

Zusatzaufgabe zur Übungseinheit vom 2. 5. 2012:

Wie per e-mail verständigt wird Beispiel 3.5 als freiwillige Hausübung gegeben. Da es sich um ein gesamtes Übungsbeispiel handelt, werden für jede richtigen Lösung 4 Punkte vergeben. Lösungen können bis 9. 5. 2012 um 12:00 per e-mail an graber@tugraz.at abgegeben werden. Nach dem Abgabetermin werden die Lösungen veröffentlicht.

Beispiel 3.5

Von einem dielektrischen Wandler sind folgende Kenndaten bekannt:

Membranradius $r_M = 9 \text{ mm}$, Membranabstand $x_{\perp} = 30 \text{ } \mu\text{m}$, Membranmasse $m = 1 \text{ mg}$,

Membransteifigkeit $s = 50 \text{ kN/m}$, Reibwiderstand der Membran $R_m = 0,5 \text{ Ns/m}$.

Polarisationsspannung am Plattenkondensator $U_{\perp} = 48 \text{ V}$, Zuleitungskapazität $C_Z = 1 \text{ pF}$.

- a) Geben Sie das elektromechanische Ersatzschaltbild (ESB) für den realen dielektrischen Wandler an und das elektrische ESB für FU-Analogie
- b) Bestimmen Sie die Wandlerkonstante α und alle Bauteilwerte für das elektrische ESB. (Dielektrizitätskonstante für Luft: $\varepsilon_L \approx \varepsilon_0 = 8,8542 \text{ pF/m}$).

eingegangene Lösungen auf den Folgeseiten

Lösung 1 von 3 (3,5 von 4 Punkten):
 Andreas Fuchs (Rechenfehler bei R_M)

Andreas FUCHS
9773819

EA - HÜ

3.5

a) elektromechanisches ESB

elektrisches ESB

b) $\alpha = \frac{U_z}{x_z} = \frac{48V}{30\mu m} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{KV}{mm}$

vereinfachtes elektrisches ESB $C = C_z \Rightarrow N_u = C_z \cdot \alpha$

$C_z = 1 \text{ pF}$

$C_z = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{x_z} = \frac{\epsilon_0 \cdot (9\text{mm})^2 \pi}{30\mu m} = 75,1 \text{ pF} \Rightarrow N_u = 120,166 \cdot 10^{-6} \frac{F \cdot V}{m}$

$C_M = \frac{N_u^2}{s} = \frac{N_u^2}{50 \text{ kN/m}} = 0,28879 \text{ pF} = \frac{F \cdot V}{m} = \frac{As \cdot V}{mV} = \frac{Vs}{mV} = \frac{V}{V}$

$C_M^* = \frac{C_z \cdot C_M}{C_z + C_M} = 0,28913 \text{ pF}$

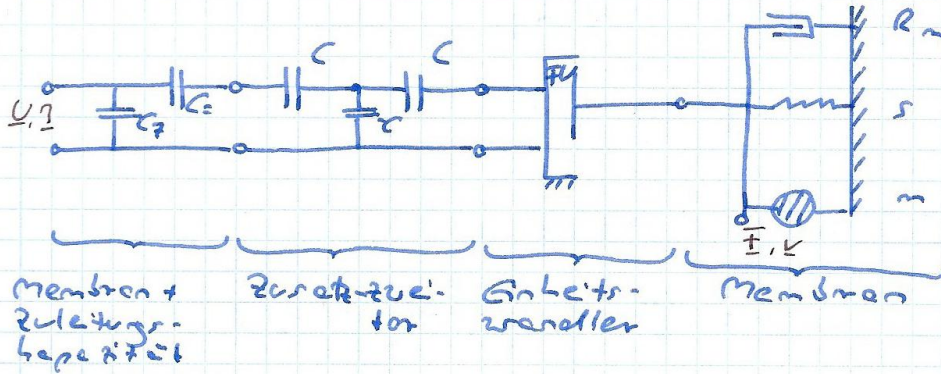
$L_M = \frac{m}{N_u^2} = \frac{1 \text{ mg}}{N_u^2} = 69,2529 \text{ H}$

$R_M = \frac{R_m}{N_u^2} = \frac{0,5 \frac{Vs}{m}}{N_u^2} = 34,6262 \Omega$

Lösung 2 von 3 (3,5 von 4 Punkten):
Theresa Loss (Rechenfehler bei R_M)

Lösung zu Beispiel 3.5

a) Elektromechanisches Ersatzschaltbild

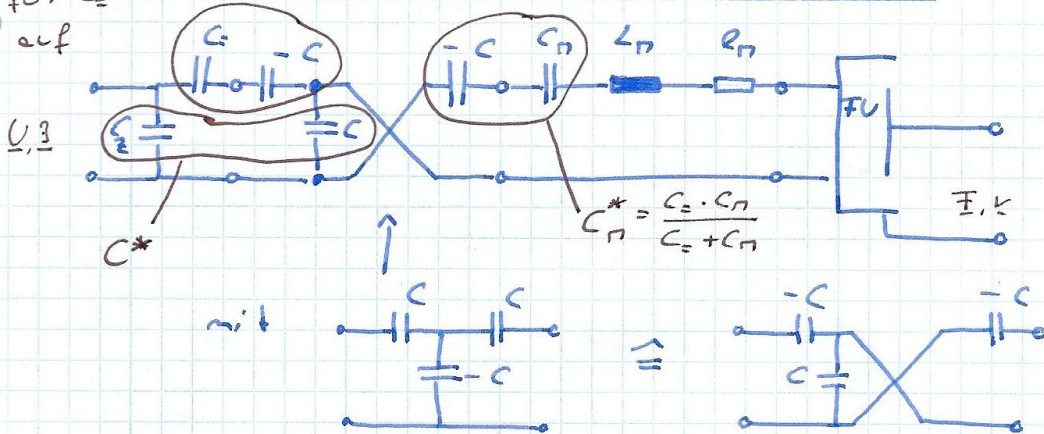


physikalisch: diel. Wandler ist eigentlich FI-Wandler

Zusatzzeiter: wandelt $I \rightarrow U$
→ daher wird der FU-Gleit-erwandler verwendet

hebt sich für $C_1 = C_2$ auf

Elektrisches Ersatzschaltbild



b) Bestimmung der Bauteilwerte

geg. : $r_n = 3 \text{ mm}$ $s = 50 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
 $x_n = 30 \mu\text{m}$ $R_m = 0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}}$
 $m = 1 \text{ mg}$ $U_n = 48 \text{ V}$
 $C_2 = 1 \text{ pF}$

Wandeleigenschaften α :

$$\alpha = \frac{U_n}{x_n} = \frac{48 \text{ V}}{30 \mu\text{m}} = 1,6 \frac{\text{V}}{\mu\text{m}}$$

$$N_L = C_2 \cdot \alpha \Rightarrow C_2 = \epsilon \cdot \frac{A}{x_n}$$

$$= 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot \frac{(3 \text{ mm})^2 \cdot \pi}{30 \mu\text{m}}$$

$$= 75,1 \text{ pF} \quad \left[\frac{\text{As}}{\text{V}} \right]$$

$$\Rightarrow N_L = 1,6 \frac{\text{V}}{\mu\text{m}} \cdot 75,1 \text{ pF} = 0,00012 \frac{\text{As}}{\text{m}}$$

$$\text{mit } \left[\frac{\text{As}}{\text{m}} \right] \hat{=} \left[\frac{\text{Vs}}{\text{V}} \right]$$

Bauteilwerte

$$R_M = \frac{R_m}{N_L^2} = \frac{0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}}}{(0,00012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}})^2} = 34,72 \text{ k}\Omega$$

$$L_n = \frac{m}{N_L^2} = \frac{1 \text{ mg}}{(0,00012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}})^2} = 69,4 \text{ H}$$

$$C_n = \frac{N_L^2}{s} = \frac{(0,00012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}})^2}{50 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = 0,288 \text{ pF}$$

Lösung 3 von 3 (2 von 4 Punkten):

Thomas Mayr (Ansatzfehler bei C_2 , Folgefehler für N_U und alle Bauteilwerte, Berechnung mit $N_U = 1$ ist falsch)

MAYA THOMAS
087. . .

EL EKTROAKUSTIK ÜBUNG - 5.2012

BEIS 3.5

DIELEKTRISCHE WALE

$r_H = 9 \mu m$ $s = 50 \text{ KN/m}$ $U_1 = 18 \text{ V}$
 $= 30 \mu m$ $R_m = 0, \text{ Ns/m}$ $C_2 = 1 \text{ p}$
 $m = 1 \text{ mg}$

a) ELEKTROMECHANISCHES ES

LEITUNGSCHEMES ES

$C^* = C_2 \parallel C$ $C_m^* = \frac{C_1 \cdot C_m}{C_1 - C_m}$

$$b) \quad d = \frac{U_z}{x_z} = \frac{48V}{30\mu m} = \underline{\underline{1,6 \cdot 10^6 V/m}}$$

GERECHNET
MIT $N_{O_2} = 1$

$$R_H = \frac{R_m}{N_{O_2}^2} = \frac{0,5 Ns/m}{1 N^2/V^2} = \underline{\underline{0,5 \Omega}} \rightarrow \frac{Ns \cdot V^2}{N^2 m} = \frac{s \cdot V^2}{Nm} = \frac{s \cdot V^2}{VA s} = \underline{\underline{\frac{V}{A} = \Omega}}$$

$$L_H = \frac{m}{N_{O_2}^2} = \frac{1 mg}{1 N^2/V^2} = \underline{\underline{1 mH}}$$

$$C_H = \frac{N_{O_2}^2}{s} = \frac{1 N^2/V^2}{50 kN/m} = \underline{\underline{2 \cdot 10^{-5} F}} \rightarrow \frac{N^2 m}{N \cdot V^2} = \frac{Nm}{V^2} = \frac{VA s}{V^2} = \frac{As}{V} = \underline{\underline{1 F}}$$

$$C_z = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{x_z} = \frac{8,8542 pF/m \cdot 2\pi \cdot \overset{9 \cdot 10^{-3} m}{m^2}}{30 \cdot 10^{-6} m} = \underline{\underline{1,502 \cdot 10^{-10} F}}$$

$$N_{O_2}^2 C_z \cdot d = 1,502 \cdot 10^{-10} F \cdot 1,6 \cdot 10^6 V/m = \underline{\underline{2,403 \cdot 10^{-4} \frac{N^2}{V^2}}}$$

GERECHNET
MIT N_{O_2}

$$R_H = \frac{R_m}{N_{O_2}^2} = \frac{0,5 Ns/m}{\left(\frac{2,403 \cdot 10^{-10} N^2}{V}\right)^2} = \underline{\underline{2080,44 \Omega}} \quad \underline{\underline{8656535,885 \Omega}}$$

$$L_H = \frac{m}{N_{O_2}^2} = \frac{1 mg}{\left(\frac{2,403 \cdot 10^{-10} N^2}{V}\right)^2} = \underline{\underline{4,16 H}} \quad \underline{\underline{17313,1 H}}$$

$$C_H = \frac{N_{O_2}^2}{s} = \frac{\left(\frac{2,403 \cdot 10^{-10} N^2}{V}\right)^2}{(50 kN/m)^2} = \underline{\underline{1,16 \cdot 10^{-12} F}}$$