

Teubner Studienskripten Elektrotechnik

- Baur, Einführung in die Radartechnik
253 Seiten. DM 18,80
- Ebel, Regelungstechnik
4., überarbeitete Auflage
207 Seiten. DM 16,80
- Ebel, Beispiele und Aufgaben zur Regelungstechnik
2., überarbeitete Aufl. 151 Seiten. DM 14,80
- Eckhardt, Numerische Verfahren in der Energietechnik
208 Seiten. DM 16,80
- Fender, Fernwirken
112 Seiten. DM 14,80
- Freitag, Einführung in die Zweitorttheorie
3., neubearbeitete und erweiterte Auflage
168 Seiten. DM 15,80
- Frohne, Einführung in die Elektrotechnik
Band 1 Grundlagen und Netzwerke
4., durchgesehene Aufl. 172 Seiten. DM 15,80
Band 2 Elektrische und magnetische Felder
4., durchgesehene Aufl. 281 Seiten. DM 18,80
Band 3 Wechselstrom
4., durchgesehene Aufl. 200 Seiten. DM 16,80
- Gad, Feldeffektelektronik
266 Seiten. DM 18,80
- Gerdson, Hochfrequenzmeßtechnik
223 Seiten. DM 17,80
- Gerdson, Digitale Übertragungstechnik
322 Seiten. DM 19,80
- Goerth, Einführung in die Nachrichtentechnik
184 Seiten. DM 15,80
- Haack, Einführung in die Digitaltechnik
4. Auflage. 232 Seiten. DM 17,80
- Harth, Halbleitertechnologie
2., überarbeitete Aufl. 135 Seiten. DM 16,80
- Heidermanns, Elektroakustik
138 Seiten. DM 14,80
- Hilpert, Halbleiterelemente
3., erweiterte Aufl. 184 Seiten. DM 15,80
- Höhnle, Elektrotechnik mit dem Taschenrechner
228 Seiten. DM 16,80
- Kirschbaum, Transistorverstärker
Band 1 Technische Grundlagen
3., durchgesehene Aufl. 215 Seiten. DM 16,80
Band 2 Schaltungstechnik Teil 1
3., durchgesehene Aufl. 231 Seiten. DM 17,80
Band 3 Schaltungstechnik Teil 2
2., durchgesehene Aufl. 247 Seiten. DM 17,80
- Morgenstern, Farbfernsehtechnik
2., überarbeitete und erweiterte Auflage
260 Seiten. DM 18,80
- Morgenstern, Technik der magnetischen Videosignalaufzeichnung
200 Seiten. DM 16,80

Fortsetzung auf der 3. Umschlagseite

Zu diesem Buch

Dieses Skriptum enthält den Stoff einer Vorlesung, die der Verfasser an der Fachhochschule München für Studenten der Elektrotechnik über die Analyse und Synthese linearer Netzwerke und die Theorie der Leitungen gehalten hat. Dabei werden Kenntnisse vorausgesetzt, die in den Vorlesungen Technische Elektrizitätslehre I und II erworben wurden. Das Skriptum ist für Studenten an Fachhochschulen und Universitäten geeignet. Es wendet sich jedoch auch an in der Praxis tätige Ingenieure und Techniker, die ihre Kenntnisse in der Netzwerk- und Leitungstheorie erweitern und vertiefen wollen.

Netzwerkanalyse, Netzwerksynthese und Leitungstheorie

Von Dipl.-Phys. G. Ulbricht
Professor an der
Fachhochschule München

Mit 109 Bildern, 10 Tafeln
und zahlreichen Beispielen
und Übungsaufgaben



B. G. Teubner Stuttgart 1986

Prof. Dipl.-Phys. Gerhard Ulbricht

1935 in Olpe geboren. 1953 bis 1958 Studium der Physik an der Humboldt-Universität Berlin. 1959 bis 1970 in der Halbleiter- und Dünnschichtenentwicklung bei den Firmen Intermetall, Telefunken und Siemens. Seit 1970 Dozent, seit 1971 Professor an der Fachhochschule München.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Ulbricht, Gerhard:
Netzwerkanalyse, Netzwerksynthese und
Leitungstheorie / von G. Ulbricht. -
Stuttgart : Teubner, 1986.
(Teubner-Studienskripten ; 110 :
Elektrotechnik)

ISBN-13: 978-3-519-00110-2 e-ISBN-13: 978-3-322-82960-3
DOI: 10.1007/978-3-322-82960-3

NE: GT

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege, der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei Verwertung von Teilen des Werkes, dem Verlag vorbehalten.

Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© B. G. Teubner Stuttgart 1986

Gesamtherstellung: Beltz Offsetdruck, Hemsbach/Bergstr.
Umschlaggestaltung: M. Koch, Reutlingen

Vorwort

Das vorliegende Skriptum stellt die Niederschrift einer Vorlesung des Verfassers im Fachbereich Elektrotechnik an der Fachhochschule München dar. Das Skriptum soll eine Einführung in die Analyse und Synthese linearer Netzwerke und in die Theorie der Leitungen geben. Vorausgesetzt werden Kenntnisse in der Netzwerkberechnung mittels komplexer Rechnung und in der Berechnung von Einschwingvorgängen mittels Laplace-Transformation. Eine Anzahl ausführlich durchgerechneter Beispiele und Übungsaufgaben soll das Einarbeiten in den behandelten Stoff erleichtern. Das Skriptum wendet sich in erster Linie an Studenten von Fachhochschulen und Technischen Universitäten, darüber hinaus jedoch auch an den in der Praxis tätigen Ingenieur, der seine Kenntnisse in der Theorie der Netzwerke und Leitungen vertiefen will.

Im Skriptum wird neben der Netzwerkanalyse, die ein gegebenes Netzwerk auf seine Eigenschaften hin untersucht, besonders die Netzwerksynthese eingehend behandelt, mit deren Hilfe Netzwerke mit bestimmten, von der Anwendung vorgegebenen Eigenschaften entworfen werden können. Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht dabei die Pol-Nullstellen-Darstellung einer Netzwerkfunktion. Die Methode der Pol-Nullstellen-Darstellung einer Funktion besitzt den Vorteil, daß sie dem Bedürfnis des Ingenieurs nach anschaulicher Behandlung und Interpretation eines Problems entgegenkommt. Mit Hilfe der behandelten Betriebsfiltersynthese können gewünschte Betriebseigenschaften eines Filters optimal angenähert und der erforderliche Schaltelementaufwand minimal gehalten werden. Dies kann mit Hilfe der Wellenparametertheorie, nach der in den Filterschaltungen nur jeweils gleiche Wellenwiderstände aneinanderstoßen dürfen, nicht erreicht werden. Die Dimensionierung von Filtern wird deshalb heute gewöhnlich unter Zugrundelegung der behandelten Betriebsparametertheorie vorgenommen. Aus diesem Grund wurde auf die

Behandlung der Wellenparametertheorie der Filter verzichtet. Der Abschnitt "Leitungen" ist von grundlegender Bedeutung für die Übertragungstechnik, da die Leitung den Prototyp eines Nachrichtenübertragungssystems darstellt.

Meinem Fachkollegen Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Götz von der FH München danke ich für die kritische Durchsicht des Abschnittes "Digitale Filter".

Dem Verlag danke ich für wertvolle Anregungen und für die gute Zusammenarbeit.

München, im Dezember 1985

Gerhard Ulbricht

<u>Inhalt</u>	Seite
1. Zweipole. Duale Netzwerke	11
1.1 Allgemeine Zweipoleigenschaften. Zweipol- funktion	11
1.1.1 Komplexe Frequenz	11
1.1.2 Passiver und aktiver Zweipol. Starre Quellen	12
1.1.3 Zweipolfunktion	14
1.2 Reaktanzzweipol und Partialbruchsaltungen	16
1.2.1 Reaktanzzweipol. Reaktanzfunktion	16
1.2.2 Partialbruchsaltungen	17
1.2.3 Reaktanztheorem	19
1.3 Kettenbruchsaltungen	23
1.3.1 LC-Kettenbruchsaltung, 1.Cauer-Form	23
1.3.2 LC-Kettenbruchsaltung, 2.Cauer-Form	24
1.4 Duale Netzwerke	28
2. Zweitore	30
2.1 Allgemeine Zweitoreigenschaften. Grund- gleichungen des linearen Zweitors	30
2.1.1 Eigenschaften eines Zweitors	30
2.1.2 Passives und aktives Zweitor. Gesteuerte Quellen	31
2.1.3 Grundgleichungen und Parameter des linearen Zweitors	32
2.2 Bedeutung und Umrechnung der Zweitorparameter	36
2.2.1 Bedeutung der Zweitorparameter	36
2.2.2 Umrechnung der Zweitorparameter	38
2.3 Zusammenschaltung von Zweitoren	41
2.3.1 Serienschaltung	41
2.3.2 Parallelschaltung	41
2.3.3 Kettenschaltung	42
2.4 Reziprozitätstheorem und Zweitorklassen	43
2.4.1 Reziprozitätstheorem. Übertragungs- symmetrische Zweitore	43
2.4.2 Widerstandssymmetrische Zweitore	45

	Seite
2.5 Matrizen wichtiger Zweitore	46
2.5.1 Längs- und Querwiderstand	46
2.5.2 Idealer Übertrager	47
2.5.3 Gyrator	48
2.5.4 T- und Π -Schaltung	49
2.6 Betriebsparameter des Zweitors	51
2.6.1 Eingangs- und Ausgangswiderstand, Spannungs- und Stromübertragungsfaktor	51
2.6.2 Betriebsübertragungsfaktor und Betriebs- dämpfungsmaß	53
2.6.3 Gruppen- und Phasenlaufzeit. Signal- verzerrungen	57
2.7 Streuparameter des Zweitors	59
2.7.1 Normierte Wellen. Streugleichungen	59
2.7.2 Bedeutung der Streuparameter	61
Übungsaufgaben zu Abschn. 2	63
3. Übertragungsfunktion. Filtersynthese	65
3.1 Übertragungsfunktion und Pol-Nullstellen- Darstellung	65
3.1.1 Übertragungsfaktor und Übertragungs- funktion	65
3.1.2 Darstellung der Übertragungsfunktion durch Pole und Nullstellen. PN-Plan	66
3.1.3 Eigenschaften der Zweitorübertragungs- funktionen	69
3.2 Frequenzgänge und Bode-Diagramme	71
3.2.1 Frequenzgänge von Übertragungsgrößen	71
3.2.2 Bode-Diagramme	72
3.3 Betriebseigenschaften der Filter	76
3.3.1 Durchlaßbereich und Sperrbereich eines Filters	76
3.3.2 Leistungsbilanz eines Reaktanzfilters	78
3.3.3 Verluste in Reaktanzfiltern	79

	Seite
3.4 Normierung und Entnormierung eines Tiefpasses	80
3.4.1 Tiefpaß-Normierung	80
3.4.2 Tiefpaß-Entnormierung	81
3.5 Potentziefpaß (Butterworth-Tiefpaß)	82
3.5.1 Butterworth-Approximation	82
3.5.2 Synthese von Potentziefpässen	86
3.6 Tschebyscheff- und Cauer-Tiefpaß	91
3.6.1 Tschebyscheff-Tiefpaß	91
3.6.2 Cauer-Tiefpaß	97
3.7 Bessel-Tiefpaß	100
3.8 Frequenztransformationen	103
3.8.1 Tiefpaß-Hochpaß-Transformation	103
3.8.2 Tiefpaß-Bandpaß-Transformation	104
3.8.3 Bandsperre	107
3.9 Aktive RC-Filter	107
3.10 Digitale Filter	110
Übungsaufgaben zu Abschn. 3	116
4. Leitungen	118
4.1 Leitungsbeläge und Ersatzschaltbild des Leitungselements	118
4.1.1 Ausführungsformen von Leitungen. Leitungsbeläge	118
4.1.2 Ersatzschaltbild des Leitungselements	121
4.2 Übertragungsgrößen und Leitungsgleichungen	122
4.2.1 Wellenwiderstand und Ausbreitungskoeffizient der Leitung	122
4.2.2 Leitungsgleichungen	123
4.3 Verlustbehaftete Leitung	125
4.3.1 RC-Leitung	125
4.3.2 Verlustarme Leitung	125
4.4 Verlustlose Leitung. Leitungswellen	127
4.4.1 Eigenschaften und Gleichungen der verlustlosen Leitung	127
4.4.2 Wellenausbreitung auf der verlustlosen Leitung	129

	Seite
4.4.3 $\lambda/4$ - und $\lambda/2$ -Leitung	132
4.5 Reflexionsfaktor. Angepaßte und fehlangepaßte Leitung	134
4.5.1 Last- und Eingangsreflexionsfaktor. Fehlersatz	134
4.5.2 Angepaßte Leitung	135
4.5.3 Fehlangepaßte Leitung mit reellem Abschlußwiderstand. Anpassungs- und Welligkeitsfaktor	136
4.6 Reaktanzleitungen	139
4.6.1 Kurzgeschlossene verlustlose Leitung	139
4.6.2 Offene verlustlose Leitung	140
4.6.3 Stichleitungen	141
4.7 Smith-Diagramm	142
4.7.1 Konforme Abbildung der \underline{Z}' -Halbebene auf die \underline{r} -Ebene	142
4.7.2 r- und m-Kreise. $1/\lambda$ -Geraden	145
4.7.3 Inversion von Widerständen und Leitwerten	149
4.7.4 Transformationseigenschaften von Leitungen	149
Übungsaufgaben zu Abschn. 4	151
Anhang	152
Weiterführende Bücher	152
Matrizen	153
Lösungen zu den Übungsaufgaben	156
Formelzeichen	168
Sachverzeichnis	173