

Ausarbeitung der Prüfungsfragen

Leitungen und Leitungsschaltungen

1. Wie kann ein beliebig einstellbares Blindelement – kapazitiv und induktiv – mit Hilfe einer Leitung realisiert werden? Beschreiben Sie die Vorgehensweise zur Dimensionierung mit dem Smith-Diagramm, wenn der zu realisierende Wert L oder C vorgegeben ist.

- Es muss eine Leitung mit verschiebbarem Kurzschluss (technisch sehr einfach zu realisieren) vorhanden sein
- Offenes Leitungsende hat die Problematik von Streukapazitäten (hohe Frequenzen führt zu Abstrahlung → Verschiebungsströme)
- Frequenz muss konstant sein
- Siehe Übung 5

2. Beschreiben Sie ein Leitungselement, welches eine reelle Impedanz in jede beliebige andere, ebenfalls reelle Impedanz transformieren kann. Welche Kenngröße muss hierzu einstellbar sein und wodurch kann dieses geschehen?

- Leitungselement muss eine $\lambda/2$ Dipol sein
- Leitungslänge muß variierbar sein (Frequenzanpassung) bzw. der Wellenlänge angepasst werden können

3. Von einer Übertragungsleitung ist Ihnen der Wellenwiderstand Z_L und die Abschlussimpedanz Z_A

bekannt. Wie können Sie mit einem Smith-Diagramm das Stehwellenverhältnis auf dieser Leitung bestimmen?

- Ablesen des Stehwellenverhältnis am Schnittpunkt $\text{Im}(z)=0$ →
 - S = Stehwellenverhältnis
 - M = Anpassungsfaktor

4. Welche Rechenschritte und Transformationen können mit einem Smith-Diagramm besonders einfach durchgeführt werden? Nennen Sie mindestens zwei und beschreiben Sie die Vorgehensweise.

- Bei der Arbeit mit dem Smith-Diagramm sind die Impedanz (Admittanz) auf den Wellenwiderstand derjenigen Leitung zu normieren, die gerade behandelt werden soll. – Die Koordinatenlinien für Realteil und Imaginärteil der normierten Impedanz sind im Smith-Diagramm eingetragen und beschriftet.
- Der Kreis $|r| = \text{const}$ um den Mittelpunkt des Diagramms durch den Punkt z schneidet die Achse $\text{Im}\{z\} = 0$ in den Punkten m und s und ermöglicht so das Ablesen des Stehwellenverhältnisses und des Anpassungsfaktors. Die Werte s und m können als $\text{Re}\{z\}$ an diesen Schnittpunkten abgelesen werden
- Der Übergang zwischen Impedanz zur Admittanz erfolgt durch die Punktspiegelung am Mittelpunkt des Diagramms. Diesen Schritt wendet man zweckmäßig beim Wechsel zwischen Reihen und Parallelschaltung an. Das Zuschalten von konzentrierten Bauelementen kann so sehr einfach Addition behandelt werden.
- Der Transformation durch eine verlustfreien Leitung entspricht einer Rotation um den Mittelpunkt des Diagramms. Der Drehwinkel ist proportional zu elektrischer Länge der

Leitung. Dabei entspricht der Transformation über eine halbe Wellenlänge einer Voldrehung im Smith-Diagramm.

- Den Eingangswiderstand von Blindleitungen bestimmt man auf die gleiche Weise. Wegen $\operatorname{Re}\{z\}=0$ bewegt man sich mit zunehmender Leitungslänge auf dem Randkreis $|r|=1$ der Diagramms

5. Erklären Sie mit einem Zeigerdiagramm die Ortsabhängigkeit der Leitungsspannung, wenn ihr Abschluss nicht reflexionsfrei ist. Was versteht man unter dem Stehwellenverhältnis?

- Skizze Buch Seite 55
- Reell wenn vorlaufender Zeiger gleich bzw. entgegengesetzt zum rücklaufenden Zeiger ist ort des Spannungsmaximums bzw. Spannungsminimums
- Die Beziehung zwischen vorlaufender und rücklaufender Welle wird im Reflexionsfaktor r beschrieben. $r=1 \rightarrow$ Stehwellenverhältnis
- Besonderheiten für rein reelle Bedingungen:
 - Der Abstand zwischen benachbarten Maxima und Minima der Spannung und Stromes beträgt $\lambda/4$
 - $U(z)$ bzw. $I(z)$ sind periodisch mit $\lambda/2$
- Stehwellenverhältnis ist ein Maß für die Güte der Leistungsanpassung

Antennenanordnungen

1. Untersuchen Sie die Gruppencharakteristik zweier gleichphasig gespeister Strahlerelemente im Abstand $d/\lambda = \text{Zufallswert}$. Verwenden Sie ein grafisches Verfahren, um die Hauptstrahlrichtungen und Strahlungsnullstellen zu bestimmen und skizzieren Sie mit dieser Information das Diagramm.

- Multiplikatives Gesetz: Die Gesamtcharakteristik ergibt sich als Produkt aus den Gruppencharakteristik und Einzelcharakteristik
- Antennengruppen mit Hauptstrahlrichtung entlang ihrer Anordnungslinie nennt man Längsstrahler (Skript S. 50)

2. Skizzieren Sie eine Richtcharakteristik, die zur Peilung geeignet ist und erläutern Sie die Vorgehensweise bei der Peilung. Mit welcher Anordnung können Sie dieses Diagramm realisieren?

- Randbedingungen für Diagramm:
 - $2 \cdot d = \lambda_0 \rightarrow$ Bei 90° und 270° ist F_r maximal
 - $2 \cdot d = \lambda_0 \rightarrow$ Strahlerabstände die größer $0,5 \cdot \lambda_0$ bewirken eine Aufzipfelung des Strahlungsdiagramms
 - Aufsummieren der einzelnen Amplituden \rightarrow Richtcharakteristik (Skript S.47)
- Dipolzeile sind Anordnungen von n Dipolen in einer Reihe (Seite Skript S. 47)
- Die Strahlungsnullstelle ist stark ausgeprägt, als das breite Maximum. Daher erreicht bei diesem Diagramm eine Minimumpeilung für die größere Genauigkeit aus.

3. Wie können Sie eine Anordnung aus Halbwellenstrahler und ebenem Reflektor behandeln? Welche Grundanordnungen des Reflektors bezüglich des Strahlers kennen Sie und wie können äquivalente Anordnungen ohne Reflektor gebildet werden?

- Grundanordnungen: Parabolspiegel und Offsetspiegel, Yagi-Uda-Antenne
 - $\epsilon_{\text{tan}} = 0$
 - $H_{\text{norm}} = 0$
- Zwei Arten:
 - Dipol vor leitender Ebene (Skript S 51)
 - Dipol über leitender Ebene (Skript S 52)

4. In welchen Richtungen bezogen auf die Längsachse treten bei einer Zeile gleichphasig gespeister Antennenelemente maximale Strahlungsleistungsdichten auf?

- Skript Seite 47 (antwort unsicher)

Ausbreitung und Reflexion ebener Wellen

1. Nennen Sie eine Gruppe von Kenngrößen, durch die eine homogene ebene Welle eindeutig und vollständig beschrieben wird.

-

2. Erklären Sie anhand einer Gegenüberstellung die Vorgänge Reflexion, Totalreflexion, Streuung, Brechung und Beugung. Unter welchen Voraussetzungen treten diese Effekte jeweils auf?

- Freiraum-Ausbreitung:
Im freien Raum (Vakuum) können sich elektromagnetische Wellen ohne Beeinflussung durch Hindernisse oder durch Eigenschaften des Mediums ausbreiten
- Reflexion/Totalreflexion
Hängt ab vom Einfallswinkel der Welle gegen die Flächennormale und der Polarisation der einfallenden Welle: Zwei Fälle:
 - E steht senkrecht zur Einfallsebene
 - E ist parallel zur Einfallsebene (Skript S. 60)Die Reflexion an der Ionosphäre ist gekennzeichnet durch eine Senkrechte Grenzfrequenz. Dieses ist die Frequenz bei der die Ionosphäre bei senkrechtem Einfall noch reflektierend wirkt (Skript. S. 64)
- Streuung
Das Absinken der Strahlungsleistungsdichte mit zunehmendem Abstand vom Sender rührt alleine vom Auseinanderlaufen der Energie, also von der Verteilung der Gesamtleistung auf eine immer größere Fläche her → Freiraumdämpfung
- Brechung
Die Atmosphäre stellt ein Medium mit inhomogener Dielektrizitätszahl dar. → Ausbreitungspfad wird zum dichteren Medium gekrümmt
- Beugung
 - Voraussetzung: unendlich ausgedehnte Halbebene → teilweise Abschattung der einfallenden Welle
 - Entstehung eines Schattens hinter einem Hindernis → Huygensches Prinzip (Skript S. 66)

Erweitertes Wissen

Kapitel 4 – Elektromagnetische Wellen in homogenen Medien

1. Auf welche Weise entstehen in einer Stufenprofilfaser Signalverzerrungen und durch welche Maßnahme kann dieser Effekt verkleinert werden?

- Auftreten von Totalreflexion am Übergang von einem Medium hoher Permittivität zu einem Medium niedriger Permittivität kann zur Führung einer Welle benutzt werden ==> Strahlengang in Stufenprofilfaser (Voraussetzung Faserdurchmesser > Wellenlänge)
- Besitzt diese Faser überall die gleiche Permittivität so spricht man von einer Stufenprofilfaser. Jeder Strahl der flach ankommt wird reflektiert (Einfallswinkel < Grenzwinkel der Totalreflexion)
- Treten steile Strahlen auf die Grenzfläche auf so kommt es zur Transmission (unerwünschte Abstrahlung, Signalverzerrungen) Dispersion
- Ursachen können falsche Signaleinkopplung oder Biegung der Leiterstrecke sein
- Abhilfe. Verwendung eines nichtkonstanten ϵ -Profils ==> Gradientenfaser
- Buch S.162/163

2. Wie kann die Feldstruktur der H_{10} -Welle eines Rechteckhohlleiters von einer Überlagerung homogener ebener Wellen abgeleitet werden?

- Betrachtung des H und E-Feldes in einer Diagramm-Matrix (Skript S.19)

3. Wodurch ist der Betriebsfrequenzbereich von Koaxialleitungen prinzipiell nach oben begrenzt? Wo liegt die untere Grenze?

- Wenn die Querschnittsabmessungen einer Koaxialleitung in die Größenordnung der Wellenlänge kommen, können parasitäre Feldtypen angeregt werden, die denen im Rundhohlleiter ähnlich sind (Skript S. 23)
- Cutoff Frequenz → oberhalb dieser Frequenz ist eine Ausbreitung der Welle möglich
??????????

4. Wie können Sie die Grenzfrequenz eines Rechteckhohlleiters aus seinen Abmessungen bestimmen?

- Formel siehe Skript S. 21

5. Durch welche elektromagnetische Randbedingung wird das Gesetz „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“ bei der Reflexion an einer ebenen Grenzschicht erzwungen?

- E_{tan} und H_{tan} sind stetig. Dies kann für alle z nur erfüllt werden, wenn die Phasengeschwindigkeit in z -Richtung in beiden Medien gleich ist. (Skript S. 24)

6. Welche Feldkomponenten des elektromagnetischen Feldes treten bei einer H_{10} -Welle auf? Worin liegt also ein wesentlicher Unterschied zur homogenen ebenen Welle?

- H_{mn} ist eine Nomenklatur:
 - Anzahl m der Feldstärkenmaxima in x -Richtung
 - Anzahl n der Feldstärkenmaxima in y -Richtung

- H10 beschreibt den Grundmodus
- Feldverteilung ist durch die Randbedingung $x=n \cdot \lambda/2$ ideal leitender Grenzflächen definiert (physikalische leitende Begrenzung) und $y=\text{const.}$ → rechteckförmiger Hohlleiter

7. Die Phasengeschwindigkeit ist im Rechteckhohlleiter größer, als die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit. Erklären Sie das Zustandekommen dieser großen Geschwindigkeit. Die Phasengeschwindigkeit ist eine reine Rechengröße und ist nicht zu verwechseln mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit (Skript S. 16)

8. Wovon hängt der Reflexionsfaktor bei senkrechtem Einfall auf eine dielektrische Grenzschicht ab und durch welche Zusatzmaßnahme kann die Reflexion zum Verschwinden gebracht werden? Was müsste man tun, um die Transmission elektromagnetischer Leistung zu verkleinern?

- Fällt eine ebene Welle auf eine Grenzfläche ein, an der sich die elektromagnetischen Eigenschaften des Mediums ändern, so tritt im allgemeinen Fall auch eine weiterlaufende (transmittierte) Welle auf. Buch S. 144
- unklar

9. In einem Ausbreitungsmedium liege die komplexe Phasenkonstante $\beta = \beta' - j\beta''$ vor. Nach welcher Funktion nimmt der elektrische Leistungsfluss einer elektromagnetischen Welle in diesem Medium ab?

Unklar Buch S. 130

10. Welchen prinzipiellen Frequenzgang hat die komplexe Dielektrizitätszahl ϵ einer Substanz mit vorherrschender Orientierungspolarisation einer einzigen Dipolsorte?

- Bei zusätzlicher Leitfähigkeit des Mediums tritt neben dem Verschiebungsstrom auch der Ladungsstrom auf Buch Formel 130ff 6.9 ==> komplexe Permittivität
- unklar

11. Welche Strukturen zur Wellentypwandlung zwischen einer Koaxialleitung und einem Rechteckhohlleiter kennen Sie?

unklar

Kapitel 5 – Erzeugung und Empfang elektromagnetischer Wellen

1. Erklären Sie den Unterschied zwischen einem hertzschen Dipol und einer elektrisch kurzen Stabantenne.

- Hertzscher Dipol ist ein Stromfaden der Länge D mit konstanter Strombelegung, wobei jede beliebige lineare Stromverteilung durch eine Aneinanderreihung von kleinen Stücken der Länge D mit jeweils konstanter Strombelegung erreicht angenähert werden kann. (Skript S. 34ff.)
- Elektrisch kurze Antennen: Die effektive Länge einer elektrisch kurzen Antenne (dreieckförmige Strombelegung) ist $l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot l$
- Sie ergibt sich aus der Umverteilung des Strombelags in eine gleichförmige mittlere Belegung, so dass der Klemmenstrom gleich bleibt. (Skript S. 42ff)

2. Wie ist der Gewinn einer Antenne definiert?

- Mit Gewinn G bezeichnet man den Faktor, um den die Strahlungsleistungsdichte einer bündelnden Antenne in ihrer Hauptstrahlrichtung größer ist, als die des isotropen Strahlers (fiktive, verlustfreie Antenne, Skript S. 30)

3. Erläutern Sie, weshalb eine Stabantenne, die länger als eine Wellenlänge ist, keine große technische Bedeutung hat?

unklar

4. Es ist Ihnen gelungen, das elektromagnetische Fernfeld einer Antenne als Funktion des Klemmenstromes zu bestimmen. Wie können Sie nun auch ihren Strahlungswiderstand berechnen?

-

Unklar S. 40

5. Welche Bedeutung hat der Hertzsche Dipol bei der numerischen Berechnung elektromagnetischer Felder? Welche Art von Stromverteilungen kann damit behandelt werden?

- Ein hertzscher Dipol strahlt Wirkleistung ab, die von der den Stromeinprägenen Quelle geliefert wird
- Die Strahlungsleistungsdichte im Fernfeld des hertzschen Dipols kann direkt aus dem Produkt der orthogonalen Feldkomponenten E und H berechnet werden. Weil beide Komponenten gleichphasig sind, ist das Produkt rein reell
- Buch S.175

6. Was verstehen Sie unter den Begriffen »H-Ebene« und »E-Ebene«? Erläutern Sie diese Begriffe am Beispiel einer Hornantenne/eines Halbwellenstrahlers.

- Transversalebene G-Skript
- Hornantenne (Parabolantenne und Offsetstrahler)
 - Stromverteilung wird durch die Reflexionsebene fläche bestimmt
 - Richtcharakteristik in eine Richtung
- Halbwellenstrahler $\lambda/2$ Dipol
 - Stromverteilung am Speisepunkt maximal
 - Überlagerung der Stromverteilung im Fernfeld in verschiedenen Aufpunkten
 - Richtcharakteristik: Ausbreitung in 90 Gradrichtung beidseitig
- **Letztendlich noch unklar**

7. Welche wesentlichen Unterschiede bestehen zwischen dem Nahfeld und dem Fernfeld eines hertzschen Dipols?

- Nahfeld:
 -
- Fernfeld:
 - **unklar**

8. Weshalb nimmt die Strahlungsleistungsdichte mit zunehmender Entfernung von der Sendeantenne ab, selbst wenn das Medium verlustfrei ist?

- Das Absinken der Strahlungsleistungsdichte mit zunehmenden Abstand vom Sender rührt alleine vom Auseinanderlaufen der Energie, also von der Verteilung der Gesamtleistung auf eine immer größere Fläche her → Freiraumdämpfung

9. Welcher feste Zusammenhang besteht zwischen der Richtcharakteristik einer Antenne im Sendebetrieb und im Empfangsbetrieb?

- Aus dem Reziprozitätstheorem der Elektrodynamik folgt dass, bei allen Antennen:
 - Die Richtcharakteristik beim Senden und Empfangen gleich ist
 - Der Innenwiderstand im Empfangsfall gleich dem Eingangswiderstand im Sendefall ist
- Aber: Sendestromverteilung ist ungleich zur Empfangsstromverteilung (Skript S. 55)

10. Bei welchen Frequenzen besitzt eine Stabantenne gegebener Länge einen näherungsweise reellen Eingangswiderstand? Welche dieser Frequenzen sind technisch bedeutsam, welche weniger?

unklar

11. Erklären Sie die Bedeutung der Wirkfläche einer Antenne? Wie hängt die Wirkfläche mit dem Gewinn zusammen?

Skript S. 31

12. Wie können Sie die Halbwertsbreite aus dem Richtdiagramm einer Antenne ablesen?
Länge der Strecke bei der die Hälfte der Sendeleistung P_w noch vorhanden ist.

13. In welchem Bereich (bezogen auf die Wellenlänge) liegen technisch bedeutsame Abstände zwischen den Einzelstrahlern von Antennengruppen? Was passiert außerhalb dieses Bereichs?

unklar

14. Durch welche schaltungstechnische Maßnahme kann der Blindanteil im Innenwiderstand elektrischer Antennen kompensiert werden? Wodurch wird eine breitbandige Kompensation sehr schwierig?

Dachkapazität und Verkürzungsspule

15. Erläutern Sie zwei Definitionen der effektiven Länge von Antennen.

Die effektive Länge ist, ebenso wie die Wirkfläche, eine Rechengröße die in der Regel nicht mit der geometrischen Länge der Antennenanordnung identisch ist.

16. Interpretieren Sie ein Richtdiagramm. Skizzieren Sie in die gegebene Richtcharakteristik die Kenngrößen Hauptstrahlrichtung, Strahlungsnullstellen, Halbwertsbreite und maximaler Nebenkeulenpegel

- Die Richtcharakteristik einer Antenne gibt im Fernfeld die Strahlungsleistungsdichte auf einer Kugel $r=\text{const.}$ bezogen auf die größte Leistungsdichte erzeugt an
- In der Richtung, in der eine Antenne die größte Leistungsdichte erzeugt, hat die Richtcharakteristik F_r den Wert 1. Die Antenne strahlt in diese Richtung.
Hauptstrahlrichtung
- Eine Nullstelle bedeutet, dass eine Antenne in diese Richtung nicht abstrahlt
- Weicht man von der Hauptstrahlrichtung ab, so wird die Strahlungsleistungsdichte entsprechend dem Verlauf von F_r kleiner.
- Kennzeichnend ist hierbei der Winkel $\gamma/2$ abseits der Hauptstrahlrichtung, bei dem die Leistungsdichte bei gleichem Abstand von der Antenne auf den halben Wert des Maximums gesunken ist. \implies Halbwertsbreite
- Der Gesamtbereich von F_r heißt Hauptkeule
- Meist unerwünschte Nebenmaxima werden als Nebenkeulen bezeichnet
- Ziel ist es diese Nebenkeulen möglichst gering zu halten

17. Welche Richtcharakteristik besitzt eine Rahmenantenne, deren Kantenlängen klein gegen λ sind? Erklären Sie anhand des Induktionsgesetzes die Lage von Strahlungsmaximum und Strahlungsnullstelle.

unklar

18. Welche Näherung kann für den Reflexionsfaktor an einer dielektrischen Grenzschicht bei sehr flachem Einfall verwendet werden?

Buch S. 144 -147

19. In welcher Ebene unterscheiden sich die Richtcharakteristiken von hertzischem Dipol und Halbwellenstrahler? Skizzieren Sie beide Charakteristiken in ein gemeinsames Diagramm.

- Halbwellenstrahler sind $\lambda/2$ und $\lambda/4$ Di/Monopole
- Ausschließlich Wirkleistungstransport
- Richtcharakteristik ist nicht von Φ abhängig (Skript 36/37)

Kapitel 6 – Ausbreitung elektromagnetischer Wellen

1. Durch welche Erscheinungen wird die starke Frequenzabhängigkeit der Dämpfung elektromagnetischer Wellen in der Atmosphäre verursacht? Nennen Sie Frequenzen, bei denen die Dämpfung besonders groß/klein ist?

Dämpfung durch:

- Molekülresonanzen von Gasen und Dämpfen
- Niederschläge (Regen, Schnee, Nebel,...)

- Wegen der Resonanz bei 60GHz mit dem Sauerstoffmolekül eignet sich diese Frequenz für eine abhörsichere Verbindung zwischen Satelliten

2. Erläutern Sie den Begriff »Funkhorizont«. Durch welchen Vorgang entsteht der Funkhorizont?

- Der Ausbreitungspfad elektromagnetischer Wellen wird zum dichteren Medium hin und daher in Richtung Erdoberfläche gekrümmt
- Dadurch wird die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über den geometrischen Horizont hinaus ermöglicht → Funkhorizont
- Dieser wird berechnet mit Hilfe des Krümmungsfaktors (Skript S. 59)

3. Skizzieren Sie die Ortsabhängigkeit der elektrischen Feldstärke hinter einer Beugungskante. Welche Geometrieparameter gehen in das Argument dieser Funktion ein? Welche bemerkenswerten Unterschiede ergeben sich gegenüber einer geometrisch-optischen Betrachtung? Wie passt dieses Ergebnis mit den ‚scharfen‘ Schatten im optischen Bereich zusammen?

Skript S. 66 unklar

4. Wozu verwendet man den »effektiven Erdradius« und welchen Wert hat er üblicherweise?

- Zur Bestimmung des Krümmungsradius $R_{\text{eff}} = k_e \cdot R = 4/3 R$

5. Auf welche Weise kann eine stark (tages-)zeitabhängige Schwankung der Empfangsfeldstärke bei einer Kurzwellenübertragung entstehen?

- Kurzwelle 30MHz bis 100MHz
- In den oberen Schichten der Erdatmosphäre werden durch die Einwirkung hoch energetischer Strahlen (Sonne) die Luftbestandteile ionisiert. ==> Ionosphäre oder Heavisideschicht (weitere Unterteilung in D, E, F1 und F2)
- Ionisierung hat Einfluss auf die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen
- Reflexion an dieser Schicht der einfallenden Wellen, abhängig von der kritischen Frequenz
- Kritische Frequenz ist abhängig vom Grad der Ionisierung

6. Erklären Sie das Entstehen einer »toten Zone« beim Kurzwellenfunk.

- Die von der Erdoberfläche scheinbar beobachtete Reflexion ist in der Realität ein Brechungsvorgang. ==> Krümmung des Ausbreitungspfad
- Somit kommt ein ringförmiger Bereich um den Sender zustande in dem kein Empfang möglich ist.
- Dieser Bereich wird als die tote Zone bezeichnet
- Buch Seite 205

7. Was ist das Huygenssche Prinzip? Welche Erscheinung kann damit behandelt werden? Erklären Sie die Vorgehensweise.

- Huygensches Prinzip: Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt sekundärer Kugelwellen aufgefasst werden. Das Gesamtfeld ergibt sich durch Überlagerung der Sekundärwellen
- Die Erscheinung der Beugung kann mit diesem Prinzip erläutert werden
- Überlagerung aller Kugelwellen, die vom nicht abgeschatteten Bereich ausgehen
→ Gesamtfeld im Punkt P (im geometrischen Schatten) (Skript S. 66)

8. Welcher Effekt/Vorgang ist für die hohe Funkfelddämpfung durch Regen verantwortlich?

Dämpfung durch:

- Molekülresonanzen von Gasen und Dämpfen
- Niederschläge (Regen, Schnee, Nebel,...)

Kapitel 7 – Aufbau von Sendern und Empfängern

1. Welche Frequenzen entstehen bei Aussteuerung einer nichtlinearen Kennlinie mit zwei monofrequenten Signalen und welche dieser Frequenzen werden vorherrschend genutzt. Erläutern Sie drei verschiedene Anwendungen der Aussteuerung mit zwei Signalen gleicher oder unterschiedlicher Frequenz.

- Skript S.71 unklar
- Anwendungen:
 - Frequenzumsetzung
 - Frequenzvervielfachung
 - Detektion
 - Leistungsmessung

2. Wie kann Kleinsignalmäßig ein negativer Wirkleitwert realisiert werden? Welches Bauelement ist hierzu beispielsweise geeignet und für welche Anwendungen werden negative Leitwerte benötigt?

- Kleinsignalaussteuerung: Die Amplitude des Eingangssignals ist klein gegen den gesamten Kennlinienbereich und wird nur in der Nähe des Arbeitspunktes angesteuert
- Kennlinie einer Halbleiterdiode (Buch S. 214)
- unklar

3. Beschreiben Sie die zwei wichtigsten Modelle zur Behandlung von Oszillatorschaltungen. Wie ergeben sich aus diesen Modellen die Schwingbedingungen?

- Oszillator mit entdämpften Resonanzkreis Skript S. 91
- Oszillator mit Verstärker und Rückkopplung Skript S.92

4. Erklären Sie anhand eines Diagramms $P_{\text{aus}}=f(P_{\text{ein}})$ die Kenngrößen (Dynamikbereich, Mischverlust, 1-dB-Kompressionspunkt und Intermodulationspunkt 3. Ordnung) eines Mischers.

- Die Ausgangsleistung eines Mischers wächst proportional zur Eingangsleistung. Das Eintreten der Sättigung wird durch den 1dB Kompressionspunkt gekennzeichnet. Das ist diejenige Eingangsleistung, bei der L_c um 1dB angestiegen ist
- Die Leistung der Intermodulationsprodukte 3. Ordnung wächst proportional zur 3. Potenz der Eingangsleistung.
- Der Schnittpunkt zwischen der linearen Kennlinie für das Nutzsignal und dem Pegel der Intermodulation heißt Intermodulationspunkt der Ordnung n . Dieser liegt meist über der Aussteuerungsgrenze des Mischers und ist ein Maß für die Großsignalfestigkeit des Mischers
- Der nutzbare Dynamikbereich beginnt, wenn die Leistung des Nutzsignals größer ist, als die ZF-Rauschleistung und er endet, wenn auch die Intermodulationsprodukte eine größere Leistung besitzen als das Rauschen (Skript S. 77)

5. Erläutern Sie den Begriff »Rauschzahl« und die Bedeutung der zugehörigen Bezugstemperatur.

- Die Rauschzahl F ist der Faktor, um den der Signal-Rausch-Abstand durch den Mischer verkleinert wird. Sie ist immer größer 1
- Die Angabe der Rauschzahl erfordert immer auch die Angabe der zugehörigen Bezugstemperatur (Skript S.76)

6. Wann hängt die Rauschzahl eines Vierpols vom Innenwiderstand der an den Eingang geschalteten Quelle ab? Was bedeutet Rauschanpassung?

- Jeder Vierpol, der innere Rauschquellen besitzt, kann durch einen nichtrauschenden, sonst identischen Vierpol ersetzt werden, wenn das Rauschen durch eine Äquivalente Rauschquelle am Eingang des Vierpols berücksichtigt wird
- Skript S 104

7. Nennen Sie die Ihnen bekannten Grundbetriebsarten von Leistungsverstärkern sowie ihre Vor- und Nachteile. Welcher Strom wirkt sich besonders ungünstig auf den Wirkungsgrad aus?

- Leistungsaddition (Power Combining)
 - N Verstärker werden parallel geschaltet → Sinken des Impedanzniveaus erfordert eine Impedanztransformation mit konzentrierten Elementen (Skript S. 88)
 - Aufteilen der Eingangsleistung und Zusammenfassen der HF-Leistungen einzelner Verstärker mit Richtkopplern (Leistungsteilung- und addition)
-

8. Erklären Sie das Prinzip des Heterodynempfangs und seine Vorzüge.

- Buch S. 252
- Heterodynempfang = Überlagerungsempfänger
- Verstärkung wird auf mehreren Frequenzebene durchgeführt
- Blockschaltbild Buch 253

10. Erläutern Sie die Problematik des Spiegelfrequenzempfangs. Welche Rolle spielt die Wahl der Zwischenfrequenz bei der Behandlung dieses Problems?

- Im Fall der Abwärtsmischung gibt es zwei Frequenzen, die zur Zwischenfrequenz umgesetzt werden ZF.
- Der gleichzeitige Empfang zweier Frequenzen ist nicht sinnvoll. Die zweite Frequenz liegt mit dem Abstand ZF spiegelbildlich zur Überlagerungsfrequenz → Spiegelfrequenz
- Diese wird durch das Spiegelfrequenzfilter unterdrückt
- Der Mischer besteht aus Oszillator, Filter und nichtlineares Element
- Zwei Tore f_{ZF} und f_e (Skript S.75)

11. Zeichnen Sie das Schaltbild eines Hüllkurvendetektors. Welche Elemente bestimmen seine Zeitkonstante und welches Kriterium kennzeichnet die optimale Wahl der Zeitkonstante? Ein Empfänger mit der Lokaloszillatorfrequenz f_{LO} empfängt einen Sender, der sich auf der Frequenz f_e befindet. Welche Frequenz muss das Spiegelfrequenzfilter unterdrücken und was ist seine Zwischenfrequenz? Worauf muss besonders geachtet werden, wenn man eine Halbleiterdiode zur Detektion und anschließender Leistungsbestimmung verwendet?

- Skript S.97
- C (Aufladung) und R (Entladung)
-

12. Erläutern Sie die Funktionsweise einer Phasenregelschleife (PLL). Durch welche Modifikation wird eine digitale Frequenzabstimmung ermöglicht und wodurch wird die kleinstmögliche Schrittweite der Abstimmung bestimmt?

- Die Phasenregelung bewirkt eine Nachführung des VCO durch eine Steuerspannung U_s derart, dass zwischen den Referenzsignal U_e und dem VCO-Signal eine feste Phasendifferenz um 90 Grad besteht. Dadurch wird erreicht, dass der VCO die gleichen Stabilitätseigenschaften besitzt, wie der Referenzoszillator. Außerdem steht seine Phase in fester Beziehung zur Phase des Referenzsignals, was in modernen Nachrichten- und Sensorsystemen an vielen Stellen erforderlich ist (Skript S. 95ff)
- Durch einstellbare Frequenzteiler wird eine Frequenzabstimmung ermöglicht
-

13. Durch welche Bauelemente können in Hochfrequenzschaltungen die Pfade von Gleichströmen und hochfrequente Strömen entkoppelt werden?

- Kondensatoren,

14. Welche Aufgabe haben Quarze in Oszillatoren und worin besteht ihr vorrangiger Nutzen?

- Erzeugung einer Schwingtaktes
- Frequenzstabilität bis $10E-4$
-