Laboratorní cvičení z TŘ – R3a

Výpočet frekvenční charakteristiky s využitím PC

a její konstrukce

Ča

Fakulta aplikovaných věd

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA

Datum: 18.4. 2006

Jaroslav Spalek

Výpočet frekvenční charakteristiky s využitím PC a její konstrukce:

1) Pro daný přenos soustavy 2. řádu, analyzované v prvním laboratorním cvičení, sestavte tabulku vypočítaných hodnot k sestrojení frekvenční charakteristiky.
2) Uveďte potřebné matematické vztahy a příklad výpočtu jednoho bodu frekvenční charakteristiky (pro jednu hodnotu frekvence).
   Další body frekvenční charakteristiky řešte s využitím programového vybavení na PC.
3) Frekvenční charakteristiku sestrojte:
   a) v komplexní rovině,
   b) v logaritmických souřadnicích.
4) Zkonstruujte asymptotické logaritmické frekvenční charakteristiky měřené soustavy a zpětně usuzujte na její vlastnosti.
5) Proveďte zhodnocení získaných výsledků.

1) Pro daný přenos soustavy 2. řádu, analyzované v prvním laboratorním cvičení, sestavte tabulku vypočítaných hodnot k sestrojení frekvenční charakteristiky.

f[Hz]	0.0000	0.0450	0.0590	0.0660	0.0700	0.0721	0.0740	0.0756	0.0771	0.0785
Re{F(jω)}	1.0000	1.4306	2.0035	2.4982	2.7545	2.7591	2.5577	2.1374	1.4840	0.6784
Im{F(jω)}	0.0000	-0.2379	-0.6597	-1.3277	-2.1421	-2.7915	-3.5167	-4.1666	-4.6912	-4.9761
A[ω]	1.0000	1.4502	2.1093	2.8291	3.4894	3.9250	4.3484	4.6829	4.9204	5.0222
A[dB]	0.0000	3.2285	6.4828	9.0330	10.8551	11.8767	12.7666	13.4103	13.8399	14.0178
Fi [°]	0.0000	-9.4399	-18.2265	-27.9878	-37.8715	-45.3351	-53.9716	-62.8434	-72.4463	-82.2368
w[rad/s]	0.0000	0.2827	0.3707	0.4147	0.4398	0.4530	0.4650	0.4750	0.4844	0.4932

0.0797	0.0809	0.0821	0.0838	0.0855	0.0876	0.0910	0.0960	0.1080	0.1500	1.0000
-0.0768	-0.7893	-1.3784	-1.9375	-2.2052	-2.2693	-2.0934	-1.7147	-1.0759	-0.3833	-0.0064
-4.9911	-4.7882	-4.4162	-3.7459	-3.0693	-2.3590	-1.5561	-0.9086	-0.3469	-0.0566	-0.0001
4.9917	4.8528	4.6263	4.2173	3.7793	3.2734	2.6084	1.9406	1.1305	0.3875	0.0064
13.9650	13.7198	13.3046	12.5007	11.5483	10.2999	8.3275	5.7587	1.0653	-8.2349	-43.9143
-90.8815	-99.3602	-107.3342	-117.3503	-125.6961	-133.8898	-143.3757	-152.0815	-162.1305	-171.6003	-179.0824
0.5008	0.5083	0.5158	0.5265	0.5372	0.5504	0.5718	0.6032	0.6786	0.9425	6.2832

2)Uveďte potřebné matematické vztahy a příklad výpočtu jednoho bodu frekvenční charakteristiky (pro jednu hodnotu frekvence).

vybral jsem si hodnotu frekvence f = 0,074 Hz

Frekvenční přenos:

Pro jeden bod frekvenční charakteristiky platí tyto vzorce:

$$F(j\omega)=\frac{1}{a_2(j\omega)^2+a_1(j\omega)+a_0}=\frac{1}{a_0-a_2\omega^2+ja_1\omega}=\frac{a_0-a_2\omega^2-ja_1\omega}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2}=$$

$$=\frac{a_0-a_2\omega^2}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2}-j\frac{a_1\omega}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2},$$

Za konstanty a_n dosadíme z rovnice přenosu $F(p)=\frac{1}{4p^2+0{,}4\,p+1}$ kde

$a_0=1\; a_1=0{,}4\; a_2=4$

$$F(j\omega)=\frac{1-4\omega^2}{(1-4\omega^2)^2+0{,}4\,\omega^2}-j\frac{0{,}4\,\omega}{(1-4\omega^2)^2+0{,}4\,\omega^2}$$

Pro zápis funkce přenosu do grafu, tj. vyjádření vlastností přenosu, rozdělíme $F(j\omega)$ na reálnou a imaginární část. Parametrická funkce je funkcí ω v Gaussově rovině.

…pro frekvenční charakteristiku zaznamenanou v komplexní rovině:

$$\mathrm{Re}\{F(j\omega)\}=\frac{a_0-a_2\omega^2}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2},$$

$$\mathrm{Re}\{F(j\omega)\} = \frac{1-4*0{,}074^2}{(1-4*0{,}074^2)^2+0{,}4*0{,}074^2} = 2{,}5577$$

$$\mathrm{Im}\{F(j\omega)\} = -j\frac{a_1\omega}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2},$$

$$\mathrm{Im}\{F(j\omega)\} = -\frac{0{,}4*0{,}074}{(1-4*0{,}074^2)^2+0{,}4*0{,}074^2} = -3{,}5167$$

kde úhlovou rychlost ω vypočítáme z $\omega = 2.\pi.f$.

$$\omega = 2.\pi.0{,}074 = 0{,}4650$$

…pro frekvenční charakteristiku zaznamenanou v logaritmických souřadnicích:

$$A(\omega) = |F(j\omega)| = \sqrt{\mathrm{Re}\{\mathrm{F(j\omega)}\}^2 + \mathrm{Im}\{\mathrm{F(j\omega)}\}^2} = \sqrt{\frac{1}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2}},$$

$$tg\Phi = \frac{\mathrm{Im}\{F(j\omega)\}}{\mathrm{Re}\{F(j\omega)\}} = -\frac{a_1\omega}{a_0-a_2\omega^2}$$

$$A(\omega) = 20\log\sqrt{(2{,}5577)^2+(-3{,}5167)^2} = 4{,}3484$$

$$tg(\Phi) = 2{,}5577/(-3{,}5167) = -1{,}3749 \;\rightarrow\; \Phi = -53{,}97164$$

Amplitudová frekvenční charakteristika

Jestliže osa y bude popsána v jednotkách dB:

$$A(\omega) = 20\log\sqrt{\frac{1}{(a_0-a_2\omega^2)^2+a_1^2\omega^2}} = 10\log 1 - 10\log(a_0^2 - 2a_0a_2\omega^2 + a_2^2\omega + a_1^2\omega^2) =$$

$$= -10\log a_0^2[(1-\frac{a_2}{a_0}\omega^2)^2 + \frac{a_1^2}{a_0^2}\omega^2] = 20\log\frac{1}{a_0} - 10\log[(1-\frac{a_2}{a_0}\omega^2)\omega^2 + \frac{a_1^2}{a_0^2}\omega^2] \quad .$$

$$A(\omega) = 20\log\sqrt{\frac{1}{(1-4*0{,}465^2)^2+0{,}4^2*0.465^2}} = 12{,}7666$$

Další body frekvenční charakteristiky jsou vypočítány v příloze č.1.

Fázová frekvenční charakteristika

Úhel o který se liší fáze vstupu od výstupu popíšeme rovnicí:

$$tg\Phi = \frac{\mathrm{Im}\{F(j\omega)\}}{\mathrm{Re}\{F(j\omega)\}} = \frac{a_1\omega}{a_0-a_2\omega^2} \quad .$$

pro $\omega = 0$ je $tg\Phi = 0$, potom $\Phi = 0$.

pro $\omega =$ $\omega_n = \sqrt{\frac{a_0}{a_2}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = 0{,}5$ je $tg(\Phi) \rightarrow \infty$ $\Phi = \frac{-\pi}{2}$

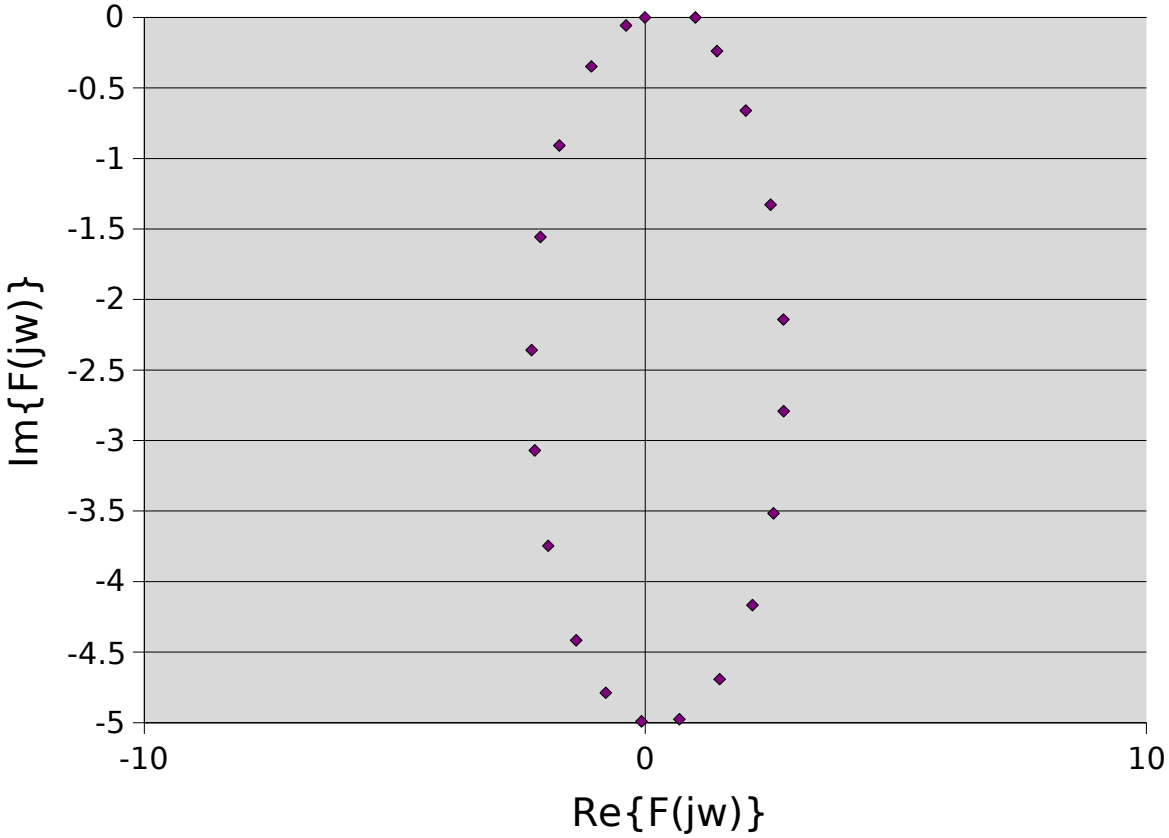
Jestliže se $\omega \rightarrow \infty$,potom $\lim_{\omega\to\infty} tg\Phi = -\frac{a_1}{a_2\omega} = 0$, $\Phi = -\pi$.

3) Frekvenční charakteristiku sestrojte:

a) v komplexní rovině

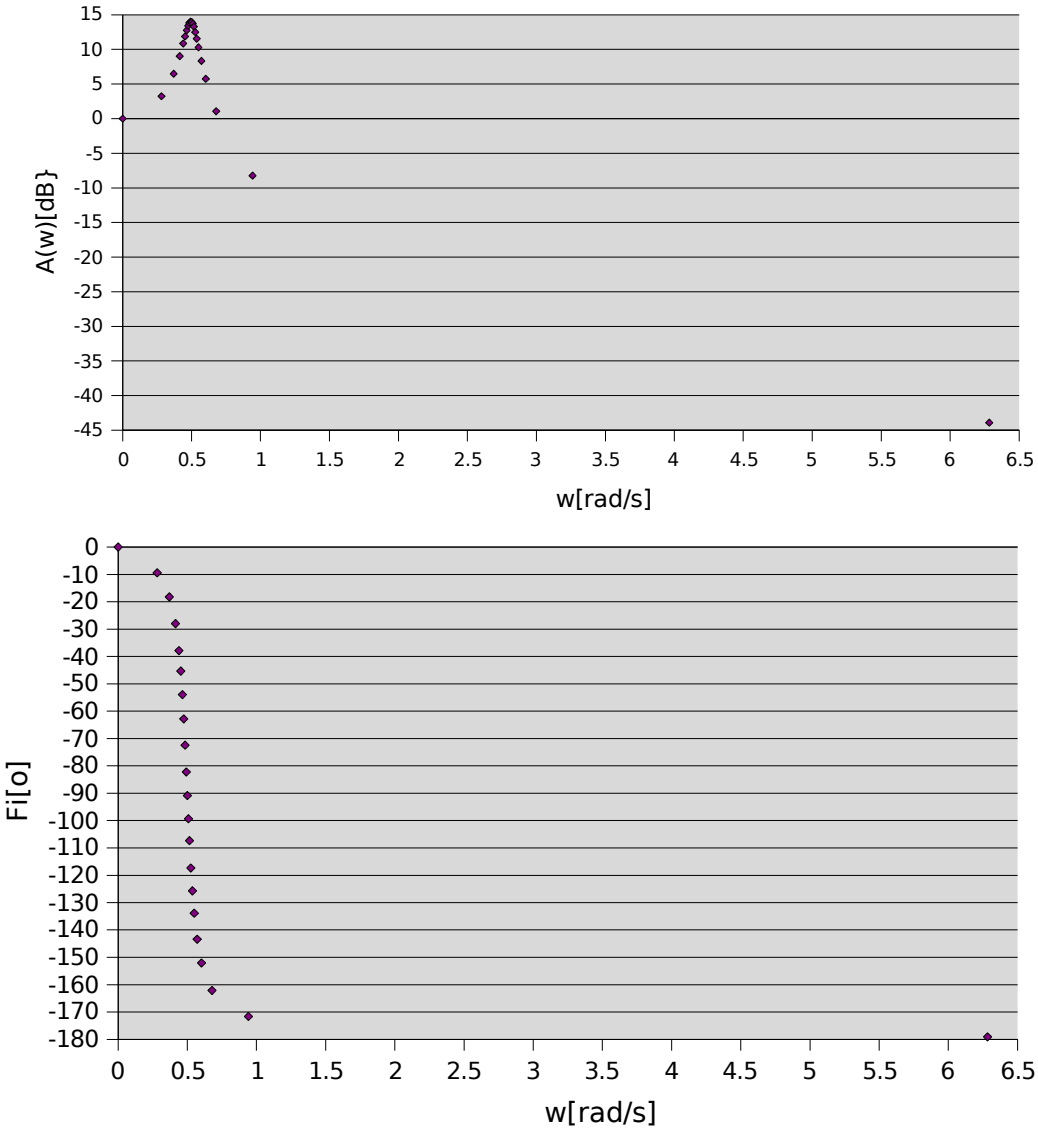
b) v logaritmických souřadnicích

Ad a) Frekvenční char. v kmplx rovině (1)



Z obrázku je vidět, že míra zesílení *k* je rovna 1 (vzdálenost mezi [0,0] a [1,0]).

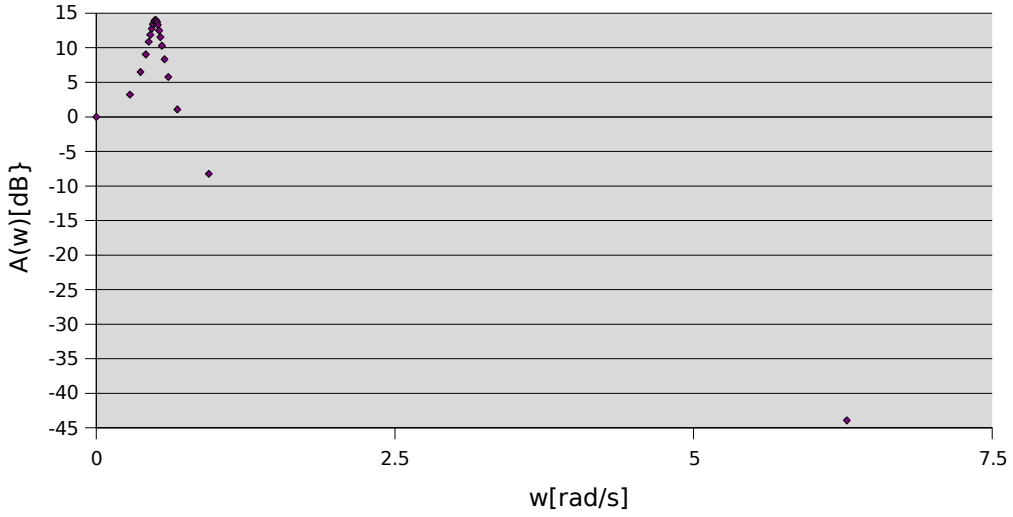
Adb)



Aplitudová charakteristika a fázová charakteristika(2)

4) Zkonstruujte asymptotické logaritmické frekvenční charakteristiky měřené soustavy a zpětně usuzujte na její vlastnosti.

Graf sestrojený pomocí asymptot:



Ze zkonstruovaných asymptotických logaritmických frekvenčních charakteristik měřené soustavy jsem zjistil následující vlastnosti. Z poklesu logaritmické amplitudové frekvenční charakteristiky -40dB /dek a z průběhu frekvenční charakteristiky v komplexní rovině, který prochází dvěma kvadranty, jsem určil, že se jedná o soustavu 2. řádu. Z průběhu logaritmické fázové frekvenční charakteristiky, kdy se úhel Φ mění od Φ=0° do Φ=-180°, jsem určil, že se jedná o kmitavou statickou soustavu 2. řádu. Vzhledem k tomu, že A [dB] pro ω je větší než A [dB] pro ω_0 jsem určil, že činitel útlumu D<1.

5) Proveďte zhodnocení získaných výsledků.

Pro naši soustavu určenou přenosem $F(p)=\frac{1}{4p^2+0{,}4\,p+1}$, analyzovanou v prvním laboratorním cvičení, jsem pomocí programového vybavení na PC vypočítal a sestrojil tabulku hodnot pro sestrojení frekvenční charakteristiky. Frekvenční charakteristiku jsem sestrojil pomocí programu Microsoft Excel v komplexní rovině i v logaritmických souřadnicích. Dále jsem sestrojil asymptotické logaritmické frekvenční charakteristiky měřené soustavy a usuzoval na její vlastnosti, které jsou popsány výše. Během zpracování výsledků se nevyskytly závažné problémy. Průběh frekvenčních charakteristik pro naši soustavu 2. řádu vyšel stejně jako teoretické průběhy probírané na přednášce z Teorie řízení. Z toho jsem usoudil, že naše výsledky mohu považovat za správné.