SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLÓGIE

Evidenčné číslo: FCHPT-5415-61855

Internetová verzia toolboxu PIDDESIGN

BAKALÁRSKA PRÁCA

Nikola Míková

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLÓGIE

Internetová verzia toolboxu PIDDESIGN

BAKALÁRSKA PRÁCA

FCHPT-5415-61855

Študijný program: automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve Číslo študijného odboru: 2621 Názov študijného odboru: 5.2.14 automatizácia, 5.2.52 priemyselné inžinierstvo Školiace pracovisko: Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky Vedúci záverečnej práce/školiteľ: Ing. Ľuboš Čirka, PhD.

Bratislava 2014

Nikola Míková

Slovenská technická univerzita v Bratislave Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky Fakulta chemickej a potravinárskej technológie Akademický rok: 2013/2014 Evidenčné číslo: FCHPT-5415-61855

ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

| Študentka: | Nikola Míková |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| ID študenta: | 61855 |
| Študijný program: | automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve |
| Kombinácia študijných odborov: | 5.2.14 automatizácia, 5.2.52 priemyselné inžinierstvo |
| Vedúci práce: | Ing. Ľuboš Čirka, PhD. |

Názov práce: Internetová verzia toolboxu PIDDESIGN

Špecifikácia zadania:

Cieľom bakalárskej práce je vytvorenie internetovej verzie úvodnej časti toolboxu PIDDESIGN. PIDDESIGN je softvér pre identifikáciu systémov a návrh PID regulátorov v prostredí MATLAB/Simulink. Internetová verzia je založená na nezávislom open-source projekte Web Server, ktorý vytvoril Dirk-Jan Kroon.

Úlohy:

1. Naštudovať toolbox PIDDESIGN.

- 2. Programovo realizovať internetovú verziu úvodnej časti toolboxu.
- 3. Overte správnosť internetovej verzie toolboxu podľa verzie v MATLABe.

Rozsah práce: 30

Zoznam odbornej literatúry:

- 1. Kozák, Š. Kajan, S. MATLAB Simulink I. Bratislava: STU v Bratislave, 1999. 125 s. ISBN 80-227-1213-2.
- 2. Kozák, Š. MATLAB Simulink 2. Bratislava: STU v Bratislave, 1999. 141 s. ISBN 80-227-1235-3.
- Hogan, B P. HTML5 a CSS3 : Výukový kurz webového vývojáře. Brno: Computer Press, 2011. 272 s. ISBN 978-80-251-3576-1.
- 4. Druska, P. CSS a XHTML tvorba dokonalých webových stránek krok za krokem. Praha: Grada Publishing, 2006. 200 s. ISBN 80-247-1382-9.
- 5. Margorín, M. JQuery bez předchozích znalostí : Průvodce pro samouky. Brno: Computer Press, 2011. 253 s. ISBN 978-80-251-3379-8.

| Riešenie zadania práce od: | 17. 02. 2014 |
|----------------------------|--------------|
| Dátum odovzdania práce: | 24. 05. 2014 |

L. S.

Nikola Míková študentka

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc. vedúci pracoviska prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc. garant študijného programu

Pod'akovanie

Chcela by som sa touto cestou poďakovať môjmu vedúcemu bakalárskej práce, ktorý bol zároveň mojím konzultantom, Ing. Ľubošovi Čirkovi, PhD. Predovšetkým za všetky rady, pripomienky a odborné vedenie počas vypracovávania a písania bakalárskej práce.

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá vytvorením internetovej verzie úvodnej časti toolbox-u PIDDESIGN. PIDDESIGN je softvér na jednoduchú identifikáciu z prechodovej charakteristiky procesu a následné navrhnutie PID regulátora. Programom je možné identifikovať proces, ktorého prechodová charakteristika má aperiodický alebo tlmene kmitavý priebeh. Identifikovaný systém má užívateľ možnosť doladiť pomocou posúvačov. Internetová verzia pozostáva zo vstupných HTML stránok, na ktorých sa nachádzajú formuláre vstupných údajov a výstupných stránok, na ktorých sú zobrazené grafy a výsledky identifikácie. Ďalej pozostáva z m-súborov, ktoré spracovávajú dáta.

Kľúčové slová: identifikácia; Strejcova metóda; MATLAB; MWS; HTML; CSS; PIDDESIGN.

Abstract

The bachelor thesis deals with creation of an Internet version of the introductory part of the toolbox PIDDESIGN. PIDDESIGN is a software for easy identification of the step response process and the synthesis of PID controller. The program can identify the process with the aperiodic or dumped periodic step response. The user can tune the identified system using the sliders. The Internet version consists of HTML pages, on which formulars of input data, output pages and m-files can be found. M-files process the data, output pages hold graphs and results of identification.

Key words: identification; Strejc method; MATLAB; WS; HTML; CSS; PIDDESIGN.

| Obsah |
|-------|
|-------|

| 1 | Úvo | d | | 15 | |
|----------|-----|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----|--|
| 2 | Teo | retická | i časť | 17 | |
| | 2.1 | Definí | cia identifikácie systému a jej cieľ | 17 | |
| | 2.2 | Základ | lné pojmy identifikácie | 17 | |
| | 2.3 | Identif | fikácia procesu | 18 | |
| | | 2.3.1 | Reakcia systému na jednotkový skok | 18 | |
| | | 2.3.2 | Normalizácia | 18 | |
| | | 2.3.3 | Identifikácia systému 1. rádu | 19 | |
| | | 2.3.4 | Identifikácia systémov vyššieho rádu - Strejcova metóda | 20 | |
| | | 2.3.5 | Aproximácia prenosu získaného identifikáciou podľa Strejca pomo- | | |
| | | | cou prenosu s nižším rádom | 22 | |
| | | 2.3.6 | Identifikácia tlmene kmitavých systémov | 23 | |
| | 2.4 | Vyhod | lnotenie kvality identifikácie | 24 | |
| | 2.5 | Využív | vané technológie a jazyky | 24 | |
| | | 2.5.1 | Jazyk HTML | 25 | |
| | | 2.5.2 | Jazyk CSS | 26 | |
| | | 2.5.3 | jQuery | 26 | |
| | 2.6 | MATL | AB | 26 | |
| | | 2.6.1 | Simulink | 27 | |
| | | 2.6.2 | HTTP MATLAB Web Server | 27 | |
| 3 | Pra | ktická | časť | 29 | |
| | 3.1 | Úvodn | lá stránka | 29 | |
| | 3.2 | Formuláre vstupných údajov | | | |
| | 3.3 | Načítanie vstupných údajov | | | |
| | 3.4 | Kontrola vstupných údajov | | | |
| | 3.5 | Grafic | ké zobrazenie | 37 | |
| | 3.6 | Výstuj | pná HTML stránka | 38 | |
| | 3.7 | Porovi | nanie výsledkov internetovej verzie PIDDESIGN a programu PID- | | |
| | | DESIC | GN | 40 | |

4 Záver

Zoznam obrázkov

| 1 | Prechodová charakteristika systému 1. rádu . . | 19 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2 | Prechodová charakteristika aperiodického systému | 20 |
| 3 | Prechodová charakteristika procesu | 21 |
| 4 | Prechodová charakteristika tlmene kmitavého systému | 23 |
| 5 | Schéma komunikácie činnosti MWS | 28 |
| 6 | Úvodná stránka | 29 |
| 7 | Identifikácia pomocou aperiodickej prechodovej charakteristiky | 30 |
| 8 | Identifikácia pomocou tl mene kmitavej prechodovej charakteristiky $\ .\ .\ .$ | 31 |
| 9 | Textový súbor dát | 32 |
| 10 | Identifikácia z dát | 32 |
| 11 | Identifikácia zo všeobecného modelu | 33 |
| 12 | Identifikácia z aperiodického modelu | 33 |
| 13 | Identifikácia z tlmene kmitavého tvaru modelu | 34 |
| 14 | Výpis chyby na obrazovku | 36 |
| 15 | Graf po priblížení | 37 |
| 16 | Výstupná stránka pre identifikáciu aperiodického systému | 39 |
| 17 | Výstupná stránka pre identifikáciu periodického systému | 40 |
| 18 | Formulár vstupných údajov v programe PIDDESIGN | 41 |
| 19 | Výsledky identifikácie v programe PIDDESIGN | 41 |
| 20 | Výsledky identifikácie internetovou verziou | 42 |
| 21 | Výsledky identifikácie ladenia programom PIDDESIGN | 42 |
| 22 | Výsledky identifikácie ladenia internetovou verziou | 43 |

Zoznam tabuliek

| 1 | Tabuľka pre metódu identifikácie pod | ll'a Strejca |
|---|--------------------------------------|--------------|
| _ | P P P | |

1 Úvod

V dnešnom svete zohráva najvýznamnejšiu úlohu internet, ktorý má vplyv aj na vzdelávanie študentov. Z toho dôvodu sú každý deň vyvíjané aplikácie a rôzne prostriedky na uľahčenie štúdia, ktoré sú umiestnené na rozličných stránkach. Internet je v dnešnej dobe veľmi populárny nástroj na šírenie informácií, preto boli vyvinuté softvérové balíčky pre vytváranie kurzov - Learning Management System (LMS). Jedným z najznámejších je Moodle.

Na stránkach Fakulty chemickej a potravinárskej technológie v Bratislave sa tiež nachádzajú interaktívne webové stránky, ktoré slúžia ako pomôcka študentom. Sú to virtuálne laboratóriá, ktoré využívajú program MATLAB a Simulink s aplikáciou HTTP MATLAB Web Server (WS) a potrebnými toolboxami.

WS je toolbox programu MATLAB, ktorý umožňuje využiť tento matematický program cez internet. To znamená, že program MATLAB uložený na jednom počítači je možné spustiť z druhého počítača, ktorý má prístup na internet a má nainštalovaný webový prehliadač. Klient - užívateľ, v našom prípade študent, si otvorí webovú stránku v prehliadači, kde sa mu zobrazí formulár vstupných údajov, v ktorom vyplní parametre potrebné pre spustenie aplikácie. Ďalej odošle požiadavku na spracovanie WS-u, ktorý s nimi pracuje v prostredí programu MATLAB. Ten následne spracuje údaje a vypočíta výsledky, ktoré sú užívateľovi vygenerované na ďalšej webovej stránke. Výsledok nemusí byť len číselný, ale môže ním byť aj vektor, matica, tabuľka, graf, obrázok, atď.

Cieľom bakalárskej práce je vytvoriť internetovú verziu toolboxu PIDDESIGN, ktorá umožní študentom jednoducho a prehľadne pracovať s týmto programom. Túto aplikáciu vyvinul Ing. J. Oravec [1]. Úlohou práce je implementovať túto aplikáciu cez internet, aby bola dostupná pre všetkých študentov. PIDDESIGN je program na jednoduchú identifikáciu procesov a syntézu regulátorov v prostredí MATLAB/Simulink.

V chemickom aj potravinárskom priemysle je nevyhnutnou súčasťou kvalitné riadenie procesov. V prvom rade je potrebné zabezpečiť priebeh procesu z hľadiska bezpečnosti. V druhom rade sú podstatnými cieľmi finančná efektívnosť riadenia a optimalizovanie výrobných nákladov. Tieto ciele je možné dosiahnuť riadením. Kvalita riadenia je podmienená vhodným výberom regulátora a jeho nastavením. V praxi je najrozšírenejší PID regulátor.

Bakalárska práca je zameraná na identifikáciu procesov, ktorá je potrebná pred ná-

vrhom regulátora. Preto sú v teoretickej časti opísané základné pojmy identifikácie regulovaného procesu, klasifikácia metód identifikácie a samotná identifikácia procesov. V d'alších podkapitolách je opísaný program MATLAB, HTTP MATLAB Web Server, jeho činnosť ako i jeho základné vlastnosti. Záver teoretickej časti je venovaný charakteristikám technológií, ktoré boli v práci využívané. Sú to HTML, CSS a jQuery. Praktická časť je opisom samotnej tvorby stránky PIDDESIGN-u od vytvorenia vstupných formulárov, cez spracovanie údajov v MATLAB-e až po vygenerovanie výstupnej stránky, kde sa nachádza aj ladenie identifikovaného systému.

2 Teoretická časť

Teoretická časť je zameraná na problematiku identifikácie systémov, jej základnými pojmami, deterministickými metódami identifikácie z prechodových charakteristík a na popis používaných technológií.

Keď že cieľ om bakalárskej práce je vytvoriť internetovú verziu programu PIDDESIGN, v práci nie sú uvádzané teoretické odvodenia modelov, ale len základné vzť ahy potrebné na identifikáciu.

2.1 Definícia identifikácie systému a jej cieľ

[2]

Identifikácia je proces, v ktorom sa určuje matematický model reálneho systému. Je to činnosť, pri ktorej sa určujú parametre a štruktúra modelu. Cieľom identifikácie je vytvoriť taký model systému, aby jeho správanie bolo čo najbližšie reálnemu systému pri rovnakých podmienkach.

Identifikácia má charakter pomocného odboru, pretože aby sme mohli reálny objekt riadiť, je potrebný model riadeného systému, ktorému je možné navrhnúť parametre riadenia.

2.2 Základné pojmy identifikácie

Pri identifikácii procesov je potrebné poznať základné pojmy identifikácie systémov. Medzi ne patrí reálny objekt a jeho model.

Pojem reálny objekt je chápaný ako reálne zariadenie, na ktorom sa vykonávajú merania za účelom spoznať relácie, ktoré v zariadení prebiehajú. Reálny objekt tvorí reálny systém. [3]

Model je chápaný ako zobrazenie podstatných vlastností reálneho systému, pričom tvorí abstraktný systém. Model reálneho systému je vždy zjednodušený a sú zanedbané nepodstatné detaily reálneho systému. Pri identifikácii systémov je hľadaný vstupnovýstupný model. [2]

Prenosová funkcia G(s) sa skrátene nazýva prenos. Je definovaný ako pomer Laplaceových obrazov výstupnej a vstupnej veličiny pri nulových začiatočných podmienkach [4]:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} \tag{1}$$

2.3 Identifikácia procesu

Existuje veľa metód identifikácie, napr. deterministické/stochastické, jednorázové/priebežné, atď. V toolboxe PIDDESIGN sú použité len deterministické metódy. Tieto metódy vyhodnocujú odozvy na špeciálne signály, teda reakcie systému na rôzne typy vstupných veličín, pričom na vstupnú veličinu nepôsobia náhodné vplyvy. Jedným z týchto signálov je jednotkový skok. [3]

Deterministické metódy odhadujú parametre prenosu na základe dát, ktoré sú získané z prechodovej charakteristiky. [1]

2.3.1 Reakcia systému na jednotkový skok

Matematickým opisom reakcie systému na jednotkovú skokovú zmenu vstupnej veličiny, pri ktorej sú ostatné vstupné veličiny konštantné, je prechodová funkcia, pričom skoková zmena musí nastať pri nulových začiatočných podmienkach. Jej grafickým znázornením je prechodová charakteristika. [4]

2.3.2 Normalizácia

V praxi je často využívaná skoková zmena, pričom táto skoková zmena nemusí byť jednotková a nastať pri nulových začiatočných podmienkach. Vtedy je potrebné vykonať normalizáciu prechodovej charakteristiky. [3]

Pri normalizácii je potrebné normalizovanie vstupov aj výstupov.

Zistíme veľkosť realizovanej zmeny na vstupe:

$$\Delta u = u(\infty) - u(0) \tag{2}$$

a znormalizujeme výstup tak, že ho posunieme do nuly pomocou vzťahu

$$y_p(t) = y(t) - y(0)$$
(3)

Pre získanie výstupnej hodnoty prechodovej funkcie y_{pch} je potrebné vydeliť znormalizovaný výstup zmenou na vstupe:

$$y_{pch}(t) = \frac{y_p(t)}{\Delta u} \tag{4}$$

[5]

2.3.3 Identifikácia systému 1. rádu

[3]

Systém je identifikovaný pomocou experimentálne nameranej normovanej prechodovej charakteristiky (obr. 1).

Prenosová funkcia tohto systému je:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1}e^{-Ds},\tag{5}$$

kde K je zosilnenie, T je časová konštanta a D je dopravné oneskorenie. Zosilnenie K sa



Obr. 1: Prechodová charakteristika systému 1. rádu

vypočíta pomocou rovnice:

$$K = \frac{y_{\infty} - y_0}{u_{\infty} - u_0},$$
(6)

kde hodnoty y_{∞} , y_0 sú odčítané z prechodovej charakteristiky a hodnoty u_{∞} , u_0 sú hodnoty skokovej zmeny v čase nula a v nekonečne. Časovú konštantu T je možné určiť po odčítaní dvoch bodov z prechodovej charakteristiky ako

$$T = \frac{t_2 - t_1}{\ln(\frac{K - y_1}{K - y_2})} \tag{7}$$

Časovú konštantu T je možné určiť aj ako 63% z ustálenej hodnoty výstupu. Dopravné oneskorenie D sa vypočíta ako

$$D = \frac{t_2 x - t_1}{x - 1},\tag{8}$$

pričom

$$x = \frac{\ln(\frac{K-y_1}{K})}{\ln(\frac{K-y_2}{K})} \tag{9}$$

2.3.4 Identifikácia systémov vyššieho rádu - Strejcova metóda

[3]

Systém je identifikovaný pomocou experimentálne nameranej normovanej prechodovej charakteristiky (obr. 2).

Prenosová funkcia G(s) tohto systému je:

$$G(s) = \frac{K}{(Ts+1)^n} e^{-Ds},$$
(10)

kde n je rád systému, K je zosilnenie, T je časová konštanta a D je dopravné oneskorenie. Zosilnenie K sa vypočíta pomocou rovnice:



Obr. 2: Prechodová charakteristika aperiodického systému

$$K = \frac{y_{\infty} - y_0}{u_{\infty} - u_0},\tag{11}$$

kde hodnoty y_{∞} , y_0 sú odčítané z prechodovej charakteristiky a hodnoty u_{∞} a u_0 sú hodnoty skokovej zmeny v čase 0 a v nekonečne.

Z prechodovej charakteristiky sa určí inflexný bod, v ktorom je preložená dotyčnica. Na základe tejto dotyčnice sa odčíta čas prieťahu T_U a čas nábehu T_N (obr. 3).



Obr. 3: Prechodová charakteristika procesu

Čas prieťahu T_U je čas získaný na základe priesečníka časovej osi a dotyčnice v inflexnom bode. Na obr. 2 je to čas t_1 . Toto je platné len vtedy, ak je čas, kedy nastala skoková zmena nulový. Ak nie je nulový, je daný rozdielom t_1 a t_0 .

Čas nábehu T_N je čas získaný na základe priesečníka rovnobežky s časovou osou v ustálenej výstupnej hodnote (y_{∞}) a dotyčnice v inflexnom bode. Na obr. 2 je to čas daný rozdielom t_2 a t_1 .

Vypočíta sa hodnota f_s

$$f_s = \frac{T_U}{T_N} \tag{12}$$

a z tabuľky pre Strejcovu metódu (tabuľka 1) sa určí rád systému n, pre ktorý platí:

$$f(n) \le f_s < f(n+1) \tag{13}$$

Časová konštanta Tsa vypočíta po určení hodnoty g(n) pre hodnotu nz tabuľky ako

| Rád n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $f(n) = \frac{T_U}{T_N}$ | 0.000 | 0.104 | 0.218 | 0.319 | 0.410 | 0.493 | 0.570 | 0.642 |
| $g(n) = \frac{T}{T_N}$ | 1.000 | 0.368 | 0.271 | 0.224 | 0.195 | 0.161 | 0.149 | 0.139 |

Tabuľka 1: Tabuľka pre metódu identifikácie podľa Strejca

$$T = T_N g(n) \tag{14}$$

Dopravné oneskorenie Dsa vypočíta pomocou vzťahu

$$D = (f_s - f(n))T_N \tag{15}$$

2.3.5 Aproximácia prenosu získaného identifikáciou podľa Strejca pomocou prenosu s nižším rádom

[1, 3]

Niekedy sa v praxi zistí, že pre riadenie procesu je výhodnejšie použiť prenos s nižším rádom ako je známy prenos. Vtedy je potrebné aproximovať známy prenos na prenos s nižším rádom.

Máme proces opísaný prenosom v tvare (10). Žiadaný prenos $G_2(s)$ je

$$G_2(s) = \frac{K_2}{(T_2 s + 1)^{n_2}} e^{-D_2 s}, \quad n_2 < n$$
(16)

Zosilnenie K je rovné zosilneniu ${\cal K}_2$

$$K_2 = K \tag{17}$$

Dopočíta sa pre známy prenos čas prieťahu T_U a čas nábehu $T_N\colon$

$$T_N = \frac{T}{g(n)} \tag{18}$$

$$T_U = D + T_N f(n) \tag{19}$$

Z vypočítaných hodnô
t T_U a T_N sa dopočíta hodnot
af(s)

$$f_s = \frac{T_U}{T_N} \tag{20}$$

V tabuľke identifikácie podľa Strejca (tabuľka 1) sa odčíta $f_2(n_2)$ a $g_2(n_2)$ pre zvolený rád systému n_2 . Časová konštanta T_2 bude

$$T_2 = T_N g(n_2) \tag{21}$$

Dopravné oneskorenie D_2 sa vypočíta pomocou vzťahu

$$D_2 = (f_s - f(n_2))T_N (22)$$

2.3.6 Identifikácia tlmene kmitavých systémov

[1, 3]

V prípade, že prechodová charakteristika vykazuje tlmene kmitavý priebeh, je používaná identifikácia pomocou prenosovej funkcie druhého rádu (obr. 4).

Prenos má tvar

$$G_s(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1} e^{-Ds},$$
(23)

kde K je zosilnenie, T je časová konštanta, ξ je pomerový koeficient tlmenia a D je dopravné oneskorenie.



Obr. 4: Prechodová charakteristika tlmene kmitavého systému

Z prechodovej charakteristiky je potrebné odčítať dva body. Bod $Y_{MAX}[t_{Max}, y_{Max}]$, to je bod, kde prechodová charakteristika vykazuje 1. prekmit a bod $Y_{MIN}[t_{Min}, y_{Min}]$, kde prechodová charakteristika vykazuje 2. prekmit.

Zosilnenie K sa vypočíta pomocou rovnice:

$$K = \frac{y_{\infty} - y_0}{u_{\infty} - u_0} \tag{24}$$

Pri identifikácii tlmene kmitavých systémov je potrebný pomocný parameter M, ktorého hodnota sa vypočíta ako

$$M = \frac{y_{Max} - y_{Min}}{y_{Max}} \tag{25}$$

Pomerový koeficient tlmenia ξ sa vypočíta pomocou vzťahu

$$M = \left| \frac{lnM}{\sqrt{\pi^2 + ln^2M}} \right| \tag{26}$$

Pomocným parametrom je aj P

$$P = \sqrt{1 - \xi^2} \tag{27}$$

Ďalej sa vypočíta frekvencia ω_0

$$\omega_0 = \frac{\pi}{(t_{Min} - t_{Max})P} \tag{28}$$

a časová konštanta sa následne určí ako

$$T = \frac{1}{\omega_0} \tag{29}$$

2.4 Vyhodnotenie kvality identifikácie

Model, ktorý je získaný identifikáciou, je potrebné verifikovať. Verifikácia je skontrolovanie identifikovaného modelu, či dostatočne opisuje reálny proces. Kvalita identifikácie sa môže vyhodnotiť napríklad pomocou ukazovateľ a chyby identifikácie:

chyba identifikácie =
$$\frac{\int (y_1(t) - y_2(t))^2 dt}{\int y_1(t)^2 dt},$$
(30)

kde y_1 je výstupná hodnota reálneho procesu a y_2 je výstupná hodnota identifikovaného systému. [1]

2.5 Využívané technológie a jazyky

V tejto časti sú opísané využívané technológie a jazyky ako aj komunikácia medzi užívateľom (prehliadačom) a MATLAB-om.

2.5.1 Jazyk HTML

[6]

V internetovej verzii je užívateľská časť programu PIDDESIGN vytvorená v jazyku HTML. HTML je skratka od HyperText Markup Language. Je to textový značkový jazyk. Tento jazyk je používaný na tvorbu základu webových stránok ako aj iných informácií, ktoré sa zobrazujú vo webovom prehliadači.

Pomocou jazyka HTML sa môžu vytvárať dokumenty, ktoré obsahujú text, odkazy, obrázky, formuláre, skripty, tabuľky a iné.

Základné parametre HTML stránky

HTML stránky tvorí kombinácia textu a značiek. Značky sú zapisované do lomených zátvoriek <>, aby boli odlíšené od textu. HTML využíva tzv. párové a nepárové značky. Párové značky opisujú zobrazenie objektu a nepárové značky zavádzajú v mieste volania objekt na stránku. [7]

Základná štruktúra HTML stránky

Štruktúra HTML dokumentu je tvorená hlavičkou a telom dokumentu. Začiatok dokumentu HTML by mal obsahovať doctype, ktorý definuje verziu jazyka HTML. Koreňový element tvorí párová značka <html> a </html>, ktorá reprezentuje celý HTML dokument. Hlavička dokumentu je označená párovými značkami <head> a </head> a obsahuje metadata, ktoré sa vzťahujú na celý dokument. Metadata nie sú zobrazené vo webovom prehliadači užívateľovi. Hovoria aj o kódovaní HTML stránky. Ďalej hlavička obsahuje titulok dokumentu, definíciu kaskádových štýlov ako aj odkazy na externé súbory. Samotné telo dokumentu reprezentujú značky <body> a </body>, medzi ktorými sa nachádza celý obsah. [7]

Príklad základnej štruktúry HTML 5 dokumentu:

```
</style>
<title>Titulok</title>
</head>
<body>
Telo dokumentu
</body>
</html>
```

2.5.2 Jazyk CSS

Na formátovanie stránok sú použité kaskádové štýly (CSS). CSS je skratka od Cascading Style Sheets. Boli vyvinuté na oddelenie štrukturovaného formátovania textu od grafického formátovania. Ich použitím sa získa prehľadný a jednoduchý kód. CSS je možné vytvárať v externých súboroch, čím sa zmenší dátová veľkosť. [8]

2.5.3 jQuery

jQuery je jednoduchá cross-browser JavaScript knižnica, ktorá obsahuje funkcie jazyka JavaScript a kladie dôraz na vzájomné pôsobenie medzi JavaScriptom a HTML. jQuery knižnica má veľa možností, ako napríklad pozorovanie DOM (Document Object Model, objektový model dokumentu), vytváranie efektov, animácií a spracovanie udalostí. [9]

V práci je využívaná táto knižnica pre vykreslenie grafov pomocou knižnice Flot. Táto knižnica umožňuje vykresliť rôzne grafy ako napríklad koláčový, čiarový, stĺpcový, atď. Knižnicu je možné nalinkovať priamo ako odkaz v hlavičke dokumentu. Do tela dokumentu musí byť vložená funkcia, ktorá vykresľuje graf. Graf bude vložený v mieste, kde do párových značiek <div> zadáme id grafu a zadefinujeme jeho výšku a šírku.

V práci je z knižnice jQuery UI využívaný posúvač (slider), ktorý je umiestnený do dokumentu rovnako ako graf.

2.6 MATLAB

[10]

Program MATLAB je interaktívne programovacie prostredie vyvíjané spoločnosťou MathWorks. Program MATLAB umožňuje riešiť numerické výpočty, vykresľovať 2D a 3D grafy, modelovanie procesov ako aj ich simuláciu.

Názov programu MATLAB vznikol skrátením MATrix LABoratory (laboratórium s maticami), čo poukazuje na to, že hlavnou dátovou štruktúrou pri výpočtoch v MATLABe sú matice.

Užívateľ môže vďaka vytváraniu súborov s koncovkou .m tzv. m-súborov (m-file) rozširovať využitie programu, a to definovaním nových funkcií v týchto súboroch, pričom názov súboru musí byť rovnaký ako názov funkcie.

V mojej práci sa odvolávam na funkcie, ktoré boli vytvorené v [1].

2.6.1 Simulink

Dalšou podstatnou súčasťou je program Simulink. Program MATLAB využíva Simulink na tvorbu a simuláciu modelov. [10]

Simulink poskytuje užívateľovi grafické prostredie, v ktorom si môže vytvoriť zostavu blokov, ktoré si vyberá z blokovej knižnice. Po vytvorení súboru s koncovkou .mdl (novšie .slx) je možné simulovať systém, testovať časovo premenlivé systémy, jeho riadenie ako aj spracovanie signálu či obrázkov.

2.6.2 HTTP MATLAB Web Server

[11]

Web server (WS) bol vyvinutý vedeckým pracovníkov Dirkom Janom Kroonom v roku 2010. Server umožňuje prijať zasielané dáta z formulára HTML dokumentu do m-súboru ako parametre výpočtu a výstup m-súboru opäť odoslať užívateľovi vo forme HTML stránky.

Pomocou WS vieme vytvárať aplikácie v MATLAB-e, ktoré sú nazývané prezentácie. Tieto prezentácie sú umiestnené na serveri, odkiaľ ich môže užívateľ s prístupom na internet ovládať cez vstupné formuláre.

Na obr. 5 je zobrazená zjednodušená komunikácia medzi webovým prehliadačom, ktorý obsluhuje klient, Web Server-om a MATLAB-om.

WS je možné si stiahnuť z internetu a je ľahko inštalovateľný. Potom stačí, aby sme do priečinka MATLAB server nakopírovali m-súbor, ktorý bude dáta spracovávať. Ďalej priečinok obsahuje m-súbor webserver.m, ktorý sa spúšťa v príkazovom okne programu MATLAB príkazom webserver(4000), kde 4000 znamená číslo portu.



Obr. 5: Schéma komunikácie činnosti MWS

3 Praktická časť

V praktickej časti je opísaná samotná tvorba internetovej verzie programu PIDDESIGN od vytvorenia vstupného formuláru dát až po vykreslenie grafu prechodovej charakteristiky a vypísaných výsledkov identifikácie systému na webovej stránke.

3.1 Úvodná stránka

Na úvodnej stránke PIDDESIGN-u má užívateľ k dispozícii rôzne možnosti identifikácie systému. Užívateľ si vyberie jednu z možností na základe toho, aké vstupné údaje má k dispozícii (obr. 6).

| localhost:4000/PID/index.html | ☆ ▼ | C |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| S T U • • • • • • F C H P T | PID DESIGN | |
| Identifikácia z vlastných parametrov Identifikácia z dát Identifikácia z modelu | PDDESIGN je software na jednoduchú identifikáciu procesu, syntézu PID regulátora a cřektívne testovanie kvality simuláciou riadenia. Bol vyvinutý Ing. J.Oravcom počas jeho štúdia. | |

Obr. 6: Úvodná stránka

3.2 Formuláre vstupných údajov

Po výbere niektorej z možností sa užívateľovi zobrazí formulár na vkladanie vstupných údajov. Formuláre sa do tela stránky vkladajú do párových značiek <form> </form>:

```
<form action="ident1.m" method="post">
...
</form>
```

Atribút action odkazuje na súbor, kam sa odošlú dáta z formulára na spracovanie. Atribút method hovorí, akou metódou budú dáta z formulára odosielané.

Ak si vyberie identifikáciu z vlastných parametrov, zobrazí sa mu identifikácia pomocou aperiodickej prechodovej charakteristiky, ktorú je možné prepnúť na tlmene kmitavú prechodovú charakteristiku. Túto voľbu je možné vidieť na obr. 7 vľavo.

Prednastavená je identifikácia z aperiodickej prechodovej charakteristiky, ktorej formulár môžeme vidieť na obr. 7. Na stránke sa tiež zobrazí graf aperiodickej prechodovej charakteristiky, ktorý pomôže užívateľovi určiť vstupné parametre ako aj vysvetlenie údajov. Užívateľ musí vybrať či chce identifikovať systém ako systém 1. rádu, alebo n-tého rádu.



Obr. 7: Identifikácia pomocou aperiodickej prechodovej charakteristiky

Ak užívateľ zvolí identifikáciu pomocou tlmene kmitavej prechodovej charakteristiky, zobrazí sa mu graf tlmene kmitavej prechodovej charakteristiky a formulár vstupných údajov (obr. 8). [t_max,y_max] sú súradnice bodu v 1. prekmite a [t_min,y_min] sú súradnice bodu v 2. prekmite prechodovej charakteristiky (obr. 8).

Dalšou možnosťou je identifikácia z dát. Užívateľ túto možnosť využíva, ak má vygenerované a do textového súboru vložené dáta prechodovej charakteristiky, ktoré sú získané po simulácii modelu v programe MATLAB. Dáta musia obsahovať tri stĺpce. Prvý stĺpec reprezentuje čas, druhý výstupné hodnoty a posledný vstupné hodnoty. Vstupné hodnoty



Obr. 8: Identifikácia pomocou tlmene kmitavej prechodovej charakteristiky

musia obsahovať skokovú zmenu. Na obr. 9 môžeme vidieť vzorový textový súbor.

Stránku na identifikáciu z dát môžeme vidieť na obr. 10. Stránka obsahuje pole, do ktorého užívateľ prekopíruje hodnoty z textového súboru a ďalej je na stránke k dispozícii príklad dát.

Poslednou možnosťou, ktorú má užívateľ na výber, je identifikácia z modelu. Systém je možné identifikovať pomocou troch tvarov modelov: všeobecného tvaru, ktorý pozostáva z koeficientov čitateľ a menovateľ a, aperiodického tvaru modelu a periodického modelu.

Prednastavená je identifikácia pomocou všeobecného tvaru modelu (obr. 11). Užívateľ vloží hodnoty čitateľa, menovateľa, dopravné oneskorenie, čas simulácie a zvolí, či sa jedná o kmitavý proces alebo aperiodický proces.

Formulár aperiodického tvaru modelu je možné vidieť na obr. 12. Užívateľ vyplní položky formulára, k čomu mu pomôžu definované veličiny a má možnosť aproximovať systém ako nižší rád. Vloží rád, zosilnenie, časovú konštantu, dopravné oneskorenie a nižší rád, podľa ktorého chce systém identifikovať.

Posledný formulár, ktorý sa nachádza v tejto práci je formulár tlmene kmitavého tvaru modelu (obr. 13). Užívateľ vyplní zosilnenie, časovú konštantu, koeficient tlmenia, dopravné oneskorenie a čas simulácie môže zmeniť a odošle vstupné údaje na spracovanie.

Na stránkach vstupných formulárov sa nachádza tlačidlo Back a Identifikácia. Tlačidlo Back odkazuje na predošlú stránku.

| 📕 klesajuca.txt - Poznámi | cový blok | |
|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Súbor Úpravy Formát | Zobraziť Pomocník | |
| 0.000000e+000 | 3.6365134e+002 | 4.000000e-003 |
| 5.0000000e-001 | 3.6356436e+002 3.6362937e+002 | 4.0000000e-003 |
| 1.5000000e+000 | 3.6363707e+002 | 4.0000000e-003 |
| 2.0000000e+000 | 3.6363633e+002 | 4.000000e-003 |
| 2.5000000e+000 | 3.6365299e+002 | 4.000000e-003 |
| 3,5000000e+000 | 3.6358092e+002 | 4.0000000e-003 |
| 4.0000000e+000 | 3.6356048e+002 | 4.0000000e-003 |
| 4.5000000e+000 | 3.6363516e+002 | 4.000000e-003 |
| 5.0000000e+000 | 3.6356410e+002 | 4.0000000e-003 |
| 6.000000e+000 | 3.6362334e+002 | 4.0000000e-003 |
| 6.5000000e+000 | 3.6358225e+002 | 4.0000000e-003 |
| 7.0000000e+000 | 3.6358259e+002 | 4.000000e-003 |
| 7.5000000e+000 | 3.6359816e+002 | 4.0000000e-003 |
| 8 5000000e+000 | 3.6362745e+002 | 4.0000000e-003 |
| 9.0000000e+000 | 3.6358138e+002 | 4.0000000e-003 |
| 9.5000000e+000 | 3.6362214e+002 | 4.0000000e-003 |
| 1.0000000e+001 | 3.6362453e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1 1000000000000000000000000000000000000 | 3.0339039e+002 3.6358440e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.1500000e+001 | 3.6346123e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.2000000e+001 | 3.6339465e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.2500000e+001 | 3.6326630e+002 | 1.000000e-002 |
| 1.3000000e+001 | 3.6311140e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.4000000e+001 | 3.6286397e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.4500000e+001 | 3.6270009e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.5000000e+001 | 3.6249589e+002 | 1.000000e-002 |
| 1.5500000e+001 | 3.6230242e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.6500000e+001 | 3.6197033e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.7000000e+001 | 3.6175220e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.7500000e+001 | 3.6149209e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.8000000e+001 | 3.6135084e+002 | 1.0000000e-002 |
| 1.9000000e+001 | 3.6098214e+002 | 1.0000000e-002 |

Obr. 9: Textový súbor dát

| S T U • • • • • • • F C H P T | PID DESIGN: Identifikácia z dát |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Ukážka vstupných dát |
| | 0.000000e+000 3.635635e+002 4.000000e-003 5.0000000e+010 3.635635e+002 4.000000e-003 1.5000000e+000 3.6353370+002 4.0000000e-003 2.000000e+000 3.635332e+002 4.0000000e-003 3.000000e+000 3.635592e+002 4.0000000e-003 3.5000000e+000 3.6355092e+002 4.000000e-003 4.000000e+000 3.6355092e+002 4.000000e-003 4.5000000e+000 3.6355092e+002 4.000000e-003 5.5000000e+000 3.635515e+002 4.000000e-003 5.5000000e+000 3.635515e+002 4.000000e-003 5.5000000e+000 3.635516e+002 4.000000e-003 5.5000000e+000 3.635516e+002 4.000000e-003 5.5000000e+000 3.635516e+002 4.000000e-003 6.5000000e+000 3.6355259e+002 4.000000e-003 7.000000e+000 3.6352324e+002 4.000000e-003 7.500000e+000 3.6358259e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.6358259e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.6358259e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.6358259e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.6358259e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635802e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635802e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635802e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 3.60000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 4.000000e-003 8.5000000e+000 3.635002e+002 4.000000e-003 |

Obr. 10: Identifikácia z dát

<input type='button' value='Back' onclick='history.go(-1); return true;' />

Tlačidlo Identikácia odošle vstupné parametre príslušnému m-súboru, ktorý spracuje dáta.

 $<\!\!\mathrm{input}$ type='submit' value='Identifikacia' $/\!\!>$

| Iocalhost:4000/PID/ident_z_mo | d.html | $\stackrel{\wedge}{\bowtie} \lor \mathcal{C}$ |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| S T U • • • • • • • F C H P T | PID DE | ESIGN: Identifikácia z modelu |
| | | Parametre modelu |
| | CIT = ??? | ? Čitateľ prenosu napr. 1 |
| Typ modelu: | MEN= ??? | ? Menovateľ prenosu napr. 1 2 1 |
| | D = ??? | ? Dopravné oneskorenie |
| O Aperiodický | Čas_Sim= 50 | Čas simulácie |
| ○ Tlmene kmitavý | O Kmitavý pro Back Ident | oces |

Obr. 11: Identifikácia zo všeobecného modelu



Obr. 12: Identifikácia z aperiodického modelu

3.3 Načítanie vstupných údajov

Po stlačení tlačidla Identifikácia, sú odoslané vstupné dáta m-súboru. Najprv musí msúbor dáta načítať, aby s nimi mohol ďalej pracovať. Na načítanie slúži funkcia, vďaka ktorej sa načítajú dáta predané WS-om z formulára.

M-súbor, ktorý v práci načítava vstupné dáta a spracováva ich, je zároveň výstupným HTML dokumentom.

Program MATLAB obsahuje množstvo funkcií, ktoré je možné opakovane používať. Súčasne má užívateľ možnosť si vytvoriť vlastné funkcie.

Aby m-súbor bol prehľadný, hlavička, ktorá je používaná viackrát, je vytvorená v novom súbore. Je to funkcia,

function html = html_header(title)

| Iocalhost:4000/PID/ident_z_mod | html | ☆ ▼ C |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|
| S T U F C H P T | PID DESIG | GN: Identifikácia z modelu |
| | | Parametre modelu |
| | K= ??? | Zosilenie systému |
| Typ modelu: O Všeobecný tvar O Aperiodický ® Tlmene kmitavý | T_pe= ??? | Časová konštanta |
| | ksi_pe= ??? | Koeficient tlmenia |
| | D_pe= ??? | Dopravné oneskorenie |
| | Čas_Sim= 50 | Čas simulácie |
| | Back Identifikacia | |

Obr. 13: Identifikácia z tlmene kmitavého tvaru modelu

ktorá obsahuje premenné, v ktorých je postupne vložená základná časť HTML štruktúry, až po telo dokumentu. Napríklad do premennej html0 sú vložené metadáta, do css sú postupne načítané štýly atď.

Vzorový kód vyzerá nasledovne

```
html0 = {
  '<!DOCTYPE html>'
  '<html lang="sk">'
  '<html lang="sk"'<html lang="s
```

```
'jquery-ui/themes/base/jquery-ui.css']);
```

 $\mathrm{css}\ =\ \{$

```
' <style type="text/css">'
a1
' </style>'
};
html1 = {
'</head>'
'<body>'
};
```

html = [html0; css; html1];

V zdrojovom kóde HTML stránky sa zobrazia len tie časti premenných, ktoré sa nachádzajú v apostrofoch.

Funkcia, ktorá slúži na načítavanie dát:

function html = ident_z_mod(headers, config)
html = html_header('Identifikacia z modelu');
post = headers.Content;
html = [html '</body></html>'];

Premenná *html* zobrazuje užívateľovi text, grafy, hodnoty. Do tejto premennej sa ukladá obsah HTML stránky. Premenná *headers* obsahuje údaje, ktoré sú odoslané z formulára ako reťazce. Obsah *headers* sa uloží pomocou funkcie *Content* do premennej *post*, ku ktorej môžme objektovo pristupovať.

Dalšia používaná funkcia v tejto práci je *num2str*. Táto funkcia slúži na prevod číslic na text. Vo výslednom HTML dokumente sa majú zobraziť výsledky, ale tie je nutné najprv previesť z čísiel na reťazec.

html = [html 'Tu = 'num2str(Tu) '< br />'];

Pri načítavaní je potrebná opačná funkcia, str2num.

tsim = str2num(post.tsim);

Funkcie, ktoré spracovávajú načítané dáta, sú použité z práce [1].



Obr. 14: Výpis chyby na obrazovku

3.4 Kontrola vstupných údajov

Po vyplnení a odoslaní všetkých formulárov sú vstupné údaje kontrolované v MATLAB-E. MATLAB kontroluje, či sa vyplnili všetky vstupné údaje, a či čas simulácie nie je príliš dlhý. Túto kontrolu môžeme vidieť v nasledujúcom kóde:

```
errorcode = 0;
if (isempty(post.u_0) | isempty(post.u_Inf) | isempty(post.y_0) |
    isempty(post.y_Inf) | isempty(post.t_0) | isempty(post.t_D) |
    isempty(post.t_1) | isempty(post.t_2) | isempty(post.n) |
    isempty(post.tsim))
    errorcode = 1;
elseif ((str2num(post.tsim) < 0) | (str2num(post.tsim) > 300))
    errorcode = 2;
```

end

Ak sú zadané všetky údaje a čas simulácie nie je väčší ako 300, premenná *errorcode* je naplnená 0 a užívateľovi sa zobrazí výstupná HTML stránka. Ak užívateľ nevyplní niektorý údaj, do premennej *errorcode* sa uloží jednotka a je vypísané: "Musíte vyplniť všetky položky vo formulári." Ak čas simulácie nie je v rozsahu (0, 300), do premennej *errorcode* je uložená 2 a výstupom je: "Čas nie je v intervale (0, 300)". Na obr. 14 môžeme vidieť výstupnú HTML stránku, po nesprávnom vyplnení formulára.

V práci sa vykonávajú aj ďalšie kontroly vstupných údajov.



Obr. 15: Graf po priblížení

3.5 Grafické zobrazenie

Ako už bolo spomenuté v úvode, výstupom nemusia byť len čísla, ale aj grafy. Pri vykresľovaní grafov, je využitá knižnica Flot. Je použitá z dôvodu, že užívateľ má viac možností pracovať s grafom vygenerovaným prostredníctvom Flot knižnice ako programom MAT-LAB. Program MATLAB vygeneruje graf, ktorý je vložený do výstupnej stránky ako obrázok formátu jpg. S týmto obrázkom už nevieme ďalej pracovať. Nedá sa približovať, nevieme odčítať súradnice obrázka, ...

Pri použití tejto JavaScript-ovej knižnice, je potrebné nalinkovať knižnicu jQuery v hlavičke dokumentu ako aj ostatné knižnice, ktoré potrebuje knižnica Flot a Slider.

Do tela HTML sa definuje funkcia, ktorá vykresľuje graf. Funkcia je rozšírená o možnosť približovania miesta v grafe kolieskom na myške alebo dvojklikom (obr. 15). Po stlačení ľavého tlačidla na myške, tzv. chytenia grafu, ním vieme posúvať do všetkých smerov. V nasledujúcom kóde je uvedená funkcia na vykresľovanie grafov v prípade, že zosilnenie K je väčšie ako 0.

```
html = [html ' var d2 = [[', num2str(Tu), ', 0], '];
html = [html '[', num2str(Tn+Tu), ', ', num2str(K), ']]; '];
html = [html ' var d3 = [', text, ']; '];
if K>0
   html = [html 'var options = {series: {lines: {show: true}, '];}
   html = [html 'shadowSize: 0}, xaxis: {zoomRange: '];
   html = [html '[0.1, ', num2str(tsim), '], panRange: '];
   html = [html '[0, ', num2str(tsim), ']], yaxis: {zoomRange: '];}
   html = [html '[0, ', num2str(K+0.1*K), '], panRange: '];
   html = [html '[0, ', num2str(K+0.1*K), ']], zoom: '];
   html = [html '{interactive:true},pan: {interactive: true}};'];
else
   . . .
end
html = [html ' $.plot("#placeholder", [ '];
html = [html ' {label: "PCH identifik. systemu", data: d1}, '];
html = [html ' {label: "Dotycnica", data: d2 }, '];
html = [html ' {label: "PCH ladeneho systemu", data: d3 }]); '];
```

```
html = [html '}); '];

html = [html '</script > '];
```

Funkcie na zobrazenie posúvača sú definované rovnako ako pri vykresľovaní grafov. Posúvač je v práci využitý pri ladení identifikácie, čo je pri práci veľmi podstatné, pretože množstvo reálnych procesov si vyžaduje nižší rád pre návrh regulátora.

3.6 Výstupná HTML stránka

Po spracovaní údajov sa v m-súbore užívateľovi zobrazí výstupná stránka. Na tejto stránke má užívateľ možnosť vidieť parametre prenosu, prechodovú charakteristiku a môže ladiť identifikovaný systém pomocou posúvačov. Po nastavení posúvačov na požadovanú hodnotu, odošle nové údaje na spracovanie a vygeneruje sa mu nová HTML stránka s novým systémom, pričom v grafe zostala vykreslená aj pôvodná prechodová charakteristika. Parametre prenosu pôvodného systému sa prepočítali na parametre ladeného systému.

Ako príklad je v práci uvedená identifikácia zo vstupných údajov pre aperiodický



Obr. 16: Výstupná stránka pre identifikáciu aperiodického systému

a tlmene kmitavý systém. Formulár pre aperiodický systém je uvedený na obr. 7. Po správnom vyplnení a odoslaní sa zobrazí výstupná HTML stránka na obr. 16.

Vpravo od grafu sa nachádzajú parametre identifikovaného prenosu v tvare (10). Nad a pod grafom sú posúvače, ktorými má užívateľ možnosť ladiť systém. Hodnota prvého posúvača pri rastúcej prechodovej charakteristike znamená súčet T_U a T_N . Hodnota druhého posúvača je hodnota T_U . Pri klesajúcej prechodovej charakteristike je to opačne.

Ak by užívateľ zvolil identifikáciu pre tlmene kmitavý systém, zobrazí sa mu formulár vstupných údajov pre tlmene kmitavý systém (obr. 8) a po správnom vyplnení a odoslaní sa zobrazí HTML stránka na obr. 17.

Tak ako pri identifikácii aperiodického systému sú napravo od grafu vypísané parametre prenosu, ktorý má tvar (23). Na tejto výstupnej stránke sa nachádzajú 4 posúvače, s ktorými sa ladí tlmene kmitavý systém. [t_1,y_1] sú súradnice bodu prvého prekmitu a [t_2,y_2] sú súradnice bodu druhého prekmitu.

| Firefox Periodicky system | + | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Contemporary Conte | | ☆ ₹ C | | |
| | Periodicky system | | | |
| Hodnoty posuvacov: t_1: | 4.5 t_2: 8.5 | y_1: 1.247 y_2: 0.9377 Odoslat | | |
| | PCH identifikovaneho system PCH ladeneho systemu | K = 1 T_km = 1.2522 D_km = 0 ksi_km = 0.40371 Odchylka je rozdiel medzi identifikovanym a ladenym systemom K je zosilnenie systemu T_km je casova konstanta D_km je dopravne oneskorenie ksi_km je koeficient timenia t_i je cas 1. prekmitu t_2 je cas 2. prekmitu t_2 je cas 2. prekmitu y_1 je vystupna hodnota 1. prekmitu y_2 je vystupna hodnota 2. prekmitu | | |

Obr. 17: Výstupná stránka pre identifikáciu periodického systému

3.7 Porovnanie výsledkov internetovej verzie PIDDESIGN a programu PIDDESIGN

Výsledky identifikácie sú porovnávané na základe rovnakých vstupných údajov. Pre bližšie priblíženie programu PIDDESIGN sú uvedené vstupné hodnoty, ktoré sú do neho vkladané (obr. 18).

Ako prvá je porovnávaná identifikácia z vlastných dát aperiodickej prechodovej charakteristiky 1. rádom. Numerický aj grafický výsledok identifikácie v programe PIDDESIGN a internetovej verzii je zhodný (obr. 19 a obr. 20).

Pre kontrolu ladenia bol nastavený v programe PIDDESIGN horný posúvač na hodnotu 4.025 a program identifikoval ladený systém ako systém 1. rádu s K = 1, T = 1.625,D = 2.4 (obr. 21). Internetová verzia vypočítala totožné hodnoty až na hodnotu odchýlky. Táto nepresnosť vznikla rozličným nastavením kroku, s ktorým sú počítané hodnoty [t, y] (obr. 22).

V priebehu riešenia zadania bol program PIDDESIGN aktualizovaný, pričom v ňom bolo zdokonalené ladenie identifikovaného procesu. Okrem posúvačov, ktoré ovplyvňujú

| 🧼 Io | 📣 Identifikácia z vl 💻 💷 🕺 | | | | |
|--------------------|----------------------------|-----|--|--|--|
| | | | | | |
| PCH | | | | | |
| | Aperiodická | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | u_0 = | 0 | | | |
| | u_inf= | 1 | | | |
| | y_0 = | 0 | | | |
| | y_inf= | 1 | | | |
| | t_0 = | 0 | | | |
| | t_D= | 0 | | | |
| | t_1 = | 2.4 | | | |
| | t_2 = | 3.7 | | | |
| | Cas_Sim = | 50 | | | |
| | | | | | |
| Späť Identifikácia | | | | | |
| | | | | | |

Obr. 18: Formulár vstupných údajov v programe PIDDESIGN



Obr. 19: Výsledky identifikácie v programe PIDDESIGN



Obr. 20: Výsledky identifikácie internetovou verziou



Obr. 21: Výsledky identifikácie ladenia programom PIDDESIGN



Obr. 22: Výsledky identifikácie ladenia internetovou verziou

sklon dotyčnice, pribudol posúvač zosilnenia a dopravného oneskorenia. Vďaka posúvaču dopravného oneskorenia je identifikácia omnoho kvalitnejšia, pretože je brané ako zjavné dopravné oneskorenie. Internetová verzia zatiaľ neobsahuje túto aktualizáciu.

4 Záver

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť internetovú verziu úvodnej časti toolboxu PID-DESIGN, ktorá umožní študentom jednoducho a prehľadne pracovať s týmto programom on-line.

Vzhľad stránok je riešený pomocou kaskádových štýlov (CSS), ktoré umožňujú jednoduchú úpravu dizajnu stránky a zjednodušenie HTML kódu.

Internetová verzia je vytvorená pre všetkých užívateľov. To znamená, že nielen pre tých, ktorí sú v tomto odbore zbehlí, ale napríklad aj pre prvákov na našej fakulte. Preto sú uvádzané vysvetlenia symbolov pri formulároch či na výstupných stránkach.

V hlavnej časti úvodnej stránky internetovej verzie je opísaný pôvodný program vyvinutý Ing. Oravcom a zároveň v l'avej časti si na nej užívateľ volí, z akých parametrov chce identifikovať proces. Ostatné stránky sú vstupné stránky, na ktorých sa nachádzajú formuláre vstupných dát alebo výstupné stránky, kde má užívateľ možnosť ladenia identifikovaného systému. Súčasne sú na nej uvedené aj výsledky identifikácie.

Keď že je v práci využívaná komunikácia WS-a a HTML stránok, samotná identifikácia, teda výpočet zo vstupných údajov prebieha v programe MATLAB funkciami použitými z pôvodného programu. Práve preto tieto funkcie nie sú uvedené v práci.

V budúcnosti by som chcela rozšíriť internetovú verziu programu PIDDESIGN o kontrolu vstupných údajov na strane užívateľa, napr. pomocou JavaScriptu, ktorý bude kontrolovať vstupný formulár ešte pred odoslaním. Ďalej o všetky aktualizácie, ktoré boli spravené počas písania bakalárskej práce. Následne by som sa chcela venovať aj syntéze PID regulátora a kontrolovaniu kvality pomocou simulácie riadenia. Ďalším krokom po dokončení celého programu je doplniť program aj o funkciu prepínania medzi slovenským a anglickým jazykom.

Literatúra

- J. Oravec. Tvorba programového systému pre syntézu regulátorov. Diplomová práca, ÚIAM FCHPT STU v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, 2010.
- [2] Identifikace systémů. http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/IS/
 Identifikace%20systemu.pdf, 2012. [Online; prístupné 5.5.2014].
- [3] M. Fikar and J. Mikleš. Identifikácia systémov. STU Press, Bratislava, 1999.
- [4] M. Bakošová and M. Fikar. *Riadenie procesov*. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2. vydanie, 2012.
- [5] Ako identifikovať systém pomocou prechodovej charakteristiky. http://www.kirp. chtf.stuba.sk/~oravec/pedagogy/files_irpp/how2identify.pdf, 2014. [Online; prístupné 5.5.2014].
- [6] Hypertextový značkový jazyk. http://sk.wikipedia.org/wiki/Hypertextov%C3%
 BD_zna%C4%8Dkov%C3%BD_jazyk, 2014. [Online; prístupné 5.5.2014].
- Základné parametre WWW stránky. http://www.kirp.chtf.stuba.sk/~cirka/ source/html/html1/html/lekcia1.html, 2014. [Online; prístupné 5.5.2014].
- [8] Kaskádové štýly. http://sk.wikipedia.org/wiki/Kask%C3%A1dov%C3%A9_%C5%
 A1t%C3%BDly, 2014. [Online; prístupné 5.5.2014].
- [9] jQuery. http://sk.wikipedia.org/wiki/JQuery, 2014. [Online; prístupné 5.5.2014].
- [10] MATLAB. http://cs.wikipedia.org/wiki/MATLAB, 2014. [Online; prístupné 5.5.2014].
- [11] Ľ. Čirka, M. Kalúz, and M. Fikar. On-line remote control of matlab simulations based on asynchronous communication model. V Petr Byron, editor, 21th Annual Conference Proceedings: Technical Computing Prague 2013, strany 1–6. Institute of Chemical Technology, Prague, ICT Prague Press, 2013.