

---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil A Grundlagen der Elektrotechnik

<b>1</b>	<b>Das elektrische Feld</b> . . . . .	3
1.1	Feldbegriff. Darstellung von Feldern . . . . .	3
1.2	Das stationäre elektrische Strömungsfeld . . . . .	4
1.2.1	Ladung. Strom. Stromdichte . . . . .	4
1.2.2	Potenzial. Spannung. Feldstärke . . . . .	11
1.2.3	Elektrischer Widerstand. Ohmsches Gesetz . . . . .	17
1.2.4	Der elektrische Stromkreis . . . . .	19
1.2.5	Die Gesetze von Kirchhoff . . . . .	22
1.3	Das elektrostatische Feld . . . . .	24
1.3.1	Entwicklung aus dem Strömungsfeld . . . . .	24
1.3.2	Kenngößen des elektrostatischen Feldes . . . . .	26
1.3.3	Kapazität. Kondensatoren . . . . .	28
1.3.4	Kondensatorstrom . . . . .	30
1.3.5	Energie und Kräfte im elektrostatischen Feld . . . . .	31
1.4	Übungsaufgaben . . . . .	33
<b>2</b>	<b>Das magnetische Feld</b> . . . . .	37
2.1	Magnetische Erscheinungen . . . . .	37
2.2	Magnetische Kenngrößen . . . . .	40
2.2.1	Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte . . . . .	40
2.2.2	Durchflutung. Magnetische Spannung. Magnetischer Widerstand . . . . .	42
2.2.3	Die magnetische Feldstärke . . . . .	44
2.3	Das Durchflutungsgesetz . . . . .	45
2.4	Materie im Magnetfeld . . . . .	50
2.4.1	Die Permeabilität. Einteilung der Stoffe . . . . .	50
2.4.2	Hystereseschleife und Magnetisierungskurve . . . . .	51
2.5	Das Induktionsgesetz . . . . .	57
2.5.1	Grundlagen. Der Versuch von Faraday . . . . .	57

2.5.2	Anwendungen des Induktionsgesetzes	63
2.6	Selbst- und Gegeninduktion	66
2.6.1	Selbstinduktion	66
2.6.2	Gegeninduktion	69
2.7	Energie und Kräfte im magnetischen Feld	71
2.7.1	Energieinhalt des Magnetfeldes	71
2.7.2	Kraftwirkungen im magnetischen Feld	72
2.8	Übungsaufgaben	75
<b>3</b>	<b>Berechnung von Stromkreisen bei Gleichstrom</b>	<b>81</b>
3.1	Der unverzweigte Gleichstromkreis	81
3.1.1	Der elektrische Widerstand	81
3.1.2	Lineare und nichtlineare Widerstände	83
3.1.3	Energie und Leistung im Gleichstromkreis	84
3.1.4	Der Grundstromkreis	85
3.1.5	Leistungsumsatz im Stromkreis	90
3.2	Der verzweigte Gleichstromkreis	92
3.2.1	Vereinfachung von Widerstandsnetzwerken	92
3.2.2	Teilerregeln	97
3.2.3	Berechnung verzweigter Stromkreise mittels der Gesetze von Kirchhoff	101
3.2.4	Spannungsquellen und Stromquellen. Zweipoltheorie	104
3.3	Übungsaufgaben	106
<b>4</b>	<b>Berechnung von Stromkreisen bei Wechselstrom</b>	<b>111</b>
4.1	Erzeugung von Wechselstrom. Bestimmungsgrößen	111
4.2	Kenngrößen	113
4.2.1	Zeitliche Mittelwerte	113
4.2.2	Zählpfeile	116
4.3	Darstellung sinusförmiger elektrischer Größen im Zeigerdiagramm	117
4.4	Spannungs- und Stromzeiger bei den Grundschaltelementen	118
4.5	Zeigerdiagramme bei gemischten Wechselstromschaltungen	120
4.5.1	Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand	120
4.5.2	Parallelschaltung von Spule und Widerstand	121
4.5.3	Gemischte Schaltung	122
4.6	Die komplexe Darstellung von Zeigern	124
4.7	Komplexe Zeiger der Grundschaltelemente	126
4.8	Komplexer Widerstand und komplexer Leitwert	129
4.8.1	Komplexer Widerstand	129
4.8.2	Komplexer Leitwert	135
4.8.3	Spannung und Strom im Zeit- und Frequenzbereich	137
4.9	Wirk- und Blindkomponenten von Spannung und Strom	137

---

4.10	Wechselstromleistung . . . . .	138
4.11	Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom) . . . . .	144
4.11.1	Erzeugung von Drehstrom . . . . .	144
4.11.2	Die Verkettung des Drehstromsystems . . . . .	146
4.11.3	Spannungen und Ströme im symmetrischen Drehstromsystem . . . . .	149
4.11.4	Drehstromleistung . . . . .	152
4.12	Übungsaufgaben . . . . .	154
<b>5</b>	<b>Ausgleichsvorgänge in Stromkreisen . . . . .</b>	<b>161</b>
5.1	Die Schaltgesetze . . . . .	162
5.2	Aufladung eines Kondensators . . . . .	163
5.3	Kurzschluss einer stromdurchflossenen Spule . . . . .	166
5.4	Schlussbemerkungen . . . . .	167
5.5	Übungsaufgaben . . . . .	168
<b>6</b>	<b>Mechanismen der Stromleitung . . . . .</b>	<b>169</b>
6.1	Stromleitung im Vakuum . . . . .	169
6.2	Stromleitung in Gasen . . . . .	172
6.3	Stromleitung in Flüssigkeiten . . . . .	175
6.4	Stromleitung in Festkörpern . . . . .	183
6.4.1	Allgemeines . . . . .	183
6.4.2	Stromleitung in Metallen . . . . .	186
6.4.3	Stromleitung in Halbleitern und Isolatoren . . . . .	187
6.5	Übungsaufgaben . . . . .	196
<b>Literatur</b>	. . . . .	<b>199</b>
 <b>Teil B Anwendungen der Elektrotechnik</b>		
<b>7</b>	<b>Elektronik . . . . .</b>	<b>203</b>
7.1	Einleitende Bemerkungen . . . . .	203
7.2	Elektronische Bauelemente . . . . .	204
7.2.1	Halbleiterwiderstände . . . . .	204
7.2.2	Halbleiterdioden . . . . .	206
7.2.3	Transistoren . . . . .	212
7.2.4	Thyristoren . . . . .	230
7.2.5	Optoelektronische Bauelemente . . . . .	237
7.3	Leistungselektronik . . . . .	242
7.3.1	Einführung. Arten und Wirkungsweise von Stromrichtern . . . . .	242
7.3.2	Gleichrichter . . . . .	246
7.3.3	Wechselrichter . . . . .	256
7.3.4	Gleichstromumrichter . . . . .	258

7.3.5	Wechselstromumrichter, Frequenzumrichter . . . . .	259
7.4	Informationselektronik . . . . .	262
7.4.1	Einführung . . . . .	262
7.4.2	Analoge und digitale Größen und Signale . . . . .	263
7.4.3	Analogschaltungen . . . . .	266
7.4.4	Digitalschaltungen . . . . .	270
7.5	Mikroelektronik . . . . .	281
7.5.1	Schaltungsintegration . . . . .	281
7.5.2	Schaltkreisfamilien . . . . .	283
7.5.3	Mikroprozessoren und Mikrorechner . . . . .	284
7.6	Übungsaufgaben . . . . .	302
	Literatur . . . . .	307
<b>8</b>	<b>Elektrische Maschinen und Antriebe . . . . .</b>	<b>309</b>
8.1	Einleitung . . . . .	309
8.2	Die Gleichstrommaschine . . . . .	310
8.2.1	Aufbau und Funktionsprinzip . . . . .	310
8.2.2	Erregung der Gleichstrommaschine . . . . .	313
8.2.3	Der Gleichstromnebenschlussmotor . . . . .	314
8.2.4	Der Gleichstromreihenschlussmotor . . . . .	322
8.2.5	Spezielle Typen . . . . .	323
8.3	Der Transformator . . . . .	324
8.3.1	Grundsätzlicher Aufbau und Funktionsprinzip . . . . .	324
8.3.2	Der ideale Transformator . . . . .	325
8.3.3	Der technische Transformator . . . . .	332
8.3.4	Drehstromtransformatoren . . . . .	340
8.3.5	Spezielle Transformatortypen . . . . .	343
8.4	Rotierende Drehstrommaschinen . . . . .	344
8.4.1	Das Drehfeld . . . . .	344
8.4.2	Arten von Drehfeldmaschinen . . . . .	347
8.4.3	Der Drehstromasynchronmotor . . . . .	350
8.4.4	Die Synchronmaschine . . . . .	361
8.5	Elektrische Antriebstechnik . . . . .	372
8.5.1	Mechanische Struktur elektrischer Antriebe . . . . .	372
8.5.2	Grundgesetze elektrischer Antriebe . . . . .	373
8.5.3	Betriebsarten elektrischer Maschinen . . . . .	378
8.5.4	Ein- und Mehrquadrantenantriebe . . . . .	383
8.5.5	Regelung elektrischer Antriebe . . . . .	386
8.5.6	Ergänzende Bemerkungen . . . . .	389
8.6	Übungsaufgaben . . . . .	389
	Literatur . . . . .	393

---

<b>9</b>	<b>Elektrische Energieversorgung</b>	395
9.1	Einleitung	395
9.2	Überblick zu Kraftwerken	396
9.3	Einsatzstrategien von Kraftwerken	399
9.4	Elektrotechnische Komponenten eines Kraftwerkes	400
9.5	Übertragungssysteme für elektrische Energie	405
9.6	Drehstromnetze	406
9.6.1	Spannungsebenen	406
9.6.2	Drehstromleitungen	408
9.6.3	Netzgestaltung	423
9.7	Schaltanlagen	426
9.7.1	Arten von Schaltanlagen	426
9.7.2	Schaltgeräte der elektrischen Energietechnik	427
9.7.3	Praktische Ausführung von Schaltanlagen	434
9.8	Personenschutz in Niederspannungsnetzen	436
9.8.1	Gefährdung des Menschen	436
9.8.2	Schutzmaßnahmen	438
9.9	Übungsaufgaben	441
	Literatur	443
<b>10</b>	<b>Elektrische Messtechnik</b>	445
10.1	Einleitung	445
10.2	Grundlegende Begriffe der elektrischen Messtechnik	445
10.3	Elektrische Messwerke	449
10.3.1	Drehspulmesswerk	449
10.3.2	Dreheisenmesswerk	450
10.3.3	Elektrodynamisches Messwerk	451
10.3.4	Induktionsmesswerk	452
10.4	Messgeräte	453
10.4.1	Vielfachmesser	453
10.4.2	Oszilloskope	455
10.4.3	Registriergeräte	460
10.4.4	Zählmessgeräte	463
10.5	Messverfahren für elektrische Größen	464
10.5.1	Messung von Strom und Spannung	464
10.5.2	Messung von Widerständen und Impedanzen	466
10.5.3	Messung der elektrischen Leistung	467
10.5.4	Zeit- und Frequenzmessung	469
10.6	Elektrische Messung nichtelektrischer Größen	470
10.6.1	Allgemeines	470
10.6.2	Messung von Wegen und Winkeln	471
10.6.3	Messung von Kräften und Momenten	473

---

10.6.4	Drehzahlmessung . . . . .	475
10.6.5	Temperaturmessung . . . . .	476
10.7	Messtechnik mit dem PC . . . . .	478
10.7.1	Einleitende Bemerkungen . . . . .	478
10.7.2	Geräte mit integrierter digitaler Schnittstelle . . . . .	480
10.7.3	Messkarten . . . . .	483
10.8	Störbeeinflussung von Messkreisen . . . . .	490
10.9	Elektromagnetische Verträglichkeit . . . . .	492
10.10	Übungsaufgaben . . . . .	493
	Literatur . . . . .	496
	<b>Lösungen der Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>497</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>525</b>