

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Vorwort</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundbegriffe</b>	<b>3</b>
2.1 Elektrische Ladung .....	3
2.2 Leiter und Nichtleiter .....	4
2.3 Elektrischer Strom und Stromstärke .....	5
2.4 Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger.....	8
2.5 Stromdichte.....	9
2.6 Energie.....	10
2.7 Elektrisches Potenzial und elektrische Spannung .....	11
2.8 Zählfeilsysteme .....	13
2.9 Elektrischer Widerstand.....	15
2.9.1 Strom-Spannungs-Kennlinie.....	16
2.9.2 Nichtlineare passive Zweipole.....	19
2.9.3 Widerstandsberechnung eines Leiters.....	23
2.9.4 Temperaturabhängigkeit des Widerstandes .....	24
2.10 Elektrische Quelle.....	28
2.10.1 Spannungsquelle .....	28
2.10.2 Stromquelle.....	32
2.11 Elektrische Energie und elektrische Leistung, Wirkungsgrad .....	34
2.11.1 Elektrische Energie .....	34
2.11.2 Elektrische Leistung.....	35
2.11.3 Wirkungsgrad.....	36
2.11.4 Leistungsanpassung .....	37

<b>3</b>	<b>Berechnung von Netzwerken</b>	<b>41</b>
3.1	Knoten- und Maschensatz .....	41
3.1.1	Knotensatz .....	41
3.1.2	Maschensatz .....	42
3.2	Schaltung von ohmschen Widerständen .....	44
3.2.1	Reihenschaltung .....	44
3.2.2	Parallelschaltung .....	46
3.2.3	Kombination von Reihen- und Parallelschaltungen .....	48
3.2.4	Stern-Dreieck-Umwandlung .....	58
3.2.5	Rekursives Berechnungsverfahren .....	62
3.3	Reihen- und Parallelschaltung von Quellen .....	63
3.3.1	Reihenschaltung .....	63
3.3.2	Parallelschaltung .....	65
3.4	Netzwerkberechnung mittels Knoten- und Maschensatz .....	68
3.4.1	Aufstellen der Knoten- und Maschengleichungen .....	69
3.4.2	Aufstellen und Lösen des Gleichungssystems .....	72
3.5	Maschenstromverfahren .....	74
3.5.1	Maschenstromverfahren bei Netzwerken ohne Stromquellen .....	75
3.5.2	Maschenstromverfahren bei Netzwerken mit Stromquellen .....	77
3.6	Knotenpotenzialverfahren .....	79
3.6.1	Knotenpotenzialverfahren bei Netzwerken ohne Spannungsquellen .....	80
3.6.2	Knotenpotenzialverfahren bei Netzwerken mit Spannungsquellen .....	82
3.7	Überlagerungsverfahren .....	87
3.8	Zweipoltheorie .....	91
3.8.1	Lineare aktive und passive Ersatzzweipole .....	91
3.8.2	Nichtlineare passive Ersatzzweipole .....	95
3.8.3	Nichtlineare aktive Ersatzzweipole .....	106
3.9	Vierpole .....	107
3.9.1	Vierpolgleichungen .....	109
3.9.2	Zusammenschaltung von Vierpolen .....	111
<b>4</b>	<b>Elektrisches Feld</b>	<b>115</b>
4.1	Grundbegriffe .....	115
4.1.1	Ursache und Richtungssinn des elektrischen Feldes .....	116
4.1.2	Elektrische Feldstärke und Spannung .....	118
4.2	Elektrisches Strömungsfeld .....	120
4.2.1	Feld der Stromdichte .....	120
4.2.2	Homogenes elektrisches Strömungsfeld .....	121
4.2.3	Inhomogenes elektrisches Strömungsfeld .....	124

4.3	Elektrostatisches Feld .....	126
4.3.1	Merkmale des elektrostatischen Feldes.....	126
4.3.2	Elektrischer Verschiebungsfluss und elektrische Verschiebungsdichte.....	130
4.3.3	Zusammenhang zwischen elektrischer Verschiebungsdichte und elektrischer Feldstärke.....	132
4.3.4	Überlagerung von Potenzialfeldern.....	134
4.3.5	Durchschlagfeldstärke.....	137
4.4	Kapazitäten .....	139
4.4.1	Definition der Kapazität.....	139
4.4.2	Kapazitäten einiger Kondensatoren .....	140
4.4.3	Leitungskapazitäten .....	143
4.4.4	Nichtlineare Kapazität und Temperaturabhängigkeit.....	145
4.5	Schaltung von Kondensatoren .....	146
4.5.1	Parallelschaltung von Kondensatoren .....	146
4.5.2	Reihenschaltung von Kondensatoren.....	147
4.5.3	Gemischte Schaltung von Kondensatoren.....	153
4.5.4	Geschichtete Dielektrika .....	155
4.6	Energie und Kräfte im elektrostatischen Feld .....	162
4.6.1	Energie im elektrostatischen Feld .....	162
4.6.2	Kräfte im elektrostatischen Feld .....	163
4.7	Schaltvorgänge im Gleichstromkreis .....	165
4.7.1	Ladevorgang bei einer Kapazität .....	165
4.7.2	Entladevorgang bei einer Kapazität .....	171
4.7.3	Umladung bei Kapazitäten.....	174
<b>5</b>	<b>Stationäres magnetisches Feld</b> .....	<b>179</b>
5.1	Grundbegriffe.....	179
5.1.1	Elektrische Durchflutung .....	181
5.1.2	Magnetische Feldstärke.....	182
5.1.3	Magnetische Spannung .....	184
5.1.4	Magnetischer Widerstand und Leitwert .....	185
5.1.5	Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte.....	186
5.1.6	Analogie zwischen den elektrischen Feldern und dem magnetischen Feld .....	187
5.1.7	Magnetische Ersatzschaltbilder.....	188
5.2	Berechnung magnetischer Felder in nichtferromagnetischen Stoffen.....	189
5.2.1	Feld eines geraden, langen Leiters mit kreisförmigem Querschnitt.....	189
5.2.2	Feld eines geraden, langen Hohlleiters .....	192
5.2.3	Feld einer langen Zylinderspule.....	193
5.2.4	Feld einer Ringspule .....	194
5.2.5	Feld einer geraden, langen Koaxialleitung.....	196
5.2.6	Gesetz von Biot-Savart .....	197

5.3	Überlagerung magnetischer Felder.....	200
5.4	Berechnung magnetischer Felder in ferromagnetischen Stoffen .....	205
5.4.1	Verhalten der Materie im magnetischen Feld.....	205
5.4.2	Feldgrößen an Materialübergängen .....	209
5.4.3	Magnetische Streuung .....	212
5.4.4	Berechnung unverzweigter und verzweigter magnetischer Kreise.....	213
5.4.5	Dauermagnetkreis.....	229
<b>6</b>	<b>Zeitlich veränderliches magnetisches Feld</b> .....	<b>233</b>
6.1	Induktionsgesetz .....	233
6.1.1	Festlegung der Zählpfeile .....	233
6.1.2	Verkettungsfluss .....	234
6.1.3	Bewegter Leiter in einem magnetischen Feld.....	235
6.1.4	Induktionsgesetz in allgemeiner Form.....	239
6.1.5	Induzierte elektrische Feldstärke und Spannung .....	241
6.1.6	Induktion durch Flächenänderung .....	244
6.1.7	Induktion durch Änderung der magnetischen Flussdichte.....	253
6.1.8	Induktion durch Flächenänderung und zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte.....	256
6.2	Selbstinduktion .....	259
6.2.1	Induktivität .....	261
6.2.2	Berechnung der Induktivität verschiedener Spulen und Leiteranordnungen.....	262
6.2.3	Zweipoldarstellung einer Induktivität.....	270
6.2.4	Zusammenschaltung von Induktivitäten.....	271
6.3	Schaltvorgänge im Gleichstromkreis.....	273
6.3.1	Kurzschließen einer stromdurchflossenen Induktivität .....	273
6.3.2	Einschalten einer Induktivität.....	276
6.3.3	Ausschalten einer Induktivität.....	278
6.4	Magnetische Kopplung.....	281
6.4.1	Gegenseitige Induktivität.....	281
6.4.2	Kopplungsfaktor.....	288
6.5	Wirbelströme .....	290
6.6	Magnetische Energie und Hystereseverluste .....	292
6.6.1	Magnetische Energie einer Induktivität.....	292
6.6.2	Magnetische Energie gekoppelter Spulen .....	294
6.6.3	Hystereseverluste.....	296
6.7	Kräfte im magnetischen Feld.....	298
6.7.1	Kräfte zwischen Polflächen.....	298
6.7.2	Kräfte auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld.....	301
6.7.3	Kräfte zwischen stromdurchflossenen, parallelen Leitern.....	305
6.7.4	Kraft auf bewegte freie Ladungsträger.....	307

---

<b>7</b>	<b>Lösung der Aufgaben</b>	<b>311</b>
<b>8</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>347</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>349</b>