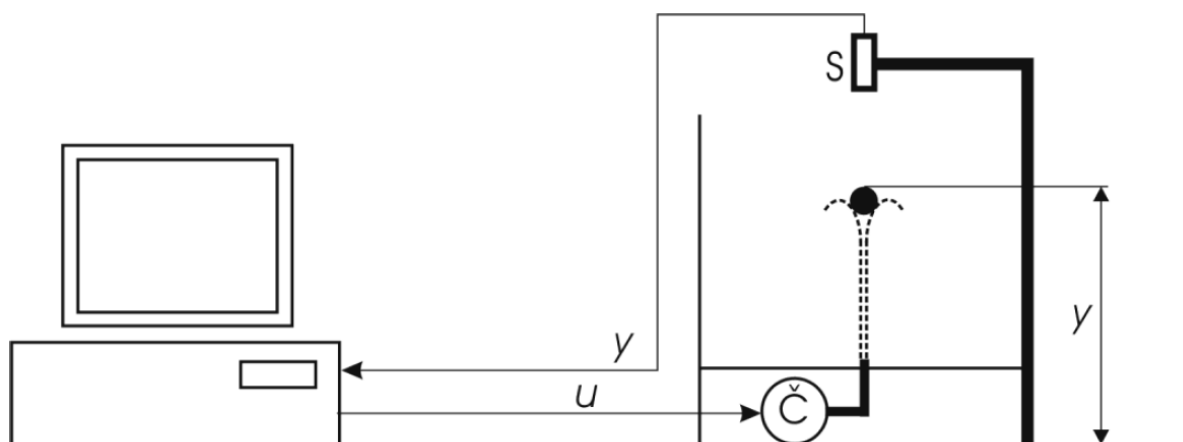


# Vodní levitace – frekvenční vlastnosti

## Popis úlohy:

Efekt levitace míčku na vodním sloupci je dosažen díky vztlakovým silám vznikajícím v mezní vrstvě při obtékání míčku laminárním proudem kapaliny. V závislosti na velikosti průtoku tryskou zaujímá míček určitou horizontální kvazi-stacionární polohu. Při zvýšení průtoku tryskou, díky vyšší rychlosti kapaliny při opuštění trysky nastane rovnovážný stav gravitační a síly od proudy kapaliny působících na míček ve větší vzdálenosti od trysky a naopak.

Velikost průtoku kapaliny závisí na aktuálním výkonu čerpadla, který je řízen napěťovým signálem z měřicí karty PC. Poloha míčku je snímána ultrazvukovým čidlem polohy. Napěťový signál z čidla nesoucí informaci o poloze míčku je sveden a zpracován měřicí kartou počítače. Algoritmus řízení a zpracování signálu je realizován pomocí programu Matlab/Simulink.



Obr. 1 Schéma soustavy Vodní levitace

(  $u$  – signál ovládající výkon čerpadla Č,  $y$  – výška levitujícího míčku měřená ultrazvukovým senzorem S )

## Úkol

Změřte **5 bodů** amplitudové a fázové frekvenční charakteristiky soustavy pomocí níže popsaného experimentu a vyznačte je v logaritmických souřadnicích.

Teoretický základ pro vypracování úlohy naleznete v [1] nebo v [2].

*Vztahy pro stanovení amplitudy*

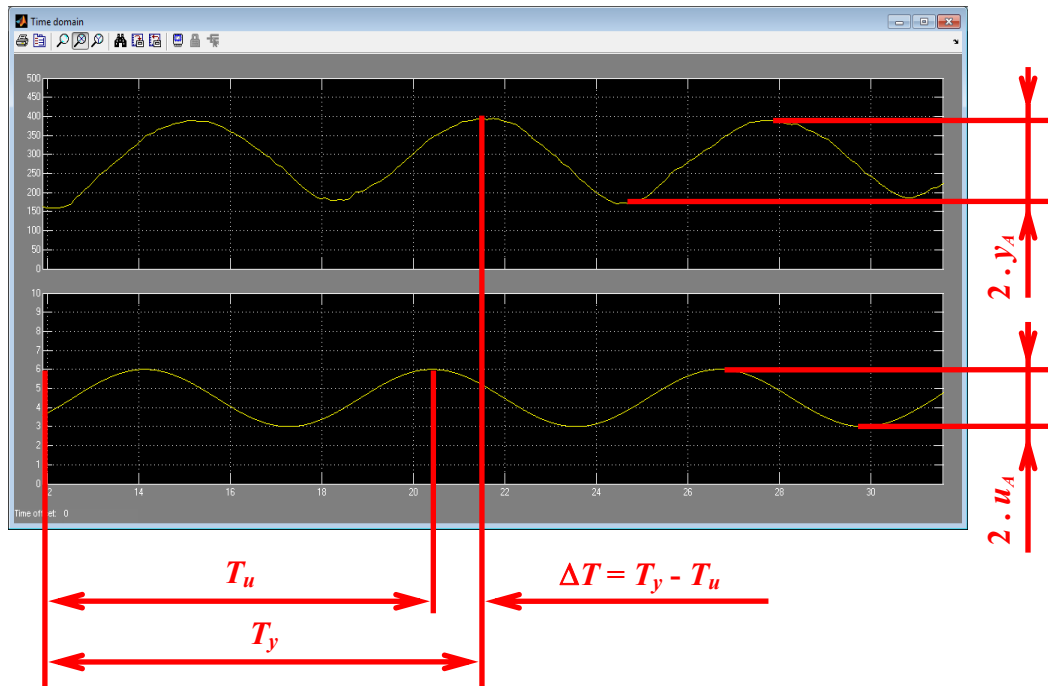
$$|G(j\omega)| = \frac{y_A}{u_A} \quad (1)$$

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20 \cdot \log_{10} |G(j\omega)| \quad (2)$$

*Vztahy pro stanovení fázového posuvu*

$$\Delta T = T_y - T_u \quad (3)$$

$$\varphi = -\frac{\Delta T}{T} 360^\circ \quad (4)$$



Obr. 2 Časový průběh odezvy soustavy na periodický vstupní signál

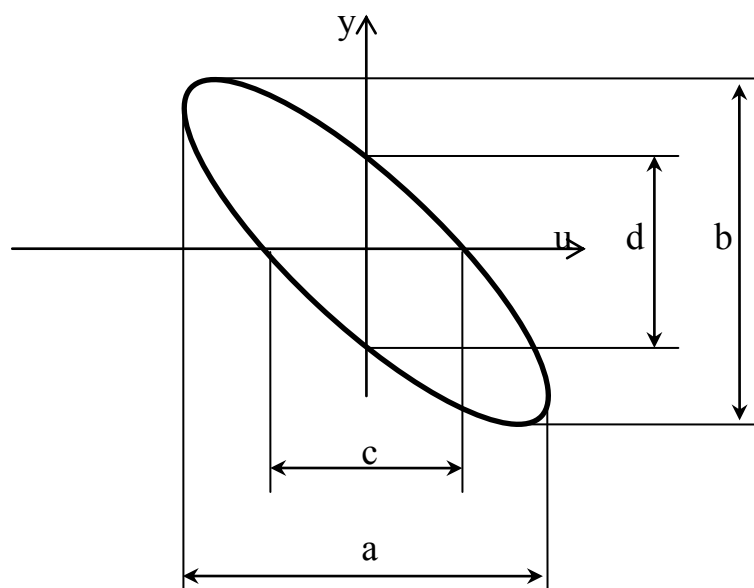
Lissajousovy obrazce

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

$$A(\omega) = \frac{b}{a} \tag{5}$$

$$\varphi(\omega) = \arcsin\left(\frac{d}{b}\right) = \arcsin\left(\frac{c}{a}\right) \tag{6}$$

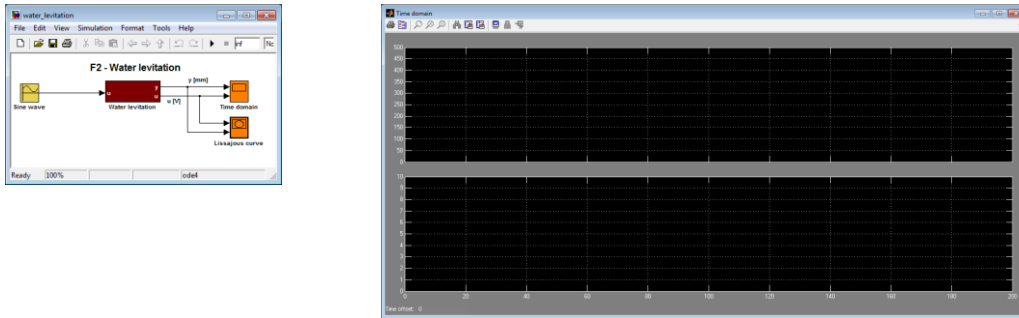
(umístění  $\varphi$  do správného kvadrantu je nutno stanovit úvahou, převážně  $\varphi < 0^\circ$ ).



Obr. 3 Lissajousův obrazec

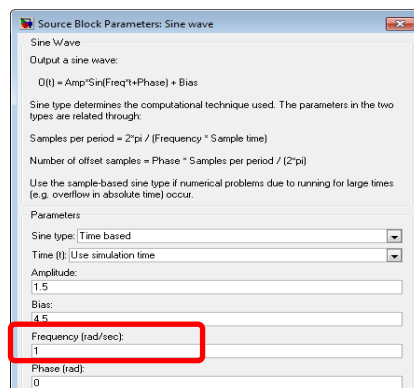
## Doporučený postup experimentu:

1. Spusťte PC a přihlaste se k účtu „*student*“ (bez hesla).
2. Proveďte obnovení úlohy kliknutím na ikonu „*Obnovení úlohy F2*“, která se nachází na ploše.
3. Spusťte úlohu kliknutím na ikonu „*Úloha F2 - Vodní levitace*“, která se nachází na ploše, a vyčkejte úplného spuštění aplikace (viz. obr. 4).



Obr. 4 Okna prostředí aplikace

4. **Provede vyučující:** Kolébkovým vypínačem zapněte zdroj stejnosměrného napětí s nastaveným napětím 24 V.
5. Zapněte řídicí jednotku úlohy, která leží na PC, přestavením obou páčkových vypínačů do horní polohy (**levý** - zapíná napájení čerpadla; **pravý** – zapíná napájení snímače vzdálenosti a měřicího obvodu). Zapnutí řídicí jednotky signalizují rozsvícené červené LED diody umístěné nad vypínači.
6. Nastavte frekvenci budících kmitů soustavy dvojitým poklepáním na žlutý blok „*Sine Wave*“ v kolonce „*Frequency (rad/sec):*“ (viz obr. 5). Vhodné frekvence jsou v rozsahu 0,5 rad/s až 4 rad/s. (Pozn.: V prostředí aplikace MATLAB se používá desetinná tečka.)



Obr. 5 Nastavení frekvence budícího signálu

(Pozn: V případě nutnosti upravte amplitudu (Amplitude) a střední hodnotu (Bias) harmonického budícího signálu. Zvolené hodnoty již dále neměňte – je rozumné použít stejné pro celou frekvenční charakteristiku.)

7. Zahajte měření kliknutím na černou šipku v horní liště okna modelu řízení nebo stisknutím kombinace kláves „**Ctrl+T**“.
8. Sledujte vznikající grafy „*Lissajous curve*“ a „*Time domain*“. Po ustálení kmitání ukončete simulaci a grafy vyhodnoťte. Spočítejte zesílení  $A$  a fázové zpoždění  $\varphi$ . (viz. obr. 2 a 3 a vztahy (1) až (6))
9. Proměřte další body frekvenční charakteristiky opakováním kroků 6 až 8.
- 10. Po ukončení měření vypněte řídicí jednotku úlohy přestavením obou páčkových vypínačů do dolní polohy.**

#### **UPOZORNĚNÍ**

Použité čerpadlo není konstruováno pro nepřetržitý provoz, a proto je nutné vypínat jeho napájení, není-li delší dobu používáno.

#### ***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