

Využití Identification toolboxu pro zpracování průmyslových dat

MARTIN ROHÁČEK

Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve
Zlíně

Nám. T.G.Masaryka 5555, 760 01 Zlín
m_rohacek@fai.utb.cz

Abstrakt: V prostředí Matlab je vypracovaný rad efektívnych programových prostriedkov (nazývaných Toolboxy) pre konkrétne vedecké a inžinierske využitie. Jedným z nich je System Identification Toolbox (SIT), ktorý slúži pre identifikáciu dynamických systémov z nameraných dát. Príspevok je venovaný identifikácii jednorozmerných systémov s využitím offline súborov nameraných dát. V príspevku sú uvedené výsledky simulovaného aj reálneho merania. V simulačnej časti sa práca zaoberá použitím SIT pri identifikácii výstupu s aditívnym šumom rôznych úrovní a vplyvu šumu na spoľahivosť identifikácie. Na príklade reálneho laboratórneho tlmeného oscilátora je overená navrhnutá metodika identifikácie.

Kľúčové slová: SIT, experimentálna identifikácia, validácia

1 ÚVOD

Základnými pojmami pri identifikácii systémov sú reálny objekt a jeho model. Pod pojmom reálny objekt budeme mať na mysli originál, reálne zariadenie, predmet objektívnej reality, na ktorom je možné vykonať určité pozorovania (merania) za účelom poznania relácií v ňom prebiehajúcich, prípadne na ktorom možno realizovať isté experimenty (nie je nevyhnutnou podmienkou) [5].

1.1 Experimentálna identifikácia (Black box)

Štruktúra musí byť zvolená. Systém je popísaný iba pomocou vstup - výstup. Parametre modelu sú analytické premenné, ktoré neumožňujú väčšinou nájsť súvislosť s fyzikálnymi systémovými premennými. Platí to iba pre skúmaný proces a konkrétny prevádzkový stav, z čoho zase vyplýva relatívna presnosť. Model môže byť identifikovaný iba pre existujúci systém. Vnútorne procesy nemusia byť známe. Metódy sú nezávislé na jednotlivých systémoch, programové vybavenie môže byť použité pre identifikáciu rôznych systémov. Veľkou výhodou je menšia časová náročnosť. Nevýhodou sú náklady pre potrebné prístrojové vybavenie a experimentovanie [9].

1.2 Pojmy používané v experimentálnej identifikácii

Experimentálna systémová identifikácia vychádza zo súboru dát nameraných veličín, ktoré sú k dispozícii. Veličiny, ktoré sa nedajú namerať alebo sú nemerateľné sú zahrnuté v predpokladaných šumoch.

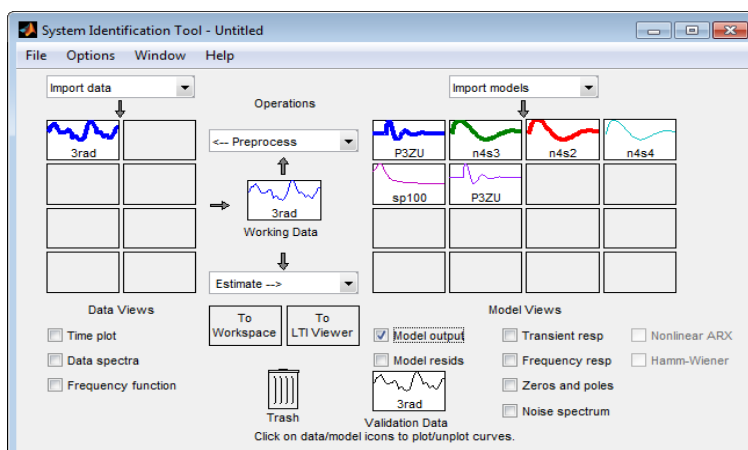
Celý súbor sa následne rozdelí, pričom prvá časť sa použije na vytvorenie(odhadnutie) modelu, jedná sa o pracovné dáta. Druhá časť dát(validačné dáta) sa použije na kontrolu odhadovaného modelu. Validácia sa vykoná simulovaním modelu, porovnaním jednotlivých výstupov, to znamená reálneho nameraného výstupu a simulovaného výstupu modelu. Proces sa opakuje do vtedy, kým nedosiahneme požadovanú istotu modelu.

Charakteristiky modelu, sú rôzne cesty ku kontrole vlastností modelov, ako sú póly a nuly, tiež prechodová alebo frekvenčná charakteristika.

Častým pojmom je offline identifikácia, pri ktorej sú dáta najskôr zaznamenané, uchované na neskoršie spracovanie. Neskôr sú vyhodnotené a určené ako parametre modelu.

2 Prostredie toolboxu

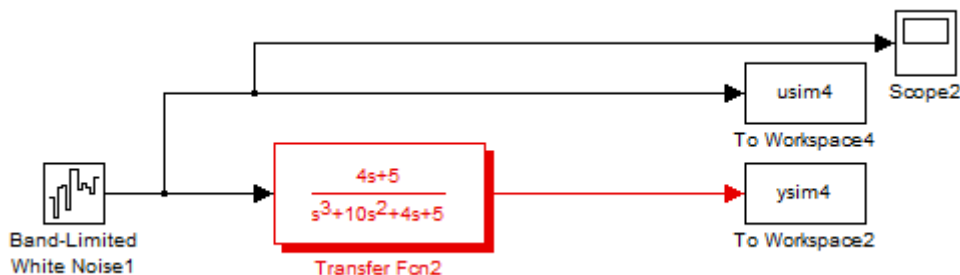
System identification toolbox sa nachádza v programovom balíku Matlab. Pre praktické použitie je najvhodnejšie použitie Grafického užívateľského prostredia. Prostredie je možné plne ovládať z príkazového riadku Matlab.



Obr. 1. Grafické užívateľské prostredie

2.1 Základný postup použitia SIT

Jednoduchý prípad použitia SIT si ukážeme na príklade otvoreného obvodu. Ako zdroj signálu použijeme ohraničený biely šum, ktorý bude poskytovať dostatočnú identifikačnú výdatnosť. Pre simuláciu aplikujeme stabilný systém s jedným reálnym pólom a dvoma komplexne združenými pólmi. Zo zapojenia je jasné, že vstupný signál bude umelý, teda bude mimo prevádzky a bude použitý na identifikáciu sústavy, pretože nastávajú prípady, kedy signály v prevádzke neposkytujú vhodné frekvenčné spektrum.

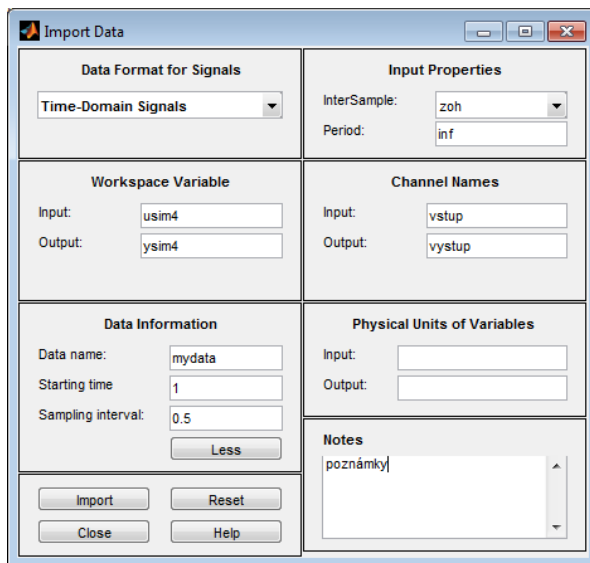


Obr. 2. Schéma zdroja jednoduchej identifikácie

Periódá vzorkovania na konečných blokoch je zvolená 0.5s.

2.1.1 Vloženie dát do GUI

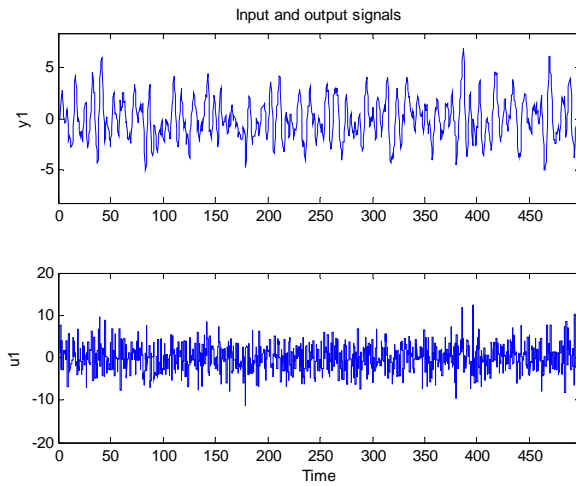
System Identification Toolbox spustíme pomocou príkazu *ident*. Pomocou tlačidla „Import data“ zvolíme údaje v časovej oblasti.



Obr. 3. Import údajov GUI

2.1.2 Zobrazenie grafického priebehu nameraných dát

V hlavnom okne zvolíme položku „Time plot“, ktorá ukáže grafický priebeh dát. Týmto spôsobom sa dajú nájsť poruchy v meraní, ktoré by mohli ovplyvniť identifikáciu modelu.



Obr. 4. Grafický priebeh simulovaného vstupu a výstupu

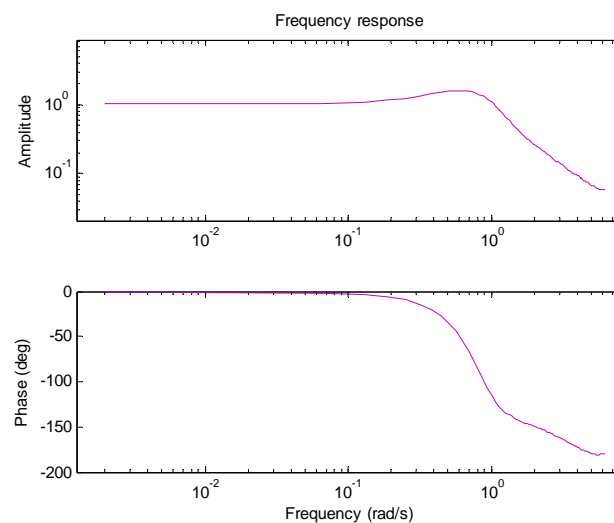
Zobraziť môžeme jednoducho aj spektrum dát (Data spectra), pre kontrolu použiteľnosti údajov.

2.1.3 Určenie údajov na identifikáciu a validáciu

Klasickým postupom je rozdeliť hodnoty. Graficky určíme časť dát alebo jednoducho zvolíme vhodný čas. Druhá polovica dát slúži na validáciu dát.

2.1.4 Odhad modelu, určenie štruktúry

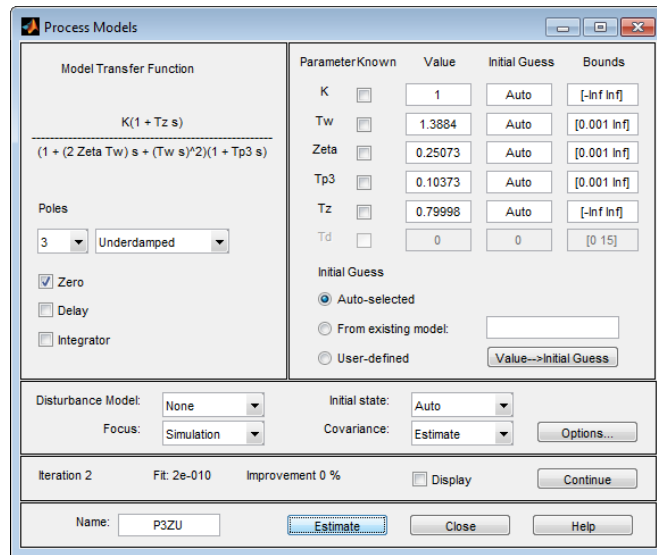
Pre odhad frekvenčného modelu zvolíme „Estimate“ a položku „Spectral model“. Použijeme prednastavené hodnoty a importujeme model.



Obr. 5. Frekvenčná charakteristika simulovaných hodnôt

Začneme určením modelu pomocou prenosovej funkcie. Tento model je počítaný pomocou diskkrétnej PEM metódy.

V ďalšom postupe určíme spojitú prenosovú funkciu. V našom prípade štruktúru poznáme, preto zvolíme prenos s nulou. Zvolíme tri póly. Pri neznámej štruktúre je najlepšie skúsiť viac modelov a výsledky porovnať pri validácii údajov.



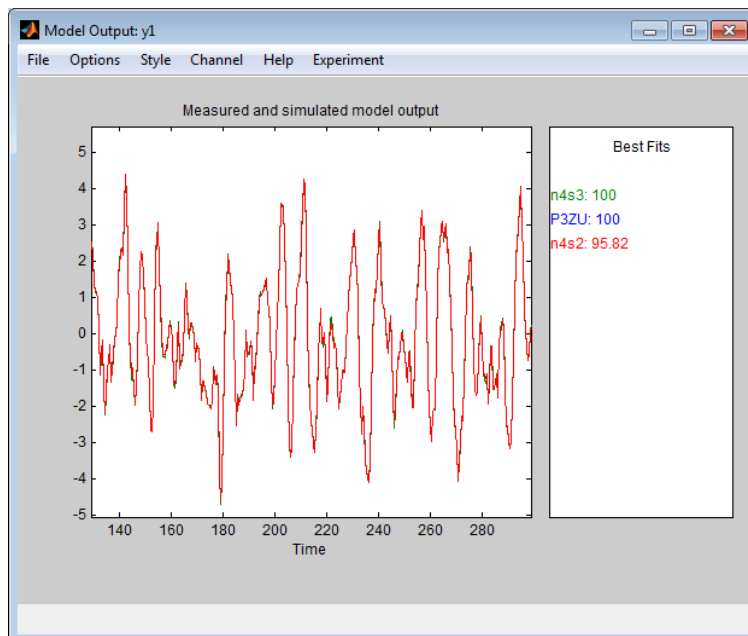
Obr. 6. Určenie prenosovej funkcie v GUI

Takisto môžeme skúsiť stavový popis v hlavnom okne pomocou „Estimate“ a voľby „Parametric models“. Zmeníme z položky „Structure“ ARX štruktúru na State Space(stavový priestor).

Skúsime rôzne rády, pre jednoduché použitie slúži „Order Selection“. Začatím odhadu sa nám zobrazí ponuka. Je automaticky zvolená odporúčaná hodnota, avšak rád systému závisí hlavne od našich požiadaviek, akú zhodu dát odhadovaného modelu potrebujeme pri validácii dát. Vždy je treba zohľadniť aj zbytočnosť vyšších rádo, pokiaľ je zlepšenie nepostrehnuteľné alebo pre potreby riadenia postačí nižší systém, táto úloha je subjektívna a závisí na požiadavkách.

2.1.5 Validácia, kontrola modelov

Overenie platnosti získaného prenosu začneme zobrazením prechodovej charakteristiky alebo frekvenčnej odozvy. V našej práci uvedieme z dôvodu stručnosti len konečnú validáciu modelu.



Obr. 7. Validácia nameraných a odhadnutých dát

2.1.6 Závěrečné overenie simulovaného príkladu

V našom prípade si môžeme odhad systému overiť presne. Najjednoduchším spôsobom je previesť odhadované modely do prostredia Matlab. Prenosovú funkciu dostaneme príkazom $tf(P2)$. V prípade diskkrétnej prenosovej funkcie prevedieme na spojitý prenos $d2c(tf(n4s2))$.

Pôvodný systém, ktorý sme použili na simulovanie hodnôt:

$$G(s) = \frac{4s + 5}{s^3 + 10s^2 + 4s + 5} \quad (1)$$

Odhadovaný model prenosovej funkcie „P2“ druhého rádu:

$$G(s) = \frac{4.001s + 5,0001}{s^3 + 10s^2 + 4.001s + 5.001} \quad (2)$$

Odhadovaný diskrétny stavový model „n4s3“ prepočítaný na prenosovú funkciu 3 rádu:

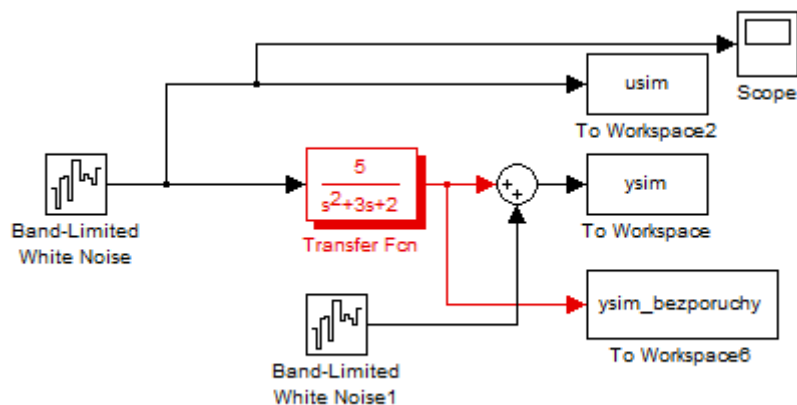
$$G(s) = \frac{0,001s^2 + 3,99s + 4,986}{s^3 + 9,973s^2 + 3,99s + 4,986} \quad (3)$$

Odhadovaný diskrétny stavový model „n4s1“ prepočítaný na prenosovú funkciu 2 rádu:

$$G(s) = \frac{0.3247s + 0,5513}{s^2 + 0,3598s + 0,5352} \quad (4)$$

2.2 Identifikácia pri výstupe s aditívnym šumom

System Identification Toolbox je vhodný aj pre prácu so šumovým výstupom. V reálnom meraní sa často môžeme stretnúť s šumom vysokej úrovne na výstupe pozorovaného systému. Identifikáciu prevedieme pri rôznych hladinách šumu. Úroveň výkonovej spektrálnej hustoty, ďalej len VSH vstupného bieleho šumu je vždy 5.



Obr. 8. Schéma na testovanie identifikácie aditívneho výstupného šumu

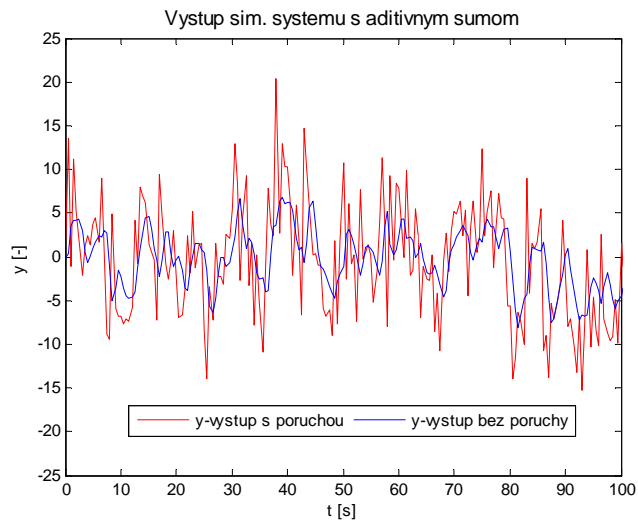
2.2.1 Identifikácia systému druhého rádu

$$G(s) = \frac{5}{s^2 + 3s + 2}$$

Rovnakým postupom z kapitoly 2.1 sme identifikovali výstupný systém.

Identifikovaný systém s aditívnym bielym šumom na výstupe, úroveň VSH 15:

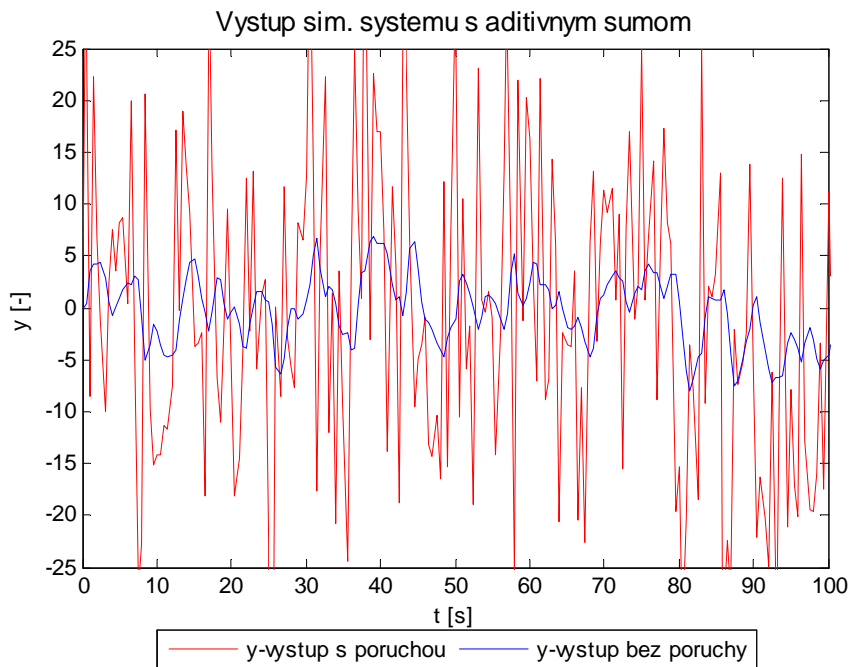
$$G(s) = \frac{5,031}{s^2 + 3,245s + 2,084}$$



Obr. 9. Porovnanie výstupu s poruchou a bez poruchy, úroveň VSH bieleho šumu 15

Identifikovaný systém s aditívnym bielym šumom na výstupe, úroveň VSH 100:

$$G(s) = \frac{5,57}{s^2 + 4,112s + 2,415}$$



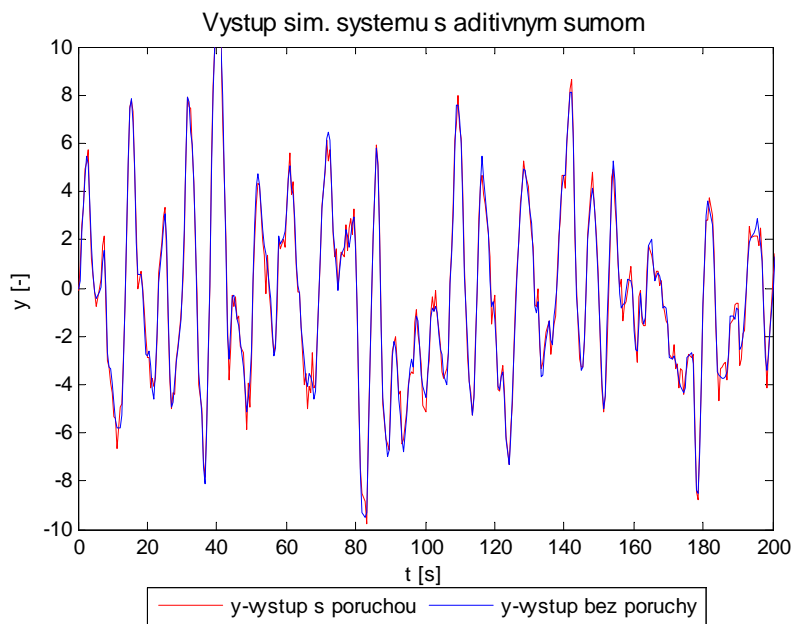
Obr. 10. Porovnanie výstupu s poruchou a bez poruchy, úroveň VSH bieleho šumu 100

2.2.2 Identifikácia systému tretieho rádu a druhého relatívneho rádu:

$$G(s) = \frac{4s + 11}{s^3 + 10s^2 + 4s + 5}$$

Identifikovaný systém s aditívnym bielym šumom na výstupe, úroveň VSH 0,1:

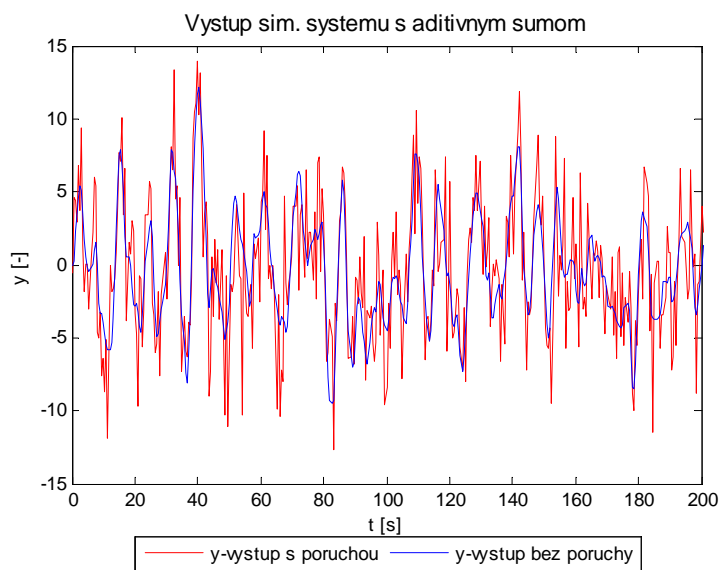
$$G(s) = \frac{3,918s + 10,94}{s^3 + 9,925s^2 + 3,989s + 4,977}$$



Obr. 11. Porovnanie výstupu s poruchou a bez poruchy, úroveň VSH bieleho šumu 0,1

Identifikovaný systém s aditívnym bielym šumom na výstupe, úroveň VSH 5:

$$G(s) = \frac{3,398s + 10,32}{s^3 + 9,281s^2 + 3,846s + 4,731}$$



Obr. 12. Porovnanie výstupu s poruchou a bez poruchy, úroveň VSH bieleho šumu 5

Z dôvodu rozsahu nie je možné uviesť mnohé merania, bol však zvolený vhodný výber. Z identifikácií je zjavné, že System Identification Toolbox je použiteľný aj pre silne zašumený výstup

a je vhodný pre spracovanie priemyselných dát. Následne je vidieť, že dáta môžeme identifikovať s vysokou presnosťou pre rôzne rády a systémy, avšak vyššiu chybovosť identifikácie dosahuje pri pridanej nule prenosu (vyšší rád čitateľa prenosu).

3 Identifikácia reálnych dát

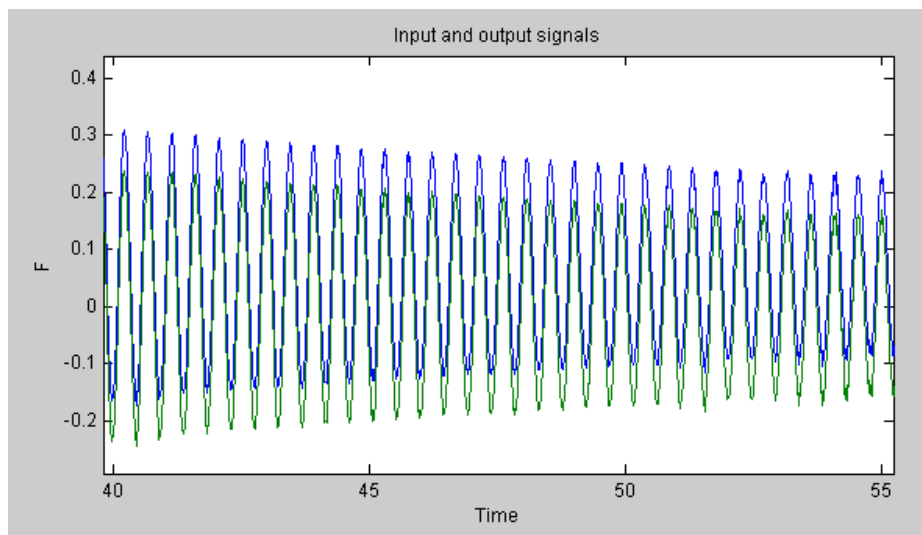
3.1 Tlmený oscilátor

Reálna identifikácia však prináša viac problémov, ktoré sme spomenuli v priebehu príspevku. Reálne dáta boli prevzaté z laboratória fyziky, zvolili sme si fyzikálne meranie reálneho tlmeného oscilátoru. Sústava je tvorená neznámou pružinou a závažím.

Tlmenie oscilátoru je spôsobené brzdnými a stratovými vplyvmi. Tie môžeme zhrnúť do jednej brzdnnej sily, ktorá pôsobí proti rýchlosti pohybu (F_b) a je priamo úmerná jej veľkosti (v). Z nameraných dát si môžeme všimnúť veľkosť vzorkovania 0,01 sekundy. Výstupná hodnota je sila F . Nameraná úloha obsahuje 12 001 hodnôt.

3.1.1 Zobrazenie dát

Pozrieme si časový priebeh (Time plot), dvojica hodnôt je zreteľná, avšak dáta sú veľmi nečitateľné, meranie pozostáva z veľa hodnôt.

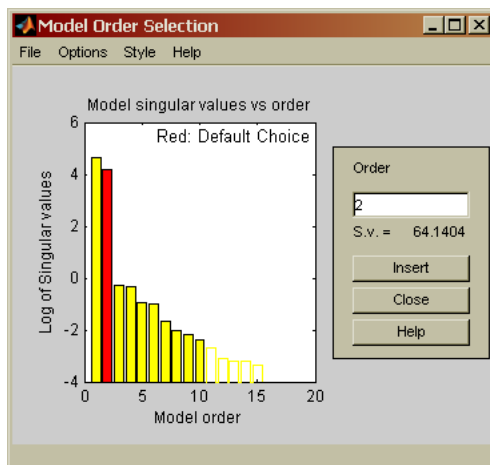


Obr. 13. Časový priebeh nameraných hodnôt

Po podrobnejšom pohľade na hodnoty nevidíme žiadne veľké poruchy výstupného signálu, z toho vyplýva, že použijeme celý rozsah dát. Pri „podozrivých“ hodnotách je lepšie jednoducho oddeliť nevhodný signál.

3.1.2 Odhad modelu stavového priestoru

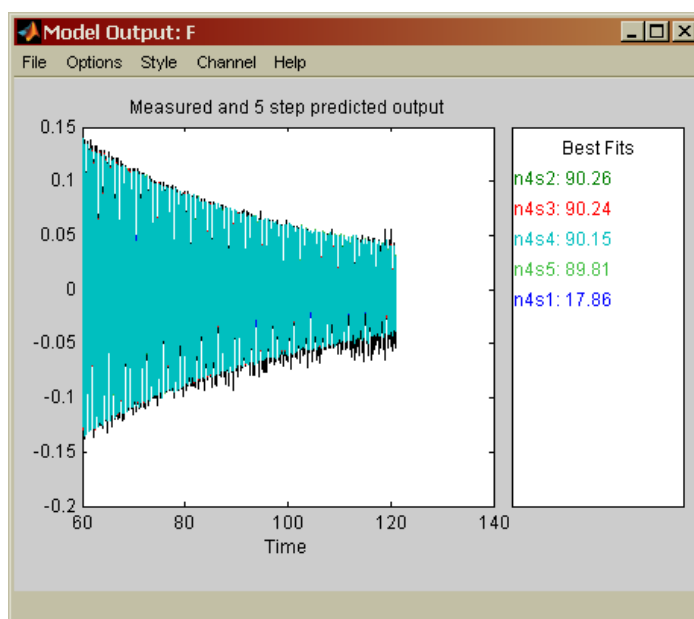
Úloha bez vstupného signálu nedovoľuje priamo odhad hodnôt prenosovej funkcie. Použijeme odhad stavového modelu a neskôr prevedieme model na prenos.



Obr. 14. Voľba rádu stavového modelu

3.1.3 Validácia modelov

Prevedieme záverečné porovnanie pomocou „Model output“, ktoré nám zobrazí druhú časť dát (validačné hodnoty) a simulované hodnoty modelu, konkrétne sa jedná o reálne výstupné hodnoty príklady a simulovaný výstup modelu. Vyhodnotenie dáva možnosť grafickej kontroly a percentuálnu zhodu výstupov ako je zobrazené na Obr. 15.



Obr. 15. Validácia nameraných a simulovaných dát

Najvhodnejším modelom sa jednoznačne javí model diskretný stavový model „n4s2“ prepočítaný na prenosovú funkciu druhého rádu:

$$G(s) = \frac{0,00813s^2 + 0,1266s + 2,573}{s^2 + 0,1375s + 184,9} \quad (5)$$

Je dôležité pripomenúť, že je ťažké overiť model z dôvodu nepoznaného vstupu, vstup môže byť napr. ľubovoľne veľký impulz. Hlavnou snahou bolo ukázať prácu s SIT, ako aj postup identifikácie.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] LJUNG, L.: System Identification Toolbox User's Guide. The MathWorks, Inc, 2005.
- [2] LJUNG, L., LJUNG, E.: System Identification: Theory For The User. Prentice Hall Ptr, 1999.
- [3] SÖDERSTÖM, T., STOICA, P.: System identification. Prentice Hall Inc., 1989.
- [4] JUANG, J.: Applied System Identification. Prentice Hall Ptr, 1993
- [5] FIKAR, M., MIKLEŠ, J.: Identifikácia systémov I, II. STU Bratislava 1999, 2004.
- [6] Documentation: User's Guide (System identification toolbox): The MathWorks, Inc. Dostupný z URL: http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/ident/ug/ug_intropage.html.
- [7] Documentation: Linear Model Identification: The MathWorks, Inc. Dostupný z URL: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/ident/ug/bqs6msi.html>.
- [8] AT&P journal 6/2008: Priemyselný software, Matlab: System Identification Toolbox. Dostupný z URL: http://www.atpjournal.sk/casopisy/atp_08/pdf/atp-2008-06-68.pdf.
- [9] NOSKIEVIČ, P.: Modelování a identifikace systémů. Montanex a.s., 1999.