

1. AKUSTIKA

Určete nejvhodnější vzorec pro odhad doby dozvuku místnosti, jejíž střední činitel pohltivosti odhadujeme na 0,5. Vypočtete odhad doby dozvuku pravidelné místnosti s tímto středním činitelem pohltivosti, která má půdorys 10 x 7 m a výšku 3 m. Vypočtete odhad kritického kmitočtu této místnosti.

ŘEŠENÍ

Pro výpočet odhadu doby dozvuku při středním činiteli pohltivosti $0,3 < \alpha < 0,8$ je vhodný Eyringův vzorec.

2 body

Objem místnosti: 210 m^3

Obsah stěn místnosti: 242 m^2

Doba dozvuku podle Eyringa:

$$T = 0,164 \frac{V}{-S \ln(1-\alpha)} = 0,164 \frac{210}{-242 \ln(1-0,5)} = 0,20 \text{ s}$$

5 bodů (i v případě použití výpočtu podle Sabina nebo Millingtona)

Odhad kritického kmitočtu:

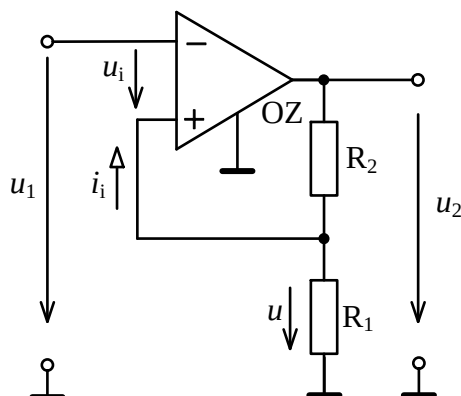
$$f_k = 2000 \sqrt{\frac{T}{V}} = 2000 \sqrt{\frac{0,2}{210}} = 73 \text{ Hz}$$

3 body (i v případě použití výpočtu podle Sabina nebo Millingtona)

2. ANALOGOVÁ NÍZKOFREKVENČNÍ TECHNIKA

Nakreslete neinvertující zapojení zesilovače s operačním zesilovačem. Odvoďte jeho napětový přenos za předpokladu, že vlastnosti operačního zesilovače se blíží ideálním.

ŘEŠENÍ



5 bodů

Pokud se OZ blíží ideálnímu, pak $i_i \approx 0$ a $u_i \approx 0$. Protože $i_i \approx 0$, řešíme dělič R_1, R_2 jako nezatížený

$$u \approx \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_2$$

Protože $u_i \approx 0$, bude $u \approx u_1$

$$u_1 \approx \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_2 \Rightarrow u_2 \approx \frac{R_1 + R_2}{R_1} u_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_1 = A_u u_1$$

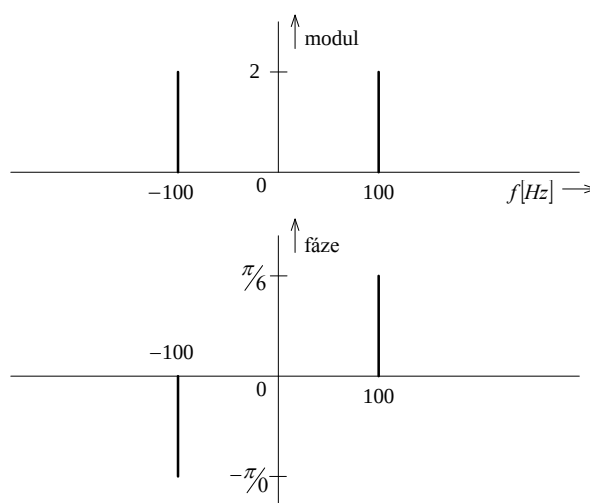
5 bodů

3. ČÍSLICOVÉ ZPRACOVÁNÍ ZVUKOVÝCH SIGNÁLŮ

Je dán spojitý harmonický signál $s(t) = 4 \cos(\omega t + \pi/6)$, jehož kmitočet je 100 Hz. Nakreslete oboustranné komplexní spektrum (amplitudové i fázové) daného signálu. Nakreslete modulové spektrum signálu po jeho diskretizaci (ideálním vzorkování), jestliže byl použit vzorkovací kmitočet 300 Hz.

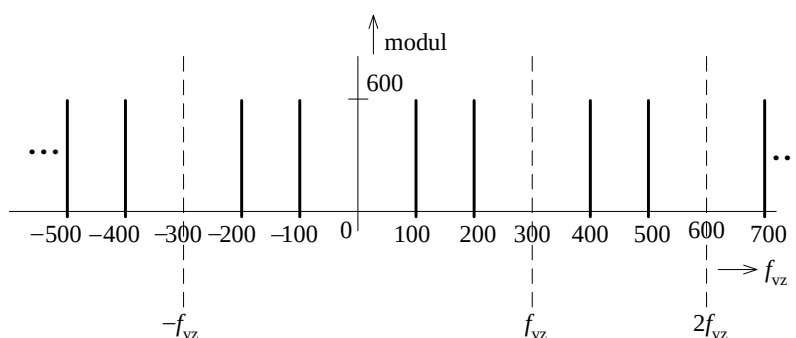
ŘEŠENÍ

Oboustranné komplexní spektrum (amplitudové i fázové) daného signálu



5 bodů

Modulové spektrum signálu po jeho diskretizaci (ideálním vzorkování)



5 bodů

4. ELEKTROAKUSTIKA

Vypočtete citlivost mikrofonu v mV/Pa, jestliže při kalibraci tónovým kalibrátorem s hladinou akustického tlaku 114 dB(SPL) bylo jeho výstupní napětí 110 mV. Dále spočítejte dynamický rozsah tohoto mikrofonu, jestliže maximální hladina akustického tlaku pro zkreslení výstupního signálu 1 % je 140 dB(SPL) a vlastní šum mikrofonu je 0,001 mV.

ŘEŠENÍ

Akustický tlak p kalibračního signálu s hladinou akustického tlaku L_p :

$$p = p_0 \cdot 10^{L_p/20} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{114/20} = 10 \text{ Pa}.$$

Citlivost mikrofonu získáme z výstupního napětí U a budícího akustického tlaku p :

$$\eta = \frac{|U|}{|p|} = \frac{|0,11|}{|10|} = 11 \text{ mV/Pa}$$

4 body

a) Výpočet z rozdílu hladin akustických tlaků

Z vlastního šumu mikrofonu EIN a citlivosti mikrofonu spočítáme ekvivalentní hladinu šumu v dB(SPL):

$$L_{\text{noise}} = 20 \log \frac{U}{\eta \cdot EIN} = 20 \log \frac{1 \cdot 10^{-6}}{11 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-5}} = 13,2 \text{ dB(SPL)}.$$

Dynamický rozsah mikrofonu DR je dán rozdílem maximální hladina akustického tlaku a ekvivalentní hladiny šumu:

$$DR = L_{\text{max}} - L_{\text{noise}} = 140 - 13,2 = 126,8 \text{ dB}.$$

b) Výpočet z podílu výstupních napětí

Z citlivosti mikrofonu vypočítáme maximální výstupní napětí U_{max} pro maximální hladinu akustického tlaku L_{max} :

$$U_{\text{max}} = \eta \cdot p_{\text{max}} = \eta \cdot p_0 \cdot 10^{L_p/20} = 11 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{140/20} = 2,2 \text{ V}$$

Zlogaritmováním podílu maximálního výstupního napětí U_{max} a vlastního šumu mikrofonu U_{noise} získáme dynamický rozsah DR :

$$DR = 20 \log \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{noise}}} = 20 \log \frac{2,2}{1 \cdot 10^{-6}} = 126,8 \text{ dB}.$$

6 bodů

5. ZVUKOVÁ TECHNIKA

Vypočtete, jaký bude v ideálním případě maximální a minimální odstup v dB digitálně zaznamenávaného zvukového signálu od kvantovacího šumu (tj. odstup při nejtišších a nejhlasitějších pasážích), používáme-li 20bitový A/D převodník (19 bitů + znaménkový bit), dynamika zaznamenávaného je signálu 40 dB, požadujeme dynamickou rezervu pro špičky signálu 12 dB a další 3 dB rezervu pro skutečnou špičkovou hodnotu signálu.

ŘEŠENÍ

Pro maximální digitální úroveň signálu vyjádřenou v dBFS pro danou dynamickou rezervu platí

$$L_{\text{MAX}} = 0 - DRT - 3 = 0 - 12 - 3 = -15 \text{ dBFS}.$$

2 body

Pro minimální úroveň signálu při dané dynamice platí

$$L_{\text{MIN}} = L_{\text{MAX}} - DR = -15 - 40 = -55 \text{ dBFS}.$$

2 body

Pro odhad úrovně kvantovacího šumu 20bitového A/D převodu platí

$$L_{\text{N}} = 20 \log \frac{1}{2^{n-1}} = 20 \log \frac{1}{2^{19}} = -114 \text{ dBFS}.$$

4 body

Odstup signálu od kvantovacího šumu při maximální úrovni vstupního signálu SNR_{MAX} a při minimální úrovni SNR_{MIN} odhadneme pomocí rovnic

$$SNR_{\text{MAX}} = L_{\text{MAX}} - L_{\text{N}} = -15 - (-114) = 99 \text{ dB}$$

$$SNR_{\text{MIN}} = L_{\text{MIN}} - L_{\text{N}} = -55 - (-114) = 59 \text{ dB}.$$

2 body