

Inhaltsverzeichnis

1	Schaltungen und Systeme der Wechselstromtechnik	13
1.1	Netzwerkberechnung mittels komplexer Rechnung	13
1.1.1	Ausgleichsvorgang und stationäre Lösung	13
1.1.2	Komplexe Darstellung von Sinusgrößen	14
1.1.2.1	Komplexe Augenblickswerte, Drehzeiger	14
1.1.2.2	Komplexe Amplituden und Effektivwerte, ruhende Zeiger	15
1.1.2.3	(Komplexe) Impedanz \underline{Z} und Admittanz \underline{Y} des passiven Zweipols	16
1.1.3	Rechenregeln im Komplexen	16
1.1.3.1	Kirchhoff'sche Sätze	16
1.1.3.2	Impedanzen und Admittanzen der Bauelemente	17
1.1.4	Rechenschema „Symbolische Methode“	18
1.2	Zeigerdiagramme, Ortskurven, Frequenzgänge	20
1.2.1	Zeigerdiagramme	20
1.2.1.1	Topologisches Zeigerdiagramm	20
1.2.1.2	Phasendrehbrücke	22
1.2.2	Ortskurven	22
1.2.2.1	Geraden als Ortskurven	23
1.2.2.2	Inversionssätze für Geraden	24
1.2.2.3	Kreis in allgemeiner Lage als Ortskurve und Inversion	26
1.2.3	Frequenzgänge	28
1.3	Schaltungen mit frequenzselektiven Eigenschaften	30
1.3.1	Schaltungen mit R und C	30
1.3.1.1	Tiefpass	30
1.3.1.2	Hochpass	33
1.3.1.3	Tiefpass mit Lastwiderstand	34
1.3.2	Resonanzkreise	35
1.3.2.1	Reihenresonanzkreis	35
1.3.2.2	Parallelresonanzkreis	40
1.3.2.3	Technischer Parallelresonanzkreis	42
1.3.2.4	Resonanzkreisübertrager	45
1.3.3	Frequenzverhalten technischer Schaltelemente	50
1.3.3.1	Frequenzverhalten von Widerständen	50
1.3.3.2	Ersatzschaltbild des Kondensators	51

1.3.3.3	Frequenzverhalten technischer Spulen	53
1.4	Wechselstrommessbrücken	53
1.4.1	Abgleichbedingungen	54
1.4.2	Simulation des Abgleichverhaltens.....	54
1.4.3	Resonanzmessbrücke	55
1.4.4	Kapazitive Vergleichsbrücke.....	57
1.4.5	Induktivitätsmessbrücke nach Maxwell-Wien.....	62
1.4.6	Gegeninduktivitätsmessbrücke	68
1.5	Drosselspule	70
1.5.1	Vorschaltgerät.....	70
1.5.2	Verluste im Eisenkern.....	72
1.5.3	Elemente der Ersatzschaltung und ihre Bestimmung.....	76
1.5.4	Dimensionierungsrichtlinien.....	78
1.6	Transformator.....	82
1.6.1	Aufbau und Wirkprinzip	82
1.6.2	Bemessungsgleichungen	84
1.6.3	Ersatzschaltbild des realen Transformators	85
1.6.4	Elemente des Ersatzschaltbildes und ihre Bestimmung.....	88
1.6.4.1	Leerlaufversuch	88
1.6.4.2	Kurzschlussversuch	89
1.6.5	Vereinfachtes Ersatzschaltbild für Nennbetrieb	90
1.7	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom).....	92
1.7.1	Entstehung und Grundeigenschaften des Dreiphasensystems	92
1.7.2	Verbraucherschaltungen	94
1.7.2.1	Vierleiternetz	94
1.7.2.2	Dreileiternetz	97
1.7.3	Leistungsmessung im Drehstromsystem.....	98
1.7.3.1	Vierleiternetz	98
1.7.3.2	Dreileiternetz	99
1.7.4	Asynchronmotor	101
1.7.4.1	Aufbau und Wirkungsweise.....	101
1.7.4.2	Betriebskennlinien des Asynchronmotors	104
2	Grundzüge der Vierpoltheorie	108
2.1	Grundbegriffe, Vierpolgleichungen und Vierpolparameter	108
2.1.1	Vierpolbegriff und Vierpolgleichungen.....	108

2.1.2	Bestimmung der Vierpolparameter.....	114
2.1.3	Vierpolarten.....	118
2.2	Elementarvierpole und Vierpolzusammenschaltungen.....	120
2.2.1	Vierpolmatrizen aktiver und passiver Elementarzweipole.....	120
2.2.2	Zusammenschaltung von Vierpolen.....	124
2.3	Betriebsparameter von Vierpolen.....	132
2.3.1	Eingangs- und Ausgangsimpedanz eines belasteten Vierpols.....	133
2.3.2	Spannungs-, Strom- und Wirkleistungsverstärkung.....	134
2.3.3	Betriebsdämpfungsfaktor und Betriebsübertragungsmaß.....	137
2.4	Wellenparameter von Vierpolen.....	139
2.4.1	Wellenimpedanz eines Vierpols.....	140
2.4.2	Wellenübertragungsmaß.....	141
2.4.3	Vierpolgleichungen in Wellenparameterform.....	142
2.5	Beispiele zur Vierpoltheorie.....	143
2.5.1	Längsimpedanz und Queradmittanz als Elementarvierpole.....	143
2.5.2	Tiefpass, Hochpass und doppelter Tiefpass.....	144
2.5.3	R-C-Bandpass.....	146
2.5.4	R-C-Bandsperre.....	149
2.5.5	Übertrager.....	151
2.5.6	Vierpolparameter einer einfachen Transistorschaltung bei niedrigen Frequenzen.....	155
2.5.7	Vierpolgleichungen einer homogenen Leitung.....	163
3	Berechnung von Netzwerken bei nichtsinusförmiger periodischer Erregung.....	166
3.1	Kennwerte und Darstellung periodischer nichtsinusförmiger Wechselgrößen.....	166
3.1.1	Darstellung periodischer Wechselgrößen durch Fourier-Reihen.....	166
3.1.2	Kennwerte der Wechselstromtechnik für nichtsinusförmige periodische Wechselgrößen.....	184
3.2	Behandlung linearer Netze bei nichtsinusförmiger periodischer Erregung.....	189
3.3	Einfluss nichtlinearer Elemente auf sinusförmige Wechselgrößen.....	199
4	Lineare Netzwerke bei nichtsinusförmiger nichtperiodischer Erregung...209	
4.1	Anwendung der Fourier-Transformation zur Netzwerkanalyse.....	209
4.1.1	Grundgleichungen und Eigenschaften der Fourier-Transformation....	209

4.1.2	Spektren technisch üblicher Funktionen.....	214
4.1.3	Berechnung von Systemen mit Hilfe der Fourier-Transformation	223
4.2	Berechnung linearer Systeme unter Anwendung der Laplace-Transformation	229
4.2.1	Definitionsgleichungen der Laplace-Transformation	229
4.2.2	Korrespondenzen und Rechenregeln der Laplace-Transformation.....	230
4.2.3	Praktische Ausführung der Laplace-Transformation in den Bildbereich.....	233
4.2.4	Transformation vom Bildbereich in den Zeitbereich (Rücktransformation).....	239
4.2.5	Anwendung der Laplace-Transformation zur Analyse linearer zeitinvarianter Netzwerke mit konzentrierten Elementen.....	242
4.2.6	Berechnung des Übertragungsverhaltens linearer Systeme aus Sprungantwort und Gewichtsfunktion, die Übertragungsfunktion	254
4.2.7	Eigenschaften und Darstellung der Übertragungsfunktion	259
5	Wellenausbreitung auf elektrischen Leitungen	270
5.1	Leitungsarten, Leitungsbeläge, Leitungselement, Telegrafengleichung ..	271
5.1.1	Leitungsarten, Leitungsbeläge	271
5.1.2	Leitungselement, Telegrafengleichung.....	273
5.2	Wellenausbreitung auf verlustlosen Leitungen	274
5.2.1	Der d'Alembertsche Lösungsansatz, Wellenparameter	274
5.2.2	Anschalten einer Gleichspannung, Reflexionen	277
5.2.3	Anschalten einer Rechteckimpulsspannung.....	284
5.2.4	Anschalten einer Sinusspannung	286
5.2.4.1	Spannungs- und Stromwellen	286
5.2.4.2	Hauptwelle und Echowelle im stationären Endzustand ($t \rightarrow \infty$).....	288
5.2.4.3	Stehende Wellen	289
5.3	Betrieb der Leitung bei sinusförmiger Anregung	291
5.3.1	Hauptwelle, Echowelle, Wellenparameter.....	291
5.3.2	Leitungsgleichungen.....	298
5.3.2.1	Leitungsgleichungen in der Vierpolform.....	299
5.3.2.2	Reflexionsfaktor am Leitungsende und Leitungsanfang.....	300
5.3.3	Spannungsverteilung.....	303
5.3.4	Messung der Wellenparameter	304
5.3.5	Verzerrungsfreie Übertragung	306

5.3.6	Leitungsnachbildung.....	308
5.3.7	Verlustlose Leitung.....	311
5.3.7.1	Übertragungsverhalten.....	311
5.3.7.2	Spannungsverteilung	311
5.3.7.3	$\lambda/4$ -Leitung, Widerstandstransformation	313
5.3.7.4	Reaktanzleitungen	314
5.3.8	Hochfrequenzleitung.....	316
5.3.8.1	Wellenwiderstand Z_W und Ausbreitungskonstante γ	316
5.3.8.2	Übertragungsverhalten.....	317
5.3.8.3	Leitungsresonatoren.....	318
5.4	Ergänzungen.....	322
5.4.1	Laplace-Transformation zur Analyse der Wellenausbreitung	322
5.4.1.1	Verlustlose Leitung mit ohmschen Widerständen R_i, R_l	323
5.4.1.2	Verzerrungsfreie Leitung und ohmsche Widerstände R_i, R_l ..	325
5.4.1.3	Ohmsch-induktive und ohmsch-kapazitive Quellenimpedanzen und Leitungsabschlüsse	327
5.4.2	Dreiphasenleitungen	329
	Literaturverzeichnis	331
	Sachwortverzeichnis	332