

Jméno: **Kateřina Hrnecková** Měřeno: **22.11.2024**

Klasifikace:

1 Pracovní úkoly

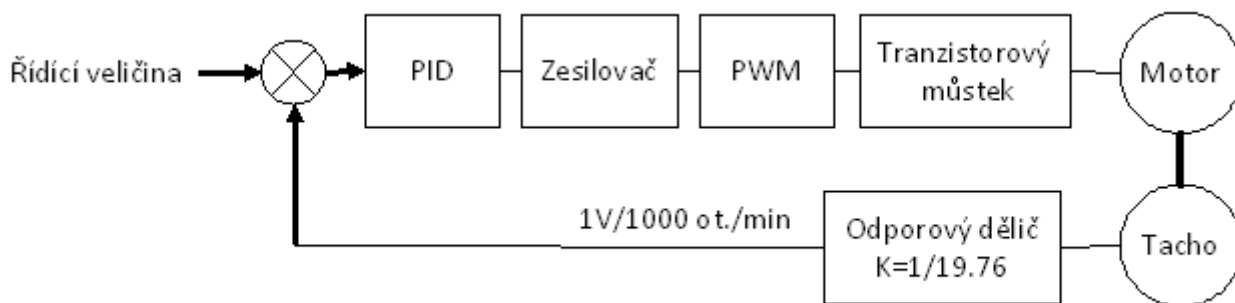
1. Nastavte zesílení proporcionálního členu na 1 ($R_P = R'_P = 10\text{k}\Omega$). Dále vyřadte integrační ($R_I = \infty$ a $C_I = 0\text{nF}$) a derivační člen ($C_D = \infty$ a $R_D = 0\Omega$).
2. Změřte statickou charakteristiku soustavy v otevřené smyčce. Hodnoty vynesete do grafu (závislost otáček 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 Použité přístroje a pomůcky

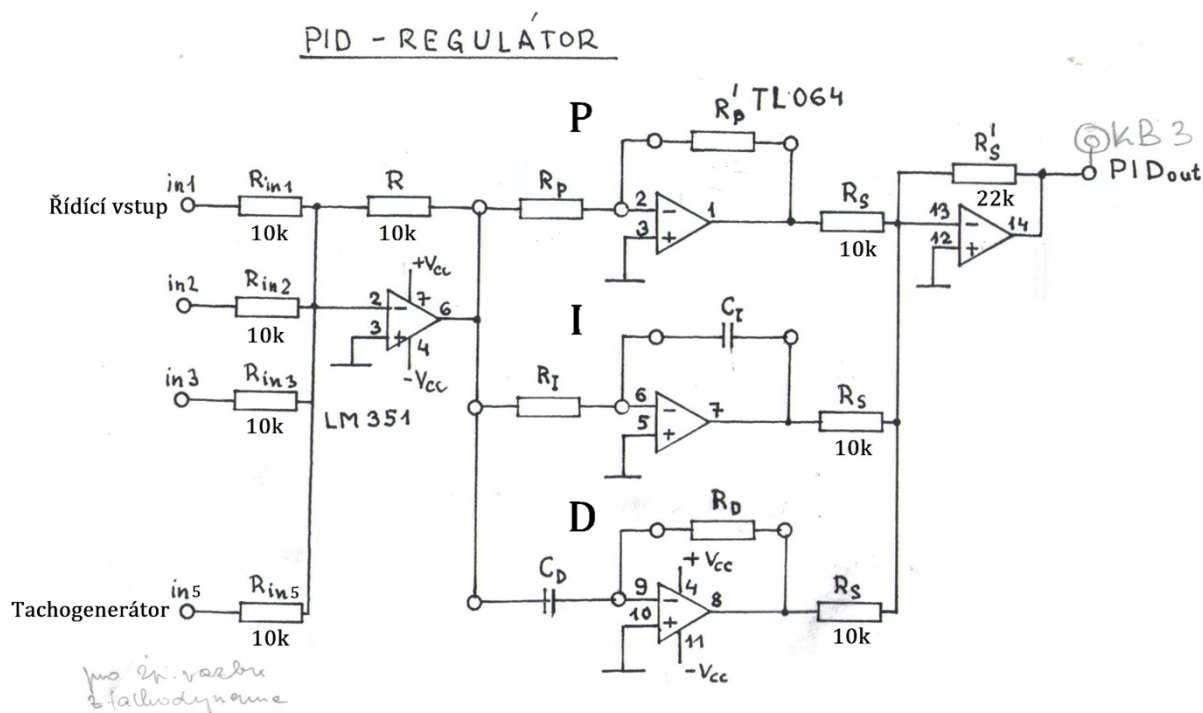
3 Teoretický úvod

Vlastními slovy stručně popište fyzikální podstatu měření a uveďte základní vztahy použité ve vypracování.

Typicky se píše ve třetí osobě a v trpném rodě.



Obr. 1: Schéma regulované soustavy.



Obr. 2: Schéma PID regulátoru.

4 Postup měření

Vlastními slovy popište postup měření tak, aby bylo vaše měření **reprodukovatelné**. Typicky se píše v první osobě množného čísla a přítomném čase.

Ukázky kódu:

Matice $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$, derivace $\frac{df}{dx}$, nerovnice

$$\vec{g}(x) \neq \int_{t_1}^{t_2} e^{ixt} \cdot \vec{r}_0 dt, \quad (1)$$

kde e je Eulerovo číslo, $i \in \mathbb{C}$, $t \in \langle t_1, t_2 \rangle$, $\vec{g}(x)$ je vektorová funkce a \vec{r}_0 je jednotkový vektor. Všimněte si, že Eulerovo číslo, imaginární jednotka a diferenciál se píšou vzpřímeně (ne kurzívou) – k tomuto slouží příkazy `\ee`, `\ii`, `\dd{x}`. Špičaté závorky (pro intervaly) se píšou přes `\langle \dots \rangle`, nikoli `< \dots >` (to jsou nerovnítko, ne závorky), porovnejte: `\langle 3,5 \rangle`, `< 3; 5 >`

Některé elementární funkce jako např. `\sin`, `\cos`, `\exp` jsou příkazy, porovnejte: `\sin \theta`, `\sin \theta`.

Dále si můžeme uvést vztah

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

zde je třeba vypsát všechny veličiny, které ve výrazu vystupují¹. Všimněte si, že rovnice jsou součástí textu, je za nimi většinou čárka (pokud po rovnici věta pokračuje) či tečka. Vkládejte rovnice tam, kde logicky do textu patří, nikoli na konec odstavce.

Důležité a dlouhé rovnice by také měly být uvozené `\begin{equation} ... \end{equation}`, nikoli `$$... $$`, aby byly očíslované. Případné očíslování lze zrušit přes např. přes `\begin{equation*}`.

Závěrem uvedeme definici

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2 + \dots}, \quad (3)$$

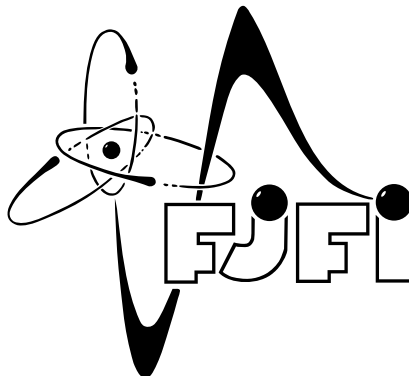
kde f je ... (doplňte dle potřeby).

Každý vzorec, obrázek nebo tabulku si pojmenujte pomocí `\label{odkaz}`. Všechny odkazy se v .pdf zobrazí modře a jsou klikatelné. Jak řešit odkazy v textu:

- Na obrázky se v textu odkazujte pomocí `\ref{...}`: Obr. ??.
- Na literaturu se odkazujte pomocí `\cite{...}`: [?].
- Na rovnice se v textu odkazujte pomocí `\eqref{...}`: (??).

Na Obr. ?? se nachází ukázka prostředí obrázků. Na Obr. ?? se nachází složený obrázek. Na jednotlivé podobrázky se můžeme odkázat pomocí Obr. ?? a Obr. ??.

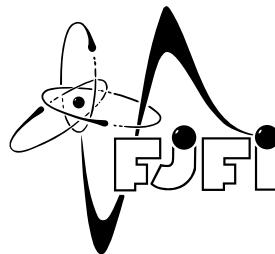
Všimněte si, že obrázky jsou plovoucí objekty, které se umístily až na následující stránku. Každý obrázek nebo tabulka jsou samonosné – z obrázku a popisku musí být zřejmé, o č se jedná, a následně se na tyto objekty pouze odkazujeme.



Obr. 3: Popisek obrázku. Převzato z [?]



(a) Obrázek 1.



(b) Obrázek 2.

Obr. 4: Složený obrázek.

¹Poznámka pod čarou.

5 Vypracování

Prvním bodem vypracování by měl být odkaz na vypracovaný domácí úkol, který bývá většinou v části Příloha. Samotné vypracování všech pracovních úkolů, sekce by měla obsahovat všechny naměřené hodnoty (v případě extrémně velkých tabulek je možné je dát do přílohy) a grafy. Naměřené hodnoty se nachází v Tab. ???. Kód na psaní jednotek v hlavičce tabulky:

`\tabh{I}{mA} & \tabh{v}{m \cdot s^{-1}}.`

I [mA]	v [m · s ⁻¹]	m [kg]	Q [C]	n [mol]	T [°C]
331	-9	351	8	-0,53	0,64
714	-142	718	145	-0,07	0,07

Tab. 1: Popis vzorové tabulky. I jsou naměřené hodnoty proudu, měřené s chybou ± 1 mA,...

Pamatujte, že výsledek = číslo ± chyba jednotek. Chybu zaokrouhlete na jednu platnou číslici a výsledek poté zaokrouhlete na stejný počet desetinných míst, např.: Vypočtená hodnota ε je

$$\varepsilon = (1,0 \pm 0,4) \text{ J} \cdot \text{s}^{-2}. \quad (4)$$

Zdrojový kód: `\epsilon=\hodn{1,0}{0,4}{J\cdot s^{-2}}`. Chyba je vypočtená ze vztahu (??). Také musí být jasné, podle jakého vzorce jste výsledek dostali.

Všimněte si, že jednotky nemají být kurzívou. K tomuto účelu je v této šabloně příkaz `\unit{ }`. Používá se bez mezery, rovnou za číslo! $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ se tedy správně napíší jako `$3\unit{m \cdot s^{-1}}$`.

Součin jednotek píše s tečkou `\cdot` (nikoli interpunkční tečkou `.`), jednotky jsou pak lépe čitelné a nedochází k záměně milisekund za metry krát sekundy.

Pro ještě lepší zadávání jednotek je možné použít balíček `siunitx`: <http://www.dpg-physik.de/dpg/gliederung/junge/rg/wuerzburg/Archiv/WS%202011-12/LaTeX/siunitx.pdf>.

Ten řeší i problém s tím, že správně by se v mikrometrech nemělo řecké písmeno μ psát kurzívou. Porovnejte: $100 \mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$. Zdrojový kód: `$\SI{100}{\micro\meter}$`, `$100\unit{\mu m}$`.

Pokud naměřená data fitujete, je třeba uvést rovnici fitu a hodnoty parametrů včetně chyby. Např.: Data jsme fitovali lineární funkcí ve tvaru $v(t) = at + b$ a parametry fitu jsme určili jako $a = 1.025 \pm 0.007 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a $b = 540 \pm 18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tipy a triky pro psaní v L^AT_EX:

- Projděte si pravidla pro psaní matematických a fyzikálních výrazů: <http://www.aldebaran.cz/studium/vyrazy.pdf>
- Používejte pevnou mezeru `~` tam, kde se nemá zlomit řádek (aby nevznikaly na konci řádku osamocené jednopísmenné předložky): `s~mezerou`. Toto dělá automaticky balíček `encxvlna`, ten je však třeba doinstalovat: https://merlin.fit.vutbr.cz/wiki/index.php/%C4%8Cesk%C3%A1_sazba_v_LaTeXu#Vlnky
- Uměle zalamujte řádky, které přesahují šířku textu a nezalomily se samy: `diagona\~lizovatelnost` = diagonalizovatelnost.
- Používejte desetinnou čárku (český standard), nikoli tečku (anglický standard).
- Pomlčka jakožto interpunkční znaménko se píše pomocí `--` a mínus je třeba vysázet v matematickém módu (tj. ne `-3 V`, ale `$-3\unit{V}$`): `-3V`
- České uvozovky nepište pomocí `, , ...`, ale příkazem `\uv{...}`, který je součástí zavedeného balíčku `\usepackage[czech]{babel}`: „takto“.
- Je doporučeno vkládat obrázky z programu GNUPlot pomocí <https://www.ctan.org/pkg/gnuplottex> – GNUPlot může uložit obrázek přímo jako `.tex`). Výsledkem jsou krásné grafy přizpůsobené formátu textu.

6 Diskuse

Diskuse by měla obsahovat **komentář k jednotlivým výsledkům** měření, **porovnání** s očekáváním/tabulkovými hodnotami, zdroje především systematických **chyb měření**, návrh na **zlepšení výsledků**,...

7 Závěr

Seznámili jsme se s [hlavní náplň úlohy], změřili jsme, určili jsme, ověřili jsme zákon, diskutovali jsme, vyšlo: číslo \pm chyba jednotek,...

8 Použitá literatura

- [1] Kolektiv KF, *Návod: Spojitá regulovaná soustava se servomotorem HSM 60 se spojitou regulací*, [online, cit. 6. února 2025].
http://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/415/mod_resource/content/test.pdf
- [2] Kolektiv KF, *Chyby měření*, [online, cit. 6. února 2025].
<http://praktikum.fjfi.cvut.cz/documents/chybynav/chyby-o.pdf>

Příloha

9 Domácí příprava

Domácí příprava je přiložena k protokolu. Obsahuje čitelně napsané řešení domácího úkolu. V případě, že jde o krátký výpočet, je možné jej přepsat na začátek sekce Vypracování.

10 Příliš velké tabulky

Sem patří tabulky příliš velké na to, aby byly pohodlně čitelné v textu. Zakomentujte dle potřeby.

1. měření		2. měření		3. měření		4. měření	
Φ [Wb]	p [atm]	Φ [Wb]	p [atm]	Φ [Wb]	p [atm]	Φ [Wb]	p [atm]
612	0,0	610	19,2	353,16	2,52	352,00	2,49
-612	-18,9	-24	4,6	-353,16	-2,41	-13,85	-1,32
524	-0,3	-32	4,3	302,38	2,44	-18,47	-1,40
403	-0,7	-54	3,6	232,55	2,33	-31,16	-1,58
309	-1,2	-106	2,7	178,31	2,20	-61,17	-1,81
203	-1,8	-222	1,4	117,14	2,05	-128,11	-2,15
109	-2,7	-330	1,0	62,90	1,81	-190,43	-2,26
36	-4,3	-421	0,6	20,77	1,40	-242,94	-2,36
0	-6,0	-490	0,5	0,00	0,95	-282,76	-2,39
-36	-11,2	0	6,6	-20,77	-0,40	0,00	-0,80
-100	-16,1	477	18,8	-57,71	-1,68	275,25	2,39
-202	-17,4	404	18,4	-116,56	-2,02	233,13	2,28
-297	-18,0	295	17,9	-171,38	-2,18	170,23	2,15
-417	-18,6	204	17,3	-240,63	-2,33	117,72	1,99
-500	-18,8	54	13,1	-288,53	-2,39	31,16	0,90
-38	-11,6	24	9,0	-21,93	-0,51	13,85	-0,17
-42	-11,8	36	10,5	-24,24	-0,56	20,77	0,22
-52	-13,0	94	15,2	-30,01	-0,87	54,24	1,45
-70	-14,3	136	16,4	-40,39	-1,21	78,48	1,76
-22	-8,8			-12,70	0,22		

Tab. 2: Příklad složitější tabulky.