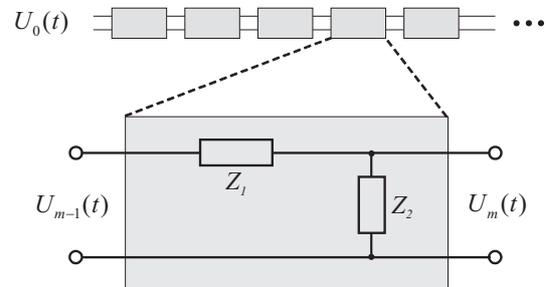


ÜBUNGSAUFGABEN (I)

(Besprechung Donnerstag, 31.10.2019)

Aufgabe 1: (5 Punkte)

Auf einer eindimensionalen Kette gleicher Schaltungsblöcke mit komplexen Widerständen Z_1 und Z_2 breitet sich eine elektromagnetische Welle mit der Wellenlänge λ bzw. der Wellenzahl $k = 2\pi/\lambda$ aus. Die elektrische Anregung erfolgt an der linken Seite mit einer Spannung $\mathfrak{U}_0(t) = U_0 \exp(i\omega t)$ mit Winkelfrequenz ω . Die Spannung am Ausgang des m -ten Kettenelements ($m \in \mathbb{Z}$) sei gegeben durch $\mathfrak{U}_m(t) = U_m \exp(i\omega t)$.



- a) Zeigen Sie durch Anwendung der Kirchhoffschen Regeln, dass für die Amplituden benachbarter Elemente die Beziehung gilt:

$$\frac{U_{m-1} - 2U_m + U_{m+1}}{Z_1} = \frac{U_m}{Z_2}$$

Beachten Sie, dass sich der durch Z_1 fließende Strom I_{m-1} in *zwei* Ströme verzweigt.

- b) Die Gleichung wird gelöst mit dem Ansatz $U_m = U_0 \exp(-ikm)$. Zeigen Sie, dass sich dann für $k \ll 1$ die Relation $Z_1/Z_2 = -k^2$ ergibt.
- c) Z_1 sei gegeben durch eine Serienschaltung aus Induktivität L und Kapazität C und Z_2 sei gegeben durch eine Parallelschaltung von L und C (gleiche Werte von C und L in Z_1 und Z_2). Bestimmen Sie mittels (b) die Dispersionsrelation $k(\omega)$.

Aufgabe 2: (6 Punkte)

Über einem Schreibtisch hängt eine kleine kugelförmige Lampe mit Reflektor, die ihren gesamten Lichtstrom von $\Phi_v = 1500 \text{ lm}$ gleichmäßig in einen Lichtkegel mit halbem Öffnungswinkel von $\vartheta_0 = 45^\circ$ abstrahlt. Ein gut beleuchteter Arbeitsplatz sollte etwa eine Beleuchtungsstärke von $E_v = 500 \text{ lx}$ aufweisen.

- a) Wie groß ist die Lichtstärke I_v der Lichtquelle?
- b) Welche Entfernung d darf der Strahler von der Schreibfläche haben? Die Inhomogenität der Beleuchtung auf der planen Schreibtischfläche können Sie vernachlässigen.
- c) Welche elektrische Leistung P benötigt die Lampe mindestens? Informieren Sie sich, wie groß die elektrischen Leistungen einer Glühbirne, einer weißen Leuchtdiode, einer Energiesparlampe sowie einer Natriumdampf-Hochdrucklampe (gelbe Straßenbeleuchtung) bei dem gegebenen Lichtstrom tatsächlich sind.

Aufgabe 3: (6 Punkte)

Bei einem idealen Gas gilt für Druck P , Volumen V und Temperatur T der einfache Zusammenhang $PV = nRT$ mit Molzahl n und allgemeiner Gaskonstante $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol K})$. Diese Zustandsgleichung lässt sich zum Bau eines Gasthermometers ausnutzen. Ein annähernd ideales Gas wird in ein Gefäß gegeben ($T_0 = 20^\circ\text{C}$, $V_0 = 100 \text{ cm}^3$) und durch Quecksilber (Hg) in einem U-förmigen Glasrohr eingeschlossen. Das U-Rohr ist aufgrund der Schlauchverbindung in seiner Höhe variabel verstellbar, der Außendruck sei $P_0 = 1013 \text{ hPa}$. Die Temperaturänderung ΔT soll entweder durch die Volumenänderung (mittels h_0) bei konstantem Gasdruck P_0 oder durch die Druckänderung (mittels Δh) bei konstantem Volumen V_0 gemessen werden. Wie können diese Fälle für die gezeigte Anordnung jeweils experimentell realisiert werden? Leiten Sie h_0 bzw. Δh als Funktion der Temperatur her und berechnen Sie deren Zahlenwerte für $\Delta T = 1 \text{ K}$.

