

1.2.1 Frequenzverhalten eines Tiefpass-Messgliedes

Sachworte: RC-Tiefpass, Verzögerungslied 1.Ordnung, Frequenzgang, Amplitudengang, Phasengang

Das Frequenz- und Zeitverhalten vieler Messglieder (Sensoren, Verstärker, usw.) ist von 1. Ordnung und lässt sich durch eine RC-Ersatzschaltung (Bild 1) darstellen. Für die Ersatzschaltung sollen die im Buch angegebenen Beziehungen noch einmal abgeleitet werden. Gleichzeitig wird in dieser Aufgabe das Rechnen mit komplexen Größen geübt.

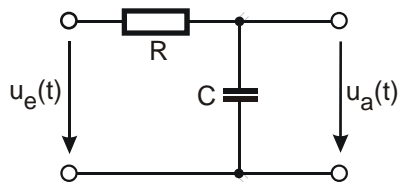


Bild 1

Fragen:

a) Frequenzgang

- a1) Geben Sie für die RC-Schaltung von Bild 1 den komplexen Frequenzgang $\underline{G}(jf) = U_a(jf)/U_e(jf)$ an.
- a2) Spalten Sie den Frequenzgang in seinen Realteil $\text{Re}\{\underline{G}(jf)\}$ und Imaginärteil $\text{Im}\{\underline{G}(jf)\}$ auf.

b) Amplitudengang

- b1) Geben Sie den Amplitudengang $G(f) = |\underline{G}(jf)|$ an.
- b2) Welchen Wert hat der Amplitudengang für den Grenzfall $f = 0$ Hz?
- b3) Wie lautet der Amplitudengang für niedrige Frequenzen mit $fRC \ll 1$?
- b4) Wie lautet der Amplitudengang für hohe Frequenzen mit $fRC \gg 1$?

c) Grenzfrequenz

- c1) Wie ist die Grenzfrequenz f_g definiert und wie lautet $f_g = g(R,C)$?
- c2) Die obigen Formeln für den Frequenzgang \underline{G} und den Amplitudengang G sind jetzt in der Form $\underline{G}(j f/f_g)$ bzw. $G(f/f_g)$ anzugeben.
- c3) Wie groß ist der Wert des Amplitudenganges $G(f_g)$ bei der Grenzfrequenz f_g ?

c4) Vervollständigen Sie die Tabelle.

G (f = 0 Hz)	
G (f << f _g)	
G (f = f _g)	
G (f >> f _g)	

d) Phasengang

d1) Ermitteln Sie den Phasengang $\varphi(f)$ und $\varphi(f/f_g)$.

d2) Wie groß ist die Phasenverschiebung φ zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung bei den Frequenzen 0 Hz, f_g und f >> f_g?

e) Zahlenbeispiel

Gegeben ist die RC-Ersatzschaltung (Bild 1) zweier Sensoren mit den Komponenten R₁ und C₁ bzw. R₂ und C₂. Die entsprechenden Frequenzgänge seien $\underline{G}_1(jf)$ und $\underline{G}_2(jf)$.

$$R_1 = 0,16 \text{ M}\Omega$$

$$R_2 = 0,16 \text{ M}\Omega$$

$$C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

$$C_2 = 200 \text{ nF}$$

e1) Welchen Wert in Hz haben die Grenzfrequenzen f_{g1} und f_{g2}?

e2) Welchen Wert haben die Amplitudengänge G bei f = 0 Hz?

e3) Welchen Wert haben die Amplitudengänge G bei f = 10 f_g und f = 100 f_g

e4) Zeichnen Sie die Amplitudengänge beider Sensoren für den Frequenzbereich 0,1 f_g bis 10 f_g in ein gemeinsames Diagramm ein.

e5) Zeichnen Sie den Phasengang $\varphi_1(f)$ und $\varphi_2(f)$ für die beiden Sensoren in ein gemeinsames Diagramm ein. Berechnen Sie dazu die folgenden Zahlenwerte:

φ (f = 0 Hz)	
φ (f = f _g)	
φ (f = 100 f _g)	

f) Wie lässt sich aus dem Diagramm eines Amplitudenganges graphisch die Grenzfrequenz f_g ermitteln?

8