

Gert Hagmann

Grundlagen der Elektrotechnik

Das bewährte Lehrbuch für Studierende der
Elektrotechnik und anderer technischer Studiengänge
ab 1. Semester

Mit 225 Abbildungen, 4 Tabellen, Aufgaben
und Lösungen

18., durchgesehene und korrigierte Auflage

AU LA-Verlag

Inhalt

1 Physikalische Größen, Einheiten, Gleichungen.....	1
1.1 Physikalische Größen.....	1
1.2 Das internationale Einheitensystem.....	1
1.3 Gleichungen.....	5
2 Gleichstromkreise.....	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 Kirchhoffschen 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 Kirchhoffschen 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
3	Das elektrische Feld.....	83
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
4	Das elektrische Strömungsfeld.....	124
4.1	Allgemeines.....	124
4.2	Feldgrößen des Strömungsfeldes.....	125
4.3	Bestimmung von Widerständen.....	128
5	Das magnetische Feld.....	131
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
6	Grundbegriffe der Wechselstromtechnik.....	199
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
7	Einfache Wechselstromkreise.....	221
7.1	Grundschaltungen.....	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
8	Leistung im Wechselstromkreis.....	255
8.1	Wirkleistung.....	255
8.2	Blindleistung.....	256
8.3	Scheinleistung.....	259
8.4	Komplexe Darstellung der Leistung.....	261
9	Berechnung von Wechselstromnetzen.....	263
9.1	Allgemeine Berechnungsverfahren.....	263
9.2	Leistungsanpassung in Wechselstromkreisen.....	272
9.3	Blindleistungskompensation.....	276
10	Ortskurven.....	280
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
11	Tief- und Hochpässe.....	292
11.1	Tiefpass.....	292
11.2	Hochpass.....	294
12	Schwingkreise.....	296
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
13	Drosselspulen und magnetisch gekoppelte Kreise.....	309
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
14	Drehstromtechnik.....	330
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 angeschlossenem 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
15	Nichtsinusformige periodische Vorgänge.....	349
15.1	Allgemeines.....	349
15.2	Darstellung von Funktionen durch Fourier-Reihen.....	349
15.3	Die Fourier-Analyse.....	351
15.4	Nichtsinusformige Vorgänge in linearen Schaltungen.....	355
15.5	Effektivwert, Leistung, Verzerrung.....	356
15.5.1	Effektivwert nichtsinusformiger Wechselgrößen.....	356
15.5.2	Wirk-, Blind- und Scheinleistung.....	358
15.5.3	Kenngößen der Verzerrung.....	360
16	Schaltvorgänge.....	362
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