



Jetzt mit  
eLearning

# *besser  
lernen*

# Elektrotechnik

2., aktualisierte Auflage

Manfred Albach

# Elektrotechnik

2., aktualisierte Auflage

Manfred Albach

# Elektrotechnik

## Inhaltsverzeichnis

Elektrotechnik

Inhaltsübersicht

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Vorwort zur 2. Auflage

Kapitel 1 - Das elektrostatische Feld

1.1 Die elektrische Ladung

1.2 Das Coulomb'sche Gesetz

1.3 Die elektrische Feldstärke

1.4 Überlagerung von Feldern

1.5 Kräfte zwischen Ladungsverteilungen

1.6 Ladungsdichten

1.7 Darstellung von Feldern

1.7.1 Feldbild für zwei Punktladungen

1.7.2 Qualitative Darstellung von Feldbildern

1.8 Das elektrostatische Potential

1.8.1 Das Potential einer Punktladung

1.8.2 Äquipotentialflächen

1.9 Die elektrische Spannung

1.10 Die elektrische Flussdichte

1.11 Das Verhalten der Feldgrößen bei einer Flächenladung

1.12 Feldstärke an leitenden Oberflächen

1.13 Die Influenz

1.13.1 Dünne leitende Platten im homogenen Feld

1.13.2 Im leitenden Körper eingeschlossener Hohlraum

1.14 Die dielektrische Polarisierung

1.15 Kräfte im inhomogenen Feld

1.16 Sprungstellen der Dielektrizitätskonstanten

1.17 Die Kapazität

1.17.1 Der Plattenkondensator

1.17.2 Der Kugelkondensator

1.18 Einfache Kondensatornetzwerke

1.19 Praktische Ausführungsformen von Kondensatoren

1.19.1 Der Vielschichtkondensator

1.19.2 Der Drehkondensator

1.19.3 Der Wickelkondensator

# Inhaltsverzeichnis

1.20 Die Teilkapazitäten

1.21 Der Energieinhalt des Feldes

## Kapitel 2 - Das stationäre elektrische Strömungsfeld

2.1 Der elektrische Strom

2.2 Die Stromdichte

2.3 Definition des stationären Strömungsfeldes

2.4 Ladungsträgerbewegung im Leiter

2.5 Die spezifische Leitfähigkeit und der spezifische Widerstand

2.6 Das Ohm'sche Gesetz

2.7 Praktische Ausführungsformen von Widerständen

2.7.1 Festwiderstände

2.7.2 Einstellbare Widerstände

2.7.3 Weitere Widerstände

2.8 Das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen

2.8.1 Verschwindende Leitfähigkeit in einem Teilbereich

2.8.2 Perfekte Leitfähigkeit in einem Teilbereich

2.9 Energie und Leistung

## Kapitel 3 - Einfache elektrische Netzwerke

3.1 Zählpeile

3.2 Spannungs- und Stromquellen

3.3 Zählpeilsysteme

3.4 Die Kirchhoff'schen Gleichungen

3.5 Einfache Widerstandsnetzwerke

3.5.1 Der Spannungsteiler

3.5.2 Der belastete Spannungsteiler

3.5.3 Messbereichserweiterung eines Spannungsmessgerätes

3.5.4 Der Stromteiler

3.5.5 Messbereichserweiterung eines Strommessgerätes

3.5.6 Widerstandsmessung

3.6 Reale Spannungs- und Stromquellen

3.7 Wechselwirkungen zwischen Quelle und Verbraucher

3.7.1 Zusammenschaltung von Spannungsquellen

3.7.2 Leistungsanpassung

3.7.3 Wirkungsgrad

3.8 Netzwerkwandlungen

3.8.1 Ersatzzweipole

3.8.2 Stern-Dreieck-Umwandlung

3.9 Das Überlagerungsprinzip

3.10 Analyse umfangreicher Netzwerke

# Inhaltsverzeichnis

3.10.1 Das Maschenstromverfahren

3.10.2 Das Knotenpotentialverfahren

## Kapitel 4 - Stromleitungsmechanismen

4.1 Stromleitung im Vakuum

4.2 Stromleitung in Gasen

4.3 Stromleitung in Flüssigkeiten

4.4 Ladungstransport in Halbleitern

4.4.1 Der pn-Übergang

4.4.2 Die Diode

## Kapitel 5 - Das stationäre Magnetfeld

5.1 Magnete

5.2 Kraft auf stromdurchflossene dünne Leiter

5.3 Kraft auf geladene Teilchen

5.4 Definition der Stromstärke

5.5 Die magnetische Feldstärke

5.6 Das Oersted'sche Gesetz

5.7 Die magnetische Feldstärke einfacher Leiteranordnungen

5.7.1 Unendlich langer kreisförmiger Linienleiter

5.7.2 Toroidspule

5.7.3 Lang gestreckte Zylinderspule

5.8 Die magnetische Spannung

5.9 Der magnetische Fluss

5.10 Die magnetische Polarisierung

5.10.1 Diamagnetismus

5.10.2 Paramagnetismus

5.10.3 Ferromagnetismus

5.10.4 Dauermagnete

5.11 Das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen

5.12 Die Analogie zwischen elektrischem und magnetischem Kreis

5.13 Die Induktivität

5.13.1 Induktivität der Ringkernspule

5.13.2 Induktivität einer Doppelleitung

5.14 Der magnetische Kreis mit Luftspalt und der AL-Wert

5.14.1 Zusammenhang von Luftspatlänge und Windungszahl

5.14.2 Zusammenhang von Luftspatlänge und Flussdichte

5.15 Praktische Ausführungsformen von Induktivitäten

5.15.1 Drahtgewickelte Luftspulen

5.15.2 Planare Luftspulen

5.15.3 Spulen mit hochpermeablen Kernen

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel 6 - Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld

- 6.1 Das Induktionsgesetz
- 6.2 Die Selbstinduktion
- 6.3 Einfache Induktivitätsnetzwerke
- 6.4 Die Gegeninduktion
  - 6.4.1 Die Gegeninduktivität zweier Doppelleitungen
  - 6.4.2 Die Koppelfaktoren
- 6.5 Der Energieinhalt des Feldes
  - 6.5.1 Die Energieberechnung aus den Feldgrößen
  - 6.5.2 Die Hystereseverluste
- 6.6 Anwendung der Bewegungsinduktion
  - 6.6.1 Das Generatorprinzip
  - 6.6.2 Das Drehstromsystem
- 6.7 Anwendung der Ruheinduktion
  - 6.7.1 Der verlustlose Übertrager
  - 6.7.2 Die Punktkonvention
  - 6.7.3 Der verlustlose streufreie Übertrager
  - 6.7.4 Der ideale Übertrager
  - 6.7.5 Die Widerstandstransformation
  - 6.7.6 Ersatzschaltbilder für den verlustlosen Übertrager
  - 6.7.7 Der verlustbehaftete Übertrager
  - 6.7.8 Der Spartransformator

## Kapitel 7 - Der Übergang zu den zeitabhängigen Strom- und Spannungsformen

- 7.1 Vorbetrachtungen
- 7.2 Modellbildung
- 7.3 Quasistationäre Rechnung
- 7.4 Die Netzwerkanalyse
- 7.5 Kurvenformen und ihre Kenngrößen bei zeitlich periodischen Vorgängen

## Kapitel 8 - Wechselspannung und Wechselstrom

- 8.1 Das Zeigerdiagramm
  - 8.1.1 Der ohmsche Widerstand an Wechselspannung
  - 8.1.2 Die Induktivität an Wechselspannung
  - 8.1.3 Die Kapazität an Wechselspannung
- 8.2 Komplexe Wechselstromrechnung
  - 8.2.1 Der Übergang zur symbolischen Methode
  - 8.2.2 Die Berechnung von Netzwerken mit der symbolischen Methode
  - 8.2.3 Gegenüberstellung der unterschiedlichen Vorgehensweisen
  - 8.2.4 Strom-Spannungs- und Widerstandsdiagramm
  - 8.2.5 Umrechnung zwischen Impedanz und Admittanz

# Inhaltsverzeichnis

- 8.3 Frequenzabhängige Spannungsteiler
- 8.4 Frequenzkompensierter Spannungsteiler
- 8.5 Resonanzerscheinungen
  - 8.5.1 Der Serienschwingkreis
  - 8.5.2 Der Parallelschwingkreis
  - 8.5.3 Ersatzschaltbilder für Kondensatoren und Spulen
- 8.6 Wechselstrom-Messbrücken
  - 8.6.1 Die Wien-Brücke
  - 8.6.2 Die Maxwell-Wien-Brücke
- 8.7 Ortskurven
  - 8.7.1 Ortskurve für die Impedanz einer RL-Reihenschaltung
  - 8.7.2 Umrechnung zwischen Impedanz und Admittanz
  - 8.7.3 Ortskurve für die Admittanz einer RL-Reihenschaltung
  - 8.7.4 Allgemeine Gesetzmäßigkeiten bei der Inversion von Ortskurven
  - 8.7.5 Ortskurven bei komplizierteren Netzwerken
- 8.8 Energie und Leistung bei Wechselspannung
  - 8.8.1 Wirkleistung
  - 8.8.2 Blindleistung
  - 8.8.3 Scheinleistung und Leistungsfaktor
  - 8.8.4 Komplexe Leistung
- 8.9 Leistungsanpassung
  - 8.9.1 Lastimpedanz mit einstellbarem Wirk- und Blindwiderstand
  - 8.9.2 Reiner Wirkwiderstand als Verbraucher
  - 8.9.3 Fehlanpassung
- 8.10 Blindstromkompensation
- 8.11 Leistung beim Drehstromsystem
  - 8.11.1 Sternschaltung mit Sternpunktleiter
  - 8.11.2 Sternschaltung ohne Sternpunktleiter
  - 8.11.3 Dreieckschaltung
  - 8.11.4 Besondere Eigenschaften des Drehstromsystems
- 8.12 Netzwerk Betrachtungen
  - 8.12.1 Die Impedanzmatrix  $Z$
  - 8.12.2 Weitere Matrixdarstellungen
  - 8.12.3 Die Matrizen bei Seitenumkehr
  - 8.12.4 Matrizenumrechnungen
  - 8.12.5 Matrizen einfacher Netzwerke
  - 8.12.6 Zusammenschaltung von Zweitoren
  - 8.12.7 Das beschaltete Zweitor
  - 8.12.8 Spezielle Zweitoreigenschaften
  - 8.12.9 Elementare Filterstrukturen

## Kapitel 9 - Zeitlich periodische Vorgänge beliebiger Kurvenform

# Inhaltsverzeichnis

## 9.1 Grundlegende Betrachtungen

## 9.2 Die harmonische Analyse

9.2.1 Die komplexe Form der Fourier-Reihe

9.2.2 Vereinfachungen bei der Bestimmung der Fourier-Koeffizienten

9.2.3 Tabellarische Zusammenstellung wichtiger Fourier-Reihen

9.2.4 Die Linienspektren

## 9.3 Anwendung der Fourier-Reihen in der Schaltungsanalyse

9.3.1 Der Ablaufplan

9.3.2 Eine einfache Schaltung

9.3.3 Die Erzeugung von Subharmonischen

9.3.4 Effektivwert und Leistung

9.3.5 Weitere Kenngrößen

## Kapitel 10 - Schaltvorgänge in einfachen elektrischen Netzwerken

### 10.1 RC-Reihenschaltung an Gleichspannung

### 10.2 Reihenschaltung von Kondensator und Stromquelle

### 10.3 RL-Reihenschaltung an Gleichspannung

### 10.4 Parallelschaltung von Induktivität und Spannungsquelle

### 10.5 Schaltvorgänge in Netzwerken mit Wechselspannungsquellen

### 10.6 Quellen mit periodischen, nicht sinusförmigen Strom- und Spannungsformen

### 10.7 Konsequenzen aus den Stetigkeitsforderungen

### 10.8 Vereinfachte Analyse für Netzwerke mit einem Energiespeicher

10.8.1 Kondensator und Widerstandsnetzwerk

10.8.2 Induktivität und Widerstandsnetzwerk

### 10.9 Spannungswandlerschaltung

### 10.10 Wirkungsgradbetrachtungen bei Schaltvorgängen

### 10.11 Zusammenfassung

### 10.12 Netzwerke mit mehreren Energiespeichern

10.12.1 Serienschwingkreis an Gleichspannung

10.12.2 Serienschwingkreis an periodischer Spannung

## Kapitel 11 - Die Laplace-Transformation

### 11.1 Das Fourier-Integral

### 11.2 Der Übergang zur Laplace-Transformation

### 11.3 Die Berechnung von Netzwerken mit der Laplace-Transformation

11.3.1 Transformation in den Frequenzbereich

11.3.2 Aufstellung und Lösung des Gleichungssystems

11.3.3 Rücktransformation in den Zeitbereich

## Anhang A - Vektoren

### A.1 Einheitsvektoren

### A.2 Einfache Rechenoperationen mit Vektoren



# Inhaltsverzeichnis

A.2.1 Addition und Subtraktion von Vektoren

A.2.2 Multiplikation von Vektor und Skalar

A.3 Das Skalarprodukt

A.4 Das Vektorprodukt

A.5 Zerlegung eines Vektors in seine Komponenten

A.6 Vektorbeziehungen in Komponentendarstellung

A.7 Formeln zur Vektorrechnung

## Anhang B - Orthogonale Koordinatensysteme

B.1 Das kartesische Koordinatensystem

B.2 Krummlinige orthogonale Koordinatensysteme

B.3 Die Zylinderkoordinaten

B.4 Die Kugelkoordinaten

## Anhang C - Ergänzungen zur Integralrechnung

C.1 Das Linienintegral einer vektoriellen Größe

C.2 Der Fluss eines Vektorfeldes

## Anhang D - Physikalische Grundbegriffe

D.1 Physikalische Größen

D.2 Physikalische Gleichungen

D.2.1 Größengleichungen

D.2.2 Zugeschnittene Größengleichungen

## Anhang E - Komplexe Zahlen

E.1 Bezeichnungen

E.2 Rechenoperationen

## Anhang F - Ergänzungen zu den Ortskurven

F.1 Beweis für die Gültigkeit des ersten Verfahrens

F.2 Beweis für die Gültigkeit des 2. Verfahrens

F.3 Die Inversion einer Geraden durch den Nullpunkt

F.4 Die Inversion einer Geraden, die nicht durch den Nullpunkt verläuft

F.5 Die Inversion eines Kreises

## Anhang G - Ergänzungen zur Fourier-Entwicklung

G.1 Die Konvergenz der Fourier-Reihen

G.2 Das Gibbs'sche Phänomen

## Anhang H - Kleine mathematische Formelsammlung

H.1 Additionstheoreme

H.2 Integrale

H.3 Matrizen

H.4 Fourier-Entwicklungen

# Inhaltsverzeichnis

H.5 Tabellen zur Laplace-Transformation

Literaturverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Symbole

Koordinatensysteme

Register

Copyright

# Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwort- und DRM-Schutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: **info@pearson.de**

## Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten oder ein Zugangscode zu einer eLearning Plattform bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.** Zugangscodes können Sie darüberhinaus auf unserer Website käuflich erwerben.

## Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

**<https://www.pearson-studium.de>**