

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Hausübung 1

Während des Semesters besteht die Möglichkeit, insgesamt 4 Hausübungen eigenständig zu bearbeiten und im Tutorium zur Korrektur abzugeben. Werden mindestens 50% der Gesamtpunkte der Hausübungen erreicht, erhält der Studierende bei bestandener schriftlicher Prüfung einen Notenbonus von 0,3 bzw. 0,4 Notenpunkten. Der einmal erworbene Notenbonus bleibt für eine eventuelle schriftliche Prüfung in einem späteren Semester bestehen. Die Hausübung stellt eine freiwillige Zusatzleistung dar, d.h. auch ohne den Notenbonus kann in der Klausur die volle Punktzahl bzw. die Bestnote erreicht werden.

Aufgabe 1

Führen Sie die folgenden Umrechnungen durch (mit Umrechnungsformel): (jeweils 1 Punkt)

a)

2 W in dBm

b)

17 dBm in mW

c)

1 dB μ V in μ V

d)

100 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

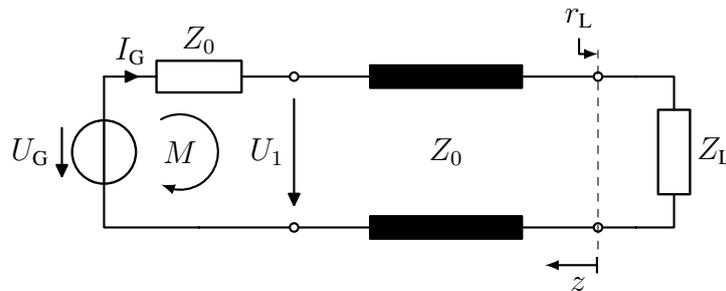
e)

135° in rad

Aufgabe 2

Gegeben sei die in der Skizze gezeigte, verlustfreie Leitung mit Leitungswellenwiderstand Z_0 . Die Leitung wird von einer Wechselspannungsquelle gespeist, die eine komplexe Spannungsamplitude von U_G und einen Innenwiderstand von Z_0 aufweist.

Im Folgenden soll schrittweise die Spannungsverteilung auf der Leitung für eine allgemeine Lastimpedanz Z_L hergeleitet werden.



a)

Zunächst soll die komplexe Amplitude $U_{1,H}$ der hinlaufenden Spannungswelle am Eingang der Leitung in Abhängigkeit der Generatorspannung berechnet werden. (2 Punkte)

Hinweis: Nutzen Sie die Maschengleichung entlang des Umlaufs M sowie die Beziehungen

$$U(z) = U_H(z) + U_R(z) \quad (1)$$

$$I(z) = I_H(z) - I_R(z) \quad (2)$$

$$\frac{U_H(z)}{I_H(z)} = \frac{U_R(z)}{I_R(z)} = Z_0 \quad (3)$$

b)

Leiten Sie die Formel $|U(z)| = |U_{1,H}| \cdot |1 + r_L e^{j(\varphi_L - 2\beta z)}|$ für den Betrag der Spannungsamplitude her. Hier bezeichnet $r_L = |r_L| e^{j\varphi_L}$ den Reflexionsfaktor der Lastimpedanz. (2 Punkte)

Hinweis: Starten Sie mit der Gleichung $U(z) = U_H(z) + U_R(z)$, und verwenden Sie die unten angegebenen Relationen zur Transformation der Spannungsamplituden auf der Leitung (s. Skript S. 19, 21-22). Nehmen Sie die Betragsbildung erst vor, wenn Sie einen Ausdruck für $U(z)$ in Abhängigkeit von $U_{1,H}$ und r_L gefunden haben.

$$\begin{aligned}U_{\text{H}}(z) &= U_{1,\text{H}}e^{-j\beta(l-z)} \\U_{\text{R}}(z) &= U_{1,\text{R}}e^{j\beta(l-z)} \\r(z) &= \frac{U_{\text{R}}(z)}{U_{\text{H}}(z)} = r_{\text{L}}e^{-j2\beta z}\end{aligned}$$

c)

Leiten Sie nun die Bedingungen für z her, damit $|U(z)|$ maximal bzw. minimal wird, und berechnen Sie das zugehörige Maximum $|U(z)|_{\text{max}}$ bzw. Minimum $|U(z)|_{\text{min}}$. (4 Punkte)

Hinweis: Betrachten Sie den Term $e^{j(\varphi_{\text{L}}-2\beta z)}$ in Abhängigkeit von z und die Auswirkungen auf $|U(z)|$.

Aufgabe 3

Die allgemeinen Erkenntnisse aus der vorherigen Aufgabe sollen nun auf ein konkretes Beispiel angewendet werden. Gegeben sei wieder die in der Skizze zu Aufgabe 2 gezeigte, verlustfreie Leitung mit Leitungswellenwiderstand $Z_0 = 50 \Omega$. Die Leitung wird von einer Wechselspannungsquelle gespeist, die eine komplexe Spannungsamplitude von $U_G = 5 \text{ V}$ und einen Innenwiderstand von $Z_0 = 50 \Omega$ aufweist. Die Lastimpedanz beträgt $Z_L = -j50 \Omega$.

a)

Berechnen Sie Betrag und Phase des Reflexionsfaktors r_L . (1 Punkt)

b)

Berechnen Sie die Werte für z , bei denen $|U(z)|$ maximal bzw. minimal wird. (2 Punkte)

Hinweis: Wenn Sie in Aufgabe 3 c) kein Ergebnis erzielt haben, nutzen Sie die Formeln

$$\begin{aligned}\varphi_L - 2\beta z_{\max} &= n \cdot 2\pi \quad n \in \mathbb{Z} \\ \varphi_L - 2\beta z_{\min} &= \pi + n \cdot 2\pi \quad n \in \mathbb{Z}\end{aligned}$$

c)

Berechnen Sie den Maximal- und Minimalwert für $|U(z)|$. (2 Punkte)

Hinweis: Wenn Sie in Aufgabe 3 c) kein Ergebnis erzielt haben, nutzen Sie die Formeln

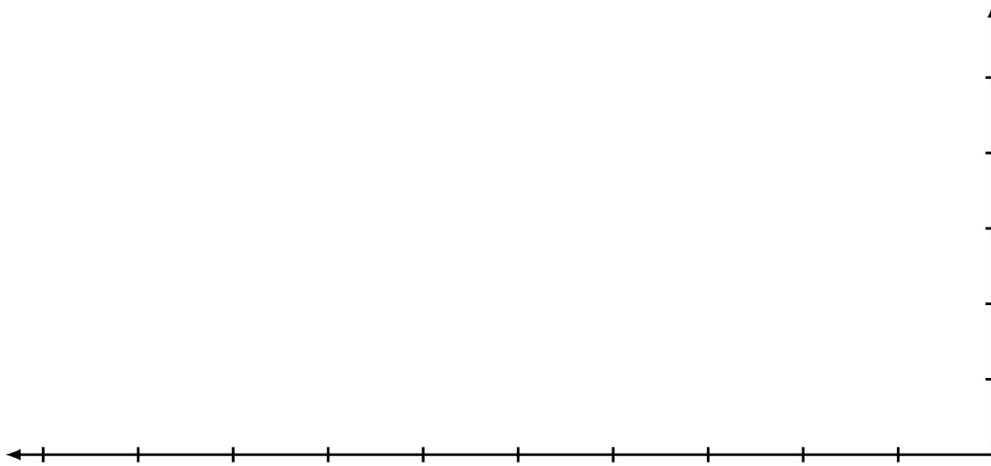
$$\begin{aligned}|U(z)|_{\max} &= \frac{|U_G|}{2} \cdot (1 + |r_L|) \\ |U(z)|_{\min} &= \frac{|U_G|}{2} \cdot (1 - |r_L|)\end{aligned}$$

d)

Berechnen Sie den Wert für $|U(z)|$ an der Stelle $z = 0$. (1 Punkt)

e)

Zeichnen Sie den Verlauf von $|U(z)|$ in untenstehendes Diagramm ein. (1 Punkt)

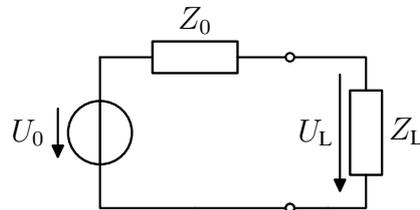


Bewertungsrichtlinie:

- 0,5 Punkte für korrekte Stellen der Minima/Maxima, 0,5 Punkte für korrekte Minimal-/Maximalwerte

Aufgabe 4

Gegeben sei die unten abgebildete Quelle, die aus einer Wechselspannungsquelle mit komplexer Amplitude U_0 und der komplexen Generatorimpedanz Z_0 besteht, und mit der Lastimpedanz Z_L verbunden ist.



a)

Berechnen Sie allgemein die komplexe Spannungsamplitude U_L in Abhängigkeit von U_0 , Z_0 und Z_L . (1 Punkt)

b)

Berechnen Sie allgemein die in der Lastimpedanz umgesetzte Wirkleistung P_L in Abhängigkeit von U_0 , Z_0 und Z_L . (2 Punkte)

c)

Vereinfachen Sie Ihre Lösung aus Aufgabenteil b) für den Fall $Z_0 = Z_L = R_0$, wobei R_0 rein reell ist. (1 Punkt)

d)

Berechnen Sie P_L für den Fall $Z_0 = 50 \Omega$, $Z_L = (10 + j5) \Omega$ und $U_0 = 2e^{j\frac{\pi}{4}} \text{ V}$. (1 Punkt)