

## 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.

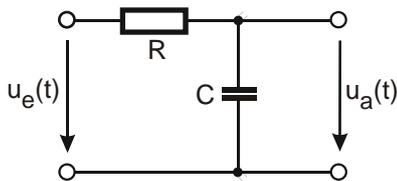


Bild 1

### 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 <sub>g</sub> )	
G (f = f <sub>g</sub> )	
G (f >> f <sub>g</sub> )	

d) Phasengang

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

d2) Wie groß ist die Phasenverschiebung  $\varphi$  zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung bei den Frequenzen 0 Hz, f<sub>g</sub> und f >> f<sub>g</sub>?

e) Zahlenbeispiel

Gegeben ist die RC-Ersatzschaltung (Bild 1) zweier Sensoren mit den Komponenten R<sub>1</sub> und C<sub>1</sub> bzw. R<sub>2</sub> und C<sub>2</sub>. 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<sub>g1</sub> und f<sub>g2</sub>?

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

e3) Welchen Wert haben die Amplitudengänge G bei f = 10 f<sub>g</sub> und f = 100 f<sub>g</sub>

e4) Zeichnen Sie die Amplitudengänge beider Sensoren für den Frequenzbereich 0,1 f<sub>g</sub> bis 10 f<sub>g</sub> 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:

$\varphi$ (f = 0 Hz)	
$\varphi$ (f = f <sub>g</sub> )	
$\varphi$ (f = 100 f <sub>g</sub> )	

f) Wie lässt sich aus dem Diagramm eines Amplitudenganges graphisch die Grenzfrequenz f<sub>g</sub> ermitteln?

8