immer: Festwertspeicher (ROM) • Programmierbare Festwertspeicher (PROM) • Mit Licht löschen: die unprogrammierbaren EPROM • Eine lautlose Revolution: der Mikroprozessor • Aufbau der Mikroprozessoren • Aufteilung der Mikroprozessoren • Funktioniert wie ein PC: der Microcontroller oder Mikrocomputer • Aufbau des Microcontrollers • Der Datenfluß • Die Zusatzlogik für Spezialaufgaben • Sie haben viele Relais auf dem Gewissen: SPS • Keine Kabelstränge mehr: der Datenbus • Aufbau der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) • Personal-Computer (PC) • Künstliche Intelligenz: Hoffnung und Schreckgespenst • Schachspiel als Beispiel für intelligentes Handeln • Heureka heißt: ich habe es gefunden • Heutige Einsatzgebiete der künstlichen Intelligenz

Die Elektrostatik: alles andere als statisch.....Seite 230 bis 232
Einführung • Schon die alten Griechen...»Die Fehldiagnose des Dr. Gilbert • Darstellung des elektrischen Feldes • Der Mangel gilt als positiv, der Überschuß als negativ • Wer reibt wem Elektronen weg? • Durch Reibung zur Explosion: elektrostatische Aufladung • Die Elementarladung: kleiner gehts nur bei den Quarks • Die Kraft sagt etwas über die Ladung und die Feldstärke aus • Die elektrische Feldstärke: ein wichtiger Begriff • Auch im elektrischen Feld wird gearbeitet • Elektrostatische Definition der Einheit Volt

Das elektrostatische Feld und seine Besonderheiten.....Seite 233 bis 236
Einführung • Feldlinien und Äquipotentiallinien schneiden sich rechtwinklig • Das elektrostatische Feld läßt sich im Trog darstellen • Der elektrische Fluß baut das elektrische Feld auf« Das Dielektrikum und die elektrische Flußdichte • Die Dielektrizitätskonstante ϵ : ein wichtiger Begriff» Das Dielektrikum wird polarisiert • Dipole auch ohne elektrisches Feld: die polaren Stoffe • Lassen sich leicht polarisieren: die Ferroelektrika • Die Dielektrizitätszahl oder Permittivitätszahl ϵ_r • Dielektrizitätszahlen ϵ_r für verschiedene Polarisationsarten • Näheres zu den Dielektrizitätszahlen ϵ_r für Isolierstoffe • Ein zusätzlicher Isolator senkt die elektrische Feldstärke

Inhaltsverzeichnis

Elektrete, Pyroelektrizität, Piezoelektrizität.....	Seite 237 bis 238
Einführung • Elektrische Spannung durch Hitze: die Pyroelektrizität • Elektrische Spannung durch Kraft: die Piezoelektrizität • Kraft aus elektrischer Spannung: der umgekehrte Piezoeffekt • Viele interessante Anwendungen piezoelektrischer Bauteile • Werkstoffe für Piezoelektrika und Piezokeramiken	
Technische Dielektrika: ohne Isolierstoffe keine Elektrotechnik.....	Seite 239 bis 240
Einführung • Die vier wichtigsten dielektrischen Kennwerte der Isolierstoffe • Sich immer wieder neu ausrichten kostet Energie: der $\tan \delta$ • Die gefährliche Luftblase: geschichtete Isolierstoffe • Längsgerichtete Schichtung der Dielektrika • Hohe Spannungen mögen es rundlich: Elektrodenformen	
Gasförmige Isolierstoffe.....	Seite 240 bis 241
Einführung • Vakuum, Luft und Gase als Isolierstoffe • Glimmen: das Vorspiel zum Durchschlag • Dielektrische Stoffwerte für einige wichtige gasförmige Isolierstoffe	
Flüssige Isolierstoffe.....	Seite 241 bis 242
Einführung • Der beliebteste flüssige Isolierstoff ist das Mineralöl • Der Durchschlag im Isolieröl: ist oft eigentlich ein Gasdurchschlag • Wie kommt es zu Luft- und Gasblasen im Öl? • Auch ein Durchschlag möchte gesunden: die Selbstheilung • Die Brandgefahr, das Damoklesschwert bei Transformatorölen • Dielektrische Stoffwerte für einige wichtige flüssige Isolierstoffe	
Feste Isolierstoffe.....	Seite 243 bis 245
Einführung • Dielektrische Stoffwerte für: einige Natur-, anorganische-, keramische und thermoplastische Isolierstoffe, und organische Preßstoffe • Elektrischer Durchschlag in festen Isolierstoffen • Er beginnt ganz unscheinbar: für Wärmedurchschlag • Wenn Dipole zerlegt werden: der Zerreißdurchschlag • Einige Fachbegriffe zum Durchschlag • Isolationskoordination und Isolationsgruppen • Kriechströme schlängeln sich an der Oberfläche der Isolation • Das Gütezeichen der Kriechstromfestigkeit	
Elektrische Ladungen schaffen sich ihr eigenes Feld.....	Seite 246 bis 247
Zuführung • Elektrische Feldstärke zwischen zwei aufgeladenen Platten • Feldstärke E im Abstand r von einer aufgeladenen Kugel • Feldstärke E im Abstand r von einem aufgeladenen Zylinder • Vor 200 Jahren definiert: das Coulombsche Gesetz • Die Drillwaage, das erste seriöse elektrische Meßgerät, • Gleich zu gleich gesellt sich in der Elektrostatik gern • Millikan, das Öltröpfchen und die Elementarladung „ e “	
(tische Anwendungen elektrostatischer Kräfte.....	Seite 248 bis 252
Wie stark ziehen sich zwei entgegengesetzte aufgeladene Platten an? • Papier haftet ohne Reißzwecke und Kleband • Elektrostatische Meßgeräte • Elektrostatische Mikroantrieb: mit bloßem Auge nicht sichtbar • Kopierer, und Laserdrucker nutzen die Elektrostatik • Elektrostatische Lackpulverbeschichtung und Beflockung • Die Filter die es gibt: Elektrofilter • Wie funktioniert ein Elektrofilter? • Funkendes Bohren, Schneiden und Senken: die Korrosion • Elektrostatische Kräfte wirken auf Elektronen im Vakuum • Elektronenröhren: die gute alte Zeit der Technik • Bildröhren: elektrostatische Kräfte zeichnen ein Bild • Flüssigkristallanzeigen: elektrostatische Kräfte • Dipole • Polarisiertes Licht schwingt in einer Ebene • Der Kerr-Effekt: es dauerte fast 100 Jahre bis zur Nutzung • Bildschirm: sitzt in jedem Taschenrechner	
Kondensator: ein Behälter für elektrische Ladungen.....	Seite 253 bis 255
Definition • Definition des Speichervermögens, der elektrischen Kapazität • Vergleich des Kondensators mit einem Behälter • Kapazitäten: nur die Grundformen sind einfach zu berechnen • Kapazität des Plattenkondensators, des Parallelkondensators • Die Kapazität einer isolierten Metallkugel, eines konzentrischen Zylinders, einer Doppelleitung • Die Kapazität einer isolierten Metallkugel, eines konzentrischen Zylinders, einer Doppelleitung gegen Erde • Parallelschaltung und Reihenschaltung von Kondensatoren • Sonderfall: Kondensatoren in Reihe geschaltet • Spannungsaufteilung bei reihengeschalteten Kondensatoren • Bestimmung der Spannungsaufteilung bei Reihenschaltung • Beispiel der Spannungsaufteilung bei 2 ungleichen Kondensatoren:	
Kondensatoren als Ladungsspeicher und ihre praktische Nutzung.....	Seite 256 bis 259
Das stoßstromartige Laden und Entladen des Kondensators bei Gleichspannung • Praktische Nutzung von Glättungs- oder Stützkondensator • Praktisches Beispiel einer einfachen Stützkondensatorberechnung • Stoßkondensatoren liefern nützliche Stromstöße • Weitere Einsatzgebiete für Stoßkondensatoren • Sie löschen den Überschuss: Kommutierungskondensatoren • Glättungskondensatoren glätten pulsierenden Gleichstrom • Auswahl des Glättungskondensators im Einpuls-Gleichrichter • Eine Spannungsschwankung brummt • Auswahl des Glättungskondensators im Zweipuls-Gleichrichter • Beispiel für die Dimensionierung eines Glättungskondensators • (Kondensatoren) als Ersatz für Akkumulatoren • Annahmen für die Berechnung der gespeicherten Energie • Bestimmung der im Kondensator C gespeicherten Energie W • Die Energiedichte des Kondensators • Die Energiedichte des Kondensators • Aufbau einer Stromversorgung mit Kondensator-Energiespeicher	
Kondensatoren als integrierende und differenzierende Bauteile.....	Seite 260
Der Kondensator differenziert Spannungsverläufe zu Strömen • Beispiele für das Differenzieren von Spannungsverläufen • Kondensator integriert Stromimpulse zu Spannungen • Der Kondensator als Schaltüberspannungsdämpfer	

Inhaltsverzeichnis

Lade und Entladevorgänge im RC-Kreis.....	Seite 261
Einführung • Aufladen einer Kapazität C über einen Widerstand • Ein wichtiger Wert: die Zeitkonstante τ • Entladen einer Kapazität C über einen Widerstand R	
RC-Filterschaltungen für Wechselspannungen.....	Seite 262 bis 263
Einführung • Tiefpässe, Hochpässe, Bandpässe, Bandsperren • Die Basis aller RC-Glieder: der ohmsche Spannungsteiler • Einfallreich: der ohmsche Spannungsteiler wird zum RC-Tiefpaß • Die Grenzfrequenz f_g , ein wichtiger Begriff • Bestimmung der Grenzfrequenz f_g • Beispiel für einen Tiefpaß in einem Zweifweg-Gleichrichter • Der ohmsche Spannungsteiler wird zum RC-Hochpaß! • Die Grenzfrequenz f_g des Hochpasses	
Die Verluste des Kondensators.....	Seite 264 bis 265
Einführung • Leckstromverluste kommen von „Leckage“, nicht vom Lecken • Das ewige Dipoldrehen kostet Energie: Wechselspannungsverluste • Dielektrische Verluste können auch sehr nützlich sein • Wärmeerzeugung im Wechselspannungs-Kondensatorfeld • Es wird einem warm ums Herz: die Hochfrequenz-Wärmetherapie	
Kondensatoren mit einstellbarer Kapazität.....	Seite 265
Einführung • Mit dem Kondensator auf Senderjagd: Drehkondensatoren • Nur einmal gedreht; Trimmkondensatoren	
Kondensatoren mögen es kühl und trocken.....	Seite 266
Einführung • Der Kondensator und die Temperatur • Der Kondensator und die Luftfeuchte	
MIM- und MIE: die Hauptbauarten technischer Kondensatoren.....	Seite 266 bis 268
Einführung • Kondensatoren mit MIM-Struktur • Gewinkelte Platten: Kunststofffolienkondensatoren • Bedampftes Isolierpapier: die Metallpapier-(MP)-Kondensatoren • MP-Kondensatoren heilen sich selbst • Metallisierte Kunststofffolien: MK-Kondensatoren • Der gelackte MKL-Kondensator • Schichtkondensatoren werden aus einem großen Rad geschnitten • Die hochwertigen MKP und MKY-Kondensatoren • Metallbedampftes Papier + Kunststoffolie: MKV-Kondensatoren • Keramik Kondensatoren der ersten und zweiten Klasse	
Kondensatoren mit MIE-Strukturen (Elektrolytkondensatoren).....	Seite 269 bis 270
Einführung • Warum ist die Kapazität von Elkos so hoch? • Wie läßt sich die Kapazität von Elkos noch vergrößern? • Bei Dauer-Überspannung explodiert der Elektrolytkondensator • Elektrolytkondensatoren vertragen keinen Wechselstrom • Auch Aluminium-Elektrolytkondensatoren sind gewickelt • Praktische Kennwerte von Elektrolytkondensatoren • Tantal-Elektrolytkondensatoren: teuer und gut	
Elektrodynamik und Magnetismus.....	Seite 271 bis 274
Einführung • Schon die alten Griechen kannten Magnete • Chinesen handelten schon immer pragmatisch: der erste Kompaß • Der erste Theoretiker des Magnetismus war ein Arzt • Feststellung des Zusammenhanges zwischen Strom und Magnetfeld • Ampere begründet die Elektrodynamik • Vergleich zwischen elektrischem und magnetischen Feld • Der Nordpol mag den Nordpol nicht, wohl aber den Südpol • Ampere muß ein Weintrinker gewesen sein: die Korkenzieherregel • Absprachen über die Stromrichtung in Zeichnungen • Elektrodynamische Definition der Einheit Ampere • Faraday entdeckt das Grundgesetz der Elektrodynamik • Der Begriff Induktion beschreibt einen erfolgreichen Versuch • Die Bedeutung des Minusvorzeichens in der Induktionsformel • Selbstinduktion, oder wie Stromänderungen sich selbst verhindern	
Grundgrößen und Grundgesetze im magnetischen Kreis.....	Seite 275 bis 279
Einführung • Die recht abstrakten Grundgrößen des magnetischen Feldes • Hopkinson stellt Ähnlichkeiten zum ohmschen Stromkreis fest • Hopkinson follows Ohm: der Hopkinsonsche Satz • Näheres zum magnetischen Widerstand R_m • Die Einheiten des magnetischen Widerstandes R_m • Reihen- und Parallelschaltung magnetischer Widerstände • Die Permeabilität μ und die magnetische Feldkonstante (μ_0) • Jedes Atom ist ein kleiner Magnet, das wirkt sich aus • Die Permeabilitätszahl μ_r ist der Dielektrizitätszahl ϵ_r ähnlich • Luftspalte im Eisen-Magnetkreis und die gescherte Permeabilität • Diamagnetische Stoffe schwächen das äußere Feld • Paramagnetische Stoffe magnetisieren sich etwas besser als Luft • Ferromagnetische Stoffe lieben das Magnetisieren • Ferrimagnetische Stoffe haben eine keramikähnliche Struktur • Immer in Opposition: Antiferro- und Antiferromagnetismus • Magnetgemeinschaften: die Weißschen Bezirke • Die Weißschen Bezirke lassen sich ausrichten	
Mechanische Kraft durch Magnetisierung: die Magnetostriktion.....	Seite 280 bis 281
Einführung • Schon Joule entdeckte die Magnetostriktion • Die unangenehmen Folgen der Magnetostriktion • Wo kann man die Folgen der Magnetostriktion hören? • Die nützliche Magnetostriktion: magnetostriktive Schwinger • Magnetostriktive Stellantriebe: sehr gut im Mikrometerbereich • Werkstoffe für magnetostriktive Schwinger • Es geht auch umgekehrt, der magnetoelastische Effekt • Das magnetostriktive Filter siebt sehr exakt	
Die Magnetisierungskurve.....	Seite 282 bis 284
Einführung • Der magnetische Widerstand und die Magnetisierungskurve • Magnetisierung hin und zurück: die Magnetisierungsschleife • Die Hystereseschleife ist nicht hysterisch • Wieviel Energie kostet das Ausrichten der Weißschen Bezirke? • Kreist beim Ummagnetisieren: der Wirbelstrom • Die Wirbelstromverluste • Wie verhindert man Wirbelströme? • Der Wirbelstrom frißt Eisen • Der Skinneffekt: Wirbelströme behindern den Wechselstromfluß	

Inhaltsverzeichnis

Zwei neue Einheiten: Magnetflußdichte B und Magnetfeldstärke H.....	Seite 285 bis 287
Einführung • Die magnetische Flußdichte B: wichtig und leichtverständlich • Die magnetische Feldstärke H: wichtig aber nicht leicht verständlich • Windungen multiplizieren die magnetische Spannung • Die wichtigen Magnetisierungskennlinien (B/H-Kennlinien) • Die AB/AH-Kennliniensteigung entspricht der Permeabilität u • Die wichtigsten Arten der Permeabilität u • Gesättigtes Eisen verhält sich wie Luft • Allgemeines zu Magnetisierungsschleifen in B/H-Darstellung • Was läßt sich aus der Fläche der B/H-Hysteresekennlinie ablesen? • Wie rechnet man Ummagnetisierungsverluste um?	
Ferromagnetisch weiche Werkstoffe, das „Eisen“ der E-Technik.....	Seite 288 bis 291
Einführung • Der wichtigste weichmagnetische Werkstoff ist das Eisen. • Kaltes Walzen tut gut: die Goss- und Würfel-Textur • Einige, mit „Wenn“ beginnende Sonderanforderungen • Typische ferromagnetische, weichmagnetische Werkstoffe • Werkstoff: Eisen mit 0,7-4,3% Silicium, warmgewalzt • Eisen mit 2,9 - 3,2% Silicium, kaltgewalzt • Eisen mit 40 bis 50% Kobalt • Eisen mit Nickel, Molybdän, Kupfer und Mangan • Eisen mit 30 - 50% Nickel • Die praktische Ausführung weichmagnetischer Kerne • Auch ein magnetischer Fluß braucht ein Flußbett • Der Vagabund unter den Magnetflüssen: der Streufluß • Der Luftspalt erfordert sehr viel Magnetisierungsaufwand • Ein Mantel aus Blech: der Mantelkern • Wie bringt man die Wicklung in den Mantelkern? • Nicht alles ist Blech: der Füllfaktor • Ideal und Wirklichkeit: Toroid und Kernbauweise • Schnittbandkerne werden gewickelt und geschnitten	
Ferrimagnetische weichmagnetische Werkstoffe (Ferrite).....	Seite 292 bis 293
Einführung • Woran erkennt man die Qualität ferrimagnetischer Werkstoffe? • Nicht ganz einfach: der relative (bezogene) Verlustfaktor $\tan\delta/\omega$ • Ferrite für niedrige bis mittlere Frequenzen, für mittlere bis hohe Frequenzen, für hohe bis höchste Frequenzen • Die praktische Ausführung und der Einsatz von Ferritkernen • Moderne Schaltnetzteile sparen Energie und Werkstoffe • Ferritkernbauarten für niedrige bis mittlere Frequenzen • Sonderbauweisen für Spezialanwendungen • Ferritkernbauarten für mittlere bis sehr hohe Frequenzen • Sonderbauweisen für Spezialanwendungen • Ferritkernbauarten für mittlere bis sehr hohe Frequenzen • Pulverkerne aus ferro- und ferrimagnetischem Werkstoff	
Einfache Berechnung eines weichmagnetischen Kreises.....	Seite 294 bis 295
Einführung • Zur Erinnerung: der Hopkinsonsche Satz • Der magnetische Widerstand R_m ist nichtlinear • Berechnung eines einfachen weichmagnetischen Kreises (Ringkern) • Bei Kreisen ohne Luftspalt geht es auch ohne Hopkinson. • Wieder mit Hopkinson: UI-Magnetkern mit Luftspalten	
Permanentmagneten: einmal Magnet, immer Magnet.....	Seite 296 bis 299
Einführung • Die Geschichte der Permanentmagnete • Welcher Quadrant der Magnetisierungsschleife ist wichtig? • Wie nutzt man die Entmagnetisierungskennlinie? • Der Energiewert $B_r \cdot H_c$: je größer desto besser • Ähnlichkeiten zwischen Quellen- und Entmagnetisierungskennlinie • Wie optimiert man den Magnetkreis auf höchste Leistung? • Wie findet man grafisch den optimalen Arbeitspunkt? • Energiewert $B_r \cdot H_c$ und Gütezahl $(BH)_{max}$ • Der Einfluß von Länge und Durchmesser des Dauermagneten • Nicht nur aus Eisen: ferro-hartmagnetische Werkstoffe • Die vielen Verfahren: Herstellung und Struktur • Die kunstvollen Legierungen für Dauermagneten • Thermische und mechanische Behandlung sind ausschlaggebend • Einmal und (möglichst) für immer: die Aufmagnetisierung • Einige wichtige ferro-hartmagnetische Werkstofftypen (Kohlenstoffstahl, AlNi, AlNiCo, Eisen-Kobalt-Vanadium, Platin-Kobalt, seltene-Erden-Kobalt)	
Einige wichtige ferri-hartmagnetische Werkstoffe.....	Seite 300
Einführung • Wozu Ferrite, wenn es doch so gute Ferro-Dauermagnete gibt? • Strukturformen ferri-hartmagnetischer Werkstoffe • Einige isotrope und anisotrope ferrimagnetische Dauerwerkstoffe auf der Basis von Bariumferrit	
Dauermagneten: Umgang und Magnetkreisberechnung.....	Seite 301 bis 303
Einführung • Dauermagnete lieben den magnetischen Kurzschluß • Dauermagnete mögen keine Gegen- und Fremdfelder • Magnete mögen keine harten Stöße und hohen Temperaturen • Berechnung magnetischer Kreise mit Dauermagneten • Auch ein Magnet trägt sein Joch: der Dauermagnetkreis • Beispiel: Magnetkreis mit Dauermagnet, Joch und Luftspalt • Ablauf der Magnetkreisanpassung und Berechnung	
Ein echter Prophet: Maxwell und seine Gleichungen.....	Seite 304
Einführung • Das Laden eines Kondensators und der elektrische Fluß • Die erste Maxwellsche Gleichung, vereinfacht formuliert • Die zweite Maxwellsche Gleichung, vereinfacht formuliert • Entstehung einer elektromagnetischen Welle, vereinfacht formuliert	
Die komplizierte Welt der Induktionen.....	Seite 305 bis 307
Einführung • Die Induktion, das Grundgesetz der Elektrodynamik • Die zweite Maxwellsche Gleichung und das Induktionsgesetz • Die Selbstinduktion, oder die elektrische Schwungmasse • Erfolgt eine Selbstinduktion auch am einzelnen Leiter? • Gegeninduktion, oder die Nachbarspule mischt mit • Magnetische Kopplung und Kopplungsfaktor k • Der vagabundierende Streufluß und sein Faktor • Wie hält man den magnetischen Streufluß klein? • Erfolgt eine Gegeninduktion auch an parallelen Einzeileitern? • Wie setzt man die Gegeninduktion zur Streufeldabschirmung ein?	

Inhaltsverzeichnis

Die Induktivität, sie entspricht der elektrischen Massenträgheit	Seite 308 bis 311
Einführung • Zur Erinnerung: Induktion und Selbstinduktion • Dimension und Einheit der Induktivität • Ableitung der Formel für die Induktivität • Die Induktivität einer Ringspule mit N Windungen • Das Magnetfeld der Zylinderspule: fast eine symmetrische Fontäne • Bestimmung der Induktivität einer geraden Zylinderspule • Angenäherte rechnerische Induktivitätsbestimmung • Spulenförmige Induktivitäten mit und ohne Eisenkern • Die Induktivität von Spulen mit Ferrit-Pulver- oder Eisenkern • Induktivität einer Spule mit Eisenkern • Beispiel der Berechnung einer Induktivität mit Eisenkern • Bestimmung der Induktivität eines Einzelleiters • Induktivität bei Doppelleitungen und konzentrischen Leitern • Reihen- und Parallelschaltung von Induktivitäten • Keine magnetischen Beziehungen zwischen den Induktivitäten	
Die Gegeninduktivität M	Seite 312
Einführung • Zur Erinnerung: Die Gegeninduktion • Bestimmung der Gegeninduktivität • Gegeninduktivität mit Streufluß	
Die Induktivität als Energiespeicher	Seite 313
Einführung • Bestimmung der in der Induktivität gespeicherten Energie W • Vergleich von Induktivität und Kapazität als Energiespeicher • Praktische Anwendung von Induktivitäten als Energiespeicher	
Die Verluste bei Induktivitäten und ihre Darstellung	Seite 314 bis 315
Einführung • Die Verluste bei nichtidealen Induktivitäten • Beim Stromfluß entsteht Wärme, die Kupferverluste AP_{Cu} • Das Ummagnetisieren kostet Energie, die Eisenverluste AP_{Fe} • Ein Widerstand für alle Verluste: R_L • Die Reaktanz X_L drosselt den Wechselstrom • Der Blindwiderstand ist nicht blind • Auch eine Induktivität kann Güte aufweisen • Pythagoras bringt X_L und R_L zusammen	
Schalten von RL-Gliedern (ohmscher Widerstand + Induktivität)	Seite 316 bis 317
Einführung • Wo treten RL-Glieder auf und wie berechnet man sie? • Das zweite Kirchhoffsche Gesetz gilt auch für schnelle Vorgänge • Ein wichtiger Wert: die Zeitkonstante $\tau = L/R$ • Abschalten einer strom führenden Induktivität • Die Freilaufdiode erlaubt dem Strom sich totzukreisen • Es geht alles recht schnell: der abklingende Kreisstrom	
Filterschaltungen mit Induktivität und ohmschem Widerstand	Seite 318
Einführung • Die Induktivität bevorzugt Gleichstrom und tiefe Frequenzen • RL-Filterschaltungen • Ein RL-Hochpaß ist ähnlich aufgebaut wie ein RC-Tiefpaß • Ein RL-Tiefpaß ist ähnlich aufgebaut wie ein RC-Hochpaß	
Ohne sie geht es nicht: Transformatoren, Wandler, Übertrager	Seite 319 bis 323
Einführung • Aufbau und Funktionsprinzip des Transformators • Des Transformators Kern • Der Kern kann auch ein eiserner Mantel sein • Kurze Erinnerung an den Drehstrom in drei Sätzen • Drehstromtransformatoren sind eigentlich drei Transformatoren • Der Dreischenkeltransformator mag symmetrische Belastungen • Ein Kreisstrom symmetrisiert den Magnetfluß • Nebenwege für den Restfluß: der Fünfschenkeltransformator • Auch ein tonnenschwere Kern besteht aus zahllosen Einzelblechen • Die Leerlauf- oder Eisenverluste AP_{Fe} • Die Wicklung des Transformators • Spulenkörper-, Zylinder- und Scheibenwicklung • Kein Kontakt zum Nachbarn: die Zwischenisolation • Wie holt man die Verlustwärme aus dem Transformator heraus? • Isolieröl, die fast ideale Kühlflüssigkeit • Die Verluste in den Wicklungen haben viele Namen • Darstellung der Kupferverluste AP_{Cu} durch den Widerstand R_{Cu} • Der Trick mit der Verlustmessung des Trafos	
Die Grundformeln des idealen Transformators	Seite 324 bis 326
Einführung • Das Grundgesetz gilt überall • Nur für sinusförmige Wechselströme: die „Transformatorformel“ • Die „Transformatorformel“ mit der Flußdichte B ist handlicher • Anmerkungen zur Ausrichtung der Selbstinduktionsspannung u_L • Die Spannungen und Gegenspannungen im Transformator • Die Windungszahl entscheidet: die „Übersetzungsformel“ • Kleine Spannungen, große Ströme: die „Stromformel“ • Die Stromrichtungen in den Wicklungen sind entgegengesetzt • Der Belastungsstrom als Magnetflußerzeuger	
Mit Stromwandlern mißt man große Ströme	Seite 326 bis 327
Einführung • Die Umwandlung großer Ströme in kleine: die Stromwandlerformel • Die Magnetflüsse im Stromwandler • Auch ein Stromwandler trägt seine Bürde • Der „aufgerissene“ Sekundärkreis, eine tödliche Gefahr • Wie paßt man die Bürde der Leistung an? • Die genormten Sekundärstromwerte: 5 und 1 A • Wie paßt man die Bürde der Leistung an • Die genormten Sekundärstromwerte: 5 A und 1 A	
Die Transponierung von Widerständen mit Impedanzwandlern	Seite 328
Einführung • Das Transformieren von Widerstände heißt „Transponierung“ • Transponierung und Übersetzung • Beispiel für eine einfache Transponierung zur Anpassung • Beispiel für eine einfache Netzberechnung mit Transponierung	
Der nichtideale, reale Transformator im Leerlauf	Seite 329
Einführung • Stromaufnahme des leerlaufenden, realen Transformators • Fast wie ein Kurzschluß- der Einschaltstromstoß	
Der nichtideale, reale Transformator bei Belastung	Seite 330
Einführung • Das Entstehen der Streuflüsse durch den Belastungsstrom • Wie wirken sich die Streuflüsse auf die Transformation aus? • Da fehlt doch noch etwas?: die ohmschen Wicklungswiderstände • Das beeindruckende Ersatzschaltbild des realen Transformators	

Inhaltsverzeichnis

Die trickreiche Trafo-Ersatzschaltbildberechnung.....	Seite 331 bis 334
Einführung • Kapp und sein Dreieck • Der Transformator in zwei Widerständen • Teil 1 des Tricks: die Kurzschlußspannung • Die zwei Seiten des Transformators • Teil 2 des Tricks: die bezogene Kurzschlußspannung • Erster Vorteil der u_K : schnelle Kurzschlußstromabschätzung • Zweiter Vorteil der u_K : schnelle Spannungsabfallabschätzung • Teil 3 des Tricks: Bestimmung der Impedanz Z • Eine Seite des Kappschen Dreiecks ist bestimmt: was nun? • Teil 4 des Tricks: Berechnung des Ersatzwiderstandes R • Läßt sich R nicht auch anders berechnen? • Teil 5 des Tricks: Bestimmung der Streureaktanz X_{σ} • Der vektorielle Spannungsabfall und der skalare Spannungsfall • Das Kappsche Dreieck und der Strom • Nicht nur für Theoretiker: das Kappsche Vektordiagramm • Für Praktiker wichtig: der Spannungsfall U_{20-U_2}	
Das Parallelschalten von Transformatoren.....	Seite 335
Einführung • Erste Bedingung der Parallelschaltung: gleiche Übersetzung • Zweite Bedingung der Parallelschaltung: gleiche Kurzschlußspannung • Dritte Bedingung der Parallelschaltung: gleiche Schaltgruppen • Vierte Bedingung der Parallelschaltung: etwa gleiche Leistung	
Drehstromtransformatoren, ihre Schaltungen und Diagramme.....	Seite 336 bis 338
Einführung • Der Star unter den Schaltungen: die Sternschaltung • High Noon als Vektorzeiger: die 0-Uhr und die 6-Uhr-Schaltung • Die Sternschaltung verträgt nur eine symmetrische Belastung • Die kreisstromtreibende Dreieckschaltung • Welche Stunde zeigt ein Dreieck? • Die Dreieckschaltung dreht den Vektor um 30° • Die Dreieckschaltung, auch sonst keine reine Freude • Die Zickzackschaltung, eine Art Notlösung • Die Mehrwicklungstransformatoren	
Der Spartransformator kommt mit einer Wicklung aus.....	Seite 338
Einführung • Der Spartransformator ist mehr als ein Spannungsteiler • Nicht überall darf man sparen	
Elektrische Maschinen.....	Seite 339 bis 340
Einführung • Elektromaschinenbauer haben es nicht leicht • Schwerpunkt der elektrischen Maschinen sind die Motoren • Elektrostatische und elektromagnetische Krafterzeugung • Maximale Energiedichte des elektrischen und des magnetischen Feldes in Luft • Schlußfolgerung aus den beiden Energiedichten • Die Elektrostatik und der Mikromotor	
Elektromagnetische Antriebe.....	Seite 341 bis 342
Einführung • Klassifizierung der Antriebe nach der Art der Krafterzeugung (Reluktanz- und. elektrodynamisches Prinzip), nach der Stromart, nach der Art der Bewegung, nach der Art des Magnetfeldes und nach der Art des Läufers	
Elektromagnetische Antriebe nach dem Reluktanzprinzip.....	Seite 343 bis 346
Einführung • Woher stammt die Zugkraft eines Magneten • Die Zugkraft des Magneten physikalisch gesehen • Die Zugkraft des Magneten rechnerisch gesehen • Die Anzugskraft und der Luftspalt • Die hyperbelförmig verlaufende Zugkraft bei frontalem Anker • Der Tauchanker- oder Topfmagnet, die zweite Hauptbauart • Nur kein Risiko: der Anzugsstrom- und der Nennstrom • Halten ist leichter als Anziehen: das Rückfallverhältnis • Bei eingeschaltetem Elektromagneten läßt sich Strom sparen • Probleme beim Ein- und Ausschalten von Elektromagneten • Keine sprungartigen Übergänge: die RL-Zeitkonstante τ • Eine Magnetwicklung, zwei Induktivitäten • Eine Magnetwicklung, zwei Zeitkonstanten • Die Freilaufdiode wird parallel zur Wicklung angeklemt	
Die Stromversorgung von Elektromagneten.....	Seite 347
Einführung • Reluktanzantriebe mit Gleichstrom-Impulsversorgung • Reluktanzantriebe mit Wechsel- bzw. Drehstromversorgung • Warum verläuft die Zugkraft bei Wechselstrom annähernd linear? • Wie verringert man die Wirbelstrom- und Hysterseverluste? • Scheinbarer Unfug hat tiefen Sinn: der Spaltpol	
Praktische Ausführung linearer Reluktanzantriebe.....	Seite 348
Einführung • Betätigungsmagnete für Gleichstrom • Haft- und Hubmagnete für Gleichstrom • Betätigungsmagnete für Wechselstrom • Magnetventile für Wechselstrom und Gleichstrom • Schwingmagnete für Wechselstrom	
Geschaltete Reluktanz-Schritt- und Schwingantriebe.....	Seite 349 bis 350
Einführung • Wagner und sein elektrischer Hammer • Der Hochspannungserzeuger des 19ten Jahrhunderts • Selbstschaltender Reluktanz-Schwingantrieb für ein Lötewerk • Eine schwingende Stimmgabel mißt die Zeit • Mit dem Wagnerschen Hammer hupen und pumpen • Schritt für Schritt dreht sich der Drehwähler	
Schrittmotoren nach dem Reluktanzprinzip.....	Seite 350 bis 352
Einführung • Das magnetische Feld dreht sich schrittweise • Magnetpole und Magnetzähne des Läufers • Bestimmung des Schrittinkels • Praxisnähere Ausführung eines Reluktanzmotors • Was ist ein Variable Reluctance-Motor? und ein Switched Reluctance Motor? • Reluktanzantriebe mit dauergespoltm Anker • Gepolte Betätigungsmagnete • Permanenterregte Schrittmotoren • Wie wechselt man die Polarisierung der Ständerpole? • Die vielen Bauarten der PM-Schrittmotoren	
elektrodynamische Stromerzeuger und Antriebe.....	Seite 353 bis 355
Einführung • Was bedeutet „elektrodynamisch“? • Was bedeutet die „Umkehrbarkeit“ von Generator und Motor? • Die Motor-Grundformel • Die Lorentzkraft trennt Ladungen • Die „rechte Hand Regel“ • Der Strom im Generator fließt links zum Plus! • Im Generator drehen sich Drahtschleifen im magnetischen Feld • Die sich drehende Leiterschleife: Wechselspannung • Die Motor Grundformel • Modell 1: Die Lorentzkraft, korrekt aber etwas abstrakt • Modell 2: Verzerrte Magnetfeld, leicht zu verstehen • Modell 3: die linke-Hand-Regel, gut zu merken	

Inhaltsverzeichnis

Generator und Motor in einer Maschine.....	Seite 356 bis 357
Einführung • Rechte- und linke-Hand Regel beim Generator • Auch der Generator ist (leider) kein Perpetuum mobile • Je kleiner der Innenwiderstand, desto besser der Wirkungsgrad • Treibende Außenspannung und Gegenspannung im Motor • Wie groß ist die Gegenspannung im Motor? • Und das ohmsche Gesetz stimmt doch!	
Lineare elektrodynamische Antriebe und Spannungserzeuger.....	Seite 358 bis 359
Einführung • Elektrodynamische akustische Wandler • Hört alles: das Tauchspulenmikrofon • Beherrscht die gesamte Akustik: der dynamische Lautsprecher • Das Drehspul-Meßwerk ist ein elektrodynamisches Gerät • Geradlinigkeit ist sein Prinzip: der Linearantrieb • Pumpt Flüssigmetalle: die elektromagnetische Pumpe • Der magnetohydrodynamische Generator erzeugt Strom und mißt	
Elektrodynamische Kräfte zwischen stromführenden Leitern.....	Seite 360.
Einführung • Kräfte zwischen stromdurchflossenen Leitern • Vereinfachte Berechnung der elektrodynamischen Kräfte • Elektrodynamische Definition der Einheit Ampere • Die sehr großen Kurzschluß- und Blitzschlagkräfte	
Elektrodynamische Maschinen mit Drehbewegung.....	Seite 361 bis 362
Einführung • Drahtschleifen rotieren im magnetischen Feld • Eine Viertelumdrehung und dann wäre Schluß mit dem Drehen • Eine elegante Lösung des Problems: das umlaufende Magnetfeld • Die fortlaufende Weiterschaltung: Stromwendermotoren • Umrechnung des Motor-Drehmomentes M auf die Motorleistung P • Jeder Motor ist auch Generator: die Gegenspannung • Nicht mehr als notwendig: die Stromaufnahme des Motors • Der Motorstrom bei Belastung und Entlastung	
Das Magnetfeld rotiert: elektrodynamische Drehfeldmotoren.....	Seite 363
Einführung • Wie bringt man ein Ständerfeld zum Drehen? • Was bedeutet Synchron- und Asynchronmotor? • Wie magnetisiert man den Läufer? • Kann das Drehfeld nur vom Ständer erzeugt werden?	
Synchronmaschinen als Generatoren und Motoren.....	Seite 364 bis 368
Einführung • Die Synchrondrehzahl n_s oder wie schnell läuft das Drehfeld um? • Wie verändert man die Synchrondrehzahl? • Feinstufige Drehzahländerung durch Frequenzänderung • Man muß ihn anschieben: der Anlauf des Synchronmotors • Einfache Ständerspulen und kunstvolle Wicklungsstränge • Die Schaltung der Ständerwicklung • Das Erregen hat nichts mit Gefühlen zu tun • Der Synchronmotor wird vom Netz nachgeschleppt • Der Synchrongenerator schleppt das Netz nach • Die Gummiwelle als Modell für den Synchronbetrieb • Das vereinfachte Vektordiagramm der Synchronmaschine • Vollpol- und Schenkelpol-Magnetläufer • Die Ankerrückwirkung ändert die Ankerreaktanzen • Park und seine Längs- und Quertheorie der Ankerreaktanzen • Der Praktiker kommt ohne sie aus: weitere Synchronreaktanzen • Die Kurzschlußstromberechnung mit der Längsreaktanzen X_d • Die gewöhnungsbedürftige pu Angabe der Synchronreaktanzen • Die Berechnung des Lastwinkels ϑ über die Synchronreaktanzen X_d • Die Höchstleistung einer Synchronmaschine	
Gemeinsam ist es einfacher: der Verbundbetrieb.....	Seite 369 bis 370
Einführung • Synchronmotoren müssen erst hochgedreht werden • Synchronisieren: das Einschalten mit Zeremoniell • Die (völlig unerotisch) erregte Synchronmaschine Zwei Spannungen und ein Strom • Das Phasenschieben ist etwas sehr nützliches • Über- und Untererregung der Synchronmaschine • Ganz cool bleiben: die Kühlung der Synchronmaschine	
Gleichstrom-Synchronmotoren (bürstenlose Gleichstrommotoren).....	Seite 371
Einführung • „Bürstenlos“ bedeutet „Motor mit elektronischem Stromwender“ • Erzeugung des Drehfeldes mittels weitergeschalteter Ständerspulen • Wie fragt die Hallsonde die Lage des Läufers ab? • Die Eigenschaften des bürstenlosen Gleichstrommotors	
Asynchronmaschinen als Motoren und Generatoren.....	Seite 372 bis 377
Einführung • Die schlupfende Asynchronmaschine • Das Funktionsprinzip der Asynchronmaschine • Der mitgerissene Läufer • Der Transformator als Ersatzschaltbild für den Asynchronmotor • Der einphasige Transformator und das Drehfeld • Das einphasige Ersatzschaltbild bei Nennlast • Probleme mit der Parameterbestimmung, oder $Z_{\text{Betrieb}} * Z_{\text{Ersatz}}$ • Ergänzende Anmerkungen zum Betriebs- und Ersatzwiderstand • Berechnung der Motorleistung aus dem Drehmoment • Leistung bei Bewegung einer Masse senkrecht nach oben • Drehmoment bei geradliniger Bewegung gegen eine Kraft • Berücksichtigung des Trägheitsmomentes beim Anlaufen • Die unscharfe Definition der „Nennleistung“ eines Elektromotors • Keine Erholung: der Dauerbetrieb S1 • Nach jedem Volleinsatz eine Erholung: der Kurzzeitbetrieb S2 • Ein Motor lebt so lange, wie seine Isolation: die Isolierstoffklassen • Motoren und ihre Lüfter: die Wärmeabfuhr • Der ungewöhnliche Verlauf der Drehmoment/Drehzahlkennlinie • Kennzeichnende Werte der Drehmoment/Drehzahlkennlinie • Er kann auch Strom liefern: der Asynchronmotor als Generator • Die Umkehr der Drehrichtung: sehr einfach • Vertikales Absenken (Stauhen) der Drehmomentkennlinie • Verschieben des maximalen Drehmomentes (Kippmomentes) • Treffen sich zwei Momente entsteht ein stabiler Arbeitspunkt • Die wichtigsten Drehmomentkennlinien der Arbeitsmaschinen	
Die Besonderheiten des Kurzschlußläufers.....	Seite 378 bis 379
Einführung • Ein rotierender Rundkäfig aus Aluminiumstäben • Die Stromaufnahme des Asynchronmotors beim Anlaufen • Schleifringläufermotoren: Asynchronmotoren mit Anlasser • Beim Anlauf wird der Strom verdrängt • Strom in der Haut: der Skineneffekt • Wie funktioniert die Strom Verdrängung? • Bei der Stern/Dreieckschaltung sinkt das Anlaufmoment auf 1/3	

Inhaltsverzeichnis

Die Drehzahlregelung bei Asynchronmotoren ohne Umrichter.....	Seite 380
Einführung • Feinstufige Drehzahlregelung bei Schleifringläufermotoren • Grobstufige Drehzahleinstellung durch Polumschaltung • Etwas teurer 2 getrennte Wicklungen für 2 Drehzahlen • Dahlander & PAM-Schaltung: 1 Wicklung, 2 Drehzahlen	
Die stufenlose Drehzahlregelung mit Umrichtern.....	Seite 381 bis 383
Einführung • Drehzahlsteuern und Drehzahlregeln • Wie funktioniert die automatische Drehzahlregelung? • Kosten-Nutzen-Analyse von Frequenzumrichtern • Der Stromzwischenkreis-Umrichter (CS-I-Umrichter) • Die gewünschte Frequenz entsteht aus Stromimpulsen • Vor- und Nachteile des Stromzwischenkreis-Umrichters • Was bedeutet 4-Quadranten-Betrieb? • Der Spannungszwischenkreis-Umrichter (CS-U-Umrichter) • Probleme der Sinusschwingungs-Erzeugung aus Gleichstrom • PAM bedeutet Pulsamplituden-Modulation • PWM bedeutet Pulsbreiten-Modulation • Vor- und Nachteile des Spannungszwischenkreis-Umrichters	
Asynchron-Drehstrommotoren im Einphasenbetrieb.....	Seite 384
Einführung • Einphasiger Wechselstrombetrieb des Drehstrommotors • Kein einphasiger Anlauf des Drehstrommotors ohne fremde Hilfe • Einphasiger Selbstanlauf durch Phasenverschiebung • Steinmetz schuf den ersten Kondensatormotor	
Sie arbeiten nur mit einphasigem Strom: Wechselstrommotoren.....	Seite 385
Einführung • Einsatzgebiete für einphasige Asynchronmotoren • Aufbau des Zweistrang-Anlaßkondensatormotors • Der Zweistrang Doppelkondensatormotor • Auswahl der Asynchron-Zweistrangmotoren	
Einphasige Wechselstrom-Drehfeld-Kleinmotoren.....	Seite 386
Einführung • Der Spaltpolmotor: ein Drehfeld durch Kurzschlußwindung • Synchron-Spaltpolmotoren mit Dauermagnet	
Elektrodynamische Stromwendermaschinen.....	Seite 387 bis 389
Einführung • Die erstaunlich vielen Einsatzbereiche von Kommutatormotoren • Kommutatormotor = Ständer + Läufer + Stromwender • Wirkungsweise der Stromwendermotoren • Stromaufnahme des Stromwendermotors im Kormalbetrieb • Das sehr nützliche Nutzbremesen beim Kommutatormotor • Der Stromstoß beim Einschalten des Kommutatormotors • Die sehr bequeme Drehzahleinstellung des Kommutatormotors • Der Anker erzeugt sein eigenes Feld: die Ankerrückwirkung • Wie bringt man die Bürsten wieder in die neutrale Zone? • Ein kurzes, tntstrenghendes Dasein: die Kohlebürsten • Kommutator und Kollektor sind nicht das Gleiche	
ieichstrom-Stromwender-Nebenschlußmaschinen.....	Seite 390 bis 391
iführung • Die wichtigsten Angaben zum Nebenschlußmotor • Die Drehmoment/Drehzahl-Kennlinie des enschlußmotors • Der Nebenschlußmotor als Wendehals: der Drehrichtungswechsel • Das Bremsen mit dem enschlußmotor (4-Quadranten-Betrieb) • Der fremderregte Nebenschlußmotor hat zwei Stromquellen • Der chrichtergespeiste, fremderregte Nebenschlußmotor • Der Permanentmagnet - Gleichstrommotor (PM-Motor)	
ihnen begann alles: Gleichstrom-Nebenschlußgeneratoren.....	Seite 392
irung • Die Dynamomaschine, die Mutter aller Generatoren • Selbsterregung und Fremderregung • ichstrom-Nebenschlußgeneratoren	
tl i- und Wechselstrom-Reihenschlußmotoren.....	Seite 393
Wung • Startet wie ein Tiger: das Drehmoment des Reihenschlußmotors • Ohne Belastung dreht der Reihenschlußmotor durch • Der Reihenschlußmotor funktioniert auch mit Wechselstrom	
ihimmen Sklaven: Servoantriebe (Stellmotoren).....	Seite 394
• Was müssen Servomotoren leisten? • Servomotor als Gleichstrommotoren • Servomotoren als Drehstrommotoren	
»ert die Lebensdauer: der Motorschutz.....	Seite 395
; • Einfache Motorschutzschalter messen nur den Strom • Motorvollschutz: mit Kaltleitern die Motortemperatur messen	
der lebenswichtigste Bereich: die Elektrochemie.....	Seite 396
; • Elektrochemische Vorgänge überall • Die Besonderheiten des Stromflusses in der Elektrochemie	
ische Widerstand des Elektrolyten.....	Seite 397 bis 398
'Wie berechnet man den elektrischen Widerstand? • Bestimmung der chemischen Konzentration • Besonderheindsmessung beim Elektrolyten • Leitfähigkeit ist besser handhabbar als spezifischer Widerstand • Die (Meß)-K oder Widerstandskapazität C • Einsatzbereiche der Leitfähigkeitsmeßeinrichtungen • Anmerkungen zur lessung • Messen des gelösten Sauerstoffs über die Leitfähigkeit • Leitfähigkeitserhöhung durch Rattengift	
ftoden sich auf: die Elektrodenpotentiale.....	Seite 399
lalpotential und elektrochemische Spannungsreihe • Die Meßelektrode aus Wasserstoff • Edle le - alles nur elektrische Spannung	
und Redoxpotentialmessung.....	Seite 400
jfet eine Redox-Reaktion? • Was ist, und wie mißt man das Redoxpotential? • Kann das risch bestimmt werden?	

Inhaltsverzeichnis

Das elektrische Lackmuspapier - Messung des pH-Wertes.....	Seite 401 bis 402
Einführung • Die Geschmacklosigkeit von sauer und basisch • Das Massenwirkungsgesetz (MWG) • Sauer und basisch über den pH-Wert • Die pH-Wert-Messung ähnelt der Redoxpotential-Messung • Die Spezial-Ableitelektroden zum Messen mit der Glaselektrode • Umrechnung der Spannung U_{pH} auf den pH-Wert • Temperatur und Nernstspannung • Verschiedenen Ausführungen der Meßelektroden	
Der Stromfluß in der Elektrochemie.....	Seite 403 bis 404
Einführung • Unbewegliche und bewegliche Ionen • Die Besonderheiten des Stromflusses im Elektrolyten • Erklärung der Stromrichtungen im Elektrolyten • Die unterschiedlichen Namen der Ionen: Kationen und Anionen • Elektrische Gewichtung chemischer Substanzen	
Das Faradaysche Gesetz: die Grundlage der Elektrochemie.....	Seite 405
Einführung • Für das Mol hat man die Atome gezählt • Transport von Atomen mit elektrischem Strom • Wieviel Masse wird elektrochemisch transportiert? • Das endgültige Faradaysche Gesetz	
Die Elektrolyse und ihre praktische Nutzung.....	Seite 406 bis 407
Einführung • Die Dissoziation oder Partner trennen sich • Die Elektrolyse, die elektrische Scheidung • Die Gegenspannungen und Widerstände im Elektrolysebad • Elektrolyse des Wassers zu Sauerstoff und Wasserstoff • Elektrolytische Raffination von Rohkupfer zu Kupfer • Gewinnung von Na, Mg und Al aus Schmelzen • Die Galvanostegie schützt und verschönert	
Elektrochemische Stromquellen.....	Seite 408 bis 409
Einführung • Die Hauptbauarten elektrochemischer Stromquellen (Primär-, Sekundär- und Tertiärelemente) • Woher stammt die elektrische Energie in den Batterien? • Enthalpie, eine andere Bezeichnung für den Wärmeinhalt • Entropie, oder Wärme fließt nur in eine Richtung • Die wichtige thermodynamische Grundgleichung der Batterie	
Primärelemente (galvanische Elemente).....	Seite 410 bis 411
Einführung • Die Stromflußrichtungen des Primärelementes • Polarisation und Depolarisation an der Kathode • Thermodynamische Definition einer idealen Batterie • Der Wirkungsgrad einer Primärbatterie • Die Energiedichte und die spezifische Energie einer Zelle • Spannung und Spannungsverlauf bei Primärzellen • Kapazität, Entladezeit, Selbstentladung und Umweltschutz • Lassen sich Primärelemente wieder aufladen (regenerieren)?	
Gegenwärtig angewendete Primärelemente.....	Seite 412 bis 415
Einführung • Zink-Braunstein-Elemente • Chemische Reaktionen in der Leclanche-Zelle • Technische Angaben zur Zink/Braunsteinzelle • Die Zink-Zinkchlorid-Braunstein(-Mangan)-Zelle • Alkalische Zink-Braunsteinzelle (Alkali-Manganzelle) • Chemische Reaktion der Alkali-Manganzelle • Angaben zur Alkali-Manganzelle • Zink-Manganchlorid-Luftsauerstoffzelle • Chemische Reaktion der Luftsauerstoffzelle • Angaben zur Luftsauerstoffzelle • Sie befinden sich in jedem Taschenrechner: Knopfzellen • Zink-Quecksilberoxid und Silberoxidelemente • Cadmium/Quecksilberoxid-Zellen sind wenig umweltfreundlich • Lithiumzellen die Primärzellen der Zukunft • Näheres zu Lithiumzellen • Bauform der Lithiumzellen und Anmerkungen • Lithiumzellen sind (noch) teuer und gut	
Galvanische Sekundärelemente (Akkumulatoren).....	Seite 416 bis 419
Einführung • Die guten, alten Bleiakkumulatoren bewährt seit über 100 Jahren • Chemische Vorgänge beim Laden und Entladen des Bleiakkus • Geladen oder entladen: die Säuredichte sagt es • Die sensiblen positiven Platten • Die robusten negativen Platten des Bleiakкумуляtors • Die Ladespannung des Bleiakкумуляtors • Die Entladespannung des Bleiakкумуляtors • Kapazität und Energiedichte des Akкумуляtors • Entladungsart und Kapazität • Die Selbstentladung, oder Nichtstun ist auch schlecht • Der Innenwiderstand R_i und der wichtige Kälteprüfstrom • Die beiden Wirkungsgrade des Akкумуляtors • Der sehr wichtige Ladungswirkungsgrad r_{Lad} • Der nicht so wichtige Energiewirkungsgrad h_{wh} • Der Akкумуляtor lebt im flachen Zyklus l mal länger • Der Bleiakкумуляtor braucht viel Pflege • Wartungsfreie Akкумуляtoren (Trockenakkumulatoren) • Trocken geladene Batterien können ewig gelagert werden	
Das vorschriftsmäßige Laden von Akкумуляtoren.....	Seite 420
Einführung • Das Laden mit konstantem Strom (I-Kennlinie), mit konstanter Spannung (U-Kennlinie), mit fallender Kennlinie (W-Ladekennlinie) • Das sehr vorteilhafte Laden mit IU-Kennlinie (Schneiladung) • Ein „gepuffertes“ Netz hat eine hohe Stromversorgungs-Sicherheit	
Alkalische Akкумуляtoren, robust und wartungsarm.....	Seite 421 bis 425
Einführung • Nickel-Cadmium und Nickel-Eisen-Akkumulatoren • Allgemeine Hinweise zu den Ni-Cd-Akkumulatoren • Die chemischen Vorgänge in der alkalischen Zelle • Technische Angaben zur Ni-Cd-Zelle • Offene und gasdichte Nickel-Cadmium-Zellen • Wie verhindert man das Überladungs-gas in gasdichten Zellen? • Das „Umpolen“ bei gasdichten Ni-Cd-Akkumulatoren • Das schlechte Gedächtnis: der Memory-Effekt • Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Akkumulatoren • Prinzip der Nickel-Metallhydrid-Zelle • Metallhydridwerkstoffe für die negative Elektrode • Vorgänge beim Laden des Ni-MH-Akkumulatoren • Vorgänge beim Entladen des Ni-MH-Akkumulators • Vergleich zwischen NiMH, NiCd und Bleiakкумуляtoren • Grundsätzliches zum Laden von NiCd und NiMH-Akkumulatoren • Die neuauftkommende CA-Angabe bei Ladevorschriften • Das Laden kleiner, gasdichter NiCd und NiMH-Akkumulatoren • Der exotische Nickeloxid-Zink-Akkumulatoren • Selten verwendete Zink/Cadmium-Silberoxid-Akkumulatoren • Ungewöhnliche Metall-Luft-Akkumulatoren • Wie beim NiMH-Akku: Metall-Wasserstoff-Akkumulatoren	

Inhaltsverzeichnis

Realisierte Träume: die wiederaufladbaren Lithium-Batterien.....	Seite 426
Einführung • Probleme mit dem Einsatz von Lithium im Akkumulator • Der Durchbruch mit Koks oder Kohle • Die swingenden Ionen erbringen hohe Leistungen • Ein echt heißer Favorit: Lithium-Schwefel Hochtemperatur-Batterien	
Tertiärbatterien (Brennstoffzellen) - die Stromquellen der Zukunft.....	Seite 427 bis 429
Einführung • Das Funktionsprinzip der Brennstoffzelle • Woraus besteht die Brennstoffzelle? • Schaltung der Brennstoffzellen • Andere Energieträger als Wasserstoff und Sauerstoff • Übersicht der gängigsten Wasserstoffzellen-Bauarten • Beispiel einer Groß-Brennstoffzelle als Blockheizkraftwerk • Die biochemische Brennstoffzelle : ein Weg in die Zukunft • Die Photosynthese als „Umkehrung“ der Bio-Brennstoffzelle	
Der kathodische Korrosionsschutz: Mit Strom gegen den Rost.....	Seite 430 bis 431
Einführung • Anode, Kathode und Elektrolyt beim Rosten • Das Rosten - elektrochemisch gesehen • Edle und unedle vertragen sich nicht • Sperrt Luft und Feuchtigkeit ab: der passive Korrosionsschutz • Kathodischer Schutz durch Opferanoden	
Kathodischer Schutz mit galvanischer Opferanode.....	Seite 431 bis 432
Einführung • Wie schaltet man die Opferanode in den Schutzkreislauf? • Wie bestimmt man die Abnutzung der Opferanode • Vor- und Nachteile des Schutzes mit galvanischen Opferanoden	
Der kathodische Korrosionsschutz mit Fremdstrom.....	Seite 433 bis 434
Einführung • Die Fremdstrom-Opferanoden • Die Optimierung des kathodischen Fremdstrom-Schutzverfahrens • Die Auswahl der optimalen Schutzstromdichte • Das Schutzpotential entscheidet über Rosten oder Nichtrost • Die Messung des Schutzpotentials ist gar nicht so einfach • Bezugselektroden mit halbdurchlässiger Membrane • Die Summe von Erfahrungen: das optimale Schutzpotential • Anodischer Korrosionsschutz: einige Metalle benötigen ihn	
Die Korrosion durch parasitäre Streuströme.....	Seite 435
Einführung • Wann kommt es zur Streustrom-Korrosion? • Die Streustromableitung: der Strom darf nicht austreten • Die Streustromabsaugung oder Schutz durch Fremdstrom	
Der menschliche Organismus und die Elektrizität.....	Seite 436 bis 437
Einführung • Der Körper als Erzeuger elektrischer Spannungen • Das Herz als Stromerzeuger • Das Gehirn als Stromerzeuger • Das Nervengewebe als Stromerzeuger und Stromleiter • Die Spannungserzeugung in den Nerven	
Der menschliche Körper betrachtet als Stromabnehmer.....	Seite 437 bis 438
Einführung • Das Herz als Abnehmer eines von außen einwirkenden Stromes • Der Körper und sein Widerstand • Das Herz als Abnehmer eines von außen einwirkenden Stromes • Der Hautwiderstand entscheidet über die Stromhöhe • Das Herz und der technische Strom • Ein schockierender Gedanke: technischer Strom im Gehirn • Nerven und Muskeln bei Einwirkung technischen Stromes • Wo kommt es zu tödlichen Elektrounfällen?	
Elektrotherapie: hier tut der elektrische Strom Gutes.....	Seite 439 bis 440
Einführung • Behandlung mit galvanischem Gleichstrom • Behandlung mit faradischem Impulsstrom • Die Elektrodiagnostik: das Zucken wird gemessen • Muskel unter Spannung: die Elektromyographie (EMG) • Die Iontophorese: Arzneimittel wandern durch die Haut • Das Stangerbad: im Strom baden	
Alternative Heilverfahren mit biophysikalischen Effekten.....	Seite 441
Einführung • Die Elektroakupunktur und Elektroneuraltherapie • Die Bioelektronik • Die Magnetfeldtherapie • Biofeedback als Entspannungstechnik	
Die Auswirkung elektrischer und magnetischer Felder.....	Seite 442
Einführung • Das elektrische Gleichfeld in der Natur und in Räumen • Das elektrische Raumklima, die Ionen und das Wohlfühl • Medizinisch eingesetzte hochfrequente elektromagnetische Felder	
Die ungeliebten Nebenwirkung des Stromes: der Elektrosmog.....	Seite 443 bis 444
Einführung • Aufteilung der Strahlung nach Frequenz und Auswirkung • Reale und vermutete Auswirkungen des Elektrosmog • Das niederfrequente elektrische Wechselfeld • Einfluß der kapazitiven Ankopplung an die Spannungsquelle • Das niederfrequente magnetische Wechselfeld • Ab welchem Körperstrom kommt es zur Erregung • Abschirmung des elektrischen und magnetischen Feldes	
Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	Seite 445 bis 447
Einführung • Die EMV ein Täter und Opfer • Die Mutter der EMV ist die Funkentstörung • Zur Bedeutung kam die Militär beim Militär • Der „gamma-ray-burst“ - ein interstellares NEMP • Aufweiche Weise wird ein Gerät elektromagnetisch gestört? • Auch eine wandernde Welle unterliegt dem Ohmschen Gesetz • Das Anpassungsprinzip (s. S. für hochfrequente Vorgänge • Was passiert bei nicht angepaßten Komponenten? • Einige Auswirkungen elektromagnetischer Unverträglichkeit • Maßnahmen zur Verbesserung der EMV • Elektromagnetische Verträglichkeit ist Gesundheit • Elektromagnetische Verträglichkeit ist inzwischen Gesetz	
Bibliographie und Stichwortverzeichnis.....	Seite 448 bis 459