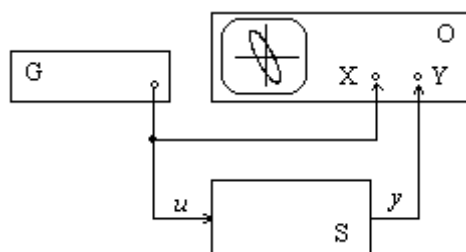


Frekvenční charakteristiky elektrických soustav

Schéma úlohy



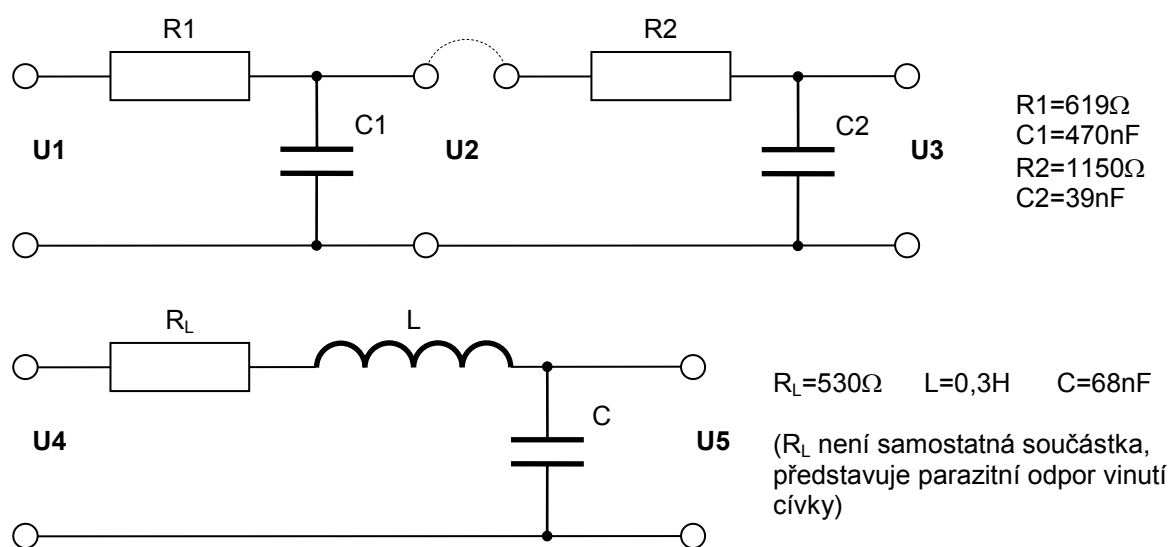
Obr. 1 Schéma úlohy

Popis úlohy:

Generátor periodického pravoúhlého, resp. harmonického (sinusového) průběhu **G** je připojen na vstup soustavy **S**. Vstup i výstup ze soustavy jsou připojeny na dvoukanálový osciloskop **O**. Soustava **S** realizuje tři typy soustav různých vlastností pomocí elektrických součástek R, L a C:

RC článek = soustava 1. řádu, dvojitý RC článek = soustava 2. řádu nekmitavá, RLC obvod = soustava 2. řádu kmitavá.

Mezi jednotlivými variantami zapojení lze přepínat třípolohovým otočným voličem.



Obr. 2 Schéma zapojení elektrických soustav

V první poloze voliče se měří frekvenční přenos soustavy 1. řádu mezi svorkami U1 a U2, který je, jak lze snadno odvodit pomocí Kirchhoffových zákonů, roven:

$$G_1(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1} = \frac{1}{1 + j\omega 291 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{3437}} \quad (1)$$

Ve druhé poloze voliče se zapojí propojka (naznačená v obr. 2 přerušovanou čarou) a měří se fr. přenos nekmitavé soustavy 2. ř. mezi svorkami U1 a U3.

Přenos je popsán vztahem:

$$G_2(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega(R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2) + (j\omega)^2 R_1R_2C_1C_2} = \frac{1}{\left(1 + j\frac{\omega}{24450}\right)\left(1 + j\frac{\omega}{3140}\right)} \quad (2)$$

V této souvislosti si všimněte toho, že k původnímu systému s přenosem G_1 jsme přidali další RC článek s přenosem

$$G(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_2C_2} = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{22297}} \quad (3)$$

a podle pravidla o přenosu sériového spojení systémů by mělo platit $G_2 = G_1 \cdot G$, což není tak úplně pravda. Toto pravidlo by platilo za předpokladu, že připojení soustavy na výstup předchozí nezmění přenos této předchozí soustavy. Jednoduchý RC článek má však přenos ve tvaru (1) pouze tehdy, není-li na výstupu zatížen žádným navazujícím prvkem, což vcelku platí, pokud na jeho výstup připojíme pouze osciloskop se vstupním odporem řádu megaohmů, naprosto však přestává platit, připojíme-li další RC článek s odporem $R = 1,15k\Omega$.

Ve třetí poloze voliče se měří fr. přenos kmitavé soustavy 2. řádu mezi svorkami U4 a U5:

$$G_3(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_L C + (j\omega)^2 LC} = \frac{1}{1 + 0,25j\frac{\omega}{7000} + \left(j\frac{\omega}{7000}\right)^2} \quad (4)$$

Úkol

Proměřte v dostatečném rozsahu amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky všech tří soustav pomocí níže popsaného experimentu a vyznačte je v logaritmických souřadnicích.

1. soustavu proměřte přibližně v rozsahu od 100Hz do 100kHz. Věnujte pozornost frekvencím okolo 547Hz, kde dochází ke zlomu amplitudové frekvenční charakteristiky.

2. soustavu poměřte v rozsahu cca 100Hz až 30kHz. Ke zlomům dochází v okolí frekvencí 500Hz a 3890Hz.

3. kmitavou soustavu proměřte přibližně ve stejném rozsahu frekvencí jako druhou, navíc se zaměřte na maximum rezonančního převýšení v okolí frekvence 1114Hz.

Teoretický základ pro vypracování úlohy naleznete v [1].

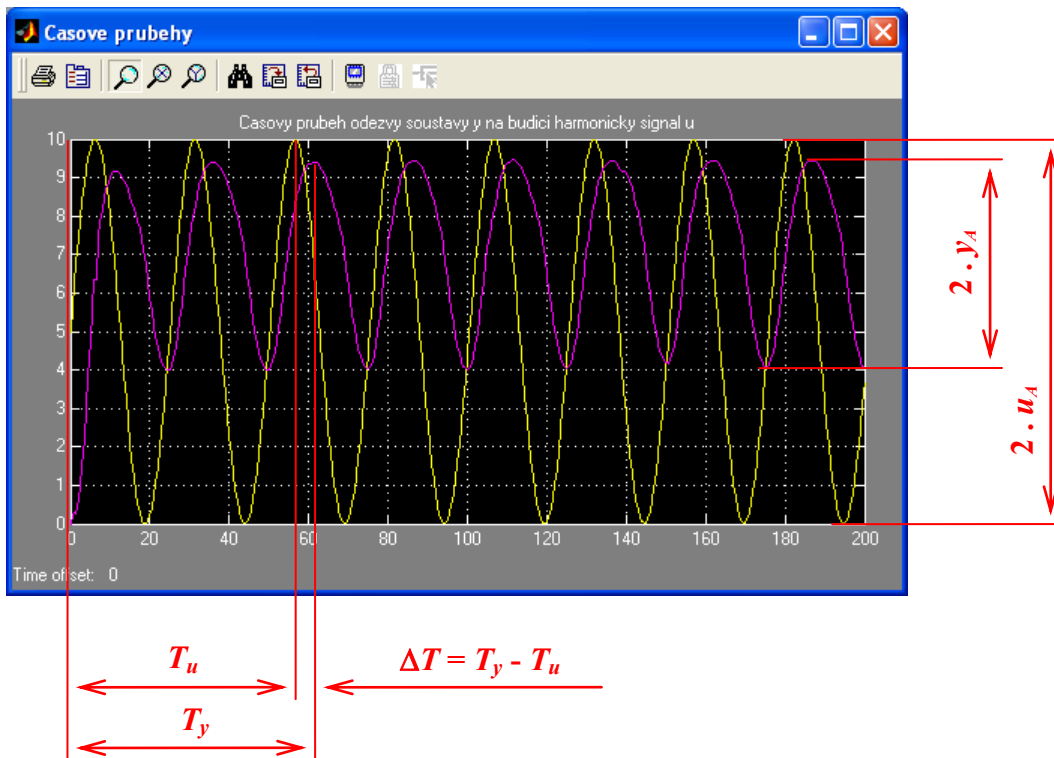
Vztahy pro stanovení amplitudy

$$|G(j\omega)| = \frac{y_A}{u_A} \quad (5)$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20 \cdot \log_{10} |G(j\omega)| \quad (6)$$

Vztahy pro stanovení fázového posuvu

$$\varphi = -\frac{\Delta T}{T} 360^\circ \quad (7)$$



Obr. 2 Časový průběh odezvy soustavy na periodický vstupní signál

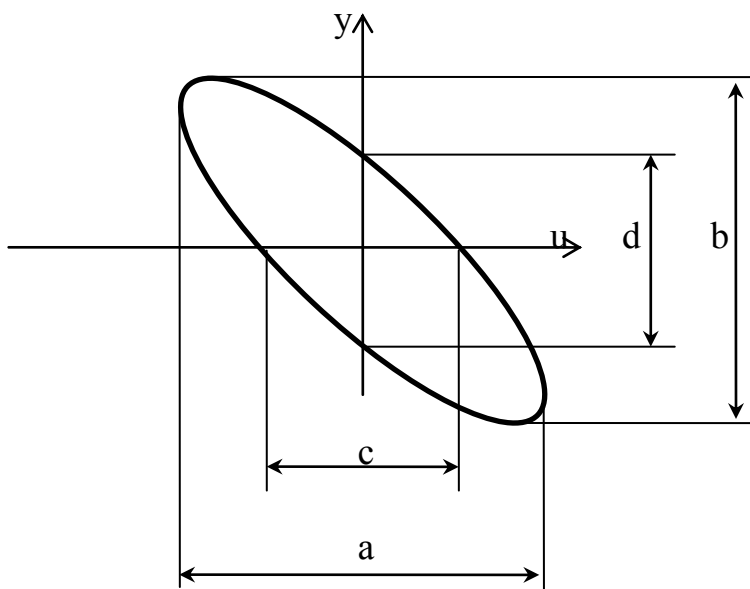
Lissajousovy obrazce

Amplitudovou a fázovou frekvenční charakteristiku lze obdržet také z naměřených hodnot Lissajousových obrazců (viz obrázek 3) pomocí vztahů:

$$A(\omega) = \frac{b}{a} \tag{8}$$

$$\varphi(\omega) = \arcsin\left(\frac{d}{b}\right) = \arcsin\left(\frac{c}{a}\right) \tag{9}$$

(umístění φ do správného kvadrantu je nutno stanovit úvahou, převážně $\varphi < 0^\circ$).



Obr. 3 Lissajousův obrazec

Doporučený postup experimentu:

1. Zapněte generátor kmitů a osciloskop.
(U obou přístrojů je vypínač označen nápisem **POWER**.)
2. Otočným přepínačem na černém boxu zvolte typ soustavy.
3. Zvolte frekvenční rozsah generátoru kmitů pomocí řady tlačítek uprostřed čelního panelu. Přesnou frekvenci pak nastavte otočným voličem v levé části čelního panelu. (Rozsahy se částečně překrývají. Lepších výsledků dosáhnete vždy spíše uprostřed rozsahu, než u jeho okraje.)
Vhodné frekvence – viz zadání.
4. Odečtěte potřebné hodnoty z matrice osciloskopu. Hodnoty je možné odečítat z Lissajousova diagramu nebo z časových průběhů. Podrobnější informace k ovládní osciloskopu vám poskytne vyučující.
5. Spočítejte zesílení A a fázové zpoždění φ .
(Viz obrázky 2 a 3 a vztahy (1) až (6) .)
6. Proměřte další body frekvenční charakteristiky opakováním kroků 2. až 5.
7. Získané body frekvenčních charakteristik použijte k nakreslení Nyquistových a Bodeho charakteristik.

Literatura

- [1] Hofreiter, M.: *Základy automatického řízení*. ČVUT, Fakulta strojní, 3. dotisk 1. vydání, 2016. 165 s. ISBN 978-80-01-05007-1
- [2] Hofreiter, M.: *Základy automatického řízení – příklady*. ČVUT, Fakulta strojní, 4. přepracované vydání, 2016. 123 s. ISBN 978-80-01-05899-2
- [3] Zítek, P.: *Automatické řízení. Sylaby a aplikace*. ČVUT, Fakulta strojní, 1. vydání, 2016, 96 s. ISBN 978-80-01-05887-9