

TECHNICKÁ UNIVERZITA KOŠICE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
KATEDRA KYBERNETIKY A UMELEJ INTELIGENCIE

Inovácia elektronických výukových materiálov o nové fyzikálne modely pre predmet Simulačné systémy

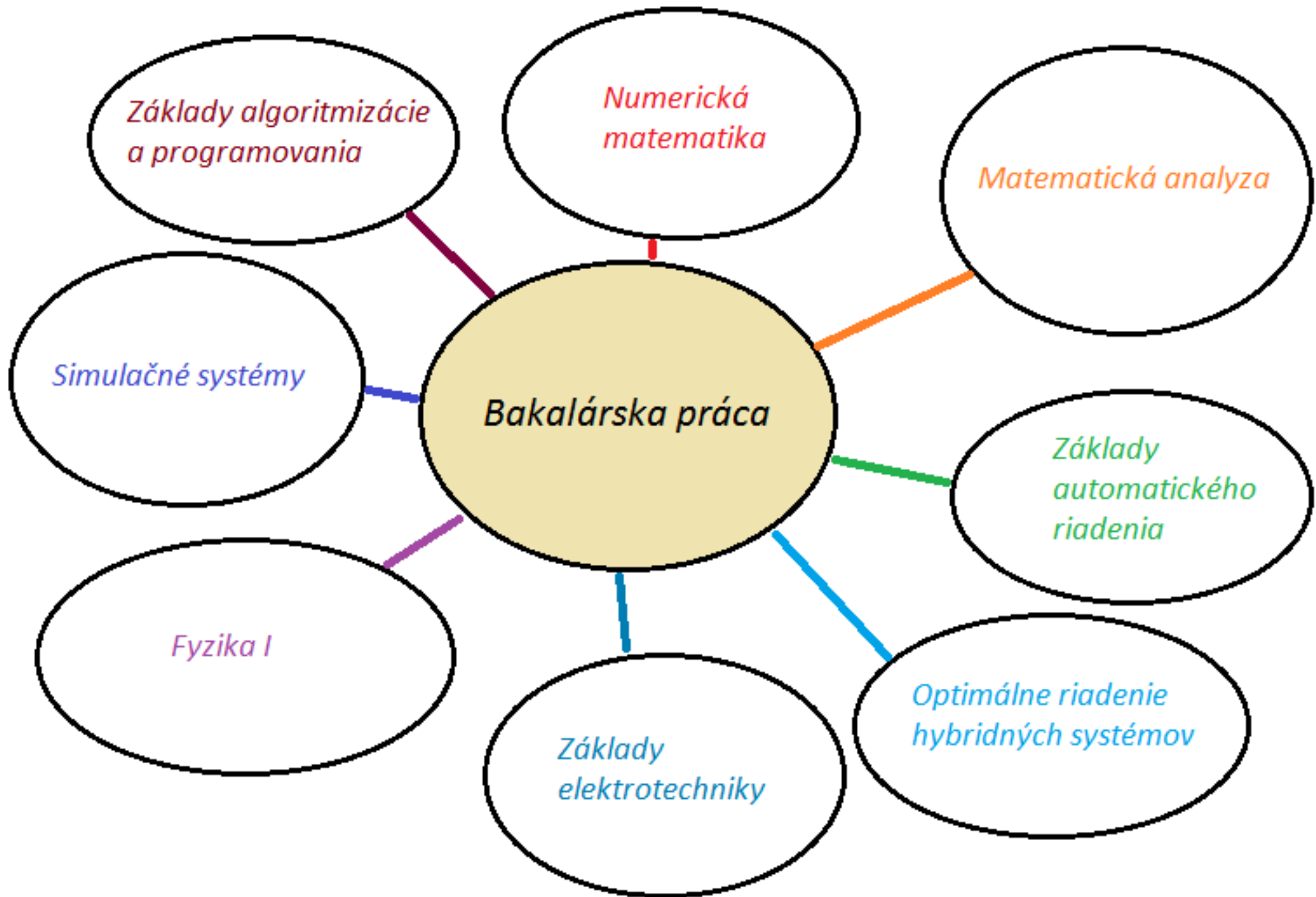
Autor: Nadiia Bezerova
Školiteľ: doc. Ing. Anna Jadlovská, PhD.
Konzultant: Ing. Lukáš Koska
Rok: 2018

Ciele práce

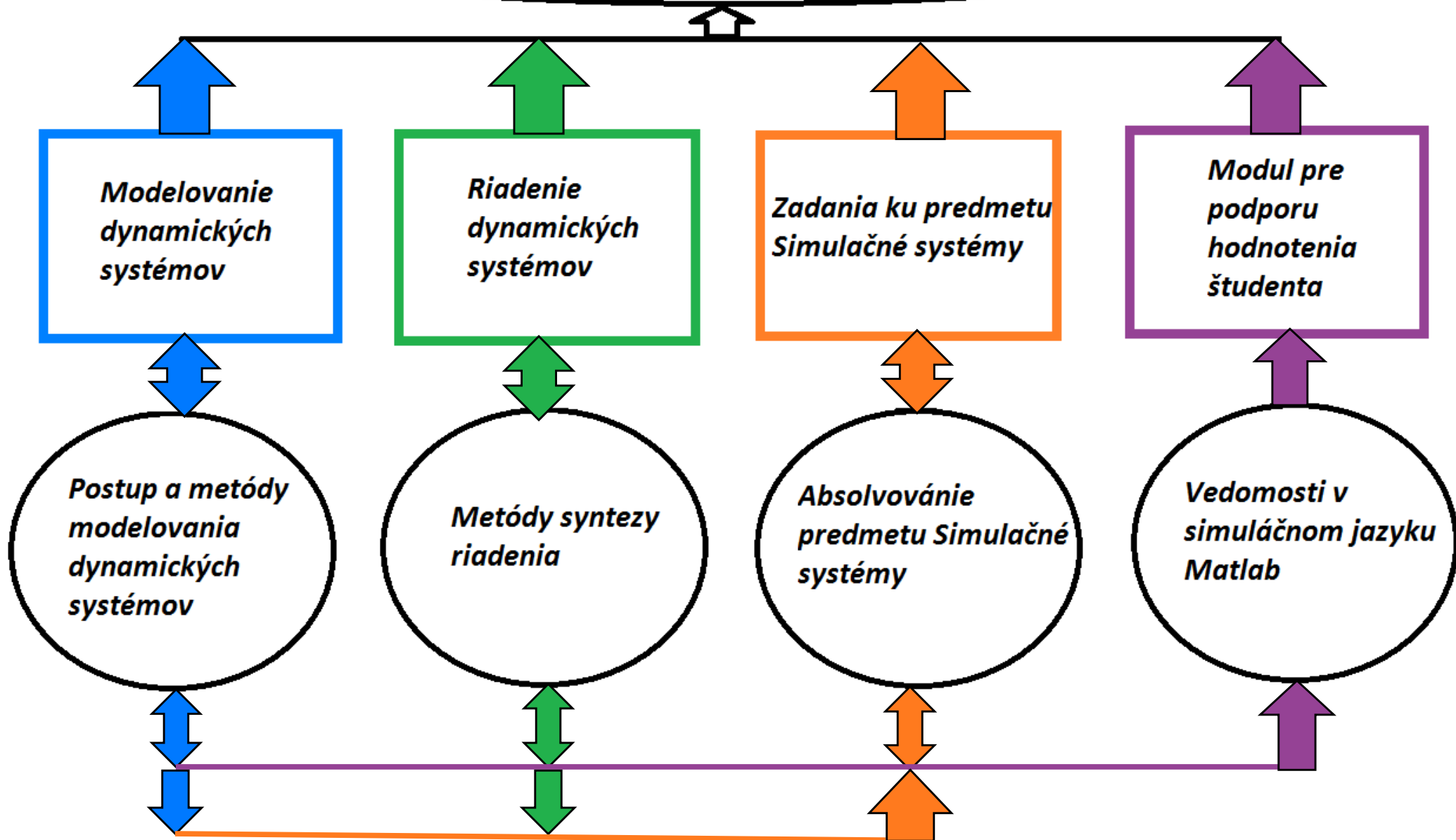
- Odvodenie matematických modelov fyzikálnych systémov a ich vhodné spracovanie.
- Navrhnuť a simulačne overiť algoritmy riadenia pre príklady modelov fyzikálnych systémov s cieľom inovovať výukové materiály pre predmety Simulačné systémy a Základy automatického riadenia s využitím nových funkcionalít programového prostredia *Matlab/Simulink* a iných simulačných nástrojov.
- Naprogramovať automatické podporné moduly, ktoré umožnia hodnotenie znalostí nadobudnutých na predmetoch modelovania, riadenia a simulácie dynamických systémov.

OBSAH

1. Modelovanie, analýza a simulácia fyzikálnych dynamických systémov
2. Programový modul pre interaktívnu simuláciu a analýzu lineárnych a nelineárnych dynamických systémov
3. Riadenie matematických modelov fyzikálnych systémov
4. Programový modul pre interaktívnu simuláciu riadenia dynamických systémov – servomotor a hydraulický systém dvoch nádob v interakcii
5. Vzorové zadania pre predmet Simulačné systémy v programovom prostredí Matlab (Live Script)
6. Modul pre podporu hodnotenia študenta

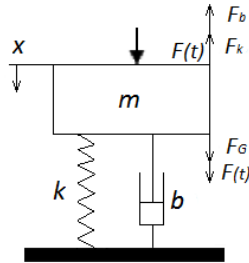


Výukové materiály pre predmet
Simulačné systémy s využitím
Live Editora



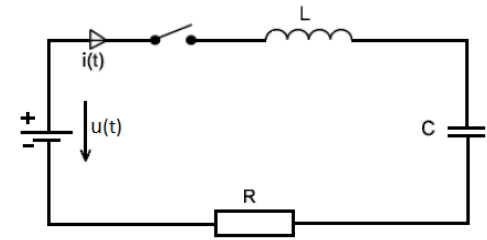
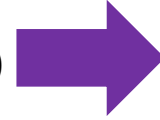
1. Modelovanie, analýza a simulácia fyzikálnych dynamických systémov

Odvođené matematické rovnice fyzikálnych systémov:



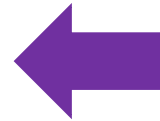
RLC obvod (LDR)

$$CL \cdot \ddot{u}_C(t) + CR \cdot \dot{u}_C(t) + u_C(t) = u(t)$$



pružina-tlmič (LDR)

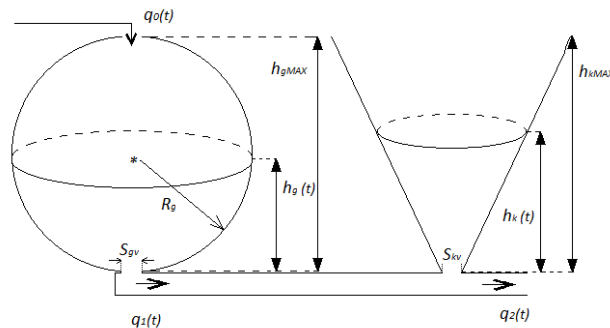
$$m \cdot \ddot{y}(t) + b \cdot \dot{y}(t) + k \cdot y(t) = F$$



hydraulický systém dvoch nádob v interakcii (NDR)

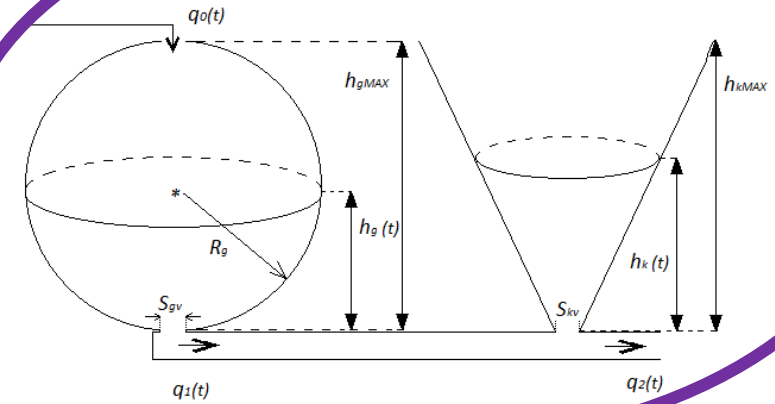
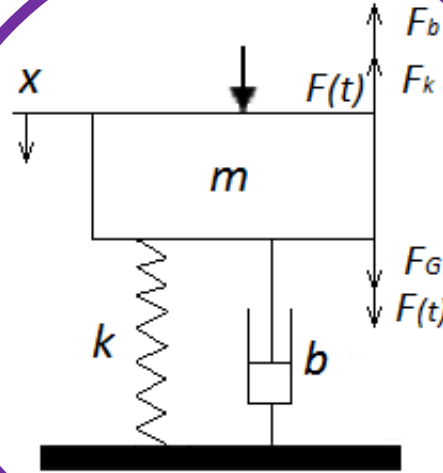
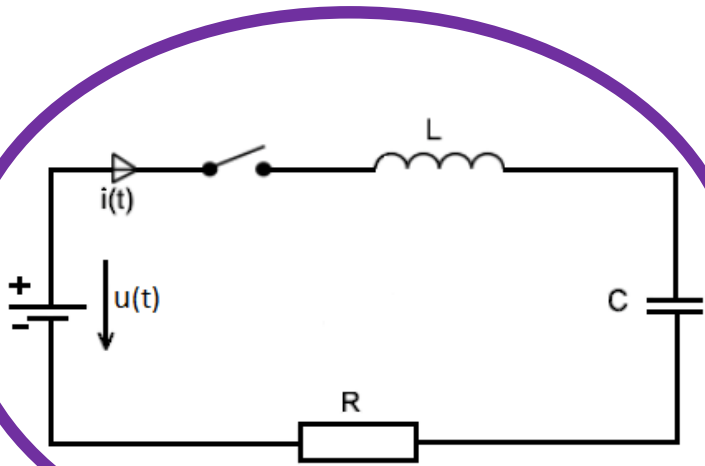
$$1. \text{ nádobá: } \dot{x}_1(t) = \frac{q_0 - S_{gv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot |x_1(t) - x_2(t)|}}{S_g} = \frac{q_0 - S_{gv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot |x_1(t) - x_2(t)|}}{\pi \cdot (2 \cdot R_g \cdot x_1(t) - x_1^2(t))}$$

$$2. \text{ nádobá: } \dot{x}_2(t) = \frac{S_{gv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot |x_1(t) - x_2(t)|} - S_{kv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot x_2(t)}}{S_k} = \frac{S_{gv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot |x_1(t) - x_2(t)|} - S_{kv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot x_2(t)}}{\pi (\tan \alpha)^2 x_2^2(t)}$$



1. Modelovanie, analýza a simulácia fyzikálnych dynamických systémov

Postup pre získanie modelov *RLC obvod*, *pružina – tlmič* a *hydraulický systém dvoch nádob v interakcii*:



Zostavenie bilančných rovníc dynamických systémov

Simulácia systému

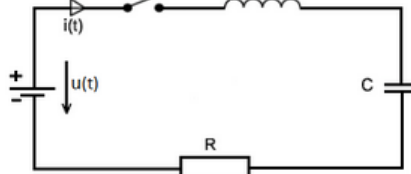
Prevod rovníc do substitučného kanonického tvaru

2. Programový modul pre modelovanie dynamických systémov

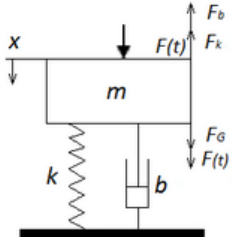
Live Editor - C:\Users\nadiia\Desktop\Bakalarska Praca Nadiia Bezerova\Priecin...
ProgramovyModulModelovanie.mlx +

Programový modul pre modelovanie dynamických systémov

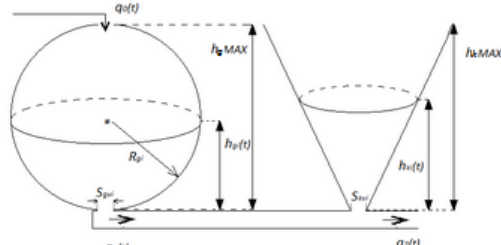
1) RLC obvod nabíjanie kondenzátora



2) Pružina-tlmič



3) Hydraulický systém dvoch nádob v interakcii



Hlavné okno programového modulu

Schémy modelov

Odkazy na súbory fyzikálnych modelov

Odkaz na súbor fyzikálneho modelu - RLC obvod

Pomocný súbor

Časť kódu

Odkazy na pomocné súbory

Schéma modelu

Ovodenie matematického modelu

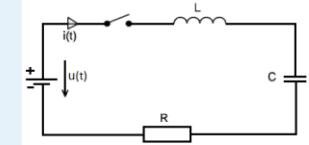
Simulačná schéma modelu

RLC Obvod

Pre riešenie tejto úlohy sú potrebné poznatky z:

- Elektrotechniky
- Numerickej matematiky

Obsah zadania: Vypočítať prúd $i(t)$ a napätie $u_C(t)$ v RLC obvode po pripojení na napätie $u(t)$. Zostaviť matematický a simulčný model RLC obvodu pre nabíjanie kondenzátora.



Parametre: $R = 5\Omega$, $L = 0,1H$, $C = 100\mu F$, $u(t) = 10V$
 $i(0) = 0$
 $PP: u_C(0) = 0$

Prúd i vytvára na jednotlivých prvkoch RLC obvodu časovo-meniace napätie u_C , u_L , u_R . Pre tieto napätia sú všeobecné vzťahy:

$$u_R = R \cdot i(t), \quad (1)$$

$$u_C = \frac{1}{C} \int i dt, \quad (2)$$

$$u_L = L \frac{di(t)}{dt} \quad (3)$$

Podľa 2. Kirchhoffovho zákona platí:

$$u(t) = u_C + u_L + u_R \quad (4)$$

Po dosadení rovníc (1), (2) a (3) do rovnice (4) dostaneme diferenciálno-integračnú rovnicu, ktorá popisuje matematický model RLC nabíjanie kondenzátora:

$$L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + R i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t) \quad (5)$$

Pre prúd pretekajúci obvodom platí vzťah:

$$i = C \cdot \frac{du_C}{dt} \quad (6)$$

Po úprave dostaneme diferenciálnu rovnicu popisujúcu nabíjanie kondenzátora, ktorá reprezentuje matematický model RLC obvodu:

$$CL \cdot \frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + CR \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = u(t) \quad (7)$$

$$CL \cdot u_C''(t) + CR \cdot u_C'(t) + u_C(t) = u(t) \quad (8)$$

V prípade, že RLC obvod je pripojený na jednosmerné napätie $u(t)$ pri nulových počiatočných podmienkach, potom za stavové veličiny je vhodné zvoliť napätie na kondenzátore a prúd pretekajúci obvodom budú: u_C a i .

Substitučný kanonický tvar:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= u_C & x_1' &= u_C' = \frac{u_C}{C} \\ x_2(t) &= i & x_2' &= i' = C \cdot u_C'' \end{aligned} \quad (9)$$

Dostávame systém dvoch DR 1 rádu:

Numericka_Matematika.mlx

Prepis NDR n-tého radu do Substitučného kanonického tvaru

DR 3. rádu s pravou stranou:

Uvažujeme všeobecnú DR 3. rádu s pravou stranou:

$$y'''(t) + a_2 y''(t) + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_0 \cdot u(t)$$

Definujeme stavové premenné: $y' = x_2(t)$
 $y'' = x_3(t)$

Dostávame substitučný kanonický tvar:

$$\begin{aligned} y'(t) &= x_1'(t) = x_2(t) \\ y''(t) &= x_2'(t) = x_3(t) \\ y'''(t) &= x_3'(t) = b_0 u(t) - a_0 x_1 - a_1 x_2 - a_2 x_3 \end{aligned}$$

DR 2. rádu:

Máme DR, ktorá má nasledujúci tvar: $y''(t) + \sin y(t) = 0$

Zavedieme substitúciu: $y = x_1(t)$,

$$\begin{aligned} y'(t) &= x_1'(t) = x_2(t) \\ y''(t) &= x_2'(t) = -\sin x_1(t) \end{aligned} \Rightarrow \text{Substitučný kanonický tvar}$$

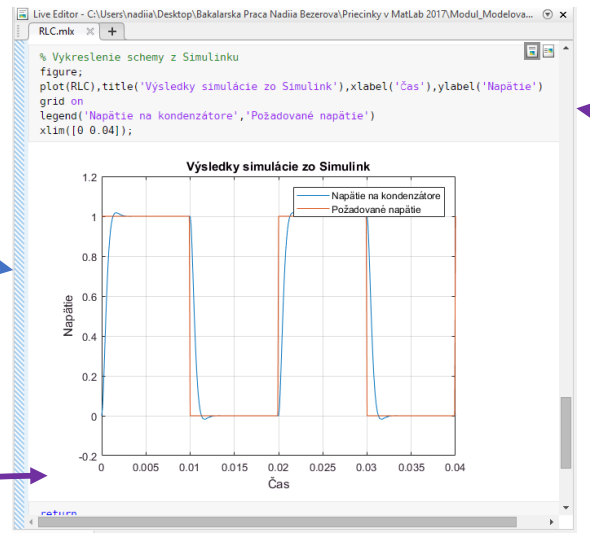
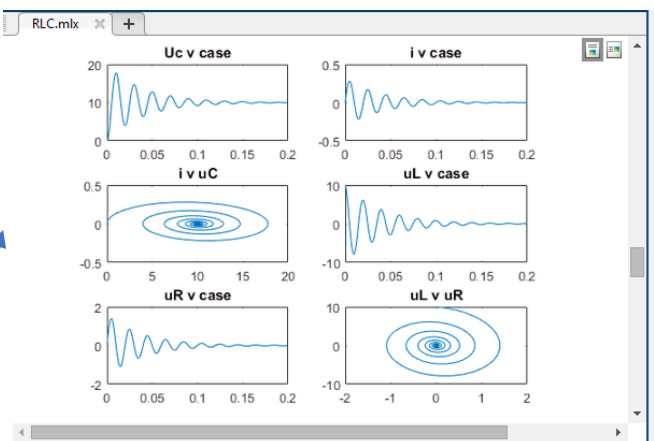
Vytvoríme hlavný program na numerické riešenie NDR, ktoré umožňuje výsledky dať do tabuľky a vykresľovať ich. Hlavný program bude volať funkciu "difvotretriadu" a

LIVE EDITOR VIEW

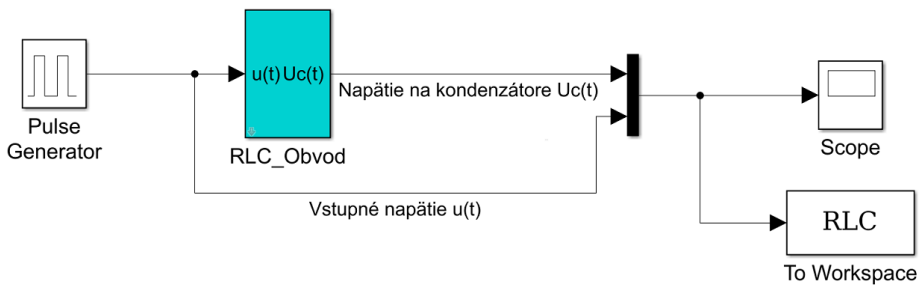
Code Text Section Break Image Equation Hyperlink

FORMAT INSERT TEXT STYLE

Run All Run Section Run and Advance Run to End



Graf nabíjania kondenzátora



3. Riadenie matematických modelov fyzikálnych systémov

Základné metódy riadenia fyzikálnych systémov, ktoré som si vybrala:

- Naslin

- Ziegler – Nichols

- voľby pólov

Vychádzajú z charakteristického polynómu uzavretého regulačného obvodu (URO):

$$1 + F_S(s)F_R(s) = 0$$

-analytický

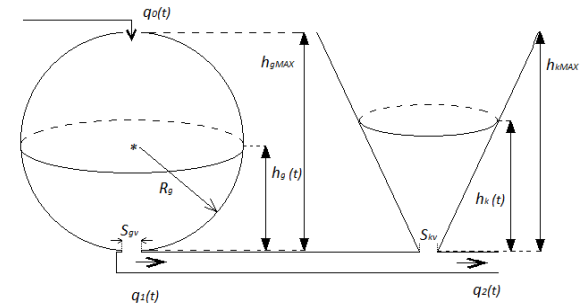
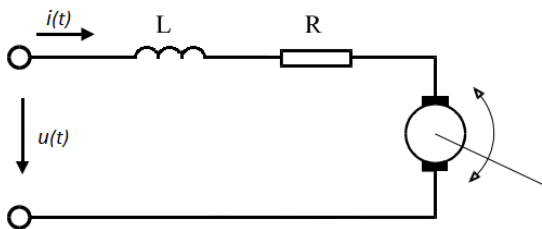
-analytický

-analytický

$$F_p(s) = \frac{1}{s^3 + 8s^2 + 12s + 6}$$

$$F_p(s) = \frac{1}{s^3 + 8s^2 + 12s + 6}$$

$$F_p(s) = \frac{1}{s^3 + 8s^2 + 12s + 6}$$

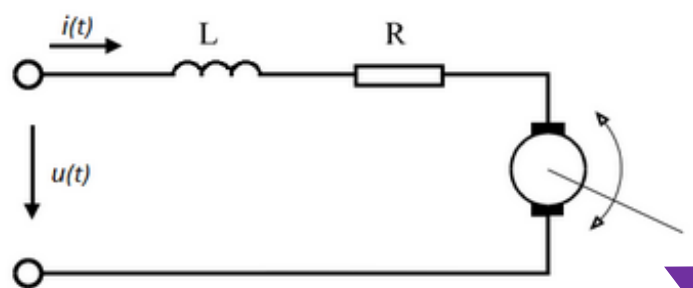


4. Programový modul pre riadenie dynamických systémov

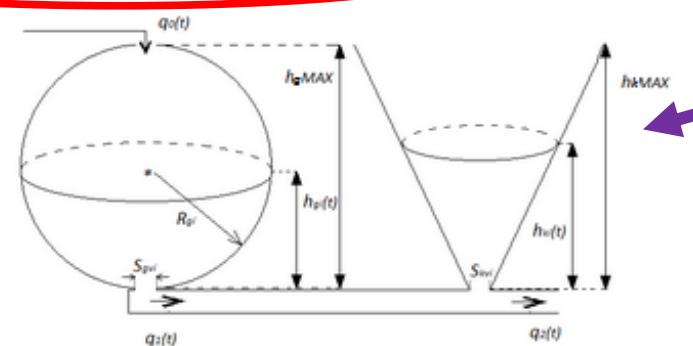
Live Editor - C:\Users\nadiia\Desktop\Bakalarska Praca Nadiia Bezerova\Priecinky v MatLab 2017\Modul_Ri...
ProgramovyModulRiadenie.mlx

Programový modul pre riadenie dynamických systémov

1) Servomotor



2) Hydraulický systém dvoch nádob v interakcii



Odkazy na
súbory
fyzikálnych
modelov

Hlavné okno programového
modulu

Schémy fyzikálnych modelov

Odkaz na súbor fyzikálneho modelu hydraulického systému

Súbor pre modelovanie modelu

Odkaz na súbor pre modelovanie modelu

Zadefinovanie úlohy a schéma modelu

Návrh parametrov PID regulátora

Live Editor - C:\Users\nadiia\Desktop\Bakalarska Praca Nadiia Bezerova\Priecinky v MatLab 2017\Modul_R... x

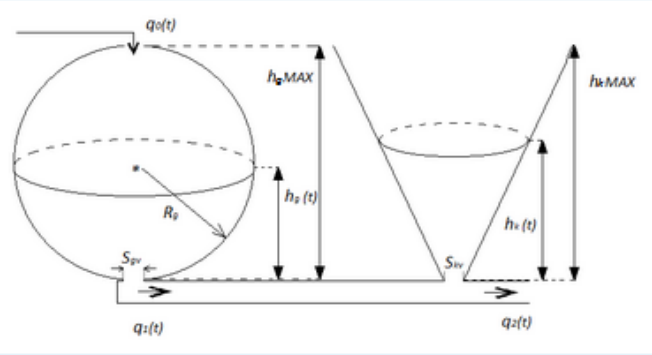
HydraulikaModulRiadenie.mlx

Riadenie modelu "Hydraulický systém dvoch nádob v interakcii"

Parametre a odvodenie diferenciálnych rovníc je možné vidieť v odkaze:

- Odvodenie matematického modelu "Hydraulický systém dvoch nádob v interakcii"

Úlohou je:
Vypočítať parametre PID regulátora pre daný systém.



Použijeme metódu voľby polov.

Prenosová funkcia modelu:
$$F_p(s) = \frac{5.2246}{s^2 + 4.7611s + 0.2076}$$

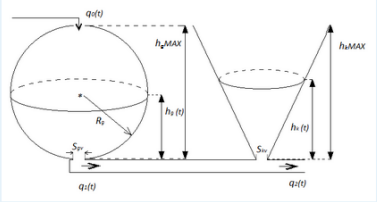
Zostavíme charakteristickú rovnicu PID regulátora:

$$F_R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s$$

Live Editor - C:\Users\nadiia\Desktop\Bakalarska Praca Nadiia Bezerova\Priecinky v MatLab 2017\Modul_Modelovanie\HydraulikaModelovanie.mlx

HydraulikaModelovanie.mlx

Modelovanie a simulácia modelu hydraulického systému dve nádoby v interakcii



Popis veličín a parametrov:

$q_0(t)$ - hlavný prítok do guľovej nádoby	R_g - polomer guľovej nádoby
$q_1(t)$ - voľný odtok z 1. nádoby	α - uhol sklonu
$q_2(t)$ - voľný odtok z 2. nádoby	S_{gv} - plocha výtoku z guľovej nádoby
h_g - výška hladiny v guľovej nádoby	S_{kv} - plocha výtoku z kužeľovej nádoby
h_k - výška hladiny v kužeľovej nádoby	$h_{g,MAX}$ - maximálna výška v guľovej nádoby
S_g - plocha hladiny v guľovej nádoby	$h_{k,MAX}$ - maximálna výška v kužeľovej nádoby
S_k - plocha hladiny v kužeľovej nádoby	ρ - hustota kvapaliny
R_k - polomer kužeľovej nádoby	g - gravitačné zrýchlenie
v - rýchlosť prúdenia kvapaliny	v_g - rýchlosť poklesu hladiny

Hodnoty parametrov:

$S_{gv} = 0.01, g = 9.81, R_g = 0.4, R_k = 0.3, \alpha = 0.3, h_k = 0.2517$

Matematický popis uvažovaného hydraulického systému získame využitím rovnice kontinuity (1), ktorá vyjadruje, že pri ustálenom prúde je hmotnostný tok tekutiny so stálou hustotou ρ rovnaký v každom priereze prúdovej trubice.

$$Q = \rho \cdot v \cdot S = \text{konšt.}, \quad (1)$$

pričom platí Torricelliho vzorec pre výpočet výtokovej rýchlosti ideálnej kvapaliny, kde pre daný model platí: $h_1 = h_g$ a $h_2 = h_k$.

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot |h_1 - h_2|} \quad (2)$$

Tato rovnica platí pre rýchlosť odtoku v nádobách. Pre zmenu objemu kvapaliny $\frac{dh_g(t)}{dt}$ pri ploche hladiny 1. nádoby platí, že je rovná rozdielu prítoku a odtoku z nádrží:

$$S_g \cdot \frac{dh_g(t)}{dt} = q_0(t) - q_1(t) \quad (3)$$

Výtok z 1. nádoby je rovný súčinu plochy výtoku z guľovej nádoby a gravitačnej rýchlosti prúdenia. Teda rovnicu (3) môžeme prepísať do tvaru:

$$S_g \cdot \dot{h}_g(t) = q_0(t) - S_{gv} \cdot v_g \quad (4)$$

Po dosadení vzťahov (2) a (4) výsledná diferenciálna rovnica je:

$$S_g \cdot \dot{h}_g(t) = q_0(t) - S_{gv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot |h_g(t) - h_k(t)|} \quad (5)$$

Pre S_k platí:

$$S_k \cdot \dot{h}_k(t) = \pi \cdot (2 \cdot R_g \cdot h_g(t) - h_g^2(t)) \quad (6)$$

Zo vzťahov (2) a (4) pre zmenu objemu kvapaliny v druhej nádoby platí:

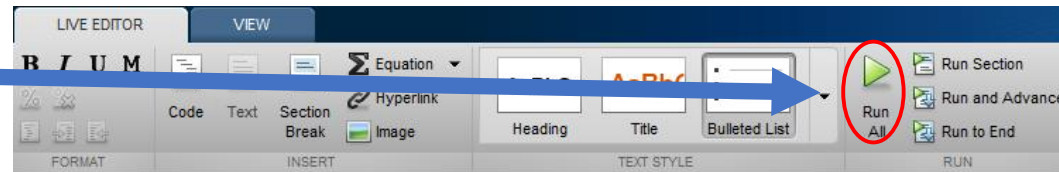
$$S_k \cdot \dot{h}_k(t) = S_{kv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot |h_g(t) - h_k(t)|} - S_{kv} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_k(t)} \quad (7)$$

Pre plochu hladiny kužeľa platí:

$$S_k(t) = \pi (\tan \alpha)^2 h_k^2(t) \quad (8)$$

$$h_k = \frac{h_g^2 S_{gv}^2 + h_g + S_{gv}^2}{\rho} \quad (9)$$

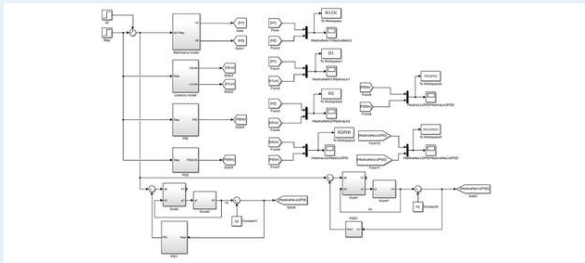
Spúšťanie programu



Vypočítanie parametrov PSD regulátora a simulačná schéma modelu

```
%PSD
TI = pidP/pidI;
TD = pidD/pidP;
psdq0 = pidP*(1-TD/t+t/TI);
psdq1 = pidP*(1+2*(TD/t+...);
psdq2 = pidP*(TD/ TI = 12.9565
```

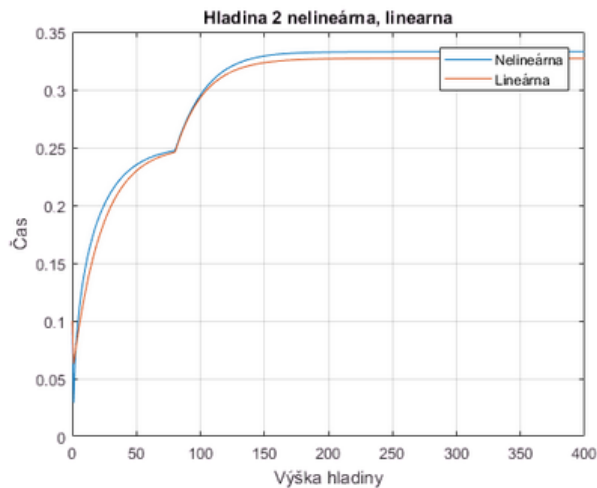
Simulačná schéma modelu



```
% Spustenie schemy zo Simulinku
sim('HydraulikaModulRiadenie.slx');
```

Výška h2 NDS a LDS

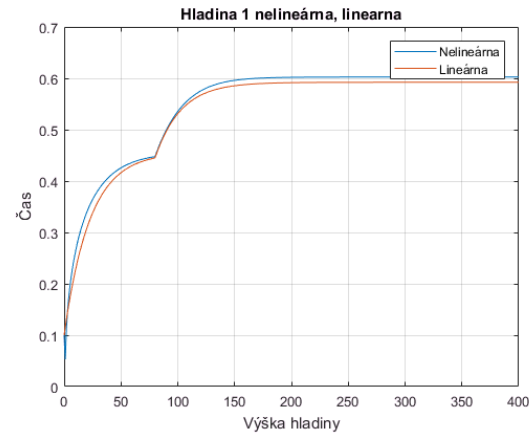
```
HydraulikaModulRiadenie.mlx
plot(H2),title('Hladina 2 nelineárna, lineárna'), xlabel('Výška hladiny'), ylabel('Čas');
legend('Nelineárna','Lineárna'),grid on
```



Porovnávanie PID a PSD regulátorov NDS

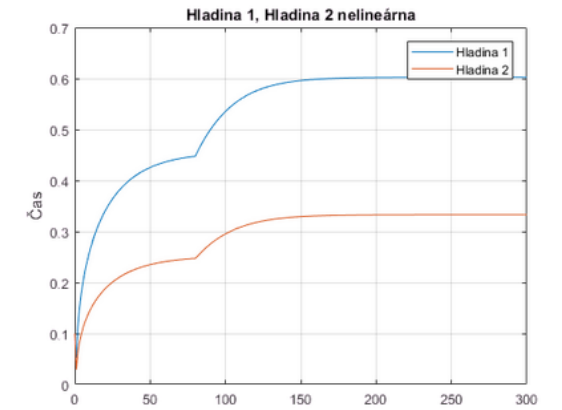
Výška h1 NDS a LDS

```
HydraulikaModulRiadenie.mlx
plot(H1),title('Hladina 1 nelineárna, lineárna'), xlabel('Výška hladiny'), ylabel('Čas');
legend('Nelineárna','Lineárna');
grid on
```

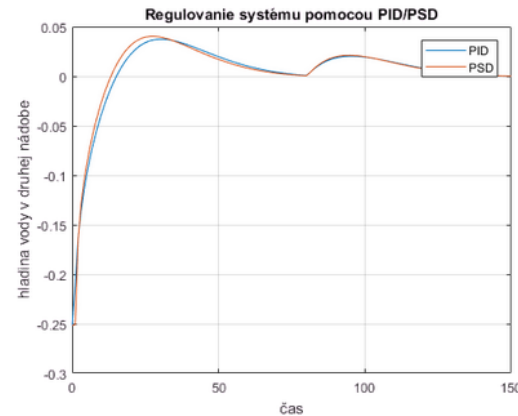


Výška h1 a h2 NDS

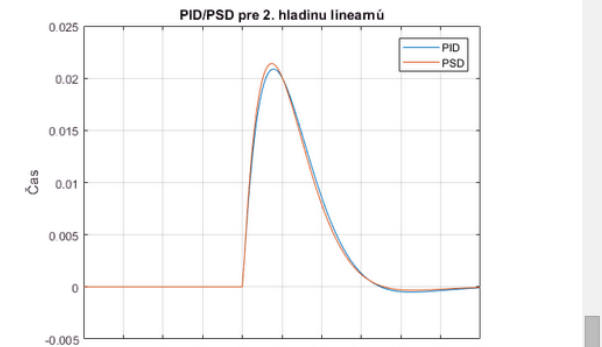
```
HydraulikaModulRiadenie.mlx
legend('Hladina 1','Hladina 2'),grid on
xlim([0 300])
```



```
HydraulikaModulRiadenie.mlx
title('Regulovanie systému pomocou PID/PSD')
xlabel('čas'),ylabel('hladina vody v druhej nádobe')
```



```
HydraulikaModulRiadenie.mlx
xlim([0 200])
```



Porovnávanie PID a PSD regulátorov LDS

5. Programový modul pre zadania pre predmet Simulačné systémy

Odkazy na zadania

Hlavné okno programového modulu

HlavneOkno.mlx

Vzorové zadania pre predmet Simulačné systémy

Zadanie 1
Obsah: analytické a algoritmické riešenie MSP v Matlabe

Zadanie 2
Obsah: analytické riešenie LDR v časovej oblasti, v frekvenčnej oblasti a algoritmické riešenie v Matlabe

Zadanie 3
Obsah: numericke riešenie NDR metódou Runge-Kutta, algoritmické riešenie v Matlabe

Zadanie 4
Obsah: analýza fyzikálneho modelu v Matlabe, odozva na typové signály v časovej a frekvenčnej oblasti

Zadanie 5
Obsah: riešenie LDR a NDR v Simulinku, riešenie fyzikálneho modelu v Simulinku metódou znižovania rádu derivácie

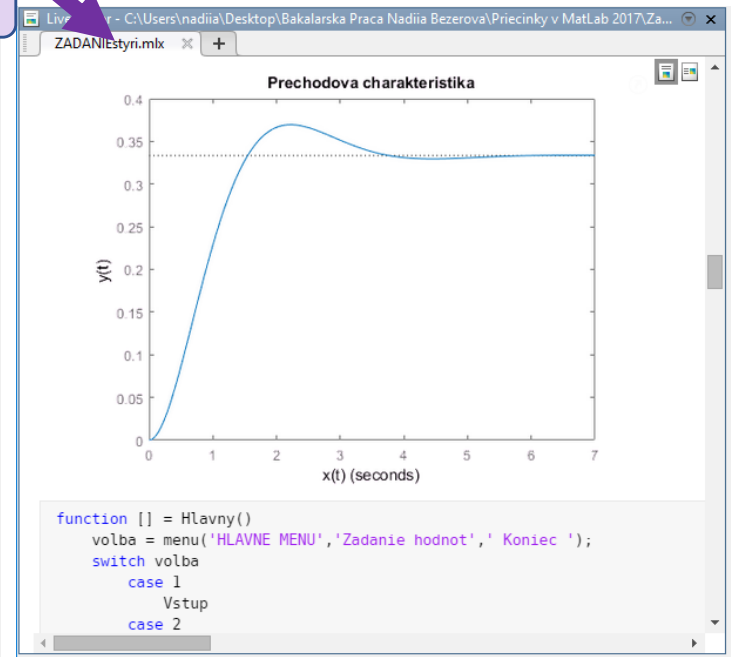
Odkaz na zadanie 4

Okno „Menu“

Odvedenie modelu a prepojenie s programom

Prechodová charakteristika

Nyquistova charakteristika modelu



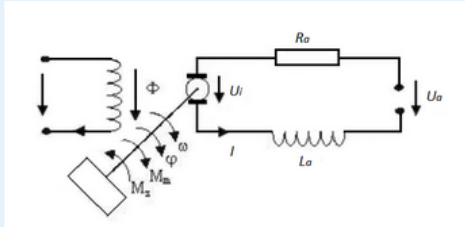
The main menu window contains the following buttons:

- Konverzia
- Casova charakteristika
- Frekvencna charakteristika
- Stabilita
- Spat
- Hlavne menu
- Koniec

The sub-menu window titled "HLAVNE MENU" contains the following buttons:

- Zadanie hodnot
- Koniec

Jednosmerný cudzo-budený motor



Obsah zadania:

Spracovať matematickú a programovo ľubovoľnú fyzikálno-matematickú model dynamického systému, ktorý je popísaný lineárnou diferenciálnou rovnicou 2. a vyššieho rádu. Program umožní:

- Zadeňovať prenosovú funkciu LDS v stavovom priestore pomocou matic A, B, C, D a v s-oblasti.
- Použiť konverziu modelu zo stavového priestoru do tvaru prenosovej funkcie a naopak

$$L_a * M_z * s^2 * Y(s) + (L_a * B + R_a * M_z) * s * Y(s) + (R_a * B + C_u^2) * Y(s) = C_u * U_o(s) \quad (12)$$

Z rovnice (12) získame prenosovú funkciu:

$$G(s) = \frac{C_u}{s^2 (M_z L_a) + s (B L_a + M_z R_a) + (C_u^2 + B R_a)} \quad (13)$$

Rozložíme rovnicu (11) na substitučný kanonický tvar (14) a následne zapišeme rovnicu v maticovom tvare (15):

$$\dot{x}_1 = \omega \quad \dot{x}_2 = x_2 \quad (14)$$

$$x_1 = \omega \quad x_2 = [(C_u * U_o - (L_a * B + R_a * M_z) * x_2 - (R_a * B + C_u * C_u) * x_1) / (L_a * M_z)]$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -(R_a * B + C_u * C_u) & -(L_a * B + R_a * M_z) \\ L_a * M_z & L_a * M_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -(C_u * U_o) \\ L_a * M_z \end{bmatrix} * U_o \quad (15)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} * U_o$$

Programová časť zadania

```
% Tvorba menu a jeho obsahu
volba = menu('HLAVNE MENU','Zadanie hodnot','Koniec ');
switch volba
    case 1
        Vstup
    case 2
        end
```

6. Programový modul pre podporu znalosti študenta

Okno programového modulu



Pouzivatelsky_subor_preStudentov.mlx

Testovací súbory pre podporu hodnotenia študenta

Priklady ku zadaniu číslo 1: MSP

1) Máš schému elektrického obvodu. Parametry sú: $U_1=20V$, $U_2=30V$, $R_1=5\Omega$, $R_2=10\Omega$, $R_3=2\Omega$. Zadávej maticu U vstupov napätí a maticu R vstupov odporov.

```
%%% Tu napíš kód
U = [20 30];
R = [5 10 2];
%%%
vstupy(U,R)

tf = logical
    1
tff = logical
```

Matematika

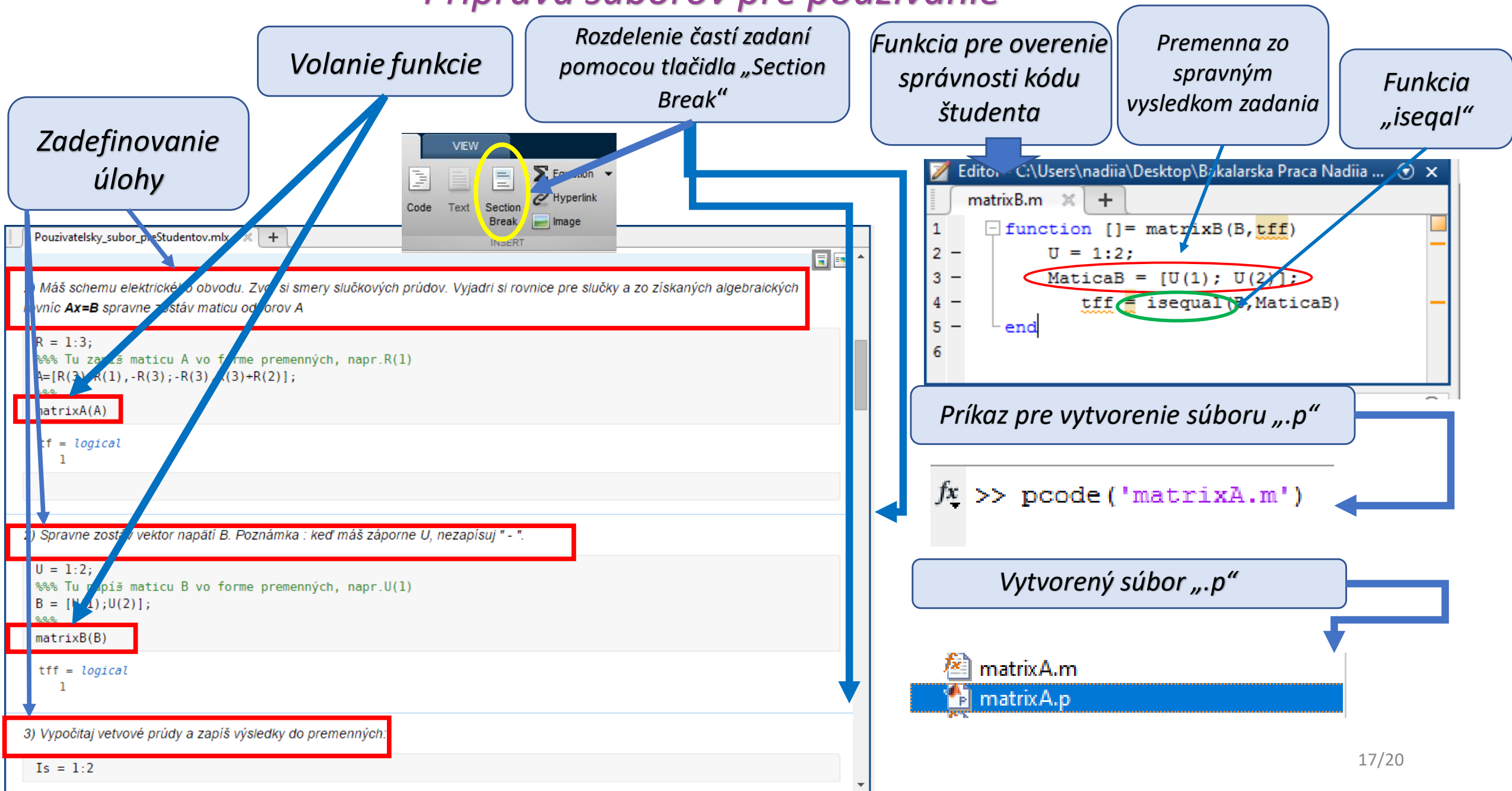
Základy
elektrotechniky

Základy
automatického
riadenia

Simulačné systémy

Programové
moduly

Príprava súborov pre používanie



Testovanie v Live Scripte

Vyhodnotenie zadania

Používateľský_subor_preStudentov.mlx

2) Máš schému elektrického obvodu. Zvoľ si smery slučkových prúdov. Vyjadri si rovnice pre slučky a zo získaných algebraických rovníc $Ax=B$ spravne zostáv maticu odporov A

```
R = 1:3;  
%% Tu napíš maticu A vo forme premenných, napr. R(1)  
A=[R(3)+R(1), -R(3); -R(3), R(3)+R(2)];  
%%  
matrixA(A)
```

tf = logical
1

2) Spravne zostáv vektor napätí B. Poznámka : keď máš záporné U, nezapisuj "-".

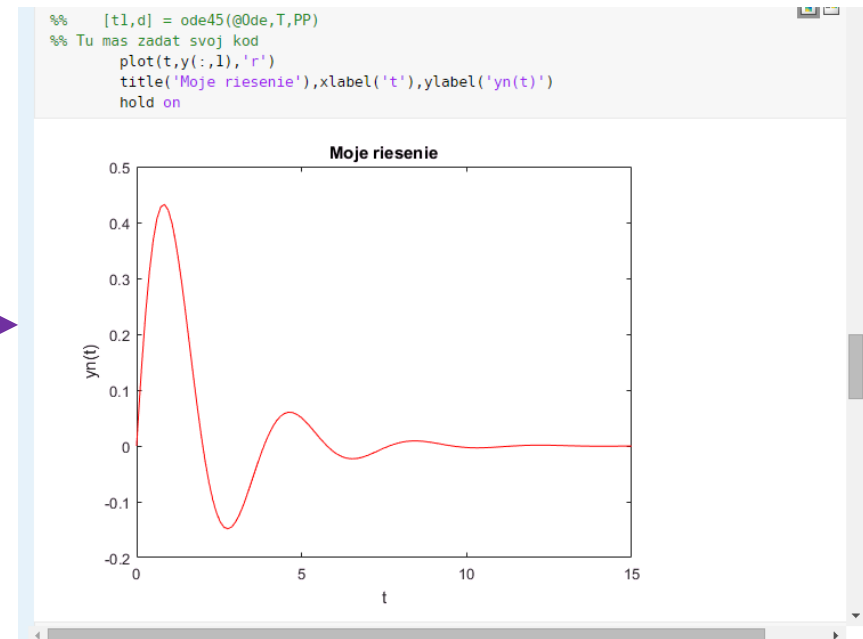
```
U = 1:2;  
%% Tu napíš maticu B vo forme premenných, napr. U(1)  
B = [U(1);U(2)];  
%%  
matrixB(B)
```

tff = logical
1

3) Vypočítaj vetvové prúdy a zapiš výsledky do premenných:

```
Is = 1:2
```

```
Editor - C:\Users\nadiia\Desktop\Bakalarska Praca Nadiia ...  
matrixB.m  
1 function []= matrixB(B,tff)  
2 - U = 1:2;  
3 - MaticaB = [U(1); U(2)];  
4 - tff = isequal(B,MaticaB)  
5 - end  
6
```



Run All

Run Section

Run and Advance

Run to End

Možnosti spúšťania súboru

Zhodnotenie výsledkov

Vytvorila som štyri programové moduly: ●pre modelovanie a simuláciu dynamických systémov, ●pre riadenie a simuláciu dynamických systémov,●pre zadania pre predmet Simulačné systémy,●pre podporu hodnotenia znalosti študenta.

Programové moduly umožňujú pomocou interaktívnej simulácie overiť odvodené matematické modely, ich riadenie, ukázať vhodný a jednoduchý postup spracovania zadaní a overenie nadobudnutých poznatkov študentov z modelovania a simulácie.

Prínos: programové moduly pomocou svojej interaktivity robia výukové materiály predmetu Simulačné systémy, dynamickými vedia oživiť výuku predmetov.

Programové moduly sú doplnené na web stránkach predmetov Simulačné systémy a Základy automatického riadenia v rozdiel „Aplikácie“: <http://matlab.fei.tuke.sk/ss/aplikacie.aspx>, <http://matlab.fei.tuke.sk/zar/aplikacie.html>

Modul pre modelovanie dynamických systémov

[Modul pre modelovanie dynamických systémov](#)

(Bezerova, N.: Inovácia elektronických výukových materiálov o nové fyzikálne modely pre predmet Simulačné systémy - súčasť BP, 2018)

Modul pre riadenie dynamických systémov

[Modul pre riadenie dynamických systémov](#)

(Bezerova, N.: Inovácia elektronických výukových materiálov o nové fyzikálne modely pre predmet Simulačné systémy - súčasť BP, 2018)

Modul pre testovanie študentov

[Modul pre testovanie študentov](#)

(Bezerova, N.: Inovácia elektronických výukových materiálov o nové fyzikálne modely pre predmet Simulačné systémy - súčasť BP, 2018)

Modul pre zadanie z predmetu

[Modul pre zadanie z predmetu Simulačné systémy](#)

(Bezerova, N.: Inovácia elektronických výukových materiálov o nové fyzikálne modely pre predmet Simulačné systémy - súčasť BP, 2018)

Ďakujem za pozornosť

1. otázka od oponenta

Ako by ste si ešte vedeli predstaviť rozšírenie testovacieho modulu pre overenie znalosti študentov v rámci vybraných predmetov?

Súčasný testovací modul



Pouzivatel'sky_subor_preStudentov.mlx

Testovací súbor pre podporu hodnotenia studenta

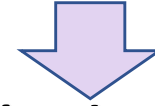
Priklady ku zadaniu číslo 1: MSP

1) Máš schému elektrického obvodu. Parametry sú: $U_1=20V$, $U_2=30V$, $R_1=5\Omega$, $R_2=10\Omega$, $R_3=2\Omega$. Zadaj maticu U vstupov napätí a maticu R vstupov odporov.

```
%%% Tu napíš kód
U = [20 30];
R = [5 10 2];
%%%
vstupy(U,R)

tf = logical
    1
tff = logical
```

Čo sa dá zlepšiť



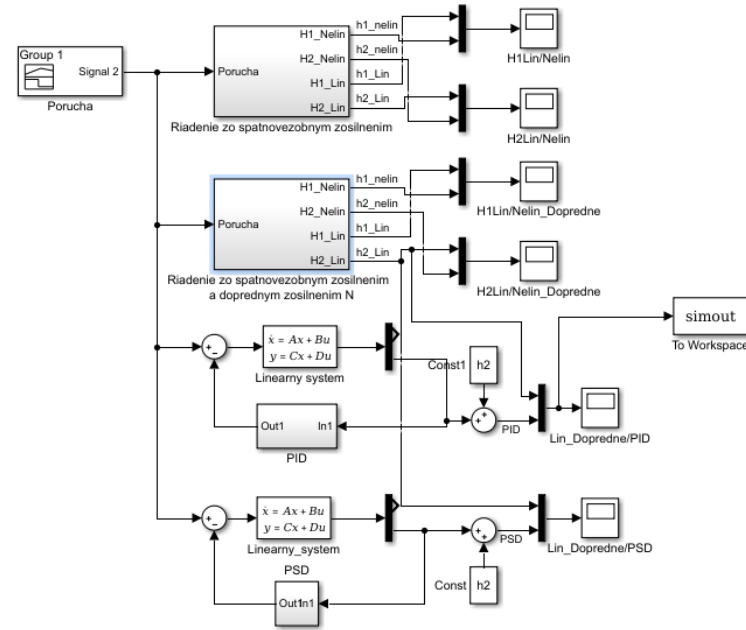
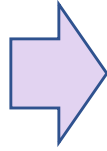
- Hlavné okno
- Počet a rôznorodosť úloh
- Automatické vyhodnotenie
- Pre iné predmety
- Server a databáza

2. otázka od oponenta

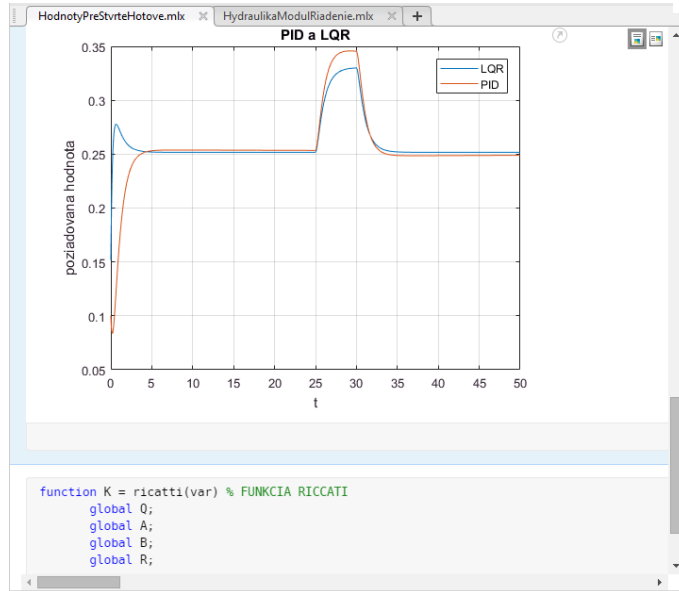
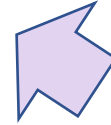
V práci uvádzate riadenie pomocou PID zákonov riadenia, vedeli by ste aplikovať na niektorý zo systémov optimálne stavové riadenie a porovnať výstupy?

Model - hydraulický systém dvoch nádob v interakcii

Schéma modelu s LQR riadením



Časť kódu v Live Editore



Porovnanie PID a LQR

```
HodnotyPreStvrteHotove.mlx
Q = [1 0;0 1];
R = 1;
[FD,K,E] = lqr(A,B,Q,R);

FD0ld = FD;
Cc = [0 1];

% DOPREDNE ZOSILNENIE N
FD = [FD(1) FD(2)];
N = -1/(Cc/(A-B*FD)*B);

function K = ricatti(var) % FUNKCIA RICCATI
global Q;
global A;
global B;
global R;

K(1)=-2*A(1,1)*var(1)-2*A(2,1)*var(2)+((B(1)*var(1)).^2)/R-Q(1,1);%k11
K(2)=-A(2,2)*var(2)-A(1,1)*var(2)-A(2,1)*var(3)+(B(1).^2*var(1)*var(2))/R;%k12
K(3)=-2*A(2,2)*var(3)+(B(1)*var(2)).^2)/R-Q(2,2);%k22
end
```