

## PRIMENA AKVIZICIONE KARTICE U IDENTIFIKACIJI POZICIONOG SERVOSISTEMA

Stanković R. *Momir*, Centralna logistička baza, Odeljenje  
za logističku podršku B-4, Beograd  
Manojlović M. *Stojadin*, Vojna akademija, Katedra vojnih  
elektronskih sistema, Beograd

UDC: 004.9:621.31

OBLAST: Elektrotehnika (Automatika i upravljanje)

### Sažetak:

*U radu je opisan postupak identifikacije funkcija prenosa pojedinih komponenti i kompletnog pozicionog servosistema primenom akvizicione kartice DT9812. Servosistem je realizovan u laboratorijskim uslovima a pomoću akvizicione kartice snimljeni su odgovarajući step odzivi. Obradom dobijenih rezultata u programskom paketu MATLAB dobijene su funkcije prenosa pojedinih komponenti, na osnovu kojih su određene funkcije povratnog i spregnutog prenosa celokupnog sistema, koje su od suštinskog značaja za ocenu kvaliteta sistema. Verifikacija dobijenog modela izvršena je uporednom analizom rezultata dobijenih laboratorijskim ispitivanjem i na osnovu simulacija na računaru.*

*Ključne reči: pozicioni servosistem, akviziciona kartica, identifikacija, funkcija prenosa.*

### Uvod

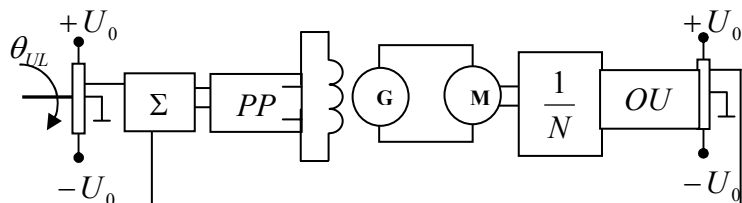
U opštem slučaju, sistem automatskog upravljanja predstavlja aktivnu mrežu sačinjenu od električnih, elektromehaničkih, mehaničkih, hidrauličnih, pneumatskih i drugih komponenti strukturno povezanih tako da ostvaruju unapred definisane zahteve. Od sistema upravljanja zahteva se što kvalitetnije upravljanje procesima različite prirode i namene u pri-

sustvu raznih poremećaja. Analiza i sinteza ovih sistema podrazumeva postojanje modela procesa kojim se upravlja u odgovarajućoj formi, kao što je npr. funkcija prenosa. Kvalitet analize i sinteze u velikoj meri zavisi od kvaliteta identifikacije odgovarajućih funkcija prenosa. Jedan od načina identifikacije jeste snimanje odziva sistema na odskočni (step) signal. Primena akvizicione kartice omogućava snimanje realnih signala i njihovu obradu u pogodnom softverskom okruženju kao što je MATLAB s ciljem dobijanja što preciznijeg modela. Posebnu vrstu sistema automatskog upravljanja predstavljaju servosistemi koji su našli široku primenu u raznim oblastima. Zadatak servosistema je da izlazna (upravljana) veličina sa zadovoljavajućom tačnošću prati promenljivi ulazni (referentni, upravljački) signal. U zavisnosti da li je upravljana veličina ugaona pozicija ili ugaona brzina obrtanja izlazne osovine, servosistemi se dele na pozicione i brzinske.

## Realizacija pozicionog servosistema

U laboratorijskim uslovima realizovan je pozicioni servosistem čija je principna šema prikazana na slici 1. Upravljana veličina je ugaona pozicija osovine jednosmernog motora (M) koji je u spoju sa jednosmernim generatorom (G) (Vard–Leonardova grupa). Izlaz generatora povezan je na armaturni namotaj motora, i u zavisnosti od napona generatora menja se brzina obrtanja rotora motora. Pobuda motora je nezavisna (iz posebnog izvora jednosmerne struje). Referentni ugao se zadaje pomoću ulaznog potencijometra. Ugaona pozicija osovine motora meri se izlaznim potencijometrom, čiji je klizač preko reduktora ( $1/N$ ) spojen sa osovinom motora na kojoj se nalazi objekat upravljanja (OU). U sumatoru ( $\Sigma$ ) se formira signal greške koji se preko pretpojačavača (PP), u vidu pobude, šalje na generator. Promenom pojačanja pretpojačavača (pojačanja u direktnoj grani) mogu se menjati dinamičke karakteristike servosistema.

Problem određivanja funkcija povratnog i spregnutog prenosa servosistema svodi se na identifikaciju funkcija prenosa svih njegovih komponenti. Najsloženiji zadatak je identifikacija motora i generatora, s obzirom na to da su ostale komponente jednostavnije konstrukcije i sa poznatim parametrima.



Slika 1 – Principna šema potencijometarskog pozicionog servosistema  
Figure 1 – Principle chart of a potentiometric position servo system

## Sistem za akviziciju

Sistem za akviziciju predstavlja odgovarajuće alate i resurse za merenje i analizu fizičkih fenomena i procesa. To je kolekcija softvera i hardvera koji nas povezuju sa fizičkim svetom.

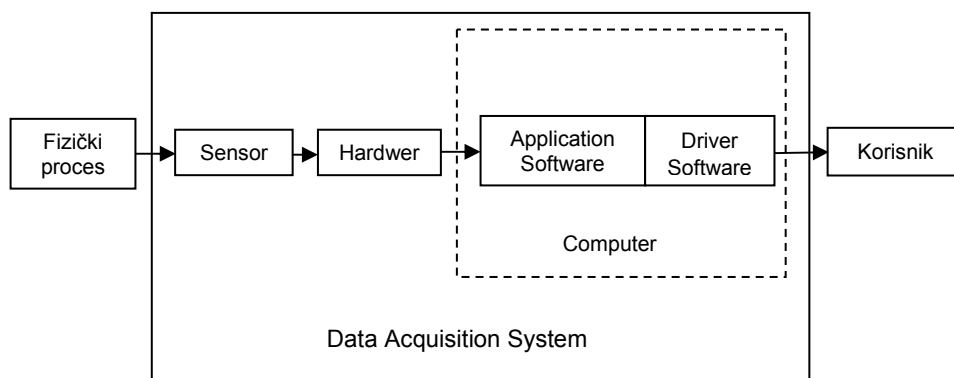
Hardver za akviziciju koji omogućuje konverziju analognih signala u digitalne, ali i za konverziju digitalnih signala u analogne može biti interni ili eksterni. Sastoji se iz više podsistema za izvršenje specijalizovanih zadataka, kao što su:

- analogni ulaz,
- analogni izlaz,
- digitalni ulaz/izlaz,
- brojač/tajmer.

Analogni ulaz konvertuje analogni ulazni signal dobijen od senzora u digitalni kod koji može biti korišćen na računaru. To su obično višekanalni uređaji koji daju 12 do 16 bita rezolucije po signalu. Analogni izlaz konvertuje digitalni signal sa 12 bita rezolucije u analogni signal. Obično ima dva kanala, ali može biti i višekanalni.

Softver omogućava razmenu informacija između računara i hardvera. Postoje dva tipa softvera: drajveri i aplikacije. Drajveri (*Driver Software*) omogućavaju kontrolu i upravljanje hardverom, dovođenje podataka sa ploča, kontrolu brzine rada, usklađivanje brzina rada hardvera i računara (naročito sa *DMA*), pristup sa više podsistema jednoj ploči i pristup većem broju ploča. Aplikacije (*Application Software*) prilagođavaju mogućnosti drajvera korisniku. One omogućavaju korisniku dobijanje svih relevantnih podataka (npr. o broju odbiraka), pokretanje događaja, rad sa snimljenim podacima, prikaz signala i dr. Aplikativni softver omogućava i određenu analizu podataka [3].

Sistem za akviziciju podataka (*Data Acquisition System*) prikazan je na slici 2. Na slici se vidi put informacija od realnog fizičkog procesa do korisnika.



Slika 2 – Sistem za akviziciju podataka  
Figure 2 – Data acquisition system

## ***Hardver za akviziciju podataka – akviziciona kartica DT9812***

Modul (hardver) za akviziciju podataka DT9812 sadrži sledeće elemente: osam analognih ulaza, digitalni ulaz/izlaz (osam ulaza i osam izlaza), dva analogna izlaza (preko dvanestobitnog D/A konvertora), davač takta, napajanje, bafer i priključke za eksterni takt i eksterni triger. Rezolucija ulaza koji nam omogućava ovaj modul je 12 bita i ne može se menjati. Sa svojih osam analognih ulaznih kanala DT9812 može prikupljati podatke sa jednog kanala ili sa grupe kanala [3].

## ***Softverska podrška akviziciji signala***

Softverski alat za akviziciju signala predstavlja kolekciju funkcija u programskom paketu MATLAB. Glavne mogućnosti koje nam pruža su:

- snimanje realnih signala, preko hardvera za akviziciju,
- podrška analognih ulaza, analognih izlaza, i digitalnih ulaz/izlaz podsistema, uključujući i analognu ulaz/izlaz konverziju.

Postavljanje sistema za rad obuhvata instalaciju odgovarajućih hardvera i softvera. Hardverske instalacije podrazumevaju priključenje odgovarajućih ploča – akvizicijskih kartica (u ovom slučaju kartice DT9812) u slotove računara ili instalaciju odgovarajućih modula za eksterne uređaje. Instalacija softvera podrazumeva učitavanje drajvera i aplikativnih softvera na računar. Kao aplikativni softver koristi se programski paket MATLAB (*Data Acquisition Toolbox*). Senzori se priključuju tek posle instalacije kompletnog hardvera i softvera [4].

## **Identifikacija komponenti pozicionog servosistema pomoću akvizicione kartice DT9812**

### ***Identifikacija funkcije prenosa generatora jednosmernog napona***

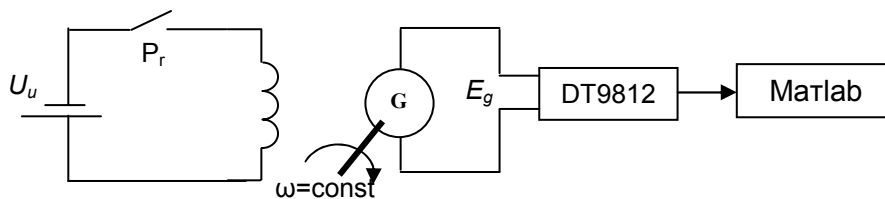
Generator jednosmernog napona („Rade Končar“) sa sledećim nominalnim vrednostima:

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| – napon pobude: 60 V                     | – napon armature: 170 V |
| – struja pobude: 1.8 A                   | – struja rotora: 3.5 A  |
| – brzina obrtanja: 720 min <sup>-1</sup> | – snaga: 0.35 kW        |

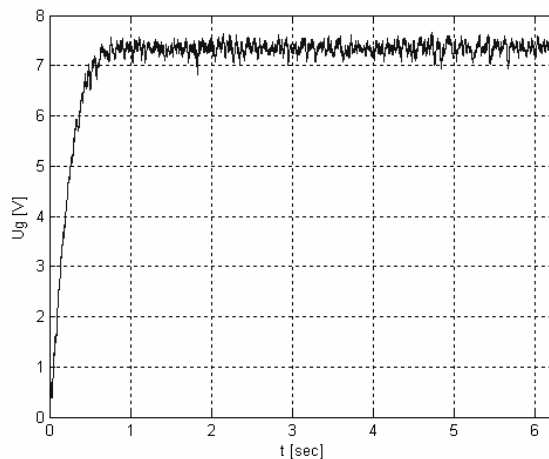
aproksimativno se predstavlja funkcijom prenosa prvog reda:

$$G_g(s) = \frac{E_g(s)}{U_u(s)} = \frac{k_g}{T_g s + 1}, \quad (1)$$

Za eksperimentalno određivanje funkcije prenosa sistem je povezan prema slici 3. Ulaz je napon pobude generatora a izlaz je napon koji daje generator. Rotor generatora se okreće konstantnom ugaonom brzinom, što je omogućeno posebnim motorom. Pomoću prekidača  $P_r$  dovodi se ulazni step signal na pobudu generatora. Odziv generatora snimljen je akvizicionom karticom i prikazan je na slici 4.



Slika 3 – Principalska šema za identifikaciju jednosmernog generatora  
 Figure 3 – Principle chart for the identification of DC generators



Slika 4 – Odziv jednosmernog generatora na step pobudu  
 Figure 4 – Step response of the DC generator

Sa slike 4 vidi se da generator ima aperiodičan odziv, što se poklapa sa teorijskom pretpostavkom, tako da se njegova funkcija prenosa može predstaviti funkcijom prenosa prvog reda (izraz 1). Generator je pobuđen naponom  $U_u = 30$  V. Izlazni napon se vodi na razdelnik napona radi slabljenja jer

je ulazni napon na kartici DT9812 ograničen na  $\pm 10V$ . Uzimajući u obzir pridodati naponski razdelnik (smanjuje napon jedanaest puta), odredili smo statičko pojačanje generatora kao odnos izlaznog napona u stacionarnom stanju i napona pobude generatora:  $k_g = 2,2$ . Vremenska konstanta generatora  $T_g$  je vreme za koje odziv generatora dostigne 66% svoje stacionarne vrednosti. Očitavanjem odbiraka snimljenog signala dobija se  $T_g = 0.35$  s. Na osnovu toga, za konačnu funkciju prenosa generatora dobijamo:

$$G_g(s) = \frac{2,2}{0,35s+1}. \quad (2)$$

### Identifikacija funkcije prenosa motora jednosmerne struje

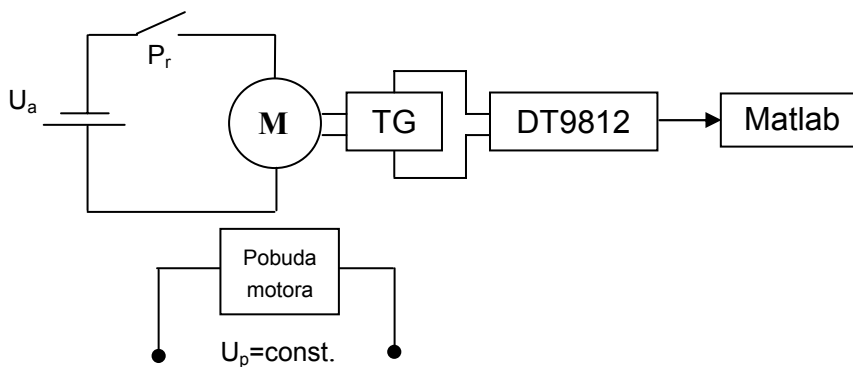
Motor jednosmerne struje („Rade Končar“) je izvršni element servo-sistema, sa sledećim vrednostima nominalnih veličina:

- napon pobude: 60 V
- napon armature: 170 V
- struja pobude: 2 A
- struja rotora: 2 A
- brzina obrtanja: 720 min<sup>-1</sup>
- snaga: 0.34 kW

Teoretski, jednosmerni motor se predstavlja funkcijom prenosa drugog reda:

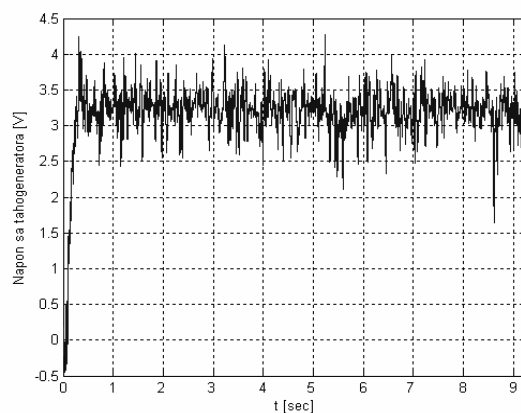
$$G_m(s) = \frac{\Omega(s)}{U_a(s)} = \frac{k_m}{T_m^2 s^2 + 2\zeta T_m s + 1}. \quad (3)$$

Za eksperimentalno određivanje funkcije prenosa jednosmernog motora korišćena je šema data na slici 5.



Slika 5 – Principalska šema za identifikaciju jednosmernog motora  
Figure 5 – Principle chart for the identification of DC motors

Pomoću prekidača  $P_r$  dovodi se armaturni napon  $U_a$  u vidu step pobude. Osovina motora je spojena sa tahogeneratorom, čiji je izlaz povezan sa akvizicionom karticom. Odziv motora se snima i obrađuje u MATLAB-u. Pobuda motora je nezavisna i konstantna ( $U_p = const$ ). Pri akviziciji signala tahogenerator unosi šum merenja koji „maskira“ koristan signal. Filtriranje signala pomoću analognih filtera, koji su postavljeni posle tahogeneratora, nije dalo željene rezultate pa je primenjena softverska filtracija pomoću MATLAB-a tako što je vršeno usrednjavanje snimljenog signala. Odziv motora prikazan je na slici 6.



Slika 6 – Odziv motora na step pobudu posle usrednjavanja signala  
Figure 6 – Step response of the DC motor after signal averaging

Kao što se vidi, i posle usrednjavanja odziv sa tahogeneratorsa poseduje relativno veliki nivo šuma. Sa slike se ipak može nagovestiti pseudo-periodičan odziv (uočava se mali preskok), što je u skladu sa teorijskom pretpostavkom funkcije prenosa motora. Odziv motora snimljen je i pomoću analognog pisača, koji je sam po sebi niskopropusni filter. Analizom signala sa analognog pisača i odziva dobijenog akvizicijom, dobijaju se potrebni parametri funkcije prenosa motora.

Ulazna veličina motora je napon armature  $U_a$  (100 V), a izlaz je ugaona brzina obrtanja osovine rotora. Koeficijent statičkog pojačanja motora ( $k_m$ ) predstavlja odnos ugaone brzine rotora motora u stacionarnom stanju i napona pobude. Sa slike 6 vidi se da je vrednost napona tahogeneratorsa u stacionarnom stanju  $U_{tgss} = 3.4$  V. Koeficijent prenosa tahogeneratorsa iznosi  $k_{tg} = 11$  rad/(sV) pa se za koeficijent statičkog pojačanja motora dobija:

$$k_m = \frac{\Omega_{mss}}{U_a} = \frac{k_{tg} U_{tgss}}{U_a} = \frac{11 \frac{\text{rad}}{\text{Vs}} 3.4 \text{ V}}{100 \text{ V}} = 0.374 \frac{\text{rad}}{\text{sV}} \quad (4)$$

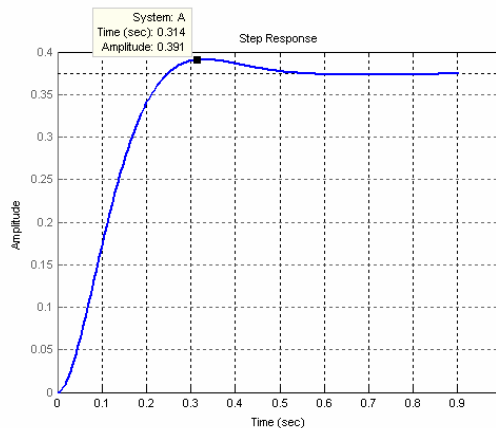
Koeficijent prigušenja  $\zeta$ , izračunat na osnovu vrednosti preskoka, iznosi  $\zeta = 0.85$ .

Vremenska konstanta  $T_m$  ne može se precizno odrediti računskim putem kod funkcija prenosa drugog reda, pa je dobijena simulacijom raznih vrednosti u MATLAB-u, dok se odziv simulirane funkcije prenosa nije poklopio sa odzivima dobijenih eksperimentalnim putem. Kao karakteristične vrednosti koje su podešavane uzeti su vreme kad odziv dostigne 66% svoje stacionarne vrednosti i vreme preskoka. Tako je dobijeno da vremenska konstanta iznosi oko  $T_m = 0.075$  s.

Konačno, uvrštavanjem dobijenih vrednosti u izraz 3 dobija se funkcija prenosa motora jednosmerne struje:

$$G_m(s) = \frac{0,374}{0,005625 \cdot s^2 + 0,105 \cdot s + 1} \quad (5)$$

Simulacija step odziva dobijene funkcije prenosa, prikazana na slici 7, pokazuje da se ona slaže sa odzivom dobijenim eksperimentalnim putem (slika 6). Vrednost preskoka i vreme smirenja približno su isti.



Slika 7 – Odziv motora dobijen simulacijom funkcije prenosa date izrazom (5)

Figure 7 – Response of the DC motor simulated with the transfer function given by eq. (5)

### *Identifikacija funkcija prenosa ostalih komponenti pozicionog servosistema*

**Potenciometarski davač (248A-1K $\Omega$ ) ima sledeću funkciju prenosa:**

$$G_{pd}(s) = \frac{U_{pd}(s)}{X(s)} = k_{pd} = \frac{U_0}{\alpha_{\max}} \quad (6)$$



Ulazna veličina je ugaoni pomeraj klizača potencimetarskog davača  $X(s)$ , koji je vezan za osovinu rotora, a izlazna veličina je napon  $U_{pd}$ . Funkcija prenosa je konstanta  $K_{pd} = U_o/\alpha_{max}$ , gde je  $U_o$  napon napajanja potencimetarskog davača a  $\alpha_{max}$  maksimalni otklon potencimetra. Kod potencimetra korišćenog u ovoj vežbi  $\alpha_{max} = \pm\pi \text{ rad}$ , a  $U_o = \pm 15 \text{ V}$ , pa je  $K_{pd} = 4.77 \text{ V/rad}$ .

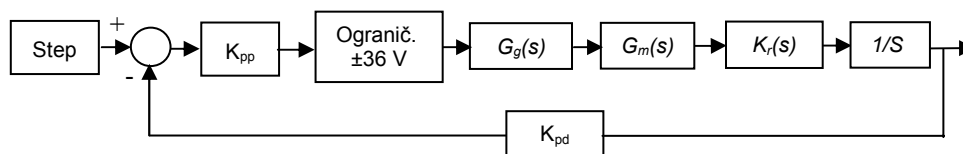
**Reduktor** redukuje ugaonu brzinu osovine motora šezdeset puta pa je njegova funkcija prenosa  $K_r = 1/60 = 0.0166$ .

**Tahogenerator jednosmerne struje** je uređaj koji ugaonu brzinu obrtanja osovine prevodi u proporcionalni jednosmerni napon. Njegova funkcija prenosa je  $K_{tg} = 11 \text{ rad/(Vs)}$ .

**Prepojačavač** („KEPKO“, BIPOLAR OPERATIONAL POWER) po red promenljivog pojačanja  $K_{pp}$  ima i ulogu pojačavača snage, jer signal koji se dobija sa sabirača nije dovoljno velike snage za direktnu pobudu generatora. Maksimalni izlazni napon prepojačavača je  $\pm 36 \text{ V}$ . Pri velikom pojačanju  $K_{pp}$  on ulazi u zasićenje, što se dešava na početku pozicioniranja, kada je signal greške (ulaz u prepojačavač) najveći.

## Određivanje funkcija prenosa kompletnog servosistema

Identifikacijom funkcija prenosa svih komponenti i usvajanjem određenih aproksimacija, a na osnovu principske šeme sistema (slika 1), dobijamo strukturni dijagram pozicionog servosistema [5], [6].



Slika 8 – Strukturni dijagram pozicionog servosistema  
Figure 8 – Structural diagram of the position servo system

Ograničavač koji se nalazi iza prepojačavača praktično ne postoji kao posebna komponenta, već samo opisuje nelinearnost prepojačavača tipa zasićenja. Integrator na izlazu pretvara ugaonu brzinu obrtanja u ugao jer je kod pozicionog servosistema potrebna negativna povratna sprega po uglu.

Na osnovu strukturne šeme mogu se odrediti funkcije povratnog i spregnutog prenosa pozicionog servosistema. Funkcija povratnog prenosa data je izrazom:

$$W(s) = G_g(s)G_m(s)k_{pd}k_rk_{pp}\frac{1}{s}, \quad (7)$$

koja, nakon uvrštavanja dobijenih parametara, postaje:

$$W(s) = \frac{k_{pp}0,0652}{(0,35s+1)(0,005625s^2+0,105s+1)}, \quad (8)$$

gde je  $K_{pp}$  promenljivo pojačanje pretpojačavača.

Funkcija spregnutog prenosa dobija se na osnovu izraza:

$$F(s) = \frac{W(s)}{1+W(s)}. \quad (9)$$

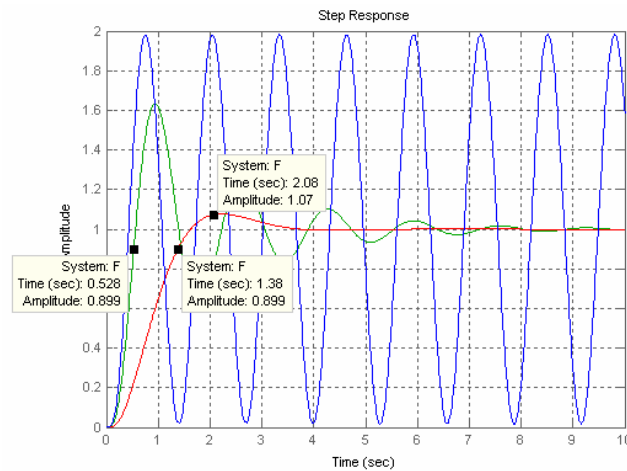
Nakon identifikacije komponenti sistema i određivanja funkcija povratnog  $W(s)$  i spregnutog prenosa  $F(s)$ , moguće je izvršiti analizu sistema u frekventnom i vremenskom domenu, koja je značajna zbog ocene kvaliteta ponašanja sistema, odnosno određivanja performansi sistema.

## Analiza sistema u vremenskom domenu

Analiza sistema u vremenskom domenu vršena je uporedno laboratorijskim ispitivanjem i simulacijom na računaru eksperimentalno dobijenih funkcija prenosa. Odzivi sistema na step pobudu u laboratoriji su snimani pomoću akvizicione kartice na koju je doveden signal sa izlaza potencijometarskog davača. Prednost ovakve analize je što se lako može uočiti do koje vrednosti pojačanja pretpojačavača sistem ostaje u granicama stabilnosti. Step pobuda koja je dovođena predstavljala je zadavanje određene pozicije, s tim što se moralo voditi računa da ne bude prevelika kako pretpojačavač ne bi ušao u zasićenje.

Odziv snimljen akvizicionom karticom *DT9812* kao i u prethodnim slučajevima je imao visokofrekventni šum koji je „maskirao“ koristan signal, tako da se moralo vršiti filtriranje signala.

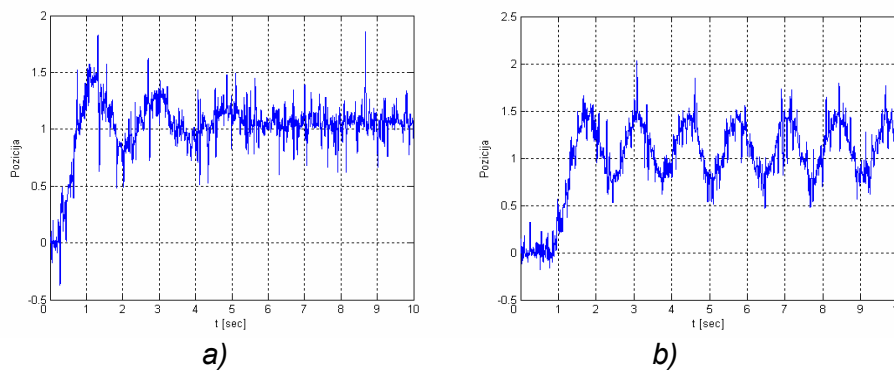
U zavisnosti od pojačanja pretpojačavača  $K_{pp}$  odziv servosistema se menjao, tako da se povećanjem vrednosti  $K_{pp}$  smanjuju vremenske konstante, sistem postaje brži, što je dobra osobina. Međutim, povećanjem vrednosti  $K_{pp}$  dolazi i do povećanja vrednosti preskoka i sistem postaje nestabilniji. Odzivi sistema simulirani u *MATLAB*-u za različite vrednosti  $K_{pp}$  dati su na slici 9.



Slika 9 – Odzivi servosistema na jediničnu step pobudu dobijeni simulacijom za različite vrednosti  $K_{pp}$  ( $K_{pp}=20$ ,  $K_{pp}=85.5$  i  $K_{pp}=148$ )

Figure 9 – Step responses of the servo system obtained by the simulation for different values of  $K_{pp}$  ( $K_{pp}=20$ ,  $K_{pp}=85.5$  i  $K_{pp}=148$ )

Odzivi realnog servosistema za različite vrednosti step pobude i različite vrednosti  $K_{pp}$ , snimani pomoću akvizicione kartice DT9812, prikazani su na sledećim slikama.



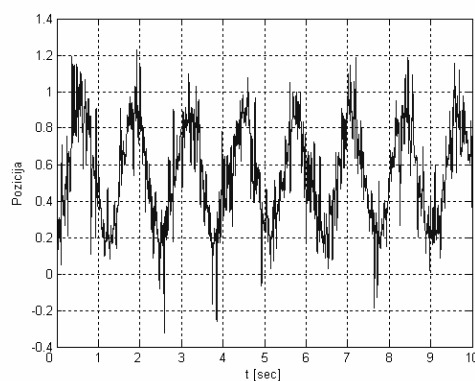
Slika 10 – Odzivi servosistema na jediničnu step pobudu pri a)  $K_{pp} = 85,5$  i b)  $K_{pp} = 148$ , snimljeni akvizicionom karticom

Figure 10 – Step responses of the servo system recorded with the acquisition card for a)  $K_{pp} = 85,5$  and b)  $K_{pp} = 148$

Zbog velikog šuma koji se javljao pri snimanju akvizicionom karticom, karakteristične vrednosti odziva u vremenskom domenu lakše se mogu uočiti sa slika dobijenih simulacijom eksperimentalno određenih

funkcija prenosa (slika 9), dok su odzivi snimljeni karticom poslužili kao provera da li su funkcije prenosa korektno određene (slika 10).

Na slici 10.b prikazan je odziv sistema na granici stabilnosti pri  $K_{pp} = 148$ . Primećuje se da odziv nije identičan odzivu dobijenom simulacijom za  $K_{pp} = 148$ . To je posledica činjenice da pri tom pojačanju, predpojačavač ulazi u zasićenje. Smanjivanjem vrednosti step signala na ulazu pozicionog servosistema sa 1 V na 0.5 V izbegava se ulazak prepojačavača u zasićenje. Odziv sistema u tom slučaju prikazan je na slici 11.



Slika 11 – Odziv servosistema na step pobudu od 0.5V, pri  $K_{pp} = 148$  snimljen akvizicionom karticom

Figure 11 – Step response of the servo system to the 0.5 V excitation, with  $K_{pp} = 148$  recorded with the acquisition card

Povećanjem pojačanja  $K_{pp}$  do kritične vrednosti reakcija sistema se ubrzava ali on postaje nestabilan. Da bi postigli dobre dinamičke karakteristike servosistema uz istovremeno očuvanje stabilnosti, u sistem je neophodno uvesti odgovarajući kompenzator.

## Zaključak

U analizi i sintezi sistema automatskog upravljanja prvi korak predstavlja modeliranje procesa ili objekta upravljanja. Od kvaliteta dobijenog modela u velikoj meri zavisi i kvalitet celokupne analize i sinteze. Funkcija prenosa predstavlja pogodan oblik matematičkog modela linearnih sistema. Jedan od načina identifikacije sistema bazira se na odzivu sistema u vremenskom domenu na standardan test signal, kao što je na primer odskočni (step) signal.

U radu su pokazane mogućnosti korišćenja akvizicione kartice za identifikaciju komponenti pozicionog servosistema snimanjem odziva pojedinih komponenti. Date su opšte karakteristike servosistema, a zatim je detaljno

opisan pozicioni servosistem koji je realizovan u laboratorijskim uslovima. Na osnovu empirijski dobijenih podataka iz step odziva, identifikovane su funkcije prenosa svih komponenti, a zatim su određene karakteristične funkcije prenosa celokupnog servosistema. Odzivi su snimani akvizicionom karticom DT9812 pri čemu su senzori, sa kojih su dobijani signali (tahogenerator i potenciometarski davač) unosili određeni nivo šuma, tako da je bilo potrebno dodatno filtriranje. Akvizicija karticom omogućava da se signali, preko instaliranih drajvera i aplikativnih softvera, obrade u programskom paketu MATLAB. Radi verifikacije rezultata izvršeno je poređenje realnih signala i signala dobijenih na osnovu simulacionih modela. Uporedna analiza je pokazala da se odzivi u velikoj meri poklapaju, što znači da su funkcije prenosa korektno određene. Kao još jedan pokazatelj kvaliteta identifikacije uzeto je kritično pojačanje servosistema pri kojem sistem dolazi na granicu stabilnosti. Kritično pojačanje dobijeno u laboratoriji se u potpunosti poklapa sa kritičnim pojačanjem koje je dobijeno simulacijom modelovanog sistema.

### Literatura

- [1] Milić, S., *Kontinualni sistemi automatskog upravljanja*, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
- [2] Đurović, Ž., Kovačević B., *Sistemi automatskog upravljanja*, Akademiska misao, Beograd, 2006.
- [3] *Data Translation, DT9812, DT9813, and DT9814 User's Manual*, USA, 2006.
- [4] Gene, F., Franklin, J., Powell, D., Abbas, E., *Feedback Control of Dynamic System*, Pearson Education, USA, 2002.
- [5] Đurović, Ž., Kovačević, B., *Digitalni signali i sistemi*, Akademska misao, Beograd, 2000.
- [6] Petrović, T., Rakić, A., *Signali i sistemi*, "DEXIN", Beograd, 2005.

#### APPLICATION OF THE ACQUISITION CARD IN THE IDENTIFICATION OF POSITION SERVO SYSTEMS

FIELD: Electrical engineering and Electronics (Automation and Control)

Summary:

*The application of the acquisition card in the identification of the transfer functions of complete position servo systems and their components is described in this paper. A servo system was realized in the laboratory and the acquisition card was used for recording appropriate step responses. The results were processed in the programme package MATLAB in order to get the transfer functions of the components. The open loop and closed loop transfer functions, which are of the crucial importance in the qualitative analysis of control systems, were derived. The verification of the model was done with a comparative analysis of the results from the laboratory and from computer simulations.*

## Introduction

*Servo systems are a particular class of control systems the output of which should follow the reference input with a minimum error. There are speed servo systems (the controlled variable is angular velocity) and position servo systems (the controlled variable is the angular position of the motor shaft). One method for the identification of characteristic transfer functions of the system is based on step responses of its components which can be recorded with the acquisition card and processed in the programme package MATLAB.*

## Realization of the position servo system

*A position servo system, with a DC motor and a DC generator, connected as a "Ward-Leonard group", was realized in the laboratory. Dynamic characteristics of complete servo systems can be changed with a variable gain of the preamplifier. The identification of the DC generator and DC motor transfer functions is the most complicated task, because the other components of servo systems have simpler construction and known parameters.*

## Acquisition system

*An acquisition system represents appropriate software and hardware tools for the measurement and analysis of physical processes. Hardware enables the AD and DA signal conversion and other functions necessary for accommodation of real signals to a computer. There are two main types of software: drivers (they control communication between the hardware and the computer) and applications (they enable users to exploit capabilities of acquisition systems in an easy way).*

## Data acquisition hardware – acquisition card DT9812

*The DT9812 has 8 analog inputs, 2 analog outputs, 8 digital inputs and outputs with a maximum sampling speed of 50 kb/s. The input signal resolution is 12 bits and cannot be changed.*

## Data acquisition software

*The MATLAB collection of functions represents the main acquisition software. There is the Data Acquisition Toolbox specialized for acquisition purposes. This software enables a variety of data measurement and processing functions.*

*Identification of position servo system components with the acquisition card DT9812.*

## Identification of the DC generator transfer function

*Theoretically, a DC generator is described with the first order transfer function. Its input (stator voltage) is given as step excitation of an appropriate value. By measuring its output (rotor voltage) with the acquisition card and processing it in MATLAB, it is possible to determine the necessary parameters (time constant and DC gain) very precisely.*

#### Identification of the DC motor transfer function

*A DC motor is described with the second order transfer function and its parameters (DC gain, natural frequency and damping factor) are determined in a similar way as for a DC generator. In this case the input is rotor voltage and the angular velocity of the rotor shaft is the output registered by the DC tachometer.*

*In both cases measuring data were corrupted by noise filtered by software.*

#### Identification of the transfer functions of other components

*The other components of position servo systems (potentiometers, reduction gears, DC tachometers and preamplifiers) have nominal values of parameters given by manufacturers. The preamplifier has variable gain and a nonlinear static characteristic (output voltage saturation  $\pm 36$  V).*

#### Transfer functions of the complete system

*With the given transfer functions of all components and the structural diagram of the complete system, the open and closed loop transfer functions were derived.*

#### Time domain analysis

*In order to verify the derived transfer functions, the responses of the real system and the simulated model were compared. The critical gain of the system (the gain when the system becomes unstable) was used as an indicator of correct identification. It was first derived by simulation and then the real system was tuned (the preamplifier gain was set on the derived value). The results show that both the real system and the simulated model have identical responses in all cases, which confirms that the identification was done correctly.*

#### Conclusion

*The quality of the control system analysis and design depends on a model of the system. In order to derive a model as precise as possible, a combination of the acquisition card and the programme package MATLAB was used. The performances of the acquisition card DT9812 are suitable for measuring in control applications and they enable analyses and designs in specialized software such as MATLAB. The results presented in this paper show that the identification of the characteristic functions of position servo systems can be performed with necessary accuracy.*

*Key words: position servo system, acquisition card, identification, transfer function.*

Datum prijema članka: 21. 05. 2011.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 03. 06. 2011.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 05. 06. 2011.