

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

**RÝCHLOSTNÝ DVOJMOTOROVÝ SYSTÉM S PRUŽNÝM
ČLENOM**
ZADANIE

Obsah

Úvod	1
1 Úlohy	2
2 Opis riadeného systému	3
3 Modely	4
3.1 Simulačný model sústavy	4
3.2 Simulačný model regulátora	5
3.3 IRC snímač	6
3.4 Vstupný signál	6
4 Riešenie	8
4.1 Genetický algoritmus	8
5 Získané priebehy	9
5.1 Odozva systému na rôzne prevodové stupne	9
5.2 Vplyv koeficientov tuhosti na kvalitu navrhnutého riadenia	12
5.3 Vplyv koeficientov tlmenia na kvalitu navrhnutého riadenia	15
Záver	18
Zoznam použitej literatúry	19

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 2.1	Reálny model systému	3
Obrázok 2.2	Parametre motorov	3
Obrázok 3.1	Schéma v simulinku	4
Obrázok 3.2	Bloková schéma motora	4
Obrázok 3.3	Bloková schéma záťaže	5
Obrázok 3.4	Bloková schéma IRC snímača	6
Obrázok 3.5	Bloková schéma signálu	6
Obrázok 3.6	Závislosť žiadanej rýchlosti od času	7
Obrázok 5.1	Závislosť rýchlosti záťaže od času	9
Obrázok 5.2	Závislosť rýchlosti motora od času	10
Obrázok 5.3	Závislosť momentu motora od času	11
Obrázok 5.4	Závislosť rýchlosti záťaže od času	12
Obrázok 5.5	Závislosť rýchlosti motora od času	13
Obrázok 5.6	Závislosť momentu motora od času	14
Obrázok 5.7	Závislosť rýchlosti záťaže od času	15
Obrázok 5.8	Závislosť rýchlosti motora od času	16
Obrázok 5.9	Závislosť momentu motora od času	17

Úvod

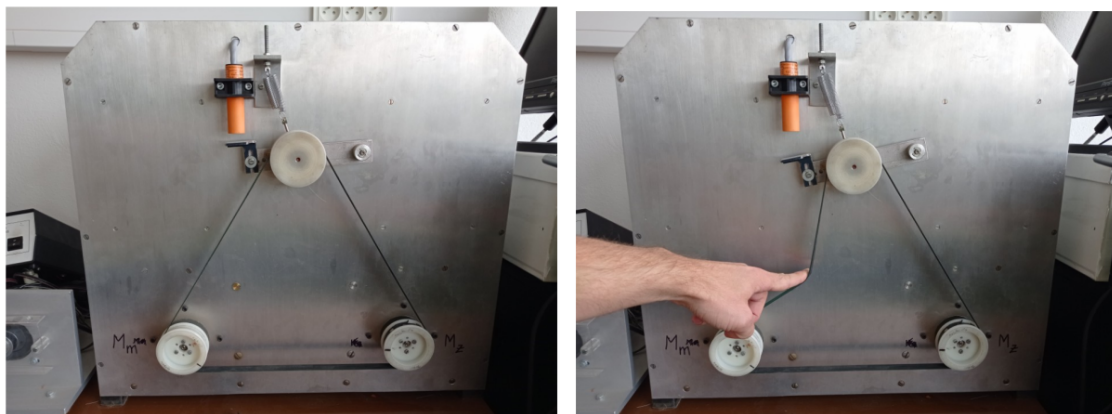
Navrhňte regulačné obvody pre riadenie rýchlosti dvojmotorového pružného systému, ktorý vznikne spojením: generátor momentu+motorM+prevodovka+pružný element (pás)+motorZ+IRC snímač. Simulačne overte vlastnosti navrhnutého riešenia.

1 Úlohy

1. Vytvorte spojitý model pružne sústavy, kde je motor spojený so záťažou prostredníctvom pružného pásu. Tiež pridajte aj generátor momentu. (detailne popíšte kompletný model, jednotlivé bloky, konštanty, signály).
2. Namodelujte suché trenia pre Motor aj Záťaž (ako funkcia ω_m , ω_z).
3. Navrhните vhodný regulačný obvod rýchlosti pre ω_z .
4. Opíšte regulačnú štruktúru (detailne popíšte jednotlivé bloky, konštanty, signály).
5. Realizujte syntézu parametrov regulátora rýchlosti hriadeľa. Návrh zdôvodnite.
6. Namodelujte IRC snímač prípadne aj iný vami pridaný snímač.
7. Vyšetrite vplyv zmeny prevodového čísla i na kvalitu navrhnutého riadenia na vybranej riadiacej štruktúre.
8. Vyšetrite vplyvu zmeny B_e , K_e (koeficient tlmenia, koeficient tuhosti pružného člena) na kvalitu navrhnutého riadenia na vybranej riadiacej štruktúre.
9. Navrhните také úpravy schémy, ktoré by zamedzili saturácií akčného člena (motora).
10. Vykreslite priebehy nasledovných veličín pri experimentoch: moment motora (akčný zásah), uhlová rýchlosť motora a záťaž. Prípadne aj iné, ktoré uznáte za vhodné.
11. Pre tabuľkové parametre realizujte simulácie pre rôzne zmeny rýchlosti na vašom navrhnutom riadení.
12. Vyhodnot' te dosiahnuté výsledky, vypracujte protokol.
13. Uved' te aj literatúru, z ktorej ste čerpali.

2 Opis riadeného systému

Majme pružnú sústavu : generátor momentu+motor M +prevodovka+pružný element (pás) +motor Z +IRC snímač. Hodnoty parametrov modelu meniča a motorov sú v tabuľke. Parametre hnacieho motora sú označované písmenom m ako dolný index a hnaného motora (záťaž) písmenom z ako dolný index.



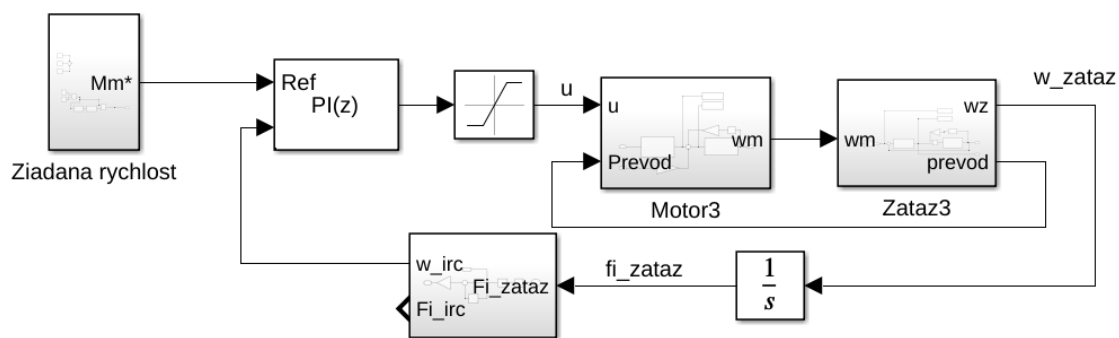
Obr. 2.1: Reálny model systému

Označenie	Hodnota		Názov
M_m	0,108	Nm	Nominálny moment motora
T_n	1	ms	Náhradná časová konštanta generátora momentu
J_m	0,00009	kg.m ²	Moment zotrvačnosti (motor)
J_z	0,00024943	kg.m ²	Moment zotrvačnosti (záťaž)
M_{z0m}	0,0052000	Nm	Suché trenie (motor)
M_{z0z}	0,0078000	Nm	Suché trenie (záťaž)
B'_m	0,000080292	Nm/rad/s	Koeficient viskózneho trenia (motor)
B'_z	0,00020000	Nm/rad/s	Koeficient viskózneho trenia (záťaž)
N_{el}	10 000	imp/ot	Počet impulzov IRC na jednu otáčku po štvornásobení
i	Voliteľný	param.	Prevodové číslo
K_e, B_e	Voliteľné	param.	Konštanty pružného člena (tuhosti, tlmenia)
T_{vz}	1	ms	Periódá vzorkovania

Obr. 2.2: Parametre motorov

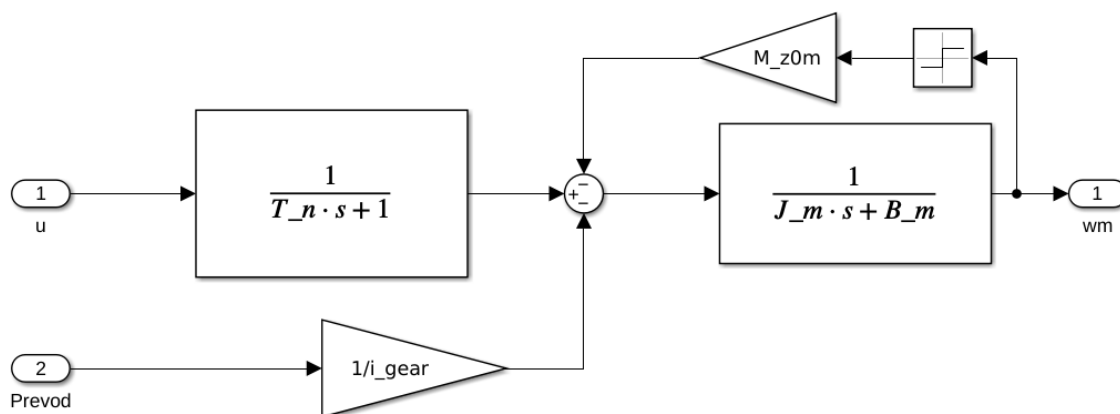
3 Modely

Pomocou cvičenia z predmetu Riadenie mechatronických systémov si vytvoríme model dvojmotorovej sústavy. [1]

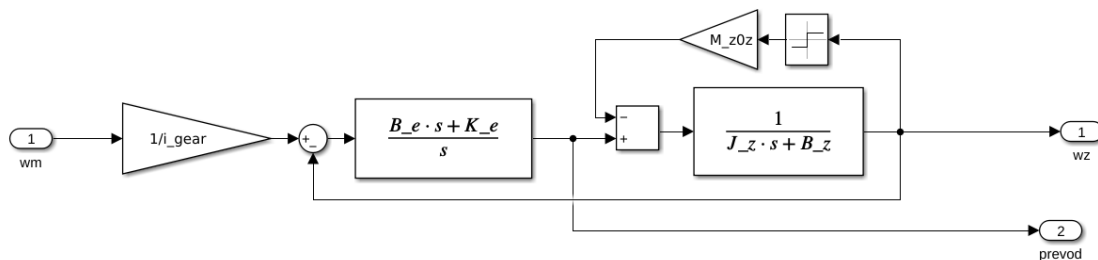


Obr. 3.1: Schéma v simulinku

3.1 Simulačný model sústavy



Obr. 3.2: Bloková schéma motora



Obr. 3.3: Bloková schéma zát'aže

3.2 Simulačný model regulátora

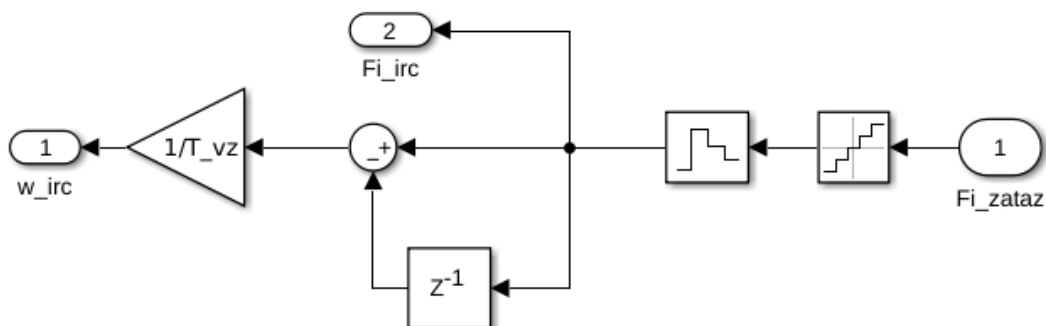
Na regulovanie rýchlosti regulátora sme použili blok PID regulátora v 2-DOF, ktorý je vstavaný v matlabe. Zmenili sme ho na PI v diskretnom čase. Pomocou genetického algoritmu sme hľadali parametre P, I a váhový koeficient b, ktoré sa v bloku nastavujú. Regulátor ma 2 vstupy, jeden referenčnú kde sme pripojili žiadanú rýchlosť a do druhého sme pripojili reálnu rýchlosť z IRC snímača, ktorý sníma polohu zát'aže.

$$u = P(br - y) + IT_s \frac{1}{z - 1} (r - y) \quad (3.1)$$

Kde nastaviteľné parametre sú P, I a b. Konštanta r je vstupný referenčný signál a y je výstupný signal zo systému v našom prípade uhlová rýchlosť zát'aže.

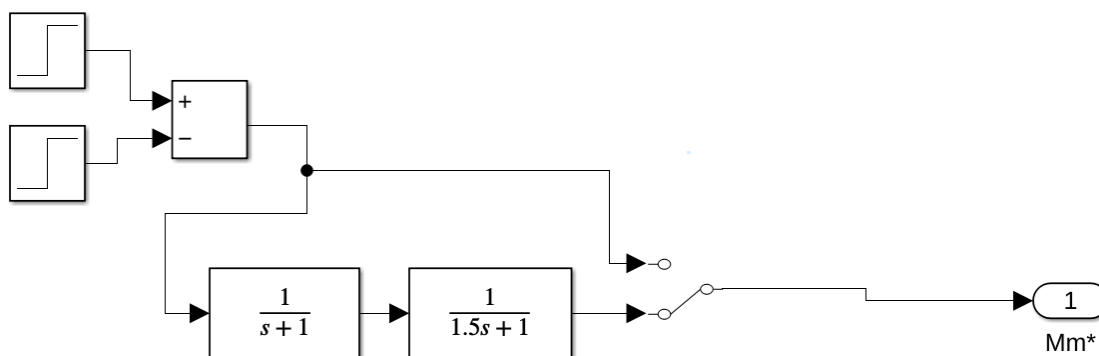
3.3 IRC snímač

IRC snímač polohy je zariadenie používané na sledovanie alebo zistenie presnej polohy objektu v priestore. Tieto snímače používajú infračervené žiarenie na meranie vzdialenosti alebo polohy a sú využívané v rôznych aplikáciách, kde je potrebné sledovať pohyb alebo umiestnenie. IRC snímače polohy sú dôležitými nástrojmi pre sledovanie a riadenie pohybu v rôznych aplikáciách a sú využívané v rôznych odvetviach pre ich schopnosť poskytnúť presné informácie o polohe objektu.



Obr. 3.4: Bloková schéma IRC snímača

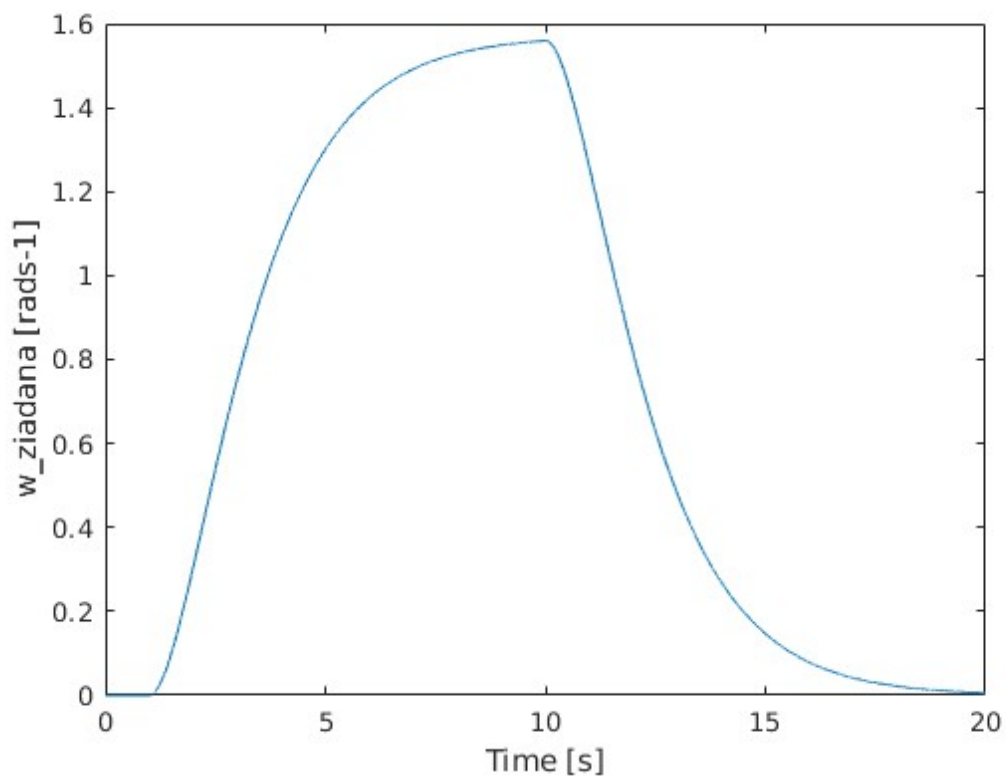
3.4 Vstupný signál



Obr. 3.5: Bloková schéma signálu

V subsystéme pre signál sme si vytvorili 2 bloky Step, v ktorých v prvom vytvorí skok na $\frac{\pi}{2}$ v čase 1 a v druhom sa v 10 sekundách odčíta hodnota aby motor zastavil. Bloky prenosovej

funkcie sme pridali ako filter na vstupe, aby sa spomalil nábeh na žiadanú hodnotu, vytvorili sme takzvanú rampu.



Obr. 3.6: Závislosť žiadanej rýchlosti od času

4 Riešenie

Parametre regulátora sme hľadali pomocou Genetického algoritmu.

4.1 Genetický algoritmus

Genetický algoritmus sme nastavili tak aby sme čo najviac minimalizovali regulačnú odchýlku e a akčný zásah u . Pomocou 4.1 sme hľadali 3 parametre, takže na začiatku sme si vytvorili prehľadávaný priestor v rozsahu 0-3 pre všetky parametre. Taktiež sme nastavili počet jedincov na 20 a 30 generácii, čo bolo postačujúce na nájdenie vhodných parametrov regulátora. [2]

Výber jedincov na úpravu pre ďalšiu generáciu:

1. Výber 1-krát najlepšieho jedinca.
2. Výber 3-krát náhodného jedinca.
3. Turnajový výber 8 jedincov ktorých zmeníme krížením a globálnou mutáciou
4. Turnajový výber 8 jedincov ktorých aditívne mutujeme.

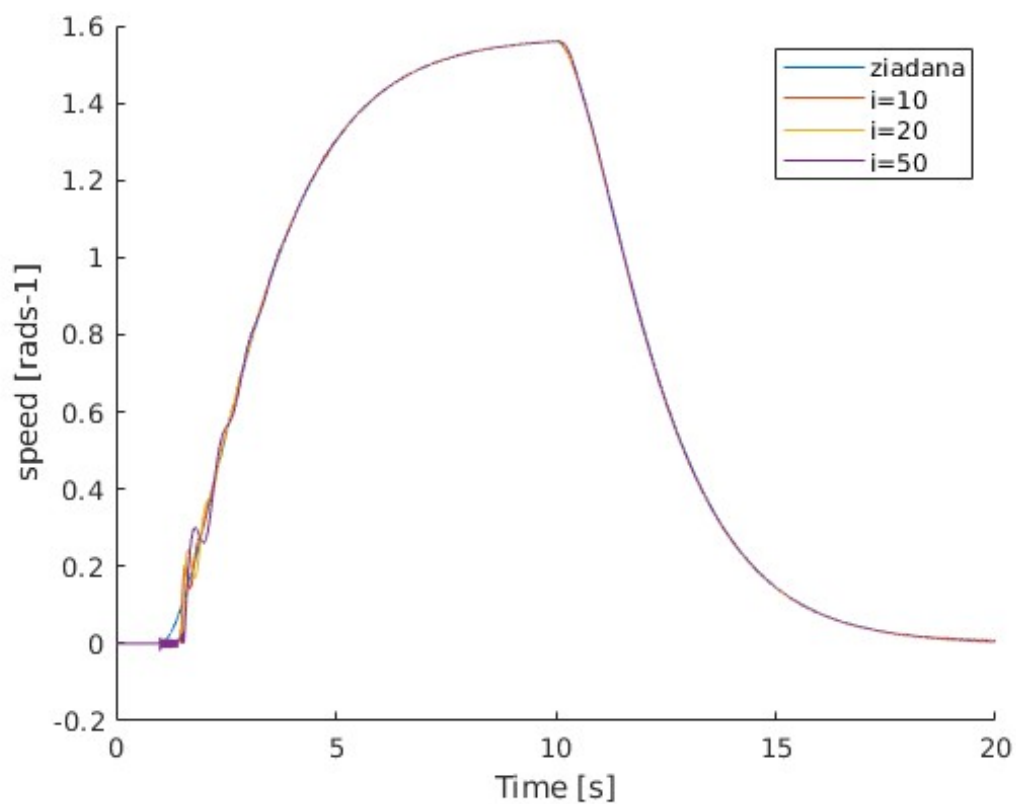
Ideálne parametre regulátora sme hľadali pri prevodovom stupni 20 a našli sme parametre regulátora: $P = 0.011353$, $I = 0.42667$ a $b = 1.5494$.

5 Získané priebehy

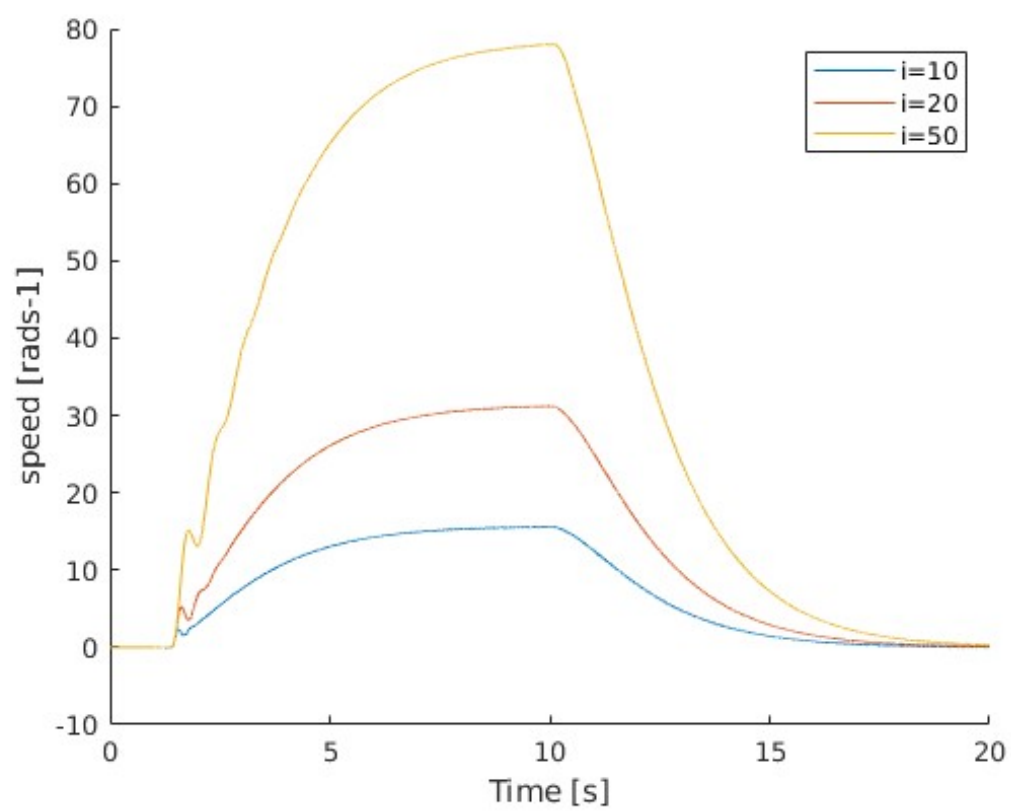
V tejto sekcii sú graficky znázornené simulačné priebehy rýchlosti motora, záťaže a momentu motora od času.

5.1 Odozva systému na rôzne prevodové stupne

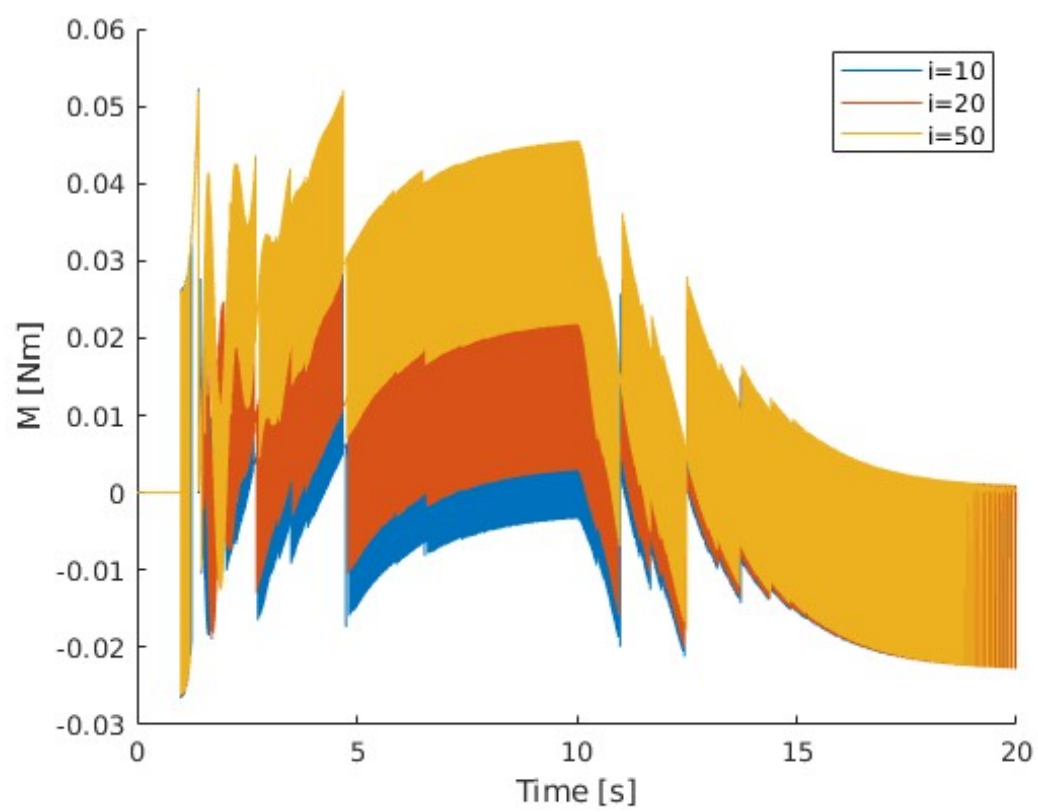
V tejto sekcii sme menili prevodový pomer a pozorovali odozvu systému na rôzne zmeny. Hodnota i znázorňuje prevodový stupeň.



Obr. 5.1: Závislosť rýchlosti záťaže od času



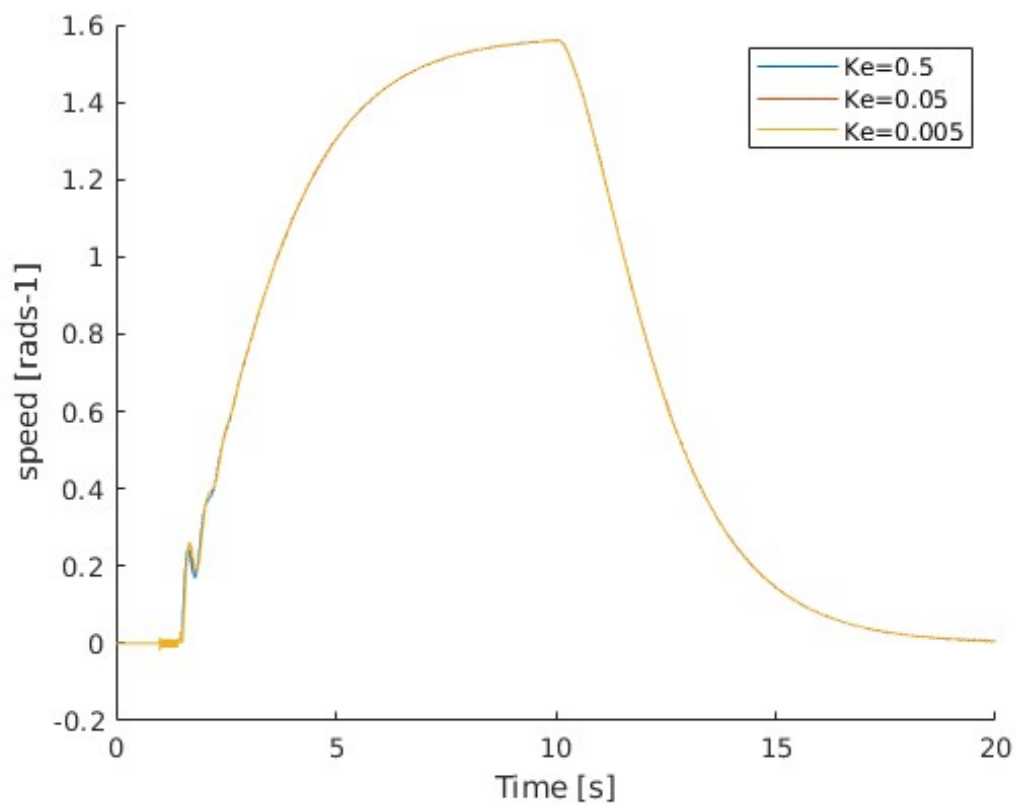
Obr. 5.2: Závislosť rýchlosti motora od času



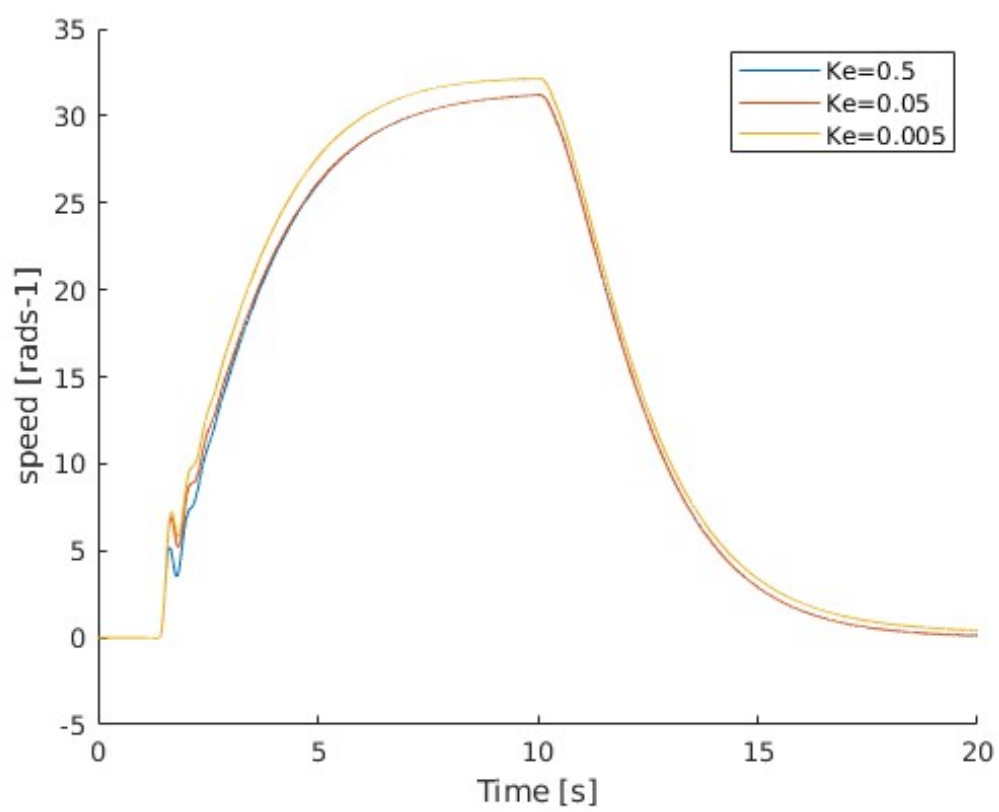
Obr. 5.3: Závislosť momentu motora od času

5.2 Vplyv koeficientov tuhosti na kvalitu navrhnutého riadenia

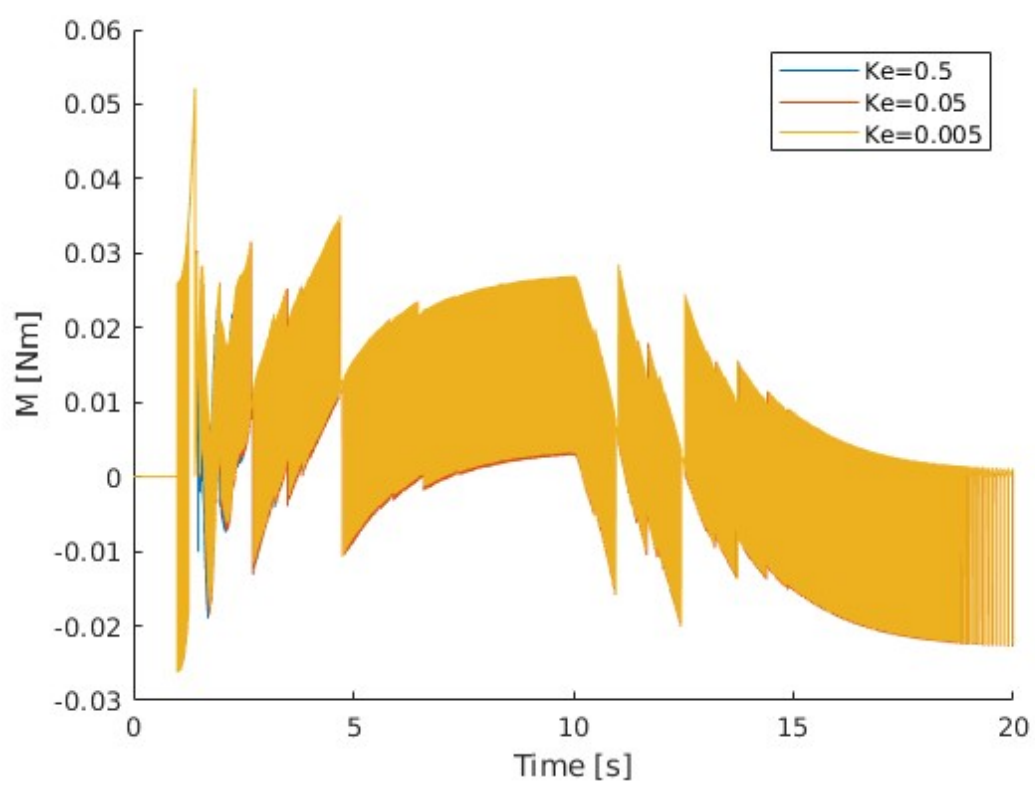
V tejto sekcii sme menili koeficient tuhosti K_e a pozorovali odozvu systému na rôzne zmeny.



Obr. 5.4: Závislosť rýchlosti zát'aže od času



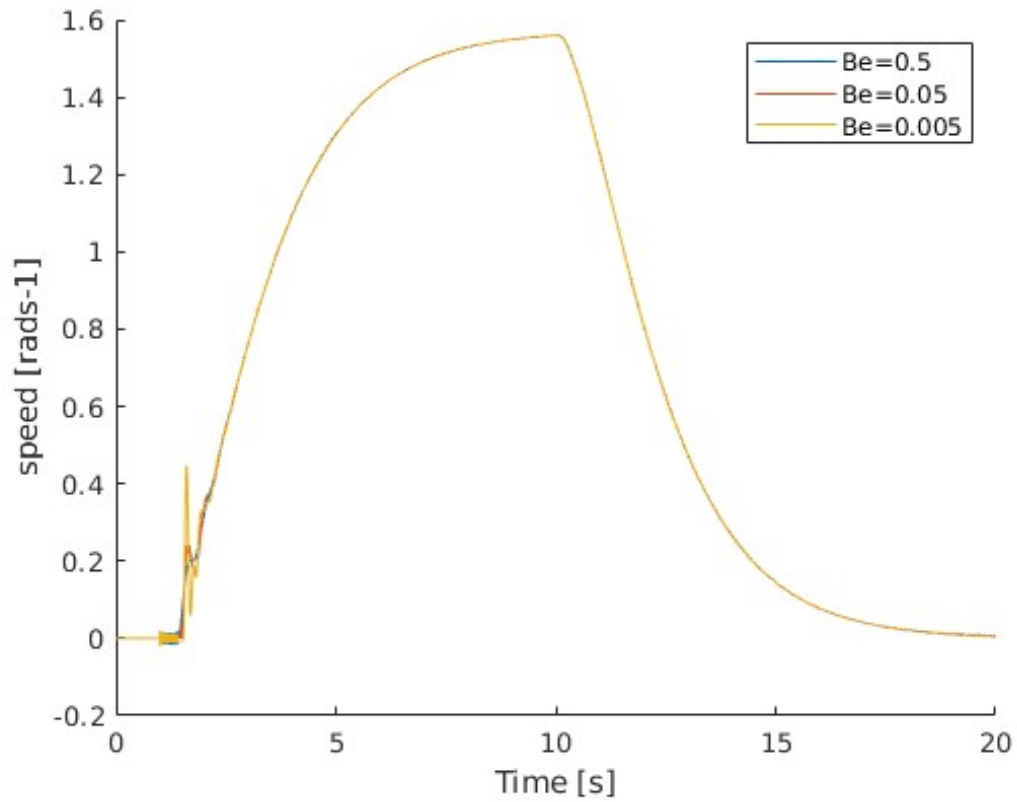
Obr. 5.5: Závislosť rýchlosti motora od času



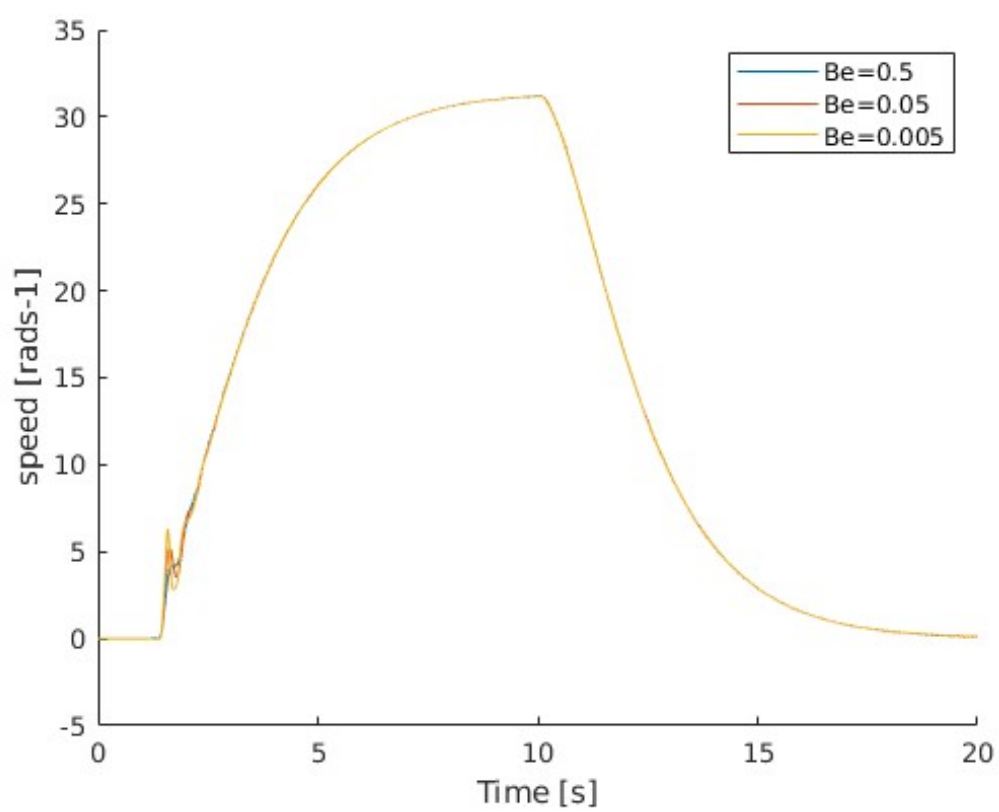
Obr. 5.6: Závislosť momentu motora od času

5.3 Vplyv koeficientov tlmenia na kvalitu navrhnutého riadenia

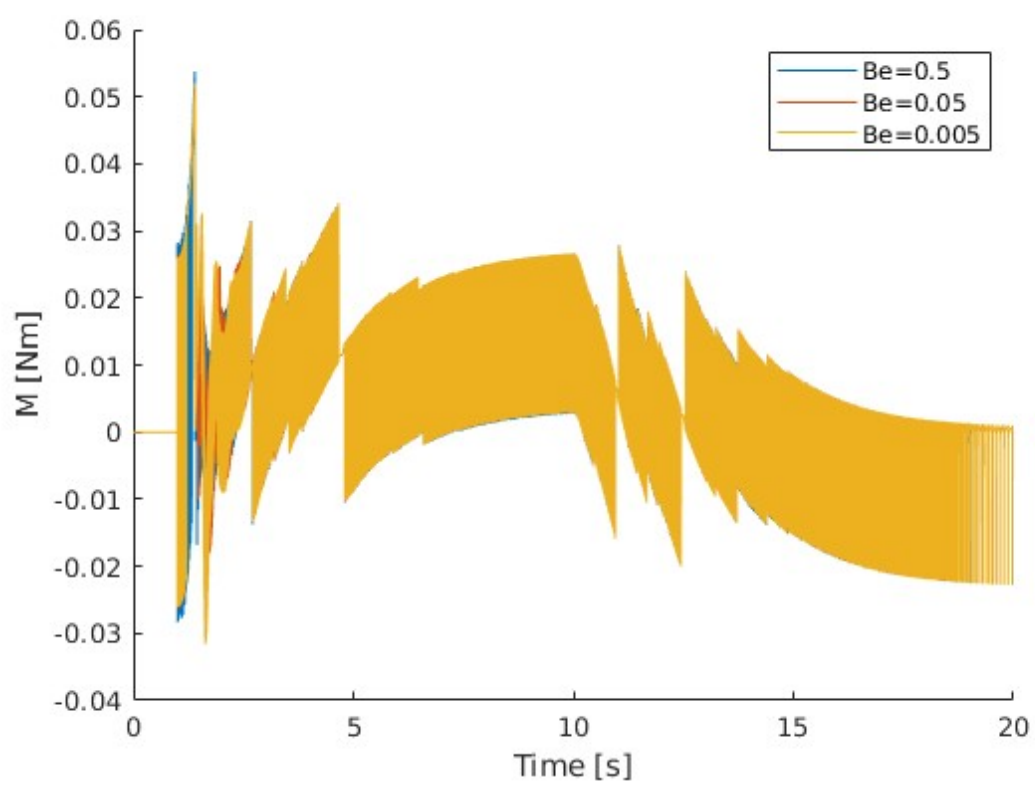
V tejto sekcii sme menili koeficient tlmenia B_e a pozorovali odozvu systému na rôzne zmeny.



Obr. 5.7: Závislosť rýchlosti záťaže od času



Obr. 5.8: Závislosť rýchlosti motora od času



Obr. 5.9: Závislosť momentu motora od času

Záver

Úlohou tohto zadania bolo namodelovať a simulovať riadenie dvojmotorového systému s pružným členom.

Na riadenie sme použili PI regulátor, ktorého parametre sme hľadali pomocou genetického algoritmu. Súčet odchýlky regulovanej sústavy a akčnej veličiny sme použili ako fitness funkciu ktorú sme minimalizovali. Výsledkom algoritmu boli parametre regulátora. 4.1. Následne sme s nájdenými parametrami otestovali rôzne prevody 5.1, koeficienty tuhosti 5.2 a koeficienty tlmenia 5.3.

V sekcii prevody 5.1 môžeme pozorovať, že regulátor si vedel dobre poradiť aj s inými prevodovkami na ktoré bol navrhnutý. Systém mal zo začiatku oneskorenie čo mohlo spôsobovať suché trenie a pomalší nábeh systému na žiadanú veličinu a keď že hodnoty uhlovej rýchlosti na úseku 1 až 1.5 sekundy neboli vysoké tak genetický algoritmus zmenu nebral ako veľkú chybu a zároveň sme fitness funkciou chceli obmedziť vplyv akčného zásahu takže akčný zásah mal rovnakú váhu ako regulačná odchýlka, čo taktiež spôsobilo oneskorenie nábehu systému.

Testovali sme aj vplyv koeficientu tuhosti 5.2 pri prevodovom stupni 20. Menili sme ho s faktorom 10, čiže z 0.5 na 0.05 atď. a na závislosti rýchlosti zát'aže od času môžeme pozorovať, že systém reagoval na zmenu tuhosti veľmi dobre. Vyššou rýchlosťou sa musel točiť hnací motor aby pri nízkej hodnote K_e , hnaný motor dosiahol žiadanú rýchlosť. Z čoho vyplýva, že znižovaním koeficientu tuhosti je systém viac pružný, čo znamená aby sa hnaný motor rozbehol, hnací motor dosiahne vyššiu rýchlosť.

Zmenou koeficientu tlmenia 5.3, sme zistili, že mal vplyv na rozbeh hnaného motora. Menili sme ho s faktorom 10, čiže z 0.5 na 0.05 atď. a ak bol väčší ako koeficient pre ktorý bol regulátor navrhnutý tak pri rozbehu systému sme nemali kmitanie a ak sme koeficient zväčšovali rýchlosť hnaného motora viac oscillovala pri rozbehu.

Momenty motora vo všetkých experimentoch sa nedostali na maximum, čím sme obmedzili saturáciu. Pre lepšie dosiahnuté výsledky aby motor mal väčší moment by som odporučil v genetickom algoritme zmenšiť váhu akčnej veličiny.

Zoznam použitej literatúry

1. ING. CHOVANEC L'UBOŠ, PhD. cvičenie 03-01.pdf (Pružný systém). In: 2023.
2. IVAN SEKAJ, prof. Návrh regulačných obvodov použitím evolučných algoritmov (genetického algoritmu). In: 2023, s. 13–15.