

Inhaltsverzeichnis

1. Schwingkreise, Zweipole, Koppelfilter (H. BRUNSWIG; G. DITTMER; R. W. LORENZ; K. H. VÖGE; O. ZINKE)	1
1.1 Zeigerdiagramme von Spulen und Kondensatoren mit Verlusten (O. ZINKE)	1
1.2 Parallel- und Serienresonanzkreise	3
1.2.1 Verlustfrei angenommene Resonanzkreise (K. H. VÖGE; O. ZINKE)	3
1.2.2 Verlustbehaftete Kreise (K. H. VÖGE; O. ZINKE)	5
1.2.2.1 Resonanzkreise mit einem Verlustwiderstand	5
1.2.3 Resonanzkreise mit mehreren Verlustwiderständen (G. DITTMER; O. ZINKE)	11
1.2.4 Mehrfachspeiseschaltung aus konzentrierten Elementen (H. BRUNSWIG)	14
1.3 Kopplungsbandfilter in Übertragungssystemen (R. W. LORENZ)	15
1.3.1 Zweikreisige Kopplungsbandfilter	16
1.3.1.1 Analytische Berechnung zweikreisiger Kopplungsfilter	16
1.3.1.2 Dimensionierung zweikreisiger Kopplungsfilter	20
1.3.2 Anpassungsschaltungen	23
1.3.3 Mehrkreisige Kopplungsbandfilter	24
1.3.3.1 Der normierte Tiefpaß	24
1.3.3.2 Entnormierung	27
1.3.3.3 Tiefpaß-Bandpaßtransformation	27
1.3.3.4 Negativytor und Entwicklung der Kopplungsbandfilter	28
1.3.4 Verluste in Reaktanzfiltern	31
1.3.5 Anwendungsbereich aktiver Filterschaltungen	31
1.4 Schrifttum	32
2. Ausbreitung von Lecher-Wellen auf Leitungen und Kabeln (A. VLCEK; O. ZINKE)	33
2.1 Ableitung der Leitungsgleichungen (O. ZINKE)	34
2.1.1 Differentialgleichungen für Strom und Spannung in Abhängigkeit von Ort und Zeit	34
2.1.2 Lösung der Differentialgleichung für rein sinusförmige Vorgänge	36
2.1.3 Exakte Darstellung der Dämpfungs- und Phasenkonstante, Phasengeschwindigkeit	38
2.1.4 Leitungswellenwiderstand, Frequenzabhängigkeit von R' , G' , L' und Z_L	40
2.1.5 Strom- und Spannungsverteilung auf der Leitung	45
2.1.6 Eingangswiderstand und Reflexionsfaktor, Welligkeits- und Anpassungsfaktor	47
2.2 Verlustlos angenommene Leitungsabschnitte, Strom- und Spannungsverteilung, „Leitungsdigramme“. Reflexionsfaktor	49
2.2.1 Strom- und Spannungsverteilung (O. ZINKE)	49
2.2.2 Eingangswiderstand und Reflexionsfaktor (O. ZINKE)	50
2.2.3 Leitungsdigramme (A. VLCEK)	52
2.2.3.1 Das Leitungsdigramm erster Art (BUSCHBECK-Diagramm)	52
2.2.3.2 Das Leitungsdigramm zweiter Art (SMITH-Diagramm)	54
2.2.4 Anwendungsbeispiele für Leitungsdigramme (A. VLCEK)	58
2.3 Offene bzw. kurzgeschlossene Leitungen mit Berücksichtigung der Dämpfung	61
2.3.1 Strom- und Spannungsverteilung offener und kurzgeschlossener Leitungen (O. ZINKE)	61
2.3.2 Eingangswiderstand offener und kurzgeschlossener Leitungen (O. ZINKE)	63
2.3.3 Leitungsresonatoren, $\lambda/4$ -Leitungen als Resonatoren (O. ZINKE)	65
2.3.4 Bestimmung des Hochfrequenzwiderstandes von Leitern (O. ZINKE)	67
2.3.5 Bauformen von Leitungsresonatoren (A. VLCEK)	71
2.4 Schrifttum	78

3. Hochfrequenztransformatoren und Symmetrierglieder (K. MAYER; R. W. LORENZ; O. ZINKE)	77
3.1 Hochfrequenztransformatoren. Übersicht. (O. ZINKE)	77
3.1.1 Wicklungstransformatoren (O. ZINKE)	78
3.1.2 Resonanztransformatoren aus konzentrierten Elementen (R. W. LORENZ)	79
3.1.3 Leitungstransformatoren aus homogenen verlustarmen Leitungen (K. MAYER)	81
3.1.3.1 Einstufige Transformatoren mit $\lambda/4$ -Leitung	81
3.1.3.2 Mehrstufige Transformatoren mit $\lambda/4$ -Leitungen	82
3.1.3.3 Kompensierte $\lambda/4$ -Transformatoren	89
3.1.4 Transformation mit inhomogenen verlustarmen Leitungen	92
3.1.4.1 Mathematische Beschreibung der inhomogenen Leitung (O. ZINKE)	92
3.1.4.2 Exponentialeitung und TSCHEBYSCHEFF-Leitung als Beispiel von inhomogenen Leitungen (K. MAYER)	94
3.1.4.3 Kompensierte inhomogene Leitungen (K. MAYER)	97
3.1.4.4 Cosinus-Quadrat-Leitung und Radialleitung (O. ZINKE)	99
3.2 Übergang zwischen symmetrischen und unsymmetrischen Leitungen (O. ZINKE)	100
3.2.1 Symmetrierübertrager mit Wicklungen	103
3.2.2 Symmetrierübertrager aus Leitungselementen	103
3.2.2.1 Sperrtöpfe	103
3.2.2.2 Symmetriertöpfe und Symmetrierrscheinen	104
3.2.2.3 Schlitzübertrager	106
3.2.2.4 $\lambda/2$ -Umwegleitung	109
3.3 Schrifttum	110
4. Eigenschaften und Dimensionierung von Koaxialkabeln, symmetrischen Leitungen und Streifenleitungen (F. ARNDT; R. BRIECHLE; R. W. LORENZ; R. RAUSKOLB; O. ZINKE)	112
4.1 Einführung (O. ZINKE)	112
4.2 Begriff des Feldwellenwiderstandes (O. ZINKE)	112
4.3 Zusammenhang zwischen Leitungswellenwiderstand und anderen Größen	113
4.3.1 Leitungswellenwiderstand und Feldwellenwiderstand. Feldbild (O. ZINKE)	113
4.3.2 Leitungswellenwiderstand und Kapazitätsbelag (O. ZINKE)	114
4.3.3 Leitungswellenwiderstand und Induktivitätsbelag (O. ZINKE)	115
4.3.4 Ableitungs- und Widerstandsbelag (O. ZINKE)	116
4.3.5 Anwendungsbeispiel für die Kästchenmethode (R. W. LORENZ)	117
4.4 Übertragene Leistung und Leistungsdichte (O. ZINKE)	118
4.5 Spannungsbeanspruchung, Leitungsdämpfung und Wärmebegrenzung bei Leistungskabeln (O. ZINKE)	119
4.6 Optimale Koaxialkabel (O. ZINKE)	121
4.6.1 Wellenwiderstand des Koaxialkabels	121
4.6.2 Kabel minimaler Dämpfung	121
4.6.3 Kabel größter Spannungsfestigkeit	122
4.6.4 Kabel bester Leistungsübertragung	123
4.7 Koaxiale Reusenleitung (O. ZINKE)	124
4.8 Die Doppelleitung (O. ZINKE)	125
4.8.1 Das elektrostatische Feld der symmetrischen Doppelleitung	125
4.8.2 Wellenwiderstand der symmetrischen Doppelleitung	127
4.8.3 Widerstands- und Dämpfungsbelag der symmetrischen Doppeldrahtleitung	128
4.8.4 Die Doppelbandleitung	129
4.8.5 Feldstärke in größerer Entfernung von der Doppelleitung	129
4.9 Offene Doppelleitungen mit optimalen Eigenschaften (O. ZINKE; R. RAUSKOLB)	130
4.9.1 Die Doppelleitung kleinster Dämpfung	130
4.9.2 Die Doppelleitung größter Spannungsfestigkeit	131
4.9.3 Die Doppelleitung bester Leistungsübertragung	132
4.10 Geschirmte symmetrische Doppelleitungen mit optimalen Eigenschaften (R. RAUSKOLB; O. ZINKE)	133
4.10.1 Die elektrostatische Nachbildung der geschirmten Doppelleitung	133
4.10.2 Geschirmte Doppelleitung kleinster Dämpfung	134
4.10.3 Geschirmte Doppelleitung größter Spannungsfestigkeit	135
4.10.4 Geschirmte Doppelleitung bester Leistungsübertragung	136

4.11 Koaxiale Kabelübergänge (O. ZINKE)	137
4.11.1 Der Sprungübergang	137
4.11.2 Konusleitung und Konusübergang	138
4.11.3 Kreisbogen- oder Toroidübergang	140
4.12 Streifenleitungen (R. BRIECHLE)	142
4.12.1 Anwendung	142
4.12.2 Bauarten und Wellenwiderstände	142
4.12.2.1 Geschirmte Streifenleitung (Stripline)	142
4.12.2.2 Unsymmetrische, offene Streifenleitung (Microstrip)	142
4.12.3 Übergänge zwischen Streifen- und Koaxialleitungen	144
4.13 Mehrleitersysteme, Entkopplung, Richtkoppler (F. ARNDT)	145
4.13.1 Voraussetzungen. Differentialgleichungen von Leitersystemen	145
4.13.2 Gleich- und Gegentaktssystem	146
4.13.3 Kopplung zwischen Nachbarleitungen (Nebensprechen)	148
4.13.4 Richtkoppler	149
4.13.4.1 Definitionen beim Richtkoppler	149
4.13.4.2 Die Streumatrix des Richtkopplers	150
4.13.4.3 Konstante Kopplung	151
4.13.4.4 Ortsabhängige Kopplung	151
4.14 Schrifttum	154
5. Feldmäßige Darstellung der Ausbreitung längs Wellenleitern (R. W. LORENZ; B. REMBOLD; A. VLCEK; O. ZINKE)	156
5.1 MAXWELLSche Feldgleichungen (A. VLCEK)	156
5.1.1 Wellengleichungen für E und H , die elektrodynamischen Potentiale A und ϕ	158
5.1.2 MAXWELLSche Feldgleichungen in Komponentendarstellung	160
5.1.2.1 Spezialisierung auf den Fall harmonischer Vorgänge	160
5.1.3 Feldwellengleichungen für die axialen Komponenten E_z und H_z und die Gleichungen für die restlichen Feldkomponenten	162
5.1.4 Grenzbedingungen für die elektrischen und magnetischen Feldgrößen	163
5.1.5 Poyntingscher Vektor und Poyntingscher Satz	163
5.2 Beziehungen zwischen Feldtheorie und Leistungstheorie. Kritik der Leitungsgleichungen für Leitungen vom Lechertyp	165
5.2.1 TEM-Wellen (R. W. LORENZ)	166
5.2.2 Berücksichtigung der Leiterverluste (R. W. LORENZ)	168
5.2.3 Gegenüberstellung der Lecher-, Leitungs- und TEM-Wellen (R. W. LORENZ)	172
5.2.4 Zusammenhang zwischen Feld- und Leitungsgrößen (O. ZINKE)	172
5.2.5 Der Gleichverteilungssatz (O. ZINKE)	174
5.3 Ebene Wellen im unbegrenzten, homogenen Medium (A. VLCEK)	175
5.3.1 Homogene ebene Welle, TEM-Welle	175
5.3.2 TE-Wellen (H-Wellen) und TM-Wellen (E-Wellen)	180
5.3.3 Reflexions- und Brechungsgesetze	181
5.4 Dielektrische Wellenleiter (A. VLCEK)	187
5.4.1 Dielektrische Plattenleiter	187
5.4.2 Kreiszylindrische, dielektrische Wellenleiter	194
5.5 Oberflächenwellenleiter (A. VLCEK)	198
5.5.1 Dielektrisch beschichtete Metallplatte	199
5.5.2 Dielektrisch beschichteter Metalldraht	199
5.6 Metallische Wellenleiter für höhere Feldtypen (A. VLCEK)	200
5.6.1 Die Zweiplattenleitung	201
5.6.2 Der Rechteckhohlleiter	202
5.6.3 Der Rundhohlleiter	206
5.6.4 Verallgemeinerte Leitungsgleichungen. Hohlleiterersatzbilder und Wirkdämpfung der Hohlleiterwellen	210
5.6.5 Koaxialleitung mit höheren Feldtypen	218
5.7 Bauelemente der Hohlleitertechnik (A. VLCEK)	219
5.7.1 Verzweigungsschaltungen für Rechteckhohlleiter	219
5.7.2 Metallische Blenden und Stifte in Hohlleitern	223
5.7.3 Hohlleiter mit inhomogenem dielektrischem Stoffeinsatz	224
5.7.4 Hohlraumresonatoren	225

5.8 Wellenausbreitung in gyromagnetischen Medien (richtungsabhängige Bauelemente, Ferrite und Granate) (B. REMBOLD)	228
5.8.1 Grundlagen	228
5.8.1.1 Die richtungsabhängige Permeabilität $\ \mu\ $	228
5.8.1.2 Wellenausbreitung in vormagnetisierten Ferriten	231
5.8.2 Anwendung bei nichtreziproken Bauelementen	233
5.8.2.1 Zirkulatoren (Richtungsgabeln)	233
5.8.2.2 Einwegleitungen (Richtungsleitungen)	236
5.9 Wellenausbreitung in einem Plasma mit magnetischem Gleichfeld (gyromagnetische Eigenschaften der Ionosphäre) (B. REMBOLD)	237
5.9.1 Grundlagen	237
5.9.2 Wellenausbreitung	238
5.10 Schrifttum	240
6. Elektromagnetische Strahlung und Antennen (G. ALBERT; H. BOTTERNBERG; H. BRUNSWIG; H. HESS; R. W. LORENZ; O. ZINKE)	243
6.1 Grundbegriffe der Strahlung	243
6.1.1 Feldgleichungen und Strahlungscharakteristik des Hertzschen Dipols (O. ZINKE)	243
6.1.2 Der Rahmen als gespeister magnetischer Dipol (O. ZINKE)	249
6.1.3 Hertzscher Dipol und Rahmenantenne als Empfangsantennen (H. BRUNSWIG)	250
6.1.4 Polarisation (H. BRUNSWIG)	251
6.1.5 Strahlungsdichte, Strahlungsleistung, Strahlungswiderstände (O. ZINKE)	252
6.1.6 Antennensysteme. Multiplikatives Gesetz (O. ZINKE)	254
6.1.7 Richtfaktor, Gewinn, Wirkfläche (R. W. LORENZ)	255
6.1.8 Grundgesetze der Strahlungskopplung (O. ZINKE)	259
6.1.9 Umkehrsatz (Reziprozitätssatz) für Sende- und Empfangsantennen (O. ZINKE)	259
6.2 Antennen mit einer größten Ausdehnung von etwa einer Wellenlänge	260
6.2.1 Fernfeldstärke einer beliebig langen Vertikalantenne über Erde (O. ZINKE)	260
6.2.2 Elektrisch kurze Antennen ($l \geq \frac{\lambda}{8}$) über Erde (Mittel- und Langwellenantennen) (H. BRUNSWIG; O. ZINKE)	261
6.2.2.1 Feldstärke und Strahlungswiderstand	261
6.2.2.2 Erdwiderstände, Antenneneinflussgrad	262
6.2.2.3 Effektive Höhe elektrisch kurzer Antennen	263
6.2.2.4 Anpassung elektrisch kurzer Antennen. X_K -Schaltung	263
6.2.2.5 Verlängerung elektrisch kurzer Antennen	264
6.2.3 $\lambda/4$ - und $\lambda/2$ -Antenne über Erde (O. ZINKE)	265
6.2.4 Schwundmindernde Antennen ($l \geq \frac{\lambda}{2}$) über Erde (H. BRUNSWIG)	268
6.2.5 Symmetrischer Dipol im freien Raum (O. ZINKE)	269
6.2.6 Rahmenantennen, Ringantennen (H. BRUNSWIG)	270
6.2.7 Spiegelung vertikaler und horizontaler Antennen an der Erde (O. ZINKE)	272
6.2.8 Rundstrahlantennen mit horizontaler Polarisation (H. BRUNSWIG)	273
6.2.9 Reflektoren, Directoren (H. BRUNSWIG; O. ZINKE)	274
6.2.10 Übergewinnantennen (Supergain Antennas) (G. ALBERT)	276
6.2.11 Babinet's Prinzip, Komplementäre Antennen (H. BOTTERNBERG)	281
6.2.12 Schlitzantennen (H. BRUNSWIG; O. ZINKE)	282
6.3 Stark bündelnde Antennen mit Ausdehnungen groß zur Wellenlänge	283
6.3.1 Langdrahtantennen (H. BRUNSWIG)	283
6.3.2 Rhombusantennen (H. BRUNSWIG)	284
6.3.3 Richtantennen mit Dipolgruppen (H. BRUNSWIG; O. ZINKE)	285
6.3.4 Komplementäre und logarithmisch-periodische Strukturen als Breitbandantennen (H. HESS; O. ZINKE)	289
6.3.5 Antennen mit elektrischer Diagrammschwenkung (Phased Arrays) (G. ALBERT)	293
6.3.6 Vertikal bündelnde, horizontal polarisierte Rundstrahler (H. BRUNSWIG)	296
6.3.7 Kreisgruppenantennen (H. BRUNSWIG)	297
6.3.8 Dielektrische Antennen als Längsstrahler (O. ZINKE)	297
6.3.9 Wendelantennen als Längsstrahler mit Zirkularpolarisation (O. ZINKE)	298
6.4 Aperturstrahler bzw. Flächenstrahler (Hornstrahler, Spiegel und Doppelspiegel, Linsenantennen) (H. HESS)	299
6.4.1 Prinzipien der Aperturstrahler	299

Inhaltsverzeichnis

XI

6.4.1.1 Geometrische Optik und ihre Grenzen	299
6.4.1.2 Beugungstheorie	300
6.4.1.3 Zusammenhang zwischen Aperturbelegung und Fernfeldcharakteristik	303
6.4.2 Horn und Trichterstrahler	305
6.4.3 Spiegelantennen (Parabolspiegel, Hornparabol, Muschelantenne, Radarantennen)	305
6.4.3.1 Parabolspiegel	305
6.4.3.2 Hornparabol und Muschelantenne	306
6.4.3.3 Radarantennen	307
6.4.4 Doppelspiegelsysteme (Cassegrain- und Gregory-Systeme)	307
6.4.5 Erreger für Spiegelantennen	308
6.4.6 Linsenantennen	309
6.4.6.1 Verzögerungslinsen	309
6.4.6.2 Luneburg-Linse	310
6.4.6.3 Beschleunigungslinsen	310
6.4.7 Umlenkantennen und Radarziele	311
6.4.8 Antennen für Radioteleskope und Interferometer	312
6.5 Schrifttum	313
Anhang (A. VLCEK)	317
A. Einführung in einige Begriffe der Vektorrechnung	317
A.1 Der Feldbegriff	317
A.2 Der Gradient	317
A.3 Die Divergenz	320
A.4 Die Rotation	322
A.5 Der Gaußsche und der Stokessche Integralsatz	324
A.6 Zweite Ableitungen	324
Sachverzeichnis	326

Inhalt des zweiten Bandes

7. Elektronenröhren und Halbleiter
8. Störungen und Rauschen
9. Verstärker
10. Oszillatoren
11. Mischung (Frequenz-Umsetzung und -Vervielfachung)
12. Modulation, Tastung, Demodulation