

Aufgabe 1

In welchem Bereich der komplexen Ebene (der GAUSSschen Zahlenebene) liegt die Wellenimpedanz Z_0 ?

Hinweis: alle Beläge sind positiv.

Aufgabe 2

Gegeben ist eine Leitung mit folgenden Leitungskonstanten (Belägen):¹

$$R' = 125 \Omega\text{km}^{-1} \quad C' = 35 \text{ nFkm}^{-1} \quad L' = 700 \mu\text{Hkm}^{-1} \quad G' = 0 (\Omega\text{km})^{-1}$$

- Bestimmen Sie die Wellenimpedanz und die fehlenden Beläge (Dämpfungsbelag und Phasenbelag) für eine Frequenz von $f = 5 \text{ kHz}$.
- Die Leitung sei beidseitig mit der Wellenimpedanz abgeschlossen. Am Eingang werden $10\text{V} \cdot \sin \omega t$ eingespeist. Welche Spannung messen wir am Ausgang der Leitung ?

Aufgabe 3

Welchen Verlauf weisen die Funktionen $\sinh(z)$ und $\cosh(z)$ auf ?

Hinweis: gemeint sind die komplexen Funktionen der Zahlen $z = x + jv$.

Aufgabe 4

Gegeben sei ein Kabel Li - YCYP $2 \times 0,5 \text{ mm}^2$ mit den Daten:

$$R' = 39 \Omega\text{km}^{-1} \quad C' = 120 \text{ pFm}^{-1} \quad \omega = 2\pi \cdot 800 \text{ Hz} \quad G = 0 (\Omega\text{m})^{-1}$$

- Wie lautet die Formel für die Phasengeschwindigkeit in diesem Fall ?
- Welchen Wert nimmt die Phasengeschwindigkeit absolut und relativ zur Lichtgeschwindigkeit an ?
- Wie lange braucht ein Signal um ein Kabel von 15 m Länge zu durchlaufen ? Wie gross ist die Laufzeit pro Meter ?
- Leiten Sie die Formel für die Gruppenlaufzeit her.
- Wie gross ist die Gruppengeschwindigkeit im Bereich um 800 Hz ?

Aufgabe 5

Bestimmen Sie die Eindringtiefe des Stromes in einen Kupferleiter und skizzieren Sie den Verlauf für verschiedene Frequenzen in einem logarithmischen Massstab.

¹ Der hochgestellte Strich bei den Belägen wird der Einfachheit halber oft weggelassen.

Aufgabe 6

Berechnen Sie die primären Leitungsparameter für eine parallel geführte Zweidrahtleitung mit folgenden Abmessungen:

Leiterdurchmesser	D = 2 mm	
Abstand der Leiter	a = 20 cm	
Frequenz des Signals	f = 1 kHz	tanδ = 0,01

Aufgabe 7

Berechnen Sie die primären Leitungsparameter für ein Koaxialkabel mit folgenden Abmessungen:

Innendurchmesser	D _i = 2,6 mm	
Aussendurchmesser	D _a = 9,5 mm	ε _r = 2,1
Signalfrequenz	f = 1 MHz	tanδ = 0,005

Aufgabe 8

Gegeben sei ein verlustloses Koaxialkabel, dessen Wellenwiderstand ausgedrückt werde mit

$$R_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \frac{k}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D_a}{D_i}\right). \text{ Bestimmen Sie den Faktor } k \text{ formal und als Wert.}$$

Aufgabe 9

Betrachtet wird ein Koaxialkabel RG 218 U. Das Kabel sei verlustlos, das heisst vom Freileitungstyp.

- Wie gross wird die relative Dielektrizitätskonstante, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit $k_v = 0,66$ gegeben ist ?
- Der Wellenwiderstand des Kabels beträgt 50 Ohm und der Aussendurchmesser 18,6 mm. Wie gross ist der Durchmesser des Innenleiters ?
- Welchen Wert nimmt der Kapazitätsbelag an ?
- Wie lange hat ein Signal um eine Distanz von 180 Meter zu durchlaufen ? (Thin - Ethernet)
- Der Innenleiter soll in seinem Durchmesser halbiert werden. Wie gross wird der Aussendurchmesser (Schirmdurchmesser) bei gleichbleibender Wellenimpedanz ?

Aufgabe 10

Gegeben ist ein Mikrostrip mit folgenden Abmessungen:

Leiterbreite	$w = 3,02 \text{ mm}$	Plattendicke	$h = 1,6 \text{ mm}$
Leiterdicke	$t = 0,035 \text{ mm}$	Epoxiharz	$\epsilon_r = 4,5$

- Welche Wellenimpedanz hat die Leitung ?
 - Wie lange benötigt ein Signal auf dieser Leitung um die Breite eines 19 Zoll Gehäuses zu durchlaufen ?
-

Aufgabe 11

Ein NF - Kabel mit $R' = 120 \Omega\text{km}^{-1}$ und $C' = 34 \text{ nFkm}^{-1}$ werde bei tiefen Frequenzen betrieben (dispersive Leitung, Kabeltyp).

- Bei welcher Frequenz wird die Wellenimpedanz gerade zu 600Ω ?
 - Wie gross ist bei dieser Frequenz die Dämpfung in dB für ein 500 Meter langes Kabel ?
-

Aufgabe 12

Das Kabel RG 62 U hat eine Wellenimpedanz von 93Ω und einen Kapazitätsbelag von 45 pFm^{-1} .

- Suchen Sie für diese verlustlose Leitung die Formel für die Phasengeschwindigkeit als Funktion der Wellenimpedanz und des Kapazitätsbelages.
 - Wie gross ist der Verkürzungsfaktor des Kabels ?
-

Aufgabe 13

Eine Übertragungsleitung mit einer Wellenimpedanz von 1200Ω wird mit einer induktivem Impedanz ($Z = 600\Omega$, $\phi = 30 \text{ Grad}$) abgeschlossen. Wie gross wird der Reflexionsfaktor r ?

Aufgabe 14

Eine Leitung mit einer Wellenimpedanz von 600Ω soll mit einem Reflexionsfaktor kleiner als $0,1$ abgeschlossen werden. In welchem Bereich muss der Abschlusswiderstand liegen ?

Aufgabe 15

Reflexion auf einem Kabel

Ein Übertragungskabel von 17 m Länge werde bei tiefen Frequenzen betrieben (Kabeltyp, dispersives Kabel). Widerstandsbelag $39 \Omega\text{km}^{-1}$, Kapazitätsbelag 120nFkm^{-1} und Betriebsfrequenz 4,8 kHz.

- Wie gross ist die Wellenimpedanz des Kabels ?
- Wie lange hat das Signal, um das Kabel zu durchlaufen ?
- Die Leitung sei gespiesen aus einer Quelle mit $R_q = 300 \Omega$ und abgeschlossen mit einem Lastwiderstand von $R_L = \Omega$. Wie gross werden die Reflexionsfaktoren ?
- Die Quelle weise eine Leerlaufspannung von $U_0 = 5 \text{ V}$ auf. Berechnen Sie vier hinlaufende und rücklaufende Spannungen.
- Auf welchen Wert wird sich die Eingangsspannung einstellen ?

Aufgabe 16

Ein Kabel mit einem Widerstandsbelag von $R' = 120 \Omega\text{km}^{-1}$ und einem Kapazitätsbelag $C' = 34 \text{nFkm}^{-1}$ wird bei einer Frequenz von 1 kHz betrieben. Die Leitung wird mit einem Widerstand von $R_L = 470 \Omega$ abgeschlossen. Welche Eingangsimpedanz hat die Leitung, wenn sie 1 km lang ist ?

Aufgabe 17

Ein Kabel von 1,2 km Länge wird mit einem 32 kHz Sinus - Signal ausgemessen. Gemessen wird die Eingangsimpedanz des Kabels (Spannung und Strom), und zwar für einen Kurzschluss - Abschluss und für einen Leerlauf - Abschluss. Die Messungen ergeben:

$$Z_{1K} = 170 \cdot e^{-j\frac{\pi}{12}} \Omega \quad \text{und} \quad Z_{1L} = 230 \cdot e^{-j\frac{\pi}{3}} \Omega$$

- Wie lauten die Formeln für die Berechnung der Wellenimpedanz und des Übertragungsbelages (Übertragungsmass) ?
- Berechnen Sie die Wellenimpedanz und den Übertragungsbelag.
- Bestimmen Sie die primären Leitungsparameter

Aufgabe 18

Mit Hilfe eines $\lambda/4$ Koaxial - Kabels und einer Kapazität C_{Last} soll eine Induktivität L nachgebildet werden. Kabeldaten: $Z_0 = 50 \Omega$, $C' = 101 \text{pFm}^{-1}$.

- Wie Lang muss das Kabel sein ?
- Wie gross wird C_{Last} , wenn ein L mit 100Ω Impedanz entstehen soll ?

Aufgabe 19

Berechnen und skizzieren Sie den Verlauf der Spannung auf einer kurzgeschlossenen Leitung, die mit einem sinusförmigen Signal von 10 MHz gespeist wird.
Leitungsdaten: Wellenimpedanz 50Ω , Kapazitätsbelag 100 pFm^{-1} .

- a) Wie gross wird die Eingangsspannung bei einer Kabellänge von 45 m und einem Kurzschlussstrom von 100 mA ?
- b) Wie sieht der Stromverlauf auf dieser Leitung aus ? und wie gross ist der Eingangsstrom ?
- c) Wie gross wird die Eingangsspannung bei 5 V am Leitungsabschluss und
 - ca) bei einem offenen Leitungsende ?
 - cb) bei einem kapazitiven Abschluss ? $-j50 \Omega$
 - cc) bei einem induktiven Abschluss ? $j50 \Omega$
- d) Wie sieht der Spannungsverlauf aus bei einem offenen Leitungsende, wenn eine Dämpfung von 0,01 Neper auf der Leitung herrscht ?

Aufgabe 20

Die nachfolgenden Fragen sollen mit Hilfe der Smith - Chart beantwortet werden.
Die Wellenimpedanz der Leitung beträgt $Z_0 = 50 \Omega$.

- a) Wo sind die Abschlussimpedanzen Z_{0Li} im Smith - Diagramm zu finden ?
- b) Wie gross wird der zugehörige Reflexionsfaktor r ?
- c) Wie gross sind die maximalen und minimalen Spannungen entlang der Leitung ? An der Last herrschen 10 V.
- d) Wie gross sind die Distanzen der gefundenen Maxima und Minima bis zum Leitungsende ? Die Wellenlänge betrage 4 Meter.

Z_L [Ω]	r	U_{\min}	U_{\max}	I_{\min}	I_{\max}
∞					
0					
50					
$-j \cdot 50$					
$j \cdot 50$					
$50 + j \cdot 50$					
100					
10					
$40 + j \cdot 20$					
$80 - j \cdot 10$					
$50 - j \cdot 50$					

Aufgabe 21

Eine verlustlose Leitung mit einer Wellenimpedanz von 70Ω wird mit einer Impedanz von $(115 + j 80) \Omega$ belastet. Übertragen werde ein Signal mit einer Wellenlänge von $2,5 \text{ m}$ und einer Leistung von 50 W .

- a) Bestimmen Sie die normierte Impedanz (Z_L/Z_0).
 - b) Bestimmen Sie mit Hilfe der Smith - Chart: die maximale und die minimale Impedanz auf der Leitung, sowie das Verhältnis der maximalen zur minimalen Spannung.
 - c) In welchem Abstand zur Last befinden sich Spannungsminima und Spannungsmaxima ?
 - d) Wie gross sind die maximale und die minimale Spannung ?
 - e) Wie gross sind der Strom und die Spannung an der Last ?
 - f) Wie gross ist die Eingangsimpedanz, wenn das Kabel 50 m lang ist ?
-

Aufgabe 22

Eine Last von 60Ω werden irrtümlich an ein Kabel mit 240Ω Wellenimpedanz angeschlossen.

- a) Wie gross wird der Reflexionsfaktor ?
 - b) Es wird ein Leistung von 1 mW eingespeist. Welche Leistung nimmt die Last auf ?
 - c) Welche Dämpfung in dB resultiert aus dieser Fehlanpassung ?
 - d) Wie lautet die Formel zur Berechnung dieser Anpassungsdämpfung aus dem Reflexionsfaktor ?
-

Aufgabe 23

Mit einer Messleitung (längs der Leitung verschiebbare Sonde) wird die Spannungsverteilung längs der Leitung untersucht. Was lässt sich über den Reflexionsfaktor aussagen, wenn die Spannung zwischen 500 mV und 2 V variiert ?

Aufgabe 24

Welcher Spannungs- und Stromverlauf ist richtig ?

Aufgabe 25

Welcher Spannungs- und Stromverlauf ist richtig ?