

Inhaltsverzeichnis

A Einleitung

Gundlach

| | |
|--|-----|
| 1 Hinweise zur Benutzung des Taschenbuchs | A 1 |
| 2 Physikalische Größen, ihre Einheiten und Formelzeichen | A 1 |
| 3 Schreibweise physikalischer Gleichungen | A 3 |
| 4 Frequenzzuordnungen | A 4 |

B Elektromagnetische Felder und Wellen

Lange

| | |
|--|------|
| 1 Grundlagen | B 1 |
| 1.1 Koordinatensysteme | B 1 |
| 1.2 Differentialoperatoren | B 1 |
| 1.3 Maxwellsche Gleichungen | B 3 |
| 2 Wellenausbreitung in homogenen Medien | B 3 |
| 2.1 Ebene Welle im verlustlosen Medium | B 3 |
| 2.2 Ebene Welle im verlustbehafteten Medium | B 4 |
| 2.3 Leitendes Gas | B 5 |
| 2.4 Anisotropes Medium | B 5 |
| 2.5 Gyrotropes Medium | B 6 |
| 3 Polarisation | B 7 |
| 3.1 Lineare Polarisation | B 7 |
| 3.2 Zirkulare Polarisation | B 7 |
| 4 Wellen an Grenzflächen | B 8 |
| 4.1 Senkrechter Einfall | B 8 |
| 4.2 Schräger Einfall | B 9 |
| 4.3 Oberflächenwellen | B 12 |
| 5 Skineffekt | B 13 |
| 6 Oberflächenstromdichte | B 16 |
| 7 Elektromagnetische Beeinflussung durch Hochfrequenzstrahlung | B 17 |
| 8 Gefährdung von Lebewesen durch elektromagnetische Strahlung | B 20 |

C Grundlagen der Schaltungsberechnung, Leitungstheorie

Lange (1 bis 6); Siegl (7); Dalichau (8)

| | |
|--|------|
| 1 Spannungen, Ströme, Feldgrößen und ihre komplexe Darstellung | C 1 |
| 2 Impedanzebene, Admittanzebene | C 3 |
| 3 Ein- und Mehrport, Streuparameter | C 9 |
| 4 Transmissionsparameter | C 11 |

| | |
|--|-----|
| 5 Frequenzselektive Filter | C12 |
| 6 Theorie der Leitungen | C17 |
| 6.1 Leitungskenngrößen | C17 |
| 6.2 Verlustlose Leitungen | C20 |
| 6.3 Gedämpfte Leitung | C24 |
| 7 Theorie gekoppelter Leitungen | C25 |
| 8 Rechnerunterstützter Entwurf | C29 |
| 8.1 Einleitung | C29 |
| 8.2 Analyse linearer Schaltungen | C31 |
| 8.3 Analyse nichtlinearer Schaltungen | C34 |
| 8.4 Layout und Dokumentation | C35 |
| 8.5 Synthese von Filter- und Anpaßschaltungen | C36 |
| 8.6 Analyse von Systemen | C37 |
| 8.7 Ersatzschaltbilder für Transistoren | C38 |
| 8.8 Berechnen von Bauelementen; Feldberechnung | C39 |
| 8.9 Ausblick | C40 |

D Grundbegriffe der Nachrichtenübertragung

Löcherer (3); Lücke (1, 2, 4, 5)

| | |
|--|-----|
| 1 Nachrichtenübertragungssysteme | D1 |
| 2 Signale und Systeme | D2 |
| 2.1 Signale und Signalklassen | D2 |
| 2.2 Lineare, zeitinvariante Systeme und die Faltung | D3 |
| 2.3 Fourier-Transformation | D4 |
| 2.4 Tiefpaß- und Bandpaßsysteme | D6 |
| 2.5 Diskrete Signale und Digitalfilter | D9 |
| 3 Grundbegriffe der statistischen Signalbeschreibung und des elektronischen Rauschens | D11 |
| 3.1 Einführung | D12 |
| 3.2 Mathematische Verfahren zur Beschreibung von Zufallssignalen | D12 |
| 3.3 Rauschquellen und ihre Ersatzschaltungen | D18 |
| 3.4 Rauschende lineare Vierpole | D21 |
| 3.5 Übertragung von Rauschen durch nichtlineare Netzwerke | D26 |
| 4 Signalarten und Übertragungsanforderungen | D28 |
| 4.1 Fernsprech- und Tonsignale | D28 |
| 4.2 Bildsignale | D30 |
| 5 Begriffe der Informationstheorie | D32 |
| 5.1 Diskrete Nachrichtenquellen und Kanäle | D33 |
| 5.2 Kontinuierliche Nachrichtenquellen und Kanäle | D35 |

E Materialeigenschaften und konzentrierte passive Bauelemente

Kleinschmidt (7, 8); Lange (1 bis 6, 9, 10)

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1 Leiter | E1 |
| 2 Dielektrische Werkstoffe | E1 |
| 2.1 Allgemeine Werte | E1 |
| 2.2 Substratmaterialien | E3 |
| 2.3 Sonstige Materialien | E3 |
| 3 Magnetische Werkstoffe | E4 |
| 4 Wirkwiderstände | E5 |

| | |
|--|-----|
| 5 Kondensatoren | E9 |
| 5.1 Kapazität | E9 |
| 5.2 Anwendungsfälle | E9 |
| 5.3 Kondensatortypen | E10 |
| 5.4 Bauformen für die Hochfrequenztechnik | E11 |
| 5.5 Belastungsgrenzen | E12 |
| 6 Induktivitäten | E13 |
| 6.1 Induktivität gerader Leiter | E13 |
| 6.2 Induktivität von ebenen Leiterschleifen | E13 |
| 6.3 Gegeninduktivität | E14 |
| 6.4 Spulen | E14 |
| 7 Piezoelektrische Werkstoffe und Bauelemente | E16 |
| 7.1 Allgemeines | E16 |
| 7.2 Piezoelektrischer Effekt | E16 |
| 7.3 Piezoelektrische Wandler | E17 |
| 7.4 Piezoresonatoren | E19 |
| 7.5 Materialien | E20 |
| 8 Magnetostriktive Werkstoffe und Bauelemente | E22 |
| 8.1 Allgemeines | E22 |
| 8.2 Materialeigenschaften | E23 |
| 8.3 Charakteristische Größen | E23 |
| 8.4 Schwinger | E23 |
| 9 HF-Durchführungsfilter | E25 |
| 10 Absorber | E25 |

F Hochfrequenzverstärker

Dalichau

| | |
|---|-----|
| 1 Einleitung | F1 |
| 1.1 Überblick | F1 |
| 1.2 Aufbau eines HF-Transistorverstärkers | F3 |
| 2 Kenngrößen | F5 |
| 2.1 Stabilität | F5 |
| 2.2 S-Parameter | F8 |
| 2.3 Wirkungsgrad | F8 |
| 2.4 Verstärkung | F9 |
| 3 Schaltungskonzepte | F12 |
| 3.1 Grundsaltungen | F12 |
| 3.2 Rückkopplung, Neutralisation | F14 |
| 3.3 Rückwirkungsfreiheit | F14 |
| 3.4 Verstärkungsregelung | F15 |
| 3.5 Anpaßnetzwerke | F15 |
| 4 Verstärker für spezielle Anwendungen | F19 |
| 4.1 Breitbandverstärker | F19 |
| 4.2 Selektive Verstärker | F21 |
| 4.3 Leistungsverstärker | F22 |
| 4.4 Rauscharme Verstärker | F24 |
| 4.5 Logarithmische Verstärker | F25 |
| 5 Nichtlinearität | F27 |
| 5.1 1-dB-Kompressionspunkt | F27 |
| 5.2 Harmonische | F28 |
| 5.3 Intermodulation | F28 |
| 5.4 Kreuzmodulation | F29 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.5 | AM-PM-Umwandlung | F29 |
| 5.6 | Erholzeit | F30 |
| 5.7 | Nichtharmonische Störsignale | F30 |
| 6 | Transistoren, integrierte Verstärker | F31 |
| 7 | Technische Realisierung | F34 |
| 7.1 | Gleichstromarbeitspunkt | F34 |
| 7.2 | Schaltungsaufbau | F36 |
| 7.3 | Schaltungsabgleich | F37 |
| 7.4 | Gleichstromentkopplung | F37 |
| 7.5 | Gehäuse | F38 |
| G | Netzwerke mit nichtlinearen passiven und aktiven Bauelementen | |
| | Blum (3, 4); Hoffmann (2); Maurer (1.1 bis 1.4); Petry (1.5 bis 1.7) | |
| 1 | Mischung und Frequenzvervielfachung | G1 |
| 1.1 | Kombinationsfrequenzen | G2 |
| 1.2 | Auf- und Abwärtsmischung. Gleich- und Kehrlage | G2 |
| 1.3 | Mischung mit Halbleiterdiode als nichtlinearem Strom-Spannungs-Bauelement | G4 |
| 1.4 | Mischung mit Halbleiterdiode als nichtlinearem Spannungs-Ladungs-Bauelement | G12 |
| 1.5 | Mischung mit Transistoren | G18 |
| 1.6 | Rauschmessungen an Mischern | G21 |
| 1.7 | Frequenzvervielfachung und Frequenzteilung | G22 |
| 2 | Begrenzung und Gleichrichtung | G27 |
| 2.1 | Kennlinien | G27 |
| 2.2 | Begrenzer | G28 |
| 2.3 | Gleichrichter | G28 |
| 2.4 | Übertragung von verrauschten Signalen durch Begrenzer und Gleichrichter | G33 |
| 3 | Leistungsverstärkung | G33 |
| 3.1 | Kenngrößen von Leistungsverstärkern | G33 |
| 3.2 | Betriebsarten, Wirkungsgrad und Ausgangsleistung | G34 |
| 3.3 | Verzerrungen, Verzerrungs- und Störminderung durch Gegenkopplung | G37 |
| 3.4 | Praktische Ausführung von Leistungsverstärkern | G37 |
| 3.5 | Schutzmaßnahmen gegen Überlastung | G38 |
| 4 | Oszillatoren | G39 |
| 4.1 | Analysemethoden für harmonische Oszillatoren | G40 |
| 4.2 | Zweipoloszillatoren | G42 |
| 4.3 | Dreipol- und Vierpoloszillatoren | G43 |
| 4.4 | Nichtlineare Beschreibung. Ermittlung und Stabilisierung der Schwingungsamplitude | G45 |
| 4.5 | Langzeit- und Kurzzeitstabilität. Rauschen | G46 |
| 4.6 | Funktions- und Impulsgeneratoren | G47 |
| H | Wellenausbreitung im Raum | |
| | Damboldt (3.3, 4, 6.1, 6.2); Dintelmann (2, 3.4); Kühn (2); Lorenz (1, 3.1, 5, 6.3); Ochs (7); Rücker (6.4); Valentin (3.2, 5, 6.4) | |
| 1 | Grundlagen | H1 |
| 1.1 | Begriffe | H1 |
| 1.2 | Statistische Auswertung von Meßergebnissen | H1 |
| 1.3 | Theoretische Amplitudenverteilungen | H2 |

| | |
|---|------|
| 2 Ausbreitungserscheinungen | H 4 |
| 2.1 Freiraumausbreitung | |
| 2.2 Brechung | H 4 |
| 2.3 Reflexion | H 5 |
| 2.4 Dämpfung | H 5 |
| 2.5 Streuung | H 5 |
| 2.6 Ausbreitung entlang ebener Erde | H 6 |
| 2.7 Beugung | H 7 |
| 3 Ausbreitungsmedien | H 9 |
| 3.1 Erde | H 10 |
| 3.2 Troposphäre | H 11 |
| 3.3 Ionosphäre | H 13 |
| 3.4 Weltraum | H 15 |
| 4 Funkrauschen | H 16 |
| 4.1 Atmosphärisches Rauschen unterhalb etwa 20 MHz | H 16 |
| 4.2 Galaktisches und kosmisches Rauschen | H 17 |
| 4.3 Atmosphärisches Rauschen oberhalb etwa 1 GHz | H 17 |
| 4.4 Industrielle Störungen | H 17 |
| 5 Frequenzselektiver und zeitvarianter Schwund | H 18 |
| 5.1 Das Modell für zwei Ausbreitungswege | H 18 |
| 5.2 Mehrwegeausbreitung | H 19 |
| 5.3 Funkkanalsimulation | H 22 |
| 6 Planungsunterlagen für die Nutzung der Frequenzbereiche | H 23 |
| 6.1 Frequenzen unter 1600 kHz (Längswellen, Langwellen, Mittelwellen) | H 23 |
| 6.2 Frequenzen zwischen 1,6 und 30 MHz (Kurzwellen) | H 24 |
| 6.3 Frequenzen zwischen 30 und 1000 MHz (Ultrakurzwellen, unterer Mikrowellenbereich) | H 26 |
| 6.4 Frequenzen über 1 GHz (Mikrowellen) | H 28 |
| 7 Störungen in partiierten Bändern durch Ausbreitungseffekte | H 36 |
| 7.1 Störungen durch ionosphärische Effekte | H 37 |
| 7.2 Störungen durch troposphärische Effekte | H 37 |

I Hochfrequenzmeßtechnik

Dalichau

| | |
|--|------|
| 1 Messung von Spannung, Strom und Phase | I 1 |
| 1.1 Übersicht: Spannungsmessung | I 1 |
| 1.2 Überlagerte Gleichspannung | I 2 |
| 1.3 Diodengleichrichter | I 2 |
| 1.4 HF-Voltmeter | I 2 |
| 1.5 Vektorvoltmeter | I 3 |
| 1.6 Oszilloskop | I 3 |
| 1.7 Tastköpfe | I 5 |
| 1.8 Strommessung | I 6 |
| 1.9 Phasenmessung | I 6 |
| 2 Leistungsmessung | I 7 |
| 2.1 Leistungsmessung mit Bolometer | I 8 |
| 2.2 Leistungsmessung mit Thermoelement | I 8 |
| 2.3 Leistungsmessung mit Halbleiterdioden | I 8 |
| 2.4 Ablauf der Messung, Meßfehler | I 9 |
| 2.5 Pulsleistungsmessung | I 10 |
| 2.6 Kalorimetrische Leistungsmessung | I 10 |
| 3 Netzwerkanalyse: Transmissionsfaktor | I 10 |
| 3.1 Meßgrößen der Netzwerkanalyse | I 10 |
| 3.2 Direkte Leistungsmessung | I 11 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.3 | Messung mit Richtkoppler oder Leistungsteiler | I12 |
| 3.4 | Empfänger | I12 |
| 3.5 | Substitutionsverfahren | I13 |
| 3.6 | Meßfehler durch Fehlanpassung | I14 |
| 3.7 | Meßfehler durch Harmonische und parasitäre Schwingungen des Generators | I15 |
| 3.8 | Meßfehler durch Rauschen und Frequenzinstabilität | I16 |
| 3.9 | Meßfehler durch äußere Verkopplungen | I16 |
| 3.10 | Gruppenlaufzeit | I16 |
| 4 | Netzwerkanalyse: Reflexionsfaktor | I17 |
| 4.1 | Richtkoppler | I17 |
| 4.2 | Fehlerkorrektur bei der Messung von Betrag und Phase | I18 |
| 4.3 | Kalibrierung | I19 |
| 4.4 | Reflexionsfaktorbrücke | I19 |
| 4.5 | Fehlerkorrektur bei Betragsmessungen | I20 |
| 4.6 | Meßleitung | I21 |
| 4.7 | Sechstor-Reflektometer | I21 |
| 4.8 | Netzwerkanalyse mit zwei Reflektometern | I23 |
| 4.9 | Umrechnung vom Frequenzbereich in den Zeitbereich | I23 |
| 4.10 | Netzwerkanalysatoren | I24 |
| 5 | Spektrumanalyse | I25 |
| 5.1 | Grundsaltungen | I25 |
| 5.2 | Automatischer Spektrumanalysator (ASA) | I25 |
| 5.3 | Formfaktor des ZF-Filters | I25 |
| 5.4 | Einschwingzeit des ZF-Filters | I26 |
| 5.5 | Stabilität des Überlagerungsoszillators | I26 |
| 5.6 | Eigenrauschen | I26 |
| 5.7 | Lineare Verzerrungen | I26 |
| 5.8 | Nichtlineare Verzerrungen | I26 |
| 5.9 | Harmonischenmischung | I27 |
| 5.10 | Festabgestimmter AM-Empfänger | I28 |
| 5.11 | Modulierte Eingangssignale | I28 |
| 5.12 | Gepulste Hochfrequenzsignale | I28 |
| 6 | Frequenz- und Zeitmessung | I29 |
| 6.1 | Digitale Frequenzmessung | I29 |
| 6.2 | Digitale Zeitmessung | I31 |
| 6.3 | Analoge Frequenzmessung | I31 |
| 7 | Rauschmessung | I32 |
| 7.1 | Rauschzahl, Rauschtemperatur, Rauschbandbreite | I32 |
| 7.2 | Meßprinzip | I32 |
| 7.3 | Rauschgeneratoren | I33 |
| 7.4 | Meßfehler | I33 |
| 7.5 | Tangentiale Empfindlichkeit | I34 |
| 8 | Spezielle Gebiete der Hochfrequenzmeßtechnik | I35 |
| 8.1 | Messungen an diskreten Bauelementen | I35 |
| 8.2 | Messungen im Zeitbereich | I36 |
| 8.3 | Feldstärkemessung | I37 |
| 8.4 | Messungen an Antennen | I38 |
| 8.5 | Messungen an Resonatoren | I40 |
| 8.6 | Messungen an Signalquellen | I42 |
| 9 | Hochfrequenzmeßtechnik in speziellen Technologiebereichen | I45 |
| 9.1 | Microstripmeßtechnik | I45 |
| 9.2 | Hohlleitermeßtechnik | I46 |
| 9.3 | Lichtwellenleiter-Meßtechnik | I47 |
| 10 | Rechnergesteuertes Messen | I49 |
| 10.1 | Übersicht | I49 |
| 10.2 | RS232-Schnittstelle | I50 |

| | |
|---|------|
| 10.3 IEC-Bus | I 51 |
| 10.4 VXibus | I 52 |
| 10.5 Modulares Meßsystem (MMS) | I 53 |
| 10.6 Programme zur Meßgerätesteuerung | I 53 |