

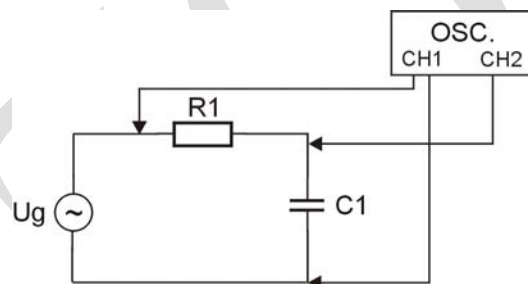
MĚŘENÍ AMPLITUDOVÉ A FÁZOVÉ FREKVENČNÍ CHARAKTERISTIKY DOLNÍ PROPUSTI 1. A 2. ŘÁDU

Jména: Jiří Paar, Zdeněk Nepraš
Datum: 1. 12. 2007
Pracovní skupina: 4.

Úkol

1. Dle schématu zapojte dolní propust 1. řádu
2. Změřte amplitudovou frekvenční charakteristiku a fázovou charakteristiku dolní propusti
3. Pro vypočtenou zlomovou frekvenci změřte fázový posuv pomocí Lissajousova obrazce na osciloskopu
4. Do elaborátu vložte grafy frekvenčních a fázových charakteristik obou článků a doplňte závěr.

Schéma zapojení



Obr. 1 Zapojení dolní propusti 1. řádu

Měření amplitudové frekvenční charakteristiky a fázové charakteristiky

Měřený obvod zapojte dle schématu na obr. 1 v případě měření charakteristik dolní propusti 1. řádu. Hodnoty součástek jsou $R1 = 470 \Omega$ a $C1 = 100 \text{ nF}$. Sondou kanálu CH1 měříme napětí na vstupu DP, sondou kanálu CH2 měříme napětí na výstupu z DP.

Po zapojení obvodu nastavíme na generátoru sinusový průběh o efektivní hodnotě 5 V a frekvenci 100 Hz. V průběhu měření vlivem snižující se impedance DP bude vstupní napětí klesat. Tuto změnu je nutné kompenzovat tak aby na vstupu DP bylo 5 V efektivních. Charakteristiku DP proměřujeme v rozsahu frekvence 100 Hz – 100 kHz.

Na osciloskopu pomocí funkce automatického měření měříme efektivní (rms) hodnotu vstupního a výstupního napětí. Pro amplitudovou frekvenční K_{dB} charakteristiku pak platí vztah:

$$K_{dB} = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

kde: U_2 je efektivní hodnota výstupního napětí
 U_1 je efektivní hodnota vstupního napětí

Pro fázovou charakteristiku $\varphi(f)$ platí vztah:

$$\varphi(f) = -\frac{360^\circ}{T} \cdot \Delta t = -360^\circ \cdot f \cdot \Delta t$$

kde: f je frekvence vstupního napětí

Δt je časový posuv výstupního napětí (! při měření časového posuvu je třeba dbát na znaménko časového posuvu: pokud se výstupní signál zpožďuje, je znaménko kladné, pokud předbíhá je znaménko záporné)

Mezní frekvence článku

Při mezní frekvenci dochází k ohybu amplitudových frekvenčních charakteristik DP. Fázové charakteristiky mají při této frekvenci inflexní bod (přechod konvexní křivky na konkávní). Pro tuto frekvenci platí vztah:

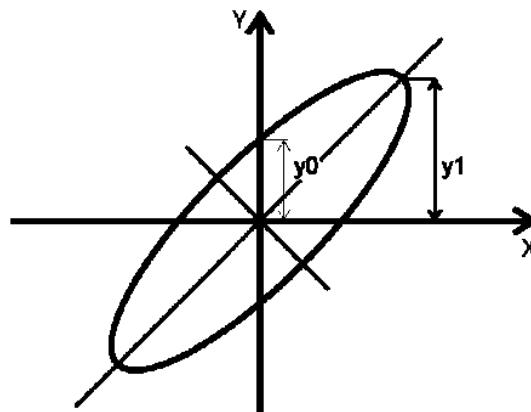
$$f_m = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Při měření mezní frekvence vycházíme ze sestrojené frekvenční charakteristiky. Při mezní frekvenci dochází k poklesu přenosu (útlumu) článku na -3 dB. Při mezní frekvenci je fázový úhel φ roven -45° .

Měření fázového posuvu pomocí Lissajoussova obrazce

Lissajousov obrazec vznikne na obrazovce osciloskopu po přepnutí do režimu X-Y, tzn., že je vykreslována závislost velikosti signálu kanálu CH2 na signálu na kanálu CH1. V případě, že signály mají stejnou frekvenci a jsou vůči sobě fázově posunuty, může obrazec vypadat jako elipsa viz. následující obrázek. Obrazec se nechá popsat následujícím vztahem:

$$\frac{x^2}{U_x^2} + \frac{y^2}{U_y^2} - 2 \frac{\cos \varphi}{U_x \cdot U_y} (x \cdot y) = \sin^2 \varphi$$



Obr. 2 Lissajousov obrazec

Fázový posuv lze z obrazce vypočíst dle následujícího vztahu:

$$\varphi = \arctg \frac{y_0}{y_1}$$

Na generátoru nastavte frekvenci odpovídající mezní frekvenci (přesnost postačuje na desítku Hz), osciloskop přepněte do režimu X-Y a na vzniklém obrazci změřte pomocí pravítka rozměry y_0 a y_1 viz obr. 2.

Naměřené a vypočtené hodnoty

Efektivní hodnota vstupního napětí $U_1 = 5V$

f [Hz]	100	200	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	10 000	20 000
U_2 [V]	4,99	4,98	4,90	4,75	4,22	3,70	3,26	2,84	1,70	0,93
K_{dB} [dB]	-0,02	-0,03	-0,18	-0,45	-1,47	-2,62	-3,72	-4,91	-9,37	-14,61
Δt [μs]	0	44,0	42,0	39,0	41,0	36,8	36,0	31,0	20,2	11,8
φ [°]	0	-3,17	-7,56	-14,04	-29,52	-39,74	-51,84	-55,80	-72,72	-84,92

f [Hz]	50 000	100 000
U_2 [V]	0,33	0,21
K_{dB} [dB]	-23,61	-27,54
Δt [μs]	4,8	2,4
φ [°]	-86,40	-86,40

$$\text{Vypočtená mezní frekvence } f_m = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 470 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 3386,28 \text{ Hz}$$

Změřené hodnoty z Lissajousova obrazce

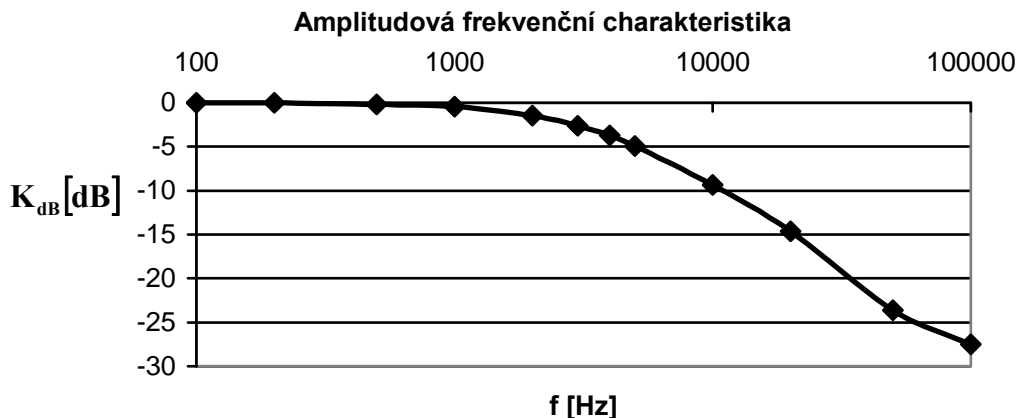
$$y_0 = 1,8$$

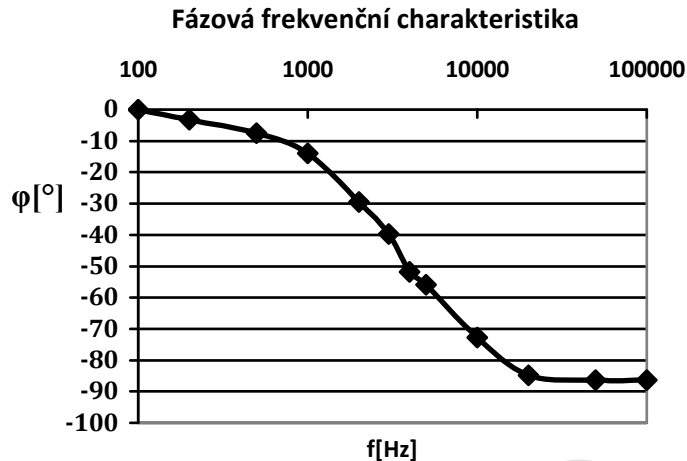
$$y_1 = 2,5$$

Vypočtený fázový posuv při mezní frekvenci (toto měření nepostihuje znaménko posuvu, toto znaménko je nutné doplnit dle toho, zda výstupní signál předbíhá vstupní signál nebo se za ním zpožďuje)

$$\varphi = \arctg \frac{y_0}{y_1} = \arctg \frac{1,8}{2,5} = 35,75^\circ$$

Grafy





Použité přístroje

Označení ve schématu	Typ	Rozsah přístroje	Třída přesnosti	Systém	Inv. číslo
U _g	GFG-8219A	100-10kHz	–	digitální	1-147762
OSC	TDS1002	–	–	digitální	2-005542

Závěr

Tento článek nezesiluje vstupní signál, naopak ho tlumí, protože je poměr $\frac{U_2}{U_1}$ vždy menší jak 1. Z toho plyne, že zisk K_{dB} dolní propusti je vždy záporný, jedná se tedy o útlum. Článek je frekvenčně závislý, protože reaktance kondenzátoru $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ je nepřímo úměrná frekvenci. Z čehož vyplývá, že při vyšších frekvencích je reaktance kondenzátoru menší. Se změnou reaktance kondenzátoru se mění i celková impedance článku, která s klesající reaktancí také klesá.

Proud procházející kondenzátorem předbíhá napětí na kondenzátoru. Proto se napětí na kondenzátoru zpožďuje oproti přiváděnému vstupnímu napětí. Z toho důvodu je také časový posuv Δt u toho typu článku vždy kladný.

Velikost fázového posuvu je opět závislá na velikosti přiváděné frekvence. Se zvyšující se frekvencí roste také posuv, jehož velikost se asymptoticky blíží k 90° .

Z amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky vyplývá, že při dosažení mezní frekvence (u tohoto článku 3386,28Hz) opravdu dochází k poklesu o 3dB a k posuvu o 45° , což odpovídá prvotním předpokladům.

Při měření fázového posuvu pomocí Lissajousova obrazce a pomocí následujícího výpočtu byl ovšem vypočten fázový posuv $35,75^\circ$. Tato chyba je způsobena nepřesností při odečtu hodnot z obrazovky osciloskopu.