

Jméno: **Kateřina Hrnečková** Měřeno: **22.11.2024**

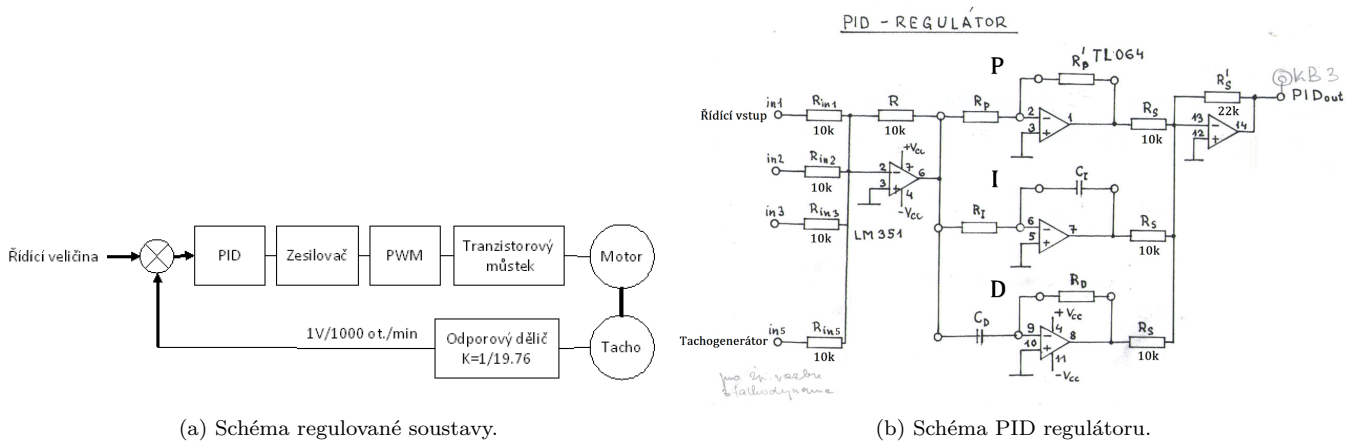
Klasifikace:

1 Pracovní úkoly

1. Nastavte zesílení proporcionálního členu na 1 ($R_P = R'_P = 10\text{ k}\Omega$). Dále vyřadte integrační ($R_I = \infty$ a $C_I = 0\text{ nF}$) a derivační člen ($C_D = \infty$ a $R_D = 0\text{ }\Omega$).
2. Změřte statickou charakteristiku soustavy v otevřené smyčce. Hodnoty vynesete do grafu (závislost otáček za minutu na řídicí veličině). Rozsah řídicí veličiny bude od -1.6 V do 1.6 V .
 - a) Je tato charakteristika lineární nebo nelineární, případně v jakém rozsahu je lineární?
 - b) Vyjádřete funkční závislost statické charakteristiky lineární funkcí.
3. Změřte přechodovou charakteristiku soustavy v otevřené smyčce. Hodnoty vynesete do grafu (závislost napětí z tachogenerátoru na čase). Řídicí veličina se skokově změní z 0.6 V na 1.6 V .
4. Dle změřené přechodové charakteristiky identifikujte strukturu a řád modelu soustavy.
 - a) Jaká je obecná přenosová funkce tohoto modelu?
 - b) Popište parametry modelu.
 - c) Metodou experimentální identifikace odhadněte parametry modelu.
 - d) Ověřte průběh přechodové charakteristiky modelu s naměřenými daty.
5. Změřte amplitudovou a fázovou frekvenční charakteristiku soustavy v otevřené smyčce. Hodnoty vynesete do grafu (závislost amplitudy [dB] / fáze [stupně] na frekvenci [log f]). Frekvenční rozsah bude od 0.1 Hz do 5 Hz .
 - a) Jaká je frekvence zlomu?
 - b) Jaká je šířka pásma soustavy?
6. Změřte přechodovou charakteristiku soustavy v uzavřené smyčce pouze s P regulátorem se zesílením 1. Hodnoty vynesete do grafu (závislost napětí z tachogenerátoru na čase). Porovnejte přechodové charakteristiky a časové konstanty se soustavou v otevřené smyčce. Jaká je trvalá regulační odchylka?
7. Změřte amplitudovou frekvenční charakteristiku soustavy v uzavřené smyčce. Hodnoty vynesete do grafu (závislost amplitudy [dB] na frekvenci [log f]). Frekvenční rozsah bude od 0.1 Hz do 5 Hz . Jaká je frekvence zlomu? Porovnejte amplitudovou frekvenční charakteristiku se soustavou v otevřené smyčce.
8. Metodou pokus-omyl zjistěte parametry regulátoru, aby trvalá regulační odchylka byla menší než 0.3 V (cca. 300 ot./min) a časová konstanta soustavy byla menší než 20 ms .

2 Sestavení experimentu

Na obrázku Obr.1a je vyobrazeno schéma regulované soustavy, na obrázku Obr.1b pak schéma PID regulátoru.



Obr. 1: Sestavení experimentu.

3 Vypracování

3.1 Statická charakteristika v otevřené smyčce

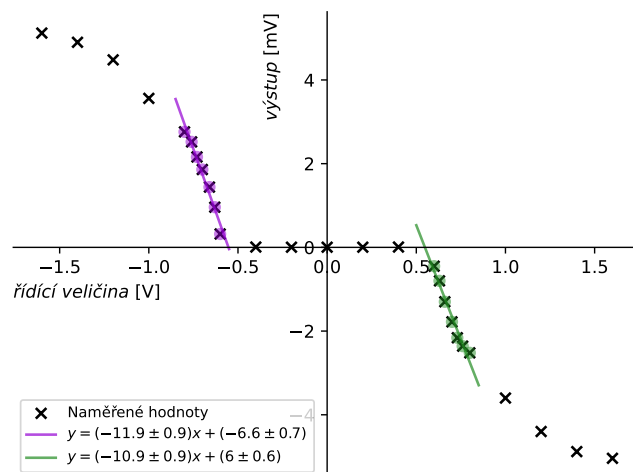
V grafu na Obr. 2 jsou vyneseny naměřené hodnoty statické charakteristiky soustavy v otevřené smyčce. V celém rozsahu (-1.6 V - 1.6 V) statická charakteristika lineární není, avšak mezi -0.8V až -0.6V a poté 0.6V až 0.8 V ji za lineární považovat lze. Pro kladnou větev je funkční závislost statické charakteristiky dána předpisem

$$y = (-11.9 \pm 0.9)x + (-6.6 \pm 0.7)$$

a pro zápornou větev pak

$$y = (-10.9 \pm 0.9)x + (6 \pm 0.6),$$

kde y je výstupní veličina v mV a x je vstupní veličina ve V.



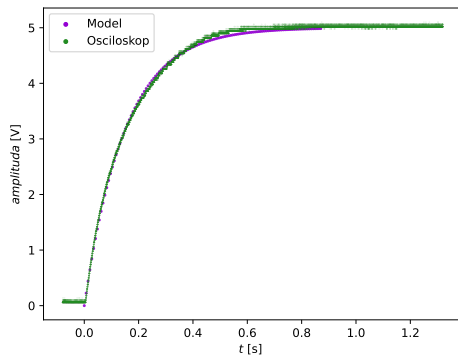
Obr. 2: Statická charakteristika soustavy v otevřené smyčce pro rozsah vstupní veličiny -1.6 V až 1.6 V. Lineární část kladné větve (fialově) je proložena lineárním fitem $y = (-11.9 \pm 0.9)x + (-6.6 \pm 0.7)$, lineární část záporné větve (zeleně) je fitována lineární funkcí $y = (-10.9 \pm 0.9)x + (6 \pm 0.6)$.

3.2 Přebodová charakteristika v otevřené smyčce

V grafu na Obr. 3 je vyobrazena přebodová charakteristika soustavy v otevřené smyčce (závislost napětí z tachogenerátoru na čase) pro skokovou změnu řídicí veličiny z 0.6 V na 1.6 V. Fialové body jsou hodnoty přebodové charakteristiky modelu získaného odhadem parametrů a zelené body jsou naměřená data. Dle tvaru přebodové charakteristiky lze usoudit, že se jedná o proporcionalní systém 1. řádu, který je obecně popsán přenosovou funkcí

$$\frac{k}{T \cdot s + 1}, \quad (1)$$

kde k je zesílení a T je časová konstanta. Tyto parametry pro měřenou soustavu jsou přibližně $k = 5$ a $T = 150$ ms

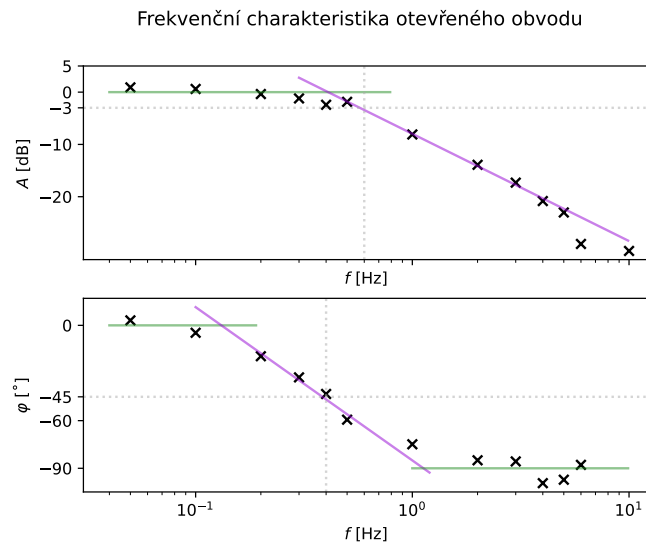


Obr. 3: Přebodová charakteristika soustavy v otevřené smyčce (závislost napětí z tachogenerátoru na čase) pro skokovou změnu řídicí veličiny z 0.6 V na 1.6 V. Fialové body jsou hodnoty přebodové charakteristiky modelu získaného odhadem parametrů a zelené body jsou naměřená data.

3.3 Amplitudová a fázová frekvenční charakteristika v otevřené smyčce

Graf frekvenční charakteristiky v otevřené smyčce je na Obr. 4. Horní graf představuje závislost amplitudy A v dB na frekvenci f (osa frekvence je logaritmická). Pro frekvence do přibližně 0.5 Hz je závislost víceméně konstantní, poté nastává zlom a průběh se mění na klesající funkci $A = (-20.5 \pm 0.6) \log(f) + (-8 \pm 0.2)$. Pokles o 3 dB nastává zhruba při frekvenci 0.6 Hz. Data byla vycentrována tak, aby konstantní část průběhu byla přibližně na hodnotě 0 dB.

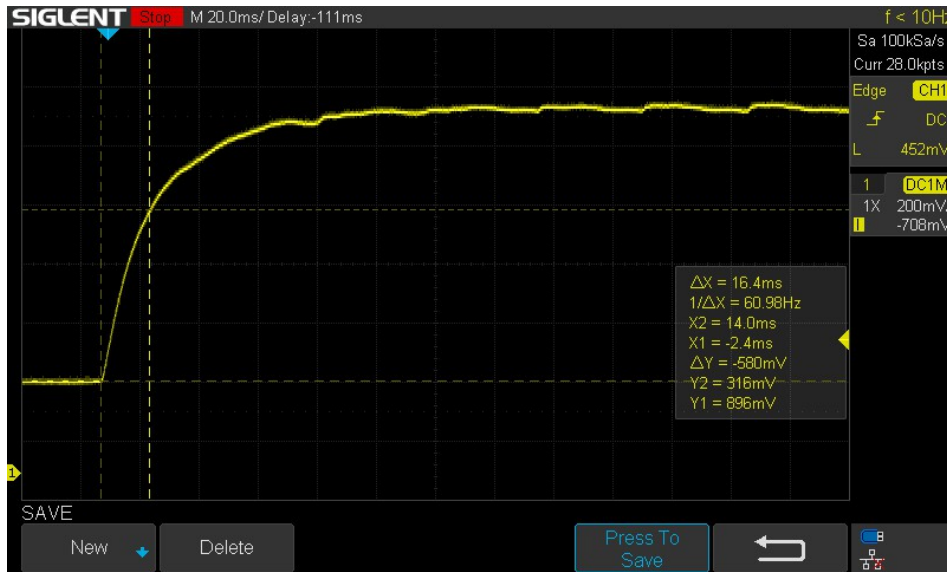
Spodní graf představuje závislost fázového posunu φ na frekvenci f . Při přibližně 0.4 Hz je fázový posun roven 45° .



Obr. 4: Graf frekvenční charakteristiky v otevřené smyčce. Horní graf představuje závislost amplitudy A v dB na frekvenci f (osa frekvence je logaritmická). Pro frekvence do přibližně 1 Hz je závislost víceméně konstantní, poté nastává zlom a průběh se mění na klesající funkci $A = (-20.5 \pm 0.6) \log(f) + (-8 \pm 0.2)$. Data byla vycentrována tak, aby konstantní část průběhu byla přibližně na hodnotě 0 dB. Spodní graf představuje závislost fázového posunu φ na frekvenci f .

3.4 Přechodová charakteristika v uzavřené smyčce

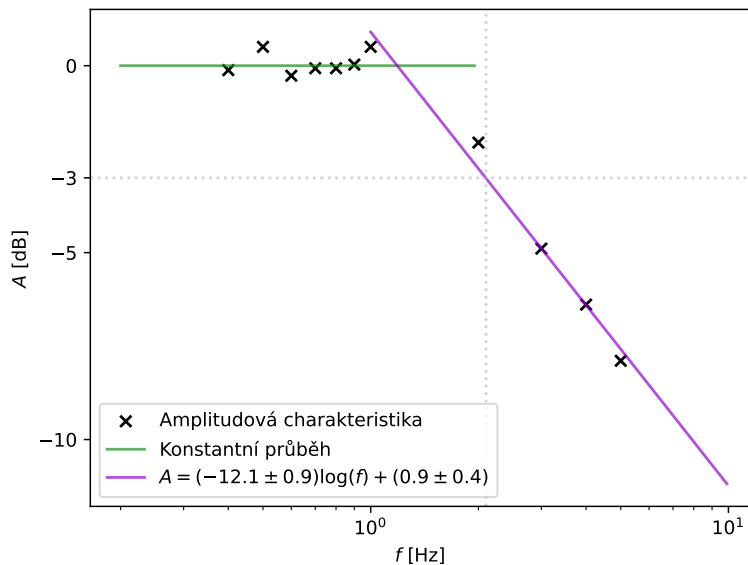
Na Obr. 5 je snímek z osciloskopu zobrazující přechodovou charakteristiku v uzavřené smyčce. Měření bylo provedeno s nastavením zesílení P regulátoru na $k = 1$, časová konstanta při tomto zesílení byla $T = 34$ ms a regulační odchylka byla 0.1 V.



Obr. 5: Snímek z osciloskopu zobrazující přechodovou charakteristiku v uzavřené smyčce. Měření bylo provedeno s nastavením zesílení P regulátoru na $k = 1$, časová konstanta při tomto zesílení byla $T = 34$ ms a regulační odchylka byla 0.1 V.

3.5 Amplitudová charakteristika v uzavřené smyčce

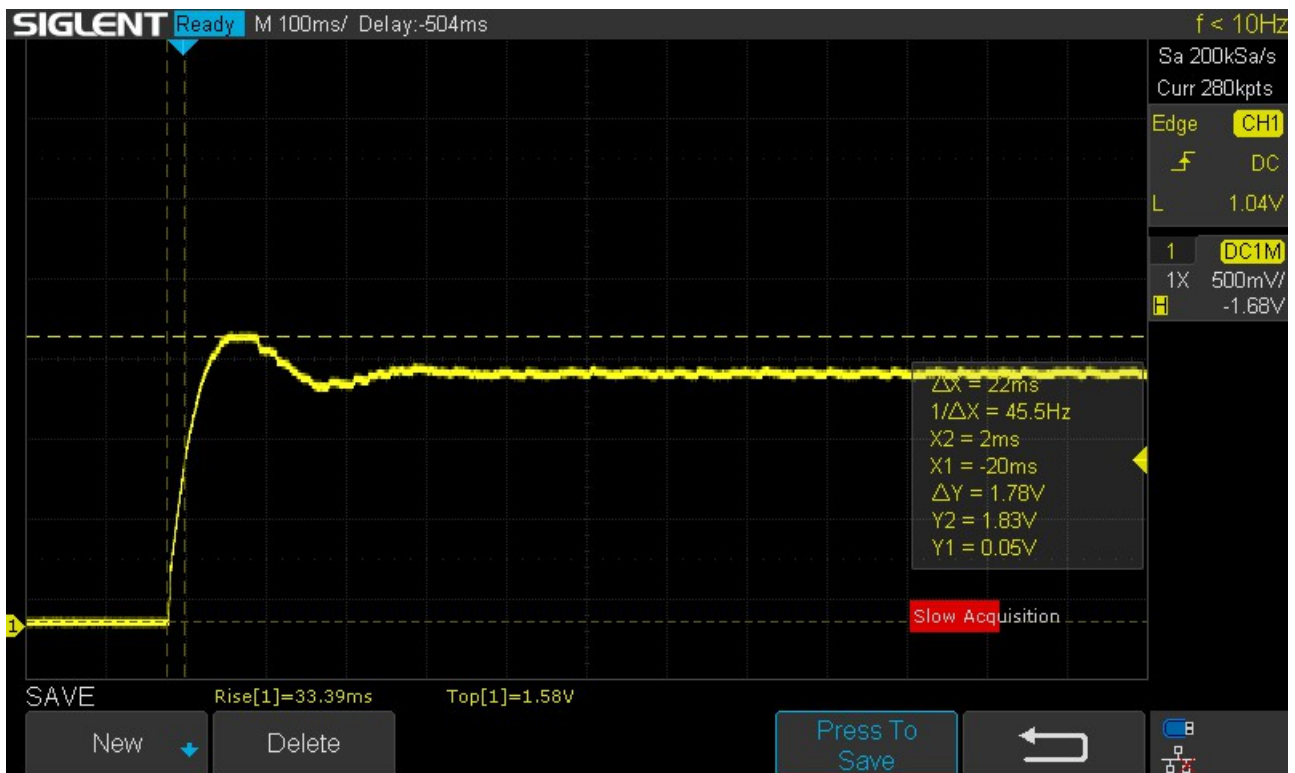
Na Obr. 6 je graf amplitudové frekvenční charakteristiky v uzavřené smyčce. Pro frekvence do přibližně 1 Hz je závislost přibližně konstantní, poté se amplituda klesá s funkcí $A = (-12.1 \pm 0.9) \log(f) + (0.9 \pm 0.4)$. Pokles o 3 dB nastává při frekvenci přibližně 2.1 Hz. Data byla vycentrována tak, aby konstantní část průběhu byla přibližně na 0 dB.



Obr. 6: Amplitudová frekvenční charakteristika v uzavřené smyčce. Pro frekvence do přibližně 1 Hz je závislost přibližně konstantní, poté se amplituda klesá s funkcí $A = (-12.1 \pm 0.9) \log(f) + (0.9 \pm 0.4)$. Data byla vycentrována tak, aby konstantní část průběhu byla přibližně na 0 dB.

3.6 Metoda „pokus-omyl“

Na Obr. 7 je snímek z osciloskopu zobrazující přechodovou charakteristiku v uzavřené smyčce. Cílem bylo nastavení regulátoru tak, aby regulační odchylka byla menší než 0.3 a zároveň časová konstanta byla menší než 20 ms. Při nastavení zesílení P regulátoru na $k = 2$ byla časová konstanta $T = 16$ ms a regulační odchylka 0.076 V, což odpovídá zadaným požadavkům.



Obr. 7: Snímek z osciloskopu zobrazující přechodovou charakteristiku v uzavřené smyčce. Zesílení P regulátoru bylo $k = 2$ byla časová konstanta $T = 16$ ms a regulační odchylka 0.076 V.