

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Vorbemerkung	1
1.2	Physikalische Größen	4
1.3	Literaturverzeichnis	5
2	Analyse linearer Widerstandsnetzwerke	7
2.1	Elemente	7
2.1.1	Quellen	7
2.1.2	Lineare Widerstände	8
2.2	Struktur von Netzwerken	10
2.3	Die Kirchhoffschen Gesetze	12
2.3.1	Knoten- und Maschenregel	12
2.3.2	Definition von Zweipolen und Vierpolen	19
2.3.3	Spannungs- und Stromquellen	22
2.3.4	Spezielle Verfahren zur Netzwerkanalyse	26
2.4	Die Leistung	34
2.5	Allgemeine Verfahren zur Analyse von Widerstandsnetzwerken	36
2.5.1	Maschenanalyse	36
2.5.2	Knotenanalyse	43
2.5.3	Eine topologische Methode zur Netzwerkanalyse	52
2.6	Messung von Gleichgrößen und ohmschen Widerständen	58
2.6.1	Allgemeines	58
2.6.2	Strommessung	59
2.6.3	Spannungsmessung	62
2.6.4	Widerstandsmessung	64
2.7	Literaturverzeichnis	67
3	Analyse allgemeiner linearer Netzwerke	69
3.1	Elemente allgemeiner linearer Netzwerke	69
3.1.1	Quellzeitfunktionen	69
3.1.2	Lineare zweipolige Elemente	73
3.1.3	Lineare vierpolige Elemente	77
3.1.3.1	Gekoppelte Induktivitäten, idealer Übertrager	78
3.1.3.2	Gyrator	83
3.1.3.3	Gesteuerte Quellen	85

3.2	Analyse allgemeiner Netzwerke	86
3.2.1	Der Reihenschwingkreis	86
3.2.2	Weitere Beispiele	101
3.2.2.1	RC-Abzweigschaltung	101
3.2.2.2	Magnetisch gekoppelte Schwingkreise	103
3.2.2.3	Überbrückte T-Schaltung	105
3.2.3	Verallgemeinerung	108
3.2.4	Netzumwandlung	111
3.2.5	Weitere Beispiele zur Schaltungsanalyse	113
3.2.5.1	Brückenschaltung	113
3.2.5.2	Sparbrückenschaltung	116
3.2.5.3	Schaltungen mit gesteuerten Quellen	119
3.2.5.4	Schaltungen mit Operationsverstärkern	123
3.3	Einige allgemeine Sätze der Netzwerktheorie	127
3.3.1	Überlagerungssatz	127
3.3.1.1	Allgemeines	127
3.3.1.2	Quellen mit allgemeinen periodischen Zeitfunktionen	129
3.3.2	Ersatzquellen	131
3.3.3	Umkehrungssatz	137
3.3.4	Duale Netzwerke	140
3.3.5	Leistung im Netzwerk	142
3.3.6	Satz von Tellegen	150
3.4	Mehrphasensysteme	157
3.4.1	Grundsaltung	157
3.4.2	Unsymmetrische Belastung	160
3.4.3	Dreieckförmig geschalteter Verbraucher	164
3.4.4	Symmetrische Komponenten	165
3.4.5	Einschaltung eines Drehstromgenerators an ein starres Netz	171
3.5	Literaturverzeichnis	175
4	Vierpoltheorie	177
4.1	Vierpolgleichungen	177
4.2	Vierpolarten	187
4.3	Zusammenschaltung von Vierpolen	189
4.3.1	Parallel- und Reihenschaltung	189
4.3.2	Kettenschaltung von Vierpolen	195
4.4	Wellenparameter	197
4.5	Betriebsparameter	208
4.6	Beschreibung durch Streuparameter	212
4.7	Ersatzschaltungen	219
4.8	Literaturverzeichnis	225

5 Übertragungsfunktionen	227
5.1 Allgemeines	227
5.1.1 Darstellungen einer Übertragungsfunktion	227
5.1.2 Reellwertigkeit und Stabilität	230
5.1.3 Erläuterung und Beispiele	233
5.2 Mindestphasensysteme und Allpässe	236
5.3 Zweipolfunktionen, Reaktanzfunktionen	240
5.4 Frequenzgang der Dämpfung, Phase und Gruppenlaufzeit	248
5.4.1 Allgemeine Untersuchung, Bode-Diagramme	248
5.4.2 Charakteristische Frequenzgänge	259
5.4.3 Messung des Frequenzganges	267
5.5 Ortskurven	273
5.5.1 Einführung	273
5.5.2 Elementare Ortskurven	274
5.5.3 Beispiele	278
5.5.4 Die gebrochen lineare Abbildung	284
5.6 Stabilität	288
5.6.1 Vorbemerkung	288
5.6.2 Eigenschaften von Hurwitz-Polynomen	289
5.6.3 Algebraische Stabilitätstests	296
5.6.4 Abschließende Bemerkungen	301
5.7 Beziehungen zwischen den Komponenten einer Übertragungsfunktion	301
5.7.1 Bestimmung von $H(s)$ aus $\operatorname{Re}\{H(j\omega)\}$ oder $\operatorname{Im}\{H(j\omega)\}$	301
5.7.2 Bestimmung von $H(s)$ aus $ H(j\omega) $	305
5.8 Literaturverzeichnis	309
6 Einschwingvorgänge	311
6.1 Einleitung	311
6.2 Übergangsverhalten bei einfachen Netzwerken	313
6.2.1 Entladevorgang bei einem RC-Glied	313
6.2.2 RC-Glied mit Spannungsquelle	316
6.2.3 Schaltungsvarianten	321
6.2.4 Reihenschwingkreis	326
6.2.4.1 Allgemeine Untersuchung	326
6.2.4.2 Diskussion des Einschwingverhaltens	332
6.3 Zustandsgleichungen elektrischer Netzwerke	337
6.3.1 Vorbemerkungen	337
6.3.2 Aufstellung der Zustandsgleichungen	339
6.3.3 Lösung der Zustandsgleichung im Zeitbereich	350
6.4 Behandlung von Einschwingvorgängen mit der Laplace-Transformation	353
6.4.1 Einführung	353
6.4.2 Untersuchung allgemeiner Netzwerke	364
6.4.3 Weitere Beispiele	366
6.4.4 Übertragungsfunktion, Impuls- und Sprungantwort	370

6.4.5	Stabilität	378
6.4.6	Ergänzungen und Beispiele	380
6.4.6.1	Autokorrelierte der Impulsantwort	380
6.4.6.2	Ausgangsfunktionen begrenzter Dauer	385
6.4.6.3	Periodische Quellfunktionen	388
6.4.7	Einschwingverhalten bestimmter Tiefpässe	391
6.5	Lösung der Zustandsgleichung im Frequenzbereich	395
6.6	Simulation von Netzwerken am Analogrechner	400
6.7	Literaturverzeichnis	409
7	Anhang	411
7.1	Einheiten und Formelzeichen	411
7.1.1	Grundeinheiten	411
7.1.2	Abgeleitete Einheiten	412
7.1.3	Bezeichnungen der dezimalen Vielfachen und Bruchteile von Einheiten	414
7.2	Passive Bauelemente	415
7.2.1	Widerstände	415
7.2.2	Kondensatoren	416
7.2.2.1	Elektrisches Feld	416
7.2.2.2	Kapazität	419
7.2.2.3	Praktische Ausführung	422
7.2.3	Spulen	423
7.2.3.1	Magnetisches Feld	423
7.2.3.2	Induktivität	428
7.2.3.3	Praktische Ausführung	432
7.2.4	Übertrager	433
7.2.4.1	Gekoppelte Spulen	433
7.2.4.2	Spezielle Fälle	435
7.2.4.3	Ersatzschaltungen	435
7.2.4.4	Praktische Ausführung	436
7.3	Aktive Bauelemente	437
7.3.1	Bipolartransistoren	437
7.3.1.1	Gleichstromverhalten und Kennlinienfelder	438
7.3.1.2	Kleinsignalverhalten, Ersatzschaltbilder	440
7.3.2	Feldeffekttransistoren	442
7.4	Formelsammlung	444
7.4.1	Komplexe Rechnung	444
7.4.2	Potenzreihenentwicklung	446
7.4.3	Näherungsformeln	447
7.4.4	Trigonometrische Funktionen	447
7.4.5	Hyperbelfunktionen	450
7.5	Fourierreihen	452
7.6	Berechnung der Übergangsmatrix	458
7.7	Laplace-Transformation	462
7.7.1	Definition und Eigenschaften	462

7.7.2	Die Rücktransformation	465
7.7.3	Sätze der Laplace-Transformation	466
7.7.4	Die Impulsfunktion und ihre Laplace-Transformierte . . .	469
7.8	Literaturverzeichnis	472
Namen- und Sachverzeichnis		475