

Reinhard Scholz

# Grundlagen der Elektrotechnik

Eine Einführung in die Gleich- und Wechselstromtechnik

Mit 157 Bildern und 18 Tabellen



**Fachbuchverlag Leipzig**  
im Carl Hanser Verlag

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Elektrizität und Magnetismus</b> .....	<b>13</b>
1.1	Physikalische Grundlagen .....	13
1.2	Skalare und vektorielle Größen .....	14
1.3	Mathematische Modelle in der Elektrotechnik .....	16
1.4	Elektrische Ladung und Potenzial .....	21
1.4.1	Elementarladung .....	21
1.4.2	Kraftwirkung .....	22
1.4.3	Strom und Stromdichte .....	23
1.4.4	Potenzial und Spannung .....	25
1.4.5	Das elektrische Feld .....	28
1.5	Mechanismen elektrischer Leitung .....	29
1.5.1	Metallische Leiter .....	29
1.5.2	Elektronenleitung im Vakuum .....	32
1.5.3	Ionenleitung .....	33
1.5.4	Nichtleiter .....	34
1.5.5	Halbleiter .....	34
1.6	Der Widerstand als Bauelement .....	36
1.6.1	Beschreibung durch das Ohm'sche Gesetz .....	36
1.6.2	Nenngrößen, Toleranzen und Widerstandsreihen .....	37
1.6.3	Kennzeichnung von Widerständen .....	38
1.6.4	Veränderliche Widerstände .....	39
1.7	Magnetismus .....	41
1.7.1	Ursachen des Magnetismus .....	42
1.7.2	Das magnetische Feld .....	45
1.8	Übungsaufgaben .....	47
<b>2</b>	<b>Zeitabhängige Größen</b> .....	<b>50</b>
2.1	Periodische und nichtperiodische Vorgänge .....	50
2.2	Definition von Kenngrößen .....	51
2.2.1	Mittelwert .....	51
2.2.2	Effektivwert .....	52

2.2.3	Gleichrichtwert .....	53
2.3	Beschreibung harmonischer Vorgänge .....	54
2.3.1	Reelle Darstellung sinusförmiger Signale .....	54
2.3.2	Zeigerdarstellung .....	55
2.3.3	Komplexe Amplituden .....	57
2.4	Sonstige zeitabhängige Signale .....	61
2.4.1	Rechtecksignal .....	62
2.4.2	Dreiecksignal .....	64
2.5	Übungsaufgaben .....	66
<b>3</b>	<b>Bauelemente und Grundschaltungen .....</b>	<b>69</b>
3.1	Das ideale Bauelement als Zweipol .....	69
3.1.1	Ohmscher Widerstand .....	69
3.1.2	Kondensator und Kapazität .....	70
3.1.3	Spule und Induktivität .....	71
3.1.4	Gekoppelte Induktivitäten .....	73
3.2	Impedanz und Admittanz .....	76
3.2.1	Definitionen und Begriffe .....	76
3.2.2	Frequenzabhängigkeit von Blindwiderständen .....	78
3.2.3	Bestimmung von Scheinwiderstand und Scheinleitwert .....	80
3.3	Zusammenschaltung von Bauelementen .....	81
3.3.1	Reihenschaltung .....	81
3.3.2	Parallelschaltung .....	83
3.3.3	Spannungs- und Stromteiler .....	85
3.3.4	Schwingkreise .....	88
3.3.4.1	Reihenschwingkreis .....	88
3.3.4.2	Parallelschwingkreis .....	94
3.3.5	Brückenschaltungen .....	101
3.3.5.1	Widerstandsmessbrücke .....	103
3.3.5.2	Induktivitätsmessbrücke (Maxwell-Wien-Brücke) .....	103
3.3.5.3	Kapazitätsmessbrücke (Schering-Brücke) .....	104
3.3.5.4	Frequenzmessbrücke (Wien-Robinson-Brücke) .....	105
3.3.6	Sternschaltung und Dreieckschaltung .....	107
3.4	Ersatzschaltungen zur Beschreibung realer Bauelemente .....	110
3.4.1	Der Kondensator .....	111
3.4.2	Die Spule .....	112
3.5	Spannungs- und Stromquellen .....	113
3.5.1	Ideale und reale Spannungsquelle .....	114

3.5.2	Ideale und reale Stromquelle.....	115
3.5.3	Äquivalenz von Spannungs- und Stromquellen .....	116
3.5.4	Ersatzquellen .....	118
3.6	Übungsaufgaben .....	119
<b>4</b>	<b>Frequenzselektive Schaltungen .....</b>	<b>126</b>
4.1	Übertragungsfunktion, Dämpfung und Phase .....	126
4.2	Grafische Darstellung des Übertragungsverhaltens .....	128
4.2.1	Bode-Diagramm .....	131
4.2.2	Nyquist-Diagramm .....	132
4.3	Elementare Filterschaltungen .....	133
4.3.1	Tiefpass .....	134
4.3.2	Hochpass .....	138
4.3.3	Bandpass.....	142
4.3.4	Bandsperre .....	144
4.4	Filteranalyse mit Octave .....	146
4.5	Übungsaufgaben .....	150
<b>5</b>	<b>Leistung und Arbeit.....</b>	<b>152</b>
5.1	Leistungsbetrachtung im Gleich- und Wechselstromkreis .....	152
5.1.1	Augenblicksleistung.....	153
5.1.2	Wirk-, Blind- und Scheinleistung.....	155
5.2	Leistungsanpassung und Wirkungsgrad .....	157
5.2.1	Wirkleistungsanpassung.....	159
5.2.2	Scheinleistungsanpassung .....	161
5.2.3	Reflexionsfaktor.....	161
5.3	Logarithmische Kenngrößen .....	162
5.3.1	Leistungspegel .....	163
5.3.2	Spannungspegel .....	163
5.3.3	Bezugssysteme .....	163
5.3.4	Referenzpegel .....	164
5.4	Übungsaufgaben .....	165
<b>6</b>	<b>Lineare elektrische Netzwerke .....</b>	<b>169</b>
6.1	Definition linearer Netzwerke .....	169
6.2	Netzwerkdarstellung durch Grafen .....	170
6.3	Netzwerktopologie .....	173
6.3.1	Der vollständige Baum .....	173

6.3.2	Abhängige und unabhängige Variablen .....	174
6.4	Das Maschenstromverfahren .....	175
6.4.1	Das Gleichungssystem der Maschenzweigströme .....	175
6.4.2	Direktes Aufstellen des Gleichungssystems .....	177
6.4.3	Berücksichtigung idealer Stromquellen .....	178
6.5	Das Knotenpotenzialverfahren .....	179
6.5.1	Das Gleichungssystem der Baumzweigspannungen .....	179
6.5.2	Direktes Aufstellen des Gleichungssystems .....	181
6.5.3	Berücksichtigung idealer Spannungsquellen .....	182
6.6	Der Überlagerungssatz .....	183
6.7	Netzwerkanalyse mit Octave .....	184
6.8	Übungsaufgaben .....	190
<b>7</b>	<b>Einführung in die Netzwerktheorie .....</b>	<b>195</b>
7.1	Die Torbedingung .....	195
7.2	Lineare Eintore .....	196
7.3	Lineare Zweitore .....	196
7.3.1	Vierpole und Zweitore .....	196
7.3.2	Die Impedanzmatrix .....	198
7.3.3	Die Admittanzmatrix .....	200
7.3.4	Die Kettenmatrix .....	203
7.3.5	Die Hybridmatrix .....	204
7.3.6	Die Parallel-Reihen-Matrix .....	206
7.3.7	Symmetrien .....	208
7.3.8	Umrechnung der Matrizen .....	210
7.4	Idealer Übertrager im Netzwerk .....	211
7.4.1	Zweitorgleichungen des idealen Übertragers .....	211
7.4.2	Impedanztransformation .....	212
7.5	Übungsaufgaben .....	213
<b>A</b>	<b>Arbeiten mit Octave .....</b>	<b>217</b>
A.1	Systemumgebung und Installation .....	217
A.2	Direkte Berechnung .....	218
A.3	Skript-Dateien und Funktionen .....	220
A.4	Diagramme .....	223

<b>B</b>	<b>Komplexe Zahlen</b> .....	<b>227</b>
B.1	Definition .....	227
B.2	Darstellungsformen .....	228
B.3	Operationen und Rechenregeln .....	229
B.3.1	Konjugation .....	229
B.3.2	Betrag, Betragsquadrat und Winkel .....	230
B.3.3	Division und konjugiert komplexe Erweiterung .....	230
B.3.4	Real- und Imaginärteil .....	230
B.3.5	Euler'sche Formel .....	231
<b>C</b>	<b>Vektoren und Matrizen</b> .....	<b>232</b>
C.1	Definition und Begriffe .....	232
C.1.1	Zeilen- und Spaltenvektoren .....	232
C.1.2	Matrizen .....	233
C.1.3	Einheitsvektor und Einheitsmatrix .....	233
C.2	Operationen und Rechenregeln .....	233
C.2.1	Transposition .....	234
C.2.2	Multiplikation von Vektoren und Matrizen .....	234
C.2.3	Determinanten .....	236
C.2.4	Adjunkte .....	237
C.2.5	Matrixinversion .....	237
C.3	Lineare Gleichungssysteme .....	238
	<b>Ergänzende und weiterführende Literatur</b> .....	<b>239</b>
	<b>Index</b> .....	<b>243</b>