

# Inhalt

<b>1 Physikalische Größen, Einheiten, Gleichungen</b> .....	1
1.1 Physikalische Größen .....	1
1.2 Das internationale Einheitensystem .....	1
1.3 Gleichungen .....	5
<b>2 Gleichstromkreise</b> .....	6
2.1 Grundbegriffe der elektrischen Strömung .....	6
2.1.1 Aufbau der Materie, elektrische Ladungsträger .....	6
2.1.2 Freie Elektronen, Defektelektronen, Ionen .....	7
2.1.3 Der elektrische Strom .....	8
2.1.4 Die elektrische Stromdichte .....	10
2.1.5 Strömungsgeschwindigkeit der Elektronen .....	10
2.1.6 Die elektrische Spannung .....	12
2.1.7 Das ohmsche Gesetz .....	13
2.1.8 Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit .....	15
2.1.9 Die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes .....	18
2.1.10 Arbeit und Leistung bei Gleichstrom .....	21
2.1.11 Bezugssinn und Pfeilsysteme .....	24
2.1.12 Die Kirchhoff'schen Gesetze .....	25
2.1.13 Quellenspannung und innerer Widerstand von realen Spannungsquellen .....	28
2.1.14 Stromquellen .....	29
2.2 Die Berechnung von Gleichstromkreisen .....	31
2.2.1 Reihenschaltung von Widerständen .....	31
2.2.2 Parallelschaltung von Widerständen .....	32
2.2.3 Dreieck-Stern- und Stern-Dreieck-Umwandlung .....	34
2.2.4 Netzwerkberechnung bei Schaltungen mit einer Spannungsquelle .....	38
2.2.5 Netzwerkberechnung durch unmittelbare Anwendung der Kirchhoff'schen Gesetze .....	42
2.2.6 Netzwerkberechnung nach dem Maschenstromverfahren .....	45
2.2.7 Netzwerkberechnung nach dem Knotenpotenzial-Verfahren .....	53
2.2.8 Netzwerkberechnung durch Anwendung des Überlagerungs- gesetzes .....	60
2.2.9 Leistungsanpassung .....	63
2.2.10 Die Ersatzspannungsquelle .....	65

2.2.11	Anwendung der Ersatzspannungsquelle zur Netzwerk- berechnung.....	70
2.2.12	Die Ersatzstromquelle.....	74
2.3	Nichtlineare Gleichstromkreise .....	76
2.3.1	Allgemeines .....	76
2.3.2	Behandlung nichtlinearer Kreise .....	76
<b>3</b>	<b>Das elektrische Feld .....</b>	<b>83</b>
3.1	Die elektrische Ladung und ihre Wirkung.....	83
3.2	Die elektrischen Feldgrößen .....	84
3.2.1	Elektrische Feldstärke und elektrisches Potenzial .....	84
3.2.2	Der elektrische Fluss .....	89
3.2.3	Elektrische Flussdichte.....	90
3.2.4	Nichtleiter im elektrischen Feld .....	92
3.3	Berechnung elektrostatischer Felder.....	96
3.3.1	Das Feld der geladenen Kugel.....	96
3.3.2	Das Feld in der Umgebung mehrerer Ladungen .....	98
3.3.3	Das Feld des geladenen langen, geraden Leiters.....	101
3.4	Die Kapazität von Kondensatoren .....	103
3.4.1	Definition der Kapazität .....	103
3.4.2	Kapazität des Plattenkondensators .....	104
3.4.3	Kapazität des Kugelkondensators .....	105
3.4.4	Kapazität des Zylinderkondensators .....	106
3.4.5	Zusammenschaltung von Kondensatoren.....	106
3.5	Energie des elektrostatischen Feldes .....	111
3.5.1	Energie des geladenen Kondensators .....	111
3.5.2	Energiedichte im elektrostatischen Feld.....	113
3.6	Kräfte zwischen elektrischen Ladungen .....	118
3.6.1	Das Coulomb'sche Gesetz.....	118
3.6.2	Kräfte zwischen Elektroden .....	121
<b>4</b>	<b>Das elektrische Strömungsfeld .....</b>	<b>124</b>
4.1	Allgemeines .....	124
4.2	Feldgrößen des Strömungsfeldes.....	125
4.3	Bestimmung von Widerständen.....	128
<b>5</b>	<b>Das magnetische Feld .....</b>	<b>131</b>
5.1	Allgemeines zum magnetischen Feld .....	131
5.2	Die magnetischen Feldgrößen .....	133
5.2.1	Magnetische Feldstärke.....	133
5.2.2	Magnetische Flussdichte und Permeabilität.....	136
5.2.3	Der magnetische Fluss.....	138
5.2.4	Die magnetische Spannung .....	139
5.3	Das Durchflutungsgesetz .....	140

5.4	Der magnetische Kreis und das ohmsche Gesetz des magnetischen Kreises.....	143
5.5	Berechnung magnetischer Felder.....	146
5.5.1	Magnetisches Feld in der Umgebung mehrerer stromführender Leiter.....	147
5.5.2	Das Gesetz von Biot-Savart.....	150
5.6	Materie im magnetischen Feld.....	153
5.6.1	Allgemeines.....	153
5.6.2	Ferromagnetische Stoffe.....	154
5.6.3	Magnetische Kreise mit Eisen.....	157
5.6.4	Magnetischer Kreis mit Dauermagnet.....	166
5.7	Kräfte im magnetischen Feld.....	168
5.7.1	Stromführender Leiter im Magnetfeld.....	168
5.7.2	Bewegte Ladung im Magnetfeld.....	169
5.7.3	Der Halleffekt.....	172
5.7.4	Kräfte zwischen stromführenden Leitern.....	173
5.8	Induktionswirkung des magnetischen Feldes.....	176
5.8.1	Bewegter Leiter im Magnetfeld.....	176
5.8.2	Induktionswirkung des zeitlich veränderlichen Magnetfeldes.....	180
5.9	Die Selbstinduktion.....	183
5.10	Die gegenseitige Induktion.....	189
5.11	Die Energie des magnetischen Feldes.....	192
5.12	Kräfte an Grenzflächen.....	196
<b>6</b>	<b>Grundbegriffe der Wechselstromtechnik.....</b>	<b>199</b>
6.1	Allgemeines über Wechselgrößen.....	199
6.2	Sinusförmige Wechselgrößen und ihre Darstellung.....	200
6.3	Mittelwerte von periodisch zeitabhängigen Größen.....	203
6.3.1	Gleichrichtwert.....	203
6.3.2	Effektivwert.....	205
6.3.3	Formfaktor und Scheitelfaktor.....	211
6.4	Die Zeigerdarstellung von Sinusgrößen.....	212
6.5	Die komplexe Darstellung von Sinusgrößen.....	214
6.5.1	Grundbegriffe der komplexen Rechnung.....	215
6.5.2	Anwendung der komplexen Rechnung in der Wechselstromtechnik.....	218
<b>7</b>	<b>Einfache Wechselstromkreise.....</b>	<b>221</b>
7.1	Grundsaltungen.....	221
7.1.1	Kreis mit ohmschem Widerstand.....	221
7.1.2	Kreis mit Spule.....	223
7.1.3	Kreis mit Kondensator.....	226
7.1.4	Kreis mit Spule und Reihenwiderstand.....	230
7.1.5	Kreis mit Kondensator und Reihenwiderstand.....	235
7.1.6	Kreis mit Spule und Parallelwiderstand.....	238

---

7.1.7	Kreis mit Kondensator und Parallelwiderstand.....	241
7.1.8	Umwandlung von Reihen- und Parallelschaltung.....	245
7.2	Ersatzschaltungen für reale Bauelemente .....	249
7.2.1	Spule mit Wirkwiderstand.....	249
7.2.2	Kondensator mit Verlustwiderstand.....	250
7.2.3	Widerstand mit Eigeninduktivität und Eigenkapazität .....	252
<b>8</b>	<b>Leistung im Wechselstromkreis .....</b>	<b>255</b>
8.1	Wirkleistung.....	255
8.2	Blindleistung.....	256
8.3	Scheinleistung .....	259
8.4	Komplexe Darstellung der Leistung.....	261
<b>9</b>	<b>Berechnung von Wechselstromnetzen .....</b>	<b>263</b>
9.1	Allgemeine Berechnungsverfahren.....	263
9.2	Leistungsanpassung in Wechselstromkreisen.....	272
9.3	Blindleistungskompensation.....	276
<b>10</b>	<b>Ortskurven .....</b>	<b>280</b>
10.1	Begriff der Ortskurve.....	280
10.2	Die Ermittlung von Ortskurven.....	283
10.2.1	Inversion einer Geraden .....	283
10.2.2	Inversion eines Kreises.....	287
<b>11</b>	<b>Tief- und Hochpässe.....</b>	<b>292</b>
11.1	Tiefpass.....	292
11.2	Hochpass.....	294
<b>12</b>	<b>Schwingkreise .....</b>	<b>296</b>
12.1	Freie und erzwungene Schwingungen.....	296
12.2	Der Reihenschwingkreis.....	297
12.2.1	Allgemeines.....	297
12.2.2	Verhalten bei Resonanz.....	298
12.2.3	Frequenzgang .....	301
12.3	Der Parallelschwingkreis.....	304
12.3.1	Allgemeines.....	304
12.3.2	Verhalten bei Resonanz.....	305
12.3.3	Frequenzgang .....	307
<b>13</b>	<b>Drosselspulen und magnetisch gekoppelte Kreise .....</b>	<b>309</b>
13.1	Drosselspule mit Eisenkern .....	309
13.1.1	Allgemeines.....	309
13.1.2	Hystereseverluste.....	311
13.1.3	Wirbelstromverluste .....	312
13.1.4	Ersatzschaltbild .....	313
13.2	Transformator mit Eisenkern.....	315

13.2.1	Der ideale Transformator .....	315
13.2.2	Verhalten und Ersatzschaltbild des realen Transformators .....	316
13.2.3	Leerlauf- und Kurzschlussversuch .....	319
13.3	Der eisenfreie Transformator .....	324
13.3.1	Der eisenfreie Transformator im unbelasteten Zustand .....	324
13.3.2	Der eisenfreie Transformator im belasteten Zustand .....	325
13.3.3	Reihenschaltung von magnetisch gekoppelten Spulen .....	326
<b>14</b>	<b>Drehstromtechnik</b> .....	<b>330</b>
14.1	Die Erzeugung von Drehstrom .....	330
14.1.1	Sternschaltung des Generators .....	331
14.1.2	Dreieckschaltung des Generators .....	333
14.2	Verbraucherschaltungen im Drehstromsystem .....	334
14.2.1	Sternschaltung mit angeschlossenem Neutralleiter .....	334
14.2.2	Sternschaltung ohne angeschlossenene Neutralleiter .....	337
14.2.3	Dreieckschaltung .....	341
14.3	Die Leistung im Drehstromsystem .....	345
14.3.1	Leistung bei symmetrischer Belastung .....	345
14.3.2	Leistung bei unsymmetrischer Belastung .....	348
<b>15</b>	<b>Nichtsinusförmige periodische Vorgänge</b> .....	<b>349</b>
15.1	Allgemeines .....	349
15.2	Darstellung von Funktionen durch Fourier-Reihen .....	349
15.3	Die Fourier-Analyse .....	351
15.4	Nichtsinusförmige Vorgänge in linearen Schaltungen .....	355
15.5	Effektivwert, Leistung, Verzerrung .....	356
15.5.1	Effektivwert nichtsinusförmiger Wechselgrößen .....	356
15.5.2	Wirk-, Blind- und Scheinleistung .....	358
15.5.3	Kenngrößen der Verzerrung .....	360
<b>16</b>	<b>Schaltvorgänge</b> .....	<b>362</b>
16.1	Allgemeines .....	362
16.2	Schaltvorgänge in RL- und RC-Schaltungen .....	363
16.2.1	Ohmsch-induktiver Gleichstromkreis .....	363
16.2.2	Ohmsch-kapazitiver Gleichstromkreis .....	366
16.2.3	Ohmsch-induktiver Wechselstromkreis .....	370
16.2.4	Ohmsch-kapazitiver Wechselstromkreis .....	374
16.3	Schaltvorgänge in RLC-Schaltungen .....	376
16.3.1	Schaltvorgänge in RLC-Schaltungen bei Gleichspannungsversorgung .....	376
16.3.2	Schaltvorgänge in RLC-Schaltungen bei Wechselspannungsversorgung .....	387
	Verzeichnis der wichtigsten Symbole .....	389
	Literaturverzeichnis .....	391
	Sachverzeichnis .....	392