

Názov cvičenia:

Hornopriepustný RC článok

Úlohy:
1. Odmerajte:

- útlmovú a fázovú frekvenčnú charakteristiku a fázorovú frekvenčnú charakteristiku hornopriepustného filtra (derivačný článok)

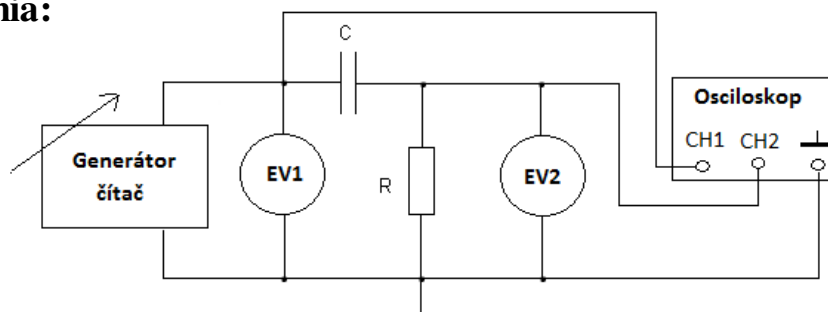
2. Vypočítajte:

- útlmovú frekvenčnú $a_u = F(f)$ a fázovú $\varphi = F(f)$ charakteristiku predloženého filtra

3. Nakreslite:

- útlmovú $a_u = F(f)$ a fázovú $\varphi = F(f)$ frekvenčnú charakteristiku a fázorovú frekvenčnú charakteristiku $A_U(f_n) = |A_U| \cdot e^{\pm j\varphi}$ na milimetrový papier alebo cez program Excel pre odmerané hodnoty

4. Porovnajte odmerané a vypočítané hodnoty hornopriepustného filtra

Schéma zapojenia:

Použité prístroje a pomôcky:

G+Č – generátor + čítač typ

EV1, EV2 – elektronické voltmetre typy

OSC – dvojkanálový osciloskop typ

prípojné vodiče

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt:

Predmet práce :

Frekvenčný filter – **integračný článok** – $R = \dots 68 \dots \Omega$ a $C = \dots 0,47 \dots \mu F$

Hraničná frekvencia filtra: dosadte konkrétne hodnoty do vzťahu

$$f_m = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 68 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}} = 4,979 \quad (\text{kHz})$$

Odmerané - $U_1 = \text{konšt.} = 1 \text{ V}$

f (kHz)	0,691	1,88	3,13	5,271	8,52	10,32	12,92	20,7
U ₂ (V)	0,2	0,45	0,6	0,707	0,76	0,77	0,78	0,79
A _u (-)	0,2	0,45	0,6	0,707	0,76	0,77	0,78	0,79
a _u (dB)	-13,98	-6,94	-4,44	-3,01	-2,38	-2,27	-2,16	-2,05
D (diel)	2,86	5,26	3,05	3,82	5,9	4,84	3,89	5,03
d (diel)	0,63	0,98	0,48	0,47	0,47	0,31	0,19	0,17
φ (°)	79,3	67,07	56,66	44,29	28,68	23,06	17,58	12,17

**Vypočítané**

f/f_m (-)	0,14	0,38	0,63	1,06	1,71	2,07	2,59	4,16
A_u (-)	0,14	0,35	0,53	0,73	0,86	0,9	0,93	0,97
a_u (dB)	-17,16	-8,99	-5,46	-2,76	-1,27	-0,91	-0,6	-0,25
φ (°)	82,1	63,31	57,84	43,37	30,3	25,76	21,08	13,52

Vzorce: Derivačný článok

Pre odmerané hodnoty: $U_1 = \text{konšt.} = 1 \text{ V}$

$$\text{Napäťový prenos } A_u(\omega) = \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} \quad (-) \qquad a_u(\omega) = 20 \log A_u(\omega) \quad (\text{dB})$$

$$\text{Fázový posuv } \varphi = \frac{d}{D} \cdot 360^\circ$$

Napäťový prenos A_U – je pomer výstupného napätia U_2 k vstupnému napätiu U_1 . Kvôli lepšiemu znázorneniu sa napäťový prenos používa v logaritmických mierach, v decibeloch (dB), potom hovoríme o útlmovej charakteristike.

Napäťový prenos derivačného článku sa dá odvodiť z pomerov impedancií, na ktorých pôsobia napätia U_1 a U_2 . **Pre vypočítané hodnoty:**

$$A_u(\omega) = \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau} \quad (-)$$

$\tau = R \cdot C$ (s) je časová konštanta.

Pretože A_U je komplexné číslo, obsahuje reálnu a imaginárnu zložku, takže môžeme písať:

a) absolútna hodnota napäťového prenosu

$$A_u = \frac{\frac{f}{f_m}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^2}} \quad (-) \qquad a_u = 20 \cdot \log \left(\frac{\frac{f}{f_m}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^2}} \right) \quad (\text{dB})$$

b) fázový posuv napäťového prenosu

$$\varphi = \arctg \frac{f_m}{f} \quad (^\circ)$$

Postup pri meraní: Meranie útlmovej frekvenčnej charakteristiky:

Vhodne si zvolíme pasívne súčiastky (R, C), tak aby hraničná frekvencia f_m mohla byť v rozmedzí 4-8 kHz, určite nie 1 kHz, kvôli osciloskopu, prepočítame vzťahom.

Zapojíme si obvod pre Derivačný článok, kde budeme potrebovať Generátor s čítačom, nemôžeme použiť Zdroj, keďže potrebujeme meniť frekvencie, 2 Elektronické voltmetre, pozor! nie Metex (kvôli sieťovej frekvencii 50 Hz) a tienené vodiče s BNC koncami.

V prvom rade si musíme na generátore nastaviť nami vypočítanú medznú frekvenciu a vstupné napätie si nastavíme generátorom na konštantnú hodnotu 1V. Ak je obvod správne naladený na výstupe by nám malo ukazovať napätie okolo 0,707 V. Keďže sme počítali s nominálnymi hodnotami súčiastok, tak namerané hodnoty sa budú líšiť

o tolerancie dané výrobcom. Ak by sme však tomu chceli predísť, tak by sme museli na generátore ladiť blízku frekvenciu našej vypočítanej a hľadať kedy sa bude výstupné napätie rovnať 0,707 V, aby meranie bolo presnejšie. Výstupné napätie sa mení zmenou frekvencie. Vypočítaná a nameraná medzná frekvencia sa budú teda líšiť.

Z hodnôt vstupného a výstupného napätia sme si vypočítali napäťový prenos $A_u = \frac{U_2}{U_1}$, ale ak $U_1 = 1V$, tak výstupné napätie $U_2 = A_u$.

Keďže do útlmovej charakteristiky sme potrebovali a_u v decibeloch, tak sme si ho vypočítali zo vzťahu $a_u = 20 \cdot \log A_u$. Vychádzali nám záporné čísla, keďže to bol pokles v decibeloch a pri hraničnej frekvencii f_m nám pokles vychádzal približne -3 db. Prevedieme zopár meraní s frekvenciami vyššími kde nám naopak v porovnaní s dolnou priepustou **výstupné napätie rastie** a s nižšími, kde **klesá** od medznej frekvencie a zostrojíme graf útlmovej charakteristiky.

Meranie fázového posuvu, fázovej charakteristiky:

Je tu dôležitá **kalibrácia osciloskopu**. V režime GND uzemníme obidva kanály CH1 a CH2 na stred obrazovky, čiže zároveň s osou x. Obidva kanály prepne do režimu AC. Následne do Mode Dual (režim prvého aj druhého kanála) - zosynchronizujeme. Generátorom si naladíme príslušnú frekvenciu, nastavíme si časovú základňu, aby na obrazovke bolo vidieť aspoň 1 periódu. Vhodnú vstupnú citlivosť pre CH1 aj CH2, tak aby signály mali rovnakú amplitúdu.

Budeme sa snažiť nastaviť signál, tak aby sme mali začiatok periódy na priesečník osi x a y. Sčítavame dieliky na osi x a konkrétne nás bude zaujímať perióda (D) jedného priebehu sínusoidy a fázový posun (d), čiže rozdiel medzi začiatkami dvoch priebehov. Fázový posun bude v kladných hodnotách, keďže z teórie o hornej priepusti vieme, že je v intervale $\langle 90^\circ; 0^\circ \rangle$. **Výstupný signál bude pred vstupným !** Následne sme si pomocou vzťahu pre výpočet uhla $\varphi = \frac{d}{D} \cdot 360^\circ$ vypočítali hodnotu uhla. Pri našej medznej frekvencii by nám tento uhol mal výjsť približne 45° . Prevedieme zopár meraní s frekvenciami vyššími, kde fázový posun a uhol sa bude znižovať a nižšími, kde sa bude zvyšovať od medznej frekvencie a zostrojíme graf fázovej charakteristiky.

Vyhodnotenie:

Elektrické filtre sú dvojbrány, ktoré signály.....**určitej frekvenčnej oblasti prepúšťajú, kým signály mimo tejto oblasti tlmia**.....

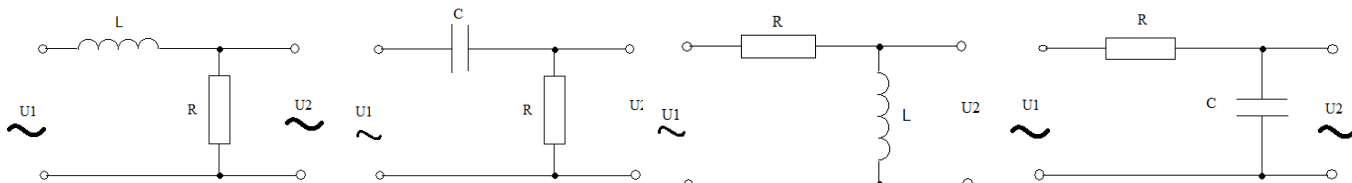
Rozdelenie lineárnych analógových filtrov:

- **hornopriepustný** – prepúšťa **vyššie frekvencie, ako je hraničná frekvencia**
- **pásmová priepusť** – prepúšťa pásmo frekvencií v okolí hraničnej frekvencie
- **pásmová zádrž** - **zadržiava pásmo frekvencií v okolí hraničnej frekvencie**
- **dolnopriepustný** - prepúšťa nižšie frekvencie ako je hraničná frekvencia

Hraničná (medzná) frekvencia filtra je frekvencia..... *pre, ktorú bude obvod pracovať*.....

a dá sa vypočítať: $f_m = \dots\dots\dots \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \frac{1}{2\pi \cdot L/R} \dots\dots\dots$ (.Hz.) , τ je..... *časová*
..... *konštanta*.....(.s.) a dá sa vypočítať $\tau = \dots\dots\dots RC = L/R \dots\dots\dots$ (.s.)

Nakreslite schému zapojenia elektrických filtrov podľa zadania:



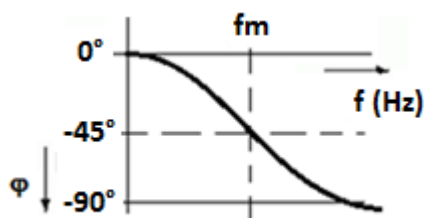
dolnopriepustný filter RL
... *Integračný*...článok

hornopriepustný filter RC
... *Derivačný*...článok

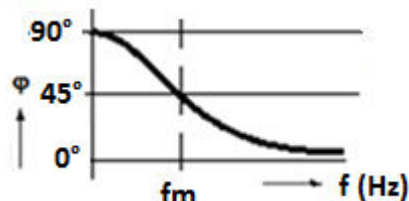
hornopriepustný filter RL
... *Derivačný*...článok

dolnopriepustný.filter RC
... *Integračný*...článok

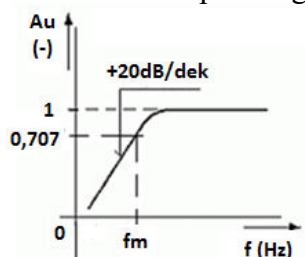
Nakreslite frekvenčné charakteristiky elektrických filtrov podľa zadania:



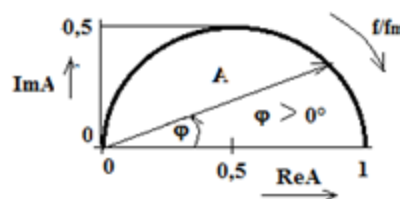
fázorová charakteristika pre integračný článok



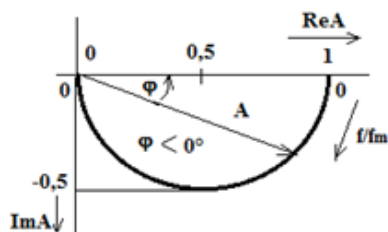
fázorová charakteristika pre derivačný článok



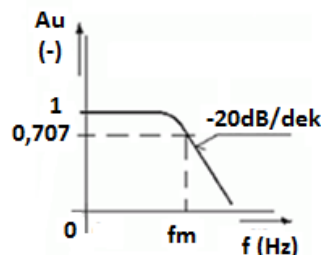
útlmová charakteristika pre derivačný článok



fázorová charakteristika pre derivačný článok



fázorová charakteristika pre integračný článok



útlmová charakteristika pre integračný článok

Napište meracie prístroje a zariadenia potrebné pre meranie frekvenčných charakteristík:

1. *Generátor* s možnosťou zmeny frekvencie spolu s čítačom
2. *Elektronický voltmeter* – potrebujeme ..2.. kusy, jeden zapojíme na ... *vstup*... a druhý na ...*výstup*...
3. *Osciloskop* musí byť ..2.. kanálový
4. *BNC káble, vodiče*
5. súčiastky *rezistor*..... a *kondenzátor*.....

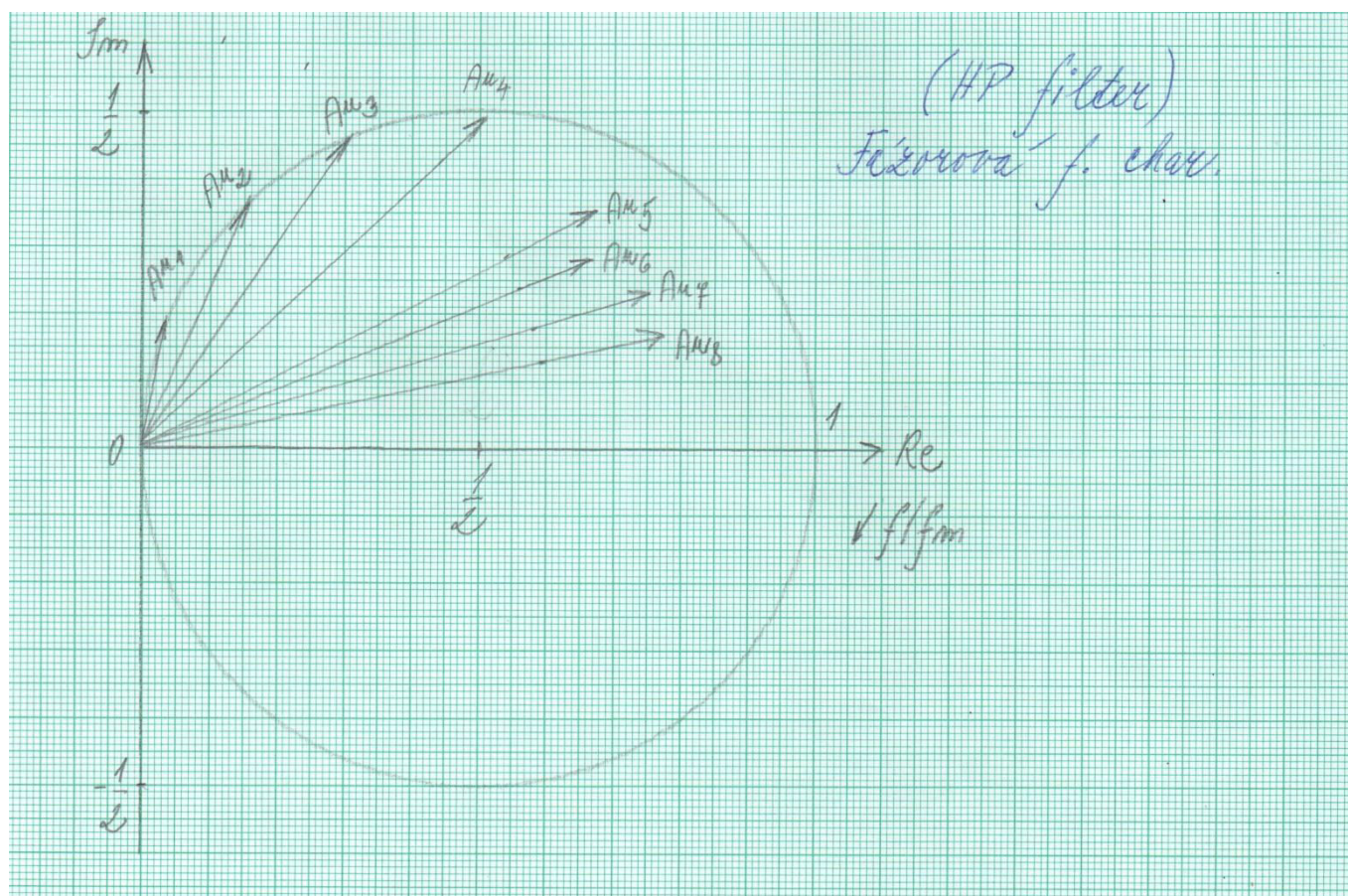
Nakreslite na milimetrový papier alebo pomocou programu Excel frekvenčné charakteristiky pre odmerané veličiny podľa zadania.

Určte z frekvenčných charakteristík $f_m = 5,271$ (.Hz.) , φ pri hraničnej frekvencii je =44,29°.... (°). Porovnajte vypočítané a odmerané hodnoty. Uved'te dôvody rozdielnych výsledkov *vplyvom tolerancií, ktoré sú dané výrobcom na súčiastkách*.....

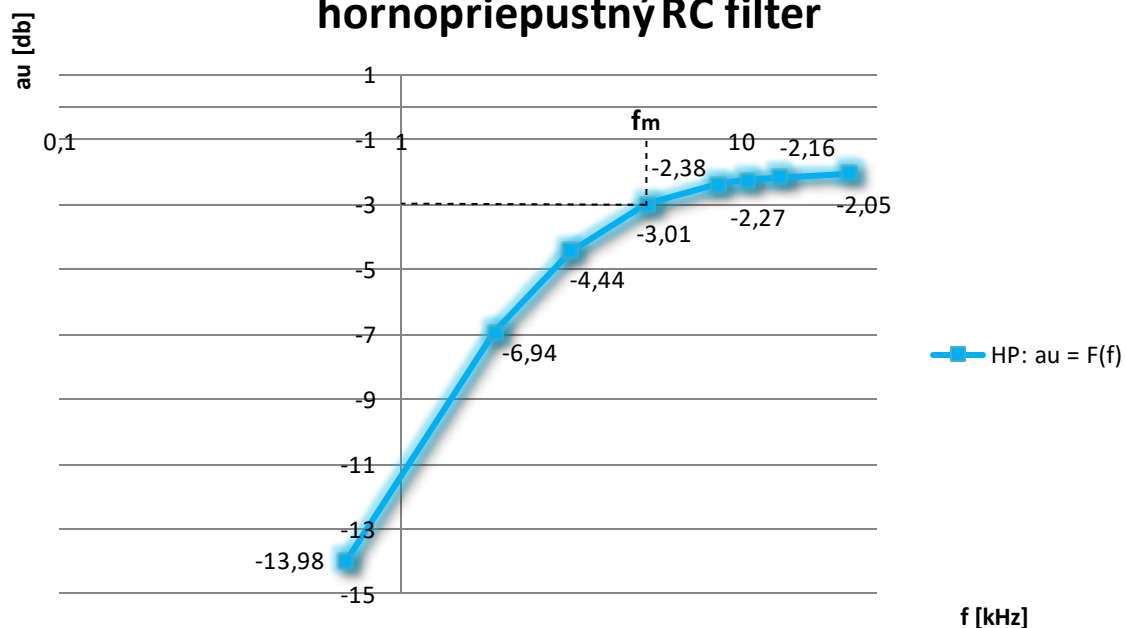
Zhodnotenie práce na hodine ZER:

Stručne zhodno'te svoju aktívnu prácu na danej hodine, čím konkrétnym ste prispeli k výsledku merania a jeho vyhodnoteniu

Svoju aktívnu prácu na hodine *sám klasifikujem známku:*



Útlmová frekvenčná charakteristika pre hornopriepustný RC filter



Fázová frekvenčná charakteristika pre hornopriepustný RC filter

