

**Mr sci Selma Hanjalić, dipl.ing.el.**  
**Viši asistent Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu**  
Urijan dedina 39, 71000 Sarajevo  
Mob.: 061/927-186  
e-mail: shanjalic@etf.unsa.ba

**NASTAVNONAUKNOM VIJEĆU**  
**ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U SARAJEVU**  
putem Odsjeka za automatiku i elektroniku

**PREDMET: Prijava prijedloga teme za izradu doktorske disertacije**

Poštovani,

Obraćam Vam se sa molbom da u skladu sa pravilima i procedurama Elektrotehničkog fakulteta i Univerziteta u Sarajevu, razmotrite prijedlog teme doktorske disertacije sa radnim naslovom:

**Identifikacija nelinearnih objekata Hammersteinovog i Wienerovog tipa zasnovana na relejnoj povratnoj sprezi**

Prijava sadrži:

1. Prijedlog naslova disertacije na bosanskom i engleskom jeziku
2. Obrazloženje teme
3. Stanje u oblasti kojoj tema pripada
4. Osnovne ciljeve i plan istraživanja
5. Metodologiju istraživanja
6. Očekivani izvorni naučni doprinos disertacije
7. Literatura

Uz prijavu prilažem:

1. Popis i primjer objavljenih radova;
2. Kratku biografiju sa stručnog i naučnog djelovanja;
3. Izjavu da postupak sticanja akademskog stepena doktora nauka nisam pokrenula niti u jednoj drugoj ustanovi
4. Ovjerenu kopiju diplome o završenom elektrotehničkom fakultetu,
5. Ovjerenu kopiju diplome o stečenom naučnom stepenu magistra elektrotehničkih nauka,
6. Kopiju uplatnice na žiro račun fakulteta;

*Sarajevo, 29.09.2011.godine*

Podnosilac prijave:

---

Mr sci Selma Hanjalić, dipl. ing. el.

## 1. PRIJEDLOG NASLOVA DISERTACIJE

Bosanski:

**Identifikacija nelinearnih objekata Hammersteinovog i Wienerovog tipa zasnovana na relejnoj povratnoj sprezi**

Engleski:

**Identification of nonlinear plants of Hammerstein and Wiener type using a relay feedback**

## 2. OBRAZLOŽENJE TEME

Jednačine kojima se opisuje dinamika nekog objekta rijetko su poznate unaprijed, kako zbog eventualne složenosti samog objekta, tako i zbog nepostojanja osnovnih informacija o fizikalnoj prirodi procesa koji se odigravaju u objektu. Stoga je u praksi neophodna eksperimentalna identifikacija kad god se zahtijeva sinteza složenijih sistema upravljanja. Mada postoji veliki broj raznih metoda identifikacije, većina njih pretpostavlja da je objekat linearan. Kako takva pretpostavka često nije ispunjena, klasične metode identifikacije mogu dati posve pogrešne rezultate. Eksperimentalna identifikacija objekata sa nelinearnom dinamikom je izuzetno težak zadatak, tako da do sada nisu poznate generalne metode za identifikaciju takvih objekata. Srećom, postoji veliki broj nelinearnih objekata kod kojih je dinamika linearna, dok se bezinercioni nelinearni elementi nalaze samo na ulazu ili na izlazu iz objekta.

Objekti kod kojih je nelinearnost na ulazu u objekat nazivaju se objekti Hammersteinovog tipa, dok se objekti kod kojih se nelinearnost nalazi na izlazu iz objekta nazivaju objekti Wienerovog tipa. Objekti Hammersteinovog tipa mogu se modelirati kao kaskadni spoj bezinercionog nelinearnog bloka sa ulazno-izlaznom karakteristikom  $y = f(x)$  i linearnog bloka sa prenosnom funkcijom  $G(s)$ , dok se objekti Wienerovog tipa mogu modelirati na sličan način, samo uz izmjenu redosljeda linearnog i nelinearnog objekta. Objekti Wienerovog tipa smatraju se znatno težim za identifikaciju od objekata Hammersteinovog tipa. Naime, kod objekata Wienerovog tipa, izlaz iz linearnog bloka predstavlja tačku u unutrašnjosti objekta, koja nije dostupna za mjerenje.

U predloženoj disertaciji razmatra se metodologija koja će omogućiti pouzdanu identifikaciju nelinearnih objekata kako Hammersteinovog tako i Wienerovog tipa, bez jakih restrikcija na ponašanje objekta koji se identificira. Na prvom mjestu, mora biti omogućeno da linearni dio objekta posjeduje konačne nule i čisto transportno kašnjenje, što često stvara probleme pri upotrebi postojećih metoda. Naročito je bitno da se podrži identifikacija objekata koji posjeduju nule u desnoj poluravni, s obzirom da se takve nule često javljaju kao posljedica aproksimacije djelovanja malog transportnog kašnjenja. Što se tiče nelinearnog dijela objekta, posebnu pažnju treba posvetiti identifikaciji objekata kod kojih je nelinearnost nesimetrična, s obzirom da postojeće metode imaju problema sa takvim objektima. Eksperimenti moraju biti dovoljno jednostavni i ne smiju zahtijevati komplikovanu opremu, što također nije slučaj sa raspoloživim metodama. Prema trenutnom stanju istraživanja, eksperimenti će biti slični izvornom Ziegler-Nicholsovom eksperimentu, samo uz upotrebu dodatnog releja, i što se prilikom izvođenja eksperimenta podešava više parametara regulatora (PI ili PID tipa). Kao rezultat identifikacije treba se dobiti parametarski model prenosne funkcije linearnog dijela objekta, te parametarski model ulazno-izlazne karakteristike nelinearnog dijela objekta. Pored toga, moraju postojati jasne garancije po pitanju tačnosti dobijenih rezultata identifikacije.

### 3. STANJE U OBLASTI KOJOJ TEMA PRIPADA

Među brojnim metodama identifikacije, posebno mjesto zauzimaju metode u zatvorenoj konturi, jer ne zahtijevaju izolaciju objekta od regulacione konture. Ove metode su obično frekventnog tipa, pri čemu se odgovarajuće kretanje sistema generira podešavanjem parametara povratne sprege. Na primjer, poznata Ziegler-Nicholsova (ZN) metoda za podešavanje PID regulatora [1] može se smatrati kao vrlo pojednostavljena metoda frekventne identifikacije u zatvorenoj konturi, s obzirom da ona omogućava detekciju jedne tačke na Nyquistovom dijagramu objekta (uz pretpostavku da je objekat čisto linearan), koristeći rezultate samo jednog eksperimenta u zatvorenoj konturi. Bez obzira na vrlo malu količinu informacija koje se mogu dobiti iz takvog eksperimenta, dobijena procjena se često u praksi koristi kao polazna osnova za podešavanje PID regulatora, čak i kada takva procjena nije adekvatna. Pored toga, takav eksperiment dovodi objekat na granicu stabilnosti izazivanjem neprigušenih oscilacija na čiju se amplitudu ne može utjecati. Stoga, naprednije metode identifikacije obično koriste releje u povratnoj sprezi. Takva je, na primjer, prosta relejna metoda [2], metoda releja sa histerezisom [3], metoda dvokanalnog releja ili TCR metoda [4], kao i ATV metoda [5]. Sve opisane metode osim proste relejne metode omogućavaju identifikaciju više tačaka na Nyquistovom dijagramu, što omogućava bolje podešavanje regulatora. Pored toga, uvođenje releja omogućava ograničavanje amplitude generiranih oscilacija. Treba naglasiti da je ponašanje metoda zasnovanih na relejnoj povratnoj sprezi do danas je dobro proučeno i detaljno opisano u [6] i [7]. Metode koje se planiraju predložiti i implementirati u ovoj doktorskoj disertaciji spadaju upravo u ovu porodicu metoda.

Jedan bitan nedostatak naprednih relejnih metoda identifikacije kao što su ATV ili TCR metoda je što one uglavnom zahtijevaju komplikovaniju opremu, koja tipično nije prisutna u regulacionim konturama (sam relej kao dodatna komponenta obično nije dovoljan). Tako se, na primjer, u TCR metodi regulator u konturi zamjenjuje sa dvije paralelne grane od kojih jedna sadrži samo relej, a druga integrator i relej (dakle, koriste se dva releja), dok se u ATV metodi regulator zamjenjuje sa upravljivom linijom za kašnjenje kod koje se iznos kašnjenja može podešavati (što je dosta nezgodna i neuobičajena komponenta). Interesantno je da je nedavno razvijen i novi pristup identifikaciji u zatvorenoj konturi koji uspješno detektira proizvoljan broj tačaka Nyquistovog dijagrama u tri kvadranta, bez ikakve potrebe za dodatnom opremom mimo opreme koja je inače sastavni dio regulacione konture. Ovaj pristup opisan je u seriji radova [8], [9], [10] i [11] a sumarno je obrađen u doktorskoj disertaciji [12].

Nedostatak većine metoda identifikacije u zatvorenoj konturi leži u činjenici da one dobro rade uglavnom samo za linearne objekte. Ukoliko je objekat nelinearan, a to se ne uzme u obzir, mogu se dobiti pogrešni rezultati, što pogotovo vrijedi za metode frekventnog tipa, kako je opisano u [13] i [14]. Stoga su predložene brojne metode za identifikaciju objekata Hammersteinovog tipa. S druge strane, postoji znatno manji broj metoda za identifikaciju objekata Wienerovog tipa. Takve metode su najčešće zasnovane na vremenskim odzivima, poput metoda opisanih u [15], [16], [17], [18] i [19]. Za identifikaciju objekata Hammersteinovog tipa razvijeno je i nekoliko specijalnih metoda frekventnog tipa, poput metoda opisanih u [20], [21] i [22]. Međutim, radi se o metodama u otvorenoj konturi koje zahtijevaju specijalne generatore ulaznih pobuda. Također, te metode su ili previše osjetljive ili previše restriktivne. Postoji i interesantna frekventno zasnovana metoda u otvorenoj konturi zasnovana na uzorkovanju ulaza i izlaza, koja je opisana u [23].

Problematika razvoja efikasnih i pouzdanih frekventnih metoda za identifikaciju objekata Hammersteinovog i Wienerovog tipa u zatvorenoj konturi aktuelna je duže vrijeme. U [24], [25] i [26] predlaže se interesantna metoda frekventnog tipa u zatvorenoj konturi za identifikaciju objekata Hammersteinovog tipa zasnovana na primjeni opisnih funkcija i koja ne

zahtijeva nikakvu specijalnu opremu. Kao rezultat identifikacije, ova metoda daje prenosnu funkciju linearnog dijela objekta (pod izvjesnim ograničenjima), kao i parametarsku aproksimaciju opisne funkcije nelinearnog dijela objekta, koja može biti iskorištena da se dobije parametarska aproksimacija same ulazno-izlazne karakteristike nelinearnog dijela objekta. Međutim, bar do sada, sličan pristup nije razvijen za objekte Wienerovog tipa. Pored toga, predložena metoda posjeduje dosta slabosti. Slično kao i u klasičnom Ziegler-Nicholsovom eksperimentu, objekat se dovodi na granicu stabilnosti izazivanjem neprigušenih oscilacija na čiju se amplitudu ne može utjecati. Pored toga, uvjeti pod kojim je uopće moguće izvesti neophodne eksperimente dosta su nejasni.

U posljednje vrijeme pojavile su se neke nove ideje pomoću kojih bi se mogli prevazići neki od problema koji su uočeni u gore pomenutoj metodi. Tako se u [27] i [28] daju ideje za nove metode frekventnog tipa za identifikaciju objekata Wienerovog odnosno Hammersteinovog tipa. Za razliku od gore pomenute metode, ove metode se zasnivaju na relejnoj povratnoj sprezi, amplituda uspostavljenih oscilacija se može držati pod kontrolom i uvjeti pod kojima se eksperiment može izvesti znatno su relaksiraniji. Pored toga, ove metode direktno snimaju ulazno-izlaznu karakteristiku nelinearnog dijela objekta, što se može iskoristiti za parametarsku identifikaciju nelinearnog dijela objekta, za razliku od gore pomenute metode koja model ulazno-izlazne karakteristike nelinearnog dijela objekta može dobiti samo indirektno iz modela opisne funkcije nelinearnog dijela objekta. Što se tiče dodatne opreme, neophodan je jedino relej. Međutim, ove metode su tek u povoju, i zbog toga također posjeduju neka ozbiljna ograničenja. Jedno od najozbiljnih ograničenja je što ove metode kreću od pretpostavke da se linearni dio objekta može opisati prenosnom funkcijom koja posjeduje isključivo polove, tj. koja nema konačnih nula ili transportno kašnjenje. Ovo postavlja ozbiljno ograničenje na dinamiku objekata koji se mogu identificirati pomoću ovih metoda. Dalje, za ulazno-izlaznu karakteristiku nelinearnog dijela objekta ove metode pretpostavljaju da je simetrična i da prolazi kroz koordinatni početak. Ovo je također veoma ozbiljno ograničenje, s obzirom da postoje brojni objekti za koje gore navedene pretpostavke ne vrijede. Konačno, za sada nisu izvedene nikakve procjene koje bi utvrdile kolika se tačnost identifikacije može očekivati kod primjene ovih metoda. Predložena disertacija zasniva se pretežno na generalizaciji ideja opisanih u prethodna dva paragrafa, sa ciljem da se uklone opisana ograničenja.

#### **4. CILJEVI, ZADACI I PLAN ISTRAŽIVANJA**

Osnovni cilj istraživanja je razvoj jednostavne, pouzdane, efikasne i jeftine metode za identifikaciju nelinearnih dinamičkih objekata Hammersteinovog ili Wienerovog tipa, koja će omogućavati formiranje dovoljno dobrog modela objekta za svrhu upravljanja bez potrebe za izoliranjem objekta iz regulacione konture i uz što manju potrebu za korištenjem nestandardne i skupe opreme, što nije slučaj sa do sada raspoloživim metodama. Rezultati identifikacije bi trebali omogućiti sintezu boljih sistema upravljanja nelinearnim objektima u odnosu na regulatore koji se već koriste za regulaciju takvih objekata a koji su projektirani i podešeni uz pogrešnu pretpostavku da se radi o linearnim objektima.

Zadaci istraživanja su:

- Utvrđivanje situacija u kojima predložena metoda daje bolje rezultate nego do sada raspoložive metode;
- Određivanje najbolje strategije za izvođenje eksperimenata sa ciljem dobijanja što veće količine informacija neophodnih za identifikaciju u što kraćem vremenu;

- Pronalaženje najbolje strategije za obradu eksperimentalnih rezultata sa ciljem dobijanja smislenog i adekvatnog modela (s obzirom da se problem u osnovi svodi na rješavanje sistema nelinearnih jednačina);
- Određivanje najbolje strategije za izvođenje eksperimenata na realnim objektima u cilju dobijanja što boljih modela objekata koji se identificiraju;
- Analiza sistematske greške metoda, odnosno izvođenje procjene kolike se greške u rezultatima identifikacije mogu teoretski očekivati uz pretpostavku da su sva mjerenja izvedena bez greške;
- Analiza osjetljivosti dobijenih modela na greške u mjerenju i pronalaženje strategije za minimiziranje te osjetljivosti;
- Utvrđivanje postupka kojim se formirani model može iskoristiti za poboljšanje performansi upravljačkih kontura u kojima se nalaze posmatrani objekti.

Plan je da se istraživanje obavi kroz kombinaciju teorijskog i simulaciono-eksperimentalnog istraživanja. Teorijski dio istraživanja uključuje proučavanje odgovarajućih matematskih modela koje opisuju ponašanja Hammersteinovih i Wienerovih linearnih objekata te relejnih povratnih sprega, kao i proučavanje numeričkih metoda za rješavanje sistema nelinearnih jednačina sa ciljem pronalaženja metoda koje će biti najpogodnije za rješavanje nelinearnih sistema jednačina koji se pojavljuju u odgovarajućim matematskim modelima. U ovom trenutku, već su obavljena preliminarne teoretska istraživanja koja daju teorijsku osnovu za razvoj metode. Rezultati teorijskog dijela istraživanja će biti eksperimentalno provjereni kroz simulacije na računaru u programskom paketu MatLab. Preliminarni eksperimenti već su dali ohrabrujuće rezultate. Ispitivanja će se i dalje intenzivno nastaviti. Pored toga, simulacije su otkrile i neke od slabih tačaka metode, tako da su trenutna istraživanja usmjerena na otklanjanju ovih nedostataka. Ukoliko bude materijalnih mogućnosti, u kasnijem stadiju istraživanja moguće je izvršiti ispitivanje metode u laboratorijskim uvjetima na namjenski konstruiranom postrojenju, ili eventualno čak na realnom procesnom objektu. Planirano je da se rezultati istraživanja na kojima će biti zasnovana disertacija objave kroz seriju naučnih radova.

## 5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja predviđa provjeru predloženog pristupa identifikaciji nelinearnih objekata Hammersteinovog i Wienerovog tipa kroz seriju simulacija na računaru uz pomoć specijalističkog softvera. Ukoliko materijalne mogućnosti budu dopuštale praktične eksperimente, pristup će se testirati prvo na modelima realnih objekata formiranih u laboratorijskim uvjetima, a zatim i na nekom od stvarnih industrijskih procesnih objekata. Za simulaciju na računaru koristiće se standardni PC računar. Većina simulacija obavljat će se uz pomoć paketa SIMULINK koji je sastavni dio programskog paketa MatLab. Pored toga, za proračune će se koristiti i drugi specijalistički matematski softver, kao što je Mathematica, MathCad i Maple.

Za eventualno eksperimentiranje u laboratoriji koristiće se namjenski formirane regulacione konture sa PID regulatorom i relejima, u kojima će se kao ispitivani objekti koristiti razne vrste pozicionih servomehanizama. Također, metoda će eventualno biti provjerena na nekom od industrijskih objekata Hammersteinovog ili Wienerovog tipa u kojima se koristi PID regulacija. Za izvođenje ovih eksperimenata od prateće opreme koristiće se i registratori, kao i računar za postprocesiranje informacija sa namjenski napisanim softverom.

Izrada ove disertacije, pored samostalnih istraživanja, zasniva se i na upotrebi relevantne literature i članaka koji pokrivaju značajnija dostignuća na polju identifikacije. Spisak publikacija koje su dosada korištene u pripremnoj fazi disertacije navedene su pod tačkom 7.

## 6. OČEKIVANI IZVORNI NAUČNI DOPRINOS DISERTACIJE

Očekivani izvorni naučni doprinos disertacije sastoji se u tome što će kao njen rezultat biti razvijena nova metoda koja će omogućiti jednostavan, pouzdan i efikasan postupak identifikacije nelinearnih objekata Hammersteinovog i Wienerovog tipa, bez potrebe za detaljnim apriornim znanjem o prirodi procesa. Predloženi pristup je izuzetno jeftin, jer pored opreme koja već postoji u standardnim regulacionim konturama, zahtijeva samo još upotrebu dodatnog releja. Rezultati identifikacije koji se ostvare pomoću ove metode moći će se iskoristiti za poboljšanje kvaliteta regulacije u upravljačkim konturama zasnovanim na PID regulatorima u kojima su prisutni objekti sa nelinearnostima Hammersteinovog ili Wienerovog tipa, pogotovo u situacijama u kojima se dosadašnje podešenje regulatora nije pokazalo kao zadovoljavajuće. Naime, ukoliko se na pouzdan način izvrši identifikacija ulazno-izlazne karakteristike nelinearnog dijela objekta Hammersteinovog ili Wienerovog tipa, moguće je izvršiti sintezu odgovarajućih kompenzatora koji će, vezani u seriju sa objektom, linearizirati objekat i omogućiti primjenu metoda sinteze upravljačkih kontura koje se sa uspjehom koriste za linearne objekte. Pored toga, dobijene informacije o linearnom dijelu objekta omogućit će i primjenu naprednijih metoda za sintezu regulacione konture koje podrazumijevaju da je kompletna informacija o dinamičkom ponašanju objekta poznata.

## 7. POPIS KORIŠTENE LITERATURE

- [1] J. G. Ziegler, N. B. Nichols, "Optimal Settings for Automatic Controllers", *Trans. ASME*, vol. 64, pp. 759-768, 1942.
- [2] K. J. Åström, T. Hägglund: "PID controllers", 2<sup>nd</sup> edition, Instrument Society of America, 1995.
- [3] K. J. Åström, T. Hägglund, "Automatic Tuning of Simple Regulators with Specifications on Phase and Amplitude Margins", *Automatica* 20, pp. 645-651, 1984.
- [4] M. Friman, K. V. Waller, "A Two-Channel Relay for Autotuning", *Ind. Eng. Chem. Res.* 36(7), pp. 2662-2671, 1997.
- [5] W. Li, E. Eskinat, W. L. Luyben, "An Improved Autotune Identification Method", *Ind. Eng. Chem. Res.* 30(7), pp. 1530-1541, 1991.
- [6] W. Quing-Guo, L. Tong Heng, L. Chong, "Relay Feedback", Springer, 2002.
- [7] Y. Cheng-Ching, "Autotuning of PID Controllers (A Relay Feedback Approach)", Springer, 2006.
- [8] Ž. Jurić, B. Peruničić, "A New Method for the Closed-loop Identification Based on the Enforced Oscillations", Proc. MIC 2004, IASTED Int. Conf. on Modelling, Ident. and Contr., 23, pp. 85-91, Grindelwald, Switzerland, Februar 2004.
- [9] Ž. Jurić, B. Peruničić, "A Method for Parametric Closed-loop Identification of Plants with Finite Zeros", Proc. IEEE MED'04, pp. 1050-1055, Kuşadasi, Turkey, June 2004.
- [10] Ž. Jurić, B. Peruničić, "A Method for Closed-loop Identification of Plants with Unknown Delay", IFAC TDS'04 Proceedings, art. no. 156, Leuven, Belgium, August 2004.
- [11] Ž. Jurić, B. Peruničić, "A Method for Closed-loop Identification of Nyquist Curve in Three Quadrants", *Electrical Engineering*, 89 (3), Springer, pp. 251-261, March 2007.
- [12] Ž. Jurić, "Novi pristup identifikaciji linearnih objekata u zatvorenoj konturi zasnovan na prinudnim oscilacijama", doktorska disertacija, ETF Sarajevo, 2006.

- [13] R. Pintelon, J. Schoukens, "System Identification: A Frequency Domain Approach", *Piscataway, NJ: IEEE Press*, 2001.
- [14] F. G. Shinskey, "Process Control Systems", Mc Graw Hill, New York, 1967
- [15] K. S. Narendra, P. G. Gallman, "An iterative method for the identification of nonlinear systems using a Hammerstein model", *IEEE Trans. Aut. Con.*, vol. AC-11, pp. 546-550, 1966.
- [16] M. Boutayeb, H. Rafaralahy, M. Darouach, "A robust and recursive identification method for Hammerstein model", *Proc. IFAC World Congr.*, pp. 447-452, San Francisco, 1996.
- [17] S. A. Billings, S. Y. Fakhouri, "Identification of a class of nonlinear systems using correlation analysis", *Proc. Inst. Electr. Eng.*, vol. 125, pp. 691-697, 1978.
- [18] D. Bauer, B. Ninness, "Asymptotic properties of Hammerstein model estimates", *Proc. IEEE Conf. Decis. Con.*, pp. 2855-2860, Sydney, 2000.
- [19] E. W. Bai, "Identification of linear systems with hard input nonlinearities of known structure", *Automatica*, vol. 38, pp. 853-860, 2002.
- [20] S. Baumgartner, W. Rugh, "Complete Identification of a class of nonlinear systems from steady state frequency response", *IEEE Trans. Circ. Syst.*, vol. CAS-22, pp. 753-759, 1975.
- [21] P. Ph. Crama, J. Schoukens, "First estimates of Wiener and Hammerstein systems using multisine excitation", *Proc. IEEE Instr. Meas. Conf.*, pp. 1365-1369, Budapest, 2001.
- [22] A. Gardiner, "Frequency domain identification of nonlinear systems", *3<sup>rd</sup> IFAC Symp. Ident. Sys. Param. Est.*, pp. 831-834, Hague, 1973.
- [23] E. W. Bai, "Frequency Domain Identification of Hammerstein Models", *IEEE Transactions of Automatic Control*, vol. 48, No. 4, pp. 530-542, April 2003.
- [24] Ž. Jurić, B. Peruničić, "Closed-loop Identification of Linear Plants with a Nonlinearity of Hammerstein Type", *Proc. EUROCON 2005, Int. Conf. on Comp. as a Tool*, pp. 350-353, Beograd, 2005.
- [25] E. Drljević, B. Peruničić, Ž. Jurić, "A New Closed-loop Identification Method of a Hammerstein-type System with a Pure Time Delay", *Proc. IEEE MED'07*, pp. 1-6, Athene, 2007.
- [26] Ž. Jurić, B. Peruničić, "Frequency Based Method for Parametric Identification of Hammerstein-type Plants", *Proc. 5<sup>th</sup> IFAC Workshop DECOM-TT*, pp. 123-128, Çeşme, 2007.
- [27] H. Šehović, B. Peruničić, Ž. Jurić, "Potpuna identifikacija nelinearnih objekata Wienerovog tipa zasnovana na relejnoj povratnoj sprezi", *Proceedings of ETRAN conference, Teslić, Bosnia & Hercegovina*, 2011.
- [28] H. Šehović, Ž. Jurić, "A Frequency Based Method for Complete Identification of Hammerstein-Type Plants Based on Relay Feedback", *prihvaćen za objavljivanje na konferenciji IEEE ICAT 2011, Sarajevo, Bosnia & Hercegovina*, 2011.

Kandidat:

---

Mr sci Selma Hanjalić, dipl. ing. el.